



Bonn Agreement  
Accord de Bonn



# 해양 HNS 대응 매뉴얼

Bonn Agreement, HELCOM, REMPEC



번역 | 원해민, 이시연, 양보경, 강성길, 이성엽  
선박해양플랜트연구소(KRISO)  
NOWPAP 방제지역활동센터(MERRAC)



European Union  
Civil Protection



Mediterranean  
Marine Oil & HNS  
Pollution  
Cooperation

본 매뉴얼은 [www.westmopoco.rempec.org](http://www.westmopoco.rempec.org)에서 볼 수 있습니다.

---

English edition ©2021 – Project WestMOPoCo  
Alcaro L., Brandt J., Giraud W., Mannozi M., Nicolas-Kopec A. MARINE HNS RESPONSE  
MANUAL Multi-regional Bonn Agreement, HELCOM, REMPEC. Printed in Malta – Impressions  
Limited Project West Mopoco, 2021, 321 p.

양식 및 그래픽 디자인: Camille Laot

©2024 – Project WestMOPoCo – Traduction

표지 사진: © Cedre – SCOPE2017 (Skagerrak Chemical Oilspill Pollution Exercise)  
– 유럽연합민간보호 (European Union Civil Protection) 공동 자금 지원

ISBN: 978-2-87893-147-1

# 해양 HNS 대응 매뉴얼

## Bonn Agreement, HELCOM, REMPEC

저자:

Luigi Alcaro<sup>2</sup>, Julke Brandt<sup>3</sup>, William Giraud<sup>1</sup>,  
Michela Mannozi<sup>2</sup>, Annabelle Nicolas-Kopec<sup>3</sup>



[www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)

[contact@cedre.fr](mailto:contact@cedre.fr)



[www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)

[urp@isprambiente.it](mailto:urp@isprambiente.it)



[www.itopf.org](http://www.itopf.org)

[central@itopf.org](mailto:central@itopf.org)

## 면책 사항(Disclaimer)

서지중해 해양 유류 및 위험유해물질 방제 협력 사업(Western Mediterranean Region Marine Oil and HNS Pollution Cooperation, West MOPoCo)에서 생산된 모든 자료는 무료로 제공되며 상업적 목적으로 사용할 수 없다. 본 매뉴얼의 내용이나 형식에 대한 수정, 검토 및 갱신은 West MOPoCo 수행 기관의 승인을 받아야 하며 사업에 따라 개발된 원본 문서를 참조해야 한다. West MOPoCo 수행 기관이 수행한 원본 문서의 수정은 수정 기록으로 작성자에게 통지될 것이다. West MOPoCo 수행 기관은 본 자료의 결함이 없다고 주장하지 않으며 본 매뉴얼의 정확성, 완전성 또는 유용성에 대해 어떠한 법적 책임도 지지 않고 어떠한 보증도 하지 않는다.

West MOPoCo 수혜국은 본 자료의 사용으로 인한 직접적, 간접적 또는 결과적 손해에 대해 책임을 지지 않는다.

본 매뉴얼의 내용은 오직 작성자의 견해로 기록되었으므로 그들의 전적인 책임이다. 따라서 유럽연합 집행위원회(European Commission)는 본 매뉴얼 내 정보의 사용에 대해 어떠한 책임도 지지 않는다.

West MOPoCo 수행 기관의 사전 동의 없이 본 출판물의 어떤 부분도 복제하거나 검색 시스템에 저장하거나 전자, 기계, 복사, 기록 또는 기타 어떤 형태나 수단으로든 전송할 수 없다.

사진 및 저작권으로 보호되는 모든 데이터는 소유자의 서면 허가 없이 복제 또는 복사할 수 없다. 당사 웹사이트에서 사용할 수 있는 다른 데이터는 출처 명사와 함께 복제 가능하다.

SGMer 및 사업 협력 기관은 사용된 명칭과 웹사이트의 자료 표현과 관련하여 국가, 영토, 도시 또는 지역 또는 그 당국의 법적 지위 또는 국경 또는 경계의 경계에 대한 의견을 표명하지 않는다.

IMO 관련 자료는 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)의 허가를 받아 복제되었지만, 국제해사기구는 복제된 자료의 정확성에 대해 책임을 지지 않으며 확인이 필요한 경우 IMO의 정본이 우선된다. 독자는 추가 수정 사항이나 최신 권고 사항에 대해 국제해사기구에 확인해야 한다. 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO), 4 Albert Embankment, 런던, SE1 7SR, 영국

### 번역 및 발간 승인사항

본 번역서는 Bonn Agreement, HELCOM, REMPEC 사무국의 'Marine HNS Response Manual Multi-regional Bonn Agreement, HELCOM, REMPEC' 한국어 번역 승인 하에 선박해양플랜트연구소 내 유치·운영 중인 NOWPAP MERRAC(북서태평양환경보전실천계획 방제지역활동센터)에서 번역한 것으로 위에서 설명된 면책 사항(Disclaimer)이 적용됩니다. Bonn agreement, HELCOM, REMPEC은 본 번역서에 대한 책임이 없으며, 번역서의 내용 중 일부 생략 및 의역(또는 오역)된 부분이 있을 수 있으므로 원문을 참조하시기 바랍니다.

## 서문

서지중해 해양 유류 및 위험유해물질 방제 협력 사업(West MOPoCo)은 모나코와의 협력과 알제리, 프랑스, 이탈리아, 몰타, 모로코, 스페인, 튀니지의 지원으로 유류 및 위험유해물질(Hazardous and Noxious Substances, HNS) 해양 오염 대비 및 대응 분야에서 협력을 강화하고 대응 역량 수준 및 상호 운용성을 제고한다.

본 사업은 지중해 해양오염긴급대응센터(Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea, REMPEC), 북해에 대한 본 협정(Bonn Agreement), 발트해에 대한 헬싱키 위원회(Helsinki Commission, HELCOM)의 참여를 포함하여 지역 간 활동을 통해 구현되었다. 또한 Cedre, ISPRA 및 ITOPF와 같은 전문 협력 기관의 기술 지원 및 전문 지식을 활용한다.

본 매뉴얼은 본 협정(Bonn Agreement) 사무국, HELCOM 및 REMPEC의 요청에 따라 HNS 오염 대비 및 대응에 대한 최신 정보를 제공하기 위해 West MOPoCo 체계 아래 Cedre, ISPRA 및 ITOPF에 의해 개발되었다. 3개 지역 협약 회원국의 권한 있는 국가 당국은 매뉴얼 작성 과정의 각 단계에서 협의하여 매뉴얼이 운영상의 필요를 충족하는지 확인하고 화학물질의 해양 유출에 대응하는 활동을 수행한 국가 경험을 토대로 매뉴얼을 강화하였다.

추가정보:



Bonn Agreement  
Accord de Bonn

[www.bonnagreement.org](http://www.bonnagreement.org)

[secretariat@bonnagreement.org](mailto:secretariat@bonnagreement.org)



[www.helcom.fi](http://www.helcom.fi)

[secretariat@helcom.fi](mailto:secretariat@helcom.fi)



[www.rempec.org](http://www.rempec.org)

[rempec@rempec.org](mailto:rempec@rempec.org)

본 매뉴얼은 [www.westmopoco.rempec.org](http://www.westmopoco.rempec.org)에 게재 되었다.

매뉴얼의 내용은 또한 West MOPoCo 사업에서 갱신 및 개선한 화학물질 운송에 관한 최신 MIDSIS TROCS 4.0(Maritime Integrated Decision Support Information System on Transport of Chemical Substances, 해양 통합의사결정 지원정보시스템)의 의사결정트리를 통해 사용할 수 있다. 현장(다운로드 가능한 오프라인 응용 프로그램) 또는 사무실(온라인 버전)에서 사용하기 위한 참조로서 설계된 이 도구는 의사결정자에게 의사결정트리로 구조화된 형식으로 해양 화학 비상 사태에 대한 대응 옵션들을 제공한다. MIDSIS TROCS 4.0은 REMPEC 웹사이트에서도 다운로드할 수 있다. ([midsis.rempec.org](http://midsis.rempec.org))

# 목 차

1. 서론	1
1.1 범위	1
1.2 HNS 정의	2
2. IMO 협약, 의정서 및 규칙	4
2.1 HNS 운송 관련 IMO 협약	5
2.2 HNS 운송 관련 IMO 의정서	6
2.3 HNS 운송 관련 IMO 규칙	7
2.3.1 액화가스 산적운반선 구조 및 설비 국제 규칙(IGC Code)	7
2.3.2 위험화학품선적운송선박 구조 및 설비 국제 규칙(IBC Code)	8
2.3.3 국제해상산적고체화물규칙(IMSBC Code)	9
2.3.4 국제해상위험물규칙(IMDG Code)	10
3. HNS 거동 및 유해요소	15
3.1 해양 유출 시 물리적 이동 경로 및 거동	16
3.2 위험요소	18
3.2.1 유해요소: 폭발성	18
3.2.2 유해요소: 가연성	20
3.2.3 유해요소: 산화성	21
3.2.4 유해요소: 부식성	22
3.2.5 유해요소: 반응성	23
3.2.6 환경 및 인간 건강에 대한 유해요소	24
3.2.6.1 환경 유해(생태독성)	25
3.2.6.2 인체 건강 유해	27
4. 대비	30
4.1 개요	30
4.2 법적 기본구조	31
4.3 이해관계자	32
4.4 위험 및 민감도 평가	35
4.4.1 위험 평가	35
4.4.2 과제	37
4.4.3 민감도 지도	38

4.5 비상 계획	39
4.5.1 목표 및 범위	39
4.5.2 문서화 과정	39
4.5.2.1 팀 및 자원	39
4.5.2.2 고려 필요 단계	40
4.5.2.3 구조	42
4.5.2.4 검증	44
4.5.2.5 수정 및 최신화	44
4.5.3 실행 계획 - 주요 사안	44
4.5.3.1 초기 조치	44
4.5.3.2 관리	46
4.5.3.3 대응 전략	47
4.6 자원 관리	52
4.6.1 인적 자원	52
4.6.2 교육	53
4.6.3 훈련	53
4.6.4 재료 및 장비	54
4.6.4.1 대응 장비	54
4.6.4.2 비축 및 보관	55
4.6.4.3 유지 보수 및 관리	55
<b>5. 대응</b>	<b>56</b>
5.1 개요	56
5.2 선택 가능한 대응 조치 개요	59
5.3 알림 및 정보 수집	61
5.3.1 알림	61
5.3.2 데이터 수집	61
5.4 의사결정	62
5.4.1 의사결정 담당의 주체	62
5.4.2 사고관리팀 내 의사결정 역할 관계	63
5.4.2.1 단계 상승	63
5.4.2.2 유해요소 및 대응 기반 의사결정을 위한 피드백 루프	64
5.5 최초 조치	66
5.6 현장 대응	66
5.6.1 보호	66
5.6.2 모니터링	67
5.6.2.1 모델링	67
5.6.2.2 원격 탐지	67
5.6.2.3 측정 및 분석	68
5.6.2.4 모니터링 실행	68
5.6.2.4.1 모니터링의 목적	68
5.6.2.4.2 모니터링의 책임	69
5.6.2.4.3 모니터링의 위치	70
5.6.2.4.4 모니터링 전략 수립	70

5.6.3 대응 기술 .....	71
5.6.3.1 선박 중심 조치 .....	72
5.6.3.2 오염물질 중심 조치 .....	72
<b>6. 유출 후 관리 .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1 선박 유출 HNS 사고 중 발생한 비용의 문서화, 기록 및 회수 .....</b>	<b>73</b>
6.1.1 법률 - 보상의 법적 근거 .....	73
6.1.2 선주책임상호보험조합(P&I CLUB)/보험사 .....	75
6.1.2.1 HNS 협약 및 2010년 의정서 .....	75
6.1.2.2 유럽연합 - 환경책임지침 .....	76
6.1.3 청구 유형 .....	77
6.1.4 청구 과정 .....	77
6.1.5 요약 .....	79
6.2 유출 후 모니터링 .....	79
6.3 사고 검토 .....	82
<b>7. 사례 연구 .....</b>	<b>85</b>
<b>8. 자료표 .....</b>	<b>86</b>
<b>HNS 협약, 의정서 및 규칙</b>	
2.1 GESAMP 유해요소 프로파일 .....	89
<b>HNS 거동 및 유해요소</b>	
3.1 물질안전보건자료 내용 .....	91
3.2 GHS와 UN TDG 비교 .....	93
<b>대비</b>	
4.1 외부 의사소통 .....	95
4.2 기자회견 .....	97
4.3 내부 의사소통 .....	99
4.4 폐기물 관리 .....	101
4.5 대응 선박 .....	105
4.6 확보 및 유지 보수 .....	119
<b>대응</b>	
5.1 사고 알림 .....	112
5.2 사고 데이터 수집 .....	113
5.3 정보 자원 .....	115
5.4 포장 화물 식별 .....	118
5.5 상황 평가 .....	122
5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질 .....	125
5.7 대응 고려사항: 독성 물질 .....	128
5.8 대응 고려사항: 부식성 물질 .....	131
5.9 대응 고려사항: 반응성 물질 .....	135
5.10 LNG .....	141
5.11 HNS 유출 모델링 .....	145
5.12 비위험 품목 화물 .....	148
5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발 .....	150
5.14 대응 고려사항: 부유 .....	155
5.15 대응 고려사항: 용해 .....	161



- 5.16 대응 고려사항: 침강 ..... 166
- 5.17 최초 조치(사상자) ..... 171
- 5.18 최초 조치(대응인력) ..... 174
- 5.19 안전 구역 ..... 176
- 5.20 개인 보호 장비(PPE) ..... 178
- 5.21 오염제거 ..... 185
- 5.22 원격 탐지 기술 ..... 190
- 5.23 물질 표시 ..... 193
- 5.24 원격 조종 장비 ..... 195
- 5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기 ..... 199
- 5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜 ..... 202
- 5.27 HNS 감지 및 분석 방법 ..... 206
- 5.28 긴급 승선 ..... 211
- 5.29 긴급 예인 ..... 214
- 5.30 피난 지역 ..... 218
- 5.31 화물 이송 ..... 220
- 5.32 밀봉 및 마개 ..... 222
- 5.33 난파선 대응 ..... 225
- 5.34 수벽 사용 ..... 230
- 5.35 포말 사용 ..... 234
- 5.36 자연 감쇠 및 모니터링 ..... 238
- 5.37 흡착재 사용 ..... 241
- 5.38 수주 HNS 대응 ..... 245
- 5.39 해저 HNS 대응 ..... 249
- 5.40 해안 HNS 대응 ..... 255
- 5.41 포장 화물 대응 ..... 258
- 5.42 격리 기술: 불 ..... 266
- 5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기 ..... 269
- 5.44 야생동물 대응 ..... 274

유출 후 관리

- 6.1 청구 과정 ..... 278
- 6.2 환경 회복 및 복원 ..... 281

사례 연구

- 7.1 보우 이글(Bow Eagle) ..... 284
- 7.2 Ece ..... 287
- 7.3 알레이나 메르칸(Aleyna Mercan) ..... 290
- 7.4 유로카고 베네치아(Eurocargo Venezia) ..... 292
- 7.5 MSC 플라미니아(MSC Flaminia) ..... 295

9. 부속서 ..... 297

- 부속서 1 - 일반 정보 ..... 298
- 부속서 2 - 지역 특성 정보 - 본 협정 ..... 299
- 부속서 3 - 지역 특성 정보 - HELCOM ..... 300
- 부속서 4 - 지역 특성 정보 - REMPEC ..... 301

약어 ..... 303

용어 ..... 307

참고 문헌 ..... 308

# [그림 목차]

[그림 1]	HNS 협약 및 OPRC HNS 의정서에 따른 HNS의 정의	2
[그림 2]	해상 HNS 운송 관련 IMO 협약, 의정서 및 규칙	4
[그림 3]	2010 HNS 의정서 및/또는 2000 OPRC-HNS 비준 국가(IMO, 2020)	6
[그림 4]	IMO 규칙 개요	7
[그림 5]	IMSBC Code 입력 예시 - 질산마그네슘 UN 1474	10
[그림 6]	가장 일반적인 두 가지 복합 건조 화물 컨테이너 크기의 치수	11
[그림 7]	IMDG Code 등급 픽토그램	12
[그림 8]	IMDG Code 입력 예시	13
[그림 9]	IMDG Code에 명시된 다중 모드 위험물 양식	14
[그림 10]	위험에 따른 초기 대응 조치와 추후 시간 경과에 따른 이동 경로와 거동 변화 주도 방식	15
[그림 11]	해수에서 물질의 거동을 결정하기 위해 용해도, 증기압 및 밀도 사용	17
[그림 12]	비등 액체 팽창 증기 폭발(BLEVE) 순서	19
[그림 13]	연소 삼각형	20
[그림 14]	벤젠의 가연성 범위	21
[그림 15]	대응인력을 위한 암모니아의 가연성 및 흡입 위험에 대한 도식	28
[그림 16]	대비 과정의 주요 단계	30
[그림 17]	West MOPoCo 영역 내 지역 조정	31
[그림 18]	유출 대응에 관련된 효과적인 이해관계자의 속성 및 주요 과제	32
[그림 19]	해양 HNS 사고 이후 실행 대응에 관여하는 잠재적 이해관계자의 주요 역할 및 관련성	33-34
[그림 20]	비상 계획(Contingency Plan, CP) 구체화를 위한 위험평가 과정 및 하위 단계	36
[그림 21]	다양한 민감도 수준을 색상으로 구분한 영역의 민감도 지도 예시	38
[그림 22]	산업 비상 계획의 전체 프로세스	41
[그림 23]	비상 계획 문서화 도구 및 출처	42
[그림 24]	계층적 대비 및 대응(a)의 기존 정의와 계층적 대응 역량을 정의하는 동심원 모델(b)	45
[그림 25]	대표적 사고지휘체계(ICS) 구조	46
[그림 26]	기능 기반 구조에서 일반적 소통 구조 흐름도	47
[그림 27]	주요 거동 및 사고 위치에 따른 산적 HNS 화물의 유출에 대한 대응 결정 지원	48
[그림 28]	전략적 세부화 및 운영 조치 카드를 통한 개발 주요 단계	50
[그림 29]	총체적 폐기물 관리 과정	51
[그림 30]	'폐기물 계층' 또는 폐기물 관리 단계	51
[그림 31]	다양한 훈련 프로그램의 점진적 개발	54
[그림 32]	유해요소 기반 의사결정트리	64
[그림 33]	거동 기반으로 흐름도 접근을 위한 의사결정트리	65
[그림 34]	측량 및 모니터링의 세 가지 주요 구성 요소	67

[그림 35]	대응의 여러 단계에 대한 모니터링 목표 .....	69
[그림 36]	환경 구획 및 해당 측정 목표 .....	70
[그림 37]	사고에서 합의까지: 청구 절차 .....	78
[그림 38]	사고 검토 과정 수행의 주요 단계 .....	84
[그림 39]	염산에 대한 GESAMP 유해 프로파일의 그림 .....	90
[그림 40]	GHS 픽토그램 .....	93
[그림 41]	UN 권고에 따른 위험물의 분류 .....	93
[그림 42]	의사소통 계획 .....	95
[그림 43]	외부 의사소통 관련 주요 사안 .....	96
[그림 44]	내부 의사소통 관련 주요 사안 .....	99
[그림 45]	사고 지역 구역 .....	107
[그림 46]	화물 유형별로 제공되는 정보 출처 요약 .....	114
[그림 47]	정보 자원 .....	115
[그림 48]	다른 UN 번호의 DG 또는 보조 위험이 있는 하나의 DG를 운반하는 컨테이너, 총 질량 4,000kg을 초과하는 UN3082의 DG를 운송하는 컨테이너 .....	118
[그림 49]	상자 식별의 예 .....	120
[그림 50]	액체 및 고체에 대한 UN 포장 식별 .....	121
[그림 51]	상황 평가의 3가지 주요 단계 .....	123
[그림 52]	위험 평가 .....	126
[그림 53]	인체 건강에 대한 독성 .....	129
[그림 54]	LNG 방출에 관한 의사결정트리 .....	143
[그림 55]	이동 경로 모델 결과 .....	145
[그림 56]	해수면 오염 궤적 .....	145
[그림 57]	대기 오염 궤적 .....	146
[그림 58]	대응 모델 결과 .....	146
[그림 59]	안전구역 .....	177
[그림 60]	보호 수준에 따른 PPE .....	180
[그림 61]	오염제거 계획 수립의 중점 .....	185
[그림 62]	오염제거 구역 배치 .....	187
[그림 63]	지하, 지상 및 항공 기술 .....	195
[그림 64]	관리 연속성 양식 .....	202
[그림 65]	승선 장소의 예 .....	212
[그림 66]	최적 승선 위치 식별 .....	213
[그림 67]	비상 예인 계획의 제안 단계 .....	215
[그림 68]	Ruby-T의 선수에서 예인선 배열과 비상 예인 장치 구성의 예 .....	216
[그림 69]	난파선 대응 결정 트리 .....	229
[그림 70]	수벽 .....	230
[그림 71]	수벽 생성 .....	233
[그림 72]	연소 중 유막 위의 포막 .....	234
[그림 73]	수주 HNS 대응 결정트리 .....	248
[그림 74]	해저 HNS 대응 결정 트리 .....	253
[그림 75]	포장화물 부유성 .....	259
[그림 76]	포장 화물 대응 결정 트리 .....	266

[그림 77] HNS 사고 이후 1단계 ..... 266

[그림 78] HNS 사고 이후 2단계 ..... 269

[그림 79] 사고에서 합의까지: 청구 절차 ..... 278

# [표 목차]

- 〈표 1〉 IBC Code에 따른 염산 입력 예시 ..... 9
- 〈표 2〉 염산에 대한 부분 IBC Code 입력 예시 ..... 9
- 〈표 3〉 장단기 노출 및 영향의 예 ..... 25
- 〈표 4〉 AEGL 예 - 암모니아(출처: EPA) ..... 28
- 〈표 5〉 다양한 환경에서 HNS 유출 후 구현해야 할 조치의 대응 과제 ..... 37
- 〈표 6〉 실행 계획 ..... 43
- 〈표 7〉 부록 또는 지원 문서 ..... 43
- 〈표 8〉 LLMC 1996 의정서 개정에 따른 선주 책임 한도 ..... 74
- 〈표 9〉 사고검토를 위한 비공식 평가 및 공식 검토의 주요 특징 ..... 83
- 〈표 10〉 GESAMP 유해 평가 절차에 사용된 유해 기준/총점(출처: IMO, 2020) ..... 90
- 〈표 11〉 물질 사용에 대한 위험 평가 ..... 92
- 〈표 12〉 유해 화학 물질과 위험물 ..... 94
- 〈표 13〉 해양 HNS 유출 시 발생 가능 폐기물 유형 ..... 101
- 〈표 14〉 구역에 따른 선박 대응(출처: EMSA, 2012) ..... 108
- 〈표 15〉 정보 수집 ..... 113
- 〈표 16〉 IMDG Code 6장에 따른 포장 유형 및 재료 ..... 119
- 〈표 17〉 상황 평가의 세 가지 주요 단계에 대한 설명 ..... 123
- 〈표 18〉 가연성 및 폭발성 물질: 적용 및 주요 위험 ..... 125
- 〈표 19〉 독성 물질: 적용 및 주요 위험 ..... 128
- 〈표 20〉 부식성 물질: 적용 및 주요 위험 ..... 132
- 〈표 21〉 반응성 물질 사고 관련 사례 연구 ..... 135
- 〈표 22〉 반응성 물질: 적용 및 주요 위험 ..... 137
- 〈표 23〉 LNG 유형 ..... 141
- 〈표 24〉 LNG의 물리화학적 성질 ..... 142
- 〈표 25〉 사고 원인에 따라 LNG 관련 사고가 사람, 환경 및 편의 시설에 미치는 영향 ..... 142-143
- 〈표 26〉 가용 모델 ..... 147
- 〈표 27〉 제품의 특성 및 운송 유형에 따라 발생할 수 있는 사고, 잠재적 영향 및 대응 선택의 예 ..... 149
- 〈표 28〉 가스 및 증발 물질 거동 ..... 150
- 〈표 29〉 가스 및 증발 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응 및 요인 ..... 150
- 〈표 30〉 해양 환경 문제의 기체/증발 화학 물질의 예 ..... 154
- 〈표 31〉 부유 물질 거동 ..... 155
- 〈표 32〉 해양 사고에서 부유 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응 및 요인 ..... 155
- 〈표 33〉 건강 및/또는 해양 환경 위험을 초래하는 부유 물질의 예 ..... 160
- 〈표 34〉 용해 물질의 거동 ..... 161
- 〈표 35〉 해양 사고에서 용해 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응 및 요인 ..... 161

<표 36>	건강 및/또는 해양 환경에 위험을 초래하는 용해 물질의 예	165
<표 37>	침강 물질의 거동	166
<표 38>	해양사고에서 침강물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응과 요인	166
<표 39>	건강 및/또는 해양 환경에 위험을 초래하는 침강 화학품의 예	170
<표 40>	물질에 대한 즉각 대응 조치	175
<표 41>	위험에 따라 고려해야 할 다양한 유형의 구역과 잠재적 영향 및 한계	176
<표 42>	안전구역 설정 절차	177
<표 43>	EU 및 미국 PPE 분류 시스템	179
<표 44>	필요한 보호 수준에 따른 PPE 목록(유럽 범주)	181
<표 45>	오염 제거 방법 및 구조	186
<표 46>	원격탐사 플랫폼의 운영상의 장점과 한계	190
<표 47>	현존 검출기의 주요 유형 및 주요 특성	191-192
<표 48>	표시	193-194
<표 49>	원격 조작 장비 용도	195
<표 50>	ROV 등급	196
<표 51>	대표적 휴대용 감지기	199
<표 52>	기체 관련 다양한 변수, 기준 조치 및 대응 조치	200
<표 53>	표본 채취 기술 및 고려 사항	204
<표 54>	표본 보관 방법	205
<표 55>	분석 장비 특성화를 위한 매개변수 정의	206
<표 56>	주요 감지 장치	207-208
<표 57>	탐지 관련 운영 고려 사항	209-210
<표 58>	승선의 장점과 단점	211
<표 59>	HNS 별 위험 및 관련 조치	216
<표 60>	밀봉 및 마개 기술 및 장비	222-223-224
<표 61>	오염물질 회수 장비의 종류	226-227
<표 62>	작동 조건에 따른 팽창 비율	235
<표 63>	포말 유형	236
<표 64>	흡착재 사용	243
<표 65>	회수 장비	251
<표 66>	바위 해안	256
<표 67>	모래 해안	256-257
<표 68>	해양 환경에서의 거동과 이동 경로	258
<표 69>	포장 물품 대응 방법 및 적용	262
<표 70>	격리 장비	267
<표 71>	기계 장비	269-270
<표 72>	수동 도구	271



# 1 서론

## 1.1 범위

해상 운송은 전 세계 물품 무역의 80% 이상을 담당하여 보통 "세계화된 무역 및 제조 공급망의 중추"로 설명된다.

운송되는 물품 중 일부는 위험유해 물질(Hazardous and Noxious Substance, 이하 HNS)로 규정된다. HNS는 불법 배출, 좌초, 충돌과 같은 해상 사고의 결과로 바다로 유출될 수 있다. 빈도는 적지만 HNS 유출과 관련된 사고는 매우 복잡할 수 있고 잠재적으로 인간의 건강, 환경 및 사회 경제적 자원에 심각한 영향을 초래할 수 있다. HNS 사고 대응 관련 일부 과제는 다양한 위험성(화재 및 폭발과 같은 물리적 위험, 독성과 같은 건강 위험 및 환경적 위험) 및 거동(가스/증발, 부유, 용해, 침강)의 특성을 가지는 여러가지 HNS의 이질성과 관련이 있다.

이 해양 HNS 대응 매뉴얼의 목적은 해상 및 항구에서 HNS와 관련된 해양 사고가 발생한 경우, 최초 대응인력과 의사결정자의 운영 지침을 제공하는 것이다.

매뉴얼은 HNS와 관련된 사고의 모든 측면을 다루지는 않지만 관련 해양 및 육상 유출 대응 기술을 구체적으로 논의한다(단, 수색 및 구조, 구조, 의료 등의 주제 제외). HNS 해양 대응 매뉴얼은 아래와 같이 세 부분으로 구성된다.

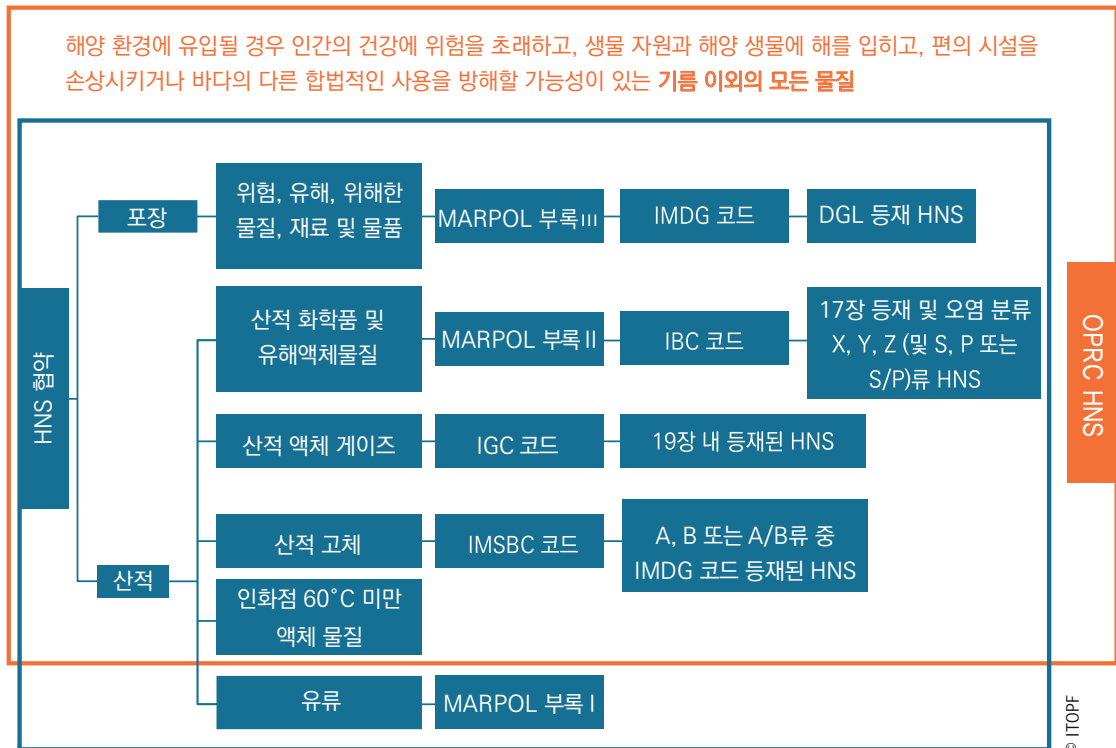
1. 7개 장에서 HNS 대응 전략의 추진 개념 이해 관련 배경 정보 소개
2. 대응과 관련된 운영 자료표(fact sheet) 및 의사 결정 흐름도
3. 부록 I, II 및 III에는 각각 발트해(헬싱키 위원회(Helsinki Commission, HELCOM)), 북해(본 협정), 지중해(지중해 해양오염비상대응센터(Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea, REMPEC))에 대한 지역적 특성(해상운송정보, 민감자원 등)이 포함되어 있다.



# 1.2 HNS 정의

HNS에는 2000년 OPRC-HNS 의정서와 2010년 HNS 협약의 두 가지 주요 정의가 있다. 2000년 OPRC-HNS 의정서(IMO, 2002)에서 HNS는 “해양 환경에 유입될 경우 인간의 건강에 위험을

초래하고, 생물 자원과 해양 생물에 해를 끼치며, 편의 시설을 손상시키거나 바다의 다른 합법적인 이용을 방해할 가능성이 있는 기름 이외의 모든 물질”로 정의된다.



[그림 1] HNS 협약 및 OPRC HNS 의정서에 따른 HNS의 정의

반면 HNS 협약(IMO, 2010)은 기름을 포함하며 다양한 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO) 협약 및 코드에서 정의한 HNS 범주의 상세 목록을 제공한다.

- a) “아래 (i)부터 (vii)까지 언급된 화물로서 선박으로 운송되는 모든 물질, 재료 및 물품:
  - i. 1973년 선박에 의한 해양오염 방지를 위한 국제 협약(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) 부속서

I의 규정 1 및 1978년 의정서 수정에서 산적 운송 기름;

- ii. 1973년 선박에 의한 해양오염 방지를 위한 국제 협약(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) 부속서 II의 규정 1.10에서 정의된 벌크 운송 유해액체물질, 1978년 의정서를 통해 상기 부속서 II의 규정 6.3에 따라 오염 범주 X류, Y 또는 Z로 분류된 물질 및 혼합물로 개정;

iii. IBC 코드(International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk)의 17장 내 등재된 벌크 위험 액체 물질, 개정 에 따라, 운송 적합 조건이 코드 1.1.6절에 따라 관련된 주관청 및 항만 주관청에 의해 규정 된 위험물;

iv. 국제해상위험물규칙(International Maritime Dangerous Goods Code) 및 관련 개정의 적용을 받는 포장 형태의 위험, 유해 및 위해물 질, 재료 및 물품;

v. IGC 코드(International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk) 19장 에 등재된 액화가스, 개정 에 따라, 운송 적

합 조건이 코드 1.1.6항에 따라 관련된 주 관청 및 항만 주관청에 의해 규정된 제품;

vi. 인화점이 60°C를 초과하지 않는 벌크 운 반 액체 물질(밀폐 컵 시험으로 측정);

vii. 국제 해상 고체 선적 화물 코드(International Maritime Solid Bulk Cargoes Code)에서 다루 는 화학적 위험성이 있는 벌크 고체 물질, 개정 에 따라, 포장 운송 형태일 경우, 1996년 발효된 국 제 해상 위험물 코드(International Maritime Dangerous Goods Code) 적용 범위 물질;

b) 위 (a)의 (i)~(iii) 및 (v)~(vii)에 언급된 물질의 산적 운반 잔여물

## 2 IMO 협약, 의정서 및 규칙

국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)는 국제연합의 전문기관으로 국제해운의 안전, 보안, 환경성과에 대한 기준을 정하는 기구이다. 주요 역할은 해운 산업을 위해 보편적으로 차용될 수 있고 효과적인 규제의 기본구조를 만드는 것이다. 이 목표를 달성하기 위해 IMO는 다섯 가지 중요한 도구로써 협약, 의정

서, 개정안, 권고안(코드 및 지침 포함), 결의안을 사용한다. IMO는 이러한 문서를 채택하고 현재 174개 회원국 국가 정부들은 이를 이행할 의무가 있다. 지금까지 IMO는 50개 이상의 국제 협약과 협정, 수많은 의정서 및 개정안을 채택하였다.



[그림 2] 해상 HNS 운송 관련 IMO 협약, 의정서 및 규칙

상선의 안전과 선박에 의한 해양 환경 오염 방지에 관한 두 가지 주요 IMO 협약에는 해상 인명 안전을 위한 국제 협약(International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS 74) 및 선박 오염 방지를 위한 국제 협약(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78) 이 있다.

2020b) 및 MARPOL(IMO, 2017)은 SOLAS (IMO, 2020b) 및 MARPOL(IMO, 2017)은 HNS협약에 따라 아래와 같이 HNS 운송과 관련된 다양한 IMO 규칙을 참조한다:

- **IMDG Code** (국제해상위험물규칙);
- **IBC Code** (위험화학품산적운송선박의 구조 및 설비를 위한 국제코드);
- **IGC Code** (액화가스산적운반선 국제코드);

- **IMSBC Code** (국제해상산적고체화물 규칙).

협약은 해당 협약이 비준되고 국내법으로 시행될 시 체약당사자/회원국에 대한 의무사항이 된다. 반면, IMDG Code와 같은 IMO 규칙은 보통 권장사항이다.

협약 외에도 2010 HNS 의정서는 책임 및 보상 주제를 다루고 OPRC-HNS 의정서는 비상 계획 및 대비에 중점을 둔다.

의정서는 기존 협약 또는 조약에 추가 및 보완하는 추가 입법으로 구성된다. 기존 협약 당사국은 의정서에 별도로 가입할 수 있다.

## 2.1 HNS운송 관련 IMO 협약

**SOLAS 1974**는 안전과 호환되는 선박의 구조, 장비 및 운항에 대한 최소 표준을 지정한다. 협약의 7장은 포장 형태의 위험물, 산적 형태의 고체 형태, 산적 형태의 위험 액체 화학 물질 및 산적 형태의 액화가스 운송을 구체적으로 다룬다.

**MARPOL 73/78**은 운항 또는 우발적 원인으로 인한 선박의 해양 환경 오염 방지를 다루는 주요 국제 협약이며 기름(부속서 I), 산적 유독액체물질(부속서 II), 포장된 형태로 해상 운송되는 위해물질(부속서 III), 오수(부속서 IV), 폐기물(부속서 V) 및 대기 오염(부속서 VI)의 오염 방지 규정을 다룬다.

**MARPOL 부속서 II** 및 **IBC Code**는 **유독액체물질**을 다음의 네 가지로 구분한다.

- **X류**: 해양 자원이나 인간의 건강에 중대한 위해를 초래하는 물질, 따라서 해양 환경으로의 배출 금지(예: 백색 또는 황색의 인).

- **Y류**: 해양 자원 또는 인간의 건강에 위험을 초래하거나 편의 시설 또는 기타 합법적인 바다 사용에 해를 입히므로 해양 환경으로 배출되는 양과 질 제한(예: 스티렌)
- **Z류**: 해양 자원 및/또는 인간의 건강에 경미한 위험을 초래하여 해양 환경으로 배출되는 양과 질에 대한 보다 낮은 제한(예: 아세톤)
- **기타 물질**: 유해한 것으로 간주되지 않고 MARPOL 부속서 II의 요구 사항이 적용되지 않는 기타 물질(예: 당밀).

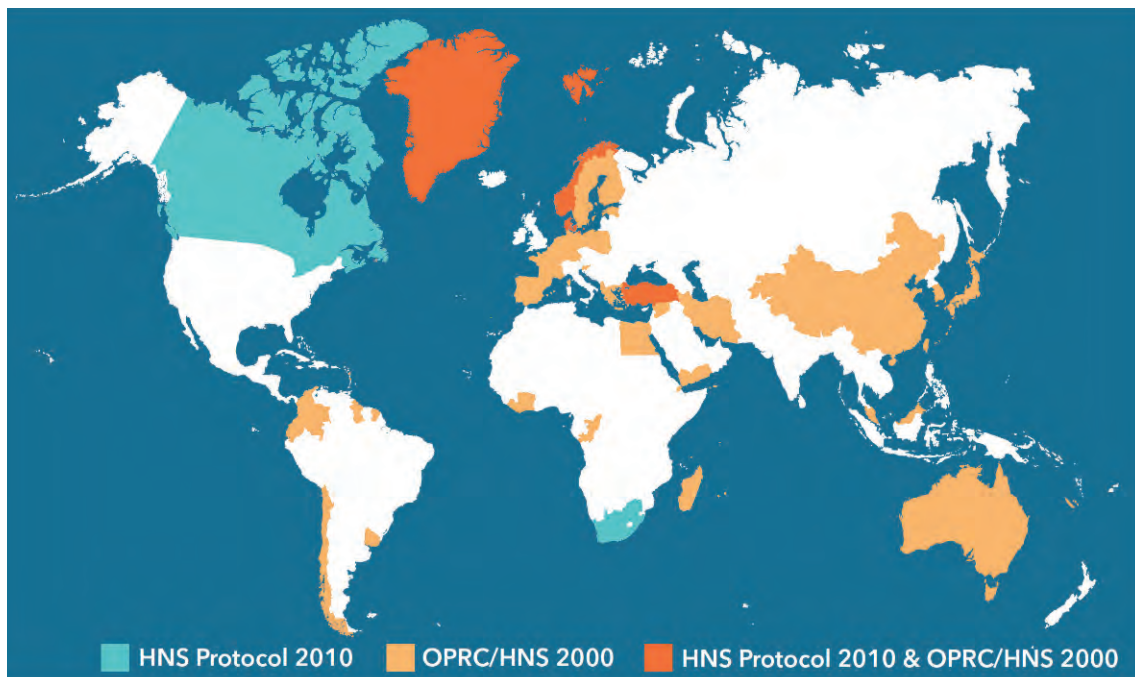
MARPOL 부속서 III는 포장 형태 위해물질에 의한 오염 방지에 대한 규정을 제시한다. 여기에는 포장, 표시, 라벨링, 문서화, 적재, 수량 제한, 예외 및 위해물질에 의한 오염 방지 통지에 대한 세부 표준 발행에 대한 일반 요구 사항이 포함된다.

## 2.2 HNS 운송 관련 IMO 의정서

위험유해물질 오염 사고에 대한 대비, 대응 및 협력에 관한 의정서(2000 OPRC-HNS 의정서)는 HNS를 선적한 선박에서 발생하는 해양 오염의 위협이나 주요 사고에 대처하기 위해 국제 협력에 대한 글로벌 기본 구조를 제공하고 국가가 대비하도록 하는 것을 목표로 한다. 이는 기름 오염 대비, 대응 및 협력에 대한 국제 협약(International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation, OPRC 1990)의 원칙을 준수한다.

1996년 위험유해물질 해상운송 관련 손해의 책임 및 배상에 관한 국제협약(1996 HNS협약)이 채택되었다. 이는 인명 및/또는 재산 피해에 대한 보상을 보장하는 것을 목표로 한다. 이는 유조선의 잔류성 기름으로 인한 오염 피해를 다루는 기름 오염 피해의 민사 책임에 관한 국제 협약(International

Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage, CLC 협약) 및 국제 기름 오염 피해의 배상 기금 설립에 관한 국제 협약(International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage, 1992년 기금 협약)을 모델로 한다. 그러나 2009년까지 1996년 HNS 협약은 발효되지 않았기 때문에(비준 수가 부족하여) HNS 협약에 대한 의정서(2010년 HNS 의정서)가 개발되고 채택되었다. 2010년 HNS 의정서는 많은 국가가 최초의 협약을 비준하지 못하게 하는 실질적인 과제를 해결하기 위해 고안되었다(IOPC Funds, 2019). 2010 HNS 의정서는 아직 시행되지 않았으므로 HNS 사고에 따른 보상은 국가 규정(6.1.1 법률 - 보상에 대한 법적 근거)의 적용을 받는다.



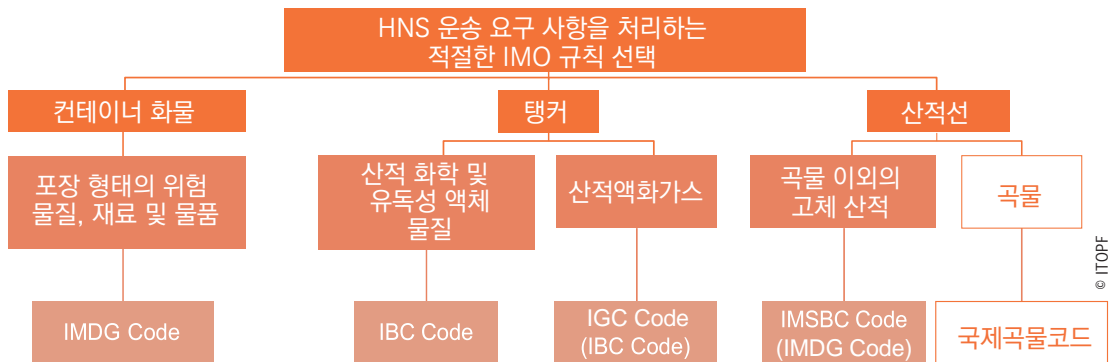
[그림 3] 2010 HNS 의정서 및 또는 2000 OPRC-HNS 비준 국가(IMO, 2020).

최신 정보는 [www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/StatusOf-Conventions.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/StatusOf-Conventions.aspx)에서 확인

## 2.3 HNS 운송 관련 IMO 규칙

HNS 및 곡물의 안전한 운송을 다루는 다양한 IMO 규칙이 있으며, 모두 관련 하위 절에 상세히 설명되어 있다. 모든 코드는 주기적으로 수정된다. IBC, IGC 및 IMSBC Code에는 비유해 화물에 대한 조항이 포함되어 있는 반면 IMDG Code는 HNS만 다루고 있다.

산적 곡물의 안전한 운송을 위한 국제 규칙(The International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk, 국제곡물코드)은 밀, 옥수수, 귀리, 호밀, 보리, 쌀, 콩류, 종자 및 이들의 가공 형태에 대한 특정 운송 고려 사항을 다룬다. 코드의 내용은 해당 물질의 유출과 관련된 물리적 또는 환경적 위험을 다루지 않기 때문에 더 자세한 설명은 생략한다.



[그림 4] IMO규칙 개요

### 2.3.1 액화가스 산적운반선 구조 및 설비 국제 규칙 (IGC Code)



거친 바다를 항해하는 에틸렌 운반선 Coral Leaf

IGC Code(액화가스 산적운반선의 구조 및 설비에 관한 국제 규칙, International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk)는 해상으로 액화가스를 안전하게 운송하기 위한 국제 표준을 제시한다.

이 코드는 선박, 선원 및 환경에 대한 위험을 최소화하는 것을 목표로 선박 설계 및 구조 표준과 장비 요구사항을 정의한다(IMO, 2016). 연료와 같은 가스 또는 저인화점 액체를 사용하는 선박에 대한 추가 표준은 IGF Code(가스 또는 기타 저인화점 연료를 사용하는 선박에 대한 국제 안전 코드, International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels)에 제공된다.

구분해야 할 가스 화물의 3가지 유형은 LNG(액화 천연가스), 부탄과 프로판(또는 둘의 혼합물)을 포함하는 LPG(액화석유가스), 다양한 화학가스(암모니아 등)이다.

화물의 성질에 따라 LNG선, 완전냉장선, 에틸렌선, 반가압선, 가압선 등으로 운송될 수 있다. IGC Code의 적용을 받는 모든 선박은 운반하는 화물의 위험 가능성에 따라 아래와 같은 4가지 유형(1G, 2G, 2PG, 3G) 중 하나로 지정된다:

- 유형 1G 선박은 전체 위험이 가장 큰 제품(예: 염소, 산화에틸렌) 운송
- 유형 2G/2PG는 위험도가 낮은 화물(예: 암모니아, 프로판) 운반
- 유형 3G는 위험성이 가장 낮은 제품(예: 질소, 이산화탄소) 운반

선박 유형에 따라 제품을 독립 탱크로 운송할 수 있다.

- 유형 A(상자 모양 또는 각형)
- 유형 B(구형 또는 각형)
- 유형 C(구형 또는 원통형), 멤브레인 탱크, 일체형 탱크 또는 반 멤브레인 탱크

코드에서 고려되는 모든 액화가스는 IGC Code의 19장에 등재되어 있다. 별표가 뒤에 오는 모든 제품 이름도 IBC Code의 적용을 받는다.

### 2.3.2 위험화학품산적운송선박 구조 및 설비 국제규칙(IBC Code)



화학물질 운반선

1986년 7월 1일 이후 건조된 화학품 운반선은 위험 화학 물질 및 유독액체물질을 해상으로 안전하게 운송하기 위한 국제 표준을 제시하는 IBC Code를 준수해야 한다. IBC Code는 산적 액체 화학 물질의 운송과 관련된 선박의 설계 및 구조 표준을 규정하고 운송 대상 제품의 특성과 관련하여 선박, 선원 및 환경에 대한 위험을 최소화하기 위해 운송 장비를 식별한다(IMO, 2016a).

IBC Code(MARPOL 부속서 II에 따라)는 유독액체물질을 4가지 오염 범주로 구분한다.

해당 오염 범주 외에도 이 코드는 물질이 화재, 건강, 반응성 및 해양 오염 위험과 관련하여 안전("S") 및/또는 오염("P") 위험인지 여부도 나타낸다.

IBC Code 17장에는 제품 이름(a 열), 오염 범주(c 열) 및 위험(d 열), 선박/탱크 유형 및 최소 장비 요구 사항을 설명하는 열로 구성된 화학 물질 목록이 포함되어 있다.

a	c	d	e	f
염산	Z	S/P	3	1G

〈표 1〉 IBC Code에 따른 염산 입력 예시

(a) 제품명: 염산, (c) 오염 범주: Z, 항해 중 배출로 인해 해양 자원 및/또는 인체 건강에 경미한 위험을 나타내지만 고려되는 물질, (d) 위험: 안전/오염, (f) 탱크 유형: 1G, 독립 중력 탱크

(a)	(c)	(d)	(e)	(f)
제품명	오염 범주	위험	선박 유형	탱크 유형
염산	Z	S/P	3	1G
	해양 자원 및/또는 인간의 건강에 경미한 위험을 나타내므로 해양 환경으로 배출되는 양과 질에 대해 상대적으로 낮은 제한 물질	안전/오염 위험	손상 상태에서 생존 능력을 증가시키기 위해 적당한 수준의 통쇄가 필요한 환경 및 안전 위험이 충분히 심각한 제품을 운송하기 위한 화학품 운반선	독립 중력 탱크

〈표 2〉 염산에 대한 부분 IBC Code 입력 예시

IBC Code에 등재된 모든 산적 운반 유독액체물질(MARPOL Annex II)의 위험은 해양 환경 보호의 과학적 측면에 대한 합동 전문단(Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, GESAMP)에 의해 평가된다.

GESAMP는 1969년에 설립된 자문 기구로, 해양 환경 보호의 과학적 측면에 관해 유엔(UN)기구에 자문을 제공한다.

▶ 2.1 GESAMP hazard profiles

### 2.3.3 국제해상산적고체화물규칙(IMSBC Code)



Handysize La Briantais

IMSBC Code(International Maritime Solid Bulk Cargoes Code, 국제해상고체산적화물규칙)는 운송과 관련된 위험에 대한 정보를 제공하

여 고체 산적 화물의 안전한 적재 및 선적을 위한 특별 요구사항을 다룬다(IMO, 2020c). IMSBC Code은 화물을 세 그룹으로 분류한다.

- **그룹 A:** 액화할 수 있는 화물(예: 어류, 석탄 슬러리)
- **그룹 B:** IMDG Code의 위험 기준(예: 질산 마그네슘) 또는 IMSBC Code의 "MHB(Materials Hazard only in bulk, 산적 운반에 한하여 위험물)" 기준(예: 석회)에 따른 화학적 위험이 있는 화물,
- **그룹 C:** 액화 위험이 없고 화학적 위험이 없는 화물(예: 철광석, 자갈).



각 물질의 물리적 특성, 위험, 장비 및 운송 요구 사항과 비상 절차가 나열되어 있다.

### 질산 마그네슘 UN 1474

#### 설명

수용성 백색 결정, 흡습성

#### 특징

물리적 특성			
크기	안식각	용적 밀도(kg/m³)	적재 계수 (m³/t)
해당 없음	해당 없음		
위험 분류			
등급	부수적 위험	MHB	그룹
5.1	해당 없음		B

#### 비상 절차

특수 휴대 비상 장비	비상 절차	화재 발생 시 비상 조치	응급 의료 처치
보호복(장갑, 장화, 전신 작업복 및 헤드기어), 자급식 호흡 장비, 스프레이 노즐	보호복 및 자급식 호흡 장비 착용	재료의 표면을 방해하지 않도록 스프레이 형태로 쉽게 적용 가능한 다량의 물을 사용한다. 재료가 용합되거나 녹을 수 있으며, 현 상태에서 물을 가하면 용융된 재료가 광범위하게 비산될 수 있다. 공기를 차단하거나 CO2를 사용하면 화재를 제어할 수 없다. 축적된 물이 선박의 안정성에 미치는 영향을 충분히 고려해야 한다.	개정에 따라 MFAG (Medical First Aid Guide, 응급의료처치 지침)를 참조한다.

[그림 5] IMSBC Code 입력 예시 - 질산 마그네슘 UN 1474

### 2.3.4 국제해상위험물규칙 (IMDG Code)



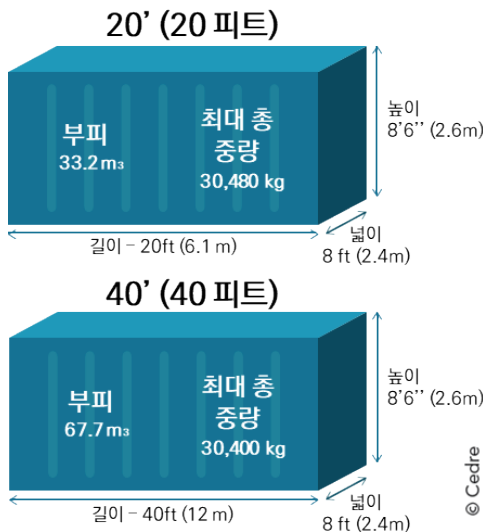
컨테이너선 /RoRo vessel

IMDG Code(국제해상위험물규칙, International Maritime Dangerous Goods Code)는 위험, 유해, 위해한 물질, 재료 및 물품을 포장 형태로 해상으로 안전하게 운송하기 위한 규정을 설정한다 (IMO, 2020a).

IMDG Code는 UN 모델규정(3.2 GHS와 UN TDG 비교)으로도 알려진 위험물 운송에 대한 UN 권고안(UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods)에 기반한다. 이는 모든 운송 수단(항공, 도로, 철도 및 해상)을 통한 위험물의 안전한 운송을 위한 코드의 기본 구조를 제공한다.

이 문맥에서 "위험물(Dangerous goods)"이라는 용어는 IMDG Code가 적용되는 물질, 재료 및 물품을 의미한다. **위험 물질(Dangerous substances)**은 즉각적인 물리적 또는 화학적 영향을 미치는 반면, **유해 물질(hazardous substances)**은 인간의 건강에 위험을 초래한다. **위해 물질(Harmful substance)**은 IMDG Code에서 해양 오염 물질로 식별된 물질이다.

해상에서 포장 품목은 일반적으로 컨테이너선이나 자동차 운반선에 실린 화물 컨테이너와 같은 "화물 운송 장치(Cargo Transport Unit, CTU)"로 운송된다. 건식 저장, 탱크 컨테이너, 플랫폼 및 온도 조절 컨테이너와 같은 복합 운송 컨테이너에는 여러 유형이 있으며, 그 중 가장 일반적인 표준 크기는 20피트 및 40피트이다(부피는 다르지만 최대 총 중량은 아님). 20피트 컨테이너 1개는 TEU(20피트 등가 단위) 1개와 같다.



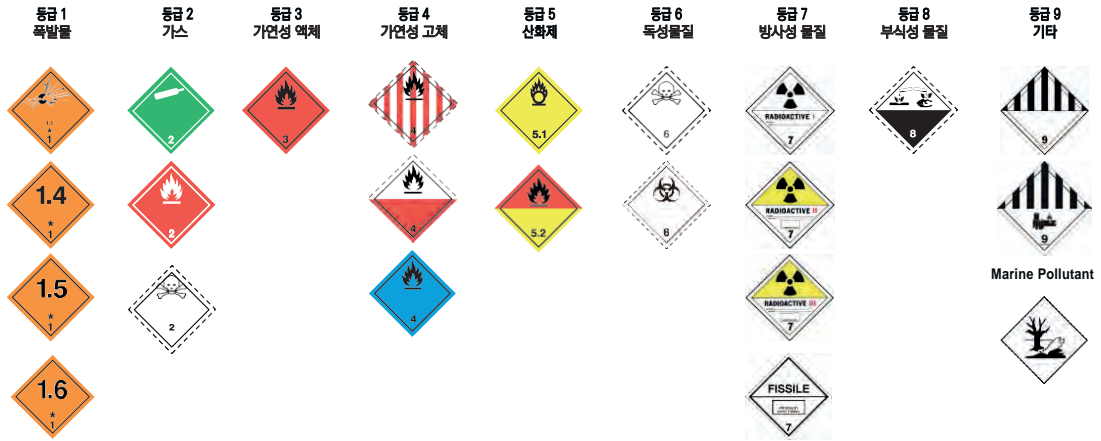
**[그림 6]** 가장 일반적인 두 가지 복합 건조 화물 컨테이너 크기의 치수

컨테이너 내부에서 포장 품목은 가장 일반적으로 나무 팔레트에 고정되는 내부 포장(예: 드럼, 상자 및 포대)으로 운반된다 IMDG Code는 각 HNS에 적합한 내부 포장과 CTU를 지정한다.

MDG Code는 2권과 부록으로 구성되어 있으며 격년 발행된다:

- **1권**은 일반 조항/정의/교육, 분류, 포장 및 탱크 조항, 위탁 절차, 컨테이너에 대한 검사 요구 사항 및 운송 작업 요구 사항을 다룬다.
- **2권**은 DGL(Dangerous Goods List, 위험물 목록), 물질이 할당된 UN 번호 및 정식운송품 명으로 이름으로 나열되는 특별 조항 및 예외를 다룬다.
- **부록**에는 위험물 운반 선박에 대한 비상 대응 절차(EmS Guide) 및 위험물 관련 사고에 사용하기 위한 의료 응급 처치 지침(위험물과 관련된 사고 대응을 위한 의료 응급 처치 지침(Medical First Aid Guide for Use in Accidents Involving Dangerous Goods, MFAG))이 포함되어 있다. 이는 세계보건기구(WHO)가 발행한 선박용 국제의료지침(International Medical Guide for Ships)의 부록이다. EmS Guide 및 MFAG에 포함된 정보는 주로 선상에서 사용하기 위한 것이지만 터미널 내의 컨테이너와 관련된 사고에 대응할 때 해안 인력이 사용할 수도 있다.

IMDG Code에 등재된 모든 물품은 그들이 주요 위험에 따라 9개의 "등급"(하위 부문 제외) 중 하나에 할당된다. 자세한 내용은 **3장**을 참고한다.



[그림 7] IMDG Code 등급 픽토그램



UN 번호는 국제 운송과 관련된 위험 프로필 및 구성에 따라 모든 위험, 유해 및 위해물질, 재료 및 물품을 식별하고 그룹화하는 4자리 숫자이다. UN 번호 항목에는 네 가지 유형이 있다.

- 명확히 정의된 물질 또는 물품에 대한 단일 항목(예: UN 1194 에틸 아질산염 용액)
- 명확히 정의된 물질 또는 물품 그룹에 대한 일반 항목(예: UN 1130 향수 제품)
- 달리 지정되지 않은 특정 항목[NOS (not otherwise specified, 미지정)](예: UN 1987 알코올류, NOS)
- 달리 지정되지 않은 일반 항목[NOS (not otherwise specified, 미지정)](예: UN 1993 가연성 액체, NOS)

고체 상태의 화학 물질은 위험 특성이 크게 상이한 경우 액체 상태와 다른 UN 번호가 할당될 수 있다. 마찬가지로 순도(또는 용액 농도)가 다른 물질도 다른 UN 번호가 할당될 수 있다.

UN 번호는 CAS(Cheical Abstract Service)에서 물리적 상태와 무관하게 각 화합물에 고유하게 할당하는 CAS 등록 번호와 다르다. 2020년 기준 CAS에서 등재된 고유화합물은 1억 5,900만 개이다.

예:

UN 1823 수산화나트륨, 고체

UN 1824 수산화나트륨 용액

반면, CAS 수산화나트륨: 1310-73-2

각 UN 번호에 대해 물질의 위험 분류를 기반으로 한 포장, 라벨링, 표시, 보관 및 분리에 대한 코드화된 지침이 있으며, 여기에는 위험 정도에 따라 세 가지 포장 그룹 중 하나가 포함된다.

- 포장 그룹 I: 고위험
- 포장 그룹 II: 중위험
- 포장 그룹 III: 저위험

UN 번호	운송 위험물 명칭	등급	부수 위험	포장 그룹	특별 조항	제한 및 제외 공급 수량		포장		IBC	
						제한 수량 (7a)	제외 수량 (7b)	지침 (8)	공급 (9)	지침 (10)	공급 (11)
(1)	(2) 3.1.2	(3) 2.0	(4) 2.0	(5) 2.0.1.3	(6) 3.3	제한 수량 (7a) 3.4	제외 수량 (7b) 3.5	지침 (8) 4.1.4	공급 (9) 4.1.4	지침 (10) 4.1.4	공급 (11) 4.1.4
1001	아세틸렌, 용해	2.1	-	-	-	0	E0	P200	-	-	-
1002	공기, 압축	2.2	-	-	-	120 mL	E1	P200	-	-	-
1003	공기, 냉장액	2.2	5.1	-	-	0	E0	P203	-	-	-
1005	암모니아, 무수	2.3	8 P	-	23 379	0	E0	P200	-	-	-

유대용 탱크 및 벌크 컨테이너		EmS	보관 및 관리	분리	특성 및 주의 사항	UN 번호	
(12)	Tank instructions (13) 4.2.5 4.3	Provisions (14) 4.2.5	(15) 5.4.3.2 7.8	(16a) 7.1 7.3-7.7	(16b) 7.2-7.7	(17)	(18)
-	-	-	F-D, S-U	범주 D SW 1 SW 2	SG46	약간의 냄새가 있는 가연성 가스. 폭발 한계: 2.1% ~ 80%. 공기보다 가벼움(0.907). 거칠게 취급하거나 국부적으로 열에 노출되면 자연 폭발 가능성이 있음으로 피해야 함. 빈 실린더는 채워진 실린더와 동일한 예방 조치와 함께 운송.	1001
-	-	-	F-C, S-V	범주 A	-	불연성 가스	1002
-	T75	2.2	F-C, S-W	범주 D	-	액화, 불연성 가스. 강한 산화제. 액화 공기와 가연성 물질 또는 기름의 혼합물은 폭발 가능. 유기 물질 발화 가능성.	1003
-	T50	-	F-C, S-U	범주 D SW 2	SGG18 SG35 SG46	자극적인 냄새가 나는 액화, 불연성, 유독성, 부식성 가스. 공기보다 가벼운. 낮은 농도에서 질식. 해당 물질은 가연성 위험이 있지만 제한된 지역의 극한 화재 조건에서만 그러한 위험을 나타냄. 산과 격렬하게 반응. 피부, 눈, 점막에 매우 자극적임	1005

[그림 8] IMDG Code 페이지 입력 예시

위험물 목록(Dangerous Goods List, DGL)은 소량으로 운송될 때 일부 운송 규정에서 면제되는 **제한 수량** 또는 **예외 수량**으로 운송될 수 있는 물질을 지정한다(소량은 운송하기에 보다 안전한 것으로 간주되기 때문). **한정 수량**은 “위험물을 한정 수량으로 운송하기 위한 내부 포장 또는 물품당 최대 수량”으로 정의된다. **예외 수량**은 “위험물을 예외 수량으로 운송하기 위한 내부 및 외부 포장당 최대 수량”으로 정의된다.

또한 IMDG Code는 포장 위험물이 적절한 운송 문서 또는 화물이 적절하게 포장, 표시, 라벨링되었으며 운송을 위한 적절한 상태임을 나타내는 서명된 신고서(**다중 모드 위험물 양식**, 그림 8)를 지참해야 한다고 지정한다. 문서에는 운송(발신인/수취인, 선박명 등)과 관련된 정보뿐만 아니라 UN 번호, 정식운송품명, 위험 등급, 포장 그룹(할당된 경우) 및 해당 물품이 해양 오염 물질(**3.2.6.1장 환경 유해성(생태독성)**)인지와 같은 물품 자체에 대한 세부 정보도 포함되어야 한다.

1. 운송인/송하인/발신인		2. 운송 문서 번호			
		3. 페이지 중 1페이지	4. 운송인 참조		
			5. 화물 운송업자의 참조		
6. 수하인		7. 운반선(운반선에서 작성)			
		<b>운송인 확인서:</b> 이 화물의 내용물이 아래에 정식운송품명으로 완전하고 정확하게 설명되어 있으며 분류, 포장, 표시 및 라벨링/플래카드가 있으며 모든 면에서 해당 국제 및 국가 정부 규정에 따라 적절한 운송 상태를 확인 함.			
8. 이 배송은 다음에 대해 규정된 제한 사항 내에 있음.(삭제 불가)		9 추가 취급 정보			
여객 및 화물 항공기	화물 항공기 전용				
10. 선박/편명 및 날짜	11. 항구/선적지				
12. 항구/하역지	13. 목적지				
14. 배송 표시		포장 수 및 종류; 물품 설명	총 질량(kg)	순 질량(kg)	부피(m³)
15. 컨테이너 식별 번호 / 차량 등록 번호		16. 인감번호	17. 컨테이너/차량 크기 및 유형	18. 컨테이너 중량(kg)	19. 총중량(컨테이너 포함)(kg)
컨테이너/차량 포장 증명서 본인은 위에서 설명한 물품이 해당 조항에 따라 위에서 확인된 컨테이너/차량에 포장/적재되었음을 확인 함. <b>포장/선적 책임자는 모든 컨테이너/차량 하중에 대해 작성하고 서명 필요.</b>		21. 조직 영수증 수령 본 양식에 명시된 경우를 제외하고 위의 포장/컨테이너/트레일러를 양호한 상태로 양호한 상태로 수령 확인 함. <b>수신 조직 참고:</b>			
20. 회사명		운송업자명		22. 회사명(본 양식을 작성하는 운송인)	
신고자 이름/신분		차량등록번호		신고자 이름/신분	
장소 및 날짜		서명 및 날짜		장소와 날짜	
신고자 서명		운전자 서명		신고자 서명	

**[그림 9]** IMDG Code에 명시된 다중 모드 위험물 양식. 양식의 형식은 변경 가능하나 내용은 필수임 (IMDG Code 1권 p. 294)

### 3 HNS 거동 및 유해요소

HNS와 관련된 해양 사고 중에 유출 물질의 화학적 및 물리적 특성, 관련 위험 및 바다에 유출되었을 때 발생할 수 있는 거동에 대한 정보를 확보하는 것이 중요하다. 이 정보는 대응 전략 개발의 핵심이다.

많은 경우에서 취해야 할 최초 조치에 대한 결정은 폭발, 가연성, 산화, 부식성, 반응성, 독성 및 생태독성과 같은 HNS와 관련된 잠재적 위험에 의해 결정된다. 그러나 위험 기간에 따라 장기 대응 전략은 (표준 유럽 거동 분류(Standard European Behaviour Classification, SEBC)에 설명된 바와 같이) 화학 물질의 거동에 의해 수정되는 경향이 있다.



[그림 10] 위험에 따른 초기 대응 조치와 추후 시간 경과에 따른 이동 경로와 거동 변화 주도 방식

유해요소 및 이동 경로/거동과 관련된 운영상의 권고는 **5장** 참조

### 3.1 해양 유출 시 물리적 이동 경로 및 거동

표준 유럽 거동 분류(Standard European Behaviour Classification, SEBC)는 물리적 및 화학적 특성에 따라 물질의 이론적 거동을 결정하고, 이를 가스(G), 증발(E), 부유(F), 용해(D), 침강(S)의 다섯 가지 주요 범주 중 하나로 분류한다. 그러나 물질은 제품의 특성과 환경 과정에 대한 노출에 따라 유출 전반에 걸쳐 하나가 아닌 여러 거동 단계를 보일 수 있다. 이것은 7개의 추가 하위 범주가 개발된 이유를 설명한다(그림 11).

물질의 거동을 예측하는 것과 관련된 4가지 물리적/화학적 특성은 용해도, 밀도, 증기압 및 점도이다. 이는 일반적으로 ▶3.1 물질안전보건자료 내에서 사용되는 표준 온도인 20°C로 문서화된다. 그러나 대기 온도가 이러한 속성값에 영향을 미치므로 조정이 필요할 수 있다.

**물질안전보건자료(Safety Data Sheet, SDS)**는 사용자의 상황 평가에 도움이 되는 화학 제품에 대한 정보를 제공하는 문서이다. 모든 화학품 공급업체는 SDS를 발행해야 하며 온라인으로 제공해야 한다. 이 문서에는 화학품의 특성 및 위험에 대한 정보가 포함되어 있으며 사고 시 취급, 보관 및 비상 조치에 대한 정보를 제공한다.

- **용해도(S)**는 주어진 물질(용질)이 액체(용매)에 용해되는 능력이다.

일반적으로 mg/L(또는 ppm) 또는 백분율로 측정된다(여기서 1%는 100mL의 용매에 있는 1g의 용질이다). 따라서 500mg/L의 용해도는 0.05%와 동일하다. 미지정 시 물은 용매로 간주된다.

*S > 5%이면 물질은 용해.*

- 물질의 **상대 밀도(d)**(또는 특정 질량)는 단위 부피당 질량 또는 “압밀성”으로 정의된다. 보통 g/cm<sup>3</sup> 또는 kg/m<sup>3</sup>로 측정되며 물질이 기준(일반적으로 공기 또는 물)보다 무거운지 가벼운지를 결정하는 데 사용된다.

*d < d해수(20°C에서 1,025kg/m<sup>3</sup>)이면 액체는 부유*

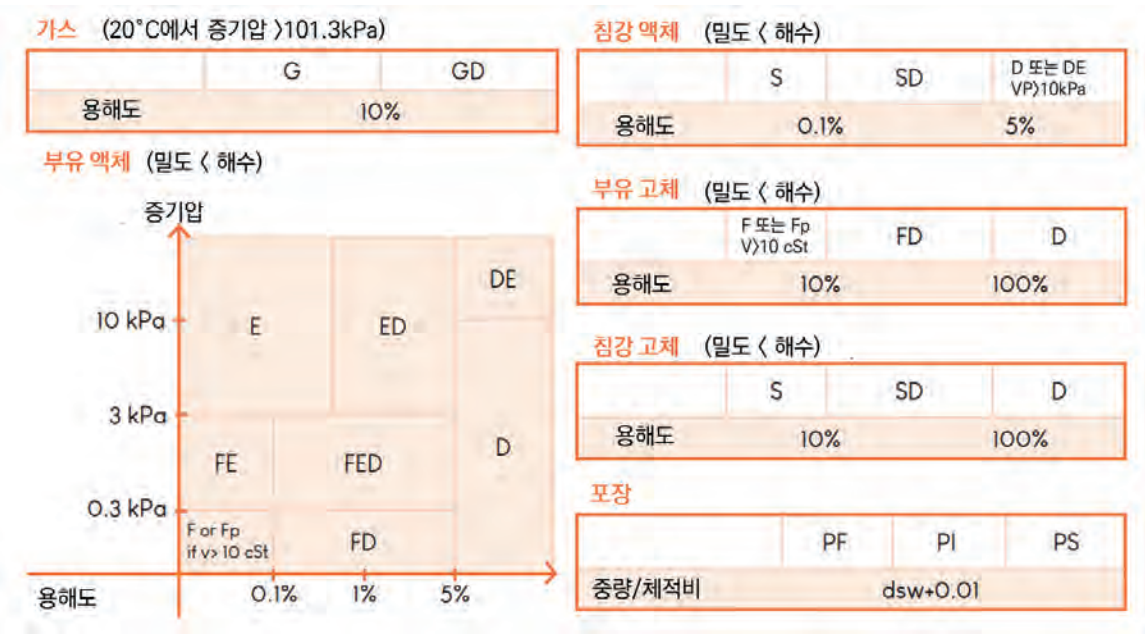
- **증기압(Vp)**은 액체가 기체 상태로 변하는 경향을 나타내는 지표이다. 증기압은 파스칼(Pa)로 측정되며 표준 대기압은 101.3kPa이다.

*Vp > 3 kPa이면 물질 증발*

- **점도**는 cSt 센티스토크(mm<sup>2</sup>/s)로 측정된 흐름에 대한 액체의 저항을 측정한다. 점도는 온도에 따라 달라지며, 대부분의 경우 온도가 상승하면 물질의 점도가 감소하고 물질이 확산되는 경향이 증가한다.

*물질은 밀도가 d < d해수, Vp ≤ 0.3 kPa, S ≤ 0.1%(액체의 경우) 또는 S ≤ 10%(고체의 경우)인 20°C에서 v > 10 cSt인 경우 지속적인 유막 형성*

SEBC는 점도를 고려하지 않는다는 점에 유의할 필요가 있다.



[그림 11] 해수에서 물질의 거동을 결정하기 위해 용해도, 증기압 및 밀도 사용



분류는 통제 환경에서 수행된 실험실 실험을 기반으로 한다. 따라서 실험 중 관찰된 물질의 거동은 예측과 크게 다를 수 있다.

물질이 포장된 형태로 운송되는 경우, 단위의 중량/체적비(w/v)는 포장의 부유, 침수, 침강 여부를 나타낸다. 아래의 공식은 포장의 밀폐 여부를 고려하지 않았기 때문에 참고용으로만 제공된다.

$$w/v > d_{\text{해수}} + 0.01 \text{이면,}$$

포장 침강



## 3.2 유해요소

물질의 화학적 및 물리적 특성은 거동뿐만 아니라 유해요소를 결정한다. 일반적으로 유해는 사람과 환경에 해를 끼칠 수 있는 것으로 정의되며 위험은 유해요소에 노출될 경우 해를 입을 확률이다. 가연성, 폭발성 및 독성은 HNS 유출이 인간의 건강, 환경 및 기타 자원에 미치는 잠재적 영향과 위험을 이해하기 위해 평가해야 하는 중요한 유해요소 중 일부이다.

물질의 유해요소에 대한 모든 소통을 관리하고 조화시키는 두 가지 주요 지침 문서가 있다.

1. IMDG Code 및 IATA와 같은 대부분의 운송 규정의 기초를 형성하는 "UN Orange Book" 또는 "위험물 운송에 관한 UN 권고 - 모델규정 (UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations, UNECE, 2015)".

2. 화학 물질의 물리적, 건강 및 환경적 위험을 정의, 분류 기준을 조화, 화학품 라벨 및 물질안전보건자료의 내용과 형식을 표준화하는 "UN Purple Book" 또는 "화학품의 분류 및 표시에 대한 국제조화시스템 (Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals(GHS))(UNECE, 2019)

둘 사이의 주요 차이점은 ▶3.2 GHS와 UN TDG에 설명되어 있다. UN 모델규정에 따라 9가지 위험 등급이 있다(2장). 다음 하위 장에서는 폭발성, 가연성, 산화, 부식, 독성, 생태독성 및 반응성과 같은 위험 배후의 개념을 소개하고 해당 UN 위험 등급과 연결한다. 감염 물질(등급 6.2) 및 방사성 물질(등급 7)은 이 매뉴얼의 범위를 벗어나므로 더 이상 다루지 않는다.



위험 물질은 즉각적인 물리적 또는 화학적 영향을 미치는 반면, 유해 물질은 인체 건강에 위험을 초래한다. 위해/환경 유해 물질은 수생 환경에 유해하다.

### 3.2.1 유해요소: 폭발성

폭발은 짧은 시간에 엄청난 가속도로 기체를 생성하는 반응이다. 폭발은 폭발(TNT와 같은 빠른 분해 및 고압으로 인한) 또는 폭연(검은색 및 무연 분말과 같은 빠른 연소 및 낮은 압력으로 인한)일 수 있다.

제한된 환경에서 폭연 폭발물은 압력을 높여 폭발로 이어질 수 있다. 방출 중에 생성된 에너지는 심각한 손상을 일으킬 수 있는 충격파의 형태로 소실된다.

### UN 모델 규정

폭발성 물질은 "그 자체로 화학 반응에 의해 주위에 피해를 줄 수 있는 온도와 압력 및 속도로 가스를 생성할 수 있는 고체 또는 액체 물질(또는 물질의 혼합물)".

UN 등급 1: 폭발물에는 6개의 하위 범주 포함:



대량 폭발 위험  
(예: 옥톤알)



분출 위험  
(예: 로켓)



화재 위험 및 폭발 위험  
또는 경미한 분출 위험



경미한 폭발 위험  
(예: 불꽃)



대량 폭발 위험 있으나  
가능성 낮음



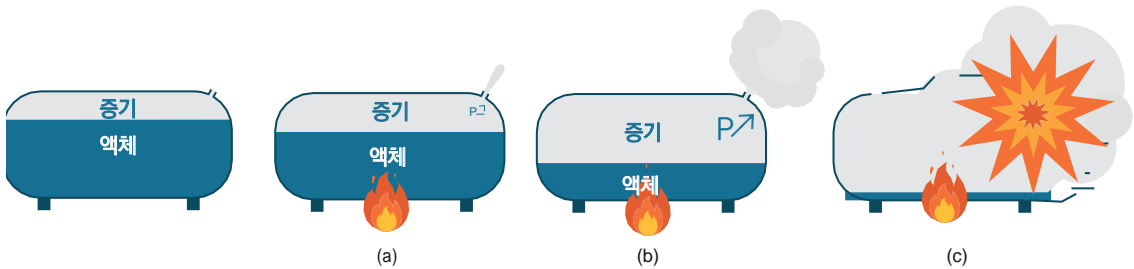
가능성 매우 낮음;  
대량 폭발 위험 없음

### 비등 액체 팽창 증기 폭발

해상 비상 대응 분야에서 특히 액화가스 탱커와 관련된 경우 비등 액체 팽창 증기 폭발(Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, BLEVE)의 개념을 이해하는 것이 중요하다.

그림 12에서 보는 바와 같이 선내의 가압 액체가 들어있는 탱크가 가열되면 탱크 내부의 압력이 증가한다(a). 이것은 탱크(b)의 과압을 일시적으로

줄일 수 있는 IGC의 요건인 압력 방출 밸브를 활성화한다. 액체의 온도가 끓는점을 초과하고 압력 방출 밸브의 용량이 초과되면 탱크가 더 이상 압력(c)을 견디지 못할 수 있다. 이는 기계적 고장으로 이어져 폭발을 발생시킨다(d). BLEVE는 구조적으로 화재를 수반하지 않지만 물질이 가연성인 경우 점화될 가능성이 있으며 잠재적으로 "화구" 또는 증기운 폭발을 형성할 수 있다.




[그림 12] 비등 액체 팽창 증기 폭발(BLEVE) 순서

### 3.2.2 유해요소: 가연성

**UN 모델 규정**

- UN 등급 2.1: 20°C에서 표준 압력 101.3kPa의 가연성 가스(예: 프로판)
- UN 등급 3: 인화점이 60°C 이하인 가연성 액체(예: 디젤/가솔린)
- UN 등급 4.1: 쉽게 연소하거나 마찰을 통해 화재를 발생 또는 야기할 수 있는 가연성 고체(예: 마그네슘)



물질의 가연성은 가연성 물질이 쉽게 점화되어 화재나 폭발을 일으킬 수 있는 것으로 정의된다. 인화를 위해서는 연소원, 발화원, 인화원의 세 가지 구성 요소가 필요하다. 이는 세 가지 구성 요소 중 하나를 제거하여 화재를 진압하거나 예방할 수 있음을 설명하기 위해 보통 화재 삼각형 또는 연소 삼각형이라고 한다.



[그림 13] 연소 삼각형

가연성의 정의 속성은 인화점, 자연 발화 온도 및 가연성/폭발성의 하한/상한이다:

- 인화점은 발화원에 노출되었을 때 물질의 증기가 발화할 수 있는 가장 낮은 온도이다.

*인화점 온도가 낮을수록  
물질은 발화하기 쉽다.*

*예: 벤젠 - -11.1°C(밀폐 캡슐 내)*

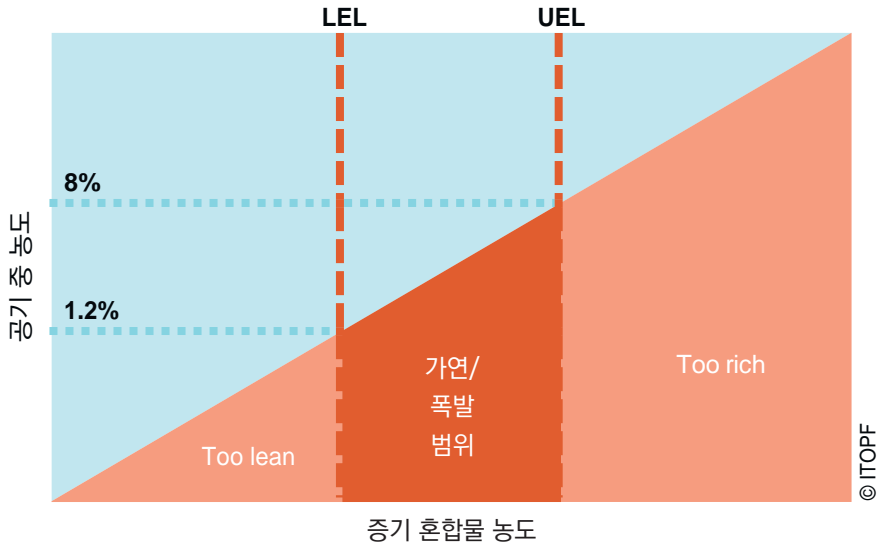
- 자연 발화 온도는 물질의 증기가 발화원 없이 자가 발화할 수 있는 가장 낮은 온도이다.

*자연 발화 온도가 낮을수록  
재료가 자체 발화하기 쉽다.*

*예: 벤젠 - 538°C*

- 가연성/폭발성 하한(LFL/LEL) 및 가연성/폭발성 상한(UFL/UEL)은 공기 중의 가연성 물질 및 산소 농도가 연소할 수 있는 범위(가연성 범위)를 표시한다.

사건 발생 시 가연성 물질이 방출되는 경우 공기 중 물질의 농도가 달라질 수 있다. 즉, 대기는 연소하기에는 너무 밀도가 높은 불연성 혼합물에서 UEL 아래로 떨어지면 가연성(가연성 물질/공기 혼합물)로 바뀔 수 있다. 대기는 LEL 아래로 떨어지면 가연성에서 비가연성(물질/공기 혼합물이 너무 질모가 낮아 비연소)으로 바뀐다.



[그림 14] 벤젠의 가연성 범위. 벤젠: 1.2% 또는 12,000ppm LFL/LEL, 8% 또는 80,000ppm UFL/UEL [공기 중 %]

### 3.2.3 유해요소: 산화성

**UN 모델 규정**

- UN 등급 5.1:** 산화 물질에는 "가연성일 필요는 없지만 일반적으로 산소를 생성하여 다른 물질의 연소를 유발하거나 기여할 수 있는 물질"(예: 과산화수소)이 포함된다.
- UN 등급 5.2:** 유기 과산화물은 "열에 의해 불안정한 물질로 발열 자체 가속 분해를 겪을 수 있다". 또한 폭발이나 화재의 위험이 있으며 다른 물질과 반응할 수 있다.(예: 과산화벤조일)


산화 물질은 분해되어 산소 또는 산화 물질을 방출하는 능력이 있고, 화재 발생 시 산소를 공급하여 화재가 확대될 수 있다.

산화 물질은 또한 가연성 물질이 발화원 없이도 발화되도록 할 수 있다.

### 3.2.4 유해요소: 부식성


**UN 모델 규정**

**UN 등급 8 부식성 물질(액체 및 고체)**은 "화학적 작용에 의해 피부에 회복 불가능한 손상을 일으키거나 누출 시 다른 물품이나 운송 수단을 실질적으로 손상 또는 파괴할 수도 있는" 물질이다



부식성 물질은 화학 반응에 의해 다른 물질에 손상을 주거나 파괴하는 반응성이 높은 물질로 정의된다. 열화 과정은 거의 즉각적(예: 피부의 염산)이거나 점진적 진행(예: 산화로 인한 금속 부식)일 수 있다. 부식성 물질은 살아있는 유기체에 사망 또는 심각한 조직 손상을 일으킬 수 있다. 부식성 물질은 낮은 농도에서 자극제라고도 볼 수 있다.

부식성의 지표는 용액의 산성 또는 염기성 정도를 지정하는 물질의 pH이다. 순수한 물은 중성 pH가 7이며 산성도 염기성도 아닌 반면 해수 pH는 7.5에서 8.4 사이이다. 추가 정보가 없는 경우 pH <2 또는 > 11.5인 물질은 GHS에 의해 피부 부식성 물질로 분류된다.



**부식성 물질 및 인체 건강**

- 부식성 액체(예: 황산)는 직접적인 접촉으로 눈과 피부에 심각한 위험을 초래한다.
- 부식성 가스(예: 암모니아)는 모든 신체 부위에 유해하지만 호흡기와 같은 특정 부위에 특히 민감할 수 있다.
- 부식성 고체(예: 수산화나트륨 알약)는 피부에 심각한 화상을 유발할 수 있다. 부식성 고체 먼지를 흡입하면 호흡기에도 영향을 줄 수 있다.

### 3.2.5 유해요소: 반응성

#### UN 모델 규정

- **UN 등급 4.1:** 가연성 고체/자체 반응성 물질은 즉각적 가연성 물질이거나 마찰을 통해 화재를 발생 또는 야기할 수 있다. “산소의 역할 없이도 강한 발열 분해를 일으키기 쉬운 열에 의해 불안정한 물질”(예: 성냥)
- **UN 등급 4.2:** 자연 가연성 고체는 "공기와 접촉한 후 소량이라도 5분 이내에 발화하는" 자연 발화성 물질 또는 공기와 접촉하여 자체 발열하기 쉬운 자기 발열 물질(예: 백린)이다.
- **UN 등급 4.3:** 젖었을 때 위험 "물과 상호 작용하여 자연적으로 가연성이 되거나 가연성 가스를 방출하기 쉬운" 물질(예: 나트륨)이 포함된다.



물질의 개별 이동 경로, 거동 및 유해요소 외에도 대응인력은 물, 공기, 기타 제품 및/또는 잠재적으로 열 및/또는 가연성/폭발성 가스를 생성하는 자체(예: 중합)와의 반응성을 고려해야 한다.

반응성 물질은 기체, 액체 또는 고체일 수 있다. 그들은 균질한 화학 그룹에 속하지 않으며 매우 다른 특성과 거동을 보인다. 따라서 이러한 물질에 대한 위험 분류는 반응 유형 및 관련 부산물과 관련이 있다.

자체적으로, 상호간 또는 환경과 반응하는 물질은 보통 열을 방출(발열 반응)하거나 가연성 가스 또는 폭발성, 부식성 또는 독성 물질을 생성하여 인간의 건강과 환경에 심각한 결과를 초래한다. 여러 HNS와 관련된 사고(예: 컨테이너선 사고) 중에 물질 반응성 및 폭발/화재 관련 위험은 예측하기 어려운 경우가 많으며, 이는 모든 대응 작업과 관련된 어려움을 증가시킨다.

▶ 5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질

▶ 5.7 대응 고려사항: 독성 물질

▶ 5.8 대응 고려사항: 부식성 물질

▶ 5.9 대응 고려사항: 반응성 물질

#### 자체 반응 물질의 예

단량체(예: 비닐 아세테이트, 스티렌)는 격렬하게 자체 반응(중합)할 수 있으므로 일반적으로 다음 중 하나로 운송된다.

- 중합 반응을 거의 완전히 억제하는 억제제(예: 퀴논). 억제제는 중합 반응이 계속되기 전에 완전히 소모되어야 한다.
- 중합 속도를 감소시키는 지연제, 따라서 지연제가 소모됨에 따라 반응 속도가 꾸준히 증가한다.

억제제나 지연제가 없으면(또는 농도의 오류) 화물이 자체 반응하고 중합 과정을 촉발, 열과 화물의 팽창을 유발하여 화물 탱크의 구조적 상태에 영향을 미칠 수 있다.

### 물과 반응하는 물질의 예

탄화칼슘은 침강하는 고체로 물과 반응하여 높은 가연성 및 폭발성 가스인 아세틸렌을 형성한다. 리튬, 나트륨 및 칼륨은 물에 뜨고 격렬하게 반응하여 공기와 함께 가연성 수소 가스 혼합물을 형성하는 반응성이 매우 높은 금속이다. 반응열은 보통 수소를 발화시키고 폭발시킨다.

### 혼합 물질 반응성

물질이 유출되면 상호간 격렬하게 반응할 수 있다. 운송 중 이러한 물질 반응을 피하는 것은 **2장**에 나열된 IMO 규칙에서 다루는 핵심 구성 요소 중 하나이다. 여기에는 산적 화물과 포장 제품에 대한 정교한 저장 및 분리 계획이 포함된다. 그러나 HNS 사고의 경우 물질이 혼합될 수 있다. 사고 중 여러 물질의 거동과 이들의 상호 작용을 예측하는 것은 매우 어렵다.

일부 대응 소프트웨어 또는 호환성 차트에는 반응성에 대한 예측이 포함되어 있다. 그러나 이것들이 개별 물질로 간주되는 경우는 드물다는 점을 인식하는 것이 중요하다. 그들은 일반적으로 공기/물 및/또는 포장에서 발생하는 농도에서 물질군(예: 알코올, 케톤 등)으로 인식된다


## 3.2.6 환경 및 인체 건강에 대한 유해요소

### 3.2.6.1 환경 유해(생태독성)

**해양 오염물질**

"포장 형태로 해상 운송되는 유해 물질"(MARPOL Annex III), "해양 오염 물질"(IMDG Code) 및 "환경적으로 유해한 물질(수중 환경)"(GHS) 문구는 상호 대체 가능하며 동일한 GHS, UN 모델 규정 및 GESAMP 기준 ▶ [2.1 GESAMP 위험 프로필](#)에 기반한다.

**해양 오염물질**은 해양 환경에 유해한 특성을 가진 물품이다(예: 수생 생물(해양 동식물)에 유해하거나 해산물을 오염시키거나 수중 유기체에 축적됨).



독성은 물질이 세포, 장기 또는 전체 유기체에 해를 끼칠 수 있는 정도를 뜻한다. 독성 데이터는 일반적으로 화학 물질의 특정 효과와 그것이 발생하는 용량 사이의 관계를 식별하는 용량 설명자로 표현된다.

따라서 일반적으로 mg/L 또는 ppm으로 표시되는 이러한 용량 설명자는 인체 건강 또는 환경에 대한 무영향 임계값을 설명하는 데 사용할 수 있다.

이는 물질 유해성 프로파일을 평가하기 위한 독성 및 생태독성 연구에서 도출되며 주로 다음과 같이 구성된다.

- **무영향농도(No Observed Effect Concentration, NOEC):** 허용할 수 없는 영향이 관찰될 가능성이 낮은 농도
- **최저영향농도(Lowest Observed Effect Concentration, LOEC):** 영향이 관찰되지 않은 최저 시험 농도
- **중간유효농도(Median Effective Concentration, EC<sub>50</sub>):** 시험 유기체의 50%에서 특정 효과를 일으킬 것으로 예상되는 물질의 농도. 일반적으로 mg/L 또는 ppm으로 표시
- **중간치사농도(Median Lethal Concentration, LC<sub>50</sub>):** 시험 종의 50%가 죽을 것으로 예상되는 물질의 농도. 일반적으로 mg/L 또는 ppm으로 표시.

물질의 독성을 평가할 때 단기 및 장기 영향을 고려해야 하므로 급성 독성과 만성 독성을 구분한다.

**급성 독성**은 단시간(보통 24시간 미만) 동안 단일 노출 또는 다중 노출로 인해 특정 시험 종에 대한 물질의 부작용을 설명한다. EC<sub>50</sub> 및 LC<sub>50</sub>에서 측정된다.

*주어진 화학품의 LC<sub>50</sub> 또는 EC<sub>50</sub>이  
높을수록 급성 독성은 낮아진다.*

**만성 독성**은 장기간(시험종의 수명까지) 물질을 매일 반복적으로 투여하거나 노출된 결과로 발생하는 물질의 부작용을 설명한다. 일반적으로 NOEC 또는 LOEC로 표시되며 모두 주어진 노출 시간 내에 있다.

*관심 화학품의 LC<sub>50</sub> 또는 EC<sub>50</sub>이  
높을수록 급성 독성은 낮아진다.*

급성 및 만성 독성 모두 단기 및 장기 결과를 초래할 수 있다(표 3).

	단기 영향	장기 영향
급성 노출	가성소다 회석액과의 급성 접촉으로 인한 단기 피부 자극	고농도 염소 가스에 단기간 노출로 인한 지속적인 호흡기 문제
만성 노출	실험실에서 아세톤 사용 등 물질에 만성 노출로 인한 단기 피부 자극 및 피부염	만성 염화비닐 노출과 관련된 암

**〈표 3〉 장단기 노출 및 영향의 예**

독성이 개별 유기체 또는 개별 세포에 초점을 맞추는 반면, 생태독성은 생태학과 독성을 결합하고 물질이 유기체의 특정 공동체 또는 전체 생태계에 영향을 미칠 가능성을 다룬다.

물질이 수생 환경에 유해한 것으로 간주되는지 여부를 결정하는 몇 가지 매개변수가 있다.

- 급성 및 만성 수생 독성
- 생물학적 축적 가능성
- 지속성
- 분해성(생물학적 또는 비생물적)



**생물 축적**은 환경 매체에서 흡수된 후 유기체의 오염 농도가 증가하는 것이다. 물질의 생물 축적 가능성은 물에 대한 친화도에 따라 달라진다. 친화도가 낮을수록 생물 축적 가능성은 높아진다. 물질안전보건자료(Safety Data Sheet, SDS)에서 생물 농축 가능성은 보통 Log Pow라고도 하는 Log Kow 값의 형태로 주어지며, 이는 옥탄올/물 분배 계수를 나타낸다. Log Kow 값의 범위는 -3에서 7 사이이며, 일반적으로 Log Kow 값이 >4.5인 물질은 생물학적으로 축적될 가능성이 있다. Log Pow 값이 4 이상인 유기 화학 물질의 경우 정상 상태 조건에서 물질이 생물 축적될 가능성에 대한 최종 정보를 제공하기 위해 측정된 생물농축 계수(Bioconcentration factor, BCF)가 필요하다. 생물농축계수는 정상 상태에서 생물군 내 화학 물질 농도와 주변 수중 농도 간의 비율(습식 중량 기준, 5% 어지방 함량으로 정규화됨)로 정의된다 (GESAMP, 2020).

- **분해성**은 물질이 화학적, 물리적 또는 생물학적 과정(예: 산화, 가수분해, 생분해)을 통해 환경에서 분해될 가능성을 나타낸다. 분해성 데이터는 특히 해양 환경의 경우 희소하므로 SDS에 항상 포함되지는 않는다. 분해성 데이터는 분해 반감기로 주어질 수 있으며, 분해를 통해 물질의 양이 반으로 감소하는 데 걸리는 시간을 나타낸다. 분해 반감기가 연장된 물질은 지속성으로 간주된다. 유기 물질은 해당 실험실 테스트를 통과하면 “쉽게 생분해”되는 것으로 간주되며, 이는 해당 화학 물질이 환경에서 빠르고 궁극적으로 생분해될 것으로 예상된다는 것을 의미한다.
- **지속성**은 분해에 대한 화학 물질의 저항을 나타낸다. 따라서 지속성은 직접 측정할 수 없으며 환경 내 특정 화학 물질의 측정 가능한 지속적인 존재 또는 실험실 조건에서 분해에 대한 체계적인 저항만이 지속성을 암시할 수 있다.



인간의 건강 및 안전과 관련된 독성 데이터는 비교적 쉽게 접근할 수 있지만, 수생 생물종에 초점을 맞춘 생태독성 데이터는 입수하고 해석하기가 어려울 수도 있다(▶ [5.3 정보 자원](#)). HNS 사고의 경우 위험 평가를 지원하고 대응을 안내하기 위해 추가 표본 채취/모니터링을 통해 기존 데이터를 보완이 필요할 수 있다. 또한 발표된/실험실 기반 생태독성 데이터와 현장에서 수집/관찰한 정보 사이에 불일치가 있을 수 있다. 이는 a) 시험 중인 다른 종 또는 b) 해로운 영향을 고려할 때 중요한 요소인 외해에서 마주치는 희석 효과 때문일지도 모른다. 실험실 기반 연구를 실제 사건에 적용할 수 있는지 여부를 신중하게 고려해야 한다.

### 3.2.6.2 인체 건강 유해

#### UN 모델 규정

- **UN 등급 2.3:** 독성 가스는 인체 건강에 위험할 정도로 유독하거나 부식성이 있는 것으로 알려져 있거나 "LC50 값이 5,000 ml/m<sup>3</sup>(ppm) 이하이기 때문에 인체에 유독 또는 부식성이 있는 것으로 추정되는 가스"이다.
- **UN 등급 6.1:** 독성 물질은 "삼키거나 흡입하거나 피부에 접촉하면 사망 또는 중상유발 혹은 인체 건강에 해를 끼칠 수 있는 물질"이다.



직업적 노출 한계는 전 세계의 여러 조직에서 발표하며 다른 한도 값과 용어가 사용될 수 있다. 산업 보건안전을 위해 노출 시간이 다른 흡입, 피부 노출 및 섭취와 같은 다양한 접촉 경로에 대한 노출 한계가 보통 명시되어 있다.

화학 물질에 대한 보호 조치 기준(Protective Action Criteria for Chemical, PAC) 데이터 집합은 각 화학 물질에 대해 단일 값 집합(PAC-1, PAC-2 및 PAC-3)을 사용하지만 이러한 값의 출처는 데이터 가용성에 따라 다를 수 있다.

비상 대응 중에 PAC를 사용하여 사건의 심각성을 평가하고 잠재적 결과를 식별하며 취해야 할 보호 조치를 결정할 수 있다. 각 임계값은 다음을 나타낸다.

- **PAC-1:** 경미하고 일시적인 건강 영향.
- **PAC-2:** 보호 조치를 취하는 능력을 손상시킬 수 있는 돌이킬 수 없거나 기타 심각한 건강 영향.
- **PAC-3:** 생명을 위협하는 건강 영향.

PAC 데이터 집합은 아래에 설명된 다양한 직업적 노출 한계를 사용한다.

화학품의 국제 용어인 임계값 한계값(Threshold Limit Value, TLV, EU 직업적 노출 한계(Occupational Exposure Limit, EU OEL)에 해당]는 작업자가 1일 8시간, 1주일 5일 동안 부작용 없이 안전하게 노출될 수 있는 수준이다. 일반적으로 TLV에는 세 가지 범주가 있다:

- 시간가중 평균농도(TLV-TWA): 일상 생활 중 노출 가능한 농도(1일 8시간, 주 40시간 동안의 평균 농도)
- 단시간 노출 허용농도(TLV-STEL) : 15분동안 노출 가능한 최대 농도
- 최고 허용농도(TLV-C) : 작업시간동안 잠시라도 노출되면 안되는 농도

인체의 화학품 노출 정도를 예측하기 위해 비상 대응 기획담당과 대응인력은 급성노출지침수준(Acute Exposure Guideline Level, AEGL)과 같은 대중 노출 지침을 사용한다. AEGL은 "희귀/평생 1회 "노출 후 건강에 영향을 미칠 수 있는 공기 중 화학 물질의 농도로 표현한다. 5가지 노출 기간(10분, 30분, 1시간, 4시간, 8시간)을 계산해 세 가지 "수준"의 농도로 표시한다:

- **AEGL 수준 1:** 노출된 사람이 현저한 불편함을 경험할 것으로 예상되는 농도. 효과는 기능을 무력화하지 않으며 노출 중단 시 일시적이다.
- **AEGL 수준 2:** 노출된 사람이 사람이 회복 불가능하고 장기 지속되는 건강 영향 또는 탈출 능력

손상을 경험할 것으로 예상되는 농도.

- **AEGL 수준 3:** 노출된 사람이 생명을 위협하는 건강 영향 또는 사망을 경험할 것으로 예상되는 농도

	10분	30분	60분	4시간
AEGL-1	30 ppm	30 ppm	30 ppm	30 ppm
AEGL-2	220 ppm	220 ppm	160 ppm	110 ppm
AEGL-3	2,700 ppm	1,600 ppm	1,100 ppm	550 ppm

〈표 4〉 AEGL 예 - 암모니아(출처: EPA)

미국에서 AEGL을 사용할 수 없는 경우 비상대응계획지침(Emergency Response Planning Guidelines, ERPG) 또는 임시비상노출한도(Temporary Emergency Exposure Limit, TEEL)를 사용할 수 있다.

이는 거의 모든 사람이 회복 불가능 또는 기타 심각한 증상을 일으키지 않고 최대 1시간 동안 노출될 수 있다고 여겨지는 최대 공기 중 농도에 해당한다.

- ERPG는 대부분 사람들이 1시간 동안 유해한 공기 중 화학 물질에 노출될 경우 건강에 영향을 미치기 시작하는 농도를 추정한다. 이 또한 대응 인력에 대한 세 가지 수준이 있으며 가장 유용한 것은 ERPG-2이다.

- TEEL은 AEGL 및 ERPG 사용이 불가능할 때 쓰일 수 있다. 이러한 한계는 관련된 물질에 대한 LD50 값, 직업상 노출 한계 등에 대한 가용 데이터를 사용하여 공식적 접근법을 통해 개발된다. TEEL은 4단계로 구분되며 1시간 노출로 정의된다.



[그림 15] 대응인력을 위한 암모니아의 가연성 및 흡입 위험에 대한 도식

대응인력은 또한 회복 불가능한 부작용 없이 30분 이내에 탈출할 수 있는 최대 농도인 IDLH 값(생명과 건강에 즉각적으로 위험)에 직면할 수 있다. 실제로 공기 중 농도가 IDLH 이상인 경우 SCBA를 착용해야 한다.

주어진 화학품에 대해 여러 값과 한계를 사용할 수 있으며 이러한 값을 대응인력의 관점에서 보는 것이 유용하다. 그림 15의 예에서 가연성 범위는 AEGL-3 및 IDLH보다 높다.

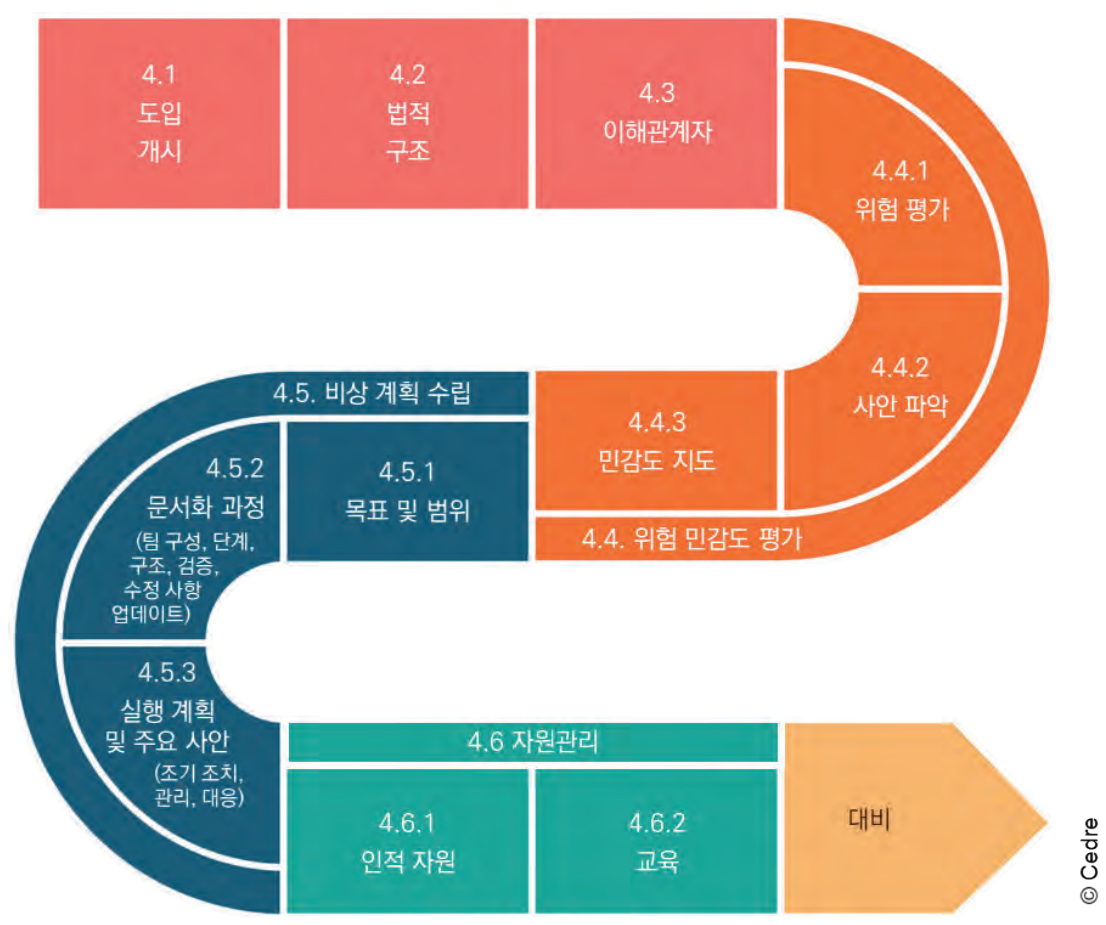
일부 대기 모델링 소프트웨어는 화학 물질 방출로 인한 독성 구름이 이동하고 분산하는 방법을 추정할 수 있다. ▶ [5.11 HNS 유출 모델링](#). 이러한 모델링 결과에는 예측된 위험(예: 독성, 가연성, 열복사 또는 손상을 입히는 과압)이 특정 값을 초과하는 영역인 "위험 영역"의 시각화가 포함되는 경우가 많다. 이는 ▶ [5.18 초기 조치\(대응인력\)](#)를 안내하는 데 도움이 될 수 있다.

# 4 대비

## 4.1 개요

화학 물질의 다양한 거동, 특성 및 이동 경로 때문에 HNS 유출은 민간 및 정부 기관 뿐만 아니라 민간 기관 및 산업체의 전문 지식을 요구할 가능성이 높다. 대비의 특정 구성 요소는 특히 건강 및 안전 측면에서 HNS 유출에 더 중요하다. 따라서 개인 보호 장비(personal protective equipment, PPE), 오염 제거 및 모니터링과 관련된 측면을 철저히 계획해야 한다.

범위와 목표가 명확하게 정의되면 전체 대비 프로세스는 아래 그림에서 설명하는 단계와 본 장을 따른다.



[그림 16] 대비 과정의 주요 단계

## 4.2 법적 기본 구조

2000 OPRC-HNS 의정서는 의정서 제4조에 정의된 바와 같이 비상 계획과 국가 시스템을 통한 대비의 중요성을 강조한다. 이 문서는 계약 국가가 HNS를 취급하는 개별 시설에서 국가적 또는 국제적 규모의 중대 사건에 이르는 HNS 유출 대응 계획의 통합 기본 구조를 개발하도록 촉구한다. 이러한 조치는 일련의 연동 및 호환 계획을

통해 사고에 대한 대응을 확대할 수 있는 기능을 제공하기 위한 것이다.

따라서 비상 계획을 개발하는 당국은 원활한 기본 구조를 보장하기 위해 다른 비상 계획(항만, 산업 계획 등)과 함께 국제, 국가, 지역 및 지역 규정 및 합의를 고려해야 한다.

발트해, 북해 및 지중해에서는 지원을 제공하고 예방, 대비 및 대응 조치에 대한 지역적 조정을 보장하기 위해 전담 정부간 기구(HELCOM, 본 협정, REMPEC)가 설립되었다.



[그림 17] West MOPoCo 내 지역 조정

MARPOL 부속서 I, 부속서 II 및 2000 OPRC-HNS 의정서 3조에 따라 선박은 승인된 선상해양오염비상대책(선상해양오염비상대책(Shipboard Marine Pollution Emergency Plan, SMPEP), SMPEP)에 따라 승선해야 한다. 계획에는 보고 요건, 배출 통제를 위해 취해

야 할 조치, 국가 및 지역 접점(국가 운영 접점 목록)이 명시되어 있다.

### ▶ 5.17 최초 조치(사상자)

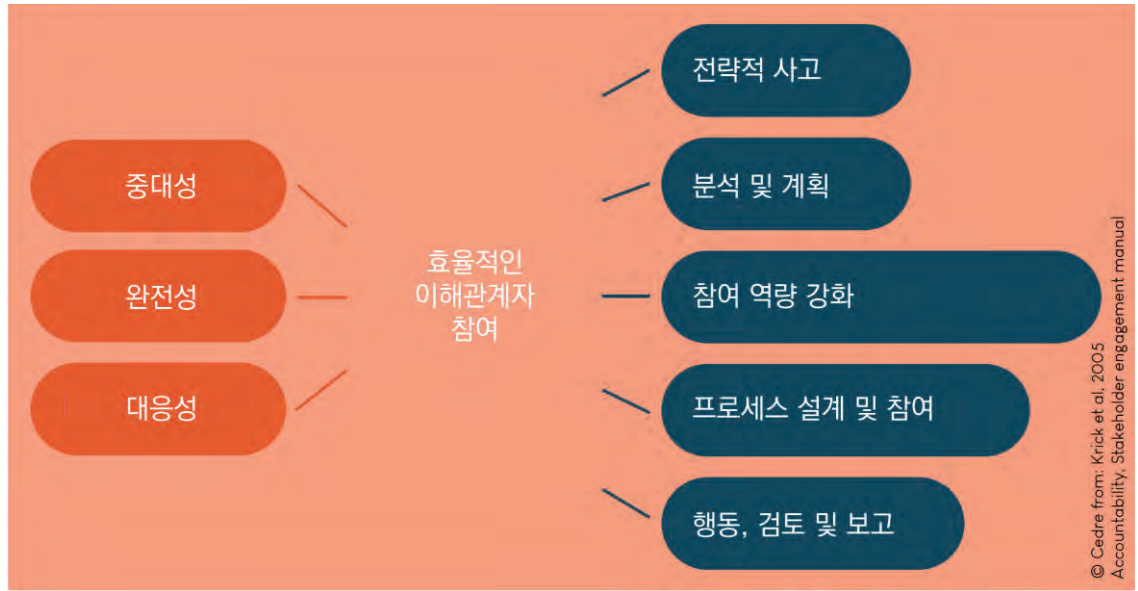
### 4.3 이해관계자

이해관계자는 대응 대비에 관심이 있거나 관련된 집단 또는 조직이며 유출 대응에 대해 협의하거나 참여할 가능성이 있다. 이해관계자와의 참여는 성공적인 비상 계획 프로세스 및 대응의 핵심이다.

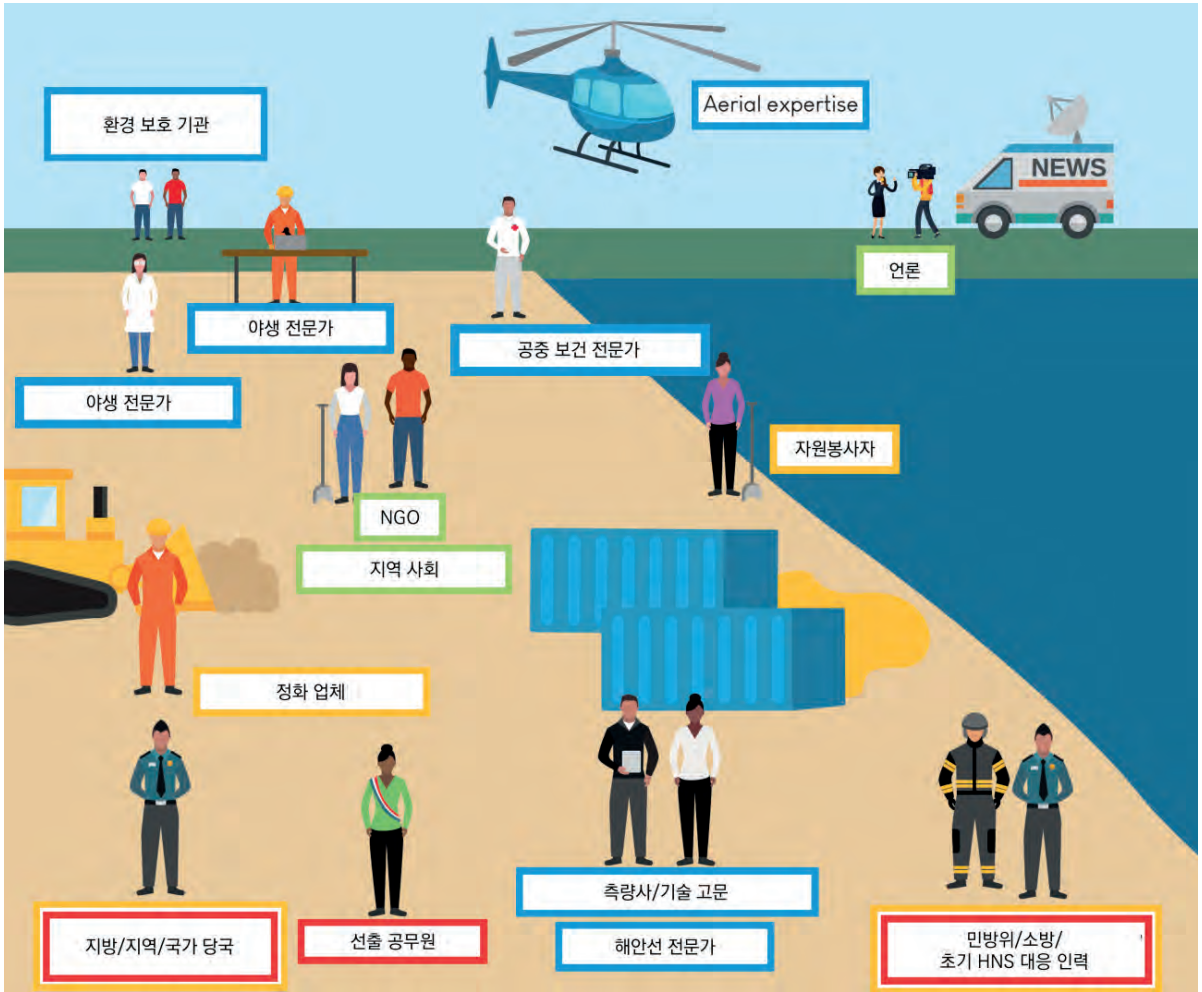
비상 사태 계획 프로세스 전반에 걸쳐 이해관계자를 조기에 식별하고 일관된 참여를 통해 비상 사태가 아닌 상황에서 의미 있는 토론과 상충되는

이해 관계 및 의견의 해결을 이끌어야 한다. 또한 기획담당자에게 비상 계획 초안을 작성하기 전 중요한 환경 자원과 사회 경제적 특징과 지역 사회에 대한 가치를 식별할 수 있는 기회를 제공한다.

아래 그림은 대비 프로세스 및 HNS 유출 대응에 관련된 주요 이해관계자를 나타낸다.



[그림 18] 유출 대응에 관련된 효과적인 이해관계자의 속성 및 주요 과제



**Authorities**

**해군, 해안경비대 - RI**  
일반적으로 사고 규모에 따라 대응을 주도하거나 감독한다. 특히 토지에 잠재적인 영향이 예상되는 경우 다른 정부 기관과 연락한다.

**민방위/소방/우선 HNS 대응인력 -R, I**  
일반적으로 최초 조치 대응을 주도하고 구조대와 협력하여 선내 또는 해안에서 최초 조치를 취한다.

**지방/지역/국가 당국 - R, T, I, DP**  
해상 대응인력과 연락하고 유출이 해안에 영향을 미칠 가능성이 있는 경우 대부분 관련된다.

**선출 공무원 - D, R, T, I, DP**

**항만관리소장 - D, R, T, I, DP터미널**

**작업자 - D, R, T, DP**

**Expertise**

*아래 나열된 기관은 당국에 속할 수 있다.*

**항공/해양/해안/야생동물 전문가, 공중보건전문가, R, I, DP**

**환경 보호 기관 - R, I, DP**  
대응 작업 및 피해 평가 중 전문 분야에 대한 구체적인 정보 제공 및 권장

**화학 전문가 - R, I, DP**  
MAR-ICE 네트워크, CEFIC, 화학 산업, 제조업체. 물질, 그 거동 및 유출 처리 방법에 대한 유용한 정보 출처.

**측량사/기술 고문 R, I, DP**  
정부, 부서, 기관 또는 독립 기술 전문가. 측량 조사를 수행하고 전문 분야에 대한 권장 사항을 작성한다. 전략 및 기술을 평가하고 제안한다.

**Concerned parties**

**수산업 종사자, 관광 산업 - D, R, T, I**  
경제적 손실 우려(활동 중단 또는 유출로 인해). 대응(물류 또는 운영)에 관여할 수 있다. 국내 또는 국제 법률에 따라 보상을 청구할 수 있다.

**지역사회 - D, T, I, DP**  
유출 물질에 대한 노출로 인한 건강 위험(인명 손실, 부상) 및 재정적 손실(여가 공간 손실, 폐쇄로 인한 활동 손실)을 겪을 수 있다.

**NGO - T, DP**

**언론 - T, I, DP**





**Liabile parties**

**선주 - D, R, T, I, DP**  
 당국이 모든 책임을 질 때까지 당국이 감독하는 대응을 수행할 책임이 있다. 현지 선주 대리인(DPA, Designated Person Ashore), 측량사 또는 변호사가 현장에서 대리할 수 있다.

**화주 - D, R, T, I, DP**  
 화물에 대한 정확한 정보를 제공하여 대응노력을 지원한다. 필요한 자원이 있는 경우 정화 또는 폐기물 처리에 참여할 수 있다.

**P&I - 제3자 보험사 - R, T, I, DP**  
 사고 처리, 법적 조언, 적절한 고문/계약자 발굴, 청구 승인에 있어 선주를 지원한다. 현지 특파원이 현장을 대표한다.

**P&I 전문가(ITOPF) - I, DP**  
 P&I 클럽에 의해 동원되고 그들의 전문 분야에 대한 추천을 한다..

**Responders**

**인양 계약자 - R, T, DP**  
 일반적으로 P&I 클럽, 선주 또는 당국에서 임명한다. 선박의 인양과 선박 또는 화물로 인한 환경 피해를 원천적으로 줄이기 위한 활동을 주도한다. 추가 전문가(예: 해양 화학자)를 임명할 수 있다.

**정화 계약자 - D, R, I**  
 선주, P&I 클럽 또는 당국과의 계약. 대응 활동을 위한 장비와 인력을 제공한다.

**공공 대응 기관 - D,R,I**  
 최초 대응인력(소방관, 민방위 등) 또는 행정부 구성원, 지역 사회, 항구.

**자원 봉사자 - D, T, DP**

**D=종속성(dependency)** 조직에 직간접적으로 종속된 주체 또는 소속 조직이 운영에 종속된 주체

**R=책임(responsibility)** 조직이 법적, 운영적, 상업적 또는 도덕적/윤리적 책임을 갖고 있거나 향후 가질 수 있는 주체

**T=갈등(tension)** 재정적, 광범위한 경제적, 사회적 또는 환경적 문제와 관련하여 즉각적인 관심이 필요한 집단 또는 개인

**I=영향(influence)** 전략적 또는 운영상의 의사결정에 영향을 미칠 수 있는 주체

**DP = 다양한 관점(diverse perspectives)** 상황에 대한 새로운 이해와 예상치 못한 기회의 식별로 이어질 수 있는 다른 견해를 가진 주체

[그림 19] 해양 HNS 사고 이후 실행 대응에 관여하는 잠재적 이해관계자의 주요 역할 및 관련성

## 4.4 위험 및 민감도 평가

### 4.4.1 위험 평가

#### 위험 평가란?

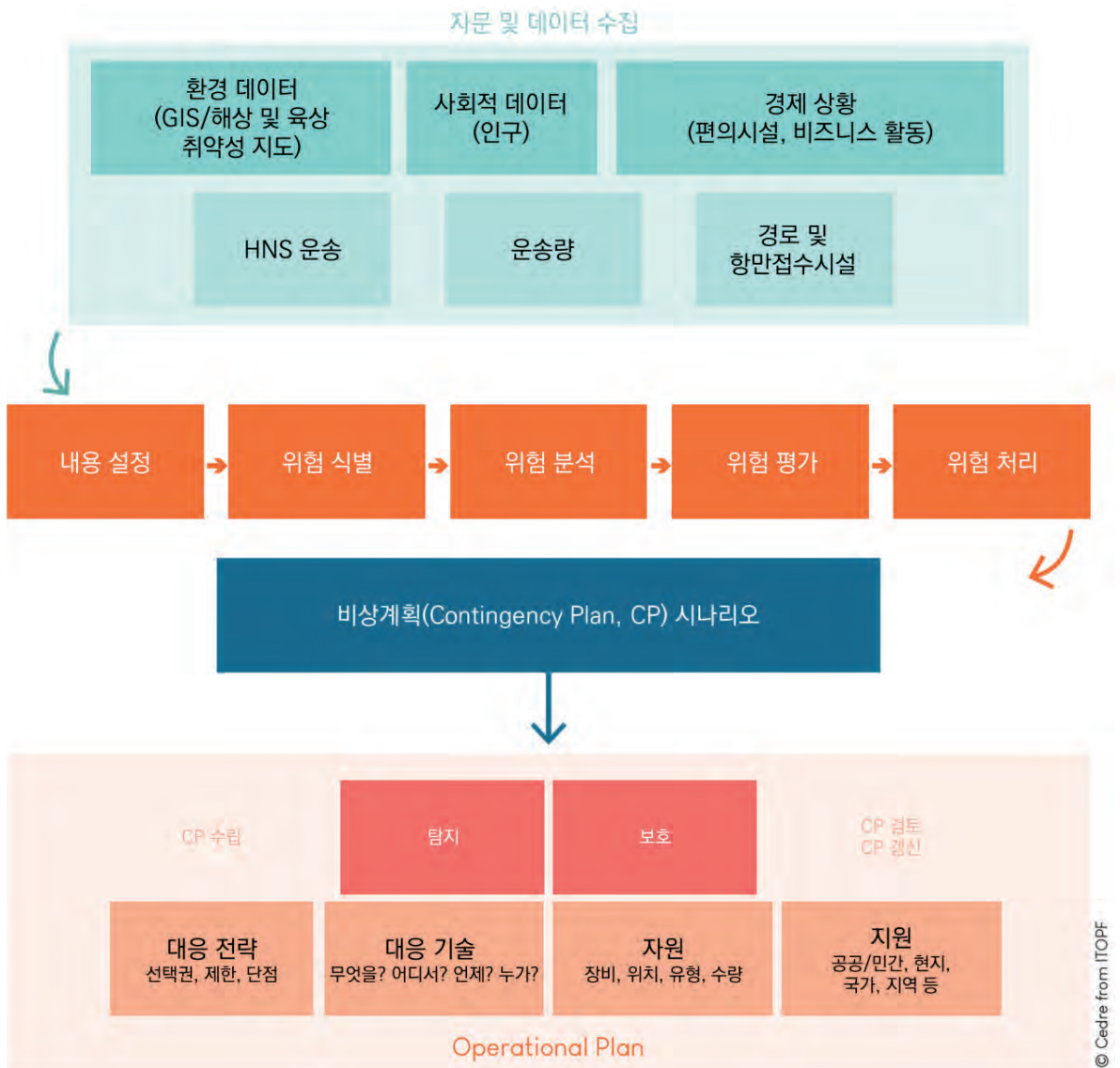
국제표준화기구(International Organization for Standardization)의 위험관리지침(Risk management Guidelines, ISO 31000:2018)에 의하면:

"위험 관리 프로세스는 의사 소통 및 자문, 상황 설정 및 위험 평가, 처리, 모니터링, 검토, 기록 및 보고 활동에 정책, 절차 및 실무를 체계적으로 적용하는 것이다."

다양한 국제 표준과 위험 평가 예시가 있으며 평가 시에 사용할 수 있다.

운송 화학 물질로 인한 위험을 이해하고 평가하는 것은 비상 계획을 작성하기 위한 필수 시작점이다. 위험 평가 수행은 다분야의 노력에 의한 산물로써 현지 또는 지역으로 운송되는 화학 물질의 양을 모델링하고 분석하여 위험도를 도출할 수 있다. 이는 잠재적 영향권 내에 있는 환경 및 경제적 자원을 식별하는 동시에 작업자와 주민

들의 건강 및 안전에 미칠 수 있는 결과를 측정할 뿐만 아니라 유출이 발생할 가능성과 결부시켜야 한다. 지역 해양/육지 민감도 데이터와 기상 조건을 평가에 통합하면 위험 평가 프로세스를 개선할 수 있다. 이 모든 데이터는 유출 가능성 시나리오를 결정한다(그림 20).



[그림 20] 비상 계획(Contingency Plan, CP) 구체화를 위한 위험평가 과정 및 하위 단계

## 4.4.2 과제

일부 과제는 사고 위치(바다 또는 항구)와 특히 관련이 있으며 매우 다양할 수 있다.

따라서 각 위치 또는 각 상황에 대한 위험의 현실에 맞게 위험 평가를 조정하는 것이 필수적이다.

		항만	해양
평가	탐지	고정 및 전산화 가능 전담 전문팀 주도	전용장비를 탑재한 전문팀 파견(물류계획), 항공탐지 고려
	자원	전문팀 항구 지역에 본부를 두고 지원함	즉각적인 조치를 위한 선상(특수선원) 외부 전문 팀의 선상 파견 육상 외부 본부에서 지원 및 의사 결정
	정보 접근	비교적 쉽게 확보 가능한 오염 정도에 대한 정보	평가하기 어려울 수 있음
	피영향 지역	비균일	균일
유해요소	모델링	일반적으로 해안 근처의 신뢰할 수 있는 데이터 및 미세기상 현상의 부족으로 인해 어려움	해안 근접 지역과 보호 지역에서 더 복잡함 모델에 통합할 수심 측량 및 현재 데이터
	항해	부유 및 침강 중 컨테이너	부유 및 침강된 컨테이너
	편의시설	가깝고 노출이 심함	원거리 노출이 심하지 않음(육상 바람의 경우 제외)
필요시 대피	기타 합법적인 용도	항해 등	상업, 관광, 어업 활동 주의 필요 취수/배수구
	선원	비교적 간단	자산 의존적, 저항 가능성
대응	일반 대중	유독 증기운(예)의 경우 필요할 수 있음	발생 가능성 희박
	인원, 선박 및 장비 가용성	잠재적으로 근거리	즉각 확보 불가
	전략 및 기술	유출 억제 및 관리가 가능하고 권장될 수 있음	억제 및 관리가 어려울 수 있음 모니터링 계획

〈표 5〉 다양한 환경에서 HNS 유출 후 구현해야 할 조치의 대응 과제

일부 항구는 일반적으로 적재 및 유출되는 각 HNS에 대한 상세한 위험 평가를 생성하였다.

이는 훈련된 대응인력이 사고 중 신속한 정보를 확보하는 것이 효과적인 대응의 핵심이라고 말해 준다.

### 4.4.3 민감도 지도

기획담당은 발생 가능 사고 유형, 오염 물질의 이동과 거동, 환경의 기상 사태를 정의한 후에는 다음을 수행해야 한다.

- 어떤 환경적, 지형학적, 사회경제적 자원이 영향을 받을 수 있는지 결정
- HNS 유출에 대한 해당 자원의 민감도 정의

모든 유출 시나리오의 결합된 모델링 결과는 잠재적 유출 영향의 전체 영역을 정의하고 민감도 지도를 위한 지리적 관심 영역을 설명한다. 이 관심 지역 내에서 잠재적으로 취약한 현장을 식별 및 특성화해야 하며 HNS 유출이 이러한 자원에 영향을 미칠 가능성을 고려해야 한다. 민감도 데이터는 유출 시나리오의 잠재적 결과와 발생 가능한 영향을 유추하기 위해 위험 평가 프로세스에서 사용된다. 평가를 통해 기획담당은 보호 또는 대응에 대한 우선 순위를 지원하기 위해 고위험 지역 및 자원의 위치에 대한 정보를 얻을 수 있다.

표준 민감도 지도와 더불어 전략적 민감도 지도도 개발해야 한다. 이러한 지도는 물류 데이터, 우선 보호 구역에 대한 현장별 전술, 궤적 모델링, 장비 비축, 대비 지역, 응급 의료 시설, 잠재적 지휘 센터 등과 같은 광범위한 작전 계획 정보를 포함하도록 확장될 수 있다. 또한 기획담당, 의사결정자 및 장비 배치를 담당하는 현장 대응 인력에게 필수 정보를 전달한다.

민감도 지도는 자원 세부 정보를 나열하는 테이블이 있는 간단한 하드카피 지도로 표시되거나 대용량 데이터를 포함할 수 있는 지리 정보 시스템(일반적으로 GIS라고 함)에 통합될 수 있다. 또한 GIS 기반 민감도 지도는 전자 비상 관리 시스템에 통합될 수 있으며 향상된 명령 및 제어와 대응 활동, 자원 및 상태에 대한 설명을 위해 다른 데이터베이스에 연결할 수 있다.



[그림 21] 다양한 민감도 수준을 색상으로 구분한 영역의 민감도 지도 예시

## 4.5 비상 계획

### 4.5.1 목표 및 범위

위험 평가에 기반한 효과적인 비상 계획은 사고 발생 시 구현해야 하는 조치와 절차를 공식화하고 예측할 수 없는 사건을 최소화하는 것을 목표로 한다. 따라서 완전히 개발된 비상 계획은 단순히 서면 문서가 아니라 즉각적이고 효과적인 대응에 필요한 모든 실제 요구 사항을 포함한다.

이를 위해 비상 계획은 다음에 대한 영향을 완화하기 위해 비상 사태 발생 시 신속하고 적절한 대응을 보장하기 위해 사전에 완료할 수 있는 모든 조치를 포함해야 한다.

- 사람
- 환경
- 재산 및 사회경제적 활동

#### 계획의 중요성

- 법적 기본 구조 및 내부 정책 준수
- 대응 프레임워크 제공
  - ✓ 경보 및 소통 절차를 수립하고 즉각적 실행 조치
  - ✓ 역할 및 책임 정의
- 비상급 상황에서 복합적 대응을 개발
  - ✓ 보호 대상 지역의 우선 순위 지정
  - ✓ 대응 전략 및 기술 지정
  - ✓ 자원 동원 및 할당

### 4.5.2 문서화 과정

#### 4.5.2.1 팀 및 자원

우선 비상계획 수립을 담당하는 팀을 소집해야 한다. 작성할 문서의 범위에 관계없이 프로젝트 팀은 상황 인식에 충실하여 보다 구체적으로 계획이 적용될 규제 프레임워크를 알고 있어야 한다.

초안은 관리 팀의 검증을 위해 각 결과물을 제출할 전문가 조직에 위임될 수 있다.

또한 계획의 각 특정 섹션에 대해 보완적인 자원과 전문 지식이 동원될 수 있다.

- 운영 감독 또는 관리를 이전할 때 예상되는 사항을 지정하는 당국
- 민감도 지도 및 지도 생성을 위한 지리학 전문가 및 환경 전문가
- 물질 이동 경로 거동 연구를 위한 모델링 전문가

- 전략, 기술 및 장비의 정의를 위한 오염 전문가
- 기록 보관 및 보상 절차 등의 전담 부분 입력을 위한 보험사 또는 P&I 담당자
- 비상 계획 초안은 표준 프로젝트처럼 관리되어야 하므로 다음 사항들이 필요:
  - 실행 계획 및 일정 설정
  - 해당 조치를 수행하기 위한 총체적 예산 및 관련 지출을 모니터링하는 방법 정의
  - 작업 진행 상황을 확인, 장애 요소 식별을 위해 정기 회의 개최
  - 개조된 도구(예: GIS, 표류 모델, 이동 경로 및 거동 모델)의 조달 또는 이를 사용하기 위한 전문 지식의 외주/하청 계약
  - 적절한 전문 지식을 갖춘 전문가에 의한 검토 과정 수립
  - 적법한 조직에 의한 검증 절차 정의

#### 4.5.2.2 고려 필요 단계

통상적으로 비상 계획은 아래 5가지 주요사항을 다룬다.

- 취급 또는 운송되는 물질과 관련된 위험 식별
- 잠재적 이해관계자 및 책임 식별
- 장비 목록 및 준비(보호 장비, 대응 장비)
- 유출 시 취해야 할 조치
- 대응 관련 책임자 훈련



[그림 22] 산업 비상 계획의 전체 프로세스



### 4.5.2.3 구조

비상 계획은 오염 사고의 부정적인 영향을 최소화하고 유출 작업, 환경 정책 및 규정 준수의 다양한 측면을 통합하기 위한 대응 전략을 준비하는 훈련이다. 현장 초기 비상 대응 및 프로젝트 관리 대응으로의 전환을 위한 효과적인 지침은 유출 대응 계획의 기본이다.

문서화 과정에서 많은 양의 자료가 생성되고 핵심 절차를 탐색하는 데 어려움이 발생한다. 탭 사용, 페이지 섹션 정렬, 목차 생성과 같은 간단한 기술은 사용자가 계획의 주요 정보를 탐색하는 데 도움이 되며 계획 업데이트 프로세스도 단순화한다. 또한 일부 자료는 부록이나 별도의 문서로 통합될 수 있다. 예를 들어 모델링 결과, 작업 카드, 양식, 민감도 지도, 전술 지도 또는 연락처 및 리소스 디렉토리 및 같이 자주 업데이트하고 재배포해야 하는 자료이다.

계획 과정에서 수집된 배경 정보 및 기능 정당성은 별도의 지원 문서로 포함되어야 한다.

"빈칸 채우기" 템플릿을 포함하여 국가 비상 계획(National Contingency Plan, NCP)의 내용에 대해 수많은 가이드와 예제를 사용할 수 있다. 기름 오염에 관한 IMO 매뉴얼 II절 - 비상 계획은 국가 기름 유출 비상 계획(National Oil Spill Contingency Plan,)에 대한 다음 기본 내용을 나열한다.

기름 유출 전용 NCP에 대한 다양한 템플릿이 있지만 HNS 유출에 사용할 수 있는 예제는 적다. 이 둘은 매우 유사하지만 건강과 안전 및 전문가와의 협력에 추가로 중점을 둔다. 반면 기름의 경우 구체적인 범위에 따라 비상계획의 형식이 달라야 하고 확장 가능해야 한다.

**Arpel** (2005). 국가 기름 유출 비상 계획의 개발 방법(How to develop a national oil spill contingency Plan). 개제: <https://arpel.org/library/publication/195/>

**IMO** (2005). 기름 오염 매뉴얼(Manual on oil pollution). IV: 기름 유출 방지. 런던: IMO, 212 p.

**IMO** (2018). 기름 오염 매뉴얼(Manual on oil pollution). II: 비상 계획. 런던: IMO, 103p. IMO(2020). OPRC 협약 및 OPRC-HNS 의정서 구현 지침(Guide on the implementation of the OPRC convention and OPRC-HNS Protocol)

개제: [wwwcdn.imo.org/localresources/en/publications/Documents/Newsletters%20and%20Flyers/Flyers/I559E.pdf](http://wwwcdn.imo.org/localresources/en/publications/Documents/Newsletters%20and%20Flyers/Flyers/I559E.pdf)

**Ipieca 및 IOGP** (2015). 해상 기름유출 비상계획(Contingency Plan for oil spills on water). 개제: [www.ipieca.org/resources/good-practice/contingency-planning-for-oil-spills-on-water/](http://www.ipieca.org/resources/good-practice/contingency-planning-for-oil-spills-on-water/)

[그림 23] 비상 계획 문서화 도구 및 출처

주어진 기본 구조 예시는 아래와 같다.

실행 계획	
서론	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 목차</li> <li>· 문서 관리(배포, 검토, 최신화 및 기록, 기밀 수준)</li> <li>· 범위 및 경계</li> <li>· 전반적 대응 우선순위 및 목표</li> <li>· 기존 계획과의 접점</li> </ul>
초기 조치	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경보 및 알림(경고 순서도, 평가, 알림)</li> <li>· 단계별 수준 평가 및 확대</li> <li>· 조건 및 안전 문제, 초기 조치</li> <li>· 비상 계획(Contingency Planning, CP) 및 대응관리팀 작동</li> </ul>
관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 활성화 및 위치</li> <li>· 조직(위치, 기능, 구성)</li> <li>· 역할 및 책임/할당표</li> <li>· 오염 후속 조치를 보장하기 위한 과정 및 절차</li> <li>· 소통(내/외부)</li> <li>· 재무 관리</li> </ul>
대응 전략	<p>시나리오 평가(NEBA/SIMA)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 사이트 상태 확인, 안전 및 보안 평가</li> <li>· 유출 감시 방법(항공 감시, 추적 부표 등)</li> <li>· 유출 추적 모델링</li> <li>· 취약 민감 자원 식별</li> </ul> <p>전략: 의사결정 지원 흐름도, 대응 절차</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 최초 조치</li> <li>· 보호</li> <li>· 모니터링</li> <li>· 대응</li> </ul> <p>폐기물 관리</p> <p>물질적 자원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 배포에 사용할 수 있는 장비 및 보유 자원 목록</li> <li>· 전문 지식 및 보조 자원</li> </ul>
종료	<p>장비 및 인력의 동원 해제</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 위기 종결</li> <li>· 문서 보관</li> <li>· 청구 및 보상</li> <li>· 피드백 및 보고</li> <li>· CP 검토</li> <li>· 장비 갱신 및 유지 보수</li> </ul>

〈표 6〉 실행 계획

부록 또는 지원 문서	
배경 정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 규제 상황</li> <li>· 상황 설명(고려 대상 기본 구조/활동/현장)</li> <li>· 기본 환경 및 사회경제적 정보</li> <li>· 기상 및 유체 역학 정보(우세 조건 및 제한/극한 조건 모두 포함)</li> </ul>
민감도 지도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 환경적</li> <li>· 사회경제적</li> <li>· 지형학적</li> </ul>
잠재 오염물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유형</li> <li>· 특성</li> <li>· 유출 시 거동</li> <li>· 위험 및 안전 문제</li> </ul>
대응	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전략 및 전술 지도</li> <li>· 사고 대응표</li> <li>· 기술 및 운영 측면 설명</li> </ul>
조치 선택	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 핵심 주체의 역할 및 과제 구체화</li> </ul>
연락망	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 각 이해관계자, 협력기관, 기술 전문가, 잠재적 계약업체 연락처</li> </ul>
야생 동물	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 영향을 받거나 멸종 위기에 처한 야생 동물을 처리하기 위한 전용 관리 계획 또는 절차</li> </ul>
계획 정당성	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 위험 평가 및 시나리오 계획</li> <li>· 유출 예방 및 감지</li> <li>· 교육 및 훈련 프로그램</li> <li>· 계획 및 장비 검토, 감사 일정</li> </ul>

〈표 7〉 부록 또는 지원 문서

#### 4.5.2.4 검증

비상 계획은 관련성이 있고 동원될 가능성이 있는 사람이 이 계획을 완전히 숙지하고 있는지 확인해야 한다. 교육과 훈련을 통해 비상 계획을 구현, 검증 및 개선할 수 있다(4.6.1장 참조).

#### 4.5.2.5 수정 및 최신화

본질적으로 비상 계획은 지속적으로 수정 되는 문서이며 관련성을 유지하는 것은 관련된 모든 사람의 책임이다. 계획은 특히 사고, 조직 변경, 새로운 보호 또는 대응 조치를 사용할 수 있게 되면 정기적으로 업데이트해야 한다.

HNS 운송 활동, 인명 또는 인근 산업 활동 수준의 주요 변화는 수정된 위험 분석을 필요로 하며 결과적으로 비상 계획의 수정이 필요하다.

비상 계획이 법률로 채택되면 개정이 어려울 수 있다. 따라서 입법 과정에서 처음부터 정기적으로 개정해야 하는 비상 계획 섹션 또는 지원 문서(또한 정의 예정)를 정의하는 것이 필수적이다. 2000 OPRC-HNS 의정서와 화학품 오염에 관한 IMO 매뉴얼은 비상 계획의 살아있는 문서를 정의한다.

### 4.5.3 실행 계획 - 주요 사안

#### 4.5.3.1 초기 조치

##### 경고 및 알림

초기 대응 정보는 사고 발생 초기 몇 시간 내지 며칠 동안 대응인력을 안내하는 데 매우 중요하다. 경보 단계에서 획득해야 하는 첫 번째 정보는 다음을 수행하는 데 필요하다.

- 사고 평가 및 위험 완화
- 정보에 입각한 즉각적 대응 활성화
- 필수 알림
- 필요에 따라 사고 관리 팀 포함 추가 대응 자원 활성화

내부 및 외부 주요 인사 및 조직에 대한 적시 통보는 효과적인 대응을 위한 수단이다.

알림 절차, 책임 및 규제 요건(양식, 일정 및 지침 포함)이 연락처 정보망과 함께 제공되어야 한다. 순서도와 다이어그램은 보통 필요한 알림의 순서를 표시하는 효과적인 방법이다.

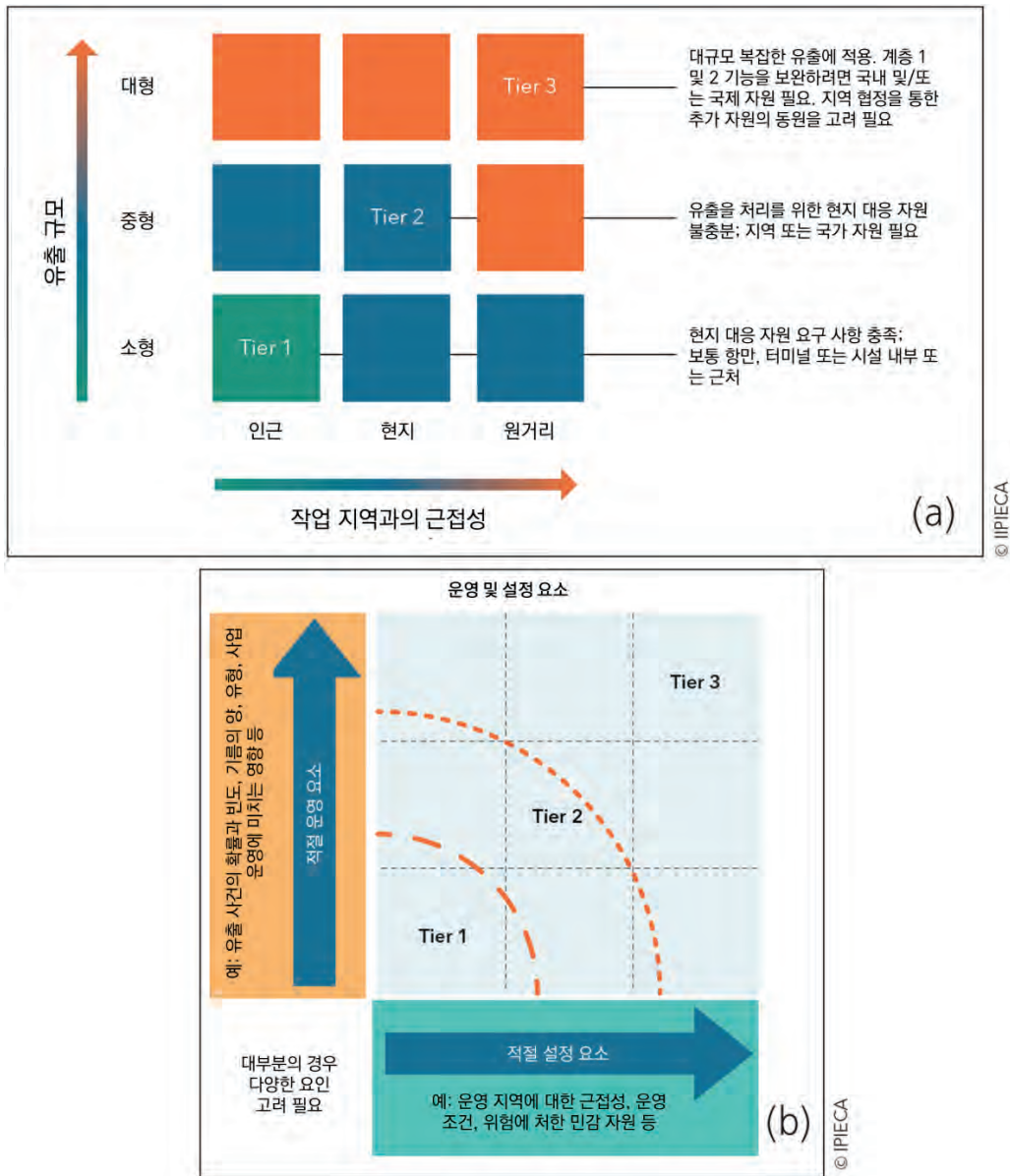
점검표와 일지는 문서화, 적시 보고 및 경고를 지원한다. 알림 및 보고 요구 사항이 충족되었는지 확인하는 관리자를 지정하는 것이 중요하다 (IPIECA 및 IOGP, 2015).

### 대응 수준

계층적 대비 및 대응은 강력한 기본 구조의 기초로 인식된다. 이는 현장에 확대되거나 계단식 적용 기능을 수립한다. 계층적 대응은 비실용적인 대량의 대응 자원 비축의 확산을 방지하지만 여전히 현지, 지역 및 국제 역량의 통합을 통해 적절하고 신뢰할 수 있는 대응을 제공할 수 있다.

확립된 3계층 구조를 통해 비상 기획담당은 소규모 운영 유출에서 최악의 해상 및 육상 유출 사례에 이르기까지 유출에 대한 효과적인 대응이 제공되는 방법을 설명할 수 있다.

계층 분류 시스템은 잠재적 유출 시나리오를 처리하는 자원을 정의하는 데 도움이 되며 다음과 같이 광범위하게 고려된다.



[그림 24] 계층적 대비 및 대응(a)의 기존 정의와 계층적 대응 역량을 정의하는 동심원 모델(b)

### 4.5.3.2 관리

#### 조직

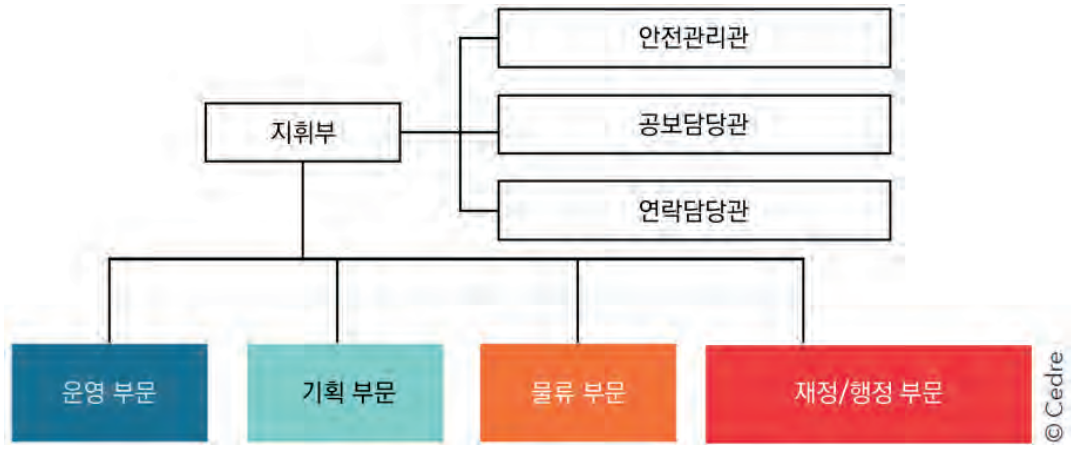
비상 계획은 대응 작업 관리를 위한 구조를 제공하며, 대응에 관여할 책임이 있고 상황에 대한 특정 지식을 가진 기관, 조직 및 이해관계자는 이를 최신 상태로 업데이트해야 한다.

대응의 모든 단계에서 이루어지는 결정과 타협을 통해 리더십을 발휘하려면 조직 구조 또는 **사고 관리 체계(Incident Management System, IMS)**가 필요하다. 조직 구조는 국가마다 상당히 차이가 있다. 다양한 예시가 있으며 대부분은 국가 선호도, 사전 경험, 사건, 훈련 중에 배운 교훈에 따라 발전했다. **일반 기능과 팀 기반** 구조의 주요 차이점은 지휘부의 분할 및 위치와 특정 활동 관리이다.

- 미국의 기름 및 가스 부문에서 일반적으로 사용되는 **사고 지휘 체계(Incident Command System, ICS)**는 표준화된 기능에 기반한 조직 구조의 한 예이다. ICS는 서로 다른 조직, 기관의 인력을 단기간에 집결하고,

그들이 효과적으로 역할과 책임을 다하도록 설계되었다. 구조에 대한 친숙함은 일관되고 이전 가능하며 복제 가능한 대응 조직을 단기간에 구축하는 수단을 제공한다. ICS는 다른 국가에서 일반적으로 사용할 수 없는 규모의 사전 투자와 자원을 필요로 한다.

- 대안 **팀 기반 구조**는 세계 여러 지역의 사고 대응에 성공적으로 사용되었다. 동일한 원칙이 적용되지만 구조가 덜 엄격하고 팀이 기능별로 분리되지 않는다. 대신 다방면으로 대응하기 위해 위치가 설정되는데, 일반적으로 해상과 육상 지원 서비스가 해당된다. 이는 자신의 소관 내에서 특정 요소에 집중하고 대응 및 관련 조직의 요구 사항을 쉽게 수용할 수 있는 독립형 단위를 권장한다는 이점이 있다.



[그림 25] 대표적 사고지휘체계(ICS) 구조

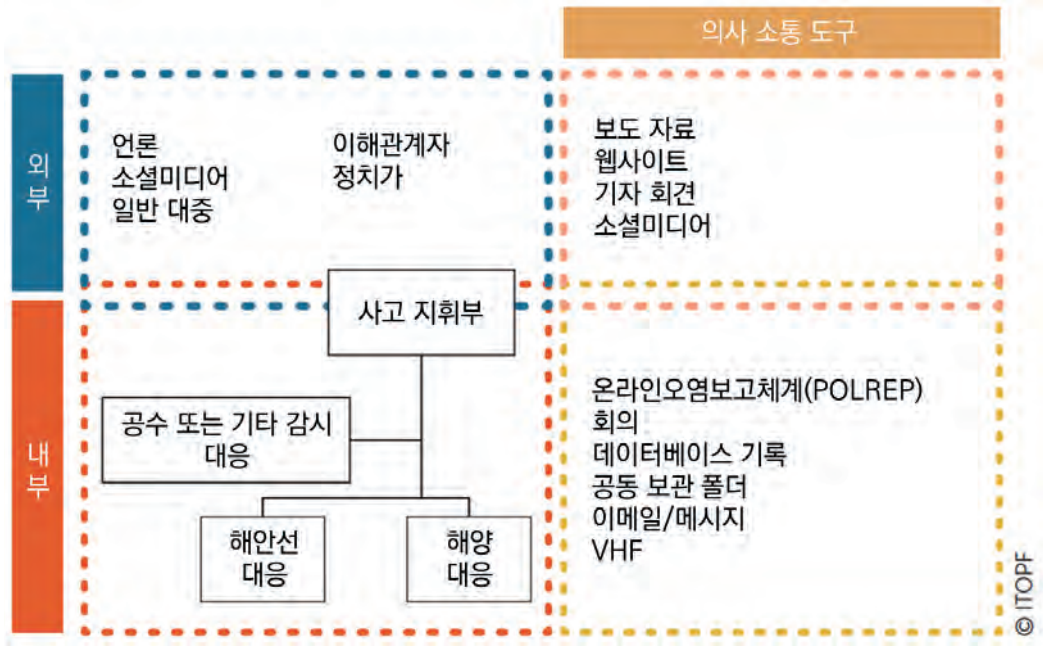
### 의사소통

모든 수준에서의 협력은 효과적이고 조정된 대응의 성공 핵심 요소가 될 가능성이 높다. 두 가지 매우 뚜렷한 소통 전략을 수립해야 한다.

- 내부: 대응에 관련된 다양한 팀이 서로 의사소통하는 방법을 강조

- 외부: 다양한 언론매체를 사용하여 정보를 더 많은 대중과 공유하는 방법 다룸

- ▶ 4.1 외부 의사소통
- ▶ 4.2 기자회견
- ▶ 4.3 내부 의사소통



[그림 26] 기능 기반 구조에서 일반적 소통 구조 흐름도

### 4.5.3.3 대응 전략

#### 시나리오

효과적인 운영 대응을 준비하려면 다양한 사고 시나리오를 정의 및 분석하고 그 결과를 조사해야 한다. 현실적인 시나리오를 구성하려면 과거 사건, HNS 활동과 관련된 상황 및 위험에 대한 최근 분석을 기반으로 해야 하며 비상 계획에 표시된 대응 수준에 맞게 조정해야 한다. 계획에는 관련된 초기 운영 대응 전략과 함께 제한된 수의 시나리오가 포함되어야 한다.

오염 시나리오를 가능한 한 정확하게 지정하기 위해 모델링은 다음과 같은 사항에 유용할 수 있다.

- 오염 물질의 이동 경로와 거동 예측.
- 잠재적 영향 지역 결정
- 대응 기간 정의

이를 위해 예측 및 확률 모델과 같은 다양한 유형의 모델이 존재한다.

#### ▶ 5.11 HNS 유출 모델링

이러한 정보는 사고 발생 시 대응인력뿐만 아니라 운송 중 HNS 취급에 직접 관여하는 인력을 위한 교육 활동 및 훈련을 개발하는 데에도 유용하다.

각 시나리오에 대해 영향 평가는 현실적이어야 하며 특히 인명, 환경 및 산업 활동과 같은 인접 지역을 고려해야 한다.

**평가**

다수의 기름 유출 계획 시나리오가 선택되면 각 시나리오의 영향과 결과를 적절하게 완화하기 위해 실행 가능한 대응 기술로 구성된 적절한 대응 전략의 개발을 고려해야 한다.

기획담당은 주어진 시나리오에 대한 대응이 시간이 지남에 따라 어떻게 발전할 것인지, 그리고 유출이 진전함에 따라 전략이 어떻게 조정되어야 하는지를 고려해야 한다. 현실 상황과 기술과 장비의 한계를 잘 이해해야 한다. 대응 전략 선택은 기본적으로 비상 계획에 따라 세 가지 기준으로 결정된다.

- 사고 지역(외해, 연안, 항구 지역)
- 제품 위치(선박 내 또는 하적)
- 유출 제품 거동

	가스/증발	부유	용해	침강
외해	선적 화물	예인		스커틀링
	완적 - 제어 방출			
	해수 표본 채취			
	유출 화물	공기 측정 모델링	표시 모델링 및 회수, 분산	표시, 모델링
연안	선적 화물	예인		
	완적			
	해수 표본 채취			
	유출 화물	인명관리대책	민감 구역 보호 표시, 모델링 격리 및 회수	민감 구역 보호 해수 사용 보호 해수 표본 채취 표시
항구	선적 화물	예인		
	완적			
	해수 표본 채취 - 공기 측정			
	유출 화물	인명관리대책	해수 사용 보호 격리 및 회수	해수 사용 보호 해수 표본 채취 분리 후 해수 처리
	공기 측정 모델링			
	수분 분사로 증기 감소조치			

■ 보호    ■ 모니터링    ■ 대응

[그림 27] 주요 거동 및 사고 위치에 따른 산적 HNS 화물의 유출에 대한 대응 결정 지원

각 전략에 대해 **5장**의 전용 대응표 참조.

상황이 매우 신속하게 전개될 수 있으므로 선택 전략은 실제 상황에 따라 조정되어야 한다.

적절한 대응 기술의 선택은 극단적인 기상 조건, HNS 유출 위험, 원격 위치, 민감 지역에 대한 근접 등 다양한 요인에 의해 영향을 받거나 제한될 수 있다. 다음과 같은 사항을 고려하여 명확하고 달성 가능한 목표에 초점을 맞춰야 한다.

- 대응인력과 대중을 위한 건강, 안전 및 보안 문제
- 특정 전략 사용에 관한 규제 요건 및 제한 사항 (예: 분산 또는 현장 연소)
- 장비 가용성 및 동원 시간 제한
- 잠재적 영향권 지역 내의 민감한 장소

모든 대응 기술에는 장점과 단점이 있다. 따라서 대응 전략은 일반적으로 다수의 기술이 조합된다. 단순한 시나리오에 대한 적절한 전략은 한두 가지 기술로 구성된다. 더 복잡한 시나리오는 다양한 계층 수준에서 다수의 기술 조합이 필요할 수 있다. 어떤 경우든 가장 큰 순환경 편익을 고려하여 이해관계자와 협의해야 한다. NEBA(Net Environmental Benefits Analysis, 순 환경 편익 분석) 과정은 유출 당시 감정적 분위기 이전에 과학 기반 계획 및 이해관계자 합의를 달성하는 데 유용한 기본 구조를 제공한다. 환경에 대한 최대 이익을 달성하기 위해 효과적인 대응이 공식화될 수 있도록 가능한 기술의 장점, 단점, 절충안을 평가한다.

### NEBA/SIMA

NEBA(Net Environmental Benefits Analysis, 순 환경 편익 분석)라는 용어는 사람, 환경 및 기타 공유 자원에 대한 유출의 순 영향을 최소화하기 위해 가장 적절한 대응책 선택 안내 프로세스를 설명하는 데 사용되었다. 적절한 대응 조치의 선택이 실제로 추가 고려 사항에 의해 반영될 수 있다는 점을 고려하여 기름 및 가스 산업은 프로세스, 목표 및 의사 결정 기본 구조도 반영하는 용어로 전환하려고 하였다. 2016년에 SIMA(Spill Impact Mitigation Assessment, 유출 영향 완화 평가)라는 용어가 생태학적, 사회경제적, 문화적 고려 사항을 포괄하기 위해 도입되었다. 해당 용어에서는 '편익(benefit)'이라는 의미도 사라졌다.

용어에 관계없이 NEBA/SIMA 프로세스가 효과적으로 구현되려면 특정 사건 및 지역 자원을 이해하고 합리적인 대응 절충안을 결정하기 위해 유능한 전문가를 초빙해야 한다(IIPECA 및 IOGP, 2015).



## 전략

예방 조치, 오염 확산에 대한 평가 및 모니터링 및/또는 정화 조치 등 다양한 수준의 대응이 필요할 수 있다. 각각에 대한 의사결정트리 는 일반적으로 의사결정자의 용이한 선택을 위해 비상

계획 내에서 사용된다. 현장 대응인력의 경우, 구현될 각 기술은 특정 운영 조치 카드(보통 부록에 첨부됨)에 자세히 설명되어 있다.



[그림 28] 전략적 세부화 및 운영 조치 카드를 통한 개발 주요 단계

다음 각 단계는 5장에 자세히 설명 됨.

## 폐기물 관리

HNS 유출 후 수행되는 회수, 준설, 오염 제거 작업과 관련하여 HNS로 오염된 액체 및 고체는 "폐기물"로 간주된다. "폐기물"은 폐기물에 관한 2008년 11월 19일자 지침 2008/98/EC(폐기물 기본 지침(Waste Framework Directive, WFD))에 따라 "소유자가 버리거나 버릴 의도가 있거나 버려야 하는 모든 물질 또는 물체"이다.

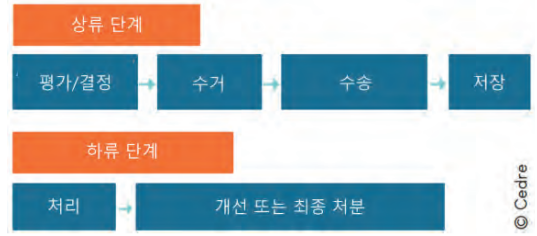
HNS(산적 또는 포장 형태로 운송)와 관련된 해양 오염 사고가 발생한 경우, 회수 작업은 다양한 위험 수준, 독성 또는 생태 독성을 가진 유해

(비유해) 폐기물을 생성할 수 있으며 때로는 대량으로 생성할 수 있다. 폐기물을 비유해성 또는 유해성으로 분류하는 것은 WFD에 의해 규제된다. WFD 부속서 III는 유해 폐기물을 하나 이상의 유해 특성(hazardous property HP) HP1 ~ HP15를 나타내는 폐기물로 정의한다. 유해 특성을 갖는 화학 물질 또는 혼합물에 대한 CLP[분류(classification), 라벨(labeling) 및 포장(packaging) 규정에 도입된 유해성 문구 코드(hazard statement code, HSC)에 직접적으로 가장 유해한 특성을 나타낸다.

비상 계획의 목적 중 하나는 필요한 경우 폐기물 관리를 위해 구현할 총체적 프로세스를 예상하고 자세히 설명하는 것이다.

상류 단계는 작업이 시작되는 것과 동시에 이루어져야 하고, 다음이 포함된다.

- **임시 저장 시설:** 현장 바로 옆에 위치하며 현장 기간과 연계
- **중간 저장 시설:** 정화 장소에서 수백 미터 또는 최대 수 킬로미터 떨어진 여러 기본 저장 장소에 서비스를 제공(이 중간 저장 장소는 정화 장소에서 작업이 완료되면 폐쇄).
- **최종 저장 지역:** 한 지역에서 분리된 모든 오염 폐기물이 이송되는 곳. 이러한 장소는 하류 단계의 성능에 따라 1년 이상 운영될 수 있다.
- **보관 장소 간의 운송.**

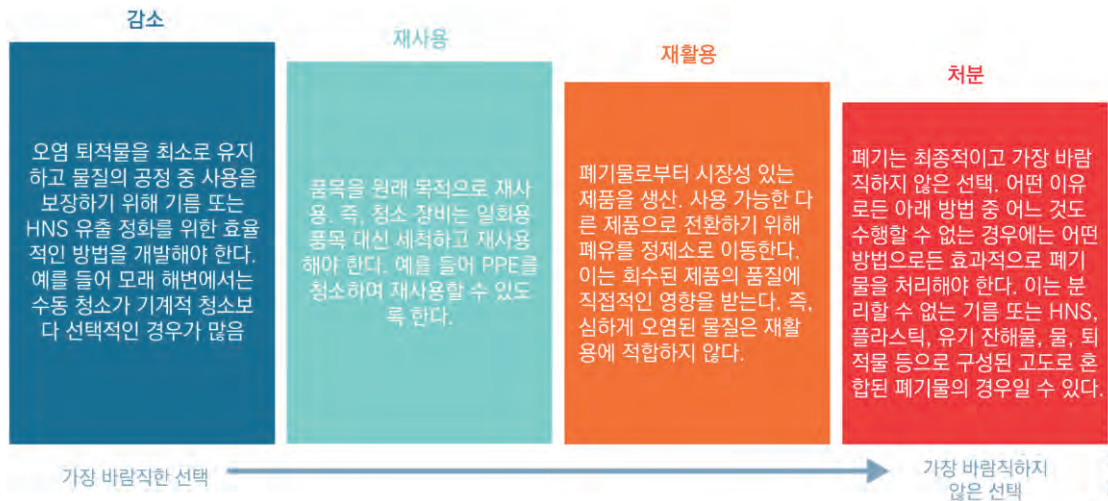


[그림 29] 총체적 폐기물 관리 과정

하류 단계의 구현은 연기될 수 있다. 이 단계에는 다음이 포함된다.

- **처리 과정:** 다양한 폐기물 유형에 적합한 절차
- **처리된 폐기물의 처분**
- **전용 부지 복원:** 중간 또는 최종 저장 후

모든 근원에서 발생하는 폐기물 흐름을 처리할 때 유용한 모델은 "폐기물 계층"이다. 이 개념은 폐기물 감소, 재사용 및 재활용 원칙을 사용하여 생성되는 최종 폐기물의 양을 최소화하여 환경 및 경제적 비용을 줄이고 규제 및 법적 요구 사항을 충족하도록 한다. 폐기물 관리 전략을 구성하기 위한 도구를 제공하며 모든 작업의 모델로 사용할 수 있다. 과거에는 대부분의 유출이 원유 또는 정제 제품과 관련되었으므로 아래 다이어그램은 기름 물질을 폐기물 기준으로 한다.



[그림 30] '폐기물 계층' 또는 폐기물 관리 단계

기획담당은 폐기물 관리를 미리 계획할 필요성을 놓치지 않는 것이 중요하다. 적절한 폐기물 처리, 저장, 수송 및 처분이 부족하거나 이 시설의 약한 연결은 전체 프로세스의 대응 역량을 감소시키고 잠재적인 규제 요구 사항 위반으로 이어질 수 있다. 폐기물 관리 전략 및 재활용, 처리 또는 폐기 조치를 구현하기 위한 세부 정보 및 지침은 비상 계획 또는 별도의 폐기물 관리 계획에 포함되어야 한다.

## 4.6 자원 관리

HNS 유출에 대한 효과적인 대응은 관련 기관 및 개인의 준비에 크게 좌우된다. 광범위한 사람과 조직에 영향을 미치는 HNS 유출에 대응하려면 매우 신속하고 다양한 결정을 내려야 한다. 이는 대응을 담당하는 팀이 다음과 같은 경우에만 달성할 수 있다.

사전에 다음을 지정해야 한다.

- 책임
- 필요한 시설의 유형 및 용량
- 수거, 수송 방법 및 코드

### ▶ 4.4 폐기물 관리

- 전개 상황을 이해할 수 있도록 충분한 준비
- 중요한 결정 도출
- 지체 없이 적절한 자원을 안전하게 동원

이러한 기술은 자원 준비에 의존한다. 대응인력과 관리자 모두 교육과 훈련이 필요하다.

### 4.6.1 인적 자원

견고한 대비에는 다음을 목표로 정기 수행되는 교육 및 훈련이 포함되어야 한다.

- 생태계의 HNS 유출로 인한 인간 건강과 환경에 대한 영향을 최소화하는 방법을 대응인력에 제공
- 이해관계자는 화학 오염의 영향을 최소화하기 위한 대응 방법과 화학 물질을 회수 또는 중화하는 기술을 숙지

- 이해관계자 간의 전문 지식, 경험 및 의견 교환
- 해상 비상사태는 다른 사고와 상이할 수 있으므로 관리를 담당하는 기관 능력 강화
- HNS 비상 계획의 적용 가능성을 정기적으로 확인하고 필요한 개선 수행
- 전반적인 대응 역량 향상

## 4.6.2 교육

대응팀에 교육을 제공하고 훈련을 조직하는 것은 전반적인 대응 역량을 향상시키는 가장 효과적인 방법이다. 유해 물질을 취급해야 하는 모든 인력은 특정 지식과 기술을 습득해야 한다. 특히 다음 사항에 익숙해야 한다.

- 특히 위험물 운송에 관한 유엔 권고(UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, TDG)를 참조하여 다양한 물질의 본질적인 유해요소와 그 이동 경로와 거동을 이해;

### ▶ 3.2 GHS와 UN TDG 비교

- 물질안전보건자료(Safety Data Sheet, SDS), 위험물 신고서, 선적 문서 및 기타 모든 관련 문서와 같은 모든 관련 정보 출처;
- 보호 장비 및 의복;
- 화학품 탐지 키트;
- 비상 절차, 최초 실행 조치;
- 특수 대응 전략, 기술 및 장비;
- 의사소통 계획에 따라 명확하게 소통하기 위한 방법 및 절차

## 4.6.3 훈련

정기적이고 현실적인 훈련은 대응 계획과 대응 역량을 검증하는 데 필수적이며 관련된 모든 당사자가 다음을 수행할 수 있도록 한다.

- 교육 중 습득한 이론 및 기술 지식 유지 및 개선
- 명확한 역할과 책임 수립
- 사고 관리 시스템(Incident Management System, IMS) 내에서 의사소통 최적화
- 대응에 관련된 다양한 사람들과 교류(보통 상호 작용이 거의 없는 다른 부서 출신)
- 검증 또는 최신 업데이트 할 비상 계획에 명시된 절차 통합
- 대응 역량 검증

- 최초 대응인력을 효과적으로 준비시키기 위해 다양한 유형의 훈련을 프로그램의 일부로 구성

훈련 수행 빈도는 대비 및 실행의 복잡성에 맞춰 조정되어야 하지만 사용 가능한 인적, 물적 및 재정적 자원에 따라 조절된다. 예를 들어 탁상훈련을 6개월마다 실시한다면 대규모 훈련은 3년 단위로 실시할 수 있다.

목적	세미나		워크숍		탁상 훈련		역할 훈련		장비 배치		전체 규모	
	기름 유출 비상 계획 및 관련 정책에 대한 개요 제공		결과물 구축 또는 달성. 신규 또는 수정된 계획, 절차, 상호 협력 계약 등 생성		알파 협력을 위한 시험 절차. 관련된 대응 문제(예: 조직, 소동 및 물류)에 대한 기본 구조 습득 및 검증		브라보 보고를 위해 합의된 절차와 소통 검증. 자원을 요청과 제공 시험. 계약 당사자의 현재 대응 준비 상태를 파악		찰리 특정 장비 사용, 시험, 습득		델타 국가 또는 다국적 대응 능력 및 장비 검증. 복잡한 협력 능력 또는 여러 참가자, 조직 및 장비 조정 검증 및 훈련	
대상	공공 또는 민간 작업자, 현지, 지역, 국가, 당국		작업자 및 당국, 세미나에 비해 높은 상호작용 수준		의사결정자		다양한 수준의 의사결정자		대응 인력		모든 수준의 오염 대응 작업	
형식	비공식 소개 행사		비공식 소개 행사		서류 형식. 장비 배치가 없음. 원격으로 또는 한 위치에서 시험		사건 발달이 포함된 훈련 시나리오는 활동을 유도		현장 배치		여러 위기 관리소. 다양한 현지. 외해 및 연안	
참여 조직	기존 계획이나 절차를 개발중이거나 현저히 변경하는 조직		기존 계획이나 절차를 개발중이거나 변경하는 조직				일반적으로 인력 및 장비의 이동은 시뮬레이션됨				공공 또는 민간 작업자. 현지, 지역, 국가 및 국제 당국	
시기	오리엔테이션 시 1회 실시간 시뮬레이션 제약 없음		주제당 1회		분기당 1회		반기당 1회		반기당 1회		연 1회	

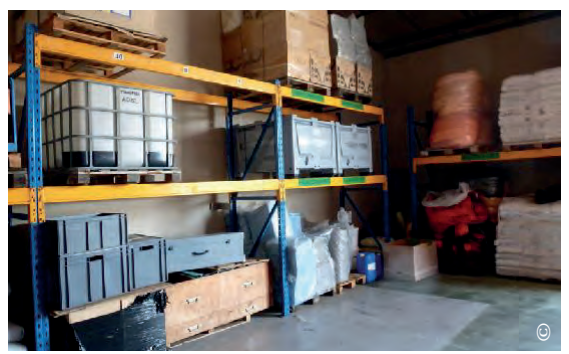
[그림 31] 다양한 훈련 프로그램의 점진적 개발

### 4.6.4 재료 및 장비

#### 4.6.4.1 대응 장비

HNS 관련 사고 대응에는 특정 대응 장비가 필요하다. 보유 목록에 포함되어야 하는 오염 대응 장비의 다양한 범주(유형/수량/원산지)가 있다.

- 마개 및 밀봉 장치(예: 팽창식 마개, 오수 맨홀 밀봉 덮개판)



- 소방 호스 노출
- 중화제(예: 석회, 식초, 구연산)
- 분산제
- 흡착재(양말, 패드 등)
- 격리 장치(예: 부유 뚫)
- 펌프 및 유회수기
- 폐기물 저장 및 회수 시스템(예: 누출 방지 드럼 또는 컨테이너)

### 4.6.4.2 비축 및 보관

대응 장비는 비상시에 배치되는 경우가 많다. 따라서 저장 위치와 모드는 빠른 대응과 쉬운 배치가 가능해야 하며 가급적이면 고위험 현장 근처에 배치해야 한다. 배치 시 최대 효율성을 보장하려면 해당 위치를 미리 정의해야 한다. 그러한 위치는 비상 계획에 지정되거나 전략/전술 지도에 있어야 한다.

비축량 내에서 주어진 기술에 필요한 모든 장비를 한 곳에 모으고 랙 또는 포장(컨테이너, 트레일러 등)하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 유회수기는 펌프, 전원 장치, 호스 세트, 로프 등으로 포장된다. 격리 장치는 함께 묶음으로 보관되는 방식이다.

직사광선, 서리, 악천후(바다 물보라, 바람, 비 등)로부터 장비를 보호하는 것이 바람직하다. 기후가 춥거나 덥거나 습한 지역에서는 특별히 주의해야 한다. 환기는 곰팡이 악화를 방지한다. 설치류로부터 또한 보호되어야 한다.

### 4.6.4.3 유지 보수 및 관리

대비 과정의 일부로 사용 가능한 장비(번호, 유형, 수량, 상태)를 정기적으로 업데이트하는 보유 목록을 작성하고 이를 실행, 유지관리 프로토콜은 물론 기술 자료표와 연결하는 것이 중요하다.

#### ▶ 4.6 확보 및 유지보수

## 5

## 대응

## 5.1 개요

해상에서 HNS와 관련된 사건의 경우 보편적으로 적용 가능한 대응 및 개입 기술이 없다. 해상 방출에 대처하고 잠재적 영향을 완화하기 위한 각 대응 변수에 따라 달라진다.

- 유출에 잠재적으로 연루된 HNS의 목록은 매우 방대하고 거동을 예측하기 어렵다.
- 복잡성은 사고 위치, 환경 조건, 화학 물질의 혼합 가능성, 반응성 등의 특수성으로 인해 증가한다.
- 대비 수준과 적절한 장비의 가용성 및 교육 수준은 대응 효과의 핵심 요소이다.

본 매뉴얼은 해양 HNS 비상 사태의 여러 단계를 통해 관련 인원(의사결정자, 대응인력)을 안내하고 대응을 지원하는 것을 목표로한다. 그러므로 잘 짜여진 비상 계획이 필요하다.

대응 단계는 반드시 순차적일 필요 없이 동시에 수행될 수 있으며 위험에 처한 생명을 구하고 대응인력의 건강을 보호하는 것이 최우선 목표여야 한다는 점을 항상 염두한다.

시간순으로 다음 단계를 확인할 수 있다.

## 사고 알림

- 관찰자에 의한 사건 보고(피해 선장, 오염관측 시스템, 일반인)

## ▶ 5.1 사고 알림

## 정보수집

- 데이터 수집: 관련 물질(물리적, 화학적, 생물학적 데이터) 및/또는 컨테이너의 특성과 이들의 거동, 날씨, 해양 상태 및 예측, 피해 지역의 생태 및 경제적 특성에 대한 연구.

## ▶ 5.2 사고 데이터 수집

## 의사결정

- 다음을 기반으로 오염(또는 위협)의 제거,감소를 위한 전략 선택:
  - **유해요소:** 방출된 물질에서 파생되는 유해요소 평가
  - **거동:** 오염에 의해 영향을 받을 구획(공기, 표면, 수주, 해저)을 식별하는 것을 가능하게 하는 거동
  - **모델링:** 유출된 오염 물질의 궤적, 이동 경로 및 거동 예측.

## ▶ 5.11 HNS 유출 모델링

## 최초 조치

- 일반적으로 관련 선박의 대응인력과 선원이 취하는 초기 비상 조치
  - ▶ [5.5 상황 평가](#)
  - ▶ [5.18 최초 조치\(대응인력\)](#)
  - ▶ [5.19 안전구역](#)

## 현장 대응

- 대응 전략 수립 후 여러 조치가 수행될 수 있다.
  - 보호: 필요한 개인 보호 장비 식별
    - ▶ [5.20 개인 보호 장비](#)
    - ▶ [5.21 오염 제거](#)
  - 모니터링: 사고 특성에 따라 원격 탐지(가능한 경우), 휴대용 감지기 사용, 실험실 분석을 위한 해수, 퇴적물 및 생물군 표본 채취와 같은 다양한 유형의 모니터링이 수행될 수 있다.
    - ▶ [5.22 원격 탐지 기술](#)
    - ▶ [5.23 물질 표시](#)
    - ▶ [5.24 원격 작동 차량](#)
    - ▶ [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스](#)

### 탐지기

- ▶ [5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜](#)
- ▶ [5.27 HNS 감지 및 분석 방법](#)
- 대응 기술: 모니터링과 함께 두 가지 유형의 개입을 구분할 수 있다.
  - 선박 중심 조치 - 다음과 같은 선박에 대한 직접적인 개입:
    - ▶ [5.28 긴급 승선](#)
    - ▶ [5.29 긴급 예인](#)
    - ▶ [5.30 피난 지역](#)
    - ▶ [5.31 화물 이송](#)
    - ▶ [5.32 밀봉 및 마개](#)
    - ▶ [5.33 난파선 대응](#)

- 오염물질 중심 조치 - 선박 또는 환경에서 오염 물질을 포함, 처리 및/또는 회수하기 위한 작업:
  - ▶ [5.34 수벽 사용](#)
  - ▶ [5.35 포말 사용](#)
  - ▶ [5.37 흡착재 사용](#)
  - ▶ [5.38 수주 HNS 대응](#)
  - ▶ [5.39 해저 HNS 대응](#)
  - ▶ [5.40 해안 HNS 대응](#)
  - ▶ [5.42 격리 기술: 붐](#)
  - ▶ [5.43 회복 기술: 펌프 및 유회수기](#)

- 물류 조직: 오염 제거 구역 설정에 적합한 구역 식별, 폐기물 관리 전략 수립
  - ▶ [4.4 폐기물 관리](#)

## 유출 후 관리

- 다음 주제를 고려해야 한다.
  - 문서화 및 기록 보관: 대응 초기부터 이러한 측면을 강조하며 청구 과정에서 그 중요성이 커진다.
    - ▶ [6.1 청구 과정](#)



- 유출 후 모니터링: 환경 피해를 평가하고 회복 및 복원 조치를 결정하는 데 필요하다.

▶ **6.2 환경 회복 및 복원**

- 사고 검토 및 교훈: 대응의 강점과 약점을 식별하고 비상 계획에 대한 변경을 실행한다.

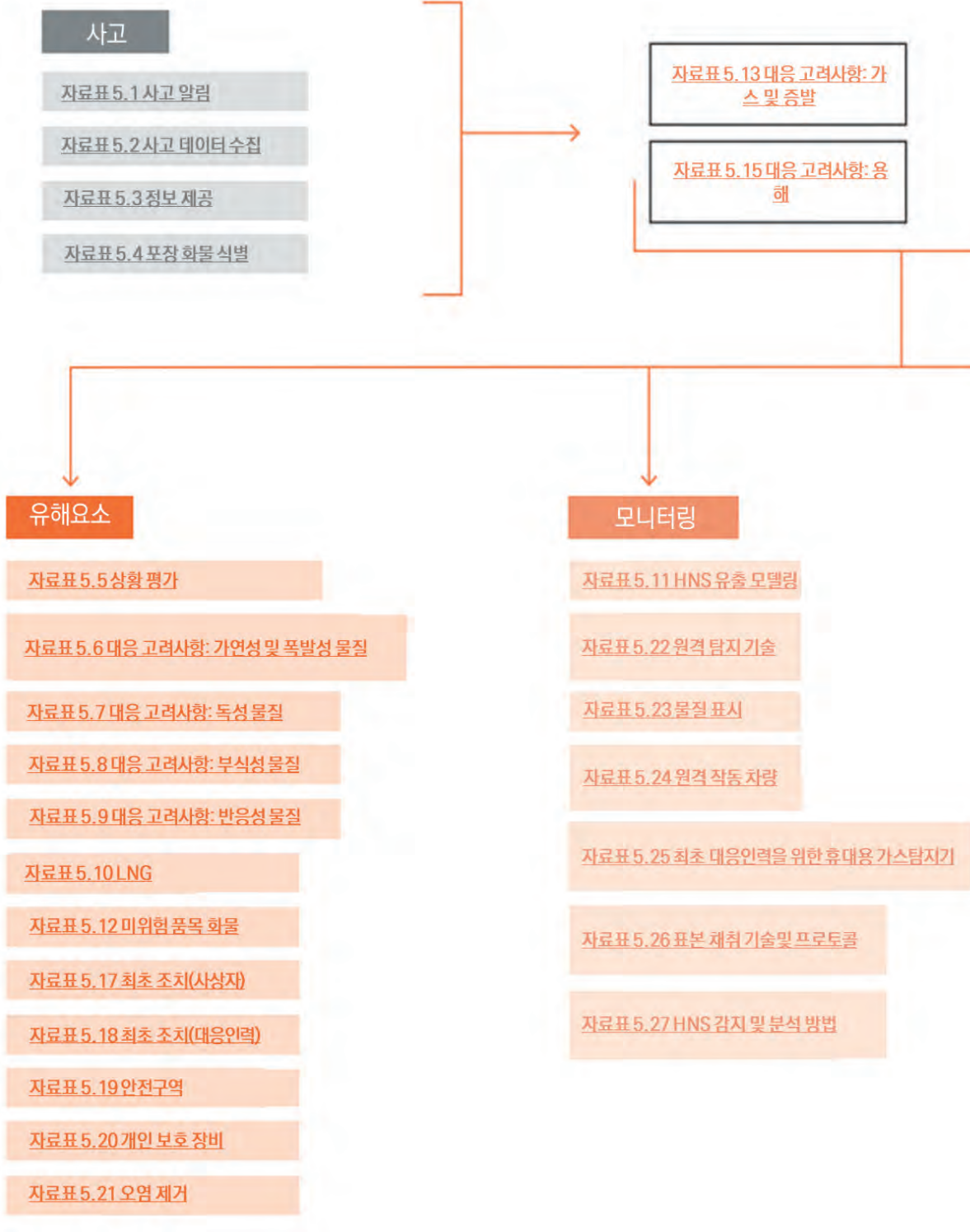
▶ **5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발**

▶ **5.14 대응 고려사항: 부유**

▶ **5.15 대응 고려사항: 용해**

▶ **5.16 대응 고려사항: 침강**

## 5.2 선택 가능한 대응 조치 개요



자료표 5.14 대응 고려사항: 부유

자료표 5.16 대응 고려사항: 침강

유출 후 모니터링

자료표 6.1 청구 과정

자료표 6.2 환경 회복 및 복원

대응 기술: 선박 중심 조치

- 자료표 5.28 긴급 승선
- 자료표 5.29 긴급 예인
- 자료표 5.30 피난 지역
- 자료표 5.31 화물 이송
- 자료표 5.32 밀봉 및 마개
- 자료표 5.33 난파선 대응

대응 기술: 오염물질 중심 조치

- 자료표 5.34 수벽 사용
- 자료표 5.35 포말 사용
- 자료표 5.36 자연 감쇠 및 모니터링
- 자료표 5.37 흡착제 사용
- 자료표 5.38 수주 HNS 대응
- 자료표 5.39 해저 HNS 대응
- 자료표 5.40 해안 HNS 대응
- 자료표 5.41 포장 화물 대응
- 자료표 5.42 격리 기술: 붐
- 자료표 5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기
- 자료표 5.44 야생 동물 대응

## 5.3 알림 및 정보 수집

### 5.3.1 알림

- HNS와 관련된 사고 알림은 다음을 통해 받을 수 있다.
- 사상자, 대응 선박, 통과 선박 선장의 선박 보고 시스템
- 정부간 오염 알림 시스템의 일부인 연안 국가 오염 보고서(Pollution Report, POLREP)
  - ▶ **5.1 사고 알림**
- 숙련된 항공 관찰자의 오염 관찰 보고서/탐지 일지
  - ▶ **5.1 사고 알림**
- 자동 유출 대응 알림(위성 기반 감시)

일반인의 비공식 서면/구두 보고서(예: 항구에서 육안으로 관찰된 오염 보고서).

초기 보고서의 세부 수준은 관찰된 오염과 오염 유발자 사이에 직접적인 연관성이 있는지 여부에 따라 달라진다. 관찰된 오염 원인이 없는 경우 유출된 화물 유형에 대한 정보를 모니터링 및 표본 채취를 통해 현장의 최초 대응인력이 수집해야 한다(5.6장).

### 5.3.2 데이터 수집

초기 사고 알림이 수신되면 의사결정자와 대응인력이 첫 번째 대응 조치를 지원하기 위해 사례에 대한 객관적인 정보를 수집하는 것이 중요하다.

▶ **5.18 최초 조치(대응인력)**. 초기에는 데이터가 부족하고 확인하기 어려울 수 있다. 그러나 정보에 대한 접근이 증가함에 따라 상황에 대한 전반적인 이해도가 높아질 것이다. 유입 정보의 양은 확인, 우선 순위 지정 및 필터링이 어려울 수 있다.

모든 정보는 분석 및 전달을 담당하는 지휘본부로 전달되어야 한다. 초기 사고 알림이 수신되면 의사 결정자와 대응인력은 최초 대응 조치를 지원하기 위해 객관적인 사례를 수집한

다 ▶ **5.18 최초 조치(대응인력)**. 초기에는 데이터가 부족하고 확인하기 어려울 수 있다. 그러나 정보에 대한 접근이 증가함에 따라 상황에 대한 전반적인 이해도가 높아질 것이다. 유입 정보의 양은 확인, 우선 순위 지정 및 필터링이 어려울 수 있다.

모든 정보는 지휘본부로 전달되고, 지휘부는 분석 결과를 대응인력(▶ **4.3 내부 의사소통**)과 이해관계자(▶ **4.1 외부 의사소통**)에게 전달한다.

수집할 수 있는 데이터에는 두 가지 유형이 있다.

**사전에 알 수 없었던 사건 관련 정보:**

대응인력은 사건의 위치와 선박, 벙커 및 화물의 상태에 대한 필수 정보와 현장 기상 데이터를 가능한 한 빨리 얻는 것을 목표로 해야 한다.

▶ **5.2 사고 데이터 수집**

보고 요구 사항, 대응 프로토콜/절차, 국가 및 지역 연락처가 포함된 선박 해양오염비상계획서 (Shipboard Marine Pollution Emergency Plan, SMPEP), SMPEP)를 따를 때 선장과 선원으로부터 수신 가능성이 높은 첫 번째 정보이다.

▶ **5.17 최초 조치(사상자).**

화물 증명서/화주 신고서/위험물 신고서 및 해당 SDS와 같은 선적 문서는 물질별 정보의 가장 바람직한 초기 출처이다.

▶ **5.4 포장 화물 식별**

**자원 정보:**

사고 이전 수집할 수 있는 추가 정보는 대응 전략의 설계 및 구현을 지원하고 현장에서 전달받은 보고서를 보완하기 위해 필요할 수 있다. ▶ **5.3 정보 자원** HNS 비상 계획(4장)에는 인간의 건강 ▶ **5.20 개인 보호 장비** 및 안전 문제와 환경 자원을 다루는 정보 자원 디렉토리(환경 민감도 지수 맵)가 포함되어야 한다.

유출 물질의 이동 경로/거동 및 궤적을 예측하는데 도움을 주기 위해 소프트웨어 모델은 대응 전반에 걸쳐 유용하다. ▶ **5.11 HNS 유출 모델링** 모델링 결과는 최초 조치 및 비상 대응 조치와 관련하여 의사 결정 프로세스에 중요한 정보를 줄 수 있다. ▶ **5.19 안전구역** 그러나 모델링 결과는 현장에서 검증되어야 하며 이는 기존 데이터만큼 우수하다는 일반적인 규칙이 적용된다.

## 5.4 의사결정

### 5.4.1 의사결정 담당의 주체

사고 지휘본부는 유출을 막고 영향을 낮추기 위한 전략을 수립한다. 이에 지휘본부는 지휘 및 즉각적인 우선 순위를 발표하고 사건활동계획 (Incident Action Plan)을 승인할 책임이 있다.

또한 동원 해제 명령에 대한 책임이 있고, 공공 정보 책임자를 통한 정보 공개를 결정하는 중심이기도 한다.



사건활동계획(Incident Action Plan, IAP)는 전반적인 전략과 목표를 전술로 전환하기 위해 수립된다. IAP는 활동 실행을 안내하는 로드맵이다. 상황을 정기적으로 재평가하는 것처럼 IAP도 주기적으로 갱신해야 한다.

## 5.4.2 사고관리팀 내 의사결정 역학 관계

의사 결정 과정은 즉흥적으로 진행되어서는 안 된다(4장). 가능한 한 구조, 조직, 자원(인적 및 물적), 절차가 준비되어 비상 계획에 참조 문서로 포함되어야 한다. 사전에 조직된 훈련을 통해 현실적인 HNS 유출 시나리오에 대한 대응 능력을 평가할 수 있어야 한다.

그러나 모든 사건은 고유하며 사고관리팀은 특히 언론이나 정치 지도자로부터 높은 압력을 받는 상황에서 중요한 결정을 내려야 한다. 때로는 상황에 대해 불안정하게나마 신속하게 결정을 내리는 것이 필요하다. 사고관리팀은 상황과 오염 정도(계층 1, 2 또는 3)에 맞게 합리적인 결정을 내릴 수 있어야 한다.

### 5.4.2.1 단계 상승

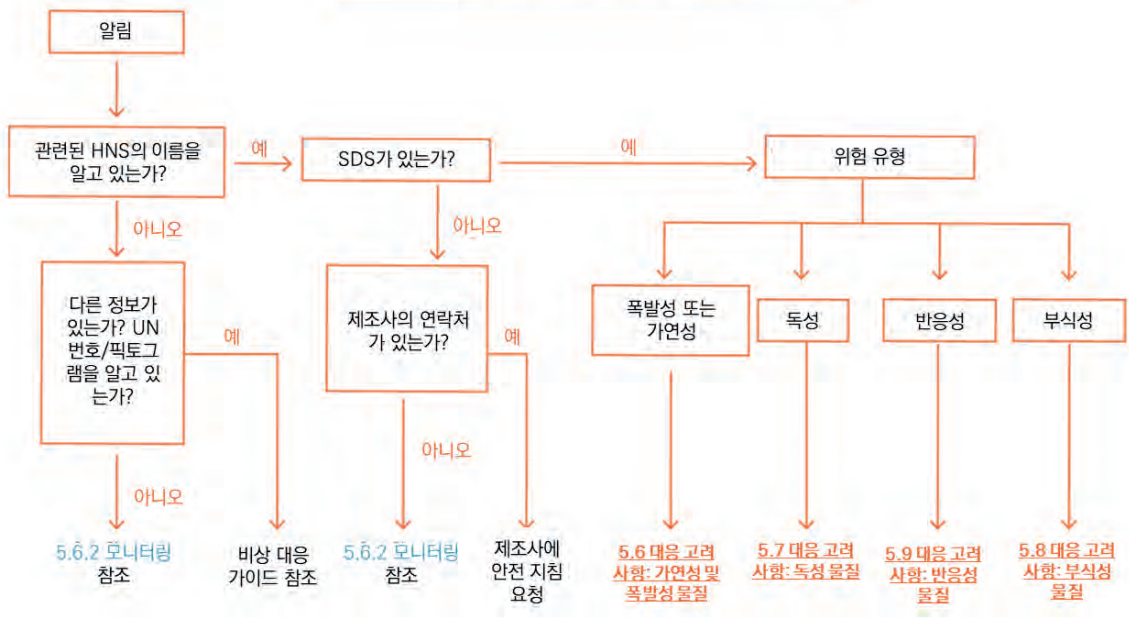
알림(▶ 5.1 사고 알림) 및 데이터 수집(▶ 5.2 사고 데이터 수집)을 통해 얻은 정보는 상황 평가(▶ 5.5 상황 평가)를 지원하는 데 중요하다. 사건 발생 후 초기 상황 평가는 제한적일 수 있으며 HNS 유출의 영향을 크게 낮출 수 있는 기회를 제공한다.

주로 실제 위험이나 상황의 악화 가능성에 기반한 잠정적 조치가 실제로 시행될 수 있으며, 특히 사전에 비상 계획에서 식별된 경우 적용된다.

운송되는 HNS뿐만 아니라 병커에서도 위험이 발생할 수 있다. 현재 사용 중인 추진 연료는 특성이 다를 수 있어 유의해야 한다. 따라서 이러한 제품의 위험과 거동은 물론 HNS 화물과의 가능한 혼합물 반응 또는 환경 조건과 관련된 상호 작용(예: 가스와 인근 점화원 간의 접촉)을 고려해야 한다. 이를 염두에 둔 추진 연료 관련 표가 널리 사용된다(▶ 5.10 LNG).

이러한 측면을 고려할 때 최초 조치는 대부분 인구, 환경 또는 편의 시설을 보호하는 데 중점을 둔다. HNS에 대응하기 위한 최초 조치의 예는 누출을 막거나 누출 범위 또는 영향을 완화하는 것이다. 위험을 기반으로 한 의사결정트리(▶ 5.17 최초 조치(사상자))는 다음 그림에 나와 있으며 최초 조치를 유발할 수 있다(▶ 5.17 최초 조치(사상자)).

### 유해요소 기반 의사결정트리



가능하면 MAR-ICE\* 활성화 고려  
 MAR-ICE- 네트워크 EMSA 활성화  
 MAR-ICE 서비스 이용 가능 대상 확인

요청 시 다음 확보  
 - MAR-ICE 등급 1: 정보 및 전문가 조언  
 - MAR-ICE 등급 2: 산업화학전문가 동원

© Cedre

[그림 32] 유해요소 기반 의사결정트리

\* MAR-ICE는 해상 비상시 화학 물질에 대한 24/7 원격 정보 서비스를 제공한다. 제품 및 사건별 정보 및 화학 제품 및 관련 위험에 대한 조언은 요청 후 1시간 이내에 제공되며, 그 이후에는 더 자세한 정보가 제공된다.

모델링은 의사 결정 과정에 대한 정보를 제공하는 도구이며 특히 인구 또는 환경에 대한 위험을 자세히 평가해야 할 경우 우선 순위가 될 수 있다.

#### ▶ 5.11 HNS 유출 모델링.

위험물로 분류되지 않은 HNS에서 사고가 발생할 경우, 물에 누출되거나 부적절한 조건에서 저장되면 대응인력 또는 인명에 위험할 수 있다. 해당 물질도 철저히 고려해야 한다.

#### ▶ 5.11 HNS 유출 모델링

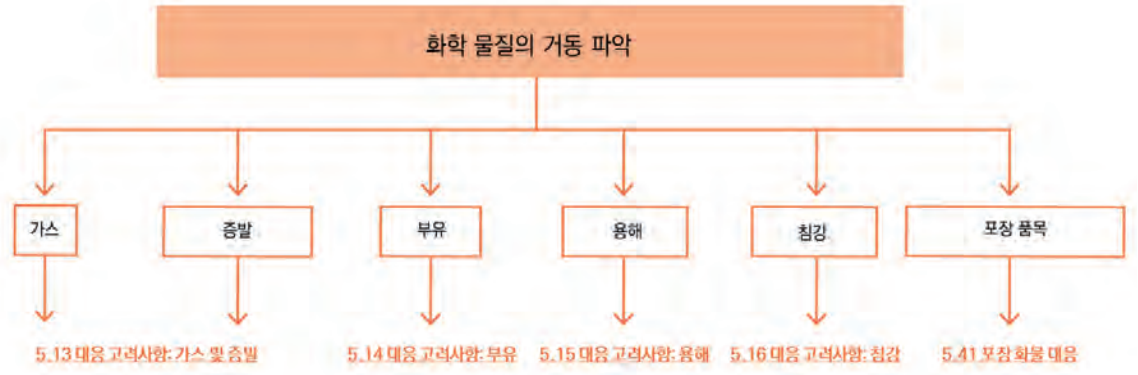
#### 5.4.2.2 유해요소 및 대응 기반 의사결정을 위한 피드백 루프

HNS 사고 관리 전반에 걸쳐 의사 결정 프로세스는 위험 및 행동에 대한 지속적인 평가를 통합해야 한다.

상황 자체(예: 기상 조건) 또는 실행 조치(예: 누출 방지)의 모든 결과물은 정보 수집을 위한 조건을 제공한다. 따라서 상황 평가는 정기적으로 수행되거나 현장의 특정 사건에 의해 유발될 수 있으며 새로운 의사 결정으로 이어질 수 있다.

화학적 유해요소와 거동에 대한 지식은 가장 적합한 방식으로 대응을 추진하는 데 필요한 결정적인 정보다. 실제로 대응 전술은 대부분 화학 물질의 거동을 기반으로 하는 반면,

유해요소는 안전한 조건에서 대응을 계속 수행하기 위해 최대한 주의를 기울여야 한다. 의사결정자가 선박 또는 오염 물질에 대응할 수 있는 기술을 선택하는 데 도움이 되도록 흐름도를 설정하였다(5.2장).



[그림 33] 거동 기반으로 흐름도 접근을 위한 의사결정트리

대응 중 전개된 모든 활동은 궁극적으로 현장을 정상 또는 비상 사태 이전 상태로 되돌리는 것을 목표로 한다. 전개된 전술과 기술은 환경적으로 오염 물질 자체보다 해롭지 않아야 한다. 사고활동계획에서 정의한 지침은 가능한 한 이해관계자의 기대에 부응하고 협력적인 접근 방식을 통해 동의를 구해야 한다. 그러나 이해관계자가 많을 경우 의사 결정이 크게 지연될 수 있다.

의견이 일치하지 않는 경우, 사건 지휘본부는 최선책을 택할 책임이 있다.

전략은 지침을 나타내지만 대응을 위한 실행 조치는 정의된 전술을 기반으로 한다. 현장 지휘부는 전술 작전의 관리를 책임지고 운영 감독, 자원 관리, 과부하에 대한 경계 부서 통합 및 동시 운영 조정을 포함한다. 목표는 SMART 기준을 충족해야 한다.

Specific(세부성)	지침은 명확해야 하며 활동 및 물류에 대한 설명도 명확해야 한다. 작동 기간(시간, 일 등)이라고 하는 일련의 시간에 해당해야 하며 대응 및 진화 중에 정기적으로 업데이트되어야 한다.
Measurable(측정가능)	
Action oriented(행동지향성)	
Realistic(현실성)	
Timely(시기적절성)	



## 5.5 최초 조치

최초 조치는 HNS 사고 알림 후 초기 단계에서 필요하다고 간주되고 안전한 조건에서 시행될 수 있는 초기 단계에서 시행되어야 하는 모든 조치를 다룬다. 목표는 인명, 환경 및 편의 시설에 대한 잠재적 영향을 즉시 완화하기 위해 현장에 대

응 팀을 배치하는 것이다.

- ▶ [5.17 최초 조치\(사상자\)](#)
- ▶ [5.18 최초 조치\(대응인력\)](#)
- ▶ [5.19 안전구역](#)

## 5.6 현장 대응

### 5.6.1 보호

의사결정은 HNS 유출 대응에 적합한 장비를 반드시 고려해야 한다. HNS 유출 동안 다양한 물질의 위험성으로부터 대응인력을 보호하기 위해 적합한 개인보호장비(PPE)를 선택하는 데 더 많은 주의를 기울일 필요가 있다. 또한 장비 선택은 항상 관련 물질과의 화학적 호환성을 고려해야 한다.

비상 계획(4장)에서 적절한 개인보호장비 및 관련 비축을 확보하는 방법을 예측하고 관련 인력 교육을 실시해야 한다. 즉시 사용할 준비가 되어 있어야 하는 섬세한 장비가 대다수이기 때문에 유지 보수에 특별한 주의를 기울여야 한다.

#### ▶ [4.6 확보 및 유지 보수](#)

장비, 특히 개인보호장비의 올바른 사용을 보장하기 위해 개인보호장비 관리 책임자 및 보건 및 안전 담당을 지정하고 비상 계획(4장)에 포함해야 한다.

#### ▶ [5.20 개인 보호 장비](#)

장비를 사용할 때마다 후속 오염 제거 단계와 폐기물 관리를 고려해야 한다.

- ▶ [5.21 오염제거](#)
- ▶ [4.4 폐기물 관리](#)

오염 제거 단계의 주요 목표는 인력과 장비에 축적된 오염 물질을 제거하거나 중화하여 대응인력의 개인보호장비에 독성 물질이 있을 때 내재하는 위험을 줄이는 것이다. 존재하는 화학 물질의 독성을 중화하고 장비를 물 또는 세척제로 세척하는 방법이 사용된다. 오염 제거 작업은 교육을 받은 인력이 관리하고 수행해야 한다.

## 5.6.2 모니터링

피영향 환경 구획의 범위와 심각도에 대한 평가는 모니터링 방법의 세 가지 주요 구성 요소를 기반으로 한다(그림 34).

이러한 모니터링 시스템은 보완적이며 대응하는 동안 모두 고려해야 할 수도 있다. 실제로 원격으로 감지된 데이터는 현장 데이터로 검증해야 하는 반면 모델은 현장 측정 및 원격 탐지를 필요로 한다. 사고관리팀에 환경감시 전문가를 통합하거나 협의할 것을 권장한다. 의사 결정자가 HNS 사고 발생 시 신속한 대응을 위해 정보를 제공하도록 돕는 것이 목적이다.

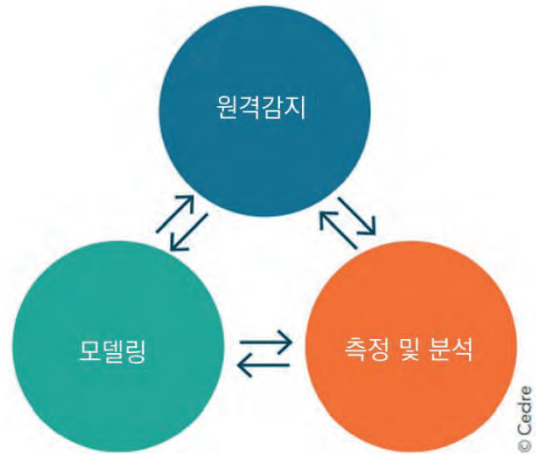
### 5.6.2.1 모델링

컴퓨터 기반 HNS 이동 경로, 거동 및 궤적은 잠재적 영향을 예측하고 준비하는 데 사용된다. 그러나 관련성과 신뢰성의 수준은 모델링 소프트웨어의 기능과 신뢰성에 따라, 다른 한편으로는 모델에 대한 입력으로 수집된 정보에 따라 달라진다(5.3장). 따라서 모델링의 출력을 검증하려면 원격 탐지, 현장 측정, 표본 채취 및 분석으로 얻은 측정을 통해 정량화된 현장 데이터를 얻어야 한다.

#### ▶ 5.11 HNS 유출 모델링

### 5.6.2.2 원격 탐지

기름 유출을 감지하고 매핑하는 데 사용되는 기존 원격 센서를 사용하여 부유식 HNS 또는 포장 품목을 감지할 수 있다. 다른 유형의 거동 HNS의 경우 원격 탐지는 여전히 어려운 과제이다.



[그림 34] 측량 및 모니터링의 세 가지 주요 구성 요소

예를 들어, 증기운의 동역학 전파는 너무 빨라서 위성 탐지로 쉽게 탐지할 수 없다. 그러나 원격 조종항공기시스템(Remotely Piloted Aircraft System, RPAS)에 통합된 자율 센서와 같은 새로운 기술은 HNS의 탐지를 향상시킬 수 있다. 혁신적이고 소형화된 센서의 개발은 더 넓은 범위의 HNS를 식별할 수 있는 가능성을 제공할 수 있으며 RPAS와의 통합은 HNS를 감지하는 능력을 향상시켜 특히 폭발성, 가연성 또는 독성 연기에 대해 현장 대응인력에게 직접 노출되는 것을 피할 것이다. 수중 구획에서는 침강 HNS 또는 해저 또는 일부 부유 HNS 포장을 탐지하기 위해 능동 소나를 사용하여 원격 탐지가 가능할 수 있다.

#### ▶ 5.22 원격 탐지 기술

#### ▶ 5.23 물질 표시

#### ▶ 5.24 원격 작동 차량

### 5.6.2.3 측정 및 분석

이후 설명하는 현장 및 실험실 분석 모두 때때로 다른 수준의 정보를 얻거나 상이한 목적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 현장에서 수행되는 대략적 또는 정성적 분석은 최초 작업 정보를 얻는데 유용할 수 있지만 더 정확한 정보를 얻으려면 실험실에서의 추가 표본 및 분석이 필요할 수 있다. 가능한 한 중복되는 노력을 피해야 한다(4장 참조).

#### ● 현장 분석

특정 요구 사항을 충족하는 경우 현장 분석을 수행할 수 있다. 감지기는 예상된 측정 결과(예: 감지 또는 정확도의 한계)와 관련하여 충분한 성능을 갖춰야 하는데 가혹한 조건 및 주어진 시간 동안 작동할 수 있어야 한다.

#### ▶ 5.27 HNS 감지 및 분석 방법

휴대용 또는 소형 감지기의 사용은 최근 수십 년 동안 크게 향상되었으며 향후 몇 년 동안 지속적인 개선으로 인해 대응인력과 사고관리팀에게 더 큰 대응력을 제공할 것으로 예상된다.

사고 중 모든 대응인력의 건강과 안전을 보장하는 것이 대응의 최우선 순위가 되어야 한다. HNS와 관련된 사고는 가스 상태의 물질과 관련되어 수색 및 구조 작업을 수행하거나 제한된 공간에 들어갈 때 또는 유출 부근에서 작업할 때 위험을 증가시킬 수 있다.

따라서 사건에 대응하는 사람, 특히 현장에 처음 도착한 사람은 적절하게 보호되어야 한다 (▶ 5.20 개인 보호 장비). 휴대용 가스 모니터는 보호 수준을 평가하는 핵심 장비 중 하나이다.

#### ▶ 5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

#### ● 실험실 분석

향후 실험실 분석을 위한 표본 채취는 다양한 이유로 필요할 수 있으며 그 중 일부는 다음과 같다.

- 기술적인 이유로 현장 분석이 불가능할 경우 (예: 분석을 위한 휴대용 장비 부족, 시간 제한, 위험한 현장 조건)
- 책임 조사를 위한 관리 체계에는 현장 분석을 제외한 특정 절차가 필요할 수 있음
- 관심 화학 물질 확인 불가

#### ▶ 5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜

#### ▶ 5.27 HNS 감지 및 분석 방법

### 5.6.2.4 모니터링 실행

#### 5.6.2.4.1 모니터링의 목적

모니터링은 알림 후 최대한 신속하게 빨리 실행되어야 하며 비상 대응 단계와 유출 후 모니터링 동안 잠재적으로 지속될 수 있다. 다음 그림은 사고 관리의 여러 단계에서 모니터링의 목적을 말해준다.



[그림 35] 대응의 여러 단계에 대한 모니터링 목표

#### 5.6.2.4.2 모니터링의 책임

앞에서 언급한 모니터링의 목적은 작업의 중복이나 측정 기회를 놓치는 것을 피하기 위해 우선순위를 조정된 모니터링 프로그램에 통합시키는 것이다. 모니터링 조정자가 전략을 주도해야 하며 전문가 간의 협력과 제3자의 자문 의견을 바탕으로 구축되어야 한다. 측량 조사 전략은 대응 단계 이후에도 계속될 수 있으며 장기적인 정화 또는 환경적 후속 조치를 포함한다는 점을 유념해야 한다. 환경 모니터링 조정자는 유출 후를 포함하여 전체 기간 동안 지속적으로 활동해야 한다. 모니터링은 상황에 대한 보다 효과적이고 정확한 개요를 얻기 위해 일정 기간 동안 여러 출처로부터 정보를 수집하는 것이 목표다.

모니터링 전략을 구현하기 위해 환경 모니터링 조정자는 다음과 같은 임무를 가진다.

- 작업 문서화 계획을 수립하고 "관리망"을 도입;
- 건강 위험이 발생할 가능성이 있는 경우 적절한 모니터링을 위한 조치 실행;
- 유출 및 오염된 품목과 의심되는 근원의 정도, 심각성 및 정확성에 대해 필요한 조치를 취할 수 있는지 확인;
- 용이한 유출 대응 조치를 위해 유출에 대한 특별 검사 필요 여부 판단;
- 단기 및/또는 장기적 환경 영향이 예상되는지 판단. 필요시 해당 기관에 문의;
- 정보에 대한 일반 및 특정 요구를 제공할 때 특별 검사 및 분석 필요 여부 판단;
- 수송 및 폐기에 대한 책임 있는 기관에 문의. 관련 맥락에서 어떤 특별한 정보가 필요한지 확인하고 관련 분석 준비.

### 5.6.2.4.3 모니터링의 위치

3장에서 설명한 바와 같이 HNS는 다른 환경 구획(예: 대기, 수면, 수주, 해저 또는 해안선)에 분포하는 여러 동작을 나타낼 수 있다. 화학품의 거동과 독성 데이터 외에도 사고의 위치와 해당 생태계는 생물군(식물군 또는 동물군)에 특히 영향을 미칠 수 있다.

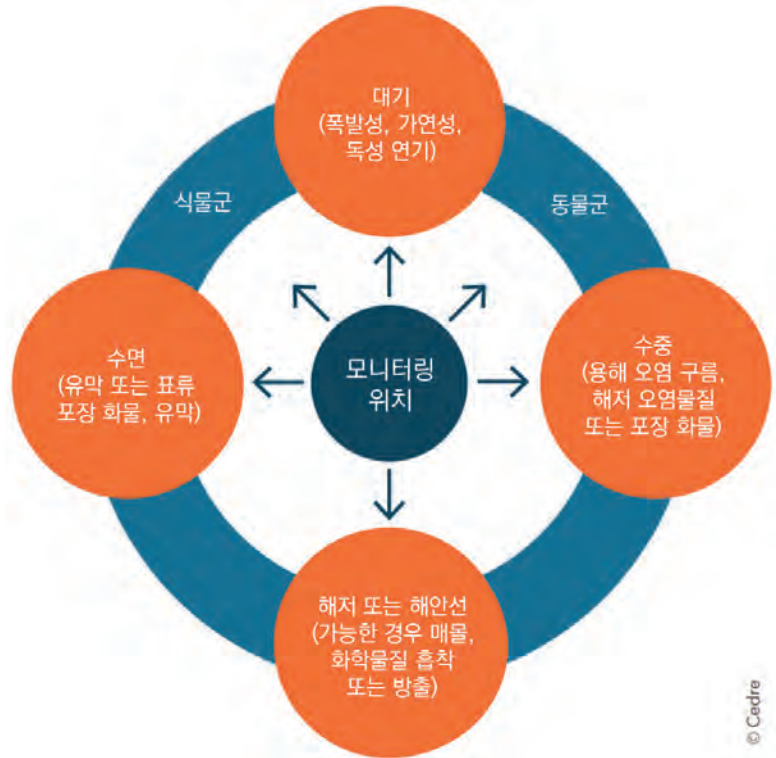
사고 위치, 화학품의 단기 거동(short-term behavior of the chemical, SEBC), 예측 모델링 결과 또는 예상되는 이동 경로에서 표본 채취 전략이 수립될 수 있다. 모니터링할 각 매개변수(화학품, 온도 등)에 대해 수행할 분석의 수와 위치를 자세히 설명하여 값을 비교하고 설정된 목표를 해석하고 달성할 수 있다.

이는 공간과 시간에서 오염 물질의 변동을 나타내는 등 농도 곡선(등각선)을 생성할 수 있게 한다.

### 5.6.2.4.3 모니터링의 수립

화학 물질의 목적과 거동에 따라 적절한 표본 채취 또는 분석 방법을 선택해야 한다.

모니터링은 HNS 유출 직후부터 유출 후까지 사고 관리의 여러 단계에서 발생할 수 있으며 다양한 방식으로 구현될 수 있다. 감지 목표와 감지 장치의 유형에 따라 측정 유형을 선택하는 것이 중요하다.



[그림 36] 환경 구획 및 해당 측정 목표

대상 제품은 유출 화학 물질이거나, 혹은 가능하지 않거나 관련성이 있는 경우 오염 수준을 반영하는 기타 화학적 또는 생물학적 지표여야 한다. 사용된 분석 방법은 오염 물질의 존재를 반영해야 한다. 그 결과가 현실을 정확히 반영하고 있는지를 판단하기 위해서는 그 결과에 대한 비판적 분석이 이루어져야 한다. 예를 들어, 간섭 화합물 또는 매개변수로 인해 결과가 달라질 수 있다. 현장 데이터는 현장 분석 또는 표본 채취 후 실험실에서 분석을 통해 수집할 수 있다. 대응 단계에서, 특히 유출 물질에 따라 상황을 평가하고 적절한 대응 조치를 결정하기 위한 측정 수행이 중요하거나 시급할 수 있다.

비상 계획이나 최소 계획 단계에서 표본 채취 프로토콜, 지침 또는 전문가 의견과 같이 분석을 수행할 수 있는 절차 및 출처를 사전에 식별하는 것이 중요하다. 가능한 경우 결합된 세 가지 주요 전략 유형을 사용하여 HNS 유출 후 영향 평가를 설정할 수 있다.

### 5.6.3 대응 기술

개입이 가능할 때 방출 물질의 거동과 유해요소에 따라 다른 대응 기술을 사용할 수 있다. 적용되는 오염 대책의 범위는 오염 물질의 유형과 특성, 운반 형태 및 전반적인 상황(선박 상태, 기상 조건, 환경 민감도)에 따라 상이하다. 그럼에도 불구하고 모든 경우에 그들의 주요 목표는 사고로 인한 위험을 최소화하고 사람, 환경 및 인간 활동을 보호하며 피해 지역을 가능한 한 비상 사태 이전 상태에 가깝게 복원하는 것이다.

- 사고 후 데이터와 사고 전 데이터의 비교
- 피영향 현장의 데이터를 참조 현장의 데이터와 비교
- 복구 과정을 설명하기 위해 일정 기간 동안 모니터링된 사고 후 데이터 분석

모니터링 전략이 결정되면 추후 단계에서 측정할 매개변수를 결정하기 전에 표본을 보존할 수 있는 가능한 한 빨리 채취해야 한다(예: 동결).

#### 감지 유형 선택

- ▶ [5.22 원격 탐지 기술](#)
- ▶ [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기](#)
- ▶ [5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜](#)
- ▶ [5.27 HNS 감지 및 분석 방법](#)

#### ▶ [6.2 환경 회복 및 복원](#)

위험도가 높을 경우 작업을 중단하고 오염 물질을 남기는 선택지를 항상 고려해야 하며 안전한 경우 모니터링 계획을 수립할 수 있다([5.6.2 모니터링 참조](#)).

#### ▶ [5.36 환경 유지 및 모니터링](#)

개입이 가능할 것으로 간주되는 경우 대응 기술은 두 가지 범주로 나눌 수 있다.

- 선박 지향 조치, 즉 피해를 입은 선박에 대한 개입

- 오염물질 중심 조치, 제어 분산, 확산 및 오염 물질 회수.

### 5.6.3.1 선박 중심 조치

일반적으로 가장 먼저 고려해야 할 조치 중 하나이다. 제안된 기술은 일반적으로 물질의 거동에 관계없이 적용될 수 있다. 선박의 상태, 물질의 유해요소, 환경 및 기상 조건, 수단 및 필요한 장비의 가용성은 이 단계에서 주요 고려 사항이다.

- ▶ [5.28 긴급 승선](#)
- ▶ [5.29 긴급 예인](#)
- ▶ [5.30 피난 지역](#)
- ▶ [5.31 화물 이송](#)
- ▶ [5.32 밀봉 및 마개](#)
- ▶ [5.33 난파선 대응](#)

### 5.6.3.2 오염물질 중심 조치

오염물질의 분산 및 확산을 제어하는 기술은 사고 위치(외해, 항구 또는 해안 지역)에 따라 다르다. 제어 방출은 사람이 거주하거나 민감한 지역에서 멀리 떨어진 외해에 적용되는 경향이 있으며 관련된 물질의 거동에 관계없이 적용될 수 있다. 증기 감소 및 제어 기술(수벽 및 포말 사용)은 항구 지역과 연안 지역 모두에 적용할 수 있으며, 특히 인근 인구를 보호하고 외해에서 대응팀의 개입을 허용할 수 있다.

- ▶ [5.34 수벽 사용](#)
- ▶ [5.35 포말 사용](#)
- ▶ [5.36 환경 유지 및 모니터링](#)

해양 환경에 유출된 오염 물질을 억제하고 회수하기 위한 대응 조치는 관련된 물질의 거동 및 유해요소에 크게 의존한다. 주요 거동으로 인해 뜨거나 가라앉은 물질의 경우 봉쇄 및 복구가 가능하다. 일반적으로 물질이 바다에 수일 이상 남아 있으면 봉쇄 및 회수가 효과적이고 그렇지 않으면 장비와 시간을 고려하여 작업을 계획하는 것이 무의미하다.

- ▶ [5.37 흡착재 사용](#)
- ▶ [5.38 수주 HNS 대응](#)
- ▶ [5.39 해저 HNS 대응](#)
- ▶ [5.40 해안 HNS 대응](#)
- ▶ [5.41 포장 화물 대응](#)
- ▶ [5.42 격리 기술: 불](#)
- ▶ [5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기](#)

무엇보다도 선박에 탑재되거나 바다에 유출된 제품의 회수와 관련된 대응 조치는 폐기물의 생산을 결정하며, 대응 기술이 적용되기 훨씬 전에 폐기물 관리를 고려해야 한다. 폐기물 관리는 폐기물의 회수, 저장, 운송, 처리 및 처분과 같은 폐기물 주기의 모든 단계를 고려하여 비상 계획에 포함되는 것이 중요하다.

### ▶ [4.4 폐기물 관리](#)

해양 야생 동물은 HNS 유출에 크게 영향을 받기 때문에 항상 고려되어야 한다. 많은 경우에 개입 프로토콜은 기름 유출 비상 시 따르는 것과 유사하다(Cedre, 2013c).

### ▶ [5.44 야생동물 대응](#)

## 6

## 유출 후 관리

## 6.1 선박 유출 HNS 사고 중 발생한 비용의 문서화, 기록 및 회수

HNS 관련 해양 유출은 다양한 조직과 개인에게 상당한 손실이나 피해를 줄 수 있다. HNS는 인간의 건강과 환경에 해를 끼치고 재산에 피해를 입히고 경제적 손실을 초래할 수 있다.

관계자들의 노력에도 불구하고 정화는 시간과 비용이 많이 들 수 있다. HNS 유출로 인해 재정적 불이익을 받은 사람들은 보상을 요구할 수 있다.

## 6.1.1 법률 - 보상의 법적 근거

## 국제법

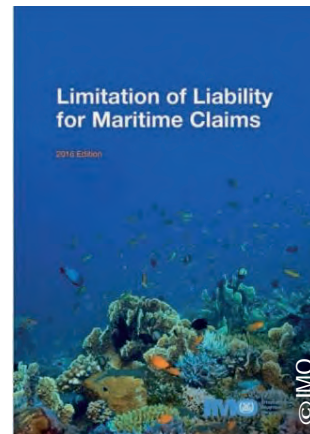
현 시점에서 HNS 해양 유출로 인한 피해보상을 규정하는 국제 협약은 시행되고 있지 않다(HNS 협약이 좁히려는 격차, 아래 참조). 사고 발생 시 보상은 국가 법률에 따라 다르지만 LLMC에 의한 글로벌 제한 체제에 따라 제한될 수 있다. 따라서 국가 비상 계획은 이용 가능한 보상의 출처와 적용 가능한 법률을 모두가 알 수 있게 명시하는 것이 중요하다.

## 국내법

해상으로 운송되는 위험유해물질로 인한 손실 또는 손해에 대한 책임 및 보상은 현재 국내법 및 해당 국제 협약에 따라 다르다. 그러므로 책임과 보상은 매우 다양하다.

이는 특정 법률이나 엄격한 책임이 없는 경우 잠재적 청구인이 선주 측의 과실을 입증해야 할 수 있으며 보상은 선주로부터 회수된 모든 손해로 제한됨을 의미할 수 있다.

선주는 해사채권책임제한협약(Limitation of Liability for Maritime Claims, LLMC)(IMO, 1996)과 같은 적용 가능한 국내 또는 국제 제도에 따라 책임을 제한할 수 있다. 수정된 1996년 의정서는 61개국에서 시행되고 있으며 이전 1976년 협약은 20개국에서만 시행되고 있다.



LLMC 협약 표지

LLMC 협약은 아래와 같은 HNS 사고로 인해 발생할 수 있는 상황을 포함하여 특정 상황을 제외하고, 항해 선박의 선주 또는 구조자가 광범위한 해상 청구에 대한 제한을 설정할 수 있도록 허용한다:



- 인명 손실 및 부상에 대한 청구
- 재산 손실 또는 손해에 대한 청구
- 침몰, 난파, 좌초, 버려진 선박의 인양, 제거, 파괴, 무해한 상태로 전환에 관한 청구(해당 선박에 있던 모든 것을 포함)
- 선박 화물(산적 또는 포장 형태의 HNS 화물을 포함할 수 있음)의 제거, 파괴 또는 유해요소 제거에 대한 청구

• 이러한 조치로 인한 손실을 방지하거나 최소화하기 위해 취한 조치 관련 정화 비용 청구

협약은 다음과 관련된 청구에 대해 두 가지 별도의 한도를 설정한다.

1. 인명 손실 또는 부상
2. 기타 청구(예: 재산 청구, 경제적 손실)

책임은 선박의 크기에 따라 한도액으로 제한된다.

LLMC 의정서 1996 개정	선주의 책임 한도 (약 US\$)	5가지 선박 크기에 따른 책임 한도(약 US\$)
재산	총 톤 수 2,000톤을 초과하지 않는 선박에 대한 재산 청구 책임 한도는 인명 손실 및 개인 부상을 제외하고 SDR 151만 SDR(\$210만). 대형 선박의 경우 한도 금액을 계산할 때 다음 추가 금액 사용.	2,000GT = \$2.1 백만 10,000GT = \$8.8 백만 50,000GT = \$38.4 백만 100,000GT = \$63.8 백만 200,000GT = \$106 백만
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,001~30,000톤: 톤당 604SDR(\$845)</li> <li>• 30,001~70,000톤: 톤당 453 SDR(\$630)</li> <li>• 70,000톤 초과: 톤당 302 SDR(\$420).</li> </ul>	
인명 손실/ 인명 부상	총 톤 수 2,000톤을 초과하지 않는 선박에 대한 인명 손실 또는 부상 청구에 대한 별도의 책임 한도는 SDR 302백만(\$410만). 대형 선박의 경우 한도 금액을 계산할 때 다음 추가 금액 사용.	2,000GT = \$4.1 백만 10,000GT = \$17.3 백만 50,000GT = \$75.5 백만 100,000GT = \$125.4 백만 200,000GT = \$291.6 백만
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,001~30,000톤: 톤당 1,208 SDR(\$1,662)</li> <li>• 30,001~70,000톤: 톤당 906 SDR(\$1,246)</li> <li>• 70,000톤 초과: 톤당 604 SDR(\$831)</li> </ul>	

〈표 8〉 LLMC 1996 의정서(SDR: 특별인출권) 개정에 따른 선주의 책임 한도. 특별인출권(SDR)의 일일 전환율은 국제통화기금(IMF)에서 확인 가능

HNS 사고가 발생한 경우, 해당 법률은 책임 및 보상을 다루는 조항을 명시한다. 여기에는 청구가 이루어져야 하는 기간에 관한 정보가 포함될 수 있다.

선주가 사고로 인해 손실 또는 손해를 입은 사람들에게 보상을 제공할 법적 책임이 있는 경우, 제3자 청구는 일반적으로 선박의 P&I 보험사가 부담한다.

## 6.1.2 선주책임상호보험조합(P&I CLUB)/보험사

보상 청구는 선주 또는 선박의 제3자 책임 보험사, 선주책임상호보험조합(Protection & Indemnity, P&I클럽)에 이루어져야 한다. 선주의 P&I 클럽은 선박으로 인한 오염 피해에 대한 보상을 제공하고 관련 국제 협약(이 경우 보험사/P&I 클럽에 직접적인 책임이 있는 경우가 많음) 또는 국내법에 따라 정해진 금액까지 모든 오염 피해 청구를 처리 및 평가한다.

IG(International Group of P&I Club) 그룹의 회원인 13개의 P&I Club은 전 세계 선박량의 약 90%를 차지한다. P&I 클럽은 다음을 포함하여 선박 운영과 관련된 제3자 책임에 대해 선주 및 용선 회원을 대신하여 보상한다.

- 선원, 승객 및 기타 탑승자의 인명 손실 및 부상
- 화물 손실 및 손상
- 기름 및 기타 유해 물질에 의한 오염
- 난파선 제거, 충돌 및 재산 피해

P&I Club은 또한 청구, 법적 문제 및 손실 방지에 관해 회원들에게 광범위한 서비스를 제공하고 보통 사상자 관리에서 주도적인 역할을 한다. P&I Club은 비영리 상호(즉, 협동조합) 보험 협회로 선주들이 위험을 분담하고 청구 지불을 할 수 있도록 한다.

대부분이 국내 시장에서만 운영되는 다수의 상선은 상호 또는 고정 보험료 기준으로 일반적으로 더 작은 다른 P&I 제공업체의 제3자 책임에 대해 보험에 가입되어 있다.

군함과 군함, 군복무 또는 용선 선박을 포함한 기타 정부 선박은 일반적으로 확립된 P&I 및 기타 상업 보험의 외부에서 운영된다.



레볼리 썬(Levoli Sun) 선박 침몰

청구의 총 비용이 선주로부터 받을 수 있는 보상을 초과하는 대형 사고의 경우, 합의된 청구는 가능한 최대 금액으로 비례 배분될 수 있다. 선박 보험사에서 제공하는 추가 자금에 대한 보상은 국제 및 국내 자금을 포함한 다른 출처에서 제공될 수 있다.

**선주와 P&I 보험사가 보상을 제공한 HNS 사고의 예:** Levoli Sun, 프랑스 화학품 운반선, 2000.

### 6.1.2.1 HNS 협약 및 2010년 의정서

본 매뉴얼 작성 시점에서 HNS 협약(2010년 의정서)은 아직 발효되지 않았다. 시행될 때 HNS 기금은 선주 보험사가 제공하는 잠재적 자금 외에 비준 국가에 대한 추가 보상의 잠재적 원천이 될 것이다(IMO, 2010).

2010 HNS 협약은 모든 국가 영토 외의 서명 국가에 등록되었거나 국기 게양 자격이 있는 선박에 탑재된 HNS로 인한 손상을 포함하여 협약이 시행되는 국가의 배차적 경제 수역(Economic Exclusion Zone, EEZ) 내에서의 HNS로 인한 피해를 보상한다. 오염 피해 및 기타 위험으로 인한 피해 보상이 가능하다(예: 화재 및 폭발, HNS를 탑재한 선박의 선내 또는 선외의 인명 손실 또는 부상, 선박 외부의 재산 피해, 환경 오염으로 인한 피해, 어업, 관광 및 기타 경제 부문의 소득 손실, 예방 조치 비용)

산적 운송 HNS로 인해 손해가 발생한 경우, 선주는 일반적으로 선박의 총 톤수에 따라 재정적 책임을 1,000만~1억 SDR(약 1,500만~1억 5,000만 달러)로 제한할 수 있다. 포장 운송 HNS로 인해 손상이 발생한 경우 선주에 대한 최대 책임은 선박의 총 톤수에 따라 1억 1,500만 SDR(약 1억 7,500만 달러)이다. HNS 펀드는 선주와 보험사가 지불한 금액을 포함하여 최대 2억 5000만 SDR(약 3억 8000만 달러)의 추가 보상을 제공한다.

발효 시 HNS 협약에 따른 청구는 피해로부터 3년 또는 사고일로부터 10년 중 더 빠른 날짜 내에 제출되어야 한다.

### 6.1.2.2 유럽연합 - 환경책임지침

2004년 환경책임지침(Environmental Liability Directive, ELD)는 유럽 연합 및 유럽환경청(EEA, European Environmental Agency, 해양 HNS 사고에만 국한되지 않음) 회원국 내에서 잠재적으로 오염된 상업 운영으로 인한 환경 피해에 대한 책임 및 보상(개인 상해, 재산 피해 또는 경제적 손실 청구 제외) 구조를 설정한다. 작업자는 환경 피해를 예방하거나 개선하는 데 작업자 또는 회원국 내의 권한 있는 당국에 의해 발생한 비용에 대해 책임이 있다. 수질, 보호종, 자연 서식지와 관련하여 환경 피해의 복구는 1차적, 보상적 개선을 통해 복원함으로써 달성된다.

이 지침의 이행은 2010년에 EU 전역에서 완료되었다. ELD는 이후 세 번 수정되어 엄격한 책임과 해수 피해의 범위를 확대하였다. 해당 협약이 시행 중인 국제 협약의 적용을 받는 사건에는 ELD가 적용되지 않는다. 따라서 HNS 협약이 발효되면 이에 해당하는 사건은 ELD의 범위에서 명시적으로 제외된다. 그러나 협약에 서명하지 않았거나 협약이 시행되지 않는 EU 회원국에서는 ELD가 적용될 수 있다. ELD는 LLMC에 따라 책임을 제한할 수 있는 작업자의 권리를 침해하지 않는다.

적용된 사건의 예: 아직 해양 사건과 관련이 없음.

### 6.1.3 청구 유형

HNS 사고에서 일반적으로 발생하는 청구에는 네 가지 주요 범주가 있다.

#### ●정화 및 예방 조치

오염 피해를 예방/최소화하고 민감 지역을 보호하며 정화 대응을 수행하기 위한 자원 배치의 결과로 비용이 발생한다. 항공 관측, 해상 대응, 해안선 정화 활동과 이 작업을 수행하는 인력이 모두 이 범주에 속한다.

#### ●재산 손실

화학 물질에 의해 손상된 품목을 청소, 수리, 교체하거나 청소 활동의 결과(예: 작업자가 접근하기 위해 사용하는 도로 손상)로 인해 재산 피해가 발생할 수 있다.



#### ●경제적 손실(순수 경제 손실, 결과 경제 손실)

유출은 회사, 개인 또는 조직에 다른 방식으로 영향을 미칠 수 있다. 재산에 피해가 발생하지 않은 경우 순수 경제 손실(예: 대응 활동으로 해변 접근 차단, 업무 중단), 유출로 인해 자산이 직접적으로 피해를 입은 경우(예: 어망 결과 경제 손실)로 구분한다.

#### ●환경 모니터링, 손상 및 복원

해당 주장은 모니터링, 영향 평가 연구 및 복원 연구와 관련이 있다.

### 6.1.4 청구 과정

사건의 결과로 손실 또는 피해를 입은 사람은 인과 관계가 입증되는 경우 청구를 제출할 수 있다. 청구인은 개별 청구를 제출하거나 관련 지불 당사자에게 단체(지방 자치 단체 또는 통합 정부 청구)로 제출할 수 있다. 결국 손해를 입증하는 것은 청구인의 책임이다.

일반적으로 청구 준비 및 제출에 대한 자세한 정보는 여러 청구 매뉴얼(예: EMSA 2019, MCA)에서 찾을 수 있다. IOPC Funds의 청구 매뉴얼(IOPC Funds, 2019)은 유조선의 잔류성 기름 유출로 인한 기름 오염 피해에 대해 특별히 조정되었지만 범위를 벗어난 여타 사건에 대한 유용한 지침을 제공한다(IOPC Funds, 2019).

모범 사례 권장 사항은 ▶ **6.1 청구 과정**에서 찾을 수 있다. 보상금 지급 주체는 현장에 대리인을 파견할 수 있으며 사건 관련자에게 청구 제출에 대한 조언을 제공할 전문가를 지정할 수 있다. 사고로 인해 많은 청구가 발생할 가능성이 있는 경우 보험사는 청구 제출을 돕고, 징수하고 안내하기 위해 지역 청구 사무소를 설립할 가능성이 높다.

사고 전후에 비용 회수에 필요한 모든 문서를 기록하고 즉시 제출할 수 있도록 주요 단계를 따라야 한다(ITOPF, 2014).

국가 비상 계획의 초안을 작성하고 업데이트할 때 비용 회수, 발생한 비용의 지속적인 기록 및 이를 입증하는 중요성, 이 측면을 담당하는 부서에 대한 명확한 지침이 포함되어야 한다.

사고 발생 중 활동, 손상 및 수행 조치에 대한 모든 기록을 보관하고 문서화하는 것이 바람직하다. 보상 기관과의 조기 참여와 함께 이는 원활한 청구 제출 과정과 사고 중에 자연스럽게 발생할 수 있는 문제에 대한 양 당사자의 공통된 이해를 보장하는 데 중요하다.

청구 제출 및 평가는 적절한 해결에 도달할 때까지 당사자 간에 과정을 반복한다.



© ITOPF

[그림 37] 사건에서 합의까지: 청구 절차

## 6.1.5 요약

- 모든 비용은 비용이 발생한 시점에 완전히 식별, 기록 및 지원되어야 하며, 손실을 입증하는 것은 청구인의 책임이다.
- 보상 출처를 확인하고 초기 단계에서 대표자와의 관계를 수립한다.
- 적용 가능한 제도에서 허용되는 비용 유형을 이해하는 것이 청구 제출의 핵심이다.
- 보상 기관과의 조기 참여는 평가를 용이하게 하고 합의 과정을 가속화한다.
- 청구서 작성 및 지불 당사자에 대한 제출은 신속하게 완료되어야 한다.
- 합의로 이어지는 프로세스는 반복적이며 장기간 지속될 수 있다.

## 6.2 유출 후 모니터링

유출 후 모니터링은 다음을 평가하는 데 매우 유용하다.

- HNS 유출의 환경적 결과와 공간적 시간적 영향의 확장
- 관련 환경의 자연적 회복 및 복원 활동의 효율성을 평가하고 이러한 활동이 완료된 것으로 간주되는 시기를 평가한다.

### ▶ 6.2 환경 회복 및 복원

이는 매우 복잡한 문제이므로 달성해야 할 목표와 퇴적물 표본, 수중 및 해양 생물의 표본 채취, 수송 및 분석 전략을 정의하기 위해 비상 계획에 포함된 유출 후 모니터링 지침에서 고려할 수 있다(IMO 및 UNEP 2009, Kirby/Law 2010, Kirby외 2018, Kirby/Gioia/Law 2014, Neuparth외, 2012).

상당한 양의 오염 물질이 유출된 경우와 해양 환경에 영구적인 물질 및/또는 장기적인 영향(예: 돌연변이 유발성 및 발암성 영향)이 있는 제품의 경우에 특히 필요하다.

우수한 유출 후 모니터링을 수행하려면 비상 단계에서 획득한 데이터의 품질이 중요하고 특히 관련 물질의 거동과 해양 환경에서의 이동 경로를 이해하는 데 유용하다. 이를 통해 가장 많이 관여하는 생물군(해저, 해안선, 수주 생태계)을 식별하고 이에 초점을 맞춘 조사를 수행할 수 있다. 이러한 이유로 현장 활동은 유출 후 상세한 모니터링 계획이 선행되어야 한다.

모니터링은 일반적으로 기준 데이터(사용 가능한 경우) 또는 피영향 지역과 유사한 환경 및 형태학적 특성을 지녔지만, 유출된 오염물질의 영향을 절대 받지 않은 참조 현장에서 측정한 데이터와 비교하여 수행된다.

참조 현장 선택은 특성을 변경할 가능성이 없는 피해 지역과 매우 유사한 지역을 식별하는 것이 어렵다. 화학적, 생물학적, 생태독성학적, 생태학적 상태 분석 측면에서 얻은 결과를 통계적으로 비교하면 피해 지역에 대한 부정적인 영향의 정도를 파악할 수 있다.

모니터링 전략은 평가 대상 환경을 대표하는 매트릭스에 대한 측량 조사의 우선 순위를 지정해야 한다. 이러한 이유로 해류와 바람에 의해 움직이는 물과 공기의 해양 퇴적물을 우선 순위로 분석한다. 표본을 채취할 생물체도 동일한 접근 방식으로 선택해야 한다. 즉, 더 불규칙한 행동을 하는 종(예: 원양어류)과 비교하여 바닥과 밀접하게 접촉하여 사는 표본(서식 범위가 작은 정착성 종)을 우선적으로 추출한다.

유출 후 모니터링은 증거를 수집하기 위해 종합적 접근 방식을 사용한다. 영향을 평가하기 위해 모니터링되는 공통 요소에는 다음이 포함될 수 있다: 생태 공동체 구조(풍부함, 다양성 등), 다양한 종에서 영향을 미치는 하위 바이오마커(예: 효소 수준, 생식 및 행동 매개변수), 상업적 종의 오염 및/또는 혼입, 오염 물/퇴적물의 생태독성 평가 및 피영향 지역의 회수 및 모집 측정, 생태 및 화학적 상태에 대한 지표는 현재 유럽 수중 해양전략기본구조지침(European Water and Marine Strategy Framework Directives)의 일부로 개발되고 있다.

사후 영향 평가를 수행하는 사람들이 이를 고려하는 것이 타당할 것이다.

유출 후 모니터링 중에 고려할 수 있는 조사는 다음과 같다.

- 주로 퇴적물과 공기와 물을 포함한 표본의 화학적 분석
- 퇴적물 및 해수 표본에 대한 생물학적 분석
- 좌식형 해양 생물 표본의 생태 독성학
- 해당 지역의 특징적인 인구의 생태학적 상태 평가  
퇴적물, 해수 및 생물군 표본에 유용한 장비는 자료표 ▶ **6.2 환경 회복 및 복원**에 보고된다.

### 화학 분석

상기 언급한 바와 같이 화학 분석은 주로 장기간 오염을 나타내는 해양 환경 퇴적물에 대해 수행된다. 수행할 수 있는 조사는 입자 크기, pH 및 Eh, 총유기탄소(Total Organic Carbon, TOC), 오염물질 농도 및 분해 산물과 같이 관련된 오염 물질에 대해 일반적이고 구체적이다.

입도 측정(입자 크기)은 입자가 작을수록 오염 물질을 "보유"할 수 있기 때문에 중요한 값이다. 따라서 세립 퇴적물은 유출 물질의 존재를 검색하는 데 더 나은 매트릭스이다.

총유기탄소는 친유성 및 소수성 오염 물질을 "함유"할 수 있는 유기 성분의 양을 나타낸다.

퇴적물 및 해수 분석의 대안으로, 최신 과학 연구는 각 물질 범주에 고유한 수지를 함유하고 수주나 퇴적물에 존재하는 오염 물질을 포집할 수 있고 바다에 놓을 캡슐 형태 기구인 수동 표본 채취 장치의 사용을 제안한다.

## 생물학적 검정

생물학적 검정(바이오어세이)는 살아있는 동물(in vivo) 또는 조직/세포 배양 시스템(in vitro)에 미치는 영향에 따라 물질의 농도 또는 효능을 결정하는 분석 방법이다(Cunha외, 2017). 실용적인 측면에서 해수 또는 퇴적물 표본은 살아있는 해양 유기체 또는 세포 또는 조직과 접촉하게 되며 다음과 같은 특정 변형이 관찰된다. 효소 활성, 폐사율, 유충 발달 등의 변화로부터 참조 지역에서 채취한 유사한 표본에서 얻은 결과와 비교해 오염 물질과 관련된 영향을 파악할 수 있다.

이 경우에도 퇴적물 매트릭스 또는 소위 간극수(퇴적물 입자 사이에 있는 물)를 사용하는 것이 바람직하다. 가능한 생물학적 검정의 몇 가지 예는 다음과 같다.

- 세 가지 영양 수준을 나타내는 종을 사용하여 퇴적물을 있는 그대로 또는 간극수에서 수행하는 세 가지 생물학적 시험 묶음(*Vibrio fischeri bacterium* (Microtox®) (생물발광 변형); 조류 *Dunaliella tertiolecta* (발달); 갑각류 *Tigriopus fulvus* (유충 발달). 일련의 시험을 적용하면 먹이 사슬의 다양한 수준에서 급성 오염이 존재한다는 지표를 제공한다.

- *Paracentrotus lividus*(성게) 표본에 대한 정자 독성 및 유충 발달 시험. 시험은 간극수에 대해 수행되며 이 경우에도 급성 오염의 존재를 나타낸다.
- 환형동물 *Hediste diversicolor*에서의 생물축적성. 시험은 약 10, 15일 동안 퇴적물에 벌레의 표본을 놓아서 수행된다. 결과는 화학 물질의 축적을 나타낸다.

## 생태독성학

생물학적 검정으로 수행된 많은 분석은 피영향 지역과 참조 지역에서 채취한 해양 생물 표본에 적용될 수 있다. 이 경우 연구자들은 생태독성학을 적용한다. 위에서 언급한 바와 같이, 좌식 종의 사용은 건강 상태가 연구되는 환경 상태의 지표가 될 수 있기 때문에 중요하다. 좌식 유기체의 예: 불락, 전갈 물고기, 붕장어 또는 곰치와 같은 물고기, 성게, 홍합.

다음은 생태독성학적 분석의 몇 가지 예이다.

- 표적 조직에서 오염물질 및 그 분해 산물의 생물학적 축적;
- 리소좀 안정성/지질 과산화와 같은 세포 손상 분석. 해독 및 산화 스트레스 과정(효소적 변화)의 전형적인 바이오마커. 조직병리학;
- 정자 독성 및 유충 발달;
- 건강평가지수(Health Assessment Index, HAI), 표본화된 유기체 및 내부 조직의 상태에 대한 거시적 평가.



### 피해지역 생태현황 평가

마지막으로, 해당 지역에 존재하는 몇 가지 특징적인 생물군집(biocoenoses)의 생태학적 상태를 평가하여 생태계 수준에서 영향을 평가하는 것이 가능하다. 무엇보다 종의 풍부함과 다양성을 기반으로 각 생물 군집의 몇 가지 특징적인 매개 변수가 분석된다. 이러한 값은 일반적으로 높음, 좋음, 충분함, 불충분함, 나쁨과 같은 질적 평가로 표현되는 생태학적 상태를 정의하는 데 도움이 되는 특정 지표를 설정하는 데 사용된다.

생태학적 상태의 평가는 수주, 해저의 전형적인 개체군 또는 해안에서 수행될 수 있다.

예를 들어 지중해에서 연안 지역의 생태적 상태는 5~50m 깊이의 초원을 형성하는 전형적인 지중해 분지의 고유종 현화식물 Posidonia Oceanica 개체군의 상태를 평가할 수 있다. 국제적 수준에서 생태학적 상태(높음, 좋음, 충분함, 불충분, 나쁨)를 판단하는 데 사용되는 이러한 초원에 대해 몇 가지 특정 지표가 정의되었다. 포시도니아 초원이 HNS 유출로 피해를 입었다면 피해원을 제거한 후 생태학적 상태를 평가하고 참조 지역과 비교하며 자연 회복이 완료되는 시점에 평가할 수 있다.

### ▶ 6.2 환경 회복 및 복원

## 6.3 사고 검토

규모나 성격에 관계없이 모든 위기 관리 및 사고 대응은 면밀한 조사 대상이다. 이러한 조사는 과거 사건에서 교훈을 얻고 향후 운영에 대한 대응을 개선하는 데 도움이 될 수 있다.

사고 검토의 주요 목적은 다음과 같다.

- 주로 지역 이해관계자에게 이익이 되는 교훈 도출
- 사건 추적
- 진전을 위한 방법 식별
- 대응하는 동안 다양한 이해관계자 간의 의사소통 및 조정강화

이를 위해 사고 검토는 사고의 규모에 따라 통계, 브리핑 메모/보고서 또는 보다 나은 이해를 위한 사고의 설명 및 분석과 같은 항목을 통해 입증될 수 있다.

무엇보다도 사고 검토와 교훈은 인식을 높이고 비상 계획을 갱신하는 데 사용해야 한다(4장). 사고 검토를 수행하기 위한 지침 또는 정책이 작성되거나 최소한 참조되어야 한다. 다른 관련 정보 중에서 사고 검토를 수행하거나 수행하지 않는 유발 기준이 포함되어야 한다. 기준은 업무 중단의 수준, 학습 잠재력, 대응 및/또는 위기 관리의 주요 발전을 기반으로 할 수 있다.

사고 검토는 다음 표에 설명된 비공식 평가와 공식 검토 2단계로 구성된다.

평가 유형	비공식 평가	공식 검토
개시 시기	사고 직후 응급 요원과 편성 인원이 현장에 있을 때(현지 직후 평가).	사고 이후 수개월 내
평가 대상	유출 관리의 모든 측면(기술, 의사결정 과정, 내부/외부 소통 등)을 다루어야 함. - 소규모 사고: 원활히 작동한 특정 전술, 보다 나은 결과를 위한 변경 사항 - 대규모 및 기타 복잡하거나 전술적으로 어려운 작업에 대한 자세한 분석 및 검토. - 사고의 모든 측면을 신중하게 검토 [표준운영절차(SOP) 준수 포함], 문제의 근본 원인을 식별하기 위한 분석.	
평가 참여 주체	현장 및 위기관리팀 내에서 대응을 수행한 전술 및 대응 팀. 훈련을 받은 위기관리팀의 전담 구성원이 사건이 어떻게 관리되었는지에 대한 모든 정보와 감정을 수집.	- 대응인력 대표/수장, 정부/계약자/부서장/NGO/선주. 일부 기여는 간접적으로 선호될 수 있다(예: 선주).
평가 방법	모든 경우에 사고 검토를 수행하고 최종 사고 보고서가 전달될 때까지 이 책임을 유지하기 위해 프로젝트 관리자를 임명해야 한다. - 사고에 따라 구두로 또는 짧은 설문지를 통해 수행 가능. - 사고에 대한 구체적 질문	
장점	- 모든 느낀점과 사실을 수집하여 손실될 위험 최소화 - 기억에 선명하게 남아있음.	- 대응의 구체적 세부사항을 설명하기 위해 충분한 시간 할당. - 비상 계획의 SOP에 대한 권장 사항 또는 변경 가능성
한계점	- 비공식 평가로 실수에 대한 책임이 있는 사람들에게 대한 공개적 추궁 제한 - 검토 완료 시간 부족	- 모든 사고가 동일한 수준의 중요도 또는 빈도를 갖는 것은 아님. 따라서, 사고 검토를 위한 평가 수준 조정 필요.

〈표 9〉 사고검토를 위한 비공식 평가 및 공식 검토의 주요 특징

프로젝트 관리자는 신뢰할 수 있는 구조적 조직, 의사소통 및 훈련 인력을 보유해야 한다. 사고 검토를 수행하려면 모든 이해관계자(담당자, 대처 및 대응인력 등) 간의 정직한 대화, 무례함보다 의견 불일치를 수용하는 토론이 필요하다.

계층 수준이나 상태에 관계없이 사고 관리에 관련된 모든 사람이 검토에 참여해야 한다.

사고 검토 수행을 위한 일정은 다음 그림에 요약되어 있다:



[그림 38] 사고 검토 과정 수행의 주요 단계

이 과정은 가능하면 사고 관리 분야에서 경험이 있는 프로젝트 관리자(일반적으로 운영 관리자 및/또는 외부 중재자)가 주도하는 것이 이상적이다. 역할은 다음과 같다.

- 사고 및 관련 문서 모니터링으로부터 적절한 피드백 보장;
- 피드백 정보의 출처인 통신원 네트워크 유지;
- 지역 상황에 따라 피드백에 부가가치를 생성하거나 참여해야 하는 구조 식별;
- 피드백 수집 절차 또는 통로 개선;
- 피드백 수집 담당을 위한 교육 제공;
- 사고 관리 담당자에게 질문할 훈련된 인원 선택

과정의 목표는 비판 교훈 부분에서 제기된 문제를 해결하기 위해 관리자 승인 실행 계획을 생성하는 것이다.

사후 조치 보고서는 다음과 같은 중요한 기능 요구 사항을 충족한다.

- 대응 활동 관련 문서 출처;
- 비상 작업 중 실패 및 성공 식별;
- 참여 구성원의 효율성 분석;
- 교훈의 설명과 정의;
- 예방, 개선 및 격차 해소를 위한 실행 계획 제공;
- 비상 계획에서 실행할 권장 사항

# 7 사례 연구

사례 연구는 의사 결정자가 유용하고 효율적인 전략, 전술 또는 기술을 파악하고 유사 사례 또는 유사 조건에 적합하지 않은 것을 구분하는 데에 유용하기 때문에 매우 중요하다. 일부 데이터베이스가 존재하고 정기적으로 갱신되며, MIDSIS-TROCS 도구에는 많은 화학품에 대한 과거 사건에 대한 요약 정보도 포함되어 있다.

예를 들어, 본 매뉴얼에는 다양한 유형의 운송 형태 또는 거동 유형에 대한 다음 사례 연구가 제시되어 있다:

운송 형태/거동 유형	사고명
산적/증발	<a href="#">7.1 Bow Eagle('02.8.26.)</a>
산적/용해	<a href="#">7.2 Ece('06.1.31.)</a>
산적/부유	<a href="#">7.3 Aleyna Mercan('17.6.15.)</a>
산적/침강	<a href="#">7.4 Eurocargo Venezia('11.12.17.)</a>
포장 품목	<a href="#">7.5 MSC Flaminia('12.7.14.)</a>

8

## 자료표

## 자료표 목록

<b>HNS 협약, 의정서 및 규칙</b>	
	<a href="#">2.1 GESAMP 유해요소 프로파일</a>
<b>HNS 거동 및 유해요소</b>	
	<a href="#">3.1 물질안전보건자료 내용</a>
	<a href="#">3.2 GHS와 UN TDG 비교</a>
<b>대비</b>	
	<a href="#">4.1 외부 의사소통</a>
	<a href="#">4.2 기자회견</a>
	<a href="#">4.3 내부 의사소통</a>
	<a href="#">4.4 폐기를 관리</a>
	<a href="#">4.5 대응 선박</a>
	<a href="#">4.6 확보 및 유지 보수</a>
<b>대응</b>	
	<a href="#">5.1 사고 알릴</a>
	<a href="#">5.2 사고 데이터 수집</a>
	<a href="#">5.3 정보 자원</a>
	<a href="#">5.4 포장 화물 식별</a>
	<a href="#">5.5 상황 평가</a>
	<a href="#">5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질</a>
	<a href="#">5.7 대응 고려사항: 독성 물질</a>
	<a href="#">5.8 대응 고려사항: 부식성 물질</a>
	<a href="#">5.9 대응 고려사항: 반응성 물질</a>
	<a href="#">5.10 LNG</a>
	<a href="#">5.11 HNS 유출 모델링</a>
	<a href="#">5.12 비위험 품목 화물</a>
	<a href="#">5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발</a>
	<a href="#">5.14 대응 고려사항: 부유</a>
	<a href="#">5.15 대응 고려사항: 용해</a>
	<a href="#">5.16 대응 고려사항: 침강</a>
	<a href="#">5.17 최초 조치(사상자)</a>
	<a href="#">5.18 최초 조치(대응인력)</a>
	<a href="#">5.19 안전구역</a>
	<a href="#">5.20 개인 보호 장비</a>
	<a href="#">5.21 오염제거</a>
	<a href="#">5.22 원격 탐지 기술</a>
	<a href="#">5.23 물질 표시</a>

- [5.24 원격 작동 차량](#)
- [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기](#)
- [5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜](#)
- [5.27 HNS 감지 및 분석 방법](#)
- [5.28 긴급 승선](#)
- [5.29 긴급 예인](#)
- [5.30 피난 지역](#)
- [5.31 화물 이송](#)
- [5.32 밀봉 및 마개](#)
- [5.33 난파선 대응](#)
- [5.34 수벽 사용](#)
- [5.35 포말 사용](#)
- [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)
- [5.37 흡착재 사용](#)
- [5.38 수주 HNS 대응](#)
- [5.39 해저 HNS 대응](#)
- [5.40 해안 HNS 대응](#)
- [5.41 포장 화물 대응](#)
- [5.42 격리 기술: 불](#)
- [5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기](#)
- [5.44 야생동물 대응](#)

**유출 후 관리**

- [6.1 청구 과정](#)
- [6.2 환경 회복 및 복원](#)

# GESAMP 유해요소 프로파일

HNS 협약, 의정서 및 규칙

해양 환경 보호의 과학적 측면에 관한 합동 전문단(Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, GESAMP)은 해양 환경 보호의 과학적 측면에 관해 유엔(UN) 기구에 자문을 제공하기 위해 1969년에 설립된 자문 기관이다.

GESAMP는 환경유해물질(Environmental Hazards of Harmful Substances, EHS)을 평가하고 다음을 목표로 한다.

- IBC Code에 따라 각 물질에 대한 운송 요구 사항 할당을 지원하기 위해 인체 건강 및 안전 기준을 제공.
- 운항 중 배출 또는 선박의 우발적 유출의 영향으로부터 해양 환경 보호 기여.
- IMO가 산적 화학 화물의 운송을 규제하는 데 도움이 되는 위험 중점 설정.

이를 달성하기 위해 IBC Code에 나열된 각 물질에는 14가지 인간 건강 또는 환경 영향을 다루는 "유해 프로파일"이 있다(표 10). GESAMP 유해 평가 절차는 산적 액체 화학 물질의 해상 운송을 위해 특별히 개발되었지만 화학 물질의 분류 및 표시에 대한 세계조화시스템(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS)과 일치한다.

유해 기준	내용
<b>A- 생축적 및 생분해</b>	
A1 생축적	수생 생물에 생물 축적되는 물질의 경향을 측정한다.
A2 생분해	생분해 특성이 있는 물질을 식별하는 데 사용됨(즉각적 생분해성(readily biodegradable, "RN") 및 비즉각적 생분해성(not readily biodegradable, "NR"))
<b>B- 생독성</b>	
B1 급성 수생 독성	어류, 갑각류 및 미세조류에 대한 독성은 일반적으로 적절한 실험실 테스트에서 측정된다.
B2 만성 수생 독성	어류, 갑각류 및 미세조류를 기반으로 한 만성 수생 독성에 대한 신뢰할 수 있는 데이터.
<b>C- 급성 포기름 독성</b>	
다음 경로를 통한 노출의 결과로 치명적인 독성 구별:	
C1 경구 독성	인간의 경험 또는 기타 신뢰할 수 있는 증거를 기반으로 실험실 동물을 사용한 적절한 테스트에서 측정된다.
C2 피부 독성(피부 접촉)	
C3 흡입 독성	
<b>D- 자극, 부식 및 장기적 포기름 건강 영향</b>	
다음과 같은 결과로 독성을 구별한다.	
D1 피부 자극/부식성	인간의 경험 또는 기타 신뢰할 수 있는 증거를 기반으로 실험실 동물을 사용한 적절한 테스트에서 측정된다.
D2 눈 자극	
D3 장기적인 건강 영향	발암성(C), 변이원성(M), 생식독성(R), 피부 과민성(Ss)/호흡기 과민성 시스템(Sr), 흡인 유해성(A), 특정 표적장기 독성(T), 신경독성(N) 및 면역독성(I)

서론, IMO 협약, 의정서 및 규칙, HNS 거동 및 유해요소, 대 비, 대 응, 유 출 후 관 리, 시 례 연 구, 자료 표



E- 기타 해양 용도에 대한 개입		
E1	가연성	측정된 인화점에 따라 등급에 따른 가연성 위험
E2	해양 환경에서 화학 물질의 거동과 야생 동물 및 저서성 서식지에 대한 물리적 영향	용해도, 응점, 증기압, 비중 및 점도를 기준으로 평가되는 해수에서의 거동, 즉 유막을 형성하거나 해저를 덮는 경향.

〈표 10〉 GESAMP 유해 평가 절차에 사용된 유해 기준/중점(출처: IMO, 2020)

각 물질의 특성은 범주별 정량적 평가 척도에 나열되며 보통 단일 그림으로 표시된다. 척도 범위는 0("실질적으로 위험하지 않음" 또는 "무시할 수 있는 위험")에서 최대 3-6까지이며 점점 더 심각한 위험을 나타낸다.

"GESAMP 종합 목록"(GESAMP, 2019)은 매년 발행된다. 모든 물질은 IBC Code에 따라 할당된 EHS 이름(및 번호)에 따라 알파벳순으로 나열된다. 가용한 경우 CAS 번호와 함께 TRN(전송 참조 이름 및 번호)도 제공된다. GESAMP 종합 목록에 있는 약어를 해독하는 데 필요한 등급 기준 및 정보에 대한 세부 정보는 "선박 운송 화학 물질에 대한 GESAMP 유해 평가 절차"(GESAMP, 2020)에서 확인할 수 있다.

EHS 명칭 TRN 명칭	EH S TR N	A1a	A1b	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
염산	864	무기물	0	0	무기물	1	NI	1	1	3	3C	3				DE 3
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3			
	0	N	0	0	0	0	0	0	0	C	0	Fp	0			
	1	NR	1	1	1	1	1	1	M	1	Fp	1				
	2		2	2	2	2	2	2	R	2	S	2				
	3	마 기 물	3	3	3	3	3	3	Ss	3	G	3				
	4		4	4	4	4			Sr	4	E					
	5		5						A		D					
	6		6						T							
									N							

〔그림 39〕 염산에 대한 GESAMP 유해 프로파일의 그림(CAS 번호 7647-01-0)

염산(CAS 번호 7647-01-0)은 해수(E2 = D 및 E)에 용해 및 증발하기 쉬운 무기 물질(A2)이다. 생물학적으로 축적되지 않으며(A1 = 0) "급성 수생 독성이 거의 없다"(B1 = 1), 따라서 만성 수생 독성(B2 = NI)에 대한 정보가 나열되어 있지 않다. 염산은 경미한 경구 독성(C1 = 1)과 피부 독성(C2 = 1)을 갖지만 흡입 독성(C3 = 3)은 적당히 높다. 피부 부식(D1 = 3C("최대 3분 노출 후 전층 피부 괴사"))을 유발하고 돌이킬 수 없는 각막 손상으로 눈에 심한 자극을 초래한다(D2 = 3). 염산은 해안 편의 시설을 방해할 가능성이 높다(E3 = 3).

# 물질안전보건자료 내용

물질안전보건자료(Safety Data Sheet, SDS)는 화학 제품의 안전한 공급, 취급 및 사용을 보장하는 화학 제품 정보를 제공하는 화학 공급업체에서 발행하는 필수 문서이다. SDS는 16절 형식을 따라야 하며 각 화학품의 특성, 물리적 독성 및 생태독성, 유해요소, 보호 조치 및 화학 물질의 취급, 저장 및 운송에 대한 안전 예방 조치와 같은 정보를 포함한다.

이 문서는 물질 사용에 대한 위험 평가를 용이하게 한다.

섹션	제목	내용
Section 1	물질/혼합물 및 수행 회사 식별	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. GHS 제품 식별자</li> <li>2. 기타 식별 수단</li> <li>3. 화학품의 권장 용도 및 사용상의 제한</li> <li>4. 공급자 정보(이름, 주소, 연락처 등)</li> <li>5. 긴급 연락처</li> </ol>
Section 2	유해요소 식별	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 물질/혼합물의 GHS 분류 및 국가 또는 지역 정보</li> <li>2. 예방 문구를 포함한 GHS 라벨 요소. 위험 기호는 흑백 또는 기호 이름의 그래픽 복제로 제공될 수 있다(예: "불꽃", "독극물 이미지").</li> <li>3. 미분류 기타 위험(예: "분진 폭발 위험") 또는 GHS에서 다루지 않는 위험</li> </ol>
Section 3	성분의 구성/정보	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 물질</li> <li>2. 화학적 식별</li> <li>3. 통칭, 동의어 등</li> <li>4. CAS 번호, EC 번호 및 기타 고유 식별자</li> <li>5. 자체적으로 분류되고 물질의 분류에 기여하는 불순물 및 안정화 첨가제</li> <li>6. 혼합물</li> <li>7. GHS의 의미 내에서 유해하고 기준치를 초과하여 존재하는 모든 성분의 화학적 식별 및 농도 또는 농도 범위.</li> <li>8. 생식독성, 발암성, 범주 1 변이원성에 대한 기준치가 0.1% 이상</li> <li>9. 다른 모든 유해 등급에 대한 차단 수준은 <math>\geq 1\%</math>.</li> </ol>
Section 4	응급 조치 요령	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 다양한 노출 경로에 따라 세분화된 필요한 조치 설명(즉, 흡입, 피부와 눈 접촉, 섭취)</li> <li>2. 급성 및 지연성의 가장 중요한 증상/영향</li> <li>3. 필요한 경우 즉각적인 의료 조치 및 특별 치료가 필요한 징후</li> </ol>
Section 5	소방 조치	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 적절한(및 부적절한) 소화제</li> <li>2. 화학 물질로 인해 발생하는 특정 위험(예: 유해 연소 생성물의 특성)</li> <li>3. 소방관을 위한 특별 보호 장비 및 예방 조치</li> </ol>
Section 6	사고 방출 조치	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 개인 주의 사항, 보호 장비 및 비상 절차</li> <li>2. 환경 보호 조치</li> <li>3. 격리, 정화 방법 및 재료</li> </ol>

Section 7	취급 및 보관	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 안전취급요령</li> <li>2. 비호환성을 포함한 안전한 보관을 위한 조건</li> </ol>
Section 8	노출 통제/개인 보호	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 제어 매개변수(예: 직업적 노출 한계값 또는 생물학적 한계값)</li> <li>2. 적절한 공학적 통제</li> <li>3. 개인보호장비 등 개인보호조치</li> </ol>
Section 9	물리화학적 성질	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 외관(물리적 상태, 색상 등)</li> <li>2. 악취</li> <li>3. 악취 역치</li> <li>4. pH</li> <li>5. 녹는점/어는점</li> <li>6. 초기 끓는점과 끓는점 범위</li> <li>7. 인화점</li> <li>8. 증발 속도</li> <li>9. 가연성(고체, 기체)</li> <li>10. 가연성 또는 폭발 한계 상한/하한</li> <li>11. 증기압</li> <li>12. 증기밀도</li> <li>13. 상대 밀도</li> <li>14. 용해도</li> <li>15. 분배계수: n-옥탄올/물</li> <li>16. 자연 발화 온도</li> <li>17. 분해 온도</li> </ol>
Section 10	안정성과 반응성	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 화학적 안정성</li> <li>2. 유해 반응의 가능성</li> <li>3. 회피 조건(예: 정전기 방전, 충격 또는 진동)</li> <li>4. 회피 물질</li> <li>5. 분해시 생성되는 유해물질</li> </ol>
Section 11	독성 정보	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 화학적 안정성</li> <li>2. 유해 반응의 가능성</li> <li>3. 회피 조건(예: 정전기 방전, 충격 또는 진동)</li> <li>4. 회피 물질</li> <li>5. 분해시 생성되는 유해물질</li> </ol>
Section 12	생태 정보	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 생태독성(경우에 따라 수생 및 육상)</li> <li>2. 지속성 및 분해성</li> <li>3. 생물 농축성</li> <li>4. 토양 내 이동성</li> <li>5. 기타 부작용</li> </ol>
Section 13	처분시 주의 사항	폐기물 잔류물에 대한 설명 및 오염된 포장재의 폐기를 포함한 안전한 취급 및 폐기 방법에 대한 정보
Section 14	운송정보	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 유엔 번호</li> <li>2. 유엔 정식운송품명</li> <li>3. 운송 유해 등급</li> <li>4. 해당하는 경우 포장 묶음</li> <li>5. 환경 유해요소예: 해양 오염물질(예/아니오))</li> <li>6. 산적 운반</li> <li>7. 역내 또는 외부의 운송 또는 운송과 관련하여 사용자가 인지해야 하거나 준수해야 하는 특별 예방 조치</li> </ol>
Section 15	규제 정보	해당 제품에 대한 안전, 건강 및 환경 규정
Section 16	기타 정보	SDS 작성 및 개정에 대한 정보 포함

〈표 11〉 물질 사용에 대한 위험 평가

# GHS와 UN TDG 비교

화학 물질의 분류 및 표시에 대한 세계 조화 시스템(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS) 및 위험물 운송에 관한 UN 권고 - 모델 규정(UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations, TDG)은 화학 유해성 소통에 관한 가장 중요한 지침 문서이다. 어떤 국가에서도 법적 구속력은 없다.



[그림 40] GHS 픽토그램

UN GHS Purple Book은 화학 물질의 분류 및 표시에 대한 세계조화시스템 지침 문서이다. 화학품의 물리적, 건강 및 환경적 위험을 정의하고 분류 기준을 일치시키며 화학품 표시 및 물질안전보건자료의 내용과 형식을 표준화한다.

UN Orange Book은 위험물 운송 규정을 표준화하기 위해 개발된 지침 문서인 위험물 운송에 관한 UN 권고 - 모델 규정이다. 이는 IMDG Code 및 IATA와 같은 대부분의 위험물 규정의 기초를 형성한다.



[그림 41] UN 권고에 따른 위험물의 분류

서론 | IMO 협약, 의정서 및 규칙 | HNS 거동 및 유해요소 | 대비 | 대영 | 유출 후 관리 | 사례연구 | 자료표

**유해 화학 물질과 위험물**

- **유해 화학 물질**은 GHS 분류 기준(GHS)을 충족하는 화학 물질이다.
- **위험물**은 위험물 목록에 있거나 위험물 분류 기준(TDG)을 충족하는 화학 물질 및 물품이다.

위험물로 나열된 대부분의 화학 물질은 일반적으로 GHS 분류(따라서 유해 화학 물질)이지만 모든 위험 물질이 화학 물질 또는 GHS 분류(예: 배터리 또는 에어백)인 것은 아니다.

	위험물 운송 모델 규정	화학 물질의 분류 및 표시에 대한 국제조화시스템
대체 명칭	UN Orange Book	UN Purple Book
목적	안전 운송	작업자 또는 수령자에게 화학적 위험 알림(산업보건안전).
범위	위험, 유해 및 위해물질, 재료 및 물품	화학 물질 및 혼합물
등급	9개 유해 등급	27개 유해 등급
위험 소통	유해 라벨 표시	픽토그램 신호어 유해 및 예방 문구
다층 포장 표시 배치	외부 포장/화물 운송 장치	내부 포장
선전 서류	위험물 목록/ 선언, 물질안전보건자료	물질안전보건자료

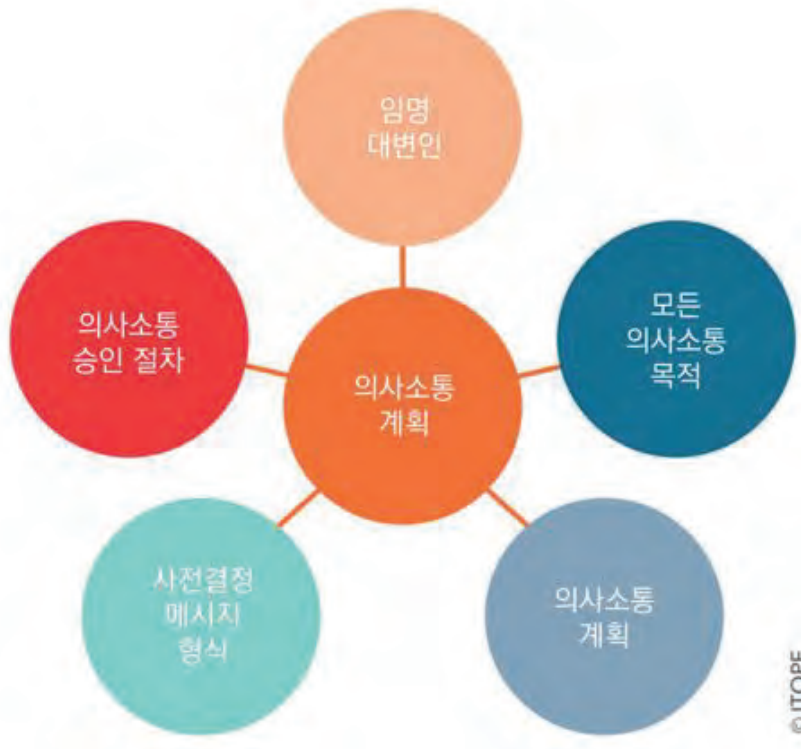
〈표 12〉 유해 화학 물질과 위험물

# 외부 의사소통

대비

정보 관리는 모든 외부 이해관계자와 일반 대중에게 대응 진행 상황 및 관련 문제에 대한 정보를 제공하고 최신 정보를 제공하는 데 중요하다. 의사소통 팀은 다양한 유형의 언론매체가 다양한 청중에게 메시지를 전달할 수 있음을 알고 있어야 한다. 모든 소통의 대상 청중을 위한 최선의 전달을 보장하기 위해 사용된 언론매체 유형을 검토하는 것이 중요하다. 여기에는 웹사이트 업데이트, 공식 보도 자료 및 사진을 포함한 소셜미디어 상태 업데이트가 포함될 수 있다.





사건 전에 적절한 의사소통 계획을 세우면 의사소통 팀의 대응을 보다 높은 품질로 보급할 수 있다. 일련의 계약 코드와 미리 준비된 명세서 템플릿이 있어야 한다. 따라서 비상 계획에는 지방 정부, 언론인, 환경 단체 등과 같이 소통할 외부 매체의 목록이 포함되어야 한다. 이 목록은 의사소통 팀에서 계속 업데이트해야 한다. 위기 발생 전에 소셜미디어에서 신뢰할 수 있는 온라인 존재를 확보하면 사건 중에 정보를 성공적으로 공유하는 데 도움이 된다.



[그림 42] 의사소통 계획

서론  
IMO 협약, 의정서 및 규칙  
HNS 거동 및 유해요소  
대비  
대응  
유출 후 관리  
사례연구  
자료표

주의해야 할 중요 코드:

 <p><b>대변인 임명</b></p> <p>의사소통 계획은 대응 중에 대변인으로 한 사람을 지정해야 한다. 이 사람은 이상적으로 사건 이전에 언론 교육을 받고 대중 연설에 경험이 있어야 한다. 모든 공식 문서는 대변인에게 문의해야 한다.</p>	 <p><b>조기/고빈도 소통</b></p> <p>소문이나 가짜 뉴스는 쉽게 접할 수 있고 정확한 정보가 없으면 빠르게 퍼질 수 있다. 따라서 조기에 대응하면 잘못된 정보의 확산을 줄일 수 있다. 모든 외부 이해 관계자와 일반 대중에게 진행 상황을 최신 상태로 유지하면 대응 노력이 어떻게 인식되는지에 영향을 미친다.</p>	 <p><b>간결성 유지</b></p> <p>정보는 간결해야 한다. 이는 정보의 짧은 스냅샷이 선호되는 소셜미디어 시대에 특히 중요하다. 실제로 대부분의 소셜미디어 플랫폼은 문장의 길이를 제한하거나 짧은 비디오만 허용하여 간결함을 권장한다. 메시지의 요점은 이해하기 쉽고 비전문적인 언어로 가능한 한 효율적으로 전달되어야 한다.</p>	 <p><b>사실 기반</b></p> <p>진실하고 검증된 정보만 공유해야 한다. 그러나 제한된 정보를 이용할 수 있을 때마다 대중에게 지금까지 취해진 조치를 알리기 위해 여전히 의사소통이 필요할 수 있음을 명시하는 것이 중요하다. 때로는 확인된 출처의 부분적 또는 불완전한 정보가 정보가 전혀 없는 것보다 더 나을 수 있다. 그러나 확인되지 않은 정보는 절대 공개되어서는 안 된다.</p>
--	--	--	---

[그림 43] 외부 의사소통 관련 주요 사안 - © ITOPF

▶ 4.2 기자회견

언론과 대응노력의 관계

다양한 유형의 언론매체와 출처가 대응의 여러 측면에 영향을 미칠 수 있다. 충분히 정의된 언론매체 전략이든 부실한 전략이든 관계없이 언론매체는 사건 전반에 걸쳐 막대한 영향을 미치고 대응에 영향을 미칠 수 있다. 대응 초기에는 전략 및 운영 측면에서 보다 직접적이고 즉각적인 영향을 미치며 언론은 사실을 전달하고 사회적 문제를 강조해야 할 의무가 있다. 또한, 대응에 관련된 이해관계자의 책임성 증대는 대응의 효율성에 긍정적인 영향을 크게 미칠 것이다. 대응이 프로젝트 관리 단계로 이동함에 따라 언론매체에 대한 관심은 대부분 감소하기 시작한다. 그러나 유출이 인간의 건강, 환경 및 사회경제적 자원에 잠재적으로 부정적인 영향을 미친다는 보고는 오류 청구로 이어질 수도 있는 피해에 대한 특정 인식에 대응하기에는 늦은 경우가 많다는 것을 의미한다.

이러한 균형은 달성하기 어려우며 의사소통 팀은 이러한 유형의 문제가 발생할 때 이를 해결할 수 있도록 잘 훈련되어야 한다.

# 기자회견

## 보도자료 초안 작성 및 기자회견 개최

기자 회견 개최 목표: 대상 청중에게 명확한 공공 메시지 전달.

### 보도자료

보도자료는 비상 계획에 포함되어야 하는 도구이다. 정보를 빠르고 효율적으로 전파하기 위해 미리 결정된 간결한 메시지를 광범위한 언론매체에 전달할 수 있다. 모든 외부 의사소통과 마찬가지로 보도자료는 현장 지휘본부(On-Scene Commander, OSC)과 의사소통 팀의 승인을 받아야 한다.

#### ▶ 4.1 외부 의사소통

#### 보도자료 작성 시 고려 사항:

- 사건 관련 질문에 대한 답. 누가? 무엇을? 어디에? 어떻게?
- 간결성 유지, 사실 기반.
- 단순하고 직관적이며 비전문적인 언어 사용.
- 최종 사용자를 안심시키는 어조 사용.
- 각 조직의 유입 정보를 효율적으로 관리할 수 있도록 모든 언론매체 및 공개 문의에 대한 연락처 제공.

필수 항목: 자료 발표 시간, 날짜 및 참조 번호

### 기자회견

기자회견은 OSC의 승인을 받은 후 의사소통 팀에서 조직해야 한다.

- 언론매체를 초빙해야 하며 상황에 대한 최신 정보와 상황을 명확하게 이해하고 최대한 적절한 사실을 제공하기 위해 발표자료나 성명을 사전에 준비해야 한다.
- 적절한 언론 교육을 받은 대변인을 임명하여 기자회견을 진행해야 한다. 그러나 전문가/특수직이 가장 효과적으로 대답할 수 있는 질문이 발생할 수 있으므로 이들은 패널의 일원이 되어야 한다. 이 경우 패널의 사회자가 임명되어야 한다.
- 모든 외부 의사소통과 마찬가지로 모든 당사자는 핵심 사항과 외부 당사자에게 공개하기 위해 확인된 사실에 대해 브리핑을 받아야 한다.



- 대중 및 미디어와의 커뮤니케이션 채널을 열어 두되 승인된 채널을 통해 전달하여 조직이 질문을 정렬하고 우선 순위를 정할 수 있도록 최대한 제어할 수 있도록 한다.
- 대응 전반에 걸쳐 최신 정보를 제공하고 대중과 언론이 질문할 수 있는 플랫폼을 제공하기 위해 정기적인 기자 회견을 제공한다.

▶4.1 외부 의사소통

기자회견 계획 시 고려 사항:

- 핵심 사실을 요약한 시작 성명 발표.
- 간결성 및 명료성 유지.
- 전문 지식이 필요한 모든 질문은 적합한 패널에게 전달.
- 질문 수나 질문 시간 제한(예: 5개 질문/20분).
- 언론매체의 공격적 질문에 대비하고 사실에 입각한 답변 유지.
- 질문 예상, 답변 준비.
- 능력 밖의 질문에 추측 또는 답변 금지.
- 주요 메시지가 손실되지 않도록 전체 회의를 최대 1시간/1시간 30분으로 제한.

회견 전 고려 질문:

무슨 일입니까?	사상자가 있습니까?	사고의 원인은 무엇입니까?	사고 책임은 누구에게 있습니까?
영향은 무엇입니까?	누가 대응 비용을 지불합니까?	상황 해결을 위해 어떤 조치를 취하고 있습니까?	지역 주민에 대한 위험은 무엇입니까?
환경/사회경제적 요인에 대한 위험은 무엇입니까?	유출 물질의 장기적 위험은 무엇입니까?	사고를 피할 수 있었습니까?	누가 관련되어 있습니까?

소셜 미디어

소셜미디어는 공식 매체가 정보를 제공하고 온라인에서 공유되는 정보를 따라잡아야 한다는 압박을 심화시킬 수 있다. 소셜미디어 세계에서 능동적이고 사건 기간 동안 신뢰할 수 있고 일관된 정보 출처 역할을 하는 것이 중요하다. 기자회견과 관련하여 의사소통 팀은 소셜미디어를 통해 기자회견 내용을 홍보하고, 기자회견 요점을 명확하고 간결하게 전달해야 한다. 이는 대중이 대안적 출처보다는 공식적 출처에서 정보를 찾도록 장려할 것이다.

위기의 비상 단계에서는 내부 및 외부 의사소통이 매우 어려울 수 있다. 다음은 발생 가능한 몇 가지 일반적인 문제와 내부 의사소통에 미치는 영향을 감소시키는 방법이다.

<p><b>책임에 대한 인식 부족</b></p> <p>역할과 책임이 기존에 정의되어 있는지 확인하려면 위기 발생 전 개발된 최신 의사소통 계획을 수립하는 것이 중요하다. 할당된 각 팀원은 자신의 역할을 인지하고 있어야 하며 해당 역할을 유능하게 수행할 수 있도록 사건 전에 적절한 교육을 받아야 한다.</p>	<p><b>과도한 정보 요청</b></p> <p>전담 의사소통 팀을 두는 것은 다양한 이해 관계자로부터 받은 주요 정보의 우선 순위를 정하는 데 필수적이다. 정보는 통제 방식으로 모든 당사자에게 동시에 전달되어야 하며 각 요청과 함께 단편적으로 전달되어서는 안 된다.</p>
<p><b>향후 방향성에 대한 정보 확보</b></p> <p>모든 내부 팀에서 필요한 곳에 정보를 효율적으로 전달할 수 있도록 명확한 의사소통 경로가 필요하다.</p> <p>의사소통 계획은 내부 정보 이전의 명확한 경로를 이해하기 위해 업데이트 및 필수 정보를 다른 팀에 전달하는 방법을 설명해야 한다.</p>	<p><b>정보에 대한 회의/개방성 부족</b></p> <p>내부 팀 전체에 걸쳐 정기적인 업데이트는 대응이 충분히 조정되고 정보에 입각한 정보를 제공하도록 하는 데 매우 중요하다. 회의와 브리핑은 의사소통 팀 전체에 걸쳐 높은 수준의 이해를 보장하는 핵심 메시지를 전달할 수 있는 기회를 제공한다. 연락담당은 빠르게 변화하는 상황을 효과적으로 전달할 수 있다.</p>

[그림 44] 내부 의사소통 관련 주요 사안

## 현장 의사소통

대응인력 간의 정보 전송과 현장 지휘부(On-Scene Commander, OSC)에 대한 전송을 고려해야 한다. 의사소통은 대응의 단계 전반에 걸쳐 현장의 안전 문제에서 핵심적인 역할을 한다.

실제로, 특히 화학 물질 이름의 한 글자가 모든 것을 뒤집을 수 있는 HNS의 경우 정보의 명확한 전달이 필요하다. 국제 알파벳을 사용하여 키워드를 전송하기를 권장되며 정보가 올바르게 수신되었는지 확인하기 위해 정보를 반복해서 수용하도록 요청한다.

대응 기간 중 대응인력은 팀 구성원과 소통할 수 있어야 한다. 예를 들어 블루투스 통신이 장착된 유형 1A 보호복에서 또는 합의된 수신호를 사용하여 가능할 수 있다.



현장 의사소통, SCOPE 훈련 2017

### 사고관리팀 의사소통

사고 지휘본부는 모든 이해관계자에게 정보를 제공하는 의사소통 계획을 구현할 책임이 있다. 의사소통 전담 팀은 정보에 있어서 전체 대응 팀에서 우선 순위를 지정하여 관련 당사자에게 시기 적절하고 명확하게 전달하는 방식으로 조정 및 표준화시켜 사실적인 정보가 제공되도록 해야 한다. 이 통신은 VHF(Very High Frequency) 라디오, 이메일, 전화, 문자 메시지 또는 기타 적용 가능한 방법을 포함한 다양한 수단과 도구를 사용할 수 있다. 관찰된 오염에 대한 업데이트를 전달하는 오염 보고서(POLREP)도 포함된다.

#### ▶5.1 사고 알림

이러한 절차는 사무실 환경의 팀 구성원과 항공기, 선박 또는 원격 위치의 현장 구성원에게 적합해야 한다. 따라서 팀별로 다른 방법을 사용할 수 있다.

내부 의사소통은 다음을 목표로 한다.

- 모든 이해관계자에게 현재 상황과 의사소통 정식 절차를 **통보**한다.
- 대응 내에서 각 팀의 역할과 책임, 그리고 그들에게 기대되는 바를 **설명**한다.
- 의사소통과 관련하여 다양한 상황 하의 행동 방법에 대해 신뢰 가능 자문을 제공하여 **조언**한다.

### 의사소통 계획

위기 상황에서 의사결정자들이 감당하기 어려운 정보가 있을 수 있다. 정보가 적절한 방식으로 선별, 조직, 대응될 수 있도록 명확한 접근 방식이 필요하다. 정보 흐름을 효과적으로 제어하기 위한 의사소통 계획에는 다음이 포함되어야 한다.

# 폐기물 관리

## 목적

폐기물 관리 전략은 대응 초기에 수립되어야 한다. 유해 폐기물 관리와 관련된 모든 조항의 주요 목표는 폐기물 관리 단계를 걸쳐 유해한 영향으로부터 인간의 건강과 환경을 보호하는 것이다.

- 회수
- 보관
- 수송
- 처리
- 개선 또는 폐기물 처분

## 적용

폐기물은 회수, 준설, 오염 제거 작업 중에 발생할 수 있다. HNS 유출 자체는 동식물을 죽이거나 오염시킬 수 있으며 때로는 엄청난 양의 오염된 생물학적 폐기물(동물 사체, 죽은 조류 등)을 발생시킬 수 있다.

대응전략	발생 폐기물 유형
펌프, 스키밍 및 동적 회복	회수 HNS 오염수 HNS 내 수분 또는 수분 내 HNS 혼합물 오염 표류 화물
흡착재를 사용한 회수	오염 흡착재
해저의 격리 및 회수	회수 HNS 오염 퇴적물
인력 및 장비의 오염 제거	오염수 오염 물질/PPE 오염 제거 곤란 장비
소방	소화수 화물 잔여물 연소 컨테이너
HNS의 손상 컨테이너/탱크 회수	잔해 유해 및 비유해 화물 부적절 포장 HNS
해안선에서 수동 또는 기계적 복구	부적절 포장 HNS 오염 퇴적물 오염 잔해 오염 흡착재 오염수 퇴적물과 혼합된 회수 HNS

〈표 13〉 해양 HNS 유출 시 발생 가능 폐기물 유형

## 회수/보관

폐기물 최소화는 대응 작업 동안 영구적인 목표여야 한다.

또한 폐기물 분리는 대응 현장에서 가능한 한 빨리 강조되어야 한다. 폐기물이 하나의 화학품/제품으로 오염된 경우 ▶[3.1 물질안전보건자료 내용](#) 7절(취급 및 보관)을 참조한다. 화학품 혼합물의 경우 산업 유해 폐기물 전문가의 전문 지식이 필요하다.

오염된 물질은 다음 범주로 분류할 수 있다.

- 액체
- 고체
- 비생분해성(오염 플라스틱, 오염 정화 장비 등)
- 생분해성(오염 해초, 동물군).

폐기물 보관과 관련하여 위치, 회수할 폐기물의 양, 화학적 특성, 폐기물의 상태(액체, 고체) 및 위험 수준에 따라 다양한 선택을 할 수 있다.



선상 저장용량

해상 회수를 계획할 때 사용된 선박의 폐기물 보관 용량을 고려하는 것이 중요하다. 필요한 경우 보조 탱크 또는 컨테이너를 갑판에 설치할 수 있다. 다른 경우에는 부유식 보관 탱크를 사용할 수 있다.

### ▶4.5 대응 선박

이후 폐기물은 해안, 처리 장치 또는 임시 육상 보관 장소로 이동된다.

또한 해안선에서는 발생/수집된 폐기물을 처리장 또는 중간 보관소로 이송하기 전에 즉시 퇴적할 수 있도록 정화작업장 주변에 임시 보관소를 설치해야 한다. 이러한 장소는 누출과 빗물을 수용할 수 있는 장비를 갖추어야 한다.

보관 유형에 관계없이 장비는 다음과 같아야 한다.

- 내성 보유
- 회수 화합품과 호환되는 재료로 구성.
- 불침투성이며 폐쇄 장치 장착.
- 넘침을 방지하고 컨테이너 교체를 예상하기 위해 수위 모니터링 장치(또는 시각적 모니터링이 가능하도록 충분히 투명함) 보유.
- 디캔팅을 위한 베이스 밸브 장착;
- 보관 가능, 크레인 이용 인양/이동 가능.

### 수송

폐기물 수송과 관련하여 다음이 필요하다.

- 폐기물의 특성과 위험 수준 고려.
- 위험물 수송 및 폐기물 법률(도로의 ADR, 기차의 RID 등) 준수 보장.
- 등록 폐기물 운송업체와 적절한 장비와 훈련된 운전사가 있는 회사에 계약 부여.

### 폐기물 처리 및 처분

처리 및 처분 과정에는 화학 물질 및 화학 물질로 오염된 폐기물을 평가, 제거 또는 처분하는 방법이 포함된다. 이러한 방법은 일반적으로 대응 단계 이후에 적용된다. 이러한 기술은 유해 물질 수송 후 특별히 허가된 시설에서 수행된다.

주요 폐기물 처리 선택은 다음과 같다.

#### 산업용:

- 대응 중 회수 화물이 손상되지 않은 경우 관련 법적 절차를 거친 후 정상적인 사용을 위해 해당 산업체에 운송될 수 있다.

#### 재사용/폐기물 개선:

- 폐기물 개선 가능성은 폐기물 유형, 오염 정도 및 적절한 개선책 존재라는 세 가지 요소에 따라 달라진다. 용매를 위한 증류 및 정제, 특정 가연성 폐기물에 대한 에너지 생산 및 금속 회수와 같은 여러 선택이 있다.

#### 생물학적 처리:

- 염소화 화합물 또는 니트로 화합물, 알코올 또는 유기산과 같은 특정 화학 제품을 분해할 수 있는 미생물을 사용하는 것이 가능하다.

**열처리:**

- 수집된 폐기물은 특수 산업 폐기물 소각 시설로 보낼 수 있다. 에너지 회수 외에도 이 선택에는 두 가지 이점(폐기물의 양 감소, 관련 물질의 유해성 감소)이 있다.
- 이 활동에 의해 생성된 대기 및 수성 배출물은 다른 처리를 거쳐 환경으로 배출되기 전에 엄격하게 통제된다. 한편, 진흙, 클링커 등 소각잔류물은 특수 매립장으로 보내진다.

**물리화학적 처리:**

- 일부 폐기물은 안정화에 의해 중화된다. 초기 솔루션은 석회, 시멘트, 점토 또는 활성탄과 같은 광물 물질과 결합하는 것이다. 이 과정을 통해 폐기물은 다양한 크기의 클러스터를 형성한다. 이러한 유형의 처리는 비용 효율적이지만 폐기물의 양을 증가시키는 단점이 있다.
- 유리화(vitrification)로 알려진 대안이 있다. 이 방법으로 폐기물을 고온(공정에 따라 1,200°C에서 4,000°C 사이)에서 녹여 유리 매트릭스를 형성한다. 그후 잉곳 또는 과립으로 성형된다. 이 기술은 장비에 상당한 투자가 필요하며 막대한 에너지를 소비한다. 그럼에도 이는 폐기물의 양을 현저히 감소시킨다. 안정화된 폐기물은 경우에 따라 매립될 수 있다.

**매립:**

- 적절한 보관 센터(매립장). 폐기물 매립은 갈수록 엄격해지고 있는 규제 대상이다.

**목표**

사고 지역에서 수행해야 하는 목적(감시, 수색 및 구조, 정화)을 고려하여 사고 지역으로 보낼 대응 선박의 주요 기능 및 특성에 대한 조언.

**일반**

HNS 유출에 대응하기 위해 사용할 대응 선박 유형은 신중하게 선택해야 하며 비상 계획에 자세히 설명된 전략에 따라 선택해야 한다. 이러한 전용선은 건설 및 유지 보수 비용이 상당히 들지만 정책적 의지에 따라 HNS 사고에서 높은 가치를 갖는다는 점을 명심해야 한다.

다음을 포함하여 많은 측면을 고려해야 한다.

- 외해나 항구에서 사용이 예상되는 경우 선박이 항해할 수 있는 해상 상태.
- 항해를 위한 최소 깊이(흘수)(천해 또는 심해)
- 최소 필요 선원.
- 작업에 필요한 견인 너비
- 관련 지역에 도착하는 선박의 동원 시간 및 가용성
- 선박이 특히 수행해야 하는 대응 활동:
  - 수색 및 구출
  - 탐지 및 모니터링,
  - 인양
  - 격리 및 회수
- 결과적으로 기내 필요 장비.

HNS 대응 선박의 높은 비용으로 인해 일반적으로 다목적성을 가진다.

**대응 선박의 특성**

선박이 잠재적으로 유독하고 위험한 대기가 있는 지역을 항해해야 하는 경우 상부 구조는 기밀되고 양압을 유지해야 하며, 무엇보다도 운항 중 선박의 선원을 수용할 수 있도록 여과 시스템과 함께 정화된 공기를 제공해야 한다.



다른 설계의 다양한 종류 선박을 사용할 수 있다.

- **예인선:** 불라드를 당기는 것이 가장 중요한 조치이다. 크기와 힘은 예인에 충분해야 한다. 항구에서 배를 예인하거나 보호 구역(▶ 5.30 피난 지역)으로 예인하는데 사용되는 항만 예인선과 원양 예인선이 각각 있다. 예인선의 구체적인 예는 공해에서 장애가 있는 선박을 예인하기 위해 주 당국에서 사용하는 다목적 선박인 비상예인선(Emergency Tow Vessel, ETV)이다.

▶ 5.29 긴급 예인

- **해상에서 특수 제작된 대응 선박(스위핑 암, 유처리제 살포 암, 유회수기, 펌프, 저장 탱크 등 포함):** 해당 선박 중 일부는 상당한 예인 능력을 갖추고 있다.
- **해양 공급 선박:** 해양 활동에 공급하도록 특별히 설계된 선박(주로 기름 및 가스 플랫폼).
- **임시방제선박(vessels of opportunity, VOO):** 일반적으로 기름 또는 HNS 비상 시 사용되는 다른 목적(어업, 임대 등)으로 사용되는 보트. 일반적으로 VOO는 "구조를 제공할 수 있지만 공식적으로 책임 당국의 공식 대응 계획의 일부가 아닌 사상자 선박 근처에 있는 모든 선박"으로 정의된다.



오일 및 HNS 대응 능력을 갖춘 특수 제작된 해상 대응 선박



EMSA에서 오일 대응 장비 장착 유조선

HNS 대응 선박의 특성은 수행해야 하는 활동에 따라 달라진다. 선박에는 다음과 같은 장비가 필요할 수 있다.

- 의료 서비스 제공.
- 오염물질 감지 및 모니터링(5.6.2장 참조).
- 다양한 유형의 화재 진압(물/운무/포말)

▶ 5.34 수벽 사용

▶ 5.35 포말 사용

- 난방(또는 냉각) 시스템이 있는 붐 및 유회수기와 적절한 저장 탱크를 사용하여 부유 오염물질을 억제하고 회수.

▶ 5.42 격리 기술: 붐

▶ 5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기

**자료표 4.5**

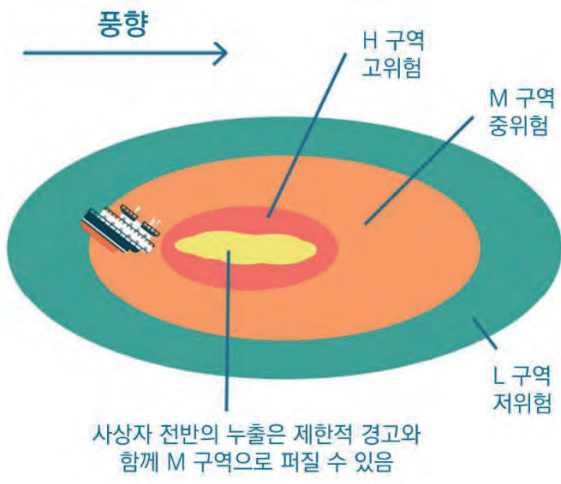
**대응 선박**

- 해상에서 분실된 컨테이너 및 기타 물품을 회수하고(크레인, 크래들 등 사용) 잔해를 처리할 갑판 저장 용량을 제공한다.
  - ▶ **5.41 포장 화물 대응**
- 화학 물질 또는 컨테이너 침강 시 잠수부 또는 ROV 사용하여 수중 작업 수행
  - ▶ **5.39 해저 HNS 대응**
- 작업 종료 시 인력 및 장비 오염 제거
  - ▶ **5.21 오염 제거**
- 정화 작업 및 오염 제거에서 발생하는 다량의 고체/액체 폐기물 저장.
  - ▶ **4.4 폐기물 관리**
- 인명을 사상자로(부터) 이동하기 위한 소형 선박 진수.

유럽해사안전청(European Maritime Safety Agency, EMSA)는 HNS 사고에 연루된 선박의 모든 선원과 대응인력에게 안전한 플랫폼을 제공하기 위해 다양한 시나리오에서 운용할 선박 설계 및 장비 요구 사항을 제안하기 위한 연구를 수행하였다. 본 연구는 HNS 사고의 경우 다양한 선박 유형에 대한 적응 기준을 제안한다.

HNS 사고에 안전한 방식으로 대응하는 선박에 필요한 설계 요건 수준은 화학 물질의 잠재적 위험과 그에 따른 시나리오와 선박이 향해야 하는 안전 구역을 기반으로 설정된다(H=고위험, M=중간위험, L=저위험)▶ **5.19 안전구역**. 고려되는 위험은 다음과 같다.

- 가연성/폭발성 누출
- 화재
- 건강 유해/독성;
- 극저온/압력 가스;
- 부식성



© Cedre from EMSA

**[그림 45]** 사고 지역 구역

선박 대응			구역 적용
유형	내용	요구 사항	
1	접근 선박(구역 M 또는 H에 진입하지 않음). 주요 기능: 상황 모니터링 및 현장 통제	선박은 유해요소로부터 안전한 거리를 유지. 보호 장비나 전문 장비는 필요하지 않음.	L(저위험)
2	선박이 접근(H구역 진입 금지)하고 M 구역에 보트를 배치하여 대응팀과 구조 대원 인도 및 회수	선박은 일정 수준의 오염 제거 및 의료 시설이 필요.	L&M(저/중위험)
3	유해환경 진입 선박, 대응팀 및 구조대원 이송	선박은 M 구역과 예외적인 상황에서 H 구역에서도 작동할 수 있도록 제한된 추가 보호 기능 보유.	M & 제한적 H(중/고위험)
4	유해환경 진입 선박, 대응팀 및 구조대원 이송 및 유해물질 회수	선박은 고위험 H 구역에서 장기간 작동할 수 있는 최고 수준의 보호 기능 보유. 이러한 역할을 위한 특별 설계.	H(고위험)

〈표 14〉 구역에 따른 선박 대응(출처 EMSA, 2012)

# 확보 및 유지 보수

대비

## 목표

오염 대응 장비의 확보 및 유지 보수에 대한 지침 제공

## 장비 구매에 대한 위험 결정

오염 제어 장비에 대한 모든 조달 과정은 특정 오염 위험을 식별하는 것으로 시작해야 한다. 발생 가능한 오염 유형, 잠재적인 주요 오염 지점 식별, 가능한 오염 사고 유형의 조건과 같은 위험 평가는 HNS 비상 계획의 기초를 형성한다. 구매한 오염 대응 장비는 식별된 위험을 해결하는 완화 조치의 일부여야 한다.

오염 대응 장비를 선택할 때 장비가 예상되는 환경 조건에 적합, 화학적 적합성 기준 충족, 특정 사용 조건(예: 폭발성 대기)을 충족하는지 확인하는 것이 중요하다. 구매 예정인 특정 장비의 사용에 대한 과거의 경험을 살펴보고 제조업체에서 수행한 테스트가 거의 실제 조건에서 수행되었는지 관심을 가지고 확인해야 한다.

## 사용 조건

장비를 선택할 때 일반적으로 비상 계획에 보고된 특정 조건에서 사용하기에 적합해야 한다. 그런 다음 장비를 사용할 수 있는 위치를 평가하는 것이 중요하다.

- **노출 지역(바다):** 거친 기상 조건(너울, 바람)에 적합하고 다량의 오염 물질을 수집 및 저장할 수 있는 중장비
- **보호 구역(해안, 항구):** 중형 장비
- **해안선:** 휴대용 장비

## 오염 유형에 대한 적응

- **화재/폭발 위험:** 제품의 인화점이 주변 온도에 가까울 경우 물질을 발화시키지 않는 장비를 사용하는 것이 바람직하다(ATEX 또는 방폭 인증).
- **물질 호환성:** 오염 대응 장비는 유출/회수된 물질과 호환되어야 한다.
- **오염 물질 거동:** 장비는 예상되는 오염 물질의 거동에 적합해야 한다.
  - 가스 또는 증발: 증기 감소 장비

▶ [5.34 수벽 사용](#)

▶ [5.35 포말 사용](#)

- 부유: 격리, 스키밍, 이전, 저장 장비
  - ▶ [5.37 흡착재 사용](#)
  - ▶ [5.42 격리 기술: 불](#)
  - ▶ [5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기](#)
- 용해: 수체 및 현장 처리 장치 또는 장비 펌핑(매우 제한된 환경에서)
  - ▶ [5.38 수주 HNS 대응](#)
- 침강: 해저 격리, 해저 펌핑
  - ▶ [5.31 화물 이송](#)
  - ▶ [5.33 난파선 대응](#)
  - ▶ [5.39 해저 HNS 대응](#)
- **표본 채취 및 탐지기:** 오염 물질의 화학적 및 물리적 특성과 수집할 환경 매트릭스에 따라 선택한다.
  - ▶ [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기](#)
  - ▶ [5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜](#)

## 간접 비용

장비 구입 비용 외에도 다음과 같은 간접 비용을 고려해야 한다.

- 장비 사용: 필요한 모든 도구의 전체 목록(예: 장비를 수중 위치하기 위한 크레인, 예인 시스템 등)
- 장비의 안전하고 효과적인 사용을 보장하기 위한 인력 교육
- 정기적인 운영 유지 보수(자격을 갖춘 인력, 소모품 및 교체 부품, 예방/교정 유지 보수 등)
- 적절한 보관 시설;
- 현장으로의 장비 배송 및 배치(사고 중 또는 훈련용)
- 오염된 물질의 처분 ▶ [4.4 폐기물 관리](#).

## 장비 공유

오염 대응 장비의 높은 직간접 비용을 감안할 때, 저장 협동 조합, 대응 회사 또는 장비 보관 센터에서 필요한 장비를 신속하게 제공하는 계약을 통해 자산 공유를 고려할 수 있다.

여러 지역/국가가 접근할 수 있는 전략적 위치에 비축물을 배치할 때 공통 사용을 위해 다음을 보장하는 것이 중요하다.

- 지역/양자/다자 협정 확립.
- 장비 이전/배송은 사전 조정(통관 등).
- 장비 유지 보수 및 인력 교육.

### 장비 유지 보수

HNS 유출에 대응하는 장비는 매우 섬세하고 고가이며 필요할 때 사용할 준비가 되어 있어야 한다. 장비 유지 보수는 보통 간과되지만 다음 두 가지 이유로 근본적인 역할을 한다.

- 불시의 필요한 경우에 대비하여 운영 준비 보장.
- 고가의 장비의 수명을 연장하여 경제적인 절약 보장.

이러한 장비의 사용은 산발적일 수 있으며 장기간 창고에 보관될 수 있다. 따라서 자격을 갖춘 인력이 수행하는 정기적인 작동 유지 보수 계획을 세우는 것이 바람직하다. 여기에는 작동 점검도 포함된다. 장비는 제조업체의 권장 사항에 따라 적절한 장소에 보관해야 한다.

대응 장비 유지 보수 일지를 최신 상태로 유지하는 것이 중요하다. 이 일지에는 장비 사용에 대한 정보(이유, 날짜, 사용 시간 등) 및 유지 보수(유지 보수 작업 날짜, 교체 부품 참조 등)에 대한 정보가 포함되어야 한다.

### 선박 보고 시스템 및 요구 사항(최근접 연안 국가로 선박 보고)

수정된 MARPOL 73/78에 따라 기름 및/또는 HNS 배출 또는 그 가능성이 있는 사건을 최근접 연안 국가에 보고하는 것은 선장(또는 선주)의 의무이다. 사고 보고서는 대응 또는 선박의 통과를 통하여 생성할 수도 있다. 표준 보고 형식은 다음을 구별하는 결의안 MEPC.138(53)(2005)에 의해 수정된 IMO 결의안 A.851(20)(1997)에 설명되어 있다.

- 산적 운송 기름 및 유독액체물질 유출에 대한 위해물질 보고서(Harmful Substance, HS)
- 포장된 위험물 보고서(dangerous good, DG)
- 해양 오염 물질 보고서(Marine Pollutant, MP)

이러한 보고서에는 선박에 대한 정보(이름, 위치 등)와 더불어 선적/배출/유실된 기름 유형 또는 HNS 정확한 기술명, UN 번호/IMO 위험 등급, 오염 범주, 포장 유형, 알려진 제조업체 이름, 선적/유실 수량, 물질의 부유 또는 침강 여부, 손실 원인, 유출 표면적 추정, 선주 및 대표자 성명 및 번호, 현재까지 취해진 조치가 포함되어야 한다.

### 연안 국가 간의 국제 보고

해양 오염 사고가 발생했거나 그러한 위험이 존재할 때(REMPEC(2018) 참조) 다른 국가에 경고하고 지원을 요청하기 위해 사전 합의된 비상 통신 채널(유럽 SafeSeaNet 및 CECIS 해양 오염(EC, 2020))이 계약당사자 간에 사용될 수 있다.

- **I부 또는 POLWARN(POLLution WARNing, 오염경고):** 오염 또는 위협에 대한 첫 번째 정보 또는 경고 제공.
- **II부 또는 POLINF(POLLution INFormation, 오염정보):** 상황 보고서와 함께 세부적인 보충 정보 제공.
- **III부 또는 POLFAC(POLLution FACilities, 오염시설):** 다른 계약당사자에게 지원을 요청하고 지원과 관련된 운영 문제를 정의하는 데 사용.

### 오염 관찰 보고서

오염 보고서가 오염 선박이 아닌 정찰 항공기에서 비롯된 경우 메시지 형식은 항공 감시에 대한 국가 또는 지역 보고 표준(예: 기름에 대한 본 협정(Bonn Agreement(2017)))을 준수한다. 그러한 관찰 보고서에는 유출 물질의 유형과 부피(예: UN 번호) 및/또는 선박/화물 소유자에 대한 정확한 정보가 포함되지 않을 것이다. 따라서 추가 조사를 통해 ▶5.5 상황 평가를 완료한다. 오염 관찰 보고서는 오염에 대한 사진 증거(가능한 경우)를 수집하고 오염 물질의 이동 경로/거동, 범위 및 궤적을 보다 상세히 이해하는 데 중요한 역할을 한다. 따라서 훈련되고 경험이 풍부한 관찰자가 항공 감시를 수행하는 것이 중요하다.

# 사고 데이터 수집

상황 평가를 위해 다음 정보를 최대한 빨리 파악하는 것이 중요하다.

기본 정보	
✓ 선박명, IMO 번호, MMSI(Maritime Mobile Service Identity, 해양이동업무식별부호), GT(Gross Tonnage, 총톤수), DWT(Dead Weight Tonnage, 사중톤수), 선주	
✓ 사고 날짜 및 시간(LT/UTC, 현지시간/세계협정시)	
✓ 위치(위도/경도)	선장, 해안경비대,
✓ 선원 수(건강 상태 포함)	해상구조조정센터(Maritime Rescue Coordination Centre, MRCC), 해군, 구조대, 항만관리소장실
✓ 사고 원인(예: 충돌, 좌초, 폭발, 화재 등)	
✓ 선박 상태, 대응작업, 현재까지의 조치	
✓ 선상 화물 및 오염 또는 위험 화물의 선외 분실/유출에 대한 설명	
화물 - HNS	
✓ 화물 증명서/운송 신고서/위험물 신고서, SDS ▶3.1 물질안전보건자료 내용	최근 기항지의 선주, 화물선주, P&I 클럽 및 특파원, 제조사, 항만당국
✓ UN 또는 CAS 번호, 화학 물질 상태: 고체, 액체, 기체, 산적, 포장	
병커	
✓ 병커 증명서	
✓ 주요 특성: 밀도, 점도, 유동점, 증류 특성, 왁스 및 아스팔텐 함량 및 부피	선주, 화물선주, P&I 클럽 및 특파원, 제조사
✓ 선박의 기본계획을 활용한 피해 대비 화물/병커/위치 배분	
오염 관찰 보고서	
✓ 오염관찰 : 선박별 오염사고 보고, 당국/일반대중 오염관찰 보고	▶5.1 사고 알림

〈표 15〉 정보 수집

HNS 사고 중에는 유출 물질의 정확한 명칭과 속성에 대한 검증된 세부 정보를 얻는 것이 중요하다. 화물 증명서/운송인 신고서/선하 증권/위험물 신고서 및 해당 SDS와 같은 선적 문서는 물질별 정보에 대한 최상의 초기 정보 출처이다. 그러나 ▶5.3 정보 자원 에서 사용할 수 있는 공식 문서를 보완하기 위해 다른 자원이 필요할 수 있다. 이 유형의 문서는 선박/선주/화물에서 구할 수 있으며 화물 자체 및 운송 방식과 관련된 법적 문서 요구 사항에 따라 다를 수 있다.



구해야 할 중요한 정보 중 하나는 가장 최근의 최신 SDS(또는 기타 물질 관련 정보)를 얻는 데 필요할 수 있는 제조업체의 연락처 정보이다.

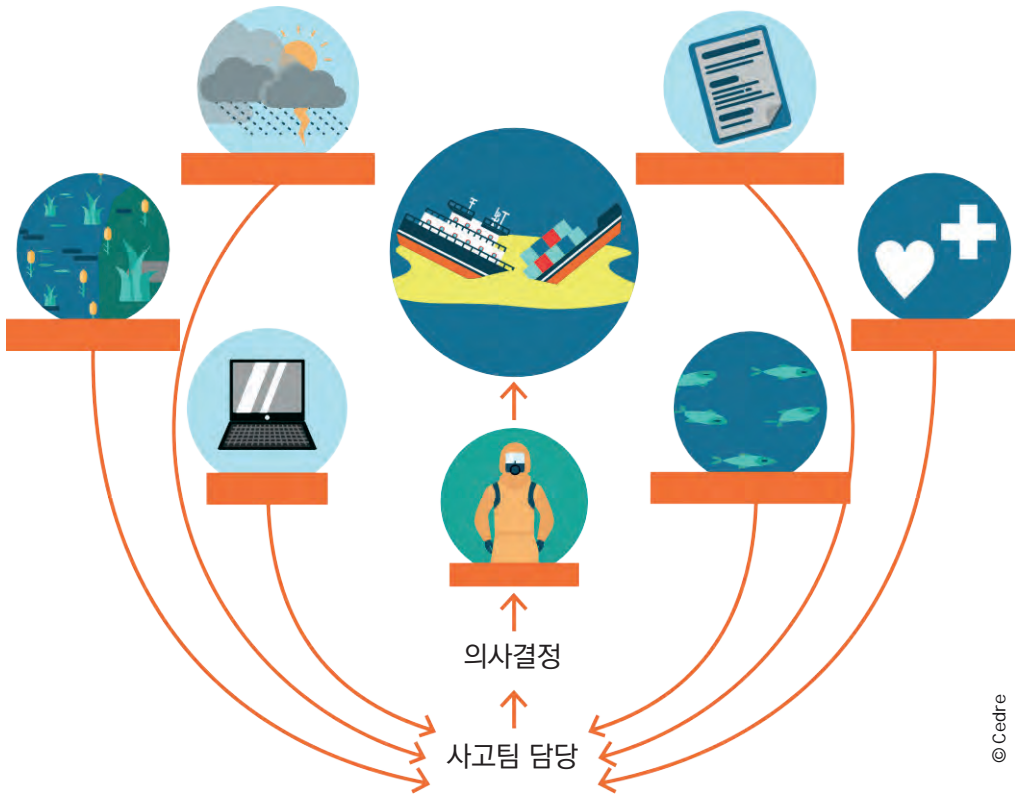
화물에 대한 가용 정보는 화물이 운송되는 선박 유형에 따라 다르다(2장). 아래의 그림 46은 각 선박 유형에 대한 주요 정보의 출처를 강조한다.

	컨테이너 화물	탱커	산적선	출처
주요 정보				
정확한 화물명	선하증권	선하증권	선하증권	운송인/수하인
정확한 화물 속성	물질안전보건자료	물질안전보건자료	물질안전보건자료	제조사
요약	위험물 신고/화물 적하목록	화물 증명서/원산지 증명서	운송 신고서	운송인/수하인
선내위치	적재 계획	탱크 배치 계획	화물 적재 계획	선박

[그림 46] 화물 유형별로 제공되는 정보 출처 요약

선하증권은 본선에 있는 화물의 수령 증빙, 운송 계약 증명서 및 소유권의 증명서 역할을 하는 법적 문서이다. 운송인이 화주에게 발행하고 운송되는 물품의 기존 및 세부 화물 이름, 유형, 수량 및 목적지를 지정한다.

화물 증명서/운송 신고서/위험물 신고서 및 해당 SDS 및 IMO 규칙과 같은 선적 문서는 물질별 정보를 얻는 가장 바람직한 초기 출처이다. 그러나 가용 공식 문서를 보완하기 위해 다른 자원이 필요할 수 있다. 일부 정보 자원은 아래에 나열되어 있다.



[그림 47] 정보 자원

**HNS에 대한 상세 정보**

- eChemPortal은 국가, 지역 및 국제 수준(ECHA, 2020 포함)(OECD, 2020)에서 정부 화학 프로그램 관련 정보 링크를 포함하여 화학 물질, 살생물제 및 살충제의 특성에 대한 정보를 제공한다.
- HNS-MS는 HNS에 의한 급성 해양 오염의 표류, 이동 경로 및 거동을 예측하기 위한 HNS 데이터베이스, 취약성 지도 및 3D 모델로 구성된 웹 기반 의사 결정 지원 도구이다(DG ECHO, 2017).
- MARine 화학 정보 자료(MARine Chemical Information Sheet, MAR-CIS)는 화학 물질과 관련된 해양 사고에 대한 초기 대응 단계에서 관할 당국을 지원하기 위해 화학 물질에 대한 특정 물질 및 해양 관련 정보를 제공한다. 로그인을 통해 EU 회원국에서 사용할 수 있다.

서론  
IMO 협약, 의정서 및 규칙  
HNS 거동 및 유해요소  
대비  
대응  
유출 후 관리  
사례연구  
자료표

- CRW(Chemical Reactivity Worksheet)는 화학 물질의 혼합물로 인해 발생할 수 있는 위험을 나타내는 EPA 및 NOAA의 소프트웨어이다(CCPS, 2019).

### 웹기반 대응 가이드

- REMPEC 개발 MIDSIS TROCS(2020)
- NOAA 개발 CAMEO Chemicals(2018)

### 모델링 ▶5.11 HNS 유출 모델링

- CHEMMAP: 이동 경로 및 거동 모델링(수중 및 대기)(RPS, 2020)
- ALOHA: NOAA(2020) 대기 확산 모델

### 산업보건 안전 ▶5.20 개인 보호 장비

- 국제화학안전카드(International Chemical Safety Cards, ICSC)는 화학 물질에 대한 필수 안전 및 건강 정보를 제공한다(ILO, 2020).
- GESTIS는 개인 보호 장비(IFA, 2020)에 중점을 둔 독일 사회 재해 보험의 유해 물질 정보 시스템이다.

### 독성/생태독성학 ▶5.7 대응 고려사항: 독성 물질

- GESAMP는 MARPOL 부속서 II에 따라 해상 산적 운반 물질에 대한 위험 프로파일의 종합 목록을 제공한다.
- PubChem은 화학적 및 물리적 특성, 독성 및 생태독성, 보건 및 안전, 특허 및 추가 문헌 인용을 포함하여 자유롭게 접근 가능한 대형 데이터베이스이다(NIH, 2020).
- CAFE(Chemical Aquatic Fate and Effects, 화학 수중 최종형태 및 거동) 데이터베이스는 화학 물질, 기름 및 분산제의 이동 경로와 영향에 대한 정보를 요약하고 수생 종에 대한 환경 영향 평가를 지원하는 것을 목표로 한다(NOAA 개발).
- Cedre 화학대응가이드(Cedre Chemical Response Guides)(Cedre, 2020).

### 최초 대응인력

- 소방대, 시민 보호 부대
- CEFIC 비상대응개입카드(Emergency Response Intervention Cards, ERICards 또는 ERIC)는 적절한 제품별 비상 정보 없이 사고 현장에 처음 도착한 소방대원을 위한 초기 조치에 대한 지침을 제공한다(CEFIC, 2020).
- PHMSA 비상대응가이드북(ERG)은 초기 30분 동안 유해 물질 운송 사고를 처리하는 데 도움이 되는 기본 매뉴얼을 제공한다(USDOT, 2020).

### 위기자원

- 비상 계획, ESI 지도
- 환경 자원:
  - 다음과 같은 보존 도구:
    - Protected Planet은 보호 지역에 대한 최신 정보를 매월 갱신한다. IUCN과 세계보호지역위원회(Protected Planet, 2020)의 지원을 받아 유엔환경세계보존감시센터(United Nations Environment World Conservation Monitoring Center)에서 관리한다.
    - 위협받는 종의 IUCN 적색목록(IUCN 적색목록, 2020a)
    - IUCN 생태계 적색목록(IUCN 생태계 적색목록, 2020b)
  - 보호지역디지털관측소(Digital Observatory for Protected Areas): 여러 규모에서 보호 지역의 상태와 위협을 평가, 모니터링, 보고 및 예측하는 데 사용할 수 있다(Joint Research Center, 2020).
- 사회경제적 자원(양식업, 편의시설 등).

### 기상 예측

- 국가 기상청, 국가 수로청
- 현재와 예상되는 기상, 바다 상태, 풍속 및 방향, 물과 공기 온도.

### 국제 지원

- HELCOM, REMPEC, 본 협정 및 CECIS Marine Pollution을 통한 지원 요청
- EMSA(회원국의 해양 관리국에서 활성화);
  - MAR-ICE 네트워크(화학품 유출 시 회원국에 원격 및 현장 조언 제공);
- IMO “해양기름오염사고 대응에 대한 국제 지원에 관한 지침(Guidelines on International Offers of Assistance in Response to a Marine Oil Pollution Incident)”. 한 국가의 기름 유출 대응 능력을 초과하는 사고를 위해 개발되었으며 지원을 위한 기존 양자 및 다자 협정에 대한 구속력 없는 보충 자료로 사용될 수 있다(IMO, 2016);
- 해양 오염 사고 대응에 관한 협력 상호 지원에 관한 지중해 지침(Mediterranean Guide on Cooperation and Mutual Assistance in Responding to Marine Pollution Incidents)(REMPEC, 2018);
 

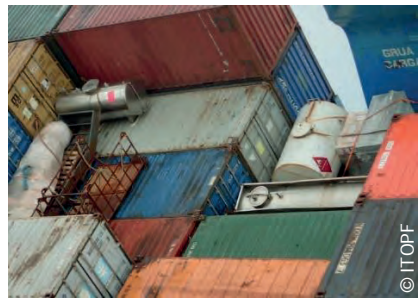
인접 국가: "비상시 대응 장비 및 전문가 동원을 위한 국가 구조 매뉴얼(Manual of the national mechanism for the mobilisation of response equipment and experts in case of emergency)"(West MOPoCo, 2020).

포장 품목은 우발적으로 선외로 분실되거나 비상 상황에서 투하되거나 침몰 및 좌초된 선박에 포함될 수 있다. 조류, 바람 또는 조수의 영향으로 상당한 거리를 이동할 수 있다.

위험 식별을 돕기 위해 모든 위험물 포장과 해당 화물 운송 장치는 운송 전에 적절하게 표시(정식운송품명, UN 번호 및 MP 표시)하고 라벨(1차 및 2차 위험 라벨)을 표시해야 한다(IMDG Code 2장). 그러나 포장이 일정 시간 동안 해양 환경에 남아 있으면 해당 표시와 라벨이 식별 불가능할 수 있다(예: 해양 동식물로 덮임, 라벨의 부분적 파괴, 잉크 퇴색).



선적 사고 후 해안에 밀려온 위험물 컨테이너

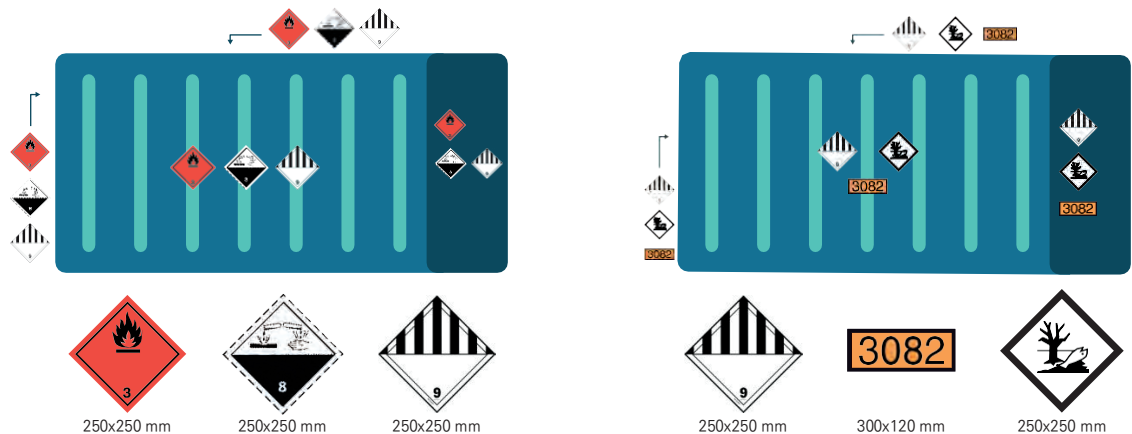


선내 위험물 컨테이너

**화물 컨테이너 식별**

가장 일반적인 유형의 화물 컨테이너는 20피트 또는 40피트 건식 저장 컨테이너이지만 플랫폼 랙(측면 및 상단 개방형), 상단 개방형, 냉장, 탱크 및 기타 여러 유형의 컨테이너도 있다. IMDG Code에 따라 위험물을 운반하는 모든 컨테이너는 다음을 표시해야 한다(그림 48의 예 참조).

- 컨테이너 내부의 모든 위험물의 주요 및 보조 위험 플래카드(250 x 250mm)
- DG가 총 질량 4,000kg을 초과하는 경우 UN 번호(300 x 120mm의 별도 플래카드 또는 주요 위험 플래카드와 공동으로)



**[그림 48]** 다른 UN 번호의 DG 또는 보조 위험이 있는 하나의 DG를 운반하는 컨테이너(좌), 총 질량 4,000kg을 초과하는 UN3082의 DG를 운반하는 컨테이너(우)

자료표 5.4

포장 화물 식별

대응

포장 식별

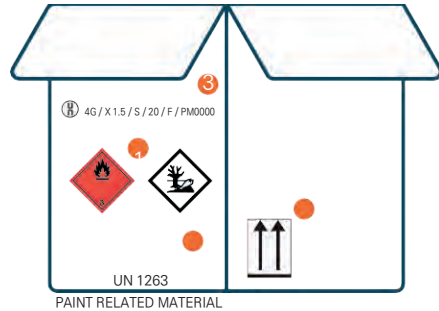
컨테이너 내부 화물은 "느슨하게 적재되거나"(예: 어류, 종이 롤, 자동차 등) 또는 다양한 컨테이너에 담겨 운송될 수 있다(표 16).

유형	재료	사진
드럼	강철, 알루미늄, 합판, 섬유, 플라스틱, 기타 금속	
제리칸	강철, 알루미늄, 플라스틱	
상자	강철, 알루미늄, 천연목, 합판, 재생목재, 섬유판, 플라스틱, 기타 금속	
포대	직조 플라스틱, 플라스틱 필름, 섬유, 종이	
복합 포장	드럼/상자/기타 포장의 플라스틱/유리/도자기/석기 용기	
중간 산적 컨테이너 (IBC)	금속(강철, 알루미늄, 기타), 유연재(플라스틱, 섬유, 종이, 경질 플라스틱, 합성물, 섬유판), 목재(천연, 합판, 재생목재)	

〈표 16〉 IMDG Code 6장에 따른 포장 유형 및 재료

모든 포장 또는 외부 포장(복합 포장의 경우)에는 다음이 표시되어야 한다(그림 49).

- 주요 및 보조 위험 라벨(2.3.4장);
- PSN 및 UN 번호(2장);
- UN 포장 표시(아래 참조);
- 방향 라벨(선택 사항).



[그림 49] 상자 식별의 예

내용: UN 1263, 페인트 / 유해성: 가연성 액체, 해양 오염 물질  
포장: UN 인증 섬유판 상자, PG X 테스트, 최대 총 중량 15kg,  
2020년 네덜란드 PM0000 제조



모든 포장 표시는 쉽게 식별 가능하고 가독성이 좋아야 하며 포장 외부 표면의 대비되는 색상 배경에 표시되어야 한다. 시각 효과를 크게 감소시킬 수 있는 다른 포장 표시와 함께 배치되어서는 안 된다. 또한, 정보는 최소 3개월 동안 바다에 잠긴 포장에 대해서도 식별 가능해야 한다.

### UN 포장 표시

외부 포장 사양은 표준화되어 있다(IMDG Code, 1권 6장에 포함). 포장 표시는 포장에 포함된 내용이 아니라 포장 자체의 사양만 설명한다. 따라서 위험도가 가장 높은 위험물을 운송하도록 인증된 포장물은 무해한 물질을 운송할 수 있다.

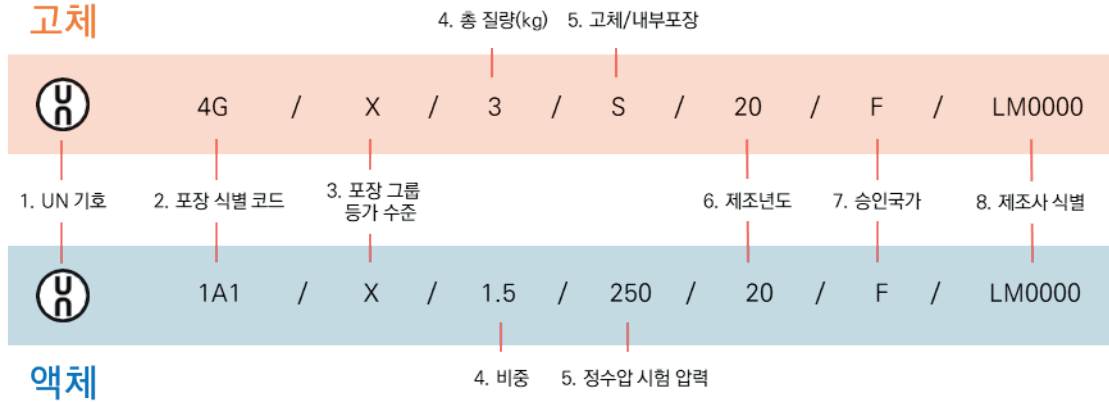
1. **UN 기호**는 포장이 UN 표준에 따라 시험 및 인증되었음을 나타낸다.
2. **포장 식별 코드**는 용기의 유형, 사용된 재료 및 포장 헤드 또는 재료 벽 유형을 지정한다.
3. **X(포장 그룹 I - 가장 높은 위험도), Y(포장 그룹 II - 중간 위험도) 또는 Z(포장 그룹 III - 가장 낮은 위험도)** 문자는 포장이 시험된 포장 그룹을 나타낸다.
4. **고형물의 총질량**은 포장물이 운반할 수 있는 최대 총질량(kg)을 나타낸다(포장 내용물 포함). **액체의 비중**은 해당 포장에 허용되는 최대 비중을 나타낸다.
5. **고체는 'S'**, 액체의 경우 표시는 컨테이너의 시험 최대 정수압(kPa)을 나타낸다.
6. **제조 연도**의 마지막 두 자리.
7. **제조국의 약어**.
8. 승인 기관 또는 제조업체를 식별하는 **코드, 명칭 및 주소 또는 기호**.

자료표 5.4

포장 화물 식별

대응

그러나 운영상 대응 중에 소포/포장/상자의 시각적 효과만으로 모든 코드가 무엇을 의미하는지 파악하는 것이 훨씬 유용하다.



[그림 50] 액체 및 고체에 대한 UN 포장 식별

고형물의 예: 총 질량 최대 중량이 3kg인 포장 그룹 I(최고 위험도)의 고형 제품을 운반할 수 있는 UN 인증 섬유판 상자. 상자는 2020년 프랑스 LM0000에서 제조.

액체의 예: 최대 비중 1.5의 포장 그룹 I(최고 위험도)의 액체를 운반할 수 있는 헤드가 분리되지 않는 UN 인증 강철 드럼. 드럼의 시험 최대 정수압은 250kPa입. 드럼은 2020년 프랑스 LM0000에서 제조.



### 목표

사고 보고 후 상황 평가는 의사 결정 시작 단계이며 인구, 환경 및/또는 편의 시설을 보호하기 위한 전략을 수립하는 데 도움이 된다. 따라서 상황 평가는 사고 조건과 직접적으로 관련된 위험을 고려해야 한다. 전략이 정의되면 전술 혹은 기술로써 현장에 배치될 수 있다. 이것은 정기적으로 업데이트가 필요한 과정이다.

### 적용

모든 개입에는 상황 평가가 필요하다. 사고의 규모와 조건에 따라 위험 평가가 다를 수 있으며 위험 평가 절차는 비상 계획에 자세히 설명되어야 한다(4장 참조).

- 소량 누출의 경우 화학 위험 교육을 받은 숙련된 인력이 상황을 평가할 수 있으며 비상 계획에 표시된 절차를 기반으로 HNS 누출을 중지 또는 완화하기 위한 최초 조치를 취할 수 있다.
- 대규모 유출, 심각한 잠재적 영향, 고위험, 복잡한 구조, 대응 작업과 같이 HNS와 관련된 보다 복잡한 상황의 경우 대응 실행 전에 상황에 대한 강력한 평가가 필요하다. 이 경우 구조 조직의 계획 부문에 따라 상황 평가가 수행된다.

### 방법 설명

상황 평가 과정은 특히 HNS와 관련된 위험을 식별하기 위해 사고 ▶5.2 사고 데이터 수집에 대한 정보를 사용한다. 준비 단계에서 수집된 비상 계획(4장 참조) 정보 덕분에 식별된 위험과 교차 연결되어 위험 및 취약성을 평가할 수 있다.

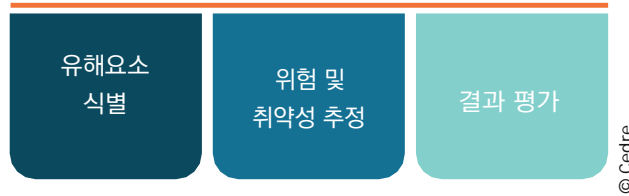


위험은 유해요소 발생 확률과 부상, 피해, 손실(사회경제적, 환경적 등)과 같은 결과의 잠재적 규모를 결합하여 추정할 수 있다.

사고 발생 시 위험 평가 접근 방식은 비상 계획을 개발하기 위한 준비 단계에서의 접근 방식과 다르다. 첫 번째 경우에는 관련 HNS 및 정확한 사고 조건에 대해 위험과 관련된 특정 정보를 수집해야 한다(▶5.2 사고 데이터 수집). 위험과 그 발생 확률은 상황의 잠재적인 악화를 예상하기 위해 평가된다. 두 번째 경우, 위험과 그 확률은 선박 교통, HNS 운송에 대한 통계, 고려 대상 지역의 과거 사고 빈도 및 유형에 기반한다.

위험 발생 확률에서 잠재적인 결과를 평가할 수 있으며 악화되는 조건에 해당한다. 예를 들어 폭발성 또는 가연성 화학품의 경우 증기운 점화 위험을 평가해야 한다.

## 상황 평가



[그림 51] 상황 평가의 3가지 주요 단계

작용 대상	유해요소 식별	위험 및 취약성 추정. 유사한 과거 사건(유사한 조건 또는 위험)을 언급할 필요가 있음	결과 평가
인간	- HNS의 물리적 위험: 위험 등급, 위험 하위 등급 - 독성 수준 - 선박 관련 위험 - 환경 조건	인구가 HNS에 노출될 확률	- 입증되었거나 잠재적으로 부상당한 사람의 수 - 인구, 대응인력에 대한 건강 영향
환경	- 환경에 대한 HNS 유해요소 고려 - 생태독성 효과 - 환경 조건	비상 계획에서 식별된 환경적으로 민감한 지역에 오염 물질이 도달할 확률	환경에 대한 입증되었거나 잠재적인 영향(가치, 구조, 기능 또는 생태계)
사회경제적 활동 및 편익시설	지역 또는 단체에 대한 위험(예: 양식업, 취수, 관광 등)	비상 계획에서 확인된 사회 경제적으로 민감한 지역에 오염 물질이 도달할 확률	손실: 입증되었거나 잠재적인 비용, 활동 손실 등

[표 17] 상황 평가의 세 가지 주요 단계에 대한 설명

가능한 한 위험, 위해/취약성 및 결과를 평가하기 위한 관련 데이터는 정량적이어야 한다. 이러한 모든 데이터는 이후에 추가 보관을 위해 날짜 및 기록을 테이블에 수집할 수 있다.

상황의 변화 가능성을 예측하려면 일부 입력 데이터가 악화되거나 점차 유리해지는 시기를 고려해야 한다. 예를 들면 다음과 같다.

- 환경 조건(날씨, 조수 등의 변화)
- 민감한 기간(예: 휴일, 정치 선거 등의 성수기 예정) 또는 위치(도서 지역, 접근이 어려운 경우 등)



### 컨테이너 관련 사고에 대한 특별 관리

수백 또는 수천 개의 컨테이너에 직면했을 때 화물 적하목록에서 정보를 검색하는 것은 상당한 시간이 소요된다. 이 작업은 IMDG Code 및 컨테이너와 관련된 정보 자료의 사용에 대해 잘 알고 있는(또는 충분한 지식이 있는) 협업을 통해 수행해야 한다.

참고: 컨테이너, 위험 등급, UN 번호 등을 식별하기 위해 전문가 조직에서 얻은 스프레드 시트를 사용한다. 문제가 있는 컨테이너의 순위를 지정하고 강조 표시하는 것이 유용하다. 상황이 발전하면 대응팀이 순위를 수정할 수 있다(예: 화재가 발생한 선박의 초기 순위는 난파선의 경우 수정됨).

### 필요 인력/장비

사고 팀에 관련된 인력은 다음을 포함해야 한다.

- 관련 분야 전문가: 해군 장교, 화학 엔지니어, 환경 엔지니어(생물학자, 생태학자 등);
- 잠재적으로 영향을 받는 민감한 영역에 대한 현지 전문가.

### 고려 사항



- 상황 평가는 사용 가능한 데이터(HNS, 선박, 비상 계획에 대한) 부족으로 인해 시간이 많이 소요될 수 있다.
- 화학 물질의 혼합물의 경우: 화학 물질의 혼합으로 인한 위험 가능성을 고려해야 하며 여러 화학 물질에 대한 복합 노출 영향을 평가하기 위해 의료 전문가와 상의해야 한다.
- 상황 평가의 신뢰성 수준은 사건에서 수집된 정보의 양 및 신뢰성과 직접적인 상관 관계가 있다.

#### ▶ 5.2 사고 데이터 수집

# 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질

## 관련 GHS 픽토그램 및 UN 규정



### 관련 사례 연구의 예:

- **Cason, 1987**, Cape Finisterre, Galicia, 스페인: 나트륨(1,400배럴) 및 기타 유해화학품(5,000가지 다른 포장 형태의 가연성/독성/부식성 제품, 1100톤 운송 및 유출). 유출 원인: 선상에서의 화재(해수와 나트륨의 반응) 및 후속 좌초.
- **Val Rosandra, 1990**, 브린디시 항구, 이탈리아: 프로필렌(산적 1,800톤, 연소 제어, 유출량: 0). 원인: 화재.
- **Alessandro Primo, 1991**, 아드리아 해의 몰페타에서 30km, 이탈리아. 아크릴로니트릴(594 배럴에서 549톤) 및 디클로로에탄(3,013톤), 침몰 사고에서 회수. 원인: 폭발으로 인한 구조적 손상.
- **Igloo Moon, 1996**, 플로리다 Key Biscayne 외곽: 부타디엔(6,589톤, 화물 회수, 유출 수량: 0). 원인: 좌초.
- **MF Ytterøyningen, 2019**, 노르웨이: 에틸렌 글리콜 누출(냉각제 구성 요소). 원인: 화재 및 후속 폭발(EMX - 에너지 관리 시스템 - 및 배터리 팩 간의 통신 장애)

### 누출 가능성이 경고 및 알람:

사고 위치에 따라 MRCC, 현장 응급 서비스 및 공공 응급 서비스에 경고해야 한다. 선박(선원)과 풍향(증기운) 및 하류(유출) 인구도 합병증 발생을 방지하기 위해 경고해야 한다.

### 적용 및 주요 위험:

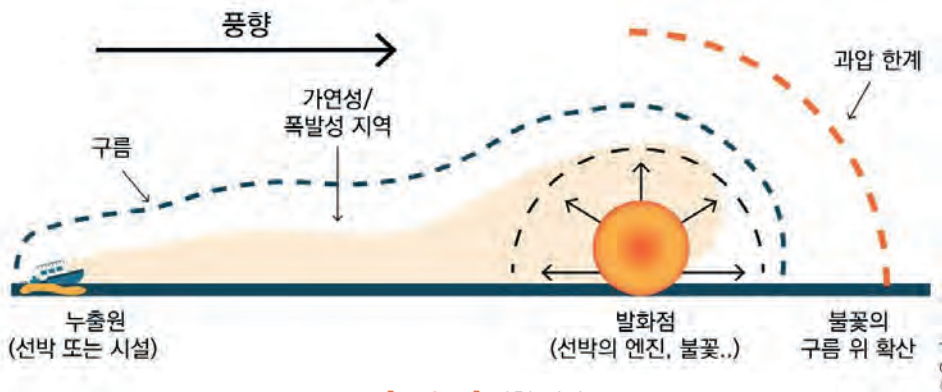
물질의 가연성 및 폭발성에 대한 자세한 내용과 설명은 유해 물질에 관한 3장을 참조한다.

적용¹	인간/대응인력에 대한 위험	환경에 대한 위험	편의 시설에 대한 위험
- Sealine(해저 파이프라인)에서 가스 누출 - 액화가스 누출 - 가스를 형성하는 반응성 화학품의 혼합 - 유막에서 증발 - 화학품의 반응 후 형성되는 증기운	- 화재 또는 폭발로 인한 직접적인 부상 - 특히 밀폐 공간에서의 무산소, 질식 - 화학품에 따른 독성 또는 부식성	- 예상되는 주요 만성 영향 없음 - 간접 영향 가능성(예: 화재 잔류물)	- 충격에 의한 창문 폭발 - 건물 파괴

〈표 18〉 가연성 및 폭발성 물질: 적용 및 주요 위험

**위험 평가**

- LEL/LFL 및 UEL/UFL 값과 시간 경과에 따른 농도 변화를 모니터링하여 가연성 또는 폭발 위험을 평가해야 한다.
  - ▶5.25 **최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기**
  - ▶5.26 **표본 채취 기술 및 프로토콜**
- 증기운 이동 예측은 전문가에게 요청해야 한다.
- 해당되는 경우(화학품의 특성 및 상황에 대해) 부식성뿐만 아니라 독성 위험도 평가해야 한다.
  - ▶5.7 **대응 고려사항: 독성 물질**
  - ▶5.8 **대응 고려사항: 부식성 물질**



[그림 52] 위험 평가

- 개입을 위해 고려해야 할 영역:
- 악화 요인을 고려(및 통제):
  - 화재 발생 시 열복사에 직접 접촉하는 탱크를 냉각하여 BLEVE의 위험, 독성 가스 생성 위험 방지.

**보호 조치(인체 건강, 환경 및 편의 시설)**

- 대피
  - 조난 선박의 선원: 헬리콥터/구조선은 바람이 부는 방향에서 접근해야 한다.
  - 인구: 대피할 특정 지역 또는 시행할 격리 조치를 결정하기 위해 모델링을 수행해야 한다.
- 보호
  - LEL/LFL을 낮추기 위한 폭발성 대기의 환기
  - 기존 소방 시스템 개시
  - 가스 또는 증기운이 제한되거나 폐쇄된 영역으로 들어가는 것을 방지해야 하며 난기류를 줄이기 위해 장애물을 제거해야 한다(가능한 경우).
  - 증기 또는 운무 흡입으로부터 대응인력 보호.

▶5.20 **개인 보호 장비**



알림: 가연성 구름은 전면 화염의 속도가 초당 수 미터를 초과할 때(HNS 특성, 대기 난류 및 장애물로 인해) 또는 제한된 공간에서 폭발할 수 있다. 대응 전반에 걸쳐 LEL/LFL을 계속 모니터링한다.

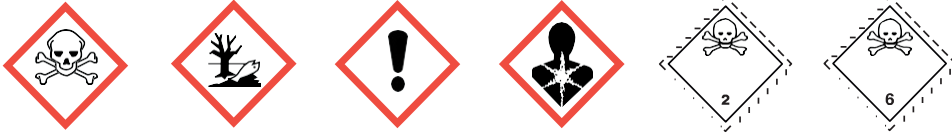
### 대응조치

- 누출 방지
  - ▶ [5.32 밀봉 및 마개](#)
- 발화원 제거.
  - 거동
    - ▶ [5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발](#)
    - ▶ [5.14 대응 고려사항: 부유](#)
  - 기술
    - ▶ [5.19 안전구역](#)
    - ▶ [5.34 수벽 사용](#)
    - ▶ [5.35 포말 사용](#)
    - ▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)

# 대응 고려사항: 독성 물질

대응

## 관련 GHS 픽토그램 및 UN 규정



### 관련 사례 연구의 예:

- *Cavtat, 1974*, 남부 이탈리아, 테트라에틸 납 및 테트라메틸 납
- *Burgenstein, 1977*, 독일 브레머하펜 항구, 시안화나트륨, 시안화칼륨;
- *Sindbad, 1979*, 북해, 염소;
- *Testbank, 1980*, 미국 루이지애나주, 브롬화수소
- *Rio Neuquen, 1984*, 미국 휴스턴 항구, 알루미늄 인화물
- *Santa Clara, 1991*, 미국 뉴저지, 삼산화비소

### 누출 가능성이 있는 경우 경고 및 알림:

사고 위치에 따라 먼스터지역통신센터(Munster Regional Communications Centre, MRCC), 현장 응급 서비스 및 공공 응급 서비스에 경보를 제공해야 한다. 선박(선원)과 바람이 부는 방향(증기운) 및 하류(유출) 인구도 합병증 발생을 방지하기 위해 경고해야 한다.

### 적용 및 주요 위험:

독성 물질에 대한 자세한 정보 및 설명은 유해 물질에 관한 **3장**을 참조한다.

적용 <sup>1</sup>	사람/대응인력에 대한 위험	환경에 대한 위험
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 드럼 또는 탱크에서 유독가스 누출</li> <li>- 유독성 화학품의 누출</li> <li>- 반응성 화학품 형성 가스의 혼합</li> <li>- 유막에서 증발</li> <li>- 화학품의 반응 후 형성되는 증기운</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물질과의 직접적인 접촉으로 인한 부상(피부/점막 접촉, 섭취, 흡입)</li> <li>- 발암성 문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 동물과 환경에 직접적인 영향</li> <li>- 만성 영향</li> <li>- 간접적인 영향 가능성(예: 소화수, 수백 용해제)</li> </ul>

<sup>1</sup> 유독 대기 유발 가능 사건

<표 19> 독성 물질: 적용 및 주요 위험

**위험 평가**

- 물질에 대한 데이터를 수집하여 대기 및 해양 독성의 위험을 평가한다.
- 인구에 대한 위험을 평가하기 위해 독성 노출 한계(3장 참조)를 고려한다.
- 유독성 구름의 거동과 움직임을 모델링한다.
- 시나리오에서 형성될 수 있는 독성 물질 또는 부산물의 영향을 받기 쉬운 환경 구획(대기, 수주...)을 평가한다.
- 독성 물질의 유입 경로(피부 접촉, 섭취, 흡입 등)를 평가한다.
- 악화 요인을 고려(및 통제):
  - 기상 조건: 바람, 조류, 온도, 비와 안개, 대기 안정성 등
  - 화학품 사이의 반응, 온도 상승으로 인한 반응, 노출 시간 등.

**보호 조치(인체 건강, 환경 및 편의 시설)**

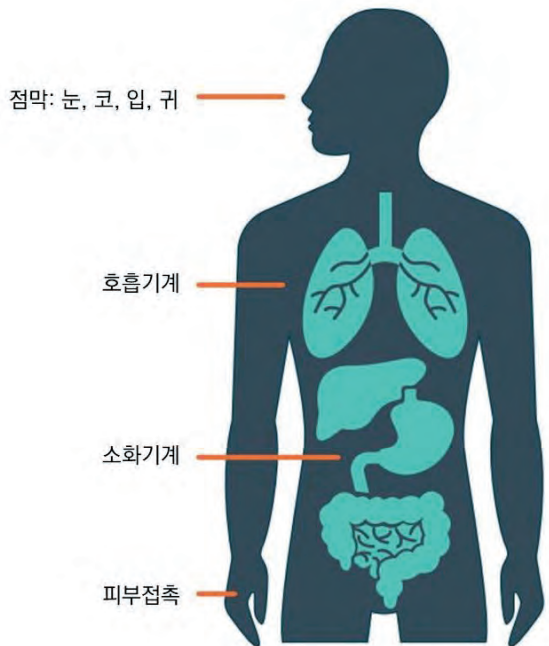
보호 조치는 관련 물질의 침투 과정과 그 특성에 맞게 조정되어야 한다. 독성은 공기 중 물질에만 관련된 것이 아니다. 인구 및 대응인력도 접촉, 섭취 등을 통해 영향을 받을 수 있다.

▶ **5.19 개인 보호 장비** (예: 독성 가스에 대한 자급식 호흡 장치(Self-Contained Breathing Apparatus, SBCA), 피부 위험에 대한 특정 보호복...)

▶ **5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기**

- 대피
  - 조난 선박의 선원: 헬리콥터/구조선은 유독성 구름의 경우 바람 방향에서 접근해야 한다.
  - 인구: 모델링을 사용하여 대피할 특정 지역 또는 시행할 대피 조치(독성 구름의 경우)를 결정해야 한다.
- 보호
  - 해양 독성 물질의 경우 영향을 받기 쉬운 자원(예: 어업, 취수 등)과 필요한 경우 보호 조치를 평가해야 한다.

▶ **5.40 해안 HNS 대응**



[그림 53] 인체 건강에 대한 독성



- 사고 대응으로 인한 부산물로 발생하는 추가 오염은 이러한 물질(수벽 기법의 잔류 물, 소화 물...)을 포함 및 회수하여 방지해야 한다.

### 대응조치

- 누출의 원인은 가능한 경우 격리되어야 한다(탱크 또는 드럼 보관).
- 보호 조치 기준(Protective Action Criteria, PAC, 3장의 전용 부분 참조)을 사용하여 개입하고 적절한 개인보호장구를 선택해야 한다.
- 물질에 따라:
  - 거동:
    - ▶ [5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발](#)
    - ▶ [5.14 대응 고려사항: 부유](#)
    - ▶ [5.15 대응 고려사항: 용해](#)
    - ▶ [5.16 대응 고려사항: 침강](#)
  - 기술:
    - ▶ [5.34 수벽 사용](#)
    - ▶ [5.35 포말 사용](#)
    - ▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)

# 대응 고려사항: 부식성 물질

대응

## 관련 유해 픽토그램



### 관련 사례 연구의 예:

- **Unknown lost packages, 1975**, 스웨덴 서부 해안. 스웨덴 예테보리에서 북쪽으로 약 100km. 프로피온산(바다에서 약 30개의 드럼 손실). 원인: 갑판 화물 분실로 유추.
- **Puerto Rican, 1984**, 미국 캘리포니아 샌프란시스코 베이의 금문교에서 서쪽으로 8마일. 가성 소다 용액, 50%(유출량 400~500 m<sup>3</sup>). 유출 원인: 폭발(가성 소다와 에폭시 코팅 반응).
- **Julie A, 1989**, 덴마크 오르후스 항구. 염산(유출량: 1~5톤의 HCl 31%; 수송량: 300톤). 유출 원인: 탱크 내부 코팅의 구조적 손상(염산과 판철 반응, 수소 가스 형성).
- **Kenos Athena, 2012**, 중국 광둥성 남부 Zheland Island에 인접한 바다. 황산(7,000톤 및 140톤의 잔류 연료유를 적재한 선박, 침몰한 선박에서 화학 물질 및 벙커유 제거). 원인: 난파선, 약 한 달 후 침몰.

### 누출 가능성이 있는 경우 경고 및 알림:

사고 위치에 따라 먼스터지역통신센터(Munster Regional Communications Centre, MRCC), 현장 응급 서비스 및 공공 응급 서비스에 경보를 제공해야 한다. 선박(선원)과 하류(부식성 가스) 및 하류(유출) 인구도 합병증 발생을 방지하기 위해 경고해야 한다.

### 적용 및 주요 위험:

부식성 물질에 대한 자세한 내용 및 설명은 유해 물질에 관한 **3장**을 참조.

적용 <sup>1</sup>	인간/대응인력에 대한 위험	환경에 대한 위험	편의 시설에 대한 위험
- 드럼 또는 탱크에서 부식성 액체 또는 가스 누출 - 부식성 가스 또는 화합물을 형성하는 반응성 화학품의 혼합 - 유막에서 증발	- 물질과의 직접적인 접촉으로 인한 부상(피부 괴사, 흡입, 섭취)	- 동물과 환경에 직접적인 영향 - 급성 및 만성 영향 - 간접적인 영향 가능성(예: 소화수, 수벽에 용해)	- 오염 유출로 이어지는 화학 부식 드럼 또는 탱크 - 금속 부식(선박의 갑판, 크레인 등) (해상/편의시설의 정당한 이용에 대한 제한/방해)

<sup>1</sup> 유독 대기 유발 가능 사건

〈표 20〉 부식성 물질: 적용 및 주요 위험

### 위험 평가

부식성 물질의 일반적인 고려를 위해 대응인력은 다음에 초점을 맞춰야 한다.

- 물질에 대한 데이터를 수집하여 대기 및 해양 독성의 위험을 평가한다.
- 물리적 상태와 거동을 기반으로 부식성 물질에 대한 노출 위험을 평가하고 해당되는 경우 pH를 모니터링한다.
- 관련 위험이 있는 경우 평가하고 대응 우선 순위를 평가한다. 부식성 물질은 보통 가연성 및/또는 폭발성 및/또는 독성과 같은 다른 위험과 관련이 있다.

▶ [5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질](#)

▶ [5.7 대응 고려사항: 독성 물질](#)

▶ [5.9 대응 고려사항: 반응성 물질](#)

- 기상 데이터 및 탐지기 측정 분석;
- 해당되는 경우 부식성 가스/증기/연기 구름의 거동과 움직임을 모델링한다. 수중에 유출된 경우 부식성 부유/용해/침강물질 모델링을 고려한다.
- 예방적 폐쇄를 포함하여 민감한 지역(환경, 생태, 사회, 산업 현장) 및 시설을 보호하기 위한 조치 평가, 시나리오상 모든 제품에 의해 제기되는 위험 결정 및 관련 위험 수준(화재로 인한 연기, 환경과의 반응 등) 평가

▶ [5.2 사고 데이터 수집](#)

- 신속한 대응을 위해 시설 및 장비의 위치를 평가한다.

### 개입을 위한 고려 영역:

- 해수 및/또는 대기의 위험한 농도의 부식성 물질에 의해 영향을 받는 지역의 범위를 평가/모델링하여 바다와 편의 시설의 합법적인 사용을 제한한다.

▶ [5.19 안전구역](#)

**악화 요인을 고려(및 통제):**

- 산과 염기의 반응, 온도 상승으로 인한 반응, 노출 시간
- 특정 산이나 염기의 해수 유출 시 발열 반응이 일어날 수 있다.
- 특히 선박(제한된 공간)에 대한 현장 대응의 경우 최대한의 예방 조치를 취해야 한다.
- 점도 값이 높으면 바다에서 희석 및 분산 과정이 느려진다.

**보호 조치(인간 건강, 환경 및 편의 시설)**

부식성 물질이 많은 화학 물질 그룹을 모으기 때문에 보호 조치는 위험 평가의 결론을 준수해야 한다.

- 부식성 액체(미네랄 산, 알칼리 용액 및 일부 산화제): 눈과 피부는 물질에 쉽게 노출되어 특히 취약하며 조직에 미치는 영향이 매우 빠르다.
- 부식성 가스 및 증기: 효과는 일반적으로 체액에 있는 물질의 용해도와 관련이 있다. 암모니아나 염화수소와 같은 고용해성 가스는 코와 목에 심한 자극을 유발하는 반면 용해도가 낮은 증기(포스겐, 이산화황 등)는 폐 깊숙이 침투한다.
- 부식성 고체: 직접적인 접촉은 피부에 화상(페놀, 수산화나트륨...)을 유발할 수 있으며 먼지는 호흡기에 영향을 미친다. 대다수의 부식성 고체는 물에 용해될 때 높은 발열 반응을 일으킬 수 있다.
- 물 반응성 제품의 경우, 물질이 수면에 도달하는 것을 방지하고 유출을 억제해야 한다(독, 모래 제방 건설 등).

▶5.20 개인 보호 장비

▶5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

**선내:**

- 피부와의 직접적인 접촉을 피하고 증기나 운무를 흡입하지 않도록 주의해야 한다. 밀폐된 공간에 들어가기 전에 대기를 확인한다. 자급식 호흡 장치 없이 작동하지 말 것.

▶5.20 개인 보호 장비

▶5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

- 바람이 부는 방향으로 즉시 대피해야 한다(가스/증발기/연기).
- 보호복의 오염 제거에 주의를 기울여야 한다. 물로 세척 후 제거한다.

**인구 및 편의시설:**

- 대피 또는 피신 조치(부식성 구름 또는 해양 환경 오염의 경우)를 취할 특정 영역을 결정하기 위해 모델링을 수행해야 한다.
- 대피는 바람의 영향을 받는 지역(위험한 증기, 증기운, 연기의 경우)에서 실행되어야 한다.
- 구역 설정: 유출의 하류 지역(오염된 유출수, 액체 및 고체 유출의 대상), 바다, 편의 시설 사용에 대한 제한 사항을 평가한다.

**대응조치****선내:**

- 가능하면 반응성 잠재력이 평가될 때까지 다른 화학품 또는 유기 제품을 누출 물질로부터 격리해야 한다.
- 물질이 물에 반응하지 않는 경우 농도를 줄이기 위해 희석 과정을 통해 산과 염기를 중화할 수 있다(가능한 경우 간접 물 분사로 선외 세척). pH는 희석된 혼합물을 환경에 배출하기 전에 측정해야 한다.
  - ▶ [5.34 수벽 사용](#)
  - ▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)
- 물 반응성 물질은 호환 가능한 흡착재 또는 불활성 물질로 처리될 수 있다.
  - ▶ [5.37 흡착재 사용](#)
- 선내 누출의 경우 관련 물질 및 시나리오에 따라 적절한 억제 및 회수 방법과 기술을 사용해야 한다(Emergency Schedules(EmS), IMO, 2018).

**환경 내:**

부식성 위험에 따른 특정 예방 조치를 사용하여 유출된(또는 누출된) 물질의 특성, 거동 및 이동 경로를 참조한다.

**거동:**

- ▶ [5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발](#)
- ▶ [5.14 대응 고려사항: 부유](#)
- ▶ [5.15 대응 고려사항: 용해](#)
- ▶ [5.16 대응 고려사항: 침강](#)
- ▶ [5.41 포장 화물 대응](#)

**기술:****5.6.3장 참조**

# 대응 고려사항: 반응성 물질

## 관련 유해 픽토그램(직접 및 간접 유해요소)

가연성/폭발성:

GHS



GHS



산화/과산화:

GHS



UN 규정



분류되지 않은 물리적 위험(물질안전보건자료 참조)



## 관련 연구 사례:

반응성	주요 위험 및 유해요소 - 관련 사례 연구	물질의 예
산소(공기)	<p>점화, 폭발.</p> <p><i>Ocean Liberty, 1947</i>, 프랑스 브레스트 항구, 질산암모늄(3,160톤) + 기름(300톤). <b>유출 원인:</b> 화재 및 폭발.</p>	<p>일부 알칼리 금속(예: 칼륨, 나트륨, 칼슘), 일부 금속 수소화물(예: 나트륨 수소화물, 칼슘 수소화물), 인 포함, 일부 산화제(예: 아세트알데히드, 디에틸에테르, 이소프로필에테르), 발화성 액체(트리부틸포스핀, 트리메틸 알루미늄)</p>
물(가수분해, 수화, 산화, 공기 중 수분과의 반응 가능성도 고려)	<p>폭발 또는 위험한 제품 형성(부식성, 독성 또는 가연성).</p> <p><i>Adamandas, 2003</i>, 레위니옹 섬; 광석볼 탈산철(21,000톤) 및 디젤(470톤). 수소 가스 생성 위험. <b>유출 원인:</b> 구조적 손상</p>	<p>일부 알칼리 금속, 인화나트륨 또는 칼륨, 알칼리 금속 시안화물 염, 염화알루미늄, 탄화칼슘, 시안화물 염</p>
중합	<p>단량체의 자체 반응으로 인한 높은 발열 반응(일부 경우 격렬한 폭발 포함);</p> <p><i>Stolt Groenland, 2019</i>, 한국 울산. 스티렌 단량체(5,200톤). <b>유출 원인:</b> 폭발, 과도한 압력으로 인한 화재 및 스티렌 발화.</p>	<p>아크릴로니트릴, 시클로펜타디엔, 시안화수소산, 메타크릴산, 메틸 아크릴레이트, 비닐 아세테이트</p>
기타 물질	<p>화재, 폭발 또는 독성 증기의 양 및 주변 조건에 따른 방출);</p> <p><i>Burgenstein, 1977</i>, 독일 브레머하펜 항구. 과산화나트륨 및 시안화물을 포함한 기타 유해 제품. <b>유출 원인:</b> 과산화나트륨 드럼의 구조적 손상.</p>	<p>일부 피해야 할 그룹: 가연성 및 독성 제품, 가연성 제품 및 산화제, 산 및 염기, 산화제 및 환원제</p> <p>화학 반응성 자료(Chemical Reactivity Worksheet, CRW) - NOAA 참조</p>

자기 반응성 물질	빛에 의한 기계적 충격	폭발적인 반응 <b>M/V Sinbad, 1979</b> , 네덜란드 이우무이덴에서 서쪽으로 20해리, 암스테르담 근해. 염소(51개의 강철 실린더/51톤). 수심 30m에서 갑판 화물 유실. 유출 원인: 구조적 손상(악천후) 특정 압력 및 온도 조건에서 폭발할 수 있음.	수소와 염소 아세틸라이드, 산화물, 유기 질산염 및 많은 과산화물 아세틸렌
	본질적으로 불안정		

〈표 21〉 반응성 물질 사고 관련 사례 연구

**누출 가능성이 있는 경우 경고 및 알림:**

사고 위치에 따라 MRCC(Munster Regional Communications Center), 현장 응급 서비스 및 공공 응급 서비스에 경보를 발령해야 한다. 합병증 발생을 방지하기 위해 선박(선원)과 풍향(증기운) 및 하류(유출) 인구도 경고해야 한다.

**적용 및 주요 위험:**

반응성 물질은 화학적 성질에 크게 의존하는 광범위한 잠재적 결과를 포함한다(위 표 참조). 반응성 물질에 대한 자세한 내용과 설명은 **3.2.5 유해: 반응성**을 참조한다.

**추가 참고:**

- 자기반응성 물질, 비수반응성이지만 가연성 물질, 중합 물질과 관련된 화재/유출의 경우:
  - ▶ **5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질**
- 다른 물질과 반응하여 독성 또는 부식성 제품을 형성하는 화학 물질의 화재/유출 또는 기타 유출의 경우:
  - ▶ **5.7 대응 고려사항: 독성 물질**
  - ▶ **5.8 대응 고려사항: 부식성 물질**

적용 <sup>1</sup>	인간/대응인력에 대한 위험	환경에 대한 위험	편의 시설에 대한 위험
발화/폭발을 일으키는 반응성 물질의 누출	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 화재, 폭발 또는 고발열 반응으로 인한 직접적인 부상(폭발)</li> <li>- 산화 물질은 가연성 물질을 점화하거나 물질을 파괴할 수 있음(예: 대응 장비)</li> <li>- 특히 밀폐된 공간에서의 무산소, 질식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 예상되는 주요 만성 영향 없음</li> <li>- 간접 영향 가능성(예: 화재 잔류물)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선박, 건물 및 기타 해양 기반 시설에 대한 직간접적 피해(또는 파괴)(일부 시나리오에서는 사고로부터 상당한 거리가 있는 경우에도).</li> </ul>
부식성 제품을 형성하는 반응성 물질의 누출	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물질과의 직접적인 접촉으로 인한 부상(피부 괴사, 흡입, 섭취)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 동물과 환경에 직접적인 영향</li> <li>- 만성 영향</li> <li>- 간접적인 영향이 있을 수 있음(예: 소화수, 수벽 용해제)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 오염 유출로 이어지는 화학 부식 드럼 또는 탱크</li> <li>- 금속 부식(선박의 갑판, 크레인 등)해상/편의시설의 정당한 이용에 대한 제한/방해)</li> </ul>
독성 제품을 형성하는 반응성 물질의 누출	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 물질과의 직접적인 접촉으로 인한 부상(피부/점막 접촉, 섭취, 흡입)</li> <li>- 발암성 문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 동물과 환경에 직접적인 영향</li> <li>- 급성 및 만성 영향</li> <li>- 간접적인 영향이 있을 수 있음(예: 소화수, 수벽 용해제)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 독성 잔류 제품에 의한 해양 환경 오염은 바다의 합법적인 사용에 대한 폐쇄/제한/방해로 이어질 수 있다.</li> </ul>

<sup>1</sup> 부식성 유출 또는 대기로 이어질 수 있는 사건

〈표 22〉 반응성 물질: 적용 및 주요 위험

### 위험 평가

부식성 물질의 일반적인 고려를 위해 대응인력은 다음에 초점을 맞춰야 한다.

- 물질에 대한 데이터를 수집하여 대기 및 해양 독성의 위험을 평가한다.
- 물리적 상태와 거동을 기반으로 부식성 물질에 대한 노출 위험을 평가하고 해당되는 경우 pH를 모니터링한다.
- 관련 위험이 있는 경우 평가하고 대응 우선 순위를 평가한다. 부식성 물질은 보통 가연성 및/또는 폭발성 및/또는 독성과 같은 다른 위험과 관련이 있다.

▶5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질

▶5.7 대응 고려사항: 독성 물질

▶5.9 대응 고려사항: 반응성 물질

- 기상 데이터 및 탐지기 측정 분석  
해당되는 경우 부식성 가스/증기/화염운의 거동과 움직임을 모델링한다. 해당되는 경우 수주에 유출된 경우 부식성 부유/용해/침강 모델링을 고려한다.

서론  
IMO 협약, 의정서 및 규칙  
HNS 거동 및 유해요소  
대비  
대응  
사례연구  
자료표



- 예방적 폐쇄를 포함하여 민감한 지역(환경, 생태, 사회, 산업 현장) 및 시설을 보호하기 위한 조치 평가, 시나리오에서 형성될 수 있는 모든 제품에 의해 제기되는 위험 결정 및 관련 위험 수준(화재로 인한 연기, 환경과의 반응 등) 평가

#### ▶ 5.2 사고 데이터 수집

- 신속한 대응을 위해 시설 및 장비의 위치를 평가한다.

#### 개입을 위한 고려 영역:

- 해수 및/또는 대기의 위험한 농도의 부식성 물질에 의해 영향을 받는 지역의 범위를 평가/모델링하여 바다와 편의 시설의 합법적인 사용을 제한한다.

#### ▶ 5.19 안전구역

#### 악화 요인을 고려(및 통제):

- 산과 연기 사이의 반응, 온도 상승으로 인한 반응, 노출 시간
- 특정 산 또는 연기의 해수 유출 시 가능한 높은 발열 반응
- 특히 선박(제한된 공간)에 대한 현장 대응의 경우 최대한의 예방 조치를 취해야 한다.
- 높은 점도 값은 바다에서 희석 및 분산 과정 감속.

#### 보호 조치(인간 건강, 환경 및 편의 시설)

부식성 물질이 많은 화학 물질 그룹을 모으기 때문에 보호 조치는 위험 평가의 결론을 준수해야 한다.

- 부식성 액체(미네랄산, 알칼리 용액 및 일부 산화제): 눈과 피부는 물질에 쉽게 노출되어 특히 취약하고 조직에 미치는 영향은 일반적으로 매우 빠르다.
- 부식성 가스 및 증기: 효과는 일반적으로 체액에 있는 물질의 용해도와 관련이 있다. 암모니아나 염화수소와 같은 고용해성 가스는 심한 코와 목의 자극을 유발하는 반면 용해도가 낮은 증기(포스겐, 이산화황 등)는 폐 깊숙이 침투한다.
- 부식성 고체: 직접적인 접촉은 피부에 화상(폐놀, 수산화나트륨...)을 유발할 수 있으며 먼지는 호흡기에 영향을 미친다. 대다수의 부식성 고체는 물에 용해될 때 높은 발열 반응을 일으킬 수 있다.
- 물 반응성 제품의 경우, 물질이 수면에 도달하는 것을 방지하고 유출을 억제해야 한다(둑, 모래 제방 건설 등).

#### ▶ 5.19 개인 보호 장비

#### ▶ 5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

**선내:**

- 피부와의 직접적인 접촉을 피하고 증기나 미스트를 흡입하지 않도록 주의해야 한다. 밀폐된 공간에 들어가기 전에 대기를 확인한다. 자급식 호흡 장치 없이 작동하지 말 것.

▶ **5.20 개인 보호 장비**▶ **5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기**

- 바람이 부는 방향으로 즉시 대피해야 한다(가스/증발기/연기).
- 보호복의 오염 제거에 주의를 기울여야 한다. 물로 세척 후 제거한다..

**인구 및 편의시설:**

- 대피 또는 피신 조치(부식성 구름 또는 해양 환경 오염의 경우) 시행을 결정할 특정 지역을 결정하기 위해 모델링을 수행해야 한다.
- 대피는 바람의 영향을 받는 지역(위험한 증기, 증기운, 연기의 경우)에서 실행되어야 한다.
- 구역 설정: 유출의 하류 지역(오염된 유출수, 액체 및 고체 유출의 대상) 및 바다 및 편의 시설 사용에 대한 제한 사항을 평가한다.

**대응조치****선내:**

- 가능하면 반응성 잠재력이 평가될 때까지 다른 화학품 또는 유기 제품을 누출 물질로부터 격리해야 한다.
- 물질이 물에 반응하지 않는 경우 농도를 줄이기 위해 희석 과정을 통해 산과 염기를 중화할 수 있다(가능한 경우 간접 물 분사로 선외 세척). pH는 희석된 혼합물을 환경에 배출하기 전에 측정해야 한다.

▶ **5.34 수벽 사용**▶ **5.36 자연 감쇠 및 모니터링**

- 물 반응성 물질은 호환 가능한 흡착재 또는 불활성 물질로 처리될 수 있다.

▶ **5.37 흡착재 사용**

- 선내 누출의 경우 관련된 물질 및 시나리오에 따라 적절한 억제 및 회수 방법과 기술을 사용해야 한다(Emergency Schedules(EmS), IMO, 2018).

**환경 내:**

부식성 위험에 대한 특정 예방 조치를 사용하여 유출된(또는 누출된) 물질의 특성, 거동 및 이동 경로를 참조한다.

거동:

- ▶ [5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발](#)
- ▶ [5.14 대응 고려사항: 부유](#)
- ▶ [5.15 대응 고려사항: 용해](#)
- ▶ [5.16 대응 고려사항: 침강](#)
- ▶ [5.41 포장 화물 대응](#)

기술:

[5.6.3장 참조](#)



2006년 3월 Hyundai Fortune 해상 사고. 예멘에서 남쪽으로 약 100km 떨어진 아덴만. 선상에서의 폭발 및 화재로 인해 60~90개의 컨테이너가 해상 손실.

관련 GHS 픽토그램 및 UN 규정

유엔 번호: 1972  
SEBC: G



목표

LNG, 그 속성 및 운송에 대한 특성을 전달하고 유출 시 잠재적인 위험에 대한 정보를 제공한다.

LNG 관련 일반 기능

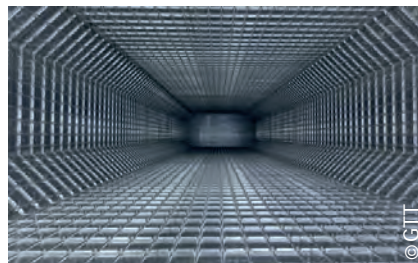
LNG 또는 액화 천연 가스는 NOx, SOx 및 입자상 물질을 포함하여 훨씬 적은 탄소를 배출하고 오염 물질 배출을 줄이는 이점이 있어 에너지원으로 점점 더 많이 사용되고 있다. 해운업계에서 LNG는 화물로 운송되거나 병커링 연료로 사용될 수 있다. 후자의 경우, LNG는 단독 또는 이중 연료 엔진과 함께 사용할 수 있다.

LNG 유형	탱크 용량	탱크 유형
화물	탱크당 10,000 - 45,000 m <sup>3</sup> Q-max 선박의 최대 화물 266,000m <sup>3</sup>	
병커	20,000 m <sup>3</sup>	단열 탱크, 0.7bar 미만의 압력
	500 - 10,000 m <sup>3</sup>	유형-C 탱크, 4bar 미만의 압력 온도 범위: -162°C ~ -121°C
	40 m <sup>3</sup>	ISO 탱크(IMDG 준수), 10bar 미만의 압력

<표 23> LNG 유형



화물



LNG 해상운송용 저장탱크



2006년 이스라엘 폭격 후 지에 발전소



ISO 탱크(IMDG 준수)

### 물리화학적 성질

LNG의 주요 물리화학적 특성은 다음 표에 요약되어 있다.

끓는점	-162°C	LFL-UFL	5-15%
인화점	-188°C	LNG 밀도	0.4
자연발화온도	595°C	메탄 밀도(20°C)	0.6

〈표 24〉 LNG의 물리화학적 성질

### 위험 및 거동

LNG는 대부분 약 90%를 차지하는 메탄(CH<sub>4</sub>, CAS 번호 74-82-8)과 총 농도가 10% 미만인 몇 가지 다른 알칸(예: 에탄, 프로판 및 부탄)으로 구성된다. LNG는 화물이나 병커에서 **냄새가 없다**. 특징적인 냄새에 의한 방출을 감지하기 위한 첨가제는 존재하지 않는다. LNG는 -162°C에서 액화될 때 **무색 액체**이다. 이 온도에서 **극저온 효과**를 기대할 수 있다. LNG와 접촉하는 물은 얼음을 형성하고 안전 장치를 막을 수 있다.

1m<sup>3</sup>의 LNG 방출은 대기 중으로 증발된 후 600m<sup>3</sup>를 나타낸다. **무산소** 또는 **질식** 위험은 특히 제한된 지역에서 높을 수 있다. 지표수로 방출되면 빠르게 증발하고 공기와 혼합될 때 가연성 구름을 생성하는 액면을 형성할 수 있으며 공기 중의 수분 습기가 응결되어 흰 구름이 형성된다. 증기가 점화되면 주변 환경이 과압 및 폭발 손상을 일으킬 때 제트(압력 가스 방출) 또는 **액면 화재, 플래시 화재 또는 증기운 폭발**을 일으킬 수 있다. 가압 탱크의 경우 화재 시 **BLEVE**가 발생할 수도 있다. **3장** 참조.

메탄은 선박에서 자주 사용되거나 운송되는 제품과 격렬한 반응성을 나타내지 않는다. 그러나 액체 산소와 격렬하게 반응한다.

사람, 환경 및 편의 시설에 미칠 수 있는 영향은 다음 표에 요약되어 있다.

사고 유형	영향:		
	사람	사고 유형	사람
극저온 액체 방출	냉화상 또는 급속 상전이의 경우 분출로 인한 심각한 부상	해수 얼음 형성 가능. 액화천연가스(LNG)는 물에 녹지 않고 빠르게 대기 중으로 증발하기 때문에 화재가 발생하지 않아도 수중 생물에 피해 없음.	철 구조물의 취성 파괴 손상
대기 중으로 메탄 증발	무산소/질식	물에 대한 용해도가 매우 낮음	-
LNG 유막 점화	부상 또는 사망	큰 피해는 없을 것으로 예상	화재, 온도

증기운 연소	부상 또는 사망	큰 피해는 없을 것으로 예상	화재, 온도
제한된 공간에서 가스 폭발(예: 엔진룸)	부상 또는 사망	물에 대한 용해도가 매우 낮음	- 유리 폭발 - 건물 파괴
압력을 받고 있는 LNG를 포함하는 탱크 화재에 따른 BLEVE	부상 또는 사망	폭발로 인한 물리적 손상 가능성	- 유리 폭발 - 건물 파괴

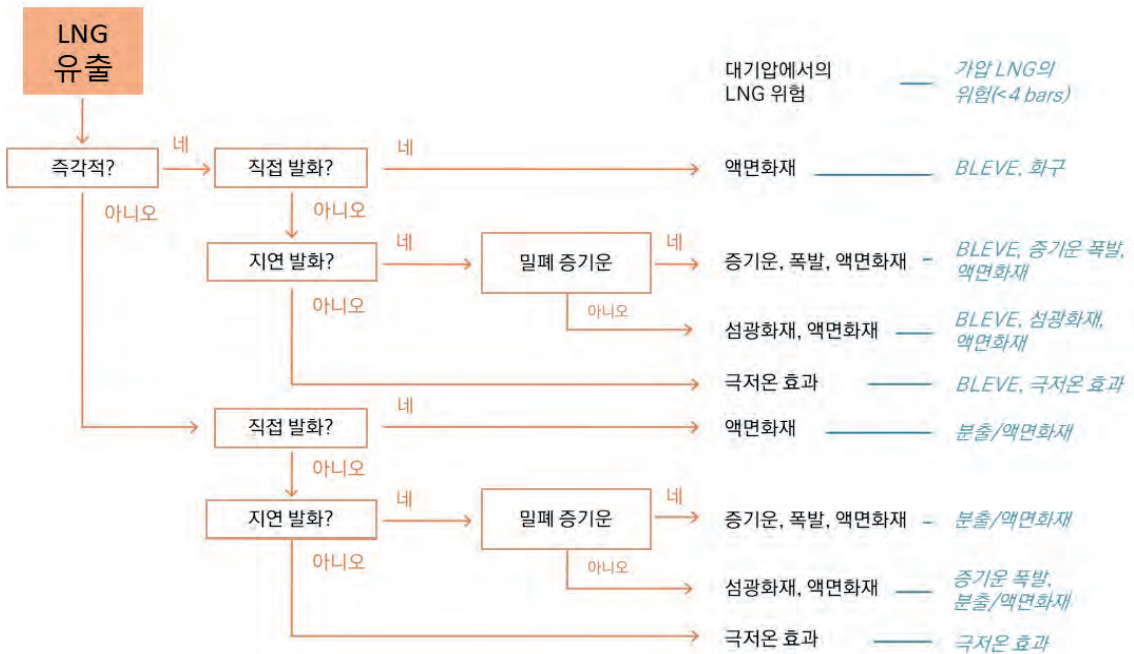
〈표 25〉 사고 원인에 따라 LNG 관련 사고가 사람, 환경 및 편의 시설에 미치는 영향

상황 평가

기체 제품과 마찬가지로 LNG는 빠르게 움직이는 역학을 가지고 있다. 인구와 이해 관계자를 효과적으로 보호하고 현장에서 대응하기 위해 가능한 한 모든 도구를 사용하여 상황을 적절하게 평가하는 것이 중요하다.

- ▶ 5.5 상황 평가
- ▶ 5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질
- ▶ 5.11 HNS 유출 모델링
- ▶ 5.22 원격 탐지 기술
- ▶ 5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

상황, 특히 누출 유형 및 LNG가 가압 또는 단독 냉장 여부에 따라 다음 의사결정트리가 위험 평가를 지원할 수 있다.



[그림 54] LNG 방출에 관한 의사결정트리

## LNG 관련 운영 기능

### 대응

#### 보호 조치(인체 건강, 환경 및 편의 시설):

- 구역 설정(▶5.19 안전구역)을 설정하고 가연성 위험을 평가하기 위해 시간이 지남에 따라 모니터링을 수행해야 한다. 조난 선박에서 선원을 대피시키는 경우 헬리콥터/구조선은 바람이 부는 방향에서 접근해야 한다.
  - ▶5.20 개인 보호 장비
  - ▶5.11 HNS 감지 및 분석 방법
- 가연성 발화원을 제거해야 한다. 대응인력이 제한된 공간에 들어갈 계획을 하기 전에 LEL 미만으로 농도를 낮추기 위해 환기를 수행할 수 있다.

#### LNG 누출 후 대응:

- 모든 발화원을 제거해야 한다.
- 누구도 유출된 LNG를 밟거나 만지면 안 된다.
- LNG가 누출될 가능성이 있는 경우 극저온 효과로 인한 강철 구조물의 취성 파괴를 방지하기 위해 선박의 선체에 물을 분사할 수 있다.
- 급속 상전이 또는 RPT(분무 또는 유출 없음)를 피하기 위해 물을 LNG에 직접 분사해서는 안 된다.
- 특히 LEL 미만의 농도를 줄이기 위해 수벽을 사용해야 한다.
  - ▶5.34 수벽 사용
- 누출을 막을 수 없는 경우 물질은 극저온 액체가 아닌 기체 상태로 우선적으로 방출되어야 한다.
- 물은 LNG와 접촉 시 얼음이 형성될 수 있어 누출을 일시적으로 차단할 수 있는 이점이 있다.

#### 화재 시 대응:

- 연소 가스의 누출은 누출 원인을 막을 수 없는 한 절대 소화해서는 안 된다.
- 특히 방사선 영향을 줄이기 위해 수벽을 사용해야 한다.
- 화재는 최대 거리에서 또는 물대포를 사용하여 진압해야 한다.
- 경미한 화재(예: 병커): 건조 화학 분말 또는 CO<sub>2</sub>;
- 주요 화재: 물 분무 또는 운무 형태
- 가능하면 가연성 제품은 불이 붙은 LNG에서 멀리 옮겨야 한다.

# HNS 유출 모델링

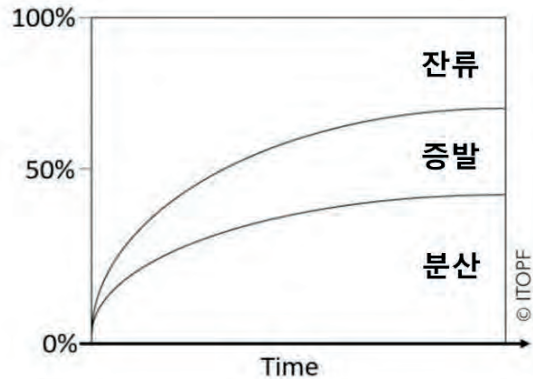
컴퓨터 기반 모델은 HNS 유출 시 매우 유용한 도구가 될 수 있다. 일반적으로 이러한 모델은 상황에서 일어날 수 있는 일(예측) 또는 일어난 일(후보/백캐스트)을 시뮬레이션하도록 설계된 컴퓨터 프로그램이다. 거의 모든 시나리오를 시뮬레이션하도록 만들 수 있지만 처음부터 모델을 만들려면 전문 지식과 모델이 작동하는지 확인하기 위한 많은 테스트가 필요하다. 많은 조직과 연구 기관은 HNS 유출의 다양한 측면을 시뮬레이션하는 모델을 개발하였다. 특정 모델 기능은 다음과 같다.

## 오염물질의 이동 경로 예측

이동 경로 모델은 오염 물질이 환경으로 방출될 때 물리적 및 화학적으로 어떻게 변하는지 예측한다. 이러한 모델은 예상되는 오염물질의 특성과 거동을 이해하고 효율적인 대응을 준비하는 데 도움이 된다(그림 55).

이동 경로 모델은 독립적일 수 있지만 일반적으로 물리적 및 화학적 변화가 오염 물질의 행동과 그 이후의 궤적을 변경할 수 있기 때문에 일반적으로 궤적 모델 내에서 구축된다.

이동 경로 모델은 온도와 풍속과 같은 환경 데이터와 함께 물리적 및 화학적 특성과 같은 오염 물질에 대한 자세한 사양을 요구한다.



[그림 55] 이동 경로 모델 결과

## 수중 오염물질 궤적 예측

궤적 모델은 물질의 물리적 특성뿐만 아니라 바람, 조류 및 파도 정보와 같은 환경 데이터를 사용하여 수중 오염 물질의 이동을 시뮬레이션할 수 있다. 시뮬레이션은 미래지향적 혹은 역추적일 수 있다. 전방 모델링은 오염 물질이 해안선을 따라 좌초할 수 있는 위치를 예측하거나 특히 민감한 지역으로 향하는 경우 경고할 수 있다. 마찬가지로, 모델을 사용하여 상황을 역추적함으로써 오염 물질이 어디에서 왔는지 알아낼 수 있다. 이러한 모델은 2D(수면에서만 이동) 또는 3D(수주 전체 내에서 이동)일 수 있다(그림 56).



[그림 56] 해수면 오염 궤적

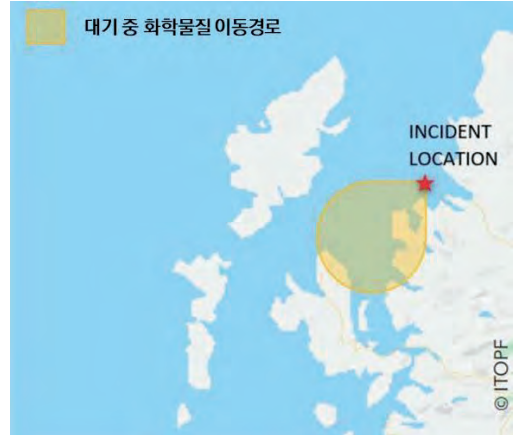


### 대기 중 오염물질 궤적 예측

HNS 사고의 결과 유해 가스운의 궤적은 대기 분산 모델을 사용하여 모델링할 수 있다. 일반적으로 이 모델은 화학품이 대기 중으로 얼마나 빨리 방출되고 바람이 불어오는 방향으로 이동하는지 추정할 수 있다(그림 57).

오염 물질의 물리적 및 화학적 특성과 함께 모델에는 바람 및 온도와 관련된 환경 데이터가 필요하다.

그런 다음 모델 결과는 인명에 심각한 위협이 될 수 있는 위치를 나타내는 데 사용할 수 있다.

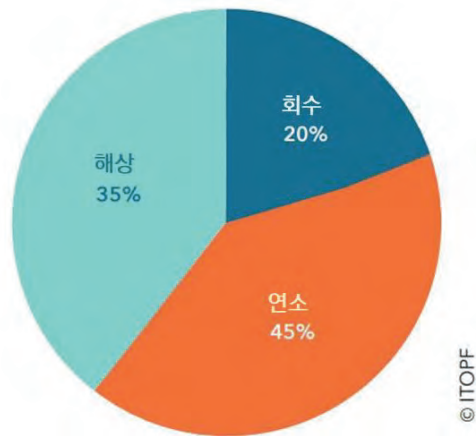


[그림 57] 대기 오염 궤적

### 대응 방법 분석

모델을 사용하여 다양한 대응 방법을 분석할 수도 있다. 리소스를 관리하는 데 도움이 되는 지침으로만 사용되며 리소스가 제한된 대규모 사고의 경우에 특히 유용하다(그림 58).

이동 경로 모델은 일반적으로 오염 물질이 시간이 지남에 따라 물리적 및 화학적으로 변경되어 가능한 회수 합계가 다를 수 있으므로 대응 모델과 함께 사용된다. 그러나 궤적 모델과 결합할 수도 있으므로 사건이 어떻게 발전하고 관리될 것인지에 대한 전반적인 예측이 가능하다.



[그림 58] 대응 모델 결과

### 모델 제한 사항

모델이 작동하려면 사고 시간 및 위치, 오염 물질 속성, 대기 및 수온, 풍속 및 방향과 같은 사고, 오염 물질 및 환경 조건에 대한 정보가 필요하다. 그러나 모델이 신뢰할 수 있는 결과를 생성하려면 입력 데이터가 최대한 정확해야 한다. 정확한 데이터라고 항상 실현 가능한 것은 아니다. 첫째, 필요한 지역이나 기간에 사용 가능한 환경 데이터가 없거나 사고에 대한 정보가 누락되었거나 오염 물질 속성이 알려지지 않았을 수 있기 때문이다.

둘째, 환경 데이터 세트의 공간적 및 시간적 해상도는 특정 물리적 프로세스를 나타내기에는 너무 클 수 있기 때문이다. 예를 들어, 해안선 주변과 강에 널리 퍼져 있는 물의 난류 소용돌이는 현재 데이터로 나타내기에는 작을 수 있다. 입력 데이터의 부정확성 외에도 모델을 구성하는 동안 근사치와 가정을 피할 수 없으므로 완전히 정확한 모델은 없다. 또한 모델은 여러 물질과 반응성을 고려할 수 없다. 이러한 점을 염두에 두고 모델을 전적으로 의존해서는 안 되며, 가능하면 현장 관찰을 통해 결과를 검증하는 지침으로만 사용하는 것이 중요하다.

### 가용 모델

HNS 사고에 대한 모델 사용 방법을 배우고 한계를 이해하기 위한 전문가 교육이 권장된다. 또는 많은 모델링 제공자 또는 개발자가 직접 모델링을 수행하고 계약 기반 작업을 통해 결과에 대한 설명을 제공할 수 있다. 일반적으로 모델링 제공자는 화학 물질 및 SDS 데이터베이스 외에도 풍속 및 방향, 해수 온도, 파고와 같이 모델에 필요한 환경 데이터에 액세스할 수 있다. 아래 표에는 HNS 사고에 사용하기 위해 생성된 일부 모델이 나열되어 있다. 기름 유출 모델은 식물성 기름과 같은 물질의 이동 경로와 거동을 예측하는 데 적합하기에 추가되었다.

모델	개발자/제공자	기능
ADIOS(오픈 소스)	NOAA	기름의 이동 경로
AIRMAP	RPS ASA	공기 중 화학물질의 궤적과 이동 경로
ALOHA(오픈 소스)	NOAA	공기 중 화학물질의 궤적과 이동 경로
CALPUFF	TetraTech	화학물질의 이동 경로
CHEMMAP	RPS ASA	공기 중 및 해상의 화학물질 궤적과 이동 경로
GNOME(오픈 소스)	NOAA	2D 해상 기름 궤적과 이동 경로
MOHID Water	MOHID	3D 해상 및 공기 중 화학물질 궤적
MOTHY	Meteo-France	2D 해상 오일 및 부유물(컨테이너 등) 궤적
OILMAP	RPS ASA	3D 해상 기름 궤적, 이동 경로 및 대응 분석
OpenDrift/OpenOil(오픈 소스)	MET Norway	해상의 화학품/물체와 공기 중 궤적과 이동 경로
OSCAR	SINTEF	3D 해상 기름 궤적과 이동 경로
SPELLCALC	TetraTech	3D 해상 기름 궤적
ROC(오픈 소스)	NOAA	기름 대응 방법 분석

〈표 26〉 가용 모델

### 목표

국제 분류에 따라 엄격하게 위험한 것으로 분류되지는 않았지만 대응인력에게 위험을 줄 수 있거나 환경에 해로울 수 있는 제품에 대해 의사 결정자와 작업자의 주의를 환기시킬 필요가 있다. 접근 방식 또는 첫 번째 대응 요소에 대한 몇 가지 조언은 일부 제품 범주에 제공된다.

### 적용

이 매뉴얼의 모든 자료표와 구조는 2010 HNS 협약 및 해당 코드(IGC, IBC, IMSBC, IMDG)와 일치하는 국제 규정에 따라 식별되고 분류된 위험을 기반으로 한다. 많은 비위험 제품도 선적되었으며 과거의 사건을 통해 일부 비위험 제품은 유해할 수 있으며 인간이나 환경에 상당한 영향을 미칠 수 있음이 밝혀졌다. 인명에 대한 위험을 증폭시키거나 환경 민감성이 심각한 손상을 야기하고 자연적 복원을 변경 또는 손상시킬 수 있기 때문에 사고의 위치가 매우 중요하다.

### 방법 설명

비위험물이 제기하는 문제는 경우에 따라 환경으로 방출되는 양과 관련될 수 있다. 면적에 비해 상대적으로 많은 양의 제품이 도입될 경우 문제가 생길 수 있으며, 물리적, 화학적, 생물학적 영향에 따라 발생 가능성이 있다. 물리적 손상은 먼저 해저의 음영/질식을 통해 일어날 수 있으며 먼지는 탁도에 영향을 줄 수 있다. 또한, 수구의 화학적 조성 변화는 생물학적 과정을 변경할 수 있다. 예를 들어, 유기 제품의 비정상적이고 중요한 공급은 산소 고갈로 이어져 어류 폐사율이 있는 무산소 매개체를 생성할 수 있다. 유기물의 분해는 발열 반응을 일으켜 황산염 환원 미생물총의 발달에 유리한 조건을 만든다. 이 미생물총은 인간에게 매우 유독한 가스인 황화수소( $H_2S$ )를 상당량 생산하면서 현장의 유기물을 분해한다.

이러한 이유로 효과적인 사고 후 모니터링 프로그램을 설정하여 자연 보전이 중요한 종/서식지(예: EU 조류 및 서식지 지침, OSPAR), 상업적 어패류 자원, 더 넓은 생태계와 기능, 인간에 미치는 영향을 평가해야 한다. 먹이 사슬뿐만 아니라 후속 보상 청구도 지원한다.

다음 표는 해상에서 대량으로 자주 운송되고 해상 유출 시 문제가 될 수 있는 제품의 주요 범주에 대한 개요를 제공한다.

비위험 품목 화물

제품의 성질	운송 방법	사례	잠재 영향	대응
유기물	액체 산적포장 물품(예: 드럼, 탱크, 플렉시 탱크)	포도당 용액, 레시틴, 오렌지 주스, 식물성 단백질 용액	재생량이 적은 천해 수역에서 동식물의 죽음으로 이어지는 산소 고갈 위험(낮은 생화학적 산소 요구량)	정확한 조건에 따라 다음: 기계적 교반으로 인한 산소 공급 또는 환경에 비해 물질의 양이 너무 많을 때 물을 재생하기 위한 해류 생성
		<p>사고: 2013년 파이프라인. 미국 하와이 항구. 화물: 당밀</p>		
플라스 틱 원료	고체 산적 포장 물품(예: 포대)	곡물(밀, 유채...), 떡(대두박/펠렛, 기름 부산물 등)	발효 및 가스 및 잠재적으로 유해한 부산물의 생성  침강: 박테리아 증가로 인한 산소를 감소, 질식	물질 제거(ROV, 준설 또는 잠수부)  ▶5.39 해저 HNS 대응 ▶5.24 원격 조종 장비
		<p>사고: 1996년 Fénès. 프랑스 코르시카 인근 라베치 섬. 화물: 밀</p>		
광물 및 석탄	고체 산적 포장 물품(예: 포대)	고무 조각 및 플라스틱 단열재, 원료 타이어 고무, 굵은 타이어 조각, 재생 플라스틱 수지/원료, 조각	원료 크기에 따라 - 수면 부유: 새와 물고기가 삼킬 위험. - 수중 부유: 탁도 증가, 호흡기/소화 시스템에 대한 중에 대한 영향 - 침강: 해저 생명 질식.	표면/해저/해안에서 회수 ▶5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기 물질 제거(ROV, 준설 또는 잠수부) ▶5.39 해저 HNS 대응 ▶5.24 원격 조종 장비 해안선에서 원료 수동 회수 ▶5.38 수중 HNS 대응
		<p>사고: 2018년 MSC Susanna. 남아프리카. 화물: 25kg 가방에 포장된 플라스틱 조각.</p>		
시멘트	고체 산적 포장 물품(예: 포대)	사모트, 아염소산염, 석회암, 마그네사이트, 점토, 광석, 석탄	입자 크기에 따라: - 수중 부유: 탁도 증가, 호흡기/소화 시스템에 대한 중에 대한 영향 - 해저 생명 질식(침강)	유출된 제품의 양이 환경에 비해 너무 많으면, 가능할 시 물을 새로 공급하거나 오염된 물을 펌핑하고 여과해야 한다. ▶5.38 수중 HNS 대응 ▶5.39 해저 HNS 대응
		<p>사고: 2001년 M/V Eurobilker IV. 사르데냐. 이탈리아. 화물: 17,000톤의 석탄이 해저에 분산되어 주변 Posidonia Oceanica 초원을 질식.</p>		
시멘트	고체 산적 포장 물품(예: 포대)	시멘트, 시멘트 클링커	수중 부유: 탁도 증가, 호흡기/소화 시스템에 대한 중에 대한 영향. 해저의 침강 또는 응고	환경에 비해 물질의 양이 너무 많은 경우 회석 또는 여과 ▶5.38 수중 HNS 대응 필요한 경우 침강된 응고 부분 제거 ▶5.39 해저 HNS 대응

〈표 27〉 제품의 특성 및 운송 유형에 따라 발생할 수 있는 사고, 잠재적 영향 및 대응 선택의 예

# 대응 고려사항: 가스 및 증발

(SEBC 거동으로 모든 "G" 및 "E" 분류에 적용 가능)



물리적 상태	가스		액체	
	G	GD	E	ED
SEBC 코드	G	GD	E	ED
20°C에서 밀도	-		< 해수 밀도	
20°C에서 증기압 (kPa)	> 101.3		> 10	
용해도 (%)	< 10	> 10	< 1	1-5

〈표 28〉 가스 및 증발 물질 거동

참고: SEBC 하위 그룹 "GD" 및 "ED"의 경우 ▶대응 고려사항: 용해도 참조.

가스 및 증발 물질이 바다에 유출될 때 대응 전략은 물리적 상태(G의 경우) 또는 높은 휘발성(E의 경우)으로 인해 주로 단기 과정을 겪는다는 점을 고려하여 유출 물질의 이동 경로 및 거동에 영향을 미치는 요인을 고려해야 한다.

가스와 증발 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응과 요인					
물리적 상태	가스		액체		
SEBC 코드	G	GD	E	ED	
거동과 이동 경로	해양 유출 시 반응	즉각적인 증발/대기 분할 용해		급속 증발 용해	
	반응 강도에 영향을 미치는 환경적 요인	바다 상태/풍속/공기 및 수온/습도(선내 시)/일사량/해안선 형태			
	HNS의 표류 및 확산	위험한 공기 혼합물을 생성할 수 있는 대기 분산. 연기/가스/에어로졸 생성과 함께 잠재적인 폭발적인 반응, 독성이 있을 수 있음. 비영구적. 해수면에서의 분산, 확산, 희석		해수면에서의 분산, 확산, 희석	
	기타 관련 HNS 속성 및 위험	인화점, 폭발 범위, 반응성, 독성, 부식성, 가스/증기 밀도			
	해양환경에 미치는 영향	가스/증발 물질은 먼저 해수면층에서 분할된 다음 대기 중으로 분할되어 수주를 쉽게 떠나는 경향이 있다. 즉, 원양 생태계에 대한 시간 및 공간 제한적 영향(일반적으로 낮음)이다. 위험은 조류 동물과 더 민감한 부표 생물 유기체에 대해 더 중요할 수 있다.			

위험 및 유해요소는 3.2 유해요소 참조.

〈표 29〉 가스 및 증발 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응 및 요인

## 고려사항



- 안전 및/또는 인체 건강에 대한 주요 위험(선원, 해안 근처의 소스 및 구름인 경우 인구)
  - ▶5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질
  - ▶5.7 대응 고려사항: 독성 물질
- 해양환경에 대한 경미한 위험(비지속성 물질)
- 대응 조치는 선상에서 수행.

## 상황 평가 및 최초 조치

### 정보 수집:

- 즉시 물질안전보건자료 또는 화학품 데이터베이스를 참조한다. 알려지지 않은 물질의 경우 최대 위험을 감안하여 조치한다.
  - ▶ [3.1 물질안전보건자료 내용](#)
- 사건의 위치와 관련된 데이터 및 기타 관련 정보를 즉시 참조한다.
- 바다 상태와 기상 예보를 고려한다.
  - ▶ [5.1 사고 알림](#)
  - ▶ [5.2 사고 데이터 수집](#)
  - ▶ [5.3 정보 자원](#)

### 상황 평가:

- 사고 및 비상 계획 위험에 대해 수집된 정보를 기반으로 다음 수행을 고려한다.
- 유해요소 식별
  - ▶ [5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질](#)
  - ▶ [5.7 대응 고려사항: 독성 물질](#)
  - ▶ [5.8 대응 고려사항: 부식성 물질](#)
  - ▶ [5.9 대응 고려사항: 반응성 물질](#)
- 위험 및 취약성 추정
- 결과 평가.
  - ▶ [5.5 상황 평가](#)

### 최초 조치:

- 폭발, 화재, 유독성 구름에 대한 노출 등의 위험을 식별하고 줄임으로써 대응인력에게 안전한 조건을 보장하기 위한 최초 조치를 고려한 다음 HNS 유출의 원인을 중지하거나 감소시킨다.
  - ▶ [5.17 최초 조치\(사상자\)](#)
  - ▶ [5.18 최초 조치\(대응인력\)](#)
- 공공 안전 고려
  - ▶ [5.19 안전구역](#)
- 장비/물류
  - ▶ [5.20 개인 보호 장비](#)
  - ▶ [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기](#)

## 모니터링

### 모델링:

- 공기 중의 가스구름 모델링; 고려해야 할 입력: 물질의 화학적 및 물리적 매개변수, 기상 조건 및 예측, 유출 원인 유형.

#### ▶5.11 HNS 유출 모델링

### 원격 측정 장비 및 검색 기술을 사용한 모니터링:

- 항공 감시: 비행기 및 헬리콥터(폭발성 또는 미지의 가스의 경우 제외), 드론
- 안전 및 작동상의 이유로 표지(폭발성 또는 미지의 가스의 경우 제외) 사용.

#### ▶5.22 원격 탐지 기술

#### ▶5.23 물질 표지

### 현장 측정 장비 및 검색 기술을 사용한 모니터링:

#### 공기 표본 채취

- 미량 가스 센서: 폭발 또는 화재 위험을 감지하기 위한 폭발계 및 가스 감지; 독성 물질 감지기(선내 및 환경)
- 산소 결핍: 전기화학적 산소 센서.

#### ▶5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

#### 해수 표본 채취

- 채수기(niskin) 병으로 해수 표본 채취 및 실험실 분석을 위한 표본 보관(표면 유출 아님)/표면수용 병 표본 채취(물질 "DE" 및 "ED"의 경우). GD 물질의 경우(특히 VOC 및 준 VOC 관련).

#### ▶5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜

#### ▶5.27 HNS 감지 및 분석 방법

## 선택 대응 방법

### 선박 지향 조치: ▶5.28 긴급 승선

- 선상에서 위험 영역 표시
- 근원에서 물질 방출 중지
- 농도 감소를 위해 가능하면 환기(예: 인공호흡기 사용). 그러나 매우 풍부한 대기(> UEL)가 있는 경우 주의한다. 이 경우 환기를 통해 농도를 UEL 미만으로 낮출 수 있다.

#### ▶5.32 밀봉 및 마감

#### ▶5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질

- 소량 유출의 경우 화학 물질의 발화 또는 증발을 방지/제어하는 기술 사용을 고려한다.

#### ▶5.35 포말 사용

- 잔여 화물 회수 작업

▶ [5.31 화물 이송](#)

- 예인 및 승선

▶ [5.29 긴급 예인](#)

▶ [5.30 피난 지역](#)

#### 오염물질 지향 조치:

- 고압 물 분무 제트

▶ [5.34 수벽 사용](#)

- 누출된 가스를 액체 상태로 재응축(소량 누출 시)

- 제어 방출 기술

▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)

- 야생 동물 대응은 조류상 또는 해양 포기름에 대한 독성 영향(흡입 위험)에 중점을 둔다.

▶ [5.44 야생동물 대응](#)

격리 및 회수: 없음. 모니터링만 수행.

#### 자연 감쇠 및 모니터링:

- 다음과 같은 경우 비개입 전략을 평가한다. 인체 건강에 대한 높은 위험; 해안을 향한 구름 이류의 위험이 없다. 자연적 과정이 오염물질 농도를 감소시킬 때까지 배제/금지 구역을 설정한다.

▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)

#### 유출 후

##### 환경 조사:








- 기체 및 고휘발성 물질의 경우 일반적으로 불필요하다. 가스/증발의 방출에 따른 손상(예: 화재 및/또는 폭발)의 경우 고려된다.
- 가용성 물질(GD): 물의 농도 감지 및 민감한 유기체에 대한 영향 평가
- 오염된 물 샘플의 화학적 및 생태독성학적 분석
- 좌식 종의 바이오마커에 대한 화학적 분석 및 연구
- 참조로 선택한 영역에서 항상 동일한 조사를 수행해야 한다.

▶ [5.27 HNS 감지 및 분석 방법](#)

6.2 유출 후 모니터링 참고

▶ [6.2 환경 회복 및 복원](#)



해양 환경 문제에 대한 기체/증발 화학 물질의 예		
SEBC 분류	주요 특성 및 해양환경에 미치는 영향	GHS 픽토그램
염화비닐(G)	고가연성, 장기 독성(발암성), 열 분해 및 독성/부식성 연기 형성을 나타낸다. 사고: 1984년 브리기타 몬타나리: 크로아티아 해안. 화물: 산적(염화비닐단량체 1,300톤)	
	사고: 유조선 바지선 Pampero, 2020: 프랑스 론 사블롱의 수문. 화물: 산적(2,200톤)	
액체 상태 운송 무수암모니아 (GD)	부식성, 물과 함께 부식성이 강한 용액의 형성으로 인해 수생 생물에 매우 유독함. 사고: 르네 16, 1976; 스웨덴 란스크로나 항구. 화물: 산적(무수암모니아 533톤)	
		
벤젠(E)	인간과 환경에 유해한 액체. 수중에 잔류하지 않으면 대기에서 분할되는 경향이 있다. 방출 조건에 따라 벤젠의 부유성으로 인해 해양 생물, 특히 부표생물에 유독할 수 있다. 흡입하면 해양 포기름 및 조류 동물에게 위험하다. 벤젠 증기는 공기보다 무겁다. 사고: 바지선, 1997: 미국 미시시피 강 화물: 산적(열분해 가솔린에는 41.0% 벤젠이 포함됨)	
		
메틸-t-부틸 에테르(ED)	해양 종에 대한 급성 및 만성 독성은 낮지만 홍다리 얼룩새우와 바다 홍합의 경우 급성 독성이 고농도 검출되었다. 바다 이용에 제한. 증기는 공기보다 무겁다. 사고: 칼라 머스크, 2015년: 휴스턴 선박 Channelgo, 미국. 화물: MTBE의 산적 5,600톤.	

〈표 30〉 해양 환경 문제의 기체/증발 화학 물질의 예

# 대응 고려사항: 부유

(SEBC 거동으로 모든 "F" 분류에 적용 가능)



물리적 상태	액체				고체	
	F	FD	FED	FE	F	FD
SEBC 코드	F	FD	FED	FE	F	FD
20°C에서 밀도	< 해수 밀도					
20°C에서 증기압(kPa)	<0.3		0.3 - 3			
20°C에서 용해도(%)	≤0.1	0.1-5		<0.1	≤ 10	10-100

〈표 31〉 부유 물질 거동

참고: SEBC 하위 그룹 "FD" 및 "FED"의 경우 ▶5.16 대응 고려사항: 용해 참조.

SEBC 하위 그룹 "FED"의 경우 ▶5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발

대응 전략은 해양 유출 시 방출된 물질의 거동과 이동 경로, 장단기 반응에 영향을 미치는 요인을 고려해야 한다.

해양 사고에서 부유 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응과 요인							
물리적 상태	액체				고체		
SEBC 코드	F	FD	FE	FE	F	FD	
대응	해양 유출 시 반응	확산		증발			
	반응 강도에 영향을 미치는 환경적 요인	바다 상태, 풍속, 공기 및 수온					
	거동과 이동	해수면에서 유막의 표류(시간적 연속성과 지속성은 가변적임). 해안선에 미칠 수 있는 영향.			해수면에서 표류		
		HNS의 표류 및 확산	유화 가능성, 해안선에 가라앉거나 영향을 줄 수 있는 응집 생성(고점도 물질)	분산, 희석	유해 화학 물질의 경우 위험한 공기 혼합물의 잠재적 생성과 함께 대기 분산	잠재적인 해안선 관련	분산, 희석
기타 관련 HNS 속성 및 거동	점도		증기밀도		부력	점도	
해양환경에 미치는 영향	지속성						
부유물은 주로 표면, 원양 및 부유생물 생태계에 영향을 미치며, 부유물(F-액체)은 특히 물질이 잔류하는 경우 대기/해수면 가스 교환을 변경할 수 있다(F(p)). 해안 생태계는 또한 떠다니는 화학 물질 유출의 영향을 받을 수 있다. FE 및 FED 물질은 잠재적으로 위험한 증기를 생성할 수 있다. 주요 사회적 효과는 항해 안전과 바다의 합법적인 사용에 대한 강력한 제한과 관련이 있다.							
위험 및 유해요소에 대해서 3.2 유해요소 참조							

〈표 32〉 해양사고에서 부유 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응 및 요인

서론, IMO 협약, 의정서 및 규칙, HNS 거동 및 유해요소, 대 비, 대응, 유출 후 관리, 사례연구, 자료표

## 고려 사항



- 기름 유출 대응 기술은 부유물 유출에 사용될 수 있다.
- 부유 용해제 물질의 경우 봉쇄 및 회수 작업이 매우 제한적일 수 있다. 일반적으로 유일한 대응 옵션은 유출을 처리하기 위해 자연적 과정(예: 분산, 희석)을 남겨두고 가능한 경우 이러한 과정을 가속화하는 것이다.
- 대응 기술의 선택은 기상 조건과 밀접한 관련이 있다.

## 상황 평가 및 최초 조치

## 정보 수집:

- 즉시 물질안전보건자료 또는 화학품 데이터베이스를 참조한다. 알려지지 않은 물질의 경우 최대 위험을 감안하여 조치한다.

## ▶3.1 물질안전보건자료 내용

- 사건의 위치와 관련된 데이터 및 기타 관련 정보를 즉시 참조한다.
- 바다 상태와 기상 조건을 고려한다.

## ▶5.1 사고 알림

## ▶5.2 사고 데이터 수집

## ▶5.3 정보 자원

## 상황 평가:

사고 및 비상 계획 위험에 대해 수집된 정보를 기반으로 다음 수행을 고려한다.

- 유해요소 식별
  - ▶5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질
  - ▶5.7 대응 고려사항: 독성 물질
  - ▶5.8 대응 고려사항: 부식성 물질
  - ▶5.9 대응 고려사항: 반응성 물질
- 위험 및 취약성 추정
- 결과 평가.
  - ▶5.5 상황 평가

## 최초 조치:

- 독성 증기에 대한 노출 가능성 및/또는 폭발, 화재 등의 위험을 식별하고 감소시켜 대응인력들의 안전한 조건을 보장하기 위한 최초 조치를 고려한 다음 HNS 유출의 원인을 중지하거나 감소시킨다.

## ▶5.17 최초 조치(사상자)

## ▶5.18 최초 조치(대응인력)

- 공공 안전 고려
  - ▶ [5.19 안전구역](#)
- 장비/물류
  - ▶ [5.20 개인 보호 장비](#)
  - ▶ [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기](#)

## 모니터링

### 모델링:

- 해수면의 표류 부유물(고체 및 액체 유막) 모델링. 고려해야 할 입력: 물질의 화학적 및 물리적 매개변수(예: 점도), 현재 바다 및 기상 조건, 일기 예보, 유출원 유형
  - ▶ [5.11 HNS 유출 모델링](#)
- 공기 중 가스운 모델링(FE 물질의 경우).
  - ▶ [5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발](#)

### 원격 측정 장비 및 검색 기술을 사용한 모니터링:

- 항공 감시: 비행기 및 헬리콥터(위험한 상황이 아닌 경우), 드론
- 해수면에서 물질을 시각적으로 감지할 수 있도록 표지를 사용: 폭발 위험이 있거나 알려지지 않은 물질의 경우에는 적용되지 않는다.
  - ▶ [5.23 물질 표시](#)
  - ▶ [5.24 원격 탐지 기술](#)
  - ▶ [5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜](#)

### 측정 장비 및 연구 기술을 사용한 현장 모니터링:

- 미량 가스 센서/폭발기 및 가스 감지(폭발 또는 화재 위험 또는 독성 증기/에어로졸 형성 또는 미지 물질의 경우);
- 다중 매개변수 프로브(T, 형광, pH, 전도도 등)에 의한 지표수의 물리화학적 매개변수 획득; 전문 인력이 필요할 수 있다.
  - ▶ [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기](#)
  - ▶ [5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜](#)

### 해수 표본 채취

- 해양 환경 매트릭스(예: 폴리에틸렌 코넷, PFTE 패드, BSH 헬리콥터 표본 채취 장치)가 없는 유출된 부유 물질 샘플을 얻기 위해 특정 방법을 사용하여 해수면(표층수 및/또는 해수면 미세층) 표본 채취. 현장 및/또는 실험실: 물리화학적 특성의 결정 및/또는 분석(예: GC-MS, GC-FID, GC-PD, IR 등). 특히 고점도 유체의 경우 전문 인력이 필요할 수 있다.

- 채수기(niskin)(또는 기타 방법)에 의한 물 표본 채취 및 실험실 분석 또는 현장 측정을 위한 샘플 저장. 심층 또는 지하 유출의 경우 다중 매개변수 프로브를 사용하여 수주에서 물질을 찾는 것을 고려한다(전문 인력이 필요할 수 있음).
- 수층의 표면 및 지하층에 있는 고체 부유물의 표본 채취(예: 특정 그물, ROV, 잠수부 사용).

## ▶5.24 원격 조종 장비

## ▶5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜

## ▶5.27 HNS 감지 및 분석 방법

## 공기 표본 채취

- 미량 가스 센서: 독성 물질 감지기(선내 및 환경); 폭발 또는 화재 위험을 감지하기 위한 폭발계 및 가스 감지;
  - 산소 결핍: 전기화학적 산소 센서
- ▶5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

## 선택 대응 방법

## 선박에 대한 조치: ▶5.28 긴급 승선

- 근원에서 물질 방출 중지.
- ▶5.32 밀봉 및 마개
- 잔여 화물 회수 작업
- ▶5.31 화물 이송
- 선상: 가능한 경우 안전한 폐기를 위해 흡착재를 사용하여 유출물을 수거한다.
- ▶5.37 흡착재 사용
- 예인 및 승선
- ▶5.29 긴급 예인  
▶5.30 피난 지역
- 바람이 부는 지역에서 대피하고 항해 금지 또는 기타 해양 자원 개발의 필요성을 평가한다(FE, FED의 경우).
  - 위험한 증기의 형성을 방지한다(비활성 가스 주입, 대기 환기 및/또는 제습).
- ▶5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질  
▶5.7 대응 고려사항: 독성 물질  
▶5.8 대응 고려사항: 부식성 물질  
▶5.9 대응 고려사항: 반응성 물질

## 오염 물질에 대한 조치:

- 물리적 장벽이 있는 격리 기술(특히 불용성/저용해도 액체의 경우):

- 천해에서 고체 및 액체용으로 개발된 특수 장벽 사용
- 기름 유출 방재, 보통 흡착재(유막 또는 부유 고체)와 관련되어 있다.

## ▶5.42 격리 기술: 붐

## ▶5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기

- 수증기 또는 연기가 있는 곳에서 수벽으로 차단(FE/FED의 경우)

## ▶5.34 수벽 사용

## • 회수 기술:

- 흡착재(붐, 시트, 필로우 등)
- 다양한 유형의 스키밍으로 펌핑 작업
- 저인망 또는 보트로 예인되는 그물 포대(고점도 화학 물질 또는 작은 부유 고체의 경우)

## ▶5.42 격리 기술: 붐

## ▶5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기

## • 청소 기술:

- 화학적 분산제: "분산성" F 물질(동점도 값을 기반으로 한 평가)에만 적용되며 매우 제한된 시나리오에서만 사용 가능하다.

## ▶5.38 수주 HNS 대응

- 기름 유출의 영향을 받는 야생 동물(조류 동물, 해양 포기름, 해양 파충류)에 대한 표준 개입 기술은 물리화학적 특성 및 행동을 기반으로 일부 부유물 유출의 경우에 적용될 수 있다.

## ▶5.42 야생동물 대응

## 제어 방출 기술:

- 선내에 보관되어 있는 물질의 통제된 방출(권장하지 않음 - 해양에 대해 평가하고 엄격한 평가 후에만 시행).

## 자연 감쇠 및 모니터링:

- 비개입 전략을 평가한다(권장하지 않음 - 해외에 대해 평가하고 엄격한 평가 후에만 구현).

## ▶5.36 자연 감쇠 및 모니터링

## 유출 후

- 해수면층 및/또는 희석되지 않은 물질의 화학적 및 생태독성학적 분석
- 독성 영향을 평가하기 위한 관련 동물군의 화학적 분석(예: 생물 축적) 및 생물학적 분석(예: 바이오마커)

## ▶6.2 환경 회복 및 복원

건강 및/또는 해양 환경 위험을 초래하는 부유 물질의 예		
SEBC 분류	주요 특징	GHS 픽토그램
식물성 및 동물성 오일 (F(p) - 액체)	<p>지속적인 생분해성 표면 필름의 형성, 용존 산소 소비 및 가스 교환 변경. 일부 오일은 중합될 수 있다. 그들은 풍화 과정(유화)을 거친다. 바다 이용에 제한.</p> <p>사고: <i>Kimya</i>, 1987; 웨일즈 앵글시 앞바다. 화물: 대량 액체</p> <p>사고: <i>Allegra</i>, 1997; 영국 해협의 건지 해안에서. 화물: 15,000톤의 팜유(고체)</p>	<p>분류 없음: 데이터는 분명하지만 분류에 미충분</p>
아닐린 오일 (FD - 액체)	<p>매우 유독한 액체; 가열되면 증기가 공기와 폭발성 혼합물을 형성할 수 있음; 위험한 중합의 위험. 수생생물에 매우 유해함(높은 급성 독성 및 장기적인 영향).</p> <p>사고: <i>Herald of Free Enterprise</i>, 1987; 벨기에 지브뤼헤. 화물: 포장</p>	
부틸 아크릴레이트 (FED - 액체)	<p>고가연성 및 중합성; 증기(공기보다 무거움)는 공기와 폭발성 혼합물을 형성한다. 수생 생물에 대한 경미한 급성 독성. 풍화 과정(유화)을 거친다. 해안에 미치는 영향의 위험.</p> <p>사고: <i>Sam Houston</i>, 1982; 미국 뉴올리언스에서. 화물: 포장</p>	
크실렌 (FE - 액체)	<p>고가연성 액체, 폭발성, 생분해되지 않음. 생물 축적 가능성이 보통인 수생 생물에 유독함.</p> <p>사고: <i>Ariadne</i>, 1985; 소말리아 모가디슈. 화물: 포장</p>	
파라핀 왁스 (F(p) - 고체)	<p>해수면에 황백색 응집체로 나타난다. 해안에 영향을 미칠 위험이 매우 높으며 야생 동물에도 영향을 미친다. 파라핀은 풍화 과정을 거친다. 침몰된 유화 제품의 경우 저서 서식지도 영향을 받을 수 있다(질식, 섭식 억제 및 기타 비특이적 독성 영향). 바다 이용에 제한.</p> <p>사고: 미확인 출처, Tyrrhenian Sea, 2018.</p>	<p>분류 없음: 데이터는 분명하지만 분류에 미충분</p>

〈표 33〉 건강 및 / 또는 해양 환경 위험을 초래하는 부유 물질의 예

용해도 > 5%(SEBC 거동으로 모든 "D" 분류에 적용 가능)



물리적 상태	액체				고체	
	F	FD	FED	FE	F	FD
SEBC 코드						
20°C에서 밀도	< 해수 밀도					
20°C에서 증기압(kPa)	<0.3		0.3 - 3		-	
20°C에서 용해도(%)	≤ 0.1	0.1-5		< 0.1	≤ 10	10-100

〈표 34〉 용해 물질의 거동

참고: SEBC 하위 분류 "GD", "DE", "ED"의 경우 ▶5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발도 참조. 부유 및 침강 물질에 대해서는 각각 ▶5.14 대응 고려사항: 부유 ▶5.16 대응 고려사항: 침강 참조.

대응 전략은 해양 유출 시 방출된 물질의 거동과 이동 경로, 장단기 반응에 영향을 미치는 요인을 고려해야 한다.

해양 사고에서 용해 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응 및 요인								
물리적 상태	기체	액체				고체		
		부유		침강		부유	침강	
SEBC 코드	GD	D	DE	DE	D	D	D	
거동과 이동	해양 유출 시 반응	용해, 분산, 확산 희석, 잠재적인 격렬한 반응.						
	반응 강도에 영향을 미치는 환경적 요인	즉각 증발		부분 증발				
	HNS의 표류 및 확산	해수면, 공기/수온, 수주 난류/습도(선상에 있는 경우)						
		대기 분산		완전히 용해될 때까지 부유 유막. 해수면층 포함.		침수 부유 기동 용해. 잔류물은 바닥에 축적 가능.		완전히 용해될 때까지 해수면 부유. 해수면층 포함
기타 관련 HNS 속성	독성; 반동; 가연성; 폭발성; pH							
해양환경에 미치는 영향	점도 $\Delta d (d_{sw} - d_{liquid})$ : 침강 속도와 부력에 영향.							
독성이 있을 수 있는 연기/가스/에어로졸 생성과 함께 격렬한 반응의 위험성을 평가한다(예: 강산 및 염기로부터의 발열 반응). 가연성/폭발성의 위험을 평가한다.								
고형물과 용해 기동은 수주로 침강. 해저와 잠재적으로 관련.								
주요 위험은 주로 원양 생태계에 대한 영향. 용해 및 침강 물질의 경우 저서 생태계도 영향을 받을 수 있음. 해안 편의 시설에 심각한 간섭 및 제한 가능.								

위험 및 유해요소에 대해서 3.2 유해요소 참조.

〈표 35〉 해양 사고에서 용해 물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응 및 요인



## 고려 사항



- 해상 대응을 하기에 빠듯한 시간대
- 용해 물질의 경우 격리 및 회수 작업은 매우 제한적이다. 일반적으로 유일한 대응 옵션은 유출을 처리하고 가능한 경우 이러한 프로세스를 가속화하기 위해 분산 및 희석과 같은 자연적인 과정을 남겨두는 것이다.

## 상황 평가 및 최초 조치

## 정보 수집:

- 즉시 물질안전보건자료 또는 화학품 데이터베이스를 참조한다. 알려지지 않은 물질의 경우 최대 위험을 감안하여 조치한다.

## ▶3.1 물질안전보건자료 내용

- 사건의 위치와 관련된 데이터 및 기타 관련 정보를 즉시 참조한다.
- 바다 상태와 기상 조건을 고려한다.

## ▶5.1 사고 알림

## ▶5.2 사고 데이터 수집

## ▶5.3 정보 자원

## 상황 평가:

사고 및 비상 계획 위험에 대해 수집된 정보를 기반으로 다음 수행을 고려한다.

- 유해요소 식별
  - ▶5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질
  - ▶5.7 대응 고려사항: 독성 물질
  - ▶5.8 대응 고려사항: 부식성 물질
  - ▶5.9 대응 고려사항: 반응성 물질
- 위험 및 취약성 추정
- 결과 평가.
  - ▶5.5 상황 평가

## 최초 조치:

- 폭발, 화재, 유독성 증기에 대한 노출 등의 위험을 식별하고 감소시켜 대응인력에게 안전한 조건을 보장하기 위한 최초 조치를 고려한 다음 HNS 유출의 원인을 중단하거나 감소시킨다.
  - ▶5.17 최초 조치(사상자)
  - ▶5.18 최초 조치(대응인력)

- 주요 위험 요소 식별
  - ▶5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질
  - ▶5.7 대응 고려사항: 독성 물질
  - ▶5.8 대응 고려사항: 부식성 물질
  - ▶5.9 대응 고려사항: 반응성 물질
- 공공 안전 고려
  - ▶5.19 안전구역
- 장비/물류
  - ▶5.20 개인 보호 장비
  - ▶5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

## 모니터링

### 모델링:

- 물 기둥에 용해된 연기를 모델링한다. 고려해야 할 입력: 물질의 화학적 및 물리적 매개변수, 기상 조건 및 예측, 유출 원인 유형
  - ▶5.11 HNS 유출 모델링

### 원격 측정 장비 및 검색 기술을 사용한 모니터링:

- 항공 감시: 비행기 및 헬리콥터(위험한 상황이 아닌 경우), 드론
  - ▶5.22 원격 탐지 기술
- ROV 또는 특정 센서(예: 형광계)를 사용하여 수주에서 물질을 시각적으로 감지할 수 있도록 하는표지 사용: 폭발성 또는 미지의 용해제의 경우 적용할 수 없다.
  - ▶5.23 물질 표시
  - ▶5.24 원격 조종 장비
  - ▶5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜

### 현장 측정 장비 및 검색 기술을 사용한 모니터링:

- 다중 매개변수 프로브 및 현장 기기(예: GC-MS, GC-FID, GC-PD, IR 등)를 사용한 분석적 측정에 의한 물 컬럼의 화학적 및 물리적 매개변수 획득
- 미량 가스 센서/폭발기 및 가스 감지(폭발 또는 화재 위험 또는 가연성/독성 증기/에어로졸 형성 또는 미지의 물질이 있는 경우).
  - ▶최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기
  - ▶기술 및 프로토콜 표본 채취

**해수 표본 채취:**

- 채수기(niskin)(심해 또는 아표층 표본 채취용) 또는 수동 표본 채취(예: 부유 물질용 유리병 사용)에 의한 물 표본 채취 및 실험실 분석을 위한 샘플 보관. 다중 매개변수 프로브를 사용하여 단서를 찾는다. 가능한 빨리 표본을 채취할 것. 전문 인력이 필요할 수 있다.
- 특정 그물 등으로 표면 및 지하 해수에서 고체 물질(완전히 용해되지 않은 경우) 표본 채취. 가능한 빨리 표본을 채취할 것.

▶ [5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜](#)▶ [5.27 HNS 감지 및 분석 방법](#)**공기 표본 채취:**

- 미량 가스 센서: 독성 물질 감지기(선내 및 환경); 폭발 또는 화재 위험을 감지하기 위한 폭발계 및 가스 감지;
- 산소 결핍: 전기화학적 산소 센서

▶ [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기](#)**선택 대응 방법****선박 중심 대응:** ▶ [5.28 긴급 승선](#)

- 유출 지점 차단.  
▶ [5.32 밀봉 및 마개](#)
- 잔여 화물 회수 작업  
▶ [5.31 화물 이송](#)
- 선내: 가능한 경우 안전한 처리를 위해 흡착재를 사용하여 유출물을 수집한다.  
▶ [5.37 흡착재 사용](#)

**예인 및 승선**▶ [5.29 긴급 예인](#)▶ [5.30 피난 지역](#)**오염물질 중심 대응:** ▶ [5.38 수주 HNS 대응](#)

- 중화제: 강한 pH 변화를 유발하는 물질과 관련된 사고의 경우. 소량 유출, 제한된 지역 및 전류가 없는 경우에만 적용 가능, 용해 동역학을 고려한다.
- 오염된 물의 흡입 및 적절한 정화 처리(예: 활성탄 흡착, 응집제). 얇거나 잔잔한 물에만 적용 가능하다.
- 오염 물질의 확산을 막거나 늦추기 위한 물리적 장벽. 증기나 연기가 있는 곳에서는 기포 장벽을 사용하여 봉쇄할 것. 소량 유출 및 잔잔한 기상 조건에 적용 가능
- 유입을 보호하기 위한 여과 흐름

- 수주에 현탁된 고형물의 회수;  
▶ [5.38 수주 HNS 대응](#)
- 야생 동물 대응은 독성 또는 부식성 물질에 노출된 조류상 및 해양 포기름에 초점을 맞출 것이다.  
▶ [5.44 야생동물 대응](#)

**제어 방출 기술:**

- 선상에 보관되어 있는 물질의 통제된 방출(권장하지 않음 - 해양에 대해 평가하고 엄격한 평가 후에만 실행)

**자연 감쇠 및 모니터링:**

- 비개입 전략을 평가한다(권장하지 않음 - 원해에 대해서만 평가)  
▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)

**유출 후**

**환경 조사:**

- 오염된 해수 및/또는 희석되지 않은 물질의 화학적 및 생태독성학적 분석
- 해양 생물(예: 바이오마커) 및 관련 야생 동물의 화학적 및 생물학적 분석  
▶ [5.27 HNS 감지 및 분석 방법](#)  
▶ [6.2 환경 회복 및 복원](#)

건강 및/또는 해양 환경 위험을 초래하는 용해 물질의 예

SEBC 분류	주요 특징	GHS 픽토그램
수중 메틸 아민 용액 <42% (DE) (L - 액체)	자극적이고 인간에게 유독함. 해양 생물에 대한 경미한 급성 독성. 바다 이용에 제한이 있다.	
금속 나트륨 (D - 고체)	반응성이 높은 금속. 공기 중에서 자연 발화할 수 있음. 물과 격렬하게 반응하여 수산화나트륨과 수소를 생성하며, 이는 자발적으로 발화한다. 물에 있을 때 용해도가 높은 염 생산. 시간과 공간이 해양 환경에 미치는 영향. 점도가 높아 희석 및 분산 속도가 느려진다. 사고: <i>Cason</i> , 1987; 북부 스페인, 화물: 포장	
NaOH 가성소다 (D - 고체)	부식성 및 자극성 물질. 개입 팀, 탑승 인원에 대한 주요 위험; 사회적, 경제적 영향. 일반적으로 해양 생물에 대한 급성 독성은 낮지만 부식성 및 자극성으로 인해 위험이 높다. 점도가 높으면 희석 및 분산이 느려진다. pH 값 > 8.5-9 또는 < 3-5의 경우 수생 생물에 매우 위험하다. 사고: <i>Puerto Rican</i> , 1984; 미국 샌프란시스코 베이, 화물: 대량	

<표 36> 건강 및/또는 해양 환경에 위험을 초래하는 용해 물질의 예

# 대응 고려사항: 침강

(SEBC 거동으로 모든 "S" 분류에 적용 가능)



물리적 상태	액체		고체	
SEBC 코드	S	SD	S	SD
20°C에서 밀도	> 해수밀도			
20°C에서 증기압(kPa)	-			
20°C에서 용해도(%)	≤ 0.1	≤ 10	0.1-5	>10

〈표 37〉 침강 물질의 거동

참고: SEBC "SD" 하위 분류의 경우는 ▶ 5.15 대응 고려사항: 용해도 참조

대응 전략은 해양 유출 시 방출된 물질의 거동과 이동 경로, 장단기 반응에 영향을 미치는 요인을 고려해야 한다.

물리적 상태	액체	고체	액체	고체
SEBC 코드	S		SD	
거동과 이동경로	반응 강도에 영향을 미치는 환경적 요인 수주/해저류, 수온; 바닥 형태, 수심 측량			
	HNS의 표류 및 확산 표류, 분산, 침전 전에 수주에 부유, 해저 표류			
	해저에 축적/퇴적물로의 잠재적 침투		침강 중: 수주에서 용해, 희석 및 분산(잠재적으로 물에 잠긴 부유 기동). 잔유물은 해저에 축적	
	기타 관련 HNS 속성 Δd (density) (dsw - dsolid): 침강 속도에 영향			
	logKow/log Koc		액체 또는 용해된 분획의 정도	
반응성, 독성, 지속성				
해양환경에 미치는 영향 해양환경에 미치는 영향은 주로 저서 생태계와 관련. 수주도 피영향 가능. 일부 침강 물질의 미생물 분해가 발생(예: 곡물이 분해되어 황화수소 형성). 일부 불용성 침강 물질은 해양 환경에 잔류.				

위험 및 유해요소에 대해서 3.2 유해요소 참조

〈표 38〉 해양사고에서 침강물질의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 반응과 요인

## 고려사항



- 연구 및 복구 활동에 대한 높은 비용
- 선박 비상외의 경우 관련 물질의 유해요소와 관련된 위험한 상황을 피하기 위해 고려 필요.

## 상황 평가 및 최초 조치

## 정보 수집:

- 즉시 물질안전보건자료 또는 화학품 데이터베이스를 참조한다. 알려지지 않은 물질의 경우 최대 위험을 감안하여 조치한다.
  - ▶ [3.1 물질안전보건자료 내용](#)
- 해저 및 사건 정보와 관련된 수심 및 지형학적 데이터를 즉시 참조한다.
- 바다 상태와 기상 조건을 고려한다.
  - ▶ [5.1 사고 알림](#)
  - ▶ [5.2 사고 데이터 수집](#)
  - ▶ [5.3 정보 자원](#)

## 상황 평가:

사고 및 비상 계획 위험에 대해 수집된 정보를 기반으로 다음 수행을 고려한다.

- 유해요소 식별
  - ▶ [5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질](#)
  - ▶ [5.7 대응 고려사항: 독성 물질](#)
  - ▶ [5.8 대응 고려사항: 부식성 물질](#)
  - ▶ [5.9 대응 고려사항: 반응성 물질](#)
- 위험 및 취약성 추정
- 결과 평가.
  - ▶ [5.5 상황 평가](#)

## 최초 조치:

- 폭발, 화재, 유독성 증기에 대한 노출 등의 위험을 식별하고 감소시켜 대응인력에게 안전한 조건을 보장하기 위한 최초 조치를 고려한 다음 HNS 유출의 원인을 중단하거나 감소시킨다.
  - ▶ [5.17 최초 조치\(사상자\)](#)
  - ▶ [5.18 최초 조치\(대응인력\)](#)
- 공공 안전 고려
  - ▶ [5.19 안전구역](#)
- 장비/물류
  - ▶ [5.20 개인 보호 장비](#)
  - ▶ [5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기](#)

## 모니터링

### 모델링:

- 유출 모델링: 궤적, 해저 표류
- 침강 물질의 경우 고려해야 할 사항: 누출 유형, 사고 중 환경 조건; 해저에 화학 물질이 분포하는 방식과 분포를 결정하기 위해 일반적인 날씨와 바다 상태를 평가한다.

#### ▶5.11 HNS 유출 모델링

### 현장 측정 장비 및 검색 기술을 사용한 모니터링:

- 해저를 따라 예인 준설선(고체 물질의 경우) 또는 흡수성 물질(일부 액체 물질의 경우)
- 소나 시스템: 측면 스캔 소나(고체) 및 다중빔 음향측심기(해저 함몰 또는 축적, 가라앉은 액체의 바닥 부분), ROV 조사.

#### ▶5.22 원격 탐지 기술

#### ▶5.24 원격 조종 장비

### 퇴적물 표본 채취:

- 표본 채취: 박스 코어러, 그랩, 비디오를 사용한 ROV 및/또는 전문 잠수부

### 해수 표본 채취:

- 다중 매개변수 조사 및 현장 기기(예: GC-MS, GC-FID, GC-PD, IR 등)를 사용한 분석적 측정에 의한(깊은) 물 컬럼의 화학적-물리적 매개변수 획득. SD 또는 용해된 반응 생성물에만 해당.

#### 3.2.5 유해: 반응성

### 공기 표본 채취

#### 선내:

- 칼슘 카바이드와 같은 일부 침강물질은 물과 격렬하게 반응할 수 있고 거의 모든 주변 온도 조건에서 점화될 수 있는 반면 나프탈렌과 같은 다른 침강물질은 공기에 반응하고 가연성이다.
- 폭발 또는 화재 위험에 대한 미량 가스 센서: 폭발계 및 가스 감지;
- 산소 결핍: 전기화학적 산소 센서.

#### ▶5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

#### ▶5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜

#### ▶5.27 HNS 감지 및 분석 방법

### 선택 대응 방법

#### 선박 지향 조치: ▶5.28 긴급 승선

- 근원에서 물질 방출 중지.

#### ▶5.32 밀봉 및 마개

- 화물을 피난처로 옮기거나 배를 예인하는 행위
  - ▶ [5.29 긴급 예인](#)
  - ▶ [5.30 피난 지역](#)
  - ▶ [5.31 화물 이송](#)
- 해양 환경에 도달하기 전에 오염 물질의 흐름 전체 또는 일부를 선상에서 유지한다.

#### 오염물질 지향 조치: ▶ [5.27 해저 HNS 대응](#)

- 봉쇄 및 회수: 고체 침강물질에 대한 준설(기계, 공압 또는 유압); 액체 침강물질용 펌핑 시스템(물질의 위험성과 해저 깊이에 따라 ROV 또는 수중 작업자와 함께 작동);
- 야생 동물 대응은 저서 생태계에 대한 영향을 최소화하기 위해 해저에 초점을 맞춘다.
  - ▶ [5.44 야생동물 대응](#)

#### 제어 방출 기술:

- 아직 선상에 보관되어 있는 물질의 통제된 방출(예: 악천후로 인해 선박의 안정성이 상실된 경우, 권장하지 않음 - 해양에 대해 평가하고 엄격한 평가 후에만 시행).

#### 자연 감쇠 및 모니터링:

- 비개입 전략 평가: 침강 물질의 회수는 보통 불가능하다.
  - ▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)

#### 유출 후

- 원양 및 저서 생물에 대한 화학적 및 생물학적 분석(예: 바이오마커);
- 해저 및 수주에서의 화학 분석(잔류 물질의 경우).
  - ▶ [5.27 HNS 감지 및 분석 방법](#)
  - ▶ [6.2 유출 후 모니터링 참고](#)
  - ▶ [6.2 환경 회복 및 복원](#)



건강 및/또는 해양 환경 위험을 초래하는 침강 화학품의 예		
SEBC 분류	주요 특징	GHS 픽토그램
연화벤질 (S-액체)	열이나 화염에 노출되면 가연성이며 중간 정도의 폭발성. 가열되어 분해될 때 독성 및 부식성 연기를 방출한다. 인체 건강에 유해. 물에서 빠른 반응. 중증도의 급성 수생 독성. 해상 및 연안 구조물의 합법적인 사용 방해 및 제한(시설 폐쇄로 이어지는 경고 발령).	
에틸렌 디클로라이드 (S-액체)	고가연성 액체 및 증기(독). 연소 시 유독성 및 부식성 연기를 형성함. 산화제와 반응함. 해양 생물에 대한 경미한 급성 독성. 아생 동물 및 바닥 서식지에 대한 영향(해저 질식). 쉽게 생분해되지 않음. <u>사고: Alessandro I, 1997</u> ; 이탈리아 아드리아 해 Molfetta에서 30km; 화물: 산적(이염화에틸렌 및 아크릴로니트릴)	
탄화칼슘 (SD-고체)	물과 격렬하게 반응하여 고가연성 및 폭발성 가스(아세틸렌)를 형성하며 거의 모든 주변 온도 조건에서 점화될 수 있다. 인체에 유해. 해양 환경에 미치는 영향 미미. <u>사고: Stanislaw Dubois, 1981</u> ; 네덜란드 텍셀 섬 외곽. 화물: 포장(탄화칼슘 857톤, 가성소다(고체 수산화나트륨) 955톤, 가연성 유기 과산화물 5.4톤 및 폭발물 5.6톤).	
나프탈렌 (S-고체)	인체 건강 유해. 해양 환경에 대한 위험과 위험을 나타냄: 매우 심각한 독성, 오래 지속되는 영향, 중간 정도의 생물 축적 및 생물 농축. 해양 환경에서 지속된다. 용융된 나프탈렌도 가연성이다.	

<표 39> 건강 및 또는 해양 환경에 위험을 초래하는 침강 화학품의 예

## 최초 조치(사상자)

## 인원 식별

선박의 선원은 갑판, 기관, 접객 및 기타의 네 가지 주요 부서로 그룹화할 수 있다. **선장**은 선박에서 가장 높은 직급의 사관이자 소유자의 대리인이다. 상선에서 **1등 항해사**는 "2인자"이며 모든 화물 작업, 선박의 안전 및 보안을 책임지며 갑판 부서를 이끌고 있다. **기관장**은 엔진 부서의 책임자이며 모든 기계(엔진, 추진력, 전원 공급 장치 등 포함)를 담당한다.

선박의 선원과 육지의 소유자/용선자를 연결하는 주요 연락 담당자는 **DPA**(Designated Person Ashore)이다. 사무실 기반 DPA는 최고 관리 수준에 직접 액세스할 수 있어야 한다.

## 선상 비상 계획

MARPOL 부속서 I에 따라 150GT 이상의 유조선과 400GT 이상의 모든 선박은 승인된 **선박기름오염비상대책(Shipboard Oil Pollution Emergency Plan, SOPEP)**을 탑재해야 하고, MARPOL 부속서 II에 따라 유해 액체 물질을 대량으로 운송하는 150GT 이상의 선박은 **선박해양오염비상대책(Shipboard Marine Pollution Emergency Plan, SMPEP)**을 보유해야 한다. 선박이 두 계획을 모두 수행해야 하는 경우 단일 SMPEP로 병합된다. 선상비상계획은 특정 MEPC 지침(Resolutions MEPC. 54(32) 및 MEPC.85(44))에 따라 작성된다.

이 계획에는 해양 오염 사고 시 선장과 선원들이 취해야 할 조치가 명시되어 있다. 여기에는 보고 요구 사항, 대응 프로토콜/절차, 국가 및 지역 연락처가 포함된다.

위험물과 관련된 사고의 경우 **위험물 운반선의 비상대응지침[Emergency Response Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods(EmS) Guide]** 및 **위험물과 관련된 사고 적용을 위한 의료 응급 처치 지침(Medical First Aid Guide for Use in Accidents Involving Dangerous Goods, MFAG)**(둘 다 IMDG Code의 일부)는 선원 행동 지침을 위해 특히 중요하다.

## 장비

유형, 규모 및 무역/운영 영역에 따라 선박에는 해당 IMO 규칙 및 특정 기국 요구 사항에 명시된 조항에 해당하는 다양한 형태의 구명 장비 및 소방 장비가 장착되어 있다.

선상의 모든 장비는 **화재통제안전계획(Fire Control and Safety Plan)**에 표시된다(유형 및 위치). 이 계획의 사본은 선박 전체의 눈에 띄는 위치에 영구적으로 배치된다. 또한 선박이 항구에 정박할 때 해안 측 지원을 위해 쉽게 접근할 수 있도록 상부 구조 외부의 풍우밀 컨테이너에 영구적으로 보관해야 한다.

## 통신장비

다양한 통신 장비가 선박에 탑재된다. 거의 모든 선박에는 내부 선박 통신, 선박 대 선박 및 선박 대 해안 통신을 위한 고정 및/또는 휴대용 VHF 라디오가 있다. 선박의 운항 교역 지역에 따라 GMDSS(Global Maritime Distress and Safety System)에 따라 특별 비상 통신 시스템을 설치해야 할 수도 있다. GMDSS 구성 요소는 위성 전화, 고주파 및 중 주파수 무선 전화, 디지털 선택 호출, NAVTEX(해상 안전 정보 배포를 위한 자동화 시스템), EPIRB(비상 위치 표시 무선 비컨) 및 SART(검색 및 구조 레이더 트랜스폰더)이다.

## 인명구조 장비

바다에서 인명을 보호하기 위해 선박은 구명정, 구조정, 구명 뗏목, 다양한 유형의 구명 부표, 잠수복, 구명 조끼, 신호 장비(조명 및 연기 신호) 및 줄 던지기 장치를 포함할 수 있는 구명 기구(SOLAS에 따름)를 운반해야 한다. 기술 사양은 LSA(International Life-Saving Appliance) 코드에 나와 있다.

## 소방

소방 장비 요구 사항은 선박 유형/크기에 따라 다르다. 사양은 화재안전시스템(FSS) 코드에 나와 있다. 구조적 화재 예방 조치(난연성 격벽, 방화문, 댐퍼) 및 감지 시스템(열/연기 감지기) 외에도 대부분의 선박에는 다음과 같은 이동식 및 고정식 소방 시스템이 장착된다.

- 일련의 소화전(호스 및 노즐과 결합)은 지정된 소방 펌프에 의해 해수를 적재하는 선박 전체(상부 구조 내 및 갑판)에 배치된다. 항구에 있는 동안 선박에서 화재가 발생하고 선박의 소방 펌프 시스템이 작동하지 않는 경우 International Shore Connection을 사용하여 해안 물을 선박 시스템에 연결할 수 있다.
- 스프링클러/물 분무 소화 시스템;
- 고정식 CO<sub>2</sub> 시스템은 선박의 특정 밀폐 공간(기관실, 화물창)을 소화시키는 데 사용할 수 있다.
- 다양한 종류의 휴대용 소화기(분말, CO<sub>2</sub>, 포말).

선박의 선원은 자급식 호흡 장비를 포함하여 최소 2개의 소화복을 갖추고 있다.

육지에서의 소방과 달리 과도한 물은 선박에 심각한 목록 또는 트림, 건현 감소 또는 궁극적으로 선박 침몰을 유발할 수 있으므로 선박 내부에서 매우 위험할 수 있다. 추가 고려 사항은 반응성으로 선박의 화물이 소화수와 반응하여 위험한 가스를 방출하거나 추가 화재 및/또는 폭발을 일으킬 수 있다.

#### ▶ 5.9 대응 고려사항: 반응성 물질

### 기름 유출 대응 장비

SOPEP에서 식별된 사양에 따라 선박은 SOPEP 유출 키트를 운반할 가능성이 높으며, 기름 흡수 패드/양말/쿠션/붐, 개인 보호 장비(보호복, 마스크, 고글, 장갑), 핸드 펌프, 버킷, 스파크 방지 삽 및 일회용 가방이 포함될 수 있다. 이 키트는 갑판에서 소량의 기름 유출에만 대응하도록 설계되었지만 이 장비 중 일부는 HNS 유출의 확산을 제한하는 데 유용할 수 있다.

**목표**

잠재적 유출 영향을 완화하기 위해 대응인력을 위한 안전한 조건에서 즉각적인 조치를 구현한다. 우선 순위는 사람, 환경 및 마지막으로 편의 시설을 보호하는 데 먼저 집중해야 한다. 이러한 조치는 선원 또는 선장이 이미 시작한 조치를 보완하거나 후속 조치로 수행된다.

▶ **5.17 최초 조치(사상자)****최초 조치 수행 인원**

이러한 조치는 비상 대응 계획에서 식별되고 관련 HNS, 그 행동 및 관련 위험에 대해 잘 알고 있는 훈련되고 자격을 갖춘 대응인력이 수행해야 한다.

▶ **5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질**▶ **5.7 대응 고려사항: 독성 물질**▶ **5.8 대응 고려사항: 부식성 물질**▶ **5.9 대응 고려사항: 반응성 물질**

이러한 인원은 해양 또는 항만 당국의 인력일 수 있으며 소방관, 해안 경비대 또는 항만 시설 보안 담당자일 수 있다.

**원칙**

최초 조치는 상황이 악화되는 것을 방지하기 위해, 특히 폭발, 화재, 다른 물질과의 반응(예: 물, 공기), 독성 구름 방출 등의 위험을 줄이고 HNS 유출의 원인을 중지하거나 줄이기 위해 취해진다.

아래에 설명된 모든 초기 조치는 식별된 위험에 따라 적절한 개인 보호 장비 및 휴대용 센서를 선택해야 하는 대응인력을 위한 안전한 조건에서 수행되어야 한다.

**모니터링**

모니터링은 구역 설정을 구현하고 상황을 평가하며 정보 수집 프로세스에 대한 정보를 제공하기 위해 다양한 수준에서 즉시 수행되어야 한다. 원격 탐지를 수행하려면 초기 단계에서 외부 지원을 요청해야 한다.

**5.6.2 모니터링 참조****인명구조**

수색 및 구조\*(Search and Rescue, SAR) 조치 및 인구 보호 고려

▶ **5.19 안전구역.**

물질에 대한 즉각 대응 조치

조치	설명
근원	유출 근원 격리. 예인 효과 및 가능성 평가. ▶5.29 긴급 예인 ▶5.30 피난 지역
유출 흐름	집단 보호 장비를 동원하고 활성화한다. 연기 및/또는 부유 유막이 보이도록 위험 물질을 표시한다. 거동 및 물질 표시에 대한 시트를 참조한다.
사고 발생 장소 주변 지역	연안 또는 해안선: - 선원에 대한 경고 및 사고 지역에서의 운송 및 합법적인 바다 사용을 금지할 수 있다. ▶5.19 안전구역 - 야생 동물을 모니터링한다. ▶5.44 야생동물 대응 해안선이나 항구: - 취수 폐쇄. - 산업체(원자력 발전소, 담수화 플랜트), 양식업(연못, 어항 등) 및 사회경제적 활동(해수 요법, 레크리에이션 낚시 등)에 알리고 이러한 활동을 중단할 수 있다. - 지방 당국과 주민에 경고.

〈표 40〉 물질에 대한 즉각 대응 조치



© Swedish Coast Guard

유출원의 격리

**목표**

안전구역은 추가 피해를 방지하기 위해 위험물과 관련된 사고 직후에 설정된다. 이 접근 방식은 위험 제품이 출시되지 않은 경우에도 대응 팀이 상황을 평가하고 체계적이고 안전한 방식으로 대응할 시간을 주기 위해 사용된다. 각 구역은 위험 수준 및 수행할 수 있는 작업 유형과 관련된 제한으로 정의되며 액세스는 승인되고 보호받는 사람으로 제한된다. 전문가의 조언에 따른 잔류위험 평가와 철저하게 검증된 현장 측정 등 철저한 상황평가를 거쳐야 안전구역 시행이 종료된다.

세 가지 유형의 구역을 설정할 수 있으며, 여기에는 화학 물질의 존재로 인한 위험 수준과 기타 잠재적 위험, 특히 조난 선박의 상태를 고려하여 안전 거리가 정의된다.

다음은 위해 안전 구역 중 하나에 대한 모든 진입점을 정의해야 한다.

- 위험 지역에서 바람이 불어오는 방향에 있을 것.
- 일기 예보 고려.
- 고위험 또는 중위험 구역에 진입한 대응 선박 또는 대응 팀이 즉각적인 오염 제거 전에 안전하게 탈출할 수 있는지 확인한다. ▶5.21 오염제거 위험한 환경에서 구조 작업을 수행할 수 있는 능력을 갖춘 선박만 안전 구역에 진입해야 한다. ▶4.5 대응 선박

다음 표는 각 위험 유형에 대해 고려해야 할 해당 위험 수준, 잠재적 영향 및 한계와 함께 다양한 유형의 구역을 나타낸다.

구역 유형	정의	위험에 따라 고려해야 할 잠재적 영향 및 한계		
		폭발성	가연성	독성
제외/고* 위험 영역	위험도가 가장 높은 지역	과압으로 인한 가장 큰 부상 효과. SAR 제외 접근 불가	가연성 증기 또는 연기에 대한 가장 높은 잠재적 노출. SAR 제외 접근 불가	독성 증기에 대한 가장 높은 잠재적 노출. SAR 제외 접근 불가
오염 감소/중* 위험 구역	고위험 구역과 저위험 구역 사이의 전환 지역.	위험에 대한 적절한 PPE를 갖춘 승인된 대응인력만 입장 가능. 모든 출입을 기록.		
지원/저* 위험 영역	대응 작업을 지원하는 작업자 사용	정상적인 작업 영역과 관련된 유해요소. 무단 접근을 방지하기 위해 감시 중인 진입 지점 및 경계		

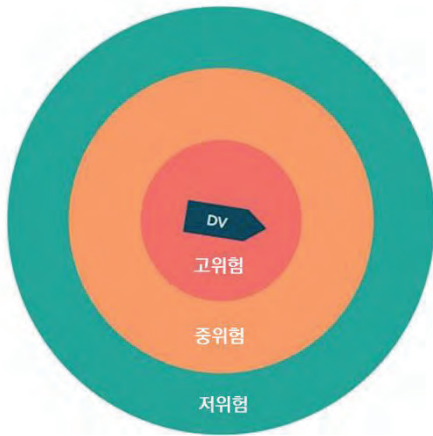
<표 41> 위험에 따라 고려해야 할 다양한 유형의 구역과 잠재적 영향 및 한계

\*일부 문서에서 다른 용어를 찾을 수 있다. 고온/중온/저온 영역 또는 적/주/녹 영역은 각각 고/중/저 위험 영역에 해당한다.

안전구역 정의

안전구역은 폭발 위험이 있는 경우 조난 선박(distressed vessel, DV)을 중심으로 한 반구일 수 있다.

안전구역은 대기 기동의 가능성이 있는 경우 반원뿔일 수 있다: 방출로부터 약 30° 각도(고위험 구역) 및 약 60°(중간 위험 구역)의 삼각형 또는 화재 또는 유독성 구름의 경우



© Cedre

[그림 59] 안전구역

절차

절차	가능한 정보 출처
1) 항법(해상 및 항공) 및 가능하면 인구(피난 또는 대피)를 포함한 즉각적인 위험 구역 설정	▶ 5.3 정보 자원 5.3장 참조 - 지침 또는 물질안전보건자료에 포함된 즉각적인 안전거리 - 정보 없음: DV에서 최소 2NM 반경
2) 안전 구역 정의	- 전문가 - 모니터링 - 예측 모델 - 데이터베이스 - 국가 및 지역 경보(긴급 계획)
3) 안전구역 실행	- 고/중/저위험 구역 - 진입 지점
4) 안전지대 관련 항해경보 실행	
5) 모니터링 및 감시	

<표 42> 안전구역 설정 절차



## 개인 보호 장비(PPE)

대응

## 목표

보호 수준 선택 방법과 PPE 착용 방법 결정.

## 개요

PPE는 화학 물질의 유해한 특성으로부터 사람을 보호하기 위해 필요한 의복 및 호흡기 장비를 말한다. 그 선택은 화학품 유출과 관련된 특정 위험에 적절해야 한다. 다음 사항을 고려해야 한다.

- 유출 화학품(농도, 노출 시간)
- PPE 소재(내구성, 내열성)
- 필요한 호흡기 보호 수준
- 대응인력이 특정 작업을 수행할 수 있는 능력

추가 일반 고려 사항: 모든 PPE는 인증을 받아야 하며 만료 날짜가 있을 수 있다. 항상 제조업체의 지침을 따르고 적절하게 보관하며 인력에게 PPE 착용 및 탈의법을 교육한다.

모든 경우에 통신 시스템을 고려해야 한다.

## EU 범주

유럽에서는 개인보호장비(PPE 규정)에 대한 2016년 3월 9일자 규정(EU) 2016/425가 개인 보호 장비의 설계, 제조 및 마케팅을 다룬다. 그것은 세 가지 범주 I, II, III를 지정하고 범주 III는 "사망 또는 건강에 돌이킬 수 없는 손상과 같은 매우 심각한 결과를 초래할 수 있는" 모든 위험을 다룬다.

- **범주 I:** 저위험 환경에서 사용되는 단순한 구조의 제품. 사용자는 PPE 보호 효과를 독립적으로 평가할 수 있다.
- **범주 II:** 부상을 유발할 수 있는 위험으로부터 보호하는 제품. 부상 위험도는 "매우 낮지도 않고 높지도 않음"으로 결정된다.
- **범주 III:** 사용자의 생명과 건강에 영향을 미칠 수 있는 심각하거나 영구적인 위험 상황에서 보호하는 복잡한 구조의 제품.

화학 보호복은 6가지 유형으로 분류된다(표 43).

유출된 화학 물질이 확인되지 않은 경우 대응인력은 최악의 시나리오를 가정하고 최고 수준의 보호 장비를 착용해야 한다. 피해 위험을 최소화하기 위해 대응인력은 PPE 사용에 대해 철저히 교육 받는 것이 중요하다.

미국 인증 시스템

미국 산업안전보건청(US Occupational Safety and Health Administration, OSHA)을 비롯한 많은 정부 기관은 필요한 보호 등급(A, B, C, D)에 따라 4가지 범주의 PPE를 고안하였다. 일반적으로 화학품의 수와 테스트 조건은 EU 등급에 비해 높다. 대부분의 대응 조직에서 이 네 가지 등급을 인정한다.

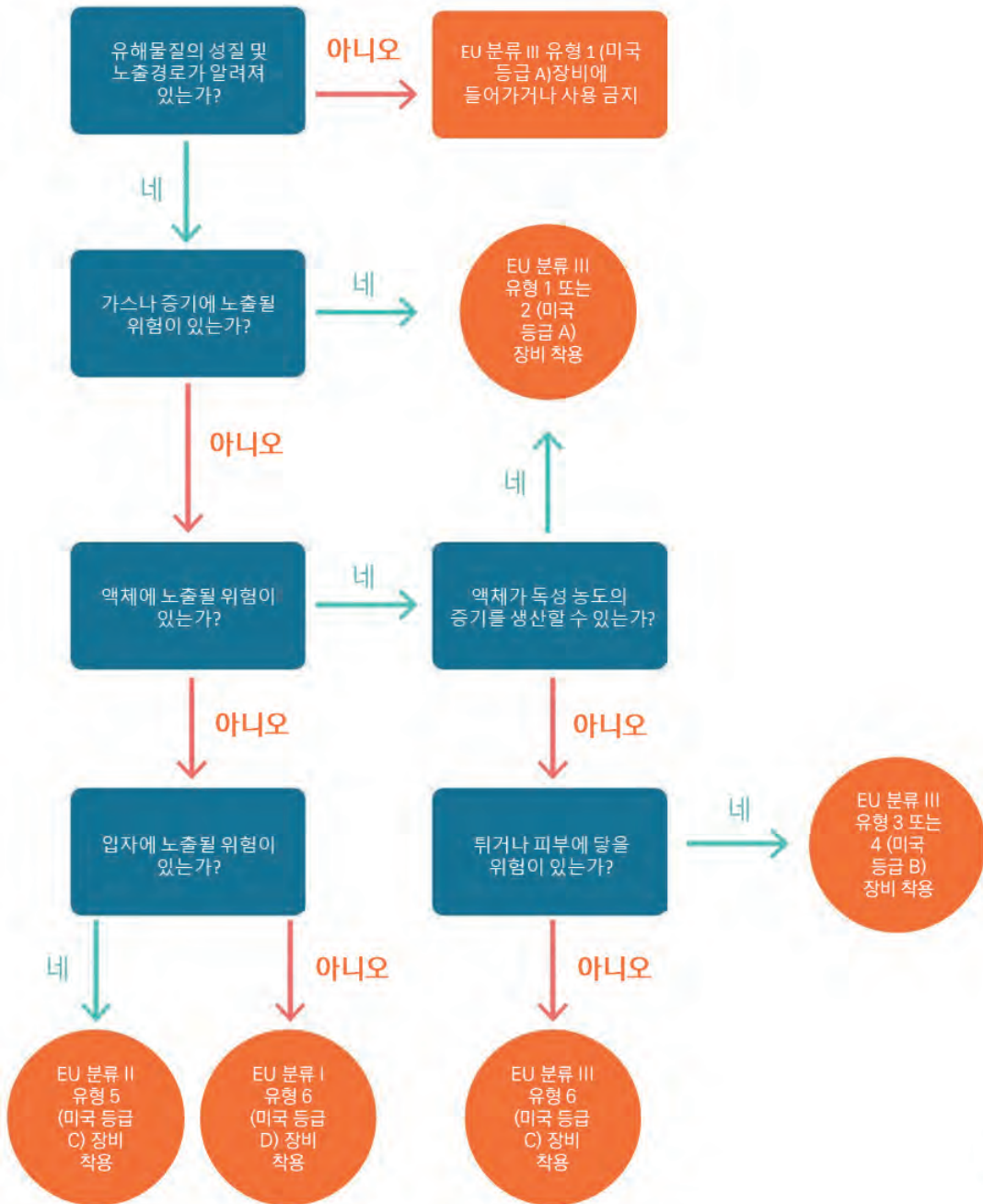
- 등급 A는 최고 수준의 호흡기, 피부, 눈 및 점막 보호를 제공한다.
- 가장 높은 등급의 호흡기 보호가 필요할 때 등급 B 보호를 선택해야 하지만 더 낮은 수준의 피부와 눈 보호가 필요하다. 등급 B는 제품의 특성과 상대적 위험이 아직 정의되지 않았으므로 모니터링, 표본 채취 및 모든 관련 분석 방법 이전에 최소 보호 등급으로 간주된다.
- 공기 중 물질의 유형을 알고 농도를 측정하고 공기 정화 호흡기 사용 기준을 충족하고 피부와 눈에 노출될 가능성이 낮은 경우 C 등급 보호 장비를 착용해야 한다. 적절한 필터가 있는 전면 마스크로 충분하다고 생각할 수 있다.
- 등급 D는 작업복과 유사하며 인력이 유해한 수준의 HNS에 노출되지 않을 것이 확실한 경우에만 착용해야 한다.

표 43는 두개의 분류 시스템을 비교한다:

유럽 등급	유형 1 범주 III	유형 2 범주 III	유형 3 범주 III	유형 4 범주 III	유형 5 범주 II	유형 6 범주 I
보호 수준	액체 및 기체 화학품으로부터 보호 (기밀)	액체 및 기체 화학품으로부터 보호 (비기밀)	제한된 기간 동안 액체 화학 물질로부터 보호 (액밀)	분무 화학 물질로부터 보호 (분무밀)	제한된 기간 동안 분무 화학 물질로부터 보호	액체 화학 물질로부터 신체 일부 보호
호흡기 장비	자급식 호흡 장치	자급식 호흡 장치	자급식 호흡 장치 또는 공기 정화 호흡기	공기 정화 호흡기	공기 정화 호흡기	공기 정화 호흡기
미국식 동등급	등급 A	등급 B		등급 C		등급 D

〈표 43〉 EU 및 미국 PPE 분류 시스템

아래 순서도는 HNS 사고 발생 시 가장 적절한 PPE를 선택하는 데 도움이 되도록 설계되었다.



[그림 60] 보호 수준에 따른 PPE

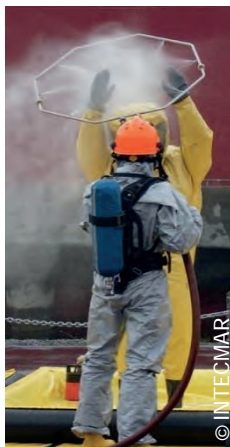
다음은 필요한 보호 수준(유럽 범주)에 따른 PPE이다.

<p><b>유형 1 범주 III</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자급식 호흡 장치(SCBA)</li> <li>• 전신 보호용 방호복(기밀)</li> <li>• 내부 내화학성 장갑</li> <li>• 외부 내화학성 장갑</li> <li>• 스틸 토(steel toe) 내화학성 부츠</li> <li>• 긴팔 면 셔츠(언더 슈트)</li> <li>• 헬멧(언더 슈트)</li> <li>• 작업복(방호복 내)</li> <li>• 무선 통신 시스템(언더 슈트)</li> </ul>	<p><b>유형 2 범주 III</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자급식 호흡 장치(SCBA)</li> <li>• 전신 보호용 방호복(비기밀)</li> <li>• 내부 내화학성 장갑</li> <li>• 외부 내화학성 장갑</li> <li>• 스틸 토(steel toe) 내화학성 부츠</li> <li>• 일회용 부츠 덮개</li> <li>• 무선 통신 시스템</li> <li>• 헬멧(선택)</li> <li>• 외부 보호 바이저(선택).</li> </ul>
<p><b>유형 3 범주 III</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자급식 호흡 장치(SCBA) 또는 공기 정화 호흡기</li> <li>• 전신 보호용 방호복(액밀)</li> <li>• 내부 내화학성 장갑</li> <li>• 외부 내화학성 장갑</li> <li>• 스틸 토(steel toe) 내화학성 부츠</li> <li>• 일회용 부츠 덮개</li> <li>• 작업복(일회용 작업복 내)</li> <li>• 무선 통신 시스템</li> <li>• 헬멧(선택)</li> <li>• 외부 보호 바이저</li> </ul>	<p><b>유형 4 범주 III</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 필터 포함 전면 마스크</li> <li>• 일회용 화학 보호 작업복(분무밀)</li> <li>• 내부 내화학성 장갑</li> <li>• 외부 내화학성 장갑</li> <li>• 스틸 토(steel toe) 레그 내화학성 부츠</li> <li>• 일회용 부츠 덮개</li> <li>• 작업복(일회용 작업복 내)</li> <li>• 무선 통신 시스템</li> <li>• 헬멧(선택)</li> <li>• 외부 보호 바이저(선택)</li> <li>• 탈출 마스크(선택)</li> </ul>
<p><b>유형 5 범주 II</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공기 정화 호흡기</li> <li>• 일회용 화학 보호 작업복(분무밀)</li> <li>• 내화학성 장갑</li> <li>• 스틸 토(steel toe) 레그 내화학성 부츠</li> <li>• 일회용 부츠 덮개</li> <li>• 무선 통신 시스템</li> <li>• 헬멧(선택).</li> </ul>	<p><b>유형 6 범주 I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 비위험 화학품용 유니폼</li> <li>• 작업복</li> <li>• 안전화 또는 부츠</li> </ul> <p>특정 필요에 따라 다른 보호 장치를 고려(예: 공기 정화 호흡기). 호흡기에 대한 위험 및 기타 잠재적 위험이 없음을 입증받는 것이 중요 함.</p>

〈표 44〉 필요한 보호 수준에 따른 PPE 목록(유럽 범주)



범주 III Type 1



범주 III type 3 (전경)



PPE for 범주 I Type 6

### 보호 수준 증가 또는 감소

#### 보호 수준 증가 고려 기준

- 피부 접촉을 통해 확인되거나 의심되는 위험 존재
- 가스 또는 증기의 잠재적 또는 매우 가능성이 높은 방출
- 위험 물질과의(잠재적) 접촉 수준 증가 동반 작업 변경
- 대응인력의 보고가 예상보다 심각한 시나리오인 경우
- 미확인 물질과의 접촉 위험

#### 보호 수준 감소 고려 기준

- 기존 예상보다 낮은 위험의 존재를 나타내는 정보
- 개입의 효과로 인한 위험 감소
- 위험 물질과의 접촉 또는 잠재적 접촉 수준 감소 동반 작업 변경

### PPE 착용

#### 착용:

보호복을 입는 것은 어려울 수 있다. 따라서 다른 사람의 도움을 받는 것이 바람직하다. 감독자는 해당 작업을 감독해야 한다.

#### 범주 III 보호복의 경우

- 장신구 및 잠재적으로 위험한 개인 소지품(펜, 휴대폰, 벨트 등)을 제거한다.
- 깨끗하고 평평한 장소의 바닥에 보호복을 놓는다.
- 실린더를 열고 사용 가능한 공기의 양(조절기 압력)을 확인하고 장비를 등에 둔다.
- 지퍼를 완전히 연다.
- 보호복을 착용한다.
- 보호복의 잠금 장치를 조심스럽게 닫는다.
- 장갑과 장화를 착용하고 잠금장치를 고정한다.
- 압력 방출 밸브가 작동하는지 확인한다.

#### 도핑:

- PPE 보호복을 벗기 전 오염물질을 제거한다; ▶5.21 오염제거
- PPE 보호복을 벗을 때 물질의 잠재적인 흔적과 접촉하지 않도록 주의한다.

### 잠수부를 위한 개인 보호 장비

안전 조치의 주요 목적은 피부 접촉 가능성과 보호복 재료와 잠수부의 피부에 침투할 수 있는 오염 물질의 흡입 가능성을 최소화하는 것이다. 따라서 작업자에게 적절한 다이빙 지원 시스템(호흡기 및 신체 보호 모두 포함)을 제공하는 것이 주요 관심사여야 한다(IMO, 2017).

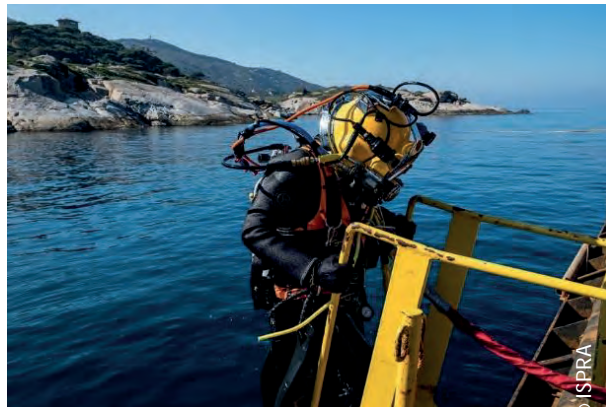
대기 중인 잠수부는 최소한 동등한 수준의 보호 장비를 갖추고 있어야 한다.

#### 마스크:

전면 마스크는 눈, 코, 입의 점막을 합리적으로 보호할 수 있다. 전면 마스크는 압축 가스 SCUBA 탱크와 함께 작동하도록 구성할 수 있으며 잠수부의 자유로운 움직임을 제공하고 적당한 수준의 보호를 제공하는 구성이다. 대부분의 전면 마스크는 SCUBA에 비해 더 큰 내구성을 제공하지만 이동성을 제한하는 표면 공급 압축 가스로 작동하도록 구성할 수도 있다. 또한 양압 조절기가 통합된 전면 마스크는 입으로 들어가는 물을 제거하는 데 도움이 된다. 또한 전면 마스크는 수인성 위험에 노출될 수 있는 모든 잠재적인 부위인 머리, 목, 귀를 보호하지 않는다.

호흡 장치의 첫 번째 단계와 관련하여 소위 "환경 키트"는 선택사항인 경우가 많다. 기계적 밀봉을 통해 오염된 물 유입을 방지하고 얼음 물에 잠수하는 데 효과적이다.

견고한 헬멧은 가황 드라이 슈트에 결합된다. 헬멧은 잠수부를 오염된 물에 격리시킨다. 이 경우 잠수부에 대한 보호 수준이 가장 높다. 헬멧 사용의 주요 문제는 공기 소비량과 관련이 있으며, 이는 공기 압축기가 탑재된 공급 보트를 필요로 하고 작업자의 이동성을 제한한다. 또한 심하게 오염된 물에서 헬멧의 일부 라텍스 구성 요소는 열화되기 쉬우므로 자주 교체해야 한다(US Navy, 2008).



견고한 헬멧과 가황 드라이 슈트를 착용한 잠수부

**슈트과 장갑:**

잠수복은 특정 수준의 오염된 물에서 다이빙하는 동안 보호 기능이 거의 제공되지 않는다. 피부가 직접 노출되는 반면, 폼 네오프렌은 오염된 물을 다량으로 흡수하여 오염 제거를 어렵게 만든다.

가황 드라이 슈트는 심하게 오염된 물에서 상당한 보호 기능을 제공하지만 드라이 슈트는 성능이 저하될 수 있다.

오염된 물에서 다이빙할 때는 내화학성 방수 장갑을 사용해야 한다. 장갑은 드라이 슈트 소매의 커프 링 위에 위치해야 한다. 잠수부가 부피가 크고 부착된 오염 물질과 접촉 가능성이 높은 경우 일회용 오버슈트(예: TYVEX®)를 사용할 수 있다. 이러한 일회용 위험 보호복은 잠수부가 전체 잠수 장비를 갖춘 후에 고정할 수 있다(미국 환경보호청, 2010).

# 오염제거

## 목표

오염 제거는 사람과 장비에 축적된 오염 물질을 제거하거나 중화하는 것을 목표로 하는데 유해 폐기물 현장의 건강과 안전에 매우 중요하다. 화학품의 성질과 거동에 따라 다양한 제거 방법을 사용할 수 있다. 물리적, 화학적 또는 이 둘의 조합일 수 있다. 폐기물 관리와 연계된 오염 제거 계획은 대응을 설정하기 전에 준비해야 한다.



대응인력의 오염 거 중인 작업자 (SCOPE 2017 훈련)

## 적용

오염 제거는 잘 조직되어야 하며 오염 제거를 담당하는 훈련된 작업자 팀은 오염 제거 프로세스를 수행하고 감독하는 담당자가 이끄는 팀이어야 한다. 오염을 제거할 대상에 따라 몇 가지 방법(들)과 정의된 오염 제거 영역에서 이를 구현하는 절차를 식별해야 한다. 다음 그림은 오염 제거 계획을 수립하기 위해 고려해야 할 주요 사항이다. 오염 제거 대상, 방법 및 레이아웃은 아래에 자세히 설명되어 있다.

## 오염 제거 대상



[그림 61] 오염제거 계획 수립의 중점

오염 제거는 세 가지 가능한 대상에 수행되어야 한다.

- 우발적으로 노출된 인력의 오염 제거: 유출 직후 또는 교차 오염 후에 인력이 노출될 수 있다. 이러한 경우 ▶ **3.1 물질안전보건자료 내용**의 4절을 참조하고 의사에게 문의한다.
- 개입 후 대응인력의 오염 제거: 노출이 확인되지 않았더라도 각 대응인력은 오염 제거 프로세스를 거쳐야 한다. 표면 오염도 고려되어야 하지만, 침투에 의한 오염과 접촉 시간, 농도, 온도 및 물리적 상태의 영향도 고려해야 한다.  
장비(대응 선박 포함)의 오염 제거도 오염 물질에 따라 시간과 비용이 많이 소요될 수 있으므로 대략적으로 고려해야 한다.



### 오염 제거 방법 및 구조

적절한 오염 제거 방법은 화학 물질의 위험성과 특성, 오염 제거 수준을 포함한 다양한 기준에 따라 선택해야 한다. 주요 방법은 다음 표에 나와 있다.

방법 유형	방법명	설명	제약 또는 제한
물리적	흡수	스폰지, 흡착재 패드, 수건 또는 일회용 천으로 개인 보호구(PPE)를 포함한 장비 닦기	흡수성 물질은 불활성이거나 활성 특성이 없어야 함.
	흡착	오염 물질을 다른 재료의 표면에 흡착	흡착이 열을 발생시키고 자연 발화를 일으킬 수 있음
	솔질 또는 긁어내기	액체 오염 제거 용액의 유무에 관계없이 사용	화학적 호환성 확인.
	희석 및 세척	PPE 및 장비에서 위험 물질을 세척하는 데 사용. 적절한 화학적 특성은 효율성을 향상: 산/염기(약산, 탄산염, 매우 희석된 가성 소다, 약염기 등), 계면활성제(비누) 또는 용매	화학적 호환성 확인.
	동결	유동적 또는 고점도 액체를 고체로 응고시켜 긁어내거나 박편으로 만들어 사용	비상시 사용 제한
	가열	고온 증기는 고압 워터 제트와 함께 사용되어 가열되어 오염 물질을 제거.	장비에 한하여 적용. PPE 오염 제거를 위해 가열 기술 사용 금지.
	통풍	장비 및 구조물의 접근하기 어려운 곳에서 먼지와 액체를 불어내는 데 사용.	PPE 오염 제거를 위해 통풍 기술 사용 금지. 화학 물질의 분무 형성 위험
	진공	구조물 및 장비의 오염 제거에 사용	세척제는 화학품과 반응하지 않아야 함. 물리적 세척은 침해적이지 않아야 함.
화학적	화학적 분해	두 번째 화학 물질 또는 재료를 사용하여 오염 물질의 화학 구조 변경. 예: 차아염소산칼슘 표백제, 차아염소산나트륨 표백제, 수산화나트륨(가정용 배수구 세정제), 탄산나트륨 슬러리(세탁소다), 산화칼슘 슬러리(석회)	중화를 위한 충분한 양의 화학품을 오염제거 구역에서 저장, 운송 및 취급해야 함.
	중화	최종 용액의 pH를 중성에 가깝게 만들기 위해 부식제에 사용되며, 합리적으로 pH 5에서 pH 9 사이의 특정 지점 사용.	고비용일 수 있음.
	고화	오염물이 다른 물체에 물리적 또는 화학적으로 결합하거나 캡슐화됨	많은 양의 폐기물을 생성할 수 있음.

〈표 45〉 오염 제거 방법 및 구조

### 자료표 5.21

## 오염제거

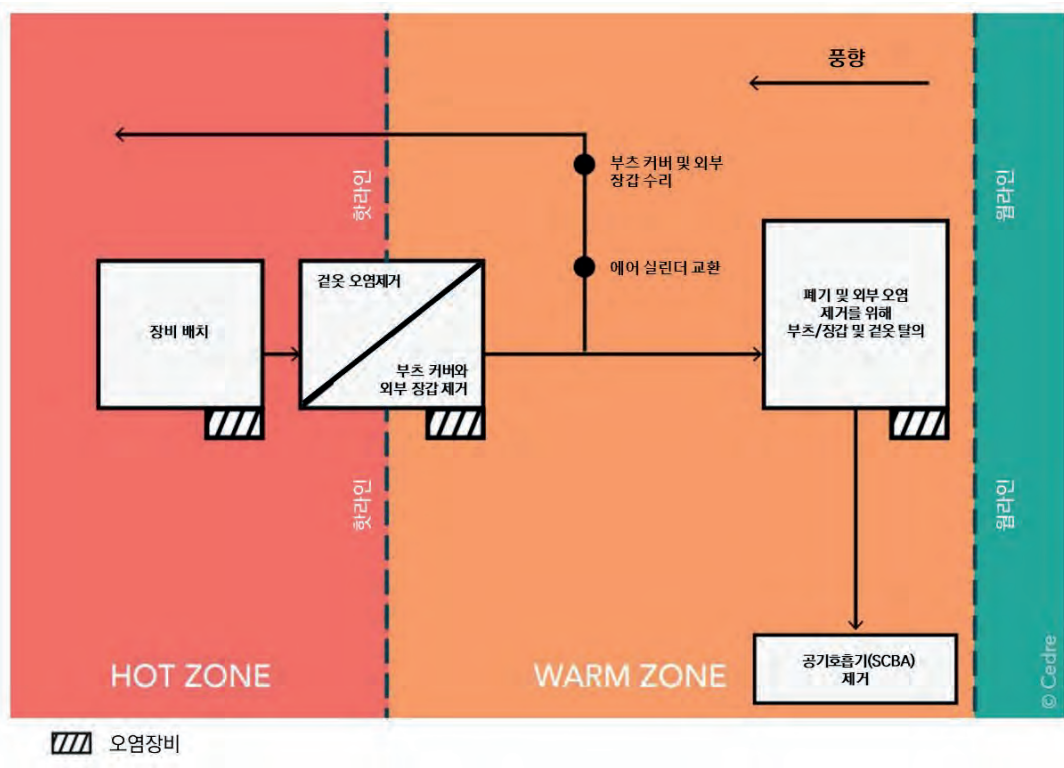
대응

부착 또는 흡착 화학 물질의 대략적 오염 제거는 물리적 수단으로 제거할 수 있지만 일부 물리적 또는 화학적 방법을 사용하여 보다 완전한 오염 제거를 수행할 수 있다. 예를 들어 산 또는 염기의 경우 pH 종이 테스트를 통해 적절한 오염 제거를 확인할 수 있다.

안전 구역(▶5.19 안전구역)에 따라 오염 제거 영역을 설정할 수 있다. 예를 들어 고위험 구역을 떠날 때의 총 오염 제거와 중간 위험 구역을 떠날 때 완전한 오염 제거가 있다. 오염 제거 지역은 오염 제거 지면에 추가된 이동 및 귀환 시간 제한을 고려하여 대응인력이 임무(구조, 관찰, 표본 채취, 조치 이행)를 완수할 수 있는 충분한 시간을 허용하기 위해 대응 장소와 충분히 가까워야 한다.

### 작업 측면

오염 제거 영역은 교차 오염을 최소화하기 위해 항상 '정화' 영역과 '비정화' 영역으로 구분되어야 하며 그 사이에 "핫라인"이 있어야 한다. 또한, 탈의 및 재착용 영역이 지정될 수 있다. 다음 그림은 오염 제거 구역의 배치 구성 방법에 대한 예이다.



[그림 62] 오염제거 구역 배치

## 방법 설명

오염 제거 절차:

- 오염 제거 영역을 배치한다(고려할 기준은 위 참조). 사고지역 내 이동은 일방통행체제로 구성되어야 함;
- 오염 제거 구역의 단순 대응인력: 위험, 오염 방지, 오염 제거 구역으로 가는 안전한 경로(오염된 응급 구조원이 오염되지 않은 비상 구조자와 교차하거나 그 반대의 경우도 마찬가지임), 오염 제거 방법을 설명한다;
- 오염 제거 구역 설정;
- 도구 배치: 도구를 수집하기 위해 적절한 밀봉 가능한 용기 또는 가방을 준비하다;
- 오염 제거 또는 감소: 시작하기 전에 개인 보호 장비 위반 및 개인 노출을 확인한다. 오염 제거를 위한 여러 단계의 경우 첫 번째 총체적 오염 제거, 행굼, 세척, 문지르기, 행굼. 화학 보호복 지퍼, 개인 보호 장비 조인트 및 호흡기 보호 장비 봉인 닫기. 작업자는 오염 제거 중에 대응인력을 통해 복지를 확인해야 한다;
- 노출 확인: 반응제/도구를 사용하여 오염을 확인한다;
- 안전하게 탈의;
- 손, 얼굴 및 노출 부위 세척;
- 의복 착용 및 후속조치(특히 수분 공급) 확보;
- 모든 노출을 기록;
- 오염된 PPE 및 장비 관리;
- 2차 오염 제거 수행;
- 폐기물 처분 및 처리 고려 ▶ [4.4 폐기물 관리](#)

## 고려 사항

- 대응하는 동안, 무거운 장비를 착용한 대응인력들에게는 오염 제거 과정이 길어 보일 수 있다. 그로 인해 육체적 피로가 정신적 피로와 결합될 수 있다. 이러한 피로는 어려운 조건(화재, 열, 움직임 등)에 의해 악화될 수 있다.
- 오염 제거 과정을 피하거나 완화하는 가장 효과적인 방법은 오염을 최소화하는 것이다:
  - 대응 작업은 가능한 한 바람 반대 방향의 오르막에서 수행해야 한다;
  - 비수분 작업 대응: 수분 공급과 관련하여 위생을 엄격하게 관리해야 한다;
  - 유해 물질과의 접촉을 최소화하는 작업 관행 또는 절차가 우선되어야 한다;
  - 오염된 지역을 걷지 않도록 주의해야 한다;
  - 미끄러짐, 걸려 넘어짐 및 추락을 방지하기 위한 적절한 조치를 취해야 한다;

자료표 5.21

오염제거

대응

- 보호 장비의 노출 시간은 가능한 한 최소화해야 한다.
- 오염 제거 과정에서 가능한 한 오랫동안 호흡/호흡기 보호 장비를 착용해야 한다.



잠수부의 오염 제거

# 원격 탐지 기술

대응

## 목표

HNS 탐지에 사용되는 기존 원격 탐지 기술에 대한 개요를 제공한다.

## 방법 설명

원격 탐지는 물리적 접촉 없이 물체(또는 이 경우 사건)에 대한 정보를 획득하는 것으로 정의된다. 오염 사고의 경우 원격으로 감지된 데이터는 유출의 공간적 및 시간적 범위를 거의 실시간으로 추정하는 데 유용할 수 있다. 원격 탐지 기술은 위성, 비행기, 헬리콥터 및 UAV에 탑재될 수 있다. 플랫폼 운영상의 장점과 한계 표 46, 센서 한계 표 47 참조.

## 적용

대부분의 정제 기름 제품과 달리 대부분의 화학 물질은 원격 센서를 사용하여 쉽게 감지 및 식별할 수 없다. 5가지 주요 HNS 거동 범주 중 가스, 증발기 및 부유물만 원격 센서로 감지할 수 있다. 감지 범위는 유출 물질의 화학적 및 물리적 특성(가시성, 열적 특성) 및 농도, 센서 기능 및 사양(능동/수동, 휴대 유형), 환경/대기 조건과 같은 요인의 조합에 따라 달라진다.

플랫폼	장점	한계	
위성 다양한 센서 사용	정기적 경로 광범위한 범위다중 센서	경로는 빈도, 적용 범위 및 궤적 측면에서 고정. 데이터 처리 및 해석은 복잡하고 시간이 많이 소요될 수 있음. 유출 감지 가능성은 날씨에 따라 달라질 수 있음.	
유인 항공기	비행기 다양한 센서와 훈련된 관찰자 사용	여러 유형의 센서 사용 가능. 비교적 빠르게 전개 가능 인적 관찰 가능 헬리콥터 대비 광범위	폭발성 환경에서 작동 불가. 최소 속도 및 고도에서 작동 불가. 위성보다 작은 영역.
	헬리콥터 다양한 센서와 훈련된 관찰자 사용	인적 관찰 가능 기동성 정지 비행 능력	제한된 수의 센서(FLIR) 폭발성 환경에서 작동 불가. 관찰자 수 제한 범위 제한
드론/UAV 다양한 센서 사용	가격대/저비용. 원격 조종. 폭발성 환경에서 작동하도록 조정 가능. 소형 센서 통합.	드론 항공기 활주로 필요(UAV용) 비행 시간 제한 기상 조건에 따라 제한 경량 센서로 제한 엄격한 UAV 운용 규정	
자율 선박		탐색 시간 제한 해수면 상태에 따라 제한. 경량 센서로 제한	
선박	저서생물 관찰 드론 또는 ROV를 배치하기 위한 플랫폼	선박	
ROV	▶ 5.24 원격 조종 장비		

〈표 46〉 원격탐사 플랫폼의 운영상의 장점과 한계

자료표 5.22

원격 탐지 기술

대응

탐지기 명칭	기존 탐지기의 주요 유형 및 주요 특성				
	합성 조리개 레이더(SAR)	측면 관측 공수 레이더(SLAR)	마이크로파 복사계(MWR)	레이저 형광 센서(LFS)	소나, 단일 또는 다중 빔
사용 특성					
탐지 방법	후방 산란	후방 산란	마이크로파 방출	UV 유도 형광	음향측심기
센서 유형	능동형	능동형	수동형	능동형	능동형
위성/항공기/RPAS/선박	위성	항공기	항공기/RPAS	항공기/RPAS	선박/ROV
환경 조건					
시간	항상	항상	항상	항상	항상
대기 제한	없음	없음	맑은 하늘	맑은 하늘	없음
해수면 (Beaufort-Bft)	1 < Bft < 6	1 < Bft < 6	1 < Bft < 6	0-3 Bft <	-
탐지 가능성					
탐지 HNS 위치	해수면	해수면	해수면	해수면	해저
예시	크실렌	식물성 기름	-	벤젠	-
한계					
수행	가양성, 님은꼴	가양성, 님은꼴	데이터베이스에 기록된 스펙트럼 비교 필요. 특정 경우에는 물질 전달 데이터베이스만 필요할 수 있음.	조사 중인 물질 유형 관련 스펙트럼 데이터베이스. 특정 경우에는 물질 전달 데이터베이스만 필요할 수 있음.	불확실한 위치에 대한 선별 지연
두께 결정	두께 결정에 대한 인증 방법 없음	두께 결정에 대한 인증 방법 없음	두께 < 50 μm인 경우 측정 없음	0.1 < 두께 < 10 μm인 경우 식별 가능	-

〈표 47〉 현존 검출기의 주요 유형 및 주요 특성

(가시 + 적외선)	다중 스펙트럼 광학 및 열 (가시광선 및 적외선)	라만 분광법	자외선 (UV)	비디오 및 사진	인적 관찰자
-	반사율	-	반사율	반사율	반사율
-	수동형	능동형	수동형	수동형	수동형
-	항공기/RPAS/선박	RPAS	항공기/RPAS	위성/항공기/RPAS	항공기
IR: 24시간	Vis: 낮시간 TIR: 24시간	항상	낮시간	낮시간	낮시간
-	맑은 하늘	맑은 하늘	없음	맑은 하늘	맑은 하늘
-	0-3 Bft <	-	0-3 Bft <	0-3 Bft <	0-3 Bft <
-	대기(IR: 5~12 $\mu$ m), 해수면(가시 스펙트 럼에 있는 경우)	해수면	해수면	해수면(가시 스펙트 럼에 있는 경우)	대기, 해수면(가시 스펙 트럼에 있는 경우)
-	-	-	스티렌, 크실렌		
특정 경우에는 물질 전달 데이터베이스만 필요할 수 있음	가양성, 님은꼴, 조사 중인 물질 유형 관련 스펙트럼 데이터베이스 특정 경우에는 물질 전달 데이터베이스만 필요할 수 있음	조사 중인 물질 유형 관련 스펙트럼 데이터베이스 특정 경우에는 물질 전달 데이터베이스만 필요할 수 있음	-	가양성, 님은꼴	HSE 한계, 피로, 해석의 차이, 가양성
가장 낮은 두께값에 대해서만 탐지	~ 10 $\mu$ m	-	~ 10 $\mu$ m	두께 결정에 대한 인증 방법 없음	두께 결정에 대한 인증 방법 없음

# 물질 표시

## 목표

물질 표시는 오염물질의 위치나 위험을 표시하거나 오염물질의 회수를 지원하여 다른 사고를 예방하는 것을 목표로 한다.

## 적용

사고의 정확한 상황에 따라 해상에서 유출된 HNS는 안전 또는 운영상의 이유로 표시되어야 한다. 표시는 유출 관리의 초기 단계에서 수행하거나, 예를 들어 환경에서 통제된 방출의 경우 후반 단계에서 수행할 수 있다. 오염 표시는 두 가지 주요 경우에 필요할 수 있다.

- **안전상의 이유:** 독성 또는 폭발성 구름을 식별하는 데 도움이 된다. 이것은 대응인력과 인구가 거주 지역을 지나갈 것으로 예상되는 구름을 시각화하는 데 도움이 될 수 있다. 부유식 포장 물품의 경우 선원에게 위험이 된다.
- **운영상의 이유:** GPS 장치나 시각적으로 나중 단계에서 오염을 찾기 위해 오염을 표시하는 것이 가치가 있을 수 있다. 이것은 포장된 물품이나 불용성 화학품의 경우 또는 부유 슬리키나 일부 침강물질과 같이 용해 과정이 느린 화학품의 경우일 수 있다.

표지 종류	표지 장점	물질의 거동	표지의 적용	장점/한계 및 운영 고려 사항
냄새첨가제	특히 폭발성 또는 유독성 구름의 경우 물질을 후각적 감지	가스/증발	증발 전 또는 후에 물질과 혼합하여 첨가.	일부 가스의 분배에 사용되는 입증된 기술로, 사고 발생 시 구원이 불가능하거나 어려울 수 있음.
형광염료	물질을 시각적으로 감지	부유 또는 용해	물질과 혼합하여 첨가. 살포 기술은 크산탄 검이나 클레이 볼로 수행할 수 있지만 여전히 개선 필요.	친유성 염료는 특히 현장에서의 운동이나 실험 중에 식물성 기름을 착색하는 효율성을 보임. 그러나 유막에 염료를 분사하고 균질화하는 것은 어려울 수 있다. 가장 많이 사용되는 염료는 플루오레세인(노란색)과 로다민 WT(분홍색)이며 후자의 형광 특성이 더 안정적. 용해 물질의 경우 가시성을 위한 시간 제한은 희석 시간과 직접적으로 관련



플루오레세인과 로다민을 이용한 현장 실험



연막탄	물질의 유출 위치를 시각적으로 감지	모든 거동	항공기, 헬리콥터 또는 드론에서 방출.	누출 사고 후 제한된 시간 동안 유용. 연막탄을 사용할 수 있지만 발화 여부는 오염 물질의 인화점으로 미리 확인 필요. 연기 생성으로 풍향 감지.
부표	물질을 시각적으로 감지	부유물 또는 부유 포장물	헬리콥터나 선박에서 방출. 표류 포장물에 부표 부착(자석, 고리 사용)	<p>부표는 다음과 같아야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 항공기와 크기가 호환.</li> <li>- 항공기의 발사실 또는 튜브와 호환</li> <li>- 해수 접촉시 충격에 강하고 표류물과 비교 가능.</li> </ul>
음향 송신기	해저에서 물질의 위치 파악 용이.	침강 물질 또는 침강 가능성이 있는 포장물	헬리콥터, 선박 또는 ROV에서 방출. 가라앉을 경우를 대비하여 탐색 중인 모든 포장물을 음향 송신기를 사용하여 표시.	저주파(10kHz)는 고주파(40kHz)에 비해 더 멀리 전송 가능하지만 정확한 위치 파악은 어렵다. 음향 송신기는 전송 범위를 제한하는 마스킹 효과로 인해 포장된 제품에 너무 가까이 있으면 안 된다. 길이 약 20미터인 부유 로프는 이러한 효과를 줄이는 데 유용. 수색 대상 또는 부유 포장물 부착 시 음향 송신기는 해저와 접촉, 열화를 피하기 위해 양의 부력을 보유해야 한다.



〈표 48〉 표시

# 원격 조종 장비

## 목표

HNS 사고 중 원격으로 작동되는 장비를 사용해야 하는 이유와 시기를 설명한다.

## 일반 사항

사고 환경이 너무 위험하거나 너무 멀리 떨어져 있어 대응 인력이 접근할 수 없는 경우 원격으로 작동되는 장비가 유출에 대한 정보를 얻거나 유출에 대응하는 대안이 될 수 있다. 또한 사람보다 빠르게 작업을 수행하거나 더 비용 효율적인 옵션일 수 있다.

원격으로 작동되는 장비는 표본 채취를 위해 영향을 받는 지역을 검사하고 매핑하고 잠재적으로 격리 및 복구 작업을 수행하는 데 사용할 수 있다. 지하, 지상 및 항공 기술에 대한 개요가 아래에 나와 있다.



[그림 63] 지하, 지상 및 항공 기술: 원격작동차량(ROV); 자율수중차량(AUV), 글라이더, 자율수상차량 (ASV), 무인수상선박(USV), 고정익무인항공기(UAV), 회전익UAV, 위성.

원격 조작 장비에 사용	아표 ROV, AUV, 글라이더	표면ASV	공중 UAV, 위성
해저 측량	X	X (천해)	-
표본 채취	X (ROV)	-	-
물질 검출(바다)	X	X	-
물질 검출(공기)	X	X	X
해양 속성 측정 (즉, 해류, 염분, 온도)	X	X	X (위성)
매핑	X	X	X

<표 49> 원격 조작 장비 용도

### 아표총

#### 원격 조종 수중 장비(remotely operated underwater vehicle, ROV)

ROV는 배 또는 항구의 부두처럼 고정된 위치에서 원격 조종되는 수중 장비다. ROV에는 LARS(Launch And Recovery System)라는 발사 및 복구 시스템과 수중 차량을 작업자와 연결하는 케이블을 관리하는 데 사용되는 TMS(테더 관리 시스템)가 장착될 수 있다. ROV에는 플라이어나 렌치(예: 드럼 열기) 또는 관찰을 위한 표본 채취 시스템 및 비디오 카메라와 같은 조작 도구가 장착될 수 있다.

ROV는 3가지 등급으로 구분;

등급	크기	최대 깊이	센서	용도 및 목적
I	5-20 kg	300 m	카메라와 조명	제한된 영역의 육안 관찰 수행(최대 2노트)
II	60-200 kg	400-500 m	카메라, 스포트라이트 및 유압 조작기	해저의 특정 구조물(예: 파이프라인, 난파선) 검사 및 약 100ml 용량의 특정 샘플러를 사용하여 물 및 퇴적물 샘플 채취
III	“작업등급” > 200 kg	10,000 m	다중	오염물질 및 컨테이너 회수 및 기타 작업 수행

〈표 50〉 ROV 등급

#### 자율 수중 차량(autonomous underwater vehicle, AUV)

AUV는 수중 환경을 검사하고 매핑하는 데 유용한 자율 수중 차량이다. 외부 전원공급이 필요하지 않은 차량으로 선내 또는 항만에서 프로그래밍된 후 미리 설정된 경로를 따라 수중으로 투입된다. AUV에는 비디오 카메라 및/또는 특정 센서, 조사(프로브) 또는 매핑을 수행하는 기기(예: 사이드 스캔 소나)가 장착될 수 있다.

AUV의 주요 용도:

- ☑ 원격 탐지
- ☑ 해저 매핑
- ☑ 해저 물체 감지(난파선, 컨테이너)

### 자료표 5.24

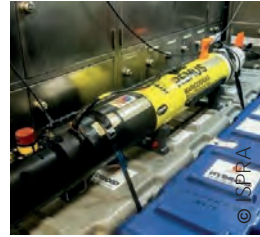
## 원격 조종 장비



등급 II ROV에 장착된  
샘플 채취기



등급 II ROV



AUV(글라이더)의 예

### 글라이더

글라이더는 부력 제어를 사용하여 물을 통해 스스로를 추진한다. 해류, 염분 및 온도와 같은 해양 속성을 측정하는 도구로 해양학 산업 및 학계에서 사용된다. 이러한 속성에 대한 데이터는 오염 물질의 이동 경로와 궤적을 모델링하는 데 도움이 될 수 있다. 글라이더는 ROV에 비해 낮은 기동성으로 장거리를 탐색하도록 제작되었다.

### 표면

#### 자율해상장비(autonomous surface vehicles, ASV)

다양한 ASV 플랫폼이 존재한다. 모터, 바람 또는 파도에 의해 추진될 수 있으며 내비게이션 시스템과 데이터 수집 및 전송 시스템이 포함된다. 이 플랫폼에는 유독성 구름이나 바다에 용해된 물질을 감지하기 위한 다양한 센서와 샘플 수집 장비가 장착될 수 있다. Deepwater Horizon 사건(2010, 멕시코만, 미국) 동안 ASV는 돌고래와 같은 해양 생물의 존재를 모니터링하는 데 사용되었다([www.svglobal.com/asv-globals-c-worker-5-participates-marine-mammal-monitoring-expedition-gulf-mexico/](http://www.svglobal.com/asv-globals-c-worker-5-participates-marine-mammal-monitoring-expedition-gulf-mexico/)).



ASV - 자율해상장비

### 공중

#### 무인 항공기(UAV) 또는 원격 조종 항공기 시스템(RPAS)

##### ▶ 5.22 원격 탐지 기술

무인항공기(UAV)는 짧은 시간에 넓은 지역을 조감도로 확보하는 데 사용할 수 있다. 이러한 장치에는 탑재하중 용량에 따라 다양한 유형의 센서가 장착될 수 있다. UAV는 고정 날개 또는 회전 날개이다. 일반적으로 고정익 UAV는 범위가 더 길고 더 무거운 페이로드를 운반할 수 있지만 발사 및 착륙을 위한 지상 지원 외에도 훈련된 개인이 필요하다. 고정익 UAV는 시야 밖에서 작동할 수 있지만 대부분의 국가에서는 특별 허가가 필요하다.

회전익 UAV도 많은 국가에서 허가가 필요하다. 일반적으로 배터리 용량으로 인해 고정익 UAV보다 범위가 더 짧고 탑재중량이 적다. 그러나 특정 영역 위로 이동하고 표면에 더 가까이 다가갈 수 있는 장점이 있다. 일부 회전익 UAV는 연결되어 비행 시간을 연장하고 더 넓은 시간 범위를 제공할 수 있다.



회전익 항공기 UAV

### 위성

위성에 탑재된 센서는 온도 및 해류와 같은 많은 해양 속성을 측정할 수 있다. 사고가 충분히 큰 경우 위성에 탑재된 카메라와 센서가 오염 물질, 특히 부유 및 증발 제품을 매핑하는 데 도움이 될 수 있다.

##### ▶ 5.22 원격 탐지 기술

# 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기

## 목표

감지기에 대한 몇 가지 예시이다. 휴대용 감지기 사용 시 고려해야 할 주요 매개변수와 일부 임계값이 측정될 때 알림에 특히 중점을 둔다.

## 적용

휴대용 가스 모니터를 사용하면 해당 시점에 실행 중인 대응 작업의 안전성에 대해 판독 및 평가할 수 있다.

- HNS 사고를 처리할 때 위험 요소를 식별하는 것은 매우 어려울 수 있으므로 위험을 줄이는 데 도움이 될 수 있는 모든 조치를 취해야 한다. 휴대용 가스 모니터는 모든 최초 대응인력에게 중요한 장비이다;
- 휴대용 가스 모니터마다 측정하는 가스가 다르기 때문에 모니터가 가스 존재를 정확하게 측정할 수 있도록 사고와 관련된 물질과 모니터 매뉴얼을 확인하는 것이 필수적이다.

## 휴대용 센서의 선택과 사용

위험 감지, 특히 가스 감지를 위한 휴대용 센서는 전 세계 시장을 대표한다. 센서를 테스트하기 위해 여러 실험 연구가 수행되었다. 한 가지 결론은 첫 번째 대응인력의 요구 사항을 완전히 충족하는 감지기는 없으며 자체 감지 장치를 교육하고 인식해야 할 필요가 있다는 것이다.

무엇보다도 서로 다른 센싱 기술에는 장점과 한계가 있다.

▶ **5.27 HNS 검출 및 분석 방법** 탐지기 제조업체는 일반적으로 착용 가능(크기 및 무게), 단일/다중 측정, 낙하 저항, 비용 및 기타 가능한 흥미로운 옵션(예: 통신 기능)을 포함하여 고려해야 할 추가 특성 간의 절충 결과 획득이 되는 장비를 개발한다.

감지유형

사진

휴대용  
비색관(PCT)



촉매 비드 센서  
(폭발량계)



열전도율  
감지기/  
카타로미터



광이온화  
검출기(PID)



〈표 51〉 대표적 휴대용 감지기

측정 대상

아래 표는 다양한 변수, 참조 조치 및 대응 조치를 간략하게 설명하고 가스 및 관련된 몇 가지 일반적인 문제로 제한된다. 이러한 변수에 대한 추가 교육 및 적절한 대응 조치는 가스 모니터 사용 및 밀폐 공간 교육을 포함하여 모든 최초 대응인력에게 제공되어야 한다.

감지 조치 기체 감지	주변 환경 수준	취해야 할 조치
O <sub>2</sub> (산소)	< 19.5%	SCBA를 착용 후 모니터. <i>주의: 가연성 가스 판독값은 산소가 19.5% 미만인 대기에서는 미유효.</i>
	19.5% - 22%	조사 시 주의 유지. 산소 함량만을 기준으로 SCBA 불필요.
	> 22.0%	검사 중단. 화재 위험 가능성. 전문가와 상의.
CO <sub>2</sub> (이산화탄소)		감지 즉시 대피.
	5 ppm	SCBA를 착용 후 모니터.
H <sub>2</sub> S (황화수소)	0.4-0.8% (10-20% LEL)	SCBA를 착용 후 모니터. 더 높은 수준에 도달하면 극도의 주의를 기울여 현장 모니터링.
	> 0.8% (>20% LEL)	폭발 위험. 지역에서 즉시 철수.
유기 및 무기 증기/가스	화학 물질에 따라 상이.	독성학적 기준값을 참조.
<b>농도</b>		
낮은 폭발 한계(LEL)(최대 안전을 위해 노네인은 일반적으로 알려지지 않은 가연성 물질을 감지하는 데 사용)	< 10% LEL	조사 지속.
	10% - 20% of LEL	더 높은 수준에 도달하면 극도의 주의를 기울여 현장 모니터링.
	> 20% LEL	폭발 위험. 지역에서 즉시 철수.
방사능	< 25 μSv/h - 30 μSv/h	조사 지속. 방사선이 배경 수준 이상으로 감지되면 가능한 방사선원이 있음을 나타낸다. 이 수준에서는 보다 철저한 모니터링이 권장된다. 보건 물리학자와 상의.
	> 100 μSv/h	잠재적인 방사선 위험. 지역 대피. 보건 물리학자 또는 의료 요원의 조언에 따라 계속 모니터링.

〈표 52〉 기체 관련 다양한 변수, 기준 조치 및 대응 조치

## 휴대용 감지기의 한계

특정 요인으로 인해 부정확한 판독값이 발생할 수 있다.

실제 농도보다 낮은 수치는 다음으로 인한 것일 수 있다.

- 가스 또는 증기의 연소열, 예. 이황화탄소
- 교정에 사용된 부적절한 물질. 예를 들어 촉매 비드 센서가 매우 민감한 가스를 감지하도록 보정된 경우 물질의 실제 농도보다 낮은 판독값을 표시한다.
- 센서에 축적될 수 있는 화학 물질의 중합체 형성(스티렌, 아크릴로니트릴과 같은 중합 화학 물질). 이 문제는 특정 액체 화학 물질이 억제제를 첨가하여 운반되기 때문에 예상할 수 있다.

다음으로 인한 잘못된 판독값:

- 산소 농도 < 19.5%
- 단위 환산 문제: 1 Vol.-% = 10,000ppm(mL.m<sup>-3</sup>) = 10,000,000ppb

다음으로 인한 가스 계량기 고장:

- 누출된 화학 물질로 인한 센서의 부식 또는 촉매 기능 상실(예: 할로겐화 탄화수소, 황화수소)
- 예를 들어, 시약의 유효 기간이 만료된 경우 만료된 유효 기간(예: 비색 튜브).



# 표본 채취 기술 및 프로토콜

대응

## 목표

현장에서 유출 물질을 표본 채취하기 위한 기술 및 프로토콜에 대한 조언을 제공한다.

## 표본 채취 개요

현장에서 유출 물질의 샘플을 채취하는 두 가지 목적은 다음과 같다.

- 운영상의 필요(예: 대응 옵션, 어업 금지) 또는 미래의 과학적 연구에 대한 참고 자료로 사용하기 위해
- 미래의 청구에 대한 증거로 참조를 제공하고 대응 전략에 기여하기 위해 오염 물질을 식별하고 특성화한다.

표본 채취의 프로토콜과 방법은 표본 채취를 수행하는 전반적인 목적에 따라 결정되어야 하며 표본 채취를 수행하는 사람은 적절한 방법에 대해 교육을 받아야 한다.

## 진행 상황 추적

표본 채취 프로세스의 진행 상황을 추적하기 위해 **관리 연속성(Chain of Custody)** 양식이 사용된다. 이 양식은 비상 대응 계획에 포함되어야 하며 승인된 실험실을 포함하여 다양한 상황 및 화학 물질에 대한 적절한 표본 채취 프로토콜을 요약해야 한다. 비상 대응 계획은 또한 지정된 실험실로의 샘플 전송을 책임지는 **표본 채취 관리 담당**을 지정해야 한다.

**관리 연속성 양식**에는 다양한 화학 물질 그룹에 맞게 조정되어야 하는 여러 요소가 포함되어야 한다.



[그림 64] 관리 연속성 양식

### 요점

- **목표:** 샘플 채취의 최종 목표는 프로세스를 주도해야 한다. 이것은 필요하고 가능한 경우 혹독한 환경(날씨, 조수, 조류), 장비 고장 및 현장 표본 채취의 일반적인 기타 문제를 포함한 예기치 않은 상황에 적응할 수 있어야 한다.
- **엄격한 방법:** 오염 위험을 줄이고 결과를 무효화하기 위해 프로토콜을 엄격하게 따라야 한다. 이렇게 하면 표본 채취 시 오염되지 않은 깨끗한 장비를 사용할 수 있을 뿐만 아니라 보관 및 운송 중에 샘플이 오염되지 않도록 한다.
- **PPE:** 개인 보호 장비(PPE)는 안전한 조건에서 표본 채취가 가능하고 표본 채취 장비를 쉽게 다룰 수 있도록 선택되어야 한다.
- **표본 채취 키트 유지 보수:** 표본 채취 키트는 정기적으로 유지 보수해야 하며 키트 작동을 유지하려면 각 캠페인 후에 항목을 항상 교체해야 한다.
- **표본 채취 키트 재료:** 표본 채취 장비의 재료는 표본 채취된 물질에 적합해야 한다. 이는 일반적으로 분석 매개변수와의 상호 작용이 부족한 것으로 알려진 유리, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 또는 불소 중합체(예: PTFE)로 구성된다. 화학 물질에 대한 ▶ [3.1 물질안전보건자료](#)의 7절은 호환성을 확인하기 위해 표본 채취 전에 확인해야 한다.
- **샘플 요구 사항:** 분석에 필요한 시료의 부피나 무게는 다시 확인해야 한다. 필요한 샘플의 크기는 물질 유형, 분석 유형 및 선택한 실험실에 따라 다를 수 있다.

### 표본 채취 방법

표본 채취는 표본 채취된 물질의 무결성과 분석 결과의 후속 신뢰성을 보장하기 위해 적절한 장비와 기술을 사용하여 수행해야 한다.

선택한 감지 유형에 따라 ROV와 같은 일부 플랫폼에는 현장 감지기가 쉽게 장착될 수 있다. 다른 유형의 탐지는 추가 분석 전에 표본 채취가 필요할 수 있다. 표본 채취 기술은 요구되는 표준 및 열화에 따라 적절하게 수행되어야 한다. 예를 들어, 유기 화합물은 플라스틱 용기에 흡착되어 샘플의 농도를 감소시킬 수 있으며 PAH와 같은 물질은 호박색 유리 제품을 사용하거나 샘플을 호일로 포장해야 하는 자외선(UV) 복사에 의한 분해에 민감하다.

▶ [4.5 대응 선박](#)

▶ [5.24 원격 작동 차량](#)

▶ [5.27 HNS 감지 및 분석 방법](#)

빈도와 수량은 다음에 따라 달라질 수 있다.

대기	물	퇴적물	생물상
 <p>공기 표본 채취 키트</p>	 <p>해수면 아래의 물을 표본 채취하는 병</p>	 <p>퇴적물 표본 채취</p>	 <p>표본 생물상</p>
<p>특히 잠재적인 폭발성/가연성/독성 위험 및 높은 공간/시간 역학 때문에 현장 감지가 샘플보다 선호된다. 표본 채취 백은 호환 가능한 화학 물질로 만들어져야 하며 표본 채취 후 단단히 닫혀야 하며 오염 물질은 신속하게 분석되어야 한다.</p> <p>공기 표본 채취는 활성탄 흡착기를 사용하여 대안적으로 구현한 다음 GC-MS와 같은 분석 장치에서 탈착할 수 있다.</p>	<p>50m 이상의 깊이에서 물 표본 채취는 PTFE 내부 라이닝이 있는 수력학적 표본 채취 병을 사용하여 수행할 수 있다.</p>	<p>퇴적물 샘플은 그랩 또는 코어링 장치를 사용하거나 수상 선박에서 배치 및 제어되는 ROV를 통해 수집할 수 있다.</p> <p>그랩의 선택은 표본 채취할 퇴적물의 유형에 영향을 받을 수 있다. 코어러는 일반적으로 시간이 지남에 따라 오염 물질의 변화를 확립하기 위해 해저에서 코어를 제거하는 데 사용된다. 안정된 퇴적물 지역에서 샘플을 채취하는 경우 퇴적물의 깊이가 증가하면(퇴적물 표면에서 코어 아래로) 퇴적물이 퇴적된 이후 시간이 증가함을 나타낸다.</p>	<p>생물군을 표본 채취하는데 사용되는 방법은 관심 종 및 관련 서식지에 따라 다르다.</p>
<p>폭발성/가연성 수준(LEL의 10%-20%)이 발생하는 경우 현장 모니터링을 극도로 주의하여 수행해야 한다. LEL의 &gt;20%보다 높은 수준에서는 폭발 위험이 있으며 대응인력은 즉시 해당 지역에서 철수해야 한다.</p>	<p>큰 수역의 수직 층화와 흐르는 하천의 혼합 효과를 이해하는 것이 중요하다.</p>	<p>두 가지 주요 목적: 오염 물질이 퇴적물에 유입되는지 평가하고 저서 군집의 변화를 연구하고 해저에 미치는 영향을 결정한다.</p> <p>조간대 지역에서는 퇴적물 샘플을 손으로 수집할 수 있다.</p>	<p>연안 지역에서는 양식 어패류도 표본 채취에 우선순위를 두어야 한다. 생물군의 모든 오염 물질은 개인 간의 농도 차이가 크므로 불확실성 수준을 줄이기 위해 많은 어패류를 채취 및 분석해야 한다(가능한 경우 개별적으로 또는 통합된 샘플로).</p>

표본 채취 기술

고려사항

〈표 53〉 표본 채취 기술 및 고려 사항

**표본 보관 방법**

양호한 품질의 샘플이 분석을 위해 제출되도록 하기 위해 샘플의 보존을 돕고 물질의 분해를 지연시킬 수 있는 몇 가지 방법이 있다. 사전 농축 기술을 포함할 수 있는 이러한 방법은 아래 표에 나열되어 있다.

시료 처리	설명
고상 마이크로 추출(SPME) 또는 교반 막대 흡착 추출(SBSE)	섬유 또는 추출 물질(폴리머 또는 흡착재)로 코팅된 자기 교반 막대에 노출을 사용하는 무용매 시료 방법.
동결	예를 들어, 생분해에 의해 물질의 농도를 변경할 수 있는 미생물 작용을 감소시킨다.
냉각	예를 들어, 생분해에 의해 물질의 농도를 변경할 수 있는 미생물 작용을 감소시킨다.
산성화	대부분의 미량 금속을 보존하고 용기 벽에 대한 침전, 미생물 활동 및 수탁 손실을 줄이는 pH(pH < 2)를 낮춘다.
시약 첨가	고급 시약은 물질의 분석 매개변수를 화학적으로 보존할 수 있다.
용매 추출	선택된 용매에 우선적으로 용해되는 능력을 기반으로 표본 채취 매트릭스에서 추출. 분석에 관련된 분자를 집중시키는 데에도 유용하다.
여과	유기 및 무기 오염 물질은 물에 부유 물질을 흡착할 수 있다. 여과를 통해 용해된 오염 물질 수준 또는 부유 물질과 관련된 오염 물질을 결정할 수 있다.

〈표 54〉 표본 보관 방법

일반적으로 접하는 화학 물질의 표본 채취, 보존 및 보관 시간에 대한 자세한 정보는 다음에서 찾을 수 있다.

[www.epa.vic.gov.au/about-epa/publications/iwrg701](http://www.epa.vic.gov.au/about-epa/publications/iwrg701)

서론  
IMO 협약, 의정서 및 규칙  
HNS 거동 및 유해요소  
대비  
대응  
유출 후 관리  
사례연구  
자료표

# HNS 감지 및 분석 방법

대응

## 목표

HNS 탐지 및 분석에 가장 적합한 방법을 선택하는 방법.

## 고려 사항

- ☑ 필요한 장비의 구입, 사용 및 유지 보수 비용을 설명한다.
- ☑ 각 장치에는 숙련된 작업자가 필요하다.
- ☑ 데이터를 분석할 때 비판적으로 생각하고 기기와 관련된 오류를 인식한다.
- ☑ 모든 화학 물질에 단일 분석 방법을 적용할 수는 없다.

## HNS 탐지 방법 선택 기준

HNS 감지에 사용할 센서를 결정할 때 몇 가지 기준을 고려해야 한다(표 55).

기준	설명
보정	측정을 신뢰할 수 있도록 알려진 농도에 대해 센서 출력을 확인하는 수단이다.
감도	감지 가능한 센서 응답에 필요한 물질의 최소 농도이다. 감도 한계는 농도를 감지할 수 없는 임계값이다.
선택성	다른 물질이 있는 상태에서 우려 물질을 감지하는 능력.
간섭	위양성/음성으로 이어질 수 있는 기타 물질/환경 매개변수.
검출시간	현실을 반영하는 측정에 도달하는 데 필요한 시간. 일반적으로 물질에 노출된 후 신호 반응의 90%에 도달하는 시간.
회복시간	측정된 물질에 더 이상 노출되지 않으면 배경 수준으로 돌아가는 데 필요한 시간이다.
동작시간	적용에 따라 센서가 더 이상 충분히 신뢰할 수 있고 정확한 결과를 출력하지 않는 시간.
드리프트	측정된 물질이 없는 상태에서 기기 오류의 결과로 더 긴 기간 동안 센서 기준선의 체계적인 변경.
소비전력	특히 현장에서 고려해야 한다.

〈표 55〉 분석 장비 특성화를 위한 매개변수 정의

주요 탐지 장치는 대상 종, 원리에 대한 간략한 설명, 해당하는 장점과 한계를 포함하여 작동 원리에 대한 설명과 함께 다음 표에 나와 있다.

# HNS 감지 및 분석 방법

감지 유형	원리
휴대용 비색관(PCT)	가스 또는 증기를 유리관으로 끌어들이어 gas와 반응하여 보통 색상 변화를 일으키는 민감한 시약을 포함하므로 특정 화학 물질의 존재를 식별하고 농도를 정성적으로 평가할 수 있다. 칩에서 소형화할 수도 있다.
촉매 비드 센서(폭발량계):	백금 코일이 내장된 촉매 코팅된 세라믹 비드가 가연성 gas에 노출되면 비드 표면의 산소와의 산화 반응으로 인해 백금 와이어 저항에 측정 가능한 변화가 발생한다. 이 신호는 공기 중의 gas 농도를 나타낸다.
열전도를 감지기/ 카타로미터	기준 휴대 gas와 측정된 gas 사이의 열전도율 차이는 전극 시스템의 전압 변화를 사용하여 감지된다.
화염 이온화 감지기(FID) 기기:	gas 샘플은 전기 음극 근처의 수소 불꽃에서 이온화된다. 전위에서 형성된 이온은 전극 시스템의 유도 전류 덕분에 끌어 당겨지고 측정된다.
표면 탄성파(SAW)	SAW 센서는 공기 중의 화학 증기를 감지하기 위해 압전 시스템의 특정 재료 코팅과 음파의 상호 작용을 사용한다. 재료는 특정 화학종을 감지하도록 선택된다. 재료에 흡수된 다른 화학 물질은 음파의 변조로 인해 압전 시스템에서 다른 전기 신호를 생성한다.
적외선(IR) 센서	빔 경로를 통해 투과된 방사선의 감소로 감지되는 특정 분자에 의한 적외선 흡수를 기반으로 하는 감지. 비분산 IR에 비해 FTIR 검출기를 사용하여 선택성을 향상시킬 수 있다.
기체 크로마토그래피(GC) 또는 고성능 액체 크로마토그래피(HPLC)	샘플은 컬럼의 이동상에 도입된다. 이동상과 고정상 사이의 컬럼을 따라 분리가 발생한다. 컬럼의 온도를 제어하여 화학품의 분리를 개선할 수 있다. 컬럼 출구에서 분리된 화학품의 측정 또는 식별을 위해 다양한 유형의 검출기를 사용할 수 있다.
질량분석법(MS)	이온화된 화학 물질은 가속된 다음 질량 대 전하(m/z) 비율에 따라 자기장에 의해 편향되어 검출기 화면에서 이온을 분리한다. MS는 보통 크로마토그래피와 같은 분리 기술과 결합된다.
이온 이동성 분광법(IMS)	이온화된 분자는 전기장을 통해 이동할 때 버퍼 캐리어 가스에서 분리된다. 화합물은 이온화된 분자가 표류하는 데 필요한 시간을 기준으로 식별된다. 이 분리 기술은 일반적으로 다른 검출기 유형 또는 질량 분석기와 결합된다.
유도 결합 플라즈마(ICP)	일반적으로 아르곤 gas로 만들어진 극도로 뜨거운 플라즈마를 사용하는 이온화 기술. 대부분의 분자가 원자화되는 "하드" 이온화 기술이다. 액체 샘플에서 미량 금속 및 비금속을 검출하는 능력으로 알려진 방법. 보통 질량 분광법 및 기타 분광법과 결합된다.
라만 분광법	물질은 적외선(IR) 방사선으로 조명되어 분자의 화학 결합과 상호 작용하여 IR 방사선이 반사되도록 한다. 반사된 IR 신호는 해당 분자 종의 특징적인 시그니처 스펙트럼을 나타내며 참조 스펙트럼과 비교할 수 있다.
X선 형광(XRF)	분자의 원자는 X선의 충격에 의해 여기되고 특정 원소의 특징인 특정 파장을 가진 X선과 형광을 포함한 에너지를 방출한다. 레이저 유도 형광이 있는 원격 센서로도 사용할 수 있다.
금속 산화물 반도체	대상 물질을 감소시켜 해당 대상 종의 농도 또는 정체를 나타내기 위해 측정할 수 있는 전도도 또는 저항의 변화를 유도하는 반도체 칩의 내화학성 층. 어레이에 사용되는 서로 다른 화학 저항체를 '전자 노즈'라고 한다.

<p><b>전기 분석 검출</b></p>	<p>이러한 기술은 용액 브리지가 있는 전극 시스템을 사용하며 다양한 전기분해 특성을 사용하여 용액에 용해되는 분석물의 농도를 측정할 수 있다. 전극에서의 다른 반응은 표적 종의 농도를 결정하기 위해 측정할 수 있는 다른 전기 신호를 유발할 수 있다. 기술에는 전위차계, 전도도계, 전압전류계 및 전류계가 포함된다.</p>
<p><b>pH 측정기</b></p>	<p>산 또는 염기의 모니터링은 pH 미터 또는 pH 표시지를 사용하여 수행할 수 있다. 후자의 경우 종이에 물 샘플과 접촉하면 색이 변하는 표시기가 함침된다. 결과 색상은 pH 값의 눈금과 비교된다.</p>

〈표 56〉 주요 감지 장치 - © Cedre

운영 고려 사항

감지 유형	용도	장점	한계
휴대용 비색관(PCT)	선택된 기체 화학품	- 단순 유무 검사 - 저렴, 직관적, 신속 - 접근이 어려운 장소나 열악한 환경에서 사용 가능한 소형	- 보관 기한 - 간섭 가능성(예: 물) - 보통 정량적 측정을 제공하지 않음
촉매 비드 센서(폭발량계)	H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , 가연성 기체	- 저렴한 비용과 견고함 - 보정 용이 - 작고 다루기 쉬움 - 정량적 측정 제공	- 12% 미만의 산소 농도가 감지에 영향을 줄 수 있음 - 중합 물질(예: 염소화 또는 불화 탄화수소 물질, 실리콘, 하이브리드 또는 황산 화합물)에 의해 검출 감소 - 기준선 보정 필요 - 낮은 선택성
열전도율 검출기/카타로 미터	유기 또는 무기 기체 종	- 높은 정밀도 - 다양한 종 검출	- 낮은 감도 - 선택적이지 않음. - 열전도율이 공기에 가까운 가스에서는 정확도가 떨어짐(NH <sub>3</sub> , CO, NO)
광이온화 검출기(PID) 기기	휘발성 유기 화합물(VOC)	- 저농도 검출 가능 - 폭발성 대기에서 사용 가능 - 저비용	- 이소부틸렌으로 교정 필요 - 일부 가스는 이 방법을 사용하여 이온화되지 않아 측정 불가.
화염 이온화 감지기(FID) 기기	유기 또는 무기 기체 종	- 일반적으로 크로마토그래피에 사용 - 저농도 검출 가능	- 선택적이지 않음. - 폭발성 대기에서 사용 불가. - H <sub>2</sub> S, CCl <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> 및 기타 가스에 대한 매우 낮은 검출 - CO 또는 CO <sub>2</sub> 감지 불가.
표면 탄성파(SAW)	선택된 기체 화학품	- 극저농도 검출 가능 - 잠재적으로 측정될 수 있는 광범위한 종 - 휴대성을 위해 소형화 가능	- 습도, 온도 또는 기타 화학 물질은 가양성/음성을 유발 가능. - 많은 센서는 아직 개발 단계
적외선(IR) 센서	탄화수소 가스 및 증기, NH <sub>3</sub> , CO, CS <sub>2</sub> , HCN, HF, H <sub>2</sub> S	- 오염이나 증독에 취약하지 않은 센서 - 보정 불필요 - 산소 농도에 의존하지 않음	- 일부 화학종은 측정 불가 - 고가의 기기 - 높은 에너지 소비
기체 크로마토그래피 (GC) 또는 고성능 액체 크로마토그래피 (HPLC)	광범위한 화학물	- 유연하고 사용자 정의가 가능한 고해상도 및 감도 - GC: 다양한 종 측정 가능 - HPLC: 다중 분석이 가능한 많은 휴대용 기기	- 적절한 검출기를 선택하고 교정 필요 - 느린 감지 시간 - 표적 종의 휘발성에 의해 제한되는 GC - 현장 조건에 적합하지 않은 HPLC



질량분석법(MS)	광범위한 화합물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 휴대용 질량분석기</li> <li>- 화학 구조에 대한 높은 정보 제공</li> <li>- 고감도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고가의 장비</li> <li>- 일반적으로 현장 조건에 비적합</li> <li>- 느린 감지 시간</li> </ul>
이온 이동성 분광법(IMS)	이온화될 수 있는 분자	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저비용</li> <li>- 고감도</li> <li>- 빠른 응답 시간</li> <li>- 휴대 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일부 감지기(전부는 아님)는 원자력 안전 당국의 승인이 필요한 저에너지 방사성원 사용 가능.</li> <li>- 제한된 선택성</li> </ul>
유도 결합 플라즈마(ICP)	광범위한 화합물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일부 기술은 액체 샘플을 분석 가능.</li> <li>- 높은 정확도로 원자 방출 분광법(ICP-AES)과 함께 자주 사용</li> </ul>	ICP-AES에서 샘플은 강산에 용해되어야 함: 황수, 염산과 질산의 혼합물
라만 분광법	탄화수소 기체 및 증기, H <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CO, CS <sub>2</sub> , HCN, HF, H <sub>2</sub> S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장 사용을 위한 견고한 장비</li> <li>- 플라스틱, 유리 또는 물을 통해 감지 가능</li> <li>- 높은 특이성</li> <li>- 낮은 응답 시간</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 형광 또는 생물학적 물질에 의한 간섭</li> <li>- 고농도에만 적합</li> </ul>
X선 형광(XRF)	광범위한 화합물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비교적 저렴</li> <li>- 다원소 분석</li> <li>- 낮은 오염 위험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 큰 원자에만 적합</li> <li>- 다른 원자의 신호 간섭</li> <li>- 실험실 연구에만 적합한 장비</li> </ul>
금속 산화물 반도체	산화 가스	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 빠른 응답 시간</li> <li>- 저렴하고 신뢰할 수 있음</li> <li>- 소형, 저전력 요구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 어레이에서 '전자 노즈'로 사용하는 경우를 제외하고 낮은 선택성</li> <li>- 제한된 양의 산화 가스에만 적합</li> </ul>
전기 분석 검출	광범위한 화합물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 액체 시료에 적합한 기술</li> <li>- 현장 감지</li> <li>- 측정 가능한 다양한 종</li> <li>- 높은 정확도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 감도는 전극에 사용되는 재료에 따라 달라질 수 있음.</li> <li>- 다른 화학품의 간섭 가능성</li> </ul>
pH 측정기	산과 염기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 직관적인 시각적 결과</li> <li>- 매우 간단하고 저렴한 장비</li> <li>- 명확한 결과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지나치게 단순함</li> <li>- 종이 지표는 정량적 측정이 아님.</li> </ul>



〈표 57〉 탐지 관련 운영 고려 사항 - © Cedre

# 긴급 승선

## 방법 및 적용

사고가 발생하면 구조 및 대응 팀이 조난 선박에 탑승하여 대피(MEDEVAC), 예인 연결(▶ 5.29 긴급 예인), 기타 대응 또는 구조 작업을 수행해야 할 수 있다. 인근의 대형 대응 선박에서 진수된 소형 선박이나 헬리콥터를 통해 탑승할 수 있다.

헬리콥터 및 선박을 통한 탑승과 관련된 장점과 과제는 표 58에 요약되어 있다.

장점	단점
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 소형 승선선이 진수되는 대응선은 작업 플랫폼 역할을 할 수 있다.</li> <li>• 장비 가용성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 느린 대응 시간</li> <li>• 특히 PPE를 착용한 경우 탑승이 매우 어려울 수 있다.</li> <li>• 해상 상태에 따라 다름</li> <li>• 선원의 도움 필요</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 신속 대응</li> <li>• 대응인력 배치 용이</li> <li>• 선박의 선원과 무관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제한된 비행 시간 및 범위</li> <li>• 인원 및 장비에 대한 제한된 부하 용량</li> <li>• 날씨에 따른 이용 가능 여부</li> <li>• 유해 대기의 경우 제한됨</li> </ul>

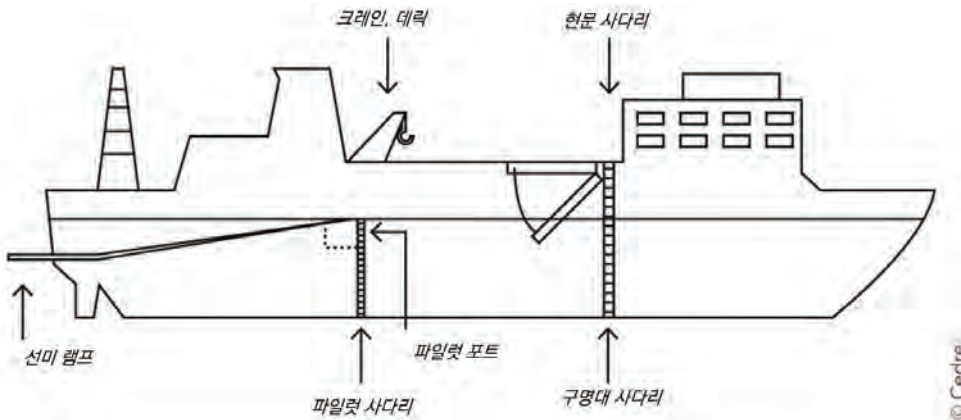
〈표 58〉 승선의 장점과 단점

모든 탑승 옵션은 사상자의 선장 HNS 전문가, 관련 기관 및 팀 등 기타 주요 인력과 논의 해야 한다. 구조정을 통해 부상자에 탑승시킬 때 가장 실용적인 접근 수단은 선박의 구체적인 배치도에 따라 달라진다. 선장 또는 선주로부터 최신 일반배치도 (GA)를 제공받는다면 승선 계획을 수립하는 데 필요한 세부 정보를 파악할 수 있다. 또한, 선박의 화재 및 안전 계획은 선박별 지식을 제공하기 위한 선원 커뮤니케이션과 함께 승선 작업을 계획할 때 의사 결정 과정을 안내하는 데 특히 유용할 수 있다.

서론  
IMO 협약, 의정서 및 규칙  
HNS 거동 및 유해요소  
대비  
대응  
유출 후 관리  
사례연구  
자료표

승선팀에 선원이 참여하면 갑판 기계의 위치를 찾고 작동하는 것과 관련하여 상당한 이점이 있다(예: 선박의 동력을 회복하거나 예인).

다른 선박에서 탑승하기 위한 옵션에는 도선사 사다리, 구멍정 사다리, 통로 또는 선미 경사로가 포함될 수 있다. 헬리콥터를 통해 사상자 탑승을 고려할 때 사상자 탑승은 불가능할 가능성이 높으며 대신 적절한 원치 위치를 식별해야 한다.



[그림 65] 승선 장소의 예

**절차**

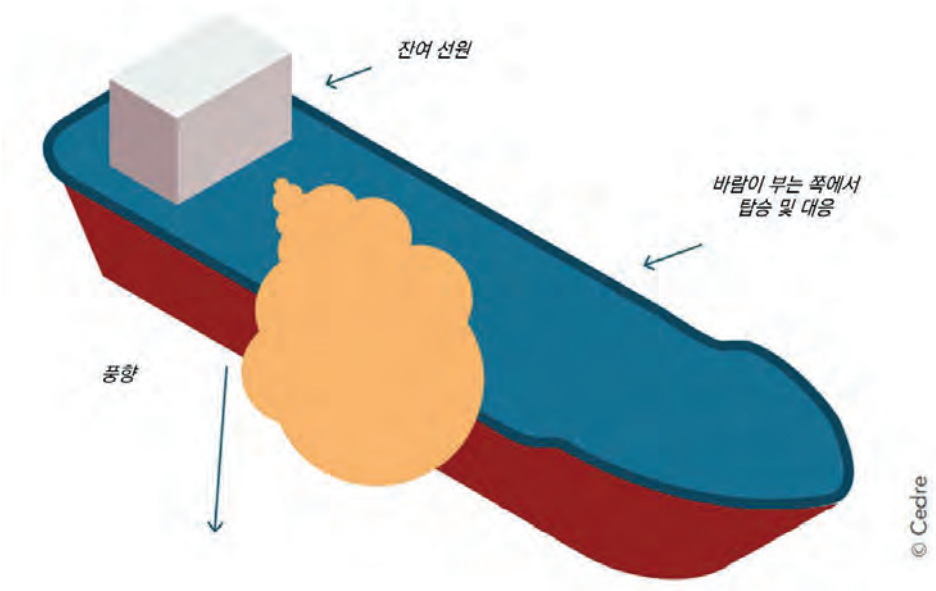
모든 팀은 사고 선박에 탑승하기 전에 ▶ **5.5 상황 평가**를 수행해야 하고 관련 단체/팀(예: 탑승팀, 지원팀, 오염제거팀)에 조치 계획, 관련 작업에 대해 알려야 하며 탑승 팀이 탑승할 가능성이 있는 시나리오에 대한 브리핑을 받아야 한다. 역할과 책임을 명확하게 정의하고 팀원이 출구 전략 및 ▶ **5.21 오염제거** 계획을 알고 있어야 한다(선박에서 1차 오염 제거를 수행하고 가능한 경우 하선 후 2차 오염 제거를 수행해하는 것이 이상적임).

유해 증기/가스(▶ **5.13 대응 고려사항: 가스 및 증발**)과 관련된 화학 사고의 경우 모든 승선 및 사고 대응이 구름의 반대 방향에서 수행되어야 함을 명심하는 것이 중요하다(그림 65). 폭발/화재의 위험이 우려될 수 있으며 이를 사고 선박에 접근하기 전에 고려해야 한다. 추가 안전 예방 조치로 선박에 승선하는 비상 대응인력은 적절한 PPE(▶ **5.20 개인 보호 장비**), 시나리오에 적합한 모니터링 장치(▶ **5.25 최초 대응인력을 위한 휴대용 가스탐지기**), 안전(인명 구조 기기, 통신) 및 대응 장비(소방 등)를 갖추어야 한다.

자료표 5.28

긴급 승선

대응



[그림 66] 최적 승선 위치 식별

사고 선박에 탑승한 후 사고 선박으로부터 신속한 탈출이 필요할 경우에 대비하여 안전한 귀환 공간을 마련하는 것이 중요하다. 안전지원팀은 항상 준비되어 있어야 하며(대기 보트 포함) 대피가 필요할 경우 대응 팀을 지원할 준비가 되어 있어야 한다.

## 목표

긴급 예인은 비상예인선(Emergency Towing Vessel, ETV)가 예인 장비를 사용하여 조난 선박의 방향 및/또는 침로를 변경하는 것이다. ETV 역할을 하는 선박의 기술 요구 사항은 크게 다를 수 있지만 최소한 충분한 마력, 예인 장비, HNS 사고 시 잠재적인 독성 증기에 대한 선원 보호가 필요하다(▶ [4.5 대응 선박](#), EMSA(2016)).

긴급 예인은 대응을 담당하는 **관할 국가 당국**, 선박과 계약한 구조 회사 또는 주변에서 도움을 제공하는 적절한 선박에 의해 시작되고 수행될 수 있다. 일반적으로 ETV는 위험도가 높고 교통량이 많은 지역 근처의 전략적 항구에 위치하며 기상 조건이 악화되는 경우 바다에 미리 배치할 수 있다.



탱커 예인

## 목적

긴급 예인은 다음과 같은 상황에서 구현될 수 있다.

- 수용 블록 또는 계류소가 발생원의 바람을 맞도록 사상자를 이동시켜 직접적인 증기 또는 가스로부터 선원 또는 대응인력을 보호
- 사고 선박을 바다로(HNS 유출의 잠재적 영향을 줄이기 위해), 보호 지역으로, 또는 선원의 안전한 대피, 화물 이송(▶ [5.31 화물 이송](#)) 및/또는 기타 대응/인양 작업이 보다 안전한 환경에서 수행될 수 있는 피난 장소로 예인

선박이 좌초되거나 운행 불가능한 경우 구조 작업에는 선박의 무게를 줄이고 다시 띄우는 작업이 포함될 수 있으며, 그 후 부두나 조선소로 예인되거나 스커틀링의 경우 심해로 예인될 수 있다. 그러나 이는 장기 인양 전략의 일부이기 때문에 긴급 예인으로 간주되지 않는다.

## 방법 설명

SOLAS II-1 규정 3-4에서는 모든 선박에 **ETB(Emergency Towing Booklet)**를 비치해야 한다고 규정하고 있다(IMO, 2008). 이 문서는 선박에 고유하며 선박에 비상 예인 장치가 장착되어 있는지 여부, 예인 작업을 수행하기 위해 따라야 할 절차 및 계류 관련 계획과 같은 주요 예인 정보를 자세히 설명한다. 최소 3개의 사본을 선내(다리, 선수루 및 선박 사무실 또는 화물 통제실)에 비치해야 한다. 소유자 또는 작업자도 ETB 사본을 갖게 된다.

# 자료표 5.29

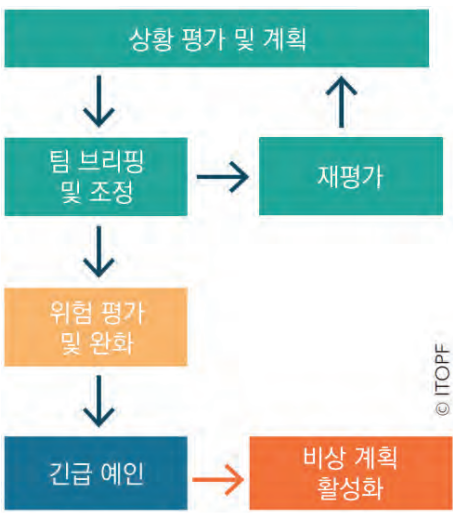
## 긴급 예인

대응

예인 작업에 대한 일반적인 모범 사례는 인양 또는 선급 협회에서 생성한 많은 문서에 자세히 설명되어 있다(예: DL Noble Denton, 2016).

### 계획

작업을 시작하기 전에 철저한 상황 인식 평가를 수행해야 하며, 비상 예인의 목적은 예인 장치에 영향을 미치지 않도록 명확해야 한다.



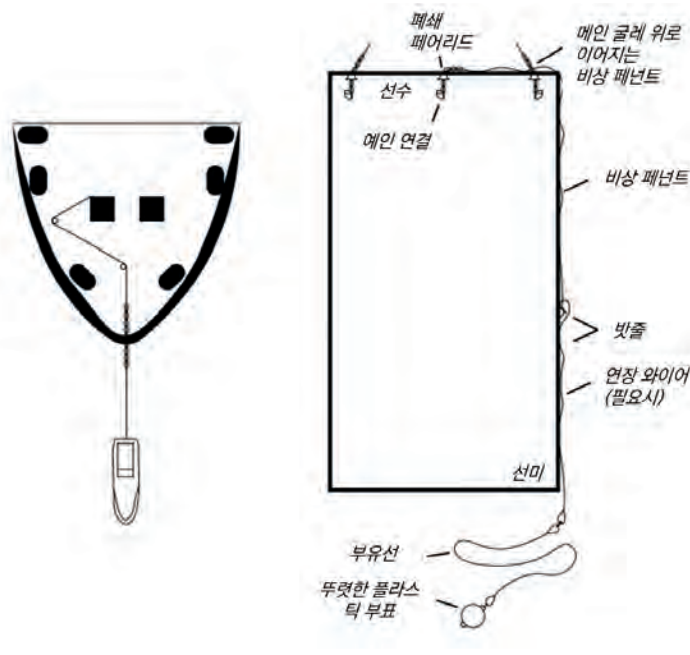
특히 다음과 같은 질문을 하고 답변해야 한다: 어떤 유형의 HNS가 기내에 있는지, 물질 관련 위험은 무엇인지, 아직 승선 중인 선원/그들이 도울 수 있는지, 어떤 유형의 PPE가 필요한지(▶ 5.20 개인 보호 장비). ETB에 따르거나 ETB에서 조정된 모든 비상 예인 절차는 선박의 선장 및 기타 관련 핵심 인력과 논의해야 한다. SAR/인양 팀, 선원 및 당국(The Finnish Border Guard, 2019). 최소한, 계획은 해양 조건, 선박 설계, 장비 및 비상 준비를 고려해야 한다.

[그림 67] 비상 예인 계획의 제안 단계

예인장치(그림 68) 또는 비상예인장치가 이미 장착되어 준비되어 있는 경우 사용에 적합한지 확인해야 한다. 스켈레톤 선원이 선상에 남아 있는 경우 ETB에 설명된 대로 예인 장비를 준비해야 한다. 가능한 경우 선박을 버리기 전에 선원은 쉽게 복구할 수 있도록 비상 예인을 위해 사전 장비되고 부력이 제거된 픽업 장비를 선외로 떨어뜨릴 것으로 예상된다. 결과적으로 구조팀이 선박에 탑승할 필요가 없을 수도 있다(▶ 5.28 긴급 승선).

비상 시나리오에서는 현장에서 사용 가능한 장비와 자원을 사용해야 하는 경우가 많으므로 예인 작업의 성공 여부는 선원의 표준과 경험에 크게 좌우된다.

HNS 사고 중에 사용되는 긴급 예인 작업에 대한 체크리스트와 절차는 HNS 전문가가 검토하여 대응인력의 잠재적 위험을 예상하고 완화해야 한다. 핵심적인 위험은 표59에 자세히 설명되어 있다.



[그림 68] Ruby-T의 선수에서 예인선 배열과 비상 예인 장치 구성의 예

	위험	조치
HNS 구름 형성 위험	바람의 힘과 궤적을 추적하고 예측해야 한다.	
	폭발 구름의 위험	ETV와 항공기는 핫존에서 멀리 이동할 수 있어야 한다. (▶ 5.19 안전구역)
	독성 구름	선박은 독성 농도를 방지하기 위해 바람 반대 방향으로 움직여야 한다.
인력이 장비를 안전하게 작동 및 취급할 수 없을 정도로 상태가 악화되는 경우	액화가스 방출(및 기타 HNS)	흰 안개(대기 중에 자연적으로 존재하는 수증기의 응결)로 인한 시야 감소에 유의한다. 다른 HNS도 가시성을 크게 감소시킬 수 있다.
	보호복(유형 1) 및 자급식 호흡기(SCBA)를 착용한다.	공기 소비뿐만 아니라 대응인력에 대한 추가적인 스트레스와 피로를 고려.
	장비 호환성	관련된 HNS와의 장비 호환성(원치, 도구, 체인, 케이블, 걸쇠, 스톱퍼, 줄 던지기 장치 및 무선 통신 장비)을 확인한다.  참고: 화학적 오염은 보통 리깅(rigging) 인증을 무효화한다
악화 조건	HNS 불시 방출	HNS 해제 시 비상 분리 절차가 안전하게 구현될 수 있는지 확인

<표 59> HNS 별 위험 및 관련 조치

### 고려 사항

- 외해에서 예인의 가장 위험하고 어려운 부분은 초기 연결을 설정하는 경향이 있다(예: 비상 예인 라인 또는 메신저 라인 복구, 악천후에서 혼동될 수 있음).
- 예인 장치의 모든 구성 요소(예: 윈치, 페넨트, 스위블)는 충분한 등급(적절한 안전 계수 포함)이어야 하고 유효한 인증을 받아야 한다.
- 모든 당사자는 비상 채널을 포함한 커뮤니케이션 계획에 대해 잘 설명해야 한다.
- 탑승이 필요하고 탑승 당사자가 비상 예인 라인을 구축해야 하는 경우 장비 배치도 및 인벤토리 옆에 장비 위치가 필수적이다. 선원의 참여는 선박 관련 지식에 필수적이다.
- 환경 조건, 수심, 기타 교통량 및 항해 구역의 폭에 따라 예인선의 길이를 조정할 수 있는 유연성을 제공하기 위해 원격으로 작동되는 예인 윈치가 있는 예인선을 사용하는 것이 좋다.
- HNS 구름이 상부 구조를 향할 수 있기 때문에 전방 위치에서 예인하는 것은 선원에게 위험을 초래할 수 있다.



## 정의

선박 사고 후 화물 경량화 또는 선박 수리와 같은 선박이나 환경에 대한 추가 피해를 방지하기 위해 필요한 일부 작업은 공해에서 불가능할 수 있다. 피난처는 이러한 작전을 안전하게 수행할 수 있는 장소로서 최초의 장소에 비해 항행, 인명 및 환경에 대한 위험이 감소된 장소이다. 피난처는 항구, 해안 근처 대피처, 후미진 곳, 바람이 불어가는 쪽의 해안, 협만, 만 또는 해안의 어느 부분일 수 있다.

## 피난 지역 의사결정 과정

### 정보 수집

안전하다고 판단되는 경우와 시간이 허락할 때 조사 팀은 의사 결정 과정을 지원하기 위한 평가 데이터를 수집할 목적으로 선박에 승선해야 한다.

### 수집할 주요 데이터:

- 선박 및 선원(성명, 유형, 승선인원, 사상자, 위치, 출발 및 목적지 등)
- 사고(성격, 손상, 앵커 능력, 기타 위험 등)
- 환경 조건(날씨, 바다 상태, 조수 및 얼음 상태 등)
- 잠재적 오염(빙커 연료, 화물, HNS의 유형 및 양, 실제 또는 잠재적 오염 등)
- 환경 및 공중 보건(민감도, 인구의 근접성, 위험 등)
- 소유자/보험자(이름, 내용, 선급협회, 대리인 등)
- 초기 대응(이미 취한 조치, 필요한 지원의 성격 등)
- 선장/구조원의 초기 위험도 평가(항해를 계속하거나 피난처에 도달하는 선박에 대한 선장의 평가 등);
- 향후 계획.

### 분석 준비: 이전에 수집된 데이터 구조화

목표는 사고 선박을 처리할 수 있는 최상의 선택을 나열하여 의사 결정 과정을 지원하는 동시에 적절한 피난처 모색을 시작하는 것이다.

- 위험 측면에서 주요 정보의 우선 순위를 지정.
- 현실적인 최악의 시나리오와 잠재적 완화 평가.
- 피난처의 소유자가 요청을 수락할 가능성이 있는지 판다.
- 수행 가능한 기법과 자금을 포함하여 모든 현실적인 선택에 대한 비용 평가.

**선박을 보호하거나 공해에 보관**

피난처를 찾을지 여부는 선박이 해상에 남아 있을 경우 관련된 위험과 피난처 및 환경에 미칠 수 있는 위험, 특히 다음과 같은 사항을 평가하여 결정해야 한다.

- 긴급예인의 필요성 및 타당성(▶ 5.29 긴급 예인)
- 파손된 선박에 탑승한 선원 및 사람들의 안전
- 피난처 인접 공공 생활/작업의 안전(화재, 폭발, 독성 등)
- 항해 중 선박 손상 위험 증가
- 공해, 대피 장소 및 이송 중 오염 위험
- 인근에 위치한 해양 천연 자원
- 피난장소에서의 항행장애 및 일상활동의 방해(경제적 영향)
- 제안된 피난처에 대해 선박이 제 시간에 도착할 수 있는가?

외해에서 배를 유지하는 것은 그 자체로 끝이 아니며 목적은 배에 의해 유발되는 위험을 무력화하는 것이다.

**특정 피난처 지정**

피난처 찾기에 대한 기술적 결정이 내려지면 항만관리인 또는 지방 정부, MRCC 및 국가 당국을 포함한 선주 간의 논의를 다룰 수 있다. 특정 피난 장소가 모든 기준을 충족하고 관련 당사자 모두가 동의하면 선박을 담당하는 주체는 해당 선박이 양도에 적합하다는 것을 공식적으로 확인하고 관련 당국이 허가를 준다. 피난 지역은 HNS 사고가 발생하기 전에 탐지 프로세스가 완료되도록 NCP에서 이미 식별되어야 한다.

**목표**

경량화는 한 선박에서 다른 선박으로 화물이나 기름, 심지어 평형수를 옮기는 과정이다.

다음과 같은 경우 HNS 사고에서 필요할 수 있다.

- a) 선박이 좌초되어 안전하게 이동할 수 없는 경우.
- b) 선박을 천해로 바다로 예인하여 흡수를 줄여야 할 경우.

추가 구조 작업을 가능하게 하는 것 외에도, 경량화는 환경으로의 추가 화물 손실을 방지할 수 있다.

**적용**

이 대응 기술은 모든 유형의 동작(가스/증발, 부유, 용해, 침강) 및 모든 형태의 운송(산적 또는 포장)에 적합하다.

**방법 설명**

이 기술은 일반 작업 중에 자주 사용되며 STS(Ship-to-Ship) 이송으로 알려져 있다. 수급받는 배를 자선이라고 하고 공급하는 배를 STBL(Ship to Be Lightered)이라고 한다. STS 이송은 벙커링, 상업적 이유 또는 항구에 입항하기 전에 선박의 경량화를 위해 시행될 수 있다.

STS(Ship-to-Ship) 이송에는 적절한 조정, 적절한 장비, 유리한 기상 조건 및 당국의 승인이 필요하다. STS 이송은 주로 SOLAS 및 MARPOL에 의해 관리되는 표준 운영 절차를 따른다. 결의안 MEPC 186(59)은 MARPOL 78/73 Annex I을 수정하고 STS 이송 작업을 통해 오일을 이송하는 동안 오염을 방지하기 위한 지침을 제공한다(화학품에는 적용되지 않음).

두 선박의 선장은 전체 작업 기간 동안 운송, 선박 및 선원에 대해 각각 책임이 있다.

화물 운송은 특정 장비, 전문 잠수부 및/또는 ROV를 사용하여 난파선에서도 수행할 수 있다(▶ [5.33 난파선 대응](#)).

**수행할 작업**

- ☑ 화물 운송 및 화물의 환경 방출이 운영되지 않을 경우 비상 계획 준비.
- ☑ STS 이송 기간 동안 유출 장비를 대기 상태로 유지.
- ☑ 해상 및 화학 물질의 존재로 인한 안전 매개변수 모니터링:작업 시작 전과 작업 종료 시까지 폭발성/가연성 및 독성

- ☑ 장비는 작업 시작 전에 준비하고 테스트해야 한다.
- ☑ 관련 물질의 화학적 특성과 장비의 호환성을 확인한다.
- ☑ 운송 작업 및 장비 운송에 관련된 선박을 준비한다(이송 시스템의 요코하마 흡반이 및 불활성 탱크 및 파이프 포함).
- ☑ 화물 이송 대상 선박에 접근한다. 예인선의 도움으로 접근할 수 있다.
- ☑ 물질 이전
- ☑ 전체 작업에 걸쳐 선박 안전, 화재 및 오염 제어 조건을 지속적으로 모니터링한다.

**필요한 장비**

- ☑ 펜더를 포함하는 수용 선박(요코하마)
- ☑ 이송 장비 예: 펌프, 그랩, 호스 등, 주로 물질(고체, 액체, 기체)의 물리적 상태에 따라 다르다.
- ☑ 불활성 장비: 반응성 대기(산화성, 가연성, 폭발성)를 불활성 가스(질소, CO2 또는 아르곤)로 교체
- ☑ 통신 장비

**고려 사항**

이 옵션은 상황이 악화되는 것을 방지하기 위해 가능한 한 빨리 고려되어야 하며 주요 사항은 다음과 같다.

- ☑ 환경 조건(기상 예보, 바다 조건 등)은 양호합니까?
- ☑ 사상자의 상태 및 악화율과 양립하는 시간대가 있습니까?
- ☑ 적절한 장비(화물과 관련하여)와 화물을 받는 선박(들)을 해당 기간 내에 사용할 수 있습니까?
- ☑ 수용 가능한 위험 조건에서 운영이 가능합니까?
- ☑ 제어 방출 또는 자연 환경에 두는 것이 더 좋습니까?

▶ **5.36 환경 유지 및 모니터링**



요코하마 펜더는 선박 대 선박 사이의 흡수 장치 역할을 함

### 목표

누출은 다양한 조건에서 발생할 수 있다. 선박 데크에서 감지되지 않은 부식으로 인해 파이프라인이 누출되는 경우가 있을 수 있다. 손상은 특히 잘못된 취급이나 과압으로 인해 갑판이나 적재 파이프에서도 발생할 수 있다. 잠재적으로 방출되는 HNS의 양은 드럼이나 컨테이너에서 나오는 경우 제한될 수 있지만, 포장된 물품이 바다에서 분실되거나 해안선에 좌초되거나 항구에 있는 경우 상황이 다를 수 있다. 마지막으로, 충돌이나 난파선 후 선체에 균열이 있는 경우 잠재적으로 매우 많은 양의 HNS가 바다에 유출될 수 있다. 추가 수리가 있을 때까지 일시적으로 사용되는 플러깅 및 밀봉 기술은 가능한 한 빨리 사용해야 하며, 안전 조건이 허용하는 경우 누출을 막거나 줄이기 위한 첫 번째 조치로 사용하는 것이 이상적이다. 아래에 설명된 모든 기술은 항상 훈련된 대응인력이 수행해야 한다.

### 안전 고려 사항

- 대응인력을 위한 PPE를 고려해야 한다(▶ 5.20 개인 보호 장비)
- 폭발성 또는 가연성 화학품의 경우 모든 발화원을 억제해야 한다.
- 장비와 오염 물질의 화학적 호환성을 확인해야 한다.
- 가압 탱크는 대응인력에게 위험을 초래할 수 있다.
- 화염 가스 누출을 진화하면 가스 축적 및 폭발이 발생할 수 있다. 가능하면 소화하기 전에 가스 공급을 차단한다.
- 다른 결과(예: 압력 증가)가 발생하지 않는 경우에만 밸브를 닫아야 한다.

### 기술 및 장비

#### 지상 누출(선박의 도크 또는 갑판)



저류 장치(탱크, 캐니스터 등) 또는 작은 방수포를 배수구 아래에 놓아 플러깅 작업 중 오염 물질을 회수해야 한다. 이것은 바다에 유출되거나 나중에 회수될 양(흡착재 등)을 제한할 수 있다. 저류 탱크의 재질은 내화학성이 있어야 하고 부피가 충분히 커야 한다.

#### 드럼 또는 소형 포장물 유출



화학적으로 호환되는 오버포장을 사용해야 한다(부식성 화학품용 특수강 또는 고밀도 폴리에틸렌으로 제작될 수 있음).

### 자료표 5.32

## 밀봉 및 마개

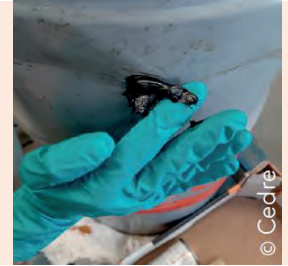
대응

### 파이프라인 또는 저장 용량(탱크, 드럼 등)의 누출



원뿔/뺨기를 해머로 밀어 넣을 틈에 삽입한다.

- 에어 챔버 또는 팽창식 플러그 또는 큰 구멍용 에어백을 사용하여 기밀성을 개선할 수 있다.
- 누출 부위가 바깥쪽으로 돌출된 각도가 없으면 구멍에 토크 나사를 삽입하여 패치를 조일 수도 있다.



퍼티는 화학적으로 적합하고 탱크의 압력이 제한되어 있는 경우 사용할 수 있다.



밀봉 패드를 부착하고 스트랩으로 조일 수 있다. 유연한 호스를 사용하여 제품을 회수한다.

- 팽창식 밀봉 쿠션을 사용하여 밀봉을 개선할 수 있다.



탱크가 전복된 경우(예: 항구의 갑판) 리프팅 백으로 누출을 막을 수 있다.

### 누출 시 파이프 사용법



자체 접착 봉대 또는 자체 접착 테이프를 파이프 주위에 적용할 수 있다. 날카로운 각이 없어야 한다.



단단한 커프 또는 랩을 파이프 주위의 튜브 내부에 적용하고 호스 클램프로 고정할 수 있다. 팽창식 슬리브를 사용하면 밀봉이 더욱 좋아진다.

파이프가 유연하거나 가단성(납, 구리, PVC 등)인 경우 유압 파이프 클램프로 목이 졸릴 수 있다.

액화가스의 팽창으로 누출 부위가 0°C 이하로 냉각되면 천에 물을 묻혀 얼음 마개를 만들 수 있다. 차가우면 배관이 약해질 수 있으므로 주의해야 한다.

**밸브로 인한 누출**



누출이 다운스트림인 경우 밸브를 닫아야 하며 누출이 밸브 자체에서 발생한 경우 밸브 덮개를 설치할 수 있다. 다른 결과(예: 압력 증가)가 발생하지 않도록 주의해야 한다.

**플랜지로 인한 누출**



플랜지 볼트를 조이거나 플랜지 커버를 설치한다. 너트가 손상되거나 파손될 수 있으니 과도하게 조이지 마십시오.

**선박 선체에서의 유출**



화학적 호환성 및 유지력을 고려한 후 자기 패치를 사용할 수 있다.

- 흡수선 이상: 선박을 평형수하여 흡수선 위로 누출을 가져오기 위해 선박을 다듬는 것이 가능할 수 있다.
- 흡수선 이하: 패치를 고정하기 위한 수중 작업은 잠수부 또는 ROV/AUV에 의해 수행될 수 있다.

이 장비는 예를 들어 부유 화학 물질을 회수하기 전에 격리해야 할 때 붐을 고정하기 위해 다른 응용 분야와 상호 작용할 수도 있다.

〈표 60〉 밀봉 및 마개 기술 및 장비

"난파선 제거에 관한 나이로비 국제 협약(Nairobi International Convention on the Removal of Wreck)"(IMO, 2007) 참고.

### 목표

사고로 인해 선박이 침몰하는 경우, 주로 선상에 있는 오염 물질(화물 및 연료)에 의해 결정되는 부정적인 결과를 찾아 검사하고 감소시키기 위해 대응을 조직해야 한다. 대응 시간은 수상 선박의 경우보다 훨씬 더 길다.

### 적용

보고된 기술은 일반적으로 침몰한 난파선의 모든 오염 물질에 적용할 수 있다. 난파선에 대한 개입은 무엇보다도 깊이뿐만 아니라 다른 환경적 어려움(해류, 해당 지역에 대한 노출, 기상 조건 등)에 의해 결정되는 제한 사항이 있다.

### 방법 설명

아직 떠 있는 선박에 구현된 일부 작업은 난파선에 적용할 수 있으며 수중 조건으로 인해 추가적인 어려움이 있다.

- ▶ [5.32 밀봉 및 마개](#)
- ▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)
- ▶ [5.39 해저 HNS 대응](#)
- ▶ [5.41 포장 화물 대응](#)

난파선 대응에는 기본적으로 다음 4단계가 포함된다.

1. 위치 및 탐지
2. 난파선 검사
3. 위험 평가
4. 오염물질의 처리 및/또는 회수

### 위치 및 탐지

다양한 탐지 도구(측면 스캔 소나, 다중 빔, 카메라)를 장착할 수 있는 여러 가능한 수중 차량(ROV, AUV, 예인 차량)을 사용하여 난파선의 정확한 위치와 바닥에 대한 위치를 결정하는 것이 중요하다. 수심 및 정교한 도구 사용에 제한이 있다. ▶ [5.24 원격 작동 차량](#)



**난파선 검사**

정밀한 육안 검사는 손상(파손, 누출 등의 상태)을 효과적으로 평가하고 오염 물질의 가능한 제거 또는 처리를 계획하는 유일한 방법이다. 수심 100미터 미만의 수중에서 필요한 모든 PPE를 착용한 수중 차량(ROV 및 AUV) 또는 전문 잠수부가 검사를 수행할 수 있다.

▶ **5.20 개인 보호 장비**

**오염물질 회수**

회수 가능한 경우 다양한 유형의 장비를 사용할 수 있다.

	난파선 인양	펌핑으로 중량감소	제어 방출
원리	내용물과 함께 난파선 인양. 인양 방법: 풍선, 크레인 또는 두발 기중기 장착 금속 인양 폰톤	펌프를 사용한 오염물질 회수에는 여러 가지 방법이 적용될 수 있다. 오염 물질이 물보다 밀도가 낮은 경우 특수 ROV를 사용하여 탱크 바닥으로 물을 주입한다.	난파선 구조에 특이적으로 천공하여 오염 물질 제어 방출.
사용 대상 물질	모든 오염 물질	펌핑 가능한 오염 물질. 필요한 경우 저점도 "핫 태핑" 기술이 제안된다.	모든 부유, 증발 및 용해 오염 물질. 부유 물질 회수 가능.
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>모든 오염물질 회수</li> <li>해저 장애물 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해양환경 오염물질 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>불시 순간에 오염 물질의 미래 방출 방지</li> <li>비교적 저렴한 운영</li> </ul>
깊이 제한	<ul style="list-style-type: none"> <li>깊이에 따라 비용 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수심 100미터 이하에서는 수중 차량에 한하여 이용.</li> <li>깊이에 따라 비용 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수심 100미터 이하에서는 수중 차량에 한하여 이용.</li> <li>깊이에 따라 비용 증가</li> </ul>

자료표 5.33

# 난파선 대응

대응

<p><b>한계</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고비용 운영</li> <li>• 위험 운영, 타당성 조사 우선 수행 필요.</li> <li>• 운영 중 오염물질 누출 가능성</li> <li>• 특수 선박의 가용성</li> <li>• 모니터링 활동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중/고비용 운영</li> <li>• 운영 중 오염물질 누출 가능성</li> <li>• 보통 100% 회수율은 달성 불가함으로 탱크/화물 화물창에 물질의 일부가 갇힐 위험 존재.</li> <li>• 모니터링 활동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경에 오염 물질 방출</li> <li>• 야생동물에 대한 위험</li> <li>• 작업자의 위험</li> <li>• 모니터링 프로그램 설정</li> </ul>
<p><b>과거 사례의 예</b></p>	<p><i>Irving Whale</i>, 1970년 9월, 캐나다 에드워드 아일랜드 프린스 노스 포인트 앞</p>	<p><i>Prestige</i>, 2002년 스페인 갈리시아. 화물로 운송된 연료유 회수</p>	<p><i>Ievoli Sun</i>, 2001년 프랑스 브르타뉴. 메틸 에틸 케톤(MEK) 및 이소프로필 알코올(IPA) 제어 방출</p>
<p><b>사진</b></p>	 <p>난파선 <i>Tricolor</i>의 회수</p>	 <p>USS <i>Mississinewa</i> 선체의 핫 탭 위치</p>	 <p><i>Peter Sif</i> 난파선에서 기름 회수</p>

〈표 61〉 오염물질 회수 장비의 종류

## 물질의 현장 처리(난파선 킵핑)

물질을 회수할 수 없는 경우 누출을 제한하고 제거 전 위험을 줄이기 위한 조치 또는 최종 처리 옵션으로 현장에서 처리하는 것이 가능할 수 있다. 이 전략은 환경에 대한 영향을 최소화하면서 대응 작업 및 대응인력의 안전에 이점을 가질 수 있으며 오염 물질의 회수가 불가능하다고 판단되는 경우 고려된다. 첨가제 주입 후 균질화가 필요한 경우 처리 물질을 도입하려면 심층적인 기술 연구가 필요하다.

물질의 반응성에 따라 현장 처리 옵션은 다음과 같다.

- ☑ 불활성 물질(예: 모래, 점토);
- ☑ 물질의 독성을 중화하거나 감소시킬 수 있는 화학적 활성제(예: 석회석, 활성탄)
- ☑ 밀봉제(예: 시멘트)



추가 물질을 도입하면 저서 군집과 지역 생태계에 추가 피해를 줄 수 있다.

또 다른 가능성은 위에서 언급한 처리 재료로 난파선 전체를 덮는 것인데, 이를 캡핑(capping)이라고 한다.

#### 자연 감쇠 및 모니터링 - 환경 방지

비용/편익 평가에서 개입하지 않는 것이 더 낫다고 제안하는 경우, 난파선의 금속 구조가 해양 부식에 영향을 받아 결과적으로 누출 위험이 있으므로 환경에 오염 물질을 남겨두는 것을 고려할 수 있다.

#### ▶ 5.36 자연 감쇠 및 모니터링

#### 스커틀링(scuttling)

스커틀링은 배를 의도적으로 침몰시키는 것이다. 이 작업은 다른 정화 옵션을 고려한 후 적용 가능한 유일한 절차가 아닌 이상 여러 국제 협약(예: 1972년 런던 덤핑 협약 및 1986년 의정서; 바르셀로나 협약 1976년 덤핑 의정서)에 의해 금지되어 있다. 이 옵션은 인구에 대한 위험을 줄이고/하거나 불안정한 선박을 항구로 가져옴으로써 추가 환경 피해의 위험을 방지하는 경우 선택될 수 있다.

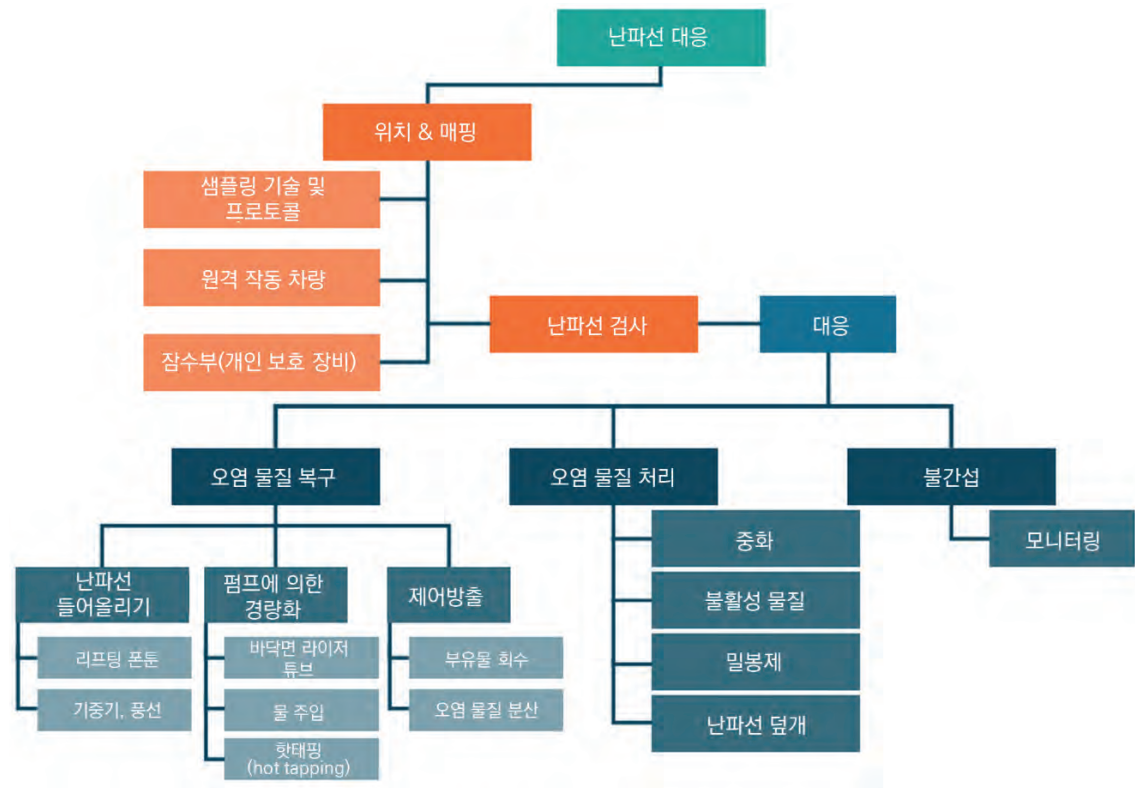


스커틀링은 해양 부식으로 인해 화학 물질이 누출되는 수십 년 동안 환경 오염을 연기하는 경우가 많다.

### 자료표 5.33

## 난파선 대응

대응



[그림 69] 난파선 대응 결정 트리

### 고려 사항

적극적인 개입의 한계는 보통 침하 깊이와 운송된 화물과 관련된 위험으로 인해 발생한다. 운영이 기술적으로 가능하더라도 비용의 제약이 있을 수 있다.

가능한 한 적극적인 개입이 권장된다. 해양 부식은 침몰 후 수십 년이 지난 후에도 오염 물질을 방출할 수 있는 매우 느린 과정이다.

모든 대응 단계에서 모니터링 계획을 제공해야 한다.

대응 장비는 누출, 영구적 손상 및 전반적인 효율성 감소의 위험을 피하기 위해 처리되는 물질과 화학적으로 호환되어야 한다.

**목표**

경로를 차단하기 위해 수벽/운무를 만들어 화재 시 유독성 증기운이나 방사선으로부터 사람이나 장비를 보호한다. 주요 목적은 증기를 대기에서 희석하거나 땅에 떨어뜨려 증기 이동을 제한하는 것이다(발생원에서 방지 또는 표적 보호).

**적용**

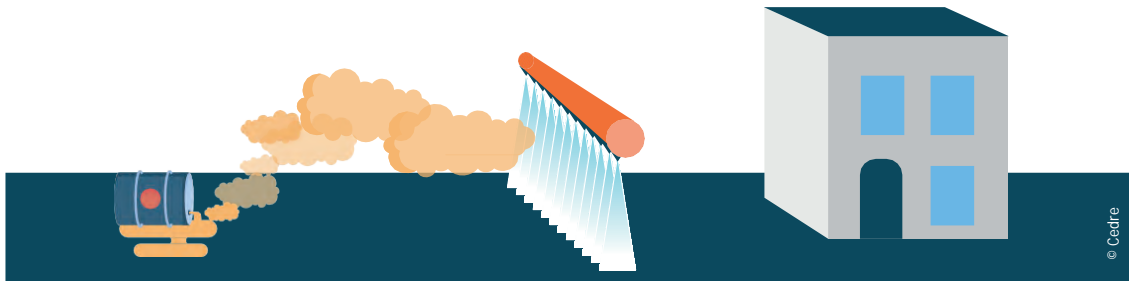
이 대응 기술은 증발기 및 기체 물질에 적합한다. 물질이 물과 접촉하면 추가 위험이 발생하지 않아야 한다(▶ [3.1 물질안전보건자료 내용](#)) 가스의 특성에 따라:

- 암모니아와 같은 수용성 가스는 땅에 "눅다운"될 수 있다.
- 메탄 및 프로판과 같은 비수용성 가스는 낮은 풍속에서 조종, 밀고 분산될 수 있다.

마지막으로, 수벽의 사용은 작거나 제한된 가스운에만 적용된다.

**방법 설명**

물방울 직경이 매우 작을 때 운무라고도 하는 수벽의 원리는 작은 물방울의 상승 또는 하강 흐름을 생성하여 독성 또는 가스운이 위험에 처한 사람이나 장비에 도달하는 것을 방지하는 장벽을 만드는 것이다.



[그림 70] 수벽

수벽은 관련된 물질의 물리적 및 화학적 특성에 따라 다양한 매개변수에서 작동한다. 그 효율성은 보완적이면서 동시에 경쟁적인 다양한 프로세스(흡수, 희석 및 열전달)에 의존한다.

**흡수**

유출 물질이 수용성이면 커튼에 있는 물방울이 구름 입자를 흡수한다. 주요 고려 사항:

- 흡수율은 각 액적의 포화도에 크게 의존한다. 포화 상태에 도달하지 않고 깨끗한 물방울이 항상 가스를 흡수할 수 있도록 물을 충분히 재생해야 한다.
- 수벽은 가능한 한 유출원에 가깝게 배치해야 한다. 농도가 높을수록 흡수가 더 효과적이다.
- 액적 직경은 흡수에 대한 중요한 매개변수이다. 물방울이 작을수록 접촉 면적이 증가하여 흡수가 빠르지만 바람의 영향도 커튼에 더 강해진다.
- 일부 물질의 용해도는 온도가 상승함에 따라 감소한다(암모니아, 염산). 낮은 수온은 효율성을 지원할 수 있다.
- 생성된 수분 물질 혼합물은 심하게 오염될 수 있으며 환경(선박의 갑판 또는 내륙)에서 회수해야 할 수 있다.

**희석**

수벽에서 물이 내려가거나 올라가면 구름이 희석된다. 수벽의 물방울에 의해 유도된 공기의 움직임은 구름 내부에 신선한 공기를 주입하여 구름을 희석시키는 데 기여한다. 하강하는 흐름을 사용하여 증기는 땅으로 떨어진다. 주요 고려 사항:

- 희석은 수벽 근처의 유출 물질 농도를 낮춘다.
- 희석은 LFL(LEL) 및 LSL(UEL) 구름의 가연성/폭발성 영역에 영향을 미친다.
- ▶ **5.6 대응 고려사항: 가연성 및 폭발성 물질**
- 희석하려면 공기 이동을 유발할 만큼 충분히 높은 액적 직경이 필요하므로 포그 시스템은 권장되지 않는다.

**열 전달**

구름과 물방울 사이의 온도 차이는 열 전달을 유도한다. 수벽은 화재로 인한 열 복사로부터 보호하는 데 사용할 수 있다. 주요 고려 사항:

- 극저온 구름(가스 탱크 누출)의 경우 수벽이 구름을 가열하므로 공기보다 가벼워질 수 있어 구름의 수직 분산을 돕는다.
- 가열된 구름의 경우 물은 관련 위험 및 온도를 낮추는 데 도움이 된다.

흡수는 가장 효과적인 과정이며 우선순위로 두어야 한다. 그러나 물질의 수용해도와 밀접한 관련이 있으므로 희석 및 열전달도 구름으로 인한 위험을 줄이는 데 도움이 된다. 유출된 HNS에 따라 하나의 프로세스만 작동할 수 있다. 이 경우 더 나은 효율성(방울 크기, 수온 등)을 보장하기 위해 수벽 시스템을 적용해야 한다.

상황과 물질의 특성에 따라 방화복 또는 보호복(유럽의 경우 유형 1 또는 북미의 경우 등급 A)이 있는 필수 SCBA;

### ▶ 5.20 개인 보호 장비

유출 물질과 축진하는 과정에 따라 수벽을 생산하는 데 필요한 장비는 상당히 보편적이며 전문 대리점에서 구입할 수 있다.

#### 수벽의 생성

선박: 구조적으로 또는 디플렉터를 추가하여 선박의 소방 호스에서.

하강: 파이프에 설치된 스프레이 노즐로 중력이 커튼을 만드는 데 기여한다.

상승: 디플렉터에 투영된 고압 물 분사

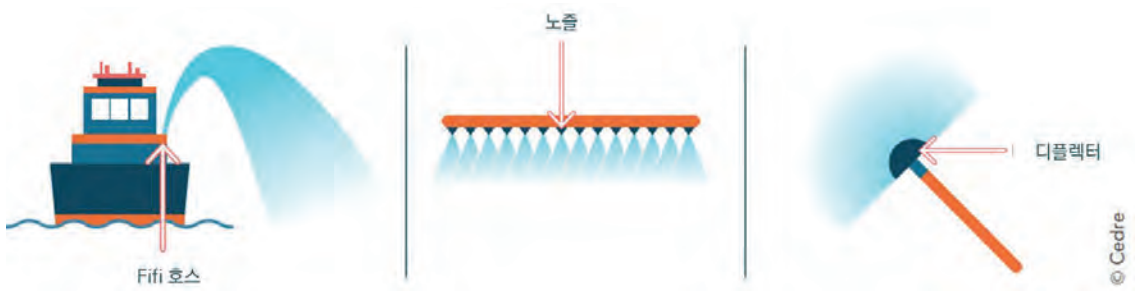
생성된 수벽의 효율성은 다음을 포함한 다양한 매개변수에 따라 달라진다.

- 물방울의 크기에 영향을 미치는 수벽(예: FiFi 또는 노즐)을 만드는 데 사용되는 시스템.
- 환경 조건: 주로 낮은 값이 수벽의 최적 효율성을 보장하는 바람의 힘뿐만 아니라 일정하게 장치를 수정하지 않아도 되는 바람의 방향;
- 수벽의 위치: 수벽은 안전한 조건에서 가능한 한 수원에 가깝게 형성되어야 한다.

자료표 5.34

수벽 사용

대응



[그림 71] 수벽 생성



FIFI 호스/노즐/디플렉터



수벽/운무



운무



**목표**

포말은 두 가지 주요 상황에서 사용할 수 있다.

- 갑판, 부두 또는 부유 화학 물질에서 화학 물질의 발화 또는 증발을 피하기 위해: 폼 블랭킷은 물질이 슬릭에서 대기로 이동하는 것을 막거나 제한하여 결과적으로 폭발성, 가연성 또는 유독성 대기의 위험을 제한한다. 또한 포말 블랭킷은 외부 소스(예: 외부 주변 화재 또는 태양 복사)로부터의 열 전달을 제한한다.
- 타오르는 유막에서 포말막은 주로 산소 공급 차단 역할을 하지만, 불을 식히고 가연성 증기의 방출을 제한하기도 한다. 질식은 신선한 공기 공급 차단, 가연성 증기 방출 방지, 가연성 물질에서 화염 격리 등 다양한 매개변수에 의존한다.



[그림 72] 연소 중 유막 위의 포말

**적용**

포말은 계면 활성제, 물, 공기로 구성된다. 물 단독 사용이 불가능하거나 효율이 낮은 경우 대응 기법으로 포말을 사용한다.

다음과 같은 제한된 상황에서 폼을 부릴 수 있다.

- 작거나 제한된 표면적을 가진 화학적 유막
- 표면 해류가 없거나 매우 제한적이며 낮은 해수면
- 제한된 풍속

**포말 기본 정보**

**형성 방법**

포말 형성은 다단계 과정을 거친다.

- **포말 농축물**은 첫 번째로 사용되는 화합물이다. 발포제, 계면활성제 및 각종 첨가제의 농축 수용액을 함유하고 있다.
- 사전 혼합 용액을 준비하기 위해 포말 농축액에 물을 첨가한다. 아래에 설명된 팽창비는 추가할 물의 양을 결정한다.
- 발사 장비로 인해 포말이 생성될 수 있다.

이는 공급된 예비혼합 용액의 부피에 대해 생산된 완성된 발포체의 부피에 해당하는 팽창비를 특징으로 한다.

$$\text{확장 비율} = \frac{\text{용량}_{\text{포말}}}{\text{용량}(\text{물} + \text{포말 농축액})}$$



포말 발사 장비

적절한 팽창 비율 선택

팽창 비율은 작동 조건에 따라 선택해야 한다.

확장 비율	발사거리	용도	장점/한계
저 ER < 20	> 30미터 안정적인 포말	- 분리층을 통한 증발 및 냉각을 제한. - 극성 물질은 수성 필름 형성 폼(AFFF) 또는 필름 형성 불소단백질(FFFP)로 처리.	- 웅덩이, 개방형 탱크 등의 증발 감소에 효과적. - 예인식 트레일러, 소방정 등의 포말 모니터(또는 폼 캐논)로 장거리 발사 가능
중 20 < ER < 200	날씨에 민감 ~10 m	- 누출 포함 - 부분적으로 또는 완전히 밀폐된 장소에서 유독 가스 또는 물질의 누출	- 화학품 저장 용기
고 ER > 200	< 1 metre 가벼운 포말	- 넓은 장소 - 제한된 내화성 - 분산 가능	- 날씨에 매우 민감

<표 62> 작동 조건에 따른 팽창 비율

서론  
IMO 협약, 의정서 및 규칙  
HNS 거동 및 유해요소  
대비  
영대  
유출 후 관리  
사례연구  
자료표

**포말 선택 방법**

다음을 기반으로 가장 적합한 폼을 선택하려면 다양한 기준을 고려해야 한다.

- **포말 농축물의 비율:** 계면활성제의 농도에 해당하며 일반적으로 오일의 경우 3% 또는 극성 물질의 경우 6%이다.
- 이미 구입한 장비와의 호환성: 이액형 장치의 특성(점도, 농도), 물/공기 흐름, 부식 위험, 호스 또는 노즐 유형.
- 다음 표에 설명된 해당 기능과 함께 다양한 유형의 폼이 있다.

포말 유형	필름 형성					
	단백질	불소단백질	합성	수성 필름 형성 품(AFFF)	필름 형성 불소단백질 (FFFP)	포말 유형
구경	안정화제가 추가된 동물성 단백질	추가 불소계 계면활성제가 포함된 단백질 농축액	추가 안정제와 합성 발포제의 혼합물	추가적인 불소계 계면활성제가 포함된 합성 발포제	단백질 및 불소 계면활성제 및 안정제	가수분해 단백질(P), 불소단백질(FP), 고분자 성분이 첨가된 합성 안정제
주요 특징	- 저가 - 매우 안정적 - 낮은 내화학적	- 우수한 밀봉 능력 - 낮은 내화학적 - 기름 제품과의 혼입이 적음	- 우수한 팽창 비율 - 연료와 혼합 가능	연료 표면에 얇고 투명한 막을 형성하는 능력		연료 불용성 막
산화 효율	- 화염 저지 능력 - 낮은 내화학적	- 단백질 대비 효율적, 적은 재연소 - 단백질 대비 빠른 녹다운	- 재점화에 대해 저항이 거의 없음 - 모든 확장 비율	- 재점화에 대한 우수한 내성 - 우수한 녹다운		불소화 발포체와 유사한 효과. 많은 수의 다양한 제형.
배출 및 유동성	높은 전단 응력으로 느린 유동성	단백질 대비 우수	단백질 대비 자유로운 유동성	우수한 배수율		빠른 유동

〈표 63〉 포말 유형

**대비 고려 사항**

- 환경에 대한 영향: 환경에 대한 포말의 영향에 따라 비상 계획에는 사용 권장 사항이 포함되어야 한다. 예를 들어 생태학적으로 민감한 지역에 포말을 분사하지 않을 것을 권장해야 한다.

- 유화제와의 혼합에 사용되는 해수와의 호환성 및 효율성을 고려해야 한다.
- 유화제의 수명은 정기적인 테스트를 통해 고려해야 한다.
- 저장 탱크를 채우기 위해 건조 유화제를 새 유화제와 혼합하면 새 유화제의 건조를 가속화할 우려가 있어 권장하지 않는다. 단백질 유화제와 합성 유화제를 혼합하지 말 것.
- 표본 채취 테스트 및 유화제 효과 제어: 가능한 경우 탱크 상단과 하단에서 저장 탱크 또는 샘플을 균질화한다. 발포 용액을 평가하려면 현장 또는 대응 중에 사용해야 하는 물을 사용한다. 5년의 보관 기간 후에 실제 소규모 화재에 대한 테스트를 수행하여 효율성을 확인한다.
- 포말 농축액은  $T < 50^{\circ}\text{C}$ 에서 보관해야 하며 산화 및 증발을 방지하기 위해 적절한 용기에 공기로부터 보호되어야 한다. 일부 유화제는 서리에 민감하다.

## 작업 고려 사항

### 포말 발사 방법

- 포말은 특히 화재의 경우 물질에 직접적으로 분사해서는 안 되며, 경사진 표면에 간접적으로 분사하여 포말이 목표물 위로 미끄러지도록 한다.
- 충분한 양의 포말 농축액과 물이 전체 표면을 빠르게 덮어 그 상태를 유지하도록 투사한다. 두 번째 제어 방법을 사용한다.
  - ▶ 5.34 수벽 사용
- 현장 제약 사항을 고려한다(발전기의 기동성, 포말 생성의 양 및 비율, 전기/수력 전원 공급 장치의 가용성 등).

### 필요한 인력/장비

폼은 핸드라인, 열, 수압 발생기 등을 사용하여 생성할 수 있다. 장비(메쉬 또는 그물)에 따라 기포의 크기가 다를 수 있다.

포말은 수동으로(휴대용, 이동식) 분사하거나 포말 스프링클러 시스템 또는 포말 주입 시스템(고팽창비 포말에 사용)과 같은 고정 설치에서 분사할 수 있다.

### 회수 가능성이 있는 경우 각별한 주의 필요

- 포말 스프레이는 떠다니는 유출물의 표면 장력을 줄여 유회수기로 복구하기 어려워진다.

## 자연 감쇠 및 모니터링

대응

## 목표

환경에서 화물의 방출은 다양한 상황에서 발생할 수 있다. HNS는 사고 직후 또는 사고 직후(예: 충돌, 난파선 등) 비자발적, 부분적, 전체적으로 해제될 수 있다. 다른 상황에서 HNS는 적절한 의사 결정 과정을 거쳐 대다수의 이해 관계자 및 전문가의 동의에 따라 자발적으로 해제될 수 있다. 모든 경우에 모니터링을 구현해야 한다.

## 적용

개입은 OPRC-HNS 의정서에 명시된 바와 같이 HNS 유출이 인간의 건강에 위험을 초래하고, 생물 자원과 해양 생물에 해를 입히고, 편의 시설을 손상시키거나 바다의 다른 합법적인 사용을 방해할 가능성이 있는 경우 정당화되고 필요한 것으로 보인다. 그러나 몇 가지 기본 조건이 충족되어야 한다.

- 개입은 유출 자체보다 더 큰 피해를 일으키지 않아야 한다.
- 특히 대응인력에 대한 위험은 적절한 장비를 사용할 때 산업 보건 및 안전과 관련하여 모니터링되고 수용 가능한 것으로 간주되어야 한다.

경우에 따라 여러 가지 이유로 직접 개입이 구현되지 않을 수 있다. 예를 들어, 직접 개입을 시행하지 않기로 한 추정적, 자발적인 결정(모니터링 제외)은 다음과 같은 이유 때문일 수 있다.

- S예측할 수 없는 상황으로 인해 발생 가능성이 있는 우세한 상황이나 중대한 위험으로, 출동할 경우 대응인력의 생명을 위협할 수 있다.
- 개입의 필요성을 정당화할 수 있는 위험의 특성 및/또는 수준: 유출된 화학 물질과 관련된 직접 또는 간접 위험이 현저히 낮아 개입이 불필요하다.
- 다음과 같은 이유로 대응 시간이 불충분하다.
  - 반응 시간에 비해 물질 전달 속도가 빠르다. 예를 들어 일부 화학 물질의 경우 빠른 증발 또는 용해 과정.
  - 대응 수단의 배치 또는 구현이 오래 걸릴 수 있다.

## 방법 설명

모든 경우에 의사 결정을 지원하는 관련된 모든 객관적 정보를 기록해야 한다. 또한 휴대용 또는 고정식 감지기를 사용한 모니터링이 안전한 조건에서 배치될 수 있는 경우 영향을 받는 지역의 농도 매핑이 가능한 한 빨리 시작되어야 한다. 앞서 언급한 조건과 의사결정 과정에 따라 두 가지 상황이 고려될 수 있다.

## 개입이 불가능한 경우

- 가능한 한 안전한 조건에서 원격 모니터링 또는 관찰(시각 또는 비디오 녹화)을 수행해야 한다. 예를 들어 대기 중 독성/폭발성 구름의 농도 또는 수주에 용해된 화학 물질의 급성 독성 농도를 매핑하는 등의 작업을 수행해야 한다. 모든 경우에 모니터링 및 모델링을 수행해야 하며 항상 인간 및 기타 생물체에 대한 직간접적 영향을 고려한다. 이러한 정보는 사고 검토에 유용하거나 보상 기록에 대한 증거를 제공하고 직접적인 개입이 수행될 수 없었음을 정당화하는 데 필요할 수도 있다.
- 즉각적인 영향을 평가하고 대피의 필요성을 고려하기 위해 즉시 모니터링을 수행해야 한다.

**제어 방출**은 최선의 선택 또는 최소한의 피해로 간주되는 경우 다음을 포함하는 엄격한 프로세스를 통해 수행되어야 한다.

- 방출 시 인간, 환경 및 편의 시설에 대한 잠재적 영향에 대한 전문가 위원회의 평가. 이 평가는 다양한 시나리오의 모델링 출력을 기반으로 해야 한다.
- 거동과 이동 경로를 평가하기 위해 현장에서 발견되는 것과 유사한 조건에서 수행된 실험을 포함하여 기술적 타당성에 대한 사전 연구;
- 기술적 타당성에 대한 연구는 해당 분야의 저명한 전문가가 수행해야 한다. 작업에 따라, 예를 들어 해상 작업을 위해 인양 회사에 의해 또는 공동 접근 방식을 통해 수행될 수 있다.
- 상황에서 모니터링 계획 및 비상 계획 수립이 악화되어야 한다.



화학품(또는 기름)이 수주에서 상승/하강 시 거동 연구 실험 기동

사용되는 기술과 절차는 화물의 위치와 HNS의 거동에 크게 의존한다. 상황에 따라 통제되고 안전한 조건에서 화물을 배출하기 위한 전용 장비를 사용해야 한다.

- 난파선의 경우 선박의 선체는 ROV, 폭발물 전문 잠수부, 기계적 절단으로 뚫을 수 있다. 식물성 기름과 같은 부유 오염 물질은 방출되어 표면으로 떠오를 수 있다. 더 많은 양의 제품을 배출하기 위해 탱크에 물 순환을 설정할 수 있다. 환경에 심각한 영향을 미치지 않으면서 신속하고 완전한 용해를 보장하기 위해 용해 화학 물질이 방출될 수 있다.
- 가스의 경우 폭발물에 의한 원격 중화(스커틀링)를 수행할 수 있다.

제어 방출이 사용된 과거 사건의 예: Ece(2006), levoli Sun(2000).

### 고려 사항

- 모든 경우에 화학품의 거동과 환경 조건을 고려해야 한다.
- 제어 방출의 경우, 전류의 존재, 교반, 수심 및 주변의 민감성 매체와 같은 몇 가지 핵심 사항을 고려해야 한다.

**목표**

해안선 및 특정 구조물 보호와 사고 후 오염 물질 회수를 위한 주요 표시를 제공.

- 고체 표면 위 제품(예: 해안선, 선박 갑판, 부두 등)
- 해수면 위 부유물

**적용**

제안 기술은 일반적으로 고체 표면(해안, 부두)의 유출 물질, 부유 중 또는 증기압과 용해도가 낮은 물질(영구 부유물(Fp))에 적용할 수 있다. 일반적으로 흡착재 사용은 다음과 같다.

- 대량 유출 부적합
- 오염물질이 스며든 흡착재가 확산되어 해양환경에 남을 위험이 있으므로(2차 오염) 외해에서는 부적합
- 여타 대응 기술의 전개와 함께 유용
  - ▶ [5.42 격리 기술: 붐](#)
  - ▶ [5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기](#)
- 양호한 기상과 해양 조건에서 유용
- 회수 오염물질의 양/흡착재의 양 비율 및 폐기물 관리 비용을 고려할 때 고비용

**방법 설명**

흡착재는 다음 용도로 사용할 수 있다.

- ☑ 정화하기 어려운 부분의 보호
  - ▶ [5.40 해안 HNS 대응](#)
- ☑ 오염 물질을 흡착하는 특성을 가진 맞춤형 장벽의 주요 재료로 해수 흐름을 여과
  - ▶ [5.38 수주 HNS 대응](#)
- ☑ 해상 또는 고체 표면에서 오염 물질 회수

다양한 유형의 흡착재:

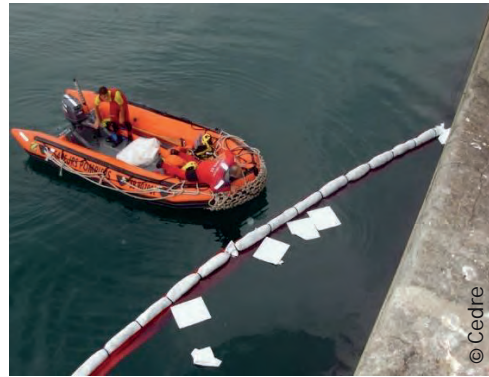
- ☑ **범용 흡착재**는 친수성(극성) 및 소수성(무극성) 물질을 모두 흡수할 수 있다. 식물성(예: 톱밥) 또는 광물성(예: 제올라이트)일 수 있다. 그들은 또한 물을 흡수하기 때문에 침강될 수 있으므로 고체 표면에서만 사용된다.
- ☑ **소수성 흡착재**는 비극성 오염물질만 흡수한다. 일반적으로 합성 제품(폴리프로필렌 및 폴리우레탄과 같은 유기 중합체)이다. 그들은 부유 경향이 있으므로 해상에서 사용 가능하다

형태와 외장에 따라 붐, 시트/롤/필로우, 폼폼(pompom), 산적 흡착재(분말, 알갱이)와 같은 흡착재를 고려할 수 있다.





흡착봉은 흡착재 시트 또는 루즈 흡착재와 함께 사용할 때 주로 해수면에 제품을 보관하는 데 사용



저점도/중점도의 부유성 액체 오염물질을 회수하기 위한 흡착 시트 적용



흡착 폼폼은 중/고점도 부유 액체 오염 물질 회수를 적용



산적 흡착재는(제한적 지역에서) 해수면 액체의 밀도와 점도 증가, 오염 고체 표면에 개입하기 위해 사용

수척 및 회수에 사용되는 장비는 누출, 영구적 손상 및 전반적인 효율성 감소의 위험을 방지하기 위해 처리되는 물질과 화학적으로 호환되어야 한다. 또한 가장 명확한 장비를 선택하는 것이 중요하다.

흡착재 재료는 두 가지 방법으로 적용할 수 있다.

- 소규모 보트에서 수동 배포
- 풍속이 강하지 않을 시 공기 송풍기의 도움으로 산적 흡착재를 확산

사용한 흡착재는 손으로 수거(붐, 시트, 필로우, 폼폼)하거나 수동 도구(랜딩 넷, 포크)를 사용하거나 흡착재의 입자 크기보다 미세한 그물망(특히 산적 흡착재)을 사용하여 수거할 수 있다.

흡착제 사용

	흡착분	흡착 시트/롤/필로우/폼폼	산적 소수성 흡착제	대량 "범용" 흡착제
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>오염 물질 회수를 위해 격리 붐과 함께 해상 사용.</li> <li>간혹 흡착 특성을 가진 맞춤형 장벽의 주요 재료.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해수면 보호를 위해 해안에서 사용.</li> <li>오염 물질 회수를 위해 격리 붐과 함께 해상 사용.</li> <li>간혹 흡착 특성을 가진 맞춤형 장벽의 주요 재료.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>오염 물질 회수를 위해 육상에서 사용, 압력 세척기와 함께 사용하여 흡착 화학 물질을 수거 풀로 운반.</li> <li>오염 물질 회수를 위해 격리 붐과 함께 해상 사용.</li> <li>여과재를 채우는 맞춤형 장벽에 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>오염 물질 회수를 위해 육상에서 사용, 압력 세척기와 함께 사용하여 흡착 화학 물질을 수거 풀로 운반.</li> <li>여과재를 채우는 맞춤형 장벽에 사용</li> </ul>
적용 대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>여과</li> <li>회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보호</li> <li>여과</li> <li>회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>여과</li> <li>회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>여과</li> <li>회수</li> </ul>
적용 위치	<ul style="list-style-type: none"> <li>보호 바다 또는 항만 지역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고체 표면</li> <li>보호 바다 또는 항만 지역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고체 표면</li> <li>보호 바다 또는 항만 지역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고체 표면</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>특히 저점도 제품에 효과적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>특히 저점도 제품에 효과적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>특히 고점도 제품에 효과적</li> <li>높은 접촉면</li> <li>오염물질의 확산방지 및 회수 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>높은 접촉면</li> <li>모든 물질 흡수 가능.</li> </ul>
한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>고용량 폐기물</li> <li>고점도 제품에 비효과적</li> <li>쉽게 파손 가능.</li> <li>수일 후 수분 흡수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>낮은 접촉면</li> <li>흡착제 또는 격리 붐으로 격리</li> <li>고점도 제품에 비효과적</li> <li>시트/롤 등이 침강, 확산될 수 있으므로 공해상에서는 비권장.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>격리 붐으로 격리</li> <li>친수성 오염물질에는 비효과적</li> <li>시트/롤 등이 침강, 확산될 수 있으므로 공해상에서는 비권장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해상에서 유용하지 않음(침강 및 확산 가능)</li> <li>낮은 흡착과정 효율</li> </ul>

<표 64> 흡착제 사용

## 고려 사항



흡착부

증기압에 따라 부유 물질은 빠르게 증발하여 공기 중 높은 가스 농도를 유발할 수 있다. 수면의 부유 화학품 유출에 대응할 때, 건강에 대한 위험뿐만 아니라 화재 및 폭발 위험을 평가하기 위해 공기 농도를 모니터링하는 것이 중요하다.

증발 물질은 흡착/흡수 이후에도 일부 흡착재에서 여전히 증발할 수 있다. 따라서 오염된 흡착재가 저장된 곳에서 증기가 축적될 위험이 남아 있을 수 있다. 흡착재를 사용하기 전에 오염 물질과의 호환성 평가가 필요하다.

일부 국가에는 흡착재 분류 및 사용에 대한 특정 법률을 지정하고 있다. 무엇보다 상당한 양의 위험한 폐기물이 발생할 수 있으므로 항상 폐기물 관리를 고려한다.

**목표**

수주에서 물질의 방출을 유발하는 사건 이후 개입을 위한 주요 징후를 제공한다. 용해 또는 현탁된 제품은 빠르게 분산되는 경향이 있으므로 가능한 한 신속한 개입을 시행해야 한다.

**적용**

용해 물질 또는 수주에 현탁된 비혼합성 액체 또는 고체 물질이 방출되는 경우 개입이 발생한다. 다음과 같은 경우 제안된 대응 기술은 적용을 위한 이상적인 조건이 동시에 발생하지 않을 가능성이 높기 때문에 이론적일 뿐일 수 있다.

- 보호 구역
- 천해
- 잔잔한 해상 상태

따라서 개입은 항구나 보호 구역에서만 고려될 수 있다. 특정 경우에는 제안된 처리 방법이 난파선 탱크에 직접 적용될 수 있다.



수주에서의 적극적 대응은 전체 영향이 환경에 물질을 방치하는 것보다 편익이 높다고 간주되는 경우에만 적용된다.

▶ [5.36 자연 감쇠 및 모니터링](#)

**방법 설명**

적용할 수 있는 두 가지 주요 선택 가능한 대응 방법이 있다.

- 수주 처리
- 바다 유입 수원(강, 석호, 늪, 산업 방류수)을 여과하거나 취수구 보호(양식, 발전소)

대응 기술로 다음을 고려한다.

- 오염 물질의 예상 확산
- 모니터링
- 부작용 방지(어업 및 기타 바다 이용 금지, 양식장 보호 등)

특히 외해에서 대응은 상기 언급된 조치로 제한된다. 이러한 유형의 대응 기술은 여전히 예외적이다.

### 수주 처리

천해 또는 항구에서 물은 기존 위치에서 처리되거나 선박, 부두 또는 트럭에 장착된 이동식 장치에서 처리될 수 있다.

해양 환경에 대한 해로운 영향을 줄이기 위해 여러 처리제가 사용될 수 있다. 이러한 처리제에는 다음이 포함될 수 있다.

- 산 또는 염기 방출에 대한 중재를 위한 중화제. pH 변화를 피하기 위해 두 가지 중화제를 사용할 수 있다(산용 탄산나트륨( $\text{NaHCO}_3$ )과 염기 유출용 인산이수소나트륨( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ))
- 수중 현탁액 또는 에멀전에서 오염물질과 퇴적물을 형성할 수 있는 응집제 또는 응고제(불용성 물질의 경우에 특히 적합)
- 오염물질의 독성을 감소시킬 수 있는 산화제 또는 환원제
- 수주에 포함된 오염 물질 이온을 고정할 수 있는 활성탄 및 기타 이온 교환기

모든 경우에서 해당 방법 적용 전에 전략 계획을 수립해야 하며 다음을 고려해야 한다.

- 처리제의 유형 분류 체계
- 수주에 처리제를 분사/주입하는데 필요한 장비(예: 흡입 튜브가 장착된 소방 호스 노즐)
- 물질의 양에 따라 필요한 처리제의 양
- 작업 중지 시점

모든 경우에 전문가의 조언은 필수적이다. 가능하면 기포장막(bubble curtain)을 사용하여 용해 또는 부유 화학 물질 유출을 억제할 수 있다.

#### ▶ 5.42 격리 기술: 불

오염 해수를 펌핑하여 이동식 장치에서 처리하는 것이 바람직한 방법이다. 일반적으로 위에 나열된 것과 동일한 처리제 사용을 포함한다. 이러한 접근 방식은 다음과 같은 경우에 적용할 수 있다.

- 현재 처리할 필요가 없는 제한된 양의 물
- 사용된 장비(펌핑, 처리 과정)의 용량은 처리할 유량 및 부피 면에서 오염의 특성 및 정도와 호환

수처리를 전문으로 하는 공공 및 민간 기업에서 사용할 수 있는 다양한 공정이 있다.

## 자료표 5.38

## 수주 HNS 대응

대응

## 물 흐름 여과 및 취수구 보호

물 취수구의 여과 및 보호는 맞춤형 장벽 또는 흡착재를 사용하여 수행할 수 있다.

## ▶ 5.37 흡착재 사용

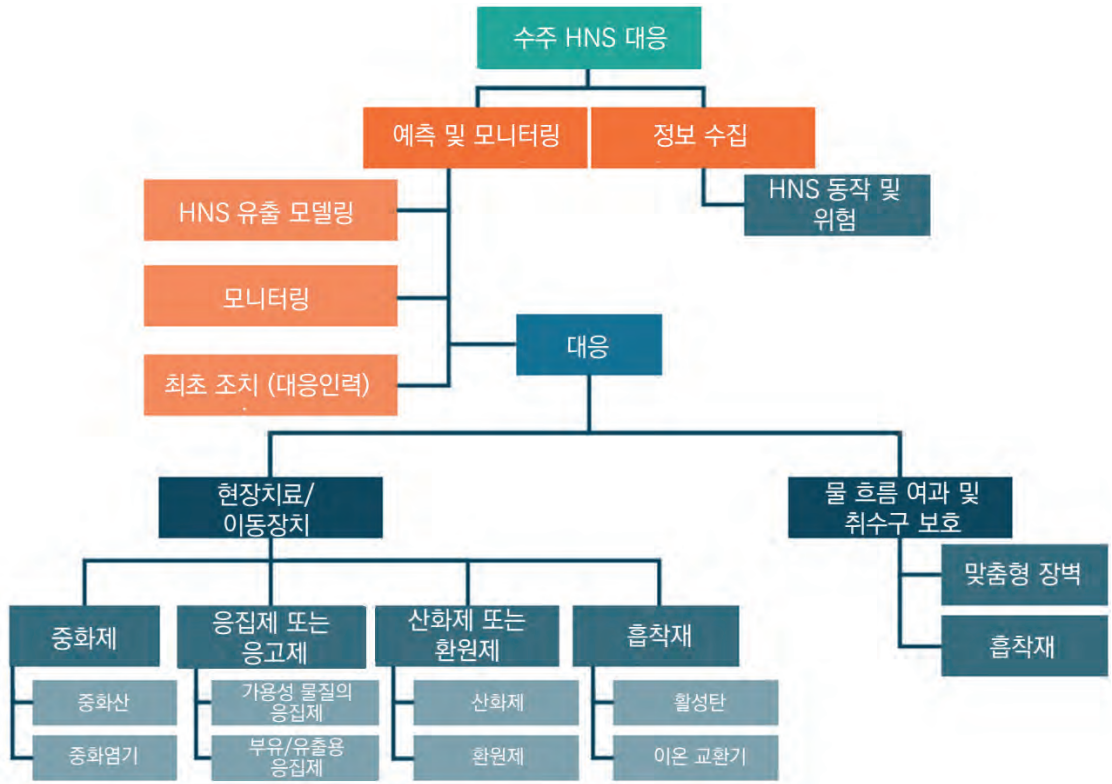


부유 오염 물질 여과를 위한 제방 및 경사 파이프

이러한 시스템은 흐름을 완전히 또는 부분적으로 차단, 수주를 여과, 수면에서 유출을 억제/전환한다. 장벽은 철망과 짚, 제방과 경사진 파이프, 닛 그물 등으로 만들 수 있다.

맞춤형 장벽 및 흡착 재료는 물질을 부유, 분산 및 침강시키는 데 사용할 수 있고 물 흐름(예: 파이프)을 제한하고 여과하는 데 효과적이다.

주로 여과는 100% 효과적일 수 없으며 구성이 어려울 수 있다. 여과 및 보호에 사용되는 장비는 누출, 영구적 손상 및 전반적인 효율성 감소의 위험을 피하기 위해 처리되는 물질과 화학적으로 호환되어야 한다.



[그림 73] 수주 HNS 대응 결정트리

### 고려 사항

수역에 회수 전략을 적용하는 것은 다음 조건이 적절하게 평가되는 경우에만 가능하다.

- 선택한 프로세스가 효과적인 것으로 입증, 작업자가 이를 효과적으로 적용할 수 있는 능력 보유
- 물의 양이 매우 적거나 전혀 흐르지 않고 제한적
- 장비 및 재료가 현장에서 가용하거나 매우 신속하게 조달 가능

## 자료표 5.39

## 해저 HNS 대응

대응

**목표**

지도 작성, 억제, 현장 처리, 해저에서 물질 회수 전략 제시

**적용**

이 기술은 액체와 고체를 모두 포함하여 침강(S) 및 침강/용해(SD) 물질을 대상으로 사용할 수 있다.

**방법 설명**

액체 액면 또는 고체 산적 물질은 해저 생태계에 해를 끼치는 혐기성 조건을 생성할 수 있다. 침강 물질과 관련된 유출의 경우 물질이 해저에 퍼질 가능성이 있다. 확산은 특히 지형과 해류에 따라 달라진다. 해저에서 HNS에 대한 대응은 물질을 탐색, 그 범위를 매핑하는 것으로 시작된다. 물질이 감지되면 해당 물질을 현장 보관 및 처리, 회수, 환경 방치하여 모니터링할 수 있다.

**유출 매핑**

확산 정도는 두 가지 전략의 조합을 통해 결정할 수 있다.

1. 가시성이 양호한 경우, 전기 음향 기기 및/또는 ROV에 장착되거나 전문 잠수부가 휴대하는 수중 카메라를 사용하여 직접 관찰
2. 물, 간극수, 퇴적물, 해저생물의 표본을 채취한 후 일부 물질에 대해 화학 분석 필요



일부 석탄으로 덮인 포시도니아 서식지를 보이는 측면 스캔 소나 영상



전문 잠수부 촬영 해저 사진(동일 지역)



물질의 유해요소, 유출의 환경 조건(예: 깊이, 해류, 가시성)에 따라 다양한 도구와 장비를 사용할 수 있다

☑ 원격작동차량: ROV/AUV는 안전상의 이유로 가능한 경우 선호되는 방법

▶5.24 원격 작동 차량

☑ 오염된 물에서 적절한 화학 보호 잠수복을 갖춘 전문 잠수부: 위험(독성 및 부식성) 및 지역 환경에 의해 제한. 또한 보통 장비를 작동하기 위한 지원 필요. ▶5.20 개인 보호 장비

☑ 표본 채취 장비: 표본 채취 풀, 준설선(고체의 경우) 또는 해저에 예인된 흡수성 물질(액체), 상자 코어러(퇴적물의 밀도를 아는 데 유용)가 될 수 있다. ▶5.26 표본 채취 기술 및 프로토콜

☑ 전기 음향 기기: 수중 음파 탐지기(측면 스캔 소나 및 다중 빔)와 같이 고체(보통 해저에서 방출) 및 액체 물질(바닥 웅덩이에 축적)을 식별하는 데 유용하다. ▶5.24 원격 작동 차량

이러한 모든 기술은 천해에서 사용할 수 있지만 깊이가 증가하면 매핑 방법론이 전자 계측 및 원격 작동 차량으로 제한된다.

물질의 위치는 GPS로 기록되어야 하며 가능한 경우 천해에서 해수면에서의 위치가 물리적으로 표시되어야 한다(예: 표식 부표, 수면 이상 높이 기둥). 물질이 해류로 인해 표류하는 경우 이 작업을 여러 차례 반복해야 할 수도 있다.

## 물질 함유

천해에서 해저에 물질이 퍼지는 것을 제한하는 아래와 같은 두 가지 방법이 있다.

☑ 굴착기/그랩/수중 진공 흡입 시스템을 사용하여 도랑을 파기. 이 방법의 효율성을 높이기 위해 발굴된 재료를 사용하여 장벽을 만들 수 있다.

☑ 조류가 없는 매우 얇은 천해(깊이 < 10m)에서는 모래 주머니나 기타 재료를 사용하여 수중 장벽을 만드는 것이 가능할 수 있다

자료표 5.39

해저 HNS 대응

대응

물질 회수

회수가 가능한 경우 다양한 유형의 장비를 사용할 수 있다.

	준설선 ( <a href="http://www.european-dredging.eu/Mechanical_dredger">www.european-dredging.eu/Mechanical_dredger</a> )			단순 흡입 시스템	수공구/굴착기
	기계식 준설선	유압식 준설선	공압식 준설선(공중부양)		
<b>원리</b>	그랩이나 버킷을 사용하여 재료를 풀고 표면으로 인양.	비정형 물질(기계적 풀어짐 또는 물 분사 도움)은 원심 펌프에 연결된 파이프 시스템을 통해 현탁 상태에서 인양.	수중 공기 구동 펌프. 장치는 일반적으로 육지의 기중기나 작은 부함(pontoon) 또는 바지선에 매달려 있음.	펌프로 물질 흡입(예: PIJESP, Peripheral Injector Jet Suction Pump)	기질의 수동 또는 기계 보조 제거
<b>적용 대상 물질</b>	고체 또는 반고체	비정형, 불용성	비수용성 또는 낮은 수용성	불용성(액체 및 고체)	고체
<b>선택성</b>	낮음	보통	보통	보통에서 높음	보통
<b>장점</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용이 간편하고 즉각 사용 가능</li> <li>• 준설 모니터링 소프트웨어를 사용하여 작업 기록</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업 중 유출 확산 제한</li> <li>• 준설 모니터링 소프트웨어를 사용하여 작업 기록</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 준설 모니터링 소프트웨어를 사용하여 작업 기록</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비산 유출에 효과적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용이 간편하고 즉각 사용 가능</li> </ul>
<b>깊이 제한</b>	천해	천해~심해	천해~중간 깊이	천해~중간 깊이(ROV 활용)	천해
<b>한계</b>	과도한 난기류 발생으로 유출을 더 넓은 지역으로 퍼뜨릴 위험.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잠수부가 조종하므로 추가적 사용 제한</li> <li>• 간헐적인 준설 작업</li> <li>• 유동성이 양호한 물질에 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잠수부가 천해에서 조종하므로 추가적 사용 제한</li> </ul>	
<b>과거 사례의 예</b>	<i>Amalie Essburger</i> 1973, 스웨덴 예테보리 항구. 폐물 400톤		<i>Testbank</i> 1980, 미국 미시시피 강 펜타클로로페놀(PCP) 16톤	<i>Eurobulker IV</i> 2001, 아르데나, 이탈리아. 석탄 회수	
<b>사진</b>					

<표 65> 회수 장비



선택성이 높은 방법이 바람직하다.

### 물질의 현장 처리(캡핑)

물질을 회수할 수 없는 경우 제거 전 물질의 위험을 줄이기 위한 조치 또는 최종 처리로 확산을 임시적으로 제한하기 위해 현장에서 처리하는 것이 가능할 수 있다.

물질의 반응성에 따라 선택 가능한 현장 처리 방법은 다음과 같다.

- ☑ 불활성 물질(예: 모래, 점토);
- ☑ 물질 독성을 중화하거나 감소시킬 수 있는 화학적 활성제(예: 석회석, 활성탄);
- ☑ 밀봉제(예: 시멘트)

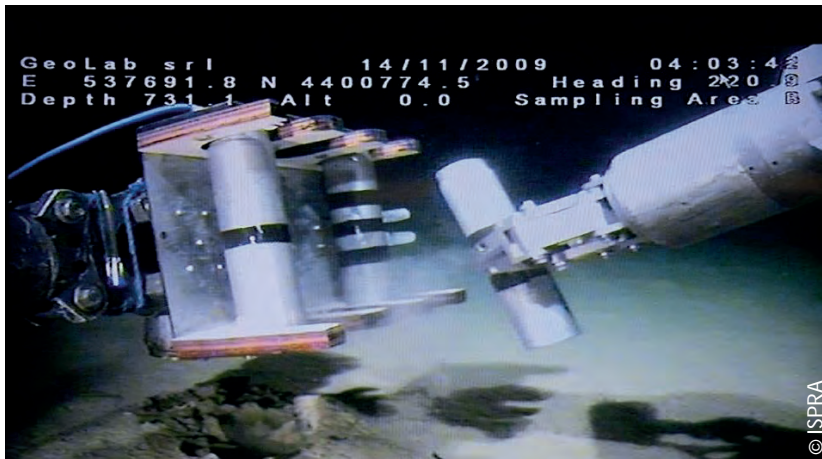


해저에 물질을 추가하면 저서 군집과 지역 생태계에 추가 피해를 줄 수 있다.

작업 성공은 피복재의 내침식 능력과 지역 생태계에서의 통합[예: 현탁물 식자(suspension feeder)의 유입]에 달려 있다.

### 환경 방치

물질을 격리할 수 없는 경우, ▶5.36 자연 감쇠 및 모니터링

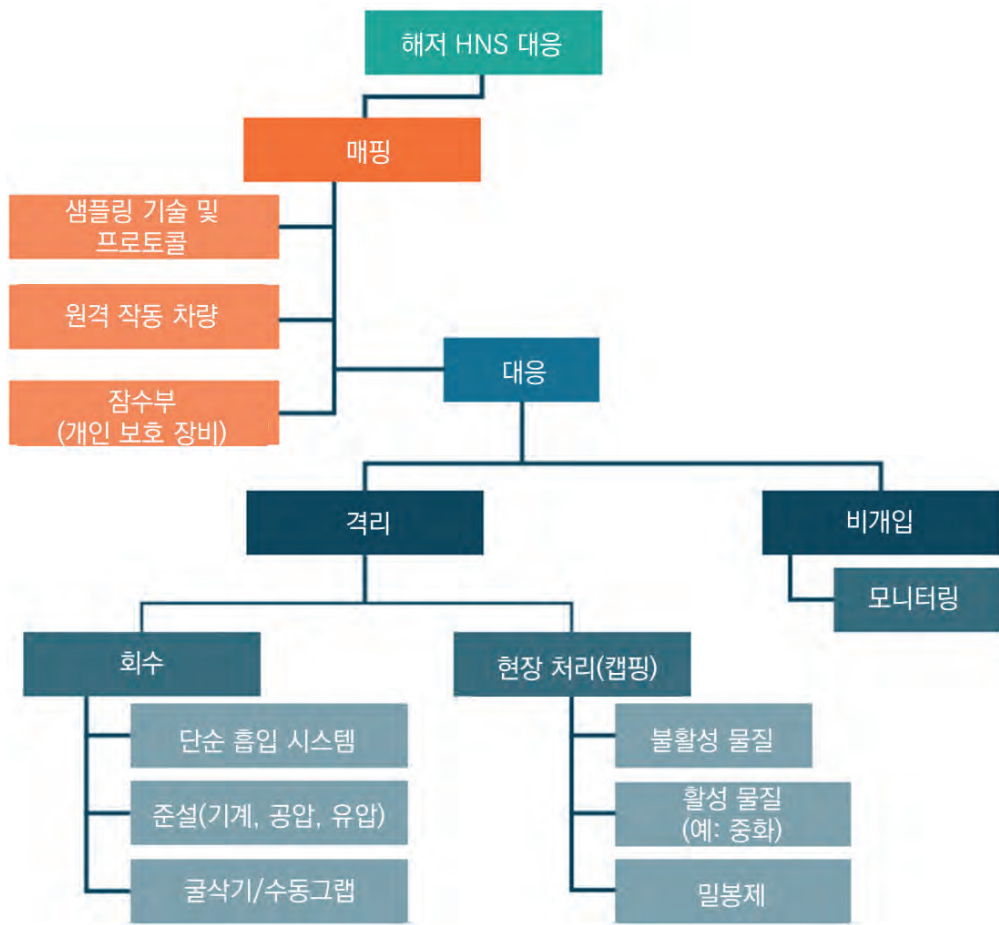


ROV를 활용한 심해저 퇴적물 표본 채취

자료표 5.39

해저 HNS 대응

대응



[그림 74] 해저 HNS 대응 결정 트리

## 고려 사항

해저 HNS 대응에 대한 몇 가지 일반적인 고려 사항은 다음과 같다.

- ☑ 해저의 오염물질 매핑은 깊이와 확산의 확장에 따라 증가하는 어려움을 내포한다.
- ☑ 회수는 더욱 어려워지고 깊이와 비례하여 고비용 작업이다.
- ☑ 회수가 기술적으로 가능하더라도 비용이 보통 제약이 될 수 있다.
- ☑ 폐기물 생성을 줄이고(▶4.4 폐기물 관리) 환경 영향을 최소화하기 위해 오염되지 않은 퇴적물을 최대한 회수하지 않는다. 대응은 "제로 조치"보다 환경에 더 많은 피해를 입히지 않아야 한다.
- ☑ 폐기물 처리 전략이 수립되어야 한다(운반, 처리 및 저장해야 하는 잠재적으로 많은 양의 폐기물 감안).
- ☑ 화학 물질이 SEBC에 따라 S인 경우에도 물질은 부분적으로 용해된다.

**목표**

해안선에 영향을 미치는 HNS 유출을 처리하는 데 일반적으로 사용되는 주요 대응 기술 설명.

**적용**

증발 속도가 낮은 고체 및 액체 상태 화학 물질은 해안선에 도달할 수 있으며 대응이 필요할 수 있다. 포장 형태의 화학 물질 회수는 ▶ [5.41 포장 화물 대응](#) 에서 논의된다.

대응이 필요한 경우 적절한 PPE로 물질의 위험성과 관련된 위험을 완화할 수 있는 경우 격리 및 회수 작업이 가능하다. ▶ [5.20 개인 보호 장비](#)

**방법 설명**

우선 인구에 대한 잠재적 위험을 고려하는 것이 중요하다. 첫 번째 사례의 경우 영향을 받는 해안선에 대한 접근 금지가 주로 요구된다. 또한, 산업플랜트(담수화 플랜트, 화력발전소, 연안산업시설) 및 양식업의 취수원을 보호하고 추가 피해를 방지할 필요가 있다. ▶ [5.18 최초 조치\(대응인력\)](#)

가능한 한 신속히 해안정화평가기술(Shoreline Cleanup Assessment Technique, SCAT)을 구현하는 것이 권장된다(Cedre, 2013a).

해안선에 도달하는 화학 물질은 오일 회수에 이미 적용된 기술을 사용하여 보통 회수될 수 있다. 고체 및 고점도 액체 물질은 역청 또는 중유의 회수를 위해 제안된 방법으로 회수할 수 있다. 저점도 액체 물질은 중간/경질 원유 또는 디젤유에 사용되는 기술로 회수할 수 있다(Cedre, 2013).

고려해야 할 물류 측면은 오일 정화 활동에 대한 것과 동일하다[작업 현장의 조직, 임시 장비 보관 공간, 인력 및 장비 오염 제거, 자재 저장(ISPRA, 2013)]. 많은 경우에 대기 모니터링도 수행해야 한다.

바위 해안

	수동 정화	펌핑	흡착재 ▶ 5.37 흡착재 사용	플러싱 또는 세척	고압세척
원리	수동 도구로 오염 물질 및 잔해 제거.	수역에 축적된 오염물질 흡입	플러싱 또는 고압세척 처리 후 해상에서 오염물질 회수	오염 물질이 두껍게 축적된 표층을 제거하면 바다에서 회수/희석 가능.	고압 세척기로 세척하여 바다에서 회수, 희석 가능. 오염 물질의 얇은 층 제거.
적용 대상 물질	고체 및 고점도 액체	저점도~중점도 액체	액체 오염 물질	고체 및 액체 오염물질	고체 및 액체 오염물질
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고효율</li> <li>• 폐기물량 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고회수율</li> <li>• 폐기물량 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소량 지상 오염물질 유출 대응(항만유출)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제거 작업 효율성 우수</li> <li>• 고회수율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제거 작업 효율성 우수</li> <li>• 고회수율</li> </ul>
한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업자가 오염물질과 직접 접촉</li> <li>• 저회수율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 두께가 1cm 이상 오염 물질만 수거</li> <li>• 접근 곤란 영역에서 작동하기 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다량의 폐기물</li> <li>• 소량 유출 시에만 효율적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 접근 곤란 영역에서 작동하기 어려움</li> <li>• 작업자에게 잠재적으로 위험한 폐수 분출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 접근 곤란 영역에서 작동하기 어려움</li> <li>• 암석 서식 동물군에 대한 피해 가능성</li> <li>• 작업자/광역 영역에 잠재적으로 위험한 폐수 분출</li> </ul>
과거 사례의 예	석탄 유출(Finacia 32, 인도네시아)				

〈표 67〉 모래 해안

모래 해안

	수동 정화	기계적 회수	흡착재 ▶ 5.37 흡착재 사용	플러싱 또는 플러딩	기계적 스크리닝
원리	수동 도구로 오염 물질 및 잔해 제거.	중공해시 토공장비로 회수	플러싱 또는 고압세척 처리 후 해양오염물질 회수	저압 물 분사(플러딩, 플러싱), 거친 퇴적물, 돌 및 바위를 포화시켜 퇴적물에서 액체 오염 물질을 배출하고 바다에 도달하여 회수하거나 희석할 수 있도록 하는 데 사용	퇴적물에서 오염 물질을 분리하기 위해 해변 청소 기계를 사용
적용 대상	고체 및 고점도 액체	고체 및 고점도 액체	액체 오염 물질	저밀도 고체 및 액체 오염물질	고체 및 고점도 액체

### 자료표 5.40

## 해저 HNS 대응

대응

장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율</li> <li>폐기물량 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제거 작업 효율성 우수</li> <li>작업자와 오염 물질의 최소 접촉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해상 오염물질 수동 회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제거 작업 효율성 우수</li> <li>고회수율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>퇴적물/오염물질 분리 우수</li> <li>폐기물량 최소화</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>작업자가 오염물질과 직접 접촉</li> <li>저회수율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>접근 가능 지역에 한함</li> <li>과도한 양의 폐기물</li> <li>오염물질/퇴적물 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다량의 폐기물</li> <li>소량 유출 시에만 효율적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해안선 침식</li> <li>접근 곤란 영역에서 작동 어려움</li> <li>작업자에게 잠재적으로 위험한 폐수 분출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모래사장에 한함.</li> <li>접근 가능 지역에 한함.</li> <li>중/저 회수율</li> </ul>

〈표 67〉 모래 해안

### 고려 사항

동일 방식으로 기름의 경우 오염물질의 회수에 있어 보다 선택적인 이점이 있는 기술이 선호되며, 퇴적물과 해수 수집을 최소화하여 생성되는 폐기물의 양을 줄이고 후속 양분 공급을 수행해야 한다(Cedre, 2013b). ▶4.4 폐기물 관리

단, 관련 오염 물질과 함께 사용되는 장비의 호환성을 항상 고려하는 것이 중요하다.



흡착 시트로 작업 지역 보호



해안선 PMDI



해안선의 파라핀



폐기물 관리





컨테이너선에 실린 컨테이너 손상

**목표**

포장 물품의 거동과 이동 경로 평가, 물품 탐색, 매핑, 식별, 복구한다. 이러한 물품은 전체 컨테이너이거나 부유, 침강 또는 해변에 밀려온 개별 포장일 수 있다.

**방법 설명**

해상에서 포장 화물의 이동 경로와 거동

해양환경의 거동과 이동 경로에 영향을 미치는 주요 환경요인 및 포장특성

SEBC 포장 그룹	거동	관련 환경 조건
1 PF W/V < dsw-0.01	부유	해양과 바람 조건, 표면 해류
2 PI W/V = dsw-0.01	침수	해양과 바람 조건, 표면 해류
3 PS W/V > dsw-0.01	침강	아표 및 해저 해류, 해저 형태

*W= 포장 물품의 총 중량(kg) V= 포장 총 부피(l) dsw= 해수 밀도*

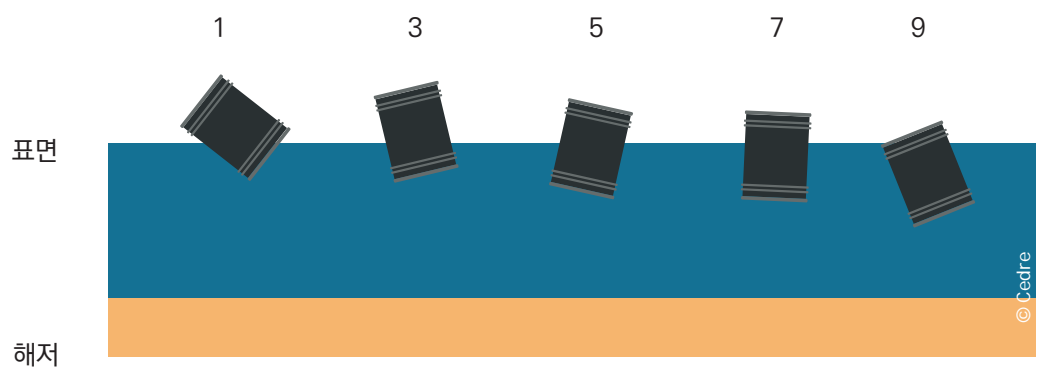
〈표 68〉 해양 환경에서의 거동과 이동 경로

### 자료표 5.41

## 포장 화물 대응

대응

포장물의 부유성은 물품의 침수 부분의 실체를 결정한다. 이것은 차례로 표류 및 가시성에서 조류 및/또는 바람의 영향을 결정한다.



[그림 75] 포장화물 부유성. 1(완전 표면 부유)에서 9(아표면에 잠김)까지 관찰된 거동

컨테이너는 컨테이너 내부의 빈 공간과 내용물의 밀도에 따라 바다에 떠 있는 경우가 많다. 부력은 또한 컨테이너가 배 밖으로 떨어질 때의 손상 여부에 따라 달라진다. 이는 모든 포장물에 해당된다. 화물 컨테이너가 방수가 아니더라도 특정 경우에는 부유하는 것으로 관찰되었다. 반면에 탱커 용기는 방수 기능이 있다.



항만의 부유 드럼

**위치 및 매핑/표시**

포장된 물품은 실수로 선외로 분실되거나, 비상 상황에서 버려지거나, 침몰하거나 좌초된 선박에 포함될 수 있다. 조류, 바람 또는 조수의 영향으로 상당한 거리를 이동할 수 있다. 포장의 부력에 따라 다음과 같을 수 있다.

- 표면 부유 후 결국 해안선과 해변에 좌초
- 수주 표류
- 해저 침강



부유 및 좌초 컨테이너

모든 경우에 컨테이너는 컨테이너 내용물과 관련된 위험 외에도 항해상의 위험을 초래할 수 있다.

표류 포장은 IR/UV, SLAR 시스템을 사용하여 항공 감시로 찾을 수 있다. 침강 포장물을 식별하는 것은 시간이 많이 소요될 수 있으며 소나 및/또는 ROV/AUV(▶ [5.24 원격 작동 차량](#))와 같은 보다 정교한 장비가 필요하다. 보통 자력계와 함께 소나(다중 빔 및 측면 스캔 소나)로 해저를 탐색하는 것이 바람직하다. 식별된 가능한 컨테이너/물품은 전문 잠수부 또는 ROV가 특히 심해에서 검사하거나 직접 검사가 안전하지 않은 것으로 간주되는 경우 분실된 용기/물품임을 확인하고, 보존 상태 및 회수 가능성을 확인하기 위해 검사한다. 오염 물질 존재가 의심되는 경우 퇴적물과 해수 표본을 수집하는 것이 바람직하다.

## 자료표 5.41

## 포장 화물 대응

대응

용기 또는 개별 포장의 위치 확인 후, 초기 조사에서는 위치된 용기/개별 포장의 수, 내용물(표시 및 라벨링 기준) 및 상태(누출, 밀봉)에 대한 개요를 제공한다. 물품은 수중 초음파 발신기(핑어, pinger) 또는 부력 포대로 표시되어야 한다(▶ [5.23 물질 표시](#)).

## 회수

내용물을 알 수 없고 외부에 해석 가능한 정보가 없는 포장물은 위험한 것으로 간주되어 대응인력을 위해 최고 수준의 보호가 이루어져야 한다.



컨테이너 점검

해상에서 분실 포장물의 회수를 시작하기 전에 다음 사항을 이해하는 것이 중요하다.

- 주요 특성: 치수 및 유형
- 해양에서 거동과 이동 경로(부유, 침강, 침수)
- 바람과 해류에 의해 결정되는 표류
- 관련 인력을 위한 위험 평가 및 보호 장비를 계획하기 위해 운반 물질의 유해 프로필
- 사고 중 발생한 무결성 또는 기계 손상(누출, 밀봉)

	수거망	크레인 인양	인양 드럼 또는 특수 래	제어 방출	예인
방법	수거망을 사용하여 드럼 또는 소형 포장물 회수	크레인과 컨테이너 모서리에 부착된 슬링을 사용하여 부유 컨테이너 인양	특정 인양 드럼 또는 특수 래에 물품을 넣어 안전하게 운송 ▶ 5.32 밀봉 및 마개	물품을 천공하여 포장물에서 물질 방출	예인선을 사용하여 안전한 피난처로 컨테이너 예인
적용	부유 또는 침강 드럼 또는 소형 포장물	부유 또는 침강 컨테이너	침강 또는 해안으로 밀려들어온 드럼	부유 또는 침강 컨테이너	부유 컨테이너
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>작업자와 드럼의 제한된 접촉</li> <li>소형 포장물 회수를 위한 비교적 단순 기술</li> </ul>	전체 컨테이너를 손상없이 복구	<ul style="list-style-type: none"> <li>손상 드럼에서 오염 물질 방출 방지</li> <li>작업자의 위험 감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정교한 장비 불필요</li> <li>회수가 위험, 오염 물질과 물의 혼합 시 유해요소가 감소할 때 유리한 선택</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정교한 장비 불필요</li> <li>항해 및 환경에 대한 유해요소 감소</li> </ul>
깊이 제한	침강 물품의 경우 전문 잠수부가 심해에서 ROV를 작동하거나 사용할 수 있는 경우에 적용	침강 컨테이너의 경우 전문 잠수부가 심해에서 ROV를 작동하거나 사용할 수 있는 경우에 적용	전문 잠수부가 심해에서 ROV를 작동하거나 사용할 수 있는 곳에 적용 가능	전문 잠수부가 심해에서 ROV를 작동하거나 사용할 수 있는 곳에 적용 가능(침강 컨테이너)	해당 없음
한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>작업 중 포장물 손상 가능.</li> <li>해상 상태에 따라 다름</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>작업은 양호한 기상 조건 하에 수행 가능</li> <li>중량물 인양 크레인을 사용하면 내부의 수분이나 진흙의 무게로 인해 파손 위험. 컨테이너를 배수해야 할 수도 있음.</li> <li>해상에서 크레인으로 떠 있는 컨테이너를 인양하기 어려움. 주로 특수 상자 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>작업 중 드럼 손상 위험</li> <li>작업자 및 장비에 대한 오염 위험</li> <li>작업은 양호한 기상 조건 하에 수행 가능(침강 드럼).</li> <li>인양 드럼의 구성 자재는 내부 포장물에 적합해야 함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정체수에서 사용 불가.</li> <li>작업자 및 장비에 대한 오염 위험</li> <li>해양생물 및 보호지역 오염 위험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>예인 중 컨테이너 손실</li> <li>대형 부표, 초음파 발신기/트랜스폰더 장착 장비</li> <li>예인 중 오염 물질 손실</li> <li>해상 상태에 따라 다름</li> <li>위험 내용물의 누출 가능성이 있는 용기에는 부적합.</li> </ul>
과거 사례의 예	Eurocargo Venezia (이탈리아, 2012)				

〈표 69〉 포장 물품 대응 방법 및 적용

자료표 5.41

포장 화물 대응

대응

침강 포장물의 회수 작업은 심해에서 또는 직접 접촉이 안전하지 않은 것으로 간주되는 경우 ROV를 이용하여 수행될 수 있다. 이러한 경우 작업 비용이 크게 증가할 수 있다.



수거망으로 드럼 인양



크레인으로 드럼 인양



붕괴 컨테이너 회수



해저의 침강 드럼을 수거하기 위해  
구현된 특정 랙 및 인양 드럼

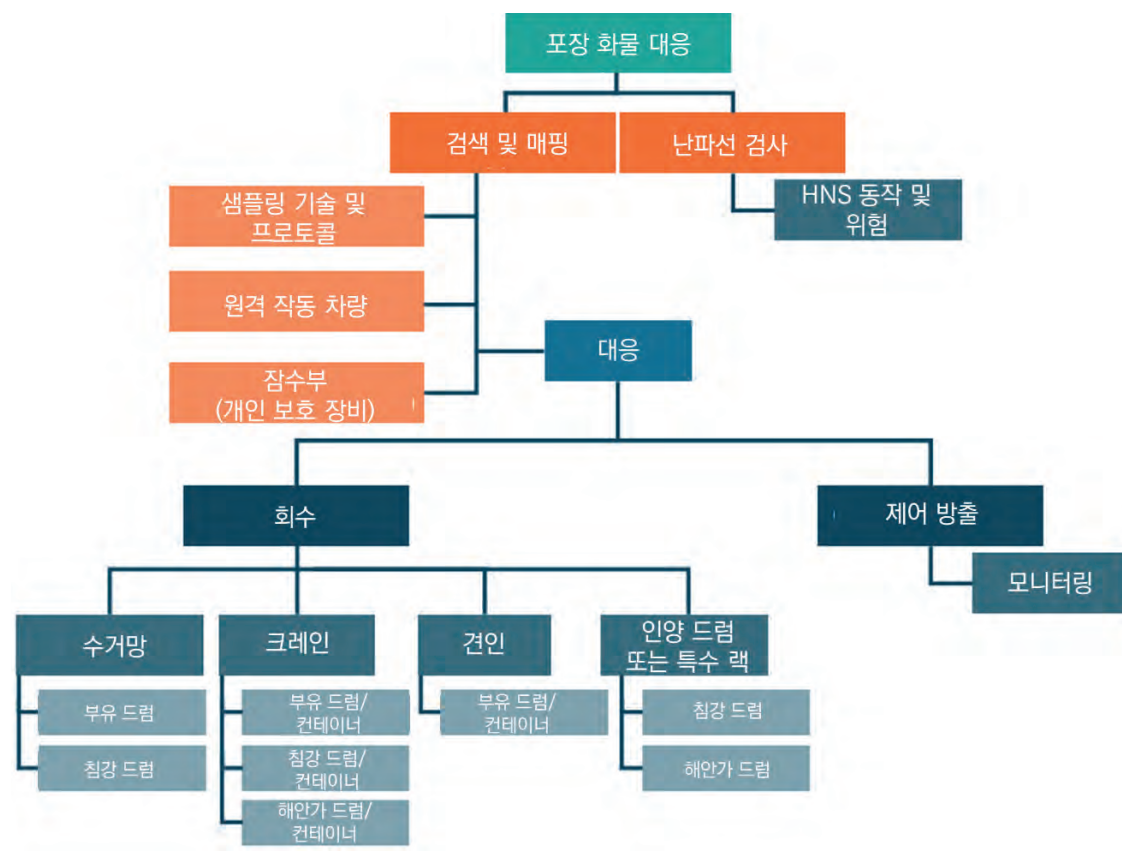
## 고려 사항

포장 물품에 대한 일반적인 고려 사항

- 수심과 해저 지형은 수색 작업의 복잡성에 큰 영향을 미친다. 수색에 영향을 미치는 다른 중요한 요소는 포장 유형, 크기 및 모양, 포장 재료, 해류 및 해상 상태이다.
- 수심이 매우 깊고 물품이 광범위한 지역에 흩어져 있는 경우에만 무대응이 합리적인 대안이 될 수 있다.
  - ▶ **5.36 자연 감쇠 및 모니터링**
- 포장된 화학품의 스커틀링은 때때로 물과 혼합하여 위험을 줄일 수 있고 회수가 더 위험한 물질에 적합할 수 있다. 민감한 생물군에 미칠 수 있는 부정적인 영향을 고려해야 한다.

**자료표 5.41**  
**포장 화물 대응**

대응



[그림 76] 포장 화물 대응 결정 트리



**목표**

HNS 사고에서 안전하다고 판단되면 유출 물질을 처리하거나 회수하기 전에 오염 물질을 억제하고 농축하는 것이 작업상 필요할 수 있다. 격리 시스템은 회수 작업을 보다 효과적으로 구축된다.

▶ 5.43 회수 기술: 펌프 및 유회수기



[그림 77] HNS 사고 이후 1단계

**적용**

다음과 같은 물질 유출의 경우 격리 작업을 수행할 수 있다.

- 부유 액체(예: 식물성 기름). 이러한 물질은 해양 환경에서 상당한 지속성을 가질 수 있다(거동 분류 그룹 Fp - 영구 부유물). 지방 기름은 Fp 그룹에 속하는 화학 물질의 예이다. 그룹 F의 일부 물질은 점도가 낮아 때때로 격리하기 어려울 수 있다. 일부는 수면 위로 매우 확산되어 극도로 얇은 층을 형성하고 수주(water column)에 분산될 수 있다.
- 증기압이 낮고 용해도가 낮은 부유 고체 화학품[예: 팜스테아린(palm stearin)]

**방법 설명**

격리 붐은 기름 유출을 억제하는 데 사용되는 장치이다. HNS 유출의 경우 조건(날씨, 해상 상태, 외해/항구) 및 관련된 해수면 면적에 따라 다양한 유형의 붐이 사용될 수 있다. 격리에 사용되는 모든 장비는 누출, 영구적 손상 및 전반적인 효율성 감소의 위험을 방지하기 위해 처리되는 물질과 화학적으로 호환되어야 한다.

격리 시스템은 다음과 같은 여러 요인에 의해 제한된다.



강한 조류로 인한 격리 실패

- 날씨와 바다 상태, 특히 파랑 상태. 붐 유형에 따라 강한 조류(> 2노트) 및 높은 파도(>1m)에서 격리가 실패할 가능성이 있다.
- 예인선의 가용성
- 선박 사이에 필요한 조정
- 화학적 호환성

해수면의 물질 억제는 다음을 사용하여 구현할 수 있다.

- 고정 붐(스태틱 붐, static boom): 유출을 근원 가까이(예: 누출 선박 주변)에 유지하거나 취수구를 보호한다. 회수 구역은 집적 구역에 설치할 수 있다. 스태틱 붐은 유출 화학 물질과 호환되는 다양한 재료(예: 건조)를 사용하여 맞춤형 제작할 수 있다.
- 기포장막(버블 커튼, bubble curtain): 항구 지역에서 유출원 가까이에 유출을 유지
- 동적 붐(다이내믹 붐, dynamic boom): 유막이 이미 퍼졌을 때 해수면에 퍼진 물질을 포집하고 오염물질을 쉽게 회수하기 위해 농축 및 모으는 것

격리 및 복구 작업을 안내하려면 항공 및 해상 관측이 필요하다. 이는 오염 대응 선박을 조정하고 실시간으로 상황을 모니터링을 지원한다.

	격리 장비		
	기포장막	고정 붐	기포장막
원리	해저에 설치된 구멍이 뚫린 호스에 압축 공기를 펌핑하여 부유 오염 물질 주위에 기포 장벽 형성.	유출원 주변에 격리 붐을 배치 및/또는 해저 또는 선박 또는 해안에 고정하여 회수 촉진. 맞춤형 제작 붐 사용 가능.	확산 오염 물질 수거를 위해 구성이 다른 하나 이상의 선박으로 팽창식 붐을 예인. 일부 붐은 동적 장치로만 사용하도록 특별히 설계(예: Current Buster).
적용 대상 물질	천해 또는 항만의 부유 또는 분산 오염 물질	부유 오염 물질	부유 오염 물질
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정체수에서 우수한 격리 효율성</li> <li>• 오염 물질과 인력의 제한된 접촉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질을 유출원에 격리.</li> <li>• 회수에 적합한 밀도로 제품 농축.</li> <li>• 유리한 기상 조건에서 우수한 격리 효율성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질 격리 및 농축</li> <li>• 확산 물질 수집</li> </ul>
깊이 제한	깊이 20미터 미만	천해(해저나 해안에 고정된 경우)	깊이 제한 없음
한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제한된 해수면</li> <li>• 항만 지역 및 천해</li> <li>• 회수 활동과의 조정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 거친 바다 조건에는 부적합.</li> <li>• 예인선의 가용성</li> <li>• 회수 활동과의 조정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배치의 어려움</li> <li>• 예인선의 가용성</li> <li>• 선박 간의 조정</li> <li>• 오염물질 위치 및 회수 활동과의 조정</li> </ul>
과거 사례의 예	사고: <i>Allegra</i> , 1997; 영국 해협의 건지 해안. 화물: 15,000톤의 팜유(고체)		

〈표 70〉 격리 장비



Palm Stearin 유출 대응을 위해  
그물과 흡착재로 만든 맞춤형 붐



건초로 만든 맞춤형 붐



식물성 기름 유출



Current Buster를 사용한 동적 격리



"U"자형 기존 팽창식 붐을 사용한 동적 격리

### 고려 사항

- 부유물은 빠르게 확산 및 분산되는 경향이 있으므로 작업을 최적화하기 위해 신속하게 개입해야 한다.
- 증기압에 따라 부유물은 빠르게 증발하여 공기 중 높은 가스 농도를 유발할 수 있다. 따라서 수면에 부유하는 화학 물질 유출에 대응할 때 건강에 대한 위험뿐만 아니라 화재 및 폭발 위험을 평가하기 위해 공기 농도를 모니터링하는 것이 중요하다.
- 장비 배치 및 폐기물 저장을 위해 하나 이상의 대응 선박이 필요하다.

# 회수 기술: 펌프 및 유회수기

## 목표

HNS 유출에서 물질 또는 제품이 분리되거나 격리되면 한 가지 선택 가능 방법은 해양 환경에서 회수하는 것이다. 격리가 효과적인 경우에만 회수가 이루어져야 한다. ▶ **5.42 격리 기술: 불**



[그림 78] HNS사고 이후 2단계

## 적용

격리에 적합한 물질과 유사하게 회수에 적용 가능한 물질

### ▶ 5.42 격리 기술: 불

- 부유 액체, 예. 식물성 기름.
- 증기압이 낮고 용해도가 낮은 부유 고체 화학품

## 방법 설명

다음을 사용하여 해수면에서 물질을 회수할 수 있다.

- 일정량(점도 < 100,000 cSt)으로 해수면에 부유하는 액체 오염물질에 사용되는 펌프 및 유회수기와 같은 기계 장비
- 부유 고체 물질 또는 고점도 액체(점도 > 100,000 cSt)의 경우에 사용되는 스크프, 바스킷, 예인망과 같이 여과하여 물질을 회수하는 데 사용할 수 있는 수동 도구

격리 및 회수 작업을 안내하려면 항공 및 해상 관측이 필요하다. 장비 배치 및 폐기물 보관을 위해 하나 이상의 오염 대응 용기가 필요하다.

	기계 장비				
	펌프	벨트식 유회수기	로프맷 및 브러시 유회수기	위어식(weir) 유회수기	스위핑 암
원리	해수면에 위치한 펌프를 사용하여 부유 오염물질의 지속적인 축적 회수	오염 물질은 컨베이어 벨트를 통해 바다에서 보트의 수거 지점으로 인양.	바다의 오염물질을 인양하는 회전브러시 부착으로 부유 오염물질 회수	해수면 오염물질은 해수면 바로 아래에 테두리를 유지하는 수집기로 포집.	부유 오염 물질은 선박의 측면에 배치된 암에 의해 차단. 해수면 바로 아래에 위치한 격막을 통과하여 오염물질이 해수에서 분리.
적용 대상 물질	저점도 및 중점도의 부유 액체 물질	부유 고체 및 중/고점도 액체 물질	브러시에 부착할 수 있는 부유 액체 물질	저점도/중점도의 부유 액체 물질	부유 액체

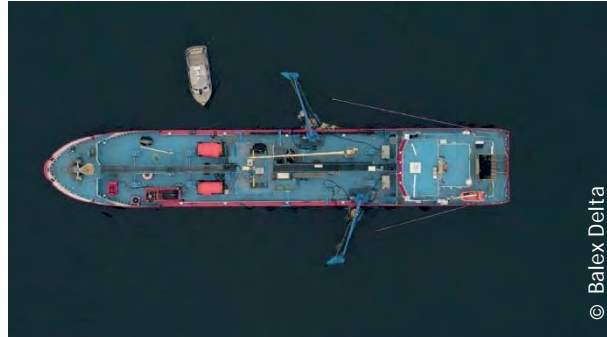
회수 기술: 펌프 및 유회수기

장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 높은 회수 속도.</li> <li>• 쉬운 장비 조달.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해수와 오염 물질 분리 우수</li> <li>• 오염 물질과 인력의 제한된 접촉</li> <li>• 평균적 수거 속도</li> <li>• 해수와 오염물질의 적절한 분리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평상/열악한 해상 조건에서 작동(더글라스 해저 규모 &lt;4).</li> <li>• 오염 물질과 인력의 제한된 접촉</li> <li>• 평균적 수거 속도</li> <li>• 해수와 오염물질의 적절한 분리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해수와 오염 물질 분리 우수</li> <li>• 소형 보트로 배치 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 높은 회수 속도</li> <li>• 평상/열악한 해상 조건에서 작동</li> <li>• 격리 및 회수 결합</li> <li>• 점도에 대한 제한 없음</li> </ul>
	한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 두께가 1cm 미만인 오염 물질에 비적용.</li> <li>• 양호한 날씨에 한하여 사용.</li> <li>• 다량의 폐기물, 오염물질/해수 혼합물 생성</li> <li>• 격리 활동과의 조정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저점도 오염물질에는 비적용</li> <li>• 열악한 해상 조건에 비적용</li> <li>• 격리 활동과의 조정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 브러시에 부착되지 않는 액체에는 비적용.</li> <li>• 격리 활동과의 조정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고점도 액체에는 비적용</li> <li>• 양호한 날씨와 잔잔한 바다 상태에 한함.</li> <li>• 낮은 회수율</li> <li>• 격리 활동과의 조정</li> </ul>
과거 사례의 예		<p>사고: Canolaoil spill, 2000; 밴쿠버 항구. 20톤 유출</p>			

<표 71> 기계 장비



로프탑



Norden 스위핑 암

	수동 도구		
	스쿠프	바스킷	예인망
원리	항해 중 선박 측면에 배치된 붐에 농축된 오염 물질을 회수하기 위한 수동 스쿠프	선박에 위치한 특정 여과 메쉬가 있는 견고한 바스킷. 항해 중 오염 물질 수집.	팽창식 붐이 있는 그물 또는 특정 유형의 저인망/그물 포대를 사용(예: 중유용)
적용 대상 물질	부유 고체 및 고점도 액체 물질(덩어리)	부유 고체 및 고점도 액체 물질(덩어리)	부유 고체 및 고점도 액체 물질(덩어리)
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소형 보트 이용</li> <li>• 주로 항만의 부두를 따라 집중된 오염 물질 수집에 유용.</li> <li>• 비전문 장비</li> <li>• 높은 선택성</li> <li>• 오염물질/해수 분리 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소형 보트 이용</li> <li>• 비전문 장비</li> <li>• 오염물질/해수 분리 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 높은 회수 속도</li> <li>• 비전문 장비</li> <li>• 소형 보트로 배치 가능</li> <li>• 격리 활동과의 조정 불필요.</li> <li>• 오염물질/해수 분리 우수</li> </ul>
한계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 낮은 회수율</li> <li>• 격리 활동과의 조정</li> <li>• 저점도 액체에는 비적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중간/낮은 회수율</li> <li>• 격리 활동과의 조정</li> <li>• 저점도 액체에는 비적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저점도 액체에는 비적용</li> <li>• 악천후 시 적용 불가</li> </ul>
과거 사례의 예		미확인 선박. 파라핀 유출(2017년 6월 이탈리아 투스카니)	2018년 프랑스 코르시카. 파라핀 유출

<표 72> 수동 도구



기름 저인망



특수 바스킷으로 파라핀 회수



스쿠프 망으로 팜스테아린 회수



기름 저인망

### 고려 사항

증기압에 따라 부유 물질은 빠르게 증발하여 공기 중 높은 가스 농도를 유발할 수 있다. 따라서 수면 부유 화학 물질 유출에 대응할 때 공기 농도를 모니터링하여 화재 및 폭발 위험과 건강 위험을 평가하는 것이 중요한 우선 순위이다.

회수에 사용되는 장비는 누출, 영구적 손상 및 전반적인 효율성 감소의 위험을 방지하기 위해 처리되는 물질과 화학적으로 호환되어야 한다.

항상 폐기물 관리를 고려한다. 가능하다면 다른 기술 중에서 선택할 때 낭비가 적은 기술을 선택하는 것이 바람직하다. 회수 활동을 계획할 때 사용된 선박의 폐기물 저장 용량을 고려하는 것이 중요하다.

▶ [4.4 폐기물 관리](#)



### 야생동물 대응

고의 또는 우발적으로 해양 환경에 방출되는 물질(HNS로 분류)은 잠재적으로 해양 동물군에 직간접적으로 영향을 미칠 수 있다. 그 효과는 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 내적: 섭취, 흡입, 피부 흡수의 결과로 인한 독성 영향
- 외적: 깃털 또는 모피의 손상된 상태 및 기능, 피부 화상, 눈 손상, 동물의 주요 행동을 방해하는 전반적인 쇠약
- 생태학적: 중요한 식량 공급원에 대한 영향, 먹이 사슬 영향, 서식지 손상

HNS 사고 후 야생동물 대응은 전체 대응 조치(격리 및 회수, 해안선 보호, 정화)가 특정 동물군(일반적으로 조류, 포기름 및 파충류)에 대한 영향을 보호하거나 최소화하기에 충분할 때 고려될 수 있다.

HNS 유출 사고 시, 야생 동물 대응은 모니터링/영향 평가, 오염 방지(예: 봉쇄, 억제), 수색 및 포획/수거, 안정화, 오염 제거(정화), 재활 또는 안락사 및 자연 복귀를 포함하여 기름 유출과 광범위하게 유사한 방식으로 조직될 수 있다. 그러나 다음과 같은 몇 가지 중요한 **차이점**이 있다.

- 야생 동물에 대한 기름 영향은 충분히 연구되고 논의되어 있으며, 기름에 덮힌 야생 동물의 표준 치료는 알려진 효과의 가역성에 기반한다. HNS의 경우 영향과 효과에서 광범위한 변화가 가능하며, 그 중 많은 부분이 물질의 정확한 물리화학적 특성, 거동 및 영향 미확인으로 알려져 있지 않다. 포획, 운송 및 안정화, 해독, 오염 제거(정화) 및 재활을 위한 표준 기술이 적용될 수 있지만 이러한 작업의 예상 상대적 성능(회복 및 생존 측면에서)은 예측하기 어려울 수 있다.
- 동물에 대한 물질의 영향은 사람에게도 적용될 수 있다. 예방 및 보호 조치에 대한 엄격한 지침(▶ **5.20 개인 보호 장비**와 같은)은 해변과 동물을 치료할 수 있는 모든 시설에 적용되어야 한다. 특정 경우에는 건강과 안전을 고려하여 재활 시도가 불가하다는 결정을 내릴 수 있다. 현장 안락사(엄격한 안전 조건 하에서)는 피해 생존 동물에 대한 최선의 치료법으로 간주될 수도 있다.

미확인 물질에 대한 HNS 사고로 인해 많은 동물이 해안으로 이동하는 경우, 지역 비상 작업은 최소한 건강 및 안전 목적으로 동물을 구출하려는 대중의 자체 동원 시도를 자제해야 한다. 물질이 평가되면 완전히 훈련된 팀이 이러한 작업을 지원하고 동물 구출 수행 방법에 대한 지침을 제공해야 한다.

안전하고 체계적으로 조정된 전문 대응 작업의 목표 하에 기름 피해 야생 동물에 대한 대응 계획은 HNS 사고에 대응하는 방법에 대한 일반적인 지침도 포함하여 확장될 수 있다.



폴리아소부틸렌(polyisobutylene, PIB)으로 덮인 Razorbill *Alca torda*, Texel, 1998년 12월



미확인 녹색 물질에 질식된 Common Guillemot *Uria aalge*, Texel, 2007년 1월



미확인 녹색 물질에 질식된 Common Guillemot *Uria aalge*, Texel, 2007년 1월

## 작업 지침

방출 HNS가 야생 동물에 영향을 미치는 것을 방지하기 위한 조치를 다음과 같이 적용한다.

- 필수 데이터 수집:
  - 방출 후 물질의 예상되는 거동은 무엇이며(부유, 침강, 다른 물질 또는 물리적 상태로의 화학적 변화 등), 현재 변화 형태는 어떠한가?
  - 현재 해당 지역에 어떤 동물이 서식 중이며 잠재적으로 물질과 물리적 또는 화학적 상호작용을 일으킬 수 있는가?
  - 동물의 물리적 완전성(피부, 깃털, 모피의 건강 또는 기능), 행동(수영, 호흡, 먹이 선택), 먹이 공급원(먹이 동물의 독성) 또는 서식지의 물리적 또는 화학적 변경 측면과 물질의 상호 작용은 무엇인가?
- 예방 조치 이행:
  - HNS가 동물이나 서식지에 도달하기 전에 환경에서 HNS를 제거한다.
  - 위험 대상 동물을 겁주어 몰아내거나 오염물질이 불가피하게 이동하는 지역에서 동물을 제거(선제적 포획)하는 것을 고려한다.

유출 HNS가 동물과 대응인력에게 미치는 영향을 완화할 수 있는 조치를 적용한다.

- 오염 물질의 화학적 프로필을 신속하게 식별 및 전달하고 해당 정보를 야생 동물 대응팀과 사전 공유한다.
- 대응인력에 대한 엄격한 보호 조치를 취한다. HNS는 동물에게 유독한 물질을 포함할 수 있고 이러한 경우 인간에게도 유독한 경우가 빈번하다. 정확한 오염 물질이 아직 확인되지 않은 모든 경우에 이를 가정해야 한다.
- HNS와 관련된 오염 사고 후 야생 동물에 대한 대응은 인간의 건강 위험에 대한 명확성이 제공되고 올바른 PPE 사용에 대한 조언이 제공될 때까지 개시되어서는 안 된다.
- 민간인과 비훈련 단체는 오염된 동물이 예상, 발견, 도착하는 지역에서 거리를 두고 떨어져 있어야 한다. 독성 HNS는 눈에 보이지 않거나 동물에게 외관적으로 무해한 모습을 보일 수 있으며, 훈련된 대응인력이라도 그러한 오염된 동물과의 신체적 상호작용에 따른 건강 위험을 과소평가할 수 있다.

해안에서 피해 동물에 대한 전문적인 대응 조치를 적용한다.

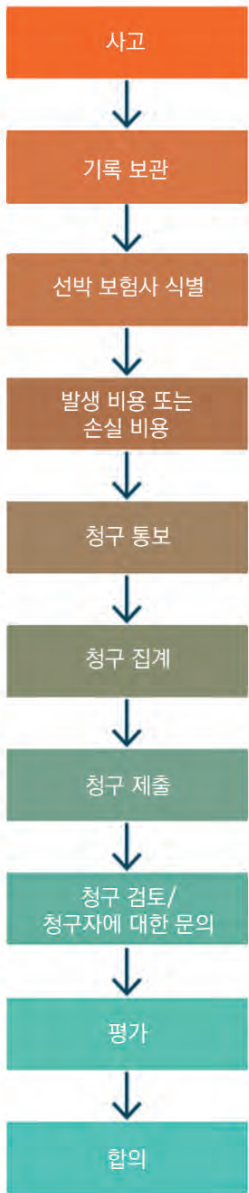
- 해안가에 죽거나 산 채로 도착하는 오염 동물을 돌보기 위해 안전하고 전문적인 대응이 이루어져야 한다.
- 정확한 오염 물질이 확인되지 않았지만 분명 독성이 있는 경우 또는 야생 동물 재활이 살아있는 동물과 안전하게 상호 작용할 수 없다는 것이 분명한 모든 경우에 안락사가 고려되어야 한다.
- 안락사는 안전하게 수행될 수 있는 경우에만 적용되어야 한다. 그렇지 않은 경우 동물과 상호 작용을 방지해야 한다. 영향의 규모를 관찰하고 모니터링하는 것은 유일하게 적용 가능한 대응 조치로 간주된다.
- 재활은 다음과 같은 경우에만 고려되어야 한다.
  - 대응인력이 자신의 건강을 해치지 않고 이러한 작업을 안전하게 수행할 수 있는 경우
  - 동물에 대한 명백한 건강 영향을 성공적으로 되돌릴 수 있는 방법론이 있는 경우
  - 대다수의 동물이 적용된 방법론에 반응하지 않는 경우 안락사가 가장 적합한 대안으로 고려되어야 한다.

유출 HNS가 동물에 미치는 영향을 감지하고 영향 평가를 수행하기 위한 조치를 적용한다.

- 오염된 죽은 동물에 대한 수의사 부검은 오염 물질이 동물에 미치는 다양한 영향의 징후를 찾기 위해 우선적으로 수행되어야 하며, 재활 치료를 통해 살아있는 동물에서 이러한 영향을 역전시키는 효과적인 방법이 있는지 결정(예: 전문 야생 동물 재활 단체의 조언을 통해)해야 한다.
- 수행 부검 결과를 포함한 모든 피해 동물, 사망 동물 및 회복 동물에 대한 데이터를 수집하여 야생 동물에 대한 HNS 사고와 야생 동물 개체군에 대한 영향을 평가한다.

사고 전후에 비용 회수에 필요한 모든 문서를 기록하고 신속하게 제출할 수 있도록 주요 단계를 따라야 한다.

비상 계획 단계에서 다음을 수행하는 것이 권장된다.



- 적용 가능한 보상 제도 식별
- 관련 비상 계획의 비용 회수에 대한 적절한 지침 통합 비용 기록과 청구 집계를 위해 동원할 인원 또는 팀 식별
- 인원 및 소유 자원의 고용률 표시
- 비용 회수를 담당하는 인원, 팀 또는 부서 식별
- 비용 회수를 전체 대응 구조에 통합
- 정기적인 계획 훈련 프로그램의 일부로 비용 회수 포함

사고 발생 시 다음이 권장된다.

- 사고 초기부터 비용 회수 절차 시행
- 비용이 발생 시 지출 기록 권한이 있는 인원이나 팀 동원
- 오염 사고 및 대응의 모든 단계를 문서화. 모든 회의, 결정 및 수행 활동 기록
- 중앙에서 지출을 기록할 수 있는 프로세스 수립(전자, 종이 또는 둘 다)
- 구매 주문서, 송장, 대여 또는 고용 계약서, 계약서, 납품서, 영수증, 수입 명세서, 관련 이력의 작업 기록표, 임시 인력의 작업 계약서 등을 포함한 지출 지원 문서 수집
- 모든 계약업체가 비용과 활동을 명확하게 기록해야 할 필요성 인식 여부 확인
- 활동 및 작업장과 지출 연결

[그림 79] 사고에서 합의까지: 청구 절차

- 참여를 지원하기 위해 선박 및 항공기 일지 사본 확보
- 모든 작업장 활동, 인력 참여, 사용한 소모품 등을 매일 기록
- 해당되는 경우 표본 분석 결과 및 프로토콜 포함
- 폐기물의 양, 처리 방법, 위치, 비용 기록
- 배치된 모든 자원과 일간 수행 작업의 사진 기록
- 대응 작업 전반에 걸쳐 비용 회수 과정을 유지하기에 충분한 인력의 가용성 확립



수동 정화 도구



작업장 장비 사례



지역 수산시장 사례

보상 기관과의 업무

- 선박 사상자의 P&I 보험사와 현지 P&I 담당자 또는 대리인의 연락처 정보를 확인한다.
  - 청구의사 통지
  - 청구 제출 절차 결정: 지역 청구 사무소가 설립되었는가? 청구 제출 기한은 언제인가? 청구는 단계적으로 제출할 수 있는가?
  - 진행 중인 지출 총액과 향후 작업에 대한 계획을 보험사에 지속 통보



손상 그물에 대한 합동 평가

- P&I 보험사의 전문가와 정기적으로 연락한다.
  - 모든 의사결정 과정에 보험사의 전문가 포함
  - 전문가로부터 합리적 활동과 비용에 대한 조언
  - 향후 청구 합의 과정을 가속화하기 위해 보험사 전문가와 공동 측량 조사 추진

서론, IMO 협약, 의정서 및 규칙, HNS 거동 및 유해요소, 대비, 대응, 유출 후 관리, 사례연구, 자료표

- P&I 보험사의 대리인 및/또는 전문가의 조언에 따라 허용 가능한 비용 유형을 결정한다.

### 청구 제출

- 청구 집계:
  - 대응 과정에서 청구된 자원 또는 활동의 역할을 설명하기 위해 모든 비용의 완전히 지원 여부 확인
  - 시간 경과에 따른 모든 청구 항목과 청구 합계가 포함된 마스터 스프레드시트 준비
  - 모든 지원 문서 첨부
  - 청구 배경으로 대응 과정에 대한 설명 포함: 대응 또는 사고에서 청구인의 역할에 대한 설명 및 수행 작업 또는 발생 손상에 대한 요약
- 청구 제출:
  - 필요한 기간 내에 청구 제출(해당되는 경우)
  - P&I 보험사 담당자와 연락하여 정기적으로 평가 진행 상황 확인
  - 청구 제출 후 추가 대응 작업이 필요한 경우 P&I 보험사에 통보
  - 평가 과정의 일부로 제기된 질문의 처리 가능 여부 확인
- 청구 합의:
  - 재정적 합의 수락
  - 전체 문서 수집과 함께 평가 과정이 오래 걸릴 수 있으므로 환금이 즉시 이루어지지 않을 수 있다. 사고로 인해 많은 수의 청구 또는 고비용 청구가 발생할 가능성이 있는 경우 청구의 총 비용이 사용 가능한 보상 금액을 초과할 수 있다. 따라서 모든 당사자의 청구가 제출되기 전에 합의 과정은 시작되지 않는다. 해당 경우 모든 청구가 기록되면 각 청구인은 결제 금액의 비례 배분을 수령한다.
  - 제안된 합의를 통해 해결되지 않는 분쟁의 경우, 당사자는 중재 또는 법원 절차를 요청할 수 있다.

# 환경 회복 및 복원

유출 후 관리

## 정의

**환경 회복:** HNS 사고로 인한 심각한 교란(자연 현상, 인위적 오염) 후에 해양 환경이 특성을 회복하는 능력

**환경 복원:** HNS 사고 후 자연적 회복 과정을 지원하고 가속화하기 위한 인간 개입

환경의 자연적 회복을 촉진하기 위해 또는 환경 복원 활동을 시작하기 전에 최대한 많은 오염 물질을 회수(특히 지속적인 경우)해야 하며, 특히 대응 단계에 사용된 모든 장비와 구조물을 회수해야 한다. 이러한 점은 잔해 또는 침강 물질 회수를 위해 구조물이 설치된 수중 활동에 개입할 때 특히 중요하다.

## 환경 회복

오염 사고 후 유출원이 제거되거나 감소되면 생태계는 회복, 사고 이전의 상태와 유사한 형태의 새로운 균형에 도달하는 경향이 있다. 회복 속도는 크게 두 가지 요소에 따라 달라진다.

1. 훼손된 생태계의 특성
2. 유출 오염 물질의 존재, 특히 해양 환경에서 지속성이 높은 경우

번식 주기가 매우 긴 종으로 특징지어지는 생태계는 새끼를 낳는 데 필요한 시간이 길기 때문에 특히 긴 회복 시간을 갖는다. 이는 해저와 밀접하게 접촉하여 발달하는 많은 생태계(저서 생물권)의 경우에 주로 해당된다. 무엇보다 생태계가 해저와 연결되어 있어 물질이 유출 시 탈출 경로가 한정될 경우 피해가 가장 크다. 플랑크톤 생태계와 같이 수계 전반에 걸쳐 발달하는 생태계는 대신 더 빠른 회복 시간이 특징이다.

서식지 지침 92/43/EEC(자연 서식지 및 야생 동식물 보존에 관한) 목록에 속하는 많은 해양 생태계는 유해한 사건에 매우 민감하고 회복 시간이 긴 특징을 보인다. 지중해에서 HNS 유출로 인해 치명적인 피해를 입을 수 있는 지침에 포함된 두 개의 특히 민감한 서식지는 다음과 같다: 산호초(스폰지, 강장 동물, 부채불 산호, 산호 조류, 이끼벌레류 등과 같은 고착 및 군집 종으로 특징)와 지중해 분지 전체에 고유한 포시도니아 오세아니카 초원(줄기, 뿌리, 잎이 있는 해양 식물)



환경 회복은 초기 생물 다양성과 생산성 가치로 돌아가는 데 필요한 시간을 고려하면 특히 복잡한 생태계의 경우에도 수년에 걸쳐 진행될 수 있다. 그러나 원래의 구조와 유사한 구조에 도달하려면 수십 년이 걸릴 수 있다. 실제로 첫 해 동안 개체 수는 주로 유생으로 특징지어지는데 생태계가 올바른 균형을 유지하지 못하고 여전히 취약함을 의미한다.

인간의 생태계 개입은 다음을 통해 일부 압박 요인을 감소시킴으로써 환경 회복을 촉진할 수 있다.

- 어업 활동 금지 또는 축소
- 정박 및 다이빙 활동 금지
- 지속적인 지역 감시
- 피해 지역의 재정착을 위한 보호 지역을 제공하기 위해 인근의 자연 번식 서식지 보호

환경 회복에는 항상 환경 모니터링 활동이 수반되어야 한다.

### 환경 복원

정화 활동은 환경 복원의 중요한 부분으로 명백히 간주된다.

해양 환경 복원이 항상 가능한 것은 아니다. 사실, 대부분의 경우 실현 가능하지 않거나 권장되지 않는다. 이러한 활동이 실제로 자연 환경에 제공할 실제 지원을 평가하는 것은 항상 바람직하다.

해양 환경 복원의 범주에 속하는 활동은 다음과 같다.

- 침강 오염물질이나 난파선을 회수하기 위하여 퇴적물을 제거한 경우에는 해저 및 해안선의 형태·지질학적 특성의 복원
- 훼손된 특정 생태계의 특징적인 종의 이식 또는 유입: 이는 생태계의 다른 개체가 발전할 기본 구조를 구성한다. 이식 또는 유입 작업이 수행되면 다른 형태의 생물학적 생명체가 발생한다.

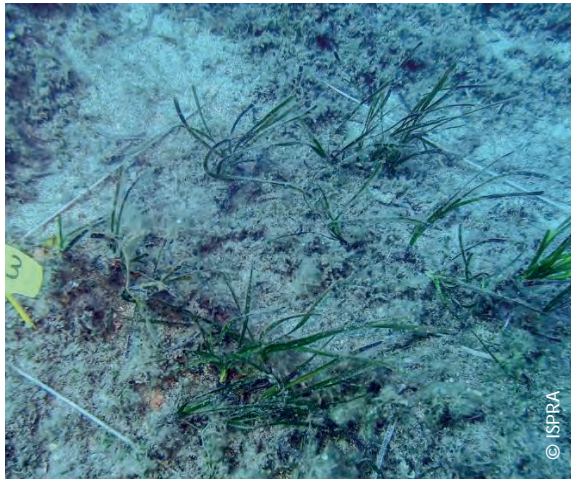
해양 환경에서 복원 작업은 보통 제한적이고, 특히 깊이는 주로 제한 요소이다. 또한, 이식하거나 이식할 표본을 채취하는 것을 고려할 필요가 있다. 보존 상태가 좋은 자연 환경에서 표본을 수집하는 것은 절대 권장하지 않는다. 이러한 작업은 양호한 상태의 환경을 손상시킬 위험이 있다.

자료표 6.2

환경 회복 및 복원

유출 후 관리

어종 도입의 경우 양식 표본의 활용을 평가할 수 있다. 식물성 또는 고착성 무척추동물의 경우, 파도와 닻의 작용에 의해 재위치된 바다에 존재하는 표본을 사용하는 것이 권장된다. 해당 방식은 해양 과학 세계의 추세이고, 지중해 환경은 포시도니아 오세아니카와 부채불산호의 재이식과 관련하여 이러한 이러한 절차를 따른다. 복원 활동은 환경 모니터링을 동반해야 함을 매우 강조한다.



포시도니아 오세아니카의 이식



특수 접착제를 사용하여 Eunicella cavolinii(부채불산호)의 이식

# 보우 이글(Bow Eagle)

중발

## 선박 정보

- 1984년 건조, 15,829GT, 24,725DWT
- 기국: 노르웨이

## 화학품 정보


- 에틸 아세테이트(CAS 141-78-6), SEBC DE.  
용도: 니트로셀룰로오스 및 기타 셀룰로오스 유도체의 용매, 보호 코팅 및 플라스틱의 다양한 수지와 같은 많은 응용 분야.
- 사이클로헥산(CAS 110-82-7), SEBC E.  
용도: 나일론 중간체, 아디프산, 카프로락탐 및 헥사메틸렌디아민 제조.

## 날짜 및 위치

2002년 8월 26일  
프랑스 피니스테르의 센 섬 앞바다

## 유해요소 식별

- 에틸 아세테이트
- UN 번호: 1173
- GHS 픽토그램:  

- 유해 등급: 3 가연성 액체
- MARPOL 범주: C  
Cyclohexane
- UN 번호: 1145
- GHS 픽토그램:  

- 유해 등급: 3 가연성 액체
- MARPOL 범주: C

## 간략 사고 요약

2002년 8월 26일 월요일 오후, 브라질에서 로테르담으로 운행 중이었던 화학 유조선 *Bow Eagle*이 MRCC(Marine Rescue Coordination Centre) CROSS Jobourg에 항구 쪽의 파손을 알렸다. 이 누출로 인해 200톤의 에틸아세테이트가 손실되었다.

해협 및 북해에 대한 프랑스 해양 당국은 항공 및 해상 장비의 개입을 지시하였다. 또한 프랑스해군분석연구소(LASEM)와 Cedre에 오염 위험에 대한 조연을 요청하였다.

한편, 프랑스 대서양 해양당국은 저인망선 *Cistude*를 침몰시킨 선박을 찾고 있었고 두 사건을 연결지었다. 불행히도 이 사고는 비극으로 밝혀졌다. 조사 결과 8월 26일 월요일 오전 2시에 화학 유조선 *Bow Eagle*의 항구 선수 전구와 저인망선 *Cistude* 사이에 야간 충돌이 발생한 것으로 나타났다. *Bow Eagle* 선원은 도움을 제공하지 않았고 *Cistude*에서 4명의 어부가 사망하였다. 이 사건에 대한 설명은 화학운반선에 존재하는 HNS로 인한 오염 위험에 초점을 둔다.

Maritime Prefect는 선박을 멈추고 해안경비대 순찰선의 호위를 받아 Dunkirk로 향하기로 결정하였다. 선박은 항구가 안전한 조건에서 화물을 처리할 장비가 갖추어지지 않았기 때문에 8월 28일 오전에 정박하였다. 평가팀과 법무관이 승선하였다. 2명의 선원은 충돌을 인지했다고 자백했고, 선주 측 대리인은 책임을 인정하였다.

*Bow Eagle*은 오후에 출항하여 목적지인 로테르담으로 운행할 수 있는 허가를 받았다.

### 화물

- 벌크  포장화물
- 수량:
- 510MT 콩레시틴(MARPOL 범주 D)
- 1,652MT 해바라기유(MARPOL 범주 D)
- 1,050MT 메틸에틸케톤(MARPOL 범주 III)
- 4,750MT 사이클로헥산(MARPOL 범주 C)
- 3,108MT 톨루엔(MARPOL 범주 C)
- 500MT 식물성 기름 FA201(MARPOL 범주 D)
- 2,100MT 에틸 아세테이트(MARPOL 범주 D)
- 4,725MT 벤젠(MARPOL 범주 C)
- 5,250MT 에탄올(MARPOL 범주 III)

### 위험 평가

에틸아세테이트는 감지 가능한 냄새가 있고 공기 중에서 쉽게 증발하며, 적당히 수용성인 무색 휘발성 용매이다. 가연성이 높은 액체이며, 그 증기는 특정 조건에서 공기 및 물과 폭발적인 조합을 형성하여 화재 확산을 가속시킬 수 있다.

그러나 GESAMP의 데이터베이스에 의해 확립된 해양 오염 위험은 거의 없었다.

이 정보는 즉시 해협과 북해에 대한 프랑스 해양 당국으로 전송되었고, *Cistude* 사건에서 *Bow Eagle*의 개입 가능성과 함께 선박이 프랑스 항구에 진입하는 것을 막는 Maritime Prefect의 결정에 기여하였다.

프랑스 해양 당국은 Cedre의 화학 전문가를 요청하였다.

시클로헥산은 고도의 증발 가능성 제품으로 증기 밀도가 공기보다 3배 높다. 시클로헥산은 해수에 불용성이다. 결과적으로 누출은 가연성 및 자극성 가스운을 생성하며 바람에 의해 수면을 따라 확산될 수 있다. 이 물질은 대량 유출 시 수생 생물에 해로울 수 있다. 선박의 화학 물질 혼합물로 인해 선박의 우발적인 좌초는 처참한 사고로 이어질 수 있다(*Cason* 사례 참조).

### 부정적 조건

에틸 아세테이트와 사이클로헥산의 유해성으로 인해 안전한 조건에서 화물을 처리할 수 있는 장비가 없었기 때문에 평가 팀은 특정 기본 예방 조치를 취함.

## 긍정적 조건

해당 유조선은 세계 최고 수준의 Protection and Indemnity Club Gard에 가입한 두 번째로 큰 국제 화학 물질 운송 회사인 Odfjell의 소유

## 대응

8월 27일 화요일, 오염 위험 측면에 대한 추가 정보가 들어왔다. 에틸 아세테이트 탱크 누출은 제품을 다른 탱크로 옮기고 밀봉 작업을 진행하여 통제했다. 그러나 선박은 9개의 다른 제품을 운송 중이었고, 그 중 2개는 중오염 물질(벤젠과 톨루엔)이었다. 사이클로헥산 운송 중인 에틸 아세테이트 누출 탱크의 인접 탱크에도 균열이 있었다. 화학운반선은 다양한 제품을 운송하며 이러한 제품의 혼합물은 환경에 심각한 위협이 될 수 있다. 또한 인명 피해가 잦은 어선과 상선의 충돌도 수질오염의 원인이 될 수 있다.

## 유출 후

유출 물질이 증발 물질(Cyclohexane)였기 때문에 특정 복원 작업을 수행할 필요는 없었다).

# Ece

## 선박 정보

- 1988년 건조, 23,409GT, 38,498DWT
- 기국: 몰타


## 날짜 및 위치

2006년 1월 31일, Cherbourg 서쪽으로 50해리(90km), 국제 해역의 Casquet Traffic Separation Scheme 근해.

## 화학품 정보

- 인산(CAS 7664-38-2), SEBC D. 용도: 비료(과인산염) 제조, 금속 보호, 제약 산업, 수처리, 청소, 페인트 및 특정 식품

## 유해요소 식별

- 인산
- UN 번호: 1805
- GHS 픽토그램: 
- 유해 등급: 8 부식성
- 해양오염물질: 예  아니오

## 간략 사고 요약

2006년 1월 30일 ~ 1월 31일 밤, 모로코 Safi에서 폴란드 Police로 26,000톤의 인산염을 운송하던 몰타 산적선 *General Grot Rowecki*가 모로코 Casablanca에서 벨기에 Ghent로 행해 중에 마셜제도 화학운반선 *Ece*와 충돌하였다.

10,000톤 인산을 운송하던 *Ece* 선박에서 인산이 유출되었다.

지역 MRCC인 CROSS-Jobourg는 영국 해양 및 해안 경비대와 협력하여 선원 구조 작업을 조율하였다. 22명의 선원은 Guernsey로 안전하게 대피하였고, 예인선 *Abeille Liberté*가 사고 현장에 파견되었다.

해협 및 북해에 대한 프랑스 해양 당국은 프랑스 해군의 오염대응실용전문센터(Centre of Practical Expertise in Pollution Response, CEPOL) 및 Cedre의 지원을 받아 오염 위험 분석을 수행하였다. *General Grot Rowecki*은 선수가 부푸는 등 약간 손상되었지만 항해를 계속할 수 있었다.

예인선 *Abeille Liberté*는 1월 31일 오전 7시경 현장에 도착하였다. 평가 팀은 심각한 오염이 없다고 판단해 손상된 두 척의 선박에 승선하였다. *Ece*는 운송 중이었던 25° 안정 목록을 보여 주었고 운항을 정지하였다. 평가 완료된 선박은 오후 3시 30분경 *Abeille Liberté*로 예인되어 르아브르 항구로 향했다. 예인 과정에서 *Ece*는 2월 1일 오전 3시 37분에 La Hague 지점에서 서쪽으로 70m 깊이 50해리 아래로 침몰하였다. 이 난파선은 국제 해역, 영국 대륙붕, 프랑스 배타적 경제 수역 및 프랑스 오염 대응 수역에 위치한다. 구조 및 오염 대응을 위한 프랑스-영국 양자 상호 원조 협정인 Manche Plan이 2월 1일에 개시되었다.

## 화물

- 산적  포장화물

- 수량

- 10,000MT 인산(MARPOL Z류);
- 70MT 추진 연료(IFO 180);
- 20MT 선박 디젤
- 20MT 윤활유

## 위험 평가

유광 표면화 및 난파선 탐사 결과 선체, 배관, 탱크 통풍구의 균열을 통해 인산이 누출될 수 있다는 가설이 확인되었다. 누출은 시간당 25m<sup>3</sup>에 달할 수 있다. 따라서 주요 오염 위험은 없었지만 점진적 누출 위험이 남아있었다.

인간에 대한 주요 위험은 본질적으로 피부 또는 점막과의 접촉과 관련이 있으며, 농축 용액과 장기간 접촉하는 경우 자극, 심할 경우 화상을 유발한다. 해양 동물에게도 동일한 위험이 적용된다. 난파선에서 누출된 인산은 물과 혼합되어 주변을 산성화한다. 누출이 멈추면 해수의 중화력이 영향을 받는 지역에서 pH를 원래 값(약 8)으로 빠르게 다시 올린다. 환경에 미치는 영향은 매우 일시적이고 국지적이어서 정량화할 수 없다.

GESAMP는 해당 오염 사고와 관련하여 환경 지속성에 대해 0(최저 0, 최대 5), 급성 수생 독성에 대해 1(최저 0, 최대 6), 접촉 또는 섭취로 인한 수생 포기름의 독성에 대해 3(최저 0, 최대 4)을 부여하였다.

## 부정적 조건

인산은 물의 굴절률에 가까운 거의 무색의 화학 물질이다. 따라서 누출은 영상 관찰로 감지하기 어려웠다. 중금속의 존재를 강조하는 매질이다.

## 긍정적 조건

인산은 비휘발성이며 증기를 생성하지 않는다. 해수 대비 밀도가 높아 유출되면 침강한다. 물에 완전히 용해되며 먹이 사슬에 축적되지 않는다.

## 대응

따라서 인산으로 인한 즉각적인 주요 오염 위험은 없었다. 그러나 모든 난파선과 마찬가지로 밝혀진 문제는 난파선에 갇힌 잠재적 오염 물질(산 및 연료)을 제거할지 여부에 대한 문제였다.

수행 관찰 작업의 유형, 필요 조치에 대한 판단 지원을 위해 Cedre 실험실에서 착색된 인산 및 물 산도 측정을 사용하여 일련의 희석 테스트를 수행하였다. 첫 번째 결과는 산이 바닥에 퍼지다가 몇 분 만에 어떤 유동도 없이 희석된다는 것을 보여주었다. 강한 조류가 시뮬레이션되었을 때 산은 물에 닿자마자 빠르게 희석되었고, 점진적으로 pH 감소를 유도하는 수소 이온(H<sup>+</sup>)과 인산염 이온(PO<sub>4</sub><sup>-</sup>)으로 분해된다.

Cedre는 인산염 이온의 비료 효과 가능성에 대해 의문을 가졌으며 이는 대규모 유출 시 녹조류의 통제 불가 상태로 이어질 수 있다. 이는 Ifremer의 영역으로 오염은 주요 유출을 포함하지 않았으며 2월의 인산염 이온 가용성은 녹조류 발달의 핵심 요소가 아니다.

한편, 2006년 6월 16일 프랑스와 영국 당국, 다른 한편으로는 선주와 보험사 간의 협상을 통해 난파선에 남아 있는 기름(약 40톤)을 제거하고 원격 제어 로봇으로 6개 탱크에 대한 접근 통로를 열어 계획된 인산 제어 방출에 대해 합의에 도달하였다. 작업은 당국의 통제 하에 여름 동안 선주가 수행하였고, 9월 15일까지 완료되었다. 해당 날짜까지 난파선 주변에서는 어업 활동이 지속적으로 금지되었으며 기국은 역할을 수행하도록 요청받았다.

### 유출 후

구체적인 복원이나 모니터링 조사는 시행되지 않았다.



# 알레이나 메르칸(Aleyna Mercan)

## 선박 정보

- 2005년 건조, 2,897 GT, 4,037 DWT
- 몰타 국기


## 날짜 및 위치

2017년 6월 15일 -  
23일 북 티레니아 해,  
투스카니 군도

## 화학품 정보

- 식별명 : 파라핀왁스, CAS번호 : 8002-74-2
- SEBC Fp
- 용도 : 윤활, 전기절연, 양초

## 유해요소 식별

- UN 번호: 1993
- 유해 등급: Class 3 
- 해양오염물질: 예  아니오
- (Y류, 유해 물질, MARPOL 부속서II)

## 간략 사고 요약

- 원인: 제노바 항구에서 파라핀 왁스를 하역한 후 항해 중 화물 탱크의 세척 과정에서 불법 배출. 이 작전은 MARPOL 협약의 부속서 II와 IBC 규범을 위반하여 수행되었다. 특히 적하된 제품의 온도는 화물기록부에서 수동으로 수정되었다.
- 무통보: 제품이 해안선에 도달했을 때 이탈리아 해안경비대에서 불법 배출을 알렸고 환경부가 오염 대응 시스템을 개시하였다.
- 환경 조건: 파라핀 왁스는 바다로 방출된 후 고체 상태로 부유하고 해양 환경에 잔류하는 것으로 관찰되었다(부유 Fp). 따라서 바다의 표면과 해안선이 주요 연관 환경이었다. 용해도와 증발 속도가 낮기 때문에 해양 생태계에 명백한 결과가 없다는 가설이 나왔다.
- 위치의 특이성: 유출이 발생한 여름 동안 해변과 일부 세척 시설이 일시적으로 폐쇄되었다.

## 관련 화물:

- 산적  포장화물
- 수량 : 수톤으로 추정

## 위험 평가:

- 선원의 비상 대응 없음
- 인양 작업 없음
- 모니터링: 육안 관찰(선박에서 또는 해안선을 따라) 및 부분적 항공 관찰(파동 운동으로 인해 제품이 해수면 바로 아래로 이동하여 부분적으로 볼 수 있음). 역추적을 통해 가능한 오염원을 찾는 모델링을 적용.
- 최초 조치: 없음
- 통신: 제품이 해안에 도달했을 때 이탈리아 해안 경비대에서 보고한 불법 배출

# 알레이나 메르칸(Aleyna Mercan)

## 부정적 조건

- 여름 시즌, 해안 부근 관광객의 존재

## 긍정적 조건

- 온화한 날씨
- 상대적으로 제한된 양의 유출
- 불법 방출에 대한 책임이 있는 당사자를 식별하기 위해 기관 간의 충분한 협력

## 대응

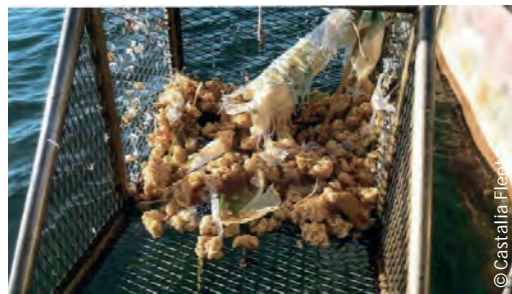
- 유출 제품의 회수는 해안을 따라 오염 방지 선박에 장착된 특수 바스킷을 사용하여 수동으로 수행되었다.
- 오염원 식별은 제품 특성에 대한 실험실 분석과 유출 전 며칠 동안 북부 티레니아 해의 해역에서 이 제품을 운송한 선박을 조사하여 수행되었다.
- 교훈: 불법 방출의 책임자를 식별하기 위한 기관 간 협력의 타당성, 특히 향후 새로운 사건을 방지하는 데 유용하다.

## 유출 후

- 복원: 해양 생태계에 명백한 부정적인 결과가 없기 때문에 복원 작업 없음
- 환경 모니터링: 없음
- 보상: 오염물질 불법 투기 혐의로 이탈리아 사법부 조사



해안의 파라핀



전용 바스킷으로 모은 파라핀 박스

## 유로카고 베네치아(Eurocargo Venezia)

## 선박 정보

- 2011년 건조, 32,841 GT, 10,765 DWT
- 기국: 이탈리아

## 화학품 정보:

- 식별명: 산화 몰리브덴, CAS 번호 1313-27-5
- 산화니켈, CAS 번호 1313-99-1
- SEBC S. 제품은 직경이 수 밀리미터이고 물보다 밀도가 높고 물에 용해되지 않는 과립 형태.
- 용도: 원유 정제 공정 탈황 촉매

## 간략 사고 요약:

- 원인: 밤중에 로로(Ro-Ro)화물선 *Eurocargo Venezia*는 Catania 항구에서 Genoa 항구로 향해하던 중 니켈과 산화 몰리브덴으로 만든 고갈된 촉매가 들어 있는 드럼 224개를 실은 세미 트레일러 2대를 바다에 떨어뜨렸다. 26개의 드럼은 선미 지역에서 여전히 발견되었다. 악천후로 인해 다른 화물선과의 충돌을 피하기 위한 급작스러운 항로 변경으로 사고가 발생했다.
- 통보: 사고 발견 직후 선장은 드럼 분실에 대한 통보를 발송하였다. 역추적 재구성에 따르면 사고 지역은 고르고나 섬 근처의 투스카니 군도일 가능성이 높다.
- 환경 조건: 드럼은 전형적인 심해 환경 생태계로 구성된 진흙 바닥에서 약 400미터(410-450미터) 깊이까지 가라앉았다.
- 위치 특이성: 해당 해저 지역을 따라 저인망 어업이 수행된다.

## 관련 화물:

- 산적  포장화물
- 수량: 각 드럼에는 170/180kg의 제품이 두꺼운 PET 비닐 봉투에 보관되어 있다. 그 결과 바다에서 33~34,000kg의 제품이 손실되었다.


## 위험 평가:

- 선원 비상 대응: 선상의 잔여 드럼 고정
- 인양 조치 없음.
- 모니터링: 공기와 물에 대한 선상 모니터링 측정 없음, 환경 모니터링의 일부로 퇴적물 모니터링만 가능;

## 날짜 및 위치

2011년 12월 17일  
북 티레니아 해,  
고르고나 섬의 투스카니 군도

## 유해요소 식별:

- UN 번호: 3191
- 유해 등급: 4.2 
- 해양오염물질: 예  아니오

- 통신: 손실 통보로 이탈리아 해안 경비대와 환경부의 개입 촉발, ISPRA 지원으로 드럼에 대한 수색 및 복구 전략을 개발하였다. 오염원은 환경 모니터링뿐만 아니라 조사 및 복구 프로젝트를 제안하고 자금 조달을 담당하였다.

### 부정적 조건

- 사건은 야간에 발생했고 이로 인해 통보가 지연되어 침몰한 드럼에 대한 수색 활동이 필요한 해양 범위가 확장되었다.
- 드럼이 깊은 수심(약 400미터)에서 가라앉아 수색 및 회수 작업이 더 어렵고 비용이 많이 들었다.

### 긍정적 조건

- 니켈/몰리브덴 산화물은 해저에 물질의 분산을 감소시키는 두꺼운 PET 비닐 봉투 내부에 담겨있었다.

### 대응

2012년 2월, 측면 스캔 소나(side scan sonar, SSS)와 원격작동차량(remotely operated vehicle, ROV)을 사용하여 주요 방출 영역에 대한 조사를 수행했다. 400~550m 깊이에서 9nm의 총 면적을 조사한 결과, 2대의 트레일러와 0.8km<sup>2</sup>의 면적에 집중된 다량의 드럼(약 130개)이 발견되었다. 물질은 보존 상태는 다양했다: 드럼이 없는 닫힌 포대, 닫힌 드럼, 내부 포대가 있는 개봉된 드럼. 2012년 6월, 드럼은 로봇 시스템을 사용하여 회수되었다. 작업 등급 ROV는 특정 락에서 발견된 드럼과 스킵을 해저에 배치할 수 있었다. 그후 공급 선박에서 회수되어 폐기를 위해 해안으로 운송되었다. 약 70개의 드럼과 그 내용물이 400-600m 깊이의 해저에 분산되었다. 깊이가 높고 분산이 광범위하기 때문에 공공 기관에서는 미회수 드럼에 대한 수색 지속은 불가능하고 합리적이지 않다고 판단하였다.

교훈: 악천후 시 HNS 수송 회피

### 유출 후

- 복원: 복원 활동 없음. 미회수 드럼이 있는 것으로 생각되는 해저 근처에서는 어업 및 기타 해저 사용이 금지된다. 어망에 실수로 드럼을 회수하는 경우 오염 물질 행동 및 절차를 설명하는 특정 권장 사항이 어부들에게 주어졌다.
- 환경 모니터링: 오염 물질에 대한 생물학적 분석, 퇴적물 및 생물학적 표본의 화학적 및 생태독성학적 분석을 포함하여 관련된 저서 생태계의 환경 상태를 평가하기 위해 3년마다 환경 모니터링 프로그램이 수행되었다. 생물검정 분석은 해양 생물군에 대한 오염 물질의 부정적인 결과를 확인하였다.

화학적 및 생태독성학적 분석에 따르면 3년 후에도 잔류 오염물질이 있는 해저에 악영향을 미친다는 증거는 없었다. 미래에는 비활성 촉매가 입자 크기가 수 밀리미터인 고체 상태로 해저에 분산될 것으로 예상했다. 다음과 같은 여러 섭식 행동을 하는 저서 생물이 섭취하면 환경에 부정적인 영향을 미칠 수 있다: 부식동물, 비선택적 저서 포식자, 여과식자, 현탁물 식자.

- 손해배상: 오염자는 드럼 수색 및 회수 비용과 환경 모니터링 활동과 관련된 비용을 부담하였다.



내부에 포대를 보유한 개봉 드럼



드럼이 위치한 해저에서  
작업 등급 ROV로 특정 락 회수

## MSC 플라미니아(MSC Flaminia)

## 선박 정보

- 2001년 건조 컨테이너선(6,732 TEU),  
75,590 DWT
- 기국: 독일

## 날짜 및 위치

2012년 7월 14일, 08:04 UTC(폭발),  
대서양,  
φ 48°13,8'N λ 027°57,9'W

## 화학품 정보(DG 등급)

- 2.1 가스(가연성)(총 2개 용기 탑재/1개 용기 파손)
- 2.2 가스(불연성)(14/13)
- 3 가연성 액체(33/16)
- 4.1 가연성 고체(1/1)
- 4.2 자연발화 가능 물질(3/2)
- 4.3 해수 접촉 후 가연성 가스 방출 물질(1/1)
- 6.1 독성 물질(18/5)
- 8 부식성 물질(35/22)
- 9 기타 위험 물질(44/35)

## 유해요소 식별

- 등급 1 및 7을 제외한 모든  
유해 등급
- 해양오염물질: 예  아니오

## 간략 사고 요약:

- *MSC Flaminia*는 4번 화물창에서 연기가 감지되었을 때 뉴올리언스에서 앤티워프로 대서양을 가로질러 운송 중이었다. 연기는 통제 불가 자가중합 과정을 시작한 Divinyl-benzene(DVB, UN 3082) 화물의 증기로 밝혀졌다.
- 화재로 추정되는 것을 진화시키려는 활동이 폭발로 이어졌고 화재가 발생하여 선박과 화물이 크게 손상되고 3명의 인명 피해가 발생하였다.
- 선원은 배에서 탈출하였다. 구조팀은 추후 선박을 다시 구출해 최대한 화재를 진압한 후 선박을 유럽으로 예인했다. 독일 빌헬름스하펜(Wilhelmshaven)에 피난처가 제공되어 고수준의 보호(환경 및 인력) 하에 선박이 하역되었다. 2013년 3월 15일 선박은 수리를 위해 독일에서 루마니아로 항해하였다.

## 관련 화물:

- 산적  포장화물
- 수량: 위험물 용기 151개

## 위험 평가:

- 피난처 제공 전, 독일 정부는 두 가지 위험 평가를 매우 상세히 수행하였다. 첫 번째는 대서양에서, 두 번째는 German Bight에서 수행되었다.
- 선원 탈출 후 전문 인양업체에 의해 1차 선박 인양활동(소방진압)수행

- 모니터링: 선박에 대해 상세한 모니터링이 바다와 항구에서 수행되었다. 화학자들은 여러 샘플을 채취하고 다양한 장치(예: GC-MS)를 사용하여 수질과 공기 품질을 영구적으로 모니터링하였다. 항구의 하역은 일상적인 작업장에 대한 안전 규정에 따라 모니터링되었다.

### 부정적 조건:

화물창 3-7에 큰 피해를 준 폭발 및 지속적 화재로 막대한 양의 오염된 폐기물과 물 생성

### 긍정적 조건:

없음. 세계유산 바덴해에 미치는 영향 또는 선원을 제외한 작업인력 피해 없음

### 대응:

- 피해 환경에서 진화하는 것은 어려운 일이었고 그 결과 엄청난 양의 소화수가 발생하였다.
- 하역 작업도 어려웠다. 대부분 컨테이너가 부분적으로 손상되어 일반 장비를 사용할 수 없었다.

### 유출 후:

모니터링 프로그램 출시

## 9 부속서

부속서 1 – 일반 정보	297
부속서 2 – 지역 특성 정보 – 본 협정	298
부속서 3 – 지역 특성 정보 – HELCOM	300
부속서 4 – 지역 특성 정보 – REMPEC	301



## 부속서 1 – 일반 정보

### 국제

HNS 협약 사무국: [www.hnsconvention.org](http://www.hnsconvention.org)

### IMO

- 협약 목록: [www.imo.org/fr/About/Conventions/ListOfConventions](http://www.imo.org/fr/About/Conventions/ListOfConventions)
- 화학품 대응: [www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionResponse](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionResponse)
- 글로벌 통합 배송정보 시스템: [gisis.imo.org](http://gisis.imo.org)
- IMO OPRC-HNS 관련 지침 및 매뉴얼 목록: [www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/List-of-IMO-OPRC-HNS-related-guidance-and-manuals.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/List-of-IMO-OPRC-HNS-related-guidance-and-manuals.aspx)
- EQUASIS: [www.equasis.org](http://www.equasis.org)

UNECE: [www.unece.org](http://www.unece.org)

### 유럽

#### 유럽연합 집행위원회

- 운송 데이터 허브: [ec.europa.eu](http://ec.europa.eu)
- 화학 물질: [ec.europa.eu](http://ec.europa.eu)

#### EMSA

- MAR-ICE: [www.emsa.europa.eu](http://www.emsa.europa.eu)
- EU 수역의 선박 교통 모니터링(SafeSeaNet): [www.emsa.europa.eu](http://www.emsa.europa.eu)
- CleanSeaNet: [www.emsa.europa.eu](http://www.emsa.europa.eu)
- 항만 상태 관제 검사 데이터베이스 -THETIS: [www.emsa.europa.eu](http://www.emsa.europa.eu)

INTERSPILL 컨퍼런스 및 전시: [www.interspillevent.com](http://www.interspillevent.com)

#### 유용한 도구 또는 설명서

SAR: [www.raja.fi/chemsar](http://www.raja.fi/chemsar)

비상 대응 안내: [c.canada.ca/en/dangerous-goods](http://c.canada.ca/en/dangerous-goods)

- 화학품 대응 안내: [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)
- 의사결정 지원 도구: [www.hns-ms.eu](http://www.hns-ms.eu)
- MIDSIS-TROCS: [www.rempec.org](http://www.rempec.org)

HNS 관련 과업 접근을 위한 지식 도구: [knowledgetool.mariner-project.eu/](http://knowledgetool.mariner-project.eu/)

## 부속서 2 - 지역 특성 정보 - 본 협정



Bonn Agreement  
Accord de Bonn

### 대비

#### 해상교통(해상 항로, HNS운송)

- [ais.bonnagreement.org](http://ais.bonnagreement.org)
- [www.bonnagreement.org/site/assets/files/1129/be-aware\\_technical\\_sub\\_report\\_9\\_hns.pdf](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/1129/be-aware_technical_sub_report_9_hns.pdf)
- [www.bonnagreement.org/site/assets/files/1129/beaware\\_technical\\_sub\\_report\\_1\\_ship\\_traffic-1.pdf](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/1129/beaware_technical_sub_report_1_ship_traffic-1.pdf)

#### 지역 계획

- 본 협정 [www.bonnagreement.org](http://www.bonnagreement.org)
- DenGerNeth(덴마크, 네덜란드 및 독일 대응 구역)  
[www.vliz.be/imisdocs/publications/103736.pdf](http://www.vliz.be/imisdocs/publications/103736.pdf)
- Manche Plan(프랑스와 영국 사이의 해협)  
[assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/338795/130715\\_International\\_Assistance\\_and\\_Co-operation.pdf](http://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/338795/130715_International_Assistance_and_Co-operation.pdf)
- NorBrit Plan(영국과 노르웨이 사이의 근해 지역)  
[www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/norbritplan\\_revised\\_july\\_20\\_2012x.pdf](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/norbritplan_revised_july_20_2012x.pdf)

#### 교육 과정

[www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)  
[www.nhlstenden.com/en/miwb/about-maritime-institute-willem-barentsz](http://www.nhlstenden.com/en/miwb/about-maritime-institute-willem-barentsz) [www.centrojovellanos.es](http://www.centrojovellanos.es)  
[www.msb.se/en/training--exercises](http://www.msb.se/en/training--exercises)

#### 훈련

[www.bonnagreement.org/activities/counter-pollution-exercises](http://www.bonnagreement.org/activities/counter-pollution-exercises)  
[www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/1\\_1-1\\_11\\_national\\_chapters.pdf](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/1_1-1_11_national_chapters.pdf)

### 작업 관련

**SAR:** [www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/1\\_1-1\\_11\\_national\\_chapters.pdf](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/1_1-1_11_national_chapters.pdf)  
**HNS에 대한 긴급 대응:** [www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/1\\_1-1\\_11\\_national\\_chapters.pdf](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/1_1-1_11_national_chapters.pdf)  
**환경 민감 지수:** [www.bonnagreement.org/activities/projects/ii/final-report](http://www.bonnagreement.org/activities/projects/ii/final-report)  
[www.hns-ms.eu/tools/vulnerability\\_maps](http://www.hns-ms.eu/tools/vulnerability_maps)  
**장비 목록:** [www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/1\\_1-1\\_11\\_national\\_chapters.pdf](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/1_1-1_11_national_chapters.pdf)  
**분산제:** [www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/2\\_5\\_dispersants.pdf](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/25745/2_5_dispersants.pdf)

## 부속서 3 - 지역 특성 정보 - HELCOM



### 대비

#### 해상교통(HNS운송, 해상 항로)

- [maps.helcom.fi/website/mapservice/?datasetID=95c5098e-3a38-48ee-ab16-b80a99f50fef](https://maps.helcom.fi/website/mapservice/?datasetID=95c5098e-3a38-48ee-ab16-b80a99f50fef)
- [maps.helcom.fi/website/aisexplorer](https://maps.helcom.fi/website/aisexplorer)
- [www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152-1.pdf](https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152-1.pdf)

#### 지역 계획(교육 과정, 훈련)

- [helcom.fi](https://helcom.fi)
- [portal.helcom.fi/meetings/EWG%20OWR%207-2017-407/MeetingDocuments/4-1%20Trai-ning%20and%20exercise%20packages%20on%20OWR.pdf](https://portal.helcom.fi/meetings/EWG%20OWR%207-2017-407/MeetingDocuments/4-1%20Trai-ning%20and%20exercise%20packages%20on%20OWR.pdf)
- [helcom.fi/action-areas/response-to-spills/helcom-balex-delta-and-other-exercises](https://helcom.fi/action-areas/response-to-spills/helcom-balex-delta-and-other-exercises)

### 작업 관련

**SAR:** HELCOM 대응 매뉴얼 1장 참조: [helcom.fi/action-areas/response-to-spills/manuals-and-guidelines](https://helcom.fi/action-areas/response-to-spills/manuals-and-guidelines)

**HNS에 대한 긴급 대응:** HELCOM 대응 매뉴얼 1장 참조: [helcom.fi/action-areas/response-to-spills/manuals-and-guidelines](https://helcom.fi/action-areas/response-to-spills/manuals-and-guidelines)

**환경 민감 지수:** [stateofthebalticsea.helcom.fi](https://stateofthebalticsea.helcom.fi)

**장비 목록:** [helcom.fi/wp-content/uploads/2020/11/HELCOM\\_Response\\_Equipment.xlsx](https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/11/HELCOM_Response_Equipment.xlsx)

## 부속서 4 - 지역 특성 정보 - REMPEC



### 대비

#### 해상 교통(해상 항로 - HNS 운송)

- 지중해에서의 선박 및 활동, 해양 교통 및 근해 활동으로 인한 해양 오염 동향 및 전망에 관한 연구(REMPEC 2020): [www.dropbox.com/s/3311v9o-g39q50sl/20201014\\_Final\\_Study.pdf?dl=0](http://www.dropbox.com/s/3311v9o-g39q50sl/20201014_Final_Study.pdf?dl=0)
- AIS 기술보고서(2014년 4월 MEDESS-4MS): [www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/ais-technical-report-april-2014-medess-4ms](http://www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/ais-technical-report-april-2014-medess-4ms)

#### 지역 계획

- 유엔 환경 프로그램 - 지중해 행동 계획(UNEP/MAP): [www.unenvironment.org/unepmap](http://www.unenvironment.org/unepmap)
- UNEP/MAP, 구조: [www.unenvironment.org/unepmap/who-we-are/institutional-set](http://www.unenvironment.org/unepmap/who-we-are/institutional-set)
- 바르셀로나 협약(1995): [wedocs.unep.org/bitstream/id/00dfd941-5c92-426b-8ec5-65f175572d40/BarcelonaConvention\\_Consolidated\\_eng.pdf](http://wedocs.unep.org/bitstream/id/00dfd941-5c92-426b-8ec5-65f175572d40/BarcelonaConvention_Consolidated_eng.pdf)
- 예방 및 비상 의정서(2002): [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/2912/02ig14\\_final\\_act\\_alllangs\\_emergprotocol\\_eng.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/2912/02ig14_final_act_alllangs_emergprotocol_eng.pdf)
- 근해 의정서(1995): [wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/2961/94ig4\\_4\\_protocol\\_eng.pdf](http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/2961/94ig4_4_protocol_eng.pdf)
- 지중해 지역 해양 오염 비상 대응 센터(REMPEC): [www.rempec.org/en/about-us/mandate](http://www.rempec.org/en/about-us/mandate)
- 지중해 전문:
  - 지중해 기술 실무진(Mediterranean Technical Working Group, MTWG): [www.rempec.org/en/about-us/regional-cooperation/technical-groups-1/the-mediterranean-technical-working-group-mtwg](http://www.rempec.org/en/about-us/regional-cooperation/technical-groups-1/the-mediterranean-technical-working-group-mtwg)
  - 지중해 지원단(Mediterranean Assistance Unit, MAU) [www.rempec.org/en/about-us/regional-cooperation/technical-groups-1/mediterranean-assistance-unit-mau](http://www.rempec.org/en/about-us/regional-cooperation/technical-groups-1/mediterranean-assistance-unit-mau)
  - 바르셀로나 협약의 틀 내에서 MARPOL과 관련된 법 집행 공무원의 지중해 네트워크(MENELAS): [www.rempec.org/en/about-us/regional-cooperation/technical-groups-1/menelas](http://www.rempec.org/en/about-us/regional-cooperation/technical-groups-1/menelas)
- 지중해의 소지역 협정 및 비상 계획:
  - 프랑스, 이탈리아, 모나코 간 라모주(Ramoge)
  - 프랑스와 스페인의 리온(Lion)
  - 키프로스, 이집트, 이스라엘 사이의 남동 지중해
  - 알제리, 모로코, 튀니지 사이의 남서 지중해
  - 크로아티아, 이탈리아, 슬로베니아 간 아드리아 해

- 키프로스, 그리스, 이스라엘 사이의 남동 지중해:

[www.rempec.org/en/our-work/pollution-preparedness-and-response/preparedness/contingency-planning/sub-regional-contingency-plans-in-the-mediterranean-sea](http://www.rempec.org/en/our-work/pollution-preparedness-and-response/preparedness/contingency-planning/sub-regional-contingency-plans-in-the-mediterranean-sea)

## 교육 과정

교육 및 워크숍 2002 - 2018(업데이트 진행 중):

<https://www.rempec.org/en/knowledge-centre/activity-reports/oprc-hns-technical-trainings>

## 훈련

최종 훈련 날짜와 연락처 정보를 알 수 있는 웹 주소:

[www.rempec.org/en/knowledge-centre/activity-reports/exercises](http://www.rempec.org/en/knowledge-centre/activity-reports/exercises)

## 작업 관련

### SAR

비상 연락

특수 구조팀의 존재(예: MIRG)

### HNS 에 대한 긴급 대응

국가 정보: [www.rempec.org/en/knowledge-centre/country-profiles](http://www.rempec.org/en/knowledge-centre/country-profiles)

긴급 통신 절차: [www.rempec.org/en/our-work/pollution-preparedness-and-response/emergency-response/emergency-response/contact-rempec-in-case-of-emergency](http://www.rempec.org/en/our-work/pollution-preparedness-and-response/emergency-response/emergency-response/contact-rempec-in-case-of-emergency)

지중해 지원단(Mediterranean Assistance Unit, MAU): [www.rempec.org/en/our-work/pollution-preparedness-and-response/emergency-response/request-assistance-1/experts-of-the-mau](http://www.rempec.org/en/our-work/pollution-preparedness-and-response/emergency-response/request-assistance-1/experts-of-the-mau)

MAU 회원: [www.rempec.org/en/about-us/regional-cooperation/partners](http://www.rempec.org/en/about-us/regional-cooperation/partners)

### 환경 민감 지수

MEGISMAR: [medgismar.rempec.org](http://medgismar.rempec.org)

### 장비 목록:

MEGISMAR: [medgismar.rempec.org](http://medgismar.rempec.org)

비상시 대응 장비 및 전문가 동원을 위한 국가 구조에 관한 표준 매뉴얼:

[www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/webinar-medexpol-2020-wg-47-5-2.pdf](http://www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/webinar-medexpol-2020-wg-47-5-2.pdf)

## 약어

<b>B/L</b>	선하증권(Bill of Lading)
<b>BLEVE</b>	비등액체 팽창증기폭발(Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)
<b>CAS 번호</b>	화학품 요약서비스. 단 하나의 물질에 대한 고유 숫자 식별자
<b>CLP</b>	분류, 라벨링 및 포장(Classification/Labeling/Packaging)
<b>DGL</b>	위험물 목록(Dangerous Goods List)
<b>EEZ</b>	배타적 경제수역(Exclusive Economic Zone)
<b>ELD</b>	환경책임지침(Environmental Liability Directive)
<b>EMSA</b>	유럽해양안전청(European Maritime Safety Agency)
<b>ERPgs</b>	비상대응계획지침(Emergency Response Planning Guidelines). 대부분의 사람이 1시간 동안 유해한 공기 중 화학 물질에 노출될 경우 건강에 영향을 미치기 시작하는 농도
<b>ESI</b>	환경 민감도 지수(Environmental Sensitivity Index)
<b>GESAMP</b>	해양과학전문단(Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine) 환경보호. 유엔 자문단.
<b>GHS</b>	세계조화시스템(Globally Harmonized System)
<b>HELCOM</b>	발트해 해양환경보호위원회
<b>HNS</b>	위험유해 물질(Hazardous and Noxious Substances)
<b>HSC</b>	위험문구코드(Hazard Statement Code)
<b>IAP</b>	사고 조치 계획(Incident Action Plan)
<b>IBC code</b>	국제산적화학코드(International Bulk Chemical code). 위험 화학 물질을 산적 운반하는 선박의 구조 및 설비에 대한 국제 규칙
<b>ICS</b>	사고지휘체계(Incident Command System)
<b>IMDG code</b>	국제해상위험물규칙(International Maritime Dangerous Goods code). 위험물의 안전 운송을 강화하고 조화시키고 환경 오염을 방지하기 위해 포장 위험물 해상 운송에 대한 코드
<b>IMS</b>	사고관리시스템(Incident Management System)
<b>IMSBC code</b>	국제해상고체산적화물규칙(International Maritime Solid Bulk Cargoes code). 코드의 목적은 고체 산적 화물의 안전한 보관 및 선적 용이.
<b>IGC code</b>	국제기체운송코드(International Gas Carrier code). 액화가스를 대량으로 운송하는 선박의 구조 및 설비에 대한 국제 규칙
<b>IMO</b>	국제해사기구(International Maritime Organization)
<b>IOPC Funds</b>	국제기름오염보상기금(International Oil Pollution Compensation Funds)
<b>IUCN</b>	국제자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature)

<b>LEL</b>	폭발하한한계(Lower Explosive Limit). 공기 중에서 연소 가스 또는 증기의 최저 농도
<b>LFL</b>	가연하한한계(Lower Flammability Limit). 점화원이 있는 상태에서 화염 전파가 발생하지 않는 공기 중 연료 증기의 최소 농도
<b>LLMC</b>	해상 청구 책임 제한에 관한 협약(Convention on Limitation of Liability for Maritime Claims)
<b>MARPOL</b>	선박오염방지를 위한 국제협약
<b>MT</b>	미터톤
<b>NCP</b>	국가 비상 계획(National Contingency Plan)
<b>NEBA</b>	순 환경 편익 분석(Net Environmental Benefits Analysis)
<b>NOSCAP</b>	국가기름유출 비상책(National Oil Spill Contingency Plan)
<b>OSC</b>	현장 지휘관(On-Scene Commander)
<b>OSPAR</b>	북동대서양의 해양 환경을 보호하기 위해 15개 정부와 EU의 협력 구조.
<b>OPRC</b>	기름 오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제 협약
<b>OPRC HNS</b>	유해 및 유독 물질에 의한 오염 사고에 대한 대비, 대응 및 협력에 관한 의정서
<b>PG</b>	IMDG Code에 따른 포장 화물
<b>pH</b>	수소 전위의 약어. 매질이 산성인지 염기성인지를 결정하는 데 사용되는 매개변수
<b>POLREP</b>	오염 보고서(POLLution REPort)
<b>PPE</b>	개인 보호 장비
<b>PSN</b>	정식운송품명(Proper Shipping Name)
<b>P&amp;I Club</b>	선박의 제3자 책임의 보험사인 Protection & Indemnity Club
<b>REMPEC</b>	지중해지역 해양오염비상대응센터(Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea)
<b>ROV</b>	원격작동차량(Remotely Operated Vehicle)
<b>RPAS</b>	원격조종항공기시스템(Remotely Piloted Aircraft System)
<b>SDS</b>	물질안전보건자료(Safety Data Sheet). 사용자의 상황 평가에 도움이 되는 화학 제품 정보 제공 문서
<b>SDR</b>	특별인출권(Special Drawing Rights)
<b>SEBC</b>	표준유럽거동분류(Standard European Behaviour Classification)는 물리적 및 화학적 특성에 따라 물질의 이론적 거동을 결정하고 가스, 증발, 부유, 용해, 침강의 5가지 주요 중 하나로 분류.
<b>SIMA</b>	유출영향완화평가(Spill Impact Mitigation Assessment)
<b>SMPEP</b>	선상해양오염비상대책(Shipboard Marine Pollution Emergency Plan, SMPEP)

<b>SOLAS</b>	해상 인명 안전을 위한 국제 협약(International Convention for the Safety of Life at Sea)
<b>SOPEP</b>	선박기름오염 비상대책(Ship Oil Pollution Emergency Plan)
<b>TDG</b>	위험물 운송(Transport of Dangerous Goods)
<b>UAV</b>	무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicle)
<b>UFL</b>	가연성상한한계(Upper Flammability Limit). 점화원이 있는 상태에서 화염의 전파가 일어나지 않는 공기 중 연료 증기의 최대 농도
<b>UN Number</b>	상한가연성한계(Upper Flammability Limit). 운송이 규제되는 위험물의 4자리 식별 번호
<b>WFD</b>	폐기물 기본구조 지침(Waste Framework Directive)



## 용어

<b>항공기</b>	비행 장치(비행기, 헬리콥터, 열기구)
<b>자동 점화</b>	외부 근원에 화염을 발생시키지 않는 동안 자체 발열 또는 무인 점화의 경우 외부 근원의 가열에 의해 발생(자연 발화 또는 자체 발화)
<b>역기류</b>	불완전 연소의 고열 생성물이 있는 제한된 산소 결핍 공간에 공기가 갑자기 유입되어 발생하는 급속 화염 연소
<b>생물축적</b>	환경보다 훨씬 높은 농도까지 살아있는 유기체에 물질 축적
<b>생체이용성</b>	원소가 생물체의 세포막을 흡수하고 통과할 수 있는 능력
<b>생분해성</b>	살아있는 유기체에 의해 분해될 수 있는 물질
<b>용선자</b>	특정 향해 또는 일정 기간 동안 선박을 고용한 화물 소유자 또는 다른 개인/회사
<b>굴뚝 효과</b>	본질적으로 수직인 인클로저 내에 제한된 대류로 인한 뜨거운 화재 유출물의 상향 이동
<b>격리</b>	방벽 또는 배수 구역 내에서 유출된 물질을 유지하기 위해 시행되는 조치
<b>교차 오염</b>	이미 오염된 사람이 오염되지 않은 사람이나 물건과 접촉하여 오염을 퍼뜨리는 경우
<b>준설기</b>	해저에서 진흙과 고형물을 제거하는 데 사용되는 기계
<b>표류</b>	환경 요인(예: 바람 또는 조류)에 따른 유출로 인한 표류(유출 시) 궤적
<b>생태독성</b>	생태학과 독성을 결합하고 특정 유기체 군집 또는 전체 생태계에 영향을 미칠 수 있는 물질의 가능성
<b>인화점</b>	지정 조건에서 화염이 있는 상태에서 방출된 증기가 순간적으로 점화되기 위해 연료를 가열해야 하는 최소 온도
<b>섬락</b>	인클로저 내에서 가연성 물질의 화재에서 전체 표면이 관련된 상태로 전환.(기타 가능한 용어 발견: 환기 유도 섬락, 전복, 고스팅 화염)
<b>플러싱(flushing)</b>	봉쇄 오염 물질의 잔류 클러스터를 제거하거나 암석과 자갈을 세척하고 행구는 데 사용되는 정화 기술
<b>점화 온도</b>	연료의 증기가 열원으로 점화되면 연료의 연소 반응이 자체적으로 지속되는 최저 온도
<b>지속성</b>	분해에 대한 화학 물질의 내성. 직접 측정 불가능하여 환경에서 특정 화학 물질의 지속적으로 측정 가능한 존재 또는 실험실 조건에서 분해에 대한 체계적인 내성만이 지속성을 의미

<b>열분해</b>	열 작용에 의한 물질의 화학적 분해, 보통 화염 연소가 시작되기 전의 화재 단계를 나타내는 데 사용
<b>발화성 물질</b>	공기와 접촉하면 자동 발화할 수 있는 물질
<b>스커틀(Scuttle)</b>	고의로 선박을 침몰시키는 행동
<b>선주</b>	선박의 상업적 또는 운영적 통제권을 가진 소유자, 관리자 또는 운영자
<b>이해관계자</b>	유출 대응에 대한 잠재적 협의 또는 참여에 대한 대응 준비에 관심이나 우려가 있는 그룹 또는 조직
<b>적하</b>	선박의 안전과 안정성을 확보하기 위해 선박에 물품을 싣는 행동

## 참고 문헌

### 제1장: 서론 및 범위

#### 1.2 HNS 정의

IMO(2002). OPRC-HNS 의정서. 유해 및 유독 물질에 의한 오염 사고에 대한 대비, 대응 및 협력에 관한 의정서, 2000. 2000년 OPRC-HNS 회의 최종 결정 및 회의 결의안 포함. 런던: IMO, 31p.

IMO(2010). 2010년 해상에 의한 유해 및 유독 물질의 운송과 관련된 손해에 대한 책임 및 보상에 관한 국제 협약(2010년 HNS 협약). [www.hnsconvention.org/wp-content/uploads/2019/05/2010-HNS-Convention-English.pdf](http://www.hnsconvention.org/wp-content/uploads/2019/05/2010-HNS-Convention-English.pdf)

IMO(2021). 협약 현황. [www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/StatusOfConventions.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/StatusOfConventions.aspx)

### 제2장: HNS 협약, 의정서 및 규칙

IMO(2016). IGC Code. 액화가스 산적운반선의 구조 및 설비에 관한 국제 규칙 [www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/IGCCode.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/IGCCode.aspx)

IMO(2016a). 위험 화학 물질 산적운반선의 구조 및 설비에 대한 국제 규칙(IBC Code). [www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/IBCCode.aspx.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/IBCCode.aspx.aspx)

IMO(2017). 선박오염방지를 위한 국제협약(MAR-POL).(MAR-POL). 채택: 1973(협약), 1978(1978 의정서), 1997(의정서 - 부속서 VI); 발효: 1983년 10월 2일(부속서 I 및 II). [www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

IMO(2020a). IMDG Code. 국제 해상 위험물 코드. 2020년판. 개정안 40-20 통합. [www.imo.org/en/publications/Pages/IMDG%20Code.aspx](http://www.imo.org/en/publications/Pages/IMDG%20Code.aspx)

IMO(2020b). 1974년 해상 인명 안전을 위한 국제 협약(SOLAS). 채택: 1974년 11월 1일; 발효: 1980년 5월 25일. [www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx)

IMO(2020c). 국제 해상 고체 산적(International Maritime Solid Bulk, IMSBC) 코드. [www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/CargoesInBulk-default.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/CargoesInBulk-default.aspx)

## 자료표 2.1 GESAMP 유해요소 프로파일

GESAMP(2019). GESAMP 종합 목록 2019. PPR.1/Circ.6의 부속서 5 및 6으로 2019년 5월/6월 발행. 모든 이전 버전을 대체. <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/GESAMP%20Composite%20List%20of%20hazard%20profiles-2019.pdf>

IMO(2020). 선박 운송 화학품에 대한 위험 평가 절차. 선박 운송 유해 물질의 위험 평가에 관한 GESAMP 작업단의 57차 세션 보고서. [wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/GESAMP%20Composite%20list%202020.pdf](http://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/GESAMP%20Composite%20list%202020.pdf)

## 3장: HNS 거동 및 유해요소

UNECE. GHS(Rev.8)(2019). 화학 물질의 분류 및 표시에 대한 국제 조화 시스템(GHS). 제8 개정판. <https://unece.org/ghs-rev8-2019>

UNECE. Rev.19(2015) 위험물 운송에 관한 UN 권고. 모델 규정. 제19 개정판. <https://unece.org/rev-19-2015>

## 4장: 대비

본 협약(2014). BE-AWARE I. [www.bonnagreement.org/activi-ties/projects/i](http://www.bonnagreement.org/activi-ties/projects/i)

본 협약(2015). BE-AWARE II. [www.bonnagreement.org/activi-ties/projects/ii](http://www.bonnagreement.org/activi-ties/projects/ii)

본 협약(2020). 오염 대책 매뉴얼. [www.bonnagreement.org/publications](http://www.bonnagreement.org/publications)

EMSA(2007). HNS 오염 대비 및 대응을 위한 실행 계획. HNS 실행 계획. [www.emsa.europa.eu/publications/reports/item/260-action-plan-for-hns-pollution-preparedness-and-response.html](http://www.emsa.europa.eu/publications/reports/item/260-action-plan-for-hns-pollution-preparedness-and-response.html)

EMSA(2012). 기술 보고서. 안전 플랫폼 연구. 위험한 대기 집입 및 작동을 위한 선박 설계 요구 사항 개발. [www.emsa.europa.eu/publications/item/1428-technical-report-safe-platform-study-development-of-vessel-design-requirements-to-enter-a-operate-in-dangerous-atmospheres.html](http://www.emsa.europa.eu/publications/item/1428-technical-report-safe-platform-study-development-of-vessel-design-requirements-to-enter-a-operate-in-dangerous-atmospheres.html)

**Gaillard M., Giraud W., Lamoureux J., Philippe B. and Rousseau C.**(2020). 유해 및 유독 물질에 의한 우발적 수질 오염. 운영 가이드.

[www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/HNS-Accidental-Water-Pollution](http://www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/HNS-Accidental-Water-Pollution)

**HELCOM**(2012). BRISK 발트해(BRISK)에서 기름 및 유해 물질 유출의 소지역 위험, 2009-2012. <https://helcom.fi/helcom-at-work/projects/brisk/>

**HELCOM**(2018). OPENRISK. [www.helcom.fi/helcom-at-work/projects/completed-projects/openrisk](http://www.helcom.fi/helcom-at-work/projects/completed-projects/openrisk)

**HELCOM**. 매뉴얼 및 지침. <https://helcom.fi/helcom-at-work/publications/manuals-and-guidelines/>

**IMO**. 선상기름오염비상대책(Shipboard Oil Pollution Emergency Plan, SOPEP)(SOPEP). 결의 MEPC. 54(32), 결의 MEPC.86(44)에 의해 수정. [www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Shipboard-Marine-Pollution-Emergency-Plans.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Shipboard-Marine-Pollution-Emergency-Plans.aspx)

**IMO**. 선상기름오염비상대책(Shipboard Oil Pollution Emergency Plan, SOPEP)(SOPEP). 결의 MEPC. 54(32), 결의 MEPC.86(44)에 의해 수정. [www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Shipboard-Marine-Pollution-Emergency-Plans.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Shipboard-Marine-Pollution-Emergency-Plans.aspx)

**Ipieca**(2014). 기름 유출 훈련. [www.ipieca.org/resources/good-practice/oil-spill-exercises/](http://www.ipieca.org/resources/good-practice/oil-spill-exercises/)

**Ipieca**(2018). 유출 영향 완화 평가(SIMA) 구현에 대한 지침. [www.ipieca.org/resources/awareness-briefing/guidelines-on-implementing-spill-impact-mitigation-assessment-sima/](http://www.ipieca.org/resources/awareness-briefing/guidelines-on-implementing-spill-impact-mitigation-assessment-sima/)

**Ipieca and IOGP**(2014). 기름 및 가스 산업을 위한 사고 관리 시스템. [www.ipieca.org/resources/good-practice/incident-management-system-ims/](http://www.ipieca.org/resources/good-practice/incident-management-system-ims/)

**Ipieca and IOGP**(2015). 수상 기름 유출 비상 계획. [www.ipieca.org/resources/good-practice/contingency-planning-for-oil-spills-on-water/](http://www.ipieca.org/resources/good-practice/contingency-planning-for-oil-spills-on-water/)

**Ipieca and IOGP**(2019). 기름 유출 대비 및 대응: 소개. 기름 및 가스 산업을 위한 지침 문서 [www.ipieca.org/resources/good-practice/oil-spill-preparedness-and-response-an-introduction-2019/](http://www.ipieca.org/resources/good-practice/oil-spill-preparedness-and-response-an-introduction-2019/)

**ISO(International Organization for Standardization)**(2018). ISO 31000:2018. 위기 관리. 지침. [www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en](http://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en)

ITOPF(2011). 해양 기름 유출 비상 계획. 기술 정보 자료.TIP 16. [www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-16-contingency-planning-for-marine-oil-spills/](http://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-16-contingency-planning-for-marine-oil-spills/)

NHL University of applied sciences(2014). 화학품 유출 대응 매뉴얼. 위험, 대응, 탐지, 조직, 코드 및 규정. [www.researchgate.net/publication/281278036\\_Chemical\\_Spill\\_Response\\_Manual](http://www.researchgate.net/publication/281278036_Chemical_Spill_Response_Manual)

MEDESS-4MS(2015). 해양안전을 위한 지중해 의사결정 지원 시스템. 의사결정 지원 시스템 접근. [www.medess4ms.eu/](http://www.medess4ms.eu/)

NOWPAP MERRAC(2011). HNS 교육 매뉴얼. MERRAC 기술 보고서 N8. [http://merrac.nowpap.org/download/HNS\\_Training\\_Manual.pdf/1/HNS\\_Training\\_Manual.pdf/2/dataFile/board/data/tech\\_1/](http://merrac.nowpap.org/download/HNS_Training_Manual.pdf/1/HNS_Training_Manual.pdf/2/dataFile/board/data/tech_1/)

The Finnish Border Guard(2019). ChemSAR. HNS 사고에서 해양 SAR 핸드북 <https://blogit.utu.fi/chemsar/material/>

Walker A.H., Boyd J., McPeck M 외(2013). 기름 및 HNS 사고에 대한 지역사회 참여 지침. 본 가이드는 대서양 지역의 COastal POLLution Response(ARCOPOL Plus) A5 활동 프로젝트에 따라 작성. [www.arcopol.eu/?=/section/resources/search/1/resource/147](http://www.arcopol.eu/?=/section/resources/search/1/resource/147)

Yliskylä-Peuralahti Y.(2017). 발트해 지역 해상 화학사고 대비. <https://blogit.utu.fi/chemsar/2017/04/18/preparedness-to-maritime-chemical-accidents-in-the-baltic-sea-region/>

#### 자료표 4.4 폐기물 관리

Braemar Howells Limited(2011). MSC 나폴리 인양. 폐기물 관리 작업 및 교훈 검토. [www.yumpu.com/en/document/read/29631508/msc-napoli-waste-management-operations-report-arcopoleu](http://www.yumpu.com/en/document/read/29631508/msc-napoli-waste-management-operations-report-arcopoleu)

Cedre(2011). 해안선 오염사고 시 폐기물 관리 안내. 작업 지침. [wwwz.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/Waste-Management](http://wwwz.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/Waste-Management)

IMO and UNEP(2011). 지중해 기름 유출 폐기물 관리 지침. [www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/mediterranean-oil-spill-waste-management-guidelines](http://www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/mediterranean-oil-spill-waste-management-guidelines)

Norden(2016). 유해 폐기물 분류. 유럽 폐기물 분류 규정에 대한 수정 - 의미와 결과 [www.norden.org/en/publication/hazardous-waste-classification](http://www.norden.org/en/publication/hazardous-waste-classification)

## 자료표 4.5 대응 선박

**EMSA(2012).** 기술 보고서. 안전 플랫폼 연구. 위험한 대기에 진입 및 작동하기 위한 선박 설계 요구 사항 개발. 열람: [www.emsa.europa.eu/publications/reports/item/1428-technical-report-safe-platform-study-development-of-vessel-design-requirements-to-enter-a-operate-in-dangerous-atmospheres.html](http://www.emsa.europa.eu/publications/reports/item/1428-technical-report-safe-platform-study-development-of-vessel-design-requirements-to-enter-a-operate-in-dangerous-atmospheres.html)

## 5장: 대응

**Cedre and Transport Canada(2012).** 해양 화학 오염에 대한 이해. 열람: [www.chemical-pollution.com](http://www.chemical-pollution.com)

**Cedre.** 유출. 전 세계 수역의 유출 사고 및 위협에 대한 데이터베이스. 열람: [wwz.cedre.fr/en/Resources/Spills](http://wwz.cedre.fr/en/Resources/Spills)

**ECHA(European Chemicals Agency)(2020).** CLP에 대한 지침. 비상 보건 대응과 관련된 조화 정보에 대한 지침 – CLP 부속서 VIII. <https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-clp>

**ECHA(European Chemicals Agency)(2020).** 규정(EC) 1272/2008에 따른 라벨링 및 포장 지침. <https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-clp>

**European Commission(2017).** 해양 유출 유해 물질에 대한 대응. 프로젝트 HASREP. [https://ec.europa.eu/echo/funding-evaluations/financing-civil-protection-europe/selected-projects/response-harmful-substances\\_en](https://ec.europa.eu/echo/funding-evaluations/financing-civil-protection-europe/selected-projects/response-harmful-substances_en)

**Gaillard M., Giraud W., Lamoureux J., Philippe B. and Rousseau C.(2020).** 유해 및 유독 물질에 의한 우발적 수질 오염. 작업 지침. [wwz.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/HNS-Accidental-Water-Pollution](http://wwz.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/HNS-Accidental-Water-Pollution)

**GESAMP(2019).** GESAMP 종합 목록 2019. PPR.1/Circ.6의 부속서 5 및 6으로 2019년 5월/6월 발행. 모든 이전 버전 대체. [wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/GESAMP%20Composite%20List%20of%20hazard%20profiles-2019.pdf](http://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/GESAMP%20Composite%20List%20of%20hazard%20profiles-2019.pdf)

**GESAMP(2020).** 선박 운송 화학 물질에 대한 GESAMP 위험 평가 절차 2019. [www.gesamp.org/publications/gesamp-hazard-evaluation-procedure-for-chemicals-carried-by-ships-2019](http://www.gesamp.org/publications/gesamp-hazard-evaluation-procedure-for-chemicals-carried-by-ships-2019)

**HELCOM(2002).** 발트해 지역의 해양 환경 보호에 관한 협약(헬싱키 협약), 2002년 12월 1일자 협약의 틀 내에서 해양 오염에 대응하는 협력에 관한 매뉴얼. 위험 물질의 유출 및 포장된 위험물의 손실과 관련된 해상 사고에 대한 대응. <https://helcom.fi/media/publications/HELCOM-Manual-on-Co-operation-in-Response-to-Marine-Pollution-Volume-2.pdf>

**IMO(2016).** 침강 기름, 평가 및 제거 기술에 대한 작업 지침. 런던: IMO, 84 p.

**ISPRA(2014).** Strategie di intervento per la difesa del marre e delle zone costiere dagli inquinamenti accidentali da idrocarburi e da altre sostanze nocive. Quaderni delle emergenze ambientali in mare. Quaderno n.3 L'inquinamento chimico da HNS(Hazardous Noxious Substances) in mare. [www.isprambiente.gov.it/it/pubblica-zioni/quaderni/ricerca-marina/quaderni-delle-emergenze-ambientali-in-mare](http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblica-zioni/quaderni/ricerca-marina/quaderni-delle-emergenze-ambientali-in-mare)

**Le Guerroué(2020).** Utilisation des produits absorbants sur pollutions accidentelles par hydrocarbures ou produits chimiques. Guide opérationnel. [www.cedre.fr/Ressources/Publications/Guides-operationnels/Absorbants](http://www.cedre.fr/Ressources/Publications/Guides-operationnels/Absorbants)

**POSOW(2013).** 기름유출 자원봉사자 관리 매뉴얼. [www.posow.org/documentation/manual](http://www.posow.org/documentation/manual)

**POSOW(2013a).** 기름 피해 해안선 평가 매뉴얼 [www.posow.org/documentation/manual](http://www.posow.org/documentation/manual)

**POSOW(2013b).** 기름 피해 해안선 정화 매뉴얼. [www.posow.org/documentation/manual](http://www.posow.org/documentation/manual)

**POSOW(2013c).** 기름 피해 야생 동물 대응 매뉴얼. [www.posow.org/documentation/manual](http://www.posow.org/documentation/manual)

**POSOW(2013d).** 기름유출 폐기물 관리 매뉴얼. [www.posow.org/documentation/manual](http://www.posow.org/documentation/manual)

**Purnell K.(2010).** HNS 유출이 기름 유출보다 더욱 위험한가? 2009년 5월 프랑스 마르세유 개최 Interspill 2009 컨퍼런스 및 4차 IMO R&D 포럼을 위한 백서. [www.hnsconvention.org/wp-content/uploads/2018/08/whitepaper.pdf](http://www.hnsconvention.org/wp-content/uploads/2018/08/whitepaper.pdf)

**UNECE.** GHS(Rev.8)(2019). 화학 물질의 분류 및 표시에 대한 국제 조화 시스템(GHS). 제8 개정판. <https://unece.org/ghs-rev8-2019>



미국환경보호국(2016). 다이빙 안전 매뉴얼(개정판 1.3).

열람: [www.epa.gov/sites/production/files/2016-04/documents/epa-diving-safety-manual-2016.pdf](http://www.epa.gov/sites/production/files/2016-04/documents/epa-diving-safety-manual-2016.pdf)

미 해군(2008). 오염 수역 다이빙을 위한 지침. 개정 1.

[www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/SUPSALV/Diving/Contaminated%20Water%20Div%20Man.pdf?ver=2016-02-10-112554-370](http://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/SUPSALV/Diving/Contaminated%20Water%20Div%20Man.pdf?ver=2016-02-10-112554-370)

## 5.4 의사결정

Gaillard M., Giraud W., Lamoureux J., Philippe B. and Rousseau C.(2020). 유해 및 유독 물질에 의한 우발적 수질 오염. 작업 지침. [www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/HNS-Accidental-Water-Pollution](http://www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/HNS-Accidental-Water-Pollution)

ECHA(European Chemicals Agency, 유럽화학품청)(2020). CLP에 대한 지침. 비상 보건 대응과 관련된 조화 정보에 대한 지침 - CLP의 부속서 VIII. <https://echa.europa.eu/guidance-documents/guidance-on-clp>

European Commission(2017). 해양 유출 유해 물질에 대한 대응. 프로젝트 HASREP. [https://ec.europa.eu/echo/funding-evaluations/financing-civil-protection-europe/selected-projects/response-harmful-substances\\_en](https://ec.europa.eu/echo/funding-evaluations/financing-civil-protection-europe/selected-projects/response-harmful-substances_en)

GESAMP(2019). GESAMP 종합 목록 2019. PPR.1/Circ.6의 부속서 5 및 6으로 2019년 5월/6월 발행. 모든 이전 버전 대체. [wwwcdn.imo.org/localre-sources/en/OurWork/Environment/Documents/GESAMP%20Composite%20List%20of%20hazard%20profiles-2019.pdf](http://wwwcdn.imo.org/localre-sources/en/OurWork/Environment/Documents/GESAMP%20Composite%20List%20of%20hazard%20profiles-2019.pdf)

GESAMP(2019) 간행물. 선박 운송 화학 물질에 대한 GESAMP 위험 평가 절차. [www.gesamp.org/publications/gesamp-hazard-evaluation-procedure-for-chemicals-carried-by-ships-2019](http://www.gesamp.org/publications/gesamp-hazard-evaluation-procedure-for-chemicals-carried-by-ships-2019)

HELCOM(2002). 발트해 지역의 해양 환경 보호에 관한 협약(헬싱키 협약), 2002년 12월 1일자 협약의 기본 구조 내에서 해양 오염에 대응하는 협력에 관한 매뉴얼. <https://helcom.fi/media/publications/HELCOM-Manual-on-Co-operation-in-Response-to-Marine-Pollution-Volume-2.pdf>

ISPRA(2014). Strategie di intervento per la difesa del marre e delle zone costiere dagli inquinamenti accidentali da idrocarburi e da altre sostanze nocive. Quaderni delle emergenze ambientali in mare. Quaderno n.3 L'inquinamento chimico da HNS(Hazardous Noxious Substances) in mare. [www.isprambiente.gov.it/it/pubblica-zioni/quaderni/ricerca-marina/quaderni-delle-emergenze-ambientali-in-mare](http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblica-zioni/quaderni/ricerca-marina/quaderni-delle-emergenze-ambientali-in-mare)

POSOW(2013). 기름 피해 야생 동물 대응 매뉴얼. [www.posow.org/documentation/manual](http://www.posow.org/documentation/manual)

**Purnell K.**(2010). HNS 유출이 기름 유출보다 더욱 위험한가? 2009년 5월 프랑스 마르세유 개최 Interspill 2009 컨퍼런스 및 4차 IMO R&D 포럼을 위한 백서. [www.hnsconvention.org/wp-content/uploads/2018/08/whitepaper.pdf](http://www.hnsconvention.org/wp-content/uploads/2018/08/whitepaper.pdf)

**UNECE.** GHS(Rev.8)(2019). 화학 물질의 분류 및 표시에 대한 국제 조화 시스템(GHS). 제8 개정판. <https://unece.org/ghs-rev8-2019>

## 자료표 5.1 사고 알림

**본 협약**(2017). 본 협정 공중 작업 핸드북. [www.bonnagreement.org/publications](http://www.bonnagreement.org/publications)

**REMPEC**(2018). 해양오염사고 대응을 위한 협력 및 상호 지원에 관한 지중해 지침. [www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/mediterranean-guide-on-cooperation-and-mutual-assistance-in-responding-to-marine-pollution-incidents](http://www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/mediterranean-guide-on-cooperation-and-mutual-assistance-in-responding-to-marine-pollution-incidents)

**IMO**(1997). 결의안 A.851(20)은 1997년 11월 27일에 채택. 위험, 유해 물질 및/또는 해양 오염 물질과 관련된 사고 보고 지침을 포함하여 선박 보고 시스템 및 선박 보고 요건에 대한 일반 원칙. [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.851\(20\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.851(20).pdf)

**IMO**(2005). 결의안 MEPC.138(53), 2005년 7월 22일 채택. 위험, 유해 물질 및/또는 해양 오염 물질과 관련된 사고 보고 지침을 포함하여 선박 보고 시스템 및 선박 보고 요건에 대한 일반 원칙 수정(결의안 A.851(20)). [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.138\(53\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.138(53).pdf)

## 자료표 5.3 정보 자원

**CCPS(Center for Chemical Process Society, 화학공정학회센터)**(2019). 화학 반응성 워크시트. [www.aiche.org/ccps/resources/chemical-reactivity-worksheet](http://www.aiche.org/ccps/resources/chemical-reactivity-worksheet)

**Cedre**(2020). 화학품 대응 지침. [www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Chemical-Response-Guides](http://www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Chemical-Response-Guides)

**CEFIC**(2020). CEFIC 비상 대응 개입 카드. <http://www.ericards.net/>

**DG ECHO**(2017). 해양 시스템(HNS-MS)의 HNS 오염 대응을 위한 회원국 대비 수준 개선. [www.hns-ms.eu/](http://www.hns-ms.eu/)

ECHA(European Chemical Agency, 유럽화학품청)(2020). 화학품 검색. <https://echa.europa.eu/>

Joint Research Centre(2019). 보호지역 디지털 관찰(DOPA) 탐색기 4. <http://dopa-explorer.jrc.ec.europa.eu>

IFA(Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung)(2020). GESTIS-Stoffdatenbank. <https://gestis.dguv.de/?f=templates&f-n=default.htm&vid=gestiseng%3Asdbeng>

ILO(International Labour Organization) 2020. 국제 화학 물질 안전 카드(International Chemical Safety Cards, ICSC). [www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS\\_113134/lang--en/index.htm](http://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_113134/lang--en/index.htm)

IMO(2016). 해양 기름 오염 사고 대응을 위한 국제적 지원 제안 지침. 런던: IMO, 2016, 70p.

IUCN Red List(2020a). 멸종 위기에 처한 종의 IUCN 적색 목록. [www.iucnredlist.org/](http://www.iucnredlist.org/)

IUCN Red List of Ecosystems(2020b). <https://iucnrl.org/>

NIH(National Library of medicine, 국립 의학 도서관)(2020). PubChem. 화학품 탐색. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

NOAA(2018). CAMEO Chemicals. 유해 물질 데이터베이스. <https://cameochemicals.noaa.gov/>

NOAA(Office of Response and Restoration, 대응복원청)(2020). ALOHA. [https:// response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/aloha](https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/aloha)

OECD(2020). eChemPortal. [www.echemportal.org/echemportal/substance-search](http://www.echemportal.org/echemportal/substance-search)

Protected Planet(2020). 세계 보호 지역 식별. [www.protectedplanet.net/en](http://www.protectedplanet.net/en)

REMPEC(2018). 해양 오염 사고 대응에 대한 협력 및 상호 지원에 관한 지중해 지침. [www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/mediterranean-guide-on-cooperation-and-mutual-assistance-in-responding-to-marine-pollution-incidents](http://www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/mediterranean-guide-on-cooperation-and-mutual-assistance-in-responding-to-marine-pollution-incidents)

REMPEC(2020). 화학품 운송에 관한 해양 통합 의사결정 지원 정보 시스템. Midsis Trocs 소개. <https://midsis.rempec.org/en/home>

RPS(2020). CHEMMAP. [www.rpsgroup.com/services/oceans-and-coastal/modelling/products/chemmap/](http://www.rpsgroup.com/services/oceans-and-coastal/modelling/products/chemmap/)

US Department of Transportation(USDOT)(2020). 비상대응지침서(emergency response guidebook, ERG). [www.phmsa.dot.gov/hazmat/erg/emergency-response-guide-book-erg](http://www.phmsa.dot.gov/hazmat/erg/emergency-response-guide-book-erg)

### 자료표 5.21 오염제거

GOV.UK(Department for communities & local government, CFRA, 지역 사회 및 지방 정부)(2012). 유해 물질: 화재 및 구조 서비스에 대한 작업 지침.

[www.gov.uk/government/publications/hazardous-materials-operational-guidance-for-the-fire-and-rescue-service](http://www.gov.uk/government/publications/hazardous-materials-operational-guidance-for-the-fire-and-rescue-service)

미국 노동부(2020). 산업안전보건청. 유해 폐기물.

[www.osha.gov/SLTC/hazardouswaste/training/decon.html](http://www.osha.gov/SLTC/hazardouswaste/training/decon.html)

### 자료표 5.28 긴급 승선

HELCOM(2002). 발트해 지역의 해양 환경 보호에 관한 협약(헬싱키 협약), 2002년 12월 1일자 협약의 기본 구조 내에서 해양 오염에 대응하는 협력에 관한 매뉴얼. 위험 물질의 유출 및 포장된 위험물의 손실과 관련된 해상 사고에 대한 대응.

<https://helcom.fi/media/publications/HELCOM-Manual-on-Co-operation-in-Response-to-Marine-Pollution-Volume-2.pdf>

ICS(International Chamber of Shipping, 국제해운상공회의소)(2013). SOLAS 준수를 보장하는 임시 운송 계약에 대한 해운 업계 지침.

[www.steamshipmutual.com/Downloads/Loss-Prevention/PilotTransferGuide.pdf](http://www.steamshipmutual.com/Downloads/Loss-Prevention/PilotTransferGuide.pdf)

ICS(International Chamber of Shipping, 국제해운상공회의소)(2021). 헬리콥터/선박 운영 안내. 제5판. <http://publications.ics-shipping.org/single-product.php?id=54>

IMPA(International Maritime Pilots' Association, 국제해사조종사협회)(2012). 조종사 탑승 준비에 관한 해군 건축물 및 조선소 지침.

[www.impahq.org/admin/resources/guidancefornavalarchitects.pdf](http://www.impahq.org/admin/resources/guidancefornavalarchitects.pdf)

핀란드 국경수비대(2019). ChemSAR. HNS 사고에서 해양 SAR 핸드북

<https://blogit.utu.fi/chemsar/material/>

### 자료표 5.29 긴급 예인

EMSA(2016). 2016년 EU 회원국 기름 오염 대응 선박 목록. 열람: [www.emsa.europa.eu/opr-documents/opr-inventories/item/2777-inventory-of-eu-member-states-oil-pollution-response-vessels-2016.html](http://www.emsa.europa.eu/opr-documents/opr-inventories/item/2777-inventory-of-eu-member-states-oil-pollution-response-vessels-2016.html)

GL Noble Denton(2016). 해상 운송 지침.

<http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/gl/nobledenton/0030-nd%20rev%206.1%2028-jun-16%20guidelines%20for%20marine%20transportations.pdf>

HELMPEA and Tsaviris Salvage International Ltd.(1998). 긴급 예인 조치 지침.

[www.helmpea.gr/en/ekdoseis/naftiliakes-ekdoseis/texnikes-ekdoseis](http://www.helmpea.gr/en/ekdoseis/naftiliakes-ekdoseis/texnikes-ekdoseis)

IMO(2008). 비상 예인 절차 준비에 대한 소유자/운영자를 위한 지침. MSC.1/Circ.1255. <https://fdocuments.in/document/imo-msc1-circ1255-guideline-on-emergency-towing.html>

핀란드 국경 수비대(2019). ChemSAR. HNS 사고에서 해양 SAR 핸드북  
<https://blogit.utu.fi/chemsar/material/>

### 자료표 5.30 피난 지역

EMSA(2018). VTMIS. 피난 지역. EU 운영 지침. 개정 5 - 최종 2018년 2월 1일.  
[www.emsa.europa.eu/we-do/safety/places-of-refuge/items.html?cid=316&id=2646](http://www.emsa.europa.eu/we-do/safety/places-of-refuge/items.html?cid=316&id=2646)

### 자료표 5.33 난파선 대응

IMO(2007). 난파선 제거에 관한 나이로비 국제 협약. 채택: 2007년 5월 18일; 발효: 2015년 4월 14일. [www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Nairobi-International-Convention-on-the-Removal-of-Wrecks.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Nairobi-International-Convention-on-the-Removal-of-Wrecks.aspx)

### 자료표 5.35 포말 사용

REMPEC(2012). 화학품 유출 대응에서 포말 이론 및 사전 예방.

[www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/theory-and-practice-of-foams-in-chemical-spill-response-1992](http://www.rempec.org/en/knowledge-centre/online-catalogue/theory-and-practice-of-foams-in-chemical-spill-response-1992)

### 자료표 5.36 자연 감쇠 및 모니터링

Gaillard M., Giraud W., Lamoureux J., Philippe B. and Rousseau C.(2020). 유해 및 유독 물질에 의한 우발적 수질 오염. 작업 지침. [wwwz.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/HNS-Accidental-Water-Pollution](http://wwwz.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/HNS-Accidental-Water-Pollution)

## 자료표 5.41 포장 화물 대응

**Cabioc'** F.(2001). 해양 소실 컨테이너와 포장화물. [www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/Containers](http://www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/Containers)

**HELCOM**(2002). 발트해 지역의 해양 환경 보호에 관한 협약(헬싱키 협약), 2002년 12월 1일자 협약의 기본 구조 내에서 해양 오염에 대응하는 협력에 관한 매뉴얼. 위험 물질의 유출 및 포장된 위험물의 손실과 관련된 해상 사고에 대한 대응.

<https://helcom.fi/media/publications/HELCOM-Manual-on-Co-operation-in-Response-to-Marine-Pollution-Volume-2.pdf>

**IMO**(2007). 화학 오염에 대한 매뉴얼. 2절: 해상 소실 포장 물품의 수색 및 회수. 런던: IMO, 47p.

## 6장: 유출 후 관리

### 6.1. 선박 유출 HNS 사고 중 발생한 비용의 문서화, 기록 및 회수

**EMSA**(2019). EU 국가의 청구 관리 지침. 해양오염사고로 인한 청구.

[www.emsa.europa.eu/publications/inventories/item/720-eu-states-claims-management-guidelines-claims-arising-due-to-maritime-pollution-incidents.html](http://www.emsa.europa.eu/publications/inventories/item/720-eu-states-claims-management-guidelines-claims-arising-due-to-maritime-pollution-incidents.html)

**IMO**(1996). 해상 청구에 대한 책임 제한에 관한 협약(LLMC) 1976, 1996 의정서. 채택: 1976년 11월 19일; 발효: 1986년 12월 1일; 1996년 의정서: 채택: 1996년 5월 2일; 발효일: 2004년 5월 13일. [www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Convention-on-Limitation-of-Liability-for-Maritime-Claims-\(LLMC\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/Convention-on-Limitation-of-Liability-for-Maritime-Claims-(LLMC).aspx)

**IMO**(2010). 2010년 해상에 의한 유해 및 유독 물질의 운송과 관련된 손해에 대한 책임 및 보상에 관한 국제 협약(2010년 HNS 협약). [www.hnsconvention.org/wp-content/uploads/2019/05/2010-HNS-Convention-English.pdf](http://www.hnsconvention.org/wp-content/uploads/2019/05/2010-HNS-Convention-English.pdf)

**IMO and UNEP**(2009). IMO/UNEP 해양 기름 유출로 인한 환경 피해 평가 및 복원에 대한 지침 매뉴얼. 열람: <https://indd.adobe.com/view/a21a12ad-3de5-42c2-86d4-6cf890ae7ac2>

**IOPC Funds**(2019). 청구 매뉴얼. [https://iopcfunds.org/wp-content/uploads/2018/12/2019-Claims-Manual\\_e-1.pdf](https://iopcfunds.org/wp-content/uploads/2018/12/2019-Claims-Manual_e-1.pdf)

**ITOPF**(2014). TIP 15: 기름 오염에 대한 청구 준비 및 제출. [www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-15-preparation-and-submission-of-claims-from-oil-pollution/](http://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-15-preparation-and-submission-of-claims-from-oil-pollution/)

## 6.2. 유출 후 모니터링

Cunha I., Torres T., Oliveira H. et al(2017). 해양 동물의 초기 생활 단계를 사용하여 우선 위험 및 유해 물질의 독성 선별. 환경. 과학. 오염. Res., 24, pp. 10510–10518. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8663-8>

IMO and UNEP(2009). IMO/UNEP 해양 기름 유출로 인한 환경 피해 평가 및 복원에 대한 지침 매뉴얼. 열람: <https://indd.adobe.com/view/a21a12ad-3de5-42c2-86d4-6cf890ae7ac2>

Kirby M.F. and Law R.J.(2010). 해상 유출 사고 – 위험/영향/완화/조정된 사고 후 모니터링의 필요성. 해양오염고지, 60(6), pp.797–803.  
[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X10001050](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X10001050)

Kirby M.F., Brant J., Moore J. and Lincoln S.(2018). 긴급 시 PREMIAM 오염 대응. 해양 영향 평가 및 모니터링. 사고 후 모니터링 지침. 제2 개정판.  
[www.cefas.co.uk/premium/guidelines.aspx?Re-directMessage=true](http://www.cefas.co.uk/premium/guidelines.aspx?Re-directMessage=true)

Kirby M.F., Gioia R. and Law R.J.(2014). 해양 유출 후 환경에서 효과적인 환경 모니터링의 원칙과 대비 평가에 적용. Marine Pollution Bulletin, 82, pp.11–18. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X14000393](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X14000393)

Neuparth T., Moreira S.M., Santos M. M. and Reis-Henriques M. A.( 2012). 유럽에서 기름 및 HNS 사고로 인한 유출 검토: 주요 환경 모니터링 격차 식별 및 우선순위 도출. Marine Pollution Bulletin, 64(6), pp.1085–1095.  
[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X12001361](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X12001361)

## 6.3. 사고 검토

Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du Territoire(2006). Guide méthodologique « La conduite du retour d'expérience, éléments techniques et opérationnels. 열람: [www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/07/guide\\_metho-do\\_REX.pdf](http://www.mementodumaire.net/wp-content/uploads/2012/07/guide_metho-do_REX.pdf)

미국소방국(2015). 재난 대응에서 배운 작업 교훈.  
[www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/operational\\_lessons\\_learned\\_in\\_disaster\\_response.pdf](http://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/operational_lessons_learned_in_disaster_response.pdf)

## 7장: 사례 연구

Atlantica SpA di Navigazione e Castalia(2012). Indagini geofisiche, geognostiche e ambientali a profondità di circa 450 metri per l'individuazione di fusti contenenti sostanze tossico nocive caduti in mare da nave traghetto. 최종 보고서 2012년 7월 13일. 29 p.

**ISPRA(2016).** Incidente Eurocargo Venezia: monitoraggio delle possibili interazioni dei metalli contenuti nel catalizzatore esausto con la rete trofica dell'area interessata dalla presenza dei fusti. Final report may 2016. Rome: ISPRA, 20 p.

**ISPRA(2017).** Sversamento materiale paraffinico nel Tirreno settentrionale. Giugno 2017. Relazione finale.

[www.isprambiente.gov.it/files/temi/Sversamento- materialeparaffinicoTirrenosettentrionale\\_giugno2017\\_Relazionefinale.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/temi/Sversamento- materialeparaffinicoTirrenosettentrionale_giugno2017_Relazionefinale.pdf)

**Italian Coast Guard(2017).** Investigazione ambientale sullo sversamento di materialeparaffinico nel Mar Ligure e Mar Tirreno nel mese di giugno 2017. 로마: 이탈리아 해안 경비대, 22p.

**Macchia S., Sartori D., Giuliani S. 외(2015).** Eurocargo Venezia 로로(ro-ro) 화물선 사고: 생물검정 및 생물 축적 시험을 통한 폐촉매의 환경적 역효과 평가.

[www.researchgate.net/publication/306518976\\_Euro-cargo\\_Venezia\\_Ro-Ro\\_Cargo\\_Ship\\_incident\\_evaluation\\_of\\_environmental\\_adverse\\_effect\\_of\\_wasted\\_catalyzer\\_with\\_bioassays\\_and\\_bioaccumulation\\_test](http://www.researchgate.net/publication/306518976_Euro-cargo_Venezia_Ro-Ro_Cargo_Ship_incident_evaluation_of_environmental_adverse_effect_of_wasted_catalyzer_with_bioassays_and_bioaccumulation_test)

### 자료표 7.1 보우 이글(Bow Eagle)

**BEA mer(2003).** Abordage survenu au large de l'île de Sein le 26 août 2002 entre le chalutier français Cistude(quatre victimes) et le navire-citerne(chimiquier) norvégien보우 이글(Bow Eagle). R apport d'enquête technique(partie principale). [www.bea-mer.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/RET\\_CISTUDE\\_-\\_BOW\\_EAGLE\\_Site.pdf](http://www.bea-mer.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/RET_CISTUDE_-_BOW_EAGLE_Site.pdf)

**Cedre(2007).** 보우 이글(Bow Eagle). [www.cedre.fr/en/Resources/Spills/Spills/Bow-Eagle](http://www.cedre.fr/en/Resources/Spills/Spills/Bow-Eagle)

### 자료표 7.2 Ece

**Cedre(2006).** Ece/General Grot Rowecki. [www.cedre.fr/en/Resources/Spills/Spills/Ece-General-Grot-Rowecki](http://www.cedre.fr/en/Resources/Spills/Spills/Ece-General-Grot-Rowecki)

**Cedre(2008).** 인산. [www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Chemical-Response-Guides/Phosphoric-acid](http://www.cedre.fr/en/Resources/Publications/Chemical-Response-Guides/Phosphoric-acid)

### 자료표 7.5 MSC 플라미니아(MSC Flaminia)

**BSU(Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung)(2014).** 조사 보고서 255/12. 2012년 7월 14일 대서양에서 발생한 MSC Flaminia호의 화재 및 폭발.

[www.bsu-bund.de/SharedDocs/pdf/EN/Investigation\\_Report/2014/Investigation\\_Report\\_255\\_12.html](http://www.bsu-bund.de/SharedDocs/pdf/EN/Investigation_Report/2014/Investigation_Report_255_12.html)



Coordinator of West MOPoCo



**PREMIER  
MINISTRE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Secrétariat général  
de la mer**

Contact: [sgmer@pm.gouv.fr](mailto:sgmer@pm.gouv.fr)



European Union  
Civil Protection



**Mediterranean  
Marine Oil & HNS  
Pollution  
Cooperation**

## 해양 HNS 대응 매뉴얼 - Bonn Agreement, HELCOM, REMPEC

---

공역 / 원해민, 이시연, 양보경, 강성길, 이성엽 (KRISO/NOWPAP MERRAC)

감수 / 여영화, 김종현 (해양경찰청)

발행 / 선박해양플랜트연구소 (KRISO)

(34103) 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 32

Tel: 042-866-3654 Fax: 042-866-3630

편집 / NOWPAP 방제지역활동센터(MERRAC)

인쇄 / 신광사 (Tel: 042-636-2370)

발행일 / 2022년 12월 20일 초판 1쇄 발행

---

Copyright West MOPoCo/KRISO 2022, Printed in Korea

ISBN 978-89-93604-00-9 93500