한국해양환경·에너지학회지
J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy
Vol. 22, No. 1, 57-65, February 2019

https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2019.22.1.57
ISSN 2288-0089(Print) / ISSN 2288-081X(Online)

Original Article

해양오염사고 트렌드 변화에 따른 국가 해양오염방제 정책 개선방안 연구

천정윤[1,2] · 김충기[3] · 하창우[4,5,†]

[1]한국환경정책·평가연구원 물국토연구본부 자연환경연구실 위촉연구원
[2]고려대학교 대학원 환경생태공학과 박사과정
[3]한국환경정책·평가연구원 물국토연구본부 자연환경연구실장
[4]제주지방해양경찰청 해양오염방제과장
[5]한국해양대학교 대학원 박사과정

A Study on the Improvement of National Marine Pollution Response Policy according to Change of Marine Pollution Incident Trend

Joungyoon Chun[1,2], Choong-Ki Kim[3], and Changwoo Ha[4,5,†]

[1]Researcher, Korea Environment Institute, Department of Water and Land, Division of Natural Environment, Sejong 30147, Korea
[2]Ph.D Student, Department of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University, Seoul 02841, Korea
[3]Director of Natural Environment Division, Korea Environment Institute, Department of Water and Land, Sejong 30147, Korea
[4]Director of Marine Pollution Response Division, Jeju Regional Coast Guard, Korea Coast Guard, Jeju 63236, Korea
[5]Ph.D Student, Graduate School of Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약

우리나라 해양오염방제정책은 1995년 씨프린스호 기름유출사고와 2007년 허베이 스피리트호 기름유출사고 대응을 겪으며 체계화되었다. 그러나 2010년 미국에서 발생한 딥워터 호라이즌(Deepwater Horizon) 사고는 최근 해양오염사고 트렌드 변화에 따른 우리나라 해양오염방제 정책 개선 필요성을 일깨워 준 계기가 되었다. 미래에는 해양오염사고 발생 지역이 원해와 해중·해저로 확대되고, 경질유, 가스 및 위험·유해물질 등 해양오염물질 종류가 늘어날 것으로 보인다. 기후변화에 따른 극한기상 증가로 사고도 자주 발생할 것으로 보인다. 또한 자연재난이 해양오염사고와 합쳐진 복합재난이 임해산업단지에서 발생하고, 해양오염사고에 따른 생태적, 사회경제적 피해도 증가할 것이다. 그러나 국가 해양오염방제 정책은 업무 범위와 법제도, 장비 및 기술개발과 의사결정 지원체계 측면에서 긴급방제 및 해상 기름유출에 한정되어 있다. 해양오염방제 의사결정 과정에 민간 참여도 부족했다. 따라서 본 연구에서는 국가 해양오염방제 정책 개선 방안으로 5가지를 제안하였다. 첫째, 해양오염방제 업무 범위를 복합재난 대처, 새로운 오염물질 대응, 기후변화와 생태계 영향 요인 저감으로 확대한다. 둘째, 관련 법제도 개정사항으로 해양오염사고 대응을 위한 업무영역 및 해양경찰청의 역할과 임무를 확대한다. 셋째, 전천후 대응이 가능한 방제 장비 및 기술을 개발한다. 넷째, 생태계와 사회경제적 민감 자원 영향을 저감할 수 있도록 해양오염방제 의사결정 지원체계를 개선한다. 다섯째, 과학적 의사결정을 위한 민간 전문가 참여를 확대하고, 국내 해양오염방제 산업 육성을 위해 아시아 지역에 특화된 박람회나 국제학술대회를 개최하며, 이해관계자의 인식 증진을 위한 방제 정보를 공개한다.

Abstract – The national policy for the control of marine pollution in Korea has been systematized through VLCC “Sea Prince” oil spill incident in 1995 and VLCC “Hebei Spirit” oil spill incident in 2007. However, the Deepwater Horizon incident that occurred in the United States in 2010 has awakened the necessity to improve Korea's marine pollution response policy due to the change of marine pollution incident trend. In the future, it is expected that the area where marine pollution incidents occur will spread to open sea far from land, underwater and seabed, and the type of marine pollutants such as light oil, gas and hazardous and noxious substances (HNS) is expected to increase. Marine pollution incidents are likely to occur frequently due to extreme weather increases according to

†Corresponding author: changwow@korea.kr

climate change. In addition, complex disasters combined with natural disasters and marine pollution incidents occur in the seashore industrial complexes, and ecological and socioeconomic damages caused by marine pollution incidents are increasing. However, the national marine pollution response policy is limited to emergency response and marine oil spill in terms of scope of work, legal system, equipment and technology development and decision making support system. There was also a lack of private participation in marine pollution response process. Therefore, this study proposed five ways to improve the national marine pollution response policy. First, the scope of marine pollution response work should be expanded to cope with complex disasters, to deal with new type of pollutants, and to reduce climate change and ecosystem influencing factors. Second, the relevant legal system should be revised the scope of work for the marine pollution incident and expand the role and mission of the Korea Coast Guard. Third, the equipments and technologies that can respond to all weather conditions should be developed. Fourth, the existing decision making support system to reduce the impact on ecosystem and socioeconomic sensitive resources should be improved. Fifth, the participation of private experts in scientific decision making should be expanded, special exhibitions and international conferences in Asia to foster domestic marine pollution response industry are to be held, and the informations of the marine pollution response to promote the awareness of stakeholders are to be disclosed.

Keywords: Marine pollution incident(해양오염사고), Marine pollutants(해양오염물질), Complex disaster(복합재난), National marine pollution response policy(국가 해양오염방제 정책), Private participation(민간 참여)

1. 서 론

우리나라 해양오염방제 제도는 1995년 7월 씨프린스호 사고와 2007년 12월 태안 앞바다에서 발생한 허베이 스피리트호 사고를 겪으며 현재의 체계로 확립되었다(Ministry of Public Safety and Security[2017a]). 주요 정책 성과로는 그동안 문제점으로 지적된 대규모 해양사고 대응능력을 향상시켰고, 국제협력을 강화하기 위해 해양오염 대비·대응 및 협력에 관한 국제협약인 Oil Pollution preparedness Response and Cooperation(OPRC)에 가입하였으며, 동북아 국가들과 함께 북서태평양보전실천계획(Northwest Pacific Action Plan; NOWPAP)에 참여하여 방제활동센터(MERRAC)를 유치·운용하고 있다. 특히 2007년 허베이 스피리트호 사고를 계기로 해양경찰청에 방제총괄지휘권을 부여하였고, 해안방제 강화, 단일선체 유조선 규제, 방제비축기지 건조 등 제도와 장비 측면에서 지속적인 보완이 이뤄져 왔다.

그러나 2010년 4월 20일, 미국에서 발생한 딥워터 호라이즌(Deepwater Horizon; DWH) 사고는 현재의 국가 해양오염방제 정책으로는 대비·대응에 한계가 있음을 일깨워 준 사건이었다. 뿐만 아니라 2011년 10월 5일 뉴질랜드에서 발생한 대형 컨테이너운반선 레나(Rena)호 사고 및 2013년 12월 29일 부산 앞바다에서 발생한 화학물질운반선 마리타임 메이지호 사고는 위험·유해물질 운송 증가에 따라 언제든지 해상에서 대형 화학사고가 일어날 수 있음을 보여주었다. 나아가 2011년 3월 11일 일본에서 발생한 동일본 대지진과 2014년 1월 31일, 여수 GS칼텍스 원유부두 오염사고는 임해지역의 발전소와 산업시설이 자연재난과 겹쳐져 복합재난 피해를 가져올 수 있다는 것을 일깨워 주었다.

이처럼 최근 해양오염사고 발생 유형이 변화하고 있으나, 최근 사고유형 변화에 따른 국가 해양오염방제 정책 개선 관련 연구는 많지 않은 실정이다. Choi and Lee[2009]는 화학물질 해양오염사고에 대한 국내 방제정책 개선방안에 대해 제시하였다. Kim et al.[2011]은 딥워터 호라이즌 사고에 따른 미국의 사고대응과정을 분석하여 유출유 봉쇄조치 지도감독, 현장소각 도입 등 국가 방제정책 개선방안을 제시한 바 있다. 그러나 허베이 스피리트호 사고 발생 직후인 2008년 이후 국가 방제정책 관련 정책 연구가 많이 이뤄졌지만, 2013년 이후로는 감소하는 추세이다(Chun et al.[2018]).

미래 해양오염방제 정책을 수립하기 위해서는 해양오염사고 발생 유형 변화 양상을 파악하고, 현행 대비대응체계의 개선 방향을 도출할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 국내 해양오염사고 발생 유형에 어떤 변화가 있는지 파악하고자 한다. 다음으로 국가 해양오염방제 정책 현황을 분석하여, 해양오염사고 발생 유형 변화에 대응할 수 있는지 평가한다. 마지막으로 국가 차원에서 요구되는 국가 해양오염방제 정책 개선 방안을 도출하고자 한다.

2. 해양오염사고 유형 변화

2.1 해양오염사고 발생 해역 변화

과거 해양오염사고 발생 공간은 주로 연안(영해 및 해안)의 해상이었고, 피해도 대부분 연안 및 인근 지역에 국한되었다. 그러나 2010년 미국 멕시코만 약 1,500 m 해저에서 발생한 DWH 사고는 육지에서 멀리 떨어진 해저에서 대형 기름유출 사고가 발생할 수 있음을 보여주었다. 우리나라도 경제 및 기술발전에 따라 해양이용행위가 증가하고 있고, 그에 따라 해양오염사고 발생 가능 지역이 수평적으로는 배타적 경제수역(EEZ)을 넘어 공해상으로, 수직적으로는 해중 및 해저까지 확대될 것으로 전망된다(Fig. 1). 영해에서의 해양이용행위 증가는 정부가 매년 발표하고 있는 해역이용협의 통계를 통해 확인할 수 있다. 최근 발표된 2018년 해역이용협의(간이해역이용협의, 일반해역이용협의, 해역이용영향평가) 통계를 보면 2010년 1,854건에서 2017년 2,547건으로 약 37%가 증가하였다(Ministry of Oceans and Fisheries[2018]; Fig. 2). 최근 신재생에너지 중심의 에너지 정책을 추진함에 따라 영해 내에서의 해상풍력

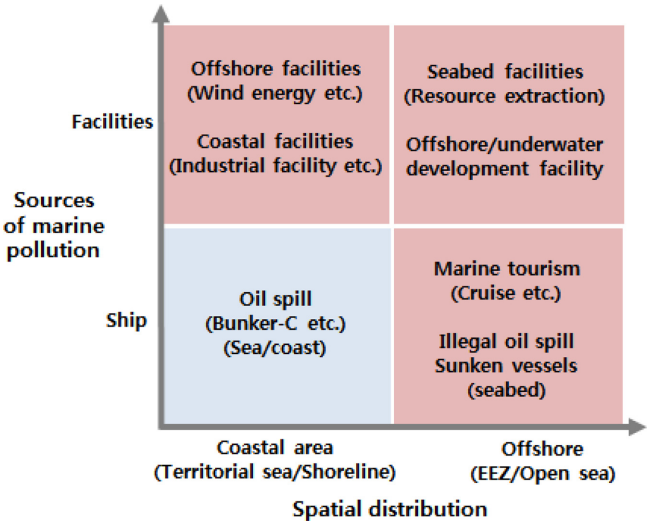

Fig. 1. Sources and spatial distribution of future marine pollution.

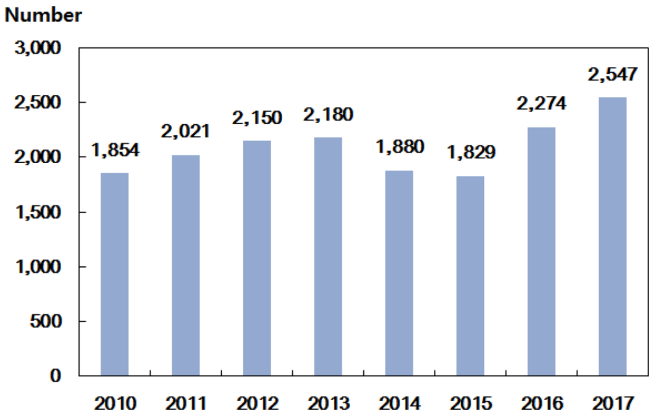

Fig. 2. Number of consultation on sea area use (Data: Ministry of Oceans and Fisheries, 2018).

발전도 증가할 것으로 전망된다. 해저개발도 지속적으로 추진되고 있다. 2007~2016년간 한국석유공사와 호주 우드사이드(Woodside) 사는 울릉도 인근 수심 1,800~2,000 m 해저에서 석유 시추작업을 수행한 사례가 있다(Ministry of Trade, Industry and Energy[2017]).

기후변화에 따른 북극 항로 개발도 해양오염사고 발생 지역의 변화를 가져오는 중요한 변수이다. 북극 얼음이 해빙되고 그간 개발되지 못한 북극해 매장 석유 및 가스[1]가 개발되어 전 세계로 운송될 것으로 전망된다(Song et al.[2015]). 또한 운송단가 하락과 원자력 쇄빙선 등 기술 발전에 따라 화물선과 대형 유조선 운항도 점차 가능해질 것이다. 이는 우리나라 주변의 해상 화물 및 유류 운항 경로가 변화할 수 있음을 의미한다. 다시 말해 북극해와 지리적으로 가까운 동해 항로가 새로운 해양사고 발생 위험지역으로 부상할 것으로 전망된다.

중국, 러시아와의 신북방 정책 추진과 북한과의 평화협력에 따른 한반도 신경제지도 추진도 그동안 이용되지 않았던 서해 및 동해 연안의 북방 항로 이용을 더욱 활성화시켜 해당 지역에서의 해양오염사고 발생 가능성을 증가시킬 수 있다. 백령도·연평도와 중국 랴오둥 반도는 중국 동북부 지역 및 북한 서부 지역과의 경제협력에 따라, 나진-선봉 일대와 중국 훈춘, 러시아 연해주 지역은 자원 및 에너지개발에 따라 새로운 해양오염사고 발생 위험지역이 될 것으로 전망된다.

불법 유출과 침몰선 유출도 해양오염사고 발생 지역의 확대를 가져오는 중요한 요인이다. 불법 유출은 각국의 감시·감독이 적은 공해상에서 주로 외국 선박에 의해 발생한다. 특히 고의로 미확인 위험 물질을 각국의 방제 세력이 접근하기 어려운 해역에 유출한다는 점에서 문제의 심각성이 있다. 선박 사고 등에 의한 침몰선 유출은 주로 해중 및 해저에서 발생하고 있다.

2.2 해양오염물질 종류의 확대 및 사고 발생 가능성 증가

과거 해양오염사고는 오염물질 측면에서 볼 때 유조선의 충돌 및 좌초로 인한 기름 유출(원유, 벙커 C유 등)이 대부분이었다. 그러나 IMO (International Maritime Organization)가 선박연료유의 황 함유량을 2020년까지 기존 3.5%에서 0.5%로 강화[2] 하기로 함에 따라 선사는 연료유를 기존의 B-C유에서 대체 연료인 저유황유 또는 선박용 경유(Marine Gas Oil; MGO)나 가스(LNG/LPG)로 전환해야 한다. 또한 세계적으로 경질유와 가스의 해상 물동량도 늘어나는 추세이다. 이는 해양오염사고로 인한 해양오염물질이 기존의 중질유 중심에서 경질유나 가스로 변화함을 의미한다(Kim et al.[2017]).

2013년 12월 29일, 부산 앞바다에서 발생한 화학물질운반선 마리타임 메이지호 사고와 같이 위험·유해물질(Hazardous and Noxious Substances; HNS) 사고도 증가할 것으로 예상된다. 전 세계적으로 많은 양의 화학물질들이 생산되고 있고, 이들 중 상당수는 해상으로 운송되고 있다((French McCay et al.[2006]; Mamaca et al.[2009]; Purnell[2009]; Neuparth et al.[2011]). 우리나라도 세계적인 석유화학제품 생산국이자 화학물질 생산·소비가 많은 나라로, 위험·유해물질 운반 화물선 사고가 우려된다. 해양안전심판원 해양사고 통계자료에 따르면 지난 5년간(2013-2017년) 해양사고 건수는 화물선이 576건으로 유조선의 308건에 앞서고 있고, 사고 건수도 지속적으로 증가하고 있다(Korea Maritime Safety Tribunal[2017]; Fig. 3).

폭우, 폭풍, 해무 등 극한기상과 악기상의 증가도 해양오염사고 발생 확률을 상승시키는 요인으로 작용할 것이다. 폭우와 관련한 최근 연구에 따르면 우리나라에서 1시간 동안 비가 50 mm 이상 내린 횟수는 1970년대 연평균 5.1회에서 2000년대에는 12.3회로 증가한 것으로 보고된 바 있다(Ministry of Environment[2015]). 극한기상과 악기상은 선박운항에 어려움을 주므로 해양사고 발생 가능성을 높이는 요소로 작용한다. 씨프린스호 사고, 허베이 스피리

[1] 미국지질조사국(U.S. Geological Survey)에 따르면 전 세계 미발견 석유가스의 약 22%인 약 4,120억 Boe(Barrel of oil equivalent)가 북극해 지역에 매장된 것으로 보고됨

[2] IMO MARPOL 73/78 Annex VI. 선박으로부터의 대기오염 방지에 관한 규칙에서 선박배출가스 규제를 위해 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx), 오존파괴물질(ODS) 및 휘발성유기화합물(VOC) 등 환경오염물질 감축과 황산화물 배출통제구역(SECA)에 관한 내용을 포함

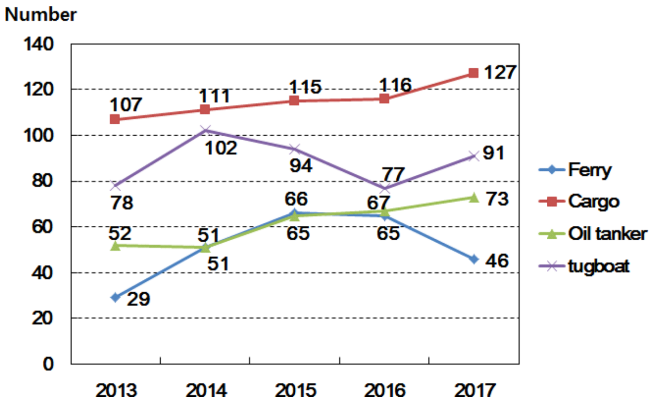

Fig. 3. Number of marine incidents by ship type in recent 5 years (2013-2017) (Data: Korea Maritime Safety Tribunal, 2017).

트호 사고 등 우리나라에서 발생한 대형 해양오염사고는 대부분 기상조건이 좋지 않을 때 발생하였다.

2.3 임해산업단지 복합재난 발생 가능성 증가

세계적으로 인구증가와 경제성장, 기술발전에 따라 재난의 규모와 빈도가 커지고 있다. 국제 재보험회사인 Swiss Re는 1970~2010년간 발생한 보험료 지급액 상위 40건의 재난 중 24건이 2001년 이후에 발생했다고 언급하였다(Ministry of Public Safety and Security[2017a]). 이와 같은 대규모 재난은 해상을 통한 원자재 운송 이점 때문에 주로 임해산업단지에서 많이 발생하고 있다. 2011년 동일본대지진은 임해지역에 위치한 후쿠시마 원자력발전소 및 도쿄 인근 정유공장 화재 등을 유발했으며, 2015년 중국 톈진항 폭발사고는 항내 컨테이너 저장시설에서 발생한 대규모 재난이었다. 2014년 1월 31일, 우리나라에서 발생한 여수 GS칼텍스 원유 2부두 오염사고도 부두로 접안 중이던 원유운반선 우이산호가 부두에 설치된 송유관과 충돌하여 발생한 사고였다.

기후변화에 따른 해수면 상승은 폭풍, 태풍, 해일 등기상재난과 합쳐져 임해산업단지가 많은 우리나라에 복합재난의 발생 가능성을 증가시킬 수 있다(Ministry of Public Safety and Security[2017a]). 그러나 임해산업단지에서 발생하는 사고는 육지에서 접근이 쉽지 않은 경우가 있고, 유독가스 문제로 육지에서 대응하는데 한계가 있다. 2011년 3월 11일 동일본 대지진 당시 임해지역의 원전과 위험·유해물질 저장시설이 폭발했으나, 화재와 유독가스 및 접근성 문제로 해양방제세력인 일본 해상보안청이 방제선을 활용하여 화재 진압에 참여하였다. 우리나라도 연안지역에 위치한 기름과 화학물질 저장시설, 원전, 화력발전소 등 발전시설, 자동차와 선박 제조업 등 대규모 임해 산업단지에 대한 복합재난 대응역량 강화가 필요한 시점이다.

2.4 해양오염사고 생태계 및 지역사회 피해 증가

해양오염사고가 대형화되면서 사고에 따른 생태적·사회경제적 피해가 증가하고 있다. 1989년 미국 알래스카 프린스 윌리엄 해역에서 발생한 Exxon Valdez 사고는 원유 38,500톤이 유출되어 바닷새, 해양포유류 등 해양생태계에 영향을 주었다. 2010년 4월 미국 멕시코만에서 발생한 딥워터 호라이즌 사고는 약 77.8만 톤의 원유가 해저에서 유출되면서 멕시코만의 해상, 해중, 해저 생태계뿐만 아니라, 연안지역의 어업 및 지역사회에 큰 피해를 주었고(Beyer et al.[2016]), 2011년 5월 현재 보상액만 5.7조원에 이르고 있다(Kim et al.[2011]). 우리나라도 2007년 12월 발생한 허베이 스피리트호 사고 당시 태안 앞바다에 12,547㎘가 유출되어 충청 및 전라 남북도 도서 및 연안의 바닷새 및 해양생물 피해뿐만 아니라, 어장 및 양식장 등 큰 피해를 주었다. 당시 피해 신고만 12만 7천여 건에 4조원 이상의 피해신고액을 기록한 바 있다(Ministry of Public Safety and Security[2017a]).

3. 국가 해양오염방제 정책 현황

3.1 해양오염방제 업무 범위

우리나라의 해양오염방제 업무는 OPRC 국제협약[3]에 따른 국가긴급방제계획(National Contingency Plan; NCP)에 의해 구체화되고 실행되어 왔다. 그러나 2017년 7월 26일자로 국가긴급방제계획에서 다루는 위험·유해물질의 범위가 확대된 것을 제외하면 해양오염방제 업무범위는 해양환경관리법에 따른 "방제(防除)" 관련 조치에 한정되고 있는 실정이다. 최근 국제사회에서 이슈가 되고 있는 환경구난(environmental salvage) 측면에서 해양환경오염을 사전에 막기 위한 비상예인, 비상이적, 파공봉쇄 등 "긴급조치"는 담지 못하고 있다. 나아가 임해산업단지에서의 복합재난 대비·대응에 필요한 사전예방 조치 및 사고 피해 복구 차원에서 필요한 업무를 포괄하는 "방재(防災)" 범위까지는 고려하지 못하고 있는 실정이다. ITOPF나 IPIECA 등에서 권고하는 NCP의 내용에 비해서도 해양오염방제 위험성 평가, 방제기술 및 자원, 방제절차 및 방제정보체계 등에 대한 세부적인 내용이 미흡한 실정이다(Kim et al.[2017]).

3.2 해양오염방제 관련 법률

우리나라에서 해양오염방제에 관한 법률은「해양환경관리법」에서 관할하고 있고, 유관 법률로「재난 및 안전관리 기본법」이 운용되어 왔다. 그러나 최근 해양환경관리법의 내용이 광범위하다는 지적(Ministry of Oceans and Fisheries[2013])과 함께 기존 해양환경 관련 법률을 7개로 분법하고, 개별 내용을 중심으로 특화된 법률이 제정되고 있다. 이에 따라「해양환경 보전 및 활용에 관한 법률」이 2017년 3월 21일 제정되었으며, 향후 해양폐기물, CO_2 해양지중저장, 해역이용영향평가법 등이 제정될 예정이다. 이에「해양환경관리법」은 기존의 해양오염 방제와 해양환경 보전을 모두 관할하는 법률에서 현재 해양오염방제로 내용이 축소된 상황이다. 또한 해양오염방제 부분을 관할하는 내용은 현재 제3, 4, 5, 6장에 걸쳐 다뤄지고 있지만, 실제 현장 방제를 담당하는 해양경찰청의 임무는 제6장의 긴급방제 부문에서만 거론되고 있다(Kim et al.[2017]). 따

[3] International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation

라서 현행 해양환경관리법 만으로는 현장에서의 대응작업 이외에 환경오염에 대한 사전 방지 기능을 하는 긴급조치를 추진하거나, 대비·대응 및 복구 차원에서 추진되는 방제조치, 해양생태계를 고려한 해양오염사고 대비·대응정책 추진에는 한계가 있다.

「재난 및 안전관리 기본법」은 해양에서의 환경오염 사고 및 해양 선박 사고의 재난관리 주관기관을 해양수산부로 지정하고 있다. 이는 실제 사고 현장에서 방제 대응을 총괄하는 기관인 해양경찰청의 현장 방제의사결정의 일원화에 지장을 주고, 즉각적인 사고 대응을 어렵게 하는 요소로 작용한다. 실제로 2007년 허베이 스피리트 사고 당시 해양수산부가 운영한 "중앙사고수습본부"와 해양경찰청의 "방제대책본부"의 역할분담이 불명확하여 지휘체계에 혼선이 발생한 사례가 있다. 따라서 현행 「해양환경관리법」과 「재난 및 안전관리 기본법」 체계로는 해양오염사고를 효과적으로 대응하고, 대비·대응하는데 한계가 있다.

3.3 해양오염방제 장비 및 기술개발 현황

해양경찰청과 해양환경공단 등 우리나라 방제대응기관이 보유한 방제장비는 기름유출 대비·대응에 집중되어 있다. 위험·유해물질 사고와 악기상 및 극한기상에 대응할 수 있는 전천후 방제장비는 부족한 실정이다(Kim et al.[2017]; Table 1). 극한기상과 악기상은 시야 제한, 접근성 및 활동성 저하 등으로 인해 초동방제 및 현장 대응을 어렵게 한다. 실제로 풍랑주의보(풍속 14 m/s, 파고 3 m)가 발효되면 1,000톤 미만 선박은 출항이 통제된다. 그러나 방제선은 대부분 중소형으로 풍랑주의보시 활용하는데 한계가 있다. 경질유나 가스 등 새로운 해양오염물질에 대응할 수 있는 장비도 부족한 실정이다. 경질유는 점도가 낮고 빨리 증발하는 특성이 있어 회수 위주로 대응하는 중질유와는 다른 방제방법이 요구된다. 그러나 독성이 강하므로 민감자원에 미치는 영향이 크고, 대기 질에 영향을 미칠 수 있어 빠르게 방제할 수 있는 기술 및 장비가 필요하다. 가스는 폭발시 화재와 함께 대형 재난으로 확대될 가능성이 있으므로 폭발 대응능력이 요구된다.

해양경찰청은 해양오염방제 여건 변화에 부응하고, IOPC-Funds 등 국제사회가 요청하는 과학적이고 합리적인 방제를 지원하기 위해 국가 R&D 과제를 통해 방제기술을 개발해 왔다. 최근에는 2015~2020년까지 6개 과제, 360억 원의 예산을 투입하여 "해양오염 현장대응기술"과 "선제적 해양경비안전 지원기술"을 개발하고 있다(Ministry of Public Safety and Security[2017b]). 그러나 지금까지 개발되었거나 개발 중인 기술들은 해상에서의 기름유출 대응 및 장비개발이 주류다. 미래 방제여건 변화를 반영한 위험·유해물질(HNS) 대응, 해중 및 해저, 야간작업에 적합한 장비 및 기술 개발은 부족한 실정이다(Kim et al.[2017]). 실제로 화학물질운반선 마리타임 메이지호 사고 당시 야간으로 시야의 한계가 있었고 폭발 위험으로 대응에 어려움을 겪으면서 화재가 18일 10시간 동안 지속되었고, 결국 일본 영해 진입 후 네덜란드 전문가가 투입되고 나서야 방제가 종료되었다.

3.4 해양오염방제 의사결정 지원체계

해양경찰청은 해양오염방제 의사결정 지원을 위해 해상에서의 유출유 확산 예측을 위한 "유출유 확산예측 시스템(Korea Oil Spill Prediction System; KOSPS)", 해안방제 지원을 위한 "해안방제통합포털시스템(Response Integrated Management System; RIMS)"을 운용하고 있다. 그러나 현 시스템들은 미래 방제여건 변화에 지속적으로 활용하는데 한계가 있다. KOSPS에 탑재된 유출유 확산예측 모델은 2차원 모델로 해상에서의 바람, 조류 및 해류 정보를 입력자료로 활용하고 있어, 해중 및 해저 유출유 확산을 모의할 수 없다. RIMS는 해안선의 환경 민감도를 표기한 환경민감지도(Environmental Sensitivity Index Map) 및 주요 생물종과 양식장 등 사회·경제적 민감 자원의 위치정보를 제공하고 있다. 그러나 생물종과 주요 민감 자원의 위치정보 만으로는 오염물질이 도달했을 때 실제 피해 규모를 산정하는데 한계가 있다.

우리나라 주변 해역의 항로와 해상물동량 변화는 해양오염사고 위험 지역과 위험 정도의 공간적 변화를 가져올 것이다. 그러나 현장 방제업무에서 활용되고 있는 해양오염사고 위험도 평가는 과거 30년간의 해양오염사고와 최근 항만별 물동량 통계를 바탕으로 도출하고 있다(Ha et al.[2016]). 따라서 미래 해상 물동량 변화 경향을 반영하지 못하고 있다. 또한 해양오염 위험 정도가 해경서 관할 구역별로 동일한 값이 산정되어 있어 항로의 변화나 유출에 민감한 서식지 분포 등 공간적 편차를 반영한 해양오염사고 대비 및 대응 정책에 활용하는데 한계가 있다.

Table 1. Status of marine pollution response equipment and materials (Data: Ministry of Public Safety and Security, 2017a)

Category	Oil spill response vessel	Skimmer (unit)	Oil Boom (km)	Sorbents (ton)	Dispersants (kl)
Sum	143	424	315	502	590
Korea Coast Guard	37	140	44	211	130
Regional Office of Oceans and Fisheries	0	0	10	16	31
Navy	5	5	13	7	19
Local Government	0	0	41	106	29
Korea Marine Environment Management Corporation	55	200	47	48	70
Private Clean-up Company	34	55	29	25	15
Marine facilities	10	19	98	70	253
etc.	2	5	33	19	43

3.5 해양오염방제 민간 참여

해양오염사고가 일어나면 신속하고 효과적이며, 과학적인 방제 의사결정이 매우 중요하다. 그러나 지역의 환경 및 생태계에 미치는 영향, 수산업 및 지역경제에 미치는 피해, 지역주민과 방제작업자 건강 안전 등 의사결정과정에 고려해야 할 요소는 매우 다양하다. 따라서 현장지휘관의 오판을 막고, 과학적이며 합리적인 의사결정이 이뤄질 수 있도록 전문가의 지원이 절실히 필요하다. 현재 우리나라는 사고가 발생하면 방제의사결정 지원을 위해 각계 전문가로 구성된 "방제기술지원협의회"가 운용되고 있다. 그러나 사고시 구축·운용되는 지휘체계인 "방제대책본부"와의 관계가 모호하고, 평상시 특정 주제가 있을 때 개최되는 성격상 상시적이고, 전문적이며, 체계적인 과학적 자문을 제공하는데 한계가 있다.

국가방제능력을 향상시키고, 사고발생시 효과적인 방제대응을 위해서는 오염행위자, 지자체, 지역주민, 민간기업 등 이해관계자의 역할 확대가 필요하다. 그러나 일반 국민이나 지역 주민들은 해양오염사고로 인한 어업 손실 등 직·간접적 피해로 인해 정부가 시행하는 방제 작업에 부정적인 인식을 갖고 있는 경우가 많다(Chun and Kim[2017]). 민간의 부정적 인식을 해소하고, 방제작업에 적극 참여토록 유도하기 위해서는 정부가 시행하고 있는 해양오염사고 대비·대응 정책을 이해관계자에게 효과적으로 설명할 수 있는 정보공개정책이 필요하다. 그러나 허베이 스피리트호 사고 및 세월호 사고와 같이 우리나라는 아직까지 해양사고가 일어나면 정부 차원에서 사고 정보 및 대응 과정에 대한 상세한 공개는 미흡한 실정이다.

4. 국가 해양오염방제 정책 개선방향

4.1 해양오염방제 업무범위 확장

해양오염사고 트렌드 변화와 국내 해양오염방제 정책 현황을 분석해 보면 미래 해양오염방제 업무는 해양 및 연안 환경 보전, 해양이용 확대 대응, 국가와 국민의 재난안전 이슈가 교차하는 부분을 고려하는 네 가지 영역으로 확장되어야 한다(Fig. 4; Fig. 5). 첫째, 해양오염 사고 대처 영역에서는 기름, 위험·유해물질, 가스 등 주로 선박기인 사고로 발생하는 오염물질을 제거하는 업무가 포함된다. 둘째, 복합재난 대처 영역에서는 해양이용 확대에 따라 해상/해중/해저 및 임해산업단지의 기름 및 위험·유해물질 저장시설에서 발생할 수 있는 복합재난 방제(防除) 및 방재(防災) 업무를 포괄한다. 셋째, 신규 해양오염 대처 영역에서는 해양 및 연안의 환경 및 생태계에 영향을 줄 수 있는 새로운 해양오염물질에 대한 방제업무가 포함된다. 경질유나 가스, 새로운 위험·유해물질 유출 대응, 해양대기 오염 대처방안도 함께 다뤄질 수 있다. 넷째, 기후변화와 생태계 영향 저감 영역에서는 선박연료유 변화에 대응하고, 기후변화에 따른 해양오염방제 영향 및 변화요인 분석 및 대처, 물리적·화학적

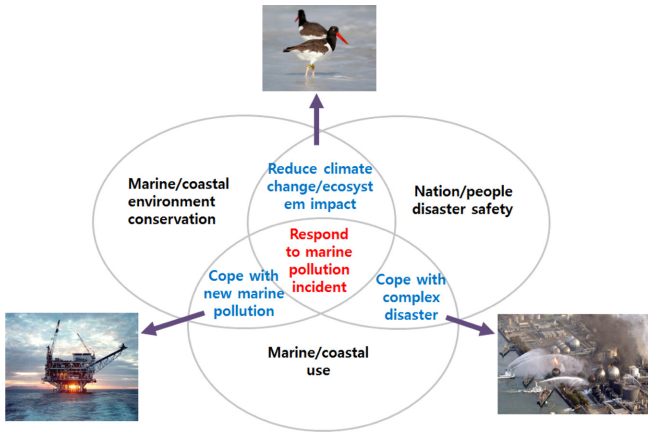

Fig. 4. Broad range of marine pollution response policy.

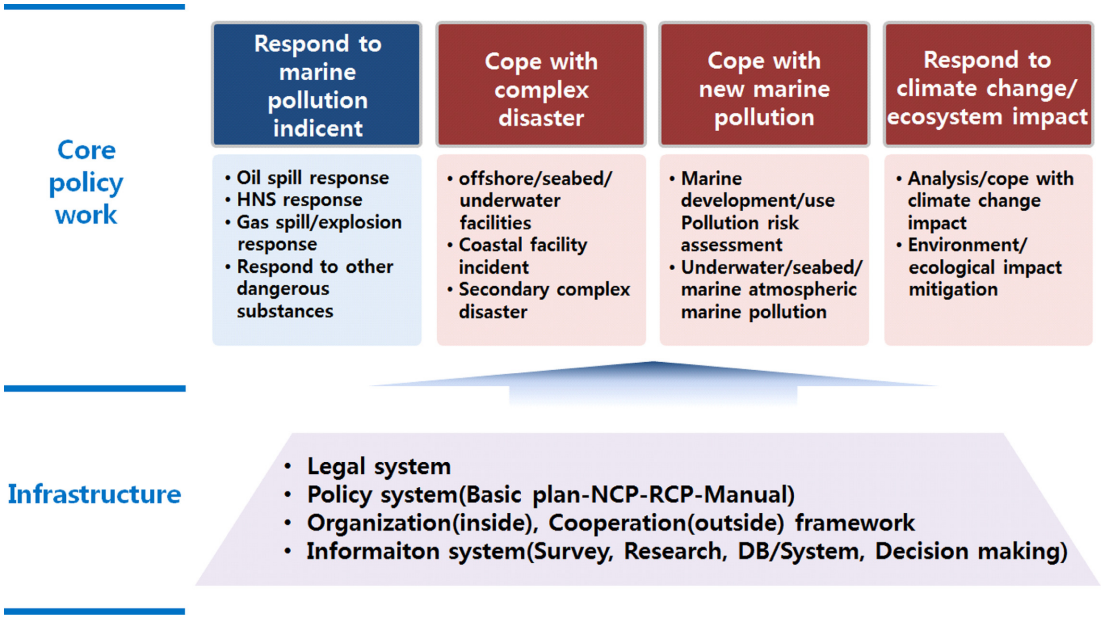

Fig. 5. Scope of future marine pollution response policy.

·생물학적 방제방법 선택에 따른 생태 및 사회경제 영향 저감 방안을 다룬다.

4.2 해양오염방제 법제도 개선

해양오염사고 발생 가능지역 확대와 새로운 해양오염물질의 등장, 기후변화 및 해양환경 보전 요구 부응 및 복합재난에 효과적으로 대응하기 위해서는 해양오염방제 관할 법률의 개정이 필요하다. 해양환경관리법은 단기적으로 선진국에서 이미 시행되고 있는 방제조치인 파공봉쇄나 환경구난 등 긴급조치 관련 조항을 추가해야 한다. 장기적으로는 앞에서 제시된 해양오염 방제(防除) 및 방재(防災) 업무를 커버할 수 있도록 해양오염방제 업무 범위를 확대가 필요하다. 재난 및 안전관리 기본법에서는 해양오염사고 대비·대응과 관련한 해양경찰청의 역할과 임무를 확대할 필요가 있다. 예를 들어 임해산업단지에서 풍수해 등과 함께 발생할 수 있는 복합재난 발생 시 해상방제기관인 해양경찰청의 개입과 복합재난 유형에 따른 관계기관의 역할과 임무 및 기관 간 협력 대응 관련 조항을 제시할 필요가 있다.

4.3 해양오염방제 장비 및 기술개발

대규모 해양오염사고와 폭풍, 해일, 해무 등 극한기상과 악기상에 대처할 수 있는 방제장비 개발이 필요하다. 시야 제한과 활동성 제약을 극복할 수 있는 전천후 장비 개발도 요구된다. 해양경찰청 및 관련 기관에서 도입이 추진되고 있는 1만 톤급 이상 선박의 비상 예인이 가능한 5,000톤급 이상의 대형화학방제정 건조는 초대형 유조선(VLCC)과 화물선이 수시로 입출항하는 우리나라 여건상 대규모 해양오염사고 대비·대응을 위한 좋은 대안이 될 수 있다(Jin et al., 2018). 원해 및 심해사고와 위험·유해물질 등 새로운 해양오염물질에 대비·대응할 수 있는 장비 및 기술개발도 필요하다. 자율운항이 가능한 무인잠수정(Autonomous underwater vehicle) 기반의 유출유 확산 tracking 및 mapping 기술을 통해 다양한 유종에 대한 유출유 확산 정보 확보를 통해 유출유 확산 예측모델 정확도 향상에 기여할 수 있다. 경질유 및 가스 사고는 해상 및 해중보다는 해양대기에 영향을 미치므로, 해양 대기 오염 영향을 저감할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

4.4 해양오염방제 의사결정 지원체계 개선

해양경찰청에서는 해양오염방제 국가 R&D 과제를 통해 기상청 해양기상 재분석 자료 등 해양 빅데이터를 활용한 3차원 기반의 유출유 확산예측 모델을 개발하고 있다. 앞으로는 해양수산부, 환경부, 기상청 등 국가기관이 구축·공유하는 실시간 빅데이터를 수집·분석하여 유출유 확산예측 모델의 성능 개선뿐만 아니라 해양오염방제 전략 수립 등 의사결정 지원체계를 개선해야 한다.

국제사회는 해양오염사고에 따른 생태계와 지역 경제 피해를 줄이기 위해 환경·생태적 정보와 사회·경제적 민감자원의 민감도를 고려한 해양오염방제 대비·대응체계를 수립하고 있다. 미국 해양대기청(NOAA)은 알래스카 지역에 대해, 유럽 BE-AWARE 프로젝트 팀은 북해(North Sea) 지역을 대상으로 해양오염사고에 민감한 서식지와 생물종 등 환경·생태적 자원과 해수욕장, 어장 및 양식장 등 사회·경제적 민감자원의 취약성(vulnerability)을 고려한 위해도 평가(risk assessment)를 실시하여 해양오염 대비·대응 체계 수립에 활용하고 있다(Reich et al.[2014]; Hjorth et al.[2015]). 우리나라도 앞서 언급한 해양오염방제 국가 R&D 과제를 통해 민감자원의 취약성을 반영한 위해도 평가방법이 개발되고 있다. 그러나 생태적 민감자원에 대한 취약성 평가의 전국 구축을 위해서는 기초정보로서 해양생태계를 구성하는 생물종 서식지 정보가 필요하다. 또한 우리나라에 서식하는 생물종에 대한 기름 유출 영향 정도에 대한 과학적 조사 자료를 보완할 필요가 있다. 캐나다 정부는 향후 15억 달러가 투입될 예정인 해양생태계 보호 프로젝트(Oceans Protection Plan)를 통해 수중 생태계에 대한 기름유출 영향, 회복력 및 생태계 서비스를 연구하고 있다(Lee[2018]).

4.5 방제 전문가 및 산업 육성, 인식증진

현재 사고발생시 주로 온라인(이메일) 및 비상설로 운영되는 방제기술지원협의회를 보완하고, 사고발생시 뿐만 아니라 평상시에도 방제대책본부에 과학적이고 합리적인 방제방법을 조언할 수 있는 상설 과학자문 전문가 조직을 구성하여 운영할 필요가 있다. 방제선진국인 미국은 사고 방제지휘체계인 국가대응시스템(NRS)에 과학적 전문가 지원을 위한 참모조직으로 민간인이 참여하는 Scientific Support Coordinator (SSC)가 가동된다. 캐나다도 사고발생시 Regional Environmental Emergency Response Team (REET)를 통해 사고지휘관에게 환경 영향에 대한 민간의 과학적 자문이 이뤄지고 있다.

과학적 방제정책 개발, 방제사업 평가를 위한 “해양오염방제 전문연구기관”을 지정하거나 신규로 설립할 필요가 있다. 미국의 NOAA OR&R[4], 프랑스의 CEDRE[5]는 사고 지원뿐만 아니라 평상시 해양오염과 관련한 전문적인 연구개발사업도 추진하고 있다. 우리나라도 해양경찰연구센터를 통해 해양오염방제 업무 지원을 위한 장비 및 기술을 개발하고 있다. 그러나 해양경찰연구센터에서 추진하는 국가 R&D 기술개발 사업은 시작단계로 다양한 연구개발사업의 추진 경험이 부족한 실정이다. 또한 해양경찰연구센터는 해양경찰청 내부 조직으로서 민간의 창의적인 아이디어와 접목한 과학적·전문적인 방제기술 개발에는 한계가 있다. 따라서 전문적인 해양오염방제 기술 및 장비 개발은 독립된 해양오염방제 전문 연구기관에서 수행하고, 기존 해양경찰연구센터는 해양경찰청과 전문 연구기관과 해양경찰청의 연결 고리 역할 및 해양경찰청의 정

[4] NOAA Office of Response and Restoration. 기름, 화학물질 유출 및 비상사태에 대응하고, 국가의 대응업무에 과학적 조언(SSC) 제공을 위해 설립되었으며, 유출유 확산 및 영향 예측, 자원에 미칠 위험성 평가, 연구활동 조정, 유출피해지역 모니터링, 교육훈련, 전문기술 및 장비 전파, 생태계 영향 평가, 연안생태계 건강성 증진 교육, 지역사회 협력 등을 수행하고 있음

[5] Centre of Documentation, Research and Experiment on Accidental Water Pollution. 1978년 아모코 카디즈(Amoco Cadiz)호 오염사고를 계기로 해양오염방제 전문 교육・훈련 및 연구를 위해 설립됨. 직원 약 60명으로 오염사고시 대응 책임기관 기술자문, 장비 및 전문가 지원, 24시간 방제자문 서비스, 유출시료 채취분석, 방제연구개발, 방제 종료 후 환경평가업무(Spill Follow-Up), 실습위주의 전문방제교육 실시

책 지원 기능을 강화할 필요가 있다.

해양오염 대비·대응체계 향상을 위해 방제 산업을 육성할 필요가 있다. 북미지역의 IOSC, 태평양의 Spillcon, 유럽의 Interspill과 같은 해양오염방제분야 국제 학술대회 및 박람회를 가칭 “Asia Spill”로 우리나라가 주도하여 유치할 필요가 있다. 아시아 지역의 해양오염 특성과 방제 여건에 특화된 국제학술대회와 전시회 개최를 통해 우리나라 해양오염방제 연구 성과 및 기술개발 결과를 홍보하고, 이머징 마켓인 동남아 등 신흥시장의 정부기관 및 바이어 등이 참여하는 방식을 통해 우리나라 해양오염방제 산업의 해외진출을 지원할 수 있다. 특히, 국가 연구개발 사업을 ODA 및 국제협력사업과 연계시켜 국내 방제기술 및 장비가 해외 정부기관 및 지자체, 기업에 연결될 수 있도록 배려할 필요가 있다(Kim et al.[2017]).

국민과 지역주민 등 이해관계자에게 사고관련 정보 공개를 확대할 필요가 있다. 미국은 2010년 발생한 딥워터 호라이즌 사고 당시 정부가 추진하는 방제 작업에 대한 정보를 매일 민간에 공개함으로써 민간의 방제작업에 대한 오해를 해소하고자 하였다(Kim et al., 2017). 또한 미국 NOAA OR&R은 사고 지역의 복구와 방제 관련 연구 정보 제공, 민간 인식 개선을 위해 블로그(https://blog.response.restoration.noaa.gov/)를 운용하고 있고, 유출 사고 발생 지역의 환경적 특성을 반영한 복구과정 지원을 위해 기상조건, 조류 및 해류, 선박 위치 등 지리정보(GIS)를 실시간으로 통합하여 대중에게 지원하는 지도제작 툴인 Environmental Response Management Application (ERMA)[6]를 구축하여 운영하고 있다.

국가 해양오염사고 대비·대응에 대한 민간의 인식을 파악하기 위해 SNS, 블로그 등 소셜빅데이터를 적극 활용할 필요가 있다. 소셜빅데이터는 의도된 질문에 답을 하는 방식이 아니고, 표현방식에 제한이 없으며, 실시간으로 생각을 표현할 수 있어 실제 민간이 가지고 있는 의사를 솔직하게 피력할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 정부가 추진하는 해양오염방제정책이나 사고 대응과 관련한 민간의 인식을 정확히 파악하고, 민간 인식 개선을 위한 정책 추진방향을 도출하는데 활용할 수 있다.

5. 결 론

올해는 우리나라 역사상 최악의 기름유출 사고로 기억되고 있는 허베이 스피리트호 사고 이후 11년, 우리나라 해양오염방제 현장 실무를 담당하는 해양경찰청이 출범한 지 2년이 되는 해이다. 이러한 시점에 맞춰 본 연구는 최근 제기되고 있는 해양오염사고 트렌드 변화 양상을 파악하고, 우리나라의 해양오염사고 대비·대응체계 현황을 분석하여, 미래 해양오염방제 정책 개선방안을 제시한 데 의의가 있다. 그러나 해양오염사고 트렌드 변화를 뒷받침할 수 있는 관련 통계 자료 및 과학적 분석 결과가 부족하여 연구의 논거를 확보하는데 어려움이 있었다. 또한 방제 실무를 책임지는 해양경찰청의 입장에서 정책 개선방안을 제시하여 지방자치단체, 해양수산부, 해양환경공단, 민간 기업 등 타 이해관계자의 입장을 고려하는데 일정 부분 한계가 있다.

따라서 후속 연구로 다음 주제를 제안하고자 한다. 첫째, 해양오염사고 발생 트렌드 변화 분석과 관련한 연구가 필요하다. 해양오염사고 발생 공간과 발생 물질의 변화와 기후변화에 따른 극한기상 및 악기상과 해양오염사고의 관계에 대한 연구가 여기에 해당한다. 둘째, 오염원인자 책임원칙(Polluter-pays principle; PPP)에 따른 민간 방제의 범위 및 참여 확대방안 연구가 필요하다. 영세한 민간방제업체가 방제 작업에 적극적으로 참여할 수 있는 방안, 해양환경공단 등 민간방제세력과 국가(해양경찰청)의 방제정책 수립 및 집행과정에서의 역할 분담, 지역주민 등 이해관계자 인식 증진 및 방제작업 참여 확대에 대한 연구가 필요하다.

[6] https://response.restoration.noaa.gov/maps-and-spatial-data/environmental-response-management-application-erma

후 기

이 논문은 정부(해양경찰청)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원(KCG-01-2017-05)으로 수행하였습니다(2019-006).

References

[1] Beyer, J., Trannum, H.C., Bakke, T., Hodson, P.V., Collier, T.K., 2016, Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: A review, Mar. Pollut. Bull., 110, 28-51.

[2] Choi, J.-W. and Lee, S.-H., 2009, Analysis on Response System in US for Chemicals Driven Marine Pollution Accidents and Korean Response Policy Plan, Korean Soc. Mar. Environ. Saf., 15(3), 205-212.

[3] Chun, J., Kim, C.-K., 2017, A Study on Public Awareness of Oil Spills and Marine Accidents using Social Big data, in proc. of 2017 Joint Conference of The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, Busan, Korea, 97-98.

[4] Chun, J., Kang, B., Kim, C.-K., 2018, Comparison of Korea and World Marine Oil Spill Studies: Long-term Trend Analysis Through in-depth Literature Review, J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 21(1), 30-39.

[5] French McCay, D.P., Whittier, N., Ward, M., Santos, C., 2006, Spill hazard evaluation for chemicals shipped in bulk using modelling, Environ. Model. Softw., 21, 156-169.

[6] Ha, C.W., Kim, H.M., Yu, Y., Kim, J.H., 2016, A Study on Development and Utilization of Marine Pollution Risk Index, in proc of 2016 Joint Conference of The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, Busan, Korea, 64-65.

[7] Hjorth, M., Jürgensen, C., Madsen, A., Mouat, J., Campbell, D., 2015, BE-AWARE II: Summary Report, COWI, pp. 1-19.

[8] Jin, S.-J., Lim, S.-Y., Yoo, S.-H., 2018, The public value of building large oil spill response vessels in Korea, Mar. Policy, 88, 242-247.

[9] Kim, S.-W., Lim, C.-S., Lee, W.-S., Ha, C.-W., 2011, A Study

on the Improvement of National Marine Pollution Response Policy based on the Analysis of Gulf of Mexico Oil Spill Incident, Korean Soc. Mar. Environ. Saf., 17(3), 257-264.

[10] Kim, C.K., Chun, J.Y., Shin, Y.S., Hwang, S.I., Kang, B., et al., 2017, A Preemptive Study on Marine Pollution Response Caused by Environmental Changes such as International Ship Fuel Oil Regulation, Ministry of Public Safety and Security, Sejong, Korea, 1-112.

[11] Korea Maritime Safety Tribunal, Marine accident statistics, https://www.kmst.go.kr/kmst/statistics/annualReport/selectAnnualReportList.do (accessed 2018.12.15.)

[12] Lee, K., 2018, Advancing Oil Spill Research under Canada's Ocean Protection Plan, in proc. of Interspill 2018, 1-3.

[13] Mamaca, E., Girin, M., Le Floch, S., Zir, R., 2009, Review of Chemical Spills at Sea and Lessons Learnt. in proc. of A Technical Appendix to the INTERSPILL 2009 Conference White Paper, 1-40.

[14] Ministry of Environment, 2015, Study on Basic Plan for Natural Environment Conservation (2006~2015) Performance Evaluation and Development Plan, Sejong, Korea, 154-155.

[15] Ministry of Oceans and Fisheries, 2013, Organization and operation of marine environmental policy working group, Sejong, Korea, 1-116.

[16] Ministry of Oceans and Fisheries, 2018, In 2017, 2,547 cases of sea use consultation, 12% increase from the previous year, Press releases (2018.2.13.), 1-4.

[17] Ministry of Public Safety and Security, 2017a, Introduction to the Marine Pollution Response in Korea, Sejong, Korea, 1-61.

[18] Ministry of Public Safety and Security, 2017b, Status of national R&D project in marine pollution control, Sejong, Korea, 1-15.

[19] Ministry of Trade, Industry and Energy, 2017, Promotion of exploration rights for domestic continental shelf development, Press releases (2017.6.7.), 1-3.

[20] Neuparth, T., Moreira, S., Santos, M.M., Reis-Henriques, M.A., 2011, Hazardous and Noxious Substances (HNS) in the marine environment: Prioritizing HNS that pose major risk in a European context, Mar. Pollut. Bull., 62, 21-28.

[21] Purnell, K. 2009, Are HNS spills more dangerous than oil spills? in proc. of A White Paper for the Interspill Conference & 4th IMO R&D Forum, 1-30.

[22] Reich, D.A., Balouskus, R., McCay, D.F., Fontenault, J., Rowe, J., Singer-Leavitt, Z., Etkin, D.S., Michel, J., Nixon, Z., Boring, C., McBrien, M., Hay, B., 2014, Assessment of Marine Oil Spill Risk and Environmental Vulnerability for the State of Alaska, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Seattle, USA, 1-102.

[23] Song, J.M., Park, S.J., Kim, E.M., 2015, Analysis on Scenario of Available Energy Resources in Northern Sea Area, Korea Maritime Institute, 1-2.

Received 28 January 2019
Revised 8 February 2019
Accepted 12 February 2019