



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學博士 學位論文

우리나라 국가해안방제모델 개발 연구

A Study on the Development of National Model of
On-Shore Response to Marine Oil Spill Incidents in Korea

指導教授 尹 鍾 輝



2012年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海洋警察學科

金 尙 雲

本 論文을 金尙雲의 工學博士 學位論文으로 認准함

委員長 鞠 承 淇



委 員 韓 元 熙



委 員 金 東 善



委 員 李 殷 邦



委 員 尹 鍾 輝



2012年 2月

韓國海洋大學校 大學院

목 차

List of tables	v
List of figures	viii
Abstract	xiii
제1장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	2
1.2 연구방법 및 범위	5
제2장 우리나라 해안방제 현황	8
2.1 해안방제의 개요	9
2.1.1 해안방제 의미	9
2.1.2 해안방제 방법	10
2.2 해안방제 체제	13
2.2.1 제도적 측면	13
2.2.2 조직운영 측면	15
2.2.3 자원지원 측면	20
2.3 해안방제 사례	23
2.3.1 씨프린스호 사고	23
2.3.2 허베이스피리트호 사고	26
2.4 요 약	36

제3장 선진 외국의 해안방제 현황	37
3.1 해안방제 체제	38
3.1.1 미국	38
3.1.2 일본	39
3.1.3 유럽	40
3.2 해안방제 사례	42
3.2.1 미국의 멕시코만 사고	42
3.2.2 일본의 나호드카호 사고	51
3.2.3 유럽의 사고 사례	55
3.3 요약	62
 제4장 해안방제여건 평가 및 분석	 64
4.1 우리나라 해안의 특성	65
4.1.1 자연적 특성	65
4.1.2 사회경제적 특성	70
4.2 해안오염 취약성 평가	76
4.2.1 기름물동량 현황 분석	76
4.2.2 해양오염사고 현황 분석	78
4.2.3 오염사고 취약해역 종합 평가	85
4.3 취약해역의 확산예측	91
4.3.1 해상방제지원시스템 개요	91
4.3.2 유출유 확산예측	93

4.4 국내외 해안방제 체제 비교 분석	104
4.4.1 해안방제의 비교	104
4.4.2 해안방제전략의 기본원칙 정립	117
4.5 요약	121
 제5장 우리나라 해안방제모델의 기본 설계	123
5.1 설계방향과 구성요소	124
5.1.1 해안방제모델의 기본 설계방향	124
5.1.2 해안방제모델의 구성요소	125
5.2 해안방제모델의 모듈 설계	128
5.2.1 방제조직 및 역할 모듈	128
5.2.2 국가방제자원 통합관리 모듈	135
5.2.3 정보공유 모듈	139
5.2.4 사고초기 현장안전관리 모듈	149
5.2.5 해안오염평가시스템 모듈	154
5.2.6 방제비용 선지급 모듈	170
5.2.7 어선 임시방제정 활용 모듈	179
5.2.8 과학지원 모듈	183
5.3 모델의 효과성 검증	189
5.3.1 정성적 평가	190
5.3.2 정량적 평가	196

제6장 결 론	201
---------------	-----

참고문헌	205
------------	-----

감사의 글



List of tables

Chapter 1

Table 1.1	Major marine oil spill incidents in Korea	3
-----------	---	---

Chapter 2

Table 2.1	Shoreline cleanup methods	10
Table 2.2	Three(3) levels of KCG's marine oil spill response	15
Table 2.3	Response centers for large-scale marine oil spills	17
Table 2.4	Duties and roles of organizations relevant to shoreline cleanup	19
Table 2.5	Composition and duties of shoreline cleanup teams	20
Table 2.6	Stockpiles of national oil spill response equipment and materials	21
Table 2.7	Overview of shoreline cleanup activities	24
Table 2.8	Shoreline cleanup measures applied mainly at Hebei Spirit incident in 2007	32

Chapter 4

Table 4.1	Weather conditions on eastern coastal regions in Korea	66
Table 4.2	Weather conditions on southern coastal regions in Korea	67
Table 4.3	Weather conditions on western coastal regions in Korea	69
Table 4.4	Current status of coastal fisheries by local governments	72

Table 4.5	Designation status of Environmental Management Sea Areas	73
Table 4.6	Designation status of marine parks	74
Table 4.7	Number of beaches in Korea by regions	74
Table 4.8	Quantity of oil transported by ports	77
Table 4.9	Statistics of marine oil spills in the eastern coastal regions in Korea	78
Table 4.10	Statistics of marine oil spills in the eastern coastal regions in Korea by years and scales	79
Table 4.11	Statistics of marine oil spills in the southern coastal regions in Korea	80
Table 4.12	Statistics of marine oil spills in the eastern coastal regions in Korea by years and scales	81
Table 4.13	Statistics of marine oil spills in the western coastal regions in Korea	82
Table 4.14	Statistics of marine oil spills in the western coastal regions in Korea by years and scales	84
Table 4.15	Status of marine oil spills followed by shoreline cleanup measures (year 2006 to 2010)	90
Table 4.16	Comparison between Hebei Spirit incident in Korea and Deepwater Horizon incident in U.S.A.	105
Table 4.17	Comparison of shoreline response between Hebei Spirit incident and Deepwater Horizon incident	107
Table 4.18	SWOT analysis on our country's shoreline response to marine oil spills	116

Chapter 5

Table 5.1	Major roles of local governments and Korea Coast Guard in case of oil spill response	131
Table 5.2	Items for assessment of oil pollution preparedness and response	134
Table 5.3	Items for national response resources typing	136
Table 5.4	Standard D/B items for shoreline response	142
Table 5.5	Main contents in Site Safety Plan	150
Table 5.6	Questions for determination of cleanup end points	155
Table 5.7	Anticipated problems from absence of decision making procedures for shoreline cleanup	156
Table 5.8	Importance of Pre-SCAT	159
Table 5.9	Acronyms used in Canada's SCAT form	162
Table 5.10	Canada's Standard SCAT form	163
Table 5.11	Recommended Korea's SCAT standard form	164
Table 5.12	Basis in estimating the advance payment coverage for Hebei Spirit incident	176
Table 5.13	Major duties of Vessel of Opportunity	181
Table 5.14	Main duties of NOAA in U.S.A. and CEDRE in France	184
Table 5.15	Main duties of a technical advisory organization for oil spill response	186
Table 5.16	Number of vessels mobilized by days	197
Table 5.17	Status of making claims and compensation for H-Spirit incident	200

List of figures

Chapter 1

Fig. 1.1	Flowchart of the study	7
----------	------------------------------	---

Chapter 2

Fig. 2.1	National response scheme for large-scale marine oil spill incidents in Korea	16
Fig. 2.2	Sea Prince oil spill incident in 1995	23
Fig. 2.3	Containment measures for spilt oil at Sea Prince incident	25
Fig. 2.4	Shoreline cleanup activities at Sea Prince incident	26
Fig. 2.5	Hebei Spirit oil spill incident and shoreline contamination	27
Fig. 2.6	Oil boom deployed for protection of sensitive areas	28
Fig. 2.7	On-shore response - manual recovery	29
Fig. 2.8	Onshore skimming operations using skimmers	30
Fig. 2.9	Removal of surface and subsurface oil	31

Chapter 3

Fig. 3.1	Response scheme for Gulf of Mexico oil spill incident in 2010	43
Fig. 3.2	Deepwater Horizon oil budget	45
Fig. 3.3	Revised oil budget for Deepwater Horizon	49
Fig. 3.4	Bow of MT Nakhodka and shoreline contamination	52

Fig. 3.5	At-sea and onshore cleanup activities	53
Fig. 3.6	Erika oil spill incident and shoreline contamination	56
Fig. 3.7	Status of shoreline contamination by Erika incident	56
Fig. 3.8	Shoreline cleanup and demonstration of compensation for damages	57
Fig. 3.9	Prestige incident and satellite image of spreading oil	59
Fig. 3.10	Shoreline cleanup activities at Prestige incident	60

Chapter 4

Fig. 4.1	Sea currents around Korean peninsula	70
Fig. 4.2	Current status of coastal fisheries by regions	71
Fig. 4.3	Forecast of oil demand of Korea in the future	76
Fig. 4.4	Marine oil spill incidents of less than 10kl of spillage for the last 5 years in Korea	85
Fig. 4.5	Marine oil spill incidents of 10~100kl of spillage for the last 5 years in Korea	86
Fig. 4.6	Marine oil spill incidents of more than 100kl of spillage for the last 5 years in Korea	86
Fig. 4.7	Percentage of marine oil spills by causes (1989~2008)	87
Fig. 4.8	Main areas of marine oil spills of more than 10kl in spillage for the last 20 years (year 1989 to 2008)	88
Fig. 4.9	Percentage of marine oil spills of more than 10kl in spillage by types of spilt oil (year 1989 to 2008)	89

Fig. 4.10	Percentage of marine oil spills of more than 10kl in spillage by incident sites (year 1989 to 2008)	90
Fig. 4.11	Structure of Korea Oil Spill Prediction System (KOSPS)	91
Fig. 4.12	Composition of external information and intro page of KOSPS	92
Fig. 4.13	Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Ulsan	95
Fig. 4.14	Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Kwangyang)	96
Fig. 4.15	Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Masan	97
Fig. 4.16	Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Busan	98
Fig. 4.17	Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Incheon	100
Fig. 4.18	Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Pyengteak, Dangjin or Deasan	101
Fig. 4.19	Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Gunsan	102
Fig 4.20	Vessel of Opportunity Program operated at the response to Deepwater Horizon oil spill incident	112
Fig. 4.21	Construction of sand berms for the prevention of shoreline contamination	114
Fig. 4.22	General classification of shoreline cleanup phases	118

Chapter 5

Fig. 5.1	Flow chart of national model of on-shore oil spill response	124
Fig. 5.2	Design of national model of on-shore oil spill response	126
Fig. 5.3	Recovery model for oil spills	129
Fig. 5.4	Onshore response headquarters operation model	132
Fig. 5.5	Overview of model for management of oil spill response resources	138
Fig. 5.6	Composition of oil spill response information management system	141
Fig. 5.7	Construction Model for Shoreline Cleanup Assistance System	147
Fig. 5.8	An example of establishment of hot zone and warm zone	151
Fig. 5.9	An example of Pre-SCAT system	160
Fig. 5.10	An example of SCAT form	161
Fig. 5.11	An example of display of the results of SCAT	161
Fig. 5.12	An example of a shoreline oiling summary sketch	165
Fig. 5.13	Recommended methods for Korea's shoreline oiling summary sketch	166
Fig. 5.14	Korean style SCAT photo scale	167
Fig. 5.15	Steps for shoreline cleanup implementation	168
Fig. 5.16	Decision making structure for shoreline cleanup	169
Fig. 5.17	Steps for survey and compensation for oil pollution damages	171

Fig. 5.18	Procedure for compensation of oil pollution cleanup costs	171
Fig. 5.19	Model for emergency advance payment of oil pollution cleanup costs	177
Fig. 5.20	A fishing boat implementing Vessel of Opportunity Program	180
Fig. 5.21	Structure of a technical advisory organization	186



A Study on the Development of National Model of On-Shore Response to Marine Oil Spill Incidents in Korea

SANGWOON KIM

*Department of Coast Guard Studies
Graduate School of Korea Maritime University*

Abstract

On-shore response to marine oil spill incidents is time-consuming and complex compared with on-water response. On-shore response measures in Korea have been identified to have a lot of fields to be improved through the experience of Hebei Spirit incident in 2007. This study has analyzed the current status of Korea's on-shore response structure and capabilities and has suggested national model for on-shore response to marine oil spill incidents with eight modules.

The study is composed with six chapters. In the first chapter, the background and objectives of the study have been defined and the method and scope of it have also been explained.

In the second chapter, overview of Korea's on-shore response has been introduced. The domestic acts and regulations related to on-shore response have been explained and national on-shore response capabilities have also been evaluated. And case studies on catastrophic spill such as the Sea Prince incident in 1995 and the Hebei Spirit incident in 2007 have been made.

In the third chapter, the on-shore spill response systems of advanced countries such as U.S.A., Japan, U.K. and France have been introduced, also four case studies including the Gulf of Mexico oil spill incident in 2010 have been introduced.

In the fourth chapter, the characteristics of our shoreline have been explained on natural and socioeconomic aspects. It has also been identified and evaluated how vulnerable our shoreline is to marine oil spills. In addition, the quantity of oil transported near our shoreline has been analyzed and the statistics of oil spill incidents for the recent five years have also been analyzed.

Assuming 1,000 kl of crude oil has been spilt into our western, southern or eastern sea from a tanker in spring, summer, fall and winter respectively, trajectory of spilled oil has been predicted using KOSPS (Korea Oil Spill Prediction System), which was developed in 2006 through 2008 by Korea Coast Guard (KCG). With the trajectory predictions, the study has identified that our western and southern coastlines are the most vulnerable to oil spills and the spilled oil at sea would reach at the shoreline within at most 24 hours. The response measures have been compared between the Hebei Spirit incident in 2007 and the Gulf of Mexico oil spill incident, and identified gaps between the two countries in on-shore response measures.

In the fifth chapter, as a core of this study, design of national model for shoreline clean-up to marine oil spills is made with 8 modules. The national model is a suggestion of the directions to which our country's on-shore clean-up should follow in the future and its contents are as follows;

The first module deals with national response structure and role allocations. In the module, the roles to carry out on-shore response

should be divided between local governments and KCG. KCG will take the duties of management of readiness of national response resources, arrangement of education and training of on-shore response personnel of local governments, development of shoreline response support systems, etc, which needed large budget and advanced skills. On the other hand, local governments will take the responsibilities for shoreline assessment, supervision of on-site clean-up activities, designation of endpoints of shoreline treatment for each segment, etc, which are more closely related to the local government's concerns and can carry out without large budget and advanced skills. And in this module, the study also suggests the introduction to the assessment protocol for the response entities such as KCG offices, branches of Korea Marine Environment Management Corporation (KOEM), local governments, etc.

Second module regarding management of national response resources suggests that the oil spill response resources should be managed at national level, and a computer system for this purpose should be developed.

In third module regarding information-sharing, it is suggested that a computer system should be developed and maintained to collect, maintain and share all relevant informations on oil spill responses. As a lot of entities and stakeholders will be engaged in the oil spill response, and many informations will be inevitably generated, distributed, and provided by them, a system to maintain the information efficiently should be developed.

Fourth module regarding on-scene safety management at early stage, suggests early designation of safety officer, establishment of control zone, and implementation of routine air and risk monitoring of the sites. Considering that most of the spilt oil might reach shorelines within 24

hours due to our country's shoreline characteristics, early on-shore response measures become more important. In case that these measures will not be taken sufficiently or timely, local residents' and responders' safety and health problems may be caused.

Fifth module regarding on-shore response decision making, suggests to make Shoreline Cleanup Assessment Technology (SCAT) system suited to our environment, and decision making procedures using the results from the SCAT.

In sixth module, as emergency advance payments of shoreline clean-up costs, emergency advance payments procedures and methods are suggested to solve the problem caused by the delay of payments of clean-up costs of local residents and private clean-up companies.

Seventh module deals with the Vessel of Opportunity (VOO) program, the study suggests the introduction to the system to use fishing boats and local residents as temporary oil spill clean-up resources. To improve the efficiency of the program, response equipments which will be installed on the fishing boats in case of oil spill incidents are suggested to be developed by government organizations such as KCG in advance of any oil spills.

Eighth module regarding scientific assistance to the shoreline clean-up, suggests that our country needs to operate a permanent institution such as NOAA in U.S.A., and CEDRE in France. Considering that a lot of shoreline response measures needed scientific assistance for OSC to make decisions and currently operating Response Skill Support Committee is not sufficient to provide those technical advices to the OSC timely, it is suggested that a permanent institution be established in KCG' R&D Center, KOEM, or Korea Ocean Research & Development Institute (KORDI).

Finally, in the sixth chapter, the study concluded with summary of all the previous chapters and several suggestions.



1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 국가 경제규모가 커지면서 경제활동에 투입되는 에너지 소비가 증가하고 이에 따른 원유 등 석유제품의 해상운송도 계속적으로 늘어나고 있다. 현재 한국은 연간 1억 5,000만톤의 원유를 수입하는 세계 제3위의 원유수입 국가로서 초대형 원유선(Very Large Crude Carrier, VLCC) 10여척이 상시로 국내 연안해역을 항해하거나 하역작업을 하고 있다. 이러한 해상운송의 활성화는 자연히 대규모 해양오염사고의 개연성을 높이고 있으며, 실제로 1995년 이후 100kl 이상의 유류유출사고는 31건이 발생하였고, 1,000kl 이상의 대형오염사고도 8건이나 발생하였다.⁽³⁴⁾ 국내에서 발생한 주요 유류유출사고 현황을 Table 1.1에 정리하여 나타냈다.

특히, 우리나라는 1995년에 씨프린스(Sea Prince)호의 대형 유류오염사고를 경험하면서 기름유출에 대한 피해의 심각성을 인식하기 시작하였다. 이에 유류오염사고에 대응하는 정부 조직과 역할을 조정하기 위하여 유출량과 해역에 따라 해양경찰청, 해운항만청, 수산청, 시·도에 분산되어 있던 방제업무를 해양경찰청으로 일원화하였다.

해양경찰청은 대규모 해양오염사고에 대비하기 위한 국가적 차원의 방제기본계획과 지역방제계획을 수립하고, 방제대책본부 설치 등 방제대응을 위한 지휘체계를 마련하였다. 또한 방제역량을 확충하기 위해 장비확보에 주력하는 한편, 해양오염방제조합을 설립하여 민간부문에서도 방제능력을 갖추도록 함으로써 국가와 민간이 공동으로 대응할 수 있는 체제를 구축하였다.

그러나 지난 2007년 12월에 태안 앞바다에서 발생한 허베이 스피리트(Hebei Spirit)호의 재난적 유류오염사고를 겪으면서 지난 10여 년간 추진해 왔던 국가 대응체제에 있어 미흡한 점들이 나타났고, 시대변화에 따른 국민들의 해양환경보전에 대한 요구(Needs)와 영향력이 그 어느 때보다 크다는 것을 실감하는 계기가 되었다. 이는 국민소득이 증가하고 주 5일제 근무가 정착되면서 일반 국

민이 해양으로부터 누리고자 하는 기대욕구가 증가하였고, 국가의 경제규모가 커지면서 기름유출과 해안표착으로 인하여 발생하는 유무형의 피해 또한 급속하게 늘어났으며, 이에 따라 국민들이 체감하는 피해 규모도 증가할 수밖에 없었기 때문이다.

Table 1.1 Major marine oil spill incidents in Korea

Date	Place	Overview	Pollutant	Spillage(kℓ)
'95. 7.23	Yeosu	While taking refuge from typhoon Faye, hit by wave and stranded on rocks south of Sori island, Yeucheon-gun	Sea Prince (tanker, 144,567 GRT)	Crude oil 4,155 B/C 879
'95. 9.21	Busan	On her way from Ulsan to Kwangyang, stranded on the rocks off Namhyeongjedo island near Busan and sank into the water about 70 meters	No.1 Yuil-ho (tanker, 1,591 GRT)	B/C 2,392
'95.11.17	Yeosu	While berthing at Honam oil refinery pier in Kwangyang, contacted with the pier due to poor piloting and punctured on her side	Honam Sapire (tanker, 142,448 GRT)	Crude oil 1,402
'97. 4. 3	Tong young	On her way from Ulsan to Gusan, ran aground in front of Tunggado, near Tongyong and sank into the sea	No.3 Osung (tanker, 786 GRT)	B/C 1,699
'03.12.31	Yeosu	While departing Yeosu port, collided with Sunghae, damaged on her portside	Jungyang-ho (tanker, 4,061 GRT)	B/C 623.3
'07.12. 7	Taeon	While anchoring in front of Deasan port, west of South Korea, hit by a crane-carrying barge and punctured on her side	Hebei Spirit (tanker, 146,848 GRT)	Crude oil 12,547

현재 우리나라의 유류오염 방제체제를 살펴보면, 총괄책임기관은 해양경찰청이지만 해상방제는 해양경찰청장이 담당하고, 해안방제는 지방자치단체의 장이 책임기관이 되는 이원적인 담당체제로 되어있어 구조적으로 효율적인 연계 기능이 곤란한 실정이다. 특히 지방자치단체는 대형 해양오염사고 발생 빈도가

낮아 우선순위에 밀려 방제장비 확보가 어렵고 해안방제에 대한 조직이나 방제 능력, 기술 등의 대응능력이 매우 미약한 상태이다.

허베이 스피리트호 사고수습에 대한 방제기간을 보면, 해상방제는 1개월 정도가 소요된 반면, 해안방제는 약 10개월 이상이 소요되어 해안방제에 대한 수습에 상당한 시간과 방제자원이 집중되었음을 알 수 있다. 이 사고에는 약 120만 여명의 자원봉사자가 해안방제에 참여함으로써 온 국민이 대형 유류오염사고를 국가 재난으로 인식하는 계기를 만드는 한편, 해양오염사고에 따른 수습 과정이 해안방제 중심의 재해대책에 초점이 맞춰지면서 발생한 환경 및 생태계 파괴, 피해 주민들 등 이해당사자간의 갈등과 상호불신의 문제가 더욱 크게 부각되었다.

이에 따라 허베이 스피리트호 사고 이후 해안방제에 대한 체제구축부터 적절한 방제방법의 선정, 작업자의 보건 및 안전, 방제업체·보험대리인과 지역주민·피해어민들과의 갈등, 해역특성이나 경제적 이용도에 따른 해안방제의 종료 시점, 방제비용 선지급 등의 문제들을 해결하는 것이 더욱 중요하게 여겨지게 되었다.

이에 본 연구에서는 허베이 스피리트호 유류오염사고에서 나타난 해안방제의 문제점을 분석하고 외국의 해안방제체제를 비교하면서 향후 우리나라의 선진 해안방제체계 구축을 위한 기본모델을 제시하고자 한다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구의 목적은 해안방제체계를 구축하기 위한 기본모델 설계에 있다. 우리나라 상황에 맞추어 국가적 차원의 해안방제체계를 개선하고 해안방제에 대한 역량 강화에 필요한 롤 모델(Role model)을 만들어 앞으로 정부가 추진하고 나아갈 방향을 제안하고자 한다.

여기에는 현재 우리나라의 해안에 대한 방제체제와 외국의 방제체제가 어떻게 구성·운영되어 있으며, 특히 최근에 발생한 허베이 스피리트호 유류오염사고와 미국 멕시코만 딥워터 호라이즌(Deepwater Horizon)호 원유유출사고에 대한 해안방제조치를 비교하고 평가 및 분석을 통해 우리나라에 맞는 최적의 해안방제 주안점을 제시한다.

이를 위해 우선 대형 유류오염사고로서 국내의 씨프린스호와 허베이 스피리트호의 사례를 이용하고, 외국의 경우에는 일본의 나호드카(Nakhodka)호, 프랑스의 에리카(Erika)호, 스페인의 프레스티지(Prestige)호 그리고 미국의 멕시코만 오염사고와 관련한 연구논문 및 보고서에서 해안방제에 초점을 맞추어 수습과정, 파생 문제점, 정책권고 사항 등을 중심으로 검토하였다. 또한 허베이 스피리트호 사고 전후로 해안방제와 관련하여 정부, 연구소, 관련 학회에서 발표되거나 발간된 학술지, 간행물, 단행본을 참고하였다.

통계자료로는 해양경찰청의 해양경찰백서와 해양오염사고통계, 국토해양부의 입항선박톤급별통계, 화물수송실적, 운항선박통계 등 공공기관의 통계연보와 그 밖의 기상청, 국립해양조사원, 미국해안경비대(United States Coast Guard, USCG), 걸프만복원(<http://www.restorethegulf.gov>), 유럽해사안전청(European Maritime Safety Agency, EMSA), 국제유조선선주오염연맹(International tanker Owner Pollution Federation, ITOPF), 국제유류오염손해보상기금(International Oil Pollution Compensation Fund, IOPC Fund), 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO) 등의 홈페이지 등의 인터넷 정보를 활용하고, 허베이 스피리트호 오염사

고 이후 정부가 추진하고 있는 해안방제시스템 구축 업무 등도 검토하였다.

본 연구는 다음과 같이 전체 6개의 장으로 구성되어 있다.

먼저 제1장에서는 연구의 배경 및 목적을 설명하고 연구방법 및 범위에 대하여 서술하였다.

제2장에서는 우리나라 해안방제 현황을 파악하기 위해 먼저 해안방제가 무엇인가에 대한 개념과 범위를 알아보고, 현재의 해안방제체계의 현황을 제도적, 조직운용, 자원지원의 3가지 측면에서 검토하고, 우리나라에서 일어났던 대규모 오염사고 사례를 통해 해안방제를 어떻게 수행했는지를 조사하였다.

제3장에서는 우리나라와 비교될 수 있는 미국, 일본 유럽 등 외국의 사고수습 사례를 대상으로 해안방제의 체제와 사고사례를 검토하였다.

제4장에서는 허베이 스피리트호 사고에서 운영되었던 해안방제체계 및 방제 방법 사례와 미국의 멕시코만 원유유출사고에서 운영되었던 해안방제체계 및 해안방제 사례를 중점적으로 살펴보고, 이에 대한 비교를 통한 평가와 분석을 수행하였다.

또한 우리나라의 해안 특성을 지역적, 사회경제적인 측면으로 분석하고, 유류물동량, 해양오염사고 현황 등을 통해 해안오염 취약성을 평가해 보았다. 여기에 해양경찰청에서 구축하여 운영중인 유출유 확산예측 시스템을 통해 이들 취약해역에 대한 대규모 기름유출시 해안표착 가능성 및 표착정도를 예측하여 종합적으로 분석하였다. 특히 최근 발생된 미국 멕시코만 오염사고 방제조치에 도입된 해안방제전략과 적용사례를 분석하였다.

제5장에서는 제4장에서 분석한 자료들을 바탕으로 우리나라 해안방제모델에 대한 기본 설계를 수행하였다. 모델에 대한 기본 설계는 방제조직 및 역할, 자원관리, 정보공유, 초기 안전관리, 해안오염평가, 방제비용 선지급, 어선활용 방제, 과학적 지원 등 8가지 분야로 나누고 각 분야에 대한 고려사항과 이에 대한 구체적인 모듈을 제시하였다.

마지막으로 제6장에서는 결론으로 해안방제전략 개발의 필요성과 시급함을 강조하고 이 연구에서 제시한 해안방제모델을 재정리하였다.

본 연구에서의 전반적인 연구의 흐름은 Fig. 1.1과 같다.

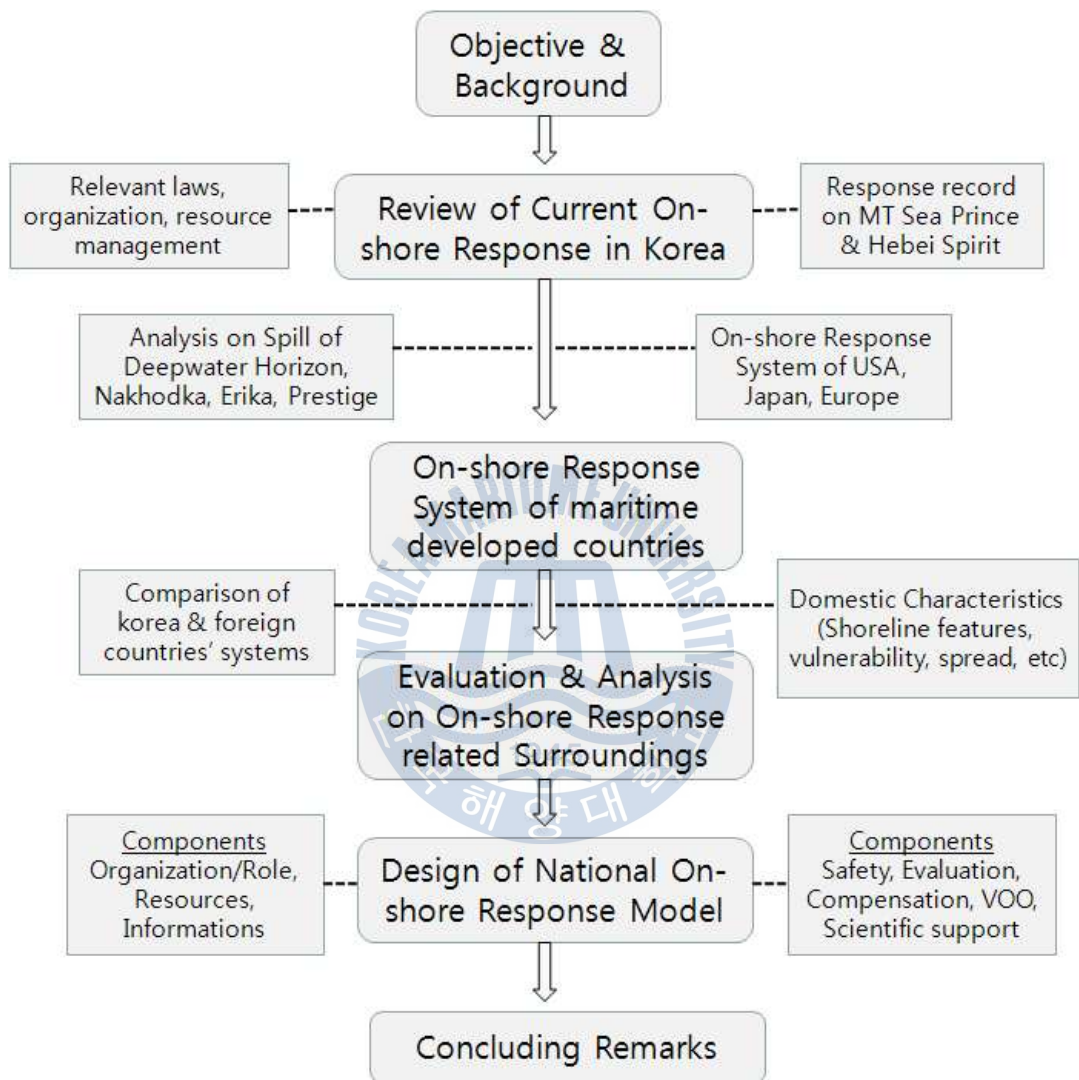


Fig. 1.1 Flowchart of the study

2장 우리나라 해안방제 현황



2.1 해안방제의 개요

2.1.1 해안방제 의미

해상에서의 선박 또는 해양시설로부터 유류유출사고가 발생하면 더 이상의 유출을 막기 위한 초동 응급조치와 함께 이미 유출되어 버린 기름에 대한 확산을 방지하고, 유출된 기름으로 인하여 발생될 오염피해를 최소화하기 위한 회수와 분산 등의 조치가 이루어진다. 이 때는 초기에 동원된 방제선박이 감당하기엔 기름 유출량이 월등히 많기 때문에 민감한 해안을 선정하여 보호조치를 병행하게 된다. 해상방제는 선박을 이용하여 이러한 조치를 하는 것까지 포함된다.

해상에 유출된 기름이 연안수역에 표착되게 되면 해안에서의 오염방지 및 기름제거를 위한 해안방제가 실시된다. 이 때 두텁게 표착된 기름은 다시 탈락되어 재부유할 가능성이 높기 때문에 재이탈 방지조치를 하는 동시에 해안에서 멀리 벗어난 기름에 대해서는 다시 해상방제를 하게 된다. 해안에 인접한 해상에 부유하는 기름은 해안방제팀이 수행하는 것이 효율적이다. 이러한 해안방제는 신속하게 이루어져야 하며 오염지역의 현장 여건에 적합한 방제장비와 방제 기술을 적용하지 않으면 그 오염 자체보다도 더욱 큰 피해를 초래하게 된다.

해안은 바위로 된 절벽부터 암반, 자갈해안, 모래사장, 갯벌, 습지 등 저질 종류가 다양하고 서로 다른 해역적 특성을 지니고 있어, 야생동물 및 어류들의 서식지를 비롯하여 양식, 관광, 휴양, 산업활동 등에 이용되고 있다.

이러한 곳에서의 해안방제는 기본적으로 많은 인력과 시간을 필요로 하게 되는 반면 비교적 단순한 작업으로서 해안의 특성과 사회·경제적 이용 여건에 적합한 기술을 사용한다면 효과적일 수 있으며, 지휘체계가 확실하고 잘 조직화된 방제팀을 구성하여 운영함으로써 성공적으로 해안방제를 수행할 수 있다.

해안방제 방법은 해안의 종류, 저질구조, 생태환경적인 특성과 해안의 사용목적에 따른 사회적, 경제적 활용 정도에 따라 결정되어야 하며, 방제 우선지역을

선정하기 위하여 해안의 오염정도를 평가하여 순위와 방법 등을 결정해야 한다. 다시 말해, 해안방제에 필요한 방제우선순위와 방제방법, 방제효과에 대한 모니터링, 작업 영향, 사고수습 과정에서 발생할 수 있는 문제점과 해결방안에 대한 메커니즘을 철저히 준비하고 대응체제를 구축하는 것이 절대적으로 필요하다.

2.1.2 해안방제 방법

기름의 해안표착에 따른 주요방제 방법의 종류를 Table 2.1에 정리하여 나타냈다. 먼저, 기름이 뒤덮인 암벽이나 오염된 모래지역 등을 구분하여 사람에 의한 수작업으로 직접 기름을 제거할 수 있고, 장비투입이 곤란하고 고립된 암석 해안에서도 효과적으로 대응할 수 있다. 다만 많은 인력과 시간이 걸리고, 작업자의 안전사고 발생에 항상 주의를 기울여야 하는 단점이 있다.

고온고압세척은 세척수가 미치는 곳의 생물이 사멸하기 때문에 미관이 아주 중요시되는 곳에 제한적으로 사용되고 있으며, 주로 방파제나 항구의 벽과 같은 인공구조물의 기름 제거는 중온저압세척을 적용하고 있다.

Table 2.1 Shoreline cleanup methods

Method	Objective and description	Applicable habitat types
Manual Recovery	- the most general shoreline cleanup method - Removal of surface oil using gloved hands, rakes, shovels, buckets, scrapers, sorbents, pitchforks, etc., and placing in containers	- All habitat types - areas with difficult access with machine - generate less waste and can focus only on contaminated areas
Natural recovery	No action is taken, although monitoring of contaminated areas may be required	All habitat types

Table 2.1 (Continued)

Method	Objective and description	Applicable habitat types
Vacuum	removing liquid oil stranded on coasts and inside riprap using vacuum units	- small and portable unit (beach cleaners) - Vacuum trucks are appropriate to dispose oil collected and recovered
Mechanical Removal	Oil and oiled sediments are collected and removed using mechanical equipment not specifically designed for pollution response, such as backhoes, graders, bulldozers, dredges, draglines, etc.	- On land possible wherever surface sediments are both amenable to, and accessible by, heavy equipment - For submerged oil, used in sheltered areas where oil accumulates
Sediment reworking /Tilling	The oiled sediments are roto-tilled, disked, or otherwise mixed using mechanical equipment or manual tools Along beaches, oiled sediments may also be pushed to the water's edge to enhance natural cleanup by wave activity (surf washing).	On any sedimentary substrate that can support mechanical equipment or foot traffic and hand tilling
Low-pressure, ambient-water flushing	Ambient-temperature water is sprayed at low pressures (<10 psi), usually from hand-held hoses, to lift oil from the substrate and float it to the water's edge for recovery by skimmers, vacuum, or sorbents.	- On substrates, riprap, and solid, man-made structures, where the oil is still fluid. - In wetlands and along vegetated banks where oil is trapped in vegetation
High-pressure, ambient-water flushing	Similar to low-pressure flushing, except that water pressure is 100-1,000 psi.	On bedrock, man-made structures, and gravel substrates
Low-pressure, hot-water flushing	Hot water (32~77°C) is sprayed with hoses at low pressures to liquify and lift oil from the substrate and float it to the water's edge for recovery by skimmers, vacuums, or sorbents.	On bedrock, and to gravel substrates, and man-made structures
High-pressure, hot-water flushing	Hot water is sprayed with hand-held wands at pressures greater than 100 psi.	Gravel substrates, bedrock, and man-made structures
Steam cleaning	Steam or very hot water is sprayed with hand-held wands at high pressures (>2,000 psi).	Man-made structures such as seawalls and riprap

Table 2.1 (Continued)

Method	Objective and description	Applicable habitat types
Sand blasting	Use of sandblasting equipment to remove oil from the substrate.	On heavily oiled bedrock, artificial structures such as seawalls and riprap
Flushing	A perforated header pipe or hose is placed above the oiled shore or bank. Ambient-temperature water is pumped through the header pipe at low pressure and flows downslope to the water where any oil released is trapped by booms and recovered by skimmers or other suitable equipment.	All shoreline types where the equipment can be effectively deployed. Not effective in steep intertidal areas
Bioremediation	Formulations containing specific hydrocarbon-degrading microbes are added to the oiled area	Insufficient information on impacts or effectiveness of this method
In-Situ Burning	Oil is burned when it is on a combustible substrate such as vegetation, logs, and other debris	On most habitats, except dry, muddy substrates
Vegetation cutting/removal	Oiled vegetation is cut with weed trimmers, blades, etc., and picked or raked up and bagged for disposal	Habitats composed of vegetation, such as salt marsh, sea grass beds, and kelp beds, which contain emergent, herbaceous vegetation of floating, aquatic vegetation

화학적 방법은 저독성 유처리제를 이용하여 기름을 분산시키는 방법으로, 선박 및 해양시설에서 유출된 지 얼마 되지 않은 초기의 기름 제거에 매우 효과적인 반면, 생태계의 영향 문제로 해안방제작업에는 거의 이용되지 않고 있다. 중장비를 이용하는 기계적 방법은 많은 양의 기름을 빨리 제거할 수 있으나, 생태계의 영향이 크고 비용이 많이 든다는 단점을 가지고 있다.

미생물정화 방법은 표착된 기름이나 기름분해 미생물이 씻겨나가지 않는 폐쇄된 해안에서는 적합하나 토양 내에 묻혀 있는 기름의 경우 미생물 분해가 느리다는 단점을 가지고 있다. 또한 온도, 용존산소, 영양염 등과 같은 환경조건에 영향을 많이 받는다.

2.2 해안방제 체제

2.2.1 제도적 측면

우리나라의 해양오염사고 대비·대응체제는 해양환경관리법과 국가긴급방제 계획에서 규정하고 있다.

해양환경관리법에는 해양경찰청장이 기름이 해양에 배출될 우려가 있거나 배출되는 경우를 대비하여 국가긴급방제계획을 수립하여 시행하게 하고(법 제61조), 지역별 실정에 맞는 지역긴급방제실행계획을 수립하도록 하고 있다(영 제44조 제2항). 또한 해양경찰청장은 해양오염사고로 인한 긴급방제를 총괄 지휘하며, 이를 위하여 방제대책본부를 설치할 수 있는 규정을 두고 있다(법 제62조).

해양오염사고는 기본적으로 방제의무자에게 방제조치 의무를 부여하고 있지만 자발적으로 방제조치를 행하지 않는 경우나 오염물질의 대규모 확산을 방지하기가 곤란한 경우 또는 긴급방제가 필요한 경우에는 해양경찰청장이 직접 방제조치를 하도록 하고 있다(법 제64조 제4항 및 제68조 제1항). 또한 해안의 자갈·모래 등에 달라붙은 기름에 대해서는 해당 지방자치단체의 장 또는 시설관리 행정기관의 장이 방제조치를 하도록 하고 있다(법 제68조 제2항).

지방자치단체의 장 또는 시설관리 행정기관의 장이 해안 표착유 제거의무를 부과하는 한편, 해양경찰청장에게도 해안방제에 사용되는 자재·약제, 방제장비, 인력 및 기술 등을 지방자치단체에 지원하도록 하고 있다(법 제68조 제3항).

국가긴급방제계획에는 기초자치단체의 장 또는 시설관리 행정기관의 장에게 해안방제를 위한 해안긴급방제실행계획을 수립하여 시행하도록 요구하고 있으며, 중앙부처를 포함한 공공기관에게도 관계법령 및 소관업무에 따라 자원봉사 활동 관리, 안전·보건 지도 및 응급의료 제공, 건강영향 조사 실시 등을 수행

하도록 임무와 역할을 부여하고 있다(제2장 제1절 제6호 및 제3장 제1절 제3호).

한편 재난 및 안전관리 기본법의 제3조 제1항의 재난에 해당하는 해양오염사고에 대하여 방제업무를 총괄 지휘하는 방제대책본부에 필요한 중앙정부 차원의 부처간 협조 및 지원대책의 수립·시행, 현장복구 및 피해보상 지원 등을 위하여 국토해양부 및 농림수산식품부에 중앙사고수습본부를 두고(법 제14조), 해당 관할 시·도나 시·군·구에 지역재난안전대책본부를 설치하여 방제대책본부와 협조하여 관할지역에서의 방제자원 지원, 지역차원의 사고수습 및 복구, 자원봉사활동 모집·배치 등을 관리 및 지원하도록 하고 있다(법 제16조).



2.2.2 조직운용 측면

대규모 해양오염사고는 기름의 유출규모와 피해정도 등을 고려하여 방제조직 및 방제세력의 대응수준을 Table 2.2와 같이 지역대응, 권역대응 및 국가대응의 3단계로 구분하고 있다.

Table 2.2 Three(3) levels of KCG's marine oil spill response

Levels	Scale	Description
1st level	Local response	- Marine oil spill incidents that can be responded with resources of only a Coast Guard office - In case of shoreline response, the incidents which contaminated only a local government)
2nd level	Regional response	- Marine oil spill incidents that should be responded with resources of more than a Coast Guard office and their impact can reach far over a Coast Guard's boundary - Marine oil spill incidents that can be responded with resources of only a Regional headquarter of KCG. - In case of shoreline response, marine oil spills whose impact can reach more than a local government's boundary
3rd level	National response	Marine oil spill incidents that is needed to mobilize all of national response resources all over the country

해양경찰청장은 해양오염사고가 발생하면 우선 사고의 유형과 규모, 배출물질의 탐색·탐지, 확산상황, 기상 및 해상상태 등을 파악하고 위험영향을 평가하여 주민·대응요원의 안전, 사고의 확대 및 피해확산의 방지를 위한 필요한 조치를 우선적으로 취한다. 이러한 해양오염 방제조치를 위한 대응조직과 주요 임무를 설치주체 및 기관 고유의 업무 특성에 따라 Fig. 2.1과 Table 2.3에 나타났다.

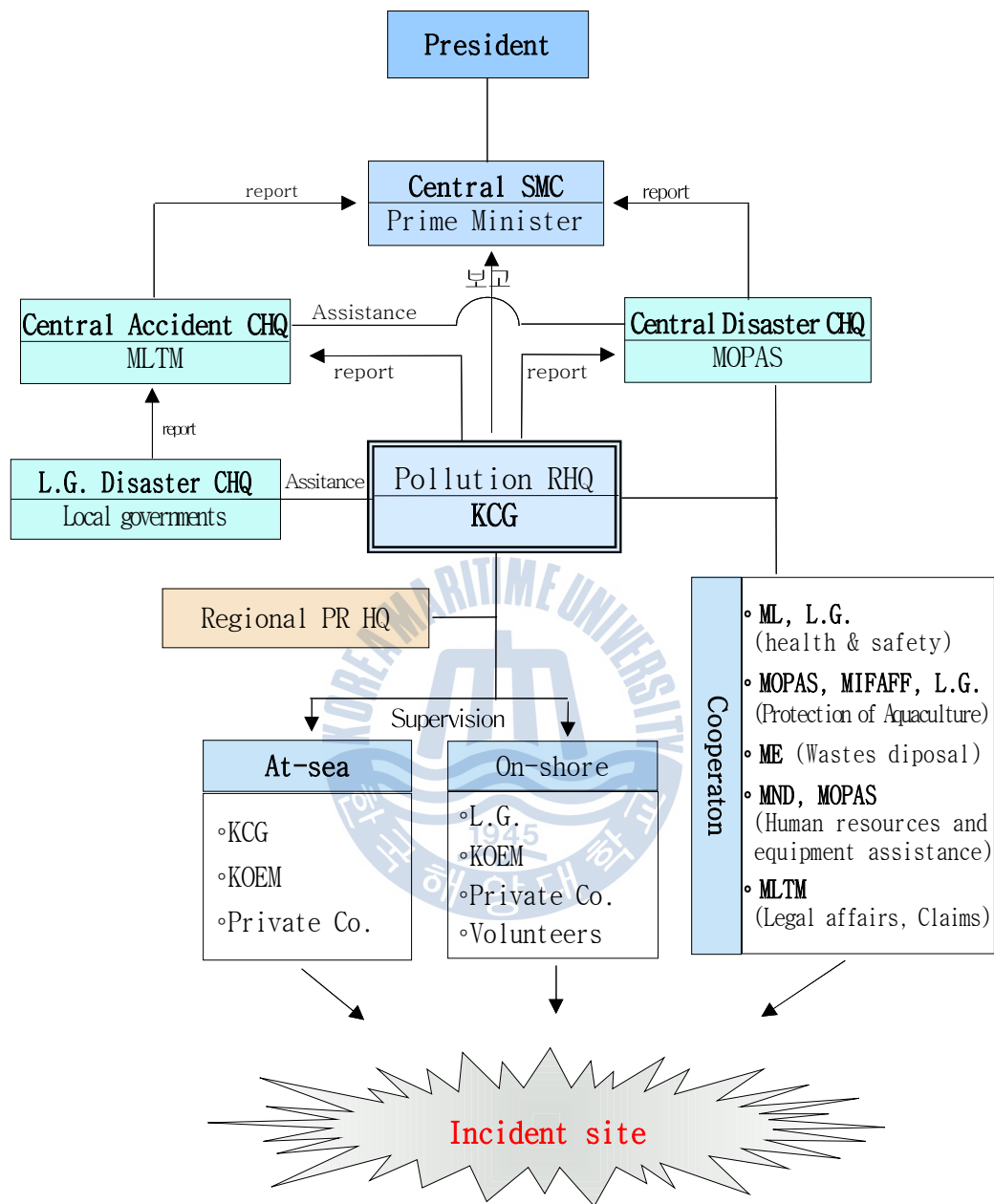


Fig. 2.1 National response scheme for large-scale marine oil spill incidents in Korea

Table 2.3 Response centers for large-scale marine oil spills

Classification	Person in charge	Relevant Acts	Main duties related to onshore response
Pollution Response HQ	Commissioner of KCG	Marine Environment Management Act	- overall supervision of pollution response - Establishment of pollution response HQ and on-site command posts - Establishment of supply bases - Reception, supply, distribution of equipment, materials - Management of volunteers
Central Accident Countermeasure HQ	Ministers of MLTM or MIFAFF	Framework Act of the Management of Disasters and Safety	- Coordination among government organizations - Making and implementation of assistance plan - Supply of Response resources - Assistance of restoration and compensation of damages
Regional Disaster Countermeasure HQ	Governors of Local governments	"	- Assistance of resources needed for emergency response - Handling of accidents and restoration in local level - Recruit and deployment of Volunteers
Technology support committee	Appointed by Commissioner of KCG	Marine Environment Management Act	- Technical support for the oil pollution response

해양환경관리법에 따라 해양경찰청장은 방제작업을 총괄 지휘하기 위하여 방제대책본부를 운영한다. 또한 사고규모, 환경조건, 피해상황, 기상상태 등을 고려하여 지방해양경찰청장 또는 해양경찰서장에게 위임할 수 있다. 방제대책본부는 전략기획팀, 행정예산팀, 보급지원팀과 방제작업팀 등 크게 4개의 팀으로 구성되어 있으며, 각 팀 아래에 지휘통제반, 방제전략반, 상황관리반, 재정관리반, 예산지원반, 대민·관협조반, 방제자원보급반, 통신운영반 등 20개 반을 운영하면서 상황에 따라 확대 또는 축소 운영할 수 있도록 하고 있다. 또한 방제본부장을 지원하기 위한 참모 기능으로써 홍보·섭외, 해안오염평가, 방제기술지원협의회, 법률 고문 등을 위한 별도의 팀을 운영하고 있다.⁽³³⁾

한편 재난 및 안전관리 기본법에 따라 국토해양부장관 및 농림수산식품부장

관은 중앙사고수습본부를 운영하여 중앙정부 차원의 부처간 협조 및 지원대책을 수립하고, 해당 관할 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 지역재난안전대책본부를 설치하고 방제대책본부와 협조하여 해안에 대한 방제조치와 자원봉사활동에 대한 동원·관리를 담당한다.

사고현장에서의 방제조치는 방제대책본부 내에 총괄조정관(On-Scene Coordinator)을 통해 방제작업팀 내에 해상방제, 해안방제, 항공방제 3개의 팀에서 실시하며, 해상방제는 해양경찰청, 해양환경관리공단 및 민간방제업체가 담당하고, 해안방제는 해당 지방자치단체 또는 시설관리 행정기관, 해양환경관리공단 및 민간방제업체가 실시하게 된다. 항공방제는 해양경찰청뿐만 아니라 산림청 등의 항공세력을 지원받아 수행하게 된다.

해상에서의 필요한 조치에도 불구하고 해안의 자갈·모래 등에 달라붙은 기름에 대해서는 지방자치단체의 장 또는 시설관리 행정기관의 장이 방제의무자에게 시한을 정하여 방제조치를 하도록 명령할 수 있고, 그 명령에 따르지 아니하는 경우에는 직접 방제조치를 해야 한다. 이 경우 해양경찰청장에게는 해안방제에 필요한 방제장비, 인력 및 기술 등을 지원하도록 하고 있다.

해양경찰청장은 방제자원을 신속하게 제공할 수 있도록 현장보급소를 운영하며, 환경부장관은 수거한 기름의 저장·운반 및 처리에 대한 지도·감독을 한다. 해당 지방자치단체의 장은 수거한 기름 및 폐기물의 임시저장에 필요한 장소를 제공하고, 행정안전부장관 및 지방자치단체의 장은 자원봉사 활동을 지원·관리하며, 그 외에 중앙부처를 포함한 공공기관은 국가긴급방제계획에 근거하여 Table 2.4와 같이 각자의 부여된 임무에 따라 방제작업을 지원하고 있다. 이를 위해 방제대책본부의 해안방제팀 안에는 해안오염조사·평가, 현장지도, 현장보급소운영, 폐기물관리 4개의 반을 운영하여 Table 2.5와 같이 해안방제에 필요한 임무를 수행하도록 하고 있다.

Table 2.4 Duties and roles of organizations relevant to shoreline cleanup

Relevant organization	Duties and roles related to onshore response
Korea Coast Guard	- Establishment of command posts and supply bases - Assistance of response materials, personnel and skills
Minister of Labor	- Monitoring and management of safety at incident sites
Minister of Health and Welfare	- Management of responders' health and medical support
Minister of Environment	- Survey on impact of incident on human health
Heads of MW, MOPAS, National Emergency Management Agency, Local Governments	- Rescue, emergency treatment, transportation of the died or injured
National Police	- Site control and maintenance of order at site
Heads of MLTM, MIFAFF, ME and Local Governments	- Ban of fishing and aquaculture, - Development and implementation of restoration measures
Minster of ME and Governors of L.G.	Rescue and rehabilitation of wildlife

* 출처 : 국가긴급방제계획, 해양경찰청, 2009. 4

방제기술지원협의회는 방제일반, 방제기술, 오염물질, 선체구난, 보험법률, 위험·유해물질(Hazardous and Noxious Substances, HNS) 등 6개 분야, 총 26명의 전문가로 구성되어, 사고현장 또는 원거리 통신을 통하여 방제조치에 필요한 각 분야의 전문 기술자문과 정보 제공을 하고 있다.

Table 2.5 Composition and duties of shoreline cleanup teams

Classification	Composition	Duties
SCAT team	Members of relevant Local governments and KCG offices	- Survey on types of coasts and status of contamination - Documentation of data related to damages from the pollution and assessment of the damages - Recommendation of shoreline cleanup methods and end points based on the contamination condition - Review of necessity and recommendation of cleanup measures for sensitive areas - Collection of data related to effectiveness of applied measures
Site control section	Members of KCG dispatched to the site	- Consultation with local governments about deployment of response personnel and equipment - Keeping cooperation relations with environment conservation entities - Deployment of management of volunteers - Guidance of shoreline cleanup measures of local governments - Identification of shoreline oiling conditions and sketching of pollution information map
On-site Supply Base Operation section	Members of KCG dispatched to the site	- Designation and operation of supply base (resources assembly and stand-by places) at appropriate places - Management of response materials and supplies
Wastes disposal management section	Members of ME and Local Governments dispatched to the site	- Operation and management of temporary waste oil storage facilities (record of disposal quantities) - Collection of waste debris and waste oil, mobilization of transportation and secureness of entrance

* 출처 : 방제대책본부 운영규칙, 해양경찰청, 2011. 11

2.2.3 자원지원 측면

해안방제 조치에 필요한 장비는 해양경찰청 및 기름을 저장·정제하는 해양 시설, 해양환경관리공단, 민간방제업체, 지방자치단체와 시설관리 행정기관 등에서 보유하고 있으며, 국내방제자원 보유현황을 Table 2.6에 정리하여 나타냈다.

Table 2.6 Stockpiles of national oil spill response equipment and materials

	Skim-mers	Oil fence (km)	High pressure sprayer	Beach cleaners	storage cans and drums	transportation pumps	motor sprayers	manual sprayers	Protective clothing
KCG	72	16	19	-	454	41	32	5	3,245
Port authorities	-	15	-	-	-	-	-	-	-
Navy	2	10	-	-	6	-	8	5	-
Local governments	3	57	-	-	4	-	3	10	313
KOEM	77	31	31	16	100	24	14	5	730
Private Co.	20	15	81	-	20	54	21	9	6,734
etc	10	13	3	-	55	5	16	7	1,060
Total	184	197	134	16	639	124	94	41	12,082

해안방제작업에 사용되는 장비와 자재는 방제작업자의 개인보호장구인 작업복, 장화, 모자, 장갑 등과 방제작업 도구인 쇠스랑, 갈퀴, 삽, 플라스틱 자루 그리고 기계적 수거를 위한 장비인 오일펜스(해안용), 이동용 유회수기, 비치크리너 및 대형 펌프와 건설용 중장비 등이 필요하다. 이들 장비는 기본적으로 지방자치단체나 시설관리 행정기관에서 확보하여 비축해야 하지만 이들 기관은 사고 빈도, 재정상태 등을 사유로 개인보호장구와 작업도구를 충분히 보유하고 있지 못하다. 특히 기계적 수거에 필요한 장비는 해안특성에 따라 방제방법이 다르고, 이에 따라 투입되는 장비도 다르기 때문에 이를 모두 확보할 수는 없고, 평소에 건설공사 등 다른 용도로 사용되고 있으므로 해안방제 조치에 투입할 수 있는 장비에 대한 소재과약 및 임대를 위한 사전목록 확보도 어려운 실정이다. 이렇기 때문에 다른 용도로 사용되지 아니하는 해안방제용 장비인 오일펜스, 비치크리너, 이송펌프 등은 해양경찰청이나 해양환경관리공단, 민간방제업체 등에 의존하고 있는 실정이다. 더더욱 이를 관리하고 책임질 인력은 자

체 1~2명이 겸임하여 담당하고 있어 전문인력이 부족하다.

이에 해양경찰청에서는 대형 유류오염사고에 대비하고 지방자치단체 등의 해안방제조치에 필요한 방제자원의 신속한 지원과 안정적인 보급체계를 유지하기 위해, 정유사가 집중 소재한 대산, 광양, 울산 등 3개 지역을 중심으로 서해, 남해, 동해지역을 담당하도록 방제비축기지를 신축하였다. 여기에는 재난적 오염사고 초기에 부족할 수 있는 기자재를 지원할 수 있도록 개인보호장구, 수거작업도구 세트, 유흡작재, 저장용기, 이송펌프, 세척기 등을 연차적으로 비축 중에 있다.

방제자원의 지원체계를 보면, 먼저 지역대응단계(1st level)에서는 관할 지역의 해양경찰서, 해양환경관리공단 및 민간방제업체, 기초 지방자치단체, 관계기관 및 단·업체의 방제기자재를 우선적으로 동원하여 사용하며, 권역대응의 단계(2nd level)로 전환되면 부족한 방제자원의 확충을 위해 지방해양경찰청, 광역 지방자치단체 등이 관할 및 인접한 지역의 방제세력을 신속하게 동원하도록 하며, 관할 해역 방제비축기지과 다른 해역의 비축기지에 있는 기자재도 지원받게 된다. 국가대응단계(3rd level)에서는 전국의 방제자원을 동원하게 되며, 이때 관계기관, 해양환경관리공단 및 민간방제업체, 선박 및 해양시설 등의 보유 방제자원을 긴급 동원할 수 있으며, 해상·해안에 현장보급소를 운영하여 방제현장에 신속히 배치하게 된다. 또한 방제자원을 보유한 관계기관도 정당한 사유가 없는 한 이에 적극 협조하도록 되어 있다(국가긴급방제계획 제4장 제6절 제1호).

2.3 해안방제 사례

2.3.1. 씨프린스호 사고

씨프린스(Sea Prince)호는 1995년 7월 23일, 여수항 내의 호남정유(현 GS 칼텍스 정유) 터미널에서 중동지역 원유 266,850톤을 양하하던 도중에 우리나라로 접근하고 있는 태풍 페이(Faye)의 영향으로 작업을 중단하고 대피 중에, Fig. 2.2와 같이 전남 여수시 남면 소리도 앞바다에서 좌초되어 기름 5,035kl를 유출하게 되었다.

이 사고로 해상에 유출된 기름은 여수 해역 일대를 비롯하여 경남 남해, 거제, 부산, 울산, 포항까지 204km의 해상을 오염시키고, 129개 지역 73.2km의 광범위한 해안에 표착되면서, 총 3,826ha에 달하는 양식장에 피해를 입혔다.



Fig. 2.2 Sea Prince oil spill incident in 1995

해안방제 작업은 여천군청의 주도 하에 선박소유자인 (주)호유해운이 주관하여 실시하였다. 호유해운 측은 각 지역의 방제업체와 지역주민을 동원하여 방제작업을 하도록 하고, 방제현장에 자사 직원을 작업감독으로 파견하여 영세한 방제업체의 작업을 지휘·감독하는 형태로 작업을 진행시켰다. 아울러 외국의

전문가와 국제유조선선주오염방지연맹(International Tanker Owners Pollution Federation Ltd., ITOPF)의 자문을 받으며 외국 장비를 임대하면서 자갈을 세척할 수 있는 세척기도 제작하여 작업현장에 투입함으로써 작업 효율성을 높이하고자 하였다.

사고 3일 후인 7월 26일부터 시작한 해안방제 작업은 같은 해 11월 17일까지 덕포 해안을 제외한 총 128개 전 지역에서 완료되었으며, 오염이 가장 심했던 덕포 해안은 1996년 4월 1일부터 7월 17일까지 진행되었고, 2001년까지 추가작업을 실시하였다. 이렇게 수행된 주요 해안방제 작업의 구체적인 내용을 Table 2.7에 정리하여 나타냈다.(Fig. 2.3)

Table 2.7 Overview of shoreline cleanup activities

classification of periods		Areas of activity
1st period	'95. 7.26 ~ 11.17	- Jeonnam Province, Dolsan island, Nammyeon coasts etc 46.9km - Namhea, Geoje coasts in Kyungnam 10.6km - Busan Heaundae, Tejongdae, and Ulsan coasts 15.7km
2nd period	'96. 4. 1 ~ 7.17	- Dukpo coasts, Sorido, Nammyeon, Yeosu
3rd period	'98. 3.25 ~ 4.14	- Coasts of Dangpo, Sorido, Soyou, Kyumhodo, Sohoenggando in Nammyeon, Yeosu
4th period	'99. 4.29 ~ 5. 1	- Coasts of Nampo and Dukpo, Sorido, Soyou, Yeonmok, Sohoenggando, Daehoenggando, Whataedo, Nabaldo in Kyumodo, Nammyeon, Yeosu
5th period	'01.10.29 ~ 11.19	-Dukpo coasts, Sorido, Nammyeon, Yeosu

사고초기 방제작업은 지역별로 지정된 방제업체가 지역주민들을 동원하여 바 위 등에 묻어있는 기름을 흡착재나 걸레 등을 이용하여 닦아내는 작업(대표적인 수작업으로 ‘갯닦기’ 라고 함)을 행하였다. 연안으로 밀린 기름 층은 유회수기 등을 이용하여 기계적으로 수거하였고, 방파제, 암반 등 사람의 접근이 쉽지 않은 지역의 표착유는 고압세척기를 이용하여 제거하였다. 그러나 대부분의 지

역에서 수작업에 의한 방제작업을 수행함으로써 시간이 많이 소요되었다.(Fig. 2.4)



Fig. 2.3 Containment measures for spilt oil at Sea Prince incident

1996년 4월 1일부터 7월 17일까지 실시한 덕포만 2차 방제작업은 국내에서 처음으로 중장비인 포크레인을 이용하여 기름이 묻어 있는 자갈을 파내어 경유가 들어있는 세척 통에 담아, 표착유를 용해시킨 후 자갈을 바닷물로 다시 세척하여 복구시키는 방법으로 진행되었다. 위와 같은 방제작업을 2년에 걸쳐 수행하였음에도 불구하고 심하게 오염된 해안에서는 이후에도 잔존 기름이 발견되어 추가로 잔존유 및 탄분 성분을 제거하기 위한 작업이 몇 차례 더 수행되었다.

당시 해안방제 작업에 대한 종료기준은 국내외적으로 명확히 정해진 것이 없어, 씨프린스호 사고 당시 해안방제 종료는 관계기관인 해양경찰의 육안 확인 검사를 받은 후 해당지역 주민들의 완료동의서를 받아 작업을 종료하는 형식으로 이뤄졌다. 이후에도 방제 완료된 해안에서 기름이 발견되면 호남해운 측에서 방제작업자를 투입하여 재차 기름제거 작업을 수행하였다.



Fig. 2.4 Shoreline cleanup activities at Sea Prince incident

씨프린스호 사고는 우리나라 방제제도 및 방제능력의 취약성을 확인시켜주었으며, 국내에서도 외국과 같이 수만 톤 내지 수십만 톤의 초대형 유조선에 의한 재난적 해양오염사고가 발생할 가능성이 있다는 점과 유류유출사고 피해의 심각성을 인식하게 되는 계기가 되었다.

2.3.2 허베이 스피리트호 사고

2007년 12월 7일 태안군 원북면 신도 남서방 6마일 해상에서 투묘 중에 있던 허베이 스피리트(Hebei Spirit)호는 풍랑주의보 속에서 예인하던 삼성 T-5호의 예인줄이 끊어지면서 크레인 부선(삼성 1호)과 충돌하면서 탱크 3개소가 파공

되어 Fig. 2.5와 같이 원유 12,547kl을 해상에 유출시켰다.



Fig. 2.5 Hebei Spirit oil spill incident and shoreline contamination

유출된 기름은 서해안의 빠른 조류와 함께 강한 북서풍의 영향으로 빠르게 해안 쪽으로 유입되어 사고 발생 14시간 후에 태안군 소원면 의항리 구름포를 시작으로 만리포 해안에 밀려들었다. 이 기름은 다음날 원북면 방갈리 함암포, 소원면 모항리까지 17km 해안과 3일째는 소원면 과도리까지 40km 해안, 4일째 이원면 내리 만대 해안까지 총 70km 해안으로 확산되었다. 또한 해안으로 유입되지 않은 일부 기름은 타르 상태로 변하여 사고발생 11일째 군산 말도 해상까지 남하하였으며, 27일째에는 제주도 추자도 해안, 31일째에는 사고해역에서 380km 떨어진 제주시 조천읍 다려도 해안까지 유입이 확인되었다.

유출된 기름은 충남지역 167km, 전라지역 113.3km의 해안에 영향을 주었으며, 충남지역 15,039ha와 전라지역 19,017ha의 양식장에 피해를 입히고 총 38,400가구에 영향을 준 것으로 나타났다.

유류유출사고 발생에 따라 태안해양경찰서에 해양경찰청장을 본부장으로 방제대책본부가 설치되고 충청남도, 태안군, 서산시, 보령시, 대산지방해양항만청, 육군 32사단, 해군 2함대사령부, 해양환경관리공단 등에서 파견된 인력이 상주하면서 사고 대응을 하였다. 또한 기름이 표착한 해안에는 10개의 현장지휘소

를 설치하여 해안별 방제방법, 폐기물 처리 등의 방제작업계획을 수립하고 인력·장비 투입계획과 작업자들의 안전관리 등 방제작업에 대한 지휘 및 관리를 수행하였다.

허베이 스피리트호 사고시에 해안방제 작업은 크게 다섯 단계로 구분할 수 있다. 먼저 첫 번째 단계는 사고 발생 직후부터 12월 10일까지의 응급 초동조치 단계로, 파공 탱크에서 유출되는 기름을 최소화하기 위한 봉쇄조치와 어장·양식장 등 민감자원이 많은 해역으로 기름이 유입되는 것을 차단하는 작업이 중심을 이루었다. 사고 당시 사고해역에는 파랑주의보(해상의 바람이 14~16m/s, 파고가 3~4m 이상일 때 발효되는 기상특보)가 발표되었는데, 설치된 오일펜스는 조류 1노트 이상인 경우에 기능이 저하되고, 유회수 작업은 파고 1m 이상인 경우에 효율이 현격히 낮아지며, 2m 이상인 경우에는 작업이 거의 불가능하기 때문에 정상적인 방제활동을 수행하기가 곤란한 상태였다.



Fig. 2.6 Oil boom deployed for protection of sensitive areas

사고 직후 해양경찰청의 방제정이 사고선 주변에 오일펜스를 설치하려고 하였으나 높은 파고와 강한 조류로 오일펜스의 중간부분이 절단되는 상황이 발생하였다. 그래서 방제활동은 가로림만, 근소만, 천수만 등에 기름이 유입되는 것을 방지하기 위해 Fig. 2.6과 같이 만으로 들어가는 길목에 오일펜스를 3~5중

으로 설치하고, 외해에 부유중인 유출 기름에 대해서는 유처리제를 사용하여 분산과 휘발을 촉진시켰다.

두 번째 단계는 12월 11일부터 17일까지의 긴급방제단계로, 오일펜스를 추가로 설치하여 해상에 유출된 기름의 확산을 방지하고, 방제정과 일반선박 등을 총동원하여 기름 회수에 집중하였다. 이 단계에서는 본격적인 해안방제가 실시되었는데, 현장지휘소를 설치하고 전국에서 매일 2~3만 명이 넘는 자원봉사자들과 군 병력이 참여하여 지역특성과 오염상태에 따라 배치되어 방제작업을 실시하는 시기였다. 이때 방제작업은 먼저 유출이 두꺼운 해안에서 양동이, 바가지 등을 이용하여 인력에 의해 직접 수작업으로 수거하였고, 모래사장 같은 곳에서는 넝가래, 비치크리너 등을 이용하여 제거하였다. 바위에 고착된 기름은 세척기로 세척하거나 마른 걸레, 헝겊, 흡착재로 갇담기를 실시하였다.(Fig. 2.7)



Fig. 2.7 On-shore response - manual recovery

세 번째 단계는 12월 18일부터 다음 해 1월 8일까지의 방제 확대 단계로, 남하하는 타르 수거에 해상세력을 집중 배치하고 파도에 씻겨 나갈 우려가 있는 해안 표착유를 Fig. 2.8과 같이 유회수기 등을 이용하여 우선하여 수거하였다. 이 단계에서는 충남지역 뿐만 아니라 전라도의 도서지역까지 타르덩어리가 표착되는 등 오염범위가 확대됨에 따라 해안별로 방제우선순위를 정하고 긴급한

해안부터 방제작업을 실시하였다. 해안에 밀집된 기름 중에 파도에 씻겨 나갈 우려가 있는 기름을 우선하여 중점적으로 수거하였다.



Fig. 2.8 Onshore skimming operations using skimmers

네 번째 단계는 1월 9일부터 1월 31일까지의 방제 안정화 단계로, 해안오염 평가 방제정보지도를 작성하여 지역특성에 적합한 맞춤형 방제가 실시되었다. 모래 해안에 스며든 기름은 모래 뒤집기와 벧짚을 조간대 해변에 깔아 조석과 파도를 이용하여 부상하는 기름을 흡착하는 방법으로 제거하였다. 또한 자갈사이로 고착화된 유출 기름은 고압세척기 등을 이용하여 세척하였다. 방제정보지도는 해안특성 및 오염정도에 따라 해안을 구분하여 오염해안에 대한 상세 조사결과에 근거하여 최적의 방제방법을 선정할 수 있도록 작성되었다. 또한 UN의 권고로 우리나라를 방문한 캐나다의 해안방제평가팀은 만리포, 천리포, 신두리 오염해안에 대한 정밀조사('07.12.29~'08.1.10)를 실시하고 그 결과 및 조기복원을 위한 권고사항을 제시하였다.

마지막 다섯 번째 단계는 2월 1일부터는 10월 10일까지로, 장기 전문방제 및 마무리 순으로 이루어 졌다. 오염된 해안에 대해서는 뒤집기, 골파기로 파도에 노출시켜 자연정화를 유도하였고, 오염도가 비교적 높은 지역의 방파제나 암반 표면에 말라붙은 기름은 고압세척기로 세척하는 등 장비를 집중 투입하여 오염

물질을 제거하였다.(Fig. 2.9)



Fig. 2.9 Removal of surface and subsurface oil

해안방제 작업은 2008년 7월 7일 육지의 해안방제가 마무리되고, 같은 해 10월 10일 도서지역의 해안방제까지 전체적인 해안방제가 완료되었다. 이 때 이용된 해안방제방법은 인력에 의한 직접 퍼담기, 기계적 회수, 닦아내기, 고압세척, 저압세척, 온수세척, 갈아엎기, 골파기 등 다양한 방법이 적용되었으며, 시험적으로 기름세정제 및 미생물처리제가 사용되기도 하였다. 대표적으로 사용된 해안방제방법을 Table 2.8에 정리하여 나타냈다.

Table 2.8 Shoreline cleanup measures applied at Hebei Spirit incident in 2007

Measures	Photographs	Main contents
Manual recovery		◦ Target area and period ◦ Pooled bulky oil on pebble or sand beaches, between rock revetments at the early stage of incident (about 70 km between Mandaе ~ Padori) ◦ As oil hardens or sticks to the surface, the method changed to cleaning with hands 10 days after the incident
		◦ Cleanup method and materials used ◦ Description: filling oil in buckets using bowl, shovels, dustpans etc, and moving the oil-filled buckets from hand to hand ◦ Rocky cliffs: army, police, fire officers were mainly dispatched ※ military units and fire brigades made entrance and then cleanup workers were sent in ◦ Pebble/sand beaches: residents, volunteers were mainly dispatched
		◦ Problems and plan to improve ◦ shortage in buckets and temporary storage tanks ◦ difficulty in controlling large personnel ◦ confused chain of command in onshore response
Mechanical recovery		◦ Target area and period ◦ Corralling oil deploying oil booms around harbor breakwaters, low onshore areas, etc and then recovering oil using skimmers ◦ As the recovering efficiency has decreased dramatically 5 days after the incident, scooping and cleaning with hands were carried out mainly
		◦ Cleanup method and materials used ◦ Description: recovering oil using disk skimmers, beach cleaners, pumping trucks, sewer dredging vehicles, vacuum trucks ◦ Mobilized resources: KCG, KOEM, private cleanup Co. etc ※ 42 skimmers, 151 vacuum trucks, 46 km of oil booms ◦ vessels were used to clean shorelines with difficulty in access of equipment by land
		◦ Problems and plan to improve ◦ constraints in access and cleanup activities for some onshore areas due to tide and geographical characteristics

Table 2.8 (Continued)

Measures	Photographs	Main contents
sorbents		Target area and period ◦deploying boom-type sorbents around lightly oiled low onshore areas and absorbing and recovering floating oil during rising tides ◦recovering oil stranded on the near-shore areas where oil gathers easily by waves and tides to prevent re-mobilizing the oil and contaminating other areas
		Cleanup method and materials used ◦mobilizing all materials that can absorb oil, such as sorbents, used clothing, rice straws, used placards, straw mat, etc ◦recovering oil using scooping nets
		skimming re-mobilized oil using small fishing boats and work boats Problems and plan to improve ◦causing secondary contamination by too much use of sorbents and bottleneck phenomenon in collection of wastes
Cleaning with hands		Target area and period ◦removal of thick oil stuck to bedrock and pebble ◦spilled oil had hardened due to cold winter weather and stranded on shorelines ※ military units and fire brigades made entrance and then cleanup workers were sent in ◦onshore areas with difficulty in access to, volunteers were dispatched after securing entry roads ※ temporary steps and work roads set up for cliffs with difficulty in access to
		Cleanup method and materials used ◦Using sorbents, used cloth, brush, tooth brush, etc - volunteers, residents: safe areas with gentle slopes - military, police, fire brigade: risky areas with difficult access
		◦cleaning small pebbles with hands and relocating them below intertidal zones for surf washing - dispatching volunteers into several regions based on workloads Problems and plan to improve ◦cleanup activities were delayed in areas with difficult access such as cliffs ◦long period was taken to carry out cleaning with hands due to cold winter weather

Table 2.8 (Continued)

Measures	Photographs	Main contents
tilling, sediment reworking		◦Target area and period ◦from the moment when surface oil on Manri-po, Chunri-po, Sindu-ri, Hackam-po beaches was nearly removed, up to July, 2008 ◦tilling with tractors, mixing sand with backhoes, sediment reworking with graders, bulldozers, dredges, etc ◦tilling and sediment reworking during falling tide and removal of floating oil with sorbents and rice straws during rising tides
		◦Cleanup method and materials used ◦tractors, backhoes, graders and sorbents - tilling and sediment reworking with tractors and backhoes and removal of floating oil during rising tides
		◦Problems and plan to improve ◦environmental damage caused by mobilization of heavy machinery ◦damage of ecosystem by tilling and sediment mixing
High-pressure flushing		◦Target area and period ◦ambient-temperature water was sprayed at high pressure (100~1,000 psi) from hand-held hoses to remove oil from the surface of breakwaters, bedrocks, man-made structures, riprap, etc - deployment of oil boom prior to cleanup activities to prevent secondary contamination - using ambient-temperature (below 40℃) water to prevent environmental damages ◦deployment of oil snare, oil boom and roll-type sorbents to prevent secondary contamination ◦combined treatment with chemical agents such as dispersants was prohibited
		
		◦Problems and plan to improve ◦inevitable use of warm water due to cold winter temperature ◦slow progress in vulnerable places such as deep inside riprap

Table 2.8 (Continued)

Measures	Photographs	Main contents
Low-pressure flushing		◦Target area and period
		◦target shoreline: overall segment between Mandae ~ Padori (flushing oil penetrated into pebble and sand beaches) ◦A perforated header pipe or hose is placed above oil penetrated pebble beaches, and ambient-temperature water is pumped through the header pipe and flows downslope to the sea ◦oil penetrated into the substrates in upper intertidal zone was removed during spring tide
		◦Problems and plan to improve ◦environmental damages caused by mobilization of heavy machinery for flushing
Warm-water cleaning		◦Target area and period
		◦target area: pebble beaches in Hakam-po, Pado-ri, Gaui-do ◦method: removal of oil stuck to and stiffened on surface of pebbles using warm water, and relocating the cleaned pebbles at the original sites ◦steel tanks with heating system, fork lifts, tractors, dispersants
		◦Problems and plan to improve ◦long time taken for the movement of pebbles ◦low efficiency due to energy consumption by heating
others		◦Target area and period
		◦for heavily contaminated pebble and sand beaches with easy access (Manri-po, Chenri-po, Beakri-po, Shindu-ri beaches) ◦digging long pits in the upper intertidal zones using backhoes, fork lifts, etc, at early stage of incident and trapping oil in the pits during rising tides ◦spreading straw mats and rice straws on the beaches around the neap tide and absorbing and recovering floating oil
		◦Problems and plan to improve ◦causing secondary contamination by not-recovered straws and sorbents to other areas

2.4 요약

해상에서의 대형 유류유출사고는 초기에 해상에서 감당하기엔 기름유출량이 월등히 많기 때문에 민감해안에 대한 보호조치와 함께 해안에 표착된 기름에 대한 신속한 해안방제작업이 필요하다. 해안방제는 수작업에 의한 제거, 진공흡입, 기계적 방법, 갈아엎기, 저온·고온세척, 미생물 정화법 등 기질의 종류와 지역적 특성을 고려하여 방제방법을 선정하여 실시하게 되며, 해상방제에 비해 많은 인력과 시간이 걸린다.

우리나라의 해안방제체제는 해양환경관리법과 국가긴급방제계획에서 규정하고 있으며, 기름의 유출규모와 피해정도에 따라 지역대응, 권역대응, 국가대응의 3단계로 구분하고 있다. 방제작업을 총괄 지휘하기 위하여 해양경찰청 내에 방제대책본부를 운영한다. 대책본부는 크게 4팀과 20반으로 구성되고, 해안방제는 지방자치단체, 시설관리 행정기관, 해양환경관리공단 및 민간방제업체로 구성된 해안방제팀에서 해안오염조사·평가, 현장지도, 현장보급소운영, 폐기물관리를 담당하게 된다.

우리나라의 대형 해양오염사고는 1995년 7월 23일 씨프린스호와 2007년 12월 7일 허베이 스피리트호 사고로 각각 원유 5,032kl 와 12,547kl가 유출되었고, 유출된 기름은 각각 남해안 73.2km와 서해안 70km에 표착되었다. 씨프린스호 사고는 2001년 11월 9일까지 7년 동안 5차에 걸친 해안방제작업을 시행하였으며, 우리나라의 방제능력의 취약성과 유류유출사고 피해의 심각성을 인식하는 계기가 되었다. 허베이 스피리트호 사고는 2008년 10월 10일까지 5단계에 걸쳐 해안방제작업을 실시하였으며 120만 명의 자원봉사자와 중장기 등을 이용한 다양한 방제방법이 사용되었으며, 시험적으로 기름세정제 및 미생물처리제가 사용되었다.

제3장 선진 외국의 해안방제 현황



3.1 해안방제 체제

3.1.1 미국

미국은 국가긴급방제계획(National Contingency Plan, NCP)에 따라 해양에서의 기름 및 위험·유해물질 오염사고 발생에 대비하고 있다. 국가긴급방제계획은 국가방제단(National Response Team, NRT)에서 수립하며, 국가방제단은 환경청장이 의장, 해안경비대(U.S. Coast Guard, USCG) 사령관이 부의장 체제로 운영하고 있다.

먼저 연방정부 차원의 지원이 필요하지 않는 사고의 경우에는 주정부나 지방정부에서 지역긴급방제계획(Area Contingency Plan, ACP)에 따라 대응을 하게 된다. 주정부의 관할해역은 해저토지법(Submerged Lands Act)에 따라 해안선으로부터 3마일까지 이다. 따라서 주정부는 해안뿐만 아니라 해안선으로부터 3마일 이내의 해상에서의 오염사고에도 대응하고 있다.

사고의 규모나 피해가 주정부나 지방정부의 대응능력을 초과하는 경우에는 권역긴급방제계획(Regional Contingency Plan, RCP)에 따라 사전에 지정된 연방 현장지휘관(Federal On-Scene Commander, FOSC)을 중심으로 연방정부 및 주정부의 방제능력을 통합하여 운영하고 있다. 현장지휘관은 사고대응 책임기관에서 사전에 지정되며, 유류유출사고 지역이 내수인 경우에는 환경청(Environmental Protection agency, EPA)에서 사고대응 책임기관 되고, 해상에서 발생한 사고의 경우에는 USCG가 책임기관이 되어 사고에 대응한다. 따라서 해상에서의 유류유출사고에 대해서는 USCG가 주관기관이 된다.

미국의 경우 모든 사고는 국가사고관리체제(National Incident Management System, NIMS)에 따라 대응하며, 현장에서의 사고대응 조직은 현장지휘체제(Incident Command System, ICS)에 따라 대응한다. 따라서 유류유출사고가 발생하여 미국 해안경비대가 사고대응의 책임을 맡게 되면, 모든 사고대응은 USCG

가 구성하는 사고대응체제에 의해 이루어진다. 따라서 해상과 해안방제를 모두 현장지휘관이 지휘하며 대규모사고의 경우에는 연방정부, 주정부 및 오염행위자가 동시에 현장을 지휘하는 통합지휘체제로 운영된다. 사고의 규모에 따라 USCG 단독으로 지휘하거나 USCG와 주정부, 오염행위자가 통합 지휘하는 형태로 달라질 뿐 해상과 해안에 따라 사고책임자가 달라지지는 않는다.

3.1.2 일본

일본은 해상보안청(Japan Coast Guard, JCG)이 대규모 유류유출사고 대응 및 방제활동을 수행하고 있다. 해상보안청은 우리나라의 NCP에 해당하는 방제기본계획 및 RCP에 해당하는 유출유 방제계획을 수립·운영하고 있으며, 이 계획에 따라 방제작업을 수행하고 있다. 유출유 방제계획에는 해상보안관구 본부장이 해난대책본부를 설치하고 현장책임자를 지명하여 해상 및 해안방제작업을 수행하도록 하고 있다.

대규모 유출사고가 발생하면 해상보안청이 국가기본계획에 의해 해상방제 및 해안방제를 총괄하고 있지만, 관계 행정기관과 지방공공단체 등에게도 해안에 표착한 기름과 관련하여 임무와 역할을 부여하고 있다. 즉, 선박 소유자 등의 관계자에게는 해안 표착유 제거조치에 대한 상황과약, 관계기관의 출동 가능세력 및 방제작업 지원체제 등의 정보를 수집하고 정리·제공할 의무를 부여하고 있고, 관계 행정기관, 지방공공단체, 항만·어항·하천·해안관리자 등에게 필요할 경우에 협력하여 해안에 표착된 기름의 제거 조치를 수행하도록 하고 있다. 또한 이들 기관들이 지역주민, 자원봉사자 등의 협력을 얻어서 필요한 조치를 하는 경우를 대비하여 건강 및 안전관리를 위한 체제 정비와 원활한 방제작업 수행을 위한 지원체제의 정비에도 노력하도록 의무를 부여하고 있다.

이와 같이 일본은 해상보안청이 해상 및 해안방제작업을 총괄 지휘하면서, 대규모 해양오염사고 등의 필요한 경우에는 관계 행정기관, 지방공공단체, 항만

· 어항 · 하천 · 해안관리자에게 표착유의 제거조치를 실시하게 하고, 지역주민을 동원하거나 자원봉사자를 활용하는 경우에는 이들의 건강과 안전, 방제작업 실시 지원 등도 수행하도록 하고 있어, 우리나라 체제와 매우 유사함을 알 수 있다.

3.1.3 유럽

프랑스는 해상에서의 기름유출에 대응하기 위하여 1997년에 국가긴급방제계획(POLMAR Plan)을 수립하였다. 프랑스의 국가긴급방제계획은 육상계획(POLMAR Land Plan; POLMAR-Terre)과 해상계획(POLMAR Sea Plan; POLMAR-Mer)으로 나누어 운영되고 있다. 해상방제는 해양경찰이 국방부(해군)의 지휘를 받아서 시행하며, 해안방제는 지방자치단체 소속의 육상경찰이 내부부의 지휘를 받아서 시행하고 있다.

영국은 우리나라의 NCP에 해당하는 국가유류오염방제계획을 운영하고 있으며, 해양오염사고의 규모에 따라 3단계로 나누어 대응하고 있다. 1단계는 단일 지방정부나 항만당국이 대응 가능한 규모이고, 2단계는 다수의 지방정부나 항만당국이 대응해야하는 규모이며, 3단계는 국가적 대응이 필요한 규모이다. 1단계 규모의 오염사고 시에는 해안방제 뿐만 아니라 1해리 이내의 해상방제를 지방정부 및 항만당국이 담당하도록 하고 있다. 지방정부 등이 RCP에 따라 방제작업을 수행할 때에는 중앙정부인 해사·연안경비청(Maritime and Coast Guard Agency, MCA)은 직접 작업에 참여하지는 않고, 통계작성을 목적으로 오염에 대한 기록의 유지만을 담당하게 된다. 다만, 평상시 MCA는 해안장비 비축기지의 유지, 비상계획과 유류오염 대응에 관한 교육·훈련을 제공하고, 해안방제작업 및 오일봄 등 장비의 사용법 교육, 지방정부의 훈련에 참여를 통하여 지방정부를 지원하고 있다.

지방정부의 대응능력을 초과하는 2단계 규모의 오염사고에 대응하기 위하여

다수의 지방정부 및 항만당국이 참여하는 RCP에 따라 지방정부 주관으로 해안 방제 작업을 수행한다. 이 때 당해 지역에서 보유하고 있는 방제장비만으로 대응할 수 없을 경우에는 MCA가 관리하는 해안방제장비를 임대형식으로 지원받을 수 있다.

3단계인 대형 오염사고의 경우는 지방정부의 인력과 장비만으로는 대응이 어렵기 때문에, 지방정부와 함께 MCA가 공동방제센터(Joint Emergency Response Centre)인 해안대응센터(Shoreline Response Centre, SRC)를 설치·운영하게 된다. 해안대응센터는 지방정부가 총괄하면서 재정을 부담하고, 이 때 MCA는 보유·관리하고 있는 해안방제장비를 무상으로 지원하고 있다.

이러한 단계별 해안방제의 자원동원에 대해서 우리나라도 벤치마킹을 통해 충분히 도입 검토할 필요가 있다.



3.2 해안방제 사례

3.2.1 미국의 멕시코만 사고

(1) 사고 개요

2010년 4월 20일, 미국 루이지애나(Louisiana)주 베니스(Venice)시 연안으로부터 남동쪽으로 83km 떨어진 멕시코만 해역에서 원유 시추작업 중이던 딥워터 호리즌(Deepwater Horizon)호가 폭발과 함께 화염에 휩싸이다가 36시간 뒤인 4월 22일 아침에 결국 침몰하는 사고가 발생하였다. 시추선이 침몰한 날 오후에 최초로 기름유출이 확인되었고, 임시 봉쇄캡(3-Ram Capping)으로 유출구를 봉쇄한 7월 15일까지 총 490만 배럴(약 77.9만kl)의 원유가 멕시코만에 유출된 것으로 추정하고 있다. 이 사고로 인한 원유 유출은 임시 봉쇄캡 씌우기 작업이 성공적으로 완료되면서 더 이상 나오지 않게 되었으며, 공식적으로는 9월 19일 대체유정(Relief Well)을 통해 사고유정을 영구적으로 봉쇄하면서 완료되었다.

이번 유출사고는 1989년 3월 24일에 발생한 미국 역사상 최대의 유류유출사고인 엑슨 발데즈(Exxon Valdez)호 사고의 유출 규모(38,000kl)의 20배를 능가하며, 우리나라 허베이 스피리트호의 해상 기름유출량(12,547kl)의 66배에 해당하는 양이 유출되었다.

미국 정부는 사고대응을 위해서 Fig. 3.1과 같이 미국 역사상 처음으로 국가 방제지휘관(National Incident Command)을 지정하여 대응하였다. 그 밑으로는 통합지역지휘소(Unified Area Command Post)를 두어 사고대응에 필요한 조정역할을 담당하도록 하였으며, 그 아래에 실제 사고를 대응하는 통합현장지휘소를 두었으며, 통합현장지휘소는 유출구 봉쇄팀을 포함한 유출구 봉쇄 지휘소와 함께 각 주별로 1개소씩 총 5개소가 마련되었다.

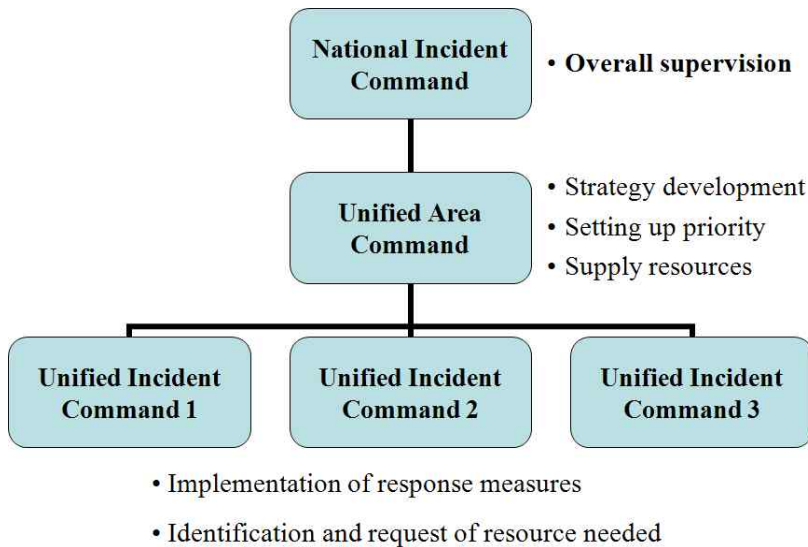


Fig. 3.1 Response scheme for Gulf of Mexico oil spill incident in 2010

미국정부와 사고책임자인 BP(British Petroleum)사는 사고유정으로부터 기름유출을 차단하고 유출된 기름을 방제하기 위하여 다양한 노력을 전개하였다. 유출구 봉쇄작업은 무인원격잠수정(Remotely Operated Vehicle, ROV)을 이용하여 현장에서 폭발방지장치(Blowout Preventer, BOP)의 현장조작 조치, 유출차단 돔 설치, RITT(Riser Insertion Tube Tool) 삽입, Top Kill, Junk Shot, LMRP(Lower Marine Riser Package) Capping, 3-Ram Stack Capping, Static Kill, Permanent Kill 설치 등 다양한 방법들이 시도되었다. 하지만, 사고 해점의 수심이 1,500m로 약 154bar(15.4MPa), 3℃의 높은 압력과 낮은 온도를 형성하여 원유와 메탄가스가 해수와 접촉하면서 주변에 빠른 속도로 엄청난 양의 슬러시(Slush)를 형성시켜 유출구 봉쇄에 어려움을 겪었다.

또한, 해상에 유출된 기름을 방제하기 위해 원해 및 근해에서의 유회수작업, 유처리제 살포(해저, 해면), 현장소각 등을 시행하였으며, 해안방제작업으로는 먼저 해안에 표착되는 것을 방지하기 위하여 오일펜스 전장, 강철로 된 91cm 직경의 쇠파이프 오일펜스 설치, 모래언덕 만들기 등을 시도하였다. 또한 해안에 표착된 기름을 방제하기 위하여 표착유의 재이탈을 막기 위한 방지용 오일펜스 전장, 모래해안 청소용 장비 투입 등의 작업을 실시하였다.

(2) 유출유의 상태분석

기름 유출이 확인된 이후 공식 또는 비공식적으로 유출량에 대한 여러 가지 추측이 나왔으나, 4월 24일 USCG와 BP사에서 1일 160kl가 유출되고 있는 것으로 추정하였다. 그 이후 미국 지질조사국(United States Geological Survey) 주도로 USCG, 국립해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), 해양에너지관리국(Bureau of Ocean Energy Management, BOEM) 및 외부 학계 전문가 등이 참가하는 유출량 조사 기술그룹(Flow Rate Technical Group)은 6월 19일, 1일 유출량을 5,600~9,500kl로 추정하였다. 8월 4일에는 미국 연방정부에서 NOAA 주도로 작성된 "BP Deepwater Horizon Oil Budget: What happened to the Oil?"라는 제목의 보고서를 통해 처음으로 총 유출량에 대한 예측치를 발표하였고, 총 유출량은 약 490만 배럴(약 77.9만kl)로 추정하였다.

또한 유출된 기름이 최종적으로 어떻게 처리되었고 현재 어떤 상태에 있을 것인지에 대한 NOAA의 예측에 따르면, Fig. 3.2와 같이 총 유출량의 33%는 사고대응팀에 의하여 회수, 소각, 분산되었으며, 25%는 자연적으로 증발 또는 용해되었다. 또한, 16%는 파도와 해·조류에 의해 자연적으로 분산되었으며, 나머지 26%는 해수면 유막, 부유 타르볼, 해안표착 등으로 해양환경에 남아 있을 것으로 추정하였다.

사고대응 통합지휘소의 방제작업에 의해 처리된 기름은 전체 유출량의 33%로써 사고유정으로부터 직접 회수가 17%, 유처리제 살포에 의한 분산이 8%, 현장소각 5%, 외해/근해에서 유회수기를 통한 회수 3% 등으로 나타났다.

결국 전체 유출유 중 절반은 인위적 또는 자연적으로 해양환경에서 제거되었으며, 나머지 절반은 해양환경에 남아 해양미생물에 의한 분해가 이루어지고 있다. 해양환경에 잔존한 50%는 자연적으로 분산된 16%와 유처리제에 의해 인위적으로 분산된 8%, 해양에 잔류하고 있는 26% 등으로 구성되어 있다.

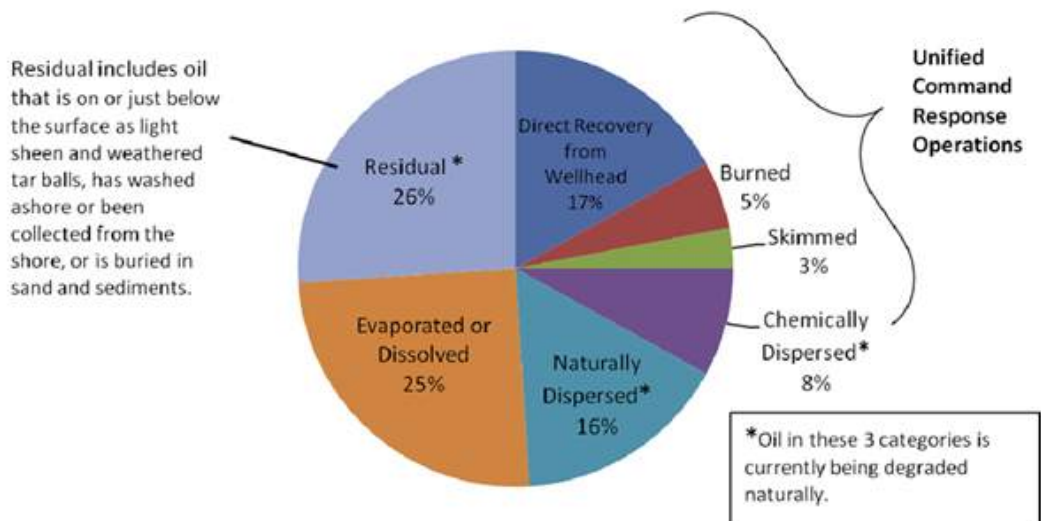


Fig. 3.2 Deepwater Horizon oil budget

(3) 해안방제작업

해안방제의 대응조직은 미국의 사고대응체제인 ICS를 따라 해상방제와 별 차이가 없이 구성되었다. USCG, 주정부, 그리고 이번사고의 책임자인 BP사에서 통합지휘체제를 구성하여 해안방제를 시행하였다. 해안방제는 오염된 4개의 주(State)에 걸쳐 18개 Branch를 두고 각 Branch 아래에는 지형, 행정구역(County, Parish, State 등)에 따라 Division과 Group을 두어 방제조치를 시행하였다. 각 Branch는 매일 Branch Action Plan을 수립하고 이를 소속 현장지휘소에 보고한다. 이 Branch Action Plan에 따라 현장지휘관은 각 Branch에 필요한 자원을 공급하여 해안방제작업이 차질 없이 이루어지도록 지원하였다. 실제 사고대응은 각 Branch에서 수행하였으며, 각 현장지휘소 내의 방제대응계(Operations Section)에 해안방제팀(Shoreline Operations Section)에서 필요한 자원을 공급하고 해안방제작업을 지휘하였다.

해안방제작업은 기름유출이 확인된 4월 22일부터 시작되었으며, 유출된 기름은 기름유출이 시작된 지 8일 만에 해안에 처음으로 표착되었다. 미국 멕시코만의 조수간만의 차가 가장 클 때에도 45cm에 불과하고 바람 또한 강하게 불지 않아 기름이 해안으로 표착하는데 상당한 시간이 소요되었다. 하지만 일단 표착된 기름은 해안선을 따라 번져 루이지애나, 미시시피, 앨라배마, 플로리다 등 4개 주의 해안선을 오염시켰다. 오염된 해안선은 주로 모래해안과 늪지대로 구성되어 방제전략을 구분하여 수립하고 시행하였다.

해안방제 전략은 크게 3단계로 구성되어, 1단계는 해안유입의 적극 차단(오일 붐 전장), 2단계는 해안에 표착된 기름의 재이탈 방지(재이탈 방지용 오일붐 전장), 3단계에서는 해안의 특성에 맞는 방제전략을 적용하였다. 또한 기름의 상태변화와 해상상태에 따라 유출원에서부터 해안까지 모든 해역을 유출구 봉쇄, Offshore Skimming, 현장소각, 유처리제 살포, Near Shore Skimming, 해안방제 구역 등으로 구분하고 각 구역별 적절한 방제세력을 배치하여 작업을 수행하였다.

먼저 1단계 전략은 오일펜스 전장, 모래언덕 건설, 강철 파이프 붐 전장 등의 방법으로 시행되었다. 사고초기에 유출된 기름이 밀려올 것을 대비하기 위해 각 주(지방자치단체)에서는 서로 많은 오일붐을 배정해 줄 것을 요청하였다. 이에 따라 통합조정지휘소(Unified Area Command Center)에서 4개 주의 통합현장 지휘소에서 적절한 자원 배분 등의 조정 역할을 수행하였다. 또한 모래언덕 건설은 미국 대통령이 현장을 방문했을 때 한 행정구역(Parish)의 장이 요청함으로써 시행되게 되었다. 이는 효과성에 대한 과학적인 근거 없이 정치적인 판단에 의해서만 결정된 방제방안으로 실제 기름이 밀려오기 전에 언덕건설이 얼마간 밖에 진행되지 못하였으며, 대부분의 언덕은 기름이 해안에 표착된 이후에 건설됨으로 인해 시행된 방제방법 중 효과가 가장 낮게 평가되었다.

이번 사고대응에서 해안으로 기름이 밀려드는 것을 방지할 목적으로 처음으로 시행된 방제방법 중 하나는 91cm 직경의 쇠파이프 붐을 환경적으로 민감한 만(Bay)을 보호할 목적으로 만 입구에 약 2km를 설치한 것이다. 이 방법은 처

음에 해수가 밀려오는 방향과 직각으로 설치하여 빠른 해수이동 속도에 의해 기름이 파이프 붐을 넘어가는 문제점이 발견되었으나, 이후 해수의 이동방향과 일정 각도의 경사를 주어 기름이 파이프 붐을 따라 조류가 약하고 회수가 용이한 쪽으로 유도되었다. 유도된 기름은 바지위에 설치한 진공차량을 통해 회수하였다. 이는 건설비용이 많이 소요되었지만 그래도 펠리칸(Pelican) 등 조류가 많이 서식하는 해안 등을 포함하고 있는 만의 입구를 가로질러 설치하여 기름이 만으로 진입하는 것을 방지하였다.

이러한 노력에도 불구하고 해안으로 밀려드는 기름에 대해서는 해안선 인근에서 회수기를 동원하여 회수하였으며, 이러한 기름이 재이탈하여 다른 곳으로 이동하는 것을 방지하기 위하여 재이탈 방지용 오일붐을 전장하는 것이 2단계 전략이었다. 이 시기에는 해안에 밀려온 기름이 이미 해안선에 표착되었기 때문에 계속 밀려오는 기름들이 해수경계면에서 재이탈과 이동을 반복하고 있어서 해안방제 측면에서의 초동조치가 필요한 시기이다.

해안에 표착된 기름은 특별한 지역을 제외하고는 보통 두꺼운 유층을 제거하는 작업이 먼저 시행되었다. 두꺼운 유층의 회수작업은 해안의 형태와 특성에 따라 모래해안 또는 모래와 자갈/조개껍질 혼합 해안, 늪지대, 갯벌, 인공구조물, 주민거주구역 또는 많은 사람들이 이용하는 지역, 해변 등으로 구분하고 각 해안형태별 2단계 해안방제의 목표와 방법, 유의사항을 정하여 다양한 방법으로 시행되었다.

특히, 거북 산란장, 다중 이용 해변관광지, 주민 거주지역 등과 같은 해역에서는 일반적인 2단계 해안방제전략을 적용하지 않고 해안의 특성에 따라 세밀하게 방제전략을 따로 수립하였다.

두꺼운 유층에 대한 해안방제작업이 완료되면 해안오염평가(Shoreline Clean-up Assessment Technology, SCAT)를 실시하였다. SCAT은 각 Branch에서 시행하는 것이 아니라 각 Branch 들을 관할하는 통합현장지휘소의 방제기획반(Planning Section)에서 수행하였다. 해안오염평가결과에 따라 해안선 특성과 오염정도 등에 따라 방제작업이 각 해안별 방제종료시점까지 지속적으로 시행되

었다.

이번 사고로 오염된 해안은 크게 모래해안과 늪지대로 구분할 수 있는데 모래해안에 대하여는 기계장비를 동원하여 최대한 신속하게 기름을 제거하는 전략을 구사하였으며, 늪지대에는 사람이나 기계의 진입을 일체 금지하고 늪지대 주변에 오일펜스를 설치하고 그 안쪽에 흡착붐을 설치하여 조류와 바람 등에 의하여 늪지대에서 이탈되는 기름이 흡착붐에 흡착되면 붐을 교체하는 전략을 시행하였다. 모래해안의 방제에 사용된 장비로는 모래해변을 일정한 깊이로 파면서 한 곳에 모으는 기계장치와 이렇게 모은 오염된 모래를 현장에서 세척하는 기계를 사용하여 제거작업을 수행하고, 세척된 모래를 원래의 위치에 다시 갖다 둌으로써 1회의 작업이 마무리 되었다.

이러한 일련의 해안방제작업은 4개의 주에 마련된 18개 Branch에서 Branch Action Plan을 작성하여 통합현장지휘소에 보고하였으며, 현장지휘소에서는 이를 토대로 각 Branch에서 필요한 자원을 공급해 주었다.

(4) 방제조치활동 효율성 분석

2010년 11월에 연방정부 합동조사단이 구성되어 유출량과 각 조치별 유출유 처리량에 대한 최종보고서 “Oil Budget Calculator Technical Documentation”을 발표하였다. 이 보고서에서 제시된 대응조치별 유출유 처리 예측량을 Fig. 3.3에 나타냈다.

이 보고서의 방제조치별 유효성 평가에서 가장 효과적인 방제방법은 제일 먼저 유출구 봉쇄였다. 즉 해수면에서 1,500m 아래인 심해저에서 발생한 유출사고 시 제일 먼저 유출구를 봉쇄하기 위한 대체유정 파기, 유출차단 돔, 시추파이프 삽입튜브, Top Kill과 Junk Shot, LMRP Cap(Lower Marine Riser Package Cap) 씌우기 등이 시도되었으며, 결국 유출로부터 85일 만에 3-Ram Stack을 폭발방지장치(Blowout Preventer, BOP) 위에 씌움으로써 원유유출을 완전히 막을 수 있었다.

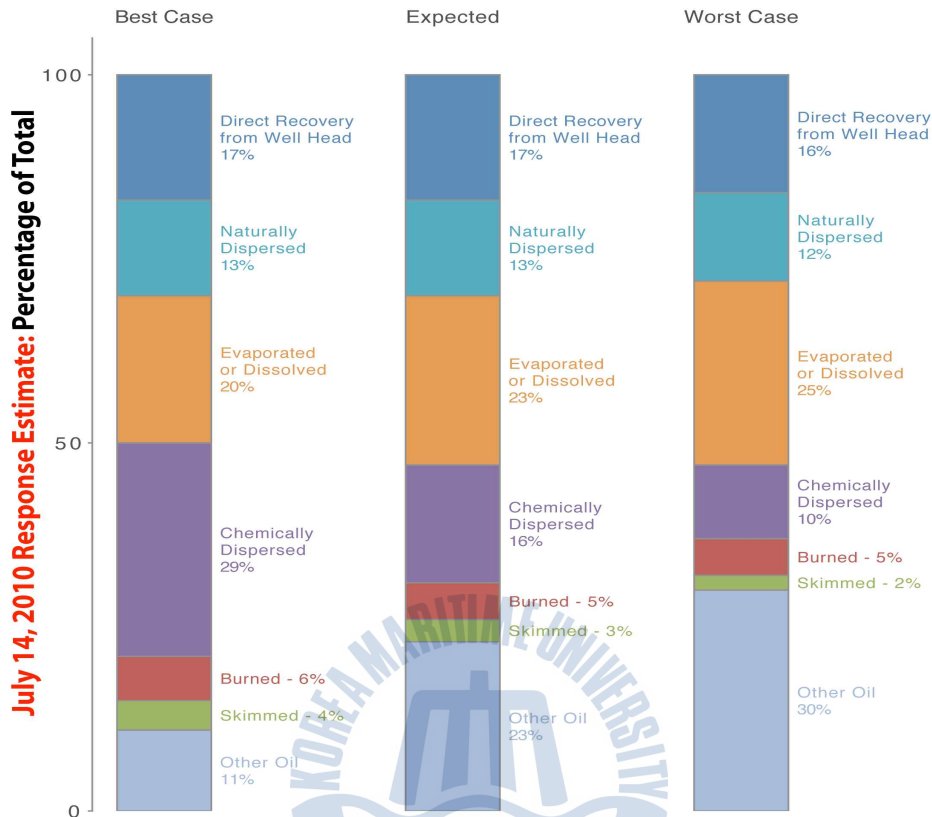


Fig. 3.3 Revised oil budget for Deepwater Horizon
(*source : The Federal Interagency Solutions Group, 2010)

이 사고는 선박에 의한 기름유출과 같이 유출구를 봉쇄하지 않더라도 적재된 기름이 다 흘러나오면 유출이 끝나버리는 사고와 달리 심해저의 유정에서 나오는 유출이기 때문에 유출구를 차단하지 못하였다면 현재도 계속해서 기름이 흘러나오는 상황이 지속되고 있었을 것이다. 시추선 Deepwater Horizon호의 시추 작업 계획을 승인할 당시에 BP사가 제시한 심해저 유출사고 시의 대책이라는 것은 “대체유정 파기”가 유일하였으며, 만약 이 작업에만 의존하였다면 발표된 유출량보다 70%(약 55만kl)가 더 증가한 약 132만kl에 이르렀을 것으로 예측하였다. 실제로 사고 대응팀은 대체유정 파기와 병행하여 유출차단을 위한 다양

한 방법을 시도하였으며, 이를 통해 대체유정이 완료되기 60여일 전에 유출구를 봉쇄하여 LMRP Cap 등을 통해 유출량의 17% 정도는 유출구로부터 직접 회수할 수 있게 되었다.

두 번째로 효과인 방법으로 평가받은 방제조치는 유처리제 살포이다. 최초 보고서에는 화학적으로 분산 처리한 양이 전체 유출량의 8%로 나타났으나, 최종적으로 16%를 유처리제로 분산 처리하였다고 분석하고 있다. 우리나라와 마찬가지로 유처리제 살포는 방제방법 중 가장 논란이 많은 방안이다. 그럼에도 불구하고 효율성 측면에서는 상당히 높게 평가되었다. 이번 사고에서는 해수면 위에 유처리제를 살포하는 기존의 해면살포 방법과 병행하여 원유 유출구에 가깝게 살포 파이프를 집어넣어 직접 분사하는 해저살포(Subsea Application) 방법을 처음으로 시도하였다. 부상한 기름을 해수면에서 제거하는 방법인 현장소각과 유회수작업은 유출 기름을 물기둥(Water Column) 안으로 분산시키는 유처리제 살포에 비해 효율성이 많이 떨어지는 것으로 평가되었다.

세 번째로 효과적이며 성공적으로 평가받는 방법은 현장소각이다. 현장소각은 전체 유출량의 5%를 담당하였으며, 현장 대응자로부터 매우 긍정적인 평가를 받았다. 대규모로 현장소각을 시행한 것은 이번 사고가 처음이며, 유출이 진행되면서 현장소각 기술이 상당히 향상되는 성과를 거두었다. 이에 따라 현재 OPRC-HNS(Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to Pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances, 2000) 기술자그룹(Technical Group) 회의에서 소각방법에 대한 활발한 논의가 진행되고 있다.

네 번째로 평가된 방제방법은 방제정이나 유회수기를 활용한 유회수 작업이다. 그러나 멕시코만은 일반적으로 파도가 잔잔하고 조수간만의 차가 적으며, 조류와 해류의 세기도 크지 않은 상태에서 수백 척의 선박과 수천 명의 인력을 동원하였음에도 불구하고 전체 회수량이 총 유출량의 3%에 불과한 실적이었다.

한편, 현장에서 시행된 방제방법 중 가장 효율성이 떨어졌으며, 시행여부를 재고하여야 한다고 평가된 방제방법은 모래언덕의 건설이다. 여러 지방정부에서 유출된 기름이 해안으로 밀려오는 것을 차단하기 위하여 모래언덕 건설 프

로젝트를 제안하였다. 전문가들은 실효성면에서 의문을 제기하는 중이었으나 미국 오바마(Barack Hussein Obama) 대통령의 2차 현장방문 시에 지방정부의 장들이 직접 요청하여 정책적 결정에 의해 승인되고 시행되었다. 그러나 이 프로젝트는 유출구를 임시로 봉쇄한 7월 15일까지 전체 공정의 6%만이 진행되었으며, 18km에 이르는 차단언덕이 완공된 것은 11월 말이었다. 실제로 이 모래언덕이 차단한 기름의량은 1,000배럴(약 159kl) 미만으로 확인되었다. 모래언덕 건설에 소요된 비용은 2,000억원이 넘는다. 이는 과학적인 근거나 토대 없이 정치적 압박이나 다른 요인에 의해 방제방법을 결정하고 시행함으로써 방제의 비효율성이 초래되었음을 절실하게 보여주는 사례이다.

3.2.2 일본의 나호드카호 사고

1996년 12월 20일 벙커-C유 19,000kl를 적재한 러시아 선적의 유조선 나호드카(Nakhodka)호(13,157G/T, 선령 28년)가 중국의 상하이항을 출항하여 러시아의 페트로파블로브스크(Petropavlovsk)항으로 항해하던 중, 1997년 1월 2일 시마네(島根)현 오끼(隠岐)섬 북북동 약 100km의 공해상에서 황천으로 인하여 선체가 선수부와 선미부 2부분으로 절단되는 사고가 발생하였다. 이후 선미부는 수심 2,500m의 해저로 침몰하였으며, 선수부는 Fig. 3.4와 같이 풍속 초당 20m, 파고 6m 이상의 거친 기상상태에서 표류하여, 1월 7일 후쿠이(福井)현의 미쿠니(三國)시 해안에서 약 150m 떨어진 해상까지 밀려와 좌초되었다.

이 사고로 나호드카호로부터 벙커-C유 약 6,200톤이 유출되었으며, 유출된 기름은 1월 8일 카가와(香川)시 해안에 최초로 표착되기 시작하면서, 시네마현에서부터 아키타(秋田)현에 이르기까지 대부분의 해안을 오염시켰고, 특히 일본 혼슈(本州) 서쪽 해안의 도토리(鳥取)현, 이시카와(石川)현 및 후쿠이현 등 3개의 현 480km의 해안이 심하게 오염되었다. 특히 이들 지역에는 돌김, 해조군락, 어패류, 정치망 어장이 분포되어 있어 피해액이 매우 컸다.



Fig. 3.4 Bow of MT Nakhodka and shoreline contamination

한편, 사고 해역을 관할하는 제8관구 해상보안본부는 1월 2일 오전 2시 40분 경 사고통보를 접수하고 항공자위대 고마즈(小松)기지의 구조 헬기와 해상보안부 순시선이 출동하고, 풍속 약 22노트의 비행한계가 넘는 강풍 등의 위험 상황에도 불구하고 구명보트에 표류중인 승무원 32명 중 선장(후일 사망확인)을 제외한 31명을 무사히 구조하여 인명 피해를 최소화하였다.

해상방제는 해상상태가 좋지 않아 조직적이고 대규모적으로 이루어지지 못했으나, 1월 7일 사고대책본부가 설치되면서 방제작업은 해안에 표착하여 에멀션화 된 기름을 제거하는 해안방제작업과 좌초된 나호드카호 선수부의 잔존유 제거작업, 그리고 피해지역의 환경복구 작업으로 나누어 시행되었다.(Fig. 3.5) 피해지역은 조류보호지역으로 기름으로 오염된 각종 조류에 대한 구조 및 세척작업도 진행되었다.



Fig. 3.5 At-sea and onshore cleanup activities

방제기간은 선수부가 해안에 좌초된 1월 7일부터 선수부의 선체인양을 위해 만들어진 가설도로의 해체가 종료된 1998년 3월까지 계속되었고, 현지 어민의 동의를 얻은 1998년 7월에야 방제작업을 종료하였다. 유출된 기름의 회수를 위하여 카가와(香川)시에서 스즈(珠洲)시까지 18개의 시·군 해안의 어업관계자와 지역주민, 자원봉사자, 자위대 등 총 100만 명 이상의 인력이 투입되었으며, 폐기물도 1개 도, 8개 지역의 피해지역에서 59,000kl이상이 회수되었고, 이들 폐기물은 선박과 트럭에 의해 전국 18개소의 폐기물 처리장에 반출되어 처리되었다.

방제작업에 동원된 장비는 일본 해상재해방지센터(Maritime Disaster Prevention Center, MDPC)에서 수배한 5척의 수로준설선(Grab을 이용하여 에멀션화된 유류를 선창으로 퍼 담는 방식을 적용)과 3척의 전문방제선, 폐기물업체의 강력 흡인차량, 일본석유연맹(Petroleum Association of Japan, PAJ) 산하 비축기지에 있는 각종 오일봄, 유회수기, 비치크리너, 임시 저장용기가 동원되었고, 국제간 협력의 일환으로 싱가포르의 방제기관인 동아시아 유류오염방제회사(East Asia Response Ltd., EARL)의 오일봄, 유회수기 등이 현장에 동원되었다.

그러나 대부분의 장비는 운용 인력의 부족으로 현장에 방치하는 상태였고, 특히 싱가포르 EARL 장비는 EARL에서 파견된 전문가와 일본 작업자간의 언

어문제로 현장 운용이 여의치 않아 즉각 반환 조치되었다. 해상방제는 수로준설선에 의해 대체로 큰 효과를 보았으나, 해안에서 사용된 유회수기는 에멀션화된 고점도 기름을 회수하기 곤란하여 회수기 부분을 분리하여 주로 펌프만을 이용하는 정도로 사용되었다.

한편, 2개의 일본구난회사 연합체에 의해 1월 16일부터 2월 10일까지 3회에 걸쳐 사고선박의 선수부로부터 약 2,800kl의 잔존유(유수혼합물)를 회수하였으며, 해안에 좌초된 선수부의 선체인양은 매립준설협회 7개사의 연합체가 1월 15일부터 2월 9일까지 26일간 건설한 가설도로를 이용하여 4월 20일 완료하였다. 이 가설도로는 환경복구 작업으로 난항을 거듭하다가 1998년 3월에야 철거되었다.

이 사고는 일본에 있어서 막대한 인력과 장비가 투입되고 처리기간이 장기간 소요된 거대한 사건이었다. 이 사고를 얻은 교훈은 향후 우리나라의 정책수립에 참고할 만한 사안이기에 해상보안청, 일본석유연맹, 해상재해방지센터에서 작성된 자료를 토대로 정리하였다.

첫째, 장비운용 인력의 부재를 들 수 있다. 현장에 배치된 방제장비는 많았으나, 이를 효과적으로 운영할 인력의 부재로 대부분이 방제작업에 사용되지 못하였다는 점과 효과적인 방제작업을 지휘·감독할 수 있는 방제전문가가 부족했다는 점이다. 이는 평소에 고가의 장비구입에 소요된 막대한 비용에 반하여 장비운용 인력 양성과 방제전문가 또는 관리자 양성을 위한 교육·훈련이 크게 부족하였음을 깨닫게 되었다.

둘째, 국가 및 지역비상계획이 원활하게 작동하지 못했다. 조직적이고 체계적인 방제조치를 위해서는 사전에 비상계획에 따른 반복 훈련을 통하여 실전에 효과적으로 적용 가능한 체제를 구축하여야 한다는 점이다.

셋째, 효과적인 장비의 구축이다. 대규모 사고의 사용될 수 있는 효과적인 장비를 선정하여 비축해야 하지만, 일본의 경우 오일펜스는 비축량의 약 50%, 유회수기는 약 70%, 비치크리너는 약 50%만이 동원되었고, 임시 저장용기만 100%가 동원되었다. 이에 따라 장비구입 시에는 지역상황을 고려하여 적합한

장비와 비축할 수량에 대해 사전에 방제전략에 따른 경제성과 효율성을 꼼꼼히 따져보아야 한다는 점이다.

넷째, 개방된 해상(Open Sea)에서의 방제작업에 대한 전략 수립이 미흡하였다. 항상 항만이나 폐쇄된 해상(Closed Sea)에서의 방제훈련 만을 시행하여 개방된 해상에서의 방제전략, 방제기술 그리고 방제선과 방제장비 및 기자재의 지원이 부족하였음을 깨닫게 하였다. 특히 유처리제의 항공 살포를 위한 항공기의 준비와 개방된 해상에서 황천 중에서도 방제작업이 가능한 1,000톤급이상의 방제선의 필요성을 인식하게 된 계기가 되었다.

3.2.3 유럽의 사고 사례

(1) 에리카(Erika)호 오염사고

유조선 에리카호(몰타 선적, 19,666G/T)는 중질 연료유(HFO) 약 30,000톤의 화물을 적재한 상태에서 프랑스 둔커리퀴(Dunkerque)항에서 이탈리아 리보노(Livorno)항을 향하여 항해하던 중, 1999년 12월 12일 새벽에 높은 파도를 만나 프랑스 비스케이(Biscay)만 해상(47°12'N, 004°36'W)에서 선수부와 선미부 2개로 절단되면서 기름을 유출하는 사고가 발생되었다. 사고선박의 선수부는 Fig. 3.6과 같이 12월 12일 밤에, 선미부는 12월 13일 아침에 수심 120m의 해저에 침몰하였다.

이 사고로 선원 26명은 모두 무사히 구출되었으나, 약 14,000톤의 적재된 기름이 해상에 유출되었다. 유출된 기름은 Fig. 3.7에서 보듯이 프랑스의 약 400km에 이르는 연안을 오염시키고, 염전, 굴, 조개 양식장 등 엄청난 어업피해가 발생되었다. 또한 지중해의 유명한 해수욕장과 위락시설을 포함한 관광사업도 큰 타격을 받았다.



Fig. 3.6 Erika oil spill incident and shoreline contamination

사고 당일인 12월 12일부터 12월 19일까지 기상악화로 해상방제 조치는 불가능하였고, 항공 감시와 유출유 확산모델을 이용한 유출유의 이동을 모니터링하는 수준이었다. 12월 20일부터 기상이 호전되면서 프랑스, 영국, 독일, 스페인, 네덜란드 등에서 8척 이상의 전문 방제선이 출동하여 유회수기를 통해 400여 톤의 기름을 회수하였으나, 계속되는 높은 파도로 큰 효과를 보지 못했다.



Fig. 3.7 Status of shoreline contamination by Erika incident

한편, 사고 직후 프랑스 해양오염조사연구센터(Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution, CEDRE)에 의한 실험 결과에 의하면 당시 사고선박에서 유출된 기름은 점도가 높아 유처리제의 효과가 없다고 판단하였고, 국가긴급방제계획에 따라 각 연안창고에 보관중인 해안방제장비를 피해예상지역으로 이동시키고 소규모 해안방제팀을 구성하는 등 유출유가 해안에 도착할 경우에 대응할 수 있는 준비를 진행하였다.

크리스마스이브인 12월 24일에 유출된 기름이 해안에 표착되면서 해안방제가 시작되었고, 약 3개월 동안의 해안방제 작업이 수행되었다.(Fig. 3.8) 해저 120m에 침몰된 선수부와 선미부에 각각 8,300톤, 6,300톤의 화물유가 남아 있는 것으로 추정하고, 7월 3일부터 프랑스의 구난업체 잠수부가 침몰된 선박의 잔존유 제거작업을 시작하였다.



Fig. 3.8 Shoreline cleanup and demonstration of compensation for damages

이 사고가 국제사회에 미친 영향은 크게 2가지로 나타났다. 먼저, 사고 예방 대책의 강화였다. 프랑스를 비롯한 유럽연합은 선박으로부터 오염방지를 위한 국제협약(International Convention for the Prevention of Marine Pollution from ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978, MARPOL '73/'78)에 규정된 유조선 이 중선체 요건의 강화와 노후선에 대한 항만국통제(Port State Control, PSC)강화를

통한 입항제한 등 관련 국제협약과 자국규정을 강도 높게 개정하는 움직임이었다. 특히 국제적 유조선의 이중선체 구조 도입은 1989년 미국의 엑손 발데즈호 유류오염사고 이후에 이중선체에 대한 구조 요건이 도입되었으나, 에리카호 사고를 계기로 이중선체 유조선에 대한 만족시한을 정하고 단일선체 유조선의 조기 퇴출을 결정하게 되었다.

둘째, 중질유 유출사고 시에 대한 대응기술의 개발 촉진이었다. 당시 중질유 유출사고 시에 대응할 수 있는 유처리제가 없었던 상황에서 기상 및 해상으로 인하여 기계적인 회수가 불가능한 경우에는 이에 대처할 수 있는 대응방안이 절실했기 때문에 이에 대한 기술개발이 가속화되었다.

(2) 프레스티지(Prestige)호 오염사고

2002년 11월 5일 발트해 라트비아 벤츠피스(Ventspils)항에서 유조선 프레스티지호가 벵카-C유 77,000톤을 적재하고 싱가포르 향해하던 도중 11월 15일, 스페인 해안으로부터 104km 떨어진 해상에서 강한 폭풍과 함께 선체 우현 중앙부에 생긴 균열로 화물유 5,000톤 이상이 유출되었다. 당시 선령이 26년이었던 프레스티지호는 11월 19일, 균열부가 계속 확대되면서 Fig. 3.9와 같이 선체가 2등분되어 결국 가르시아 해안으로부터 270km 떨어진 수심 3,500m 해저에 침몰되었다. 이 침몰과정에서 추가로 6,000여톤의 기름이 유출되었고, 이후 침몰선에 적재된 기름은 2003년 3월까지 소량씩 계속 유출되어 적재량 77,000톤 중 63,000톤이 해상에 유출되었다. 또한, 14,000여 톤이 선체에 남아 있는 것으로 프랑스의 CEDRE는 추정하고 있다.

처음 유출된 기름 중 일부는 길이 17km의 거대한 기름띠를 형성하고 강한 바람을 타고 이틀만인 11월 17일, 스페인 북서해안 약 150km를 광범위하게 오염시켰다. 특히, 세계 최대 홍합산지인 갈리시아(Galicia) 북서부 론쿠도(Roncudo)지역 갯벌의 대부분이 기름으로 오염되었다. 11월 24일, 크고 작은 기름군이 사고 해점에서 400km에 걸쳐 확산되고, 해상에 부유하는 기름만도 최소 5,000톤이 넘는 것으로 추정하였다.

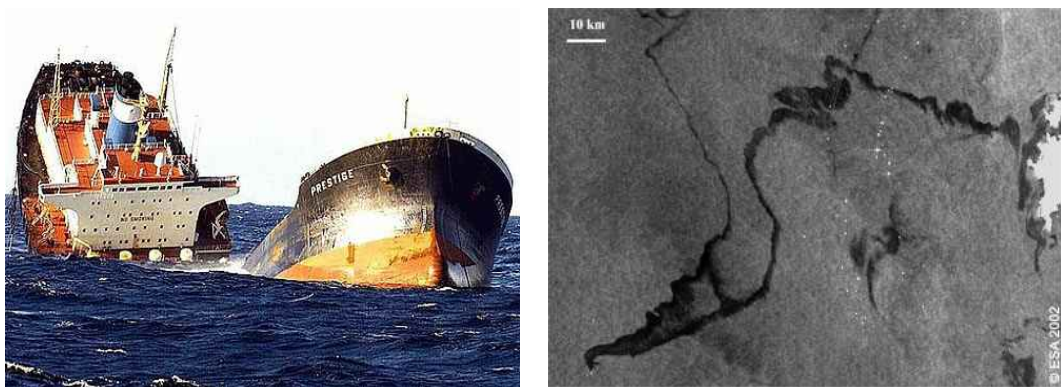


Fig. 3.9 Prestige incident and satellite image of spreading oil

사고 선박으로부터 유출된 기름은 갈리시아 지역 해안으로 밀려들어와 400km에 걸친 연안에 170개소 이상 해변을 검은색 기름으로 오염시켰다. 사고 선박이 침몰한 한 달 후인 12월 15일, 900km에 걸친 스페인 연안이 오염되어 총 250마일의 연안에서 수산 활동이 1개월간 금지되었다. 또한 12월 18일경부터는 침몰선으로부터 유출되는 기름이 다시 증가하기 시작하여 하루에 125톤 정도의 기름이 유출되다가 파공개소에 대한 봉쇄작업으로 2003년 2월 18일 이후 유출이 거의 중단되었다.

해상방제는 11월 19일 프랑스, 네덜란드 등 주변 유럽 국가들로부터 지원된 방제선들이 해상상태가 좋지 않은 상황에서 방제작업을 실시하였고, 민감해역에 대해 오일펜스를 설치하고 모래사구 해변에는 차단 독을 만들어 유출유를 차단하였다. 스페인과 인접국에서 지원된 총 23척의 방제선이 방제작업에 참여하였으며 12월 4일까지 7,500톤(해수 포함)의 기름을 수거하였다. 어선들은 크레인과 그물을 이용하여 해상에 표류하는 기름을 수거하여 어창에 넣었으나 이를 하역하는데 오히려 더 큰 어려움을 겪기도 하였다. 12월 중순에 들어 해상 유출유가 급감하면서 2~3척의 방제선 만으로 부유하는 기름을 찾아내 방제를 진행하였으며 해상에서 수거한 에멀선화된 기름은 총 51,000톤(유출유 25,000

톤)에 달했다.

한편, 해안에서는 영국의 방제회사(Oil Spill Response Ltd., OSRL)와 스페인 방제업체들이 주정부와 협력하여 방제작업을 진행하였는데, OSRL은 주로 해안에 밀려들어온 기름을 펌프를 이용하여 흡입 수거하는 방식으로 기름제거 작업을 실시하였다. 그 밖의 해안에 표착된 기름은 대부분 수작업에 의해 진행되었으며, 스페인 방제기관(Maritime Security and Rescue Society, SASEMAR) 주도로 스페인 육군 및 해군, 산림청 등에서 지원된 인력과 영국의 OSRL 등 유럽의 방제전문기관 및 수많은 자원봉사자들이 함께 방제작업을 하였다.(Fig. 3.10)



Fig. 3.10 Shoreline cleanup activities at Prestige incident

프레시티지호 침몰로 인한 기름유출로 갈리시아 지방 경제의 중추를 이루고 있는 어업이 마비됐으며, 수려한 경관을 자랑하는 이 지방의 해변 140여 곳이 오염되고 최고 1만 5천 마리의 바다새들이 목숨을 잃은 것으로 보도되었다. 죽음의 해변(Coast of death)으로 불리는 북쪽의 라코루냐(La Coruna)에서부터 남쪽의 카보 피니스테레(C. Finisterre)에 이르기까지 250km의 갈리시아 해안 일대가 이미 오염되어 어민들에게도 엄청난 피해를 입혔다.

해안 민감지역에서는 오일펜스를 전장하여 해안을 보호하도록 하였고 모래독을 석호 형태로 만들어 기름이 유입되는 것을 차단하였으나 대부분의 방제작

업은 수작업으로 삽, 양동이 등을 이용하여 진행되었다. 도로와 멀리 떨어진 만 (Bay)에 표착된 기름을 제거하기 위하여 임시 진입로를 건설하고 장비를 투입 하기 어려운 곳에서는 수많은 자원봉사자들이 인간사슬을 형성하여 수거된 기름을 운반하였다. 해안의 기름제거 작업과정에서 스페인은 총 80,000톤의 기름 폐기물을 수거하였다.

프랑스 CEDRE의 전문가는 스페인과 프랑스 해안에서 수거된 기름폐기물 100,000톤 중 순수한 기름은 10,000톤으로 추정하고 있으며, 해상에서 수거된 기름은 25,999톤의 기름을 합쳐 총 35,000톤이 수거된 것으로 조사하였다.

이 사고를 계기로 국제적으로는 단일선체 유조선에 대한 퇴출이 가속화되어 1996년 7월 6일 이전에 인도된 DWT 5,000톤 이상의 유조선이라도 2015년의 선박 인도일 또는 선령 25년을 초과하여 운항할 수 없도록 정하였으며, 단일선체 유조선에 의한 중질유 운송을 금지시키게 되었다.



3.3 요약

미국은 국가긴급방제계획(NCP)에 따라 유류유출사고를 대비하고 있으며, 해안경비대(USCG)가 사고대응의 책임을 맡아 현장지휘체제(ICS)에 맞추어 사고대응조직 구성하고 현장지휘관으로서 해상과 해안방제를 모두 지휘한다. 대규모 오염사고 시에는 연방정부, 주정부 및 오염행위자가 동시에 현장을 지휘하는 통합지휘체제로 운영된다.

일본은 유류유출사고에 대비하여 방제기본계획(NCP)과 유출유 방제계획(RCP)을 수립·운영하고 있으며, 해상보안청(JCG)이 대형 유류유출사고 대응 및 방제활동을 수행하고 있다. 해상보안청은 해상 및 해안방제를 총괄하고 있으며, 관계 행정기관과 지방공공단체, 항만·어항·하천·해안관리자에게도 해안 표착기름에 대한 제거임무와 역할을 부여하고 있다.

프랑스는 국가긴급방제계획(POLMAR Plan)에 따라 유류유출에 대응하고 있으며, 해상방제는 해양경찰이 국방부(해역사령관)의 지휘를 받아 시행하며, 해안방제는 지방자치단체 소속의 육상경찰이 내무부의 지휘를 받아 시행하고 있다. 영국은 국가유류오염방제계획(NCP)에 따라 유류유출 규모를 3단계로 나누고 있으며, 3단계인 대형 오염사고의 경우 지방자치단체(지방정부)와 해사·연안경비청(MCA)이 공동으로 해안대응센터(SRC)를 설치·운영한다. 이때 재정은 지방정부가 부담하며, 해사·연안경비청은 보유하고 있는 장비를 무상으로 지원한다.

최근 미국에서의 대형 유류유출사고는 2010년 4월 20일 틱위터 호리즌호 폭발로 인해 약 3개월에 걸쳐 77.9만kl의 원유가 멕시코만에 유출된 것으로 추정하고 있으며, 유출된 기름은 루이지애나, 미시시피, 앨라배마, 플로리다 등 4개 주의 해안선을 오염시켰다. 해안방제는 3개의 단계로 나누어 1차는 해안유입의 적극 차단(오일붐 전장), 2차는 해안에 표착된 기름의 재이탈 방지(재이탈 방지용 오일붐 전장), 3차는 해안의 특성에 맞는 방제전략을 적용하였으며, 이러한

일련의 작업은 4개 주에 마련된 18개 Branch를 중심으로 필요한 방제자원을 공급하여 수행하였다. 여기에 적용된 방제방법 중 유처리제 및 소각에 의한 효율성이 높은 것으로 나타났다.

일본에서는 1996년 12월 20일 유조선 나호드카호의 선체가 2개로 절단되어 병커-C 6,200톤이 유출되었으며, 유출된 기름은 일본 혼슈(本州) 서쪽 해안의 도토리(鳥取)현, 이시카와(石川)현 및 후쿠이(福井)현 등 3개 현 480km의 해안을 오염시켰다. 해안방제는 카가와(香川)시부터 스즈(珠洲)시까지 18개 시·군에서 어업관계자와 지역주민, 자원봉사자, 자위대등 100만명 이상의 인력과 장비가 투입되어 약 7개월의 처리기간이 소요되었다.

1999년 12월 12일에 유조선 에리카호의 선체 절단으로 원유 14,000톤이 유출되어, 프랑스의 약 400km 연안이 오염되었다. 해안방제는 12월 24일부터 약 3개월에 걸쳐 진행되었다. 이 사고로 유럽에서는 이중선체 요건의 강화와 노후선에 대한 항만국통제(PSC) 강화에 대한 국제협약 개정작업을 강도 높게 진행하였다. 또한 2002년 11월 19일에는 유조선 프레스티지호의 선체 절단으로 원유 63,000톤이 유출되어 스페인 북서해안 등 약 900km가 오염되었다. 해안방제는 영국의 방제회사(OSRL)과 스페인 방제업체들이 주정부와 협력하여 진행하였으며, 스페인 방제기관(SASEMAR) 주도로 육군, 해군, 산림청 등의 지원 인력과 유럽의 방제전문기관 및 자원봉사자들이 참여하여 수행되었다. 이 사고로 국제적으로 단일선체에 의한 중질유 운송이 금지되었다.

제4장 해안방제여건 평가 및 분석



4.1 우리나라 해안의 특성

4.1.1 자연적 특성

(1) 해안선 및 해안지형

우리나라는 국토의 삼면이 바다로 둘러싸인 반도국가로서 국토면적에 비해 대단히 길고 굴곡이 심한 해안선을 가지고 있다. 동해안은 해안선이 단조롭고 섬이 적으나, 서해안과 남해안은 반도와 섬, 만이 많아 해안선이 매우 복잡하고 길다. 또한 동해안은 파랑의 작용이 활발하고, 서해안은 조석간만의 차가 크고 조류의 작용이 활발하여 서로 구별되는 뚜렷한 해안 특성을 가지고 있다.

우리나라 해안선 주위로는 총 3,300여 개의 크고 작은 섬들이 있는데, 이 중 약 2,250개가 남해에, 약 890개가 서해에 분포하고 있다. 특히, 전남을 중심으로 서남 해안은 섬이 매우 많아 다도해라 불리며, 해안선의 출입이 복잡하여 대표적인 리아스식 해안의 형태를 나타내고 있다.

동해안의 하천은 경사가 급하고 유속이 빨라 홍수가 발생되면 토사 공급량이 많고 하천의 길이가 짧아 많은 양의 토사(모래)가 쉽게 해안으로 공급된다. 또한 수심이 깊기 때문에 파랑의 작용이 활발하여, 육지에서 해안으로 공급된 많은 양의 토사는 파랑의 운반 작용으로 해안을 따라 평행 이동하여 사빈을 비롯한 각종 모래 지형을 형성한다.

조석의 차이가 큰 서해안은 완경사를 이루고 있어 하천의 흐름이 완만하여 주로 입자가 작은 세사(細沙)가 하구까지 운반되지만, 이들은 썰물 때 활발한 조류의 흐름을 따라 바다 쪽으로 쉽게 이동한다. 바닷물에 의해 쓸려간 토사 중에 입자가 작은 퇴적물의 일부는 밀물에 의해 다시 해안 쪽으로 이동하여 해안 일대에 간석지를 형성한다. 반면에 수심이 얕아 파랑의 작용이 활발하지 못하며, 해안에 섬·반도 등의 지형 장애물이 많아 비교적 입자가 큰 모래의 이동이 활발하지 못하여 사빈의 발달은 미약한 편이다.

(2) 해역별 특성

(가) 동해안

동해의 평균풍속은 Table 4.1과 같이 해안역(포항, 동해)과 연안역(울릉도) 모두 약한 편으로 나타나고 있고, 울릉도 해역의 최대 순간풍속이 강하게 나타나는 것은 이곳이 하계 태풍의 진로에 해당하는 구역임을 알게 한다. 풍향은 해안역에서는 남~남서풍계가 우세하고 연안역에서는 북동풍계가 우세하다. 또한 동해의 연안역은 연간 약 45일 정도 안개가 발생하는 안개 다발지역이기도 하다.

Table 4.1 Weather conditions on eastern coastal regions in Korea

Coasts		Wind direction and speed		Maximum direction and speed		days of storm	days of fog	current
		Average wind speed (m/s)	Dominant direction	Average wind speed (m/s)	Dominant direction			maximum water speed (kn)
East sea	Pohang	2.6	SW	29.3	SSE	0	2	1
	Donghae	2.7	SW	28.8	NNW	3	9	1
	Ulleungdo	3.5	NE	52.4	NNE	12	43	1

동해안에서의 조차는 30cm 내외에 불과하나 일조부등은 매우 현저하여 일주조가 되는 수가 있다. 조시의 차이는 고조에서 크고 조고의 차이는 저조에서 크다. 조류는 전반적으로 연안 근해에 있어서 일정한 조류는 없고 다만 바람에 의해 생기는 미약한 표층해류(Surface Layer Current)만 존재한다.

동해안의 해양기상 및 지형적 특성을 종합해 보면, 해안선이 매우 단조롭고 외해 쪽에는 대륙사면이 존재하여 수심이 급격히 깊어진다. 항 부근해역에서는 바람이 약한 편이고 남서풍계가 우세하며, 조류는 약한 편이다.

(나) 남해안

남해의 평균풍속은 Table 4.2와 같이 해안역(제주, 여수, 부산) 및 연안역(나로도) 모두 약한 편이지만, 남해 중서부 연안역에서는 폭풍이 연간 120일 이상 나타나는 강풍대가 형성되어 있고, 남해 서남부(제주) 해역의 풍향은 북서~북풍계, 중동부 해역은 북~북동풍계가 우세하다.

Table 4.2 Weather conditions on southern coastal regions in Korea

Coasts		Wind direction and speed		Maximum direction and speed		days of storm	days of fog	current
		Average wind speed (m/s)	Dominant direction	Average wind speed (m/s)	Dominant direction			maximum water speed (kn)
Southern sea	Jeju	3.2	NNW	60	NW	3	13	2~2.5
	Yeosu	4.3	NE	49.2	E	24	15	2~3
	Busan	3.2	NNE	42.7	SE	3	11	2~2.5
	Narodo	4.3	E	33.7	E	122	-	2

또한 남해 중동부 해역의 최대순간풍속이 서해에 비해 강하게 나타나 하계 태풍의 진로에 해당하는 지역임을 알 수 있다. 안개는 주로 봄에서 여름에 형성되며 연간 약 10~15일 정도로 비교적 안개 발생 일수는 적은 편이다.

평균고조간격은 남해 동부에서 8시부터 서쪽으로 감에 따라 점차 증가하여 서부에서 11시가 된다. 대조승은 부산에서 1.2m, 여수에서 3.0m, 완도에서 3.1m로 서쪽으로 갈수록 증가한다. 남해안의 일조부등은 현저하지 않으며 반일주조의 규칙적인 승강을 한다. 평균해면은 2월에 가장 낮고 8월에 가장 높으며, 그 차이는 약 0.3m 정도이다. 이 해역의 유속은 부산에서 0.5~1.5노트이고 여수 지역에서는 최강유속이 2.5노트에 이른다.

남해안의 해양기상 및 지형적 특성을 종합해 보면, 중서부 해역은 섬이 산재해 있고 해안선이 복잡하며 해수 흐름이 복잡하고 조류가 비교적 강하며, 강풍

대가 형성되어 있다. 동부 해역은 해안선이 단조로운 편이며 조류는 2노트 정도 정도로 약한 편이지만, 남해 중동부 해역은 우리나라에 내습하는 태풍의 주 진로상에 위치하는 지역이다. 그리고 남해 중동부 연안역과 진해만 일대에는 양식장 등 민감지역이 많이 존재한다.

(다) 서해안

서해안은 많은 섬들이 산재해 있고 해안선이 복잡하며, 해안쪽에 썰간석지가 넓게 퍼져있다. 그리고 지형적 영향으로 해수유동이 복잡하고 조석간만의 차가 매우 크고 조류가 비교적 강하게 나타난다. 또 해안역의 넓은 조간대에는 다양한 생물이 서식하고, 또한 우리나라 양식장의 약 79%가 이곳에 조성되어 있어 생태학적 민감지역이 많은 곳이기도 하다.

특히 동계에 강한 북~북서풍계의 바람이 자주 나타나며, 이러한 상태에서는 기름 유출에 따른 해상방제작업은 거의 불가능하며, 유막이 조류 및 바람에 의해 예상보다 빨리 해안으로 밀려오기 때문에 대부분의 유출된 기름은 해안방제에 의해 이루어진다.

서해의 평균풍속은 Table 4.3과 같이 해안역(인천, 군산, 목포) 및 연안역(덕적도, 흑산도) 모두 대체로 약한 편이지만, 남부 연안역에서는 폭풍이 연간 100일 이상 나타나는 강풍대가 형성되어 있고, 서해 전역의 풍향은(특히 겨울철) 북풍계가 우세하게 나타나고 있다. 그리고 군산 이북 및 연안역은 연간 약 40일 정도 발생하는 안개 다발지역이다. 일조부등은 일반적으로 적으나 조차가 크므로 약간 큰 조고의 부등을 볼 수 있다.

Table 4.3 Weather conditions on western coastal regions in Korea

Coasts		Wind direction and speed		Maximum direction and speed		days of storm	days of fog	current
		Average wind speed (m/s)	Dominant direction	Average wind speed (m/s)	Dominant direction			maximum water speed (kn)
Yellow sea	Incheon	2.5	N	28.7	W	0	40	3 ~ 4
	Gusan	2.6	NW	26.6	NW	5	38	2 ~ 2.5
	Mokpo	3.6	N	28.9	NNE	15	27	3 ~ 4
	Dukjukdo	4	N	19.2	SW	95	-	4 ~ 6
	Heuksando	5.5	NNW	37.8	SE	101	46	3 ~ 3.5

(라) 연안 해류

이처럼 우리나라 해역은 동해안, 서해안, 남해안이 각각 고유의 특성을 가지고 있다. 서해안은 조석의 차이에 의한 영향이 매우 크며, 겨울철 북서풍의 영향으로 빠르게 육상에 표착될 수 있고, 남해안의 경우 조차보다는 북동방향의 쿠로시오 해류(Kuroshio Current)와 섬과 해안선사이에 빠른 조류의 영향으로 해안으로의 기름표착이 쉽게 발생할 수 있다.

반면 남해안의 남동부지역 일부와 동해안 지역은 Fig. 4.1과 같이 쿠로시오 해류의 영향으로 해안으로의 기름 표착이 제한적인 것으로 검토되었다. 또한 남해안은 하계 태풍 등 저기압의 직간접 영향으로 남풍계의 바람이 강하게 불 경우에는 기름유출에 따른 해상방제 작업은 거의 불가능하며, 유막이 조류 및 바람에 의해 예상보다 빨리 해안으로 밀려오기 때문에 대부분의 유출된 기름은 해안방제에 의존하여야 한다.

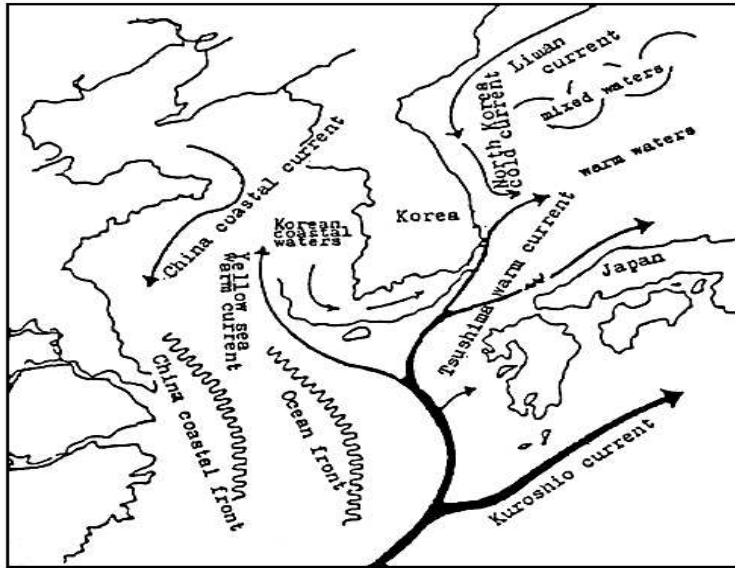


Fig. 4.1 Sea currents around Korean peninsula

4.1.2 사회경제적 특성

해안의 지형적 특성과 기상 외에 해안방제에 있어서 주위 깊게 검토되어야 할 사항으로 해안의 경제적·생태학적 민감자원의 분포현황이다. 민감자원으로는 저위갯벌 서식지, 조류 및 해양포유류, 육상 동·식물 서식지, 관광지(해수욕장), 특별 관리지역(자연 보호 및 보전구역 등), 자원 이용지역(양식장, 수원취수구역 등), 고고학적, 역사적 중요지역 등을 들 수 있다.

먼저, 권역별 양식업, 마을어업, 정치망 어업 등 연안어업 현황은 Fig. 4.2와 같다. 서해안은 양식어업이 전국 양식어업의 약 50%, 마을어업의 약 35%, 정치망어업의 7%를 차지하고 있으며, 조차에 의한 넓은 갯벌을 보유하고 있어 맨손어업이 성행하고 있다. 남해안은 전국 양식어업의 약 45%, 마을어업의 43%, 정치망어업의 29%를 차지하고, 동해안은 주로 정치망 어업(64%)이 우세한 것으로 나타났다. 따라서 해안지역의 주요 자원이용 지역은 서해와 남해에 밀집되어 있음을 알 수 있다.

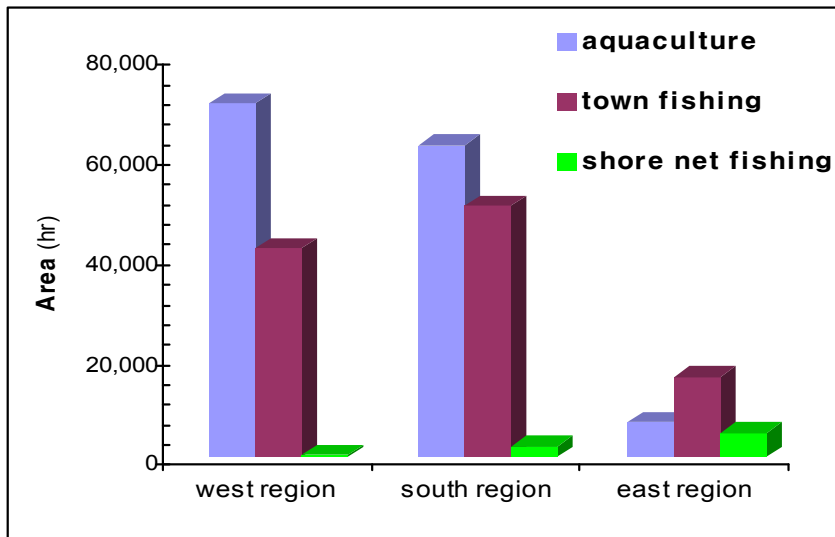


Fig. 4.2 Current status of coastal fisheries by regions

이를 다시 Table 4.4와 같이 행정구역으로 살펴보면, 전라남도(목포, 완도, 여수) 지역이 우리나라 전체 양식어업의 67%, 마을어업의 47%를 차지하고 있으며, 다음으로 경상남도(통영)와 충청북도(태안) 순으로 해안지역에의 양식어업이 성행하는 것으로 나타났다. 동해안의 경우는 정치망 어업이 두드러지나 전체 어업지역에 2%내외의 낮은 연안어업 형태를 취하는 것으로 나타났다.

Table 4.4 Current status of coastal fisheries by local governments

Coast	District	Unit	Aquaculture				Town fishing	Shore net fishing
			Total	sea weeds	shellfish	fish		
Yellow sea	Gyeonggi	number	90	31	49	10	109	-
		area (ha)	1,882	1,093	757	33	4,451	-
	Incheon	number	270	59	162	49	128	-
		area (ha)	2,699	806	1,628	265	1,762	-
	Chungnam	number	629	49	475	105	291	8
		area (ha)	9,518	4,170	4,193	1,155	6,048	65
	Jeonbuk	number	474	89	314	71	103	16
		area (ha)	8,514	4,859	3,136	519	2,072	107
Jeonnam	number	5,201	2,209	2,764	228	1,355	46	
	area (ha)	95,922	68,674	26,245	1,003	54,871	683	
Southern sea	Busan	number	130	119	9	2	31	1
		area (ha)	1,667	1,408	252	7	1,696	3
	Jeju	number	45	2	30	13	127	55
		area (ha)	997	7	471	518	4,431	133
	Gyeongnam	number	2,170	24	1,608	538	618	204
		area (ha)	11,735	112	9,943	1,680	16,611	1,720
East sea	Ulsan	number	61	45	11	5	21	6
		area (ha)	420	297	105	19	896	61
	Gyeongbuk	number	476	5	179	292	154	91
		area (ha)	3,270	9	2,465	797	6,094	2,597
	Gangwon	number	163	21	36	106	83	109
		area (ha)	3,248	167	343	2,738	9,029	2,149
Total		number	9,709	2,653	5,637	1,419	3,020	536
		area (ha)	139,871	81,601	49,538	8,733	117,961	7,518

* 출처 : 행정안전부 통계자료, 2009

한편, 우리나라는 환경적·생태학적 측면에서 중요도가 높은 지역에 대하여 Table 4.5와 같이 해양보전해역과 특별관리해역을 지정하여 관리하고 있다.(해양환경관리법 제15조) 해양환경상태가 매우 양호하여 지속적인 보전가치가 높은 환경보전해역으로는 가막만, 득량만, 완도-도암만, 함평만으로서 행정구역상 전라남도 지역에 집중되어 있음을 확인할 수 있다.

Table 4.5 Designation status of Environmental Management Sea Areas

classification	Name of coast	Sea	Total area	Onshore area	Land area
Environmental Management area	Gamak bay	southern sea	255.29	154.17	101.13
	Deungnyang bay	southern sea	550.25	315.74	234.51
	Wando, Doam bay	southern sea	769.98	338.48	431.50
	Hampyeong bay	Yellow sea	306.61	140.73	165.87
Special Conservation area	Coastal water near Busan	southern sea	235.73	235.73	505.77
	Coastal waters near Ulsan	East sea	200.85	56.56	144.29
	Kwangyang bay	southern sea	465.93	131.37	334.56
	Masan bay	southern sea	300.66	142.99	157.66
	Sihwaho and Coastal water near Incheon	Yellow sea	1181.88	605.76	576.12

* 출처 : 국토해양부 통계자료, 2011

또한 국립공원관리공단에서는 해안지역의 식생 및 생태계보전 가치가 높은 4개의 지역에 대해 해상국립공원으로 지정·운영하고 있으며, 지방자치단체(군단위)에서도 군립해상공원을 지정하여 이 지역의 생태계를 보전하고 있다. 이들 해상공원들은 Table 4.6에 나타난 바와 같이 모두 서해안과 남해안 집중적으로 지정되어 있으며, 특히 한려해상 및 다도해상 국립공원은 전남과 경남지역 2,382,000km²가 환경적 중요도와 함께, 관광자원으로서의 가치가 높은 지역이라

고 할 수 있으며, 주요 수산자원과 환경자원은 서해 일부 지역과 남해지역에 집중되어 있음을 알 수 있다.

Table 4.6 Designation status of marine parks

Name	Coasts	Water area(km ²)	Classification
Hallyeohaesang	southern Coast(Chonnam, Gyeongnam)	395,479	National park
Taeanhaesang	Western coast (Chungnam)	289,543	National park
Dadohaesang	Southern coast (Chonnam)	1,986,684	National park
Byeonsanbando	Western coast (Chonbuk)	9,196	National park
Sanjokam	Southern Coast (Gyeongnam)	3,772	Municipal park
Marahaeyang	Southern coast (Jeju)	49,175	Municipal park
Sungsanilchulhaeyang	Southern coast (Jeju)	16,156	Municipal park
Seogwipo municipal marine	Southern coast (Jeju)	19,540	Municipal park
Chuja	Southern coast (Jeju)	94,481	Municipal park
Udohaeyang	Southern coast (Jeju)	25,836	Municipal park

* 출처 : 국립공원관리공단 통계자료, 2011

Table 4.7 Number of beaches in Korea by regions

Total	Eastern coast					Southern coast					Western coast				
	Sock cho	Dong hac	Po-hang	Ulsan	Busan	Tong young	Yeosu	Jeju	Seo gwi po	Wan do	Mok po	Gun san	Tae an	Pyeong taek	Inch-eon
264	51	44	27	7	5	20	14	7	10	13	15	10	24	2	15

그 밖의 주요 관광자원으로서 여름철 해수욕장을 들 수 있으며, 각 지역 해양경찰서에서 관리하고 있는 주요 해수욕장은 Table 4.7과 같이 동해안이 49%

로 가장 많이 있으며, 남해안과 서해안에 각각 26%, 25%가 분포되어 있는 것을 알 수 있다.



4.2 해안오염 취약성 평가

4.2.1 기름물동량 현황 분석

해양오염사고의 잠재적 취약성을 평가하기 위해서는 먼저 주요 항만으로 운송되는 기름물동량을 확인해 볼 필요가 있다.

우리나라의 총에너지 수요 예상치는 2008~2013년 기간 중 연평균 2.8%로 증가하고, 2013년에는 2008년 수준대비 14.6% 증가한 2억 7,480만 TOE(Ton of Oil Equivalent, 석유환산톤)까지 도달할 것으로 전망하고 있다. 이와 관련하여 국내 해상위험물 운송의 대부분을 차지하는 석유에너지의 수요량도 Fig. 4.3과 같이 2008년~2013년 기간 중 연평균 1.2%로 증가하고 2013년까지 8억 94만 배럴까지 증가할 것으로 전망하고 있다.

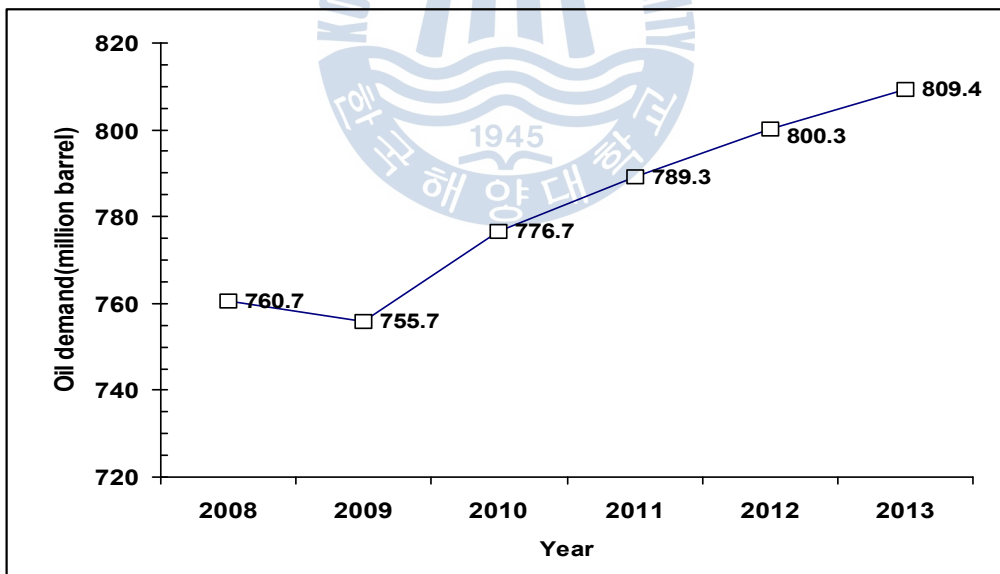


Fig. 4.3 Forecast of oil demand of Korea in the future

석유정제품을 포함하여 국내에서 요구되는 기름은 전량 해상으로 수입되고 있으므로 그에 대한 수요량이 증가하는 것은 해상에서 기름과 같은 위험물을 운반하는 선박의 통항량의 증가를 의미하며, 이로 인해 해양오염사고의 위험도를 증가시킨다.

우리나라 주요 항만의 기름물동량은 Table 4.8과 같이 2007년부터 2010년까지 200,000,000톤 이상이 해상을 통해 들어오고 있으며, 물동량은 지속적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

Table 4.8 Quantity of oil transported by ports

(Unit : ton)

Name	2007	2008	2009	2010
Incheon	49,381,341	46,681,762	45,415,708	51,645,874
Pyeongtaek · Dangjin	21,201,883	21,836,329	20,646,568	27,054,103
Daesan	39,922,191	45,239,582	46,717,910	46,365,481
Gunsan	4,277,652	3,711,531	3,009,654	3,309,497
Mokpo	72,282	53,811	59,965	67,316
Jeju	757,232	742,819	739,045	788,145
Kwangyang	9,222,320	9,788,437	8,730,915	11,405,028
Masan	1,768,313	2,518,454	1,751,801	2,021,750
Busan	7,784,632	8,147,977	7,604,872	7,868,901
Ulsan	65,810,578	115,938,156	118,974,478	118,434,650
Total	200,198,422	254,658,858	253,650,916	268,960,745

* 출처 : 국토해양부 통계자료, 2011

이 중 2010년을 기준으로 울산항이 전국 기름물동량의 44.0%로 가장 많은 양을 차지하고 있으며, 인천항과 대산항이 각각 19.2%와 17.2%, 다음으로 평택·당진항 10.0%, 광양항 4.2% 순으로 나타났다. 결국 기름물동량이 높은 이들 항만 근처에서 유류오염사고의 발생 가능성이 높으며, 울산항과 더불어 인천항, 평택·당진항, 대산항, 광양항의 전체 기름물동량이 전국 대비 94.6%로 대부분을 차지하고 있으며, 이들 해역에서의 유류오염사고 발생시 해상뿐만 아니라 해안에 표착될 가능성도 가장 높은 지역이기도 하다.

4.2.2 해양오염사고 현황 분석

(1) 동해안

최근 5년간('06년~'10년) 동해안에서 발생한 해양오염사고의 발생건수, 유출량 현황을 Table 4.9에 나타냈다. 동해지역의 최근 5년간 평균 해양오염 발생건수 및 유출량은 각각 53건, 232kl로 나타났다. 이는 한해 평균 전국적으로 발생한 해양오염 사고건수의 18%, 유출량의 7%에 해당한다.

Table 4.9 Statistics of marine oil spills in the eastern coastal regions in Korea

KCG office	Year	2006	2007	2008	2009	2010
Sokcho	number	14	8	7	5	12
	spillage(ℓ)	694	399	745	220	892
Donghae	number	4	6	2	12	23
	spillage(ℓ)	830	145	50	895	5,618
Pohang	number	19	10	18	29	8
	spillage(ℓ)	1,696	278	4,206	6,884	3,730
Ulsan	number	19	19	13	18	19
	spillage(ℓ)	16,604	1,030,690	644	1,924	85,325
Total	number	56	43	40	64	62
	spillage(ℓ)	19,824	1,031,512	5,645	9,923	95,565

이를 다시 규모별로 살펴보면, Table 4.10과 같이 최근 5년간 10kl 이하의 소규모 오염사고는 총 260건, 유출량은 총 36kl로, 연간 평균 52건, 7kl가 유출되었다. 또한 10~100kl의 중규모 오염사고는 총 4건, 유출량 172kl로, 연간 평균 0.8건, 34kl가 유출되었으며, 100kl 이상의 대규모 오염사고는 1건에 955kl가 유출되었다. 이중 해안오염 방제조치를 하루 이상 실시한 오염사고는 2006년과 2008년에 울산에서 발생한 벙커-A 유출사고와 벙커-B 유출사고이며, 그 외에는 해안방제가 거의 이루어지지 않았다.

Table 4.10 Statistics of marine oil spills in the eastern coastal regions in Korea by years and scales

KCG office	spillage	Year	2006	2007	2008	2009	2010
Sokcho	<10kl	number	14	8	7	5	12
		spillage(ℓ)	694	399	745	220	892
Donghae	<10kl	number	4	6	2	12	23
		spillage(ℓ)	830	145	50	895	5,618
Pohang	<10kl	number	19	10	18	29	8
		spillage(ℓ)	1,696	278	4,206	6,884	3,730
Ulsan	<10kl	number	18	17	13	18	17
		spillage(ℓ)	1,114	3,430	644	1,924	1,925
	10~100kl	number	1	1	0	0	2
		spillage(ℓ)	15,490	72,660	0	0	83,400
	>100kl	number	0	1	0	0	0
		spillage(ℓ)	0	954,600	0	0	0
sub total	<10kl	number	55	41	40	64	60
		spillage(ℓ)	4,334	4,252	5,645	9,923	12,165
	10~100kl	number	1	1	0	0	2
		spillage(ℓ)	15490	72,660	0	0	83,400
	>100kl	number	0	1	0	0	0
		spillage(ℓ)	0	954,600	0	0	0
Total		number	56	43	40	64	62
		spillage(ℓ)	19,824	1,031,512	5,645	9,923	95,565

(2) 남해안

최근 5년간(2006년~2010년) 남해안에서 발생한 해양오염사고의 발생건수와 유출량 현황을 Table 4.11에 나타냈다. 남해지역의 최근 5년간 평균 해양오염발생건수 및 유출량은 각각 180건, 531kl로 나타났다. 이는 한해 평균 전국적으로 발생한 해양오염 사고건수의 59%와 유출량의 16%에 해당하는 것으로, 오염사고는 주로 부산, 여수, 통영에 집중되어 있다.

Table 4.11 Statistics of marine oil spills in the southern coastal regions in Korea

KCG office	Year	2006	2007	2008	2009	2010
Seogwipo	number	-	-	2	7	15
	spillage(ℓ)	-	-	40	55	56,181
Jeju	number	18	37	8	14	22
	spillage(ℓ)	330	50,481	22,138	14,763	23,168
Wando	number	11	11	12	16	13
	spillage(ℓ)	967	472	2,445	1,437	474
Yeosu	number	29	35	32	21	42
	spillage(ℓ)	33,728	1,569,191	260,363	5,251	40,846
Tongyoung	number	46	41	29	29	24
	spillage(ℓ)	3,156	60,428	9,183	5,976	127,456
Busan	number	74	102	89	56	62
	spillage(ℓ)	213,425	33,256	110,444	6,946	3,336
Total	number	178	226	172	143	178
	spillage(ℓ)	251,606	1,713,828	404,613	33,428	251,461

이를 다시 규모별로 살펴보면, Table 4.12와 같이 최근 5년간 10kl 이하의 소규모 오염사고는 총 877건, 유출량 162kl로, 연간 평균 175건에 32kl를 유출한 것으로 나타났다. 10~100kl의 중규모 오염사고는 총 19건, 유출량 2,266kl로, 연평균 3.8건에 평균 453kl를 유출하였고, 100kl의 대규모 오염사고는 1건에 200kl를 유출하였다.

Table 4.12 Statistics of marine oil spills in the eastern coastal regions in Korea by years and scales

KCG office	Spillage	Year	2006	2007	2008	2009	2010
Seogwipo	<10kl	number	-	-	2	7	13
		spillage(ℓ)	-	-	40	55	11,181
	10~100kl	number	-	-	0	0	2
		spillage(ℓ)	-	-	0	0	45,000
Jeju	<10kl	number	18	36	7	14	20
		spillage(ℓ)	330	18,981	6,138	14,763	368
	10~100kl	number	0	1	1	0	2
		spillage(ℓ)	0	31,500	16,000	0	22,800
Tongyoung	<10kl	number	46	40	29	29	22
		spillage(ℓ)	3,156	10,428	9,183	5,976	1,855
	10~100kl	number	0	1	0	0	2
		spillage(ℓ)	0	50,000	0	0	125,601
Yeosu	<10kl	number	28	34	31	21	40
		spillage(ℓ)	19,328	16,364	7,463	5,251	11,686
	10~100kl	number	1	1	1	0	2
		spillage(ℓ)	14,400	1,552,827	252,900	0	29,160
Busan	<10kl	number	73	100	86	56	62
		spillage(ℓ)	13,425	11,856	5,244	6,946	3,336
	10~100kl	number	0	2	3	0	0
		spillage(ℓ)	0	21,400	105,200	0	0
	>100kl	number	1	0	0	0	0
		spillage(ℓ)	200,000	0	0	0	0
Wando	<10kl	number	11	11	12	16	13
		spillage(ℓ)	967	472	2,445	1,437	474
Sub total	<10kl	number	176	221	167	143	170
		spillage(ℓ)	37,206	58,101	30,513	34,428	28,900
	10~100kl	number	1	5	5	0	8
		spillage(ℓ)	14,400	1,655,727	374,100	0	222,561
	>100kl	number	1	0	0	0	0
		spillage(ℓ)	200,000	0	0	0	0
Total		number	178	226	172	143	178
		spillage(ℓ)	251,606	1,713,828	404,613	33,428	251,461

이 가운데 해안오염 방제조치를 1일 이상 실시한 오염사고는 2007년 부산에서 발생한 벙커-C 200 ℓ 유출사고와, 2008년 제주에서 발생한 벙커-A 16,000 ℓ 유출사고, 부산과 통영에서 각각 발생한 벙커-A 230 ℓ 와 180 ℓ 유출사고, 2009년 통영과 여수에서 각각 발생한 경유 103 ℓ 와 1,364 ℓ 유출사고와 완도에서 발생한 중유 및 선저폐수 80 ℓ 유출사고, 2010년에 여수와 통영 각각 발생한 벙커-A 610 ℓ, 선저폐수와 경유 60 ℓ 유출사고에 대하여 해안방제가 실시되었다. 남해안은 최근 5년간 여수, 통영 및 부산지역에서 집중적으로 해안방제가 이루어졌다.

(3) 서해안

최근 5년간(2006년~2010년) 서해안에서 발생한 해양오염사고의 발생건수와 유출량을 Table 4.13에 나타냈다. 서해지역의 최근 5년간 평균 해양오염발생건수 및 유출량은 각각 70건, 2,628kl로 나타났다.

Table 4.13 Statistics of marine oil spills in the western coastal regions in Korea

KCG office	Year	2006	2007	2008	2009	2010
Incheon	number	21	37	26	33	28
	spillage(ℓ)	49,478	86,650	10,686	16,899	239,766
Taean	number	9	12	5	19	17
	spillage(ℓ)	1,112	12,549,956	1,194	47,056	7,522
Gusan	number	6	12	12	16	15
	spillage(ℓ)	42,066	960	1,632	1,496	1,994
Mokpo	number	15	15	10	12	29
	spillage(ℓ)	655	64,576	12,153	997	4,657
Total	number	51	76	53	80	89
	spillage(ℓ)	93,311	12,702,142	25,664	66,448	253,939

이는 연간 평균 전국에서 발생한 해양오염 사고건수의 23%, 유출량의 78%에 해당한다. 특히 2007년에 발생한 허베이 스피리트호 해양오염사고가 유출량에 크게 영향을 주었다. 허베이 스피리트호 사고를 제외하면 서해권역의 최근 5년간 평균 유출량은 119kl이다.

이를 다시 규모별로 살펴보면, Table 4.14와 같이 최근 5년간 10kl 이하의 소규모 오염사고는 총 339건, 유출량 119kl로, 연간 평균 68건에 24kl를 유출한 것으로 나타났다. 또한 10~100kl의 중규모 오염사고는 총 8건, 유출량 344kl로, 연평균 1.6건에 69kl를 유출하였고, 100kl의 대규모 오염사고는 총 2건, 유출량 12,679kl로 연평균 0.4건에 2,536kl를 유출한 것으로 나타났다.

이 가운데 해안오염 방제조치를 1일 이상 실시한 오염사고는 2006년 인천 및 태안에서 각각 발생한 병커-A 300 l 와 711 l 유출사고, 2007년 태안에서 발생한 원유 12,547,000 l 유출사고, 2008년 인천과 군산에서 각각 발생한 병커-A 2,200 l 와 병커-C 80 l 유출사고, 2010년 태안에서 발생한 병커-A 303 l 유출사고에 대하여 해안방제가 실시되었다. 서해안의 경우 최근 5년간 인천과 태안지역에서 집중적으로 해안방제가 이루어졌다.

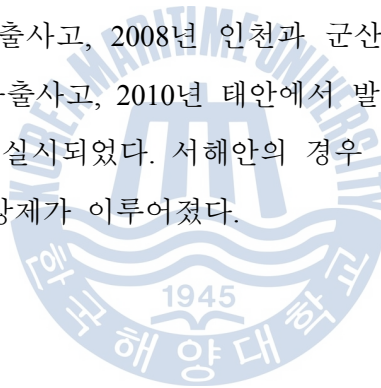


Table 4.14 Statistics of marine oil spills in the western coastal regions in Korea
by years and scales

KCG office	Spillage	Year	2006	2007	2008	2009	2010
Incheon	<10kl	number	20	36	26	33	25
		spillage(ℓ)	7,978	5,850	10,685	16,899	22,266
	10~100kl	number	1	1	0	0	2
		spillage(ℓ)	41,500	80,800	0	0	85,500
	>100kl	number	0	0	0	0	1
		spillage(ℓ)	0	0	0	0	132,000
Taean	<10kl	number	9	11	5	18	17
		spillage(ℓ)	1,112	2,956	1,194	7,056	7,522
	10~100kl	number	0	0	0	1	0
		spillage(ℓ)	0	0	0	40,000	0
	>100kl	number	0	1	0	0	0
		spillage(ℓ)	0	12,547,000	0	0	0
Gusan	<10kl	number	5	12	12	16	15
		spillage(ℓ)	8,292	960	1,632	1,496	1,994
	10~100kl	number	1	0	0	0	0
		spillage(ℓ)	33,774	0	0	0	0
	>100kl	number	0	0	0	0	0
		spillage(ℓ)	0	0	0	0	0
Mokpo	<10kl	number	15	13	10	12	29
		spillage(ℓ)	655	2,576	12,153	997	4,657
	10~100kl	number	0	2	0	0	0
		spillage(ℓ)	0	62,000	0	0	0
	>100kl	number	0	0	0	0	0
		spillage(ℓ)	0	0	0	0	0
sub total	<10kl	number	49	72	53	79	86
		spillage(ℓ)	18,037	12,342	25,644	26,448	36,439
	10~100kl	number	2	3	0	1	2
		spillage(ℓ)	75,274	142,800	0	40,000	85,500
	>100kl	number	0	1	0	0	1
		spillage(ℓ)	0	12,547,000	0	0	132,000
Total		number	51	76	53	80	89
		spillage(ℓ)	93,311	12,702,142	25,664	66,448	253,939

4.2.3 오염사고 취약해역 종합 평가

최근 5년간 전국에서 발생한 해양오염사고는 총 1,511건으로 유출량은 16,933 kl로 나타났다. 해안별 해양오염사고 건수는 서해안이 349건(23%)에 13,142kl(78%)이며, 남해안이 897건(59%)에 2,628kl(16%), 동해안이 265건(18%)에 1,163kl(7%)로, 사고건수는 남해안이 압도적으로 많으며, 전체 유출량에 있어서는 서해안 지역이 높은 것으로 나타났다. 그러나 여기에는 허베이 스피리트호 오염사고 유출량이 전체에 큰 영향을 미쳤다.

사고 규모별로 각 해안별 오염사고 비중을 살펴보면, 단위 유출량 1kl 이하인 소규모 오염사고의 경우, Fig. 4.4와 같이 남해안이 사고발생건수와 유출량 모두 59%와 61%로 매우 높은 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 서해안, 동해안 순으로 나타났다.

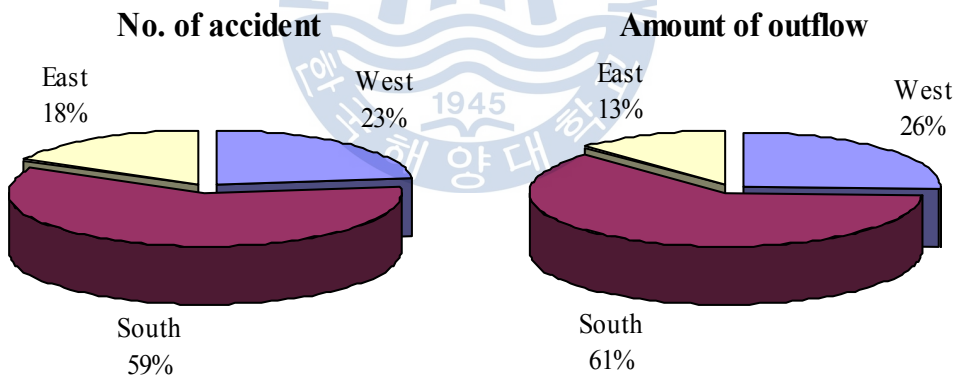


Fig. 4.4 Marine oil spill incidents of less than 10kl of spillage for the last 5 years in Korea

단위 유출량 10kl에서 100kl의 오염사고의 경우에는 Fig. 4.5와 같이 사고 발생건수와 유출량 모두 남해안이 각각 61%, 82%로 월등히 높은 비중을 차지

하였으며, 다음으로 서해안, 동해안 순으로 나타났다. 다만, 100 kℓ이상의 대규모 오염사고의 경우, 허베이 스피리트호 유류유출사고 영향으로 Fig. 4.6과 같이 서해안이 매우 높은 비중을 차지하고 있으며, 동해안이 남해안에 비해 높은 유출량을 나타내었다.

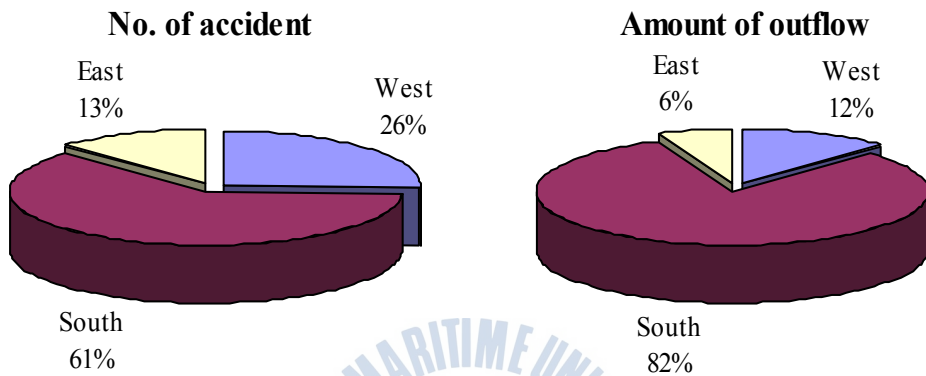


Fig. 4.5 Marine oil spill incidents of 10~100kℓ of spillage for the last 5 years in Korea

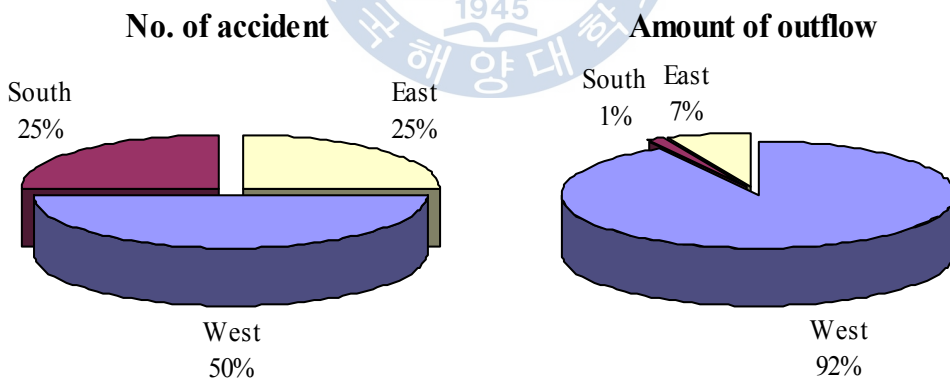


Fig. 4.6 Marine oil spill incidents of more than 100kℓ of spillage for the last 5 years in Korea

대규모 해양오염사고의 경우, 각 해역에 있는 정유사 소재지역으로 대형 유조선을 위한 항만 및 통항해역(인천, 대산, 여수, 통영, 부산 및 울산 등)에서 발생하므로, 최근 5년간의 오염사고 경향만을 가지고 특정 해안의 오염사고 비중을 판별하기는 어렵지만, 각 해역 모두 대형 유조선 항만과 통항지역이 분포되어 있는 것을 고려한다면, 어느 해역도 대규모 해양오염사고 발생가능성에서 자유로울 수 없다.

다만, 앞에서 기술한 것과 같이 해안오염사고는 인천, 태안, 여수, 통영, 부산, 울산 등에서 집중적으로 발생하였으며, 주로 서해안과 남해안에 집중적으로 발생되었다. 이는 오염사고 발생빈도와 함께 서해안과 남해안의 기상 및 지형이 비교적 해안으로의 유출된 기름의 유입이 빈번하게 발생하고 있음을 보여준다고 할 수 있다.

한편 우리나라 전역에서 발생한 오염사고의 원인을 분석해 보면, Fig. 4.7과 같이 부주의에 의한 사고가 전체의 48%로 가장 많고, 그 다음으로 해난, 고의, 파손, 불명 순으로 나타났다.

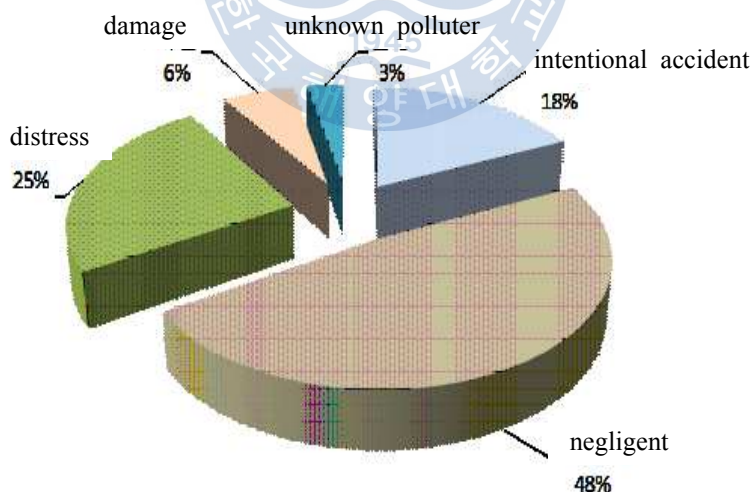


Fig. 4.7 Percentage of marine oil spills by causes (1989~2008)

Fig. 4.8은 20년간(1989년~2008년) 10kl이상 유출된 오염사고의 발생장소를 보여주고 있다. 그림에서와 같이 인천·대산, 목포, 여수, 부산·울산 및 제주지역이 오염사고 다발지역임을 알 수 있다. 각 지역에서의 오염원을 보면, 목포 및 제주지역에서는 주로 어선에 의한 경유의 유출사고가 많고, 그 외 지역은 화물선과 유조선에 의한 벙커유 및 원유에 의한 유출사고인 것으로 나타났다.

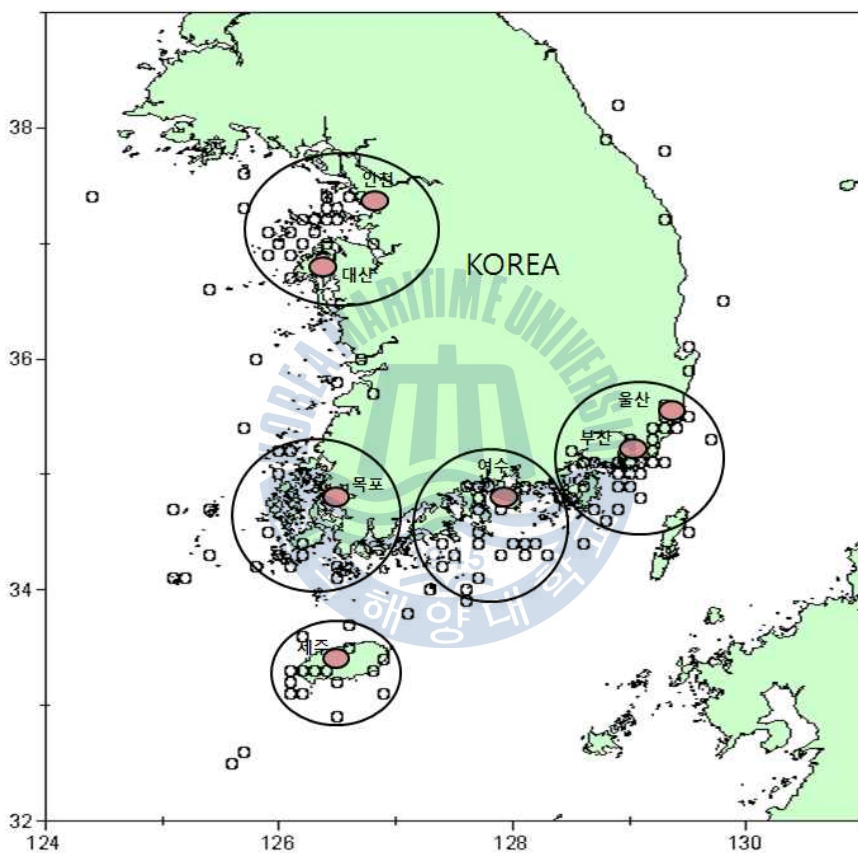


Fig. 4.8 Main areas of marine oil spills of more than 10kl in spillage for the last 20 years (1989~2008)

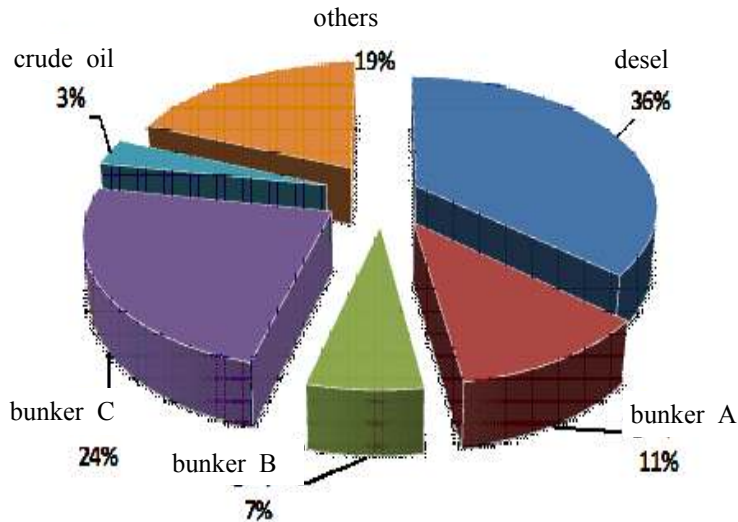


Fig. 4.9 Percentage of marine oil spills of more than 10kl in spillage by types of spilt oil (1989~2008)

우리나라 연안역에서 기름이 10kl 이상 유출된 오염사고의 기름 종류별 발생 빈도를 Fig. 4.9에 나타냈다. 우리나라 해역에서 발생한 오염사고에서 유출된 기름의 종류는 우선 경유가 전체의 36%로 가장 많고, 그 다음으로 벙커-C, 벙커-A, 벙커-B 및 원유 순인 것으로 나타났다.

또한 우리나라 연안역에서 10kl 이상 유출된 유류오염사고의 발생장소별 발생빈도를 Fig. 4.10에 나타냈다. 그림에서와 같이 5마일 이내의 연안에서 발생한 사고가 42%로 가장 많았고, 그 다음으로 항내 38%, 5마일 이상의 외해 20% 순인 것으로 나타났다. 이와 같이 연안(5마일 내) 및 항내에서 발생한 사고가 전체의 80%로, 이는 유류오염사고는 해안오염사고로 이어질 수 있는 높은 개연성을 보여주고 있다. 실제로 최근 5년간(2006년~2010년) 전국 해안에서의 방제현황을 보면, Table 4.15와 같이 '07년 허베이 스피리트호 유류유출사고를 제외하고도 약 10~35%정도를 차지하고 있는 데에서 여실히 드러나고 있다.

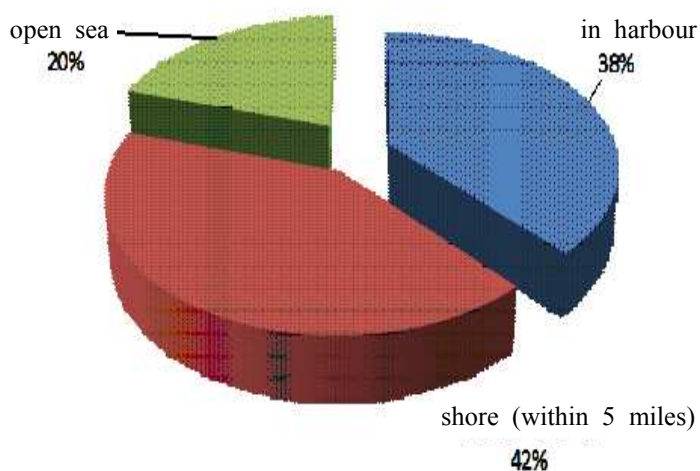


Fig. 4.10 Percentage of marine oil spills of more than 10kl in spillage by incident sites (1989~2008)

Table 4.15 Status of marine oil spills followed by shoreline cleanup measures (2006~2010)

Year	Number of incidents	Spillage (kl)	Number of shoreline cleanup (%)	Spillage of incidents followed by shoreline cleanup measures (kl, %)
'06	285	364.7	11(3.8%)	47(16.5%)
'07	345	15447.5	5(1.4%)	12,672.5(82%)
'08	265	435.9	12(4.5%)	68.5(15.7%)
'09	287	110.8	10(3.5%)	10.6(10%)
'10	329	601	12(3.6%)	205.1(34.1%)

4.3 취약해역에 대한 확산예측

4.3.1 해상방제지원시스템 개요

우리나라의 해안선을 따라 취약지역에 대한 기름유출을 가정하고 유출유 확산예측을 통해 동해, 남해, 서해안에 대해 각각의 해안별 확산 방향과 피해 범위를 조사해 보았다. 이 조사는 해양경찰청에서 구축하여 운영중인 해상방제지원시스템(Korea Oil Spill Prediction System, KOSPS) 프로그램을 이용하였다. 먼저 KOSPS는 Fig. 4.11과 같이 방제정보지도(Envinronmental Sensivity Index Map, ESI Map)를 기반으로 실시간으로 해수유동을 예측하고 유출유 확산예측을 구현하며, 피해예상 환경 민감자원 등 해역특성을 통한 유출유의 피해 범위를 파악하여 주변지역 방제기자재 현황, 방제우선순위, 지역긴급방제실행계획 등과 같이 방제전략 결정 지원을 위한 정보를 제공한다.

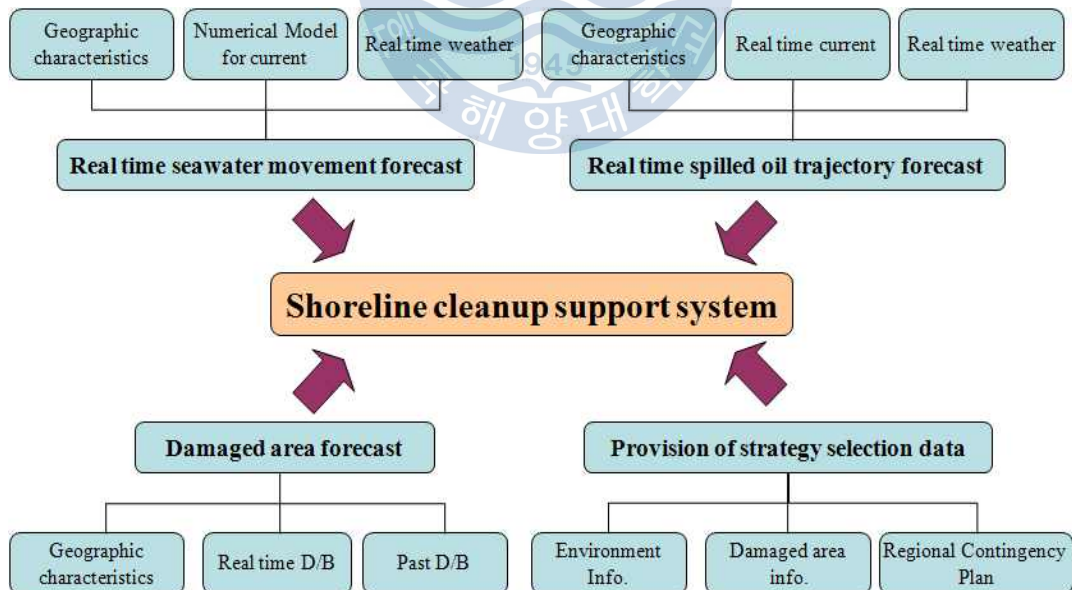


Fig. 4.11 Structure of Korea Oil Spill Prediction System(KOSPS)

또한 이 시스템은 Fig. 4.12와 같이 유출유 확산을 예측하기 위하여 사전에 입력된 해역특성 자료와 기상, 조류, 유출된 기름의 종류 등 해수유동 예측과 관련한 최신 자료와 함정 등 현장에서 올라온 실시간 현장 데이터를 받아 계산하고, 계산 결과를 방제정보지도 상에서 나타내어 방제전략을 결정하는 데 필요한 다양한 정보를 제공한다. 이 시스템 보통 3시간 단위로 계산한 결과를 나타내며, 최대 72시간까지 예측할 수 있다.



Fig. 4.12 Composition of external information and intro page of KOSPS

해상방제지원시스템은 크게 그래픽 디스플레이(Graphic Display), 정보 디스플레이(Information Display), 모델 데이터 입력기(Modeling Data Input)로 구성되어 있다.

Graphic Display에는 Zoom과 Pan 기능, 기상 등 실시간 데이터 입력에 의한 유출유 이동·확산 경로 및 이동속도 표시, 전체 또는 시간대별 유출유 이동·확산경로의 예측 표시, 사고발생 시점부터 현재까지의 유출유 이동·확산경로 궤적, 지도화면 및 마우스 위치의 경위도 표시, 일정지점에서의 유출유 발생원의 역추적 기능 등을 갖추고 있다.

Information Display는 실시간 자료와 해역특성 자료를 통하여 시간대별 유출유 확산 예측을 통한 정보를 나타내며, 처음은 3시간 단위로 6시간, 9시간, 12

시간 상황을 예측하고, 24시간 이후에는 1일 단위로 48시간, 최대 72시간까지 확산 예측이 가능하지만, 시간 경과에 따른 예측 신뢰도가 낮아져 보통 24시간 동안의 예측결과를 주로 이용한다. 이들 예측결과를 통해 유출된 기름의 이동 경로와 해안표착 및 임의지점까지의 도달 시간을 어느 정도 예측할 수 있으며, 이동 경로를 따라 양식장 등 해상 및 해안의 환경민감지역 정보 및 임의 영역의 면적 자동산출기능 등을 통해 피해범위와 정도를 유추할 수 있고, 방제조치에 필요한 가용 방제장비 현황과 거리를 통해 단계적 방제자원 동원을 가능하게 한다.

Modeling Data Input에는 사고 발생일시 및 장소(경위도), 유출량, 기름의 종류, 유출지속 시간, 현지 기상(필요시) 등 상황에 따라 신뢰도가 높은 자료를 선택하여 입력할 수 있다.

그 외에도 이 시스템에는 방제상황도 작성, 임의 시간대별 조류 및 기상정보 조회, 주요 항목별 데이터 저장 및 출력, 저장된 정보 검색 및 리스트 출력 등의 기능을 가지고 있다.

4.3.2 유출유 확산예측

실제로 해상방제지원시스템을 이용하여 유출유 확산을 예측해 보았다. 편의상 확산 예측에 사용한 조건은 해상에서 가장 일반적인 조건을 고려하기로 하였다. 기름의 종류에는 물동량이 가장 크고, 벙커-B, 벙커-C 등의 중질류와 경유, 등유 등의 휘발성이 높은 경질류를 모두 포함하고 있는 원유(Crude Oil)를, 유출량은 대규모 해양오염사고의 최소기준을 나타내는 1,000kl, 예측시간은 해상방제지원시스템 상의 신뢰도를 고려하여 24시간으로 정하였다. 측정 시기는 우리나라의 계절별 기상이 뚜렷하기 때문에 4계절 마다 기상을 대표할 수 있는 한 날을 택하였고, 각 계절별로 봄은 4월 1일, 여름은 7월 1일, 가을은 10월 1일, 겨울은 1월 1일로 정하였다. 사고 시간은 보고 시점을 나타내는 정오 12시

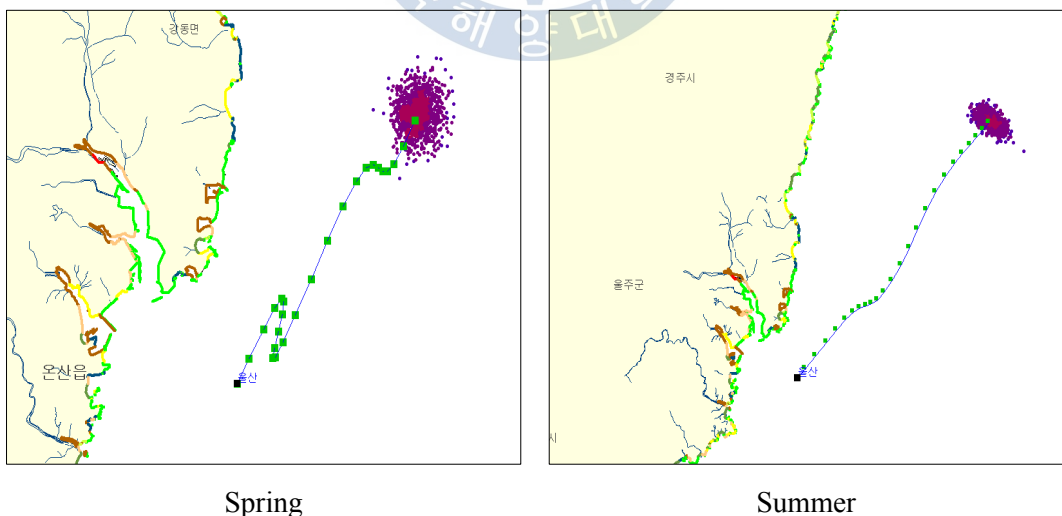
를 가정하여 확산 예측을 계산하였다.

(1) 동해안

동해안은 우리나라 전체 유류 물동량의 44%를 차지하여 사고의 발생이 상존하는 울산지역의 울산항 입출항로(35-25-21N, 129-27-39E)를 대상으로 확산예측을 하였다.

동해안은 정유사 소재지인 울산지역을 중심으로 봄, 여름, 가을, 겨울 4계절에 대한 유출유의 확산 예측을 실시하여 Fig. 4.13에 나타냈다. 유출유는 봄, 여름, 가을에 해안과 일정한 거리를 두고 북동방향으로 확산·이동하고 있으며 해안 표착은 일어나지 않았다. 그러나 겨울에는 정북방향으로 확산·이동하면서 울산의 동해안 지역에 일부 표착 가능성이 있는 것으로 나타났다.

이는 4.1에서 기술한 바와 같이 봄, 여름, 가을의 동해 해안역에서의 대표적인 기상인 남~남서풍계의 바람이 우세하며, 조류의 영향도 약하기 때문에 Fig. 4.1과 같이 울산 지역으로 흐르는 쿠로시오 해류(Kuroshio Current) 또는 동한난류(East Korea Warm Current)의 영향을 더 많이 받고 있는 것으로 판단된다.



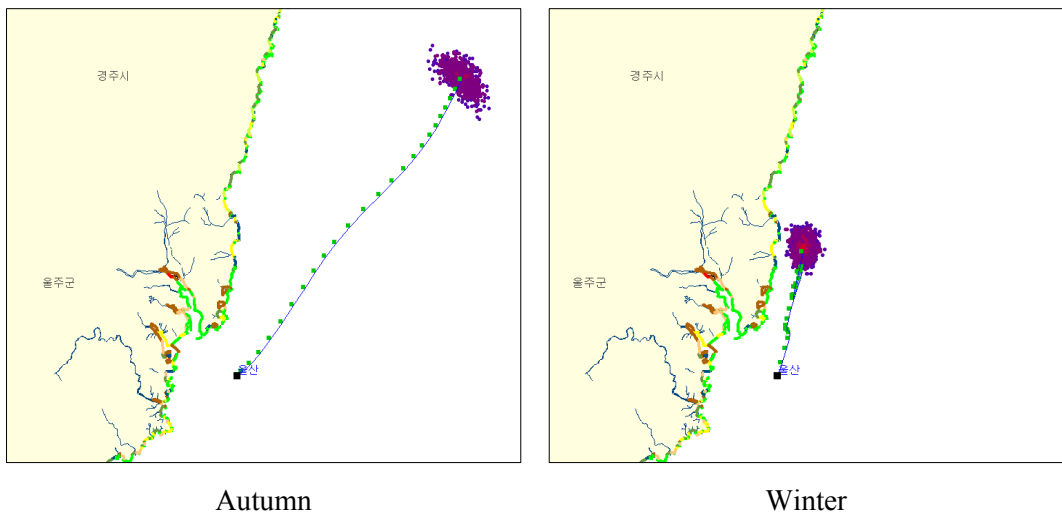


Fig. 4.13 Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Ulsan

따라서 동해안은 유출 기름의 해안 표착 가능성은 적지만, 겨울철의 경우에는 해안표착을 고려한 해안방제가 필요한 것으로 나타났다. 특별히 겨울철의 해상 기상상태가 좋지 않아 높은 파도에서의 해상방제가 쉽지 않은 점을 고려할 때, 해안방제에 대한 대비가 필수적이며 방제장비 및 자재의 비축 등 방제 대응 능력을 확보할 필요가 있다.

(2) 남해안

남해안은 역시 유류 물동량이 많아 사고 위험성이 높은 광양·마산·부산항 출입 항로 주변의 지역을 대상으로 확산예측을 하였다.

(가) 광양지역(34-37-12N, 127-56-03E)

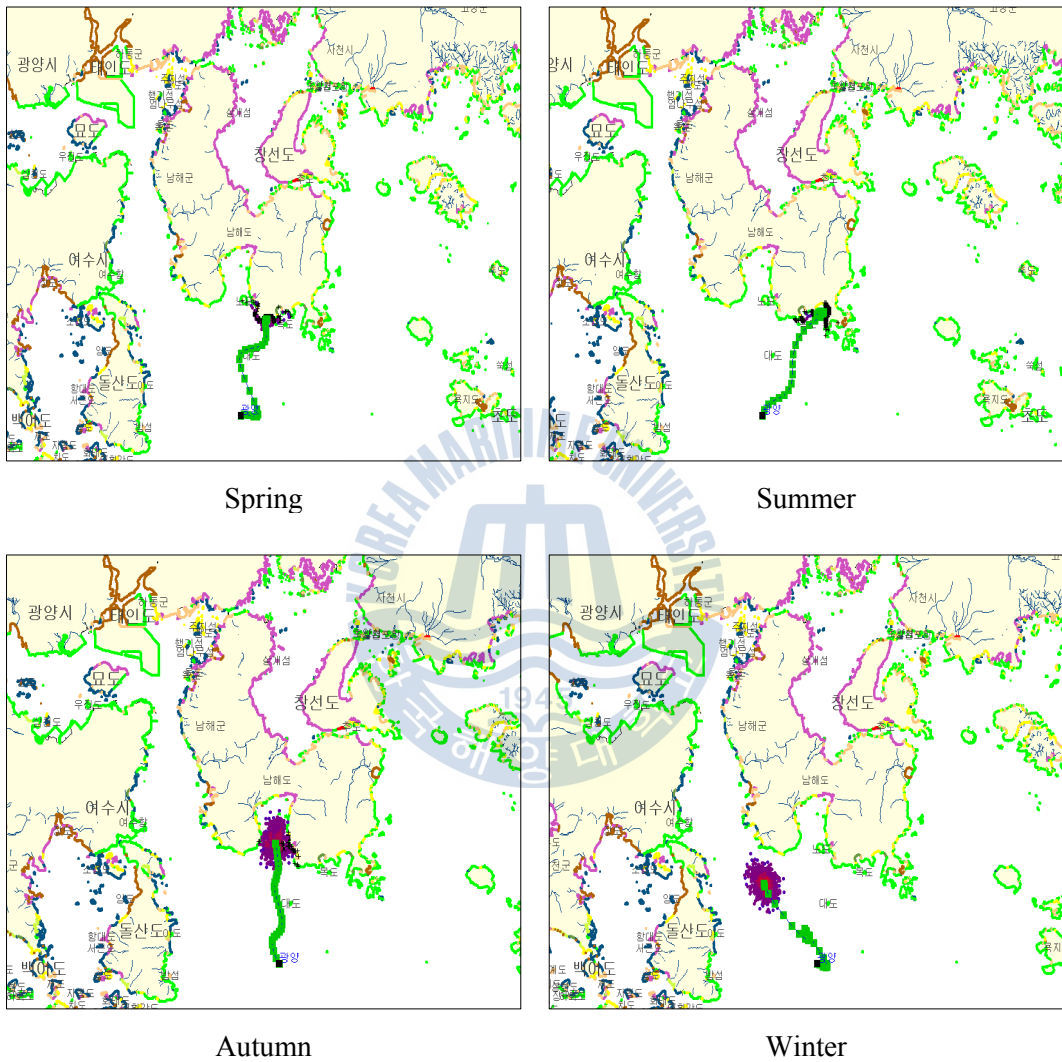


Fig. 4.14 Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Kwangyang

(나) 마산지역(34-54-31N, 128-49-11E)

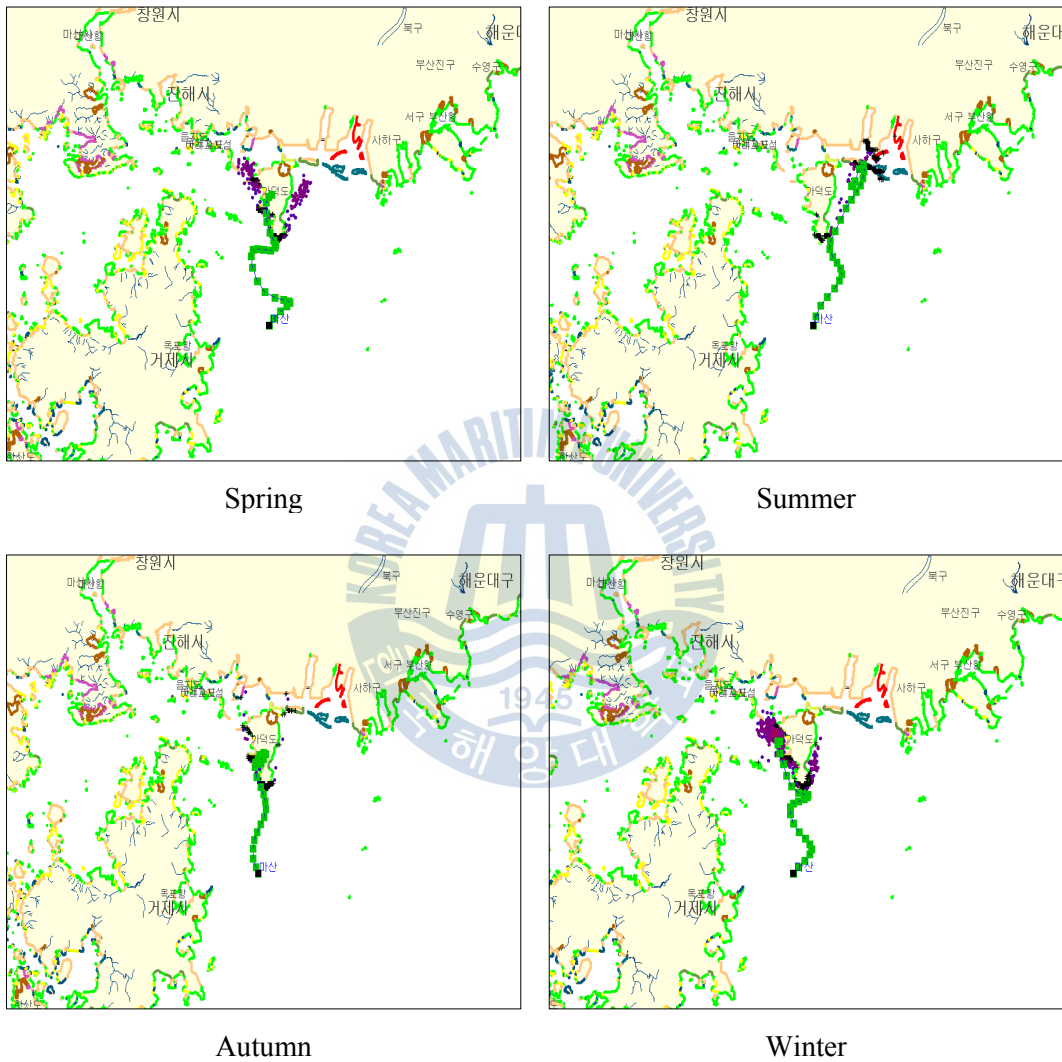


Fig. 4.15 Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Masan

(다) 부산지역(35-03-00N, 129-10-57E)

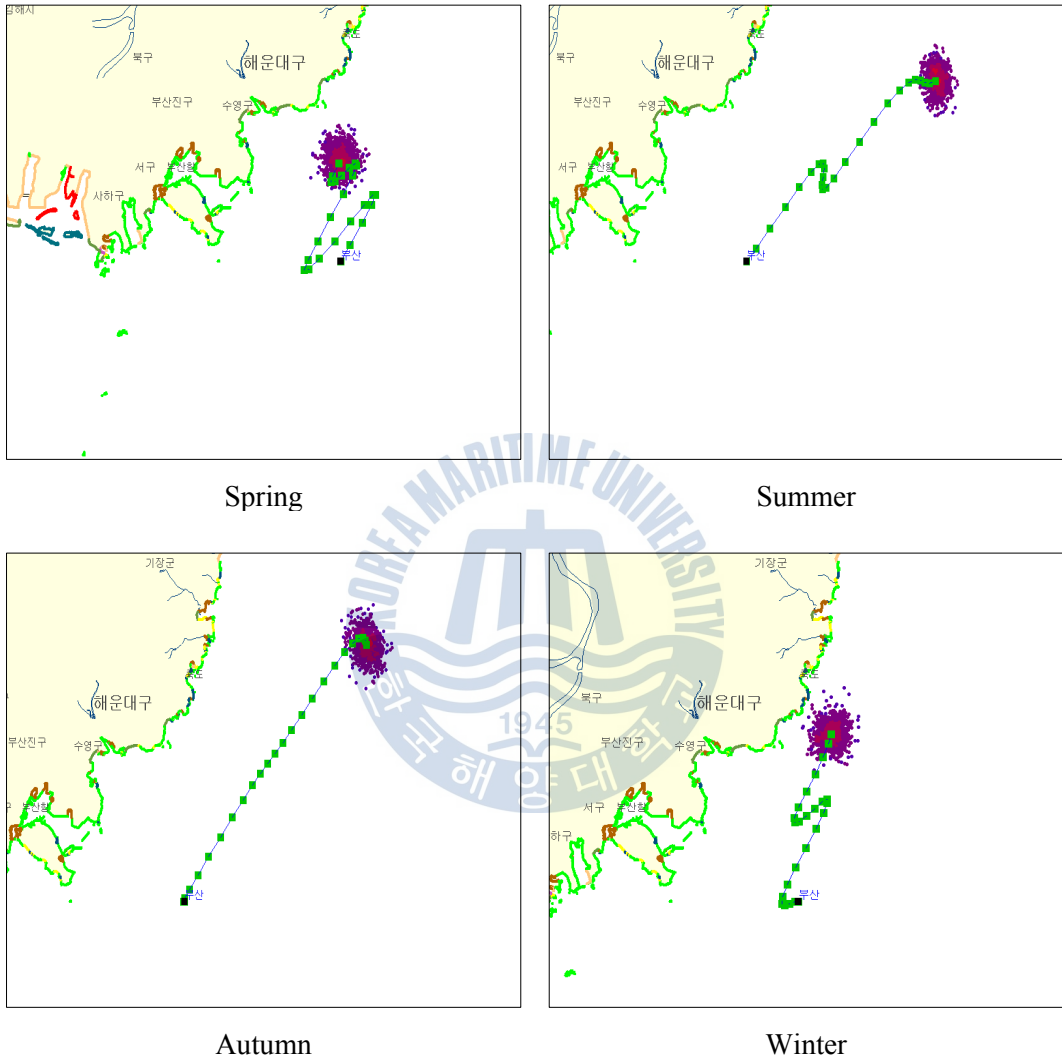


Fig. 4.16 Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Busan

남해안은 정유사 및 석유비축기지 소재지인 광양지역과 마산지역 그리고 해상통항량이 많은 부산지역이 대규모 해양오염사고가 상존하는 취약해역으로 이 지역을 중심으로 유출유의 확산 예측을 실시하였고, 그 결과를 Fig. 4.14부터 4.16까지 나타냈다.

먼저, 광양지역과 마산지역은 각각 Fig. 4.14, Fig. 4.15와 같이 봄, 여름, 가을, 겨울 4계절 모두 유출 기름이 해안에 표착하는 것으로 나타났다. 광양지역에서의 유출유는 봄, 여름, 가을에 정북방향으로 확산·이동하고, 겨울에는 북서방향으로 이동하면서 해안에 표착되는 것으로 나타났다. 또한 마산지역은 봄, 여름, 가을, 겨울 모두 정북방향으로 지그재그를 그리면서 확산·이동하고 있다.

광양지역과 마산지역의 연근해에서는 4.1에서 설명한 바와 같이 남해안을 지나는 쿠로시오 해류보다는 북~북동풍계의 바람과 조류에 많은 영향을 받는 것으로 판단되며, 충분히 떨어진 원해에서는 쿠루시오 해류의 영향이 클 것으로 여겨진다.

따라서 유류유출사고가 발생할 경우에는 반드시 해안에 표착되기 때문에 해상방제와 더불어 해안방제를 고려한 방제전략이 필수적이며, 유출된 기름의 확산 속도가 서해안이나 동해안보다 더 빠르게 확산되기 때문에 다른 지역보다 해안 표착에 대한 신속한 대응체제가 마련되어야 할 것이다.

부산지역은 Fig. 4.16에서 보듯이 동해안의 울산지역과 비슷한 확산·이동경로를 보이고 있다. 여름, 가을에는 북서방향으로 이동하지만, 봄, 겨울에는 시간경과에 따라 해안 표착 가능성이 있는 것으로 나타났다. 이는 풍향이나 해류의 영향은 미약하고 육지 쪽으로 다가오는 조류에 많은 영향을 받는 것으로 판단된다. 부산지역도 마찬가지로 겨울에서 봄철에는 해상 기상상태가 좋은 않기 때문에 해상방제가 쉽지 않으며 유출된 기름의 해안 표착을 고려하여 해안방제에 대한 대비·대응 능력을 강화할 필요가 있다.

(3) 서해안

서해안은 유류 물동량이 많은 인천·평택·당진·대산·군산항 출입항로 주변 지역을 대상으로 확산예측을 하였다.

(가) 인천지역(37-17-04N, 126-22-45E)

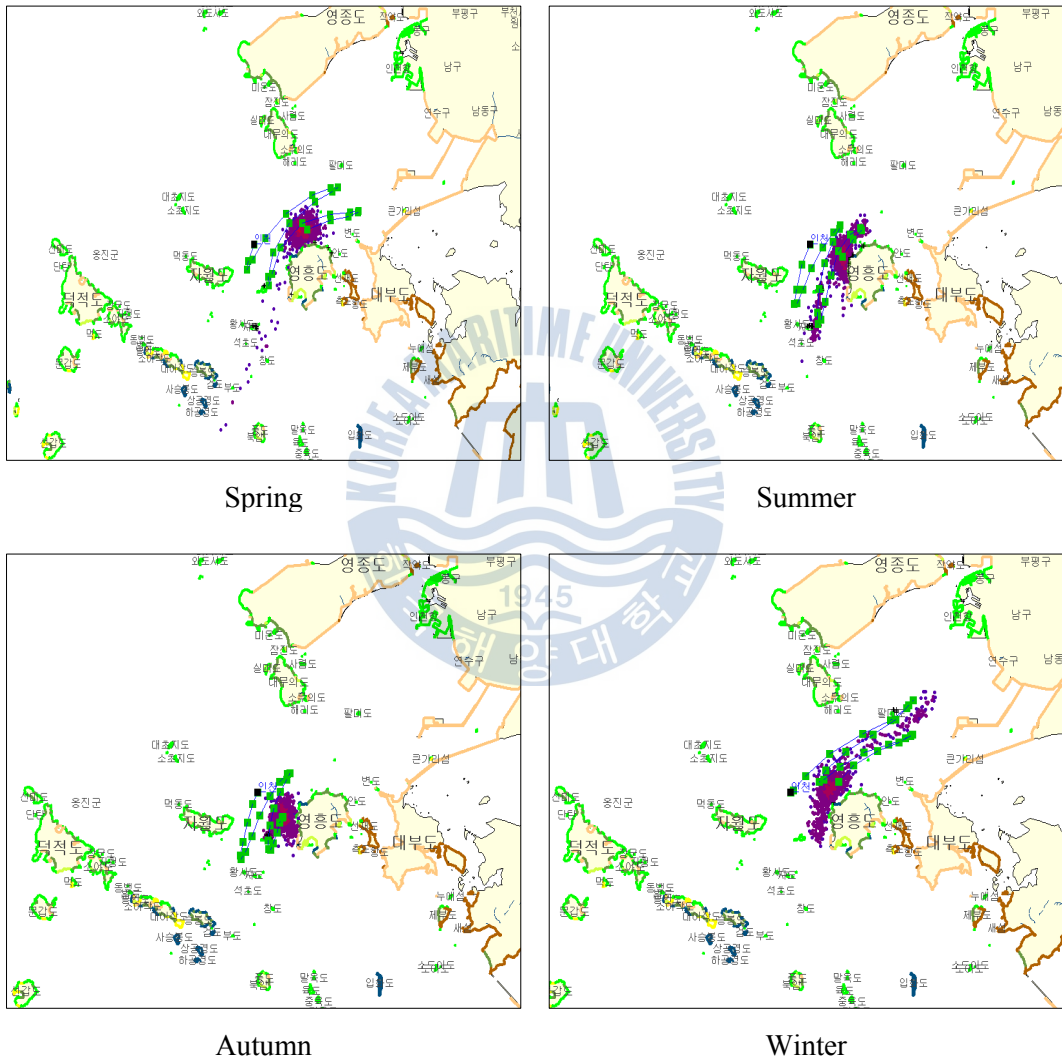


Fig. 4.17 Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Incheon

(나) 평택 · 당진 · 대산 지역(37-03-40N, 126-14-11E)

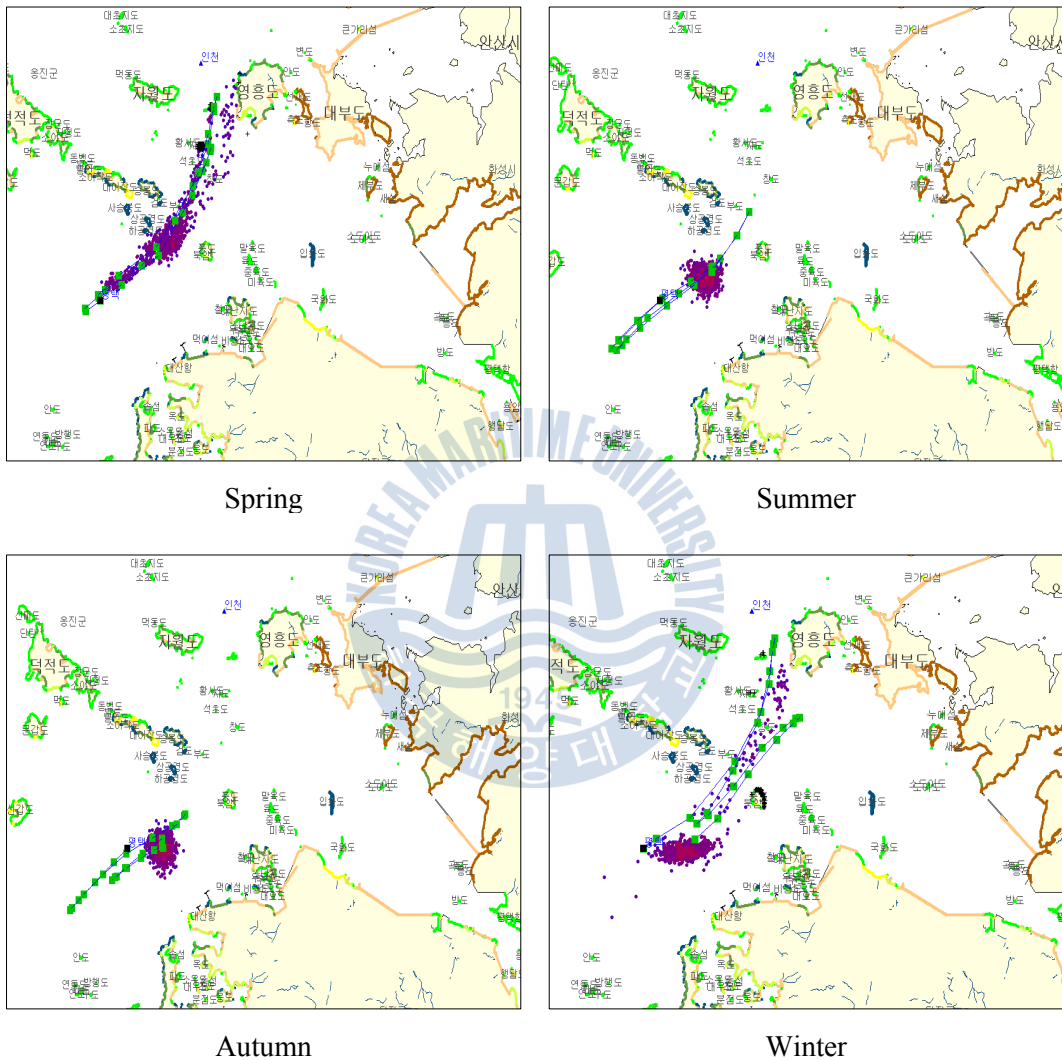


Fig. 4.18 Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Pyengteak, Dangjin or Deasan

(다) 군산지역(35-47-40N, 126-09-17E)

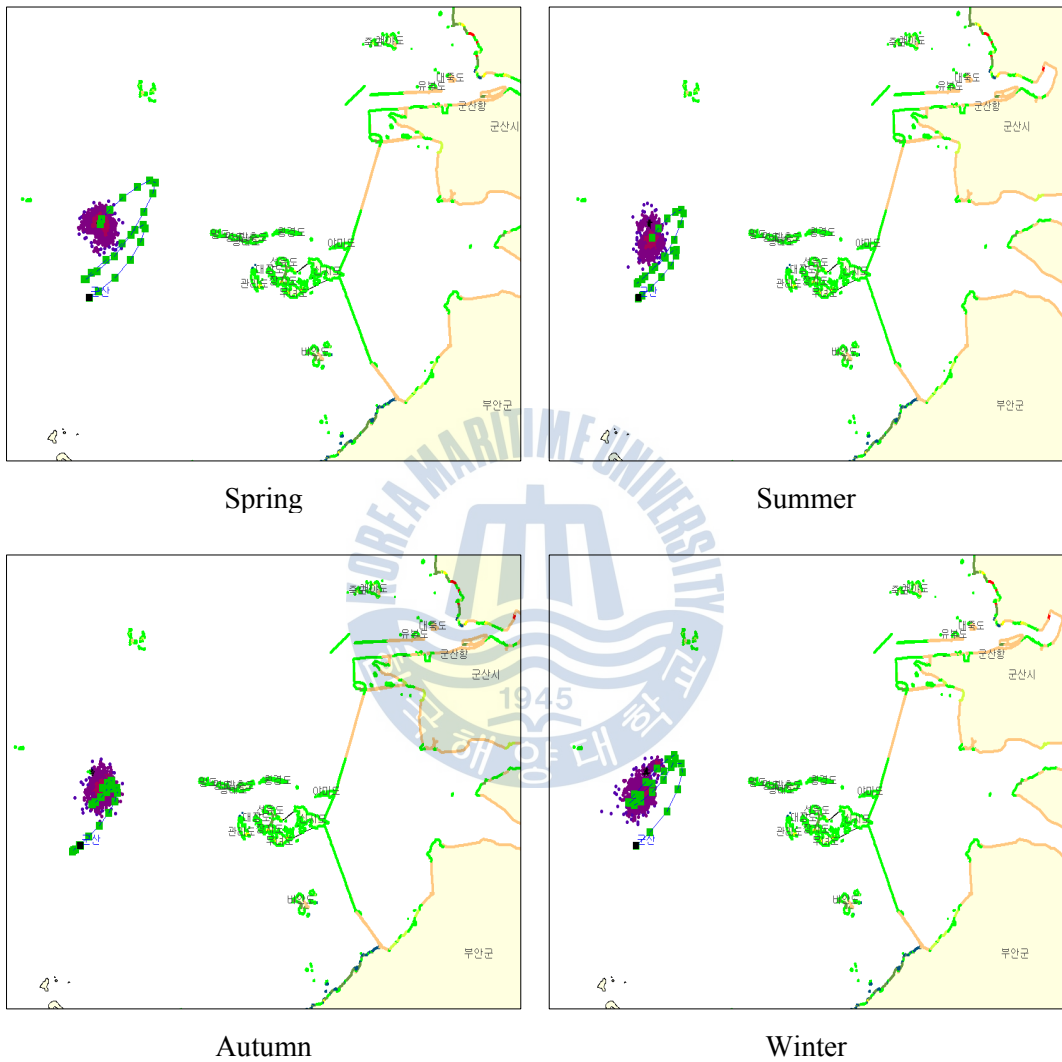


Fig. 4.19 Results of oil spill trajectory prediction for an incident occurred at sea near Gunsan

서해안에서는 인천지역, 평택·당진·대산지역, 군산지역에 대해 유출유의 확산 예측을 실시하였고, 그 결과를 각각 Fig. 4.17, Fig. 4.18 그리고 Fig. 4.19에 나타냈다.

먼저 인천지역은 Fig. 4.17에서와 같이 선박통항로 부근에서의 사고 시에 봄, 여름, 가을, 겨울 4계절 모두 유출 가상지역에서 지그재그로 확산·이동하면서 인근의 섬 주변에 표착되었고, 겨울에는 인천 항만내로 확산·이동하는 것으로 나타났다. 평택·당진·대산지역은 Fig. 4.18에 나타난 것과 같이 인천지역과 마찬가지로 사고 주변에서 확산·이동하는 것으로 나타났으며, 겨울철에는 육지 해안 쪽으로 강하게 밀려오는 것을 알 수 있다. 군산지역은 Fig. 4.19에서 보듯이 4계절 모두 지그재그로 확산·이동하지만, 이동의 폭이 작아 거의 사고 해점에서 머물러 있으며 육지 해안 쪽으로는 표착되지 않는 것을 알 수 있다.

이는 4.1에서 설명한 바와 같이 조석간만의 차가 매우 커서 조류가 비교적 강하게 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다. 즉 서해안은 북풍계가 우세하지만, 인천과 평택·당진·대산지역에서의 유출된 기름은 바람보다는 많은 섬들과 복잡한 해안선을 따라 생기는 국지적인 해수유동이 지그재그로 밀리고 나가는 궤적을 만들고 있다.

따라서 서해안에서는 유출된 기름이 빠른 조류의 흐름에 따라 24시간 이내에 해안에 표착되므로 다른 해역에 비해 신속한 해안방제 대응체제를 갖추어야 한다. 해상에서의 회수는 이상적인 해상 상태에서 유출량의 1/3으로 잡고 있으나 대부분의 사고가 기상이 좋지 않은 상태에서 일어나기 때문에, 항상 대부분의 기름이 해안에 표착된다는 가정 아래에서 철저한 대비·대응체제를 구축할 필요가 있다.

4.4 국내외 해안방제의 비교

4.4.1 해안방제의 비교

우리나라의 허베이 스피리트호 오염사고와 미국의 멕시코만 유류유출사고에 대한 비교를 Table 4.16에 나타냈다. 여기서는 기름의 유출원과 유출량뿐만 아니라 자연적 해상여건이나 방제대응에 있어서도 상당한 차이점이 있는 것을 알 수 있다. 먼저 두 오염사고의 개요와 사고대응 전반에 대하여 비교를 통해 살펴보고, 해안방제를 중심으로 두 사고에 대한 차이점을 알아보았다.

(1) 해안방제에 대한 비교

먼저 유출 해역의 특성에 대한 차이이다. 허베이 스피리트호 사고가 발생한 태안 부근 해안은 조수간만의 차가 굉장히 크고, 사고 당시 강한 북서풍의 영향으로 유출 14시간 만에 기름이 해안에 표착된 반면, 미국 멕시코만은 조수간만의 차가 거의 없고 강한 바람도 동반되지 않아 유출된 기름은 해상에서 계속 순환하다 유출 8일 후에 해안에 표착되었다.

둘째로, 방제작업의 차이를 들 수 있다. 우리나라 태안 사고는 실질적으로 해양경찰청에서 단독으로 사고를 지휘한 반면, 미국 멕시코만 오염사고는 국가사고관리체제(National Incident Management System, NIMS)에 따라 USCG 등 연방정부와 주정부, 오염행위자(BP사)가 참여한 통합 조직에서 지휘(Unified Command)를 행하였다. 우리나라 태안 사고는 파공 부위에서 나오는 유증기에 의한 폭발 위험성 등을 이유로 선내 이송 외에는 효과적인 유출구 봉쇄조치가 이루어지지 못하였으며, 사고 발생 14시간 만에 대부분의 기름이 해안에 표착되어 해안방제와 해안 표착 후 재 이탈된 기름을 회수하는 근해 회수작업 위주로 진행된 반면, 미국 멕시코만 사고의 경우 유출차단 돔 설치에서 대체유정을 통한 영구적인 봉쇄까지 여러 차례의 시도와 실패를 거듭하면서도 적극적인 유

출구 봉쇄조치를 행하였으며, 유출유의 해안표착을 최소화 한다는 방제목표에 따라 주민들과 환경단체 등의 환경훼손 우려 제기에도 불구하고 현장소각, 유처리제 살포 등을 적극적으로 시행하여 해상에서 상당한 양을 제거하는 성과를 거뒀다.

Table 4.16 Comparison between Hebei Spirit incident in Korea and Deepwater Horizon incident in U.S.A.

Items		H-Spirit incident in Korea	Deepwater Horizon incident in U.S.A.
Spillage/period		1.2 MT / 1.5 days	77.9 MT / 85 days
Time of shoreline arrival		after 14 hours - Difference between high and low tides: 4~9m - Strong north-west wind	after 8 days - Difference between high and low tides: 0~45 cm
Type of shore		Sand, pebble, rocks, wet lands	Sand, wet lands
Source control		- Onboard transfer : about 4.8 thousand tons ※ Blockage of holes was completed after spill had been finished	-Cofferdam -LIT Tube -Top kill -Junk shot -LMRP Capping -3-Ram Stack Capping -Static kill -Permanent kill ※ 1. 13 MT recovered (17% of total spillage) 2. Blockage of further spill
At-sea response	skimming	0.23 MT recovered	13 MT of oily water recovered -Net oil 2.3 MT (3% of total spillage)
	In-situ burning	-	3.9 MT of oil burned (3% of total spillage)
	Dispersant application	298 tons of dispersant sprayed	7,000 tons sprayed -6.2 MT dispersed (8% of total spillage)
shoreline cleanup		done mainly with manual cleanup	-Sand: Mechanical cleanup using washers -wet lands : natural recovery
On-scene command		single command of KCG	Unified command of USCG, States and responsible party
cleanup costs and damage compensation		92CLC, IOPC Fund	OPA90, OSLTF
characteristics		122 million volunteers mobilized	Vessel of opportunity program with 6 thousands of fishing vessels

셋째, 민간인이 방제작업에 참여하는 방법에 있어서 차이이다. 우리나라 태안 사고는 122만명의 자원봉사자가 참여하여 방제작업을 지원한 반면, 미국 멕시코만 사고는 6,000여척의 어선을 임시방제정으로 활용하였다. 임시방제정 프로그램(Vessel of Opportunity Program, VOO Program)은 기름 유출로 인해 조업금지 명령이 내려져 생업에 종사할 수 없게 된 어선과 통선에 대해 일정 교육을 이수하게 한 후 방제작업에 동원하고 작업비용을 지급하는 제도이다.

마지막으로 방제비용 및 피해보상 규정과 절차에 대한 차이이다. 우리나라 태안 사고는 동원된 방제세력이 자가 비용으로 작업을 수행한 후 피해보상 책임자인 선주에게 보상을 청구하는 절차인 유류오염 손해에 대한 '92 민사책임협약(The International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage of 1992, CLC '92)과 IOPC Fund(International Oil Pollution Compensation Fund) 등에 따른 반면, 미국 멕시코만 사고는 해양오염방지법(Oil pollution Act of 1990, OPA '90)에서 규정한 절차에 따라 먼저 오염행위자인 BP사에 보상을 청구하도록 되어있으며, BP사에서 거부하거나 90일 이내에 합의에 도달하지 못할 경우에는 유류오염배상책임신탁기금(Oil Spill Liability Trust Fund, OSLTF)에 청구하도록 규정하고 있다. 이번 Deepwater Horizon호의 경우 BP사의 책임한도액은 전체 방제비용과 경제적·환경적 피해를 합친 7,500만 달러였지만, BP사가 200억 달러를 매년 50억 달러씩 4년에 걸쳐 지급하기로 약속하였다. 또한 방제작업이 진행되는 과정에서 방제비용 및 피해 보상을 청구하도록 하여 신속한 피해보상이 이루어지도록 하였다. 연방정부와 주정부는 OSLTF를 방제비용으로 사용하고 이를 방제책임자이자 오염행위자인 BP사로부터 엄격하게 회수함으로써 '오염원인자 비용부담원칙(Polluter Pays Principle, PPP)'을 적극 구현하였다.

(2) 국내 해안방제의 문제점

태안 허베이 스피리트호 오염사고와 미국 멕시코만 오염사고의 해안방제조치에 대해 전체적으로 Table 4.17에 비교하고, 이를 통해 우리나라 해안방제에 있어서의 문제점을 조사하였다.

Table 4.17 Comparison of shoreline response between Hebei Spirit incident and Deepwater Horizon incident

Items	H-Spirit incident in Korea	Deepwater Horizon incident in U.S.A.
Response structure	Although responsibility of shoreline cleanup is under local governments, shoreline cleanup measures were implemented mainly by KCG	Unified Command -Federal government (USCG) -State government -Responsible party
Time of shoreline arrival	after 14 hours - Difference between high and low tides: 4~9m - Strong north-west wind	after 8 days - Difference between high and low tides: 0~45 cm
Type of shore	Sand, pebble, rocks, wet lands	Sand, wet lands
Shoreline assessment	SCAT was carry out partially on some of shorelines on a trial basis, following the recommendations of Canada	SCAT was carried out with participants of NOAA, USCG, state governments, and a responsible party (BP)
Shoreline cleanup	done mainly with manual cleanup	-Sand: Mechanical cleanup using washers -wet lands: natural recovery
Geographical boundary of shoreline cleanup	onshore (intertidal zone) - removal was focused on the oil already stranded on shore stably	Covering both onshore and near shore -prevention of shoreline stranding of oil -prevention of re-mobilization of stranded oil -Recovery of stranded oil -near shore skimming
Shoreline response plan	implemented according to Incident Action Plan - At-sea and onshore response plans are not separated	A Branch Action Plan was developed and implemented for each shore
mainly mobilized personnel	volunteers	-fishing vessels participating Vessel of opportunity program -private companies contracting with BP

먼저, 해안방제 대응조직에 대한 문제이다. 우리나라의 태안 사고는 해양환경 관리법에 따라 지방자치단체가 해안방제의 책임을 가지고 방제작업을 지휘·수행해야 했으나, 사고 대비와 대응에 대한 준비가 전혀 없었으며 방제자원이 거의 미비한 상태였기 때문에 실효성 있는 방제작업을 행할 수 없었다. 이에 따라 해상방제 책임기관인 해양경찰청이 인력과 방제기자재를 직접 동원하고, 참여한 자원봉사자를 교육, 지도하는 등 해안방제를 실제적으로 지휘하고 감독

하게 되었다. 반면, 미국 멕시코만 오염사고는 해상과 마찬가지로 연방정부, 주 정부, 오염행위자가 모두 참여하여 통합적으로 지휘(Unified command)하였다. 미국은 사고대응에 있어서 그 대상이나 범위 사고의 종류에 관계없이 사고지휘 체제(Incident Command System, ICS)에 따라 대응한다. 따라서 해상과 해안 방 제작업이 모두 ICS에 따라 대응하도록 하고 있다.

미국에서 운용하는 ICS의 경우 현장지휘관 아래에 사고대응계, 방제기획계, 보급계, 행정/예산계 등이 일반참모의 역할을 수행하여 사고에 대응한다. 해안 방제의 경우 사고대응계 아래에 해안방제반(Shoreline Operations Section)을 두어 실제 방제작업을 수행하며, 방제기획계 산하에 환경반(Environment Unit)을 두며 그 아래에 해안오염평가팀(SCAT Team)이 활동한다. SCAT Team은 해안선의 오염상황을 파악하여 현장상황을 공유하는 시스템에 입력하여 사고대응자가 공유 할 수 있도록 하고 있다.

둘째, 유출된 기름이 해안에 표착되는 시간이 많지 않다는 문제이다. 우리나라의 태안 오염사고는 해상 기상특성과 위치 등으로 사고 발생 14시간여 만에 해안에 표착되었다. 이는 우리나라 서해안이 조수간만의 차가 세계에서 2번째로 크고, 겨울철 대표적인 바람인 강한 북서풍에 의해 순식간에 해안에 밀려옴으로써 해안표착을 방지하기 위한 방제조치를 제대로 시행할 시간이 거의 없다는 것이다. 반면, 미국 멕시코만 사고는 조수간만의 차가 아무리 커도 0.5m를 넘지 않고, 유출된 기름을 육지 쪽으로 강하게 이동시키는 바람과 해류 또한 작용하지 않았기 때문에 유출 8일 후에 최초로 해안에 표착되어 해안방제를 충분히 대비할 시간을 가질 수 있다.

셋째, 우리나라는 해안평가제도가 마련되어 있지 않다는 것이다. 우리나라와 미국의 해안방제의 커다란 차이점은 해안평가에 있다. 미국은 해안선 평가를 위한 제도, 체제, 매뉴얼, 전문가 풀 등이 마련되어 있다. 해안선 평가팀은 ICS의 방제기획계 안에 위치하고 있으며, 이들은 기름이 해안에 밀려오고 있다는 신고가 접수되면 가장 빠르고 신속한 방법으로 현장에 출동하여 해안선을 평가하고 평가용지에 데이터를 기입한다. 그리고 현장지휘소에서 시스템에 입력하

여 해안선의 오염상황을 모든 사고대응자가 공유할 수 있도록 전파한다. SCAT을 실시하는 이유는 다음과 같다.

- ① 이해당사자를 통합한다. 즉 이해당사자들은 해안오염에 대하여 각기 이해관계가 서로 다를 수 있기 때문에 다른 주장이나 의견들을 제기되어 이로 인해 해안방제작업에 상당한 지장을 초래할 수 있다. 이를 SCAT을 통하여 실제 오염상황을 공유하고 이를 바탕으로 마련된 해안방제 전략과 전술을 서로 합리적인 수준에서 이해할 수 있도록 지원하는 역할을 한다.
- ② 해안선의 오염상태를 주기적으로 정확하게 파악한다. 이를 통해 사고현장 지휘자 등 의사결정자가 올바른 판단을 내릴 수 있도록 지원하는 역할을 한다.
- ③ 적절한 방제방법과 방제작업상 제약사항등을 제공한다. 해안평가는 해안의 오염상황만을 파악하는 것이 아니라 해안선의 특성을 종합적으로 파악함으로써 적합한 방제방법과 피해야할 방제조치를 결정할 수 있도록 지원해준다.
- ④ 방제종료시점을 결정할 수 있도록 지원한다. 오염상태, 해안특성, 대응단계 등을 고려하여 이해당사자와 현장지휘자들이 방제종료시점을 결정할 수 있도록 지원하는 역할을 한다.
- ⑤ 해안방제팀의 방제작업을 지원한다. 실제 방제작업을 실행하는 기동방제계 산하의 해안방제팀의 방제작업을 지원한다. 이는 해안의 오염정도에 따라 가용 해안방제자원을 효율적으로 배분할 수 있으며, 최적의 방제방법을 제시함으로써 이들의 방제작업을 지원한다.
- ⑥ 통합지휘소 등에 일일 보고를 대신한다. 해안오염상태에 대하여 정기적으로 보고하는 의무를 SCAT을 실시한 결과를 시스템에 입력하여 공유할 수 있게 조치함으로써 대신한다.
- ⑦ 각 SCAT 팀간의 일관성을 유지한다. SCAT팀이 공동의 양식을 사용하고 일정수준의 교육을 이수한 자로 SCAT 팀 풀을 구성하고 이들이 직접 SCAT을 수행함으로써 일관성을 유지할 수 있다. 이러한 해안오염평가는

해안방제의 주요한 요소이며 많은 인력과 장비를 동원하여 시행하는 업무이다.

반면에 우리나라는 태안 오염사고가 발생되기 전에 해안평가를 위한 제도와 체제가 마련되어 있지 않았다. 이는 해안방제를 책임지는 지방자치단체가 해안평가제도를 도입하기에는 역량이 부족하다. 지방자치단체에서 해안평가제도를 도입하고 이를 운용하기 위해서는 많은 인력을 일정한 수준이상의 교육과 훈련을 받도록 유지하여야 실제 해안평가를 수행할 수 있기 때문에 지방자치단체에서 해안평가를 도입하고 시행하는 데는 현실적으로 많은 문제점이 있다. 결국 태안 오염사고에 대한 기술지원을 위해 현장을 방문한 캐나다 대표가 해안오염평가를 권고하여 태안의 일부해안에 대하여 시범적으로 실시한 것이 고작이었다.

넷째, 해안방제의 지리적 범위에 대한 문제이다. 우리나라 태안에서의 해안평가는 해안에 완전히 표착된 기름을 제거하는 작업에 국한된 반면, 미국 멕시코만 오염사고에서는 해안과 해안선으로부터 일정 거리의 해상방제를 모두 해안방제의 범주에 포함하여 대응하였다. 즉 해안선으로부터 일정거리까지 밀려온 기름은 해안방제조직에서 차단방지를 위한 오일붐을 전장하여 차단하도록 노력하였으며, 해안선에 밀려온 기름은 다시 이탈되어 다른 해안을 오염시키는 것으로 방지하기 위한 조치도 시행하였다. 해안방제의 1단계는 연해 해상에 떠있는 기름을 회수함으로써 해안표착을 최소화하는 것이다. 실제 미국의 경우 주정부에서 책임을 지는 구역은 해안선으로부터 3마일 이내의 해상으로 되어 있지만 오염사고의 경우 정확하게 거리를 구분하여 하기보다는 원해의 방제세력이 수심 등의 이유로 작업을 하기 힘든 해역의 내측수역은 해안방제 세력에서 대응하게 된다. 영국의 경우도 1마일 이내의 수역은 해안방제를 수행하는 세력에서 담당하도록 규정하고 있다.

해안선으로부터 일정 거리 이내의 수역을 해안방제팀에서 담당하도록 한 것은 실제 해상방제와 해안방제를 구분하는 지리적 범위가 모호하여 실제 해수와 육지가 만나는 선에서 일정 폭의 해상측 해역은 수심이 매우 낮아 실제 해상방

제팀이 작업을 할 수 없으며, 해안방제팀에서 해안에 표착된 기름만 제거하는 현행 우리나라의 체제로는 해안선에서 일정거리의 해상은 방제의 사각지대로 누구도 대응을 하지 못하는 구역이 된다. 이 구역은 실제로 해안까지 밀려온 기름이 해안에 표착되기 바로 직전에 머무는 구역이며 해안선에 표착된 기름이 재 이탈되어 다른 해안으로 이동하는 통로이기도 하다. 즉 방제에 있어서 매우 중요한 역할을 하는 구역임에도 해상방제팀과 해안방제팀에서 간과하고 있는 구역이다. 이 구역에서는 해안표착을 방지하기 위한 오일붐을 전장하거나 사고 대응자가 원하는 해안에 표착되도록 유도하는 전장을 할 수 있으며, 일단 밀려온 기름이 재이탈 되는 것을 방지하기 위한 각종 조치를 취할 수도 있다.

다섯째, 해안방제계획 수립에 대한 문제점이다. 태안오염사고의 경우 1일 방제계획에 해상과 해안방제를 모두 포함시켰다. 반면 미국 멕시코만 오염사고의 경우 18개 Branch에서 매일 Branch Action Plan을 수립하여 대응하였다. 각 Branch는 해당해역에 대한 방제계획을 수립하고 이를 현장지휘소에 보고하면 이를 바탕으로 현장지휘관은 Incident Action Plan을 수립한다. 이는 Incident Action Plan 만으로는 각 해역의 특성과 상황을 구체적으로 반영할 수 없는 문제점이 있어 이를 보완하기 위하여 각 Branch에서 그 해역의 특성과 오염상황 등을 고려한 구체적인 계획을 수립하여 시행하였다.

여섯째, 해안방제 수행세력 구성에 대한 문제점을 들 수 있다. 태안오염사고의 경우에는 해양경찰, 자원봉사자, 오염행위자와 계약한 업체종사자 등이 참여하여 해안방제를 행하였으며, 자원봉사자가 많은 역할을 담당하였다. 자원봉사자는 동원인원에 있어서 세계적으로 유례를 찾아볼 수 없을 정도로 많은 인원이 동원되어 해안방제작업을 수행하였다. 반면, 미국 멕시코만 오염사고의 경우 오염행위자와 계약을 한 업체 종사자가 모래해안에 표착된 기름을 기계장비를 이용하여 작업을 수행하였다. 그리고 늪지에서는 그 주변으로 오일붐을 전장하고 그 안쪽에 흡착붐을 전장하여 해안에서 이탈되는 기름을 제거하는 형태로 진행되었으며, 오일붐과 흡착붐의 전장과 오염된 흡착붐의 교체 작업은 대부분 임시방제정 프로그램(VOO Program)에 동원된 어선과 유선 등을 이용하였다.

기름유출로 인해 생업을 할 수 없게 된 지역민은 다른 주에서 들어온 방제작업 계약자 들이 자기들의 생활터전에서 방제작업과 관련된 모든 일자리를 차지하는 것을 원하지 않았다. 이에 지방정부의 장은 통합지휘소와 BP사에 방제작업 일자리를 지역민에게 줄 것을 요청하였다. 이에 방제작업 계약자와 지역민 사이에 방제작업과 관련된 일자리를 두고 갈등이 발생되었다.

이를 해결하기 위하여 Fig. 4.20과 같이 통합현장지휘소와 BP사가 합의하여 도입한 제도가 VOO Program이다. 이 프로그램은 오염으로 인해 생업에 종사할 수 없게 된 지역어민과 업체가 오일붐 전장과 예인 등과 같은 방제작업을 수행할 수 있는 임시 일자리를 제공하고 이를 통해 피해보상절차 이외의 방법으로 오염행위자 BP사가 사고로부터 피해를 받은 지역민에게 간접적으로 금전적 지원을 할 수 있는 제도이다. 이 프로그램의 추가적인 장점은 지역민들은 해안과 해양의 지형적 특성과 기상에 익숙하여 일정 교육만 이수하고도 성공적으로 방제작업을 수행할 수 있다는 점이다.



Fig. 4.20 Vessel of Opportunity Program operated at the response to Deepwater Horizon oil spill incident

2010년 6월 2일, 오염으로 인해 어업금지구역으로 선포된 해역은 전체 Gulf 구역의 37%에 이르렀으며, 이는 루이지애나, 앨라배마, 미시시피, 플로리다 등 4개의 주에 거의 모든 어민이 조업을 금지당할 정도였다. VOO Program이 최대 로 성행한 때에는 1일 4,000척 이상을 동원하여 방제작업에 참여시켰다. 시행 초기의 도출된 문제점은 프로그램 참여기준을 명확하게 하고 프로그램에 등재된 선박을 동원하는 우선순위를 정하여 균등하게 기회를 제공하는 방식으로 점차 보완되었으며, 이 사고에 가장 큰 특징이자 잘된 점으로 평가받고 있다.

마지막으로 들 수 있는 사고대응 상의 문제점으로는 새로운 방제방법이 많이 시도되지 못했다는 것이다. 태안오염사고의 경우 기존 해안방제방법 즉, 갯닦기, 비치클리너, 진공차량, 골파기, 저·중·고온 저압·고압 세척 등을 주로 사용하였으며 특별하게 새로운 방제방법이 시도되지 못하였다. 미국의 멕시코만 오염 사고의 경우에는 해상에서 평부선을 선수 수면상 일정 높이에 흠을 파고 이를 넘어오는 기름과 물을 선내에서 분리하는 임시개조선(이를 ‘Big Gulp’라 불렀다)을 도입하고, 유처리제 수중살포, 대대적인 현장소각 등을 새롭게 시행하였으며, 해안방제에 있어서도 강철 쇠파이프 불 설치, 해안오염 차단용 모래언덕 건설, 실시간 해안오염 모니터링을 위한 대형 풍선(Balloon) 설치 등 새로운 방제방법이 다양하게 시도되었다.

먼저 조류의 서식지가 소재한 해역을 보호하기 위하여 이곳으로 유입되는 만입구를 가로질러 약 2km에 이르는 쇠파이프 불을 설치하였다. 이 쇠파이프 불은 직경이 91cm에 이르는 불로서 해수가 유입되는 방향에 일정한 각도를 주어 설치하였으며 기름은 이 불을 따라 이동하여 회수하기 좋은 곳으로 유도되었다. 그런 후 쇠파이프 불의 끝단에 연결된 바지위의 진공차량으로 회수하였다. 이러한 강철파이프를 오일불과 같은 목적으로 사용한 첫 사례이다. 해안으로 밀려드는 기름을 차단하기 위하여 Fig. 4.21과 같이 10km에 이르는 긴 모래언덕을 건설하였는데, 이러한 방법도 이 사고에서 독특하게 시도된 방제조치 중의 하나였다.

이외에도 해안오염을 상시 모니터링 할 수 있는 Ballon을 설치하는 작업을 시도하였다. 해안방제작업에 종사하는 인력이 먼 거리로 출퇴근 하는 문제점을 해결하기 위하여 바지를 숙소로 개조하여 연안에 띄워두고 임시숙소로 사용하였다. 이외에도 다양한 방법들이 제안되었으며 실제 시도되고 평가를 받았다.



Fig. 4.21 Construction of sand berms for the prevention of shoreline contamination

(3) 해안방제체계의 개선방향

제2장과 제3장에서 국내외 대규모 유류유출사고에 대한 해안방제 사례를 통해 해안방제 절차와 방법 등을 검토하고, 앞 절에서 최근에 발생하였던 우리나라의 허베이 스피리트호와 미국 멕시코만 유류유출사고에 대한 해안방제조치를 비교하여 국내 해안방제에 대한 문제점을 파악해 보았다.

일본 나호드카호 오염사고 사례에서 해안에 많은 방제장비가 배치되었음에도 불구하고 이들 장비를 운영할 수 있는 인력이 부족하였고, 국가 및 지역긴급계획(NCP, RCP)을 수립·운영하고 있음에도 조직적이고 체계적인 해안방제조치의 원활한 작동을 위한 사전 훈련부족으로 실전대응이 미흡하였다. 또한 이러한 결과로 대규모 기름유출사고에 기여할 수 있는 장비·자재를 비축하고 이들 비

축자원을 효율적으로 동원하기 위한 시스템 부재라는 문제점이 나타났다.

프랑스의 에리카호 사고 사례에서는 해상기상이 불량한 상태에서 중질유가 유출된 경우에 기계적인 회수 등 일반적인 방제가 불가능한 상황에서 화학적 유처리제 사용 등 다양한 기술개발을 촉진시키기 계기가 된 것과 같이 과학적인 지원체계의 수립 필요성을 알 수 있었다.

스페인의 프레스티지호 사고를 통해서는 중앙정부, 주정부(또는 지방정부), 전문방제업체, 자원봉사자 등이 참여하는 해안방제조직을 체계적으로 수립·운영하고, 이러한 사고로 인한 피해에 대한 신속한 배·보상과 방제조치에서 발생하는 비용을 정부가 주도하여 선지급 체제를 만들어 원활하게 사고를 수습할 필요가 있다.

또한 태안의 허베이 스피리트호 사고와 멕시코만의 Deepwater Horizon호 사고에서 해안방제조치 비교를 통해 우리나라가 상대적으로 부족한 부분들, 즉 해안방제지휘체계의 정립과 사고 초기의 안전관리, 해안방제에 앞서 과학적으로 해안오염 상태를 평가하고, 원활한 방제를 위한 신속한 비용정산 등에 대한 개선의 필요성이 대두되었다.

지금까지 대형 해양오염사고에 대한 국내외 해안방제에 대한 체제 및 사례조사를 통해 국내의 해안방제 현황을 SWOT 분석을 통해 종합적으로 Table 4.18에 정리하여 나타냈다.

해양경찰청의 내부적인 강점으로는 2011년 6월 해양환경관리법 개정을 통해 지방자치단체의 부족한 해안방제역량을 강화시키기 위해 해양경찰청에서 인력 및 기자재, 기술을 제공할 수 있도록 제도적 기반을 마련하였으며, 미국의 Deepwater Horizon호의 사고수습 사례를 통해 제도적, 기술적 부분의 롤 모델을 삼을 수 있다는 것이다. 이에 반해 약점으로는 해안방제 전략수립 및 수습과정에서의 의사결정에 대한 과학적 지원능력이나 지원해줄 기관이 없으며, 해양경찰청 내에도 해안방제작업을 지도·감독할 수 있는 전문가가 부족하다는 것이다.

Table 4.18 SWOT analysis on our country's shoreline response to marine oil spills

STRENGTH	WEAKNESS
◦ Arrangement of basis for KCG's support to local governments' shoreline cleanup measures by the revision of Marine Environment Management Act ◦ Emergence of importance of marine oil pollution response among Coast Guards' duties thanks to Deepwater Horizon incident in U.S.A. in 2007	◦ Insufficient capacity of scientific advisory group in making suggestions to decision makers ◦ Shortage in onshore response experts in KCG, overall supervisory organization of marine oil spill response in our country and local governments, responsible party to shoreline cleanup
OPPORTUNITY	THREAT
◦ Continuation of high risk in national disasters caused by oil spills ◦ Emergence of importance and people's interest in preparedness and counter-measurements to marine natural and man-made disasters due to Hebei Spirit incident in Korea, tsunami and nuclear power plant accident in Japan, Deepwater Horizon incident in U.S.A.	◦ Shortage in local government's interest and budget for shoreline cleanup ◦ High vulnerability of our shorelines to marine oil spills

해안방제와 관련된 외부적 환경을 살펴보면, 기회요인으로는 국내 산업규모의 확대에 따라 현실적으로 지속적 석유수요의 증가와 함께 유류유출사고 발생의 개연성이 점차 커지고 있으며, 지난 서해안 허베이 스피리트호 유류유출사고 시에 많은 자원봉사자들이 참여함으로써 기름유출로 인한 환경피해의 현장을 경험하였으며, 최근에 잇따른 인접 일본에서의 지진으로 인한 해일피해와 원전사고의 폐해, 미국의 멕시코만 기름오염사고로 인한 해상에서의 자연재난과 인위적인 재난에 대한 폐해에 대해 대비·대응이 필요하다는 국민들의 경각심이 매우 커졌다는 것이다. 그렇지만 현실적으로 지방정부의 한정된 예산 안에서 해안방제에 대한 관심이나 예산의 배정순위에서 밀려 있어, 전체적으로 해안방제체계가 미흡하며, 해안방제에 매우 취약하기 때문에 이러한 부분들이 충분히 고려되고 보완될 수 있도록 국내 해안방제에 대한 개선이 필요하겠다.

4.4.2 해안방제전략 기본원칙의 정립

해양오염사고 발생시 해상방제의 최우선 목표는 해상에서 기름을 회수하거나 확산을 방지하여 해안표착을 최대한 방지하는 데 있다. 해상에서 이루어지는 원·근해 회수작업과 확산방지용 오일펜스 전장, 유처리세 살포 등은 기본적으로 유출유 회수에 있지만, 이를 통해 궁극적으로 유출유가 해안에 표착되지 않게 하기 위한 목적을 지니고 있다.

그러나 다량의 기름이 유출되면 해상에서의 방제에는 한계가 있으므로 유출유의 해안표착을 고려하지 않을 수 없다. 또한 우리나라 해안은 빠른 조류와 큰 조석, 많은 섬과 넓은 해안선 그리고 쿠로시오 해류와 북서 계절풍의 영향으로 유출유의 해안표착이 순간적으로 광범위하게 발생될 수밖에 없다.

유출유가 해안에 표착되면 해수의 운동과 미생물에 의한 분해가 제한되어 유출유의 생태지속성이 높아지고 방제작업도 상대적으로 장기간 소요되며 방제자원의 투입 대비 회수율도 낮아진다. 따라서 가능하면 적은 량의 유출유가 해안에 도달하도록 하는 것이 최선이지만 해안에 표착한 기름에 대해서는 체계적인 해안방제조치를 통해 신속한 회수조치와 경제적으로 피해비용을 최소화할 수 있는 기본적인 방제전략이 필요하다.

일반적으로 해안방제전략을 수립하는데 있어서 중요한 기본원칙을 Fig. 4.22에 나타냈다.

먼저 1단계는 유출유가 해안에 표착하는 것을 최대한 차단하고, 해안에 기름이 밀려올 것을 대비하여 재이탈 또는 재부유를 방지하기 위한 기자재 등 방제자원을 신속하게 이동시키는 전략을 취해야 한다. 다음 2단계는 해안에 도달하는 두터운 기름을 회수하고, 해안표층에 표착된 기름에 대해서는 일반적인 해안방제방법을 이용하여 제거한다. 마지막 3단계는 해안의 특성과 경제적 이용실태 등을 고려하여 해안표층 및 저층의 잔존유를 제거하고 생태계 복원작업을 추진하는 전략을 구사해야 한다.

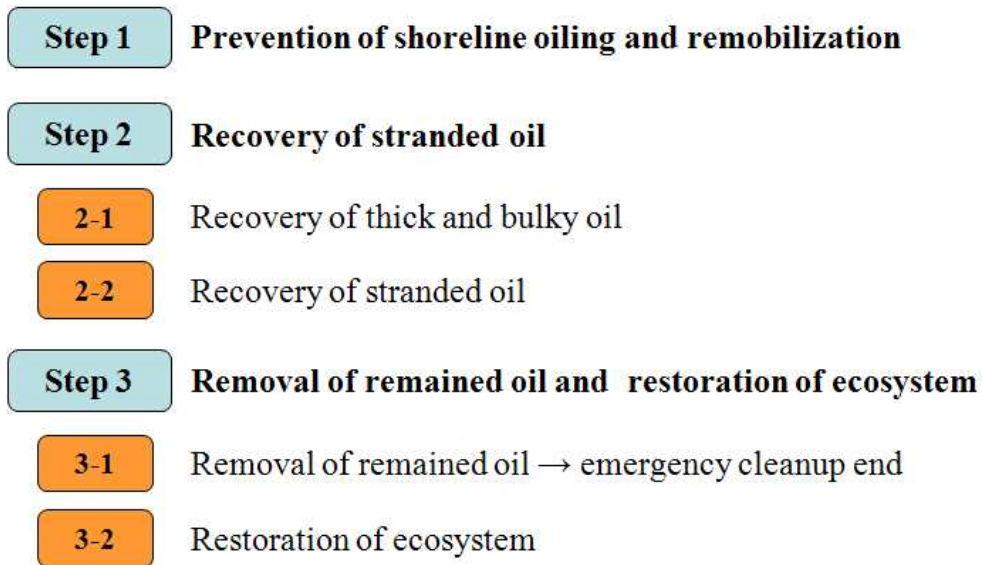


Fig. 4.22 General classification of shoreline cleanup phases

국가해안방제전략의 기본원칙이 되는 해안표착 차단 및 재이탈 방지, 표착된 기름의 회수, 잔존유 제거 및 생태적 복원조치로 구별하여 각 단계별 조치방안을 제시하고자 한다.

(1) 해안표착 차단 및 재이탈 방지

우리나라 해양의 물리적 특성과 기상특성을 감안하다면 완벽한 해상방제는 힘들다. 먼저 대부분의 유출유는 사고현장의 기상과 조류로 인해 신속하게 해안으로 이동하여 차단할 시간적 여유가 없다. 특히, 악천후에 오염사고가 발생할 경우, 대응 선박은 기동성이 제한되는 반면에 유출유는 순식간에 이동하여 해안에 표착된다.

사고대응자는 유출유 확산예측 시스템과 항공순찰을 통해 확산되고 있는 기름이 도달할 해안을 확인하고 밀려오는 기름을 신속하게 회수하고 민감 해안에 도달하지 않도록 차단해야 한다.

해상방제로 차단하지 못한 기름이 해안에 밀려오는 과정에서 방제작업요원이

취할 수 있는 방안은 2가지로서 특정 해안에 표착되도록 유도하는 방안과 표착된 기름이 재이탈되지 않도록 하는 방안이다. 우리나라에서는 이 방안들이 해안방제에 있어서 중요하다. 이를 통해 기름이 일정해안의 전체 구역을 오염시키지 않고 특정부분에 모이게 하는 효과를 거둘 수 있다.

모든 차단조치를 통과한 기름이 해안에 표착되면 제때 수거하지 않을 경우 해수의 운동에 따라 재이탈하여 다른 지역으로 이동한다. 이 과정을 되풀이하면서 오염된 해안이 점차 확대된다.

사고초기에 해상방제에만 집중하기 보다는 해안방제를 위한 기자재를 신속하게 이동하는 등 초동조치에도 신경을 써야한다. 이러한 조치에는 재이탈 방지용 오일펜스의 전장과 진공펌프, 유회수기 등을 활용한 두꺼운 유층의 회수, 임시저장용기의 비치, 회수한 폐유의 처리 등 응급 조치절차를 마련하여 필요한 장비와 인력을 보강해야 한다.

(2) 표착된 기름의 회수

해안으로 밀려온 기름을 긴급회수 및 재이탈 방지조치를 취한 후에는 해안에 불안정적으로 도달한 기름을 회수하는 작업을 행한다. 먼저 두꺼운 유층은 유회수기나 진공펌프를 이용하여 기계적으로 회수하거나 양동이, 바가지 등으로 퍼 담는 방법으로 제거한다. 또한 해안의 표층에 표착된 기름과 저층에 침투한 기름은 해수세척, 고·저압세척, 골파기, 재부유 등의 방제조치를 취한다.

(3) 잔존유 제거 및 생태적 복원

해안표층과 저층에 잔존된 기름을 긴급방제 종료기준에 도달할 때까지 저압세척, 온수세척, 고압세척, 증기세척, 골파기, 중장비를 이용한 세척, 삶아내기 등 다양한 방법을 사용하여 방제한다. 해안의 특성, 기름의 분포상태, 유출유의 특성, 경시변화, 해안의 경제적 이용실태 등을 종합적으로 고려하여 방제방법을 선정하고 긴급방제 종료기준까지 계속적으로 시행한다. 표착된 기름회수 이후

에는 생태적 복원과정을 통해 사고이전 상태까지 회복되며 이때 최종적으로 방제종료를 선언한다. 이후 잔존유는 사고 이전상태와 비슷한 기준까지 생태적으로 복원한다. 복원의 방법은 환경영향 변화과정을 모니터링하면서 신중하게 복원방법을 선택한다.



4.5 요약

우리나라는 동해의 단조로운 해안과 서·남해의 많은 반도와 섬 그리고 굴곡이 심하고 긴 해안선을 가지고 있다. 서해안은 조석간만의 영향과 겨울철 북서풍의 영향으로 유출된 기름은 빠르게 육상에 표착되고, 남해안은 북동방향의 쿠로시오 해류와 섬과 해안선 사이의 빠른 조류로 해안 기름표착이 쉽게 발생되기 때문에 대부분의 유출 기름은 해안방제에 의존해야 한다.

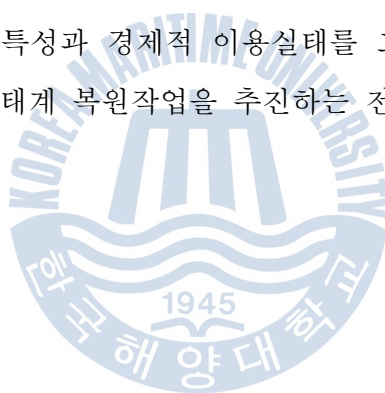
우리나라의 주요 자원이용은 서·남해안에 전국 양식어업의 95%가 밀집해 있으며, 기름물동량은 울산, 인천, 대산, 평택·당진, 광양 순으로 이들 지역이 전체 물동량의 94.6% 차지하여 오염사고 발생과 해안 표착 가능성이 높은 것으로 나타났다. 해양오염사고 건수와 유출량은 서해안이 각각 23%, 78%, 남해안은 각각 59%, 16%, 동해안은 각각 18%, 7%로 사고건수는 남해안이 많으며, 유출량은 서해안 지역이 높은 것으로 나타났다. 10kl 이상의 오염사고에서는 인천·대산, 목포, 여수, 부산·울산 및 제주지역이 오염사고 다발지역으로 나타났다.

이들 취약해역에 대해 해상방제지원시스템을 이용하여 각 계절에 대한 유출유 확산을 확인한 결과, 동해안은 겨울에 유출기름의 일부가 해안에 표착가능성이 나타났고, 남해안은 광양, 마산지역은 상시, 부산은 봄, 겨울에 해안표착가능성이 높은 것으로 나타났다. 서해안은 인천, 평택·당진·대산이 해안에 표착되며, 특히 겨울철에 강하게 해안으로 밀려오는 것으로 나타났다.

또한 우리나라와 미국의 해안방제에 대한 비교를 허베이 스피리트호와 Deepwater Horizon호 유류유출사고를 중심으로 조사하였다. 우리나라 해안방제는 해양경찰청의 지휘 아래에 120만명 이상의 자원봉사자가 참여하여 갯닦기 등 대부분 인력 중심의 방제를 수행했으며 하였다. 미국은 USCG, 주정부와 오염행위자 통합지휘 아래에 유처리제에 의한 분산처리와 함께 세척기 등 기계 위주의 작업과 자연적 복원을 유도하였으며, 6천여척의 어선을 동원하여 작업

을 수행하였다.

한국과 미국의 해안방제 비교를 통해 우리나라의 해안방제에 대한 대응조직, 해상기상특성에 따른 해안표착, 해안평가의 실시, 해안방제의 지리적 범위, 해안방제계획 수립, 해안방제수행 세력 구성에서의 문제점을 지적했다. 또한 일본의 나호드카호, 프랑스의 에리카호, 스페인의 프레스티지호 등 국내외 대규모 유류유출사고에 대한 해안방제 사례를 통해 방제장비의 비축과 효율적 동원, 과학적인 방제지원체계, 해안방제조직의 체계적 운용, 방제비용 선지급 체계 등에 대한 미흡점과 개선·보안해야 할 사항을 파악해 보았다. 이들 해안방제는 기본적으로 3단계로 수행되어야 하며, 1단계는 유출유가 해안에 표착하는 것을 최대한 차단하며 해안에 기름 표착을 대비하여 재이탈 방지조치를 취하고, 2단계에서는 해안에 도달하는 두터운 기름의 회수와 해안에 표착된 기름을 제거하고, 3단계에서는 해안의 특성과 경제적 이용실태를 고려하여 해안표층과 저층의 잔존유를 제거하고 생태계 복원작업을 추진하는 전략으로 이루어진다.



제5장 우리나라 해안방제모델의 기본 설계



5.1 설계방향과 구성요소

5.1.1 해안방제모델의 기본 설계방향

해안방제모델의 기본설계를 위한 전체적인 플로우 차트를 Fig. 5.1에 나타냈다. 우리나라 서해안에서 발생한 허베이 스피리트호 대형 기름유출사고의 수습

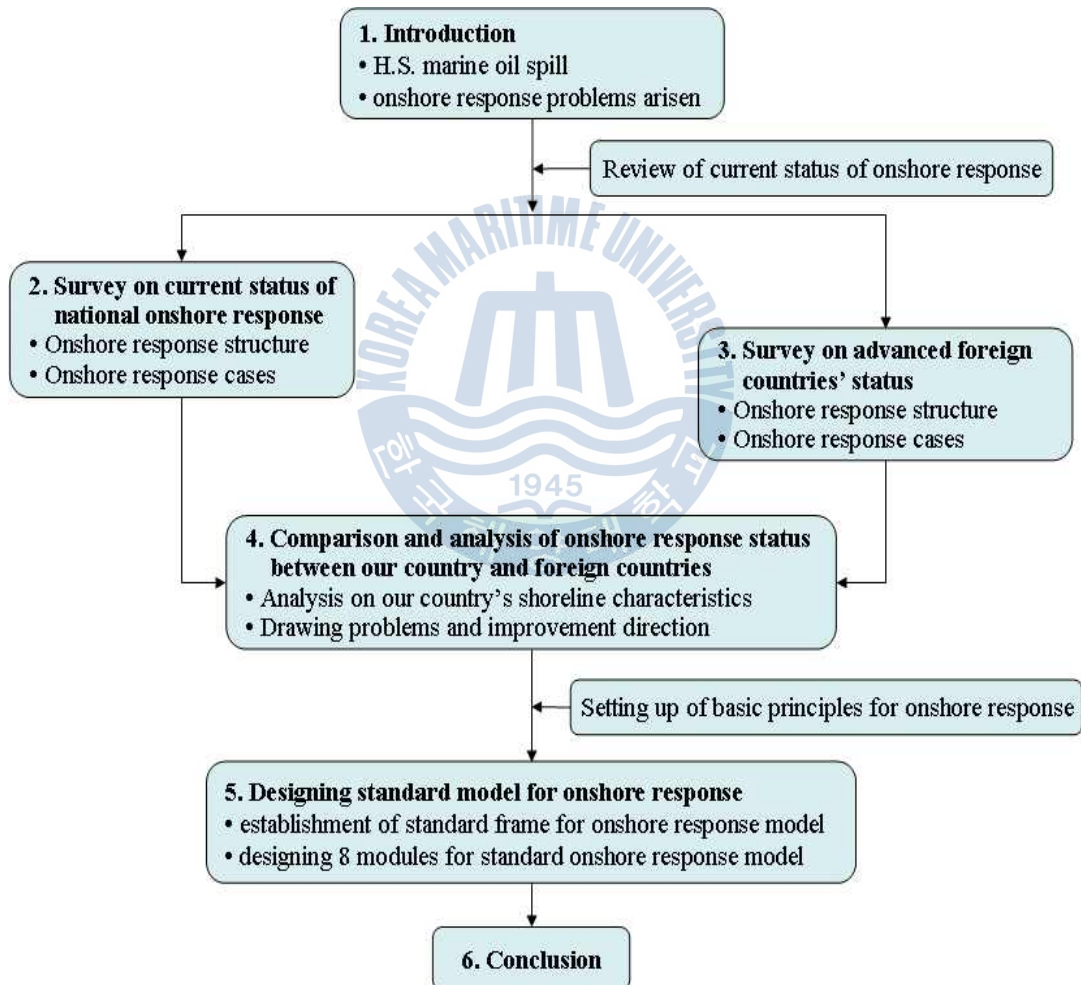


Fig. 5.1 Flow chart of national model of on-shore oil spill response

과정에서 해안방제작업에 대한 많은 문제점들이 노출되었다. 방제작업을 총괄하기 위한 국가적 차원의 대응체제에서부터 적절한 방제방법의 선정, 작업자의 보건 및 안전, 방제업체·보험대리인·지역주민간의 방제비용 산정 및 지급 지연으로 인한 갈등, 해역특성 및 경제적 이용도에 따른 해안방제 종료시점 설정 등 다양한 문제점이 나타났다.

이들 문제를 해결하기 위해 해안방제에 대한 개요와 대표적인 표준 해안방제 방법에 대한 장단점을 살펴보고, 국내외 대형 유류오염사고 위주로 해안방제 현황을 조사하였다. 먼저 국내에 있어서의 해안방제체제에 대한 현 상황을 살펴보고, 씨프린스호와 허베이 스피리트호를 중심으로 유출유에 대한 해안방제 조치 사례를 조사하였다. 또한 선진 외국의 해안방제체제 현황을 파악하고 국제적으로 이슈가 된 일본의 나호드카호, 프랑스의 에리카호, 스페인의 프레스티지호, 그리고 가장 최근에 발생한 미국 멕시코만의 Deepwater Horizon호의 유류유출사고에 대한 해안방제조치 사례를 조사하였다.

이들 조사를 통해 국내외 해양오염사고 사례에 대한 총괄적인 비교·분석을 수행하였다. 이를 위해 먼저 우리나라의 자연적 해안특성을 알아보고 해양오염 취약해역에 대한 분석과 유출유 확산예측 시스템을 통해 각 계절에 따른 해안 부착 여부를 파악하였고, 가장 최근의 유류오염사고인 태안의 허베이 스피리트호와 미국 멕시코만의 Deepwater Horizon호의 해안방제작업에 대한 비교를 통해 국내 해안방제방법에 문제점을 도출하였다.

이 장에서는 해안방제의 기본원칙 아래에서 지금까지 도출된 문제점을 해결하기 위한 해안방제모델을 기본적으로 설계하고자 한다.

5.1.2 해안방제모델의 구성요소

해안방제모델은 기본적으로 해안방제체제를 구성할 조직 및 역할, 자원관리, 정보체계 구축을 바탕으로 하는 해안방제 대응체제 부분과 사고현장에서의 효

율적 대응을 위한 해안방제 현장운영 부분, 그리고 방제의 원활한 지원을 위한 해안방제 지원관리 부분 등 3개로 나누어 모델을 설계한다. Fig 5.2는 해안방제 모델에 대한 기본 설계를 나타내고 있다.

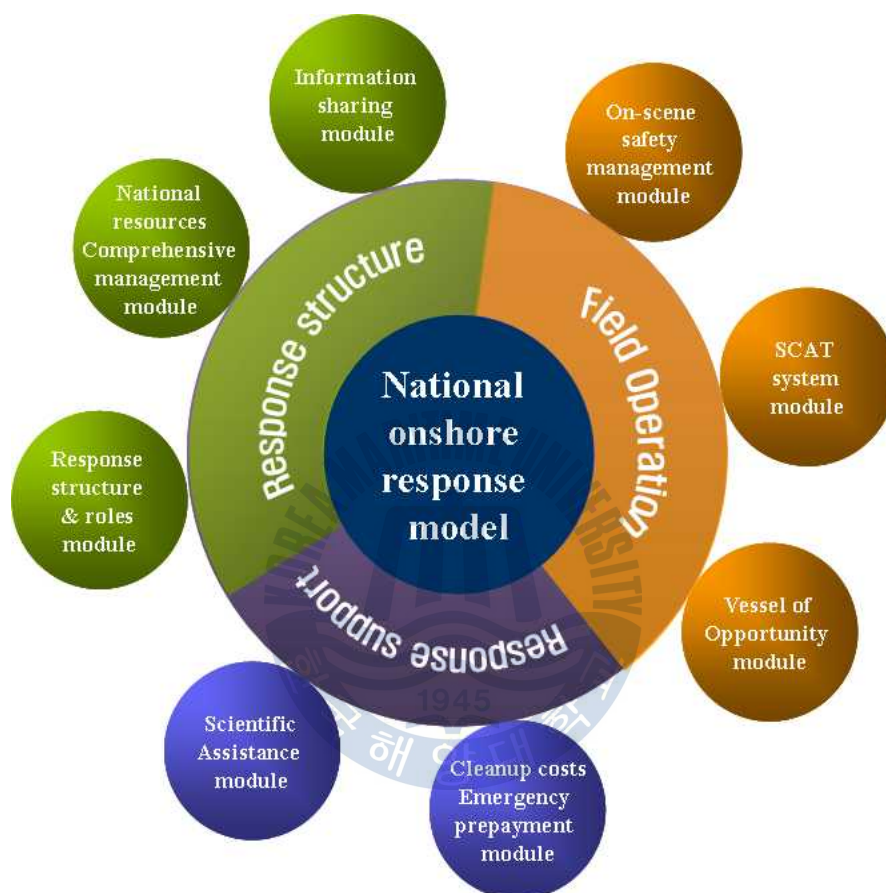


Fig. 5.2 Design of national model of on-shore oil spill response

앞 장에서 기술한 바와 같이 기본적인 해안방제전략은 보통 3단계 절차에 따라 진행되는데, 1단계에서는 유출유의 해안 표착을 최대한 차단하고, 재이탈 및 재부유를 방지하기 위한 기자재의 신속한 동원이 이루어진다. 다음 2단계에서는 해안에 표착한 두터운 기름의 회수와 해안 표층유를 제거하고, 3단계는 해안특성과 경제적 이용실태를 고려하여 해안표층과 저층의 잔존유 제거와 생태

계 복원작업을 추진한다. 그러나 이러한 전략에 대한 실행력을 가지기 위해서는 선진 외국의 해안방제조치로부터 얻은 교훈과 비교를 통한 개선점을 반영할 필요가 있다.

우리나라에 적용해야 할 해안방제의 대응체제에서는 일본의 나호드카호와 스페인의 프레스티지호 그리고 미국의 Deepwater Horizon호에서 해안에 대한 체계적이고 조직적인 대응조직과 역할을 명확히 하여 국가방제 총괄책임기관과 해안방제 책임기관간의 업무와 역할을 구분해 보고, 각 대응기관에 대한 사고 대비·대응태세 평가제도 도입을 통해 방제역량이 부족한 기관 및 단·업체의 지원체제 구축을 제안하고자 한다. 또한 방제세력의 효율적 운용과 동원을 위하여 장비의 효율적 비축 및 지원을 위한 국가방제자원관리시스템을 구축하고, 해양오염 관련 정보를 공유하기 위해 대응기관 등이 생산하는 정보를 상호 공유할 수 있는 모듈을 제안하고자 한다.

해안방제의 현장운영에서는 사고현장에 즉시 도입되고 운영해야 하는 조치로서 미흡한 부분으로, 대규모 유류유출사고 시에 해안에 표착된 기름으로부터 발생하는 유해가스로부터 인근 주민을 대피시키고 현장에 투입되는 작업자의 안전을 위한 조치를 취하기 위한 통제구역설정, 안전점검 등의 현장안전을 관리하고, 해안방제 수행 시에 이해당사자가 참여하여 방제방법, 방제종료 등 해안평가를 통해 불필요한 갈등과 분쟁을 줄이기 위한 의사결정 절차를 만들며, 대규모 오염사고에 어선 및 지역민을 임시적으로 방제작업에 동원할 수 있는 임시방제정 활용 모듈을 제안한다.

마지막으로 해안방제의 지원관리 면에서는 방제작업에 지역주민과 어선, 민간방제업체 등을 장기적으로 동원할 경우에 소요되는 비용을 선지급하여 주민 및 영세업체의 생계를 보장하고 피해 및 방제비용에 대한 갈등을 해소하는 방안을 제시하는 한편, 프랑스의 에리카호 사고와 같이 현장 실행에 필요한 전문성 확보와 연구개발을 통해 과학적 의사결정을 내릴 수 있는 연구지원 모듈을 제안한다.

5.2 해안방제모델의 모듈 설계

5.2.1 방제조직 및 역할 모듈

(1) 고려요소

(가) 사고빈도와 지방재정 여건

우리나라에서 초대형 오염사고가 발생하는 빈도가 10년 이상 되는 것을 감안하면, 기초 지방자치단체 입장에서 볼 때 언제 어디서 일어날지 모르는 대형 오염사고에 대비하여 인력과 장비를 확보하고 긴급대응태세를 유지하는 것은 경제적으로 엄청난 부담이 된다. 지방자치단체들의 빈약한 재정상황을 고려하면 이러한 경제적 부담이 수반되는 해양오염 방제대비와 대응태세를 유지하도록 요구한다는 것은 매우 기대하기 어려운 실정이다. 즉, 지방자치단체의 재정 여건과 대형사고 빈도 등을 감안하여 중앙정부의 재정적 지원체계를 마련하는 것이 해안방제의 효율성을 높이는 방안이 된다.

(나) 지방자치단체의 해안방제 책임성

공유수면관리법에서 연안역의 관리 책임기관은 지방자치단체로 정해져 있다. 지방자치단체는 연안역을 효율적으로 관리하고 이용·보전해야 한다. 우리나라는 다른 나라와 달리 연안역에서의 경제활동이 매우 활발하고 지역경제의 중추적인 역할을 하고 있다. 이러한 점을 감안하면 해안에 기름유출로 인한 오염이 될 경우, 지역경제에 엄청난 타격을 줄 뿐만 아니라 사고 이전과 같이 회복하는 데에 상당한 기간이 소요 된다. 해안방제는 해안의 이용과 밀접한 관련이 있다. 해안방제의 방법들에는 각각의 장단점을 갖고 있기 때문에 해안 구역마다의 이용실태에 맞추어 적절히 선택하여야 해안의 이용률을 높일 수 있다.

허베이 스프리트호와 같은 대형 유류유출사고가 발생되면 많은 해안이 오염되기 때문에 방제방법을 달리하는 방제구역이 수 백 개나 된다. 이런 구역별로

적절한 방제방법과 종료기준을 선택하려면 사고 이전에 해안의 구역별 경제적 이용실태를 면밀하게 조사하여 알고 있어야 한다.

만약, 해양경찰청이 해안방제를 담당하여 경제적 이용실태를 모르는 상태에서 지형과 환경적인 측면을 중시하여 일률적인 방제방법을 선택하게 되면 지역 경제에 타격을 줄 뿐만 아니라 지역주민과의 마찰이 클 수밖에 없어 오히려 신속한 방제조치에 장애가 될 수 있다. 해안방제의 목적은 유출된 기름 정도에 따라 해안의 피해를 최소화하고 효율적인 경제적 이용가치를 높이기 위함이며, Fig. 5.3과 같이 방제 효율성과 부작용을 고려하여 가장 적절한 방제방법과 종료 시기를 정하여야 한다. 따라서 해안의 경제적 이용실태를 잘 알고 실제적으로 관리책임을 가지고 있는 지방자치단체가 해안방제에 대한 책임기관이 되어 주도적으로 대응하여야 하는 이유이다.

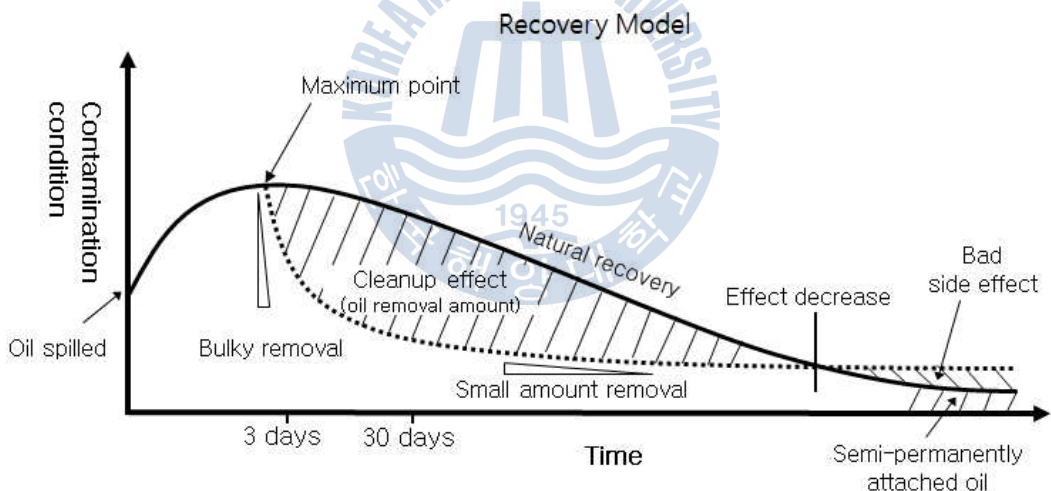


Fig. 5.3 Recovery model for oil spills

그러나 현재의 지방자치단체 특성상 다수의 전담인력을 지정하기 어렵고, 고가의 장비를 비축할 형편이 안 될 뿐 아니라 경험이 일천하기 때문에 해양경찰청과 지방자치단체간의 역할을 분담 할 수밖에 없다.

해양경찰청은 방제조직과 방제장비를 갖추고 있기 때문에 미국과 같이 해상

방제와 해안방제를 일관되게 지휘·감독을 하는 것이 효과적이라고 볼 수도 있다.⁽¹²⁾ 즉, 해양경찰청이 국내 방제자원에 대하여 확보하고 배치, 조정, 동원, 교육하는 것이 해안방제체계를 효율적으로 구축한다고 보는 것이다.⁽²⁷⁾ 이것은 지방자치단체가 본연의 임무와 책임을 충분히 공감하고 스스로 역할을 수행할 수 있을 때 가능하다고 판단되며, 장기적인 관점에서 검토해 볼 사안이다.

(2) 모듈제시

(가) 지방자치단체와 해양경찰청의 역할 구분

현재 해양환경관리법은 해양경찰청이 해양오염방제의 총괄책임기관이 되어 방제정책과 집행 전반을 관장하도록 하고 있으나, 해안에 표착된 기름의 제거 작업에 대해서는 보다 효율적인 운영을 고려하여 지방자치단체가 하도록 규정하고 있다.

이 경우 해상오염과 해안오염의 경계가 모호 한 것과 해상방제와 해안방제가 동시에 이루어 져야 한다는 점을 고려하면 명확히 역할 구분을 짓기가 쉽지 않다. 보다 유기적인 협조체계를 구축하여 대응하기 위해서는 먼저 사고발생 이전의 대비시점에서 지원체계가 사전에 마련되어 있어야 하며, 그 다음은 대응시점에서 실질적으로 합동대응을 할 수 있는 체계를 구축하여야 한다.

유류오염사고 대비차원에서는 지방자치단체의 부족한 부분을 해양경찰청이 지원하는 형태가 되어야 한다. 담당자 교육, 장비자재의 비축, 방제종료기준 설정을 위한 해안방제지원시스템 구축 등이다. 이러한 대비부분은 경제적 부담이 크다. 고비용부분인 장비와 자재를 확보하여 전진배치를 시키는 것과 전담인력을 지정하고 교육훈련을 시키거나 해안방제시스템을 구축하여 운용하는 것은 중앙정부인 해양경찰청에서 분담하는 것이 타당하다.

한편, 지방자치단체는 방제방법을 결정하기 위한 오염상태 조사나 해안의 효율적인 이용을 위하여 현장의 작업을 지도하거나 종료수준을 결정하는 업무를 수행하는 것이 국가차원에서 보면 효율적인 분담이라고 판단된다. 이러한 역할

분담을 Table 5.1에 정리하여 나타냈다.

Table 5.1 Major roles of local governments and Korea Coast Guard in case of oil spill response

Local governments	KCG
◦Site control and evacuation ◦implementation of air monitoring ◦SCAT ◦setting of shoreline cleanup end points ◦operation of supply base ◦Management of volunteers ◦mobilization of residents ◦instruction on how to prevent damages from oil spills	◦operation of SCAT teams ◦dispatch of specialized personnel ◦education and training of cleanup members ◦stockpile of shoreline cleanup equipment and materials ◦Construction of shoreline cleanup assistance system ◦Control and supervision of private cleanup companies ◦notification to and coordination with relevant organizations ◦prepayment of cleanup costs

일단 유류오염사고가 발생하면 지휘 통제는 초기 설치된 방제대책본부에서 하다가 해상방제가 끝나면 Fig. 5.4와 같이 지방자치단체에 대책본부를 구성하여 합동근무를 하는 것이 바람직하다.

행정기관의 책임과 의무는 일치해야 한다. 하지만 현대 행정은 다양한 국민적 욕구에 부응해야 하고 과학기술의 발달과 더불어 전문적인 분야들이 세분화되고 있기 때문에 단일기관의 차원을 넘어서 여러 기관과의 관련성이 높은 업무들은 반드시 이해 조정과 협력과정을 거쳐야 하는 것들이 점차 많아지고 있다. 해양오염 방제업무도 이러한 다른 기관과의 관련성이 높기 때문에 효율적 운영을 위해서라도 행정기관들과의 이해 조정과 협력이 필수적이다.

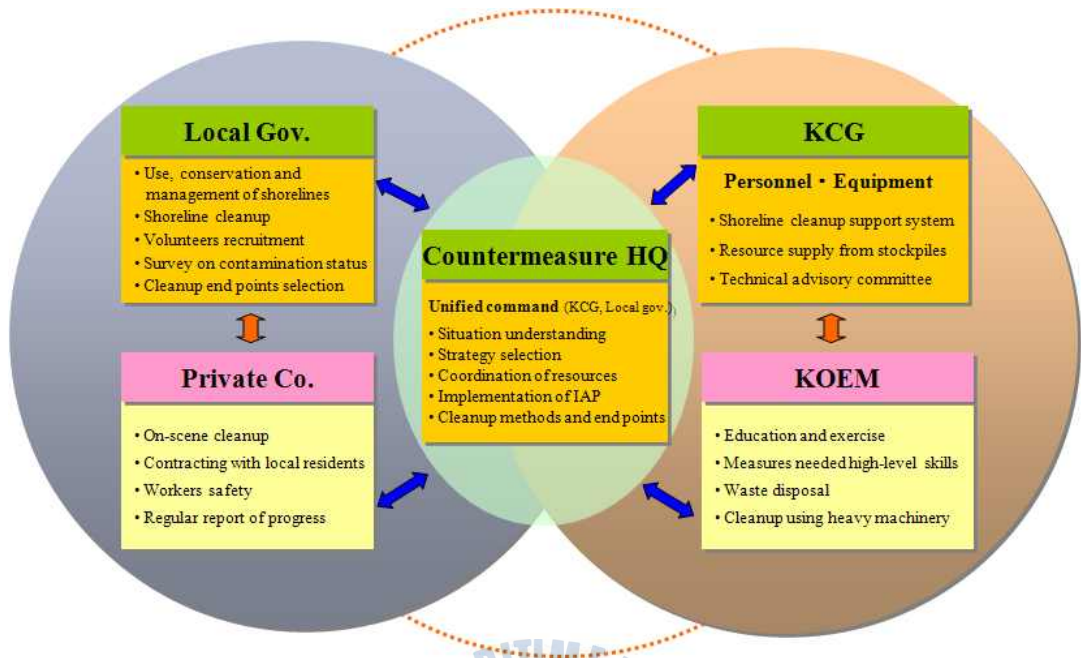


Fig. 5.4 Onshore response headquarters operation model

이러한 이유로 행정기관은 자신의 의무를 다른 기관이나 단체에 위탁하는 경우도 있다. 또한, 자신의 부족한 부문을 완벽하게 실행하기 위하여 협력시스템을 구성하거나 합동으로 실행 할 수 있는 시스템을 구축하는 것도 중요하다.

이 모듈을 운용함으로써 해안방제의 효율성을 제고하고 해안방제체계를 보다 명확하게 정립할 수 있을 것으로 기대된다. 중앙정부와 지방정부가 해안방제에 필요한 업무를 필요에 따라 구분하거나 상호협력 시스템을 구축·운영함으로써 국가 전체적인 효율이 상당히 향상될 것으로 기대된다.

(나) 대응기관 평가제도 도입 운영

평상시 대형오염사고에 대비하고 대응태세를 갖추고 있어야 신속하고 효율적인 대응이 가능하고 피해를 최소화 할 수 있다. 해양환경관리법상 해양오염방제 총괄기관은 해양경찰청이다. 해양경찰청장은 방제대책본부장으로서 방제세력을 동원시키고 이들을 지휘하며 통제·조정하여야 한다. 이에 적절한 대응이

가능하기 위해서는 방제세력을 보유한 모든 기관과 단·업체들에 대하여 오염 사고 대비·대응태세에 대한 역량을 사전에 파악하고 있어야 한다. 또한, 방제 역량이 부족한 지방자치단체에 대한 방제자원의 체계적인 지원체계를 구축하기 위해서는 해양오염 대응태세 평가제도 서둘러 도입하고 운영하여야 한다.

이러한 제도는 법적근거를 마련하여 시행하는 것이 실효성을 가질 수 있다. 하지만 무엇보다도 참여기관이나 단체·업체들의 공감대 형성이 중요하므로 국가긴급방제계획에 그 근거를 마련하여 시행하는 것이 적절하다고 하겠다. 우리나라도 미국의 국가재난사고관리시스템(National Incident Management System, NIMS)과 같이 재난 및 안전관리기본법에 따른 국가재난관리체계가 발전되고 체계화된다면 이 법에 근거를 마련하는 것이 보다 실행력을 갖출 것으로 여겨진다.

실제로 우리나라의 평가조사 대상은 해양경찰서 15개소, 해양환경관리공단 지사 12개소, 지방해양항만청 11개소, 지방자치단체 73개소, 방제업체 43개소, 정유시설 및 유류저장시설(10,000kl 이상) 86개소 등 총 230여 개소에 다다른다. 방제세력을 보유하고 있는 대상을 상대로 대비·대응태세를 조사·평가하기 위한 구체적인 평가항목을 Table 5.2에 나타냈다.

조사는 연 단위로 시행하고, 매년 이러한 조사를 통하여 부족한 부문에 대한 제고 방안을 검토하고 보완해야 한다. 무엇보다 평가대상 기관들의 적극적인 참여가 가장 중요하므로 평가항목에 대한 합리적이고 체계적인 세목의 준비와 함께 충분히 이해시켜 거부감이 발생 되지 않도록 해야 할 것이다. 또한 방문 또는 서면을 활용하고 개관적인 평가를 위하여 외부전문기관을 활용하여 공신력을 갖출 수 있는 조사절차를 가추고, 조사 결과에 대해 해석/대상/항목 등 요소별로 구분하여 DB화 하고 대비·대응 정도에 대한 실태를 분석하고, 조사대상별 방제능력에 따라 3단계(A, B, C) 등급을 부여하여 체크리스트에 의한 조사 대상별 방제능력을 수치화하여 비교·분석을 한다. 이러한 분석결과에 따라 부족한 방제역량에 대해서는 심도 있는 분석·평가를 통해 개선을 촉구하는 데 의미가 있다.

Table 5.2 Items for assessment of oil pollution preparedness and response

classification	assessment items
Quantitative assessment	◦budget field: ratio of oil spill response budget to total budget ◦personnel field: number of persons in charge and possibility of alternative service during responsible persons's absence ◦equipment field - separation of response resources for at-sea response and onshore response - number of equipment and materials by types
Qualitative assessment	◦Response structure and scheme are established or not ◦how often and intensively education and training are given ◦skill of equipment operation: basic knowledge on equipment and materials and operation skills ◦development and understanding of manuals related to shoreline cleanup

이 제도의 정착을 위해서는 평가를 한 결과를 검토하여 방제능력이 부족한 기관들에 대해서는 역량을 제고시킬 방안도 아울러 마련해야 한다. 이 제도의 효과는 같은 부류의 대상기관들과 비교하게 되어 불만과 거부감이 표출될 수도 있다. 하지만 낮은 등급을 싫어하는 기관장들의 속성을 감안하면 자체 개선 효과는 매우 클 것으로 판단된다. 이러한 평가제도는 재난수습에 대한 국민적 요구수준과 사회적인 관심 등을 고려하여 보다 체계적이고 합리적으로 개선하고 발전시켜야 한다. 또한, 인센티브를 주는 방안과 평가결과에 대한 공개 등을 통하여 개선방안에 대한 이행력을 강화하는 것도 검토하고, 단계적으로 충분한 설명을 통해 신중히 추진한다면 대응기관들의 기술, 장비, 체계 등이 빠른 속도로 개선될 것으로 판단된다.

5.2.2 국가방제자원 통합관리 모듈

(1) 고려요소

(가) 시스템화의 필요성

해양오염사고 대응에 있어서 방제자원의 원활한 공급은 사고대응의 승패를 좌우할 만큼 중요하다. 자원관리의 궁극적인 목적은 현장에서 원하는 자원을 적시에 공급하는 것이다.

국가 방제자원은 해양경찰청, 지방자치단체, 해양환경관리공단, 민간방제업체, 국가 및 지방항만, 선박과 해양시설 등이 보유하고 있으며, 이들 자원은 전국에 산재해 있다. 국가 재난적 오염사고가 발생하면 전국의 방제자원을 동원해야 하므로 사전에 이를 시스템화해두지 않으면 사고 시에 효율적인 대응이 어렵다.

(나) 해양오염사고 대비의 효율성

재난적 해양오염사고에 대비하기 위하여 정부와 민간 등 다수의 방제주체가 제각각 방제자원을 확보하고 있어, 국가차원에서 보면 일부지역에는 방제자원이 너무 많이 편중되어 있고, 일부지역에는 부족하게 된다. 이러한 해양오염 대비태세의 전국적인 불균형은 국가 전체적 측면에서 보면 매우 비효율적이다. 방제자원의 전국적인 분포를 조정하는 것만으로도 국가 전체적인 대비·대응태세를 상당히 높일 수 있다. 이를 위해서는 방제자원의 국가적 차원의 통합관리가 필요하다.

(2) 모듈제시

(가) 개요

사고 현장지휘자가 필요로 하는 자원을 적시에 정확하게 공급할 목적으로 자원관리시스템을 도입하며, 사고대응 자원에 대한 분류-요청-투입-추적-복귀까지

의 전 과정을 관리하는 시스템이다.

(나) 자원의 분류(Resource Typing)

현장지휘자가 원하는 자원을 정확하게 공급하기 위해서는 방제자원을 통일된 표준에 따라 분류(Typing)하는 것이 필요하다. 자원의 분류는 자원별로 하지 않고 자원이 수행하는 기능이 발휘될 수 있도록 분류하는 것을 원칙으로 한다. 국가방제자원의 분류 항목을 Table 5.3에 나타냈다.

Table 5.3 Items for national response resources typing

classification	contents	remarks
category	categorized not by resources but by functions exercised by the resources	transportation, SAR, fire fighting, etc
kind	sub-categorized by team, person(experts, etc), equipment, vehicles, airplanes etc.	
components	bundling up personnel and materiel components when a resource is composed of various resources	
levels	the capacity of resources in exercising their designated functions	
typing	Capabilities of resources are categorized into 4 types	

우리나라의 방제자원은 방제를 목적으로 제작된 자원과 평상시 다른 목적으로 사용하다가 사고 발생시 임시적으로 방제자원으로 활용할 수 있는 자원으로 구분할 수 있다. 국가 방제자원을 분류할 때에는 방제정, 오일펜스, 유흡착재, 유처리제, 유회수기 등의 자원뿐만 아니라 진공차량, 이송펌프 등과 같이 임시적으로 방제자원으로 활용할 자원을 고려할 필요가 있다. 국가 재난적 오염사고 발생시 국가 방제자원으로 동원하여 활용할 수 있는 대상자원을 정하고 기능별로 분류하여 관리할 것이 필요하다.

(다) 자원관리 흐름

1) 사고발생 전 자원현황 관리

국가에서 정한 자원을 보유한 기관은 자원을 구입·배치하고, 정해진 표준에 따라 분류(Typing)하여 시스템에 등재해야 한다. 또한 각종 자원의 보유현황에 변화가 생긴 경우에도 그 사항을 시스템에 등재하여 실시간으로 관리한다.

국가방재 총괄책임기관인 해양경찰청에서는 관할해역의 국가 재난적 오염사고의 발생위험도에 따라 방제자원의 전국적인 배치현황이 적정한지를 판단하고 필요하다면 보유 기관과의 협의를 통해 조정해야 한다.

2) 사고발생 시 자원관리

사고가 발생하면 해양경찰청은 사고종류, 규모 등을 확인하고 필요시 방제대책본부를 설치하여 대응한다. 방제대책본부의 방제기획팀이 현장상황을 파악하며 현장대응팀은 사고대응에 필요한 자원의 소요를 파악하고 보급팀에 자원의 공급을 요청하게 된다.

보급팀은 Fig. 5.5와 같은 방제자원관리시스템을 통해 대응에 필요한 자원의 배치현황을 확인하고 최적의 동원계획을 수립하여 현장지휘관에게 승인을 요청한다. 현장지휘관이 동원계획을 승인하면, 보급팀은 동원할 자원의 소유기관에 자원의 현장 투입을 요청한다. 구체적인 사양, 투입시기, 동원 장소(현장보급소) 등을 명시하여 정확한 자원이 적시에 공급될 수 있도록 한다.

해양경찰청은 투입된 자원의 상태를 추적하여 변동현황을 점검하고 관리한다. 사고 대책본부는 자원관리시스템으로 자원의 입·출고 현황, 재고 현황, 동원된 자원의 현재상태 등을 전체적으로 파악하고 있으므로 사고지휘를 보다 체계적으로 할 수 있게 된다.

시스템을 통해 이루어지는 방제자원의 소요제기, 동원 지시, 현황 파악 등의 모든 정보는 시스템에서 관리, 저장하여 향후 비용청구 자료로도 활용할 수 있다. 이렇게 현장에서 필요한 자원에 대한 소요 제기, 자원의 동원지시, 자원의 현장보급소 도착과 신고·접수, 동원된 자원의 현황 관리 등을 위해서는 필요

한 양식과 절차를 마련하여야 하며, 방제대책본부의 기능별 임무분장도 명확히 할 필요가 있다.

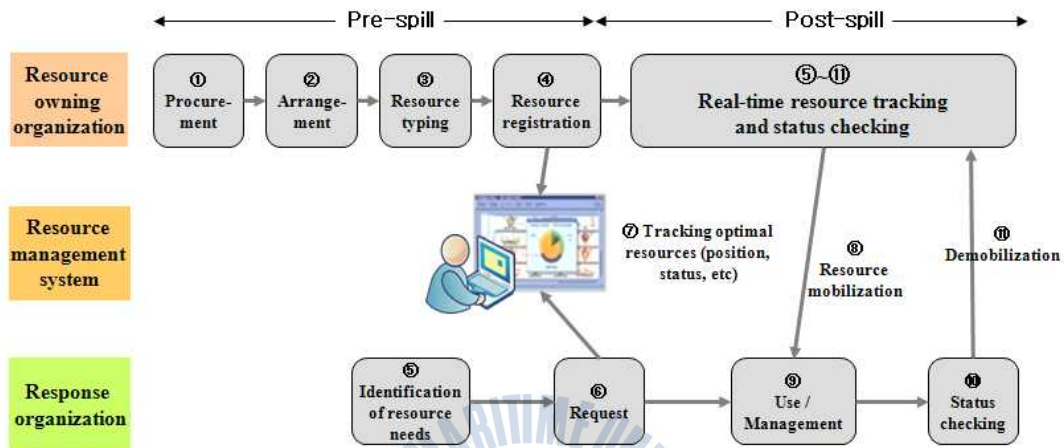


Fig. 5.5 Overview of model for management of oil spill response resources

3) 사고 종료 후 자원관리

사고가 종료되거나 더 이상 사고대응이 필요치 않게 된 자원은 원래의 보유 기관으로 돌려보낸다. 또한 시스템에 저장된 자료는 필요시 상호간의 비용정산에도 활용할 수 있다.

(라) 기대효과

이 모듈을 운영을 통해 각 기관별 분리하여 구입, 운영되고 있는 방제자원을 통합 관리함으로써 사고 대응 시 현장에서 소요되는 정확한 자원을 적시에 보다 원활하게 공급하는 체제가 갖추어 질 것으로 기대된다.

5.2.3 정보공유 모듈

(1) 고려요소

해안방제 전략수립과 자원배치를 하려면 정확한 현장의 오염상태와 오염물질, 해안특성에 관련된 정보가 공유되어야 한다. 해안방제는 방제수행, 방제종료, 오염평가 및 모니터링, 피해산정 등의 여러 업무와 복합적으로 관련되어 있다. 특히, 해안방제의 절차적 측면에서는 오염해안의 인지 및 오염상태 파악, 방제전략 수립, 표착유 회수, 잔존류 제거, 방제종료, 오염평가 등의 여러 업무가 포함되고, 각 업무를 수행하는 주체도 해양경찰청, 지방자치단체, 항만청, 해양환경관리공단, 방제업체, 관련 이해 당사자 등으로 다양하다.

해안오염의 형태적 측면에서 보면 해안선 주변 환경과 특성은 매우 복잡하고 다양하다. 기름의 경시변화, 해수에 의한 오염 확산 등에 의한 유출유의 공간적 분포도 항상 동적으로 변화한다.

허베이 스피리트호 유류오염사고에서 보듯이 해안방제에 대한 방법, 방제 종료기준, 오염 피해 평가 등에 대한 시각이 주체별로 다양하여 해안오염으로 인한 사회갈등 유발의 가능성이 높다. 이에 복잡하고 다변하는 해안선 주변 환경의 데이터를 공유하고 방제방법 및 종료기준 결정에 따른 이해당사자들 간의 혼선을 예방하고 방제기관들의 일사분란한 방제조치를 위하여 정보공유시스템이 필요하다.

미국 멕시코만 유류오염사고를 대응하는 과정에서 BP(British Petroleum)사나 국립해양대기청(NOAA) 등의 관련기관 뿐만 아니라 일반기업이나 개인에 의해서도 많은 웹사이트가 개설되었다. 인터넷을 통해서 오염현황과 사고대응 과정을 공개하는 것은 물론이고 다양한 출처의 정보를 조합하여 경제피해 평가, 생태피해 평가 등을 수행하기도 하고, 유류오염과 관련된 각종 정보와 기사를 공간 정보를 기반으로 제공하기도 하였다. 우리나라도 사고대비·대응과 관련한 방제정보 자료를 공개하여 다양한 분야에서 유용한 자료로써 활용될 수 있도록

하고, 국내의 오염사고 대응체제에 다시 피드백 되어 문제점을 확인하고 개선해 나갈 수 있다.

(2) 모듈제시

(가) 개요

방제정보의 공유를 통해 신속하고 체계적으로 해안방제전략을 수립하기 위해서 웹-GIS(Geographic Information System, 지리정보시스템) 기반의 정보공유 시스템이 필요하다. 시스템을 구축하기 위해서는 해안방제업무 전반을 이해하고 기존 방제정보 구축 사례를 검토하여 시스템 구성 요소를 선정하여야한다. 이러한 정보공유 시스템은 관련자들에게 정보를 제공하고 방제업무에 활용 가능한 기능을 제공하는 것이 핵심이다. 시스템은 내부사용자와 대국민 정보 공개용으로 구분하여 구축할 수 있다.

(나) 시스템의 구성

시스템은 Fig. 5.6과 같이 사용자, 데이터베이스, 프로그램의 3개로 구성할 수 있다.

1) 사용자

시스템 내부 사용자는 해안방제업무와 관련된 자로서 방제전략 결정자, 방제 실행 현장지휘자 및 조치자 등으로 국한할 수 있으며, 대국민 공개용은 누구나 접속 가능하여야 한다.

해안방제전략 결정을 위해서는 해안선 주변의 환경 특성, 경제적 이용 실태, 생태적 이용 특성, 방제 접근성, 방제 자원 동원력 등에 대한 정보를 종합하여 해안방제 우선순위, 적용 방제 방법, 방제 종료 시점 등을 선정해야한다. 방제 전략 결정자가 해안선 주변의 다양한 정보를 종합하여 해안방제 대상 지역에 대한 총체적 이해를 돕기 위한 데이터베이스와 정보 조회 기능이 시스템에서 제공되어야 한다.

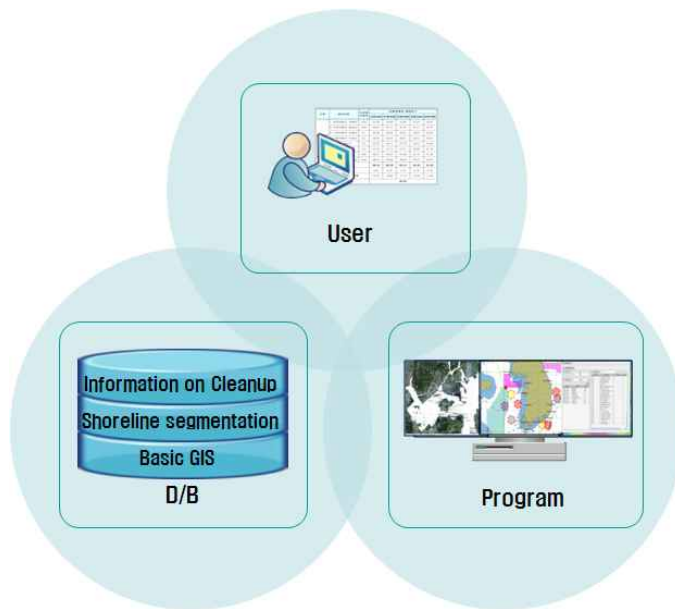


Fig. 5.6 Composition of oil spill response information management system

방제실행을 위한 현장 조치자는 방제대책본부에서 수립한 방제전략에 의거하여 담당 구역에서 방제작업을 실행한다. 본부의 방제전략을 이해하기 위해서는 방제 작업 구획별로 특성과 방제방법 적용시 주의사항을 확인하고 방제작업에 착수해야 한다. 이를 위해서 구획 특성 정보와 방제방법에 대한 권장사항 및 주의사항을 숙지할 수 있도록 데이터베이스와 정보 조회 기능이 시스템에서 제공되어야 한다.

2) 데이터베이스

다음은 시스템 사용자들에게 제공할 정보의 기반이 데이터베이스이다. 해안 방제정보 표준 데이터베이스 항목을 Table 5.4에 나타냈다. 데이터베이스 항목은 사용자 업무 분석을 통해서 도출되며, 이렇게 도출된 데이터베이스 항목은 프로그램에서 어떤 형태로 활용될지를 분석하여 데이터베이스를 구성하는 개별 데이터의 형식을 정의할 수 있다.

Table 5.4 Standard D/B items for shoreline response

Classification		main contents of survey	remarks
fields	D/B items		
General characteristics	name of shoreline segment	- name of regions, administrative districts, KCG offices, etc - organizations responsible for oil spill response (local governments, contact points, etc)	
	ESI index	ESI index (1~10 class)	
	size of segment	length×width, gradient, etc	
	accessibility	access methods (vehicles, vessels, on foot, etc)	
	characteristics of exposure to water	exposure rating	
	characteristics of substrate	size of sediments	
	tidal information	average low tide and high tide	
photographs	representing photo	photographs representing the segment	
	substrate	- showing substrate characteristics - using photo scales	high resolution
	cleanup activity	relevant cleanup activities	
cleanup methods	recommended	for each segment	
	considerable	for each segment	
	end points	for each segment	
Biological resources	land mammals	appearance species, breeding periods	
	marine mammals		
	birds	appearance species and periods	
	cnidarian	- appearance species and periods - breeding periods	
	annelid		
	mollusks		
	arthropod		
	echinoderm		
	chordates		
	fish		
	seaweed		
	salt plant		
	etc		

Table 5.4 (Continued)

Classification		main contents of survey	remarks
fields	D/B items		
fishing and aquaculture	fishing village cooperatives	- Number of housing, residents - status of fishery rights - number of fishing boats - types of marine products	
	fishing area and aquaculture	- type of business and products - license number and effective period - assigned area - period of collection and harvesting	
	National federation of fisheries	name and number of members	
Socio-economic usages	business facilities	Generators and industrial facilities with intake holes	- quantity of seawater usage - types of using seawater
		ports	type and area
		piers	type and handling goods
		mooring buoy	maximum capacity, yearly handling quantity
		passenger wharf	route and frequency of navigation
		fishing wharf	- type of wharf - main fishes handled
		ship construction sites	area, type of constructing ships
		waste, oil and HNS treatment facilities	- number of tanks - maximum capacity - yearly handling amount
	cultural heritage and conservation areas		area, management agency
	sightseeing and amusement sites	beaches	area, opening period, number of users
		seashore parks, recreational sites and habitats for migratory birds	area, management agency, number of users
		camping sites	
		aquarium	area, type of fishes
		moorings	capacity (number of ships moored)
		seaside lodging facilities	capacity (number of persons accommodated)
	other facilities		name, capacity

Table 5.4 (Continued)

Classification			main contents of survey	remarks	
fields	D/B items				
cleanup equipment	organization and private company	organization (KCG, KOEM, Local governments)	▪ name, address, phone number, etc ▪ holding amount of cleanup equipment and materials		
		private oil pollution cleanup company			
		oil tank cleaning company			
		other entities			
	equipment and materials	skimmers	▪ holder's name, address and contact points ▪ type, capacity, weight ▪ feasibility of installation onboard a ship ▪ condition, construction/import dates		
		sorbents	▪ holder's name, address and contact points ▪ type, holding amount		
		dispersants			
		oil booms			
		oil gelling agent			
	ship	classification	general items	additional items	
		work boats			
		tankers		▪ storage capacity	
		tanker barge			
		tug boat		▪ horse power	
		waste oil collection ship	▪ name of holder ▪ name ▪ tonnage (GRT) ▪ DWT ▪ Speed ▪ navigation area ▪ crew number ▪ communication (type, number)	▪ seaworthiness ▪ type and capacity of skimming and storage	
		oil recovery vessel	▪ type and capacity of skimmers ▪ capacity of waste oil storage ▪ type and length of oil boom ▪ amount of dispersants and sorbents		
		oil boom deployment vessel			
		oil spill response vessel			

Table 5.4 (Continued)

Classification			main contents of survey	remarks
fields	D/B items			
cleanup equipment	facilities and vehicles	storage containers	- holder's name, address and contact points - type, capacity and number - holding place	
		waste oil treatment facility	- holder's name, address and contact points - type, capacity and number	
		helicopter and aircraft	- holder's name, address and contact points - type, capacity and number - cruising speed, duration of flight - communication equipment - spraying nozzles and capacity	
		motor-driven sprayer	- holder's name, address and contact points - type, capacity, number and weight	
		sprayers	- manufacturer - spraying pressure	
		high-pressure sprayer	- horse power - holding place - heating type (only for high pressure sprayer)	
		special vehicles		
		vacuum trucks	- holder's name, address and contact points - type, capacity, number and weight	
		crane trucks		
		transportation trucks		
		transfer pumps	- holder's name, address and contact points - type, capacity, number and weight - transferable oil type - transfer conditions	
		equipment for response to HNS incidents	equipment	HNS skimmer
HNS dispersant				
neutralizer				
sorbents				
HNS boom				
gas detector				
PPE	SCBA		- holder's name, address and contact points - type, capacity, etc	
	level A PPE			
	communication equipment			
	others			

해안방제 우선순위를 설정하기 위해서는 해안선 각 구획 분할 정보, 각 구획의 해안환경 특성, 주변 방제자원 동원 가능성, 주변 생태학적 특성, 주변 경제적 이용실태 등이 고려된다. 방제방법 및 방제종료기준 결정을 위해서는 해안 지형 및 저질 특성, 접근성, 생태적 특성, 이용 실태 등을 고려하여야 한다.

특히, 해안선 각 구획별 방제방법과 방제종료기준은 미리 전문가의 자문을 거쳐 객관적이고 과학적인 방법으로 선정하는 것이 필요하다. 이러한 요구 정보들이 데이터베이스로 구축되어 프로그램에 제공되어야 한다.

3) 프로그램

사용자에게 효율적으로 데이터베이스를 제공하고 해안방제 작업에 활용할 수 있도록 사용자 중심의 프로그램으로 개발해야 한다. 해안방제에서 구획과 해안선 주변 공간에 대한 총체적 이해가 필수적이기 때문에 다양한 공간정보를 파악하고 활용할 수 있도록 GIS 기반의 프로그램이 적절하다고 하겠다.

GIS 기반의 프로그램에서 공간 정보, 방제 관련 정보를 조회하고, 정보를 검색하고, 데이터 및 상황기록 자료를 생산할 수 있도록 프로그램 기능이 제공되어야 한다. 또한 해양오염평가 결과를 입력, 수정 할 수 있는 기능이 제공되어야 한다. 해안방제전략 결정을 위해서는 해안선 주변의 환경 특성, 생태적 특성, 경제적 이용 실태, 방제 접근성, 방제 자원 동원 등에 대한 정보를 종합하여 해안방제 우선순위, 적용 방제 방법, 방제 종료 시점 등을 선정해야 한다. 이러한 모든 방제정보들을 데이터베이스화하여 체계적으로 관리하는 정보시스템으로 구축하여야 한다. 이러한 정보시스템을 포함한 해안방제지원시스템의 구축 모듈을 Fig. 5.7에 예시로 나타냈다.

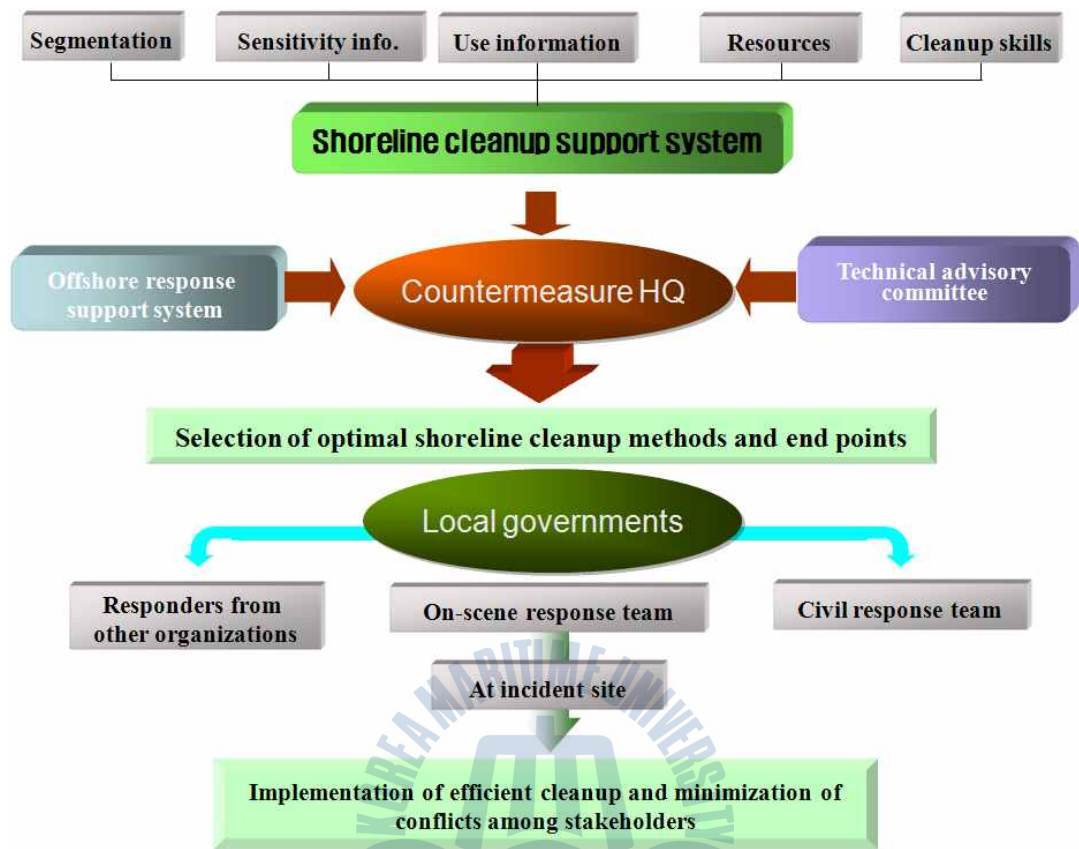


Fig. 5.7 Construction Model for Shoreline Cleanup Assistance System

또한, 해안오염현황, 방제진행사항, 사고 대응과정 등 해안오염 정보의 통일된 전달을 위해 국민 누구나 접속하여 해안오염 정보를 확인할 수 있는 대국민 알림용 홈페이지를 개설·운영할 필요도 있다.

(라) 기대효과

GIS 기반의 정보공유시스템을 구축 운영함으로써 보다 객관적이고 과학적으로 해안방제방법과 방제종료기준을 신속하게 결정할 수 있다. 이를 통해 보다 효율적인 방제실행과 이해단사자간의 불필요한 갈등을 최소화할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 해안평가결과를 대국민에게 신속하게 전파함으로써 국민의

압 권리를 보다 충실하게 충족시킬 수 있을 것으로 기대된다.



5.2.4 사고초기 현장안전관리 모듈

(1) 고려요소

(가) 사고초기의 초동조치 중요성

다른 형태의 재난과 마찬가지로 유류오염사고의 경우에도 사고 초기의 초동조치가 사고대응에 있어서 매우 중요하다. 초동조치는 사고대응을 위한 방제대책본부의 정상적인 지휘와 통제가 미흡한 상태에서 이루어지는 조치로서 현장의 인명구조와 안전 확보 조치, 사고현장 통제 조치, 유출구 봉쇄 조치 등이 이에 해당된다.

해상의 유출유가 순식간에 해안으로 밀려올 경우를 대비하여 작업참여자 및 지역주민에 대한 인명안전 확보와 사고현장 통제조치 등을 신속하게 취할 준비를 해두어야 한다.

(나) 유증기로 인한 위험

유출유에는 황화수소(H_2S), 일산화탄소(CO), 벤젠(Benzene) 등 작업자 및 주민의 안전과 보건에 해를 끼치는 가스를 포함하고 있다.

사고초기에 해상에서의 유출확산 방지 등의 방제조치에만 집중하다 보면 사고대응자나 주민들의 건강과 안전문제에 소홀하게 될 위험이 높다. 또한 사고대응이 지속되면서 현장대응자는 지속적으로 유출유에서 나오는 대기오염물질에 노출될 위험을 안고 있다. 주민과 사고대응자의 건강상의 문제는 사고대응과정에서 나타나기도 하고, 장기간에 걸쳐 심각한 문제로 전개되는 경우도 있어 주의가 필요하다. 미국의 1989년 엑슨 발데즈(Exxon Valdez)호 사고와 2001년 911테러 대응과정에서 나타난 사고대응자의 건강관리 문제가 그 대표적인 예라 할 수 있다.

(2) 모듈제시

(가) 안전관리관 임명

사고초기의 사고지휘관을 보좌하여 현장통제와 안전관리 임무를 수행할 안전관리관을 임명한다. 일반적으로 사고초기에는 대책본부가 마련되지 않고, 현장의 대응기능 위주로 대응조직이 구성되기 때문에 자칫 작업자 및 주민의 건강과 안전관리에 소홀해질 우려가 높다. 이에 이 임무를 전담할 안전관리관을 사고발생 초기에 임명한다.

안전관리관의 임무는 사고현장의 안전과 사고대응자의 건강을 관리하는 것으로써 작업장 안전 및 건강관리계획을 수립하여 사고지휘관에게 보고하여 필요하다면 작업중단 등을 권고해야 한다. 일반적으로 안전관리계획에 포함되는 사항을 Table 5.5에 정리하여 나타냈다.

Table 5.5 Main contents in Site Safety Plan

- overview of incident sites (geographical characteristics, characteristics of spilled oil, residential characteristics, etc)
- response structures
- site control (police zone, red-warm-safety zone, etc)
- assessment of responders' safety and health (slippery, severe cold, heat wave etc)
- results of air monitoring (H₂S, O₂, CO, Benzene, Total carbonates, LEL etc)
- Identification of certificates to check whether they have received proper training
- training before entrance of site
- recommendations on wearing of personal protective clothing
- emergency evacuation procedures (emergency medical serviced, evacuation routes, etc)
- communication
- decontamination

(나) 통제구역의 설정

해안에 표착된 기름은 초기에는 인체에 해를 끼치는 황화수소 등이 포함된 대기오염물질(유증기)을 방출하고 있어 Fig. 5.8과 같이 일정 거리를 정하여 통제한다.

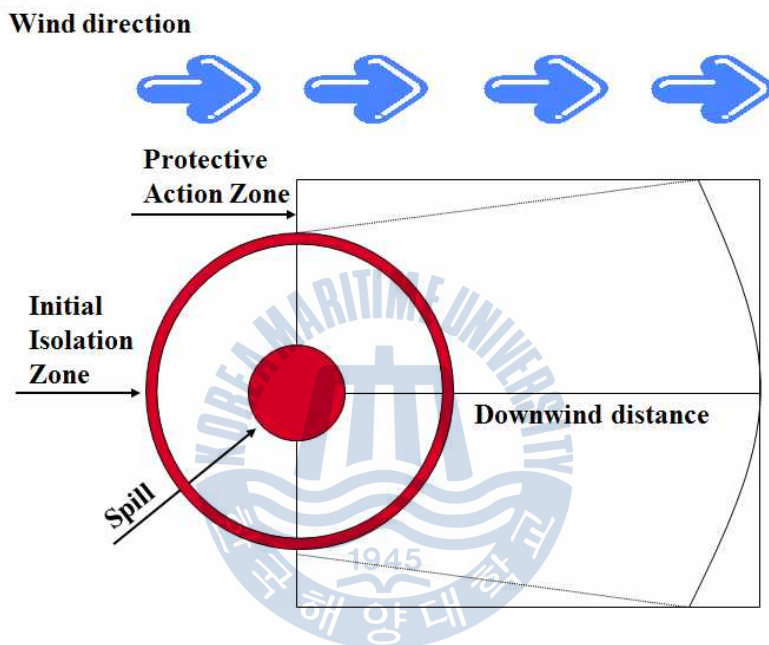


Fig. 5.8 An example of establishment of hot and warm zones

오염물질에 따라 초기이격구역과 방호활동구역이 다르므로 원유와 중질유에 대한 초기이격구역과 방호활동구역을 설정한다. 또한 방호활동은 주민대피와 옥내 피신으로 구분하고 있으므로 대기모니터링 농도별 방호활동의 수준을 정한다.

(다) 건강 및 안전 모니터링 실시

안전관리관은 사고현장에서의 안전과 작업자의 건강에 위해를 미칠 우려가

있는 사항에 대하여 주기적으로 모니터링하고 그 결과에 따라 필요시 현장지휘자에게 권고를 해야 한다. 국가별로 안전관리관이 점검할 양식에는 약간의 차이가 있으나 일반적으로 대기모니터링(H_2S , O_2 , CO , Benzene, 총 탄화수소, LEL(Lower Explosion Limit, 폭발하한계) 등), 현장통제구역, 현장 안전과 건강 위험요소(폭염·한, 태풍, 미끄럼 등), 작업자의 개인보호장구 착용 여부 등을 주기적으로 점검하여야 한다.

(라) 사고대응자 안전 관리

사고대응자는 현장에 투입되기 전에 소정의 교육을 이수하여야 한다. 사고대응자가 수행할 작업의 종류에 따라 교육이수 수준을 정할 필요가 있다. 민간 방제업체의 직원과 지방자치단체 등의 업무 담당자는 평상시 사고대응에 필요한 교육·훈련을 이수하게 함으로써 이들이 해안방제에 더욱 친숙해지고 더 안전하게 작업에 임할 수 있도록 조치한다. 자원봉사자와 피해지역 주민 등을 사고현장에 투입할 경우에는 반드시 소정의 안전교육을 이수하도록 한다. 또한 수요를 감안하여 개인보호장구도 사전에 확보해 두어야 한다.

자원봉사자를 포함하여 사고현장에 투입되는 모든 인력에 대하여는 기름과 유증기로 인해 영향을 쉽게 받을 수 있는 호흡기와 간 질환자와 이전에 이들 질환을 앓은 경력이 있는 사람에 대한 특별한 규정이 필요하다. 이러한 사람이 현장에서 기름과 접촉하는 일에 종사하는 일이 없도록 관리한다.

또한, 사고대응자는 안전관리관의 권고에 따라 필요시 적절한 호흡기와 피부 보호를 위한 개인보호장구를 착용하도록 해야 한다. 개인보호장구의 착용은 안전관리관이 대기모니터링 등의 결과에 따라 결정하며, 지시된 장구를 착용한 때에만 작업에 임하도록 관리해야 한다.

(마) 안전 홍보

사고초기에는 마스크 등을 이용하여 오염물질로 인한 건강상의 위험을 알리

는 방안을 사전에 강구해 둔다. 초기작업자, 방제업체 직원, 자원봉사자들이 안전과 건강 위험에 노출될 수 있음을 인지하고 있어야 무지로 인한 피해를 막을 수 있다.

(바) 기대효과

해상에서 유출된 기름이 순식간에 해안에 표착되는 우리나라의 특성을 고려하여 신속하게 안전관리관을 임명하고 현장통제 조치를 취함으로써 사고현장의 잠재적 위험을 선제적으로 관리할 수 있다. 이를 통해 사고대응자와 사고해점 인근 해상과 해안의 지역주민의 안전을 도모할 수 있을 것으로 기대된다.



5.2.5 해안오염평가시스템 모듈

(1) 고려요소

(가) 해안방제방법 및 종료기준

유류유출사고 환경은 매우 다양하기 때문에 적용할 수 있는 적절한 방제방법이나 방제수준을 간단하게 기술하기가 쉽지 않다. 이로 인해 오염사고 현장에서 방제방법이나 방제종료 수준을 두고 이해관계자들이 서로의 입장 차이를 보이며 갈등이 생기는 수가 많다.

유류유출사고는 단지 해양환경 뿐만 아니라 지역 내 경제활동 및 여가활동을 포함한 해양이 사회에 제공하는 혜택을 받을 수 있는 모든 분야에 영향을 미칠 수 있다. 이 때문에 분야별로 서로 다른 요구사항을 모두 수용할 수 있고, 모든 분야의 유류오염에 대한 영향을 완화시킬 수 있는 방제방법이 고려되어야 하겠지만, 현실적으로 이 모든 상황을 만족시키기가 어렵고 또한 이러한 방제조치로 인하여 환경에 2차적인 피해를 발생시키지 않는지도 검토해야 할 필요가 있다. 특히 해안 방제작업의 경우 기름이 표착된 자갈이나 모래를 걷어 내거나 자연 상태를 크게 훼손시키는 과도한 방제방법은 외관상 오염 해안을 신속히 복구할 수는 있겠지만 환경적으로 중요한 자원의 회복을 지연시킬 수도 있기 때문이다.

따라서 대부분의 국가들은 어떤 방제방법을 적용할 것인가 또는 어느 수준까지 방제작업을 할 것인가에 대한 지침을 마련하여 두고 있지만, 아쉽게도 모든 유류유출사고에 실질적으로 활용 가능한 방제작업 종료 결정에 관한 세밀한 규정이나 기준이 없으며, 사실 기술적으로 세밀한 기준을 정하기도 어려운 실정이다. 따라서 방제작업의 수준은 환경 및 지역경제, 관광자원 등의 여건에 따라 적용 가능한 방제기술 및 비용을 고려하여 모든 이해관계자들의 합의로 결정되는 것이 가장 바람직하다. 그러나 보통 공공의 기대, 정치가 및 언론의 관심 등에 따라 타협되기 쉽기 때문에 이런 논쟁을 해결하기 위하여 오염사고의 모든

이해관계자들의 인식이 일치하도록 끌어내는 결정과정이 필요하다.

실제 현장에서 중요한 것은 해양환경의 생태학적, 인간의 활용성에 대하여 계절적 다양성까지 고려하여야 한다는 점이다. 방제작업의 적절한 수준을 결정할 때는 모든 사안별로 그 상황을 세밀히 평가하여야 하는데, Table 5.6에 나타난 질문들은 방제작업의 종료를 결정을 판단하는 중요한 기준이 될 수 있다.

Table 5.6 Questions for determination of cleanup end points

- Is oil that can cause damage to environments is still remaining?
- Does the remaining oil interfere with people's comfortable feelings and visual satisfaction?
- Is there any risk of stopping or interfering business activities?
- Is continuing cleanup activities beneficial to environment and/or cost effective?

(나) 의사결정의 중요성

유류유출사고에서 적절한 방제방법과 방제 수준을 일률적인 기준과 판단만으로 결정하기 어렵다. 오염된 해안의 지리적인 특성, 환경 민감성, 계절적 요인 및 경제적 활용성 등 고려해야 할 요소들이 너무 많기 때문이다. 같은 해안이라도 유출된 기름의 종류 및 양, 형태에 따라 방제방법이 달라질 수 있으며, 관광지의 경우에는 계절에 따라 방제수준을 달리할 수도 있기 때문에 방제절차에 대한 세밀하고 구체적인 의사결정체계를 구축할 필요가 있다.

예를 들면 해안에 점성이 강한 기름이 부착되어 잘 제거되지 않을 경우에 유처리제를 살포하거나 고압세척기로 온수를 분사하여 씻어내면 잘 제거 될 것이나 이런 방식의 방제방법은 기름에 살아남은 생물체를 모두 죽이는 결과를 초래하기 때문에 심미적인 측면과 생태계적인 측면에서 신중한 의사 결정이 필요하다.

그러나 방제작업에 관여하는 이해당사자는 방제의무자인 오염행위자를 대신하는 검정회사, 오염피해를 입은 지역 주민이나 어민, 방제작업을 시행하는 방

제업체 뿐만 아니라 관할 지방자치단체, 환경단체 등 각 자의 입장에 따라 방제방법 및 방제수준 등에 대한 견해를 주장하기 때문에 각 이해관계자들의 합의를 끌어내기 위한 의사결정이 매우 중요하다. 만약 의사결정 과정에 체계적이고 명확한 기준이 없다면 Table 5.7과 같은 문제점들이 초래될 것이다.

Table 5.7 Anticipated problems from absence of decision making procedures for shoreline cleanup

◦Causing unnecessary dispute among various stockholders such as owners, users of the coastlines, government organizations, responsible party, etc over end points of shoreline cleanup activities ◦interfering cleanup activities of response organizations due to excessive involvement of stockholders ◦difficulty in making stockholders understood about response objectives for the specific shore segments and choosing cleanup methods ◦difficulty in suggesting responders to which point the cleanup activities should be carried out clearly ◦severe conflict between responders carrying out cleanup measures and local residents and compensators

(다) SCAT 제도의 특성

해안오염평가(SCAT)는 유류오염 사고시 표준화된 방법 및 용어를 사용하여 해안에 대한 유류의 영향을 예측 또는 평가함으로써 효과적이고 신속하게 사고에 대응하기 위해서 사고 이전(Pre-spill) 및 사고 이후(Post-spill)에 실시하는 조사를 일컫는 말이다. SCAT은 기름으로 오염된 해안선에 대한 현장정보를 수집하고 이러한 정보를 바탕으로 해안선 방제계획을 수립하는 등의 의사결정과 방제조치를 마련하는데 활용되는 표준화된 방법 및 체계를 말한다.

미국에서는 해양오염사고가 발생하면 엑슨 발데즈(Exxon Valdez)호 유류유출 사고에서 얻은 경험을 바탕으로 SCAT을 구성·운영하고 있다. SCAT은 해안방제

수준을 결정할 때 기술적인 문제를 해결하기 위한 여러 관계기관의 대표자로 구성되며, 연방정부 및 주정부 관계자, 오염행위자, 보험사, 해안관리자 그리고 해안과 관계 깊은 지역대표 등 지역 이해관계자들이 포함된다. SCAT의 첫째 임무는 오염사고 초기부터 오염된 해안 전체를 조사하여 해안별로 오염상태에 따라 적절한 방제방법을 결정하는 것이다. 그 후 방제작업 상태를 계속 평가하며 어느 정도 수준에 이르면 합의에 의하여 방제작업의 종료를 결정한다.

우리나라는 해안오염평가를 아직까지 본격적으로 도입하고 있지는 않다. 다만, 2007년 12월 충남 태안에서 발생한 허베이 스피리트호 유류유출사고 시에 캐나다 SCAT팀이 현지를 방문하여 일부 해안에 대한 조사를 실시한 경험이 있다. 하지만, 미국과 캐나다 등에서는 SCAT에 대한 중앙정부차원의 직접적인 법규정은 없으나 국가긴급방제계획(NCP) 또는 전략수립계획 안에 SCAT을 필수적으로 반영하고 있다. 또한 지방정부 및 방제관련 유관기관의 방제운용지침에는 SCAT을 의무적으로 고려하도록 명시하고 있다. 대부분의 국가에서는 SCAT 업무를 사고지휘시스템(Incident Command System, ICS) 내의 방제계획부서(Planning Section) 아래에 환경팀(Environmental Unit)에서 담당하고 있으며, 많은 나라에서 SCAT 매뉴얼을 개발하여 활용하고 있다.

우리나라에서도 해안방제계획 수립의 가장 기본이 되는 해안정보를 수집하기 위해 해안오염평가 관련 법적 제도적 규정 마련, SCAT 매뉴얼 개발, 해안오염평가 전문가 육성, 해안오염평가조직 체제 마련 등을 수행하는 것이 절대적으로 필요하다.

(라) Pre-SCAT의 중요성

해안방제를 위해 사전해안평가(Pre-SCAT)를 실시해야하는 이유는 우리나라 해양사고의 특성과 해안의 경제적 이용특성 등에 기인한다. 앞에서 설명한 바와 같이 선박이나 해양시설에 의한 유출사고가 발생하면 해양에서 대응하여 해안표착을 방지하는데 시간적으로나 물리적으로 한계가 있다. 이는 국가 재난형 오염사고의 발생위험성이 높은 서해안과 남해안의 경우 더욱 강하게 나타나는

특성으로 유출사고가 발생하면 강한 바람과 조수간만의 차에 의해 거의 24시간 이내에 해안에 표착된다. 사고대응자가 24시간 내에 유출된 기름이 해안에 표착되는 것을 막을 효과적인 조치를 시행하기에는 역부족인 상황이 대부분이다.

해상차단에 실패한 기름이 해안에 표착될 경우 신속하게 해안방제전략을 수립하고 시행하기 위해서는 다음과 같은 해안평가가 선행되어야 한다. 첫째, 사고가 발생한 이후 평가하고 방제방법을 결정하여 대응하기에는 방제작업이 상당히 지연되는 문제점을 초래하기 때문에 사전에 해안평가를 실시할 필요가 있다.

둘째, 우리나라 해안은 경제적 이용도가 매우 높아 해안오염이 발생하면 수많은 이해당사자의 이해관계로 인해 방제방법과 종료기준을 선정하는데 갈등과 대립이 불가피하다. 이를 차단하기 위해서도 사전해안평가를 실시하는 것이 유리하다.

셋째, 우리나라 해안은 해안선의 굴곡이 심하고 복잡하며, 유류오염에 민감한 해안이 많다는 것이다. 이에 따라 해안평가를 실시하는데 시간이 많이 소요되므로 해안오염이 발생한 이후에 평가를 실시하면 평가로 인한 방제작업의 지연이 불가피하므로 사전에 해안평가를 실시하는 것이 바람직하다고 하겠다.

사고 이전의 해안평가는 기본적으로 SCAT과 동일한 원칙, 접근방법, 표준용어를 사용하여 사고 이전의 해안상태와 관련된 정보를 수집함으로써 유류오염 사고 발생시 해안선 보호 및 정화작업과 관련된 예측 및 계획을 수립하는 것을 목적으로 한다.

사고 이전 조사는 무엇보다도 사고발생시 신속한 대처가 가능하며 현장조사 노력을 절감할 수 있는 장점이 있다. 그 밖에 사전해안평가의 중요성과 장점을 Table 5.8에 정리하여 나타냈다.

Table 5.8 Importance of Pre-SCAT

- Providing proofs on setting priorities among response measures
- Helping in developing response objectives and strategies in advance
- Helping in identifying access routes to the site, safety, necessary equipments in advance
- Providing stockholders with opportunity for participating in choosing cleanup methods and end points for their own coast segments in advance and
- giving a chance for responders or government organizations to consult with stockholders over cleanup methods and end points in advance

Table 5.8과 같은 중요성과 장점으로 인하여 세계적으로는 캐나다 동부 및 서부연안, 미국의 알래스카, 일본 사할린 등에서는 사고이전 조사를 적극적으로 수행해 왔다. 우리나라 해안도 해양오염에 매우 취약하고 경제적 이용도가 높고 다양하여 Pre-SCAT이 절실하다.

(2) 모듈제시

(가) 한국형 해안오염평가시스템 제시

1) Pre-SCAT을 반영한 해안오염평가시스템 구축

먼저 유출 이전에 해안의 상태를 상세히 조사하는 Pre-SCAT 단계에서 방제 전문가들이 참여하여 가능한 많은 정보를 수집하고 사전에 해안형태에 따른 해안의 구획분할, 해안의 활용도, 계절적 요인을 고려한 적절한 방제방법 선정 등 해안 방제작업에 필요한 정보를 가공하여 방제지원시스템에서 활용할 수 있도록 하여야 할 것이다. 그리고 유출사고 이후에 조사하는 Post-SCAT 단계에서는 주로 해안의 오염상태 및 방제작업 효과를 평가할 수 있는 최소한의 정보만을 간단하게 조사할 수 있도록 한국형 SCAT 표준서식을 만드는 것이 필요하다.

따라서 해안오염평가시스템에는 Pre-SCAT 보기와 SCAT 등록 및 조회 기능을 제공하도록 한다. Pre-SCAT은 Fig. 5.9와 같이 사전에 조사된 해안구획별 지형정보와 접근성, 경제적 이용실태, 방제방법 및 종료기준을 조회할 수 있도록 한다.

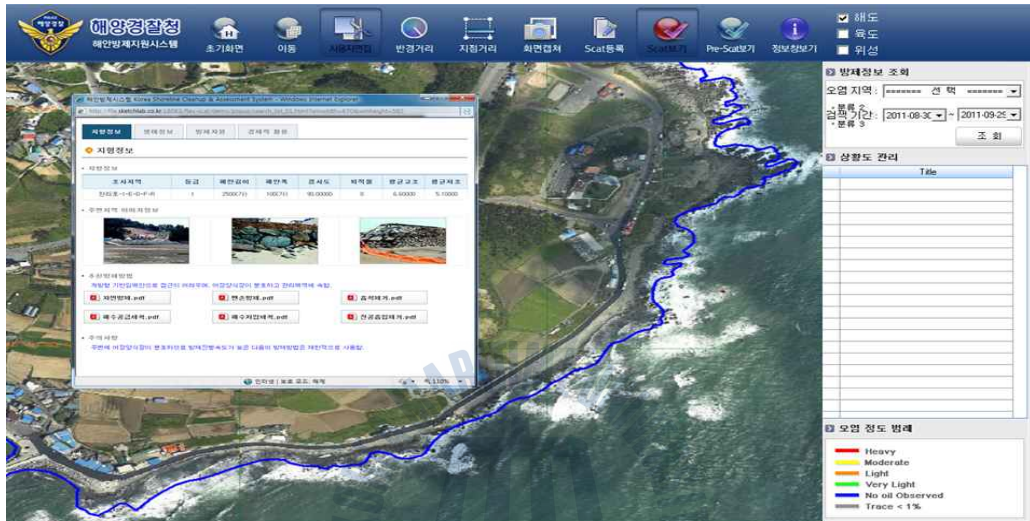


Fig. 5.9 An example of Pre-SCAT system

SCAT은 해양오염사고 시에 Fig. 5.10과 같이 SCAT팀에서 조사된 해안오염 정보를 입력하고, Fig. 5.11과 같이 각 해안에 대한 오염정도를 조회할 수 있는 기능을 제공하도록 한다.

해안오염 실태 요약정보 입력

1. 일반정보
 - 구획 식별번호: - 시작 시간: 2011-09-29 오전 10:00:00 - 조수 높이: m
 - 작업 구역: - 종료 시간: 2011-09-29 오후 5:00:00 - 밑물: ☐ 선택
 - 조사 방법: ☐ 도보 ☐ 산악 오토바이 ☐ 보트 ☐ 헬리콥터 ☐ 견시 - 날씨: 선택

2. 조사팀

#	성명	소속	휴대폰 번호	이메일
입력된 값이 없습니다.				

3. 구획
 - 출구 획 길이: m - 조사한 구획 길이: m - GPS 위치차이: 선택
 - 시작 GPS: 위도 도 분 초 경도 도 분 초
 - 끝 단 GPS: 위도 도 분 초 경도 도 분 초

4A. 해안형태
☐ 기반암 ☐ 인공구조물 ☐ 퇴적해변 ☐ 모래 ☐ 모래땅지 ☐ 갯벌
☐ 절벽/수직 ☐ 비탈 ☐ 평판 ☐ 자갈 ☐ 표석 ☐ 모래밭 ☐ 모래, 자갈
☐ 빙판 ☐ 눈 ☐ 모래, 자갈 혼합 ☐ 습지 ☐ 조약물 ☐ 표석

4B. 연안특성
 - 선택 후정높이: m ☐ 해안 ☐ 삼각주 ☐ 조석입구 ☐ 습지
 - 비탈: 선택 ☐ 연안사주 ☐ 모래언덕 ☐ 수로 - 기타:

5. 작업특징
 - 해안뒤 편 직접 접근 가능: 선택 - 쓰레기: 선택 - 오염: 선택
 - 해안 뒤 편 수송 가능: 선택 - 쓰레기 양: 선택
 - 인접구역으로부터 해안가 접근: 선택 - 접근 제한 요인:

6. 표준오염상태

Fig. 5.10 An example of SCAT form

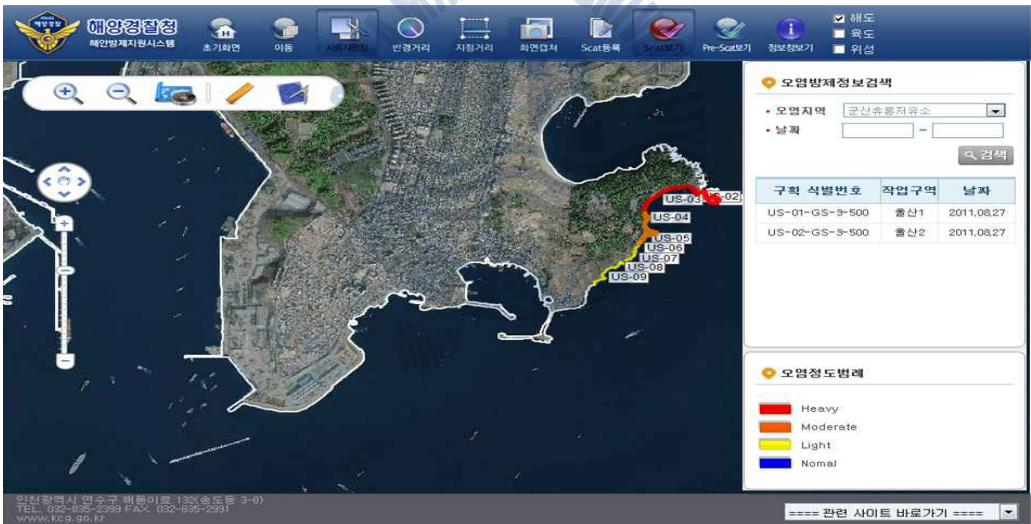


Fig. 5.11 An example of display of the results of SCAT

2) 한국 실정에 적합한 SCAT 표준서식 마련

우리나라에서 해안오염평가(SCAT)제도를 시행하려면 먼저 표준화된 SCAT 평가서식을 마련하여야 한다. SCAT 팀원으로 참여하는 사람들이 방제전문가

뿐만 아니라 관계공무원, 지역주민 등으로 다양하기 때문에 평가서식은 복잡하지 않고 작성하기 쉬워야 한다.

Table 5.9는 SCAT제도가 가장 발달되어 있는 캐나다에서 사용하고 있는 SCAT 표준서식인데 복잡하고 약어를 많이 사용하고 있어 작성하기가 어렵다. 예를 들면 암석의 크기, 기름두께, 기름상태, 기름분포량 등을 간단히 약어로 표시하고 있기 때문에 표준서식을 작성하려면 사전에 작성방법에 대한 교육을 받아야 하고 참고할 약어풀이 설명서가 필요하다.

Table 5.9 Acronyms used in Canada's SCAT form

◦Size of rocks: B, C, P, G, S ◦Thickness of oil: PO, CV, CT, ST, FL ◦Condition of oil: FR, MS, TB, TC, SR, AP, NO, DB ◦Distribution of oil: TR, SP, PT, BR, CN

Table 5.10은 캐나다의 SCAT 표준서식을 나타내고 있다. 캐나다의 표준서식을 보면 표준용어를 모르면 작성하기 어렵고, 서식자체를 이해하기 힘들게 되어 있다. 이에 Table 5.11은 우리나라의 해안방제 실정을 고려하여 작성한 한국형 SCAT 표준서식의 예시를 나타낸 것인데, 해안방제계획을 수립할 때 꼭 필요한 정보 위주로 조사 항목을 단순화하고 작성방법이나 약어풀이 설명서가 없어도 쉽게 작성할 수 있도록 간소화 한 반면, 방제작업의 효과를 평가하는 항목을 추가하여 적절한 방제방법을 선정하고 방제종료 시점을 결정할 수 있는 자료로 활용할 수 있도록 하였다.

Table 5.10 Canada's Standard SCAT form

1. General information		Date(DD/MM/YY)	Time(24h) : From To		Tide/Height Rising/Falling																
Segment ID :	Operation division :																				
Survey by: Foot/ATV/Boat/Helicopter/Overlook/			Sun/Clouds/Fog/Rain/Snow/Windy/Calm/ Air Temp__																		
2. Survey team #	Name	Organization		Cell. phone		E-mail															
3. Segment		Total Segment Length ____[m] Segment Length Surveyed ____[m] Maximum Intertidal Width ____[m]																			
Start GPS: Latitude deg. min. Longitude deg. min.		End GPS: Latitude deg. min. Longitude deg. min.																			
4A. Shoreline type select only one primary(p) oiled shoreline type any secondary(s)																					
Bedrock: Cliff____ Ramp____ platform____	Man-made: Solid____ Permeable____ (Type)____	WetLand: ____	Sediment Beach: Sand____ Mixed____ Pebble/Cobble____ Boulder____	Sediment Flats : Mud____ Sand____ Mixed____ Pebble/Cobble/Boulder____	Other: ____																
4B. Coastal character Backshore character – select only one primary(P) and any secondary(S)																					
Cliff or Hill: Height____ [m]	Sloped: ____ (<5°)(15°)(>30°)	Man-Made: (Type)____	Flat/Lowland: Beach____ Dune____ River Inlet/Channel____ Delta____ Lagoon____ Marsh/Wetland____		Substrate Type: ____ Forested/Vegetated/Bare																
5. Operational features																					
Suitable backshore staging		(Y/N)	Debris? (Y/N)		Oiled? (Y/N) Debris amount : __Bags or __Trucks																
Direct backshore access		(Y/N)																			
Alongshore access from next segment		(Y/N)	Access restrictions _____																		
6. Surface oiling conditions begin with "A" in the lowest tidal zone																					
Oil zone ID	Tidal zone				Oil cover			Oil thickness				Oil character								Subst. type (s)	
	LI	MI	UI	SU	L m	W m	Dis. %	PO	CV	CT	ST	FL	FR	MS	TB	PT	TC	SR	AP		NO
7. Subsurface oiling conditions use letter for zone location plus number of pit or trench–e.g., "A1"																					
Trench or Pit No.	Tidal zone				Max.Pit depth [cm]	Oiled zone [cm-cm]	Subsurface oil character								Water table [cm]	Sheen color (B,R,S,N)	Clean bellow (Y/N)	Subst. type (s)			
	LI	MI	UI	SI			SAP	OP	PP	OR	OF	TR	NO								
8. Comments (clean up recommendations – ecological/recreational/cultural/economic issues & constraints–wild life observation)																					

* Sketch Y/N, Photos(Roll #____) Y/N, Video Tape(Tape #____) Y/N

Table 5.11 Recommended Korea's SCAT standard form

해안오염 조사보고서 (00 해양오염사고)													
1. 조사지역 (지명), 식별기호:										-고조:			
2. 날짜 : 시간:										-저조:			
3. 조사자 (팀명)													
이름			소속			휴대폰			이메일				
4. 지역특성													
해안의 활용										접근성			
항구	산업 시설	상업지	관광지	거주지	어장 양식장	해안 공원	보호 구역	일반 해안	차량	도보	선박		
5. 해안특성													
해안크기		파도 노출정도			경사도 (°)	기질형태 분포 (%)							
길이 (m)	폭 (m)	상	중	하		염습지	갯벌	모래	자갈	암석	바위	암반	인공 구조물
6. 오염상태													
※ 기름상태 : 생기름, 유즈, 타르볼, 아스팔트													
(1) 표층 ※ 기름쓰레기: 초목류, 해조류, 스티로폼, 어망, 생활쓰레기, 유류착재(스네어)													
구분 (ID)	기질형태	조간대			오염상태						기름쓰레기		
		상	중	하	길이 (m)	폭 (m)	두께 (mm)	분포 (%)	기름량 (㎡)	기름상태	종류	량 (㎡)	
(2) 지층													
구덩이 (ID)	기질형태	조간대			구덩이 깊이 (cm)	수위 (cm)	오염여부	기름층 상태					
		상	중	하				최대깊이 (cm)	두께 (cm)	간격 (cm)	기름상태		
7. 방제작업													
기상상태		방제작업				방제효과				권고사항			
날씨	파고 (m)	방제방법	직업인원 (명)	수거량 (㎡)	기름분포량 (%)	방제효과 (1~5)							
8. 기 타													

또한 해안오염평가에서 표준서식으로는 표현하기 곤란한 해안모습이나 기름 분포상태는 스케치로 그려서 나타내는 것이 바람직하다. Fig. 5.12는 캐나다에서 사용하는 스케치 방식인데 전문적인 지식이 없이는 그리기 어려운 수준을 요구하고 있다. 따라서 이런 작업을 우리나라에서 시행하기 위해서는 사전에 전체 해안을 대상으로 컴퓨터로 기초 작업을 하여 두었다가 오염사고가 발생하여 스케치가 필요할 경우에 출력하여 사용하는 것이 편리할 것이다.

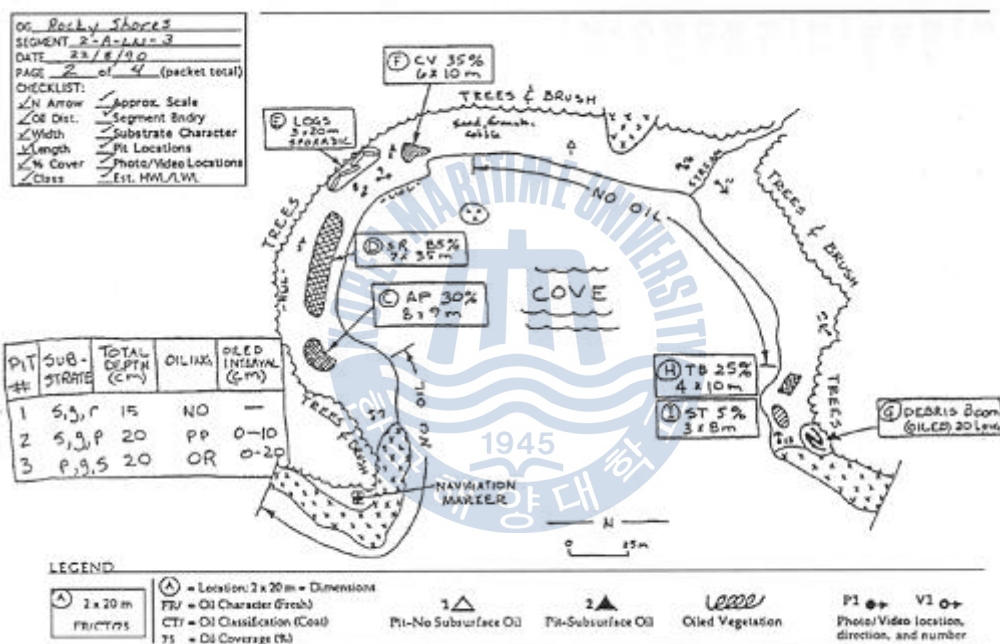


Fig. 5.12 An example of a shoreline oiling summary sketch map

즉 저조시의 해안 모습을 찍은 항공사진을 확보하여 Pre-SCAT 단계에서 분할한 해안구획 별로 스케치에 필요한 정보(예; 해안의 크기 및 경사도, 기질형태 등)를 시스템에 미리 입력하여 두는 것이다.

Fig. 5.13은 항공사진을 이용한 스케치 방법을 나타낸 것으로 태안군 만리포 해수욕장의 항공사진에 해안구획 ID, 해안크기, 기질상태, 해안 경사도, 폐기물 임시저장 장소, 해안 진입로 등의 정보는 사전에 입력해 두었다가 오염사고가 발생하면 출력하여 오염상태 만을 추가적으로 그려 넣을 수 있도록 간소화 한 것이다.

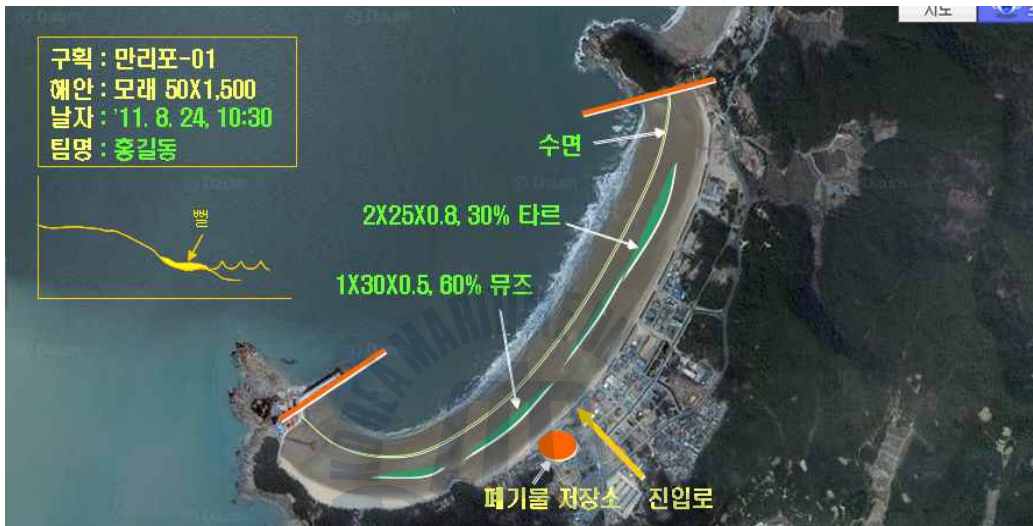


Fig. 5.13 Recommended methods for Korea's shoreline oiling summary sketch

3) SCAT 노트 제작

Post-SCAT은 매일 주기적으로 이루어지기 때문에 약 30일 분량의 SCAT 표준서식을 인쇄하여 노트로 제작하여 사용하면 편리할 것이다. Fig. 5.14와 같은 노트에는 SCAT 지침 및 표준서식 작성법 예시, 기타 SCAT에 필요한 정보를 추가하여 현장에서 참고할 수 있도록 한다.

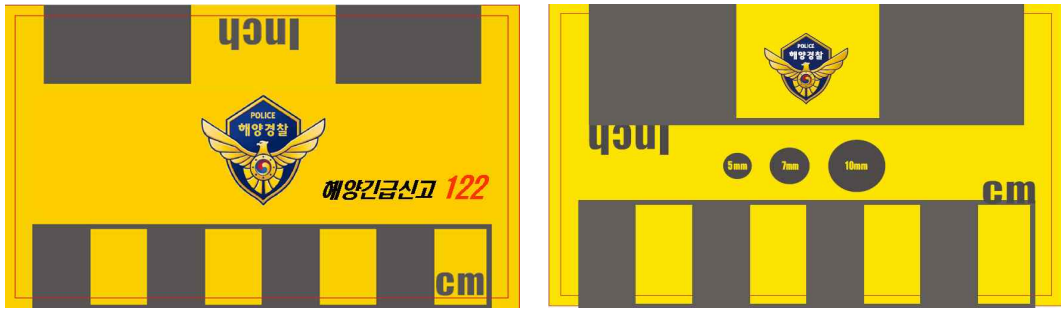


Fig. 5.14 Korean style SCAT photo scale

(나) 단계별 의사결정 절차

일단 유출사고가 발생하면 지역주민, 환경단체, 오염행위자, 방제업체 등 수많은 이해관계자들이 각 자의 입장에서 방제에 관여하기 때문에 방제대책본부에서 합리적이고 신속한 의사결정을 하기 어려울 경우가 많다.

따라서 각 해안별로 기본적인 방제목표 및 방제방법 등을 사전에 미리 정하여 두는 것이 바람직하다. 그리고 유출사고가 발생하면 오염된 정도를 평가하여 보다 세부적이고 구체적인 방제전략 및 방제방법을 결정하여 실행하는 것인데 과정을 정리하면 Fig. 5.15와 같다.

또한 해안오염 방제절차에 대한 세밀하고 구체적인 의사결정체계를 구축할 필요가 있다. 그러나 해안오염에서 방제방법 및 방제종료 시점 등 방제 의사결정을 누가 할 것인가는 약간 복잡한 과정을 거쳐야 한다. 현행 해양환경관리법 제62조에 ‘해양경찰청장은 해양오염사고로 인한 긴급방제를 총괄 지휘하며, 이를 위하여 해양경찰청장 소속으로 방제대책본부를 설치할 수 있다.(2011.6.15 개정)’규정되어 있어 해양경찰청장이 방제대책본부장이 되어 총괄책임을 맡아야 하지만, 법 제68조에는 ‘해안의 자갈·모래 등에 달라붙은 기름에 대해서는 해당지방자치단체의 장 또는 행정기관의 장이 방제조치를 하여야 한다.’고 규정하고 있어 직접적인 책임은 지방자치단체의 장 또는 행정기관의 장이 맡도록 하고 있기 때문이다.

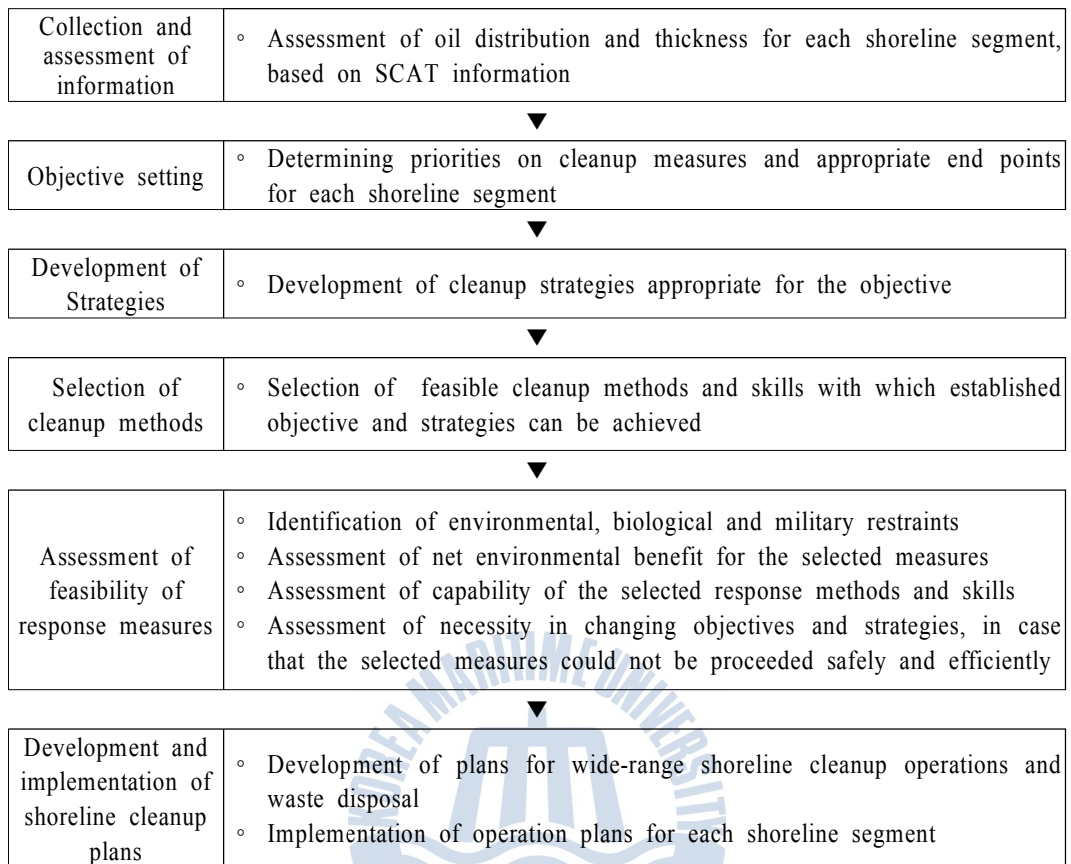


Fig. 5.15 Steps for shoreline cleanup implementation

해양환경관리법에 따라 해안방제에 대한 의사결정 체계를 정리하면 Fig. 5.16과 같이, 먼저 SCAT에서 적절한 방제방법 및 방제종료 시점을 정하여 방제대책본부의 해안방제팀장(이 때 해안방제팀장은 지방자치단체의 책임자가 말아야 한다.)에게 건의한다. 그러면 해안방제팀장은 이를 평가한 후에 의사결정 사항을 방제대책본부장(해양경찰청장)에게 보고한다. 이러한 보고를 통해 방제대책본부장은 방제기술지원협의회의 자문을 받아 최종적으로 해안방제에 대한 전체적인 전략 및 전술을 결정하게 된다.

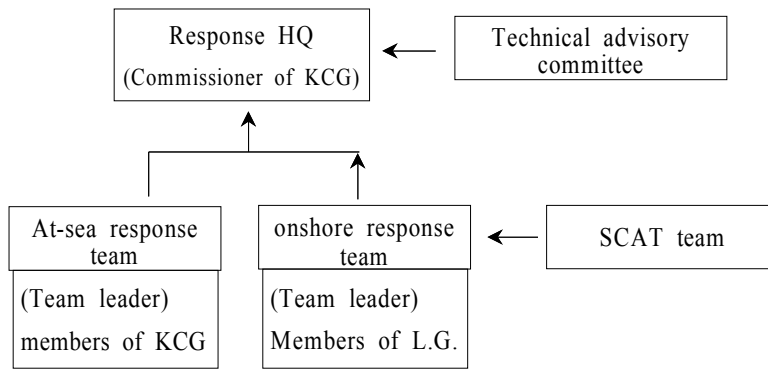


Fig. 5.16 Decision making structure for shoreline cleanup

(다) 기대효과

사고 이전에 해안구획을 분할하고 구획별 방제방법과 종료기준을 선정해 둠으로써 해안방제전략과 전술 결정이 신속하게 이루어 질 것으로 기대된다. 또한 해안평가에 필요한 양식과 절차를 마련해 둠으로써 해안오염 현황에 대한 일관적인 평가와 정보공유가 가능할 것으로 판단된다.



5.2.6 방제비용 선지급 모듈

(1) 고려요소

(가) 기름오염사고 방제비 지급 현황

기름유출사고가 발생하면 유출유의 확산으로 인한 추가적인 피해를 방지하기 위하여 신속한 방제작업이 이루어져야 한다. 방제작업은 통상적으로 방제책임 기관에서 먼저 초동조치를 실시한 후에 해양환경관리공단이나 민간방제업체, 주민 등을 동원하여 해상 및 해안에 대한 방제작업을 수행하고 있다.

우리나라는 유류오염 피해의 배·보상에 관한 국제협약인 민사책임협약(The International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage of 1992, CLC '92)와 국제기금협약(International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage of 1992, FC '92)에 가입하여, 이 협약에 따라 유류오염손해배상보장법과 해양환경관리법 등 관련 법령에 반영하고 있으며, 방제작업에 따른 비용은 유류오염 국제기금(International Oil Pollution Compensation Fund, IOPC Fund)의 보상 정책에 기초하여 민간방제업자의 방제비용도 보상범위에 포함되며 여타의 유류오염피해자와 마찬가지로 보상청구서를 제출하여 보상을 받도록 하고 있다. 선박에서의 유류유출사고로 인한 피해의 배상 및 보상 절차를 Fig. 5.17에 정리하여 나타냈다.

Fig. 5.15에서 보는 바와 같이 피해 배·보상 절차와 마찬가지로 방제비용의 정산 절차도 이와 똑같이 진행된다. 즉 방제책임기관이 민간방제업체를 동원하여 방제작업을 실시하더라도 민간방제업자의 방제소요 비용은 작업을 지시했던 책임기관이 아니라 선박소유자의 보험사(P&I 클럽)나 IOPC 등이 지급하게 되며, 민간방제업자는 보험사에게 Fig. 5.17과 같은 절차에 따라 작업비용을 청구하여 지급받게 된다.

Assessment of damages	1. Survey of cause of incidents and overall polluted areas - Assessment by survey companies designated by P&I or IOPC Fund and submission of assessment reports 2. Survey of validity of claims of each victim - Review of assessment reports by surveyors designated by victims
Claims for compensation	Victims should make claims with reference data proving their damages from the pollution to P&I or IOPC Fund in writing
dispute settlement by agreement	ITOPF, a surveyor designated by P&I or IOPC, investigates the incident and surveys damages by collecting and analyzing relevant information. Finally, ITOPF tries to settle the claims by agreement with claimants by adjusting the assessed amount.
Dispute settlement by lawsuits	If the claims were not settled by agreements, the claimants could submit lawsuits to a domestic court within at least 3 years from the incident.

Fig. 5.17 Steps for survey and compensation for oil pollution damages

Fig. 5.18에서 보는 바와 같이 방제책임기관은 작업지시에 따른 비용정산 권한이 없기 때문에 방제자원의 긴급한 동원과 작업에 대한 실질적인 지휘권 행사가 곤란하며, 비용 산정에 있어서도 물적 손해 보상절차와 마찬가지로 국제기금의 보상절차를 거쳐서 지급받게 되므로 배상 및 보상에 장기간 소요되고 때로는 방제업체 등이 기금으로부터 비용을 전액 보상받지 못하는 경우도 발생하고 있다.

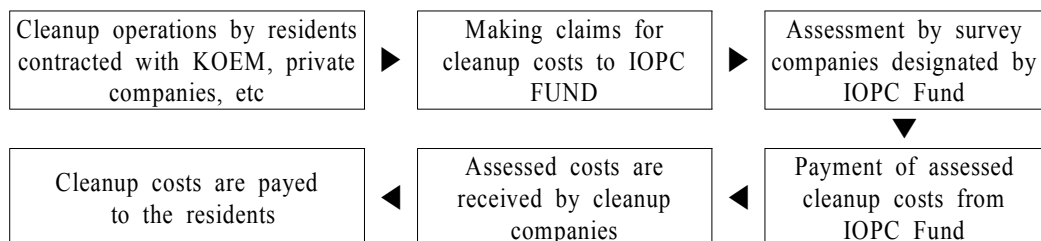


Fig. 5.18 Procedure for compensation of oil pollution cleanup costs

실제로 2007년도 태안에서 발생한 허베이 스피리트호 유류유출사고 다시의 방제를 위해 소요된 비용, 특별히 주민인건비와 업체의 방제비 등이 신속히 지급되지 못하여 사회적으로 커다란 문제가 되었다. 또한 민간방제업체들은 영세하여 방제작업을 하더라도 소요경비를 회수하는데 많은 시간이 걸리기 때문에 방제비용의 신속한 지급이 보장되지 않음으로써 더 이상의 방제작업에 참여를 머뭇거리는 실정이었다. 방제비용 사정 및 지급에 걸리는 기간이 장기화 될 때, 방제업체의 영세성으로 인해 업체의 도산 가능성이 높아 존립 그 자체에 대한 위기감을 가지게 된다.

(나) 방제비 지급 사례

허베이 스피리트호 사고 당시 2007년 12월부터 수개월동안 해안방제에 참여한 지역주민은 총 2만여 명(연인원 56만여명)에 이르렀다. 해안방제에 참여한 대부분의 지역주민들은 주로 유류오염으로 인해 생계에 제약을 받게 된 어촌계의 어업인, 식당, 숙박업 등을 영위하는 생계가 어려운 피해지역 주민들이 대부분이었고, 이들은 자원봉사자들과 달리 생계 차원에서 민간방제업체에 일용직으로 고용되어 참여하여 매일 매일 받는 인건비가 유일한 생계수단이나 마찬가지였다.

그러나 절차상으로 주민의 방제인건비는 전체 방제비용에 포함되어 다른 클레임과 마찬가지로 방제작업 주체인 방제업체의 청구에 따라 국제기금 등에서 사정이 되어야 지급될 수 있는 상황이었다. 이러한 상황으로 인해 주민 방제인건비 지급이 장기간 지연됨에 따라 지역주민의 불만이 고조되고 사회적 이슈로 확산되어 갔다. 따라서 정부가 주민들의 생계안정 및 지원차원에서 이 문제의 해결을 위해 단계적으로 관여하게 되었다.

민간 방제비용 중에 사회적 이슈가 된 주민인건비와 장비대여료는 구조적으로 방제업체가 임의로 지급할 수 없고, 보험사 및 국제기금 등의 사정절차를 거쳐 해당 방제업체가 투입한 방제비용을 보상받아야만 주민인건비를 지급할

수 있다. 그러나 비용 청구에서 사정까지는 많은 시간이 걸리기 때문에 정상적인 손해 배·보상 절차를 통해서도 신속한 지급이 어려운 상황이다.

(다) 외국의 방제비용 지급체계 및 선지급 사례

미국은 1989년 3월 원유 약 25만 배럴을 유출한 엑슨 발데즈호 유류오염사고 이후, 오염손해에 대한 책임 및 배상에 관한 종합법인 유류오염방지법(Oil Pollution Act of 1990, OPA '90)을 1990년에 제정하였다. 또한 유류오염 국제기금(IOPC Fund)에 가입하지 않고, 자국의 유류오염방지법 아래에 설치된 독자적인 유류오염신탁기금(Oil Spill Liability Trust Fund, OSLTF)을 설치하여 미국 내의 기름오염으로 인한 방제비용과 피해보상비용을 지불하도록 하고 있다. 유류오염책임신탁기금은 국가긴급계획에 따른 방제비용과 연방현장방제지휘관(FOSC)의 활동비용, 연방수탁자(Federal Trustees)에 의한 천연자원 손해평가비용, 유류오염방지법 시행을 위한 연구 및 개발활동비, 연방의 운영 및 관리비 등에 사용되고 있다. 따라서 기름오염이 발생했을 때 방제비용 지급이 신속하게 이뤄질 수 있다.

캐나다는 현재 IOPC, CLC, 선박유류오염기금(Ship-source Oil Pollution Fund, SOPF)의 3가지 기금으로 기름오염 방제비용과 손해비용을 지불하고 있다. 캐나다는 수십 년간 선박에 의한 유류오염사고에 대해 독창적이고 비교적 정비가 잘된 보상체계를 유지하고 있다. SOPF는 자국 상선법 및 해사책임법에 근거하여 설치·운영되고 있으며 방제비용, 피해보상비용, 오염지역에 대한 모니터링에 대한 모든 비용을 보상하고 있다.

프랑스는 '99년 12월에 에리카호 유류오염사고 당시 국가긴급방제계획에 따라 폴마르 기금(POLMAR Fund)를 통해 방제비용과 일부 보상을 선 지급한 사례가 있다. 프랑스는 우리나라와 같이 유류오염사고 시 국제기금에서 보상을 받는 국제협약에 가입하고 있었으며, 국제기금의 보상지침서를 기준으로 사정하여 피해액의 50%를 먼저 지급하고, 지급한 금액에 대해서는 국제기금으로부터

터 보상 받을 수 있는 권리는 대신할 수 있는 대위권을 행사하였다.

스페인은 유류오염 손해상 및 보상에 관한 국제협약의 체약국으로서 정부에서 특별하게 운영하는 기금이 없기 때문에 일반적으로 국제협약에 따라 보상하곤 했다. 대형 유류오염사고시 정부는 특별법을 제정하여 피해액과 방제비용을 직접 사정하고, 국영 비영리 보험회사 기금 및 국가 예산으로 보상한 후 국제기금에 대위 청구하였다. 2002년 11월 프레스티지호 유류유출사고 시 사고지역을 국가재난지역으로 선포하고 프레스티지 특별법을 제정하여 유류오염 피해자 및 방제비용을 신속히 지급한 사례가 있다.

우리나라는 유류오염 기금이 마련되어 있지 않으므로 미국, 캐나다, 프랑스 등과 같이 기금이 설치되어 있는 국가와는 그 성격이 다르다. 지난 2007년 12월 허베이 스피리트호 오염사고로 특별법을 제정하여 스페인과 유사한 선지급 제도를 한시적으로 시행한 바 있으나, 법적 안정성을 확보하기 위해서는 특별법 보다는 현재 제정하여 운영중인 법령에 그 근거를 규정하는 것이 필요하다.

(라) 우리나라 어민 방제작업에 대한 국제보상기관의 평가

2007년 12월 태안에서 발생한 허베이 스피리트호 오염사고시 사고대응에 필요한 인력과 자원이 부족하여 지역 어민을 방제작업에 동원하였다. 이들 어민이 주로 수행한 작업은 갯닦기로써 유흡착재 또는 형짚으로 오염된 자갈과 바위를 닦아내는 작업이 대부분이었다. 일부 어민은 방제작업을 어업피해에 대한 보상차원으로 오해하여 기계적 방제를 실시하려는 방제업체와 마찰을 일으키기도 하였다. 또한 이들은 되도록 작업을 천천히 오랫동안 실시하려고 함에 따라 방제종료 시점을 결정하는 데 어려움을 겪게 되었다.

선주를 대신하여 방제작업을 사정하였던 국제유조선선주연맹(International tanker Owner Pollution Federation, ITOPF)은 어민을 방제작업에 참여시키는 방안이 피해보상 대상과 방제작업비용 지급대상이 중복되는 문제점이 있으며, 기계적 방제를 수행할 수 있는 지역에서 어민들이 장기간 갯닦기 작업을 수행한 것

에 대해서도 국제기금의 보상기준인 ‘합리적인 방제’와는 거리가 있어 개선이 필요하다고 지적하였다.

(2) 모듈제시

(가) 주민 생계비지원을 위한 방제인건비 선지급

허베이 스피리트호 사고와 같이 대규모 기름유출이 발생하여 해안에 표착된 경우 생업의 장을 상실하여 생계가 곤란한 피해주민을 방제작업에 투입할 경우 이들 주민들의 작업비를 신속히 선지급 함으로써 당장의 생계문제를 해결하는 것이 필요하며, 국제기금의 사정이 진행되는 동안 이를 해결하기 위한 제도적 보완으로써 기금의 활용이 필요하다.

또한 기름오염으로 인해 작업장을 상실하고 생계 곤란을 겪는 주민들이 생계대책 방안으로 방제작업에 주로 참여한다는 사실을 고려하면 방제작업에 투입된 피해주민들의 작업비를 신속히 선지급 함으로써 당장 생계비가 필요한 주민들 생계비를 해결할 수 있다. 방제작업에 소요되는 비용은 비교적 보상율이 높고 정부가 사전대책을 통하여 방제비 정산과 관련한 절차와 기준을 만들 수 있다.

따라서 대형해양오염사고 초기에 국가가 직접 방제자원을 동원하여 응급조치에 필요한 선지급 충당비용을 마련 중에 있다. Table 5.12는 선지급 충당비용에 대한 산출근거 예시를 나타내고 있다. 이는 2007년 허베이 스피리트호 오염사고 초기에 1달간에 걸쳐 동원된 방제업체와 작업기간 및 방제작업 인원 등을 기준으로 산정하였으며, 12.7~12.31일까지 22개 방제업체에서 투입한 13만명의 방제인력 에 대해 남자 7만원, 여자 6만5천원으로 책정하여 계산한 결과로써 최소 40억원 이상이 필요한 것으로 나타났다.

Table 5.12 Basis in estimating the advance payment coverage for Hebei Spirit incident

Grounds for estimation	Boundary of costs covered	Remarks
- Estimation of mobilized resources based on the scale of Hebei Spirit incident · No. of companies mobilized: 22 (KOEM and 21 private companies) · Duration: 10 days · Personnel: About 50,000 persons (residents, etc) · Required budget: 4 Billion Won ▸ 5,000 persons × 10 days × 65,000 Won/day/person = 3,250,000,000 Won ▸ Fee for usage of ships, equipment, etc = 750,000,000 Won ※ In case of personnel expenditure used for emergency measures at initial stage, just inevitable costs would be applied	- Labor costs - Fee for usage of ships, equipment and costs for their fuel - Expendable supplies such as sorbents, dispersants, etc	〈In case of H-Spirit incident〉 - Labor costs: 33.1 Billion won for 510,000 persons mobilized · Duration: 2007.12~2008.6 (about 7 months) · Decr 2007: 9.7 Billion won · Jan to Feb, 2008: 13.7 Billion won · Mar to Jun, 2008: 9.7 Billion won · 70,000 won for a man and 60,000 won for a woman · KOEM and 21 Private Companies mobilized ※ 1,819 million won of Trust money for contracting-out of oil spill responses are used to buy materials such as sorbents, dispersants, etc

(나) 보증대부제도

방제인건비 보증대부제도 도입을 위하여 허베이 스피리트호 사고의 대지급 사례와 1995년도 유일호 유류유출사고 시 정부에서 수협을 통해 방제인건비를 대위 지급한 사례를 참고할 필요가 있다. 선지급 금액은 Fig. 5.19와 같이 해양경찰청에서 조성된 민간위탁금을 사용하거나 수협중앙회 또는 타 금융기관과 협정에 따라 금융권으로부터 차입하여 활용하는 방안이다.

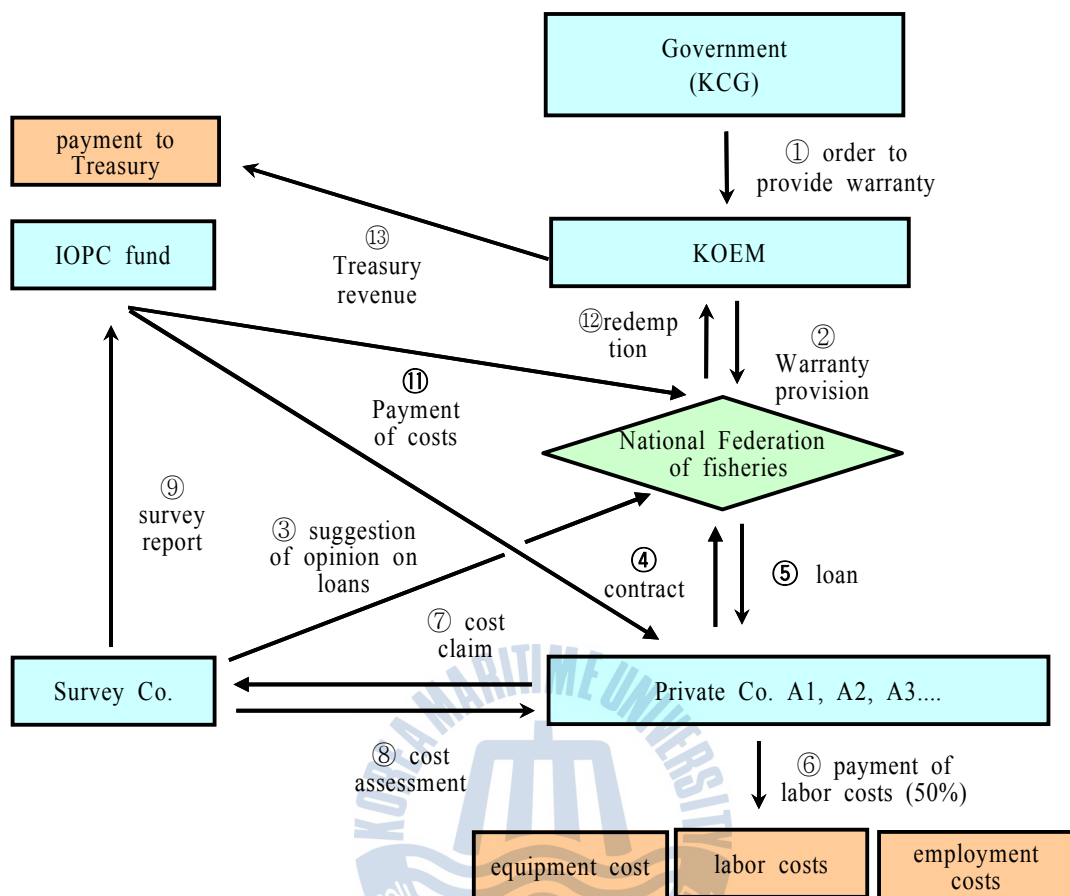


Fig. 5.19 Model for emergency advance payment of oil pollution cleanup costs

먼저 재난적 유류유출사고 초기의 방제인건비를 선지급 비용으로 충당하기 위한 긴급방제자금을 정부가 공단에 지시하여 수협에 담보를 제공하고, 수협은 이 담보 금액 내에서 검정회사의 의견을 참고하여 방제업체에게 대출을 한다.

둘째, 방제자금의 관리·감독을 해양환경관리공단에서 담당하고 수협은 방제업체에서 신청된 서류 심사를 실시한 후 자금 대출을 담당한다. 방제업체는 대출 자금으로 국제기금 사정액내에서 고용된 지역 주민에게 방제인건비를 50% 수준에서 우선 지급하고 방제종료 시 비용을 청구하도록 한다. 허베이 스피리트 호 사고에서 방제비 청구에 대한 중간사정 결과를 보면 평균 사정액이 67%정도였고, 클레임에 따라서 청구액의 10~100%까지 편차가 심하게 나타났다. 이

는 국제기금의 사정업체인 한국해사검정과 조사기관인 ITOPF가 제시한 주민인건비(남자 7만원/일, 여자 6만원/일)와 실제 인건비에 대한 지급액의 차이가 가장 큰 원인으로 작용했기 때문이다.

방제인건비의 선지급 문제는 적정한 분배가 필수적인 요소이다. 때문에 방제작업자에게 인건비가 직접 배분되는 방법도 강구할 필요가 있다. 방제작업자는 수협에 계좌를 개설하고 해양환경관리공단에서 작업일지를 대조하여 당일마다 작업자에게 직접 지급하는 방안도 필요할 것으로 보인다.

셋째, 국제기금은 검정회사를 통해 청구된 비용을 사정하여 방제비용을 지급하고 비용을 지급받은 방제업체는 수협에 대출받은 금액을 상환하고 수협은 대출금액을 환수하여 국고에 납입하도록 한다.

(다) 기대효과

해양오염사고 대응에 대한 피해주민의 평가는 사고대응을 얼마나 효과적으로 잘 하였는지도 중요하지만 자신들에게 직접적인 피해를 가져오는 사항에 대하여 얼마나 관심과 이해를 주고 해결하려고 노력하였는지에 의해 많이 좌우된다. 방제비용 사전지급 모듈을 시행함으로써 사고대응자의 관점이 아닌 사고피해자의 관점에서 가장 절실한 문제인 생계비를 일정부분 미리 지급할 수 있게 되어 사고대응에 최선을 다하고도 피해지연으로 비난의 대상이 되는 사례를 어느 정도 차단할 수 있을 것으로 기대된다.

5.2.7 어선 임시방제정 활용 모듈

(1) 고려요소

(가) 임시 방제자원의 중요성

사고대응에 필요한 모든 자원을 사전에 확보하고 사고에 대응하는 것이 가장 효과적이지만 현실적으로는 한계가 있다. 사고발생 빈도가 매우 낮은 국가 재난적 사고인 경우에는 더욱 그러하다. 특히, 국가 재난적 해양오염사고의 경우 오염지역이 광범위하고 사고대응에 장기간 소요되므로 사전에 이러한 방제자원을 충분하게 확보하는 것은 경제적으로도 물리적으로도 불가능하다.

2007년 충남 태안에서 발생한 허베이 스피리트호 오염사고의 경우에도 사고 초기에는 형식승인을 받은 유흡착재가 원활하게 공급되었지만, 사고대응이 장시간 지속되면서 형질, 사용한 플래카드, 지푸라기 등이 대신 사용되었다. 또한 사고대응 인원도 해양경찰과 지방자치단체, 해양환경관리공단의 인력만으로는 턱없이 부족하여 수많은 지역어민과 자원봉사자가 방제작업에 투입되어야만 했다.

국가 재난적 오염사고에 효과적으로 대응하기 위해서는 방제를 목적으로 하는 인원과 자원의 대비·대응태세를 향상시키는 노력과 더불어 평소 다른 목적으로 운용되는 자원 중 방제에 활용할 수 있는 자원을 확인하고 이들의 활용방안을 미리 강구하는 노력이 절실하다고 하겠다.

(나) 어선 임시방제정 프로그램 운용의 성공사례 벤치마킹

2010년 4월 미국 멕시코만에서 석유시추선 Deepwater Horizon호가 폭발하면서 침몰하는 사고가 발생하였으며, 이로 인해 시추 중인 유정으로부터 77.9만 여kl의 원유가 멕시코만으로 유출되었다.

미국의 전역에 배치된 방제자원이 동원되고 인근 국가로부터 필요한 자원을 신속하게 공급하여 사고대응이 이루어졌다. 하지만 정부와 방제업체의 자원만

으로는 부족하였기 때문에 Fig. 5.20에서 보는 바와 같이 피해지역의 어선, 소형 보트 등을 임시 방제정으로 활용하는 프로그램(Vessel of Opportunity Program, VOO Program)을 시행하였다.



Fig. 5.20 A fishing boat implementing Vessel of Opportunity Program

이 프로그램은 사고대응결과에 대한 분석·평가에서 좋은 평가를 얻었다. 미국의 사고대응 원칙 중 하나인 “답은 언제나 현장에 있다.”를 실제 현장에 적용한 것으로서 오염행위자인 BP사가 프로그램의 실행방안을 마련하고 사고지휘관의 승인을 얻어 실행하였다. 프로그램에 참여할 수 있는 자격을 정하여 원하는 선박 풀(Pool)을 만들고, 이 풀에서 현장에서 필요한 선박을 선정하여 투입하였다.

이러한 선박은 사고대응조직에 포함되어 상관으로부터 1일 작업 지시를 받고 활동사항을 정해진 양식에 의거 보고토록 하였으며, 참여선박에게는 선박의 크기와 승선원 등을 고려하여 방제비용을 지급하였다. 방제작업이 가장 활발하게

진행될 때에는 동원선박 풀에 6,000여척이 등재되었으며, 1일 4,000여척이 동원되었다. 이들 선박이 주로 수행한 작업을 Table 5.13에 나타냈다.

Table 5.13 Major duties of Vessel of Opportunity

- deployment of oil boom (for appropriate type of ships such as shrimp boats)
- Towing of fire-resistant oil boom for in-situ burning operations
- Skimming operations
- Tarball recovery
- transportation of personnel, wildlife, response materials, wastes, etc

이 프로그램은 지역여건을 가장 잘 알고 사고로 인해 직접적인 피해를 입은 지역민을 동원하여 필요한 작업을 실행하게 함으로써 사고대응자 측에서는 부족한 방제세력을 확보할 수 있었으며, 프로그램 참여자는 오염으로 인해 생업을 할 수 없는 상황에서 생계비를 간접적으로 지원받으며, 자신의 삶의 터전을 자신의 노력으로 보호한다는 자긍심을 심어주는 등 상당히 좋은 효과를 거둔 것으로 평가받았다.

(2) 모듈제시

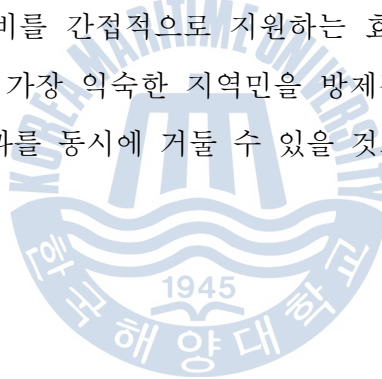
어선을 임시방제정으로 활용하는 방안은 유류유출사고로 인해 피해를 입어 생업에 종사할 수 없고 지역 여건에 가장 정통한 어민을 자신의 삶의 터전을 보전하는 작업에 참여할 수 있다는 점을 비롯하여 여러 가지 장점이 있다. 다만, 이러한 어선을 동원하여 실제 방제효율을 높이기 위해서는 사전에 어선의 특성과 이에 적합한 임시적으로 장착할 수 있는 유희수 장치를 개발이 시급하다.

우리나라는 다수의 소형어선을 이용할 수 있으므로 소형선의 장점을 최대한 이용하여 해수면 부유유와 표층부근의 기름덩어리 제거 작업에 이용할 수 있다.

어선을 동원하여 뜰채로 기름을 퍼 담는 방식 또는 유흡착재를 살포하고 거두어들이는 수작업 형태의 작업보다는 우리나라 어선의 동력과 특성을 활용하여 선박에 임시로 장착하여 넓은 연안을 돌아다니며 수거와 회수작업을 할 수 있다는 것은 효과적인 방제가 된다. 또한 사전에 이러한 장치를 활용한 방제훈련을 주기적으로 실시하여 실행력을 높이는 것도 중요하다.

국가방제의 총괄책임기관인 해양경찰청에서는 이러한 임시방제정 프로그램을 사전에 마련하고 어선에 장착할 장치를 개발, 확보하고, 동원 대상 선박의 범위, 동원절차, 사전교육 방법과 절차, 동원 우선순위 설정 방안 등을 정하고 마련하여야 한다.

이 모듈은 기름유출로 인해 삶의 터전을 잃은 피해주민을 방제작업에 투입함으로써 피해주민의 생계비를 간접적으로 지원하는 효과를 거둘 수 있으며, 사고 대응자는 사고현장을 가장 익숙한 지역민을 방제작업에 동원함으로써 방제효율을 높일 수 있는 효과를 동시에 거둘 수 있을 것으로 기대된다.



5.2.8 과학지원 모듈

(1) 고려요소

(가) 방제전략결정의 중요성

사고초기에 현장지휘관은 신속한 의사결정과 예측으로 초기 대응전략을 결정하고, 이것이 피해 최소화에 결정적인 영향을 주게 되므로 보다 과학적인 근거에 의한 판단이 필요하다.

사고 초기엔 오염물질이 빠르게 이동 확산하고 있는데 반하여 동원 가능한 방제세력이 부족하기 때문에, 민감시설의 보호, 과공부위 봉쇄, 유류이적 등 피해를 최소화하기 위한 방제전략과 방제세력의 적절한 배치 등이 매우 중요하다. 사고가 발생되면 현장지휘관은 시시각각 진행되는 사고현장의 정보를 수집하여 방제전략을 수립하고 방제세력을 지휘하게 된다. 하지만 수시로 접수된 현장정보와 사고해역의 해양특성을 토대로 가장 적절한 전략을 수립하는 것은 매우 어려운 일이다. 왜냐하면 사고선박의 상태에 따라 기름유출량이 달라지고, 기름의 종류에 따라 그리고 피해에 민감한 해안과의 거리에 따라 방제방법이 달라질 수 있기 때문이다. 또한 방제장비의 사용 한계와 장단점이 모두 달라 상황에 적절한 것을 찾는 것도 문제이며 해상상황도 상시 변하기 때문이다.

해양에서의 재난 수습작업은 많은 제약요소를 갖고 있다. 풍속, 조류, 안개, 파고, 야간 등은 해상에서의 작업을 할 수 없는 상황에 놓이거나 많은 장애를 발생시킨다. 이 모든 요소를 고려하기 위해서 과학적인 지원을 받지 않고는 제대로 수행하기 힘들다.

특히 우리나라와 같이 IOPC Fund에 가입하고 있는 나라는 적절하지 않다고 판단되는 현장지휘와 작업에 대해서 보상을 거절당하거나 소송을 해야 하는 경우가 생길 수 있다. 즉, 국제기금의 보상매뉴얼을 보면 현장에서의 모든 조치는 가장 경제적이고 합리적인 조치를 시기적절하게 할 것을 요구하고 있기 때문이다.

현장지휘관은 현장상황에 적합한 전략을 결정하려면 과학적인 전문가 지원시스템을 구축하여야 한다. 이 지원은 24시간 지원받을 수 있도록 시스템적으로 마련되어야 한다.

(나) 해양작업의 특수성

연안에서의 재난 수습작업을 지휘하려면 다양한 분야에 대한 전문지식이 필요하다. 해양은 육상작업과는 달리 움직이는 바닷물 위에서 또는 이동구간에서 작업을 해야 하므로 파도와 조류가 절대적인 영향을 미친다. 바닷물의 움직임은 기상과도 상관성이 높다. 또한 피해는 주로 연안에서 일어나는데 어장, 양식장에서 수산물의 종류마다 피해정도가 다르고 시설피해도 달라진다. 선박의 종류와 크기도 다양하며 적재 화물의 종류도 다양하다. 이러한 다양한 특성마다 적용해야 할 작업조건과 효과를 알고 있어야 제대로 된 작업을 할 수 있다.

선진국에서는 이러한 과학적인 지원을 위한 전문가 그룹을 갖고 있다. 미국의 경우 NOAA가 이러한 역할을 하고 있으며, 프랑스의 경우 CEDRE가 이러한 업무를 하고 있다. 이들의 주요 역할을 Table 5.14에 정리하여 나타냈다.

Table 5.14 Main duties of NOAA in U.S.A. and CEDRE in France

◦ providing information on oil and HNS ◦ operation of spilled oil trajectory forecast systems ◦ assessment of damages caused by oil spills ◦ provision of domestic or foreign oil spill case studies and lessons learned ◦ provision of information of cons and pros of response equipments ◦ recommending on development of new equipment and materials and dispersant applications ◦ provision of data about responders' and resident's safety and health ◦ provision of oceanographic information such as weather at sea, current and tide, etc. ◦ recommending on legal matters, emergency plans, manuals and insurances
--

(2) 전문 연구지원 모듈

우리나라에 가장 바람직한 것은 전문지원 기관을 설립하는 것이다. 하지만 새로운 지원기관을 설립하는 것은 사고발생 빈도와 국가 경제력과 밀접한 관계가 있다. 우리나라는 대형오염사고 빈도가 십년 이상 걸리는 것과 소규모 경제 국가임을 감안한다면 신설되는 기관의 규모와 운영에 있어 경제적인 측면이 가장 중요한 요소가 될 것이다. 현재 국가적 차원의 재정지원 없이 이러한 임무를 수행하기에는 기존의 연구인력과 시설을 활용하는 방안이 가장 바람직한 방안이 될 것이나, 현실적으로 적합한 기관은 없는 실정이다.

해양경찰청은 해난사고의 수습 책임기관의 고유 역할을 중시한다면 해양경찰 연구소가 가장 적임이다. 해양환경관리공단은 평상시 환경업무와 병행하고 있어 다소 적합하지 않은 면이 있지만 교육 활용시설을 고려하면 적임이 될 수도 있다. 한국해양연구원은 다수의 해양 전문 과학자를 보유하고 있고 기존의 연구실적을 고려하면 대안이 될 수 있다. 하지만 이들 모두 상당한 경제적 부담을 감수해야 하므로 국민적 관심과 사회적 요구가 높아지고 관련 분야의 기반이 마련 될 때까지 현재의 방제기술지원협의회를 발전시켜나가는 것도 방안이다.

이러한 기관들은 24시간 사고정보 접수체계를 갖추고 현장정보를 기반으로 현장지휘관에게 방제전략 수립에 필요한 정보를 제공해주는 기능이 중심이 되어야 한다. 이러한 과학적인 정보와 현장 적응성이 높은 정보를 제공하기 위해서는 사례분석 및 연구개발이 포함되어야 한다. 이 외에도 국가방제시스템에 있어서 대비부문이 사고수습의 약 90% 차지 할 정도로 중요하므로 각 방제주체들의 방제시스템을 구축할 경우 대비부문에 대한 지원을 할 수 있도록 구성이 되어야 한다.

이 기관은 사고가 없는 평상시에는 Table 5.15와 같이 유류유출사고에 대비한 업무를 수행하도록 하고, 사고가 발생되면 대응전략에 필요한 정보를 제공하도록 한다.

Table 5.15 Main duties of a technical advisory organization for oil spill response

classifications	major duties
on ordinary days	◦ updates of emergency plans of response organizations ◦ provision of information on response policy and resources ◦ assessment and improvement of response skills and technique ◦ certification of materials for pollutant treatments ◦ checking response readiness of responders ◦ coordination and implementation of training and exercises
during response to incidents	◦ assessment of possible risks ◦ early establishment of response organization 대응조직 구성 ◦ selection of response measures and equipment ◦ assessment of pollution and response results

또한 전문 연구지원에 필수적으로 포함되어야 할 조직은 Fig. 5.21과 같이 방제대비본부와 방제대응본부 아래에 방제정보팀, 긴급계획팀, 교육훈련팀, 긴급지원팀, 사고분석팀, 연구개발팀 등이 포함되어야 한다.

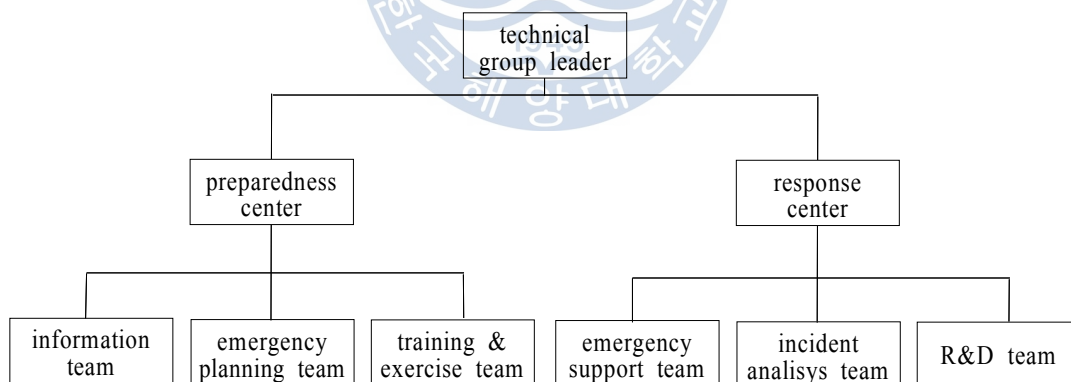


Fig. 5.21 Structure of a technical advisory organization

방제정보팀은 방제에 대한 자료를 책자, 사진정보 또는 전자문서형태로 만들어 필요로 하는 곳에 제공한다. 사고에 대비하기 위하여 교육 홈페이지를 포함

한 공식 홈페이지를 운영하고, 뉴스레터와 지침서 등을 발간한다.

긴급계획팀은 국가긴급방제계획의 개정과 지역방제계획, 해양시설 및 선박의 비상계획서 등을 검토하고 조언한다. 대규모 훈련 후에는 계획을 수정하고 필요시에는 각종 매뉴얼도 검토하고 조언한다.

교육훈련팀은 해양오염사고 방제요원을 훈련할 수 있도록 기름, 화학물질, 해안, 강물 및 항구 등의 훈련 설비들을 보유하여, 실제 상황과 유사하게 훈련생들은 다양한 방제장비와 자재를 사용하여 훈련을 할 수 있도록 진행한다.

긴급지원팀은 24시간 자문서비스를 하는 팀이다. 오염물질정보에 따른 유출 유방제 방법, 기름의 이동유동 특성, 연관된 위험, 가장 적합한 방법 및 기술, 사용될 자재 및 설비와 운영데이터 관리 등을 제공한다. 유무선 지원을 하면 필요시 현장에 출장하여 현장지휘관에게 조사, 조언 등의 지원을 행한다.

사고분석팀은 국내외에서 발생한 대형오염 사고로부터 얻어지는 기술적 경험, 생태계 감시상황 추적 및 환경피해 영향 등을 검토 및 분석하여 자료화 한다. 이들 자료는 사고 이전의 대비와 유사 사고 발생시 대응할 수 있는 정보를 제공하게 된다.

연구개발팀은 오염물질의 거동과 영향에 대한 실험과 연구를 수행하며 방제 제품의 성능을 평가한다. 풍화된 기름에 대한 연구시설과 수면에서의 제품의 거동을 연구하기 위한 실험 컬럼과 유기체(미생물)가 살 수 있는 실험실을 갖추도록 한다.

국가방제를 효율적으로 시행하기 위해서는 방제체제, 방제자원, 기술지원의 3가지 요소가 서로 유기적으로 작동하여야 한다. 이 중 어느 하나라도 제대로 작동하지 않으면 방제작업을 수행하는데 있어 효율성을 기대하기 힘들며 불필요한 분쟁으로 이어지게 된다. 이 중 우리나라는 과학적인 기술지원 분야가 가장 취약한 것으로 판단된다. 이에 본 모듈을 도입하여 전문 연구기관을 설립 운용할 경우 국가방제의 효율성이 보다 향상될 것으로 기대된다.

(3) 전문 과학지원기업 모듈

해안방제에 있어 SCAT는 방제방법과 종료기준을 제공하는 데 합리적인 제도이다. 하지만 이것만으로는 해안방제방법을 선정하는데 충분하지 않다. 이는 해안 단위구역에도 복수의 해안방제방법을 적용할 수 있기 때문에 비용지급자 측과 작업자(주민)들 간에 논란이 생길 수 있다. 방제방법은 각각의 장단점이 있기 때문에 입장차에 따라 이해관계자간의 입장이 달라 분쟁으로도 발전할 수 있다. 이 때에는 보다 정밀한 생태피해 정도와 경제적 피해 정도를 산정할 수 있어야 문제를 해결할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 미국의 NRDA(Natural Resource Damage Assessment)를 벤치마킹 해볼 수 있다. 피해보상을 받기 위한 생태계 피해조사 비용을 가해자 측이 부담하는 제도이긴 하지만 과학적이고 논리적으로 생태계 피해를 입증하는 기법이 많이 개발되어 있다.

우리나라는 연안의 경제적인 이용도가 높은 나라이기 때문에 피해보상을 받기 위한 분쟁 발생의 소지가 매우 높으며, 국제기금에 피해에 대해 부담해야 함을 부단히 설득해야 하는 부담도 가지고 있다. 따라서 이들 분쟁에서 국제기금에 합리적인 방제방법의 선정과 비용절감을 위한 수단임을 충분히 이해시켜야 할 필요가 있다.

이러한 제도를 도입하려면 우선 과학적인 연구기반이 되어야 하고, 기업형 조사기관이 영업을 할 수 있도록 법적장치도 마련되어야 한다. 여건이 성숙될 때까지는 우선적으로 해양분야 환경영향평가대행기관이 이 역할을 담당할 수 있도록 할 수 있다.

해양오염방제를 과학적으로 지원할 기관을 운영하는 것과 마찬가지로 전문기업을 도입하는 모듈을 통해서도 방제관련 의사결정이 보다 신속하고 체계적으로 이루어짐으로써 국가방제의 효율성이 보다 향상될 것으로 기대된다.

5.3 모델의 효과성 검증 및 기대효과

국내외 대형 해양오염사고 수습과정에서 나타난 문제점을 해결하기 위한 해안방제모델은 크게 해안방제 대응체제 부분과 해안방제 현장운영 부분, 해안방제 지원관리 부분으로 나누고, 각 부분에 2~3개의 모듈을 만들어 총 8개의 모듈을 제시하였다.

해안방제모델을 다시 내용적으로 살펴보면, 방제제도 개선과 프로세스 도입, 시스템 재구성으로 구성할 수 있다. 이들 각 구성 요소에 대한 평가는 공학적 검증을 위한 국내외 선행 자료가 없어 쉽게 평가하기 어렵다. 특히, 모델을 구성하고 있는 각 모듈의 특성상 계량적인 수치로 환산이 가능한 것도 있지만 수치로 나타내기 어려운 정성적인 모듈이 있기 때문이다.

통상적으로 재난대응모델의 구성을 보면 주로 3단계로 되어 있다. 가장 아래의 1단계에는 법령, 긴급계획과 같은 제도가 자리 잡고 있으며, 2단계에는 수단(means)이 자리 잡는다. 수단은 조직, 자원, 전문기술 및 협력 컨센서스 등이 있으며, 가장 위인 3단계에는 대응이 자리하고 있다. 대응은 신속성, 효율성, 피해최소목적성, 비용의 경제성 등을 감안한 현장 지휘통제이다. 이렇게 개선모델에는 구성인자들이 복합적으로 연결되어 있을 뿐 아니라 대부분이 정성적인 내용들로서 수치화 할 수는 없는 것들이 많아 각 개별기능을 구분하여 평가하는 것은 곤란하다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 과거 발생한 허베이 스프리트호 사고와 같은 대표적인 사고사례를 대상으로 개선모듈을 적용하여 어떤 부문이 얼마나 개선되는 지를 평가 할 수 있다. 이렇게 사고사례를 적용하는 방법으로 각 모듈별 비교를 통해 어느 정도 개선효과가 있는지 알 수 있다. 따라서 본 절에서는 허베이 스프리트호 사고 당시를 기준으로 정성적인 부문과 정량적인 부문을 구분하여 평가를 하도록 한다.

5.3.1 정성적 평가

(1) 방제조직 및 역할 모델

허베이 스프리트호 사고 당시에는 해안오염이 가장 심했던 해안의 관할 지방 행정관청인 태안군은 물론 충남도 까지도 해안방제를 전담할 인력과 기술, 경험이 거의 없었다. 사전에 해양경찰청과 지방자치단체간의 역할 분담이 명확히 되어 있지 않았기 때문에, 지방자치단체는 이에 대해 미처 대비하지 못했고 결국 해안방제까지 해양경찰청이 전담하여 처리해줄 것을 요구하였다.

사고초기 해양경찰청이 해안별(마을 별로 2~3개 업체)로 22개 방제업체를 배정하였고 도서지역에는 6개 방제업체를 우선 배정하였으나, 방제가 개시된 상태에서 지방자치단체가 참여하지 않은 채 해양경찰청 소속의 현장지도요원들 중심으로 지도·감독이 이루어졌다.

해안방제가 본격적으로 이루어지고 있을 무렵에 경험이 없는 지방자치단체 행정공무원들이 마을별로 배정되었지만 큰 도움이 되지 못했다. 해안방제 작업은 구체적인 작업계획을 마련하고 방제자원을 적절하게 배치하는 등의 지휘통제 해야 하는데 태안해양경찰서에 설치된 방제대책본부에서 이 역할을 했다. 하지만, 초기에는 해양경찰요원들이 각 해안구역 별 경제적 이용실태를 잘 알지 못하여 지역실정을 파악 할 때까지 현장작업지도에 많은 어려움이 있었다.

개선 모델이 적용되면 해양경찰청과 지방자치단체간의 역할 분담이 명확하게 된다. 이로 인한 효과는 첫째, 해양경찰청이 해안방제장비와 자재를 비축하게 되어 그동안 사고빈도가 낮아 지방자치단체가 방제장비와 자재를 확보하지 못하던 문제점이 해결된다. 둘째, 지방자치단체는 해안을 이용, 보존, 관리하는 주무관청으로서 방제방법과 종료기준을 결정하는데 주도적인 역할을 할 수 있게 되어 주민들의 의사를 반영할 수 있게 된다. 셋째, 지방자치단체와 해양경찰청의 합동지휘가 제도화 되면 그동안 참여를 기피하고 미루는 문제점이 해결된다. 지방자치단체도 해양경찰청의 기술과 장비, 인력을 지원받아 스스로 해안방

제책임기관으로서 역할을 할 수 있게 된다. 넷째, 대응기관 평가제도 도입으로 기관별 부족한 대응태세를 보완, 개선 할 수 있어 대응력이 높아진다.

(2) 국가방제자원 통합관리모듈

허베이 스프리트호 사고 당시에는 해양경찰서, 해양환경관리공단 지사, 민간 방제업체, 해양시설 등이 방제기자재를 보유하고 있으나 통합관리가 되지 않아서 적시에 적합한 장비와 자재를 동원하기가 어려웠다. 피해가 확대되고 있는 초기 상황에는 방제장비와 자재의 원활한 보급은 방제의 성과와 직결된다. 하지만 허베이 스프리트호 사고에는 전국으로부터 현장에 필요한 장비와 자재를 동원하는 데 많은 행정력이 소모됐고, 초기부터 다수의 현장에서 자재부족현상이 극심했다. 해양경찰청은 만리포 등 3개 보급기지를 임시로 설치하여 자재를 배분하였지만, 자재 부족현상이 상당기간 이어졌다. 급기야 방제대책본부의 보급반에서 공급이 원활하지 못하여 현장의 방제업체가 직접 구입하여 사용하기도 하였다. 심지어 일본과 중국으로부터 흡착재를 지원받기도 했다. 또한, 특수 장비가 현장에 동원되어야만 작업이 시작되는 곳은 작업을 군부대나 특정회사의 도움을 받아 진행할 수 있었다. 특히 수거된 폐기물을 조기에 반출해야 2차 오염을 방지 할 수 있는 상황에서도 수송선박과 다수의 수거차량을 동원하는 것이 늦어져 문제가 되었다.

개선모듈이 적용되면 방제자원을 구입, 분류, 요청, 투입, 추적, 복귀까지 전 과정을 파악할 수 있기 때문에 방제전략수립과 지휘·통제가 원활해져서 피해를 최소화할 수 있다. 이 자원통합관리시스템을 활용하면 실제 개별 장비가 필요한 곳에 우선 배치하게 되고, 현장별 일일 자재소모량을 파악이 가능하여 미리 필요한 자재를 확보가 가능해진다. 뿐만 아니라 사전에 지역별로 편중되어 있는 자재 비축도 조정이 가능해진다.

(3) 정보공유모듈

허베이 스프리트 사고 당시에는 방제대책본부에서 직접 국민들에게 정보를 제공할 수 있는 매체가 없었다. 오염상황과 방제현황 등의 정보는 보도매체를 이용하여 간접적으로 알려지게 되어 있었다. 대형오염사고는 국가재난으로 선포될 만큼 피해와 파장이 크고 국민의 관심이 집중된다. 사고 초기 방제조치기관이 정확하고 객관적인 사실을 직접 알리지 못하였기 때문에 부정적인 시각을 가진 전문가들의 견해를 여과 없이 보도되었고, 특히, 사고초기 대응 미숙, 유처리제 살포로 인한 2차 오염, 고온고압 방제로 생태파괴, 부적합한 방제복의 배급 등 부정적인 보도에 대해 방제관청은 이를 해명하는데 많은 행정력을 소모했다.

또한, 해양경찰청과 지방자치단체, 관계기관, 해양환경관리공단, 민간방제업체 등과의 정보교류는 방제대책본부에서 열리는 일일회의를 통해서 공유하였다. 일일회의는 저녁시간대에 개최되어 현장의 문제점을 해결하는데 많은 역할을 하였지만, 기관과 업체 등 소수관계자만이 참여하여 충분한 소통이 되기에는 어려웠다. 뿐 만 아니라 중앙사고수습본부와 방제대책본부가 지리적으로 멀리 떨어져 있어 정보교환이 되지 않아 사실과 다른 보도자료 배포와 인터뷰를 하는 등의 문제가 도출되었다.

개선모듈이 적용되면 방제를 담당하는 각 기관, 단체, 업체가 정보공유 프로그램을 통하여 해안오염정보와 방제장비, 자재 정보, 방제전략과 기술 정보 등을 공유하게 되어 각 기관들과 업체들의 역할이 신속하게 이루어지게 된다.

첫째, 방제대책본부가 정보교환에 소요되는 행정력을 방제전략과 보급에 전념하게 되어 효율적인 방제가 가능하게 된다. 둘째로 해안오염평가단의 조사결과를 공유할 수 있어 지역별 방제계획을 체계적으로 수립하여 시행이 가능하다. 셋째, 국민, 환경단체, 보도매체, 이해관계자들이 공개정보를 이용할 수 있어 불필요한 불신, 갈등이나 마찰로 인한 사회적 비용을 절감할 수 있다.

(4) 사고초기 현장안전관리 모듈

허베이 스프리트호 사고 당시에는 유출유의 신속한 해안유입으로 수거 우선의 작업진행, 기하급수적으로 증가하는 자원봉사자들에 대한 관리능력 부족, 개인 보호장구의 부족, 안전관리 책임기관의 대비 미흡 등의 사유로 인하여 사고초기 현장안전관리가 제대로 시행되지 못하였다. 해양경찰청은 초기에 작업자 안전에 관한 자료를 배포하거나 현장사무소 앞에 주의에 관한 안내판을 설치하였지만, 고용노동부, 보건소 등은 사고발생 1~2주 정도가 지난 후에 안전에 관한 안내를 하였다. 특히 초기 방제작업자들은 개인 보호장구를 제대로 착용하지 않은 채로 작업을 하였고, 자원봉사자들도 다수가 현장에 몰려서 개인 보호장구에 대한 부족현상이 심했다.

태안환경보건센터의 ‘방제지역 주민 건강영향지표 추적조사 연구’ 보고서를 보면 2010년 10월과 11월 측정한 태안 방제지역 주민 271명의 소변에서 측정한 말론디알데하이드(MDA) 농도는 폐금속 광산 주민보다 1.52배 높고 공단지역 인근의 주민보다는 3배가량 높은 것으로 나타났다. MDA는 세포막의 지질과 활성산소가 반응해 만들어지는 지질 과산화물로, 세포와 조직에 염증이 일어나는 ‘산화 스트레스’를 나타내는 지표로 널리 쓰인다. 이 물질은 그 자체로 세포막과 DNA에 장애를 주는 것으로도 알려져 있다. “산화 스트레스가 지속적으로 일어나면 면역체계의 이상을 가져오거나 심하면 암을 유발하는 요인이 되기도 한다.”

개선모듈이 적용되면 우리나라도 전문적인 해양오염사고 안전관리체계가 도입될 것이다. 먼저 사고초기 작업자와 주민들의 안전사고 예방과 건강위해 방지에 크게 도움이 될 것이다. 둘째로, 사후에 항상 안전과 건강에 대한 전문가들의 지적들이 논란화 되는 것을 감안하면 이러한 조치의 결과로 방제책임기관에 대한 국민신뢰도가 높아져서 신속하고 효율적인 방제전략 수립에 도움이 된다.

(5) 해안오염평가시스템 모듈

허베이 스프리트호 사고 당시에는 방제전문가들에 의한 오염평가시스템이 없었다. 해안방제작업이 진행되고 있을 때, 캐나다 해안오염평가팀이 참여하여 오염평가에 대한 절차와 실습을 소개했다. 1주일간 이론 및 실습 교육으로는 시스템을 이해하는 수준에 불과했고, 실제 교육을 이수한 사람들이 해안평가를 하지는 않았다. 해양경찰청이 자체적으로 해안오염을 조사하여 3차에 걸쳐 오염실태를 조사한 결과를 내부용 방제정보집 책자로 발간했다. 제작에 참여한 해양경찰청 직원들은 그동안 오염사고현장에서의 경험은 있지만 전문교육을 받은 사람들은 아니어서 자료의 신뢰도와 통일성이 엄격하게 일치하지 못했다. 당시에는 이러한 평가제도에 대한 고려나 이를 수행할 수 있는 전문가도 없었기 때문에 선진국처럼 체계적인 방제작업을 수행하기 어려웠다.

개선 모듈이 적용되면 우리나라에도 해안오염평가제도가 도입될 것이다. 이를 시행하기 위한 전문교육과정 신설, 관계기관 및 전문가로 구성된 평가단, 정보공유를 위한 해안방제지원시스템도 구축될 것이다. 이러한 과학적인 해안오염평가 데이터가 방제 및 복원작업에 중요한 역할을 하게 될 것이다. 또한 피해보상과 관련된 분야의 연구에도 많은 도움이 될 것이다.

(6) 방제비용선지급 모듈

허베이 스프리트호 사고 당시에는 특별법(2008.3.14 제정, 2008. 6.15시행)이 시행되기 전까지 주민들에게 방제인건비를 지급하지 못했다. 특별재난지역 주민들에게는 긴급생계안정자금 117,169백만원이 지급되었다. 이것으로 부족한 주민들은 실제 방제작업을 한 인건비를 조기에 지급해 줄 것을 요구하였고 특별법을 근거로 18,550백만원을 지급하였다. 하지만 대부분의 영세업체들인 민간방제업체들은 많은 장비와 자재를 구입하는 비용과 직원 인건비를 조달하는데 있어서 극심한 자금난으로 어려움을 겪었다. 해안방제현장 작업은 방제업체들에 의해 주도적으로 진행되고 있으므로 방제업체들이 도산하거나 작업을 중단하게

되면 방제에 공백이 생길 수밖에 없다. 국제유류오염보상기금(IOPC Fund) 보상액을 보면 첫해에 청구액은 에리카호 사고의 경우 50%, 프레스티지호 경우 15%에 불과하다, 만약 허베이 스프리호 경우와 같이 특별법을 제정하여 대부금 지급 등의 조치가 없다면 영세방제업체들은 도산이 불가피하다. 하지만 매년 해양오염사고 시마다 특별법을 제정하기는 어려운 실정이므로 선지급 체제의 도입이 절실하다.

개선 모듈이 적용되면 기금을 담보로 수협 등의 은행에서 주민생계비 지원차원의 방제인건비를 신속히 대지급이 가능하여 피해주민들은 안정적 생활이 가능하다. 뿐 만 아니라 영세 방제업체 들도 방제비용을 일정비율을 우선 대지급 받게 되어 재정압박에서 자유로워져서 방제에 전념할 수 있게 된다.

(7) 과학지원모듈

허베이 스프리트호 사고 당시에는 방제방법에 대한 소모적인 논란이 심했다. 특히 유처리제의 독성, 파공부위 봉쇄조치, 고온고압 세척 등에는 현장사정을 모르는 학자, 연구원, 환경단체들의 부정적인 주장을 언론매체를 통해 그대로 방영되어 주민들을 불안하게 만든 반면, 실제 방제전문가들의 긍정적인 의견은 매스컴들이 국민의 흥미와 관심을 끌지 못할 것이기 때문에 보도가 되지 못하였다. 특히, 방제방법결정에는 IOPC Fund에서 의뢰한 ITOPF 소속 전문가들이 보상을 위한 사정업무를 담당한다는 자격으로 현장에서 조언을 하게 되면서 주민들과 마찰이 심했다. 방제는 각 자의 전공에 따라 시각이 다르고, 현장특성과 조건이 다르기 때문에 방제전문가가 과학적인 근거를 제시하여야 논란을 줄일 수 있다.

개선모듈이 적용되면 방제전문가가 전념하여 연구를 할 수 있는 환경이 조성된다. 즉, 우리나라에서의 국민들의 정서, 해안의 특성, 유출유의 유종별 거동, 방제방법의 장단점, 해안의 경제적 이용정도, 유출유의 생태계 피해, 수산업에 영향, 방제장비와 자재의 사용한계 등 모두 과학적인 연구를 통해 근거를 갖게

된다. 뿐 만 아니라 24시간 지원시스템을 구축하고 있다가 방제대책본부장에게 방제전략을 수립을 위한 정보를 제공하게 되고 대책본부장은 과학적인 근거를 갖고 구체적인 방제계획을 수립할 수 있기 때문에 유류오염으로 인한 피해를 최소화 할 수 있다.

5.3.2 정량적 평가

임시 방제정 프로그램 실행에 따른 효과성을 태안의 허베이 스피리트호 해양 오염사고를 기준으로 검증해 본다.

이 프로그램은 유류오염 피해지역의 어민을 방제작업에 투입함으로써 부족한 방제세력을 확보할 수 있고, 생업에 종사할 수 없는 어민을 방제작업에 투입함으로써 생계비를 간접적으로 지원받을 수 있어 미국 멕시코만 오염사고에서 상당히 좋은 효과를 거둔 방법이다.

이 프로그램에 동원되는 어선은 뒷부분에 흡착부를 달고 동력을 이용하여 해수면 부유유와 표층부근의 기름덩어리 제거 작업에 이용함으로써 기존의 퍼담기, 흡착재 살포 등의 수작업 형태보다는 효과적인 방제가 될 것이다.

기본적으로 어선 뒤에 부착할 흡착부 1개의 길이는 3m이고, 하루에 어선 1척당 흡착부 4개를 신고 오전 2개 오후 2개를 각각 교환하면서 끌고 다닌다고 가정한다.

현재 유흡착재에 대한 국내 형식승인 기준(해양경찰청 고시 제2008-4호)에 따르면 흡착부는 자기 중량의 6배를 흡유할 수 있어야 한다. 해양경찰청의 방제비축기지 등 현장에 비축·보유하고 있는 흡착부의 재원은 길이가 3m, 중량이 5kg이므로, 기름의 비중을 1로 보았을 때 1개의 흡착부가 최대로 흡유할 수 있는 기름 양의 무게는 30kg이 된다.

2007년 12월 7일 허베이 스피리트호 사고시에 해상에 유출된 기름은 기름띠를 형성하여 남하하면서 일부는 서해안에 부착되었으며, 이러한 기름띠는 12월

24일까지 해상을 유동하다가 사라져 버렸다. 또한 태안 오염사고에서 주력으로 어선을 동원한 기간은 사고 다음날부터 12월 28일까지였으며, 이 때 동원된 일자별 어선 수를 Table 5.16에 나타냈다.

Table 5.16 Number of vessels mobilized by days

date	fishing vessels		other vessels		Total
	mobilized number for the day	total number	mobilized number for the day	total number	
'07. 12. 7	0	0	44	44	44
12. 8	12	12	87	131	99
12. 9	73	85	90	221	163
12. 10	104	189	94	315	198
12. 11	125	314	99	414	224
12. 12	157	471	116	530	273
12. 13	141	612	106	636	247
12. 14	235	847	124	760	359
12. 15	209	1,056	124	884	333
12. 16	722	1,778	138	1,022	860
12. 17	718	2,496	138	1,160	856
12. 18	722	3,218	135	1,295	857
12. 19	1,240	4,458	133	1,428	1,373
12. 20	1,412	5,870	132	1,560	1,544
12. 21	1,687	7,557	134	1,694	1,821
12. 22	353	7,910	124	1,818	477
12. 23	243	8,153	115	1,933	358
12. 24	195	8,348	109	2,042	304
12. 25	188	8,536	63	2,105	251
12. 26	206	8,742	52	2,157	258
12. 27	210	8,952	54	2,211	264
12. 28	169	9,121	30	2,241	199
'07. 12. 29	2,299	11,420	6,203	8,444	19,864
~ '08. 10. 10					

기름띠가 존재하였던 12월 24일까지 어선의 동원척수는 방제기간 동안 동원되었던 전체의 73%인 8,348척으로, 일일 최대 동원 어선 수는 1,687척이었다. 따라서 기름띠가 해상에 존재한 12월 24일까지 어선을 동원하여 유출 초기의 생기름 회수에서부터 에멀선화가 진행된 기름 흡착까지 흡착분의 성능기준 흡유율의 50%를 회수하였다면, 총 기름 회수량은 식 (5.1)과 같이 된다.

$$M_r = N_f \times N_b \times M_a \times C_e \dots\dots\dots (5.1)$$

단, M_r : 회수한 유출유의 질량(kg)

N_f : 동원된 어선 척수

N_b : 일일 어선 1척당 사용한 흡착분 개수

M_a : 흡착분의 최대 흡착량(= 30kg)

C_e : 효율 계수(= 50%)

$$= 8,348 \times 4 \times 30\text{kg} \times \frac{1}{2}$$

$$= 500,880\text{kg}$$

식 (5.1)을 이용하여 임시 방제정 프로그램을 시행했을 경우의 12월 24일까지의 유출유의 회수량을 계산하면 총 500,880kg이 된다.

또한 최근 IMO의 해양환경보호위원회(Marine Environment Protection commit, MEPC)에서 논의 중에 있는 공식안전성평가(Formal Safety Assessment)를 보면, 제60차 MEPC에서 해양환경위험도 평가기준을 유출유의 체적당 비용으로 표시하고, 제62차 MEPC 회의에서 유류유출로 인한 비용 계산을 식 (5.2)와 같이 정의하였다.

$$C_{os} = 42,301 \times V^{0.7233} \dots\dots\dots (5.2)$$

단, C_{os} : 전체 유출피해 비용(U.S. \$)

V : 유출유의 체적톤

여기서 식 (5.2)을 적용하여 허베이 스피리트호 오염사고의 유출량 12,547kl에 대한 총 피해비용을 계산하면,

$$42,301 \times (12,547)^{0.7233} = \$ 38,978,447.96$$

$$39,000,000 \times \text{₩ } 1,200/\$ = \text{₩ } 46,800,000,000 \text{이 된다.}$$

즉 미화 약 39,000,000달러, 한화로 약 468억원의 피해비용이 발생한다. 또한 식 (5.2)를 이용하여 임시 방제정 프로그램을 이용함으로써 회수된 기름에 따른 피해비용 절감액을 계산하면,

$$42,301 \times (500.9)^{0.7233} = \$ 3,793,853.49$$

$$3,800,000 \times \text{₩ } 1,200/\$ = \text{₩ } 4,560,000,000 \text{이 된다.}$$

즉 총 피해비용의 9.7%인 약 45.6억을 절약할 수 있다. 그러나 실제로 허베이 스피리트호 유류유출사고로 인한 피해청구액 및 인정금액은 Table 5.17과 같다.

Table 5. 17 Status of making claims and compensation for H-Spirit incident

(Unit : million won)

구 분	Claimed		Assessed		Approved		
	number (A)	Amount of money	number (B)	surveyed ratio(B/A)	number(C)	Amount of money	Approved ratio(C/B)
건 수	28,883	2,605,012	20,706	71.1%	3,613	167,157	17.4%

* 출처 : 허베이 스피리트호 피해보상단 통계자료, 국토해양부(2011.11.28 기준)

Table 5.17은 2011년 11월을 기준으로 허베이 스피리트호 유류오염손해 배·보상 금액으로 71.7% 사정에 따른 인정금액이 1,672억원이다. 이는 식 (5.2)에 따른 총 피해비용의 3.6배로써 임시 방제정 프로그램을 이용함으로써 해안에 표착하는 기름의 피해 범위를 줄여 절약되는 비용도 3.6배 이상으로 절감될 것으로 평가된다. 이는 해안에서 방제작업 비용이 해상에 비해 4~5배 많기 때문에 해상에서의 회수한 기름의 양만큼 해안 표착을 줄일 수 있고⁽³⁸⁾, 실제로 미국의 와싱턴주(State of Washington) 해안에서 10,000배럴(1,590kl)의 기름유출을 가정하여 임시 방제정 프로그램을 이용할 경우 방제비용이 12%정도 절감되는 것으로 나타났다.⁽⁴⁵⁾



본 연구에서는 우리나라 해안방제 여건을 분석하고 이를 토대로 국가해안방제 정책이 나아가야 할 8가지 방향에 대한 모듈을 제시하였다. 이를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 국가 해안방제조직 및 역할 모듈이다. 우리나라 해안방제는 국가방제 총괄책임기관인 해양경찰청과 해안방제 책임기관인 지방자치단체에서 역할을 분담하여 수행하여야 한다. 해양경찰청은 많은 예산과 앞선 기술을 필요로 하는 해안방제 장비와 기자재 확보 및 배치, 해안방제 인력에 대한 교육·훈련, 해안방제지원시스템 개발 등을 담당하고, 지방자치단체는 오염된 해안에 대한 평가와 조사, 해안방제 작업 지도, 방제방법과 종료기준 결정 등을 담당할 것을 제안하였다.

또한 방제세력을 보유하고 있는 국가기관과 단·업체를 대상으로 방제대비·대응태세를 점검하는 평가제도를 도입할 것을 제안하였다. 이는 우리나라에서 방제세력을 보유하고 있는 해양경찰서, 해양환경관리공단, 지방항만청, 민간 방제업체, 정유시설 등의 방제대비·대응 태세를 정량과 정성적으로 평가하고 그 결과에 따라 방제역량이 부족한 단체에 대하여 체계적인 지원체제를 구축하기 위함이다.

둘째, 오염사고 현장지휘자가 필요로 하는 방제자원을 적시에 정확하게 공급하기 위한 국가방제자원관리시스템을 도입하는 모듈이다. 이는 국가 방제와 관련된 다양한 주체에서 보유하고 있는 다양한 방제자원에 대하여 분류(Typing)-요청-투입-추적-복귀하는 전 과정을 관리하는 시스템으로서 방제자원의 형태와 종류가 많고 보유기관이 다양하여 통합적으로 관리하는 것이 국가적으로 보다 효율적이므로 시스템화할 것을 제안하였다.

셋째, 해양오염관련 정보를 공유하는 모듈이다. 이 모듈은 국가 재난적 오염사고 발생시 해양경찰청, 지방자치단체, 민간방제업체, 어업인 대표, 지역 경제단체 대표 등 다양한 이해당사자가 참여하게 되고 이들에 의해 생산, 전파되는 정보가 너무나 다양하여 수작업으로 모든 정보를 관리하는 것이 불가능하다. 또한 이들 자료는 피해와 방제비용 보상을 위한 근거자료로 활용되므로 정확도

가 높아야 하며 철저하게 관리하여야 한다. 이를 위해 다양한 방제 관련 주체들이 생산하는 정보를 서로 함께 공유하고 저장·관리하는 방제정보시스템을 구축할 것을 제안한다.

넷째, 사고초기 현장안전관리 모듈이다. 우리나라는 해상에서 대량의 기름이 유출되면 대부분 24시간 이내에 해안에 표착된다. 이 기름은 유출초기로서 유증기를 포함하여 황화수소, 일산화탄소, 벤젠, 폭발가스 등을 다량 함유하고 있어 해안방제에 있어서도 인근 주민과 작업자의 안전을 위한 조치를 사고초기에 취할 것을 제안하였다. 사고현장의 안전과 건강관리를 위하여 안전관리관과 통제구역 설정을 신속하게 하고 주기적으로 대기 모니터링과 안전점검을 실시할 것을 제안한다.

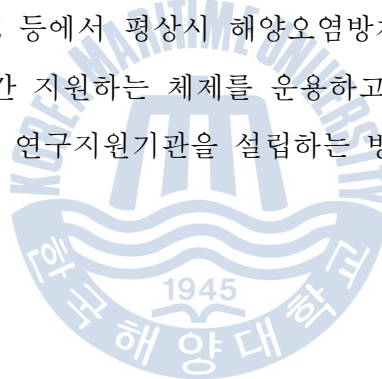
다섯째, 해안방제 의사결정 모듈이다. 해안방제에는 다양한 이해당사자가 관계되며 효과적으로 해안방제를 시행하기 위해서는 방제방법과 종료기준, 유처리제와 생화학처리제 등의 사용여부 등 많은 전략과 계획에 대해 의사결정을 내려야 한다. 이 모듈은 해안방제방법과 방제종료기준을 과학적으로 선정하여 불필요한 갈등과 분쟁을 줄이기 위하여 해안평가를 실시하는 방법인 한국형 SCAT 시스템을 제시하였으며, 이 결과를 토대로 해안 구획별 방제방법과 종료기준을 결정하는 의사결정 절차를 제안하였다.

여섯째, 방제비용 선지급 모듈의 개발을 제안하였다. 국가 재난적 오염사고가 발생하여 지역민과 어선, 민간 방제업체 등을 임시적으로 방제작업에 동원한 경우 이들에 대한 방제비용을 현행 절차에 따라 지급할 경우 장기간이 소요되어 이로 인해 방제 현장에서 국제보상기관, 정부부처와 방제작업에 동원된 인력간의 분쟁이 자주 발생하고 있다. 이를 해결하기 위하여 국가에서 기금이나 보증대부제도 등을 활용하여 방제비용의 일부를 선지급하는 제도를 도입할 것을 제안하였다.

일곱째, 어선 임시방제정 활용모듈을 제안하였다. 사고대응에 필요한 모든 자원을 사전에 확보하고 사고에 대응하는 것은 한계가 있어 대규모 해양오염사고가 발생할 경우 오염지역의 어선과 지역민을 임시적으로 방제작업에 동원하는

제도를 운영하고 있다. 이는 우리나라뿐만 아니라 미국에서도 2007년 멕시코만 오염사고 대응 시 대규모로 활용하여 좋은 성과를 거두었던 제도이다. 우리나라에서도 어선을 임시방제정으로 활용하는 제도를 도입하고 그 실행력을 높이는 방안으로 해양경찰청에서 어선에 장착하여 기름회수 작업을 수행할 수 있는 방제장비를 개발하여 확보할 것을 제안하였다.

마지막으로 제시한 모듈은 과학지원 모듈이다. 해양오염방제는 방제실행력과 동시에 현장 실행을 과학적으로 지원하는 기능이 매우 중요하다. 유처리제 살포, 현장소각, 해안방제방법 및 종료기준 결정, 유출유 확산예측, 조업금지구역 선정 등은 모두 과학적인 자료와 전문성 없이는 의사결정을 내릴 수 없는 분야이다. 현재 우리나라에서는 이러한 기능을 사고시 마련되는 방제기술지원협의회에서 수행하도록 되어 있지만 이로서는 현실적으로 한계가 있다. 미국은 NOAA, 프랑스는 CEDRE 등에서 평상시 해양오염방제에 대한 연구 개발을 수행하고 사고발생시 24시간 지원하는 체제를 운영하고 있다. 우리나라에서도 이러한 기능을 수행할 전문 연구지원기관을 설립하는 방안을 제안하였다.



참 고 문 헌

1. 국토해양부, “대규모 환경(해양)오염 위기대응 실무매뉴얼”, 2008
2. 국토해양부, “항만별 해양오염방제 자재·약제 비치기준 평가 및 개선방안 연구”, 국토해양부, 2009
3. 국토해양부, 해양경찰청, 충청남도, “허베이 스피리트호 유류오염사고 - 방제부문 백서”, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소, 2009
4. 권혁재, “지형학”, 법문사, 2010
5. 김상운, 임창수, 이완섭, 하창우, “미국 멕시코만 오염사고 분석을 통한 국가방제정책 개선방안 연구”, 해양환경안전학회지, pp.257~264, 2011
6. 김인숙, “주요국가의 해양오염사고 대응에 관한 비교법적 연구(I) - 미국”, 한국법제연구원, 2008
7. 목진용, 박용욱, “유류오염사고 대비 해안방제 구축방안”, 한국해양수산개발원, 2001
8. 박경신, “유류유출사고에 대한 올바른 법률적 해결 방안”, The Chungnam Review, pp.53~62, 2008
9. 박소연, “해양환경 개선을 위한 재원확보 방안”, 대한지방자치학회, 2008. 3
10. 박종원, “환경관리 정책·법제 정합성 연구”, 한국법제연구원, 2010
11. 박철희, 유학열, “환경오염사고에 따른 지역발전 방안”, The Chungnam Review, pp.63~75, 2008
12. 석인선, 신옥주, “주요국가의 해양오염사고 대응에 관한 비교법적 연구(V) - 종합보고서”, 한국법제연구원, 2008
13. 신옥주, “주요국가의 해양오염사고 대응에 관한 비교법적 연구(III) - EU”, 한국법제연구원, 2008
14. 신용승, 임혜숙, 허베이 스피리트호 원유유출사고의 정책적 진단 및 향후과제, 한국환경정책·평가연구원, 2008

15. 에너지경제연구원, “에너지수요전망(2008-2013)”, 제10권, 2009
16. 유진식, “주요국가의 해양오염사고 대응에 관한 비교법적 연구(II) - 일본”, 한국법제연구원, 2008
17. 조연상, “유류유출지역의 경제활성화를 위한 문제 해결과 발전방향”, The Chungnam Review, pp.41~52, 2008
18. 중앙해양안전심판원, “예인선 삼성 T-5호 · 예인선 삼성 T-3호의 피예인부선 삼성 1호 · 유조선 허베이 스피리트 중돌로 인한 해양오염사건 재결서”, PP.92~110, 2008
19. 최종욱, 이승환, “화학물질 해양오염사고에 대한 미국의 방제체제 분석과 국내의 방제정책 방안”, 해양환경안전학회지, pp.205~212, 2009
20. 최종현, “허베이 스피리트호 오염사고를 통해 본 우리나라 방제체제 및 실행력 개선방안 연구”, 인천대학교 석사학위논문, 2010
21. 하창우, “재난성 해양오염사고 초동대응 능력 제고 방안”, 해양경찰학교 교수요원 연구논문, pp.92~110, 2009
22. 하창우, “미국 멕시코만 오염사고의 시사점”, 해양경찰학교 교수요원 연구논문, pp.432~434, 2010
23. 홍준형, 신옥주, “주요국가의 해양오염사고 대응에 관한 비교법적 연구(IV) - 독일, 영국”, 한국법제연구원, 2008
24. 황경엽, “환경복원의 문제점과 해결 방안”, The Chungnam Review, pp.28~40, 2008
25. 해양경찰청, “선진 방제대응체제 구축방안 연구”, 한국해양수산개발원, 2008
26. 황상일, 신용승, “해양유류유출사고 방제종료기준 설정방안”, 한국환경정책 · 평가연구원, 2008
27. 해양경찰청, “해안오염평가시스템 도입 및 방제비용 선지급체제 구축 방안”, 한국환경정책 · 평가연구원, 2009
28. 해양경찰청, “실용적 국가방제능력 산정방안”, 한국해양대학교, 2009

29. 해양경찰청, “해안오염평가기술 및 방제종료 가이드라인 개발”, 한국해양수산연수원, 2010
30. 해양경찰청, “해안방제시스템 구축방안”, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소, 2010
31. 해양경찰청, 해안방제 정보 D/B 구축 지침서, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소, 2010
32. 해양경찰청, “해양오염 대응태세 평가제도 도입 방안”, 한국해양대학교, 2010
33. 해양경찰청, “방제대책본부 운영규정”, 해양경찰청 훈령 제890호, 2011
34. 해양경찰청, “해양오염사고통계”, 2011
35. 해양경찰청, “해양오염방제 자재·야제의 성능시험기준 및 검정기준”, 해양경찰청 고시 제2008-4호, 2008
36. British Petroleum, "Deepwater Horizon & Response : Harnessing Capabilities and Lessons Learned", pp.9~38, 2010
37. Edward Owen and Gray A Sergy, "SCAT Manual - A Field Guide to the Documentation and Description of Oiled Shorelines", 2nd ed., Environment Canada, 2000
38. Etkin, Dagmar, "Worldwide Analysis of Marine Oil Spill Cleanup Cost Factor", presented at the Arctic and Marine Oilspill Program Technical Seminar, 200. 6
39. IMO, "Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to Pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances", 2000
40. Jason Anderson, Aaron Dale Burkeen, Donald Clark, Stephen Curtis, Cordon Jones, Roy Wyatt Kemp, Karl Dale Kleppinger, Jr., Blair Manuel, Dewey Revett, Shane Roshto, Adam Weise, "Deep Water - the Gulp Oil Disaster and the future of Offshore Drilling", National Commotion on the BP Deepwater Horizon oil Spill and Offshore Drilling, 2011
41. John Whiteny, "Shoreline Countermeasure Manual for Alaska", Hazardous

Material of NOAA, 1994

42. Joint Investigation Team of USCG and BOEMRE, "Report of Investigation into the Circumstances Surrounding the Explosion, Fire, Sinking and Loss of Eleven Crew Member Aboard the Mobile Offshore Drilling Unit Deepwater Horizon", pp.3~5, 2011
43. Lubchenco, J., M. McNutt, B. Lehr, M. Sogge, M. Miller, S. Hammond and W. Conner, "BP Deepwater Horizon Oil Budget : What happened to the Oil?", pp.1~2, 2010
44. Len Good, "National Environmental Emergencies Contingency Plan", Environment Canada, 1999
45. Paul S. Smith and David L. Gray, "Oil Spill Response Vessel Capabilities in the State of Washington : Use of Commercial Fishing and Other vessel to Augment Oil Spill Response Capabilities", State of Washington Department of Ecology, 2005
46. "The Canadian Approach to Assessment and Cleanup of Oiled Shoreline", EC, 2010
47. Bill Lehr, Sky Bristol and Antonio Possolo, "Oil Budget Calculation Science and Engineering Team, "Oil Budget Calculation : Deepwater Horizon Technical Documentation", The Federal Interagency Solution Group, 2010
48. US Department of Homeland Security, "National Response Plan", pp.1~14 and ESF #10-1-14, 2004
49. US Environmental Protection Agency, "National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency plan", 40 CFR Part 300, pp.1~300, 2001

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 시종 세심하게 지도해 주신 윤종희 교수님의 무한한 은혜에 진심으로 감사드리며, 더욱 더 겸허한 자세로 정진할 것을 약속드립니다.

바쁘신 중에도 자상한 지도와 격려를 해주시고 면밀히 논문을 검토하여 다듬어 주신 국승기 교수님, 이은방 교수님, 부경대학교 김동선 교수님, 목포해양대학교 한원희 교수님께 감사드립니다.

그리고 대학원 과정중 친절하게 지도해 주시고 충고를 해주신 해양경찰학과 최정호 교수님, 이운석 교수님, 박영수 교수님, 윤귀호 교수님께도 감사드립니다.

아울러 본 논문을 준비하는 동안 많은 도움을 준 해양경찰청 방제기획과의 이승환 계장, 하창우 계장과 김병철 주무관, 해양경찰학교의 천명철 교수 그리고 해양경찰학과 박사과정의 하민재군과 해양오염방제실습실 학생들에게도 감사드립니다.

끝으로 그 동안 어려운 여건하에서도 항상 헌신적 사랑과 뒷바라지에 여념이 없던 사랑하는 아내 이연수에게 이 논문을 바칩니다.