

工學碩士 學位論文

한국해양오염방제조합 방제실행능력의
극대화 방안 연구

A study on the Maximizing Methodology of the Response
Capability to Marine Oil Spills at KMPRC

指導教授 鞠承淇

2006年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海洋警察學科 金盛蘭

本 論文을 金盛蘭의 工學碩士 學位論文으로 認准함

委員長 工學博士 李殷邦 (印)

委 員 理學博士 尹鍾輝 (印)

委 員 工學博士 鞠承淇 (印)

2005 年 12 月 26日

韓國海洋大學校 大學院

목 차

그림목차	iii
표목차	v
Abstract	vii
제1장 서 론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구범위 및 방법	3
제2장 우리나라 해역 및 해양오염 방제	4
2.1 해역별 일반현황	4
2.1.1 부산항	4
2.1.2 인천항	7
2.1.3 여수항(광양항)	8
2.1.4 울산항	10
2.2 해양오염 방제	12
2.2.1 해양오염발생 요인	13
2.2.2 해양오염발생 현황	15
2.2.3 해양오염 방제사례	19
제3장 한국해양오염방제조합의 보유 방제장비	35
3.1 한국해양오염방제조합 설립	35
3.2 방제장비 및 자재의 분류	37
3.2.1 주요장비	40
3.3 한국해양오염방제조합의 보유 방제장비	58
3.3.1 보유 방제장비	58

제4장 방제실행능력의 극대화 방안	61
4.1 국가방제능력	61
4.2 한국해양오염방제조합의 방제능력	65
4.2.1 방제능력 확충	65
4.2.2 지부별 방제능력	65
4.3 방제실행능력의 극대화 방안	69
4.3.1 시나리오 I	69
4.3.2 시나리오 II	75
4.3.3 시나리오 III	77
4.3.4 시나리오 IV	79
제5장 결 론	82
참고문헌	83

그 립 목 차

〈그림 2-1〉 부산항 항로 배치	5
〈그림 2-2〉 계절별 주풍	6
〈그림 2-3〉 연도별 오염사고 발생 현황	16
〈그림 2-4〉 오염원별 사고발생 현황	17
〈그림 2-5〉 사고 상황도	19
〈그림 2-6〉 화재발생, 소리도 좌초된 씨프린스호	19
〈그림 2-7〉 해양오염 확산도	20
〈그림 2-8〉 대형회수기 이용한 회수장면	22
〈그림 2-9〉 유흡착재를 이용한 해안방제	22
〈그림 2-10〉 남해군 서안일대 해안오염도	29
〈그림 2-11〉 유조부선 “경원호” 좌초	29
〈그림 2-12〉 정양호 충돌사고 후 유출유 확산방지	31
〈그림 2-13〉 뜰채 및 포크레인 이용 방제작업	31
〈그림 2-14〉 해안에 부착된 오염지역	32
〈그림 2-15〉 기름이적 작업 및 손상 탱크내 회수작업	33
〈그림 3-1〉 한국해양오염방제조합 지부 및 관할 구역도	36
〈그림 3-2〉 방제장비 필요수량 산정 과정(개념적)	40
〈그림 3-3〉 소형 방제작업선	41
〈그림 3-4〉 통상적인 오일펜스 전장 및 회수	42
〈그림 3-5〉 방제선의 한 형태 및 오일붐 전장 작업	42
〈그림 3-6〉 흡착벨트식 이용 방제작업	43
〈그림 3-7〉 방제부선 예인 및 회수유 이송작업	43
〈그림 3-8〉 Exxon Valdez 사고시 유회수 작업중인 방제부선	44
〈그림 3-9〉 MSRC에서 보유하고 있는 천해용 바지	44
〈그림 3-10〉 디스크식 유회수기(코마라 및 코마라 스타)	46
〈그림 3-11〉 드럼 유회수기(Magnum 100/200)	47
〈그림 3-12〉 흡착벨트식 유회수기(상향 회전방식)	48

<그림 3-13> 브러쉬식 유회수기(PBC-2, 트롤브러쉬)	48
<그림 3-14> 워어 유회수기(Terminator & Transrec 100/200)	49
<그림 3-15> 오일뿔의 형상	50
<그림 3-16> 대양용 오일뿔 예	51
<그림 3-17> C형 오일뿔 전장	51
<그림 3-18> 유흡착재 분형 및 패드형	52
<그림 3-19> 이동형 이송펌프	53
<그림 3-20> 유처리제 살포 방법	54
<그림 3-21> 부유 및 예인식 회수유 저장장치	54
<그림 3-22> 이동 및 고정식 회수유 저장장치	54
<그림 3-23> 수작업용 해안 부착유 수거도구	55
<그림 3-24> 비치레이크	56
<그림 3-25> "Walk-behind sand cleaner"	56
<그림 3-26> 진공펌프에 의한 해안부착유 수거 작업	56
<그림 3-27> 고분자 섬유를 이용한 내화용 오일뿔	57
<그림 3-28> 수냉식 내화용 오일뿔	57
<그림 3-29> 내화용 오일뿔을 이용 소각	57
<그림 4-1> 방제능력 목표량 및 보유량 현황	64
<그림 4-2> 권역별 배치된 회수기용량의 비율	66
<그림 4-3> 1단계 처리수준 현황	71
<그림 4-4> 2단계 처리수준 현황	72
<그림 4-5> 각 지부별 1단계 부족비율	73
<그림 4-6> 시나리오 II의 1단계 처리수준 현황	75
<그림 4-7> 시나리오III의 각 지부별 추가 방제실행능력 배치량	77

표 목 차

〈표 2-1〉	오염원별 발생현황	17
〈표 2-2〉	사고규모별 발생현황	18
〈표 2-3〉	국내주요 오염사고 사례	18
〈표 2-4〉	사고선 제원	20
〈표 2-5〉	방제작업 동원 인원 장비	23
〈표 2-6〉	제5금동호 사고에 의한 피해현황	24
〈표 2-7〉	제5금동호 사고에 동원된 방제자원	25
〈표 2-8〉	제1유일호 방제동원 인력 및 장비	27
〈표 2-9〉	호남사파이어호 방제동원 인력 및 장비	27
〈표 2-10〉	한국해양오염방제조합 설립이후 방제조치 실적	28
〈표 2-11〉	태풍 “매미” 내습에 의한 좌초·침몰사고	29
〈표 2-12〉	남해 해안방제 지역 및 완료일자	32
〈표 2-13〉	해안 방제동원 인원 및 기자재	33
〈표 2-14〉	사고당시 화물탱크 기름 적재현황	33
〈표 2-15〉	적재된 기름 탱크의 기름 이적량	33
〈표 3-1〉	방제장비 및 기자재의 분류	38
〈표 3-2〉	유회수기의 분류 및 종류	45
〈표 3-3〉	오일붐의 형상	50
〈표 3-4〉	청방선·예방선	58
〈표 3-5〉	소형 방제선	59
〈표 3-6〉	유회수기	59
〈표 3-7〉	오일붐	60
〈표 3-8〉	기타 부대장비	60
〈표 4-1〉	방제능력확보 현황	64
〈표 4-2〉	연도별 방제능력 확충현황	65
〈표 4-3〉	한국해양오염방제조합 방제능력 배치현황	67
〈표 4-4〉	인접지부 및 인접지부의 방제능력 현황	68

<표 4-5>	시나리오 I의 지부별 현황	74
<표 4-6>	시나리오 II의 지부별 현황	76
<표 4-7>	시나리오 III의 지부별 현황	78
<표 4-8>	시나리오 IV에 대한 방안 A의 지부별 현황	80
<표 4-9>	시나리오 IV에 대한 방안 B의 지부별 현황	81

A study on the Maximizing Methodology of the Response Capability to Marine Oil Spills at KMPRC.

Kim Seoung Ran

Development of Maritime Police Science The Graduate School of
Korea Maritime University

Abstract

In Korean waters maritime typhoon or storms often form. Unexpected big marine accident is usually affected by natural factors such as typhoon, waves, wind and mist. The whole marine traffic amount is concentrated in the sea area around the harbor boundary and narrow waterway. The harbors on the southern and western seashore are surrounded by many islands, so the access route is complex. Besides the coastline is much indented. Especially the sea area joining Korean waters is geographically crowded with marine traffic between Korea/Japan, Korea/China, Korea/Russia. It also forms various fishing ground in the inshore so that the rate of maritime accident is very high.

The total cases of pollution accident occurred in Korean coast are 3,911 for the past 10 years ('95~'04). The yearly mean 390 cases have been occurring. It shows somewhat decreasing tendency at the peak of 2000. But the ship accident occupies more than 90% of all. The major control cases of domestic marine pollution accident are 3 except the Sea Prince. The accident of the Sea Prince was occurred in July 28, 1995 as unloading 260,000kℓ of crude oil at the Honam Jeongyoo harbor. Undergone the typhoon "FAYE", the part of stokehold was run against the island. The fire broke out inside, the ship was drifting; finally it ran on the sunken rock of the southern end of Sorido, Nammyon, Yeochongun. The outflow of 5,035kℓ of crude oil polluted throughout the southern coast.

Since the establishment of Korea Marine Pollution Response Corp., the case of the medium-mega pollution accident is the year mean 45 among 300~400 marine pollution cases a year. It means once a week control measure was

carried out. In September, 2003, the marine accident caused by the storm "Memi" resulted in the maritime pollution by 4 ships (cargo ship and oil tanker) at the same time. The whole relevant member in the neighboring district was called out to recover the damage. And in December of the same year, the oil tanker Jeongyangho's left 4th tank was broken by the collision with other oil tanker at the port of Yeosoo Nakpo. The outflow of about 623 tons of bunker-C oil polluted throughout the coast including neighboring seashores. The rapid set-up of oil boom stopped the spreading of oil. As time went by, the viscosity of the outflow oil was going down affected by the temperature of water. So the oil collector was not available then, an excavator and other equipment were utilized to collect oil. It was the only domestic case of control operation occurred in winter.

The estimation of domestic control ability is on the basis of capability in which the control ship and oil collector are able to collect one third of the maximum flow volume, 60,000tons, during marine accident of 200,000tons loadage's oil tanker. The rest is a treatment by oil disposer, oil absorbent and to collect sticking oil to coast. The estimation of control ability is relatively important against the mechanical collection and chemical control method preferentially. In the national control strategy and domestic marine environment, the control disposer is considered to be just an optional measure because of the 2nd pollution. Therefore we aim at the mechanical collection like USA and Japan, we utilize the mechanical efficiency (the efficiency of oil collector) by 20%.

As introducing the notion of the maximum outflow volume, the maximizing measure of control execution capability, classifying the 12 branches' disposition of the current KMPRC into the following 4 scenarios, I have analyzed the optimum disposition and maximization.

Scenario 1 has analyzed the disposition volume of oil collectors kept in each region, as evaluating its control execution capability. On the assumption that KMPRC takes charge 35% of the national control capability, I analyzed the volume of the current holding oil collectors according to its control execution capability. The case of pollution accident which could be settled by equipment and manpower contained in the branch ship is corresponding to the 1st step, it could be controlled by the maximum control execution capability of the relevant branch.

In the 2nd step, the neighboring branch's control equipment is drawn to settle the pollution accident which could be handled by branch-kept equipment but needed the support of control manpower, or the accident which couldn't be controlled by branch-kept equipment.

The treatment level of the 1st step is the value which the treated volume of KMPRC divided by the control execution capability in the 1st step of the relevant branch among the maximum outflow volume. If the value is below 1, it means the relevant branch can exclusively implement the control measure in the 1st step, if it is above 1, it explains the status needed to draw the support of neighboring branch beyond the 2nd step.

Scenario 2 adjusts the control capability of 6 branches which are ineffectively disposed in the current control execution capability into the proper level 1 of the 1st step treatment level. Then as distributing the extra control capability into the 6 branches which are able to treat the 1st step above 1, the treatment level of the 1st step could be adjusted effectively. As the treatment level of the 1st step maintaining the branch which is satisfying the treatment of KMPRC among the maximum outflow volume, keeping the rate of insufficiency of 4 branches low, of which treated volume among the maximum outflow is beyond the 1st step treatment level. It shows the efficient redistribution of all disposition volume is required.

Scenario 3 shows that if the relevant branch could exclusively settle 100% of the treated volume of KMPRC among the maximum outflow volume of the relevant branch, by regulating the 1st step treatment level of all branches to 1, the additional requirement is 24,347 tons of control execution capability.

Scenario 4 shows that at the time of accident, by mobilizing the neighboring branch, to adjust the 2nd step treatment level to below 1 to be able to satisfy the treatment volume of KMPRC among the maximum outflow volume, the measure in which adjusting the 1st step treatment level to below 1, before adjusting the 2nd step one, is considered more advantageous than adjusting the 2nd step one to below 1 directly not considering the 1st step one. In this case the additional requirement is 15,890 tons of capability.

제1장 서론

1.1 연구배경 및 목적

우리나라는 인구에 비해 좁은 국토면적과 빈약한 육상자원을 보유한 반면에 상대적으로 동·서·남해 삼면이 天惠의 海洋자원을 보유하고 있는 바다에 둘러싸여있다. 즉, 남한면적의 3.8배에 달하는 넓은 배타적 경제수역, 1만2천km에 달하는 긴 해안선, 세계5대¹⁾ 갯벌자원²⁾, 3,170개의 도서, 세계 주 항로에 위치한 항만, 연간 100조원에 달하는 해양생태계 가치 등을 고려할 때 우리가 이를 합리적으로 이용 할 경우 아주 적은 비용으로 지속 가능한 혜택을 주는 것으로 알려져 있기 때문에 우리는 연안자원 보호에 심혈을 기울이고 있으며 대부분의 국가들도 예외가 아니다.

그러나 불행하게도 우리나라는 지난 수십 년간 급속한 경제성장에 치중한 나머지 연안자원의 보호에 소홀히 하였으며, 해양오염³⁾관리가 그 대표적인 예라 할 수 있다.

일반적으로 해양오염을 일으키는 물질의 종류⁴⁾에는 영양염류, 석유 유기합성물질, 중금속, 방사선원소, 고형폐기물, 열오염, 외래 생물종의 유입 등 여러 가지가 있으나 급속한 산업화와 생활 형태 변화로 총량이 증가하고 종류도 다양해지고 있다. 이중 석유가 일으키는 오염은 그 피해가 매우 크고 사고를 미리 예방하거나 사고 뒤 그것을 수습할 마땅한 대책이 없는 게 현실이다. 예컨대 1989년 미국 알래스카 연안에서 침몰한 엑슨발데즈(Exxon Valdez)호 사고나 1995년 우리나라 남해 연안에서 발생한 씨 프린스(Sea Prince)호 사고에서 보듯이 해양오염사고의 대형화, 광역화, 이동성 그리고 생태계의 치명성

- 1) 세계5대 갯벌 : 캐나다동부해안, 미국동부해안, 북해연안, 아마존강 유역, 우리나라갯벌
- 2) 영국과학전문지 Nature는 갯벌의 생태적 가치는 1ha당 9,990\$로 농경지의 가치인 92\$보다 100배 이상 가치를 가진 것으로 평가
- 3) GESAMP. 1971 해양오염은 인간에 의해 물질이나 에너지가 해양환경으로 직접 혹은 간접적으로 유입되어 그 결과로서 생물자원에 대한 손상, 인류건강에 위해, 어로활동을 포함한 해양활동의 저해, 해수이용을 위한 수질의 악화, 쾌적함의 감소등과 같은 해로운 영향이 나타나는 것.
- 4) 이창복, 「해양오염」 유네스코 포럼 제7호(1998, 겨울), 28-33.

때문에 그 피해 규모가 천문학적이었다. 지형적으로 매우 복잡하고 공간적으로도 협소한 우리나라 연안은 기상학적으로도 봄철의 농무, 여름·가을철의 태풍과 폭풍으로 선박 통항에 악조건이 될 뿐만 아니라 경제성장과 수출입 증대에 따른 해상교통량은 지속적으로 증가⁵⁾하는 반면 이들 선박을 운항하는 선원들의 자질 및 승선 동기는 지속적으로 감소되고 있는 실정이다. 이 결과 정부의 강력한 해양안전 및 오염관리 정책에도 불구하고 해양안전사고 및 해양오염사고는 연평균 각각 800여건 및 390여건씩 발생하고 있다. 특히 1955년도는 7월 23일 씨프린스호 좌초사고, 9월 21일 제1유일호 침몰사고, 11월 17일 호남사파이호 충돌사고 등 2개월 간격으로 연속된 대형해양오염사고에 대규모 적조까지 겹쳐 남해안을 중심으로 해양오염이 가장 심각하였던 해로 기록되고 있다. 다행히 최근 몇 년 동안에는 사회적 물의를 일으킨 대형오염사고가 발생되지 않다 보니 유류오염사고에 대한 우리 모두의 관심이 멀어지고 있는 것도 사실이다.

그러나 우리나라 해역을 포함한 북서태평양 해역에는 해상물동량이 급격히 증가하고, 선박이 대형화·고속화됨에 따라 대형오염사고의 발생 위험성이 상존하고 있는 점을 감안할 때 최소한의 목표인 20,000톤의 국가방제능력은 조기에 확보되어야 할 것이다. 또한 해양오염관리 업무가 고도의 전문지식과 기술을 요구하는데도 불구하고 전문 인력을 양성 및 확보하는 제도가 없이 임시방편적으로 운영되고 있으며 현재 보유하고 있는 대형 유회수기의 경우 1대당 3~4명의 운용능력이 소요된다는 점을 감안할 때 방제장비 운용인력 확보도 시급하다고 하겠다. 한편 대외적으로도 유엔해양법 협약은 해양안전 및 해양오염 방지를 위해 선박기국, 연안국, 항만국의 의무사항을 크게 강화하고 있으며 국제기구의 관련 협약들 역시 지속적으로 기준을 강화하는 추세에 있으며, 국가간 다각적인 협력체제도 모색중에 있으나 그 결과는 아직도 미미한 실정이다.

따라서 날로 악화되고 있는 해양안전, 오염관리의 여건에 대응하여 국민의

5) 2001년 현재 우리나라에 등록된 선박은 유조선637척, 화물선766척, 어선81,000척 등 86,134척에 이르고 '99년 우리나라 총 입출항 선박은 302,240척, 16억4천만총톤으로 1990년의 281,355척, 7억2천만총톤에 비하여 연평균 척수 및 톤수기준 0.8% 및 9.7%씩 증가하고 있음.

조동오, 해양수산개발원 “제16차 해양사고방지세미나” <해양유류오염관리효율화방안>P.53.

생명과 재산을 보호하고 해양환경을 보전할 수 있는 체계적이고도 제도적인 연구개발 및 관리 자료가 요구되며, 특히 해양오염사고 발생시 피해확산 방지를 위한 신속하고 과학적인 방제방법으로 효율적인 초동방제조치와 적합한 방제장비의 운용계획의 프로그램 개발 등 학술적 선행 연구 자료가 미비한 것은 매우 안타까운 일이 아닐 수 없다. 이를 계기로 우리나라의 해양유류오염에 대한 방제조치에 과학적인 시스템 구축을 통한 업무의 효율화와 전문화를 추진해 나가야 할 것이며, 이보다도 확보된 방제장비를 어떻게 잘 활용하고, 수립된 방제대응계획을 어떻게 효율적으로 현장에 적용할 것인가에 관심을 두고 실행능력을 키워나가야 할 참고자료가 되리라 확신한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구의 범위는 해양오염을 일으키는 물질 중 유류오염에 대해 그 원인 제공체인 해상교통량 증가에 따른 해양오염실태와 각 해역별 특성을 파악하고 해상물동량에 따른 해양오염사고 현황을 통한 사례를 분석하였다.

해상유출사고에 대비하여 얼마만큼의 방제능력을 갖출 것인가에 대한 국가방제능력 2만톤의 35%인 7천톤을 한국해양오염방제조합 방제능력 배치에 대한 방제실행능력 극대화방안을 연구함으로써 향후 방제능력의 최적 배치에 대한 지침을 제안하는 데에 초점을 두었다.

특히 우리나라에서 발생한 대표적인 해양오염사고 사례와 한국해양오염방제조합설립 이후 방제조치에 대한 그 동안의 해양오염 방제사례를 분석하면서 각 해역별 방제능력의 적정 배치량과 동원 범위 등을 자료화하여 됨으로서 향후 중·대형 해양오염사고시 효율적으로 수행할 수 있는 방향으로 접근해 보았고, 현 배치된 방제능력에서 인접지부 및 전국 지부에 산재되어 있는 장비를 단계별로 동원시켰을 때 방제실행능력에 관한 4가지의 시나리오로 분류하여 적정 배치 및 극대화 방안에 대해 연구하였다. 연구 방법으로는 국내외 해양 환경기관, 학계 등에서 발행한 관련문헌, 논문, 자료 등 가용한 문헌을 토대로 서술적 방법을 사용하였으며, 방제조합 설립이후 방제작업에 사용하였던 자료를 수집 분석하고 필요시 각 지부 방제담당 실무자와 분야 전문가와의 면담조사 방법을 병행하여 실시하였다.

제2장 우리나라 해역 및 해양오염 방제

2.1 해역별 일반현황

우리나라 관할해역은 447,000km²로서 국토면적의 4.5배로 해안선의 길이 11,500km², 간석지가 2,815km²로 세계 5대 개펄의 하나와 국토면적의 3.5배에 달하는 345,000km²의 넓은 대륙붕을 보유하고 있다.

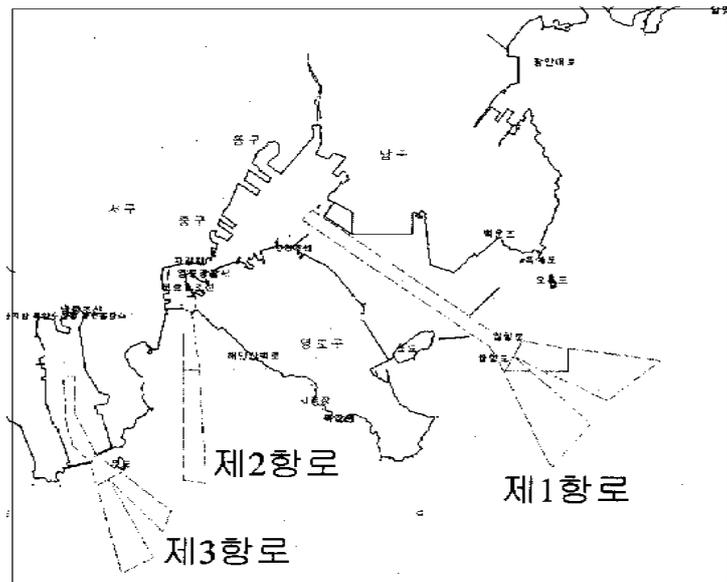
서해는 평균 수심 44m, 대륙붕과 갯벌이 잘 발달되어 있어 생산성이 높은 어장이며, 매립, 간척에도 유리한 지형이며, 남해는 도서가 많고 해안선이 복잡한 리아스식 해안으로 천해의 양식장 조건 구비, 평균수심 101m로 대륙붕이 발달하여 생산성이 높은 어장을 가지고 있는 반면, 동해는 해안선이 단조롭고 수심이 깊으나 한류와 난류가 교차되어 풍부한 해양생물을 보유하고 있다.

2.1.1 부산항

부산항은 우리나라에서 가장 교통량이 많은 곳으로 역시 사고율도 가장 높다. 특히 부산항은 제일의 상업항과 어업항으로서 북항, 남항, 감천항, 다대포항이 각각 독립하여 형성된 항구로서 북항에는 우리나라 제일의 컨테이너 터미널이 있고, 남항은 어업기지이고, 감천항은 공업항 그리고 다대포항은 목재 전용항으로 발전하고 있다. 특히 북항은 대형 컨테이너선과 일반 잡화선 및 소형 유조선의 출입이 매우 많은 곳이고, 항의 입구는 일본항로, 남방항로 및 북방항로가 서로 교차하는 국제해역이므로 충돌사고가 많은 해역이다. 이러한 문제점 해결을 위해서는 부산항 출입항로 개선에 관하여 그 동안 각종 전문기관에서 제시한 전반적인 개선방안을 보다 적극적으로 검토하여야 될 것이다.

부산항내에 설치된 부두는 북항 17개, 감천항 8개로 구성되어 있으며, 북항의 경우 67개 선석, 감천항 33개 선석이 갖추어져 있다. 부두별 구조형식은 1부. 두. 2부두, 양곡부두, 7부두가 잔교식으로 그 외 부두가 중력식으로 되어 있으며, 10,000톤 이상 선박 접안능력은 61척으로 대부분 잡화, 컨테이너, 냉동어획물, 양곡, 고철 등을 취급하고 있다.

제1항로는 입구에 통항분리대를 설치하여 동측을 입항항로, 서측을 출항항로로 구분되어 있으며, 출입항하는 선박의 속력은 10노트로 제한되며 길이 20m 미만의 선박은 통항분리항로의 외측을 이용할 수 있다. 그리고 수심은 6~21m를 유지하고 있다. 제2항로 및 제3항로는 남항 및 감천항 입구에 각각 설정되어 있으며 제3항로의 수심은 약 7~13m이다.

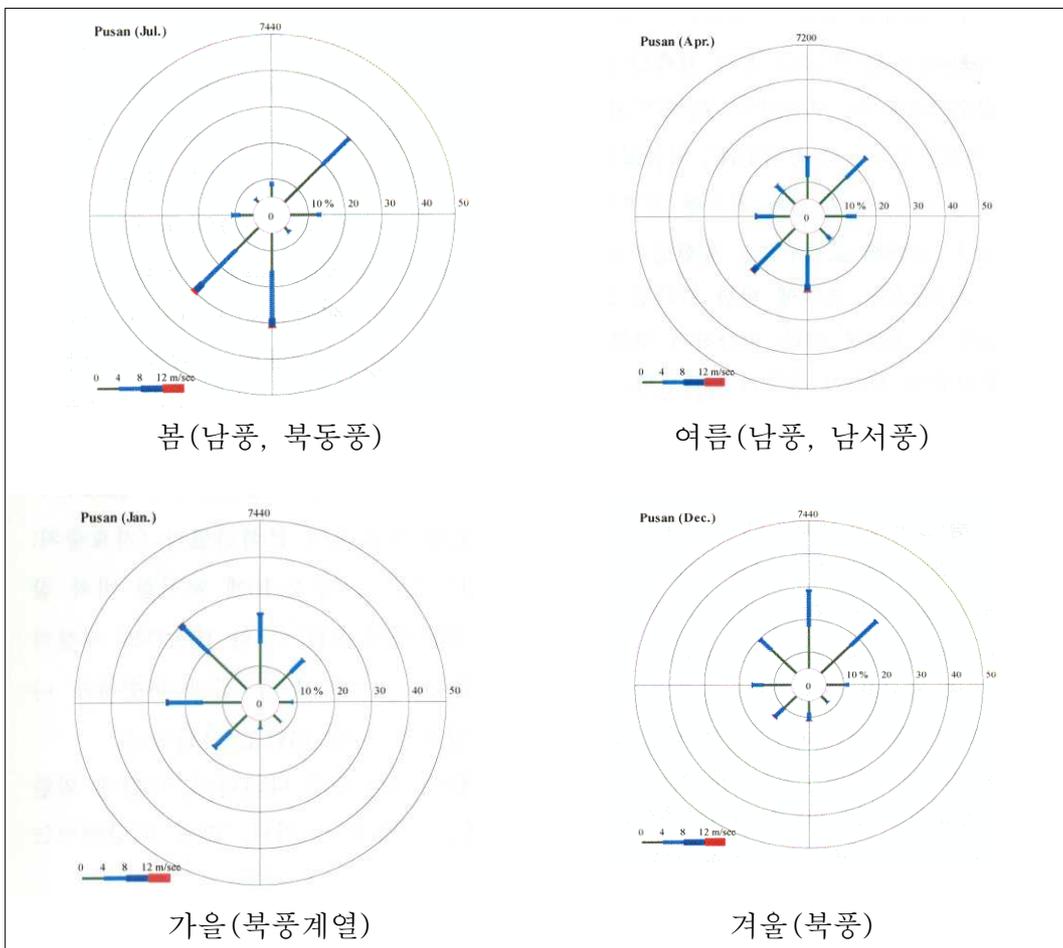


<그림 2-1> 부산항 항로배치

항계내에 설치된 묘박지는 북항 12개소, 감천항 3개소, 남외항 4개소, 다대포항 2개소, 수영만 3개소로써 총 24개소가 있다. 북항, 감천항(K), 다대포항(K3)은 작업 및 대기 묘박지이며 남외항, 다대포항(D), 수영만(S)은 대기 묘박지로 지정되어 있다. 부산지역에는 저유시설이 18개소로서 저장용량이 총 52만여kl에 이르며, 연간 기름 취급량은 약 1,154만여kl 정도이다. 조합원 총 보유 탱크수는 80개로 연간 기름 취급량은 1,079만여kl 이다. 부산항에는 선박 11척이 동시에 접안할 수 있는 위험물 운반선 계류시설이 총 8개(북항 5개소, 감천항 3개소) 있고, 이중 100만톤 이상의 기름취급 계류시설은 2만톤급 선박이 계류할 수 있는 LG정유의 감만부두 동측안벽과 LG상사의 감천항 6부두, 영도구 동삼동의 인천정유, 남구 용당동의 현대정유가 있다. 부산항에 입항

하는 유조선(원유, 석유 정제품, 케미칼, 석유가스)은 13,925척으로 전체 입항(내·외항) 선박의 21%에 이르며, 150톤이상 유조선이 전체 선박의 62%에 달하고 있다. 부산항에 입항하는 유조선 외항선박 원유선은 43척이고, 석유정제선은 326척으로 나타났으며 내항선박 유조선은 석유정제선 전체의 47%로 나타났다. 아울러, 유조선 규모는 1만톤급 이상이 다수로 이루어지며 석유정제선은 500톤~3,000톤급 선박이 58%를 이루고 있다.

부산지역의 평균수온은 17℃로 평균기온 14.7℃보다 다소 높으며, 최고 26.4℃ 및 최저 11.2℃의 수온을 보이고 있으며, 바람은 겨울의 북~북서풍 및 여름의 북동풍, 남남서풍이 두드러지고 봄에는 남남서풍이 불어오고, 가을에는 서남서풍이 불어와 평균풍속은 3.9m/s이며, 계절별 주풍은 아래 그림과 같다.



<그림 2-2> 계절별 주풍

부산지역의 짙은 안개는 5월 중순에서 7월 중순까지 발생하지만 아주 심한 경우는 드물다. 부산지역 창조류의 방향은 형제도 및 생도 부근에서 남서향으로 흐르고, 낙조류는 형제도 부근에서 창조류의 반대로 북동향으로 향하고 생도 부근에서 남동향으로 흐른다. 또한 조류는 왕복성으로 반일주기가 주류를 이루며, 일조부등이 심하고 잔해조의 영향이 크다. 평균대조차는 118.0cm, 평균조차는 79.0cm, 평균소조차 40.0cm, 평균창조시간은 6시간 17분, 평균낙조시간은 6시간 9분이다.

2.1.2 인천항

인천항은 지리적으로 경기만내에 깊숙이 자리 잡고 있어서 안도에서 시작하는 입·출항 항로에 암초와 수심이 낮은 곳이 많으며, 또한 항로가 좁고 굴곡이 심할 뿐만 아니라 조류도 심하여 매우 위험하다. 특히 수로의 중간에 있는 백암 부근은 항로폭이 매우 좁아서 입항하는 선박과 아산만으로 향하는 선박이 마주치는 경우가 많아서 충돌과 좌초의 위험이 매우 높다. 그리고 수로주위에는 수많은 바닷모래 채취선들이 작업을 하고 있고 또한 잡종선들의 출입이 잦아서 항행에 어려움이 많다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 잡종선들의 전용항로의 설치방안이나 새로운 출항항로를 설치하는 방안 등을 연구 검토할 필요가 있다.

입항항로인 동수도는 장안서, 부도, 백암, 북장자서 등 다수의 도서가 있고, 부도 및 백암 부근은 조류가 빨라 좌초 위험이 매우 높으며, 항로폭이 1.2 마일인 협수로이다. 출항항로인 서수도는 북장자서, 묵통도, 동백도, 소야도 등 다수도서가 있고, 동백도와 소야도 사이의 조류가 5.6 노트로 사고위험이 상존하며 항로폭도 동수도와 마찬가지로 1.2 마일로 협수로이다. 제1항로는 팔미도에서 인천항 갑문 사이의 입·출항 항로로 바지선이나 예인선, 어선, 여객선, 상선 등 통항량이 많아 충돌사고 등의 위험성이 매우 높다. 제2항로는 인천항 갑문에서 울도 사이의 입·출항 항로이며, 울도의 화력발전소, 인천정유로 입·출항하는 유조선이 많아 대형오염사고 위험도 높은 수로이다 인천지부 관할해역에는 인천정유의 정유공장이 1개소 있고, 저유시설은 39개소에 282기의 저유탱

크가 있으며, 총 저유용량은 2,821,475kℓ이고, 인천항의 접안시설은 총 69선석으로서 하역능력은 연간 5,395만톤의 하역능력을 보유하고 있다.

인천항의 유조선 계류시설로는 원유를 취급하는 북항의 인천정유 및 한국전력 돌핀과 제품유를 취급하는 남항 및 연안항의 시설이 있다. 겨울에는 한냉 건조한 북서 계절풍의 영향을 받으며 여름에는 고온다습한 남서계절풍이 탁월하다. 연평균 약 7일의 폭풍일수를 나타내며, 태풍의 내습은 연간 1~2회 정도이다. 동계에는 북서계열, 하계에는 남서계열의 바람이 우세하지만 지형적 영향으로 서북서풍도 연중 많이 불어온다. 연평균 풍속은 3.3m/sec, 최대풍속은 25.7m/sec로 기록되고 있다. 인천지방의 안개 발생일수(가시거리 1km 미만)는 연간 약 48일이다. 주 발생시기는 3월~8월까지이다. 최전성기는 6~7월이며, 안개의 정도는 심한 편이나 2~3시간이상 지속되는 경우는 드문 편이다. 창조류는 팔미도 부근에서 북류하여 수로를 따라 흐르며, 유속이 가속화된다. 연간 최강 창조류가 약 3.1노트, 낙조류가 약 3 노트다. 창조류는 송봉도 동측해역에서 북류하여 영흥도 서측해안을 따라 흐르다가 서수도에서 유입한 북동류와 합류하여 팔미도를 지나면서 북류하여 인천외항으로 유입된다. 최강 창·낙조류는 연간 평균 대조기에 약 2.2~3.4 노트이다

창조류는 대이작도~소야도 사이의 좁은 수로를 북류하면서 최강류가 일어나고 동백도 부근에서는 심한 와류가 일어나며 초치군도 남방에서 북동류하여 동수도에서 유입된 흐름과 합류하며, 팔미도를 지나면서 북류하여 인천외항으로 유입된다. 최강 창·낙조류는 연간 평균 최대기에 약 2.2~5.5 노트이다.

2.1.3 여수(광양항)

여수만은 여수항, 삼일항, 광양항 등 3개의 항구에 출·입항하는 각종 선박들로 해상교통량이 많은 곳으로 여수만의 항로는 소형 연안선과 대형 선박들이 밀집하는 특이한 항로이다. 또 여수만 부근은 어패류와 김의 양식장들이 산재하고 있어서 항로와 정박지를 크게 제한하고 있다. 그리고 광양항에는 제철공장, 컨테이너 터미널, 석유화학 터미널 등이 좁은 항내의 남북에 밀집하고 있어서 광양항의 입구는 해상교통이 매우 복잡한 항로이다. 특히 엘지 정유와 광양 제철소에 출입하는 선박들은 그 길이가 300미터이상의 초대형선들이므로 항로

가 크게 제한을 받는다. 1995년 7월에 발생한 유조선 씨프린스호 사고는 이곳이 태풍을 피하기 위한 해양지리적 조건이 매우 열악함을 보여 주는 보기이다. 여수해만 및 광양만에는 4개의 항로가 설정되어 제1항로는 여수해만 중앙에서 항계로 진입하여 낙포각 북동측까지의 깊은 수심항로이다. 제1항로에서 서측의 여천공업단지로 가는 항로가 제2항로이고 묘도 동측의 광양제철소로 가는 항로는 3, 4항로이다. 제3항로는 수심이 깊어 대형선이 통항할 수 있으나 제4항로는 수심이 얕아서 소형 제품선만이 통항하고 있다.

여수해역의 항계내에 설치된 정박지는 여수항 5개소 및 광양항 20개소로서 총 25개소가 있다. 광양항의 7~10 정박지는 위험물 운송선박이 전용으로 사용하도록 지정되어 있으며, 16 정박지에는 32만톤급의 유조선이 묘박할 수 있다. 항계외의 정박지로는 구역 3개소 및 정박지 4개소가 있다. A, B, C 구역 및 제1/제2 검역·도선정박지의 경우 흘수에 의해 정박할 수 있는 선박이 제한되며, D~1/D~2 정박지는 톤수에 의해 정박할 대상선박이 정해져 있다. 여수·광양해역에는 저유시설이 28개로서 저장용량이 총 919만여 kl에 이르며, 계류 시설은 여수·광양항에는 2천톤 이상의 유조선이 동시에 접안할 수 있는 계류 시설이 총 13개 있다.

유조선 교통량은 광양 및 여수항에 입항 유조선은 월평균 785.8척으로 연 9,429척이며 유조선 평균 선박규모는 4,687톤(G/T)이고, 여수지부내 원유, 석유정제품, 가스류, 화학제품류등의 물동량은 연간 74,165천톤이며, 여수, 광양해역의 물동량은 74,103천톤으로 월평균 6,175천톤이 수송되고 있다. 여수해역은 평균수온은 평균기온과 비슷한 13.8℃를 유지하고 있으며, 최고 25.3℃ 및 최저 0.6℃의 수온을 보이고 있다.

풍향은 여수해역은 겨울의 북서풍 및 여름의 남서풍이 두드러지고 봄 및 가을에는 북동풍이 불어 불어오고 평균풍속은 4.0m/s이다. 여수해역의 연평균 안개일수가 22.4일이다. 여수해역은 창조류의 방향이 주로 북~서쪽으로 흐르고 낙조류는 창조류의 반대방향인 남~동쪽으로 향하고, 여수항의 대조차가 97cm, 평균해면이 180.6cm, 평균 고조간격이 8시간 45분이다. 여수해역내에는 한려해상국립공원 및 다도해해상국립공원이 지정되어 있고, 득량만과 가막만은 해양환경보전구역으로 지정되어 있으며 해수욕장이 총 14개소로 총연장길이가 10.85km에 이른다.

2.1.4 울산항

울산항은 우리나라 제1의 공업항으로서 접근 수로는 비교적 용이하거나 중공업항으로서 대형선박의 출입이 매우 많은 곳이다. 이 해역은 항로의 길이가 짧고 굴곡이 없이 외해와 직접 연결되어 있기 때문에 태풍이 내습할 경우 피난정박지가 없는 결점을 가지고 있다. 또한 울산항은 공업항으로서 자동차 운반선 및 원유 또는 정제유 등을 운송하는 초대형 유조선에 포함한 위험물 운반선들의 출입이 많고, 또 입거수리를 위한 각종 선박들이 출입항하고 대기하는 항구로서 항로상에서의 해난사고의 위험성이 아주 높다고 할 수 있다.

울산관할해역에는 300kl이상의 저유시설이 20개소에 총 309개의 저유탱크가 설치되어 있으며, 연간 취급량이 1억 3,421만kl에 이르고 있다. S-Oil(주), 현대오일뱅크(주), SK(주), 한국석유공사 등 조합의 회원사가 보유한 탱크수는 239개로서 전체 탱크수의 약 77%를 차지하고 있고, 회원사의 연간 취급량이 9,998만kl로서 전체 취급량의 약 96%를 점유하고 있다. 유조선계류시설은 1천톤 이상의 유조선이 접안 할 수 있는 울산지역의 계류시설은 총 23개이고, 최대 규모의 접안 선박은 DWT32만 5천톤급의 유조선이다. 이러한 계류시설 중에서 연간 100만톤 이상의 유류를 취급하는 계류시설은 1만톤급 유조선이 접안할 수 있는 대한유화(주) 1~3번 돌핀, S-Oil(주) 제티, SAPER 돌핀, SPM, SK 1~8 부두 및 1~3번 브이 등 16개가 있다.

울산 관할항만에는 위험물운반선 54척이 동시 접안 할 수 있는 부두시설을 갖추고 있으며, 부두길이가 9,100m이고 접안능력은 총 2백6십5만 톤에 달한다. 1만~10만톤 접안능력을 갖춘 부두시설이 24개소이고, 10만톤 이상의 대형 유조선이 접안할 수 있는 SBM도 5개소 있다.

제1항로는 울산만 외측 화암추 남측해역의 검역소에서 분리되어 일반부두 및 현대자동차 전용부두가 위치한 본항으로 진입하는 울산항의 주항로이다. 주로 석탄, 비료원료, 액체위험화물 및 자동차 등을 운송하는 선박이 입출항하고 있는 제1항로는 제2항로의 분기점에서 본항까지 약 2.35km이다. 제1항로의 수심이 11m 이상이며 항로폭은 450m 이상을 유지하고 있다. 제1항로상의 S자형 굴곡부로 인해 조선 및 도선에 불편을 초래하고 있으며, 특히 야간항해가 곤란하여 선박의 안전운항에 지장을 주고 있어 S자형 굴곡부로 직선화 계획 하였다.

제2항로는 제1항로 중간에서 장생포항으로 진입하는 제2항로로는 석유, LPG 및 곡물 등을 운송하는 선박이 입·출항하고 있다. 제1항로와 같이 제2항로의 수심 및 항로폭도 각각 11m 이상, 450m 이상을 유지하고 있다. 제3항로는 온산항으로 이어지는 제3항로는 광석, 원유 등을 적재한 선박이 입출항하고 있다. 제3항로의 수심은 20m 이상이며 수로 폭이 550m 이상이다. 울산항의 묘박지는 현재 18개 지역에 총 37척이 정박할 수 있는 규모로서 입출항 선박의 대기장소로 사용되고 있다. E3의 경우 15만톤급 대형 유조선 6척이 동시에 정박할 수 있는 묘박지이다.

울산해역의 평균 표층수의 온도는 16℃이며 년중 최저 온도는 1월의 11.3℃, 최고온도는 9월의 22.9℃의 수온을 기록하고 있다. 울산부근의 풍향은 여름철을 제외하고는 편북풍이 많음에 따라 풍향별 빈율도 북풍이 가장 많다. 즉 울산지역의 탁월풍은 북동내지 북서계열이며 북풍(N)~북동풍(NE)이 27.3%를 차지한다. 여름철에는 편동풍이 많이 불어오고, 이 편동풍이 북동풍으로 전향할 때는 기상악화의 징조이며, 여름철에는 때때로 짙은 안개가 몰려오기도 한다.

울산항의 순간최대풍속은 36.7m/s(73노트)까지 달하고, 평균풍속은 2.1m/s(4.2노트)이다. 풍속은 선박의 이·접안작업 및 방제작업에 종사하는 선박에 큰 영향을 미치게 된다. 일반적으로 방제선을 효과적으로 사용하기 위해서는 파고가 1m를 넘지 않아야 하므로, 방제선으로 작업이 가능한 한계풍속은 13m/s(25노트) 정도로 보고 있다. 울산지역의 안개는 춘계기간(4월~7월)에 30년간 평균치로 월1~2회 정도로 산출되나 현재 실질적으로는 이 기간중 7일 이상의 짙은 농무가 자주 발생되어 협수로에서의 충돌, 항로이탈 등에 의한 해난사고 발생에 유의하여야 한다. 울산항의 조석은 약최고 고조위가 60.8cm, 평균해면이 30.4cm, 대조차는 48.2cm이다. 온산항은 약최고 고조위가 63.2cm, 평균해면이 31.6cm, 대조차는 49.6cm로서 조위차가 울산항보다 다소 크다. 울산항과 온산항의 조위차는 남측에 있는 부산항보다는 적고 북쪽에 위치한 포항보다는 크다.

창조류의 방향은 주로 남동~남~남서류로서 외양은 일률적으로 남류를 유지하나 연안 가까운 곳에서는 지역에 따라 다양한 흐름을 볼 수 있다.

육지연안과 평행하게 난류하는 1노트 미만의 미약한 조류가 방어진항 부근의 울산항 우측에 이르면 난류 여세로 항구 좌측의 남화동 쪽으로 치우쳐 접근하면서 우회하여 항내로 유입, 조류가 장생포항 입구에 다다르면 작은 분기가 좌

선회하면서 0.5노트 정도로 감속되고 염포동과 성내리 주위에는 시계방향의 조류가 형성되면서 0.8노트 미만으로 감속된다.

온산항의 대조시 조석간만의 차는 49.6cm로 울산항과 같이 온산항의 조류도 매우 약한 편이다. 온산만의 최대 조류는 창조시 0.62m/s(1.2노트), 낙조시 1.08m/s(2.1노트) 정도이다. 온산항 및 울산항은 이와 같은 미미한 조류로 인해 항내외 해수순환이 원활하지 않아서 오염사고가 발생하는 경우 자연정화를 기대하기 어렵다. 연안측을 따라 1노트 이상으로 남서류 하면서 고리 안쪽으로 분리가 형성되나 대개는 일정한 유향을 나타낸다. 창조류와 반대로 1노트 내외의 유속으로 북동류 한다. 유속은 다소 강한 편이나 유량은 일정하거나 단조로운 편이라 할 수 있다. 만입구가 남향인 울산만내의 파고에 영향을 주는 남풍 또는 남남동풍의 빈도가 매우 낮은 관계로 바람에 의한 만내의 파고가 크게 상승할 우려는 적다. 현재의 울산 본항의 파고는 1m 이내로 추정되고 있으며 울산지역에는 해수욕장 2개소(진하, 일산)가 있으며 총연장 길이는 1.6km에 이른다.

2.2 해양오염 방제

해양에 유출된 유류는 해상의 기상조건에 따라 급속하게 퍼져나가 넓은 지역으로 확산된다. 약 100리터의 기름은 0.1미크론의 두께로 1평방킬로미터의 수면을 뒤덮게 된다. 유막을 해상에서 물리적으로 수거하려면 두께가 0.1mm이하로 얇아지기 전이어야 한다. 유출된 기름은 증발, 용해, 분산, 에멀전화, 광산화, 생분해 등 복잡한 풍화과정을 겪게 된다. 유출된 기름은 일단 초기의 방제에 실패하면 대부분 손 쓸 수 없는 상태에 이르고 만다.

따라서, 기름 유출로 인한 연안에서의 해양 생태계 파괴를 예방하기 위하여 해상에 유출된 유류는 수거되어야 하며, 연안으로 확산된 기름을 청소하는 것보다 해상에 떠 있는 기름을 수거하는 것이 손쉽고 저렴하므로 확산되기 전에 신속히 수거되어야 한다. 기름유출사고가 일어나면 다양한 방법으로 방제작업을 하게 된다. 기름의 확산을 막기 위해 오일붐을 설치한 후 해상에 퍼진 기름을 유회수기를 이용하여 수거하거나 현장에서 태워버리기도 한다. 흡착제 또는 흡착포를 이용하여 기름을 걷어 내거나 유고형제를 뿌린 후 회수하는 방법도 있다. 화학적 방법으로는 유분산처리제를 이용하여 기름막을 수중으로 분산시키는 방법이 있다. 이 모든 방법들을 효과적으로 사용하기 위해서는 긴급한 상

황에 적절히 대응할 수 있는 방제장비와 운용기술을 확보하여야 한다.

회수하는 방법을 크게 분류하면 다음과 같다.

- i) 물리적 방법 (오일붐, 유흡착재, 스키머)
- ii) 화학적 방법 (유처리제)
- iii) 생물학적 방법 (미생물)

해상에서의 기름 유출사고시 사고해역의 해상상태 파악과 신속하고 효과적인 방제장비의 사용은 초기방제를 위하여 무엇보다 중요하다. 기름이 넓은 지역에 확산된 후에는 방제작업이 보다 어려워지며 많은 시간과 경비가 소요된다. 특히 우리나라의 해안선은 길이가 매우 길고 복잡하기 때문에 기름 유출사고시 연안지역의 피해가 매우 크며, 조류의 속도가 빠르므로 효과적인 방제시스템의 구축 없이는 기름확산을 예방하기 어렵다. 따라서 대상해역의 특성에 알맞은 방제장비를 선택함으로써 효율적인 방제작업이 이루어지도록 하여야 한다.

2.2.1 해양오염발생 요인

1) 자연적 요인

우리 인간은 각자 자연현상을 통하여 일상생활에 필요한 많은 혜택을 받지만 때로는 예상하지 못한 엄청난 재난을 당하기도 한다. 특히 해상에서의 자연현상은 기상조건과 해상조건을 예측할 수 없게 변화시켜서 선박의 교통에 많은 영향을 미치고 있다. 이러한 문제는 현대의 첨단 과학기술로서도 완전히 극복할 수 없는 자연적 요인으로서 해난 발생에 큰 영향을 미치고 있다. 해난에 직접적인 영향을 주는 중요한 자연적 요소인 폭풍, 태풍, 파랑, 바람 및 안개 등의 영향을 분석하여 보면 다음과 같다.

(1) 폭풍 및 태풍의 영향

우리나라 근해에는 태풍 또는 폭풍이 자주 내습하여 예상할 수 없는 대형 해난이 자주 발생하고 있다. 우리나라 연안에서 폭풍에 의하여 일어나는 해난사고는 각종 통계자료에 의하면 11월~3월 사이에 가장 많이 발생하고, 그 중에서도 특히 12월에 발생빈도가 가장 높다. 이것은 겨울철에 장기간 계속되는 북서계절풍의 영향 때문으로 분석되며, 지역적으로는 서해남부, 제주도 및 부산부

근 해역에서 가장 많이 발생하고 있음을 알 수 있다. 그리고 여름철에 우리나라 남서해안은 열대성 저기압의 태풍 영향을 많이 받는 곳으로 선박의 좌초사고가 자주 발생한다. 특히 1990년대에 발생한 태풍 또는 폭풍 등에 의하여 해난 사고가 많이 발생한 것을 일본 해상보안청에서는 태풍 등의 이상기후로 해석하고, 이 기간 동안에는 통상적으로 기대할 수 없는 대량의 해난사고가 발생한 것으로 기록하고 있다.

(2) 안개의 영향

해상에서 태풍과 더불어 가장 어려운 기상상태는 안개로 인한 시정의 불량이다. 특히 선박의 왕래가 잦은 항구 입구와 그 부근해역, 좁은 수로와 그 입구 부근의 해역에서는 안개로 인하여 선박충돌과 좌초 사고가 많이 발생한다. 우리나라 연안에서 안개에 의한 시정제한으로 인하여 발생하는 해난사고는 1년을 통하여 보면 주로 4월~7월 사이에 가장 많이 발생하고 있으며, 특히 7월에 제일 많이 발생하고 있다. 지역적으로는 안개 발생빈도가 가장 높은 인천, 목포 부근 해역, 부산, 울산부근해역에서 많이 발생하고 있다. 지난 5년간 선박충돌 사고 531건 중 안개로 인하여 시정이 불량한 상태에서 발생한 것이 144건으로 27.1%에 이르고 있다. 물론 최근에는 첨단 레이더 장비가 발달하여 선박충돌 사고를 현저하게 감소시키고 있으나, 우리나라 연안을 항해하는 소형선박, 특히 어선에는 레이더를 정상적으로 작동시키고 그 기능을 충분히 이해하여 활용할 수 있는 항해사가 매우 부족하기 때문에 안개로 인한 시정이 불량한 때에 소형선에 의한 충돌사고의 감소를 기대하기가 아직은 어려운 단계인 것으로 보인다.

2) 교통 환경적 요인

해상교통이 집결하는 항계내외의 해역 및 좁은 수로에는 선박의 안전항행을 유지하기 위하여 특별항로를 설정하고 있다. 그러나 이러한 해역은 해상교통의 밀집도가 높고 또 항해사의 자질 부족과 무면허 선원의 운항 등으로 해상에서의 항법규정을 제대로 지키지 않아서 충돌 또는 좌초의해난사고가 자주 발생한다. 해역별 충돌사고 통계자료에 의하면 항내에서 충돌사고가 111건(20.9%)

그리고 평수구역을 포함한 연해구역에서 332건(62.5%)으로 함께 443건(83.4%)이 연해구역이내에서 발생한 것으로 분석하고 있다. 이것은 항계내의 수역과 연안 해역에 있어서 선박의 밀집, 가항수로의 제한, 조석의 급변, 안개로 인한 지리적 조건의 불량 그리고 항로설정과 항로표지의 미비 등으로 인한 교통 환경의 조건이 일부 부적당하거나 또는 문제가 있다는 것을 의미한다. 이러한 요인들은 선박의 안전항행을 위하여 관련 정부당국이 적극적으로 관리해야 할 의무이다. 최근의 육상사고에 있어서 정부당국의 안전관리 책임이 증가하고 있는 상황을 고려하면 항로표지의 관리와 안전수로의 유지를 잘못된 경우에 발생한 해난사고는 관계당국도 그 책임이 일부 있으며, 이러한 문제와 관련하여 유류오염손해에 관한 국제 민사책임협약에서도 선박소유자의 면책으로 규정하여 정부의 책임임을 명시적으로 규정하고 있다.

우리나라의 개항은 동해안에 있는 항구를 제외하고 남해안과 서해안에 있는 항구는 많은 섬으로 둘러싸여 있어서 접근항로가 복잡하며, 또한 굴곡이 심한 연안 또는 강의 하구에 축조되어 있다. 그리고 우리나라 영해와 접속해역은 지리적으로 한국/일본, 한국/중국, 한국/러시아간의 해상교통 밀집해역이고, 연근해의 다양한 어장이 형성되는 해역이므로 해상 교통량이 많아서 해난 사고율이 매우 높은 지역이다.

2.2.2 해양오염발생 현황

해양오염의 주원인은 유류유출, 각종 생활 폐기물, 폐유, 공장폐수, 양식어장 폐기물 등이 있으며 이중에서 선박의 해난사고로 인한 유류유출이 가장 심각한 오염원이 되고 있다. 근래에는 국내 연안에서도 선박의 해난사고가 빈번히 발생하여 주변 어장의 황폐화와 해양환경의 파괴가 심각한 실정이다. 우리나라는 더욱 우려되는 사항은 해양오염사고가 점점 대형화하고 있는 점이다. 그 이유는 국내 연근해 개발이 활발해지고 연안시설물이 증가함에 따라 유조선이나 선박의 해난사고로 인하여 발생하는 대규모 해상 기름 유출은 매우 심각한 문제로 대두되고 있다. 1993년 광양만에서의 항해 부주의로 인한 방카C유 1,300톤을 유출한 제5급동호 피해의 심각성은 이미 잘 알려져 있으며, 전남 여천군 소리도 인근 해상에서 태풍을 피하여 외해로 이동 중 좌초되어 기름을 유출시켰던 14만톤급 유조선 씨프린스호 사고와 부산근해의 남형제도 부근에서 예인

중 침몰하여 인근어장에 심각한 위협이 되고 있는 제1유일호 사고에서 보듯이 우리나라의 연근해는 상시적인 누유사고 가능성에 직면해 있다. 이러한 사고는 한 번 발생하면 엄청난 피해를 주게 되며 한반도의 입지적 여건상 유류의 해상 운송이 주된 수송수단으로 되고 있는 실정을 감안하면 장래 발생할 수 있는 사고에 대한 종합적인 방제대책 마련이 시급한 실정이다.

특히 우리나라의 연근해는 해안선의 길이가 매우 길고 복잡하기 때문에 기름 유출 사고시 연안지역의 피해가 매우 크며, 조류의 속도가 빠르므로 신속하고 효과적인 방제시스템의 구축 없이는 사고로 인한 기름 확산을 예방하기 어렵다. 해상에서의 기름 유출 사고시 신속하고 정확한 해상상태의 파악에 따라 사고해역에 알맞는 효과적인 방제장비의 투입은 초기 방제작업에 무엇보다도 중요하다.

1) 연도별 발생현황

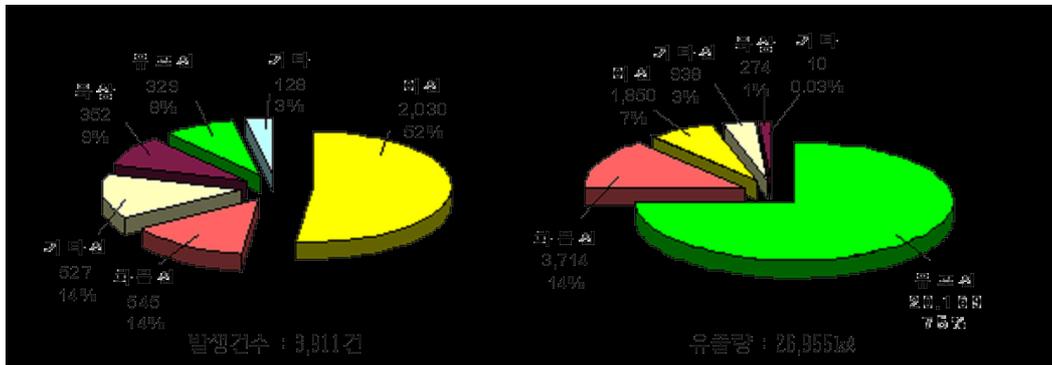
지난 10년간(1995 ~ 2004) 우리나라 연안에서 발생한 오염사고 건수는 총 3,911건으로 연 평균 390여건이 발생되고 있으며 2000년을 정점으로 다소 감소추세에 있다. 유출량은 총 26,955kl로 대형오염사고 발생 유무에 따라 연간 유출량에 차이가 많으며, 씨프린스호(5,035kl), 제1유일호(2,398kl), 호남사과이어호(1,402kl) 등 대형사고가 연속으로 발생한 1995년도에 가장 많았다.



<그림 2-3> 연도별 오염사고 발생현황

2) 오염원별 발생현황

오염원별 발생건수는 총 3,911건 중 선박에 의한 사고가 3,431건으로 전체의 88%를 차지하고, 육상·시설 등이 352건 9%를 차지하고 있어, 원인불명 등 기타 3%를 감안할 때 선박에 의한 사고가 전체 90% 이상을 차지하고 있다. 그 중 어선이 2,030건 52%를 차지하고, 화물선 545건 14%, 유조선 329건 8% 순으로 발생되고 있다. 유출량으로는 총 유출량 26,955kl 중 선박에서 26,671kl로 99%를 차지하고 있으며 그 중 유조선이 20,169kl 75%, 화물선 3,714kl 14%, 어선 1,850kl 7%로 분석되어 유조선 사고는 발생건수는 적으나 대량사고이고, 어선에 의한 사고는 발생건수는 많으나 소량사고임을 알 수 있다.



<그림 2 - 4> 오염원별 오염사고 발생현황

<표 2-1> 오염원별 발생현황(1995 ~ 2004)

구 분	총 계	선 박					육 상	기 타
		소 계	화물선	유조선	어 선	기타선		
발생건수	3,911	3,431	545	329	2,030	527	352	128
유출량(kl)	26,955	26,671	3,714	20,169	1,850	938	274	10

3) 사고 규모별 발생현황

사고 규모별 발생현황은 1kl미만의 사고가 3,589건이 발생되어 전체 92%를 차지하고 있으나, 유출량은 383kl로 1%에 불과하며, 100kl 이상 대형사고는

25건이 발생되어 건수는 1% 미만이나 유출량은 87% 이상을 차지하고 있다.

<표 2-2> 사고 규모별 발생현황(1995 ~ 2004)

구 분	계	1kl미만	1~100kl	100~1000kl	1000kl 이상
발생건수	3,911	3,589	297	19	6
	100%	91.8%	7.6%	0.5%	0.1%
유출량(kl)	26,955	383	3,066	6,808	16,698

<표 2-3> 국내 주요 오염사고 사례(1995 ~ 2004)

일 시	장 소	오 염 원	유출량(kl)	원인
'95. 7.23	여수 소리도	씨프린스호(유조선, 144,567톤)	원유 등 5,035	좌초
'95. 9.21	부산 남형제도	제1유일호(유조선, 1592톤)	병커C 2,392	침몰
'95.11.17	여수 호유부두	호남사파이어호(유조선, 142,448톤)	원유 1,402	충돌
'97. 4. 3	통영 등가도	제3오성호(유조선, 786톤)	병커C 1,699	침몰
'03.11.23	여수 낙포부두	정양호(유조선, 4,061톤)	병커C 623	충돌
'04. 5.26	여수 남해도	모닝익스프레스호(유조선, 56,285톤)	나프타 1,200	충돌

유조선 및 화물선에 의한 해양오염사고는 주로 충돌 및 좌초등 해양오염사고에 의하여 발생하고 있는바, 우리나라 연안은 지형적으로 복잡한 해안선과 많은 섬으로 이루어져 있고 주변에 고가의 양식장 및 어장이 밀집되어 있으며 빠른 조류와 해류가 흐르고 있다. 또한 여름철 태풍 및 겨울철의 저기압, 짙은 안개 그리고 증가하고 있는 해상교통량과 원유 도입량 증가 등으로 안전항해에 열악한 여건을 지니고 있다.

한편 가장 많은 유류를 유출하고 있는 연안 유조선등 소형 선박은 안전관리의 한계와 더불어 이들 선박을 운항하고 있는 승무원의 승선동기 결여, 자질부족 등으로 해양오염사고의 위험을 가중시키고 있다. 이러한 해양오염사고의 문제는 이들 사고의 대부분이 지리적으로 연안 해역 혹은 주요 항만내에서 발생하고 있어 이는 사고발생과 동시에 연안양식장 등 수산물 및 연안환경 피해와

직결되고 있다. 한편 우리나라 해양오염사고의 70%이상이 고의 및 부주의에 의해 발생되고 있는바, 주로 어선등 소형선박에서 발생하고 있는 실정이다.

2.2.3 해양오염 방제 사례

1) 씨프린스호 사고

(1) 사고 발생개요

씨프린스(Sea Prince, 유조선, 144,567톤)호는 1995년 6월 28일, 18:00경 사우디아라비아, 나스타누항에서 원유 26만여kl를 싣고 광양항 호남정유 부두에 접안하여, 원유 하역작업 중 태풍경보를 통보받고, 대피 차 7월 22일 18:00 광양항을 떠나 여수 남쪽 해상에서 피항하던 중 7월 23일 14:05경 태풍 ‘페이’에 밀려 기관실부위가 작도에 부딪쳐 기관이 멈추고, 기관실에 화재가 발생한 상태에서 표류하다, 7월 23일 15:58경 여천군 남면 소리도 남쪽 끝단 암초에 좌초, 적재되어 있던 연료유 및 원유 등 5,035kl가 유출되었다. 사고당일 기상은 태풍경보가 발효 중이었으며, 당시 풍속은 30~32m/s, 파고는 6~8m이었다.



<그림 2-5> 사고 상황도



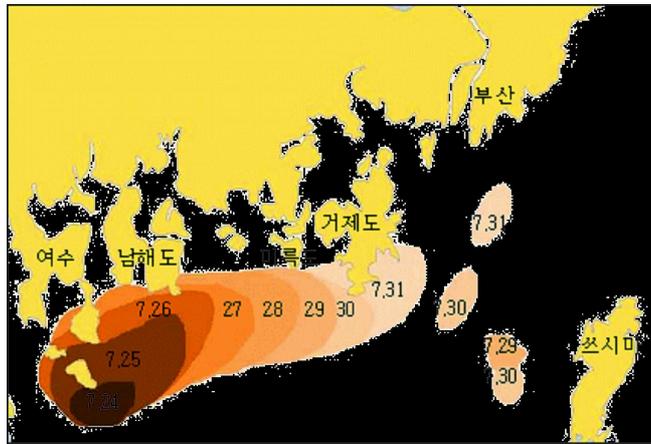
<그림 2-6> 화재발생, 소리도 좌초된 씨프린스호

<표 2-4> 사고선 제원

선 명	톤 수	승선원	국 적	선 종	적재유
씨프린스호	144,567톤 길이 313m 폭 56m	20명	싸이프리스 (호유해운)	유조선 (원유선)	원유 : 86,886 B-C유: 1,395 B-A유: 100

(2) 오염범위

유출유는 사고지점 소리도 남방 15마일 해역에서 남해를 거쳐, 거제 남부해역, 부산, 울산, 포항해상까지 약 127마일에 이르는 해역까지 확산되었으며, 거제 홍도 부근해역 및 일본 대마도 서방 20마일 해상에서도 옅은 유막이 발견되었다. 해안 지역은 전남 여천군 돌산읍, 남면, 화정면 해안 약 46.9km해안이 오염되었으며, 특히 소리도, 안도, 금오도, 돌산도 일부해안지역의 오염이 극심하였다. 또한 부산 해운대해수욕장, 태종대, 울산 일부해안에도 타르상태의 유류유막이 부착되었다.



<그림 2-7> 해양오염 확산도

(3) 방제조치

① 초동조치

태풍 ‘페이’는 중심기압 940hpa로서 영향권이 무려 890km에 이르고 중심 부근에서는 초속 40m의 강한 바람과 8~10m의 높은 파도를 동반한 A급 태풍

으로서, 7월 23일 10:00 태풍경보발령으로 씨프린스호가 피항 중 소리도 동쪽에 위치한 작도에 선미측이 충돌하면서 기관실이 파손 화재가 발생한 상태에서 2시간 정도 서쪽으로 떠밀려 여수시 소리도 남단 용바위 암초에 좌초되었으며, 기관실의 화재는 계속 심화되어 원유탱크까지 인화될 위험이 높아지고 있었다.

7월 24일 16:00경 태풍주의보 상태에서 부산해양경찰서 소속 구난함 3001함이 사고현장에 도착 화재진압 작업을 약 4시간 20분간 실시하여 화재를 진압함으로써, 원유탱크 인화에 의한 폭발을 방지하고, 선체를 고박하여 적재된 잔유 기름을 조기에 이적조치 할 수 있었으며, 적재량 88,381kl 전량이 유출될 수 있는 초대형 기름유출사고를 예방할 수 있었다. 7월 24일 오후 기상이 다소 호전됨에 따라 해경 방제정 2척과 민간업체 선박을 동원, 오일펜스(해경 864m)를 설치하여 해상 유출유 확산방지 조치를 하였으나, 이미 많은 량의 기름이 외해로 확산된 상태였으며 높은 파고로 7월 25일에 가서야 본격적인 방제작업이 가능하였다.

② 해상방제

7월 25일부터 본격적으로 방제작업이 시작되었지만 유출된 기름이 이미 광범위하게 확산되어 방제작업에 어려움이 많았으며, 많은 인력과 장비가 소요되었다. 전 해양경찰서에 보유하고 있는 장비뿐만 아니라 관계기관, 업체 등 전국 모든 방제선박 및 장비·자재가 동원되었으며, 어선 등 선박이 하루에 많게는 400~500척까지 동원되었다. 트롤 스키머, 스크루 스키머 등 대형 유회수기 및 방제정 등에 의하여 많은 양의 기름을 회수(1,390kl)하였지만, 유출된 기름은 광범위하게 확산되었고 또 회수능력이 없는 경비정·어선 등에서는 유흡착재·유처리제에 의한 작업이 불가피하였으며, 산림청 헬기와 싱가포르 소재 EARL 항공기(C-130) 지원을 받아 외해로 확산되는 기름에 대해 항공 살포도 병행 실시하여 후에 유처리제 과다사용(약 717kl)이 언론이나 정치권에서 문제점으로 크게 지적되기도 하였다. 해상방제는 1996년 7월 24일~8월 11일까지 19일간 이루어졌다.

③ 해안방제

해상에 유출된 기름이 확산됨에 따라 소라도 해안에서부터 해안부착이 시작되어 전남지역 38개 마을 47km와 부산 경남지역 13개 마을 약 26km등 총연장 73km의 해안을 광범위하게 오염시켰다. 사고지역인 소라도 해안에 밀려든 두터운 기름 층은 스크루 스키머, 고압 펌프 등으로 회수하였고, 흡착물 등과 혼합된 기름은 청소선, 쓰레기 수거장치 등으로 회수하는 등 기계적 작업과 주민·경찰기동대·군 장병 등을 동원, 삽·바가지 등으로 직접적인 수거작업이 이루어졌다. 돌, 암벽 등에 부착된 기름은 유흡착재, 걸레 등으로 닦아내는 일명 “갯닦기” 작업에 의하여 이루어졌고, 자갈, 모래층에 깊이 스며든 기름은 포크레인 등으로 파서 세정하는 방법으로 이루어졌다.



<그림 2-8> 대형회수기 이용한 회수장면



<그림 2-9> 유흡착재를 이용한 해안방제

이와 같이 오염이 매우 심한 사고지점인 소라도 덕포만 등에서는 기계적 작업이 이루어졌지만, 여타지역은 대부분 지역주민을 동원한 갯닦기식 작업으로 많은 인력과 장시간이 소요되었다.

해안방제에는 7월 25일~12월 31일 약 5개월간 소요되었으며, 이후에도 2차에 걸쳐 추가 작업이 이루어지기도 했다.

<표 2-5> 방제작업 동원인원·장비 (1995. 7. 24 ~ 12. 31)

기관별	인원	선박 (척)	항공기 (대)	유회수기 (대)	오일펜스 (m)	유흡착재 (kg)	유처리제 (kl)
계	166,905	8,295	45	126	13,766	239,678	717.6
해경	15,525	826	21	120	864	65,514	302.5
관계기관	21,340	574	22	2	670	35,815	51.8
행위자측 (어민)	130,040	6,895	2	4	12,232	138,349	363.3

※ 회수량 : 폐유(회수유) 1,304kl, 폐기물(폐흡착재 등 포함) 2,395톤

④ 선체처리

선내 남아있던 원유는 8월 6일부터 8월 22일까지 17일 동안 원유와 연료유 82,643kl를 이적하고, 선체처리를 위한 정밀조사가 이루어졌으며, 사고선박은 암초에 좌초되면서 기관실 및 선저 부분에 많은 손상이 발생되어 그 상태로 부양시켜 이초가 가능할 것인가에 대하여 정밀 조사한 결과 탱크 내에 밸러스트와 공기를 주입하여 선체 Trim을 조정하면 선체를 해체하지 않고 부양이 가능하다고 판단되어, 11월 26일 선체 Trim을 조정한 후 부양을 시도하여 이초에 성공하였다. 선체는 12월 2일 13:30경 사고해역을 출발하여 필리핀 수빅만(Subic)으로 예인하여 해체할 예정이었으나, 예인 중 12월 25일 심한 풍랑으로 수빅만 근해 수심 1,200m에 완전 수장되고 말았다.

2) 제5금동호 사고

(1) 사고개요

1993년 9월 27일 19:10경 302경기호에 예인되어 여수 호남정유를 출항하여 광양제철로 항해중이던 제5금동호와 광양제철에서 출항하여 마주오던 비자산호가 여천시 묘도 동쪽 0.8마일 해상에서 항해 부주의로 충돌하였다. 이로 인해 제5금동호의 3번 및 4번 선창 우현측이 파공되어 적재된 벵커-C유 약 1,228톤이 유출되었다. 사고의 원인은 항로이탈 및 견시 태만 등의 항해상 부주의로 충돌사고가 초래되었으며, 당시 기상은 8~10m/sec의 남동풍이 불고 파고가 1~2m 였으며 시정이 0.5마일이었다.

(2) 오염범위

이 사고로 인한 전라남도의 여수·여천·동광양·여천지역과 경상남도의 남해·하동·사천지역의 해상 및 해안으로 유류가 유출되고, 사고위치로부터 남쪽 13마일, 동쪽 12마일, 서쪽 4마일 해상까지 확산되었다. 이러한 유출유의 확산으로 인해 해안선 총연장 158.2km(전남 33.8km, 경남 124.4km)가 오염되었다. 이로 인한 주변해역의 어업피해는(표2-6)와 같이 총 1,378개소 및 8,124ha가 오염되었고, 8천여 가구에서 900억원 이상의 재산손실을 발생시켰다.

<표 2-6> 제5급동호 사고에 의한 피해현황

구 분	면허건수	가구수	면적(ha)	피해액(백만원)
계	1,378	8,078	8,124	93,100
전라남도	552	4,343	4,594	36,531
경상남도	826	3,644	3,530	56,569

(3) 방제조치

필요한 방제조치를 취하기 위하여 총 5회에 걸쳐 지방자치단체, 보험회사, 육·해군 등 관련기관이 참석하는 방제대책회의를 개최하였다.(표2-7)의 방제자원을 동원하여 실시된 방제작업을 해안과 해상으로 구분하여 살펴보면 다음과 같다.⁶⁾

i) 해상 방제작업

- 두꺼운 유층 : 유회수기 및 유흡착재에 의한 수리
- 얇은 유층 : 유처리제 살포에 의한 유화·분산처리

ii) 해안 방제작업

- 암벽·바위의 표착유 : 물 분사로 해상으로 씻어낸 후 회수
- 제방·자갈의 표착유 : 유처리제 살포 및 걸레·흡착재 등에 의한 세척
- 모래·흙의 표착유 : 표면을 긁어모아 수거·처리

이렇게 수거된 폐기물은 총 1,513톤에 이르고, 보험회사와 폐기물 처리업체 간의 계약을 체결하여 폐기물 처리규정에 따라 처리되었다. 그리고 유조선 3

6) 제5급동호 사고에 대한 방제작업을 수행한 결과, 해수를 포함한 유출유 105kℓ를 회수하고 수거된 유폐기물은 1,513톤이었으며, 방제비용은 총 56억원에 이르렀다.

척 및 펌프 2대가 동원되어 사고선박의 3번 및 4번에 잔존한 유류 897톤을 동선박의 2번 및 5번 선창으로 이적하였다.

(4) 문제점

제5금동호 사고의 방제과정에서 드러난 문제점으로는, 우선 사고해역의 해상교통 환경이 열악하고 사고방지체제가 부실했다는 것이다. 항로 주변의 협수로·암초로 인한 사고위험, 해상교통 안전시설의 취약, 해상교통관제체제의 미흡 등 해상교통 환경이 매우 열악하였다.

<표2-7> 제5금동호 사고에 동원된 방제자원

구 분	계	동 원 현 황
인 력	83,933명	- 주 민 : 55,348명 - 공무원 : 9,928명 - 경 찰 : 4,546명 - 군부대 : 8,755명 - 민방위 : 1,082명 - 어 민 : 4,274명
선 박	3,405척	- 어 선 : 2,877척 - 해양경찰청 : 262척 - 항만청 : 57척 - 군부대 : 84척 - 수산청 : 70척 - 방제업체 등 : 50척
장 비	-	-유처리제 : 288,736ℓ -유흡착재 : 54,890kg -오일펜스 : 400m -유회수기 : 24대 -헬기 : 11대 -분무기·경운기:659대

더욱이 해상교통 안전법규의 빈번한 위반, 경계의무 태만, 선원 자질의 저하 등과 같이 선박 소유자 및 종사자의 안전관리의식이 소홀하였다.

둘째, 사고 당시 신고체제 및 초동조치가 미흡했다. 항만 관제실에서 유출사고에 관한 신고를 받고 해양경찰청이 항만관제실로부터 사고통보를 받아 대처하는 이분화된 체제로 인해 초동조치가 지연되었다. 또한 방제자원이 현장에 도착하기까지 많은 시간이 소요되었고, 초기에 유류의 확산방지를 위한 방제선박 및 전문 인력이 부족했을 뿐만 아니라 관계기관과의 지원체제도 원활하지 않았다.

셋째, 방제장비가 항만별로 분산 배치되어 방제능력이 저하되고 방제장비의 절대량이 부족했다. 해상상태에 따라 방제장비의 성능이 제한되었으며, 주로 유처리제에 의한 분산처리방법 및 인력에 의한 해안 정화작업 등 방제작업의 원시성을 탈피하지 못했다.

넷째, 해양오염사고를 수습하는 체제가 미비한 상태였다. 해양오염관리업무가 해양수산부, 환경부, 해양경찰청, 시·도 등 여러 기관에 분산되어 종합기획·사고 예방·사후처리 등 효율적인 관리가 곤란하였다.

3) 제1유일호 사고

(1) 사고개요

울산항에서 벙커-C유 약 2,870kl를 적재하고 광양항으로 항해중이던 제1유일호가 1995년 9월 21일 05:00경 항해 부주의로 부산 남형제도에 인접한 암초에 좌초되어 기관실 부위가 파공되어 침수되었다. 동일 11:00경 예인선에 의해 이초되어 부산 감천항으로 예인 중, 16:00경 부산 북형제도 남방 1.3마일 해상에 침몰되어 화물유의 일부와 연료유가 유출되었다.

(2) 오염범위

제1유일호의 해양오염사고는 사고 직후 조류의 영향을 받아 유출유가 동서방향으로 확산되어 서방 12마일에 위치한 거제도 동부 해안 쪽으로 유입되었으나, 사고 발생 3일후 대마난류의 흐름으로 부산 및 울산연안을 따라 확산되었다. 따라서 이 사고로 인해 유출된 유류가 경남 거제로부터 부산 해운대 및 고리 해상까지 약 30마일에 걸쳐 해상에 확산되었으며, 거제 동부로부터 부산 기장까지 총 62.5km의 해안선이 오염되었다.

(3) 방제조치

사고가 발생한 직후부터 침몰선으로부터 유출된 유류에 의해 형성된 1마일 × 500m 정도의 얇은 유막을 제거하기 위한 해상방제작업이 29일간 진행되었다. 또한 해안선을 오염시킨 표착유를 제거하기 위한 해안방제작업 92일간 지속되었다.⁷⁾ 이러한 방제작업을 위해 총 6회의 방제대책회의가 개최되어 유관기관간의 협조 및 작업통제가 이루어졌으며, 방제작업에 동원된 인력 및 장비는 (표2-8)과 같다.

7) 제1유일호 사고에 대한 방제작업을 수행한 결과, 해수를 포함한 유출유 705kl를 회수하고 수거된 유 폐기물은 4,935톤이었으며, 방제비용은 총 122억원에 이르렀다.

<표2-8> 제1유일호 방제동원 인력 및 장비

인원	선박	헬기	유회수기	오일펜스	유흡착제	유처리제
141,040명	4,435척	12대	35대	6,235m	68,656kg	210.5kl

4) 호남사파이어호 사고

(1) 사고개요

1995년 11월 17일 16:15경 광양항 호남정유 원유부두에 적재원유 265,940kl를 하역하기 위하여 접안 작업중이던 호남사파이어호가 미숙한 선박 조선으로 부두에 접촉되어 본선 좌현 2번 탱크의 2개소가 파공되어, 이로 인해 적재 원유 중 약 80톤이 유출된 사고가 발생하였다.

(2) 오염범위

동 사고로 인해 적재원유가 유출되어 여수 원유부두에서 오동도, 돌산도, 작도에 이르는 해상 약 27마일까지 확산되었으며, 여수시, 여천시, 여천군 돌산, 남해군 남면에 걸친 연안 총 33.2km가 오염되었다. 이로 인한 어업피해가 총 928건이고, 어민이 요구한 보상액이 460여억원에 이르렀으나, 실제 지급액은 3억여원의 수준에 머물렀다.

(3) 방제조치

(표2-9)과 같은 방제자원을 동원하여 해상 방제작업 5일간 및 해안 방제작업 40일간을 실시하였다.⁸⁾

<표2-9> 호남사파이어호 방제 동원인력 및 장비

인원	선박	헬기	유회수기	오일펜스	유흡착제	유처리제
7,322명	1,099척	11대	38대	6,410m	115,101kg	225.2kl

8) 호남사파이어호 사고에 대한 방제작업을 수행한 결과, 해수를 포함한 유출유 443kl를 회수하고 수거된 유폐기물은 717톤이었으며, 방제비용은 총 17억원에 이르렀다.

5) 한국해양오염방제조합 설립이후 해양오염 방제 사례

우리나라 연안의 해양오염사고는 연간 300~400건이 발생함으로서 그의 매일 같이 하루 1건 이상 오염사고가 발생한다고 보면 된다. 그 중에서 소형오염사고는 자연방산 등으로 방제조치가 필요 없이 마무리되는 경우가 있으나 방제조치가 필요한 중·대형 오염사고는 연평균 45건으로서 1주일에 1건씩 방제조치를 시행하였다는 결과가 된다.

<표2-10> 한국해양오염방제조합 설립이후 방제조치 실적

연 도	사고 건수 (건)	작업 기간 (일)	동원 방제세력		회 수 량	
			연인원(명)	선박(척)	유출유(kℓ)	폐기물(kg)
계	318	795	9,381	803	1,995.3	823,851
2004년도	34	62	713	97	181.0	49,445
2003년도	44	187	2,837	297	1,210.1	652,700
2002년도	41	87	1,033	140	46.9	27,510
2001년도	42	112	1,380	118	25.4	24,220
2000년도	47	163	1,532	54	237.1	30,380
1999년도	61	133	1,428	68	294.8	21,950
1998년도	49	51	458	29	-	17,646

상기 방제조치 중 2003년 9월 태풍 「매미」 내습으로 인한 해난사고는 부산·통영·여수 등 남해안 일대를 중심으로 좌초 1,668척, 침몰 1,355척 등 총 3,023척이 발생하였으나, 대부분의 피해선박들은 소형어선들로서 유출된 소량의 기름은 사고 당시 강풍 및 파도 등에 의해 자연방산 되었으며, 다음에 기술한 4척의 선박이 동시다발적으로 해상오염을 유발하여 한국해양오염방제조합은 인근지부의 방제세력을 총 동원하여 해상오염방제와 태풍피해로 인한 재해복구업무를 수행하였다.

<표 2-11> 태풍 “매미” 내습에 의한 좌초·침몰사고

장소	선종	선 명(총톤)	발생일시	발생장소	기 름 적재량	비 고
부산	유조선	덕양호 (147톤)	'03.9.13. 08:30	부산항 3부두 (침몰)	병커-C 340톤	-피항차 영도 봉래동에 계류 중 파도에 밀림
마산	화물선	L.YEIKIN (3,000톤)	'03.9.14. 11:30	진해 흑암등대 부근 (좌초)	병커-C 516톤	-피항 중 좌초
여수	유조부선	경원호 (144톤)	'03.9.12. 21:30	남해 유포리 (좌초)	병커-C 120톤	-유포리 부근에 피항 중 방파제에 좌초
제주	모래 운반선	BROTHER2호 (5,685톤)	'03.9.12. 21:30	제주항방파제 앞 (좌주)	병커-A 155톤	-강풍에 밀려 방파제 앞 500m 해상에 좌주

특히, 경남 남해군 유포리 포구에 정박 중이던 경원호가 '03. 9. 12. 22:00경 태풍 「매미」 영향으로 유포리 포구안 해안에 좌초되면서 선저부 3개소에 파공이 발생하여 적재중인 병커-C유 120kl중 약 68kl가 유출되는 사고가 발생하였다. 그 결과 경상남도 남해군 서안일대(3개면 17개 지역, 12Km)의 해안이 심하게 오염되었으며 범국가적 재해복구차원에서 한국해양오염방제조합은 설립 후 최초로 해안방제를 주관하여 방제작업을 시행하였다.



<그림 2-10> 남해군 서안일대 해안오염도



<그림 2-11> 유조부선 “경원호” 좌초

해안에 부착된 기름은 1차적으로 사고선박의 선주가 방제조치를 취하여야 하고 선주가 부담능력이 없을 경우에는 해역을 관할하는 지방자치단체에서 해안 부착유를 제거하도록 되어 있으나 해당 지자체에서 필요한 기자재 및 예산등이 확보되지 않아 부득이 한국해양오염방제조합의 긴급 방제자금을 사용하여 해안 방제를 착수할 수밖에 없었다. 한편, 한국해양오염방제조합에서는 해양수산부를 경유하여 중앙재해대책본부에 해안 방제비를 재해복구비에서 충당할 수 있도록 노력하여 재난 복구비 15억원을 확보하여 해당 지자체인 남해군에 교부하였다. 한국해양오염방제조합은 38일간 방제작업을 시행하는 동안 2003년 10월 22일 국제유류오염보상기금(IOPC Fund)에서 경원호 유류오염피해에 대한 보상(약 30억원)이 결정되고 향후 작업기일이 장기간 소요되는 점을 감안하여 잔여작업을 해당지자체에 인계하고 현장에서 철수하였다.

작업당시 사고현장에 해안방제현장지휘소를 설치하고 방제업체 및 지역주민을 동원하여 체계적이고 효율적으로 해안방제작업을 실시하였으나, 동원된 지역주민의 비전문성으로 인한 작업능률 저하문제 및 유처리제 사용에 대한 거부감으로 등유 등을 대체하여 사용하는 등 작업효율 저하문제, 오염해안 지표면을 포크레인을 사용하여 자갈 등을 수집하여 세척함으로써 폐기물 과다발생 문제 등은 향후 해안방제작업에 있어 개선해 나가야 할 분야이었다.

같은 해인 2003년 12월 23일 02:00경 유조선 승해호는 여수항 B-묘박지에서 닻을 양묘하여 여수시 정량동 소재 LG칼텍스정유(주) 제7번 부두를 향해 수로가 좁은 광양항 제2항로를 따라 항해 중 02:30경 광양항 제1번 부이를 통과 중 이었고 정양호는 여수시 정량동소재 LG칼텍스정유(주) 제7번 부두에서 병커-C유 6,701톤을 적재코 경기도 평택항을 향해 출항 제2항로를 따라 진입하였다.

양 선박이 항로 진입하여 수분 후인 03:00경 여수시 낙포동소재 낙포부두 약 300m 해점에서 승해호 정 선수부와 정양호 좌현 4번 탱크 중앙부가 충돌하여 승해호는 구상선수(Balbaouse Bow) 길이 약 길이 6.6m × 폭 4m가 파공되고 정양호는 좌현 4번탱크 길이 약 6m × 높이 3m × 깊이 2.5m 파공되어 적재되었던 병커-C유 약 623톤가량이 해상으로 유출되어 주변해상 및 인근 해안까지 유출유가 확산되는 오염사고가 발생했다.



<그림2-12> 정양호 충돌사고 후 유출유 확산방지

(1) 해상방제

방제작업 방법은 유회수기나 유흡착재 기타 뜰체 갈쿠리 및 쪽대 등을 이용한 방법으로 작업을 하였으나, 겨울철이고 유출된 기름이 해수온도에 의해 굳은 상태이어서 작업 진도율이 너무 저조하고 작업 자체도 매우 난해하여 방제 대책본부에서는 작업을 보다 효율적으로 수행할 수 있는 방법을 모색하게 되었다. 작업방법 개선 방안으로, 해수온도가 너무 낮아 유출유가 확산되지 않고 고점도를 유지하면서 확산이 일정 범위로 제한된 상태에서 유흡착재나 유처리제는 물론 유회수기 또한 회수의 실효성이 낮기 때문에 바지에 포크레인을 탑재하여 고점도 해상 유출유를 포크레인으로 직접 퍼올리는 방법과, 모래운반선을 동원하여 운반선에 장착된 화물 크레인을 이용하여 유출유를 퍼올리는 방법을 구상, 방제업체에서 동원한 포크레인 등 장비를 사용하여 해상 방제작업을 실시한 결과 실효성이 높고 매우 효율적인 방법으로 판명되었다.



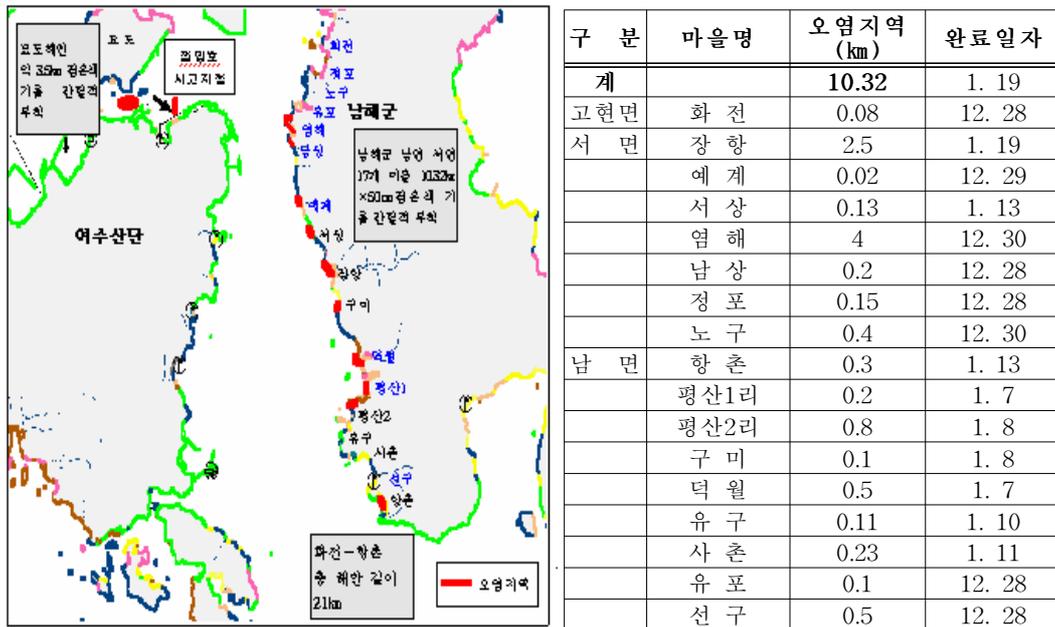
<그림 2-13> 뜰체 및 포크레인 이용 방제작업

그러나 유출유를 퍼올리는 작업은 매우 신속하여 짧은 시간에 이루어 졌으나 퍼올려진 기름은 저장할 공간이 부족하여 장비가동을 중단하는 시간이 길어져 장비는 놀리면서 장비 임대료만 지불하게 되는 시행착오를 격기도 하였다. 따라서 회수된 기름을 저장할 수 있는 충분한 공간 확보에 대한 논의가 이루어 졌고 전날 투입되지 못한 모래 운반선의 화물창에 회수유를 저장함으로써 공간 확보 문제를 해결할 수 있었다.

(2) 해안방제

해안오염 분포 상황은 묘도지역, 낙포 부두 등 사고선 주변 해안, 여수해만과 접해있는 남해도 서쪽 해안 등 크게 3개 지역으로 구분된다. 사고당일 23일에는 유출유 유동 방향에 위치한 묘도 남쪽해안을 중심으로 동쪽 및 서쪽까지 덩어리 상태로 비교적 넓은 지역에서 유출유가 발견되었으며 이어서 여수산단 내 낙포 부두, 다음날부터는 조류와 강한 북서풍의 영향으로 약 10cm 내외의 크고 작은 덩어리 상태로 남해도 서쪽 해안까지 광범위하게 분포되었음을 확인할 수 있었다.

<표 2-12> 남해 해안방제 지역 및 완료일자



<그림 2-14> 해안에 부착된 오염지역

<표2-13> 해안 방제 동원 인원 및 기자재

구 분	인 원 (명)	선 박 (척)	유흡착재 (kg)	유처리제 (ℓ)	고압세척기 (대)	포크레인 (대)
방제업체	8,413	720	4,740	9,242	329	182

(3) 유류이적 작업

12월 23일 08:10 정양호 화물창의 적재유를 이적하기 위해 여수 소재의 아래 유조선들을 동원하여 적재된 기름을 철야 이적하였다. 이적한 적재유는 4번 좌현탱크 유성혼합물을 제외한 전량을 LG-caltex정유(주) 제품부두 공장으로 이송하였다.

<표2-14> 사고당시 화물탱크 기름적재 현황(단위 kl), <표2-15>적재된 기름탱크의 기름 이적량

208.095	392.341	385.342	376.828	254.030		선명	이적량(kl)
No.1 259.941	No.2 617.499	No.3 775.952	No.4 764.864	No.5 758.283	기 관 실	합계	5610.106
207.890	384.754	379.876	382.202	252.525		2남산호	1,043.907
						5정진호	1,081.140
						세일호	1,070.349
						대양호	1,124.196
						동수호	1,291.514



<그림 2-15> 기름이적 작업 및 손상 탱크내 회수작업(데스미 터미네이터)

(4) 교훈

현장상황 보고를 접한 해양경찰청에서는 해양오염관리국장이 즉시 현장에 임장하여 방제대책본부를 설치하고 사고 현장 답사 및 방제대책회의 등 진두지휘

함으로써 방제 관계자들의 일사 분란한 지휘통제와 필요 인력 장비 등을 동원 함으로써 체계적이고 효율적인 방제작업을 할 수 있었고, 그 결과 600kl이상 대량의 기름유출에도 불구하고 짧은 시간에 원만히 작업을 완료할 수 있었다.

기름화물을 취급하고 있는 낙포부두에는 기름유출 초기방제의 중요성을 감안하여 부두내에 오일펜스를 상시적으로 설치하고 있으며, 사고 당시 물때가 북서쪽으로 흐르는 시간대로 LG칼텍스정유 제품부두쪽으로 밀려올 것을 예측하여 LG제품부두에 상시 전장되어 있는 오일펜스를 순발력 있게 이용함으로써 유출유의 대부분을 포집하여 광범위로 확산되는 것을 방지하는데 지대한 공헌을 하였다. 또한 한국해양오염방제조합에서는 사고선박에 신속히 오일펜스를 2중 포위 전장한 후 사고발생 2일만에 포집유 전량을 회수 완료하여 조기에 방제조치를 종료하는데 기여하였다.

이번 방제작업을 통하여 겨울철 고점도유에 대한 새로운 방제작업 방법을 배울 수 있었다. 유출유가 고점도일때 기존에 행해지던 유회수기, 유흡착재, 유처리제 등 방제 기자재는 효율성이 매우 떨어져 작업이 거의 이루어지지 않아 중장비를 동원한 다소 생소한 방법의 작업을 수행하게 되었다. 그 결과 작업성고가 매우 우수하여 본격적인 작업을 시행한지 불과 몇 시간만에 유출유의 90% 이상을 수거할 수 있었다.

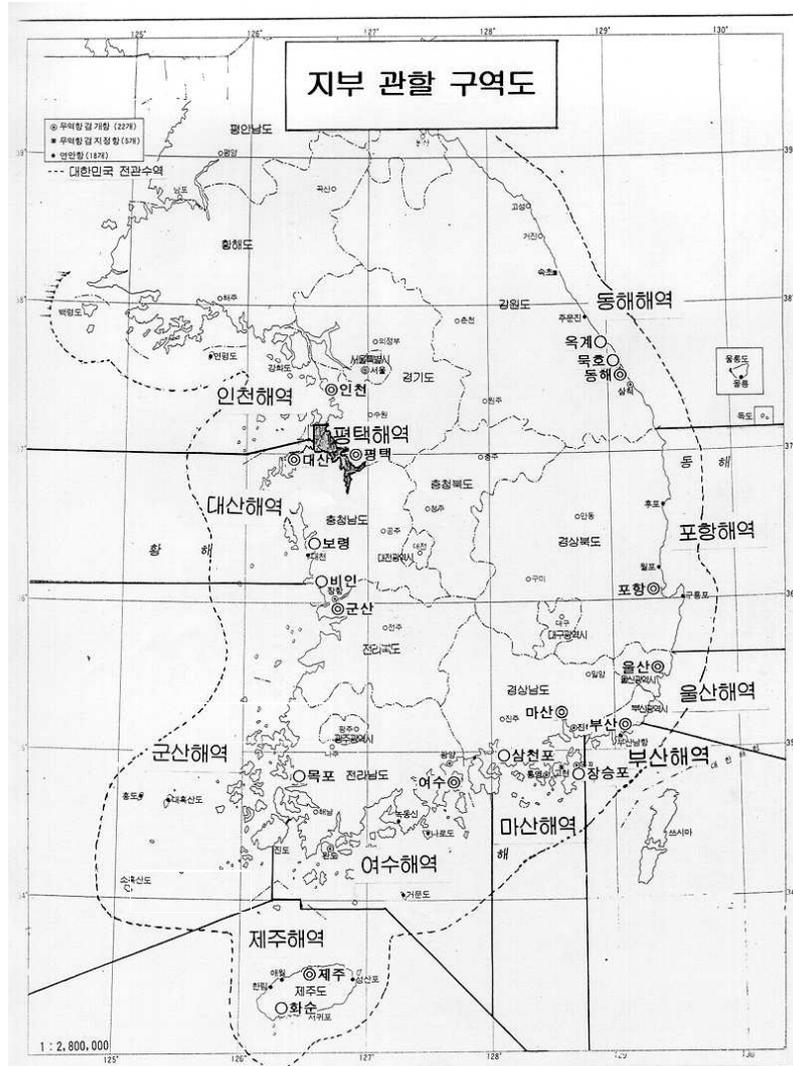
한편, 유출된 기름이 수차례의 항공감시와, 수십척의 선박이 오염군 확인 감시를 하였으나 덩어리 형태로 침수되어 남해도 해안에 넓게 도달할 때까지 유출유를 발견하지 못한 것은 육안을 통한 오염군 탐색의 한계를 드러낸 결과로 추후 적외선 등 첨단 장비 등을 통한 탐색이 이루어져 야간이나 안개 또 이번과 같은 상황에서도 유출유 유동을 지속적으로 확인할 수 있는 여건을 갖추어야 할 것이다.

제3장 한국해양오염방제조합의 보유 방제장비

3.1 한국해양오염방제조합의 설립

1995년 발생한 씨프린스호 유류오염사고는 우리나라에서 해양오염의 심각성과 이에 대한 대비의 필요성을 인식하는 계기가 되었다. 1995년 해양오염방지법을 개정하여 해양경찰청을 중심으로 한 방제작업 지휘체계를 일원화하였고 아울러 해양오염방지 5개년 계획 등 국가차원에서 해양오염에 대한 종합적인 정책을 수립하여 시행하게 되었다. 해양오염방제를 위한 국제적인 협력을 위한 OPRC국제협약에도 가입하게 되었다. 이듬 해 당정협의회에서 민간차원의 방제 전문기관의 설립을 결정하고 정유사를 중심으로 유류오염방제조합을 설립·운영해 오다가 정유사의 분담금 납부실적의 미비로 해양오염방지법을 개정하여 한국해양오염방제조합을 설립해 오늘에 이르렀다.

현행 해양오염방지법에서 정하고 있는 한국해양오염방제조합의 설립목적은 해양에 배출된 기름등 폐기물에 대한 효율적인 방제와 방제에 관한 교육·훈련 및 기술개발을 통하여 방제능력을 향상시킴으로써 해양환경을 보전하는 것으로 되어 있으며, 현재 수행 중인 주요업무로는 해양오염방제, 청항업무, 선박폐유 수거처리, 수중침적폐기물 수거처리 및 예선·기중기선 업무 등 다양한 해양환경사업을 통하여 국내 해양환경 보전업무를 체계적이고 종합적으로 수행해 오고 있다. 국내 유일의 해양환경관리 전문기관으로 대형 오염사고에 대비한 선진 수준의 방제회사를 목표로 하여 국내 28개 주요 무역항에 청방선을 전진 배치하여 해상 쓰레기 청소와 해상오염 사고시 방제업무를 수행하며, 전국 13개소에 선박 폐유 수용시설을 갖춘 해양환경관리사업소를 설치, 운영함으로써 폐유 수거, 저장처리를 일괄 처리한다. 또한 총 38척의 예방선과 기중기선은 주요 항구, 항만에 배치하여 항만 입출항선박의 예인업무를 수행하고 오염사고시에는 방제선으로 활용하며, 기중기은 해양교량 건설, 항만공사, 케이슨 작업 등 국책개발 공사에 투입되고 해난사고시에는 침몰선 인양, 조난선박 구난 등 신속한 초동 구난조치와 방제작업을 수행한다.



<그림 3 -1> 한국해양오염방제조합 지부 관할 구역도

설립당시 목적사업이 주로 해상에 유출된 기름의 방제사업으로 한정돼 있어 예방보다는 사후관리업무에 치중해 왔던 것이 사실이다. 그러나 현재 해양오염의 대부분이 육상기인오염물질임을 감안할 때 해양환경보전을 위해서는 업무영역을 확대 유류오염뿐만 아니라 해양환경을 위협하는 모든 배출물질을 통제하는 종합적인 해양환경관리전문기관으로의 전환이 필요한 시점에 와 있다. 오염사고의 비용부담은 행위자부담원칙(Polluter Pay Principal)으로 있으며, 오염행위

자와 피해자 및 방제 처리자 간에는 상호 이해관계가 얽혀 있어 분쟁의 소지가 많은 것이 현실이다. 이를 원만히 해결하고 비용을 정산하는 데는 공공성·효율성이 동시에 요구되고 있어 국가가 개입할 수 있는 여지에 한계가 있으며 민간방제전문기관이 수행하는 것이 훨씬 효율적이다. 더구나 조함은 전국 해안선을 따라 11개 지부와 13개 환경사업소의 조직망에 450여명의 전문 인력을 보유하고 있어 바다환경의 과수꾼으로서 그 역할을 부담하는데 손색이 없다. 그리고 근린국가와의 협력체제에 있어서도 일본 해상재해방지센터(MDPC)와 싱가포르 기름유출대응센터(SOSRC)의 민간 전문방제기관과의 양해각서를 체결하고 있으며 최근에는 중국해상환경복무사 민간방제기관(COES)과의 협력방안을 모색하고 있어 만약의 경우, 씨프린스호와 같은 대형오염사고에 철저히 대비해 나가고 있다.

3.2 방제장비 및 자재의 분류

방제장비 및 기자재는 필수적인 것과 선택적인 것을 분류하고 모든 방제작업에서 가장 중요하다고 판단되는 것은 유회수기와 오일붐, 방제선 및 저장장치라고 할 수 있다. 유류오염 방제작업 형태를 크게 구분하여 해양방제와 해안방제로 나눈다고 하면, 방제장비 및 기자재는 아래의 표와 같이 필수장비, 선택장비로 구분하고 필수장비는 다시 주요장비, 보조 장비 및 자재, 지원시스템(혹은 지원설비)으로 분류할 수 있을 것으로 판단된다. 유수분리기를 사용하면 저장공간의 크기를 줄일 수 있고 회수유 이송작업량도 줄일 수 있고 저장공간 제약 때문에 발생하는 유회수작업 지연현상도 일어나지 않게 된다. 따라서 유수분리기는 유회수작업 고효율화 차원에서 보조시스템으로 분류하였다.

방제장비에 대한 합리적인 구성을 위해서는 우선적으로 기계적 회수 및 화학적 방제방법 등에 대한 상대적 중요성과 같은 국가 방제전략 및 방제방법의 큰 틀이 정립되어 있어야 한다. 각 방제방법에 대한 상대적 중요성은 지형적, 해역별 특성과 사회정치적 여건에 따라 달라질 수도 있다.

<표 3-1> 방제장비 및 기자재의 분류

작업구분	필수장비			선택장비
	주요장비	보조장비 및 자재	지원시스템	
해양방제	<ul style="list-style-type: none"> - 방제선* - 유회수기 - 오일분 - 저장장치 - 회수유 이송장치 (이송용 잠수펌프) - 유처리제 살포장치 - 유처리제 - 유흡착제 	<ul style="list-style-type: none"> - 기름이적장치 (크레인 취부 Pumping 장치) - (현장소각용장비) 	<ul style="list-style-type: none"> - 통신시스템 - 전원공급시스템 (소형발전기등) - 장비이송시스템 (크레인, 트럭, 지게차, 진수인양장치) - 유수분리시스템 - 장비보관시스템 · 장비창고 · 컨테이너박스 · 장비별 packing - 개인 안전장구 	<ul style="list-style-type: none"> - 케미칼 대응장비
해안방제	<ul style="list-style-type: none"> - 유회수기 (해안작업용) - 오일분 (해안용) - 저장장치 및 용기 (육상용) - 진공흡입장치 - 고압세척기 - 회수유 이송장치 (이송용 잠수펌프) - 유처리제 살포장치 - 유처리제 - 유흡착제 	<ul style="list-style-type: none"> - 세척 및 회수장비 (Rock cleaner) 	<ul style="list-style-type: none"> - 현장 사무소 및 지휘시스템 · 오피스텐트 · 냉난방 장치 · 전원공급장치 · 통신장치 - 장비이송시스템 (크레인, 트럭, 지게차) - 개인 안전장구 	<ul style="list-style-type: none"> - 해안용 이동장치 (모래, 자갈, 갯벌)
비고		현장소각용 장비는 내화용 오일분과 점화장치임		

※ 방제선이 필수장비로 분류되는 이유는 신속한 대응과 유출유 차단 및 회수작업의 효율성을 고려하였기 때문임. 따라서 방제선은 오일분의 전장 및 유회수기의 투입이 용이함은 물론이고 일정량 이상의 회수유 저장공간을 보유하는 것이 바람직함.

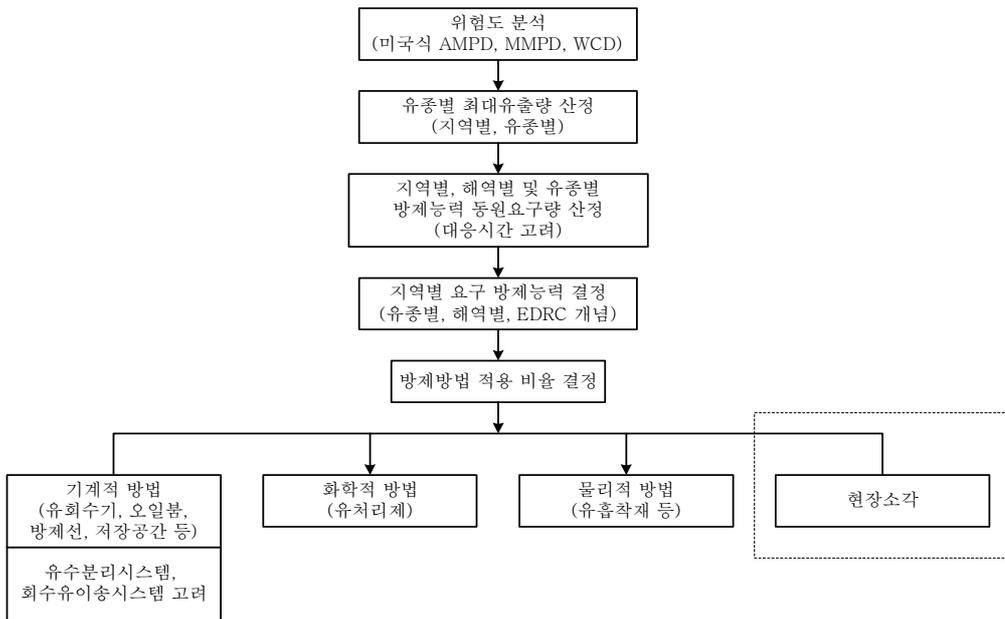
각 방제방법의 상대적 중요성이 결정되면, 각 방제장비 및 기자재의 방제능력에 대한 신뢰성 있는 산정방법을 확립하는 것이 필수적이다. 방제능력의 산정방법에 의해 결정된 수치는 하나의 합리적인 지표로서 인식되어야 하며, 이러한 수치는 실제 방제현장에서 일어나는 아주 복잡한 현상을 모두 반영한 것은 아니라는 것을 인식할 필요가 있다. 왜냐하면, 아무리 합리적인 산정방법이라 하여도 적절한 가정을 동반한 계산과정에 의해 수치가 산출되기 때문이다. 따라서 방제능력 산정방법의 의미는 산정과정에서 얼마나 현실적인 가정을 도입하였는가에 달려 있다.

우선 위험도 분석 과정에서 해당지역에 대한 각 유종별 최대유출량이 결정되었다고 가정한다. 이에 따라 유종별 회수 목표량을 결정하는 과정이 있어야 하고 각 방제방법의 적용비율을 결정하는 과정을 거쳐야 한다. 이 과정에서 지역별, 해역별, 유종별 및 각 대응시간 단계별 방제능력 동원요구량이 산출되며, 이를 만족시킬 수 있는 방제능력 배치요구량을 결정하게 된다. 유회수기에 의한 기계적 방제방법의 방제능력에 해당되는 것이다.

기계적 방제방법과 화학적 방제방법 및 물리적 방제방법의 적용비율은 해당 방법에 의한 방제능력의 비율에 불과하다. 예를 들어 우리나라의 경우 여러 가지 이유로 인하여 종래에는 유처리제에 의한 화학적 방제방법에 상당히 의존해 왔으나, 점차 유처리제에 의한 2차 오염 문제가 제기되면서 근래에는 기계적 회수를 최우선시하는 방향으로 전환되어가고 있다. 미국과 일본의 경우 유회수기 및 유회수선에 의한 수거를 80%, 유흡착재 및 유처리제에 의한 수거 및 처리를 20%로 지정해 놓고 있다(해양경찰청, 1997).

우리나라의 경우 해안선 주위의 천해역이 상대적으로 광범위하고 어업권어업 및 보호해역이 밀집해 있는 해역적 특성을 고려하면 국내 해양환경에서는 유처리제의 사용은 최대한 자제하고 기계적 회수를 방제작업의 최우선 목표로 삼는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 미국, 일본의 경우 유처리제 적용 비율과 우리나라 해역의 특수성을 감안하여 유처리제 및 유흡착재에 대한 의존 비율을 10% 정도로 제안하고 있다.

각 방제방법에 의한 방제능력을 합을 국가방제능력으로 인식하기에는 다소 무리가 따른다. 해역특성과 국가 방제전략을 고려하여 각 방제방법이 담당해야 하는 방제능력비율을 결정하면, 각 방제방법에 해당하는 방제장비 및 기자재의 확보량이 결정된다. 이에 따라 실질적인 방제장비 확보량을 산출하는 과정은 <그림 3-2>과 같이 도시된다.



<그림 3-2> 방제장비 필요수량 산정 과정(개념적)

<그림 3-2>에서 보인 바와 같이 유회수기를 이용한 유회수 방제능력에 대한 확보량(각 지역별, 해역별, 유종별)을 산출한다. 미리 논의한 각 방제방법의 방제능력 비율치에 따라 화학적 방법과 물리적 방법에 필요한 방제자원 배치량을 산정하게 된다. 여기에서 현장소각은 위험도 분석과정에서 우리나라에서 적절하게 요구되는 목표 해상 소각량을 결정하고 이에 적합한 해당 장비 및 기자재 수량을 산출하게 된다(현장소각의 경우 적용가능성에 대한 합의가 이루어지지 않았기 때문에 점선으로 표시하였음).

3.2.1 주요장비

1) 방제선

방제선(oil recovery vessel)이란 해양 유출유를 보다 효율적으로 수거하기 위하여 특별하게 설계된 전문 방제작업용 선박을 일컫는 말로서, 5톤 내외의 소규모 작업선(Response boat ; <그림 3-3>참조)에서부터 수백톤급에 이르는 전용방제작업용 선박<그림 3-5>에 이르기까지 종류와 특성면에서 매우 다양하다. 일반적으로 방제선이 갖추어야 할 기능 및 장비로는 일반적인 선박이

가지는 기능 및 장비이외에도 오일펜스의 전장 및 예인이 가능하고 유회수기를 해상에 내리거나 올릴 수 있는 장비(선상 J-프레임 혹은 크레인 등), 유회수기에 의해 회수된 혼합물을 저장할 수 있는 공간(저장공간을 많이 보유하지 못한 방제선의 경우는 회수유 저장용 바지 혹은 임시저장장치를 사용해야 함)을 가져야 한다. 통상적인 오일펜스 전장 및 회수작업은 그림 3-4~3-6에 보인 바와 같이 유회수기를 탑재한 전문 방제선에 의해 이루어진다.

해양 방제작업에 있어 초동조치의 중요성은 이미 충분히 인식되고 있으며, 최대한 이른 시간내에 유회수작업을 시작하기 위해서는 전문방제선의 역할이 매우 중요한 것으로 판단된다(Clauss, 1995). 예를 들어 그림 3-6과 같은 선체 중앙부가 두 부분으로 나누어져서 킨베어 시스템으로 되어 있어 기름띠를 따라 가면서 연안 실해역에서 효율적으로 회수하는 필터 시스템을 개발하여 운영하고 있다.



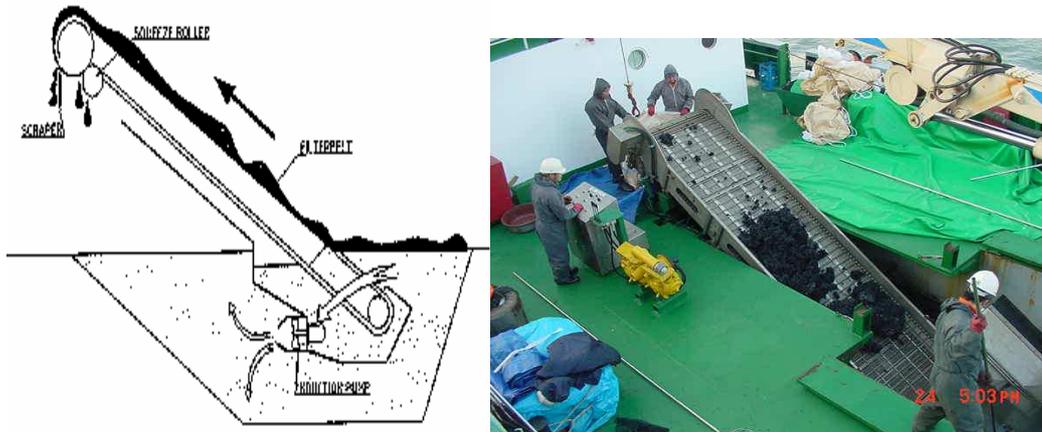
<그림 3-3> 소형 방제작업선(Response vessel)



<그림 3-4> 통상적인 오일펜스 전장 및 회수



<그림 3-5> 방제선의 한 형태 및 오일분
전장 작업



<그림 3-6> 흡착 벨트식 시스템 이용 방제작업

2) 방제부선

방제부선은 그림 3-7과 같이 회수유 저장탱크를 갖춘 바지를 이르는 것으로, 대규모 유출사고에 효과적으로 대응하기 위해서는 필수적인 것으로 판단된다. 방제부선은 대형 오염사고시 회수한 기름을 저장하고 현장 지휘 통제선으로 사용하도록 구비되어 있다.



<그림 3-7> 방제부선 예인 및 회수유 이송작업



<그림 3-8> Exxon Valdez 사고시
유회수 작업 중인 방제부선



<그림 3-9> MSRC에서 보유하고
있는 천해용 바지

3) 회수유수송선

방제부선은 회수유 저장 기능만 가지고 있다면, 회수유 수송선은 회수유의 저장 및 수송 기능을 동시에 가진 선박을 지칭한다. 즉, 회수유 수송선은 추력을 가진 바지(powered barge)로 볼 수도 있으며, 유사시에는 유조선을 임대하여 회수유 수송선으로 사용할 수도 있을 것으로 판단된다. 회수유 수송선을 대체할 수 있는 것은 방제바지와 예인선 혹은 푸쉬보트(push boat)를 활용하는 것이다. 실제로 MSRC에서는 방제바지와 천해용 푸쉬보트를 이용해서 회수유 이송작업을 수행하고 있는 것으로 조사되었다.

4) 유회수기

기계적 회수(Mechanical Recovery) 방법에서 가장 핵심적인 부분 중 하나가 유회수기(Oil Skimmer)라고 할 수 있다. 유회수기는 대상 유종과 역학적 방식에 따라 십여 종에 달하는 다양한 형태를 가지고 있으며, 유출유와 사용조건에 따라서 적합한 종류를 사용하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 수면에서 부유하고 있는 기름을 물리적인 방법으로 건져내는 것을 유회수 작업(Skimming)이라고 하는데, 유회수기는 해수로부터 기름을 분리하여 수거하는 기계적 장치이다. 방제작업의 핵심공정은 해수로부터 누유를 분리하여 물리적으로 수거하는 유회수 작업이라 할 수 있다.

유회수 작업은 통상 유층이 두꺼울 때 용이하므로 오일붐으로 기름을 가두어 모은 후에 스키머를 사용하여 수표면의 기름을 제거한다. 종래에는 파고가 2m 이상이 되면 효율이 매우 낮아져서 거의 쓸모가 없으나 최근에 개발되는 스키머는 파도에 따라 움직일 수 있도록 설계되고 있다. 그러나, 유층이 얇아지면 기름의 회수 능률이 저하되며 파도가 있는 해면에서는 물의 흡입율이 높아지므로 회수효율이 자연히 저하된다는 단점이 있다.

수거효율은 유층의 두께, 점도, 해상상태 및 저장용량 등에 따라 좌우된다. 수거효율과 함께 유회수기 선정시 고려사항으로는 이동 및 설치의 편리성과 수리보수의 용이성 등이 있다. 유회수기는 기름의 종류에 따라 다양한 방식이 채택된다. 유회수기의 분류는 다양한 기준에 의해 행해질 수 있으나, 수거방식에 따른 분류가 일반적이다. 수거방식은 크게 흡입식과 흡착식으로 대별된다.

<표 3-2> 유회수기 분류 및 종류

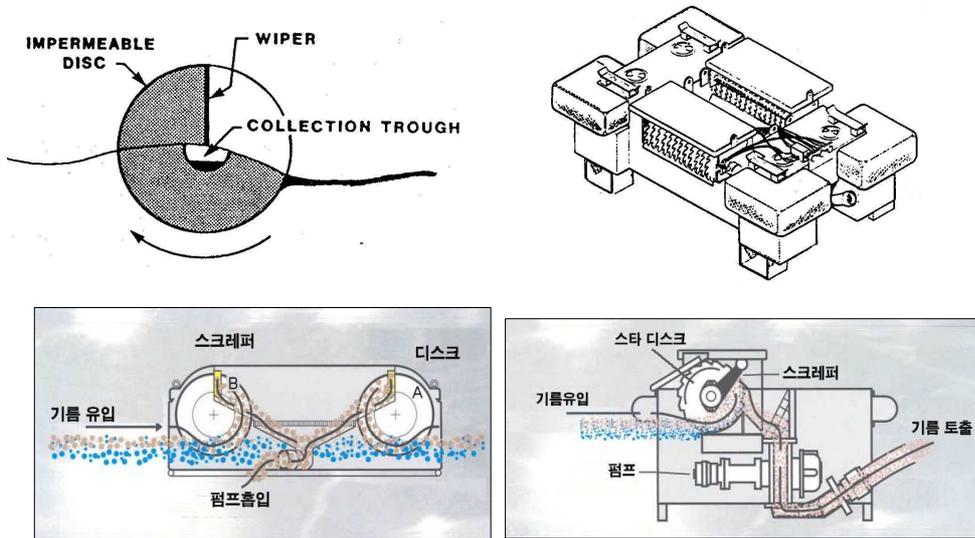
분류기준	종 류
작업수행방식	선박일체식, 고정식, 이동식
수거방식	흡인식, 흡착식, 흡입식
운용원리	위어, 친유성, 진공식, 기계식

흡착식은 기름이 물체표면에 달라붙는 성질을 이용하여 해상에 떠있는 기름만을 선택 흡수하는 방식으로서 벨트나 Mop를 사용한다. 기술개발의 주요내용은 기름의 종류에 따른 유회수방식의 최적화에 있다. 흡착식은 기름이 물체표면에 달라붙는 성질인 친유성(oleophilic)을 이용하여 해상에 떠 있는 기름만을 선택 흡수하는 방식으로서 초기의 유회수선에서 많이 채용되었으며, 보통 점도가 낮은 기름인 경우에 사용된다. 흡착식은 다공물질을 이용한 흡착식과 부착식으로 나뉘어진다. 다공물질을 이용한 흡착식은 기름이 다공질의 물질에서 모세관현상으로 침입하여 부착하는 성질을 이용한 것으로서, 다공질 드럼, 벨트, 형겅(Mop) 등을 무한궤도로 움직여 기름을 부착시켜 집유조로 보내어 압착, 회수하는 방식으로서, 초기의 유회수선에서 많이 채용되었다. 이 방식은 보통 점도가 낮은 기름인 경우에 사용된다. 부착식은 점도가 상대적으로 높은 기름이 물체표면에 잘 부착하는 성질을 이용한 것으로서 경사판식과 원판식이 있다.

친유성 유회수기의 종류로는 로프(rope), 디스크(disk) 및 벨트(belt) 유회수기를 포함한다. 친유성 표면이 유막속으로 이동하며 또 그 친유성 표면에 묻은 기름은 그 표면으로부터 계속하여 긁거나 짜내어 유유통 수집구역으로 보낸다. 친유특성을 이용하는 유회수기는 흔히 물과 비교할 때 고비율의 회수율을 달성시키게 된다. 이들 유회수기는 중점도 유류에 가장 잘 작동된다. 디젤유나 등유와 같은 저점성 유류는 고회수율이 얻어지도록 친유성 표면에 충분히 두꺼운 층으로 모아지지 않는다. 중질유 연료유와 같은 고점도 물질은 과도하게 끈적끈적하며 또 제거하기가 난해하나 대조적으로 점성의 물속에 든 유류 유화액은 거의 접착력이 없을 수가 있다.

(1) 원판식(Disc Skimmer)

원판식은 기름이 금속판에 잘 부착하는 성질을 이용한 것으로, 부착면적 증대를 위하여 다층회전 원판식이 많이 사용된다. 원리상 회수한 기름중 수분이 적고, 유막의 두께에도 영향이 없으나, 파랑중 효율이 저하되고 보수관리가 용이하지 않은 단점이 있다. 친유성 원판이 기름면에 수직된 위치에서 회전하여 기름을 접촉시키며 한편에서는 이를 고무 blade wiper로 제거·회수하는 방법이다. 이 방식은 소형 portable skimmer에 가장 많이 쓰이고 있으며, Vessel식도 있다.

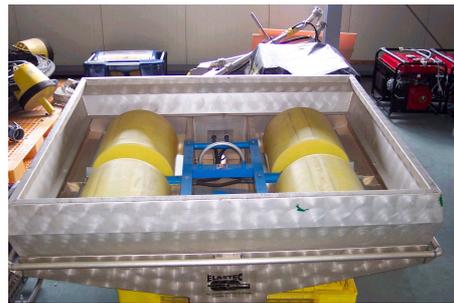
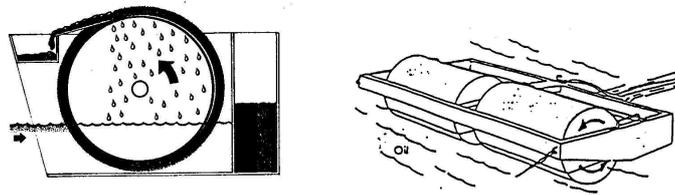


<그림 3-10> 디스크식 유회수기(코마라20 및 코마라 스타)

(2) 원통형 유회수기(Drum Brush Skimmer)

드럼을 기름층에서 회전시켜 표면에 묻은 기름을 Wiper로 제거·회수하는 방법이며 소량의 기름을 제거하기 위하여 보통 소형보트에 장치되어 사용된다. Drum 표면에 기름이 부착되는 원리를 이용한 것이며 원판형 회수기와 거의 유사한 성능을 갖는다. 유출유의 성질에 적합한 속도로 회전하는 구동 Drum의 Fin에 기름을 부착시켜 그것을 내마모성이 우수한 머리빗 모양의 Wiper로 긁어 떨어뜨려서 기름받이에 회수하도록 한 것이다. 기름받이에 회수된 기름은 이송 Pump에 의해서 회수유 탱크로 유입된다.

기름의 흡착성을 이용 착안한 것으로 적합한 간격으로 설치한 다수의 원판을 회전시켜, 이 원판에 부착된 기름을 내마모성이 우수한 머리빗 모양의 Wiper로 긁어 떨어뜨려서 Drum의 중심에 설치한 기름받이로 도입시켜 회수하도록 되어 있고 기름받이에 회수된 기름은 이송 Pump에 의해서 회수유 탱크로 도입된다. 금속원판을 다수 결합한 roller를 회전시켜 이 원판에 부착된 기름을 내마모성이 우수한 Wiper가 긁어 떨어뜨리면서 유분만을 기름받이에 회수되도록 한 것이다. 한편 기름받이에 회수된 기름은 이송 Pump에 의해서 Tank로 흡수된다.

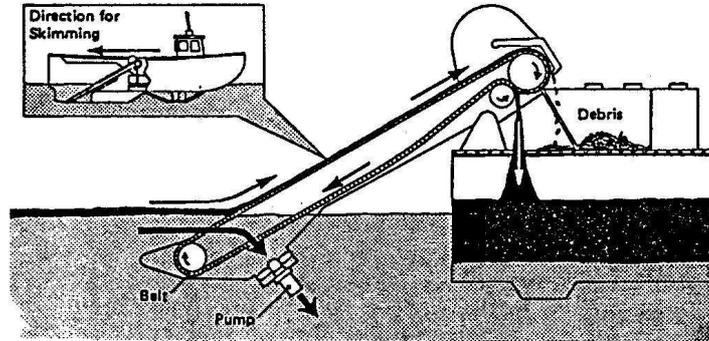


<그림 3-11> 드럼 유회수기(Magnum 100/200)

(3) 흡착 벨트식 유회수기(Filter Belt Skimmer)

친유성인 동시에 기수성인 Mop를 무한궤도로 작동시켜 기름을 흡착, 탈착하여 수거하는 방법으로서 쌍동형 선박 등의 전면이나 사이에 설치하여

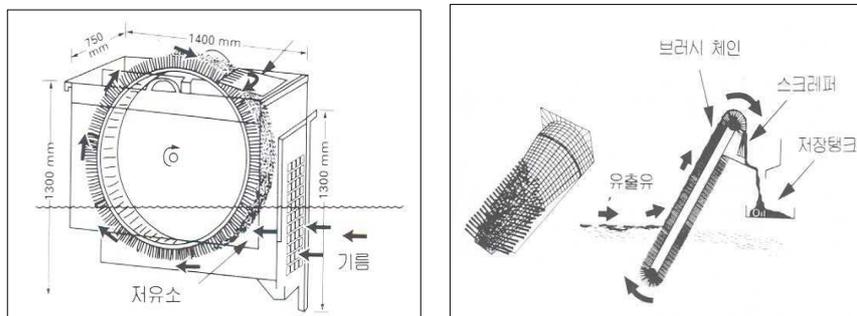
사용한다. Belt형 스키머는 유희수용 소형선박에 장착되어 사용된다.



<그림 3-12> 흡착 벨트식 유희수기(상향 회전방식)

(4) 브러쉬 스키머

브러쉬 표면에 기름을 묻혀서 회수하는 친유성 회수기이다. 드럼과 체인에 브러쉬를 설치한 두개의 종류가 있으며 각각의 경우마다 브러쉬는 유수 경계면을 지나면서 회전하고 이렇게 함으로써 브러쉬에 흡착된 기름은 브러쉬에서 제거되어 기름통 속으로 모이게 된다.



<그림 3-13> 브러쉬식 유희수기(PBC-2, 트롤브러쉬)

(5) 위어 유희수기(Weir Skimmer)

수면으로부터 기름을 회수하기 위해 비중을 이용하는 위어장치가 있다. 일반적으로 위어의 맨 윗부분이 유층의 상부 바로 아래에 적당히 위치하여 기름이 위어 위로 흘러 들게하여 수집통에 들어가게 하는데 기름은 이 수집통에서 저장탱크로 이송된다. 어떤 회수기는 위어가 기름과 함께 회

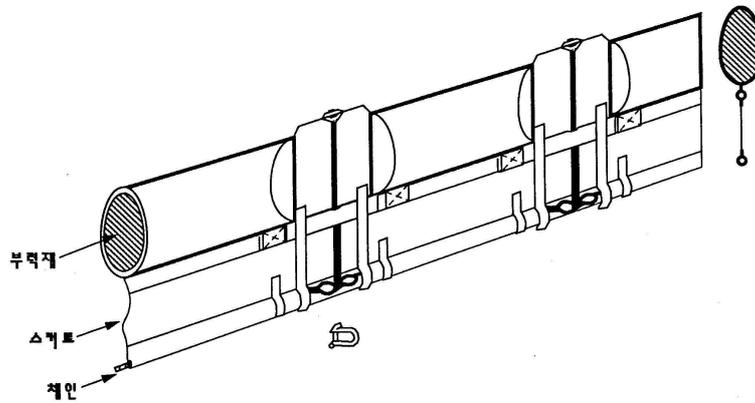
수되는 물의 양을 제한할 수 있게 조절될 수 있으나 고정식 위어가 있는 장비들은 기름과 함께 상당한 양의 물을 회수할 수 있다.



<그림 3-14> 위어 유회수기 (Terminator & Transrec 100/200)

5) 오일붐(오일펜스)

오일붐(오일펜스)은 유회수기와 함께 기계적 회수방법의 핵심요소이며, 유출된 기름의 확산을 차단하고 유층의 두께를 높임으로써 유회수기에 의한 회수작업의 효율을 배가시키는 역할을 한다. 한편 “오일펜스(oil fence)”와 “오일붐(oil boom)”은 일반적으로 통용되나, 해양오염방지법상에는 “오일펜스”를 사용하고 있다. 미국의 경우 “oil boom”이라는 용어가 보다 더 자주 사용되는 것으로 보인다. 따라서 본 보고서에서는 두 용어를 혼용함을 밝힌다. 오일붐은 수선면 형상의 특성이 좋으며, 스키프의 끝단에 장력지지부가 있어 수직운동 특성이 매우 양호한 경우가 많다. 여기에서 수직운동 응답의 특성이 좋다는 것은 파면을 따라서 움직인다는 것을 의미한다(파 운동과 오일붐의 운동의 위상차가 미소함). 또한 여유 부력대 중량비가 큰 경우(3:1 혹은 7:1이상)가 많은데, 이러한 특성도 수직운동응답 특성에 좋은 영향을 준다. 이와 같은 오일붐의 양호한 수직운동응답 특성을 이용하여 유회수기를 오일붐에 장착해서 사용하는 붐스키머의 사용도 고려해 볼 필요가 있다. 일반적인 유회수기는 파도에 노출되면 운동성능저하에 의한 회수성능 급감현상이 뚜렷하기 때문에 오일붐의 장점을 활용하여 유회수 성능을 유지하려는 것이다.



<그림 3-15> 오일붐의 형상

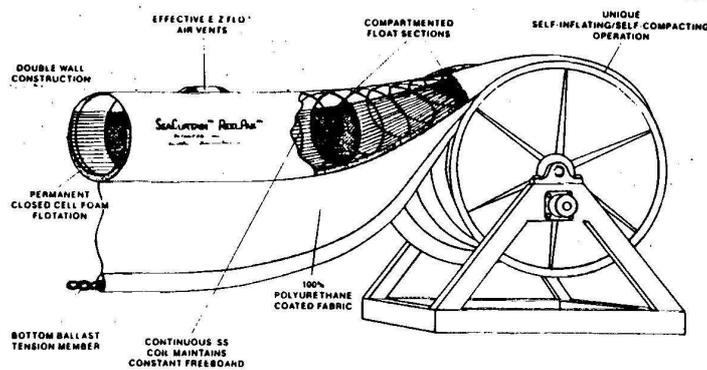
오일붐에 대해서 한 가지 더 언급하고자 하는 것은 대양용 오일붐이라고 불러주는 C형 오일붐에 대한 것이다. 사실 대양용 오일붐은 용어상으로는 대양(외양 혹은 외해)에서 사용할 수 있도록 형식 승인된 C형을 이르는 것이지만, 의미상으로는 파랑이 높은 해역에서 실질적으로 사용이 가능하도록 설계, 제작된 오일붐을 지칭하는 것이다. 그러나 국내에서 대부분의 기관에서 보유 중인 C형 붐은 건현부가 60cm, 흡수부가 90cm정도에 불과하여 실질적인 대양용 오일붐이라고 하기에는 다소 무리가 따르는 것이 사실이다. 본 연구에서는 아래의 그림과 같이 현재 보유중인 C형 오일붐보다 건현부와 흡수부가 더 크며, 보다 심한 해역환경에서 외력에 충분히 견딜 수 있는 오일붐의 확충이 시급함을 지적하고자 한다.

<표 3-3> 오일붐 형상

형식	본체부		접속부(cm)	용도
	건현 (cm)	흡수 (cm)		
A형	20이상~30미만	30이상~40미만	60이상~80미만	항만용
B형	30이상~60미만	40이상~90미만	80이상~150미만	연안용
C형	60이상	90이상	150이상	대양용



<그림 3-16 > 대양용 오일뚬 예



<그림 3-17> C형 오일뚬 전장

6) 유흡착재

물리적 수거방법은 인력에 의해서 기름을 잘 흡수하는 물질로 만들어진 유흡착재<그림 3-18>를 사용하는 것이다. 즉, 유흡착재는 기름을 끌어당기는 성질이 있어야 하고 동시에 물에 대해서는 밀어내는 성질을 가지고 있어야 한다. 유흡착재가 효과적인 방제수단이 되기 위해서는 단위 중량당 기름을 많이 흡수할 수 있어야 하고 또한 동시에 물을 최소한 작게 흡수해야 한다. 그리고 유흡착재는 방제작업자와 주위환경에 유해하지 않는 재질로 만들어져야 하며, 기름을 다량 흡수하였을 때 유흡착재가 가라앉지 않도록 제조되어야 한다. 참고로 유흡착재를 자동으로 투척하는 장비도 개발되어 있다.



<그림 3-18> 유흡착재 붐형 및 패드형

7) 유처리제

유처리제는 기름의 응집성(cohesiveness)을 줄여줌으로써 유막이 바람과 파랑 및 조류에 의해서 작은 유적으로 깨질 수 있도록 하여 해표면 및 해면아래로의 확산 및 분산을 촉진함으로써 자연적인 분해 및 풍화작용을 촉진하는 화학제품이다. 유처리제의 유분산 성능은 대상유의 점성과 밀접한 관련이 있는데, 일반적으로 2,000 cSt 이하의 기름에 대하여 효과를 발휘하며, 10,000cSt 이상의 기름에 대해서는 거의 효과가 없는 것으로 알려져 있다. 또한 유출된 지 24시간 이내에 살포되어야 효과를 볼 수 있다(Hayes et. al., 1992). 대부분의 국가에서 유처리제는 선택적으로 사용되는 것이 사실이며, 국가에 따라서 유처리제에 대한 의존도에 다소간의 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 우리나라의 경우 해안선 주위의 천해역이 상대적으로 광범위하고 어업권어업 및 보호해역이 밀집해 있는 해역적 특성을 고려하면 국내 해양환경에서는 유처리제의 사용은 최대한 자제하고 기계적 회수를 방제작업의 최우선 목표로 삼는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

8) 펌프 및 이송장치

방제작업에 있어서 펌프는 가장 중요한 요소 중 하나이다.

- i) 펌프는 유회수기에 반드시 사용되어야 하고
 - ii) 회수유를 임시저장장치로 옮기기 위해서 사용되어야 하며
 - iii) 임시저장고로부터 다른 곳으로 옮기기 위해서도 필요하고
 - iv) 회수된 기름을 처리시설로 옮기기 위해서도 사용해야 하기 때문이다
- (Schultz, 1999). 그러므로 펌프는 유회수기에 사용되는 경우 외에는 이송장치로 불려도 무방하다고 할 수 있다. 이송펌프는 다양한 종류의 기름을 이송할 수 있는 구조적 특성을 가지고 있어야 하며, 회수유 이적작업에 의해 유회수작업이 지연되는 일이 없도록 충분한 이송능력을 확보해야 한다. 이송펌프의 형태는 아래의 그림과 같이 고정식과 이동식의 두 가지로 분류할 수 있으며, 방제선의 경우에는 선체에 고정된 이송펌프를 가지고 있는 경우가 많다. 경우에 따라서는 그림 3-19와 같은 이동식 이송펌프의 필요성도 있으므로 사용처에 따라 적절한 선택을 할 필요가 있는 것으로 보인다.



<그림 3-19> 이동형 이송펌프

9) 유처리제 살포장치

유처리제 살포장치는 아래 그림과 같이 유처리제를 유막 위에 분사하기 위해 필요한 장치로 항공기, 헬기 및 방제선에 의한 분사방법이 있다.



<그림 3-20> 유처리제 살포 방법

10) 임시저장장치

임시저장장치(temporary storage facility/device)는 회수유를 처리시설로 보내기 전에 임시로 저장할 수 있는 공간을 가진 설비 및 장치를 통칭한다. 임시저장장치로는 해상에 부유시켜 놓은 상태에서 저장할 수 있는 뿔형태의 부유식 저장장치(그림 3-21)와 해상에서 간단하게 조립할 수 있는 조립식 저장장치(그림 3-22) 등에서부터 해안에 임시로 구덩이를 파서 만든 저장조까지 다양한 형태를 가지고 있다.



<그림 3-21> 부유 및 예인식 회수유 저장장치



<그림 3-22> 이동 및 고정식 회수유 저장장치

11) 비치크리너

해안수거작업(beach cleaning)은 수작업(manual), 세척(washing), 기계적인 방법(mechanical), 진공펌프(vacuum)에 의한 방법에 의해서 이루어진다.

(Shultz, 1999). 비치크리너, 즉, 해안수거장비는 이러한 4가지 방법을 수행하기 위해 필요한 장치 및 장비를 지칭한다. 수작업에 의한 해안수거작업은 삽(shovel), 레이크(rake), 유흡착재(sorbent)를 사용하여 실시한다. 이 밖에도 아래의 그림에서 보인 바와 같이 빗자루 형태의 수거장비도 있다.



<그림 3-23> 수작업용 해안 부착유 수거도구(Beach Broom)

세척작업을 하기 위해서는 펌프를 이용하여 해수를 기름으로 오염된 해안으로 펌핑하여 기름을 해안선 아래로 씻겨 내려가게 한 다음 해안용 붐(long shore containment boom)을 이용하여 차단하여 유회수기로 수거하는 방법을 쓴다. 해수를 가열하여 세척 작업하는 경우도 있으나, 해안 생태계를 파괴하지 않는 정도의 온도(약 60℃이하)를 사용하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다. 기계적 방법에 의한 해안수거작업은

- i) 해안표층처리장비(upper beach layer processors)
- ii) 비치레이크(beach rake)
- iii) 친유성 장치(olephilic devices)
- iv) 해안용 스키머(shoreline skimmers) 등으로 분류된다(Shultz, 1999).

해안표층처리장비는 깊이 50cm 정도까지 표토를 긁어 올릴 수 있는 모든 종류의 장비를 지칭하며, 대체로 건설 중장비가 해당된다고 할 수 있다. 트랙터, 불도저, 그레이더/스트래퍼(페이로더), 포크레인 등을 사용할 수 있다. 그러나, 중장비의 사용은 해안선 표토에 따라 사용하기 어려운 경우가 많다. 해안선의 표층이 무거운 중장비에 의해 손상이 우려되는 경우에는 해안청소를 위해 전문적으로 개발된 장비인 비치레이크를 사용하여야 한다. 비치레이크는 해안 표면의 기름에 오염된 표토를 긁어모으나 암석질 해안과 자갈이 많은 해안에서는 적용하기 어렵다.



<그림 3-24> 비치레이크(Beach Rake)



<그림 3-25> "Walk-behind sand cleaner"

친유성 재질을 이용한 해안수거장비는 친유성 재질의 드럼 혹은 브러쉬에 의해 기름을 수거하고 호퍼(hopper)로 기름을 회수하는 방식을 사용한다. 해안용 스키머는 진공펌프에 의한 해안수거방법(그림 3-26)을 가장 광범위하게 사용되는 방법이다. 해안 표착유의 기름층이 비교적 두꺼운 경우에는 단독으로 사용이 가능하지만, 그렇지 않은 경우에는 다른 세척장비와 공동 작업이 이루어져야 한다.



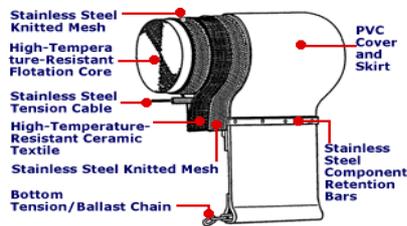
<그림 3-26> 진공펌프에 의한 해안부착유 수거 작업

12) 기타 방제장비 및 기자재

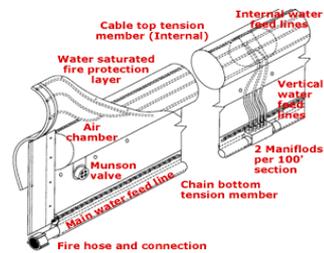
이 밖에도 기계적 수거방법 중 하나인 유수분리기와 해상 현장소각을 위해 필요한 내화용 오일붐(fire resistant boom)과 점화장치를 들 수 있다. 유수분리기는 회수율이 좋을수록 유회수효율이 떨어지는 유회수기의 일반적인 단점을 극복할 수 있는 대안으로 부상하고 있는 방제장비로서, 저장 공간의 소요량을 줄여줄 뿐 아니라 방제작업의 효율성을 배가할 수 있다. 또한 처리비용을 혁신

적으로 줄일 수 있고, 또한 방제작업 중 불가피하게 시행할 수밖에 없는 “decanting process(저장조의 아래 부분에서 회수유를 바다로 방출하는 행위 및 과정)”에 의해 발생하는 원치 않는 해양오염을 줄일 수 있다.

내화용 오일붐(그림 3-26~28)은 유출유가 타면서 내는 강한 열과 높은 온도(1000~1300℃)에 견딜 수 있는 재질로 만들어진 붐으로, 기존 붐이 가지는 특성에 더해서 내화성을 부가한 것이라 할 수 있다. 그림에서 보인 바와 같이 현재 내화용 오일붐은 이미 여러 가지 종류가 개발되어 있으며, 국내에서도 내화용 오일붐에 대한 개발 시도가 있었음은 고무적인 일이라고 할 수 있을 것이다.



<그림 3-27> 고분자 섬유를 이용한 내화용 오일붐 (Fabric boom)



<그림 3-28> 수냉식 내화용 오일붐



<그림 3-29> 내화용 오일붐을 이용 소각

유출유의 유층이 두껍고, 유상화가 많이 진전되지 않은 경우에는 발화시키는 것은 그다지 어려운 일이 아닌 것으로 알려져 있으나, 그렇지 않은 경우에 사용하기 위하여 개발된 점화장치로는 “heli-torch”와 레이저를 이용한 점화장치, 음향공명현상을 이용한 점화장치 등이다.

3.3 한국해양오염방제조합의 보유 방제장비

전 세계적으로 널리 사용되는 방제장비 및 자재에 대한 전체목록을 파악하고 우리나라 해역에서 방제작업을 수행하기 위하여 적합한 방제선, 방제바지, 회수유 수송선, 유회수기, 오일펜스(오일붐), 유흡착재, 유처리제 등의 방제장비 및 자재에 대하여 기능과 특성을 위주로 3.2에서 살펴보았다. 또한, 한국해양오염방제조합에서 보유한 장비 및 자재를 위주로 하였고 특정 장비 및 자재에 대한 설명을 돕기 위하여 제시된 그림 및 사진은 인터넷에서 내려 받은 것이 대부분으로 특정회사의 제품에 대한 설명이 아님을 명확하게 밝혀 두는 바이다.

3.3.1 보유 방제장비

1) 방제선 : 56척

방제선은 <표3-4>청방선·예방선과 <표3-5>소형 방제선 다기능 방제선으로 나눈다.

<표 3-4> 청방선 · 예방선

지부	척수(척)	톤수	항행구역	비고
계	52	6,920		
인천	8(청방3,예방5)	1,244	연해	
대산	2(청방1,예방1)	252	연해	
평택	3(청방1,예방2)	394	연해	
군산	5(청방1,예방4)	630	연해	
목포	1(청방1)	65	연해	
여수	6(청방2,예방2,환경2)	774	연해	
마산	4(청방2,예방2)	405	연해	
제주	2(청방1,예방1)	166	연해	
부산	8(청방3,예방5)	843	연해	청방1 평수
울산	3(청방1,예방2)	571	연해	
포항	3(청방1,예방2)	402	연해	
동해	4(청방1,예방3)	626	연해	
기중기	3(예방)	548	연해	

<표 3-5> 소형 방제선

종 류	선명	총톤수	배치지역	비고
소형 작업선	청정1,2,3,5,6, 7,8,9,10,11호	3~5	제주,마산제외	
다기능 방제선	방제1,2,3,5호	5~15	여수(2),대산,울산,	
방제 부선	방제1001,2,3호	560~642	인천,여수,울산	

2) 유회수기 : 총 130대

<표 3-6> 유회수기

종류	장비명	용량(kl/h)	수량×용량	배치지역
Disc형	DS-50	100	2 × 50	군산,평택
	RO-Disc 40	200	5 × 40	인천,마산,동해,군산,포항
	Komarastar	220	10 × 22	부산,인천,여수,울산,대산,마산,동해,군산,포항,제주
	Komar20K	320	16 × 20	부산(2),인천(2),여수(1),울산(2),대산(2),마산(2),동해(1),군산(2), 포항(1), 제주(1)
Weir형	Transrec100	200	2 × 100	인천(109청룡),부산(108청룡)
	Transrec200	200	1 × 100	여수(316대룡)
	Desmi Terminater	700	7 × 100	인천,여수,울산,대산,마산,군산, 포항, 평택
	Desmi Mnimax	280	8 × 35	부산,인천,여수,울산,대산,마산,동해,제주
	Tarantular	500	2 × 250	여수,울산
	TR-100	400	4 × 100	대산(2),군산,여수
	KJC-60	60	1 × 60	인천
	WDS-50	150	3 × 50	울산,동해,평택
Ecoflo-5	106	2 × 53	여수,평택	
Mop형	RM-090DV	105	3 x 35	인천,여수,울산
Drum형	Magnum-100	66	3 x 22	인천,마산,동해
	Magnum-200	135	3 x 45	부산,대산,군산
브러쉬형	OPC-8	300	2 × 150	인천,여수
	PBC-6	360	3 × 120	여수,울산,마산
	PBC-3SM	50	1 × 50	군산
	PMS-3	150	3 × 50	마산,동해,군산
	Minimax-10	121	11 x 10	부산,인천,여수,울산,대산,마산,동해,군산,포항,제주,평택
	Uniskim	90	3 x 30	부산,울산,대산
비치크리너	Mini-vac	121	11 x 11	부산,인천,여수,울산,대산,마산,동해,군산,포항,제주,평택
흡입	흡입	250	5 x 50	부산,인천,여수,울산,평택
필터벨트	JOS-15	200	4 x 50	부산(501해룡,502해룡호)
	TOBS-50	50	1 x 50	울산(청화호)
	JOS-20	490	10 X 49	부산,인천(2),여수,대산,마산,동해,군산,포항,제주
계(27종, 130대, 6,553kl/hr)				

3) 오일붐 : 총 53,790m

<표 3-7> 오일붐

종류	장비명	수량	포장단위	배치지역
그물포집형	Current Buster	120m	2×60m	인천,대산
	Vee Sweep	120m	2×60m	울산,여수
포장예인형	Flexiboom 650	3,600m	12×300m	부산,인천,여수,울산,대산,마산,동해,군산,포항,제주
연속공기팽창식	Uniboom 800	600m	2×300m	마산,군산
연속공기팽창식	Uniboom 600	1,100m	4×250m	부산,인천,여수,울산
	Airboom 800R	1,500m	5×300m	대산,동해,포항,제주
	Deepsea Autoboom	900m	3×300m	부산,인천,여수
		300m	1×300m	여수
	Starboom	2,100	7×300m	부산,인천,여수,울산,포항
	JF-BS	14,400m	720×20m	부산,인천,여수,울산,대산,마산,동해,군산,포항,평택,제주
공기주입	Tiger1500	1,000m	5×200	부산,여수,대산,군산
	Tiger1800A	2,400m	8×300	부산,인천,울산,대산,평택
자동팽창	Hi-seas 600	600m	2×300m	인천,여수
	SIB-1800	600m	×	마산,동해,
해안용	Land Sea boom	900m	3x300m	인천,대산,군산
고형식	TO -B	23,670m	20m	인천,여수,울산,마산,대산,동해,군산,포항,평택,제주
계(15종, 53,790m)				

4) 기타 부대장비

<표 3-8> 기타 부대장비

종류	장비명	용량	수량	배치지역	비고
유수분리기	KSS-20m	20톤/h	2대	여수,울산	방제부선
회수유저장조	Flexible Tank	12.5m³	6대	여수,울산,대산	
고압세척기	HDS-1000DE	180bar	10대	10개지부	
오피스텐트	AirShelter	30인	2 × 15인	인천	
이송펌프	필텍펌프	50m³/h	5대	인천,부산,여수,울산,대산	
흡착붐	T-270K	20∅*3M	3,000m	10개지부x 300m	

제4장 방제실행능력의 극대화 방안

4.1 국가방제능력

유류 오염사고에 대응할 수 있는 국가의 방제능력은 단순히 보유하고 있는 유회수기의 대수나 오일뿔의 길이로만 단순하게 표현될 수는 없다. 보유 방제장비의 수량뿐만 아니라 오염사고 발생시 이들 장비들을 사고현장에 동원하여 실제 방제작업에 이용할 수 있는 능력까지를 포함하여야 하기 때문이다. 결국 방제능력이라 함은 방제장비의 양 뿐만 아니라 해양오염사고시 대응작업의 신속성과 체계성, 효율성을 고려한 총괄적 개념으로 표현되어야 하며, 따라서 각 나라마다 고유한 방제정책이나 전략을 토대로 하여 방제시간, 동원능력, 작업효율 등의 요인들을 특정한 수치로 산정하여 다양한 방식으로 방제능력을 계량화하고 있다.

현재, 우리나라 방제능력 산출방식은, 1997년 해양경찰청이 수행한 “국가 방제제도 개선 및 방제능력 확충방안 연구” 에서 다음과 같이 제시되고 있다. 우리나라 국가 전체적으로 어느 정도의 방제능력을 어떻게 갖출 것인가라는 방제능력의 확보기준은 오염사고의 발생가능성과 규모 등에 관한 위험분석 결과를 토대로 하여야 한다. 우리나라에서 어느 정도의 오염사고가 발생할 것인지를 분석하고, 이를 토대로 유출유의 분산정도, 해상수거율, 방제장비의 동원정도 및 작업효율 등을 고려하여 설정하여야 한다. 현행 우리나라는 적재량 20만톤급 원유선의 해난사고시 최대 유출량 6만톤의 1/3을 방제선 및 유회수기로 회수 처리할 수 있는 능력을 기준으로 하고 있으며, 나머지는 유처리제, 유흡착제에 의한 처리 및 해안부착유를 회수하도록 근거를 두고 있다.

1) 방제능력 산정방법

방제능력 산정방법을 체계화하기 위해서는 우선적으로 기계적 회수 및 화학적 방제방법 등에 대한 상대적 중요성과 같은 국가 방제전략 및 방제방법의 큰 틀이 정립되어야 한다. 방제방법에 대한 상대적 중요성은 지형적, 해역별 특성과 사회 및 정치적 여건에 따라 달라질 수도 있는 것으로서 미국과 일본의 경우 유회수기 및 유회수선에 의한 수거를 80%, 유흡착제 및 유처리제에 의한 수거 및 처리를 20%로 지정하고 있다. 그러나 영국은 미국, 캐나다 등 주요

선진국과는 달리 해역특성을 고려하여 유처리제를 이용한 방제방법을 하나의 방제대안으로 선택적으로 활용하고 있다. 우리나라의 경우 해역적 특성만을 고려한다면 국내 해양환경측면에서 유처리제는 2차 오염으로 인하여 선택적 대안에 불과하다는 견해가 지배적이므로, 미국, 일본과 마찬가지로 기계적 회수를 목표로 하고 있다.

국가 방제능력 산정기준은 유회수기만을 고려한 방제능력을 아래의 산술식에 의하여 평가하고 있다. 여기에서 기계적 효율이란 유회수기의 유회수 효율을 의미하며, 선진국에서 적용하는 효율 20%를 적용하였다.

(1) 산술적 방제능력(Arithmetical Clean-up Capacity)

유회수기 보유량에 따른 물리적인 수거능력만을 평가하는 방법으로 현재는 이 방법을 사용하여 국가방제능력을 평가하고 있다. 장점으로서는 (식 1)과 같이 간단하게 산술적으로 유회수기의 수거능력만을 대상으로 하기 때문에 수거장비의 보유량 또는 수거용량에 따라 방제능력을 비교하기가 용이한 것이다. 단점으로는 유회수기(Oil Skimmer)만을 대상으로 하기 때문에 다른 물리적인 수거장비 예를 들면 유흡착재, 유처리제, 유회수선 등의 수거능력이 제외되어 단편적인 방제능력을 평가하는 방법이 될 수 있다는 것이다.

$$\text{산술적 방제능력} = \text{회수기용량} \times \text{작업시간} \times \text{기계적 효율} \times \text{동원율} \quad (\text{식 1})$$

(2) 실행적 방제능력(Practical Clean-up Capacity)

유출사고시 사고현장에 동원하여 실제 방제작업에 이용할 수 있는 방제능력을 의미한다. 여기에는 방제인력, 장비, 훈련 상태, 긴급계획, 방제지원체제, 통신 및 국제협력체계 등 방제작업에 필요한 여러 가지 요소가 포함되어야 하며 다음 (식 2)와 같이 산술적 방제능력에 실행적 방제능력에 대한 산정계수를 곱하여 산정한다.

$$\text{실행적 방제능력} = \text{산술적 방제능력} \times \text{실행적 방제능력 산정계수} \quad (\text{식 2})$$

(3) 국외의 산정방법

세계적인 공통 산출기준이 없으며 국가별로 방제정책에 따라 산정기준을 설정하고 시행중에 있다. 주요 국가별 방제능력 산정기준은 다음 (식 3~5)와 같다.

미국 : 회수기용량×작업시간(24시간)×기계적 효율 (식 3)

캐나다 : 회수기용량×작업시간(10일×10시간)× 기계적 효율 (식 4)

일본 : 회수기용량×작업시간(2일×12시간)+유처리제 및 유흡착제 처리능력 (식 5)

(4) 국내의 산정방법

국가방제능력은 해양오염사고시 신속하고 체계적으로 대처할 수 있는 총괄적인 능력으로서 유회수 장치의 회수능력, 부대장비와 인력, 방제체계, 방제방법과 처리시간까지를 고려한 실행적 방제능력을 말한다. 우리나라는 연안에 양식장이 산재되어 있고 간만의 차가 커서 오염사고가 발생할 경우에 대부분 3일 이내에 유출유가 연안에 표착되어 피해가 커지는 해역특성 등을 감안하여 해상에서 3일 이내에 기계적 회수하는 것을 기준으로 국가방제능력을 다음 (식 6)과 같이 산정하고 있다.

실행적 방제능력=회수기용량×작업시간×기계적 효율×동원율×실행적 효율 (식 6)

여기서,

회수기용량 : 회수장비에 표시된 시간당 기계적 회수용량

작업시간 : 방제작업 기간을 3일로 하고 1일 작업시간 8시간

기계적 효율 : 선진국에서 적용하는 효율 20% 적용

동원율 : 운송거리, 수단, 정기수리, 사고규모 및 형태에 따라 사용 가능성 등 3일 이내에 동원 가능한 비율을 추산

실행적 효율 : 방제인력, 부대장비, 방제기술, 체제 등 실제 방제능력 효율

2) 국가방제능력 목표 및 현보유량

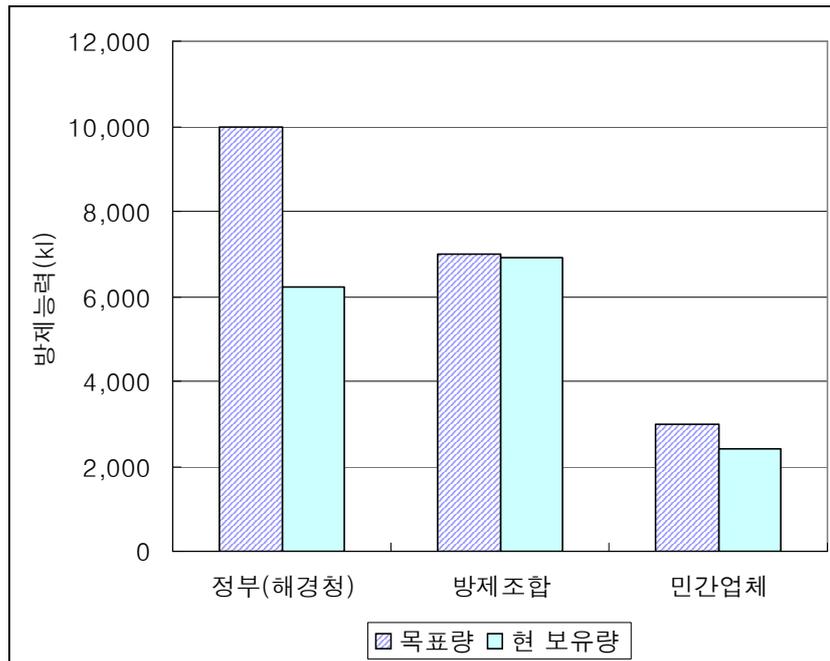
해양환경보전종합계획상에서 해양경찰청이 전체의 50%인 10,000톤, 한국해양오염방제조합과 민간업자가 10,000톤을 확보하는 것으로 설정되어 있다. 그러나 현재 국내의 민간 방제업자의 방제능력 확보 가능성이 낮은 현실을 감안하여 방제조합이 35%를 확보토록 하고 있으며 2005년 12월 확보 예정 보유

량은 <표 4-1>과 <그림 4-1>과 같다.

<표 4-1> 방제능력 확보 현황

(단위:kl)

구분	정부(해경청)	방제조합	민간업체	합계	비고
목표량	10,000	7,000	3,000	20,000	실행적 방제능력
현 보유량	6,200	6,900	2,400	16,000	



<그림 4-1> 방제능력 목표량 및 보유량 현황

4.2 한국해양오염방제조합의 방제능력

4.2.1 방제능력 확충

한국해양오염방제조합은 설립된 이후 장비확충에 주력하여 매년 1천톤 이상의 방제장비를 확충해 왔다. 우선 정부로부터 수탁한 청항선 18척을 방제선으로 활용하면서 한국컨테이너부두공단에서 인수한 예선을 방제선으로 개조하여 조기에 5,000톤의 방제능력을 확보하였다. 한국해양오염방제조합의 방제능력에 대한 확충목표는 1997년 6월 1차 ‘해양오염방지 5개년계획’에서 5,000톤이었으나, 2001년 4월 국무총리수질개선기획단의 ‘해양환경보전종합계획’에서 2,000톤이 추가되어 7,000톤으로 상향 조정되었다.

한국해양오염방제조합의 방제능력은 ‘해양오염방지 5개년계획’에 의거하여 2001년까지 5,000톤을 확보토록 되어 있어 <표 4-2>와 같이 2000년 12월에 4,600톤을 확충하였으며, 2001년 4월 ‘해양환경보전종합계획’에 의거 2,000톤이 추가된 7,000톤을 확보하기 위하여 2005년 12월 6,900톤을 확보 예정이고, 2006년까지는 7,000톤을 확충할 계획을 가지고 있다.

<표 4-2> 연도별 방제능력 확충현황

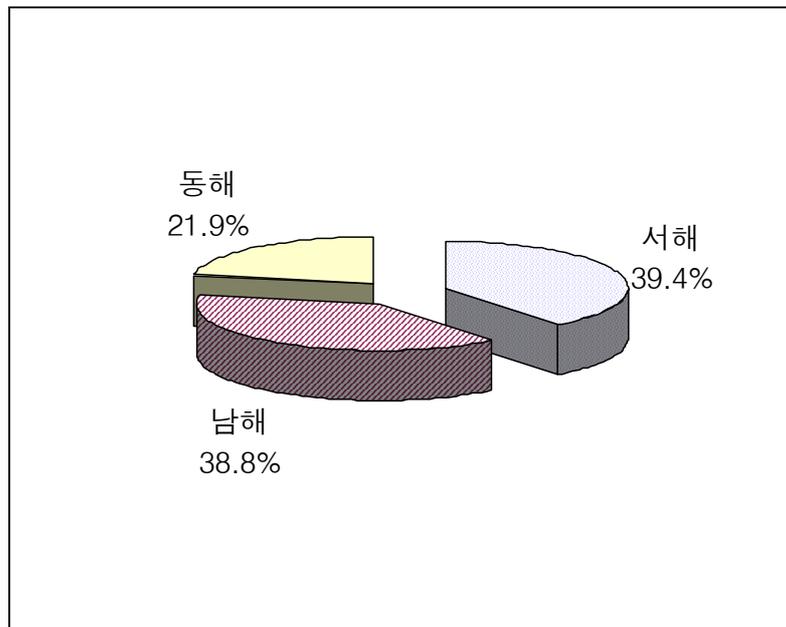
연 도	‘00.12	‘02.12	‘04.12	‘05.12
목 표	5,000	7,000	7,000	7,000
확 충	4,600	5,600	6,600	6,900

4.2.2 지부별 방제능력

국가 정책상 한국해양오염방제조합에 대한 국가 전체 방제능력의 35%에 해당하는 능력은 각 해역별로 <표 4-3>과 같이 배치되었다. 본 연구에서는 2005년도 11월 현재 11개 지부에 군산지부 소속인 목포를 독립적인 지부로 설정하여 방제조합의 지부를 총 12개 지부로 분류하였다. 이는 장기적으로 군산관할 구역인 목포를 분리하여 새로운 목포로 분류하는 것이 추진되고 있기

때문이다.

한국해양오염방제조합의 각 지부가 관할하는 하는 해역은 3개권으로 서해, 남해, 동해로 분류되어 있다. 서해에는 5개 지부, 남해에는 4개 지부, 동해에는 3개 지부로 나누어져 회수기용량의 법정 배치량에 따라 방제능력이 분산되어 배치 및 운영되고 있다. 현재 배치된 회수기용량은 <표 4-3>과 같이 유회수기의 자체 펌프에 표시되어 있는 용량으로서 6,799kl이다. 각 권역별로는 <그림 4-2>와 같이 서해가 전체의 39.4%, 남해가 38.8%로 유사한 회수기용량이 배치되어 있으며, 상대적으로 동해는 전체의 21.9%로 적게 배치되어 있다. 입출항 선박이 많고 유조선의 통항이 많아 충돌 등 사고의 위험성이 상존해 있는 인천, 여수지부에는 유회수기용량이 각각 893kl, 1,157kl로 다른 지부에 비하여 상대적으로 많이 배치되어 있다.



<그림 4-2> 권역별 배치된 회수기용량의 비율

<표 4-3> 한국해양오염방제조합의 방제능력 배치현황

해역	관할지부	법정 배치 회수기용량 (kl)	현 배치 회수기용량 (kl)	방제능력 (톤)	비고 (현 배치 회수기용량)
전체	12개	7,600	6,799	7,000	
서해	인천	660	893	919	2,676 (39.36%)
	대산	1,000	850	875	
	평택	340	356	367	
	군산	580	353	363	
	목포	160	224	231	
남해	여수	840	1,157	1,191	2,637 (38.79%)
	부산	240	672	692	
	마산	1,760	609	627	
	제주	320	199	205	
동해	울산	840	875	901	1,486 (21.86%)
	포항	200	292	301	
	동해	660	319	328	

법정 배치량은 해양오염방지법의 배치기준(11)에서 제시된 회수기용량으로서 총 7,600kl이다. 마산과 대산의 경우는 1,000kl이상의 배치량이 부여되어 있고 반면 목포와 포항은 각각 160kl, 200kl의 적은 배치량이 부여되어 있다. 방제능력은 (식 6)의 값으로 산출된 값으로 총 방제능력은 7,000톤을 확보하는 것을 목표로 하였다. 한국해양오염방제조합은 방제기본계획서상에 기본적으로 1차적 지원 가능한 대상해역을 분류하고 있다. 따라서 인접지부는 다음 <표 4-4>와 같이 설정되었고, 지부 관할해역 또는 항만내 오염사고가 발생하여 긴급하게 인접지부의 지원이 필요한 경우에는 인접지부의 보유장비 및 인력의 신

속한 동원으로 방제작업을 원활하게 수행하기 위한 협조체제를 구축하고 있다. <표 4-4>의 인접지부 방제능력은 관할지부에 인접되어 있는 1~3개 인접지부의 방제능력을 더한 값이다.

<표 4-4> 인접지부 및 인접지부의 방제능력 현황

관할지부	인접지부	인접지부 방제능력(톤)	비고
동해	포항	301	
포항	동해, 울산	1,229	
울산	포항, 부산	993	
부산	울산, 마산	1,528	
마산	부산, 여수	1,883	
여수	마산, 목포, 제주	1,063	
목포	여수, 군산, 제주	1,759	독립예정
제주	여수, 목포, 군산	1,785	
군산	목포, 대산	1,105	
대산	평택, 인천, 군산	1,649	
평택	대산, 인천	1,794	
인천	대산, 평택	1,242	

4.3 방제실행능력의 극대화 방안

본 연구에서는 최대유출량의 개념을 도입하여 현 한국해양오염방제조합의 12개 지부에 대한 방제실행능력의 배치를 4가지의 시나리오로 분류하여 최적 배치 및 극대화 방안에 대해서 분석하였다.

시나리오 I : 방제실행능력의 배치현황

시나리오 II : 방제실행능력 추가 없이 1단계 방제실행능력의 최적배치

시나리오 III : 방제실행능력 추가를 통한 1단계 방제실행능력의 극대화

시나리오 IV : 방제실행능력 추가를 통한 2단계 방제실행능력의 극대화

4.3.1 시나리오 I : 방제실행능력의 배치현황

시나리오 I에서는 한국해양오염방제조합의 방제실행능력의 각 지부에 대한 현 배치량을 최대유출량의 접근방법을 통하여 평가 및 분석하였다. <표 4-5>에서 1단계는 각 지부의 현 회수기용량으로 자체 처리가 가능한 단계로서 지부 선박에 탑재된 장비와 인력으로 처리 가능한 규모의 오염사고인 경우는 1단계만으로 방제처리가 가능하다. 1단계에 대한 각 지부의 처리량은 조합의 지부로서 해당 관할해역에서 발생된 해상오염사고를 단독으로 처리할 수 있는 최대량을 의미한다.

1단계에서 각 지부의 방제실행능력을 보면 여수지부가 1,191톤으로 가장 높았으며, 제주지부는 205톤으로 가장 낮았다. 또한 1단계의 총 방제실행능력의 대략적인 평균인 580톤 이상의 방제실행능력을 보유한 지부는 6개이었으며, 평균이하의 지부도 6개로 나타났다.

2단계는 인접지부의 방제인력지원이 필요한 규모의 오염사고 또는 지부 자체보유 장비로 처리 불가능한 오염사고인 경우 인접지부의 방제장비를 동원하는 단계이다. 따라서 2단계의 방제실행능력은 다음(식 7)과 같이 당해지부의 방제실행능력과 인접지부의 방제실행능력의 70%에 해당하는 값을 합하여 산정되었다. 이는 인접지부에서 동원될 경우에는 해당지부에서 만일의 사고를 대비하기 위한 방제실행능력의 30%를 예비하도록 되어있기 때문에 최대 70%만

동원하는 것으로 하였다.

$$\text{2단계 방제실행능력} = \text{당해지부의 방제실행능력} + \text{인접지부의 방제실행능력} \times 0.7 \quad (\text{식 7})$$

각 지부와 동원 가능한 인접지부의 방제실행능력의 합인 2단계 방제실행능력을 보면 여수지부가 2,189톤으로 가장 높았으며, 동해지부는 539톤으로 가장 낮았다. 또한 2단계의 총 방제실행능력 중에서 1,900톤을 초과하는 지부는 4개 지부로 나타났다.

3단계는 인접지부의 동원에서도 처리목표량을 달성할 수 없는 경우에 인접지부이외 다른 지부까지 동원하는 단계이다. 3단계에서 처리 가능한 최대 실행적 방제능력은 (식 8)과 같이 당해지부의 실행적 방제능력과 당해지부를 제외한 모든 지부의 방제실행능력의 70%를 더한 값이다.

$$\text{3단계 방제실행능력} = \text{당해지부의 방제실행능력} + \text{당해지부 이외 모든 지부의 방제능력} \times 0.7 \quad (\text{식 8})$$

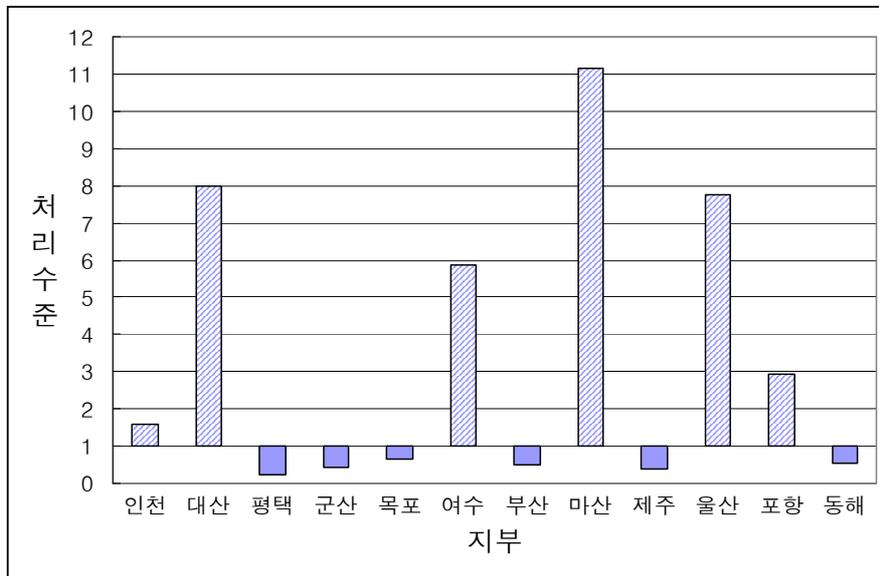
각 지부와 그 외 모든 지부의 동원가능 방제실행능력의 합인 3단계 방제실행능력을 보면 여수지부가 5,257톤으로 가장 높았으며, 제주지부는 4,962톤으로 가장 낮았다. 또한 3단계의 방제실행능력이 5,000톤을 초과하는 중에서 지부는 전체 12개 지부 중에서 8개 지부로 나타났다.

최대 유출량중 조합처리량은 각 지부의 해역에서 발생할 수 있는 최대 유출량중에 조합이 처리하도록 되어 있는 35%에 해당하는 처리량을 의미한다. 유조선의 입출항 및 정유사가 많은 대산, 여수, 마산, 울산지부의 경우는 최대 유출량중 조합처리량이 7,000톤이며 반면 평택, 제주지부는 각각 93톤, 77톤으로 낮은 처리량을 보였다.

1단계 처리수준은 (식 9)와 같이 최대유출량 중 조합처리량을 당해지부 1단계의 방제실행능력으로 나눈 값으로서 이 값이 1이하이면 1단계에서 당해지부 단독으로 방제조치를 수행할 수 있는 상태를 말하며 1이상이면 2단계이상의 인접지부의 동원이 필요한 상태를 나타낸다.

$$\text{1단계 처리수준} = \text{최대유출량 중 조합처리량} / \text{1단계 방제실행능력} \quad (\text{식 9})$$

1단계의 처리수준이 1보다 낮다는 것은 해당 지부에 배치된 방제실행능력이 그 지부가 처리해야할 최대 유출처리량을 초과한다는 것이다. <그림 4-3>과 <표 4-5>를 보면 최대 유출량에 대한 조합의 방제 목표처리량을 기준으로 지부별 회수기용량의 배치 효율성을 보면 1단계 처리수준의 값이 평택, 군산, 목포, 부산, 제주, 동해 지부 등 총 6개지부가 적정 수준인 1보다 낮아 비효율적임을 확인할 수 있었다. 그러나 마산지부의 경우에는 1단계의 처리수준이 11.16으로서 관할해역에서 예상되는 최대 유출량을 자체적으로 처리하기에는 대단히 부족하다는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 대산, 울산, 여수지부의 경우에도 그 처리수준이 각각 8.00, 7.77, 5.88로서 최악의 유출사고로 발생하는 유출량을 독자적으로 처리할 수 없는 것으로 나타났다.

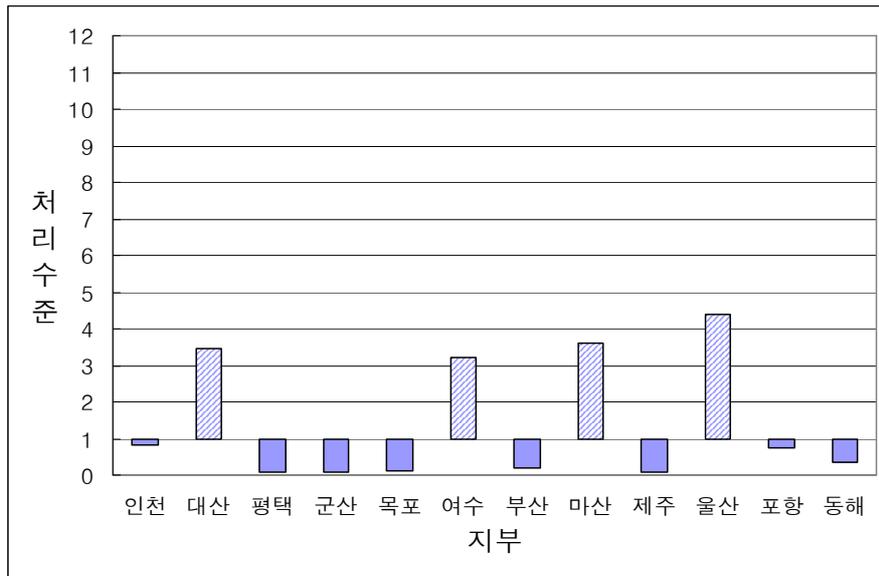


<그림 4-3> 1단계 처리수준 현황

2단계 처리수준은 1단계 방제실행능력으로는 방제목표량을 처리할 수 없는 경우에 당해지부의 방제실행능력과 더불어 동원된 인접지부의 방제능력을 고려한 값으로서 다음 (식 10)과 같다. 2단계 처리수준의 값이 1이하면 인접지부의 동원으로 방제목표량을 처리할 수 있으며, 1이상이면 3단계의 조치가 필요하다는 것을 의미 한다. 각 지부의 2단계 처리수준을 <그림 4-4>와 <표 4-5>에서 보면 1단계에서 그 방제실행능력이 방제목표량을 초과한 6개 지부

와 더불어 인천, 포항지부가 1보다 낮은 값을 보였다. 그러나 여전히 4개 지부가 인접지부의 동원에도 불구하고 그 처리목표량을 달성할 수 없음을 알 수 있었다.

$$2\text{단계 처리수준} = \text{최대유출량 중 조합처리량} / 2\text{단계 방제실행능력} \quad (\text{식 } 10)$$



<그림 4-4> 2단계 처리수준 현황

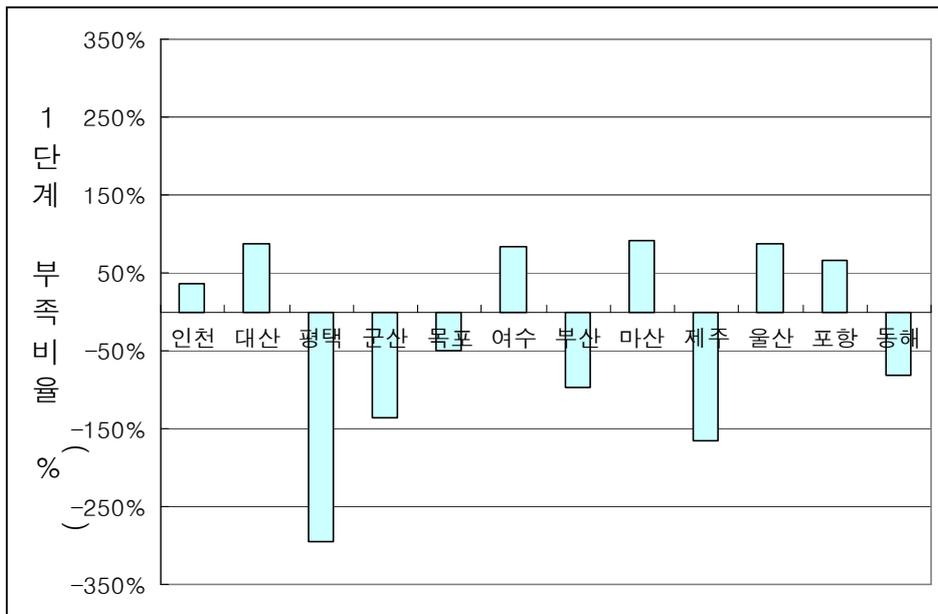
3단계 처리수준은 2단계 방제실행능력으로는 방제목표량을 처리할 수 없는 경우에 당해지부의 방제실행능력과 조합의 다른 모든 지부의 방제능력을 고려한 값으로서 다음 (식11)과 같다. 3단계 처리수준의 값이 1이하면 전 지부의 동원으로 방제목표량을 처리할 수 있으며, 1이상이면 조합의 최대 방제실행능력을 초과한다는 것을 의미한다. <표 4-5>를 보면 3단계 처리수준에서도 마산, 대산, 울산, 여수지부 등 4개 지부에서 최대유출량에 대한 방제목표량을 여전히 처리하지 못하는 것으로 나타났다.

$$3\text{단계 처리수준} = \text{최대유출량 중 조합처리량} / 3\text{단계 방제실행능력} \quad (\text{식 } 11)$$

1단계의 부족량은 최대유출량 중에서 조합이 처리해야할 처리량과 1단계의 방제실행능력과의 차이이다. 이 값이 양수면 1단계에서 해당지부가 독자적으로

처리할 수 없어 인접지부의 동원으로 처리해야하는 처리량을 의미하며, 음수면 해당지부의 방제실행능력이 최대목표처리량을 초과하는 여분의 처리량을 나타낸다. <표 4-5>를 보면 1단계의 총 부족량은 24,347톤이며 마산지부가 6,373톤으로 가장 큰 부족량을 보였다. 또한 대산과 울산지부가 각각 6,125톤, 6,099톤으로 관할해역에서의 예상되는 최대 유출량을 1단계에서 처리하기 위해서는 상당한 방제능력의 확충이 필요한 것으로 나타났다.

또한 1단계의 부족비율은 해당지부의 1단계 방제실행능력을 최대 유출량 중 조합처리량으로 나눈 백분율로서 1단계 부족량이 큰 마산, 대산, 울산지부의 경우에는 87% 이상을 보였으며, 1단계의 방제실행능력이 목표처리량을 초과하는 지부는 평택지부가 294.6%, 제주지부가 166.2% 등 상대적으로 높은 초과비율을 보였다.



<그림 4-5> 각 지부별 1단계 부족비율

<표4-5> 시나리오 I 의 지부별 현황

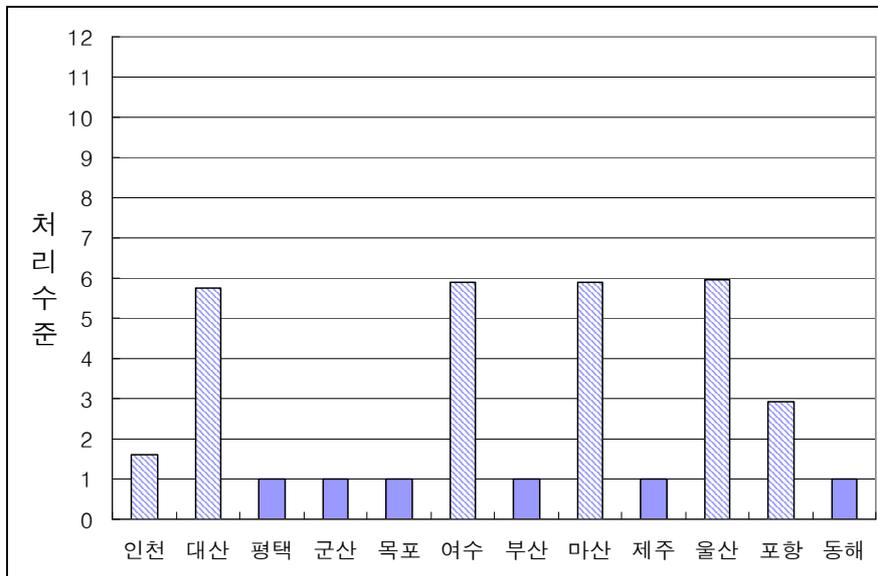
해역	지부	회수기 용량 (kl)	방제실행능력			최대 유출량중 조합 처리량 (톤)	처리수준			1단계 부족량 (톤)	1단계 부족 비율 (%)
			1단계 (톤)	2단계 (톤)	3단계 (톤)		1단계	2단계	3단계		
서 해	인천	893	919	1,788	5,176	1,458	1.59	0.82	0.28	539	37.0
	대산	850	875	2,029	5,163	7,000	8.00	3.45	1.36	6,125	87.5
	평택	356	367	1,623	5,010	93	0.25	0.06	0.02	-274	-294.6
	군산	353	363	1,971	5,009	154	0.42	0.08	0.03	-209	-135.7
	목포	224	231	1,462	4,969	154	0.67	0.11	0.03	-77	-50.0
남 해	여수	1,157	1,191	2,189	5,257	7,000	5.88	3.20	1.33	5,809	83.0
	부산	672	692	1,762	5,108	350	0.51	0.20	0.07	-342	-97.7
	마산	609	627	1,945	5,088	7,000	11.16	3.60	1.38	6,373	91.0
	제주	199	205	1,293	4,962	77	0.38	0.06	0.02	-128	-166.2
동 해	울산	875	901	1,596	5,170	7,000	7.77	4.39	1.35	6,099	87.1
	포항	292	301	1,161	4,990	880	2.92	0.76	0.18	579	65.8
	동해	319	328	539	4,998	181	0.55	0.34	0.04	-147	-81.2
계		6,799	7,000	-	-	31,347	-	-	-	24,347	-

4.3.2 시나리오 II : 방제실행능력 추가 없이 1단계 방제실행능력의 최적배치

시나리오II는 현 배치된 방제실행능력에서 비효율적으로 배치된 6개 지부의 방제능력을 1단계 처리수준의 적정 수준인 1로 조정한 후 발생된 잉여 방제능력을 1이상의 1단계 처리수준을 보이는 다른 6개 지부에 분배하는 상황이다. 이때 분배기준은 1단계 부족비율이 높은 지부를 대상으로 우선 잉여방제능력을 투입하면서 상위의 부족비율이 거의 같아지도록 조정하는 것이다.

<표 4-6>에서 보이는 것과 같이 비효율적으로 배치된 6개 지부의 1단계 처리수준을 1로 조정하여 그 부족량은 0이 되었으나 대신, 여수, 마산, 울산지부는 약 5,800톤 정도가 부족한 것으로 나타났으며, 인천, 포항지부는 각각 539톤, 579톤의 부족량을 보였다. 이때 부산, 평택지부 등 6개 지부의 1단계 처리수준을 1로 조정시 발생된 잉여의 방제실행능력은 총 1,117톤이었으며, 1단계 부족비율이 상대적으로 높은 대신, 여수, 마산, 울산지부 등 4개 지부에 이 방제실행능력을 분배하여 전체적으로 83%정도까지 낮출 수 있었다.

따라서 1단계 처리수준이 1보다 큰 지부의 회수기용량을 1단계 처리수준이 1보다 낮은 지부에 분배함으로써 현재 총 배치량의 효율적인 재배치가 필요한 것으로 판단되었다. 즉, 추가적인 회수기용량의 확충으로 인한 방제실행능력의



<그림 4-6> 시나리오 II의 1단계 처리수준 현황

증대 없이 1단계에서의 처리수준이 최대 유출량중 조합처리량을 만족하는 지부의 수를 유지하면서 최대 유출량중 처리량이 1단계 처리수준을 상회하는 4개 지부의 부족비율을 낮게 유지시킬 수 있는 것으로 나타났다.

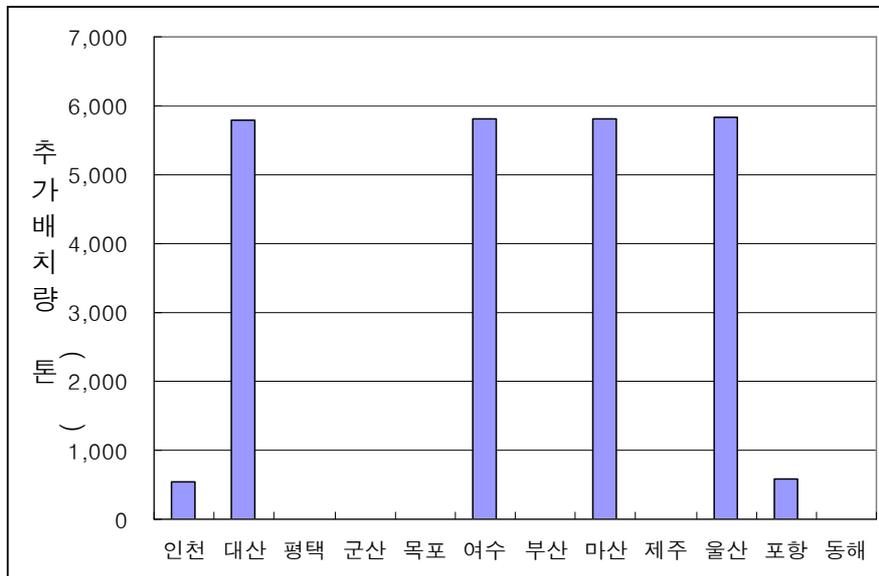
<표 4-6> 시나리오Ⅱ의 지부별 현황

해역	지부	회수기 용량 (kl)	방제실행능력			최대 유출량중 조합 처리량 (톤)	처리수준			1단계 부족량 (톤)	1단계 부족 비율 (%)
			1단계 (톤)	2단계 (톤)	3단계 (톤)		1단계	2단계	3단계		
서 해	인천	893	919	1,837	5,176	1,458	1.59	0.79	0.28	539	37.0
	대산	1,183	1,218	2,034	5,265	7,000	5.75	3.44	1.33	5,782	82.6
	평택	90	93	1,589	4,928	93	1.00	0.06	0.02	0	0.0
	군산	150	154	1,948	4,946	154	1.00	0.08	0.03	0	0.0
	목포	150	154	1,149	4,946	154	1.00	0.13	0.03	0	0.0
남 해	여수	1,157	1,191	2,294	5,257	7,000	5.88	3.05	1.33	5,809	83.0
	부산	339	350	2,003	5,005	350	1.00	0.17	0.07	0	0.0
	마산	1,157	1,191	2,270	5,257	7,000	5.88	3.08	1.33	5,809	83.0
	제주	75	77	1,019	4,923	77	1.00	0.08	0.02	0	0.0
동 해	울산	1,137	1,171	1,627	5,251	7,000	5.98	4.30	1.33	5,829	83.3
	포항	292	301	1,247	4,990	880	2.92	0.71	0.18	579	65.8
	동해	176	181	392	4,954	181	1.00	0.46	0.04	0	0.0
계		6,798	7,000	-	-	31,347	-	-	-	24,347	-

4.3.3 시나리오 Ⅲ : 방제실행능력 추가를 통한 1단계 방제실행능력의 극대화

시나리오 Ⅲ은 모든 지부의 1단계 처리수준을 1로 조정하여 당해지부의 최대 유출량 중 조합처리량을 당해지부 자체적으로 100% 처리할 수 있도록 하는 즉, 1단계 방제실행능력의 극대화 상황이다. 먼저 1단계 처리수준 1을 기준으로 초과 배치된 지부의 방제실행능력을 1단계 처리수준이 높은 지부에 분배한 시나리오Ⅱ를 기준하였다. <표 4-7>에서 나타난 것처럼 1단계의 방제실행능력이 최대 목표처리량에 부족한 지부에 추가적인 유회수기용량을 보충함으로써 모든 지부의 1단계 처리수준을 1로 조정하면 1단계 방제실행능력이 총 31,347톤이 되며, 추가적으로 필요한 방제실행능력이 24,347톤인 것으로 나타났다.

1단계 방제실행능력을 극대화하기 위해서는 모든 지부의 1단계의 처리수준을 1로 조정해야 한다. 따라서 이를 위해서는 <그림 4-7>과 같이 인천, 대산, 여수, 마산, 울산, 포항 등 총 6개 지부에 539~5,829톤을 추가적으로 배치해야 한다는 것을 확인할 수 있었다. 만일 이와 같이 각 지부의 방제실행능력이 확충되면 최대 목표처리량을 방제하기 위해 인접지부의 동원이 필요가 없게 된다.



<그림 4-7> 시나리오Ⅲ의 각 지부별 추가 방제실행능력 배치량

<표 4-7> 시나리오Ⅲ의 지부별 현황

해역	지부	회수기 용량 (kl)	방제실행능력			최대 유출량중 조합 처리량 (톤)	처리수준			1단계 추가 배치량 (톤)
			1단계 (톤)	2단계 (톤)	3단계 (톤)		1단계	2단계	3단계	
서 해	인천	1,415	1,458	6,422	22,379	1,458	1.00	0.23	0.07	539
	대산	6,798	7,000	8,193	24,042	7,000	1.00	0.85	0.29	5,782
	평택	90	93	6,013	21,969	93	1.00	0.02	0.00	0
	군산	150	154	10,062	21,988	154	1.00	0.02	0.01	0
	목포	150	154	5,216	21,988	154	1.00	0.03	0.01	0
남 해	여수	6,799	7,000	12,169	24,042	7,000	1.00	0.58	0.29	5,809
	부산	339	350	10,149	22,047	350	1.00	0.03	0.02	0
	마산	6,798	7,000	12,144	24,041	7,000	1.00	0.58	0.29	5,809
	제주	75	77	5,085	21,965	77	1.00	0.02	0.00	0
동 해	울산	6,799	7,000	7,861	24,042	7,000	1.00	0.89	0.29	5,829
	포항	855	880	5,907	22,206	880	1.00	0.15	0.04	579
	동해	176	181	797	21,996	181	1.00	0.23	0.01	0
계		30,444	31,347	-	-	31,347	-	-	-	24,347

4.3.4 시나리오 IV : 방제실행능력 추가를 통한 2단계 방제실행능력의 극대화

시나리오 IV는 사고발생시 인접지부를 동원하여 최대 유출량 중 조합처리량을 충족할 수 있도록 2단계 처리수준을 1이하로 조정하는 상황이다. 여기서는 1단계의 처리수준을 1이하로 조정한 후에 2단계의 처리수준을 조정하는 방안 A와 1단계에서의 처리수준을 고려하지 않고 직접 2단계 처리수준을 1이하로 조정하는 방안 B가 있다. 먼저 방안 A는 <표 4-6>에서 나타난 것과 같이 2단계에서 그 처리수준을 1이하로 조정한 결과 현재 방제실행능력 배치에 추가적으로 15,980톤의 능력이 필요한 것으로 나타났다. 방안 B는 <표 4-7>에서 보이는 것과 같이 2단계에서의 처리수준을 만족하기 위해서는 16,383톤이 추가적으로 필요하였다. 따라서 추가적으로 필요한 방제실행능력이 상대적으로 적은 방안 A가 더 유리한 것으로 나타났다.

1단계에서 최대 유출량에 대한 조합의 목표처리량을 해당지부만으로 처리하기 위해 방제실행능력을 확충하는 시나리오Ⅲ은 24,347톤이 추가적으로 필요하다. 이는 현재의 조합에서 보유하고 있는 7,000톤의 3배 이상으로 현실적으로 실현하기 힘든 상황이며 합리적인 대안이 될 수 없다. 따라서 추가적인 유희기용량의 확보를 통해 방제실행능력을 높이고자 할 경우에는 해상사고 관할해역의 지부와 인접지부의 동원을 통해 목표처리량을 방제하도록 하는 방안 A를 기준으로 2단계 방제실행능력에 대한 극대화를 도모하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

<표 4-8> 시나리오Ⅳ에 대한 방안 A의 지부별 현황

해역	지부	회수기 용량 (kl)	방제실행능력			최대 유출량중 조합 처리량 (톤)	처리수준			2단계 추가 배치량 (톤)
			1단계 (톤)	2단계 (톤)	3단계 (톤)		1단계	2단계	3단계	
서 해	인천	893	919	5,312	16,693	1,458	1.59	0.27	0.09	0
	대산	6,006	6,183	6,999	18,272	7,000	1.13	1.00	0.38	4,866
	평택	90	93	5,064	16,445	93	1.00	0.02	0.01	0
	군산	150	154	6,396	16,463	154	1.00	0.02	0.01	0
	목포	150	154	2,122	16,463	154	1.00	0.07	0.01	0
남 해	여수	2,505	2,580	6,994	17,191	7,000	2.71	1.00	0.41	1,342
	부산	339	350	9,073	16,522	350	1.00	0.04	0.02	0
	마산	5,750	5,921	7,972	18,193	7,000	1.18	0.88	0.38	4,660
	제주	75	77	1,991	16,440	77	1.00	0.04	0.00	0
동 해	울산	6,352	6,540	6,996	18,379	7,000	1.07	1.00	0.38	5,112
	포항	292	301	5,006	16,507	880	2.92	0.18	0.05	0
	동해	176	181	392	16,471	181	1.00	0.46	0.01	0
계		22,778	23,453	-	-	31,347	-	-	-	15,980

<표 4-9> 시나리오Ⅳ에 대한 방안 B의 지부별 현황

해역	지부	회수기 용량 (kl)	방제실행능력			최대 유출량중 조합 처리량 (톤)	처리수준			2단계 추가 배치량 (톤)
			1단계 (톤)	2단계 (톤)	3단계 (톤)		1단계	2단계	3단계	
서 해	인천	893	919	5,265	16,983	1,458	1.59	0.28	0.09	0
	대산	5,674	5,842	6,996	18,460	7,000	1.20	1.00	0.38	4,534
	평택	356	367	5,100	16,817	93	0.25	0.02	0.01	266
	군산	353	363	8,815	16,816	154	0.42	0.02	0.01	203
	목포	224	231	4,829	16,776	154	0.67	0.03	0.01	74
남 해	여수	5,828	6,001	8,180	18,507	7,000	1.17	0.86	0.38	4,665
	부산	672	692	6,725	16,915	350	0.51	0.05	0.02	333
	마산	2,248	2,314	6,999	17,401	7,000	3.03	1.00	0.40	1,158
	제주	199	205	4,660	16,768	77	0.38	0.02	0.00	124
동 해	울산	6,123	6,304	6,999	18,598	7,000	1.11	1.00	0.38	4,883
	포항	292	301	4,943	16,797	880	2.92	0.18	0.05	0
	동해	319	328	539	16,805	181	0.55	0.34	0.01	143
계		23,181	23,867	-	-	31,347	-	-	-	16,383

제5장 결론

본 연구에서는 한국해양오염방제조합의 방제실행능력에 관한 배치방안으로서 먼저 해역별 현황과 해양오염 방제 사례와 국내에서 사용되는 방제장비의 현황과 방제장비의 배치에 따른 방제실행능력에 대한 정립을 통하여 해양오염사고 시 효율적인 운영방안을 위한 방제능력의 배치량에 관한 방법론을 비교 분석하였다. 따라서 최대 유출량의 개념을 적용하여 이의 한국해양오염방제조합 처리량에 따른 각 단계별 처리량을 산정하여 다음과 같은 결론을 제시하였다.

첫째, 한국해양오염방제조합의 방제실행능력의 각 지부에 대한 현 배치량은 최대유출량의 접근방법으로 보면 12개의 지부 중 6개의 지부가 비효율적으로 배치되어 있음을 확인할 수 있었다.

둘째, 비효율적으로 배치된 6가지부의 방제능력을 1단계 처리수준의 적정 수준인 1로 조정하면 후 발생된 잉여 방제능력을 1이상의 1단계 처리수준을 보이는 6가지부에 분배하면 1단계처리수준의 효율적 조정으로 인해 1단계에서의 처리수준이 최대 유출량 중 조합처리량을 만족하는 지부를 유지하면서 최대유출량 중 처리량이 1단계 처리수준을 상회하는 4개 지부의 부족비율을 낮게 유지시켜 현재 총 배치량의 효율적인 재배치가 필요한 것으로 판단되었다.

셋째, 모든 지부의 1단계 처리수준을 1로 조정하여 당해지부의 최대 유출량 중 조합처리량을 당해지부 자체적으로 100% 처리할 수 있도록 한다면, 추가적으로 필요한 방제실행능력이 24,347톤인 것으로 나타났다.

넷째, 사고발생시 인접지부를 동원하여 최대 유출량 중 조합처리량을 충족할 수 있도록 2단계 처리수준을 1이하로 조정하는 방법은 1단계의 처리수준을 1이하로 조정된 후에 2단계의 처리수준을 조정하는 방안이 1단계에서의 처리수준을 고려하지 않고 직접 2단계 처리수준을 1이하로 조정하는 방안보다 더 유리한 것으로 판단되었으며, 이 경우 추가적으로 15,980톤의 능력이 필요한 것으로 나타났다.

참고 문헌

1. 해운산업연구원, 「해양오염방지에 관한 인접국가간의 협력방안」, 1993.
2. 해운산업연구원, 「우리나라 해양오염 대응능력의 제고방안」, 1994.
3. 환경부외 관계부처 합동, 「1996-2000 해양오염방지5개년계획」, 1996
4. 해양경찰청, 「대형해양오염사고에 대비한 인접국가간 협력추진방안」, 1998.
5. 한국해양환경공학회, 「1997년도 추계학술대회 논문집」, 1997.
6. 중앙해난심판원, 「해난방지세미나」, 19977.
7. 해양경찰청, 「국가 방제제도 개선 및 방제능력 확충방안 연구」, 1997.
8. 해양수산부, 「해양환경보전 국가기본전략 수립연구」, 1999.
9. 인천해양경찰서. 「해양오염 방제장비 기술서」, 2000
10. 이수형, 「국내의 유류오염 현황 및 대책」, 「해양오염, 이대로 방치할 수 없다」, 한국수산신보사, 2001.
11. 국무총리 수질개선기획단, 「2001-2005 해양환경보전종합계획」, 2001.
12. 해양경찰청. 「해양오염방지법」, 2004.
13. 한국해양오염방제조합, 「방제능력 확보방안 연구」, 2002
14. 해양경찰청·한국해양오염방제조합, 「해양오염 방제 국제 심포지엄」, 2005.
15. Gole, Edgar, The Control of Marine Pollution From Ships : Responsibilities and Rights, Dalhousie University-Halifax-Nova Scotia-Canada, 1986.
16. Gole, Handbook on Oil Pollution, Assurance Foreningen Gard, Norway, 1985.
17. IMO, Manual on Oil Pollution, Section II (Contingency Planning), 1978.
18. IMO, National Preparedness For Response Exercise Program, 1994.
19. ITOPE, Response to Marine Oil Spills, 1987.
20. ITOPE, Action : Oil Spill, Technical Information Paper No.12, 1986.
21. Cho Dongoh, "Evaluation of Korean Port Safety Policy and Alternative Recommendation," Ocean Policy Research, Vol.14 NO.1, Korea Maritime Institute, 1999.
22. Larour, John, "Canada,s Approach to Marine Environmental Protection," International Symposium, Korean Society of Marine Environment & Safety and Korea Maritime Institute, 2000.