

論 文

여수해역에 있어서 기름유출에 대한 방제대책 수립에 관한 연구

국승기* · 윤종휘* · 김원돈** · 이상호***

A Study on the Establishment of Oil Spill Response Measures in Yeosu Waters

Seung-Gi GUG · Jong-Hwui YUN* · Won-Don KIM** · Sang-Ho LEE****

〈 목 차 〉	
Abstract	4. 방제대책
1. 서론	5. 결론
2. 해역의 해양환경 및 특성	참고문헌
3. 교통량 조사 및 방제전략	

Abstract

Marine environment has been polluted and damaged by many sources such as industrial waste, natural seepage, oil spill and offshore production etc. Among them, oil spill from oil tankers is one of most harmful sources to marine lives as its input amount is huge at a limited area for short period.

In Korea, the port of Yeosu is known to be very vulnerable to oil spill with large amount of petroleum transported across the harbour. In this regards, the author analyzed and reviewed marine environment and appropriate response to marine oil spill at this area. For these purposes, oceanographic and meteorologic features as well as regional characteristics of harbor facilities, shipping routes, marine traffic and fisheries were investigated, also traffic densities were analyzed in order to check marine accident probabilities making direct observations for 72 hours visually and by portable radar.

* 한국해양대학교 해양경찰학과 교수
 ** (주) 엠티아이 대표
 *** 한국해양오염방제조합 장비팀 팀장

Besides, we made general descriptions on the risk analysis, risk control, cost-benefit assessment and decision-making for management of the marine oil spill.

Finally we made a scenario of worst-case oil spill of 5,600 tons crude oil and simulated case-by-case response to get an optimum response resources of the mechanical containment and recovery, chemical dispersant and sorbent applying different rate of each resource to removal of spilled oil which can be useful tools to make effective plan for the response capabilities in future.

1. 서론

90년대의 우리나라 연안에서의 대표적인 기름 유출 사고는 1993년 9월 광양항 내의 유조부선 제5금동호 충돌사고, 1995년 7월 소라도 남단의 초대형 유조선 씨프린스호 좌초사고 등을 들 수 있다.

유조선의 기름 유출사고는 어느 경우나 크게 다르지 않지만 위 두 척의 경우는 특히 그 피해가 컸다. 제5금동호 사고시는 광양항 일원으로부터 노량수도 그리고 멀리 삼천포만, 진해만에 이르기까지 그리고 씨프린스호 사고시는 남해 서부 전해역을 극심하게 오염시켰고 그 후유증은 수년이 지난 지금까지 지속되고 있는 실정이다.

이러한 환경오염피해는 결코 금전으로 환산하기 어렵지만 신고액을 기준으로 한다면 적게는 수백억원, 많게는 수천억원대에 이르고 있다.

본 연구에서는 최근에 대형 유류 오염사고가 발생한 바 있으며, 연안의 교통이 복잡하고 기름 물동량이 비교적 많은 여수해역에 대하여 기름유출에 대한 방제대책을 수립하는 데 그 목적을 두고 있으며, 먼저, 여수해역에 있어서의 방제대책을 수립하기 위하여 필요한 자연환경을 조사·분석하였다. 자연환경은 바람, 조석·조류, 파랑 등의 기상 및 해상자료 등을 주로 분석·정리였다.

그리고 이 해역에서의 교통흐름에 의한 위험을 알아보기 위하여 해상교통의 실측을 행하였다. 해상교통량 실측은 Portable Radar 및 목측으로 행하였으며 교통량 분석에 필요한 연속 72시간 관측을 통하여 행하였다. 또한 위해요소 파악 방법과 위험분석 방법을 제시하고, 이를 토대로 한 위험성 제어방안, 비용-혜택 평가 방법 및 의사결정의 방법을 알아보고 위험분석에 따른 대응방안으로 방제장비의 보유 및 배치 계획, 방

제장비의 선정, 대응절차 수립과 인력동원을 포함한 해역의 특성에 따른 방제전략 수립과 방제전략에 따른 방제장비의 효율적인 배치 방안을 제안하였다.

해양오염사고가 발생하였을 경우, 특히 유회수기의 회수능력은 유출된 기름의 종류, 확산상황 및 기상조건, 작업시간 등에 따라서 크게 차이가 나기 때문에 객관적인 기준을 설정하기란 매우 어려우나 과거 오염사고시의 작업여건 및 회수실적 등을 고려하여 결정할 필요가 있는데, 이러한 여러 요소를 고려한 방제장비 모델링 방법을 알아보고, 여수해역에 있어서의 위험 분석을 통한 사고 규모와 수송되는 기름의 종류를 분석하여 얻은 기름의 특성을 고려한 방제전략에 따른 방제장비 배치계획을 수립하고자 하였다.

2. 해역의 해양환경 및 특성

2.1 바람

여수항과 그 주변해역에 있어서의 월평균풍속이 < 표 2-1>에 나타나 있다. 여수에서의 월평균풍속은 3.0-4.8m/s의 분포를 보인다. 월변화를 살펴보면, 풍속은 1, 2, 3월에 강하고, 5, 6, 7월에 약하다는 것을 알 수 있다.

삼천포에서의 평균풍속은 여수보다 약한 1.3-2.1m/s의 분포를 보이고, 월별로는 12, 1, 2, 3월에 강하고, 6, 7, 8월에 약한 특성을 보인다. 전년의 값은 1.7m/s이고, 1년 전체를 통하여 큰 풍속의 변화를 볼 수 없다. 삼천포에 있어서의 평균풍속과 거의 같은 변화를 보이는 남해에서의 평균풍속은 1년 전체를 통하여 1.5-2.3m/s의 분포를 보인다.

2.2 조석 및 조류

여수해역의 조석 및 조류 특성을 알아보기 위하여 먼저 남해안 일대의 조석 및 조류 특성을 조사하였다. 남해안에 위치하는 주요 개항들의 월별 평균조차와 최대조차를 각각 <표 2-2>와 <표 2-3>에 나타내었다.

먼저, 개항별로 전기간에 걸쳐 월평균조차의 분포를 살펴보면, 부산의 경우는 92-95cm, 진해의 경우는 142-160cm, 통영의 경우는 188-203cm, 삼천포의 경우는 228-245cm, 광양의 경우는 254-265cm, 여수의 경우는 240-257cm, 완도의 경우는 263-282cm, 제주의 경우는 179-192cm, 서귀포의 경우는 193-207cm이다. 각각의 개항에서의 월변화 폭은 그리 크지 않다.

<표 2-3>에서 개항별로 월별 최대조차의 분포를 살펴보면, 부산의 경우는 134-146cm, 진해의 경우는 212-242cm, 통영의 경우는 304-319cm, 삼천포의 경우는 340-380cm, 광양의 경우는 406-431cm, 여수의 경우는 350-393cm, 완도의 경우는 417-449cm, 제주의 경우는 270-310cm, 서귀포의 경우는 298-336cm이다. 최대조차가 발생한 달을 살펴보면, 부산의 경우는 4월, 진해의 경우는 9월, 통영, 삼천포, 광양, 여수의 경우는 11월, 완도, 제주, 서귀포의 경우는 12월이다. 광양의 경우에는 2월에도 431cm의 최대값이 발생한다.

제주도를 포함하는 남해안의 주요 개항 중에서 조차가 가장 큰 곳은 완도이고, 가장 작은 곳은 부산이다.

이 해역은 여수만에서 광양만으로 향하는 대형선박의 통항이 가장 빈번한 항로로서 창조류는 북북서류이고, 낙조류는 남남동류이며 낙조류가 창조류보다 강하다. 창조류는 광양항 저조 후 0.9-1.2시 경에 전류하여 고조 후 0.4-0.7시 경까지 5.7시간 지속되며, 최강 창조류는 평균대조기에 1.2-1.7kt로 고조 전 1.9-4.0시 경에 최강이 일어난다. 낙조류는 고조 후 0.4-0.7시 경에 전

류하여 저조 후 0.9-1.2시 경까지 6.7시간 지속되며, 최강 낙조류는 평균대조기에 1.3-1.8kt로 전 2.3-3.5시 경에 최강이 일어난다.

또한 여수항의 조석은 <표 2-4>에 나타난 바와 같이 대조차가 97cm, 평균해면이 180.6cm, 평균 고조간격이 8시간 45분이다. 광양항의 대조차는 316.6cm로써 여수항보다 3배 이상 크고, 평균해면도 191cm로 여수항보다 조금 높으며, 평균 고조간격은 여수항보다 2분 늦은 8시간 47분이다.

여수지역의 조류는 <표 2-5>에 나타난 바와 같이 창조류의 방향은 주로 북~서쪽으로 흐르고, 낙조류는 창조류의 반대방향인 남~동쪽으로 향한다. 조류의 속도는 여수 구항의 부근해역에서 창조류시 최대 3.0노트 및 낙조류시 최대 2.8노트로 강하게 흐른다. 또한 여수해만의 경우 창조류시의 최대 속도가 2.0노트에 이르고, 묘도 남쪽의 엘지정유 제품부두 부근해역에서는 낙조류시 최대 2.2노트의 빠른 조류가 흐르고 있다.

2.3 파랑

여수항과 그 주변 해역에는 연안 격자점 자료와 천해파랑자료가 존재하지 않아 소리도 파랑관측소(지점 1)에서의 월평균유의파고를 조사하고 <표 2-6>에 정리하였다. 사용한 자료의 기간은 5년간(1990-1994년)이다.

3. 교통량 조사 및 방제전략

3.1 교통량 조사

여수해역에 있어서의 교통흐름에 의한 위험을 알아보기 위하여 해상교통의 실측을 행하였다. 해상교통량

<표 2-1> 여수항과 그 주변 해역에 있어서의 평균풍속(m/s)

월 \ 지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
여수	4.8	4.8	4.5	3.9	3.3	3.0	3.3	3.6	4.1	3.9	4.0	4.2	4.0
남해	2.3	2.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	1.8
삼천포	2.1	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.5	1.6	1.8	1.8	1.7

<표 2-2> 남해안 주요 개항의 평균조차(cm)

개항 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
부 산	92	92	93	92	93	93	95	94	92	95	94	93	93
진 해	146	144	142	144	160	146	148	151	150	149	149	145	148
통 영	197	191	194	188	191	194	194	203	195	200	197	196	195
삼천포	232	229	229	230	229	228	230	245	229	235	233	231	232
광 양	264	264	259	254	260	261	262	264	263	264	265	263	262
여 수	240	240	242	240	246	257	247	248	248	247	241	243	245
완 도	275	268	263	266	273	276	282	277	274	273	278	274	273
제 주	188	179	179	180	185	188	192	187	183	184	186	188	185
서귀포	204	195	193	194	201	205	207	203	199	201	203	204	201

<표 2-3> 남해안 주요 개항의 최대조차(cm)

개항 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
부 산	140	145	145	146	140	140	134	137	142	144	144	141	146
진 해	225	228	228	228	227	218	212	226	242	229	232	229	242
통 영	310	318	307	311	311	304	304	311	304	310	319	316	319
삼천포	370	360	370	370	360	360	350	360	340	370	380	370	380
광 양	417	431	419	419	418	406	406	412	412	421	431	425	431
여 수	367	366	362	372	389	380	377	383	350	381	393	388	393
완 도	436	430	418	432	439	433	430	430	408	417	443	449	449
제 주	304	290	270	282	298	287	297	290	275	278	301	310	310
서귀포	326	317	298	315	325	323	326	320	302	308	331	336	336

<표 2-4> 여수지역의 조석 현황

구 분	대 조 차	평균 해면	평균 고조간격
여수항	97cm	180.6cm	8시간 45분
광양항	316.6cm	191cm	8시간47분

<표 2-5> 여수지역의 조류현황

구 분	창조류		낙조류	
	방향	속도(노트)	방향	속도(노트)
여수해만	북서~북	0.7~2.0	남남동~남동	1.0~1.6
여수구항	서~남	0.4~3.0	동~북	0.4~2.8
가막양	북서~북	0.2~0.5	동남동~남남동	0.2~0.5
광양항 입구 (엘지정유 원유부두 부근)	북서	0.8~1.2	남동	1.3~1.8
묘도 남쪽 (엘지정유 재품부두 부근)	서	0.4~1.5	동	0.5~2.2
묘도 북쪽 (광양제철 관리부두 부근)	남서	1.0~1.4	북동	1.0~1.4

<표 2-6> 여수항 주변 해역에 있어서의 평균유속(m)

지점	월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
	1		1.0	·	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6	1.0	1.0	0.8	0.6	0.8

실측은 Portable Radar 및 목측으로 교통량 분석에 필요한 연속 72시간 관측을 통하여 다음과 같은 방법으로 행하였다.

조사기간	2000년 8월 9일 - 8월 12일(72시간)
조사장소	소리도 등대
조사방법	레이더 플로팅 및 육안
교통량 조사항목	1. 항적(O-D)(레이더 플로팅) 2. 선속(레이더 플로팅) 3. 선박의 크기(육안) 4. 선박의 종류(육안) 5. 시간당 기준선 통과 선박수

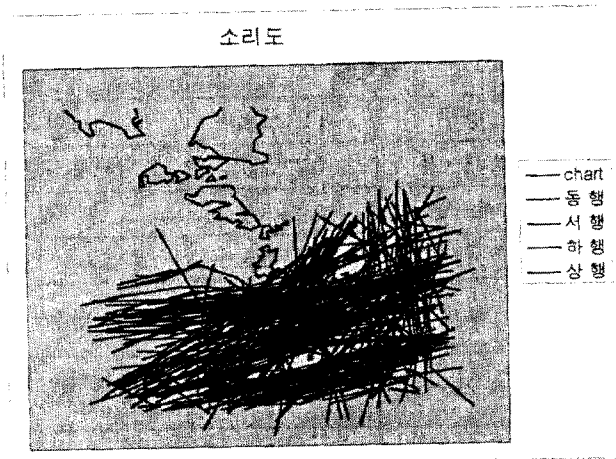
<그림 3-1>에 실측된 교통항적도를 나타낸다. 소리도 밀단에 매우 복잡한 통항양상을 보이고 있음을 나타내 준다. 특히 여수해만으로 입항하는 선박과 동서

방향으로의 통과하는 선박들이 여러 곳에서 교차하는 것을 관측할 수 있었다. 총 관측된 선박은 72시간 동안 322척으로서 다른 해역에서의 교통량 관측의 예보다 통항 선박이 많은 것으로 관측되었다.

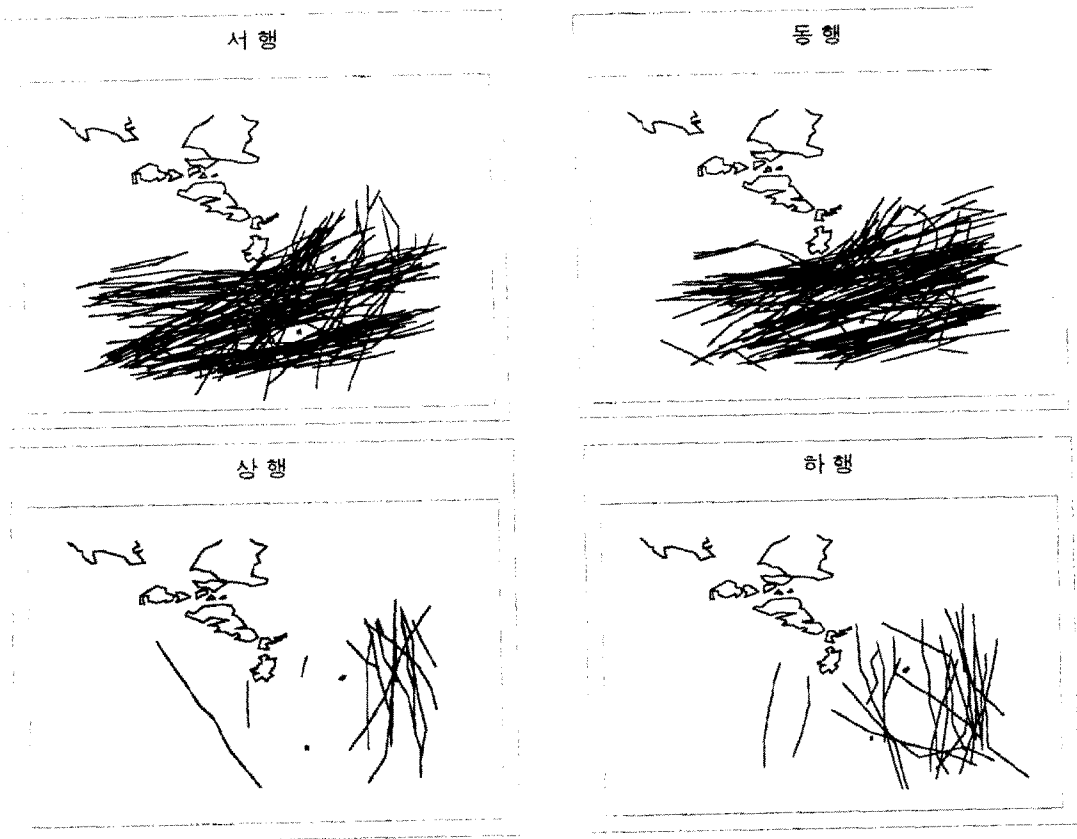
또한 입출항 선박의 통계에서도 알 수 있었듯이 이 해역은 위험화물 운반선의 통항이 특히 많은 지역으로서 해난사고의 개연성이 높은 지역으로 판단되어지며, 교차하는 선박들을 위한 통항 항로의 지정과 교통관리가 필요한 지역으로 사료되는 해상교통의 아주 중요한 해역이라 할 수 있겠다.

또한 각 시간대별의 통과선박 수를 조사하기 위하여 기준선을 설정하고 그 선을 통과하는 선박의 통과시간을 확인하여 각 시간대별 통항선박을 수를 관측한 결과, 관측기간 동안의 선박교통량의 Peak Time은 2000년 8월 11일 01:00-02:00사이로 12척이 통과하였다. 그리고 72시간 동안의 평균 통과 선박척수는 시간당 약 4.5척 정도로 관측되었다.

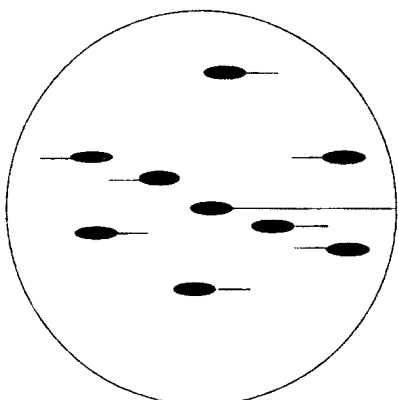
어느 기준선을 1시간 동안에 통과하는 하는 선박이



<그림 3-1> (a) 여수해역 교통항적도(종합)



<그림 3-1> (b) 각 방향별 교통항적도



<그림 3-2> 시간당 5척의 선박이 통과할 경우, 자신 주위 반경 10마일 내 선박의 상황 (선속 12Kts)

5척일 경우, 선박의 속력을 일률적으로 12 kts라 가정하면 반경 10마일 권역내에는 약 8척의 선박이 존재하는 것으로 되기 때문에 항해자의 관점에서 보았을 때 10마일 반경내의 선박밀도는 어느 정도 조밀한 것으로 느껴질 수 있다. <그림 3-2>에 이러한 상황을 가정한 경우 본선 주위의 10마일 반경내의 선박을 상황을 표현한 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 1시간당 통과선박의 수가 5척일 경우 항해자는 상당한 심리적 부담을 안고 당직에 임할 것을 판단되며, 조사해역에서는 특히 침로가 서로 교차하는 선박이 많기 때문에 이 해역에 있어서의 해난사고의 개연성은 높은 것으로 평가 될 수 있다.

3.2 해양오염 방제전략

3.2.1 위해요소의 파악 (Identification of Hazards)

위해요소(Hazard)란 사람, 재산이나 환경 등에 손상을 초래할 가능성을 지닌 상황으로 정의된다. 위해요소의 파악은 당면한 문제를 포괄적으로 정의하여 그에 따른 위해 요소와 위험성, 그리고 사고의 원인과 결과를 조사한다.

1) 해역의 현황

- 저유·계류시설
관할구역의 저유시설·용량 및 계류시설·위치 등의 조사·분석
- 유조선교통량·유류물동량
시설별 입출항 유조선교통량 및 유류물동량 현황의 조사·분석
- 해난·해양오염사고
관할구역에서 발생한 주요 해난 및 해양오염사고 현황·사례를 조사·분석
- 항만운영시행세칙의 분석 적용

2) 해역의 지리·환경적 조건

- 항만, 항로, 묘박지
관할구역의 항만, 항로 및 묘박지 현황을 조사·분석한다.
- 기상 및 해상
바람, 안개, 조류, 해수온도 등 지역기상 및 해상을 조사한다.
- 어업, 수산업 및 위락시설
관할구역의 양식장, 수산시설 및 위락시설 분포현황 조사

3.2.2 위험분석 (Risk Analysis)

위험분석은 방제 대상 및 이와 관련된 모든 사항의 전반적인 위험 수준을 측정하여 비용 효과적인 대응책을 제시하기 위한 기준을 마련하는 것이다. 위험분석 체계는 해역별 위험의 종류, 발생확률, 피해규모를 정량화하고, 사고의 빈도와 규모, 사고발생시의 위험도, 피해정도를 예측한다.

본 연구에서는 해역별 방제조치전략에 따른 장비의 위치, 방제 자원 운용 결정을 위한 자료 제공하기 위하여, 해역별 위험의 종류, 발생확률, 피해규모를 정량화하고, 사고의 빈도와 규모, 사고발생시의 위험도, 피해정도를 예측한 뒤, 예측을 바탕으로 사고에 대비한 방제능력, 즉 방제장비의 종류 및 수량을 도출하였다.

1) 최대 예상유출량

최대유출량은 각 해역별 운항되는 선박의 최대 크기로 결정된다.

MAPOL규정에서의 가상유출량은 "Annex I of

MARPOL 73/78: Regulations for the Prevention of Pollution by Oil"의 Regulation 23에서는 선박의 손상 위치와 범위에 따른 기름의 가상유출량 산식을 정하고 있으며, Regulation 24의 (2)항에서는 "유탱커의 화물탱크의 크기는 선박의 길이방향의 어느 위치에서도 이 부속서 제23규칙의 규정에 따라서 계산한 가상유출량 O_c 또는 O_s 가 30,000 입방미터 또는 $400\sqrt{DWT}$ 중의 큰쪽을 초과하지 아니하는 것으로 40,000 입방미터를 최대한도로 한다." 로 규정하고 있다. DWT 30만톤(VLCC)급 유조선의 경우 최대유출량은 약 26,800톤이다.

IPIECA에서는 화물창 2개가 손상되어 전량 유출되는 것으로 가정한다. VLCC 최대 화물창 용적을 3만톤으로 하면 최대 유출량은 60,000톤이다.

일본의 경우 DWT의 9%로 산정한다. 따라서 DWT 30만톤(VLCC)급 유조선의 경우 최대유출량은 약 27,000톤이다.

2) 방재대비 유출량

유류 오염사고의 빈도와 규모를 정량화하여 경제적인 방재능력 대비계획을 위하여 해역별 위해요소에 대한 위험분석을 한다. 해경의 지역방제실행계획에서의 방제기자재 동원계획을 위한 해양오염사고 기준은 부산해역을 5,000톤, 여수해역 5,000톤, 인천해역 4,300으로 정하고 있다.(해양경찰청, 2000a, 2000b, 2001)

한국해양오염방제조합의 지부방제대응계획수립(한국해양오염방제조합, 2000)을 위한 해역별 위험분석은 <표 3-1>와 같다.

3.2.3 위험성 제어방안 (Risk Control)

위험성 제어는 사고 위험성을 제어 또는 관리할 수 있는 수단 또는 방법을 강구하는 과정이다. 해양오염 방제의 경우 위험분석 결과를 바탕으로 사고에 대비한 방재능력, 즉 방제장비의 수량 및 종류 도출하고, 방제 조치전략에 따른 장비의 위치, 방제 자원 운용 결정을 위한 자료를 제공한다.

위험성 제어방안의 주요 단계는 다음과 같으며, 만족할 만한 결과를 얻기 위해 전단계인 위험성평가 및 다음단계인 비용-혜택 평가와 상호보완적이고 반복적인 관계를 유지한다

1) 위험성 제어가 필요한 분야에 초점 맞추기

위험분석의 결과를 선별하여 가장 제어가 필요한 분야에 노력을 집중하기 위하여 위험성이 큰 분야의 우선 순위를 열거하고 필요에 따라 위험성 기여수목을 수정 또는 추가 개발한다.

2) 위험성 제어수단(RCM, Risk Control Measures) 기록부 작성

위험분석에서 파악된 위험성과 관련 있는 기존의 RCM을 조사하고 기존의 RCM으로는 충분히 제어되지 않는 위험성에 대하여는 새로운 RCM을 개발한다. 그리고 이 RCM을 조합하여 RCM 기록부(Log)를 만든다.

3) 위험성 제어방안(RCO, Risk Control Options) 기록부 작성

RCM을 조합하여 RCO와 RCO Log를 만드는 작업이다.

<표 3-1> 각 해역별 위험분석 비교

해역	사고규모(톤)	발생주기(년)	예상빈도(회/년)	허용기준량(톤/년)
울산	6,500	80.0	0.0130	81.25
부산	3,600	100.0	0.0100	36.00
인천	4,800	48.5	0.0206	98.97
여수	5,600	47.4	0.0211	118.14
대산	5,400	131.2	0.0076	41.16

4) 위험성 제어 효과의 평가

위험분석으로 돌아가 위험성 기여수목의 데이터를 변화시키며 위험도를 다시 계산함으로써 RCO의 효과를 평가한다.

3.2.4 비용-혜택 평가 (Cost-Benefit Assessment)

위험(risk)을 줄임에 있어 그에 따른 손익에 고려되어야 한다. 비용 측면에서의 고려사항으로는 초기 및 유지비용과 적용 및 문제점 타결을 위한 비용을 포함한다.

그러나, 방제대응 비용 구조는 복잡하여 정확한 추정이 어렵다. 예로서, 장비의 선정, 시험, 제작, 설치, 그리고 유지관리, 교육 및 훈련이 포함된 운영 등을 망라하는 여러 비용은 흔히 서로 다른 예산안에 속한다. 따라서 정확성을 기하기 위해서는 많은 검토가 필요하다. 따라서 해양환경과 관련한 규정결정에 비용-혜택 평가를 적용하기에는 많은 어려움이 있다.

3.2.5 의사결정 (Decision-Making)

1) 오염사고 규모별 방제전략

가. 소규모 오염사고 : 관할지부 자체처리 가능한 오염사고

- 지부자체 방제조치 후 본부에 보고
- 인력 및 방제 기자재 동원계획 수립
- * 지역별 방제대응계획에 명시

나. 중규모 오염사고 : 관할지부 및 인접지부의 지원이 필요한 오염사고

- 본부 인원의 현장 파견 및 관할지부내 방제대책 본부 설치
- 방제기자재 이동

다. 대규모 오염사고 : 전 지부 및 국외 지원이 필요한 오염사고

- 본부 인원의 현장 파견 및 관할지부내 방제대책 본부 설치
- 방제기자재 이동

※지역방제실행계획에서는 초등대응, 지역대응, 국가대응, 국제지원단계로 분류

2) 오염사고지역별 방제전략

각 해역의 특성에 따라 적합한 방제전략 수립

* 지역별 방제대응계획에 명시

- 항내 방제조치(항계내)
- 연안 방제조치(항계 해안에서 6마일)
- 대양 방제조치(해안에서 6마일~12마일)

3) 보호 우선 순위에 따른 방제전략

가. 우선 순위 결정기준

- 방제전략 수립시 보호우선순위에 관한 사항을 고려하여야 한다
- 환경민감지역 및 경제적 피해가 큰 지역은 환경민감지도상에 사전 표시
- 우선 순위의 결정은 가능한 이해 당사자와 협의를 거쳐야 하고, 협의된 우선 순위에 관한 정보는 쉽게 이용할 수 있도록 관계기관, 단체 및 업체에 배포한다.

나. 우선 순위 결정은 다음의 순서에 의한다. 다만, 사고 현장의 상황에 따라 수정할 수 있다.

- 작업자의 안전 및 공공의 안전
- 오염의 확산방지(추가유출방지, 선박의 구난, 및 상황악화 방지)
- 환경민감지역의 보호(경제적 피해 또는 사회적 피해등 고려)

4. 방제대책

4.1 여수해역의 방제전략에 따른 장비계획

여수해역에 대하여 사고 규모(5,600톤)와 유종의 특성(증발율 33.3%, 유상화율 170%)을 기준으로 해상수거율(40%-80%)과 방제전략(기계식 회수, 흡착회수, 분산처리)에 따른 방제장비 배치계획을 수립하고자 한다.

먼저 해상수거율(40%, 50%, 60%, 70%, 80%)에 따른 CASE를 설정하고 각 CASE에 있어서의 해상수거율에 대한 스키머의 처리율(40%, 50%, 60%, 70%, 80%)과 유흡착재/유처리제의 처리율(60%, 50%, 40%, 30%, 20%)로 각 유흡착재:유처리제의 처리비율을 유흡착재:유처리제 =3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3으로 나누어서 각 장비 및 재제의 필요량을 산출하여 현장비의 보유

<표 4-1> 보유 방제 장비 현황

유회수기 용량(Capacity of Oil Skimmer)	2263. t/h
오일붐 용량(Capacity of Oil Boom)	33324. m
유흡착재 용량 (Capacity of Sorbent)	35417. kg
유처리제 용량 (Capacity of Dispersant)	147368. ℓ

Amount of Oil Outflow = 5600.
 Rate of Evaporation = 33.3 %
 Rate of Emulsion = 170.0 %
 Oil Weathering Reduces

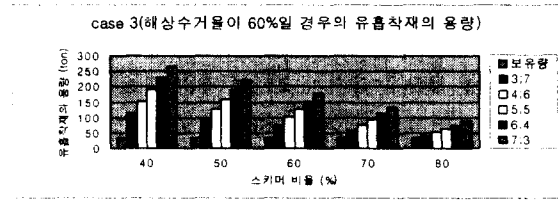
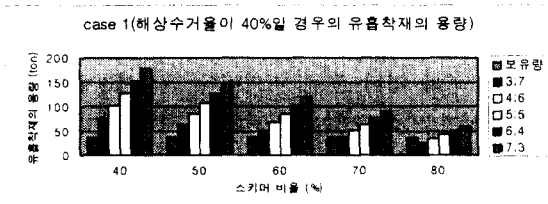
 Amount of Evaporated Oil : 1865. tons
 Amount of Floating on Sea : 3735. tons
 Amount of Oil Water Emulsion : 6350. tons

<표 4-2> 각 CASE별 방제장비의 처리율

	해상처리율	스키머 처리용량	유흡착재; 유처리제 처리용량
CASE 1	40% ⇒ 100%	40%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		50%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		60%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		70%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		80%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
CASE 2	50% ⇒ 100%	40%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		50%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		60%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		70%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
CASE 3	60% ⇒ 100%	40%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		50%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		60%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		70%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
CASE 4	70% ⇒ 100%	40%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		50%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		60%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		70%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
CASE 5	80% ⇒ 100%	40%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		50%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		60%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		70%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3
		80%	3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3

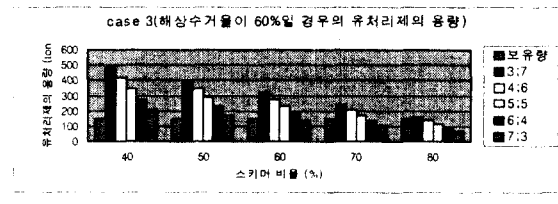
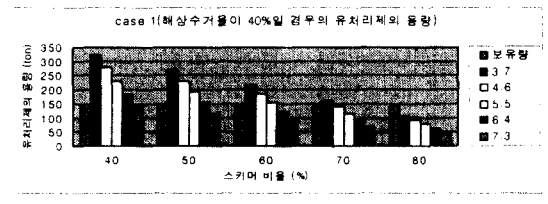
CASE 1. 해상수거율이 40%인 경우

CASE 3 해상수거율이 60%인 경우



<그림 4-1> 유흡착재의 필요량(CASE 1)

<그림 4-5> 유흡착재의 필요량(CASE 3)

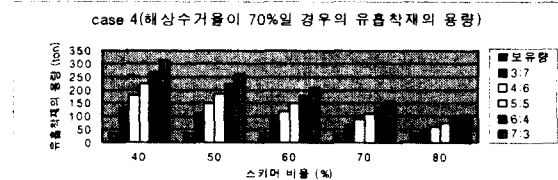
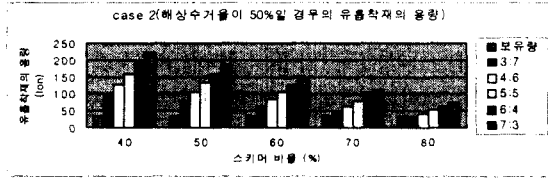


<그림 4-2> 유처리제의 필요량(CASE 1)

<그림 4-6> 유처리제의 필요량(CASE 3)

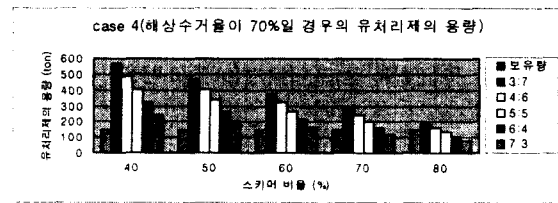
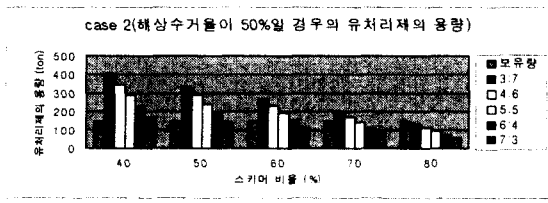
CASE 2 해상수거율이 50%인 경우

CASE 4 해상수거율이 70%인 경우



<그림 4-3> 유흡착재의 필요량(CASE 2)

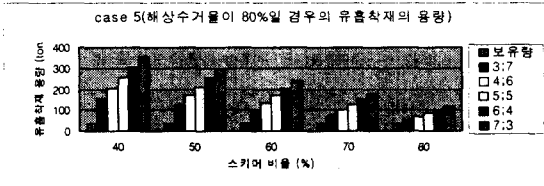
<그림 4-7> 유흡착재의 필요량(CASE 4)



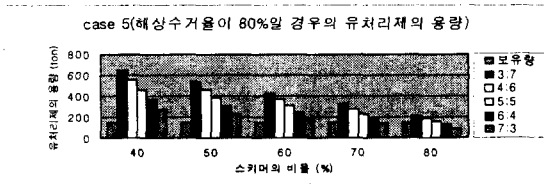
<그림 4-4> 유처리제의 필요량(CASE 2)

<그림 4-8> 유처리제의 필요량(CASE 4)

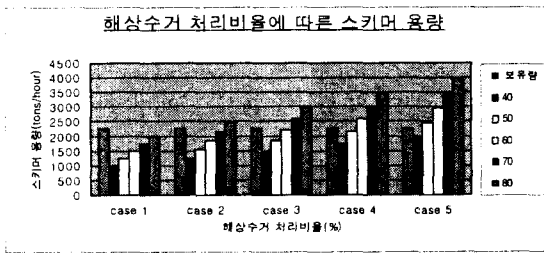
CASE 5 해상수거율이 80%인 경우



<그림 4-9> 유출유량의 처리량(CASE 5)



<그림 4-10> 유처리제의 필요량(CASE 5)



<그림 4-11> 각 CASE 별 스키머의 필요용량

량과 비교하여 적절한 양의 장비를 보유하여 효율적인 방제전략을 수립하는 데 도움을 주고자 하였으며, 또한 현장에서 유출된 기름의 특성, 확산 양태, 해상상황 등에 따라 신속하고 다양하게 적용할 수 있도록 제안 하였다. <표 4-1>에 여수해역의 보유 방제 장비 현황을 나타내고, <표 4-2>에 각 CASE별 방제장비의 처리비율을 나타낸다. <그림 4-1>~<그림 4-10>에 각 CASE별 유출유량 및 유처리제의 필요량을 나타낸다. <그림 4-11>에 각 CASE별 스키머의 필요용량을 나타낸다.

특히, 해양경찰청의 지역방제실행계획에 따르면 여수해역에 있어서의 해상수거율은 유출유의 약 70%로, 해안수거율은 유출유의 약 30%로 설정하여 방제기자재 동원계획을 수립하고 있는 데, 본 연구의 CASE 4

에 해당하는 것으로서 각 방제기자재의 보유량 및 이에 따른 필요량은 <표 4-3>과 같다.

<그림 4-7>, <그림 4-8> 및 <그림 4-11>에서 알 수 있는 바와 같이 보유 스키머의 해상처리율은 약 52% 정도에 이르고 있으며, 스키머 처리비율을 높일 경우에는 새로운 장비의 확충이 필요하게 된다. 또한 유출유량의 경우에는 스키머의 각 처리비율(40%~80%)에 대하여 44-311톤 부족한 것으로 나타났으며, 유처리제의 경우에는 스키머의 각 처리비율에 대하여 81-566톤이 부족한 것으로 나타났다. 이는 유출유의 형태에 따라 달라질 수 있으나 장비의 기본계획을 수립하는 데 고려되어야 할 사항이다.

5. 결론

본 연구에서는 여수해역에 있어서의 방제대책을 수립하기 위하여 필요한 자연환경 및 해역의 특성을 조사·분석하였다. 자연환경은 바람, 조석·조류, 파랑 등의 기상 및 해상자료 등을 주고 정리하였으며, 이 해역에서의 교통흐름에 의한 위험을 알아보기 위하여 해상교통의 실측을 행하였다. 해상교통량 실측은 Portable Radar 및 목측으로 행하였으며 교통량 분석에 필요한 연속 72시간 관측을 통하여 행하였다. 또한 위해요소 파악 방법과 위험분석 방법을 제시하고, 이를 토대로 한 위험성 제어방안, 비용-혜택 평가 방법 및 의사결정의 방법을 제안하였다.

또한 여수해역에 있어서의 위험분석을 통한 사고 규모와 수송되는 기름의 종류를 분석하여 얻은 기름의 특성을 고려한 방제전략에 따른 장비보유량 및 이에 따른 필요량을 산정하여 효율적인 방제계획을 수립하는 데 도움이 되도록 하였다.

<표 4-3> CASE 4 해상수거율이 70%인 경우의 각방제기자재의 보유량 및 필요량

해상수거율 : 70 % 해상수거량 : 4445.
 해안수거율 : 30 % 해안수거량 : 1905.

Skimming Equipment Requirements

처리 비율(%)	수거량(t)	스키머용량(t/h)	봄용량(m)	저장조용량(t)
40	1778.	1727.	5473.	296.

유흡착재/유처리제 요구량 산출

처리 비율(%)	수거량(t)	흡착재(t)	처리제(t)
18. : 42.	800. : 1867.	133.	566.
24. : 36.	1067. : 1600.	178.	485.
30. : 30.	1333. : 1333.	222.	404.
36. : 24.	1600. : 1067.	267.	323.
42. : 18.	1867. : 800.	311.	242.

Skimming Equipment Requirements

처리 비율(%)	수거량(t)	스키머용량(t/h)	봄용량(m)	저장조용량(t)
50	2222.	2159.	5727.	370.

유흡착재/유처리제 요구량 산출

처리 비율(%)	수거량(t)	흡착재(t)	처리제(t)
15. : 35.	667. : 1556.	111.	471.
20. : 30.	889. : 1333.	148.	404.
25. : 25.	1111. : 1111.	185.	337.
30. : 20.	1333. : 889.	222.	269.
35. : 15.	1556. : 667.	259.	202.

Skimming Equipment Requirements

처리 비율(%)	수거량(t)	스키머용량(t/h)	봄용량(m)	저장조용량(t)
60	2667.	2590.	5981.	444.

유흡착재/유처리제 요구량 산출

처리 비율(%)	수거량(t)	흡착재(t)	처리제(t)
12. : 28.	533. : 1245.	89.	377.
16. : 24.	711. : 1067.	119.	323.
20. : 20.	889. : 889.	148.	269.
24. : 16.	1067. : 711.	178.	216.
28. : 12.	1245. : 533.	207.	162.

Skimming Equipment Requirements

처리 비율(%)	수거량(t)	스키머용량(t/h)	분용량(m)	저장조용량(t)
70	3111.	3022.	6235.	519.

유흡착재/유처리제 요구량 산출

처리 비율(%)	수거량(t)	흡착재(t)	처리제(t)
9. : 21.	400. : 933.	67.	283.
12. : 18.	533. : 800.	89.	242.
15. : 15.	667. : 667.	111.	202.
18. : 12.	800. : 533.	133.	162.
21. : 9.	933. : 400.	156.	121.

Skimming Equipment Requirements

처리 비율(%)	수거량(t)	스키머용량(t/h)	분용량(m)	저장조용량(t)
80	3556.	3454.	6489.	593.

유흡착재/유처리제 요구량 산출

처리 비율(%)	수거량(t)	흡착재(t)	처리제(t)
6. : 14.	267. : 622.	44.	189.
8. : 12.	356. : 533.	59.	162.
10. : 10.	444. : 444.	74.	135.
12. : 8.	533. : 356.	89.	108.
14. : 6.	622. : 267.	104.	81.

참고문헌

- [1] 대한석유협회(1995), 민간전문 해양유류오염방제 회사 설립방안연구
- [2] 한국기계연구원(1998), 현장방제실무자를 위한 방제교육
- [3] 한국선급협회(1998), 73/78해양오염방지협약 -1997통합본-
- [4] 한국해양오염방제조합(2000), 지부방제 대응계획 및 조합원 기름오염비상계획 수립연구해양수산부 (2000), 해양수산부
- [5] 해양경찰청(1997), 국가방제제도 개선 및 방제능력 확충방안연구
- [6] 해양경찰청(2001), 부산지역방제실행계획
- [7] 해양경찰청(2000), 여수지역방제실행계획
- [8] 해양오염방제조합(1999), 침몰선 잔유제거 작업 백서
- [9] 환경공무원 교육원(1996), 해양오염방지연수반
- [10] 환경부 외 7개 정부기관(1996), 해양오염방지 5개년 계획