

論 文

## 부산해역에서의 해양오염방제장비의 필요수량에 관한 연구

윤종휘\* · 윤혁수\*\* · 김동선\*\*\*

A Study on the Required Stockpiles of Marine Oil Spill Response Equipments in the Busan Area

*Jong-Hwui Yun\* · Hyuk-Soo Youn\*\* · Dong-Sun Kim\*\*\**

〈目 次〉

Abstract	3.1 해안의 특징
1. 서론	3.2 오염방제장비 현황
1.1 연구의 목적	3.3 오염방제장비 필요수량
1.2 연구의 방법	4. 요약 및 결론
2. 해양유류오염사고 분석	참고문헌
3. 해양오염방제 능력 평가	

### Abstract

As the Busan harbor is getting susceptible to oil pollution, the authors analyze the historical records of oil spill accidents and investigate the shoreline features. In addition, we evaluate the response capabilities and compute the required stockpiles of marine oil spill response with the worst case scenario in this area. As a result, it is shown that the recommendable oil spill response is to contain and mechanically recover all oils at sea surface in winter, while chemical dispersants can be used in summer with mechanical containment and recovery, and it is also found that off-shore booms of 3,000m and off-shore skimmers of 986MT/hour recovery rate should be stockpiled with 10,000~60,000 liters of concentrate chemical dispersant and small amount of synthetic organic sorbents for possible use.

\* 한국해양대학교 해양경찰학과

\*\* 해양경찰청

\*\*\* 부경대학교 해양산업개발연구소

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

바다는 도시하수나 생활오수, 산업폐기물, 중금속, 기름 및 선박 페인트 등 여러 경로를 통해 오염된다. 이 들 중 기름에 의한 해양 환경오염은 해양오염의 주 오염원 중 하나로써, 선박 충돌 또는 좌초와 같은 해난사고나 해상 운송 중 또는 기름 이송시 고의, 부주의 또는 태만에 의한 유출 등이 원인이 된다. 특히 유탱커사고로 인한 기름 유출은 양적으로는 전체 유출량의 약 13% 정도이지만(IMO, 1993), 많은 양의 유출유가 일시에 한정된 해역에 집중되기 때문에 그로 인한 피해는 가장 심각하게 나타난다.

우리나라에서의 해양유류오염사고는 1980년 이후 증가하였지만, 대부분 소량의 유출사고였기 때문에 국민적 관심을 끌지 못하였으나, 1995년 여수 남쪽 해상에서 발생한 Sea Prince호 좌초사고로 원유 및 벙커유 약 5,000톤이 유출되어 남해 청정해역을 일시에 오염시킴으로써 사회적으로 엄청난 파장을 일으켰다. 그 후에도 계속 이와 유사한 대형 오염사고가 발생하여 연근해의 생태계 파괴뿐 아니라 해양 생물 생산에 커다란 손실을 일으키는 등 막대한 경제적 손실을 야기 시켰다. 그러나 한편으로는 이와 같은 대형 오염사고가 발생함으로써 인해 우리나라에서는 국가 차원에서 해양오염 방지 및 대응책에 필요한 자원 확보 및 개발·연구에 많은 투자를 하게 되었다.

한편 부산은 우리나라의 제1의 항구로써, 선박의 정박 및 계류시설, 해상 화물 취급 시설, 선박조선소 및 수리소 등의 산업시설 등이 있어 국가 경제의 중요한 역할을 하고 있다. 또한 부산해역에는 국내에서 가장 많은 인파가 몰리는 해운대 및 광안리 해수욕장과 수상레저선의 계류장인 마리나가 있다. 이 밖에 이 해역에는 해조류 양식어장, 제1종 공동어장 및 철새 서식지 등 해양생물 및 생태계에도 매우 중요한 해역이다. 이와 같이 해양오염에 노출되어 있을 뿐만 아니라 해양오염에 매우 민감한 지역인 부산 해역에는 화물선, 컨테이너운반선,

어선 및 유조선 등 각종 선박의 입출항이 폭주하고 또한 울산 및 거제항을 향하는 대형 유조선이 이 부근을 통항하고 있어 언제라도 대형 해양오염 사고가 발생할 가능성이 높은 해역이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 부산해역에서 발생한 과거의 해양오염사고를 분석하여 그 특징을 알아보고, 또 발생 가능한 오염사고를 설정하여 이 해역에서 비치해 두어야 할 오염방제장비의 필요수량을 산정하여 부산해역의 방제 능력 향상을 위한 대책 마련에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법

본 연구에서는 해안선의 특징을 알아보기 위하여 국립해양조사원 발행 해도 No. 201, 201B, 202를 이용하였고, 부산 해역에서 발생한 오염사고 분석에는 부산해양경찰서의 5개년(1995~1999) 동안의 오염사고 자료를 이용하였다.

본 연구는 크게 2 단계로 나누어 진행하였다. 먼저 해양오염방제 전략 및 대책을 수립하는데 필요한 기초 자료로써, 부산해역에서 발생한 기름유출 사고의 특성을 조사·분석하였다. 그리고 부산해역의 지형적 특징과 현재 보유중인 오염방제 장비 현황을 알아보았다.

제2단계에서는 최악의 해양오염 가상 시나리오를 설정한 후, 동계 및 하계로 구분하여 해면상의 기름의 시간 경과에 따른 양적 변화량을 조사하여 이 해역에 비치하여야 할 해양오염방제 장비의 필요수량을 산정하였다.

본 연구에서는 유출유의 풍화과정을 조사하기 위하여 미국해양대기청(NOAA)에서 해양오염대응도구로 개발하여 현재 미국연안경비대와 캐나다연안경비대에서 사용중인 ADIOS(1994/2000) 프로그램을 이용하였다.

## 2. 해양유류오염사고 분석

부산해역 및 인접해역에서 5개년(1995~1999) 동안 발생한 1kl 이상의 기름 유출사고를 세부적으로 분석해 보면 다음과 같다.

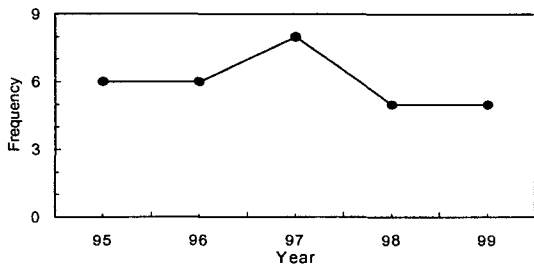


Fig. 1 Annual numbers of oil spill accident at Busan and her adjacent seas during 5 years(1995~1999).

연도별 발생 빈도는(Fig. 1), 95년 및 96년에 각각 6회, 97년에 8회, 98년 및 99년에 각각 5회 발생하여 5개년 동안 총 30회 발생하여, 년 평균 6회 정도 발생하는 것으로 나타났다.

선종별 기름 유출사고에 의하면(Fig. 2), 화물선에 의한 사고가 10회로 전체의 33%를 차지하여 가장 많고, 그 다음은 어선의 사고가 전체의 23%, 유조선이 전체의 20%를 차지하고 있다.

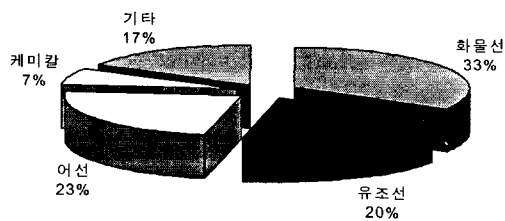


Fig. 2 Ship's type of oil spill accident at Busan and her adjacent seas for 5 years(1995~1999).

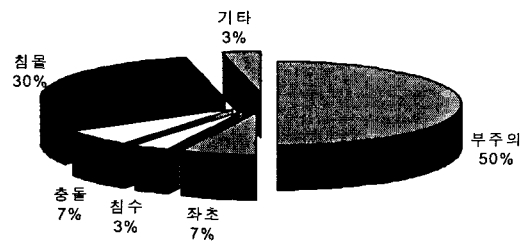


Fig. 3 Cause of oil spill accident at Busan and her adjacent seas for 5 years(1995~1999)

기름 유출사고를 원인별로 분석하면(Fig. 3), 유출사고의 원인으로 부주의, 침몰, 좌초, 충돌, 침수 등을 들 수 있다. 이들 중, 부주의에 의한 사고가 전체의 50%를 차지하여 가장 많고, 그 다음은 전체의 30%를 차지하는 침몰에 의한 사고이며, 그 다음으로 충돌, 좌초, 침수 순이다.

유출량별로 발생빈도를 살펴보면(Fig. 4), 10kl 이하의 사고가 17건으로 전체의 약 57%를 차지하여 가장 많고, 10~100kl가 7건, 100~1,000kl가 5건 발생하였으며, 1,000kl 이상의 유출사고는 1건만 발생하였다.

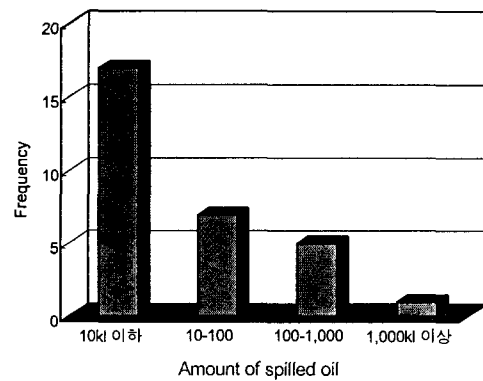


Fig. 4 The frequency of oil spill accidents by spill size which took place for Busan and her adjacent seas for 5 years (1995~1999).

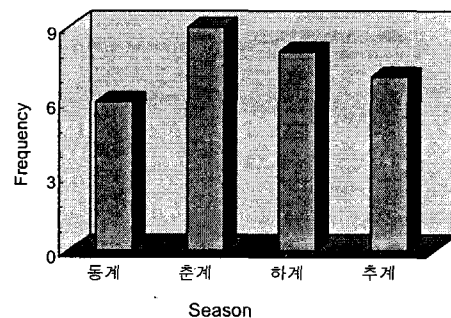


Fig. 5 Total number of oil spill accidents at Busan and her adjacent seas for 5 years(1995~1999) per season.

오염사고를 계절별로 분석해 보면(Fig. 5), 동계 6건, 춘계 9건, 하계 8건, 추계 7건 발생하였으며, 춘계의 발생건수가 다른 계절에 비해 많지만 특별한 계절별 특징은 없는 것으로 보인다.

오염사고가 발생한 장소별 빈도를 살펴보면(Fig. 6), 인접해역에서 7건 오염사고가 발생하였다. 부산해역 내에서는 남외항에서 7건이 발생하여 가장 많고, 남항 및 감천항에서 각 5건, 북항내 영도쪽에서 3건, 북항내 부두 부근에서 3건이 발생하였다.

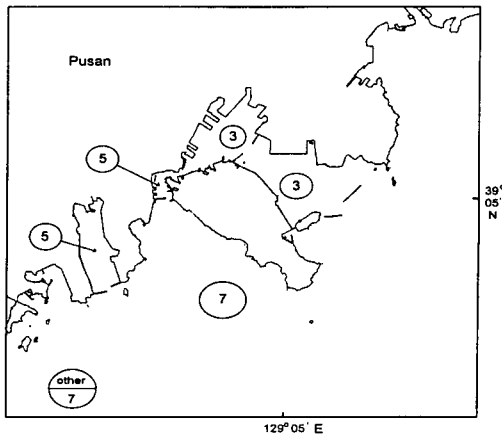


Fig. 6 The number of oil spill accident at Busan and her adjacent waters for 5 years(1995~1999). The number of other denotes the spill accident happened at the neighboring seas of Busan.

### 3. 해양오염방제 능력 평가

#### 3.1 해안의 특징

부산해양경찰서에서 관할하는 부산해역의 해안선의 총길이는 약 96마일이며, 이 중 비교적 선박의 왕래가 빈번하고 해양오염사고가 발생할 가능성이 있는 구역에 대해 그 특징을 알아보면 다음과 같다(Fig. 7).

(1) 수영만은 간출암(바위) 해안, 모래 해변, 표석

해안 및 인공구조물로 되어 있고, 마리너, 해조류양식장 및 제1종 공동어장이 있다.

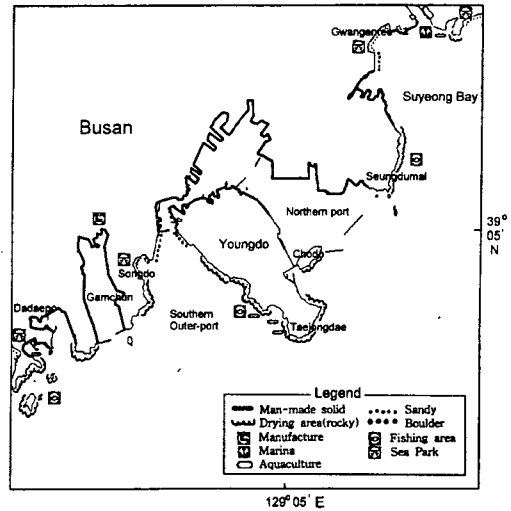


Fig. 7 Shoreline features in Busan area.

- (2) 북항 및 남외항은 간출암 해안, 모래해변, 표석해안 및 인공구조물로 되어 있고, 해조류양식장 및 제1종 공동어장이 있다.
- (3) 감천항 및 다대포는 간출암 해안 및 인공구조물로 되어 있고, 산업시설 및 제1종 공동어장이 있다.

이와 같은 해안선의 특징으로 보아, 부산해역에서의 해안오염방제방법(shoreline cleanup)으로는 자연적 회복, 저압냉수 및 온수 세척, 수작업, 유흡착재에 의한 제거, 기계적 제거 방법을 들 수 있다.

#### 3.2 오염방제장비 현황

부산 해역에서 선박의 통항이 빈번한 항계 부근은 수심이 50m 이하로 깊지 않은 편이라 오일붐의 설치가 가능하고, 또 해수의 흐름이 빠르지 않아 오일붐으로 봉쇄한 유출유를 스키머로 회수하는 작업이 용이하다. 그리고 부산해역에는 어장 및 양식장이 그다지 많지 않기 때문에 유처리제를 제한적으로 사용할 수 있다. 이와 같은 주변 환경을 고려

해 보면, 부산해역에서는 기계적 봉쇄 및 회수를 위한 오일뿔 및 스키머, 유처리제, 유흡착재 및 각종 방제장비를 구비한 방제선이 주 방제장비로 사용될 수 있다. 이에 추가하여 작업선, 이송펌프, 회수유 수거선, 회수유 저장시설 및 처리시설, 고압세척기 및 방제선 등이 보조 장비로 사용될 수 있다.

부산해역에 비치되어 있는 주요 방제장비는 <Table-1>과 같으며, 이 들 장비 중 해양오염사고 시 초동단계에서는 부산해양경찰서 보유 장비와 방제조합 보유 장비가 동원되고 추가 단계에서는 부산 해역 내의 유관기관 및 단체·업체의 보유 장비가 동원된다. 만약, 부산 해역내의 보유 장비로 방제활동을 충분히 실행하지 못할 경우에는 울산 및 통영해역에서 보유하고 있는 장비가 동원된다.

### 3.3 오염방제장비 필요수량

#### 3.3.1 오염사고 예상 선박 및 기름의 종류

부산항에 입출항하는 선박은 화물선, 유조선, 어선 및 여객선 등으로 구성되어 있다. 이 중 해양오염과 관련하여 고려하여야 할 대상은 화물선과 유조선이다.

화물선의 경우, 부산항에 입출항하는 여러 종류의 선종 중 가장 빈번하게 출입하는 컨테이너 전용선 중에서 최대 선박인 6,500 TEU급 선박의 기름 최대 보유 용량은 대략 HFO(Heavy Fuel Oil)8,100MT, MDO(Marine Diesel Oil) 350MT, LO(Lub Oil) 440 MT이다. 그러나 이들 연료유는 약 20개의 이중저 유류탱크(Double

<Table 1> Major oil spill response equipments at Busan area

장비명	보 유 량						비 고 (회수능력)
	계	해경	방제조합	관계기관	유관단체	유관업체	
오 일 뿔(m)	19,144	1,904	3,430	1,700	2,220	9,890	
유회수기(대)	27	9	7	-	-	11	1,046.6kl/h
유흡착재(kg)	21,034	7,064	1,440	4,445	710	7,375	
유처리제 (l)	99,989	39,491	9,420	11,910	7,954	31,214	
방 제 선	19	3	7	-	-	9	1,286.3kl/h

자료 : 부산해역 해양오염 방제대책(2000)

Bottom Fuel-Diesel Oil Tank)에 분산 적재되어 있어 해난사고로 인해 탱크에 손상이 발생하여도 유출될 기름양은 어느 정도 제한적이다.

유조선의 경우, 기름운반선 중 일부는 원유 운반선이지만, 이 선박은 주로 선용품 적재, 병커링 등의 목적으로 부산 남외항에서 작업을 한 후 출항하므로 기름유출사고를 발생시킬 확률이 적은 편이다. 반면에 부산항에 입출항하는 유조선의 대부분은 북항의 SK, LG 및 현대정유 등의 저유소에 경질유 및 중질유 등의 연료유를 운반하는 선박으로,

만약 이들 선박에서 기름 유출사고가 발생하면 해양환경에 심각한 피해를 입힐 가능성이 많다.

북항에 연료유를 적재하고 입항하는 유조선 중 최대 크기인 DWT 10,000톤 정도의 선박은 보통 병커유 및 경질유 등 2종류 이상의 기름을 적재하고 입항한다. 그리고 그 다음 크기인 DWT 7,000톤급 유조선은 주로 병커유(Bunker-C) 약 7,000톤 정도 적재하고 입항한다.

이와 같은 부산항의 교통 및 취급화물 특성을 고려해 보면, 해양오염이 발생하여 환경피해가 가장

클 것으로 예상되는 선박은 약 7,000톤의 병커유를 적재하고 입항하는 유조선이라 할 수 있다. 그리고 이들 유조선에 의해 부산항에 수송되는 병커유

<Table 2> Physical properties of Fuel Oil

유의 물리적 특성은 제품에 따라 다르지만 대략 <Table 2>와 같다.

Oil type	S.G at 15.5°C	Viscosity at 50°C	Pour Point	Flash Point
Bunker-C	0.96~0.98	530cSt 이하	25°C 이하	70°C 이상

### 3.3.2 최대 유출량 산정

부산해역 내에서 최악의 오염사고가 발생할 가능성이 있는 해역은 선박통항량이 가장 많고 입출항선이 마주치는 장소인 북항 조도 방파제 남쪽의 통항분리대 시작점이며, 사고 예상 선박은 북항에 병커유 7,000톤을 적재하고 입항하는 유조선으로 설정할 수 있다.

가상 사고지점에서 이 선박의 충돌사고로 인해 기름이 유출된다고 가정할 때, 최대유출량은 파공 부위의 위치를 선측과 선저로 가상하여 다음과 같은 방법으로 유출량을 계산할 수 있다. 계산된 유출량 중 가장 많은 양을 최대 유출량으로 하여 방제능력을 평가하였다.

#### (1) MARPOL 73/78

부속서 I 규칙 제22조(손상 정도), 제23조(유출량) 및 제24조(유적재탱크의 크기 및 배열에 대한 제한사항)는 최대유출량의 산정방법에 대하여 설명하고 있다. 이 방법에 의하면 선측 손상일 경우 길이 9m, 폭 3m, 선저로부터의 높이 7m까지의 손상이 생길 수 있으며 최대유출량은 약 1,200톤이 된다. 선저 손상일 경우에는 길이 5m, 폭 5m, 깊이 1m의 손상이 생길 수 있으며, 이 때의 최대유출량은 약 600톤이 된다.

#### (2) IPIECA의 경우

2개의 유화물창이 손상되어 전량 유출되는 것으로 가정하고 있다. 그러나 이 방법은 VLCC급 유조선에 적용하는 방법이기 때문에 가상 선박에는 적합하지 않다.

#### (3) 일본의 경우

대상 선박 DWT의 9%를 유출량으로 산정하고 7,000톤 정도이므로 유출량은 630톤 정도이다.

#### (4) 미국의 경우

미국에서는 기름 유출사고에 대하여 AMPD(예상가능평균유출량), MMPD(예상가능최대유출량) 및 WCD(최악유출량)의 3단계로 구분하고 국가 정책적으로 적재 전량이 유출된 WCD의 경우에 대비하여 해양오염방제 능력을 갖추려고 하고 있다. 이 방법으로 최대유출량을 산정하면 7,000톤이 된다.

상기와 같은 최대 유출량 산정 방법에 의해 유출량을 계산해 본 결과, 부산해역에서의 최악의 경우라 가정하면, 적재 전량 7,000톤이 유출되었지만, 실제 이와 같은 상황이 발생할 확률은 매우 낮다. 그러나 부산항 주변 항로에서는 일차적으로 선박의 충돌이 발생하고 이차적으로 오륙도 또는 태종대 등의 암반에 좌초되는 사고를 예상할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 최대유출량을 MARPOL 73/78에 의한 선측손상 및 선저손상이 동시에 발생한다고 가정하고 최대유출량을 병커유 1,800톤으로 하였다.

### 3.3.3 오염방제장비 필요수량 산정

해양오염방제 자원의 적정선에 대하여 국가마다 지형적 특징, 해양 환경 및 교통 환경, 수출입 화물의 종류, 오염사고 발생 확률 등에 따라 자국의 오염방제 전략 및 기준을 정하여 산정한다. 그러나 이 같은 적정선 산정에 필요한 여러 가지 요소 중

해면상의 기름양은 공통적인 고려사항으로, 이것은 유출된 기름이 시간의 경과에 따라 확산, 증발, 분산, 산화, 에멀션(emulsion), 침전 등의 풍화과정과 직접적인 관련이 있다.

부산해역의 가상 유출유인 벙커유의 시간에 따른 양적 변화와 침전 가능성 및 방제방법에 대해 조사하기 위하여 동계 및 하계에 있어서 밀도, 점성, 증발 및 에멀션의 변화를 ADIOS(2000) 프로그램을 이용하여 계산하였다.

(1) 동계의 경우

동계에 가상 선박에서 충돌 및 좌초로 인해 기름 유출사고가 발생하였다고 가정하고, 해면상의 유출유의 시간 경과에 따른 물리적 특성 변화를 조사하였다. 이 때, 해상 상태는 바람 4.0m/s, 수온 11.0℃, 염분 34.0‰로 하였다(윤,1996). 중질유의 경우 에멀션이 잘 일어나지 않기 때문에 본 연구에서는 밀도와 점성 변화 및 증발 상태만 나타내었다(Fig. 8). 밀도 변화를 살펴보면, 유출 직후 985kg/m<sup>3</sup>이던 밀도는 24시간 동안 크게 증가하여 992kg/m<sup>3</sup>가 되었고, 그 이후에는 서서히 증가하여 되었다. 그러나 시간이 경과하여도 기름의 밀도는 여전히 해수밀도에 미치지 못하기 때문에 침전은

없을 것으로 예상된다. 기름의 점성은 유출 초기 약 1,700cSt이던 것이 그 후 48시간 동안 크게 증가하여 3,200cSt이 되었고, 그 이후에는 서서히 증가하여 120시간 경과 후에는 4,000cSt이 되었다. 이 같은 유출유의 점성 특성으로 보아, 해면상의 기름에 유처리제를 적용하는 방제방법은 큰 효과가 없을 것으로 보인다. 유출유의 시간 경과에 따른 증발량은 유출초기 48시간 동안 약 5.5%가 되었고, 그 이후에는 증발율이 매우 적은 것으로 나타났다.

(2) 하계의 경우

하계에 동계와 같이 가상 선박에서 충돌 및 좌초로 인해 기름유출사고가 발생하였다고 가정하고, 해면상의 유출유의 시간 경과에 따른 물리적 특성 변화를 조사하였다. 이 때, 해상 상태는 바람 4.0m/s, 수온 24.0℃, 염분 32.0‰로 하였다(윤, 1996).

하계 유출된 기름의 밀도와 점성 변화 및 증발상태에 대한 결과를 살펴보면(Fig. 9). 밀도변화는 유출 직후 975kg/m<sup>3</sup>이던 밀도가 24시간 동안 급격히 증가하여 985kg/m<sup>3</sup>가 되었다.

그 이후 밀도는 서서히 증가하여 120시간 경과

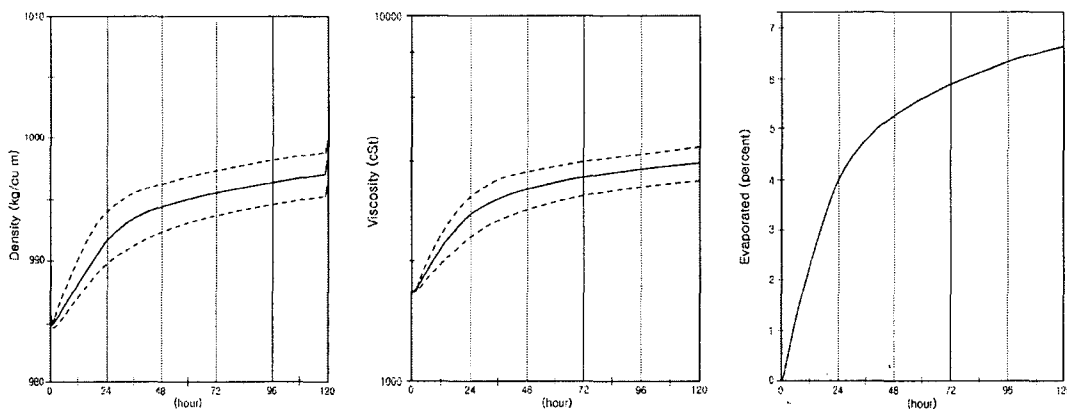


Fig. 8 Changes of density(left), viscosity(middle), and evaporation(right) of Bunker-C with times in winter. Dotted lines on density and viscosity denote minimax.

후에는 약 987~991kg/m<sup>3</sup>이 되었다. 하계에도 시간이 경과하여도 기름의 밀도는 여전히 해수밀도에 미치지 못하기 때문에 침전은 없을 것으로 예상된다. 기름의 점성은 유출 초기 약 800cSt 이었고, 24시간 후에는 1,500cSt로 증가하였고, 그 이후에는 매우 완만하게 증가하여 120시간 경과 후에는 약 2,000cSt이 되었다. 이 같은 유출유의 점성 특성으로 보아, 하계의 해양오염방제 방법으로 유처리제의 사용을 채택할 수 있다. 유출유의 시간 경과에 따른 증발량은, 유출초기 24시간동안 약 5.5% 이었고, 그 후 서서히 증가하다가 120시간 경과 후에는 전체의 약 8.0%정도 증발하는 것으로 나타났다.

### (3) 방제장비의 필요량

부산해역에서 가상 시나리오와 같은 벙커유의 유출 사고가 발생하면, 해면상의 기름양은 주로 시간의 경과와 함께 증발로 인해 감소하며, 계절적으로는 동계가 하계보다 증발량이 적기 때문에 해면상의 기름양이 약간 많다. 따라서 부산해역에서 방제장비의 확보 계획을 수립할 때에는 최대량인 동계의 기름양, 즉 방제작업 예상기간 72시간 동안의 6% 정도 증발후의 기름양인 1,692MT을 기준으로

하는 것이 바람직하다고 생각된다.

그리고, 방제작업전략에 대해 살펴보면(해양경찰청, 2001), 부산 해역에서는 해상 수거 기간을 3일 동안으로 하고 이 기간 동안 60%는 해상수거, 40%는 해안수거로 계획하고 있다. 또 해상 수거는 오일붐 및 스키머를 이용한 기계적 회수 50%, 유흡착재에 의한 흡착회수 20%, 유처리제에 의한 분산 처리 30%를 기준으로 하고 있다.

이와 같은 점을 고려하여 해상수거 전략에 대한 방제장비의 필요수량을 산정하면 다음과 같다.

#### ○ 유흡착재(Sorbent)

유흡착재는 주로 오염방제 작업의 마지막 단계에서 사용하거나 기계적 회수 작업이 곤란한 장소에서 사용된다. 이 경우의 유출사고는 외해와 접해 있는 곳에서 발생한 사고이므로 유흡착재에 의한 기름 제거는 바람직하지 않다고 생각된다. 그러나 해안 부근으로 이동하는 기름이나, 일부 물이 고이는 장소에서는 유흡착재를 사용할 수 있는 점을 감안하여 유흡착재 중 흡착 효과가 뛰어난 합성유기질흡착재를 적당량 보유하는 것이 바람직하다.

#### ○ 유처리제(Chemical dispersant)

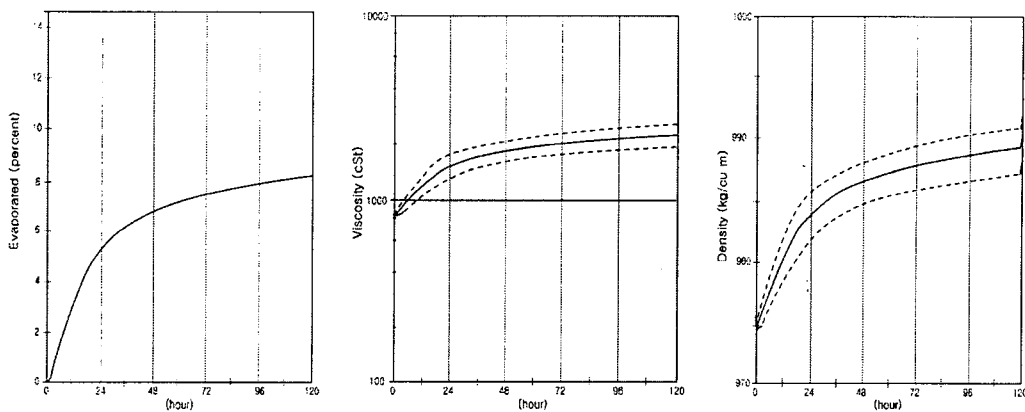


Fig. 9 Changes of density(left), viscosity(middle), and evaporation(right) of Bunker-C with times in summer. Dotted lines on density and viscosity denote minimax.



유처리제는 일반적으로 점성이 2,000~5,000cSt 인 기름에는 분산 효과가 크게 낮아지고, 5,000cSt 이상인 기름에는 거의 효과가 없다. (ITOPF, 1987). 이 연구의 가상오염사고에서는 <Fig. 8>과 <Fig. 9>에서 나타난 바와 같이 동계에는 유출 초기 6시간 동안 점성이 2,000cSt 이하이지만, 그 이후에는 급격히 증가하기 때문에 유처리제의 사용이 비효과적이다. 그러나 하계에는 유출 후 96시간 경과 시까지 점성이 2,000cSt 이하로 유지되므로 유처리제의 사용이 가능하다. 따라서 하계 대비용으로 부산지역방제전략에 따라 해상수거량 1,015톤 중 30%인 305톤을 처리할 수 있는 유처리제를 확보해 두어야 한다. 한편, 최근의 실험 결과(T. Lunel et al., 2000), 수온 15℃에서 에멀전되지 않은 상태(점성 약 10,500cSt)와 30% 수분함유 상태(점성 34,000cSt)인 연료유(IFO-380)에 4종류(Corexit 9500, Dasic LTSW, Dasic NS, Superdispersant 25)의 유처리제를 적용시켜 전자의 경우 최대 53%, 후자의 경우 최대 25%의 분산 효과가 있음이 보고 된 바 있다. 따라서 부산해역에서는 이와 같은 실험결과를 참고하여, 고점성 기름에 효과적이고 적합한 농축형 유처리제 (concentrate dispersant)를 10,000~60,000 liters 보유하는 것이 바람직하다.

○ 오일붐(Boom)

부산 해역은 해안선이 단조롭고 민감해역이 많지 않으므로, 오염사고 발생 지역을 중심으로 유출유를 봉쇄함과 동시에 조도 방파제 입구 부근에 북향

내향으로 이동하는 유막을 차단하기 위하여 오일붐을 설치한다. 또한 영도 서쪽편의 해조류 양식해역에도 오일붐을 설치한다. 이에 필요한 오일붐은 대략 2,500~3,000m이며, 이 들은 모두 외해에 노출된 해역에 설치되어야 하므로 외해용 붐이어야 한다.

○ 스키머(Skimmer)

미국이나 캐나다에서는 오염방제 장비의 확충 계획을 기계적회수율을 기준으로 하여 수립한다. 여기에서 기계적 회수능력을 산정하는데 고려할 요소는, 해면상의 기름양(OA), 시간당 회수율(IR : 제작회사에서 제시한 용량), 기계적 회수율(MR : 우리나라의 경우 20%), 작업일(WD : 3일), 1일 작업시간(WH : 계절에 따라 다르지만, 평균 8시간으로 간주), 실행적 효율(PE : 65%) 및 장비동원율(AR : 33%)이다. 따라서 본 시나리오에서는 하계에 유처리제를 사용하여 기름을 분산시킬 수 있으나, 동계에는 유처리제의 사용이 비효과적임으로 인해 해상수거 전략(유출유의 60%) 1,015MT를 모두 기계적으로 수거하여야 하므로, 이를 위한 회수용량(m.ton/hour)을  $IR(m \cdot ton/hour) = OA / (MR \times WD \times WH \times PE \times AR)$  식에 의해 구하면 약 986MT/hour가 된다.

스키머도 오일붐과 마찬가지로 외해에서 작업을 하기 때문에 Belt skimmer, Rope skimmer, Weir skimmer 등 외해용으로 적합한 스키머를 구비하여야 한다.

상기를 종합하여 부산지역에 비치하여야 할 오염방제장비를 정리하면 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Required stockpiles of marine oil spill response in Busan area

구 분	종류 및 필요수량
오일붐(boom)	외해용 붐 3,000m
회수용량(skimmer)	외해용 스키머 986 MT/hour
유흡착재(sorbent)	합성유기질흡착재 적당량
유처리제(dispersant)	농축형유처리제 10,000~60,000 liters

## 4. 결 론

본 연구는 우리나라 수출입 물동량과 해상교통량이 최다이며, 또 인근 해역의 통항로로 이용됨으로 인해 선박에 의한 기름 유출사고의 잠재적인 발생 해역인 부산해역을 대상으로 오염사고 분석 및 해안의 특성을 조사하고, 최악의 오염사고 시나리오를 설정하여 이 해역에 비치하여야 할 오염방제장비의 필요수량을 산정하였다.

(1) 5개년(1995~1999) 동안 부산해역에서 발생한 오염사고는 화물선에 의한 사고가 가장 많고, 원인으로는 부주의에 의한 사고가 전체의 50%를 차지한다. 유출량은 10kl 이하의 소량이 전체의 57%를 차지하고 오염사고는 남외항에서 가장 빈번히 발생한다.

(2) 부산지역은 주로 간척암해안, 인고구조물해안 및 모래해안으로 되어 있고, 부분적으로 표석해안 및 펄 간석지가 있다. 민감지역으로는 해수욕장, 해조류양식 해역 및 제1종 공동어장, 마리너 등이 있으나, 비교적 민감지역이 적은 편이다. 부산해역에서의 해안오염방제방법으로는 자연적 회복, 저압냉수 및 온수세척, 고압냉수 및 온수세척, 수작업, 유흡착재에 의한 제거 및 기계적 제거방법이 있다.

(3) 부산해역에서 발생할 가능성이 있는 최악의 오염사고 시나리오는 병커유 약 7,000톤을 적재하고 부산북항의 저유소에 입항하는 유조선으로, 유출장소는 조도 방파제 입구 부근이다. 오염방제방법은 계절에 따라 다르며, 동계의 경우에는 기계적으로 봉쇄·회수하여야 하고, 하계에는 기계적 봉쇄·회수 및 유처리제 사용을 병행할 수 있다. 여기에 필요한 방제장비는 외해용 오일붐 약 3,000m, 회수용량 약 986MT/hour의 외해용 스키머를 비치하여야 하며, 하계 사용에 대비하여 유처리제 10,000~60,000liters 농축형 유처리제와 추가로 합성유기질흡착재를 적당량 보유하는 것이 바람직

하다.

본 연구는 단순히 유출된 기름의 풍화과정에 따른 양적 변화만을 고려하여 방제장비의 필요수량을 산정하였기 때문에 방제능력 향상에 대한 연구로는 부족하다고 생각된다. 이에 따라 추후 해수 유동에 따른 유막의 이동 및 시공간적 오염도 산정 등을 포함하여 보다 과학적인 연구를 수행할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 부산해양경찰서, 부산해역 해양오염 방제 대책, 2000
- [2] 윤종휘, 대한해협서수도에 출현하는 저층냉수의 변동기구, 부경대학교, 1996
- [3] 해양경찰청, 부산지역방제실행계획, 연구기관-한국해양연구원, (주)환경과학기술, 2001
- [4] IMO, Impact of oil and related chemicals on the marine environment, GESAMP Report and Studies No. 50, London, 1993
- [5] ITOFF, Response to Marine Oil Spills, ISBN 0-948691-51-4, 1987
- [6] Lunel, T, A. Crosbie, L. Davies and R.P.J. Swanneli, The potential for dispersing Bunker C (IFO-380) Fuel Oils : Initial result, National Environmental Technology Center, U.K., 2000
- [7] NOAA, ADIOS user's manual, Hazardous materials response and assessment division, 1994/2000