

해양 오염 방제기술



조 일 형

(KIMM 해양기술연구부)

- '81-'85 서울대학교 공과대학 조선공학과(학사)
- '85-'88 서울대학교 공과대학 조선공학과(석사)
- '88-'91 서울대학교 공과대학 조선공학과(박사)
- '92-현재 한국기계연구원 선임연구원



홍 석 원

(KIMM 해양기술연구부)

- '77 서울대학교 공과대학 조선공학과(학사)
- '79 서울대학교 공과대학 조선공학과(석사)
- '79-'84 한국기계연구소 연구원
- '84-'88 Applied Mechanics, Univ. of Michigan 연구조원
- '88 Univ. of Michigan Applied Mech.(박사)
- '88-현재 한국기계연구원 책임연구원

1. 개 요

1989년 3월 알래스카의 프린스 윌리엄스 사운드(Prince Williams Sound)에서 발생한 엑슨 발데즈(Exxon Valdez)호 사고는 엄청난 규모의 재앙이었음은 재론의 여지가 없으나, 실제로 그 이전에 발생한 토리 캐년(Torrey Canyon)이나 아모코 카디즈(Amoco Cadiz) 사고에 비하여 그 규모나 피해에 있어서 더 큰 사고는 아니었다. 그러나 이 사고가 중요한 의미를 가지는 것은 이로 인하여 세계인들이 경제 우선주의 사고에서 환경 중심으로 사고의 전환을 가져오게 되었으며 미국에 OPA-90이라는 유류오염방지 법안이 제정되어 최근의 해양오염방제에 대한 관심과 국제적인 대응책 마련에 결정적인 역할을 하였다. 따라서 1970년대 이후 감소추세에 있던 해양오염관련 연구나 재정지원이 다시 활성화 되는 계기가 마련되었으며 실제로 많은 방제장비가 이 사고에서 성능을 검증받는 기회를 갖게 되었다. 그후 1993년 1월 스코틀랜드의 셰틀랜드 앞바다에서 침몰하여 85,000톤의 원유를 유출시킨 브래어(Braer)호 사고는 해양오염방제에 인공위성과 컴퓨터 시뮬레이션 등의 첨단과학장비를 본격적으로 동원하는 방제작업의 현대성을 선보이게 되었다.

한편, 브래어호 사고와 비슷한 시기인 1993년 9월 27일, 전남 여천 앞바다에서는 화물선과 500톤급 유조선 제5 금동호가 충돌하여 병커 C유 1천1백톤이 유출된 소위 광양만사고가 발생하였다. 이 사고로 해안선 60여km가 직접적인 피해를 입고, 3천4백50여ha에 이르는 인근 어장이 직간접적으

로 피해를 보았다. 유출유 수거를 위한 방제작업은 장비의 전근대화와 긴급방제의 어려움으로 인하여 인근 해안선에 기름이 확산되어 해안선 청소에만 약 3개월, 환경회복에는 수년이 걸릴 것으로 예상되는 결과를 가져오게 되었다. 방제작업의 수준은 지극히 초보적인 수준에 있었고 국내를 떠들석하게 하였던 마스크의 보도는 국내 해양오염방제에 대한 아무런 대응책도 마련하지 못한채 공허하게 지나가고 말았다.

국내 해양오염의 특징은 선박의 해난사고에 의한 경우가 전체 피해의 92%를 차지하고 있다.[1] 유출사고의 대부분은 유류를 대량으로 적재 또는 수송하는 유조선이나 대형 화물선의 좌초, 충돌 또는 침몰등 해난사고에 기인한다. 따라서 대부분의 경우 사고지역은 유조선 등의 출입이 빈번한 항구근처이며, 사고의 특징은 일시에 많은 양의 기름이 해양에 유출되어 인근해 연안이나 해안선으로 확산된다는 사실이다. 따라서 장기간에 걸친 해양오염방제작업 보다는 긴급방제에 초점을 맞추어서 초기에 사고를 처리해야 된다. 이를 위해서는 유회수선이나 오일 펜스, 유회수 장치와 같은 방제장비의 확보가 선행되어야 한다.

해양에 유출된 기름을 방제하기 위한 방법을 크게 세가지로 분류하면 다음과 같다. 오일펜스를 사고지역에 설치하고 유회수기이나 유흡착재로 기름을 제거하는 물리·기계적인 방법, 유처리제를 사용하는 화학적 방법 그리고 박테리아를 이용한 생물학적 방법 등이 있다. 관련 주요장비로는 항공기에 의한 오염감시 및 방제동향 파악, 인공위성자료의 모니터링, 오염물 감시·탐사용 계기등이 있다.

2. 방제장비 및 방제방법

방제장비는 세계방제시장에 대한 다양한 정보를 제공하고 있는 참고자료[2]를 정리하면 대략 다음과 같다.

| | |
|------------------------|-------------|
| 오일펜스 (119개) | 유회수기 (105개) |
| 유회수시스템 (40개) | 유회수선 (40개) |
| 흡착재 (100개) | 화학제 (94개) |
| 해안선 처리 (52개) | 정보관련 (42개) |
| 생물학적 환경회복기술 관련제품 (42개) | |
| 특수펌프 (48개) | |
| 저장 및 유수분리시설 (33개) | |
| 분산제 분무장치 (28개) | |
| 유출유이동해석 소프트웨어 (12개) | |
| 기타 (86개) | |

여기서 괄호안에 있는 숫자는 해당분야에 종사하는 업체수를 나타내는데 이들 대부분의 업체는 미국, 영국, 이태리 및 스칸디나비아 제국의 기업들이다. 방제 서비스 관련 업체들의 갯수도 방제장비 생산업체와 거의 대등한 규모로 파악되었다. 방제기자재는 사고의 유형에 맞추어서 적절히 선정되어야 하며 경우에 따라 물리·기계적 방제장치와 화학처리제가 상호 보완적으로 쓰이고 있다. 물리·기계적 방제장치에는 흡착재와 유회수기, 유회수선 및 오일펜스 등이 주요장비이다. 참고로 유류오염사고가 대형화 할 수록 기계적인 수거가 효율적이며 소형사고 일 경우에는 화학적인 처리가 경제적 일 수 있다.

2.1 유처리제

2.1.1 분산제(dispersants)

기름과 물과의 계면장력을 약화시키는 성분을 포함한 혼합물로서 유출사고 발생 수시간 이내에 사용하여야 한다. 그 이유는 대부분의 원유가 유출후 수시간 이내에 점도가 급격히 증가하여 분산제의 기능을 무력화 시키기 때문이다. 1967년에 발생한 토리캐년 유출사고때 처음으로 대량 사용되었으며, 이때에는 유독한 성분을 다량 포함했었기 때문에 해양생태계를 위협한다는 악명을 얻게 되었다. 그 이후 독성을 낮추는데 중점을 둔 연구

개발이 지속되고 있으며 최근의 연구결과에 의하면 수심이 10미터를 초과하는 해역에서는 해저생태계에 우려될 만한 영향은 주지 않는다고 한다. 그러나 사용량, 산포방법, 성분혼합 등에 각별한 주의를 하여야 할 것이다.

2.1.2 응고제(solidifiers)

젤(Gel)화제 라고도 하며 액상의 기름을 고형화 시키는 기능을 가지며 화학적으로 교차결합제(cross-linking agents)라고 한다. 응고제는 기름 무게의 20% 정도의 투입으로 효과를 보는 경우도 있으나 많게는 800%까지 이르고 있으며 기름과 작용할때 처음 접촉한 부분에서만 국부적인 지나친 응고작용을 하여 여타 기름이 방치되는 경우가 많아서 때에따라 방제작업의 효율성이 저하되기도 한다.

2.1.3 기계적 회수 촉진제

유출유의 점탄성(visco-elasticity)을 높여 유희수기의 효율을 높여주는 역할을 한다. 초과투여시는 기계장비의 과부하로 인한 역기능이 생기므로 적절한 양을 사용해야 한다.

2.1.4 표면세정제

고체표면에 부착된 기름을 제거하는 역할을 하는 계면활성제의 일종이다. 물과 섞일 경우 기능이 저하되며 압력분무나 증기분무 방식도 피해야 하한다. 가장 효과적인 방법은 기름표면에 다량으로 끼얹은 후 다량의 물로 씻어 내는 것이다. 현재 제거효율은 40% 정도라고 하며 효율향상 및 환경영향에 관한 연구가 진행중이다.

2.1.5 유화방지제(de-emulsifying agents)

유출유의 유화를 방지하거나 유화된 기름을 복구시킨다. 계면활성제로서 물에 잘녹기 때문에 트인 바다에서의 사용은 비효율적이다. 유화가 예방되면 유출유의 회수·재사용이 용이하기 때문에 북해연안 산유국들에서 활발한 연구가 진행중이다.

2.1.6 기타

기름을 물로 부터 분리시키는 방법, 흙에서 기름을 띄워 올리는 방법 등의 새로운 화학처리제들이 연구개발 단계에 있는데, 엄격한 환경영향 판정을 거쳐야 할 것이다.

2.2 흡착제(sorbents)

유흡착제로는 건초, 톱밥, 나무껍질 등의 식물성 흡착제와 운모, 경석 등의 광물성 흡착제 등이 초기에 쓰였으나 생산비가 높고 회수, 처리에도 많은 문제점이 발생하여 현재에는 석유화학계 고분자 합성물질이 주로 쓰이고 있다. 발테즈호 유출사고와 지난 걸프전때와 같은 대량 오염사고의 발생은 이들 합성물질로된 제2세대 흡착제의 연구개발을 촉진시켜 수많은 제품이 시장에 소개되고 있다. 이들 흡착제들은 다음과 같은 항목에서 긍정적인 결과를 보일것이 요구되고 있다.

- 부력(buoyancy) : 흡착제 단독으로 혹은 기름을 흡착한 후 침전되지 않아야 한다. 침전은 장기적으로 먹이사슬에 영향을 주는 2차 생태계 오염을 야기시킨다.
- 저흡수성 : 흡수성이 크다면 그만큼 유흡착성이 낮아지고 최악의 경우에는 흡착유가 흡수유에 의해 밀려나는 경우도 있으므로 흡수성은 작을 수록 좋다.
- 고유흡착성 : 흡착유량과 유흡착속도가 공히 중요하다. 특히 흡착속도는 다른 기계적 회수장비의 성능에 큰 영향을 주고 있다.
- 재사용성 : 흡착유를 기계적 또는 화학적 방법으로 분리하여 이를 사용가능케 하는 성질을 보유하고 있는 경우에는 재처리될 회수용량을 방제작업시에 미리 고려해야 한다.
- 저 유탈착성 : 모든 흡착제는 시간이 지남에 따라 흡착된 유체를 뱉어내는 성질을 갖고 있다. 이러한 특성은 사용된 흡착제에 따라 변화가 매우 심하다. 방제작업은 이를 확실히 파악하여 시행되어야 하며 회수유 저장용기 및 사후처리

계획에도 이 특성이 반영되어야 한다.

2.3 오일펜스(oil fence)

유출된 기름의 확산을 방지하고 특정지역에 대한 기름 유입을 차단할 목적으로 많은 오일펜스가 개발되어 있다. 오일펜스의 구조적인 형상은 제품에 따라 각각 다르지만 근본적으로는 다음의 4가지 부분으로 구성되어 있다. 즉, 펜스에 부력을 주는 부체(floatation), 파도나 조류에 의해 기름이 펜스를 타고 넘는 것을 방지하는 방유벽(free-board), 기름이 펜스의 하부로 빠져 나가는 것을 방지하는 스커트(skirt), 스커트가 조류에 의해 제껴지는 것을 방지하는 체인으로 구성되어 있다 [그림1 참조].

해상에 설치된 오일펜스는 여러가지 해상조건에 따라 영향을 받는다. 예를 들면 조류와 같은 흐름으로 인하여 기름이 스커트 밑으로 빠져 나가는 경우와 파도나 조류에 의하여 펜스의 상하로 기름이 유출되는 경우가 있다. 선진국 들에서 수행한 성능평가에 의하면 오일펜스를 조류의 유입 방향과 직각으로 설치할 경우 조류속도가 약 0.7knot 이상이 되면 기름이 스커트 밑으로 빠져 나간다고 한다. 그러나 이러한 한계 조류 속도는 스커트의 깊이 및 체인의 무게, 유출된 기름의 비중 및 점도 유층의 두께 등에 따라 차이가 있다. 오일펜스의 규격은 표준화되어 있지 않으며 하천, 항만, 외해 등지에서의 자연조건에 따라 여러가지로 설계되는데, 기름하역 항만과 석유생산 플랜트 주위에 설치하는 고정식과 사고해역에 운반·설치하는 이동식으로 대별될 수도 있다. 오일펜스의 성능은 예인속도, 기름모으는 속도(sweeping speed), 사용온도, 작업인원, 설치방법 및 사용후의 회수보관 방법에 따라 평가되고 있다. 끝으로 그림2에는 오일펜스가 선박과 함께 사용되는 경우를 예로 보여주고 있다. 이는 선박으로 펜스를 예인하는 대표적인 방법으로서 "J타입"이라고 하는데, 두척의 예인선중 한척에 유회수장치가 설치되어 작업하게 된다.

오일펜스의 종류는 부력을 주는 방식에 따라

몇가지로 분류할 수 있다. 가장 일반적으로 널리 사용하는 방법으로 스티로폼을 부력재로 사용하는 것이다. 이 방식은 가격이 저렴한 반면에 보관시에 부피가 커져 많은 양의 오일펜스를 설치할 때 어려움이 있으며 스티로폼은 썩지 않기 때문에 폐기시 환경문제를 야기시킨다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 보관시 공기를 뺀 상태로 저장하고 설치할 때 공기를 공기방에 주입하여 부력을 주는 공기팽창식(air-inflated) 오일펜스가 최근 널리 사용되고 있다[그림 3]. 또한 공기팽창식 오일펜스와 유사한 방법으로 설치시 용수철의 힘으로 팽창되면서 부력재 안과 밖의 압력차이로 외부의 공기가 밸브를 통하여 안으로 유입되는 자동팽창식 오일펜스도 대표적인 방식이다[그림 4].

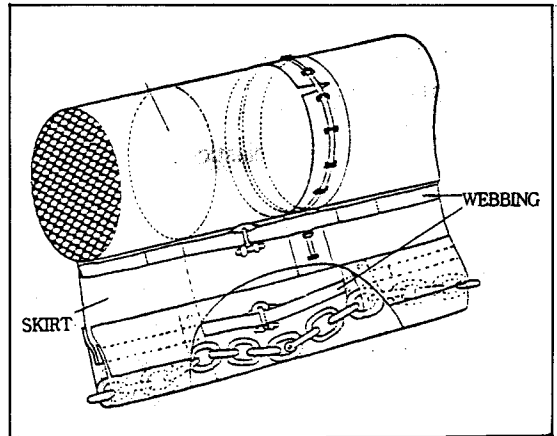


그림 1. 오일펜스 기본형태

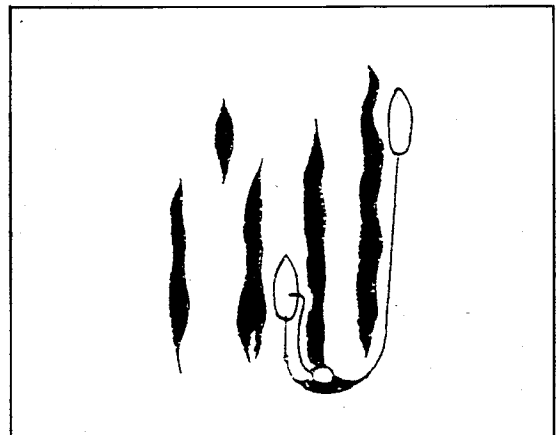


그림 2. 오일펜스 사용예

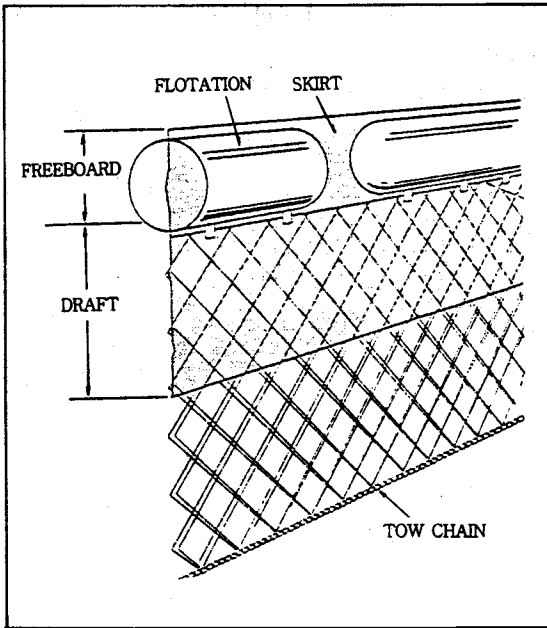


그림 3. 공기팽창식 오일펜스

2.4 유회수기(skimmer)

유회수기는 오일펜스로 가두어진 수표면의 기름을 제거하는데 사용된다. 수거효율은 유층의 두께, 점도, 해상상태 및 저장용량 등에 따라 좌우되며, 통상 유층이 두꺼울때 작업이 용이하므로 오일붐으로 기름을 가두어 모은 후에 사용된다. 종래에는 파고가 2m 이상이 되면 효율이 매우 낮아져서 거의 쓸모가 없으나 최근에 개발되는 스키머는 파도에 따라 움직일 수 있도록 설계되고 있다.

유회수기는 여러 종류가 있으나 크게 흡입식과 흡착식으로 대별된다. 흡입식은 진공소제기와 같은 원리로 펌프에 의해서 작동되며 흡입구가 수표면에 정확하게 위치하도록 조절하는 장치가 되어 있다[그림 5]. 중질유를 수거하는데 효과가 있으나 비교적 범용성을 갖고 있다. 흡입식은 자체로 독립적으로 사용하는 경우와 선박에 설치되어 사용하는 경우로 대별할 수 있다.

흡착식은 기름이 물체표면에 달라붙는 성질을 이용하여 해상에 떠있는 기름만을 선택흡수하는 방식으로서 다공물질을 이용한 흡착식과 부착식으로 나누어 진다. 다공물질을 이용한 흡착식은 기름이 다공질의 물질에서 모세관현상으로 침입하여 부착하는 성질을 이용한 것으로서, 다공질 드럼, 벨트, 형집(mop)등을 무한계도로 움직여 기름을 부착시켜 저장탱크로 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. 대표적인 예는 그림6과 같다. 흡착식스키머는 개념적으로 모두 같은 원리를 이용한 것으로서, 최근에는 성능이 향상된 제품으로 선박의 전진속도와 회수판을 이용하여 소형선과 일체화시킨 방식들이 선보이고 있고 이들은 대형 유회수선에도 부착되고 있다.

현재 스키머의 세계시장은 북미, 북유럽에서 주

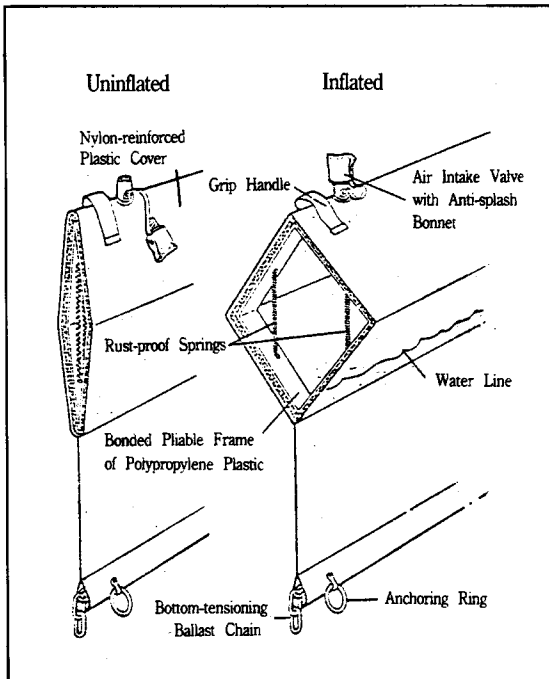


그림 4. 자동팽창식 오일펜스

로 독점하고 있는데 국내생산이 거의 전무한 품목으로서 전량 외국으로 부터 수입하고 있다. 따라서 국내 방제기관에서 필요한 물량이 절대적으로 부족하여 해상방제에 어려움을 겪고 있는 대표적인 장비이다.

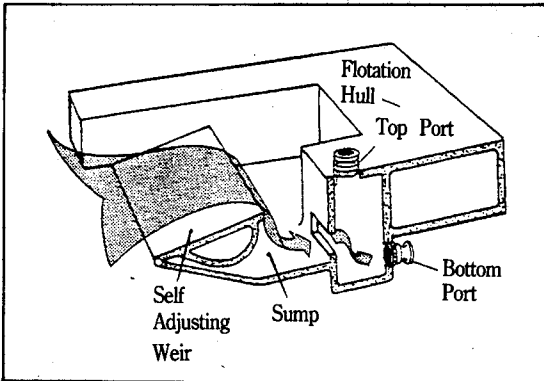


그림 5 흡입식 유회수기

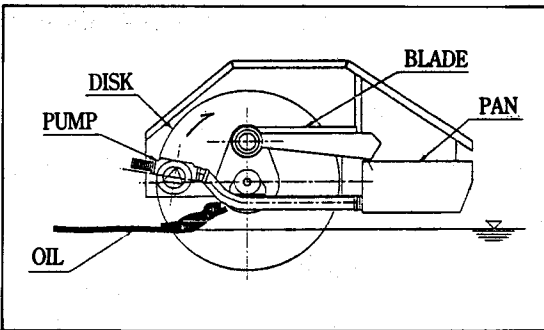


그림 6 흡착식 유회수기

2.5 유회수선

유회수선은 항만, 수산양식장 및 기타 주요연안 시설, 먼바다 등 해역조건과 파랑, 조류 및 바람 등의 해상조건 및 유출유의 량, 종류 등에 따라 크기와 성능이 결정지어 진다. 해상방제작업은 선단에 의하여 이루어지며 이때 동원되는 선박은 유회수선 이외에 오일펜스 설치·예인선, 회수유 운반선, 회수유저장선, 보급선 기타 작업선 등이다. 이중 유회수선은 유회수기가 설치된 선박이고 여타 선박은 유조선 내지 작업선으로 분류되고

있다. 유회수선이 갖추어야 할 기본적인 기능은 다음과 같다.

- 유회수장치 : 보통 경유는 시간당 10~40입방미터 중유는 시간당 50~350입방미터를 회수하는데, 해상상태, 유출유의 유화정도 등에 따라 공칭성능이 10% 이하로 내려갈 경우도 있다. 형식은 선박 일체형일 경우는 벨트 또는 드럼식이 많고 회수기 분리형은 회수기와 회수선이 호스로 연결되어 강제흡입으로 회수작업을 한다.

- 유수분리장치 : 유회수선 내부에서 회수된 기름과 물을 분리하는 장치로서 회수유 저장용량이 과도히 커지는 것을 방지할 수 있으나, 분리된 해수의 잔여유분 등에 신경을 써서 배출수에 의한 바닷속 오염을 예방해야 한다.

- 회수유저장장치 : 보통 40~300입방미터의 용적을 갖는다.

그밖에 선박일체식 회수장치인 경우에는 회수유의 진입유량을 증가시키기 위하여 선수부에 집유장치(sweeper)를 두기도 한다. 회수효율의 저하를 막기 위해 설계시에 선박의 조종, 운동성능에 각별한 배려를 하여야 하며 항해·통신장비 및 자동운항시스템에 의한 선단내의 위치유지가 가능하여야 한다. 한편 소형 유회수선(15톤 미만)과 최근에 구미에서 사용이 권장되고 있는 VOSS (vessel of opportunity skimming system)는 회수선 이라기 보다 유회수기로 간주되고 있으며 VOSS는 기름저장조를 지닌 일반 선박에 회수기를 장착하여 사용하는 것으로서 우리나라의 경우에는 아직 실용화되어 있지 않다.

3. 국내의 방제실태

우리나라에서는 환경부, 건설교통부, 수산청 및 해양환경청에서 여러 관련업무를 수행하고 있으며 해양유출사고의 방제조치는 주로 해양경찰청에서 담당하고 있다. 전반적인 해양오염방지 업무가 여러 기관에 분산되어 있어 해양유출사고 긴급방제에 효과적인 대응을 못하고 있는 실정이다. 1977년에 제정·공포된 “해양오염방지법”중 사고

표 1. 해양오염 방제장비 국내 보유현황

| 구분 | 방제선 (척) | 작업선 (척) | 차량 (대) | 유회수기 (대) | 분무기 (대) | 오일펜스 (미터) | 유흡착제 (kg) | 유처리제 (리터) | 저장용기 (개) |
|-----|---------|---------|--------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 기관별 | | | | | | | | | |
| 총계 | 18 | 220 | 236 | 78 | 302 | 114,530 | 95,113 | 496,253 | 28 |
| 기 | 7 | 18 | 12 | 32 | 27 | 7,710 | 4,751 | 21,474 | 14 |
| 관 | 8 | 12 | 9 | 20 | 30 | 17,400 | 28,251 | 74,376 | 5 |
| 별 | 3 | 4 | 17 | 3 | 11 | 3,280 | 1,650 | 1,764 | 2 |
| 합 | | 21 | 23 | | 17 | 11,260 | 1,179 | 41,312 | |
| 계 | | 165 | 175 | 23 | 217 | 74,880 | 59,282 | 357,327 | 7 |

시 해상방제에 관련된 내용은 동 방지법 제6장의 해양오염방제조치에 기술되어 있다. 방제기자재를 비치하여야 할 선박 및 해양시설의 범위는 추진기관이 있는 총톤수 100톤 이상의 유조선 및 총톤수 1만톤 이상의 기타 선박, 기름 등 폐기물을 300톤이상 저장할 수 있는 해양시설 및 총톤수 100톤 이상의 유조선을 계류하기 위한 계류시설로 규정되어 있다. 방제자재 등의 비치기준은 선박이나 시설물의 규모에 따라 차이가 있으나 기본적인 내항용 오일펜스 2종과 유처리제, 유흡착제 또는 유겔화제의 일정량 만을 보유하도록 하고 있다.

한편, 국내 방제장비의 보유현황은 1992년 해양경찰청 자료에 의하면 표 1과 같다.[3]

이 자료는 특히 소모품의 경우 다소 유동적이거나, 전체적으로 현재의 원유도입 물량에 비추어 대단히 미미한 수준이다. 유출유 방제기자재의 보유현황은 총누계가 오일펜스 114km, 유회수기 78대, 분산제 496kl, 유흡착제 95톤 및 방제선 18척으로 되어 있다. 현 국내규정에 수량적으로 따르고 있겠으나 노후화로 인한 성능저하의 우려가 있을 수 있다. 방제선박은 부산과 인천항 같은 국제항구에도 100톤 미만의 소형 방제선 3, 4척만이 있는데, 해경소재 국내 주요항구가 12개소 인접을 감안하면 방제선의 숫자는 매우 부족하다. 더구나 선박을 이용한 사고의 야간감시는 거의 불가능한 실정이다. 해양경찰청에서 분석한 우리나라에서 발생한 대형유출사고 대응경위를 보면 100톤급

이하의 사고에도 해상에서 기름을 회수·처리하지 못하여 해안 시설에 막대한 피해를 줌은 물론 방제인력, 시간 및 비용면에서 해상회수·처리의 수배에 달하는 비효율성을 보여주고 있다.

그러나 가장 중요한 문제는 상기자재의 질적인 분석에 있다. 해양오염 방제장비는 국내해양환경에 따라 분류가 되어야 하는데 현재 국내장비는 이와같은 분류가 어렵고, 대부분은 항내용에 치우쳐있기 때문에 외해에서 사고가 발생하였을 경우 그 실효성에 의문이 간다. 이는 방제장비 확보시 전체적인 마스터플랜이 없이 각 항내에서의 효용성만을 고려하였기 때문으로 여겨져서 이에대한 대책이 이제라도 마련되어야 한다.

4. 방제기술 기준

위에 간단히 열거한 바와 같이 여러 종류의 방제장비가 있는데, 중요한 것은 일단 충분한 방제장비를 갖추는 것과 이러한 장비를 얼마나 효율적으로 운영하느냐에 있다. 일단 배출된 오염물질은 신속하게 제거해야 하는데, 이 중에서 특히 문제가 되는 것은 대량기름 유출시의 방제작업이다. 초기방제의 작업효율을 향상시키기 위하여는 장비 선정시 다음과 같은 사항을 충실히 검토하여야 한다.

- ◎ 기름 : 종류, 점도, 유출량
- ◎ 해상상태 : 조류, 파도, 바람의 세기 및 방향
- ◎ 기타 : 확산정도, 사고지점과 인근시설과의 거리 등

표 2. 해역 분류

| 분류코드 | 정 의 | 유의파고 (m) | 풍속 (노트) | 해 상 상 태 |
|------|--------|----------|---------|-----------------------|
| C | 잔잔한 수역 | 0.3 | 10 | 작고 짧은 파도 |
| P | 연안해역 | 1.0 | 14 | 작은 파도이나 일부 깨어진 파도가 존재 |
| O | 일반해상 | 2.0 | 18 | 보통의 해상파도 |

표 2는 장비선정의 일례로서 오일펜스와 유회수기의 선정에 대하여 간단히 기술한다. 장비확보를 위하여는 먼저 사용해역에 대한 해상자료가 필요하다.

오일펜스는 해상상태에 따라 표 3과 같은 여러 종류중에서 선택 할 수 있다.

표 3. 해역별에 따른 오일뽀 사양

| 해상상태 및 펜스규격 | calm water | protected water | open water |
|--------------|------------|-----------------|------------|
| 해상파도 (m) | 0.5 | 1.0 | 2.0 |
| 해상조류 (노트) | 3 | 3 | 3 |
| 해상바람 (m/s) | 15 | 15 | 15 |
| 펜스깊이 (m) | 0.30 | 0.56 | 0.76 |
| 수면상 높이 (m) | 0.20 | 0.36 | 0.51 |
| 부력재 단위길이 (m) | 2 | 3 | 3 |
| 체인규격 (mm) | 6 | 10 | 13 |

위 표는 중간핵심기술연구사업의 일환으로 한 국기계연구원과 국내 오일뽀 제작회사인 타이가가 공동으로 개발한 공기팽창식 오일뽀에 대한 사양이다. 한편, 해상상태에 따른 유회수기의 선택의 예는 대략 표 4와 같다.

표 4. 해역별에 따른 유회수기 사양

| 분류 코드 | 회 수 방 식 | 무 게 | 펌 프 용 량 |
|-------|---|--------------------------|---------------------------------------|
| C | - 각종 포터블 흡착식 유회수기 (벨트, 원판, 드럼, 로우프식 등) - 흡입식 일부 (Weir식, Vortex 식등) | 통상 130 kg 이내 (3톤급까지 있음.) | 통상 10-70 톤/시간 (일부 1000톤/시간 까지 있음.) |
| P | - 선박일체형을 포함한 흡착식 - 흡입식 스키머 들 (봄 스키머, Weir식, 선박일체형 등) | 통상 2 톤이내 (35톤급까지 있음.) | 통상 90 톤/시간 이내 (일부 2,000 톤/시간 까지 있음.) |
| O | - 주로 선박일체형 - 흡착식, 흡입식 및 콘베이어형 주격식 등으로 주문형이 많음. | 통상 45톤이내 (3,000톤급도 존재) | 통상 250 톤/시간 이내 (20,000 톤/시간 급 까지 존재.) |

외국 방제시장은 이러한 기준에 맞추어서 제품을 생산·공급하고 있으며 여기에는 미국의 연안 경비대 (U.S. Coast Guard)와 같은 기관의 연구 개발 노력이 큰 역할을 하였음은 물론이다. 국내에 이와같은 기준이 아직 설정되어 있지 않은 상황에서 방제장비를 확보하는 것은 자칫 예산의 낭비를 초래할 뿐만 아니라 정유회사와 같이 실제로 방제에 의무를 가지고 있는 기관의 장비확보 유도에도 문제가 있을 수 있다. 특히, 방제기자재의 종합운용을 위하여는 방제선단을 포함하는 유회수 종합시스템의 확보가 요구되는데 정부의 노력과 병행하여 민간기업의 적극적인 참여가 필요하다. 이를 위하여는 정부의 노력과 함께 산업계와 연구계에서 필요한 자금의 확보와 노력의 뒷받침이 필수적이다.

5. 우리나라의 유출사고 대응시스템 보강 대책

해양오염사고 발생시 이에 대처하는 방안에 대한 국제적인 협력방안이 근래들어 국제해사기구 (IMO) 산하 해양환경보호위원회 (MEPC)에서 강

구되고 있다. MEPC의 OPRC(유류오염사고 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협력) 및 OPRC 회의결 의서는 최근의 오염사고, 해양오염방지 대비 및 대응에 관한 검토와 아울러 각 지역에 정해진 방 제수단을 확보할 것을 요구하고 있다. OPRC 협 약은 각 국가별로 해양오염방제 기기 및 시설을 확보하여 해양환경보호를 도모하는데 그 목적이 있다. 따라서 선진국에서는 환경보전이라는 대의 명분 하에 자국의 방제기기 및 시설의 수출을 도 모하게 되고 개발도상국의 경우 그들의 기술에 불가피하게 종속되는 경우가 발생할 수 있다. 따 라서 우리나라도 적절한 방제시스템 개발을 본격 적으로 서둘러야 하는 시점에 있는데, 이에 대하 여 간단하게 미국의 경우를 소개하여 우리의 대 응시스템 마련에 참고로 하고자 한다.

OPA-90의 파급효과로서 미국의 방제전문회사 들은 미국 전해안에 걸쳐서 지역방제기구를 구성 하였다. 이들은 대부분 민간회사들로서 OPA-90 관련서비스를 제공하고 있는데 그 규모도 대단하 여 예를 들어 Crowley Maritime Corporation과 같은 회사는 선박 450척에 고용인력만도 5000명 으로 구성되어 있다. 이들은 각 해안별로 사고의 규모나 종류에 따른 다양한 방제계획을 도식화시 키고 있다.

그러나 그보다 훨씬 우리에게 관심을 끄는 대 목은 지난 90년 미국에 설립된 MSRC (Marine Spill Response Corporation)라는 방제전문기구이 다. 이는 발데즈호 사고와 같은 최악의 상황에 대 응하기 위한 방제계획은 기존의 미국방제시장의 능력으로 확보가 불가능하였기 때문에 미국석유 협회 (API)의 주관으로 생긴 기구이다. 즉, 발데 즈호 사고와 같은 대형사고에 대응할 수 있는 능 력은 미국 정부나 석유회사 어디에도 없었기 때 문에 대형 기름유출사고에 대처하는 광범위한 새 로운 프로그램의 일환으로 구성되었다. MSRC는 이러한 프로그램에 따라 운영되며, 석유회사, 기름 을 선적하거나 공급받는 65개 이상의 기업들의 자금지원을 받아 직접방제업무 및 연구개발 노력

을 하고 있다. MSRC는 425명의 직접 고용인력을 가지고 미국 연안경비대의 규정에 맞추어 5개의 대구역으로 구성되어 있으며, 초기 5년동안의 경 비로 10억달러, 방제장비확보에 현재까지 약 4억 달러를 투자하였다.

우리의 경우는 현재 해양오염사고시 정부에서 모든 방제장비를 확보·동원하여 대처하는 어려움 을 자처하고 있다. 물론 일부 해안선 환경회복을 위하여 민간업체가 동원되지만 이는 단순화된 작 업일뿐 본격적인 긴급방제와는 거리가 있다. 따 라서 우리도 미국의 경우와 같이 전문화된 민간방 제기구 들을 육성하여 방제업무를 분담하여야 한 다. 또한, 정부기관에서 보유하고 있는 방제장비를 통합하여 관리하는 전문기구의 설립도 필요하다. 이 전문기구는 국내 해상조건에 맞는 장비의 확 보와 방제계획을 종합적이고 계획적으로 관리· 운영해야 한다. 이에 는 물론 민간기관을 육성하고 지원해야하는 법적·경제적문제의 해결이 선결요 건이다. 다음으로는 국내 환경산업의 육성이다. 현 재 국내 생산되는 방제장비는 내항용 오일붐 2종 과 선박용 유수분리기 정도이다. 긴급방제용 유출 유 수거장치는 간단한 제품임에도 개발실적이 거 의 전무하여 수입에 의존하고 있다. 이렇게 국내 산업계가 열악한 주된 이유는 법률적으로 필요로 하는 방제장비가 고작 내항용 오일펜스와 유처리 제, 유결화제의 일부 정도만이 요구되기 때문이다. 다양한 장비를 개발해 보았자 그 판로에 문제가 있고 시장성이 없기 때문에 아예 고급의 장비를 만드는 일을 포기하고 있다.

최근, 유회수장비들은 다양한 임무에 적의대처 할 수 있도록 설계되고 있는 경향이다. 따라서 적 합한 가상 사고 시나리오를 설정하고, 해역의 해 상 및 기상상태에 대처할 수 있는 효과적인 회수 방법 등을 선정해야 한다. 이때 시스템 구성요소는 MARPOL의 규정에 따라 설계되어야 하며 사 고규모별 대응대책은 미국 연안경비대의 규정과 같은 보다 기술적인 규정의 확보가 필요하다. 즉, 국내해역에서 과거에 발생한 각종 사고를 해역별,

규모별로 분류하여, 가장 빈번한 소형사고시, 중형 규모 및 최악의 상황을 설정한후, 사고해역, 사고에 대응할 수 있는 시간적여유 등을 고려하여 국내 전해상의. 방제계획이 수립되어야 한다. 이때 지역방제긴급대책에 의거하여 처리할 수 있는 범위와 대형사고시 국가긴급대책을 발동시켜야 할 범위를 설정하여야 한다.

6. 결 언

이상에서 살펴보았듯이 국내의 해양환경 오염 방제 실태는 아직은 기술적으로나 법률적으로 여러 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여는 다각적인 차원에서 검토되어야 하겠으나 본 고에서는 기술적인 측면에서 문제를 해결하는 데에 초점을 맞추었다. 무엇보다 중요한 것은 해양오염 방제는 긴급방제에 초점을 맞추어야 한다는 것과 국내환경산업 육성을 통한 유출유 제거장치 및 오염방지기기 등의 국산화 노력이 필요함을 확인하였다. 물론 선박해난사고 예측기술 향상, 유출기름의 현장소각 기법개발 및 중장기적인 환경회복기술로서 생물학적 환경회복기술 등의 개발도 부수적으로 병행해야 한다.

최근에 남해안에 발생한 해양오염 사고에서도 보았듯이 유출된 기름은 인근해 청정해역을 완전히 폐허로 만들고 적게는 수년에서 길게는 수십년의 회복기간이 소요된다. 삼면이 바다로 둘러쌓

인 우리나라는 해양 기름 유출사고에 대한 위험성을 항상 가지고 있다. 깨끗한 바다를 후손들에게 물려주기 위하여 국가적인 차원에서 체계적인 해양오염방제 시스템을 확보해야 한다. 이를 위해서는 여러부처로 분산되어 있는 해양오염관련 업무들을 단일부처에서 효율적으로 수행할 수 있도록 관계법령들을 손질할 필요가 있다. 또한 정부 및 정유업체의 지원하에 해양오염방제센터와 같은 민간 방제업체의 육성하여 방제업무를 분담하여야 하며 체계적인 훈련 프로그램 개발하여 방제작업의 효율을 극대화해야 한다. 끝으로 국가의 먼 장래를 위하여 국내 환경산업을 활성화시켜야 한다. 이를 위해서는 환경기금을 조성하여 관련연구소 및 기업에 대한 연구비 지원과 각종 세제혜택이 주어져야 한다고 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] 홍도천 외, "해양유출사고 예방 및 방제장치 개발 (I)", 한국기계연구원, 1993.8
- [2] Schulze, R., "World Catalog of Oil Spill Response Products", World Catalog, Maryland, 1993.
- [3] 현범수 외, "해양오염방제기술 개발 (I)", 한국기계연구원 UCN282-1727.D, 1993.8.
- [4] 조일형 외, "고부가가치 중소형 연안 선박 및 오염방지기기 개발(I)", 1994.10.