

우리나라 기름오염 방제능력 확보기준의 타당성

강성길⁽¹⁾, 성홍근, 이문진, 최혁진, 유정석, 강창구

Discussion on the Criterion for the Determination of On-Water Oil Removal Resource Requirement in Korea

by

Seong-Gil Kang⁽¹⁾, Hong-Gun Sung, Moonjin Lee, Hyuek-Jin Choi,
Jeong-Seok Yu and Chang-Gu Kang

요 약

본 연구는 미국의 방제능력 확보기준과의 상세 비교를 통해서 우리나라 해상 방제능력 확보 기준의 타당성을 검토하고자 수행되었다. 한국의 경우, 최대 300,000톤급 유조선 사고 발생시 60,000톤의 기름이 유출되고 이중 20,000톤을 해상에서 회수한다라는 가정하에 유희수기 기준으로 19,425 kl/hr의 방제능력을 확보하는 정책목표를 가지고 있다. 반면에 미국의 경우 300,000톤 유조선 사고시에 유희수기 기준으로 16,667 kl/hr의 방제능력을 현장에 동원토록 요구하고 있다. 결과적으로 30만톤급 유조선에 대한 최악유출사고를 대상으로 하여 한국은 미국보다 16% 많은 방제장비(유희수기)를 갖춰야 하는데, 이는 우리나라의 국가 방제능력 2만톤 확보 기준이 어느 정도 합리적인 수치임을 나타낸다.

Abstract

The present study was carried out to discuss the suitability of the criterion for the determination of the on-water oil removal resource requirement in Korea by comparison with the US criterion. According to the present criterion in Korea, the on-water response operation against the worst case discharge assuming the oil spillage of 60,000 ton from the accident of DWT 300,000 tanker requires the oil recovery capacity of 19,425 kl/hr (on-water recovery volume : 20,000 ton). Under the US criterion, the recovery capacity of 16,667 kl/hr is required to respond to oil spill accident of the worst case discharge from the DWT 300,000 tanker. The result shows that resource requirement from the Korean criterion is 16% higher than US criterion, indicating that the Korean criterion is reasonable.

Keywords: Oil Spill(기름유출), On-Water Oil Removal Resource Requirement(해상 방제자원 요구량), Criterion(기준), Worst Case Discharge(최악유출량).

(1) 정회원, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소

1. 서 론

한 국가의 방제능력이라 함은 국가적으로 보유하고 있는 방제장비의 수량뿐 만 아니라 오염사고 발생시 장비 동원 및 방제작업의 신속성과 효율성까지를 고려한 총괄적인 개념으로 표현되어야 하므로, 이를 계량적으로 표현하는 것은 복잡하고 어려운 일이다. 그럼에도 불구하고 오염사고에 대비하기 위한 국가의 방제정책을 수립하고 방제장비 및 인력 등의 방제자원을 준비함에 있어 요구되는 방제능력을 계량화해야 할 필요성이 있으므로, 각 국가들은 자기 나라의 방제정책이나 전략을 토대로 하여 방제자원 동원시간, 방제시간, 작업효율 등 다양한 산출기준들을 선정하여 오염사고에 대한 대응능력을 특정한 산출식으로 표현하여 국가 방제능력을 정량적으로 표현하고 있다.

같은 방제자원이라 할지라도 정책상에서 선정한 제반 계산지수의 종류나 정량법의 차이로 인하여 계량되는 방제능력은 국가에 따라 달라진다(해양경찰청[1997]). 즉, 방제능력 산출에서의 포함여부, 회수능률, 작업시간 등이 국가별로 서로 다른데, 우리나라는 기본적으로 유회수기만을 기준으로 하며, 하루 8시간씩 3일간의 작업을 통해 가능한 회수량을 근거로 해상 방제능력을 산출하고 있다 일본은 유회수기를 이용하여 하루에 12시간 작업을 가정한다고 가정하고 2일간 작업하는 능력을 방제능력으로 선정하며, 흡착제는 1 kg당 기름 10 리터를 처리하며, 유처리제는 1ℓ로 기름 4ℓ를 분산 처리한다라는 가정하에서 방제능력을 산정하고 있다. 미국은 기본적으로 유회수기를 하루 24시간 작업을 통해 그 능력을 결정하되 회수효율을 고려하도록 하고 있다. 캐나다의 경우 지역별로 1만kl 규모의 사고에 대비한 방제정책을 수립하였으며, 이를 위해 1일 방제실행시간을 10시간으로 가정하여 외해, 내만, 해안 등으로 지역을 구분하여 각 지역별로 유출유 100%를 회수한다라는 목표하에 관련 방제능력을 보유하도록 하고 있다. 이와 같이 국가별로 적정 방제능력을 함에 있어 이용되는 제반 숫자들이 서로 다르기 때문에 국가별 보유 방제능력을 단순 비교하는 것은 매우 어려운 일이다.

본 원고는 미국에서의 방제능력 확보기준과의

상호 비교를 통해서 우리나라 국가차원의 현행 방제능력 확보기준의 적절성을 논의하고자 작성되었다. 이를 위해서 우리나라 방제능력 확보기준 산출과정과 미국의 방제능력 확보기준을 먼저 상술하고 이를 토대로 우리나라에서 산정된 국가방제능력이 미국기준과 어느 정도 차이가 있는가를 알아보려고 하였다. 우리나라 방제능력 확보기준의 타당성을 검토하기 위해서 미국기준을 적용한 이유는 미국의 경우 우리나라를 비롯한 다른 나라에 비해 방제능력 확보기준 도출을 위한 제반 지수들에 대한 이론적 근거들이 충분히 제시되어 있고, 따라서 향후 이를 우리나라에 다시 적용함에 있어 미국의 방제능력 산출기준상의 제반 지수들을 우리 상황에 맞게 적용하여 우리나라 고유의 국가 전체 또는 해역별 적정 방제능력 확보기준을 합리적으로 도출할 수 있기 때문이다.

2. 우리나라 현행 국가방제능력 확보기준

2.1 현행 방제능력 계산식

현재, 우리나라 방제능력 산출방식은 1997년 해양경찰청에 의해 한국해양연구원이 수행한 “국가 방제제도 개선 및 방제능력 확충방안 연구”와 1999년 12월 해양경찰청에서 개최한 “방제능력평가회의”를 통해 결정되었으며, 유회수기를 기준으로 하여 다음과 같은 산출식이 제시되고 있다.

$$\begin{aligned} \text{방제능력} = & \text{유회수기의 회수능력(kl/h)} \times 0.2(\text{기계적 효율}) \times 8(\text{시간/일}) \times 3(\text{일}) \times 0.33(\text{동원율}) \\ & \times 0.65(\text{실행적 효율}) \end{aligned} \quad (1)$$

여기에서 ‘실행적 효율(또는 실행적 방제능력)’이란, 지난 1997년 해양경찰청이 수행한 “국가방제제도 개선 및 방제능력 확충방안 연구”에서 제시된 바와 같이, 1) 방제기자재 및 인력(40%), 2) 긴급계획 및 방제지원체제 (20%), 3) 방제기술 및 작업계수(25%), 4) 교육훈련(15%) 등으로 구분하여 총 33개의 세부요소를 평가하여 그 지수를 결정하게 되어 있다(해양경찰청[1997]). 그 내용을 분석하여 보면, 실행적 효율은 국가 전체

의 방제능력을 계산함에 있어서 보유 방제장비 수량 이외에 오염사고 발생시 대응작업의 신속성과 체계성, 효율성을 계량화하기 위한 지수로써, 국가의 방제체제를 개선하거나 교육훈련의 수행, 방제기술의 개발 등을 통해서 계속 개선이 가능한 변동수치(variable numerical value)이다. 1997년의 해양경찰청 연구보고서에는 원래 본 실행적 효율계수를 0.42로 선정하였는데, 1999년 12월 관련 전문가들이 참여한 “방제능력평가회의”를 통해서 그간의 방제체제 및 기타 관련 개선사항을 고려하여 ‘0.65’로 상향 조정하여 현재까지 사용되고 있다.

우리나라 국가방제능력을 산정하는데 이용되는 또 다른 변수인 “동원율”의 개념은 우리나라 방제장비의 지역적 분산 배치상황하에서 실제 동원하는데 소요되는 시간 등을 고려하여 결정된 수치이다. 1997년 해양경찰청의 “국가 방제제도 개선 및 방제능력 확충방안 연구”에서 제시된 지방해양경찰서간 방제장비 조달시간 추정모델을 근거로 할 경우, 특정지역에서 오염사고가 발생할 경우 24시간 내지 48시간이후에야 타 해양경찰서의 장비가 사고현장에서 운영될 수 있다. 당시 방제장비 동원단계를 다음과 같은 기준에 의해 크게 4단계로 구분하여 제시하고 있다.

※ 단계별 장비동원기준

- 1 단계 : 경서 자체보유장비 6시간내 100% 동원하여 24시간 작업 (3일 × 8시간)
- 2 단계 : 관내 민간보유 유회수기와 방제선박 8~12시간내 80%동원하여 20시간 작업 (2.5일 × 8시간)
- 3 단계 : 타 지역 유회수기 육상이동 24시간내 70% 동원하여 16시간 작업 (2일 × 8시간)
- 4 단계 : 타 지역 방제선박 해상이동 48시간내 60% 동원하여 8시간 작업 (1일 × 8시간)

국가방제능력을 산정함에 있어 이와 같이 장비이동에 소요되는 시간은 규정된 작업기간 “3

일” 이내에 포함되지 않아야 하는데, 이를 “동원율”의 개념을 이용하여 장비동원시간 만큼 실제적으로 방제작업을 수행하지 못하게 되는 정도를 계량화하여 국가방제능력 산정식에 포함시키고 있다. 따라서 본 “동원율”의 수치는, 기본적으로 장비의 지역간 이동시간에 의해 크게 좌우되기 때문에, “실행적 효율”에서와 같이 교육훈련이나 시스템 개선을 통해서 변화될 수 없으며, 인위적인 개선을 통하여 그 효율을 크게 증대시킬 수 없는 고정수치(fixed numerical value)라 할 수 있다. 즉, 방제체제를 개선하더라도 육상과 해상으로 동원되는 장비의 시간은 물리적인 거리와 해상조건에 좌우되므로 크게 개선될 수 없는 수치라 할 수 있다.

현재, 우리나라에서 본 동원율을 0.33으로 설정하고 있는바, 현실적으로 크게 사고위험성이 높은 지역을 대상으로 하여 그 지역의 방제장비의 현장 동원성을 고려한 것이라 한다. 현재 DWT 300,000톤급 유조선사고 발생 가능성이 있는 3개 해역(여수, 태안, 울산)의 방제능력을 위의 ‘단계별 장비동원기준’에 의거하여 추정하면 여수 13,966kl, 태안 11,739kl, 울산 12,914kl로 평균 12,873kl이며, 전국에서 보유하고 있는 방제장비의 회수능력을 단순히 산술적(동원율을 제외한 방제능력)으로 합계한 39,705kl의 32.4% 수준으로써, 본 값은 우리나라 방제능력 산정식에서의 동원율 계수 0.33(33%)과 근사한 값을 나타남을 확인할 수 있다.

위의 식(1)에서의 ‘동원율’과 ‘실행적 효율’은 상호 독립적인 개념¹⁾이다. ‘실행적 효율’은 주로 인적요소에 의존하는 반면, ‘동원율’은 환경요소(공간적 거리/물리적 이동시간)에 의존하는 개념이다.

2.2 우리나라의 방제능력 확보기준

우리나라 국가 전체적으로 어느 정도의 방제능력을 어떻게 갖출 것인가라는 것은 매우 중요한 사항이다. 여기에 따라 확보하여야 할 방제장비, 인력, 지역배치, 예산 등 제반 방제정책 및 제도

1) '97년에 수행한 ‘국가 방제제도 개선 및 방제능력 확충방안 연구’상에서 ‘실행적 효율’을 평가하는 33개 세부 요소 중에서 일부 ‘동원체제’에 관한 요소들이 포함되어 있지만, 이는 실제 동원되는 데 걸리는 시간/거리에 대한 평가가 아니라 ‘동원을 위한 사전준비태세’를 평가하는 항목이라는 점에 유의할 필요가 있다.

가 크게 달라질 수 있기 때문이다. 통상적으로 어느 정도의 방제능력을 갖출 것인가에 대한 기준설정은 먼저 기름오염 사고의 발생 가능성과 규모 등에 관한 위험분석 결과를 토대로 하여야 한다. 즉, 우리나라에서 어느 정도의 오염사고가 발생할 것인지를 분석하고, 이를 토대로 유출유의 분산정도, 해상 수거율, 방제장비의 동원정도 및 작업효율 등을 고려하여 그 사고를 대응하기 위해 어느 정도의 장비를 갖출 것인가를 결정하여야 한다.

현재, 우리나라는 30만톤 유조선이 사고가 날 경우 최대 60,000톤의 기름이 유출되는 것을 가정하고, 이중 20,000톤의 유출유를 1일 8시간, 3일간의 작업을 통해서 해상에서 수거한다라는 방제실행 목표와 위의 식(1)에서의 언급한 방제장비의 동원율(0.33)과 실행효율(0.65) 등을 고려하여 이에 필요한 해상 방제장비(유회수기 기준)를 구축하도록 요구하고 있다. 여기에서 해상 수거량 20,000톤의 산출은 통항 유조선의 최대크기인 300,000톤에서 사고가 발생하여 2개의 탱크가 파손으로 60,000톤이 유출되는데, 이중 1/3이 증발 또는 확산되고, 1/3이 해안으로 부착되고 나머지 1/3만을 해상에서 수거한다라는 사고 시나리오를 바탕으로 하고 있다.

위의 추정과정을 근거로 우리나라는 국가 전체에서 유회수기를 기준으로 하여 19,425 kl/h를 확보하고자 하는 방제능력 2만톤 확보정책을 설정하고 이를 추진하고 있다. 이중 해양환경보전 종합계획('01~'05)상에서 해양정화력이 전체의 50%인 10,000톤을, 방제조합과 민간업자가 10,000톤을 확보하는 것으로 설정되어 있다(국무총리실 수질개선기획단[2001]).

2.3 현행 방제능력 2만톤 확보기준의 타당성 평가방법

위의 2.1절 및 2.2절에서 살펴본 우리나라에서의 국가방제능력 확보기준(2만톤)의 도출과정은 사실 명확한 과학적, 이론적 배경을 갖지 못하고 있는 게 사실이다. 물론 1일 8시간 작업을 통해

3일내 방제를 완료한다라는 것과 같은 정책목표는 과학적 논리보다는 일정정도 사회적 합의를 통해 도출된다고 할 수 있지만, 유출되는 기름의 종류나 사고위치(또는 장비 동원시간), 유상화 과정 등은 계량 가능하며 아울러 이들 변수들에 매우 많은 변수들에 따라 최종 도출되는 방제능력이 크게 달라질 수 있다라는 점을 고려하면 앞으로 우리나라에서도 국가방제능력 확보기준에 대한 많은 학술적 논의가 필요하다 하겠다.

본 논문에서는 우선 방제능력 2만톤의 확보기준을 미국의 사례와 단순 비교함으로써 그 타당성을 검증하고자 하였다. 물론 미국에서의 관련 정책이나 접근방식, 사고대응 시나리오 등이 우리와 상당부분 차이가 있고 또한 미국의 접근방식의 타당성에 대한 많은 논의가 있을 수 있으나, 비교적 많은 학술적 토대를 가지고서 설정된 미국과의 비교를 통해서 우리나라의 방제능력 2만톤 확보정책의 타당성을 검증하고자 하였다. 즉, 30만톤 유조선 오염사고에 대비하여 우리나라와 미국에서의 방제능력 기준을 각각의 방식에 따라 계산하여 이를 최종적으로 구축하여야 할 방제 장비량으로 상호 비교하여 그 차이가 어느 정도인지를 비교하는 방식을 취하고자 하였다. 우리나라의 경우 앞에서 살펴본 바와 같이 30만톤 유조선 오염사고를 대비하여 유회수기 기준으로 19,425 kl/h의 방제능력을 확보토록 되어 있다.

3. 미국의 방제능력 산출방식

3.1. 법적 근거

미국은 국가 차원 또는 해역 중심의 방제능력 확보기준은 없고, 선박이나 유류취급 시설 등 오염원 중심으로 방제능력의 확보기준²⁾이 제시되어 있다. 유조선 등의 방제능력의 산출기준은 연방규정 33CFR155 '선박의 유류 및 유해물질 오염예방에 관한 규정³⁾'으로 자세히 제시하고 있다. 미국내에서 항행하는 유류 취급선박은 미국 유류오염방지법(OPA '90)⁴⁾ 4202조항에서 요구하

2) 우리나라도 유조선이나 기름저장시설 등이 비치하여야 할 법정 방제선 등의 배치기준이 해양오염방지법 제49와 해양오염방지법시행령 제27조에 의거 제시되어 있다.

3) 본 규정의 원문은 <http://www.daviscoltd.com/nams/Documents/Forms/33cfr155.pdf>에서 찾아볼 수 있다.

고 있는 바와 같이 오염사고에 대비하는 선박 긴급계획을 수립하여 비치하여야 하는바, 이에 대한 지침으로써 준비된 본 연방규정(CFR: Code of Federal Regulation)은 선박별로 요구되는 방제능력과 이의 산출방법을 포함하여 선박으로부터의 유류 및 유해화학물질 오염을 예방하기 위한 제반 사항을 규정하고 있다. 해안경비대가 1991년에 제정하고 최종적으로 1998년에 개정한 연방규정 33CFR155의 주요 사항은 다음과 같다.

- 일반사항 : 적용범위 및 대상선박
- 선박내 비치장비 : 선박크기 및 항행지역, 화물종류 등에 따라 선박내에 비치하여야 하는 긴급 방제구난 장비 종류와 그 요건
- 오염사고시 기름이적과 관련된 인력, 절차, 장비 및 기록 등에 관한 사항
- 오염사고시의 방제계획 : 선박종류, 항행지역, 선적유종 및 유량 등에 따른 긴급시 방제대응 계획 및 교육훈련, 검사절차 등에 관한 사항
- 석유 이외 기름(동물 및 식물성 기름)을 취급하는 선박의 방제계획 요건
- 기름 이외의 기타 화물을 취급하는 선박의 방제계획 요건 등

본 규정에서 유류 취급 선박은 자체적으로 또는 방제업자와의 계약에 의거하여 오염사고시 방제활동을 수행할 수 있는 방제능력을 확보토록 요구하고 있는바, 해안경비대는 또한 방제업자의 방제업 등록요건을 별도의 지침서(Guideline for the US Coast Guard Oil Spill Removal Organization Classification Program)⁵⁾로 제공하고 있다(USCG[2001]). 본 연방규정에서 유류 취급 선박에게 구비하기를 요구하는 방제계획에는 다음과 같은 사항이 필수적으로 포함되어야 한다.

- 화물 정보 및 선박 소개
- 오염사고시 신고절차
- 선박내에서의 유류유출시 해상으로의 유출

- 저감을 위한 처리절차
- 방제활동절차
- 계약된 방제업자 목록
- 선박 방제계획의 검토 및 개정에 관한 사항
- 교육 및 훈련 절차
- 사고 발생시 관할 항만책임자가 이용할 수 있는 정보(부록)
- 선박 및 화물에 관한 참고자료(부록)

연방규정 33CFR155에서 규정되어 있는 바와 같이 선박의 방제계획 국가방제계획 또는 지역 방제계획의 변경에 따라 계속 최신화 되어야 하며, 선박 종류(유조선 또는 바지선) 및 기름이 일차 화물인지 여부에 따라 그 내용이 다르다.

3.2. 미국의 방제능력 산출기준

1) 기름의 구분

미국에서는 방제계획을 함에 있어 유출된 기름의 종류에 따라 증발량, 유상화율 등이 다를 것을 고려하여 취급하는 유종에 따라 다른 방제계획을 수립토록 하고 있다. 즉, 기름의 지속성 여부와 지속성일 경우 기름의 비중에 따라 기름을 Table 1과 같이 크게 5개 그룹으로 분류하여 방제대응 전략 및 방제능력 확보요구량 산출기준을 달리 적용하고 있다.

2) 사고유형 시나리오

미국에서 방제 대응전략을 수립할 때 크게 평균 최빈유출량(Average Most Probable Discharge, AMPD), 최대최빈유출량(Maximum Most Probable Discharge, MMPD), 최악유출량(Worst Case Discharge) 등으로 분류되는 3가지 사고 시나리오에 의거한다. 각 시나리오에 의거하여 선박 또는 시설물 등 잠재적 오염행위자는 각 사고에 대비할 수 있는 방제자원을 지정된 기간 내에 동원하여 오염을 방제할 수 있도록 자체적으로 방제장비를 보유하거나 또는 사전에 방제업체와의 계약을 체결하여야 한다. 예상되는 유출량을 근거로 하여 구분되는 사고 시나리오는

4) 원문은 <http://www.uscg.mil/hq/g-m/nmc/response/opawardp.pdf>에서 볼 수 있다.

5) 미국 연안경비대의 <http://www.uscg.mil/hq/g-m/nmc/response/#OSRO>에서는 본 지침서뿐만 아니라 미국내 민간방제업자(OSRO)의 등록요건 및 등록현황, 보유 기자재 등에 관한 많은 자료를 제공하고 있다.

Table 1 미국의 방제대응전략을 위한 기름의 구분 기준.

지속여부	구분	분류기준
비지속성	Group I	340°C 이상에서 정제된 탄화수소 구성비 50%, 370°C 이상에서 정제된 탄화수소 구성비 95%
지속성	Group II	비중 : 0.85미만 (제트오일, 가솔린 등)
	Group III	비중 : 0.85 - 0.95 (대부분의 원유)
	Group IV	비중 : 0.95 - 1.0 (병커 C유 등)
	Group V	비중 : 1.0 이상

Table 2 방제계획 작성시 방제자원 확보량 도출을 위해 가정되는 사고 시나리오.

사고시나리오	유출량 (1배럴 = 약 0.158톤)	
	시설물	유조선
평균최빈유출량 (AMPD)	50 배럴 또는 최악유출량의 1%	
최대최빈유출량 (MMPD)	1200배럴 또는 최악유출량의 10%	2500배럴 또는 최악유출량의 10%
최악유출량 (WCD)	최대유류취급량	최대선적가능용량

Table 2와 같다.

3) 방제능력 산출을 위한 방제자원의 종류 및 요건

미국은 유출원(선박 또는 시설), 유출물질(기름 종류), 유출장소(내수, 연안, 근해, 외해), 유출량(사고시나리오)별로 매우 복잡하게 방제능력이 제시되고 있다. 방제능력을 산출함에 있어 아래와 같이 필수자원(core resource)으로 규정된 방제자원들에 대해 모두 제시된 조건들을 충족시켜야 한다.

- 보호용 오일붐
- 유회수기의 1일유효회수용량(EDRC) 및 봉쇄용 오일붐
- 임시저장용량(TSC)
- 방제정
- 인력

모든 방제자원은 선박이 운항하는 해역특성(내수, 연안, 근해, 외해 등)에서 운용이 가능한

특성을 가져야 하는 바, 예를 들면, 외해에서 운용가능한 유회수기나 오일붐은 파고 6피트 이상(약 1.8m)에서 작동될 수 있어야 한다. 운항지역에 따라 확보해야 할 방제자원 중에서 수심이 얇은 지역에서 적용 가능한 방제자원을 사전에 확보하여야 하는데, 즉, 연안의 경우 총 방제자원 중 20%를, 연안의 경우 10%를 수심 6피트(1.8m) 이하에서 사용가능한 방제자원으로 구성하여야 한다.

a. 오일붐

오일붐의 경우 연방규정 33CFR 155, 부록 B, 표 2에서 규정된 것처럼 방제관련 대응을 위해서는 필수적용 보호용 오일붐을 갖추어야 한다. 각 시설 및 선박 또는 이들의 방제업자는 특히 최대유출량과 최악유출량 오염사고시 해안을 보호하기 위한 오일붐을 갖추어야 하는데, 이들 오일붐은 파고 6피트(1.8m) 이상에 사용 가능하여야 한다. 보유해야 할 오일붐의 양은 사고유형에 따라 달라지는데 이에 관한 상세한 사항은 위의 연방규정에 상세히 제시되어 있다. 예를 들어 평

우리나라 기름오염 방제능력 확보기준의 타당성

근최빈유출량의 오염사고를 대비할 경우, 유회수 작업을 수행함에 있어 요구되는 봉쇄형보(containment boom)의 경우 기름 I - IV 종류를 일차화물로 취급하는 모든 선박의 경우, 오염사고시 연안에서 12마일 이내에서 유류이적작업을 수행할 경우 이적작업에 참여하는 가장 큰 선박의 전장의 2배에 해당하는 오일붐을 유출사고 발생이후 1시간 이내에 동원할 수 있어야 한다. 만약 12마일 이상의 거리에서 사고 발생시에는 이동시간을 제외하는데 이때 이동시간은 해상 5 노트로 가정한다.

b. 일일유효회수용량

미국에서의 방제능력은 일차적으로 유회수기의 일일유효회수용량(EDRC, Effective Daily Recovery Capacity)을 기준으로 하여 산정된다. 유회수기의 1일유효회수용량(EDRC)은 다음과 같은 방법에 의거하여 계산된다.

$$EDRC \text{ (bbl/day)} = T \times 24 \times E$$

여기에서, T : 시간당 유회수능력(bbl/hr), E : 효율성(=0.2로 간주)

즉, EDRC는 제조업체가 제시한 회수능력의 20%로 간주하되 하루에 24시간 내내 사용하는 것으로 간주하여 1일의 회수능력을 계산한다. 보통 효율지수는 20%로 간주하고 있으나, 해안경비대가 현장 검증시 다른 장애요인이 있다고 판단할시 20% 보다 낮은 효율성을 지정할 수 있다. 그러나 선주 또는 운영자가 미국 표준시험물질공정법(ASTM) 808-83조항에 제시된 방법을 사용하여 보유하고 있는 유회수기의 성능을 입증할 수 있는 시험성적을 확보할 경우 이를 이용하여 새로운 1일유효회수용량(EDRC)를 부여 받게 된다. 위와 같은 대체법을 이용할 경우 하루 작업시간을 12시간으로 가정하는데, 이때 선주 또는 운영자는 12시간 동안 유회수 작업을 지원할 수 있음을 입증하여야 한다.

c. 임시저장용량

각 사고 유형에 대비하기 위해서 확보된 유회수기가 요구되는 1일유효회수량을 충족시킨다 할지라도 만약 임시저장용량 등과 같은 다른 방제장비가 부족하여 유회수작업을 어렵게 할 경우

보유하고 있는 유회수기의 회수용량과 상관없이 1일유효회수용량은 부족한 방제장비에 의해서 그만큼 감소되게 된다. 예를 들어 미국 연방규정에서는 임시저장용량(TSC, Temporary Storage Capacity, 1일 동안의 유회수작업을 통해 회수된 기름 등의 저장능력)를 EDRC의 2배로 갖출 것을 규정하였는데, 만약 1일 유효회수용량이 100톤/day일 경우 연방규정에 의거하여 임시저장용량(TSC)는 200 톤이어야 한다. 그럼에도 만약 TSC가 100톤에 못 미칠 경우 EDRC가 300톤/day라 할지라도 연방규정에 의거하여 실제 인정을 받을 수 있는 1일유효회수용량(EDRC)은 TSC의 50%인 50톤/day이게 된다.

각 사고 시나리오별로 갖추어야 할 최소한의 방제장비(오일붐과 1일유효회수용량, 임시저장용량)에 관한 구체적인 자료를 방제업자 등록요건에 제시되어 있다.

d. 방제정 및 인력

미국 방제업자 등록요건에서는 각 사고 유형별로 대처할 수 있는 오일붐과 1일유효회수용량, 임시저장용량에 대해서는 산술적 기준치를 제시하고 있다. 그러나 방제정과 인력의 경우 산술적 기준치를 제시하지 않고 있는데, 대신 해안경비대 지구사령관이 현장을 방문하여 보유하고 있는 1일 유효회수용량을 충분히 지원할 수 있는 인력과 방제정을 갖추고 있는가를 심사하여 적합성을 판정할 수 있게 하고 있다. 즉, 인력의 경우 보유하고 있는 인력자원의 교육훈련 정도 등이 다르기에 확실적인 기준치를 제시하기 보다는 해안경비대의 현장검증시 이를 심사하게 함으로써 실질적인 방제작업 가능여부를 판단한다. 방제정의 경우 방제자원 입증시 보유 선박에 대한 상세자료를 제출하여 실제 방제작업의 지원가능여부 또는 그 양 등을 심사한다. 심사는 국가기동타격대조정센터(NSFCC)에서 수행하는데, 만약 문제점이 드러나면 방제능력의 일부로써 인정받지 못하게 한다.

e. 유처리제 및 소각

미국의 경우 유처리제는 필수자원으로서 인정하고 있지 않으나 예외조건을 두고 있다. 즉, 유처리제 사용 사전허가지역을 일년 내내 항행하는 선박 중 기름종류 II 또는 III을 일차화물로 취급

하는 선박의 경우 사고 유처리제를 각 사고 유형별로 사전에 확보 요구되는 방제능력의 25% 까지 인정받을 수도 있다.

이를 위해서 선주 및 시설주는 사고발생 인지에서부터 12시간 이내에 유처리제를 동원할 수 있어야 하며, 유처리제에 의한 방제능력을 계산하는 방법은 다음과 같다. 특정 사고시나리오하에서 해상방제 자원동원 요구량이 하루에 10,000배럴(약1,580톤)일 경우 선주 및 시설주는 유처리제를 이용하여 약 하루에 2,500배럴(약 3950톤)의 유류를 처리할 수 있다. 이를 위해서 유처리제 제조업체가 기름대 유처리제 살포 비율을 10:1로 제시할 경우 하루에 250배럴(39.5톤)의 유처리제를 동원하여야 한다. 만약 작업이 3일 동안 진행될 경우 선주 및 시설주는 총 750배럴의 유처리제를 보유하고, 이 경우 총 7,500배럴의 방제능력을 보유하고 있다고 인정받을 수 있게 된다.

미국에서 현장소각법(in-situ burning)과 같은 비기계적 방법들은 각 방법들의 한계나 불확실성 때문에 아직까지는 방제능력으로의 포함되는 것을 인정하지 않고 있다.

4) 유희수기 기준 방제능력 계산법의 각국 비교

미국에서 이용하는 유희수기 기준의 방제능력 계산방법과 우리나라를 포함한 다른 나라에서의 방제능력 산출기준⁶⁾을 비교하면 아래와 같다.

- 한 국 : 유희수능력(kl/시간)×0.2×8시간/일×3일×(실행적효율)×(동원율)
- 미 국 : 유희수능력(kl/시간)×0.2×24시간/일×1일 × (자원동원효율)
- 일 본 : 유희수능력(kl/시간)×12시간/일× 2일
- 캐나다 : 유희수능력(kl/시간)×0.2×10시간/일× 10일

여기에서 주의해야 할 사항은 위와 같은 유희수기의 방제능력을 국가 방제능력으로 환산할 경우 자원동원효율을 곱하여야 한다. 예를 들어 사고 발생시 제반 이유로 인해 보유한 자원이 모두 동원되지 못할 경우가 있으므로 동원가능 정도를 특정 효율로 가정하여 이를 국가방제능

력으로 환산하여야 할 필요성이 있다. 미국에서는 오염 발생지역/대응시간별로 0.05에서 0.45까지의 자원동원효율(Resource Mobilization Factor)를 위의 유희회수용량에 곱하여 실제적인 자원 확보량을 도출한다. 우리나라의 경우는 0.65(실행적 방제효율)×0.33(동원율)을 곱하고 있다.

3.3. 미국의 적정 방제능력 확보기준

미국에서 방제능력의 확보주체는 선주나 운영자 등 오염행위자이다. 물론 이들은 방제업체와의 계약에 의거하여 요구되는 방제자원을 확보하여야 한다. 미국 연방기준 33CFR155에서 규정하고 있는 바와 같이, 선주나 운영자는 각 사고 유형별로 주어진 시간내에 요구되는 방제능력을 동원할 수 있어야 한다.

1) 평균최빈유출사고(AMPD)에 대한 방제능력 확보기준

선박이나 시설의 소유주 또는 운영자는 평균적으로 가장 확률이 높은 유출, 즉 평균최빈유출량에 대비한 방제자원을 추정함에 유출량을 50배럴(8톤) 또는 최악유출량(WCD)의 1%에 해당하는 양으로 간주한다. 이러한 오염사고가 발생할 시에 24시간(선박) 또는 12시간(시설)내에 전부 대응할 수 있도록 방제자원을 사전에 확보하여야 한다. 확보방법은 직접 자원을 보유하거나 또는 방제업체와의 계약을 통한다.

구체적으로 요구되는 방제자원으로서, 유희수기는 1일 유희회수용량이 50 배럴(약 8톤) 또는 최대 유류선적최대용량의 1%를 가능하게 할 만큼이며, 오일붐은 선박 최장길의 2배에 해당하는 양이다. 오일붐은 사고발생 인지에서부터 1시간 이내에 설치 가능하여야 하되, 단 해안선으로부터 12해리 이상일 경우에는 이동시간(5노트)을 제외한다. 임시 저장탱크는 1일 유희회수용량의 2배인 100배럴(약 15.8톤)을 보관할 수 있는 규모로 정하고 있다. 미국은 선박에서 발생하는 평균최빈유출사고는 24시간이내에, 시설에서 발생하는 오염사고는 12시간이내에 처리하는 것을 목표로 하고 있다.

6) 각 국가의 방제능력 산출방식에 대한 내용은 1997년 해양경찰청에서 수행한 ‘국가 방제제도 개선 및 방제능력 확충방안 연구’에 제시되어 있다.

2) 최대최빈유출사고(MMPD)에 대한 방제능력 확보기준

선박의 최대최빈유출량에 대비한 방제자원의 추정시에는 25,000 배럴(약 3,950톤) 이상의 기름을 선적하는 선박의 경우에는 2,500배럴을 적용하고 25,000배럴 미만의 기름선적 선박은 총량의 10%가 유출될 경우를 가정하고 있다. 시설의 경우 최대최빈유출량은 1,200배럴(약 190톤) 또는 총량의 10%으로 가정한다. 사고장소에 따라 오일뽕, 유회수장비, 저장용 등 방제자원의 도착시간을 오대호나 방제장비비축기지 50해리 이내의 지역에서 사고발생시 12시간 이내, 하천, 육수, 연안(nearshore), 근해(offshore)는 24시간이내, 그리고 외해(open sea)은 24시간에 이동시간(이동속도: 해상 5노트)을 합산한 시간내에 도착하도록 규정하고 있다.

미국에서 최대최빈유출시에는 유출량을 2일 이내에 모두 회수한다라는 목표를 세우고 있다. 따라서 선박 소유자나 운영자가 갖추어야 할 효과적인 1일 유효회수능력, 즉 1일유효회수용량(EDRC)는 해상 수거계획량(panning volume on water)의 50%이며, 1일유효회수용량의 2배에 해당하는 임시저장능력도 보유하여야 한다. 예를 들어, 선박 유류 수송량이 10,000배럴(약 1,580톤)일 경우 방제계획용량(planning volume)은 선적량의 10% 즉 1,000 배럴이다. 이를 대비하여 선주나 운영자는 계획용량의 50%, 즉 하루에 500배럴을 회수할 수 있는 유회수장비와 1,000 배럴에 상당하는 임시보관용기를 정해진 시간내에 동원할 수 있도록 방제업체와 계약을 하거나 기타 승인된 수단을 확보하여야 한다.

선주나 운영자는 또한 본 작업을 위하여 충분한 오일뽕을 동원시켜야 하는데, 방제업체의 경우 최대최빈유출사고에 대응하기 위한 방제업체로 등록되기 위해서는 하루 2,500 배럴, 유효회수능력과 16,000 피트(봉쇄형 오일뽕 8,000 피트, 보호용 오일뽕 8,000 피트)를 갖추어야 한다.

3) 최악유출사고(WCD)에 대한 방제능력 확보 기준

최악유출사고는 선적하고 있는 유류 전량이 유출되는 사고를 가정한다. 최악유출사고를 대비하기 위한 선주나 운영자는 수송경로(지역), 기름 종류를 고려하여 해상에서 처리해야 하는 양과

해안에서 처리해야 하는 양을 계산하고, 해상에서 처리해야 하는 유출량에 대해서 3단계(Tier 1, Tier 2, Tier 3)로 대응과정을 구분하여 연속적으로 정해진 시간내에 방제자원을 현장에 동원시켜 대응작업을 수행할 수 있도록 규정하고 있다.

연방규정 33CFR155에서는 기름의 종류와 운송경로에 따라 해상과 해안에서 처리해야 할 비율과 기름종류에 따라 유상화율, 증발을 등을 제시하고 있으며, 아울러 각 지역별로 Tier 1, 2, 3 단계별로 자원을 동원시켜야 하는 자원동원효율을 제시하고 있다.

a. 최악유출대비 방제능력 산출과정

선박 소유주나 운영자가 최악유출사고를 대비하여 사전에 확보하여야 할 방제능력을 계산하는 과정은 다음과 같다. 본 계산과정에서 이용되는 지수들에 대한 값은 연방규정에서 제시하고 있다.

- (1) 최악유출량(WCD)를 산정한다(기름 최대 선적량).
- (2) 선박에 선적된 유종을 확인한다(비중에 따라 Type I, II, III, IV).
- (3) 운항지역을 확인한다(강, 연안, 근해, 외해).
- (4) 유출량에 대한 자연분산율, 해상수거율, 해안부착율을 확인한다.
- (5) 선적 유정별로 사전에 정해진 유상화지수를 확인한다.
- (6) 각 유상화지수를 곱하여 해상수거요구량 및 해안수거요구량을 도출한다.
- (7) Tier 1, 2, 3단계별 요구되는 해상방제자원 동원효율(recovery resource mobilization factor)를 확인한다.
- (8) 해상 방제능력을 도출한다 : 6)항과 7)의 계산 값을 곱한다.

b. 대응단계(Tier)의 구분 및 내용

최악유출시 해상에서의 방제활동을 위해서 선주 및 운영자는 3단계로 나누어 각 단계별로 요구되는 방제자원을 규정된 시간내에 동원시켜 방제작업을 수행토록 하여야 한다. 미국연방규정 33CFR155에서 제시하고 있는 Tier 1, 2, 3에 대

Table 3 최악유출사고시 대응단계별로 요구되는 방제자원 도달시간.

운항지역	자원동원시간(시간)		
	Tier 1	Tier 2	Tier 3
오대호	12	36	66
강, 연안, 근해	24	48	72
외해	24 + 해상이동시간	48 + 해상이동시간	72 + 해상이동시간

Table 4 선박 운영자나 소유주가 최악유출사고를 대비하여 사전에 확보하여야 할 단계별 방제능력 상한선(배럴/일).

운항지역	선박 운영자나 소유주가 사전에 확보하여야 할 방제능력 (배럴/일, 1bbl = 0.158톤)		
	Tier 1	Tier 2	Tier 3
오대호	6,350	12,300	25,000
강, 수로	1,875	3,750	7,500
해양 등	12,500	25,000	50,000

Table 5 최악유출량(WCD) 사고에서 유출된 기름의 종류에 따른 자연분산물, 해상방제율, 해안수거율(%).

기름 종류	강			연안 (12해리 이내)			근해 (38해리 이내)			외해 (328해리 이상)		
	자연 분산	해상 방제	해안 부착	자연 분산	해상 방제	해안 부착	자연 분산	해상 방제	해안 부착	자연 분산	해상 방제	해안 부착
I	80	10	10	80	20	10	95	[5]*	/	100	/	/
II	40	15	45	50	50	30	75	25	5	90	10	/
III	20	15	65	30	50	50	60	40	20	75	20	5
IV	5	20	75	10	50	70	50	40	30	50	20	30

* : Included in table for continuity; no planing required.

Note : Percentage may not sum to 100; reflects enhanced on-water recovery capacity.

한 정의는 다음 Table 3과 같다.

외해의 경우 이동시간의 계산은 이동속도를 5 노트로 가정한다. 최악유출사고를 대비하기 위해 각 단계별로 동원해야 할 방제자원량은 최악유출량, 유상화율, 해상수거율, 자원동원효율, 기름의 종류 별로 달라진다. 그러나 선주나 운영자의

경우 사전에 방제업체와의 계약 또는 다른 지정된 수단에 의해 각 단계별로 확보하여야 할 해상방제능력을 제시하고 있는데, 만약 초대형 선박의 경우 연방규정 33CFR155, 부록 B에서의 규정과 같이 다음 Table 4와 같이 방제능력 사전확보 요구량의 상한선을 제시하고 있다. 만약

상한선 이상의 방제능력이 요구되는 오염사고가 발생할 경우에는 선박 운영자나 소유주는 즉각 부족분에 대한 방제능력을 추가 계약 등을 통해서 동원시켜야 한다.

c. 유출량에 대한 자연분산율, 해상수거율, 해안 부착율

미국 연방규정 33CFR155에서 제시하고 있는 최악유출량사고에서 유출된 기름의 종류에 따른 자연분산율, 해상방제율, 해안수거율은 아래 Table 5와 같다.

위의 표에서 유출량의 자연분산, 해상방제 및 해안부착량이 최종 합계는 100%를 넘어서는 경우가 있는데, 이는 해상 방제작업시 보다 신속하고 효율적인 방제작업을 실시하기 위하여 이론적인 요구량 보다 더 많은 방제능력을 동원시키기 위함이다. 아울러 근해에서 기름종류 I의 해상수거량 5%를 위해서 방제작업을 실제로 수행할 필요는 없다고 연방규정에서는 설명하고 있다.

만약 비중이 0.93인 원유 600,000배럴을 연안에서 수송하는 유조선의 경우 600,000배럴 모두가 해상으로 유출되는 사고를 가정하여 방제계획을 작성하여야 한다. 방제작업 계획시 자연분산율, 해상방제량, 해안수거량을 사전에 설정하여야 하는데, 선적 원유의 비중이 그룹 III에 해당하고, 그리고 운항지역은 연안(nearshore)이므로 위 표에 의거하여 유출총량 600,000 배럴의 50%인 300,000배럴은 해상에서 수거하고, 아울러 역시 50%는 해안에 부착되므로 해안방제를 300,000배럴은 해안에서 방제하여야 한다.

d. 유상화 비율

해상에 유출된 기름은 시간이 경과될수록 수분

을 함유하게 된다. 이러한 유상화율은 기름에 따라 달라지는데 만약 유상화율이 높다면 방제작업시 수거량은 증가하게 된다. 미국 연방규정에서 제시한 기름종류별 유상화율은 다음 Table 6과 같다.

앞의 예에서 설명하였듯이 만약 비중이 0.93인 원유 600,000배럴을 연안에서 수송하는 유조선의 경우 600,000배럴 모두가 해상으로 유출되는 최악유출사고를 가정할 경우, 유출량의 50%인 300,000배럴을 해상에서 수거하여야 하는바, 이들 원유는 유상화지수가 2이므로 실제 해상에서 수거된 유상화된 기름의 총량은 600,000배럴이 된다.

e. 해상 방제자원 동원율 (recovery resource mobilization factor)

위의 예에서 600,000배럴의 유상화된 기름을 해상에서 수거하기 위해서 방제자원을 동원하여 방제작업을 수행하여야 한다. 최악유출사고에서의 방제동원은 단계(Tier)별로 나뉘어 동원되는데, 연안지역이므로 24시간 이내에 동원할 수 있는 방제자원을 우선 1단계로 동원하고, 아울러 이후 48, 72시간 이내에 먼 지역의 방제자원을 2, 3단계로 동원하여야 한다. 원칙적으로 최악유출사고는 3일 이내에 방제작업을 완료하여야 하나, 실제적으로 방제자원이 100% 동원될 수 없으므로 방제작업을 계획할 경우에는 실제방제자원동원효율을 고려하여 작업에 소요되는 작업일수를 예측하여야 한다. 따라서 미국은 오염사고가 발생한 지역별로 최소한으로 동원해야 할 자원의 비율, 즉 방제자원동원율(recovery resource mobilization factor)을 연방규정에서 규정하고 있는데, 아래 Table 7에서 볼 수 있듯이 외해(open sea)와 같은 거리가 먼 지역일수록 방제자

Table 6 최악유출사고에 대한 방제능력 확보기준을 도출하기 위해서 미국 연방규정에서 제시된 기름종류별 유상화 지수.

기름종류	유상화지수
I	1.0
II	1.8
III	2.0
IV	1.4

Table 7 최악유출사고시 대응단계별로 요구되는 방제자원 동원효율.

운항지역	방제자원 동원효율		
	Tier 1	Tier 2	Tier 3
강	0.30	0.40	0.60
연안	0.15	0.25	0.40
근해	0.10	0.165	0.21
외해	0.06	0.10	0.12

원동원율은 떨어지게 된다.

위의 최소방제동원율을 고려한다면, 위의 최악 유출사고 예에서 계산된 600,000배럴의 유상화된 기름을 해상(연안)에서 수거하기 위해서 방제자원을 동원할 경우 1단계로 24시간 이내에 동원시켜야 할 1일 유효회수용량 (EDRC)는 해상수거계획량의 15%에 해당하는 90,000배럴이며, 48시간이내에는 25%에 해당하는 150,000의 EDRC를, 72시간 이내에 40%에 해당하는 240,000의 EDRC를 동원시켜야 한다. 참고로, 여기에서 T1, T2, T3가 의미하는 자원동원율의 해석에서 주의해야 할 사항이 있다. 간혹, T1, T2, T3가 각각 사고 발생 0-24시간대, 0-48시간대, 0-72시간대의 의미로 해석하여 T3의 동원율 0.4를 사고발생 이후시점부터 72시간까지의 동원된 자원의 총량비율 개념으로 해석하곤 한다. 그러나 엄격한 의미에서 T1, T2, T3는 순차적이고 단계적인 대응단계로써, T1, T2, T3는 각각 사고발생 0-24시간대, 24-48시간대, 48-72시간대의 의미로 해석하여야 하며, 따라서 T3의 자원동원율 0.4는 T2 단계 이후에 추가로 동원해야 할 자원량의 비율을 의미한다. 따라서 72시간 이후에는 동원된 자원량은 T1 + T2 + T3를 합산한 개념이 되어야 한다. 본 해석방향에 대한 구체적인 예시는 미국의 지역방제실행계획상의 적용사례⁷⁾에서 찾아볼 수 있다. 즉, 33CFR155 규정에 의거하여 작성된 “미 해군의 방제실행계획(Navy On-Scene

Coordinator Oil and Hazardous Substance Spill Contingency Plan)”내의 “부속서 I. 선박 및 시설물의 최악유출사고 시나리오”편(특히 Table I-14)을 자세히 보면 위에서 서술한 의미대로 T1, T2, T3가 적용되고 있음을 알 수 있다.

f. 최악유출사고 방제작업시 요구되는 실제 방제작업일수

미국은 최악 유출사고에 대한 해상 방제작업을 기본적으로 3일내에 수행하는 것을 원칙으로 하고 있다. 그러나 최악유출사고 방제작업시 요구되는 방제작업일수는 자원동원효율에 따라 달라진다. 즉, 자원동원효율이 100%일 경우 목표인 3일 이내에 끝낼 수 있으나 외해와 같은 곳에서 발생한 사고의 경우 3단계까지의 자원동원효율이 28%에 해당하므로 실제작업일수는 3일을 0.28로 나눈 약 10일을 예상할 수 있다. 유출지역별 해상방제작업 지속일자⁸⁾는 Table 8과 같이 추정될 수 있다.

g. 최악유출사고에 대한 방제능력 확보요구량의 계산 예

미국 해안경비대는 선박의 소유주 또는 운영자가 최악유출사고에 대비하기 위한 방제능력을 도출하는 과정에 대한 이해를 돕기 위하여 관련 사항을 프로그램화하여 웹사이트에 게재하고 있다⁹⁾. 본 절에서는 한 예를 들어 앞에서 설명한

7) 본 자료는 웹사이트 http://www.essm.navy.mil/noscpn/appendix_i.html#top에서 찾아볼 수 있다.
 8) 각 해역별로 요구되는 해상방제작업일수는 연방규정 33CFR155의 부속서 B의 Table 3에 제시되어 있다.
 9) 미국 해안경비대 웹사이트내 <http://www.uscg.mil/vrp/pvc/pvc.shtml>에서 관련 프로그램을 찾을 수 있다.

Table 8 연방규정에서 제시된 최악 유출사고시 해상 방제작업 일수의 도출과정.

지역	강	연안	근해	외해
정책적 목표치	3	3	3	3
합산자원동원효율(T1+T2+T3)	1.3	0.8	0.475	0.28
목표치/자원동원효율 (일수)	2.3	3.75	6.3	10.7
예상되는 해상방제작업 일수	3	4	6	10

최악유출량에 대비하기 위한 방제능력 도출과정을 다시 한번 정리하고자 한다. 만약 한 유조선이 비중이 0.93인 원유 200,000톤을 선적하고 12해리 이내(즉, 연안)지역을 항행할 때 사전에 구축하여야 할 방제능력은 다음과 같은 과정에 의해 계산된다.

- (1) 최악유출량(WCD) : 선적하고 있는 기름의 총량 200,000톤(Table 2 참고)
- (2) 선박에 선적된 유종 : 비중이 0.93이므로 Type III에 해당(Table 1 참고)
- (3) 운항지역 : 해안선으로부터 12해리이내이므로 연안(nearshore)지역
- (4) 유출량에 대한 자연분산량, 해상수거량, 해안부착량:
Table 5에서 제시된 각각의 비율 30%, 50%, 50%를 곱할 경우
 - 자연분산량 : 20만톤 × 0.3 = 6만톤
 - 해상수거량 : 20만톤 × 0.5 = 10만톤
 - 해안부착량 : 20만톤 × 0.5 = 10만톤
- (5) 유상화지수 : 2.0 (Table 6 참고)
- (6) 각 유상화지수를 곱하여 해상수거요구량 및 해안수거요구량을 도출
 - 해상수거요구량 : 10만톤 × 2.0 = 20만톤
 - 해안수거요구량 : 10만톤 × 2.0 = 20만톤
- (7) Tier1, 2, 3단계별 요구되는 해상방제작업 동원효율(recovery resource mobilization factor) : 연안지역이므로 0.15, 0.25, 0.4 (Table 7 참고)
- (8) 해상 방제능력의 도출 (유상화된 해상수거요구량 × 동원효율)
 - Tier 1 : 20만톤 × 0.15 = 3만톤의 EDRC를 24시간내에 동원
 - Tier 2 : 20만톤 × 0.25 = 5만톤의 EDRC를 48시간내에 동원

- Tier 3 : 20만톤 × 0.40 = 8만톤의 EDRC를 72시간내에 동원
- (9) 사고 발생시 추가확보하여야 할 방제능력 선주 및 운영자는 관련 규정에 의거하여 T1, T2, T3를 대비하여 사전에 12,500배럴, 25,000배럴, 50,000배럴을 확보하고 있기에 8항에서의 요구되는 확보요구량과의 차액만큼을 사고발생시 추가로 확보하여야 한다 (단 1 배럴을 0.158톤으로 가정).
- Tier 1 (24시간) 단계에서 추가확보요구량(EDRC) :
3만톤 - (12,500 배럴 × 0.158톤/배럴) = 28,025 톤/일
 - Tier 2 (48시간) 단계에서 추가확보요구량(EDRC) :
5만톤 - (25,000 배럴 × 0.158톤/배럴) = 46,050 톤/일
 - Tier 3 (72시간) 단계에서 추가확보요구량(EDRC) :
8만톤 - (50,000 배럴 × 0.158톤/배럴) = 42,100톤/일

위의 과정을 보다 일반화하여 최악유출량을 100으로 간주시 유상화(Table 6 참고)를 고려하여 운항지역별 유류종류별 해상수거요구량(비율: Table 5)을 표시하면 Table 9와 같다.

아울러 유출량을 100으로 간주시 유상화 이후 해안방제요구량을 일반화하여 표시하면 Table 10과 같다(유상화율 및 해안부착율: Table 5, 6 참고).

또한 최악유출량을 100으로 간주시 각 지역별 방제작업동원효율을 고려하여 각 단계별로 요구되는 방제작업 확보량(EDRC 기준)을 일반화하면 Table 11과 같다.

Table 9 유상화 이후 해상수거요구량 (WCD를 100%로 간주시).

운항지역	해상수거요구량 (%)			
	Group I	Group II	Group III	Group IV
연안	20	90	100	70
근해	0	45	80	56
외해	0	18	40	28

Table 10 유상화 이후 해안수거요구량 (WCD를 100%로 간주시).

운항지역	해안수거요구량 (%)			
	Group I	Group II	Group III	Group IV
연안	10	54	100	98
근해	0	9	40	42
외해	0	0	10	42

Table 11 최악유출량(WCD)을 100%으로 간주시 대응단계별 해상 방제능력 확보요구량 (WCD에 대한 % EDRC).

기름종류	연안 (12해리 이내)			근해 (38해리 이내)			외해 (38해리이상)		
	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 1	Tier 2	Tier 3
I	3	5	8	0	0	0	0	0	0
II	14	23	36	5	7	9	1	2	2
III	15	25	40	8	13	17	2	4	5
IV	11	18	28	6	9	12	2	3	3

4. 우리나라와 미국의 방제능력 확보기준의 비교

앞에서 상술한 미국식 방제능력 확보기준을 한국과 비교하기 위해서는 미국 및 한국에서의 EDRC 개념을 서로 통일하여야 한다. Table 12에 연안지역을 항행하는 300,000톤급 유조선(원유)의 오염사고에 대비하기 위해서 양국에서 요구하는 방제능력을 ‘유회수기’ 기준으로 상호 비

교하는 과정을 총괄적으로 제시하였다.

미국식 개념과 한국식 개념에서 가장 큰 차이점은 “동원(mobilization)”이라는 의미를 양 국가에서 서로 다르게 사용하고 있다는 것이다. 한국의 경우에 국가 방제능력 산출식(식(1))에서 보듯이 3일 동안에 작업 목표량의 전량을 수거하기 위하여 실행적방제효율(0.65)과 동원율(0.33)을 고려하여 목표수거량 20,000톤을 수거할 수 있는 방제능력을 보유해야 한다는 것이다. 반면, 미국의 경우에는 동원의 개념이 단지 장비를 대응시간단계 내에 사용할 수 있도록 현장에 이동

Table 13 한국과 미국에서 30만톤 유조선에 의한 해양오염사고 대비를 위해 사전에 확보되어야 할 방제능력 산출방법 비교 (단, 유출유종: 원유, 사고발생위치: 연안으로 가정).

	미국(동원량)	한국(배치량)	비고
유조선 유조선량	300,000톤	300,000톤	
최악유출량(WCD)	300,000톤	60,000톤	
해상수거량	300,000톤	20,000톤	
작업일수	3.75일	3일	
하루작업시간	24시간	8시간	
유회수기효율	0.2	0.2	
실행효율	-	0.65	
동원율	-	0.33	
필요 유회수기용량	16,667 ki/hr [30만/(0.2×24×3.75)]	19,425 ki/hr [2만/(0.2×3×8×0.65×0.33)]	
비율	1	1.165 [19,425/16,667]	

시키고 준비상태에 들어가는 것을 의미한다. 따라서 미국의 경우에는 동원된 이후에 작업에 들어갈 수 있기 때문에 실제 작업이 종료되는 시간은 Table 12에서 보듯이 연안의 경우 3일이 아닌 3.75일이 소요된다(근해 및 외해의 경우에는 자원동원효율이 떨어지기 때문에 실제 작업 시간은 더욱 길어짐). 즉, 미국의 경우에는 문자 그대로 “동원”의 의미가 강하고 한국의 경우에는 “보유(배치) 및 일정 시간(3일) 동안의 작업”의 의미로 보아야 한다.

두 번째로 중요한 차이점은 양국에서 사용하는 EDRC의 개념으로, 앞서 설명한 바와 같이 미국의 경우에는 하루 24시간의 작업을 가정하지만 한국의 경우에는 하루 8시간의 작업을 상정한다는 것이다¹⁰⁾.

위에서 언급한 두 가지의 차이점을 고려하여 미국식 EDRC 개념을 시간평균의 개념으로 환산하면 아래의 식과 같이 정리된다.

$$\frac{300,000 \text{ k}\ell}{3.75 \text{ days} \times 24 \text{ hrs/day}} = \frac{240,000 \text{ k}\ell}{3 \text{ days} \times 24 \text{ hrs/day}} = 3,333 \text{ k}\ell / \text{hr}$$

즉, 시간당 3,333톤의 유회수율(ORR)에 해당하는 방제능력을 가졌다고 할 수 있다. 이를 회수율(RR 혹은 TR)의 관점에서 보면 유회수효율(RE)를 고려하면 된다. 즉, 아래와 같이 산출된다.

$$\frac{300,000 \text{ k}\ell}{0.2 \times 3.75 \text{ days} \times 24 \text{ hrs/day}} = \frac{240,000 \text{ k}\ell}{0.2 \times 3 \text{ days} \times 24 \text{ hrs/day}} = 16,667 \text{ k}\ell / \text{hr}$$

한편, 한국식 개념에 의해서 요구되는 방제능력은 실행적방제효율(0.65)과 동원율(0.33)을 감안하여 준비하여야 하는 방제능력을 시간당 평

10) 앞서 설명한 바와 같이 미국 CFR33에서 지정하고 있는 EDRC 개념의 정의에서는 EDRC = T×24×E의 방법과 EDRC = D×U의 두 가지 중에서 결정하도록 지정하고 있다. 그러나 한국에서 사용하는 방법과 직접적인 비교를 위해서는 한국식 개념과의 연관관계가 뚜렷한 EDRC = T×24×E의 방식을 사용하여야 한다. 이러한 가정 아래에는 미국에서 사용되고 있는 방제장비(특히, 유회수기와 오일 펜스 등의 주요 방제장비) 자체만 본다면, 유회수효율을 공히 0.2로 사용하는 것을 의미한다.

균치로 환산하면 아래와 같다.

$$\frac{20,000 \text{ k}\ell}{3 \text{ days} \times 8 \text{ hrs/day} \times 0.65 \times 0.33} = 3,885 \text{ k}\ell / \text{hr}$$

즉, 한국적인 상황에서 실행적방제효율(0.65)과 동원율(0.33)의 영향을 고려하여 준비해야 하는 방제능력은 시간당 3,885톤에 해당된다. 마찬가지로 이를 회수율(RR 혹은 TR) 관점에서 계산하면 아래와 같다.

$$\frac{20,000 \text{ k}\ell}{0.2 \times 3 \text{ days} \times 8 \text{ hrs/day} \times 0.65 \times 0.33} = 19,425 \text{ k}\ell / \text{hr}$$

따라서 미국식 개념에 의해서 요구되는 방제능력과 우리나라의 국가 방제능력 산출방식에 의해서 요구되는 방제능력 사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$\frac{\text{한국식 방법에 의한 방제능력}}{\text{미국식 방법에 의한 방제능력}} = \frac{3,885 \text{ k}\ell / \text{hr}}{3,333 \text{ k}\ell / \text{hr}} = \frac{19,425 \text{ k}\ell / \text{hr}}{16,667 \text{ k}\ell / \text{hr}} = 1.165$$

즉, 한국식에 의한 방법이 미국식에 의한 방법보다 16.5% 더 많은 방제능력을 요구함을 확인할 수 있다. 그러므로 우리나라의 국가 방제능력 산출방식에서 사용되고 있는 ‘실행적 효율(0.65)’과 ‘동원율(0.33)’의 타당성과는 무관하게, 최종적으로 미국식 방법과 한국식 방법에 의한 방제능력 요구량들간에는 서로 큰 차이가 아닌, 16% 정도의 차이가 있다.

결론적으로 30만톤급 유조선에 대한 최악유출 사고를 대상으로 하여 한국은 미국보다 16% 많은 방제장비(유회수기)를 갖추게 된다. 이는 미국의 산출기준이 타당하다라고 가정할 때, 우리나라의 국가 방제능력 2만톤 확보기준이 결과적으로 어느 정도 합리적인 수치임을 지시한다. 참고로 방제능력 산출식에서 ‘실행적 효율’을 0.65에서 0.75로 상향 조정하면¹¹⁾, 미국식 기준과

한국식 기준에 의한 방제능력 요구량은 동일하게 산출된다(한국해양오염방제조합[2002]).

5. 결 론

우리나라의 국가 방제능력 확보기준(방제능력: 2만톤) 타당성을 논의하기 위하여 우리나라 방제능력 확보기준을 산출하는 과정과 미국의 방제능력 확보기준을 상호 비교분석하였다. 30만톤급 유조선에 대한 최악 유출사고를 대상으로 하여 한국은 19,425 kl/hr의 방제장비(유회수기)를 보유토록 하고 있는데, 이는 미국에서의 동원 요구량 16,667 kl/hr보다 16% 많은 양으로 나타났다. 이는 우리나라의 국가 방제능력 2만톤 확보기준이 어느 정도 합리적인 수치임을 지시하고 있으며, 실행적 방제효율 수치를 0.65에서 0.75로 상향 조정하게 될 경우에 미국식 기준과 한국식 기준에 의한 방제능력 확보 요구량은 서로 동일하게 산출될 수 있게 된다.

후 기

본 연구는 한국해양연구원의 “해난사고 예방 및 구난체계 구축사업(2003년도, PE00730)”의 일환으로 수행되었다.

참고문헌

- [1] 해양경찰청, 1997, “국가 방제제도 개선 및 방제능력 확충방안 연구”, 한국해양연구원 연구보고서, pp. 501.
- [2] 국무총리실 수질개선기획단, 2001, 2001년-2005년 해양환경보전 종합계획.
- [3] United States Coast Guard (USCG), 2001, Guideline for the US Coast Guard Oil Spill Removal Organization Classification Program, pp. 46.
- [4] 한국해양오염방제조합, 2002, 방제능력 확보 방안 연구, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 연구보고서, UCG00610-2381.

11) 만약 ‘실행적 효율’을 0.75로 상향 조정하게 될 경우에, 국가방제능력 2만톤 확보를 위해 유회수용량기준으로 16,667 kl/hr의 방제능력을 확보하면 됨. ‘실행적 효율’은 국가의 방제체제를 개선하거나 교육훈련의 수행, 방제기술의 개발 등을 통해서 계속 개선이 가능한 변동수치이다.