

# 우리나라 다목적 대형방제선 건조의 경제적 타당성에 관한 예비평가

장우진\* · 표희동\*\*†

\* 해양환경관리공단, \*\* 부경대학교 해양수산경영학과

## A Preliminary Evaluation of the Economic Feasibility for Building a Multi-purpose Large Oil Spill Response Vessel in South Korea

Woojin Chang\* · Heedong Pyo\*\*†

\* Korea Marine Environment Management Corporation, Seoul 05718, Korea

\*\* Department of Marine Business and Economics, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

**요 약 :** 허베이 스피리트호의 유류유출량이 씨프린스호의 것에 비해 2.5배에 불과하지만, 그 경제적·환경적·사회적 피해는 30배에 이를 정도로 대규모 유류유출의 피해는 기하급수적으로 증가할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 재난적 해양환경오염사고에 신속하고도 효율적으로 대응할 수 있는 다목적 대형방제선의 건조에 대한 기술적·경제적 타당성을 분석함으로써 다목적 대형방제선의 건조에 대한 당위성과 정당성을 확보하고자 한다. 다목적 대형방제선의 기술적 타당성분석과 선진해양국의 많은 사례를 검토한 결과, 4,000톤급의 자항식 호퍼준설선 겸용 방제선을 건조하는 것이 적합한 것으로 판단되었다. 경제적 타당성 분석결과, 가장 보수적인 추정치의 B/C ratio는 0.82로 경제성에 미달하지만 자구적 노력을 통하여 경제성을 확보할 수 있다. 한편, 중간추정치와 낙관적 추정치의 B/C ratio는 각각 2.72와 5.82로 이 사업의 경제적 타당성을 충분히 확보할 수 있다.

**핵심용어 :** 다목적 대형 방제선, 대규모 해양오염사고, 기술적 타당성, 경제적 타당성 분석, 준설겸용 대형방제선, 편익/비용비율

**Abstract :** While the amounts of oil spill caused by the VLCC Hebei Spirit indicated 2.5 times more than that of the VLCC Sea Prince, the economic, environmental, and social damages derived from the Hebei Spirit spill were estimated to be about 30 times greater than those from the Sea Prince incident. This study consolidates the appropriate justification for building a multi-purpose large oil spill response vessel to allow swift and efficient handling of catastrophic marine pollution events through an analysis of technical and economic feasibility of such a project. The result of the technical feasibility analysis illustrates that a hopper dredge and oil spill response vessel with a capacity of 4,000 tons should be more appropriate. The result of the economic feasibility analysis indicates that under the most conservative estimates the project appears to be slightly impractical, with a benefit/cost ratio of 0.82, in which self-help efforts, however, can facilitate the project. And medium to optimistic estimates present benefit/cost ratios are estimated to be 2.72 and 5.82 respectively, representing apparent economic feasibility.

**Key Words :** Multi-purpose large oil spill response vessel, Large-scale marine pollution incidents, Technical feasibility, Economic feasibility analysis, Dredge and oil spill response vessel, Benefit/cost ratio

### 1. 서 론

최근 20년간 우리나라의 해양유류오염사고현황을 살펴보면 사고의 건수는 점차적으로 감소하는 추세를 보이고 있지만 유출량의 경우 뚜렷한 추세를 보이고 있지 않고 있다. 몇 건의 대형사고로 인해 유출량이 급격히 상승하는 모습을 볼

수 있었는데, 1993년에는 제5금동호, 프론티어 익스프레스호, 코리아비너스호 사고 등으로 인해 15,388 kl의 기름이 바다로 유출되었고, 1995년에는 씨프린스호, 제1유일호, 호남사파이어호 사고 등으로 인해 15,773 kl, 2007년에는 허베이 스피리트호, 제4오성호, 제3동진호 사고 등으로 인해 13,008 kl의 유류가 유출되었다. 이와 같은 비주기적인 대규모 해양오염사고들이 발생한 이후 방제대응과 관련된 여러 가지 법률 및 규정, 방제대응시스템 등에는 긍정적인 많은 변화가

\* First Author : wjchang@koem.or.kr, 02-3498-8597

† Corresponding Author : pyoh@pknu.ac.kr, 051-629-5959

일어났지만 해양오염사고의 불예측성은 방제대응능력, 즉 방제작업을 위한 자원의 획기적인 향상을 이끌어 내진 못했다.

따라서 울산·대산·여수 등 대규모 석유화학단지 주변 해상 오염사고에 대한 상시대비체계구축이 필요하고, 높은 사고 등 악천후 및 강한 조류 등으로 인해 소형 방제선의 접근이 어려워 방제작업의 효율성이 저하되고 있는 실정이어서 해역특성에 적합한 대형 방제선의 확보가 시급하다. 최근 발생한 세월호 침몰사건, 허베이 스피리트 유류유출사건 등으로 해상안전 및 해양환경의 중요성에 대한 국가적 인식증가와 이에 대한 예방의식이 제고되었고 사회 안전과 관련한 기반시설투자의 필요성이 증대되고 있다. 1995년 7월 여수앞 바다에서 발생한 씨프린스호의 유류유출량은 5,035 kℓ인데, 이 해양오염사고에 대한 총 청구금액은 934억원(방제비 198억원, 피해비 736억원)으로 허베이 스피리트호의 유류유출량은 씨프린스호의 것보다 2.5배에 불과하지만, 허베이 스피리트호의 피해청구액은 씨프린스호의 것보다 30배로 유류유출량이 대규모로 발생할 경우 피해액은 기하급수적으로 증가할 수 있다.

EMSA의 자료에 따르면 유럽국가들이 보유한 대형 방제선(총 톤수 1500톤급 이상)의 총 척수는 65척이다(EMSA, 2012). 미국은 5천톤을 초과한 방제선을 8척 보유하고 있고, 1,000톤급 이상 방제선은 총 29척으로, 서부 17척, 동부 6척, 남부 6척을 배치하고 있다(<http://ships.findthebest.com/d/b/Oil-Recovery-Vessel>). 일본은 4,000톤급 이상 대형방제선을 3척 확보하고 있고, 중국은 원유시추 플랫폼 작업지원겸용 대형방제선을 5척을 운영하고 있고, 인도의 경우 경비겸용 대형방제선을 12척 보유하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2014).

유럽의 전 해역에 위치하고 있는 대형방제선은 평소에는 선박의 특성에 맞게 유조선(oil tanker), 석탄 운반선(bulk carrier), 준설선(dredger), 쇄빙선 등으로 운용되고 있으며, 해저케이블 등의 수리하는 임무를 맡고 있는 선박도 유류유출사고 발생 시 방제활동으로 임무를 전환하고 있다.

이 논문은 사고발생 시에는 본연의 방제기능을 수행하고, 평상시에는 다른 부가 가치를 창출할 수 있는 해상작업에 투입함으로써 투자위험을 분산할 수 있는 다목적 대형방제선의 기술적·경제적 타당성을 예비적으로 평가하는 것을 그 목적으로 한다. KDI는 500억원 이상 대규모 신규사업에 대한 예비타당성조사수행을 위한 경제성 평가, 정책성 분석, 재무성 평가 등에 관한 일반지침을 제시함으로써 대규모 국가사업에 대한 예비타당성조사의 표준화를 시도하였고, 대부분의 대규모 국가사업에 대한 예비타당성평가를 수행하고 있다(KDI, 2008; 2013). 특히 최근 KDI(2009)는 대형 해양

과학연구선 예비타당성 조사를 통해 경제성 평가, 정책성 평가 및 기술성 분석 등을 종합적으로 평가하였다.

## 2. 다목적 대형방제선의 건조방안

### 2.1 우리나라 방제세력 운용의 한계와 극복방안

우리나라의 현행 방제세력 운용의 한계점은 크게 세 가지로 분석된다. 첫째, 우리나라는 대부분 규모가 작은 방제선을 보유가 있어 대규모 오염사고나 악천후로 인한 오염사고에 대한 해상방제작업에 한계가 있다. 우리나라가 보유한 방제선 160척 중 대부분이 500톤 미만으로 외해에서의 해양오염사고 시 높은 사고, 악천후 및 강한 조류 등으로 인해 초동방제조치에 한계가 노출되고 있다.<sup>1)</sup> 둘째, 중·소형 방제선의 구조적인 문제점이다. 우리나라가 보유한 방제선의 경우 방제작업공간이 협소해 고성능 유회수기 등 방제장비 탑재에 한계가 있고, 한정된 용량의 회수유 저장탱크로 인해 회수유 저장을 위한 별도의 바지선을 동원하는 등 작업지체현상이 발생한다. 셋째, 해양유류오염사고 대응 시 다수의 방제선을 동원하고 있으나 여전히 전통적인 방제방법을 수행하고 있다. 대형방제선은 이와 같은 한계를 극복하고 대형해양오염사고의 신속한 대응과 해양환경피해 최소화에 기여할 수 있을 것이다. 실제로 해외 선진국에서는 대형방제선을 운영함으로써 대형해양오염사고에 대비하고 있으며, 평상시 유지비용 충당 및 유희방제선의 기능확보를 위해 다목적으로 활용하고 있다.

### 2.2 다목적대형방제선의 기술적 검토와 제반 비용

평소 운영비 확보를 위한 수요, 선박설계 및 방제선 운용 등 다양한 사용방안을 검토해 보았을 때 준설겸용형태가 가장 적합한 것으로 판단되었다(KOEM, 2014). 준설겸용 다목적 대형방제선을 위한 최적의 선박조건은 전장 약 95m, 폭 약 17m, 깊이 약 8m, 4,000톤 급으로 승선인원은 22명, 선속은 13 Knot, 호퍼준설시스템 및 최신의 방제시스템이 탑재되는 것으로 검토되었다.<sup>3)</sup> 선형의 경우 악천후에서도 목적지 이동 및 정확한 임무수행을 요구함에 따라 우수한 내항성능을 중요한 인자로 선형설계가 이루어졌고, 구조분야에 대해

- 1) 대형방제선은 대형 회수유 저장탱크와 유회수율이 높은 최신 방제시스템을 갖고 있어 일반적으로 방제착수시간과 방제작업시간을 단축할 수 있지만, 이에 대한 논란이 있을 수 있음.
- 2) 방제선의 크기를 대형, 중형, 소형으로 구분하는 과학적 기준은 발견하지 못하였지만, 외국의 방제선 등을 감안하여 이 논문에서는 편의상 1,000톤급 이상을 대형으로 분류함.
- 3) 다목적선의 활용가능 여부와 선박의 규모는 국내의 자료, 수요측면 및 선박설계측면 등을 고려한 기술적 타당성분석을 통하여 결정되었지만, 실시설계를 통하여 보다 구체적이고 과학적인 분석이 이루어져야 함(KOEM, 2014).

서는 일반 상선 등과는 달리 화물창과 밸러스트 탱크들을 반복적으로 채우고 비워야 함에 따라 기존의 중강도와 전단력에 부합하도록 설계될 필요가 있다. 추진방식은 가변식 전방향추진장치를 도입하고 방제시스템으로는 Ship Side Mounting System and Throw-in Type System 등 고성능의 유틸리티와 유출유흡입펌프, 주·야간 오염확산 감시 및 분석조사장비는 물론 준설선으로의 기능을 위해 준설장비 등이 같이 탑재될 수 있도록 설계되었다. 더불어 준설도 저장공간과 유출유틸리티 저장공간을 함께 사용함으로써 방제작업의 효율성을 증대할 수 있도록 하였다.

한편 준설겸용 다목적 대형방제선의 총 건조비는 약 740억으로 추정되었고, 연간 운영비는 약 62억으로 추정되었다. 이 논문은 예비적 경제적 타당성에 초점을 두었기 때문에 보다 구체적이고 정확한 비용은 실시설계가 이루어질 때 추정될 수 있다. 주어진 사양에 따른 방제선의 건조비는 크게 공사비(일반공사, 선각공사, 선장공사, 선실공사, 기장공사, 전장공사 등), 간접노무비, 경비, 일반관리비, 이윤 및 부가가치세를 포함하고 있다. 또한 연간 운영비는 인건비, 연료비, 보험료 및 유지보수비를 포함하고 있는데, 다목적 대형방제선을 건조하여 연간 200일 정도 방제 및 준설작업에 투입할 경우 운영비로 연간 62억원 중 유틸리티가 약 60%를 차지하고 있다.<sup>4)</sup>

### 3. 다목적 대형방제선의 경제적 타당성

#### 3.1 경제적 편익추정

대형방제선 건조사업의 경제적 편익 중 직접편익은 다목적 대형방제선 건조사업의 시행으로 인해 다목적 대형방제선 이용자들에게 발생하는 사용자편익으로 추가 창출된 해양사업수익과 생산성증가에 따른 비용절감효과 등이 있다. 신조되는 다목적 대형방제선은 기존 해양사업에 진출하는 것으로써 기존 시장의 방제선이 추진할 수 없는 새롭게 창출될 수 있는 사업으로부터의 수익이거나 대형방제선이 기존 방제선보다 생산성증가를 가져옴에 따라 발생할 수 있는 비용절감효과 등으로 추정될 수 있다. 기술적 검토에 의하면 다목적 대형방제선은 주로 항만준설겸용 대형방제선으로 활용될 계획이다. 건조될 다목적 대형방제선의 준설공법은 자항식 호퍼준설법으로 국내에는 자항식 호퍼준설선이 없기 때문에 외국의 호퍼준설선을 용선하여 준설작업을 수행하고 있는 실정이다. 따라서 호퍼준설공법이 필요한 준설작업에 투입될 경우 수입대체효과를 가져올 수 있고, 펌프준설작업에 투입할 경우 대형방제선의 운영유지비를 충당

할 수 있는 운영유지비 절감효과를 가져올 수 있다. 한편 건조될 대형방제선은 기존 소규모 방제선보다 성능이 월등하게 높고, 특히 대형 유류유출사고가 기상악천후에서 발생한 점을 감안할 경우 대형 유류유출사고발생에도 접근이 용이하여 방제생산성이 높아 방제비용을 절감할 수 있는 효과가 매우 클 것으로 추정된다. 뿐만 아니라 근해의 환경관련 사업으로 확대될 경우 근해의 해양침적 쓰레기수거와 근해의 해양환경조사사업에 투입됨으로써 추가 전용선을 건립할 필요성이 없어 건조비 절감효과를 가져올 수 있을 것으로 기대되지만, 본 연구에서는 이와 같은 근해의 환경관련사업 수행의 불확실성으로 그 편익을 고려하지 않는 것으로 가정한다.

간접적 편익은 대형방제선이 있을 경우 방제선 이용에 관계없는 일반대중에게 발생하는 과급효과로 해양환경오염감소효과와 해양사고피해감소효과 등이 있다. 해양환경오염감소효과는 대형방제선이 유류유출과 해양사고 등으로 인해 발생할 수 있는 해양오염을 감소시킴으로써 해양 또는 해양과 관련된 육상에서 이루어지는 상업적 또는 비상업적 경제 또는 비경제적 활동에 따른 편익의 감소를 줄일 수 있는 효과이다.<sup>5)</sup> 구체적으로 피해주변 주민 또는 어민들의 수산업 피해에 대한 감소효과, 피해연안주변 숙박업 및 음식업 등의 관광피해에 대한 감소효과, 생물다양성 등 해양생태계 피해의 감소효과, 관광 또는 바다유어낚시 이용객 등의 관광피해에 대한 감소효과 등이 있을 수 있다.

#### 1) 방제비용 절감효과

대형 방제선을 건조함에 따른 방제비용절감편익은 대형방제선이 투입되지 않을 경우(without the project)와 대형방제선이 투입될 경우(with the project)의 방제비용의 차이로서, 방제비용절감편익을 추정하기 위해선 방제작업효율성 증가율, 톤당 방제비용 및 유류유출량과 같은 요인분석이 필요하다. 본 연구에서는 미래의 유출량의 추정이 매우 어렵기 때문에 사후적 분석(ex post analysis)의 개념에 의거하여 1995년 이후 100 kℓ 이상의 유류유출사고가 연간 1건씩 평균 496 kℓ가 유출되는 것으로 가정한다.<sup>6)</sup> 하지만 2007년에 발생한 허베이 스피리트호의 사고는 1995년 발생한 씨프린스호의 사고이후 12년이 지나서 발생하였는데, 이를 감안하여 이와 같은 스피리트호나 씨프린스호의 대형사고는 15년에 한 번 발생하는

4) 보다 자세한 내용은 KOEM(2014)를 참고할 수 있음.

5) 해양환경관리업(해양오염방제업과 폐기물해양수거업 등)을 수행하는 업체입장에서는 수입이 감소하는 효과가 있지만, 이는 국가적 관점에서의 경제적 편익의 감소라고 볼 수 없음.  
6) 1995년 이후 100 kℓ 이상 규모 유류유출사고는 16건으로 본 연구의 분석기간(15년)과 유사하므로 연간 1건씩 발생하는 것으로 가정하였고, 이들의 평균인 496 kℓ를 적용하였는데, 통계적 논란이 있을 수 있음.

것으로 가정한다. kl 당 방제비용은 일반 유류에 대한 톤당 방제비용인 8,982,563원을 적용하기로 한다.<sup>7)</sup> 4,000톤급 대형방제선을 투입함으로써 인한 방제효율성 증가율은 추정결과 물리적 방제착수시간의 단축수준과 방제작업시간의 단축수준, 방제선의 총톤수기준에 의해 환산된 방제능력의 증가율(17%), 유회수기 용량기준에 의한 방제능력의 증가율(46.8%) 등으로 분석된다.<sup>8)</sup> 하지만 본 연구에서는 보다 보수적 추정을 위하여 허베이 사고나 씨프린스와 같은 대형사고의 경우를 제외한 사고가 발생할 경우에는 유출량의 규모가 상대적으로 적고 기존 방제선의 역할이 인정될 수 있어 15%의 방제효율성이 증가하였다고 가정하고, 허베이 스피리트호와 같은 대형사고의 경우 여건상 기존 방제선 보다 대형방제선의 역할이 매우 중요하기 때문에 15%와 46.8%의 중간값인 30%를 방제효율성의 증가로 가정한다. 이와 같은 가정하에 대형방제선 투입에 따른 방제비용절감편익은 다음과 같이 추정될 수 있다.

- 대형사고의 경우를 제외한 방제비용절감편익  
= 톤당 방제비용 × 방제효율성증가율 × 유출량/year  
= 8,982,563원/kl × 15% × 496 kl/year = 668,303천원/year
- 허베이 스피리트호 사고의 경우 방제비용절감편익  
= 8,982,563원/kl × 30% × 12,547 kl/year = 33,811,265천원/year<sup>9)</sup>
- 씨프린스호 사고의 경우 방제비용절감편익  
= 8,982,563원/kl × 30% × 5,035 kl/year = 13,568,161천원/year<sup>10)</sup>

## 2) 준설편익의 추정

건조될 다목적 대형방제선의 준설품범은 자항식 호퍼준설과 펌프준설을 겸용할 수 있도록 계획되고 있고, 국내에는 자항식 호퍼준설선이 없기 때문에 외국의 호퍼준설선을 용

선하여 준설품범을 수행하고 있는 실정이다. 따라서 호퍼준설품범이 필요한 준설품범에 투입될 경우 수입대체효과를 가져올 수 있고, 펌프준설품범에 투입될 경우 대형방제선의 운영유지비를 충당할 수 있는 운영유지비 절감효과를 가져올 수 있다. 본 연구의 준설편익은 대형방제선의 상시 운영관리에 필요한 선박의 운영유지관리비를 충당하는 것을 목적으로 하는 것으로 가정한다.

항만준설은 크게 항로개발준설, 항로와 부두항내 등의 유지준설 및 기존 항로의 수심을 증가시키는 증심준설 등으로 구별할 수 있다. 최근 13년간(2000~2012) 국내 항만준설사업의 연간 평균 준설품범은 26,328천톤이고, 연간 평균 준설품범비용은 1,581억원 수준인데, 최근의 준설품범비용은 2,000억원 수준이다. 준설품범목적과 여건에 따라 준설품범방법이 달라질 수 있지만 호퍼준설선은 준설 및 자체 토창을 보유하고 있고, 자력항행으로 인한 단독 선단작업이 용이하고, 자력 항행으로 인해 기상이나 해상조건의 영향이 적고, 대형선박의 항행이 빈번한 항로나 부두항내의 유지준설에 신속적으로 활용할 수 있는 점을 고려할 때 자항 호퍼식 준설에 대한 수요는 지속적으로 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구대상인 준설품범 겸 대형방제선의 연간 준설품범가능량(1,050,000~1,575,000 m<sup>3</sup>/year<sup>11)</sup>)은 전국 평균 준설품범(26,328,000 m<sup>3</sup>)의 4~6% 수준이고, 외국 호퍼준설품범업체 중 국내에서 가장 많은 준설품범실적을 갖고 있는 Boskalis Westminster 업체의 준설품범실적의 20~30% 수준이다. 한편 2012년 우리나라의 준설품범 m<sup>3</sup>당 투자금액은 9,330원(부가세포함)이고, 부산 신항 증심 준설을 위한 가중평균 준설품범단가(m<sup>3</sup>)는 4,531원(부가세와 제경비 등 불포함)으로, 본 연구에서는 보수적 기준에 의거 호퍼준설품범단가보다 낮은 가중평균단가인 4,500원/m<sup>3</sup>을 준설품범단가로 적용한다. 연간 준설품범가능량(보수적 추정치인 연간 최소 준설품범가능량 1,050,000 m<sup>3</sup>/year)과 준설품범단가(4,500원/m<sup>3</sup>)를 고려한 연간 준설편익은 47.25억원으로 추정될 수 있다.<sup>12)</sup>

## 3) 해양오염피해 감소편익의 추정

해양오염피해는 해양유류유출 사고로 인해 수산분야, 관광분야 및 해양생태 환경분야에서 발생하는 피해로 건조될 대형방제선을 투입할 경우(with the project) 감소시킬 수 있는 해

7) 2003년 이후 발생한 유류유출사고별 방제비용과 유출량과의 회귀분석결과 방제비용 = -95,481,634 + 8,982,563 × 유출량(kl), 여기서 조정된 결정계수는 0.86이고, 계수는 1% 수준에서 유의성을 갖고 있음.  
8) 허베이 사고에 투입된 100톤 이상의 방제선에 대한 방제능력 6,434톤 (=2007년 기준 100톤 이상의 방제선에 대한 방제능력 14,413톤 × 허베이 사고에 투입된 100톤 이상의 방제선 25척 ÷ 전국 100톤 이상의 방제선 56척)과 건조될 4,000톤급 방제선의 환산된 방제능력 1,109톤을 추가한 방제능력 7,543톤(=6,434톤 + 1,109톤)을 비교하면 투입 방제선의 총톤수기준 방제효율성 17% (=  $\frac{7,543 - 6,434}{6,434}$ )가 추정됨. 한편 투입 유회수기의 처리용량기준에 의한 4,000톤급 대형방제선의 방제효율은 대형방제선 추가투입방제능력(3,479 kl)과 허베이 사고 투입방제능력(2,370 kl)을 비교하면 투입 유회수기의 처리용량기준에 의한 방제효율성 46.8% (=  $\frac{3,479 - 2,370}{2,370}$ )가 추정됨.  
9) 이는 IOPCF에 대한 방제비용의 청구금액 3,932억원의 30%인 1,180억원에 대해 29% 수준으로 과소평가되었고, 서산지원의 결정액인 1,029억원의 30%인 309억원과 매우 유사한 수준임.  
10) 이는 IOPCF에 대한 방제비용의 청구금액 327억원의 30%인 98억원보다 높은 편임.

11) 건설기계장비 표준품셈에 의한 다목적 대형방제선의 연간 준설품범일수, 작업시간, 작업능력을 고려할 때 연간 준설품범가능량은 다음과 같다.  
- 연간 최소준설품범가능량 = 100일/year × 5시간/일 × (1-0.3) × 3,000 m<sup>3</sup>/hr = 1,050,000 m<sup>3</sup>/year  
- 연간 최대준설품범가능량 = 150일/year × 5시간/일 × (1-0.3) × 3,000 m<sup>3</sup>/hr = 1,575,000 m<sup>3</sup>/year  
12) 연간 준설편익 = 연간 준설품범가능량 × 준설품범단가 = 1,050,000 m<sup>3</sup>/year × 4,500원/m<sup>3</sup> = 47.25억원

양오염 피해정도를 해양오염 피해감소편익이라 할 수 있다.

수산분야와 관광분야에는 피해주변 어민이나 주민들의 피해가 있을 수 있고, 관광분야 중 관광객들이 입을 수 있는 피해와 해양생태 환경의 피해가 있을 수 있다. 수산분야와 관광분야의 대부분은 시장적 접근방법에 의하여 그 경제적 손실을 추정할 수 있고, 관광분야 중 관광객의 피해와 해양생태 환경의 피해는 비시장재로서 조건부가치측정법(Contingent Valuation Method: CVM)이나 여행비용법(Travel Cost Method: TCM) 등 환경재화가치측정법으로 추정할 수 있다.

해양오염피해도 방제비용절감편익과 같이 방제시간의 단축과 같은 방제효율성증가에 따라 감소시킬 수 있기 때문에 방제비용절감편익을 산정할 때와 마찬가지로 허베이 스피리트호 사고를 제외한 대규모 유류유출 사고의 경우 대형방제선을 투입함에 따라 해양오염피해를 15% 감소시킬 수 있다고 가정하고, 허베이 스피리트호와 씨프린스호와 같은 대형사고의 경우 대형방제선을 투입함에 따라 해양오염피해를 최소와 최대의 방제효율 증가율 중간값인 30% ( $=\frac{15\%+45\%}{2}$ )를 감소시킬 수 있을 것으로 가정한다.

해양오염환경피해감소편익은 대부분 수산분야의 피해비용에 해당하는데, 허베이 스피리트호 사고의 경우 IOPCF<sup>13)</sup>에 대한 수산분야와 비수산분야(방제비용을 제외한 관광 및 기타)의 청구액은 2조 3,820억원이고, IOPCF의 사정액은 829억원이고, 서산지원의 수산분야와 비수산분야(방제비용을 제외한 관광 및 기타)의 신청액은 3조 8,339억원 수준이고, 서산지원의 결정액은 6,332억원 수준이다(Pyo, 2014). 본 연구에서는 수산분야와 비수산분야에 대한 어민이나 주민의 직접적 피해 또는 손해액을 보수적으로 추정하기 위해서 IOPCF에 대한 청구액 2조 3,820억원과 서산지원의 결정액 6,332억원을 대안으로 활용하기로 한다. 단, 투입된 인력에 대한 사회적 손실감소편익 522억원(=1,740억원×30%)도 포함하는 것이 합리적이지만, 본 연구에서는 고려하지 않는다. 이와 같은 가정하에서 허베이 사고의 경우 대형방제선의 투입에 의한 해양환경오염피해 중 수산분야와 비수산분야에 대한 어민이나 주민의 직접적 피해감소편익은 7,146억원(=23,820억원×30%)과 1,899.6억원(=6,332억원×30%)으로 추정할 수 있다. 씨프린스호 사고의 경우 IOPCF에 대한 수산분야와 관광분야의 청구액 1,072억원을 감안할 경우 대형방제선의 투입에 의한 해양환경오염피해 중 수산분야와 비수산분야에 대한 어민이나 주민의 직접적 피해감소편익은 321.6억원(=1,072억원×30%) 수준으로 추정할 수 있다.

허베이 스피리트호의 해양오염사고로 인한 비사용가치(보존가치)에 대한 추정을 위해 선행연구들을 분석한 결과 이

들 중 신뢰성과 타당성을 갖고 있는 KMI(2008), Han(2009), Park and Yoo(2013)의 연구결과를 평균한 추정치 4,275억원을 허베이 스피리트호의 해양오염사고로 인한 보전가치의 피해액으로 간주한다.<sup>14)</sup> 씨프린스호의 해양오염사고로 인한 비사용가치에 대한 추정은 CVM을 이용하여 추정한 Kim(2001)의 연구결과-보수적 추정치, 중간 추정치 및 낙관적 추정치를 제시하였는데 여기에서는 중간 추정치 770억원(2013년 불변가격)을 활용한다. 즉,

- 허베이 사고에 대한 피해 감소편익 = 4,275억원 × 30% = 1,282.5억원
- 씨프린스 사고에 대한 감소편익 = 770억원 × 30% = 231억원

한편, Pyo(2014)는 여행비용법을 이용하여 허베이 스피리트호의 해양오염사고에 따른 바다유어낚시어선 이용객의 경제적 손실가치를 추정하였는데, 이는 대략 4년간에 1,249억원 수준으로 추정하였다. 따라서 이에 대한 피해 감소편익은 374.7억원(=1,249억원×30%) 수준으로 추정할 수 있다.

이와 같이 유류사고로 인한 해양오염환경피해감소편익을 종합하면 다음 Table 1과 같이 보수적 추정치는 총 3,794억원이고, 낙관적 추정치는 총 9,430억원이다.

Table 1. Estimates of saving costs for marine pollution damages by oil spill response

(unit: thousand million won)

Items	marine pollution damages	saving costs
damages to fishermen and residents (Hebei Spirits)	6,332 ~ 23,820	1,899.6 ~ 7,146
damages to fishermen and residents (Sea Prince)	1,072	321.6
damages to anglers (Hebei Spirits)	1,249	374.7
damages to marine ecosystems (Hebei Spirits)	4,275	1,282.5
damages to marine ecosystems (Sea Prince)	770	231

### 3.2 경제적 타당성 분석결과

대형 방제선 건조에 따른 경제적 편익추정의 기본전제를 정리하면 다음과 같다. 경제적 타당성 분석은 사업을 시작

14) Exxon Valdez호의 자연피해손해액 1조1,000억원(\$1=1,000원기준)을 허베이 스피리트호의 유출량기준으로 환산할 경우 2013년 기준 5,398억원(=11,000억원×105.3(미국의 2013년 GDP deflator)÷64.1(미국의 1990년 GDP deflator)×12,547 kℓ(허베이 스피리트호 유출량)÷42,000 kℓ(Exxon Valdez호 유출량))으로 4,725억원 수준과 견주어 볼 수 있음.

13) www.iopcfunds.org

## 우리나라 다목적 대형방제선 건조의 경제적 타당성에 관한 예비평가

하기 전에 미래 사업에 대한 타당성을 분석하는 사전적 분석(ex ante analysis)이 일반적이지만, 본 연구대상 사업의 특성상 미래 현금흐름의 추정이 매우 불확실하다. 따라서 본 연구대상 사업의 현금흐름은 사후적 분석(ex post analysis)에 대한 현금흐름형태를 적용한다. 다시 말해서, 1995년에 발생한 시프린스호의 대형 유류유출사고와 2007년에 발생한 허베이 스피리트호의 대형유류유출사고의 기간을 감안하여 2007년 이후 대략 15년이 경과하면 이와 같은 대형유류유출사고가 발생할 수 있다는 가정하에 2022년에 허베이 사고 또는 시프린스호와 같은 대형 유류유출사고가 발생하고 이에 대하여 30%를 절감하고, 그 이외의 분석기간에는 연간 평균 496 kl<sup>15)</sup>에 대하여 15%를 절감하는 것으로 가정한다. 2022년 해양오염피해감소편익 중 주변 어민과 주민에 대한 피해감소편익을 추정할 때 가장 보수적 추정치는 시프린스호의 IOPCF에 대한 청구액 1,072억원을 기준으로 하고, 통상적 추정치는 허베이호에 대한 서산지원의 결정액 6,332억원을 기준으로 하고, 낙관적 추정치는 IOPCF에 대한 청구액 23,820억원을 기준으로 대형방제선을 추가 투입할 경우 30%의 절감이 2022년 1개년에 한정해서 발생할 것으로 가정한다. 즉, 2022년을 제외한 분석기간에는 일체의 해양오염피해 감소편익이 발생하지 않은 것으로 가정한다. 준설편익은 외국 준설회사의 호퍼준설회사를 대체함에 따라 발생할 수 있는 수입대체효과와 대형방제선 유지운영관리비의 절감편익으로 이전지출 또는 금전적 효과(peccuniary effect)논란을 감안하여 평상시 대형방제선의 실질적 유지운영관리비의 일부를 충당하는 것으로 한정한다. 즉, 실제적 연간 유지운영관리비를 초과하지 않는 수준으로 보수적 추정과 낙관적 추정으로 분류하였는데, 이 중 보수적 추정치를 준설편익으로 고려한다.

KDI(2013)의 지침에 의거 사회적 할인율은 5.5%를 적용하고, 분석기간은 15년과 선박건조기간 2년을 고려한 17년을 기준으로 하고, 잔존가치는 건조비의 20%를 분석기간 마지막 해에 발생하는 것으로 가정한다. 분석시점을 2015년 말 또는 2016년 초 기준으로 가정하고, 초기 투자시점을 2015년 말 또는 2016년 초에 건조비의 절반을 투자하고, 2016년 말 또는 2017년 초에 절반을 투자하는 것으로 가정한다. 또한 투자비는 부가가치세를 제외한 금액을 적용한다. 그리고 모든 편익과 비용은 2013년 불변가격을 적용한다.

결론적으로 경제적 편익을 추정하는 대안은 보수적 추정(2022년 발생할 해양오염피해감소편익기준을 시프린스호의 피해기준 적용), 통상적 추정(2022년 발생할 해양오염피해감소편익기준을 허베이 스피리트호의 피해기준 중 서산지원 결정기준 적용) 및 낙관적 추정(2022년 발생할 해양오염피해

감소편익기준을 허베이 스피리트호의 피해기준 중 IOPCF에 대한 청구액기준 적용)에 대한 3개 대안별 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 및 편익/비용비율(B/C ratio)은 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Summary of economic analysis

Scenarios	NPV	B/C Ratio	IRR
conservative	-208.0	0.82	-
medium	1,996.3	2.72	30.3 %
optimistic	5,602.9	5.82	48.6 %

Note: NPV represents thousand million wons.

가장 보수적(conservative) 추정 시나리오에서는 이 사업에 대한 경제적 타당성이 약간 미달되는 것으로 분석되었고, 보통적(medium) 추정과 낙관적(optimistic) 추정 시나리오에서는 모두 이 사업에 대한 경제적 타당성이 매우 높은 것으로 분석된다. 가장 보수적 추정 시나리오에서도 자구적 노력-보수적 준설편익(연간 47.3억원)을 낙관적 준설편익(70.9억원)보다 낮은 연간 운영비(62.3억원)만큼 32%를 증가시키는 노력과 동시에 운영비용을 지금의 연간 62.3억원에서 연간 54.3억원으로 13%를 감소시키는 전략을 강구할 경우 경제적 타당성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.3 민감도 및 잠재력분석

사업기간을 경제적 내용년수인 25년으로 연장할 경우 경제적 효과가 크지 않기 때문에 본 민감도 및 잠재력분석에서는 이를 검토하지 않는다. 또한 보통 추정치와 낙관적 추정치의 경제성은 매우 높기 때문에 적용된 방제작업효율성 요인을 30%에서 15%로 절반 줄일 경우의 분석결과를 검토하고, 보수적 추정치의 경우 준설편익과 운영비에 대한 자구적인 노력에 의하여 경제적 타당성의 임계치 또는 전환값(NPV=0)에 도달할 수 있는 잠재력분석을 시도한다.

분석결과 가장 보수적 추정 시나리오에서도 자구적 노력-보수적 준설편익(연간 47.2억원)을 낙관적 준설편익(70.9억원)보다 낮은 연간 운영비(62.3억원)만큼 32%를 증가시키는 노력과 동시에 운영비용을 지금의 연간 62.3억원에서 연간 54.3억원으로 13%를 감소시키는 전략을 강구하면 경제성을 확보할 잠재력을 충분히 갖고 있는 것으로 분석되었다. 보통 추정치와 낙관적 추정치 시나리오에서 방제작업의 효율성 증가율을 원래 30%에서 15%로 감소시키는 경우 IRR은 각각 17%와 33.6%, B/C Ratio는 각각 1.57과 3.12, NPV는 각각 658억원과 2,461억원으로 분석되어 경제적 타당성을 확보하는데 어려움이 없는 것으로 판단된다.

15) 대규모 유류유출 사고 중 1997년 이후의 16건의 유출량 평균임.

#### 4. 토론 및 결론

본 연구는 국정목표인 안전과 통합의 사회구현을 위한 정부의 포괄적 추진정책에 부합하는 유류오염사고관리 및 대응에 관한 구체적 사업으로 다목적 대형방제선 건조사업에 대한 기술적·경제적 타당성 분석을 수행함으로써 다목적 대형방제선 건조사업의 정당성과 당위성을 확보할 수 있는 다양한 활용계획 및 실현가능한 활용방안을 도출하는 것이다. 다목적 대형방제선의 건조 필요성은 (1) 악천후 조건에서의 방제작업의 한계를 극복하고 방제 효율성 증가필요, (2) 대형유류유출사고 가능성 증가에 따른 해양오염사고 저감에 대한 사회적 요구증가, (3) 대형유류유출사고에 대한 경제적 피해의 최소화, (4) 해양오염사고에 대응한 주변국과의 국제협력강화 및 (5) 대형방제선의 다목적 활용에 의한 투자위험 분산 등이 있다.

태풍 등과 같은 악천후 상황에서는 사고가 발생할 가능성이 크며 피해 정도가 더욱 확대될 수 있는데, 중·소형의 방제선은 접근자체가 불가능하여 초기 방제작업을 할 수 없어 피해가 기하급수적으로 증가한다. 우리나라는 수출입 물동량의 99.7%를 해상수송에 의존하고 선박의 대형화됨에 따라 대형 유류유출사고위험이 상존하고 있어, 2007년 발생한 허베이 사고의 유류유출량은 1995년 발생한 씨프린스호의 것보다 2.5배에 불과하지만, 허베이 스피리트호의 피해청구액은 씨프린스호의 것보다 30배로 유류유출량이 대규모로 발생할 경우 피해액은 기하급수적으로 증가할 수 있다.

선진국의 다목적 대형방제선의 보유현황, 해양사업의 수요와 방제작업과의 연계성 및 기술적 타당성을 검토한 결과 우리나라의 다목적 대형방제선은 4,000톤급의 자항식 호퍼준설선 겸용 대형방제선이 적합한 것으로 판단된다. 이와 같은 4,000톤급의 자항식 호퍼준설선 겸용 대형방제선을 건조할 경우 건조비는 약 673억원(부가세제외)이 소요될 것으로 예상되고, 2년 정도의 건조기간이 필요할 것으로 기대되고, 다목적 대형방제선의 운영비(승무원 임금, 보험료, 유류비, 유지보수비 등)는 연간 62.3억원이 소요될 것으로 예상된다.

본 사업의 경제적 편익은 크게 직접편익(사용자편익)과 간접편익(비사용자편익)으로 구분할 수 있고, 전자는 방제비용 절감편익과 준설편익이 있고, 후자는 해양오염으로 인한 주민과 어민의 피해감소편익, 관광객의 피해감소편익 및 해양환경 보전가치에 대한 피해감소편익으로 분류할 수 있다. 경제성 분석결과 가장 보수적 추정 시나리오에서는 이 사업에 대한 경제적 타당성에 약간 미달될 것으로 분석되었고, 보통적 추정과 낙관적 추정 시나리오에서는 모두 이 사업에 대한 경제적 타당성이 매우 높은 것으로 분석되었다. 즉, NPV는 1,996억원과 5,602.9억원, B/C Ratio는 2.7~5.8, IRR은 30.3%~48.6%로 분석되었다. 가장 보수적 추정 시나리오에

서도 자구적 노력-보수적 준설편익(연간 47.2억원)을 연간 운영비(62.3억원)만큼 32%를 증가시키는 노력과 동시에 운영비용을 지금의 연간 62.3억원에서 연간 54.3억원으로 13%를 감소시키는 전략을 강구하여도 경제성을 확보할 잠재력을 충분히 갖고 있는 것으로 분석되었다.

이 사업에 대한 경제적 타당성 분석은 경제적 편익을 추정하는 방법과 규모, 편익현금흐름의 발생시점에 대한 논란이 제기될 수 있고, 이에 대한 가정과 기준의 불확실성으로 인해 분석결과에 민감하게 영향을 미칠 수 있다. 원칙적으로 경제적 타당성분석은 사전적 분석(ex ante analysis)이지만, 이 사업의 편익 특성상 미래 편익현금흐름의 예측이 불가능하기 때문에 본 연구에서는 과거 발생한 유류유출실적 행태, 특히 1995년 발생한 씨프린스호와 2007년 발생한 허베이호 사고를 중심으로 하여 미래에도 이와 같은 대형사고가 허베이호 사고이후 대략 15년에 발생할 것으로 가정한 사후적 분석(ex post analysis)을 선택할 수 밖에 없는 불가피한 점이 있다.

환경이나 안전은 사후적 대응(the end of the pipe)보다 예방적 관리(precautionary management)가 무엇보다 중요하지만, 환경적 재앙을 가져올 수 있는 예기치 않은 대형사고에 대한 긴급 대응과 피해를 최소화하는 수단으로서의 적합한 대응 또는 방제장비를 구비하는 것은 환경보전의 선결과제이다. 특히 정적인 육상환경과 달리 다차원방정식으로 풀 수 없는 복잡하고 동적인 해양환경의 특성을 감안할 경우 예방적 원칙에 따라 안전최저기준(safe minimum standards)을 준수할 필요가 있다. 다시 말해서, 해양환경오염이나 해상안전사고에 대한 최악의 시나리오에 효율적으로 대응할 수 있는 시스템과 인프라가 구축되는 것은 아무리 강조하여도 지나치지 않을 것이다. 최근에 발생한 세월호 침몰사건, 허베이 스피리트호와 씨프린스호의 대형 유류유출사고 등은 우리에게 암시하는바가 매우 크다고 할 수 있다. 특히 해양유류오염사고의 경우 씨프린스호에 비해 허베이 스피리트호의 유류유출량이 2.5배에 불과하지만, 그 경제적·환경적·사회적 피해는 30배에 이를 정도로 대형사고의 경우 기하급수적인 피해를 초래할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 재난적 해양환경오염에 신속하고도 효율적으로 대응할 수 있는 다목적 대형방제선의 건조에 대한 기술적·경제적 타당성을 분석함으로써 다목적 대형방제선의 건조에 대한 당위성과 정당성을 확보할 뿐만 아니라 우리나라의 해양환경보전 인프라를 구축하는 초석을 이루는데 의미가 있다. 다목적 대형방제선의 기술적 타당성분석과 선진해양국의 많은 사례를 검토한 결과 4,000톤급의 자항식 호퍼준설선 겸용 방제선을 건조하는 것이 적합한 것으로 판단되어 이와 같은 큰 그림하에서의 구체적인 그림 작업이 이루어져야 할 것이다. 경제적 타당성 분석결과 가장 보수적인 추정에서도 준설사업에

대한 적극적인 수주활동과 대형방제선의 효율적인 운영관리와 같은 자구적 노력을 통하여 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단되어 이 사업의 추진에 대한 경제적 탄력을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

가까운 일본과 중국뿐만 아니라 선진 해양대국의 대부분의 국가가 이미 대형 해양오염사고에 대한 긴급대응을 위해 다수의 다목적 대형방제선을 보유하고 있고, 삼면으로 둘러싸인 우리나라 해역의 특성과 운영관리의 시너지효과를 위해서 최소 2척의 다목적 대형방제선을 보유하는 것이 검토되어야 할 것이다. 해역의 특성과 항만준설사업의 잠재적 수요측면에서 볼 때 동남해역권(포항, 울산, 부산, 여수)을 아우르는 해역)과 남서해역권(목포, 군산, 평택, 인천)을 아우르는 해역)에 각각 1척을 배치하는 것이 필요하다. 뿐만 아니라 지속적이고 장기적인 선진해양환경보호의 인프라 구축을 위해 근해의 해양환경조사와 근해의 침적 해양쓰레기수거사업과 같은 확대된 해양환경사업기능을 감당할 수 있도록 대형방제선의 다양한 활용방안과 기능을 포함하여야 할 것이다.

다목적 대형방제선의 구체적인 운영관리 시스템 및 매뉴얼을 개발하는 것이 필요하다. 특히 사업초기 선박의 승무원들을 포함한 인력관리와 교육훈련 프로그램을 구축하여 시행착오를 최소화할 수 있도록 하여야 한다. 준설사업에 대한 수주활동에 대한 비교우위적 마케팅전략을 수립할 필요가 있다. 뿐만 아니라 준설사업의 생산성과 준설능력을 향상시킬 수 있도록 회수유탱크와 준설탱크를 병용할 수 있는 기술적 타당성을 반드시 확보하여야 할 것이다. 국내외 준설업체와의 긴밀한 협력체제를 유지하는 방안을 강구할 필요가 있다. 국가나 지방자치단체의 항만준설사업에 대한 협약관계를 마련할 필요가 있다. 관련 법령에 대한 구체적인 보완 및 정비방안을 모색하여야 한다. 지속적인 운영비 절감방안, 안정적인 운영비확보방안, 준설사업수익증대방안 등을 수립하여야 할 것이다. 장기적으로 적극적인 준설사업수익 증대에 의해 대형방제선의 운영비에 대한 자립기반을 구축하고, 준설사업수익에 의해 대형방제선의 운영비에 대한 자체조달이 불충분할 경우와 같은 최악의 시나리오에 대한 대응방안-예컨대, 방제분담금에 의한 보전방안 및 유류유출 방제비에 의한 실비적 경비 충당방안 등 다각적인 방안을 강구하여 운영비의 자체조달방안을 제시하여야 할 것이다.

## 사 사

이 논문은 2015학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구(CD20150506)임. 또한 해양환경관리공단의 연구보고서(2014년 12월)에서 수정·발전시킨 연구임.

## References

- [1] EMSA(2012), European Maritime Safety Agency, Inventory of EU Member States Oil Pollution Response Vessels, pp. 4-78.
- [2] Han, S. Y.(2009), Assessment of Public Sector Damages from the Hebei Spirit Oil Spill Using the Contingent Valuation, Research Report to Korea National Park Service, pp. 53-85.
- [3] KDI(2008), General Guidelines for Preliminary Feasibility Research, pp. 57-180.
- [4] KDI(2009), Research Report of Preliminary Feasibility for Building a Large Vessel for Ocean Science Research Project, pp. 227-237.
- [5] KDI(2013), Korea Development Institute, General Guidelines for Preliminary Feasibility Research of Large Scale Projects in Public Agencies, pp. 129-223.
- [6] Kim, S. K.(2001), Compensation Policy for Environmental Damages to Marine Oil Pollution Incidents, Ph.D Thesis in Seoul National University, pp. 51-98.
- [7] KMI(2008), Korea Maritime Institute, A Study to Estimate Environmental Damage caused by the Hebei Spirit Oil Spill, pp. 68-99.
- [8] KOEM(2014), Korea Marine Environment Management Corporation, Designs for Building a Multi-purpose Large Oil Spill Response Vessel, pp. 59-170.
- [9] Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism(2014), Summary of Large Vessel for Dredge and Oil Recovery, pp. 1-4.
- [10] Park, S. Y. and S. H. Yoo(2013), Natural Resource Damage Assessment of Hebei Spirit Oil Spill Accident using a Contingent Valuation Method, 2013 Proceedings of the Korean Society for Marine Environment and Energy, pp. 115-121.
- [11] Pyo, H.(2014), Evaluating the Economic Damages to Anglers of the Marine Recreational Charter due to the Hebei Spirit Vessel Oil Spill, Ocean and Polar Research, Vol. 36, No. 3, pp. 289-302.

Received : 2016. 05. 04.

Revised : 2016. 06. 10. (1st)

: 2016. 06. 24. (2nd)

Accepted : 2016. 06. 27.