

## 선박교통관리제도의 비용편익분석모델에 관한 연구(I)

정재용\* · 이형기\*\* · 박진수\*\*\*

### A Study on the Cost Benefit Analysis Model of Vessel Traffic Services( I )

*Jae-Yong, Jong\* · Hyong-Ki, Lee\*\* · Jin-Soo, Park\*\*\**

#### 〈목 차〉

##### Abstract

1. 서론

2. 비용편익분석모델의 제안

3. 결론

參考文獻

#### 요 약

이 연구는 연안 VTS의 타당성을 검토하기 위한 비용편익분석모델을 제안한다. 특히 모델의 가장 중요한 요소인 비용과 편익의 항목 및 정량화 방법을 세분한다. 제안한 모델은 연안 VTS를 포함한 대형 해상교통안전시설의 타당성을 분석하고, 그 우선순위를 결정에 활용될 수 있을 것이다.

#### Abstract

Nowadays, it is planning to establish a coastal VTS in Korean southern coastal waters in order to enhance the safety of vessel traffic and to protect the marine environment. But, it surely needs over ten billions Won to establish, operate and maintain the above mentioned coastal VTS. Therefore, this paper proposes the VTS cost-benefit analysis model to confirm the reasonability and decide the priority of the project. This model has three distinct processes. First, it is the identification in qualitative terms of the effects of a given proposal. Second, it quantify the specified effects in physical terms. Third, it is the evaluation of the total effects of project. The proposed model in this paper will contribute to the

\* 정회원, 한국해양대학교 대학원

\*\* 정회원, 한국해양대학교 실습선 한나라 일등항해사

\*\*\* 해양관리기술대학원 교수

confirmation and the priority of the project in future.

## 1. 서 론

해상교통공학은 선박의 교통을 조사·분석하여 항로, 항만의 설계와 제반시설개선 및 적절한 항행 관리에 병행하여 조선기술에 이바지하는 기술분야 [1], 또는 교통시스템에 있어 항로의 형상과 배치문제 및 교통의 운용과 통제 문제를 다루는 공학의 일부로서 선박, 사람 및 화물을 안전하고 편리하며 경제적으로 이동시키는 방법을 제공해 주는 공학 분야[2], 좀더 포괄적인 개념으로서 해상교통을 연구하고 그 결과를 항행설비 및 교통관련규정의 개선에 적용하는 학문분야[3]로 정의하고 있다. 즉, 해상에서 선박교통의 실태를 조사하여 선박의 행동을 통계적·분석적으로 표현하고 그 결과를 이용하여 최적의 항로 및 항만을 설계하거나 교통환경을 개선하는 기술분야라 할 수 있다. 해상교통공학의 분야에는 해상교통조사를 실시하여 조사해역을 항행하는 선박의 국적, 척수, 선종, 항로 및 화물 등을 분석하는 교통특성분야와 해양사고의 원인분석 및 사고의 재현 등 해양사고의 자료를 수집·분석하여 해상안전연구에 응용하는 해양사고 분야 및 교통안전시설의 신설·검토단계에서 교통안전시설에 대한 비용과 편익을 평가하는 경제성 분야로 대별된다[4].

우리 나라에서는 연안해역의 관측조사를 통하여 일정 해역의 교통특성을 파악함으로써 항로, 교통안전시설 등 해상교통환경을 개선하거나[5]-[11], 해양사고의 원인을 분석하여 사고를 예방하기 위해 여러 개선사항을 제안한 해양사고분야의 연구 [12]-[14]가 활발하게 이루어지고 있다. 반면에 경제성 분야에서는 해상교통안전시설의 신설·검토 단계에서 서비스 범위를 제안한 연구[15], 기존 운용시설의 서비스범위 확대를 제안한 연구[16] 또는 선박교통관리제도(Vessel Traffic Service, 이하 'VTS'라 한다)의 효과에 관한 연구[17]에 국한되어 있을 뿐, 해상교통환경의 개선이나 해상교통안전시설에 필요한 비용·편익분석에 관한 연구는 상대

적으로 미흡한 실정이다. 현재 울산항과 포항항의 VTS 시스템이 확장 중이며, 완도에는 VTS 시스템의 신설이 추진되고 있고, 목포해역, 여수·거문도 해역 및 거제해역에 연안 VTS의 도입이 검토되고 있다. 이러한 VTS 시스템 설치에는 수백억원의 초기투자비가 요구되고 또한 운영 및 보수유지에 매년 수십억원이 소요된다. 따라서 본 이와 같은 대형 공공사업 도입단계에서는 그 타당성을 검토하기 위한 분석모델이 필요한데, 본 연구에서는 VTS 도입에 따른 비용편익항목을 분류하고 정량화하는데 초점을 맞추어 비용편익분석모델을 제안하고자 한다.

## 2. 비용편익분석모델의 제안

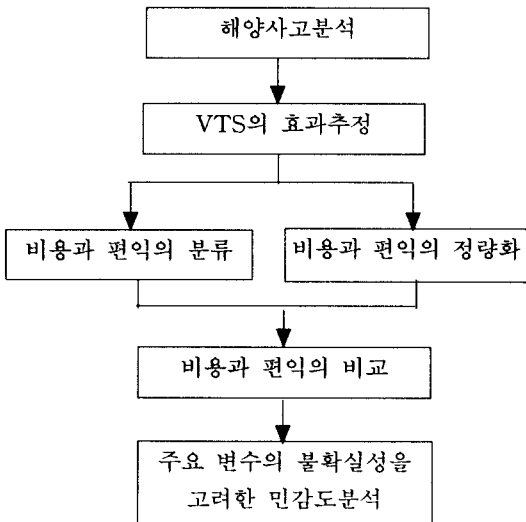
VTS의 비용편익분석의 절차는 <그림 1>과 같다. 해양사고의 분석은 VTS 도입으로서 예방할 수 있는 충돌, 접촉, 좌초사고로 국한하였고, VTS의 효과는 VTS를 도입하여 해양사고를 예방하는 것을 의미한다. 비용과 편익의 분류에서 예방할 수 있는 해양사고의 피해액이 편익이며, 편익은 교통안전, 운항효율 및 환경피해로 분류하였으며, 비용은 시스템의 건설비, 운영비 및 보수유지비이다. 정량화 방법은 비용과 편익의 분류에서 제시하였으며 계산식은 비용편익의 정량화에서 제시하였다. 또한 계산된 비용과 편익은 순현재가치법, 비용편익비율 및 내부수익률로서 비교하였다. 마지막으로 비용과 편익을 계산할 때 입력한 항목의 값이 변할 수 있으므로 민감도 분석을 실시한다.

### 2.1 해양사고의 분석

해양사고는 사고의 근본 원인에 따라 교통관련 사고와 기술관련사고로 구분하는데, 이는 해양사고에 대한 대처방법을 고려하면 알 수 있다. 즉 충돌, 좌초 및 접촉 사고는 통항분리항로의 설치, VTS의 도입, 항로표지의 개선 등과 같은 교통환경을 개선하여 해양사고를 예방할 수 있는 교통관련사고이

고, 화재 및 폭발, 침몰, 전복, 사상 및 침수 등은 선박에 대한 기술적 개선을 통하여 해양사고를 예방할 수 있는 기술관련사고이다. 따라서 해양사고를 분석할 때에는 충돌, 접촉 및 좌초의 교통관련 사고를 조사·분석하고, 또한 해당 VTS의 서비스 범위 안에서 발생한 해양사고를 분석한다.

해양사고를 조사·분석하여 사고의 종류, 선박의 종류, 인명사고의 발생, 피해의 종류 및 정도, 유류 유출 등을 통계화한다. 또한 원인요소를 분석하여 해역별 항해위험요소를 규명하거나, VTS 효과를 추정한다.



<그림 1> 비용편익분석의 절차

## 2.2 VTS의 효과추정

비용편익분석에서 편익은 해양사고를 예방함으로써 피해가 감소한 것이고, 예방할 수 있는 해양사고는 과거에 발생한 해양사고건수에 VTS의 효과를 곱하여 계산하기 때문에, VTS의 효과는 중요한 변수이다. VTS의 효과를 추정하는 방법은 해양사고 분석, 설문조사 및 해양사고분석과 설문조사를 종합하는 방법이 있다. 해양사고분석 방법은 VTS의 도입 전과 도입 후의 해양사고 발생 건수를 비교하거나, 해양사고를 유발하는 원인요소를 분석하여

VTS가 도입될 경우 그 해양사고의 예방여부를 연구자가 직접 판단하는 방법이 있다. 설문조사 방법은 항해경험이 풍부한 항해사 및 VTS 운영요원에게 해양사고를 예방할 수 있는 비율을 기입하게 하는 방법이고, 해양사고분석 방법과 설문조사를 결합한 방법은 해양사고를 분석하여 VTS가 도입될 경우 예방할 수 있는 원인요소를 추출한 후, 항해사 및 VTS 운영요원에게 각 원인요소에 대해 사고예방정도를 조사하여 효과를 추정하는 방법이다.

## 2.3 비용과 편익의 분류

이 연구에서는 VTS의 비용편익에 관한 선행연구를 고찰하여 각각의 연구에서 이용한 비용과 편익의 항목 및 한계점을 조사하였다. Goss R. O., & Halliday J. E.[18]의 연구에서는 편익항목을 교통안전, 운항효율 및 환경피해로 분류하지만 교통안전 중 운항불능으로 인한 경제적 손실을 판별하지 못하였고, 환경피해에서는 직접영향과 간접영향의 항목을 단순히 제시하였을 뿐 실제 적용시에는 환경피해의 모든 항목이 생략되었다. 그리고 USCG(1991)[19]의 연구에서는 교통안전 항목 중 해난구조비와 수색·구조비, 환경피해 중 어구나 시설물 항목이 고려되지 않았다. 또한 CCG(1991)[20]의 연구에서는 해난구조, 수색·구조, 축양식업, 어구 및 시설물 등의 항목이 누락되었다. 한편 Fang Xianglin[21]의 연구에서는 교통안전은 VTS 도입으로 인한 해양사고 감소로 인한 비용, 운항 효율성은 안개발생 및 야간항해능력 향상, 환경피해는 오염사고 감소로 인한 편익으로 분류하여, 편익의 항목을 한 두 개의 항목으로 단순화하여 고려할 수 있는 다른 항목을 분류할 수 없다. 일본해상보안청[22]의 연구에서는 교통안전에서는 선체와 화물의 가격만을, 운항효율성에서는 선원비 절감과 연료비 절감의 항목에 대해서만 적용하였을 뿐 환경피해에 대해서는 한 항목도 적용하지 못하였다.

그러나 본 연구는 편익항목에서 교통안전에서 해난구조비용, 운항손실, 수색 및 구조 비용, 환경피해에서 축양식업, 어구 및 시설물, 위탁가공업, 관광손실 등의 항목을 추가하였을 뿐만 아니라, 고려할 수

있는 모든 세부항목을 도출하였으며, 각 항목에 대한 정량화 방법을 구체적으로 제시하였다.

### 2.3.1 편익의 분류

편익의 분류는 교통안전, 운항효율 및 환경피해로 분류하여, 교통안전을 인명, 선체와 화물, 운항손실, 해난구조, 수색 및 구조, 시설물 손상으로 나누고, 운항효율은 선박과 항만의 효율성 향상으로, 환경피해는 어업피해, 관련산업, 기초생산기반환경피해, 방제·청소비 및 관광손실로 세분하였다.

#### 1. 교통안전

해양사고가 발생한 경우 교통안전 관련 손실은 인명손실, 선박손실, 화물손실, 운항불능으로 인한 경제적 손실, 해난구조비용, 수색·구조 비용 및 시설물 손상 등이다.

##### 1) 인명사고

인명사고는 선원의 사망과 부상으로 분류하고, 사망(행방불명 포함)은 선상사망과 후송 후 사망으로 나눈다. 사망손실은 인명비용과 유족위로금, 장례비 등으로 세분하고, 후송 후 사망은 인명비용, 후송비, 치료비, 치료기간 중 상실급여, 위로금 등으로 구분한다. 인명비용은 사망자가 사고 순간부터 정년퇴직시까지 기대할 수 있는 소득손실액과 퇴직금 및 정년이후의 기대수입을 합하는 총생산 접근법, 지불의지법, 교통기관의 자료, 산재보험이나 선원공제 방법, 법원판결을 활용한다. 부상은 중상과 경상으로 분류하고, 중상손실은 후송비, 치료비, 장해진단비용, 통원치료소요비용, 선원교체비용, 치료기간 중 상실급여, 위자료 등이고, 경상 손실은 후송비, 치료비, 통원치료소요비용, 치료기간 중 상실급여 항목으로 분류하며, 손실은 실제로 지불되는 비용으로 산출한다.

##### 2) 선박 및 화물

선박사고는 멸실과 손상으로 분류하고, 멸실은 전손으로, 손상은 중대손상과 비중대손상으로 나눈다. 전손은 선박자체의 가격이고, 가격은 시장평가 방법이나 보험부보가액으로 산출한다. 중대손상은 수리비용, 선박검사비용 및 투입인력의 인건비 등이고, 비중대손상은 수리비와 인건비로 산출한다.

화물사고는 전손, 중대손상 및 비중대손상으로 분류하고, 전손은 화물의 톤당 시장가격에 화물량을 곱한 액수로, 중대손상은 감정비 및 화물손상비용으로 산출하고, 비중대손상은 중대손상과 동일하다. 이 화물의 시장가격은 국가별, 지역별, 계절별로 다르기 때문에 수입자 또는 수하인이 화물에 대하여 지불하는 가격으로 산출한다.

##### 3) 선박운항불능으로 인한 경제적 손실

해양사고로 인하여 생기는 경제적 손실은 선박수리, 난파선제거, 손상화물의 이적 등의 소요기간에 발생하는 비용과 선박수리를 위한 항해거리의 증가로 인하여 발생하는 비용 및 화물지연도착비용이다. 항해시간증가는 그 기간동안의 선원비, 연료비, 선박감가상각비, 운임수익감소, 보험료, 사고발생으로 인한 보험료할증, 재고비용 등이며, 항행거리증가로 인한 비용항목은 예인비, 피항비용, 연료비 등이다.

##### 4) 해난구조

해난구조비용은 선체구조비용과 피난비용으로 분류하고, 선체구조비용은 선체, 화물구조비용과 난파선제거비용으로 세분할 수 있고, 피난비용은 피난항사용비용, 회항비용, 구조준비비 등으로 나눈다. 선체나 화물구조비용은 예인선사용료, 동원장비비용, 작업선동원비용, 잠수부수중작업비용 등이고, 이 비용은 시장형성가격, 즉 실비로서 산출한다. 피항비용은 자력항해가 가능한 경우에는 목적항이 아닌 제2의 항구 또는 장소로의 이동에 따른 회항비용, 일부연료나 화물의 이적이나 재선적 또는 양하가 수반되는 경우에 발생하는 비용이며, 해난구조를 지원하기 위한 기술적, 행정적 사고조사나 검토 및 사고수습팀의 구성·운영에 필요한 인력, 장비 등 간접비용도 발생한다.

##### 5) 수색 및 구조

해양사고에 따른 수색 및 구조활동은 인명의 구조, 사고의 조기수습뿐만 아니라 유류확산 또는 2차 화재방지 등 추가적인 피해를 예방하기 위한 제반활동을 포함한다. 수색·구조 비용은 투입되는 인력이나 장비비용으로, 수색구조에 직접 투입되는 인력이나 장비의 비용 등 직접비용뿐만 아니라, 수색·구조를 위해 계속적으로 유지해야 하는 인력

<표 1> 교통안전편익

대분류	중분류	세부항목
인명(Person)	사망(Death)	인명비용, 후송비, 치료비, 상실급여, 위로금, 장례비, 유류품비
	부상(Injury)	후송비, 치료비, 장애인단비용, 통원치료비, 선원교체비용, 상실급여, 위자료
선체(Hull)	전손(Total Loss)	선박가격
	손상(Partial Loss)	구조비, 예인선비, 선거비, 수리비, 검사비, 인건비
화물(Cargo)	전손(Total Loss)	화물비, 화물처리비용
	손상(Partial Loss)	화물비, 감정비, 화물처리비
운항손실(operational Loss)		운임수입, 선원송환비용, 선원비, 선체감가상각비, 보험료, 보험료인상, 부식, 연료비, 사고처리운영비
해난구조 (Salvage)	구조비용(Towing)	예선사용료, 임대장비료, 작업선비용, 잠수작업비용
	피난항비(Refuge)	피난항항비, 회항비용, 구조준비비용
	난파선채거비용 (Wreck)	잠수비작업비, 수중조사비, 인건비, 장비비용, 침선표시설치비, 난파선해체처리비용
	지원비용(Support)	기술적 지원비용, 행정비용, 사무관련비용
수색·구조 (SAR)	장비(Equipment)	장비사용비용절감, 장비구입감소비용
	인원(Person)	투입인원감소비용, 인원절약비용, 교육훈련비용
	2차적 편익 (Secondary)	인명구조, 유류확산예방, 2차화재예방
시설물(Utility)	철거비용 (Rejection)	운반비, 인건비, 장비비, 철거물처리비
	재설치·시공비용 (Replacement)	운반비, 인건비, 장비비, 재료비, 설치비
	2차적 손실예방 (Secondary)	대체시설설치비, 생산감소

의 인건비 즉, 다른 사회활동의 기회상실로 인한 비용, 장비의 구입·유지에 필요한 비용, 교육·훈련활동에 필요한 사회적 비용의 손실도 고려할 수 있다. 이러한 사회적 비용은 투입된 인력의 사회적

기회비용으로, 장비비용은 장비가격 및 운영에 필요한 연료비 등으로 산출한다. 또한 유류확산의 예방, 2차 화재의 방지 등 사고확대방지 즉 해양생태계의 영향, 선체나 화물에 대한 편익 등을 고려할

<표 2> 운항효율편익

분류	세부항목
선박(Ship))	항비, 연료비, 선원비, 부식비, 선체감가상각비, 보험료, 운항수입
항만(Port)	항비증가, 장비사용료, 노동자수익증대, 도선사수입증가, 화물보관료증가, 세수증가, 대리점, 통신, 도선선, 예인선, 연료보급, 급수 등 관련 수입증가

수 있다.

6) 해상의 시설물 손상

해상의 시설물 손상은 선박의 충돌이나 좌초 등으로 인한 해상시설물에 대한 물리적인 손상으로 국한한다. 시설물 손상은 물리적인 외력에 의해 발생하는 파손이나 기능장애 또는 지하 등의 직접손상과 직접손상으로 인한 2차·3차적 손실로 분류한다. 직접손상으로는 교량, 항로표지, 해저파이프라인, 해저케이블, 해양구조물에 대한 손상 등이며, 비용은 파손된 시설의 철거비용 및 재설치·시공비용을 포함하고 운반비, 설치비, 장비비, 인건비 등으로 산출한다. 2차·3차적 손실로서는 교량파괴시 가동중단으로 인한 대체시설설치, 해저케이블이 통신설비일 경우 대체 통신설비의 설치비용 및 수요자에 대한 요금인하 등 추가적인 손실이 발생하는데, 이 비용은 대체 설치비용으로 정량화한다.

2. 운항효율

항로표지나 VTS의 설치로 인한 운항효율의 향상은 우회하던 항로를 단축하여 근접 항해함으로써 항해거리 및 시간단축, 야간 입·출항이 가능하여 선박의 정박시간 및 대기시간 단축으로 발생하는 운항관련 모든 비용, 안개발생시에도 극히 시정이 제한된 경우를 제외하고는 입출항이 가능하여 정박시간, 대기시간 및 부두에 정박중인 선박의 경우 부두운영효율을 증대하는 편익이다. 이러한 경우에는 항비, 연료비, 선원비, 부식비, 선체감가상각비, 보험료 등의 감소 및 운항수입 증가 등 선박에서 발생하는 편익과 항만의 효율적 사용으로 인하여 발생하는 항비, 장비사용료, 노동자수익, 도선사수입, 화물보관료, 세수(稅收), 대리점, 통신, 도선선, 예인선, 연료보급, 급수 등 관련 수입이 증가

하는 편익이 있다.

3. 환경피해

1) 어업피해

해양에 유류가 유출되면 대기와 수중의 산소와 빛의 투과를 억제하거나 수온을 상승시켜 수산동식물의 서식환경을 파괴하고, 직접적으로는 물리적·화학적·생물학적 작용을 일으켜 생물을 폐사시키거나 성장·번식기능을 저해하게 된다. 이로 인하여 어선을 이용하여 수산동식물을 포획·채취하는 어선어업은 해양에 유출된 유류의 점도·양에 따라 여러 가지 직·간접적인 피해를 입게 된다. 즉, 어선이 조업을 계속할 수 없는 경우, 어획량이 현저히 감소하는 경우, 특정한 해역에서 그 동안 주로 포획·채취하던 어종이나 해조류(海藻類) 등의 변화 등이 있다. 또 일정한 해역의 고정된 어장에서의 어업일 경우 유류확산 등으로 인하여 어장을 변경하여 입게 된 손해 및 어선이나 어구에 직접적으로 유류 등이 점착하여 입은 손실 등이 있다.

출어(出漁)를 계속할 수 없어 야기되는 휴어(休漁)손실은 1일 어선 1척당 생산액을 우선 산정하고 생산액에서 생산에 필요한 제경비를 뺀 금액에 출어하지 못한 일수를 곱하여 산출하고, 어획감소손실은 해양오염으로 인하여 통상의 어획량을 획득하지 못한 손해를 말하는 것으로 사고발생일전의 1일 1척당 생산액과 사고기간 중 1일 1척당 생산액을 비교하여 산출한다. 어업종류변경 및 어장변경 손실은 피해기간 동안에 생산에 필요한 제 경비를 공제한 예상생산액과 어장 등의 변경후 생산에 필요한 경비를 공제한 실제 생산액을 비교하여 산출한다. 어선·어구오염손실은 어선을 세척하기 위한 노무비, 기자재 비용 및 어선을 육지로 인양하는

경우의 상가비(上架費) 등으로, 오염된 어구는 폐기하는 경우와 세척한 후에 사용할 수 있는 경우로 구분하여 산출한다. 어구폐기는 잔존가액으로, 세척후 사용이 가능한 경우에는 인건비, 기자재 비용과 어선의 용선비용을 포함하여 산출한다.

유류가 해양에 확산되어 어류가 폐사하거나 어류에서의 기름냄새로 인해 품질이 저하되거나, 시장에서의 심리적 구매 기피로 어가(漁價)가 크게 하락하거나 거래가 이루어지지 않을 수 있다. 또한 이를 우려하여 양식·축양 어류가 적절한 상품성을 가지기 전에 조기에 출하하여 통상의 가격보다 낮은 가격으로 긴급하게 처분함으로써 손실을 입는다. 생산물 폐사의 경우는 피해수량에 통산단가에서 단위당 필요경비를 제외한 금액을 고려하여 산출하고, 품질저하의 경우는 피해 전 통상 판매가와 피해 후 어류의 판매가의 차이에 피해수량을 곱하여 산출한다. 그리고 긴급처분에 의한 손실은 피해수량, 피해전 단가와 긴급처분시 단가의 차이 및 단위당 생산필요경비를 고려하여 산출한다.

전복, 소라 등의 패류와 톳, 천초 등의 해조류와 같은 정착성 어업은 해양오염사고시 직접적인 피해를 입는다. 즉 생산물이 폐사하거나 품질이 저하되고, 긴급처분에 의한 손해가 발생한다. 그러나 정착성 어업은 위탁판매를 실시하지 않아 판매량을 파악하기가 어렵다. 폐사의 경우는 피해수량과 평균단가, 품질저하 및 긴급처분의 경우는 피해수량과 피해전의 평균단가와 피해물의 단가를 고려하여 산출한다.

김양식업손실은 양식규모가 정해져 있어 손해수량의 파악이 용이하고 판매의 대부분이 위탁체제를 통하고 있어 피해액을 산정하기가 상대적으로 용이하다. 또한 생산계획이 일정하여 피해기간, 장래손해에 대한 예상이 쉽고, 생산어장이 한정되어 있어 피해규모가 명확하다. 김양식업 손실은 오염으로 인한 김의 폐기, 품질저하 및 긴급처분에 의한 감수(減收) 등 생산물의 직접손실과 시설물 손실로 분류한다. 생산시설의 직접손실은 김폐기의 경우 피해기간 동안에 예상되는 생산량, 피해전 통산단가 및 피해기간동안의 예상 필요경비를 고려하여 산출한다. 품질의 저하 및 긴급처분에 의한

감수손실 등 생산량, 피해전 통산단가, 피해김의 단가, 피해기간동안의 예상생산량 및 피해기간동안의 예상필요경비를 고려하여 산출한다. 피해기간은 피해발생보고에서부터 김의 육성이 피해발생전의 상황으로 회복될 때까지의 기간, 또는 양식종료일까지의 기간으로 한다. 생산시설손실은 종망손실과 부대시설손실이다. 시설물의 경우 청소비 또는 대체비용으로 산출한다.

## 2) 연관산업의 피해

해양에서 포획·채취한 어류, 패류 및 해조류 등이 유류오염 피해를 입거나 출하되지 않는 경우에는 가공이나 위탁 등 연관산업에도 직접적인 피해를 야기하게 된다. 원료인 어류, 패류 및 해조류가 공급되지 않거나 품질이 저하된 원료가 공급되는 경우 가공하여 부가가치를 창출하는 산업에 피해를 초래하게 된다. 또한 위탁의 경우 위탁 판매량이 감소되거나 일시에 위탁판매량이 집중됨으로써 위탁 수수료 감소나 위탁에 종사하는 종사자의 손실을 초래하게 된다. 다만 이러한 손실을 시장가격 등으로 정량화하기는 곤란하나 조업일수, 평균생산량, 위탁일수, 위탁판매량 등을 고려하여 산출할 수 있다.

## 3) 기초 생산 기반·환경

유류가 해양에 유출되는 경우에는 오염해역의 해저 기초생산기반 환경을 저해하여 향후 어장이 형성되지 않거나 생산량이 감소되는 피해가 야기된다. 즉 생산에 기여하는 해조류나 플랑크톤의 피해로 파급되는 생산성의 감소다. 그러나 이러한 손실은 그 영향을 예측하거나 정량화가 극히 곤란하여 본 연구에서는 계량화하는 방법을 제시하지 아니한다.

## 4) 방제·청소비용

방제·청소비용은 해양오염 사고시 직접적인 손실을 줄이거나 방지하기 위하여 부수적으로 발생하는 파생손실이다. 즉 오염확산방지 및 어구, 양식 시설이동 등 어업에 관련한 생산성을 유지 또는 향상시키기 위해서 투입되는 비용으로 유류확산방지 비용과 피난을 위한 어구, 양식시설의 이동·인양·보관비용 및 작업비이다. 청소비용은 부유유류, 해안에 표착한 유류, 해저에 침전된 유류를 제

<표 3> 환경피해편익

대분류	중분류	세부항목
직접어업 (Fishing)	어선어업 (Fishing Boat)	휴어손실, 어획감소, 어업증감 및 어장 변경
	어선 및 어구오염손해 (Fishing Net)	노무비, 기자재비, 어선용선료, 상가비, 어구폐기 또는 구입비용
	양식축양어업 (Farming)	폐사비용, 가격하락, 긴급처분손실, 품질저하
	양식축양시설 (Farming Net)	양식·축양시설물 피해
	정착성어업 (Shell)	폐사비용, 가격하락, 긴급처분손실, 품질저하
	김양식(Laver)	폐기, 품질저하, 가격하락, 긴급처분손실
	김양식시설 (Laver Net)	종망의 폐기 또는 대체, 종망의 인양, 운반, 보관, 재설치 비용
관련산업 (Link Industry)	위탁·가공산업 (Entrust·Reproduction)	위탁수수료감소, 세수감소, 공장가동여건 악화에 따른 비용, 창고비용, 종사자본실수입
기초생산기반환경 (Recycling)	서식지(Habitant)	서식지 또는 생산지의 생산여건 회복 시간 필요에 따른 어획량 감소, 어장 형성근란으로 인한 생산량 감소비용
방제·청소비용 (Cleanup)	자재비(Material)	오일펜스, 흡착제, 채집용기, 유처리제, 회수유입용기, 장갑, 걸레비용
	작업비(Work)	인건비, 선박용선료, 회수유의 처리비(소각, 운반비), 오염물의 처리비(소각, 운반비)
관광손실 (Tour)	경관손상(Landscape)	페인트, 시설대체비용, 입장료수입감소
	관광업계손실 (Tour Industry)	숙박, 여객선, 식당, 가게, 유흥시설 손실
	이용자손실(Tourist)	관광포기, 관광지 변경에 따른 비용증가

거하거나, 수거한 오염물을 처리하는 비용이다. 유류를 제거하는데 투입된 기자재 비용과 인원의 인건비, 작업선박의 용선료 등의 작업비로 구분한다.

5) 관광손실

해안 또는 연안해역에 기름이 유출되는 경우에는 해양경관을 관광하는 사람들과 그 관광객을 유치하거나 서비스를 제공하는 사람들에게 피해를 야기한다. 그 손실은 첫째 관광대상물의 훼손이다. 수려한 해안선이나 도서·해수욕장 등이 기름에 오염된 경우 자연경관이 훼손되고 원상회복에는 많은 시간이 필요하다. 또한 자연경관이 회복된 경

우에도 나빠진 사회적 인식으로 인해 자연경관의 매력이 상실되어 훼손 이전 수준으로 관광객이 회복되는 데에는 더 많은 시간이 소요된다. 훼손의 정도가 심한 경우에는 대상물이 영구히 폐쇄되거나 가치를 잃어버릴 수 있다. 둘째, 관광객에게 용역이나 서비스를 제공하는 관광업계의 손실이다. 자연경관의 훼손으로 인하여 관광객이 감소되어 관광객을 직접 운송하는 버스, 여객선 및 낚시배 등의 교통업계, 숙박시설을 제공하는 숙박업, 관광객을 주 대상으로 하는 식당, 횃집, 위탁시설 등에 손실을 초래할 것이다. 셋째, 관광지의 훼손으로 인



하여 관광을 포기하거나 다른 장소로 이동함으로써 초래되는 관광객의 손실이다. 이와 같은 관광업계의 손실을 계량화하는 방법으로는 관광자를 방문하는 관광객수와 관광객이 관광지에 머무는 일수 및 일일 평균지출경비를 파악하여 산출하는 여행비용법을 이용할 수 있다. 이용하는 관광객의 손실은 관광을 포기하거나 다른 관광지로 변경함으로써 발생하는 보트놀이나 낚시 등을 이용하지 못하는 관광형태의 변화, 교통의 혼잡이나 관광의 질 저하 등을 지불의지법으로 산출할 수 있다.

2.3.2 비용의 분류

비용항목은 건설비와 운영비 및 보수유지비로 분류하였다.

1. 건설비

연안 VTS의 설치를 위한 건설비는 최적의 설치장소에 대한 조사설계를 하여야 하고, 설치장소가 결정되면 용지에 대한 측량업무가 수반된다. 용지구입, 입목 등의 보상, 토목공사, 건축공사, 철탑설치, 전력공급원 설치, 각종 업무용기기의 제조 또는 구입, 부속·예비품의 제조 또는 구입 등 일련의 비용이 발생하고, 이 비용은 실제 투입된 비용으로 산출한다.

2. 운영 및 유지보수비

VTS 운영에 있어서 필수적인 비용항목으로는 운영자에 대한 제반비용 즉 인건비, 에너지비용, 데이터처리 및 인근 운용국과의 연결에 필요한 전화, 팩스 등의 통신비용, 시스템의 유지보수비용, 예비품 확보, 각종 수로서지, 해도 구입비용 및 운영자의 지속적인 기능유지 및 자질향상을 위한 직무교육비용 등이다.

2.4 비용·편익의 정량화

비용은 VTS 시스템의 건설비용, 이를 운영하는 운영비용 및 유지보수비용의 합으로서 (식 1)과 같다.

$$Total\ Cost = \Sigma Construction + \Sigma Operation + \Sigma$$

$$Total\ Cost = \Sigma Construction + \Sigma Operation + \Sigma Maintenance \dots\dots\dots (식\ 1)$$

(식 1)에서 Total Cost는 총비용,  $\Sigma Construction$ 은 건설비용,  $\Sigma Operation$ 은 운영비용,  $\Sigma Maintenance$ 는 유지보수비용을 의미한다.

편익은 (식 2)와 같이 교통안전과 운항효율 및 환경피해의 합으로 계산한다.

$$Total\ Benefit = \Sigma Traffic\ Safety + \Sigma Operational\ Efficiency + \Sigma Environmental\ Damage \dots\dots\dots (식\ 2)$$

(식 2)에서 Total Benefit은 총 편익,  $\Sigma Traffic\ Safety$ 은 교통안전증진을 통한 편익,  $\Sigma Operational\ Efficiency$ 는 운항효율향상을 통한 편익,  $\Sigma Environmental\ Damage$ 은 환경피해예방을 통한 편익을 의미한다.

교통안전편익은 (식 3)과 같이 인명, 선체, 화물, 운항상 손실, 해난구조, 수색·구조, 해상시설물손상의 합으로 계산한다.

$$Traffic\ Safety = \Sigma Person + \Sigma Hull + \Sigma Cargo + \Sigma Operational\ Loss + \Sigma Salvage + \Sigma SAR + \Sigma Utility \dots\dots\dots (식\ 3)$$

(식 3)에서 인명은 사망과 부상, 선체는 선체의 전손과 손상, 화물은 화물의 전손과 손상, 해난구조는 구조비용과 피난비용 및 지원비용, 수색·구조는 장비와 인원 및 2차적 편익, 해양시설물손상은 철거비용과 재설치·시공비용 및 2차적 손실예방의 합으로 계산한다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Person &= \Sigma Death + \Sigma Injury \\ Hull &= \Sigma Hull\ Total\ Loss + \Sigma Hull\ Partial\ Loss \\ Cargo &= \Sigma Cargo\ Total\ Loss + \Sigma Cargo\ Partial\ Loss \\ Operational\ Loss & \\ Salvage &= \Sigma Towing + \Sigma Refuge + \Sigma Support \\ SAR &= \Sigma Equipment + \Sigma Person + \Sigma SAR \end{aligned}$$

Secondary

$$Utility = \Sigma Rejection + \Sigma Replacement + \Sigma Utility Secondary$$

운항효율은 (식 4)와 같이 선박의 운항효율과 항만의 운항효율의 합으로 계산한다.

$$Operational Efficiency = \Sigma Ship + \Sigma Port \dots\dots\dots (식 4)$$

환경피해감소는 (식 5)와 같이 직접어업피해, 관련산업, 기초생산기반, 방제·청소비, 관광피해 등의 합으로 계산한다.

$$Environmental Damage = \Sigma Fishing + \Sigma Link Industry + \Sigma Recycling + \Sigma Cleanup + \Sigma Tour \dots\dots\dots (식 5)$$

직접어업피해는 어선어업, 어선 및 어구오염손해, 양식축양업, 양식축양시설, 정착성어업, 김양식, 김양식시설의 합으로 계산한다. 또한 방제·청소비용은 자재비와 작업비, 관광손실은 경관손상, 관광업계손실, 이용자손실의 합으로 계산하는데, 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Fishing = \Sigma Fishing Boat + \Sigma Fishing Net + \Sigma Farming + \Sigma Farming Net + \Sigma Laver Net + \Sigma Shell + \Sigma Laver$$

$$Cleanup = \Sigma Material + \Sigma Work$$

$$Tour = \Sigma Landscape + \Sigma Tour Industry + \Sigma Tourist$$

2.5 비용과 편익의 비교

비용과 편익은 순현재가치(식 6), 편익비용비율(식 7) 및 내부수익률(식 8) 방법으로 비교한다.

순현재가치(Net Present Value, NPV)는 사업의 전 기간에 동안 발생하는 편익과 비용의 차이의 합계를 현재의 가치로 환산한 값을 의미하며, 순현재가치가 0보다 크면 그 사업은 경제적으로 타당한

것으로 평가된다. 이 방법은 소규모 사업보다는 대규모 사업에서 보다 큰 순현재가치가 발생하기 때문에 대규모 사업이 유리하게 평가된다.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+\lambda)^t} \dots\dots\dots (식 6)$$

t : 연도, n : 내용년수(耐用年數), λ : 사회적 할인율), B<sub>t</sub> : 당해연도의 편익, C<sub>t</sub> : 당해연도의 비용  
 비용편익비율(Cost Benefit Ratio, CBR)은 편익/비용 비율이 1보다 크면 경제적으로 타당한 것으로 평가된다. 이 방법은 소규모 사업에서 비율이 높게 평가되지만 편익과 비용의 차이는 작을 수 있다. 따라서 이 방법은 예산상의 제약 때문에 대규모 사업을 시행하기 어려울 때에 사용된다.

$$CBR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+\lambda)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+\lambda)^t}} \dots\dots\dots (식 7)$$

t : 연도, n : 내용년수(耐用年數), λ : 사회적 할인율, B<sub>t</sub> : 당해연도의 편익, C<sub>t</sub> : 당해연도의 비용  
 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR)은 사업의 전기간 동안 발생하는 편익의 현재가치와 비용의 현재가치를 동일하게 하는 할인율로서, 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제적으로 타당한 것으로 평가된다. 그러나 사업 기간이 달라지면 내부수익률이 달라질 수 있다.

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+\lambda)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+\lambda)^t} = 0 \dots\dots\dots (식 8)$$

t : 연도, n : 내용년수(耐用年數), λ : 사회적 할인율, B<sub>t</sub> : 당해연도의 편익, C<sub>t</sub> : 당해연도의 비용  
 비용과 편익은 위와 같은 세가지 방법으로 비교하여 VTS 도입의 타당성을 확인할 수 있고, 여러 해역에서 도입이 검토될 때에 우선 순위를 정할 수 있다.

1) VTS의 비용과 편익은 내용년수(耐用年數)동안 발생하기 때문에, 각기 다른 시점에서 발생하는 비용과 편익을 동일한 기준시점에서 상호 비교하기 위해 현재가치로 환산해야 한다. 즉, 현재가치로 환산하기 위해 할인율을 적용하게 되는데, 사회적 공공사업에 적용하는 할인율을 사회적 할인율이라 한다.

## 2.6 민감도 분석

민감도 분석은 입력변수의 값이 변화할 경우 그 사업의 전체 결과에 미치는 변화를 알아보기 위해 사용되는 분석방법이다. 즉 VTS의 비용과 편익을 계산할 때 입력하는 변수의 값이 변하면 의사결정 기준의 값이 달라지게 된다. 즉 비용항목 중 건설 기간이 연장되거나 토지 구입비가 증가하여 건설비가 증가하게 되면 의사결정의 기준 값 역시 달라지게 된다. 따라서 입력 변수는 예측할 수 없는 장애의 불확실성 때문에 변할 수 있기 때문에 주요 입력변수에 대해서 민감도 분석을 실시해야 한다.

## 3. 결 론

본 연구는 VTS의 비용편익에 관한 선행연구고찰을 통하여 각 연구의 비용편익분석방법 및 한계점을 분석하였다. 분석결과 Goss 등과 일본해상보안청의 연구는 환경피해에 대한 내용이, USCG와 CCG의 연구는 해난구조, 수색 및 구조, 어장·어구피해에 대한 내용이 반영되지 아니하였고, Fang의 연구는 편익을 교통안전, 운항효율 및 환경피해에서 단지 한 항목으로 분류하였을 뿐이다.

따라서 본 연구는 VTS 시스템의 설치 및 운송시 식별가능한 모든 비용·편익요소를 고려하여 VTS 비용·편익모델을 제안하였고, 특히 비용·편익 항목의 설정 및 정량화 방법에 초점을 맞추어 기술하였다. 제안한 모델의 편익항목은 교통안전, 운항효율 및 환경피해로 분류하여, 교통안전을 인명, 선체와 화물, 운항손실, 해난구조, 수색 및 구조, 시설물 손상, 운항효율을 선박과 항만의 효율성 향상, 환경피해를 어업피해, 관련산업, 기초생산기반환경피해, 방제·청소비 및 관광손실로 세분하고, 비용항목은 건설비와 운영 및 보수유지비용으로 세분하여 정량화하였다.

이와 같이 비용·편익 항목을 세분화하고 정량화한 비용편익분석모델은 VTS를 포함한 대형 해상교통안전시설의 타당성 분석 및 우선순위를 결정하는데 활용될 수 있을 것이다.

향후의 연구과제는 제안한 모델을 이용하여 우

리 나라 남해안에 도입이 추진되고 있는 연안 VTS에 적용하여 모델의 적정성을 검증함과 동시에 타당성을 확인하고자 한다.

## 참고문헌

- 1) Fujji Y., T. Makisima and K. Hara, "해상교통공학", 해문당, 1981
- 2) Silverleaf A., "Marine Traffic Engineering: An Instruction", The Royal Institute of Navigation, London, 1973
- 3) Toyoda S. and Y. Fujji, "Marine Traffic Engineering", Journal of Navigation, Vol. 24, 1971
- 4) Fujji Y., T. Makisima and K. Hara, 전게서
- 5) 해양수산부, "연안해역의 항행환경조사 및 항로개선에 관한 연구", 1993
- 6) 해양수산부, "연안해역의 항행환경조사 및 항로개선에 관한 연구", 1994
- 7) 해양수산부, "연안해역 통항 유조선 안전항로 설정에 관한 연구", 1996
- 8) 박영수, "부산항 접근수역의 항로지정에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위논문, 1998
- 9) 해양수산부, "남북형제도 부근의 항로지정에 관한 연구", 1998
- 10) 해양수산부, "항로표지 장기개발계획에 관한 조사 연구", 1998
- 11) 강영식, "부산항 접근수역에 대한 해상교통안전성평가에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위논문, 2001
- 12) 정운건, "한국 어선해난의 실태와 그 방지대책에 관한 실증적 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위논문, 1997
- 13) 정재용, "유조선 사고의 원인분석과 유효수준 결정에 관한 연구", 한국항해학회지, 제22권1호, 한국항해학회, 1999
- 14) 김규섭, "어선해양사고 방지를 위한 정책방안에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학

- 위논문, 2000
- 15) 김상환, "인천항 VTS의 효율적인 운영방안에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문, 1999
  - 16) 김준옥, "포항항의 VTS 서비스구역 설정에 관한 연구", 해양환경·안전학회지, 제6권 제2호, 해양환경·안전학회, 2000
  - 17) 박진수, "Marine Traffic Engineering in Korean Coastal Waters", University of Plymouth, UK, 1994
  - 18) Goss R. O., and J. E. Hallway, "Costs and Benefits of Coastal Vessel Traffic Services in European Waters", Department of Maritime Studies UWIST Cadiff, 1986
  - 19) United State Coast Guard, "Vessel Traffic Services Benefits", Port Needs Study, Washington DC, 1991
  - 20) Canadian Coast Guard, "1991 VTS Update Study", Ottawa, 1991
  - 21) Fang Xianglin, "Cost Benefit Analysis Evaluation Method and Model of VTS", VTS 2000 Symposium, Singapore, 2000.
  - 22) 일본항로표지협회, "항로표지정비에 있어서의 비용대효과 분석수법의 개발에 관한 조사", 해상보안청, 1998