

## 연안 선박교통관리제도의 도입에 따른 사고예방효과 추정에 관한 연구

정재용\* · 이형기\*\* · 박진수\*\*\*

A Study on the Estimation of Casualty Prevention Effectiveness  
through the Installation of Coastal Vessel Traffic Services

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

〈목 차〉	
1. 서론	3.1 유효수준의 빈도 및 유효수준결정
2. 원인요소의 분류 및 유효수준의 정의	3.2 사고예방지수의 결정
2.1 원인요소의 분류	3.3 선박교통관리제도의 효과추정
2.2 유효수준의 정의	4. 결론
3. 선박교통관리제도의 효과추정	참고문헌

### 요 약

이 연구는 항만교통정보센터의 시스템 확충 및 연안 선박교통관리제도의 도입에는 많은 비용이 소요되기 때문에 비용과 편익을 비교하여 타당성을 조사하고자 한다. 따라서 비용과 편익을 분석하는데 중요한 기초자료가 되는 사고예방효과를 추정하고자 한다. 추정의 방법은 거제해역에서 발생한 해양사고를 분석하여 원인요소를 도출한 후 이를 설문문항으로 구성하여 항만교통정보센터의 운영요원을 대상으로 설문을 실시한다.

연안 선박교통관리제도의 도입에 의한 사고예방효과는 충돌사고에서 55.572%, 좌초사고에서 51.667%로 추정되었다. 또한 인적요소와 환경요소에 의한 효과는 높지만 기술적 요소에 의한 효과는 미미한 것으로 분석되었다.

\* 정회원 한국해양대학교 대학원  
\*\* 정회원 한국해양대학교 실습선 한나라호 일등항해사  
\*\*\* 정회원 해양관리기술대학원 교수

Abstract

The purpose of this paper is to determine the expected percentage of the "VTS addressable" casualties that could be prevented with the installation of fourth level(Automatic Dependent Surveillance) of coastal VTS. In this study, it determines the VTS benefit by multiplying casualty rate reduction factors by the effect level of causal factors. The development of casualty rate reduction factors was based on the questionnaire survey, and the evaluation of effect levels was based on the causal analysis using functional block diagram. The results of this paper are compared with the results of worldwide literature related to the VTS effectiveness. One or more of the key variable inputs of this study, casualty rate reduction factors, may be somewhat uncertain and therefore subject to sensitivity analysis.

1. 서 론

1993년 1월부터 포항항에 진보된 레이더 감시 시스템(Advanced Radar Surveillance System)인 3 단계 수준의 해상교통관리제도가 도입된 이후 광양항, 여수항, 울산항, 마산항, 진해항, 인천항, 평택항, 대산항, 부산항, 동해항, 제주항, 군산항, 목포항에 항만교통정보센터가 설치·운영되고 있다. 초기의 항만교통정보센터의 서비스구역은 대부분 항계 내에 국한되었으나, 항만입구와 항만인접해역으로 서비스 범위를 확대할 필요성이 인식되어 울산항과 포항항의 시스템을 확장 중이며, 완도에는 항만교통정보센터 시스템의 신설이 추진되고 있다. 또한 목포해역, 여수·거문도해역 및 거제해역에 연안 선박교통관리제도의 도입이 검토 중이다. 그러나 이러한 선박교통관리제도 시스템의 확장·신설은 수 백억원의 비용이 투입되기 때문에 비용과 편익을 비교하여 타당성을 조사해야만 한다. 따라서 본 연구에서는 비용과 편익을 분석하는데 필요한 사고예방효과를 추정하여 연안 선박교통관리제도의 비용편익분석의 기초자료로 활용하고자 한다.

선박교통관리제도의 효과에 대한 연구는 임[1]이 승선중인 선박운항자 236명과 포항항 도선사 6명을 대상으로 선박교통관리제도의 안전운항 기여도 및

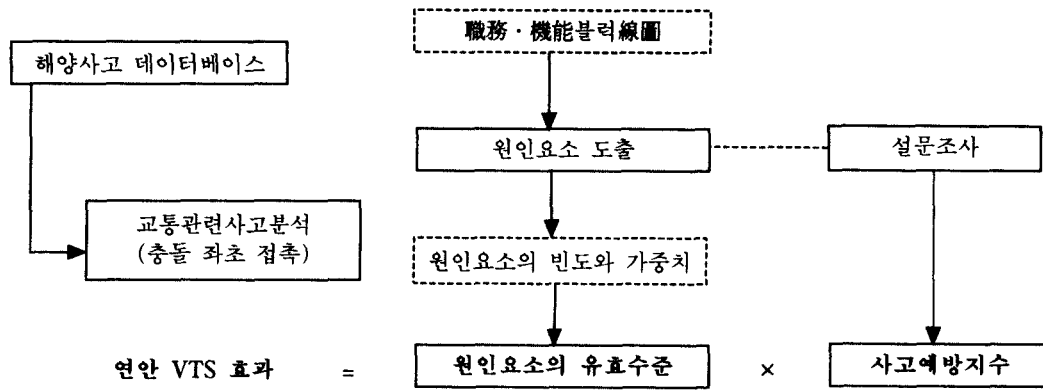
해양사고 예방사례를 고찰하였다. 그러나 선박교통관리제도를 운영하여 사고예방기능을 잘 알고 있다고 판단되는 운영요원이 설문대상에서 제외되었다. 또한 선박운항자는 자선(自船)의 정보만으로 위험 상황을 판단하기 때문에 선박교통관리제도의 모든 정보를 활용할 수 없어 효과를 과소 평가할 수 있는 가능성이 있다.

김[2]은 관제요원, 항해사, 기관사, 통신사, 도선사, 선사 등을 대상으로 인천항 선박교통관리제도 도입에 관한 설문조사를 실시하였지만, 선박교통관리제도가 운영되기 전으로 도선사와 관제요원은 선박교통관리제도의 운영경험이 없어 선박교통관리제도의 기능을 충분히 이해하지 못할 가능성이 있다.

윤[3]은 항만교통정보센터 운영전인 1995년, 1996년, 1997년과 운영후인 1999년에 발생한 해양사고의 변화추이를 분석하여 운영효과를 분석하였다. 그러나 사고건수의 단순 비교는 사고를 유발한 원인요소를 규명하지 않아 감소된 해양사고가 선박교통관리제도의 도입으로 예방할 수 있는지의 여부를 판단하기가 어렵다.

Kemp. F. et al[4]은 항해안전에 도움을 주는 8 종류의 서비스<sup>1)</sup>에 대해 3종류(마주침, 교차, 추월)의 충돌과 좌초의 사고예방효과를 추정하기 위

1) 8개의 서비스단계는 국제충돌예방규칙, 교통분리대, 선위보고제도를 이용한 선박교통정보서비스, 선박보고와 감시를 이용한 선박교통정보서비스, 트랜스폰더 식별을 이용한 선박교통정보서비스, 선박보고와 감시를 이용한 선박교통통제서비스, 트랜스폰더 식별을 이용한 선박교통정보서비스이다.



〈그림 1〉 선박교통관리제도의 효과추정 흐름도

해 선장을 주 대상으로 하여 설문조사를 실시하였다. 그러나 운영요원이 설문대상에서 제외되었을 뿐만 아니라 선장을 주 대상으로 하였기 때문에 선박교통관리제도의 효과를 과소 평가할 가능성이 있다.

United States Coast Guard[5]는 미국연안에서 1969년부터 1972년 사이에 발생한 1,827건(3,921척)의 충돌, 접촉, 좌초를 한 사건씩 분석하여 그 사고의 주변여건(circumstances)을 파악한 후 선박교통관리제도의 도입으로 사고를 예방할 수 있는지를 판단하였고, Canadian Coast Guard[6]는 8개의 수로조건<sup>2)</sup>에 대한 선박교통관리제도의 효과를 추정하였는데, 두 연구에서는 연구자가 선박교통관리제도를 도입할 때 해양사고의 예방여부를 판단하였다. 즉, United States Coast Guard의 연구는 해양사고를 예방가능과 예방불가능의 2가지로 구별하였고, Canadian Coast Guard의 연구는 사고예방정도를 백분율로 사용하였다. 그러나 두 연구 모두 연구자가 사고예방효과를 직접 판정하였기 때문에 주관성이 개입될 가능성이 있다.

따라서 본 연구는 해양사고분석에 의한 단점을 극복하기 위해 선박교통관리제도의 서비스 범위

안에서 발생한 교통관련사고<sup>3)</sup>를 분석하여 원인요소를 도출하고, 선박교통관리제도의 도입시 사고의 예방여부를 연구자가 판단하지 않고 도출한 원인요소를 설문문항으로 구성하여 운영요원이 판단하게 하였다. 이는 선박교통관리제도의 효과를 판단할 때 연구자의 주관성이 개입되는 것과 선박운항자들이 효과를 과소 평가하는 것을 극복할 수 있다. 그리고 설문조사에 의한 선행연구의 단점을 극복하기 위해 선박교통관리제도의 기능을 충분히 이해하는 운영요원을 대상으로 설문조사를 실시함으로써 선박운항자의 과소 평가하는 것을 극복하였다. 또한 설문결과를 선박교통관리제도의 도입시의 효과로 채택하지 않고 각 원인요소를 제거할 수 있는 비율로 채택하였으며 각 원인요소가 사고에서 차지하는 중요도를 고려하여 효과를 추정하였다.

선박교통관리제도의 효과추정 흐름도는 <그림 1>과 같다. 도입대상해역에서 발생한 해양사고를 職務·機能블럭線圖<표 1>를 이용하여 원인요소를 도출한다. 이는 사고를 유발한 모든 원인요소를 도출함으로써 선박교통관리제도 운영 전후의 단순한 사고건수의 비교와는 달리 사고예방여부를 판단하는데 효과적이다. 또한 원인요소가 사고에 미

2) 항로가 단순한 개방수역에서의 충돌과 접촉, 항로가 복잡한 개방수역에서의 충돌과 접촉, 항로가 단순한 제한수역에서의 충돌과 접촉, 항로가 복잡한 제한수역에서의 충돌과 접촉, 항로가 단순한 개방수역에서의 좌초, 항로가 복잡한 개방수역에서의 좌초, 항로가 단순한 제한수역에서의 좌초, 항로가 복잡한 제한수역에서의 좌초

3) 교통관련사고는 충돌, 접촉, 좌초사고로서 교통환경의 개선으로 사고를 예방할 수 있는 사고이다.

치는 영향을 평가한 후 가중치를 부여하고, 사고에 연관된 빈도와 곱하여 유효수준을 구하였기 때문에 각 원인요소가 사고에서 차지하는 중요도를 고려하여 선박교통관리제도의 효과를 추정할 수 있다.

## 2. 원인요소의 분류 및 유효수준의 정의

본 연구에서 이용한 해양사고자료는 부산지방해양안전심판원에서 1995년부터 1999년 사이에 심판한 재결서 중 거제해역, 즉 매물도 정상과 육지도 정상에서 20마일 범위 내에서 발생한 교통관련사고이다. 해양사고를 교통관련사고로 국한한 것은 연안 선박교통관리제도가 도입될 때 교통관련사고, 즉 충돌, 접촉, 좌초사고에서는 직접적인 사고예방 효과가 있지만, 침몰, 전복, 표류, 화재, 폭발 등의 기술관련사고에는 직접적인 사고예방효과가 없기 때문이다. 또한 20마일 이내의 사고를 대상으로 한 것은 선박교통관리제도의 시스템에 사용되고 있는 레이더의 유효탐지거리를 고려한 것이다. 분석대상 사고는 충돌 43건(86척), 좌초 13건(15척)으로 총 56건(101척)이다.

### 2.1 원인요소의 분류

본 연구는 선박교통관리제도 운영 전후의 사고 건수 비교와는 달리 해양사고 예방여부를 판단하기 위해 사고를 유발한 모든 원인요소를 도출하였다. 본 연구는 職務·機能블럭線圖를 이용하여 원인요소를 도출하였는데, 이 職務·機能블럭線圖는 Tuovinen[7]이 처음으로 고안한 것으로, 개개의 원인요소를 쉽게 이해하고 인식할 수 있는 방법으로 이미 다른 연구에서 증명되었다.[8][9][10] 이 기법은 사고를 유발한 원인요소를 상세히 분류하여 효과적인 해양사고 예방대책을 제시하는데 유용하기 때문에 선박교통관리제도 도입으로 사고를 예방할 수 있는지를 판단하는데 효과적이다.

職務·機能블럭線圖는 <표 1>과 같이 총 91개의 원인요소로 구성되어 있고, 이 원인요소들의 주요한 경향을 규명하기 위해 각 원인요소를 환경 요소, 기술적 요소와 인적 요소로 대분류하고, 이를

다시 아래와 같이 9개 그룹으로 소분류한다.

#### (1) 환경 요소

- 외적조건(시정, 선체동요 등)
- 수로조건(조류, 항로폭, 교통밀도, 수심 등)
- 운항조건(해도, 수로서지, 상대선박의 행동 등)

#### (2) 기술적 요소

- 기술적 결함(주기판, 타기, 선체구조, 항해 장비 등)

#### (3) 인적 요소

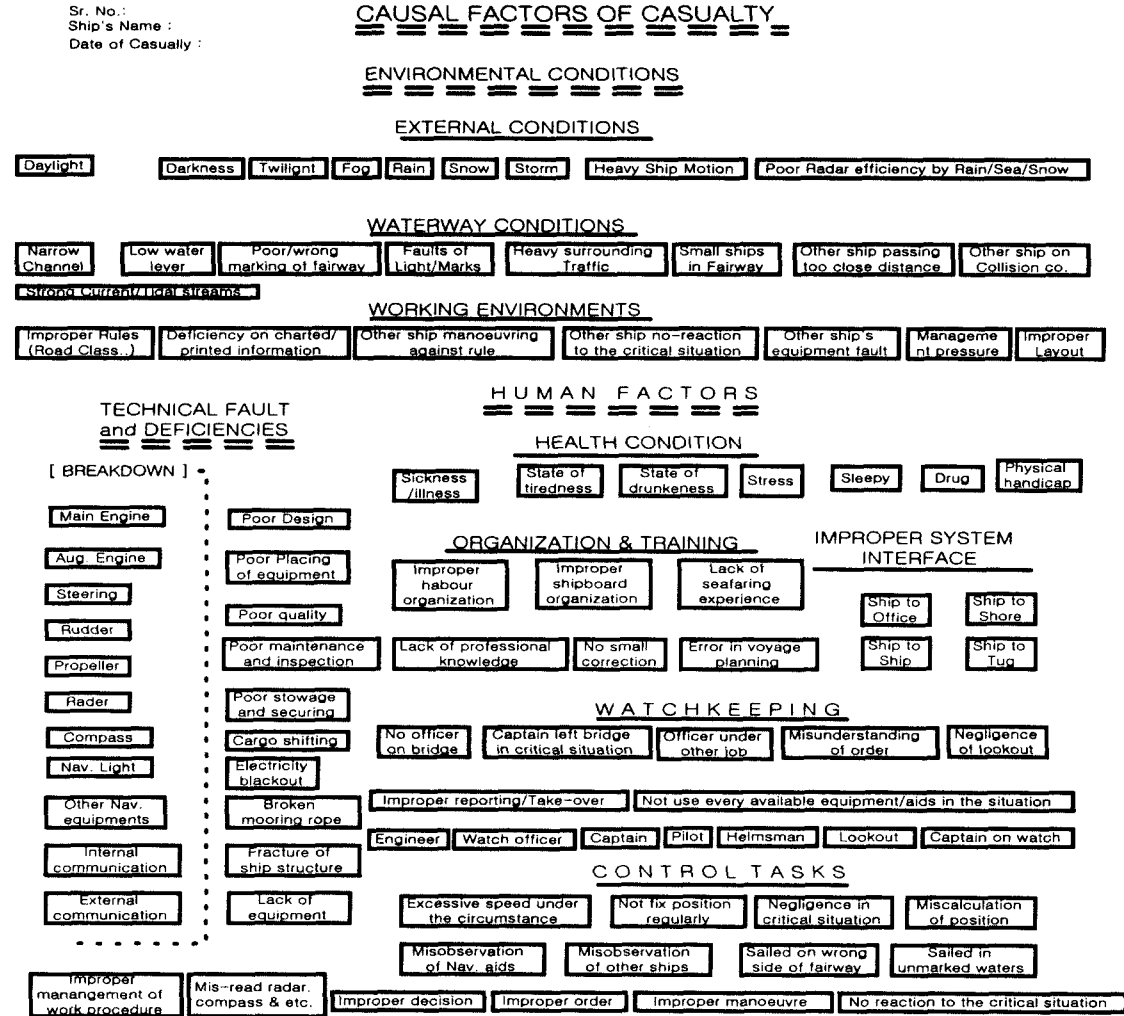
- 건강조건(피로, 스트레스 등)
- 조직체계(배승구조, 당직체계 등)
- 경계
- 시스템인터페이스
- 조종성 업무(판단착오, 선위측정, 오작동 등)

### 2.2 유효수준의 정의

해양사고는 여러 원인요소가 서로 상호 작용하여 발생하는 경우가 대부분이며, 해양사고를 유발하는 원인요소는 절대적인 영향을 미치는 요소가 있는가 하면 영향이 미미한 요소가 존재한다. 따라서 해양사고의 예방대책을 강구할 때에는 사고에 미치는 영향이 큰 원인요소를 우선적으로 제거하는 것이 효율적이기 때문에 빈도뿐만 아니라 사고에 미치는 영향을 고려해야 한다. 따라서 해양사고에 미치는 영향을 고려하기 위해 원인요소를 다음의 5개 종류로 평가하여 가중치를 부여한다.

이 다섯 종류는 첫째, 사고를 발생시키는 분명하고 논쟁의 여지가 없는 요소로서 이 원인요소를 제거하거나 정상적인 기능을 갖는 요소로 대체될 때 해양사고를 예방할 수 있는 확률이 0.9~1.0이 되는 요소를 절대요소(Essential factor)라 한다. 둘째, 사고에 절대적이지는 않지만 사고 발생에 높은 영향을 주었을 것으로 확실시되는 요소를 확실요소(Likely factor)로 분류한다. 셋째, 사고에 미친 정도가 높지는 않지만 사고 발생에 어느 정도의 영향을 준 요소로서, 이 요소를 제거하거나 정상적인 기능을 갖는 요소로 대체하여도 단독으로 해양사고를 예방할 수 없고 최소한 2개의 요소를 제거해

〈표 1〉 CAUSAL FACTORS OF CASUALTY



야 사고를 예방할 수 있는 원인요소를 가능요소 (Possible factor)로 한다. 넷째, 사고 발생에 약간의 영향을 미쳤거나 정보부족으로 그 정도를 판단하기 어려운 요소로서, 이 요소 단독 혹은 다른 요소와 함께 제거될지라도 해양사고를 예방할 수 없는 요소를 유발요소(Conducing factor)로 분류한다. 마지막으로, 해양사고 발생에 대한 원인관계가 불명확하거나 아주 사소한 요소를 불명확요소(Indefinite factor)로 분류한다.

이렇게 분류된 5 종류의 요소에 각각 1.0, 0.75,

0.50, 0.25, 0.0의 가중치를 부여한다.

어느 사건 j에 있어 원인요소 i의 가중치(Weight Coefficient)를  $W_{ij}$ , 그 사고에 있어서 원인요소의 수를 n, 사고 건수를 m이라 할 때, 원인요소 i에 대한 유효수준  $e_i$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$e_i = \frac{\sum_{j=1}^m W_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n W_{ij}} \dots\dots\dots (식 1)$$

모든 해양사고에 관련된 각 원인요소의 가중치

를 합한 것이 분모이고, 1개의 원인요소가 모든 해양사고에서 관여한 가중치를 합한 것이 분자이므로,  $e_i$ 는 원인요소  $i$ 가 모든 해양사고에서 어느 정도 사고를 유발하였는가를 의미하며, 원인요소의 유효수준을 모두 합하면 1이 된다. 유효수준은 원인요소가 출현한 빈도와 가중치를 고려하여 구하기 때문에 사고에 미치는 영향이 낮은 원인요소라 할지라도 빈번히 사고를 유발하면 유효수준은 높아지고, 사고에 미치는 영향이 높은 원인요소라 할지라도 사고를 유발하는 빈도가 낮으면 유효수준 역시 낮게 나타나며, 사고에 미치는 영향이 높고 빈번하게 출현하는 원인요소의 유효수준은 당연히 높게 나타난다. 따라서 유효수준은 선박교통관리제도의 효과를 추정할 때 각 원인요소가 사고를 유발한 빈도와 사고에 미치는 영향을 고려할 수 있는 장점이 있다.

### 3. 선박교통관리제도의 효과추정

#### 3.1 원인요소의 빈도 및 유효수준결정

1995년에서 1999년 사이에 거제해역에서 발생한 충돌 43건(86척), 좌초 13건(15척)을 職務·機能별 線圖를 이용하여 34개의 원인요소를 도출하였다. 이렇게 도출된 원인요소의 빈도에 가중치를 곱하여  $e_i$ 를 구하였다.

충돌의 경우, 사고를 유발한 원인요소의 빈도는 <표 2>와 같이 '경계소홀(46회)', '안개로 인한 시정제한(29회)', '위급상황에서의 상대선박의 무조치(28회)', '부적절한 조선(16회)', '장비의 부적절한 활용(14회)', '주위 불빛으로 인한 경계지장(12회)', '위급상황에서의 무조치(11회)', '안전속력 미준수(10회)', '협수로(9회)' 등의 순서이다. 또한 각 원인요소의 유효수준은 <표 2>와 같이 '경계소홀(0.3030)', '위급상황에서의 상대선박의 무조치(0.1357)', '안개로 인한 시정제한(0.1320)', '부적절한 조선(0.0799)', '위급상황에서의 무조치(0.0520)', '당직사관의 선교내 부재(0.0502)', '주위 불빛으로 인한 경계지장(0.0335)', '장비의 부적절한 활용(0.0316)', '부적절한 결정(0.0260)', '협수로(0.0223)' 등의 순서로 분

석되었다.

'경계소홀', '위급상황에서의 상대선박의 무조치' 및 '안개로 인한 시정제한'에 대한 원인은 빈도가 103회(48.81%)이고, 유효수준이 0.5707로서 3개의 원인요소가 충돌의 중요한 원인요소로 분석되었으며, '장비의 부적절한 활용', '주위 불빛으로 인한 경계지장' 및 '위급상황에서의 무조치' 등도 빈도와 유효수준에서 중요한 원인요소로서 작용하였다. 그러나 '부적절한 조선', '안전속력 미준수' 및 '협수로' 등은 사고를 유발한 빈도는 많지만 사고에 미친 영향은 낮음을 알 수 있다. 또한 '당직사관의 선교내 부재', '부적절한 결정' 및 '협수로' 등의 원인요소는 사고를 유발한 빈도는 적지만 충돌사고에 미치는 영향은 대단히 큰 것으로 분석되었다.

좌초의 경우, 사고를 유발한 원인요소의 빈도는 <표 2>와 같이 '선위확인소홀(5회)', '협수로(4회)', '부적절한 배송구조(4회)', '당직사관의 선교내 부재(4회)', '인수인계불철저 및 보고태만(4회)', '안개로 인한 시정제한(3회)', '폭풍우상황(3회)', '항해계획준비소홀(3회)', '위급상황에서의 선장의 직접조선 불이행(3회)' 등의 순서이다. 또한 각 원인요소의 유효수준은 <표 2>와 같이 '선위확인소홀(0.1667)', '당직사관의 선교내 부재(0.1316)', '항해계획준비소홀(0.0614)', '조타기 고장(0.0614)', '폭풍우상황(0.0526)', '위험상황에서 선장의 직접 조선불이행(0.0526)', '안개로 인한 시정제한(0.0439)', '협수로(0.0439)', '부적절한 배송구조(0.0439)', '인수인계불철저 및 보고태만(0.0439)' 등의 순서로 분석되었다. '선위확인소홀', '당직사관의 선교내 부재', '항해계획준비소홀', '부적절한 배송구조', 및 '위험상황에서 선박의 직접조선 불이행' 등이 빈도가 많을 뿐만 아니라 사고에 미친 영향이 큰 원인요소들이다. 그러나 '부적절한 결정', '조타기 고장' 등의 원인요소는 사고를 유발한 빈도는 적지만 좌초사고에 미치는 영향이 대단히 큰 것으로 분석되었다.

이상을 요약하면, 충돌에서는 '경계소홀'과 '안개로 인한 시정제한' 및 '위급상황에서의 무조치' 등이 주요 원인요소인 반면에, 좌초에서는 '선위확인소홀', '당직사관의 선교내 부재', '항해계획준비소홀', '부적절한 배송구조' 및 '위험상황에서 선장

<표 2> 원인요소의 빈도, 유효수준, 사고예방지수 및 선박교통관리제도 효과

대분류	소분류	원 인 요 소	총 돌		좌 초		사고 예방지수	선박교통 관리제도의 효과	
			빈도	유효수준	빈도	유효수준		총 돌	좌 초
환경 요소	외 적 조 건	안개로 인한 시정제한	29	0.1320	3	0.0439	0.717	0.09464	0.03148
		폭풍우상황	-	-	3	0.0526	0.456	0.00000	0.02399
		기상에 의한 항해장비효율저하	1	0.0019	-	-	0.632	0.00120	0.00000
		소 계	30	0.1339	6	0.0965	0.602	0.09584	0.05546
	수 로 조 건	협수로	9	0.0223	4	0.0439	0.694	0.01548	0.03047
		강한 조류	-	-	2	0.0175	0.540	0.00000	0.00945
		천수지역	-	-	2	0.0175	0.610	0.00000	0.01068
		높은 교통밀도	4	0.0074	1	0.0088	0.679	0.00503	0.00598
		수로내의 소형선 밀집	3	0.0056	1	0.0088	0.586	0.00328	0.00516
		상대선박의 근접횡단 및 추월	3	0.0056	-	-	0.678	0.00380	0.00000
		소 계	19	0.0409	10	0.0965	0.631	0.02758	0.06172
	운 향 조 건	상대선박의 항법위반	5	0.0186	-	-	0.598	0.01112	0.00000
		위급상황에서 상대선박의 무조치	28	0.1357	-	-	0.548	0.07436	0.00000
		주위 불빛으로 인한 경계지장	12	0.0335	-	-	0.575	0.01926	0.00000
		소 계	45	0.1878	0	0.0000	0.574	0.10475	0.00000
기 술 적 요	주기관 고장	-	-	1	0.0351	0.540	0.00000	0.01895	
	조타기 고장	-	-	2	0.0614	0.514	0.00000	0.03156	
	추진기 손상	-	-	1	0.0351	0.509	0.00000	0.01787	
	전기 고장	1	0.0019	-	-	0.440	0.00084	0.00000	
	소 계	1	0.0019	4	0.1316	0.5001	0.00084	0.06838	
인 적 요 인	조 직 계	부적절한 배승구조	4	0.0074	4	0.0439	0.393	0.00291	0.01725
		선상경험부족	1	0.0056	1	0.0088	0.431	0.00241	0.00379
		전문지식 부족	2	0.0130	2	0.0175	0.451	0.00586	0.00789
		항해계획준비소홀	-	-	3	0.0614	0.496	0.00000	0.03045
		소 계	7	0.0260	10	0.1316	0.443	0.01118	0.05930
	경 계	당직사관의 선교내 부재	9	0.0502	4	0.1316	0.428	0.02149	0.05633
		위급상황에서 선장의 직접조 선불이행	-	-	3	0.0526	0.516	0.00000	0.02714
		당직사관의 타업무종사	2	0.0149	-	-	0.468	0.00697	0.00000
		경계소홀	46	0.3030	2	0.0263	0.520	0.15756	0.01368
		인수인계불철저 및 보고태만	2	0.0037	4	0.0439	0.514	0.00190	0.02257
		장비의 부적절한 활용	14	0.0316	2	0.0175	0.554	0.01751	0.00970
		소 계	73	0.4034	16	0.2719	0.500	0.20543	0.12940
	조 종 성 부	안전속력 미준수	10	0.0204	-	-	0.538	0.01098	0.00000
		선위확인소홀	-	-	5	0.1667	0.504	0.00000	0.08402
		위급상황에서의 태만	1	0.0074	-	-	0.496	0.00367	0.00000
		상대선박 행동의 판단착오	3	0.0204	-	-	0.564	0.01151	0.00000
		항해장비 관독 착오	-	-	1	0.0175	0.537	0.00000	0.00940
부적절한 결정		4	0.0260	2	0.0614	0.565	0.01469	0.03469	
부적절한 조선		16	0.0799	1	0.0263	0.544	0.04347	0.01431	
위급상황에서의 무조치		11	0.0520	-	-	0.496	0.02579	0.00000	
합 계	45	0.2061	9	0.2719	0.531	0.11010	0.14241		
	합 계	220	1.0000	55	1.0000	-	0.55572	0.51667	

의 직접조선 불이행' 등이 주요한 원인요소로 분석되었다.

### 3.2 사고예방지수의 결정

우리 나라에서 현재 운영중인 전국 14곳의 항만 교통정보센터에서 근무하는 운영요원을 대상으로 설문지를 실시하였다. 설문지는 전자메일로 발송하였고, 각 항만정보센터에서 응답한 81매의 설문지를 분석하였다.

설문문항은 연안 선박교통관리제도가 도입될 예정인 거제해역, 즉 매물도 정상과 욱지도 정상으로부터 20마일 이내의 해역에서 1995년에서 1999년 사이에 발생한 교통관련사고 선박 101척을 분석하여 도출한 34개의 원인요소로 구성하였다. 설문기입은 <표 2>의 셋째 칸에 있는 34개의 원인요소에 대하여 4단계 수준의 연안 선박교통관리제도, 즉 통항선박에 자동트랜스폰더가 설치되어 선박의 위치 및 속력, 침로 등이 자동으로 센터에 송신되는 선박자동식별장치와 연계된 시스템을 설치할 경우 해양사고를 유발할 가능성이 있는 각 원인요소를 어느 정도 제거할 수 있는지를 기입하도록 하였는데, 원인요소를 전혀 제거할 수 없다고 생각하면 0, 10% 제거할 수 있다면 0.1, ..., 100% 제거할 수 있다면 1.0을 기입하도록 하였다.

설문조사의 대상을 각 항만교통정보센터의 운영요원으로 선정한 이유는 해상교통정보센터를 운영한 경험이 있어 선박교통관리제도의 사고예방기능을 가장 잘 이해할 수 있고, 레이더 차폐구역에서 항행하는 선박의 상황 등 선박에서 파악하기 어려운 상황을 파악할 수 있으며 선박자동식별장치와 연계된 4단계 수준의 선박교통관리제도를 이해하고 있는 이용자 그룹이기 때문이다.

이 연구의 사고예방지수는 연안 선박교통관리제도를 도입하면 해양사고를 유발하는 각 원인요소를 어느 정도 제거할 수 있는지를 의미하며, 그 범위는 0에서 1까지이고, 0은 원인요소를 전혀 제거할 수 없다는 것을, 1은 100% 제거할 수 있다는 것을 의미한다. <표 2>의 여덟째 칸의 사고예방지수는 같은 줄 왼쪽(셋째 칸)의 원인요소로 구성된 문항에 대해 81명의 운영요원이 어느 정도 제거할 수

있는지를 응답한 값의 평균값이다. 예를 들면 첫 번째 원인요소인 안개로 인해 시정이 제한되어 발생한 해양사고의 경우 4단계 수준의 연안 선박교통관리제도가 도입되면 그 원인요소를 71.7% 제거할 수 있다는 것을 의미하며, 이는 81명의 항만교통정보센터 운영요원이 자신의 경험을 근거로 하여 판단한 것이다.

원인요소의 소분류별 사고예방지수는 <표 2>와 같이 외적조건이 0.602, 수로조건이 0.631, 운항조건이 0.574이고, 기술적 요소는 0.5001이다. 한편 조직체계는 0.443, 경계는 0.500, 조종성 업무는 0.531로 분석되었다. 환경요소인 외적조건, 수로조건, 운항조건에서 사고예방지수가 높아 선박교통관리제도가 도입되면 환경요소와 관련된 원인요소를 많이 제거할 수 있는 것으로 조사되었다.

원인요소별 사고예방지수는 <표 2>와 같이 '안개로 인하여 시정이 제한된 경우(0.717)', '협수로(0.694)', '높은 교통 밀도(0.679) 및 '상대선박이 근접하여 횡단하거나 추월하는 경우(0.678)' 등의 원인요소에 대한 사고예방지수가 높고, '부적절한 배송구조(0.393), 선상경험부족(0.431)' 및 '전기고장(0.440)' 등의 원인요소에 의한 사고예방지수가 낮은 것으로 조사되었다. 따라서 연안 선박교통관리제도가 도입되면 환경요소와 관련된 원인요소를 제거할 수 있는 비율은 약 60%를 넘지만, 기술적 요소 및 인적요소와 관련된 원인요소를 제거할 비율은 약 50%로서 상대적으로 낮음을 알 수 있다.

앞장에서 분석된 유효수준이 높은 원인요소에 의한 사고예방지수는 충돌의 경우에는 '경계소홀'이 0.520, '위급상황에서의 상대선박의 무조치'가 0.548, '안개로 인한 시정제한'이 0.717, '부적절한 조선'이 0.444로 추정되었고, 좌초의 경우에는 '선위확인소홀'이 0.504, '당직사관의 선교내 부재'가 0.428, '항해계획준비소홀'이 0.496, '조타기 고장'이 0.514, '폭풍우 상황'이 0.456, '위험상황에서 선장의 직접 조선불이행'이 0.516로 분석되었다.

### 3.3 선박교통관리제도의 효과추정

이 연구에서 선박교통관리제도의 효과는 연안 선박교통관리제도를 도입할 때 해양사고를 예방할



수 있을 것으로 추정되는 비율로서, 각 원인요소에 의한 유효수준과 사고예방지수를 곱하여 구한다. 즉 선박교통관리제도의 효과는 다음의 과정으로 구하였는데, 첫째, 職務·機能블럭線圖를 이용하여 해양사고의 원인요소를 도출하고, 사고에 출현한 빈도에 사고에 미치는 영향을 평가한 가중치를 곱하여 유효수준을 구한다. 둘째, 항만교통정보센터 운영요원을 대상으로 설문조사를 실시하여, 4단계의 연안 선박교통관리제도 도입이 각 원인요소에 어느 정도 제거할 수 있는지를 구한다. 마지막으로 각 원인요소의 유효수준과 사고예방지수를 곱하여 선박교통관리제도 효과를 구하였다.

<표 2>의 선박교통관리제도의 효과를 분석하면 충돌의 경우에는 외적조건 9.584%, 수로조건 2.758%, 운항조건 10.475%로서, 환경조건 22.817%, 기술적 조건 0.084%, 조직체계 1.118%, 경계 20.543%, 조종성 업무 11.010%로 인적조건이 32.671%로 조사되어, 연안 선박교통관리제도가 도입되면 충돌사고의 55.572%를 예방할 수 있을 것으로 추정되었다.

한편 좌초의 경우에는 외적조건 5.546%, 수로조건 6.172%, 운항조건 0.000%로서 환경요소가 11.718%이고, 기술적 결합은 6.838%, 인적요소는 조직체계 5.94%, 경계 12.940%, 조종성업무 14.241%로서 33.121%로 분석되어, 선박교통관리제도가 설치·운영되면 좌초사고의 51.677%를 예방할 수 있을 것으로 조사되었다. 이처럼 연안 선박교통관리제도 효과가 좌초보다 충돌이 높은 이유는, <표 2>에서 알 수 있듯이 사고예방지수가 높은 원인요소들이 충돌에서는 유효수준이 높지만, 좌초의 경우에는 낮기 때문이다. 즉 사고예방지수가 높은 환경요소를 보면 충돌의 경우에는 유효수준이 0.3626이었지만, 좌초의 경우에는 0.1930이었다. 따라서 항행 환경조건이 열악하여 해양사고가 발생하고 있는 해역에서 연안 선박교통관리제도가 더욱 효과적인 것으로 판단되었다.

선박교통관리제도의 효과를 추정함에 있어 이용한 값, 즉 유효수준과 사고예방지수가 정확하다면 이상에서 구한 선박교통관리제도 효과 값이 완벽하겠지만, 실제로는 유효수준을 구할 때 각각의 원인요소가 사고에 미친 영향(절대, 확실, 가능, 유발,

불명확 요소)을 평가할 때나, 설문 응답자들이 사고예방지수를 평가할 때 어느 정도 주관성이 개입될 여지가 있다. 이런 경우에 입력변수의 값이 변할 때 결과가 어느 정도 변하는가를 분석하는 기법을 민감도분석(Sensitivity analysis)이라 하며, 중요 입력 변수에 고정비율(예 : 10%)을 적용하여 그 변화를 알아보았다.

이 연구에서 선박교통관리제도의 효과에 미치는 중요변수는 유효수준과 사고예방지수인데, 유효수준을 평가함에 있어서는 신뢰성있는 정부기관의 자료인 해양안전심판재결서의 원인분석, 즉 주 원인과 근인(近因)을 근거로 판단했기 때문에 제외하였다. 응답자들이 원인요소의 제거를 과대평가(+10%) 또는 과소평가(-10%)했을 경우에 대한 결과의 변동을 분석하기 위해 사고예방지수에  $\pm 10\%$  고정비율을 적용하여 민감도 분석을 실시하였다. 그 결과 충돌은 선박교통관리제도 효과가 50.015%에서 61.129%사이로  $\pm 5.557\%$  변동하였고, 좌초는 46.510%에서 56.844%사이로  $\pm 5.167\%$  변동하는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

이 연구는 4단계 수준의 연안 선박교통관리제도의 도입예정해역에서 발생한 해양사고를 분석하여 원인요소를 도출하고, 이를 설문문항으로 구성하여 다년간 항만교통정보센터 운영경험을 가진 운영요원을 대상으로 설문을 실시함으로써 연안 선박교통관리제도의 효과를 추정하였다. 이 방법은 사고를 유발한 모든 원인요소를 도출하여 선박교통관리제도를 도입함으로써 원인요소의 제거비율을 곱하여 구하였다.

연안 선박교통관리제도의 도입에 의한 사고예방효과는 충돌사고에서 55.572%, 좌초사고에서 51.667%로 추정되었다. 또한 인적요소와 환경요소에 의한 효과는 높지만 기술적 요소에 의한 효과는 미미한 것으로 분석되었다.

이 효과추정은 연안 선박교통관리제도의 비용편익분석에 있어 필요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 임을빈, "우리나라 선박교통관제제도의 개선방안에 관한 실증 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위논문, 1997
- [2] 김상환, "인천항 VTS의 효율적인 운영방안에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위논문, 1999
- [3] 윤정수, "부산항 해상교통관제서비스의 품질향상에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위논문, 2001
- [4] Kemp J.F., E.M. Good and K. Pick, "Risk Assessment-Problem Area Identifier." COST 301 Final Report on Task 2.46. Commission of European Communities, 1986
- [5] United State Coast Guard. "Vessel Traffic Systems: Analysis of Port Needs" Final Report, Washington DC, 1973
- [6] Canadian Coast Guard. "1991 Vessel Traffic Services (VTS) Update Study" Ottawa, Canada, 1991
- [7] Tuovinen P., Kostilainen V., Hamalainen A. "Study on Ship Casualties in the Baltic Sea", Helsinki University of Technology, Ship Hydrodynamic Laboratory, Report No. 24. (1983)
- [8] Goss R. O., and J. E. Halliday, "Costs and Benefits of Coastal Vessel Traffic Services in European Waters", Department of Maritime Studies UWIST Cadiff, 1986
- [9] ARINC, Research Cooperation, William H., Von Alven(Eds) "Reliability Engineering", New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- [10] Drager K. H., G. Verlo, J. A. Thackwell and J. A. Kalsen, "Study of Relationships between different Causes of Collisions and Groundings", Proceeding of the Third Marine Traffic Services Symposium, Liverpool.