



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학박사 학위논문

항로표지 사고의 사회적비용 추정모델
개발에 관한 연구

Study on the Development of Social Cost Estimation Model for
Aids to Navigation Accident

지도교수 박진수



2018년 8월

한국해양대학교 대학원

항해학과

문 범 식

본 논문을 문범식의 공학박사 학위논문으로 인준함.

위원장 국 승 기 (인)

위 원 박 영 수 (인)

위 원 김 태 균 (인)

위 원 정 재 용 (인)

위 원 박 진 수 (인)

2018년 6월 22일

한국해양대학교 대학원

목 차

| | |
|---------------------------------------|------|
| List of Tables | iii |
| List of Figures | v |
| 요 약 | vi |
| Abstract | viii |
| | |
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 1.1 연구의 배경 및 목적 | 1 |
| 1.2 연구의 방법 및 논문의 구성 | 3 |
| | |
| 제 2 장 항로표지 사고현황 조사 분석 | 5 |
| 2.1 항로표지 현황 조사 분석 | 5 |
| 2.2 항로표지 설치 및 운영현황 조사 분석 | 13 |
| 2.3 항로표지 사고현황 조사 분석 | 19 |
| | |
| 제 3 장 항로표지 사고의 사회적비용 평가기준 산정 | 36 |
| 3.1 사회적비용의 이론적 고찰 | 36 |
| 3.2 사회적비용 추정의 선행연구 고찰 | 45 |
| 3.3 항로표지 사고의 사회적비용의 정의와 평가항목 설정 | 50 |
| | |
| 제 4 장 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 개발 | 55 |
| 4.1 생산손실비용 추정모델 개발 | 56 |
| 4.2 행정비용 추정모델 개발 | 58 |
| 4.3 위험비용 추정모델 개발 | 65 |
| 4.4 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 정량화 | 74 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 제 5 장 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 적용 | 78 |
| 5.1 생산손실비용 추정모델 적용 | 79 |
| 5.2 행정비용 추정모델 적용 | 82 |
| 5.3 위험비용 추정모델 적용 | 87 |
| 5.4 항로표지 사고의 사회적비용 추정 결과 | 90 |
| | |
| 제 6 장 결 론 | 87 |
| | |
| 참고문헌 | 101 |



List of Tables

| | | |
|----------|------------------------------|----|
| Table 1 | 항로표지의 기본요건 | 6 |
| Table 2 | 항로표지의 종류 | 7 |
| Table 3 | 항로표지 설치현황 | 14 |
| Table 4 | IALA 항로표지 카테고리 분류방법 | 16 |
| Table 5 | 우리나라 항로표지 운영율(2011~2016년) | 17 |
| Table 6 | 부산청 항로표지 | 20 |
| Table 7 | 부산 평균 기상(2006~2015년) | 21 |
| Table 8 | 기상특보 발효 현황(2006~2015년) | 23 |
| Table 9 | 월별 안개발생 일수(2006~2015년) | 24 |
| Table 10 | 연도별 부산항 입항 선박(2006~2015년) | 25 |
| Table 11 | 부산 항만별 출항선 현황(2011~2015년) | 26 |
| Table 12 | 부산항로별 항로표지 사고 현황(2006~2015년) | 29 |
| Table 13 | 항로표지 종류별 사고 현황 | 30 |
| Table 14 | 연도별 원인별 항로표지 사고 현황 | 31 |
| Table 15 | 계절별 원인별 항로표지 사고 현황 | 32 |
| Table 16 | 시간대별 원인별 항로표지 사고 현황 | 32 |
| Table 17 | 항로표지 사고 복구일수 | 33 |
| Table 18 | 항로표지 사고 피해 결과 | 34 |
| Table 19 | 항로표지 사고 피해금액 추정 결과 | 35 |
| Table 20 | Kapp의 사회적비용 분류 | 37 |
| Table 21 | 비시장재화의 가치측정 방법 분류 | 41 |
| Table 22 | 국내 교통사고 비용추정 항목 | 45 |
| Table 23 | 해양사고 피해비용 항목 | 47 |
| Table 24 | 해양사고 피해비용 항목 | 48 |
| Table 25 | 교통사고와 해양사고의 사회적비용 항목 | 49 |
| Table 26 | 해양·교통사고와 항로표지 사고의 차이점 | 51 |
| Table 27 | 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 항목 | 53 |

| | |
|---|----|
| Table 28 등부표 표체손상에 대한 상이한 피해금액(부산청) | 56 |
| Table 29 전국 항로표지선 현황 | 60 |
| Table 30 정부 노임단가표(2015년) | 61 |
| Table 31 항로표지 위치에 따른 선박 운항 여부 | 61 |
| Table 32 항로표지선 일일 유류소모량(2011~2015년) | 63 |
| Table 33 공사 원가 계산서 | 67 |
| Table 34 항로표지시설 장비용품 내용연수 | 69 |
| Table 35 건축물 등의 내용연수 | 70 |
| Table 36 항로표지의 내용연수 정립 | 71 |
| Table 37 해양사고 발생확률과 항로표지 증가율 | 73 |
| Table 38 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델의 평가 요소 | 76 |
| Table 39 항로표지 종류별 피해금액 기록 확인 결과 | 79 |
| Table 40 소비자물가상승률 | 80 |
| Table 41 항로표지 사고의 피해비용 | 81 |
| Table 42 항로표지 사고의 인건비 | 83 |
| Table 43 부산청 항로표지선 현황 | 84 |
| Table 44 항로표지 사고의 선박운항비용 | 85 |
| Table 45 항로표지 사고의 행정비용 | 86 |
| Table 46 항로표지 사고의 정지비용 | 88 |
| Table 47 항로표지 사고의 위험비용 | 89 |
| Table 48 항로표지 사고 사회적비용 | 90 |
| Table 49 항로표지 사고와 항로표지 사고의 사회적비용 | 92 |
| Table 50 항로표지 설치비용 대비 사회적 비용 | 94 |

List of Figures

| | |
|--|----|
| Fig. 1 연구의 방법 | 3 |
| Fig. 2 우리나라 항로표지 증가 현황 | 13 |
| Fig. 3 지방청별 항로표지 현황 | 15 |
| Fig. 4 항로표지 이용료 추이(2006~2015년) | 18 |
| Fig. 5 부산항 항계도 | 19 |
| Fig. 6 부산지역 계절별 주 풍향(2006~2015년) | 22 |
| Fig. 7 부산 항만별 출항항로(2011~2015년) | 26 |
| Fig. 8 부산항 인근 해양사고 현황도(2006~2015년) | 27 |
| Fig. 9 해양사고 종류별 현황(2006~2015년) | 27 |
| Fig. 10 해양사고 시간대별 현황(2006~2015년) | 28 |
| Fig. 11 부산청 관할해역 항로표지 사고 위치도 | 29 |
| Fig. 12 부산항유도등부표 손상 모습 | 30 |
| Fig. 13 Dales의 사회적 비용 | 38 |
| Fig. 14 조건부가치측정법 | 42 |
| Fig. 15 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 평가항목 도출 절차 | 52 |
| Fig. 16 항로표지(감천항 전도등) 이력카드 | 68 |
| Fig. 17 해양사고발생확률과 항로표지증가율 | 72 |
| Fig. 18 사회적비용의 평가기준과 평가기간 | 74 |
| Fig. 19 항로표지 사고의 비용 계산 기준의 예 | 78 |
| Fig. 20 항로표지 종류별 사회적비용 | 91 |
| Fig. 21 항로표지 가치평가 결과 | 95 |

항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 개발에 관한 연구

문 범 식

항해학과

한국해양대학교 대학원

요 약

항로표지는 해상교통의 안전을 도모하고 선박운항의 능률성을 향상시키기 위한 해상교통안전시설로서, 우리나라는 IALA의 관련 규정 및 권고사항에 따라 설치 및 운영되고 있다. 우리나라는 항로표지 이용자에게 안정적인 서비스를 제공하기 위해 항로표지를 관리하고 있지만, 항로표지 사고는 연평균 167건이 발생하고 있다. 항로표지 사고는 관리자에게 기능을 복구시켜야 하는 비계획 업무를 강요하고, 이용자에게는 심리적 불안감을 유발하여 경제적 손실이 발생한다. 이에 본 연구에서는 항로표지 사고로 인해 기능정지에서 복구까지 소요되는 관리자의 경제활동과 이용자의 불편함을 정량화하기 위한 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 개발하였다.

항로표지 사고의 사회적비용 추정모델은 생산손실비용, 행정비용, 위험비용의 합으로 제안하였다. 사회적비용은 경제주체의 경제행위에 따라 발생하는 비용으로 내부비용과 외부비용으로 구분하고 있다. 따라서 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델의 평가항목을 내부비용은 생산손실비용과 행정비용으로, 외부비용은 위험비용으로 분류하고 각 평가항목을 세분화하였다.

생산손실비용은 선박충돌, 기상악화 등에 의해 발생하는 항로표지의 피해 비용과 수리복구에 소요되는 외부 용역비용이다. 행정비용은 사고 항로표지의 기능 정상화에 소요되는 복구일수, 기간 중 소요되는 관리자의 인건비 그리고 항로표지업무용 선박의 운항비용으로 구분하였다. 또한 위험비용은 항로표지 기능정지 기간 동안 항로표지의 가치를 비용으로 환산한 정지비용과, 통항선박의 항해자가 느끼는 위험도인 해양사고 발생지수로 구분하였다.

항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 확인하기 위해 부산지방해양수산청 관할해역에서 10년간(2006~2015년) 발생한 항로표지 사고 221건을 적용하였다. 평가결과 사회적비용은 338억원으로 생산손실비용 34억원, 행정비용 71억원, 위험비용 232억원이었다. 특히 사회적비용(337억원)은 10년간 피해비용(34억원)의 10배, 설치비용(297억원) 대비 1.13배로 항로표지 관리자 및 이용자의 직·간접적인 경제피해가 상당했다.

또한 항로표지 사고의 사회적비용 평가를 통한 항로표지 종류별 가치를 평가한 결과 LANBY → 도등 → 무인등대 → 등부표 → 스파부이 → 등주 순이었다. 이는 수로나 항만입구에서 선박의 운항과 직접적인 관계가 있는 항로표지보다, 연안에서 항만이나 수로로 접근하는데 지표로 활용되는 항로표지가 더 가치가 높다고 할 수 있다.

우리나라는 삼면이 바다인 지형적 특성이 있으며 과거에 비해 해상교통량 증가로 항로표지의 환경은 급변하고 있다. 해양수산부는 급변하는 교통환경에 부응하기 위해 전국에 항로표지를 설치 운영하고 있다. 항로표지는 이용자에게 신뢰를 주어야 하며, 특히 항로표지가 기능정지 시 신속한 복구를 통해 이용자에게 불편함이 없어야 한다. 본 연구를 통해 개발한 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델은 항로표지가 동시다발적으로 기능 정지되었을 경우 선박의 안전운항과 경제적 비용손실을 고려하여 항로표지 정비 우선순위를 결정하고, 신설 재배치 등에 활용되기를 기대된다.

KEY WORDS : 항로표지, 사회적비용, 생산손실비용, 행정비용, 위험비용

Study on the Development of Social Estimation Model for Aids to Navigation Accident

Moon Beomsik

Department of Navigation

Graduate School of Korea Maritime and Ocean University

Abstract

The Aids to Navigation(AtoN) is marine traffic safety facility to facilitate the safe and efficient movement of shipping and enhance the protection of the marine environment by the regulation or guideline of The International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities(IALA). Our country managing AtoN to provide the stable service for AtoN user, but there are an average of 141 AtoN accidents annually. AtoN accident forces non-plan work on the managers to resort the function, and the users to cause psychological anxiety, so it incurs economic losses in conclusion. This study developed the Social Cost Estimation model of the AtoN accident for quantifying the manager's economic activities that take place from shutdown to recovery and the user inconvenience at cost.

The Social Cost Estimation model of AtoN accident is proposed as the sum of Encounter Cost, Administration Cost and the Risk Cost. Social costs are the costs incurred by the economic activities of the economic entities as internal costs and external costs. Therefore, the Estimation items of the social cost Estimation model for Aids to navigation accident were classified

internal cost as Encounter cost, Administration cost and external cost as risk cost, and each evaluation item was subdivided.

The Encounter cost is divided into damage cost caused by ship collision, weather deterioration, and repair cost for function recovery. Administration costs are divided into the number of recovery days required to normalize the function of an accident route mark, the labor cost of the manager during the period, and the operating cost of the aids to Navigation vessel. In addition, the Risk cost is classified into the Stop cost the value of aids to navigation on the route during the stop of the functions, and the Sea accident coefficient which is the risk felt by the navigator of the traffic ship.

In order to verify the social cost Estimation model of the aids to Navigation accidents, 221 incidents occurred in the maritime area of Busan Regional Maritime Affairs and Fisheries for 10 years(2006 ~ 2015) were evaluated. As a result of the Estimation, Social cost was 33.8 billion won, Encounter cost was 3.4 billion won, Administration cost was 7.1 billion won, and Risk cost was 23.2 billion won. Especially, the Social cost(37 billion won) was 10 times higher than the Damage cost(3.4 billion won) and 1.13 times the Installation cost(29.7 billion won) for 10 years.

As a result of assessing the value of each kind of aids to navigation by evaluating the Social cost, it was ranked as follows: LANBY → Leading light → Unmanned lighthouse → Light buoy → Spar buoy → Pillar buoy. This can be said that aids to navigation for approaching a port or a waterway from the coast are more valuable than aids to navigation related to the operation of a ship at the entrance of a waterway or a port.

Korea has a geographical characteristic of three sides of the sea, and the environment of aids to navigation is changing rapidly due to the increase of marine traffic compared to the past. The Ministry of Maritime

Affairs and Fisheries has set up aids to navigation throughout the country to meet the rapidly changing the environment. Aids to Navigation should give the user confidence, especially when aids to navigation stop functioning, it should be should repair promptly to avoid any inconvenience for users. The Social cost Estimation model of the aids to navigation accidents developed by this study could be used determines the priority of maintenance of aids to navigation as well as relocation of new equipment considering loss of economic cost when the aids to navigation are simultaneously stopped.

KEY WORDS : Aids to Navigation, Social cost, Encounter cost, Administration cost, Risk cost



제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 지정학적인 위치로 인하여 수출·입 물량의 99.7% 이상을 해상운송에 의존하고 있으며, 육상교통의 정체 등으로 인하여 연안을 이용하는 화물수송 분담률 또한 높아져 연안항로를 항행하는 선박이 급격히 증가하고 있다. 더구나 선박이 대형·고속화되고 유조선 등 위험화물 운반선 또한 지속적으로 증가 추세에 있다.

그러나 우리나라 연안해역은 지형적으로 크고 작은 섬과 암초가 산재해 있고, 조수간만의 차가 심한 협수로로 구성되어 있어 항시 해양사고의 발생요인이 되고 있을 뿐만 아니라, 빈번한 해무로 인하여 선박의 안전운항에 상당한 장애요인으로 작용하고 있다.

이러한 해상교통 환경, 연안해역에서 선박의 안전항행의 확보와 항만 입출항 선박의 안전 확보를 위해 우리나라 해역에서는 선박의 통항로, 암초, 항만 등에 항행원조시설인 항로표지가 지속적으로 설치 운영되어 2016년말 기준 국유표지 총 3,372기가 전국에 운영되고 있다(해양수산부, 2017). 항로표지는 해상교통의 안전을 도모하고 선박의 능률성을 향상시키기 위한 해상교통시설로서 국제항로표지 협회(IALA ; International Association of Marine aids to navigation and Lighthouse Authorities, 이하 IALA)의 관련 규정 및 권고사항에 따라 적용하고 있다.

현재 항로표지 운영과 관련하여 IALA에서는 항로표지 전체 운영시간과 가동시간을 고려한 운영율을 카테고리 1~3까지 3가지 카테고리로 분류하고 있으며, 항해상 중요성이 높은 표지에 대해서는 99.0%의 운영율을 권고하고 있다. 우리나라에서는 IALA 권고에 따라 해양수산부 항로표지과에서 운영율을 관리하고 있으며 2016년말 기준 운영률은 99.74%로 IALA 권고율을 상회하고 있다. 하지만 항로표

지 운영을에서 볼 수 있듯이 일부 항로표지는 사고나 손상 등에 의해 그 기능이 정지되고 있다.

항로표지의 기능정지는 항로표지를 관리하는 관리자에게 기능을 복귀시켜야 한다는 부담감도 있지만, 주변을 통항하는 선박은 기존 항로표지를 제대로 식별하지 못하여 해양사고의 위험성을 높이는 원인으로도 작용할 가능성이 있다.

항로표지를 설치할 때는 대상해역이나 지점에 해상교통조사, 교통혼잡도, 교통밀도 등 교통특성과약과 해양사고를 분석하고, 설치 시 기대되는 효과 등을 다각도로 분석하여 관련법규와 예산에 따라 설치 운영한다. 항로표지가 운영 중 사고 등으로 기능이 정지된 경우 항로표지법 제29조(원상복구의 의무)에 따라 단순하게 원상복구를 하도록 명시하고 있으며, 항로표지를 관리하는 지방청은 사고 항로표지에 대해 사고기록, 복구기록, 피해비용 등 일반적인 사항만 기록 유지는 실정이다.

항로표지 사고는 항로표지 관리자, 업무용 선박, 항로표지 이용자 등에게 불편을 가중시키고, 직·간접적으로 경제적비용이 발생하게 된다. 즉 항로표지 사고에서 기능복구까지 피해비용, 복구비용, 선박운항비용 그리고 항로표지 이용자의 심리적 불안감 등 다양한 조건에서 비용이 발생하게 된다. 따라서 이를 경제적으로 평가하기 위한 항로표지 사고에 대한 사회적비용(Social cost)의 추정모델 개발이 절실하였다.

사회적비용은 경제주체의 경제행위에 따라서 발생하는 비용이다(최, 2016). 사회적비용에 대한 연구는 교통사고, 환경오염, 기상, 병영문화 등 사회전반에 걸쳐 다양하고 광범위하게 이루어지고 있으며, 연구 결과는 정책방향 제시, 경제적 손실 규모 측정 등에 활용되고 있다. 항로표지분야에서는 설치 타당성에 대한 비용편익분석 연구만 일부 존재할 뿐, 항로표지 사고의 직·간접적인 경제적 손실규모와 관련한 연구는 없다고 해도 과언이 아니다.

이에 본 연구에서는 아직까지 연구된 적이 없는 항로표지가 그 기능이 정지되었을 경우 기능정지에서 복구까지 소요되는 직·간접적인 총 비용을 평가하기 위한 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 개발하고자 하였다.

1.2 연구의 방법 및 구성

Fig. 1은 연구의 방법이다. 본 연구는 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 개발하기 위한 것으로, 추정모델에 가장 핵심적인 것은 평가항목의 도출이다. 이를 위해 먼저, 항로표지에 대한 종류, 운영현황, 이용 및 사고를 분석하였다. 또한 현재까지 문헌이나 보고서에도 항로표지사고의 사회적비용에 대한 정의가 없으며, 항로표지사고에 대한 정의조차 없었다. 따라서 본 연구에서는 항로표지사고의 사회적비용을 정의하기 위해 문헌과 보고서 등에 정의된 사회적비용의 이론을 기반으로 항로표지 사고의 사회적비용을 정의하고자 하였다.

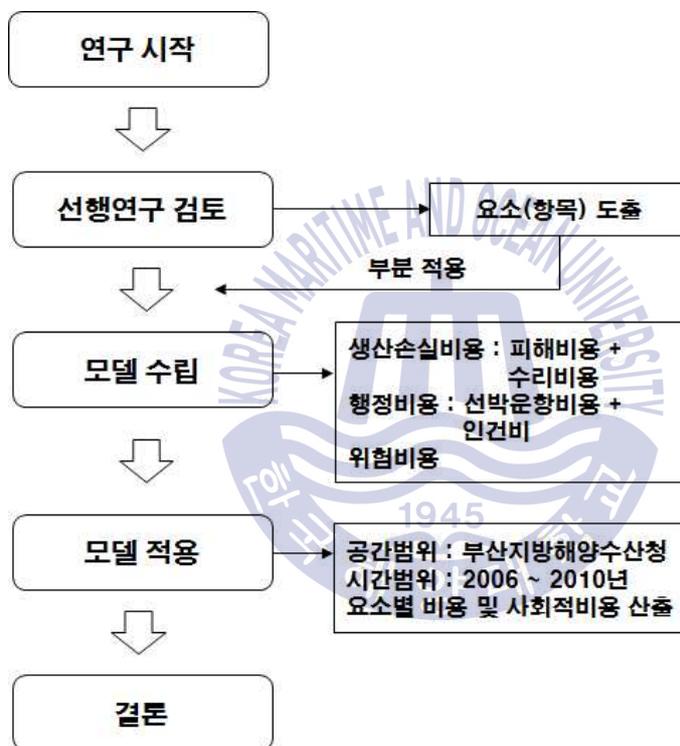


Fig. 1 연구의 방법

또한 교통사고와 해양사고의 사회적비용 평가와 관련한 선행연구를 통해 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델에 적합한 평가항목을 도출하였다. 개발된 항로

표지 사고의 사회적비용 추정모델을 부산지방해양수산청(이하 부산청) 관할해역에서 발생한 10년간(2006~2015년)의 항로표지 사고에 적용하여 사회적비용을 산출함으로써 모델에 대한 적용 및 모형평가를 하고자 하였다.

본 연구는 크게 6개의 장으로 구성하였다.

제2장은 항로표지관련 내용으로 항로표지 현황, 항로표지 설치 및 운영, 항로표지이용, 항로표지 사고 등을 분석하여 본 연구의 기초자료가 될 수 있도록 하였다.

제3장은 사회적비용에 대한 선행연구 고찰을 통해 항로표지 사고의 사회적비용 평가항목을 도출하였다. 기존 사회적비용에 대한 이론을 고찰하여, 항로표지 사고와 항로표지 사고의 사회적비용을 정의하였다. 또한 교통사고 및 해양사고 등 선행연구에 적용된 사회적비용 평가항목을 검토하여 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 개발에 적합한 평가항목 및 세부항목을 도출하였다.

제4장은 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 개발하였다. 생산손실비용, 행정비용, 위험비용을 항로표지 사고의 사회적비용의 평가항목으로 구분하였다. 또한 생산손실비용은 피해비용과 수리비용, 행정비용은 선박운항비용과 인건비, 위험비용은 해양사고 발생지수와 정비비용으로 각각 세분화하였다. 그리고 항로표지 사고와 직접적인 관계가 있는 내부비용은 생산손실비용과 행정비용으로, 간접비용인 외부비용은 위험비용으로 구분하였다.

제5장은 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델의 적용이다. 이를 위해 부산청 관할해역에서 발생한 10년간(2006~2015년)의 항로표지 사고 221건을 추정모델에 적용하여 평가항목별 비용 및 종합적인 사회적비용을 산출하였다. 또한 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 통해 항로표지의 가치판단 등 추정모델의 활용 가능분야를 제시하였다.

제6장은 본 연구에서 도출된 결론으로 구성하였다.

제 2 장 항로표지 사고현황 조사 분석

2.1 항로표지 현황 조사 분석

“항로표지란 등광, 형상, 색채, 음향, 전파 등을 수단으로 항(港), 만(灣), 해협(海峽), 그 밖의 대한민국의 내수, 영해 및 배타적 경제수역을 항행하는 선박에게 지표가 되는 등대, 등표, 입표, 부표, 안개신호, 전파표지, 특수신호표지 등을 말한다.”로 정의 하고 있다(항로표지법 제2조, 2017). 또한 IALA에서는 “항로표지란 최적의 항로 위치에 대한 조언을 하거나 위험 또는 장애를 경고하여 항해사가 선 위 및 항로를 결정하는데 도움을 주기 위한 선박 외부장치 또는 시스템”이라고 정의하고 있다(IALA, 2014). 즉, 항로표지는 항행선박에게 항행의 지표가 되고, 해상교통의 안전을 도모하며, 선박의 능률성을 향상시키기 위한 안전항해의 보조 장치이다.

2.1.1 항로표지의 기본요건

항로표지는 해상교통의 안전을 도모하고 선박의 운항능률 증진에 이바지하기 위하여 계속 변화하고 있는 해상교통의 환경을 고려하여, 적절하고 유효한 항로표지 요건이 구비되어야 한다. 항로표지의 기본요건은 다음과 같다(정 & 국, 2013).

- ① 국제적으로 간편하고 누구나 식별하기 쉬울 것
- ② 일정한 장소에서 항상 고정되어 있어야 하며 정확히 운영될 것
- ③ 신뢰성이 높고 항상 이용이 쉬울 것
- ④ 신뢰도를 즉시 검사할 수 있고 이용자의 숙련도 및 선박의 기기 정확도에 의존할 수 있는 정도를 가질 것
- ⑤ 이용자에게 친근감을 줄 것

⑥ 평상시에는 항해자가 무시할 수 있으나 필요시 즉시 이용할 수 있을 것

⑦ 수로도지를 참고하거나 계속적인 관측이 필요 없을 정도로 대응성이 좋을 것

이러한 기본요건 외에도 항로표지는 선박에 탑재되어 있는 각종 항행장비의 보조수단으로서의 역할을 수행하여 항행선박의 안전성을 확보하고 안전항해를 유도하는 역할을 하여야 한다. 항로표지별 기본요건은 Table 1과 같다(부산지방해양수산청, 2017).

Table 1 항로표지의 기본요건

| 구분 | 기본요건 |
|--------|--|
| 광파표지 | <ul style="list-style-type: none"> • 요구되는 범위 내에서 충분히 볼 수 있을 것 • 항해자가 다른 등화와 식별할 수 있도록 등광에 개성을 주어 관측자가 명료하게 구분할 수 있을 것 • 섬광과 암간이 적당한 간격으로서 항해자가 쉽게 식별할 수 있는 속도로 정확히 반복될 것 • 등명기 및 광원은 가능한 효율이 높고 신뢰성이 높은 것일 것 • 지리학적 입장에서 항로표지의 용도, 목적을 만족시킬 수 있고 충분한 안정성을 가진 것일 것 |
| 형상표지 | <ul style="list-style-type: none"> • 주간에 형상 및 채색에 그 위치를 나타내는 표지시설 |
| 음파표지 | <ul style="list-style-type: none"> • 무신호기는 안개, 운, 노을, 호우, 연무 등에 의하여 시계가 불량한 날이 많은 지역 또는 항만에 설치되며, 시계 불량한 날에 주야 구분없이 운용함 • 무신호기는 음향에 의하므로 그 음달거리는 비교적 짧으며 기상, 해상 상황에 따라 음달거리, 음향방위가 변동하는 등 차이점이 큼 |
| 전파표지 | <ul style="list-style-type: none"> • 전파의 특징인 직진성, 등속성, 반사성 등을 이용하여 선박이나 항공기의 지표가 되는 것 • 전파를 이용하므로 천후에 관계없이 항상 이용이 가능하고, 넓은 지역에 걸쳐서 이용할 수 있는 이점이 있음 |
| 특수신호표지 | <ul style="list-style-type: none"> • 좁은 해협, 수로 등에서 선박의 교통량, 항법상의 각종 자료 및 조류의 방향 등을 주야간에 전파하는 것 • 항행선박에 항법상의 자료를 통보하는 것 |

source : 부산지방해양수산청, 항로표지의 기본요건

2.1.2 항로표지 종류

항로표지의 종류는 Table 2와 같다. 항로표지는 이용자의 인지수단이나 표지기능의 유지방법 등에 의하여 광파표지, 형상표지, 전파표지, 음파표지, 특수신호표지 등으로 분류된다(항로표지법 시행규칙 제3조, 2017).

Table 2 항로표지의 종류

| 구분 | 종류 |
|--------|--|
| 광파표지 | 유인등대, 무인등대, 등표(燈標), 조사등(照射燈), 지향등(指向燈), 등주(燈住), 교량등, 통항신호등, 등부표(燈浮標), 스파부이(spar buoy), LANBY, 등선(燈船) |
| 형상표지 | 입표, 도표, 교량표, 통항신호표, 부표 |
| 음파표지 | 전기혼, 에어사이렌, 모터사이렌, 다이아폰(diaphone) |
| 전파표지 | 레이더비콘, 로란, 위성항법보정시스템(DGNSS), 레이더국 |
| 특수신호표지 | 조류신호표지, 해양신호표지, 자동위치식별신호표지(AIS) |

광파표지는 야간에 등화를 이용하여 그 위치를 표시하고, 형상표지는 주간에 시인이 가능하도록 그 형상, 색채 등으로 위치를 표시한다. 음파표지는 시계가 불량할 때, 즉 눈, 안개, 비 등으로 앞을 잘 볼 수 없을 경우 음향을 발하여 그 위치를 표시하며, 전파표지는 전파의 여러 가지 성질을 응용하여 항해지표로 사용하고 있다. 특수신호표지는 좁은 해협, 수로 등에서 선박의 교통량, 항법상의 각종자료 및 조류의 방향 등을 주야간에 전파 또는 형상물로써 항행 선박에 항법상의 자료를 통보한다.

가. 광파표지

광파표지는 시각을 통하여 식별하는 항해용 표지로서 주간표지와 야간표지로 분류된다. 주간에는 표지 자체의 형상 및 색상에 의하여 구별하고, 야간에는 표지에 설치된 등화에 의하여 확인할 수 있도록 고유한 특성의 빛을 발한다. 종류별로는 등대, 등표, 등주, 도등 등으로 구분할 수 있다.

① 등대

등대는 선박이 육지, 주요 변침점 또는 선위를 확인할 때 목표로 하기 위해서 설치된 등화를 갖춘 일반적으로 탑 모양의 구조물이다.

② 등표

장애물이나 항로의 소재 등을 배에게 알리기 위해 암초나 수심이 얇은 곳 등에 설치된 등명기를 갖춘 구조물이다.

③ 등주

구조가 간단한 기둥에 등명기를 설치하여 위치를 알리는 시설물이다.

④ 도등

통항이 곤란한 좁은 수로, 만, 입구, 항구 등에서 선박에 안전한 항로를 알려주기 위해 항로의 연장선상의 육지에 설치된 고저차가 있는 등화를 갖춘 2기의 탑 모양의 구조물이다.

그 외에도 지향등, 조사등, 등부표, 등선 등이 광파표지에 해당한다.

나. 형상표지

형상표지는 모양이나 색을 이용하는 표지로 낮에 이용된다. 종류에는 도표, 입표, 부표 등이 있다.

① 도표

도표는 통항이 곤란한 좁은 수로, 만의 입구, 항구 등에서 안전한 항로를 알려

주기 위하여 항로의 연장선상의 육지에 설치하는 2기 이상을 1조로 하는 빛을 비추지 않는 구조물이다.

② 입표

입표는 배에 장애물이나 항로의 소재 등을 알리기 위해서 암초나 수심이 얇은 곳 등에 설치한 구조물이며 빛을 비추지 않는다.

③ 부표

항해하는 선박에게 암초나 천소 등 장애물의 존재를 알려주거나 항로를 표시하기 위하여 침추를 해저에 정착하여 해면상에 뜨게한 구조물로서 등광을 발하는 것을 등부표라 하고, 등광을 발하지 않고 주로 주간에만 이용하는 것을 부표라 한다(항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준, 제2조의 2).

다. 음파표지

음파표지는 시계가 불량하여 등화를 발견하기 어려울 때 음향신호를 발하여 인근 해역을 항행하는 선박에게 항로표지의 위치를 알리거나 경고할 목적으로 설치된 표지로서 무신호(Fog Signal)라 한다. 종류에는 공기사이렌, 모터사이렌, 전기혼 등이 있다(정 & 국, 2013).

① 공기사이렌

공기사이렌은 압축공기에 의해 만든 공기로 사이렌을 취명시킨다.

② 모터사이렌

모터사이렌은 전동기에 의해서 발음판을 회전시켜 사이렌을 취명시킨다.

③ 전기혼

전기혼은 전자식으로 300~500Hz 저주파로서 발음기에 의해 음향을 발한다.

라. 전파표지

전파표지는 전파를 이용하여 등대의 송신국에서 발하는 전파를 배에 설치한 수신기로 위치를 측정하는 항로표지이다. 전파표지는 등대, 등표 등 빛을 이용하여 위치를 확인하기 어려운 먼 거리나 지형 등에서 항상 이용할 수 있다. 전파표지의 종류에는 장거리무선항법시스템(Loran-C), 위성항법보정시스템(DGPS), 레이더비콘(Radar Beacon) 등이 있다.

① 장거리무선항법시스템

Loran-C는 배에 설치된 Loran-C 수신기를 이용하여 배의 위치를 측정할 수 있도록 전파를 발사하는 시설로 하나의 주국과 2개의 종국이 하나의 체인을 구성하며, 각 송신국에서 발사하는 100KHz 펄스파의 도달시간차를 수신기로 측정하여 위치를 구하는 쌍곡선항법장치이다.

② 위성항법보정시스템

DGPS는 인공위성을 이용한 최첨단 항법장치로 지구 위에 떠있는 24개의 인공위성을 이용하여 전 세계 어디서나 GPS 수신기를 통해 인공위성 전파의 도달 시간을 측정하여 위치를 구하며, GPS 위치 오차를 1m 이내로 보정하여 정확한 위치를 제공해 주는 것이 위성항법보정시스템이다.

③ 레이더비콘

레이더비콘은 배의 레이더에서 발사된 전파를 수신하면 자동적으로 응답신호를 송신하여 배의 레이더 화면에 모르스부호 휘선을 나타내어 등대의 위치를 알 수 있도록 하는 장치이다.

마. 특수신호표지

좁은 해역, 연안수로 등에서 해양기상, 해양환경, 선박 통항 현황 등을 전파나 인터넷 등을 이용하여 항행선박의 안전항해에 관련된 자료를 실시간 제공하는 시스템이다. 종류에는 조류신호소, 선박통항신호소, 해양기상신호소 등이 있다.

① 조류신호소

강한 조류가 있는 해역에서 조류의 방향과 속력을 실시간 측정하여 전광판이나 무선전화, 인터넷 등으로 운항 중인 선박에 알려주는 시설이다.

② 선박통항신호소(VTS)

교통량이 많은 해역 내에서나 좁은 수로에서 배의 운항과 관련된 정보를 수집하고, 배의 위치와 다른 배의 움직임에 관한 정보를 무선전화 등으로 알려준다.

③ 해양기상신호소

정해진 해역의 해양기상을 측정하여 실시간 이용자에게 전광판이나 무선전화, 인터넷 등으로 항해하는 해역의 기상정보를 제공하는 시설이다.



2.1.3 목적에 의한 분류

위에서 언급된 기능상의 분류 외에 항로표지는 사용 목적에 따라 항양표지, 육지초인표지, 연안표지, 항만인지표지, 유도표지, 장애표지 등으로 분류된다(항로표지기술협회, 2018).

① 항양표지

해안선에서 50마일 이상 떨어진 해양을 항행하는 선박이 육상의 물표를 이용하여 위치측정이 불가능할 때, 선위를 정확하게 결정할 수 있도록 하기 위하여 설치하는 장거리용 표지로 출력 200W 이상의 전파표지, 로란, DGPS 등이 있다.

② 육지초인표지

해안선에서 20마일 이상 해양을 항행하는 선박에게 육지를 초인하게 하거나 선위를 확정함에 이용할 수 있도록 설치한 표지로 광원은 1Kw 이상, 광달거리 30마일 이상, 광력 80만cd 이상의 등광, 출력 100~200W의 전파표지 등이 있다.

③ 연안표지

해안에서 20마일 이하의 해양을 항행하는 선박의 위치를 확정하는데 필요한 표지로서 광달거리 20마일 이상, 광력 20만cd 이상의 등광, 회전무선표지, 레이마크 비콘, 음달거리 5마일 이상의 음파표지 등이 있다.

④ 유도표지

해협, 수도, 소해수로, 관제항로, 항만 등 협소 또는 위험한 해면을 항해하는 선박을 안전하게 목적지에 유도하기 위하여 설치된 표지로 도등, 도표, 등부표 등이 있다.

⑤ 장애표지

선박이 항행 장애가 되는 천소, 암초, 침선 등을 표시하기 위하여 설치한다. 등표, 등부표 등으로서 방위표지, 고립장애표지, 특수표지, 측방표지와 레이콘 등이 있다.

2.2 항로표지 설치 및 운영현황 조사 분석

2.2.1 항로표지 설치현황 조사

항로표지는 해양사고 예방 및 선박의 안전항해를 지원하는 시설로서, 항로표지 개발 및 설계가 필요한 경우 항로표지법 제3조(항로표지 개발에 관한 계획의 수립·시행)에 의거하여 10년 단위로 항로표지 개발에 관한 기본계획을 수립 시행하고 있으며, 기본계획의 타당성 여부를 5년마다 검토하고 이를 조정할 수 있다. 또한 해상에서의 환경변화 및 새로운 항로표지 방식의 도입 등에 따라 기본계획을 변경할 필요가 있다고 인정되는 때에는 이를 변경할 수 있도록 하고 있다.

Fig. 2는 우리나라 항로표지 증가현황이다. 우리나라의 항로표지는 1960년 국유표지 254기로 표기된 이후 꾸준히 증가하였고, 1980년 이후 산업화에 따른 선박 입출항 척수의 증가와 항로표지 예산의 증대에 따른 결과로 항로표지 기수는 크게 증가하여, 2016년말 3,327기에 이른다. 사설표지는 1990년대 이후부터 기수가 크게 늘어나고 있으며, 그 증가율은 국유표지의 증가율보다 높았다. 이처럼 우리나라의 항로표지는 국유 및 사설표지가 지속적으로 증가되고 있다.

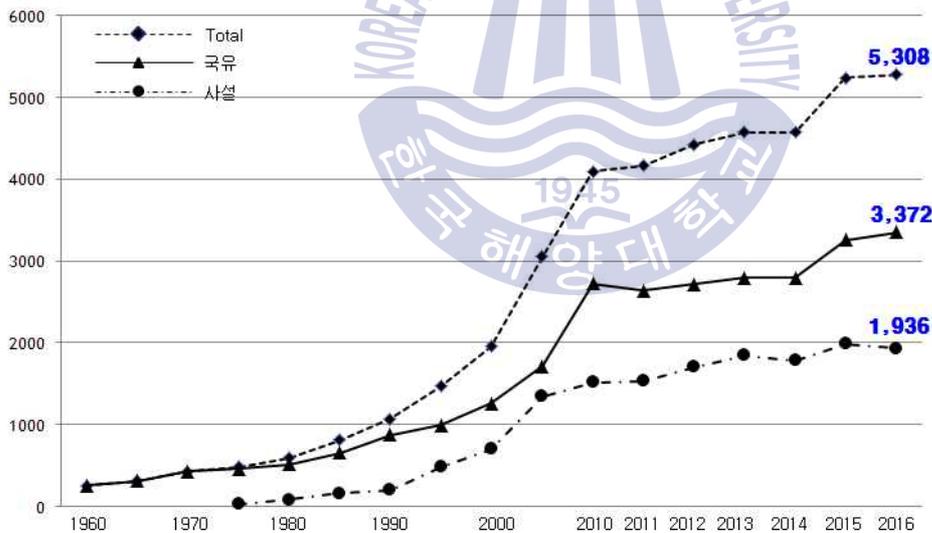


Fig. 2 우리나라 항로표지 증가 현황

Table 3 항로표지 설치현황

| 구분 | 합계 | 측위 | 부산 | 제주 | 인천 | 여수 | 마산 | 울산 | 동해 | 군산 | 목포 | 진도 | 포항 | 평택 | 대산 | |
|----------------------------|-------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 총계(국유) | 3,372 | 18 | 637 | 196 | 331 | 363 | 370 | 111 | 145 | 189 | 254 | 225 | 190 | 150 | 193 | |
| 광 파 표 지 | 유인 | 38 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 6 | | 2 | |
| | 무인 | 1052 | | 78 | 119 | 37 | 93 | 164 | 36 | 97 | 61 | 91 | 105 | 34 | 48 | |
| | 등표 | 426 | | 20 | 31 | 42 | 62 | 79 | 3 | 8 | 47 | 37 | 9 | 13 | 42 | |
| | 도등 | 9 | | 5 | | 1 | | | | 2 | | | 1 | | | |
| | 조사등 | 14 | | | 3 | | | | 1 | 5 | | | 3 | | 2 | |
| | 지향등 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | 등주 | 420 | | 391 | | 2 | 1 | 4 | 9 | | | | 10 | | 3 | |
| | 등부표 | 712 | | 83 | 6 | 157 | 98 | 55 | 31 | | 31 | 56 | 59 | 15 | 80 | 41 |
| | 교량(야) | 5 | | 3 | | | | | | | | 2 | | | | |
| 소계 | 2,677 | 0 | 583 | 163 | 243 | 257 | 304 | 82 | 116 | 141 | 189 | 184 | 150 | 127 | 138 | |
| 형 상 표 지 | 입표 | 28 | | 5 | 2 | 5 | 2 | 2 | | 1 | 1 | 5 | 5 | | | |
| | 부표 | 44 | | | | 20 | 13 | 3 | 2 | | | 3 | | 2 | 1 | |
| | 교량(주) | 5 | | 3 | | | | | | | | 2 | | | | |
| | 소계 | 77 | 0 | 8 | 2 | 25 | 15 | 5 | 2 | 1 | 1 | 10 | 5 | 0 | 2 | 1 |
| 음 파 표 지 | 에어사 이렌 | 6 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | | 2 | | | |
| | 전기혼 | 44 | | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 4 | 6 | 3 | 3 | 5 | 4 | 2 | 2 |
| | 소계 | 50 | 0 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 6 | 3 | 4 | 5 | 6 | 2 | 2 |
| 전 파 표 지 | DGPS | 17 | 17 | | | | | | | | | | | | | |
| | RACON | 102 | | 10 | 10 | 13 | 12 | 9 | 3 | 4 | 4 | 10 | 8 | 6 | 3 | 10 |
| | LORAN -C | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 소계 | 120 | 18 | 10 | 10 | 13 | 12 | 9 | 3 | 4 | 4 | 10 | 8 | 6 | 3 | 10 |
| 특 수 신 호 표 지 | VTS | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 조류신 호소 | 2 | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | 해양기 상신호 | 76 | | 12 | 5 | 17 | 7 | 4 | | | 9 | 7 | 7 | 2 | 2 | 4 |
| | AtoN AIS | 370 | | 21 | 11 | 28 | 68 | 45 | 20 | 18 | 31 | 34 | 16 | 26 | 14 | 38 |
| | 소계 | 448 | 0 | 33 | 16 | 47 | 75 | 49 | 20 | 18 | 40 | 41 | 23 | 28 | 16 | 42 |

source : 해양수산부(2016년 말 기준)

Fig. 3은 2016년말 기준 각 지방청별 운영 중인 국유 항로표지 현황이다. 부산청이 637기로 가장 많고, 마산청 370기, 여수청 363기, 인천청 331기 목포청 254기 순이다. 이는 각 지방청별 통항선박의 안전하고 효율적인 해양교통 환경 조성을 목적으로 설치·운영 중인 것으로 분석되었다.

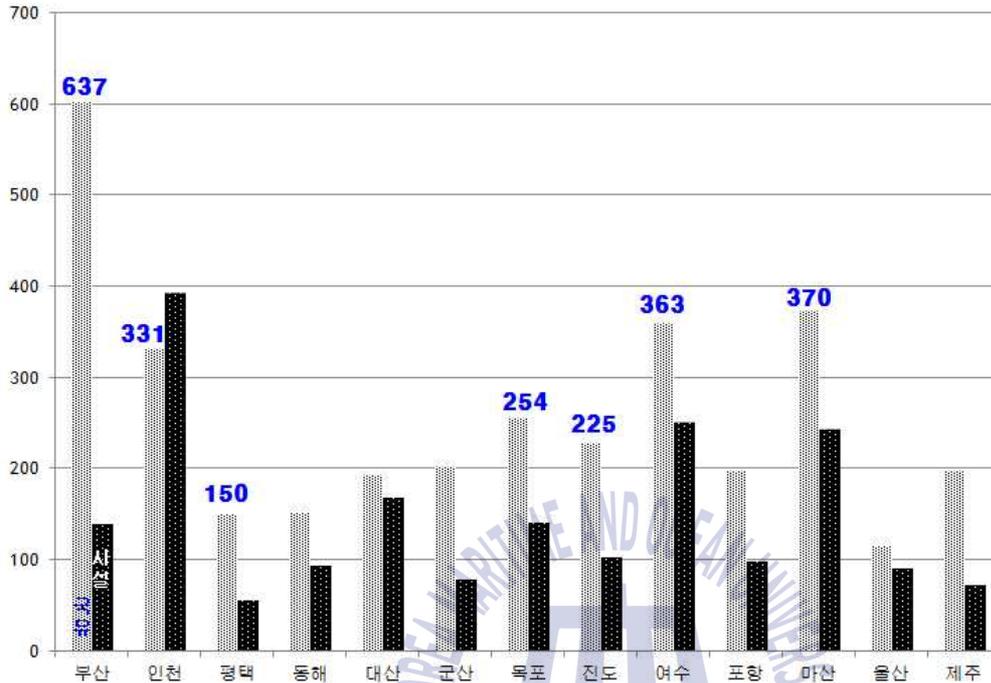


Fig. 3 지방청별 항로표지 현황

항로표지 1기당 해안선 길이의 경우, 기존에는 해안선 길이 당 항행원조용 광파표지 설치 기수를 기준으로 항로표지 1기당 해안선 길이를 산출하였으나, 2015년 12월 이후부터 해양수산부는 항행원조용 표지(광파, 음파, 형상, 전파, 특수신호)로 변경하여 산출하고 있다.

우리나라의 경우 해안선 길이 당 항로표지 시설은 1960년 37.3마일을 시작으로 2009년 3.06마일, 2015년 2.58마일, 2016년 2.45마일로 꾸준히 단축되고 있다. 우리나라의 경우 항로표지 시설은 해마다 꾸준한 투자로 설치 기수가 증가하여 왔으나, 독일 0.7마일, 프랑스 1.0마일, 미국 2.0마일 등 선진 외국의 항로표지 1기당 해안선 길이 지표와 비교하면 여전히 미흡하다(해양수산부, 2017).

2.2.2 항로표지 운영현황 분석

항로표지의 효율적 운영은 고장, 소등 등 항로표지 기능정지를 최소화하여 항로표지의 정해진 기능을 수행하며, 이용자에게 원하는 위치와 시간에 관계없이 무한한 서비스를 제공함으로써 선박을 안전하게 운항할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 항로표지가 무결성을 제공할 때 항로표지의 신뢰도는 향상될 것이다.

가. IALA의 항로표지 운영 기준

Table 4는 IALA의 항로표지 카테고리별 분류방법이다. 항로표지 운영과 관련하여 IALA는 NAVGUIDE(Aids to Navigation Manual)를 통해 항로표지의 연간 운영율을 항로표지 시설의 중요도에 따라 3가지 카테고리로 분류하고 있다. IALA는 카테고리별 항로표지 시설의 운영율 목표를 설정하고 매년 평가하여 달성여부를 확인하고 있으며, 개별 항로표지의 절대 최소 운영률 수준은 95%로 설정하고 있다(IALA, 2014).

$$\text{연간운영률(\%)} = \left(\frac{\text{전체항로표지기수} \times \text{운영일수} - \text{사고일수}}{\text{전체항로표지기수} \times \text{운영일수}} \right) \times 100$$

Table 4 IALA 항로표지 카테고리 분류방법

| 구분 | 목표 | 분류 방법 |
|--------|-------|--|
| 카테고리 1 | 99.8% | 항해상 중요성이 매우 크다고 생각하는 AtoN 또는 AtoN 시스템 예) 육지초인표지, 주요항로, 수로, 해협 또는 새로운 위험, 해양 환경의 보호에 중요하다고 생각되는 광파표지 및 레이콘 |
| 카테고리 2 | 99.0% | 항해상 중요하다고 생각하는 AtoN 또는 AtoN 시스템 예) 2차 항로를 표시하는 모든 광파표지 및 레이콘과 주 항로 표시를 보완하는 시설 |
| 카테고리 3 | 97.0% | 항해상 필요하다고 생각하는 AtoN 또는 AtoN 시스템 |

source : IALA NAVGUIDE, 2014

나. 우리나라의 항로표지 운영현황 분석

해양수산부에서는 항로표지 기능이 정상적으로 발휘될 수 있도록 항로표지의 보호, 항로표지로 오인할 수 있는 시설물 등을 금지하여 항로표지를 이용하는 통항선박의 항해자가 원활한 운항과 안전을 위해 관련법령과 지침에 따라 항로표지를 관리 운영하고 있다.

Table 5는 2011~2016년까지 우리나라 항로표지 운영율이다. 우리나라 전 연안에 설치된 항로표지는 항해상 안전을 도모하기 위해 설치 및 운영되고 있으며, IALA 분류 기준에는 카테고리 2(99.0%)에 해당한다. 해양수산부 통계에 의하면 2011~2016년까지 우리나라 항로표지 운영률은 평균 99.81%로 IALA 기준을 상회하고 있다.

Table 5 우리나라 항로표지 운영율(2011~2016년)

| 구 분 | 국유표지 (기) | 운영률 (%) | 사고기수 | | 사고일수 (일) |
|-------|-------------|------------|------|-------|-------------|
| | | | 수량 | 비율(%) | |
| 2011년 | 2,631 | 99.93 | 115 | 4.37 | 617 |
| 2012년 | 2,715 | 99.78 | 224 | 8.25 | 2,123 |
| 2013년 | 2,790 | 99.80 | 170 | 6.09 | 2,003 |
| 2014년 | 2,801 | 99.81 | 154 | 5.50 | 1,882 |
| 2015년 | 3,256 | 99.84 | 156 | 4.79 | 1,804 |
| 2016년 | 3,372 | 99.74 | 188 | 5.61 | 2,491 |
| 평균 | - | 99.81 | 167 | 5.73 | 1,820 |

source : 해양수산부

우리나라 항로표지 운영율에서 알 수 있듯이 항로표지 사고는 해마다 발생하며, 사고 발생기수는 연평균 167기이다. 특히 2012년에는 태풍 불라벤의 영향으로 항로표지 피해가 많이 발생하여 2011년 대비 2배 가까이 증가한 것으로 분석되었다. 또한 2011년 이후 우리나라에서 운영 중인 국유표지 중 사고기수는 연평균 5.73%에 이르고 있어 항로표지에 대한 지속적인 관리가 필요하다.

2.2.3 항로표지 이용현황 분석

항로표지의 관리자가 항로표지를 설치, 운영하고 있다면, 항로표지를 이용하는 이용자는 항로표지 이용료를 지불해야 한다. 항로표지 이용료는 항로표지법, 동법 시행령, 동법 시행규칙 및 항만법에 근거하여 무역항을 입·출항하는 선박을 대상으로 항로표지의 수량이나 기능정지에 관계없이 징수하고 있다. 항로표지이용료는 1회 입항 및 출항 시 징수하는 선박 입·출항료에 포함하여 징수하며, 1톤당 선박 입·출항료 135원 중 항로표지 이용료는 24원이다.

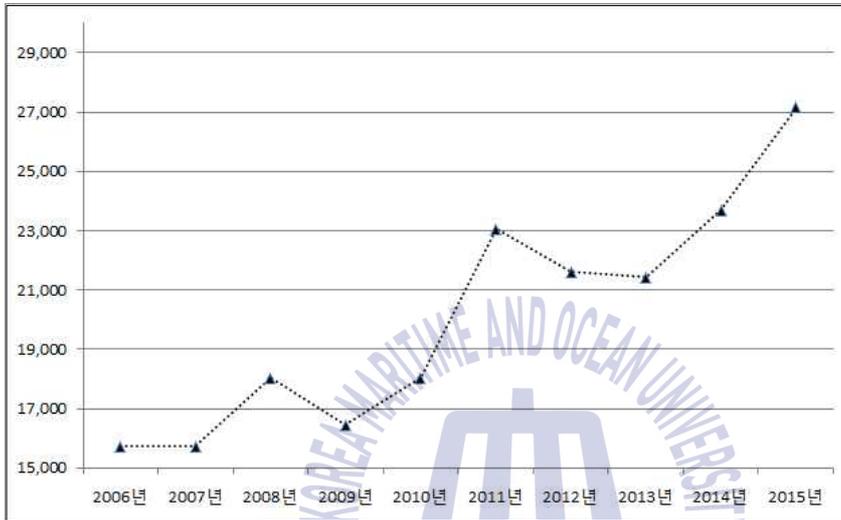


Fig. 4 항로표지 이용료 추이(2006~2015년)

Fig. 4는 항로표지 이용료 추이이다. 지난 10년간(2006~2015년) 항로표지 이용료는 총 2,009억원이며 2006년 153억원에서 2015년 271억원으로 170%이상 증가하였고 해마다 증가추세를 보이고 있다. 또한 지난 10년간 무역항별 항로표지 이용료 현황을 분석하면 부산항이 전체의 37.8%(758억원)로 제일 많고, 여수 14.0%(281억원), 울산 13.6%(273억원), 인천 11.3%(227억원)로 그 뒤를 잇고 있다.

항로표지 이용자는 항로표지를 기능정지, 설치수량에 관계없이 비용을 지불하고 있다. 따라서 무역항을 포함한 모든 항만 및 항로를 통항하는 선박에게 항로표지를 이용하면 안전항해를 할 수 있다는 신뢰도를 높이기 위해, 항로표지 관리자는 항로표지 기능이 정지되지 않도록 최선을 다해야 한다.

2.3 항로표지 사고현황 조사 분석

항로표지 사고의 원인과 결과를 분석하기 위하여 부산청 관할해역에서 10년간 (2006~2015년) 발생한 항로표지 사고를 분석하였다. 항로표지 사고분석은 부산청에서 보관 중인 항로표지 사고별 문서를 기반으로 분석하였다. 또한 항로표지 사고는 기상불량, 통항선박과의 충돌 등에 의해 발생하는 경향이 있어 10년간 (2006~2015년) 기상, 선박 통항량, 해양사고 등을 사전에 분석하였다.

2.3.1 분석대상 선정

부산항은 한반도 동남단에 위치하고 있으며, 수심이 깊고 조수간만의 차이가 거의 없는 천혜의 양항으로서 1910년 개항 이후 부산북항, 부산신항, 감천항, 다대포항 등을 개발하여 태평양과 유라시아 대륙을 잇는 관문 역할을 하고 있는 우리나라 제1의 항만으로 기능을 수행하고 있다.



Fig. 5 부산항 항계도

Fig. 5는 부산항의 항계도이다. 항계도와 같이 부산항은 부산북항 및 감만부두를 입출항하는 제1항로, 부산신항을 입출항하는 제5항로 등 5개의 항로를 운영하고 있으며, 5개의 항로를 통하여 100,197척(입항 50,089척, 출항 50,108척 2016년 말 기준)이 입·출항을 하고 있다.

Table 6은 부산청 항로표지 현황이다. 항만의 규모 및 선박 통항량을 고려하여 안전하고 효율적인 해상교통환경 조성을 목적으로 항로표지 운영기수는 국유 637기(사설 135기)를 운영하고 있어 전국항만 중 가장 높은(18.9%/국유) 수량을 설치 운영하고 있다.

Table 6 부산청 항로표지

| 구분 | | 광파표지 | 형상표지 | 음파표지 | 전파표지 | 특수신호표지 |
|------|-----|------|------|------|------|--------|
| 계 | 772 | 694 | 30 | 3 | 11 | 34 |
| 국유표지 | 637 | 583 | 8 | 3 | 10 | 33 |
| 사설표지 | 135 | 111 | 22 | | 1 | 1 |

source : 부산지방해양수산청

위와 같이 부산청 관할해역은

- ① 지리적으로는 태풍 등 기상적인 영향을 가장 많이 받는 지역으로 항로표지 피해가 우려되는 지역이며
- ② 교통적으로는 우리나라 제1의 항만에 걸맞는 교통량으로 항로표지가 선박에게 중요한 교통 길잡이 역할을 수행하고 있고
- ③ 운영적 측면에서 전국 지방청 중 가장 많은 항로표지를 설치 운영하는 특성을 고려하여 부산청 관할 해역의 항로표지를 분석대상으로 선정하였다.

2.3.2 기상분석

기상분석은 10년간(2006~2015년) 기상자료를 분석하였다(기상청, 2006~2015). 한반도 남해안 동부에 위치하고 있는 부산은 대륙성 기후보다는 해양성 기후의 성격을 가지고 있으며, 여름철에는 태풍의 영향을 많이 받고 있다. 부산은 위치상 다우지역에 속하나 겨울에는 눈이 내리는 일은 많지 않다. 강수는 6~9월에 50% 정도가 집중되고, 바람은 겨울에는 북서풍이 여름에는 남서풍이 주풍이지만 연중 바람이 많은 것이 특징이다.

Table 7은 10년간(2006~2015년) 부산지역에서 관측된 평균 기상이다. 부산의 10년간(2006~2015년) 관측된 기상을 보면 연평균 기온 15.0°C, 평균풍속 3.26m/sec, 맑은 날은 연평균 127일, 연평균 강수량은 1,486mm로 분석되었다.

Table 7 부산 평균 기상(2006~2015년)

| 구 분 | | 기 상 | | 구 분 | | 기 상 | |
|------|------|------------------|-----------|---------------|--------|---------------------|--|
| 기온 | 연평균 | 15.0°C | | 맑음 | 127.0일 | | |
| | 최고기온 | 35.0°C (2013.8) | | 흐림 | 103.3일 | | |
| | 최저기온 | -12.8°C (2011.1) | | 눈 | 3.0일 | | |
| 바람 | 최대 | 풍향 | SW | 천기일수 (연평균) | 안개 | 10.0일 | |
| | | 풍속 | 18.3m/sec | | 뇌전 | 11.3일 | |
| | | 일자 | 2009.2 | | 결빙 | 56.7일 | |
| | 순간 | 풍향 | NNW | 강수량 | 연평균 | 1,486mm | |
| | | 풍속 | 35.2m/sec | | 연최다 | 1983.3mm (2012년) | |
| | | 일자 | 2006.9 | | | | |
| 평균풍속 | | 3.26m/sec | | | | | |

가. 주 풍향

Fig. 7은 부산지역 계절별 주 풍향이다. 부산지방의 10년간(2006~2015년) 평균 풍속은 3.26m/sec이고, 연간 2.8~3.66m/sec로 바람이 불고 있으며, 계절적으로는 봄철(3~5월)에 바람이 강하다. 주 풍향은 전체적으로 북동풍(NE)이 우세하고 봄과 여름에는 남서풍(SE) 계열, 가을에는 북동(NE)풍 계열, 겨울에는 북서(NW)풍 계열이 우세한 것으로 분석되었다.

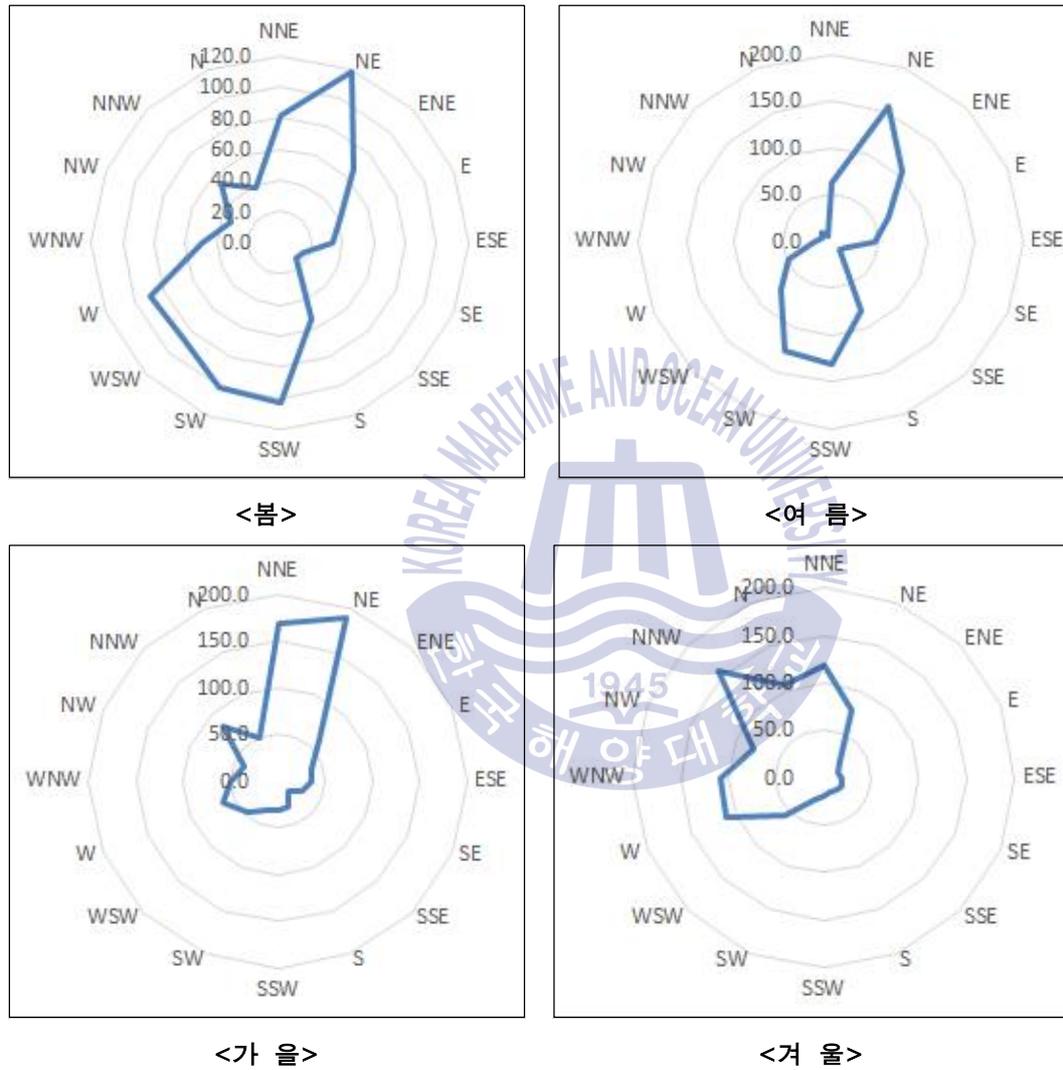


Fig. 6 부산지역 계절별 주 풍향(2006~2015년)

나. 태풍 및 기상특보

항로표지 사고의 원인 중의 하나인 기상특보는 태풍과 주의보, 경보 등이 이에 속한다. 10년간(2006~2015년) 발생한 태풍은 232회이고 이중 우리나라에 영향을 미친 태풍은 27회(11.6%)로 연평균 2.7회였다. 태풍은 6월에서 10월 사이에 집중적으로 발생하였고, 8월이 10회로 가장 많았고, 7월 8회, 9월 5회, 6월과 10월이 각 2회가 발생하였다.

Table 8은 부산인근 해상의 10년간(2006~2015년) 기상특보 발효 현황이다. 부산인근 해상에서 발생한 기상특보(풍랑주의보, 풍랑경보, 태풍주의보, 태풍경보)는 연평균 37.8회 44일이며, 연도별로는 2010년(60회 74일)이 가장 많았고, 2015년(19회 22일)로 상대적으로 적었다. 또한 기상특보 중 풍랑주의보가 평균 33.9회 40.1일로 가장 많은 비중을 차지하였다.

Table 8 기상특보 발효 현황(2006~2015년)

| 구분 | 풍랑주의보 | | 풍랑경보 | | 태풍주의보 | | 태풍경보 | | 계 | |
|-------|-------|------|------|-----|-------|-----|------|-----|------|-----|
| | 회 | 일 | 회 | 일 | 회 | 일 | 회 | 일 | 회 | 일 |
| 2006년 | 42 | 47 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 49 | 54 |
| 2007년 | 32 | 41 | 1 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 40 | 49 |
| 2008년 | 24 | 26 | | | | | | | 24 | 26 |
| 2009년 | 41 | 47 | 3 | 3 | | | | | 44 | 50 |
| 2010년 | 55 | 69 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 60 | 74 |
| 2011년 | 45 | 53 | 3 | 3 | 1 | 1 | | | 49 | 57 |
| 2012년 | 33 | 38 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 39 | 44 |
| 2013년 | 25 | 29 | | | | | 1 | 1 | 26 | 30 |
| 2014년 | 25 | 31 | 3 | 3 | | | | | 28 | 34 |
| 2015년 | 17 | 20 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 19 | 22 |
| 계 | 339 | 401 | 14 | 14 | 11 | 11 | 14 | 14 | 378 | 440 |
| 평균 | 33.9 | 40.1 | 1.4 | 1.4 | 1.1 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 37.8 | 44 |

다. 안 개

안개는 선박 운항자에게 시각적 장애를 주고 있어 안전항해를 저해하는 가장 취약한 요소 중 하나이다. Table 9는 부산지역의 10년간(2006~2015년) 월별 안개 발생 일수이다. 부산항 인근에서 10년간(2006~2015년) 발생한 안개일수는 연 평균 10일이며, 주로 5월~7월 사이인 하계철에 집중적으로 발생하였고, 9월~2월까지 거의 발생하지 않았다. 연도별로는 2006년이 20일로 가장 많았고, 2014년에는 2일로 적게 발생하였다. 특히, 2015년에는 14일이 발생하였는데 계절적으로 안개 발생의 영향이 적은 1월과 3월에도 발생하여 항해에 주의를 요하고 있다.

Table 9 월별 안개발생 일수(2006~2015년)

| 구분 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 합계 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 2006년 | | | | 1 | 9 | 2 | 7 | | | 1 | | | 20 |
| 2007년 | | 1 | | 1 | 2 | 4 | 5 | 1 | | | | | 14 |
| 2008년 | | | | | 1 | | 3 | | | | | | 4 |
| 2009년 | | | 1 | | | 5 | 1 | | | | | | 7 |
| 2010년 | | | 1 | 1 | 4 | 2 | 4 | 1 | | | | | 13 |
| 2011년 | | | 1 | | 3 | 5 | 4 | | | | | | 13 |
| 2012년 | | | | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 5 |
| 2013년 | | | | | 2 | 1 | 3 | 2 | | | | | 8 |
| 2014년 | | | | | 1 | | 1 | | | | | | 2 |
| 2015년 | 1 | | 1 | 2 | | 4 | 5 | 1 | | | | | 14 |
| 계 | 1 | 1 | 4 | 7 | 23 | 24 | 34 | 5 | | 1 | | | 100 |
| 평균 | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.7 | 2.3 | 2.4 | 3.4 | 0.5 | | 0.1 | | | - |

2.3.3 선박 통항량 조사 분석

Table 10은 10년간(2006~2015년) 연도별 부산항 입항 선박 현황이다. 10년간(2006~2015년) 부산항을 입항한 선박은 총 509,495척으로 일일평균 약 140척이었으며, 매년 입항 척수는 평균 5만여척이지만, G/T는 매년 증가추세를 보이고 있다.

톤급별로는 100톤~500톤 선박이 118,802척(23.3%)이었고, 선종별로는 컨테이너선이 135,824척(26.6%)이었다. 부산항을 입출항하는 선박중 내항선은 233,992척(45.5%), 외항선은 275,503척(54.5%)을 차지하고 있다(해양수산부, 입출항통계자료 2006~2015년).

Table 10 연도별 부산항 입항 선박(2006~2015년)

| 구 분 | 합 계 | | 외항선 | | 내항선 | |
|-------|---------|---------------|---------|---------------|---------|-------------|
| | 척 수 | G/T | 척 수 | G/T | 척 수 | G/T |
| 2006년 | 50,385 | 363,598,204 | 27,032 | 344,499,719 | 23,353 | 19,098,485 |
| 2007년 | 51,395 | 395,128,596 | 28,719 | 372,796,270 | 22,676 | 22,332,326 |
| 2008년 | 57,979 | 416,338,349 | 28,551 | 390,008,906 | 29,428 | 26,329,443 |
| 2009년 | 50,012 | 425,536,329 | 26,041 | 404,489,887 | 23,971 | 21,046,442 |
| 2010년 | 52,484 | 467,812,456 | 27,877 | 444,480,936 | 24,607 | 23,331,520 |
| 2011년 | 50,447 | 513,502,164 | 27,943 | 493,525,362 | 22,504 | 19,976,802 |
| 2012년 | 50,440 | 534,400,791 | 28,336 | 513,863,335 | 22,104 | 20,537,456 |
| 2013년 | 49,588 | 567,882,985 | 27,798 | 548,792,050 | 21,790 | 19,090,935 |
| 2014년 | 47,718 | 557,173,490 | 26,155 | 537,077,426 | 21,563 | 20,096,064 |
| 2015년 | 49,047 | 627,934,559 | 27,051 | 607,086,531 | 21,996 | 20,848,028 |
| 계 | 509,495 | 4,869,307,923 | 275,503 | 4,656,620,422 | 233,992 | 212,687,501 |

Table 11은 5년간(2011~2015년) 부산 항만별 출항선 현황이고, Fig. 7은 Table 11의 자료를 비율별로 그림으로 표시한 것이다. 부산항 출항선의 통항현황을 항만별로 분석하면, 부산북항 출항선은 아시아·유럽권역(32.35%)이 가장 많았으며,

남·서해권역(24.25%), 동해권역(23.37%) 순이었다. 감천항 출항선은 아시아·유럽 권역(40.16%)이 가장 많았으며, 일본권역(22.68%), 아메리카권역(17.97%) 순이며, 부산신항 출항선은 남·서해권(27.13%)이 가장 많았으며, 동해권역(26.14%), 아메리카권역(20.69%) 순이다(해양수산부, 항만운영정보시스템 2011~2015년).

Table 11 부산 항만별 출항선 현황(2011~2015년)

| 구 분 | | 남서해권역 (a) | 동해권역 (b) | 일본 (A) | 아시아·유럽 (B) | 아메리카 (C) |
|-----|------|--------------|-------------|-----------|---------------|-------------|
| 북항 | 선박척수 | 44,913 | 43,279 | 34,653 | 59,905 | 2,446 |
| | 비율 | 24.25% | 23.37% | 18.71% | 32.35% | 1.32% |
| 감천항 | 선박척수 | 3,235 | 3,118 | 7,509 | 13,296 | 5,950 |
| | 비율 | 9.77% | 9.42% | 22.68% | 40.16% | 17.97% |
| 신항 | 선박척수 | 7,839 | 7,554 | 3,979 | 3,544 | 5,977 |
| | 비율 | 27.13% | 26.14% | 13.77% | 12.27% | 20.69% |

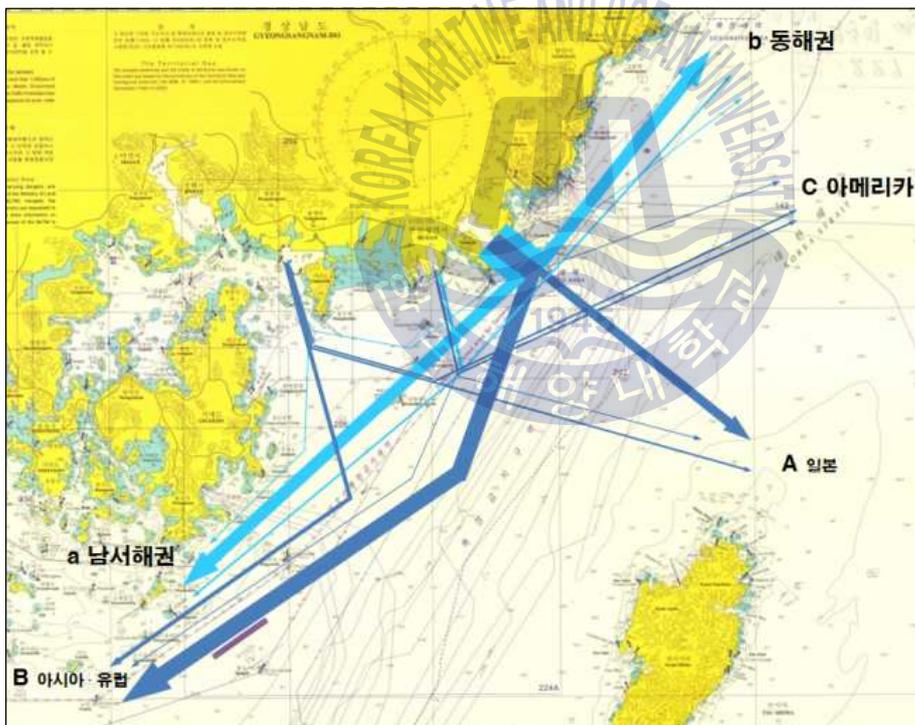


Fig. 7 부산 항만별 출항항로(2011~2015년)

2.3.4 해양사고 조사 분석

Fig. 8은 부산항 인근에서 발생한 해양사고 현황도이며 Fig. 9는 해양사고 종류별 현황이다. 부산청 관할해역에서 10년간(2006~2015년) 발생한 해양사고는 204건이다(해양안전심판원, 2006~2015년). 해양사고 발생위치는 1~5항로까지 전 항로에 걸쳐 발생하였다. 사고 종류별로는 충돌사고가 71건(34.8%)으로 가장 많았고 접촉사고 26건(12.7%), 좌초사고 17건(8.3%) 등으로 대다수 항해 중에 발생한 사고였다.

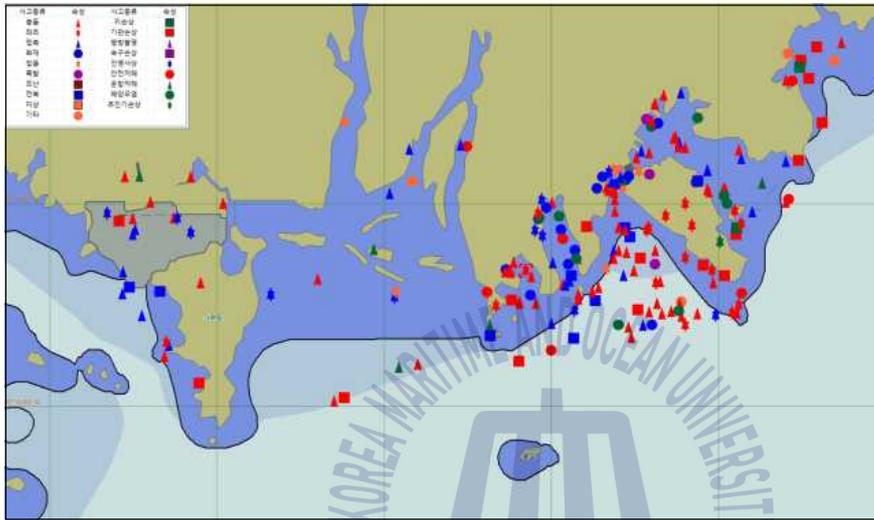


Fig. 8 부산항 인근 해양사고 현황도(2006~2015년)

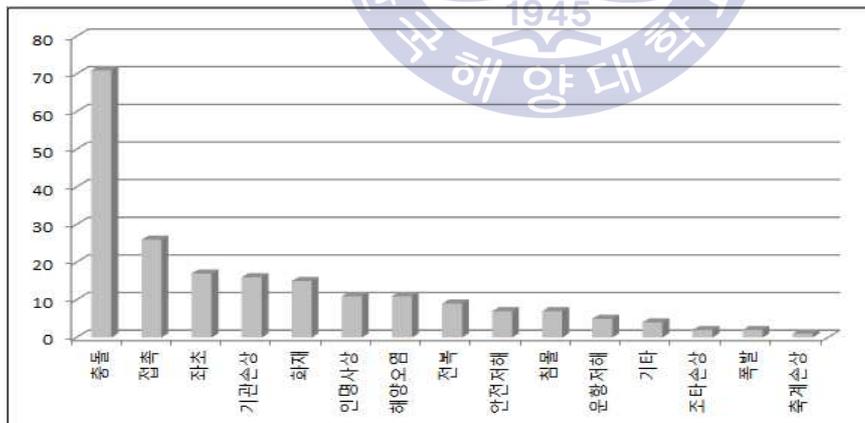


Fig. 9 해양사고 종류별 현황(2006~2015년)

Fig. 10은 해양사고 시간대별 현황이다. 발생시간이 명확히 규명된 166건을 분석한 결과 사고발생 시간대는 12~15시 사이가 35건(21.1%), 09~12시가 29건(17.5%)이 발생하여 야간보다는 주간에 발생한 해양사고 비율이 높았다.

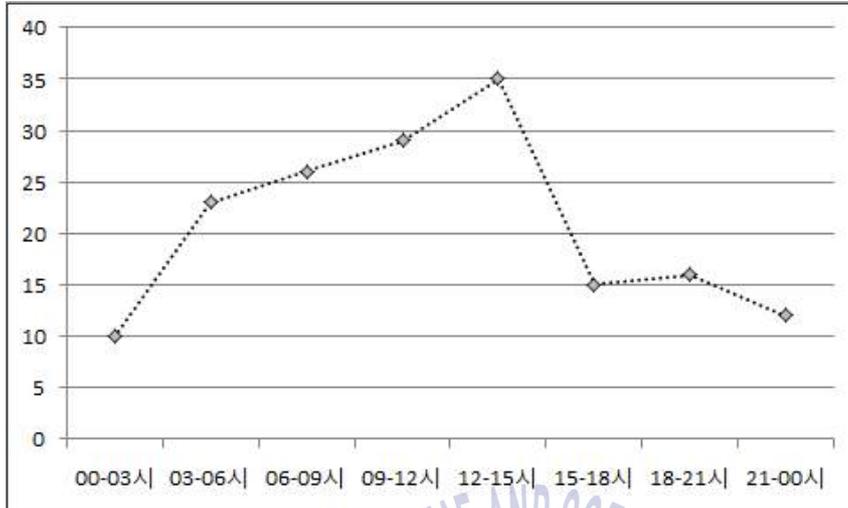


Fig. 10 해양사고 시간대별 현황(2006~2015년)

또한 충돌사고를 제외한 해양사고 133건을 분석한 결과 선박종류별로는 어선이 36척(27.1%)으로 가장 많았으며, 예인선 29척(21.8%), 화물선 및 동력보트 각 12척(9.0%) 순으로 어선이 해양사고의 많은 비중을 차지하고 있다.

2.3.5 항로표지 사고 분석

Fig. 11은 부산청 관할해역의 항로표지 사고 위치도이며, Table 12는 항로별 항로표지 사고 현황이다. 부산청 관할해역에서 10년간(2006~2015년) 발생한 항로표지 사고 221건은 부산청에서 보관 중인 항로표지 사고 관련 문서를 이용하여 분석하였다. 발생위치는 1~5항로까지 부산항 전체적으로 발생하고 있으며, 특히 등주가 설치된 낙동강 하구 및 부산항 신항의 5항로에서 사고빈도가 높았다.

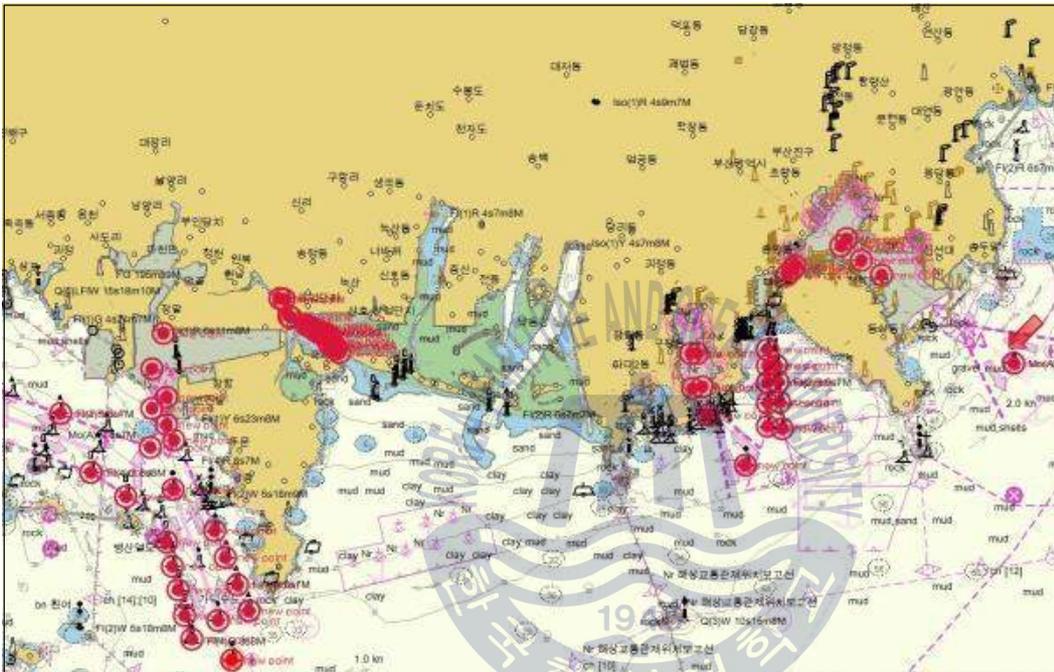


Fig. 11 부산청 관할해역 항로표지 사고 위치도

Table 12 부산항로별 항로표지 사고 현황(2006~2015년)

| 1항로 | 2항로 | 3항로 | 4항로 | 5항로 | 낙동강 하구 | 계 |
|-----|-----|-----|-----|-----|--------|------|
| 16건 | 42건 | 9건 | 6건 | 73건 | 75건 | 221건 |

가. 항로표지 종류별 사고 분석

Table 13은 항로표지 종류별 사고 현황이다. 항로표지 종류별 사고를 분석하면 등부표가 135건(61.1%)으로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 낙동강 하구에 설치된 등주가 75건(33.9%), 무인등대 4건, 도등 3건, 레이콘 2건, 교량표지, 유인등대 각 1건으로 분석되었다. 항로표지 사고가 가장 많은 등부표 사고 135건을 종류별로 분석하면 스파부이 66건(29.9%), 표준형등부표 59건(26.7%), LANBY 10건(4.5%) 순이다.

Table 13 항로표지 종류별 사고 현황

| 구분 | | 건수 | 비율 | 합계(비율) |
|------|-------|-----|-------|-----------------|
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 29.9% | 135건 (61.1%) |
| | 등부표 | 59 | 26.7% | |
| | LANBY | 10 | 4.5% | |
| 등 주 | | 75 | 33.9% | |
| 무인등대 | 무인등대 | 3 | 1.4% | 4 (1.8%) |
| | 방파제등대 | 1 | 0.5% | |
| 도등 | | 3 | 1.4% | |
| 레이콘 | | 2 | 0.9% | |
| 교량표지 | | 1 | 0.5% | |
| 유인등대 | | 1 | 0.5% | |
| 계 | | 221 | 100% | |



Fig. 12 부산항유도등부표 손상 모습

나. 연도별 원인별 항로표지 사고 분석

Table 14는 연도별 원인별 항로표지 사고 현황이다. 항로표지 사고 221건을 발생 연도별로 분석하면 2010년이 85건(38.5%)으로 가장 많이 발생하였고, 그 외연도에는 20건 전후로 발생하였다. 2010년에 발생한 85건의 항로표지 사고는 한반도를 강타한 10호 태풍 곤파스의 영향으로 71기(등부표22, 등주47, 레이콘1, 입표1)의 항로표지가 유실 또는 손상되었다.

또한 항로표지 사고 221건 중 사고 원인이 확인된 183건을 원인별로 분석하면 기상악화 93건(42.1%), 선박충돌 89건(40.3%)으로 대다수를 차지하고 있고 사용자의 부주의, 정비불량 등이 원인인 것으로 분석되었다. 기상악화로 발생한 2010년을 제외하고 항로표지 사고의 대다수는 선박충돌(연평균 8.9건)에 의해 발생하고 있다.

Table 14 연도별 원인별 항로표지 사고 현황

| 구분 | 선박충돌 | 기상악화 | 기타 | 미상 | 계 | 비율 |
|-------|-------|-------|------|-------|--------|--------|
| 2006년 | 7 | 2 | 0 | 9 | 18 | 8.1% |
| 2007년 | 24 | 1 | 0 | 15 | 40 | 18.1% |
| 2008년 | 9 | 0 | 0 | 6 | 15 | 6.8% |
| 2009년 | 14 | 4 | 1 | 2 | 21 | 9.5% |
| 2010년 | 10 | 71 | 1 | 3 | 85 | 38.5% |
| 2011년 | 7 | 5 | 0 | 0 | 12 | 5.4% |
| 2012년 | 14 | 5 | 1 | 1 | 21 | 9.5% |
| 2013년 | 2 | 3 | | | 5 | 2.3% |
| 2014년 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.5% |
| 2015년 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1.4% |
| 계 | 89 | 93 | 3 | 36 | 221 | 100.0% |
| 비율 | 40.3% | 42.1% | 1.4% | 16.3% | 100.0% | - |

다. 계절별 시간대별 항로표지 사고 분석

항로표지 사고 221건을 계절별로 분석하면 하계절(6~8월)이 106건(48.0%)으로 가장 많고, 그 외 계절은 36~40건(16.3~18.1%)로 대동소이하게 발생하고 있다. 하계절에 발생한 106건 중 기상악화 73건, 선박충돌 21건으로 하계절에는 태풍 및 폭풍 등 기상적인 요인이 3배 이상 많아, 항로표지 사고의 주원인으로 분석되었다. 하계절을 제외한 계절에는 기상악화보다는 선박충돌이 많았으며, 선박충돌에 의한 항로표지 사고는 계절에 관계없이 비슷하게(21~25건) 발생하고 있다.

Table 15 계절별 원인별 항로표지 사고 현황

| 구분 | 선박충돌 | 기상악화 | 미상 | 기타 | 계 |
|----|------|------|----|----|-----|
| 봄 | 25 | 3 | 10 | 2 | 40 |
| 여름 | 21 | 73 | 11 | 1 | 106 |
| 가을 | 22 | 8 | 6 | | 36 |
| 겨울 | 21 | 9 | 9 | | 39 |
| 계 | 89 | 93 | 36 | 3 | 221 |

항로표지 사고 221건 중 사고시간이 확인된 59건을 분석한 결과, 주간 시간대인 12~15시가 14건으로 가장 많이 발생하였다. 선박충돌에 의한 사고인 경우에는 야간 18~21시(11건)와 주간 09~12시(11건)에 발생 건수가 가장 높았다.

Table 16 시간대별 원인별 항로표지 사고 현황

| 구분 | 선박충돌 | 기상악화 | 미상 | 계 | 비율 |
|-------|------|------|----|----|--------|
| 00-03 | 4 | 2 | 0 | 6 | 10.2% |
| 03-06 | 2 | 0 | 0 | 2 | 3.4% |
| 06-09 | 2 | 2 | 0 | 4 | 6.8% |
| 09-12 | 11 | 1 | 1 | 13 | 22.0% |
| 12-15 | 9 | 3 | 2 | 14 | 23.7% |
| 15-18 | 5 | 1 | 0 | 6 | 10.2% |
| 18-21 | 11 | 1 | 0 | 12 | 20.3% |
| 21-24 | 2 | 0 | 0 | 2 | 3.4% |
| 계 | 46 | 10 | 3 | 59 | 100.0% |

라. 항로표지 사고의 복구일수 분석

항로표지 사고 221건 중 항로표지 사고에서 기능 완료시까지의 기간인 복구일수(Recovery day)가 확인된 78건을 분석한 결과, 항로표지 종류별 복구일수는 정형화된 복구일수가 없었으며, 당시의 관리자의 업무상황, 손상된 장비의 공급 일수, 등부표, 도등 등 항로표지의 종류, 표체손상, 등명기 손상 등 손상정도에 따라 상이했다.

Table 17은 항로표지 사고의 복구일수이다. 항로표지 사고의 복구일수는 최소 1일에서 최대 251일이었고, 항로표지 전체로는 평균 26.4일이 소요되었다. 표지종류별 평균 복구일수는 레이콘이 79일로 가장 길었고, 스파부이 42.3일, 등주 18.3일이었다.

Table 17 항로표지 사고 복구일수

| 구 분 | | 사고건수 | 확인건수 | 복구일수 | | |
|-------|-------|------|------|------|-----|---------|
| | | | | 최소 | 최대 | 평균 |
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 35 | 1 | 251 | 42.3 |
| | 등부표 | 59 | 25 | 1 | 32 | 9.3 |
| | LANBY | 10 | 4 | 1 | 96 | 30.5 |
| 등주 | | 75 | 7 | 4 | 32 | 18.3 |
| 무인등대 | 무인등대 | 3 | 1 | 1 | | 1.00 |
| | 방과제등대 | 1 | 1 | 6 | | 6.00 |
| 도등 | | 3 | 3 | 1 | 6 | 2.7 |
| 레이콘 | | 2 | 1 | 79 | | 79.0 |
| 교량표지 | | 1 | - | | | - |
| 유인등대 | | 1 | 1 | 1 | | 1.0 |
| 계(평균) | | 221 | 78 | - | - | (26.4일) |

마. 항로표지 사고 피해결과 분석

항로표지 사고 221건 중 사고의 피해결과가 확인된 209건을 분석하였다. 항로표지 사고의 결과는 다양했지만, 분석을 원활하게 하기 위하여 장비손상, 장비유실, 표체손상으로 구분하였다. 장비손상은 등명기, 배터리 등이 파손되는 경우이며, 장비유실은 체인절단 등으로 등부표, 등주 자체가 유실되는 경우이고, 표체손상은 등부표, 스파부이 등이 통항선박과 충돌하여 발생하는 경우이다.

Table 18은 항로표지 사고 피해결과이다. 10년간(2006~2015년) 부산청 관할해역의 항로표지 사고 피해결과는 표체손상이 92건(44.0%)으로 가장 많고, 장비유실 87건(41.6%), 장비손상 30건(14.4%) 순이다.

표체손상은 선박충돌 등에 의하여 대다수 찌그러지거나 파손된 경우로 스파부이 37건, 등부표 34건이다. 장비유실은 표체상부가 유실된 경우 등으로 등주가 57건으로 가장 많이 발생하였고, 등부표가 10건이다. 장비손상은 항로표지에 설치된 등명기 등이 손상된 경우로 스파부이가 11건으로 가장 많다.

Table 18 항로표지 사고 피해 결과

| 구 분 | 사고건수 | 확인건수 | 피해결과 | | | |
|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| | | | 장비손상 | 장비유실 | 표체손상 | |
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 64 | 11 | 16 | 37 |
| | 등부표 | 59 | 52 | 8 | 10 | 34 |
| | LANBY | 10 | 10 | 1 | 3 | 6 |
| 등주 | | 75 | 72 | | 57 | 5 |
| 무인등대 | 무인등대 | 3 | 3 | 3 | | |
| | 방파제등대 | 1 | 1 | 1 | | |
| 도등 | | 3 | 3 | 3 | | |
| 레이콘 | | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| 교량표지 | | 1 | 1 | 1 | | |
| 유인등대 | | 1 | 1 | 1 | | |
| 계 | | 221 | 209 | 30 | 87 | 92 |
| 비율 | | | | 14.4% | 41.6% | 44.0% |

바. 항로표지 사고 피해금액 추정

항로표지 사고로 발생한 피해금액은 부산청의 문서자료 중 피해금액이 기록된 항로표지 사고를 확인하였으며, 그 결과 43건 약 7억원이었다. 피해금액을 추정하기 위해 피해결과(장비손상, 장비유실, 표체손상)의 금액이 기록되지 않은 항로표지 사고는 동종표지와 동종사고의 피해결과의 평균금액을 산정하여 적용하였다. 평균 금액 산정이 불가능한 경우에는 항로표지별 평균금액을 적용하였고, 항로표지별 평균금액 적용이 불가능한 경우에는 항로표지 사고 전체 평균 금액을 적용하였다.

Table 19는 항로표지 사고 피해금액 추정 결과이다. 10년간(2006~2015년) 부산청 관할해역에서 발생한 221건의 항로표지 사고의 추정 피해금액은 약 30억원이다. 피해결과별로는 표체손상이 18.1억원(59.9%)으로 가장 많고, 장비유실 7.0억원(23.4%) 장비손상 3.7억원(12.2%)이다. 표지종류별로는 스파부이가 13.6억원으로 가장 많고, 등부표 8.8억원, LANBY가 5.0억원 순이다.

Table 19 항로표지 사고 피해금액 추정 결과

(단위 : 천원)

| 구 분 | 사고 건수 | 피해결과 | | | | 계 |
|-------|-------|---------|---------|-----------|---------|-----------|
| | | 장비손상 | 장비유실 | 표체손상 | 확인불가 | |
| 스파부이 | 66 | 40,333 | 447,864 | 831,016 | 40,979 | 1,360,192 |
| 등부표 | 59 | 105,544 | 10,000 | 673,498 | 92,351 | 881,393 |
| LANBY | 10 | 50,000 | 150,000 | 300,000 | | 500,000 |
| 등주 | 75 | | 85,500 | 9,900 | 3,150 | 98,550 |
| 무인등대 | 3 | 46,030 | | | | 46,030 |
| 방파제등대 | 1 | 15,343 | | | | 15,343 |
| 도등 | 3 | 72,204 | | | | 72,204 |
| 레이콘 | 2 | 15,243 | 15,243 | | | 30,486 |
| 교량표지 | 1 | 9,790 | | | | 9,790 |
| 유인등대 | 1 | 15,343 | | | | 15,343 |
| 계 | 221 | 369,830 | 708,607 | 1,814,414 | 136,480 | 3,029,331 |
| 비율 | | 12.2% | 23.4% | 59.9% | 4.5% | 100% |

제 3 장 항로표지 사고의 사회적비용 평가기준 산정

3.1 사회적비용의 이론적 고찰

3.1.1 사회적비용의 정의

사회적비용(Social cost)에 대한 이론은 다수 존재하지만 경제학적 개념에서는 Kapp의 이론이, 회계학적 개념에서는 Dales의 이론이 대표적이며, “사회 경제적으로 최적 상태가 실현되지 못한데서 생긴 국민 경제적 손실 비용을 화폐의 가치로 환산한 것”이라고 주장한 Wolfgang Michalski의 이론을 사회적비용 이론의 완성으로 보는 경향이 있다(유, 2008).

가. Kapp의 사회적비용

사회적비용(Social Cost)의 경제학적 연구가 Kapp는 사회적비용을 “제3자 내지 일반대상이 사적 경영활동의 결과로 입게 되는 모든 직접 또는 간접의 손실”이라고 정의하였다(Kapp, 1975).

Table 20은 Kapp의 사회적비용 분류 현황이다. 노동보호법이나 강제적 사회보호에 의해 규제되지 않는 부분의 생산에 관계되는 인적비용을 포함한 생산의 인적요인 상실, 대기오염, 수질오염, 동물자원의 감소와 전멸, 에너지 자원의 조기고갈, 토양의 침식, 기술의 변화, 실업과 자원의 유희, 독점, 유통, 운송, 과학연구상의 사회적비용 등 12가지를 들고 있다. Kapp의 사회적비용 개념은 상당히 광의로 해석하고 있으며, 그 구성은 사회적비용 이외에 허비, 낭비 및 비능률성과 같은 사회적 기회비용(Social opportunity cost)이 포함되고 있는 것이 특징이다.

Table 20 Kapp의 사회적비용 분류

| 구분 | 내용(예) |
|------------------------------|---|
| 생산의 인적요인을 상실케 한데서 발생하는 사회적비용 | 노동보호법(Protective labor legislation)이나 강제적 사회보험(Compulsory social insurance)에 의해 구제되지 않는 부분의 생산에 관계되는 인적비용을 말한다. 즉 법률에 의해 구제되지 않는 부분이 피해자와 그 부양자 또는 지역사회에 전가되는 비용이다. ex) 노동피해, 직업병, 부인노동, 유년노동자로부터 발생하는 미구제의 손상부분 |
| 대기오염의 사회적비용 | ex) 매연이나 가스의 발생으로 인해 재산가치, 인간의 건강, 동식물에 대한 파괴적 작용 |
| 수질오염의 사회적비용 | ex) 도시의 하수, 광산의 폐기물, 산업폐기물, 석유에 의한 해양오염 등 |
| 동물자원의 감소와 전멸에 의한 사회적비용 | ex) 자연자원의 경쟁적 개발에 의한 지역 자연동물의 멸실 등 |
| 에너지 자원의 조기고갈에 의한 사회적비용 | ex) 석탄, 석유자원의 경쟁적 개발 및 과제설비에서 오는 유정 |
| 토양의 침식, 산림의 황폐에 의한 사회적비용 | ex) 낭비적 농업생산으로 인한 자력의 소모, 사영임업에 의한 홍수 등의 피해 |
| 기술의 변화에 의한 사회적비용 | ex) 신 생산기술의 결과 타기업이 받는 자본손실 및 기술적 변화가 노동에 미치는 손실에 의한 것 등 |
| 실업과 자원의 유희에 의한 사회적비용 | - |
| 독점에 의한 사회적비용 | ex) 독점에 의한 비능률적인 생산물에 기인하는 것 등 |
| 유통에 의한 사회적비용 | ex) 소비경로의 중복, 불필요한 광고와 판매촉진의 비용에 의한 것 등 |
| 운송에 있어서의 사회적비용 | ex) 기회비용으로서 수송설비의 중복에 의한 허비 등에 기인하는 것 등 |
| 과학 연구상의 사회적비용 | ex) 연구조직의 비능률, 중복에 의한 허비 등 |

source : Kapp, The Social cost of Private Enterprise(1975)

나. Dales의 사회적비용

회계학 연구가 Dales는 사회적비용의 개념을 공해와 결부시켜, 사회적비용을 환경비용(environment cost)으로 한정하고, 공해처리비용을 오염손상을 회피하기 위한 공적 지출, 오염손상을 회피하기 위한 사적비용, 오염에 의해서 입은 복지 손상의 합이라 정의하였다(Dales, 1968).

Fig. 13은 Dales의 사회적비용 개념이다. Dales의 설명에 따르면 폐기물처리비용(waste disposal cost)이라 함은 공해를 배제하기 위하여 사회적으로 부담하는 총원가를 말하며, 공해방지비(pollution prevention cost)는 공공단체 및 사적단체가 공해를 사전에 방지하기 위하여 지출한 화폐액을 말한다. 공해처리비(pollution cost)는 폐기물이 환경에 반출된 후에 그 폐기물에 의해서 발생한 손상에 상당하는 화폐액을 말한다.

이와 같이 Dales의 주장은 사회적비용을 공해비용에 한정하고 있는 점에서 그 특색이 있다 하겠다.



Fig. 13 Dales의 사회적 비용

다. 볼프강 미할스키에 의한 사회적비용의 분류법

사회적 비용에 관한 개념은 여러사람에 의해 논의되어 왔으나 이러한 모든 논의를 수렴, 확정된 볼프강 미할스키(Wolfgang Michalski)의 분류법에 따르면 다음 네가지로 요약된다(유, 2008).

첫째, 사회적비용을 생산의 국민경제적 총비용으로 파악하는 개념이다. 이것은 사회적 생산물의 산출을 위해 쓰이는 실물적, 국민 경제적 총 비용을 말하고 있으나 개별기업이 국민경제에서 생산 활동 중 발생시키는 화폐비용의 전체가 분명하게 밝혀지지 않고 있다는 평가를 받고 있다. 이와 관련한 사회적비용을 평가할 때 실질대 명목이라는 평가척도의 선택문제와 평가 대상의 범위 결정 문제가 대두된다.

둘째, 사회적비용을 어떠한 원인으로 사회 경제적 최적상태가 실현되지 못할 때 발생하는 국민 경제적 손실로 파악하는 개념이다. 어떤 원인에 의해 사회 경제적 최적 편성에서 벗어난 최적상태가 되지 못하고 국민 경제적 손실(dead-weight loss)을 일으키는 경우로, 역으로 사회적 최적 편성이 달성되면 사회적비용이 없어지게 된다.

셋째, 사회적비용을 제3자의 비시장적 부담으로 파악하는 개념이다. 물론 그 부담을 발생시키는 경제주체는 제삼자에게 어떠한 형태의 경제적 보상을 하지 않는다. 전체비용이 어느 정도인지 보다는 당사자 이외의 제3자에게 부담되는 손실의 정도에 관심의 초점이 맞춰지고 있다.

넷째, 사회적비용을 경제정책 실시 시 소요되는 비용으로 파악하는 개념이다. 이 개념은 세 번째에서 언급한 특정 부분의 비용은 갖을 수가 있다. 왜냐하면 경제정책 실시 시 소요되는 비용이란 환경대책 비용으로 파악하기 때문에 제삼자의 비시장적 부담을 제거시키는 비용과 같기 때문이다.

이상의 4가지 개념 중 볼프강 미할스키는 사회적비용이 내포하는 경제 정책상의 조작 가능성을 중요시하여 사회적 비용으로서의 사회적 부가비용 개념, 즉 세 번째 개념을 사회적비용으로 선택하고 있다. 또한 최근 사회적 비용론의 대다수가 사회적비용 전체를 측정하기 보다는 오히려 당사자 이외에 제3자에게 부담시

키는 비 시장적 손실에 중점을 두고 이것을 측정하려는 경향이 있다.

라. 소 결론

사회적비용의 정의에 있어 Kapp는 ‘제3자 내지 일반대상이 사적 경영활동의 결과로 입게 되는 모든 직접 또는 간접의 손실’로 정의하였고, Dales는 ‘환경비용’으로 한정하였으며, Wolfgang은 ‘제3자의 비시장적 부담’이라고 정의하였다.

또한 최근에 우리나라의 사회적비용은 경제주체의 경제행위에 따라 발생하는 비용으로 사적비용(Internal Costs)과 외부비용(External Costs)으로 구분할 수 있다. 사적비용은 어떤 경제행위를 수행한 경제주체가 부담하는 비용이며, 외부비용은 그 경제행위를 수행한 경제주체가 부담하지 않는 비용으로 그 경제행위와 관련되지 않는 불특정 다수의 경제주체가 부담하는 비용으로 정의되고 있다(최, 2016).

따라서 본 연구에서 사회적비용이라 함은 경제적 활동 또는 미래 지향적 경제적 활동을 추진함에 있어 직·간접적으로 미치는 영향에 대한 일체의 비용이라 할 수 있다. 사회적비용에 대한 연구는 교통사고, 환경오염, 기상, 병영문화 등 사회전반에 걸쳐 다양하고 광범위하게 이루어지고 있으며, 정책방향 제시, 경제적 손실 규모 측정 등에 활용되고 있다.

항로표지 분야에서는 정재용(2001)이 「항행원조시설의 비용편익 분석 모델에 관한 연구」, 박영남(2007)이 「해상교통안전시설에 대한 운영효과의 편익산출 모델에 관한 연구」 등 설치 타당성에 대한 비용편익 분석 연구만 일부 존재할 뿐 항로표지 사고의 직·간접적인 경제적 손실규모와 관련한 연구는 없었다.

3.1.2 사회적비용의 평가방법

Table 21은 비시장재화의 가치측정 방법 분류이다. 사회적비용을 평가하는 방법은 직접시장을 관찰하는 방법과 가상시장을 이용하는 방법이 사용되고 있다. 환경재나 공공재와 같은 비시장재화에 대한 가치는 시장에서 직접적으로 관측되지 않는 관계로 간접적으로 시장을 관찰하거나 가상적 시장을 이용하여 사람들에게 의사를 묻는 설문방식을 통해 추정이 가능하다. 비시장에 대한 가치를 측정하는 방법들은 시장을 관찰하는 방법과 화폐가치를 측정하는 방법에 따라 아래와 같이 분류된다(한국해양수산개발원, 2015).

Table 21 비시장재화의 가치측정 방법 분류

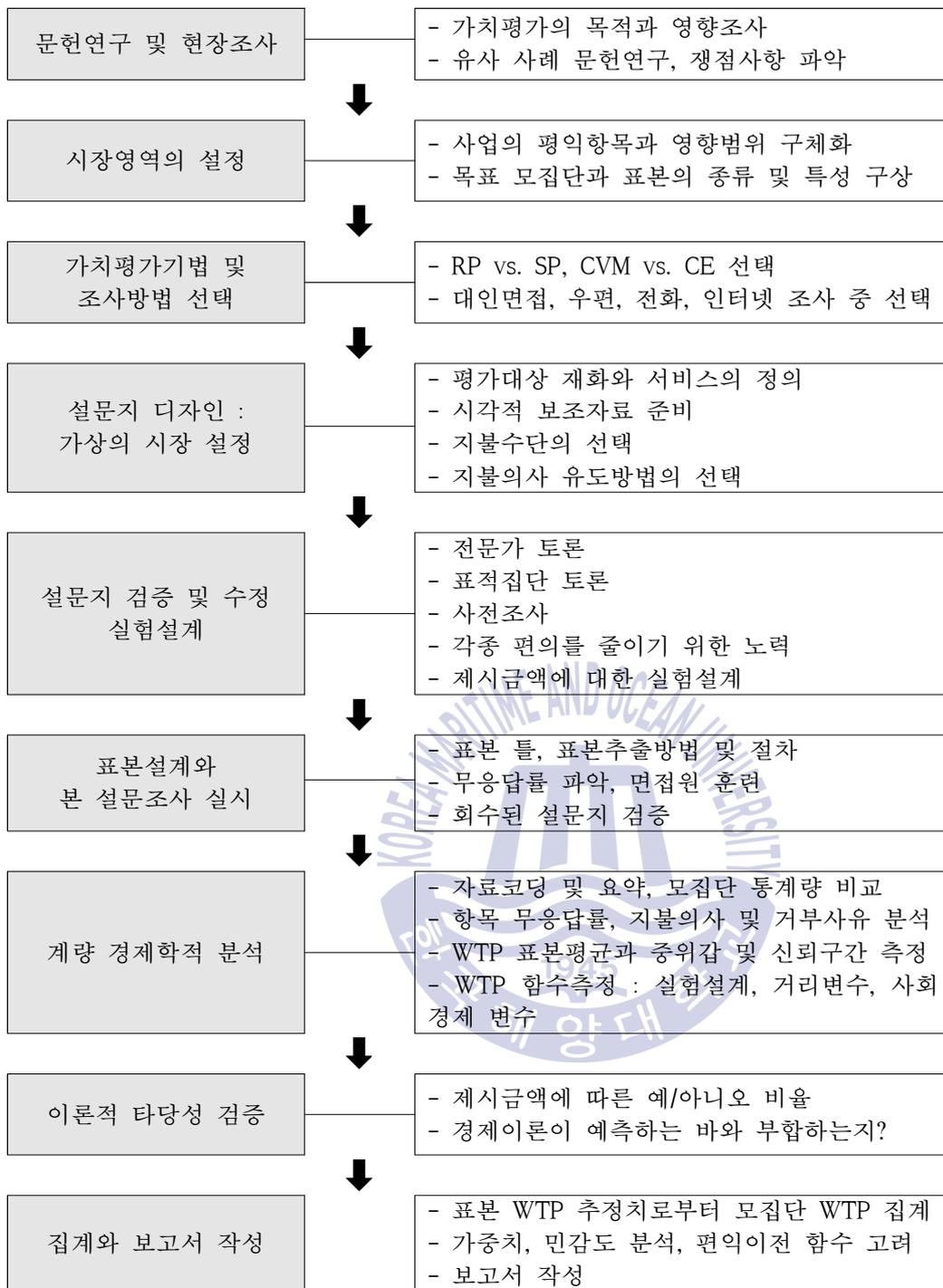
| 구 분 | 직접시장을 관찰하는 방법 | 가상시장을 이용하는 방법 |
|----------|---|---------------------------------|
| 직접적인 측정법 | 적용사례는 거의 없음 | 조건부가치측정법(CVM) 다속성효용평가법(MAUT) |
| 간접적인 측정법 | 여행비용접근법(TCM) 헤도닉 가격기법(HPM) 회피형태접근법(ABA) | 전술선호기법 |

source : 한국해양수산개발원, 해양사고의 심리적비용 추정방안 연구(2015)

시장을 직접 관찰하고 화폐가치를 직접적으로 측정하는 방법론은 거의 없으며, 가상시장을 통해서 화폐가치를 직접적으로 측정하는 방법론에는 조건부가치측정법과 다속성효용평가법이 있다. 직접 시장을 관찰하면서 화폐가치를 간접적으로 측정하는 방법론에는 여행비용접근법, 헤도닉가격기법, 회피형태접근법 등이 있고, 가상시장을 통해서 간접적인 방법으로 화폐가치를 측정하는 방법론에는 전술선호기법이 있다.

가. 조건부가치측정법

조건부가치측정법(Contingent Valuation Method, 이하 CVM)은 시민-소비자에게 특정 평가대상의 가치를 직접 물어보는 가치측정기법이다. 존재가치나 선택가치 등 무형의 가치를 평가하는 데 유용성이 있음이 폭넓게 인정되고 있다.



source : 한국해양수산개발원, 해양사고의 심리적비용 추정방안 연구(2015)

Fig. 14 조건부가치측정법

특히 CVM은 평가대상을 실제로 사용해서 누리게 되는 사용가치가 아닌 수동적 사용가치를 측정할 수 있는 보편적으로 인정된 거의 유일한 기법이라 할 수 있다. CVM은 공공재의 가치를 추론하는 하나의 방법론으로 처음 제시되었으며, 이후 환경문제와 관련된 여러 다양한 대상의 가치를 평가하려는 환경경제학의 측정 방법의 하나로 발전하였다.

CVM의 요체는 체계적인 설문방법에 입각하여, 시민-소비자가 주어진 평가대상을 얼마의 화폐적 가치로 평가하는지 물어보는데 있다. 특히 어떤 평가대상이 거래되는 시장이 존재하지 않을 경우, 현실적으로 존재하지 않는 가상의 시장(Surrogate Contingent Market)을 응답자에게 묘사해 주고, 개인시민-소비자가 그 대상에 부여하는 가치를 직접 물어보는 것이다. CVM은 교통사고의 심리적비용을 추정하고 있는 대부분의 국가들이 사용하는 방법론으로, 일본과 우리나라도 도로 교통사고의 심리적비용을 추정하는 방법론으로 CVM 방법을 채택하고 있다.

나. 여행비용접근법

여행비용접근법(Travel Cost Method : TCM)은 비상장재화의 측정기법 중에서 가장 오래된 기법으로 레크레이션 시설이나 명승지, 문화유적지 등의 가치를 소비자의 현시적 선호가 실현된 자료를 이용하여 간접적으로 도출하는 방법이다. 이 방법은 특정 장소를 방문하는 여행비용 속에 해당 장소에 대한 여행자의 가치 평가가 있다는 가정에서 출발한다.

또한 TCM의 전제는 대부분의 관광지나 레크레이션 지역이 공공재적 성격을 갖고 있기 때문에 입장료가 없거나 매우 저렴하여 관광지의 실제 가치를 반영하지 못하는 단점이 있다.

다. 헤도닉가격접근법

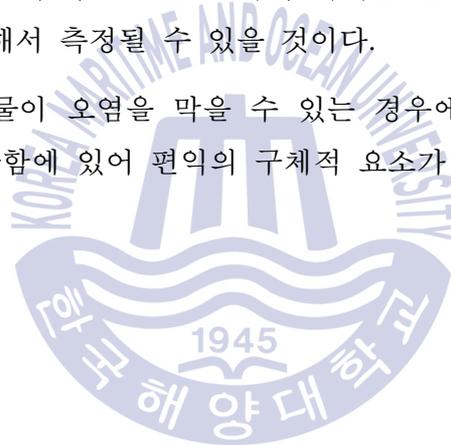
헤도닉가격접근법(Hedonic Price Method : HPM)은 소비자가 특정 재화를 구입하는 것은 재화 그 자체를 위한 것이라기보다는 해당 재화가 제공하는 특징을 원하기 때문에 구입하기도 한다는 Lancaster(1966)의 신소비자 이론에 근거를 두고 있으며, Griliches(1971)와 Rosen(1974) 등에 의해 발전되었다.

신소비자 이론에 기초하여 HPM은 토지시장이나 주택시장 등을 환경가치에 대한 대체시장으로 이용하여 환경의 가치를 추정할 수 있게 해준다. 즉 주택을 소비하는 소비자는 효용을 주택 그 자체에서만 얻는 것이 아니라, 그 주택이 가지는 여러 가지 특성(주택규모, 방의 수, 지역의 교육환경, 자연환경) 등을 통하여 얻게 된다는 헤도닉 가설을 적용하여 부동산 가격에서 환경가치를 분리해 내는 방법이다.

라. 회피행태접근법

회피행태접근법(Averting Behavior Approach : ABA)은 구입된 물품의 용도가 예상되는 피해를 완화하기 위한 것이라는 사실에 기초한다. 예를 들면 농부는 오존이 콩생산을 감소시키는 것을 피하기 위해 농지 등 산출을 위한 다른 투입물을 증가시킬 수 있다. 또한 스모그지역에 거주하는 사람들은 가려운 눈과 흐르는 콧물을 진정시키기 위해 필요한 약을 복용 할 수 있다. 투입물이 환경의 피해를 보상하기 위해 사용되는 한, 환경오염의 조그만 변화의 가치는 변화를 보상하기 위해 사용된 투입물의 가치에 의해서 측정될 수 있을 것이다.

회피행태접근법은 다른 투입물이 오염을 막을 수 있는 경우에 유용하다. 그러나 조사자가 지불용의액을 계산함에 있어 편익의 구체적 요소가 무엇인지 알아야 하는 문제점을 안고 있다.



3.2 사회적비용 추정의 선행연구 고찰

항로표지 사고와 관련하여 비용 추정 등 별도의 연구는 지금까지 이루어지지 않았다. 사회적비용 추정에 있어서 가장 중요한 요소는 내부항목과 외부항목의 구성요소인 평가항목이다. 이에 본 연구에서는 한국교통연구원(2016)과 한국해양수산개발원(2015)의 연구 평가항목을 고찰하여 항로표지 사고의 사회적비용 평가항목을 도출하고자 한다.

3.2.1 교통사고의 비용추정 연구

국내에서 도로교통 사고비용은 도로교통공단과 한국교통연구원 2개 기관에서 매년 추정치를 발표해 오고 있다. 한국교통연구원(2016)은 2014년 도로, 철도, 해운, 항공 등 각 분야에서 교통사고로 인해 발생하는 사회적비용을 추정함으로써, 교통사고의 심각성을 국민에게 효과적으로 알리고 그 결과를 정책 결정 지표로 활용하기 위해서 교통사고비용을 추정해 발표하고 있다.

Table 22는 국내 교통사고 비용추정 항목이다. 교통사고의 사회적비용을 산출함에 있어 평가항목을 물리적비용과 심리적비용으로 구분하였다. 물리적비용은 총생산손실법을 적용하였고, 심리적비용(Pain Grief & Suffering : PGS)은 CVM을 적용하였다(한국교통연구원, 2016).

Table 22 국내 교통사고 비용추정 항목

| 구분 | | 내용 |
|-----------|-------------|---|
| 물리적 비용 | 생산손실 비용 | 피해자 - 평균수명, 평균수입, 평균퇴직연령 부상자 - 교통사고로 인한 근무할 수 없는 날 |
| | 의료비용 | 평균입원일수, 평균통원일수, 평균입원치료비, 평균통원비 |
| | 물리적 피해비용 | 교통사고 - 차량수리비 철도사고 - 차량, 선로, 시설물 응급복구비 등 해양사고 - 선박과 선박운용에 연관되는 육상 해상 피해액 |
| | 행정비용 | 사고처리를 위한 경찰 및 보험사의 관련비용 |
| 심리적비용 | | CVM적용(응답 : 지불의사액) |

source : 한국교통연구원, 교통사고의 비용추정 연구(2016)

총생산손실법으로 추정하는 교통사고비용 항목은 수집 가능한 자료의 범위와 교통수단별 특성에 따라 다소의 차이가 있지만 국내 교통사고의 비용추정 연구에서는 물리적비용 항목을 크게 생산손실비용, 의료비용, 물적피해비용, 행정비용 등으로 구분하였다.

생산손실비용은 교통사고 피해자의 생명가치, 즉 교통사고 피해자의 생산손실로 산출하였다. 이 경우 피해자의 평균수명, 평균수입, 평균퇴직연령으로 구분하였으며 부상자의 경우에는 교통사고로 인한 근무를 할 수 없는 날짜 등으로 산정하였다.

의료비용은 교통사고 피해자의 의료비용을 의미하는 것으로 부상정도에 따른 평균 입원일수, 평균통원일수, 평균입원치료비 및 평균통원비 등으로 구성하였다.

물리적 피해비용은 교통사고로 인해 발생한 물적 피해비용으로 교통사고의 경우에는 차량수리비 등이며, 철도사고는 차량, 선로, 기타 시설물과 응급복구비 등과 같이 사고와 직접 연관되는 재산피해액을 의미하며, 해양사고는 선박과 선박운용에 연관되는 육상 및 해상시설의 피해액 등이다.

행정비용은 교통사고로 인한 사회적 손실비용이라는 개념에서 사고처리를 위한 경찰 및 보험회사 등의 관련비용을 행정비용으로 적용하였다.

심리적비용은 사고 피해로 인한 정신적 고통에 대한 사회적 도덕적 보상 수준을 의미하기도 하며, 사고 당사자는 물론 가족들이 느끼는 정신적 고통 및 슬픔이나 압박 정도를 비용을 환산하였다. 연구에 사용된 심리적비용 산출은 CVM을 이용하였으며 응답은 지불의사액(Willingness To Pay : WTP)을 사용하였다.

위와 같은 방법으로 2014년 교통사고 사회적비용을 산출한 결과 약 47조3천억원으로 추정되며, 이는 2014년 우리나라 국내총생산(GDP)의 3.18%에 이른다. 교통수단별로는 도로교통사고가 약 46조8천억원, 해양사고 약 4,456억원, 철도사고 약 455억원, 항공사고 약 151억원이었다.

3.2.2 해양사고의 심리적비용 추정방안 연구

한국해양수산개발원(2015년)에서 연구된 ‘해양사고의 심리적비용 추정방안 연구’는 해양사고의 피해비용 산출시 물리적 추정방안에 추가하여 합리적인 방법론을 통해 심리적비용을 도출하고, 심리적비용을 해양사고의 피해비용에 포함시켜 전체 해양사고 비용을 보다 정확히 도출하는 것에 기여하고자 하였다.

해양사고로 인해 피해비용 산출을 위한 평가항목은 Table 23과 같이 인적·물적 피해비용, 행정비용, 환경오염비용으로 구분하였고, 각 항목을 내부비용과 외부비용으로 세분화하였다.

Table 23 해양사고 피해비용 항목

| 구분 | 내부비용 | 외부비용 |
|---------------|--|--|
| 인적·물적 피해비용 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 인적피해 : 선원(여객)사망, 부상 등 ▶ 물적피해 : 선박충돌, 침몰, 화재 등 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 당사자 및 가족의 정신적·육체적 고통 등 심리적비용 (PGS) |
| 행정비용 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 사고처리 : 관리담당자(해경, 공무원, 손해사정인, 업무담당자 등) 인건비 등 | |
| 환경 오염비용 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 방제비용 : 유류제거 등 ▶ 어장피해 : 어장, 양식장 피해 등 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 건강피해, 관광피해 |

source : 한국해양수산개발원, 해양사고의 심리적비용 추정방안 연구(2015)

내부비용에서 인적·물적 피해비용은 선원의 사망 부상 등의 인적피해와 선박의 충돌, 침몰, 화재 등으로 발생하는 물적 피해로 구분하였으며, 행정비용은 해경, 공무원, 손해사정인 등의 사고처리에 소요되는 인건비 등이다. 또한 환경오염비용은 해양사고의 2차 피해로 발생 가능한 유류제거를 위한 방제비용과 어장, 양식장 피해 등 어장피해비용을 포함하였다. 외부비용은 사고 당사자 및 가족의 정신적·육체적 고통 등의 심리적비용(PGS)과 사고 주변인의 건강 및 관광피해 등이다.

해양사고비용을 추정하는 방안 중 물적·인적 피해비용 정확도나 신뢰도 측면을 고려하여 어선, 외항선, 연안선으로 구분하고 보험자료를 수집·활용하여 해양사고 비용을 추정하였다. 해양사고의 심리적비용은 사고로 인해 사고 당사자와 주변인들이 겪는 심리적 고통을 계량화한 것으로, 당장 눈에 보이지는 않지만 장기간 지속적으로 고통을 유발시키는 특징을 고려하여 CVM 설문을 활용하였다. 설문은 20대 이상을 대상으로 사망사고, 중상사고, 경상사고 등으로 구분하고 지불용의액의 금액을 제시하여 응답토록 하였다(한국해양수산개발원, 2015)

위와 같은 방법으로 산출된 2011~2014년 해양사고로 인해 발생한 해양사고 피해비용의 연간 평균액은 약 4,831억원이며, 이중 물적·인적피해비용이 전체 해양사고비용의 89.1%(4,304억원), 심리적비용은 10.0%(484억원)였다.

Table 24 해양사고 피해비용 항목

단위 : 백만원

| 구분 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 평균 | 비율 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 사고건수 | 1,809건 | 1,573건 | 1,093건 | 1,330건 | 1,451건 | - |
| 인적·물적 피해비용 | 382,835 | 495,324 | 416,148 | 427,316 | 430,406 | 89.1% |
| 행정비용 | 5,409 | 4,703 | 3,268 | 3,977 | 4,339 | 0.9% |
| 심리적비용 | 50,965 | 42,409 | 41,345 | 58,874 | 48,398 | 10.0% |
| 계 | 439,210 | 542,435 | 460,761 | 490,167 | 483,143 | 100% |

source : 한국해양수산개발원, 해양사고의 심리적비용 추정방안 연구(2015)

3.2.3 소 결론

사회적비용의 정의와 형태, 평가방법 그리고 사전 관련연구 등을 검토하였다. 사회적비용 추정은 도로교통사고, 해양사고 등 국내교통사용에 대하여 한국교통연구원이 해마다 비용을 추정하고 있으며, 한국해양수산개발원에서는 해양사고의 심리적비용 추정방안 연구를 진행하기도 하였다. 사회적비용을 추정함에 있어 공통적으로 행해지는 방안들이 바로 비용 항목이다. 비용 항목을 어떻게 설정하는가에 따라 사회적비용의 화폐가치는 다양하게 추론되고 있다.

두 가지 선행연구의 사회적비용 평가항목은 다소 상이하지만 Table 25와 같이 내부항목과 외부비용 항목으로 구분할 수 있다. 내부항목은 사고와 직접적으로 연관되어 있는 항목으로 인적·물적 피해비용, 의료비용, 행정비용, 환경오염비용 등이며 외부항목은 심리적비용으로 설문을 통한 CVM 기법이다. 두 가지 선행연구에서 도출된 평가항목을 항로표지 사고의 사회적비용 산출을 위한 평가항목으로 적용하기에는 다소 무리가 있으므로 항로표지 사고의 사회적비용 평가항목에 적합한 항목으로 도출할 필요성이 있다.

Table 25 교통사고와 해양사고의 사회적비용 항목

| 구분 | 국내 교통사고의 비용추정 연구 (2016, 한국교통연구원) | 해양사고의 심리적 추정방안 연구(2015, 한국해양수산개발원) |
|------|---|---|
| 내부비용 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 생산손실비용 ▶ 의료비용 ▶ 물리적피해비용 ▶ 행정비용 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 인적·물적피해비용 ▶ 행정비용 ▶ 환경오염비용 |
| 외부비용 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 심리적비용 (조건부가치추정법) | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 심리적비용 (조건부가치추정법) |

3.3 항로표지 사고의 사회적비용의 정의와 평가항목 설정

3.3.1 항로표지 사고의 사회적비용 정의

항로표지는 설치와 동시에 기능이 지속적으로 유지되도록 항로표지선, 부표정비선, 집약관리시스템, 관리자 등에 의해 감시, 점검, 유지보수를 병행하고 있다. 하지만 예상하지 못한 각종 상황에서 소등되거나 유실되어 기능을 상실하면, 통항 선박에게 항해상 혼란을 가중시키는 원인이 되기도 한다. 항로표지 사고는 단순 피해비용 외에 추가적인 비용이 동반하므로 본 연구의 주제인 항로표지 사고의 사회적비용에 대한 정의를 통해 이를 구체화할 필요성이 있다.

항로표지 사고의 사회적비용을 정의하기 위해서는 항로표지 사고에 대한 정의를 우선적으로 정립할 필요성이 있다. 본 연구에서는 항로표지 사고만을 연구범위에 포함하기 때문에 항로표지 사고를 다음과 같이 정의한다.

항로표지 사고란 해상 또는 육상에 설치된 항로표지가 자체결함 등의 내부적인 원인과 선박충돌, 기상악화 등의 외부적인 원인에 의해 운영 중 기능이 정지되는 것으로 정의한다. 항로표지 사고가 발생하면 관리자는 기능을 복구시켜야 하는 추가적인 업무가 발생하고, 이용자인 통항선박의 항해자에게는 기존 항로표지를 제대로 식별하지 못하여 항해 중 불안감을 유발시켜 해양사고의 원인을 제공할 수 있다. 즉, 항로표지와 관련한 관리자 및 이용자 모두에게 직·간접적으로 경제적 손실이 발생한다.

이를 바탕으로 항로표지 사고의 사회적비용은 항로표지의 기능 정지로 인해 발생하는 항로표지의 물적피해, 항로표지 관리자의 기관비용, 항로표지 이용자의 심리적 불안감 등을 화폐가치로 환산한 것으로 정의한다.

3.3.2 항로표지 사고의 사회적비용 평가항목 설정

선행연구에서 사용된 사회적비용 평가항목은 크게 내부비용(Internal cost)과 외부비용(External cost)으로 구분하였으며, 내부비용은 인적·물적 피해비용, 의료비용, 행정비용 등이고 외부비용은 환경오염비용과 심리적비용이었다. 특히 심리적비용은 CVM기법을 활용하고 있었다.

Table 26은 해양·교통사고와 항로표지 사고의 차이점이다. 항로표지 사고와 교통·해양사고는 사고라는 공통점은 있지만, 항로표지 사고는 항로표지 자체의 피해가 발생하고, 관리자에게는 원활한 선박통항을 위해 항로표지 고유 기능을 복구시켜야 하는 추가업무를 부과하고, 이용자는 항로표지의 기능정지로 인해 항해상 해양사고에 대한 심리적 불안감이 발생할 수 있다.

Table 26 해양·교통사고와 항로표지 사고의 차이점

| 항로표지 | 해양·교통사고 | 항로표지 사고 |
|---------------|--|-----------------|
| 당사자 | ▶ 인적피해 ▶ 물적피해 | ▶ 물적 피해 |
| 관리자 | ▶ 사고처리 ▶ 보험처리 | ▶ 기능복구를 위한 부가업무 |
| 이용자 또는 주변인 | ▶ 해양오염, 환경오염 ▶ 양식장피해, 관광피해 ▶ 심리적 부담감 | ▶ 해양사고의 심적 불안감 |

반면 해양·교통사고는 사고로 인해 교통·선박 자체의 피해 발생과 인명피해가 발생할 수 있고, 관리자(행정)에게는 사고처리, 보험처리 등이 발생하며, 육상과 해양오염이 발생할 수 있다. 특히 해양오염이 발생하면 해상양식장에는 막대한 피해가 부가적으로 발생한다. 또한 인명피해가 발생할 경우에는 사고 당사자를 포함하여 가족 등의 주변인에게 추가적인 고통을 전가하게 된다. 이처럼 교통·해양사고는 항로표지 사고와 다르게 단순한 1차 피해가 아닌 2차 피해로 이어진다는 점에서 그 차이가 있다고 하겠다.

따라서 교통·해양사고의 평가항목을 항로표지 사고의 사회적비용 평가항목으로 그대로 적용한다는 것은 각 항목의 특성상 어려움이 있어, 항로표지 사고의 특성을 고려하여 내부비용과 외부비용으로 구분하고, 각각의 평가항목을 도출하여 적용하고자 한다. Fig. 15는 교통·해양사고의 평가항목 중 항로표지 사고와 연관된 사회적비용 평가항목으로 본 연구에서는 다음과 같이 도출하였다.

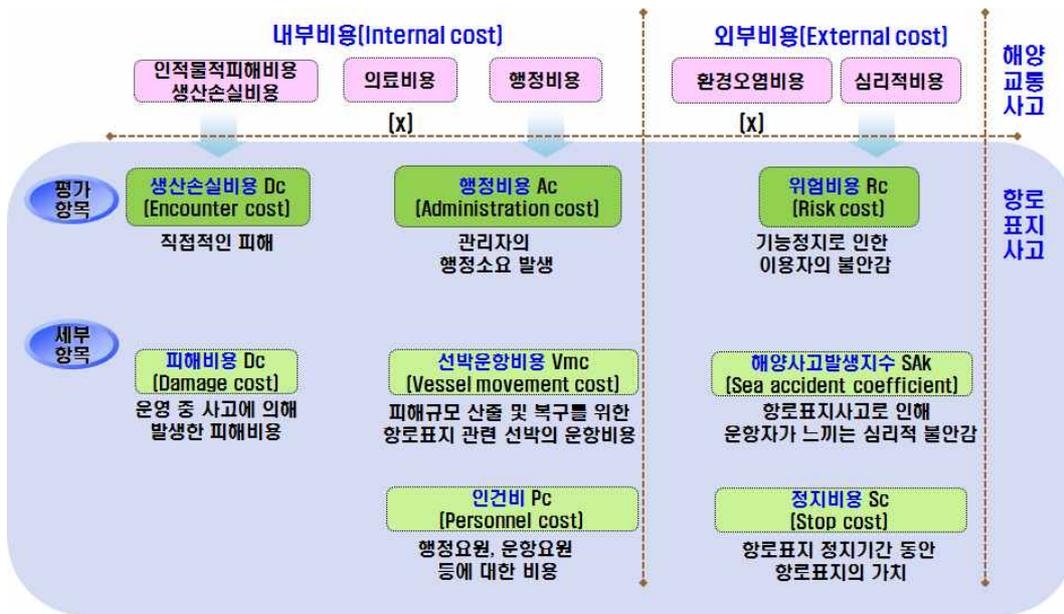


Fig. 15 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 평가항목 도출 절차

첫째, 인적·물적 피해비용과 생산손실비용은 항로표지 사고가 발생할 경우 직접적인 피해비용으로 생산손실비용(Encounter cost)으로 사용한다. 이 경우 인적피해는 발생하지 않으므로 항로표지사고는 직접적인 피해만 적용한다.

둘째, 행정비용은 사고처리를 위한 인적자원의 비용이므로 항로표지 사고 역시 관련 관리자의 행정소요가 발생함으로 행정비용(Administration cost)으로 동일하게 사용한다.

셋째, 항로표지는 통항선박의 안전을 위한 해상교통시설이므로 항로표지가 기능정지 또는 부재할 경우 이용자가 느끼는 심리적 불안감을 위험비용(Risk cost)으로 사용한다.

다만 교통·해양사고의 의료비용과 환경오염비용은 항로표지 사고와 무관한 항목으로 적용하지 않는다. 또한 생산손실비용과 행정비용은 내부비용(Internal cost)으로 위험비용은 외부비용(External cost)으로 분류한다.

3.3.3 세부 평가항목 도출

Table 27은 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델의 평가 세부항목이다. 항로표지 사고의 사회적비용 평가항목은 생산손실비용, 행정비용, 위험비용의 3가지 항목으로 적용한다.

Table 27 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 항목

| 구분 | 분류 |
|-------------------------|---|
| 내부비용 (Internal cost) | 생산손실비용(Encounter cost) |
| | ▶ 피해비용(Damage cost) : 운영중 사고에 의해 발생한 피해 비용 |
| | 행정비용(Administration cost) |
| | ▶ 선박운항 비용(Vessel movement cost) : 피해규모 산출 및 복구를 위한 항로표지 관련 선박의 운항비용 ▶ 인건비(personnel cost) : 행정요원, 운항요원, 작업인원에 대한 비용 |
| 외부비용 (External cost) | 위험비용(Risk cost) |
| | ▶ 해양사고발생 지수(Sea accident coefficient) : 항로표지 사고로 인해 이용선박의 운항자가 느끼는 심리적 부담감 ▶ 정지비용(Stop cost) : 항로표지의 기능정지 기간 동안 항로표지의 가치 |

① 생산손실비용 : 교통·해양사고에서 생산손실비용은 사고로 인한 사고피해자의 생산손실을 산출하는 것으로 피해자의 평균수명, 평균수입, 평균퇴직연령, 근무할 수 없는 날 등을 조사한다. 하지만 항로표지 사고의 경우는 인적피해가 발생하지 않으므로 항로표지가 운영 중 파손, 유실 등에 의해 발생하는 피해비용(Damage cost)을 세부항목으로 평가한다.

② 행정비용 : 교통·해양사고에서 행정비용은 사고로 인한 사회적 손실비용이라는 개념에서 사고처리를 위한 경찰 및 보험사의 관련비용을 행정비용으로 보고 있다. 하지만 항로표지 사고의 경우 항로표지 관리자와 항로표지 관련선박 등을 이용하여 항로표지 사고원인, 피해규모 확인, 기능복귀 등을 수행하게 됨으로 관

리자의 인건비(Personnel cost)와 선박 운항비용(Vessel movement cost)의 2가지 세부항목으로 평가한다.

③ 위험비용(심리적비용) : 교통·해양사고에서 외부비용(심리적비용)은 CVM기법을 활용하고 있다. CVM은 평가 대상이 되는 프로그램 또는 특정재화에 대해 가상으로 설계된 시나리오에 대한 반응을 측정하여 프로그램 또는 재화의 가치를 측정하는 방법이다(최, 2016). 하지만 항로표지 사고로 인한 기능정지는 이용자에게 안전항해에 대한 불안전 요소로 이는 해양사고로 이어질 수 있어 본 연구에서는 외부비용을 CVM기법 보다는 해양사고 발생지수를 활용한다. 따라서 위험비용은 항로표지 사고로 인해 통항선박의 항해자가 느끼는 위험도인 해양사고 발생지수(Sea accident coefficient)와 항로표지 정지기간 동안 항로표지가 가진 가치를 평가한 정지비용(Stop cost) 등 2가지 세부항목으로 평가한다.

④ 사고자료 조사 : 항로표지 사고의 사회적비용을 추정하기 위해서는 사고자료 수집이 필수적이며, 제2장에서 언급한 부산지방해양수산청의 과거 10년(2006~2015년) 자료를 활용하였다. 항로표지 사고 자료에는 사고건수, 사고의 원인, 사고의 결과, 피해 비용 등을 포함한다. 수집된 자료는 항로표지 사고의 피해 결과에 대한 대표 값 산출의 기준을 제공한다.



제 4 장 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 개발

항로표지 사고의 사회적비용 추정모델은 항행선박의 안전과 효율적인 통항을 보장하기 위해 설치된 항로표지가 기상악화, 선박충돌 등으로 항로표지의 목적과 기능을 상실할 경우, 관리자의 입장에서 발생하는 경제적 손실과 항해자의 입장에서 간접적인 위험비용을 산출함으로써 항로표지가 가진 가치를 평가하기 위함이다.

항로표지 사고에 따른 사회적비용은 식(1)과 같이 생산손실비용, 행정비용, 위험비용의 합으로 산출하며, 모든 비용은 현재비용(Present Values)으로 추정하기 위하여 사회적 할인율(Social discount rate)을 적용한다.

$$ANsc = \sum_{t=t_0}^T \frac{1}{(1+r)^t} (\sum_{ij} Ec_t(AtoN_{ij}) + \sum_{ij} Ac_t(AtoN_{ij}) + \sum_{ij} Rc_t(AtoN_{ij})) \quad (1)$$

여기서

ANsc : 항로표지 사고의 사회적비용(AtoN social cost)

Ec : 항로표지 사고의 생산손실비용(Encounter cost)

Ac : 항로표지 사고의 행정비용(Administration cost)

Rc : 항로표지 사고의 위험비용(Risk cost)

i : 사고 항로표지 종류(Type of AtoN)

j : 사고 항로표지 수량(Counter of AtoN)

r : 사회적 할인율(Social discount rate)

4.1 생산손실비용 추정모델 개발

생산손실비용(Encounter cost)은 물건을 사거나 제작하는데 든 비용의 손실을 의미하는 것으로 새로운 것을 만들거나, 공사에 드는 총비용의 원가 손실을 의미한다. 항로표지 사고의 생산손실비용은 선박과 충돌 및 기상 등에 의해 발생하는 피해비용(Damage cost)과 피해복구를 위한 외부용역비(Exterior Service cost)의 합으로 식(2)와 같이 산출한다.

$$Ec = \sum_{ij} Dc(AtoN_{ij}) + \sum_{ij} Esc(AtoN_{ij}) \quad (2)$$

여기서

Ec : 항로표지 사고의 생산손실비용(Encounter cost)

Dc : 사고 항로표지의 피해비용(Damage cost)

Esc : 항로표지 복구를 위한 외부 용역비용(Exterior Service cost)

생산손실비용의 세부 평가항목인 피해비용(Damage cost)은 항로표지 사고로 발생한 장비의 손상정도를 금액으로 산출한다. 항로표지는 등대, 등표, 등부표, 도등 등 종류도 다양하고, 항로표지를 제작할 때 사용되는 부자재 역시 그 구조에 따라 다양하다. 예를 들어 등부표는 등명기, 레이더리플렉터, 태양전지판, 사다리, 번호판, 축전지함, 인양고리, 표체, 미통, 충추 등으로 구성되어 있다. 등부표에 피해가 발생할 경우 각 위치의 피해정도에 따라 피해비용은 상당한 차이를 보이고 있다.

Table 28은 등부표 표체손상에 대한 상이한 피해금액 산출의 예이다. 동일피해에 대한 부산청에서 발생한 등부표(스파부이) 사고의 피해비용을 보면 동일한 표체손상이라 할지라도, 표체 자체의 손상, 인양고리가 포함된 손상, 배터리함까지 포함된 손상 등 손상정도에 따라 피해금액이 6백만원에서 1천만원까지 차이를 보이고 있다. 이는 조사자의 주관적인 판단 일수도 있지만, 사고 항로표지의 손상정도에 따라 피해금액의 산출기준이 상이한 것을 확인하였다.

Table 28 등부표 표체손상에 대한 상이한 피해금액(부산청)

| 구분 | 항로표지 종류 | 피해 종류 | 피해금액 |
|------|-----------|-------|-------------|
| 2010 | 등부표(스파부이) | 표체손상 | 6,000,000원 |
| 2010 | 등부표(스파부이) | 표체손상 | 4,500,000원 |
| 2008 | 등부표(스파부이) | 표체손상 | 10,000,000원 |

source : 부산지방해양수산청

따라서 피해비용은 항로표지를 설치할 당시를 기준으로 피해가 발생한 항로표지 구성품의 단가를 기준으로 산출해야 한다. 이 경우 설치년도에 따라 금액이 상이할 수 있으므로, 항로표지 사고가 발생한 당시 조사된 자료를 근거자료로 사용해야 한다. 또한 피해비용 산출이 없는 경우, 유사 사고의 피해금액 등 다양한 근거를 활용하여 피해금액을 산출한다. 한편 항로표지 사고는 현재에 발생하였고, 피해장비는 과거에 설치되었으며, 피해조사는 현재를 기준으로 비용을 산정함으로써 피해조사에서 산출된 금액을 적용한다.

항로표지 사고가 발생하면 기능 정상화를 위해 반드시 복구되어야 한다. 실무에서는 항로표지 기능정상화를 위해 복구비용을 산출하고 있다. 하지만 앞에서 언급한 피해비용을 복구비용과 같이 혼합하여 사용하고 있다. 항로표지 사고가 발생할 경우 실무에서는 피해복구비용으로 산출하고 있어, 본 모델에서는 피해비용만을 산출하는 것으로 하였다. 하지만, 일부 항로표지에 대해서는 피해정도에 따라 자체적으로 기능복구가 불가능한 경우 외부용역으로 기능 복구를 추진하고 있다. 따라서 항로표지 피해의 정도에 따라 피해비용과 복구비용은 구분되지만 이 경우 복구비용은 외부용역비를 추가해야 한다.

4.2 행정비용 추정모델 개발

행정비용은 항로표지 사고의 조사 및 기능복구를 위해서 투입되는 인력 및 장비에 대한 행정처리 비용이다. 행정비용을 산출하기 위해서는 항로표지 사고 조사 및 기능복구에 투입되는 인력, 조사 처리에 소요되는 시간(일수), 부대비용 등 매우 다양하게 존재한다. 투입인력에는 관리자, 선박운용 인원이 있고, 조사 처리에 소요되는 시간은 항로표지 사고 일로부터 복구까지의 소요일수를 의미하며, 부대비용은 선박운항에 소요되는 제반 비용이다. 단, 행정요원이 항로표지를 복구를 위해 필요한 출장비, 식비 등 부가적으로 소요되는 비용은 계산하지 않는다.

따라서 행정비용(Administration cost)은 사고 항로표지의 기능 정상화에 소요되는 복구일수(Recovery day), 기간 중 소요되는 인건비(Personnel cost) 그리고 항로표지업무용 선박의 운항비용(Vessel movement cost)의 합으로 식(3)과 같이 산출한다.

$$Ac = Rd \left(\sum_{ij} (Pc_1 + Pc_2)(AtoN_{ij}) + \sum_{ij} Vmc(AtoN_{ij}) \right) \quad (3)$$

여기서

Ac : 항로표지 사고의 행정비용(Administration cost)

Rd : 사고 항로표지의 복구 일수(Recovery days)

Pc₁ : 항로표지 관리원 인건비(Personnel Cost)

Pc₂ : 항로표지 운항선박 인건비(Personnel Cost)

Vmc : 항로표지 관련 선박 운항비용(Vessel movement cost)

4.2.1 사고항로표지의 복구일수

항로표지 사고는 기상악화에 의한 손상, 선박충돌 등에 의한 파손, 자체 결함 등에 의한 소등으로 본래의 기능을 상실한다. 이 경우 항로표지 관리자 및 관련 선박은 신고 된 항로표지의 현장을 확인하고 필요시 인양 또는 수리대책을 수립 후 복구를 진행하게 된다.

복구일수(Recovery day)는 항로표지 사고 발생시점부터 수리 및 복구까지 소요되는 기간이다. 항로표지 사고에서 복구까지 소요되는 기간은 현장의 상황과 피해 정도에 따라 기간이 상이하며, 항로표지 종류별로 정형화된 기간은 없다. 제2장에서 분석된 부산청 관할해역에서 발생한 10년간(2006~2015년) 항로표지 사고 221건의 경우, 평균 복구일수는 26.4일이었고 최소 1일에서 최대 251일까지 다양하게 소요되었다.

항로표지는 종류 및 설치위치에 따라 사용되는 재료가 상이하다. 동일피해가 발생하였다고 가정할 경우, 무인등대, 등표 등 콘크리트 구조물이 등부표, 음파표지에 비하여 특성상 복구기간을 더 소요될 수 있다. 따라서 항로표지의 복구일수는 복구를 위해 필요로 하는 장비와 여건에 따라 실소요 기간을 본 모델에 반영하여 계산한다.

4.2.2 항로표지 관리자의 인건비

인건비는 사람을 부리는 데 드는 비용을 의미한다. 인건비는 노무비보다 다소 포괄적인 개념이다. 노무비란 매출을 발생시키기 위해 제품을 생산하거나 용역을 수행하는 인력에 대한 급여, 제수당, 상여금, 퇴직급여가 해당된다. 반면 인건비는 생산이나 용역을 수행하는 인력에 대한 비용을 포함한 사업장 전체 인력에 대한 급여, 제수당, 상여금, 퇴직급여를 포함해서 복리후생비까지 포함된다. 즉, 모든 인력에 대한 노동력의 대가가 다 포함되는 개념이 인건비라 할 수 있다(김 & 김, 2004).

항로표지는 연간 계획된 예방정비에 의해 기능을 유지하지만, 항로표지 사고는 기능복구 시까지 관리자에게 비계획 업무를 강요하게 되어 추가적인 인건비 소요가 발생한다. 항로표지의 점검 및 복구에 소요되는 인건비(Personnel cost)는 관리

자(Pc1)와 항로표지업무용선박(항로표지선)의 승조원(Pc2)으로 구분할 수 있다. 각 지방청 항로표지과에서 국유표지를 관리 및 정비계획을 수립하는 인원은 평균 2 인이고, Table 29와 같이 전국 항로표지선 16척에 근무하는 평균 인원은 6.5명이다. 또한 각 지방청 관리자(관리자, 승조원)를 확인한 결과 호봉 및 직급이 다소 상이하였다. 이를 고려하여 인건비는 정부노임단가를 적용하고 관련인원의 단가는 차등 적용한다.

Table 29 전국 항로표지선 현황

| 구분 | 선 명 | 총톤수 | 정 원 | 건조금액(백만) | 건조일 |
|----|-------|------|-----|----------|------------|
| 1 | 광성호 | 65 | 7 | 1,135 | 1997.03.10 |
| 2 | 비추미호 | 51 | 5 | 1,340 | 2006.03.22 |
| 3 | 인성1호 | 97 | 7 | 2,325 | 2007.05.01 |
| 4 | 인성2호 | 75 | 7 | 2,733 | 2014.10.28 |
| 5 | 등대랑1호 | 79 | 7 | 1,640 | 2001.08.07 |
| 6 | 등대랑2호 | 57 | 6 | 1,733 | 2009.10.07 |
| 7 | 일월호 | 25 | 6 | 661 | 1997.12.15 |
| 8 | 여명1호 | 87 | 6 | 2,534 | 2011.11.22 |
| 9 | 여명2호 | 79 | 6 | 2,100 | 2002.06.14 |
| 10 | 새빛호 | 75 | 7 | 2,100 | 2008.10.14 |
| 11 | 해양호 | 97 | 7 | 2,113 | 2004.06.24 |
| 12 | 해양2호 | 97 | 6 | 2,546 | 2010.12.23 |
| 13 | 해양1호 | 102 | 7 | 1,332 | 1994.10.12 |
| 14 | 셋별호 | 87 | 7 | 2,797 | 2010.08.23 |
| 15 | 등대호 | 115 | 7 | 1,633 | 1998.09.23 |
| 16 | 바다랑호 | 68 | 6 | 2,110 | 2006.06.08 |
| 평균 | - | 78.5 | 6.5 | 1,927 | |

Table 30은 2015년 기준 정부 노임단가표이다. 정부 노임단가표는 특별인부, 보통인부, 선원으로 만 구분되어 있다. 따라서 사무직 인건비 단가는 각각 특별인부와 보통인부로 분리 적용하며, 항로표지선 승조원의 6.5명은 전원 선원 인건비를 적용한다. 관리자의 인건비는 항로표지 사고 발생부터 복구까지 부가적인 업무를 수행해야 함으로 발생에서 복구기간까지 적용한다.

Table 30 정부 노임단가표(2015년)

| 번호 | 직종명 | 단 가 | 적용 | 내 용 |
|--------|------|----------|------|--|
| 1003 | 특별인부 | 120,716원 | 사무직1 | 보통 인부보다 다소 높은 기능정도를 요하며, 특수한 작업조건하에서 작업하는 사람 |
| 1002 | 보통인부 | 99,882원 | 사무직2 | 기능을 요하지 않는 경작업인 일반잡역에 종사하면서 단순 육체노동을 하는 사람 |
| **1055 | 선원 | 108,000원 | 선박 | 선박의 운항을 위한 각 부서의 선원 |

Table 31은 항로표지 위치에 따른 선박운항여부를 나타낸 것이다. 항로표지는 종류와 설치위치에 따라 항로표지업무용 선박의 운항여부가 결정되기도 한다. 예를 들어 유인등대의 경우 육상에 위치한 경우도 있지만, 도서지역에 설치된 경우도 있다. 도등의 경우에는 육상에 설치되어 선박의 운항이 불필요한 경우도 있다. 따라서 선박직의 인건비(선박의 운항비용 포함)는 항로표지 설치위치에 따라 차등 적용한다.

Table 31 항로표지 위치에 따른 선박 운항 여부

| 구 분 | 대상 항로표지 |
|---------------------------------------|---|
| 항로표지업무용 선박 운항 (승조원인건비 + 선박운항비용 포함) | 등표, 등부표(스파부이), 등주, 방파제등대, 무인등대, 유인등대, 레이콘 등 |
| 항로표지업무용 선박 미운항 (승조원인건비와 선박운항비용 제외) | 무인등대, 유인등대, 도등, 지향등 등 |

4.2.3 항로표지업무용선박의 운항비용

항로표지업무용선박은 항로표지선, 부표정비선, 항로표지 측정선으로 구분된다(항로표지업무용선박의 관리 운영에 관한 규정 제2조 1항). 각각의 업무용 선박은 각 지방청별 또는 동서남해 권역별로 항로표지에 대하여 유지보수를 수행하고 있다.

항로표지 사고가 발생할 경우 “지방청장은 태풍, 천재지변 등 예기치 못한 사유로 인하여 부표가 유실되거나 위치이동 등의 사고가 발생하였을 때에는 정비선 또는 측정선을 관리하는 지방청장에게 긴급출항을 요청할 수 있다.” 라고 명시하고 있다(항로표지업무용선박의 관리 운영에 관한 규정 제6조 2항). 즉, 업무용 선박은 항로표지 사고가 발생할 경우 현장을 확인하고 필요한 조치를 취하게 된다. 이 경우 항로표지 업무용선박의 운항비용은 선박의 운항을 위한 유류비용(F.O 및 L.O)과 선박의 운항에 따른 선박의 감가상각비 등이 발생하게 된다.

가. 항로표지업무용선박의 유류비용

항로표지업무용선박의 유류비용은 항로표지 사고에서 기능복구까지 소요되는 F.O 소모량을 확인하여 산출한다(L.O는 엔진의 특성에 따라 L.O의 교환주기가 다소 상이하여 본 모델에서는 제외한다).

Table 32는 전국 항로표지선의 5년간(2011~2015년) 유류소모량이다. 5년간(2011~2015년) 각 지방청에서 운항중인 16척의 항로표지선 운항결과를 분석해보면, 연평균 운항일수는 99.4일이고, 연평균 유류소모량은 55,872리터이므로 이를 일일 평균 유류소모량으로 환산하면 632.2리터이다. 2015년(경유 약1,200원) 기준 항로표지선의 일일 유류비용은 758,640원이다.

나. 항로표지업무용선박의 일일 감가상각비

항로표지업무용선박은 연간 계획에 의해서 운항하지만 항로표지 사고가 발생할 경우 비계획적으로 운항하게 된다.

Table 32 항로표지선 일일 유류소모량(2011~2015년)

| 구분 | 선 명 | 연평균 운항일수(일) | 연평균 유류소모량(l) | 일일평균 유류소모량(l) | 비고 |
|----|-------|----------------|-----------------|------------------|----|
| 1 | 광성호 | 127.0 | 36,350 | 286.2 | |
| 2 | 비추미호 | 133.6 | 23,298 | 174.4 | |
| 3 | 인성1호 | 75.0 | 106,028 | 1,413.7 | |
| 4 | 인성2호 | 67.8 | 103,248 | 1,522.8 | |
| 5 | 등대랑1호 | 124.2 | 65,498 | 527.4 | |
| 6 | 등대랑2호 | 140.6 | 49,756 | 353.9 | |
| 7 | 일월호 | 134.2 | 20,678 | 154.1 | |
| 8 | 여명1호 | 117.0 | 55,877 | 477.6 | |
| 9 | 여명2호 | 117.6 | 54,464 | 463.1 | |
| 10 | 새빛호 | 74.6 | 30,754 | 412.3 | |
| 11 | 해양호 | 97.0 | 96,426 | 994.1 | |
| 12 | 해양2호 | 86.8 | 57,927 | 667.4 | |
| 13 | 해양1호 | 63.4 | 26,724 | 421.5 | |
| 14 | 셋별호 | 50.4 | 51,958 | 1,030.9 | |
| 15 | 등대호 | 100.4 | 87,279 | 869.3 | |
| 16 | 바다랑호 | 80.0 | 27,693 | 346.2 | |
| 평균 | - | 99.4 | 55,872 | 632.2 | |

이는 계획대비 추가 운항으로 선박에게 피로를 가중시킴으로써 내용연수 보다 빠른 선박의 도태를 가져오게 된다. 항로표지업무용선박의 피로도도 선박의 내구 연한을 고려하여 비용을 산출하는데 이때 감가상각비를 적용한다.

감가상각비는 기업이 사용하는 기물이나 설비 등은 해마다 소모되는데, 이러한 가치의 감소분을 보전하는 절차이다. 즉, 기물 설비가 제품이나 서비스 등을 생산 하면서 노후한 만큼의 가치를 제품생산원가에 포함시킬 목적으로 계산한 비용(감가상각비 = (취득가액 - 잔존가치) / 물리적 내용연수)이다.

업무용 선박의 감가상각비를 계산하기 위해서는 최초 취득가액과 물리적 내용연수(Durable years of physical) 등이 필요하다. 취득가액은 건조금액(Table 28)으로 확인 가능하지만 내용연수는 별도 명문화된 것이 없다.

항로표지 업무용선박의 내용연수와 관련하여 “지방청장은 선박을 대체 또는 신조하려는 때는 다음 각 호의 사항을 명확히 하여 사전에 건조계획을 장관에게 보고하여야 한다.” 라고만 명시하고 있고, 물리적 내용연수는 별도로 명시하지 않는다(항로표지업무용선박에 관한 규정 제19조 1항). 한편 지방공기업법 시행규칙(행정안전부령 제1호 2017. 7.26.) 제19조 1항(별표 2)에 선박 및 항공기에 대한 내용연수를 12년으로 명시하고 있지만, 이는 각 지방청에서 운영되는 항로표지선의 내용연수와는 상이하다. 따라서 현재 각 지방청에서 항로표지선이 20년을 경과했을 경우 선박건조를 계획하고 있어 본 모델에서는 항로표지업무용선박의 내용연수를 20년으로 가정한다.



4.3 위험비용 추정모델 개발

위험비용(Risk cost)은 항로표지 사고로 인해 통항선박의 운항자가 느끼는 위험 정도를 비용으로 산출하는 것이다. 항로표지 사고가 발생할 경우 통항선박의 운항자는 기존 무인등대, 등부표 등에 의해 유도되는 익숙한 항로가 아닌, 친숙하지 못한 항로를 향해하게 됨으로 심적 불안감을 느끼게 된다. 이는 친숙한 항로표지의 존재 유무가 운항자에게 해양사고를 유발할 수 있는 부담감으로 작용할 수 있다.

위험비용은 항로표지 기능정지 기간 동안 항로표지의 가치를 비용화한 정지비용(Stop Cost)과 통항선박의 항해자가 느끼는 위험도인 해양사고 발생지수(Sea Accident coefficient)의 곱으로 식(4)와 같이 산출한다.

$$Rc = SA_k \sum_{ij} Sc(AtoN_{ij}) \quad (4)$$

여기서

Rc : 항로표지 사고의 위험비용(Risk cost)

SA_k : 해양사고 발생지수(Sea accident coefficient)

Sc : 사고 항로표지의 정지비용(Stop cost)

4.3.1 정지비용

정지비용(Stop cost)은 항로표지의 기능정지 기간 동안 항로표지의 가치를 비용으로 환산한 것이다. 항로표지는 최초 설치 시 설치비용이 발생하고 내용연수(Cost year)를 정하여 운영되고 있으며, 지속적인 기능유지를 위해 예방정비를 실시한다. 정지비용은 항로표지 최초의 설치비용(Installation cost), 사용연수(Use year), 내용연수(Cost years) 등을 고려한다.

항로표지의 관리자는 일정비용을 투자하여 항로표지를 설치하고 이를 관리하지만, 이용자는 반복적으로 항로표지를 이용하게 된다. 항해자는 동일 항로나 동일

해역을 반복적으로 운항할 경우, 동일 항로표지에 대해 무의식적으로 존재유무를 인식하지 못하게 된다. 항로표지의 이용가치는 항해자의 항해가 반복될수록 점차 하락되며 항로표지의 이용가치는 점차 하락하게 된다.

항해자의 항로표지에 대한 이용가치는 경제학적으로 잔존가치와 유사하다. 잔존가치란 건물, 토지, 물자 등의 자산은 그 자체가 갖고 있는 능력을 다하더라도 매각처분하여 얻을 수 있는 처분가치를 가지고 있다. 즉 어떤 자산이 다른 목적에 전혀 사용되어질 수 없을 때 자산을 처분함으로써 취득할 수 있는 가치이다. 항로표지는 과거에 설치되었으며, 항로표지 사고는 현재에 발생하기 때문에 항로표지의 잔존가치를 고려하여 정지비용은 식(5)와 같이 산출한다.

$$Sc = \sum_{ij} (Ic(1 - 0.9 \frac{Uy}{Cy})) (AtoN_{ij}) \quad (5)$$

여기서

Sc : 항로표지 사고의 정지비용(Stop cost)

Ic : 항로표지 설치비용(Installation cost)

Uy : 사고 항로표지의 사용연수(Use years)

Cy : 사고 항로표지의 내용연수(Cost years)

가. 설치비용

항로표지의 설치(신설)는 항로표지법 제3조(항로표지 개발에 관한 계획의 수립·시행)에 의한 증장기 계획, 새롭게 확인된 여, 암 등에 신설하는 경우, 방파제의 신설 및 항로의 변경 등이 발생할 경우 설치하게 된다.

항로표지 신설을 계획할 경우 설치비용은 원가계산서를 작성하게 된다. 원가계산은 제조원가 계산과 공사원가계산 및 용역원가 계산으로 구분하고 있는데, 항로표지 신설의 경우에는 공사원가계산에 해당한다. Table 33은 공사 원가 계산서이다. 공사원가라 함은 공사시공과정에서 발생한 재료비, 노무비, 경비와 기타 비용의 합이다(강, 2011).

Table 33 공사 원가 계산서

| 비 목 | | 내 용 | |
|------------------|-------------|----------------|---|
| 제 조 원 가 | 재 료 비 | 직접재료비 | ▶ 주요재료비, 구입부품비, 포장재비 |
| | | 간접재료비 | ▶ 보조재료비, 소모공구, 비품비 |
| | 노 무 비 | 직접노무비 | ▶ 직접작업 노무공수, 간접작업 노무공수 (조회, 작업지시, 작업준비, 여유 등) ▶ 무작업 노무공수(연월차, 각종휴가, 출장, 교육 등) |
| | | 간접노무비 | ▶ 직접노무비 × 간접경비율 |
| | 경 비 | 직접경비 | ▶ 감가상각비, 임차료, 설계비, 공사비, 기술료 ▶ 연구개발비, 특허권사용료, 시험검사비, 행사비 등 |
| | | 간접경비 | ▶ 노무비 × 간접경비율 |
| | 제조원가 | | ▶ 재료비 + 노무비 + 경비 |
| | 일 반 관 리 비 | | ▶ 제조원가 + 일반관리비율 |
| 총원가 | | ▶ 제조원가 + 일반관리비 | |
| 이 윤 | | ▶ 총원가 × 이윤율 | |
| 계산가격 | | ▶ 총원가 + 이윤 | |

source : 강성진, 비용추정론(2011)

항로표지는 등대, 등표, 등부표 등 그 종류가 다양하고 신설위치 또한 해상, 암벽, 도서지역 등 선박의 안전을 위해, 소요가 발생하는 지역에 설치하기 때문에 공사원가(설치비용)는 종류별, 위치에 따라 다양하다. Fig. 16은 항로표지(감천항도 등) 이력카드이다. 항로표지의 설치비용(건조금액)은 항로표지 이력카드에 명시하고 있지만, 일부 이력카드에는 설치비용(건조금액)을 명시하지 않는 경우도 있다. 이력카드에 설치비용을 명시하지 않을 경우 설치비용이 산출 가능한 자료를 활용하여야 한다.

| 무 인 표 지 (도등) | | | | 색인번호 | 등대표번호 | | | |
|---|------------------|------------|--------------|-------------|---------|---------|------------------------|--|
| | | | | 관련해도 번호 | | | | |
| 관 내 | 부산지방해양항만청 | | | 표 계 | | | | |
| 명 칭 | 감천항전도등 | | | 구 조 | 사각철탑조 | | | |
| 위 치 (WGS-84) | 부산시 사하구 구평동 한진부두 | | | 기 능 | 도등(전도등) | | | |
| | 북위(N) | 35-03-41.8 | 동경(E) | 128-59-37.2 | 도색형상 | 사각철탑조 | | |
| 구조물높이 | 구조물높이 | | | 등탑 | 101m | 축전지실천경 | | |
| 연조년월일 | 2011.1.28. | 초점등년월일 | 2011.1.28. | 건평 | 층수 | 상판 | 축전지실 기타 | |
| 건조금액 | 1,460,000,000원 | | | 각종면적 | 121㎡ | | 100㎡ | |
| 외 경 사 진 | | | | 도장 | 바탕별 | 몰탈부분 | 석재부분 | |
|  | | | | 면적 | 벽돌부분 | 철재부분 | 기타 | |
| | 용적 | 구조별 | 콘크리트 | 석재 | 벽돌 | 철재 | 기타 | |
| | | 수량 | | | | | | |
| | 출입문 | 종류 | 여닫이 | | 크기 | | | |
| | | 재질 | 구조재 | 철재 | 판재 | | | |
| | | 채경 | 자물쇠 | | | | | |
| | 피뢰침 | 종류 및 크기 | 도선의 길이 및 치수 | | | | | |
| | | 유도광역피뢰침 | 101m 및 6V-38 | | | | | |
| | 등 명 기 | | | | 규격 | LED 라이트 | | |
| | | 등광 | 녹색 | 등질 | FG | | | |
| | 광도 | 699,308cd | 등고 | 기초상 | 101m | | | |
| | 번호 | | | 평균해면상 | 106m | | | |
| | 광달거리 | 지리학적 | 광학적 | 명목적 | | | | |
| | | 26 | 38 | 23 | | | | |
| | 섬광기 | | | | | | | |
| | 일광감지기 | | | | | | | |
| | 전구교환기 | | | | | | | |
| 평면도 및 주단면도 | | | | 전 구 | 규격 | 수량 | | |
| | | | | 전원 및 장비 | | | | |
| | | | | 종 류 | 교류(AC) | | | |
| | | | | 비상전원 | | | | |
| | | | | 축전지 | 규격 | 수량 | | |
| | | | | 태양전지 | 규격 | 수량 | | |
| | | | | 충방전조절기 | 규격 | 수량 | | |
| | | | | 배 전 선 | 배선방식 | 배선길이 | 전선크기 | |
| | | | | | 직렬 | 101 | 22mm ² × 2C | |
| | | | | 부속장치 | | | | |
| | | | | 특기사항 | | | | |

Fig. 16 항로표지(감천항 전도등) 이력카드

나. 내용연수

해양수산부에서는 항로표지법 등 관련법령 및 지침에 따라 항로표지를 설치·관리하고 장비·용품에 대하여 운영 중에 있다. 항로표지의 관리에 관한 사항은 항로표지시설관리지침에 관리요령, 점검주기, 내용연수 등을 명시하고 있다. 동 지침에 따르면 유인등대는 제8조(건축물관리)에 따라 건축물에 준하여 운영 중이고, 항로표지 장비용품의 내용연수는 동지침 제16조(내용연수)에 따라 지정 운영 중이다(항로표지시설관리지침, 2017).

Table 34 항로표지시설 장비용품 내용연수

| 번호 | 품명 | 규격 | 분류번호 | 내용연수 |
|----|------------------|---------|----------|------|
| 1 | 태양전지 | 등대용 | 26111607 | 15 |
| 2 | 전력조절기 | 등대용 | 26111699 | 10 |
| 3 | 원격제어기 | 등대용 | 21516471 | 9 |
| 4 | 에어사이렌 | 등대용 | 6350003 | 15 |
| 5 | 전기혼 | 등대용 | 25231026 | 13 |
| 6 | 연축전지 | 등대·등부표용 | 26111707 | 3 |
| 7 | 무보수연축전지 | 등대·등부표용 | 26111707 | 4 |
| 8 | 해상용등명기 LED-200 | 소형 | 46161588 | 9 |
| 9 | 해상용등명기 LED-200HI | 소형 | 46161588 | 9 |
| 10 | 해상용등명기 250mm | 소형 | 46161588 | 9 |
| 11 | 해상용등명기 300mm | 중형 | 46161588 | 9 |
| 12 | 해상용등명기 400mm | 중형 | 46161588 | 15 |
| 13 | 해상용등명기 750mm | 대형 | 46161588 | 15 |
| 14 | 도등 | - | 46161578 | 10 |
| 15 | 조사등 | - | 39111704 | 10 |
| 16 | 지향등 | - | 46161578 | 10 |
| 17 | 교량등 | - | 46161588 | 9 |
| 18 | 등부표 | 철재류 | 25111997 | 15 |
| 19 | 태양전지 | 등부표용 | 26111607 | 12 |
| 20 | 충방전조절기 | 등부표용 | 26111704 | 6 |
| 21 | 원격감시제어기 | 등부표용 | 39121189 | 9 |
| 41 | 수배전반 | 로란-C | 39121103 | 10 |
| 42 | 세습원자시계 | - | - | 20 |
| 43 | 레이콘 | - | 41112998 | 10 |
| 중략 | | | | |
| 51 | 조류측정장치 본체 | “ | - | 10 |
| 52 | 조류신호소 분전반 | “ | - | 10 |
| 53 | 조류신호 전광관 | 철탑 | - | 25 |

source : 해양수산부, 항로표지시설관리지침

지침에서 지정하고 있는 항로표지 장비용품의 내용연수는 등부표(철제) 15년, 도등·조사등·지향등 10년, 교량표지 9년 등으로 명시하고 있다. 하지만 무인등대, 등표 등 건축물 시설에 대해서는 별도로 언급하지 않고 있어 본 모델을 정립하기 위하여 관련 법규 등을 분석할 필요성이 있다.

“건축물이란 토지에 정착하는 공작물 중 지붕과 기둥 또는 벽이 있는 것과, 이에 부속되는 시설물을 말한다(건축법 제2조).” 라고 정의하고 있다. 현재 국내법에 있는 법률 중 건축물의 내용연수를 표기하고 있는 것은 지방공기업법 시행규칙(행정안전부령 제1호, 2017.7.26.) 제19조 1항(별표 2)에 명시하고 있는 건축물의 내용연수다.

Table 35는 건축물의 내용연수이다. 법률에 명기된 내용연수를 보면 콘크리트조는 20년, 철근콘크리트조는 40년으로 명시하고 있다. 건축물의 기준에서 본다면 항로표지 중 유인등대는 건축물에 해당하지만, 항로표지 중 많은 비중을 차지하고 있는 무인등대 및 등표는 건축물에 해당하지 않는다. 그러나 무인등대 및 등표의 대다수가 철근콘크리트 구조물임을 고려하여 건축물에 준하여 내용연수를 적용한다.

Table 35 건축물 등의 내용연수

| 구 분 | 구조 또는 자산 |
|-----|---|
| 5년 | 차량 및 운반구(운수업, 기계장비 및 소비용품 임대업에 사용되는 차량 및 운반구를 제외한다.), 공구, 기구 및 비품 |
| 12년 | 선박 및 항공기(어업, 운수업, 기계장비 및 소비용품 임대업에 사용되는 선박 및 항공기를 제외한다.) |
| 20년 | 연와조, 블록조, 콘크리트조, 토조, 토벽조, 목조, 목골모르타르조, 그 밖의 구조의 모든 건물(부속설비를 포함한다.)과 구축물 |
| 40년 | 철골·철근콘크리트조, 철근콘크리트조, 석조, 연와석조, 철골조의 모든 건물(부속설비를 포함한다.)과 구축물 |

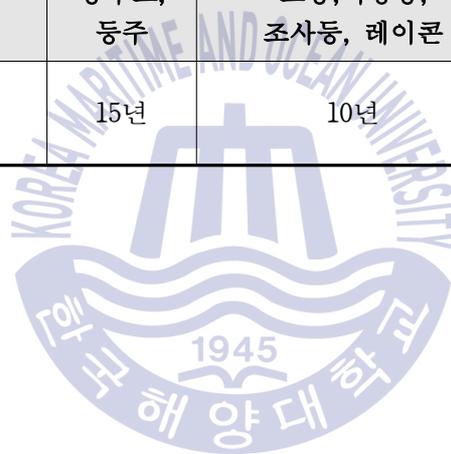
source : 지방공기업법시행규칙 별표2

따라서 본 추정모델에서 항로표지의 내용연수는 다음과 같이 적용한다.

- ① 항로표지시설관리지침 제16조(내용연수)에 명시된 등부표(철재) 15년, 도등·지향등·조사등 10년, 교량표지 9년을 적용한다.
- ② 건축법(법률 제14567호), 지방공기업법 시행규칙(행정안전부령 제1호) 등에 콘크리트 건축물의 내용연수를 40년으로 명시하고 있다. 유인등대, 무인등대, 등표의 경우 해양수산부는 건축물에 준하여 관리하고 있으며, 사용되는 재질은 철근콘크리트 구조물이므로 유인등대, 무인등대, 등표의 내용연수는 40년을 적용한다.
- ③ 별도의 명시가 없는 등주에 대해서는 사용되는 재질이 철재이므로 등부표의 내용연수 15년을 적용한다.

Table 36 항로표지의 내용연수 정립

| 유인등대 | 무인등대 | 등표 | 등부표, 등주 | 도등,지향등, 조사등, 레이콘 | 교량표지 |
|------|------|-----|------------|---------------------|------|
| 40년 | 40년 | 40년 | 15년 | 10년 | 9년 |



4.3.2 해양사고 발생지수

해양사고 발생지수란 항로표지의 기능정지로 인해 통항선박의 운항자가 갖는 위험정도이다(海上保安廳, 1998). 현대의 선박은 ECDIS, 자동조타장치 등 과학화된 항해장비들을 이용하여 연안 및 대양항해를 하지만, 항만의 입구 등에서는 정확한 위치 확인을 위해 육상물표나 주변 항로표지를 이용하게 된다. 항로표지는 주간에는 형상으로 야간에는 등화로 선박의 항행 안전성을 확보하고 안전항로를 유도하는 역할을 한다(정 & 국, 2013).

해양사고와 항로표지 관계를 확인하기 위해 2011~2016년까지 6년간 우리나라 해양사고 발생확률과 항로표지 증가율을 Fig. 17 및 Table 37과 같이 비교하였다. 통항선박 척수는 매년 40만 여척으로 대동소이 하지만, 사고척수는 2013년 1,306척으로 가장 적었고 2016년 2,549척으로 가장 많았다. 이에 따라 해양사고 발생확률은 2013년에 3.347×10^{-3} 로 가장 낮았으며 2016년 6.253×10^{-3} 로 가장 높았다. 이에 반해 항로표지 수량은 연평균 3.67%의 증가를 보이고 있으며 2014년에는 0.97%로 오히려 감소되기도 했다.

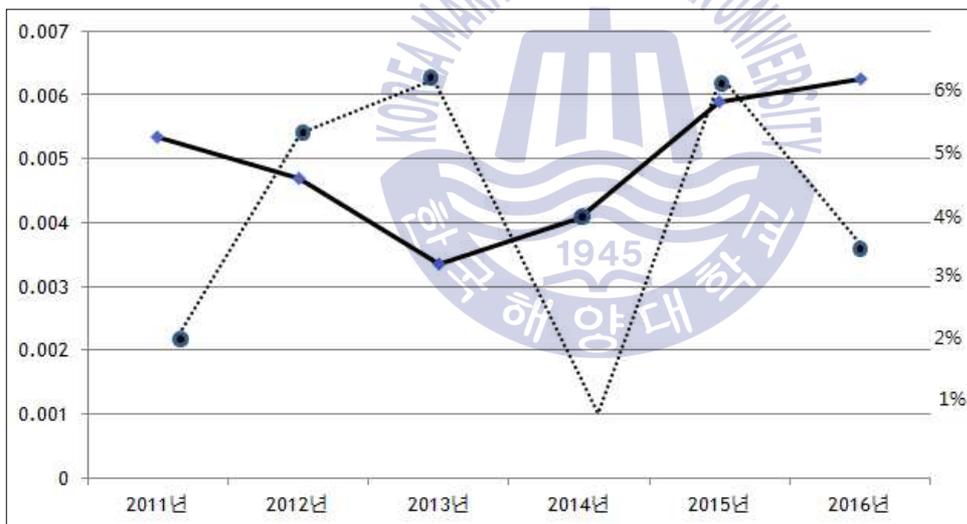


Fig. 17 해양사고 발생확률과 항로표지 증가율

해양사고는 많은 원인이 복잡하게 서로 연관되어 발생한다. 해상교통안전시설

의 운영에 의해 해양사고 발생원인의 일부(선위 불명확 등)가 해소 되지만, 해양 사고 전부를 해소하기는 어렵다. 또한 항만이나 필요 통항해역에 항로표지는 해마다 증가하고 있지만 해양사고가 명확히 감소된다고 판단하기는 어렵다.

Table 37 해양사고 발생확률과 항로표지 증가율

| 구분 | 해양사고 | | | 항로표지 | |
|-------|---------|-------|------------------------|-------|-------|
| | 통항선박 | 사고척수 | 발생확률 | 수량 | 증가율 |
| 2011년 | 401,009 | 2,139 | 5.334×10^{-3} | 2,780 | 2.09% |
| 2012년 | 395,035 | 1,854 | 4.693×10^{-3} | 2,941 | 5.79% |
| 2013년 | 390,245 | 1,306 | 3.347×10^{-3} | 3,127 | 6.32% |
| 2014년 | 385,941 | 1,565 | 4.055×10^{-3} | 3,063 | 0.97% |
| 2015년 | 400,746 | 2,362 | 5.894×10^{-3} | 3,256 | 6.30% |
| 2016년 | 407,655 | 2,549 | 6.253×10^{-3} | 3,372 | 3.56% |
| 평균 | 399,989 | 1,770 | 4.425×10^{-3} | 3,090 | 3.67% |

source : 해양수산부

항로표지를 설치할 통하여 장래에 발생하는 해양사고 감소율의 예측은 자료의 제약, 각 해역별 특성 등을 감안해야 함으로 다년간의 연구가 필요한 실정이다. 또한 위와 같이 전국의 통항량과 항로표지 설치 수량을 고려하여 해양사고 감소율을 적용할 경우 어느 특정해역의 해양사고 감소율이 전국의 평균 감소율과 동일하다고 판단할 수도 없다. 이는 항로표지가 설치될 경우 어느 특정해역에서 해양사고가 급격히 감소한다고 판단하기도 어렵기 때문이다.

이처럼 항로표지 사고로 인한 해양사고 발생지수는 항로표지 설치 전후를 고려한 해양사고의 발생과 관련한 것으로 아직까지 우리나라에는 연구된 결과가 없어 향후 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 1998년 일본해상보안청에서 연구된 해양사고 발생지수인 광과표지 1.27, 전과표지 1.4824, 항만표지 1.3925를 적용한다(海上保安廳, 1998).

항로표지를 이용하는 선박의 종류 및 크기는 매우 다양하다. 본 모델의 평가항목인 해양사고 발생지수는 항로표지를 이용하는 항행선박의 항해자를 대상으로 하기 때문에 모든 선박에게 동일하게 적용한다.

4.4 항로표지 사고의 사회적비용 정량화

4.4.1 추정모델의 평가시점

비용산정에 있어서 필수적으로 고려되어야 하는 것이 시간가치(Valuation of time)이다. 사회자본 정비사업의 평가에 있어 평가 기준년도와 계산기간을 정하는 이유는 인간의 한정된 능력에 비해 사회자본의 서비스 능력(Service life)은 어느 의미에 있어서 무한하기 때문이다. 평가 기준년도와 계산기간은 이러한 지속적인 서비스 공급력 하에서 인간의 한정된 능력에 의해 가능한 한 합리적이고 객관적인 기준에 의해 효과를 평가하기 위해 정한 하나의 기준이다.

평가기준년도란 장기적으로 향후 미래에 발생하게 될 효용 및 편익을 현재시점에서 평가하기 위한, 이른바 기준년도 가치로 전환하기 위한 하나의 기준점인 것이다. 이를 현재가치화 기준년도라고도 하며 결과적으로 평가 기준년도는 평가대상 사업이 채택된 연도 또는 건설 개시년도의 전년도를 공공투자사업의 평가 기준년도로 설정하고 있다(김, 2004).

Fig. 18은 사회적비용의 평가기준과 평가기간이다.

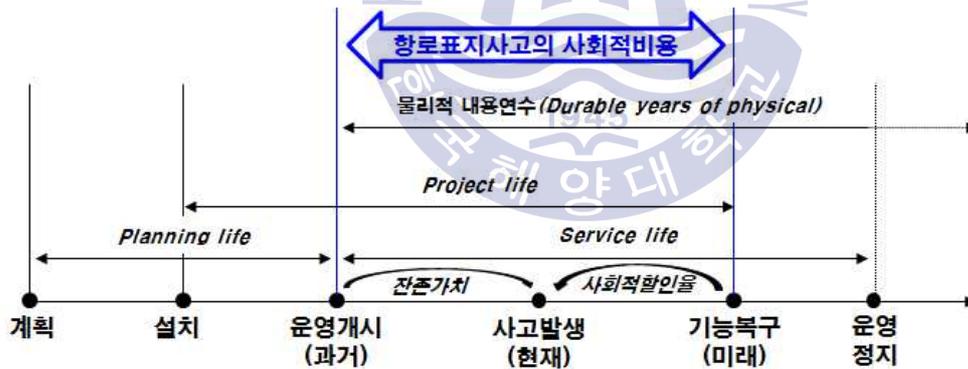


Fig. 18 사회적비용의 평가기준과 평가기간

항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 수립함에 있어 비용의 시점은 매우 중

요하다. 항로표사고가 발생하였다면 항로표지의 설치는 과거이고, 항로표지 사고는 현재이며, 항로표지의 기능복구는 미래이기 때문이다. 이 경우 시점 차이로 비용의 기준이 상이함으로 모든 비용을 일치시키는 작업이 필요하다. 따라서 추정 모델의 모든 시점은 항로표지 사고 발생 시점을 기준으로 하며 비용은 현재비용(Present Value)로 추정한다. 과거에 발생한 항로표지의 설치 등과 관련한 비용은 잔존가치로 미래에 발생할 항로표지의 복구비용 등은 사회적 할인율을 적용하며, 사회적 할인율은 한국개발연구원의 공공사업 할인율을 적용한다.

할인율(Discount rate)이란 어떤 경제행위를 함으로써 미래시점에 발생하게 될 비용(Cost)과 편익(Benefit)을 현재시점의 가치로 환산하는데 사용되는 계수를 말한다. 따라서 투자와 관련하여 할인율은 특정한 투자활동으로 인해 각 기간에 발생하는 비용과 편익의 흐름을 현재시점의 가치로 환산하기 위하여 사용되는 계수이다(송, 2001). 사회적 할인율은 공공투자사업의 경제적 타당성을 분석할 때 미래의 비용·편익을 현재 가치로 환산하기 위해 적용되는 할인율을 일컫는데, 시장금리 및 경제성장률 등 관련지표의 변화에 따라 조정된다(최 & 박, 2015).

우리나라 공공투자 사업의 사회적 할인율은 사업시행 주체, 제도, 평가 기관에 따라 다르게 적용됐지만, 1999년부터 ‘국가 재정사업의 예비타당성 조사’ 제도 도입 이후 대부분 한국개발연구원(KDI) 공공투자관리센터의 「예비타당성 조사 수행을 위한 일반지침 연구」 기준을 따르고 있다. 따라서 우리나라에서 비용·편익을 분석하는 기관 대부분이 KDI의 일반지침에 근거한 사회적 할인율을 적용하고 있는데, 일반지침의 초판(1999년)에서는 사회적 할인율을 7.5%로 제시하였고, 2004년 6.5%, 2007년 5.5%로 하향 조정하였으며, 2017년 4.5%로 조정하였다.

4.4.2 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 정량화

Table 38은 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델의 평가 요소이다. 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델은 항로표지가 사고로 목적과 기능을 상실할 경우 관리자의 경제적 손실과 항해자의 간접적인 위험비용을 산출함으로써 항로표지가 가진 가치를 평가하기 위함이다. 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델은 생산손실비용(Encounter cost), 행정비용(Administration cost), 위험비용(Risk cost)의 합으로 정량화 한다.

Table 38 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델의 평가 요소

| 구분 | 내용 | 평가요소 |
|----------------|--|---|
| 생산손실비용(Ec) | 선박 충돌 및 기상 등에 의해 발생하는 피해비용(Damage cost) | 피해비용, 외부용역비 |
| 행정비용(Ac) | 사고 항로표지의 기능 정상화에 소요되는 복구일수(Recovery days), 기간 중 소요되는 인건비(Personnel cost) 그리고 항로표지 업무용 선박의 운항비용(Vessel movement cost) | 복구일수, 관리인원인건비, 승조원인건비, 선박의 FO소모량, 선박의 감가상각비 |
| 위험비용(Rc) | 항로표지 기능정지 기간 동안 항로표지 고유의 가치를 비용화한 정지비용(Stop cost)과 통항선박의 항해자가 느끼는 위험도인 해양사고 발생지수(Sea accident coefficient) | 항로표지의 설치비용, 내용연수, 사용연수, 해양사고 발생지수 |

항로표지 사고의 사회적비용 추정모델에 평가요소를 반영한 정량화는 식(6)과 같다.

$$\begin{aligned}
 ANsc &= \sum_{t=t_0}^T \frac{1}{(1+r)^t} \left(\sum_{ij} Ec_t(AtoN_{ij}) + \sum_{ij} Ac_t(AtoN_{ij}) + \sum_{ij} Rc_t(AtoN_{ij}) \right) \quad (6) \\
 &= \sum_{t=t_0}^T \frac{1}{(1+r)^t} \left(\sum_{ij} Dc_t(AtoN_{ij}) + \sum_{ij} Esc_t(AtoN_{ij}) \right) \\
 &\quad + Rd \left(\sum_{ij} (Pc_{1t} + Pc_{2t})(AtoN_{ij}) + \sum_{ij} (Vfc_t + Vdc_t)(AtoN_{ij}) \right) \\
 &\quad + SA_k \sum_{ij} Ic_t \left(1 - 0.9 \frac{Uy}{Cy} \right) (AtoN_{ij})
 \end{aligned}$$

여기서

AN_{sc} : 항로표지 사고의 사회적비용(AtoN social cost)

E_c : 항로표지 사고의 생산실손비용(Encounter cost)

A_c : 항로표지 사고의 행정비용(Administration cost)

R_c : 항로표지 사고의 위험비용(Risk cost)

$AtoN_{ij}$: 사고 항로표지의 종류 및 수량

D_c : 항로표지 피해비용(Damage cost)

E_{sc} : 항로표지 복구를 위한 외부 용역비용(Exterior Service cost)

R_d : 사고 항로표지의 복구 일수(Recovery days)

P_{c1} : 항로표지 관리원 인건비(Personnel Cost)

P_{c2} : 항로표지 운항선박 인건비(Personnel Cost)

V_{fc} : 항로표지 관련 선박 유류비용(Vessel Fuel cost)

V_{dc} : 항로표지 관련 선박의 감가상각비용(Vessel Depreciation cost)

SA_k : 해양사고 발생지수(Sea accident coefficient)

I_c : 항로표지 설치비용(Installation cost)

U_y : 사고 항로표지의 사용연수(Use years)

C_y : 사고 항로표지의 내용연수(Cost years)

제 5 장 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 적용

제4장에서 제안한 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 제2장에서 분석한 부산청 관할해역에서 10년간(2006~2015년) 발생한 항로표지 사고를 적용하여 개발된 추정모델의 완성도를 검증하고, 추정된 비용분석을 통해 사회적비용 모델의 효용성 및 활용성을 확인하고자 하였다. 제4장에서 언급한 바와 같이 항로표지의 사회적비용 평가하기 위해서는 비용의 시점을 일치시키는 것이 중요하다. 부산청 관할해역에서 발생한 10년간 항로표지 사고는 발생연도가 2006년부터 2015년까지 각각 상이하여 사회적비용 평가기준 시점을 모두 2015년으로 한다.

Fig. 19는 항로표지 사고의 비용 계산 기준의 예이다. 그림과 같이 2010년에 설치된 항로표지가 2013년에 사고가 발생했을 경우 2013년의 피해비용은 2015년 금액으로 산정한다는 의미이다.

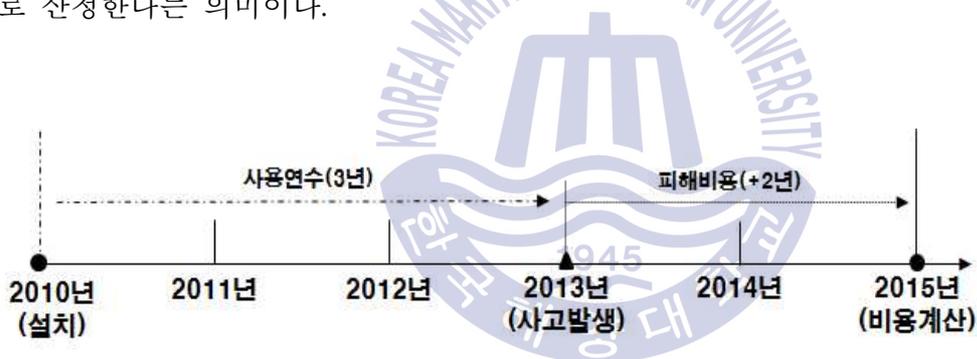


Fig. 19 항로표지 사고의 비용 계산 기준의 예

5.1 생산손실비용 추정모델 적용

항로표지 사고의 생산손실비용(EC) 추정은 선박 충돌 및 기상 등에 의해 발생하는 피해비용(DC)으로 산출한다.

현재 우리나라는 항로표지 운영유만 기록 유지하고, 항로표지 사고가 발생할 경우 별도의 정형화된 통계를 유지하지 않고, 각 지방청에서 별도로 작성하기 때문에 항로표지 사고에 대한 피해금액, 수리비용 등의 정확한 기록이 부족하였다.

Table 39는 항로표지 종류별 피해금액 기록 확인 결과이다. 부산청 관할해역의 10년간 항로표지 사고 221건 중 경우 피해금액이 기록된 항로표지 사고 건수는 43건(19.5%)이며, 피해금액이 기록되지 않은 항로표지 사고 건수는 178건(80.5%)으로 대다수가 미 기록 상태였다.

Table 39 항로표지 종류별 피해금액 기록 확인 결과

| 구분 | | 사고건수 | 기 록 | 미 기 록 | 기록비율 |
|------|-------|------|-----|-------|-------|
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 22 | 44 | 33.3% |
| | 등부표 | 59 | 8 | 51 | 13.6% |
| | LANBY | 10 | 1 | 9 | 10.0% |
| 등 주 | | 75 | 10 | 65 | 13.3% |
| 무인등대 | 무인등대 | 3 | | 3 | - |
| | 방파제등대 | 1 | | 1 | - |
| 도등 | | 3 | 1 | 2 | 33.3% |
| 레이콘 | | 2 | | 2 | - |
| 교량표지 | | 1 | 1 | 0 | 100% |
| 유인등대 | | 1 | | 1 | - |
| 계 | | 221 | 43 | 178 | 19.5% |

기록에 의존한 피해비용(Dc)을 적용할 경우 항로표지 사고의 사회적비용 추정 모델에 적용할 경우 기록된 43건만 적용이 가능하다. 따라서 221건의 모든 사고에 대하여 적용하기 위한 방법으로 아래와 같은 원칙을 적용하여 항로표지 사고의 피해비용을 산정한다.

- ① 피해금액이 기록된 경우 : 피해금액을 그대로 적용
- ② 동종 항로표지 사고의 피해결과(장비손상, 장비유실, 표체손상)가 동일할 경우
 - 발생연도가 동일할 경우 동일 금액
 - 발생연도가 상이할 경우 기록된 금액의 평균금액을 적용
- ③ 동종 항로표지 사고의 피해결과가 없는 경우 : 항로표지별 평균금액 적용
- ④ 항로표지 별 평균금액 적용이 불가능한 경우 : 항로표지 사고 전체의 평균 피해 금액을 적용
- ⑤ 항로표지 사고피해비용은 2015년 금액으로 환산한다. 금액의 환산은 물가상승률을 적용한다(Table 40).

Table 40 소비자물가상승률

| | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 연도 | 2006년 | 2007년 | 2008년 | 2009년 | 2010년 |
| 상승률 | 2.2% | 2.5% | 4.7% | 2.8% | 2.9% |
| 연도 | 2011년 | 2012년 | 2013년 | 2014년 | 2015년 |
| 상승률 | 4.0% | 2.2% | 1.3% | 1.3% | 0.7% |

source : 통계청 소비자물가상승률(2017)

Table 41은 항로표지 사고의 피해비용이다. 10년간 부산청 관할해역에서 발생한 221건의 항로표지 사고의 총 피해금액(Dc)은 약 34억원이다.

피해결과 별로는 표체손상이 20억원(59.97%)으로 가장 많고, 장비유실 8억원(23.41%), 장비손상 4억원(12.11%)이다. 표지종류별로는 스파부이가 15억원으로 가장 많고, 등부표 10억원, LANBY 5억원, 등주 1억원 등으로 항로표지 사고가 많이

발생한 항로표지가 피해금액(Dc)이 높았다.

항로표지 종류별 1기당 피해금액(피해비용÷사고건수)은 LANBY가 5천8백만은으로 가장 높고, 도등 2천6백만원, 스파부이 2천3백만원 순이며, 등주가 1백만원으로 가장 낮았다.

Table 41 항로표지 사고의 피해비용

(단위 : 천원)

| 구 분 | 사고건수 | 피해결과 | | | | 피해비용(Dc) | 1기당 피해비용 |
|-------|------|---------|---------|-----------|---------|-----------|----------|
| | | 장비손상 | 장비유실 | 표체손상 | 확인불가 | | |
| 스파부이 | 66 | 44,259 | 499,224 | 948,847 | 42,128 | 1,534,458 | 23,249 |
| 등부표 | 59 | 120,499 | 10,906 | 762,855 | 109,107 | 1,003,367 | 17,006 |
| LANBY | 10 | 60,821 | 180,933 | 338,842 | | 580,596 | 58,060 |
| 등주 | 75 | | 96,660 | 11,459 | 3,872 | 111,991 | 1,493 |
| 무인등대 | 3 | 53,546 | | | | 53,546 | 17,849 |
| 방파제등대 | 1 | 15,855 | | | | 15,855 | 15,855 |
| 도등 | 3 | 78,036 | | | | 78,036 | 26,012 |
| 레이콘 | 2 | 16,742 | 17,228 | | | 33,970 | 16,985 |
| 교량표지 | 1 | 10,339 | | | | 10,339 | 10,339 |
| 유인등대 | 1 | 16,204 | | | | 16,204 | 16,204 |
| 계 | 221 | 416,301 | 804,951 | 2,062,003 | 155,107 | 3,438,362 | |
| 비율 | | 12.1% | 23.4% | 60.0% | 4.5% | 100% | |

5.2 행정비용 추정모델 적용

행정비용(Ac) 추정은 사고 항로표지의 기능 정상화에 소요되는 복구일수(Rd), 기간 중 소요되는 인건비(Pc) 그리고 항로표지업무용 선박의 운항비용(Vmc)의 합으로 산출한다.

5.2.1 인건비

항로표지 사고가 발생할 경우 항로표지의 기능복구에 직접적으로 관여되는 사람은 관리자이다. 관리자는 평소 계획된 업무에 부가하여 사고 항로표지의 기능을 복구시켜야 하는 수고를 더하게 된다. 관리자의 인건비(Pc)는 사무직인건비(Pc_1)와 승조원인건비(Pc_2)의 합으로 산정하되 연도별 물가상승율을 적용한다. 인건비를 산정함에 있어 필요요소는 인원수와 소요일수(Rd)이다.

사무직 인원은 항로표지과에서 국유표지를 관리 및 정비계획을 수립하는 2인으로 단가는 특별인부와 보통인부로 구분한다. 승조원은 부산청 항로표지선인 광성호(7명)와 비추미호(5명)에 근무하는 평균 인원수 6명을 적용하였고, 단가는 정부노임단가 중 선원(**1055)단가를 적용한다. 또한 도등, 교량표지, 유인등대는 육상 또는 교량에 설치되어 항로표지선 운항이 불필요하므로 승조원의 인건비는 포함하지 않는다.

소요일수(Rd)는 항로표지 사고 발생에서부터 기능복구까지 소요되는 기간을 적용하며, 기간이 명시되지 않은 경우에는 항로표지 종류별 평균 복구일수를 적용한다.

Table 42는 항로표지 사고로 인한 인건비이다. 부산청 관할해역의 10년간 항로표지 사고 221건의 기능복구에 소요되는 인건비는 약44억원이다. 분야별로는 승조원인건비(Pc_2)가 33억원이고 사무직인건비(Pc_1)가 11억원이 소요되었다. 항로표지 종류별로는 스파부이가 약24억원(54.0%)으로 가장 높았고, 등주가 약11억원(26.3%), 등부표가 약4억원(10.4%), 레이콘 약1억원(3.1%) 등이 소요되었다.

공무원의 인건비는 해마다 책정되어 집행되고 있다. 하지만 항로표지 사고로

발생하는 인건비는 항로표지 이용자에게 안정적인 서비스를 제공하기 위해 필수적으로 요구되는 업무이다. 항로표지 사고로 인한 인건비 발생 결과에서도 알 수 있듯이 매년 평균 약4.4억원의 비용이 항로표지를 기능복구하기 위해 추가적으로 발생하고 있다.

Table 42 항로표지 사고의 인건비

(단위 : 천원)

| 구 분 | | 사고 수량 | 사무직 (Pc ₁) | 선박직 (Pc ₂) | 인건비 (Pc) | 비율 |
|----------|-------|----------|---------------------------|---------------------------|-------------|--------|
| 등부 표 | 스파부이 | 66 | 613,703 | 1,802,736 | 2,416,439 | 54.0% |
| | 등부표 | 59 | 118,681 | 348,624 | 467,305 | 10.4% |
| | LANBY | 10 | 66,620 | 195,696 | 262,316 | 5.9% |
| 등주 | | 75 | 298,248 | 876,096 | 1,174,344 | 26.3% |
| 무인 등대 | 무인등대 | 3 | 661 | 1,944 | 2,605 | 0.1% |
| | 방파제등대 | 1 | 1,323 | 3,888 | 5,211 | 0.1% |
| 도등 | | 3 | 1,764 | 0 | 1,764 | 0.0% |
| 레이콘 | | 2 | 34,854 | 102,384 | 137,238 | 3.1% |
| 교량표지 | | 1 | 5,735 | 0 | 5,735 | 0.1% |
| 유인등대 | | 1 | 220 | 0 | 220 | 0.0% |
| 계 | | 221 | 1,141,809 | 3,331,368 | 4,473,177 | 100.0% |

5.2.2 선박운항비용

선박운항비용(Vmc)은 항로표지업무용선박(항로표지선)이 항로표지 사고를 점검 및 복구하기 위해 운항시 소요되는 필요한 유류비용과 항로표지 관련 선박의 운항에 따른 선박의 감가상각비용(Vdc)의 합으로 산출한다.

선박이 운항하면 소요되는 유류에는 FO와 LO로 구분할 수 있다. 하지만 LO의 경우에는 주기관의 운전시간에 따라 교체시기가 결정되는 것이 일반적이기 때문에 본 연구에서는 제외하기로 한다. 유류비용은 부산청 항로표지선인 광성호와 비추미호의 5년간(2008~2012년) 유류소모량 분석을 통해 일일 소모량을 추정하였다. 광성호의 경우 일일 소모량은 286.2리터이고 비추미호는 174.4리터로, 두 선박의 평균 일일 소모량은 230.3리터로 이를 항로표지 선박의 일일 유류 소모량으로 적용하였다. 유류단가는 2015년말 기준 시중에서 판매되는 금액(경유 1,200원)을 적용하여 산출하였다.

Table 43 부산청 항로표지선 현황

| 구분 | 연평균 운항일수(5년) | 일일평균 유류소모량 | 건조년 | 건조금액 | 비고 |
|------|--------------|------------|-------|----------|----|
| 광성호 | 127.0일 | 286.2리터 | 1997년 | 1,135백만원 | |
| 비추미호 | 133.6일 | 174.4리터 | 2006년 | 1,340백만원 | |
| 평균 | 130.3일 | 230.2리터 | | 1,237백만원 | |

선박의 감가상각비용(Vdc)은 선박의 선령을 고려하여 선박이 운항함으로 발생되는 선박의 일일 손실비용이다. 일반적으로 관공선은 20년이 경과한 이후 신조선을 건조하여 대체하는 경우가 대부분으로 부산청 항로표지선 역시 내용연수를 20년으로 가정하였다. 부산청 관할 2척의 항로표지선 건조금액은 광성호(1997년) 1,135백만원, 비추미호(2006년) 1,340백만원이었다. 선박의 건조년도가 상이하여 선박의 건조년도에 물가상승률을 고려한 평균 일일감가상각비용인 240,115원을 적용한다.

Table 44는 항로표지 사고의 선박운항비용이다. 부산청 관할해역 10년간 항로표지 사고 221건의 복구에 소요된 선박운항비용(Vmc)은 약26억원으로 유류비용은 14억원과 선박 감가상각비용 12억원이 소요되었다. 선박운항비용(Vmc)은 사고수량이 많은 항로표지 보다는 복구기간이 긴 항로표지 일수록 비용이 높았는데, 10년간 항로표지 사고가 가장 많았던 등주(75기, 7억여원)보다 오히려 스파부이(66기, 14억여원)가 2배이상 소요되었다.

Table 44 항로표지 사고의 선박운항비용

(단위 : 천원)

| 구 분 | | 사고 수량 | 유류비용 (Vfc) | 선박감가상각 비용(Vdc) | 선박운항비용 (Vmc) | 비율 |
|------|-------|----------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------|
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 768,499 | 667,999 | 1,436,498 | 54.1% |
| | 등부표 | 59 | 148,617 | 129,181 | 277,798 | 10.5% |
| | LANBY | 10 | 83,424 | 72,514 | 155,938 | 5.9% |
| 등주 | | 75 | 373,476 | 324,635 | 698,111 | 26.3% |
| 무인등대 | 무인등대 | 3 | 828 | 720 | 1,548 | 0.1% |
| | 방파제등대 | 1 | 1,657 | 1,440 | 3,097 | 0.1% |
| 도등 | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0.0% |
| 레이콘 | | 2 | 43,645 | 37,938 | 81,583 | 3.1% |
| 교량표지 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.0% |
| 유인등대 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.0% |
| 계 | | 222 | 1,420,146 | 1,234,427 | 2,654,573 | 100% |

5.2.3 행정비용

Table 45는 항로표지 사고로 발생한 행정비용이다. 부산청 관할해역 항로표지 사고 221건의 행정비용(A_c)은 인건비(P_c) 44억원, 선박운항비용(V_{mc}) 26억원 등 총 71억원이 소요되었다. 표지종류별로는 스파부이가 38억원(54.1%)으로 가장 높았고, 등주 18억원(26.3%), 등부표 7억원(10.5%), LANBY 4억원(5.9%) 등이다.

Table 45 항로표지 사고의 행정비용

(단위 : 천원)

| 구분 | | 사고 수량 | 인건비 (P_c) | 선박운항비용 (V_{mc}) | 행정비용 (A_c) | 비율 |
|----------|-------|----------|------------------|------------------------|-------------------|-------|
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 2,416,439 | 1,436,499 | 3,852,938 | 54.1% |
| | 등부표 | 59 | 467,305 | 277,798 | 745,103 | 10.5% |
| | LANBY | 10 | 262,316 | 155,939 | 418,255 | 5.9% |
| 등주 | | 75 | 1,174,344 | 698,111 | 1,872,455 | 26.3% |
| 무인 등대 | 무인등대 | 3 | 2,605 | 1,549 | 4,154 | 0.1% |
| | 방파제등대 | 1 | 5,211 | 3,098 | 8,309 | 0.1% |
| 도등 | | 1 | 1,764 | 0 | 1,764 | 0.0% |
| 레이콘 | | 2 | 137,238 | 81,584 | 218,822 | 3.1% |
| 교량표지 | | 1 | 5,735 | 0 | 5,735 | 0.1% |
| 유인등대 | | 1 | 220 | 0 | 220 | 0.0% |
| 계 | | 221 | 4,473,177 | 2,654,578 | 7,127,755 | 100% |

행정비용(A_c)의 결과에서 볼 수 있듯이 항로표지 사고 221건으로 인해, 항로표지가 기능을 발휘하지 못하여 유발되는 행정비용(71억원)은 피해비용(34억원)의 약2배에 해당하는 비용이 발생하였고, 연평균 약7억원의 행정비용(A_c)이 추가적으로 발생하는 결과를 낳았다.

항로표지 사고로 인한 행정소요의 발생은 관리자에게 추가적인 업무를 부가하여 업무의 피로도를 증대시켜 평소 업무의 효율성 저하를 가져오고, 항로표지 업무용선박에게는 선박의 노후화를 촉진함으로써 내용연수의 단축을 가져오게 된다. 따라서 항로표지를 운영 관리하는 모든 관계자는 항로표지 사고를 최소화할 수 있는 대책을 강구해야 할 것이다.

5.3 위험비용 추정모델 적용

위험비용은(R_C)은 항로표지 기능정지 기간 동안 항로표지 고유의 가치를 비용화한 정지비용(S_C)과 통항선박의 항해자가 느끼는 위험도인 해양사고 발생지수(SA_k)의 곱으로 산출한다.

5.3.1 정지비용

정지비용(S_C)은 항로표지의 내용연수를 고려하여 사용연수까지의 잔존가치를 고려하여 산출한다. 이때 필요한 것이 사고 항로표지의 설치비용(I_C)이다. 항로표지가 신설되면 항로표지 전산관리시스템에서 체계적으로 관리되며 항로표지에 대한 이력은 초점등일, 사고이력, 장비의 교체, 설치비용 등을 항로표지이력카드에 모두 기록하고 있다. 부산청 관할해역에서 10년간 발생한 항로표지 사고는 동일 항로표지에서 반복적으로 발생하는 경우도 포함되어 있어 대상 항로표지는 127기이다. 하지만 대상 항로표지 127기 중 일부 항로표지이력카드에 설치비용이 누락되어 있어 아래와 같은 기준으로 설치비용을 적용하였다.

- ① 설치비용이 기록된 항로표지는 기록상 금액을 적용한다.
- ② 설치비용의 기록이 누락된 항로표지 중 동년에 설치된 동종의 항로표지는 기록상 금액을 적용한다.
- ③ 설치비용의 기록이 누락된 항로표지는 2015년 항로표지 중장기계획에 반영된 항로표지별 신설비용(설치비용)을 설치년도에 맞게 환산한다.(해양수산부, 2015)

Table 46은 항로표지의 정지비용이다. 부산청 관할해역에서 발생한 항로표지 사고 221건의 전체 설치비용(I_C)은 297억원이며, 1기당 평균금액은 1억3천만원이다. 항로표지 종류별로는 LANBY가 181억원(61.0%, 10기)으로 가장 높았으며, 도등 42억원(14.2%, 3기), 등부표 37억원(12.7%, 59기), 스파부이 25억원(8.6%, 66기) 등이다. 설치비용의 경우 사고 횟수가 많은 항로표지보다는 초기 설치비용이 고가인 항로표지가 전체적으로 차지하는 비율이 높았다.

Table 46 항로표지 사고의 정지비용

(단위 : 천원)

| 구 분 | | 사고 횟수 | 설치비용(<i>I</i>) | | | 정지비용 (<i>S</i>) |
|----------|-------|----------|------------------|-------|-------------|----------------------|
| | | | 금액 | 비율 | 1기당비용 | |
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 2,560,904 | 8.6% | 38,802 | 2,034,705 |
| | 등부표 | 59 | 3,773,832 | 12.7% | 63,963 | 2,690,704 |
| | LANBY | 10 | 18,164,660 | 61.0% | 1,816,466 | 9,432,038 |
| 등주 | | 75 | 177,900 | 0.6% | 2,372 | 143,550 |
| 무인 등대 | 무인등대 | 3 | 550,840 | 1.8% | 183,613 | 497,133 |
| | 방파제등대 | 1 | 25,620 | 0.1% | 25,620 | 10,055 |
| 도등 | | 3 | 4,215,324 | 14.2% | 1,405,108 | 2,927,262 |
| 레이콘 | | 2 | 121,395 | 0.4% | 60,698 | 110,469 |
| 교량표지 | | 1 | 8,020 | 0.0% | 8,020 | 3,208 |
| 유인등대 | | 1 | 181,065 | 0.6% | 181,065 | 148,473 |
| 계 | | 221 | 29,779,560 | 100% | 134,749(평균) | 17,997,597 |

항로표지의 기능정지 기간 동안 발생한 항로표지 사고 221건의 정지비용(*S*)은 총 179억원으로 LANBY가 94억원으로 가장 높았고, 도등 29억원, 등부표 26억원, 스파부이 20억 등이며, 사고횟수가 75회로 가장 많았던 등주는 1억4천만원 정도였다. 또한 정지비용(197억원)은 설치비용(297억원) 대비 60.44%에 해당하는 금액으로, 대상 항로표지는 설치된 이후 시간이 경과할 수 이용자에게 반복적으로 이용되어, 2015년 기준 최초 설치비용(*I*) 대비 가치가 약 40% 하락되었다.

5.3.2 위험비용

Table 47은 항로표지 사고로 발생한 위험비용이다. 부산청 관할해역 10년간 발생한 221건의 항로표지 사고의 정지비용(*S*) 토대로 위험비용(*R*)을 산출하였다. 이를 위해 해양사고 발생지수 광파표지 1.27, 항만표지 1.3925, 전파표지 1.4824를 종류별 항로표지에 적용하여 위험비용을 산출한 결과 총 232억원이다. 항로표지 종류별로는 LANBY가 119억원(51.5%)으로 가장 높았으며, 도등 40억원(17.5%), 등

부표 134억원(14.7%), 스파부이 25억원(11.1%) 등이다.

Table 47 항로표지 사고의 위험비용

(단위 : 천원)

| 구 분 | | 사고 수량 | 지수 | 정지비용 (Sc) | 위험비용 (Rc) | 비율 |
|----------|-------|----------|--------|--------------|--------------|-------|
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 1.2700 | 2,034,705 | 2,584,075 | 11.1% |
| | 등부표 | 59 | 1.2700 | 2,690,704 | 3,417,194 | 14.7% |
| | LANBY | 10 | 1.2700 | 9,432,038 | 11,978,688 | 51.5% |
| 등주 | | 75 | 1.2700 | 143,550 | 182,309 | 0.8% |
| 무인 등대 | 무인등대 | 3 | 1.2700 | 497,133 | 631,359 | 2.7% |
| | 방파제등대 | 1 | 1.2700 | 10,055 | 12,770 | 0.1% |
| 도등 | | 3 | 1.3925 | 2,927,262 | 4,076,212 | 17.5% |
| 레이콘 | | 2 | 1.4824 | 110,469 | 163,759 | 0.7% |
| 교량표지 | | 1 | 1.2700 | 3,208 | 4,074 | 0.0% |
| 유인등대 | | 1 | 1.2700 | 148,473 | 188,561 | 0.8% |
| 계 | | 221 | - | 17,997,597 | 23,239,001 | 100% |

위험비용(Rc)의 결과에서 볼 수 있듯이 10년간 항로표지 사고로 인해 항로표지가 기능을 발휘하지 못하여 항해자가 느끼는 심리적비용인 위험비용(Rc)은 232억원이고 설치비용(Ic)은 297억원이다. 항로표지 사고로 인해 항로표지 관리자가 항로표지를 신설하여 기대한 기대가치(297억원) 대비 항로표지 이용자인 통항선박의 운항자가 느끼는 불안감인 위험비용(232억원)은 78%로 하락하였다. 항로표지 사고가 발생할 경우 항로표지 이용자는 기존 항해환경과 상이한 환경이 발생됨으로서 항해에 대한 부담은 더 존재하여 해양사고에 대한 심리적 위험성은 높아질 것으로 판단된다.

5.4 항로표지 사고의 사회적비용 추정 결과

5.4.1 항로표지 사고의 사회적비용

부산청 관할해역의 항로표지 사고 221건에 대한 사회적비용(AtoN Sc)을 추정하였다. Table 48은 항로표지 사고의 사회적비용 추정결과이다. 추정결과 10년간 221건의 항로표지 사고로 인한 사회적비용은 338억원이다. 항목별로는 생산손실비용(Ec) 34억원(10.2%), 행정비용(Ac) 71억원(21.1%), 위험비용(Rc) 232억원(68.7%)으로 위험비용이 가장 많은 비중을 차지하였다.

Table 48 항로표지 사고 사회적비용

(단위 : 천원)

| 구 분 | 생산손실 비용 (Ec) | 행정비용(Ac) | | | 위험비용 (Rc) | 사회적비용 (AtoN Sc) | 비율 |
|-------|--------------------|-------------|-----------------|-----------|--------------|--------------------|-------|
| | | 인건비 (Pc) | 선박운항비용 (Vmc) | 소계 | | | |
| 스파부이 | 1,534,458 | 2,416,439 | 1,436,499 | 3,852,938 | 2,584,075 | 7,971,471 | 23.6% |
| 등부표 | 1,003,367 | 467,305 | 277,798 | 745,103 | 3,417,194 | 5,165,664 | 15.3% |
| LANBY | 580,596 | 262,316 | 155,939 | 418,255 | 11,978,688 | 12,977,539 | 38.4% |
| 등주 | 111,991 | 1,174,344 | 698,111 | 1,872,455 | 182,309 | 2,166,755 | 6.4% |
| 무인등대 | 53,546 | 2,605 | 1,549 | 4,154 | 631,359 | 689,059 | 2.0% |
| 방파제등대 | 15,855 | 5,211 | 3,098 | 8,309 | 12,770 | 36,934 | 0.1% |
| 도등 | 78,036 | 1,764 | | 1,764 | 4,076,212 | 4,156,012 | 12.3% |
| 레이콘 | 33,970 | 137,238 | 81,584 | 218,822 | 163,759 | 416,551 | 1.2% |
| 교량표지 | 10,339 | 5,735 | | 5,735 | 4,074 | 20,148 | 0.1% |
| 유인등대 | 16,204 | 220 | | 220 | 188,561 | 204,985 | 0.6% |
| 계 | 3,438,362 | 4,473,177 | 2,654,578 | 7,127,755 | 23,239,001 | 33,805,118 | 100% |
| 비율 | 10.2% | | | 21.1% | 68.7% | 100% | |

위험비용(RC)의 비중이 가장 많다는 것은 선박과의 충돌, 기상악화 등으로 항로표지 사고 발생 시 항로표지는 본래의 기능을 상실하게 된다. 이는 항해자(이용자)가 항상 친숙하게 사용하던 항해상 목표물이나 참조물의 부재로 시각적 위치에 착오를 일으킬 수 있다. 특히 협수로나 항로에 접근하여 야간항해를 할 경우 상대선의 등화에서 발생하는 현등을 항로표지를 오인할 수 있어 해양사고에 대한 심리적 불안감을 항상 내재하고 있다.

Fig. 20은 항로표지 종류별 사회적비용이다. 항로표지 종류별은 LANBY가 129억원(38.4%)으로 가장 높았으며, 스파부이 79억원(23.6%), 등부표 51억원(15.3%), 도등 41억원(12.3%), 등주 21억원(6.4%) 순이었다. 항로표지 종류별 사회적비용은 초기투자비용이 높거나 10년간 사고수량이 많은 항로표지 일수록 사회적비용이 높은 것으로 분석되었다. 하지만 이는 부산청에서 10년간 발생한 항로표지 사고의 결과로 항로표지의 개별적 중요성을 의미하지는 않는다.

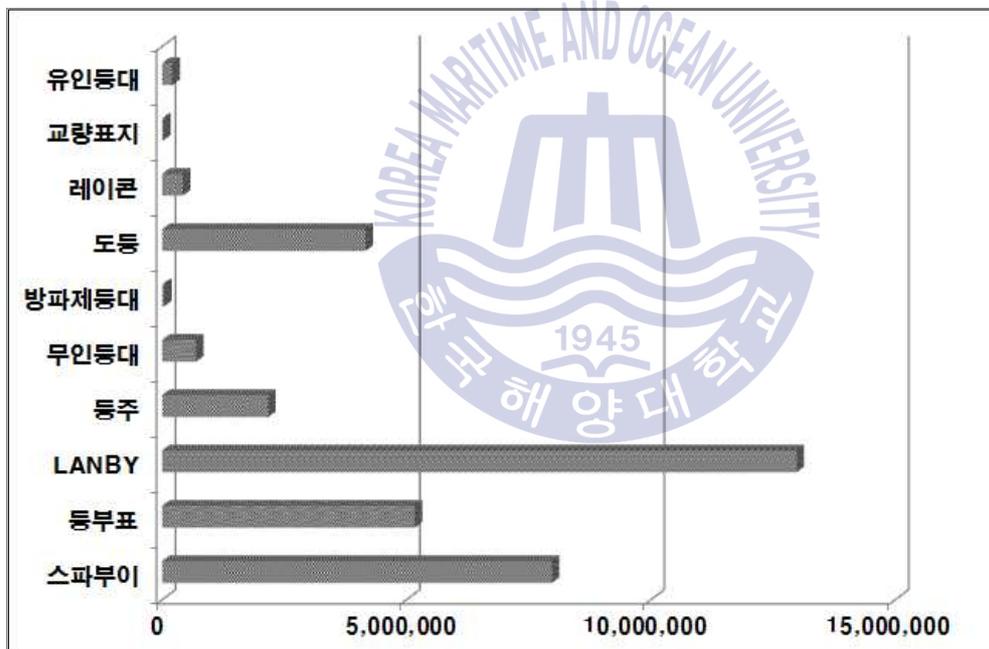


Fig. 20 항로표지 종류별 사회적비용

한편 5.1절의 10년간(2006~2015년) 항로표지 사고(피해비용)와 항로표지 사고의 사회적비용(*AtoN Sc*)을 비교 분석하면 Table 49와 같다.

Table 49 항로표지 사고와 항로표지 사고의 사회적비용

(단위 : 천원)

| 구 분 | | 수량 | 피해비용 (<i>Dc</i>) | 사회적비용 (<i>AtoN Sc</i>) | 비율 (<i>AtoN Sc/Dc</i>) |
|------|-------|-----|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 1,534,458 | 7,971,471 | 519% |
| | 등부표 | 59 | 1,003,367 | 5,165,664 | 515% |
| | LANBY | 10 | 580,596 | 12,977,539 | 2,235% |
| 등주 | | 75 | 111,991 | 2,166,755 | 1,935% |
| 무인등대 | 무인등대 | 3 | 53,546 | 689,059 | 1,287% |
| | 방파제등대 | 1 | 15,855 | 36,934 | 233% |
| 도등 | | 3 | 78,036 | 4,156,012 | 5,326% |
| 레이콘 | | 2 | 33,970 | 416,551 | 1,226% |
| 교량표지 | | 1 | 10,339 | 20,148 | 195% |
| 유인등대 | | 1 | 16,204 | 204,985 | 1,265% |
| 계 | | 221 | 3,438,362 | 33,805,118 | 983% |

부산청의 기록을 토대로 추정한 항로표지 사고의 피해비용은 34억원이지만 추정모델을 기반으로 한 항로표지 사고의 사회적비용은 338억원으로 약 10배의 차이를 보였다. 항로표지 종류별로는 도등이 53배(5,326%), LANBY가 22배(2,235%), 등주 19배(1,935%) 등 1.9~53배의 차이를 보이고 있다. 이는 항로표지 사고로 발생한 단순 피해비용 만을 산출할 경우 항로표지의 중요성을 인식하지 못하지만, 사회적비용으로 산정할 경우 항로표지 사고로 인한 직·간접적인 경제적 손실(항로표지의 기능정지, 관리자의 기능복구, 이용자의 심리적 불안감)이 상당하여 항로표지의 중요성을 새삼 인식하게 된다.

항로표지는 해상교통 환경의 변화에 따라 신설, 폐지 또는 재배치한다. 이 경우

항행통보 등을 통해 고시 기간을 항해자가 익숙해지는 기간까지 고려하여 신설, 폐지 또는 재배치할 필요성이 있다. 또한 항로표지 사고가 발생할 경우에도 즉각적으로 항해자에게 혼란을 최소화하기 위한 항행통보, 고시 등을 통해 이용자에게 최단 시간 내 알려야 할 것이며, 관리자는 항로표지가 본래의 목적을 달성할 수 있도록 기능을 복구해야 할 것이다.



5.4.2 항로표지의 가치 평가

관리자는 교통환경의 변화, 민원 등에 의하여 필요 위치에 항로표지를 신설하고, 설치된 항로표지가 이용자에게 지속적이고 신뢰할 수 있는 수준의 서비스를 제공하기 위하여 노력한다. 이때 발생하는 것이 초기 설치비용(Ic)이다. 관리자는 항로표지에 대한 초기 투자를 통해 항로표지가 통항선박의 안전과 원활한 해상교통 흐름을 통해 해양사고 예방 등을 기대하게 된다. 하지만 항로표지가 선박에 의한 충돌, 기상악화, 자체결함 등 예상치 못한 상황으로 기능을 상실할 경우, 관리자의 투자대비 기대효과가 상실하게 된다. 따라서 항로표지 사고의 사회적비용(AtoN Sc) 평가를 통해 항로표지가 가진 가치를 부분적으로 평가하고자 한다.

항로표지가치(AtoN Value) 평가는 항로표지 개별가치를 평가하는 것으로 식(7)과 같이 설치비용(per Installation cost)과 사회적비용(per AtoN Social cost)의 관계로 평가한다.

$$AtoN\ Value = \frac{Per\ Ic}{Per\ AtoN\ Sc} \quad (7)$$

Table 50 항로표지 설치비용 대비 사회적 비용

(단위 : 천원)

| 구 분 | | 사고 횟수 | 1기당 설치비용 (평균) | 1기당 사회적비용 (평균) | 항로표지의 가치 |
|----------|-------|----------|------------------|-------------------|-------------|
| 등부표 | 스파부이 | 66 | 38,802 | 120,780 | 0.321 |
| | 등부표 | 59 | 63,963 | 87,554 | 0.731 |
| | LANBY | 10 | 1,816,466 | 1,297,754 | 1.400 |
| 등주 | | 75 | 2,372 | 28,890 | 0.082 |
| 무인 등대 | 무인등대 | 3 | 183,613 | 229,686 | 0.799 |
| | 방파제등대 | 1 | 25,620 | 36,934 | 0.694 |
| 도등 | | 3 | 1,405,108 | 1,385,337 | 1.014 |
| 레이콘 | | 2 | 60,698 | 208,276 | 0.291 |
| 교량표지 | | 1 | 8,020 | 20,148 | 0.398 |
| 유인등대 | | 1 | 181,065 | 204,985 | 0.883 |

Table 50은 항로표지 설치비용 대비 사회적비용이다. 지난 10년간 부산청 관할 해역 항로표지 사고의 1기당 종류별 사회적비용은 도등 → LANBY → 무인등대 → 레이콘 → 유인등대 → 스파부이 순서로 항로표지 사고가 많이 발생했거나 항로표지 설치비용의 단가 높을 경우 사회적비용이 높게 나타난다.

하지만 항로표지의 가치를 평가하기 위해 설치비용(per Ic) 대비 사회적비용(per ANSc)으로 평가하면 Fig. 21과 같이 LANBY가 1.400로 가장 높았으며, 도등 1.014, 무인등대 0.799, 등부표 0.731, 스파부이 0.321, 등주 0.082이다(단, 방파제등대, 레이콘, 교량표지, 유인등대는 10년간 사고 항로표지가 2기 이하로 정확성이 떨어져 분석대상에서 제외하였다).

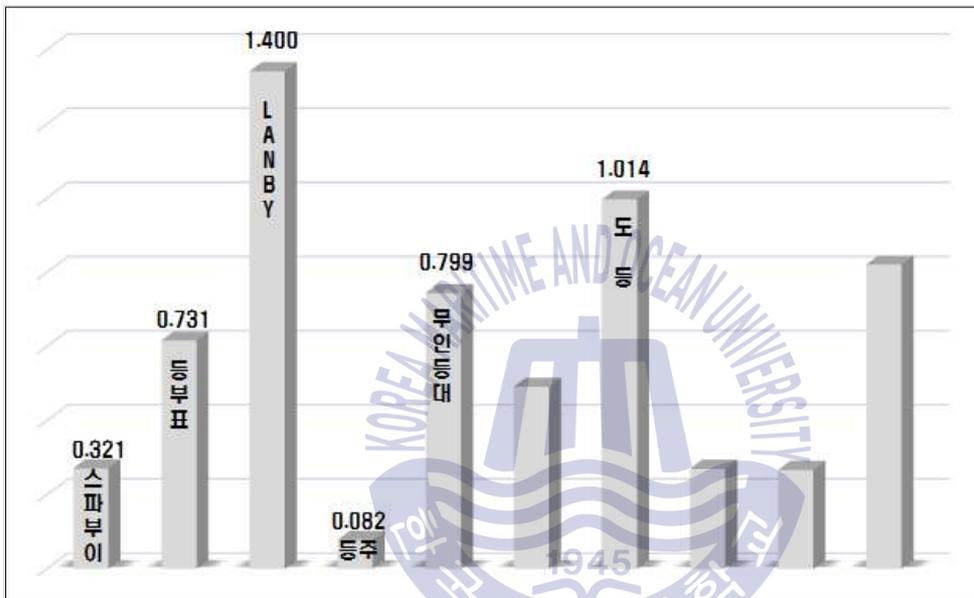


Fig. 21 항로표지 가치평가 결과

항로표지가치 평가는 항로표지 사고가 동시다발적으로 발생하였을 경우 정비의 우선순위를 나타내는 지표로 활용할 수 있다. 평소 항로표지 관리자가 유지보수를 집행함에 있어 어떤 종류의 항로표지에 비중을 두고 잘 관리해야 하는지를 직접적으로 보여주는 기준이 되기도 한다. 또한 동일해역에서 항로표지를 신설할 경우 통항선박의 안전을 위해 항로표지 종류를 선택할 때 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

부산청 항로표지 사고의 사회적비용 분석을 통한 항로표지 종류별 유지보수 및 신설의 우선순위는 LANBY → 도등 → 무인등대 → 등부표 → 스파부이 → 등주 순이었다.

따라서 항로표지 관리자가 항로표지를 유지보수 및 신설할 경우 우선순위는

- ① 연안에서 항만이나 수로로 접근하는데 지표로 활용되는 항로표지
- ② 수로나 항만입구에서 선박의 운항과 직접적인 관계있는 항로표지

우선순위에서 확인할 수 있듯이 ①항은 선박에게 항만의 소재를 확인할 수 있도록 표지를 설치하여 항만 접근시에 선박의 위치를 확실히 결정할 수 있고 안전 확보에 필요한 항만인지표지이며, ②항은 수로, 항로 등 선박을 안전하게 목적지까지 유도하기 위해 설치한 유도표지에 해당할 수 있다.

한편, 본 연구에서는 연구의 범위를 항로표지 사고로 한정함으로써 항로표지의 가치를 통항선박의 이용자가 느끼는 해양사고에 대한 심리적 불안감인 이용가치만을 비용화하였다.

현대의 항로표지는 통항선박의 길라잡이 역할 뿐만 아니라 국민친화 공간 활용 등으로 확대되고 있는 추세로 항로표지에 대한 진정한 가치를 이용가치에서 보다 확대하여 연구할 필요성이 있다. 본 연구에서 고찰했던 해양사고와 교통사고에서는 CVM을 활용하여 외부비용을 산정하였다. CVM을 이용할 경우 항로표지를 이용하는 통항선박의 항해자를 포함하여 대국민으로 확대할 수 있다. 따라서 항로표지의 평가를 이용가치가 아닌 CVM기법을 적용하여 보편적인 가치로 평가할 필요성이 있다.

제 6 장 결 론

본 연구는 항로표지 사고로 인한 항로표지, 항로표지 관리자, 항로표지 이용자의 비용을 종합적으로 평가하기 위한 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델을 개발하였다. 이를 위해 사회적비용과 관련한 선행연구 고찰을 통해 추정모델을 개발하였고, 부산청 관할해역에서 발생한 10년간(2006~2015년) 항로표지 사고를 분석하여 추정모델에 적용하였다. 부산청의 항로표지 사고를 추정모델에 적용한 결과 생산손실비용(EC), 행정비용(AC), 위험비용(RC)을 산출이 가능함으로써 항로표지 사고로 인한 직·간접비용을 정량화할 수 있었다. 또한 개별 항로표지의 가치를 추산함으로써 동일해역에서 항로표지의 신설과 정비의 우선순위를 정립할 수 있게 하였다.

항로표지는 해상교통 안전을 도모하고 선박운항의 능률성을 향상시키기 위한 해상교통시설로서, 해양수산부에서는 지속적인 기능 유지를 위해 노력하고 있다. 무역규모의 지속적인 증가, 통항선박의 대형화 및 다양화, 연안항 및 국가관리항의 발전이 꾸준히 증가하면서 항로표지 시설의 기능 및 필요성은 지속적으로 확대되는 추세이다.

국제항로표지협회(IALA)에서는 “항로표지는 최적의 항로 위치에 대한 조언을 하거나 위험 또는 장애를 경고하여 항해사가 선위 및 항로를 결정하는데 도움을 주기 위한 선박외부장치 또는 시스템이라고 정의하고 있다(IALA, 2014).” 즉, 과거의 항로표지가 단순하게 항해자가 본선의 위치를 확인하기 위한 보조 역할이라면, 현대의 항로표지는 통항선박의 안전에 필수불가결한 요소로 자리매김 하고 있다. 하지만 항로표지가 예기치 못한 상황으로 기능정지가 발생하여 항로표지 본래의 목적을 발휘하지 못할 경우, 항로표지의 신뢰성이 저하되어 이용자는 항해 중 부담을 가지게 되고, 관리자는 지속적이고 원활한 서비스 제공과 신뢰성 확보를 위한 신속한 복구를 해야 하는 등 이용자 및 관리자 모두에게 경제적 손

실이 발생하게 된다.

우리나라의 항로표지 운영율은 IALA 권고 기준(98.5%)을 상회하고 있어 항로표지 운영과 관련해서는 세계적인 수준이다. 해양수산부 통계에 의하면 우리나라는 연평균 167기의 항로표지가 기능 정지되고 있다. 하지만 항로표지 기능이 정지될 경우, 항로표지 사고에 대한 단순 피해금액만 산출할 뿐 항로표지 사고로 인해 발생하는 관리자와 이용자의 경제적 손실 등 사회적비용에 대한 연구는 진행된 적이 없었다. 이에 본 연구에서는 항로표지가 선박과의 충돌, 기상악화 등으로 기능이 정지되었을 경우 관리자 및 이용자에게 미치는 경제적 손실을 비용으로 산출하기 위한 모델을 개발하였다.

제2장에서는 항로표지 현황과 항로표지의 사고에 대한 분석을 실시하여 기초자료로 활용하였다. 항로표지 현황은 항로표지의 기본요건, 항로표지 종류, 항로표지의 설치·운영 및 이용과 관련한 내용을 검토하였다. 또한 항로표지 사고는 부산청 관할해역에서 발생한 10년간(2006~2015년) 발생한 항로표지 사고의 원인 및 결과, 복구일수, 피해금액 등을 분석하여 항로표지 사고의 사회적비용 추정모델 개발에 필요한 요소를 분석하였다.

제3장에서는 항로표지 사고의 사회적비용 평가기준 선정을 위한 선행연구를 검토하였다. 사회적비용에 대한 학자들의 정의와 비상장가치 추정법, 조건부가치추정법 등 사회적비용 평가방법을 고찰하였다. 특히, 한국교통연구원의 국내 교통사고의 비용추정(2014년)과 한국해양수산개발원의 해양사고 심리적비용 추정방안 연구(2015년)에서 내부적비용과 외부적비용 평가항목을 검토하여 항로표지 사고의 평가항목으로 적용 가능성을 확인하였다.

제4장에서는 제2장과 제3장의 검토한 결과를 바탕으로 항로표지 사고의 사회적비용을 정의하였고, 추정모델에 필요한 평가항목을 도출하였다. 항로표지사고의 사회적비용 추정모델 항목은 내부비용(Internal cost)과 외부비용(External cost)으로 구분하고, 내부비용은 생산손실비용(EC), 행정비용(AC)으로 구분하였으며, 외부비용은 위험비용(RC)로 정리하였다. 생산손실비용은 항로표지 사고의 피해비용(DC)과 복구에 소요되는 수리비용(REC)이고 행정비용은 관리자 및 승조원의 인건비(PC)와 선박운항비용(Vmc)이다. 또한 위험비용은 항로표지 기능정지 기간 동안 항

로표지의 가치를 환산한 정지비용(Sc)과 해양사고 발생지수(SA_k)로 구분하여 추정 모델을 개발하였다. 추정모델은 생산손실비용, 행정비용, 위험비용의 합으로 산출하며, 비용 평가의 시점은 부산청 항로표지 사고의 분석 대상기간을 고려하여 2015년으로 하였다.

제5장은 제4장에서 수립된 추정모델의 적용을 위해 제2장에서 분석한 부산청 관할해역 10년간 발생한 항로표지 사고를 분석하여 본 모델의 신뢰성을 높이고자 하였다. 부산청 관할해역 항로표지 사고(221건)의 사회적비용은 338억원으로 생산손실비용 34억원, 행정비용 71억원, 위험비용 232억원이었다. 또한 항로표지에 대한 가치평가를 실시하여 동시다발적으로 항로표지 사고가 발생할 경우 정비의 우선순위를 정하는데 기준이 되도록 하였다.

우리나라는 삼면이 바다인 지형적 특성이 있으며 과거에 비해 해상교통량 증가로 항로표지의 환경은 급변하고 있다. 특히 우리나라의 서해안과 남해안의 경우 크고 작은 도서와 암초가 많아 선박 안전항해에 위해요소로 작용하고 있다. 지난 몇 년간 해양사고는 감소하고 있으나, 해상물동량 및 교통량의 지속적인 증가와 선박의 대형화, 고속화에 따라 대형 해양사고의 위험성은 상존하고 있다. 해양사고 발생 시 재산 및 인명피해뿐만 아니라 유류오염으로 인한 해양환경 피해는 이루 말할 수 없다. 이러한 해양사고의 예방과 통항선박의 안전 확보를 위해 전 세계적으로는 지속적인 항로표지 시설 개발 및 서비스 증진에 많은 노력과 재원을 투자하고 있으며, 우리나라 역시 3,372기의 항로표지가 설치·운영 중이다. 항로표지는 이용자에게 신뢰성을 주어야 하며, 특히 항로표지가 기능정지 시 신속한 복구를 통해 이용자에게 불편이 없어야 한다.

항로표지 사고의 사회적비용 추정모델은 항로표지가 동시다발적으로 기능이 정지되었을 경우, 선박의 안전운항과 경제적 비용손실을 고려하여 항로표지 정비의 우선 순위를 결정하고, 항로표지의 정비주기, 신설 검토 등에 활용 가능할 것으로 기대된다.

다만 외부비용 평가와 관련하여 선행연구에서 CVM을 활용하였지만, 본 연구에서는 해양사고 발생지수와 항로표지의 이용가치 만을 사용하였다. 특히 해양사고 발생지수는 최근 연구나 국내 연구 자료가 없어 일본 연구 자료를 활용하였는데,

향후 과학적이고 효과적인 방법으로 우리나라 실정에 부합한 해양사고 발생지수를 항로표지와 연계하여 연구할 필요성이 있다. 또한 현재의 항로표지는 통항선박의 항해안전만을 목적으로 사용하지 않고, 해양문화 공간으로 활용되는 등 그 역할과 서비스 범위가 다양해진다는 점을 고려하여 항로표지 가치를 CVM을 이용하여 재평가할 필요성도 있다.



참고문헌

- [1] 김정희, 2005. *교통사고의 사회적 비용*. 석사학위 논문. 서울:서울대학교.
- [2] 김지용, 2009. *사회적비용을 고려한 교통부분 에너지 세제평가*. 석사학위 논문. 서울:서강대학교.
- [3] 박영남, 2007. *해상교통안전시설에 대한 운영효과의 편익산출 모델에 관한 연구*. 박사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- [4] 안병록, 2001. *공공투자사업의 적정 사회적 할인율 분석*. 박사학위논문. 서울:중앙대학교.
- [5] 유정복, 2008. *교통사고의 심리적 비용 산정모형 개발에 관한 연구*. 박사학위논문. 서울:서울시립대학교.
- [6] 정재용, 2001. *항행원조시설의 비용편익분석 모델에 관한 연구*. 박사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- [7] 최동석, 2016. *누리과정예산 정책갈등의 사회적 비용 추정 연구*. 박사학위논문. 전주:우석대학교.
- [8] 김원욱 등, 2017. *항해위험평가모델에 의한 연안역 항해의 안전 제고에 관한 연구*. *수산해양교육연구*, 제29권 1호, pp.201-202.
- [9] 이희준, 1982. *사회적 비용개념과 그 내부화문제*. *경희대학교 경영행정대학원 산업관계연구소 산연논업*, pp.122-126.
- [10] 장운재, 금종수, 2004. *해양사고 발생의 확률모델 분석*. *해양환경안전학회*, 제10권 제2호, pp.33-34.
- [11] 정건명, 1998. *도로교통의 사회적비용에 대한 연구*, *목포해양대학교 논문집*, 제4편, pp.75-76.

- [12] 최지은, 박동규, 2015. 공공투자 사업의 경제성분석을 위한 사회적 할인율 추정. *사회과학연구*, Vol.41 No3, pp.149-150.
- [13] 김수엽, 이건우, 반영길, 이해진, 2016. *항로표지 해양사고 예방효과 분석*, 부산:한국해양수산개발원.
- [14] 심재익, 유정복, 박진서, 심가람, 2016. *2014년 교통사고비용 추정*, 서울:한국교통연구원.
- [15] 이호춘, 이건우, 이해진, 2015. *해양사고의 심리적비용 추정방안 연구*, 부산:한국해양수산개발원.
- [16] 海上保安廳, 1998. *航路標識整備における費用効果 分析手法の開発に関する照査*, (財)日本航路標識協會.
- [17] IALA, 2014. *IALA NAVGUIDE 2014*.
- [18] 해양수산부, 2006. *해상교통안전시설의 운영효과 분석·조사 연구*.
- [19] 해양수산부, 2015. 항로표지 중·장기개발 계획에 관한 조사 연구용역.
- [20] 강성진, 2011. *비용추정론*. 도서출판 두남.
- [21] 김동건, 2004. *비용·편익분석*. 박영사.
- [22] 김태운, 김상봉, 2004. *비용·편익분석의 이론과 실제*. 박영사.
- [23] 우지와 히로후미, 2016. *자동차의 사회적비용*. 사월의책.
- [24] 정태권, 국승기, 2013. *항로표지론*. 세종출판사.
- [25] 주장현, 2015. *천년의 역사 빛의 지문* 등대문화사. 항로표지기술협회 국립 등대박물관.
- [26] J.H.Dales, 1968. *Pollution, Property and Prices - An essay in political making and economics*.
- [27] K.W.Kapp, 1975. *The Social cost of Private Enterprise*
- [28] 기상청, 2006-2015. 기상연보.

- [29] 법제처, 2017. 항로표지관련 법규, <http://www.law.go.kr/>.
- [30] 부산지방해양수산청, 2018. 항로표지 종류, <http://www.portbusan.go.kr/>.
- [31] 통계청, 2018. 국내기관별통계 2006~2015년, <http://www.krosis.kr/>.
- [32] 항로표지기술협회, 2018. 항로표지 분류, <http://www.kaan.or.kr/>.
- [33] 해양안전심판원, 2018. 해양사고통계, 2006~2015년, <http://>

