

조건부가치측정법을 이용한 부산항 항로표지사고에 대한 항행 위험비용의 추정에 관한 연구

김태균* · † 문범식

*한국해양대학교 해사수송과학부 부교수, † 동광엠텍 소장

Study on Estimating Economic Risk Cost of Aids to Navigation Accident in Busan Port, Korea using Contingent Valuation Method

Tae-Goun Kim* · † Beom-Sik Moon

*Associate Professor, Division of Maritime Transportation Science, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

† Director, Dong Kang M-Tech, Busan 606-, Korea

요 약 : 항로표지는 해상교통의 안전을 도모하고 선박운항 능력 향상을 위하여 설치된 해양교통안전시설 중 하나이다. 그러나 선박충돌 또는 기상악화 등의 원인으로 발생하는 항로표지의 사고로 인하여 제 기능을 상실 하였을 경우, 선박운항자를 비롯한 여러 이용자에게 이용 불편 또는 항행위험을 증가시키고 있다. 특히 우리나라 최대 컨테이너항만인 부산항은 최근 12년(2006년~2017)동안 총400건의 항로표지 사고가 발생하였으며, 이로 인하여 평균 20.6일의 복구기간이 소요됨에 따라 항로표지 이용자들에게 해양안전 불안을 가중시키고 있다. 따라서 연구의 목적은 우리나라 항로표지 사고예방과 효율적인 관리방안을 적극적으로 추진하기 위한 이용자들의 정량적 지지도를 제시하고자 한다. 이를 위해 부산항 해역이용자들을 대상으로 항로표지 및 항로표지 사고에 대한 인식조사를 실시하고, 효율적 항로표지 관리방안의 추진을 통한 항행위험 감소에 대한 경제적 가치를 추정하였다. 연구의 결과, 비시장재화인 환경재나 공공재의 대표적인 가치추정법인 조건부가치추정법을 이용하여 추정된 부산항 항로표지 서비스에 대하여 이용자들이 부여한 경제적 가치는 최소 약 160억원으로 나타났다. 따라서 이러한 연구결과를, 항로표지 관리자 및 정책입안자들에게 부산항을 비롯한 우리나라 항로표지 서비스에 대한 다양한 이용자의 요구사항을 확인하고, 이에 대응하는 보다 효율적인 관리방안의 수립과 추진에 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 항로표지사고, 해상교통 안전, 항행위험, 공공재, 조건부가치측정법, 경제적 가치

Abstract : Aids to Navigation (AtoN) is one of the marine traffic safety facilities that promotes the safety of maritime traffic and enhance ship's operational efficiency. However, functional failure of AtoN due to ship's collision or bad weather conditions leads to inconvenience or navigational risk to various users such as the ship operators. For instance, the largest container port in Korea, Busan Port has experienced a total of 400 AtoN accidents in the past 12 years (2006-2017). Therefore, an average of 20.6 days of recovery time is required, which increases the maritime safety anxiety for AtoN users. is the objective of this study was to present the quantitative support of the users for the prevention of AtoN accidents and the improvement of the feasibility of implementing more efficient management in Korea. A survey was conducted on the users of Busan port areas to investigate general perception of AtoN in general and the accidents that have happened, and to estimate the economic value of navigational risk reduction by implementing effective AtoN management measure. Using the representative non-market valuation method for environmental or public goods known as contingent valuation method (CVM), the economic value granted to users for the AtoN services in Busan port was estimated to at least 16 billion won. Therefore, these finding could be used by AtoN managers and/or policy makers as a valuable data to identify the users' need of various AtoN services including Busan Port and to establish and implement more efficient management plan.

Key words : Aids to Navigation Accident, Maritime Traffic Safety, Navigational Risk, Public Goods, Contingent Valuation Method, Economic Value

1. 서 론

우리나라 전 해역에 3,362기(2017년 말 기준)가 설치·운영되고 있는 항로표지는 선박의 위치추정 정보, 해상물류지원,

해양환경 보호 등을 위한 다양한 정보를 제공함으로써 해상교통안전확보 및 연안환경보호 등의 역할을 하고 있다. 그러나 해상교통량의 증가와 선박의 고속화 및 대형화 등으로 인하여 연평균 141기의 항로표지사고가 발생하고 있다(KMI, 2016;

† Corresponding author : 종신회원, tigerfood@hanmail.net 051)403-8575

(주) 본 논문은 “부산항 항로표지에 대한 이용자 인식조사에 대한 연구”란 제목으로 “2018년 항해항만학회 추계학술대회논문집(경주 더케이호텔, 2018.11.08.-09, pp.318-319)”에 발표되었음.

Moon, et al., 2018).

특히 전국 지방해양수산청 중에서 가장 많은 항로표지를 운영·관리하고 있는 부산지방해양수산청의 경우, 관할해역에서 최근 12년간(2006-2017년) 발생한 항로표지 사고는 총 400건에 달하고 있다. 그리고 사고가 발생한 항로표지를 제기능으로 복구하기까지 평균 약 20.6일(최소 1일 ~ 최대 244일)이 소요됨에 따라 그 복구기간동안 선박운항자 및 여러 이용자에게 불편(또는 항행위험도)을 증가시키고 있다(BROOF, 2018). 또한 부산항은 지리적으로 한반도 동남단에 위치하여 태풍 등의 기상학적 영향을 많이 받으며, 컨테이너 물동량처리 기준 세계 6위의 항만으로 연평균 5만 척 이상의 선박이 입출항하고 있다. 이에 따라, 부산항 관할해역 항로표지사고의 주원인은 기기고장이 과반수이상인 다른 해역과는 달리, 기상악화(54.6%) 및 선박충돌(40.6%)로 인하여 사고발생률이 높게 나타나고 있다. 그 결과, 부산항 연평균 항로표지 가동률(사고기수/전체 기수)은 96.7%로 나타나고 있기 때문에, 항로표지사고에 대한 보다 적극적인 대처 및 관리방안의 강구가 요구되고 있는 실정이다.

이에 덧붙여, 오늘날 항로표지는 단순히 해상교통 안전 강화서비스 뿐만 아니라, 해양문화공간으로의 이용서비스, 증가하는 해상 레크리에이션 활동의 안전성 강화서비스, 항후 e-navigation 또는 자율운항 선박 운항을 위한 정보시스템 활용서비스 등 항로표지 서비스에 대한 새로운 요구가 증가되고 있는 추세이다(KMI, 2016; Moon, et al., 2018). 따라서 선박운항자는 물론, 여러 항로표지 이용자에게 있어, 항로표지사고로 인해 발생하는 항로표지 제기능 상실은 항행 및 이용위험(risk)을 부담시키는 결과를 초래하는 것이다.

따라서 일반 시장재화와 달리, 국가가 제공하는 공공재(Public goods)로 인식되고 있는 항로표지의 가동률 상향을 위한 보다 능동적이며 효율적인 관리방안과 충돌사고에 대한 합리적인 대처방안(예, 가해자 배상원칙 및 기준 등) 강구를 위해서는 이에 대한 경제적 가치(가격) 추정의 필요성이 요구되고 있는 것이다. 비록, 이러한 해상교통안전 확보를 위한 항로표지 서비스에 대한 가격으로써, 현행 「항로표지법」 제 48조의 의거하여 무역항을 입출항하는 선박은 총톤수를 기준으로 항로표지이용료 (부산항의 경우 톤당 24원)를 납부하고 있지만, 이는 항로표지가 제공하는 여러 가지 서비스에 대한 충분한 경제적 가치(economic value)를 반영하고 있지 못한 것으로 볼 수 있다(MOF 2018).

연구의 목적은 항로표지 사고로 인하여 발생하는 선박운항자 및 이용자의 항행위험비용(Risk Cost)에 대한 경제적 가치를 추정하는데 있다. 즉, 항로표지의 위험비용은 선박운항자나 이용자가 항로표지의 제기능을 상실하였을 경우에 느끼는 위험도를 경제적 가치로 추산하고자 하는 것으로, 이는 비시장재화(Nonmarket goods)에 해당하기 때문에 이에 대한 가치추정법인 조건부가치추정법 (Contingent Valuation Method; CVM)을 적용하여 추정하고자 한다(Bateman, et al., 2002;

Carson, et al., 2003; Freeman, et al., 2014).

연구의 방법으로 첫째, 부산지방해양수산청 관할해역을 중심으로 항로표지 설치·운영 현황과 항로표지사고에 대한 자료를 조사·분석하였다. 둘째, 실증적 사례분석으로 항로표지 사고로 유발되는 항로표지 기능의 상실로 인한 이용자의 항행위험도 증가비용을 추정하였다. 이를 위하여 실제 선박운항자 및 직접적인 이용자 집단을 대상으로 CVM 설문조사 실시하여 항로표지 사고의 위험에 대한 경제적 비용을 추정하였다. 마지막으로, 이러한 추정결과는 해상교통안전성 강화는 물론, 증가하는 여러 항로표지 서비스 수요에 대하여, 정책입안자들이 보다 효과적이고 능동적인 항로표지 운영 및 관리방안을 강구하기 위한 타당성 제고의 기초자료로 제시하였다.

2. 부산항 항로표지 사고분석

항로표지사고라 함은 해상 또는 육상에 설치된 항로표지가 기기의 자체결함, 선박충돌, 기상악화 등의 원인에 의하여 비정상적인 운영 또는 기능이 정지되는 것을 말한다. 따라서 항로표지사고가 발생하면 기능을 재 복구시켜야 하는 관리자의 업무가중은 물론, 선박운항자 및 여러 이용자들이 기존 항로표지를 제대로 식별하지 못하여 항행상의 위험과 불안감을 유발시키게 되며, 나아가 해양사고의 원인을 제공할 수 있다(Moon, et al., 2018)

본 연구에서는 항로표지사고의 분석하기 위해 부산지방해양수산청 관할해역의 최근 12년간(2006-2017년) 항로표지사고 400건을 대상으로 선정하였다. 부산지방해양수산청 관할해역의 과거 12년간 발생한 항로표지사고는 항로표지연보, 항로표지 전산관리시스템에 기록된 항로표지이력카드, 그리고 부산지방해양수산청에서 보관중인 자료를 분석하였다(BROOF, 2018).

2.1 항로표지사고 원인분석

Table 1 은 항로표지 종류별 사고 현황이다. 등부표가 268건(67.0%)으로 가장 많이 발생하였고, 등주 77건(19.3%), 무인 등대 30건(7.6%), 도등 12건(3.0%), 등표 8건(2.0%) 순이다. 항로표지사고가 가장 많이 발생한 등부표 268건을 상세히 분류하면, 스파 부이(Spar Buoy)가 148건, 일반등부표 104건, 랜비(LANBY) 16건이다.

그리고 항로표지사고는 다양한 원인에 의해 발생하고 있다. 본 연구에서는 태풍, 풍랑 등에 의한 기상적인 원인과 운항선박과 충돌에 의해 발생하는 사고인 선박충돌 원인, 누전 및 육전결함 등의 외부요인 그리고 오작동, 전원부고장 등 정비불량원인의 4가지로 구분하여 분석하였다.

Table 1 Accidents by AtoN categories(2006-2017)

AtoN Categories		Occur	Percent	Remark
Unman Lighthouse		30	7.6%	
Light Mark		8	2.0%	
Light pole		77	19.3%	
Light Buoy	Spar Buoy	148	37.0%	268 (67.0%)
	Buoy	104	26.0%	
	LANBY	16	4.0%	
Leading Light		12	3.0%	
Racon		4	1.0%	
Bridge		1	0.3%	
Total		400	100%	

Table 2는 항로표지사고 원인이 분석현황이다. 항로표지사고를 원인별로 분석하면, 기상악화가 154건(38.5%)로 가장 많았으며, 선박충돌 114건(28.5%)이다. 그러나 누전 등의 외부요인과 정비불량 등의 내부요인은 5건과 8건으로 미비하여, 항로표지사고의 원인은 기상적인 요인과 선박충돌이 주를 이루었다.

Table 2 Causes of AtoN accidents in bsan port (2006-2017)

Causes	No.	Percent (%)	Remark
Weather	154	38.5%	Typhoon(107)
Collision	114	28.5%	Ships collision
External	5	1.3%	
Internal	8	2.0%	
Unknown	119	29.8%	
Total	281	100%	

다음으로 사고발생 연도별로는 Fig. 1과 같이 2006년이 89건으로 가장 많았으며, 연평균 30여건이 발생하였다. 특히, 기상악화로 발생한 154건 중 태풍의 영향으로 발생한 107건(항로표지의 유실 또는 손상된 경우)을 제외하면 항로표지사고의 대다수는 선박충돌에 의해 발생한다고 할 수 있다.

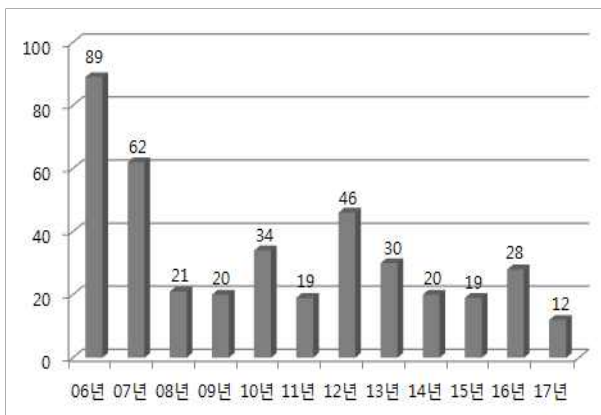


Fig. 1 Number of AtoN accident(2006-2017)

2.2 항로표지사고의 결과분석

항로표지사고의 결과는 다양하지만 원활한 분석을 위해 장비유실, 표체유실 등의 유실, 등명기, 배터리 등이 파손되는 장비손상, 철탑손상, 표체파손 등의 표체손상, 고장, 광력미약 등의 기능이상, 외력에 의해 등부표 등의 항로표지가 현 위치를 벗어나는 위치이동의 5가지 항목으로 구분하여 분석하였다.

Table 3은 부산지방해양수산청 항로표지사고 결과 및 피해(금액)현황이다. 피해 결과로는 유실이 132건(33.0%)으로 가장 많았으며, 장비손상 107건(26.8%), 기능정지 75건(18.8%), 표체손상 38건(9.5%)이다. 항로표지사고 결과 대다수의 항로표지는 유실 되거나 장비손상이 발생하고 있다. 또한 400건의 항로표지사고의 피해비용을 추정한 결과 약 37억원이다. 피해 결과 별로는 유실 15.4억원(41.3%), 장비손상 8.2억원(22.1%) 기능정지 5.1억원(13.9%) 등이다.

Table 3 Consequences and damage cost of AtoN accidents(2006-2017)

Factor	No. (%)	Damage cost (thousand won)
Loss	132(33.0%)	1,540,363(41.3%)
Equipment Damage	107(26.8%)	823,953(22.1%)
Facility stop	75(18.8%)	518,747(13.9%)
Body Damage	38(9.5%)	551,517(14.8%)
Shift	7(1.8%)	50,228(1.3%)
Unknown	41(10.3%)	245,382(6.6%)
Total	400	3,730,190

항로표지사고의 피해비용은 항로표지사고의 결과로 발생한 유실, 장비손상, 기능이상, 등으로 발생한 단순 피해비용이다. 항로표지사고가 발생하면 관리자는 항로표지의 기능을 필연적으로 복구해야 하고, 기능이 정지되는 동안 이용자는 선박의 안전운항 및 해양활동 등에 대한 심리적 부담감 또는 위험감이 발생할 수 있는 것이다. 따라서 항로표지사고가 발생할 경우 단순한 직접적인 인적·물적피해비용, 관리자의 추가적 행정소요비용과 더불어, 심리적 부담감에 대한 위험비용(Risk cost)을 정량화 할 필요성이 있다(Moon, et al., 2018).

한편 항로표지사고에서 기능 완료까지 기간인 복구일수(Recovery day)가 확인된 168건을 분석한 결과, 복구일수는 최소 1일에서 최대 244일이었다. 항로표지 168건의 전체 평균 복구일수는 20.6일이 소요되었다. 항로표지 종류별로 정형화된 복구일수의 추정은 불가하였는데, 이는 사고 당시 관리자의 업무상황과 손상된 장비의 공급일수, 항로표지의 손상 정도에 따라 상이했기 때문이다.

3. 항로표지 사고에 대한 위험비용 추정

3.1. 설문조사의 개요

본 연구에서는 선박의 해상교통 안전을 도모하고 선박운항 능력향상을 위하여 설치·운영되고 있는 부산항의 해상교통안전시설 중 하나인 항로표지 서비스에 대한 경제적 가치를 추정하기 위한 목적으로 CVM 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 연구조사 대상지역인 부산항의 항로표지를 이용하는 일반 상선의 선박운항자를 비롯하여, 관공선 운항자, 항로표지 관리자, 일반 이용자인 요트 등 해양레크리에이션 이용자 등 직접적인 이해당사자를 대상으로 실시하였다.

Table 4 Sample demographic information

Variables		Obs.	Percent (%)
Gender	Male	244	93.5
	Female	17	6.5
Age		41.0	Mean
No. of household		3.6	Mean
Occupation	Shipping Crew	32	11.5
	Officer of Ministry of Oceans and Fisheries	44	15.8
	Navy/Coast Guard	5	1.8
	Edu. Personnel of Maritime and Fishery University	17	6.1
	Crew of Government Vessels	33	11.8
	VTS Officer	17	6.1
	Fishermen	16	5.7
	Others(Marine Leisure Users, etc.)	115	41.2
Education	Under High school graduate	70	25.5
	Associate degree	40	14.5
	Bachelor's degree	122	44.4
	Master's degree	43	15.6
Income(per household) (ten thousand KRW)	<200KRW	15	5.4
	200~399KRW	128	46.2
	400~599KRW	75	27.1
	600~799KRW	27	9.8
	800~999KRW	20	7.3
>1,000KRW	12	4.3	

본 설문조사를 통하여 (1) 항로표지에 대한 일반적인 인식을 조사하고, (2) 부산항의 항로표지사고에 대한 인지도, 경험 및 관리방안에 대한 조사·분석은 물론, (3) 항로표지의 가동률을 높일 수 있는 ‘항로표지 안정화프로그램’에 대한 지지도 등을 수렴하기 위한 목적으로 수행되었다. 본 조사는 2018년 8월 ~ 10월까지 약 3개월 동안 부산항 항로표지시설의 직접적인 이용자를 대상으로, 대인인터뷰 (face-to-face interview)

방식을 채택하여 수행되었으며, 총 294부의 설문지가 수집되었다.

Table 4에 나타난 바와 같이, 일반적인 인구통계적 특성은 다음과 같다. 우선 응답자의 평균연령은 41.0세이며, 가족 구성원은 평균 3.6명, 그리고 소득이 있는 가족구성원은 평균 1.8명으로 나타났다. 응답자의 직업별 구성을 살펴보면, 해양레크리에이션 이용자 등 기타이용자가 총 115명 (41.2%)으로 가장 많았으며, 그 다음으로 해양수산 공무원이 15.8%, 관공선 승무원 및 해운회사 승무원이 각각 11.8%, 11.5%를 차지하였다. 응답자의 학력수준은 대부분 (74.5%)이 전문대학 이상의 학력수준을 가지고 있으며, 4년제 대학교 이상의 학력을 가지고 있는 응답자 또한 전체의 60.0%에 달하였으며, 고등학교 졸업자 이하는 25.5%로 나타났다. 마지막으로 응답자의 소득수준을 살펴보면, 소득원이 있는 가구의 월평균 총 소득은 200만원~400만원 미만이 46.2%로 가장 많으며, 그다음 400만원 ~ 600만원 미만이 27.1%로 나타남에 따라 대부분의 응답자(78.7%)는 월 평균 600만원 미만의 중·저소득층으로 나타났다.

3.2. 항로표지에 대한 인식조사

위와 같이 구성된 설문 응답자들을 대상으로, 먼저 일반적인 항로표지에 대한 인식조사를 실시하였다. Table 5와 같이, 응답자의 86.0%는 항로표지가 무엇인지 대부분 인지하고 있는 것으로 나타났으며, 실제로 항로표지를 이용한 경험 또한 74.7%로 높게 나타났다. 그리고 항로표지를 이용한 경험이 있는 응답자 중 대부분인 202명(68.9%)은 선박의 위치(선위)를 측정하기 위하여 이용한 경험이 있는 것으로 나타남에 따라, 응답자의 대부분이 실제 직접적인 항로표지 이용자 그룹인 것을 알 수 있다.

응답자의 68.9%가 선박의 위치를 획득하기 위하여 항로표지를 이용하는 것으로 나타났는데, 획득한 선위에 대한 이용자의 신뢰도는 어느 정도인지를 조사하였다. 그 결과, 응답자의 과반인 50.2%는 항로표지를 이용한 선위에 대하여 신뢰하는 것으로 긍정적인 응답을 하였으며, 반면 부정적인 의견인 “신뢰하지 않는다(12.4%)”와 “전혀 신뢰하지 않는다(3.8%)”라는 의견은 전체의 16.2%에 불과함에 따라 선위측정용 항로표지에 대한 신뢰도가 높은 것으로 나타났다.

이에 덧붙여, 선위확인을 위하여 항로표지를 이용하는 빈도는 응답자의 약 57.8%가 보통 이상으로 자주 이용하는 것으로 나타났다. 그리고 항로표지 이용자 집단인 응답자들은 선위확인을 위하여 항로표지의 필요성(83.1%)에 대하여 강력하게 피력하고 있는 것으로 조사되었다. 마지막으로 응답자들을 대상으로 항로표지가 필요한 7가지 이유에 대하여 우선순위를 측정하였다. 위의 의견을 종합한 결과와 마찬가지로 항로표지가 가장 필요한 이유는 “선박의 위치를 확인하기 위한” 것

1) 기타 이용자는 해양경찰, 해군 등 현재 응답자의 직업을 밝히기 꺼려하는 응답자를 다수 포함하고 있음을 밝혀 둔다.

으로 나타났으며, 2순위로는 “선박 충돌사고 예방 등 해상교통안전 확보를 위하여”로 응답하였다. 그리고 3순위로는 “어선 등과 같은 레이더 장비가 없는 선박이나 급증하고 있는 요트 또는 수상 오토바이 등 레저용 선박의 위치 확인과 침로를 위하여 필요한 것”으로 나타났다.

따라서 이러한 결과는 현행 「항로표지법」 제1조의 항로표지 설치 및 관리목적에 나타난 바와 같이, 선박의 위치 확인을 통한 운항능률 향상과 이를 통한 해상교통안전을 도모하기 위한 것과 일맥상통하다 할 수 있다. 항로표지의 설치목적 이외의 새로운 항로표지 서비스인 해양 레크리에이션 활동의 안전성 강화 필요성에 대해서도 확인할 수 있는 중요한 결과라 판단된다.

Table 5 Public perception of Aids to Navigation(AtoN)

Issues of perception	Obs.	% of perception
Awareness of AtoN		
Yes	251	86.0%
No	41	14.0%
Usage Experience of AtoN for obtaining ship's position		
Yes	202	68.9%
No	91	31.1%
Reliability of AtoN for obtaining ship's position		
Reliable	146	50.2%
Neither Reliable nor Unreliable	98	33.7%
Unreliable	47	16.2%
Usage Frequency of AtoN for obtaining ship's position		
Frequently	101	34.9%
Neither Frequently nor Infrequently	66	22.8%
Infrequently	122	42.2%
Need of AtoN for obtaining ship's position		
Very Needed	116	40.0%
Needed	125	43.1%
Neither Needed nor Unneeded	38	13.1%
Unneeded	11	3.8%
Main reasons of preventing endangered marine animals		
To obtain ship's position	1 st	Rank
To secure maritime traffic safety by preventing ship collision	2 nd	Rank
To provide position and direction for vessels without radar equipment and increasing recreational vessels (yachts, water motorcycles, etc.)	3 rd	Rank

3.3. 부산항 항로표지 사고에 대한 인식조사

많은 해상교통량과 기상요인으로 인한 타 항만에 비하여 상대적으로 높은 항로표지사고율을 가진 부산항의 항로표지 사고에 대한 인식조사를 실시하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다. 먼저, 설문응답자의 대부분 (76.4%)은 부산항의 높은 항로표지사고율에 대하여 인지하지 못하고 있었다. 이러한 항로표지사고의 가장 큰 원인으로는 실제 부산항 항로표지사고 원인순위 (기상악화(54.8%) > 선박충돌사고(40.6%))와는 반대인 선박충돌(34.0%)과 기상악화(28.5%)에 의한 원인 순으로 조사됨에 따라, 부산항 항로표지사고의 주요 원인에 대해서는

정확히 인식하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 정비불량과 장비결함 요인 또한 항로표지 기능상실의 원인으로 응답자의 각각 19.8% 및 10.1%가 지적하고 있어, 관리관청의 역할 및 제작자의 의무와 중요성에 대하여 지적하고 있음을 인지해야 할 것으로 판단된다. 다시 말해, 최근 12년간(2006~2012년) 항로표지사고 281건을 분석한 결과, 실제로 정비불량 8건(2.8%), 외부요인-장비결함이 5건(1.8%)으로 분석되었기 때문에, 실제로 관리관청 및 제작자에 대한 응답자의 불신이 높은 것으로 나타났다.

Table 6 Public perception of Aids to Navigation Accidents in Busan Port

Issues of perception	Obs.	% of perception
Awareness of relatively higher AtoN Accidents		
Yes	220	76.4%
No	68	23.6%
Main Causes of AtoN Accidents		
Ship's Collision	98	34.0%
Bad Weather	82	28.5%
Poor Maintenance	57	19.8%
Faulty Equipment	29	10.1%
Others	22	7.6%
Experience of observing Failure or lost AtoN		
Yes	151	52.4%
No	137	47.6%
Inconvenience (risk) according to Failure or lost AtoN		
Inconvenient (or risky)	207	72.6%
Neither Inconvenient nor Not-inconvenient	63	22.1%
Not-inconvenient	15	5.3%
Responsible Party against for AtoN Accidents		
User	45	15.7%
Manager	80	27.9%
Accident Causer	142	49.5%
AtoN Installer	8	2.8%
Importance of roles of Management Agency for preventing AtoN Accidents		
Important	257	89.2%
Neither Important nor Unimportant	24	8.3%
Unimportant	7	2.4%

다음으로 실제로 부산항에서 유실되거나 고장난 항로표지를 본 경험에 대하여 조사한 결과, 응답자의 과반수 이상인 52.4%가 경험한 것으로 나타났다. 그리고 기상악화나 선박충돌 등의 원인으로 항로표지가 유실되거나 고장이 났을 경우, 항로표지 이용자들인 응답자의 72.7%가 이를 제대로 이용할 수 없는 불편함 (또는 항행위험도)을 느끼고 있는 것으로 나타났다.

그렇다면 항로표지사고가 발생했을 경우, 사고에 대한 책임자는 당연히 사고를 일으킨 유발자가 응답자의 49.5%로 가장 많았으며, 27.9%는 항로표지 관리자 (부산지방해양수산청)가 사고에 대한 책임이 있는 것으로 응답하였다. 그리고 항로표지 이용자가 책임져야 한다는 의견도 15.7%로 나타났다. 이러

한 결과는 항로표지사고를 일으킨 유발자가 그 복구의 책임이 있지만, 항로표지사고로 그 기능이 작동하지 않는 동안, 항행 위험도가 높아지기 때문에 이를 관리하는 관리청이 책임지고 빠른 복구를 해야 한다는 의견으로 해석될 수 있다. 또한 비록 항로표지사고의 가해자는 아니지만, 이용자들의 항행위험도를 감소시키는 것이 더 중요하기 때문에 이용자들이 직접 사고복구에 책임과 복구비용을 지불할 의사가 있는 것으로 판단된다.

마지막으로, 항로표지사고를 예방하기 위하여 관리기관인 부산지방해양수산청의 역할이 얼마나 중요한지에 대한 질문에 대하여 응답자의 대다수인 89.2%는 그 역할의 중요성을 강조하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 결과는 이용자들이 항로표지사고에 대한 보다 효율적인 관리를 통한 사고 예방은 물론, 사고 발생시 빠른 복구책임에 대한 관리기관의 역할이 매우 중요함을 주장하고 있는 것으로 판단된다.

3.4. 부산항 항로표지 사고위험에 대한 경제적 가치추정

마지막으로 해상교통 안전서비스 강화는 물론, 여러 이용자들의 해양활동 안전성 강화 등을 위하여 부산항 항로표지 가동률(운영률) 향상 프로그램에 대하여 이용자들이 기꺼이 지지하고 부담하고자 하는 경제적 가치가 어느 정도인지 추정하였다. 이러한 결과는 부산지방해양수산청 또는 정부의 의사결정자들은 물론, 항로표지의 직접적인 이용자들에게 있어 항로표지의 가동률 향상을 위한 추가적인 관리 및 운영방안의 마련에 대한 타당성을 제고할 수 있는 하나의 중요한 지표로 간주될 수 있을 것이다.

그러나 부산항의 항로표지 서비스는 일반 시장에서 가격이 결정되어 판매되고 있는 일반재화와 달리, 국가에서 공공의 서비스 목적으로 제공되고 있는 공공재이기 때문에 일반 시장경제기반 가격평가기법으로 추정이 불가능 하다. 따라서 비시장재화 또는 서비스 (Non-market goods or services)의 경제적 가치추정을 위하여 널리 이용되고 있는 조건부가치추정법(CVM)을 이용하여 항로표지의 경제적 가치를 추정하였다 (Bateman, et al., 2002; Carson, et al., 2003; Freeman, et al., 2014; Kim, 2014).

이를 위하여 항로표지의 가동률(운영률) 향상 프로그램에 대한 이용자들의 지불의사액(Willingness-to-Pay; WTP)을 물어보기 전에, 응답자들에게 가상의 공공재 시장을 설정하였다. 그리고 기존 부산항 항로표지사고건수, 이로 인해 상대적으로 전국 항만 평균에 비하여 다소 낮은 가동률(운영률; 96.7%) 현황과 아무런 조치를 취하지 않을 경우 (Status quo), 향후 지속적인 정비인력과 장비 등의 추가 소요비용 발생문제와 항로표지사고기간 동안 위치정보 획득 실패로 해상교통 사고발생 확률의 증가 가능성에 대하여 설명하였다. 그런 다음, 부산항 항로표지 시설의 관리관청인 부산지방해양수산청이 “항로표지 안정화프로그램”을 도입하여 해당 공공재(환경재)의 질(quality) 변화인 항로표지 가동률(운영률)을 99.5%로 상

향·유지시키기 위하여 추가적인 운영비용이 발생한다는 사실에 대하여 설명하였다.

이렇게 주어진 가상의 공공재 시장 하에서, 응답자에게 부산지방해양수산청이 99.5% 이상의 부산항 항로표지 가동률(운영률)을 보장해 주는 항로표지 안정화프로그램의 도입·운영에 지지하는 의미로써, 향후 10년간 추가적인 소득세를 기꺼이 지불할 의사(WTP)가 있는지를 “예”와 “아니오” 중 하나를 선택하는 양분선택(dichotomous-choice)형 질문을 실시하였다.

그리고 아래 Table 7은 본 연구의 CVM 설문에서 추가적인 소득세로 제시된 금액(Bid money)을 보여주고 있다. 1,774원부터 10,211원 사이의 총 10개의 제시금액은 응답자들에게 무작위로 부과되었으며, 이러한 금액은 실제 부산항을 입출항하는 선박에게 부과되는 연간 항로표지 이용료를 근거로 만들어졌다. 그리고 일반적으로 CVM에서 응답자의 평균 WTP(mean WTP)를 추정하기 위한 방법으로 모수추정법(parametric estimation method)을 이용하지만, 이러한 모수추정법은 확률분포나 추정함수형태에 민감하게 반응한다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 비모수 추정법(non-parametric estimation method)을 이용하며, Table 5의 응답결과를 토대로 본 연구에서는 비모수 추정법 중 하나인 Turnbull Estimator를 이용하여 최저 WTP를 추정하였다 (Haab and McConnell, 2002; Kim, 2014).

Table 7 Referendum responses by offered bids (won/year)

Bids(won)	WTP		Total	% of yes
	No	Yes		
1,774	13	16	29	55.2%
2,476	14	14	28	50.0%
2,836	13	16	29	55.2%
3,547	13	13	26	50.0%
4,952	16	11	27	40.7%
5,673	15	14	29	48.3%
6,807	15	13	28	46.4%
7,428	16	13	29	44.8%
8,509	16	13	29	44.8%
10,211	17	13	30	43.3%
Total	148	136	284	47.9%

제시된 금액에 대하여 과반수에 미치지 못하는 약 48% 정도의 항로표지 이용자들이 항로표지 안정화 프로그램에 대한 지불의사를 밝히고 있는 것으로 확인되었다. 그리고 제시된 금액이 1,774원에서 10,211원으로 높아질수록 “Yes”라고 대답할 확률이 상승해야 하는데, 2,476원과 4,952원 구간에서 “Yes” 응답률이 낮아졌다가 상승하는 등 제시된 금액에 대하여 응답자의 응답패턴이 잘 이루어지지(well behaved) 되지 않고 있음을 의미한다. 따라서 이러한 결과는 위에서 언급한 바와 같이, 모수추정법을 사용할 경우, 확률분포나 추정함수에 따라서 민감하게 반응하는 결과가 예상되기 때문에, 아래의 Table 6과 같이 비모수 추정법인 Turnbull 추정법을 이용하였다. 그리고 모든 모수 및 비모수 추정법을 포함한 가치추정법 중에서 Turnbull 추정치는 최저의 추정값(lower bound estimate)을 제

시해 주는 보수적인 추정법으로 알려져 있다 (Petrolia and Kim, 2009; Kim, 2014).

즉, Table 8은 비모수 추정법인 Turnbull 추정법에 의하여 부산항 항로표지의 가동률(운영률)을 기존 대비 2.8% 상향시킬 수 있는 “항로표지 안정화 프로그램”에 대한 경제적 가치의 추정결과를 보여주고 있다. 즉, 새로운 프로그램 운영에 대한 지지의사로서, 부산항 항로표지 이용자는 가구 당 약 4,835원을 추가적으로 기꺼이 지불할 의사를 표시하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 추정된 금액을 10년간 납부할 경우 기획재정부에서 제시한 사회적 할인율(4.5%)을 고려하여 순현재가치로 환산한 금액은 39,981.5원으로 추정되었다 (MOEF, 2018).

마지막으로, 항로표지 이용자 모집단 전체의 지불의사액을 추정하기 위하여, 이를 다시 현행 통계상 획득이 가능한 부산항을 이용하는 일반 상선과 관공선 및 해경선 등의 2016년 연간입출항 척수에 승선하고 있는 항해사 수인 401,156명을 모집단 가구수 규모²⁾로 추정하여 환산하였다 (KMI, 2018). 그 결과 부산항 항로표지 또는 항행위험도 감소비용의 총 가치는 평균 약135억원으로 추정되었다.

Table 8 WTP estimation with lower bound turnbull non-parametric estimator for new AtoN program in busan port

Welfare estimates		Turnbull
Annual estimates (per household) (Korean Won)	Mean	4,835.23
	95% CI	4,114.1~5,556.4
10 years estimates (per household)	Mean	KRW 39,981.5
Aggregate estimates (total households)	Mean	KRW 16.0 billion

4. 요약 및 결론

전 세계적으로 항로표지는 해상교통 안전성 향상을 목적으로 국가에 의해서 제공·운영되고 있다. 또한 선박의 대형화와 고속화 추세로 인한 해상교통 안전성 확보의 중요성 증가뿐만 아니라 지속적인 어업활동 및 급증하는 해양 레저활동 등 해양 이용자들의 안전성 강화서비스 등 항로표지서비스에 대한 요구는 더욱 증가하고 있는 추세이다. 비록 부산항을 포함한 우리나라 항로표지의 운영률은 IALA 권고율(99.5%)을 상회하는 99.8%를 달성하고 있지만, 연간 단위로 추정하는 운영률에 비하여 가동률(사고기수/전체 기수)로 산정했을 경우, 부산항의 가동률은 96.7%에 머무르고 있다. 다시 말해, 부산항은 항로표지 사고(유실 또는 고장)로 기능을 상실하여 제복구될 때까지 평균 20.6일(최소 1일 ~ 244일) 동안 이용자들이 이용 불편 또는 항행위험을 증가시키고 있기 때문에, 이에 대한 적극적인 개선방안의 마련이 필요한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 부산항 항로표지의 직접적인 이용자 그룹을 대상으로 부산항 항로표지의 이용실태와 인식, 특히 항로표지 사고로 인한 불편도 및 항행위험도에 대한 인식을 조사한 후, 항로표지 가동률 향상 프로그램에 대한 지지도 확인을 통하여 보다 효율적인 관리방안의 강구에 대한 타당성을 제고하고자 하였다.

이러한 이용자 인식조사에 대한 주요결과를 요약하면 첫째, 항로표지에 대한 응답자의 높은 인지도(86.0%)와 선박의 위치 측정을 위한 이용경험이 많은(68.9%) 것으로 나타났다. 따라서 항로표지 이용의 가장 큰 목적은 선위측정이며, 이를 위해서 응답자의 57.8%가 보통 이상으로 자주 이용하고 있고, 획득된 선위에 대하여 높은 신뢰도(50.2%)를 가지고 있기 때문에, 그 필요성을 매우 강조하고(83.1%) 있는 것으로 나타났다. 그러나 응답자의 대부분(76.5%)은 부산항의 높은 사고율에 대하여 인지하고 있지 못하지만, 선박충돌(34.0%)과 기상악화(28.5%)의 원인으로 유실되거나 고장난 부산항 항로표지를 목격한 경험(52.4%)이 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 항로표지 이용자인 응답자의 72.7%가 이용불편 또는 항행위험을 느끼고 있는 것으로 나타남에 따라, 항로표지사고에 대한 책임이 누군지에 관계없이 항로표지사고의 예방과 관리를 위한 관할관청인 부산지방해양수산청의 역할이 매우 중요함(89.2%)을 강조하고 있는 것으로 나타났다.

둘째, 이러한 점들을 고려할 때 항로표지의 보다 효율적인 관리를 위한 정책적 대안과 실행 가능한 대책의 필요성이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 CVM을 이용하여 공공재의 성격을 띠고 있으며, 다양한 서비스를 제공하고 있는 부산항의 항로표지가 가지는 경제적 가치, 특히 항로표지 사고로 유발되는 항행위험도에 대한 경제적 비용을 추정하였다. 비모수추정법인 Turnbull 추정법으로 추정된 결과, 보다 효율적인 항로표지 운영(가동률 확보)을 위한 항로표지 안정화 프로그램에 대한 지지의사로서, 항로표지의 직접적인 이용자 그룹인 응답자들은 가구당 월 평균 4,835원을 지불할 의사가 있는 것으로 나타났다. 다시 말해 항로표지 이용자들은 항로표지 가동률을 기존보다도 2.8% 더 향상시키기 위하여 향후 10년간 4,835원을 추가적인 세금으로 지불할 의사가 있음을 표시함에 따라, 이용자들에게 항로표지가 제공하고 있는 서비스가 얼마나 중요한지를 알 수 있었다. 마지막으로 부산항 항로표지 이용자 모집인 부산항 입출항 상선과 관공선 등에 승선하는 항해사 수를 감안하여 추정된 부산항 항로표지의 총 가치(Aggregate Economic Value)는 최저 약 160억원으로 추정되었다.

따라서 이러한 연구결과를 항로표지 관리자 및 정책입안자들에게 선위측정을 통한 해상교통 안전 강화서비스를 비롯한 추가적인 항로표지 서비스 수요에 부응할 수 있는 적극적인 운영·관리대책을 수립해야 할 것이다. 특히, 해상교통의 안전

2) 본 연구에서 추정된 항로표지 이용자 모집단의 수는 현재 통계적 수치를 추정하기 어려운 부산항 해역이용 어업인 및 해양 레저 이용자들의 수를 포함하지 않은 매우 보수적인 추정법을 이용하였으며, 이를 근거로 추정된 항로표지의 총 가치는 “최저” 추정치임을 밝혀둔다.

을 도모하기 위하여 통항로 또는 항행해역에 추가적인 항로표지 설치와 필요시 기 설치된 항로표지 재배치 등은 해양사고 발생률의 감소에 도움이 될 수 있을 것이다(Seo and Bae, 2002; KMI, 2016; Moon, et al., 2018).

연구의 한계와 향후 연구 과제로서, 본 연구에서 추정된 모집단의 규모는 어선, 해양레저 이용자 등을 포함하지 않는 최저 추정치이기 때문에, 추가연구에서는 본 연구에서 포함되지 않은 모든 이용자 그룹을 모두 고려해야 할 것이다. 또한 항로표지의 직간접적 이용자이며, 향후 이용할 가능성이 있는 일반 시민들을 포함한 가치추정 연구로의 확대가 필요하다.

후 기

본 연구는 한국해양수산개발원 2018년 지역발전 논문지원 사업의 “부산항 항로표지 사고로 인한 항행위험비용(Risk Cost)의 추정에 관한 연구” 내용을 기초로 연구하였습니다.

References

- [1] Bateman, I. J., Carson, R. T., Day, B., Hanemann, M., Hanley, N., Hett, T. and Sugden, R.(2002). Economic valuation with stated preference techniques: A manual. Economic valuation with stated preference techniques: a manual.
- [2] Busan Regional Office of Oceans and Fisheries (BROOF), (2018), Internal Statistic Data of Aids to Navigation Accidents 2006~2017, Aids to navigation Division, http://www.portbusan.go.kr/facility/facility_01_01.do
- [3] Carson, R. T., Mitchell, R. C., Hanemann, M., Kopp, R. J., Presser, S. and Ruud, P. A.(2003), “Contingent valuation and lost passive use: damages from the Exxon Valdez oil spill”. Environmental and resource economics, Vol. 25(3), pp. 257-286.
- [4] Freeman III, A. M., Herriges, J. A. and Kling, C. L.(2014), “The measurement of environmental and resource values: theory and methods”, Routledge, pp. 1-491.
- [5] Kim, T. G.(2014), “Study on Public Awareness of establishing Marine Protected Areas - Case Study of Guimaras Province, Philippines using Contingent Valuation Method”, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 38(6), pp. 663-672.
- [6] Korea Maritime Institute(KMI)(2016), “Effectiveness Analysis on the Prevention of Marine Accidents of Aids to Navigation”, KMI-Research, No. 2016-11, pp. 1-163.
- [7] Korea Maritime Institute(KMI)(2018), 2017 KMI Shipping Statistics, <http://www.kmi.re.kr>
- [8] Ministry of Economy and Finance(MOEF)(2018), Guidelines for conducting Pre-feasibility Study.
- [9] Ministry of Oceans and Fisheries(MOF)(2018), Law of Aids to Navigation.
- [10] Moon, B. S., Gug, S. G. and Lee, Y. T.(2018), “Study on the Development of Social Evaluation Model for Aids to Navigation Accident”, KINPR, Vol 42, No. 3, pp. 187-194.
- [11] Petrolia, R. D. and Kim, T. G.(2009), “What are Barrier Islands Worth? Estimates of Willingness to Pay for Restoration”, Marine Resource Economics, Vol. 24(2), pp. 131-146.
- [12] Seo, M. S. and Bae, S. J.(202), “The Study on the Analysis of Marine Accidents and Preventive Measures, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 14(2), pp. 149-160.

Received 3 December 2018

Revised 19 December 2018

Accepted 19 December 2018