

# VTS 관점의 준해양사고 분류기준 선정에 관한 연구 - 부산항을 대상으로 -

하종민\* · 박영수\*\*† · 박상원\*\*\* · 정재용\*\*\*\*

\* 부산항VTS 관제사, \*\* 한국해양대학교 해사수송과학부 교수,

\*\*\* 한국해양수산개발원 연구원, \*\*\*\* 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

## A Study on the Selection of VTS Marine Incident Classification Criteria at the Busan Port

Jong-Min Ha\* · Young-Soo Park\*\*† · Sang-Won Park\*\*\* · Jae-Yong Jeong\*\*\*\*

\* VTS Operator, Busan VTS, Busan 49111, Korea

\*\* Professor, Maritime Transportation and Sciecn, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

\*\*\* Researcher, Korea Maritime Institute, Busan 49111, Korea

\*\*\*\* Professor, Division of Marine Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 58628, Korea

**요 약** : 중대한 해양사고의 위험성을 사전에 인지하고 예방하기 위하여 준해양사고를 분석하는 것은 매우 중요하며, 이는 하인리히의 법칙을 이론적 배경으로 들 수 있다. 부산항 VTS의 관제구역에서는 2019.1.1.~2019.12.31.까지 11건의 충돌사고가 발생하였으며, 같은 기간 24건의 VTS 관점 준해양사고가 보고되었다. 하인리히의 법칙에 따르면 보고된 24건 사례 이외에 더 많은 잠재적인 위험 상황이 있을 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 선행 연구와 부산항VTS 관제사를 대상으로 한 설문조사 및 준해양사고 24건의 분석을 통해 VTS 관점 준해양사고 기준을 설정하였다. 이를 기준으로 잠재적인 위험 상황을 파악하기 위해서 3일간 교통조사를 실시하였다. 3일간 교통조사 실시 결과 216건의 잠재적 위험 상황을 확인했으며, 1년으로 환산하면 약 26,280건으로 분석된다. 설문조사를 통한 준해양사고 발생의 중요한 원인인 ‘VHF 통신 피드백 누락’ 등의 조건이 반영되지 않았음을 감안하더라도 관제구역 내 많은 잠재적인 위험이 있는 것으로 보이며, 이를 통해 VTS 관점의 준해양사고 보고제도 강화에 대한 필요성을 검증하였다.

**핵심용어** : 준해양사고, 하인리히의 법칙, VTS 관점 준해양사고 기준, 교통조사, VHF 통신 피드백 누락

**Abstract** : In order to prevent the dangers of major marine accidents, it is very important to be aware of in advance through marine incidents in the background of Heinrich's law, formulated by the safety pioneer who is credited with focusing on workplace safety with emphasis on the human element. At least 11 cases of collision accidents occurred in the Busan VTS area from January 1st to December 31st, 2019, and 24 cases of VTS marine incidents were reported during the same period. According to Heinrich's law, there could be many more potentially risky situations besides the 24 reported cases. In this study, the criteria for VTS marine incidents were established through advanced research and a survey of VTS operators, and analysis of 24 cases of VTS marine incidents in the Busan VTS area. Traffic surveys were conducted for three days to identify potentially hazardous situations. According to the survey, there were 216 cases of VTS marine incidents, and within a year, it is estimated there could be about 26,280 cases. Even if conditions such as "missing VHF communication feedback" which is an important cause of marine incidents, are not reflected, there are many potential risks in the VTS area. Thus, it is vital to strengthen the VTS marine incident reporting system.

**Key Words** : Marine incident, Heinrich's Law, VTS Marine incident criteria, Traffic survey, Missing VHF communication feedback

\* First Author : jmha122@naver.com, 051-410-5085

† Corresponding Author : youngsoo@kmou.ac.kr, 051-410-5085

## 1. 서론

최근 5년간(2015~2019년) 부산항VTS 관제구역 내에서는 연평균 약 14건의 충돌사고(관제대상 선박 간, 관제대상 선박과 비관제대상 선박 간, 비관제대상 선박 간의 충돌사고)가 발생하였다(KMST, 2020). 24시간 감시체계를 운영 중인 VTS의 지속적인 노력에도 불구하고 해양사고는 지속적으로 발생하고 있다. 특히 해양사고 예방과 안전에 대한 국민의 관심은 과거에 비해 높아져, 지속적으로 발생하는 해양사고에 대한 예방책은 반드시 필요하다.

한편, 1931년 윌리엄 하인리히는 하인리히의 법칙에 대해서 소개하였다. 하인리히 법칙은 산업재해가 발생하여 중상자가 1명 나오면 그 전에 같은 원인으로 발생한 경상자가 29명, 같은 원인의 잠재적 부상자가 300명 있었다는 것으로 중대한 사고가 발생하기 전에는 수많은 경미한 사고가 발생한다는 것이다(Heinrich, 1931). 즉, 중대한 해양사고가 발생하기 전에 경미한 해양사고 또는 준해양사고가 나타나며, 이를 통해 해양사고의 위험성을 사전에 인지하고 예방하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

IALA(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, 국제항로표지협회)에서도 VTS 관제구역 내의 준해양사고 보고의 중요성을 인정하고 있으며, 준해양사고 분석을 통해 관제구역의 안전성 평가나 VTS의 안전관리 영향 평가를 수행할 수 있다고 제시하고 있다. 다만, 준해양사고 발생 시 이를 통보해야 하는 강제적인 국제 기준은 없다. 다시 말해서 국가·지역별로 준해양사고 사실을 통보할 수 있는 제도를 자발적으로 시행 할 수는 있으나, 국제적인 통일 기준은 없다고 볼 수 있다(IALA, 2016).

준해양사고의 제도적 측면에서는 Chae et al.(2018)이 준해양사고 제도의 효율적 이행을 위한 개선방안에 관한 연구를 하였고, Kang(2020)이 준해양사고 통보서식 및 절차 개정에 관한 연구를 하였다. 또한, Rho et al.(2018)이 통계 분석을 통해 준해양사고와 해양사고의 연관성에 관한 연구를 하였다. 타 교통기관의 준사고와 관련해서는 Jung(2018)이 철도준사고 보고제도 활성화 방안 연구를 하였으며 Hong(2018)은 국내 항공사고, 준사고 발생 유형분석과 안전확보 방안에 관해서 연구를 하였다. 그러나 VTS 관점의 준해양사고에 대한 기준 및 이를 통한 보고제도 강화 필요성 검토에 관한 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구의 목적은 해양사고 예방을 위한 VTS 관점의 준해양사고 보고제도 강화의 필요성을 제시하는 것이다. 이를 위해 우리나라에서 해상교통량이 가장 많은 부산항의 관제사를 대상으로 VTS 관점 준해양사고의 정량적인 기준을 검토하고자 한다. 그리고 실제로 등록된 24건의 준해양사고 사례를 분석하여 VTS 관점 준해양사고 기준을 제시하고자 한

다. 설문조사 및 사례 분석에서 검토된 정량적인 기준에 따라 대상해역의 3일간 교통조사를 실시하여 VTS 관점의 준해양사고 보고제도 강화의 필요성을 검증하고자 한다.

## 2. 준해양사고에 관한 이론적 고찰

### 2.1 IMO(국제해사기구)와 IALA(국제항로표지협회)의 준해양사고 정의

2010년 1월 IMO 해양사고 조사코드가 발표됨에 따라, 회원국은 준해양사고 보고제도를 실정에 맞게 실시하고 있다.

IMO에서는 준해양사고를 ‘Marine Incident’와 ‘Near-miss’로 구분하여 정의한다. Marine Incident는 선박의 운항과 관련하여 시정 또는 개선되지 아니하면 선박의 안전, 사람, 환경 등에 위해를 끼칠 수 있는 해양사고를 제외한 일련의 사건이다.

Near-miss는 손실을 초래할 수 있는 일련의 사건 및 조건이다. 이러한 손실은 사고의 개연성을 우연한 기회로 차단하는 것에 의해서만 예방되며, 잠재적인 손실은 인적 부상, 환경오염 또는 사업적으로 부정적인 영향을 미칠 수 있다(IMO, 2008).

Marine Incident와 Near-miss는 해석상 모두 준해양사고라는 의미지만, Marine Incident가 Near-miss보다 해양사고에 가까운 위험한 상황으로 해석된다.

IALA는 IMO의 기준을 준용하여 준해양사고를 Marine Incident와 Near-miss로 구분하여 정의한다(IALA, 2016).

IALA Guideline 1118에 따르면, VTS 준해양사고(VTS 관제구역 내의 관제대상 선박 간 충돌, 관제대상 선박과 비관제대상 선박 간의 충돌, 관제대상 선박의 구조물 등과의 접촉, 좌초, 좌주 등의 위험한 상황이 발생하였으나 가까스로 피한 상황) 발생 시 이를 통보해야 하는 강제적인 국제 기준은 없으며, 국가·지역별로 자발적으로 시행하도록 권고하고 있다.

### 2.2 국내법상의 준해양사고 정의

우리나라의 경우 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」에 따라 준해양사고 제도를 실시하고 있으며 동 법률 시행규칙 제2조에서 준해양사고를 정의한다.

준해양사고는 선박의 구조·설비 또는 운용과 관련하여 시정 또는 개선되지 않으면 선박과 사람의 안전 및 해양환경 등에 위해를 끼치거나 위해를 끼칠 수 있는 사태로서 해양사고를 제외한 것으로 다음을 말한다.

- (1) 항해 중 운항 부주의로 다른 선박에 근접하여 충돌할 상황이 발생하였으나 가까스로 피한 사태
- (2) 항로 내에서의 정박 중 다른 선박에 근접하여 충돌할 상황이 발생하였으나 가까스로 피한 사태
- (3) 입·출항 중 항로를 이탈하거나 예정된 항로를 이탈하여 좌초될 상황이 발생하였으나 가까스로 안전한 수역으로 피한 사태

(4) 화물을 싣거나 묶고 고정시킨 상태가 불량한 사유 등으로 선체가 기울어져 뒤집히거나 침몰할 상황이 발생하였으나 가까스로 피한 사태

(5) 전기설비의 상태 불량 등으로 화재가 발생할 상황이었으나 가까스로 화재가 나지 아니하도록 조치한 사태

(6) 해양오염설비의 조작 부주의 등으로 오염물질이 해양에 배출될 상황이 발생하였으나 가까스로 배출되지 아니하도록 조치한 사태

(7) 그 밖에 제1호부터 제6호까지의 사태와 유사한 사태로서 해양수산부장관이 정하여 고시하는 사태

IMO·IALA 및 해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률에서는 준해양사고를 시정 또는 개선되지 않으면 선박, 사람, 환경 등에 위해를 끼칠 수 있는 해양사고를 제외한 사건으로 정의한다.

### 2.3 VTS의 준해양사고 관리 현황

우리나라 VTS는 IALA의 권고를 따라 관제구역 내 사고 및 우수 관제사례를 교육자료로 활용하기 위한 ‘VTS 사례도서관’ 제도를 2020년부터 시행하고 있다(KCG, 2020a).

또한, 부산항VTS에서는 VTS 관점의 준해양사고에 대한 내용을 관리할 수 있는 ‘준해양사고 관리대장’ 제도를 자체적으로 시행하고 있으며, 관제사들 간 사례 학습 용도로 사용하고 있다.

## 3. VTS 관점의 준해양사고 기준 설정

### 3.1 선행연구 검토

선박 간의 충돌 위험도를 평가할 때에는 선박의 위치, 속도, 침로 데이터가 계산된 CPA와 TCPA 및 선박 간 이격거리가 사용되고 있다. 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률 시행규칙」 제2조(준해양사고)에 따르면 해상교통과 관련하여서는 항해 중 운항부주의로 다른 선박에 근접하여 충돌할 상황이 발생한 것을 의미한다. Inoue and Kawase(2007)는 통항량이 밀집된 항로 및 교차점에서 선박 간 근접통항이 빈번하게 발생되며, 이러한 혼잡해역에서 충돌 빈도가 높다고 언급했다. 그러므로 해상에서 관심해역의 위험도 평가는 해양사고 통계보단 준해양사고 데이터에 기초를 두고 분석하는 것이 합리적이라 했다.

Kim et al.(2014)은 준해양사고 판별은 선박의 선회반경을 기준으로 설정된 타원반경 내 상대선의 존재유무를 판별하여 결정했다. Zhang et al.(2015)은 타선과의 거리, 상대속력, 교각을 이용해서 준해양사고를 판별했다. Goerlandt et al.(2012)는 Ship domain 개념을 사용하여 핀란드만에서의 준해양사고를 분석했으며, Yoo(2018)는 준해양사고 판단기준을

CPA<0.1 nm, TCPA<3 min, Δ(거리 변화율)<0.3 nm로 하여 선박의 안전 항해를 위한 준사고 분포 지도에 관한 연구를 했다. 이와 같이 준해양사고는 다른 선박에 근접하여 발생하는 것이며, 주로 CPA, TCPA, 선박 간 이격거리 등을 기준으로 판별하는 것으로 보인다.

### 3.2 부산항 관제사 대상 준해양사고 기준 설문조사

#### (1) 대상해역 설정

Table 1은 2019년 선박의 통항량이 많은 상위 5개소 관제구역의 통항량 및 관제구역 내 충돌사고 발생 현황을 나타낸 것이다.

Table 1. No. of movement of vessels and collision accidents of the top five VTS areas in 2019

(Unit: number)		
VTS Area	Movement of vessels	Collision accidents
Busan	332,546	11
Tongyeong	241,176	8
Yeosu	194,642	7
Masan	158,609	8
Ulsan	137,126	10

5개소 관제구역의 선박 통항량 및 VTS 관련 해양사고 건수를 살펴보면 부산항 관제구역의 선박 통항량이 332,546척으로 가장 많고(KCG, 2020b), 관제구역 내 충돌사고 발생 건수 또한 11건으로 가장 많은 것으로 조사되었다(KMST, 2020). 본 연구에서는 선박 통항량이 가장 많고, 관제구역 내 충돌사고가 가장 많이 발생하는 부산항 관제구역을 대상해역으로 설정하여 연구를 실시하고자 한다.

Fig. 1은 본 연구에서 설정한 대상해역을 나타낸다.

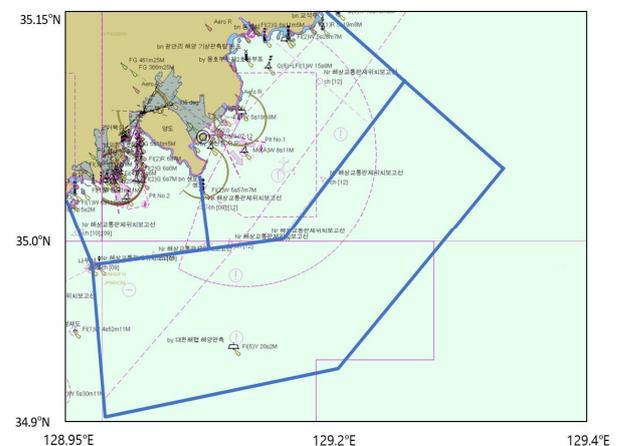


Fig. 1. VTS area of Busan port.

(2) 설문대상

VTS 관점의 준해양사고를 판단하는 정량적인 기준을 설정하고자 부산항 VTS 관제사 전원(21명)을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 회수율은 100%였다.

(3) 설문내용

Lee and Ahn(2013)은 국내 무역항의 표준 선박길이에 관한 연구에서 부산항의 표준 선박길이를 100m로 제안했으며, Kim(2013)은 VTS 관제사의 최소안전거리에 관한 기초연구에서 선박의 길이를 각각 70m·100m·200m·300m로 가정하여 선박 간의 전후거리, 정횡거리를 조사하였는데 부산항의 경우 선박 간 전후거리는 평균 0.19nm, 정횡거리는 0.22nm을 최소안전거리로 분석했다.

본 연구의 설문조사에서는 본선의 길이를 100m, 상대선의 길이를 70m·100m·200m·300m라고 가정할 때 VTS 관점의 준해양사고라고 판단하는 CPA·TCPA·선박 간 이격거리 및 준해양사고가 발생하게 되는 주요 원인을 질의하였다.

(4) 설문결과

Table 2는 부산항VTS 관제사를 대상으로 한 설문조사 결과로, 평균값, 표준편차, 최소값, 최대값으로 나타내었다.

Table 2. Result of CPA·TCPA·Final Distance that can be judged as an marine incident

Target Length(m)	CPA (nm)	TCPA (min)	Final Distance (nm)	
70	Average	0.16	2.9	0.15
	St. dev	0.08	1.1	0.09
	Min.	0.05	1.0	0.05
	Max.	0.4	5.0	0.4
100	Average	0.20	3.1	0.19
	St. dev	0.09	1.0	0.10
	Min.	0.1	2	0.1
	Max.	0.4	5	0.4
200	Average	0.23	3.7	0.21
	St. dev	0.10	1.1	0.12
	Min.	0.1	2	0.1
	Max.	0.4	5	0.4
300	Average	0.28	4.0	0.27
	St. dev	0.10	1.0	0.11
	Min.	0.1	2	0.1
	Max.	0.4	5	0.4

Table 2에서 보는 것과 같이 상대선박의 길이가 증가함에 따라 VTS 관제사가 준해양사고라고 판단하는 CPA·TCPA·선박 간 이격거리 값이 증가하는 것으로 분석되었다. 그리고 평균값은 CPA 0.22 nm 이하, TCPA 3.4 min 이하, 선박 간 이

격거리 0.20 nm 이하였다.

준해양사고 발생의 주요원인에 대한 설문조사결과, VTS 준해양사고 발생의 원인은 관제채널 미청취 15건(56%), 조종능력 불량 6건(22%), 관제지시 위반 4건(15%), 선박운항자의 과실 2건(9%)으로 나타났다. 즉 관제사 관점의 준해양사고는 조우관계의 정량적 기준과 더불어 관제사 호출에 대한 피드백이 중요한 요소인 것으로 확인되었다.

3.3 준해양사고 관리대장 분석

(1) PARK 모델의 개요

위험 선박을 인지하는 방법으로 CPA 및 TCPA를 관제사들이 많이 사용하고 있지만, 이는 선박간의 거리, 속력, 각도의 요소를 이용하여 나타낸 값으로 선박의 길이나 톤수 등의 외적인 요인과 선박운항자의 경력이나 경험 등의 내적인 요소들을 반영하지는 못한다. 본 연구에서는 우리나라의 실제 연안해역을 항해하는 선박운항자가 느끼는 위험도를 대상으로 하여 구현된 식(1)과 같은 위험도 평가모델인 PARK(The Potential Assessment of Risk) 모델(Nguyen, 2014)을 이용하고자 한다. 이는 VTS 서비스의 대상인 선박을 중심으로 한 위험도를 표현하여 현장과 관제 사이의 위험도 격차를 줄이기 위함이다. 이 모델은 본선 선박 종류, 톤수, 선박길이, 선박폭, 타선이 접근하는 각도 및 방향, 항내 및 항외, 선박 간 속력 차이, 선박 간 거리, 운항자의 경력, 직급, 면허 등을 고려하였다.

$$Risk = 5.081905 + (T_p + T_f + L_f + W_f + C_f + L_{of} + P_f) + (0.002517L + C_f + S_f + Hi/o + S_p - 0.004930S_d - 0.430710D) \quad (1)$$

- 여기서,  $T_p$  : own ship's type factor
- $T_f$  : own ship's ton (GT) factor
- $L_f$  : own ship's length (m) factor
- $W_f$  : own ship's width factor (m)
- $C_f$  : own ship operator's career factor
- $L_{of}$  : own ship operator's license factor
- $P_f$  : own ship operator's position factor
- $L$  : target ship's LOA (m)
- $C_f$  : approaching crossing factor of target ship
- $S_f$  : approaching side factor of target ship
- $Hi/o$  : in/out harbor factor of own ship
- $S_p$  : speed (kt) factor between ships
- $S_d$  : speed (kt) difference between ships
- $D$  : distance between ships (NM)

위의 식(1)에서 계산된 위험도 값 중 1~3은 안전하다고 식별된 상황, 3~5는 안전하지도 위험하지도 않은 상황, 그리고 5 이상은 위험한 상황으로 구분하여 판단한다.

VTS 관점의 준해양사고 분류기준 선정에 관한 연구 - 부산항을 대상으로 -

(2) VTS 관점의 준해양사고 재현 절차

부산항 VTS의 '준해양사고 관리대장'에 기록되어 있는 사례를 바탕으로 대상 선박들의 제원, 경위도, 침로, 속력을 추출하였다. VTS 시스템 Replay 기능을 이용하여 각 선박의 대략적인 이동 경향을 파악하기 위해 매 1분마다 경위도, 침로, 속력 등 충돌 위험 정보를 산출하기 위한 각 선박의 AIS 데이터를 추출했으며, 이를 바탕으로 CPA, TCPA 및 PARK 모델 위험도를 산출하였다. 최종적으로 추출한 데이터를 해도상에 표시하는 방법으로 당시 상황을 재현하였다.

Fig. 2는 부산항 VTS의 '준해양사고 관리대장'의 자료를 이용해 당시 상황을 재현하는 절차 흐름도를 나타낸 것이다.

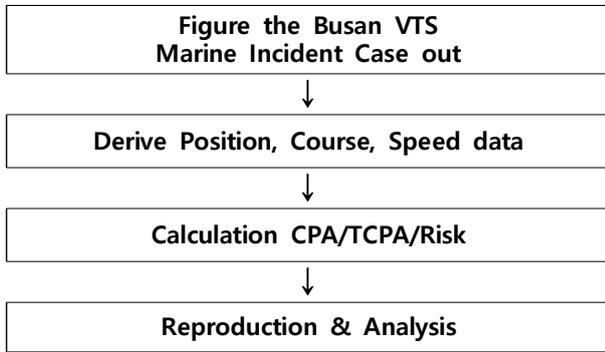


Fig. 2. Procedure of VTS Marine incident reproduction.

(3) VTS 관점의 준해양사고 예시 사례

Table 3은 VTS 관점의 준해양사고 대표 사례를 선박의 위치와 시간대별 PARK 모델 위험도, CPA, TCPA, 선박 간 이격거리 정보를 나타낸 것이다.

Fig. 3은 Table 3의 정보를 바탕으로 VTS 관점의 준해양사고를 재현한 예시 사례이다.

Table 3. Sample case of ship navigation information

Time	"A" position		"B" position	
	Lat (34°)	Long (129°)	Lat (34°)	Long (129°)
04:20:00	0.9304	0.194	0.9578	0.197
04:21:00	0.9312	0.191	0.9555	0.194
04:22:00	0.9321	0.188	0.9534	0.191
04:23:00	0.9329	0.185	0.9514	0.188
04:24:00	0.9337	0.182	0.9492	0.185
04:25:00	0.9345	0.180	0.9472	0.183
04:26:00	0.9356	0.177	0.9451	0.180
04:27:00	0.9366	0.174	0.9429	0.177
04:28:00	0.9358	0.172	0.9402	0.175
04:29:00	0.9344	0.169	0.9377	0.173

Time	"A" risk	"B" risk	CPA (nm)	TCPA (min)	Distance (nm)
04:20:00	5	5	0.10	9.6	1.65
04:21:00	5	5	0.12	8.6	1.46
04:22:00	5	5	0.11	7.4	1.29
04:23:00	5	5	0.11	6.4	1.12
04:24:00	5	5	0.13	5.3	0.94
04:25:00	6	6	0.13	4.3	0.77
04:26:00	6	6	0.13	3.1	0.59
04:27:00	6	6	0.16	2.1	0.41
04:28:00	6	6	0.17	2.8	0.31
04:29:00	5	5	0.10	5.8	0.26

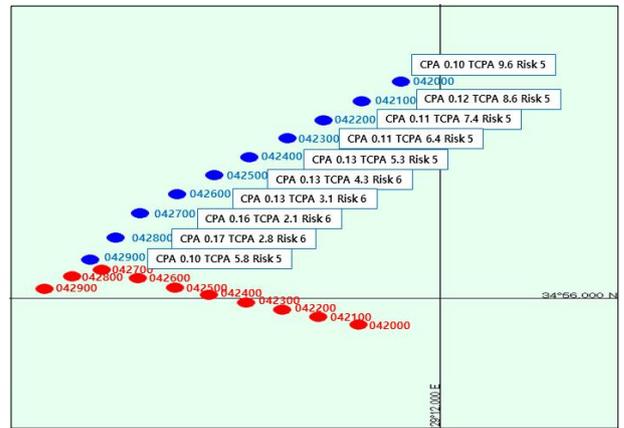


Fig. 3. Sample case of reproduction of Marine incident.

(4) VTS 관점의 준해양사고 위험도 분석

Fig. 4는 선박 간 조우하게 된 시점부터 선박 간 최근접거리로 통과하기 전까지의 사례별 위험도 및 평균 위험도를 나타낸 것이다. 선박 간 최근접거리로 통과하기 2~6분 전 사이에 위험도는 5.0 이상, 특히 3~5분 전 사이에 약 5.3으로 위험상황에 해당하는 값으로 측정되었다.

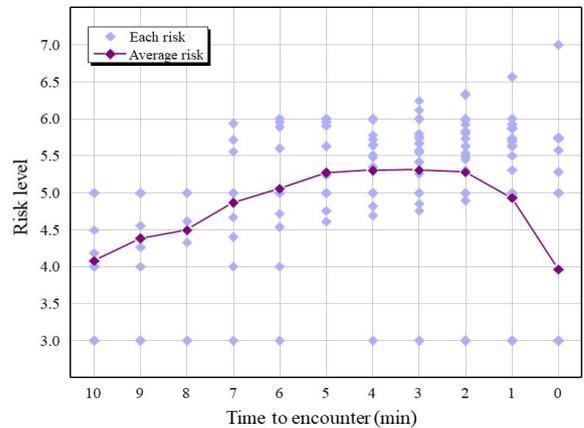


Fig. 4. Average & each risk of 24 Marine incident cases.

(5) VTS 관점의 준해양사고 CPA · 선박 간 이격거리 분석

Fig. 5는 선박 간 조우하게 된 시점부터 선박 간 최근접거리로 통과하기 전까지의 사례별 CPA 및 평균 CPA를 나타낸 것이다. 선박 간 최근접거리로 통과하기 10분 전에는 평균 CPA가 0.23 nm로 측정되었고, 계속해서 CPA가 가까워져 4분 전에는 평균 CPA 0.10 nm로 최소값으로 측정되었으며, 그 이후 점차 CPA값은 증가하는 것으로 확인되었다. 10분간 평균 CPA는 0.14 nm로 측정되었다.

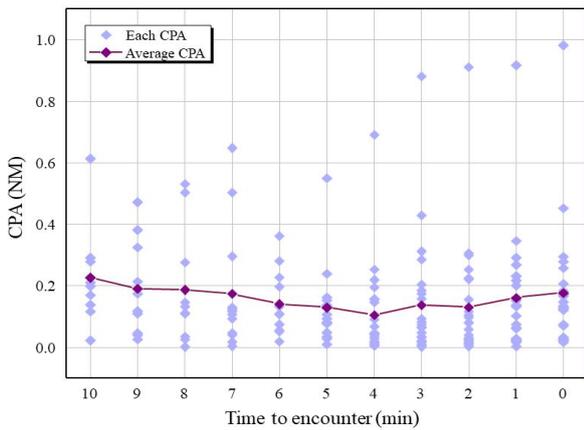


Fig. 5. Average & each CPA of 24 Marine incident cases.

Fig. 6은 선박 간 조우하게 된 시점부터 선박 간 최근접거리로 통과하기 전의 선박 간 이격거리를 나타낸 것이다. 선박 간 충돌 위험이 최종적으로 해소될 때의 선박 간 평균 이격거리는 약 0.25 nm로 측정되었다.

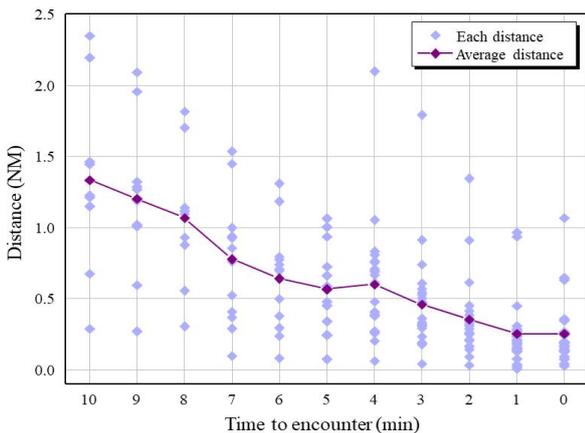


Fig. 6. Average & each Distance of 24 Marine incident cases.

3.4 부산항 VTS 관제사 입장의 준해양사고 기준 제시

부산항 VTS 관제사 전원을 대상으로 한 설문조사 결과에 따르면, 준해양사고라 판단되는 조우상황의 정량적인 기준은 CPA 평균 0.22 nm 이하, TCPA 평균 3.4 min 이하, 선박 간

이격거리 0.2 nm 이하였다. 그리고 준해양사고 관리대장에 기술된 사고를 재현한 결과, CPA 평균 0.14 nm 이하, 선박 간 이격거리 0.25 nm 이하, PARK 모델에 따른 위험도 5.3 이상으로 나타났다. 그리고 VTS 관제사는 관제채널 미청취 등과 같은 통신 피드백 누락이 준해양사고 발생의 중요한 원인이라 응답하였다. 그러므로 본 연구에서는 부산항 VTS 관제사 입장의 해상교통관련 준해양사고 기준은 VHF 호출에 대한 피드백이 없는 경우를 전제로 CPA 0.22 nm 이하, 평균이격거리 0.2 nm 이하, 그리고 PARK 모델 위험도 5.3 이상으로 제시한다.

4. 부산항 관제사 입장의 준해양사고 기준 적용

4.1 대상해역 내의 해양사고 · 준해양사고 현황

(1) 대상해역 내의 해양사고 현황

Fig. 7은 2019년 1월부터 2019년 12월까지 1년간 부산항 관제구역 내에서 발생한 충돌사고 11건을 해도상에 표시한 것이다(KMST, 2020).

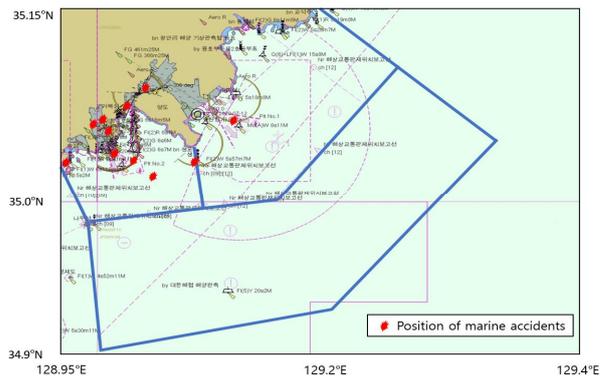


Fig. 7. Marine accident position in Busan VTS area.

관제대상 선박이 아니더라도 관제구역에서 사고가 발생할 경우, 교통 흐름에 지장이 발생할 수 있으므로 모든 선박의 충돌사고를 조사하였다. 충돌사고는 관제대상 선박 간 6건, 관제대상 선박과 비관제대상 선박 간 2건, 비관제대상 선박 간 3건 발생하였다. 사상자 및 해양오염은 없었으며 주로 항계 내에서 발생하였다.

(2) 대상해역 내의 보고된 VTS 관점의 준해양사고 현황

VTS 관점의 준해양사고 현황을 파악하기 위해서 2019년 1월부터 2019년 12월의 기간 동안 부산항 VTS 관제사들이 VTS 관점의 준해양사고를 경험한 후 ‘준해양사고 관리대장’에 기입한 내용을 중점으로 조사하였다. 해당 기간 동안 부산항 관제구역 내에서 24건의 충돌 위험사례가 발생하였고 모두 관제대상 선박 간 발생한 사례이다.

Fig. 8은 ‘준해양사고 관리대상’에 기록된 24건의 VTS 관점 준해양사고 발생 장소를 해도 상에 표시한 것이다.

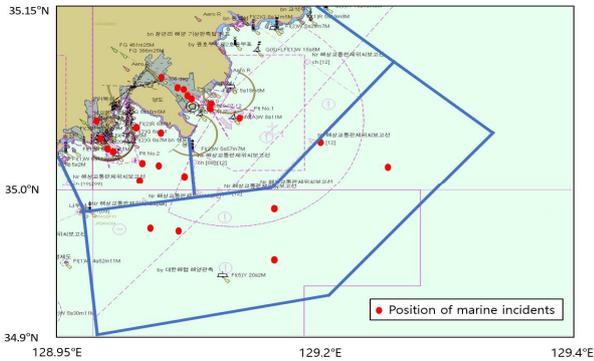


Fig. 8. Marine incident position in Busan VTS area.

#### 4.2 준해양사고 기준의 적용

##### (1) 조사방법

Inoue and Hara(1973)는 1년의 해상교통 관측조사 기간에 관한 통계에서 모집단의 대표성을 갖기 위해서는 최소 3일 이상의 조사기간이 필요하다고 제시하였다. 이를 바탕으로 본 연구는 부산항 관제구역 내 VTS 관점의 준해양사고 현황을 검토하기 위하여 2019.2.26.(화) 00:00부터 2019.2.28.(목) 00:00 까지 3일간의 AIS 정보를 기반으로 교통조사를 실시하였다.

교통조사 시에 업무 특성상 가까운 거리에 접근하여 충돌사고로 오인될 수 있는 선박인 도선선, 항만예선, 급유선, 정박선, 계류선 등은 제외하였다.

본 연구에서 제시한 해상교통관련 준해양사고 판단 기준인 CPA 0.22 nm 이하, TCPA 3.4 min 이하, 선박 간 이격거리 0.20 nm 이하 및 PARK 모델 위험도 5.3 이상인 경우를 필터링하여 결과를 도출하였다.

##### (2) 조사결과

Fig. 9는 3일간의 교통조사를 통한 VTS 관점의 준해양사고를 대상해역에 표시한 것으로 216건의 위험 상황이 도출되었다.

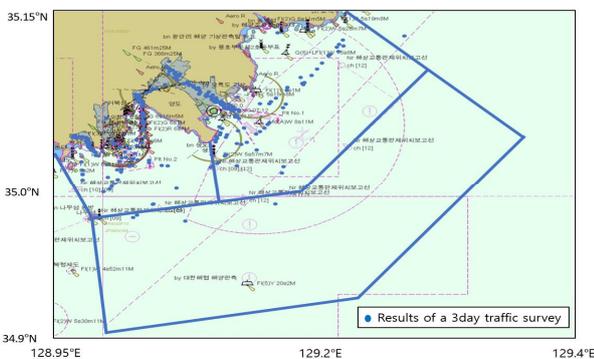


Fig. 9. Result of a 3day traffic survey data in Busan VTS area.

216건의 위험한 상황 중에서 관제대상 선박 간의 위험 상황은 115건, 비관제대상 선박 간의 위험 상황은 61건, 관제대상 선박과 비관제대상 선박 간의 위험 상황은 40건이 발생하였다. 1년으로 환산하면 관제대상 선박 간의 위험 상황은 13,992건, 비관제대상 선박 간의 위험 상황은 7,422건, 관제대상 선박과 비관제대상 선박 간의 위험 상황은 4,866건으로 계산된다. 위험상황의 분포를 살펴보면, 출·입항 항로 및 항만 접근 해역에 많은 것으로 분석되었다.

#### 4.3 VTS 관점의 준해양사고에 대한 고찰

Fig. 10은 부산항 관제구역 내 발생한 해양사고, 준해양사고 그리고 VTS 관제사 기준에 따른 3일간 위험상황을 동시에 표기한 그림이다.

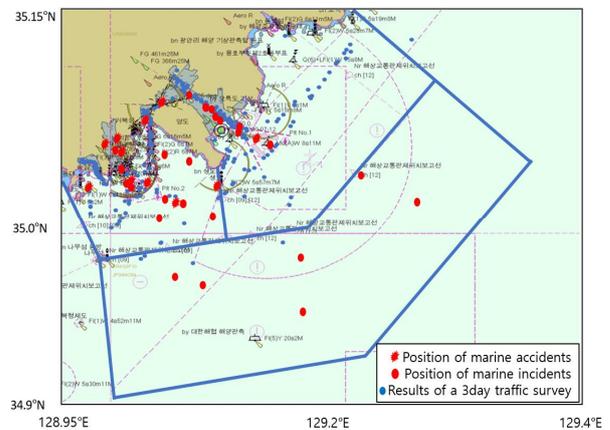


Fig. 10. Result of marine accidents and incidents data in Busan VTS area.

해양사고, 준해양사고와 위험한 해역은 대부분 출·입항 항로와 항만 접근 구역에 집중되어 있는 것으로 분석되었다. 여기서 부산항 관제구역 내에서 발생한 충돌사고를 하인리히 법칙의 1건의 중대한 사고로 가정한다면, 연간 11건의 충돌사고가 발생하기 전 단계에선 약 3,300건의 잠재적인 위험한 상황이 발생해야 하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 VTS 관제사 관점의 해상교통관련 준해양사고 기준으로는 연간 약 13,992건(관제대상 선박 간)이 발생하고 있는 것으로 분석되었다. 설문조사를 통한 준해양사고 발생 원인이 ‘관제 채널 미청취’ 등이라는 조건을 감안하더라도 해상교통 측면에서는 많은 잠재적 위험이 발생하고 있는 것으로 볼 수 있다. 더불어 준해양사고 관리대장을 통해 기록된 1년간 준해양사고 24건도 교통조사를 통해 도출된 결과와는 차이가 크다. 그러므로 현재 VTS에서 자체적으로 진행하고 있는 준해양사고 관리대상 제도는 강화가 될 필요가 있을 것으로 사료된다. 이를 통해 관리제도의 원래 취지인 VTS 관제구역

해양사고의 예방 및 사례 공유를 통한 관제사 자체 교육의 활성화 등 안전 정책의 선순환이 되어야 할 것이다.

## 5. 결 론

본 연구는 VTS 관점의 준해양사고 보고제도 강화를 위해 설문조사 및 실제로 보고된 준해양사고 분석을 통해 해상교통관련 준해양사고의 정량적 기준을 제시하였다. 그리고 제시된 기준을 3일간 관제구역 내 해상교통조사 자료에 적용하고 VTS 관점의 준해양사고 보고제도 강화 필요성을 제시했다. 연구의 결과는 다음과 같이 요약정리 하였다.

(1) VTS 관점의 준해양사고를 판단하는 기준을 설정하기 위해서 관제사를 대상으로 설문조사를 실시했으며, 평균적으로 CPA 0.22 nm 이하, TCPA 3.4 min 이하, 선박 간 이격거리 0.2 nm 이하일 경우에 VTS 관점의 준해양사고라고 판단하였다.

(2) ‘준해양사고 관리대상’의 충돌 위험사례 24건을 대상으로 분석한 결과, CPA는 선박 간 최근접거리로 통과하기 10분 전에 평균 0.23 nm, 4분 전에 평균 0.1 nm, 10분간 평균 0.14 nm로 측정되었다. 선박 간 이격거리는 약 0.25 nm, PARK 모델 위험도는 약 5.3으로 측정되었다.

(3) 설문조사 및 준해양사고 사례 분석 결과를 바탕으로 대상해역에서 3일간 교통조사를 실시하였으며, 216건의 잠재적인 위험 상황이 발생하고 있는 것으로 확인되었다. 이를 1년으로 환산하면 약 26,280건의 잠재적인 위험 상황이 발생하는 것으로 분석된다. 그러나 실제 보고된 VTS 관점 준해양사고는 2019년 기준 24건에 불과하다. 설문조사를 통한 준해양사고 발생의 중요한 원인인 ‘관제채널 미청취’ 등의 조건이 교통조사에 반영되지 않았음을 감안하더라도 관제구역 내의 많은 잠재적 위험이 발생하고 있는 것으로 볼 수 있어 제도강화의 필요성을 제기했다.

본 연구는 관제사 대상 설문조사 및 실제 보고된 준해양사고 자료를 분석하여 VTS 관점의 해상교통관련 준해양사고의 정량적인 기준을 제시한 점에서 학술적 의의를 둘 수 있다. 더불어 3일간 해상교통조사를 1년치로 환산하여 준해양사고 기준을 적용했을 때 나온 위험 상황은 실제 보고되는 준해양사고 건수와 많은 차이가 나고 있어 제도의 강화 필요성을 제시한데 의의가 있다.

그러나 관제사의 선박운항자에 대한 조언·권고·지시와 이에 대한 선박운항자의 관제채널 미청취·관제지시 미이행·항법위반 등의 의사소통에 대한 평가는 준해양사고 기준에 포함되지 않은 것은 연구의 한계이다. 추후 의사소통에 대한 평가까지 준해양사고 기준에 포함하는 연구와 다른 항

만 및 연안 관제구역에 대한 연구가 계속 된다면, VTS 관점의 준해양사고 보고제도의 기준을 확립할 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- [1] Chae, B. G., H. Lee, H. B. Kim, and S. Y. Kang(2018), A Study on the Effective Implementation of a Marine Incident System, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 24, No. 4, pp. 398-407.
- [2] Goerlandt, F., J. Montewka, H. Lammi, and P. Kujala(2012), Analysis of near collisions in the Gulf of Finland, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-68379-1, pp. 2880-2886.
- [3] Heinrich, H. W.(1931), Industrial accident prevention: a scientific approach, New York: McGraw-Hill.
- [4] Hong, C. P.(2018), A Study on Analysis of Domestic Aircraft Accidents, Incidents Occurring Types and Measures to Improve Flight Safety, Korea Aerospace University, Master's Thesis. pp. 26-74.
- [5] IALA(2016), Marine casualty/incident reporting and recording, including near-miss situations as it relates to VTS, pp. 7-9.
- [6] IMO(2008), Adoption of the code of the international standards and recommended practices for a safety investigation into a marine casualty or marine incident
- [7] Inoue, K. and K. Hara(1973), Detection Days and Level of Marine Traffic Volume, Japan Institute Navigation, Vol. 50, pp. 1-8.
- [8] Inoue, K. and M. Kawase(2007), Innovative Probabilistic Prediction of Accident Occurrence, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 1(1), pp. 19-22.
- [9] Jung, B. H.(2018), A Study on the Activation Plan of Railway Incident Reporting System: Traffic Incident Reporting System and Survey Analysis, Seoul National University of Science and Technology, Master's Thesis. pp. 56-65.
- [10] Kang, S. Y.(2020), A Study on the Revision of the Notification Form and Procedures of Marine Incident, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 26, No.1, pp. 39-46.
- [11] KCG(2020a), Korea Coast Guard, VTS Case Library Operation Plan.
- [12] KCG(2020b), Korea Coast Guard, Analysis of VTS operation annual result, Research report.

- [13] Kim, J. S.(2013), A Basic Study on the VTS Operator's Minimum Safe Distance, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety Vol. 19, No. 5, pp. 476-482.
- [14] Kim, K. I., J. S. Jung, and G. K. Park(2014), A Study on Near-miss Incidents from Maritime Traffic Flow by Clustering Vessel Positions, Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 24, No. 6, pp. 603-608.
- [15] KMST(2020), Ministry of oceans and fisheries, The number of marine accidents, <http://www.kmst.go.kr/>.
- [16] Lee, Y. S. and Y. J. Ahn(2013), A study on the Standard Ship's Length of Domestic Trade Port, Journal of The Korean Society of Marine Environment & Safety, 19(2), pp. 164-170.
- [17] Nguyen, X. T.(2014), A Study on the Development of Real Time Supporting System (RTSS) for VTS Officers, Ph.D. Busan: Korea maritime and ocean university, pp. 60-65.
- [18] Rho, B. S., Y. H. Lee, M. K. Jang, and S. Y. Kang(2018), A Study on the Relation between Marine Incidents and Marine Accidents using Statistical Analysis, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 30(4), 2018.8, pp. 1208-1214.
- [19] Yoo, S. L.(2018), Near-miss density map for safe navigation of ships, Ocean Engineering, 163(2018), pp. 15-21.
- [20] Zhang, W., F. Goerlandt, J. Montewka, and P. Kujala(2015), A method for detecting possible near miss ship collisions from AIS data, Ocean Engineering, 107, pp. 60-69.

---

Received : 2020. 09. 18.

Revised : 2020. 10. 16.

Accepted : 2020. 10. 28.