

# 충돌위험도 평가 모델을 활용한 소형선박에 대한 선박교통관제사의 위험도 분석

이진석\* · † 김주성

\*,† 목포해양대학교 항해학부

## Risk Analysis of VTS operators for Small Vessels Using Collision Risk Assessment Model

Jin-Suk Lee\* · † Joo-Sung Kim

\*,† Division of Maritime Science, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

**요 약** : 본 연구는 유선, 어선 등이 관제대상으로 확대됨에 따라 해당 선박이 VTS(Vessel Traffic Service) 관제사에게 미치는 충돌사고 위험도를 분석하는 데 목적이 있다. 이를 위해 VTS 관제사를 대상으로 설문을 하고 소형선박의 범위를 정하여 부산 VTS 관제 구역을 항해하는 일반상선과 소형선박의 침로 등을 3일간 조사하였다. 이를 VTS 관제사 관점에서의 충돌위험 평가모델(CoRI)로 위험도를 구한 결과, 침로 편차에 따른 위험도의 증가·감소 패턴은 비슷하였고, 최대값과 최소값은 큰 차이가 없었다. 또한 대부분 VTS 관제사는 선박근접상황에 대해 안전하게 관제할 수 있는 최소 시간으로 3분이 필요하다 응답하였는데, 소형선박의 충돌위험도는 3분의 시간 동안 매우 급격하게 위험도 변화를 보여 VTS 관제사의 업무량 증가와 집중도 저하 우려가 있다고 판단된다. 본 연구는 소형선박의 관제대상 포함 여부가 VTS 관제사에게 미치는 영향을 충돌위험도로 검토한 것으로, 향후 다양한 사례를 통한 CoRI 모델의 각 지수에 대한 분석과 검증 등을 통해 관제 대상 선박의 적절한 범위 설정을 위한 방안 마련에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**핵심용어** : VTS(Vessel Traffic Service) 관제사, 소형선박, CoRI, 선박근접상황, 충돌위험도

**Abstract** : The objective of this study was to analyze the risk of collision accidents to the VTSOs (Vessel Traffic Service Operators) as small ferries and fishing boats are expanded for monitoring targets. The VTSOs was surveyed, the scale of the small vessels defined and the course of general cargo vessels and small vessels along the Busan VTS area investigated for three days. From calculating the risk with CoRI, patterns of increased or decreased risk due to course deviation were similar, and there was no significant difference between the maximum values and the minimum values. In addition, most VTSOs responded that the minimum time required was approximately three minutes to safely instruct in encounter situation, however, the collision risk with a small vessel is very rapidly changing within the three minutes, which is likely to increase the workload and decrease the concentration of the VTSOs. The objective of this study was to investigate the effect on VTSOs with respect to the expansion of small vessels as collision risk, it is expected that it will contribute to the establishment of a suitable scale for the target vessels for VTS through the analysis of each index of the CoRI model and various case studies.

**Key words** : VTS(Vessel Traffic Service), Small Vessel, CoRI, Encounter Situation, Collision Risk

### 1. 서 론

최근 해양사고 통계(KMST, 2018)를 살펴보면, 최근 5년간 전체 해양사고 10,664건 중 100톤 이하 선박의 사고는 8,799건으로 약 82.5%를 차지하고 있다. 그리고 해양사고 종류별로는 기관손상이 2,928건(27.4%), 충돌이 2,176건(20.4%) 순으로 나타났다고, 인명피해 현황은 충돌 822명(35.0%), 전복 409명(17.4%) 순으로 나타났다.

이러한 해양사고의 82%가 인적과실로 발생하고 있으며, 특

히 국내 충돌사고의 대부분은 경계 소홀(76.7%, 704건)이 주요 원인이다(KMST, 2018). 또한 기술의 발전에 따른 선박 교통량의 증가, 고속·대형선의 증가, 내항 선원의 고령화 및 이에 따른 외국인 선원의 증가, 레저인구의 급증, 대형 교량 건설 및 해상 시설물 설치 증가 등과 같은 해상교통안전을 위협하는 요소는 더욱 증가하고 있다(Jang, 2018).

우리나라는 선박 항행 안전 정보제공 및 해상교통 질서 확립 등 해양사고 방지를 위해 20개소의 해상교통관제(Vessel Traffic Service, VTS)센터를 설치 운영하고 있지만, 소형선

† Corresponding author : 종신회원, jskim@mmu.ac.kr 061)240-7193

\* 종신회원, jslee@mmu.ac.kr 061)240-7158

(주) 이 논문은 “소형선박의 운항특성을 고려한 VTS의 충돌위험도 기초 연구”란 제목으로 “2018 한국항해항만학회 추계학술대회 논문집(경주 더케이호텔, 2018.11.8-9, pp.273-274)”에 발표되었음.

박은 레이더 탐지가 곤란할 뿐 아니라 VHF(Very High Frequency) 설치 대상이나 승선원이 2~3명이거나 조업 등에 따른 견시 및 선교 당직이 잘 이행되지 않아 VTS와 지속적인 정보 교환이 잘 이루어지지 않고 있다.

소형선박 특히 어선과 관련하여 어선 해양사고와 기상요소의 관계에서 충돌사고의 주요 원인으로 제한 시계와 날씨가 맑고 흐리거나 파고가 2m 미만 시 1척당 해양사고 발생주기가 높다는 연구(Kim and Kang, 2011)와 결합수 분석(FTA, Fault Tree Analysis) 기법을 통해 어선 충돌사고의 주요 원인인 경계 소홀과 간접적인 원인을 정량적으로 분석한 연구(Kim et al., 2017) 등이 있다.

본 연구는 최근 VTS 관제면적 및 대상선박이 점차 확대됨에 따라 VTS 관제사에게 미치는 영향을 조사하기 위한 선행 연구로, 분석된 소형선박의 침몰률 VTS 관제사 관점에서의 선박충돌위험도 평가모델(Lee and Song, 2018)에 적용하여 소형선박에 대한 VTS 관제사의 선박 충돌위험도 변화와 설문 결과를 비교함으로써 문제점을 도출하고자 한다.

## 2. 소형선박 범위 및 해양사고 현황

### 2.1 소형선박 범위

소형선박의 톤수와 범위에 대하여 별도로 정의되어 있지 않고 어선으로만 한정하기도 무리가 있다. 본 연구는 관제 대상 선박을 확대하게 될 경우, VTS 관제사에게 미치는 위험 정도를 평가하기 위한 것으로 소형선박의 범위를 관제대상에 포함되지 않는 선박을 기준으로 하고자 한다.

선박교통관제의 시행 등에 관한 규칙 제2조에 따르면 관제 대상 선박은 국제항해에 종사하는 선박, 총톤수 300톤 이상인 선박, 해사안전법 제2조제6호에 따른 위험물 운반선, 그 밖에 해양경찰청이 정하여 고시하는 선박으로 정의하고 있다. 그리고 해양경찰청이 정하여 고시하는 선박으로는 선박자동식별장치(Automatic Identification System, AIS)를 설치한 예인선, 총톤수 2톤 이상의 AIS를 설치한 유선, 선박길이 45m 이상의 어선, 총톤수 300톤 미만의 AIS를 설치한 예선, 급수선, 급유선, 도선선, 공사 또는 작업에 종사하는 선박 그리고 관공선이다(KCG, 2018).

따라서 본 연구의 대상선박인 소형선박은 해양경찰청이 정하여 고시하는 선박을 제외한 선박길이 45m 미만인 어선, 총톤수 300톤 미만 중 AIS를 설치하지 않은 선박이다.

### 2.2 소형선박의 해양사고 발생 현황 및 특성

VTS 운영성과 분석 자료(2019)에서 최근 5년간 관제구역 내에서의 선박사고 발생 추이를 살펴보면 Table. 1과 같고, 충돌사고가 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 여기서 해양사고 발생 건수는 관제관련 사고로서 충돌·접촉·좌초·좌주 사고를 말한다.

그리고 관제구역 내 사고 건수를 관제대상 선박 간 사고와

관제-비관제대상 선박 간 사고로 Table 2와 같이 구분한 결과, 해마다 관제-비관제대상 선박 간 사고가 관제대상 선박간 사고와 비교하여 거의 비슷하게 발생하고 있음을 알 수 있다.

Table 3은 기상요소별 사고 발생 현황으로 전체 해양사고 199건 중 기상양호 시 153건(76.9%), 기상악화 시 30건(15.1%), 시계제한 시 16건(8%)이 발생하였다. 이는 풍랑주의보 이상의 기상악화 시 소형선박의 출항 통제로, 기상이 양호한 상태에는 조업 중인 어선이 많아지고 그에 따른 해양사고도 증가하는 것으로 보인다.

Table 1 The number of accidents in VTS area

Year	Types of accidents				Total
	Collision	Contact	Grounding	Stranding	
2014	28	2	2	3	36
2015	25	1	2	5	33
2016	26	4	4	1	35
2017	38	4	0	4	46
2018	37	4	5	3	49
sum (%)	154 (77.4)	15 (7.5)	13 (6.5)	16 (8.1)	199

Table 2 The number of accidents between monitoring and non-monitoring vessels

Year	Between monitoring vessels		monitoring vessel vs. non-monitoring vessel	
	No.	%	No.	%
2014	20	55.6	16	44.4
2015	13	39.4	20	60.6
2016	21	60.0	14	40.0
2017	23	50.0	23	50.0
2018	29	59.2	20	40.8
Total	106	53.3	93	46.7

Table 3 The number of accidents by weather

Year	Good weather	Bad weather	Restricted visibility
2014	27	6	3
2015	27	4	2
2016	25	6	4
2017	36	6	4
2018	38	8	3
sum (%)	153 (76.9)	30 (15.1)	16 (8.0)

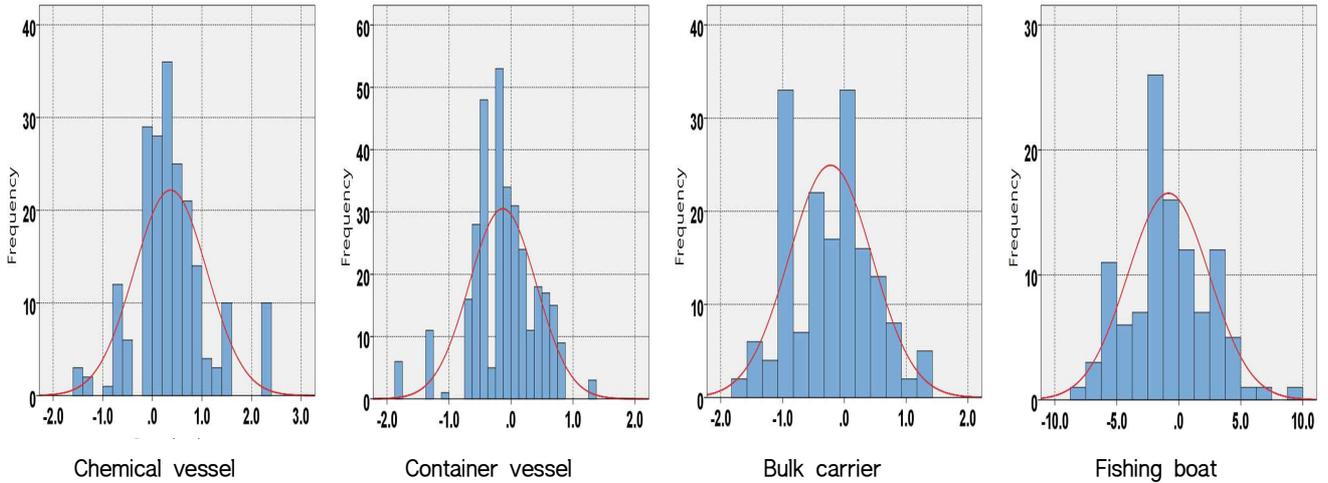


Fig. 1 Course keeping analysis of commercial vessels and fishing boats

### 3. 선박 침로 분석 및 VTS 관제사 설문

#### 3.1 선박 침로 분석

선박의 침로안전성을 분석하기 위해 양호한 기상 상태(파고 1~2m, 맑음)에서 부산 VTS 관제 구역을 항해하는 선박 중 침로 변경 없이 일정한 침로를 유지한 채 항해하는 선박의 침로와 항적 데이터를 2018년 4월 2일부터 4일까지 3일간 조사하였다. 이 자료를 선종별로 분석한 결과, Fig. 1과 같이 케미컬선의 침로는 표준편차가 .73도이고, 컨테이너선은 .53도 그리고 벌크선은 .67도로 정규분포에 가깝게 정침하는 것을 확인할 수 있었고, 어선의 침로는 표준편차가 3.3도로 5.0~10.0도의 범위로 나타났다.

#### 3.2 VTS 관제사의 설문 조사

조사대상자는 2017년 9월 18일부터 10월 13일 사이의 기간

전국 18개 VTS 센터 중 15개 VTS 센터에 근무하는 VTS 관제사를 대상으로 설문을 하였다. 전체 VTS 센터 종사자 316명 중 센터장, 시설 담당자, 전산 담당자 및 휴직자를 제외한 실제 관제업무를 수행하고 있는 VTS 관제사 241명에게 설문을 배포하였다. 이 중 135명의 자료가 수집되어 응답 회신율은 56.0%였다.

조사 방법은 선박 간 근접상황이 동시에 전개될 때 관제 개입이 필요한 우선순위와 충돌 임박까지 남아있는 여유시간이 10분, 6분, 그리고 3분일 때 VTS 관제사가 선택한 우선순위에 따라 관제를 할 경우, 몇 건까지 안전한 통항을 유도 가능한지 설문을 하였다.

Table 4는 각 선박근접상황이 선종별로 동시에 전개될 때 VTS 관제사의 관제 개입 우선순위에 대한 응답물을 나타낸 것으로, VTS 관제사는 관제 개입 1순위로 총톤수 300톤 이상의 선박과 위험물 운반선 간 근접상황으로 60%(81명)를 차지하였다. 2순위로는 위험물운반선과 AIS를 설치한 예부선 간

Table 4 Encounter situations according to the ship's type and ratio of VTSO's response

No.	Encounter situation(ship's type)	Ratio of response(%)			
		Rank no.1	Rank no.2	Rank no.3	Rank no.4
1	Vessel over 300 tonnage vs. Dangerous cargo ship	60.0	11.9	4.4	3.7
2	Vessel over 300 tonnage vs. Towing vessel	1.5	13.3	21.5	14.1
3	Vessel over 300 tonnage vs. Ferry over 2 tonnage	0.0	7.4	9.6	7.4
4	Vessel over 300 tonnage vs. Fishing vessel over 45 meters	1.5	5.9	2.2	4.4
5	Dangerous cargo ship vs. Towing vessel	20.0	34.8	12.6	8.9
6	Dangerous cargo ship vs. Ferry over 2 tonnage	8.9	16.3	25.2	16.3
7	Dangerous cargo ship vs. Fishing vessels over 45 meters	3.7	5.2	11.1	28.1
8	Towing vessel vs. Towing vessel vs. Ferry over 2 tonnage	.7	.7	11.9	5.9
9	Towing vessel vs. Fishing vessel over 45 meters	2.2	3.7	.7	3.7
10	Ferry over 2 tonnage vs. Fishing vessel over 45 meters	1.5	.7	.7	7.4

근접상황으로 34.8%(47명), 3순위는 위험물 운반선과 AIS를 설치한 2톤 이상의 유선 간 근접상황으로 25.2%(34명), 4순위는 위험물운반선과 선박길이 45m 이상의 어선 간 근접상황으로 28.1%(38명)를 차지하였다. 즉, VTS 관제사의 관제 우선 순위 선종은 위험물 운반선이며, 다음으로 일반 선박(300톤 이상), 예부선, 어선 순임을 알 수 있다.

Table 5는 선박과 VHF로 호출 응답이 가능하다는 조건으로 남아있는 여유시간에 따라 선박근접상황에 대해 안전한 선박 통항을 위한 VTS 관제사의 관제 가능 건수에 대해 조사한 결과다. 10여분의 여유시간이 남았을 때는 VTS 관제사의 45.1%(61명)가 5건, 30.4%(41명)가 3건 이하의 선박근접상황을 처리 가능하다고 응답하였으나, 3분의 여유시간이 남았을 때는 VTS 관제사의 20.7%(28명)가 3건, 78.5%(106명)가 1건 이하만 처리할 수 있다 응답하였다.

Table 5 The number of VTSSO's controllable cases in close quarter situation

Controllable cases	Remaining time(min)		
	3	6	10
≤1	.7	22.2	78.5
≤3	30.4	62.2	20.7
≤5	45.2	11.1	.7
≤7	14.1	2.2	.0
≤10	9.6	2.2	.0

#### 4. CoRI를 통한 소형선박의 위험도 분석

부산 VTS 관제 구역 내에서 발생한 관제대상 선박과 비관제 대상 선박인 어선 간 선박근접상황으로 발생한 준사고 사례에 대해 당시 VTS 항적 자료와 앞서 조사된 선박 침로 분석 결과를 VTS 관제에서의 충돌위험 평가 모델(CoRI, Lee & Song, 2017)에 적용하여 충돌 위험도를 분석하였다.

CoRI 모델은 VTS 관제사의 위험 인지에 영향을 미치는 세 가지 요소(선박 조우 상황, 근접 시간, 선박 근접 거리)를 이용하여 위험지수(Risk Index, RI)를 구하고, 이를 VTS 관제사의 위험태도를 반영하여 최종적으로 충돌 위험도를 식(1)과 같이 구한다(Lee et al, 2017).

$$CoRI(t) = \frac{P_{max}}{1 - \exp(\rho)} \left[ 1 - \exp\left(-\rho \frac{RI(t)}{RI_{max}}\right) \right] \quad (1)$$

$P_{max}$  : 충돌 위험도 최댓값

$RI_{max}$  : 위험지수 최댓값

$\rho$  : 위험 태도( $\rho < 0$  : 회피,  $\rho = 0$  : 중립,  $\rho > 0$  : 감수)

$RI(t)$  : 시간(t)에 따른 위험지수

Table 6은 각 준사고 사례에 대한 선박 주요제원으로 S1은

Table 6 Ship's particular of each encounter situation

Situation	Name	Type of ship	LOA (m)	Beam (m)	Draft (m)
S1	A	General cargo	144.0	21.0	5.2
	B	Fishing	12.8	3.6	0.8
S2	C	Tanker	99.0	15.0	28.6
	D	Fishing	28.0	6.0	2.5

일반상선과 어선 간 근접상황이며, S2는 탱커선과 어선 간 근접상황이다.

Fig. 2는 S1과 S2에 대한 두 선박의 항적과 CoRI 모델로 구한 위험도의 변화에 따른 각 선박의 벡터(침로와 속도)와 safety domain을 나타낸 것이며, Fig. 3은 S1과 S2에 대한 각 선박의 원침로에서 일반 화물선은  $\pm 2.0^\circ$ , 어선은  $\pm 5.0^\circ$  편차에 따른 위험도를 CoRI로 구한 것이다. 여기서 실선은 VTS의 항적자료를 그대로 적용하여 도출한 위험도이며, 파선은 각 선박의 침로를 -로, 1점 쇄선은 각 선박의 침로를 +로 선종별 편차에 따라 도출한 위험도이다.

Fig. 1과 Fig. 2의 S1은 일반상선 A 호가 북동 방향으로, 어선 B 호는 남남서 방향으로 접근하던 중 어선의 침로가 불안정함에 따라 충돌위험도의 변화도 심하게 나타나고 있고, ①에서 위험도가 최대가 된다. 그러다 B 호가 좌현 전타로 선회함에 따라 ②에서 위험도는 0으로 사라졌으나, ③에서 B 호가 우현 전타하여 위험도가 다시 상승하고 우현으로 계속 선회하여 결국 H 호 선미로 근접 통과하게 된다.

Fig. 1과 Fig. 2의 S2는 탱커선 C 호가 남서 방향으로, 어선 D 호는 북동 방향으로 약 1.5마일 떨어져서 좌현 대 좌현 통과하는 상황이었다. 그러나 ①에서 D 호가 좌현 전타 선회하면서 C 호와 일시적으로 횡단상태가 되면서 위험도가 높아지다가 ②에서 D 호가 약 1.0마일 떨어져서 C 호 나란히 항해하게 되면서 위험도는 0으로 낮아진다. 그러나 ③에서 D 호가 갑자기 우현 변침하여 C 호에 접근하면서 위험도가 급격하게 상승하게 되고, ④에서 C 호가 우현으로 회피하고 D 호도 우현 전타함으로 서로 근접 통과하게 된다.

Fig. 3에서 침로의 편차의 따라 CoRI로 도출한 위험도는 다소 차이가 있으나, 위험도가 증가하고 감소하는 양상은 비슷한 패턴을 보인다.

관제대상선박과 소형선박과의 근접상황에서 CoRI로 도출한 충돌위험도의 편차가 3분(Fig. 2의 파란색 파선 화살표) 동안 매우 급격하게 증가하였다가 감소하고 다시 증가하는 것이 반복됨을 확인할 수 있다. 이는 VTS 관제사가 위험을 인지하고 정보제공 등 관제를 하려고 하면 위험도가 떨어지고 괜찮다고 판단했는데 갑자기 위험도가 높아지는 현상이 자주 반복된다는 것을 의미한다.

대부분의 VTS 관제사가 선박근접상황에 대해 안전하게 관

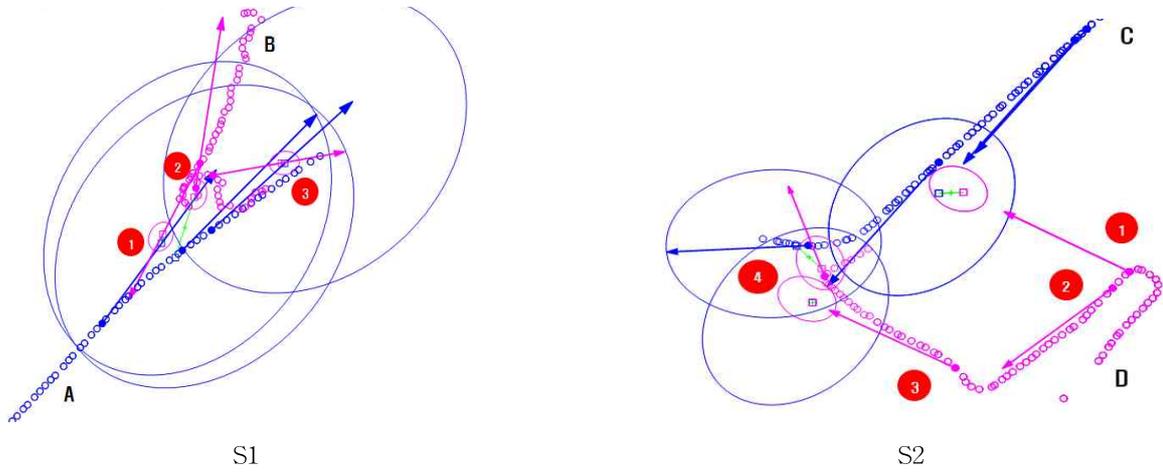


Fig. 2 Ship's route and safety domain using CoRI model

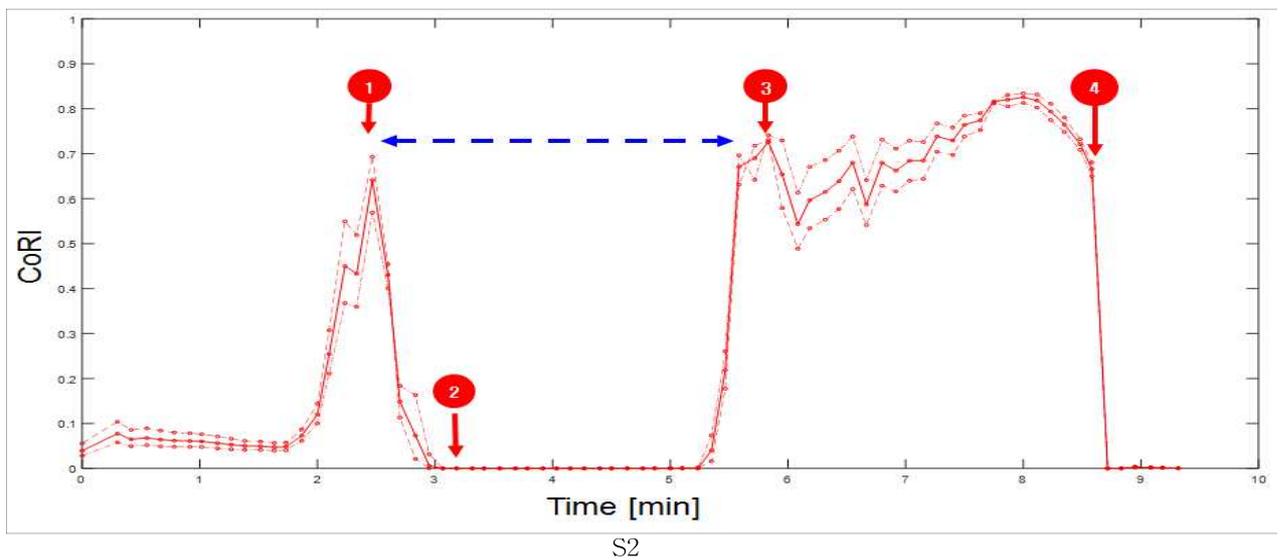
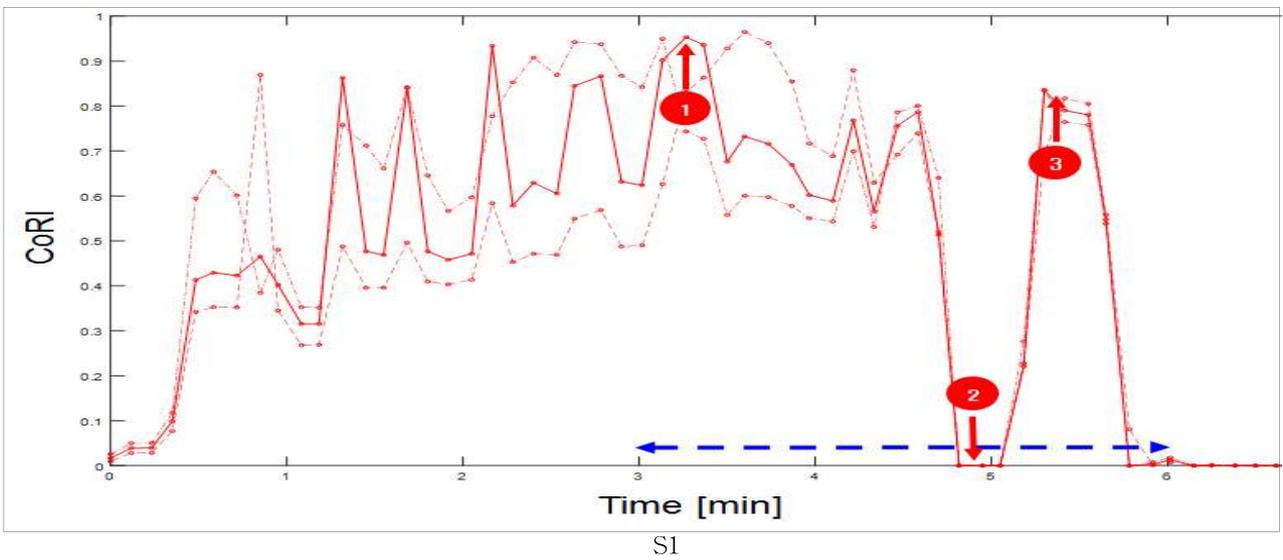


Fig. 3 Collision Risk using CoRI model

제할 수 있는 최소 시간으로 3분이 필요하다 응답하였는데, 이는 VTS 관제사가 선박과의 VHF를 통한 호출 응답이 원활할 때 가능한 시간이다. 만약 어선 등 소형선박이 VHF 호출에 즉각 응답하지 않는다면 필요한 최소 시간은 더 증가할 수 있다.

또한 이 상황은 거의 같은 시간대 동시에 발생한 것으로 이러한 소형선박을 관제 대상으로 포함하게 경우, VTS 관제사의 관심이 어선 등 소형선박에 집중될 수 있고 그로 인한 관제 피로도는 증가하고 집중도는 저하될 우려가 매우 높다.

그리고 VTS 관제 구역은 선박 통항량이 많은 지역이므로 선박근접상황이 동시다발적으로 발생하고 있어, 자칫 VTS 관제사의 시선이 낚시어선, 유선, 어선 등 소형선박에 쏠릴 경우 다른 선박 간 충돌 위험, 즉 대형 충돌 사고를 조기에 인지하지 못할 가능성도 있다.

## 5. 결 론

우리나라는 선박 항행 안전 정보제공 및 해상교통 질서 확립 등 해양사고 방지를 위해 VTS를 설치 운영하고 있지만, 관제 구역 및 대상 선박이 점차 확대됨에 따라 VTS 관제사의 부담은 점차 높아지고 있다. 따라서 본 연구에서는 소형선박의 침로 등을 분석하고 이를 CoRI 모델을 이용하여 충돌위험도를 구해 VTS 관제사의 위험도와 문제점을 분석하였다.

일반 선박 간 조우상황에서는 CoRI 위험도가 10여분의 시간을 두고 점차 증가하였으나(Lee & Song, 2017), 본 연구 결과 소형선박의 침로는 불안정할 뿐 아니라 급선회 등에 따른 충돌위험이 3분의 시간 동안 매우 급격하게 증감하는 것을 확인하였다.

이는 VTS 관제사에게 상당한 부담으로 작용할 것으로 판단되며, VTS 관제사 설문에서 관제 우선순위로 위험물운반선>일반화물선>유선>어선 순으로 나타나 관제 대상에 포함되지 않지만 유선과 어선 등 소형선박에 상당한 부담을 갖고 있는 것으로 판단된다.

따라서 어선 등 소형선박을 관제대상으로 확대하는 문제는 레이더 탐지 곤란, VHF 호출 응답 한계, AIS 설치 미비 등 기술적·시설적인 한계뿐 아니라, VTS 관제사가 느끼는 충돌 위험도도 함께 고려되어야 한다.

이를 위한 추후 연구로 CoRI 모델의 각 지수에 대한 분석과 다양한 사례 검증을 통해 관제 대상 선박의 적절한 범위 선정을 위한 방안을 마련하고, 모델 또는 시스템 도입을 통한 도출된 문제점 해결 방안을 모색하는 등 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

[1] Jang, E. K.(2018), “Development of Competency-based Curriculum for Korean VTS Operators“ Korea Maritime and Ocean University, Doctoral thesis, pp. 1-2.

[2] Kim, S. H., et al(2017), “An analysis on marine casualties of fishing vessel by FTA method”, J. Korean. Soc. Fish Technol., 53(4), 430-436.

[3] Kim, S. K. and Kang, J. P.(2011), “A Study on the Relationships between the Casualties of Fishing Boats and Meteorological Factors”, Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 23(3), pp. 351-360.

[4] Kim, W. S., Lee, J. H., Kim, S. J., Kim, H. S. and Lee, Y. W.(2013), “A basic study on control factor for the marine casualties of fishing vessel in Korea”, J. Korean. Soc. Fish Technol., 49(1), 040-050.

[5] Korean Maritime Safety Tribunal(2019), Statistics of Marine Accident for the Past 5 Years, Ministry of Oceans and Fisheries, South Korea.

[6] Korea Coast Guard(2018), “Rules for the implementation of Vessel Traffic Service”, Act No.284 on Ministry of Oceans and Fisheries.

[7] Lee, J. S. and Song, C. U.(2017), “A Study on the Degree of Collision Risk through analysing the Risk Attitude of Vessel Traffic Service Operators”, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 41, No. 3, pp. 91-100.

[8] Vessel Traffic Service Division(2018), Analysis of operational performance of VTS by 2018”, Korea Coast Guard.

Received 4 July 2019

Revised 17 July 2019

Accepted 30 July 2019