

항만과 진입수로에서 속력제한 위반 경고기능에 관한 연구 - GPS 플로터 및 ECDIS 기능개선을 중심으로 -

김도훈**

* 군산해양경찰서 해양안전과장

Speed Limit Violation Warning Function in Trade Ports and Fairways - GPS Plotter and ECDIS Enhancements

Do-Hoon Kim**

* Section Chief, Department of Marine Safety, Gun-san Coast Guard Station, Gun-san City, Jeollabuk-do, 54018, Republic of Korea

요 약 : 우리나라는 항행교통안전을 위하여 19개 항만과 3개 출입항로에 속력제한구역을 설정하고 제한속력을 지정하고 있으나 항만별로 제한속력이 다르고 실질적 관리수단의 부재로 제한속력 위반 행위가 빈번히 발생하고 있으며 이로 인하여 인적과실에 의한 선박 충돌 사고가 지속 발생하고 있다. 본 연구는 첫째, 무역항 및 진입수로에서 발생한 해양사고를 분석하였다. 분석결과로 최근 5년간 1,344건(연평균 269건)이 발생하였고 어선에 의한 사고(563건)가 상선(508건)에 비해 많았으며 특히, 군산항의 어선 선장 50명을 표본으로 설문조사한 결과 45명(90%)이 제한속력을 알지 못하고 있었다. 둘째, 속력제한 위반 선박에 있는 운항자에게 위험을 알리기 위하여 GPS 플로터 및 전자해도시스템(ECDIS)에 음성경고 기능과 메시지 경고기능 도입을 검토·제안하였다. 셋째, 관련기관과 항법장치 제작업체를 대상으로 전문가의견을 조사한 결과 제안된 경고기능이 기술적으로 가능한 것으로 확인되었다. 본 연구결과는 선박해양플랜트연구소에서 추진 중인 e-NAVIGATION 사업에 반영 가능하며 선박운항자에 대한 인적과실 감소와 한국형 e-NAVIGATION 구축에 도움이 될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 선박 운항자, 인적과실, 제한속력 위반, 경고기능, GPS 플로터, 전자해도

Abstract : The Korean government has designated speed-limit zones and speed limits in 19 ports and 3 routes to ensure safe navigation and transportation. However, the speed limit differs from port to port, no practical means of management exist. This often leads to violation of the speed limit. Additionally, ship collisions due to human error continue to occur. First, the study analyzed marine accidents that occurred at trade ports and fairways. The result of the analysis revealed the occurrence of 1344 accidents (average 269 cases per year) from 2014 to 2018. Five hundred sixty three accidents involved fishing boats, whereas, merchant vessels were involved in 508 cases. Second, the efficacy of the application of voice and message warnings to GPS plotters and electronic chart display and information system (ECDIS) was reviewed, and these were proposed as measures to inform vessel operators of the hazards of speed limit violation. Third, experts' opinions from relevant agencies and navigation system manufacturers were consulted and it was found that the proposed warning function was technically implementable. The findings are expected to help reduce human error among ship operators and establish a Korean e-navigation system.

Key Words : Ship operator, Human error, Speed limit violation, Warning function, GPS plotter, Electronic chart display and information system (ECDIS)

1. 서론

중앙해양안전심판원(Korea Maritime Safety Tribunal, 이하, KMST)의 통계연보(KMST Annual report, 2018)에 의하면 최근 5년(2014년-2018년)간 무역항 및 진입수로에서 발생한 해양 사고는 총 1,344건으로 이는 연간 평균 269건에 해당하며 지

속적으로 발생하고 있는 것으로 나타났다. 주요 사고원인으로는 속력제한구역 내에서 항행 선박의 최고속력 위반으로 인한 충돌사고였으며 선종은 어선이 피항선(Give-way vessel)의 지위에서 가장 많은 과실을 차지한 것으로 나타났다.

한편 해양사고의 원인과 관련하여 최근의 연구에 의하면 인적 과실(Human error)이 해양사고의 주요 원인으로 보고되고 있다(Rothblum, 2000; Catherine and Rhona, 2006; Chin and

† star7007@hanmail.net, 063-539-2048

Ashim, 2009; Acar et al., 2012; Pasquale et al., 2015; Kim, 2017). 특히 Catherine and Rhona(2006)와 Rothblum(2000)은 선박충돌 사고의 90% 이상이 인적과실 기인이라고 보고하고 있다. 여기서 인적과실이란 선박의 조종을 담당하는 선장 및 항해사(이하 선박운항자라 한다)에 의한 과실을 의미한다.

Dhillon and Rayapati(1988)에 의하면 인적과실이란 규정된 업무 수행의 실패 또는 금지된 행위의 수행이라 정의된다.

2001년부터 2010년까지의 해양사고를 분석한 결과 어선 충돌사고의 85% 이상이 경계소홀과 항행법규 위반이며 이는 선장에 의한 운항과실로서 인적과실에 해당한다. 또한 국내 항만구역과 진입수로에서 발생하는 인적과실에 의한 사고의 많은 원인은 항행선박이 제한속력을 위반하여 발생하는 일명 과속운항(Speeding sailing)과 관련되어 있는 것으로 조사되었으며 항내 충돌시 속력 10노트 이상인 경우가 전체 충돌사고의 27.4%로 나타났다(Park et al., 2013).

제한속력 위반 항행에 의한 사고를 예방하려면 1차적(직접적) 원인에 해당하며 해상에서 인적과실의 주체인 선박운항자(Ship operator)가 해사관련법령과 그에 따른 고시사항을 숙지하여야 한다. 선박운항자는 고시에 명시된 무역항별 최고 속력을 숙지하고 해당 항로를 항해하는 경우에 규정을 준수하며 세심한 주의와 경계(Look-out)를 함으로써 인적과실에 의한 사고를 감소시킬 필요가 있다. 그러나 선박운항자도 인간이라는 점에서 사고예방에 완벽할 수 없다. 특히 하위 해기사면허를 소지한 어선의 선장의 경우에 해사관련 법령에 대한 충분한 숙지나 고도의 항해기술(Skill)과 지식 이상선의 해기사에 비하여 상대적으로 부족할 수 있다. 또한 인적과실을 줄이기 위한 선원들의 인식 개선은 단기간에 쉽게 이루어지기 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 2차적으로 선박에 설치된 항법장치의 기능을 개선하여 속도제한구역에서 선박운항자에 의한 항행 최고속력위반을 예방하는 방안을 연구대상으로 하였다. 즉 선박에 설치된 항법시스템에 대한 기능개선을 통하여 1차 원인에 해당하는 선박운항자의 인적과실을 줄여 속도제한구역에서 제한속력 위반으로 인한 충돌사고 예방을 위한 목적에 초점을 맞추었다.

선박운항자의 인적과실을 저감하기 위한 연구는 최근에서야 해외에서 활발히 이루어지고 있기 때문에 아직 구체적이며 실효성 있는 방안에 대한 도출보다는 사고 분석이나 사례연구가 많고 특히 항만구역에서 제한속력 위반을 예방하는 분야에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

국내연구에서는 해기사의 인적과실과 관련하여 Kim(2017)이 선박충돌사고 원인과 관련된 인적과실 유발요인에 관한 연구에서 선장 및 당직해기사의 인적과실 유발요인을 통계적으로 분석한바 있으며, 항만 내 제한속력과 관련된 연구로는 항만과 수로의 제한속력 개선방안에 관한 연구(Kim et

al., 2012), 항만과 수로의 제한속력 설정 모델 개발에 관한 연구(Kim et al., 2015), 항만 내 제한속력 지정 실태 및 효과에 관한 연구(Kim and Jung, 2016)에서 항만 내 제한속력 지정과 관련된 개선방안 및 효과와 설정모델 개발 분야와 관련되어 있을 뿐 제한속력 위반 예방과 관련된 연구내용은 찾아볼 수 없었다.

선박운항자는 무역항별, 특정 구역 및 진입수로별로 그 제한속력이 다르기 때문에 정확한 제한속력을 사전에 숙지하고 항해하여야 한다. 그러나 우리나라 항만과 출입항로에 설정된 최고 항행속력은 5~15노트까지 다양하게 설정되어 있다. 이러한 점 때문에 선박운항자는 항만 구역별로 다르게 설정된 최고항행속력을 모두 인지하기가 쉽지 않을 뿐만 아니라 특히, 어선 등 소형선박의 선장이 타 지역 항구에 입·출항하는 경우에 비록 해도나 GPS 플로터에 속도제한구역에 관한 정보가 표시되어 있지만 관심을 갖고 숙지하지 않으면 이를 간과하기 쉬워 제한속력 위반에 기인한 사고로 연결되기 쉽다. 본 연구에서 군산항내 50명의 어선 선장에게 전화 설문조사한 결과에서도 응답자의 90%가 제한속력에 대하여 평소에 인지하지 못하고 있었던 것으로 나타났다.

본선(Own ship)에 레이더(Radar), GPS(Global Positioning System) 플로터(plotter), 전자해도표시정보시스템(Electronic Chart Display & Information System, 이하, ECDIS) 등 최신의 항법장치가 설치되어 있고 선박운항자가 특정 항만구역의 제한 속력을 인지하고 있다고 하더라도 본선이 상대선박(Target ship)과 조우상황에서 상대선박이 어선이나 소형선박에 해당하는 경우에 상대선박의 조종자가 제한속력을 인지하지 못했거나 항해 부주의 등의 상황에서는 상대선박의 과실로 인하여 충돌로 이어질 확률이 높게 된다.

본 연구의 목적은 GPS 플로터, ECDIS의 기능 개선을 제안하여 선박이 속도 제한구역 내에서 제한속력을 초과하여 항행하는 경우에 도로를 주행하는 자동차에 설치된 내비게이션 시스템의 경보 기능과 유사한 수단으로 선박운항자에게 주의환기 또는 경고성 정보를 즉시 전달하여 인지하도록 함으로써 인적과실에 의한 선박충돌을 방지하기 위한 것이다.

Fig. 1은 연구절차를 알기 쉽게 도식으로 나타낸 것이다.

첫째, 제한속력이 지정된 무역항과 진입수로 현황을 파악하고 관계 법령을 고찰하였다. 둘째로 2014년부터 2018년까지 5년간에 걸쳐 무역항과 진입수로에서 발생한 해양사고에 대하여 중앙해양안전심판원의 통계연보를 참고하여 조사 및 분석하였다. 셋째로 선박운항자의 속도제한 위반에 대한 효과적인 경고기능을 위하여 선박에서 사용하는 GPS 플로터와 ECDIS의 기능을 개선하는 방안을 도출하였으며 관련 기관과 업체의 의견을 검토하여 실현 가능성에 대한 검토를 하였다.

항만과 진입수로에서 속력제한 위반 경고기능에 관한 연구 - GPS 플로터 및 ECDIS 기능개선을 중점으로 -

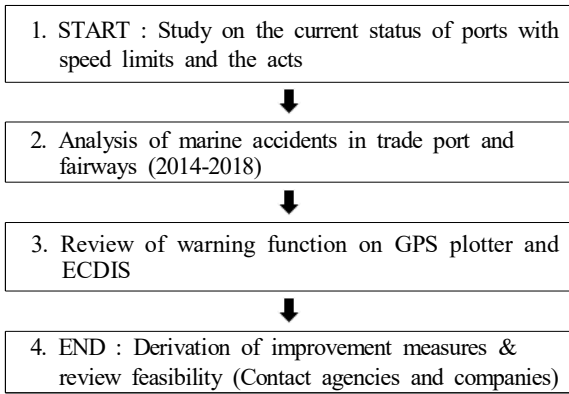


Fig. 1. Research procedure.

2. 속력 제한구역 지정항만 현황과 법령 고찰

2.1 개념 및 법적근거

속력제한은 정해진 법령에 의하여 선박이 무역항의 수상구역 등이나 수상구역 부근을 항해할 때에는 다른 선박에 위험을 주지 않도록 최고속력을 제한하는 것이다. 우리나라는 특정 항만구역에서 통항 선박에 의한 해상교통안전을 위하여 최고속력만을 제한하고 있다.

속력제한에 대한 법적 근거로는 ① 해사안전법 제31조(항로의 지정 등)에서 선박의 항로 및 속력 등 선박의 항행안전에 필요한 사항을 해양수산부령으로 고시 할 수 있도록 하였으며 (Maritime Safety Act, 2019), ② 동법 시행규칙 제7조(Enforcement Regulations of the Maritime Safety Act, 2019a)와 제23조(항로의 고시 등)에서 선박의 항로 및 속력 또는 항법을 고시할 수 있도록 하였다(Enforcement Regulations of the Maritime Safety Act, 2019b). ③ 선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률 제17조(속력 등의 제한)에 속력 제한에 대하여 구체적으로 규정하고 있으며 특히 제2항에서 해양경찰청장은 선박이 빠른 속도로 항행하여 다른 선박의 안전 운항에 지장을 초래할 우려가 있다고 인정하는 무역항의 수상구역 등에 대하여는 해양수산부장관에게 무역항의 수상구역 등에서의 선박 항행 최고속력을 지정할 것을 요청할 수 있도록 하였고 제3항에서는 해양수산부장관은 요청을 받은 경우 특별한 사유가 없으면 항행 최고속력을 지정, 고시하여야 한다고 규정하고 있다(Act on the Arrival, Departure, etc. of Ships, 2019).

2.2 속력 제한구역 지정 항만 현황

항만법 시행령에 의하면 우리나라에 31개 무역항과 29개 연안항이 있으며 연안항을 제외한 무역항 중에서 각 지방해양수산청장의 고시로 항행선박에 대한 최고속력을 제한하고 있는 곳은 19개 항만과 출입항로 3개소가 있다(Enforcement

Decree of the Harbor Act, 2019). Table 1은 19개 항만 내에서의 속력제한을 나타낸 것이다.

Table 1. Speed limits in trade ports

Port	Speed limit (kts)	Remarks	
Incheon	8		
Daesan	10		
Pyeongtack-dangjin	15/12/8	Except passenger ship	
Taejeon	10		
Boryeong	10		
Janghang	10		
Gunsan	10	No. 3 zone: 5 kts	
Mokpo	12	High speed ferry: 20 kts	
Yeosu	8		
Masan	10		
Jinhae	10		
Okpo	10		
Gohyeon	10		
Jangseungpo	10		
Tongyeong	5		
Samcheonpo	10		
Busan	South port	8	
	North inner port	8	Passenger ship of over 500tons: 12 kts
	Gamcheon	10	
	Dadaepo	7	
North outer port	7	Ships of over 1,000tons	
Pohang	5		
Jeju	10	High speed ferry: 12 kts	

특징은 제한속력이 최저 5노트 이하에서 최고 15노트 이하까지로 무역항별로 다양하기 때문에 특정 항을 출입하는 선박운항자는 각각의 항만별로 사전에 제한속력을 숙지해야 한다는 점이다. 고속 여객선의 경우에 최고속력을 별도로 지정하고 있는 항도 있다. 19개 항만 중에서 과반수 가 넘는 13개 항에서 10노트 이하를 제한속력으로 규정하고 있는 것을 알 수 있다.

Table 2는 출입항로에 대한 속력 제한을 나타낸 것이다. 부산항 및 광양항 출입항로는 해사안전법 시행규칙 별표3에 명시된 교통안전특정해역 지정항로에서의 속력이다. 특징은 출입항로에서의 제한속력은 최저 속력이 10노트 이상으로 설정되어 있어서 항만 내 과반 수 이상의 빈도를 보이는 제한속력 10노트 보다 높다는 점이며 무역항에서의 제한속력 특징과 같이 출입항로별 다르게 설정되어 있는 점이다.

Table 2. Speed limits on the fairway

Fairway	Speed limit (kts)	Remarks
Incheon	12	Over 50,000 tons: 10 kts
Kwangyang	14	Dangerous cargo: 12 kts
Busan	10	
Busan new port	12	
Masan route	15	
Jinhae bay	12	
Anjeng route	12	
Tongyoung route	12	

2.3 속력 제한에 대한 관리

도로상에서는 속력 위반 차량에 대하여 단속카메라, 교통경찰관이 움직이는 차량의 과속을 측정하는 스피드 건(Speed gun) 또는 과속방지턱의 방법으로 속력 제한을 관리하지만 해상에서는 법령과 고시, 해상교통관제센터(Vessel Traffic Service, VTS)에서 관제요원의 관제, 항해용 해도에 최고속력 표시, 전자해도, GPS 플로터 등 각종 항법장치에 표시하고 있다. 그러나 이러한 방법들은 직접적인 통제가 아닌 간접적인 방법들이며 특히 가장 효과적이라 할 수 있는 VTS 관제요원의 관제역시 한계가 있기 때문에 선박운항자의 능동적인 규정 준수 노력 없이는 실효성 있는 최고속력 규정 준수를 기대하기 어렵다.

3. 무역항 및 진입수로에서의 해양사고 분석

3.1 해양사고 및 선행연구 사례에서 데이터 수집

해양사고 데이터 수집은 KMST의 통계연보(2018)를 근거로 해사안전법과 선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률에 따라 속력제한 규정을 적용받는 국내 무역항과 진입수로에서 발생한 해양사고를 대상으로 하였다. 여기서 해양사고란 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률(법률 제 5809호)」 제2조에 근거하며 선박의 운용과 관련하여 충돌, 접촉, 좌초, 전복, 화재, 침몰, 운항저해, 침수에 해당하는 경우를 말한다(Act on the Investigation of and Inquiry into Marine Accidents, 2019).

해양사고 데이터 수집해역은 Table 3에서와 같이 1. 인천항과 진입수로, 2. 장항 항, 군산항 및 진입수로에서부터 13. 제주항, 14. 기타 항까지 총 14개 무역항 및 진입수로 해역으로 구분하였다.

데이터 수집 대상 기간은 2014년 1월부터 2018년 12월 까지 최근 5년간 발생한 해양사고를 대상으로 하였으며 기간 중 발생한 전체 사고와 상선에 의한 사고 및 어선에 의한 사

고로 구분하여 데이터를 수집하고 분석하였다.

Table 3은 우리나라의 무역항과 진입수로를 14개 구역으로 구분하고 최근 5년간에 해당하는 2014년부터 2018년까지 발생한 모든 해양사고 건수를 나타낸 것이다(Korean Maritime Safety Tribunal, 2019). 총 발생건수는 1,344건이며 매년 각 구역별 해양사고가 지속적으로 발생하고 있는 것을 알 수 있다.

Table 3. Marine Accidents in TP and fairway over the past 5 years

No	Trade port & Fairway	Year / Case					Total
		2014	2015	2016	2017	2018	
Total		145	308	335	305	251	1,344
1	Incheon & fairway	14	22	37	22	43	138
2	Janghang, Gunsan & fairway	12	12	23	24	34	105
3	Daesan	1	6	5	3	8	23
4	Pyeongtack·dangjin	1	5	11	10	20	47
5	Mokpo & fairway	15	14	24	31	37	121
6	Yeosu, Kwangyang & fairway	6	11	13	27	16	73
7	Samcheonpo, Tongyeong	3	56	20	17	1	97
8	Masan, Jinhae	7	25	28	5	2	67
9	Busan & fairway	45	66	85	52	19	267
10	Okpo, Jangseungpo	1	2	-	2	-	5
11	Ulsan & fairway, Pohang	25	58	47	52	30	212
12	Donghae	5	9	11	4	6	35
13	Jeju	7	5	8	26	12	58
14	Etc	3	17	23	30	23	96

TP : Trade port

Fig. 2는 Table 3에 대하여 14개 구역 및 연도별로 묶은 범주로 표현하여 이해하기 쉽도록 막대그래프로 나타낸 것이다. 가로축의 숫자는 Table 3의 번호 순대로 항만구역과 진입수로를 나타낸다. 표에서 9번에 해당하는 부산항과 진입수로에서 발생한 사고가 267건으로 가장 많고 두 번째로 11번 울산항과 진입수로 및 포항항만구역에서 발생한 사고가 212건으로 두 번째로 많다는 것을 알 수 있다. 또한 항만과 진입수로별로 사고건수의 대소 차이는 있지만 2015년 이후로 매년 200건 이상으로 지속적으로 많은 해양사고가 발생하고 있음을 알 수 있다.

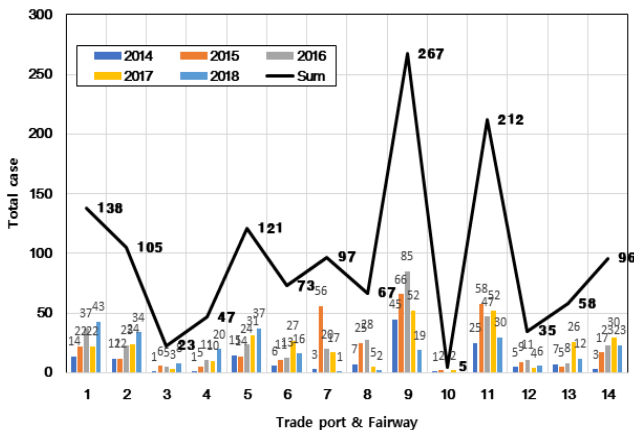


Fig. 2. Marine accident graphs categorized by year and sea area.

3.2 무역항 및 진입수로에서 상선과 어선에 의한 사고

Fig. 3은 Table 3의 14개 무역항과 진입수로 순번에 따른 해역별 각각 상선과 어선에 의하여 발생한 해양사고에 대하여 알기 쉽도록 그래프로 비교하여 나타낸 것이다. x축은 14개 무역항 및 진입수로이며 y축은 각 해역별 5개년 동안의 총합을 나타낸 것이고 단위는 발생건수이다.

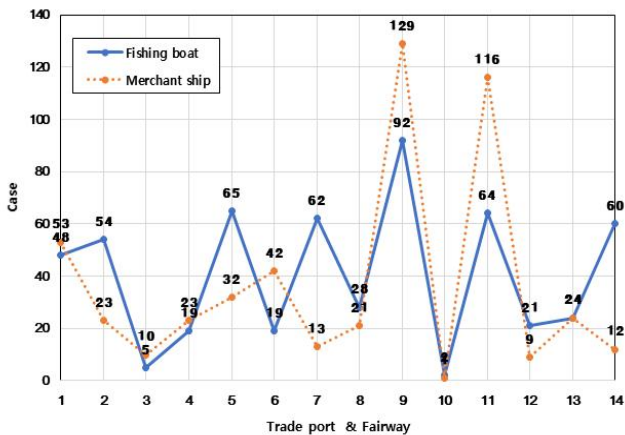


Fig. 3. Comparison of marine accidents by merchant ships and fishing boats.

특징은 어선에 의한 사고가 563건으로 상선에 의한 사고 508건 보다 많이 발생하였다. 여기서 항만구역에서 어선에 의한 제한속력 위반에 관하여 이전 연구결과를 살펴보면 지난 2001년부터 2010년까지 KMST 재결서를 근거로 무역항과 진입수로에서 발생한 충돌사고에 대한 연구결과 어선 충돌사고의 27.4%가 10노트 이상의 과속운항 상태에서 발생한 것으로 나타난 점이 주목할 만하다(Park et al., 2013).

특징은 어선에 의한 사고는 9번의 부산항과 진입수로와 11번 울산과 포항 항만구역의 두 개 해역에서만 상선에 의한

사고보다 적을 뿐 그 밖의 해역에서는 상선보다 많이 나타났다. 상선에 의한 사고는 위에서 언급된 9번의 부산항과 진입수로에서 129건으로 가장 많이 발생하였으며 다음으로 11번의 울산과 포항 항만구역에서 116건으로 많이 발생하였다.

3.3 군산항내 제한속력 위반어선 및 선장의 인지여부 조사

(1) 군산항 속력제한구역 내 제한속력 위반어선 현황 조사

Kim et al.(2012)의 연구에 의하면 군산항을 대상으로 선박 162척을 표본으로 조사한 결과 118척이 제한속력 위반(73%)으로 나타나 위반율이 가장 높은 항만으로 조사되었기 때문에 군산항의 통항어선을 대상으로 실제 제한속력 위반현황을 파악하기 위하여 조사를 하였다.

군산항은 선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률 제17조 및 군산지방해양수산청 고시 제2018-89호에 의거하여 속력제한구역이 1-3구역으로 구분되어 있으며 항행 최고속력은 10노트 이하로 지정되어 있다(Gunsan Regional Office of Oceans and Fisheries, 2019).

현장에서의 표본조사는 군산항 VTS의 협조를 받아 2019년 10월 26일부터 29일 까지 4일 동안 주간(06:00-18:00)에 군산항 제1구역을 항행하는 어선을 대상으로 레이더와 AIS신호를 이용하여 실제로 얼마나 많은 척수의 어선이 과속운항 하는지 여부를 조사하였다(Table 4).

Table 4. Fishing vessels in speed limit violation at Gunsan port

Date	Time	Zone	Number of sample	Speed violation	Ratio (%)
Total			30	26	86.6
10.26	13:00-15:00	Area 1	6	5	83.3
10.27	13:00-15:00	Area 1	4	4	100
10.28	13:00-15:00	Area 1	6	6	100
10.29	06:00-12:00	Area 1	14	11	78.5

Table 4에서 조사 기간 중 통항어선 총 30척을 표본대상으로 한 결과 26척이 제한속력을 위반하여 위반율은 86.6%로 나타나 실제로 지정 구역에서 어선의 제한속력 위반율이 높다는 것을 알 수 있었다. 위반속도는 대부분의 어선들이 11노트에서 14노트 사이로 나타났으나 두 척의 어선은 각각 25노트와 21노트로 나타나 제한속력 위반에 대한 예방조치가 필요함을 알 수 있었다.

(2) 군산항 어선 선장의 제한속력 및 구역 인지여부 조사

군산항내 어선의 선장을 대상으로 속력제한구역 및 제한속도에 대하여 인지여부를 표본조사 하였다.

Table 5는 2019년 9월 9일부터 11일 까지 3일 간에 걸쳐 군산항을 모항으로 조업하는 선장 50명(어선 50척)을 대상으로 군산항내 속력제한구역 및 제한속력에 대한 인지여부를 표본 조사한 결과를 나타낸 것이다. 조사는 군산해양경찰서의 협조를 받아 해망과출소 관내 선장 50명에 대하여 전화를 이용한 설문조사의 방법을 이용하였다. 이러한 방법은 대다수의 선박이 조업목적으로 출항 중에 있어서 조사대상 선장 모두를 대면 조사 할 수 없는 문제가 있었기 때문이었다.

질문은 첫째, 군산 항내 속력제한구역 인지여부, 둘째로 제한속력 10노트에 대한 인지여부였다.

조사결과로는 첫째, 대상자 50명 중 12명(24%)만이 군산항내 속력제한 구역을 인지하고 있다고 응답하였으며 당해 항만구역에서 제한속력 10노트 인지여부에 대하여는 5명(10%)만이 알고 있다고 응답하였다. 따라서 군산항의 조사대상 어선 선장의 76%가 속력제한구역을 알지 못하고 있으며, 90%는 제한속력을 알지 못하고 있어 항만구역에서 항행 중 과속운항으로 다른 선박과 충돌사고로 이어질 개연성이 상당히 높은 심각한 상태임을 시사하고 있다.

Table 5. Results of the speed limit zone & limited speed recognition survey of 50 small fishing boat captains at Gunsan Port

Classification		Whether speed limit zone is recognized	Whether speed limit is recognized
		Person (Ratio)	Person (Ratio)
Total		50 (100 %)	50 (100 %)
Respondent	Awareness	12 (24 %)	5 (10 %)
	Unawareness	38 (76 %)	45 (90 %)

3.4 최근 발생한 속력제한 위반 충돌사고 사례 조사

KMST 재결서를 근거로 지난 2018년도에 1년 동안 발생한 선박 충돌사건 총 59건 중 속력제한구역에서 제한속력 위반으로 발생한 충돌 사고는 총 9건(15%)이 조사되었으며 이중 대표적인 사례 두건을 제시하였다(Korean Maritime Safety Tribunal, 2019). 사례 모두 어선이 피항선의 지위에 있었으며 상대선박 보다 더 큰 과실이 있었다.

첫 번째 사례는 카페리어객선 파라다이스호(총톤수 290톤)와 어선 창성호(총톤수 2.99톤) 충돌사건(중앙해양안전심판원, 재결번호 제2019-007호)이다.

이 충돌사건은 2018년 9월 1일 11:00경 우선피항선인 창성호가 무역항인 통영항 항계 안에서 5노트 이하로 속력이 제한된 수역을 약 14노트의 과속으로 항해하면서 경계를 소홀히 하여 입항 중이던 파라다이스호를 피하지 못해 발생한

것이다. 통영항 수상구역에서는 「선박의 입항 및 출항에 관한 법률」이 적용되며, 같은 법 제17조 제3항에 근거한 「무역항별 선박속력 제한 규정」(경상남도 고시 제2017-121호)은 통영항 수상구역 내에서 선박의 최고 속력을 5노트 이하로 제한하고 있다.

두 번째 사례는 유조선 제2남성호(총톤수 141톤)와 어선 삼광호(9.77톤) 충돌사건(부산지방해양안전심판원, 재결번호 제2018-045호)이다. 2018년 1월 11일 20:52경 무역항인 통영항내의 동호항에서 입항 중이던 우선 피항선인 어선 삼광호가 「선박의 입항 및 출항에 관한 법률」의 제17조 제3항에 따른 경상남도 고시 제 2017-121호 제3조 ‘가’항에 따라 동호항내에서 최대 속력 5노트로 제한되어 있음에도 이를 지키지 않고 약 8노트로 제한속력을 초과하여 항행하면서 경계를 소홀히 하여 출항 중이던 유조선 제2남성호를 발견하지 못하여 충돌사고가 발생하였다.

4. 속력제한 위반 경고기능 검토 및 제안

4.1 속력제한 위반 경고기능 검토

제3장의 3.3에서 군산항의 통항 어선을 대상으로 제한속력 위반현황을 실제로 표본 조사한 결과 및 선장대상으로 설문조사한 결과 및 3.4에서 최근 3년 이내 대표적인 제한속력 위반 충돌사고 사례에서 알 수 있듯이 항만구역에서 제한속력 준수를 통한 충돌사고 예방의 필요성이 증대하고 있음을 알 수 있다. 이에 대한 직접적 대응방안으로는 선박을 운항하는 선장이나 항해사의 의식개선이 요구된다. 그러나 주로 선교에서 1인 당직을 서는 어선에서 조업에 집중하는 어선의 선장은 선교에서 항해당직 중에도 어로 작업에 우선적으로 신경을 쓰는 경우가 많기 때문에 항상 안전항해를 기대하기에는 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 현실을 고려하여 대부분의 어선 또는 상선에 설치된 항법장치의 기능개선을 통하여 제한속력을 초과하는 경우에 자동으로 경고음성과 경고메시지를 발생하도록 하여 선박운항자가 인지하도록 하는 방법으로 기능을 개선하는 방안을 검토하였다. 검토 대상의 기능 개선 장치로는 어선에서 사용하는 GPS 플로터와 상선에서 사용하는 ECDIS를 대상으로 하였다.

(1) GPS 플로터

GPS는 GPS 위성에서 보내는 신호를 수신해 사용자의 현재 위치를 계산하는 위성항법시스템으로 항공기, 선박, 자동차 등의 내비게이션장치에 주로 쓰이고 있다(Samyung ENC, 2019).

자동차에 장착된 자동차 내비게이션(Automotive navigation

system)은 운전자가 낯선 목적지에 도달할 수 있도록 경로를 탐색하는 장치다. 이는 과속 주의구간, 급커브, 사고 다발지역 등 운전자의 안전운행을 위한 음성 및 경고음 등의 다양한 방법으로 정보를 제공하고 있어 교통사고 예방을 위한 유용한 장치이다.

해상에서 사용되는 GPS 플로터는 간이 전자해도 위에 GPS의 실시간 위치확인기능을 접목한 위치확인 장치로 어선과 같은 소형선박들을 위한 간이전자해도를 말하며 일본, 미국 등에서 지피에스 플로터(GPS PLOTTER)라는 이름으로 개발되어 1980년대 말부터 도입되기 시작하였으며 현재 어선을 포함한 대부분의 소형선박 뿐만 아니라 상선에도 필수적으로 설치되어 있는 대표적인 항법장치이다. 그러나 해상용 GPS plotter는 자동차 내비게이션에 비하여 다양한 항행 정보 제공이 아직 미흡한 실정이다.

3.3에서 어선의 선장을 대상으로 속력제한구역 및 제한속력 인지여부에 대한 조사결과에 나타난 바와 같이 GPS 플로터에 속력제한구역과 제한속력에 관한 정보가 표시되어 있기 때문에 운용자가 확인 가능하지만 실무에서 대다수의 선장들은 이를 인지하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 GPS플로터에 항행 최고속력을 초과하면 차량용 내비게이션시스템의 기능과 유사하게 속력위반에 대한 경고 알람의 방법으로 선장이 시정각을 통하여 본선이 속력제한구역에 있음과 제한속력을 위반하고 있음을 즉시 인지할 수 있도록 하는 기능 개선방안이 유용할 것으로 검토된다.

(2) ECDIS

ECDIS는 전자해도표시 시스템을 말하며 선박의 항해와 관련된 모든 정보 즉 해도정보, 위치정보, 선박의 침로, 속력, 수심자료 등을 종합하여 항해용 컴퓨터 화면상에 표시하는 해상지리 정보자료시스템을 말한다(Wikipedia, 2019).

ECDIS의 주요 기능은 본선이 안전등심선 혹은 위험한 영역에 접근했을 경우, 경고를 발하거나 자선이 계획 항로를 이탈했을 경우나 변침 점에 접근했을 경우에 경고를 발할 수도 있다. ECDIS는 표시부, 조작부, 처리부로서 구성되어 있으며 상선의 경우에는 GPS 플로터를 비롯하여 ECDIS가 대부분 필수적으로 설치되어 있기 때문에 ECDIS 역시 GPS 플로터와 동일한 기능으로 개선이 필요하다고 검토된다.

Fig. 4에서 ECDIS는 RADAR, GPS, AIS 등의 다양한 항해기기와 연결되어 있다.

상선에는 GPS 플로터뿐만 아니라 ECDIS도 항행 중에 항해사가 항해 보조 장비로 활용하고 있으므로 무역항 및 진입수로에 설정된 속력제한구역에서 해양사고 예방을 위하여 제한속력 위반에 대한 경고음 및 경고메시지 표시가 가능토록 기능 개선이 요구된다.

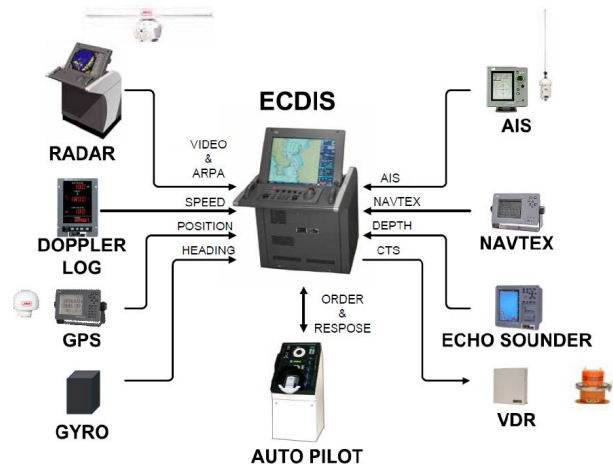


Fig. 4. Sensors of ECDIS.

4.2 GPS 플로터 및 ECDIS에 속력제한 위반 경고기능 제안

상선 및 소형선박이 무역항 및 진입수로의 속력제한구역을 항행하는 경우에 선박운항자가 당해 제한속력구간이나 제한속력을 사전에 숙지하지 못했거나 숙지고 있더라도 부주의 등의 인적과실로 인하여 제한속력을 초과하는 경우에 GPS 플로터와 ECDIS의 기능을 개선하여 공통으로 항법장치에서 자동으로 경고해 주는 기능이 시급하게 요구되고 있어 이를 제안하고자 하며 이하에서는 구체적인 내용에 대하여 논의하고자 한다.

(1) 항법장치에 속력제한구역을 설정한다. 전국의 속력제한구역의 경·위도 좌표 등에 관한 데이터는 해양수산부 또는 국립해양조사원 등의 관계 정부부처 또는 공공기관에서 제조업체에 일괄 제공한다면 속력제한구역의 추가, 수정, 삭제의 방법으로 변경이 필요한 경우에 모든 제조사가 일일이 대응하지 않아도 항법장치에 일괄 적용이 가능하게 된다.

(2) 제한속력을 위반하여 항행하는 경우에 항법장치에 경고음 발생 및 경고 메시지를 동시에 표출하도록 한다.

항법시스템에서 제한속력 초과 상황을 식별하고 경고음성(Warning Voice, WV) 기능과 동시에 시각으로 인지 가능토록 경고메시지(Warning Message, WM) 신호를 전송하여 음성 경고와 함께 항법장치의 화면에 경고알림 메시지가 동시에 표출되도록 함으로써 선박운항자가 이를 즉시 인지토록 하는 방법이다.

공통적으로 소프트웨어의 업데이트는 외부 저장매체인 SD카드, USB를 이용하여 가능하도록 한다.

운용 고려사항은 사용자가 주기적으로 업데이트를 하지 않아 문제가 발생하지 않도록 장치에서 업데이트 권고 음성 및 메시지 발생 등의 기능이 요구된다.

Fig. 5는 제한속력 위반 경고기능 도입을 위한 추진절차 및 환류시스템을 나타낸 것이다. 해양수산부, 해양경찰청 또는 국립해양조사원 등의 기관에서 GPS 플로터, ECDIS에 대하여 제한속력 위반의 경우에 경고기능을 추가한 기존 시스템의 기능개선을 요청하고 관련 데이터를 제공하면 제작업체에서는 이를 반영하여 기존 장치에 경고음 및 경고메시지 표시기능에 대한 기술개발로 업그레이드 된 제품을 제작 및 보급하며 사용자의 의견 제언의 방식으로 이러한 기능에 대한 피드백을 하는 환류시스템이다.

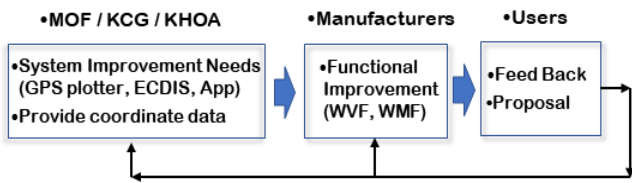


Fig. 5. Propulsion procedure for the limit speed violation warning function and feedback system.

* MOF: Ministry of Ocean and Fisheries; KCG: Korea Coast Guard; KHOA: Korea Hydrographic and Oceanographic Agency.

Fig. 6은 속력제한구역에서 제한속력을 위반하여 초과하는 속도로 항행하는 경우에 GPS 플로터 화면에 경고 음성과 동시에 경고메시지 표출제안에 관한 저자의 예시를 나타낸 것이다. 어선 선장은 영어에 대한 지식이 부족한 경우가 많을 것으로 예상되어 경고메시지 문구와 음성알림은 영어보다는 한글로 표시되는 것이 좋을 것이다.

선박운항자는 경고음을 통하여 GPS 플로터 화면을 보게 되고 본선이 속력 제한구역에 있고 제한속력은 10노트 이며 이를 위반하는 경우에 과태료가 부과됨을 알게 되고 이에 따른 조치로 속력을 감소하고 보다 주의하여 운항을 할 수 있게 되는 것이다.

기존 시스템의 기능이 개선되면 특히 선장 1인이 조선하는 어선의 경우에 유용할 것으로 기대된다. 이러한 시스템 기능 개선은 해양수산부에서 추진하고 있는 e-NAVIGATION 사업에도 반영이 가능할 것으로 기대된다. 본 사업의 궁극적 목적이 사용자의 안전운항을 보장하기 위한 정보를 제공(정보제공→주의→경고→경보)함으로써 해양사고를 사전에 예방하기 위한 것이기 때문이다.

e-NAVIGATION의 개념은 육상의 자동차용 내비게이션 검색(출발지→목적지) 서비스를 해상의 e-NAVIGATION 시스템에 접목하여 운항거리, 위험구역(저 수심, 암초, 사고다발해역) 등을 반영한 해상에서 최적화된 안전항로 안내 서비스이다.

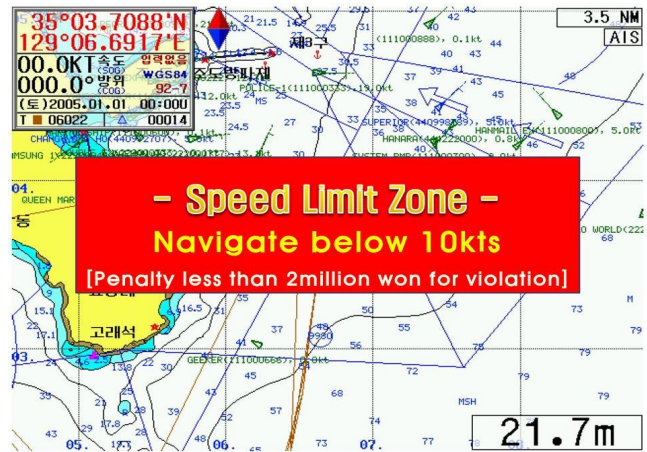


Fig. 6. Example of a suggestion that displays a warning message on the GPS plotter screen.

4.3 해양관련 기관과 제작업체의 전문가 의견 검토

GPS 플로터 및 ECDIS 화면에 속력제한구역을 표시하고 본선이 제한속력을 위반하는 경우에 음성경고와 메시지 경고를 화면에 표출하는 기능의 가능여부에 관하여 전문가 그룹의 의견을 듣고자 관련 정부 및 공공기관과 GPS 플로터 및 ECDIS 제작 전문 업체를 대상으로 의견을 조사하였다.

Table 6은 2019년 7월 15일부터 같은 해 9월 17일 까지 2개월에 걸쳐 관련기관 및 업체를 대상으로 GPS 플로터와 ECDIS 그리고 해양수산부가 개발하여 해양에서 사고가 발생한 경우에 신고하도록 하는 목적으로 개발 보급한 어플리케이션인 해로드 앱에 대하여 경고음 및 경고메시지 표출 기능이 가능한지 여부에 대하여 문서로 문의하여 회신 받은 내용을 정리한 것이다. 회신기관은 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소(Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering: KRISO), 국립해양측위정보원(National maritime PNT office: NMPNT), 국립해양조사원(Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, KHOA)이며 관련 제작업체는 GPS 플로터와 전자해도를 전문적으로 제작, 판매하는 국내 유명업체 3곳을 선정하였다.

Table 6에서 의견 조회를 보낸 3개 기관과 3개 제작 전문 업체로 부터 모두 GPS 플로터 및 ECDIS에 속력제한구역에서 제한속력 초과 항해하는 경우에 경고음 발생 및 경고메시지 표출을 위한 기능개선이 가능하다는 회신을 받았다.

GPS 플로터와 관련하여서는 A사의 경우 제한속력 초과외의 경우에 경고음 발생 및 알림 메시지 표출 기능으로 개선 가능하며 향후 제작하겠다는 의견이었으며 B사에서도 기술적으로 문제없으며 즉시 반영가능하다는 의견이었다.

ECDIS와 관련하여서는 A사의 경우에 경고음 발생 및 알림 메시지 표출 기능 가능하며 다만 속력제한구역 등 사용

자에게 경보를 제공하기 위한 기준이 되는 입력 데이터는 공공기관(해양수산부, 국립해양조사원 또는 해양경찰청)에서 표준화된 정보를 제공하는 등 제작 및 배포 주체가 명확하기를 희망한다는 의견이었다.

Table 6. Inquiries result about the possibility of alarm occurrence and message display function

Institution & Company		GPS plotter	ECDIS
KRISO	Warning Voice	○	○
	Warning Message	○	○
NMPNT	Warning Voice	○	○
	Warning Message	○	○
KHOA	Warning Voice	○	○
	Warning Message	○	○
A Company	Warning Voice	○	○
	Warning Message	○	○
B Company	Warning Voice	○	○
	Warning Message	○	○
C Company	Warning Voice	○	○
	Warning Message	○	○

선박해양플랜트연구소로 부터는 저자가 제시한 항법장치에 속력제한 경고기능에 관한 시스템 기능개선 사항은 기술적으로 적용 가능하며 저자의 제안을 반영하여 추진 중에 있는 e-NAVIGATION 사업에 적극 반영할 것이라는 회신을 받았다.

국립해양조사원으로부터는 안전해 앱에 경고음 및 경고 메시지 표출 기능이 올해 연내 가능함을 회신 받았고 국립해양측위정보원으로부터는 해로드 앱에 속력제한구역 및 수상레저금지구역 등 각종 해양경계구역에 대한 정보표시 반영이 가능하고 경보음 발생 및 메시지 표출 기능은 향후 기능개선 사업(2020년-2021년) 추진에 반영 가능함을 회신 받았다. 이와 같이 관련기관과 GPS 플로터 및 ECDIS 제작 전문 업체의 전문가들로부터 회신 받은 검토 결과에 따라 4.2에서 제안한 항법장치에 속력제한구역 설정 및 제한속력 초과 항행의 경우에 음성경고 기능과 메시지경고 기능 적용은 기술적으로 충분히 가능한 것으로 확인 및 평가된다.

5. 결론

이 연구는 속력제한구역이 지정된 무역항과 진입수로에서 항만별로 제한속력이 다르며 실질적 관리수단의 부재로

어선 등 소형선박에 의한 제한속력 위반 행위가 빈번히 발생하고 있는 점과 제한속력 위반으로 인한 선박 충돌사고가 지속적으로 발생하고 있는 점을 중요하게 인식하고 속력제한구역 지정항만 현황과 법령을 고찰하였으며 무역항 및 진입수로에서 발생한 해양사고를 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 선박운항자의 인적과실에 의한 충돌사고 예방을 위하여 GPS 플로터와 ECDIS 및 정부에서 해양안전을 위하여 개발·보급한 스마트 폰 어플리케이션에 속력제한 위반 경고 기능 도입을 검토하고 제안하였다. 그리고 제안된 개선기능이 기술적으로 가능한지 여부에 관하여 관계 기관과 항법장치 제작전문 업체를 대상으로 수렴한 전문가의견을 검토하였다.

(1) 무역항 및 진입수로에서 최근 5년간(2014-2018년) 발생한 해양사고는 총 1,344건(연평균 269건)으로 매년 지속 발생하고 있다. 선종별로는 상선에 의한 사고가 508건, 어선에 의한 사고가 563건으로 어선에 의한 사고가 높았다. 이는 선교에서 1인 당직을 수행하는 어선 선장을 대상으로 인적과실 저감 방안을 위한 시급한 검토가 필요함을 의미한다.

(2) 속력제한 위반선박에 장착된 항법장치를 대상으로 제한속력 위반 항행시 경고기능 도입이 가능한 장치를 검토한 결과 어선에서 사용하는 GPS 플로터와 상선에서 사용하는 ECDIS가 적합하며 선박운항자가 위반 즉시 인지 가능하도록 음성경고 기능과 동시에 메시지 경고기능이 적절함을 제안하였다.

(3) 제안된 기능 개선방안에 대하여 관련기관과 제작업체의 전문가 의견을 수렴한 결과 정부부처 산하 3개 기관 및 전문 제작업체 3곳 모두에서 전문가들로부터 현재의 장치에 기술적으로 가능함을 회신 받음으로써 기능 개선이 충분히 가능한 것으로 확인되었다.

이 연구의 한계점으로는 GPS 플로터와 ECDIS에 제한속력 위반 상황에서 경고기능 적용에 관한 세부 기술적 제시는 부족한 점이 있으나 이는 전문 제작업체에서 시스템 업그레이드 등의 방법으로 가능하다. 또한 시스템 기능 개선에 관련된 경고음 종류, 경보발생 기준, 경고 메시지 내용 및 화면상 전시 위치 등 세부내용은 관련 기관과 업체의 협의체에서 사전 정의 및 표준화가 요구된다.

본 연구결과는 한국해양과학기술원 선박해양플랜트연구소에서 추진 중인 e-NAVIGATION 사업에 반영할 예정으로 선박운항자에 대한 인적과실 감소와 한국형 e-NAVIGATION 구축에 도움이 될 것으로 기대된다.

향후 이 연구에서 제안된 제한속력 위반 상황 경고기능의 구체화와 더불어 선박운항자에 대한 인적과실 감소를 위하여 선교(Bridge)에 설치된 다양한 항법장치에 대한 기능개선 연구가 진행될 필요가 있다.

Reference

- [1] Acar, U., R. Ziarati, and M. Ziarati(2012), Collisions and Groundings - Major causes of accidents at sea, <http://www.marifuture.org/Publications/Papers>, pp. 48-51.
- [2] Act on the Arrival, Departure, etc. of Ships(2019), Article 17, <http://www.law.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [3] Act on the Investigation of and Inquiry into Marine Accidents (2019), Article 17, <http://www.law.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [4] Catherine, H. and F. Rhona(2006), Safety in shipping: The human element, *Journal of Safety Research*, Vol. 37, No. 4, pp. 401-411.
- [5] Chin, H. C. and K. D. Ashim(2009), Modeling perceived collision risk in port water navigation, *Safety Science*, Vol. 47, pp. 1410-1416.
- [6] Dhillon, B. S. and S. N. Rayapati(1988), Human Performance Reliability Modelling. *Microelectronics and Reliability*, 28(4), pp. 573-580.
- [7] Enforcement Regulations of the Maritime Safety Act(2019a), Article 7, <http://www.law.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [8] Enforcement Regulations of the Maritime Safety Act(2019b), Article 23, <http://www.law.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [9] Enforcement Decree of the Harbor Act(2019), Article 2, <http://www.law.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [10] Gunsan Regional Office of Oceans and Fisheries(2019), Notification on the Maximum Navigation Speed at Gunsan, <http://www.gunsan.mof.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [11] Kim, D. B., B. W. Yun, J. Y. Jeong, J. S. Park, and Y. S. Park(2012), A Fundamental Study on the Improvements of Speed Limit at the Ports and Fairways in Korea, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 18, No. 5, pp. 423-430.
- [12] Kim, D. B. and C. Y. Jung(2016), A Study on the Designation Status and Effectiveness of Speed Limit in Harbour, *Journal of Korean Maritime Police Science*, Vol. 6 No. 3, pp. 27-50.
- [13] Kim, D. B., J. Y. Jeong., J. S. Park, and Y. S. Park(2015), Development of the Speed Limit Model for Harbour and Waterway(I) -Considerations Discrimination for Speed Limit Decision-, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 21, No. 2, pp. 171-178.
- [14] Kim, D. S.(2017), A Study on Factors that Trigger Human Errors Related to Causes of Ship Collisions, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 23, No. 7, pp. 801-809.
- [15] Korean Maritime Safety Tribunal(2018), Marine Casualties Statistics per Year, <http://www.kmst.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [16] Korean Maritime Safety Tribunal(2019), Investigation Report, Written Verdict, <http://www.kmst.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [17] Maritime Safety Act(2019), Article 31, <http://www.law.go.kr/> (Accessed: August. 2019).
- [18] Park, B. S., H. S. Kim, I. K. Kang, S. J. Ham, J. C. Kim, and I. H. Oh(2013), Study on the marine casualties in Korea, *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology*, Vol. 49, No. 1, pp. 29-39.
- [19] Pasquale, V. D., S. Miranda, R. Iannone, and S. Riemma(2015), A Simulator for Human Error Probability Analysis (SHERPA), *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 139, pp. 17-32.
- [20] Rothblum, A.(2000), Human Error and Marine Safety. Presented at the Maritime Human Factors Conference 2000, Linthicum, MD, March 13-14.
- [21] Samyung ENC(2019), GPS plotter_manual_NAVIS 3800, <http://www.samyungenc.com/> (Accessed: September. 2019).
- [22] Wikipedia(2019), Electronic Chart Display and Information, <http://www.wikipedia.org/> (Accessed: September. 2019).

Received : 2019. 09. 27.

Revised : 2019. 10. 31. (1st)

: 2019. 11. 20. (2nd)

Accepted : 2019. 12. 27.