

工學碩士 學位論文

연안해역의 해상교통관제
방안에 관한 研究

- 목포해역을 중심으로

指導教授 朴 鎮 洙

2003年 2月

韓國海洋大學校 大學院

운항시스템공학과

文 範 植

本 論文을 文範植의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

委員長 김 세 원 印

委 員 국 승 기 印

委 員 박 진 수 印

2003年 2月

韓國海洋大學校 大學院

운항시스템공학과

文 範 植

목 차

표 목차	iv
그림 목차	v
Abstract	vi
제1장 서 론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 방법 및 범위	2
제2장 VTS의 이론적 고찰	5
2.1 VTS의 개요	5
2.1.1 VTS의 정의	5
2.1.2 VTS의 목적	7
2.1.3 VTS의 역할과 서비스	8
2.1.4 VTS 서비스 범위 설정시 고려사항	11
2.2 VTS의 세계적 추세	16
2.2.1 외국의 사례	16
2.2.2 미래의 VTS	20
2.3 VTS의 사고예방효과	23
2.3.1 VTS 수준별·해역별 효과	23
2.3.2 사고종류별·원인요소별 효과	25

2.4 연안VTS	26
2.4.1 연안VTS의 설치 필요성	26
2.4.2 연안VTS의 설치가 필요한 해역	27
2.4.3 연안VTS 서비스의 중요도	28
2.4.4 연안VTS 설치에 따른 기대효과	29
2.5 설치 대상해역 선정	30
제3장 해상교통조사	33
3.1 해상교통조사의 개요	33
3.1.1 해상교통조사의 목적	33
3.1.2 해상교통조사의 의의	34
3.1.3 해상교통조사방법	35
3.2 교통량 조사 및 분석	38
3.2.1 교통 항적도	40
3.2.2 관측결과	44
3.3 요약	46
제4장 해양사고 분석	48
4.1 해양사고의 개요	48
4.1.1 해양사고의 정의	48
4.1.2 해양사고의 종류	50
4.2 해양사고 분석	53
4.2.1 인적 요인	56
4.2.2 자연적 요인	61
4.3 요약	65

제5장 연안VTS의 제안	66
5.1 IMO 및 IALA의 권고 및 지침	67
5.2 현장 조사	69
5.2.1 도초도	71
5.2.2 가사도 등대	72
5.2.3 서거차도 정상	73
5.2.4 하조도 등대	74
5.2.5 어룡도 등대	75
5.2.6 당사도 등대	76
5.2.7 진도 서망	77
5.3 후보지 선정	78
제6장 결 론	81
참고문헌	83

표 목 차

Table 2.1 Levels of VTS	7
Table 2.2 Different Named of VTS	9
Table 2.3 Types of VTS Services	10
Table 2.4 VTS Effectiveness for Collisions(Participating Vessels)	24
Table 2.5 VTS Effectiveness for Collisions(Non-Participating Vessels)	24
Table 2.6 VTS Effectiveness for Groundings(Participating Vessels)	24
Table 2.7 Estimated VTS Effectiveness Percentage by Casualty type	25
Table 2.8 Importance of Coastal VTS Services	28
Table 2.9 Effectiveness of Coastal VTS	29
Table 3.1 Data Sheet	39
Table 3.2 Number of Ships by Vessel Type	44
Table 3.3 Traffic Volume by Time Band	45
Table 4.1 The Classification of Name Casualties	51
Table 4.2 The Causal Analysis of Marine Casualties	54
Table 4.3 Number of Accidents Caused by External Factors	58
Table 4.4 Number of Casualties Caused by Human Error	58
Table 4.5 Number of Accident by Officer's Grade	59
Table 4.6 Number of Casualties by Time Band	61
Table 4.7 Weather Statistics of Mokpo Water	62
Table 4.8 Number of Casualties by Weather	63
Table 5.1 Results of the Site Survey	78

그림 목 차

Fig. 1.1 Flowchart of the Study	4
Fig. 2.1 Block Diagram VTS/AIS Integration in Singapore	17
Fig. 2.2 Overview of the Silent VTS in New Orleans	18
Fig. 2.3 VTS Integration by MDS	19
Fig. 2.4 Block Diagram of Voiceless VTS	20
Fig. 2.5 Block Diagram of VTMIS	21
Fig. 2.6 Implementing Water of Coastal VTS	27
Fig. 2.7 Boundary of The Study	32
Fig. 3.1 Ship's Track of Hajo-Do	40
Fig. 3.2 Ship's Track of Chilbal-Do	41
Fig. 3.3 Ship's Track of Eoryong-Do	42
Fig. 3.4 Ship's Track of Dangsa-Do	43
Fig. 4.1 Geographical Distribution of Casualties	55
Fig. 5.1 Location of Site Survey	70
Fig. 5.2 Vicinity of Docho-Do	71
Fig. 5.3 Vicinity of Gasa-Do	72
Fig. 5.4 Vicinity of Seogecha-Do	73
Fig. 5.5 Vicinity of Hajo-Do	74
Fig. 5.6 Vicinity of Eoryong-Do	75
Fig. 5.7 Vicinity of Dangsa-Do	76
Fig. 5.8 Vicinity of Seomang(Jindo)	77
Fig. 5.9 Locations of the R/Sand Center with Radar Coverage	80

A study on the Marine Traffic Management in Coastal Waters

Moon, Beom Sik

*Department of Ship Operation Engineering
Graduate School of Korea Maritime University
Pusan, Korea*

Abstract

This study recognized that wide area vessel traffic management system is necessary at the traffic congested area and/or environmentally sensitive water through the survey on the international trends on VTS. Also IMO and IALA have recommended to implement a VTS at the waters having a high traffic density, conflicting & complex navigation pattern, difficult hydro-graphical & hydrological elements, many records of marine casualties and/or narrow channels. Furthermore the Canadian and other researches revealed that the estimated effect of VTS on accident prevention is much higher in Open waters than Confined waters.

This study comprehensively assessed the marine traffic features in Mokpo water through the traffic survey at four(4) locations. The results shows that there are high traffic density, number of narrow channels, many ships carrying

hazardous cargoes, and many encounters and conflicting navigation patterns.

The analysis of ship casualties in Mokpo water indicated that most of the accidents were occurred along the main route of traffic, thus some kind of traffic management measure should be implemented in this water. The causal analysis revealed that many casualties by the human error which could be eliminated by the assistance of VTS.

The conclusions include 1) six proposed sites of Radar to cover the whole area, and 2) a proposed VTS center to manage the traffic considering the feasibility, availability and etc. It is surely expected that the proposed coastal VTS should improve the safety & efficiency of traffic and protection of marine environment in the water.

제1장 서론

1.1 연구의 배경

근래에 들어 국내·외에서 발생한 대형 유조선들의 기름 유출사고는 해양 환경에 막대한 피해를 입혀 엄청난 경제 손실뿐만 아니라 사회적으로 큰 충격을 불러일으키고 있다. 또한 해양오염사고의 확산 범위가 항만 및 인접 연안수역에 이르고 있어 앞으로 선박교통관리의 대상이 항만 및 그 인접 수역, 그리고 연안 수역까지 확대되어야 함을 보여 주고 있다.

따라서 선박교통관리제도(Vessel Traffic Services; 이하 VTS라 한다.)는 그 관할 구역이 점차 확대되는 개념으로 변해가고 있으며, 레이더 탐지 범위를 벗어난 해역뿐만 아니라, 해양오염 민감선박에 대해서는 대양항로에서부터 통항을 관리하여 만약의 사태에 대비하는 경향을 보이고 있다.

우리나라는 1993년 1월 1일 포항항에 3단계(시청각에 기초한 향상된 레이더로 감시, 통제)수준의 VTS가 도입된 이래 1996년에 광양·여수·울산항, 1998년에 마산·진해·인천·평택·대산·부산항, 1999년에 동해·제주·군산·목포항에 설치되어 전국 14개 항만에서 VTS가 운영되고 있다.[1] 하지만 현재 우리나라 항만에서 운영되고 있는 VTS는 서비스 범위를 항계내로 제한하여 해상교통정보를 수집하기 때문에 관리 범위가 좁은 지역에 한정되어 연안을 이동하는 선박의 동태를 파악하거나, 또는 타 선박에게 그 정보를 제공해 줄 수 없는 실정이다.[2] 그러나 세계적인 추세는 항만 및 그 인접수역 뿐만 아니라, 점차 광범위한 해역에 걸쳐 선박 교통 관리의 필요성이 요구되는 추세이다. 현재 이와 같은 목적으로 선진 외국에서는 항만이 아닌 중요 수로 및 연안 해역에 대하여 레이더를 이용한 교통 감시를 시행하고 있으며, 레이더의 탐지 범위를 보완할 수 있

는 광역관리시스템 즉, 연안선박교통관리제도(이하 연안VTS라 한다)에 대한 연구가 진행 중이다. 따라서 우리나라에서도 선박의 교통밀도가 높은 연안해역이나, 수로에 대한 광역교통관리의 도입에 관한 연구·검토가 필요하다.

1.2 연구의 방법 및 범위

이 연구에서는 VTS에 관련된 국제해사기구(International Maritime Organization; 이하 IMO라 한다), 문헌, 연구보고서 및 각종 논문 등에 수록된 선행 연구들을 수집·분석하고, 연안VTS 도입에 대하여 관련기관 및 이용자의 설문조사를 통하여 그 필요성과 타당성을 검토하며, 연안VTS의 세계적인 추세를 고찰하였다. 그리고 이 연구의 대상해역에 대한 해상교통조사를 통하여 얻은 선박 통항량과 과거 4년간(1998-2001년)의 해양사고를 분석하였다. 이를 통하여 현장조사를 실시하여, 연안VTS센터 및 레이더사이트(Radar Site; 이하 R/S라 한다)의 위치를 제안하고자 한다. 자료의 대부분을 세계 각국의 VTS 관련 전문지를 통하여 수집하였기 때문에 가급적 원어로 표기하여 이해를 돕고자 하였다.

이 연구의 각 장별 내용은 다음과 같다.

제2장은 VTS의 이론적 고찰로서 외국의 사례를 통하여 세계적인 추세를 조사하고, 연안VTS를 도입함으로써 얻어지는 편익과 해양사고 감소효과에 관한 연구사례를 중심으로 기술하였으며, 설문조사를 통하여 연안VTS의 필요성을 분석하였다.

제3장은 교통조사의 개요와 어룡도, 당사도, 하조도 및 칠발도에서 목시관측과 레이더관측을 실시한 교통조사 내용과 교통특성을 분석하였다.

제4장은 해양사고의 개념과 해양안전심판원의 재결목록 중 과거 4년간 (1998-2001년) 목포해역에서 발생한 해양사고를 분석하여 교통관련 사고를 인적 요인과 자연적 요인으로 구분하여 분석하였다.

제5장은 목포해역의 연안VTS 구축을 위한 제안으로, IMO 및 국제항로표지협회(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities; 이하 IALA라 한다)의 권고와 지침, 그리고 제3장의 교통량 조사를 통하여 얻은 통항량과 교통특성 및 도초도, 가사도, 서거차도, 하조도, 어룡도, 당사도, 진도서망의 현장조사를 통하여 1개의 센터와 6개소의 R/S를 제안하였다.

제6장은 이 연구에서 도출된 결론으로 구성하였다.

이 연구의 절차를 도식화하면 Fig. 1.1와 같다.

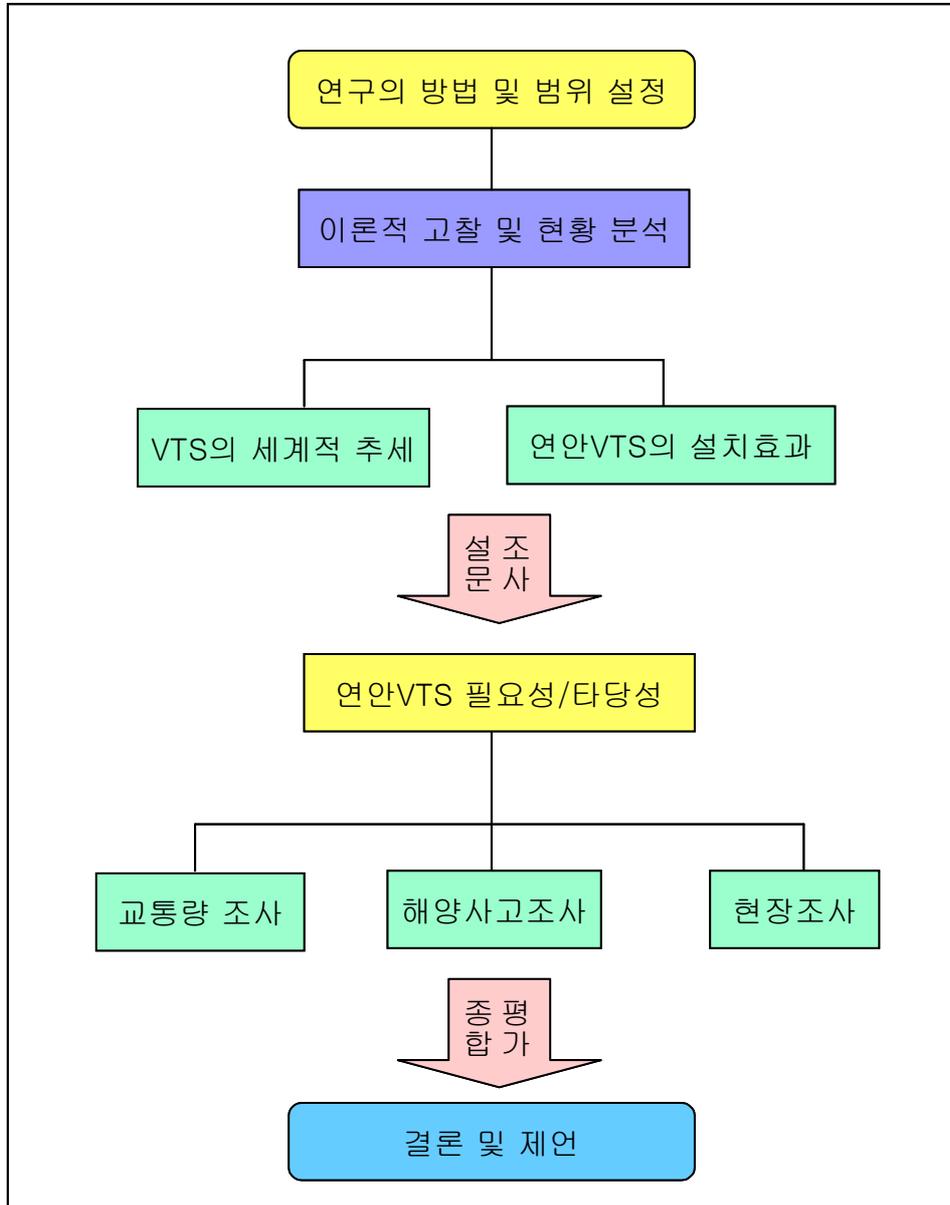


Fig. 1.1 Flowchart of the Study

제2장 VTS의 이론적 고찰

2.1 VTS의 개요

2.1.1 VTS의 정의

IMO Resolution A.857(20)에서는 “VTS란 선박통항의 안전과 효율을 증진시키고 환경을 보호하기 위해 주무관청이 제공하는 서비스로, 이러한 서비스는 VTS구역 내에서 일어나는 교통상황과 상호작용하여 대응할 수 있어야 된다.”[3]라고 VTS를 정의하고 있다.

A VTS, as defined by IMO Resolution A. 857(20), *Guideline for Vessel Traffic Services* is :

“Any service implemented by a competent authority, designed to improve safety and efficiency of vessel traffic and the protection of the environment. It may range from the provision of simple information messages to extensive management of traffic within a port or waterway.”

또한 국제해상인명안전협약(International Convention for the Safety of Life at Sea; 이하 SOLAS협약이라 한다) 제5장 8-2(1999년 7월 1일 발효)규칙 선박통항관제에서는 “VTS는 해상교통이 야기할 수 있는 유해한 영향으로부터 ① 해상에서의 인명안전 ② 항해의 안전과 효율성 ③ 해양환경·근접해안지역·작업장 및 연안해상설비의 보호에 기여한다.”[4]라고 정의하고 있다.

VTS의 정의(SOLAS 협약)

Vessel Traffic Services(VTS) contribute to the safety of life at sea, safety and efficiency of navigation and protection of marine environment, adjacent shore areas, work sites and offshore installations from possible adverse effects of maritime traffic

우리나라의 경우는 해상교통안전법 제2조(정의) 제34호에서 “해상교통관제방식이라 함은 선박의 안전하고 원활한 통항을 목적으로 해상교통관제시설을 설치하여 항행하는 선박에 대하여 적절한 항행정보를 제공하고, 당해 선박이 적법하게 항행하는지의 여부를 감시·지도하는 제도를 말한다”라고 정의하고 있다.

이 시스템은 항만의 입구 부근, 연안의 교통량이 밀집하는 곳, 위험화물의 수송수역, 항행 상의 위험수역, 좁은 수로 또는 해양환경의 보호수역 등에 설치하여 항행정보를 선박에게 제공하여 주며, 일본은 해상보안청(Japan Coast Guard)에서, 미국은 해안경비대(U.S. Coast Guard)에서 이 업무를 관장하고 있고, 우리나라는 해양수산부에서 관장하고 있다.[5] 목포지방해양수산청의 항만관리시설운영세척에서는 “항만교통정보센터(PTMS : Port Traffic Management Service Center)라 함은 항만에 입·출항하는 일정규모 이상의 선박의 동정을 관찰하고 안전운항을 위한 조언 또는 정보를 제공하는 업무를 수행하는 청의 부서를 말한다”라고 정의하고 있다.

2.1.2 VTS의 목적

VTS는 1948년 영국 리버풀항에서 처음 설치된 후 급속한 속도로 전세계 항만 및 연안수역에 설치되고 있으며, 시스템의 구성에 따라 Table 2.1과 같이 4단계로 구분할 수 있다.

Table 2.1 Levels of VTS

단계	내용
1단계(Level I)	선박이동상황보고제도(Vessel Movement Reporting System)
2단계(Level II)	기본적인 레이더 감시(Basic Radar Surveillance) : 1단계 시스템에 기본적인 레이더 감시로 이루어지는 시스템으로, 최신기능이 없는 선박용 레이더
3단계(Level III)	진보된 레이더 감시(Advanced Radar Surveillance) : 종합적인 통신시스템 및 최신레이더를 이용한 시스템으로, 이 레이더는 고감도 라스터스캔 레이더로서 자동항로추적 및 분석기능, 항로이탈 및 충돌위험경보장치 등의 기능을 갖춘 최신 레이더
4단계(Level IV)	완전자동감시(Automatic Dependent Surveillance) : 통항선박에 자동트랜스폰더를 설치하여 GPS를 통하여 선박사양 및 위치를 센터에 자동 송신하는 기능을 포함하는 시스템

자료 : 정재용, 항행원조시설의 비용편익 분석 모델에 관한 연구, 2001, p21

우리나라의 주요항만에 설치된 VTS는 넓은 의미로는 등대, 부표 등과 함께 항행원조시설(Aids to Navigation)에 속하는 것이나, 좁은 의미로는 레이더에 의한 통항선박의 감시와 조정 등을 의미하고 있다. 그러나 어느 경우이든 그 근본 목적은 통항선박에 대하여 항행상의 위험 정보나 주변 교통상황에 대한 정보를 제공함으로써 통항상의 안전과 원활한 교통흐름(Efficient traffic flow)을 달성하는데 있다[6]고 볼 수 있으며, IALA에서 발행하는 Navguide(2001)에서도 VTS의 목적을 “VTS 구역내에서 교통상황변화에 응답하고 교통에 상호작용하도록 하는 것.(The purpose of a VTS is to interact with the traffic, and respond to traffic situations developing within the VTS area.)”[7]이라고 정의하였다.

또한 IMO, SOLAS협약 및 우리나라의 VTS 설치 목적에서도 알 수 있듯이 VTS는 “항해의 안전과 효율성 증진, 해상에서의 인명의 안전과 해양 환경의 보호”를 위한 시스템이다.

VTS는 선박의 식별과 감시, 선박이동의 전략수립, 항행정보 제공과 원조, 그리고 오염의 방지와 오염 발생시에 도움을 주기 위함이지만, 명백하고 꼭 필요한 정보를 제공할 수 있는 능력과 위험 상황에 즉각적으로 대응할 수 있는 능력이 질적 수준을 좌우한다. 어떠한 경우라도 가장 중요한 목표는 결국, 서비스 범위내의 고유한 환경, 통항량 및 통항성질에 따라 결정된다.[8]

2.1.3 VTS의 역할과 서비스

VTS는 초기에는 선박의 안전운항을 위한 정보를 제공하는데 국한되었으며, 명칭 또한 VTC, VTM 등의 다양한 이름으로 불리게 되었는데 그 내용을 보면 Table 2.2와 같다.[9]

해상 교통의 폭주화에 따라 항만 또는 항로의 효율성 제고 측면에서 해상통항을 적극적으로 관리하게 되고, 항로의 공간분할 개념에서 시간분할 개념(시간분할에 의한 일방 통행)으로 확장되면서 항로의 효율성 제고가 더욱 강조되었고, 준법 여부의 감시기능 또한 수행하게 되었다. 또한 1980년대 이후 대형 해양사고로 인한 환경오염문제가 빈발하면서 해양환경보호라는 기능이 VTS의 중요한 목표로 추가되었다.[10]

Table 2.2 Different Name of VTS

VTC	Vessel Traffic Control
VTM	Vessel Traffic Management
VTMS	Vessel Traffic Management System
VTSS	Vessel Traffic Surveillance System
PTC	Port Traffic Control
WWMS	Water-Way Management System
VTIS	Vessel Traffic Information System
VTAS	Vessel Traffic Advisory Service
VTS	Vessel Traffic Service

자료 : 박진수, (증보) 해상교통공학, 2001, p175

한편 서비스 범위도 항만과 수로의 개념에서 연안수역 또는 공해까지 확장되고 있다. 선박통항의 안전과 효율성의 증대 및 환경보호를 위하여 VTS가 제공하는 서비스의 종류는 Table 2.3과 같이 선박의 교통상황에 따라 정보의 제공 또는 단순한 조언과 권고 및 특수한 지시나 명령으로 구분된다.

IMO는 선박교통관리제도를 정보서비스(Information Service), 항행원조서비스(Navigational Assistance Service), 통항관리서비스(Traffic Organization Service)

및 연관활동지원서비스로 구분하고 있다. 선박교통관리제도가 제공하는 서비스의 종류는 지리적 특성과 교통밀도 및 교통형태를 고려하여 결정하는데, 이러한 서비스에 있어서 정보서비스는 독립적이지만, 항행원조서비스는 정보서비스를 포함하고, 통항관리서비스는 정보서비스와 항행원조서비스를 포함하고 있어서 독립적으로는 제공되지 않는다.

Table 2.3 Types of VTS Services

서비스 종류	서비스 내용
정보제공 서비스	정해진 시간이나 VTS 센터가 필요하다고 인정한 시간 또는 선박의 요청이 있을 때 주로 방송, E-mail, 개별통신에 의해 제공되는 서비스
항행지원 서비스	선박의 요청 또는 필요하다고 인정된 경우 VTS 센터에 의해 제공되는 서비스
통항관리 서비스	VTS 해역 통항의 안전 및 효율적인 이동을 위한 점진적인 계획에 관한 것으로서, 항해계획을 바탕으로 하는 서비스
연관활동지원 서비스	VTS 해역에서 선박의 안전하고 효율적인 통항이 포함된 실질적인 서비스로 선박의 보고에 대한 부담을 줄이면서 VTS의 효과를 높이고 정보수집, 평가 및 자료의 보급을 원활히 하기 위한 서비스

자료 : 정재용, 항행원조시설의 비용편익 분석 모델에 관한 연구, 2001, p22

정보서비스는 주변상황, 교통현황을 적시(適時)에 선박에 제공하여 항해의사 결정과정을 지원하기 위한 서비스로서, 선박의 위치, 목적지, 채널, 선박위치보고지점 등 정보의 수정과 변경이나, 항행관련 기상상태, 항행통보, 교통혼잡상황, 조종성능제한선박 등의 정보를 제공한다.

항행원조서비스는 선박의 항해의사결정을 지원하고, 특히 시정제한이나 기상

악화시에 도움을 주는 서비스로서, 선박이 취할 올바른 침로와 속력, 항로, 변침점, 주위 선박의 의도 및 위치정보 등을 개별 선박에게 제공한다.

통항관리서비스는 위험상황의 전개 및 교통의 안전하고 효율적인 흐름을 위해 제공하는 서비스로서, 교통이 혼잡하거나 입·출항하기 위한 선박이동이 다른 선박교통의 흐름에 악영향이 예상될 때 제공되는 서비스이다. 예를 들면, 입·출항하기 위한 이동선박의 순서결정, 항로할당, 선박위치보고, 속력제한구간 설정 등 선박교통관리제도의 운영방안 및 관련서비스와의 협조를 통한 감시, 선종별·화물별 통항계획수립 등이다.

연관활동지원서비스는 선박의 안전하고 효율적인 통항이 포함된 실질적인 서비스로, 선박보고의 부담을 줄이면서 선박교통관리제도의 효과를 높이고 정보수집, 평가 및 데이터의 보급 등을 원활히 하기 위한 서비스이다. 서비스내용은 수색 및 구조, 오염통제, 항만지원, 도선업무지원, 행정당국지원 및 구조지원활동 등이 있다.

2.1.4 VTS 서비스 범위 설정시 고려사항

IMO는 SOLAS협약 제5장 8-2규칙에서 “당사국 정부는 해상교통량 또는 발생 가능한 위험의 정도가 VTS의 설립이 요구된다고 판단되는 해역에 VTS의 설립을 위한 필요한 조치를 취할 의무를 갖고, 연안국의 영해내의 해역에 대해서는 VTS 사용을 강제화 할 수 있다”라고 규정하고 있다. 따라서 해상교통량이 폭주하고 사고 발생가능성이 높은 구역에 VTS를 설치·운영할 수 있으며,[11] 구역의 크기와 지리적 배치, 교통밀도 및 제공될 VTS서비스에 따라 VTS구역을 하위구역 혹은 섹타로의 구분 필요성을 제공하고 있다.[12]

VTS 시스템이 전 연안을 따라 설치·운영되는 것은 아니지만, 항만 및 그 인접 수역뿐만 아니라 점차 광범위한 해역에 걸쳐 해상교통관리의 필요성이 증대되는 추

세이다.[13]

한편 세계 주요 항만에 설정·운영중인 VTS 서비스구역은 당해 항만의 특성에 따라 다양하게 운영되고 있고, 그 역할도 다르다. 적절한 VTS 서비스 구역의 설정에 대해서는 IMO의 권고사항과 노르웨이의 VTMS의 적용구역 및 다른 연구논문 등에서 다음과 같이 정의하고 있다.[14,15,16]

- 1) 높은 교통밀도 구역
- 2) 위험화물을 운송하는 교통 통항로
- 3) 상충되고 복잡한 항행형태 구역
- 4) 어려운 수로학적, 수문학적 및 기상학적 요소가 있는 구역
- 5) 움직이는 모래톱이나 다른 지형적인 위험이 있는 구역
- 6) 환경적인 고려가 필요한 구역
- 7) 다른 해상에 기초한 활동들의 선박교통에 의한 방해가 있는 구역
- 8) 해양사고의 기록이 많은 구역
- 9) 인접수역에 상존하거나 계획된 해상교통관제와 적절하다면 이웃 국가들사이의 협력을 위한 필요성이 제기된 구역
- 10) 협수로, 항만배치, 교량 및 선박들의 진행이 제한될 수 있는 유사한 구역
- 11) 구역내에서 항만이나 연안터미널 개발 혹은 연안의 자원탐사와 이용으로부터 교통형태에서 존재하거나 예견되는 변화가 있는 구역

따라서 상기와 같은 사항들은 서비스 구역을 설정할 때 고려해야 할 요소들로서, 이는 상기 조건들이 존재하는 곳에 VTS가 설치될 필요가 있다는 것을 의미한다.

1) VTS의 서비스 내용

VTS에서 제공하는 서비스는 2.1.3에서 언급한 바와 같이 크게 네가지로 구분하고 있지만, 구체적인 서비스 형태는 다음과 같이 10가지로 구분할 수 있다.[17]

(1) 시정이 제한된 상태에서 통항하는 선박에 대한 지원

선박교통관리센터에서는 안개, 비 또는 눈으로 인하여 시정이 제한된 상태에서 교통상황을 레이더로 관찰·추적하고, 본선으로부터 요청이 있을 때에나 위험상황이 예상될 때에는 선박교통상황정보, 위험물 또는 장애물에 관한 정보를 알려주는 등의 서비스를 제공한다.

(2) 기상상태가 좋지 않은 경우의 지원서비스

기상상태가 좋지 않은 경우, 선박교통관리센터에서는 기상정보의 제공, 조석이나 조류에 대한 정보 제공, 레이더를 통한 본선 위치의 관찰 및 추적, 본선으로부터 요청이 있을 때에나 위험상황이 예상될 때 본선에 대한 지원서비스를 제공한다.

(3) 교통이 혼잡한 지역에서 통항선박에 대한 지원

선박교통관리센터에서는 교통이 혼잡한 해역에서 통항하고 있는 선박에 대해 통항 정보의 제공, 선박과의 무선교신유지, 통항선박에 대한 관찰 및 감시, 기타 선박 통항과 관련된 통항량의 조정과 정보제공 등의 서비스를 제공한다.

(4) 어선 또는 소형선이 밀집해 있는 지역에서의 지원

선박교통관리센터에서는 어선 또는 유람선 등과 같은 소형선이 밀집해 있는

해역에서 이러한 사전 정보를 다른 선박에 제공하거나, 다른 선박의 접근 사실을 소형 선단에 알려주는 일 또는 소형 선단을 효과적으로 피해갈 수 있는 침로를 다른 선박에 알려주는 등의 서비스를 제공한다.

(5) 협수로 등에서의 선박교통관리의 지원서비스

협수로, 수심이 낮은 해역, 만곡부, 교량 또는 부유물이 있는 해역에서, 이러한 위험상황에 대한 사전정보제공, 위험수역에서의 교통정보제공, 선박의 이동상황 관찰 및 필요시 이러한 위험상황을 줄이기 위해 교통을 조정하고 통제하는 등의 서비스를 제공한다.

(6) 항법위반 선박 또는 결함선박이 있는 경우의 지원

통항선박이 정해진 항로를 이탈하여 항행하고 있는 경우, 규정된 속도를 넘어 항행하고 있는 경우, 정해진 항법을 위반하고 있는 경우 또는 예견되는 위험에 대해 아무런 조치를 취하고 있지 않는 선박이 있을 경우에, 선박교통관리센터에서는 당해 선박에 대해 이러한 위반 사실을 지적해 주고 주변을 항행하고 있는 다른 선박에게는 위반 선박의 위치 등에 관한 정보를 알려주는 등의 서비스를 제공한다.

(7) 긴급상태에 있는 선박에 대한 지원

선박교통관리센터에서는 화재나 기관, 타기, 추진기, 레이더, 통신장비의 고장 및 기타 응급상태에 있는 선박의 식별 및 지원, 주위를 통항하는 선박에 대해서는 이러한 선박을 피해갈 수 있도록 하는 등의 서비스를 제공한다..

(8) 외국어로 인한 교신상의 어려움이나 경험 부족으로 어려움을 겪고 있는 선박에 대한 지원

선박교통관리센터에서는 교신상의 어려움에 처해 있는 선박을 조기에 식별하여 움직임을 관찰하고, 주위를 항행하는 다른 선박에 대해서는 이러한 선박이 있음을 알려주며, 본선으로부터 요청이 있을 때는 이를 지원하여 주는 등의 서비스를 제공한다.

(9) 무선교신내용청취를 통한 지원

선박교통관리센터에서는 선박과 선박, 선박과 육상, 선박과 예선 및 선박과 도선선 사이의 교신내용을 청취할 수가 있는데, 이를 통하여 교신상의 어려움이 인지될 때는 이를 중계 또는 조정해줄 수가 있고, 교신내용을 분석해 본 바 위험이 예견될 때에는 이에 대한 교정 및 권고를 하는 등의 서비스를 제공한다.

(10) 통항선박에 대한 정보제공서비스

선박교통관리센터에서는 관제 요원이 인지한 항행상의 새로운 위험 사실(항로 표지의 고장이나 이동 등, 해도나 수로서지의 변경 사항, 부유물 등)에 대한 정보를 주변의 통항선박에게 알려주는 등의 서비스를 제공한다.

이상 10가지의 서비스 중에서 가장 중요한 서비스로 인식되고 있는 내용은 “시정이 제한된 상태에서 통항하는 선박에 대한 지원”이고, 두 번째로 중요한 서비스는 “교통이 혼잡한 지역에서 통항선박에 대한 지원”이며, 그 외 중요한 기능은 “항법위반선박 또는 결함선박이 있는 경우의 지원”과 “긴급상태에 있는 선박에 대한 지원” 등인 것으로 인식되고 있다.

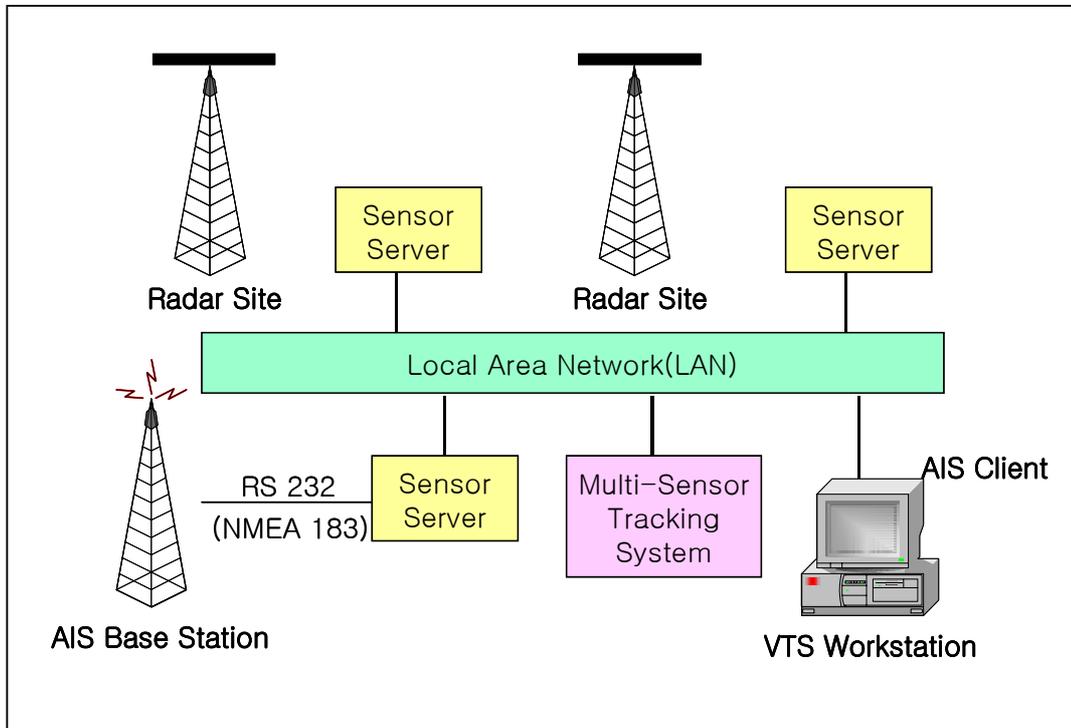
2.2 VTS의 세계적 추세

2.2.1 외국의 사례

외국의 VTS 시스템은[18] 보다 더 항해상의 안전과 효율을 증가시키는 방법으로 개발되고 있다. 그 일례로 항만VTS의 경우는 항만의 효율을 증대시킬 목적으로 기존 레이더 장비에 경영정보시스템(Management Information System; 이하 MIS라 한다)을 추가하는 형태로 변화되고 있다. 또 주지한 바와 같이 항행상 안전확보는 선박의 식별 및 그 의도 파악에 의하여 결정되므로, 이를 위하여 선박자동식별장치(Automatic Identification System; 이하 AIS라 한다) 설치가 SOLAS협약에 의하여 2002년 7월 1일부터 단계적으로 각 선박에 대하여 강제화 되고 있다. 또한 인터넷 등을 통하여 센터의 정보를 이용자에게 널리 보급하는 방안도 강구 중에 있다.

기존의 방법이 레이더 등과 같은 센서를 이용하여 관리자가 선박의 동정을 파악하여 그에 필요한 항행 정보를 제공하는 일방적인 방식이라면, 앞으로의 방식은 항해자가 필요로 하는 정보를 언제든지 능동적으로 얻을 수 있고, 센터에 불필요한 보고를 줄여 보다 항행 안전에 주력할 수 있는 방법으로 발달될 것이다.

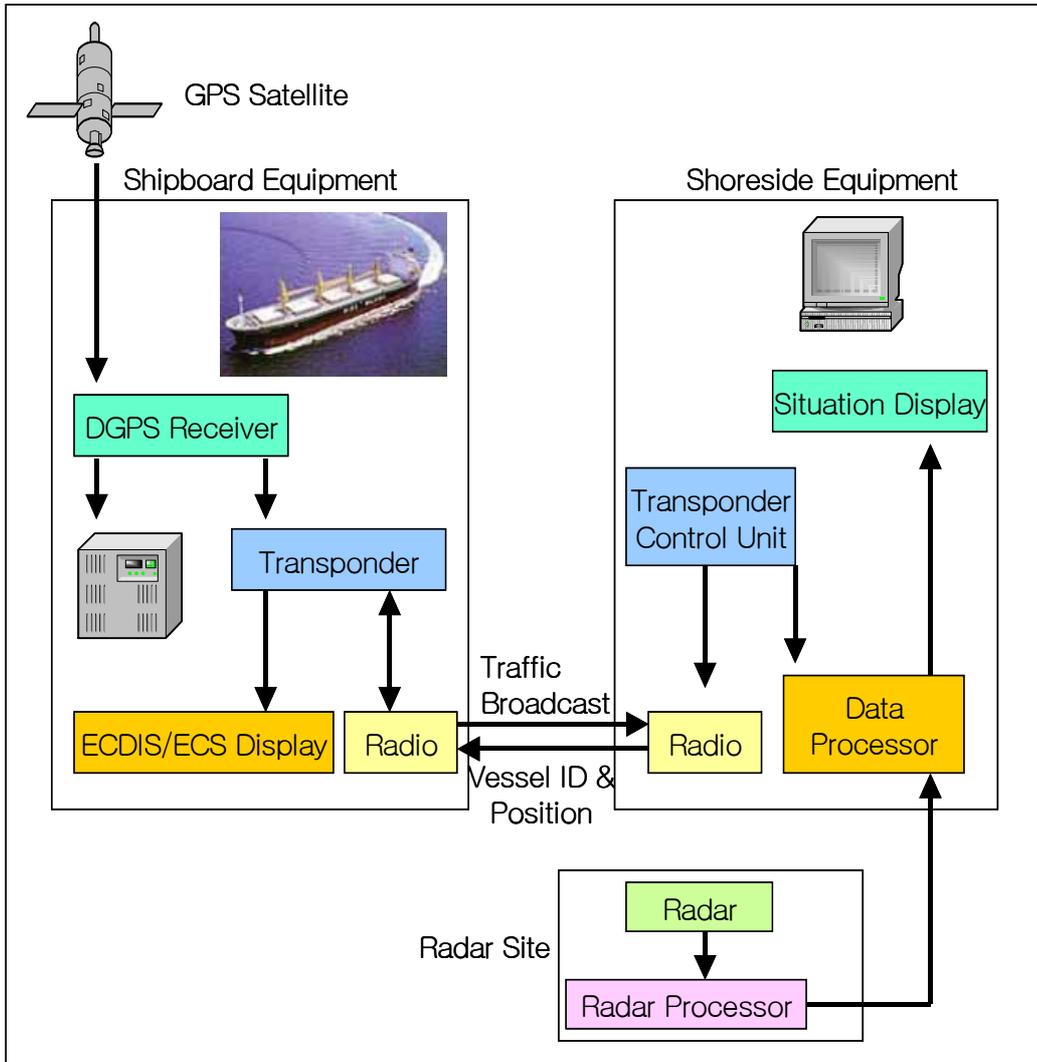
Fig. 2.1은 싱가포르 항만의 VTS 시스템을 나타낸 것이다. 싱가포르에서는 최근에 기존의 VTS 시스템을 업그레이드하면서 AIS와 레이더 기반(Radar Based) VTS 통합 시스템으로 바꾸었다. 레이더를 이용하여 얻은 정보와 AIS로부터의 정보를 LAN(Local Area Network)으로 연결하고, Multi Sensor Tracking System에서 이들 정보를 융합하여 하나의 디스플레이 화면에 나타내는 시스템이다.



자료 : 해양수산부, 항로표지종합관리 정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시 설계 용역, 2001, p9-15

Fig. 2.1 Block Diagram of VTS/AIS Integration in Singapore

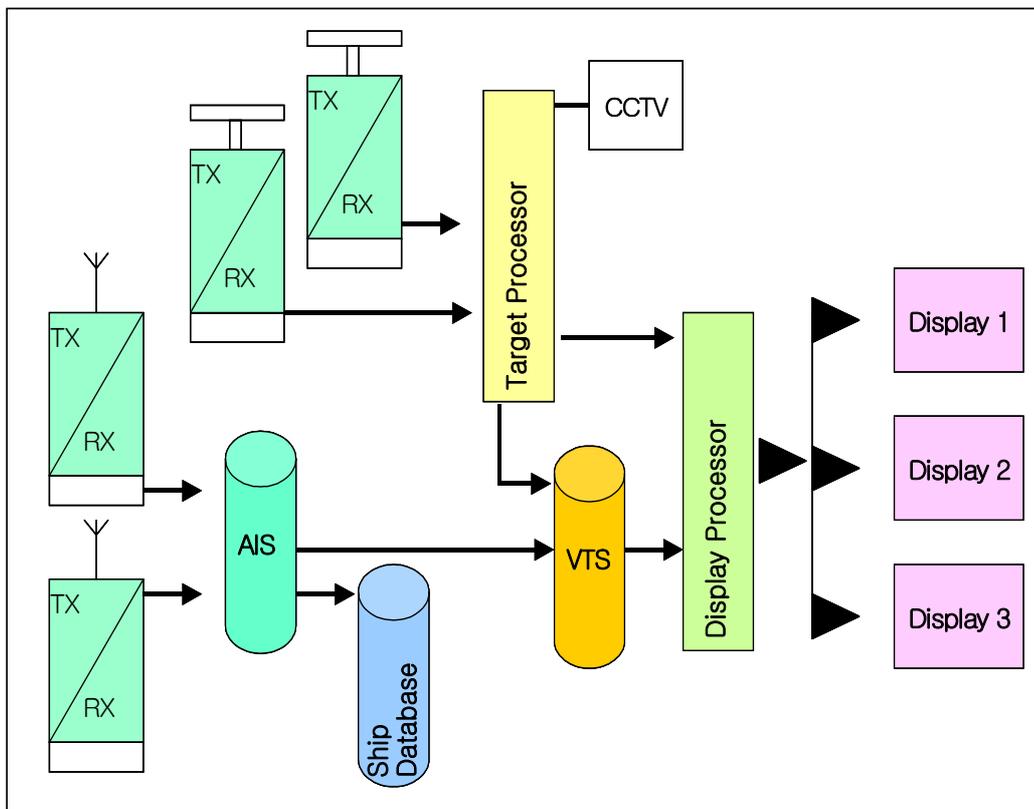
Fig. 2.2는 미국의 미시시피강 하구에 있는 뉴올리안즈항 부근에 설치된 VTS 시스템의 개략도를 나타낸 것이다. 레이더를 이용한 기존의 방법보다 AIS를 부가한 시스템으로, 이 두가지 센서의 정보를 종합하여 한 화면에 나타내는 방법이며, 또한 선박에도 전자해도표시·정보시스템(Electronic Chart Display and Information System; 이하 ECDIS라 한다)을 이용한 디스플레이 장비를 갖추면 VTS 센터의 정보를 선박에서도 볼 수 있도록 되어 있다. 이 시스템은 AIS를 이용하여 선박의 정보가 자동으로 입력되기 때문에 음성 통화량이 현격하게 줄어들게 됨으로 Silent VTS라는 용어를 사용하고 있다.



자료 : 해양수산부, 항로표지종합관리 정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시 설계 용역, 2001, p9-14

Fig. 2.2 Overview of the Silent VTS in New Orleans

Fig. 2.3은 VTS 제조회사의 통합 VTS의 개념도이다. 앞의 시스템과 마찬가지로 Radar based VTS와 AIS를 통합한 시스템으로, Display Processor에서 정보를 통합하여 한 화면에 나타낸다.

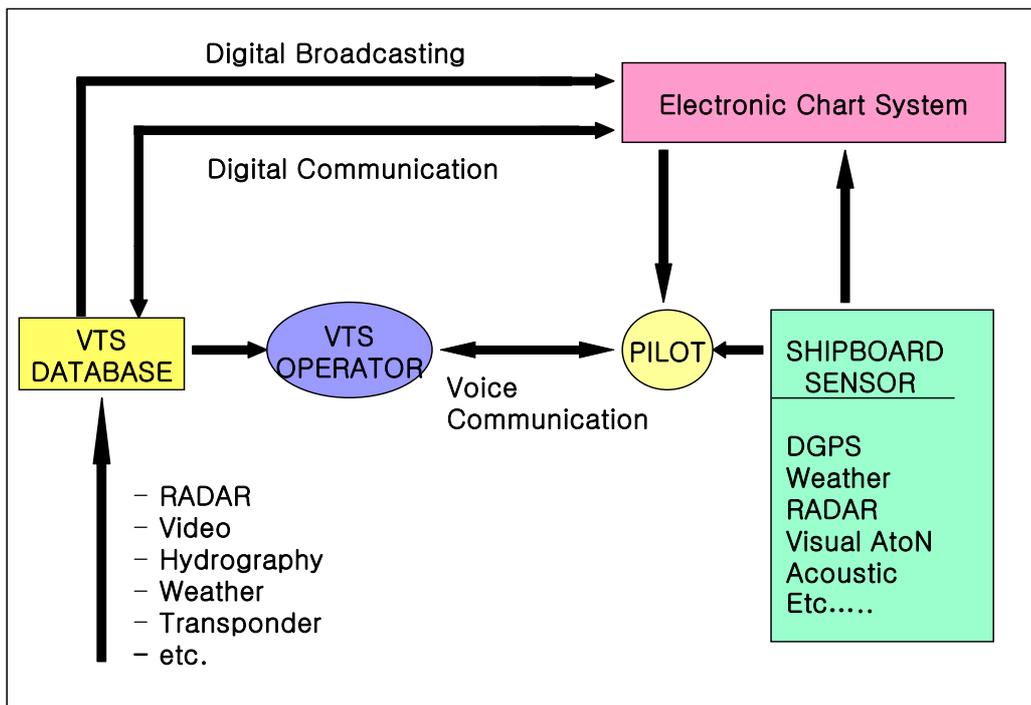


자료 : 해양수산부, 항로표지종합관리 정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시 설계 용역, 2001, p9-15

Fig. 2.3 VTS Integration by MDS

2.2.2 미래의 VTS[19]

VTS시스템은 항행 상의 안전과 항만효율을 증가시키는 방향으로 지속적으로 개발되고 있다. 먼저 항행 상의 안전 측면을 살펴보면, 레이더 영상을 기본으로 하는 기존의 VTS시스템에 ECDIS를 가미한 형태(VTS-ECDIS라고도 함)를 생각할 수 있다. ECDIS는 종이해도를 대신한 전자해도를 기반으로 한 것이지만, VTS-ECDIS 시스템의 활용으로 선박의 위치, 속도, 식별, 최근 수심 등에 관한 정보, 그리고 통항분리제도, 항로중심선, 추천항로 등의 이탈 여부를 쉽게 파악할 수 있다.

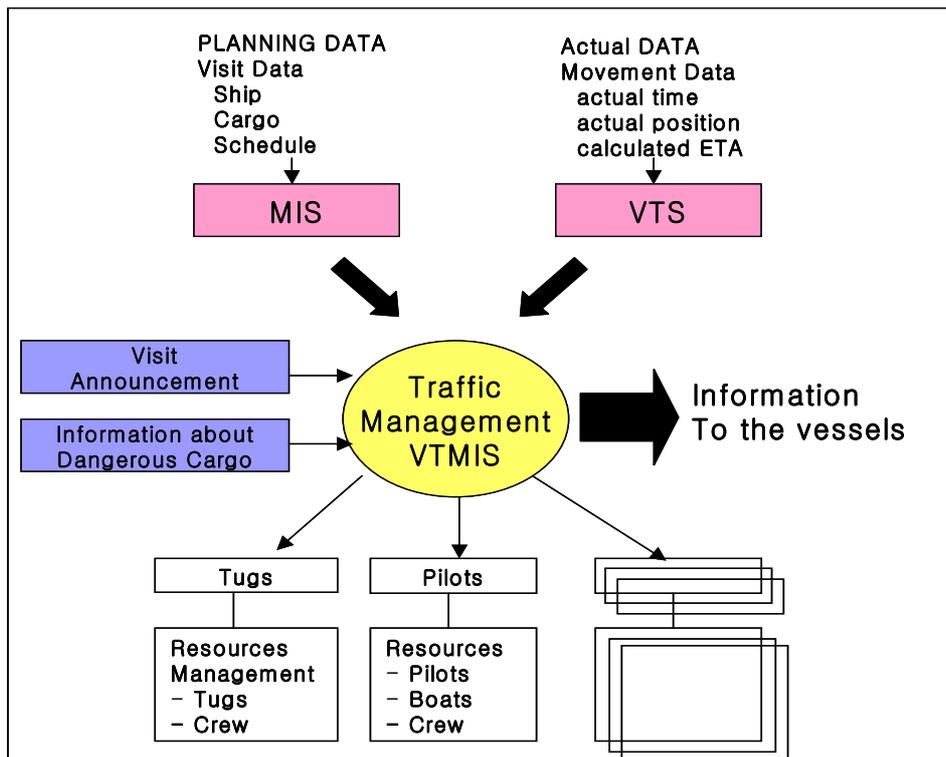


자료 : 해양수산부, 항로표지종합관리 정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실
시설계 용역, 2001, p9-16

Fig. 2.4 Block Diagram of Voiceless VTS

여기에 AIS를 도입하여 항해자가 선박을 자동적으로 식별할 수 있고, 선박의 동정을 파악할 수 있기 때문에 항해 안전은 더욱 높아질 것이다. 더욱 중요한 것은 AIS에 의한 식별은 음성 통신이 아닌 특별 코드로서 자동적으로 이뤄지기 때문에 음성에 의한 식별의 애매성을 줄이고, 또 식별을 위한 많은 시간의 소비를 줄일 수 있어 사전에 선박을 안전하게 조종할 수 있다.

따라서 항해상의 안전 측면을 고려한 VTS는 VTS-ECDIS에 AIS를 부가하여 음성의 활용도를 낮춘 “Voiceless VTS(VTS-ECDIS + AIS = Voiceless VTS)”가 될 것이다.(Fig, 2.4)



자료 : 해양수산부, 항로표지종합관리 정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시설계 용역, 2001, p9-17

Fig. 2.5 Block Diagram of VTMISS

한편, VTS의 목적은 선박의 항행안전이기도 하지만, 항만의 효율을 무시할 수 없다. 이 항만효율성을 고려하여 물류정보를 통항의 안전정보와 통합하는 시스템을 고려할 수 있다. 즉, MIS정보를 VTS에 완벽하게 추가하는 VTMISS의 형태를 들 수 있다. 이 형태는 시스템이라기 보다는 하나의 개념으로 즉, $VTS + MIS = VTMISS$ 시스템이다.

이를 종합할 때 기존의 VTS는 운영자가 선박의 동정을 파악하여 그에 필요한 항행 정보를 제공하는 일방적인 방식이라면, 앞으로의 VTS는 항해자가 필요로 하는 정보를 언제든지 능동적으로 얻을 수 있고, VTS센터에의 불필요한 보고를 줄여 보다 항행안전에 주력할 수 있는 방법으로 발달될 것이다. 즉, 위에서 말한 방식을 통합하는 형태로 발전할 것으로 보인다. 따라서 미래의 VTS는 Voiceless VTS와 VTMISS의 기능을 가미한 VTS가 될 것이다.(Fig. 2.5)

2.3 VTS의 사고예방효과

VTS는 항만을 중심으로 설치되기 시작하여, 최근에는 연안으로의 서비스범위 확대가 진행되고 있으며, 우리나라도 항로표지종합정보센터라는 연안VTS 구축을 추진 중에 있다.[20] 이와같은 VTS만 도입되면 항행안전에 관한 문제는 모두 해결될 수 있는 것으로 생각하기 쉬운데, 이는 VTS의 효과를 너무 과대 평가한 것이다. VTS의 운영 효과는 설치된 장비와 이를 운영하는 운영자의 자질 및 VTS 센터와 이용자간의 상호 신뢰 등에 달려있다.

2.3.1 VTS 수준별 · 해역별 효과

1991년 Canadian Coast Guard에서는 VTS zones을 Tofino VTS zone, Rupert VTS zone, Montreal VTS Zone을 포함한 13개 구역으로 구분하여 VTS의 사고예방효과를 분석하였다.[21]

이 연구 보고서에 의하면 사고 예방효과에 관한 선박의 구분은 VTS 관리 대상선박과 비관리대상 선박으로 구분하였고, 수역은 Open Waters와 Confined Waters로 구분하였으며, 교통상황은 Simple과 Complex로 구분하였다.[24] 여기서 Open Simple 수역은 개방된 만이나 넓은 해협을 대상으로 하였고, Open Complex 해역은 도선사가 승하선하는 항의 인접구역, Confined Simple 수역은 강, Confined Complex 수역은 밀집 항구를 대상으로 실시하였다.

이 보고서의 충돌 및 접촉사고의 분석에 의하면 VTS 예방효과는 Confined Waters보다는 Open Waters가 높은 것으로 분석되었다. 특히 Open Waters인 경우에는 단계가 높을수록 3~5배의 사고예방 효과가 있는 것으로 분석되어 VTS의 단계는 높아져야 한다는 결론을 보여주고 있다.

또한 같은 충돌 및 접촉사고에 대한 VTS의 사고예방효과도 VTS 관리대상 선박이 비관리대상 선박보다 예방효과가 높은 것으로 분석되었다. 또한 VTS 관리 선박에 대한 좌초사고의 예방효과 또한 Confined Waters보다는 Open Waters가 높은 것으로 분석되었다.[22]

Table 2.4 VTS Effectiveness for Collisions(Participating Vessels)

LEVEL OF VTS	OPEN WATERS		CONFINED WATERS	
	SIMPLE	COMPLEX	SIMPLE	COMPLEX
VHF Only	20	10	35	15
Basic Radar	55	60	45	50
Advanced Radar	65	75	55	60

자료 : Canadian Coast Guard, VTS Update Study, 1991, p16

Table 2.5 VTS Effectiveness for Collisions(Non-participating Vessels)

LEVEL OF VTS	OPEN WATERS		CONFINED WATERS	
	SIMPLE	COMPLEX	SIMPLE	COMPLEX
VHF Only	15	10	30	10
Basic Radar	40	45	35	40
Advanced Radar	50	55	40	45

자료 : Canadian Coast Guard, VTS Update Study, 1991, p17

Table 2.6 VTS Effectiveness for Groundings(Participating Vessels)

LEVEL OF VTS	OPEN WATERS		CONFINED WATERS	
	SIMPLE	COMPLEX	SIMPLE	COMPLEX
VHF Only	10	5	20	10
Basic Radar	65	70	45	50
Advanced Radar	75	85	55	60

자료 : Canadian Coast Guard, VTS Update Study, 1991, p18

2.3.2 사고종류별 · 원인요소별 효과[23]

해양사고는 사고의 근본 원인에 따라 교통관련사고와 기술관련사고로 구분할 수가 있다. 교통관련사고는 충돌, 접촉, 좌초 등의 사고이고, 화재 및 폭발, 침몰, 전복, 사상 등은 기술관련 사고이다.

박진수(1994년)의 해양사고 종류별 VTS 사고예방효과에 관한 연구에 의하면 VTS 시스템 도입 이후에 사고(충돌, 좌초, 접촉, 침몰)의 약 46%(최대치)를 예방할 수가 있으며, 구체적으로 충돌사고의 약 절반(50%)을, 좌초사고의 경우는 약 47%를 예방할 수가 있을 것으로 분석하였다. 그러나 침몰사고의 경우는 그 예방 효과가 매우 낮아 21%의 사고를 예방할 수 있는 것으로 분석하였다. 이러한 사고예방효과는 Canadian Coast Guard의 연구결과와 유사하다.

Table 2.7 Estimated VTS Effectiveness Percentage by Casualty type

사고 종류	원인요소	사고 감소율(%)	사고 종류	원인요소	사고 감소율(%)
충돌	환경요인	67.9	접촉	환경요인	34.5
	인적요인	40.1		인적요인	41.6
	기술적 요인	34.5		기술적 요인	14.1
	합계	49.8		합계	35.9
좌초	환경요인	54.7	침몰	환경요인	24.7
	인적요인	43.9		인적요인	38.3
	기술적 요인	39.5		기술적 요인	2.8
	합계	46.7		합계	20.9

자료 : J.S. Park, Marine Traffic Engineering in Korean Coastal Water, 1994, p207

2.4 연안VTS

연안VTS의 이용자는 크게, 수요자로서 항행업무에 종사중인 도선사 및 항해사와, 공급자로서 VTS를 운영하는 즉, VTS센터에 근무하는 운영요원이다. 연안 VTS 설치에 대한 관련기관 및 이용자의 의견을 수렴하기 위해 현재 운영중인 전국 14곳의 VTS에 근무하는 운영요원을 대상으로 설문을 실시하였고, 설문조사를 통해 수집된 의견을 정리·분석하였다.

설문내용은 연안VTS의 설치필요성, 설치가 필요한 해역, 서비스(정보제공, 항행원조, 통항관리, 연관활동지원서비스)의 중요도, 설치에 따른 기대효과 및 연안 VTS 참여선박의 총 톤수 등으로 구성되었다.

설문지는 전자메일로 발송하였고, 각 VTS센터에서 응답한 83매의 설문지를 분석하였다. 설문조사의 대상을 각 VTS센터의 운영요원으로 선정한 이유는 VTS 센터를 운영한 경험이 있어 선박교통관리제도의 사고예방기능을 가장 잘 이해할 수 있고, 레이더 차폐구역에서 항행하는 선박의 상황 등 선박에서 파악하기 어려운 상황을 파악할 수 있으며, 또한 AIS와 연계된 4단계 수준의 선박교통관리제도를 이해하고 있는 이용자 그룹이기 때문이다.

2.4.1 연안VTS의 설치 필요성

연안VTS 설치의 필요성에 대한 의견은 전체 응답자 83명 중 32명이 아주 필요하다, 42명이 필요하다고 하여, 전체의 89.2%가 연안 VTS의 설치가 필요하다고 응답하고 있다.

2.4.2 연안VTS의 설치가 필요한 해역

연안VTS의 설치가 필요한 해역에 대한 항목은 각 응답자에게 우선 순위별 4곳을 정하여 응답하도록 하였다. 설문결과 (1) 응답자의 66명이 거제-여수해역이, (2) 60명은 군산-인천해역이, (3) 58명은 여수-목포해역이, (4) 51명은 목포-군산해역이, (5) 32명(38.6%)은 동해-울산해역이 연안VTS 설치가 필요하다는 의견을 제시하였다.

해안선이 비교적 단조롭고 해상교통량이 적은 동해에서 울산에 이르는 해역은 연안VTS의 설치 필요성이 낮았지만, 울산에서 인천까지 즉, 남해안에서 서해안에 걸친 해역은 해안선이 복잡하고 도서가 산재되어 있으며 해상교통량이 많은 해역이므로, 연안VTS의 설치 필요성을 많은 이용자가 공감하였다.

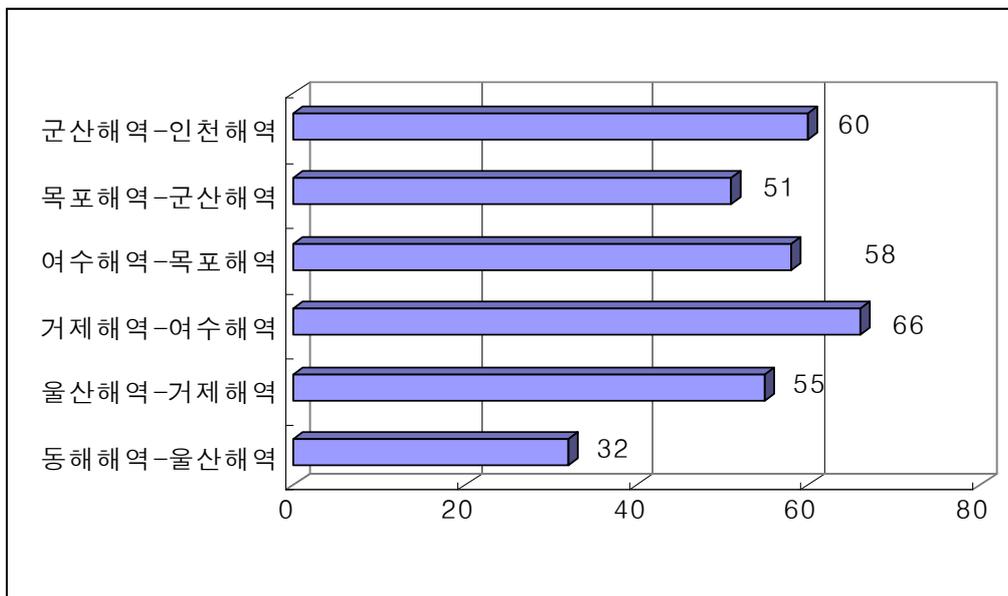


Fig. 2.6 Implementing of Coastal VTS

2.4.3 연안VTS 서비스의 중요도

연안VTS에서 제공할 수 있는 서비스는 (1) 정보제공 서비스, (2) 항행원조 서비스, (3) 통항관리 서비스 및 (4) 연관활동 지원 서비스로 크게 나눌 수 있다. 이들 서비스에 대한 연안VTS 서비스로서의 중요도를 묻는 질문의 응답결과를, Table 2.8에 정리하였다. 즉, 정보제공 서비스가 가장 중요한 서비스로 인식되었고, 항행원조 서비스가 두 번째 중요한 서비스로, 통항관리 서비스가 세 번째 중요한 서비스로 인식되고 있음을 알 수 있었으며, 연관활동 지원 서비스의 중요도가 가장 낮게 조사되었다.

Table 2.8 Importance of Costal VTS Services

구 분	서 비 스 내 용	1순 위	2순 위	3순 위	4순 위
정보제공 서비스	선박위치통보, 통항상황정보, 소형선, 잡종선, 어선에 대한 정보, 항로표지의 장애기능에 관한 정보, 시정 및 기상정보 등의 정보를 제공하는 서비스	48	18	12	5
항행원조 서비스	선박통항에 관한 조언, 교통상황의 분석정보, 선박, 수로동정에 관한 정보, 통항교통관제 및 직접적인 통항지시를 제공하는 서비스	17	47	15	4
통항관리 서비스	일방통행 등의 특정해역관리, 속력제한, 인명의 안전 또는 환경이나 재산의 보호를 위해 적절한 조치를 요구하거나 선박통항을 조직하고 변경하는 서비스	17	13	45	8
연관활동 지원서비 스	오염방지와 통제, 수색 및 구조와 같은 VTS 당국의 조치들과 관련된 활동을 지원하거나 필요한 경우 구조 및 긴급업무활동에 참여하는 것	4	4	11	64

2.4.4 연안VTS 설치에 따른 기대효과

연안 VTS의 설치로 인해 기대되는 효과의 순서를 묻는 설문에 충돌, 좌초, 침몰 등 교통관련사고의 예방효과, 해양환경보호 및 신속한 해난구조, 통항시간 단축으로 인한 경제적 편익의 증대효과 순으로 조사되었다.

Table 2.9 Effectiveness of Costal VTS

구 분	1순위	2순위	3순위
충돌, 좌초, 침몰 등 교통관련사고의 예방효과	79	4	0
해양환경보호 및 신속한 해난구조	3	57	23
통항시간 단축으로 인한 경제적 편익의 증대효과	1	21	60

2.5 설치 대상해역 선정

VTS의 목적은 선박통항의 안전과 효율증진 및 환경보호이다. 현행 항만 VTS는 좁은 수역이나 항만에서 선박의 통항관리 측면에서는 효율성이 있지만, 관리범위를 벗어난 연안해역까지는 서비스가 미치지 못한다.

따라서 최근의 VTS는 서비스 범위가 항만과 수로에서 연안과 공해로 확장되고 있는 추세이다. 또한 선박에 ECDIS가 도입되어 센터에서의 일방적인 정보제공이 아닌, 선박에서 센터의 정보를 선별적으로 활용할 수 있고, AIS의 도입으로 음성통신 양이 감소되는 시스템으로 발전됨을 알 수 있다.

한편 국내·외의 선행연구로부터 VTS가 도입되면 해양사고의 50~60%를 예방할 수 있는 것으로 조사되어, 사고를 예방할 수 있는 효율적인 제도임을 확인하였다

VTS 설치가 필요한 해역에 관한 IMO의 권고내용은 다음과 같다.

- 1) 교통밀도가 높은 곳
- 2) 위험화물을 운송하는 교통량이 많은 곳
- 3) 상충되고 복잡한 항행형태를 가지는 곳
- 4) 수로학적, 수문학적 및 기상학적 요인이 까다로운 곳
- 5) 움직이는 모래톱이나 다른 지형적인 위험이 있는 곳
- 6) 환경 민감해역
- 7) 선박교통이 다른 해상활동에 방해를 받는 곳
- 8) 해양사고 발생이 많은 곳
- 9) 인접수역에 상존하거나 계획된 VTS, 적절하다면 이웃 국가들사이의 협력을 위한 필요성
- 10) 협수로, 항만배치, 교량 및 선박들의 진행이 제한될 수 있는 수역

11) 구역내에서 항만이나 연안터미널 개발 혹은 연안의 자원탐사와 이용으로부터 교통형태의 변화가 존재하거나 예견되는 곳.

우리나라의 남해안에는 좁은 수로가 산재하고, 이곳에서의 교통밀도가 높으며 항행형태가 상충되고 복잡하다. 또한 섬들이 많아 레이더의 차폐구역이 생기고 위험을 주는 요소들이 많다. 어장이 항로 가까이 형성되어 있으며 모래운반선 등 선박교통에 위험을 주는 요인들이 많다.

특히 목포해역은(칠발도에서 당사도에 이르는 남서해역)은 섬이 많고 협수로가 많은 해역으로 협수로 등에서 교통밀도가 높고, 경인지방으로 운송되는 유해화물의 교통량이 많으며, 해상국립공원으로서 환경민감해역에 해당되는 등 IMO에서 VTS 설치를 권고하는 해역의 거의 모든 항목이 해당되는 수역이다. 또한 기존의 목포항 VTS와 연계를 통한 협력이 용이하여 이 연구의 대상해역으로 선정하였고, 목포지방해양수산청의 관할구역으로 범위를 한정하였다. 목포지방해양수산청의 관할구역은 전남 장흥군 용산면 상발리 노승산 정상에서 남동쪽으로 금당도 동안을 지나 평일도 동안과 섭도의 중간해상을 통과하여 여서도 동쪽을 연결하는 구획선을 동쪽 경계선으로 하고, 범성포 입구 도소읍도 남단으로부터 서쪽으로 안마본도의 북단과 대장자개여 남단 사이를 지나 죽도 동단과 횡도 동방을 지나 남서쪽으로 빗겨 대비치도 북서방을 지나는 경계선을 북방경계선으로 하는 구역을 관할하고[24] 있으며, Fig 2.7과 같다.

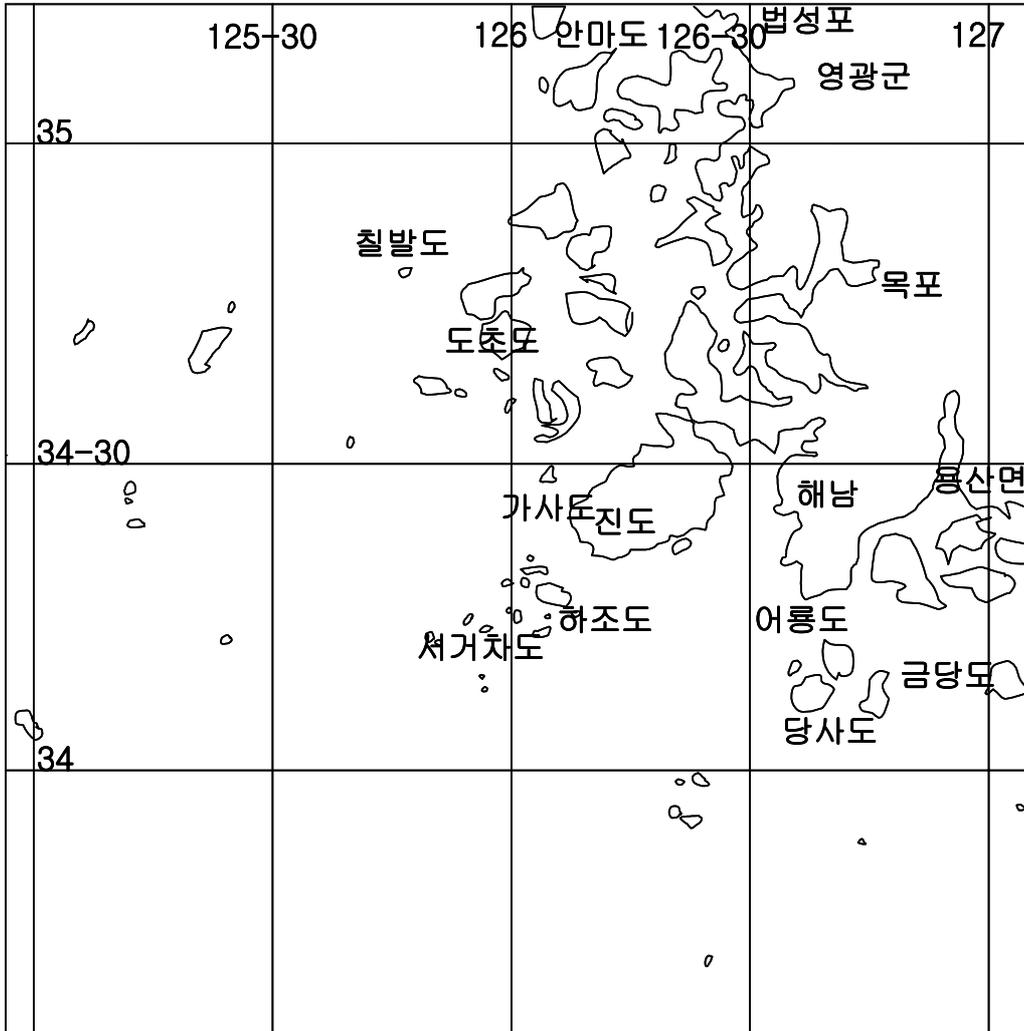


Fig. 2.7 Boundary of the Study

제3장 해상교통조사

이 장에서는 선정된 목포해역에 대한 해상교통조사를 실시하여 시간대별·선종별 교통량, 항행형태, 지형적인 위험도, 환경적인 고려사항 등에 대하여 조사·분석하고자 한다.

3.1 해상교통조사의 개요

3.1.1 해상교통조사의 목적

교통조사 및 분석은 일정 해역의 교통상황을 조사하여 그 자료를 수집하고 분석하여 예측하는 과정이다. 일정 해역의 항로는 오랜 세월에 걸쳐 크기와 성능이 비슷한 선박이 통항하는 길로써 자연스럽게 항로가 형성되어 왔다. 이러한 항로의 교통실태조사를 실시하는 목적은 해상교통시스템(항로설정이나 관리용 시설을 포함)의 설계와 평가, 사고예방시스템의 설계와 평가를 위한 기초자료를 얻는 것이다. 그리고 선박조종자에 대한 정보 및 해상교통연구에 필요한 기본적인 데이터수집이 교통실태관측에 의해 얻어진다. 넓은 의미의 교통조사는 교통실태조사와 교통사고조사를 포함한다. 교통사고 조사는 청취나 신고의 기록에 의한 것이 통상적이지만, 사고실태의 관측도 불가능한 것은 아니다. 사고관측의 예는 일본 우라가수도(浦賀水道)의 충돌이나 도버 해협(多佛海峽)의 대형선간의 충돌 등이 있다. 육상 레이더 기지가 증가하여 사진이나 비디오 레코더 또는 레이더를 이용함으로써 교통사고의 실태관측도 점점 용이하게 될 것으로 전망된다.[25]

3.1.2 해상교통조사의 의의

1) 교통량 현황 파악

교통량의 추이를 파악하는 자료는 우리나라 해운·항만·수산 분야의 주요 통계자료를 정리·수록한 「해양수산통계연보」가 있다. 이 자료는 선박 입·출항통계, 여객수송통계, 화물수송통계, 컨테이너수송통계, 선박통계, 선원통계, 항만시설통계 등을 정리·수록한 통계자료이다. 교통량으로는 각 항구별로 국적 외항선, 외국적 외항선 및 연안선박 등의 톤수와 척수 통계가 정리·수록되어 있다. 항로부근의 예선 및 각종 어선과 같은 소형선은 출·입구가 일정치 않기 때문에 이 통계로서 측정해역의 교통량을 추정하는 것은 어렵다. 어느 해역의 교통량은 시간별로 변동하고, 상당한 규칙성을 보이는 것이 일반적이다. 이러한 자료들은 항적의 분포현상을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 항로의 설계에도 귀중한 자료가 된다. 그리고 협시계나 강풍, 조류 등이 교통량에 미치는 영향도 조사할 수가 있다.

2) 선박의 행동

교통량과 항적관측은 거시적 관측으로서 목시관측을 통해 원하는 자료를 얻으며, 개개의 선박행동을 관측하고 그것을 통계학적으로 해석하기 위해 레이더를 이용한 관측도 가능하다. 또한 선박과 선박 또는 선박과 장애물과의 상호작용은 피항개시거리, 피항각, 최접근거리 또는 피항영역 등의 특성치로 표현할 수 있다. 이들은 확률변수로서 피항선박의 항적, 상대위치 등으로부터 특성치를 추출하고 통계처리에 의해 그 평균치와 분산을 구할 수 있다. 그리고 이런 특성치

의 분포로부터 수로의 교통용량을 계산하고, 충돌의 위험도를 이론적으로 평가한다. 또한 설문조사에 의해 피항실태를 파악한다. 선박 행동의 최종적인 기록은 해양사고의 기록이고, 이 경우 교통관련사고(충돌, 좌초 및 접촉 사고)가 이 분야에 관한 연구의 대상이다. 해양안전심판사례집은 사고를 객관적으로 판단한 자료라는 점에서 가치가 높다. 이런 자료를 통계적으로 해석하여 교통사고실태를 규명하는 연구가 계속되고 있다.

3) 장래예측

선박의 크기 및 성능이 급속하게 발달하지만 항로나 항만의 발전이 이에 대응하지 못하고 있다. 따라서 교통실태를 관측하여 선박크기, 선종별로 구분하여 선박의 증감을 추정하고 장래의 해상교통량을 예측하는 것이 필요하다. 교통실태를 장기간 관측하거나 또는 정밀히 관찰하여 규칙성을 찾아내고 교통상황을 나타내는 적합한 모델을 만들어 장래를 예측한다면 정확도가 높아질 뿐만 아니라 설치예정인 안전시설이나 해양사고 대책에 대한 사전평가가 가능하게 된다.

3.1.3 해상교통조사의 방법

1) 관측조사

관측조사는 예비조사, 예비 관측 및 본 관측의 과정으로 구성되며, 본 관측 전에 현지조사를 반드시 해야만 한다. 관측은 육상관측과 선상관측이 있다. 선박 행동을 조사대상으로 할 때 그 해당선박에 승선하여 조사하는 것이 바람직하고, 교통실태관측 기록항목을 다른 통계와 비교할 수 있도록 기본항목은 반드시 기록해야 한다.

(1) 목서관측

관측조사는 쌍안경, 시계, 필기 도구, 지도(해도) 등을 준비하고, 선박명세서, 선명록을 준비하면 선명을 확인할 수 있어 정확한 선박명세를 파악할 수 있다. 관측정확도는 관측위치, 거주조건에 영향을 받고, 인적과실을 줄이기 위해 2인 1조로 당직에 임하며, 자료처리의 편리를 위해 부호(Code)화한다.

(2) 사진관측(비디오 레코드)

2대 이상의 사진기로 동시 촬영한 3각 사진측량으로 선박의 위치 및 크기를 파악하는 방법으로서 모션 카메라(Motion Camera)에 의한 연속기록은 선박행동을 기록하는데 적합하며 PR용으로도 사용된다. 항공사진은 정도가 높은 정보를 제공하고 있지만 비용이 많이 드는 단점이 있다.

(3) 레이더관측

교통실태조사 초기부터 레이더가 이용되고 있고 레이더의 여러 가지 단점(선종확인불가, 국적확인불가, 선박크기의 애매성)은 목서관측으로서 보완할 수 있다. 선박교통관리제도가 설치된 장소에서는 레이더에 정보자동처리시스템이 연결되어 있어 선박행동 관찰 등의 자료가 집적되기 때문에 해상교통관측이 용이하게 행해진다. 레이더국 부근은 해면반사 등으로 선박영상이 숨기 때문에 목서관측소를 레이더국에서 떨어진 곳에 설치하고, 레이더의 방위분해능의 부정확성을 주의하고, 레이더의 동작상태를 사전에 확인한 후에 관측해야 한다.

2) 설문조사

설문조사는 항만통계, 선박통계 등의 지정 통계와 같이 신고의무자가 보고하는 것, 어떤 목적을 위해 준비된 설문지에 기입하여 회답하는 것, 그리고 면접을

통하여 조사자가 기록하는 것이 있다. 설문조사 중 선박의 성능이나 종기점(Origin Destination, OD)조사 등 객관적인 조사항목은 회수율과 신뢰성도 높지만, 선박행동에 관한 항목은 신뢰성이 낮다. OD조사는 그 해역내에서 평균일에 일어나는 모든 이동의 표본적인 단면을 조사하는 것으로 이 단면은 그 조사가 수행되는 시기에 그 시스템의 평균통항수요를 대표해야 한다. 이 수요와 해역특성 및 선박간의 상관관계를 파악함으로써 장래교통수요의 자료를 얻을 수 있다.

3.2 교통량 조사 및 분석

항로설정이나 관리용 시설을 포함하는 해상교통시스템이나 사고예방시스템을 설계하기 위해서는 사전에 해상교통조사를 실시하여 교통특성을 파악해야만 한다. 즉, 선박의 통행패턴, 진행방향 및 속력 등을 분석하여 최적의 항행원조시설을 설계할 수 있다.

이 연구에서는 목포해역 주변의 섬을 중심으로 어룡도(어룡도 등대), 당사도(당사도 등대; 48시간 관측), 하조도(하조도 등대), 칠발도(칠발도 등대)에서 목시관측과 레이더관측을 병행하여 교통조사를 실시하였다. 관측조사는 7월 17일부터 8월 3일까지 각 장소 연속 3일간 각 72시간 동안 실시하였다. 사용장비는 스캐너, 지지대, 컨버터, 모니터, 전선 및 발전기로 구성되어 있는 휴대용 레이더(ANRITSU RA770UA)를 이용하였으며, 모니터의 스크린상에 O.H.P. 필름을 얹어 두고 일정 시간간격으로 선박의 항적을 기록하였다. 관측기간동안 레이더관측에 병행하여 목시관측을 실시하여 선박의 종류 및 크기를 관측하고자 하였으나 야간에는 식별이 어려워 대부분 레이더 관측만을 실시하였다. 관측인원은 야간 관측조 2명, 주간 관측조 2명, 지원조 3명, 총 7명이며, Table 3.1과 같은 조사기록지를 이용하여 교통조사를 실시하였다. 목시관측으로는 선명, 선종, 선박의 크기, 진행방향, 목시선 통과시각을, 레이더관측으로는 일정시간 간격으로 선박의 항적을 기점하여 항적 및 선속을 구하였다. 이렇게 기록된 자료들을 각 항목별로 분류하고 통계적으로 분석하여 교통특성을 얻을 수 있었다.

Table 3.1 Data Sheet

선박 번호	일시	통과 시각	목시선 번호	진행 방향	선종	총톤수	선명	선속	비고
001	8/17	12:20	B	SW	1	6		5.6	
선종 기입번호 1: 화물선 2: 유조선 3: 액화석유가스운반선 4: 액화천연가스운반선 5: 컨테이너선 6: 여객선 7: 어선 8: 예인선 9: 관공선 10: 기타					선박크기 기입번호 1: 20톤미만 2: 20~100톤미만 3: 100~500톤미만 4: 500~1,000톤미만 5: 1,000~3,000톤미만 6: 3,000~10,000톤미만 7: 10,000~50,000톤미만 8: 50,000톤이상				

자료 : 정재용, 항행원조시설의 비용편익분석 모델에 관한 연구, 2001, p21

3.2.1 교통 항적도

1) 하조도

하조도는 Fig. 3.1 같이 진도의 서남쪽에 위치하고 있으며, 그 사이에 장죽수도가 있다. 관측기간은 7월 25일부터 7월 28일까지 72시간을 실시하였다. Fig. 3.1에서 보는 것 처럼 이 수역은 부산 제주 등에서 출항하여 목포로 입항하는 선박과, 목포 또는 인천, 대산 등의 서해안 항구에서 출항하여 남동쪽으로 통항하는 선박으로 인하여 통항이 빈번하다. 관측결과 장죽도 사이에 상하로 위치하고 있는 장죽수도의 선박 통항량이 많음을 알 수 있다. 특히, 통항이 분리되지 않고, 서로 반대방향의 통항이 많은 곳에서 조우하여 무중시나 폭풍우시에 해양사고의 위험을 내포하고 있으며, 수로의 폭이 협소하기 때문에, 항해사의 당직근무 소홀이나 경계태만 등이 사고와 직접 연결될수 있어 통항관리가 필요한 수역으로 판단된다. 최근 목포해역 해양사고(1998-2001년) 중 교통조사 범위인 6마일 범위내에서 발생한 해양사고는 총 8건으로 조사되어 이 해역이 해양사고의 위험이 높다는 것을 알 수 있다.

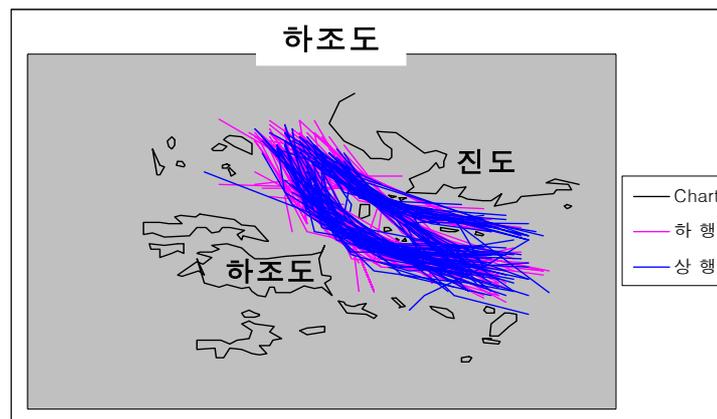


Fig. 3.1 Ship's Track of Hajo-Do

2) 칠발도

칠발도는 우측에 비금도와 도초도가 위치하고 있으며, 아래에 우이도가 위치하고 있다. 관측지점은 칠발도 등대이며, 관측일시는 8월 2일부터 8월 5일까지 72시간을 실시하였다. Fig. 3.2에서 보는 것과 같이 칠발도 근해의 선박의 통행로는 동서방향과 남북방향으로 형성되고 있다. 동서방향은 연안 여객선이, 남북의 우측 항적은 중소형 선박이, 좌측 항적은 맹골수도와 매물수도를 통항하는 대형선박이 주류를 이룬다. 또한 하조도 근해의 장죽수도와 같이 통항이 분리되어 있지 않아 교통흐름이 복잡하고, 칠발도 북방에서 합류하는 등 여러지점에서 교차하고 있다. 따라서 남북으로 이동하는 상선과 동서로 이동하는 연안 여객선의 충돌의 위험성을 항상 내포되어 있기 때문에 통항관리가 요구되는 수역이다. 또한 최근 목포해역 해양사고(1998-2001년) 중 교통조사 범위인 12마일 범위내에서 발생한 해양사고는 총 14건으로 조사되어 사고가 빈발하는 해역임을 알 수 있다.

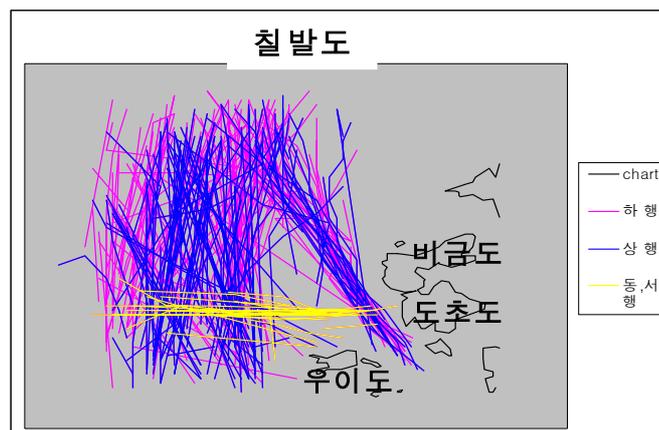


Fig. 3.2 Ship's Track of Chilbal-Do

3) 어룡도

어룡도는 해남군의 해남각과 동남쪽의 노화도 및 보길도 사이에 위치한 섬이다. 관측지점은 어룡도 등대이며, 관측일시는 7월 18일부터 7월 21일까지 총 72시간을 실시하였다. Fig. 3.3에서 보는 것처럼 대부분의 선박이 어룡도와 해남각 사이로 통항을 하고 있으며, 우측의 횡간수도를 빠져 나온 선박들이 해남각을 돌아 어룡도 북방으로 빠져나간다. 반대로 동쪽으로 향진하는 선박은 그 반대 방향으로 통항을 하였다. 비교적 단순한 항적을 보이고는 있으나, 통항밀도가 높고 교차하는 선박이 많이 발생하였다. 또한 동행선박과 서행선박 및 상·하행선박의 교차가 자주 발생하여 해양사고의 위험성을 내포하는 수역으로 통항관리가 요구되는 수역이기도 하다. 최근 목포해역 해양사고(1998-2001년) 중 어룡도의 교통조사 범위인 6마일 범위 내에서 총 12건의 해양사고가 발생하여, 사고가 빈발하고 있음을 알 수 있다.

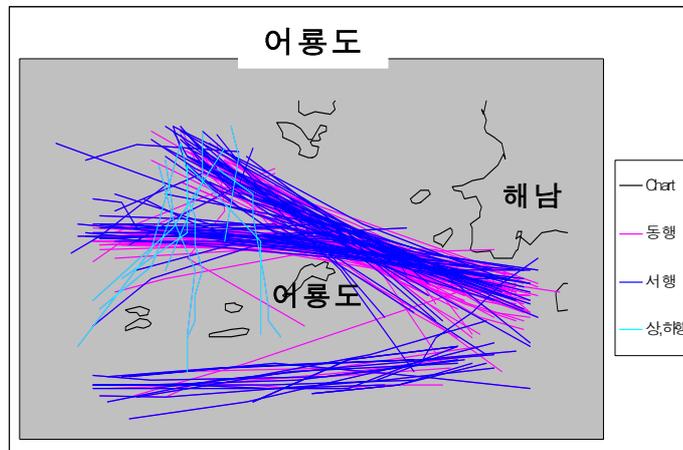


Fig. 3.3 Ship's Track of Eoryong-Do

4) 당사도

당사도는 보길도 아래에 위치한 섬으로 당사도 바로 아래에 유조선 안전항로가 설정되어 있다. 관측지점은 당사도 등대이고, 관측일시는 7월 21일부터 7월 23일까지 48시간이다. Fig. 3.4는 당사도의 남방 교통 항적도이다. 이 지점은 통항분리 항로가 설정 되어있어, 동서방향의 항적이 비교적 단순하며, 관측결과 통항분리 항로도 비교적 잘 준수되고 있다. 그러나 최근 목포해역 해양사고 (1998-2001년) 중 당사도의 교통조사 범위인 12마일 범위 내에서 총 12건이 발생하여 교통관리가 필요한 수역임을 알 수 있다.

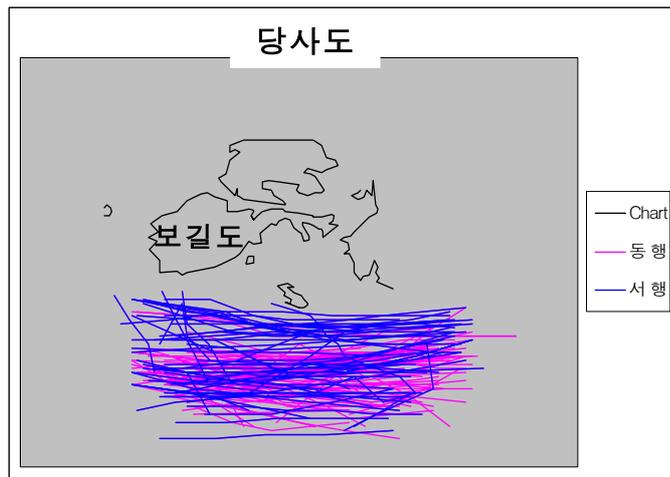


Fig. 3.4 Ship's Track of Dangsa-Do

3.2.2 관측결과

목포해역의 4개 지점(하조도, 칠발도, 어룡도, 당사도)에서 관측한 결과를 선종별로 분류하면 Table 3.2와 같다. 각 관측 지점은 내륙과 인접하고, 선박이 각 항만으로 통항하므로 화물선이 292척으로 가장 많았고, 선종을 구분할 수 없는 선박이 109척으로 그 뒤를 이었다. 화물선이 각 관측지점의 주류를 이루고 있다는 것은 목포해역이 각 항만으로 이동하는 선박의 통항량이 많음을 알 수 있다.

Table 3.2 Number of Ships by Vessel Type

구분	하조도	칠발도	어룡도	당사도	계
불명	65	42	2	-	109
화물선	45	105	68	74	292
탱커선	7	2	11	22	42
LPG	3	-	5	-	8
LNG	-	-	1	-	1
컨테이너선	4	11	2	1	18
여객선	5	9	4	4	22
어선	28	21	11	3	63
바지선	23	15	46	-	84
관공선	6	2	-	-	8
기타	5	13	6	4	28
계	191	220	156	108	675

각 관측 결과를 시간대 별로 분류하면 주로 야간 00-01시와 아침 08-10시의 통행량이 가장 많게 조사되었다. 시간별 관측결과는 Table 3.3과 같다.

Table 3.3 Traffic Volume by Time Band

구 분	하조도					칠발도					어룡도					당사도				총 계
	25 일	26 일	27 일	28 일	소 계	2 일	3 일	4 일	5 일	소 계	18 일	19 일	20 일	21 일	소 계	21 일	22 일	23 일	소 계	
00-01시		5	3	3	11		6	5	6	17		3	3	0	6		4	3	7	41
01-02시		2	2	1	5		2	6	2	10		2	0	0	2		4	3	7	24
02-03시		2	2	2	6		4	5	4	13		2	0	2	4		4	5	9	32
03-04시		1	1	4	6		2	4	6	12		3	1	0	4		3	0	3	25
04-05시		2	5	4	11		2	4	5	11		2	0	0	2		4	1	5	29
05-06시		3	2	3	8		2	3	3	8		2	1	2	5		0	0	0	23
06-07시		3	3	3	9		2	2	3	7		2	6	5	13		2	0	2	31
07-08시		2	3	3	8		5	2	2	9		1	2	1	4		3	2	5	26
08-09시		3	4	1	8		5	6	5	16		2	3	3	8		3	3	6	38
09-10시		1	8	2	11		7	4	2	13		0	4	5	9		4	3	7	40
10-11시		3	5	3	11		2	1	1	4		1	5	4	10		3	2	5	30
11-12시		1	3	5	9		2	3	2	7		1	6	4	11		3	2	5	32
12-13시		2	5	3	10		3	2	2	7		3	5	3	11		2	2	4	33
13-14시		1	3	2	6	2	2	3		7	2	3	3		8		3	2	5	26
14-15시		2	6	3	11	5	3	4		12	1	2	1		4		1	1	2	29
15-16시		1	4	0	5	2	5	3		10	2	1	1		4	2	3		5	24
16-17시	1	4	2		7	4	2	3		9	2	2	4		8	2	0		2	26
17-18시	1	5	2		8	3	2	2		7	3	3	2		8	3	2		5	28
18-19시	1	2	4		7	3	1	3		7	3	3	1		7	3	3		6	27
19-20시	3	5	2		10	2	1	1		4	2	2	3		7	0	0		0	21
20-21시	2	1	2		5	1	3	4		8	2	3	3		8	4	5		9	30
21-22시	0	2	6		8	1	1	2		4	2	1	2		5	1	1		2	19
22-23시	3	1	2		6	3	3	1		7	2	1	2		5	2	2		4	22
23-24시	1	5	6		12	2	5	4		11	2	1	0		3	2	0		2	28
계	12	49	88	42	191	28	72	77	43	220	25	46	56	29	156	19	59	30	108	675

3.3 요약

목포연안의 하조도, 칠발도, 어룡도, 당사도의 교통관측조사 결과 각 해역의 문제점 및 특성을 다음과 같이 요약할 수 있다.

하조도 부근의 장죽수도는 통항이 분리되지 않아 교통흐름이 복잡한 수역으로 조사되었다.

칠발도는 교통량이 북방에서 합류하는 여러 지점에서 교차하고 있다. 또한 남북으로 이동하는 상선과 동서로 이동하는 연안여객선의 충돌 위험성이 높다.

어룡도는 통항밀도가 높고, 동행선박과 서행선박 및 상하행 선박의 교차가 자주 발생하여 해양사고의 위험성을 내포하는 수역으로 조사되었다.

당사도는 통항로가 잘 준수되고 있으나 선박의 통항량이 많았다.

목포해역의 각 지점별 해상교통관측 조사결과, 수로의 폭이 협소하여 항해사의 당직근무 소홀이나 경계태만 등이 사고와 직접 연결될 수 있는 수역으로 조사되었고, 각 지점별로 3일간의 관측이기는 하지만, 각 선박들이 동서, 남북으로 교차하고 있으며, 여객선, 어선, 상선 등의 다양한 선종들이 항해하는 항로이다. 또한 이 해역은 부산과 인천으로 입항하는 국제항해에 종사하는 선박이 교차하는 분기점으로서, 이 해역을 관리하지 않을 경우 대형사고가 발생할 위험성을 내포하고 있어, 연안선박교통관리제도의 도입이 필요한 해역으로 판단된다.

한편 탱커, LPG, LNG선 등 위험화물을 운송하는 교통량이 많고, 사고시 인명피해가 큰 도서간을 왕래하는 여객선이 통항하고, 어선과 모래운반 바지선이 각각 63척과 84척으로 선박교통에 방해를 주는 해역임을 알 수 있다.

또한 지형적으로 섬이 산재하여 주간에 섬으로 인하여 상대선박의 시인거리가 짧고, 레이더 차폐구역으로 인해 시정이 제한된 상태에서는 사고발생의 위험이 높은 해역으로 분석되었다.

따라서 선정된 목포해역에 대한 해상교통조사 결과, 교통밀도가 높고, 위험화물을 운송하는 교통이 존재하며, 항행형태가 상충되고 복잡하여, 어선과 모래운반선에 의해 선박교통에 방해를 받는 해역으로 조사되었다.

지리학적으로 통항지형이 협소하고 섬들이 산재하여 레이더 차폐구간이 생기며, 기상학적으로 안개발생이 빈발하고 조류가 강한 해역으로 분석되어 사고발생가능성이 높아 연안VTS의 설치가 필요한 해역으로 판단되었다.

제4장 해양사고 분석

이 장에서는 대상 해역내에서 발생한 해양사고기록을 분석하여 사고 발생지점 및 사고 유발요소를 조사하여 기상학적 요소 및 지역적 위험요소 등을 도출한 후 해상교통조사의 결과와 비교하여 연안VTS 설치의 타당성을 제시하고자 한다.

해양사고 분석은 대상해역에서 4년간(1998~2001) 발생한 교통관련사고 245건의 사고를 해양안전심판원 재결서를 이용하여 분석하였다.

4.1 해양사고의 개요

4.1.1 해양사고의 정의

해양사고란 화물과 여객을 실은 선박의 안전한 운항을 저해하는 각종 사고를 의미하며, 이를 보다 구체적으로 표현하면 해상운송을 구성하는 선박, 적화 및 여객의 위난을 의미하는 것이다. 여기서 말하는 위난은 구체적으로 사고가 발생한 것을 의미할 뿐만 아니라 객관적인 위험의 우려가 있어도 성립하는 것이다. 그 이유는 바다의 자연적 현상은 급변성이 있고, 동시에 장래에 대한 정확한 예측이 매우 어렵기 때문에 그 위험도에 관하여 어느 정도 한계의 폭을 두는 것이 필요하다. 그러므로 해상에서 위험의 현존성과 명백성이 반드시 필요한 것으로 해석하지는 않는다.

「해양사고」라는 용어는 1999년 2월 5일 「해난심판법」이 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」로 개정되면서 「해난」이라는 용어가 「해양사고」로

바뀐 것이다. 즉 우리나라에서 선박과 관련된 「해난」이라는 용어는 1900년 대한제국 이후에 약 100년간 사용해온 법률개념이다. 원래 해난의 의미는 선박과 화물로 구성된 해산(海産: Marine Property)과 그 선박에 승선한 선원과 여객을 포함한 인명의 사고를 망라한 개념이다.[26]

따라서 해양사고란 화물 또는 인명을 적재하고서 어느 일정한 장소에서 다른 장소로 항해 중에 발생한 선박, 화물 또는 인명의 위험상태와 이와 같은 위난에 직면한 선박 또는 인명이 선박 자체의 능력만으로는 그 상황을 극복할 수 없는 상태의 위험을 의미한다고 정의할 수 있으며, 보다 넓은 의미에서 해양사고란 해상에서의 선박과 관련하여 발생하는 모든 사고를 통칭한다고 볼 수 있다. 그러나 우리나라에서 해상활동과 관련하여 법률적, 제도적으로 해양사고의 개념을 가장 잘 규정한 것은 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」이다.

「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」에서는 해양사고의 개념[27]을 다음과 같이 구체적으로 규정하고 있다.

첫째, 해양사고란 선박의 구조·설비 또는 운용과 관련하여 사람이 사망 또는 실종되거나 부상을 입은 사고를 의미한다. 여기서 선박의 구조·설비란 선박에 설치되어 있는 모든 시설물을 말하며, 운용이란 선박의 항해, 정박, 하역 등 선박의 운항과 관련된 모든 것을 의미한다.

둘째, 해양사고란 선박의 운용과 관련하여 선박 또는 육상·해상시설에 손상이 발생한 사고를 의미한다. 여기서 선박이란 수상 또는 수중을 항행하거나 항행할 수 있는 구조물을 말하며, 육상·해상시설이란 표지, 계선시설, 부두하역시설, 방파제, 해저전선, 어장 등과 같은 시설물을 말한다.

셋째, 해양사고란 선박이 멸실·유기되거나 행방불명된 사고를 의미한다.

넷째, 해양사고란 선박의 충돌·좌초·전복·침몰이 있거나 조종이 불가능하게 된 사고를 의미한다.

다섯째, 선박의 운용과 관련하여 해양오염 피해가 발생한 사고를 의미한다. 예로부터 해양은 전세계를 이어주는 중요한 교통로이자 관광지, 해저 자원 및 식량의 보급원으로서 중요한 역할을 해오고 있다.

그러나 오랫동안 인간은 해양을 오염물의 투기장으로 이용해 왔다. 특히 산업의 발달과 함께 유해한 각종의 산업 폐기물, 생활폐수, 농약 잔류물 등이 다량 배출되어 해양을 오염시키고 있다. 특히 대형 유조선의 항행의 증가, 각종 선박의 사고, 해저 개발 활동에서 유출되는 유류 및 유해 물질에 의한 해양오염은 해양환경을 심각하게 파괴하고 있다. 1967년 토리 캐년호 사고 이후 “선박에 의한 해양사고”는 일시에 한정된 수역에 대량의 기름을 쏟아 낸다는 점에서 바다의 자정능력의 한계를 여실히 보여주는 심각한 문제를 야기하여 왔다. 이러한 점을 고려할 때 해양오염은 현재 가장 심각한 해양사고라고 볼 수 있다.

4.1.2 해양사고의 종류

해양사고의 원인분석 및 해양사고방지 대책수립을 위해서는 해양사고의 종류별 분류작업이 그 기초가 되기 때문에 가능하면 상세히 분류할 필요가 있다. 이러한 취지에서 해양안전심판법상의 해양사고의 정의를 기초로 하여 그 유형을 분류하는 것이 합당하며, 이와 관련하여 중앙해양안전심판원 훈령 20호 해양안전심판법 사무처리요령에 의한 분류를 보면 행방불명, 침몰, 전복, 충돌, 접촉, 좌초, 화재, 폭발, 기관손상, 추진기 손상, 키 손상, 속구 손상, 조난 등의 13가지로 나누어져 있고 그 외에도 시설물 손상, 안전저해, 운항저해, 인명사상 등으로 나눌 수 있다.[28]

실제로 발생하는 해양사고는 위에서 분류한 여러 가지의 유형이 단독으로 발생하는 경우도 있으나, 대부분의 경우는 복합적으로 동시에 발생하는 경우가 많다. 이렇게 복합적으로 발생하는 사건이라고 하더라도 사고내용의 경중에 따라

서 가능하면 어느 하나로 분류하는 것이 바람직한 일이다.

위에서 구분하고 있는 해양사고의 종류별 내용은 Table 4.1과 같다.

Table 4.1 The Classification of Marine Casualties

종 류	구 체 적 인 내 용
행 방 불 명	선체의 소재가 3개월이상 확인되지 않은 사고
침 물	선체가 균열, 파공, 절단 등에 의하여 침수되어 수면하로 잠수된 사고
전 복	선체가 뒤집힌 사고
충 돌	항행중이거나 정박중인가를 불문하고 다른 선박과 부딪치거나 맞붙어 닿은 것을 말하며, 다만 수면하의 난파선과 충돌한 것은 제외
단독충돌 혹은 접촉	다른 선박이나 해저를 제외하고 외부물체나 시설물에 부딪치는 사고
좌초	해저 또는 수면하의 난파선에 얽히거나 부딪친 것
화재, 폭발	선내장치 또는 하역장비의 발화로 인하여 화재 또는 폭발을 유발한 사고
기관 손상	선박의 주기관, 보조 보일러 및 보조기기 등에 손상을 일으킨 사고
추진기 손상	추진기가 손상된 것
키 손상	키가 손상된 것
속구 손상	구명장비, 구명정, 양묘장치, 계선장치, 계류장치 및 하역장치 등 선체 속구에 이상이 생긴 경우
조 난	표류, 침수, 황천 등으로 선박운항이 불가능한 상태의 사고
시설물 손상	선박은 거의 손상이 없고 선박이외의 시설에 손상을 일으킨 사고
안전 저해	적하불량으로 인한 선체경사 또는 항법 및 불법정박 등 법규위반으로 본선과 타선의 안전을 저해하거나 해양을 발생시킬 우려가 있는 경우
운항 저해	본선과 타선을 불문하고 선체에 직접적인 피해는 없었으나 장시간 정상적인 운항이 저해된 경우
인명 사상	선박의 구조, 설비 또는 운용과 관련하여 인명에 손상을 가한 사고

자료 : 해양수산부, 항로표지종합관리 정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시계획 용역, 2001, p4-3

한편 해상교통공학에서는 해양사고를 사고의 근본 원인에 따라 교통관련사고와 기술관련사고로 구분하고 있다. 충돌, 좌초 및 접촉 사고는 교통관련사고에 포함되며, 화재 및 폭발, 침몰, 전복, 사상, 침수 및 Weather Damage 등은 기술관련사고에 속한다. 이 분류방법은 해양사고에 대한 대처 방법을 보면 명확해진다. 교통관련사고는 통항분리항로, 항로표지의 개선 등과 같은 교통환경의 개선을 통하여 예방이 가능하지만, 기술관련사고는 선박에 대한 기술적 개선을 필요로 한다. 따라서 해상교통공학에서는 교통관련사고를 연구대상으로 하고 있다.

4.2 해양사고 분석

선박의 해양사고는 육상의 다른 교통사고와 비교할 때 해상교통로 상에서의 자연조건의 영향 및 선박 운항자의 인적요소를 직·간접으로 가장 크게 받고 있는 것이 특징이다. 오늘날 선박의 항행 장비들이 첨단 과학기술의 발달에 힘입어 자동화되고 또한 신뢰성이 아주 높아졌지만 악천후 속에서 선체가 절단되어 침몰하거나, 태풍에 조우하여 침몰 또는 침수된 사고의 경우를 흔하게 경험하고 있다.

해상교통학적인 측면에서 보면 이러한 요소는 해양사고의 주요 요인으로 작용하며, 이들 해양사고의 원인을 분석하여 보면 인적 요인, 자연적 요인, 교통환경적 요인, 선박 요인 및 사회경제적 요인 등 5가지로 나눌 수 있다.[29] 이 가운데 사회경제적 요인을 제외하고는 각 요인이 독립적으로 해양사고를 직접 발생시킬 수 있으나, 대부분의 사고는 이러한 요인들이 서로 복합적으로 작용하여 해양사고를 발생시키는 경우가 많다. 연구 대상해역에서 4년간(1998-2001) 발생한 해양사고 중 교통관련사고에 해당되는 총 245건을 해양안전심판원 재결서 [30]를 이용하여 그 원인요소를 분석하였다. 해양사고의 원인이 복수인 경우에는 각각의 원인을 중복하여 계산함으로써 전체적으로는 총 587건이 되었다. 이 절에서는 해양사고의 원인중에서 인적 요인과 자연적 요인을 분석하였다.

각 항목별 해양사고 원인에 관한 사항은 Table 4.2와 같고, 목포해역에서 발생한 해양사고 245건의 위치를 도식화하면 Fig. 4.1과 같다.

Table 4.2 The Causal Analysis of Marine Casualties(1998-2001)

(단위 : 건)

사고종류		충돌	접촉	좌초	화재 폭발	침몰	기관 손상	조난	사상	기타	계	비율 (%)
원인요소												
운 항 과 실	출항 준비의 불량	1		2		6		1	2	1	13	2.21
	수로조사 불충분			5							5	0.85
	침로의 선정 유지 불량	1		3					1		5	0.85
	선위확인 소홀	3	1	13		1			6		24	4.09
	조선부적절	25		2		8			16	3	54	9.20
	경계 소홀	57		1		3		1	21	1	84	14.3
	항천대비, 대응 불량	1		5		16		1	10	8	41	6.98
	묘박, 계류의 부적절	1				1				1	3	0.51
	항행법규 위반	26		1	1	2			6	2	38	6.47
	복무감독 소홀	4		3	4	5		1	6	3	26	4.43
	당직 근무 태만	17	1	6	5	7	2		8	1	47	8.01
	기타	26		6	7	15			22	2	78	13.3
	선내작업안전수칙 미준수			1	1	1			8	2	13	2.21
소 계	162	2	48	18	65	2	4	106	24	431	73.4	
취 급 불 량	기관설비 취급불량	1			8	4	14	1	1		29	4.94
	화기취급불량, 전선노후, 합선				7	2			1		10	1.70
	선체, 기관설비 결함				2	3	3		2		10	1.70
	소 계	1			17	9	17	1	4		49	8.35
기 타	여객, 화물의 적재불량					5			4	6	15	2.56
	선박운항관리 부적절	14		1	7	11	6	1	10	6	56	9.54
	승무원 배승 부적절	3		2					4	2	11	1.87
	항해원조시설등의 부적절			1		2			3		6	1.02
	기상 등 불가항력	1			1	6			7	4	19	3.24
	기타											
소 계	18		4	8	24	6	1	28	18	107	18.2	
합 계	181	2	52	43	98	25	6	138	42	587	100	
비 율	30.8	0.34	8.86	7.33	16.7	4.26	1.02	23.5	7.16	100		

자료: 해양안전심판원 해양안전심판사례집 재결서

주) 사건에 복수의 원인이 있을 경우에는 원인을 중복 계상함

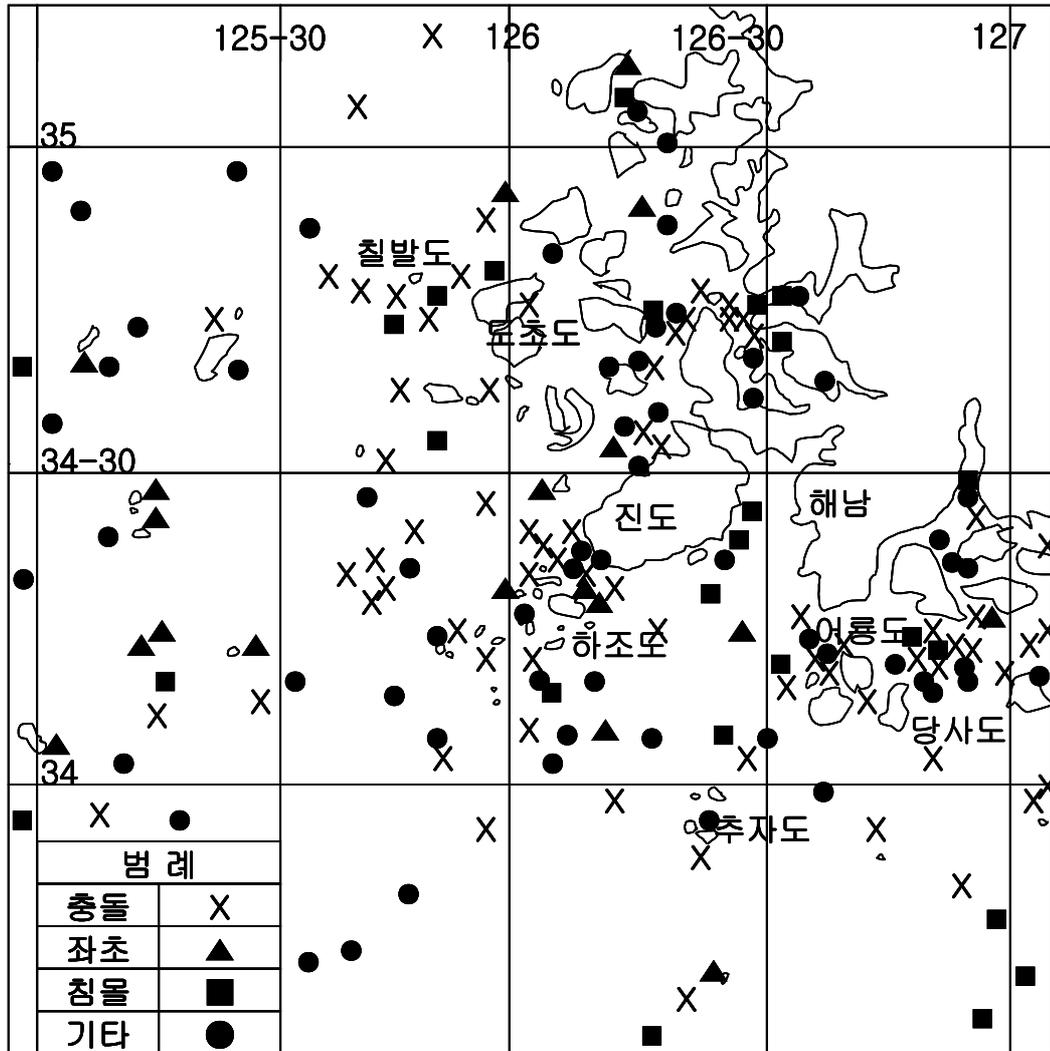


Fig. 4.1 Geographical Distribution of Casualties

4.2.1 인적 요인

인적 요인은 선박에 직접 승선하여 운항을 책임지는 운항자가 갖추어야 할 조건으로, 선박의 안전운항에 꼭 필요한 최소한의 운항자 조건을 구비하지 못하여 각종 해양사고를 일으키는 원인을 말한다. 예를 들면 선박의 크기에 따라서 정도의 차이는 있지만, 선박을 안전하게 운항하는데 필요한 조종기술과 정비기술이 부족하거나, 해상교통법의 항법규정을 제대로 이해하지 못하여 발생하는 사고로서 특히 하급 해기사들에게서 많이 나타난다.

항법에 관한 원칙은 여러가지 측면에서 해석할 수 있으나 해상교통 수단인 선박을 중심으로 하면 (1)일반주의 원칙, (2) 조종성능의 피항 원칙, (3) 항로설정의 원칙, (4) 공동 피항의 원칙 등으로 구분하며, 이 원칙 등을 해상교통법의 구체적인 원칙으로 생각할 수 있다.[32]

또한 선박 운항자는 직접적으로 선박운항에 종사하여 실무경험이 축적되어 있지 않고 이론적인 지식만으로는 선박을 안전하게 운항할 수 없다. 즉, 선박의 운항기술이란 변화무쌍한 해상의 자연환경 조건에 대하여 그때의 상황에 따라서 적절히 대응하여 조치해야만 되는 것이기 때문에 기본적인 지식 바탕 위에 다양한 경험을 필요로 하는 것이다.

그리고 선박이 항행중이거나 정박중에 당직자가 신체적인 과로나 기타 건강상의 이유로 아주 단순한 업무인 경계 및 주의의무를 게을리하여 충돌사고를 많이 일으키고 있다. 이러한 경우의 사고는 당직자에 대하여 고도의 운항기술이나 특수한 자격과 자질을 필요로 하지 않으며, 다만 보통 사람으로서 요구되는 정도의 주의나 예방방법으로도 사고를 충분히 방지할 수 있다.

각종 해양사고의 통계자료에 의하면 해양사고의 인위적 요인인 선원의 요인이 가장 중심적이고, 다른 요인들은 부수적으로 작용하고 있는 것으로 분석되고 있다. 특히 목포해역에서 발생한 최근 4년간(1998~2001)의 해양사고 종류별 원인

에 대한 Table 4.2의 통계자료를 보면, 선박 운항자의 운항과실이 전체 사고의 73.4%를 차지하고 있음을 알 수 있다. 또 사고 종류별로 보면 충돌, 좌초, 화재 폭발, 기관손상이 약 51.3%로 주종을 이루고 있다.

이러한 선박운항자의 인적 요인으로는 크게 (1) 항해사의 해상교통 관련 법규 미 준수 (2) 선원의 운항과실 (3) 하급 해기사의 전문지식 또는 경험 부족이 거론되고 있다.[32]

1) 항해사의 해상교통 관련 법규 미준수

육상에서의 교통 안전을 위해 도로교통법이 있는 것과 같이, 해상에서도 선박의 안전운항을 위하여 해상교통법이 있다. 그러나 해상의 교통법은 그 적용 지역 및 환경의 특성상 육상의 도로교통법과 같이 그렇게 엄격하고 지속적인 관리, 감독이 이루어 질 수 없다.

해기사의 재교육기관에서 교육중인 해기사들을 상대로 조사한 바에 의하면 우리나라 해기사들 중 해상교통법상의 항법규정 위반에 대한 책임사항을 제대로 숙지하지 못하고 있는 비율이 약 70% 정도로, 해기사의 해상교통법 준수의식이 매우 부족함을 알 수 있다.[33] Table 4.2에서의 해양사고 원인별 분석중에서 가장 많은 비율을 차지하고 있는 충돌은, 전체사고 587건 중 181건(30.8%)을 차지하는데, 충돌사고의 원인요소 중 경계소홀 및 항해법규 위반이 45.8%를 차지하고 있다.

2) 선원의 운항과실

일반적으로 교통사고의 원인은 운전자의 부주의가 그 대부분을 차지하는 것이 통상적인 바와 마찬가지로, 해양사고의 경우에도 Table 4.3에서 보는 것처럼 외

적인 요소에 의해 발생한 사고 113건을 제외한 80.7%가 선원의 직·간접적인 운항과실과 기관운전 및 유류 취급의 잘못 등 인적과실에 기인하고 있다.

Table 4.3 Number of Accidents caused by External Factors(1998-2001)

구분	기상 등 불가항력	선체, 기관설비의 결함	항해원조 시설 등의 부적절	기타	소 계	전체발생 건수
횟수(건)	19	10	6	78	113건	587건
비율(%)	16.8	8.8	5.3	69.0	100	19.25

자료 : 해양안전심판원, 해양안전심판사례집 재결서

선원의 운항과실에 대한 최근 4년간의 분석 내용을 정리해 보면 Table 4.4와 같은데, 항해 당직자의 가장 기본적인 당직업무인 경계 및 선위확인과 같은 일반원칙을 제대로 준수하지 않아서 일어나는 것이 전체의 31.6%를 차지하고 있다.

Table 4.4 Number of Casualties caused by Human Error(1998-2001)

구분	당직근무 태만	경계소홀	선위확인 소홀	침로선정 유지물량	복무감독 소홀	소 계	전체발생 건수
횟수(건)	47	84	24	5	26	186건	587건
비율(%)	25.3	45.2	12.9	2.69	13.9	100	31.6

자료 : 해양안전심판원, 해양안전심판사례집 재결서

3) 하급해기사의 전문지식 또는 경험 부족

목포해역에서 발생한 해양사고로 인하여 지난 4년(1998~2001)간 해양안전심판원에서 징계를 받은 해기사는 Table 4.5에서 알 수 있듯이 총 252명이다. 이 가운데 3급이상 항해사 69명, 4급~6급 항해사가 129명, 기관사가 29명 및 소형선 조종사 25명이다. 여기서 유의할 점은 주로 연·근해 선박에 승선하는 4급이하의 해기사가 182명으로 전체의 약 72.2%로서 해양사고의 주류를 이루고 있음을 알 수 있다.

Table 4.5 Number of Accidents by Officer's Grade(1998-2001)

(단위 : 명)

면허 기간	1~3급 항해사	4~6급 항해사	1~3급 기관사	4~6급 기관사	소형선 조종사	합 계
1998	19	40	0	11	8	78
1999	13	28	0	7	4	52
2000	9	33	0	3	7	52
2001	28	28	1	7	6	70
합 계	69	129	1	28	25	252
비 율	27.4	51.2	0.4	11.1	9.9	100

자료 : 해양안전심판원, 해양안전심판사례집 재결서

우리나라 해기사 양성제도의 현실에 비추어 보면 5급이하의 하급 해기사는 정상적인 해기사 양성 교육기관에서 전문교육을 제대로 받지 못하고 승선경력만으

로 면허취득의 자격을 얻는 경우가 많으며, 반면에 주로 대형선에 근무할 수 있는 상급 해기사는 고등교육기관에서 정규교육을 통한 이론적 교육은 많이 받지만 현장 실무경험이 부족한 것도 문제점이다. 특히 소형선사들은 자사선에 승선 근무하는 해기사들에 대한 회사 자체의 체계적이고 지속적인 안전 연수교육 및 안전운항 정보의 신속한 전달이 미비하여 발생하는 사고가 적지않다.

특히 선박직원법에서는 단지 최소승선 선박직원의 수만을 강제화하고 있어서, 대부분의 소형선들은 법정 유자격 해기사 1명만을 승선시킨 채 항해당직은 면허도 없는 일반 부원에게 맡기는 것이 현실이고 보면, 소형선의 항법규정 위반에 의한 타 선박과의 충돌 위험성은 매우 높다고 말할 수 있다.

또한, 해양사고의 시간대별 발생현황을 살펴보면(Table 4.6), 1등항해사의 당직 근무시간인 04시부터 08시 사이에 가장 많은 해양사고가 발생(25.7%)하고 있다. 그 원인은 일반적으로 사람들이 숙면상태에 있어야 될 시간대에 일어나서 근무를 하게 됨으로 인한 판단력의 혼돈에서 오는 원인과, 이 시간대에 조업을 위하여 출항하는 어선과 또한 야간동안 어로작업을 마치고 귀항하는 어선들로 인하여 해상교통량이 많기 때문에 상대적으로 해양사고 발생률이 높은 것으로 추정된다.

특별히 주간에 해양사고 발생률이 높은 것은, 어선의 경우 야간에 선장을 포함한 항해 책임자들이 조업에 참여하고, 주간에 다른 어장으로 이동항해를 함에 있어서 일부 무면허 선원들에게 항해당직을 맡기기 때문으로 사료된다. 일반 상선에서는 3등항해사의 주간 당직근무 시간인 08시부터 12시 사이와 2등항해사의 주간 근무시간인 12시부터 16시 사이에 높은 해양사고 발생률을 보이고 있는 것은 주위여건이 좋은 상태에서는 오히려 당직근무자의 긴장이 풀려 경계소홀을 가져오기 때문으로 짐작된다.

Table 4.6 Number of Casualties by Time Band(1998-2001)

시간대 년 도	00~04	04~08	08~12	12~16	16~20	20~24	미 상	합 계
1998	17	18	7	11	6	5	0	64
1999	13	8	14	7	9	12	0	63
2000	8	9	5	8	3	5	0	38
2001	13	28	8	11	12	8	0	80
계	51	63	34	37	30	30	0	245
구성비 (%)	20.8	25.7	13.9	15.1	12.2	12.2	0	100

자료 : 해양안전심판원, 해양안전심판사례집 재결서

4.2.2 자연적 요인

인간은 각종 자연으로부터 많은 혜택을 받지만 때로는 예상하지 못한 엄청난 재난을 당하기도 한다. 특히 해상에서 기상조건과 해상조건의 변화를 예측 못함으로써 선박의 교통에 많은 영향을 미치고 있다. 이 절에서는 해양사고에 직접적인 영향을 주는 중요한 자연적 요소인 폭풍 및 태풍과 안개의 영향을 분석해보기로 한다.

우리나라 근해에는 태풍 또는 폭풍이 자주 내습하여 예상할 수 없는 대형 해양사고가 자주 발생하고 있다. 우리나라 연안에서 폭풍에 의하여 일어나는 해양사고는 11월~3월 사이에 가장 많이 발생하고, 그 중에서도 특히 12월에 발생빈도가 가장 높다. 이것은 겨울철에 장기간 계속되는 북서계절풍의 영향 때문인 것으로 분석되며, 지역적으로는 서해남부, 제주도 및 부산부근 해역에서 가장 많이 발생하고 있음을 알 수 있다. 그리고 남서해안은 여름철에 열대성 저기압의

태풍 영향을 많이 받는 곳으로 선박의 좌초사고가 자주 발생한다.

특히 1990년대에 발생한 태풍 또는 폭풍 등에 의하여 해양사고가 많이 발생한 것은 지구주변 환경의 변화로 인하여 일어나는 것으로 해석하고, 이 기간 동안에는 특히 많은 해양사고가 발생한 것으로 기록되고 있다.

Table 4.7 Weather Statistics of Mokpo Water(1980-1999)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평균풍속(m/s)	4.8	5.1	4.6	4.2	4.0	3.4	3.8	3.6	3.9	4.2	4.4	4.2
폭풍일수(일)	3.8	2.4	2.8	2.6	1.1	1.1	0.8	1.2	1.0	1.6	3.1	4.2
태풍빈도(개)	0.4	0.2	0.4	0.6	1.0	1.8	3.8	5.7	5.0	4.3	2.2	1.3
안개일수(일)	0.7	1.4	1.8	3.1	3.1	3.1	4.0	1.6	2.0	2.8	2.5	1.1
강수일수(일)	12.0	10.0	9.7	8.6	8.9	10.0	13.0	12.0	7.8	6.6	8.9	9.3
강설일수(일)	7.7	5.1	1.0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	5.1
평균조차(cm)	275	268	263	266	273	276	282	277	274	273	278	274
평균기온(。c)	1.8	2.7	6.8	12.3	17.2	21.2	24.7	25.9	22.1	16.5	10.4	4.5

자료 : 기상청, 기상년보

"해상에서 선장의 가장 큰 적은 안개"라는 말이 있는 것처럼 해상에서 태풍과 더불어 가장 어려운 기상상태는 안개로 인한 시정의 불량이다. 특히 선박의 왕

래가 잦은 항구입구와 그 부근해역, 좁은 수로와 그 입구 부근의 해역에서는 안개로 인한 시정제한이 충돌과 좌초 사고의 원인이 되곤 한다.

Table 4.7은 목포해역의 20년간(1980-1999) 기상자료[35]를 정리한 것이다. 자료에서도 알 수 있듯이 목포해역은 평균풍속이 우리나라의 대부분 해역이 그러하듯이 하절기보다는 동절기에 더 강하게 불어오고, 따라서 폭풍일수 또한 6-7월 사이는 평균 1일이지만, 11-2월 사이에는 3.3일로 약 3배에 이른다. 하지만 안개일수는 겨울철보다는 4-7월 사이에 자주 발생하고, 특히 7월에는 평균 4일을 기록하고 있다. 이처럼 목포해역은 겨울철은 폭풍으로, 여름철은 안개에 의한 해양사고가 많이 발생하고 있다.

Table 4.8 Number of Casualties by Weather(1998-2001)

시 정 연 도	무 중	맑은 날씨	기상악화 (태풍)	기타(미상)	합 계
1998	15	23	20	6	64
1999	14	31	10	8	63
2000	9	17	4	8	38
2001	20	34	6	20	80
합 계	58	105	40	42	245
구성비(%)	23.7	42.9	16.3	17.1	100

자료 : 해양안전심판원, 해양안전심판사례집 재결서

Table 4.8에서 보는 것처럼 목포해역에서 발생한 해양사고 245건 중, 안개로 인하여 시정이 불량한 상태에서 발생한 것이 58건으로 23.7%에 이르고 있다. 물론 최근에는 첨단 장비가 발달하여 충돌사고 예방에 기여하고 있으나, 소형선박

특히, 어선에는 레이더를 정상적으로 작동시키고 그 기능을 충분히 이해하여 활용할 수 있는 항해사가 매우 부족하기 때문에, 안개로 인한 시정이 불량한 때에 소형선에 의한 충돌사고의 감소를 기대하기가 어려운 실정이다.

4.3 요약

선박의 해양사고는 선박이 항해중이거나 정박 중에 당직자가 신체적인 과로나 건강상의 이유로 인하여 단순한 경계 및 주의의무를 게을리하여 발생하는 경우가 많다. 목포연안의 과거 4년간(1998-2001)의 교통관련사고 조사·분석에서도 알 수 있듯이 출항준비의 불량, 선위확인소홀 등 운항과실로 인하여 발생한 해양사고가 전체의 73.4%를 차지하고 있으며, 기상 등의 불가항력적인 상황으로 인하여 발생한 해양사고는 3.24%로 상당히 낮다. 이중 당직근무의 가장 기본이 되는 경계소홀, 선위확인소홀로 인하여 발생한 사고가 18%를 차지하고 있어, 통항이 빈번한 목포연안을 항해하는 선박조종자에게 경계를 주고 주위를 환기시켜 줄 수 있는 새로운 관리방안이 필요하다.

그리고 해양사고의 위치에서 목포연안은 도서가 산재한 구역으로 수로가 협소하고, 상하 또는 동서로 교차하는 선박이 많으며, 상선, 어선, 여객선 및 기타의 선박이 좁은 수역을 항해하고 있어 해양사고의 대부분이 좁은 수로에서 자주 발생하고 있다. 현재 목포에 항만교통관리제도가 설치되어 있기는 하지만 이 제도는 목포수로에 진입하여 목포로 입·출항하는 선박 위주로 관리하고있기 때문에 각종 수로가 산재하여 있는 목포연안의 관리는 불가능한 실정이다.

제5장 연안VTS의 제안

연안VTS 설치를 위한 법적인 근거는 현재 국내법상으로는 항로표지법에 그 근거를 찾을 수 있고, IMO 및 IALA 권고 및 지침에는 그 내용이 구체적으로 언급이 되어 있다. VTS는 항로표지법의 분류에서[35] 조류신호표지, 기상신호표지와 함께 특수신호표지에 속한다. 항로표지를 설치할수 있는 해역은 교통안전 특정해역, 유조선 등의 안전항로, 해상교통안전법상에 지정·고시한 항로, 정박구역 및 선박이 통상적으로 통항하는 수역으로서 선박의 항행안전을 위하여 항로표지의 설치가 필요하다고 지방청장이 지정하는 수역 등이다.[36]

이용자 측면에서 본 연안VTS가 필요한 해역의 설문조사(2.4.2절)에서 목포-여수해역은 3순위 이었다. 하지만 목포해역의 연안VTS 설치를 제안하는 근거는 목포해역에 대한 해상교통조사 결과로부터 교통밀도가 높고, 위험화물을 운송하는 교통량이 많으며, 항행형태가 복잡하고, 어선과 모래운반선에 의해 선박교통에 방해를 받는 교통특성을 가진 해역으로 조사되었다. 또한 지리학적으로 협수로가 많아 조류가 강하고, 섬들이 산재하여 레이더 차폐구간이 생기며, 안개발생이 빈발한 것으로 분석되어 사고발생가능성이 높다. 더구나 목포연안은 산재되어 있는 섬들 때문에 상하 또는 동서로 교차하는 선박이 많으며, 선박들이 좁은 수역을 항해하고 있어 해양사고의 대부분이 좁은 수로에서 자주 발생하고 있다. 이와같은 목포해역의 특성은 IMO가 VTS 설치 대상해역으로 권고하고 있는 수역에 해당되며, 현재 목포에 설치되어 있는 항만VTS는 목포수로에 진입하여 목포로 입·출항하는 선박 위주로 관리를 하고 있을뿐 목포연안의 관리는 불가능하기 때문에 연안 VTS가 설치되어야 할 타당성이 있다.

이 장에서는 연안VTS를 구축하기 위한 레이더사이트(R/S) 및 각 R/S에서 수

집된 각종 정보를 집약할 수 있는 센터의 위치를 제안하고자 한다. 그 위치는 제3장의 해상교통조사와 제4장의 해양사고분석 및 현장조사의 결과는 물론 목포항만 VTS와의 연계를 고려하여 제안하고자 한다.

5.1 IMO 및 IALA의 권고 및 지침

VTS는 특정지역에서 해상교통의 안전과 능률을 담당하는 기관이 이용할 수 있는 대규모 교통관리도구로써, 특히 육상에 토대를 둔 데이터처리 시스템으로서 정보 수집, 데이터 평가 및 분배에 관여하는 장치이다.

이러한 VTS에 대한 정의에 있어서, IMO 결의서 A.578(14) “Guidelines for Vessel Traffic Services”에서는 서비스가 유자격의 적절한 관청에 의하여 실시되고, 통항의 안전과 효율성 그리고 환경보호의 목적으로 수행되면 합법적으로 VTS라고 이름 붙일 수 있다. 그러나 이 개념은 실제 적용에 있어서 너무 포괄적이고 광범위하게 되어있었으므로, 보다 세부적인 내용을 위하여 IALA VTS위원회에서 정의를 다음과 같이 개정하였다. 즉, “VTS는 통항 선박들과 상호 작용하여 영역 내에서 전개되는 교통상황에 선박 통항의 안전과 효율성을 증진시키고, 환경을 보호하기 위하여 주관청이 제공하는 서비스로, 이 서비스는 지역 내에서 일어나는 교통상황과 상호 작용하여 대응할 수 있는 능력이 있어야 된다.” 그러므로 해상교통에서 적용하고 있는 통항분리제도(Traffic Separation Scheme), 선박보고시스템 및 지역교통정보시스템(Regional Traffic Information System) 등은 중요한 요소는 될 수 있지만 그 자체로서는 VTS로 간주할 수 없는 한계가 있다. 데이터처리 시스템으로서의 VTS는 서비스 지역내의 교통상황을 항시 파악하고 있어야 하고, 교통에 영향을 주는 요소들을 통찰해야 한다. 이러한 교통이미지는 지역내의 교통상황을 판단하는 VTS기능의 기초가 되고, 운

용자가 교통을 평가하고 그에 따라 적절한 결정을 내리도록 도와주며, 이러한 목적으로 데이터를 수집·평가하고, 분석 및 해석한다. 특정한 해역에서 교통에 영향을 미치는 직접적인 방법은 정보 수집, 평가, 조치와 같은 원리에 토대를 두고, 선박에서의 항행의사 결정에 직접적인 영향을 미치게 하는 것이다.

VTS운영과 관련된 IMO 및 IALA의 권고 및 지침은 VTS를 계획하고 설치함에 있어서, 정부 또는 주무관청이 VTS의 지침에 관한 IMO 총회결의 A.857(20)을 전적으로 참작해야 하고, 특히 다음 사항을 준수해야 한다.[37]

- ① 국내법 또는 국제법에 따라 VTS의 설치와 운영이 적합해야 한다는 것을 보장해야 하고,
- ② VTS를 위한 임무와 목적들이 설정되어 있음을 보장해야 하고,
- ③ VTS 운영 할 당국이 지정되어 있고, 법적으로 보호되어야 하며,
- ④ 적절한 곳에서 VTS 구역이 지정되어, VTS 서비스구역이 정해져 있는 것이 보장되어야 하고,
- ⑤ VTS에 의해 제공되는 서비스를 결정해야 하고,
- ⑥ 육상과 근해에 서비스 제공을 위한 장비의 기준을 설정해야 하고,
- ⑦ VTS당국은 VTS의 목적을 효과적으로 달성하기 위하여 필요한 장비와 시설을 제공한다는 것을 보장해야 하고,
- ⑧ VTS당국이 요구하는 업무를 이행할 수 있는 요원의 자격과 지속적인 훈련을 위한 제도를 보장해야 하고,
- ⑨ VTS당국은 IMO 결의서에 따라 VTS를 운영하도록 지시해야 한다.

5.2 현장 조사

목포해역의 R/S와 정보를 집약할 수 있는 센터를 구축하기 위하여 각 지형과 위치를 확인하기 위한 현장조사를 실시하였다.

목포해역의 현장조사는 아래 사항을 고려하여 조사하였고, 특히

- 교통편 : 공사 및 장애 발생시 접근 용이성
- 전원 : 섬 자체의 자가발전 또는 발전기 설치상의 문제
- R/S의 음영구역 해소와 R/S와 중첩되는 구간 선정 : 선박 통항량 고려
- 부지의 소유자
- 현지 주민의 호응도

이 조사에서 레이더 통달거리는 30Km를 기준으로 하여 R/S설치 후보지를 선정하였다. 30Km로 선정한 이유는 우선 R/S는 중첩을 통하여 1개소가 작동이 불가능할 경우 인접구역을 커버할 수 있고, 연안을 운항하는 선박은 일반적으로 레이더를 12마일로 작동하여 운항하기 때문에 R/S의 경우에는 선박보다 넓은 범위의 관제를 실시하여 선박의 안전을 도모하고 통항에 유효한 정보를 제공할 수 있다고 판단했기 때문이다. 또한 선정된 위치는 인천, 평택 등지에서 출항하여 목포 또는 부산으로 이동하는 상선의 항로를 고려하여 도초도 서단, 목포 PTMS와의 연계성을 고려하여 목포수로의 시작지점인 가사도 등대, 맹골수도의 교통량을 고려하여 서거차도 정상, 목포에서 출항하여 독거군도 사이로 통항하는 선박의 교통량과 사고의 결과를 분석하여 얻은 자료를 기준하여 하조도 등대, 횡간수도를 통과하는 선박을 확인할 수 있는 어룡도 등대, 추자군도와 여서도 사이를 통항하는 선박을 고려한 당사도 등대 등을 선정하였고, 이와 같은 R/S의 정보를 집약할 수 있는 센터의 후보지로서 진도서망을 고려하여 현장조사를 실시하였으며,[38] 현장조사의 위치는 Fig. 5.1과 같다.

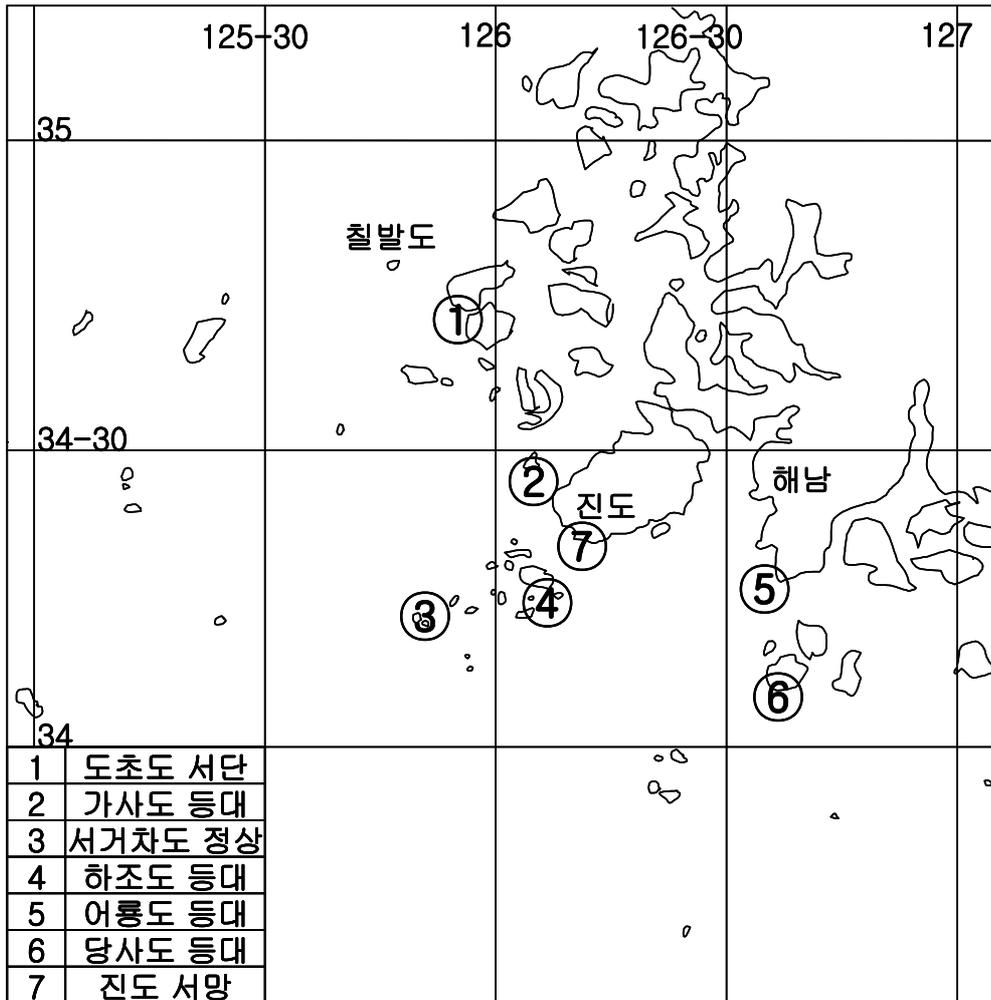


Fig 5.1 Location of Site Survey

5.2.1 도초도

도초도는 도초도 서쪽 끝단의 산 정상에서 비금수도와 경치동수도를 통행하는 선박의 전체 항로의 커버할 수 있고, 산의 후면(육지쪽)을 제외하고는 음영구역이 발생하지 않아 R/S의 위치로는 최적지로 판단되며, 마을에서 직선으로 약 2Km 정도이기 때문에 한전의 전원을 사용할 수가 있다. 교통편은 목포항에서 정기적으로 여객선이 취항하고 있으며, 부지는 마을 거주자의 소유지로 확인되었다.



Fig. 5.2 Vicinity of Docho-Do

5.2.2 가사도 등대

가사도 등대는 현재의 위치에서 목포로 출입항하는 선박의 전체항로를 커버할 수 있고, 목포항 PTMS와의 연결을 위해서는 반드시 R/S를 설치해야 하는 지역이다. 가사도 항로표지관리소 뒤쪽의 산 정상은 바위산이고 경사가 너무 가파르다는 단점이 있어서, 가사도등대의 등탑 주변이 R/S의 최적지로 판단된다. 전원은 가사도 마을의 전원을 공급하면 별 문제는 없으며, 관리소의 부지는 해양수산부 부지이다. 또한 목포항에서 정기적으로 객선이 취항하고 있다. 가사도 등대의 현장조사는 2000년 8월 2일 실시하였다.



Fig. 5.3 Vicinity of Gasa-Do

5.2.3 서거차도 정상

서거차도 정상에는 군부대가 사용하던 R/S를 포함하여 해안 경계 시설물이 축조되어 있으나 약 5년 전에 철수하였고, 지금은 시설물의 잔해만 남아 있다. 산 정상에 R/S를 설치하기에는 별 어려움이 없고, 특히 맹골수도 전체를 커버할 수 있어 적절한 장소로 판단이 된다. 전원은 군부대가 주둔하고 있을 때 자체 발전을 사용하였고, 산 정상까지는 산길을 따라 지상으로 송전선을 매설하여 사용한 것으로 생각된다. 또한 마을의 자가 발전을 이용하여 함께 사용 가능하다. 교통편은 진도 팽목에서 여객선이 취항하고 있다.



Fig. 5.4 Vicinity of Seogecha-Do

5.2.4 하조도 등대

하조도는 선박의 통항이 빈번하며, 서로 반대방향으로 통항하는 선박이 조우하는 곳으로, 사고의 위험이 높고, 하조도 등대에서 장죽수도 전체를 커버할 수 있어 R/S의 최적지이며, 특히 등탑 북쪽으로 해안가의 언덕이 가장 좋은 곳으로 판단이 된다. 전원은 육전을 사용할 수 있다. 교통은 진도 팽목에서 정기적으로 여객선이 취항하고 있다.



Fig. 5.5 Vicinity of Hajo-Do

5.2.5 어룡도 등대

어룡도는 등대의 위치에서 횡간수도의 전방위를 관측할 수 있으며, 동쪽으로 흑일도 및 횡간도가 위치하고 있다. 현재의 Racon Tower 있는 곳이 R/S 위치로 좋을 것으로 판단이 된다. 전력은 발전기를 설치하여 사용하면 가능할 것으로 판단이 되고, 선착장에서 등대까지 직선거리 약 300m이기 때문에 유류공급은 선착장에서 파이프를 통하여 공급하면 가능할 것으로 판단된다. 어룡도 항로표지관리소는 해양수산부 부지이고, 교통은 노화도에서 이들에 한번씩 객선이 취항하고 있다.

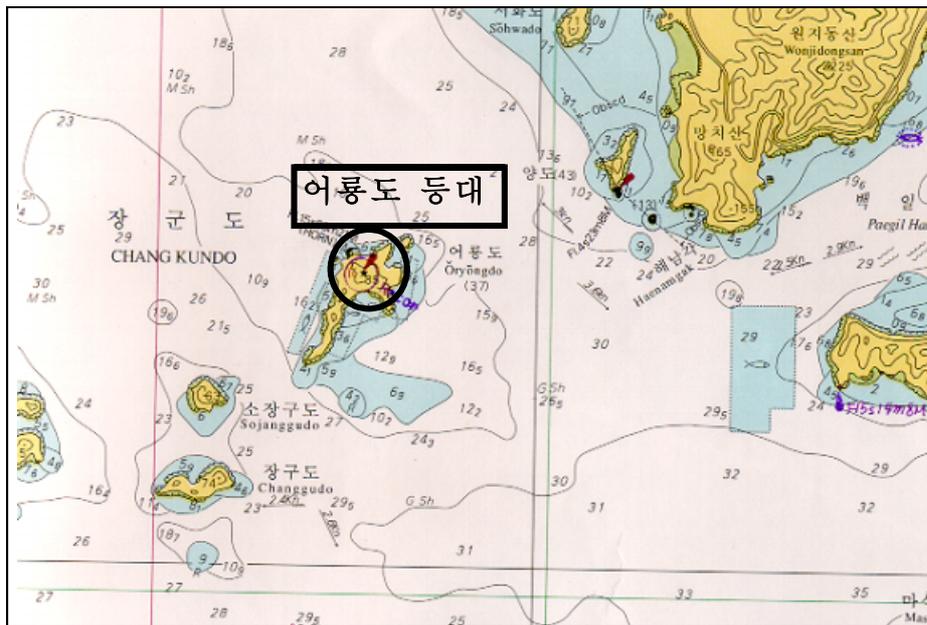


Fig. 5.6 Vicinity of Eoryong-Do

5.2.6 당사도 등대

당사도 등대는 마을에서 약 1.1Km 거리에 위치하고 있고, 북서쪽에 보길도, 북동쪽에 소안도가 위치하고 있기 때문에 이 방향으로의 차폐구간이 발생하지만, 그 외 구역인 약 220도 방향을 탐지할 수 있다. 또한 유조선통항금지구역과 접해 있으며, 위치는 무신호소 앞의 태양전지판이 설치된 지역이 용이할 것으로 판단이 된다. 부지는 해양수산부 부지이고, 노화도에 새마을호가 하루 2편 취항하고 있다. 전력은 자가발전(제한송전 : 16시-24시) 중으로 2001년부터 태양광 발전을 실시중에 있다.



Fig. 5.7 Vicinity of Dangsa-Do

5.2.7 진도 서망

진도 서망은 하조도와 레이더 커버가 중첩되는 구간이 있지만, 앞으로 이 해역에 설치될 각종 센서의 자료를 처리할 수 있고, 또한 이 해역에 항로표지 집약관리시스템의 중앙통제소가 이곳에 도입이 추진 중에 있어 이들 모두의 중앙통제소로서 적합한 위치로 판단된다. 육지와 접해있을 뿐만 아니라, 면적이 넓고, 목포로 통항하는 선박에 정보를 제공할 수 있을뿐만 아니라, 현재는 육지와 연결이 되어 있기 때문에 센터의 후보지로 적합한 장소이다. 부지는 대부분이 해양수산부의 매립지이다.



Fig. 5.8 Vicinity of Seomang(Jin-Do)

5.3 후보지 선정

5.2절에서 1개소의 센터와 6개소의 R/S 후보지에 대한 현장 조사를 실시하였다. 현장조사한 내용을 종합하여 정리하면 Table 5.1과 같다.

Table 5.1 Result of the Site Survey

구분	당사도 (등대)	어룡도 (등대)	하조도 (등대)	서거차도 (정상)	가사도 (등대)	도초도	진도 (센터)
전원	○자가	○자가	◎	○자가	○	◎	◎
진입로	○	○	◎	○	○	×	◎
기반시설	◎	◎	◎	○	○	×	◎
음영구역	○	◎	◎	◎	△	◎	-
소유주	해양수산부	해양수산부	해양수산부	국방부	해양수산부	개인	해양수산부
현지호응도	◎	◎	◎	?	◎	?	○

범례 : ◎ : 아주 좋음, ○ : 좋음, △ : 보통, × : 나쁨

Table 5.1에 있는 내용을 각 후보지 별로 분석해 보면 다음과 같다.

첫째, R/S로부터 수집된 각종 정보를 집약하고 분석할 센터 후보지인 진도 서망은 전원, 진입로, 기반시설 등이 충분이 갖추어져 있고, 또한 필요한 부지 대부분의 소유주가 해양수산부여서 센터 후보지로 적합하다.

둘째, 도초도의 천금산은 진입로와 기반시설은 다소 취약하나, 음영구역이 발생하지 않아 비금수도와 경치수도를 통행하는 선박을 커버할 수 있다.

셋째, 가사도 등대는 전원, 진입로 기반시설이 양호하고, 목포 진입수로 주변

에 위치하고 있는 섬들로 인하여 음영구역이 발생할 수 있으나, 목포 PTMS와의 연계 차원에서 적합한 위치라 할 수 있다.

넷째, 서거차도 정상은 이전에 해군 R/S가 위치했던 자리로서, 전원은 자가 발전을 실시하고, 진입로 및 기반시설이 양호하며, 선박의 통항량이 많은 맹골수도 전체를 커버할 수 있다는 장점이 있어 R/S 후보지로 적합하다.

다섯째, 하조도 등대는 전원, 진입로, 기반시설이 양호하고, 장죽수도 전체를 커버할 수 있으며, 음영구역이 발생하지 않아 후보지로서 적합하다.

여섯째, 어룡도 등대는 기반시설이 매우 양호하며, 전원과 진입로도 대체적으로 양호한 편이다. 특히 횡간수도 전방위 관측이 가능하여 후보지로서 적합하다고 판단된다.

일곱째, 당사도 등대는 북서, 북동쪽에 위치한 섬의 방향을 제외하고는 음영구역이 없으며, 섬의 남쪽에서 동서로 진행되는 선박의 통항을 관측할 수 있고, 전원과 진입로가 양호하여 R/S 후보지로 적합한 것으로 판단된다.

상기와 같은 내용을 토대로 하여 목포해역의 R/S 후보지 및 센터 후보지를 Fig. 5.9와 같이 제안한다.

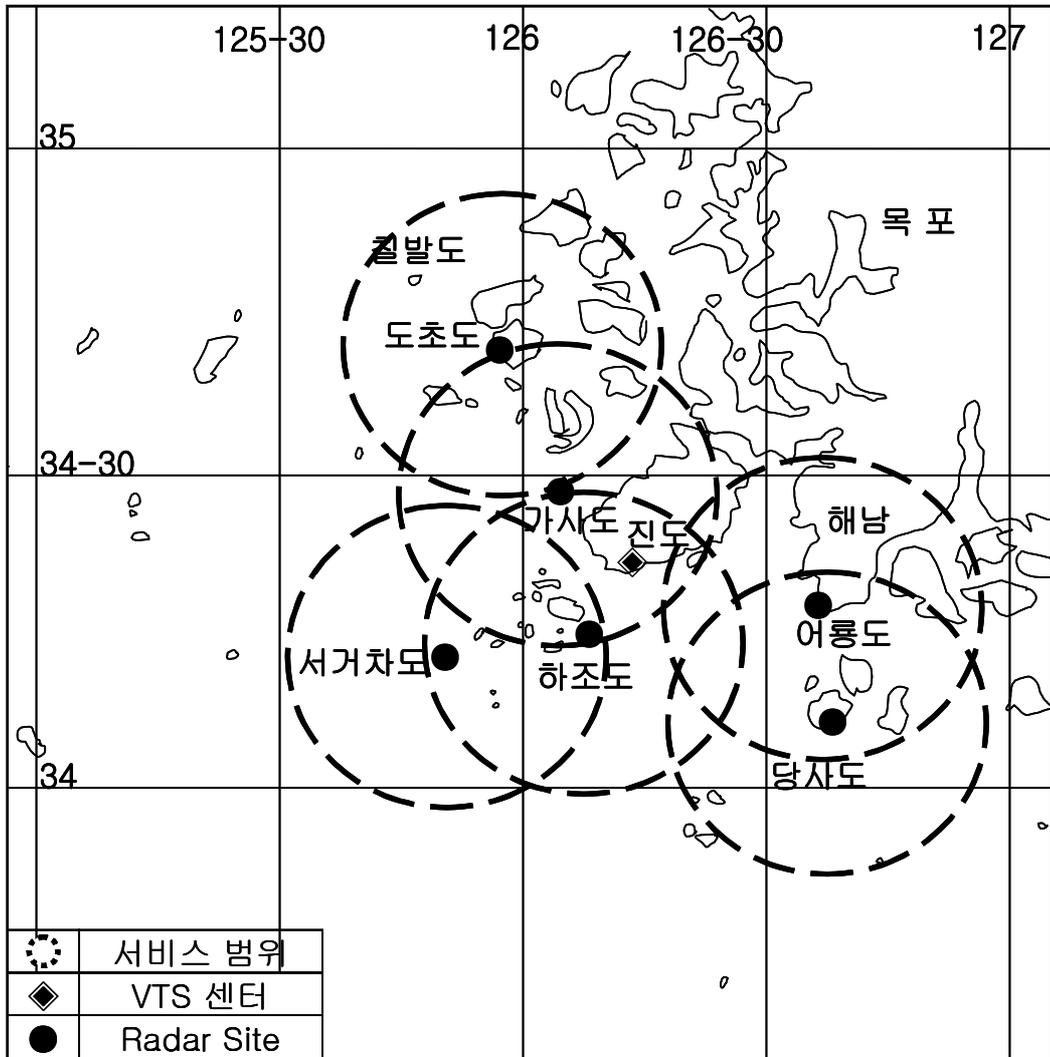


Fig. 5.9 Location of the R/S and Center with Radar Coverage

제6장 결 론

이 연구에서는 VTS 설치 및 연구에 관한 외국의 사례와 세계적인 추세를 조사한 결과 통항 밀집 해역, 해양오염 민감 해역 등에 대해서는 광역 해상 교통 관리 시스템 도입의 필요성이 있음을 파악하였다. 한편 IMO 및 SOLAS의 규정에서 VTS 설치 목적은 해상에서의 인명안전, 항해의 안전과 효율성 증진 및 해양환경의 보호라고 규정하고 있다. 또한 VTS의 역할도 초기에는 항만을 중심으로 서비스를 실시하였지만, 현재는 연안으로 확대되고 있으며, 또한 AIS와 통합하여 선박의 불필요한 보고사항을 줄여, 선박의 안전에 증진하는 방향으로 변하고 있다.

IMO 및 IALA의 권고사항을 보면 교통밀도가 높은 수역을 비롯하여 통항 형태가 복잡하고, 해양사고의 기록이 많은 수역 등에 VTS 설치를 권고하고 있으며, 1991년 캐나다의 연안VTS 설치 시 사고예방 효과에 관한 연구에서도 보았듯이 Confined 수역 보다는 Open 수역에서 VTS 설치 효과가 큰 것으로 분석되고 있다.

또한 울산에서 인천해역까지를 대상으로 연안 VTS의 필요성에 관한 설문조사를 실시한 결과, 우리나라의 VTS 이용자 및 운영요원은 연안VTS의 설치가 필요하다고 인정하였고, 교통관련사고의 예방 효과가 가장 기대된다고 생각하고 있었다.

따라서 이 논문에서는 교통밀도가 높고, 도서가 산재하여 협수로가 많고 조류가 강하게 흐르는 등 통항환경이 어려운 목포해역을 연구 대상해역으로 선정하

였다. 또한 이 해역은 IMO의 VTS 설치 권고 해역의 조건을 거의 만족하고 있을 정도로 연안VTS의 설치가 필요한 해역으로 분석되었다.

목포해역에 대한 연안VTS 도입의 타당성을 조사하기 위하여, 하조도를 포함하여 4개 지점에서 해상교통조사를 실시하였다. 조사 결과 목포해역은 지형적으로 도서가 산재하고, 조류가 강하게 흐르며, 안개가 자주 발생하는 해역으로, 통항량이 많고, 선박의 조우형태가 다양하고, 항해형태가 복잡하였다. 해상교통조사 결과를 통하여 목포해역은 IMO의 VTS 설치 권고 해역의 해당사항과 매우 유사하여 이 해역에 연안VTS의 설치가 필요하다고 판단된다.

IMO는 해양사고의 발생이 많은 곳에 VTS를 설치도록 권고하고 있으므로, 대상 해역에서 발생한 과거 4년간(1998-2001)의 해양사고를 분석하였다. 분석 결과 교통 관련 사고가 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 대부분의 해양사고가 좁은 수로나, 통항량이 많은 곳에서 발생하고 있어 이 해역에 대한 선박통항 관리의 필요성이 인식되었다.

교통량 조사와 해양사고 조사를 토대로 목포해역의 연안VTS 설치를 위한 현장조사를 실시하였다. IMO 및 IALA의 권고사항을 참고로 하여 해도 및 육도상에서 도상 검토를 마친 후, 최종적으로 7개의 후보지를 선정하여 현장조사를 실시하였다. 조사 내용은 교통편, 전원, R/S 설치로 인한 음영구역의 해소 및 중첩 그리고 현지주민의 호응도 등이며, 이들 조사 내용을 종합하여 6개소의 R/S와, 1개소의 센터 설치 후보지를 제시하였다.

목포해역에 위에서 제시한 6개소에 R/S가 설치되고, 이들 R/S에서 수집된 정보를 집약하여 서비스를 제공하는 센터가 설치되어 운영된다면 어룡도 부근 해

상, 당사도 남측 해상, 거차수도, 맹골수도, 매물수도, 장죽수도, 경치수도 및 우이수도를 비롯한 목포 인근 남·서해역의 통항 안전이 획기적으로 증진될 것으로 판단되며, 이를 통한 해양사고 예방으로 해상에서 인명과 재산의 안전은 물론 이 해역에 산재되어 있는 어장 및 해상공원의 보호에 기여할 것으로 판단된다.

이 연구에서는 목포해역의 자연환경, 해양사고 및 해상교통조사를 실시하고, 현장 조사를 통하여 연안 VTS 도입을 위한 레이더 사이트(R/S) 및 센터 후보지를 제안하는 것으로 하였다. 물론 이 연구에서 제안하는 연안 VTS는 Radar 물표 정보에 AIS 정보가 통합된 것으로, 전파 전파환경 분석 등을 통한 시스템 구성 계획은 향후 연구과제로 남겨둔다.

대상 해역을 항해하는 선박에게 Radar와 AIS 정보를 종합한 통항정보가 가장 중요한 내용임에는 틀림없지만, 통항 해역의 등대나 부표 등과 같은 항로표지정보, 조석 및 조류정보, 기상정보 등도 항해자에게 매우 유익한 정보가 될 것이다. 따라서, 앞으로 설치될 연안 VTS센터에서 이들 모든 정보를 종합·관리하고, 서비스를 제공하는 종합교통상황실의 역할을 한다면, 이 해역에서의 해양사고 예방을 통한 기여도가 한층 높아질 것으로 판단된다. 이에 관한 연구 역시 향후의 연구과제로 남겨둔다.

참고문헌

- [1] 김준옥, VTS 서비스 설정구역에 관한 연구, 한국해양대학교 행정학석사 학위논문, 2000. 8, p15
- [2] 박진수 · 김준옥, 포항항의 VTS 서비스구역 설정에 관한 연구, 해양안전학회지 제6권2호, 2000.7
- [3] International Association of Marine Aids to Navigation and Light House Authorities, VTS Manual, 1998, p5
- [4] 1974년 해상인명안전협약(1998 종합본), Chapter V, 해인출판사, p824
- [5] 임동철 외1인, 해사법규강의(제2판), 2002. 2, 학현사, p279
- [6] 박진수, (증보)해상교통공학, 2001, 효성출판사, p174
- [7] International Association of Marine Aids to Navigation and Light House Authorities, Aids to Navigation Guide(Navguide) 2002, Edition 4, p102
- [8] 김상환, 인천항 VTS의 효율적인 운영방안에 관한 연구, 한국해양대학교 공학석사학위 논문, 1992 .2, p4
- [9] 박진수, (증보)해상교통공학, 2001, 효성출판사, p175
- [10] 박진수, (증보)해상교통공학 2001, 효성출판사, p177
- [11] IALA, VTS Manual, 1998, p. 5
- [12] IALA, VTS Manual, 1998, p. 5
- [13] 해양수산부 해양안전심판원, 해양안전 1999년 가을호, pp. 39~47
- [14] IMO Assembly Resolution A.857(20), Guidelines on VTS, 1998
- [15] Kongsbergs Norcontrol, VTMIS, Norway, p. 2
- [16] Torsten Kruuse, International Co-operation in the Development of Vessel Traffic Service, Paris, France

- [17] 박진수, (증보)해상교통공학, 효성출판사, pp 192-194
- [18] 해양수산부, 항로표지종합관리정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시설계 용역, 최종보고서, 2001. 9, p9-13
- [19] 해양수산부, 항로표지종합관리정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시설계 용역, 최종보고서, 2001. 9
- [20] 해양수산부, 항로표지종합관리정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시설계 용역, 최종보고서, 2001. 9
- [21] Canadian Coast Guard, 1991, Vessel Traffic Services(VTS) Update Study, Marine Navigation Services, appendix A-2
- [22] Vessel Traffic Services, Oct 1984, Final Report, National Vessel Traffic Services Study, Canada, p89-91
- [23] Park J. S. "Marine Traffic Engineering in Korean Coastal Waters", PhD, University Plymouth, 1994
- [24] 해양수산부, 항로표지 장기개발 계획에 관한 조사 연구, 1998.2 p7-148
- [25] 정재용, "항행원조시설의 비용편익분석 모델에 관한 연구", 2001.8, PhD
- [26] 해양수산부, 항로표지종합관리정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시설계 용역, 최종보고서, 2001. 9 p4-1
- [27] 해양안전심판원, 해양안전심판법규집, 해양사고의조사및심판에관한법률 제1장(총칙) 제2조(정의) 1항, p5
- [28] 해양안전심판원, 해양안전심판법규집, 해양사고의조사및심판에관한법률사 무처리요령, 제13조(사고의 종류), pp109-110
- [29] 박진수, (증보)해상교통공학, 2001, 효성출판사, p104
- [30] 해양안전심판원, 해양안전심판사례집, 1998-2001년
- [31] 박용섭, 해상교통법론, 1998. 2, 형설출판사, p19.
- [32] 정재용·이형기·박진수, 연안선박교통관리제도의 도입에 따른 사고예방효

- 과 추정에 관한 연구, 한국항해학회지, 제25권2호, 2001. 6월
- [33] 해양수산부, 항로표지종합관리정보센터 구축을 위한 조사연구·기본 및 실시설계 용역, 최종보고서, 2001.
- [34] 기상청, 기상년보, 1980-1999년
- [35] 항로표지법시행규칙 제2조
- [36] 항로표지법시행령 제6조(항로표지의 설치·관리 의무) 제1호
- [37] IMO Assembly Resolution A.857(20), "Guide on VTS", 1998