

## 교통량 분석을 통한 항만 VTS 관제사의 업무량 평가

박성용\* · 박진수\*\* · 강정구\*\*\* · 박영수†

한국해양대학교 박사과정\*, 한국해양대학교 항해시스템공학부 교수\*\*  
한국해양수산연수원 교관\*\*\*, 한국해양대학교 운항훈련원 교수†

### A Study on Evaluation of Harbor VTS Operators' Workload by the Analysis of Marine Traffic

Sung-Yong Park\* · Jin-Soo Park\*\* · Jung-Gu Kang\*\*\* · Young-Soo Park†

\*Doctoral course student, Korea Maritime University, Busan 606-791, Republic of Korea

\*\*Division of Ship Operation Systems Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Republic of Korea

\*\*\*DKorea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan, Republic of Korea

† Ship Operation Training Center, Korea Maritime University, Busan 606-791, Republic of Korea

**요 약** : 전세계적으로 물동량이 증가하고 동시에 지난 10여년간 VTS는 급격한 성장을 하여 왔다. 그러나 VTS가 생겨난 이후 15년간 VTS 관제사의 업무량에 대한 관심과 연구는 미흡하였다. VTS 관제사의 업무량을 측정하기 위해 우선, Port-MIS 자료와 De-briefing 자료를 이용하여 7일간 입출항 척수를 시간-톤수별로 구분하여 조사한다. 그러나, 한 척의 선박이 입항하더라도 관제사가 느끼는 부담의 정도가 달라지므로 선종, 크기,  $L^2$  환산치등을 조사한다. 여기에 설문조사를 통하여 구해진 관제·비관제 척수를 1과 0.3의 가중치를 주어 환산관제척수를 구한다. VTS 업무량에 영향을 주는 요소인 관제구역 크기, 사고발생 빈도, 거대선, 위험선을 조사·분석하여 관제식을 정립하고, 이 연구의 결론인 복합환산 관제척수(실제로 관제사에게 부담이 되는 업무량·교통량)를 산출한다.

**핵심용어** : VTS, Prot-MIS,  $L^2$  환산교통량, 환산척수, VTS 관제사의 업무량, 복합환산 관제척수

**Abstract** : By the development of international trade in last decades, Korean International Trade has been grown rapidly and Korean Port and Port facilities have been improved simultaneously; finally volume of the marine traffic increased rapidly. Presently, 15 VTS centers have serving in Korean waters and since the introduction of the first VTS Center in Korea there is no quantitative analysis to find workload of VTS operator.

After that Port-MIS and De-brief data have been gathered for 7 days and inbound-outbound vessels time-g/t table prepared and traffic volume examined for each VTS center. Hence  $L^2$  conversion traffic volume and dangerous vessel ratio obtained. Later on conversion controlled number obtained by denoting ratio 1.0 to directly controlled vessels by VTSO and denoting ratio 0.3 to indirectly controlled vessels by VTSO. Traffic volume, large vessel ratio, dangerous vessel ratio, dimension of VTS controlled area, marine accident occurrence frequency and communication volume of comm. log can be counted as a factor which influence to workload of VTSO.

All those factors have been examined and analyzed. Finally, ship's size and dangerous vessel ratio have been chosen to derive the Number of composite conversion control for workload formula.

**Key words** : VTS, Prot-MIS,  $L^2$  conversion traffic volume, VTS Operators' workload, Number of composite conversion control for work loads

## 1. 서 론

우리나라 무역량의 98% 이상이 해운을 통해 이루어지는 운송 수요를 충족하기 위하여 선박량의 증가와 함께 선박은 점점 더 대형화 및 고속화되고 있다. 최근에는 태안 앞바다에서 유조선 HEBEI SPIRIT호와 해상크레인기 충돌하여, 수천톤의

원유가 바다로 유출되는 해양사고가 발생하였다. 그래서, 선박간의 사고로 인한 인적 및 물적 손해는 물론, 매년 수천억원에 달하는 해양오염 손해가 발생하는 등 해상안전과 항만효율에 커다란 위협을 주고 있다. 이에 따라 각 나라에서는 선박으로 인해 발생하는 위험요소를 제거하고자 자국 해역의 해상교통을 관리하기 위한 해상교통관제서비스(Vessel Traffic Service,

\* 대표저자 : 박성용(정회원), momaf8530@mltm.go.kr 010)4692-3198

\*\* 중신회원, jspark@hhu.ac.kr 010)4477-4240

\*\*\* 중신회원, oceansvictory@daum.net 011)9303-6147

† 교신저자 : 박영수(중신회원), youngsoo@hhu.ac.kr 010)3856 1778

이하 VTS)를 실시하고 있고, 우리나라에서는 현재 14개 주요 항만과 2개의 주요 통항로에 설치·운영되고 있다.

국내에 현대화된 VTS 시스템이 도입된 지 약 15년이 경과한 현 시점을 살펴보면, 하드웨어적인 측면에서 장비의 설치나 성능 개선 부분은 상당한 성과를 보이고 있다. 그러나 VTS 운영에 관한 소프트웨어적인 측면에서는 아직도 이렇다 할 큰 진전을 못 이루고 있으며, 특히 해상교통 안전의 첨두에서 근무하고 있는 VTS 관제사의 업무량에 대한 정량적인 분석은 아주 미미한 수준이다. VTS 센터는 거의 동일한 업무형태이며, 각 항만별 교통량이 VTS 센터에 근무하는 관제사의 업무량에 직접적인 영향을 미친다.

따라서 이 연구에서는 VTS 관제사의 업무량에 직접적인 영향을 미치는 각 항만의 교통량을 정량적으로 조사·분석하여, 향후 VTS 센터의 적정인원의 결정, 관제 영역의 분할 필요성 검토 등과 같은 연구의 기초 자료를 제공하고자 한다.

각 항만의 교통량을 파악하기 위하여 해운항만물류정보센터 공식 통계자료인 Port-MIS 자료를(해운항만물류정보센터, 2006) 이용하여, 2006년 11월 1일부터 11월 7일까지 7일간 입항선박 및 출항선박 척수와, 항내에서 화물 적·양하를 위하여 부두를 이동하는 선박 등의 척수를 파악하고 VTS 관제해역의 크기와 길이, 대형선 비율, 위험물 운반선 비율, 해양사고 발생빈도들을 조사하여, VTS 관제사의 업무량을 정량적으로 평가하고자 한다. 관제해역의 크기와 길이와 해양사고 빈도는 각 센터별 조사와 비교를 통해 업무량의 차이를 기술하며, 관제·비관제 척수 비중과 대형선 및 위험선의 비중을 모두 고려한 VTS 센터별 관제업무량을 산정해보고자 한다.

## 2. 해상 교통량 조사

### 2.1 입출항 및 항내이동 선박 척수조사

VTS 업무량은 항만의 교통량과 직접적인 연관이 있을 것으로 사료되어, 우리나라 각 항만의 교통량을 파악하기 위하여, 2006년 11월 1일부터 11월 7일까지 일주일 동안 Port-MIS에 저장되어 있는 7일간<sup>1)</sup>의 입출항선박 및 각 VTS 센터의 자료를 이용하여 항내이동선박 척수를 Table 1과 같이 조사하였다.

7일간의 입·출항 선박척수만을 보면 부산이 2,184척, 여수/광양이 1,113척, 울산이 980척, 마산이 857척, 인천이 685척 순으로 나타나고 있으며, 7일간의 항내이동 선박척수는, 인천의 항내이동척수가 1,367척으로 가장 많고, 부산이 678척, 포항이 573척, 여수/광양이 530척, 울산이 478척 순으로 많은 것을 알 수 있다. 항내이동 선박척수는 입출항 선박척수의 0.1배~1.4배정도로 분포되어 있는 것으로 파악되었다.

Table 1 The number of inbound·outbound·moving vessels in each port

구분	7일간 척수				
	입항 (A)	출항 (B)	항내 이동 (C)	합계	척수 비율 [(A+B)/C]
인천*	373	354	1,367*	2,052	1.3배
평택	110	105	300	511	1.4배
대산	99	86	60	246	0.3배
군산	85	74	40	213	0.2배
목포	191	204	318	720	0.8배
여수 광양	521	562	530	1,643	0.5배
마산	404	424	84	941	0.1배
부산	941	1,063	678	2,862	0.3배
부산 신항**	70	48	28	146**	0.2배
울산	501	490	478	1,458	0.5배
포항	186	234	573	144	1.3배
동해***	152	152	32***	338	0.1배
제주	75	117	22	254	0.1배

\* Port-MIS에 입력하지 않아도 되는 선박까지 포함된 수치임.

\*\* 1단계 개장부두인 북 컨테이너 부두에 입출항한 선박척수임.

\*\*\* 역무선, 예부선 및 합정을 포함한 척수임.

### 2.2 L<sup>2</sup>환산 교통량 현황

같은 1척의 선박이 항만에 입항하더라도 입항 선박의 크기(톤수 또는 길이)에 따라 통항 선박의 점유영역(Ship's Domain)은 서로 다르므로,(박 외, 2005) Table. 2에서와 같이 총톤수 1,000톤 길이 70m인 선박의 L<sup>2</sup>환산계수를 1로 하여 환산한 교통량을 구한다. 이 표는 톤수 그룹별 대표선박의 길이와 L<sup>2</sup>환산계수를 표시하고 있다.

Table 2 Representative vessel's LOA, classified ship's tonnage and L<sup>2</sup> conversion number

연도	크기 (GT)	톤수																
		100 미만	100-300	300-1K	1K-3K	3K-5K	5K-7K	7K-10K	10K-15K	15K-20K	20K-25K	25K-30K	30K-35K	35K-50K	50K-60K	60K-75K	75K-100K	100 K톤 이상
	대표 길이 (m)	20	40	60	80	100	115	130	150	170	200	210	235	250	268	285	350	
	L <sup>2</sup> 환산계수	0.29	0.57	0.86	1.14	1.43	1.64	1.86	2.14	2.43	2.86	3	3.36	3.57	3.83	4.07	5	
	L <sup>2</sup> 환산계수	0.08	0.32	0.74	1.30	2.04	2.69	3.46	4.39	5.30	8.16	9	11.27	12.76	14.66	16.38	25	

1000 : K로 표현

1) 일본항해학회지에 게재된 논문(井上欣三·原潔, (1973),

海上交通量の観測日数と精度”, 日本航海學會論文集, 第50号, pp.1~8)에 보면 관측조사 자료를 통하여 모집단의 대표성을 가지기 위해서는 최소 3일 이상의 조사가 필요하며 7일 정도면 적당하다고 기술되어 있다. 그리고 1월부터 8월 사이에는 교통량의 변화가 심하지만, 9~12월 사이에는 교통량의 변화가 거의 없는 것으로 조사되어, 기후가 평온하여 교통량의 변화가 작은 가을철이 교통량 관측에 적합한 시기라고 할 수 있다.

각 항만별로 입항선박 척수와  $L^2$ 환산 교통량을 상호비교하기 위하여 7일간 총 입항척수와  $L^2$ 환산 교통량을 비교하여 배율을 구한 결과를 Table 3에 표시하였다.

Table 3  $L^2$  conversion inbound vessel's number in each port

구분	입항 척수	$L^2$ 환산 교통량	순위	비 고
인천	373척	844.1척	4th	
평택	110척	409.2척	5th	크기별로 고른 분포
대산	99척	267.5척	8th	대형선만 입항
군산	85척	238.5척	9th	중형선 위주
목포	191척	203.6척	10th	
여수광양	521척	1349척	2nd	대형선 비중 높음
마산	404척	321척	6th	
부산신항	70척	141척	12th	
부산	941척	2403.7척	1st	소형선 비중 높음
울산	501척	1020.6척	3rd	
포항	186척	283척	7th	
동해	152척	211척	11th	
제주	75척	83.3척	13th	

제주 ⇒ 동해 VTS 순으로 조사되었다.

Table 4 Dangerous cargo vessels supervised at each VTS center

구분	총입항 척수[A]	$L^2$ 환산 교통량[B]		비율(%) [C=B/A]		비 고
인천	373척	72척	5th	19.3%	10th	
평택	110척	33척	8th	30.0%	5th	
대산	99척	76척	4th	76.8%	1st	비율면 1위
군산	85척	26척	11th	30.5%	4th	
목포	191척	27척	10th	14.1%	12th	
여수광양	521척	304척	1st	58.3%	3rd	척수면 1위 비율면 3위
마산	404척	64척	6th	15.8%	11th	
부산신항	70척	4척	13th	5.7%	13th	
부산	941척	196척	3rd	20.8%	9th	척수면 3위
울산	501척	303척	2nd	60.5%	2nd	척수면 2위 비율면 2위
포항	186척	43척	7th	23.1%	8th	
동해	152척	38척	9th	25.0%	7th	
제주	75척	19척	12th	25.3%	6th	

단순하게 입항척수로만 보았을 때 부산⇒ 여수/광양⇒ 울산 ⇒ 마산⇒ 인천⇒ 목포⇒ 포항⇒ 동해⇒ 평택⇒ 대산⇒ 군산 ⇒ 제주⇒ 부산 신항 순이었다.

그러나  $L^2$ 환산 교통량을 기준으로 하면 부산⇒ 여수/광양 ⇒ 울산⇒ 인천⇒ 평택⇒ 마산⇒ 포항⇒ 대산⇒ 군산⇒ 동해 ⇒ 목포⇒ 부산신항⇒ 제주항 순으로, 순위가 다르게 조사되었다. 즉 1(부산), 2(여수/광양), 및 3(울산) 순위는 변동이 없으나 나머지 항만에서는 선박 크기별 분류에 의하여 순위가 변동되었다.

### 2.3 각 항만별 위험물 운반선 입항현황

각 항만별 선종별 척수 현황 중 가장 위험도가 높을 것으로 사료되는 항만별 위험화물 운반선의 분포를 알아보기 위해 정리한 것이 아래 Table.4이다. 여기서 위험화물선박이란 석유 제품운반선, 케미칼선, 유조선, 급유선, LPG운반선, 원유운반선을 말한다.

이 표에서 보는 바와 같이 위험화물운반선의 입출항이 가장 빈번한 항구는 여수/광양항으로 조사기간 동안 304척이 입항하였으며, 다음으로는 울산(303척) ⇒ 부산(201척) ⇒ 대산(76척) ⇒ 인천(72척) ⇒ 마산(64척) ⇒ 포항(43척) VTS 순으로 조사되었다.

그러나 전체 입항 교통량 중에서 위험화물 운반선이 차지하는 비중이 가장 높은 VTS는 대산 VTS로 76.8%의 비율을 보이고 있고, 그 뒤로는 울산 ⇒ 여수/광양 ⇒ 군산 ⇒ 평택 ⇒

### 3. VTS 센터별 환산교통량

VTS 센터의 해상교통 관제와 관련된 업무는 레이더, CCTV, 워크스테이션 모니터 등의 장비로 선박동정을 지속적으로 관찰 및 추적하고, 이동선박의 흐름을 분석하여 파악하며, VHF 등의 통신장비를 사용하여 선박교통 관제를 수행하면서, 선박운항에 관련된 정보를 제공하는 방식으로 수행된다. 이러한 관제 관련 업무는, 관제지역내의 모든 선박들의 정박 및 이동을 주시하면서 선박의 안전운항과 관련된 사항들을 해당선박들과 교신하고, 필요시 해당선박에 적절한 관제조치를 취하는 것이므로, 해당 관제해역내의 관제대상 선박수와 선박들과의 교신량, 그리고 관제지역의 크기 및 관제에 영향을 줄 수 있는 특성요인 등에 의해 관제업무량이 결정된다.

또한, IALA의 VTS센터 인력충원에 관한 지침 No.1045에는 VTS 센터의 업무부하에 피크타임, 해상기상, 비상사태, 제공하는 서비스 종류(정보제공, 항행원조, 교통조직 서비스)등이 영향을 미치며, 정보서비스를 제공하는 VTS센터의 인원 수준은 VTS의 종류(항만 VTS 또는 연안 VTS나 이들의 조합), VTS 서비스 해역의 크기, 섹터의 수, 통항선박의 종류, 교통 밀도와 VTS 교통 영상의 모니터링 등에 영향을 받고 하였다.

따라서 VTS 센터의 관제업무량을 관제대상척수와 대형선박 및 위험화물 운반선의 비중을 중심으로 분석해 보고, 관제 업무량에 영향을 미치게 되는 관제지역의 크기와 해양사고 발

생건수 등에 대해서도 고찰해 보도록 한다.

### 3.1 관제·비관제 척수 분석

VTS 센터의 관제업무량은 직접 관제대상 선박들을 관제하는 업무와, 관제에 영향을 미치게 되는 비관제 선박들에 대한 관찰, 주의, 이동분석, 대응조치 등의 비관제 선박관련 업무로 이루어지므로, VTS 센터별 실제 관제업무량은 시간대별 관제 및 비관제 선박척수에 의해 결정된다고 할 수 있다.

Table 5는 각 VTS 센터별 “환산관제척수”를 보여주고 있는데, “환산관제척수”는 VTS 관제사의 설문조사 결과를 기준으로, 관제 대상선박에게는 “1”의 가중치를 주고, 비관제 대상 선박에게는 “0.3”의 가중치를 부여하여 합산한 척수를 의미한다. 여기서 “0.3”은, 관제대상 선박을 “1”로 가정하였을때 비관제대상 선박은 어느정도의 부담을 가지는지 관제사들을 대상으로 설문조사하여 산출한 값이다.

여수/광양은 시간당 71.8척, 부산은 64.1척, 마산은 63.2척, 울산 41.8척, 인천 36.8척으로 계산되었다.

Table 5 The number of VTS control · not under control · vessel per 1 hour

구분	관제척수	비관제척수	합계	환산관제척수 (평균관제척수)
부산	60.1	13.3	73.4	64.1
부산 신항	7	1.4	8.4	7.4
인천	31.5	17.6	49.1	36.8
여수 광양	62.1	32.2	94.3	71.8
마산	58	17.3	75.3	63.2
울산	40.5	2.5	43	41.3
동해	3.9	7.8	11.7	6.2
군산	14.9	3.9	18.8	16.1
목포	6.6	10.2	16.8	9.7
완도	8.8	3.9	12.7	10.0
포항	6.8	11.2	18.0	10.2
제주	1.4	16.7	18.1	6.4
평택	4.0	2.8	6.8	4.8
대산	18.2	4.2	22.3	19.5
진도	22	8.2	30.2	24.5

### 3.2 대형선박의 통항정도 분석

VTS 센터의 관제해역에는 다양한 형태의 선박들이 통항하게 되는데, 선박의 크기에 따라 통항선박에 대한 주시, 정보제공, 교신 등의 업무량이 상이하다. 특히 대형 선박의 경우는 항행 및 정박의 경우 모두 선박의 길이에 비례하여 충돌 및 해양사고 등의 위험이 높아지므로, 대형선에 대해서는 선박의 길이에 자승한 크기의 해역 면적을 고려하여 관제하여야 한다. 따라서 각 VTS센터 관제사의 관제업무량은 관제구역내의 대형선 교통량에 영향을 받게 된다.

여기서는 Table 6과 같이 각 VTS별, 선박크기 그룹별 비율(%)을 구하여 비교하였다.

Table 6 The number(percentage) of classified vessel's tonnage & sum in each VTS centre

구분	500톤미 만/척(%)	500~ 3K톤	3K~ 10K톤	10K~ 50K톤	50K톤 이상	합계
부산	328(34.8)	267(28.4)	191(20.3)	112(11.9)	43(4.6)	941
신항	56(80.0)	3(4.3)	2(2.9)	5(7.1)	4(5.7)	70
인천	145(38.9)	94(25.2)	69(18.5)	58(15.5)	7(1.9)	373
여수	205(39.3)	130(25.0)	102(19.6)	57(10.9)	27(5.2)	521
마산	295(73.0)	71(17.6)	23(5.7)	10(2.5)	5(1.2)	404
울산	134(26.7)	217(43.3)	85(17.0)	58(11.6)	7(1.4)	501
동해	70(46.0)	29(19.1)	46(30.3)	7(4.6)	0(0)	152
군산	21(24.4)	30(34.9)	18(20.9)	13(15.1)	4(4.7)	86
목포	114(59.6)	50(26.1)	17(8.9)	6(3.1)	4(2)	191
포항	62(33.3)	85(45.6)	28(15)	8(4.3)	3(1.6)	186
제주	14(18.6)	45(60)	16(21.3)	0(0)	0(0)	75
평택	27(24.5)	24(21.8)	28(25.4)	25(22.7)	6(5.4)	110
대산	21(21.2)	48(48.4)	17(17.1)	9(9)	4(4)	99

500톤~3,000톤 사이의 선박의 비율이 많은 VTS 센터는 울산, 군산, 목포, 포항, 제주, 대산 VTS센터이고, 3,000톤~10,000톤 사이의 선박 비율이 많은 센터는 평택 VTS센터이고, 500톤 미만 사이의 선박 비율이 많은 VTS센터는 부산, 신항, 인천, 여수, 마산, 동해, 목포 VTS센터로 나타나고 있다.

대형선의 관제에는 더욱 많은 관제노력과 시간이 소요되므로, 대형선의 통항비중이 높은 VTS 센터의 관제업무량은 비중이 낮은 센터에 비하여 더 높아진다는 것을 알 수 있다. VTS 관제사들을 대상으로 설문조사를 하여, 500톤 미만의 소형선의 관제업무량을 100으로 가정할 경우에, 선박크기별로 관제업무 부담이 어느 정도 인지를 알아본 결과 Table 7과 같이 조사되었다.

Table 7 The difference of VTS operators' workload followed by classified vessel's tonnage

구분	500톤 미만	500~ 3K톤	3K~ 10K톤	10K~ 50K톤	50K톤 이상
부산	100	96.3	101.3	110.0	116.3
신항	100	104.9	118.5	141.1	173.6
인천	100	122.3	103.1	153.8	170.8
여수	100	114.7	146.5	205.3	235.3
마산	100	115.6	132.2	143.3	149.4
울산	100	138.6	129.6	158.2	194.1
동해	100	97.8	104.4	113.3	121.1
군산	100	165.0	148.0	146.0	163.0
목포	100	113.8	133.8	170.0	255.0
포항	100	92.9	104.3	141.4	200.0
제주	100	110.0	117.5	136.7	137.5
평택	100	136.0	132.0	122.0	118.0
대산	100	132.5	160.0	180.0	215.0
평균	100	118.5	125.5	147.8	172.8

Table 7에서 보는 바와 같이 모든 VTS센터에서 관제대상 선박의 크기가 커질수록 관제업무의 부담 정도가 점점 더 높아지는 것으로 나타났다. 이는 대형선이 해상에서 차지하는 점유밀도가 크고, 항행 시에는 주변의 지형과 소형선 이동 등의 상황들을 모두 관찰하여 계속 주시하고 필요시 적절히 통제하여야 하므로, 관제업무의 부담 정도가 높아지게 되는 것이다.

따라서, 센터별 편차를 고려하여 평균값을 취해 본 결과, 500~3,000톤 선박은 약 19%의 추가 부담을 가지지만, 3,000톤~10,000톤 선박은 약 26% 정도의 추가 부담을, 10,000톤~50,000톤 선박의 경우에는 약 48%의 추가 부담을, 50,000톤 이상 선박의 경우에는 약 73%의 추가적인 부담을 가지는 것으로 판단된다.

3.3 위험화물 운반선 통항정도 분석

VTS 센터의 관제구역을 통항하는 선박 중에서 위험화물 운반선이 있을 경우 안전운항을 위한 특별한 주의가 필요하기 때문에 추가적인 관제노력을 기울여야 한다. 이러한 선박은 해양사고 발생시 엄청난 재난(해양오염)을 유발시킬 수 있으므로, 타 선박에 비해 높은 강도의 관제서비스를 제공하여야 한다.

VTS 센터별 위험화물 운반선의 통항량은 부산이 196척(20.83%), 부산신항이 4척(5.71%), 인천 VTS가 72척(19.30%), 여수 VTS가 304척(58.35%)로 나타났다. 또한 마산 VTS의 경우에는 64척(15.84%)이며, 울산 VTS는 303척(60.48%), 동해 VTS는 38척(25.0%), 군산은 26척(30.23%)으로 조사되었다. 그리고 목포 VTS는 27척(14.14%), 제주 VTS는 19척(25.33%), 평택항은 33척(30%), 대산 VTS는 76척(76.22%)인 것으로 나타났다.

위험화물 운반선의 관제가 일반선의 관제에 비하여 어느 정도 더 많은 시간과 노력이 필요한지를 알아보기 위하여 VTS 관제사들을 대상으로 위험화물 운반선과 일반선의 관제업무량에 차이가 있는지를 설문조사 결과 Table 8과 같이 나타났다.

Table 8 The difference of VTS Operators' workload between dangerous cargo carrier and the others

구분 VTS	일반선	위험화물운반선	구분 VTS	일반선	위험화물운반선
부산	100	123.8	군산	100	125.0
신항	100	127.1	목포	100	315.0
인천	100	151.2	포항	100	172.9
여수	100	194.7	제주	100	122.5
마산	100	105.6	평택	100	110.0
울산	100	160.0	대산	100	187.5
동해	100	162.2	평균	100	158.3

Table 8에서 보는 바와 같이 모든 VTS센터에서 위험화물 운반선의 관제 부담이 일반 선박보다 높다고 응답하였으며,

특히 목포 VTS는 일반선박에 비해 3배 이상의 부담을 느끼고 있는 것으로 응답하였고, 여수 VTS는 2배 정도의 부담을 느낀다고 응답하였다. 모든 센터의 평균값을 계산해보면 158.3으로, 위험화물 운반선의 관제 부담감이 일반선박에 비해 약 1.6배 정도가 됨을 알 수 있다.

3.4 관제해역 크기 분석

관제해역의 면적이 넓고 길다는 것은 주시하고 통제하여야 하는 해역이 그만큼 넓어지기 때문에, 관제업무량이 증대하게 된다는 것을 의미한다.

VTS 센터별 관제해역의 면적(어장면적 및 섬면적 제외)과 최장 관제길이를 조사한 결과는 Table 9와 같다.

Table 9 The size of watch area and the maximum length each VTS centre

구분 VTS	관제 면적	최장 길이	구분 VTS	관제 면적	최장 길이
부산	256km <sup>2</sup>	23마일	목포	84km <sup>2</sup>	21마일
신항	240km <sup>2</sup>	19마일	포항	363km <sup>2</sup>	19마일
인천	376km <sup>2</sup>	57마일	군산	119km <sup>2</sup>	15마일
여수	345km <sup>2</sup>	42마일	평택	46km <sup>2</sup>	19마일
마산	325km <sup>2</sup>	52마일	대산	271km <sup>2</sup>	24마일
울산	384km <sup>2</sup>	23마일	제주	128km <sup>2</sup>	5마일
동해	449km <sup>2</sup>	24마일	평균	260.5 km <sup>2</sup>	26.4마일

Table 9에서 보는 바와 같이 관제 면적에 있어서 동해, 울산, 인천, 포항, 여수, 마산이 300km<sup>2</sup> 이상으로 넓은 편에 속한다. 반면, 평택과 목포 VTS는 100km<sup>2</sup> 미만의 면적을 관할하고 있는 것으로 나타났다.

관제해역 길이에 있어서도 인천, 마산, 여수가 40마일 이상으로 긴 관제구역을 가지고 있는데 반하여, 제주 VTS는 10마일 미만의 관제구역을 관리하고 있는 것으로 나타났다.

이와 같이 관제해역의 면적 및 길이가 넓고 길면, 선박을 주시·감시하고 통제하여야 하는 시간이 길어지게 된다. 특히, 관제해역의 항로가 좁거나 굴곡이 많으면서 긴 센터는, 통항 선박의 항로이탈 감시와 해양사고의 방지를 위한 추가적인 노력이 투입되어야 하므로, 관제업무량은 더욱 늘어나게 된다.

3.5 관제해역의 해양사고 분석

1999년부터 2004년까지의 각 VTS 관제해역 내 해양사고 발생현황을 살펴보면 Table 10과 같이 해양사고 발생건수는 부산, 인천, 울산, 마산, 군산, 여수 VTS센터의 순서로 나타나고 있으며, 이들 센터의 해양사고 발생건수가 조사대상 12개 센터의 평균보다 높은 것으로 나타났다. 해양사고 중에서 충돌사고의 경우 부산, 인천, 마산, 울산 VTS센터 순으로 평균 이상을

나타내고 있는데, 이들 센터의 관제구역에는 교통 혼잡도가 매우 높고, 관제위험 및 애로요인이 많기 때문에, 해양사고의 위험이 높고 사고 발생빈도도 높아진다는 것을 의미한다.

해양사고 발생빈도가 높은 센터는 해양사고 예방과 해상교통안전 확보를 위한 더욱 철저한 관제를 실시하여야 한다. 이는 타 센터에 비하여 관제구역내의 해양사고 위험요인을 항상 인식하고, 해양사고방지를 위한 관제업무량이 더 높아진다는 것을 의미하므로, 해양사고가 많이 발생하는 지역에서는 사고 예방을 위한 관제업무량이 증대될 수 있다.

Table 10 The number of cases marine accident for 5 years

VTS\구분	충돌	접촉	좌초	화재폭발	전복침몰	기기손상	인명사상	기타	합계
부산	37	1	3	4	9	1	1	0	56
인천	24	6	1	2	7	2	3	0	45
여수	8	5	1	2	3	0	4	0	23
마산	23	0	6	1	3	0	0	1	34
울산	20	1	4	5	1	0	5	0	36
동해	7	1	2	1	0	1	3	0	15
군산	7	5	5	3	7	0	1	0	28
목포	7	2	0	4	4	0	2	0	19
포항	9	0	2	1	4	0	1	0	17
제주	3	1	2	0	0	1	0	0	7
평택	0	1	0	0	0	0	0	0	1
대산	0	0	1	0	0	0	0	0	1
평균	12.1	1.9	2.3	1.9	3.2	0.4	1.7	0.1	23.5

#### 4. 복합환산 관제척수 및 관제 업무량

환산관제척수, 선박크기별 관제업무 부담, 위험물 운반선의 관제업무 부담을 이용하여 복합환산 관제척수를 구하는데, VTS 관제사의 업무량을 정량적으로 분석하기 위한 측정치가 된다.

##### 4.1 대형선 추가척수

먼저 선박 크기에 따른 추가 부담 업무량을 “대형선 추가척수”라 하며, 다음과 같은 방법으로 환산하여 검토한다.

대형선 추가척수( $N_{hwt}$ )란 500톤 미만 선박의 관제업무를 100으로 보았을 때, 선박의 크기가 커짐에 따라 증가하는 관제업무의 부담감을 정량화하여 구한 값이다. ( )의 내용은 평택 VTS를 예로 들어 계산한 것이다.

- ① Table.6에서 각 VTS별로 톤수그룹별 구성 비율을 구한다. (500톤미만:24.5%, 500~3000: 21.8%, 3000~10000: 25.5%, 10000~50000: 22.7%, 50000 이상: 5.5%)
- ② ①에서 구한 구성 비율에 선박 크기별 관제업무량을 표시한 Table.7의 값을 곱한다. (0.245x1.00=0.245, 0.218x1.185=0.258, 0.255x1.255=0.320, 0.227x1.478=0.336, 0.055x1.728=0.095 합계는 1.254)

- ③ ②에서 구한 값을 더하고, 여기에 평균관제척수( $N_{ac}$ )를 곱한다.

$$(1.254 \times 4.8척 = 6.0척)$$

- ④ ③에서 구한 값에서 평균관제척수를 빼준 값이 대형선 추가척수( $N_{hwt}$ )가 된다.

$$(6.0 - 4.8 = 1.2척)$$

위의 평택 VTS의 예를 들어 계산한 복합환산 관제척수( $N_{accwl}$ )를 다음식으로 나타낼 수 있다

$$N_{ac} \sum_{k=1}^5 P_{tk} P_{bk} = N_{accwl} \quad (식 4.1)$$

- $N_{accwl}$  : 복합관제척수(Number of composite conversion control for work loads)
- $N_{ac}$  : 평균 관제척수(Number of average control)
- $P_t$  : 톤수그룹별 구성비율(Proportion of gross tonnage group)
- $P_b$  : 관제부담 비율(Proportion of control burden)

$$N_{accwl} - N_{ac} = N_{hwt} \quad (식 4.2)$$

##### 4.2 위험선 추가척수

한편 위험선 추가척수( $N_{dwt}$ )란 일반화물선의 관제업무(100)에 대한 위험화물 운반선의 관제업무 증가 부담감을 정량화하여 구한 값으로, 아래와 같이 계산한다. ( )의 내용은 평택 VTS를 예로 들어 계산한 것이다.

- ① Table 6에 있는 각 VTS별로 위험물 운반선의 비율에 관제부담치의 평균값 Table 8의 값을 곱한다. (평택의 위험화물선 비중은 30%이므로, 0.30x1.583=0.4749)
- ② ①에서 구한 값에 일반화물선의 구성 비율을 더한다. (평택 VTS의 일반화물선 비중은 70%이므로, 0.7 + 0.4749 = 1.1749)
- ③ ②에서 구한 값에 평균관제척수를( $N_{ac}$ ) 곱한다. (1.1749 x 4.8척 = 5.6척)
- ④ ③에서 구한 값에서 평균관제척수를 빼준 값이 위험선 추가척수 ( $N_{dwt}$ )가 된다. (5.6 - 4.8 = 0.8척)

마찬가지로 위험선 추가척수( $N_{dwt}$ )를 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$[(P_{den} \times P_{ba}) + P_{gen}] \times N_{ac} = N_{dwt} \quad (식 4.3)$$

- $P_{den}$  : 위험물 운반선 척수비율
- $P_{bu}$  : 관제부담치 평균값
- $P_{gen}$  : 일반화물선 구성비율

$$N_{control} - N_{ac} = N_{deval} \quad (\text{식 4.4})$$

같은 방법으로 모든 센터의 추가척수 값을 구하여 Table 11에 정리하였는데, 여기에서의 복합환산 관제척수가 실제 VTS 관제사에게 부담이 되는 업무량(교통량)이 된다.

Table 11 The number of composite conversion control vessel for workloads

구분	평균관제척수(M)	대형선추가척수(S)	위험선추가척수(H)	복합환산관제척수(M+S+H)
부산	64.1	12.5	7.8	84.4
신항	7.4	0.7	0.2	8.3
인천	36.8	6.7	4.1	47.6
여수	71.8	12.3	24.4	108.5
마산	63.2	4.2	5.8	73.2
울산	41.3	7.8	14.6	63.7
동해	6.2	0.8	0.9	7.9
군산	16.1	3.6	2.8	22.5
목포	9.7	1.0	0.8	11.5
완도	10.0	-	-	-
포항	10.2	1.6	1.4	13.2
제주	6.4	1.1	0.9	8.4
평택	4.8	1.2	0.8	6.8
대산	19.5	4.5	6.0	30.0
진도	24.5	-	-	-

이 표에서 보는 바와 같이 실제로 VTS 관제사에게 부담이 되는 업무량(교통량)이 가장 많은 센터는 여수(108.5척) ⇒ 부산(84.4척) ⇒ 마산(73.2척) ⇒ 울산(63.7척) ⇒ 인천(47.6척) VTS 순으로 조사되었다. 통상적으로 부산이 가장 바쁘고 교통량이 많은 것으로 알려져 있는데 여수 VTS센터가 1위로 나타나고 있다. 이러한 현상은 여수 VTS가 부산 VTS에 비해 위험물 운반선 비율이 많기 때문인 것으로 판단되며, 평균관제척수 면에서도 여수 VTS가 부산 VTS보다 많은 것으로 조사되었다. 이는 여수 VTS가 관제·비관제 척수의 가중치 부분에서 증가한 것으로 판단된다. 또한, 각 센터별로 VTS 관제사가 느끼는 부담정도를 설문조사 하였기 때문에 느끼는 정도가 개인마다 약간의 차이가 있어 주관적인 부분을 전혀 배제할 수는 없을 것으로 판단된다.

### 5. 결 론

국내 VTS 시스템을 도입 실시한 후 약 15년이 경과한 현 시점에서 VTS 장비의 성능 개선 및 증설 부분은 많이 이루어

졌으나, 해상교통 안전의 침투에서 근무하고 있는 VTS 관제사의 업무량에 대한 정량적인 분석은 미흡한 실정이다. 그 한편에서의 교통량의 많고 적음은 VTS 관제사의 업무의 경중(輕重)과 직접적으로 연관되어 있기 때문에 정량적이고 입체적인 교통량 분석은 매우 중요하다. 하지만, 지금까지의 교통량과 VTS 센터별 관제사의 업무부담(Workload)은 추상적이고 주관적으로 판단되고 있는 실정이다.

이 연구는 VTS 센터별 입출항 선박에 대한 교통량 조사를 신뢰성 있는 자료를 바탕으로 VTS 관제사의 관점에서 본 정량적 수치로 제공하고자 하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) Port-MIS를 이용한 7일간 시간-톤수별 입항척수 현황, 주야간 비율, Peak배수 산출, 위험화물 운반선 비율등을 조사하였고,  $L^2$ 환산계수를 이용하여 각 항별 시간대별 대형선 입항정도를 확인하였다.
- (2) 관제척수와 비관제척수를 구하여 각각 '1', '0.3'의 가중치를 주어 시간당 업무량과 관련한, 환산관제척수(평균관제척수)를 산출하였다.
- (3) VTS 관제업무량에 영향을 주는 요소(대형선박 비중, 위험물 운반선 비중, 관제해역의 크기, 해양사고 발생건수, 교신량 등)을 식별하였으며,
- (4) 선박크기와 위험물 운반선에 대한 추가 부담에 대해서는 관계식을 정립하고, 실제로 VTS 관제사에게 부담이 되는 업무량(교통량)인 복합환산 관제척수를 산출하였다.

이 연구의 한계점으로는 비관제척수의 가중치 '0.3'은 VTS 관제사의 경험치로, 좀더 정량적이고 객관적인 방법으로 산정할 필요가 있을 것이다. 또한, De-briefing 자료를 바탕으로 실측한 척수 중, 기상상태·해면 및 우설 반사파 등으로 카운트 되지 않은 척수도 있어 고려되어야 할 것이다.

그리고 VTS 업무량에 영향을 미치는 요소 중, 관제해역의 크기와 길이, 해양사고 발생건수에 대해 조사·분석은 하였으나, 복합환산 교통량으로 정량화되지 못하였다.

따라서 앞으로 이들 요소를 어떻게 복합환산 교통량으로 정량화해낼 수 있을 것인지에 대한 연구가 필요하며, VTS 관제사의 업무량에 영향을 미치는 정성적인 부분(관제사의 숙련도, 기상상태 등)도 반영되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 박진수, 박영수, 이형기(2005), “(최신)해상교통공학”, 다솜출판사, pp. 205~209.
- [2] 울산지방해양수산청(2005), “VTS와 블루오션”, 해양문화사, pp. 7~8.
- [3] 정재용, 박영수, 박진수(2006) “제한수역에서의 항행선박 항과거리에 관한 연구(I)”, 한국항해항만학회 2006년도 추계학술대회 논문집(제2권), pp.5-7.
- [4] 해양수산부(2007), “해상교통 관제체제의 효율적 운영을 위한 기반연구 용역”, pp. 6-1~6-25.

- [5] 해운항만물류정보센터(2006), 선박 입항 척수, <http://www.sp-idc.go.kr>.
- [6] 해양안전심판원, 연도별 해양사고 통계, <http://www.kmst.go.kr>.
- [7] IALA, “VTS Manual(2008, Draft)”, pp. 13~130.
- [8] 井上欣三, 原潔(1973), “海上交通量の觀測日數と精度”, 日本航海學會論文集, 第50号, pp. 1~8.

---

원고접수일 : 2008년 5월 6일  
심사완료일 : 2008년 9월 16일  
원고채택일 : 2008년 9월 17일