



항로 혼잡 구역의 해상교통 밀도와 관리방안에 관한 연구

김 종 관[†]

[†]한국해양수산연수원(교수)

A Study on the Marine Traffic Density and Management Plan for the Route Congestion Area

Jong-Kwan KIM[†]

[†]Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology(professor)

Abstract

Rapid economic growth of Korea has expanded the ports and increased traffic on route. The expansion of the port facilities has delayed compared to the expansion of the port. Therefore the marine accidents on the route has increased. The research on 'the traffic congestion degree' on the route was mainly performed. However, previous studies have been conducted to evaluate the congestion of the bottleneck section of the route. This study has defined the area where the vessel's passage is the most in the route as the congestion area and propose a maritime traffic management plan in this area. The congestion area of the destination route has analyzed the instantaneous traffic density and the average maritime traffic density on the route. In case of Busan North Port No. 1 route, the instantaneous traffic density exceeded 100% but the average maritime traffic density was less than 100%. In case of Ongdo route, both the instantaneous traffic density and the average maritime traffic density were less than 100%. The management plan of marine traffic congestion area has proposed in three situations. If both the instantaneous traffic density and the average maritime traffic density are exceeded 100%, the maritime traffic environment should be improved. If the average maritime traffic density is exceeded 100% but the average maritime traffic density is less than 100%, maritime traffic control should be strengthened in VTS, etc. And if both the instantaneous traffic density and the average maritime traffic density are less than 100%, the operator of vessel shall navigate the sea traffic congestion area carefully. In case of Busan No. 1 route, maritime traffic control should be strengthened in VTS, etc. In case of Ongdo route, the operator of vessel should navigate carefully. However, this study is limited research on the subject route, so further research has needed.

Key words : Route, Marine traffic density, Management plan, Route congestion area

I. 서론

우리나라의 경제 성장과 맞물려 국가 간의 무역활동이 활발해 졌다. 이에 해운물동량도 증가하였으며, 이로 인해 선박 교통량도 증가하였다.

MOF(2018)의 국가승인통계 자료에 의하면, 2000년 총 163,451척의 선박이 우리나라 항구에 입항하였지만, 2017년에는 196,112척의 선박이 입항하여 2000년 대비 약 20%가 증가하였다. 또한 선박의 입항척수 증가에 발맞춰 항만시설도 지속적으

[†] Corresponding author : 051-620-5794, jkkim@seaman.or.kr

로 확충하고 있으나, 항로의 확장 등은 어업권 보상 등 예산상의 문제가 발생할 수 있어 다소 어려움이 따른다.

항만을 입·출항하는 선박의 척수 증가에 따라 항로의 확장 등이 이루어지지 않음에 따라 항로에서의 사고가 증가하였다. KIMST(2005; 2018)에 의하면 2000년도에 개항 및 지정항로와 진입로에서의 해양사고는 84건이었던 반면에 2016년에 335건으로 약 369% 증가하였다.

항로에서의 해상교통량이 증가하고, 사고의 개연성이 높아짐에 따라 일찍이 항로에서의 해상교통 혼잡에 관한 연구가 다수 수행되었다.

Yoo et. al.(2013)은 우리나라 주요 4개 항만의 10일간의 AIS 실측 자료를 분석하여 해상교통 혼잡도를 평가하였으며, Kang et. al.(2017)은 1년 동안의 주요 연안 통항로 및 항만 입·출항항로를 대상으로 계절별 1주일간의 GICOMS 자료를 바탕으로 혼잡도 평가를 실시하였다. Yoo et. al.(2013) 등의 연구는 Fujii et. al.(1966)에 제시한 혼잡도 평가 방법을 사용하였으며, 이 평가 방법은 어떤 항로의 해상교통량 수용능력대비 실제 해상교통량을 백분율로 나타내는 지표로 나타낸다.

하지만 Kim et. al(2017)의 선행연구에서 언급한 바와 같이 최근 선박의 대형화에 따라 과거에 사용하던 일률적인 표준 선박 길이를 적용하고, 항로의 가장 좁은 병목구역의 혼잡도를 평가함에 따라 다소 문제가 있다고 하였다.

이에 Kim et. al.(2017)은 이러한 해상교통 혼잡도의 문제점을 극복하고자 선박 점용영역을 제안하였으나, 해상교통 혼잡도와 비교하기 위하여 시간당 항로에 선박이 점유한 비율을 구함에 따라 실시간 변화하는 항로의 순간 혼잡도를 파악하는 데에는 한계가 있었다.

이에 본 연구에서는 항로의 혼잡 구역을 정의하고, 그 구역에서의 해상교통밀도를 점용영역을 바탕으로 평가하기 위하여 시간당 평균밀도와 순간 최대밀도를 구하고, 이를 바탕으로 항로 혼잡

구역에 대한 해상교통관리 방안에 대해 제안하였다.

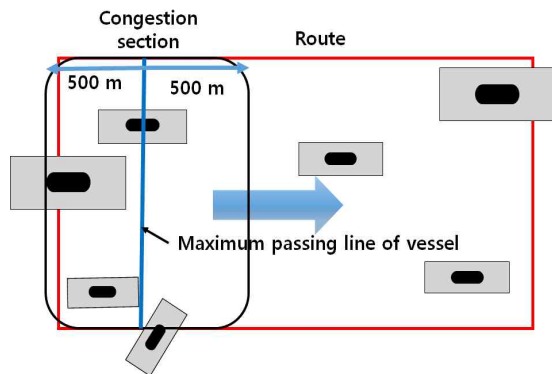
II. 항로 혼잡 구역 및 해상교통 밀도

1. 항로 혼잡 구역 정의 및 해상교통 밀도 평가

1) 항로 혼잡 구역의 정의

선행연구의 해상교통 혼잡도 평가 구역은 병목 현상이 예상되는 곳 즉, 항로 폭이 가장 좁은 구역이었다. 하지만 항로 폭이 가장 좁은 구역이 그 항로에서 가장 혼잡 구역인지에 대한 조사가 필요하며, 항로 폭이 일정한 항로에서는 그 항로 혼잡구역을 정하기에 다소 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 대상항로의 선박 통항 흐름 조사 자료를 기반으로 항로상 선박이 최대도로 통과하는 선을 기준으로 항로 혼잡 구역을 선정하였다.

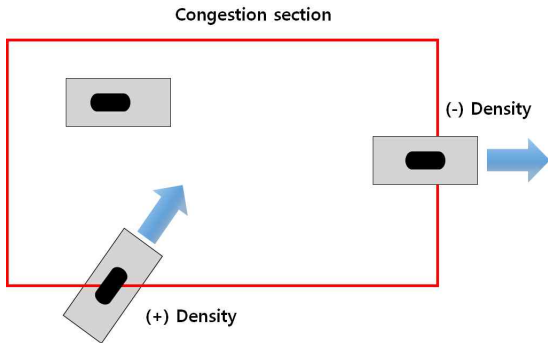
또한 해상교통 밀도를 나타내고 다른 항로와 해상교통 밀도를 비교하기 위하여 일정한 단위가 필요하다. 이에 본 연구에서는 도로 교통에서 사용하는 교통 밀도의 측정단위인 ‘대 / km’를 차용하여 선박 최대 통과선을 기준으로 전후 500m, 합이 1km 범위에서의 구역을 항로 혼잡 구역으로 정의하였으며, 그 개념도는 [Fig. 1]과 같다.



[Fig. 1] Congestion section of Route

2) 해상교통 밀도 평가

본 연구에서 제시한 시간당 평균밀도와 순간최대밀도 평가는 선박이 항로 혼잡 구역을 진출입할 때 변화하는 밀도의 변화를 평가하는 것이며, 그 개념은 [Fig. 2]와 같다.



[Fig. 2] Density of Congestion section

본 연구의 해상교통 밀도는 항로 혼잡 구역에서 선박이 차지하는 점용면적이 차지하는 비율로 나타내며, 식 (1)과 같다.

$$T_d = \frac{A_s}{A_c} \times 100(\%) \quad (1)$$

여기서,

T_c : 해상교통 밀도 값

A_s : 선박들의 점용면적의 합(m^2)

A_c : 항로 혼잡 구역의 면적(m^2)

또한 A_s 는 식 (2)를 이용하여 구한다.

$$A_s = \sum_{i=1}^n (aL_i \times bL_i) \quad (2)$$

여기서,

n : 항로 혼잡 구역 내의 선박의 수

aL_i : 항로 혼잡 구역 내의 i 번째 선박의 점용 영역 중 장 직경

bL_i : 항로 혼잡 구역 내의 i 번째 선박의 점용 영역 중 단 직경

다만, 본 연구에서 장 직경과 단 직경의 계수 a 와 b 는 Um et. al.(2012) 등의 다수 연구에서 사용하는 각각 6과 1.6을 사용하여 평가하였다.

2. 해상교통 밀도평가 대상항로와 교통현황

1) 대상항로의 선정

해상교통밀도평가를 위하여 우리나라의 대표적인 항로인 부산 북항 제1항로와 옹도항로를 선정하였다. 부산 북항 제1항로는 교통안전특정해역으로 관리되는 부산 북항의 입·출항 항로이며, 옹도항로는 2008년부터 2014년까지 7년간 해양사고 분석 자료에서 운항관련 사고인 충돌과 좌초사고가 17건으로 가장 많이 발생한 연안항로이다 (MOF 2015).

본 연구에서는 <Table 1>과 같이 해사안전법에 서 규정하고 있는 해상교통안전진단시행지침에 의거 부산 북항 제1항로의 경우는 3일간의 AIS 현장관측 자료를 이용하였으며, 옹도의 경우도 AIS 현장관측과 동일하게 3일간의 GICOMS 자료를 조사하였다.

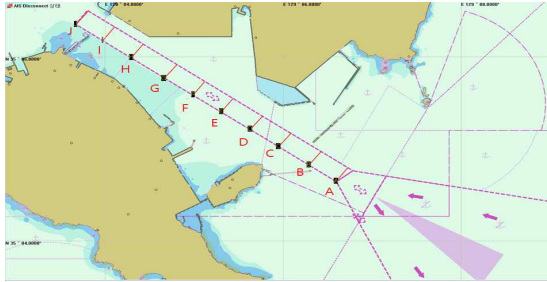
<Table 1> Details of traffic survey of traffic route

Traffic route	Source	Survey period
Busan North Port No.1	AIS	2018.01.25. ~ 01.27.
Ongdo	GICOMS	2014.01.23. ~ 01 25.

2) 대상항로 선박 최대 통과선의 결정

대상항로 선박 최대 통과선을 결정하기 위하여 대상항로의 목표선을 10개로 구분하였으며, 부산 북항의 10개의 목표선은 [Fig. 3]과 같다.

3일간의 조사기간 동안 부산 북항 1항로 10개의 목표선 중 선박이 가장 많이 통과한 목표선은 [Fig. 4]와 같이 1선으로 부산항대교의 입구부근이다.

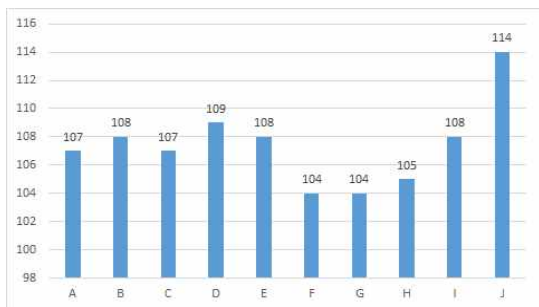


[Fig. 3] Gate Lines at Busan North Port No.1 Route

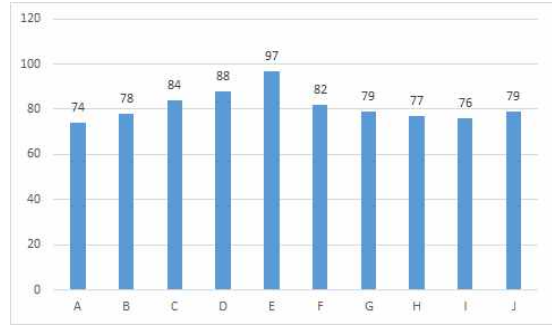


[Fig. 4] Number of Vessel on each Gate line at Busan North Port No.1 Route

3일간의 조사기간 동안 옹도항로 10개의 목표선 중 입항선박이 가장 많이 통과한 목표선은 [Fig. 5]와 같이 J선이며, 출항 선박이 가장 많이 통과한 목표선은 [Fig. 6]과 같이 E선으로 관측되었다. 옹도항로에서 입항 시에는 항로의 출구부근이, 출항시에는 항로의 중앙부근이 선박의 통항량이 가장 많은 통과선이 있었다.



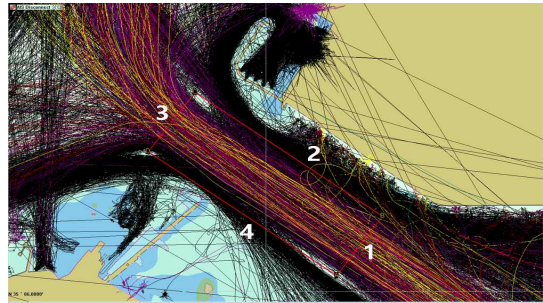
[Fig. 5] Number of Vessel on each Gate line for Northbound at Ongdo Route



[Fig. 6] Number of Vessel on each Gate line for Southbound at Ongdo Route

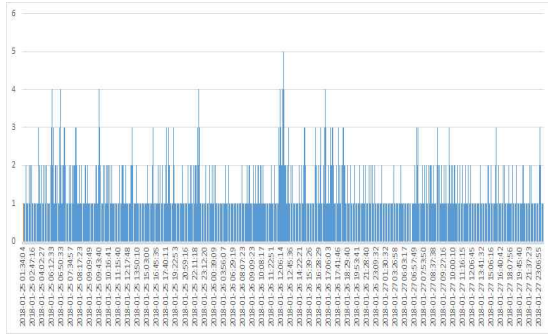
3) 항로 혼잡 구역 교통현황자료 수집

부산 북항 제1항로의 경우 [Fig. 7]과 같이 선박 최대 통과선 1선을 기점으로 항로 길이 전후 500m와 항로 폭으로 둘러싸인 항로 혼잡 구역을 4개의 목표선으로 설정하고, 각 목표선을 들어오고 나가는 선박을 조사하였다.



[Fig. 7] Congestion section of Busan North Port No.1 Route

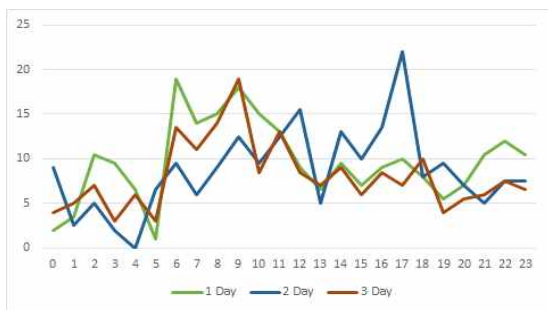
[Fig. 8]은 부산 북항 제1항로 항로 혼잡 구역 내의 선박의 척수 변화를 나타낸 것이다. 항로 혼잡 구역에서의 척수변화는 항로 혼잡 구역의 밀도 변화를 의미하며, 3일간의 조사기간 동안 항로 혼잡 구역에서의 밀도변화는 총 1,255번이었다. 항로 혼잡 구역에서 머문 최대 선박 척수는 5척이며, 평균 0.91척의 선박이 항로 혼잡 구역에 머문 것으로 조사되었다.



[Fig. 8] Number of vessel on Busan North Port No.1 Route congestion section(Instantaneous)

[Fig. 9]는 부산 북항 제1항로 항로 혼잡 구역에서의 시간별 평균통항 척수를 그래프로 표시한 것이다. 3일간 항로 혼잡 구역을 통과한 선박은 평균 약 8.8척이며, 최대 통과 척수는 22척이었다.

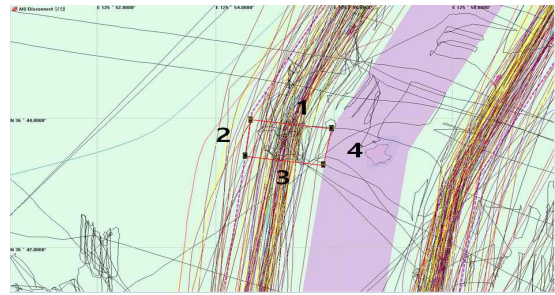
부산 북항 제1항로 항로 혼잡 구역을 통과하는 선박 척수는 주간에 가장 많으며, 상대적으로 새벽 및 야간은 통과 척수가 적은 것으로 조사되었다. 조사기간 중 4-5시가 가장 적은 척수가 통과하였으며, 6시경부터 척수가 증가하기 시작하여 12시경까지 증감을 반복하다가 13시경 최저를 나타냈고, 그 후에 다시 증가하여 18시경부터 척수가 감소함을 알 수 있었다.



[Fig. 9] Number of Vessel passing on Busan North Port No.1 Route congestion section(Average)

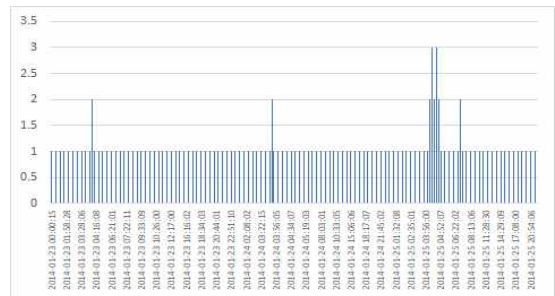
용도항로의 경우에도 부산 북항 제1항로와 동일하게 선박 최대 통과선 기점으로 항로 길이 전후 500m와 항로 폭으로 둘러싸인 항로 혼잡 구

역을 4개의 목표선으로 설정하고, 각 목표선을 들어오고 나가는 선박을 조사하였다. 그 중 [Fig. 10]은 용도항로 남향 항로 혼잡 구역을 표시한 것이다.



[Fig. 10] Southbound Congestion section at Ongdo Route

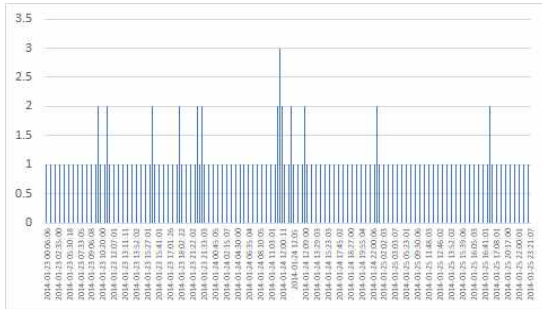
[Fig. 11]은 용도항로 북향 항로 혼잡 구역 내의 선박의 척수 변화를 나타낸 것이다. 3일간의 조사기간 동안 북향 항로 혼잡 구역에서의 밀도 변화는 총 229번이었다. 북향 항로 혼잡 구역에서 머문 최대 선박 척수는 3척이며, 평균 0.6척의 선박이 항로 혼잡 구역에 머문 것으로 조사되었다.



[Fig. 11] Number of vessel at Northbound Ongdo Route congestion section(Instantaneous)

[Fig. 12]는 용도항로 남향 항로 혼잡 구역 내의 선박 척수 변화를 나타낸 것이다. 3일간의 조사기간 동안 남향 항로 혼잡 구역에서의 밀도 변화는 총 217번이었다. 남향 항로 혼잡 구역에서 머문 최대 선박 척수는 3척이며, 평균 0.6척의 선

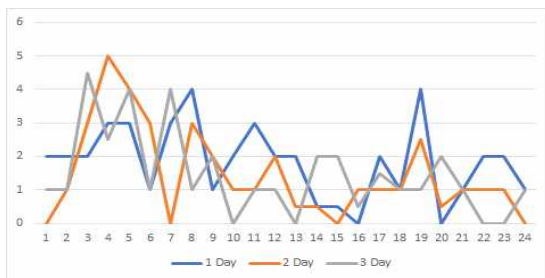
박이 출항 항로 혼잡 구역에 머문 것으로 조사되었다.



[Fig. 12] Number of vessel at Southbound Ongdo Route congestion section(Instantaneous)

[Fig. 13]은 옹도항로 북향 항로 혼잡 구역에서의 시간별 평균통항 척수를 그래프로 표시한 것이다. 3일간 북향 항로 혼잡 구역을 통과한 선박은 평균 약 1.6척이며, 최대 통과 척수는 5척이었다.

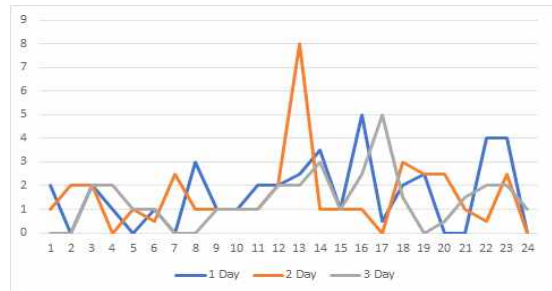
옹도항로 북향 항로 혼잡 구역을 통과하는 선박의 척수는 주야간 구분 없이 비교적 비슷한 통과 척수를 보이나, 조사기간 중 02시~05시 사이에 가장 많이 통과하는 것으로 조사되었다.



[Fig. 13] Number of Vessel passing at Northbound Ongdo Route congestion section(Average)

[Fig. 14]는 옹도항로 남향 항로 혼잡 구역에서의 시간별 평균통항 척수를 그래프로 표시한 것이다. 3일간 남향 항로 혼잡 구역을 통과한 선박은 평균 약 1.5척이며, 최대 통과 척수는 3.5척이었다.

옹도항로 남향 항로 혼잡 구역을 통과하는 선박의 척수는 주야간 구분 없이 비교적 비슷한 통과 척수를 보이나, 조사기간 중 15시~18시 사이에 가장 많이 통과하는 것으로 조사되었다.



[Fig. 14] Number of Vessel passing at Southbound Ongdo Route congestion section(Average)

III. 항로 혼잡 구역 해상교통밀도 평가 및 관제 방안

1. 대상항로 항로 혼잡 구역 해상교통 밀도 평가

1) 항로 혼잡 구역의 면적

대상항로의 항로 혼잡 구역에서의 해상교통 밀도를 구하기 위하여 항로 혼잡 구역의 면적(A_c)을 구하였다.

<Table 2>와 같이 부산 북향 제1항로의 항로 혼잡 구역의 길이는 1,000m이고 항로 폭은 340m이다. 따라서 항로 혼잡 구역의 면적(A_c)은 340,000 m^2 이다.

<Table 2> Area of congestion section on Busan North Port No.1 Route

Division	Gate line	Length	Breath	Area
Inward & Outward	I	1,000m	340m	340,000 m^2

<Table 3>과 같이 옹도항로 항로 혼잡 구역의 길이는 1,000m이고 항로 폭은 북향의 경우

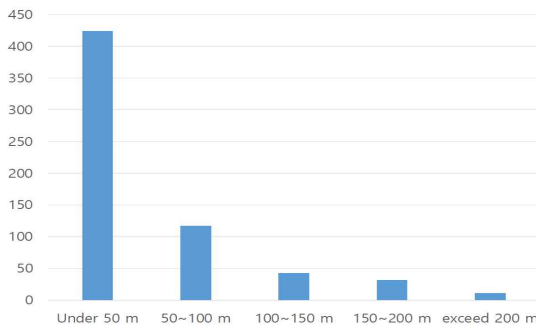
1,919m, 남향의 경우 2,058m 이다. 따라서 항로 혼잡 구역의 면적(A_c)는 각각 1,919,000 m^2 와 2,058,000 m^2 이다.

<Table 3> Area of congestion section on Ongdo Route

Division	Gate line	Length	Breath	Area
Inward	J	1,000m	1,919m	1,919,000 m^2
Outward	E		2,058m	2,058,000 m^2

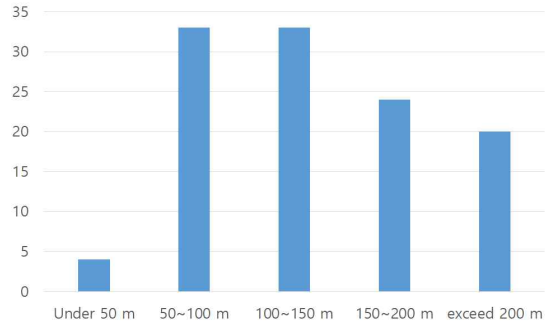
2) 항로 혼잡 구역의 선박 크기별 통행 현황

조사기간 동안 부산 북항 제1항로 항로 혼잡 구역을 통행한 선박은 총 627척이며, 선박의 평균 길이는 약 51.5 m이었다. 선박 크기별 분포를 나타낸 [Fig. 15]와 같이 부산 북항 제1항로에서는 50m 미만의 선박이 424척(67.6 %)을, 50~100m 미만의 선박이 117척(18.7 %)을 차지하였다.



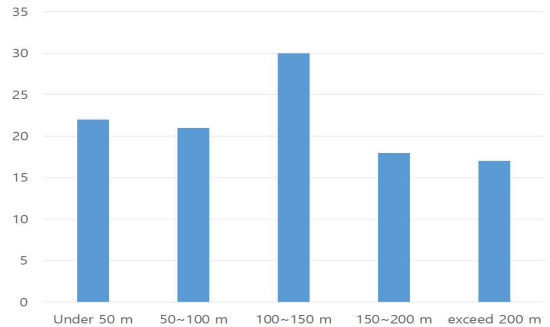
[Fig. 15] Number of Vessel by size passing at Busan North Port No.1 Route congestion section

조사기간 동안 옹도항로 북향 항로 혼잡 구역을 통행한 선박은 총 114척이며, 선박의 평균 길이는 약 141.0m이었다. 선박 크기별 분포를 나타낸 [Fig. 16]과 같이 옹도항로 북향 항로 혼잡 구역에서는 50~100m 미만의 선박이 33척(28.9 %)을, 100~150m 미만의 선박이 33척(28.9 %)을 차지하였다.



[Fig. 16] Number of Vessel passing at Northbound Ongdo Route congestion section

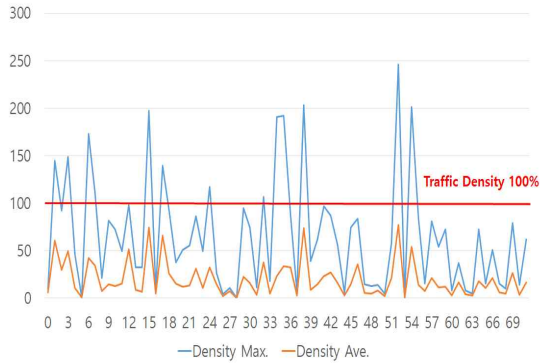
조사기간 동안 옹도항로 남향 항로 혼잡 구역을 통행한 선박은 총 108척이며, 선박의 평균 길이는 약 122.3m이었다. 선박 크기별 분포를 나타낸 [Fig. 17]과 같이 옹도항로 남향 항로에서는 100~150m 미만의 선박이 30척(27.8 %)을, 50m미만의 선박이 22척(20.4 %)을 차지하였다.



[Fig. 17] Number of Vessel passing at Southbound Ongdo Route congestion section

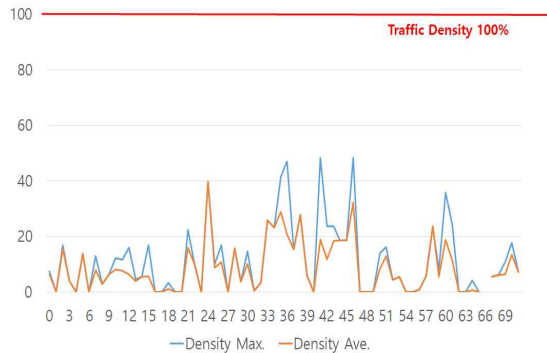
3) 항로 혼잡 구역의 해상교통 밀도

조사기간 동안 부산 북항 제1항로 항로 혼잡 구역의 순간 최대 해상교통 밀도는 246.27이며, 평균 해상교통 밀도는 77.19였다. [Fig. 18]과 같이 순간 최대 해상교통 밀도는 100%를 초과한 경우가 다수 존재하였으나, 평균 해상교통 밀도는 100%를 하회하였다.



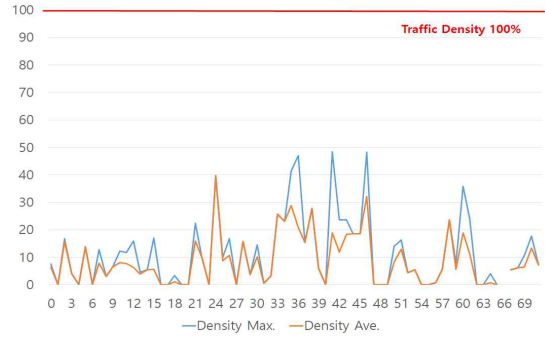
[Fig. 18] Density on Busan North No.1 Route congestion section

조사기간 동안 옹도항로 북향 항로 혼잡 구역의 순간 최대 해상교통 밀도는 54.15이며, 평균 해상교통 밀도는 26.69였다. [Fig. 19]와 같이 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도는 모두 100%를 하회하였다.



[Fig. 19] Density on Northbound Ongdo Route congestion section

조사기간 동안 옹도항로 남향 항로 혼잡 구역의 순간 최대 해상교통 밀도는 46.96이며, 평균 해상교통 밀도는 39.77이었다. [Fig. 20]과 같이 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도는 모두 100 %를 하회하였다.



[Fig. 20] Density on Southbound Ongdo Route congestion section

2. 항로 혼잡 구역 해상교통 관리 방안

항로 혼잡 구역은 선박의 통행이 밀집되는 곳으로 해양사고 발생 가능성이 높으므로, 해상교통 시설을 확충하는 등의 해상교통 환경을 개선하거나, VTS관제와 같이 해상교통을 적절하게 통제할 필요가 있다.

항로 혼잡 구역에서의 해상교통 관리를 위하여 본 연구에서는 해상교통 밀도를 분석하였다. 다만, 평균 해상교통 밀도가 순간 최대 해상교통 밀도를 초과할 수 없으므로, 항로 혼잡 구역에서의 해상교통 밀도는 <Table 4>와 같이 3가지 경우로 한정할 수 있다.

<Table 4> Management Plan for the Route Congestion Area

	Density Max.	Density Ave.	Method of Marine traffic control
Case 1	Over 100%	Over 100%	Improving Maritime Traffic Environment
Case 2	Over 100%	Under 100%	Maritime Traffic Control such as VTS center
Case 3	Under 100%	Under 100%	Attention of Vessel's Operator

즉, 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도가 모두 100%를 초과하는 경우 해당 항로 혼잡 구역은 해상교통 환경을 개선해야 하며, 순간 최대 해상교통 밀도는 100%를 초과하지만 평균 해상교통 밀도가 100%를 하회할 경우에는 VTS 등에서 순간 최대 해상교통 밀도가 증가하지 않도록 적극적으로 통제해야 한다. 또한 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도가 모두 100%를 하회할 경우에는 운항자가 해상교통이 혼잡한 구역임을 인지하고 주의하여 항행하여야 한다.

본 연구의 대상항로 중 부산 북항 제1항로 항로 혼잡 구역의 경우 순간 최대 해상교통 밀도는 100%를 초과하지만, 평균 해상교통 밀도가 100%를 하회하므로 VTS에서 적극적인 통제를 통하여 순간 최대 해상교통 밀도가 증대되지 않도록 관리하여야 하며, 옹도항로 북항 및 남항 항로 혼잡 구역의 경우 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도가 모두 100%를 하회하므로 항로의 운항자가 항로 혼잡 구역을 인지하고 주의하여 항행하여야 한다.

IV. 결 론

우리나라의 경제성장에 발맞추어 항만이 확장되었으며, 항로를 이용하는 선박이 증가하였다. 하지만 항만이 확장되는 속도에 비해 해상 교통 환경의 개선이 더디게 진행됨에 따라 항로에서의 해양사고가 증가하고 있는 실정이다. 이에 항로 등에서의 해상교통 혼잡도에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 선행연구는 항로의 병목구간의 혼잡도를 평가하는 연구가 대부분이었고, 이러한 연구 방법의 단점을 보완하고자 항로 전구역의 밀도를 평가하는 연구가 수행되었다. 하지만 이 연구는 병목구간의 해상교통 혼잡도와 비교하기 위하여 시간당 항로에 선박이 점유한 비율을 구함에 따라 실시간 변화하는 항로의 순간

혼잡도를 파악하는 데에는 한계가 있었다.

이에 본 연구에서는 항로에서 선박의 통항이 가장 많은 구역을 항로 혼잡 구역으로 정의하고 이 구역에서의 해상교통 밀도를 파악하여 항로 혼잡 구역에서의 해상교통 관리 방안을 제시하고자 하였다.

우선 대상항로를 선정하고, 대상항로에서의 해상교통 조사를 시행하였으며, 대상항로에서의 항로 혼잡 구역을 파악하였다. 항로 혼잡 구역에서의 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도를 분석하였다. 부산 북항 제1항로 해상교통 혼잡 구역에서는 순간 최대 해상교통 밀도가 100%를 상회하나 평균 해상교통 밀도는 100%를 하회하는 것으로 분석되었으며, 옹도항로 북항항로와 남항항로는 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도가 모두 100%를 하회하는 것으로 분석되었다.

이러한 결과를 바탕으로 해상교통 혼잡 구역에서의 해상교통 관리 방안을 제안하였다. 즉, 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도가 모두 100%를 초과하는 경우 해당 항로 혼잡 구역은 해상교통 환경을 개선해야 하며, 순간 최대 해상교통 밀도는 100%를 초과하지만 평균 해상교통 밀도가 100%를 하회할 경우에는 VTS 등에서 순간 최대 해상교통 밀도가 100%를 넘지 않도록 적극적으로 통제해야 한다. 또한 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도가 모두 100%를 하회할 경우에는 운항자가 해상교통이 혼잡한 구역임을 인지하고 주의하여 항행하여야 한다.

이 연구의 성과는 다음의 3가지로 요약할 수 있다.

첫째, 기존의 해상교통 혼잡도가 항로의 병목구간을 기준으로 평가한 것이라면, 본 연구는 항로 혼잡 구역을 정의하고 항로 혼잡 구역에서의 해상교통 밀도를 평가하였다.

둘째, 이러한 항로 혼잡 구역에서의 해상교통 혼잡도 평가방법으로는 해상교통 밀도를 이용하

였으며, 순간 최대 해상교통 밀도와 평균 해상교통 밀도를 모두 활용하여 평가하였다.

셋째, 해상교통 밀도 평가 결과를 토대로 항로 혼잡 구역에서의 해상교통 관리 방안을 제안하였다.

다만 본 연구의 대상항로가 한정되어진 연구인 만큼 보다 다양한 항만에서의 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- Fujii Y, Watanabe K, Tanaka K, Yamada K and Miyagi H(1966). On the Navigational Traffic Capacity - Part I Effective Area of Small Boats, National Maritime Research Institute Report, 3(2), 1~16
- Kang WS, Song TH, Kim YD and Park YS(2017). Seasonal Variation in Marine Traffic Congestion on Major Port and Coastal Route, Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety 23(1), 1~8
<https://doi.org/10.7837/kosomes.2017.23.1.001>
- Kim ST, Rhee HK and Gong IY(2017). Improving Assessments of Maritime Traffic Congestion Based on Occupancy Area Density Analysis for Traffic Vessels, Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety 23(2), 153~160
<https://doi.org/10.7837/kosomes.2017.23.2.153>
- KIMST(2005). Marine accident statistics annual report(2004), Korea Maritime Safety Tribunal, <https://www.kmst.go.kr/kmst/statistics/annualReport/selectAnnualReportList.do#a> on January 18.
- KIMST(2018). Marine accident statistics annual report(2017), Korea Maritime Safety Tribunal, <https://www.kmst.go.kr/kmst/statistics/annualReport/selectAnnualReportList.do#a> on January 18.
- MOF(2015). 2015 Safety Assessment of Ship's Routing, Ministry of Oceans and Fisheries.
- MOF(2018). Statistics by ship's tonnage of entering port, Ministry of Oceans and Fisheries, <https://www.mof.go.kr/statPortal/cate/statView.do> on January 18.
- Um HC, Jang WJ, Cho KM and Cho IS(2012). The Assessment of the Marine Traffic Congestion and the Improvement of a Technical Standards, Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety 18(5), 416~422
<https://doi.org/10.7837/kosomes.2012.18.5.416>
- Yoo SR, Jeong CY, Kim CS, Park SH and Jeong JY(2013). Evaluation of Marine Traffic Congestion based on Survey Research in Major Port, Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety 19(5), 483~490
<https://doi.org/10.7837/kosomes.2013.19.5.483>

-
- Received : 22 January, 2019
 - Revised : 19 February, 2019
 - Accepted : 25 February, 2019