

論文

목포항 출입항로의 환경스트레스 평가에 관한 연구

김철승* · 정재용* · 정중식* · 김종수* · 박영수**

* 목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수, **한국해양대학교 운항훈련원 교수

A Study on the Assessment of Environment Stress for Incoming and Outgoing Routes in mokpo harbor

Chol-Seong KIM* · Jae-Yong JONG* · Jung-Sik, Jeong* · Jong-Soo, Keum* · Young-Soo Park**

* Division of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, Korea

**The Center of Ship Operation, Korea Maritime University, Busan, Korea

요약 : 목포항 인근해역은 해상교통량이 많고, 해양사고가 빈발하고 있다. 특히, 목포구에서 목포항까지의 수역에는 협수로 형성, 안개 발생 빈번, 항로 폭 협소, 천수 수역 존재, 양식장 어망 과다, 소형 어선, 여객선, 화물선 등에 의한 특정 시간대 항내 교통량이 집중하여 해양사고가 발생하였다. 따라서 목포항만 수역내 해상안전의 위해요소 및 해상교통환경을 파악하고, 그 문제점을 도출하기 위해 목포항 입출항 항로에 대한 해상교통조사를 실시하여 해상교통흐름을 조사·분석하여 교통실태를 파악하고, 통항경로대의 해상교통특성을 도출하여 해상교통류 시뮬레이션 실시하여 환경스트레스를 평가하고자 한다.

핵심용어 : 해상교통환경, 자연환경조사, 해상교통량, 해상교통흐름, 해상교통류시뮬레이션

Abstract : Recently, many ships such as fishing boats, cargo ships, high speed ferry boats are visiting Mokpo harbor. In particular, many marine accidents have been occurred at this area because of the narrow channel, a thick fog, the existing of the shallow waters etc. However there is no suitable ships' routeing system which takes account of today's traffic situations in this area. This study aims at the settling of hazardous factors to mitigate the danger to vessels in mokpo harbor and to secure the safety of maritime environment.

Key words : Marine Traffic Environments, Marine Traffic Survey, Marine Traffic Flow, Marine Traffic simulation

1. 서 론

목포항 인근해역은 2002년도의 해상교통량의 분석 결과 약 250,000척(전국의 약 28%)으로 교통량이 많고, 지난 10년간(1993년-2002년) 해양사고 발생건수도 593건(전국의 약 26%)으로 가장 빈발하고 있다.

특히, 목포구에서 목포항까지의 수역에는 협수로 형성, 안개 발생 빈번, 항로 폭 협소, 천수 수역 존재, 양식장 어망 과다, 소형 어선 여객선, 화물선 등에 의한 특정 시간대 항내 교통량의 집중하여 '94-01' 총113척/충돌사고 74척의 해양사고가 발생하였다.

따라서 목포항만 수역내 해상안전의 위해요소 및 해상교통환경을 종합적으로 파악하고, 그 문제점을 도출하기 위해 목포항 입출항 항로에 대한 해상교통조사를 실시하여 해상교통흐름을 조사·분석하여 교통실태를 파악하고, 통항경로대의 해상교통

특성을 도출하여 해상교통류 시뮬레이션을 실시하여 환경스트레스를 평가하고자 한다.

2. 해상교통흐름 관측 조사

2.1 교통조사 방법 및 선박 항적 분석

목포항의 해상교통흐름을 파악하기 위해 목포항 항만교통정보 센터의 자동기록장치에 저장되어 있는 레이더 영상과 항적 데이터를 사용하여 선박의 항적을 조사하였다. 선박의 항적은 2003년 9월부터 2004년 8월까지 총 1년간 자동기록장치에 저장되어 있는 데이터를 조사하여, 이 중에서 가장 선박의 입출항이 많았던 2004년 7월 23일~7월25일 사이의 3일간의 데이터를 사용하였다.

자동기록장치에 저장되어 있는 레이더 영상과 항적 데이터를 재생하여 입출항 선박의 선명, 호출부호, 선속, 선박위치(위도 및 경도)를 구하였고, 각 선박의 제원(선종, 총톤수, 길이, 폭, 깊이 등)은 선명과 호출부호를 이용하여 해양수산부 항만운영정보 사이트를 검색하여 입력하였다. 또한 선박의 항적은 항만교통정보

* 대표저자 : 김철승(중신회원), cskim@mmu.ac.kr
* 중신회원, jyjong, jsjeong, jskeum@mmu.ac.kr
** 정희원, yspark@hhu.ac.kr

센터에서 추적한 선박을 1분에서 3분의 시간 간격으로 위도 및 경도를 구하여 재현하였다.

Fig.1은 72시간의 입출항 선박들의 항적을 재현하여 나타낸 것이다.

목포항에서 출항하는 선박들이 주로 통항하는 주요 항로는 Fig. 2에 표시한 바와 같이 4가지 형태로 구분할 수 있다.

- ① 삼호중공업~목포구를 통과하는 항로를 이용하는 출항 선박
- ② 목포항~목포구 및 달리도 북단을 통과하는 항로를 이용하는 출항 선박
- ③ 목포항~목포구 및 외달도 북단 사이 통항하는 출항 선박
- ④ 북항~장좌도 남단 및 달리도 북단 통과하는 항로를 이용하는 출항 선박
- ⑤ 목포구 통과~삼호중공업 항로를 이용하는 입항 선박
- ⑥ 목포구 및 달리도 북단 통과~목포항으로 입항하는 항로를 이용하는 입항 선박
- ⑦ 항계내 정박지~목포항으로 입항하는 항로를 이용하는 입항 선박
- ⑧ 목포구 및 달리도 북단 통과~북항으로 입항하는 항로를 이용하는 입항 선박

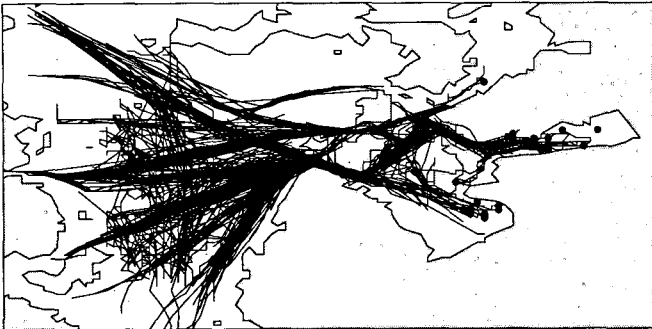


Fig. 1 The traffic flow pattern of ship's route at the Mokpo Approaching Waters

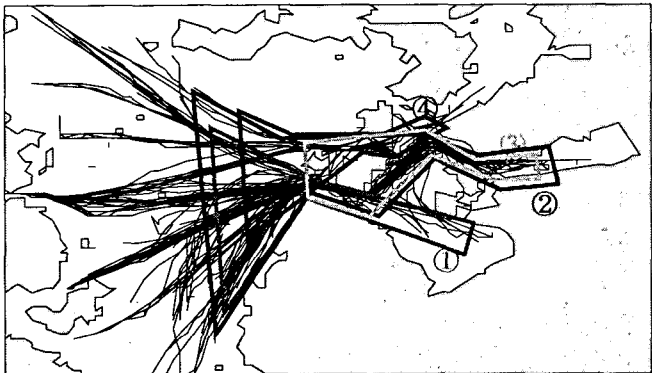


Fig. 2 The traffic flow style and pattern for outgoing route at the Mokpo Approaching Waters

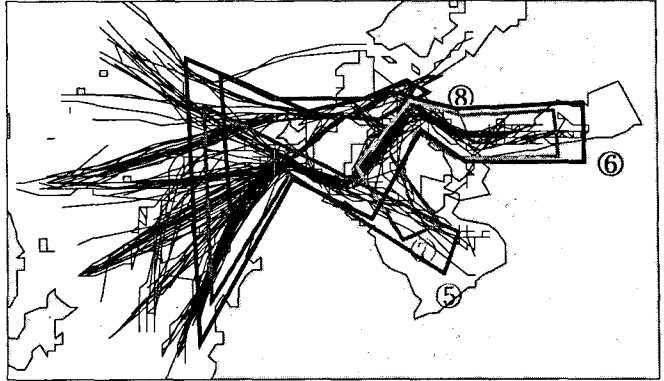


Fig. 3 The traffic flow style and pattern for outgoing route at the Mokpo Approaching Waters

한편 목포항에서 입항하는 선박들이 주로 통항하는 주요 항로는 Fig.3에 표시한 바와 같이 4가지의 패턴으로 구분할 수 있다.

- ① 삼호중공업~목포구를 통과하는 항로를 이용하는 출항 선박
- ② 목포항~목포구 및 달리도 북단을 통과하는 항로를 이용하는 출항 선박
- ③ 목포항~목포구 및 외달도 북단 사이 통항하는 출항 선박
- ④ 북항~장좌도 남단 및 달리도 북단 통과하는 항로를 이용하는 출항 선박
- ⑤ 목포구 통과~삼호중공업 항로를 이용하는 입항 선박
- ⑥ 목포구 및 달리도 북단 통과~목포항으로 입항하는 항로를 이용하는 입항 선박
- ⑦ 항계내 정박지~목포항으로 입항하는 항로를 이용하는 입항 선박
- ⑧ 목포구 및 달리도 북단 통과~북항으로 입항하는 항로를 이용하는 입항 선박

주요 항로별로 조사·분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 목포구를 통과하여 목포항에 입출항하는 선박이 가장 빈번하게 통항하고 있는 것으로 조사되었으며, 입출항 선박 톤수별 척수로는 100톤~500톤 미만의 선박이 약 50%로 가장 많았고, 3천톤급 이상 선박의 비율도 약 10% 정도를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 목포구를 통과하여 삼호중공업으로 입출항하는 선박들도 빈도는 높지는 않지만 대형선박이 이용하는 항로로 조사되었다.

목포구를 통과하여 목포항에 입출항하는 선종별 입출항 선박의 분포는 여객선(철부도선 포함)이 약 50%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 일반화물선(석유정제품운반선, 케미컬운반선, 산물선, 시멘트선, 냉동냉장선 등), 예인선 및 갑종선은 15%~20%로 비슷한 비율을 보였다.

항계내에서 고하도 북단을 통과하여 장좌도 남단 및 목포구 입구까지 왕항하는 선박의 빈도도 높게 나타났으며, 입출항 선박 톤수별 척수로는 100톤~500톤 미만의 선박이 약 60%로 가장 많았으며, 20톤~100톤 미만 선박의 비율은 약 20%로 소형선박이

대부분을 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

북항을 입출항하는 선박은 주로 장좌도 북단 및 달리도 북단을 이용하는 항로를 이용하였으며, 입출항 선박 톤수별 척수로는 20톤~100톤 미만의 선박이 약 60% 이상으로 가장 많았으며, 모두 5백톤 미만의 선박의 이용하고 있는 것으로 조사되었다.

2.2 통항 경로대별 해상교통흐름

통항경로대의 설정은 교통 실태 조사에서 얻어진 데이터를 가지고 종기점(OD별) 분류 및 항행의 큰 흐름을 몇 개로 단순화 시키는 작업이다. 목포항 출입항로 입출항 선박을 대상으로 OD별 분류를 한 결과, 선박의 주요 교통흐름은 입항 5개와 출항 4개의 항적군으로 분류하였다. 각 통항대별로 주요 교통흐름을 나누어 각각 몇 개의 통항경로대를 설정한 것이 Fig.4~Fig.12이다.

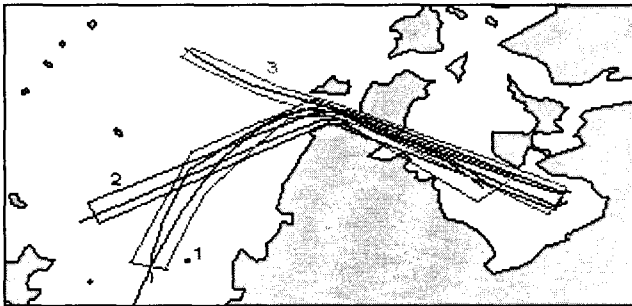


Fig.4 Outgoing traffic flow group 1, Passage No.1-3

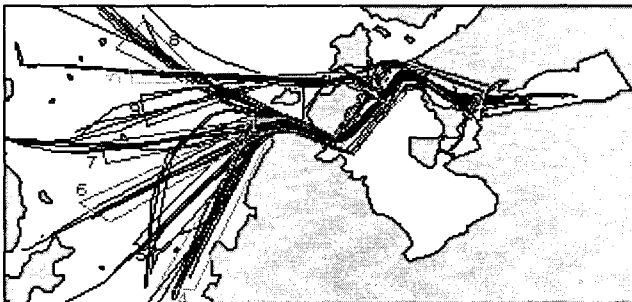


Fig.5 Outgoing traffic flow group 2, Passage No.4-10

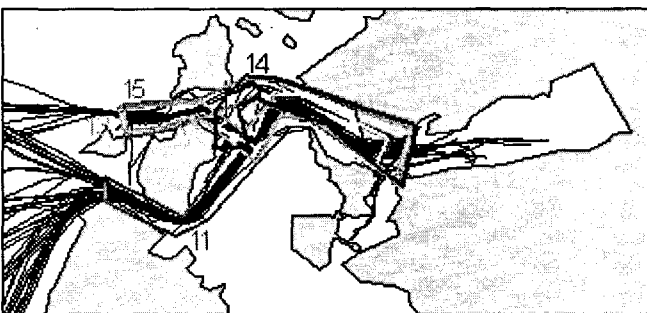


Fig.6 Outgoing traffic flow group 3, Passage No.11-15

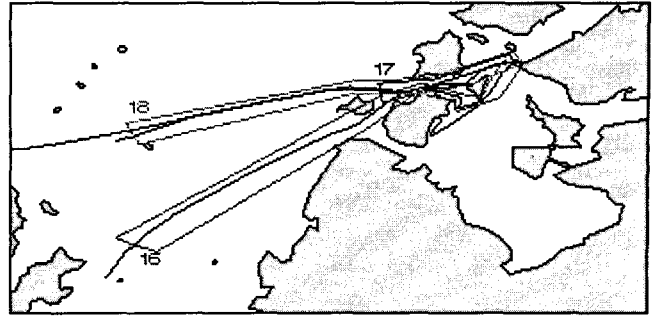


Fig.7 Outgoing traffic flow group 4, Passage No.16-18

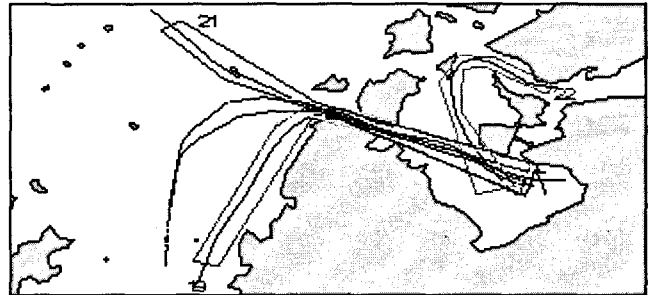


Fig.8 Incoming traffic flow group 1, Passage No.19-22

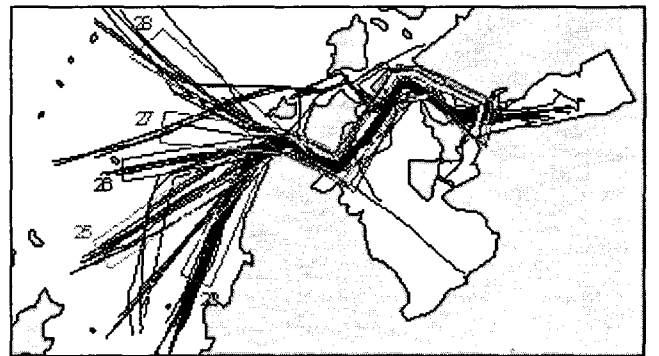


Fig.9 Incoming traffic flow group 2, Passage No.23-28

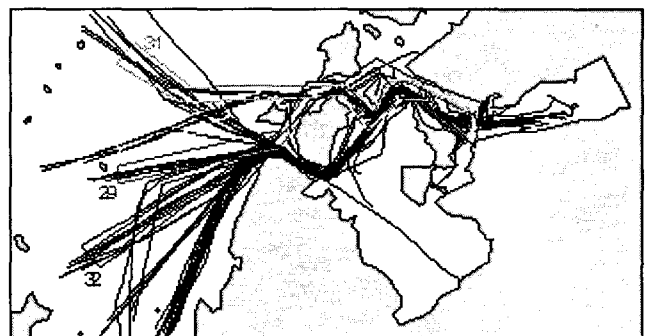


Fig.10 Incoming traffic flow group3, Passage No.29-32

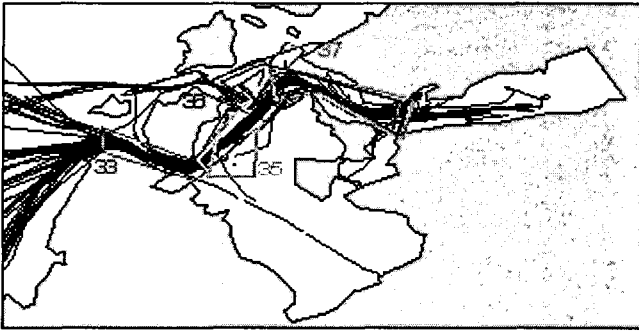


Fig.11 Incoming traffic flow group4, Passage No.29-32

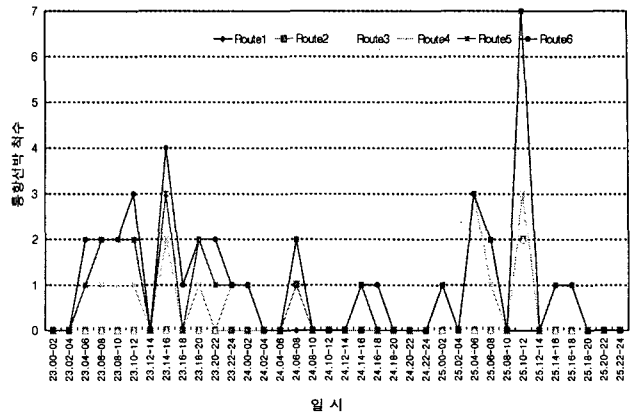


Fig.13 The number of outgoing vessels of No.1~6 traffic passage

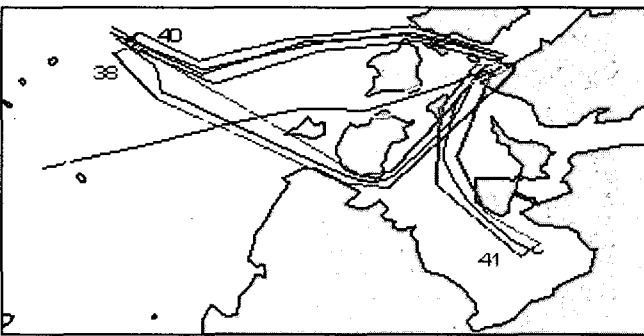


Fig.12 Incoming traffic flow group5, Passage No.38-41

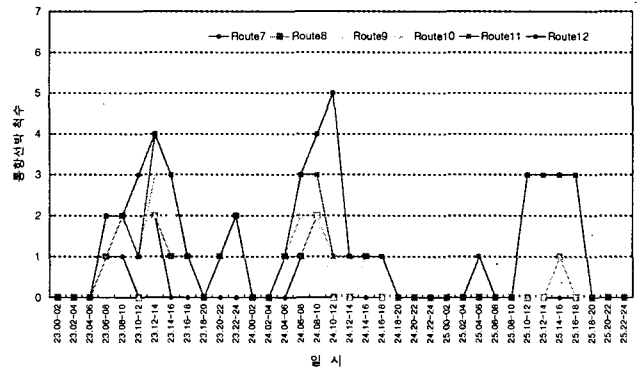


Fig.14 The number of outgoing vessels of No.7~12 traffic passage

2.3 목포항 선박 통항 척수

교통류 시뮬레이션에서 대상해역의 교통 상황을 재현하기 3일간 통항 선박의 척수를 2시간 간격으로 각 통항 경로대별로 정리하여 나타낸 것이 Fig.13~Fig.19이다.

선박 통항척수는 대체적으로 오전 시간대(6시~7시, 12시~13시)에 항행하는 선박이 많았다. 입항 선박 척수는 주로 정박지로 향하는 선박과 정박지에 있던 선박이 아침에 양묘하여 입항하는 경우가 많았고 진입수로에서 4항로로 입항하는 선박 척수가 많았으며 출항선박도 역시 입항선박의 역순의 형태가 많았다.

여기에서 조사된 통항경로대별 시간대 선박 통항 척수 중 해상교통류 시뮬레이션은 3일중 가장 통항량이 많았던 선박 척수를 발생시킨다. 다만 3일중 2시간에 1척씩 통항한 통항경로대는 약 0.1척/시(1척/12시간)로 하여 선박을 발생시킨다.

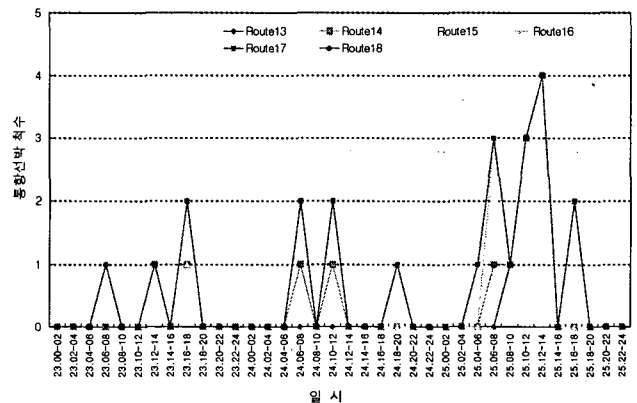


Fig.15 The number of outgoing vessels of No.13~18 traffic passage

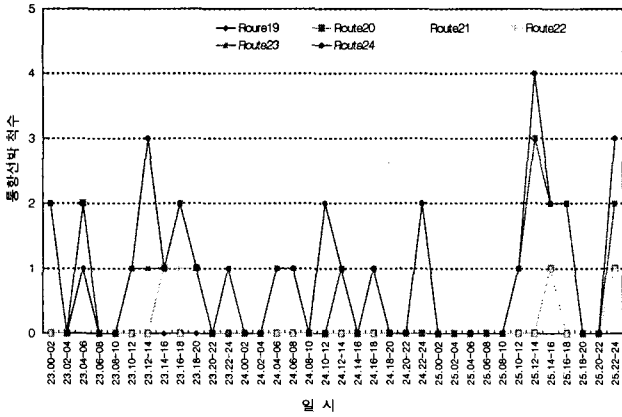


Fig.16 The number of incoming vessels of No.19~24 traffic passage

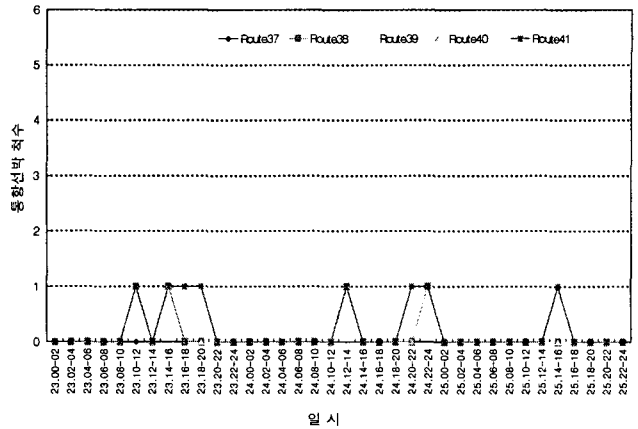


Fig.19 The number of incoming vessels of No.37~41 traffic passage

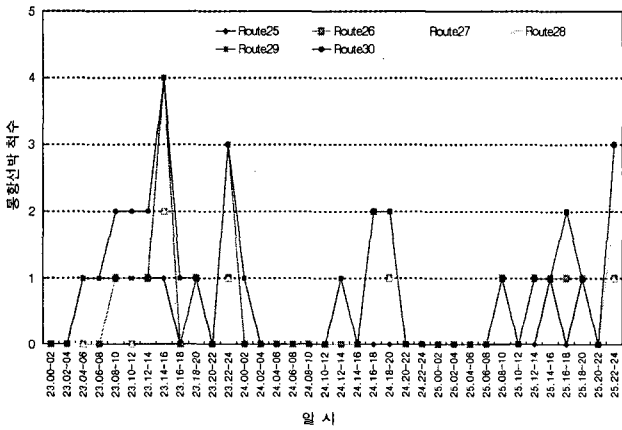


Fig.17 The number of incoming vessels of No.25~30 traffic passage

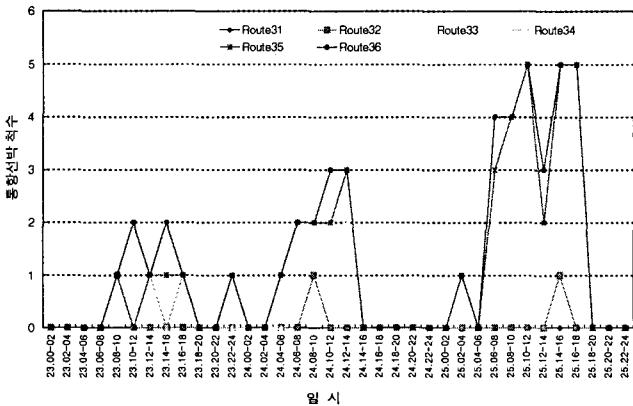


Fig.18 The number of incoming vessels of No.31~36 traffic passage

2.3 통항경로대별 교통특성

목포항의 3일간의 각 통항경로대별 입출항 선박 크기, 선박 크기별 속력 분포의 일례를 Table 1과 같이 조사하여 해상교통류 시뮬레이션 자료로서 사용하였다.

Table 1 Ship's type, length & speed of No.1 traffic passage

선형 구분 (단위: GT)	평균 길이 (단위: m)	길이의 표준편차	선형구성 비율(%)	평균속력 (kn)	속력 표준편차
20~100	15.2	5.6	50.0	7.5	3.0
100~500	52.4	13.2		9.1	2.5
500~1000	70.4	7.5		9.5	1.2
1000~3000	90.8	10.4	50.0	10.7	2.1
3000~6000	114.6	46.5		10.5	2.5
6000~10000	141.2	12.6		12.1	3.2
10000~20000	174.1	15.9		11.1	2.5
20000이상	266.0	44.0		10.8	0.9

3. 환경스트레스 모델에 의한 평가

해상에서 선박교통의 안전 확보의 시책을 검토하기 위하여는 [선박-조선자-환경]의 연관 관계에서 구성되는 선박운항시스템이 어느 정도 각각 영향을 주는 레벨에 있는가를 평가하는 것이 중요하다. 즉 해상에서의 선박교통이 안전한 상태에 있는가를 검토하기 위해서는 자선을 둘러싼 주변 환경에서 조선자가 어느 정도의 곤란을 강하게 받는지, 조선의 실행 과정에서 조선자가 어느 정도의 조작을 행하는지 그 결과로서 어느 정도의 안전을 확보하고 얻었는지를 명확히 하는 것이 필요하다.

자선을 둘러싸고 있는 주변 환경이 조선 곤란성의 면에서는 조선자에게 과해지는 조선부담의 크기를 환경스트레스치

(Environment Stress value, ES value)라는 평가지표로서 정량적으로 수치표현하기 위한 환경스트레스 모델(Inoue, 2000)이 개발되었고, 이 ES 모델을 적용하여 목포항의 접근 수역 및 각 항로를 대상으로 평가하였다.

3.1 평가 대상해역

목포항 부근의 평가 해역은 통항하는 선박의 교통 흐름이 여러 곳에서 교차되고 있는 목포항 입구에서 목포항 항계내 해역까지 하였다.

3.2 현재의 교통 현상 평가 결과

목포항 부근의 대상 해역은 지형적인 제약과 타선이 상존하여 이 두 가지의 영향으로 선박 운전자에게 위험을 초래하는 해역이므로 환경스트레스치 중 지형적인 제약과 타선의 영향을 동시에 평가한 종합환경 스트레스치를 사용하여 평가한다.

종합환경 스트레스치는 결과는 Fig.20과 같다. 이들 전체 해역을 목포구 접근해역(이하 "A지역"이라 한다), 달리도의 동남단 인근해역(이하 "B지역"이라 한다), 고하도 북단 인근해역(이하 "C지역"이라 한다) 및 늘도 인근해역(이하 "D지역"이라 한다)으로 구분하였다.

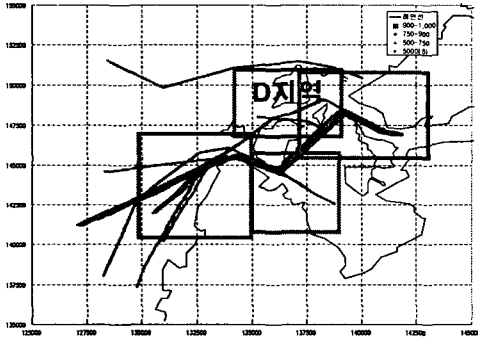


Fig.20 Modeling of area conditions for computer simulations for traffic flow

1) 목포구 접근 해역(A지역)

목포구 접근해역은 여러 교통흐름이 교차하고 있다. 이 해역은 조선 수역이 비교적 넓기 때문에 환경스트레스치가 전반적으로는 높지 않지만 교차가 집중되는 화원반도 서쪽에서 환경 스트레스치가 높게 나타나고 있다.

특히 목포구 등대 북단해역은 가항수역 폭이 좁고, 교통이 밀집되어 환경스트레스치가 아주 높게 나타나고 있다.

또한 목포구 등대에서 달리도 남단의 가항 수역 폭은 약 350미터로서 가항수역 폭이 협소하고, 교통이 밀집되어 환경 스트레스치가 아주 높게 나타나고 있다.



Fig.21 The distribution of ESA on A Area

2) 달리도 동남단 인근해역(B지역)

달리도 동남단 인근해역은 제1항로, 제2항로, 제3항로 및 목포구를 이용하는 선박의 교통흐름이 집중되는 해역이다.

달리도 등대 부근해역에서 환경스트레스치가 아주 높게 나타나고 있다. 이는 목포항을 이용하는 대부분의 선박이 제1항로를 이용하여 선박교통량이 많고, 제1항로가 달리도에 근접해 있어 달리도에 의한 조선환경스트레스치가 높기 때문이다.

달리도 등대 남단은 항로의 배치상 대각도 변침이 불가피하고 모든 선박이 달리도 등대에 근접하여 통항하기 때문에 환경스트레스치가 높다.

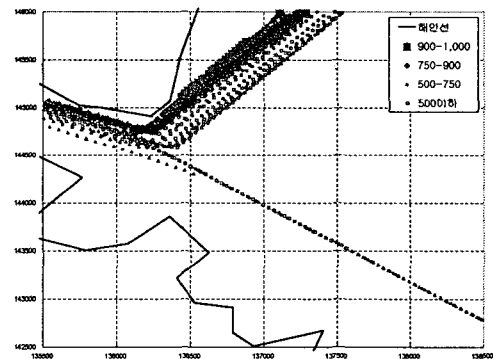


Fig.22 The distribution of ESA on B Area

3) 고하도 북단 해역(C지역)

고하도 북단해역은 대각도 변침이 이루어지는 해역이다. 특히 출항선박이 장좌도에 근접할 수 있는 위험성이 높다. 항로의 좌측에 입항과 출항선박의 항적이 겹쳐 환경스트레스치가 높다. 또한 장좌도에 근접하여 교통환경 스트레스치가 높게 나타나고 있다.

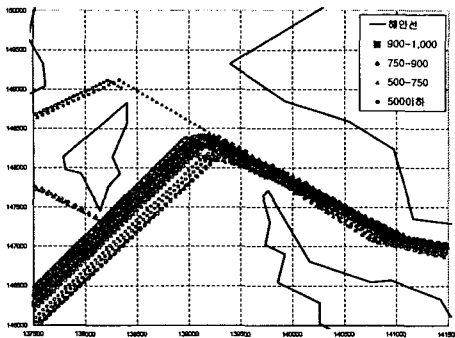


Fig.23 The distribution of ESA on C Area

4) 놀도 인근해역(D지역)

놀도 인근해역의 환경스트레스치는 매우 낮게 나타나고 있다. 이 해역은 장좌도 남단에서 맥도와 달리도 사이의 수역을 통항하는 소형선박과, 장좌도 북단에서 맥도와 달리도 사이의 수역을 통항하는 소형선박 및 북항에서 용출도와 압해도 사이의 수역을 통항하는 소형선박의 항로이다. 맥도와 달리도 사이의 수역에서 환경스트레스치가 약간 높게 나타나고 있다.

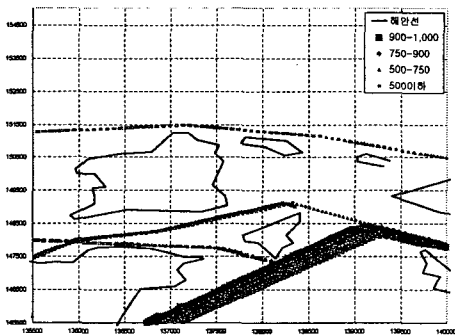


Fig.24 The distribution of ESA on D Area

7. 결 론

목포항 항만교통정보센터의 3일간의 데이터를 이용하여 해상교통흐름을 조사하였다. 이를 통하여 주요 항로의 이용 선박의 크기, 교통흐름의 교차지점 및 유형 등을 파악하였다. 또한 이용선박의 크기, 선형분포, 항적의 평균 및 표준편차 등을 도출하여 해상교통류 시뮬레이션을 실시하였다.

해상교통류 시뮬레이션 결과를 요약하면 다음과 같다,

1) 목포구 접근 해역(A지역)

이 해역은 교통흐름이 교차되는 회원반도 서쪽, 특히 목포구 등대 북단해역은 가항수역 폭이 좁고, 교통이 밀집되어 환

경스트레스치가 아주 높게 나타나고 있다. 또한 목포구 등대에서 달리도 남단의 가항 수역 폭은 약 350미터로서 가항수역 폭이 협소하고, 교통이 밀집되어 환경스트레스치가 아주 높게 나타나고 있다.

이를 해결하기 위해서는 목포구 접근해역의 교통흐름을 정류하여 선박이 교차되지 않도록 새로운 해상교통시스템이 필요하고, 목포구~달리도 남단 수역의 가항 수역 폭은 지형적인 부분으로 확장이 불가능하기 때문에 해상교통을 분산해야 한다. 특히 어선 등 소형선박들에 대한 조치가 필요하다.

2) 달리도 동남단 인근해역(B지역)

이 해역에서 목포항을 이용하는 대부분의 선박이 제1항로를 이용하여 선박교통량이 많고, 제1항로가 달리도에 근접해 있어 달리도에 의한 조선헬스트레스치가 높다. 또한 항로의 배치상 대각도 변침이 불가피하고 모든 선박이 달리도 등대에 근접하여 통항하기 때문에 환경스트레스치가 높다.

이를 해결하기 위해서는 달리도 등대에 근접하여 통항하지 않도록 제1항로를 동쪽으로 이동하고, 항로 폭을 확장하여야 하며, 항로 폭을 확장하여 대각도 변침을 완화하고, 입출항 선박이 항로상에서 겹치기 않도록 항로를 재조정해야 한다.

3) 고하도 북단 해역(C지역)

항로의 좌측에 입항과 출항선박의 항적이 겹쳐 환경스트레스치가 높고, 장좌도에 근접하여 교통환경 스트레스치가 높게 나타나고 있다.

이를 해결하기 위해서는 고하도 북단 서측 해역의 천소구역을 준설하여 항로의 만곡부를 완화하여야 하며, 항로 폭을 확장하여 입항 선박과 출항선박의 항로상 분포를 분산시켜야 한다.

4) 놀도 인근해역

이 해역은 환경스트레스치가 높지 않고, 교통흐름도 뚜렷이 구분되므로 소형선박의 항로로 개발할 필요가 있다. 맥도와 달리도 사이의 수역은 환경스트레스치가 약간 높은 것은 주위의 암초 등 천소가 존재하는 협수로 이므로, 항로표지를 신설하여 통항안전성을 확보할 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] 해양수산부(2004), 해양수산통계연보
 [2] Inoue, K.(2000), "Evaluation Method of Ship Handling Difficulty for Navigation in Restricted and Congested Waterways", The Journal of Navigation, The Royal Institute of Navigation, Vol. 53, No. 1, pp. 167-180.