

ES모델을 통한 광양항 교통안전특정해역의 항로운영과 안전성 향상에 관한 연구

김득봉* · 박영수**†

* 목포해양대학교, ** 한국해양대학교

A Study on the Route Operation & Safety Improvement in Gwangyang Traffic Safety Designated Area Based on ES Model

Deug-Bong Kim* · Young-Soo Park**†

* Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

** Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 광양만 교통안전특정해역은 3개 항로(입항항로, 출항항로, 깊은수심항로)로 구분되어 있으나 입항항로에 삼여 암초와 인공어초의 부설로 선박들이 이 항로를 이용하지 못하고 있다. 삼여 암초와 인공어초 제거에 대한 문제점은 선박운항자뿐만 아니라 항만관계자를 통해 지속적으로 제기되어 왔다. 이 연구는 특정해역 내에 있는 삼여 암초를 제거 전과 후에 대한 안전성 평가 및 항로운영방안에 대한 것으로 선박운항자 위험도 기반 모델을 이용한 해상교통류 시뮬레이션을 수행하였다. 실험결과, 장래의 선박교통량이 현재와 같고 2개 항로를 3개 항로로 운영한다고 가정할 때, 46.4%(50,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 이용)와 57.1%(10,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 이용) 위험 감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 교통량이 현재와 같은 상황에서는 50,000 DWT 이상 선박을 깊은수심항로로 통항하게 하는 것이 위험도 분산 측면에서 효과적임을 알 수 있었다. 한편 선박교통량이 현재보다 1.5배 증가한 상황에서는 10,000 DWT 이상 선박을 깊은수심항로로 유도하는 것이 더 효과적이었다. 이 연구는 선박운항자 위험도 기반 모델을 이용한 분석 결과로, 삼여 암초와 인공어초 제거 등에 필요한 비용 대비 효과를 검토한 것이 아님을 밝혀둔다. 본 연구의 결과는 삼여 암초 제거 후 항로 설정과 항로 운영 방안(특히 깊은수심항로 통항선박 제한) 등에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

핵심용어 : ES모델, 교통안전특정해역, 안전성평가, 항로운영, 해상교통류, 선박교통량

Abstract : Gwangyang traffic safety designated area is composed of 3 fairways (Deep water fairway, inbound fairway, and outbound fairway). However, inbound vessels can't use this passage because of Samyeo rock and artificial fishing banks in inbound route. The problem with the rocks and artificial fishing banks has been raised by ship navigators and authorities of the port. This research is about the safety evaluation and management plan of the passage, and we conducted maritime traffic simulation using a model based on a ship operator risks. As a result, assuming that future marine traffic volume is the same as the present, and if the ship operators use 3 fairways and not two, it showed risk reduction of 46.4% (vessels over 50,000 DWT using DW route) and 57.1% (vessels over 10,000 DWT using DW route). Also, in a traffic volume condition which is the same as the present, to induce vessels over 50,000 DWT to use DW route is effective in mitigating of risks. Meanwhile, in a condition which increased the traffic volume by 150%, it is more effective to induce vessels to use DW route. This research is the result of analysis using the model based on ship operator risks, and not cost-effectiveness analysis on the removal of Samyeo rock and artificial fishing banks. This research is expected to be used on setting up the sea route and management plan (particularly, restriction on passing DW route).

Key Words : ES model, Traffic Safety Designated Area, Safety assesment, Route operation, Marine traffic flow, Vessel traffic volume

* First Author : kdb@mmu.ac.kr, 061-240-7197

† Corresponding Author : youngsoo@kmou.ac.kr, 051-410-5085

1. 서론

해양수산부는 2015년에 위험화물운반선의 출입과 선박 통항량이 많은 울산항, 여수·광양항, 인천항의 항로와 정박지에 대해 종합적인 진단평가를 실시하였다. 이 진단평가를 통해 여수·광양항의 경우 교통안전특정해역(이하 특정해역) 내 삼여 암초와 인공어초 제거에 대한 필요성이 선박운항자와 항만시설관계자들을 통해 제기되었다(Kim et al., 2015).

여수·광양항 특정해역 입항항로에는 삼여 암초와 인공어초가 있어 입항항로의 활용에 많은 제약을 주고 있다. 여수·광양항은 위험물운반선과 거대형선의 비중이 높은 항만으로 대형 해양사고 발생 가능성이 다른 항만에 비해 상대적으로 높다. 또한 대형선의 야간 도선 금지로 주간시간대 교통혼잡상황이 빈번히 발생한다. 출항선박이 홀수 제약을 받게 되는 경우 깊은수심항로를 이용할 수 밖에 없으므로 깊은수심항로를 이용하여 입항하는 선박과 마주칠 수 있는 상황이 불가피하게 발생한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 특정해역 내 삼여 암초와 인공어초를 제거하여 입항항로를 비롯한 깊은수심항로와 출항항로 모두를 가용할 수 있어야 한다. 그러나 66.3 km에 이르는 수중 암초와 인공어초를 제거하기 위해서는 막대한 예산 소요와 주변 어민들의 민원 발생 우려가 있으므로 과학적인 검토가 필요하다.

이 연구는 여수·광양항 특정해역 내 삼여 암초 제거 전·후 항로 안전성과 효과적인 항로 운용 방안에 대한 것으로 환경스트레스 모델(Inoue, 2000)을 이용하여 해상교통류시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 실험을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 삼여 암초 제거가 해상교통안전에 미치는 영향을 분석하였고, 이 결과를 바탕으로 효과적인 항로 운영방안을 제시하였다.

2. 항로 현황 및 교통 특성

2.1 항로 현황

특정해역은 해상교통량이 폭주하거나 거대선이나 위험화물운반선, 고속여객선 등의 통항이 빈번하여 대형 해양사고가 발생할 우려가 있는 해역에 지정된다(MOF, 2015). 여수·광양항 특정해역은 1988년부터 추천항로 형태로 운영되다가, 2005년 이후 Fig. 1과 같이 통항분리방식을 이용한 3개 항로(입항항로, 출항항로, 깊은수심항로)로 운용되고 있다. 또한 특정해역 진입부와 출구부, 중간부에는 선박진출입 및 횡단선박에 대한 주의해역(precaution area)이 설정

되어있다(Yeosu Regional Office of Ocean & Fisheries, 2005). 이 특정해역의 항로 길이는 10.4 km, 항로 폭은 1,700~2,100 m, 수심은 13~41 m이다. 특정해역 제3주의해역 부근 해역에는 삼여라는 암초가 면적 약 66.3 km²에 걸쳐 존재하며, 입항항로의 죽도에서 남해도 상탄등대까지 해역에는 인공어초가 부설되어 중·대형 선박의 통항에 장애를 주고 있다.

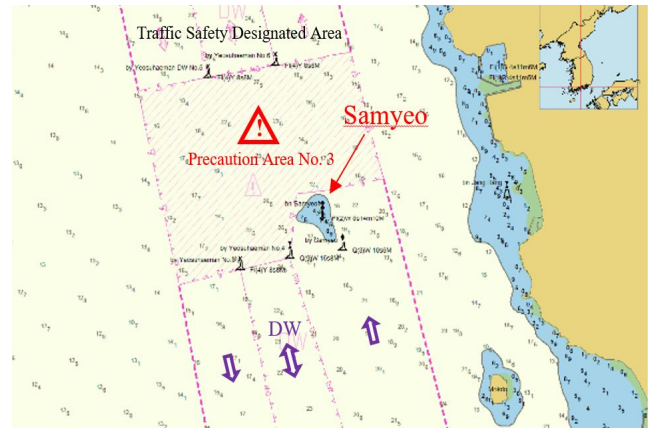


Fig. 1. Situation of fairway in Gwangyang traffic safety designated area.

2.2 교통 특성

Fig. 2는 2014년 9월 1일부터 3일까지 72시간 동안 수행한 특정해역 내 선종별 통항선박들의 교통흐름과 교통량을 나타낸 것이다. 72시간 동안 특정해역 내 입항항로를 따라 통항하는 선박은 없었으며, 입항선박 대부분이 선박의 크기에 관계없이 깊은수심항로를 이용하고 있었고, 출항선박은 출항항로를 이용하고 있었다. 이러한 교통흐름은 삼여 암초와 인공어초의 영향으로 판단되며 해상교통관제실(VTS)에서도 입항항로 이용을 자제시키고 있는 실정이었다.

Table 1과 Table 2는 선박의 종류와 크기별로 교통량을 분석한 것으로 72시간 동안 총 494척이 통항하였으며, 1일 최대 180척, 1일 평균 165척이 통항하는 것으로 조사되었다. 선박의 종류별로는 위험물운반선이 46%로 가장 많았으며, 컨테이너선과 같은 일반화물선이 35%, 예부선 16% 순으로 조사되었다. 선박의 크기별로는 총톤수 500~3,000톤 선박이 27%로 가장 많았으며, 100~500톤 26%, 3,000~5,000톤 9% 순이었다. 조사 기간 중 50,000톤 이상 선박은 31척으로 전체 선박에서 7%를 차지하고 있었다.

조사 기간 중 시간대별 평균 통항척수는 6.9척이었으며, 통항량이 가장 많았던 시간대는 15~16시로 시간당 10.7척이 통항하고 있었다. 주간과 야간시간대 통항선박 비율은 1.6:1로 주간시간대 통항량이 많았다.

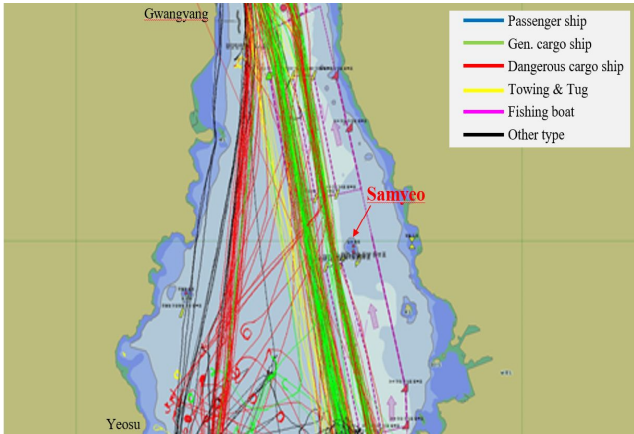


Fig. 2. Navigational traffic flow in traffic safety designated area (72 hours).

Table 1. Traffic volume according to ship's type (72 hours)

Ship's type	Number of ship	Ratio (%)
Gen. cargo ship	174	35
Dangerous cargo ship	225	46
Towing & Tug	80	16
Fishing boat	10	2
Other type	5	1
Total	494	100

Table 2. Ship distribution according to ship size (72 hours)

Ship size(G/T)	Number of ship	Ratio (%)
less than 100 ton	42	8
100 ~ 500 ton	127	26
500 ~ 3,000 ton	133	27
3,000 ~ 5,000 ton	45	9
5,000 ~ 7,000 ton	22	4
7,000 ~ 10,000 ton	34	7
10,000 ~ 20,000 ton	18	4
20,000 ~ 50,000 ton	42	8
More than 50,000 ton	31	7
Total	494	100

2.3 삼여 암초에 대한 근접도

Fig. 3은 72시간 동안 깊은수심항로를 따라 통항한 선박들을 대상으로 통항선박과 삼여 암초와의 이격거리를 분석한 결과이다. 평균이격거리는 306.6m이었으며, 표준편차 83.6m로 분석되었다.

삼여 암초 부근 해역에서 통항선박들의 항적분포가 표준 정규분포를 보인다고 가정할 때, 삼여 암초와 충돌확률은 1.224×10^{-4} 으로 산출되었다. 이는 해양수산부 해상교통안전 진단시행지침에 명시된 기준 1.0×10^{-4} 이상의 값으로, 통항선박들을 위해 충분한 안전확보가 다소 어렵다고 판단할 수 있다(MOF, 2014a). 이러한 문제점은 Yoo et al.(2015)의 해상교통혼잡도 분석과 Gwon et al.(2015)의 선박조종시뮬레이션 결과에서도 지적된 바 있다.

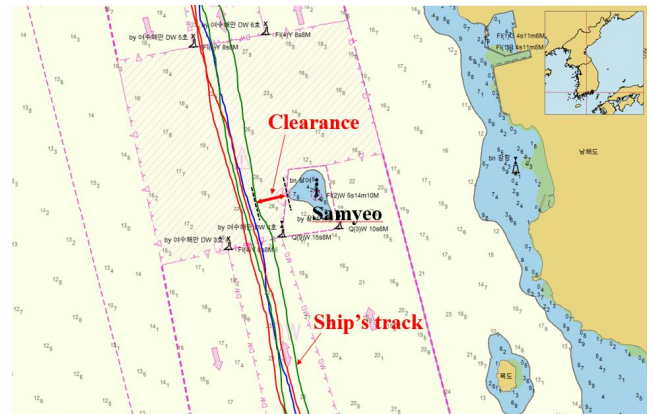


Fig. 3. Clearance from Samyeo reef.

3. 삼여 암초 제거 전·후 효과에 관한 해상교통류 시뮬레이션 평가방법

3.1 실험 방법

1) 항로 설정

이 연구는 삼여 암초 제거가 항로 안전성에 미치는 영향과 효과적인 항로 운영 방안을 분석하기 위한 것으로 항로 설계는 Fig. 4과 Fig. 5와 같이 2개 항로만을 운용할 때(삼여 암초 존재)와 삼여 암초 제거 후 3개 항로 모두를 운용할 때로 구분하여 간략하게 설계하였다. 항로의 폭은 현재 설정된 항로 폭을 바탕으로 650m로 설계하였다.

시뮬레이션은 선박운항자의 선박운항 부담감을 정량화한 환경스트레스 모델(Environmental Stress Model, 이하 ES 모델)을 이용하였다. ES 모델은 선박을 둘러싸고 있는 주변 환경이 선박운항자에게 얼마나 위험감(스트레스)을 주는지를 정량적으로 표현한다. ES모델은 선박 침로를 중심으로 ± 90 도 범위를 탐색하여 장애물과의 방위/거리, 선박간의 속력 등을 감안하여 시간적 여유를 산출하며, 이 시간적 여유를 선박운항자가 느끼는 스트레스 치로 재표현된다. ES 스트레치는 4단계(0~500, 500~750, 750~900, 900~1,000)로 분류되는데, 스트레스 치가 750 이상이면 허용한계, 900 이상이면 허용불가로 평가하고 있다.

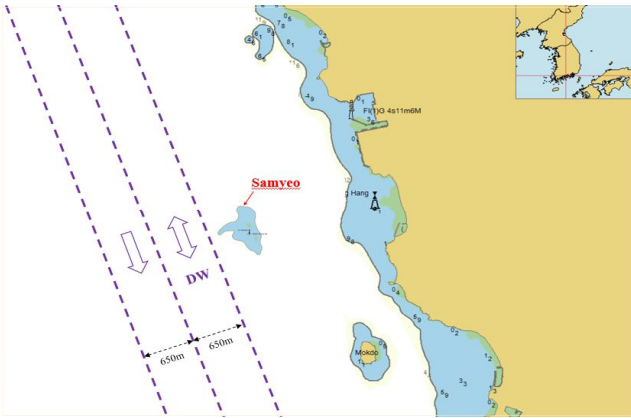


Fig. 4. If the ship is using two lanes (existence of Samyeo reef).

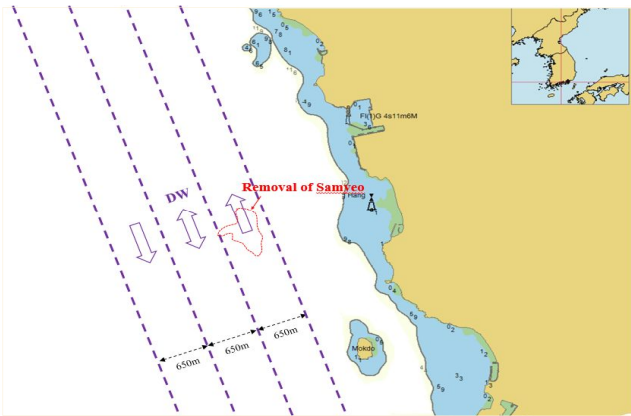


Fig. 5. If the ship is using three lanes (Removal of Samyeo reef).

2) 선박 통항량 설정

선박통항량 척수, 선박 속력, 선박크기 등은 교통조사 결과를 기반으로 하여, 교통량은 통항이 가장 많았던 시기(1일 최대 180척)의 피크타임(peak time) 시간대를 설정하여 재현하였으며, 선박 크기별 비율은 Table 2와 같이 현재 설정과 동일하게 적용하였다.

통항경로대 설정은 소형선박과 중대형선박과의 통항경로대가 다소 상이하여 각각 설정하였다. Fig. 6와 같이 삼여 제거 후 3개 항로를 모두 사용할 수 있을 때에는 깊은수심항로를 이용할 수 있는 선박을 50,000 DWT 이상 선박으로 설정하였다. 50,000 DWT 선박의 최대 흘수는 선중에 따라 다소 차이가 있으나, 유조선 기준할 때 12m 정도이다(MOF, 2014b). 광양항 입항항로의 최저수심은 13.3m로 50,000 DWT 선박이 이 항로를 이용하기에는 무리가 있다.

아울러 장래교통량을 고려해 현재보다 1.5배 교통량이 증가한 경우에 대하여 시뮬레이션을 실시하여 비교 분석하였다. 1.5배 교통량은 현재보다 교통량이 증가할 것이라는 가정에서 현재와 미래의 항로 안전성을 비교하기 위한 단순 수치이다.

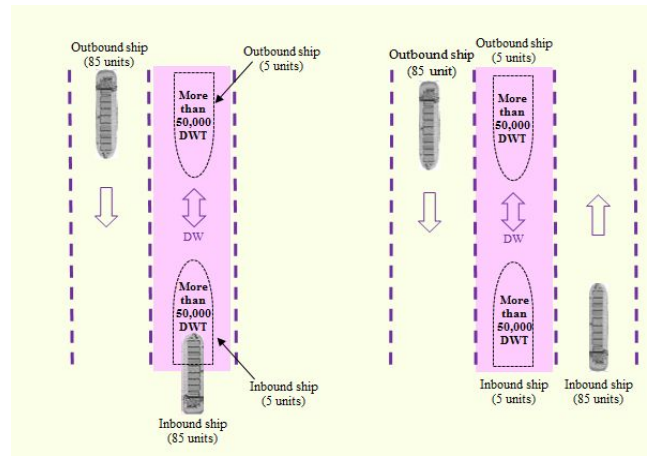


Fig. 6. Traffic volume each lane for the marine traffic flow simulation (present traffic volume).

3) 해상교통류 시뮬레이션 시나리오 조건 설정

해상교통류 시뮬레이션을 위한 시나리오는 크게 2가지로 나누어 시행하였다. 첫째, 현재와 같은 교통량에서 2개 항로만을 운영하는 경우와 삼여 암초 제거 후 3개 항로를 이용하는 경우, 둘째, 교통량이 현재보다 1.5배 증가한 상황에서 2개 항로와 3개 항로를 운용하는 경우로 구분하였다. 세부적인 시뮬레이션 시나리오 조건은 Table 3과 같다.

① 현재 교통량에 대한 평가

- CASE 1. 기존 입항항로 폐쇄 후 2개 항로 운용
- CASE 2. 삼여를 제거 후 3개 항로를 운용(50,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 통항)
- CASE 3. 삼여를 제거 후 3개 항로를 운용(10,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 통항)

② 교통량이 현재보다 1.5배 증가한 경우에 대한 평가

- CASE 4. 2개 항로 운용(CASE 1) × 교통량 1.5배
- CASE 5. 삼여를 제거 후 3개 항로 운용(CASE 2) × 교통량 1.5배(50,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 통항)
- CASE 6. 삼여를 제거 후 3개 항로 운용(CASE 2) × 교통량 1.5배(10,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 통항)

Table 3. Scenario for the marine traffic flow simulation

Condition of scenario	Case					
	1	2	3	4	5	6
Present Traffic	○	○	○			
Present Traffic × 1.5 times				○	○	○
50K through DW route		○			○	
10K through DW route			○			○

Remark : K is 1,000 DWT

4. 해상교통류 시뮬레이션 평가 결과

4.1 현재 교통량에 대한 위험도 평가 결과

1) 2개 항로만을 운용하는 경우

Fig. 7은 현재와 같은 교통량에서 2개 항로만을 운용하는 경우에 대한 해상교통류 시뮬레이션 결과에 따른 위험도 분포 현황을 나타낸 것이다(Case 1). Fig. 7에서 보는 바와 같이 우측 항로(현재 광양항 항로 지정 상, 깊은수심항로)에서 위험도(ES value)가 높은 것을 알 수 있다. 위험도는 전체에서 4.01%를 보였다.

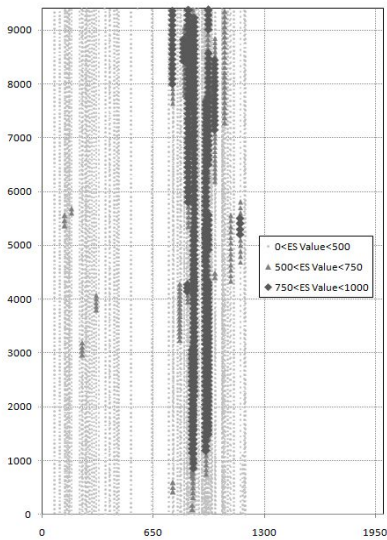


Fig. 7. Risk assesment on Case 1.

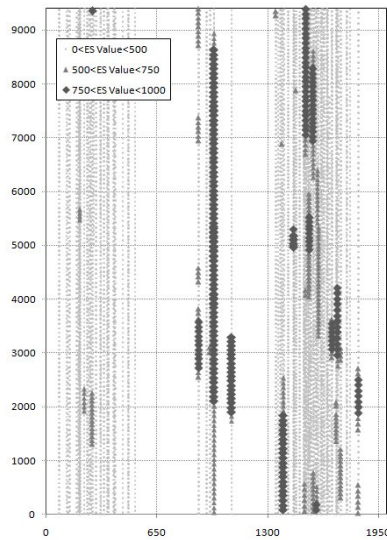


Fig. 8. Risk assesment on Case 2.

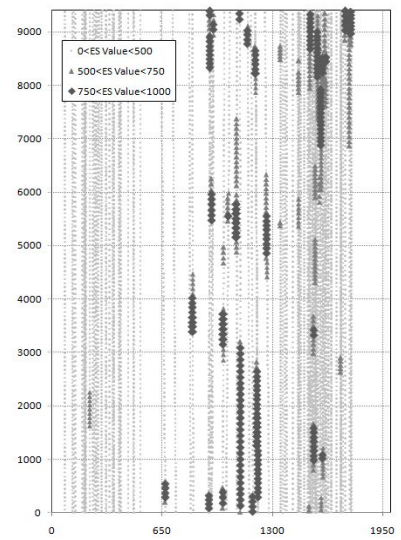


Fig. 9. Risk assesment on Case 3.

2) 3개 항로를 운용하는 경우

Fig. 8과 Fig. 9는 삼여 암초 제거 후 3개 항로를 운용하는 경우에 대한 해상교통류 시뮬레이션 평가 결과이다.

Fig. 8(Case 2)은 50,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 따라 항행하게 하고 50,000 DWT 미만 선박은 입항항로를 이용하게 한 경우로, 위험도는 전체에서 2.15%를 보였고 3개 항로 중에서 입항항로에서 다소 높은 위험빈도가 나타났다. 이 결과는 Case 1보다 1.86% 감소한 수치로, 현재 위험도 즉 Case 1을 100%로 볼 때 46.4% 위험 감소 효과가 있는 것을 알 수 있다.

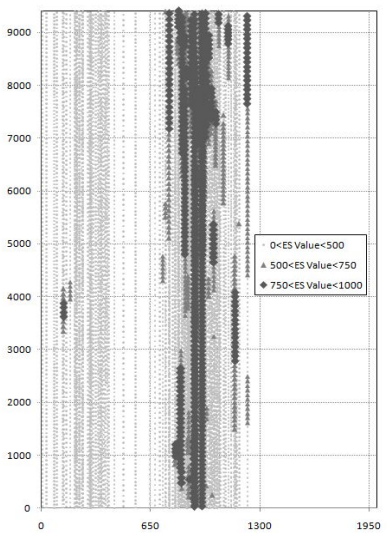


Fig. 10. Risk assesment on Case 4.

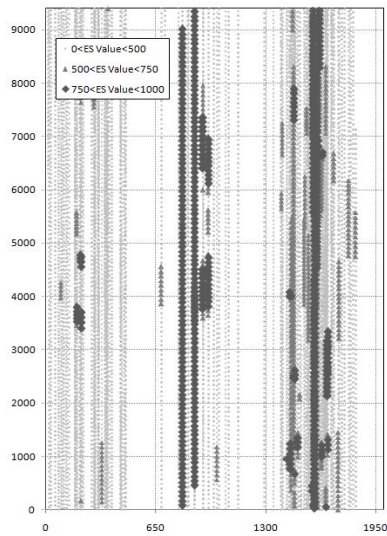


Fig. 11. Risk assesment on Case 5.

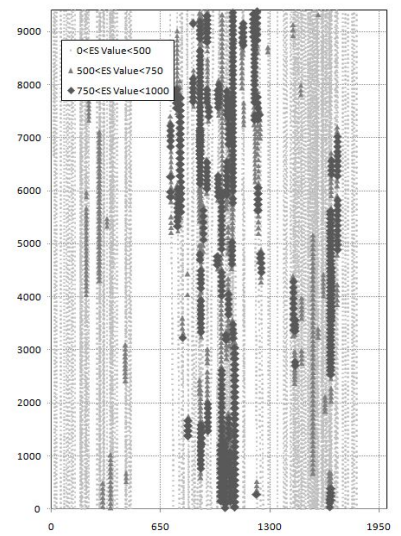


Fig. 12. Risk assesment on Case 6.

Fig. 9(Case 3)은 10,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 이용하게 하고 10,000 DWT 미만 선박은 입항항로를 이용하게 한 경우에 대한 시뮬레이션 결과로, 이 경우 위험도는 전체에서 1.72%를 보였다. 현재 위험도 즉 Case 1을 100%로 볼 때 57.1% 위험 감소 효과가 있는 것을 알 수 있다.

Case 1에서 Case 3까지의 결과를 종합하여 항로 운영 측면에서 분석할 때, Case 2보다 Case 3가 안전 측면에서 더 효과적임을 알 수 있다. Case 3과 같이 항로 운영을 하게 되면 어느 특정 항로에 위험도가 집중되는 것을 분산시킬 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

4.2 장래 교통량이 현재보다 1.5배 증가한 경우에 대한 위험도 평가 결과

1) 2개 항로만을 운용하는 경우

Fig. 10(Case 4)은 2개 항로만을 이용하되 교통량은 현재보다 1.5배 증가한다고 가정하여 수행한 시뮬레이션 결과이다. 교통량이 1.5배 증가에도 불구하고 위험도는 4.06%로, Case 1의 위험도와 비교하여 1.25% 소폭 증가함을 알 수 있다. 이는 광양항 특정해역의 항로 폭이 넓어(평균 650m) 통항선박 간의 이격 거리가 충분하기 때문으로 해석된다.

2) 3개 항로를 운용하는 경우

Fig. 11(Case 5)은 교통량이 현재보다 1.5배 증가한 상황에서 3개 항로를 이용하되 50,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 따라 항행하게 하고 50,000 DWT 미만 선박은 입항항로를 이용하게 한 경우로, 위험도는 전체에서 3.69%로 나타났다. 이는 Case 4와 비교하여 0.37% 감소한 수치로, Case 4 위험도를 100%로 볼 때 9.11% 감소 효과가 있음을 알 수 있다. 그러나 Case 5의 경우, 3개 항로 중에서 입항항로에 위험도가 집중되는 경향을 보였다.

Fig. 12(Case 6)은 교통량이 현재보다 1.5배 증가한 상황에서 3개 항로를 이용하되 10,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 따라 항행하게 하고 10,000 DWT 미만 선박은 입항항로를 이용하게 한 경우로, 위험도는 전체에서 3.05%로 나타났다. 이는 Case 4와 비교하여 1.01% 감소한 수치로, Case 4 위험도를 100%로 볼 때 24.88% 감소 효과가 있음을 알 수 있다. 그러나 Case 6의 경우 3개 항로 중에서 입항항로의 위험도는 다소 감소하나 깊은수심항로에 위험도가 집중됨을 알 수 있다.

4.3 시뮬레이션 결과에 대한 고찰

위 6가지 상황에 대한 시뮬레이션 결과를 위험도와 항로 운영측면에서 정리하면 다음과 같다.

교통량이 현재와 같다고 가정했을 때, 3개 항로를 운영하

는 것이 2개 항로를 운영할 때보다 위험도를 낮출 수 있었으며 10,000 DWT 이상 선박을 깊은수심항로로 통항하게 하는 것이 어느 특정 항로에 위험이 집중되는 것을 분산시킬 수 있었다. 한편 교통량이 현재보다 1.5배 증가한 상황에서는 50,000 DWT 이상 선박을 깊은수심항로로 통항하게 하는 것이 더 효과적임을 알 수 있었다. 이를 상황별 효과적인 방법을 정리하면 Table 4와 Table 5와 같다.

Table 4. Route management Plan in situations such as the current traffic volume

Items	Effective measures
Risk perspective	Case 3 > Case 2 > Case 1
Operational perspective	Case 3 > Case 2 > Case 1

Table 5. Route management plan in situation such as traffic volume increased 1.5 times

Items	Effective measures
Risk perspective	Case 6 > Case 5 > Case 4
Operational perspective	Case 5 > Case 6 > Case 4

5. 결 론

현재 광양만 교통안전특정해역은 3개 항로(입항항로, 출항항로, 깊은수심항로)로 구분되어 있다. 그러나 입항항로의 경우 참여라는 암초와 인공어초 때문에 선박들이 이 항로를 이용하지 못하고 모든 선박이 깊은수심항로를 이용하여 입항을 하고 있다. 이 때문에 광양항을 출입해 본 선박 운항자와 부두 운영사는 이 지역을 출입하는 선박들의 안전을 위해 참여 암초와 인공어초 제거를 항만당국에 요구하고 있는 실정이다.

이 연구는 광양만 교통안전특정해역 내에 있는 참여 암초를 제거 후 3개 항로를 운영한다고 가정했을 때 위험 감소효과에 대한 것으로, 선박운항자 위험도 기반 모델을 이용한 해상교통류 시뮬레이션 결과이다.

현재와 같은 교통량에서 2개 항로를 3개 항로로 운영했을 때, 46.4%(50,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 이용)와 57.1%(10,000 DWT 이상 선박은 깊은수심항로를 이용) 위험 감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 어느 특정 항로에 위험도가 집중되는 것을 피하기 위해서는 50,000 DWT 이상 선박을 깊은수심항로로 통항하게 하는 것이 더 효과적이었다.

한편 현재 교통량보다 1.5배 증가한 상황에서는 10,000

DWT 이상 선박을 깊은수심항로로 유도하는 것이 위험 분산 측면에서 더 효과적임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 광양항을 출입하는 선박들의 크기별 비중으로, 50,000 DWT 이상 선박이 전체의 7% 수준을 차지하고 있기 때문으로 분석된다.

이 연구는 선박운항자 위험도 기반 모델에 의한 분석 결과로, 삼여 암초와 인공어초 제거 등에 소요된 비용 대비 효과를 검토한 것이 아님을 밝혀둔다. 본 연구의 결과는 삼여 암초 제거 후 항로 설정과 항로 운영 방안(특히 깊은수심 항로 통항선박 제한) 등에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 해양수산부에서 발주한 2015 선박통항로 안전성 평가 연구용역의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Gwon, Y. M., S. C. Kim, S. H. Park, J. Y. Jeong, H. H. Lee and G. S. Rim(2015), A Study on the Problem of Navigation in Traffic Safety Designated Area in Yeosu-Gwangyang Port, Conference Materials of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Nov. 2015, pp. 285-287.
- [2] Inoue, K.(2000), Evaluation Method of Ship Handling Difficulty for Navigation in Restricted and Congested Waterways, The Royal Institute of Navigation, Volume 53, Number 1, pp. 167-180.
- [3] Kim, D. B., S. H. Park, J. Y. Jeong and E. J. Kim(2015), The Results of the Survey for the Riskness Identification at Yeosu-Gwangyang, Conference Materials of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Nov. 2015, pp. 269-272.
- [4] MOF(2014a), Ministry of Oceans and Fisheries, Notification No. 2014-164; Enforcement Guidance for Marine Traffic Safety Diagnosis, <http://www.mof.go.kr> (accessed 26th Feb. 2016).
- [5] MOF(2014b), Ministry of Oceans and Fisheries, Design Standard-Explanation for Port & Fishing Port, Vol. 1, Chapter 2, pp. 29-37.
- [6] MOF(2015), Ministry of Oceans and Fisheries, Rule 10 of the Maritime Safety Act, <http://www.law.go.kr> (accessed 26th Feb. 2016).
- [7] Yeosu Regional Office of Ocean & Fisheries(2005), Meeting Materials; The Revision of Navigation and Fairway at

- Navigation in Traffic Safety Designated Area, 20th Oct. 2005.
- [8] Yoo, S. R., J. Y. Jeong and S. H. Park(2015), Vessel Traffic Congestion Analysis at Yeosu-Gwangyang Port, Conference Materials of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Nov. 2015, pp. 276-278.

Received : 2016. 03. 04.

Revised : 2016. 04. 15.

Accepted : 2016. 04. 27.