

남해안 주요항만 접근해역의 위험도 분석에 관한 연구

박영수* · 김경태**

* 한국해양대학교 운항훈련원, ** 목포해양대학교 대학원

A Study on Danger Degree Analysis for the Adjacent Waterway of Main Ports in the Korean Southern Area

Young-Soo Park* · Kyung-Tae Kim**

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

** Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 남해안은 우리나라 전체 항만의 입항척수의 58.1%를 차지하며, 위험화물 운반선의 척수를 기준으로 할 경우 68.9%를 차지하여 통항위험에 노출되어 있다. 따라서 남해안 주요항만에 입출항하는 선박의 교통량과 흐름을 조사하여 교통환경스트레스 모델을 적용하여 해역별 위험도를 평가하고, 위험도와 해양사고 및 입출항 척수와의 관계 분석을 통해 주요항만의 문제점과 해결책을 마련할 기초자료를 제시하고자 한다.

핵심용어 : 선박교통흐름, 환경스트레스모델, 위험해역수, 항로의 혼잡도, 교통요소

Abstract : The main ports of Korean south sea are exposed to intensive danger as 58.1% of total vessel in Korea waters and 62.9% of total dangerous cargo ships. Therefore, it is required to establish fundamental database to solve numerous issues at the main ports of the south sea as studying amount of the vessel traffic and their flows into the main ports, and evaluating degree of danger by traffics environmental stress model as analyzing relationships among degree of danger, maritime accident, and number of vessel arriving or departing in the main ports.

Key Words : Vessel Traffic Flow, Environmental Stress Model, Number of Danger Sea Area, Complexity of Waterway, Traffic Factor

1. 서 론

우리나라 남해안에는 부산항을 비롯하여 여수·광양항, 울산항, 목포항이 위치하고 있다. 또한, 우리나라에서 가장 교통량이 복잡한 해역에 설정되어 있는 특정해역 5곳 중 부산항, 여수·광양항, 울산항 접근해역이 남해안 지역에 집중되어 있다. 이렇듯 우리나라 남해안은 선박 교통흐름이 많은 지역으로 분류되고 있다.

선박교통량이 많은 남해안의 위험요소를 구체적으로 파악하기 위하여, 이 연구에서는 Fig. 1과 같이 남해안의 각 주요항만 부근을 통항하는 선박의 교통흐름 및 교통량조사를 기초로 하여 선박교통흐름을 재현하고, 선박운항자의 조선 부담감을

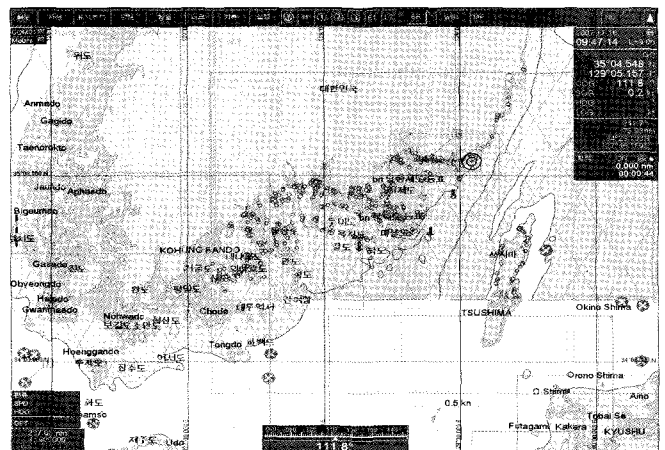


Fig. 1. Southern sea water part in R.O.K.

* 중신회원, youngsoo@hhu.ac.kr, 051-410-5085
** 비회원, kkt10579@hanmail.net, 010-5071-2515

정량적으로 수치화한 환경스트레스모델(Inoue, 2000)을 적용하여 각 항만 접근해역의 위험도를 평가하고자 한다. 평가 결과

를 활용하여 대상 해역 중 선박들이 주로 교차하는 해역 중에서도 가장 위험한 해역이 어느 해역인지 도출한다. 또한 각 항만 인접 해역별로 분석한 위험도를 항만의 혼잡도로 표현하고 있는 입항척수 및 안전 여부를 판단하는 해양사고와 비교 분석하고, 항만별 위험요소 인자간의 관계를 파악하여 얼마나 많은 위험이 잠재되어 있는지를 분석하여 위험해역 집중 관리에 기초자료를 제공하고자 한다.

그리고 각 항만 인접해역별 특성을 파악한 위험도를 표시한 특수 해도를 제작하여 제공함으로써 주변해역을 항행하는 선박운항자에게 통항 안전을 도모하고자 한다.

2. 각 항만의 교통량 비교

2.1 각항만의 입항척수 비교분석

각 항만의 입출항척수를 비교하기 위하여 해양수산부 PORT-MIS자료(해양수산부, 2006a)를 이용하여 일주일(7일)간의 입항선박 데이터를 각 항만(VTS)별 시간 및 톤수 그룹별로 입항척수 현황을 분석하면 Table 1과 같다.

Table 1에서 시간당 평균 입항척수를 보면 부산(39.2척), 여수·광양(21.7척), 울산(20.9척), 마산(16.8척), 인천(15.5척)항순이었으나, 시간당 최고 입항척수를 보면 부산, 여수·광양, 마산, 울산, 인천항 순으로 조사되었다. Table 1과 같이 남해안에 인접하고 있는 해역의 항만(마산, 부산신항 제외)의 입항척수가 전체 58.1%를 차지하고 있을 정도로 남해안에 인접하여 위치하고 있는 항만의 입출항 선박이 많음을 고찰 할 수 있다.

Table 1. Vessel traffics factor status for each port

	Number of Inbound vessel over 7day	Average number of Inbound per Hour	Max. number of Inbound per Hour
Inchoen	373	15.5	32
Pyoungtak	110	4.6	15
Daesan	99	4.1	15
Gunsan	85	3.5	10
Mokpo	191	8.0	26
Yeosu/Gwangyang	521	21.7	45
Masan	404	16.8	58
Busan New Harbour	70	2.0	10
Busan	941	39.2	58
Ulsan	501	20.9	38
Pohang	186	7.8	17
Donghae	152	6.3	27
Jeju	75	3.1	14

2.2 각항만의 위험화물운반선 비교분석

항만별 일반선박 입출항에 비하여 위험화물 운반선의 입출항 비율이 높은 항만은 해양사고 발생시 유류오염 등 통항 위험도가 더 높은 것으로 알려져 있다. 이 연구에서는 각 항만별 위험화물 운반선(석유제품운반선, 케미칼선, 유조선, 급유선, LPG운반선, 원유운반선)의 비중을 알아보기 위하여 총 입항척수 대비 위험물운반선의 척수를 Table 2에 제시한다.

Table 2에서 보는 바와 같이 위험화물운반선의 입출항이 가장 빈번한 항구는 여수·광양항으로 조사기간 중 304척이 입항하였으며, 다음으로는 울산(303척), 부산(201척), 대산(76척), 인천(72척), 마산(64척), 포항(43척) 순으로 조사되었다. 따라서 남해안에 위치하고 있는 여수, 울산, 부산항만에 입출항하는 위험화물 운반선이 전체 통항선박 대비 68.9%로 상당한 비율을 차지하고 있었다.

Table 2. Number of dangerous cargo vessel entering each port

	Total number of Inbound vessel's number	Number of dangerous Cargo vessel
Inchoen	373	72
Pyoungtak	110	33
Daesan	99	76
Gunsan	86	26
Mokpo	191	27
Yeosu/Gwangyang	521	304
Masan	404	64
Busan New Harbour	70	4
Busan	941	196
Ulsan	501	303
Pohang	186	43
Donghae	152	38
Jeju	75	19

3. 남해안 주요항만의 위험도 분석

남해안에 인접하고 있는 부산항 인접해역, 울산항 인접해역, 여수광양 인접해역, 목포인접해역의 위험도를 파악하기 위하여 각 해역에 대한 교통흐름 조사 결과를 기초로 해상교통류 시뮬레이션을 실시하여 선박교통흐름을 재현한 각 선박에 대한 환경스트레스 모델(Inoue, 2000)을 적용하여 각 해역의 위험도를 파악한다.

3.1 환경스트레스 모델

이 연구에서 적용된 평가모델인 환경스트레스 모델의 개념은 아래와 같다.

환경스트레스 모델은 본선을 둘러싸고 있는 주변환경을 조선환경과 교통환경으로 구분하고, 이 두 환경이 선박조종자에게 가해지는 부하의 정도를 정량적으로 평가하기 위해 개발된 모델이다. 이 모델은 조선환경과 교통환경이 선박조종자의 행동을 제약할 때, 선박조종자에게 가해지는 부하의 크기를 행동 제약에 따른 조선 곤란감을 정량화하였다.

자연, 지형, 시설 등과 같은 조선환경에 의해 제약을 받는 조선수역은 선박조종자의 행동을 제약하는데, 이때 선박조종자가 느끼는 곤란도를 정량화한 것이 조선환경스트레스 모델이다. 한편, 다른 선박의 교통흐름과 같은 교통환경이 조선상의 행동을 제약하게 되는데, 이 때 선박조종자가 받는 조선부담의 크기를 정량화한 것이 교통환경스트레스 모델이다.

주어진 환경에서 잠재하는 위험이 가시화 되어 정량적인 수치 즉, 선박조종자가 받는 환경스트레스의 크기를 「환경스트레스 값」이라 한다. 환경스트레스 값은 지형이나 시설물 등 조선환경에 기인하는 스트레스의 크기인 「조선환경스트레스 값(ES value for Land, ES_L 치)」, 타 선박에 기인하는 스트레스의 크기인 「교통환경스트레스 값(ES value for Ships, ES_S 치)」으로 구성되며, 두 스트레스 값을 종합하여 「종합환경스트레스 값(Aggregation of ES value, ES_A 치)」이라 한다. 이 연구에서는 관련 선박군만을 고려하기 때문에 ES_S 치를 사용한다. 환경스트레스 값과 선박 운항자의 허용기준에 대하여는 참고문헌(Inoue, 2000)에 명시되어 있다.

3.2 부산항 인근해역 평가

부산항 인근해역에 대한 위험도 평가 결과, Fig. 2와 같이 부산 북항 및 감천항, 남항 해역으로 입출항하는 선박과 부산항 특정해역을 통항하는 선박 및 태종대 하리와 조도 방파제 사이로 입출항하는 소형선의 통항이 많은 지점에서 교통흐름이 교차하여 위험한 것으로 분석되었다.

그리고, 대상해역을 통항한 선박 항적수에 기초하여 분석하면 선박운항자가 허용할 수 없는 범위($ES \geq 750$)인 위험해역 수는 1653곳이다. 이는 부산항 인접해역에 선박교통흐름이 2곳에서 특히 집중되기 때문에 넓은 범위의 항적수에 비하여 비교적 위험지역수가 비교적 낮은 편이다. 이러한 부산항은 VTS 등을 통하여 해상교통흐름이 집중되는 해역에 교통흐름을 시간·공간적으로 분산함으로써 안전성 향상에 도움이 될 것이다.

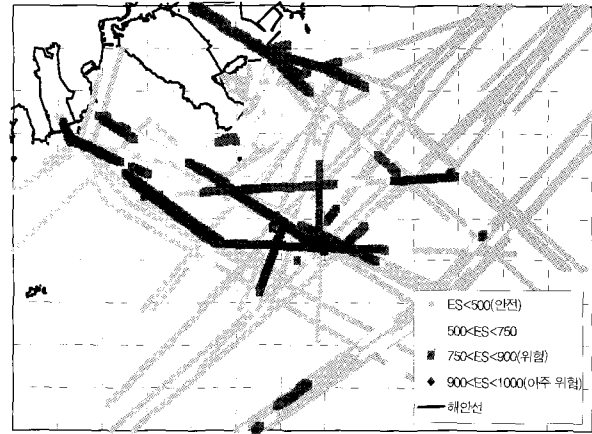


Fig. 2. ES result in the Busan approaching water.

3.3 울산항 인접해역 평가

울산항 인근해역에 대한 위험도 평가 결과 Fig. 3과 같이 울산항 동방파제 안쪽 해역, 1항로와 2항로의 분기점, 울산항 방파제 부근, 온산항 입구의 방파제 부근, 1항로와 3항로의 분기점 및 울산항 입출항 선박과 부산↔포항 방향을 향행하는 선박과 교차가 집중되는 해역에 위험도가 높은 것으로 분석되었다.

대상해역을 통항한 선박 항적수에 기초하여 분석하면 선박 운항자가 허용할 수 없는 범위($ES \geq 750$)인 위험해역 수는 9,085곳이다. 이는 평가대상 해역의 면적이 부산항과 거의 같지만 5.5배 많은 것은 선박의 교차가 많기 때문으로 판단된다. 이는 울산항의 특성상 항 입구에 다양한 부두가 분산되어 있어 통항 선박 상호간 교차하는 해역이 많기 때문이다.

이러한 위험해역수가 가장 많은 울산항 인근해역의 선박교통흐름을 더욱 단순화시켜 교차지점수를 줄이고, 적합한 교통체계를 재확립할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

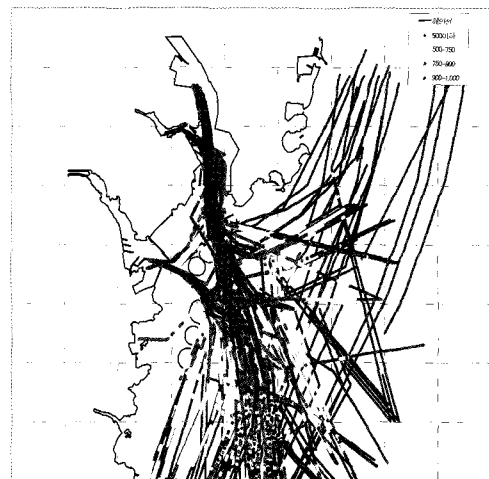


Fig. 3. ES result in the, Ulsan approaching water.

3.4 여수 광양항 인근해역

여수 광양항 인근해역에 대한 위험도 평가 결과 Fig. 4와 같이 제1항로 중 다른 각 항로와 교차하는 지역, 2항로의 부두 전면해역, 4항로 및 접근해역 중 입출항 선박이 마주치는 중간 해역에 위험도가 높은 것으로 분석되었다.

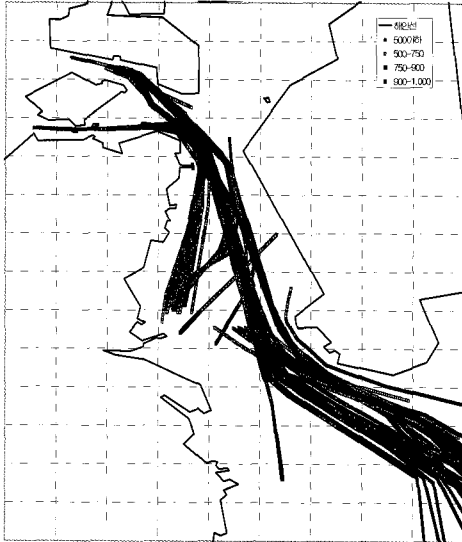


Fig. 4. ES result in the Yeosu-Gwangyang approaching water.

대상해역을 통항한 선박 항적수에 기초하여 분석하면 선박 운항자가 허용할 수 없는 범위($ES \geq 750$)인 위험해역 수가 비슷한 지형형태를 가진 울산항에 비하여 거의 동일한 입항척수인데 비하여 위험해역 수는 5,038곳으로 부산항 인접해역보다는 약 3.0배 많지만, 울산항 인접해역보다는 약 0.6배로 위험해역 수가 적었다. 여수·광양항으로 출입하는 교통흐름이 울산항 인접해역보다는 통항선박간의 교차가 적고, 출입항 부두의 입출구가 단순하기 때문에 사료된다. 따라서 여수·광양항 인근해역은 교통흐름 정류측면에서는 적절하지만, 정박지로의 출입하는 선박과의 교차로 인한 정박지 이용 선박과의 간섭관계를 고려하여야 안전성을 향상시킬 필요가 있다.

3.5 목포항 인근해역

목포항 인근해역에 대한 위험도 평가 결과 Fig. 5와 같이 달리도 부근 해역 및 고하도 북단 입출항 선박의 교차 해역에 위험도가 높은 것으로 분석되었다.

대상해역을 통항한 선박 항적에 기초하여 분석하면 선박 운항자가 허용할 수 없는 범위($ES \geq 750$)인 위험해역 수는 1,481 곳으로 목포로 출입항하는 굴곡 지역의 긴 해역에 위험한 해역으로 분석되었다.

목포 VTS에서는 목포를 출입하는 선박에 대한 굴곡항로에

서의 선박 위치를 파악하여 보고하는 체계를 통하여 안전성 향상을 도모하여야 할 것으로 판단된다.

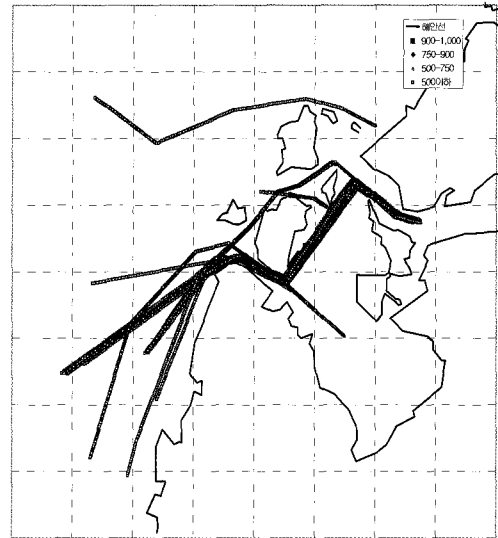


Fig. 5. ES result in the Mokpo approaching water.

4. 위험도와 해양사고 및 입항척수와의 상관관계 분석

항만의 위험도는 항행선박이 많을수록 밀도가 높아져서 위험할 것으로 생각된다. 이는 많은 선박이 조우하여 충돌 위험도가 증가하여 해양사고가 많을 것으로 예상된다. 이러한 해상위험요소와의 상호 관계를 조사하고자 한다.

4.1 해양사고 분석

1999년부터 2004년까지의 각 항만별 해상교통 관련 사고 발생 현황을 보면 Table 3과 같다.

Table 3. Number of marine accidents for 5 years

	Collision	Contact	Aground	Fire explosion	Capsize/Sink	Mechanical Damage	Loss of Crew	Etc	Total
Busan	37	1	3	4	9	1	1	0	56
Yeosu	8	5	1	2	3	0	4	0	23
Ulsan	20	1	4	5	1	0	5	0	36
Mokpo	7	2	0	4	4	0	2	0	19

위의 결과에 따르면 부산항 인근해역이 가장 해양사고가 많은 것으로 나타났으며 울산항 인근해역 및 여수·광양항 인근해역, 목포항 인근해역 순으로 해양사고가 많이 발생한 것

로 나타났다. 특히 항행하는 선박과의 조우로 인하여 발생하는 충돌사고 건수를 보면 부산항 인근해역 37건, 울산항 인근해역 20건으로 여수 및 목포항 인근해역에 비하여 많은 건수가 발생한 것으로 나타났다. 이는 부산항 인근해역 및 울산항 인근해역을 통항하는 선박이 많아 교통혼잡도가 높기 때문에 여수 및 목포항 인근해역보다 약 2.5배 이상 많은 사고가 발생한 것으로 분석된다. 부산항은 남항 안쪽 해역에 많은 충돌사고가 발생한 것으로 나타나고 있다(해양수산부, 2006b).

4.2 입항척수 및 해양사고 건수와 위험해역 수와 관계

입항척수는 Table 1과 같이 부산항 941척, 여수·광양항 521척, 울산항 501척, 목포항 191척이다.

4.2.1 입항척수와 해양사고 건수의 관계

항만별 입항척수(1일별 입항척수)와 해양사고 건수(1년간 해양사고 건수)와의 관계를 나타낸 것이 Fig. 6이다. 두 인자간의 관계를 선형함수를 도입하여 추정식을 산출하면, 결정계수가 0.85에 가까운 선형형태로 나타나 입항척수가 많은 항만의 해양사고 건수가 많다는 것을 알 수 있다. 식 (1)을 이용하면 연간 입항척수 약 4,400척에 1건의 해양사고가 발생하는 것으로 추론할 수 있다.

$$y=22198.27x-8333.78 \text{ ----- 식 (1)}$$

여기서, x: 해양사고 건수, y: 입항척수
 $r^2=0.849$

4.2.2 입항척수와 위험해역 수와의 관계

입항척수가 많다고 하여 위험 해역으로 분리할 수는 없다. 왜냐하면 선박 운항자들은 항내 이동선박의 대소 및 선박크기, 지형 등의 영향으로 인하여 선박통행에 영향을 받기 때문이다.

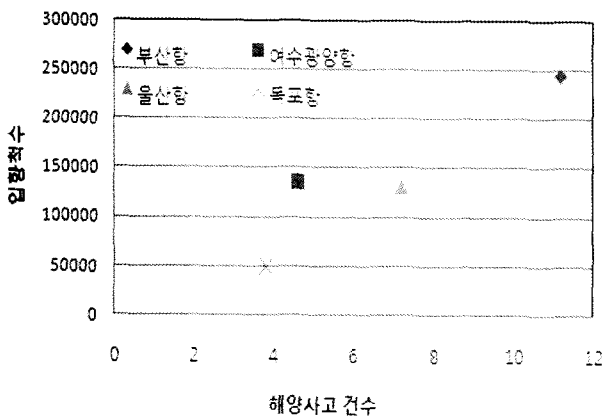


Fig. 6. Relationship between marine accident's number and inbound vessel's number.

Fig. 7은 항만별 입항척수(1일별 입항척수)와 환경 스트레스 모델을 이용한 위험해역 수와의 관계를 나타낸 것이다.

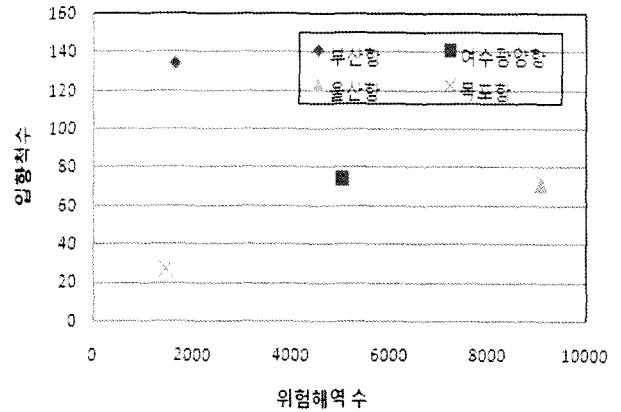


Fig. 7. Relationship between dangerous water's number and inbound vessel's number.

이 그림에서 특이한 점은 입항척수가 가장 많은 부산항보다 울산항이 위험해역 수가 많은 통과 선박 및 울산항 부두 배치의 영향으로 입출항이 복잡하여 위험해역이 넓게 분포하고 있다. 즉, 울산항을 입출항하는 선박은 계속해서 주의를 하여 항해를 하여야 한다고 할 수 있다. 한편 울산항 인접해역의 해상교통시스템 수준이 타 항만보다 낮다고 할 수도 있어 울산항 해역에 대한 대책이 필요하다고 사료된다.

그리고 여수·광양항과 울산항은 입항척수가 거의 동일하지만, 위험해역 수는 많은 차이가 난다. 이는 여수·광양항은 입출항 선박은 많지만 해역을 통과하는 선박이 적기 때문으로 판단된다.

이처럼 환경스트레스모델을 이용하여 분석하면 각 항만간의 특성을 더욱 정확하게 파악할 수 있다.

5. 결론

남해안 주요항만 인근해역을 대상으로 위험도를 평가하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 현재 사용하고 있는 위험도 평가지표인 항로의 혼잡도는 출입항 척수를 이용하여 평가한다. 그러나 이 연구에서 환경스트레스모델을 이용하여 위험도를 평가하면, 입출항 척수가 비슷한 울산항과 부산항의 울산항 인접해역이 부산항 인접해역보다 위험해역이 약 5배이상 넓게 분포하고 있어, 항로의 혼잡도 평가지표와 다른 결과 값을 얻었다.

둘째, 우리나라 남해안 주요항만의 해양사고 및 입항척수와의 관계에서 연간 약 4,440척에 1건의 해양사고가 발생하는 것을 알 수 있다.

셋째, 위험해역을 나타내는 Fig. 2~Fig. 5를 특수 해도로 작

성하여 선박 운항자에게 제공함으로써 사전에 항해계획 작성 시에 참고할 수 있고, 주변해역 통항시 사전에 주의할 수 있어 항해 안전 정보 자료로써 이용 가능하다.

참고문헌

- [1] 해양수산부(2006a), 해운항만 물류정보센터 Port-MIS 자료(<http://www.spidc.go.kr>)
- [2] 해양수산부(2006b), 부산항 인근해역 해상교통 환경평가 연구 용역, pp. 10-67.
- [3] 해양수산부(2007), 해상교통관제체계의 효율적 운영을 위한 기반연구용역, pp. 3-57.
- [4] 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.

원고접수일 : 2007년 11월 26일

원고채택일 : 2008년 03월 21일