

해상교통환경 위험요소 평가기준 설정을 위한 기초 연구

김철승* · 이홍훈**†

* 목포해양대학교 국제해사수송과학부, ** 목포해양대학교 대학원

A Basic Study on Assessment Criterion of the Risk Factor for the Marine Traffic Environment

Chol-Seong Kim* · Hong-Hoon Lee**†

* Division of International Maritime Transportation Science, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

** Graduate School, Division of International Maritime Transportation Science, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 해상교통환경의 위험도를 평가하기 위한 기술로는 대표적으로 FSA, PAWSA, IWRAP 등이 있으며, 이러한 기술의 개발을 위해서는 해상교통환경에 적합한 위험요소를 선정하고 이에 대한 평가기준이 마련되어야 한다. 기존 기술에서 위험도는 사고의 출현빈도와 이로 인한 영향의 곱으로 정의되어 이에 따라 사고의 출현빈도 및 영향에 해당되는 위험요소들이 각각 구분되어 선정되고 있었다. 그러나, 본 연구는 각 위험요소에 요소별 출현빈도와 영향을 포함하여 이들의 합으로 위험도를 정의함으로써 기존 기술에서 사고의 영향에 해당되었던 위험요소들을 제외하는 한편, 위험요소 분류체계에 관한 기존 연구의 사례 검토를 통하여 위험도를 구성하는 위험요소를 20가지로 추출한 후 유사한 성격에 따라 5가지 카테고리로 분류하였다. 또한, 선정된 각 위험요소에 대하여 관련 통계자료 등을 이용 실용적으로 용이하게 평가할 수 있는 기준을 제시하여, 향후 국내 해상교통환경에 적합한 위험도 평가모델의 개발을 위한 기초를 마련하였다.

핵심용어 : 해상교통환경, 위험도, 위험요소, 위험도 평가모델, PAWSA, IWRAP

Abstract : The representative risk evaluation techniques of the marine traffic environment are the FSA, PAWSA, & IWRAP. For the development of these techniques, the risk factors suitable to the marine traffic environment should be selected & the assessment criterion of the risk factors should be provided. The risk factors were selected as the factors that relate both to the frequency of casualty & to the consequence of casualty because the risk was defined as the frequency of casualty times the consequence of that casualty on the existing techniques. But, the risk factors relate to the consequence of casualty are excluded because the risk is defined as the sum of the risk factors including the frequency and the consequence by factors on this study. The 20 kinds of risk factors to compose the risk are selected and classified into 5 categories according to similar nature through the analysis of preceding study on the classification of the risk factors. Finally, as the foundation of risk assessment model's development for domestic marine traffic environment, the practical assessment criterion of the risk factors are suggested.

Key Words : Marine traffic environment, Risk, Risk factor, Risk assessment model, PAWSA, IWRAP

1. 서 론

오늘날 점차 복잡해지는 해상교통환경 하에서 원활하고 안전한 해상교통흐름을 유지하고자 하는 각국 및 국제해사기구의 노력은 통항분리방식(TSS)의 적극적인 채택을 비롯하여 선박교통관제(VTS)의 구축 및 그 범위의 점진적 확대

라는 긍정적인 결과물들로 나타나고 있다. 국내에서는 이와 더불어 2009년 해상교통안전진단 제도를 도입하여, 해양개발사업이 선박통항에 미치는 영향을 사전에 조사 및 평가하여 설계에 반영토록 함으로써 보다 미래지향적이고 안전친화적인 개발이 되도록 하는 일련의 과정을 마련한 바 있다.

이러한 해상교통안전진단을 효율적으로 수행하거나 점차 복잡해지는 해상교통환경을 개선하기 위해서는 당해 해역에 상존하거나 향후에 예상되는 위험도(Risk)를 평가할 수 있는 기술이 개발되어 합리적인 방법에 의해 평가되고 이에

* 대표저자 : 종신회원, cskimu@mmu.ac.kr, 061-240-7174

† 교신저자 : 정희원, 3rd_mate@mmu.ac.kr, 061-240-7422

따라 위험도를 정확히 예측할 수 있어야 할 것이다. 이에, IMO에서는 공식 안전성 평가모델로 FSA(MSC/Circ. 1023, 2002)를 제시한 바 있고, IALA에서는 정성적 모델인 PAWSA (Office of Vessel Traffic Management, 2005)와 정량적 모델인 IWRAP(Peter, 2007)을 채택한 바 있다. Table 1에 이러한 위험도 평가모델의 평가기법을 간략히 정리하였다.

Table 1. Risk Assessment Model

Model	Character of Methodology
FSA	Structured & systematic model aimed at enhancing maritime safety. Use of risk analysis and cost benefit assessment. Wide application at various maritime field.
PAWSA	Disciplined approach to identify safety hazard, estimate risk level, evaluate potential mitigations, and choice additional mitigations. Existence of possibility of expert's misjudgement
IWRAP	Probabilistic methodology for estimating the probabilities of groundings and collisions.

이들 평가모델 중 Kim(2011)은 그의 연구에서 IWRAP을 사용하여 국내 울산항 해역에서 선박의 충돌과 좌초 확률을 계산한 후, 일본에서 개발된 ES 모델의 평가 결과와 동 해역에 대한 선행 연구 및 해양사고 통계 등과 비교하여 IWRAP의 국내 도입 가능성을 시험하였다. 그러나, IWRAP은 수로의 기하학적 형태 및 해당 수로의 교통량 등을 기반으로 하여 해당 수로에서 정량적인 충돌과 좌초의 확률만을 계산해 줌으로, IALA에서는 PAWSA와 같은 정성적인 평가기법과 상호보완적으로 사용하도록 권고하고 있다.

즉, IWRAP과 같은 정량적 평가기법 뿐만 아니라 PAWSA와 같은 정성적 평가기법의 국내 도입을 검토할 필요가 있으며, 더 나아가 국내 환경에 적합한 독자적인 정성적 위험도 평가모델을 개발할 필요성도 검토해 보아야 할 것이다.

이에 본 연구는 국내 해상교통환경에 적합한 독자적인 정성적 위험도 평가모델 개발을 위한 기초 단계로서, 국내 해상교통환경의 위험도를 구성하고 있는 위험요소들을 선정하여 이들 위험요소를 실용적으로 용이하게 평가할 수 있는 기준을 제시해 보고자 한다.

2. 위험도 및 위험요소

위험도에 대한 가장 보편적인 정의는 식(1)과 같이 사고

(Casualty)의 출현빈도(Frequency)와 그 영향(Consequence)의 곱으로 표현할 수 있다(MSC/Cir. 1023, 2002).

$$R = C_f \times C_c \quad (1)$$

(R : Risk, C_f : Frequency of Casualty,

C_c : Consequence of Casualty)

식(1)은 Table 2의 예와 같은 1 to 5 Scale의 출현빈도 지수(Frequency Index)와 영향력 지수(Consequence Index)를 이용하여 식(2)와 같이 표현 가능하다(MSC/Cir. 1023, 2002).

$$\text{Log}(R) = \text{Log}(C_f) + \text{Log}(C_c) \text{ or } RI = FI + CI \quad (2)$$

(R : Risk, C_f : Frequency of Casualty,

C_c : Consequence of Casualty, RI : Risk Index,

FI : Frequency Index, CI : Consequence Index)

Table 2. Frequency/Consequence Index

FI/CI	Frequency	Consequence
1	Extremely Remote	Extremely Minor
2	Remote	Minor
3	Normal	Normal
4	Frequent	Major
5	Extremely Frequent	Extremely Major

한편, 위험도는 전체 위험도를 구성하는 위험요소들로 세분화할 수 있으며, 식(3)과 같이 서로 다른 크기를 가지는 각 위험요소들의 위험수준의 합으로 전체 위험도의 크기를 나타낼 수 있다. 여기서 각 위험요소의 위험수준은 전술한 위험도의 정의에서와 같이, 위험요소의 출현빈도와 그 영향의 곱 혹은 위험요소의 출현빈도 지수와 영향력 지수의 합으로 동일하게 표현된다.

$$R = R_{f1} \cdot \omega_1 + R_{f2} \cdot \omega_2 + \dots + R_{fn} \cdot \omega_n \quad (3)$$

(R : Risk, R_f : Risk Factor, ω : Weight)

따라서, 위험도를 평가하기 위해서는 우선 위험도를 구성하고 있는 위험요소들을 식별하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 선행 연구 및 기존의 위험도 평가기술에서 식별된 위험요소들에서 국내 해상교통환경에 적합한 위험요소를 추출하고자, Table 3의 미국 PAWSA의 안전성 평가요소(Office of Vessel Traffic Management, 2005), Table 4의 일본 항행안전대책 평가지침의 평가지표(Kim, 2011), Table 5의 국내 해상교통안전진단 제도의 진단항목(Jeong et al., 2012)을 검토

해상교통환경 위험요소 평가기준 설정을 위한 기초 연구

하여 Table 6과 같이 유사한 성격의 위험요소 별로 분류되어진 5가지 카테고리의 20가지 위험요소를 선정하였다.

Table 3. Classification of Risk Factor on PAWSA

Risk Categories	Risk Factors
Vessel Conditions	Deep Draft Vessel Quality
	Shallow Draft Vessel Quality
	Commercial Fishing Vessel Quality
	Small Craft Quality
Traffic Conditions	Volume of Commercial Traffic
	Volume of Small Craft Traffic
	Traffic Mix Congestion
Navigational Conditions	Winds
	Water Movement
	Visibility Restrictions
Waterway Conditions	Obstructions
	Visibility Impediments
	Dimensions
Immediate Consequences	Bottom Type
	Configuration
	Personal Injuries
Subsequent Consequences	Petroleum Discharge
	Hazardous Materials Release
	Mobility
Subsequent Consequences	Health and Safety
	Environmental
	Aquatic Resources
	Economic

Table 4. Classification of Risk Factor on Japanese Guide

Risk Categories	Risk Factors
Natural Environment	Winds
	Tide & Tidal Current
	Wave
Traffic Environment	Visibility
	Volume of Traffic
	Traffic Flow
Navigational Assistance	Occurrence State of Marine Accident
	Tug Boat
	Pilotage
Waterway Environment	AtoN
	VTS
	Length of Waterway
Vessel Conditions	Width of Waterway
	Configuration of Waterway
	Depth of Waterway
	Ship's Particular
	Maneuvering Characteristics

Table 5. Classification of Factor on Korean Maritime Safety Audit

Risk Categories	Risk Factors
Fairway Environment	Width of Fairway
	Depth of Fairway
Natural Environment	Configuration of Fairway
	Winds
	Tide & Tidal Current
Traffic Environment	Wave
	Fog, Rain, Snow, & Etc.
Traffic Environment	Volume of Traffic
	Traffic Flow
	Traffic Congestion
	Occurrence State of Marine Accident

본 연구에 적용할 위험요소를 Table 6과 같이 선정한 기준은 다음과 같다.

- ① 식(3)에서 위험요소의 위험수준을 위험요소의 출현빈도와 그 영향의 곱으로 정의한 것을 바탕으로, 이러한 출현빈도와 영향이 측정 가능한 위험요소를 선정한다.
- ② 위험요소에 요소별 출현빈도와 영향을 포함하여 모든 위험요소의 합으로 위험도를 정의하므로, 기존 평가기술에서 사고의 영향에 해당하는 위험요소들은 제외한다.
- ③ 유사한 성격의 위험요소들은 이를 대표할 수 있는 위험요소로 통합한다.
- ④ 각 평가기술에서 공통적으로 적용하고 있는 위험요소를 선정한다.
- ⑤ 위험도를 개선시킬 수 있는 요소, 즉 안전요소를 최종적으로 선정한다.

따라서, Table 3의 1차 영향 및 2차 영향에 속한 8가지 위험요소와 Table 4 및 Table 5의 해양사고 발생현황에 대한 위험요소는 기준 ②에 의하여 제외되었다.

기준 ③에 의하여 Table 3의 선박조건에 속한 4가지 위험요소와 Table 4의 선박조건에 속한 2가지 위험요소는 Table 6의 선박조건으로 통합되어 포함되었고, 같은 기준으로 Table 3의 저질과 Table 4 및 Table 5의 수심은 좌초와 관련된 위험요소이므로 통합되어 Table 6에 수심으로 포함되어졌다. 역시 동일한 기준으로 Table 3~Table 5에서 교통의 밀집, 혼잡 및 흐름과 관련된 위험요소들도 Table 6에 교통흐름으로 통합되어 포함되었다.

Table 3~Table 5에서 음영으로 처리된 위험요소들은 3가지 평가기술에서 모두 공통적으로 적용하고 있는 위험요소들로서 기준 ④에 의하여 Table 6에 분류되어 포함되었다. 한편, Table 4 및 Table 5의 파랑은 2가지 평가기술에서만 공통적으로 적용하고 있으나, 주요한 위험요소로 판단되어 Table 6에 포함되었다.

기준 ⑤에 의하여 Table 4의 항행지원에 속한 4가지 안전

요소가 Table 6에서 지원조건으로 동일하게 포함되었다.

Table 6. Classification of Risk Factor on this Study

Risk Categories	Sub-Categories	Risk Factors
Natural Conditions	Weather	Winds
	Conditions	Visibility Restrictions
	Sea	Water Movements
Fairway Conditions	Conditions	Waves
	Dimension	Widths
	Conditions	Depths
Traffic Conditions	Interference	Complexities
	Conditions	Obstructions
	Fairway-use	Traffic Flows
Vessel Conditions	Traffic Conditions	Volume of Traffics
	Open-use	Traffic Flows
	Traffic Conditions	Volume of Traffics
Assistance Conditions	Fairway-use	Vessel Qualities
	Vessel Conditions	Crew Qualities
	Open-use	Vessel Qualities
VTS	Vessel Conditions	Crew Qualities
	Material Resource	Tug Boats
	Conditions	AtoN
Human Resource	Human Resource	Pilotage
	Conditions	VTS

3. 위험요소 평가기준 설정

이 장에서는 제2장에서 Table 6과 같이 선정한 본 연구의 해상교통환경 위험요소 각각에 대한 세부적인 정의와 더불어, 이들의 위험수준을 국내 해상교통환경 및 관련 법체제 내에서 관련 통계자료 등을 이용하여 실용적으로 용이하게 평가할 수 있는 기준을 제시하고자 한다.

제2장에서 기술한 바와 같이 각 위험요소의 위험수준은 Table 2의 출현빈도 지수와 영향력 지수의 합으로 Table 7과 같은 위험도 지수로 표현할 수 있다(MSC/Cir. 1023, 2002).

Table 7의 위험도 지수에서 지수 1은 존재할 수 없는 값으로 안전한 상태를 나타내며, 표에서 우-하향할수록 위험도는 증가되어 지수 2는 매우 낮은 위험도, 지수 4는 낮은 위험도, 지수 6은 보통의 위험도, 지수 8은 높은 위험도, 지수 10은 매우 높은 위험도를 각각 나타내게 된다.

따라서, 각 위험요소별로 그 출현빈도와 영향력의 단계 별 지수에 해당되는 기준이 마련되어야 하며, 이러한 기준의 설정은 관련 학계·정부기관·항로이용자 등으로 구성된 다양한 전문가들의 집단 의사를 반영하여 결정하여야 한다.

이러한 전문가 집단의 의사를 효율적으로 수집하기 위해서는 각 위험요소를 특정할 수 있는 현상을 사전 설정하여 그러한 현상이 어느 정도 자주 발생하는 지(출현빈도), 그리고 그러한 현상이 어느 정도 영향이 있는 지(영향력)에 대한 전문가 집단의 평가를 실시하여야 할 것이다.

Table 7. Risk Index or Risk Matrix

CI \ FI	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
2	3	4	5	6	7
3	4	5	6	7	8
4	5	6	7	8	9
5	6	7	8	9	10

따라서, 이 장에서는 Table 6의 각 위험요소를 특정할 수 있는 현상을 설정하고자 하며, 이러한 현상은 각 위험요소 별로 가능한 관련 연구나 관련 국내 법 체계를 근거로 하여, 관련 통계 등을 이용 손쉽게 측정 가능하도록 설정하였다.

Table 8은 위험요소 바람에 대한 CI의 단계에 대한 사례를 나타낸 것으로 이는 기상청에서 발표하는 풍량특보의 단계 및 예보의 단계를 근거로 표현한 것이며, 본 연구에서는 이 중 풍속 13.9 m/s 이상을 위험요소 바람을 특정할 수 있는 현상으로 설정하고 이에 대한 전문가 집단의 평가를 실시하여 풍속 13.9 m/s 이상에 대한 CI를 재산출하고자 하는 것이다.

Table 8. Example of Consequence Index(Risk Factor Winds)

CI	Consequence	Application
1	Extremely Minor	Wind Speed < 3.4 m/s
2	Minor	3.4 m/s ≤ Wind Speed < 8.0 m/s
3	Normal	8.0 m/s ≤ Wind Speed < 13.9 m/s
4	Major	13.9 m/s ≤ Wind Speed
5	Extremely Major	Typhoon

한편, Table 9는 위험요소의 연중 출현일수로 표현되는 FI의 단계에 대한 사례이며, 이러한 FI의 단계 역시 각 위험요소 별 전문가의 평가를 통해 적절히 수정되어야 한다.

Table 9. Example of Frequency Index(Days per Year)

FI	Frequency	Application
1	Extremely Remote	0 ~ 7 days per 1 year
2	Remote	8 ~ 30 days per 1 year
3	Normal	31 ~ 90 days per 1 year
4	Frequent	91 ~ 180 days per 1 year
5	Extremely Frequent	181 ~ 365 days per 1 year

3.1 자연조건

자연조건은 바람과 시계제한의 위험요소로 구성되는 기상조건과 파랑과 해수운동의 위험요소로 구성되는 해상조건으로 분류하였다.

위험요소 바람을 특정할 수 있는 현상으로 기상청에서 발표하는 해상의 풍속과 관련한 기상특보인 풍랑주의보(풍속 13.9 m/s 이상, Beaufort Wind Scale 7 이상)를 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 풍속 13.9 m/s 이상 바람의 연중 출현일수로 나타낸다. 이러한 근거로 해사안전법에서는 기상특보 시 선박출항통제의 최소 기준으로 풍랑주의보 이상을 적용하고 있다(Ordinance of MLTM 434, 2012).

위험요소 시계제한을 특정할 수 있는 현상은 기상청에서 발표하는 안개(가시거리 1 km 미만)에 해당하는 가시거리를 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 가시거리 1 km 미만의 연중 출현일수로 나타낸다. 이러한 근거로 해사안전법에서는 시계제한 시 선박출항통제의 최소 기준으로 위그선의 경우(가시거리 11 km 미만)를 제외하면 가시거리 1 km 미만을 적용하고 있다(Ordinance of MLTM 434, 2012).

한편, 위험요소 파랑을 특정할 수 있는 현상은 기상청에서 발표하는 해상의 파랑과 관련한 기상특보인 풍랑주의보(유의파고 3 m 이상, Beaufort Wind Scale 7 이상)를 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 유의파고 3 m 이상 파랑의 연중 출현일수로 나타낸다. 이러한 근거로 해사안전법에서는 기상특보 시 선박출항통제의 최소 기준으로 풍랑주의보 이상을 적용하고 있다(Ordinance of MLTM 434, 2012).

마지막으로, 위험요소 해수운동을 특정할 수 있는 현상은 PAWSA에서 적용하고 있는 해수운동의 위험수준 평가 단계를 검토하고 국내 해역의 일반적인 유속의 크기를 고려하여 최강조류 3 knot 이상을 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 최강조류 3 knot 이상 유속의 출현비율로 나타낸다 (Office of Vessel Traffic Management, 2005).

3.2 항로조건

항로조건은 항로폭과 수심의 위험요소로 구성되는 치수

조건과 복잡성과 장애물의 위험요소로 구성되는 방해조건으로 분류하였다.

위험요소 항로폭을 특정할 수 있는 현상으로 Jeong et al.(2005)의 연구 및 MOMAF(2005)의 자료에서 조건에 따라 1.0 L ~ 2.0 L을 최소 항로폭의 기준으로 하고 있는 것을 근거(Fig. 1은 최소 항로폭 결정 시 고려할 공간을 도식화 한 것이다.)로 항로를 이용할 가능성이 있는 최대 선박의 전장 L에 대해 2.0 L 미만 항로폭을 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 2.0 L 미만 항로폭의 출현비율로 나타낸다.

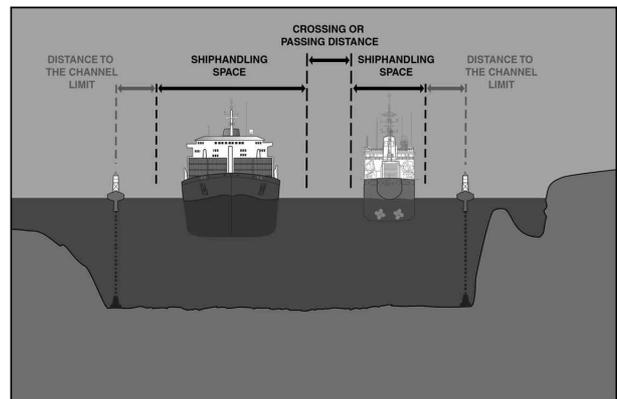


Fig. 1. Minimum Fairway Width.

위험요소 수심을 특정할 수 있는 현상은 Jeong et al.(2005)의 연구에서 조건에 따라 1.10 D~1.15 D를 최소 수심의 기준으로 하고 있는 것을 근거로 항로를 이용할 가능성이 있는 최대 선박의 최대흘수 D에 대해 1.15 D 미만 수심을 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 1.15 D 미만 수심의 출현비율로 나타낸다.

한편, 위험요소 복잡성을 특정할 수 있는 현상은 30° 이상 대각도의 변침을 요구하는 굴곡부를 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 30° 이상 굴곡부의 항로상 출현수로 나타낸다. 이러한 근거로 항만 및 어항 설계기준에서는 항로 굴곡부 중심선의 교각이 30°를 넘지 않도록 권고하고 있으며 교각이 30°를 넘을 경우 Fig. 2와 같이 항로 굴곡부 중심선의 곡률 반경을 대상선박 길이의 4배 이상이 되도록 권고하고 있고, PAWSA에서는 45° 이상의 변침이 요구되는 항로를 가장 위험한 수준으로 판단하고 있다(MOMAF, 2005; Office of Vessel Traffic Management, 2005).

마지막으로, 위험요소 장애물을 특정할 수 있는 현상은 항해의 곤란을 초래하는 교량, 해상구조물, 어장, 암초 등의 존재를 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 이러한 장애물의 항로상 출현수로 나타낸다.

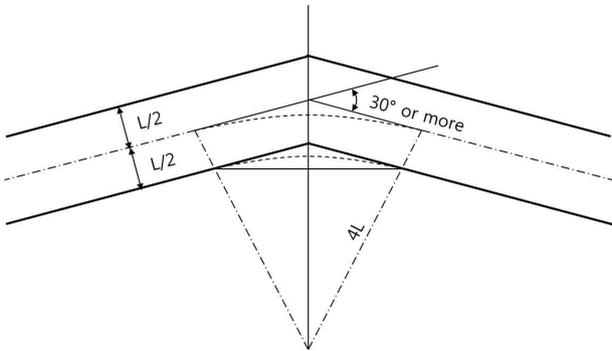


Fig. 2. Radius of Curvature on Fairway Bend.

3.3 교통조건

교통조건은 교통흐름과 교통량의 위험요소로 구성되는 항로이용선박 교통조건과 역시 교통흐름과 교통량의 위험요소로 구성되는 자유이용선박 교통조건으로 분류하였다.

항로이용선박과 자유이용선박이란 본 연구에서 신규 용어로 정의한 것으로, 항로이용선박은 항로만을 따라서 안전하게 항해할 수 있는 선박을 의미하여 이는 COLREG에서 항로의 바깥이나 연안통항대를 사용할 수 있는 선박을 제외한 선박을 말한다. 따라서 자유이용선박은 항로이용선박 외의 선박으로 COLREG에서 항로의 바깥이나 연안통항대를 사용할 수 있는 길이 20 m 미만인 선박, 범선, 어로에 종사하고 있는 선박을 의미한다. 자유이용선박은 항로이용선박의 진로를 방해하여서는 아니 되나, 국내 실정상 자유이용선박의 대다수를 차지하고 있는 어선들이 항로를 수시로 넘나들고 있는 상황이므로 이러한 용어로 정의하였다.

위험요소 항로이용선박 교통흐름을 특정할 수 있는 현상으로 IWRAP에서 충돌의 가능성을 평가하는 기본 이론(Peter, 2007)을 응용하여 지정된 통항 방향을 무시하거나 항로를 이탈하는 항로이용선박을 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 이러한 선박들의 출현비율로 나타낸다. 즉, 일정한 관측기간 동안 항로를 따라 진행한 항로이용선박의 총 항적을 조사하였을 때 Fig. 3과 같이 종 모양의 정규분포를 따를 것이라는 가정 하에, 총 항적 대비 구간 ① 및 ②를 통과한 선박의 비율로 출현빈도를 나타낸다. 이러한 위험은 Kim et al.(2011)의 연구에서 남해안에 설치된 통항분리수역에 대한 항적 조사를 통하여 제시된 바 있다.

위험요소 항로이용선박 교통량을 특정할 수 있는 현상은 PAWSA에서 항로를 왕래한 선박의 수가 1일 50척 이상을 가장 심한 교통량으로 본 것을 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 항로이용선박 1일 교통량 50척 이상의 연중 출현일수로 나타낸다(Office of Vessel Traffic Management, 2005).

한편, 위험요소 자유이용선박 교통흐름을 특정할 수 있는 현상은 항로이용선박의 진로를 방해하는 자유이용선박을

기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 자유이용선박에 의해 상시 침범되는 항로상 구간의 출현비율로 나타낸다.

마지막으로, 위험요소 자유이용선박 교통량을 특정할 수 있는 현상은 항로이용선박 경우와 동일한 방법을 사용한다.

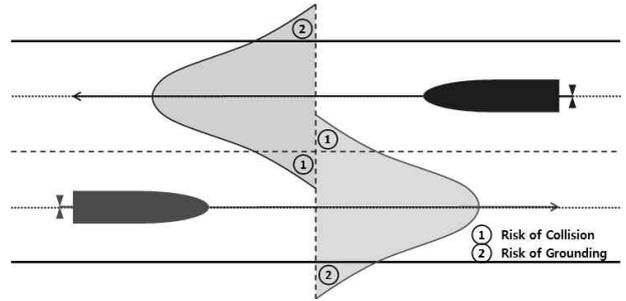


Fig. 3. Section of Risk on Fairway

3.4 선박조건

선박조건은 선박특성과 선원특성의 위험요소로 구성되는 항로이용선박 선박조건과 역시 선박특성과 선원특성의 위험요소로 구성되는 자유이용선박 선박조건으로 분류하였다.

교통조건에서와 같이 항로이용선박과 자유이용선박으로 구분한 것은 국내 실정상 상선과 어선으로 대표되는 항로이용선박과 자유이용선박의 안전성을 관리하는 기관이나 제도 및 이들 선박에 승선하는 선원의 차이를 반영한 것이다.

위험요소 항로이용선박 선박특성을 특정할 수 있는 현상으로 국내 항만국통제 출항정지율 10% 이상 선령·선종·선급·선적항·톤수에 해당하는 항로이용선박을 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 이러한 선박들의 항로상 출현비율로 나타낸다.

위험요소 항로이용선박 선원특성을 특정할 수 있는 현상은 4급 이하 항해사 면허를 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 4급 이하의 선박 운항자들에 의해 운항되는 자유이용선박의 항로상 출현비율로 나타낸다. 이러한 근거로 Hong et al.(2005)의 연구에서 4급 이하의 항해사에 의해 대부분의 해양사고가 발생하고 있다고 분석한 바 있다.

한편, 위험요소 자유이용선박 선박특성을 특정할 수 있는 현상은 자유이용선박의 해양사고를 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 항로상 자유이용선박 해양사고의 연평균 출현수로 나타낸다. 이러한 이유는 어선 등의 안전성을 평가하기 위한 지표를 확보하기가 용이하지 않기 때문이다.

마지막으로, 위험요소 자유이용선박 선원특성을 특정할 수 있는 현상은 항로이용선박 선원특성의 경우와 동일하다.

3.5 (항행)지원조건

지원조건은 예인선과 항로표지의 안전요소로 구성되는

해상교통환경 위험요소 평가기준 설정을 위한 기초 연구

물적자원조건과 도선과 해상교통관제의 안전요소로 구성되는 인적자원조건으로 분류하였다.

지원조건에 속한 4가지 안전요소들은 모두 이들을 특정할 수 있는 현상으로 이들 안전요소의 상시 지원 가능여부를 기준으로 설정하였으며, 그 출현빈도는 이들 안전요소의 상시 지원이 가능한 해역의 비율로 나타낸다.

Table 10은 각 위험요소의 위험수준을 평가하기 위한 각 위험요소를 특정할 수 있는 현상에 대하여 제3장에서 기술한 내용을 정리한 것이다.

Table 10. the Assessment Criterion of Risk Factors

Risk Factors	Assessment Criterion
Winds	Wind Speed 13.9m/s or more
Visibility Restrictions	Visibility Range 1km or less
Waves	Wave Height 3m or more
Water Movements	Current Speed 3knots or more
Widths	Width of Fairway under 2.0L
Depths	Depth of Fairway under 1.15D
Complexities	Fairway Bend 30° or more
Obstructions	Existence of Obstructions
Fairway-use Traffic Flows	Sailing with Opposite Direction in Fairway
Fairway-use Traffic Volumes	50Fairway-use Vessel Transits or more per Day
Open-use Traffic Flows	Impediment by Open-use Vessel in Fairway
Open-use Traffic Volumes	50 Open-use Vessel Transits or more per Day
Fairway-use Vessel Qualities	PSC Detention Ratio of Fairway-use Vessel
Fairway-use Crew Qualities	Low Class Cert. of Fairway-use Vessel's Crew
Open-use Vessel Qualities	Marine Accidents of Open-use Vessel
Open-use Crew Qualities	Low Class Cert. of Open-use Vessel's Crew
Tug Boats	Tug Boat Available in Emergency
AtoN	Suitable AtoN Available in Fairway
Pilotage	Pilot Available in Fairway
VTS	VTS Available in Fairway

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 국내의 해상교통환경에 적합한 독자적인 정성적 위험도 평가모델 개발을 위한 기초 단계로, 해상교통환경의 위험도를 구성하고 있는 위험요소를 5가지 카테고리 별 4가지씩의 위험요소로 선정하고 이들의 위험수준을 실용적으로 용이하게 평가할 수 있는 기준을 제시하였다.

기존 위험도 평가기술에서 사고의 출현빈도와 사고의 영향을 구분하여 위험요소로 선정한 것에 반하여, 본 연구에서는 각각의 위험요소가 나타날 가능성과 그 영향을 하나의 위험요소의 위험수준으로 나타내고 이들 위험요소의 합으로 전체 위험도를 정의하는 방법을 제시하였다. 따라서, 기존 위험도 평가기술의 위험요소 분류체계는 본 연구에서 모

두 종합되어 적절히 수정 및 가감되었으며, 국내 실정에 적합한 위험요소 분류체계로 새롭게 재정립되었다.

한편, 위험요소의 평가 기준으로서 각 위험요소를 특정할 수 있는 현상은 국내 해상교통환경 및 법체계에 적합하고 실용적으로 쉽게 확보 가능한 자료를 바탕으로 제시되었다.

본 연구는 위험도 평가모델 개발을 위한 기초 단계로 각 위험요소의 CI와 FI의 단계별 지수에 대한 평가 및 각 위험요소가 전체 위험도에서 차지하는 가중치는 분석되지 않았다. 이러한 각 위험요소의 CI나 FI 및 가중치에 대한 분석은 향후 연구과제로 국내 해상교통환경에 정통한 관련 학계·정부기관·항로이용자 등으로 구성된 다양하고 권위 있는 해상교통 전문가 집단의 의사를 반영하여 수행될 예정이다.

또한, 본 연구의 최종 결과물로 해상교통환경 위험도 평가모델을 개발하여 국내 연안 해역에 대한 위험도 평가를 실시한 후, 각 해역 별 해상교통환경의 위험도에 대한 상호 비교 및 개발된 모델의 신뢰도를 검증해 보고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] Hong, T. H., K. Y. Seo, J. Y. Jeong and G. K. Park(2005), A Study on the Investigation and Analysis of the Marine Casualties at the Mokpo Approaching Waters, Proceedings of 2005 KOSOMES Spring Conference, pp. 63-66.
- [2] Jeong, J. S., J. Y. Jeong and C. S. Kim(2005), A Study on Proposal of the Ship's Routing on Gwangyang Harbor, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 11, No. 2, pp. 9-17.
- [3] Jeong, J. Y., Y. S. Park and I. S. Cho(2012), Marine Traffic Environment Assessment, pp. 46-54.
- [4] Kim, C. S., J. Y. Jeong and H. H. Lee(2011), A Study on the Effect of Designated Domestic Traffic Separation Scheme, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 17, No. 1, pp. 61-68.
- [5] Kim, D. W.(2011), A Primary Study on the Development of Evaluation Model for Marine Traffic Safety Assessment, Graduate School of Korea Maritime University, pp. 36-65.
- [6] MOMAF(2005), Design Standards of Ports and Fishing Ports, MOMAF, pp. 684-685.
- [7] MSC/Circ. 1023 & MEPC/Cir. 392(2002), Guidelines for Formal Safety Assessment for Use in the IMO Rule making Process, IMO, Annex, pp. 3-52.
- [8] Office of Vessel Traffic Management(2005), Ports and Waterways Safety Assessment Workshop Guide, USCG, pp. Chapter 1. 1-6 & Chapter 5. App. M 1-4.

- [9] Ordinance of MLTM 434(2012), Enforcement Rule of Maritime Safety Law, pp. Attached Table 10, <http://www.law.go.kr/flDownload.do?flSeq=8332507>, <http://www.law.go.kr/flDownload.do?flSeq=8332508>.
- [10] Peter, F. H.(2007), IWRAP Mk II Basic Modelling Principles for Prediction of Collision and Grounding Frequencies, Technical University of Denmark., pp. 3-59.

원고접수일 : 2012년 07월 30일

원고수정일 : 2012년 08월 29일 (1차)

2012년 10월 08일 (2차)

게재확정일 : 2012년 10월 26일