

부산 북항·감천항의 위험화물운반선 통항패턴에 관한 연구

김종관* · 김세원** · 이윤석**†

* 한국해양수산연수원, ** 한국해양대학교

A Study on the Traffic Patterns of Dangerous Goods Carriers
in Busan North and Gamcheon Port

Jong-Kwan Kim* · Se-Won Kim** · Yun-Sok Lee**†

* Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

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

요 약 : 우리나라 주요 항만의 입출항 통항패턴을 연구하기 위한 사전 연구로서, 부산항에 입·출항하는 위험화물운반선의 통항량을 항만운영정보시스템(Port Management Information System, Port-MIS) 자료를 이용하여 사전 조사하고, 통항량이 가장 높은 각 계절별 연속 3일을 선별하였다. 해양안전종합정보시스템(General Information Center on Maritime Safety & Security, GICOMS) 자료를 이용하여 선별된 12일간 위험화물운반선의 부산항 주요 통항로의 통항 패턴을 분석하였다. 또한 주요 입출항 지점인 북항 오탁도 방파제와 감천항 동방파제의 위험화물운반선의 통항 이격거리를 분석하였다. 항로 단면에서 선박의 궤적이 정규분포를 이룬다는 가정을 근거로 해상교통안전진단 등에서 정규분포의 누적 확률분포 함수를 이용하여 충돌확률을 추정하여 사용하고 있지만, 오탁도 방파제 입출항 및 감천항 동방파제 입항에서의 선박의 항해 궤적은 KS-test 및 SW-test를 이용한 정규성 검정결과 정규분포를 따르지 않는 것으로 평가되었다. 특히 북항에서는 선박의 우측통항 경향이 두드러지게 나타났다. 일반적인 통항이론의 적용보다는 항만의 특성에 맞는 통항모델을 개발하여, 해상교통안전진단 등에서 적용하는 것이 바람직하여 이에 대한 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 부산 북항, 감천항, 위험화물운반선, 정규성 검정, 통항패턴

Abstract : As a preliminary study of enter or leaving traffic patterns of the Korea main port, port Management Information System (Port-MIS) data was used to check the volume of vessels entering and leaving the port of Busan, and three consecutive days from each seasons were selected for study. Selected 12-day General Information Center on Maritime Safety & Security (GICOMS) data was also used to analyze the traffic pattern in the main traffic lane of Busan port for dangerous goods carrier. Also, the distance between dangerous goods carriers and Oryukdo breakwater of east breakwater in the main traffic lane was analyzed. Collision probability was estimated using the cumulative probability distribution function of the normal distribution for the maritime traffic safety audit scheme based on the assumption that a ship's trajectory has a normal distribution for a section of the route. However, in case of entry or leaving thorough the Oryukdo breakwater and entry thorough the east breakwater, ship's sailing trajectories were revealed not to follow a normal distribution via regularity testing using a KS-test and SW-test. Especially in the north port, the tendency of the right side of the ship to pass was remarkable. It is desirable to develop a traffic model suitable for the characteristics of the port rather than to apply general traffic theories, and to apply this model to a maritime traffic safety diagnosis, so further research is needed.

Key Words : Busan North Port, Gamcheon Port, Dangerous goods carriers, Normality test, Traffic pattern

1. 서론

부산항은 한반도 남동단에 위치하여 태평양과 유라시아 대륙을 잇는 관문의 역할을 하고 있다. 대한민국 제1의 항만

이며, 컨테이너화물 처리실적을 기준으로 세계 6위의 항만이 다(BPA, 2016a). 또한 우리나라 총 해상수출화물의 34%, 컨테이너 화물의 75%, 전국 수산물 생산량의 13%를 처리하고 있으며, 북항, 남항, 감천항, 신항, 다대포항으로 구성되어 있다.

대한민국 제1의 항만답게 부산항은 2015년 기준 49,047척의 선박이 입·출항하였으며(BPA-net, 2016), 이에 따라 선박의 통항과 관련한 선행연구가 수행되었다. 그 대표적인 예로

* First Author : jkkim@seaman.or.kr, 051-620-5794

† Corresponding Author : lys@kmou.ac.kr, 051-410-5098

Park and Kim(2015)은 출입항로의 속력규제와 통항항로 향상을 위한 출입항로 운영 등의 변경이 안전진단 항목인지에 대한 연구를 수행하였고, Lee et al.(2007)은 부산항 제1항로 진입항로의 선박에 대한 교통조사와 선박조종시물레이션을 통해 통항분리대 개선안의 타당성을 검증하였으며, Kang et al.(2001)은 환경스트레스 모델을 적용하여 부산항 접근수역의 현행 통항분리방식과 원형분리대 방식을 상호 비교하여 그 타당성을 검증하였다. 하지만 부산항의 선박통항을 다룬 상기 연구들은 주로 출입항로의 운영, 변경에만 주목하고 있으며, 항로의 통항 패턴을 제시하지 못하여 부산항의 항로 특성 파악 등을 위한 구체적 연구로서는 부족하였다.

부산항에서는 항로의 특성에 관한 연구는 이루어지지 않은 반면에, 타 항만의 경우 항로의 특성에 관한 선행연구들이 수행되었다. 특히 여수·광양항의 경우 Kim and Park(2016)은 ES모델을 통한 광양항 교통안전특정해역의 항로운영과 안전성 향상과 관련하여 해상교통류 시물레이션을 수행하여 항로의 운영방안에 대해 연구하였고, Kim(2016)은 여수·광양항 출입항 항로를 통항하는 선박을 대상으로 AIS 및 RADAR-ARPA, ECDIS 장비를 이용하여 선박의 통항 특성을 분석하였다. 하지만 상기 여수·광양항의 연구들도 선박의 실제 통항의 흐름을 통한 항로 특성 파악은 이루어지지 못한 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 우리나라 주요 항만의 입·출항 통항 패턴을 연구하기 위한 사전연구로서 부산항의 북항·감천항에 입·출항하는 위험화물운반선의 실제 통항 패턴을 분석하였다. 위험화물운반선의 경우, 부산항의 북항·감천항에서 이용하는 부도가 단순하여 다른 선종에 비해 직선화된 항로 이용하기에 그 분포를 알아내기 용이한 점이 있다.

2. 위험화물운반선의 주요 통항 흐름

2.1 Port-MIS를 이용한 위험화물운반선의 통항분석

2015년 부산항을 입·출항하는 위험화물운반선의 주요 통항 흐름을 분석하기 위하여 Fig. 1과 같이 부산항 입출항 선박의 Port-MIS 일별 통항척수 데이터를 조사하였다.

2015년의 모든 위험화물운반선의 통항 흐름을 분석하는 것은 한계가 있으므로, 해상교통안전진단시행지침의 72시간을 기준으로 계절별 연속 3일간의 최대통항일수를 분석하였다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 위험화물운반선의 3~5월 봄철 동안의 3일간 최대 통항척수는 4월 28일에서 30일사이로 900척이 통항하였고, 6~8월 여름철 동안의 3일간 최대 통항척수는 8월 26일에서 28일 사이로 965척이 통항하였다. 9~11월 가을철 동안의 3일간 최대 통항척수는 9월 22일에서 24일 사이로 889척이 통항하였고, 12~2월 겨울철 동안의 3일간 최

대 통항척수는 12월 29일에서 31일 사이로 873척이 통항하였다. 부산항의 통항선박은 연속 3일간 평균 906.75척이 통항하고 있으며, 1일평균 302.25척이 통항함을 알 수 있었다.

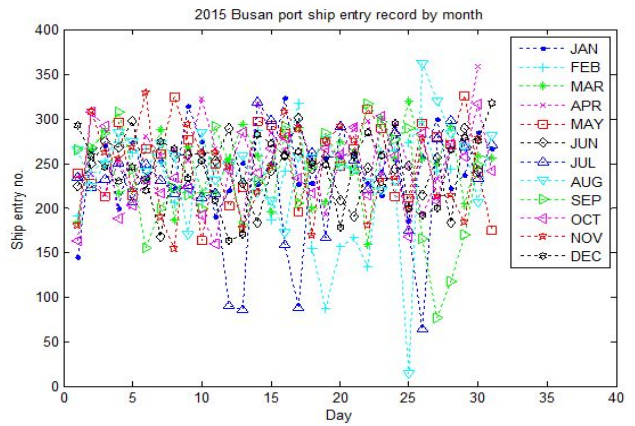


Fig. 1. Busan port ship entry record by month in 2015.

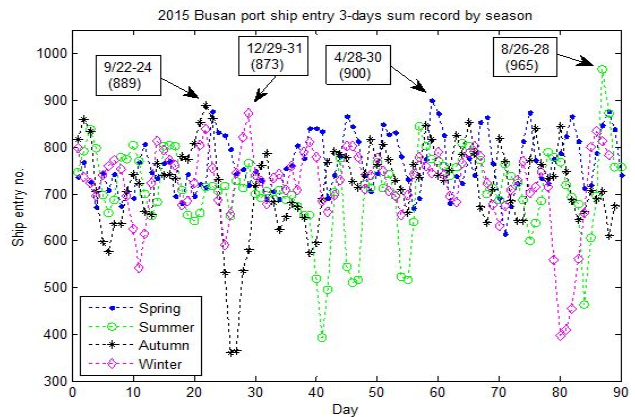


Fig. 2. 3-day sum records of entering ships in 2015.

2.2 GICOMS 자료를 이용한 부산항 위험화물운반선의 통항 분석

GICOMS 자료를 획득하여, 2015년 부산항을 입·출항하는 위험화물운반선의 항적정보를 분석하였다. 자료 수집은 Port-MIS와 동일한 날짜의 각 계절별로 구분하여 연속된 3일의 통항자료를 수집하였다. 수집된 자료 중 위험화물운반선의 전체 누적항적, 계절별 항적 등을 ECDIS 상에 표시하여 분석하였다(Kim et al., 2016).

1) 전체 누적항적

Fig. 3은 12일간의 위험화물운반선의 누적항적을 전자해도에 표시한 것이다. 주요 흐름으로는 제 1항로를 통해서 입·출항하는 통항흐름(1, 2, 3, 4번 통항흐름), 동명부두에서 제1항

로로 합류하는 통항흐름(5, 6번 통항흐름), 유류선 정계지에서 부산항으로 합류하는 통항흐름(7번 통항흐름), 부산항에서 제4항로로 합류하는 흐름(8, 9번 통항흐름), 2항로의 통항흐름(11번 통항흐름), 제3항로를 통하여 입·출항하는 통항흐름(12, 13, 14번 통항흐름)이 나타났다.

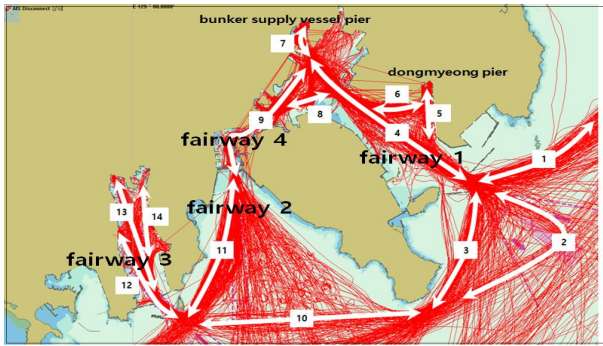


Fig. 3. Traffic pattern of dangerous goods carrier within 12 days.

2) 계절별 누적항적

Fig. 4는 부산항의 위험화물운반선의 계절별 누적 항적을 전자해도에 표시한 것이다. Fig. 3의 전체 누적 항적도와 Fig. 4의 계절별 누적 항적도를 비교하여 보면 통항흐름에 계절적 편차는 없는 것으로 나타났다.

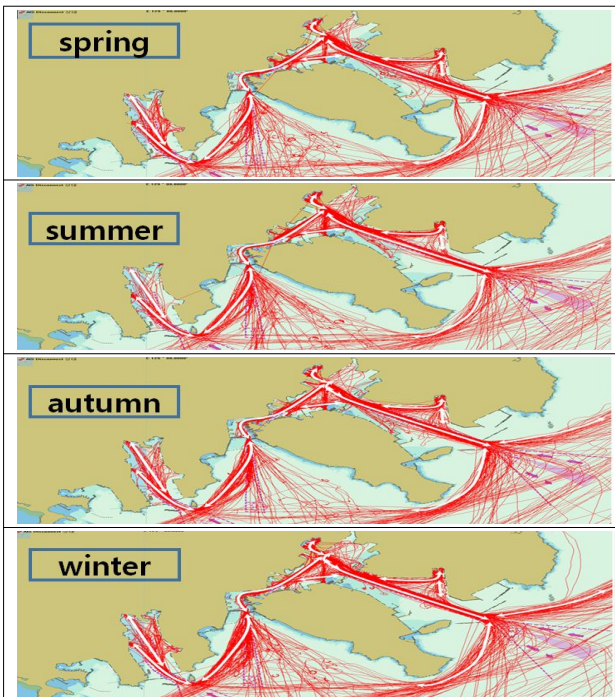


Fig. 4. Seasonal traffic pattern of dangerous goods carrier.

3. 부산항 위험화물운반선의 주요 통항로별 통항패턴

3.1 통항패턴의 일반적 이론

선박이 항로를 통항할 경우, 일반적으로 항로 단면에서의 선박 항행 궤적의 분포는 Fig. 5와 같이 정규분포(Normal Distribution)를 이루는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2016).

선박 운항자는 항로의 중앙을 따라 운항하려는 경향이 강하며, 따라서 항로의 중앙에 집중되는 정규분포에 근사하게 되는 것이다.

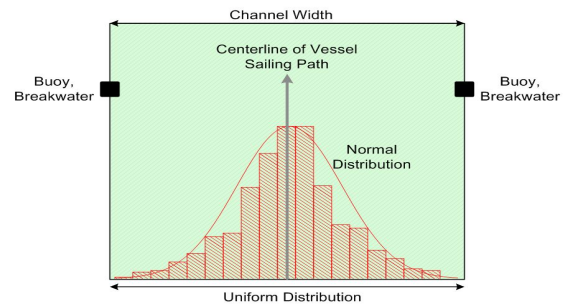


Fig. 5. Normal distributions.

따라서 해사안전법상 해상교통안전진단 등에서도 충돌확률 등을 구할 때 정규분포를 가정하여 정규분포의 누적 확률분포 함수를 이용하여 확률을 추정한다. 하지만, 실제 선박의 항행 궤적이 정규분포를 이루는지에 대한 검증은 이루어지지 않았다. 따라서 부산 북항 및 감천항 출입부의 항행 궤적을 이용하여 정규성 여부를 검토하였다.

3.2. 부산 북항 출입부

부산 북항은 자성대, 신감만, 감만, 신선대 등 4개의 컨테이너 부두와, 1~4부두, 5부두(양곡부두), 7~8부두, 중앙부두, 용호부두, 우암부두 및 일반부두 그리고 국제여객부두와 연안여객부두, 국제크루즈부두 등으로 구성되어 있다(Kim, 2008). 부산 신항이 개장하기 이전까지 북항이 가장 많은 물량을 처리하였으며, 동명부두 등 위험화물운반선의 출입이 많은 곳이다.

북항 제1항로는 항로 폭이 약 340m이며, 오륙도, 조도 방파제가 좌우로 위치하고 있으며, 방파제는 항로와 약 60m 정도 떨어진 곳에 위치하고 있다.

1) 북항 출입부 제1항로의 통항량

부산 북항 출입부 중 오륙도 방파제를 기준으로 위험화물운반선의 2015년 12일간 누적통항량은 입항 288척, 출항 304척으로 조사되었으며, GICOMS 통항분포는 Fig. 6과 같다(Kim et al., 2016).

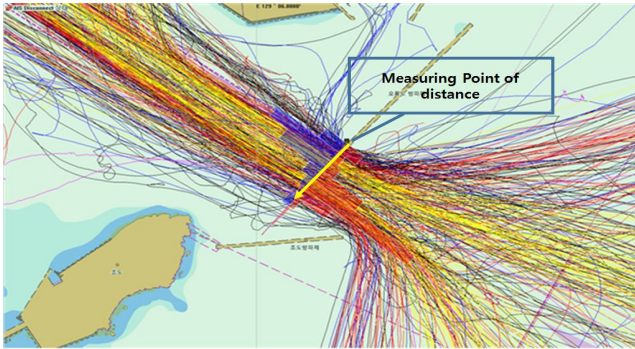


Fig. 6. Traffic pattern of dangerous goods carrier around Oryukdo breakwater.

각 선박의 통항궤적이 정규성 분포하는지를 검정하기 위하여 오희도 방파제 끝단으로부터 각 선박의 이격거리를 측정하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Distance analysis at Oryukdo breakwater

Distance	Status	Entering	Departure
	Max. [m]		361
Min. [m]		21	71
Mean [m]		139.0	313.1
Standard Deviation [m]		66.4	66.2
No. of Vessel		288	304

입항시 평균 139m의 이격거리를 두고 통항하였고, 출항시 평균 313.1m의 이격거리를 두고 통과함을 알 수 있다.

2) 북항 출입부 제1항로의 통항의 정규성

통계학의 많은 개념들은 그 분포가 어떠한지에 대하여 초점을 맞추고 있다. 특히, 해사안전법상 해상교통안전진단의 근접도 평가의 경우 그 분포가 정규성을 가진다는 가정 하에서 계산되어진다.

‘모집단의 실제 분포에 관계없이 표본 크기인 n이 증가할수록 표본평균의 분포는 정규분포에 근사한다(Choi, 2013)’는 중심극한정리(Central Limit Theorem)를 근간 이론으로 보지만, 실제로는 정규성이 성립하지 않는 경우도 있으므로, 그에 대한 검정이 필요하다. 따라서 부산 북항 출입부의 정규성 검정을 위하여, 앞서 조사된 근접도 측정지점과의 이격거리를 이용하였다. SPSS를 이용한 정규성 검정의 경로는 우선 분포의 형태에 관한 추정을 위한 히스토그램을 확인하는 방법이 있다. SPSS를 이용한 히스토그램은 Fig. 7 및 Fig. 8과 같다.

SPSS 프로그램을 이용한 정규성 검정에는 Kolmogorov-Smirnov test(이하 KS test) 및 Sapiro-Wilks test(이하 SW test)가 있다. KS test는 관측 값을 Z점수로 전환한 예측 값과 실제 정규분포와 비교해서 검증하는 방법이며, SW test는 임의표본이 정규분포로부터 나왔는지를 검증하는 방법이다. 일반적으로 두 정규성 검정의 결과가 불일치하는 경우에는 KS test보다 SW test가 더 많은 통계적 능력을 가지고 있기 때문에 SW test의 결과를 따른다(Karine et al., 2016). 귀무가설 ‘데이터가 정규분포에 따른다’와 대립가설 ‘데이터가 정규분포에 따르지 않는다’를 검정하기 위하여, KS test 및 SW test를 실시하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다.

KS test와 SW test 결과 유의도 .05보다 작은 값을 보이므로, 귀무가설이 기각되고 대립가설이 성립됨을 알 수 있으며, 따라서 데이터는 정규분포에 따르지 않는다고 할 수 있다.

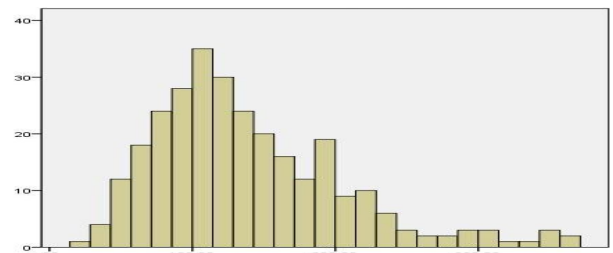


Fig. 7. Histogram of entering at Busan north port.

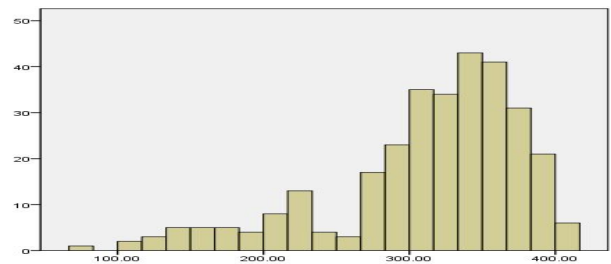


Fig. 8. Histogram of departure at Busan north port.

Table 2. Result of KS test and SW test for Busan north port

Status	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig	Statistic	df	Sig
Enter	.113	288	.000	.928	288	.000
Departure	.130	304	.000	.896	304	.000

마지막으로 정규성 가정을 시각적으로 확인하는 과정 중 하나인 Q-Q 도표를 확인하였으며, Fig. 9와 Fig. 10은 각각 입항과 출항에서의 Q-Q 도표를 나타낸 것이다. Q-Q 도표가 직

선에 가까울수록 정규분포에 가깝다고 볼 수 있으나, 입항과 출항 모두 선형에 근접하지는 않는 모습을 보이므로, 정규성을 따른다고 할 수 없다.

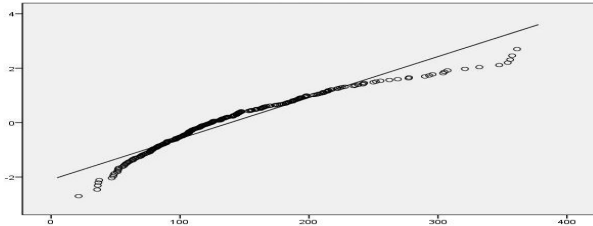


Fig. 9. Q-Q diagram of entering at Busan north port.

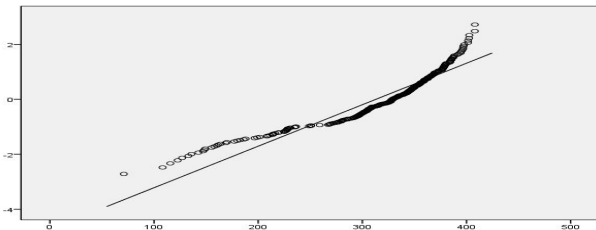


Fig. 10. Q-Q diagram of departure at Busan north port.

3) 북항 출입부 제1항로의 통항의 특성

왜도(Skewness)는 관측값들의 비대칭성을 측정하는 도구로, 왜도의 값이 0이면 좌우 대칭을 이룬다. 따라서 정규분포는 좌우가 대칭이므로 왜도 값이 0이다. 왜도의 값이 양수이면 관측값의 꼬리가 오른쪽에 있고 대부분의 관측값이 왼쪽에 모여 있고, 반대로 값이 음수이면 관측값의 꼬리가 왼쪽에 있고 대부분의 관측값이 오른쪽에 모여 있다(Jung et al., 2008).

첨도(Kurtosis)는 관측값들이 산술평균 주위에 밀집된 정도를 측정하는 것으로, 관측값들이 정규분포와 비슷하게 분포되어 있으면 SPSS 등의 통계프로그램에서는 첨도의 값이 0이다. 첨도가 0보다 크면, 대푯값 주위에 더 밀집되어 좁고 높게 모여 있는 형태를 보이고, 반대로 0보다 작으면 대푯값 주위에 밀집되지 않고 넓게 퍼져 있는 형태를 보이게 된다(Jung et al., 2008).

Table 3은 SPSS를 이용하여 입항과 출항에서의 첨도와 왜도 값을 나타낸 결과이다. 입항시에는 왜도가 약 1.0으로 관측값이 왼쪽에 모여 있고, 출항시에는 왜도가 약 -1.2로 관측값이 오른쪽에 모여 있다. 즉, 입항시에는 오른쪽에 붙어 항해하고, 출항시에는 떨어져 항해하는 것으로 판단된다. 이는 선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률(이하 선박입출항법) 제14조(부두등 부근에서의 항법)에 의거 오른쪽에 방파제가 있을 경우 접근하여 항행하고, 왼쪽에 있을 경우 멀리 떨어져 항행하여야 한다는 항법 규정을 준수하고

있음을 알 수 있다. 또한 첨도는 입·출항시 약 1.1 정도로 정규분포보다 좁고 높게 모여 있는 형태를 보이며, 이는 선박이 입·출항시 항로의 우측 대푯값에 보다 집중적으로 항해함을 알 수 있다.

Table 3. Result of skewness and kurtosis for Busan north port

Status	Statistic	Standard error
Enter	Skewness	1.080
	Kurtosis	1.192
Departure	Skewness	-1.206
	Kurtosis	1.077

3.3 감천항 출입부

감천항은 부산항 보조항으로서, 양곡, 양회, 고철, 원양어업, 수리조선항구로 개발되었다(Seo et al., 2012). 잡화 및 어획물, 철재, 시멘트를 취급하는 제1~6부두, 컨테이너, 철재, 잡화 등을 취급하는 제7부두 등으로 구성되어 있으며, 특히 제6부두, 제5부두, 제6부두인 모든 부두 등에서 위험 액체화물을 취급하고 있어 위험화물운반선의 출입항이 이루어진다(BPA, 2016b).

감천항의 동방파제와 서방파제의 사이 폭은 약 270 m이며, 동방파제의 동편에 두도가 위치하고 있지만 육지와 연결함으로써 방파제 입구의 횡조류를 약화시켜주며, 접근항로 좌측의 서방파제 동측으로는 파계제를 설치하여 감천항 내로 진입하는 너울성 파도를 감소시키는 역할을 하고 있다.

1) 감천항 출입부 제1항로의 통항량

감천항 출입부 중 동방파제를 기준으로 위험화물운반선의 2015년 12일간 누적통항량은 입항 160척, 출항 160척으로 조사되었으며, GICOMS 통항분포는 Fig. 11과 같다(Kim et al., 2016).

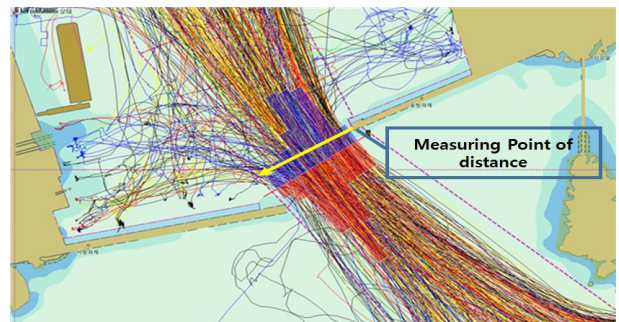


Fig. 11. Traffic pattern of dangerous goods carrier at east breakwater.

각 선박의 통항계획이 정규성 분포하는지를 검정하기 위하여 동방파제 끝단으로부터 각 선박의 이격거리를 측정하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Distance of east breakwater

Distance \ Status	Entering	Departure
Max. [m]	255	262
Min. [m]	29	50
Mean [m]	103.3	145.5
Standard Deviation [m]	47.1	44.4
No. of Vessel	160	160

입항시 평균 103.3m의 이격거리를 두고 통항하였고, 출항시 평균 145.5m의 이격거리를 두고 통과함을 알 수 있다.

2) 감천항 출입부 제1항로의 통항의 정규성

감천항 출입부 통항의 정규성 검정을 위하여, 앞서 조사된 근접도 측정지점과의 이격거리를 이용하였으며, SPSS를 이용한 히스토그램은 Fig. 12 및 Fig. 13과 같다.

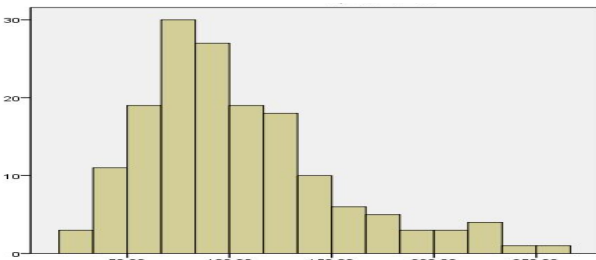


Fig. 12. Histogram of entering at Gamcheon port.

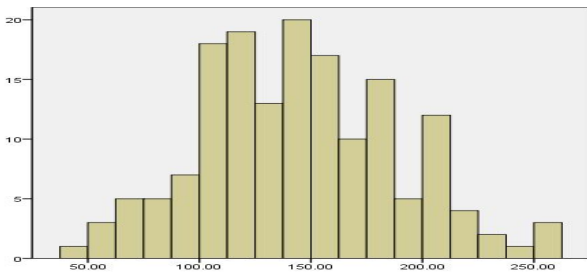


Fig. 13. Histogram of departure at Gamcheon port.

귀무가설 ‘데이터가 정규분포에 따른다.’와 대립가설 ‘데이터가 정규분포에 따르지 않는다.’를 검정하기 위하여 SPSS 프로그램을 이용하여 KS test 및 SW test를 실시하였으며, 그

결과는 Table 5와 같다.

KS test와 SW test 결과 감천항 입항의 경우 유의도 .05보다 작은 값을 보이므로, 귀무가설이 기각되고 대립가설이 성립됨을 알 수 있으며, 따라서 데이터는 정규분포에 따르지 않는다고 할 수 있다. 감천항 출항의 경우 유의도 .05보다 큰 값을 보이므로 귀무가설이 성립됨을 알 수 있으며, 따라서 데이터는 정규분포를 따르고 있음을 알 수 있다.

Table 5. Result of KS test and SW test

Status	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Enter	.110	160	.000	.935	160	.000
Departure	.044	160	.200	.992	160	.468

Fig. 14와 Fig. 15는 각각 입항과 출항에서의 Q-Q 도표를 나타낸 것이다. 입항의 경우 선형에 근접하지 않아 정규성을 따른다고 할 수 없지만, 출항의 경우 선형에 가까워 정규성을 따른다고 할 수 있다.

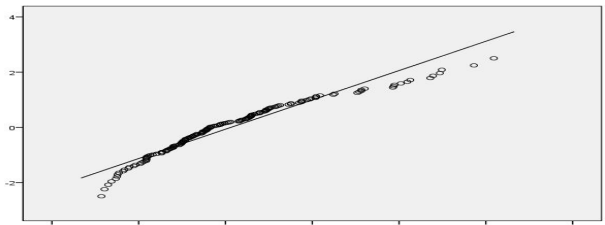


Fig. 14. Q-Q diagram of entering for Gamcheon port.

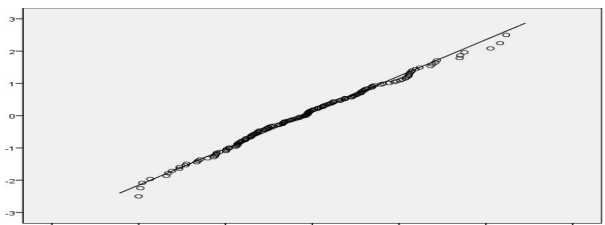


Fig. 15. Q-Q diagram of departure for Gamcheon port.

3) 감천항 출입부 제1항로의 통항의 특성

Table 6은 SPSS를 이용하여 입항과 출항에서의 척도와 왜도 값을 나타낸 결과이다. 입항시에는 왜도가 약 1.0으로 관측값이 왼쪽에 모여 있고, 출항시에는 왜도가 약 0.2로 관측값이 중앙에 모여 있다. 즉, 입항시에는 동방파제에 붙어 항해하고, 출항시에는 항로의 중앙으로 항해하는 것으로 판단된다. 또한 척도는 입항시 약 0.7로 정규분포보다 좁고 높게

부산 북항·감천항의 위험화물운반선 통항패턴에 관한 연구

모여 있는 형태를 보이며, 출항시에는 약 - 0.2로 정규분포에 가까운 형태를 보인다.

Table 6. Result of skewness and kurtosis for Gamcheon port

	Status	Statistic	Standard error
Enter	Skewness	.961	.192
	Kurtosis	.707	.381
leaving	Skewness	.211	.192
	Kurtosis	-.239	.381

4. 결 론

부산항은 대한민국 제1의 항만이며, 컨테이너화물 처리실적을 기준으로 세계 6위의 항만이다. 선행연구에서는 주로 부산항 항로의 개선 및 통항량 조사 등에 초점을 맞추어 수행하였으나, 실제의 통항 패턴에 대한 연구는 진행되지 않았다.

이에 본 연구에서는 부산항의 위험화물운반선의 통항이 가장 많은 계절별 연속 3일을 선택하기 위하여 Port-MIS 자료를 이용하였다. 부산항의 위험화물운반선 통항은 연속 3일간 평균 906.75척이 통항하고 있으며, 1일평균 302.25척이 통항함을 알 수 있었다.

또한 동일 기간의 GICOMS 자료를 획득하여, 2015년 부산항을 입·출항하는 위험화물운반선의 항적정보를 분석하였다. 수집된 자료 중 위험화물운반선의 전체 누적항적, 계절별 항적 등을 ECDIS 상에 표시하여 분석하였으며, 누적항적과 계절별 항적의 편차가 없는 것으로 보아 계절별 편차는 없는 것으로 평가되었다.

선박이 항로를 통항할 경우, 일반적으로 항로 단면에서의 선박 항행 궤적의 분포는 정규분포(Normal Distribution)를 이루는 것으로 알려져 있고, 이에 따라 해사안전법상 해상교통안전진단 등 관련 연구에서도 충돌확률 등을 구할 때, 정규분포를 가정하여 정규분포의 누적 확률분포 함수를 이용하여 확률을 추정하고 있다.

본 연구에서는 GICOMS 자료를 이용하여 부산 북항과 감천항의 위험화물운반선의 입·출항에 따른 방파제와 근접거리를 이용하여 정규분포에 따르는 지를 검토하였으며, 검토 결과 감천항 출항시를 제외하고는 정규분포를 따르지 않는 것으로 평가되었다. 또한 다음과 같은 통항 패턴과 결론을 얻었다.

첫째, 부산 북항의 경우 우측통항의 경향이 두드러지게 나타났다. 왜도가 절대값 약 1.0에 근사하며, 첨도 또한 약 1.0에 근사하였다. 이는 정규분포에 비해 한쪽으로 치우쳐

운항되고, 평균에 집중하여 통항하는 것으로 판단된다. 따라서 부산 북항에서는 정규분포를 이용하는 것보다 선박 입출항법 등에 의한 우측통항 경향을 반영한 통항패턴을 이용하는 한 평가방법이 적합한 것으로 판단된다.

둘째, 부산 감천항의 경우 입항시에는 우측통항의 경향이 나타났으나, 출항시에는 정규분포하는 것으로 나타났다. 또한 북항에 비하여 왜도와 첨도가 작은 것으로 보아 보다 정규분포에 가깝다고 할 수 있다. 이는 자연환경에 기인한 것으로 판단되며, 추후 횡조류의 영향에 의한 통항패턴에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

따라서 현재 진행중인 해상교통안전진단제도 등에 의한 연구 시 정규분포를 따르는지에 대한 검토가 우선되어야 할 것이며, 해당 항만의 특성을 반영한 통항패턴을 마련하고 그에 따른 평가가 필요할 것으로 보인다.

다만, 본 연구는 부산항의 북항과 감천항 입구부에 한정된 연구인만큼 보다 다양한 항만과 변수 등에 대한 각각도의 후속연구가 필요할 것으로 보이며, 각 항만의 특성에 맞는 통항모델 개발을 지속적으로 수행할 필요가 있는 것으로 판단된다.

References

- [1] BPA(2016a), Busan Port Authority, 2015 Port of Busan Container Statistics, website accessed: 24 Dec. 2016 <http://www.busanpa.com/eng/Board.do?mode=view&idx=18701&mCode=MN0043>.
- [2] BPA(2016b), Busan Port Authority, Busan port-Port Facilities website accessed: 24 Dec. 2016, http://new.busanpa.com/Service.do?id=portconst_ga_01.
- [3] BPA-net(2016), Busan Port Authority-net, 2015 Port of Busan Container Statistics, website accessed: 24 Dec. 2016. <http://www.bpa-net.com/resources/bpa/swf/FlexMain.jsp?type=mnetstats>.
- [4] Choi, J. G.(2013), Geo statistics, p. 88.
- [5] Jung, Y. H., J. H. Cho, J. B. Ryu and K. S. Kim(2008), EXCEL statistics analysis, p. 95.
- [6] Karine, C., C. Kristof, D. Nathalie and H. Nico(2016), Marketing Research with IBM SPSS Statistics, p. 41.
- [7] Kim, D. B. and Y. S. Park(2016), A Study on the Route Operation & Safety Improvement in Gwangyang Traffic Safety Designated Area Based on ES Model, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 22, No. 2, pp. 153-159.
- [8] Kim, D. J.(2016), Characteristics of Ship's Traffic Route in

Yeosu-Gwangyang Port, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol. 28, No. 2, pp. 593-549.

- [9] Kim, J. H.(2008), The Forecast of the Cargo Transportation for the North Port in Busan, using Time Series Models, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 24, No. 2, pp. 1-17.
- [10] Kim, J. K., Y. J. Ahn, S. W. Kim and Y. S. Lee(2016), A Normal Distribution Test of passing main fairway for Dangerous goods Tanker on Busan port, The Korean Society of Marine Environment & Safety, 2016.11, pp. 195-196.
- [11] Lee, Y. S., M. Jung, C. U. Song, J. S. Park, Y. S. Park and I. S. Cho(2007), A Study on the Traffic Improvement at an Approach Area of Busan Harbor, Journal of Korea Navigation and Port Research, Vol. 31, No. 5, pp. 345-351.
- [12] Park, Y. S. and J. S. Kim(2015), Correlation between Maritime Traffic Safety Assessment Scheme and Ship Navigation Analysis Result in the Busan Approaching Route, The Korean Society of Marine Environment & Safety, 2015.4, pp. 266-268.
- [13] Seo, D. H., C. R. Ryu, H. T. Kim and H. S. Yoon(2012), A Comparative study on the Improvement of Gamcheon Harbour Tranquility, The Korean Society of Marine Environment & Safety, 2012, pp. 165-170.

Received : 2016. 12. 28.

Revised : 2017. 02. 13. (1st)

: 2017. 02. 23. (2nd)

Accepted : 2017. 02. 25.