

집중도 지수를 활용한 HNS 사고 대비 우선지역 선정

하민재* · 장하용** · 김태형*** · 윤종휘**** · 이문진***** · † 이은방

*전남대학교 해양경찰학과(비전임교원), **한국항만연수원, ***한국해양대학교 대학원,
****, † 한국해양대학교 해양경찰학과 교수, *****선박해양플랜트연구소

Setting of Regional Priorities in Preparedness for Marine HNS Spill Accident in Korea by using Concentration Index

Min-Jae Ha* · Ha-Lyong Jang** · Tae-Hyung Kim*** · Jong-Hwui Yun****
· Moon-Jin Lee***** · † Eun-Bang Lee

*Dept. of Coast Guard Studies, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

**Korea Port Training Institute, Busan 48562, Korea

***Graduate School, Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

****, † Dept. of Coast Guard Studies, Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

*****Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

요 약 : 위험·유해물질(HNS) 유출사고를 대비하기 위하여 본 연구에서는 지역별 산업 집중도를 지수화하여 동향을 파악하기 위해 쓰이는 집중도지수를 활용하여 HNS 사고의 지역별 집중도를 확인하였다. 이는 HNS를 포함한 해양 유출사고 데이터를 바탕으로 HNS 사고 규모 집중도지수와 HNS 사고 빈도 집중도지수를 수치화하여 하나의 값인 HNS 사고 집중도지수를 제시하는 방식이다. 도출된 지역별 HNS 사고집중도 지수값을 바탕으로 울산을 HNS 대비 최우선 지역, 여수, 부산, 태안을 HNS 대비 우선지역, 군산, 목포, 완도, 인천, 통영, 평택, 포항을 HNS 대비 필요지역, 그 밖에 해양유출사고가 발생하지 않은 동해, 보령, 부안, 서귀포, 속초, 제주, 창원을 HNS 대비 지원지역으로 그룹화하여 대비측면의 우선순위를 설정하였다.

핵심용어 : 위험·유해물질, 해양 유출사고, 사고 규모 집중도지수, 사고 빈도 집중도지수, 사고 집중도지수, 대비 우선순위

Abstract : The concentration of the HNS Accident for each region was confirmed to prepare against an HNS Spill accident by using a Concentration Index which is used to assess industry concentration trend. This is to present the HNS Accident Concentration Index by combining HNS Accident Scale Concentration Index and an HNS Accident Frequency Concentration Index based on the data of marine spill accidents including the HNS accident. Based on the HNS Accident Concentration Index, Ulsan was identified as a top priority region for preparedness, Yeosu, Busan and Taean were identified as priority regions for preparedness, Gunsan, Mokpo, Wando, Incheon, Tongyeong, Pyeongtaek and Pohang were identified as necessary regions for preparedness, Donghae, Boryeong, Buan, Seogwipo, Sokcho, Jeju and Changwon, in which no marine spill accidents occurred, were identified as support regions for preparedness.

Key words : Hazardous and Noxious Substances, Marine Spill Accident, Accident Scale Concentration Index, Accident Frequency Concentration Index, Priority of Preparedness

1. 서 론

최근 우리나라 해상으로 운송되는 위험·유해물질(Hazardous and Noxious Substances; HNS) 물동량은 증가하고 있고(Ministry of Oceans and Fisheries, 2015), HNS 해상물동량이 전체 물동량의 50% 이상을 차지하여 HNS에 의한 사고의 위험성이 증대되고 있다(Lee, 2006). 최근에는 2014년 여수에서 발생한 우이산호 사고 시에 유출된 유해 나프타

성분으로 인해 방제작업에 투입된 주민의 직접적인 피해가 발생하였으며, 2015년 1월에는 울산항에서 혼합산이 적재된 선박 폭발 사고가 발생하는 등 HNS 유출로 인한 사고가 빈번하게 발생하고 있어(Ha et al., 2016), 이에 대한 대비의 중요성이 강조되고 있다.

현행 유류 및 위험유해물질(HNS) 국가방제체제에 따르면, 최대가능 유출량을 바탕으로 방제목표를 설정하고 있으며(Lee, 2006), 과거 위험성 평가를 통한 지역별 회수능력 설정

† Corresponding author, 중신회원, eunbang@kmou.ac.kr 051)410-4236

* 정희원, hmj153@naver.com 051)410-4834

(주) 이 논문은 “HNS 사고위험 평가기술 및 위험도지도 개발 분야”란 제목으로 “2017 공동학술대회 한국항해항만학회논문집(BEXCO, 2017.4.19-20, pp.46)”에 발표되었음.

시 사고통계의 활용은 사고로 인한 물질의 유출량에만 한정되어 있었다(Ha and Yun, 2013). 하지만, 일반적인 위험도는 사고빈도와 사고규모의 곱으로 계산한다는 일반상식을 바탕으로 본다면, 규모의 측면인 유출량 뿐만 아니라 빈도의 측면, 즉, 사고의 건수도 중요한 요소로 볼 수 있다.

이에, 본 연구에서는 산업 집중도지수를 활용하여 HNS 사고의 규모와 빈도를 함께 통합적으로 표시할 수 있는 지수값을 도출하였고, 도출된 지역별 지수값을 바탕으로 대비 우선지역을 선정하였다.

2. 이론적 배경

2.1 HNS 유출사고 발생 현황

해양오염사고대응의 주관 부처인 해양경찰청에서 해양오염 사고를 통계화하여 정리하기 시작한 1994년 1월부터 2016년 6월까지 우리나라 해역에서 발생한 HNS 사고 발생현황 누적값(유출량 및 사고건수)과 정규화 결과는 Table. 1과 같다. 지역의 구분은 Raw-Data 이용의 편의를 위해 현행 해양경찰서 관할 해역을 기준으로 하였다.

Table 1 Regional Occurrence of HNS Spill Accident at sea (94°.01'~16°.06')

Region	Amount of HNS Spill(ℓ)	Ratio	No. of HNS Spill	Ratio
GUNSAN	211,791	0.069	2	0.026
DONGHAE	-	0.000	-	0.000
MOKPO	48,000	0.015	1	0.013
BORYEONG	-	0.000	-	0.000
BUSAN	2,011	0.001	3	0.039
BUAN	-	0.000	-	0.000
SEOGWIPO	-	0.000	-	0.000
SOKCHO	-	0.000	-	0.000
YEOSU	1,526,189	0.495	15	0.197
WANDO	75,299	0.024	1	0.013
ULSAN	1,169,495	0.379	38	0.500
INCHEON	54	0.000	1	0.013
JEJU	-	0.000	-	0.000
CHANGWON	-	0.000	-	0.000
TAEAN	45,499	0.015	6	0.079
TONGYEONG	5,328	0.002	7	0.092
PYEONGTAEK	600	0.000	1	0.013
POHANG	500	0.000	1	0.013
Sum	3,084,766	1	76	1

※ Source : Korea Coast Guard

지역별 HNS 사고는 대형 HNS 저장시설이 분포되어 있는 여수와 울산에서 주로 발생하는 것을 알 수 있는데, 유출량 측면에서는 여수에서 약 49%, 울산에서 약 38%로, 전체 사고 유출량의 87% 두 지역에 집중되어 있고, 사고건수 측면에서

는 여수에서 19%, 울산에서 50%로, 전체 사고건수의 69%가 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 지역별 HNS 사고 유출량과 건수를 정규화한 값을 Fig.1.에 표시하였다.

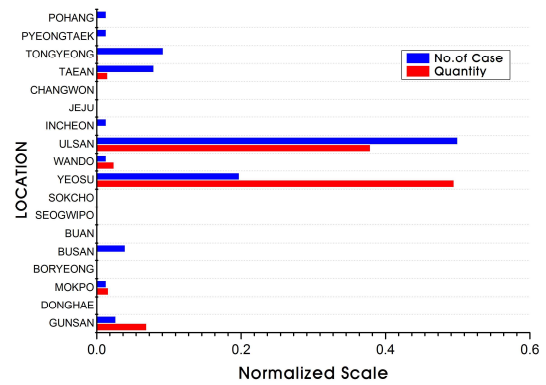


Fig. 1 Normalization Result of Regional Occurrence of HNS Spill Accident(Spill Amount & Number)

Fig.1 에 따른 지역별로 발생한 HNS 유출사고의 유출량과 건수는 특정 지역에 많이 집중되어 있지만, 두 값이 반드시 비례하지는 않는다는 것을 알 수 있다. 이는 사고위험성을 평가함에 있어서 사고 현황을 반영하고자 한다면 유출량 뿐만 아니라 사고의 빈도를 나타내는 건수도 포함시킬 필요가 있다는 것을 보여준다. 따라서, HNS 유출사고의 두가지 요소, 즉, 유출량과 건수를 모두 반영한 지수값을 도출하면 유의미한 결과가 나올 것으로 예상된다.

2.2 집중도지수

Loewenstein(1963)은 집중도지수(Index of Concentration)란 개념을 사용하여 도시 내 각 활동의 토지이용의 분석상황을 측정하였다. 이 지수에 의해 도시 내 각 활동의 집중도와 분산의 정도를 측정할 수 있으며 시간적으로 그 변화를 고찰하면 특정기능이 외곽으로 분산되는지를 알 수 있다(Korea Research Institute for Human Settlements, 1981). 집중도지수는 산업 또는 업종의 공간적 분포를 보여주지만 지역내 특화된 산업이 무엇인가에 대해서는 밝혀주지 못한다. 이러한 특정지역에 있어 어떤 업종이 전문화되어 있는가를 판별하게 해주는 척도가 특화도지수이다(Korea Research Institute for Human Settlements, 1981).

우리나라의 경우, 전국경제인연합회에서 우리나라 22개 도시의 전략산업을 선정하기 위해 다양한 산업분석을 시행했다. 그 중에서 각 도시의 산업특화도를 나타내는 지표로서 특화도 지수를 계산했고, 특화도지수를 높이는 데 기여한 산업이 특화산업으로서 전략산업의 가능성이 있음을 논하였던 이력이 있다(Korea Research Institute for Human Settlements, 2004). 관련된 국내의 최근 연구는 부산시를 대상으로 업종별 집중도지수를 계산한 연구(Yun and Lee, 2000), 집중도지수를

이용하여 수도권 5개 권역에 대해 읍·면·동을 단위로 해 인구의 집중도지수 변화를 살펴본 연구(Lee and Lee, 2002; Korea Research Institute for Human Settlements, 2004) 등이 있다.

집중도지수는 각 산업 또는 인구집단을 중심으로 해서 이들이 공간적으로 어느 정도 집중해 있는지를 나타내는 지수이다. 특정 시점에 있어 산업간 또는 인구집단 간 집중도의 차이, 또는 어떤 산업이나 인구집단의 시기적 분포 변화를 파악할 수 있게 하는 것이다(Korea Research Institute for Human Settlements, 2004).

특정 산업의 집중도지수는 다음 공식에 의해 구해진다.

$$L_k = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \left| \frac{e_i^k}{e^k} - \frac{e_i}{e} \right| \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

여기서 L_k 는 k 업종의 집중도 지수, e_i^k 는 i 지역 k 업종 종업원 수, e_i 는 i 지역 전업종 종업원 수, e^k 는 전국 k 업종 종업원 수, e 는 전국 전업종 종업원 수를 말한다. L_k 는 0과 1 사이의 값을 가지고, 계수의 값이 클수록 집중도가 높은 것을 의미한다(Korea Research Institute for Human Settlements, 2004).

3. HNS 유출사고 집중도지수 개발

3.1 HNS 유출사고 집중도지수

본 연구에서는 산업의 집중도지수를 활용하여 HNS 유출사고 집중도지수값을 도출하였는데, HNS 유출사고 집중도지수는 산업 및 인구집단 등에서 사용 중인 특화도와 집중도지수의 개념과 토대를 해상 유출사고에 접목시켜 계산하였다. HNS 유출사고 집중도지수(HNS Spill Accident Concentration Index of HNS)는 과거 발생한 HNS 유출사고의 유출량과 발생건수를 이용하여 이들이 공간적으로 어느 정도 집중되어 있는지를 나타내기 위한 지수이다.

3.1.1 HNS 유출사고 규모 집중도지수

HNS 유출사고 규모 집중도지수(HNS Spill Accident Quantity Concentration Index, 이하 SQ_{HNS})는 과거 발생한 HNS 유출사고의 유출량을 이용하여 지역별 사고분포도를 정량적으로 나타내는 것이며 아래와 같이 <식 2>에 의해 구해진다.

$$SQ_{HNS} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i^{HNS}}{e^{HNS}} - \frac{e_i}{e} \right| \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

여기서 e_i^{HNS} 는 i 지역에서 발생한 해상 HNS 유출량, e^{HNS}

는 전지역에서 발생한 해상 HNS 유출량, e_i 는 i 지역에서 발생한 해상 유출사고 총 유출량(HNS 포함), e 는 전지역에서 발생한 해상 유출사고 총 유출량(HNS 포함)이다. SQ_{HNS} 는 0과 1사이의 값을 가지며, 값이 클수록 집중도가 높은 것을 의미한다. 단, HNS 유출사고가 일어나지 않은 지역은 지수화하지 않고 그 값을 0으로 한다.

3.1.2 HNS 유출사고 빈도 집중도지수

HNS 유출사고 빈도 집중도지수(HNS Spill Accident Case Number Concentration Index of HNS, 이하 SN_{HNS})는 과거 발생한 HNS 유출사고의 발생건수를 이용하여 지역별 사고분포도를 정량적으로 나타내는 것이며, 아래 <식 3>에 의해 구해진다.

$$SN_{HNS} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m \left| \frac{e_j^{HNS}}{e^{HNS}} - \frac{e_j}{e} \right| \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

여기서 e_j^{HNS} 는 j 지역에서 발생한 해상 HNS 유출사고 건수, e^{HNS} 는 전지역에서 발생한 해상 HNS 유출사고 건수, e_j 는 i 지역에서 발생한 해상 유출사고 건수, e 는 전지역에서 발생한 해상 유출사고 건수이다.

이때 비교의 대상을 전체 HNS 유출사고 건수로 할 경우 전체 HNS 유출사고 건수 비교 HNS 물질별의 상대적 집중도를 나타내게 된다. SN_{HNS} 는 0과 1사이의 값을 가지며, 값이 클수록 집중도가 높은 것을 의미한다. 단, HNS 유출사고가 일어나지 않은 지역은 지수화하지 않고 그 값을 0으로 한다.

3.2 적용

HNS 유출사고 집중도지수를 적용하기 위해 총 18개 지역으로 구분하였는데, 이는 현행 해양경찰서 관할 수역을 기준으로 하였다. 해상 유출사고 Raw-Data는 해양경찰청의 해상 유출사고 통계자료를 활용하였다.

3.2.1 HNS 유출사고 규모 집중도지수의 적용

과거 발생했던 HNS 유출사고 유출량과 이를 <식 2>에 대입한 지수값 SQ_{HNS} 는 Table 2.와 Fig. 2와 같다.

Table 2 Raw-Data and Result of $SQ_{HNS}(94'.01\sim16'.06.)$

Region	Total Spill Accident(ℓ)	HNS Spill Accident(ℓ)	SQ_{HNS}
GUNSAN	397,569	211,791	0.031
DONGHAE	199,263	-	-
MOKPO	1,730,307	48,000	0.010
BORYEONG	20,228	-	-
BUSAN	7,444,085	2,011	0.076
BUAN	20	-	-
SEOGWIPO	189,616	-	-
SOKCHO	75,842	-	-
YEOSU	12,715,223	1,526,189	0.118
WANDO	198,355	75,299	0.010
ULSAN	7,201,312	1,169,495	0.116
INCHEON	747,735	54	0.008
JEJU	973,355	-	-
CHANGWON	55,827	-	-
TAEAN	12,955,594	45,499	0.125
TONGYEONG	2,903,376	5,328	0.029
PYEONGTAEK	42,434	600	0.001
POHANG	1,234,984	500	0.013

※ Source : Korea Coast Guard

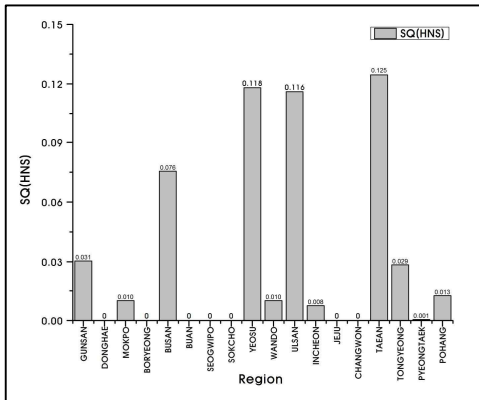


Fig. 2 Result of spill accident quantity concentration index of HNS

Table 3.과 Fig. 3.을 보면 전체 유출사고 유출량은 태안, 여수, 부산 그리고 울산 순으로 많았고, HNS 유출사고 유출량은 여수, 울산, 군산, 완도 그리고 태안 순으로 많았다.

여수, 울산의 경우에는 전체 유출사고 유출량 뿐 아니라 HNS 유출사고 유출량도 많은 것으로 나타났다. 군산의 경우에는 전체 유출사고 유출량 대비 HNS 사고 유출량의 비율이 높은 것으로 나타났고, 태안의 경우에는 허베이 스피리트호 사고로 인한 일반 유류의 유출량이 많아 전체 유출 사고 유출량 대비 HNS 사고 유출량의 비율이 낮은 것으로 나타났다.

SQ_{HNS} 를 비교·분석한 결과, 태안, 여수, 울산 순으로 SQ_{HNS} 가 높은 그룹으로 나타났으며, 부산, 군산, 통영, 포항, 완도, 목포, 인천 순으로 SQ_{HNS} 가 중간인 그룹으로, 평택, 동해, 부안, 서귀포, 속초, 제주, 창원 순으로 SQ_{HNS} 가 매우 낮거나 없

는 그룹으로 나타났다.

3.2.2 HNS 유출사고 빈도 집중도지수의 적용

과거 발생했던 HNS 유출사고 건수와 이를 <식 3>에 대입한 지수값 SN_{HNS} 는 Table 3.과 Fig. 3과 같다.

Table 3 Raw-data and result of $SN_{HNS}(94'.01\sim16'.06.)$

Region	Total Spill Accident	HNS Spill Accident	SN_{HNS}
GUNSAN	324	2	0.009
DONGHAE	348	-	-
MOKPO	452	1	0.024
BORYEONG	15	-	-
BUSAN	1,548	3	0.084
BUAN	1	-	-
SEOGWIPO	72	-	-
SOKCHO	351	-	-
YEOSU	620	15	0.058
WANDO	203	1	0.007
ULSAN	608	38	0.210
INCHEON	621	1	0.035
JEJU	553	-	-
CHANGWON	37	-	-
TAEAN	376	6	0.015
TONGYEONG	820	7	0.009
PYEONGTAEK	54	1	0.003
POHANG	508	1	0.027

※ Source : Korea Coast Guard

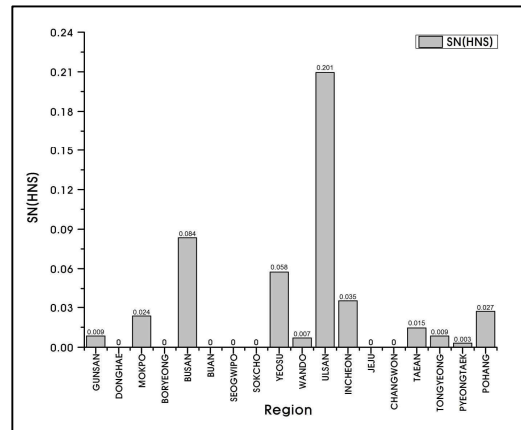


Fig. 3 Result of number of spill accident concentration index of HNS

Table 3.을 보면 전체 유출사고 건수는 부산, 통영, 인천, 여수 그리고 울산 순으로 많았고, HNS 유출사고 건수는 울산, 여수, 통영, 태안 그리고 부산 순으로 많았다.

여수, 울산의 경우 Table 2.와 마찬가지로 전체 유출사고 건수뿐만 아니라 HNS 유출사고 건수도 많은 것으로 나타났다. 통영의 경우에는 유출량은 적으나, 전체 유출사고 건수와

HNS 유출사고 건수가 많은 것으로 나타났다.

SN_{HNS} 를 비교·분석한 결과, 울산, 부산, 여수 순으로 SN_{HNS} 가 높은 그룹으로 나타났으며, 인천, 포항, 목포, 태안, 군산, 통영, 완도 순으로 SN_{HNS} 가 중간 그룹으로 나타났으며, 평택, 동해, 부안, 서귀포, 속초, 제주, 창원 순으로 SN_{HNS} 가 매우 낮거나 없는 그룹으로 나타났다.

3.3 결과 및 고찰

실제 유출사고 현황과 집중도지수의 경향의 차이를 확인하기 위해 전체 유출사고와 HNS 유출사고 현황의 지역별 비율과 지역별 집중도지수의 비율을 Table 5., Table 6., Fig. 4., Fig. 5.에 각각 나타내었다.

Table 5 Regional ratio of spill accident amount and SQ_{HNS}

Region	Ratio		
	Total Spill Accident	HNS Spill Accident	SN_{HNS}
GUNSAN	0.008	0.069	0.058
DONGHAE	0.004	0.000	0.000
MOKPO	0.035	0.016	0.019
BORYEONG	0.000	0.000	0.000
BUSAN	0.152	0.001	0.142
BUAN	0.000	0.000	0.000
SEOGWIPO	0.004	0.000	0.000
SOKCHO	0.002	0.000	0.000
YEOSU	0.259	0.495	0.220
WANDO	0.004	0.024	0.019
ULSAN	0.147	0.379	0.216
INCHEON	0.015	0.000	0.015
JEJU	0.020	0.000	0.000
CHANGWON	0.001	0.000	0.000
TAEAN	0.264	0.015	0.233
TONGYEONG	0.059	0.002	0.054
PYEONGTAEK	0.001	0.000	0.002
POHANG	0.025	0.000	0.024
Sum	1	1	1

Table 6 Regional ratio of No. of spill accident and SN_{HNS}

Region	Ratio		
	No. of Total Spill Accident	No. of HNS Spill Accident	SN_{HNS}
GUNSAN	0.043	0.026	0.019
DONGHAE	0.046	0.000	0.000
MOKPO	0.060	0.013	0.050
BORYEONG	0.002	0.000	0.000
BUSAN	0.206	0.039	0.175
BUAN	0.000	0.000	0.000
SEOGWIPO	0.010	0.000	0.000
SOKCHO	0.047	0.000	0.000
YEOSU	0.083	0.197	0.121
WANDO	0.027	0.013	0.015
ULSAN	0.081	0.500	0.437
INCHEON	0.083	0.013	0.073
JEJU	0.074	0.000	0.000
CHANGWON	0.005	0.000	0.000
TAEAN	0.050	0.079	0.031
TONGYEONG	0.109	0.092	0.019
PYEONGTAEK	0.007	0.013	0.006
POHANG	0.068	0.013	0.056
Sum	1	1	1

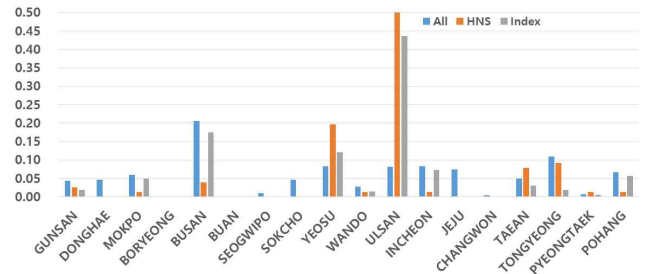


Fig. 5 Ratio comparison of spill accident No. & SN_{HNS} , (All regions)

HNS 유출사고현황과 집중도지수값의 비율은 동일한 경향의 결과값을 나타내지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 그래서 HNS 유출사고 현황과 집중도지수를 직접 비교하기 위하여 HNS 유출사고가 발생한 지역만을 대상으로 사고발생 현황의 비율과 집중도지수의 비율을 Fig. 6.과 Fig. 7.에 각각 나타내었다.

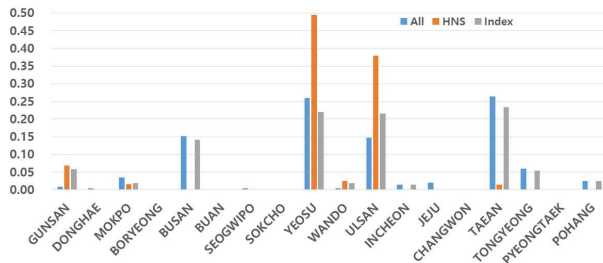


Fig. 4 Ratio comparison of spill amount & SQ_{HNS} , (All regions)

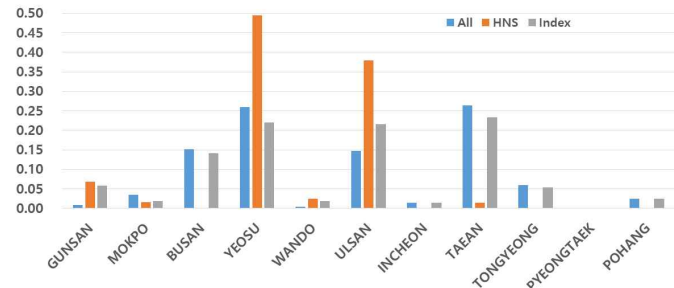


Fig. 6 Ratio comparison of spill amount & SQ_{HNS} (HNS spill accident reigions)

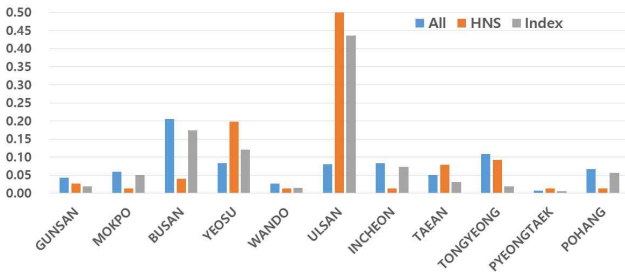


Fig. 7 Ratio comparison of spill accident No. & SN_{HNS} (HNS spill accident reigions)

기본적으로 HNS 유출사고가 발생했던 지역은 집중도지수 값이 사고현황의 비율에 어느정도 상응하는 모습을 보이고 있다. 하지만, 여기에 전체 유출사고의 비율이 반영되어 집중도 지수값이 도출되면 사고 현황과는 다른 비율의 값들이 산정되는데, 이는 다음과 같은 해석이 가능하다. 첫째, 전체 유출사고의 비율이 높고 HNS 유출사고 비율이 낮은 경우, 전체 사고가 반영되어 집중도지수값이 높아지는 결과를 보인다. 둘째, HNS 유출사고 비율이 높고 전체 유출사고의 비율이 낮은 경우, 집중도지수값이 낮아지는 결과를 보인다. 이러한 결과는 집중도지수는 HNS 유출사고의 현황 뿐만 아니라 전체 유출사고의 현황을 반영하기 때문인데, 사고의 개연성이라는 측면에서 본다면 유출사고가 많이 일어나는 지역은 HNS 유출사고도 증가할 수 있는 연관성을 가지므로, 위의 해석이 가능한 것으로 판단된다. 또한, 이러한 집중도지수값의 경향은 전국에서 발생한 전체 해양오염사고와 HNS 유출사고간의 상호 연관성에 따라 일관된 경향의 결과를 보이는데 의의가 있다고 하겠다.

과거 발생했던 HNS 유출사고 유출량과 사고건수를 <식 2>와 <식 3>에 대입하여 구해진 지수값 SQ_{HNS} 와 SN_{HNS} 는 Table. 7 및 Fig. 8.에 정리하여 나타내었다.

Table 7 Result of SA_{HNS} (94'.01.'16'.06.)

Region	SQ_{HNS}	SN_{HNS}
GUNSAN	0.031	0.009
DONGHAE	-	-
MOKPO	0.010	0.024
BORYEONG	-	-
BUSAN	0.076	0.084
BUAN	-	-
SEOGWIPO	-	-
SOKCHO	-	-
YEOSU	0.118	0.058
WANDO	0.010	0.007
ULSAN	0.116	0.210
INCHEON	0.008	0.035
JEJU	-	-
CHANGWON	-	-
TAEAN	0.125	0.015
TONGYEONG	0.029	0.009
PYEONGTAEK	0.001	0.003
POHANG	0.013	0.027

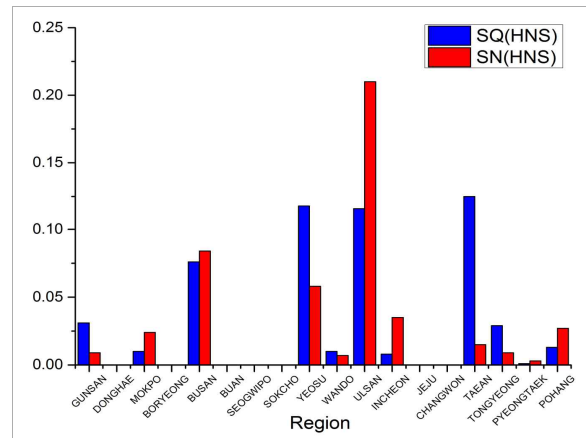


Fig. 8 Result of spill accident concentration iIndex of HNS

도출된 지수값의 결과를 보면, 울산이 전반적으로 가장 높은 값을 나타내고 있고, 다음으로 여수, 부산, 태안이 높은 그룹으로 나타났고, 인천, 군산, 포항, 통영, 목포, 완도가 중간 정도의 값을 나타냈으며, 마지막으로 평택, 동해, 보령, 부안, 서귀포, 속초, 제주, 창원이 매우 낮거나 없는 지역으로 나타났다.

부산의 경우, HNS 유출사고의 규모와 건수가 높은 분포를 보이지는 않으나 지수값이 높게 나온 것은 HNS 사고 집중도 지수 계산식에 HNS 이외의 유출사고의 값이 반영되기 때문인 것으로 생각된다. 이 값이 타 지역에 비해 월등히 높기 때문인데 이는 해상물동량이 전국에서 가장 많기 때문인 것으로 판단된다. 사고의 개연성이라는 측면에서 본다면 물동량이 많은 것을 선박통항량이 많은 것이고, 이는 HNS를 운송하는 선박의 사고 개연성도 높일 것으로 예상할 수 있다.

앞서 지역별로 산정된 SQ_{HNS} 와 SN_{HNS} 의 값을 X, Y축의 값으로 하여 그래프를 그린 결과는 Fig. 9와 같다.

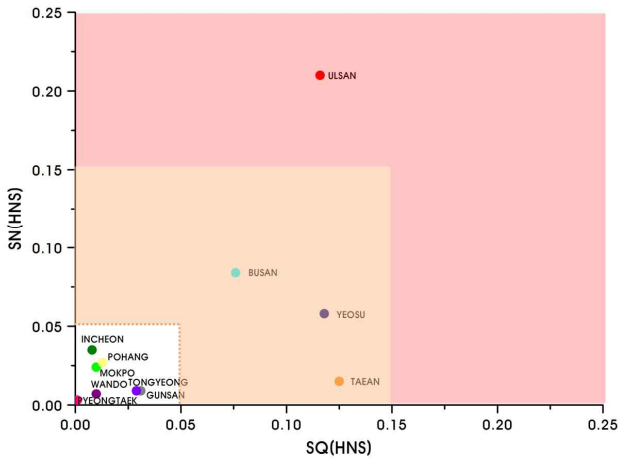


Fig. 9 Distribution status of regional SQ_{HNS} & SN_{HNS}

그래프상의 분포현황을 바탕으로 그룹화해보면, 지수값이 0인 지역, 0~0.05인 지역, 0.05~0.15인 지역, 0.15~0.25인 지역으로 분류 가능한 것으로 판단하였다. 이를 기준으로 지역별 집중도 지수값을 살펴보면, 울산이 규모와 빈도 측면 모두 압도적으로 높은 지수값을 나타내고 있어 울산지역을 첫 번째 그룹, HNS 대비 최우선지역으로 분류하였다. 여수, 부산, 태안 지역은 지수값이 0.05~0.15 사이의 값을 나타내고 있어 두 번째 그룹, HNS 대비 우선지역으로 분류하였다. 다음으로, 지수값이 0~0.05 사이의 값을 나타내고 있는 인천, 군산, 포항, 통영, 목포, 완도, 평택을 세 번째 그룹, HNS 대비 필요 지역으로 분류하였다. 그밖에 동해, 보령, 부안, 서귀포, 속초, 제주, 창원 등은 HNS 사고가 발생하지 않은 지역이므로 HNS 대비 지원 그룹으로 분류하였다(Table 8).

Table 8 Group of region for HNS accident preparedness

Preparedness	Region
Top Priority	Ulsan
Preferred	Yeosu, Busan, Taean
Necessary	Gunsan, Mokpo, Wando, Incheon, Tongyeong, Pyeongtaek, Pohang
Support	Donghae, Boryeong, Buan, Seogwipo, Sokcho, Jeju, Changwon

지역별 집중도 지수값의 결과는 HNS 유출사고의 규모 뿐만 아니라 빈도의 측면을 반영하기 위하여 규모 집중도지수는 X축, 빈도 집중도지수는 Y축에 놓고 두 요소를 복합적으로 반영하여 지역간의 HNS 대비 우선순위를 판단하는데 도움이 되도록 하였다.

4. 결 론

HNS 사고를 대비하기 위하여 본 연구에서는 지역별 산업 집중도를 지수화하여 집중도 정도를 파악하기 위해 쓰이는 집중도지수를 활용하여 HNS 사고의 지역별 집중도 정도를 확인할 수 있도록 수정·적용하여 결과값을 도출하였다. 이는 HNS를 포함한 해상에서의 유출사고 데이터를 바탕으로 지역별 HNS 사고규모 집중도지수와 HNS 사고빈도 집중도지수를 수치화하여 제시하는 것이다. 도출된 지역별 HNS 사고규모 및 빈도 집중도 지수값을 바탕으로 울산을 HNS 대비 최우선 지역, 여수, 부산, 태안을 HNS 대비 우선지역, 군산, 목포, 완도, 인천, 통영, 평택, 포항을 HNS 대비 필요지역, 그 밖에 해양유출사고가 발생하지 않은 동해, 보령, 부안, 서귀포, 속초, 제주, 창원을 HNS 대비 지원지역으로 그룹화하여 대비측면의 우선순위를 선정하였다. 이러한 HNS 사고 집중도지수값은 HNS 사고대비자원의 배치에 직접 활용가능할 것으로 판단된다. HNS 사고 집중도지수는 HNS 유출사고의 규모와 빈도의 측면만을 이용하여 도출되었는데, 향후 환경적 또는 사회적 요소를 추가·반영하여 보완한다면 HNS 사고 대비 우선순위 뿐만 아니라 HNS 사고 위험성평가에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 2017년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구 (위험유해물질(HNS)사고 관리기술 개발)이다.

References

- [1] Korea Research Institute for Human Settlements(1981), A quantitative Approaches for Regional Analysis, pp. 251-252, 433-434.
- [2] Korea Research Institute for Human Settlements(2004), Spatial Analysis, pp. 28-34.
- [3] Lee, M. H. and G. B. Lee(2002), "A Study on Spatial Distribution of Residential Area in the Capital Region", Journal of Korea Planning Association, Vol. 37, No. 2, pp. 279-288.
- [4] Lee, M. J.(2006), "A Guideline on Establishment of National Response System to Maritime Oil & HNS Pollution Incident", Autumn Symposium of The Korean Society for Marine Environment and Energy, pp. 62-68.
- [5] Loewenstein, Louis K. (1963), "The Location of Urban Land Uses", Land Economics, Vol. 39, No. 4, pp.

407-420.

- [6] M. J. Ha, and J. H. Yun(2013), "A Study on the Setting of Regional Oil Recovery Capacity On Water in Koera, The Korean Society of Marine environment & Safety, Vol. 19, No. 6, pp. 606-611.
- [7] M. J. Ha,, H. Y. Jang, J. H. Yun, M. J. Lee and E. B. Lee.(2016), "A Study on the Design of Standard Code for Hazardous and Noxious Substance Accidents at sea", The Korean Society of Marine environment & Safety, Vol. 22, No. 2, pp. 228-232.
- [8] Ministry of Oceans and Fisheries(2015), Introduction of International Maritime Dangerous Goods Code, pp.8-9
- [9] Yun, S. W. and K. G. Lee.(2000), "The Study on the Spatial Distribution Characteristics and Transformation of Commercial Function in Pusan", Journal of Korea Planning Association, Vol. 35, No. 3, pp.77-94.

Received 4 September 2017

Revised 25 October 2017

Accepted 26 October 2017