

신속한 의사결정을 위한 HNS 사고이력관리시스템 설계 및 구현

장하용* · 하민재** · 장하식*** · 윤종휘**** · 이은방**** · 이문진*****

* 한국항만연수원 부산연수원, ** 전남대학교 해양경찰학과(비전임교원), *** 한국해양대학교 해양플랜트학과, **** 한국해양대학교 해양경찰학과, ***** 선박해양플랜트연구소

Design and Implementation of an HNS Accident Tracking System for Rapid Decision Making

Ha-Lyong Jang* · Min-Jae Ha** · Ha-Seek Jang*** · Jong-Hwui Yun**** · Eun-Bang Lee**** · Moon-jin Lee*****

* Korea Port Training Institute, Busan 48562, Korea

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

*** Dept. of Offshore Plant Studies, 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 : HNS사고는 대규모 화재와 폭발을 수반하며, 다수의 인명사고와 주변지역에 극심한 환경오염을 야기함으로 신속한 의사결정을 통하여 광범위한 확산을 막아야 한다. 본 연구는 국내 HNS사고사례를 해상이라는 특수성이 반영된 표준코드를 바탕으로 고품질, 표준화, 디지털화된 HNS사고 데이터베이스를 구축하여 사고발생 시 신속하고 합리적인 의사결정을 지원하고, 체계적인 통합관리 및 공유가 가능한 HNS사고이력관리시스템(HATS)을 설계하고 구현하였다. 또한 개발된 시스템을 활용하여 23년간 수집된 국내 HNS사고데이터 76건에 대해 각 항목별로 통계분석을 수행하여, 국내에서는 매년 평균 3.3건의 사고가 일어나며, 주요 HNS사고요인은 춘계기간 (41%), 계류장 (51%), 케미컬운반선 (49%), 승무원에 의한 과실 (45%), 자일렌류 (12%)인 것으로 확인되었다. (괄호안 : 사고분류기준별 해당 사고요인의 퍼센트 비율임)

핵심용어 : 위험·유해물질, 사고이력관리시스템, 해양오염, 해양사고, 사고데이터, 해양사고통계

Abstract : HNS accidents involve large-scale fires and explosions, causing numerous human casualties and extreme environmental pollution in the surrounding area. The widespread diffusion of effects should be prevented through rapid decision making. In this study, a high-quality, standardized, and digitized HNS accident databases has been generated based on the HNS standard code proposed. Furthermore, the HNS Accident Tracking System (HATS) was applied and implemented to allow for systematic integration management and sharing. In addition, statistical analysis was performed on 76 cases of domestic HNS accident data collected over 23 years using HATS. In Korea, an average of 3.3 HNS accidents occurred each year and major HNS accident factors were Springs (41%), Aprons (51%), Chemical Carriers (49%), Crew's Fault (45%) and Xylenes (12%). (The number in parentheses is the percentage of HNS accident factors for each HNS accident classification)

Key Words : Hazardous and Noxious Substances (HNS), Accident tracking system, Marine pollution, Marine accident, Accident data, Marine accident statistics

* First Author : skjjo@naver.com, 051-718-0826

† Corresponding Author : hmj153@naver.com, 051-410-4834

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

위험유해물질(HNS, Hazardous and Noxious Substances)이란 기름 이외의 물질 중 사람의 건강과 바다의 생물에게 해로운 물질뿐만 아니라 바다에서의 활동 쾌적성을 손상시키고, 합법적인 해양의 이용을 방해하는 물질로 정의된다(IMO, 2000). 최근 국립국어원에서는 우리 생활과 산업에 밀접하지만 이해가 어려운 용어를 순화 및 표준화 대상으로 정하였는데, 이중 ‘HNS사고’가 선정되었다. 이에 국민안전처에서는 위험유해물질 등 화학물질이 해상에 유출된 사고를 의미하는 ‘HNS사고’를 일반인들이 이해하기 쉬운 ‘유해화학물질사고(약어 : 화학사고)’로 용어를 순화하여 발표할 정도로 HNS는 일상적인 용어가 되었다(MPSS, 2016).

또한 국내의 석유화학산업 및 첨단산업의 발전으로 해상으로 운송되는 HNS 물동량과 운송빈도가 증가하고 있으며, 이로 인해 필연적으로 HNS사고의 발생가능성도 높아지고 있다(Lee et al., 2012). 이러한 HNS사고는 대규모 화재와 폭발을 야기하고 다수의 인명사고와 주변지역에 극심한 환경오염을 야기하기 때문에 해상이라는 특수한 환경이 반영된 합리적인 관리체계를 요구한다(Im et al., 2006; Im and Noh, 2006; Choi and Lee 2009).

그러나 현재 사고예방, 초기정보 확보, 사고대응, 사고조사, 사고수습으로 이어지는 국내의 HNS사고관련 업무는 해양수산부, 국민안전처(해양경비안전본부), 지자체를 비롯한 다양한 관련부처 및 산하기관에 분산되어 있다(Yu, 2013). 물론 국민안전처에서는 이러한 사고이력정보를 관리하고 관련부처와 공유하고 있으나, 네트워크 기반의 통합관리체계가 구축되어 있지 않으며, 유류유출사고를 포함하여 사고대응데이터 중심의 자체 사고통계시스템으로 관리하고 있고, 기타 기관들은 개별 보고서 양식으로 비표준·비정형·비정량화된 상태로 생성·유지하고 있다.

이에 비해 선진국에서는 HNS사고정보를 데이터베이스화하여 공동으로 생성·관리하고, 연구자 및 국민들에게 공개하고 있으며, 사고발생 시 신속한 의사결정에 도움을 주고, 사고예방을 위한 실제적인 정책수립 및 제도개선에 적극 활용되고 있다(Kirchsteiger and Dilara, 2001; Jang et al., 2009; Wada et al., 2004).

이에 본 연구는 23년간 수집된 국내 HNS사고사례를 해상이라는 특수성이 반영된 표준코드 바탕으로 고품질화, 표준화, 디지털화된 HNS사고 데이터베이스를 구축하고, 체계적인 통합관리 및 손쉬운 공유가 가능한 HNS사고이력관리시스템(이하 HATS)을 개발하고자 하였다.

1.2 기존연구고찰

이전 HNS 사고관련 시스템은 주로 유출물질을 기준으로 신속한 사고대응을 목표로 연구되었다. 먼저 해상 HNS사고 관련 시스템분야는 Im et al.(2006)가 국민안전처(해양경비안전본부)에서 개발하여 운영 중인 HNS 해상사고의 신속한 초기대응을 위한 물질정보, 위험도평가모델 및 확산평가모델로 구성된 「HNS 사고대응정보시스템」을 간략하게 소개하고 있다. Im and Noh(2006)도 유출물질을 기준으로 다양한 정보제공이 가능한 「HNS 방제정보지원시스템」개발을 제안하였다. Ha et al.(2016)는 해상 HNS사고의 다양한 특성이 반영된 표준코드를 설계하였으며, 이번 연구의 기초개념과 사고사례 표준코드 데이터베이스를 제공하였다.

대표적인 육상 화학사고 관련 시스템의 사례는 Jang et al.(2009)가 국내에서 발생한 육상 화학사고데이터의 체계적인 관리를 위해 사고정보를 표준화된 분류기준과 코드체계를 제안하고, 이를 이용한 데이터베이스 구축을 위한 모델을 개발하였다.

본 연구는 사고정보의 정량화가 어려운 해상에서 발생한 HNS사고의 각 요소를 표준코드가 반영된 웹기반의 데이터베이스로 실제적으로 구현하였다. 또한 평상시에는 초기·대응·복구단계별로 관련 기관들이 별도로 관리하고 있는 HNS사고데이터의 통합관리체계를 마련하여, 사고발생 현황 확인 및 예측활동을 가능하게 하였다. 이를 통해 이전 연구의 물질 위주의 사고대응뿐만 아니라, 해역, 선박, 기상환경 등 동일한 조건에서 발생한 타 HNS사고사례를 담당자가 즉시 확인하여 사고발생시 신속한 의사결정을 지원할 수 있도록 설계하였다.

2. 국내·외 화학사고관리시스템 비교

이미 선진국을 중심으로 화학사고의 체계적으로 관리하기 위한 필요성을 인식하고, 각 나라의 제도와 현실을 고려한 육상 중심의 화학사고관리시스템을 구축하여 운영하고 있다. 국내에서도 환경부를 중심으로 육상 중심의 화학물질 유출사고에 대한 효율적인 관리를 위한 시스템을 개발·운영하고 있다.

2.1 해외 화학사고관리시스템 현황

대부분의 선진국에서는 화학사고정보의 데이터베이스화를 위한 화학사고관리시스템을 구축하여 사고예방을 위한 다양한 정책수립 및 제도개선에 활용되고 있다.

유럽은 유럽위원회(EC, European Commission)를 통하여 세베소(Seveso)II 규정을 기반으로 중대사고보고시스템(MARS, Major Accident Reporting System)를 개발·운영하고 있다. 최

근 인터넷 서비스가 강화된 eMARS로 시스템명을 개명하고, EU 및 OECD국가에서 일어나는 화학사고에 대한 정보수집 및 통계분석·전파를 원활하게 수행하기 위한 도구로 활발히 활용하고 있다(Kirchsteiger and Dilara, 2001).

미국은 화학공학회(AIChE) 산하의 화학안전전문기관인 CCPS(Center for Chemical Process Safety)를 통하여 미국내 가동 중인 주요 화학·정유사업장이 중심으로 1997년부터 공정안전사고DB(PSID, Process Safety Incident Database)를 제작하여 운영 중이다. PSID 이외에도 국가 재난 대응 센터(NRC, National Response Center)에서는 웹기반으로 통계자료 확인이 가능한 유해화학물질중심의 사고보고시스템 및 통계프로그램을 운영하고 있고, 교통부(DOT, Department of Transportation)에서도 교통시설 중심의 위해물질 사고보고시스템(Hazardous Materials Incident Report System)을 구축하여 운영 중이다(Jang et al., 2009).

일본은 일본과학기술진흥사업단(JST)과 일본산업기술종합연구소(AIST)를 중심으로 화학사고DB를 위한 관계정보시스템(RISCAD, Relational Information System for Chemical Accidents Database)을 인터넷 웹페이지 기반으로 개발하여 운영하고 있다(Wada et al., 2004).

앞에서 제시한 선진 화학사고관리시스템을 Fig. 1 및 Table 1과 같이 비교해 보면 대부분 웹기반으로 제작되어 접근성이 좋고, 데이터베이스의 추출이 용이하고, 통계분석틀을 제공하여 실무자뿐만 아니라 연구자들이 과거 사례를 분석하고, 미래를 예측하도록 개방하였다. 그러나 eMARS는 육·해상공용시스템으로 구축되어 있으나, 해상의 특성을 반영하는데 한계가 있고, 기타 시스템 모두 육상의 화학공정 사고이력 중심의 시스템인 것으로 파악되었다.



Fig. 1. Designs of Advanced Accident Tracking System.

2.2 국내 화학사고관리시스템 현황

우리나라의 경우 고용노동부 산하 안전보건공단에서 1997년부터 종합위험관리체계(IRMS)내의 중대산업사고 데이터베

이스(K-AdB)를 통하여 국내외 중대산업사고사례를 수집하여 운영 중이나, 내부 관계자들로 이용이 한정되어 있고, 육상에서의 인명피해를 동반한 산업사고 위주로 관리되고 있다.

또한 환경부에서는 2007년에 소속기관인 국립환경과학원을 통하여 화학물질 사고정보 통합프로그램(CATS, Chemical Accident Tracking System)을 개발하여 육상 화학사고에 대한 통합적인 보고 및 관리체계를 구축하였으나, 현재는 화학물질안전원의 화학안전정보공유시스템(CSC, Chemistry Safety Clearing-house)으로 대체되어 더 이상 운영되고 있지 않는 실정이다(Jang et al., 2008).

2015년부터 개발하여 운용 중인 화학안전정보공유시스템(CSC)은 해상을 비롯하여 국내에서 일어나는 모든 화학사고 사례에 대한 확인이 가능하나, 대부분의 사고내용은 주로 텍스트 위주의 서술방식으로 이루어져 있어 체계적이고 과학적인 사고분석을 위한 활용에는 한계가 있다.

이상과 같이 살펴본 바, 국내외 사고이력관리시스템 모두 육상 중심의 시스템으로 구성되어 있어, 사고위치가 주소로만 기입이 가능하여 정확한 해상의 사고위치를 입력하기 곤란하고, HNS사고의 중요한 요소인 선박종류, 해상기상상태, 해상의 특수환경에 의한 사고기술, 사고 후 주변해역의 영향 등 해상의 특수한 상황 및 환경에 대한 반영이 어려우며, 특히 대량의 HNS유출 사고사례에 대한 차별화된 정보 반영 및 분석에 한계가 있음이 확인되었다.

Table 1. Comparison of Chemical Accident Tracking System

Category	eMARS	PSID	RISCAD	CATS
Country	EU	US	JAPAN	KOREA
Agency	EC	CCPS	JST&AIST	Ministry of Environment
Target Accident	Major Chemical accident	Chemical accident	Chemical accident	Chemical accident
Focus of Accident	Industry place	Industry place	Accident causes and industries	Accident materials
Type of Report	Database CD, Website	Application	Website	Application
Related Laws	EC Seveso II	-	ISHL(Industrial Safety and Health Law)	Chemicals Control Act

3. HNS 사고이력관리시스템(HATS)의 설계

3.1 HNS사고 표준코드를 통한 HNS사고 DB 생성

HNS사고 발생 유형은 복합·다변화되고 있으나, 비표준·비정형·비정량화된 상태로 활용성 낮은 사고데이터로 계속 축적되고 있었다.

이에 본 연구에서는 HNS사고데이터의 고품질화, 표준화,

신속한 의사결정을 위한 HNS 사고이력관리시스템 설계 및 구현

디지털화를 위한 HNS 사고사례 표준코드를 기반으로 Table 2의 예시와 같이 표준코드화된 HNS 사고데이터를 생성하였다(Ha et al., 2016).

Table 2. Example of HNS Accident DB by Standard Code

Item	Contents		Code
1. Source	A. Ships	Chemical carrier; hazardous liquid ship	1A8
	B. Land	N/A	1B0
2. Position, Date	A. GPS Data	N34:06:53, E127:43:07	2A34-06-53-127-43-07
	B. Position	8 miles north east of Yeosu Baekdo Lighthouse	2B9
	C. Date	December 25, 2007 04:10 (KST)	2C0752
3. Weather Condition	A. Weather	N/A	3A0
	B. Temperature	N/A	3B0
	C. Precipitation	N/A	3C0
	D. Wind direction	N/A	3D0
	E. Wind speed	N/A	3E0
	F. Wave height	N/A	3F0
	G. Visibility	N/A	3G0
4. Type		Poor watertightness of Cargo tank	4E
5. Substance	C. CAS Number	7697-37-2(nitric acid)	5C7697-37-2
	G. Dangerous Goods Rating	N/A	5G0
	H. Hazard rating	N/A	5H0
	M. Marine environmental behavior	N/A	5M0
	S. Appearance	Liquid	5S2
	Q. Emissions	1466000L	5Q1466000
6. Response	A. Remove/Block Damage	Response Equipment, Coast Guard	6A2A3
	B. Protection of human life	One crew rescue (Myanmar)	6B1
	C. Evacuation	N/A	6C0
7. Damage restoration	A. Protection of people	Crew management	7A1
	B. Restoring the Environment	Environmental monitoring	7B3
	C. Others	N/A	7C0
8. Cause	A. Crew	N/A	8A0
	B. Pilot	N/A	8B0
	C. Technical factors of the ship facility	Ship problem	8C4
	D. Cargo	N/A	8D0
	E. Other vessels	N/A	8E0
	F. Environment	Rough sea	8F1
	G. Navigation structures	N/A	8G0
	H. Crime	N/A	8H0
	I. Other external causes	Damage	8I0
9. Damage condition	A. Death	8 persons	9A8
	B. Disappearance	6 persons	9B6
	C. Injuries	0 person	9C0
	D. Property damage	0 million won	9D0
	E. Damage area	0 km ²	9E0
	F. Contaminated coastal length	0 km	9F0
10. Impact	A. Coast / Ocean	N/A	10A0
	B. Fresh water	N/A	10B0

3.2 최적화된 HNS 사고이력관리시스템 설계

최적화된 HATS의 개발을 위해 Fig. 2와 같은 개발 프로세스로 시스템을 개발하였다. 먼저 생성된 HNS 사고데이터를

바탕으로 효율성 높은 데이터베이스 시스템을 구성하였고, HNS 사고의 특성이 반영된 표준코드 기반의 최적화된 분석 기법을 적용하여 확장성이 뛰어난 HATS를 설계하였다. 또한 향후 지속적인 피드백을 통해 신뢰성 높은 최적화된 시스템 제작이 가능하도록 설계하였다.

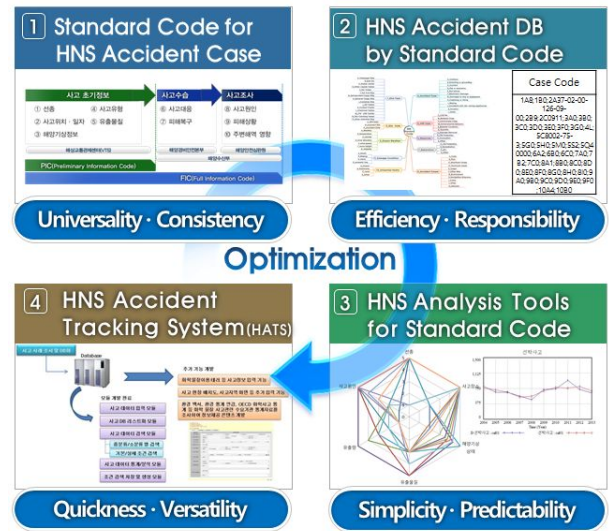


Fig. 2. Development process of HNS Accident Tracking System.

4. HNS 사고이력관리시스템 (HATS) 제작

HATS의 성공적인 운영을 위해서는 HNS 사고관련 다양한 관련부처의 사용자간 유기적인 협업이 필수적이다. 이에 Table 3에서 보듯이 접근성이 높은 웹기반의 인터넷 환경에서 운영토록 설계하였다. 또한 전자정부 표준 프레임워크 기반으로 제작해 추후 기존의 정부 및 유관기관에서 운영 중인 해양·수산·환경 관련 시스템과의 연계·확장성을 고려하였다. 아울러 기본적인 사고이력을 검색할 수 있을 뿐만 아니라, 신속한 의사결정을 위한 과학적인 통계분석도구를 제공하였다.

Table 3. Outline of HNS Accident Tracking System

Item	Contents	Remarks
Operating Environment	Internet based Web	
Language	Web language	HTML5/Java
Database	Oracle Database	11gR2
Special feature	Using e-gov. standard framework	
	Search tools of accident history	
	Statistical analysis tools	

4.1 HNS 사고이력관리시스템의 목업(Mock-up) 제작

원래 목업(Mock-up)은 실 제품이나 장비 등의 분야에서 본격 제작하기 전에 각 요소를 실제적으로 검토하기 위해 만드는 모형을 의미한다. 그러나 최근에는 웹 분야까지 개념이 확대되어 실제 홈페이지 등을 제작하기 전에 기본적인 윈도우 동작을 사용하여 손쉽게 제작 및 구동확인이 가능한 GUI(Graphical user interface)기반의 다양한 목업 프로그램이 개발되었다.

특히, 다수의 사용자가 편리하게 운영되고, 직관적인 인터페이스를 가진 HATS의 설계를 위해서는 프로그램 제작 전에 다양한 디자인 및 구성체계의 유효성 확인이 가능한 목업(Mock-up)을 먼저 제작하여야 한다. 이를 위해 Fig. 3에서와 같이 드래그 앤 드롭(Drag & Drop)방식으로 손쉽게 구현이 가능한 발사믹 목업프로그램(Balsamiq™ Mockups)이라는 GUI기반의 전문 목업프로그램을 사용하여 기본적인 화면의 배치 및 운영 타당성을 확인하였으며, 개발될 HATS 프로그램의 제작방안을 마련하였다.

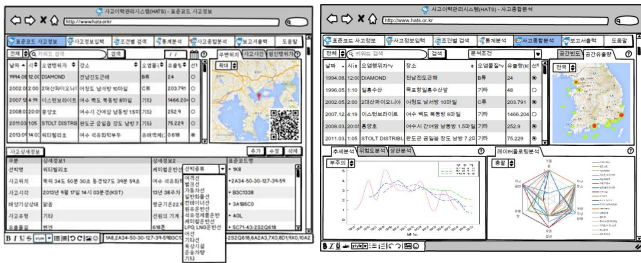


Fig. 3. Mockup Design for HNS Accident Tracking System.

4.2 모듈 기반의 HNS 사고이력관리시스템 구현

HATS는 Fig. 4와 같이 5개의 모듈(사고정보 게시모듈, 사고정보 입력모듈, 표준코드 통계분석모듈, 검색엔진 모듈 및 사용자 관리모듈)로 구성하였다. 모듈 기반의 HATS 개발을 통해 HNS 사고사례 표준코드의 손쉬운 확장 및 최적화된 다양한 분석기법의 추가적용이 용이하도록 설계하였다.

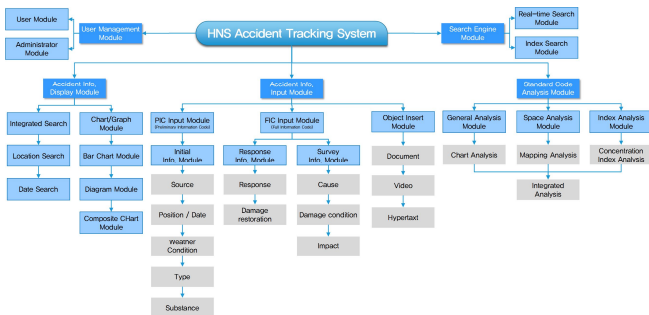


Fig. 4. Designs of Advanced Accident Tracking System.

구현된 인터넷 웹페이지 기반의 HATS은 Fig. 5와 같다. HNS사고정보 중심의 시스템 제작을 위해 직관적인 구조인 상단 메뉴배치, 하단 정보게시방식으로 제작하였다.

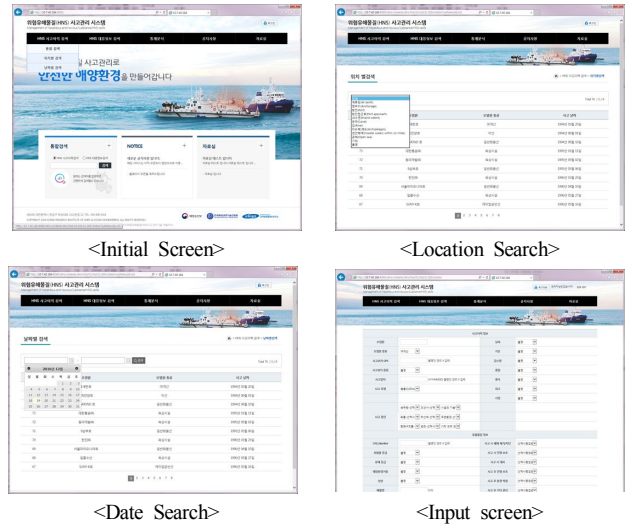


Fig. 5. Implementation of HNS Accident Tracking System.

5. HATS를 통한 최신 HNS 사고통계 분석

개발된 HATS는 사고발생 시 신속한 의사결정에 도움을 줄뿐만 아니라, 평상 시 사고예방을 위한 실제적인 정책수립 및 제도개선에 활용하기 위해 사고발생 현황을 손쉽게 확인이 가능한 통계분석모듈을 추가하였다.

본 장에서는 국민안전처 해양경비안전본부의 협조를 받아 1994년부터 2016년 4월(23년간)까지 수집된 76건의 HNS 사고데이터를 표준코드 기반으로 데이터베이스화하였고, 제작된 다양한 형식의 통계분석모듈을 실제 적용하여 체계적인 통계분석을 실시하였다.

먼저 HNS사고를 기존 해양사고와 구분하기 위한 유출물질기준은 「해양환경관리법」 제2조 7항의 유해액체물질의 정의(해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 액체물질<기름을 제외한다>과 그 물질이 함유된 혼합 액체물질)에 따른 「선박에서의 오염방지에 관한 규칙」 제3조에서 지정하는 총 545종(X류 71종, Y류 352종, Z류 122종)으로 정하였다.

유출량 기준은 별도로 두지 않고 국민안전처 해양경비안전본부에서 제공한 HNS사고데이터의 소량의 유출사고를 모두 포함하였다. 왜냐하면 「해양환경관리법」 시행령 제47조(오염물질의 배출시 신고기준 등의 [별표 6]에서 오염물질 배출 시 신고기준(X류 10리터 이상, Y류 100리터 이상, Z류

신속한 의사결정을 위한 HNS 사고이력관리시스템 설계 및 구현

200리터 이상)을 따를 경우 HNS 사고이력관리시스템에 적용할 데이터수가 현저하게 적어지기 때문이다.

5.1 단순 형식의 HNS사고 통계분석

HNS사고 DB에 대한 항목별 단순비교를 위해 단순 막대 그래프 형식의 HNS사고 통계분석결과를 다음과 같다.

Fig. 6에서 보듯 국내에서의 HNS사고는 매년 1건 이상, 평균 3.3건 이상의 사고가 일어나고 있으며, 특히 춘계기간(3~5월)에 전체사고의 41%, 동계기간(12~2월)에 30%가 발생하고 있으므로 동계-춘계기간에 집중적인 HNS사고 예방대책이 필요한 것으로 확인되었다.

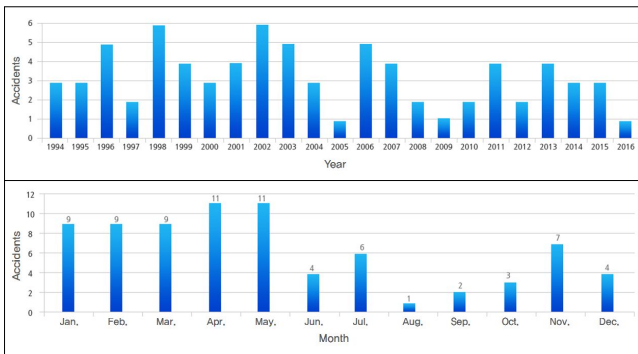


Fig. 6. Accident analysis per period by HATS.

Fig. 7에서 집계된 HNS사고장소는 계류장(39건), 항만(22건), 연안해역(13건), 정박지(2건)에서 집중적으로 발생한 것으로 확인되어, 외해역보다는 연안역을 중심으로 HNS사고 대응책을 수립해야 하는 것이 파악되었다.

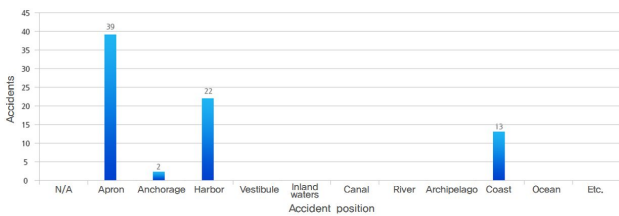


Fig. 7. Accident analysis per position by HATS.

Fig. 8은 HNS사고물질을 나타낸 그래프로 집계상 현재까지 총 25종류의 물질이 유출되었으며, P-자일렌(5건), 자일렌(4건), 옥탄올(4건), 라텍스(3건), 팜유(3건) 순으로 사고빈도가 잦은 것으로 파악되었다.

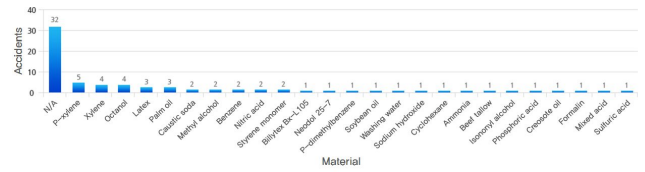


Fig. 8. Accident analysis per material by HATS.

Fig. 9에서 분석된 HNS사고별 유출량은 0~50리터(27건), 1,001~10,000리터(15건), 101~500리터(10건), 1,000,001리터 이상(9건) 순으로 나타나 50리터 이하의 소형유출사고와 1,000,001리터 이상의 대형유출사고에 대한 차별화된 HNS사고 대응책이 필요한 것으로 나타났다.

또한 사고원인은 주로 승무원에 의한 인적과실(34건), 화물(17건), 기타 외적원인(13건) 순인 것으로 나타나, 출항에서 입항까지의 전 과정에서 운항 관련자의 인적오류(human error)에 기인한 HNS사고를 예방하기 위한 대책수립이 시급한 것으로 파악되었다(Kim et al., 2011).

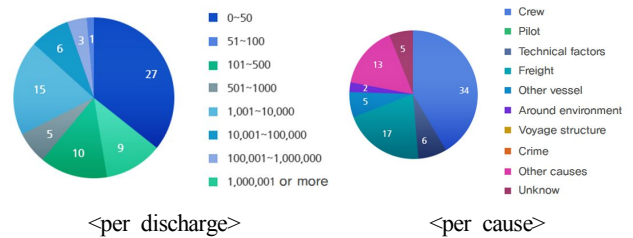


Fig. 9. Accident analysis by HNS Accident Tracking System.

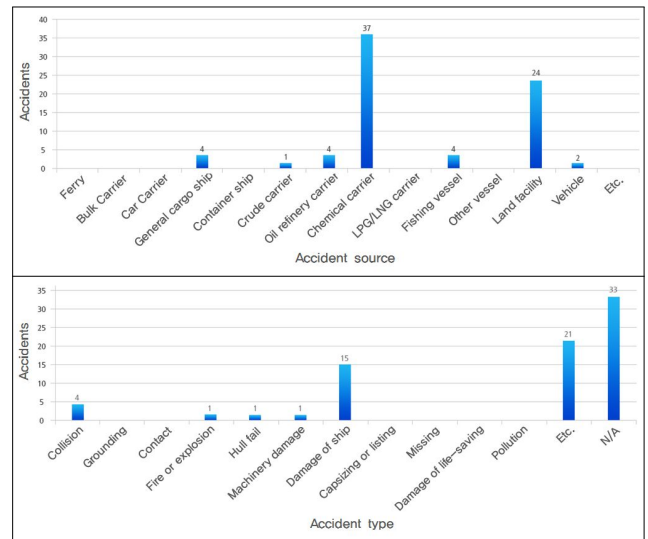


Fig. 10. Accident analysis per source & type by HATS.

Fig. 10은 HNS사고의 오염원과 사고유형을 나타낸 그래프로 오염원은 주로 케미컬운반선(37건) 및 육상시설(24건)에서 집중적으로 발생하고 있으며, 사고유형은 주로 선체 또는 속구 손상(15건) 및 충돌(4건)이 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다.

단, 사고DB에서 입력되지 않은 불명물질이 33건, 사고유형 중 표준코드로 분류되지 않은 기타 21건 및 불명원인인 33건에 대해 향후 표준코드의 보완 및 사고데이터 신뢰성 확보를 위한 지속적인 HNS사고사례 수집 및 보완작업이 필요할 것으로 보인다.

5.2 복합 형식의 HNS사고 통계분석

연도별 세부적인 사고분석을 위해 복합 막대그래프를 사용하여 HNS사고에 대한 통계분석을 확인하였다. 이러한 방식의 통계분석은 표준코드화된 사고사례의 신속한 시각화를 통해 사용자가 각 항목별 빈도 및 사고사례의 직관적인 확인 및 파악이 가능하다는 장점이 있다.

Fig. 11은 해당연도별 사고발생월 및 월별 사고발생건수를 한눈에 확인할 수 있는 그래프이다. 분석결과 매년 1건 이상의 HNS사고가 발생하고, 특히 1998년도에는 6건의 사고가 발생한 것을 알 수 있다. 또한 각 월별로는 보통 1~2건의 HNS사고가 발생하고 있는 것으로 확인되었다.

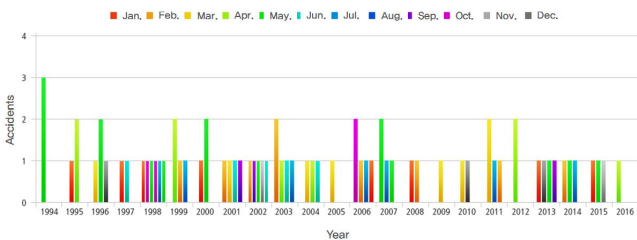


Fig. 11. Complex accident analysis per year.

Fig. 12는 연도별 오염원의 종류를 나타내는 그래프로 사고빈도에 있어 케미컬운반선 및 육상시설에서 월등하게 많이 발생하는 것을 시각적으로 확인할 수 있다.

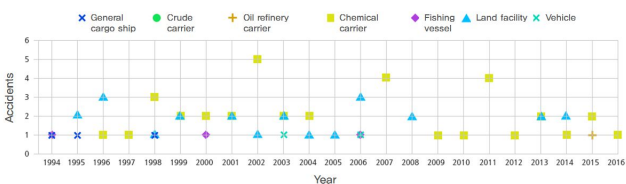


Fig. 12. Accident analysis of pollution source per year.

6. 시스템 평가 및 활용방안

6.1 HNS 사고이력관리시스템의 평가

본 연구를 통해 개발된 HATS는 유럽의 eMARS, 미국의 PSID, 일본의 RISCAD, 한국의 CSC와 같이 기존 화학사고이력관리시스템의 운영사항을 확인하여 사용자 중심의 운용이 용이한 시스템을 설계하였다. 특히, 해상HNS사고의 특성이 반영된 표준코드를 기반으로 설계되어 현재 비표준상태로 축적되고 있는 HNS사고데이터의 표준화, 고품질화, 디지털화를 위한 기반을 마련했다.

물론 사고요인 중 불명으로 되어 있는 항목이 많은 것에서 알 수 있듯이 향후 지속적인 확인작업을 통해 비표준화된 상태로 오랜 기간 누적된 기존 HNS사고데이터의 신뢰성을 확보해야 하며, 관계기관의 원활한 체계적인 사고정보 입력 및 관리를 위한 행정절차 기준 마련, 웹 기반의 네트워크 운용으로 인한 만약에 발생할 수 있는 사이버테러에 대한 보안시스템 구축방안 등이 마련될 필요가 있다고 판단되었다.

6.2 HNS 사고이력관리시스템의 활용방안

본 연구를 통해 개발된 시스템은 향후 HNS사고 발생 시 신속하고 합리적인 의사결정을 지원하고, 다양한 사고데이터 분석도구를 사용하여 사전예측이 가능하게 되고, 특히 관계 기관 간 체계적인 사고관리 및 평가를 위해 활용할 수 있다.

세월호 침몰사고에서 보듯 ‘인명과 재산피해를 막거나 최소화할 수 있는 초반의 중요한 시간’을 의미하는 골든타임(Golden time)은 대규모 화재와 폭발을 동반하고 다수의 인명과 환경피해를 야기하는 HNS사고에서 더욱 중요시 된다. 특히, HNS사고의 경우 유류오염과는 달리 유출물질의 종류와 거동특성이 다양하여 효과적으로 대응할 수 있는 초기 대응 전략을 마련하기가 매우 어려운 것이 사실이다(Kim et al., 2015).

이에 사고 대응책임자는 기존 개발된 HNS확산예측프로그램의 결과와 더불어 본 시스템을 활용하여 신속하게 이전 사고이력을 확인하고, 동일 해역의 오염확산 결과 및 동일 물질로 발생한 사고대응자료를 확인하여 더욱 합리적인 의사결정으로 현장대응력 강화가 가능하게 된다.

또한 국민안전처 해상교통관제센터 및 상황실에서 파악된 세부 사고정보가 입력되면 해양수산부를 비롯한 유관기관에서는 정형화되고 정확한 사고내용을 동시에 파악할 수 있게 되어, 더욱 긴밀한 협조가 가능하게 된다.

이후 해양경비안전본부의 사고대응정보, 중앙해양안전심판원의 사고조사정보, 해양수산부의 복구·보상정보들이 순

신속한 의사결정을 위한 HNS 사고이력관리시스템 설계 및 구현

차적으로 입력되면 각 개별 사고별로 체계적인 사후 평가 및 사고대비를 위한 자료로 활용이 가능하다.

아울러 향후 강력한 HATS 구축을 위해서는 Fig. 13에서와 같이 향후 기존의 정부 및 유관기관에서 운영 중인 해양·수산·환경 관련 시스템과도 실시간 데이터 연동이 되어야 하기 때문에, 초기 설계 시부터 반영된 전자정부 표준 프레임워크 기반을 바탕으로 지속적으로 타 시스템과의 네트워크가 원활한 시스템으로 구축할 예정이다.

Safety Data Sheets) 시스템과 연계방안 및 기존 해양수산환경 관련 시스템과도 실시간 데이터 연동이 가능하도록 추진할 예정이다.

아울러 앞에서 제시된 다양한 통계도구를 사용하여 유출 물질, 유출량, 유출지역의 연계성 분석 등 HNS사고의 각 요소 간의 복합적인 연계분석이 가능하고, 사고발생수가 유류 유출에 비해 상대적으로 적은 HNS사고에 최적화된 다양한 분석기법들의 체계적인 개발이 필요하다.

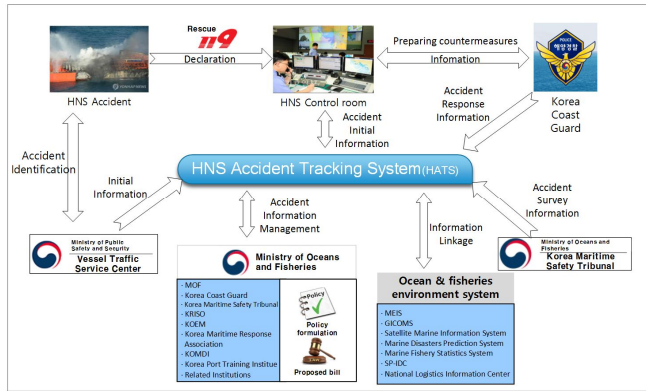


Fig. 13. Design of Operating Network for HATS.

7. 결론

본 연구에서는 국내외 선진 화학사고관리시스템을 분석하여, 해상HNS사고에 특수성이 고려된 표준코드 기반의 HNS사고관리이력시스템(HATS)을 구현하였다. 우수한 확장성을 확보하기 위해 네트워크가 가능하고 모듈화된 전자정부 표준프레임워크 기반의 웹언어로 설계하였다.

그리고 개발된 시스템을 실제적으로 활용하여 23년간 국내 HNS사고 통계분석을 실시한 결과 매년 평균 3.3건의 HNS사고가 국내에서 발생하고 있으며, 춘계기간(41%), 계류장(51%), 케미컬운반선(49%), 승무원에 의한 과실(45%), 자일렌류(12%)가 주요 HNS사고요인으로 확인되었다.(괄호 안의 숫자는 HNS사고 분류기준 별로 해당 사고요인의 퍼센트 비율임)

개발된 HATS시스템은 향후 관련 연구자 및 관계기관 담당자 중심으로 일정기간 필드테스트 및 안정화 과정을 거친 뒤 인증을 받은 HNS사고 관계기관의 담당자를 중심으로 운영될 예정이다.

또한, 선제적인 사고대비정책 수립하고, 최적화된 방재계획 수립이 가능한 HNS 사고이력관리시스템(HATS)을 확대개발을 위해 다양한 유출물질정보의 신속한 확인이 가능한 안전보건공단에서 구축한 물질안전데이터시트(MSDS : Material

사 사

이 논문은 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(위험유해물질(HNS)사고 관리기술 개발)이다.

References

- [1] Choi, J. W. and S. H. Lee(2009), Analysis on Response System in US for Chemicals Driven Marine Pollution Accidents and Korean Response Policy Plan, The Korean Society of Marine environment & Safety, Vol. 15, No. 3, pp. 205-212.
- [2] Ha, M. J., H. L. 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.
- [3] Im, C. H. and C. K. Noh(2006), A Basic Study On the Development of the Computerized Response Aid System for HNS, Proceedings of the Korean Institute of Navigation and Port Research Conference, pp. 215-220.
- [4] Im, T. S., S. H. Lee and J. W. Choi(2006), Developing status of the Preparedness and Response System for HNS accident, Proceedings of the Korean Society of Marine Environment & Safety Conference, pp. 65-70.
- [5] IMO(2000), Protocol on Preparedness, Response and Cooperation to Pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances (OPRC-HNS protocol), Attachment 1, pp. 1-11.
- [6] Jang, N. J., Y. Yoon, J. S. Yong, J. M. Seo and E. S. Yoon(2008), A Study of Development of Chemical Accident Tracking System, The Korean Society of Disaster Information, Vol. 4, No. 2, pp. 125-136.
- [7] Jang, N. J., K. S. Han, W. So, J. W. Yong, Y. Yoon and E. S. Yoon(2009), A Study on the Classification Codes and

- Database of Chemical Accidents, Proceedings of the Korean Institute of Gas Conference, pp. 63-67.
- [8] Kim, H. T., S. Na and W. H. Ha(2011), A Case Study of Marine Accident Investigation and Analysis with Focus on Human Error, Ergonomics Society of Korea, Vol. 30, No. 1, pp. 137-150.
- [9] Kim, Y. R., T. W. Kim, M. H. Son, S. W. Oh and M. J. Lee(2015), A Study on Prioritization of HNS Management in Korean Waters, The Korean Society of Marine environment & Safety, Vol. 21, No. 6, pp. 672-678.
- [10] Kirchsteiger, C. and P. Dilara(2001), Technical Guideline on Reporting Accidents to the MARS 3.0 Database, European Commission, pp. 4-5.
- [11] Lee, E. B., J. H. Yun and S. T. Jung(2012), A Study on the Development of the Response Resource Model of Hazardous and Noxious Substances Based on the Risks of Marine Accidents in Korea, The Korean Institute of Navigation and Port Research Conference, Vol. 36, No. 10, pp. 857-864.
- [12] MPSS(2016), Ministry of Public Safety and Security, a press release, The difficult marine pollution response terminology changes easily, p. 2.
- [13] Wada, Y., J. Nobe, and A. Miyake(2004), Relational Information System for Chemical Accidents Database (RISCAD) improved by addition of Thermal Hazard Data, In International Conference on the 20th Anniversary of the Bhopal Gas Tragedy W, Vol. 94.
- [14] Yu, Y. H.(2013), Countermeasure of Maritime Police against HNS Disaster Accident, Crisisonomy, Vol. 9, No. 11, pp. 77-92.

Received : 2017. 01. 13.

Revised : 2017. 04. 07. (1st)

: 2017. 04. 20. (2nd)

Accepted : 2017. 04. 27.