

기상관측자료 분석을 통한 위해관리계획 주민대피 장소 선정 개선방안 연구 -인천·시흥·안산 지역을 중심으로-

전병한¹, 김현섭^{2*}, 오승보³, 김희태⁴

¹고형폐기연구소, ²시흥화학재난합동방재센터, ³환경부, ⁴전남대학교 화학공학과

A Study on Improvement Plan for Selection of Evacuation Site through Analysis of Meteorological Data -Focus on Incheon·Siheung·Ansan-

Byeong-Han Jeon¹, Hyun-Sub Kim^{2*}, Seung-Bo Oh³, Hee-Tae Kim⁴

¹Solid & Hazardous Waste Treatment Lab.

²Siheung Joint Inter-agency Chemical Emergency Preparedness Center

³Ministry of Environment

⁴Department of Advanced Chemical & Engineering, Chonnam National University

요약 인천과 시흥, 안산 소재의 위해관리계획 대상 사업장을 중심으로 인근 지역사회에 고지한 주민대피 장소 현황을 조사하고 기상자료 분석을 통하여 화학사고 시 안전한 주민대피를 위한 장소 선정 과정의 개선 방향을 연구하였다. 총 111개의 주민대피 장소 중에 학교가 30 곳으로 대다수 위해관리계획 대상 사업장이 선정하는 것으로 조사되었으며, 통상 2-3 곳의 주민대피 장소를 선정하는 것으로 나타났다. 인천의 2016년도 기상기상관측자료를 분석한 결과 16방위 중 NNE 풍향 18.8525 %, NNW 풍향 18.0328 %, WSW 풍향 12.2951 %, SSE 풍향 9.0164 %, SW 풍향 8.4700 %, W 풍향 6.5574 %, S 풍향 5.7376 % 순으로 발생 빈도가 높았다. NNE 풍향이 발생빈도가 가장 높았지만 NNW 풍향과 차이가 크게 나지 않았고 상반되는 풍향인 WSW 풍향과 SSE 풍향도 비교적 높은 빈도를 나타내고 있어 연간 풍향은 어느 한쪽으로 치우쳐 있지 않는 것으로 확인되었다. 이를 고려하여 화학사고 시 안전한 방향의 대피 장소 선정에 보완점을 제시하였다.

Abstract This study examined the status of resident evacuation sites notified to nearby communities, centered on business sites subject to the risk management plan of Incheon, Siheung, and Ansan. Through an analysis of the meteorological data, the direction of improvement of the site selection process for the safe evacuation of chemical accidents was studied. Among a total of 111 evacuation sites, 30 schools were selected the most, and 2-3 sites were usually selected for evacuation. As a result of an analysis of the Incheon meteorological data of 2016, the frequency of occurrences was 18.8525% in the NNE wind direction, 18.0328% in the NNW wind direction, 12.2951% in the WSW wind direction, 9.0164% in the SSE direction, 8.4700% in the SW direction, 6.5574% in the W direction, and 5.7376% in the S direction. The NNE wind direction showed the highest frequency, but the other winds showed a relatively high frequency, indicating that the annual wind direction was not biased toward one side.

Keywords : Accident scenario, Chemical accident, Resident evacuation, Wind direction, Windrose.

1. 서론

전 세계적으로 기술과 과학의 발달로 인하여 산업현

장에서 사용되는 화학물질의 종류와 사용량이 크게 증가하였으며 더불어 화학사고에 대한 관심도 높아지고 있다. 국내의 경우 2012년 구미 불산 누출사고를 계기로

*Corresponding Author : Hyun-Sub Kim(Siheung Joint Inter-agency Chemical Emergency Preparedness Center)

Tel: +82-31-470-2418 email: sakao@korea.kr

Received September 11, 2017

Revised (1st October 18, 2017, 2nd October 24, 2017, 3rd October 27, 2017)

Accepted November 3, 2017

Published November 30, 2017

화학사고에 대한 경각심을 갖게 되었으며 최근 5년간 발생한 화학사고 건수는 2012년 9건, 2013년 86건, 2014년 105건, 2015년 113건, 2016년 78건으로 보고되었다[1,2]. 또한 화학물질은 제조·사용·폐기 등 전 과정에서 다양한 경로를 통하여 인체와 환경에 치명적 재난을 가져올 잠재력을 가지고 있으므로 사업장 내부뿐만 아니라 Off-site의 영향까지 사전 예측하여 관리하는 종합적인 화학사고 예방 제도의 도입과 관련 연구 필요성이 제기되었다. 기존의 방어적, 단편적, 정성적인 화학사고 대응 방식에서 포괄적, 적극적, 생산적, 정량적이며, 사전예방, 대응 및 사후처리 전 과정 중심, 설비 및 인적 시스템 중심으로의 확대에 주목하였다[3].

2015년을 기점으로 우리나라에서는 화학물질의 특성에 대한 정보가 부족한 상황에 알맞게 대처하기 위해 취급시설에 대한 설치·배치·관리 기준, 장외영향평가, 위해관리계획 등의 선진적인 화학물질 안전관리 제도인 화학물질관리법(이하 화관법)을 시행하고 있다[4,5].

화관법상의 위해관리계획은 사고대비물질을 지정수량 이상으로 취급하는 자의 경우 위해관리계획서를 5년마다 작성하도록 규정하여 사고대비물질 취급사업장의 화학사고를 예방하고 위험을 대응, 관리하기 위한 것이다. 국내 위해관리계획 제도는 미국의 위해관리계획(RMP)을 벤치마킹한 제도로 이와 유사한 제도가 국내 외에서 운영되고 있다. 국내 제도로는 산업안전보건법의 공정안전보고서, 고압가스안전관리법의 안전성향상계획, 위험물안전관리법의 예방규정이 있으며, 국외 제도로는 미국의 위해관리계획과 영국의 안전보고서가 있다[5,6]. 미국환경보호청(EPA)은 테러에 이용될 수 있는 최악의 시나리오 등을 제외한 대부분의 RMP 정보를 지역 소방서 및 비상대응요원, 지역비상대응위원회를 통한 지역주민들과 공유함으로써 산업계와 주민이 공동으로 화학사고의 예방과 효율적인 비상대응을 실시할 수 있도록 하고 있다. 영국은 지정수량 이상의 유해화학물질을 취급하는 사업장에 대하여 사고예방이 포함된 안전보고서 제출 및 비상대응계획을 수립하고 예상되는 사고피해에 관한 정보 등을 지역기관 및 주민에게 제공하도록 하고 있다. 이와 유사하게 우리나라도 사고대비물질을 취급하는 자는 취급 사업장 인근 지역주민에게 위해관리계획서의 내용 중에서 취급하는 유해화학물질의 유해성정보 및 화학사고 위험성, 화학사고 발생 시 대기·수질·지하수·토양·자연환경 등의 영향 범위, 화학사고 발생

시 조기경보 전달방법, 주민대피 등 행동요령 정보를 매년 1회 이상 고지하도록 하고 있다[5].

현행 제도상 위해관리계획의 주민대피 장소를 선정할 때 대피장소의 수나 방위를 고려한 선정 등에 관한 규정은 언급되어 있지 않다. 그러나 화학사고 시 유해화학물질의 대기확산으로부터 안전하게 벗어날 수 있는 방법은 바람이 불어오는 방향의 영향반경 외곽에 위치한 장소로 대피하는 것이다. 본 연구에서는 위해관리계획서상 고지된 주민대피 장소 현황을 조사하고 기상자료 분석을 통하여 화학사고 시 안전한 주민대피를 위한 장소 선정 과정의 개선방향을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

연구에서 인천, 시흥, 안산에 소재하고 있는 사업장에 한정하여 풍향자료를 적용한다. 기상통계자료는 기상청 국가기후데이터센터(National Climate Data Service System, NCDSS)의 2016년도 인천(관측지점No.112) 연간 및 월간 평균풍속과 최대발생풍향 기상기상관측자료를 사용하였다. 바람장미는 WRPLOT View ver.8.0 프로그램을 이용하여 작성하였으며 바람장미상의 방향은 Fig 1과 같이 정북방향을 기준점(360°)으로 하여 16방위(N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW)로 구분하였고 풍속은 7개의 범주(Calms, 0.5-1.0 m/s, 1.0-2.0 m/s, 2.0-3.0 m/s, 3.0-4.0 m/s, 4.0-5.0 m/s, ≥5.0 m/s)로 구분하였다.

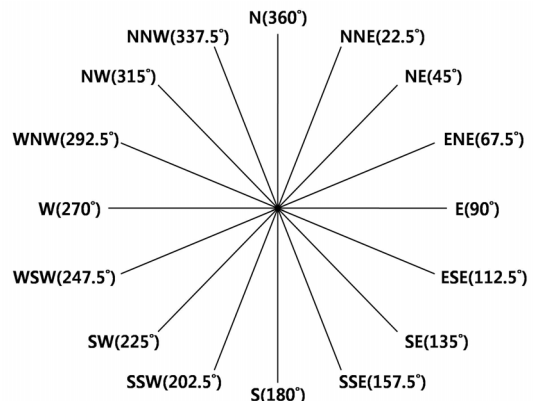


Fig. 1. 16 directions and degrees.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 위해관리계획 주민고지 분석

기상관측지점인 인천에 위치한 위해관리계획 대상 사업장과 기상관측지점이 존재하지 않지만 지리적으로 인천과 가까워 인천의 기상자료를 사용하며 대규모 공간 지역이 존재하는 시흥과 안산 소재의 위해관리계획 대상 사업장을 중심으로 지역사회에 고지된 사항을 분석하였다. 위해관리계획 고지사항은 화학물질안전원 위해관리 계획 주민고지 시스템에 등록된 사업장의 자료를 대상으로 조사하였다.

Table 1, 2, 3은 위해관리계획 주민고지 시스템에 등록된 인천, 시흥, 안산 소재 위해관리계획 대상 사업장의 주민대피 장소에 관한 통계이다. 총 55 개의 사업장에서 1 곳의 주민대피 장소를 고지한 곳은 8 개 사업장이었다. 주민대피 장소 2 곳을 고지한 사업장은 15 개였으며, 주민대피 장소 3 곳을 고지한 사업장은 14 개로 나타났다. 4 곳 이상의 주민대피 장소를 고지한 사업장의 수는 7 개였으며, 주민대피 장소 정보가 누락된 사업장의 수는 11 개로 조사되었다. 고지가 누락된 11 개 사업장을 제외한 44 개의 사업장에서 연간 기상자료 평균에 의한 주 풍향만을 고려하여 주민대피 장소를 선정한 곳은 32 개 사업장이었다. 이외의 12 개 사업장은 주 풍향을 고려한 주민대피 장소뿐만 아니라 다른 풍향도 고려한 주민대피 장소를 1 개소 이상 선정하여 고지하고 있는 것으로 조사되었다. 총 55 개의 사업장으로부터 고지된 총 111개의 주민대피 장소 중에 학교는 30 곳이었

으며, 주변의 다른 건물은 28 곳으로 조사되었다. 그밖에 공원이 27 곳 선정되었으며, 아파트 단지 주변이 8 곳, 지하철역사가 3 곳, 관공서가 2 곳이었다. 이외의 기타에 해당된 주민대피 장소로는 야외 체육시설, 인근 공터, 교차로 등으로 조사되었다.

위해관리계획 대상 사업장이 고지한 주민대피 장소 분석결과 대다수의 사업장이 건축물을 많이 선정하는 것으로 나타났다. 특히 지도에서 비교적 찾기 쉬우며 다수의 인원을 수용할 수 있다는 장점을 가진 학교를 가장 많이 선정하는 특징을 보였다. 동일한 이유로 공원을 선정한 사업장도 다수 존재하였으나 전체적으로 건물인 대피장소가 많은 것으로 비춰볼 때 화학사고 시 영향범위 밖에 위치하고 있더라도 만에 하나 있을 유해물질의 대기확산에 의한 노출 가능성이 비교적 낮은 곳을 선호하는 것으로 추측된다. 관련 법률상 주민대피 장소 수에 관한 조항은 언급되어 있지 않지만 다수의 주민고지 대상 사업장이 주민대피 장소를 2 곳 이상 선정하여 고지하고 있었으며 도보 시와 차량이용 시로 구분하거나 서로 다른 방향의 장소를 선정하거나 서로 같은 방향의 다수 대피시설을 선정하는 특징을 나타냈다.

3.2 기상관측자료 분석

Table 4에 기상청 국가기후데이터센터 지상기상관측 자료를 재구성하여 2016년 1월 1일부터 2016년 12월 31일까지 인천의 최대발생풍향을 나타내었다. 2016년은 윤일(leap day)이 있었던 해로 총 366일간 관측되었다. 366일 중 풍향이 20°인 날이 69일로 가장 많이 관측

Table 1. Notification statistics of sites to evacuate in Incheon, Siheung and Ansan.

	Evacuation site				Omission	Total
	1 site	2 sites	3 sites	More than 4 sites		
Company	8	15	14	7	11	55

Table 2. Evacuation site statistics considering directions in Incheon, Siheung, and Ansan.

	Only main wind direction	Other wind direction	Total
Company	32	12	44

Table 3. Types of evacuation sites in Incheon, Siheung and Ansan.

Classification	School	Subway station	Park	Apartment	Other building	Government office	etc.	Total
Evacuation site	30	3	27	8	28	2	13	111

Table 4. Annual wind direction analysis of Incheon in 2016.

Wind direction	20°	50°	90°	110°	140°	160°	180°	200°
Days	69	7	12	8	13	33	21	10
Wind direction	230°	250°	270°	290°	320°	340°	360°	Total
Days	31	45	24	6	4	66	17	366

Table 5. Monthly wind direction analysis of Incheon in 2016.

(Unit : day)

Month	WD																Total
	20°	50°	90°	110°	140°	160°	180°	200°	230°	250°	270°	290°	320°	340°	360°		
1	12			1		2	2							10	4	31	
2	6			1	2	1	2			3	1	1	1	10	1	29	
3	3				1	2	2	1	6	6	1			8	1	31	
4	3	2	1	2			3	3	5	5	2			3	1	30	
5		1			2	2	2	1	4	11	2	1		5		31	
6	2						2	2	4	6	9	1	1	2	1	30	
7			1		3	3	1	1	8	10	1			3		31	
8	4	1	2		1	2			3	1	5		1	11		31	
9	5	2	4	1	1	6			1	3	1	1		5		30	
10	13	1	3		1	4	2					1		3	3	31	
11	9			3	1	6	2	2			2	1			4	30	
12	12		1		1	5	3							1	6	2	31

WD : Wind direction

되었으며 풍향 340°인 날이 66일로 두 번째로 많이 관측되었다. 그 뒤를 이어 풍향이 250°인 날이 45일, 160°인 날이 33일, 230°인 날이 31일, 270°인 날이 24일, 180°인 날이 21일, 360°인 날이 17일, 140°인 날이 13일, 90°인 날이 12일, 200°인 날이 10일, 110°인 날이 8일, 50°인 날이 7일, 290°인 날이 6일, 320°인 날이 4일 순으로 관측되었다.

2016년의 최대발생풍향을 월간으로 조사한 결과는 Table 5와 같다. 1월의 경우 총 31일 중 12일이 20°의 방향에서 바람이 불어 온 것으로 관측되었다. 이는 월간 비중 38.71 %를 차지하였다. 2월의 경우 총 29일 중 10일, 3월의 경우 총 31일 중 8일이 340° 방향에서 바람이 불어 온 것으로 관측되었으며 월간 비중은 각각 34.48 %, 25.81 %였다. 4월의 경우 230°와 250°로 관측된 풍향이 총 30일 중 각각 5일씩이었으며 월간 비중 16.67 %씩을 차지하였다. 5월의 경우 250°인 풍향이 총 31일 중 11일을 기록하여 월간 비중 35.48 %였다. 6월의 경우 총 30일 중 9일이 풍향 270°를 기록했으며 월간 비중은 30.0 %였다. 7월의 경우 총 31일 중 10일이 250° 풍향을 기록하여 월간 비중 32.26 %를 차지하였으며, 8월의 경우 총 31일 중 11일이 340° 풍향의 바람이 불어와 월간 비

중 35.48 %를 차지하였다. 9월의 경우 총 30일 중에서 6일이 160° 풍향을 기록하였으며 월간 비중 20.0 %를 나타냈다. 10월의 경우 총 31일 중 13일, 11월의 경우 총 30일 중 9일, 12월의 경우 총 31일 중 12일이 20° 방향에서 바람이 불어온 것으로 관측되었으며, 월간 비중은 각각 41.93 %, 30.0 %, 38.71 %인 것으로 조사되었다.

3.3 바람장미(Wind-rose)

전체 풍향을 16방위로 구분하였으며 조사한 기상관측 자료에 근거하여 연간 풍향별 발생빈도를 분석하였다. Table 6은 2016년도 인천에서 관측된 바람통계를 풍향 및 풍속별로 조사한 발생빈도이며, Fig. 2에 발생빈도가 높게 나타난 풍향 순으로 나타내었다.

분석결과 16방위로 구분하였을 때 NNE 풍향이 18.8525 %로 가장 발생빈도가 높았다. NNW 풍향이 18.0328 %로 두 번째로 높은 빈도를 나타냈으며 WSW 풍향이 12.2951 %로 그 뒤를 이었다. 이어 SSE, SW, W, S 풍향이 9.0164 %, 8.4700 %, 6.5574 %, 5.7376 %로 조사되었으며, 그 외 풍향은 5.0 % 미만의 발생빈도를 나타냈다. Table 5에 나타난 발생빈도에 근거하여 작성한 바람장미는 Fig. 3과 같다.

Table 6. Annual probability of wind speed and wind direction of Incheon in 2016.

(Unit : %)

Wind direction		Wind speed				Total				
		0.5-0.9	1.0-1.9	2.0-2.9	3.0-3.9		4.0-4.9	≥5.0		
N	348.75	-	11.25	0.0000	0.2732	1.3661	1.0929	0.5465	1.3661	4.6448
NNE	11.25	-	33.75	0.0000	0.8197	8.7432	6.2842	2.4590	0.5465	18.8525
NE	33.75	-	56.25	0.0000	0.2732	0.2732	1.0929	0.2732	0.0000	1.9126
ENE	56.25	-	78.75	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E	78.75	-	101.25	0.0000	0.0000	0.5465	2.1858	0.5465	0.0000	3.2787
ESE	101.25	-	123.75	0.0000	0.2732	1.0929	0.5465	0.2732	0.0000	2.1858
SE	123.75	-	146.25	0.0000	1.0929	1.0929	1.0929	0.0000	0.2732	3.5519
SSE	146.25	-	168.75	0.0000	0.5465	6.0109	1.6393	0.8197	0.0000	9.0164
S	168.75	-	191.25	0.0000	0.2732	1.6393	2.7322	0.8197	0.2732	5.7376
SSW	191.25	-	213.75	0.0000	0.0000	1.0929	0.8197	0.8197	0.0000	2.7322
SW	213.75	-	236.25	0.0000	0.8197	5.1923	1.3661	0.8197	0.2732	8.4700
WSW	236.25	-	258.75	0.0000	1.3661	8.4700	2.4590	0.0000	0.0000	12.2951
W	258.75	-	281.25	0.0000	0.5465	4.9180	0.2732	0.2732	0.5465	6.5574
WNW	281.25	-	303.75	0.0000	0.5465	0.0000	0.8197	0.0000	0.2732	1.6393
NW	303.75	-	326.25	0.0000	0.0000	0.2732	0.0000	0.2732	0.5465	1.0929
NNW	326.25	-	348.75	0.0000	1.9126	7.6503	3.0055	2.1858	3.2787	18.0328
Sub-total				0.0000	8.7432	48.3607	25.4098	10.1093	7.3771	100.0000

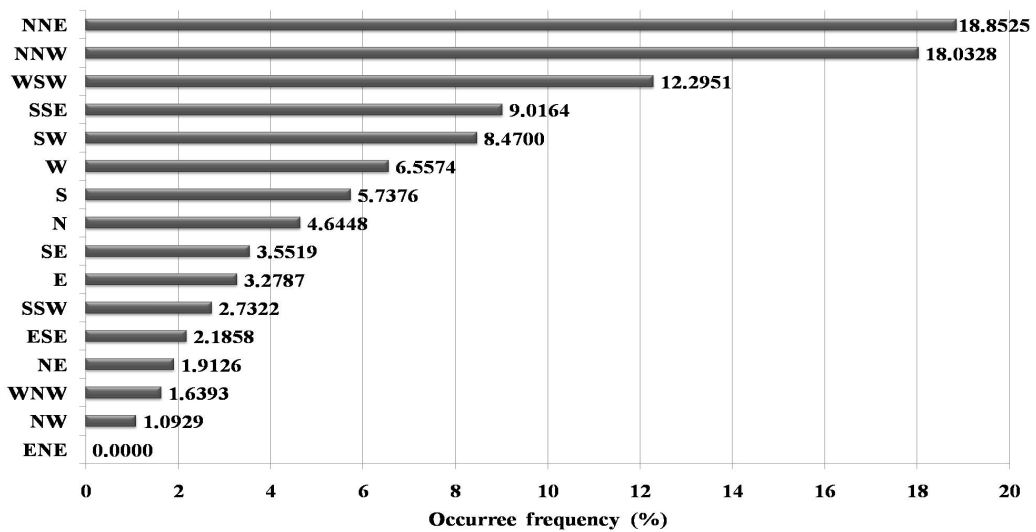


Fig. 2. Annual wind direction frequency of Incheon in 2016.

바람장미에서 확인할 수 있듯 이 지역의 연간 풍향은 어느 한쪽으로 치우쳐 있지 않다. NNE풍향이 가장 많이 발생한 것으로 나타나지만 NNW 풍향과 그 차이가 크게 나지 않고 NNE 풍향의 반대 방향인 WSW 풍향과 NNW 풍향의 반대 방향인 SSE 풍향도 비교적 높은 빈도를 나타내고 있어 연간 발생한 풍향자료를 바탕으로 주 발생 풍향 한 방향을 선정하는 방법은 오류가 존재하며 보완이 필요하다고 판단한다.

3.4 개선방안

위해관리계획상의 주민대피 장소를 선정함에 있어서 법적 규정은 정의되어 있지 않지만 실제 사업장에서 고지한 화학사고 위험 및 응급대응 정보 요약서 분석을 통해 통상적인 선정 기준을 파악할 수 있었다. 주된 특징으로는 사고시나리오에 적용된 주풍향 등을 고려하여 대피 장소를 선정, 사고시나리오상 영향범위 밖의 2-3곳 장소를 선정, 사고현장을 통과하지 않고 10분 이내에 대피할 수 있는 장소를 선정 등이 있었다.

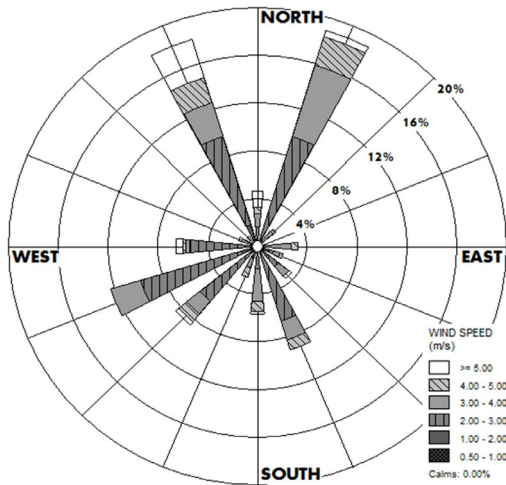


Fig. 3. Wind-rose of Incheon in 2016.

하지만 본 연구에서 위해관리계획 사고시나리오에 적용되는 기상자료를 분석한바와 같이 최대 발생 풍향을 주풍향으로 선정하기에는 발생빈도 차이가 다른 풍향에 비해 뚜렷하게 크지 않아 보완이 필요한 것으로 나타났다. 또한 현재 주풍향만을 고려하여 통상 2-3곳의 대피장소를 같은 방향으로 선정하는 방식은 실제 화학사고 시 실시간 기상에 따라서 오히려 가장 위험한 대피장소가 될 수 있음을 나타낸다. 따라서 기존 대피장소 선정 방식에서 사업장으로부터 East Area(45°~135°), South Area(135°~225°), West Area(225°~315°), North Area(315°~45°)와 같이 단위면적 개념에서 서로 다른 방향에 존재하는 대피장소 4곳을 선정하는 방식으로 보완되어야 한다. 그리고 관련 정보를 화학사고 및 테러에 대응하기 위해 개발되어 소방, 경찰, 군, 지자체 등 대응 기관에 배포하여 운영 중인 화학물질사고대응정보시스템(CARIS), 화관법에 의거하여 화학물질에 대한 종합적인 정보를 국민에게 제공하기 위하여 운영 중인 화학물질종합정보시스템 등과 연계 데이터베이스화하여 정보를 쉽게 공유할 수 있도록 접근성을 높여야한다[7]. 이와 같은 개선을 통하여 화학사고 시 현장수습조정관은 실시간 풍향 정보에 따라 가장 안전한 방향의 대피 장소를 신속하게 판단하여 효과적으로 대응할 수 있을 것으로 예상된다.

4. 결론

현행 제도상에서 사고대비물질을 취급하는 자는 매년 1회 이상 인근 지역주민에게 화학사고 위험 및 응급대응 정보 요약서를 고지해야 할 의무가 있다. 본 연구는 실제 고지된 주민대피 장소 현황을 조사하고, 위해관리계획서 작성에 사용되는 기상통계자료를 분석하여 화학사고 시 안전한 주민대피를 위한 장소 선정 과정의 발전방향을 모색하였으며 주요 연구결과는 다음과 같다.

인천, 시흥, 안산 소재의 위해관리계획 대상 사업장이 지역사회에 고지한 화학사고 위험 및 응급대응 정보 요약서를 분석한 결과 대다수의 사업장에서 주민대피 장소로 건축물을 선정하였으며, 특히 학교를 가장 많이 선정하는 특징을 나타냈다. 그리고 통상적으로 대피장소는 2-3곳을 선정하는 경향을 보였다. 서로 다른 방향의 주민대피 장소를 선정한 곳은 12개 사업장(21.8%)에 불과했다.

위해관리계획 사고시나리오에 적용되는 기상자료를 이용하여 연간 풍향별 발생빈도를 분석한 결과 전체 16 방위 중 NNE 풍향이 18.8525 %, NNW 풍향이 18.0328 % 순으로 높게 나타났다. 바람장미를 통하여 연간 풍향은 어느 한쪽으로 치우치지 않는 사실을 확인할 수 있었으며 주 풍향 한 방향을 선정하는 것은 어렵다고 판단한다.

References

- [1] C. H. Shin, J. H. Park, "An Evaluation of the Off-site Risk of Spill from a Storage Tank of Nitric Acid", *Crisisonomy*, vol. 12, no. 3, pp. 187-200, 2016.
- [2] T. H. Lee, D. J. Lee, C. H. Shin, "Characteristic Analysis of Casualty Accidents in Chemical Accidents", *Fire Science and Engineering*, vol. 31, no. 1, pp. 81-88, 2017.
- [3] K. S. Park, "Offsite Risk Assessment on Toxic Release", *Journal of the Korean Institute of Gas*, vol. 21, no. 3, pp. 9-16, 2017.
- [4] H. K. Jung, J. K. Ma, "A Study on Legal Systems and Politics to Control Chemicals - Focus on Regulation of Hazardous Chemicals", *Administrative Law Journal*, vol. 44, pp. 191-222, 2016.
- [5] Ministry of Environment, "Chemicals Control Act", Ministry of Environment, 2016.
- [6] J. G. Park, Y. W. Suh, S. Y. Gan, S. W. Lee, "Improvement Measures for Chemical Accident Policies in the Chemicals Control Act and Measures to Support the Industry(I)", Korea Environment Institute, 2016.

- [7] K. S. Chun, S. B. Kim, C. H. Park, S.R. Ahn, "A Study on Improvement of Chemical Accident Response Information Systems", Korean Journal of Hazardous Materials, vol. 2, no. 1, pp. 38-42, 2014.

전 병 한(Byeong-Han Jeon)

[정회원]



- 2016년 2월 : 아주대학교 환경공학과 (석사)
- 2016년 2월 ~ 2017년 7월 : (주) 원일화학엔vironment
- 2017년 8월 ~ 현재 : 고흥폐기연구소

<관심분야>

환경공학, 안전공학

김 희 태(Hee-Tae Kim)

[정회원]



- 2016년 1월 ~ 2017년 2월 : 장의·위해 평가전문가 자문단
- 2016년 4월 ~ 2017년 3월 : 화학물질관리협회
- 2016년 8월 : 아주대학교 환경안전공학과 (석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 전남대학교 화학공학과 (박사과정)

<관심분야>

환경안전, 화공안전, 방사선안전

김 현 섭(Hyun-Sub Kim)

[정회원]



- 2016년 1월 ~ 현재 : 시흥화학제안합동방재센터
- 2016년 8월 : 아주대학교 환경안전공학과 (석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 생명화학공학과 (박사과정)

<관심분야>

안전공학, 환경공학, 화학공학

오 승 보(Seung-Bo Oh)

[정회원]



- 2015년 2월 : 한국산업기술대학교 생명화학공학과
- 2016년 1월 ~ 현재 : 환경부 화학안전과

<관심분야>

화학공학, 안전공학