

화학물질관리법상의 유해화학물질 안전관리 개선방안 연구 : 안전성평가 사례 중심

유병태*† · 이은별** · 김종구***

Development on the Safety Management System of Hazardous Chemicals under the Chemicals Control Act: Focusing on Safety Assessment System

Byungtae Yoo*† · Eun Byul Lee** · Jong Gu Kim***

Corresponding Author

Byungtae Yoo

Tel : +82-42-605-7041

E-mail : flyduck@korea.kr

Received : March 25, 2019

Revised : May 13, 2019

Accepted : May 16, 2019

Abstract : Chemicals Control Act have been strengthened to control more safely hazardous chemicals from 2015. In particular, the standards for the installation and management of handling facilities was enhanced with specific regulations depending on type of the facilities and the hazardous chemicals . However, some standards for handling facilities caused difficulties in implementing the strengthened standards due to various field conditions, such as lack of physical space. The Ministry of Environment is implementing Safety Assessment System (SAS) to solve these problems since 2018. However, many plants have difficulties in preparing alternative methods to pass the safety evaluation. The purpose of this study was to review and analyze the SAS and to suggest alternative measures in terms of management and technical aspects through the case study of hydrochloric acid storage tanks. The following safety solutions were suggested for handling facilities that had insufficient the space and capacity for the retaining wall due to physical space. Firstly, insufficient space was resolved by introducing equipment relocation or demolition, and retaining wall expansion. Secondly, the wall of the surrounding buildings was used as an alternative to the retaining wall with additional chemical resistant treatment. Finally, sensor installation and facility inspection were suggested as ways to improve chemical safety. Therefore, improvement of chemical accident prevention system is required not only in terms of facilities supplementation but also management aspect. The results of this study are expected to be available for similar facilities and will be based on the preparation of additional safety assessment as alternatives measures in the future.

Copyright©2019 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Key Words : safety assessment system, safety management, chemical control act, facility, case study

1. 서론

정부는 2012년 구미 불산 누출사고를 계기로 화학물질 유·누출 사고에 대한 사전예방 및 사고대응 및 사후 복구에 대한 안전관리 개선을 위해 2015년 화학물질관리법(이하 ‘화관법’) 전면 개정을 통해 화학물질 취급

안전관리 기준을 강화하였다. 유해화학물질 취급시설 설치 및 관리 기준도 당초 79개 항목에서 413개 항목으로 대폭 강화되었다. 대폭 강화된 설치 기준 중 화관법 시설 기준을 준수하기 위해서는 대규모 이설이 불가피하거나 물리적 공간이 부족, 또는 안전상의 문제가 발생할 수 있는 경우가 발생하였다. 이러한 상황을 개선

*환경부 화학물질안전원 공업연구관 (Accident Prevention and Assessment Division 2, National Institute of Chemical Safety)

**환경부 화학물질안전원 전문위원 (Accident Prevention and Assessment Division 2, National Institute of Chemical Safety)

***환경부 화학물질안전원 공업연구사 (Accident Prevention and Assessment Division 2, National Institute of Chemical Safety)

하기 위하여 환경부(화학물질안전원)는 2018.1.1.부터 ‘안전성평가 제도’라는 특례를 신설하여 시행하고 있다. 물리적 조건 등으로 취급시설 기준 이행이 어려운 시설에 대해 해당 사업장에서는 동등 이상의 안전성 대체방안을 마련하여 화학물질안전원의 위원회 평가를 통해 특례를 인정받을 수 있다.

그 동안 유해화학물질 취급시설 안전관리를 위한 안전성확보 방안이 중요한 분야임에도 불구하고 다른 분야에 비해 상대적으로 활발하지는 않은 실정이다. 이 은별, 이재열 등은 방류벽 내 저장탱크의 누출지점으로 부터 누출궤적에 따른 방류벽 이격거리를 공학적으로 분석하고 사례연구를 통해 저장압력에 따른 방류벽 이격거리 고려 필요성을 제시하였다¹⁻²⁾. 수학적 모델링을 통해 방류벽내 저장탱크에서 유해화학물질이 누출되었을 경우, 누출속도에 따른 방류벽 체류량을 고려하여 펌프를 추가 설치하여 2차 사고예방을 위한 효율적 방안을 제시하였다. Buchlin와 Rana et al.,은 LPG의 확산을 예방하기 위한 현장 실증실험을 통해 사고발생시 수막설비(water curtain)의 효율성을 제시하였다³⁻⁴⁾. Lyu et al.,은 취급하고 있는 화학물질이 외부로 누출되어 확산되는 것을 예방하기 위해 사업장 경계부지에 일정높이의 콘크리트벽을 세워 외부로 확산되는 사고를 예방하는 연구를 제시하였다⁵⁾. 정윤서 등은 암모니아 저장시설에서의 위험도 감소 방안으로서 방류벽 등의 확산 방지 설비 설치 등을 제안하였다⁶⁾. 하지만, 앞서 수행된 연구들은 대부분 유해화학물질의 유·누출 및 외부 확산을 효율적으로 차단하기 위한 방안을 연구하였으나 소방도로가 인접하고 있거나 배관 등 주변 설비의 간섭으로 물리적 공간 부족, 기존시설의 대규모 이설이 불가피한 현장에 직접 적용하기에는 어렵다는 한계가 있다.

2. 연구 방법

본 연구는 현장 여건을 고려하여 합리적인 안전성평가 대체방안을 제시할 수 있도록 기술적 측면과 관리적 측면을 함께 고려하여 연구를 수행하였다. 이를 위하여 먼저, 2015년 이전 유해화학물질법과 2015년 이후 화관법을 비교하여 취급시설 기준의 변화 및 취급시설 검사제도 및 절차를 조사·분석하였다. 또한, 화관법 취급시설 기준의 이행 준수가 어려워 일부시설에 적용하고 있는 안전성평가제도의 체계 및 항목을 분석하였다. 마지막으로 물리적 공간의 제약으로 취급기준 준수가 어려운 염산저장탱크를 대상으로 한 사례분석을 통해 현장조사 및 취급시설 주변 환경을 분석하여

현장 적용성을 충분히 고려한 안전성 대체방안을 제시하고자 하였다.

3. 화학물질관리법의 취급시설 안전관리 기준

3.1 유해화학물질 취급현황

국내에 유통되는 화학물질 중 사람이나 환경에 해를 미칠 위해성 또는 유해성이 있는 유해화학물질에 대해서는 환경부의 화관법이 기본이 되어 관리되고 있다⁸⁻¹⁰⁾. 유해화학물질 유통량은 매년 꾸준히 증가하고 있는데, Table 1처럼 2016년은 10년 전인 2007년 대비 81.9% 늘었으며 구미 불산사고 누출사고가 발생한 2012년 대비 31.0% 증가하였다. 수입은 크게 늘지 않은 반면 제조의 경우 큰 폭으로 증가하고 있다.¹⁰⁾ 늘어나는 유해화학물질만큼 취급시설에 대한 안전관리가 수반되어야 하지만 그렇지 못한 실정이다. Table 2에서 보여주듯이 2012년 이후 매년 위반시설이 지속적으로 발생하고 있으며 이에 따른 고발, 과태료 등 행정조치가 지속적으로 발생하고 있는 실정이다.

Table 1. Toxic chemical substances in circulation⁷⁾
(unit : 1,000 ton/year)

Category	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total	35,065	34,250	34,447	37,995	39,345	44,035	45,045	52,492	57,477	63,815
Manufacture	29,020	29,095	29,207	30,353	32,542	37,442	37,675	45,928	50,960	57,000
Import	6,045	5,155	5,240	7,642	6,803	6,593	7,370	6,564	6,517	6,815

Table 2. Inspection and administrative measures for companies declared the use of toxic chemicals⁷⁾

(No. of Case)

Year	Facility		Administrative measures						
	Inspection	Violating	Total	Accusation	Registration Withdrawal	Business Suspension	Order of Repair	Warning Etc	Fine
2012	7546	195	327	70	3	-	16	133	107
2013	9,312	377	639	192	13	2	120	184	128
2014	9,605	314	314	154	13	1	11	1	134
2015	1,957	239	239	139	-	-	31	12	57
2016	2,146	332	332	139	-	-	63	20	110

3.2 화학물질 취급 관리제도

이처럼 지속적으로 증가하고 있는 유해화학물질 안전관리 필요성에 따라 취급시설 안전관리를 위한 강화된 화관법이 전면 시행되었다. 가장 큰 차이점은 기존의 일반적인 관리기준을 보다 구체적이고 세밀하게 구

Division		TCCA("14.12.31)	CCA("15.1.1")
Management standard	regulation	Enforcement decree act 17 Annex 3 "Toxic chemical business handling facility standard," Enforcement decree act 24 Annex 4 "Toxic substance management standard," Enforcement decree act 33 Annex 8 "Restricted prohibited substances business manager handling facility standard,"	Enforcement decree act 21 clause 2 Annex 5 "Hazardous chemical substances handling facility installation and management standard," Enforcement decree act 8 annex 1 "Hazardous substances handling standard,"
	criteria	79 criteria (manufacture use facility, inside storage store facility, other facilities and transport vehicles)	413 criteria (manufacture use facility, inside storage store facility, outside storage store facility, basement storage store facility, vehicle transport facility, pipe transport facility)

Fig. 1. TCCA and CCA handling facility standard.

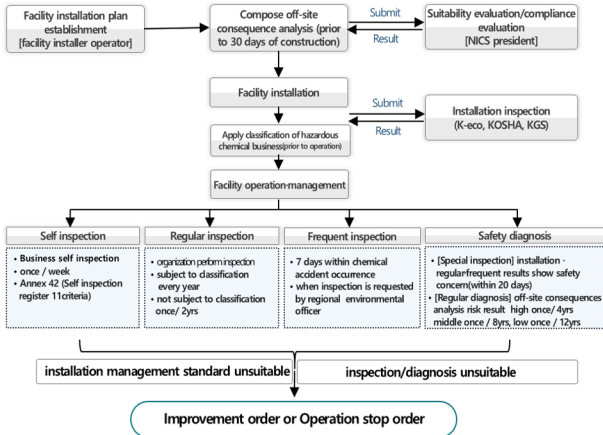


Fig. 2. Hazardous chemicals handling facility management regulation.

분하여 취급시설 설치 및 관리기준을 규정하고, 취급 및 저장 위치를 구체화한 것이다.

이를 위하여 기존의 79개(제조·사용시설, 저장·보관시설, 그 밖의 시설, 운반차량)의 취급시설 관리기준을 413개(제조·사용시설, 실내 저장·보관시설, 실외 저장·보관시설, 지하 저장·보관시설, 차량 운반 시설, 배관 이송 시설)로 대폭 강화하였으며 취급 및 저장·보관 위치를 세분화하였다(Fig. 1).

유해화학물질을 제조·생산 및 저장·보관하기 위하여 해당운영자는 Fig. 2에서처럼 3개의 검사기관(한국환경공단, 안전보건공단, 한국가스안전공사)을 통해 취급시설 설치 검사를 받아야 한다. 설치검사를 정상적으로 통과하면 시설 가동 전 관할청에 영업허가 신청을 통해 취급시설 가동 및 운영을 할 수 있다. 이후 취급시설 안전관리를 위하여 주 1회 취급시설 자체점검을 실시하여야 하며 정기검사, 안전진단을 주기적으로 받아야 한다. 또한, 화학사고가 발생하였거나 발생할 우려가 있는 경우 수시검사를 받고 시설 개선을 실시하도록 규정하고 있다.

4. 화학물질관리법 상 안전성평가 제도

앞서 언급한 것처럼 화관법 전면 개정에 따라 유해



(a) closed pipelines

(b) closed wall

Fig. 3. Difficulties in applying the standard.

화학물질 취급시설 기준이 당초 79개에서 413개로 대폭 확대되었다. 하지만 강화된 기준을 2015년 이전의 기존시설에도 소급적용함에 따라 해당 취급시설 주변의 물리적 공간이 부족하여 대규모 시설이 불가피하거나 시설개선 과정에서 안전상의 문제가 발생할 우려가 있는 경우가 발생하였다(Fig. 3).

따라서, 화학물질안전원에서는 화관법 취급시설 기준 중 일부 4개 시설(방류벽, 방지턱, 집수설비, 긴급차단밸브)에 대해서는 2018년 1월 1일부터 ‘안전성평가’라는 제도를 신설·운영하여 시설기준에 대한 특례를 적용하고 있다. 안전성평가 제도는 화학물질안전원이 사업장에서 제출한 안전성 대체방안을 심사하여 안전성이 확보되었다고 평가된 경우 화관법 취급시설 기준을 준수한 것으로 특례를 인정하는 제도이다. 특례 인정을 위해서는 사업장별 현장 여건을 충분히 고려하여 새로운 안전장치를 확충하거나 이미 공정상에 설치된 장치를 활용하는 방안, 유출·누출에 대비한 감시기능 및 관리적 기능을 강화하는 등의 방법으로 화학사고를 예방하기 위한 대체방안을 수립하여야 한다.

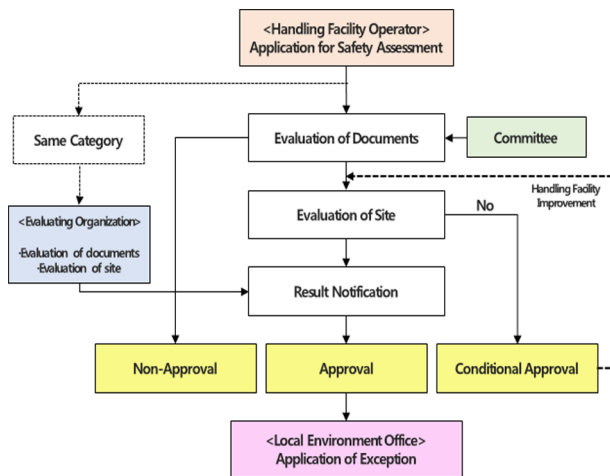


Fig. 4. Safety Assessment System procedure¹¹⁾.

화학물질안전원에서는 사업장에서 제출한 안전성 대체방안을 기술적·관리적 측면에서 서면평가 및 현장평가를 실시하여 동등 이상의 안전성이 확보되었는지를 평가한다(Fig. 4).

5. 취급시설 안전성평가 적용 사례연구

본 연구에서는 물리적 공간 부족으로 취급시설 기준을 준수하기 어려운 안전성평가 대상시설을 선정하여 대체방안을 제시하고자 하였다.

5.1 방류벽 설치현황

해당 시설은 염산(35%)과 수산화나트륨(48%)이 방류벽내 방지턱을 사이에 두고 나란히 설치되어 있는 시설이다. 2기의 저장탱크 모두 용량과 이격거리의 법적 기준을 준수하지 못하는 상황이다.

특히, 이격거리에 대한 법적 기준(화학물질안전원 지침 제2018-6호)에 따라 아래 3가지 중 하나를 선택하여 저장탱크 옆판으로부터의 거리를 유지하여야 한다.

- ① 탱크의 옆판으로부터 최소 1.5 m 이상
- ② 탱크 직경이 15 m 미만인 경우에는 탱크 높이의 3분의 1 이상의 거리
- ③ 탱크 직경이 15 m 이상인 경우에는 탱크 높이의 2분의 1 이상의 거리

염산(35%)은 탱크로리로 공급되며 공급과정에서 발생하는 가스는 탱크상부 연속밀폐 배관을 통해 습식 스크러버에서 중화과정을 거쳐 처리된다(Fig. 5).

Fig. 6처럼 염산(35%) 저장탱크(2700ID×3700H) 방류벽의 경우 방류벽 용량이 80%(법적기준: 110%)이며 저장탱크 외면으로부터 방류벽까지의 4면에 대한 이격거리(법적기준②: 1,233 mm)를 충족하지 못하는 조건이다. 또한, 저장탱크의 북쪽과 남쪽은 건물외벽(①, ②)과 인접하여 설치되어 있어 방류벽 설치 기준을 충족하지 못하고 있는 실정이다. 오른쪽에 위치하고 있는 수산화나트륨(48%) 저장탱크의 경우도 왼쪽 염산(35%) 저장탱크와 동일하게 방류벽 용량과 이격거리를 준수하지 못하는 조건으로 주변 시설, 배관 등의 간섭이 심하여 물리적으로 확장할 수 있는 공간이 부족한 환경을 갖추고 있다.

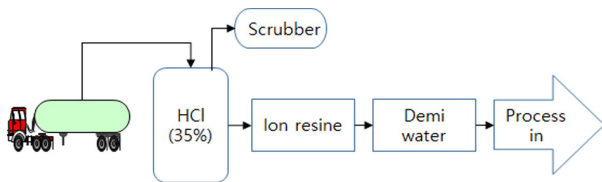


Fig. 5. Process diagram.

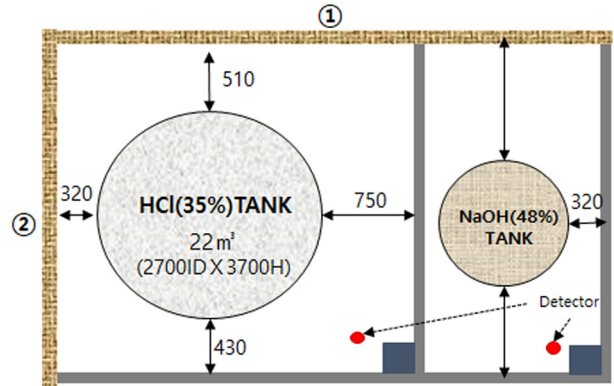


Fig. 6. Hazardous material tank area.

5.2 안전성 확보방안

해당 시설은 설비에 대한 방류벽 용량(110%)과 이격거리(1,233 mm)를 보완하기 위해 법적 기준을 준수하고 안전성 대체방안으로 다음과 같은 방안을 마련하였다.

먼저, 저장탱크 오른쪽에 위치한 수산화나트륨(48%) 저장탱크의 경우 사업장 내 다른 위치의 수산화나트륨 저장탱크를 사용하도록 공정을 변경하고 해당 저장탱크 및 칸막이 독을 철거하여 해당공간을 염산(35%) 저장탱크의 방류벽으로 활용하도록 개선하였다. 이를 통해 방류벽 용량이 149%로 법적 기준을 준수하게 되었고, 4면 중 1면(동쪽)은 2,890 mm로 법적기준을 준수할 수 있도록 시설 개선하였으며 남쪽 방류벽(430 mm)을 보완하기 위해 방류벽 앞쪽의 여유 공간을 확장(2,350 mm)하여 법적 기준(1,233 mm)을 충족하였다(Fig. 7(a)).

둘째, 가스감지기가 5시 방향에 설치되어 있어 건축물 외벽 쪽의 유·누출을 감지하기 어려울 수 있기 때문에 기존의 가스감지기를 저장탱크 아래로 이동설치하고 추가적으로 건축물 외벽 안쪽에 누액감지기를 1,200 m 길이로 추가 설치하여 협소한 공간에서 발생할 수 있는 유·누출 사고를 조기에 감지하여 현장알람시스템을 가동하고 동시에 조정실의 자동차단장치와 실시간으로 연동되어 공급·운전이 차단될 수 있도록 시스템을 개선하였다(Fig. 7(b)).

셋째, 4면 중 2면(①북쪽, ②서쪽)은 기존 건축물 외벽 구조를 활용하는 방안을 제시하였다. 취급물질이 염산(35%)이기 때문에 유·누출 시 건축물의 벽면을 보호하기 위해 내산도장 처리하여 내화학성을 확보하고 탱크에서 벽면 위치로 물질이 유·누출되더라도 건축물 벽면을 타고 방류벽 안으로 염산이 체류되기 때문에 건축물 벽면을 활용하여 안전성을 확보할 수 있었다(Fig. 8).

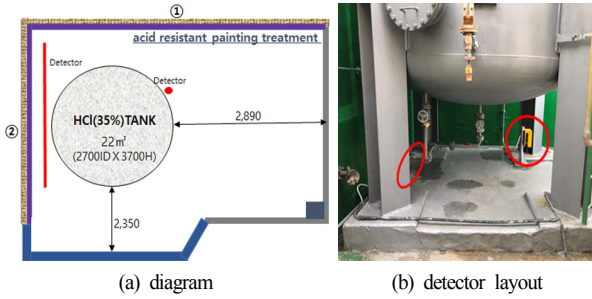


Fig. 7. Improved tank area.

Table 3. Management improvement methods

No	Criteria	Improvement method
1	Strengthen facilities corrosion rate inspection	Inspect storage thickness once every 6 months (Write and manage inspection chart)
2	Strengthen inside acidic resistance and wall inspection	Inspect west/ south wall once in every 6 months to fix crack, inside acidic resistance (Write and manage inspection chart)
3	Quick sensing and alarm	Install HCl sensor Install control room and site alarm
4	Improve access to site in emergency situations	Install entrance steps
5	Improve response measures when HCl leaks	HCl leakage emergency scenario composition and perform emergency training



Fig. 8. Acid resistant painting treatment.

관리적 측면에서 유지·보수체계 개선을 위해서는 6개월 주기로 설비 부식 점검을 강화하고, 유·누출 시 신속한 감지 및 경고 체계 강화를 위해 현장에 경보기를 설치하고 조정실과 연동하여 화학사고를 예방할 수 있는 조기경보 체계를 구축하고자 하였다(Table 3).

5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 현장 여건을 고려한 유해화학물질 취

급시설 안전관리제도 운영을 위해 안전성평가제도의 체계 및 항목을 분석하고, 사례분석을 통해 합리적인 안전성평가 대체방안을 제시하였다.

물리적 공간 부족으로 방류벽의 이격거리와 용량이 부족한 취급시설의 경우 다음과 같은 방안으로 안전성을 확보할 수 있다.

먼저, 설비의 이동 및 철거, 방류벽 확장 등을 통해 가능한 공간을 최대한 확보하고자 하였다.

둘째, 이격거리가 부족한 방향은 기존 건축물을 방류벽의 대용으로 활용할 수 있으며, 이때에는 건축물 벽이 물질 누출 시의 액압을 견딜 수 있는 구조인지를 고려하고, 취급물질에 견딜 수 있는 내화학성을 확보할 필요가 있다.

셋째, 시설의 유지·보수에 지장이 없도록 감지기를 추가 또는 이동하여 설치하고, 자체적인 비상대응훈련과 시설점검 실시 등으로 감지·경보체계를 개선할 수 있다. 설비와 방류벽간의 거리가 협소할 경우 작업자가 시설을 유지하고 보수하는 것에 어려움이 발생할 수 있다. 따라서 실질적인 시설 개선뿐만 아니라 관리적 측면의 대안으로 전반적인 사고예방 체계의 개선이 필요하다.

본 연구에서는 물리적 공간 부족 등으로 관련 법적 기준을 준수할 수 없는 경우 현장여건을 고려한 이에 준하는 대체방안을 제시함으로써 특례를 인정받을 수 있는 사례연구를 수행하였다. 또한, 해당 대체방안을 직접 현장에 적용하였다.

향후 본 사례연구를 바탕으로 보다 다양하고 많은 대체방안 및 안전성확보 방안이 마련되어 현장에 적용할 수 있는 연구가 필요할 것으로 판단다.

References

- 1) E. B. Lee, S. L. Kwak and Y. B. Choi, "Technical Criterion of Safety Evaluation of Leakage Preventing Plates for Alleviating Space Shortage Between Chemical Storage Tank and Dike", J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 5, pp. 42-50, 2018.
- 2) J. Y. Lee, D. H. Kim, S. H. Ban and C. J. Lee, "A Study of the Distance between a Tank and a Dike Considering a Leakage Velocity at an Opening Hole in case of a Leakage Accident", J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 5, pp. 35-41, 2018.
- 3) J. M. Buchlin, "Mitigation of Industrial Hazards by Water Spray Curtains", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 50, Part A, pp. 91-100, 2017.

- 4) M. A. Rana and M. S. Mannan, "Forced dispersion of LNG vapor with water curtain", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 23, Issue 6, pp. 91-100, 2010.
- 5) B. G. Lyu, K. H. Lee, T. J. Kim, H. T. Cho and I. Moon "Damage Reduction Strategies Against Chemical Accidents by using a Mitigation Barrier in Korean Chemical Risk Management", *Safety Science*, Vol. 110, Part A, pp. 29-36, 2018.
- 6) Y. S. Jeong, I. S. Woo and J. W. Lim, "Risk Management for Ammonia Unloading and Storage Tank Facility", *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol. 21, No. 1, pp. 95-103, 2017.
- 7) Ministry of Environment(ME), *Environmental Statistics Yearbook Ministry of Environment*.
- 8) J. S. Lee and D. M. Choi, "A Study on the Improvement of Chemical Accident Response System in View of the National Disaster Management System", *Journal of Fire Science and Engineering, Fire Science and Engineering*, Vol. 29, No. 5, pp. 73-78, 2015.
- 9) S. B. Kim, M. H. Lim and J. D. Park, "Investigation Study of Information Improvement in Chemical Accident by Extraordinary Chemical Reaction", *Journal of Korea Society Disaster Information*, Vol. 11, No.2, pp. 219-225, 2015.
- 10) D. J. Lee, T. Y. Lee and C. H. Shin, "Study on Improvement Measures for Prevention and Countermeasure of Chemical Accident", *Journal of Fire Science and Engineering*, Vol. 30, No. 5, pp. 137-143, 2016.
- 11) National Institute of Chemical Safety(NICS), *Facilities Installation Standard Guide*, 2017.