

유해화학물질 운송차량 사고 통계분석 및 사고대응 개선방안

Improvement on Accident Statistic Analysis and Response of Hazardous Chemical Transport Vehicle

Byeong-han Jeon^{a,1}, Hyun-sub Kim^{b,*}

^a Department of Environmental Engineering, Ajou University, San 5-1 Woncheon dong, Suwon 164-99, Republic of Korea

^b Siheung Joint Inter-agency Chemical Emergency Preparedness Center, 1366-15 Jeongwang dong, Siheung 150-79, Republic of Korea

ABSTRACT

In the trend of increasing awareness of chemical accidents, hazardous chemical transport vehicle accidents are occurring every year. In this study, we analyzed improvement of accident prevention and countermeasures through statistical analysis of hazardous chemical transport vehicle accidents. A total of 383 chemical accidents between January 2014 and December 2017 were analyzed. During this period, number of transportation accidents was 83 cases, accounting for 21.67% of total chemical accidents. In the current system, despite the direct handling of hazardous chemical, it is out of regulation of damage prediction unlike the workplace. In order to effectively respond to actual accident, information on damage prediction is required and should be shared with related ministry. And it should be developed to real-time monitoring of hazardous chemical transport vehicle through integrated control tower.

KEYWORDS

Accident prevention,
Accident response,
Chemical accident,
Hazardous Chemical,
Transporting vehicle

화학사고에 대한 경각심이 지속적으로 높아지고 있는 동향 속에서 매년 꾸준히 발생하고 있는 유해화학물질 운송차량 사고의 추세 및 특성을 조사하고 향후 운송차량에 의한 사고 예방·대응분야에서의 개선방향을 연구하였다. 2014년 1월부터 2017년 12월까지 발생한 총 383건의 화학사고를 분석한 결과 운송차량 사고는 83건으로 전체 화학사고의 21.67%를 차지했다. 현행제도에서는 사업장과 다르게 위험물을 직접적으로 취급함에도 불구하고 피해 예측에 대한 규제에서 벗어나 있으며 실제 사고 시 효과적으로 대응하기 위해서는 피해예측에 대한 정보가 있어야하고 각 관계부처와 이를 공유하는 것이 필요하다. 그리고 유해화학물질을 포함하는 위험물의 통합적인 컨트롤타워를 통한 운송차량 실시간 모니터링이 이뤄지는 방향으로 발전되어야 한다.

사고예방,
사고대응,
화학사고,
유해화학물질,
운송차량

© 2018 Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-31-470-2418. Fax. 82-31-470-2499.
Email. sakao@korea.kr

1 Tel. 82-70-7664-2121. Email. orange310624@hanmail.net

ARTICLE HISTORY

Received Feb, 6 2018

Revised Feb, 6, 2018

Accepted Mar. 23, 2018

1. 서론

과학기술 발전과 더불어 화학물질의 종류 및 사용량은 점차 증가하는 추세이다. 현대사회에서 화학물질의 사용은 인간의 생활을 편리하게 만들기도 하지만 화학사고로 인하여 물적 피해와 인적 피해를 발생시키기도 한다. 화학사고의 특성상 사고 지점에만 피해가 국한되는 것이 아니라 주변 환경에도 크게 영향을 미칠 수 있기 때문에 화학사고에 대한 관심은 지속적으로 높아지고 있다. 이러한 동향 속에서 사업장내뿐만 아니라 장외의 영향까지 사전 예측하여 관리하는 종합적인 화학사고 예방 제도의 도입과 관련 연구 필요성이 제기되었으며 화학물질 관리 제도의 전면 개편이 이뤄지게 되었다[1]. 2015년을 시점으로 시행된 화학물질관리법은 화학물질로 인한 국민건강 및 환경상의 위해(危害)를 예방하고 화학물질을 적절하게 관리하는 한편, 화학물질로 인하여 발생하는 사고에 신속하게 대응함으로써 화학물질로부터 모든 국민의 생명과 재산 또는 환경을 보호하는 것을 목적으로 하고 있다[2].

최근 국내에서 발생한 화학사고 건수는 2012년 9건, 2013년 87건, 2014년 105건, 2015년 113건, 2016년 78건으로 보고된다[3, 4]. 2012년 9월, 구미에서 발생한 불산 가스 누출사고는 화학물질의 잠재적 위험성에 관한 경각심을 갖게 되는 전환점이 되었으며 화학사고의 신고 접수 증가 등의 이유로 이후 큰 폭으로 화학사고 발생건수가 증가하였다[5]. 화학사고 원인으로는 작업자의 부주의, 시설관리 미흡, 운송차량사고, 기타이유로 구분하고 있다. 화학물질관리법 시행 이후 사업장 내에서 발생하는 화학사고는 위해관리계획, 장외영향평가, 취급담당자 교육 등으로 인하여 감소하는 추세이나 운송차량 관련 사고는 꾸준히 발생하고 있다. 이는 운송차량 사고를 줄이기 위하여 화학물질을 운반하는 자에 대한 법정교육 실시, 장거리 운반 시 휴식시간 확보 의무화, 사전 운반계획서 제출 등의 노력을 기울이고 있지만 큰 효과를 거두지 못하고 있음을 보여준다.

연구에서는 최근 4년간의 화학사고 통계에 의한 운송차량 사고 현황 및 특성을 조사하고 이를 바탕으로 향후 운송차량 관련 사고를 줄이기 위한 보완점을 모색하고자 하였다.

2. 연구방법

구미 불산 누출 사고를 계기로 화학사고에 대한 민감도가 높아져 이전과 다르게 신고건수가 급격하게 증가하게 되었다 [6, 7]. 본 연구에서는 화학물질안전원 화학안전정보공유시스템(CheMical Safety Clearing-house, CSC)의 화학사고 통계 자료를 사용하였으며 2014년 1월부터 2017년 12월까지 4년간 국내에서 발생한 전체 383건의 화학사고를 바탕으로 운송차량 사고에 대한 특성을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 운송차량 사고 발생 현황

Table 1은 2014년 1월부터 2017년 12월까지 발생한 화학사고 통계이다. 연간 총 화학사고는 2014년 105건, 2015년 113건으로 소폭 증가하는 경향을 나타내다가 2016년 78건, 2017년 87건으로 비교적 감소추세를 나타내었다. 2015년 화학물질관리법이 본격적으로 시행되었고 점진적으로 화학물질 관리체계가 자리잡아감에 따라서 전체 화학사고 발생건수는 감소현상이 나타난 것으로 보인다.

같은 기간 발생한 화학사고를 사고원인별로 조사한 결과 총 383건의 화학사고 중 작업자의 부주의에 의한 사고는 134건 (34.99%), 시설관리 미흡에 의한 사고는 166건(43.34%), 운송차량에 의한 사고는 83건(21.67%)으로 조사되었다. 이 중 운송차량에 의한 사고의 연간 발생통계는 2014년 22건(20.95%), 2015년 21건(18.58%), 2016년 21건(26.92%), 2017년 19건(21.84%)으로 조사되었다. 운송차량에 의한 사고는 다른 두 원인에 의한 사고와 다르게 증감 폭이 크지 않으며 연간 약 20건 정도 꾸준히 발생하는 특징을 갖는 것으로 나타났다. 또한 최근 4년간 발생한 전체 화학사고의 1/5 이상을 차지하여 결코 비중이 작지 않은 사고원인임을 알 수 있다.

Table 1. Statistics of chemical accident occurrence by cause of accident

	Worker carelessness	Insufficient management	Transportation vehicle	Total
2014	49 (46.67%)	34 (32.38%)	22 (20.95%)	105
2015	36 (31.86%)	56 (49.56%)	21 (18.58%)	113
2016	25 (32.05%)	32 (41.03%)	21 (26.92%)	78
2017	24 (27.59%)	44 (50.57%)	19 (21.84%)	87
Total	134 (34.99%)	166 (43.34%)	83 (21.67%)	383

Table 2는 최근 4년간 발생한 운송차량 관련 사고를 세부원인별로 조사하여 나타낸 것이다. 유해화학물질 운송차량 관련 사고의 세부원인으로는 관리소홀, 운전미숙, 졸음운전, 음주운전 등으로 구분하고 있다. 4년간의 운송차량 사고에서 관리소홀에 의한 사고발생 건수는 34건으로 전체 운송차량 사고의 40.96%를 차지하였고, 운전미숙에 의한 사고는 24건으로 전체 운송사고의 28.92%를 차지하였다. 졸음운전에 의한 사고는 4건으로 전체 운송사고의 4.82%, 기타 이유에 의한 사고는 21건으로 전체 운송사고의 25.30%였으며, 음주운전에 의한 사고는 아직까지 발생한 적이 없는 것으로 조사되었다.

Table 2. Statistics of transportation vehicle chemical accidents by detailed cause

	Improper maintenance	Poor driving	Drowsy driving	Drunk driving	Others	Total
2014	12	7	2	0	1	22
2015	5	5	1	0	10	21
2016	7	4	1	0	9	21
2017	10	8	0	0	1	19
Total	34	24	4	0	21	83

Table 3은 최근 4년간 발생한 운송차량에 의한 사고 중 가장 많이 사고가 난 화학물질 순으로 나타내었다. 조사결과 염화수소가 15건으로 가장 빈번하게 사고가 발생하였으며 질산 7건, 황산 6건, 아세트산에틸 3건순으로 조사되었다. 암모니아와 톨루엔, 과산화수소, 수산화나트륨은 각각 2건의 운송사고가 발생한 것으로 나타났다. 유독물인 수산화나트륨을 제외한 나머지 물질은 유독물이자 사고대비물질인 것으로 조사되었다. 이러한 유독물 및 사고대비물질의 중복 물질은 대부분 독성 및 확산성이 강하여 사고로 인한 누출 시 대규모 인명·재산피해를 유발하고, 화재 및 폭발을 동반할 가능성이 매우 높기 때문에 집중적인 관리가 필요한 물질로 규정하고 있다[8].

Table 3. Statistics of transportation vehicle chemical accidents by material

	Hydrogen chloride	Nitric acid	Sulfuric acid	Ethyl acetate	Ammonia	Toluene	Hydrogen peroxide	Sodium hydroxide
CAS.	7647-01-0	7697-37-2	7664-93-9	141-78-6	7664-41-7	108-88-3	7722-84-1	1310-73-2
'14 - '17	15	7	6	3	2	2	2	2
Toxic	O	O	O	O	O	O	O	O
High concern	O	O	O	O	O	O	O	X

Table 4는 운송차량에 의한 화학사고를 누출, 화재, 폭발 등의 사고형태별로 조사한 표이다. 2014년 1월부터 2017년 12월까지 총 83건의 운송사고 중 3건의 폭발사고와 1건의 기타사고를 제외한 79건이 누출사고인 것으로 조사되었으며 이는 전체의 약 95%에 해당하는 것으로 나타났다.

Table 4. Statistics of transportation vehicle chemical accidents by accident type

	Release	Fire	Explosion	Others
2014	21	1	0	0
2015	18	2	0	1
2016	21	0	0	0
2017	19	0	0	0
Total	79	3	0	1

Table 5는 동기간에 발생한 화학사고를 사고원인 및 상해별로 조사하여 나타내었다. 운송차량에 의한 사고에서 상해는 2014년 사망 1명, 부상 9명, 2015년 사망 2명, 부상 9명, 2016년 사망 2명, 부상 5명, 2017년 사망 2명, 부상 2명으로 조사되었다. 4년간 화학사고 발생에 의한 총사망자 수는 20명이었으며 총부상자 수는 511명이었다. 같은 기간 운송차량 사고에 의한 사망자와 부상자는 각각 총사망자 수의 35%, 총부상자의 4.9% 수준이었다. 화학물질 운송은 운전자 한 명 또는 운전자와 동승자 두 명에 의해 이루어지는 것이 일반적이다. 따라서 화학물질 취급사업장에서 발생하는 화학사고와 비교하여 부상자의 수는 현저하게 차이가 나는 특징이 있다. 하지만 운송차량 관리미흡으로 인한 누출사고뿐만 아니라 운전 미숙으로 인해 발생하는 1차적 사고 즉, 탱크로리나 상용차 등의 화물차량에 의한 교통사고로 인하여 사망자의 수는 사업장에서 다른 원인에 의하여 발생한 화학사고의 사망자 수와 비교해 크게 차이가 나지 않는 것을 알 수 있다.

Table 5. Statistics on casualties caused by chemical accidents

	Worker carelessness		Insufficient management		Transportation vehicle		Total	
	Death	Injury	Death	Injury	Death	Injury	Death	Injury
2014	2	122	1	103	1	9	4	234
2015	5	29	2	59	2	9	9	97
2016	1	29	2	86	2	5	5	120
2017	0	53	0	5	2	2	2	60
Total	8	233	5	253	7	25	20	511

3.2 고찰

유해화학물질 운송차량은 사업장에 비하여 취급하는 화학물질 저장량은 적지만 이동성을 갖기 때문에 화학사고 발생 장소 및 상황에 따라서 피해규모 편차가 크게 나타날 수 있는 특징이 있다. 이러한 이유로 현행제도에서는 위험물을 직접적으로 취급함에도 불구하고 사업장과 다르게 장외영향평가와 같은 피해예측에 대한 규제에서 벗어나 있다. 하지만 실제 사고 시 신속하고 효과적으로 대응하기 위해서는 피해예측에 대한 정보가 있어야하고 각 관계부처와 이를 공유하는 것이 필요하다.

현재 위험물은 종류에 따라 소방청, 산업통상자원부, 환경부 등 정부 10개 부처에서 관리하고 있으며 이중 유해화학물질은 환경부에서 관리하고 있다. 이처럼 위험물 운송차량을 관리하는 컨트롤타워가 없는 실정기에 국토부에서는 이를 보완하고자 물류정책기본법 개정안의 일환인 운송차량 실시간 모니터링 체계를 구축하고 2018년 중으로 시행계획에 있다. 이는 통합 단말기를 차량에 부착하여 사고 시 운전자의 정보 및 운행경로, 운행시간, 사고위치 파악 등을 관계기관에서 곧바로 확인할 수 있도록 하기 위함이지만 전국의 4만 여대에 달하는 위험물질 운송차량 중 위험물의 경우 10,000 L, 독성가스의 경우 2 ton, 유해화학물질과 지정폐기물의 경우 5 ton, 고압가스의 경우 6 ton 차량 총 300여대에만 시범적으로 단말기를 부착하기로 계획되어 있어 실효성이 낮다고 볼 수 있다. 미국의 GEO FENCING, 싱가포르의 HTVTS(Hazmat Transport Vehicle Tracking System) 등 국외에서는 운송차량 실시간 모니터링 시스템 이미 효과적으로 적용중인만큼 국내에도 이와 같은 제도의 적극적인 확대 적용이 필요하다[9]. 그리고 단순 실시간 모니터링뿐만 아니라 비상대응계획에 대한 관리도 함께 이루어지는 방향으로 발전시켜야 한다.

화학물질관리법 제15조에 따라 지정수량(유독물 5,000 kg, 허가물질·제한물질·금지물질·사고대비물질 3,000 kg)을 초

과하여 유해화학물질을 운반하는 경우 사전에 운반계획서를 지방환경관서에 제출하여야한다(Ministry of Environment, 2016). 하지만 현행 운반계획서는 운반자 및 운전시간·경로·노선을 포함한 통행도로 상세내역, 유해화학물질 종류 및 수량 등을 기재할 뿐 사고 시 현장에서 대응할 수 있는 정보 제공 면에서는 부족함이 있다. 또한 지정수량 이하의 운반차량에 대해서는 운반계획서 제출이 의무적이지 않아 정보가 누락될 수 있는 맹점이 있다. 사고 시 정확한 물질 확인을 위해서는 물질명 뿐만 아니라 CAS 번호, UN 번호, 사고대응 핵심정보 시트 등도 운반계획서에 필수적으로 기재하는 방안이 필요하다. CAS 번호는 미국화학협회(American Chemical Society)에서 화학구조나 조성이 확정된 화학물질에 부여한 고유의 번호이며, UN 번호는 UN의 운송 전문가 위원회가 운송 위험 및 유해성이 있는 화학물질에 부여한 번호로 한국안전보건공단, 화학물질안전관리정보시스템 등을 통해 누출 시 행동방법 및 방제방법 등을 조회할 수 있다. 사고대응 핵심정보 시트는 사고 대응에 필요한 사고물질의 환경확산정보와 독성영향 정보, 방제정보 등을 간략하게 나타낸 자료로 운반계획서에 포함 및 차내 비치함으로써 유관기관의 신속한 사고대응 및 방제활동에 중요한 자료로 사용될 수 있다[10]. 운반차량에 대하여 사업장에서 실시하는 장외영향평가를 그대로 적용하는 것은 실상 어려움이 있다. 하지만 운송차량에 의한 사고를 예방하고 효과적으로 대응하기 위해서는 운반관련 정보뿐만 아니라 캐나다 운송비상센터(CANUTEC, Canadian Transport Emergency Center)의 ERG(Emergency Response Guidebook) 프로그램(Fig.1)과 같은 간소화 된 평가를 통해 사고 시 활용될 수 있는 영향범위 산정표를 포함하는 운반계획서를 제출하여 사고현장에서도 사용될 수 있도록 차량에 비치하는 방안으로 보완이 필요하다. ERG 프로그램은 화학물질의 UN 번호와 간단한 기상정보만으로 모바일 앱을 이용하여 사고 시 초기이격거리와 방호활동거리를 쉽게 산출할 수 있다. 이와 같은 개선방안을 통해 유관기관에서는 보다 효과적으로 유해화학물질 운송 사고에 대응할 수 있을 것이다.

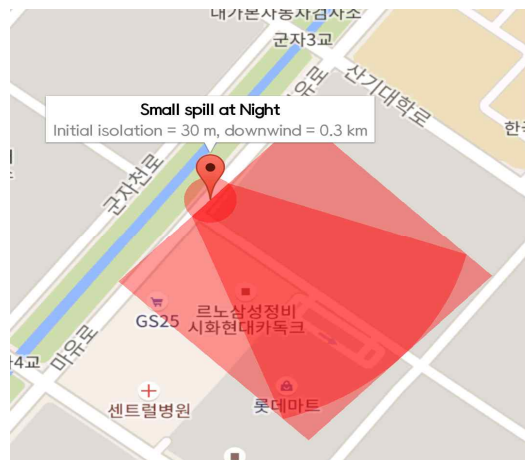


Fig. 1. Mobile ERG-2016 program.

4. 결론

1. 최근 4년간의 화학사고 발생 추이를 조사한 결과 총 383건의 화학사고 중 운송차량에 의한 사고는 83건으로 전체사고의 21.67%를 차지하였다. 연간 발생 건수는 2014년 22건, 2015년 21건, 2016년 21건, 2017년 19건으로 매해 20건 정도 꾸준히 발생하는 경향을 나타냈다.

2. 운송차량에 의한 화학사고 중 약 70%가 관리소홀이나 운전미숙에 의한 원인으로 발생하였으며, 사고형태는 대부분 운송 중인 물질의 누출 사고인 것으로 조사되었다. 또한 운송사고는 화학물질의 직접적 피해뿐만 아니라 교통사고를 동반하기 때문에 특성상 사망자 발생률이 35%로 높은 편인 반면 부상자 발생률은 약 5%로 낮은 편이었다.

3. 운송차량에 의한 화학사고는 발생추이, 사고원인, 발생특성상 현행 제도의 보완점이 필요한 것을 보여주며, 이와 동시에 대부분 인재에 의한 사고임으로 사고발생률을 줄일 수 있는 가능성도 있음을 시사한다. 이를 위해 유해화학물질을 포함하는 위험물의 통합적인 컨트롤타워가 필요하며 운송차량 실시간 모니터링이 이루어져야 한다. 또한 현행 운반계획서의 맹점을 제도적으로 보완하고 사고대응 시 필요한 정보를 위해 ERG프로그램 등을 통한 피해영향범위 산정 정보나 운송물질의 CAS 번호, 사고대응 핵심정보 시트 등을 포함하는 방향으로 발전되어야 할 것이다.

References

- [1] Park, K. S., (2017), "Offsite Risk Assessment on Toxic Release", Journal of the Korean Institute of Gas, Vol. 21, No. 3, pp. 9-16.
- [2] Ministry of Environment, (2016), "Chemicals Control Act", Ministry of Environment.
- [3] Shin, C. H., Park, J. H., (2016), "An Evaluation of the Off-site Risk of Spill from a Storage Tank of Nitric Acid", Crisisonomy, Vol. 12, No. 3, pp. 187-200.
- [4] Lee, T. H., Lee, D. J., Shin, C. H., (2017) "Characteristic Analysis of Casualty Accidents in Chemical Accidents", Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 1, pp. 81-88.
- [5] Lee, T. H., Park, J. D., Lee, S. J., Bang, B. S., Kim, K. P., Kim, M. S., Park, J. S., (2015), "Characteristics of Chemical Substance Accident in Korea", Korean Journal of Hazardous Materials, Vol. 3, No. 1, pp. 37-41.
- [6] Shin, C. H., Lee, H. S., Kim, T. H., Park, J. H., (2016), "Analysis on Chemical Accident Characteristics of Facilities Handling Hydrochloric Acid", Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 6, pp. 14-22.
- [7] Lee, S. W., (2013), "Status and Problems of Management of Hazardous Chemicals", Audit and Inspection Research Institute.
- [8] Ko, J. S., (2013), Study on the Consequence Effect Analysis & Process Hazard Review at Gas Release from Hydrogen Fluoride Storage Tank", Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 9, No. 4, pp. 449-461.
- [9] Won, J. U., Lee, S., Kwon, Y. J., Jo, C. H., (2012), "Hazardous Materials Transportation Management System", Korean Society for Railway, pp.1468-1473.
- [10] Yoon, Y. S., (2017), "Development of Chemical Accident Response Information Sheets for Hydrogen Chloride", Korean Institute of Hazardous Materials, Vol. 5, No. 1, pp. 26-34.