

국내 유해화학물질 운송차량사고 특성분석

Analysis on the Characteristics of Hazardous Chemical Transport Vehicle Accidents in Korea

정재욱¹ · 이상재^{2*}Jae-uk Jeong¹, Sang-jae Lee^{2*}¹Assistant manager, Chemical Safety Division, Korea Environment Corporation, Gwangju, Republic of Korea²Resercher, Chemical Safety Division, Jeonbuk Regional Environmental Office, Jeonju, Republic of Korea

*Corresponding author: Sang-jae Lee, limnokor@korea.kr

ABSTRACT

Purpose: In this study, the characteristics of hazardous chemical transport vehicle accidents during the last six years from 2014 to 2019 was analyzed. This study is to prevent chemical transport accidents. **Method:** Using statistics from the Ministry of Environment, chemical transport vehicle accidents were classified into accident type, accident cause and vehicle type. **Result:** Of the total 506 cases chemical accidents, 105 cases were caused by transport vehicle. More than 20 percent of total accidents were reported. Most of the accidents were caused by spill·leak. The main causes of the accident were traffic accidents(49 cases) and management negligence(29 cases). This was more than 74% of all transport vehicle accidents. By vehicle type, 57 cases(54%) were most common in tank lorries, followed by trucks (39 cases, 37%) and trailers (9 cases, 9%). **Conclusion:** In order to prevent accident of transport vehicle, thorough inspection of the transport vehicle is required and safe operation of the driver. In addition, the government needs to expand real-time monitoring of transport vehicles and comprehensively manage different systems by the relevant ministries.

Keywords: Hazardous chemical, Transport vehicle, Chemical accident, Accident prevention

요약

연구목적: 본 연구에서는 2014년부터 2019년까지 최근 6년간 발생한 화학사고 중 유해화학물질 운송 차량사고의 특성을 분석하여, 운송과정에서 발생하는 화학사고를 예방하고자 하였다. **연구방법:** 환경부 화학물질종합정보시스템의 통계자료를 활용하여, 운송차량에 의한 화학사고 사고유형, 사고원인, 차량종류로 나누어 조사하였다. **연구결과:** 총 506건의 화학사고 중 운송차량에 의한 사고는 105건으로 조사되었으며, 전체 사고의 20% 이상 상회하는 수치를 보였다. 사고유형은 유·누출에 의한 사고가 대부분이었으며, 사고 주요 원인으로는 교통사고와 차량관리소홀이 각각 49건, 29건으로 전체 운송차량 사고의 74%이상으로 나타났다. 차량유형별로는 탱크로리(57건, 54%)에서 가장 많이 발생하였으며, 화물트럭(39건, 37%), 트레일러(9건, 9%) 순으로 빈번하게 발생하였다. **결론:** 운송차량 사고의 예방을 위해서는 운송차량의 철저한 점검 및 운전자의 안전운행이 요구된다. 또한 정부는 운송차량의 실시간 모니터링을 확대하고, 소관 부처별로 상이한 제도를 통합적으로 관리할 필요성이 있다.

핵심용어: 유해화학물질, 운송차량, 화학사고, 사고예방

Received | 25 February, 2020

Revised | 2 March, 2020

Accepted | 25 May, 2020

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

서론

화학물질은 산업과 과학기술이 발전함에 따라 그 종류와 사용량이 꾸준히 증가하고 있다. 화학물질의 사용은 인간의 생활을 유익하게 해주지만 화학사고로 인하여 인명 및 재산 피해를 발생시키기도 한다. 2012년 구미 불화수소 누출사고 이후 화학사고 위험성에 대한 국민의 관심이 증가하고 있다. 화학물질관리법이 시행되어 취급시설 설치 및 관리기준이 강화되면서 사업장 취급시설의 화학물질은 적절하게 관리되고 있으나, 유해화학물질을 운송하는 차량에서 발생하는 사고는 상대적으로 관리·감독이 소홀한 실정이다. 화학물질관리법 상 일정량을 초과하여 유해화학물질을 운반하는 경우 제출하는 운반계획서는 일 평균 1500건이다. 소량 운반하는 경우를 포함하면 이보다 많은 차량이 전국에서 운행된다고 볼 수 있다. 특히 유해화학물질 등의 위험물을 운송하는 차량은 탱크로리나 트레일러가 대부분이어서 사고가 발생하면 대형사고로 이어지는 경우가 많다. 따라서 유해화학물질 운송사고는 사고 차량에 직접적인 인명 및 재산 피해 외에도 사고와 관련이 없는 불특정 다수에게 피해를 줄 수 있어 국가적 차원의 예방과 대책 마련이 시급하다.

환경선진국인 북미나 유럽에서는 위험물 등 유해화학물질 운송에 관련하여 특정규제와 단속을 통하여 위험물 차량에 대해 관리를 하고 있다. 미국의 경우 운송업체 정보관리시스템을 활용하여 위험물 차량에 대하여 노상검사를 통해 안전관리를 하고 있으며, 호주는 운송차량 관리시스템을 활용하여 운전자의 과속 및 과로운전을 막기 위해 출발지, 목적지, 휴식 장소와 시간, 운행시간 등을 관리하고 있다. 또한, 영국의 경우 운행기록계를 통해서 근로시간, 지속적인 운행시간, 휴식시간 등을 규제하고 있다(Chung et al., 2011). 국내에서도 이와 같은 제도를 도입하여 화학물질의 안전한 운송을 위하여 노력하고 있으나, 화학물질별로 소관 부처와 법령이 많아 운송차량에 대한 통합적인 관리가 어려운 실정이다.

국내에서도 운송차량 관리뿐만 아니라 화학물질로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 화학물질을 적절하게 관리하기 위하여 기존의 유해물질관리법을 개정한 화학물질관리법을 2015년부터 시행하였다. 화학물질관리법에는 유해화학물질 취급시설을 제조·사용, 실내 저장, 실내 보관, 실외 저장, 실외 보관, 지하 저장, 차량 운송, 차량 운반, 배관 이송시설로 세분화하여 시설에 대한 관리기준을 강화하였다. 또한, 사업자는 화학물질 취급절차를 마련하여 시행하고, 근로자는 안전교육을 이수하도록 하여 화학사고를 예방하고자 하였다. 한편 화학물질을 운반하는 자에 대한 법정교육 이수, 운반계획서 제출, 개인보호장구 착용, 장거리 운반 시 휴식시간 확보 등의 운송차량 안전관리에 관한 법적 준수사항들이 마련이 되어 있음에도 불구하고 운송사고는 꾸준히 발생하고 있다.

운송차량 관련 선행연구로는 Lee et al.(2016)의 국내 운송차량사고에 특성 대한 통계분석, Kim et al.(2016)의 운송차량 누출사고에 대한 처리절차에 관한 연구가 있지만, 운송사고 원인, 차량 유형 등에 관한 구체적인 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 2014년부터 2019년까지 최근 6년간 국내에서 발생한 유해화학물질 운송사고를 대상으로 사고 현황, 유형, 원인 등을 분석하고 사고특성을 고찰하여 향후 운송과정에서 발생하는 화학사고에 대한 예방대책 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

연구방법

본 연구는 환경부 화학물질안전원 화학물질종합정보시스템의 통계 자료를 활용하여 2014년부터 2019년까지 6년간 국내에서 발생한 화학사고를 분석하였다. 기존 환경부에서 화학사고 원인을 작업자의 과실, 시설결함·노후화, 운송사고로 구분

하였으나, 2017년 경북지역에서 발생한 지진이 자연재해로 구분되어 현재 총 4가지 원인으로 대별하였다. 이 중 운송차량에 의한 화학사고 105건을 사고유형, 사고원인, 차량종류로 나누어 분석하였다. 사고유형은 유·누출, 화재·폭발, 기타로 분류하고, 사고원인은 교통사고, 차량관리소홀, 용기·적재불량으로 나누어 조사하였다. 차량유형은 탱크로리, 트랙터·트레일러, 일반트럭으로 분류하였다.

결과 및 고찰

국내 화학사고 발생 현황

화학물질관리법에는 화학사고를 시설의 교체 등 작업 시 작업자의 과실, 시설결함·노후화, 자연재해, 운송사고 등으로 인하여 화학물질이 사람이나 환경에 유출·누출되어 발생하는 일체의 상황으로 정의하고 있다. Table 1은 2014년부터 2019년까지 발생한 화학사고를 작업자의 과실, 시설결함·노후화, 운송사고, 자연재해로 사고원인을 구분하였다. 해당 기간 총 506건의 화학사고가 발생하였는데 시설결함·노후화에 의한 사고(212건, 41.9%), 작업자 과실에 의한 사고(181건, 35.8%), 운송사고(105건, 20.7%), 자연재해에 의한 사고(8건, 1.6%) 순으로 나타났다. 한편 2015년 113건으로 가장 많은 화학사고가 발생하였는데, 시설결함·노후화에 의한 사고 비율이 49.6%로 다른 해에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 특히, 2015년 전북 군산의 A 사업장에서 발생한 테트라클로로 실리кон 누출사고는 인명, 재산, 환경에 큰 피해를 일으킨 대표적 사고로 평가되고 있다. 상기 사고로 인하여 사고대비물질의 추가지정, 환경영향조사 실시, 주민설명회 개최 등 다방면의 사고 후속 조치가 이루어졌다. 2015년 이후에는 전반적으로 화학사고가 감소하는 추세로 접어들었으며 2019년에 발생한 57건의 화학사고는 2015년 대비 절반 수준으로 감소한 것으로 나타났다.

Table 1. Chemical accidents by cause of accident

Year	Facility defect	Worker error	Transport vehicle accident	Natural disaster	Total
2014	34 (32.4%)	49 (46.7%)	22 (21.0%)	-	105
2015	56 (49.6%)	36 (31.9%)	21 (18.6%)	-	113
2016	32 (41.0%)	25 (32.1%)	21 (26.9%)	-	78
2017	39 (44.8%)	21 (24.1%)	19 (21.8%)	8 (9.2%)	87
2018	35 (53.0%)	21 (31.8%)	10 (15.2%)	-	66
2019	16 (28.1%)	29 (50.9%)	12 (21.1%)	-	57
Total	212 (41.9%)	181 (35.8%)	105 (20.7%)	8 (1.6%)	506

지역별 화학사고 발생빈도

화학사고 발생지역을 전국 17개 광역시·도별로 구분하여 분석한 결과 반월·남동·시화 국가산단 등 대형산업단지가 밀집해 있는 경기도 지역에서 총 142건으로 가장 많은 화학사고가 발생하였으며, 경북(59건), 충남(40건), 울산(38건) 순으로 화학사고가 빈번히 발생하였다. 경기도에서 발생한 운송차량 사고의 비율은 전체의 16.9%로 전국평균인 20.7%보다 낮은 수치를 보여, 취급사업장 내에서 화학사고의 비율이 높은 것으로 나타나 취급시설관리, 작업자 안전교육 등이 더욱 강조되어야 할 것으로 판단된다.

전체 화학사고 대비 운송사고의 비율이 높은 지역은 경남(47.6%), 대구(44.4%), 전남(41.7%) 순으로 나타났다. 한편 2017년 경남 창원터널에서 5톤 트럭에 적재된 유류 드럼이 반대편 차선으로 낙하하여 화재·폭발을 동반한 사고는 8명의 사상자를 발생시키는 등 커다란 인명, 재산 피해를 초래하였음에도 유해화학물질이 아닌 일반물질에 의한 사고로 처리되어 화학사고의 범주에는 제외되었다. 하지만 상기 사고 이후, 국토교통부, 환경부 등 정부에서 유해화학물질 운송차량 안전에 대한 경각심을 갖게 되어 운전자 휴식시간 보장, 안전교육 의무화, 고령 운전자 적성검사 기간 단축 등 제도적으로 운송차량 안전 관리 방안이 구축되었다. 지역별 화학사고 발생 현황 및 운송차량에 의한 화학사고는 Fig. 1에 나타내었다.

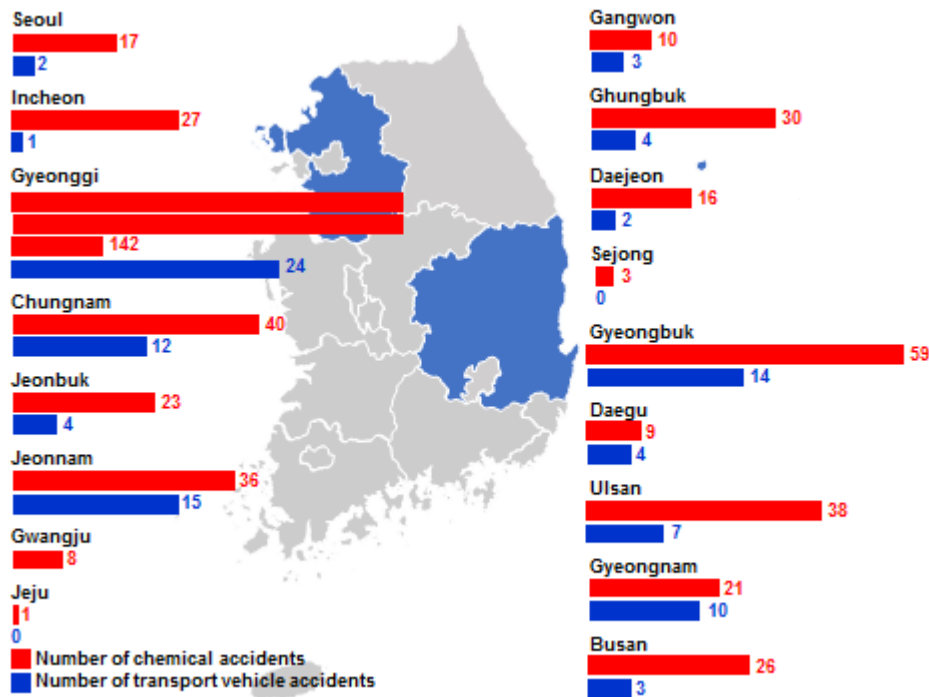


Fig. 1. Number of chemical accidents by region

운송사고 유형 분석

운송사고 유형은 유·누출, 화재·폭발, 기타로 구분하였다. 전체 운송사고 105건 중 유·누출에 의한 사고가 101건으로 대부분을 차지하였으며, 화재·폭발, 기타 등의 사고유형은 각각 3건, 1건이었다. 유·누출 사고가 많이 발생하고 있으므로 운송사업자는 유·누출 사고에 대비하여 적재된 화학물질을 이송할 수 있는 장비와 예비차량을 준비해야 한다(Jeon et al., 2018). 유·누출 사고에 대비하여 흡착포, 모래주머니 등의 방재물품과 운송하는 물질에 적합한 개인 보호장구를 차량에 구비하여야 한다. 사고에 대비하여 상시 비상 연락망을 현행화하고, 유·누출된 화학물질의 확산을 막기 위한 우수로 차단 등을 중심으로 대응훈련이 이루어져야 할 것으로 판단된다. Table 2는 운송사고를 사고유형별로 조사하여 나타낸 것이다.

Table 2. Accident type of transport vehicle accidents

Year	Spill·Leak	Fire·Explosion	Other	Total
2014	21 (95.5%)	1 (4.5%)	0 (0.0%)	22
2015	18 (85.7%)	2 (9.5%)	1 (4.8%)	21
2016	21 (100.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	21
2017	19 (100.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	19
2018	10 (100.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	10
2019	12 (96.2%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	12
Total	101 (96.2%)	3 (2.9%)	1 (1.0%)	105

운송사고 원인 및 차종 분석

Table 3는 운송사고를 세부원인별로 조사하여 나타낸 것이다. 세부원인으로는 교통사고, 차량관리소홀, 용기·적재불량으로 구분하였다. 교통사고에 의한 화학사고는 49건(46.7%), 차량관리소홀에 의한 사고는 29건(27.6%), 용기·적재불량에 의한 사고는 27건(25.7%)으로 조사되었다. 교통사고에 의한 화학사고는 과속, 졸음, 운전미숙 등 인적오류로 발생한다. 차량관리소홀은 타이어 마모, 브레이크 손상등 차량의 일반적 결함부터 탱크로리 차량의 밸브, 배관의 부식 및 파손 등의 결함을 포함한다. 용기·적재불량은 용기에 충격이 가해져 파손되는 경우와 적절하게 화물이 적재되지 않아 용기가 낙하하여 화학사고가 발생하는 경우이다. 인적오류로 발생하는 교통사고를 줄이기 위해 운반자교육 시 안전운전에 관한 내용이 강조되어야 하며, 운행 중 차선이탈 경고장치, 속도 제어장치 등이 정상 작동되도록 유지하여야 한다.

Table 3. Cause of transport vehicle accidents

Year	Traffic accident	Management negligence	Faulty Loading	Total
2014	8 (36.4%)	5 (22.7%)	9 (40.9%)	22
2015	14 (66.7%)	3 (14.3%)	4 (19.0%)	21
2016	10 (47.6%)	6 (28.6%)	5 (23.8%)	21
2017	9 (47.4%)	6 (31.6%)	4 (21.1%)	19
2018	5 (50.0%)	3 (30.0%)	2 (20.0%)	10
2019	3 (25.0%)	6 (50.0%)	3 (25.0%)	12
Total	49 (46.7%)	29 (27.6%)	27 (25.7%)	105

화학물질 운반차량의 종류를 Fig. 2에 나타내었다(Hyundai truck & bus, 2020). 탱크로리는 화학물질을 저장할 수 있는 탱크가 설치되어있는 일체형 차량이다. 트랙터는 트레일러 트럭이나 트레일러 버스의 선두에서 당기는 차량이다. 일반적으로 트랙터를 헤드, 트레일러를 샷시라고 부르기도 하며, 컨테이너나 ISO탱크를 운반한다. 일반트럭은 탑차, 익스탑, 윈바디 등이 있으며, 플라스틱 용기, 드럼, 포대 등을 운반한다. Table 4는 운송사고를 차량종류별로 조사하여 나타낸 것이다. 탱크로리 사고가 57건(54.3%)으로 가장 많았으며, 일반트럭은 39건(37.1%), 트랙터·트레일러는 9건(8.6%) 순으로 조사되었다. 운반차량 종류와 사고원인에 따른 사고현황을 Table 5에 나타내었다. 탱크로리의 경우 교통사고와 차량관리소홀이 화학사고로 이어지는 경우가 많았고, 일반트럭은 용기·적재불량으로 인한 화학사고가 많았다. 화학물질관리법에 유해화학물질 운

송차량은 주 1회 이상 자체점검을 하고, 1년마다 정기검사를 받아야 한다. 하지만 점검과 검사 시 타이어 마모상태, 브레이크 정상작동 유무, 속도제어장치 부착여부 등의 차량 자체의 위험요소를 확인하기 어렵다. 또한, 운송차량관리 기준에는 적재되는 용기에 대한 기준과 적재 방법이 명시되어 있지만, 검사 시 대부분의 차량은 유해화학물질이 적재되어 있지 않은 상태에서 검사를 받기 때문에 용기나 적재상태의 적정 여부를 확인하기가 어려워 자체점검 항목의 개선이 이루어져야 할 것으로 판단된다.



Fig. 2. Type of transport vehicle

Table 4. Transport vehicle accidents by vehicle type

Year	Tank lorry	Tractor·Trailer	Truck	Total
2014	8 (36.4%)	1 (4.5%)	13 (59.1%)	22
2015	10 (47.6%)	4 (19.0%)	7 (33.3%)	21
2016	14 (66.7%)	0 (0.0%)	7 (33.3%)	21
2017	12 (63.2%)	1 (5.3%)	6 (31.6%)	19
2018	7 (70.0%)	2 (20.0%)	1 (10.0%)	10
2019	6 (50.0%)	1 (8.3%)	5 (41.7%)	12
Total	57 (54.3%)	9 (8.6%)	39 (37.1%)	105

Table 5. Cause of accidents by vehicle type

	Tank lorry	Tractor·Trailer	Truck	Total
Traffic accident	30 (61.2%)	5 (10.2%)	14 (28.6%)	49
Management negligence	26 (89.7%)	0 (0.0%)	3 (10.3%)	29
Faulty Loading	1 (3.7%)	4 (14.8%)	22 (81.5%)	27
Total	57 (54.3%)	9 (8.6%)	39 (41.7%)	105

유해화학물질 운송사고 감소 원인분석

운송사고는 2014년 22건, 2015년 21건, 2016년 21건, 2017년 19건, 2018년 10건, 2019년 12건으로, 연평균 20건 내외로 발생하였다. 특히 2018년 이후에는 운송사고가 큰 폭으로 감소한 것으로 조사되었다. 이는 2015년 화학물질관리법이 시행되고, 안정적으로 정착한 결과로 판단된다. 특히 화학물질관리법 상 유해화학물질 운송차량에 대한 관리기준이 강화되어 유

해화학물질 운송사업자가 차량의 종류가 변경되거나 대수 또는 용량이 증가한 경우 행정기관에 30일 내 신고하도록 하고 있다. 기본적으로 유해화학물질을 운송하는 차량은 국제연합번호와 그림문자 표시를 부착해야 하며, 유해화학물질 운송차량 탱크 내부에는 4,000 L 이하마다 칸막이를 설치하여 전복사고 시 유출 가능성이 높아지는 문제점을 개선하도록 하였다. 또한, 운송차량 유량조절밸브의 수동손잡이는 개폐형에서 핸들형으로 개선하여 작업자의 과실로 인한 사고 가능성을 줄였다. 한편 화학물질관리법에는 유해화학물질을 운반하는 자는 일정량을 초과하여 운반하는 경우에 사전에 운반계획서를 제출하여야 하나, 화학물질 운송은 야간 및 휴일에도 이루어지는 경우도 많아 오프라인으로 운반계획서를 제출하는 데는 한계가 있었다. 이를 개선하기 위하여 온라인으로 운반계획서를 제출할 수 있도록 하여, 효율적인 시스템 구축으로 사업장 및 운전자에 편의를 제공하고 있다(Kim et al., 2015). 운송차량의 상·하차 시에 유해화학물질관리자 입회를 의무화하여 개인보호장구의 착용 및 작업절차 준수 여부를 관리·감독할 수 있도록 하였다. 또한, 대기업을 중심으로 운송차량에 GPS를 부착하여 유해화학물질 이동경로 파악하고 있다. 이러한 원인으로 운송사고는 점차 감소하는 것으로 판단된다.

결론

1. 2014년부터 2019년까지 최근 6년간 506건의 화학사고가 발생하였는데 시설결함·노후화에 의한 사고(212건, 41.9%), 작업자 과실에 의한 사고(181건, 35.8%), 운송사고(105건, 20.7%), 자연재해에 의한 사고(8건, 1.6%) 순으로 발생빈도가 나타났다. 2015년 이후에는 전반적으로 화학사고가 감소하고 있으며, 2019년에는 2015년 대비 절반 수준으로 감소하였다.
2. 지역별 화학사고 발생은 반월·남동·시화 국가산단 등 산업단지가 밀집해 있는 경기도에서 가장 많이 발생하였고 다음으로는 경북, 충남, 울산 순으로 조사되었다. 이들 지역에서는 취급시설 관리와 작업자 안전교육이 강조되어야 한다. 운송사고의 비율이 높은 지역은 경남, 대구, 전남으로 이들 지역에서는 운송차량 안전관리가 중점적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.
3. 운송사고의 유형은 유·누출 사고가 전체사고의 96.2%로 대부분을 차지하였다. 유·누출 사고에 대비하여 흡착포, 모래 주머니 등의 방재물품을 차량에 구비하여야 한다. 운송 중 발생할 수 있는 사고상황에 대한 시나리오를 마련하여 주기적으로 훈련해야 한다. 이를 통해 사고 발생 시 신속하게 대처할 수 있는 능력을 배양하여 피해를 최소화하여야 한다.
4. 운송사고의 74.3%는 교통사고나 차량관리소홀로 발생하였으며, 차량종류별로는 탱크로리 사고가 54.3%로 가장 많은 것으로 조사되었다. 인적오류로 발생하는 교통사고를 줄이기 위해 운반자 교육 시 안전운전에 관한 내용을 보완하고 차선이탈 경고장치, 속도제어장치 등 안전장치는 정상작동할 수 있도록 유지하여야 한다. 운송차량의 자체점검은 주 1회 이상 철저히 하고, 화학물질관리법에 따른 정기검사도 주기적으로 실시하여야 한다. 타이어, 브레이크 등 차량의 이상 유무와 화물을 적절하게 적재하였는지 여부를 확인할 수 있도록 운송차량에 대한 자체점검 항목은 개선이 필요할 것으로 판단된다. 운송차량에 의한 화학사고는 운반자의 안전운전 의식향상과 제도의 개선으로 줄일 수 있다. 향후 유해화학물질을 포함한 화학물질 운송은 정부의 통합관리가 필요하며, 차량의 실시간 모니터링을 확대하여야 할 것이다.

References

- [1] Chung, S.B., Kim, Y.W., Park, M.K. (2011). "Development of HAZ-RAM for reducing HAZMAT transportation accident." *Journal of the Korean Society oh Hazard Mitigation*, Vol. 11, No. 4, pp. 87-94.
- [2] Hyundai truck & bus [website]. (2020, February 4). Retrieved from <https://www-trucknbus.hyundai.com/kr>
- [3] Jeon, B.H., Kim, H.S. (2018). "Improvement on accident statistic analysis and response of hazardous chemical transport vehicle." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 14, No. 1, pp. 59-64.
- [4] Kim, S.B., Lee, S.J., Jeong, S.K., Lim, M.H., Song, Y.G., Ahn, E.S., Jeong, H.Y., Kim, N.J., Lee, H.J, Choi, S.W. (2016). "A study on investigation procedure of chemical spill by vehicle transporting chemicals." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-5.
- [5] Kim, S.B., Lim M.H., Choi, S.W. (2015). "Comparison of domestic chemical accident investigation system." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 11, No. 4, pp. 515-519.
- [6] Lee, T.H., Lee, S.J., Shin, C.H. (2016). "Statistical analysis of chemical substance transporting accidents." *Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 30, No. 6, pp. 23-30.