

유해화학물질 운반계획서와 운송사고 빅데이터 분석 연구

류태인¹ · 한진규² · 조승범^{3*}

Big Data Analysis of Hazardous Chemical Transportation Plans and Transport Accidents

Tae In Ryu¹ · Jinkyu Han² · Seungbum Jo^{3*}

¹Corresponding Author

Seungbum Jo

Tel : +82-43-830-4311

E-mail : sebujo@korea.kr

Received : February 29, 2024

Revised : May 2, 2024

Accepted : May 29, 2024

Abstract : The Chemical Substances Control Act of South Korea mandates submission of transportation plans containing information on the transportation of hazardous chemicals, with over 600,000 submissions recorded annually. In this study, big data analysis was performed on 2,506,985 transportation plans to identify trends and assess their correlation with chemical transportation accidents. The analysis confirmed that despite NaOH accounting for 20.7% of transportation plans, HCl constitutes 40% of chemical transportation accidents, which indicates a correlation of these accidents with the chemical properties of hazardous substances rather than with the number of submitted transportation plans. Furthermore, chemical transportation accidents show a higher probability of occurrence in the 6–8 am and 6–8 pm windows, which is in agreement with higher incidence and fatality rates. The departure points of transportation plans are closely related to the characteristics of local chemical industrial complexes such as Ulsan, Yeosu, and Gunsan, whereas the arrival points are closely related to Pyeongtaek, Hwaseong, and Icheon, which are the locations of semiconductor industries. Ultimately, achievement of safety by consideration of characteristics of transported chemicals, enhancement of driver concentration during specific times, and implementation of preventive measures tailored to local government characteristics are strategies anticipated to contribute to a reduction in chemical transportation accidents.

Key Words : big data, transportation plan, transport vehicle, chemical accident, transport accident, local government emergency plan

Copyright©2024 by The Korean Society of Safety All right reserved.

1. 서론

유해화학물질 표지가 붙은 탱크로리 등의 운송차량이 국내에서 수입·제조된 유해화학물질을 다음 공정의 원료로 사용하기 위해 도로상에서 운송하고 있는 것을 일상에서 쉽게 접할 수 있다. 이처럼 유해화학물질 운송차량의 이동 경로에는 주거지역이 포함되어 있어, 누출사고 발생 시 인구밀집지역의 대규모 인명피해와 수질 오염 등 치명적인 환경오염 가능성을 내포하고 있다. 대표적인 예로, 2023년 8월 창원에서 발생

한 발연황산 누출사고¹⁾는 사고 지점 인근 주민들의 외출 자제 안내 및 인근 학교 학생들의 귀가 조치 등 운송사고의 위험성을 체감할 수 있었다. 이러한 연유로 최근까지 유해화학물질 운송사고의 위험도를 평가²⁾하고 안전성을 확보하는 방안³⁾에 대한 많은 연구가 진행되었다. 특히 화학물질관리법 제15조제3항과 동법 시행규칙 제11조제1항은 유독물질 5,000 kg, 그리고 허가물질, 제한물질, 금지물질 또는 사고대비물질 3,000 kg을 초과하는 유해화학물질을 운반하는 경우 운반계획서를 지방환경관서의 장에게 제출하도록 명시하고 있다⁴⁾.

¹화학물질안전원 공업연구사 (Accident Prevention and Assessment Division 2, National Institute of Chemical Safety)

²(주)브렌티 이사 (Vrenti)

³화학물질안전원 공업연구관 (Accident Prevention and Assessment Division 2, National Institute of Chemical Safety)

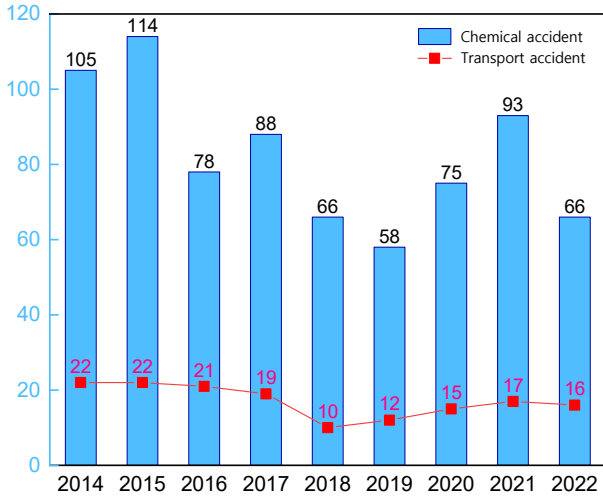


Fig. 1. Statistics of chemical accidents(2014~2022).

그리고 화학물질안전원은 운송사고 예방을 위해 유해화학물질 차량 운송시설 설치 및 관리에 관한 고시(화학물질안전원고시 제2023-6호) 및 유해화학물질 차량 운반시설 설치 및 관리에 관한 고시(화학물질안전원고시 제2022-17호)를 제정하여 기술기준 및 세부기준을 규정하고 있다. 또한 운전자에게는 200 km(고속국도를 이용하는 경우 340 km) 이상 운행 시 2시간마다 20분 이상씩 휴식 의무를 부여하고 있다. 하지만 연평균 17건 이상의 유해화학물질 운송차량 사고가 지속적으로 발생하고 있다. 화학물질안전원이 운영하는 화학사고 종합정보시스템 내 화학사고 통계에 따르면 Fig. 1과 같이 2014년부터 2022년까지 9년간 발생한 743건의 화학사고 중 운송차량 사고는 154건으로 20.7%를 차지하고 있다¹⁾.

운송차량에 의한 누출사고는 주로 방류벽, 트렌치와 같은 확산 방지 시설이 없는 도로 위에서 발생한다. 사업장 내에서 입출고시 발생하는 누출사고도 있지만 운송 사고 지점으로부터 넓게 확산되는 유해화학물질의 표면적과 이에 비례하여 증가하는 높은 증발량⁵⁾으로 인해 주변의 주민과 환경에 치명적인 피해를 초래하기에 사고 원인 분석과 대응계획 수립이 필요하다.

최근 유해화학물질 운송사고의 특성을 이해하고 예방하기 위해 운송사고 데이터에 관한 분석 연구가 많이 진행되었다. 하지만, 화학사고 통계 데이터를 활용하여 운송사고 원인(교통사고, 관리소홀), 사고 발생 지역, 사고 유형(유·누출)⁶⁾ 및 사고 차량 종류에 대한 연구⁷⁾나 운반계획 시스템 개선에 관한 연구⁸⁾, 화학물질 운송경로 평가에 대한 연구⁹⁾만 진행되었으며, 화관법 민원24 시스템을 통해 제출된 운반계획서에 대한 빅데이터 분석 연구는 수행되지 않았다. 또한, 화학물

질 운송위험지수 모델을 통해 염소와 수산화나트륨이 유통과정 중 가장 높은 위험군으로 평가¹⁰⁾되었지만, 실체는 pH가 낮은 강산성 물질이 운송사고의 대부분을 차지⁴⁾하고 있어 운송사고 다발 물질에 대한 대비책 마련이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 운반계획서가 포함하고 있는 운반정보를 추출하여 운송사고와 결합하여 빅데이터를 분석함으로써 최근 국내 화학물질 운송 경향을 파악하고 사고 예방 방안을 도출하고자 하였다.

2. 연구 내용 및 방법

2.1 운반계획서 데이터 추출 및 정제

화관법 민원24에는 매년 60만 건 이상의 유해화학물질 운반계획서 데이터가 축적되고 있다. Table 1과 같이 유해화학물질 운반계획서 관련 DB 테이블은 총 8개의 159개 메타데이터를 포함하고 있으며, 출발지, 도착지 등을 포함하여 운반물질 정보, 운반경로 정보, 운반량에 대한 데이터들이 기록되어 있다. 출발지와 도착지, 그리고 경유지를 포함한 경로 탐색은 위도와 경도의 점 좌표로 입력되어 있다. 본 연구에서는 2019년부터 2022년까지 4년간 제출된 2,606,665건 중 도착지나 운반시간이 null 값인 99,680건(3.8%)을 제외한 2,506,985건의 운반계획서 빅데이터 분석을 통해 운반횟수, 운반시간, 운반물질, 운반량, 출발지, 도착지, 화학사고 간의 상관관계를 분석하였다.

Table 1. Meta data list in hazardous chemical transportation plans

Data table	List of meta data
Company	Company name, Company registration number, Address, Contact number, Email address, etc.
Chemical	Chemical name, Amount of chemical, CAS number
Transporter	Rest time, Start and closing time, Total spending time
Vehicle	Type of transport vehicle, Maximum loading capacity, Vehicle number
Guide	Street name, Route guide, Image of route
Driver	Driver name, Departure, Destination, Date
Transit	Transit name, Transit coordinate, Transit address
Navigation	Route navigation, Distance, Driving time, Path coordinate, Latitude, Longitude

2.2 지자체별 운반정보 및 운반경로 데이터 구축

화학물질안전원이 운영하는 화관법민원24는 Cubrid 데이터베이스 관리시스템(DBMS, Database Management System)으로 운영되고 있다. 운반계획서 제출시 경로 탐색정보는 텍스트 형식의 점좌표로 저장되고 있어 운반

Table 2. Number of hazardous chemical transportation plans by year registered in the comprehensive chemical information system

Year	Total	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2019	547,593	45,013	39,345	43,829	48,134	45,362	42,603	49,761	46,829	45,150	47,778	45,630	48,159
2020	596,966	48,281	46,631	50,017	46,860	44,022	47,890	51,977	49,474	54,818	49,981	49,654	57,361
2021	675,979	55,146	51,790	59,071	57,293	53,579	56,206	58,551	55,202	54,598	55,783	56,248	62,512
2022	686,447	60,785	53,760	61,172	60,227	58,933	53,824	57,004	58,290	56,880	53,689	54,850	57,033
Total	2,506,985	209,225	191,526	214,089	212,514	201,896	200,523	217,293	209,795	211,446	207,231	206,382	225,065

계획서상에는 표출되지 않는 지자체별 경유 도로 정보를 추출하기 위해 Cubrid에서 GIS(Geographic Information System)를 지원하는 PostgreSQL로 데이터 마이그레이션을 수행하였다. 경로탐색의 위도, 경도 위치좌표를 linestring으로 연결하여 지도상에 경로로 표출함으로써, 주요 이동 도로를 시각화하였다. 또한 운반계획서상에는 표출되지 않는 지자체별 경유 도로 정보를 추출하기 위해 대한민국 행정구역 셰이프파일(shapefile)을 이용하여 250개 지자체 폴리곤(polygon)을 구축한 후 운반경로를 시군구 경계로 분할하여 2,700만여 건의 지자체별 출발지, 경유지, 도착지 데이터를 생성하였다. 경계 데이터 중 null 값과 중복 값을 제거하고, 폴리곤에 포함되지 않는 해안가 일부지역은 주소데이터를 사용하여 보정였다. GIS상 중복된 경로를 누적 카운트를 활용하여 지자체를 통과하는 도로의 유해화학물질 이동 횟수를 누적 계산하고, 누적 경로 중 상위 이동 도로를 추출하였다.

2.3 화학물질 운송사고 데이터

화학사고 건수, 사고물질, 사고원인 분류는 화학물질종합정보시스템의 화학물질 사고현황 및 사고사례 데이터를 사용하였고, 일반 교통사고 데이터는 공공데이터포털을 활용하였다. 화학물질종합정보시스템에는 화학물질안전원이 개원한 2014년부터 화학사고 통계 자료를 공개하고 있다. 운송사고 데이터의 사고내용을 분석하여 사고 세부 원인을 추돌, 전복 등의 차량사고와 화학물질로 인한 운송시설 결함으로 구분하였다. 운송차량이 도로상이 아닌 사업장 내 취급시설과 연결된 후 loading/unloading 중 발생한 사고는 운송사고에서 제외하였다. 2023년도 화학사고는 현시점에서 확정되지 않은 건들이 있어 본 연구 범위에는 포함하지 않았다. 세부적으로 운송 및 운반차량은 유해화학물질을 충전·운반할 수 있는 탱크 및 부속시설로 구성된 운송차량으로 운반하는 차량운송과 유해화학물질 또는 유해화학물질을 충전한 용기를 적재하여 운반하는 운반차량의 정의는 구별될 수 있지만, 본 연구에서는 운반차량과 운송차량을 구별하지 않고 화학물질종합정

보시스템의 사고원인 분류와 일치하게 운송차량으로 통칭하여 표현하였다.

3. 연구 결과

3.1 운반계획서 빅데이터 분석

Table 2와 같이 2019년부터 2022년까지 화관법 민원 24를 통해 제출된 전국의 유해화학물질 운반계획서는 총 2,506,985건이다. 운반계획서는 2019년에 547,593건 접수되었고, 매년 평균 46,285건씩 증가하여 2022년에는 686,447건이 접수되었다.

Table 3은 연도별 유해화학물질 총 운반량, 운반시간, 운반거리, 운송사고 건수를 나타내었다. 운반계획서 건수가 증가한 것과 비례로 운반량도 증가한다. 하지만 운반시간과 운반거리를 운반계획서 건수로 나누어 보면 Fig. 2처럼 2019년 대비 2022년에는 운반계획서 총 건수는 증가했지만 운반계획서당 소요시간은 연 2.10 hr에서 1.99 hr으로, 운반거리는 144.9 km에서 136.8 km로 8.1 km가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 동기간 운송사고는 평균 15건씩 발생하며 이는 운반계획서 41,783건당 화학사고가 1건 발생하는 것을 유추할 수 있다.

Table 2와 3에서처럼 운반계획서 제출 건수는 20, 21, 22년에 각 9.0%, 13.2%, 1.55% 증가하였고, 유해화학물질 총운반량은 각 12.3%, 17.0%, 4.1% 증가하였다. 하지만, 산업통상자원부 통계 자료¹¹⁾에 따르면, 석유화

Table 3. Statistics of hazardous chemical transport and transport accident from 2019 to 2022

Year	Amount of transport (ton)	Time of transport (hour)	Distance of transport (km)	Number of transport accident
2019	9,519,237	1,151,829	79,368,442	12
2020	10,688,070	1,242,362	85,532,818	15
2021	12,506,028	1,376,051	94,917,752	17
2022	13,022,526	1,363,403	93,925,784	16
Total	45,735,860	5,133,645	353,744,796	60
Ave.	11,433,965	1,283,411	88,436,199	15

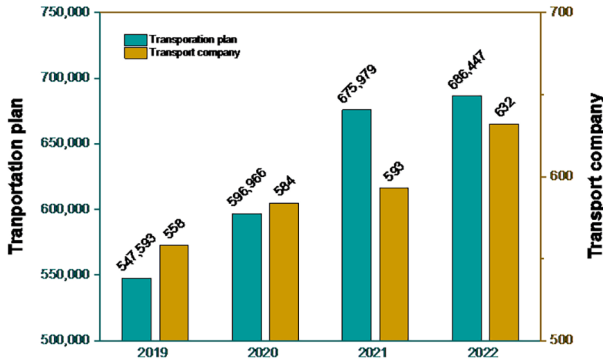


Fig. 2. Number of hazardous chemical transportation plan and transport company.

Table 4. Number of transportation plan of chemical top 5 and HNO₃

Year	NaOH	H ₂ SO ₄	HCl	H ₂ O ₂	4,4'-MDI	HNO ₃
2019	113,288	62,738	51,021	44,904	36,607	12,764
2020	130,581	71,357	52,925	49,230	40,735	15,233
2021	138,296	81,710	59,128	57,577	42,826	15,486
2022	137,858	83,074	55,006	58,921	41,434	16,028
Total	520,023	298,879	218,080	210,632	161,602	59,511
Ave.	130,006	74,720	54,520	52,658	40,401	14,494

화산업 화학물질 제조·수입량이 20, 21, 22년에 각 -0.5%, 4.4%, -1.8% 변동성을 보인 것과 비교하였을 때 화학물질 제조량 변화는 화학물질 유통량의 증가와는 직접적인 관련은 없는 것으로 파악된다.

Fig. 2에서 나타난 것처럼 유해화학물질 운반계획서 제출사업장 수가 매년 증가하여 2019년(558개소) 대비 2022년(632개소)에는 13.3% 증가하고, 격년으로 진행되는 화학물질 통계조사에 따라 화학물질 취급업체가 증가하여 운송량과 운반계획서 제출 건수도 늘어난 것으로 예상된다. 2020년 화학물질 통계조사 결과¹²⁾ 2018년 대비 화학물질 취급업체와 유통량(=제조량+수입량-수출량)은 각 19.9%, 7.6% 증가하였으며, 이는 통계조사 대상의 확대가 원인인 것으로 나타났다.

Table 4는 운반 횟수가 많은 유해화학물질 종류를 보여준다. 2019년부터 2022년까지 운반계획서로 제출된 유해화학물질 상위 5종은 수산화나트륨(NaOH), 황산(H₂SO₄), 염산(HCl), 과산화수소(H₂O₂), 4,4'-메틸렌 다이페닐 다이아민(4,4'-MDI) 순서이다. 상위 5종의 4년간 운반계획서는 1,409,216건으로 전체의 56.2%를 차지하고 있다. 특히 수산화나트륨의 운반계획서 제출 건수 합은 520,023건으로 2위인 황산의 1.74배, 전체의 20.7%를 차지할 만큼 국내에서 많이 운반되고 있다.

3.2 유해화학물질과 운송사고 상관관계 분석

Table 5의 운송사고 건수를 보면 운반계획서 제출 건수 3위였던 염산이 24건(전체의 40%)의 사고로 압도적인 1위를 차지하고 있고 순위에 없던 질산의 사고는 4건으로 확인된다. 운송사고에서 추돌, 전복 등의 단순 교통사고를 제외하고 화학물질의 특성으로 인한 사고만을 비교하면 사고원인은 더욱더 명확해진다. Fig. 3과 같이 운반계획서 1백만 건당 화학물질 특성에 의한 사고는 염산이 8.00건으로 1위이며 질산은 5.04건으로 2위에 해당한다. 또한, 운반계획서 제출 건수가 가장 많은 수산화나트륨의 경우 화학물질에 의한 운반사고는 없었으며, 사고 대부분이 단순 교통사고에 의해 발생하였다는 것을 알 수 있다.

염산 운송사고 24건 중 17건(70.8%)이 강산에 의한 부식으로 탱크로리에 핀홀(pin hole)이 발생하거나 배관 연결부의 부식으로 인해 누출되는 사고이다. 강산을 운반하는 탱크로리는 안전보건공단 KOSHA Guide의 염산 및 질산의 탱크 저장에 관한 기술지침¹³⁾ 등을 따라 PTFE(polytetrafluoroethylene) 재질의 내화학성 라이너를 사용하여 부식 방지에 노력하고 있다. 하지만

Table 5. Transport accident statistics by type of chemical substance

	HCl	H ₂ O ₂	HNO ₃	H ₂ SO ₄	4,4'-MDI	NaOH
Transport accident	24	3	4	7	0	5
Vehicle cause	7	0	1	2	0	5
Chemical cause [†]	17	3	3	5	0	0
Chemical cause per 1 million transportation plan	8.00	1.42	5.04	1.67	0	0

[†] Corrosion/erosion, chemical reaction/decomposition

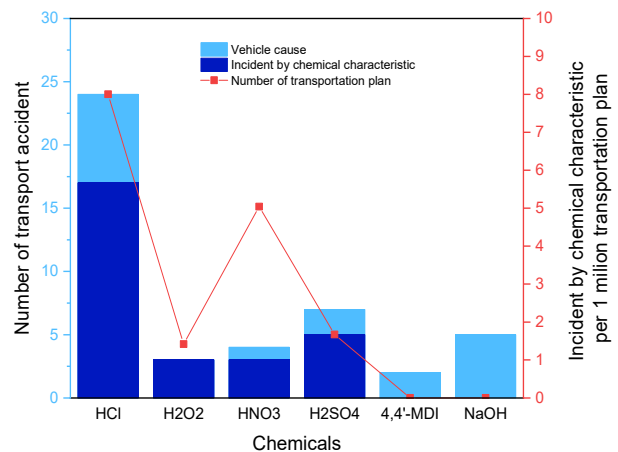


Fig. 3. Correlation between the number of transport accidents and incidents according to chemical characteristics.

강산의 라이너 표면 침투¹⁴⁾ 또는 PFA(Perfluoroalkoxy alkanes) 용접 취약부 침투에 의한 박리현상과 탱크로리 내부 진공압 형성에 의한 라이너의 박리 및 변형에 의한 탱크로리 손상으로 화학물질 누출사고가 발생할 수 있다.

특히 수분이 거의 없는 고농도의 황산은 약산으로 안정하지만, 상대적으로 염산은 35~37% 농도에서 강산으로 운송되기 때문에 탱크로리의 부식에 의한 누출사고가 빈번하게 발생할 수 있다. 반면 염기성 물질인 수산화나트륨은 5건의 사고 중 부식에 의한 누출사고가 발생하지 않았고, 유기화학물질인 4,4'-MDI는 사고가 발생하지 않았다. 이는 화학물질의 특성에 기초한 운송사고 예방이 필요하다는 것을 의미한다.

3.3 운송사고와 교통사고 데이터 분석

Table 6은 2019년부터 2022년까지 시간 구간별 운송사고 건수와 운반계획서상 도착시간 구간별 건수를 보여준다. Fig. 4의 막대그래프는 시간대별 운반계획서 접수 건수로 정규화한 운송사고 건수를 나타낸다. 운반계획서 접수는 출근 시간 이후인 8시 이후에 급증하고 있으며, 7시부터 22시 사이에 도착하는 운송차량의 비율이 전체의 86.6%이고, 사고 비율도 86.7%이지만 운반계획서 10만 건당 사고 건수(NTA)는 새벽 4시부터 6시 구간이 7.94로 가장 높았으며, 퇴근 시간인 18~20시가 4.07로 두 번째로 높게 나타났다. 이는 도로교통공단 사고분석 시스템¹⁵⁾의 사고발생 건수 대비 사망사고 비율이 새벽 4시부터 6시 시간대에 가장 높게 나타나는 결과와 일치한다.

Fig. 5는 행정안전부에서 제공하는 공공데이터포털 통계 자료¹⁶⁾에 따라 고속도로, 일반도로를 포함한 전국의

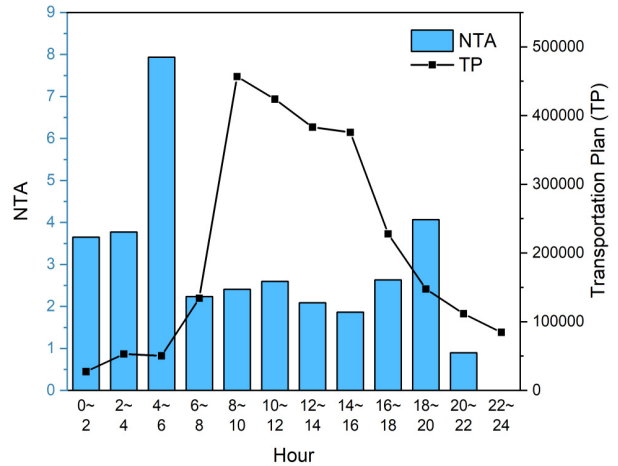


Fig. 4. Number of transport accidents normalized by transportation plan by time period.

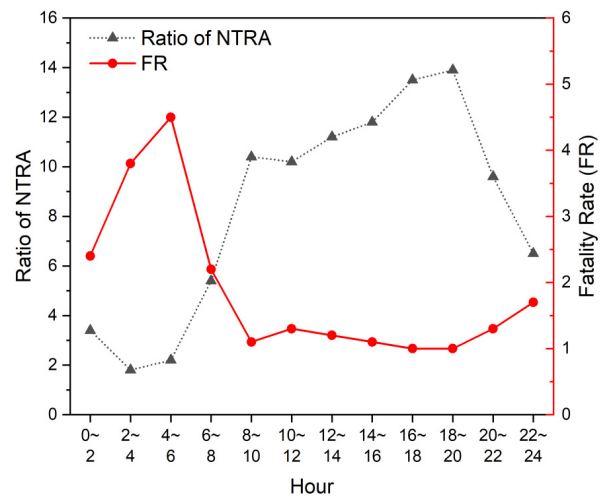


Fig. 5. Ratio of traffic accidents and fatality rate by time period.

Table 6. Statistics of transport accident from 2019 to 2022 and traffic accident in 2022

Hour	Transport accident (TA)	Transportation plan (TP)	Normalized TA (NTA=TA/TP*10 ⁵)	Traffic accident (NTRA)	Ratio of NTRA	Number of deaths (ND)	Fatality rate (FR=ND/NTRA*100)
0-2	1	27,406	3.65	6,784	3.4	160	2.4
2-4	2	53,008	3.77	3,569	1.8	135	3.8
4-6	4	50,401	7.94	4,358	2.2	196	4.5
6-8	3	134,255	2.23	10,657	5.4	231	2.2
8-10	11	456,741	2.41	20,490	10.4	227	1.1
10-12	11	423,817	2.60	20,007	10.2	254	1.3
12-14	8	383,221	2.09	22,047	11.2	257	1.2
14-16	7	375,526	1.86	23,234	11.8	259	1.1
16-18	6	227,854	2.63	26,537	13.5	273	1.0
18-20	6	147,538	4.07	27,433	13.9	273	1.0
20-22	1	111,725	0.90	18,833	9.6	249	1.3
22-24	0	84,582	0.00	12,887	6.5	221	1.7

시간대별 교통사고 비율과 교통사고에 의한 치사율을 나타낸 그림이다. 치사율(Fatality Rate, FR)은 사망자수를 교통사고건수로 나눈 비율로 정의되며, 새벽 4~6시가 4.5로 가장 높게 나타났다. 또한 교통사고 비율은 정규화한 운송사고건수(NTA)처럼 퇴근 시간인 18~20시간대가 13.9%로 가장 높게 나타났다. 특히 운송차량 추돌 또는 전복사고는 2019년부터 2022년까지 12건이 발생하였는데 그 중 새벽 3~6시와 아침 7~9시간대에 각각 3건씩 발생하여 50%의 비율을 나타내고 있다.

종합적으로 유해화학물질 운반계획을 수립할 때 운송사고 비율과 교통사고 치사율이 높은 새벽 4~6시 시간대와 운송 및 교통사고 발생 확률이 높은 18~20시간대를 회피하거나 이 시간대에 유해화학물질을 운송하는 운전자에게는 안전교육을 강화할 필요가 있다. 또한, 운전자의 안전운전을 촉진하기 위해 운반계획서 시스템에서 거리에 따른 최소 필요 운전 시간 설정과 같은 관리체계를 구축하는 것이 필요하다.

3.4 지자체별 운반 정보 분석

지자체별 운반계획서 제출 건수는 Table 7에서와 같이 전남 여수시(JN-Y), 울산 남구(US-N), 울산 울주군(US-U), 전북 군산시(JB-G), 전남 광양시(JN-G) 순으로 나타난다. 상기 지자체들의 2019년부터 2022년까지 운반계획서 제출 건수는 전체의 67%를 차지하고 있다. 2020년 시도별 화학물질 제조 현황 통계조사에 따르면 전라남도과 울산광역시의 화학물질 제조량은 각 28.2%, 26.5%로 두 지자체의 화학물질 제조량은 54%에 이르며, 이곳에서 제조된 화학물질이 전국으로 운반되고 있음을 알 수 있다¹⁷⁾. 구체적으로 해안과 접한 산업단지로서 특히 클로로 알카리(Chlor Alkali, CA) 공정에서 제조하는 수산화나트륨과 염산의 생산 기업과 관련이 있으며, 또한 석유정제공정에서 파생되는 4,4'-MDI, 퀴놀린, 톨루엔 다이아이소시아네이트(TDI)는 운반계획서 제출 상위 5위, 6위, 8위 물질로 전라남도과 울산광역시의 운반계획서 제출순위와 연관이 있다. 특히 전남 여수시는 4년간 740,993건으로 전국 운반계획서의 29.6%를 차지하고 있어 진출입 도로의 각별한 주의가 필요하다.

Table 7. Top five local governments submitting transportation plans

Year	JN-Y	US-N	US-U	JB-G	JN-G	Total	Top5(%)
2019	170,999	90,619	47,396	38,223	25,858	373,095	68.1
2020	178,187	104,041	49,749	41,468	27,685	401,130	67.1
2021	196,248	114,389	67,896	45,327	30,433	454,293	67.2
2022	195,559	107,485	72,428	48,872	29,268	453,612	66.0
Ave.	185,248	104,134	59,367	43,473	28,311	420,533	67.0

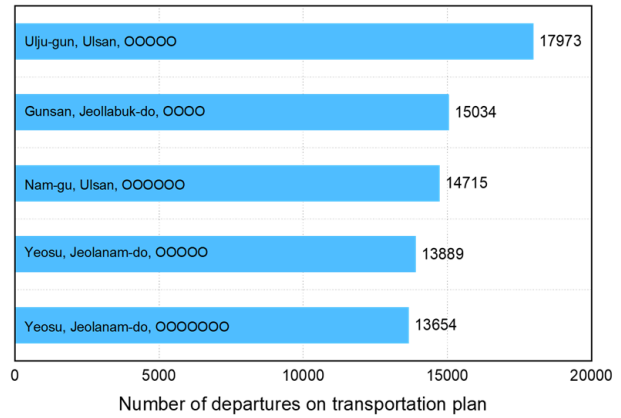


Fig. 6. Top five local governments of departure based on submitted transportation plans.

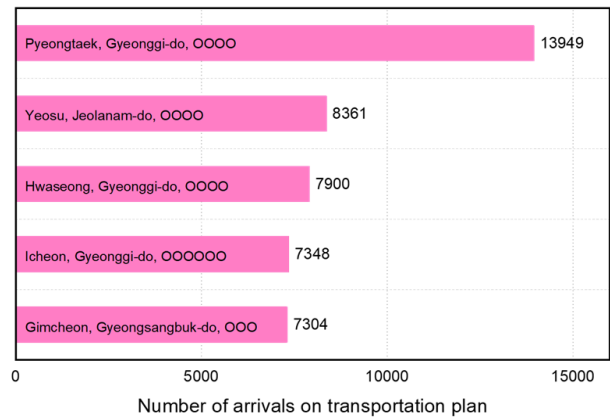


Fig. 7. Top five local governments of arrival based on submitted transportation plans.

Fig. 6에서는 2022년도 운반계획서상 출발지 상위 5곳을 나타낸다. 출발지 1위는 17,973건으로 고순도 황산을 생산하는 제련기업이며 2위와 3위는 CA 공정, 4위와 5위는 MDI와 TDI를 생산하는 기업으로 운반물질 순위와 관련이 있다.

Fig. 7은 2022년도 운반계획서상 도착지 상위 5곳을 나타낸다. 평택시가 13,949건으로 1위이며 3위, 4위도 국내 유력한 반도체 회사가 입주한 지역으로 유해화학물질의 도착지는 반도체산업에 집중되어 있음을 확인할 수 있다. 특히 반도체 공정에 필요한 불화수소, 과산화수소, 수산화나트륨, 황산, 염산이 주로 운반되고 있다.

4. 결론

유해화학물질 운반계획서는 운전자의 안전과 함께 주민들의 일상생활 공간에서 발생 가능한 화학사고에 대응하는 데 필요한 정보를 사전에 제출하는 제도이다.

운반계획서는 지방환경관서의 장에게 제출하지만 화학물질관리법 제23조4항에 따라 지역화학사고대응계획 수립과 주민대피 의무가 있는 지방자치단체의 장에게 관련 정보를 제공해야 한다. 그간 운반계획서는 데이터로만 축적되었지만 본 연구에서는 사고통계와 함께 빅데이터 분석을 통해 물질별, 시간별, 지역별 특징을 도출하였고, 이는 사업장과 지자체의 화학사고 비상대응계획 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

특히 유해화학물질 운송사고를 예방하기 위해서는 운송차량의 정기 검사 기준을 현행 1년 1회에서 운반하는 유해화학물질의 특성을 고려하여 차등적으로 적용할 필요가 있다. 또한, 유해화학물질 운송사업자와 취급사업장은 200 km 이상 운행 시 2시간마다 부여되는 휴식시간 외 사고 위험 시간대(새벽 시간, 퇴근 시간)를 고려하여 운반계획을 수립하고 안전교육을 강화하거나 운반계획서 시스템을 통한 최소 필요 운전 시간 관리 체계를 구축할 필요가 있다. 마지막으로, 운반계획서 출발지 상위 지자체인 울주군, 여수시와 도착지 상위 지자체인 평택시, 여수시, 화성시는 각 지자체에서 주로 사용하는 화학물질 특성과 주요 운반경로를 고려하여 운송사고 관련 비상대응계획 수립이 필요하다. 이를 위해서는 GIS 기반 운반정보 공유 플랫폼을 구축하여 지자체의 비상대응계획 수립을 지원하거나 한국교통안전공단의 위험물질운송관리시스템과의 연계를 통한 실시간 운송사고 대응 지원 관련 연구가 필요하다.

강산성 유해화학물질에 대한 특별관리방안으로 운송량과 운송 횟수를 고려한 탱크로리 특별점검 실시가 필요하다. 특히, 운송사고의 70%가 부식으로 발생하는 염산 취급 탱크로리의 경우 두께검사나 고전압 핀홀 테스트와 같은 특별점검을 통해 탱크 두께 감소 추이 변화를 확인한다면, 향후 핀홀 발생일을 예측하여 운송사고를 예방할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- 1) National Institute of Chemical Safety, Comprehensive Chemical Information System. “<https://icis.me.go.kr>”, Retrieved on 1.02.2024.
- 2) S. Cho and D. Kim, “A Study on Accidents of Hazardous Materials (Oil and HNS) Maritime Transportation in Major Domestic Ports by Formal Safety Assessment”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 28, No. 8, pp. 57-65, 2013.
- 3) B. Lee, D. Park, T. Kang and S. Jung, “Verification on Separation Distance Criteria when Transporting Dangerous Goods in Korea Railroad”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 34, No. 2, pp. 28-33, 2019.
- 4) Ministry of Environment, “Chemical Substances Control Act”, 2022.
- 5) S. Park and S. Hong, “A Study on Leakage Accident of Hydrochloric Acid Tank Lorry on the Road”, J. Korean Soc. Hazard Mitig., Vol. 17, No. 1, pp. 157-163, 2018.
- 6) H. Lee and J. Yim, “A Study on Prevention Measure Establishment through Cause Analysis of Chemical-Accidents”, J. the Korean Soc. Saf., Vol. 32, No. 3, pp. 21-27, 2017.
- 7) J. U. Jeong and S. J. Lee, “Analysis on the Characteristics of Hazardous Chemical Transport Vehicle Accidents in Korea”, J. Soc. Disaster Info., Vol. 16, No. 2, pp. 310-317, 2020.
- 8) D. Lee, S. Kim, J. Yun, G. Shin and B. Yoo, “A Study on the Improvement Plan of Transportation Plan for Safety Management of Hazardous Chemical Vehicles”, J. Korean Soc. Hazard Mitig., Vol. 17, No. 6, pp. 151-157, 2017.
- 9) Y. S. Byun, “A Study on Transportation Route of Chemicals using Quantitative Risk Assessment”, J. Korean Institute of Gas, Vol. 21, No. 3, pp 46-52, 2017.
- 10) J. G. Kim and H. S. Byun, “Hazard Assessment on Chlorine Distribution Use of Chemical Transportation Risk Index”, Korean Chem. Eng. Res., Vol. 52, No. 6, pp 755-767, 2014.
- 11) Ministry of the Interior and Safety, Publicdata Portal, “<https://data.go.kr/data/15051119/fileData.do>”, Retrieved on 1.29.2024.
- 12) Ministry of Environment, Press release “<https://me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1574870&menuId=10525>”, Retrieved on 1.29.2024.
- 13) National Occupational safety & health, “Guidance on the storage of hydrochloric acid and nitric acid in tanks”, KOSHA Guide(P-59-2012), 2012.
- 14) Dupont, “Teflon PTFE properties handbook”,
- 15) Traffic Accident Analysis System, “<https://taas.koroad.or.kr>”, Retrieved on 1.29.2024.
- 16) Ministry of the Interior and Safety, Publicdata Portal, “<https://data.go.kr/data/15070257/fileData.do>”, Retrieved on 1.29.2024.
- 17) Statistics Korea, “<https://kostat.go.kr>”, Retrieved on 1.29.2024.