

유해화학물질 사업장 현장안전사고 관리 데이터베이스 구축에 관한 연구

하재현, 이상오, 이태성, 박연수, 한옥신

포항공과대학교

(jhha, solee, tslee, yspark, wshan)@dmlab.postech.ac.kr

A Study on the Construction of a Database for On-site Safety Accidents in Hazardous Chemical Workplaces

Jaehyun Ha, Sangoh Lee, Taesung Lee, Yeonsu Park, Wook-Shin Han

POSTECH

요 약

유해화학물질을 취급하는 사업장에서는 다양한 안전사고가 발생하나, 물질 입출고, 설비점검, 외부인 출입 내역을 관리자가 수기 작성 및 보관함으로 인해 안전사고의 예측 및 사후 대응에 많은 어려움이 발생한다. 본 연구에서는 유해화학물질 사업장의 실제 환경을 고려하여 높은 실용성을 담보하는 현장안전 사고 관리를 위한 데이터베이스를 구축하는 방법에 대해 다룬다.

1. 서론

유해화학물질을 취급하는 사업장은 화학물질관리법 시행규칙 제26조, 제56조에 의해 유해화학물질의 입출고량, 취급시설의 외부인 출입 내역, 취급시설 자체점검대장을 같은 법 시행규칙의 법정 양식에 맞게 작성해야 한다. 다수의 중, 소규모 유해화학물질 취급사업장의 경우 물질 입출고, 설비점검, 외부인 출입 내역을 관리자가 수기로 작성하여 보유하기 때문에 서류 방치 및 담당자 변경으로 인한 서류 훼손 및 분실 등의 관리적 문제가 꾸준히 산업 현장에서 제기되고 있다.

업종의 특정상 화학물질 안전사고가 잦게 발생하나, 수기 작성된 대장을 토대로 안전사고 원인 파악이 진행되어 신속하고 정확한 파악이 어렵다는 문제 또한 존재한다. 2021년에 발표된 KBS의 뉴스 [6]에 따르면 대부분의 화학물질 안전사고 발생 원인이 관리 미흡이었다고 한다. 당국에서는 규제를 강화하는 방향을 검토하고 있지만, 근본적으로 사업자가 시설 점검을 하며 겪는 불편함을 해결하지 않고는 제대로 된 효과를 보기 어려울 것이다. 따라서 신속하고 효율적인 대장 관리를 위한 ICT 기반 스마트 관리시스템을 구축의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 유해화학물질을 다루는 실제 사업장의 환경을 분석하고, 이를 기반으로 해당 시스템을 위한 높은 실용성을 보장하는 데이터베이스 구축에 대해 다룬다.

스마트 관리시스템의 데이터베이스는 화학물질에 대한 정보, 화학물질의 취급 주의사항 뿐만 아니라 유해화학물질 사업장에 대한 정보(취급시설 목록 및

정보, 시설 별 화학물질 목록, 입출고 기록 등) 및 대장 정보를 포함해야 한다. 유해화학물질 사업장 책임자는 간단한 쿼리를 통해 각 시설 별 화학물질이 올바르게 관리되고 있는지 전산으로 확인해볼 수 있어야 한다. 또한 현장 관리자는 간단한 쿼리를 통해 시설별, 화학물질별 관리 대장을 업로드 할 수 있어야 한다.

본 논문은 2장에서 안전사고 데이터베이스 구축 관련연구에 대해 소개하고, 3장에서 제안하고자 하는 데이터베이스에 대해 다룬다. 4장에서는 결론을 제안하고, 5장은 본 논문에서 참고한 논문들의 목록이다.

2. 관련 연구

안전관리를 위한 데이터베이스 구축에 관한 연구는 화학물질 [5] 뿐 아니라, 철도 시스템 [1], 방사성폐기물 [3] 등 다양한 분야에서 이뤄져왔다. 본 문단에서는 위 연구들을 파악하고, 안전관리 데이터베이스 구축의 핵심 요소에 대해 서술한다.

[5]는 국가 화학물질 관리의 안전관리 기반을 위한 물리화학적 특성, 사고 위험성, 안전/특수 대응정보 등의 관련 정보를 구축하였다. 데이터베이스는 크게 물질특성정보, 사고위험정보, 분야 안전/특수대응정보로 구성 되어있다. 사용자는 물질특성정보를 통해 화학물에 대한 제반 지식, 사고위험정보를 통해 취급 주의사항을, 안전/특수대응정보를 통해 사고 시 대응 방법에 대해 알 수 있다. 본 연구에서는 이 데이터베이스를 기반으로 하여 유해화학물질 사업장을 위한 데이터베이스를 추가하는 것으로 한다.

[1]은 철도 시스템에서의 안전사고를 예방하기 위한

데이터베이스를 제안하였다. 데이터베이스는 안전사고 발생 시나리오를 얻어내기 위한 위험평가 기반의 데이터베이스와, 시나리오와의 일치성을 판단하기 위한 의사결정 지원 데이터베이스로 구성하였다. 본 연구에서도 이와 유사하게 안전사고 발생 시나리오 데이터를 구축해야 할 것으로 판단된다.

[3]는 국내 방사성폐기물의 안전관리 관련 정보를 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스를 제안했다. 구체적으로, 발생 혹은 저장중인 폐기물의 이력을 관리하는 데이터베이스와 기간/기관별 폐기물 발생 추이 및 예상 추이를 알 수 있는 시스템을 제안하였다. 본 연구에서 궁극적으로 개발하고자 하는 스마트 관리 시스템에서 이를 적용하여 예상 추이를 보여주는 기능을 지원해야 할 것으로 보인다.

3. 화학물질 안전관리 데이터베이스

화학물질 안전관리 데이터베이스 구축을 위해서는 유해화학물질 취급 사업장의 구조에 대해 이해해야 한다. 본 문단에서는 사업장의 구조 및 대장의 구성요소에 대해 설명하고, 이를 바탕으로 데이터베이스를 제안한다.

유해화학물질 사업장은 취급 화학물질을 여러 탱크로리, 불산저장탱크, 고압력탱크로리 등 각 화학물질의 성질에 알맞는 저장소에 나눠 보관한다. 화학물질관리법에 의해, 사업장은 각 저장소 별 자체점검대장, 외부인 출입대장을 작성해야 한다. 또한, 화학물별 화학물질관리대장, 운반관리대장을 작성해야 한다. 현장안전사고 관리 데이터베이스는 따라서 사업장에 대한 정보, 사업장 별 저장소에 대한 정보, 화학물질에 대한 정보, 그리고 각 대장에 대한 정보를 담는 테이블들이 각각 필요하다.

자체점검대장은 각 저장소별로 일주일마다 작업자가 자체 점검을 하여 작성하는 대장으로, 점검 저장소, 점검시간, 점검자, 체크리스트가 포함되어야 한다. 그림 1은 체크리스트의 일부를 보여주고 있다.

점검항목	이상유무
<ul style="list-style-type: none"> ○ 유해화학물질의 이송배관·접합부 및 밸브 등 관련 설비의 부식 등으로 인한 유출·누출 여부 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 문제없음 <input type="checkbox"/> 자체점검 시 조치완료 <input type="checkbox"/> 정밀 재점검 필요 <input type="checkbox"/> 해당없음
<ul style="list-style-type: none"> ○ 고체 상태 유해화학물질이 용기를 밀폐한 상태로 보관하고 있는지 여부 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 문제없음 <input type="checkbox"/> 자체점검 시 조치완료 <input type="checkbox"/> 정밀 재점검 필요 <input type="checkbox"/> 해당없음
<ul style="list-style-type: none"> ○ 액체·기체 상태의 유해화학물질을 완전히 밀폐한 상태로 보관하고 있는지 여부 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 문제없음 <input type="checkbox"/> 자체점검 시 조치완료 <input type="checkbox"/> 정밀 재점검 필요 <input type="checkbox"/> 해당없음
<ul style="list-style-type: none"> ○ 유해화학물질의 보관용기가 피스 또는 부식되거나 균열이 발생하였는지 여부 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 문제없음 <input type="checkbox"/> 자체점검 시 조치완료 <input type="checkbox"/> 정밀 재점검 필요 <input type="checkbox"/> 해당없음

그림 1 자체점검대장 체크리스트.

외부인출입대장은 각 저장소별로 외부인 출입이 발생할 시 작성해야 하는 대장으로, 출입 시간, 출입자 이름, 연락처, 차량번호, 목적이 포함되어야 한다.

화학물질관리대장은 사업장에 있는 각 화학물질의 매월 입출고량에 대한 대장으로, 화학물질의 정보 (물질 이름, 용도, 성상, 타입, 함량)와 입출고 기록 (분류, 입출고 시각, 수량, 구입/판매자)이 포함되어야 한다.

운반관리대장은 사업장에 있는 각 화학물질의 운반 기록에 대한 대장으로, 화학물질관리대장과 동일한 형태의 화학물질의 정보와 운반 정보 (운반 시각, 운반량, 출발/도착 지점, 위탁인)가 포함되어야 한다.

위 대장들의 정보를 종합하면, 대장들이 공통적으로 필요한 정보는 취급자 정보, 화학물질 정보, 저장소 정보이다. 따라서 제안하는 제안하는 화학물질 안전관리 데이터베이스는 사업장 정보를 담는 테이블, 취급자 정보를 담는 테이블, 화학물질 정보를 담는 테이블, 저장소 정보를 담는 테이블 그리고 각 대장 별 테이블이 필요하다. 그림 2는 제안하는 데이터베이스의 스키마를 담고 있다.



그림 2 화학물질 안전관리 데이터베이스 스키마.

Affiliation 테이블은 본 시스템에 가입된 사업장들의 정보를 담고 있다. Aff_id는 사업장의 고유 아이디이고, aff_name와 aff_pos는 각각 사업장의 이름과 사업장의 위치이다. 구체적인 데이터베이스 세팅은 사업장의 환경에 따라 달라질 수 있으나, 필수적으로 포함되어야 하는 컬럼은 위의 세 개와 같다. 본 논문의 그림에서는 생략되었지만, 이외에도 다양한 정보가 포함될 수 있다. 예를 들어, 사업장별 매니저 아이디, 로그인 정보, 결제 관련 정보 (카드번호, 비밀번호 등) 등이 있다.

Handlers 테이블은 본 시스템에 가입된 화학물

취급자들의 정보를 담고 있다. Aff_id는 소속 사업장의 아이디이고, name, auth, 그리고 contact는 각각 이름, 대장 관리 권한, 연락처를 의미한다. 이외에도 생일, 전화번호 등 관리에 필요한 다양한 개인정보를 포함할 수 있다.

Storages 테이블은 본 시스템에서 관리하는 화학물 저장소들의 정보를 담고 있다. Aff_id는 저장소의 소속 사업장이고, name과 stor_pos는 이름과 위치를 의미한다.

Chemicals 테이블은 본 시스템에서 관리하는 모든 화학 물질의 정보를 담고 있다. 이 테이블은 화학 물질 정보를 가져오는 방법에 따라 다양하게 설정될 수 있으나, 그림에서는 공간의 부족으로 기본적인 정보인 이름, 취급 구분, 화합물 조성에 대해서만 표시하였다. 실제로는 아래에서 설명하는 바와 같이 복잡한 정보가 포함되어야 한다. 화학 물질 정보는 NCIS 화학물질정보시스템과 화학물질안전원의 화학물질종합정보시스템에서 가져올 수 있다. 두 시스템의 데이터를 종합하면, 물질명, 유사명, 분자식, 관리정보 (CAS 번호, RTECS 번호 등), 물리화학적 성질 (상태, 색상, 냄새, 맛 등), 위험성 정보, 취급 주의 정보로 테이블을 구성할 수 있다. 특히 위험성 정보의 경우 NFPA 위험성 코드, 화재 및 폭발 위험 특성, 안전/반응 위험 특성, 인체 유해성, 노출 유해성 응급 조치 요령, 인체 독성 정보 등 화학물질 안전관리에 필요한 데이터로 구성되어야 한다.

Store_ledger, ext_visit_ledger, Selfcheck_ledger는 각각 운반관리대장, 외부인출입대장, 자체점검대장을 저장하는 테이블이다. 현장 관리자는 위 스키마에 맞춰 대장을 작성하면 데이터베이스 내에 간단히 업로드할 수 있다.

책임자는 화학물질 상태를 확인하기 위해 view_store_now 뷰를 확인할 수 있다. 이 뷰는 각 저장소의 화학물 잔여량을 조회할 수 있다. 그림 2는 뷰를 생성하는 쿼리를 보여준다.

```
create view View_store_now as (
select chem_id, Stor_id,
sum((in_out*amount + (in_out-1)*(amount)) as
remain
from Store_ledger
group by chem_id, Stor_id
);
```

그림 1 view_store_now 쿼리.

구축된 데이터베이스는 다양한 안전관리 시나리오에 사용될 수 있다. 추후 연구할 부분이지만, 업데이트 되는 대장 데이터를 분석하여 안전사고의 발생 위험을 알려주는 인공지능 모델을 구축할 수 있다. 이 경우,

작업자가 대장을 업데이트하면 인공지능이 업데이트 된 대장에 대해 안전사고 위험도를 판단하고, 일정 수준이 넘어가면 관리자에게 알림이 가도록 할 수 있다. 인공지능 모델은 대장 뿐만이 아니라 본 데이터베이스의 화학물질 통합 데이터, 작업자 정보, 입출입 정보를 포괄적으로 활용하여 추론한다.

4. 결론

이 논문에서는 유해화학물질 취급 사업장의 문서 관리 문제점과 안전사고에 대한 신속한 대응을 위한 ICT 기반 스마트 관리시스템의 데이터베이스 구축을 중점적으로 다루었다. 수기로 작성된 대장의 한계를 극복하고, 사고 원인 파악의 정확성을 높이기 위해 통합된 전자 시스템의 필요성을 인식하였다. 3.에서 제안한 안전관리 데이터베이스는 화학물질, 사업장, 대장 정보를 포괄적으로 관리하며, 간편한 질의로 현장 관리자와 사업장 책임자 모두가 효과적으로 활용할 수 있도록 설계되었다. 이러한 시스템 도입을 통해 안전사고의 예방 및 대응 능력을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

5. 참고문헌

[1] 홍선호, & 김상암. (2005). 철도시스템 안전관리를 위한 데이터베이스 구축 방안 연구. 한국철도학회 학술발표대회논문집, 37-43.

[2] 이진훈, 박상일, 김봉근, & 이상호. (2007). 사회기반시설물 안전관리 지원 데이터베이스 구축을 위한 구조계산서의 XML 문서화 방법론. 한국방재학회 학술대회, 414-417.

[3] 손동찬, 안경일, 정덕진, & 조용백. (2003). 방사성폐기물 안전관리 데이터베이스 기본설계. 한국방사성폐기물학회 학술대회, 470-483.

[4] 김영곤, 심영민, & 조인취. (2022). 데이터 분석을 통한 항공안전관리 데이터베이스 설계 및 구현에 관한 연구. 한국통신학회논문지, 47(3), 501-521.

[5] 박연신, 황만식, 노혜란, 천광수, & 김성범. (2013). 화학물질 안전관리 DB 구축 및 정보시스템 개발. 한국위험물학회지, 1(1), 58-64.

[6] "'이유 있었네'...화학물질 누출사고 절만 이상 '관리 미흡'." KBS 뉴스. 2021년 04월 19일 수정, 2023년 9월 20일 접속, <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=5166093>

사사

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부) 및 지자체(대구광역시)의 재원으로

(재)대구디지털혁신진흥원에서 주관하는 지역 디지털 혁신거점 조성지원 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. DBSD1-08, 인공지능 기술을 활용한 유해화학물질 사업장 현장안전사고 개선시스템 ‘세이프체크 v2’)