드론을 이용한 화학물질사고 대응에 관한 연구

최광묵, 조숙경*, 정광철*, 박희민**, 김경배

*㈜네스토스, **㈜스카이텍, 서원대학교

kwangmook.choi@gmail.com, *skyindb@naver.com, *jungkc@astrobridge.kr,
**heemin35@nate.com, gbkim@seowon.ac.kr

A Study on Hazardous Chemical Incident Response Using Drones

Choi Kwang Mook, Cho Sook Kyoung*, Jung Kwang Chul*, Park Hee Min**, Kim Gyoung Bae

*Nestors Co.,Ltd., **Sky-Tech Co.,Ltd., Seowon Univ.

요 약

드론이 재난 대응에서 중요한 도구로 처음 주목받은 것은 텍사스에서 발생한 허리케인 하비 때였습니다. 이 재난에서 드론은 피해 평가, 급박하게 변화하는 상황에 대한 실시간 정보 제공, 긴급 구조가 필요한 사람 발견 등에 활용되었습니다. 최근 우리나라는 정밀유기화학, 반도체, 의약, 나노·무기소재 등 기술발전으로 화학산업이 급속하게 증가하고 있다. 본 연구는 화학물질 사고 대응에서 드론 기술의 중요성과 활용 가능성을 다각도로 분석하고, 드론이 제공하는 기술적 이점이 사고 대응의 효율성을 어떻게 활용할 수 있는 방안에 대하여 연구하였다. 드론은 화학물질의 누출 사고 현장에서 신속한 상황 파악, 고위험 지역의 실시간 데이터 수집 및 제공할 수 있는 다양한 역할을 수행할 수 있으며, 특히 인공지능 기술과 결합된 분석 능력은 사고에 대응하고 확산을 방지하여 피해를 최소화하는 데 큰 기여를 할 것이다. 드론에 장착된 고해상도 카메라와 열화상카메라에서 제공하는 데이터는 사고 발생 물질의 종류와 농도, 확산 범위를 정밀하게 분석하여 위험 지역을 효율적으로 관리할 수 있다.

Ⅰ. 서 론

드론이 재난 대응에서 중요한 도구로 처음 주목받은 것은 2017년에 미국 텍사스에서 발생한 허리케인 하비 때였다. 최대 1500㎜가 넘는 기록적인 비를 뿌리며 무려 130조 원에 달하는 피해를 낸 이 재난에서 드론은 피해 평가, 급박하게 변화하는 상황에 대한 실시간 정보 제공, 긴급 구조가 필요한 사람 발견 등에 활용되었다. 우리나라에서 공공 안전을 위해 여러 공공기관이 드론을 적극 활용하고 있다. 경찰청은 실종자 수색과 추적 관리에 중점을 둔 '폴-드론' 팀을 운용하여, 실시간 지원체계를 구축하여 실종자 탐색뿐만 아니라 지역 내 치매 및 독거노인의 안전 확인, 등산객이나 조난자 발생 시 넓은 지역을 신속하게 탐색하여 골든타임 확보에 기여하고 있다. 또한 산림청은 '산림 드론 감시단'을 운영하여, 건조기와 가을철에 국유림과 사유림에서의 산불 예방 활동 및 불법 채취 방지를 위해 드론을 활용하고 있다. 험준한 산악 지역과 인력 접근이 어려운 지역에서 드론을 이용한 경고 방송과 순찰은 효과적이다. 소방청 역시 재난 구조 활동에서 드론을 활용해 접근이 어려운 위험 지역에서의 인명 구조와 산불 진화 작업을 지원한다. 이러한 드론 기술은 제한된 접근 지역에서도 생존 여부 확인, 수색로 확보, 구호품 전달 등을 가능하게 하여 재난 현장에서의 신속한 대응에 큰 도움을 주고 있다[1].

국내 화학물질 산업은 빠른 성장세를 보이며, 석유화학 및 다양한 산업용 화학물질의 생산 용량을 대폭 확장해왔습니다. 특히 중국 및 동남아시아 등 해외 시장의 수요 증가에 대응해 생산이 늘었으며, 이에 따라 위험물 취급량도 증가하여 화학 사고의 위험성 또한 높아지고 있다. 대표적인 사고로는 2012년 구미에서 발생한 불산 유출사고[2]로 환경과 인명에 큰 피해를 초래하며 화학물질 사고에 대한 경각심을 불러일으켰으며, 이후 중소기업을 포함한 화학 사고가 잇따르며 화학 안전 관리의 필요성이 제기되었습니다. 소방청의 보도자료에 따르면 2022년 국내 화학사고 발생 건수는 총 218건이며, 인명피해는 241명(사망 13명, 부상 228명)으로 전년 대비 발생 건수는 감소하였지만, 인명피해는 늘어난 것으로 나타났다. 시기별로는 기온이 높아지기 시작하는 4월에 일시적으로 높은 발생률을 보였으며, 8월(30건), 9월(22건), 7월(20건) 등 주로 기온이 높은 여름철에 사고가 많이 발생한 것으로 나타났다[3]. 국내 화학물질을 취급하는 업체 중 약 1,000여 곳은 시화, 여수, 온산, 울산 등 대규모 산업단지에 입주하여 있으며, 나머지 15,000여 개 업체는 전국 곳곳에 흩어져 있는 중소형 산업단지와 농공단지 등에 주로 입주해 있어 전국 어디에서나 화학사고 발생 우려가 높아지고 있다[4].

본 논문에서는 공공분야 등에서 다양하게 활용되는 드론을 화학물질 사고에서의 활용에 대한 연구이다. 화학사고 발생 시 드론을 활용하면, 사고가 발생한 물질의 종류를 신속하게 파악하여 효과적인 대응을 할 수 있으며, 인명 피해를 최소화하면서 위험 지역을 신속히 파악할 수 있다. 드론에 장착된 고해상도 카메라와 센서를 통해 독성 물질의 누출 범위와 농도를 측정할 수 있으며, 위험 구역 내에서 사람이 접근하기 어려운 장소에 대한 실시간 데이터를 수집할 수 있다. 특히 인공지능(AI) 기술이 결합된 드론은 화학물질 사고 대응에서 화학물질의 정보를 판독하고 분석하는 데 큰 역할을 한다[5]. 이러한 기술은 위험 물질의 특성을 예측하여 사고의 확산을 방지하고, 복합사고 상황에서도 안전하고 효율적인 대응 방안을 제공하는 데 유용할 것이다. 본 연구에서는 다양한 AI 기반 분석 기법과 드론 기술의 융합을 통해 다양한 화학물질 사고에서 실질적으로 적용할 수 있는 기법을 제안하고자 한다.

Ⅱ. 본 론

1) 화학물질의 증가

환경부의 자료에 따르면 2022년도 화학물질 배출량을 조사한 결과, 3,832개 업체에서 234종의 화학물질 6만 1,035톤이 대기(6만 808톤) 및 수계(227톤)로 배출되었다고 밝혔다. 물질별로는 톨루엔(16.6%), 아세트

산 에틸(15.5%), 자일렌(15.5%), 메틸에틸케톤(10.2%), 디클로로메탄(7.6%) 순으로 많이 배출되었고, 상위 10개 화학물질이 전체 배출량의 83.3%를 차지하고 있다[6].

< 배출량 상위 10개 화학물질 현황>

(단위; 톤)

구 분		'21년	'22년	증감(%)
합 계		65,213 (100)	61,035 (100)	⇩6.4
1	톨루엔	11,424(17.5%)	10,159(16.6%)	⇩11.1
2	아세트산 에틸	10,640(16.3%)	9,466(15.5%)	⇩11.0
3	자일렌	9,985(15.3%)	9,434(15.5%)	⇩5.5
4	메틸 에틸 케톤	7,081(10.9%)	6,246(10.2%)	⇩11.8
5	디클로로메탄(2A)	4,220(6.5%)	4,619(7.6%)	⬆9.5
6	2-프로판올	2,441(3.7%)	2,574(4.2%)	⬆5.5
7	메틸 알코올	3,376(5.2%)	2,447(4.0%)	⇩27.5
8	에틸벤젠(2B)	2,186(3.4%)	2,178(3.6%)	⇩0.4
9	N,N-디메틸포름아미드(2A)	1,980(3.0%)	1,891(3.1%)	⇩4.5
10	일산화 탄소	943(1.4%)	1,848(3.0%)	⬆96.0
-	기타	6,128 (9.3%)	6,312 (10.5%)	

〔그림 1〕 국내 2022년도 화학물질별 배출량 통계(출처:환경)

2) AI기술을 이용한 화학물질 판독 기술

AI기술을 이용한 화학물질 판독 기술은 영상 기반, 열화상 데이터 기반, 분광 데이터 기반 등을 활용한 기술들이 있다.

- 영상 기반 기술은 고해상도 카메라를 통해 현장의 시각적 정보를 수집하여, 상황을 실시간으로 모니터링하거나 지휘 본부와 공유할 수 있게 해줍니다. 특히, 대규모 화학물질 누출과 같은 상황에서 드론에 장착된 카메라로 실시간 영상 데이터를 수집하면, 상황을 빠르게 파악할 수 있다.
- 열화상 데이터 기반 기술은 적외선 복사를 감지하여 화학물질의 온도와 열 특성을 파악할 수 있다. 이는 화학물질 누출 시, 특정 가열된 위험 구역이나 가스 확산 패턴을 시각화하는 데 매우 유용합니다. 예를 들어, 드론에 장착된 열화상 카메라를 통해 파이프의 과열을 감지하거나 가스 누출이 진행되는 온도 변화를 실시간으로 모니터링할 수 있다.
- 분광 데이터 기반 기술은 특정 파장의 빛을 흡수하거나 반사하는 화학물질의 고유한 분광 지문을 분석하여 물질을 식별하는 방법입니다. 유독 화학물질이나 특정 유기 화합물의 분광 데이터를 분석하면, 해당 물질의 종류와 농도를 정확하게 파악할 수 있다. 특히 대기 중 오염 물질의 농도와 성분을 신속하게 평가할 수 있어, 화학물질 사고 대응 시 드론에 장착된 분광 카메라를 활용해 즉각적인 분석이 가능하다.

3) AI기술을 위한 드론 기반의 데이터 구축

드론에 열화상 및 분광 카메라를 탑재하면, 화학사고 현장에서 원격으로 실시간 데이터를 수집하고, 분석 결과를 기반으로 현장에 있는 대응팀에 즉각적인 정보를 제공할 수 있다. 또한, 화학공장, 발전소 등에서 열화상 분광 데이터를 활용해 유해 화학물질의 누출을 조기에 감지하거나, 누출 사고 발생 시 유출된 물질의 종류와 분포를 빠르게 파악하는 데 사용할 수 있다. 드론 기술과 결합된 열화상 및 분광 분석 기술은 현재도 발전 중이며, 향후 AI 기반의 자동 판독 시스템과의 융합을 통해 더욱 정확하고 신속한 화학물질 판독이 가능할 것이다.

〔그림 2〕 드론을 이용한 인공지능 데이터 취득예

Ⅲ. 결 론

본 연구는 화학물질 사고 대응에서 드론 기술의 중요성과 활용 가능성을 다각도로 분석하고, 드론이 제공하는 기술적 이점이 사고 대응의 효율성을 어떻게 활용할 수 있는 방안에 대하여 연구하였다. 드론은 화학물질의 누출 사고 현장에서 신속한 상황 파악, 고위험 지역의 실시간 데이터 수집, 인명 탐색 및 구호품 전달 등 다양한 역할을 수행할 수 있으며, 특히 인공지능 기술과 결합된 분석 능력은 사고 확산을 방지하고 피해를 최소화하는 데 큰 기여를 할 것이다. 드론에 장착된 고해상도 카메라와 열화상카메라에서 제공하는 데이터는 사고 발생 물질의 종류와 농도, 확산 범위를 정밀하게 분석하여 위험 지역을 효율적으로 관리할 수 있다. 이러한 정보는 화학물질 사고에 신속하게 대응할 수 있게 하며, 인명 구조와 환경 피해 최소화에 중요한 역할을 한다.

본 연구에서 제안한 AI 기반 분석 기법과 드론 기술의 융합은 화학물질 사고의 다양하고 복합적인 특성에 맞춰 보다 안전하고 효과적인 대응 방안을 제공한다. 향후 다양한 화학물질 사고에 실질적으로 적용할 수 있는 사례 연구와 추가적인 기술 개발을 통해 드론의 활용도를 더욱 높이는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] I. Kim, “A Study on the Constitutional Factors of a Drone Utilization System in Area with Occurrence of Disaster and Calamity,” Journal of Convergence Consilience, vol. 4, no. 2. Korea Safety Culture Institute, pp. 73 - 88, 30-Aug-2021.

[2] 이동원. "유해화학물질 누출사고 현황 및 개선방안 연구 - 불산 누출 사고 사례 중심으로 -" 안전문화연구 no.12(2021) : 231-245.

[3] 소방청, 2021 화재통계연감

[4] 조철희. 최근 국내 화학사고 통계 분석 : 소방청 기초자료 중심으로. 한국위험물학회지, 11(1), 49-57, 2023.

[5] 조숙경, 백성하, 박봉섭, 김경배, “인공지능기술을 활용한 유해화학물질 탐지 방법,” 한국통신학회 추계종합학술발표회, pp.264-265, Nov., 2022.

[6] 환경부 보도자료, “2022년도 화학물질 배출량 6만 1,035톤 전년대비 6.4% 감소”, 2024.04.16.