

충청남도 유해화학물질 배출저감을 위한 기초조사 연구

김 종 범

충남연구원 기후변화대응연구센터 책임연구원
kjb0810@cni.re.kr

이 연구는 화학물질 다량 배출지역인 충청남도의 유해화학물질 관리 기준 마련을 위한 기초자료 제공과 방향성 제시에 목적이 있음

CONTENTS

1. 연구목적 및 방법
2. 유해화학물질의 특징과 관리 동향
3. 유해화학물질 배출 현황
4. 유해화학물질 관리 기술
5. 정책제언

요약

- 화학물질의 경우 아직까지 자체 독성과 작업환경위주의 관리가 진행되고 있어 대기배출 관리는 미미한 상태임
- 충청남도는 2008년 대비 2022년 화학물질 사용량이 3.7배나 증가하여 전국 최대 증가량을 보이고 있어 이에 대한 대책 마련이 요구되고 있음
- 충청남도의 화학물질 배출특성 조사결과 충남 서북부(천안, 아산, 당진, 서산) 4개시에서 전체 배출량의 72.4%가 배출되고 있으며, 고무 및 플라스틱 제품 제조업, 전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업, 인쇄 및 기록매체 **복제업**, 화학물질 및 화학제품제조업 등 상위 6개 분야에서 전체 배출량의 79.5%가 배출되고 있는 것으로 나타남
- 도내 주요 배출화학물질은 아세트산 에틸, 일산화탄소, 메틸 에틸케톤, 톨루엔, 부탄, 암모니아로 확인되었고 이는 전체 배출량의 79.2%를 차지함
- 충청남도 내 화학물질 배출관리를 위해서는 충남 서북부 4개시에 위치해 있는 다배출 사업장을 대상으로 대체물질 교체, 공정개선, 적정 방지기술 적용 등이 필요하며, 이를 위해 관리기관들의 정책적 지원대책 마련 또한 수반되어야 할 것으로 판단됨

01 연구목적 및 방법

1. 연구배경 및 목적

- 충청남도는 전통적으로 대기환경분야 이슈가 많은 지역임
- 지역적으로는 한반도 정서쪽에 위치하여 황사로 대표되는 장거리 이동오염원에 대해 직접적인 영향을 받고 있으며, 환경적으로는 석탄화력발전소, 제철소, 석유화학단지과 같은 대형 배출시설이 다수 위치하고 있음
- 대기정책지원시스템(CAPSS) 기준 2017년까지 충청남도는 대기오염물질 배출량이 경기도에 이어 전국 2위였으나 지속적인 감축 노력으로 2018년 3위로 한단계 하락 후 2020부터 4위를 유지하고 있음
- 화학물질 배출·이동량 정보(PRTR) 기준 충청남도는 경기도에 이어 2위를 차지하고 있음
- 대기오염물질의 경우 석탄화력발전소를 중심으로 대형배출시설에 대한 최적방지기술(BAT) 적용과 다방면의 개선 정책 추진으로 가시적인 감축 효과가 나타나고 있으나 화학물질의 경우 아직까지 두드러진 개선효과가 나타나지 않고 있음
- 화학물질 사용에 따른 대기 배출량은 꾸준히 증가하고 있으며, 가장 최근인 2021년 대비 2022년 소폭의 감소를 보였음
- 하지만 충청남도의 경우 2008년 대비 2022년 3.7배나 증가하였고, 전국 대비 화학물질 배출량 기여도 또한 6.1%에서 17.6%로 높은 증가세를 보

이고 있음

- 화학물질의 경우 일반 대기오염물질과 다르게 물질별로 강한 독성을 가지고 있어 인간을 포함한 동식물이나 환경 노출시 급성 또는 만성 악영향을 야기할 수 있어 관리 중요성이 부각되고 있음
- 충청남도는 나날이 증가하는 화학물질 배출량 감축을 위해 2024년 전문가, 사업장 관계자, 공무원을 대상으로 개선방안 마련 세미나를 진행하였음
 - 일시 : 2024. 5. 8.(수) 14:30~16:30
 - 장소 : 충남신용보증재단본점 4층
 - 참석대상 : 충남도청 2, 환경부 1, 화학물질안전원 2, 전문가 3, 시·군 4 등
- 본 자리는 기후환경국 국장 주재로 현재 국가차원의 화학물질 관리정책과 시·군의 관련 사업장 관리 현황, 사업장의 대응방안 등에 대해 듣고, 전문가 토론을 통해 개선방안에 대해 논의하였음

충청남도 화학물질 배출량 저감 방안 마련 세미나 개최계획

❖ 2022년 기준 환경부 전국 화학물질 배출량 조사 결과 우리도 전국 2위(1만733톤, 17.6%)로 화학물질 배출량 저감을 위한 행정 기관, 전문가, 사업장 등 의견 수렴 및 저감방안을 마련코자 함.

1 세미나 개요

- 일시장소 : 2024.5.8.(수) 14:30~16:30 / 충남신용보증재단본점 4층
- 참석대상 : 18명(환경부 1, 도 2, 화학물질안전원 2, 사업장 5(현대오일뱅크, 현대그린퍼워, 동원시스템즈, 천안사업장, 동신포리마, 국보화학, 전문가 3, 충남녹색환경지원센터 1, 시군 4(천안시, 아산시, 서산시, 당진시))
- 주최/주관 : 충청남도 / 충남녹색환경지원센터
- 주요내용 : 화학물질 배출량 현황 및 배출량 저감 정책(화학물질 안전원), 화학물질 취급시설 관리 방안(한국환경공단), 전문가 및 관계자 토론

2 진행 순서

시 간	소 요 시 간	내 용		비 고
부 터	까 지			
14:30	14:35	5'	개회 및 참석자 소개	충남녹색환경지원센터 이종석 사무국장
14:35	14:40	5'	인사말씀	충남녹색환경국장
14:40	15:20	주제발표	① 화학물질 배출량 현황 및 배출량 저감 정책	장혜영 연구사 (화학물질안전원)
	20'		② 화학물질 취급시설 관리 방안	김종우 부장 (한국환경공단)
15:20	15:30	10'	휴식	-
15:30	16:20	50'	참석자 의견 수렴, 전문가 자문 및 토론 ※ 제도 개선 및 사업장 자체 역할 등	대전대학교 최일환 교수(좌장)
16:20	16:25	5'	정리 및 마무리 말씀	충남녹색환경국장
16:25	16:30	5'	폐회	충남녹색환경지원센터 사무국장

참고 3 참석자 세부 현황

○ 기관별 참석자 현황

구 분 (인)	직 책	성 명	비 고
환경부 (1)	화학안전과 서기관	지윤상	
도 (2)	기후환경국장	구 상	
	환경관리과장	김광주	
화학물질 안전원 (2)	사고예방심사1과장	윤준현	
	사고예방심사1과 연구사	장혜영	
시·군 (4)	천안시 환경정책과 수필환경팀장	김진식	
	아산시 환경보전과 환경지도팀장	김현필	
	서산시 기후환경대기과장 환경안전팀장	이선일	
	당진시 환경관리사업소장	박재근	
전문가 (3)	대전대학교 토목환경공학과	최일환	
	한국환경공단 화학시설지원부 부장	김종우	
	충남연구원 책임연구원	김종범	
사업장 (5)	현대오일뱅크 환경관리팀장	이무열	
	현대그린퍼워 환경화학팀장	강종태	
	동원시스템즈 천안사업장 공장장	임재성	
	동신포리마 안전환경팀 차장	홍현배	
국·공·민간 (1)	국보화학 상무	김정균	
	사무국장	이종석	

<그림. 1> 충청남도의 화학물질 배출량 저감을 위한 세미나 개최안

- 본 연구는 충청남도의 화학물질 관리방안 수립을 위한 기초조사 연구로서 국가 차원의 화학물질 관리현황 분석과 배출특성을 파악하고, 관련 기술을 조사함으로써 정책 방향성을 수립하는데 기초자료를 제공하고자 함

2. 연구범위와 방법

○ 연구범위

- 대상 공간 : 충청남도를 비롯한 전국
- 대상 항목 : 전국에서 배출되는 화학물질
- 활용 자료 : 화학물질 배출·이동량 정보(PRTR), 환경부 관련 법령 및 기술자료
- 대상 연도 : 2008년~2022년 (가장 최근 PRTR자료 활용)
- 조사 방법 : 문헌조사 위주

○ 연구방법

- 화학물질관련 법령 및 관계 관리규정 조사
- 국내외 화학물질 관리 동향 파악
- 화학물질 배출량 자료 수집 및 분석
- 충청남도의 화학물질 배출특성 분석
- 충청남도 화학물질 배출저감을 위한 방향 검토
- 정책제언

02

유해화학물질의 특징과 관리 동향

1. 화학물질의 특징

○ 인화성

- 화학물질은 대부분 낮은 증기압에 상온에서 기체상으로 존재하며, 한번 발화되면 주변으로 확산이 용이해 피해범주가 크게 설정됨

○ 반응성

- 화학물질은 대기 중 불안정한 상태로 다른 물질과의 반응성이 높으며, 반응을 통해 강한 독성물질로 변화되거나 환경과 동식물에 다양한 피해를 야기

○ 부식성

- 화학물질은 산성 및 알칼리성 등 저마다의 수소이온농도를 가지며, 물체나 인체 접촉시 염증과 표면부식을 야기할 수 있음

○ 독성

- 화학물질 중 1,3부타디엔, 벤젠, 벤조피렌, 포름알데히드, 산화에틸렌 등은 자체적으로 높은 독성을 가지고 있어 노출시 급성 및 만성 건강피해를 야기

2. 국외 화학물질 관리 동향

1) 유럽

- REACH(Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)
- 2006년 제정되어 2007년부터 시행되고 있으며, 화학물질의 양과 위해성에 따라 등록, 평가, 신고, 허가 및 제한
- 연간 1톤 이상 제조 또는 수입되는 화학물질을 대상으로 하며, 연간 100톤 이상의 물질과 고위험성 물질에 대해서는 우선적 평가를, 특정물질에 대해서는 허가를 받도록 제시
- 2008년 이후 ECHA (European Chemical Agency)에 미등록 물질이 포함된 제품은 EU 내 제조와 수입이 전면 금지됨에 따라 단순 환경문제를 넘어 **국가 간** 무역거래에 영향을 미치고 있음
- 대상 물질에 대해 평가를 통해 발암성, 돌연변이성, 생식독성 등을 검토하고, 인간 및 환경에 장기적으로 미칠 수 있는 악영향에 대해 검토
- REACH 등록서류
 - 기술서류 : 제조업체 및 수입업체의 신원 / 물질의 신원 및 양, 식별된 용도 / 분류 및 라벨링 / 테스트 제안 / 척추동물을 대상으로 실험 여부 / 생화학적, 독성학적, 생태독성학적 특성에 따른 연구 보고서
 - 화학물질 안전보고서 : 인체 유해성 평가, 물리화학적 특성 평가, 환경 유해성 평가 및 PBT/vPvB 평가

2) 미국

- TSCA(Toxic Substance Control Act), 독성화학물질관리법
- 1976년 시행되었으며, 개발 및 생산되고 있는 화학물질의 제조(수입 포함), 가공, 유통, 사용 및 처분과정에서 노출로 인한 인체피해와 환경에 미치는 위험을 예방하고 규제·관리하기 위해 제정
- 본 법은 환경피해 결과에 대한 구제와 처리의 목적보다는 사전적 예방을

목적으로 제정됨

- 살충제나 담배 및 담배제품, 방사성 물질, 무기 및 탄약류, 식품, 약품 및 화장품, 식품첨가제는 TSCA가 시행된 시점에 이미 다른 법률에 의해 규제되고 있어 적용에서 제외되었음
- 미국 환경보호청(U.S. EPA)에서는 기존 화학물질 목록(TSCA Inventory)을 확인할 수 있게 온라인상에 공개하고 있으며, 기존 물질목록에 등재되지 않은 물질은 신규물질로 간주하고 있음
- TSCA Inventory에 등록되지 않은 신규화학물질은 제조/수입 90일 전에 U.S. EPA를 통해 사전제조신고(PMV, Pre-Manufacture Notice)를 하고, 해당물질의 전 과정에 걸친 유해영향평가를 승인받아야 함
- PMV 제출정보
 - 제조자 및 수입자 정보, 물질확인정보(CASrN, 구조식, 불순물, 부산물, MSDS 등), 보유하고 있는 물리·화학적 특성, 인체 및 환경독성 자료, 신고 후 3년간 제조/수입 예상 수량, 용도 및 하위 사용자의 수, 제조 및 사용공정도, 작업자 및 환경에 대한 노출 정보

3) 중국

- 신화학물질환경관리방법
- 화학물질 관리를 위한 최초 규정은 2002년 제정된 <위험화학품안전관리 조례>이며, 이후 중국 역내에서 유통되는 화학물질 중 신규로 진입하는 화학물질에 대한 관리·감독을 강화하고자 2003년 <신화학물질 환경관리방법(신화법)>을 발표하였고, 2004년에는 <신화학물질 신고지남>을 발표하여 신규화학물질 신고제도를 개시함
- 신화법은 환경 위해성을 관리하고, 인간 및 환경에 미치는 영향을 최소화 하기 위해 수립되었으며, 2010년에는 유럽의 REACH에 대응하기 위해 재개정되었음
- 적용범위는 중국 내 신규화학물질 연구, 생산, 수입 및 가공활동과 의약, 농약, 동물의약품, 화장품, 식품, 식품첨가제, 사료첨가제의 원료 및

중간제를 대상으로 하고 있어 우리나라나 미국에 비해 좀 더 광범위한 분야를 포함하고 있음

○ 일반 신고시 제출서류

- 신규화학물질 보통신고서(화학제품분류, 경고표지와 안전사용 지침 등 국가 유관표준에 따른 분류, 표지와 화학품 안전기술설명서), 위험평가보고서, 물리·화학적 특성, 독성 및 생태독성 시험보고서, 시험기관의 품질보증서

○ 관련 법에 따라 신규화학물질을 제조, 수입하는 자에 대한 관리 규정과 의무는 신규화학물질의 위험 등급별로 차등 제시

- 일반 신고 등록자는 신규화학물질의 위험성과 예방교육 시행, 신규화학물질의 제조 또는 가공, 사용에 종사하는 근로자들에 대한 교육과 안전보호 명시
- 고위험물질 등록자는 겉 포장지 등 눈에 잘 띄는 곳에 고위험물질 표시 및 사고 발생시 이행대책 수립, 폐기물 처리 방법에 대한 방법 제시 필요

4) 일본

○ 화학물질심사규제법(CSCL, Chemical Substance Control Law)

○ 1968년 중금속에 의한 이따이이따이병이 발병된 이후 화학물질에 대한 관심이 증가하였고, 이후 PCB 등에 의한 지속적인 환경오염 피해(가네미유증사건)가 발생하면서 1973년 화학물질심사규제법이 제정됨

○ 화학물질심사규제법은 인체, 동식물의 생식에 영향을 줄 수 있는 난분해성 화학물질에 의한 환경오염을 방지 및 예방하고, 신규화학물질을 제조 또는 수입시 관련 영향을 평가하여 화학물질의 특성에 따라 제조, 수입, 사용에 대한 규제를 진행하고 있음

○ 새로 제조, 수입되는 산업용 화학물질에 대해 제조 또는 수입 직전 해당 부서에 신고하고 평가를 통해 그 안전성을 확인받도록 함

○ 유럽의 REACH 제정에 발맞추어 2009년 관리 대상으로 난분해성 물질 외 화학물질의 유해성, 위해성 전체로 확대하는 개정안을 발표하였음

3. 국내 화학물질 관리 동향

5) 유해화학물질관리법 (1991년~2014년)

- **화학물질관리**를 위해 환경부에서는 1991년 <유해화학물질관리법>을 제정하였음
- 동 법은 “화학물질의 유해성을 심사하고, 유해화학물질을 적정하게 관리함으로써 국민 건강 및 환경보전에 이바지함”을 목적으로 수립됨
- 화학물질 관리에 대한 책무를 국가와 영업자에게 제시하였음
 - 국가 : 유해화학물질의 적정관리를 위한 기술개발, 교육, 홍보시책 강구 및 유해화학물질 적정관리에 필요한 행정상·재정상 지
 - 영업자 : 시설·장비의 적정 유지, 종업원 교육, 기술개발 및 정보의 교환, 유해화학물질의 적정관리를 위한 국가시책에 참여하고 협력
- 적용범위에서 원자력법에 따른 방사성 물질, 약사법에 따른 의약품·의약품외품 및 화장품, 마약법에 따른 마약, 향정신성의약품관리법에 의한 향정신성의약품, 농약관리법에 따른 농약, 비료관리법에 따른 비료 등은 제외하였음

2) 화학물질관리법 (2015년~현재)

- **몇 번의** 개정 이후 2015년 화학물질관리법으로 법령 변경
- 기존의 화학물질의 정의를 **다양하게** 구분하여 제시하였음
- 화학물질에 대해 “원소·화합물 및 그에 인위적인 반응을 일으켜 얻어진 물질과 자연 상태에서 존재하는 물질을 화학적으로 변형시키거나 추출 또는 정제한 것”으로 정의하고, 유해화학물질에 대해서도 유독물질, 허가물질, 제한물질 또는 금지물질, 사고대비물질, 그 밖에 유해성 또는 위해성이 있거나 그러할 우려가 있는 화학물질로 의미를 확대하였음
 - 유독물질 : 유해성이 있는 화학물질
 - 허가물질 : 위해성이 있다고 우려되는 화학물질
 - 제한물질 : 특정 용도로 사용되는 경우 위해성이 크다고 인정되는 화학물질
 - 금지물질 : 위해성이 크다고 인정되는 화학물질

- 사고대비물질 : 화학물질 중에서 급성독성, 폭발성이 강하여 화학사고의 발생 가능성이 높거나 화학사고가 발생한 경우 그 피해 규모가 클 것으로 우려되는 화학물질
- 적용범위 또한 기존 대상 항목에 사료, 화약류, 군수품, 건강관리식품, 의료기기, 독성가스 등 15개로 확대
- 책무도 기존의 국가와 영업자 외에 지방자치단체를 포함시켜 좀 더 세밀한 관리가 이루어질 수 있도록 제시함
- 화학물질 관리를 위해 5년 단위로 국가차원의 화학물질 관리에 관한 기본 계획을 수립하고 지방자치단체로 하여금 관련 조례를 제정하여 운영하도록 제시함
- 환경부로 하여금 2년마다 화학물질의 취급과 관련된 취급현황, 취급시설 등에 대해 통계조사 및 정보체계 구축하고, 화학물질 취급사업장을 대상으로 매년 화학물질 취급과정에서 배출되는 화학물질 현황을 조사하여 고시(정보공개)하도록 함
- 또한 2020년 동법 제5장에 화학사고의 대비와 대응방안 마련을 위한 법적 근거를 신설하여 영업자로 하여금 화학사고 발생 예방과 피해 최소화를 위한 방안을 제시하도록 함

3) 화학물질 배출저감제도 (2019)

- 벤젠 등 9종 화학물질을 연간 1톤 이상 배출하는 사업장을 대상으로 배출량을 자발적으로 감축하도록 하는 <화학물질 배출저감제도> 시행
- 2020년 4월까지 배출량, 유해성, 저감 가능성 등을 고려하여 9종을 선정하여 우선 적용하였고, 2025년부터 53종으로, 2030년부터는 배출량 조사 전체 대상으로 확대할 예정임
- 선정기준
 - 유해성이 높은 물질 / 다량 배출(연간 배출량 10톤 이상) 물질
 - 배출저감 가능물질(배출저감기술 보유 여부)
 - 공정시험방법으로 분석 가능한 물질

<표. 1> 화학물질 관리를 위한 국가와 지자체의 역할과 책무

구 분	국가	지방자치단체
내용	◆ 화학물질 관리목표와 달성전략 ◆ 주요 시책과 추진체계 ◆ 관리현황과 향후 전망 ◆ 사업수행에 필요한 재원조달방법 ◆ 국내외 유관기관과의 협력계획 ◆ 화학사고 대비 훈련 및 교육 ◆ 사고대응 및 사후조치를 위한 각 기관별 역할과 공조체계 ◆ 사고대응 및 사후조치에 필요한 자원 및 인력·장비 등 동원방법 ◆ 화학물질 관리 및 화학사고 대응을 위한 필요사항	◆ 화학물질 안전관리 및 화학사고 대비·대응을 위한 계획 또는 시책의 수립·시행 ◆ 화학물질 관리 및 심의를 위한 위원회 구성 및 운영 ◆ 화학물질 관련 정보 제공 ◆ 화학물질 안전관리를 위한 행정 및 재정 지원 ◆ 사업장의 화학물질 배출저감계획 수립·이행의 확인 및 지원 ◆ 그 밖에 화학물질 안전관리 및 화학사고 대비·대응을 위한 사항

4. 충청남도의 화학물질 관리 동향

- 충청남도는 화학물질관리를 위해 2018년 <충청남도 화학물질 안전관리에 관한 조례>를 제정하였음
 - 관련근거 : 화학물질관리법 제7조의 2
- 동 조례에 따라 충청남도는 도내 화학물질에 대한 안전관리를 위한 시책을 수립하였고, 충청남도 화학안전관리위원회를 설치하여 운영 중에 있음
 - 위원회의 기능 : 화학물질 안전관리 시책의 수립 또는 변경, 화학물질 현황 조사, 화학사고 비상대응계획의 수립
- 위원회의 구성
 - 당연직 위원 : 기후환경국장, 재난안전실장, 소방본부장, 보건환경연구원장
 - 위촉직 위원 : 충남지방경찰청의 화학물질 담당 부서장, 금강유역환경청장, 대전지방고용노동청, 충청남도교육청 소속의 담당 부서장, 충청남도의회에서 추천하

는 도의원, 화학·환경보건 관련 분야에서 학식과 경험이 풍부한 사람, 화학물질 관련 산업계 및 민간단체 등에서 추천하는 전문가, 그 밖에 도지사가 화학물질 안전관리 및 화학사고 대비·대응과 관련하여 필요하다고 인정하는 사람

○ 조례에 따른 충청남도의 책무

- 화학물질관련 정보 제공 : 화학 안전계획의 주요 내용과 추진상황 등을 도민에게 알리기 위해 충청남도 화학안전관리 보고서를 작성하여 공개
- 환경 중 화학물질 현황조사 및 공개 : 화학물질 관리와 관련하여 도민으로부터 지속적인 민원이 제기되는 경우 또는 위원회에서 필요하다고 인정하는 경우 관련 조사를 진행하여 정보 공개
- 사고대비물질 현황조사 및 공개 : 취급시설에서 사용하는 사고대비물질의 종류와 유해성 등에 관한 현황조사를 진행하여 정보 공개
- 화학물질 위반사업장 공개
- 지역화학사고 대응계획의 수립
- 화학물질 안전관리 및 화학사고 대비·대응에 필요한 업무를 담당하는 공무원에 대한 교육 및 유관기관(금강유역환경청, 대전지방고용노동청, 도 소방본부 등)과의 화학사고 대응 합동훈련
- 화학물질 안전관리를 위한 연구·조사
- 화학사고 전담기구 설치 및 운영
- 화학사고 예방·대비·대응을 위해 필요한 비용의 전부 또는 일부에 대한 지원

5. 충청남도의 화학물질 안전관리 추진 사례

○ 충청남도의 화학물질 안전과 체계를 강화하고 화학사고 예방을 위해 연단위로 화학안전관리 보고서 작성 (2023년)

- 근거 : 충청남도 화학물질 안전관리에 관한 조례 제16조

<표. 2> 최근 5년간 사고원인별 현황

	계	안전기준 미준수	시설결합	운송차량
충남	38	19	10	9
전국	368	181	116	71

<표. 3> 최근 5년간 화학사고 현황

연도	사고발생건 수		전국 대비 사고비율(%)	비고
	전국	충남		
2019	58	9	15.5	
2020	75	5	6.7	
2021	93	12	12.9	
2022	66	2	3.0	
2023	76	10	13.2	8월기준
	368	38	10.3	

<표. 4> 주민대피 사고물질 16종

물질명	유사명	CAS No.
메틸아민	메탄아민, 모노레틸아민	74-89-5
불소	플루오린	7782-41-4
불화수소	불산 무수물, 플루오르화 수소산 무수물, 불산	7664-39-3
산화에틸렌	옥시란, 에틸렌 옥사이드	75-21-8
삼염화붕소		10294-34-5
시아나화수소	하이드로사이안산, 무수 사이안화 수소	74-90-8
암모니아	무수 암모니아	7664-41-7
염소		7782-50-5
염화수소	염산(무수물)	7647-01-0
이산화염소	과산화염소	10049-04-4
트리메틸아민	트라이메틸아민	75-50-3
트리클로로실란	삼염화실란	10025-78-2
포름알데히드	포르말린	50-00-0
포스겐	카보닐 염화물	75-44-5
1,3부타디엔		685-63-2
황화수소	수소황화물	7783-06-4

<표. 5> 유해화학물질 취급사업장

시군	제조업	사용업	운반업	판매업	알선판매	보관저장업	계
천안	40	158	4	21	89	4	316
공주	24	46	3	9	14	1	97
보령	1	6	0	0	9	0	16
아산	11	88	7	10	39	1	156
서산	17	37	11	4	13	0	82
논산	4	31	0	2	15	0	52
계룡	1	1	0	0	2	0	4
당진	18	54	4	8	23	3	110
금산	4	9	1	2	8	0	24
부여	1	6	0	0	5	0	12
서천	0	8	0	1	8	1	18
청양	2	8	4	1	3	0	18
홍성	0	8	0	0	10	0	18
예산	16	39	1	5	6	0	67
태안	1	2	0	0	5	0	8
합계	140	501	35	63	249	10	998

○ 관련 조치사항

- 화학사고 현장조치 행동 매뉴얼 정비
- 화학사고 안전관리를 위한 체계 마련 사업 추진
- 환경안전분야 도민 및 언론홍보 실시
- 화학사고 대응 유관기관 가상합동훈련 실시
- 유해화학물질 취급사업장 관리자 교육 실시
- 충청남도 화학사고 상황 공유앱 확대 운영
- 유해화학물질 취급사업장 합동점검 실시

03 유해화학물질 배출현황

1. 화학물질 배출량 조사

- OECD의 PRTR(Pollutant Release and Transfer Registers) 규정 이행과 사업장에서 제조, 사용하는 화학물질이 환경 중으로 배출되는 양을 파악하기 위해 연단위로 화학물질의 배출량과 이동량에 대해 조사를 실시
- 관련 근거
 - 화학물질관리법 제11조, 동법 시행규칙 제5조
 - 통계법 제18조, 동법 시행령 제24조, 동법 시행규칙 제12조
- 조사대상 업소
 - <대기환경보전법>과 <물환경보전법>에 의하여 배출시설의 설치허가 및 신고를 한 업종 중 화학물질배출량 조사대상 업종에 해당하는 사업장
- 조사대상 물질 : 조사기준 이상의 농도를 함유되어 있고, 제조·사용 총량이 각 물질별로 I 그룹은 연간 1톤 이상, II그룹은 연간 10톤 이상인 화학물질
 - 사업장에서 생산하는 화학물질 및 화학제품
 - 사업장에서 사용하는 원료 및 첨가제
 - 사업장에서 사용하는 공정보조물질
 - 사업장에서 보관·저장하는 화학물질
 - 폐기물처리사업장에서 처리하는 폐기물
 - 기타 사업장에서 사용하는 화학물질
- 대기로 배출되는 양
 - 점오염원을 통한 배출량 : 굴뚝, 덕트, 반응용기 및 공정의 배기부, 저장시설의 배기부, 대기오염방지시설, 소각시설 등과 같이 기체 흐름을 일으키는 장치를

통하여 대기로 배출되는 조사대상 화학물질의 양으로서 배출경로나 배출물질의 양과 농도를 측정할 수 있는 오염원을 통한 배출량

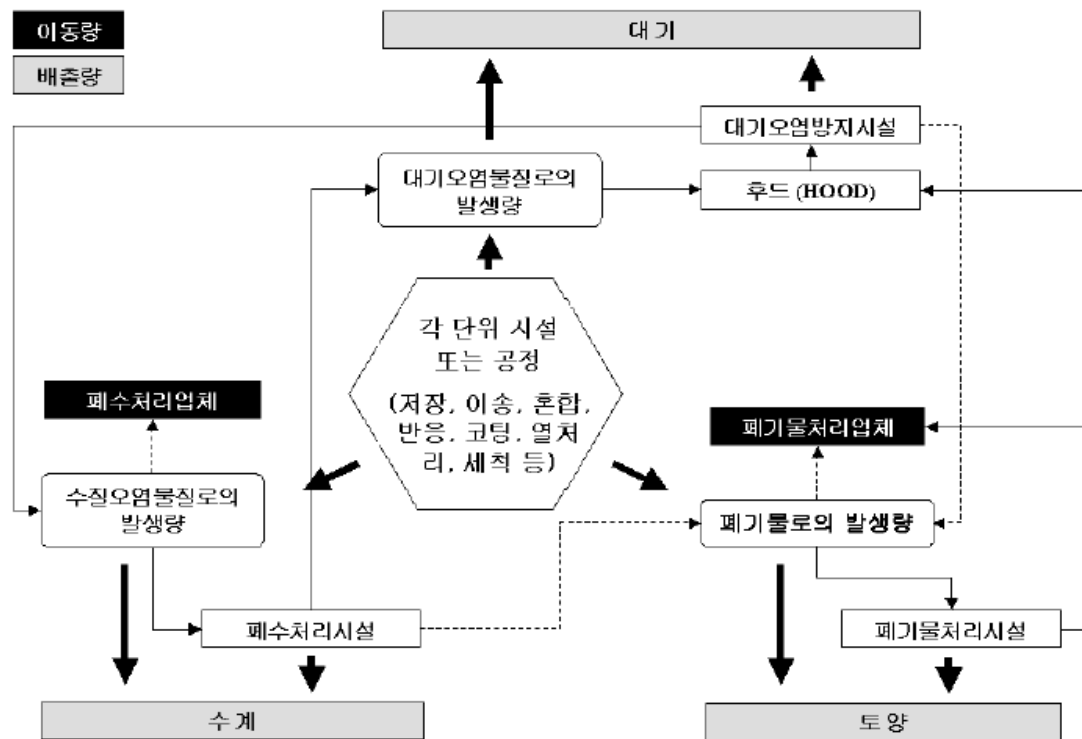
- 비산오염원을 통한 배출량 : 사업장 내에서 제조, 사용, 운반·보관 공정의 비산 오염원에서 배출되거나 부주의한 취급사고 등으로 대기로 배출되는 조사대상 화학물질의 양

○ 주요 단위공정별 배출원 (대기분야)

- 저장시설 / 이송, 운반, 분배, 계량시설
- 혼합공정 / 화학반응 공정
- 코팅공정 / 열처리 공정
- 탈지, 세정, 표백공정
- 분리, 정제 공정
- 기계식 가공 공정
- 조립, 포장, 검사 공정
- 용제회수 공정
- 대기오염방지시설
- 비정상 조업

○ 배출량 산정방법

- 직접 측정법 : 실제로 배출되는 양(유량, 농도)을 직접 측정한 값을 토대로 배출량을 산정 (배출량 = 배출평균유량 × 조사대상 화학물질의 평균농도 × 연간 작업시간)
- 물질수지법 : 배출량 산정범위를 선정하고 질량보존의 법칙인 물질수지식을 이용하여 배출량 산정 (배출량 = 대상공정으로 유입된 양 + 대상공정에서 반응 생성량 - 대상공정에서 유출된 양 + 반응소모량)
- 배출계수법 : 여러 공정 및 장치에서 취급하는 물질의 상태에 따라 배출량을 직접 측정하여 통계적으로 산출된 평균배출량을 이용하여 유사한 배출원의 배출량을 산정 (배출량 = 배출원 내 조사대상 화학물질의 조성비(%) × 배출원의 수 × 배출계수 × 운전시간 ÷ 100)
- 공학적 계산법 : 화학반응식, 조사대상 화학물질의 물리·화학적 성질, 이상기체 방정식 등과 같은 물리화학법칙이나 이론 등을 사용하거나, 공정설계자료, 생산 공정이나 오염방지시설의 제거율, 수율, 효율, 생산율 등 성능지표를 이용하여 배출량을 산정하는 방법



<그림. 2> 화학물질 배출량 산정방법

○ 대기오염물질 발생량

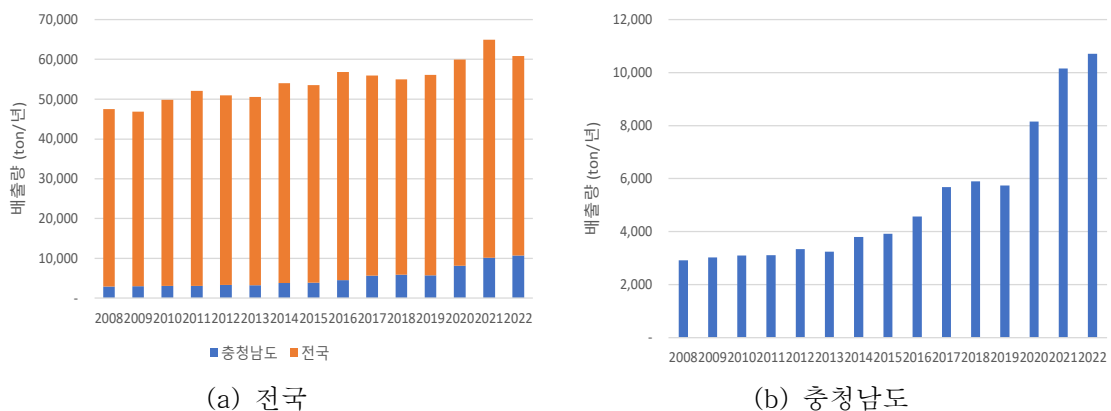
- 각 단위공정에서 대기오염물질로 발생하여 대기로 배출될 가능성이 있는 조사대상 화학물질의 양
- 대기오염물질 발생량은 실제 대기로 배출되는 양을 의미하는 것은 아니며, 포집되어 대기방지시설로 이동되는 양과 직접 대기로 배출되는 양의 합을 의미함

○ 대기로의 배출량

- 대기로 배출되는 조사대상 화학물질의 양
- 외부에 노출된 시설(매립지, 텃개를 씌우지 않는 폐수처리시설 등)에서 대기로 직접 배출되는 양, 각 단위공정에서 대기오염물질로 발생한 조사대상 화학물질 중 환기장치에 의해 포집되어 대기방지시설로 이송되지 않고 대기로 직접 배출되는 양과 각 환경오염방지시설(대기방지시설, 폐수처리시설, 폐기물처리시설)로부터 대기로 배출되는 양을 의미

2. 전국과 충청남도의 화학물질 배출량

- 그림 3은 2008년부터 2022년까지 전국과 충청남도의 화학물질 배출량 추이를 나타낸 것임
- 전국 화학물질 배출량은 2008년 44,559톤에서 2022년 50,109톤으로 1.1배 증가한 것에 반해 충청남도는 2008년 2,915톤에서 2022년 10,699톤으로 3.7배 증가하여 전국 대비 높은 증가율을 보였음
- 2008년 전국 화학물질 대비 충청남도의 배출량은 6.1%를 차지하였으나 2014년 7.0%를 넘어 2017년에는 10.1%로 10%대를 넘어섰고, 2022년에는 17.6%로 나타났음



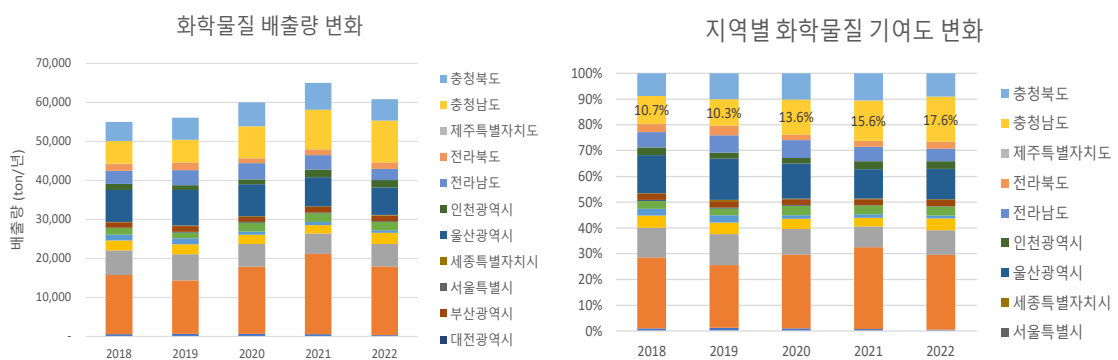
<그림. 3> 전국과 충청남도의 화학물질 배출량 변화 추이

<표. 6> 전국 및 충청남도의 화학물질 대기배출량 (단위: ton/년)

	전국	충청남도	충청남도/전국
2008	47,474	2,915	6.1%
2009	46,858	3,034	6.5%
2010	49,882	3,097	6.2%
2011	52,105	3,105	6.0%
2012	50,937	3,334	6.5%
2013	50,544	3,239	6.4%
2014	53,994	3,800	7.0%
2015	53,486	3,913	7.3%

2016	56,825	4,566	8.0%
2017	55,961	5,677	10.1%
2018	54,959	5,887	10.7%
2019	56,027	5,743	10.3%
2020	59,936	8,158	13.6%
2021	64,955	10,151	15.6%
2022	60,808	10,699	17.6%

- 지역별로는 2018년 기준 경기도가 15,126톤(27.5%)으로 가장 높은 배출량을 보였고, 충청남도는 울산 8,100톤(14.7%)과, 경상남도 6,315톤(11.5%)에 이어 5,887톤(10.7%)로 4위를 차지하였음
- 하지만 가장 최근 자료인 2022년을 보면 압도적인 배출량(17,597톤, 28.9%)으로 경기도가 1위를 차지하였지만 그 뒤를 이어 2위를 충청남도가 10,699톤으로 차지하였음
- 충청남도는 최근 5년동안 1.8배의 배출량 증가를 보였고, 이는 대구, 세종의 1.3배와 경기도 1.2배, 경상북도, 부산, 인천, 충청북도의 1.1배 대비 높은 증가율임
- 반대로 강원도, 경상남도, 광주광역시, 대전, 서울, 울산, 전라남도, 전라북도는 배출량이 감소한 것으로 나타남



<그림. 4> 지역별 화학물질 배출량 변화 추이

<표. 7> 시·도별 화학물질 배출량 변화 추이

(단위 : ton/년)

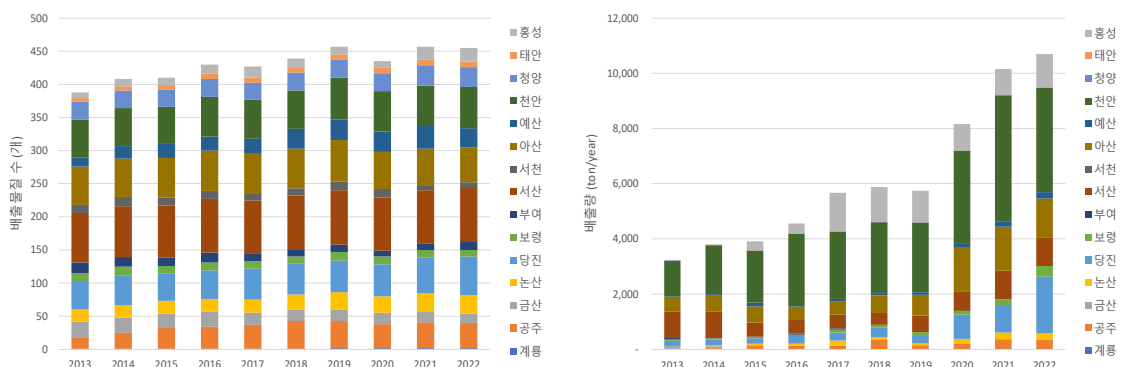
	2018	2019	2020	2021	2022
강원도	598	693	682	561	360
경기도	15,126	13,622	17,130	20,567	17,597
경상남도	6,315	6,763	5,907	5,238	5,781
경상북도	2,535	2,500	2,393	2,146	2,810
광주광역시	1,521	1,580	810	871	694
대구광역시	1,660	1,499	2,273	2,194	2,129
대전광역시	168	167	142	118	89
부산광역시	1,319	1,399	1,323	1,503	1,489
서울특별시	17	10	14	13	14
세종특별자치시	117	236	111	137	156
울산광역시	8,100	9,029	8,198	7,425	7,109
인천광역시	1,652	1,271	1,276	1,996	1,836
전라남도	3,299	3,798	4,161	3,702	2,910
전라북도	1,787	2,048	1,252	1,468	1,646
제주특별자치도	1	1	3	2	2
충청남도	5,887	5,743	8,158	10,151	10,699
충청북도	4,857	5,668	6,102	6,864	5,488
합계	54,959	56,027	59,935	64,956	60,809

3. 충청남도 및 시·군별 화학물질 배출량

- 그림 5는 2013년부터 2022년까지 최근 10년간 충청남도 내 사업장에서 사용하고 있는 화학물질 수와 배출량 자료를 시·군별로 나타낸 것임
- 2013년 충청남도에서 사용된 화학물질 수는 388개이고, 총배출량은 3,238톤으로 확인되었음
- 시·군별로는 서산에서 75개를 사용하여 가장 많은 화학물질을 사용하고 있는 것으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 아산 58개, 천안 57개, 당진 43개 등으로 나타났음
- 배출량은 천안에서 1,284톤으로 가장 높은 배출량을 보였고, 그 뒤를 이어 서산 960톤, 아산 532톤, 당진 209톤으로 충남 서북부의 4개 시에서 전체

배출량의 92.2%를 배출한 것으로 확인됨

- 가장 최근인 2022년을 보면 사용 화학물질 수가 455개로 10년 전인 2013년 대비 67개 물질이 추가되었고, 배출량은 3.3배나 증가한 것으로 나타남
- 절대량으로는 천안이 2,498톤 증가하였고, 이는 10년 동안 2.9배 증가한 것으로 확인됨
- 그 뒤를 이어 당진이 1,859톤 증가하여 2위를 차지하였고, 그 기간 동안 9.9배 증가한 것으로 확인됨
- 3위는 홍성으로 1,202톤이 증가하였고, 증가율로는 201.1배로 매우 높은 증가율을 보였음
- 홍성은 2013년 사용 화학물질수가 9개서 2022년 20개로 증가하였고, 배출량이 크게 증가한 것으로 볼 때 지역 내 화학물질 배출사업장이 추가된 것으로 판단됨
- 연도별 배출량 자료를 봤을 때 2014년 관련 시설이 개소 후 2014년부터 본격적인 가동이 시작되었고, 이후 유지되다가 2016년 또 다른 배출시설이 입주하여 2017년부터 본격적인 가동이 진행된 것으로 판단됨
- 2022년 기준 홍성 내 화학물질 배출량은 1,208톤임
- 홍성 내 100톤 이상 배출사업장이 3개소가 운영 중에 있는데 이들 3개소의 배출량 합이 1,208톤으로 확인되어 이들 3개 사업장에서 배출된 화학물질인 것으로 확인됨



<그림. 5> 충청남도의 시군별 화학물질 수와 배출량

<표. 8> 화학물질 배출량 100톤 이상 배출사업장

	업체명	소재지	배출량 (kg/년)
	22개소 (통3, 도4, 시군15)		8,516,215
1	현대그린과워(통)	당진시 송산면	1,693,107
2	동원시스템즈(주) 천안사업장	천안시 동남구	874,755
3	(주)동신폴리마	홍성군 구항면	697,100
4	동원시스템즈(주)	아산시 둔포면	661,670
5	(주)국보화학	천안시 동남구	567,502
6	신화인터텍주식회사 5공장(도)	천안시 동남구	550,524
7	(주)태양	천안시 서북구	412,673
8	(주)에스에프씨	홍성군 구항면	373,973
9	티씨씨(주)	천안시 서북구	358,636
10	에이치디현대케미칼(주)(통)	서산시 대산읍	355,183
11	한국중부발전(주) 보령발전본부(통)	보령시 오천면	327,713
12	신성이노텍(주)	천안시 서북구	223,651
13	(주)연암	천안시 서북구	215,363
14	동희오토주식회사(도)	서산시 성연면	204,376
15	(주)엔씨켄 정안공장	공주시 정안면	177,745
16	(주)이녹스첨단소재	아산시 둔포면	155,589
17	주식회사녹수	예산군 고덕면	141,509
18	(주)에프엔지리서치	홍성군 광천읍	137,253
19	(주)팔도테크팩	논산시 성동면	134,010
20	주식회사 일석	아산시 둔포면	132,000
21	현대자동차(주) 아산공장(도)	아산시 인주면	121,883

- 4위는 아산으로 2013년 58개 물질에서 532톤을 배출하였는데 2022년 53개 물질에서 1,401톤을 배출해 총배출량은 868톤이 증가하였고, 10년 사이 2.6배 증가한 것으로 확인됨
- 그 뒤로는 보령 340톤, 공주 328톤, 예산 219톤, 논산 206톤 증가한 것으로 확인되었음
- 전반적으로 충남 내 많은 시군에서 화학물질 배출량이 **증가한 것에** 반해 금산(-66톤), 부여(-58톤), 청양(-10톤), 서천(-1톤)으로 감소한 지역도 일부 확인되었음
- 이들은 2022년 배출량이 거의 없는 것으로 확인되었고, 대부분 지역 내 배출사업장들의 진출이나 폐업에 의한 배출량 감소로 판단됨

<표. 9> 충청남도 내 시·군별 화학물질 배출량 변화

(단위 : ton/년)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	증가율(%)	증가량(ton/년)
계룡	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—
공주	22	40	140	136	142	348	150	196	366	350	15.9	328
금산	67	72	19	17	12	18	2	0	0	0	—	-66
논산	18	32	53	56	170	80	62	188	239	224	12.7	206
당진	209	215	195	275	283	334	312	873	998	2,068	9.9	1,859
보령	41	31	39	46	112	104	93	145	214	381	9.3	340
부여	58	15	17	47	43	0	0	0	0	0	—	-58
서산	960	965	503	483	494	428	602	705	1,023	1,033	1.1	73
서천	1	1	1	1	0	2	7	8	0	0	—	-1
아산	532	590	600	487	488	642	749	1,565	1,601	1,401	2.6	868
예산	16	39	139	56	83	78	88	145	191	235	14.7	219
천안	1,284	1,774	1,870	2,580	2,435	2,576	2,535	3,373	4,570	3,782	2.9	2,498
청양	22	14	16	18	15	15	11	11	11	12	0.5	-10
태안	2	2	3	3	5	6	6	7	5	5	2.9	3
홍성	6	10	319	361	1,394	1,254	1,126	941	932	1,208	201.1	1,202
합계	3,238	3,800	3,913	4,566	5,677	5,887	5,743	8,158	10,151	10,699	3.3	7,461

- 표 10은 시·군별 화학물질 배출사업장 개소 수를 나타낸 것임
- 천안이 129개소(31.9%) 가장 많은 사업장이 위치해 있고, 아산이 80개소(19.8%), 당진 49개소(12.1%), 서산 35개소(8.6%), 논산 29개소(7.2%) 순으로 나타남
- 충남 서북부 4개시에 전체 사업장의 72.3%가 위치

<표. 10> 시군별 화학물질 배출사업장 개소수

시군	사업장 개소수	비율
천안	129	31.9%
아산	80	19.8%
당진	49	12.1%
서산	35	8.6%
논산	29	7.2%
공주	21	5.2%
예산	21	5.2%
보령	8	2.0%
홍성	8	2.0%
서천	7	1.7%
청양	7	1.7%
금산	5	1.2%
부여	3	0.7%
태안	2	0.5%
계룡	1	0.2%
충청남도	405	100.0%

- 표 11은 2022년 기준 충청남도에서 배출된 화학물질의 총배출량과 배출업체 수를 나타낸 것임
- 가장 많이 배출된 화학물질은 아세트산 에틸로 43개 사업체에서 2,813톤 배출하였고, 이는 전체 배출량의 26.3%를 차지함
- 두 번째로 높은 배출량을 보인 물질은 일산화탄소로 4개 사업장에서 1,764톤(16.5%) 배출하였고, 세 번째는 메틸에틸케톤으로 32개 사업장에서 1,678톤(15.7%) 배출하였음
- 그 뒤로는 톨루엔(1,097톤, 10.2%, 66개소), 부탄(580톤, 5.4%, 10개소),

암모니아(539톤, 5.0%, 41개소), 자일렌(348톤, 3.3%, 46개소), 메틸알코올(327톤, 3.1%, 45개소) 등으로 확인됨

- 전체 배출량 중 상위 10개 물질에서 88.8%가 배출되고 있는 것으로 확인되었음

<표. 11> 화학물질별 배출업체수와 배출량, 배출기여도 (2022년도 기준)

	화학물질명	배출업체수	배출량 (ton/년)	비율(%)
1	아세트산 에틸	43	2,813	26.3%
2	일산화탄소	4	1,764	16.5%
3	메틸에틸케톤	32	1,678	15.7%
4	톨루엔	66	1,097	10.2%
5	부탄	10	580	5.4%
6	암모니아	41	539	5.0%
7	자일렌	46	348	3.3%
8	메틸알코올	45	327	3.1%
9	알루미늄 및 그 화합물	112	173	1.6%
10	디클로로메탄	8	181	1.7%
11	2-프로판올	36	166	1.5%
12	프로필렌	5	87	0.8%
13	과불화탄소	4	74	0.7%
14	플루오르화 수소	20	68	0.6%
15	벤젠	11	66	0.6%
16	에틸렌	4	64	0.6%
17	n-헥산	15	60	0.6%
18	에틸벤젠	22	46	0.4%
19	시클로헥산	11	44	0.4%
20	질산	42	41	0.4%
합계			10,216	95.5%

- 표 12는 시군별로 주요 오염물질 배출사업장 개수와 비율을 나타낸 것임
- 화학물질 배출원 관리를 위해서는 당진의 7개 일산화탄소와 톨루엔 배출사업장 7개소에 대한 관리가 필요하고, 서산의 경우 아세트산 에틸, 일산화탄소, 톨루엔 배출사업장 14개소, 아산은 아세트산 에틸, 메틸에틸 케톤, 톨루엔 배출사업장 24개소, 천안은 아산과 동일 조건의 54개 사업장에 대한 관리가 필요한 것으로 나타났음 (물질별 사업장 중복은 미고려)

<표. 12> 충청남도 내 시군별 화학물질 사업장 현황

(단위 : ton/년)

	아세트산 에틸	일산화 탄소	메틸에틸 케톤	톨루엔	부탄	암모니아	자일렌	메틸 알코올	알루미늄 및 그 화합물	디클로 로메탄	2- 프로판올	사업장 수	비율
계룡									1			1	0.2%
공주	4		4	7		1	3	3	4		2	28	6.3%
금산				1		1		2				4	0.9%
논산	2			3		1	1	5	7	1	1	21	4.7%
당진		1		6		10	8	5	22	1	4	57	12.9%
보령			1	3		2	1		5			12	2.7%
부여							1		1		1	3	0.7%
서산	1	3		10	8	5	9	10	15		3	64	14.4%
서천									4			4	0.9%
아산	8		7	9	1	8	10	6	18	1	5	73	16.5%
예산	4		4	3			2	2	4		2	21	4.7%
천안	20		13	21	1	10	9	9	24	4	15	126	28.4%
청양	1		1	1		2	1	1	3		2	12	2.7%
태안						1		1	1			3	0.7%
홍성	3		2	2			1	1	3	1	1	14	3.2%
합계	43	4	32	66	10	41	46	45	112	8	36	443	100.0%

<표. 13> 화학물질 배출업종과 배출물질 수 배출량, 기여도 (2022년도 기준)

	배출업종	배출물질수	배출량(ton/년)	비율(%)
1	고무 및 플라스틱제품 제조업	21	2,254	21.1%
2	전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	8	2,154	20.1%
3	인쇄 및 기록매체 복제업	11	1,502	14.0%
4	화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	111	981	9.2%
5	1차 금속 제조업	48	860	8.0%
6	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	33	758	7.1%
7	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	5	551	5.1%
8	금속 가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)	26	513	4.8%
9	자동차 및 트레일러 제조업	32	448	4.2%
10	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	44	419	3.9%
11	전기장비 제조업	19	67	0.6%
12	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	21	52	0.5%
13	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	9	47	0.4%
14	섬유제품 제조업(의복 제외)	2	52	0.5%
15	기타 기계 및 장비 제조업	14	16	0.1%
16	비금속 광물제품 제조업	21	14	0.1%
17	식료품 제조업	9	2	0.0%
18	의료용 물질 및 의약품 제조업	19	5	0.0%
19	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	4	4	0.0%
20	목재 및 나무제품 제조업(가구 제외)	1	0	0.0%
21	수도업	2	0	0.0%
22	음료 제조업	4	0	0.0%
23	기타 제품 제조업	1	0	0.0%
24	기타 개인 서비스업	2	0	0.0%
합계			10,699	

- 배출업종별로는 고무 및 플라스틱제품 제조업이 21개 물질에서 2,254톤을 배출해 가장 높은 배출비율을 보였고, 이는 전체 배출량의 21.1%를 차지
- 전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업이 8개 물질에서 2,154톤으로 2위를 차지하였고, 인쇄 및 기록매체 복제업이 11개 물질에서 1,502톤을 배출하여 3위, 화학물질 및 화학제품 제조업이 가장 많은 111개 물질에서 981

톤을 배출하여 4위를 차지하였음

- 배출물질 수는 화학물질 및 화학제품 제조업이 111개 물질로 가장 많은 물질을 배출하며, 1차 금속제조업 48개 물질, 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업이 44개 물질, 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업 33개 물질, 자동차 및 트레일러 제조업 32개 물질순임
- 배출 상위 8개 업종에서 전체 배출의 89.5%를 배출하는 것으로 확인되어 이들 업종에 대한 관리가 필요한 것으로 나타남

4. 요약

- 시군별 화학물질 배출사업장 순위
 - 천안(129개소, 31.9%) > 아산(80개소, 19.8%) > 당진(49개소, 12.1%) > 서산(35개소, 8.6%) / **충남 서북부 4개시 전체 배출량의 72.4%**
- 화학물질 배출업종
 - 고무 및 플라스틱 제품 제조업(21.1%) > 전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업(20.1%) > 인쇄 및 기록매체 복제업(14.0%) > 화학물질 및 화학제품 제조업(9.2%) > 1차 금속 제조업(8.0%) > 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향, 통신장비 제조업(7.1%) / **상위 6개 업종 전체 배출량의 79.5%**
- 도내 주요 배출 화학물질
 - 아세트산 에틸(26.3%) > 일산화탄소(16.5%) > 메틸에틸케톤(15.7%) > 톨루엔(10.2%) > 부탄(5.4%) > 암모니아(5.0%) / **상위 6개 물질 전체 배출량의 79.2%**

04 유해화학물질 관리 기술

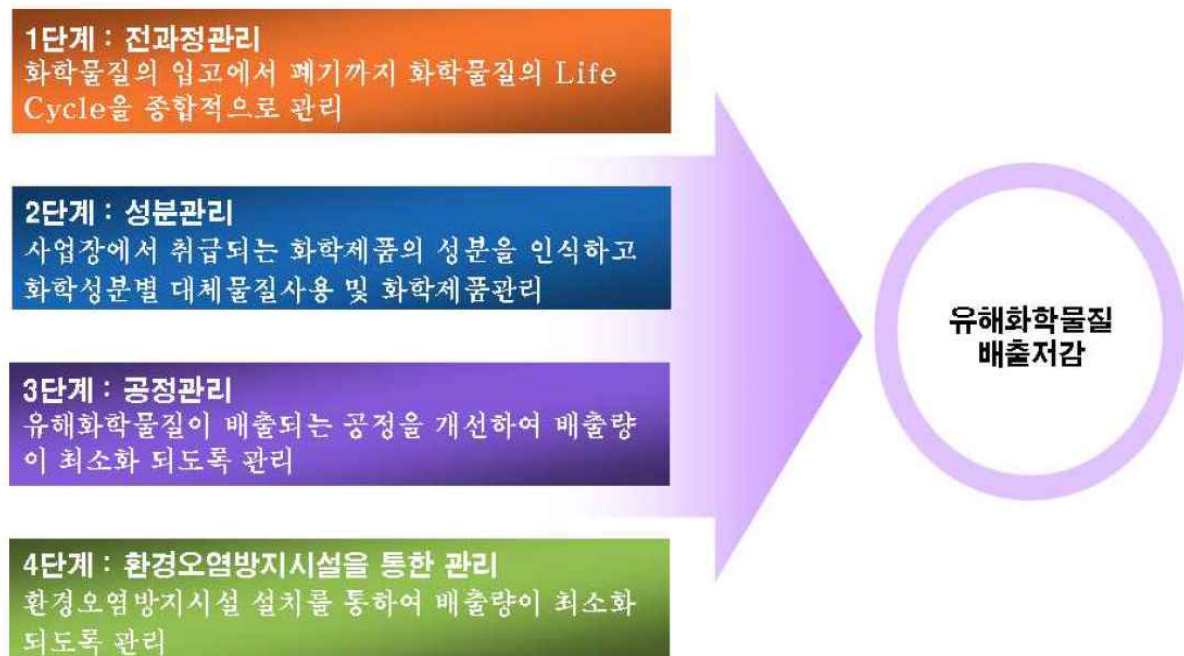
1. 화학물질 배출저감 기술 현황

- 환경부에서는 대기오염물질에 대해 환경기준과 배출허용기준을 설정하여 대기질을 관리하고 있음
- 환경기준은 환경정책기본법 시행령에서 제시하고 있는 환경기준물질 8종 (PM₁₀, PM_{2.5}, CO, SO₂, NO₂, O₃, 납, 벤젠)을 대상으로 하며, 국가차원에서 달성하고자 하는 목표로서 존재함
- 배출허용기준은 각 사업장별로 배출하는 오염물질을 대상으로 인간을 포함한 동식물과 환경에 미치는 피해를 감안하여 설정하였으며, 사업장에서는 그 이하 수준으로 배출하도록 제한하고 있음
- 배출허용 기준은 환경기준과 다르게 초과 배출시 단계적으로 경고, 범칙금, 조업정지, 허가(등록) 취소 등 법적인 구속력을 가지고 있음
- 화학물질의 경우 일산화탄소와 같이 일부 배출허용기준에 적용받기는 하지만 대부분 VOCs나 HAPs, POPs와 같이 종으로 묶여 관리되고 있음
- 수백 종에 달하는 개별물질들에 대해 개별 측정·분석이 어려운 현실상 현재 사업장에 대해서는 총 탄화수소(Total Hydrocarbon, THC)로 배출허용 기준을 설정하여 관리하고 있음
- 앞서 조사된 바와 같이 화학물질은 물질에 대한 평가와 취급과정에 대해 전 과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)가 이루어지고 있으며, 작업환경에 대해서는 노출허용기준(Threshold Limit Value, TLV)을 설정하여 작업장 내 근로자를 보호하고 있음

- 하지만 아직까지 개별 화학물질에 대한 관리는 전 세계적으로 이루어지지 않고 있으며, 이러한 것은 아래와 같은 이유인 것으로 판단됨
 - 개별물질에 대한 농도수준 파악의 어려움 : 화학물질의 경우 개별물질에 대한 측정·분석이 어렵고, 비용이 많이 소요됨
 - 실시간 농도관리의 어려움 : 공정별 개별물질에 대한 측정·분석이 어렵고, 비용이 많이 들어 다른 오염물질처럼 굴뚝자동측정기기(Tele Monitoring System, TMS) 등을 활용한 모니터링이 현실적으로 불가능함
 - 낮은 배출농도 : 사업장에서 배출되는 화학물질의 배출량이 적어 관측이 어려움
 - 단일 기술에 의한 처리가 가능 : 다양한 화학물질이 존재하나 대부분 동일한 처리기술 적용시 완벽하진 않지만 대부분 처리 가능

2. 화학물질 배출저감기술

- 국립환경과학원에서는 2008년 화학물질 배출저감정책(30/50 program) 지원을 위해 <배출저감기술 안내서>를 발간
 - 화학물질 배출량조사를 통해 확인된 특성을 고려하여 사업장에 적용 가능한 배출저감기술을 제시하고, 사업자별 자발적인 배출저감을 할 수 있도록 지원
 - 대상업종 : 화학물질 총배출량의 90% 이상을 차지하는 11개 업종
 - 화학물질 : 발암성 등 유해성이 높고 배출량이 많은 37개 화학물질
 - 배출원 : 업종별·물질별 배출율이 상위 80% 이상에 해당하는 취급공정
- 배출저감기술 적용 업종
 - 섬유제품제조업(봉제의복제외)
 - 펄프, 종이 및 종이제품제조업
 - 출판, 인쇄 및 기록매체 복제업
 - 코크스, 석유정제품 및 핵연료제조업
 - 화합물 및 화학제품제조업
 - 고무 및 플라스틱 제조업
 - 제1차 금속산업
 - 조립금속제품 제조업(기계 및 가구 제외)
 - 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
 - 자동차 및 트레일러제조업 / 기타 운송장비 제조업



<그림. 6> 배출저감기술 4단계

○ 1단계 : 전 과정 관리

- 사업장에서 활용되는 화학물질에 대해 구매부터 입고, 보관, 사용, 운송, 사용, 폐기까지 전 단계에서 발생하는 배출을 종합적으로 측정하고 배출을 억제하기 위한 수단을 적용

○ 2단계 : 성분관리

- 사업장에 사용하는 화학물질의 특성(물리·화학적 특성, 독성, 반응성 등)을 분석하여 대상 화학물질을 덜 유해하고 안전한 물질로 대체
- 예시) 도장시설에서 유성페인트를 수성페인트로 대체
- 예시) 트리클로로에틸렌(TCE) 세정액 → 알칼리액으로 대체
- 예시) 유수분리제로 사용하던 오일을 물로 대체 등

○ 3단계 : 공정관리

- 화학물질이 배출되는 공정을 개선하여 배출량을 최소화
- 공정관리는 공정 중 화학물질의 배출을 최소화하거나 배출되는 오염물질을 포집하여 재사용을 유도

○ 4단계 : 환경오염 방지시설을 통한 관리

- 높은 효율을 가지는 방지사설을 설치하여 공정 중 배출된 오염물질의 대기 중 배출을 최소화
- 최적방지기술(Best Available Technology, BAT)의 적용 및 철저한 사후관리 필요

3. 화학물질 처리를 위한 방지기술

1) 직접연소에 의한 시설

○ 화학물질이 포함된 유해가스를 연소과정을 통해 산화분해하여 처리하는 방식으로 촉매와 촉열로 사용 여부에 따라 직접연소(Thermal Oxidation, TO), 촉매연소(Catalytic Oxidation, CO), 촉열식연소(Regenerative Thermal Oxidation, RTO), 촉열식 촉매연소(Regenerative Catalytic Oxidation, RCO)로 구분됨

○ 특징

- 연소처리로 95%의 높은 처리효율
- 폐열회수시스템이나 촉매 이용시 에너지비용 절감
- 배기가스 온도와 처리가스의 농도가 높을 때 경제적
- 조작이 간단하고 별도의 조작이 필요없음

○ CO : 촉매를 이용하여 낮은 연소온도에서 유해가스 처리 가능

- 기존 TO의 경우 850~1,000℃에서 연소가 진행되어 에너지비용이 높은 반면 CO는 250~450℃에서 연소가 이루어져 좀 더 경제적
- 다만 촉매독으로 작용할 수 있는 물질에 대한 전처리가 필요하고, 촉매독 발생에 따른 촉매 교체시 높은 교체비용 발생

○ RTO, RCO : 촉열재를 사용하여 연소과정에서 발생한 열 회수 후 처리가스의 예열에 사용하여 에너지 비용 절감

2) 흡착에 의한 시설

○ 화학물질을 포함한 유해가스를 고형 흡착제에 접촉시켜 흡착제 표면에 포

집·처리하는 기술

- 흡착제로는 활성탄, 실리카겔, 제올라이트, 알루미나겔, 보크사이트, 마그네시아 등이 주로 사용됨
- 특징
 - 주로 물리적 흡착이 주를 이루나 일부 화학적 흡착도 병행됨
 - 물리적 흡착을 사용할 경우 흡착제의 재생 사용이 가능하여 경제적
 - 설치 및 조작이 간단
 - 높은 효율을 보기 위해서는 충분한 접촉시간(1초 이상)이 필요함
 - 고온이나 폭발성 가스는 처리가 곤란함
 - 흡착제 교체시 높은 비용 발생
 - 수분량이 높거나 온도가 높을 경우 처리효율 감소

3) 흡수에 의한 시설

- 화학물질을 포함한 유해가스를 처리수와 접촉·반응시켜 처리하는 기술
- 가스와 처리수의 접촉방법에 따라 크게 가압수식과 유수식으로 구분
- 주로 헨리상수에 의해 처리효율이 결정되며, 처리가스의 화학적 특성을 고려한 처리수 선택이 필요함
- 충전탑(Packed Tower)과 살수탑(Spray Scrubber)이 현장에 주로 운영됨
- 특징
 - 입자상 오염물질이 포함된 가스에 대한 전처리가 필요없고, 입자와 가스상 오염물질에 대한 동시 처리 가능
 - 고온, 폭발성 가스 처리 가능
 - 유해가스와의 반응성을 고려한 처리수 선택 필요
 - 부식우려
 - 2차 오염물질 처리 필요
 - 겨울철 동파방지 대책 필요
 - 처리가스의 유량변동에도 안정적인 대응 가능

4) 미생물을 이용한 처리시설

- 화학물질을 포함한 유해가스를 미생물이 서식하고 있는 토양이나 필터층을 통과시켜 상호 반응을 통해 처리하는 기술
- 고농도 처리보다는 저농도 처리에 적합하며, 처리가스의 유량변화 심한 경우 적용이 어려움
- 크게 토양탈취법과 Bio Filter법으로 구분됨
- 특징
 - 미생물을 이용하므로 친환경적인 공법임
 - 미생물에 의한 **처리이므로**, 효율이 일정하지 않음
 - 미생물이 생육하기 좋은 환경조건 유지를 위한 비용이 지속적으로 발생하며, 미생물 집단 피사시 재반응을 위한 준비비용과 시간이 많이 소요됨
 - 처리가스량 대비 넓은 부지 필요
 - 2차 오염물질의 발생이 없음

4. 화학물질 배출 관리의 현황과 한계점

- 화학물질에 대한 규제항목 부재
 - 화학물질에 대한 대기 중 배출관리를 위한 규제항목은 존재하지 않으며, 현재로서는 유해화학물질을 포함한 THC로 규제하고 있음
- 화학물질에 대한 모니터링 기술 부족
 - 개별 화학물질에 대한 측정이 어렵고, 분석비용이 비쌈
 - 최근 기술개발에 따라 실시간 측정이 가능한 장비들이 개발되어 운영되고 있으나 고가(1~3억원)에 전문인력에 의한 작동과 자료 해석이 필요해 현장 적용에는 한계가 있음
- 개별 화학물질에 대한 처리기술이 존재하지 않음
 - 대부분 악취나 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs) 처리를 위한 기술로 개발되었으며, 화학물질의 경우 개별물질에 대한 처리보다는 기술 적용 과정에서 부과적으로 처리되는 형태를 보임

05 정책제언

○ 대체물질 조사와 적용

- 유해화학물질 관리를 위해 가장 간편하고, 효과적인 방법은 유해 화학물질의 무해한 물질로의 전환임
- 최근 환경부에서는 도장시설에서 사용되고 있는 유성도료를 수성도료로의 전환을 진행 중에 있으며, 화학물질에 대한 유해성이 강조되면서 **산업보건 분야에서** 먼저 유해화학물질에 대한 대체물질 개발과 전환이 진행되고 있음
- 하지만 화학물질은 효율 증대를 위해 지금도 신규물질이 생성되고 있어 신규 화학물질 전부를 대상으로 관리하기에는 많은 어려움이 있음
- 충남도 내 배출량 기여도와 화학적 안정성, 독성 등을 감안하여 **주요관리물질을 선정** 후 **이들에 대한 대체물질 조사와 적용**이 필요할 것으로 판단됨

○ 유해화학물질 대체물질 가이드북 제작 및 배포

- 앞서 대체물질에 대한 조사가 이루어진 후 이에 대한 정보를 **가이드북** 형태로 제작하여 유관기관 등에 **배포**가 필요
- 지자체 차원에서 어려울 경우 **유관기관(화학물질 안전원)과의 공동 협업**을 통해 **대체물질 개발과 조사, 선별** 작업을 진행
- 관련 정보를 **가이드북** 형태로 현장배포와 더불어 **온라인상**에서 쉽게 찾아볼 수 있게 **게시**하고, 관련 **취급사업장**에 대한 **홍보**와 **교육**이 필요

○ 배출원 관리를 위한 공정개선 지원사업 추진

- 대체가 어려운 상황에서 가장 좋은 방법은 배출원에 대한 밀폐를 통한 배출원 전체 포집과 높은 효율의 방지시설 운영을 통한 처리임

- 하지만 대부분 화학물질 취급공정의 경우 배출원에 대한 관리가 미흡한 실정임
- 2020년부터 환경부에서 시행되고 있는 소규모사업장 지원사업의 경우 후처리시설에 대한 지원만 이루어지고 있어 실질적으로 배출원에서 누출된 오염물질에 대한 관리는 지원사업에서 제외된 상태임
- 배출원에 대한 일괄 포집, 후단으로의 이송이 적절히 이루어져야만 효과적으로 작업장 및 대기질 개선효과를 기대할 수 있음
- 현재 **2단계 대기환경관리 기본계획에 유기용제 사용 소규모사업장 배출저감 지원사업**이 예정되어 있는데, 이 부분에 후처리시설 외 **공장 내 공정개선 부분을 포함**시키는 방안이 제시되면 좋을 듯함

○ 화학물질 배출량 산정방법 현실화

- 현재 사업장에서 배출되는 화학물질에 대한 배출량 산정은 직접측정방법부터 물질수지방법까지 다양한 형태를 활용하고 있으나 정작 사업현장에서는 이들 산정방법에 대한 신뢰성이 낮은 상황임
- 화학물질의 경우 대기환경 관리측면보다는 화학물질 자체 독성과 작업장 관리를 위한 조사와 관리가 이루어져 왔으며, 배출원 관리 측면에서의 접근은 최근에서야 진행되고 있음
- 현재 수행되고 있는 대기배출량 산정방법론에 대한 검토와 문제점 보완을 통한 배출량 산정의 현실화가 필요함
- 이를 위해서는 **일선의 산업체와 화학물질 안전원 등과의 지속적인 교류와 문제점 확인을 통한 개선방안 도출**이 필요해 보임

○ 도 차원의 강력한 자발적 감축협약 및 개선추진

- 환경부에서는 2019년부터 화학물질 배출사업장을 대상으로 화학물질 배출량을 자발적으로 감축하도록 <화학물질 배출저감 제도>를 시행하고 있으나 법적 강제력이 없다보니 낮은 참여율로 개선 효과가 미미한 상황임
- 충청남도에서는 이미 대기배출사업장을 대상으로 대기배출물질 자발적 감축 협약을 통해 지난 수년간 매우 높은 감축율을 보인바 있음
- 앞서 조사된 결과를 기반으로 **충남 서북부에 위치한 화학물질 다량배출사업장**을 대상으로 **화학물질 자발적 감축 계획을 수립**하여 추진하도록 독려하고, **도와 시·군 차원에서 이를 지원할 수 있는 대책 마련**이 필요해 보임

○ 도와 시·군이 주도하는 소규모 사업장 지원사업 추진

- 환경부에서는 2020년부터 전국적으로 소규모사업장 방지시설 교체지원사업을 추진해오고 있으나 이에 대한 정책적 개선 효과는 크지 않은 것으로 보고되고 있음
- 이는 지역 내 대기배출사업장 중 유해성이 크거나 교체효과가 큰 사업장이 우선적으로 선별, 지원을 받은 것이 아니라 방지시설 사업주가 배출시설 사업주와의 협의를 통해 지원 후 서류상 큰 이상이 없는 경우 지원사업이 이루어지고 있는 현 구조가 문제로 제기되고 있음
- 향후 진행될 2단계에서 진행 예정인 <유기용제 사용 소규모사업장 배출저감 지원사업>에서는 앞서 진행된 사업주간 협의를 통한 지원 후 사업추진이 아닌 **도나 시군 입장에서 꼭 필요한 사업장을 선별, 개선사업을 추진**하도록 하는 프로세스 진행이 필요함

○ 정책연구사업 추진 : 사업장 진단을 통한 관리순서 설정, 관리방안 제시

- 앞서 언급된 문제점 검토, 대체방안 강구, **개선대책 수립을 위한 로드맵 구축 및 운영을 위한 정책연구사업 추진**
- 사업장 문제 진단 : 충남도 내 대형배출사업장에 대한 공정 조사를 통한 공정 내 화학물질 누출현황, 국소배기장치 적정설치 및 운영여부 판단, 후처리시설의 적정성 검토 등 진행
- 우선관리 사업장 선정 : 한정된 자원으로 최적의 관리 효과를 내기위해 유해성과 주변환경 노출빈도, 사업장별 시설현황 등을 고려한 우선관리 사업장 선정
- 개선대책 수립 : 우선관리 사업장 배출물질에 대한 대체물질 조사, 적용성 검토, 공정 개선안 제시, 최적방지기술 적용 및 개선효과 검토, 사후관리 방안 제시

참고문헌

- 국가미세먼지정보센터, 대기정책지원시스템, 배출량 자료(<https://www.air.go.kr/main.do>)
- 국립환경과학원 (2008) 화학물질 배출저감정책(30/50 program) 지원을 위한 배출저감기술 안내서
- 강문경 (2016) 중국의 화학물질 규제법, 글로컬 법제현안 7, 96-107
- 김성훈 (2022) 주요 국내외 화학물질 규제 동향 및 산업별 영향 조사
- 대구지방환경청 (1999) 대기오염방지시설 설계실무편람
- 서동석 (2017) 발암유발 화학물질의 관리 현황, 산업보건 351
- 오성은 외 (2016) 미국 화학물질 규제행정의 체계와 법제, 가천법학 9(1), 407-440
- 이호용 외 (2017) EU, 미국, 일본의 화학물질관리법 주요 쟁점 비교 연구, 한국법정책학회지 17(4), 31-65
- 임지영 외 (2018) 국내 발암물질 배출량 특성과 암발생 추이에 관한 연구, 한국환경보건학회지 44(2), 160-168
- 전용일 (2016) 일본의 화학물질 규제법제, 글로컬 법제현안 5, 76-91
- 충청남도 (2022) 충청남도 화학물질 안전관리에 관한 조례
- 충청남도 (2023) 2023년 화학안전관리 보고서
- 화학물질안전원 (2016) 화학물질의 유해성 정보
- 화학물질안전원 (2019) 제3차 화학물질 통계조사 지침
- 화학물질안전원 (2019) 화학물질 배출량조사 지침
- 환경부 (1991) 유해화학물질관리법
- 환경부 (2024) 화학물질관리법
- 환경부, 화학물질 배출·이동량 정보, 화학물질 대기배출량 자료 (<https://icis.me.go.kr/prtr/main.do>)