

최종보고서

**소각로 배출물질이
인근지역에 미치는 영향**

2021. 11

대구가톨릭대학교 산학협력단

제 출 문

대구광역시의회 귀하

본 보고서를 “소각로 배출물질이 인근지역에 미치는 영향” 최종보고서로 제출합니다.

2021. 11

연구기관 : 대구가톨릭대학교 산학협력단

연구책임자 양원호

공동연구원 조만수

목 차

1. 연구 배경 및 목적	1
1.1 연구배경	1
1.2 국내 폐기물 현황	2
1.3 국내 폐기물 소각으로 인한 분쟁지역	4
1.4 폐기물 소각으로 인한 건강영향	6
1.5 연구목적	8
2. 이론적 고찰	9
2.1 국외 폐기물 정책 현황	9
2.2 국내 폐기물 정책 현황	10
2.3 국내 폐기물 법규 검토	12
2.4 문헌고찰	31
3. 연구 방법	41
3.1 측정	41
3.2 분석	43
3.3 위해성평가	44
3.4 AERMOD	47
4. 결과 및 고찰	49
4.1 결과	49
4.2 AERMOD 결과	50
4.2 고찰	52
5. 결론 및 제언	56
5.1 결론	56
5.2 제한점	57
5.3 제언	57
5.4 제안	58
6. 참고문헌	60
7. 부록	63

표 목 차

표 1. 폐기물 처리 부담금 내역	1
표 2. 폐기물처분부담금 감면비율	13
표 3. 폐기물처리업자의 위반행위에 따른 과징금	17
표 4. 과태료 부과기준	19
표 5. 가족구성원	42
표 6. 대상물질 분석을 위한 기기 조건	43
표 7. 소각로 인근 주민 VOCs 노출평가 오염물질 측정 결과	49
표 8. VOCs의 농도별 건강영향	53

그림 목 차

그림 1. 지정폐기물 공공처리시설 반입수수료	14
그림 2. 3M사(미국)의 OVM 3500	42
그림 3. 위해성평가를 위한 인체 노출량 계산식	45
그림 4. 달성군 다사읍 서재리 SRF VOCs 건강 위해도 평가	51
그림 5. 달성군 현풍읍 신재리 SRF VOCs 건강 위해도 평가	52

1. 연구 배경 및 목적

1.1 연구 배경

- 국내 폐기물 시장규모가 점차 늘 것으로 전망되며, 환경부에 따르면 오는 2025년 국내 폐기물 시장규모는 23조7000억원대를 기록할 것으로 예상됨
- 2017년(15조8000억원) 국내 시장규모를 감안하면 불과 8년 만에 전체 시장이 1.5배 커지게 됨
- 폐기물은 생활폐기물, 사업장폐기물, 건축폐기물로 나뉘게 되며, 처리방법은 소각과 매립으로 구분됨
- 폐기물 처리 분담금내역은 (「자원순환기본법」 제21조제1항)에 수록되어 있음

표 1. 폐기물 처리 분담금 내역

폐기물 유형		요율	
		매립하는 경우	소각하는 경우
1. 생활폐기물		kg당 15원	kg당 10원
2. 사업장폐기물 (건설폐기물 제외)	불연성	kg당 10원	-
	가연성	kg당 25원	kg당 10원
3. 건설폐기물		kg당 30원	kg당 10원

- 산업폐기물은 매립시 kg당 25원이나 소각하는 경우 kg 10원으로 소각하는 것이 매우 유리하고, 「자원순환기본법 시행령」 별표 5에 따라 일부 조건에 한해서 폐기물처분부담금 감면제도가 있음

- 또한, 「폐기물관리법 시행령」 별표 8에 해당되는 내용에서 과태료 부과기준은 1, 2, 3차 위반까지 과태료 범위이며, 과태료도 1,000만원 이하로 지정되어 솜방망이 처벌이라는 시선임
- 미국 CNN 경북 의성 쓰레기산 보도는 국민들에게 매우 충격적이었고 4만㎡에서 총 17만3천톤이 수거되었으며, 20개월에 걸쳐 국비 282억원이 소요되었고, 7년 이상 소요 될 것으로 파악 되었으나 환경부에서 7개 시멘트 공장의 협조 요청으로 소각함으로 빠른 시일 내에 처리가 가능했음
- 쓰레기산의 대표는 과태료 700만원에 집행유예로 가벼운 처벌

1.2 국내 폐기물 현황

- 국내 쓰레기 발생량은 2019년 기준 1억 8천만톤이며, 시멘트 업체서 800만톤을 처리하고, 인천서구 매립지에서 300만톤을 처리, 해양쓰레기는 14만 5천톤이 발생됨 이외 1억 7천만톤은 소각, 매립, 재활용이지만 재활용 비율은 낮아지고 폐기물량은 꾸준히 증가추세에 있음
- 2021년 통계청 생활, 사업장(일반, 건설) 폐기물 발생 및 처리 현황에 따르면 1일 총 폐기물량은 481,682톤이며, 이 중 생활 폐기물은 57,961톤(12%), 사업장폐기물은 202,619톤(42%), 건설 폐기물은 221,102톤(46%)으로 집계되었으며, 이를 연간으로 환산시 총 폐기물량은 1억7,581만톤이고, 이 중 생활폐기물은 2,115만톤, 사업장폐기물은 7,395만톤, 건설폐기물은 8,070만톤으로 집계됨
- 2021년 통계청 폐기물 처리량에 따르면 1일 총 폐기물량은

481,682톤 중 재활용이 420,626톤(87.3%), 매립이 27,679톤(5.7%), 해역배출이 9,654톤(2.0%), 소각이 23,723톤(4.9%)으로 조사됨

- 2021년 통계청 지방자치단체 폐기물 처리시설 현황을 확인하면, 전국 소각장은 180개소가 있으며, 시설용량은 18,609톤/일, 1일 평균가동시간은 21시간, 1년 총 처리량은 4,599,617톤으로 소각되지 못한 잔재물만 785,523톤/일이 발생됨
- 180개의 소각장 설치비만 4조7,308억원이 소요되었고(국비 1조 2,235억원, 지방비2조4,489억원, 기타 1조583억원), 연간 유지관리비는 6,156억원 소요됨
- 이와 대비하여 관리인원은 3,998명의 일자리가 창출되었으며, 에너지발생량은 9,519,152GCal로 1Gcal 에너지를 생산할 때 열량단가라고 하고 하는데, 한국전력거래소 2021년 10월분 열량단가 표에 따르면, 유류는 86,856원, LNG 61,682원, 무연탄 31,385원, 유연탄 28,426원, 원자력 2,546원에 해당되는데 설치비를 제외하고 유지비만 판단했을 때 소각장의 경우 64,669원으로 LNG만큼의 열량단가를 나타냄
- 단순 열량단가만의 계산으로 생각시 이러한 열량을 소모하기 위해서는 가장 싼 가격의 열량단가인 원자력에도 242억원이라는 소요비용이 절감되고, 가장 비싼 유류의 경우 2,706억원이라는 유류가 절감된다고 볼 수 있으며, 매립으로 인한 처리 기회비용은 플러스 알파라고 볼 수 있음

1.3 국내 폐기물 소각으로 인한 분쟁지역

- 1994년 수도권정비계획법, 2003년 수도권대기환경개선에 대한 특별법으로 서울과 수도권 환경 규제가 강화돼 규제를 피하면 서도 입지가 좋은 지방으로 소각장으로 몰림
- 전국 최초로 주거부적합 판정을 받은 사월마을은 마을 인근에 매립지가 조성된 후 폐기물 재가공 업체 등 주변 공사장들이 들어오게 되면서 주민들은 미세먼지와 같은 환경 문제에 시달리고 있음
- 환경부는 2019년 11월 인천 서구 사월마을의 미세먼지 농도와 야간 소음도, 주민 우울·불안증 호소율 등이 높다며 주거지로 적합하지 않다는 조사 결과를 발표
- 청주시 청원구 북이면 일대는 국내 산업폐기물 소각장 처리량의 18%를 차지 하고 있으며, 하루 처리 용량은 1999년 15t에서 2017년 543.84t으로 36배 증가
- 청주시 청원구 북이면 일대에서만 10년간 암 환자 60여명 발생, 전국단위 34% 정도가 높게 나타나고 있으며, 환경부는 2019년부터 산업폐기물에 대한
- (주)클렌코의 폐기물 소각장은 2017년 1월~6월까지 폐기물 용량에 131~294%를 과다 소각된 것으로 서울 동부지검과 환경부 중앙환경사범수사단의 합동 점검에서 적발됨에 따라 청주시가 소각장을 상대로 영업취소 처분을 내렸음
- 2019년 8월 대법원 판결에 의해 청주시 측의 패소로 가처분 결정에 따라 소각장의 영업재개가 되었으나, 2021년 11월 청주시가 항소에서 승소함에 따라 소각장의 영업취소 처분이 내

려짐

- 2021년 11월 17일 현재, (주)클렌코 소각장 측에서 다시 한 번 항소 함에 따라 청주시와 소각장의 대립각이 매우 높음
- 환경부는 2021년 5월에 발표된 '충북 청주시 청원구 북이면 소각시설 주변지역 주민 건강영향조사' 결과에는 역학적 연관성을 명확히 확인할 만한 과학적 근거는 제한적이라 판단됨
- 이에 지역주민들은 연구기관인 충북대학교 산학협력단과 (주)클렌코가 이해관계가 있다고 판단 환경부에 재조사 의뢰 촉구로 2022년부터 5년간 재조사 착수 예정임
- (주)클렌코는 청주에 본사를 두고 있으며, 2020년 매출 414억원 영업이익 85억원 상각적영업이익(EBITDA, 에비타) 170억원으로 발표 되었으며, SK에코플랜트의 대기업에 2,151억원 가량으로 매각되었고 외국계 회사 맥쿼리자산운용의 지분 60% 포함 되어 있었음
- SK에코플랜트는 청주의 (주)클렌코(2,151억원), 새한환경(975억원), 디디에스(546억원), 대원그린에너지(505억원)의 기업인수로 4,200여억원을 투입하여 기업인수의 주식매매계약(SPA)를 2021년 6월에 성립하였음
- (주)아진피앤피에서는 달성군에 300억원을 투입하여 SRF(고형연료보일러) 개체를 증축하고자 하였으나 2019년 10월 주민들의 반대로 대구 달성군은 SRF시설을 불허하였음
- 현재, 영광군 홍농읍, 금산군 추부면, 경산시 용성면 등 다수 지역에서 폐기물소각장 건립에 불허하고 있음
- KEI(한국환경연구원)에서의 “환경영향평가를 통한 소규모 소

각시설 환경개선방안에 대한 연구” 보고서에 따르면 현행 환경영향평가로는 소각장 인근 주민들의 건강영향을 파악할 수 없어 환경영향평가제도부터 개선되어야 한다고 요구하고 있음

- 경북 경산시 생활폐기물 소각시설이 부실 설계 및 업체 봐주기 논란에, 대기오염 물질 배출 기준을 초과 수치로 설계돼 필연적으로 환경오염이 발생, 실제로 2020년 감사원 감사결과 황산화물, 질소산화물, 염화수소 등이 총 4016회 초과 적발되었음을 보고
- 생활폐기물에 경산시는 2021년 1월 SK에코플랜트와 총 사업비 419억 소각장 증설 실시협약을 맺었으며, 지역주민들은 기존 설비도 제대로 관리하지 못하면서 혈세 낭비·환경오염을 부추긴다고 비난

1.4 폐기물 소각으로 인한 건강영향

- 배출물질은 탄화수소계열, 가스상물질, 중금속, 미세먼지가 대표적임
- 탄화수소계열 배출은 다이옥신(dioxin), 퓨란, PAHs(다환방향족 탄화수소), PCBs(폴리염화비닐계), VOCs(휘발성유기화합물) 등
- 가스상물질 배출은 암모니아, 일산화탄소, 염화수소, NOx(질산화물), SOx(황산화물) 등
- 중금속 배출은 카드뮴, 니켈, 수은, 비소, 납, 크롬, 코발트, 바나듐, 구리 등
- 건강영향 중 보고된 질환은 발암, 호흡기계, 생식기계 질환이 대표적임
- 기타적으로 질병부담, 심장, 대사, 피부, 정신질환, 발육 지연

등이 발생됨

- 발암성은 크게 두가지로 분류됨 비호지킨림프종(Non-Hodgkin lymphoma, NHL(경부, 겨드랑이, 서혜부 등의 림프절암), 연부조직암(Soft tissue sarcoma(근육, 근막 등 뼈, 연골 이외 모두))이 발생

: Floret 등 1970년대 다이옥신 연구에서 0.4fg/m³이상 일 때 비호지킨림프종이 2.3배

: Viel 등 연구는 남성 1.12배, 여성 1.18배

: Zambon 등 연구 다이옥신 6fg/m³ 연부조직 3.3배

: Fukuda 등 연구 1.54배, 2.14배

: Knox 등의 연구는 5km 이내 어린이에서 유의미

- 호흡기계 질환은 다양한 연구자가 조사하였으나 직접적 호흡기계 질환 사례를 찾을 수 없었음

: Charbotel 등은 160명의 근로자를 상대로 조사하였으나 일반인과의 질환 유병률이 유의하지 않은 것으로 조사됨

: Hazucha 등이 일반인구집단을 대상으로 시행한 연구에서는 폐기능 저하와 소각장과의관련성이 확인되지 않았다고 보고됨

: 이처럼 호흡기계 질환은 다양한 연구자 유의하지 않음을 조사하였으며, 폐암 등의 경우 비호지킨림프종이나 연부조직에서의 암이 전이 되어 발생된 것으로 조사됨

: 호흡기계에 직접적 원인을 찾는 연구는 매우 어려우며, 소각장의 거리가 국외에서는 최소 5km 이상의 거리가 상당한 반면 우리나라에서는 5km 미만인 지역이 있음

- 생식기계 이상

: 산모 조산 위험 1.3배, 유산 1.29배

: 선천성기형 구순구개열1.32배, 신장1.58배, 요도폐쇄1.09배

● 기타질환

: Galise 사망률 0.6%, 심혈관 0.9%, 호흡기 1.3%

1.5 연구목적

- 대구광역시에서 대표적인 악취 및 유해물질 유발(배출) 시설들에 대하여 조사를 통해 인근지역 주민과의 소통을 위한 건강영향과 악취 및 유해물질 저감을 위한 노력 방법을 모색하고 국내외 소각시설의 선진 개선방법을 연구하여 악취(공해)와 건강영향 민원을 해결하고자 함

2. 이론적 고찰

2.1 국외 폐기물 정책 현황

2.1.1 덴마크

- 코펜힐(Copenhill). ‘코펜하겐의 언덕’ 쯤으로 해석할 수 있겠는데 세계적으로 명성 높은 덴마크 건축회사 BIG가 설계를 맡았고 2017년 쓰레기 소각장부터 문을 열었음
- 덴마크는 평지 국가여서 가장 높은 산이 해발 150m에 불과할 정도로 땅 전체가 평지국가 임
- 고체 쓰레기를 태워 에너지를 만드는 친환경 발전소다. 코펜하겐 3만 가구에 전기를, 7만2000 가구에 난방을 공급하고 있다. 소각장은 첨단 정화 시설을 갖춰 해로운 공기를 배출하지 않음
- 덴마크 주민들에게 조사하여 스키장 건설 및 산책로 확보에 주력 소각장 옥상에 슬로프 바닥은 눈과 질감이 비슷한 네버플라스틱(Neveplast)이란 재질로 만들었고, 인공 눈을 뿌리지 않아도 사계절 스키를 탈 수 있고, 슬로프 길이는 490m임
- 코펜힐이라는 이름 답게 언덕을 두어 각종 식물을 기르고 산책로를 확보하며 낙차 85m에 달하는 외벽은 암벽등반장과 전망 좋은 레스토랑을 건립하였음
- 코펜하겐 시가 이런 기상천외한 시설을 들인 건 2025년까지 세계 최초의 ‘탄소 중립도시’ 목표 연간 쓰레기 44만t을 태워 에너지 확보

2.1.2 일본

- 일본 오사카 마이시마(舞洲)소각장은 겉모습만 보면 마치 놀이 시설(테마파크)을 연상 2001년 오스트리아 유명 건축가 훈데르 트바서가 디자인
- 하루 처리 용량이 900t에 이르는 거대 소각시설이지만 학생들의 견학, 소풍장소로 인기
- 일본 도쿄 무사시노 클린센터의 경우 쓰레기 처리를 창밖으로 보면서 맥주와 스테이크를 즐길 수 있는 바를 만듦(셰어 키친 MIDOLINO_(미드리노), 폐기되는 유자를 활용한 칵테일 “유자 페블” 을 비롯한, 식품 로스나 환경에 배려한 메뉴) 시내의 크래프트 맥주 26K 등의 다른 곳에서 맛 볼 수 없는 메뉴를 즐길수 있도록 함
- 또한, 기피시설 중 하나인 장애인 및 노인복지시설을 만들어 온수풀, 목욕탕, 온실 등을 소각 에너지로 활용
- 일본은 2,027년까지 직매립 금지 법안 마련

2.2 국내 폐기물 정책 현황

2.1.1 양산

- 서울 N타워, 대구에 83타워 다음의 높이 160m의 크기 랜드마크 크로 있음
- 시내 한복판에 위치하며, 양산시 홍보관 무료 개방 전망대는 북카페, 360도 회전 레스토랑, 라이브 무대를 구비함
- 1,700℃의 고열분해 방식 자원회수시설
- 방송송신시설도 겸하고 있어 전체적으로 혐오시설로 보기 어

려움

2.1.2 아산

- 1995년 건립 당시 가장 치열하게 대립하였던 장소로 6차례나 무산 취소 등이 반복되었던 장소
- 타시도 및 국내외 소각장 견학 및 시민과의 끊임없는 소통으로 아산 환경과학공원이라는 이름으로 건립됨
- 장영실과학관, 청소년 환경체험 테마학습장, 생태곤충원, 건강 문화센터를 시민들에게 개방
- 생태식물원, 주민휴식공원, 체육시설 등 복합타운 건립 뿐만 아니라 주민 모니터링단이 있어 주기적으로 오염원 확인

2.1.3 수도권매립지자원공사

- 수도권매립지자원공사 설립 후 주변지역 악취 등으로 끊임없이 반대 및 보상요구
- 최근 대책위원회, 주민발전위원회, 직영 노인복지시설 등을 마련 지역 주민들의 환영
- 연 1회 이상 주민대책위원회, 발전위원회 등에게 국내외 매립에 관련 선진기술 국가 방문 및 쌀과 생필품 및 가전제품 쿠폰(공기청정기) 등을 구입할 수 있도록 보급함

2.3 국내 폐기물 법규 검토

- 폐기물관리법 [시행 2021. 7. 6.] [법률 제17851호, 2021. 1. 5., 일부개정] 제3조의2(폐기물 관리의 기본원칙) ① 사업자는 제품의 생산방식 등을 개선하여 폐기물의 발생을 최대한 억제하고, 발생한 폐기물을 스스로 재활용함으로써 폐기물의 배출을 최소화하여야 함
- 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 제16조(제조업자 등의 재활용의무)에 의하여 모든 기업(일부 중소기업 등은 면제)들은 생산자책임재활용제도를 실시해야 함
- 생산자책임재활용제도가 본질은 대기업, 건설업 등이 폐기물 배출시 처리를 해야 하는데 기존 매립 방법이나 불법투기 때의 기억으로 처리하고자 함에 따라 가장 이윤이 많이 남는 방법인 소각을 선택하게 됨
- 예를 들어, 부산권 등에 있는 폐기물을 대구에서 소각할 경우 부산에서 폐기처리하는 비용에 최대 1/10 가격으로 처리가 가능함
- 생산자책임재활용(EPR : Extended Producer Responsibility)제도는 제품 생산자나 포장재를 이용한 제품의 생산자에게 그 제품이나 포장재의 폐기물에 대하여 일정량의 재활용의무를 부여하여 재활용하게 하고, 이를 이행하지 않을 경우 재활용에 소요되는 비용 이상의 재활용 부과금을 생산자에게 부과하는 제도
- 자원순환기본법 시행령 [별표 5]에 따라 폐기물처분부담금 감

면비율을 설정하는데 대기업의 경우 유령기업 또는 중소 하도
 기업을 생성하고 폐업하기를 반복하여 폐기물 처분 부담금을
 감면 받거나 M&A 방식으로 자체 소각장 건립에 초점을 두고
 있음

표 2. 폐기물처분부담금 감면비율

감면대상		감면비율 (%)
①자가 매립 후 재활용	매립한 연도의 12월31일까지 재활용	100
	매립한 연도의 다음 연도 1월1일부터 2년 이내에 재활용	50
②소각열에너지 회수	75% 이상 회수하여 이용	75
	60% 이상, 75% 미만 회수하여 이용	60
	50% 이상, 60% 미만 회수하여 이용	50
③폐기물부담금 납부 후 처분	폐기물부담금을 납부한 자가 해당 제품·재료·용 기를 소각 또는 매립	100
④중소기업	연간 매출액이 10억원 미만	100
	연간 매출액이 10억원 이상 120억원 미만	50
⑤지정 폐기물처 분	지정폐기물을 소각 또는 매립	100
⑥도서지역 폐기 물처분	섬 내에서 발생한 폐기물을 소각 또는 매립 (『섬 발전 촉진법』 제 2조에 따른 섬을 말한다)	100
⑦재난 폐기물처 분	재난으로 발생한 폐기물을 소각 또는 매립	100
⑧매립시설 정비 폐기물	지방자치단체의 장이 환경오염의 방지 또는 매립	100

	시설의 사용 기간 연장 등을 위해 사용이 종료 될 예정이거나 이미 종료 된 매립시설을 정비하는 과정에서 굴착한 폐기물을 소각 또는 매립하는 경우	
⑨ 불법 폐기물 처분	지방자치단체의 장이 관할 구역의 환경오염 방지 또는 지역 주민의 안전 등을 위하여 불법 투기·방치 된 폐기물을 소각 또는 매립하는 경우	100

- [시행 2016. 1. 1.] [환경부고시 제2015-200호, 2015. 10. 7., 타법개정] 지정폐기물 공공처리시설 반입수수료는 2016년 지정된 이후 인천광역시의 경우 2021년 5월 최대 250%까지 인상하였으나, 대구광역시는 그대로 임

가. 소각대상폐기물 반입수수료 (단위 : 원/톤)

처리 시설	폐기물종류	구 분	분류 번호	개정(안)	
소각 시설	폐 유	발열량 3,000kcal/kg미만	가-1	113,600	
		발열량 3,000kcal/kg이상 ~ 5,000kcal/kg 미만	가-2	100,000	
		발열량 5,000kcal/kg이상 ~ 7,000kcal/kg 미만	가-3	92,000	
		고 상	가-4	150,000	
	폐유기 용 제	할로겐족		가-5	250,000
		비할로겐족	발열량 3,000kcal/kg미만	가-6	113,600
			발열량 3,000kcal/kg이상 ~ 5,000kcal/kg 미만	가-7	100,000
			발열량 5,000kcal/kg이상 ~ 7,000kcal/kg 미만	가-8	92,000
	폐합성 고분자 화합물	폐합성수지		가-9	230,000

(단위 : 원/톤)

처리 시설	폐기물종류	구 분	분류 번호	개정(안)	
소 각 시 설	폐합성 고분자 화합물	폐합성고무		가-10	230,000
		페페인트 및 페락카		가-11	260,900
	PCB함유폐기물	PCB 농도 50% 이상		가-12	28,232,100
		PCB 농도 30% 이상 ~ 50%미만		가-13	18,617,100
		PCB 농도 20% 이상 ~ 30% 미만		가-14	13,640,100
		PCB 농도 10% 이상 ~ 20% 미만		가-15	8,964,100
		PCB 농도 10% 미만		가-16	2,595,100
	폐 농 약 (액상)	발열량 3,000kcal/kg미만		가-17	677,100
		발열량 3,000kcal/kg이상 ~ 5,000kcal/kg 미만		가-18	643,100
		발열량 5,000kcal/kg이상 ~ 7,000kcal/kg 미만		가-19	627,100
		발열량 7,000kcal/kg이상		가-20	603,100
	오 니	유기성의 것		가-21	140,000

나. 매립대상 폐기물 반입수수료

(단위 : 원/톤)

처리시설	폐기물 종류	구분	비율 (%)	개정(안)
매립시설	광재, 분진, 폐주물사 및 샌드블라스트페사, 폐내화물 및 도자기조각, 소각잔재물, 고형화처리물, 폐촉매폐흡착제 및 폐흡수제, 오니류	직접매립	나-1	65,410~85,400
	폐합성수지, 폐합성고무, 폐석면,	비중 0.80이상	나-2	68,480~89,400
		0.60이상~0.80미만	나-3	77,210~100,800
		0.60미만	나-4	92,910~121,300
폐산, 폐알카리	고상	나-5	65,410~85,400	

다. 운반비

폐기물 종류	성상	운반차종	구분	비중	개정(안)
폐산, 폐알카리, 폐농약, 폐유, 폐유기용제, 폐페인트 등	액상	탱크로리	고정비(원/톤) 변동비(원/톤·10km)	1	17,800 237
광재, 분진, 폐주물사 및 샌드블라스트페사, 폐내화물 및 도자기조각, 소각잔재물, 안정화 또는 고형화처리물, 폐촉매, 폐흡착제 및 폐흡수제, 오니류, PCB함유폐기물	고상	암롤트럭	고정비(원/톤) 변동비(원/톤·10km)	1	20,500 176
폐석면, 폐합성수지, 폐합성고무, 폐페인트및폐락카	고상	암롤트럭	고정비(원/톤) 변동비(원/톤·10km)	0.8 이상	22,700 196
			고정비(원/톤) 변동비(원/톤·10km)	0.60이상~0.80미만	29,200 251
			고정비(원/톤) 변동비(원/톤·10km)	0.60미만	40,900 352

그림 1. 지정폐기물 공공처리시설 반입수수료

● 폐기물관리법 시행령 [시행 2021. 9. 10.] [대통령령 제31521호, 2021. 3. 9., 일부개정] 별표 6에 따르면 2020년 5월부터 매출액기준으로 과거 몇 천만원 단위에서 폐기물처리업자의 처벌이 매우 강화되었음

표 3. 폐기물처리업자의 위반행위에 따른 과징금

■ 폐기물관리법 시행령 [별표 6] <개정 2020. 5. 19.>

폐기물처리업자의 위반행위에 따른 과징금(제11조제3항 관련)

위 반 행 위	영업정지 1개월	영업정지 3개월	영업정지 6개월
1. 법 제13조 또는 제13조의2를 위반하여 폐기물을 처리한 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
2. 법 제13조의5제5항에 따른 조치명령을 이행하지 않은 경우	-	매출액의 3/100	매출액의 5/100
3. 법 제14조의5제2항을 위반하여 안전기준을 준수하지 않은 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
4. 법 제18조제3항을 위반하여 폐기물의 인계·인수에 관한 사항과 폐기물처리현장정보를 법 제45조제2항 전단에 따른 전자정보처리프로그램(이하 "전자정보처리프로그램"이라 한다)에 입력하지 않은 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
5. 법 제18조의2제4항을 위반하여 유해성 정보자료를 게시하지 않거나 비치하지 않은 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
6. 법 제19조제1항을 위반하여 운반 중에 서류 등을 지니지 않거나 관계 행정기관이나 그 소속 공무원이 요구하여도 인계번호를 알려주지 않은 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	-
7. 법 제25조제5항에 따른 업종 구분과 영업 내용의 범위를 벗어나는 영업을	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100

한 경우			
8. 법 제25조제7항에 따른 조건을 위반한 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
9. 법 제25조제8항을 위반하여 다른 사람에게 자기의 성명이나 상호를 사용하여 폐기물을 처리하게 하거나 그 허가증을 다른 사람에게 빌려준 경우	-	매출액의 3/100	매출액의 5/100
10. 법 제25조제9항에 따른 준수사항을 위반한 경우. 다만, 법 제25조제9항제4호에 해당하는 경우에는 고의 또는 중과실인 경우에 한정한다.	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
11. 법 제25조제10항을 위반하여 별도로 수집·운반·처분하는 시설·장비 및 사업장을 설치·운영하지 않은 경우	-	매출액의 3/100	매출액의 5/100
12. 법 제25조제11항에 따른 변경허가를 받지 않거나 변경신고를 하지 않고 허가사항이나 신고사항을 변경한 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
13. 법 제30조제1항·제2항을 위반하여 검사를 받지 않거나 같은 조 제3항을 위반하여 적합판정을 받지 않은 폐기물처리시설을 사용한 경우	-	매출액의 3/100	매출액의 5/100
14. 법 제31조제1항에 따른 관리기준에 맞지 않게 폐기물처리시설을 운영한 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
15. 법 제31조제4항에 따른 개선명령이나 사용중지명령을 이행하지 않은 경우	-	매출액의 3/100	매출액의 5/100
16. 법 제31조제7항에 따른 측정명령이나 조사명령을 이행하지 않은 경우	-	매출액의 3/100	매출액의 5/100
17. 법 제33조제1항 또는 제2항에 따른	-	매출액의	매출액의

권리·의무의 승계를 위한 허가신청을 하지 않거나 허가를 받지 못한 경우		3/100	5/100
18. 법 제33조제3항에 따른 권리·의무의 승계신고를 하지 않거나 승계신고가 수리되지 않은 경우	매출액의 2/100	-	-
19. 법 제36조제1항을 위반하여 장부기록·보존하지 않은 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
20. 법 제36조제3항을 위반하여 장부에 기록하고 보존해야 하는 폐기물의 발생·배출·처리상황 등을 전자정보처리프로그램에 입력하지 않거나 거짓으로 입력한 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100
21. 법 제52조제1항에 따라 사후관리이행보증금을 사전에 적립하지 않은 경우	매출액의 2/100	매출액의 3/100	매출액의 5/100

- 폐기물관리법 시행령 [시행 2021. 9. 10.] [대통령령 제31521호, 2021. 3. 9., 일부개정] 별표 8에 따르면 2020년 11월부터 과태료 부과기준이 개정되었으나, 1차부터 3차까지 영업정지에 관한 처분이 아닌 단순 과태료이며, 과태료도 이윤에 비하여 작아 CNN 보도 의성군의 산업폐기물 처리 대표업자의 경우 현재 소각장 대표로 바뀐지 몇 년 되지 않았다는 이유로 집행유예 및 과태료 700만원만 부과됨

표 4. 과태료 부과기준

■ 폐기물관리법 시행령 [별표 8] <개정 2020. 11. 24.>

과태료의 부과기준 (제38조의4 관련)

1. 일반기준

- 가. 위반행위의 횟수에 따른 과태료의 가중된 부과기준은 최근 1년간 같은 위반행위로 과태료 부과처분을 받은 경우에 적용한다. 이 경우 기간의 계산은 위반행위에 대하여 과태료 부과처분을 받은 날과 그 처분 후 다시 같은 위반행위를 하여 적발된 날을 기준으로 한다.
- 나. 가목에 따라 가중된 부과처분을 하는 경우 가중처분의 적용 차수는 그 위반행위 전 부과처분 차수(가목에 따른 기간 내에 과태료 부과처분이 둘 이상 있었던 경우에는 높은 차수를 말한다)의 다음 차수로 한다.
- 다. 부과권자는 다음의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제2호에 따른 과태료 금액의 2분의 1의 범위에서 그 금액을 감경할 수 있다. 다만, 과태료를 체납하고 있는 위반행위자의 경우에는 그러하지 아니하다.
- 1) 위반행위자가 「질서위반행위규제법 시행령」 제2조의2제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우
 - 2) 위반행위자의 사소한 부주의나 오류 등 과실로 인한 것으로 인정되는 경우
 - 3) 위반행위자가 위반행위를 바로 정정하거나 시정하여 해소한 경우
 - 4) 그 밖에 위반행위의 정도, 동기와 그 결과 등을 고려하여 감경할 필요가 있다고 인정되는 경우

2. 개별기준

(단위 : 만원)

위반행위	근거 법조문	과태료 부과금액		
		1차 위반	2차 위반	3차 이상 위반
가. 법 제8조제1항 또는 제2항을 위반하여 생활폐기물을 버리거나 매립 또는 소각한 경우	법 제68조 제3항제1호			
1) 생활폐기물을 버린 경우				
가) 담배꽂초, 휴지 등 휴대하고 있는 생활폐기물을 버린 경우		5	5	5
나) 비닐봉지, 천보자기 등 간이보관기구를 이용하여 생활폐기물을 버		20	20	20

린 경우				
다) 휴식 또는 행락 중 발생한 쓰레기를 버린 경우		20	20	20
라) 차량, 손수레 등 운반장비를 이용하여 생활폐기물을 버린 경우		50	50	50
마) 사업활동 과정에서 발생하는 생활폐기물을 버린 경우		100	100	100
2) 생활폐기물을 매립한 경우				
가) 사업활동 과정에서 발생하는 생활폐기물을 매립한 경우		100	100	100
나) 그 밖의 생활폐기물을 매립한 경우		70	70	70
3) 생활폐기물을 소각한 경우				
가) 사업활동 과정에서 발생하는 생활폐기물을 소각한 경우		100	100	100
나) 그 밖의 생활폐기물을 소각한 경우		50	50	50
나. 법 제8조제3항에 따른 조치명령을 이행하지 않은 경우	법 제68조 제3항제2호	30	70	100
다. 삭제 <2020. 5. 19.>				
라. 삭제 <2020. 5. 19.>				
마. 법 제13조의5제2항을 위반하여 유해성기준에 적합하지 않게 폐기물을 재활용한 제품 또는 물질을 제조하거나 유통한 경우	법 제68조 제1항제9호	500	700	1,000
바. 법 제14조제7항에 따른 대행계약을 체결하지 않고 종량제 봉투등을 판매한 경우	법 제68조 제2항제12호	100	200	300

<p>사. 법 제15조제1항 또는 제2항을 위반한 경우</p> <p>1) 단독주택·연립주택·아파트 등의 건물에서 주거생활과 관련하여 폐기물을 배출한 경우</p> <p>2) 동일 건물 또는 일정 토지 내에서 해당 건물에 입주한 경우 또는 토지를 이용하는 자가 개별적으로 폐기물을 배출한 경우(사업활동과 관련하여 배출하는 경우로 한정한다)</p> <p>3) 동일 건물 또는 일정 토지 내에서 해당 건물에 입주한 경우 또는 토지를 이용하는 자가 폐기물을 배출하여 공동으로 관리한 경우(사업활동과 관련하여 배출하는 경우로 한정한다)</p>	<p>법 제68조 제3항제3호</p>	<p>10</p> <p>20</p> <p>50</p>	<p>20</p> <p>30</p> <p>70</p>	<p>30</p> <p>50</p> <p>100</p>
<p>아. 법 제15조제3항을 위반하여 신고를 하지 않거나 거짓으로 신고한 경우</p>	<p>법 제68조제1항제1호의2</p>	<p>300</p>	<p>500</p>	<p>1,000</p>
<p>자. 법 제15조의2제1항을 위반하여 조례로 정하는 준수사항을 지키지 않은 경우</p>	<p>법 제68조 제3항제4호</p>	<p>50</p>	<p>70</p>	<p>100</p>
<p>차. 법 제15조의2제2항을 위반하여 음식물류 폐기물의 발생 억제 및 처리계획을 신고하지 않은 경우</p>	<p>법 제68조 제3항 제4호의2</p>	<p>50</p>	<p>70</p>	<p>100</p>
<p>카. 법 제15조의2제3항을 위반하여 생활폐기물 중 음식물류 폐기물을 수집·운반 또는 재활용한 경우</p>	<p>법 제68조 제1항 제1호의3</p>	<p>300</p>	<p>600</p>	<p>1,000</p>
<p>타. 법 제17조제1항제1호에 따른 확인을 하지 않은 경우</p>	<p>법 제68조 제2항제1호</p>	<p>300</p>	<p>300</p>	<p>300</p>
<p>파. 법 제17조제2항을 위반하여 신고를 하지 않거나 거짓으로 신고를 한 경</p>	<p>법 제68조 제1항</p>	<p>300</p>	<p>600</p>	<p>1,000</p>

우	제1호의4			
하. 법 제17조제2항, 제25조제11항, 제29조제3항 또는 제46조제2항에 따른 변경신고를 하지 않고 신고사항을 변경한 경우	법 제68조 제2항제5호	100	200	300
거. 법 제17조제6항제1호에 따른 상호의 변경확인을 받지 않은 경우	법 제68조 제2항 제1호의3	100	200	300
너. 법 제17조제7항에 따라 고시한 지침의 준수 의무를 이행하지 않은 경우	법 제68조 제2항제2호	100	200	300
더. 법 제17조의3제2항 및 제3항에 따른 준수사항을 지키지 않은 경우	법 제68조 제1항 제1호의5			
1) 폐기물 분야에 대한 환경오염공정 시험기준을 준수하지 않은 경우		500	700	1,000
2) 의뢰받은 폐기물 시험·분석 업무를 다른 폐기물분석전문기관이나 그 밖의 자에게 다시 의뢰한 경우		500	700	1,000
3) 등록된 기술인력이 아닌 자가 시료의 채취 및 시험·분석을 실시한 경우		500	700	1,000
4) 시료의 채취 또는 시험·분석 후 시료채취기록부 및 시험기록부에 기록하지 않거나 사실대로 기록하지 않은 경우 또는 시료채취기록부 및 시험기록부를 3년간 보관하지 않은 경우		300	500	700
5) 등록된 기술인력을 다른 분야에 근무하게 한 경우		300	500	700
6) 그 밖의 준수사항을 이행하지 않은 경우		200	400	600
러. 삭제 <2020. 5. 19.>				

<p>며. 법 제18조제3항을 위반하여 폐기물의 인계·인수에 관한 내용을 기간 내에 전자정보처리프로그램에 입력하지 않거나 부실하게 입력한 경우</p>	<p>법 제68조 제3항 제4호의3</p>	50	70	100
<p>버. 법 제18조의2제1항을 위반하여 유해성 정보자료를 작성하지 않거나 거짓 또는 부정확한 방법으로 작성한 경우(유해성 정보자료의 작성을 의뢰받은 전문기관을 포함한다)</p>	<p>법 제68조 제1항제1호의6</p>	500	700	1,000
<p>서. 법 제18조의2제2항을 위반하여 중요사항이 변경된 후에도 유해성 정보자료를 다시 작성하지 않거나 거짓 또는 부정확한 방법으로 작성한 경우(유해성 정보자료의 작성을 의뢰받은 전문기관을 포함한다)</p>	<p>법 제68조 제2항제12호의2</p>	100	200	300
<p>어. 법 제18조의2제3항을 위반하여 같은 조 제1항에 따라 작성한 유해성 정보자료를 수탁자에게 제공하지 않은 경우</p>	<p>법 제68조 제1항제1호의7</p>	500	700	1,000
<p>저. 법 제18조의2제3항을 위반하여 같은 조 제2항에 따라 다시 작성한 유해성 정보자료를 수탁자에게 제공하지 않은 경우</p>	<p>법 제68조 제2항제12호의3</p>	100	200	300
<p>처. 법 제18조의2제4항을 위반하여 유해성 정보자료를 게시하지 않거나 비치하지 않은 경우</p>	<p>법 제68조 제2항제12호의4</p>	100	200	300
<p>커. 법 제19조제1항을 위반하여 관계 행정기관이나 그 소속 공무원이 요구하여도 인계번호를 알려주지 않은 경우</p>	<p>법 제68조 제2항제6호</p>	300	300	300
<p>터. 법 제19조제2항을 위반하여 통보하지 않은 경우</p>	<p>법 제68조 제2항제7호</p>	100	200	300
<p>피. 삭제 <2020. 5. 19.></p>				

허. 삭제 <2020. 5. 19.>				
고. 법 제25조의2제1항에 따른 변경신고를 하지 않거나 거짓으로 변경신고하고 등록한 사항을 변경한 경우	법 제68조 제1항 제3호의2	200	400	600
노. 법 제25조의2제8항에 따른 준수사항을 지키지 않은 경우	법 제68조 제1항 제3호의3			
1) 등록된 시설·장비가 아닌 다른 자의 시설·장비로 전용용기를 제조한 경우		500	700	1,000
2) 허위로 작성된 검사결과서를 제공한 경우		500	700	1,000
3) 전용용기를 등록된 보관창고 외의 장소에 보관한 경우		300	500	700
4) 그 밖의 준수사항을 이행하지 않은 경우		200	400	600
도. 법 제29조제4항에 따른 신고를 하지 않고 해당 시설의 사용을 시작한 경우	법 제68조 제3항제5호	100	100	100
로. 법 제30조의2제5항에 따른 폐기물처리시설 검사기관의 준수사항을 지키지 않은 경우	법 제68조제1항제3호의4			
1) 폐기물처리시설 검사기관 지정서에 기재된 폐기물처리시설 이외의 시설에 대하여 검사를 의뢰받은 경우		500	700	1,000
2) 의뢰받은 폐기물처리시설 검사업무를 다른 폐기물처리시설 검사기관이나 그 밖의 자에게 다시 의뢰한 경우		500	700	1,000
3) 등록된 기술인력이 아닌 자가 폐기물처리시설 검사업무를 실시한 경우		500	700	1,000
4) 그 밖의 준수사항을 이행하지 않은		300	500	700

경우				
<p>모. 법 제31조제1항부터 제3항까지의 규정을 위반하여 관리기준에 맞지 않게 폐기물처리시설을 유지·관리하거나, 오염물질 및 주변지역에 미치는 영향을 측정 또는 조사하지 않은 경우</p> <p>1) 중간처분시설 중 소각시설의 관리기준을 위반하여 유지·관리한 경우</p> <p>가) 연소실의 출구온도를 규정 온도 이상 유지하지 않은 경우</p> <p>나) 연소실의 연소가스가 규정 시간 이상 체류하지 않은 경우</p> <p>다) 바닥재가 강열감량 기준을 초과한 경우</p> <p>라) 그 밖의 관리기준을 위반하여 유지·관리한 경우</p> <p>2) 1) 외의 중간처분시설의 관리기준을 위반하여 유지·관리한 경우</p> <p>3) 매립시설의 관리기준을 위반하여 유지·관리한 경우</p> <p>가) 옹벽 및 제방이 구조적으로 안정성이 유지되지 않은 경우</p> <p>나) 복토기준에 적합하지 않게 복토한 경우</p> <p>다) 그 밖의 관리기준을 위반하여 유지·관리한 경우</p> <p>4) 재활용시설 중 시멘트 소성로의 관리기준을 위반하여 유지·관리한 경우</p>	<p>법 제68조 제1항제4호</p>			
		200	500	1,000
		200	500	1,000
		200	500	600
		300	500	1,000
		300	500	1,000
		700	1,000	1,000
		400	600	1,000
		500	700	1,000

가) 예열기 최하단 원심력 집진시설의 출구온도를 규정 온도 이상 유지하지 않은 경우		200	500	1,000
나) 연소실의 연소가스가 규정 시간 이상 체류하지 않은 경우		200	500	1,000
다) 그 밖의 관리기준을 위반하여 유지·관리한 경우		300	500	1,000
5) 4) 외의 재활용시설의 관리기준을 위반하여 유지·관리한 경우		300	500	1,000
6) 매립시설의 침출수 배출허용기준 대상항목을 측정하지 않은 경우		300	500	1,000
7) 주변지역 영향조사를 하지 않은 경우		1,000	1,000	1,000
보. 법 제34조제1항을 위반하여 기술관리인을 임명하지 않거나 기술관리 대행계약을 체결하지 않은 경우	법 제68조 제1항제5호	300	500	1,000
소. 법 제35조제1항 또는 제2항을 위반하여 교육을 받지 않은 경우 또는 교육을 받게 하지 않은 경우	법 제68조 제3항제6호			
1) 법 제35조제1항에 따라 교육을 받아야 할 사람이 교육을 받지 않은 경우		50	70	100
2) 법 제35조제2항에 따라 교육을 받아야 할 사람을 고용한 자가 그 해당 자에게 교육을 받게 하지 않은 경우		100	100	100
오. 법 제36조제1항에 따른 장부를 기록 또는 보존하지 않거나 거짓으로 기록한 경우	법 제68조 제3항제7호	100	100	100
조. 법 제36조제3항을 위반하여 장부기록사항을 기간 내에 전자정보처리프	법 제68조 제3항	50	70	100

로그함에 입력하지 않거나 부실하게 입력한 경우	제7호의2			
초. 법 제37조제1항을 위반하여 신고를 하지 않거나 같은 조 제4항을 위반하여 폐기물을 전부 처리하지 않은 경우 1) 폐기물처리업자의 경우 2) 폐기물처리 신고자의 경우 3) 폐기물분석전문기관의 경우 4) 전용용기 제조업자의 경우	법 제68조 제2항제9호	300 100 100 100	300 200 200 200	300 300 300 300
코. 법 제38조제1항 및 제2항에 따른 보고서를 기한까지 제출하지 않거나 거짓으로 작성하여 제출한 경우(법 제68조제2항제9호의2의 경우는 제외한다)	법 제68조 제3항제8호	50	70	100
토. 법 제38조제1항에 따른 보고서를 기한까지 제출하지 않거나 거짓으로 작성하여 제출한 경우(법 제38조제1항제3호에 따른 경우만 해당한다)	법 제68조 제2항 제9호의2	100	200	300
포. 법 제38조제3항에 따른 제출명령을 이행하지 않은 경우(법 제38조제1항 제3호 및 제4호의 자만 해당한다)	법 제68조 제1항제6호	300	600	1,000
호. 법 제38조제3항에 따른 제출명령을 이행하지 않은 경우(법 제68조제1항 제6호의 경우는 제외한다)	법 제68조 제2항 제9호의3	100	200	300
구. 법 제38조제4항에 따른 보고서 작성에 필요한 자료를 기한까지 제출하지 않거나 거짓으로 작성하여 제출한 경우	법 제68조 제3항제9호	50	70	100
누. 법 제38조제5항에 따른 보고서를 기한까지 제출하지 않거나 거짓으로 작성하여 제출한 경우	법 제68조 제2항 제9호의4	100	200	300
두. 삭제 <2020. 5. 19.>				

루. 법 제40조제1항 각 호의 조치를 하지 않은 경우	법 제68조 제1항 제6호의2	1,000	1,000	1,000
무. 법 제40조제7항에 따른 처리이행보증보험의 계약을 갱신하지 않은 경우	법 제68조 제2항제10호	300	300	300
부. 법 제40조제8항에 따른 계약갱신명령을 이행하지 않은 경우	법 제68조 제1항제8호	1,000	1,000	1,000
수. 법 제40조제9항에 따른 보험증서 원본을 제출하지 않은 경우	법 제68조 제3항제12호	100	100	100
우. 법 제40조제10항에 따른 변경사실을 알리지 않은 경우	법 제68조 제3항제13호	100	100	100
주. 법 제46조제6항에 따른 준수사항을 지키지 않은 경우	법 제68조 제2항제11호			
1) 신고한 재활용 용도 및 방법에 따라 재활용하지 않은 경우		100	200	300
2) 자신의 재활용시설에서 재활용할 수 없는 폐기물을 위탁받거나 재활용할 수 있는 능력을 초과하여 위탁 받은 경우		100	200	300
3) 허용보관량을 초과하여 폐기물을 보관하거나, 보관시설 외의 장소에 폐기물을 보관한 경우		100	200	300
4) 다른 자에게 자기의 성명 또는 상호를 사용하여 폐기물을 위탁받게 하거나 신고증명서를 다른 자에게 빌려준 경우		100	200	300
5) 폐기물 배출자에게 수탁처리 능력 확인서, 폐기물처리 신고증명서 사본 및 방치폐기물처리이행보증을 확인		100	200	300

할 수 있는 서류 사본의 제출을 거부하거나 허위로 제출한 경우 6) 그 밖의 준수 사항을 지키지 않은 경우		30	50	100
추. 법 제46조제7항에 따른 처리금지 기간 중 폐기물의 처리를 계속한 경우	법 제68조 제1항제10호	500	700	1,000
쿠. 법 제50조제1항에 따른 신고를 하지 않은 경우	법 제68조 제3항제14호	100	100	100

2.4 문헌고찰

2.4.1 소각장 건립에 따른 리뷰 논문

- 최근 논문(The health impacts of waste incineration: a systematic review, 2019)의 주요 결과를 요약함

The health impacts of waste incineration: a systematic review

Peter W. Tait,^{1,2} James Brew,¹ Angelina Che,¹ Adam Costanzo,³ Andrew Danyluk,¹ Meg Davis,¹ Ahmed Khalaf,² Kathryn McMahon,¹ Alastair Watson,¹ Kirsten Rowcliff,¹ Devin Bowles^{1,3}

Waste management encompasses the avoidance, reduction, collection, transport, storing and disposal of waste products from municipal, health and industrial sources. Current disposal strategies include recycling, landfill and incineration.^{1,2} Waste management is of growing concern for communities globally and in Australia, with alternatives to traditional landfill increasingly being employed. Waste incinerators provide one alternative for reducing pressure on landfill. Modern incinerators are also designed to generate electricity, which increases their appeal to policymakers.³⁻⁵ Waste incinerator systems have traditionally been associated with emission of toxic pollutants, impacting human and environmental health. The Stockholm Convention provides international guidance on the safe management of persistent organic pollutants (POPs). The objective of the Convention is to minimise or prevent human exposure to POPs. It incorporates a precautionary and manufacturer/user pays approach. The guidelines cover waste

Abstract

Introduction: Waste incineration is increasingly used to reduce waste volume and produce electricity. Several incinerators have recently been proposed in Australia and community groups are concerned about health impacts. An overview of the evidence on health effects has been needed.

Method: A systematic review of English language literature for waste incinerators and health using PRISMA methodology.

Results: A range of adverse health effects were identified, including significant associations with some neoplasia, congenital anomalies, infant deaths and miscarriage, but not for other diseases. Ingestion was the dominant exposure pathway for the public. Newer incinerator technologies may reduce exposure.

Discussion: Despite these findings, diverse chemicals, poor study methodologies and inconsistent reporting of incinerator technology specifications precludes firmer conclusions about safety.

Conclusion: Older incinerator technology and infrequent maintenance schedules have been strongly linked with adverse health effects. More recent incinerators have fewer reported ill effects, perhaps because of inadequate time for adverse effects to emerge. A precautionary approach is required. Waste minimisation is essential.

Implications for public health: Public health practitioners can offer clearer advice about adverse health effects from incinerators. We suggest improved research design and methods to make future studies more robust and comparable. We offer ideas for better policy and regulation.

Key words: waste, health, cancer, incineration, toxin

폐기물 소각은 폐기물의 양을 줄이고 전기를 생산하는 데 점점 더 많이 사용되고 있습니다. 최근 호주에서는 여러 소각장이 제안되었으며 지역사회 단체는 건강에 미치는 영향에 대해 우려하고 있습니다. 건강영향에 대한 증거의 개요가 필요했습니다. PRISMA 방법론을 사용하여 폐기물 소각로 및 건강에 대한 문헌을 체계적으로 검토한 결과 소각로에서 배출되는 유해 물질은 신생물(암), 선천성 기형, 유아 사망 및 유산과의 유의한 연관성을 포함하여 다양한 건강상의 부작용이 확인되었습니다. 최신 소각로 기술은 유해물질의 노출을 줄일 수 있습니다. 하지만 이런 기술에도 불구하고 안전성에 대한 확실한 결론을 제시 못하고 있습니다. 결론적으로 소각로 기술과 부적절한 유지 보수는 지역주민에게 건강에 악영향을 미친다고 할 수

있습니다. 또한 최근의 건설된 소각로는 유해물질 배출에 따른 부작용(건강 영향)이 발생할 수 있는 시간이 적절하지 않기 때문에 아직 평가하기에는 한계가 있습니다. 궁극적으로 사전예방적(유해물질의 배출이 사람에게 악영향을 준다는 결정적 증거가 없어도, 문제점이 예상된다면 사전에 미리 대책(중지, 폐기 등)이 필요) 접근이 필요합니다.

- 폐자원 연료인 고탄연료(Solid Refuse Fuel, SRF / Biomass Solid Refuse Fuel, Bio-SRF)는 ‘자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률(자원재활용법)에 의해 폐기물의 발생을 억제하고 재활용을 촉진하는 등 자원을 순환적으로 이용하도록 함으로써 환경의 보전을 추구하는 것임
- 특히 지하자원이 부족한 우리나라의 경우 폐기물의 재활용이라는 측면은 고탄연료의 사용을 촉진하는 이유임
- 폐기물 소각로는 폐기물 재활용이란 긍정적 장점(폐기물 처리, 재활용, 에너지생산 등)에도 불구하고, 주변 지역주민의 건강영향(질병발생)을 야기할 수 있기 때문에 심각하게 재고(再考)가 필요
- 폐기물 소각로는 유해대기오염물질을 제어할 수 있는 대기오염방지시설을 설치하여 환경부의 배출허용기준에 적합하게 배출할 수 있기 때문에 지역주민의 건강 및 환경에 영향이 없다고 주장할 수 있음
- 하지만, 최신의 대기오염방지시설의 설치에도 불구하고, 연소과정에서 배출되는 유해대기오염물질을 전부

제어(제거)할 수 없음

- 그리고 배출허용기준을 준수할지라도 상당량의 유해대기오염물질을 배출하며, 배출된 유해대기오염물질은 인근 지역주민에게 암을 발생시킬 수 있으며(중금속, PAHs, VOCs, 다이옥신), 암 이외에 심혈관계질환, 간손상, 호흡기손상 등의 질병을 야기할 수 있음
- 특히 인류가 제조한 가장 유독한 유해물질인 다이옥신(dioxin)이 발생되어 지역주민에게 치명적 건강영향을 야기할 수 있음
- 폐기물 소각로는 폐기물을 연료화하여 비교적 안정된 소각이라고 할 수 있지만, 결국 소각로의 한 종류임(Flamme 등, 2012).
- 국내외에서 소각로 설치에 따른 지역주민의 건강영향 문제점은 많은 연구문헌에서 제시하고 있음
- 폐기물 소각로에서 특히 고려할 것은 소각로 근거리에서 많은 사람들이 거주함
- 이런 측면에서 폐기물 소각로의 가동은 인근 지역주민들에게 유해영향(암 등의 질병발생)을 줄 것이며, 특히 민감집단인 노약자와 어린이들에게 더 큰 건강영향을 있을 것으로 우려됨
- 대구 특히, 달성, 성서지역은 성서공단의 존재만으로 현재 상태로도 누적되어 타지역보다 건강위해 가능성이 상당히 있는 것으로 보고됨(서울시립대 산학협력단, 2018).

청색 : 업체 수
적색 : %

산단명	규모					업종					합계
	1층	2층	3층	4층	5층	섬유	금속	소리업	고무	기타	
염색	3 2	2 1	13 8	99 63	41 26	97 61	20 13	25 16	1 1	15 9	158 100
제3	0 0	3 1	2 1	129 34	245 65	7 2	279 74	26 7	7 2	60 16	379 100
서대구	1 1	4 2	8 4	81 42	97 51	46 24	42 22	48 25	2 1	53 28	191 100
성서	5 1	11 2	27 5	217 39	300 54	57 10	163 29	64 11	74 13	202 36	560 100
검단	0 0	1 2	4 7	21 38	30 54	1 2	26 46	9 16	2 4	18 32	56 100
달성1,2차	6 2	15 6	13 5	88 34	134 52	13 5	49 19	15 6	22 9	157 61	256 100
합계	15 1	36 2	67 4	635 40	847 53	221 14	579 36	187 12	108 7	505 32	1600 100

(단위 : 1×10^{-5})

Location	반암물질					비반암물질		
	CCl4	Chloro form	TCE	HCHO	Benzo(a) pyrene	Toluene	DMF	Acet. aldehyde
검단산단 내부	0.47	0.71	1.30	1.98	12.10	0.00	0.04	0.48
검단산단 주변	0.28	0.39	0.33	2.19	11.90	0.00	0.36	0.49
제3산단 내부	0.50	0.82	0.97	2.70	9.82	0.02	0.83	0.55
제3산단 주변	0.79	0.63	0.39	2.79	10.90	0.00	0.27	0.57
염색산단 내부	0.63	0.96	0.61	2.94	8.27	0.01	0.22	0.71
염색산단 주변	2.39	4.42	0.70	3.16	7.51	0.01	23.40	0.70
서대구산단내부	0.54	1.49	1.88	3.31	9.12	0.01	0.11	0.57
서대구산단주변	0.60	1.82	0.48	3.09	7.20	0.01	0.03	0.65
성서산단 내부	0.36	1.08	0.48	2.75	10.50	0.02	0.76	0.79
성서산단 주변	0.47	0.72	0.95	2.84	8.45	0.01	0.20	0.58
도성내	0.38	0.73	0.44	2.50	5.93	0.01	0.29	0.62
평균	0.67	1.25	0.78	2.75	9.25	0.0	2.4	0.6

※ 위해성 기준 : 10만명 당 1명이 발암될 확률(1×10^{-5}) ..

(출처: 염색산단 등 7개 도심산단 공해(악취 등) 해결방안 연구, 서울시립대학교 산학협력단, 2018)

- 성서 열병합발전소의 건립에 대한 여러 논란에도 불구하고, 폐기물 재활용 측면에서 유용한 면이 있음
- 단지 이런 폐기물 소각로가 적법한 절차와 최신의 대

기오염물질 배출방지시설 설치임에도 문제가 될 수 있는 것은 연료품질(SRF, 고품연료)의 불확실성, 대도시 위치하여 매우 근접한 거리에 주거지가 있으며, 기존 보고에 따르면 이미 현상태에서도 성서지역은 주민들이 건강위해를 받을 만큼 위험상태에 있다는 것임

- 시대의 변천과 사람들의 환경과 건강에 대한 인식 변화를 고려할 때, 폐기물 소각로의 경제적 이득은 사람의 건강과 보전에 우선할 수 없다고 생각됨

2.4.2 유해대기오염물질의 영향범위

- 대기오염물질 발생원(발전소, 산업단지, 폐기물처리시설 등)에서 주변지역에 영향을 줄 수 있는 범위는 어느 정도에 대하여 우리나라 환경부의 ‘환경영향평가 평가범위 설정 가이드라인’을 참고하면, ‘폐기물 처리시설(소각로)’의 경우 5km, 발전소의 경우 10 km를 제시하고 있음(환경부, 2013)
- 국내외에서 대부분 발생원에 배출된 대기오염물질은 주변 2km~10km까지 영향을 주는 것으로 보고 되고 있음(환경영향평가 평가범위 설정 가이드라인, 환경부, 2013. 환경영향평가서 내 위생공중보건 항목 작성을 위한 건강영향 항목의 평가 매뉴얼, 환경부, 2013)
- ‘달성, 성서 폐기물 소각장’의 경우 대도시(대구)에 위치하며 상대적으로 사람들이 거주하는 주거지와 매우 근접하게 위치하고 있습니다. 이것은 열병합발전소

에서 배출된 유해 대기오염물질이 지역주민에게 건강 영향을 줄 가능성이 매우 높다고 할 수 있습니다.

결국 소각시설의 한 종류인 열병합발전소는 최대한 주변 지역에 사람들이 없는 곳에서 건립되어야 함을 의미합니다. 이것은 단순히 열병합발전소가 유해물질 배출시설이기 때문에 무조건 반대하는 ‘넘비현상(not in my back yard)’ 이 아니라 실제 주변지역 사람들에게 건강 영향을 야기하기 때문에 사람이 없는 지역에 설치해야 함을 나타내는 것임

2.4.3 환경용량에 따른 누적 초과건강위해도

- 폐기물소각장이 위치한 대구 달성, 성서의 환경용량(자연환경이 스스로 정화하여 생환경의 질적 수준을 일정하게 유지하고 자원을 재생산할 수 있는 능력을 양으로 환산한 것)을 건강위해 관점에서 논의할 필요가 있음
- 달성, 성서에 위치한 성서산단의 업종 규모는 4종과 5종이 다수이며, 금속-섬유-기타 업종으로 구성되어 있습니다. 2018년 ‘염색산단 등 7개 도심산단 공해(악취 등) 해결방안 연구용역(서울시립대학교 산학협력단, 2018)’ 에 따르면, 성서산단 내부와 외부에서 발암물질인 클로로포름(chloroform), 포름알데히드(HCHO), 벤조아피렌(benzo(a) pyrene)에서 건강위해 기준을 초과하고 있음을 알 수 있음

- 현재 상태에서 산업단지로 인해 이미 달성, 성서지역 거주자에게 암발생 등 건강영향을 야기할 상태임을 나타냄
- 따라서 ‘달성, 성서의 폐기물 소각장’의 설치가 최적의 방지시설을 설치하여 배출허용기준을 준수함에도 이미 환경용량을 초과한 지역주민의 건강위해 수준을 초과한 상태이기 때문에 영향이 가중될 것임을 알 수 있음

2.4.4 지자체에서 폐기물 소각장 허가 철회 근거 내용

- 지자체에서 대기배출시설 허가를 비롯한 발전시설 등 모두 받은 상태일 경우에도 인간의 기본권에 대한 권리와 의무를 통하여 민법 104조에 따라 무효 소송이 가능
- 일부 또는 허가를 내어준 지자체에서 행정절차가 진행되었다고 할지라도 인근 주민들에 대한 다수의 알권리에 대한 침해에 따라 폐기물 소각장 인근 주민에게 대한민국 제21조 알권리에 대한 충분한 지식을 전달해야 하며 이는 인간의 기본권 침해에 해당됨

1) 사전주의 원칙(Precautionary Principle)

- 환경보건법(환경부) 제4조(기본이념)에 따르면 ‘환경유해인자와 수용체의 피해 사이에 과학적 상관성이 명확히 증명되지 아니하는 경우에도 그 환경유해인자의

무해성(無害性)이 최종적으로 증명될 때까지 경제적 · 기술적으로 가능한 범위에서 수용체에 미칠 영향을 예방하기 위한 적절한 조치와 시책을 마련' 하여야 함

국내

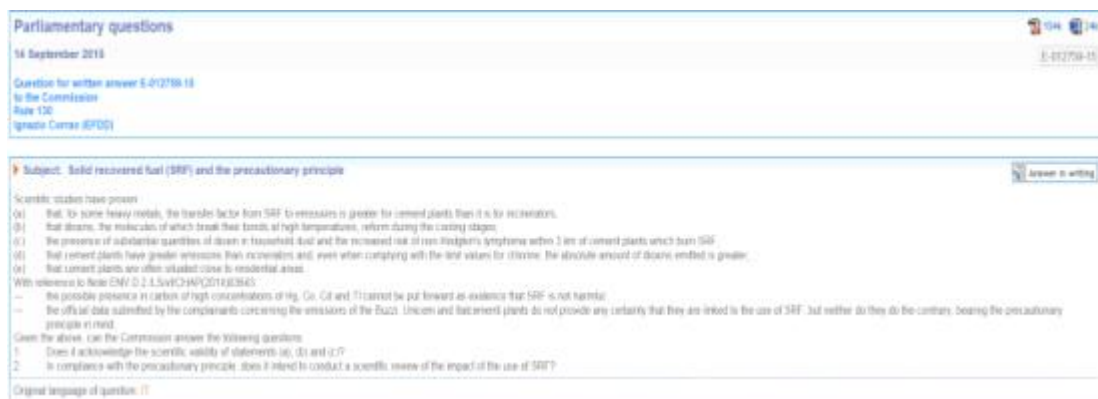
(환경보건법)

○ 제4조(기본이념) 환경보건은 다음 각 호의 기본이념에 따라 증진되어야 한다.

1. 환경유해인자와 수용체의 피해 사이에 과학적 상관성이 명확히 증명되지 아니하는 경우에도 그 환경유해인자의 무해성(無害性)이 최종적으로 증명될 때까지 경제적 · 기술적으로 가능한 범위에서 수용체에 미칠 영향을 예방하기 위한 적절한 조치와 시책을 마련하여야 한다.
2. 어린이 등 환경유해인자의 노출에 민감한 계층과 환경오염이 심한 지역의 국민을 우선적으로 보호하고 배려하여야 한다.
3. 수용체 보호의 관점에서 환경매체별 계획과 시책을 통합 · 조정하여야 한다.
4. 환경유해인자에 따라 영향을 받는 인구집단은 위해성 등에 관한 적절한 정보를 제공받는 등 관련 정책의 결정 과정에 참여할 수 있어야 한다.

국외(유럽)

(http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-8-2015-012759_EN.html?redirect)



1. 유럽연합(EU) 의회 자료에 따르면, SRF와 Precautionary Principle(사전주의 원칙) 관련해서, SRF 연소에 따른 유해물질(다이옥신 등) 배출에 대해 과

학적 자료를 제출해야 하며, "사전주의 원칙"에 준수하여 SRF 사용에 따른 영향의 과학적 고찰이 있어야 함을 제시하고 있습니다.

2. 따라서 이미 허가를 획득하였을지라도 지역주민의 건강영향이 고려된다면 중지 또는 취소가 가능하다고 생각할 수 있습니다.

- 이것은 유해인자(대기오염물질 등)가 사람에게 영향을 줄 가능성이 있다면 연관성이 직접적으로 증명되지 않더라도 적절한 조치(사업시행 회수, 중지, 폐쇄 등)을 할 수 있음을 나타냄

2) 인간의 기본권 침해

- 대한민국 헌법 제34조 1항에 의거 모든 국민은 인간다운 생활을 할 권리를 가짐
- 건강에 대한 침해가 확실하게 파악이 될 경우 이에 대한 기본권 침해는 민법 104조에 의해 사전에 공지되지 않은 사건으로 허가 행위가 무효에 해당됨
- 판례로 담배회사의 흡연시 건강침해에 대한 공지와 김포공항 인근 아파트 건설에 따른 주변지역 소음공해 보상 등이 있음

3) 인간의 환경권 의무 침해

- 대한민국 헌법 제35조에 의거 환경권에 대한 국민은 환경권 보장에 의무를 가짐
- 환경권을 행사함에 있어 국민은 국가로부터 건강하고 쾌적한 환경을 향유할 수 있는 자유를 침해당하지 않을 권리를 행사할 수 있고, 일정한 경우 국가에 대하여 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 수 있도록 요구할

수 있는 권리가 인정되기도 하는바, 환경권은 그 자체
종합적 기본권으로서의 성격을 가짐

- 환경영향평가 대상지역 안의 주민들은 수인한도를 넘
는 환경침해를 받지 아니하고 쾌적한 환경에서 생활할
수 있는 개별적으로 보호되는 직접, 구체적 이익을 가
진

3. 연구 방법

3.1 측정

3.1.1 재료 및 대상

- 수동식 시료채취기(passive sampler) 자체 제작한 채취기의 성능평가가 필수적으로 요구됨
- 이와 같은 성능평가를 위해 여러기관들에서 평가를 위한 protocol를 제시하고 있음
- 가장 오래전부터 사용되고 있으며 현재까지도 많이 이용되고 있는 평가 protocol로 영국 HSE(영국 산업안전보건연구원)의 MDHS 27(Method for the Determination of Hazardous Substances, HSE, 1994)의 protocol과 NIOSH(미국 산업안전보건연구원)에서 제시한 평가 규약을 들 수 있음(Cassinelli et. al., 1987)
- HSE의 MDHS 27의 경우 1983년에 제정된 이후 1994년에 개정된 상태이다. 이 외에도 유럽표준위원회(Comite Europeen de Normalisation, CEN)의 EN 838 규정에서도 평가 protocol을 제시하고 있으며(CEN, 1995), 또한 OSHA의 시료채취 및 분석에 대한 평가지침(Evaluation Guidelines for Air Sampling Methods Utilizing Chromatographic Analysis)에서도 수동식 시료채취기에 대한 평가 방법을 지정하고 있음(OSHA, 1999)

3.1.2 측정 방법

- 달성군 다사읍 서재리와 달성군 현풍읍 신기리 소재 3가구의

가족을 섭외하여 측정하였고, 3가구는 모두 4명으로 구성되어 있는 가족을 섭외하였음

- 모두 5km 인근의 직장과 학교를 둔 4명의 가족을 섭외하였음
- 가족구성원은 다음과 같고, BMI(Body Mass Index, 신체질량지수), 금연, 가족력, 5km 이내 이상의 직장인, 측정시 타지역 외출금지, 맑은 날, 미세먼지 보통 이상, 10년 이내의 신축아파트 거주자 등으로 통제하였음

표 5. 가족구성원

		구성원1 (아버지)	구성원2 (어머니)	구성원3 (자녀)	구성원4 (자녀)
다사읍	No 1.	제조업	서비스직	초등(남)	초등(여)
	No 2.	사무직	가사	고등(남)	중등(여)
	No 3.	서비스직	서비스직	유치원(남)	유치원(남)
현풍읍	No 1.	공기업	가사	중등(남)	중등(남)
	No 2.	자영업	가사	초등(남)	초등(여)
	No 3.	제조업	보험업	초등(남)	초등(여)

- 측정은 2박3일에 걸쳐서 3회(9월, 10월) 진행되었으며, 48시간을 측정하였음
- 측정시료는 보관은 냉동실에 밀봉상태로 보관하였으며, 재료는 3M사(미국)의 OVM 3500을 이용하여 VOCs 수동식 시료채취기(뱃지) 형태임



그림 2. 3M사(미국)의 OVM 3500

3.2 분석

- 본 연구에서 채취된 모든 시료의 전처리는 활성탄관의 경우 NIOSH Method No. 1501 방법에 따라 CS₂ 1mL로 탈착하였으며(NIOSH, 1994b), 수동식 시료 채취기는 CS₂ 2mL를 넣고 가끔 조심스럽게 흔들어 주면서 약 1 시간 동안 방치하여 탈착하였음
- 그리고 시료의 분석은 가스크로마토그래피-불꽃이온화 검출기(Agilent 6890N, U.S.A., GC-FID)를 이용하여 분석하였다. 기기의 분석조건은 다음과 같음

표 6. 대상물질 분석을 위한 기기 조건

Parameter	Analytical conditions
Column	HP-FFAP (25m × 0.32mm × 0.25μm)
Column tmp.	60°C
Injector temp.	230°C
Carrier gas	N ₂
Flow rate	0.9 mL/min
Detector temp.	250°C
Split ratio	50:1
Injector volume	1 μl

- 분석 표준물질은 VOCs의 대표물질인 BTEX(benzene, toluene,

ethylbenzene 및 xylene)만 선택적으로 측정하였음

- 벤젠의 경우 환경정책기본법시행령[시행일 : 2020.5.12.]에 따라 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 기준치를 따름
- 이외 물질은 환경정책기본법에 없기 때문에 실내공기질 관리법 시행규칙 [시행 2021. 6. 11.] [환경부령 제918호, 2021. 6. 11., 일부개정] 실내공기질 관리법 시행규칙 [별표 4의2] 톨루엔 $1,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 에틸벤젠 $360\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 자일렌 $700\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 스티렌 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하가 기준임

3.3 위해성평가

- 화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정 ([시행 2021. 2. 4.] [국립환경과학원고시 제2021-13호, 2021. 2. 4., 일부개정]) 제2조 1항에서 “위해성평가(risk assessment)”란 유해성이 있는 화학물질이 사람과 환경에 노출되는 경우 사람의 건강이나 환경에 미치는 결과를 예측하기 위해 체계적으로 검토하고 평가하는 것을 말함
- 여기에서 적용된 측정 방법은 노출평가 방법임 법에서도 제2조 3항 “노출평가(exposure assessment)”란 환경 중에 화학물질의 정성 및 정량 분석자료를 근거로 화학물질이 인체 또는 기타 수용체 내부로 들어오는 노출 수준을 추정하는 것을 말함
- 이에 제7조에 따라 1항 환경 중 측정된 농도나 배출원 자료로부터 노출경로를 고려한 인체 또는 수용체의 노

출농도를 추정함

- 또한, 제2항 환경 중으로 화학물질의 노출농도를 추정하기 위해 다음 각 호의 방법을 이용할 수 있는데 3가지를 모두 적용하여 측정하고자 하였으나 3번은 분석비용 및 단기간에 결론을 도출하기 어려워 1번과 2번만을 적용하였음
 - : 1. 환경 매체 중 농도를 직접 측정
 - : 2. 환경 내 거동모형 등의 시나리오에 의한 추정
 - : 3. 노출과 관련된 생체지표를 이용
- 제8조 6항에서 발암성에 대한 위해도 판단 중 특히, 2번에서 초과발암확률이 10^{-4} 이상인 경우는 위해가 있다고 판단하며, 10^{-6} 이하인 경우는 위해가 없다고 판단한다. 기타의 경우는 자연에서의 존재 수준, 분석감도, 현실적으로 적용 가능한 최상의 저감기술 반영 여부 등을 종합적으로 고려하여 판단하게 됨
- 이에 본 연구의 연구결과도출은 환경보건법 시행규칙 별표 1 위해성 기준 내 초과발암위해도를 사용
 - : “초과발암위해도“란 독성역치(독성을 보이는 최소한의 수준)가 없는 환경유해인자에 평생 노출되었을 때 이로 인하여 추가적으로 암이 발생할 수 있는 확률을 말함
 - : 초과발암위해도(超過發癌危害度)를 적용할 경우 위해성기준은 10^{-6} ~ 10^{-4} 의 범위에서 환경부장관이 정함
- 화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정

[시행 2021. 2. 4.] [국립환경과학원고시 제2021-13호, 2021. 2. 4., 일부개정] 별표 5에 따르면 위해성평가를 위한 인체 노출량 계산식이 수록되어 있음

[별표 5]

위해성평가를 위한 인체 노출량 계산식(제7조제6항 관련)

◦ 환경 중 농도로부터 인체노출량은 다음의 식에 의해 산정한다.

【산출식】

$$\text{일일평균 노출량 (mg/kg/day)} = \frac{\text{오염물질농도 (mg/m}^3, \text{mg/L)} \times \text{접촉률 (m}^3/\text{day, L/day)} \times \text{노출기간 (day)} \times \text{흡수율}}{\text{평균체중 (kg)} \times \text{평균기간 (day)}}$$

$$\text{평생일일 평균노출량 (mg/kg/day)} = \frac{\text{오염물질농도 (mg/m}^3, \text{mg/L)} \times \text{접촉률 (m}^3/\text{day, L/day)} \times \text{노출기간 (day)} \times \text{흡수율}}{\text{평균체중 (kg)} \times \text{평균수명 (day)}}$$

$$\text{연령보정 일일평균노출량 (mg/kg/day)} = \frac{\sum_i^N \text{일일평균노출량}_i}{\sum_i^N \text{평균기간}_i}$$

- 일일평균노출량 : 주어진 기간 동안의 노출량 추정치로 통상 25년 평균거주기간을 가정해서 성인을 대상으로 추정하거나, 연령군별로 계산
- 평생일일 평균노출량 : 통상 70년을 가정해서 성인 평균체중을 적용해서 평생 동안의 일일평균노출량 추정치로 발암위해도 평가에 활용
- 연령보정 일일평균노출량 : 연령군(i)별 일일평균노출량을 모든 연령군(N)으로 확대해서 구한 가중평균값으로 평균노출량 추정에 활용 가능
- 접촉률이란 흡입, 경구 또는 피부 접촉을 통하여 매체와 신체가 접하는 정도로서 일일 음용수 섭취량(L/day), 일일 호흡률(m³/day) 등으로 가정한다.
- 노출기간이란 오염물질과의 접촉기간으로 일반적으로 환경기준 설정의

- 경우에는 70년으로 가정한다. 오염지역의 건강영향 예측의 경우에는 25년으로 가정하며, 노출기간을 알 때에는 그 기간(day)을 적용한다.
- 흡수율이란 사람과 접촉하여 체내로 들어가는 총 오염물질의 유효 비율로서 일반적으로 흡수율이 결정되지 않은 물질들은 인체에 노출된 양의 100%가 흡수된다고 가정한다.
 - 환경 중 오염물질의 농도는 가능한 충분한 자료수로부터 평균의 신뢰 구간 상한 값 또는 95 백분위수 값 등 보수적으로 산출하도록 한다.
 - 평균기간 : 연령군별 기간
 - 인체 노출량 산정에 활용되는 노출계수는 ‘한국인의 노출계수 핸드북’ 및 ‘한국 어린이의 노출계수 핸드북’(국립환경과학원, 2019)을 우선 활용한다.

그림 3. 위해성평가를 위한 인체 노출량 계산식

3.4 AERMOD

- AERMOD 모델은 실외 대기오염물의 농도를 예측하는 최근 모델로 미국 EPA(환경부)에서 지정하는 공식모델임
- 미국 EPA에서는 대상영역이 단거리(50 km 이하)인 경우 AERMOD 모델 사용을 추천하고 있음(Zou et al., 2009)
- 본 연구는 대상영역이 5 km×5 km이므로 AERMOD 모델을 사용
- AERMOD 모델은 정상상태 플룸 모델 (plume model)임
- 모델 시스템은 주 프로그램(AERMOD)과 두 가지 전처리 프로세스로 AERMET과 AERMAP를 가지고 있음
- AERMET는 기상 전처리 시스템으로 AERMOD의 기상

입력자료를 생성하는 프로그램임

- AERMAP는 지형에 대한 전처리 프로그램임
- 일반적으로 AERMOD 모델은 플룸을 수평방향 플룸(지형에 충돌하는 플룸)과 지형을 따라가는 플룸의 두 가지 조합으로 모델화 했음
- 그러므로 모든 상황에서 수용체에서 총 농도는 이들 상태에 따라 예측됨
- 평지에서는 두 상태가 동일하지만 높은 지형이 있는 경우 AERMOD에서는 유선 분리고도(dividing streamline height) 개념을 도입하여 총 농도는 이들 두 가지의 한계 경우 또는 플룸의 상태를 고려하여 계산함(U.S. EPA, 2004)
- AERMOD 모델에서 안정또는 대류상태(convective condition) 대기에서 농도를 구하는 식은 다음과 같음

$$CT\{xr, yr, zr\}=f \cdot Cc,s\{xr, yr, zr\}+(1-f) Cc,s\{xr, yr, zp\} \quad (1)$$

- 여기서 $CT\{xr, yr, zr\}$ 는 총 농도이고, $Cc,s\{xr, yr, zr\}$ 는 수평 플룸 상태의 기여 분(첨자 c와 s는 각각 대류 상태와 안정 대기)을 나타냄
- $Cc,s\{xr, yr, zp\}$ 는 지형을 따라가는 상태의 기여 분을 나타내고, f는 플룸 상태에 따른 무게함수(weighting function), $\{xr, yr, zr\}$ 는 수용체 좌표이고 zr은 굴뚝 바닥으로부터 참조 지점까지 높이이다. $zp=zr-zt$ 은 국소

지표 높이에서 수용체까지 높이이고 z_t 는 수용체의 지표면 고도임

4. 결과 및 고찰

4.1 결과

- 측정결과에 대한 농도와 초과발암위해도는 다음과 같음

표 7. 소각로 인근 주민 VOCs 노출평가 오염물질 측정 결과

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	기준치	다사읍	현풍읍
벤젠	5*	4.4±1.1	3.8±1.9
톨루엔	1,000	1,040.5±275.8	887.2±192.5
에틸벤젠	360	324.4±121.1	301.5±67.2
자일렌	700	677.5±72.1	637.7±55.5
스티렌	300	281.3±34.1	261.0±31.4

* 벤젠의 경우 환경정책기본법시행령[시행일 : 2020.5.12.]에 따라 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 기준치가 있으나 나머지 물질들은 국가대기환경기준에 없어 실내 공기질관리법 시행규칙 별표 4의2 신축공동주택 기준치를 적용하였음

- 전체적으로 각 지역 36개 시료 중 다사읍에서 21개의 시료가 현풍읍에서는 18개의 시료가 일부 물질이 초과된 것으로 조사되었음
- 다사읍의 경우 평균농도가 톨루엔이 초과된 것으로 확인되었고, 현풍읍에서는 평균농도는 초과된 것이 없었으나, 표준편차를 고려시 충분히 초과될 수 있는 우려 농도를 나타냈음
- 전체적인 교차비에 따른 발암물질(벤젠)만 대상으로 상대위험도(Relative Risk Ratio)를 기준치 대비 최댓값 95%(RME (reasonable maximum exposure))값과 50%(CTE (central tendency exposure))의 (US EPA, 1992)값으로 위해도를 비교하였을 때, 0.89-1.66 정도가 산출되었으며, 초과발암위해도 다

사읍의 경우 $0.67E-6 \sim 1.71E-6$ 으로 산출되었고 현풍읍의 경우 $0.65E-6 \sim 1.66E-6$ 으로 산출되었음

4.2 AERMOD 결과

- AERMOD 모델링을 통해 소각장에서 배출되는 오염물질의 양상을 확인하였으며, 전체적으로 구룡 및 산지지역에 오염물질이 머물러 있었으며, 이러한 물질들이 역전층을 타고 날씨가 비가 내리기 직전이나 일교차가 큰날 산곡풍을 타고 주변지역에 영향을 줄 수 있는 확률이 높다는 것이 판별됨
- 대구 달성군 다사읍 소재 소각장의 경우 대구 북구 사수동 일대, 대구 달성군 다사읍 서재리 일대, 대구 달서구 신당동 일대, 서대구IC 주변지역이 피해가 심각했음
- 대구 달성군 현풍읍 소재 소각장의 경우 전체적으로 구룡 및 산지는 비슬산이 막고 있어 비슬산 근처 유가읍지역과, 테크노폴리스 동쪽지역, 현풍면 대리, 지리, 구지농공단지, 구지면수리리, 예현리 지역이 위험지대에 속하게 되었음
- 소각장 연돌 주변 지역은 최대 1.66배 정도의 오염지역이 나타나는 것으로 확인되었으며, 대부분 5km 범위에서 1.07배 미만으로 낮아지는 것을 확인하였음

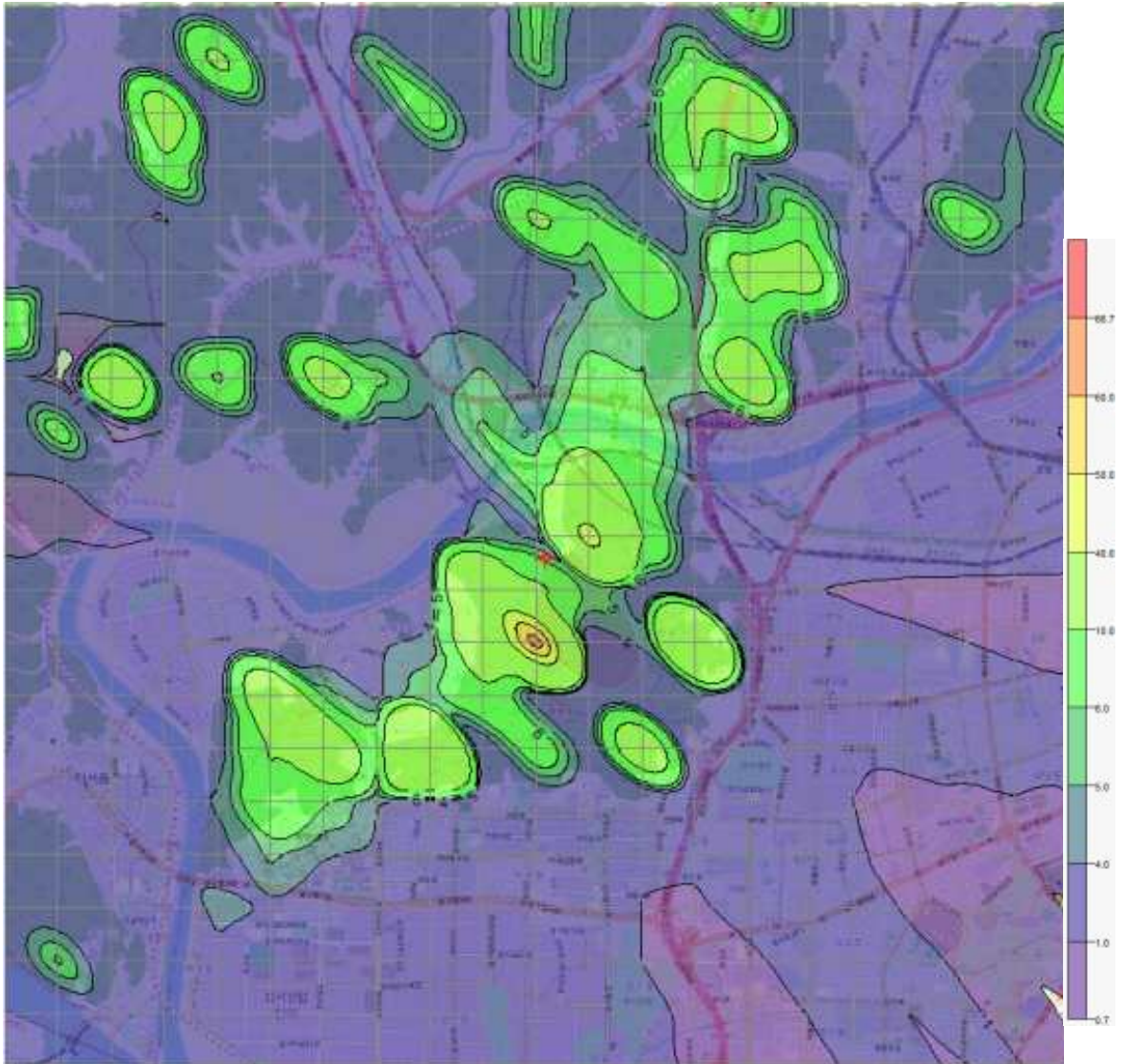


그림 4. 달성군 다사읍 서재리 SRF 벤젠 건강 위해도 평가

해석 : 범례 보라색 0.7 수치인 경우 우리나라 평균 발암 확률의 1.07배 높은 지역

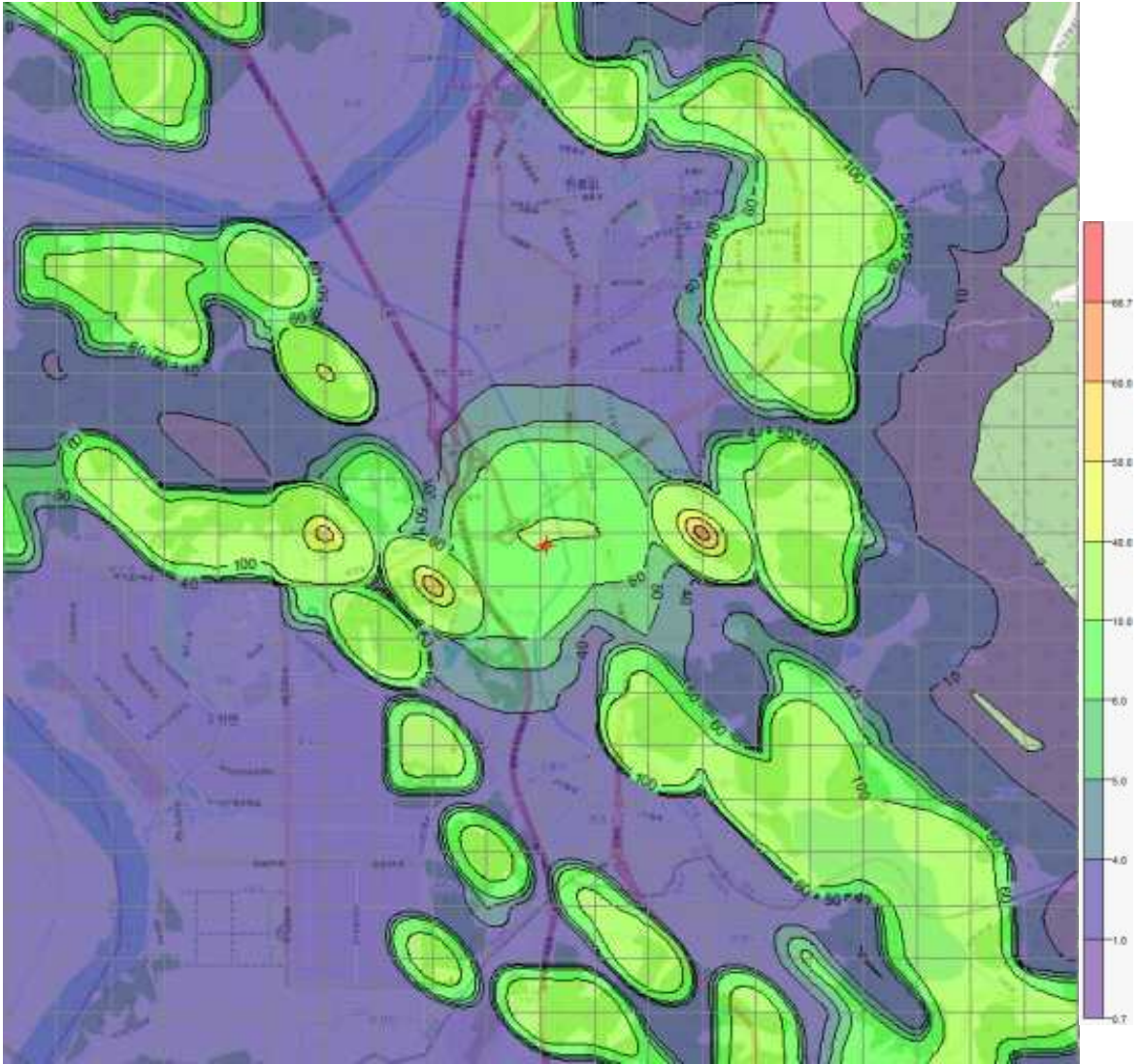


그림 5. 달성군 현풍읍 신기리 SRF 벤젠 위해도 평가

해석 : 범례 보라색 0.7 수치인 경우 우리나라 평균 발암 확률의 1.07배 높은 지역

4.3 고찰

- 본 연구 측정은 Proto type으로 절차와 방법론에 있어 3회 측정 샘플 수(36회*2곳)가 매우 부족한 상태에서 측정 분석된 것이므로 결과의 해석에 있어 이에 대한 불확실성을 유념해야 함
- AERMOD 모델링의 경우 날씨에 따라 시시각각 변화될 수 있고 똑같은 데이터를 삽입하여 재실행을 하였을 때 같은 내용이 나올 수 없음(확률적 해석으로 생각 해야 함)
- VOCs의 물질에 따른 농도별 건강영향은 다음과 같음

표 8. VOCs의 농도별 건강영향

물질명	농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	특성 및 영향
벤젠 (Benzene)	5 (0.0015ppm)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 피부와 눈이 따갑고 마시면 극히 위험해 심할 경우 백혈병을 유발 및 임파암과 혈액암의 발생을 증가 ○ 만성중독, 피로, 두통, 식욕부진 - 인체의 유입허용한계 농도는 10ppm - 단기 흡입 한계치는 30분간 75ppm. - 50ppm 이상 불쾌감, 아픔 - 150ppm이상, 60분 : 자각상실, 사망
자일렌 (Xylene)	700 (0.24ppm)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단기 : 신경자극, 경미한 흡입 위해도 - 화학적 진폐증, 열, 오심, 두통, 기억력저하, 의욕상실 등을 유발 ○ 장기 : 경미한 흡입과 피부 흡수 위해성 - 피부염, 각막 훼손 등을 유발하며 수개월 또는 수년 후에 영향(신장기능과 생식기능 손상) - 독성고려 건강보호농도 : 0.2ppm
에틸벤젠 (Ethylbenzene)	360 (1ppm)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고농도 흡입시 폐와 중추신경계, 저농도 장기노출시 내장기관에 영향을 미침 - 5000ppm : 견딜수 없는 자극 유발 - 2000ppm : 즉각적인 심한 눈의 자극, 최루와 같은 경미한 코의 자극 유발

		<ul style="list-style-type: none"> - 1000ppm : 빠르게 내성이 생기는 자극과 취투의 유발 - 200ppm : 일시적인 눈의 자극
스티렌 (Styrene)	300 (0.095ppm)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단기 : 눈, 피부, 코, 호흡기에 자극을 주며 높은 농도에서는 졸리거나 혼수상태를 유발 ○ 장기 : 많이 노출되면 신경, 신장, 폐, 간에 영향을 주며 뇨 중 25ppm이면 중추신경계 영향(발암잠재력 가짐) - 20ppm : 기관지 자극 유발 - 48ppm : 기초마취 현상 발생 - 100ppm : 급성 독성으로 눈, 기도 점막 자극, 중추 신경계 위축
톨루엔 (Toluene)	1,000 (0.268ppm)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단기 : 중추신경계 자극으로 구토, 위에 영향, 신경계 통의 이상(마취) ○ 장기 : 혈뇨증, 단백뇨, 떨림, 구토 유발(간, 신장의 무게 변화) - 노동위생상 허용농도는 100ppm

5. 결론 및 제언

5.1 결론

- 본 연구에서 대구시 내 2개소의 소각장 주변 인근 건강영향을 확인하고 주민과의 위해소통(Risk Communication) 대책을 마련하는데 그 목적을 두고 있음
- 폐기물 소각시설에 대한 위해소통 우수 사례지역을 국내외로 확인하고 건강영향을 확인해 보고자 함
- 전체적인 교차비에 따른 상대위험도(Relative Risk Ratio)를 기준치 대비 최댓값 95%(RME (reasonable maximum exposure))값과 50%(CTE (central tendency exposure))의 (US EPA, 1992)값으로 위해도를 비교하였을 때, 0.89-1.66 정도가 산출되었으며, 초과발암위해도 다사읍의 경우 $0.67E-6$ ~ $1.71E-6$ 으로 산출되었고 현풍읍의 경우 $0.65E-6$ ~ $1.66E-6$ 으로 산출되었음
- AERMOD 모델링을 통해 소각장에서 배출되는 오염물질의 양상을 확인하였으며, 전체적으로 구릉 및 산지지역에 오염물질이 머물러 있다가, 이러한 물질들이 역전층을 타고 날씨가 비가 내리기 직전이나 일교차가 큰 날 산곡풍을 타고 바람 방향에 따라 주변지역에 영향을 줄 수 있는 확률이 높다는 것이 판별됨
- 대구 달성군 다사읍 소재 소각장의 경우 대구 북구 사수동 일대, 대구 달성군 다사읍 서재리 일대, 대구 달서구

신당동 일대, 서대구IC 주변지역이 피해가 우려됨

- 대구 달성군 현풍읍 소재 소각장의 경우 전체적으로 구룡 및 산지는 비슬산이 막고 있어 비슬산 근처 유가읍지역과, 테크노폴리스 동쪽지역, 현풍면 대리, 지리, 구지농공단지, 구지면 수리리, 예현리 지역이 위험지대에 속하게 되었음
- 소각장 연돌 주변 지역은 최대 1.66배 정도의 오염지역이 나타나는 것으로 확인 되었으며, 대부분 5km 범위에서 1.07배 미만으로 낮아지는 것을 확인하였음

5.2 제한점

- 본 연구 측정은 Proto type으로 절차와 방법론에 있어 1회 측정 샘플 수가 매우 부족한 상태에서 측정 분석된 것이므로 결과의 해석에 있어 이에 대한 불확실성을 유념해야 함
- AERMOD 모델링의 경우 날씨에 따라 시시각각 변화될 수 있고 똑같은 데이터를 삽입하여 재실행을 하였을 때 같은 내용이 나올 수 없음(확률적 해석으로 생각 해야함)

5.3 제언

- 소각로 배출시설이 전국에 180여 개소가 있으나 전체적으로 모두 주민들과의 불화가 있는 곳은 아니며, 국외 사례에서도 친환경적으로 운영하는 곳이 많음
- 한정된 국토에 폐기물을 적치하거나 매립으로는 처리 할 수 없으므로 소각로 필요가 시급하다고 할 수 있으나 님비(Not In

My Back Yard)의 현상에 대하여 위해소통(Risk Communication) 기술이 필요한 실정임

- 혐오시설이라는 생각을 가지지 않도록 충분한 소각장 인근 주민들의 이해가 필요하며, 필요시 충분한 보상이 주어져야 함
- 소각로에서 배출되는 오염물질은 대표적으로 다이옥신 중금속 등이 있는데 이러한 물질은 분명 대기오염모니터링에 측정이 불가능한 물질임
- 현재 기술로는 NOx, SOx, 미세먼지 정도는 실시간 모니터링이 적절하며, 다이옥신, 중금속, VOCs, PAHs 등은 외부의 전문기관이 주민들과 소각로 협조아래 공개적으로 투명하게 불시에 점검이 되어야 인근 주민들의 위해소통이 지속적으로 유지됨
- 환경부에서 결정한 기준이 아닌 주민들이 이해할 수 있는 기준치를 자체적으로 설정하고 조례화하여 지역설정에 맞게 함
- 전체적으로 소각로가 친환경이라는 내용은 분명 주민입장이 아닌 기업입장으로 처리하는 담당 공무원 등은 세수확보와 폐기물 처리에만 급급한 현재의 시스템에 인근 주민들이 분노하고 있는 것이므로 이를 충분한 소통으로 주민설명회 이후 차공하는 것이 필요함

5.4 제안

- 환경보건법 제26조 1항에 따라 현재 전국에 유일하게 부재중인 지역거점 환경보건센터를 대구에 건립하여 지역적 특성에 맞는 위해소통 및 과거 낙후된 환경 이미지를 탈피하고 환경 우수지역으로 모범되는 도시로 성장할 수 있도록 마련

- 민간 운영 소각장에서 초기 건설 비용과 이윤에 있어 잘 유치되고 건설 될 수 있도록 주민과 소각장의 위해도 소통(risk communication) 전문가를 섭외하여 운영위원회를 구성함
- 소각장이 주민편의시설이 될 수 있도록 지자체에서는 세금감면 혜택 등의 노력도 필요하며, 민간 운영 소각시설의 주민소통을 지원하는 전담 부서 및 인력을 충원해야 하고, 조례안을 제정하여 타시도와 동일하게 이윤율을 8% 정도로 규제하고 나머지 금액을 주민들에게 배당되어야 함
- 소각장에 친환경이라는 단어를 사용하지 않도록 하며, 자원회수시설이라는 용어로 타시도와 동일하게 적용함
- 주민들과 소각로 협조 아래 주민 불시 점검단을 조직하여 주민들이 이해할 수 있는 범위의 소각시설이 될 수 있도록 노력함
- 기준치는 환경부에서 지정된 기준치가 아닌 주민들이 제안하는 기준치로 설정하는 것이 타당함
- 다이옥신 및 중금속은 주기적으로 공인시험기관에 의뢰 하고 교차분석하여 소각장 인근 주민 건강영향을 주지 않도록 투명하게 감시함
- 대구광역시 내 거점 환경보건센터 등의 국비지원 국가기반 기관이 설립되어 대기오염모니터링을 상시적으로 운영하고 대구광역시 환경보건정책 수립시 이를 적극 홍보함으로 지역 주민이 안심하게 생활할 수 있도록 대구광역시에서도 노력이 필요

6. 참고문헌

- 강병욱, 한진석, 이민도, 이학성, 김종호, 손은성, 백성욱, 2009. 산업단지 대기 중 6가 크롬 농도 특성에 관한 연구. 한국대기환경학회지 제 25권 제 3호. pp. 179-187.
- 김준영, 백성욱, 2019. 영남권 유해화학물질의 대기배출특성-건강위해성을 중심으로. 한국대기환경학회지 제 35권 제 4호. pp. 461-475.
- 박동윤, 최영태, 양원호, 최길용, 이채관. 석유화학단지 주변 주거지역 다환방향족탄화수소(PSHs)의 농도와 Monte-Carlo 모의실험을 통한 위해성평가. 한국환경보건학회지, 47(4), 366-377, 2121.
- 박명규, 최진희, 박희진, 강택신, 이종대, 양원호, 장봉기, 이종화, 손부순. 공업단지 주변 주민들의 주택실내외 VOCs, NO₂ 농도 및 상관성에 관한 연구. 실내환경 및 냄새 학회, 15(1), 84-91, 2016.
- 박진현, 양소영, 박윤경, 류현수, 김은채, 최영태, 허정, 조만수, 양원호. Monte-Carlo 모의실험을 통한 부분 인구집단별 벤젠 및 PM₁₀의 노출 및 위해성평가. 한국환경보건학회, 45(3), 247-257, 2019.
- 환경부, 2021. 환경영향평가서 내 위생·공중보건 항목 작성을 위한 건강영향 항목의 추가·평가 매뉴얼.
- Cimorelli, A.J., Perry, S.G., Lee, R.F., Paine, R.J., Venkatram, A., Weil, J.C., Wilson, R.B., 1996. Current progress in the

- AERMIC model development program. Preprints. In: 89th Annual Meeting Air and Waste Management Association. Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA, pp. 1-27.
- Cimorelli, A.J., Venkatram, A., Weil, J.C., Paine, R.J., Wilson, R.B., Lee, R.F., Peters, W.D., 2003. AERMOD description of model formulation, U.S. EPA Rep. 454/R-03-002d, 85 pp.
- Cimorelli, A.J., Perry, S.G., Venkatram, A., Weil, J.C., Paine, R.J., Wilson, R.B., Lee, R.F., Peters, W.D., Brode, R.W., 2005. AERMOD: a dispersion model for industrial source applications, Part I: general model formulation and boundary layer characterization. *Journal of Applied Meteorology* 44, 682-693.
- JianFei Shuai, SunshinKim, Hyeonsu Ryu, Jinhyeon Park, Chae Kwan Lee, Geun-Bae Kim, Wonho Yang. Health risk assessment of volatile organic compounds exposure near Daegu dyeing industrial complex in South Korea. *BMC Public Health*, 18(528), 1-13, 2018.
- Jinhyeon Park, Wondeuk Jo, Mansu Cho, Jeongil Lee, Hunjoo Lee, Sungchul Seo, Chulmin Lee, Wonho Yang. Spatial and temporal exposure assessment to PM_{2.5} in a community using sensor-based air monitoring instruments and dynamic population distributions. *Atmosphere*. 11, 1284, 2020.
- Kil Yong Choi, BuSoon Son, WonHo Yang. Analysis of Environmental Factors Caused by Exposure to Air Pollution in Yeosu

Industrial Complex: Analyzing Google Trend Trends in Cancer Generation through Big Data. Clinics of Oncology, Volume 4 Issue 2, 2021.

US EPA, 2021. AERMOD model formulation and evaluation. Environmental Protection Agency, United States.

Wonho Yang, Jinhyeon Park, Mansu Cho, Cheolmin Lee, Jeongil Lee, Chaekwan Lee. Environmental health surveillance system for a population using advanced exposure assessment. Toxics, 8, 74, 2020.

7. 부록(국내외 폐기물 처리시설 우수사례_인천광역시의회자료)

7.1 국외 우수사례

7.1.1 중국

CHINA NINGBO ECO INDUSTRIAL PARK-WTE PLANT

- 2억5천만달러를 투자하여 2017년 완공된 생활폐기물처리시설
- 750톤/일 X 3기 (2,250톤/일 규모)
- 증기터빈 50MW, 발전기 60MW
- 히타치조선의 기반 SUS 특허기술인 왕복이동 화격자 시스템은 중국의 지방 폐기물의 특성(저열량, 고수분)에 적합
- (디자인) AIA 디자이너 - 플랜트 정면을 벌집 유리 커튼으로 설계하여 폐기물 처리공정을 꿀벌의 벌꿀제조를 연상케 디자인
- 도시 전역의 쓰레기통에서 쓰레기를 수거하여 소각장으로 운반하고 폐기물을 연소하여 스팀과 전기를 생산하는 과정을 꽃에서 꿀을 모아오는 꿀벌과 벌집에서 꿀을 만드는 과정으로 묘사
- (편의시설) 중국 최초의 폐기물에너지 박물관 - 소각의 발달 과정, 재활용제품, 환경보호 정책 등
- 공원, 농구장, 운동시설, 오락시설 등 주민 무료 개방
- SUS는 2014년 부터 4년간 20개 공장 35,000톤/일 소각시설 설립



CHINA NINGBO ECO INDUSTRIAL PARK-WTE PLANT

珠海市环保生物质热电工程

ZHUHAI ECO-INDUSTRIAL PARK-WTE PLANT



梧州市静脉产业园生活垃圾焚烧发电项目

WUZHOU ECO-INDUSTRIAL PARK-WTE PLANT



宁波市鄞州区生活垃圾焚烧发电项目

NINGBO ECO-INDUSTRIAL PARK-WTE PLANT



沈阳西部垃圾焚烧发电项目

WEST SHENYANG WASTE TO ENERGY PLANT



青岛市小涧湾生活垃圾焚烧发电二期工程项目

QINGDAO XIAOJIANWAN WASTE TO ENERGY PLANT PHASE II PROJECT



榆树市生活垃圾焚烧发电厂项目

YUSHU WASTE TO ENERGY PLANT



太原市循环经济环卫产业示范基地生活垃圾焚烧发电厂PPP项目

TAIYUAN ECO-INDUSTRIAL PARK PPP PROJECT



宣城市第二生活垃圾处理工程

XUANWEI SECOND WASTE TO ENERGY PLANT



7.1.2 일본 도쿄 무사시노

JAPAN MUSASHINO CLEAN CENTER

일본 무사시노 클린센터

- 2013년 착공, 2016년 완공 생활폐기물소각장
- 폐기물 100톤/일 처리
- (디자인) 2017 Good Design Award에서 굿 디자인상 수상
- (건축) 연간 약 2만명 방문
- (편의시설)
 - 쓰레기를 보면서 식사하는 '고미피트바' (기간 이벤트)
 - 시설 주변 이벤트 커뮤니티 공간
 - 태양광패널과 음식물쓰레기를 이용한 옥상 텃밭



JAPAN MUSASHINO CLEAN CENTER

쓰레기 보며 먹고 마시는 다이색 술집

"gomi_pit BAR(쓰레기 피트 바)"



"gomi_pit BAR(쓰레기 피트 바)"는, 무사시노 클린 센터의 "가연 쓰레기 피트"의 유리 너머로 무사시노 대학 미즈타니 도시hiro 연구실 제작의 바 카운터를 설치하고, 24시간 계속 움직이는 쓰레기 크레인을 보면서 먹고 마실 수 있는 기간 한정 바 이벤트입니다. 2018년 12월부터 2019년 2월까지 전 5회 개최

현지의 세어 키친 MIDOLINO_(미드리노)에 의한, 폐기되는 유자를 활용한 칵테일 "유자 페블"을 비롯한, 식품 로스나 환경에 배려한 메뉴, 무사시노 시내의 크래프트 맥주 26K 등을 판매해, 어른의 공장 견학과 함께 호평을 받음



에럴드경제

JAPAN MUSASHINO CLEAN CENTER



JAPAN MUSASHINO CLEAN CENTER



더 많은 시민의 입장 기회를 위해 쓰레기와 환경에 관한 정보를 제공하고 친환경 라이프 스타일을 제안하는 이벤트와 워크샵 등을 개최하고 있음
또한 옥상에는 태양 광 패널 음식물 쓰레기 퇴비를 이용한 정원, 애완 동물 병뚜껑 등의 폐기물 및 매도 종자를 이용한 초지를 정비하고 쓰레기와 환경을 배우는 장소가 있음

<http://mues-ebara.com/about/concept.php#ctc3>

7.1.3 일본 오사카 미시마

JAPAN MISHIMA INCINERATION PLANT

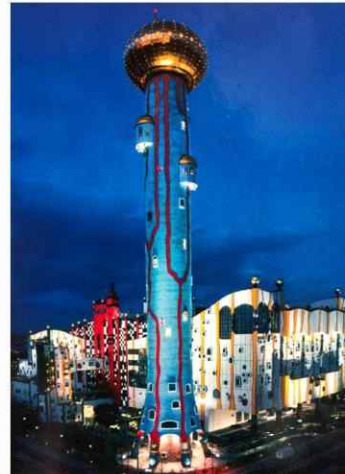
일본 마이시마 소각장

- 오사카시 인공섬 마이시마에 위치한 소각장
- 마이시마는 1988년 수립된 '테크노 포트 오사카 계획'에 의해 만들어진 인공섬 3개중 하나이며, '환경 창조형 모델도시'
- 쓰레기 증가와 노후된 소각장 문제 해소를 위해 2001년 609억엔을 투자하여 일 900톤 처리시설 설치
- 시설 전력은 전량 자체 충당하고 남은 전력은 오사카에 매각하여 연간 약 6억엔 수익 창출
- 오사카시, 야오시, 마쓰하라시의 폐기물 처리
- (디자인) 오스트리아의 유명 건축가 훈데르트바서가 디자인한 독특한 외관으로 오사카를 상징하는 PIMBY시설로 재탄생하였음
- 다양한 친환경 수목 및 식재, 야간경관 조명 등 활용
- (편의시설) 폐기물 처리공정 체험시설, 외부공간을 활용한 공원, 야간경관 조명



오사카마이시마
GOODNEWS

JAPAN MISHIMA INCINERATION PLANT



JAPAN MISHIMA INCINERATION PLANT



JAPAN MISHIMA INCINERATION PLANT



소각장 건립이 발표되자 오사카 주민들의 반발은 거셴다. 주택가와 떨어진 인공섬에 입지가 선정됐지만 더럽고 냄새가 난다는 인식은 수그러들지 않았다.

오사카시는 훈데르트바서가 설계한 오스트리아 비엔나의 '슈피탈라우 소각장'(1991년 완공)에 주목했다. 그가 스케치한 150분의 1의 모형도는 혐오시설이라는 고정관념을 깨뜨렸다.

주변은 공원으로 꾸며져 주민들에게 개방됐고, 학생들에게는 친환경교육장으로 거듭났다.

일본에선 초등학교 4학년 때 의무적으로 환경교육을 한다. 연간 3000명의 학생들이 이곳을 방문, 그림을 그리고 감상문을 쓰고 있다. 학생들의 작품은 소각장 내부에 전시하고 있다.

무라카미 신야 공장장은 "어린이들이 이곳에서 보고 배우면서 부모에게 올바른 쓰레기 분리 배출을 당부할 정도"라며 "오사카 주민들이 반대했던 소각장이 지금은 관광명소가 됐다"고 자랑했다.

마이시마 소각장에는 연간 1만6000명의 관광객이 찾고 있다. 이 중 30%(4800명)는 외국인이다.

출처: 환경신문(2014년 11월 26일) <http://www.korhwa.com>



7.1.4 일본 요코하마 츠루미

JAPAN TSURUMI INCINERATION PLANT

일본 요코하마 츠루미구 WTE 소각장

- 1995년 완공된 시설로서 시설 노후화로 소각시설의 장비 보수를 개선하여 시설 수명 연장과 에너지효율성 개선 등 리노베이션 계획
- 2019년 ~ 2023년까지 진행 예정
- 일 최대 1,200톤 처리(400톤 스토커 3기)
- 도심 가까이에 위치하였으나 악취를 Refuse Bunker에 포집 후, 800~950°C의 소각로에서 분해시켜 악취문제를 해결
- 또한 방음저리를 하여 소음을 저감
- (편의시설) 소각장 옆에 온수풀, 목욕탕, 온실이 있는 노인복지시설을 건설, 소각 여열을 활용하여 온수 공급



MHIEC

BIOENERGY

JAPAN TSURUMI INCINERATION PLANT



요코하마 츠루미(鶴見)소각장은 소각장 옆에 노인복지시설을 건립해 운영하고 있다. 소각 여열을 활용한 온수풀·목욕탕·온실을 개방해 소각장 주변 어르신들의 발길도 계속 이어지고 있다.

연합뉴스

7.1.5 오스트리아

AUSTRIA SPITTELAU INCINERATION PLANT

오스트리아 슈피텔라우 소각장

- 1971년 수도 빈에 2km 반경의 병원 난방과 에어컨 전력제공을 위해 설치되었으나 1987년 대형화재가 발생하여 기능을 상실하고, 주민들은 도시 한가운데 있는 쓰레기소각장 이전을 요구
- 1991년 빈 시장은 다이옥신과 악취가 전혀 발생하지 않는 최첨단 기술을 도입하고, 감시 전광판 설치, 모든 에너지 시민에게 공급하고, 건축 설계를 작가에게 맡겨 예술작품으로 만들 것을 약속하며 설득
- 연간 25만톤 처리, 60MW의 증기 및 6MW의 전기 생산
- (디자인) 1987년 대형화재 발생 후 리모델링을 거세게 반대하여 유명 건축예술가인 훈데르트바서의 설계를 통해 혐오시설인 소각시설을 기술, 환경, 예술이 조화를 이루는 건축물이 되어 랜드마크가 됨
- 시설 외관의 디자인은 모두 재활용품으로 제작
- 연간 50~60만명의 관광객이 방문
- (편의시설) 비엔나시 아파트 37%(6만여 세대)에 지역난방 공급

[통신One]도시 한복판 쓰레기 소각장이 관광명소



머니투데이

AUSTRIA SPITTELAU INCINERATION PLANT



AUSTRIA SPITTELAU INCINERATION PLANT



1987

1991

<http://plastics-themag.com/The-Spittelau-incinerator-symbiosis-of-technology-ecology-and-art>



AUSTRIA SPITTELAU INCINERATION PLANT



7.1.6 덴마크

DENMARK AMAGER BAKKE INCINERATION PLANT

- 40년이 지난 한계수명의 열병합발전소를 대체할 차세대 발전소 건설과정에서 코펜하겐에서 보이는 발전소 건물이 흉물스러운 공업시설로 낙인찍힐 것을 우려해 건축 공모전을 개최
- 6억 7천만달러를 소요하여 설치, 2017년 가동 개시
- 일 1200톤 처리, 157~247MW 난방열 63MW의 전기 생산
- (디자인) 비야케 잉겔스 그룹에서 디자인하였으며, 발전소 여러 동을 높이 순으로 이어 붙이고 그 위에 스키 슬로프를 얹는 파격적인 설계를 공모전에 선보였음
- (편의시설)
 - 사계절 즐길수 있도록 특수 마감재를 사용한 스키 슬로프,
 - 85m 높이의 암벽등반장, 3,000m²의 등산로,
 - 굴뚝 전망대 카페 등, 엘리베이터나 등산로는 무료로 개방
- 소각장에서 탄소를 1톤 저장할 때 마다 도넛 모양 수증기를 굴뚝에서 배출하는 이벤트 계획



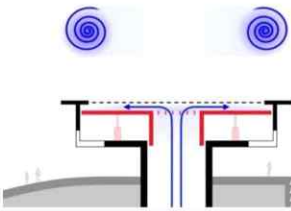
The New York Times

DENMARK AMAGER BAKKE INCINERATION PLANT



<https://www.dezeen.com/2019/02/18/copenhill-amager-bakke-hip-ski-slope-copenhagen-energy-plant/>

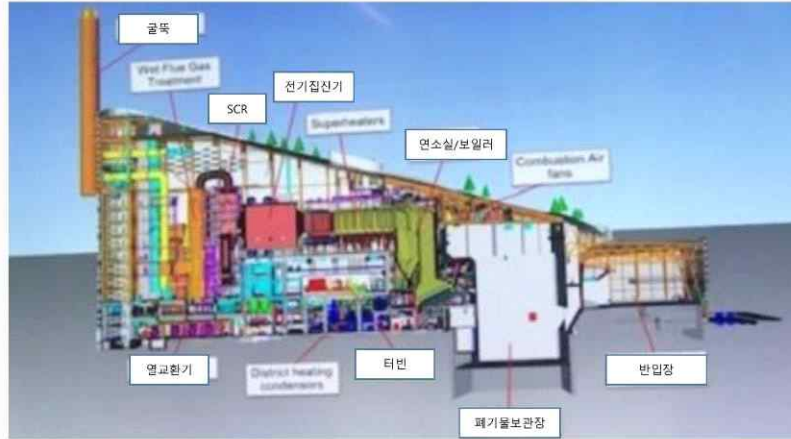
DENMARK AMAGER BAKKE INCINERATION PLANT



DENMARK AMAGER BAKKE INCINERATION PLANT



DENMARK AMAGER BAKKE INCINERATION PLANT



<https://www.planningreport.com/file/amager-bakke-2-edited.jpg-1>

7.1.7 프랑스

FRANCE ISSEANE INCINERATION PLANT

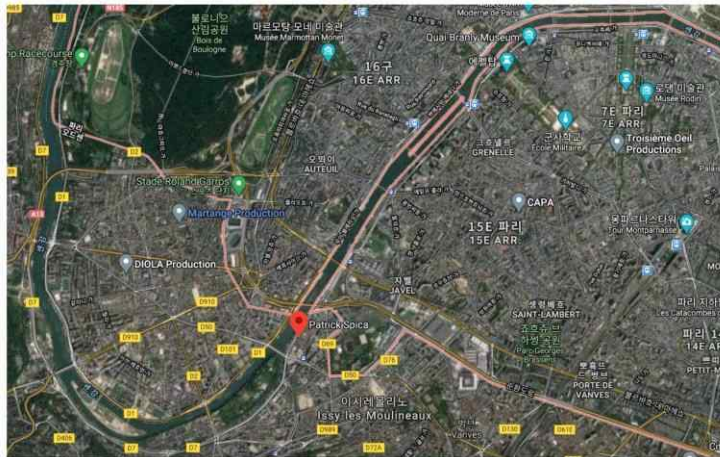
프랑스 이세안 소각장

- 5억 8천 7백만 유로 소요하여 설치, 2008년 가동개시
- 연간 46만톤(50톤/시x2기) 처리, 시간당 200톤의 증기 생산
- (디자인) '연기없는 소각장' 을 표방하여 소각시설 굴뚝을 잘 보이지 않게 설계하고, 소각동 전면 2단 나무식재
- 배기가스를 여러 단계의 필터에 통과시켜 증기로 인해 발생하는 연기를 최소화해 육안식별이 어려움
- 수거차량 진입로를 지하화 하여 외부 노출을 최소화
- 도로인접부에 유리외장재를 활용하여 투명성 강조
- (편의시설) 지붕 공원 조성, 주변 도로 및 거리 녹화, 79,000세대에 지역난방 열 공급



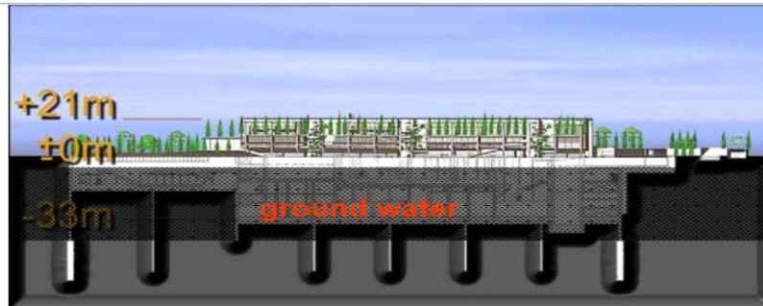
<https://futureviro.es/en/urbaser-environnement-wins-the-operating-contract-for-the-isseane-waste-to-energy-plant/>

FRANCE ISSEANE INCINERATION PLANT



FRANCE ISSEANE INCINERATION PLANT

Isséane – The Project: general - location 4

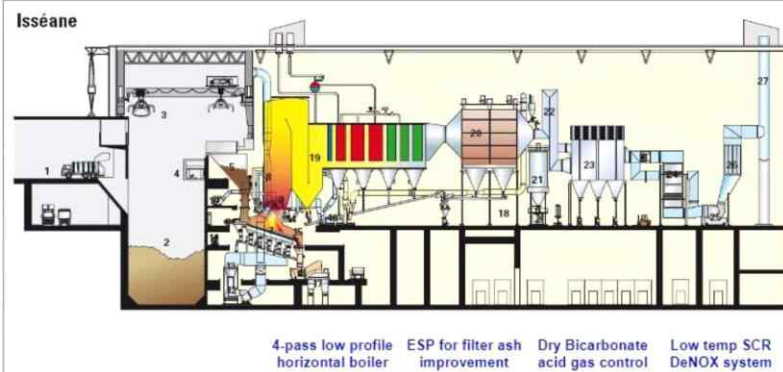


- Total building almost 2/3 in the ground
- Total building height including stacks: 55 m (180 ft)

<http://docplayer.net/49080927-The-isseane-plant-in-paris-integrating-an-energy-for-waste-plant-into-a-major-city.html>

FRANCE ISSEANE INCINERATION PLANT

Isséane – The Project: design – process 2



4-pass low profile horizontal boiler ESP for filter ash improvement Dry Bicarbonate acid gas control Low temp SCR DeNOX system

<http://docplayer.net/49080927-The-isseane-plant-in-paris-integrating-an-energy-for-waste-plant-into-a-major-city.html>

7.2 국내 우수사례

7.2.1 이천

동부권광역자원화시설(이천)

- 이천시는 1995년부터 자치 소각시설 건립을 추진했으나, 지역주민 반발로 진전이 되지 못하다가 2003년 경기도와 5개시군이 광역자원회수시설 건립에 합의
- 931억원을 투자해 2008년 9월 일 300톤 규모 준공
- 이천, 광주, 하남, 여주, 양평 5개 시군 광역 처리
- 5개 시군 광역시설로 설계하여 건립비용 2000억원 절감
- 소각폐열은 시간당 8,200kw로 타 시설에 비해 약 2.5배 높음
- (디자인) 이천의 특산물인 이천쌀의 이미지를 형상화
- (편의시설) 이천시 최초 복합체육시설 '이천 스포츠센터'
 - 1일 2천명 이용
 - 수영장, 사우나, 헬스장, 에어로빅, 놀이터, 게이트볼장,
 - 인라인스케이트장, 축구장, 테니스장, 배드민턴장, 족구장,
 - 카페테리아, 식물원



<https://www.dongbuntech.co.kr/performance>

동부권광역자원화시설(이천)



http://www.dicopenija.co.kr/photobox/comm/community.do?_method=view&GAL_IDX=10101200073376

7.2.2 아산

아산 환경과학공원

- 아산시는 1995년부터 쓰레기 소각장 부지 선정에 총력을 기울였으나 지역 주민 반대로 6차례 입지선정 무산/취소 반복
- 2005년 최첨단 소각시설 설치 계획, 주변에 대규모 타워와 생태식물원, 주민휴식공원, 체육시설 등 신개념 복합타운 건설을 계획하여 발표하자 6개 지역이 신청을 하여 입지선정위원회에서 결정
- 소각장 명칭을 공모하여 최종 '아산환경과학공원'으로 변경
- 2005년 ~ 2011년(6년간) 1169억원 투자, 건립
- (편의시설) 장영실과학관, 청소년 환경체험 테마학습장, 생태곤충원, 건강문화센터
- 아산환경과학공원은 쓰레기소각장을 과학과 생태가 공존하는 문화복합공간으로 그린인프라의 사례로 조명



아산시 관계자는 "소각장 주변에 체험학습이 가능한 환경과학공원을 조성해 일일 평균 1000여명 이상이 찾는 명소가 성장했다"며 "주민 반대로 한때 소각장 건립이 지연됐지만, 지금은 주민들이 다양한 지원사업을 받기 위해 소각장 증설을 요구할 정도로 자리를 잡았다"고 말했다.

경향신문 중앙일보

충청투데이

아산 환경과학공원



7.2.3 익산

익산 신재생자원센터/문화체육센터

- 익산시는 2009년 10여년 동안의 숙원사업이었던 익산신재생 자원센터를 3년간의 공사기간을 거쳐 준공
- 소각시설 200톤/일 처리
- 폐열은 익산문화체육센터에서 사용하고, 남은 전력을 한전에 판매해 10억7천만원의 경제적 효과
- 2012년 주요설비 개선으로 열병합발전시스템 특허 출원
- 2012년, 2019년 환경부 우수사업장 선정
- (편의시설)
 - 본관 체육공간: 수영장, 헬스장, 에어로빅, 스쿼시, 요가
 - 본관 편익공간: 찜질방, 소극장
 - 야외 체육공간: 축구장, 테니스장



<http://blog.daum.net/ksmedps/13>

2019년 환경부 평가 전국우수시설로 지정된 익산 문화체육센터는 유리온실, 축구장, 수영장, 헬스장 운영을 통해 일일 평균 이용객 2200여명이 찾는 지역명소로 거듭났다.

충청투데이

익산 신재생자원센터/문화체육센터



<http://blog.daum.net/ksmedps/13>



<https://blog.naver.com/openmtb/220356755586>



<http://www.iscnews.com/news/articleView.html?idxno=462086>

7.2.4 하남

하남 유니온파크 · 유니온타워

- 2011년 ~ 2015년까지 3,031억원 투자 건립
- 세계 최초 하수 및 폐기물처리시설 복합시설 지하화
- (하수처리시설) 하수처리장 32,000톤/일
- (소각시설) 48톤/일
- (음식물자원화시설) 80톤/일
- (재활용품선별시설) 50톤/일
- (생활폐기물압축시설) 60톤/일
- (적환장) 4,500m³
- (공원화시설) 산책로, 물놀이 시설, 잔디광장, 생태연못, 하남유니온타워 105m
- (주민편익시설) 탁구장, 배드민턴장, 테니스장, 농구장, 풋살장, 족구장, 게이트볼장



출처 : 하남시청

하남 유니온파크 · 유니온타워

지상시설 배치도



지하시설 배치도



출처 : 하남시청

하남 유니온스퀘어 · 스타필드 하남



- 하남시는 2011년 환경기초시설 착공 이후
- 2013년 10월 하남 유니온스퀘어(스타필드) 착공을 앞두고
- 2013년 9월 환경기초시설 명칭을 유니온파크, 유니온타워로 명칭 변경
 - 하남시는 인근에 조성되는 대규모 쇼핑몰인 '하남유니온스퀘어'와 통일감과 동질감 등을 부여하기 위해 2013년 9월 시민 공모를 통해 명명됐다고 설명
- 그러나 2016년 9월 완공예정인 유니온스퀘어는 완공 6개월 전에 '스타필드하남'으로 명칭을 변경
 - 하남 환경기초시설과의 동질감과 연계성이 사라지는 요인
- ❖ 그럼에도 최대 남비시설(환경기초시설)의 현대화와 최대 핼피시설(대형쇼핑몰)과의 연계성을 통한 도시의 랜드마크 추진 사례 주목 필요

7.2.5 은평

은평 환경플랜트

- SH공사는 폐촉법에 의거 은평뉴타운 택지개발(2007년 입주)에 따른 폐기물 소각시설 설치 추진
- 2006년 12월 ~ 2008년 10월 설치 (610억원)
- 2011년 은평구청 인수
- 생활폐기물 소각시설 48톤/일 1기
- (형식) 가스화용융 타입
- (편의시설) 수송관로 29.1km, 투입구 493개



에코타임스

은평 환경플랜트



가톨릭대학교 은평성모병원



롯데몰 은평

- 2011년 은평뉴타운내 종합병원 유치 건립 확정
 - 2014년 12월 은평 성모병원 착공 / 2018년 준공
 - 2014년 3월 은평구는 롯데자산개발과 업무협약 체결
 - 2014년10월 서울시는 롯데몰 은평 신축사업 계획안 승인
 - 2014년 12월 롯데몰 착공, 2016년 12월 준공
- ❖ 은평뉴타운 환경플랜트는 택지개발에 따라 설치된 시설로서 서울시 지하철 3호선 역세권 지역에 위치하고 있고, 대형 종합병원과 대형 쇼핑몰이 300m 반경안에 위치하는 특별한 사례

은평 환경플랜트



7.2.6 평택

평택 에코센터

- 평택시 고덕국제신도시 내에 위치한 평택에코센터 건립
- BTO방식으로 추진, 15년 평택시에 기부채납
- 2016년 7월 ~ 2019년 12월 설치 (2천799억원)
- (SRF 전처리 및 열병합 발전) 250톤/일
- (재활용선별시설) 50톤/일
- (음식물바이오가스화시설) 210톤/일
- (하폐수 및 소화슬러지 처리시설) 184톤/일
- (편의시설) 수영장, 워터파크, 찜질방, 스피라이더극장, 야구장, 게이트볼장, 그라운드골프장, 다목적스포츠센터



출처 : 평택시청/평택이오스주식회사

평택 에코센터



평택 에코센터

(실내) 1층 주요시설	(실내) 2층 주요시설	(야외) 주요시설
 <p>[다목적체육관]</p> <ul style="list-style-type: none"> 배구, 배드민턴 및 다목적 운영이 가능한 체육관 하부 바닥방진 및 차음설계 	 <p>[찜질방]</p> <ul style="list-style-type: none"> 운동 후 피로 개선 지역 주민 화합의 장 	 <p>[야구장]</p> <ul style="list-style-type: none"> 지역사회 이용자 중심의 생활체육 규격 : 중앙 83m, 사이드 77m 안전헬스, 조명탑, 덕아웃, 보호매트 민조잔디 포장
 <p>[물놀이시설]</p> <ul style="list-style-type: none"> 성인용 25m 원형유아용 워터슬라이드 바켓 웨이브풀 	 <p>[4D입체영상체험관]</p> <ul style="list-style-type: none"> 4D 입체영상 체험관을 통한 홍보영상 및 영화 관람 생활쓰레기 처리 과정 및 에너지 생산과정 	 <p>[그라운드골프장]</p> <ul style="list-style-type: none"> 지역주민의 여가 활동의 장 지역주민 연령대 고려한 생활체육 시설 조성
 <p>[사우나]</p> <ul style="list-style-type: none"> 운동 후 피로 개선 지역 주민 화합의 장 	 <p>[옥상조경]</p> <ul style="list-style-type: none"> 녹지공간 확보로 휴식공간 제공 에너지 무하 절감 효과로 친환경성 증대 	 <p>[게이트볼장]</p> <ul style="list-style-type: none"> 지역주민의 여가 활동의 장 지역주민 연령대 고려한 생활체육 시설 조성