

# 소각시설이 주변지역에 미치는 영향 : 사례조사를 중심으로

윤하연 / 연구기획실장  
윤세미 / 경제환경연구부 선임연구원

## 배경과 목적

- 수도권매립지는 2025년 사용종료 예정으로 인천광역시는 친환경 자원순환정책으로의 전환이 필요한 시점임.
- 수도권매립지 종료는 인천형 뉴딜 대표과제로 뽑힌 시민들이 염원하는 정책이지만 매립지 종료를 위해 필요한 폐기물처리시설 확충은 주민 기피로 입지선정에 어려움 겪고 있음.
- 이에 수도권매립지 폐기물 반입현황과 소각시설이 주변지역에 미치는 영향을 객관적 자료를 근거로 검토함으로써 인천광역시의 자원순환정책 전환에 도움을 주고자 함.

## 정책제안

- 유럽 다수의 국가들은 엄격한 매립기준을 적용하여 최소한의 소각재와 불연성폐기물만을 매립하는 친환경 매립방식을 적용함으로써 주변 환경에 미치는 영향을 최소화하고 있음. 이에 매립지 주변지역 환경개선과 자원순환 정책 실현을 위하여 폐기물 직매립 금지 및 매립기준 강화를 제안함.
- 유럽의 도심내 소각시설을 중심으로 소각시설이 주변지역에 미치는 영향을 분석한 결과, 오염물질 배출 수치는 환경기준보다 매우 낮은 것으로 나타났으며 현대화된 소각시설의 경우 대기질과 주민건강에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타남.
- 서울시 자원회수시설 주민건강영향조사의 연도별 혈중 다이옥신 농도를 검토한 결과, 소각시설 근로자 및 주변지역 주민, 참고지역 주민간에 뚜렷한 차이를 관찰할 수 없었으며, 혈중 내 다이옥신 농도는 6.63pg-TEQ/m<sup>3</sup>로 일반인의 평균 다이옥신 농도보다 현저히 낮은 수준으로 조사됨.

# 1 매립폐기물 저감 및 매립지 주변지역 환경개선 방안

## ◆ 수도권매립지의 폐기물 종류별 반입현황 및 성상

- 수도권매립지로 반입되는 폐기물은 생활폐기물과 사업장폐기물로 구분되며 사업장폐기물에는 사업장생활계폐기물, 상수오니, 고형화오니 등의 사업장배출시설계폐기물과 혼합건설폐기물 등이 포함됨.
- 2020년 수도권매립지 반입폐기물은 총 2,995톤/일로 폐기물 종류별로는 혼합건설폐기물 및 건설폐기물 중간처리잔재물이 42.6%, 생활폐기물이 25.0%로 전체 반입량의 67.5%를 차지하고 있어 이들 폐기물에 대한 반입량 저감 노력이 필요할 것으로 판단됨.

[표 1] 2020년 폐기물 종류별 수도권매립지 반입현황

(단위 : 톤/일)

구분		합계	서울	인천	경기	
생활폐기물		748.2(25.0%)	343.8(28.8%)	112.2(17.3%)	292.2(25.4%)	
사업장 폐기물	사업장 생활계	자가	10.5	1.9	1.0	7.5
		하수준설토	4.5	-	-	4.5
		폐비닐	13.1	13.1	-	-
	사업장 배출 시설계	상수오니	35.9	-	22.6	13.3
		고형화오니	416.0	189.1	86.9	140.0
		중간처리잔재물	751.5(25.1%)	33.7(2.8%)	283.2(43.6%)	434.6(37.8%)
		기타	55.7	2.5	14.5	38.7
		하수오니	0.8	-	-	0.8
		광채등17종	5.3	-	0.1	5.2
		생활소각재	52.0	50.1	0.1	1.7
폐합성수지		-	-	-	-	
혼합건설폐기물		525.4(17.5%)	338.6(28.3%)	44.2(6.8%)	142.7(12.4%)	
연탄재		12.6	2.2	1.8	8.6	
탈리액		221.8	164.4	57.4	-	
음폐수		141.7	55.4	25.5	60.9	
총합계		2,995.1(100%)	1,194.8(100%)	649.6(100%)	1,150.7(100%)	

자료 : 인천시 내부자료

- 지역별로는 서울시 39.9%, 경기도 21.7%, 인천시 38.4%로 서울시 반입폐기물이 가장 많음. 서울시 반입량은 생활폐기물이 28.8%, 혼합건설폐기물 28.3%, 고형화오니 15.8% 순으로 나타남. 인천시와 경기도는 건설폐기물 중간처리잔재물이 각각 43.6%와 37.8%로 가장 높은 비율을 차지함.
- 이는 서울 등 다양한 지역에서 배출된 혼합건설폐기물이 다수의 건설폐기물 중간처리업체가 입지하고 있는 인천시와 경기도에서 중간처리된 후 중간처리잔재물로 매립지로 반입되고 있기 때문으로 판단됨.
- 수도권매립지 반입폐기물의 상당 부분을 차지하는 생활폐기물과 건설폐기물의 반입량 저감을 위하여 폐기물의 물리적 조성 및 성상을 살펴본 결과, 생활폐기물은 가연성폐기물이 91.1%, 건설폐기물은 가연성폐기물이 34.8%로 높은 비율을 차지하고 있으며 발열량 또한 생활폐기물 3,935kcal/kg, 건설폐기물 4,066kcal/kg로 높게 나타남.
- 가연성폐기물은 중간처리를 통하여 재활용 및 에너지회수가 가능한 폐기물로 수도권매립지의 반입량 저감을 위해서는 가연성폐기물의 직매립을 제한하고 매립기준을 강화함으로써 가연성폐기물의 재활용과 에너지회수를 유도할 필요가 있음.

[표 2] 수도권매립지 반입 생활폐기물 물리적 조성 및 발열량

구분	가연성 (%)	불연성 (%)	원소조성(%)					삼성분(%)			발열량(kcal/kg)		
			탄소 (C)	수소 (H)	산소 (O)	질소 (N)	황 (S)	수분	가연분	회분	고위	저위	
생활폐기물	2015	94.3	5.7	48.1	6.6	33.2	1.0	0.0	17.3	72.9	9.8	4,322	3,863
	2016	93.3	6.7	52.4	7.6	32.7	1.1	0.0	20.3	70.1	9.6	4,429	3,899
	2017	93.4	6.6	54.6	7.9	30.4	0.8	0.0	19.2	71.8	9.0	4,152	3,622
	2018	94.0	6.0	47.7	6.4	25.0	0.6	0.1	16.3	68.9	14.8	4,331	3,884
	<b>2019</b>	<b>91.1</b>	<b>8.9</b>	<b>53.2</b>	<b>7.8</b>	<b>28.4</b>	<b>0.9</b>	<b>0.1</b>	<b>23.3</b>	<b>69.9</b>	<b>7.8</b>	<b>4,489</b>	<b>3,935</b>
건설폐기물	2015	40.6	59.4	50.3	6.9	36.5	0.8	0.1	19.5	31.6	32.6	4,258	3,766
	2016	40.6	59.4	51.6	7.7	31.7	1.0	0.8	16.8	66.1	17.1	4,650	4,136
	2017	41.6	58.4	49.4	6.9	34.9	1.1	0.8	19.2	63.6	17.2	4,362	3,847
	2018	43.3	56.7	49.3	7.2	24.1	0.5	0.9	13.4	68.2	18.4	4,501	4,230
	<b>2019</b>	<b>34.8</b>	<b>65.2</b>	<b>50.3</b>	<b>7.0</b>	<b>29.1</b>	<b>0.8</b>	<b>1.4</b>	<b>15.1</b>	<b>67.6</b>	<b>17.4</b>	<b>4,535</b>	<b>4,066</b>

자료 : 수도권매립지공사(2020), 2019 수도권매립지 통계연감

◆ 수도권매립지 건설폐기물 반입기준

- 건설폐기물은 「건설폐기물 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙」 제5조에서 건설폐기물의 배출, 수집·운반 및 보관, 중간처리에 관한 구체적인 기준 및 방법을 정하고 있으며 이에 따라 건설폐기물은 재활용, 소각 가능성, 매립 필요성 여부에 따라 종류별 처리방법별로 배출하도록 규정하고 있음.
- 수도권매립지 반입량이 많은 혼합건설폐기물은 철거 과정에서 배출되는 건설폐기물 중 둘 이상의 건설폐기물이 혼합된 것으로 다음과 같은 기준에 맞게 혼합된 경우로 한정하고 있음.
  - 불연성 건설폐기물에 가연성 건설폐기물과 그 밖의 건설폐기물이 혼합된 상태로 불연성 건설폐기물을 제외한 건설폐기물의 함유량이 중량 기준으로 5퍼센트 이하일 것
  - 불연성 건설폐기물을 제외한 가연성 건설폐기물과 그 밖의 건설폐기물이 혼합된 상태로 가연성 건설폐기물의 함유량이 중량 기준으로 5퍼센트 이하일 것
- 반면, 수도권매립지의 건설폐기물 반입기준은 가연성폐기물의 혼합비율을 부피비 기준 20% 미만으로 정하고 있으나 육안 감시에만 의존하고 있음. 중량 기준으로는 등록된 차량의 1년 평균 반입 중량의 85% 미만의 폐기물 반입을 금지하고 있어 건설폐기물 재활용 관련 규칙의 가연성폐기물 함유량의 중량기준 5% 이하 기준보다 느슨한 기준을 적용하고 있음.
- 이에, 인천시 소재 건설폐기물 중간처리업체의 중간처리잔재물내 가연성폐기물 함량에 대한 자체실험 결과, 부피비 기준 20%와 중량기준 5% 이하 기준을 모두 만족하지 못하고 있는 것으로 조사됨에 따라 건설폐기물 재활용 관련 규칙 준수를 위한 감시 및 관리 강화가 필요할 것으로 판단됨. 본 조사는 건설폐기물 중간처리잔재물에 대한 실험결과로 혼합건설폐기물의 가연성 폐기물 함량은 더욱 높을 것으로 판단됨.

[표 3] 중간처리잔재물 가연성 함량 실험결과

시료	측정기준	가연물	불연물	혼합물	가연물 비율
1	부피기준(cm)	11	7.5	6	44.9%
	중량기준(g)	419	2,225	957	16.3%
2	부피기준(cm)	14	11	21	30.4%
	중량기준(g)	327	1,461	2,760	17.8%

자료 : 인천광역시 내부자료(2020)

● EU 국가의 엄격한 매립기준

- 유럽연합 소속 다수의 국가들은 폐기물을 소각, 재활용한 후 최소한의 폐기물만을 매립하도록 규정하고 있음.
- 스위스는 2000년 모든 재활용 및 가연성폐기물은 법적으로 소각해야 한다는 법령을 제정하여 가연성폐기물의 직매립을 금지하고 있으며, 독일, 벨기에, 오스트리아 등은 폐기물내 유기물질의 함량을 나타내는 총유기탄소(TOC) 및 발열량 등 구체적인 매립금지 항목과 항목별 기준치를 제시하고 있음.
- 특히, 오스트리아의 매립지침은 모든 폐기물에 대하여 중량 기준으로 TOC 5% 이하이거나 MBT시설에서 발생한 잔재물의 경우 잔재물의 발열량 6,600kJ/kg (1,577kcal/kg) 이하일 때 매립이 가능하며, MT시설에서는 TOC 8% 이하이고 발열량 6,600kJ/kg 이하일 때 매립이 가능하도록 규정함.
- 수도권매립지로 반입되는 폐기물의 가연성폐기물 함량은 생활폐기물은 91.1%, 건설폐기물은 34.8%, 발열량은 생활폐기물 3,935kcal/kg, 건설폐기물 4,066kcal/kg로 유럽의 매립기준과 비교하면 매우 높은 수준임을 알 수 있음.

[표 4] 국가별 매립금지 항목 및 기준치

구분	TOC	발열량	감열감량	비고
스위스	가연성폐기물	-	-	2000년 이후 금지
독일	가연성폐기물	3% 이하	-	2005년 5월
	MBT폐기물	-	6,600kJ/kg 이하	1,577kcal/kg이하
	MT폐기물	8% 이하	-	1,577kcal/kg이하
벨기에	가연성폐기물	6% 이하	-	10% 이하 플랑드르 왈로니아 (TOC 기준만 제시)
덴마크	가연성폐기물	3% 이하	-	-
오스트리아	전체폐기물	5% 이하	-	-
	MBT폐기물	-	6,600kJ/kg 이하	1,577kcal/kg이하
	MT폐기물	8% 이하	6,600kJ/kg 이하	1,577kcal/kg이하
노르웨이	전체폐기물	10% 이하	-	20% 이하 생분해성폐기물 금지
핀란드	유기성폐기물	10% 이하	-	-
	건설폐기물	-	-	2020년 1월1일 시행 2020년 1월부터 금지
이탈리아	전체폐기물	-	13,000kj/kg이하	-

자료 : CEWEP(2020), Landfill tax and bans overview

## ● 매립폐기물 저감 및 매립지 주변지역 환경개선 방안

- 유기물질 등 가연성폐기물이 다량으로 포함된 폐기물의 매립과정에서 가장 큰 문제는 재활용을 통한 자원순환 및 에너지 회수 등 자원화가 가능한 자원을 단순매립 처리함으로써 자원의 낭비를 초래한다는 점임.
- 가연성폐기물을 포함한 폐기물을 직매립할 경우, 다량의 폐기물을 매립하기 위한 넓은 면적의 매립부지를 필요로 함으로써 국토가 좁고 도시화율이 높은 일본이나 우리나라에서는 지속가능한 폐기물 처리방법이 아니며 전 지구적인 자원순환 정책에도 역행하는 것임.
- 특히, 가연성폐기물이 다량으로 포함된 폐기물은 매립 후 분해과정에서 발생하는 악취와 침출수로 인하여 주변지역 환경에 악영향을 미칠 수 있어 이를 적절하게 관리하는 데는 많은 비용과 시간이 소요됨. 또한, 폐기물 운반차량으로 인한 먼지 등 대기오염물질 발생으로 폐기물 수송도로와 매립지 주변지역의 생활여건 악화를 초래할 수 있음.
- 이와 같이 폐기물 매립이 야기할 수 있는 많은 문제에도 불구하고 수도권매립지로 매립되는 생활폐기물 중 91.1%는 폐기물의 감량이나 재활용, 에너지 회수가 가능한 가연성폐기물이 직매립되고 있으며 건설폐기물 또한 가연성폐기물 비율과 발열량이 상당한 것으로 조사됨.
- 이에 폐기물 매립량 최소화와 매립지가 주변지역에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 생활폐기물은 재활용 활성화를 통한 물질회수와 에너지회수 과정을 거친 최소한의 소각재와 불연성폐기물만을 매립토록하고 건설폐기물은 건설폐기물 관련 규칙에서 규정하고 있는 처리기준을 준수토록 함으로써 건설폐기물의 감량과 재활용을 유도할 필요가 있음.
- 더불어 가연성폐기물의 에너지화를 통한 전력생산 및 지역난방 공급 등 재생에너지로의 이용 확대는 화석연료의 사용을 줄이고 온실가스 감축과 기후변화 대응에도 기여할 것으로 판단됨.
- 유럽 다수의 나라들은 이미 오래전부터 가연성폐기물의 직매립을 금지하고 최소한의 소각재와 불연성폐기물만을 매립하는 친환경 매립방식을 적용함으로써 매립폐기물을 최소화하고 매립지 주변환경에 미치는 영향을 최소화하도록 매립지를 설계하여 운영되고 있음.

## 2 유럽의 도심내 소각시설 운영 사례

### ● 파리시

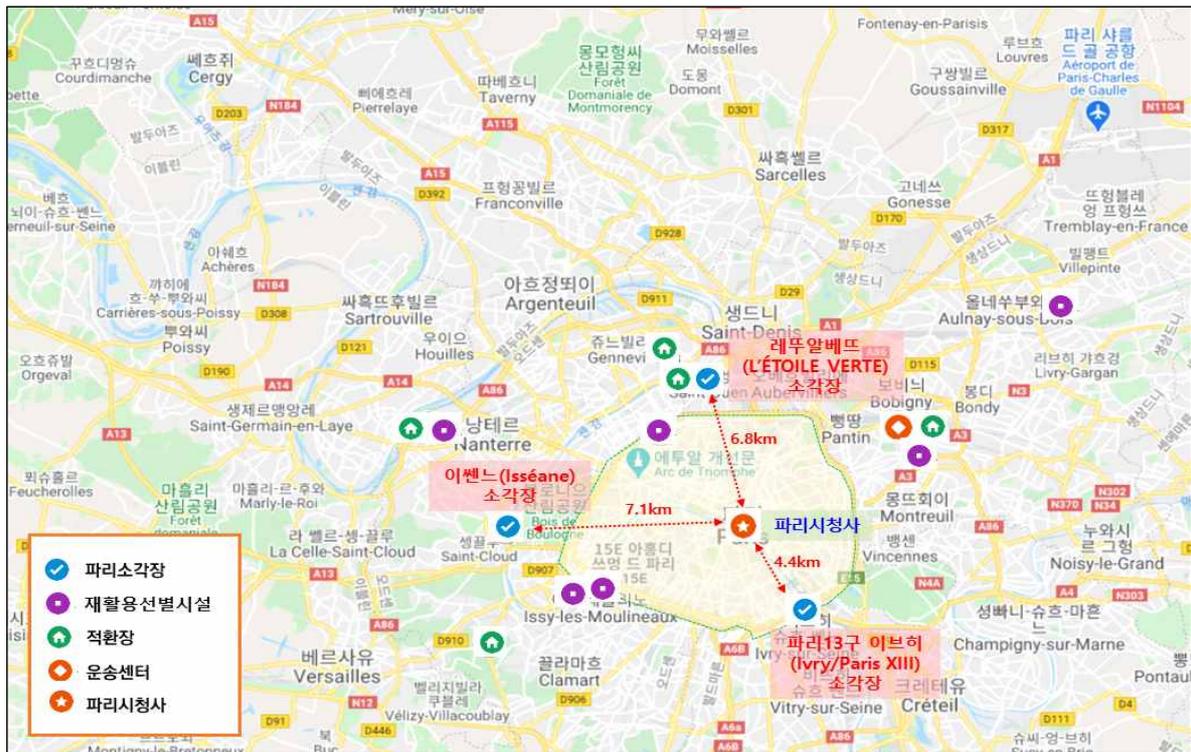
- SYCTOM(SYCTOM: Syndicat Intercommunal de Traitement des Ordures Managers)은 쓰레기 문제를 조직적으로 해결하기 위해 1984년 설립된 공공기관으로 유럽 최대 공공 폐기물 처리 조합임.
  - SYCTOM은 파리시와 인근 지자체들의 상호 조합으로 약 600만명의 주민을 대상으로 12개 지역, 85개 지자체로 구성되어 있음.
  - SYCTOM은 매년 230만톤(6,301톤/일)의 폐기물을 처리하고 있으며, SYCTOM 산하 소각시설로 반입된 폐기물은 증기와 전기로 재활용되고 있음.
  - 생산된 증기는 대부분 공동건물, 학교 및 대학, 병원 등에 난방으로 공급하는 파리도심 난방회사(CPCU: Compagnie Parisienne de Chauffage Urbaine)로 판매되고 지하배관을 통하여 직접 운송되며, 소각시설에서 얻어진 전력은 우선적으로 처리장 내 시설 가동을 위해 사용되고 남은 전력은 프랑스 전력공사(EDF)에 판매함.
  - 운영 중인 처리시설은 6개 재활용품 선별시설(centre de tri), 1개 운송센터(centre de transfer), 5개 적환장(dechetterie), 3개 소각시설(Centre d'incinération)로 구성되어 있음.
- SYCTOM에서 운영 중인 소각시설은 총 3개소로 파리 시청사로부터 4.4km~7.1km 떨어진 도심에 위치하고 있으며, 현대화 사업을 통하여 소각시설을 지속적으로 운영함.

[표 5] 쓰레기 처리장 구성

구분	주요내용
재활용품선별시설 (centre de tri)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : Isséane, Romainville, Nanterre, Paris XV, Paris XVII, Sevran</li> <li>• 재활용을 위한 분리수거 폐기물 처리장</li> </ul>
운송센터 (centre de transfer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : Romainville</li> <li>• 생활폐기물과 폐가구, 전자제품 등 부피가 큰 폐기물을 위한 처리장</li> <li>• 생활폐기물: 쓰레기장과 소각시설로 운송</li> </ul>
적환장 (dechetterie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : Romainville, Saint-Ouen, Nanterre, Gennevilliers, Meudon</li> <li>• 일반적으로 분리수거의 범위에 들어가지 못하는 폐기물의 적환장소이나 일반 재활용 폐기물도 많은 부분 적환</li> <li>• 분리센터나 생산공장으로 운송하기 전 거치는 장소</li> </ul>
소각시설 (Centre d'incinération)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : Isséane, Ivry/Paris XIII, Saint-Ouen</li> <li>• 3개 소각시설을 운영 중</li> <li>• 소각시설에서 발생하는 여열은 난방과 전력으로 재활용</li> </ul>

자료 : SYCTOM(<https://www.syctom-paris.fr>)

[그림 1] SYCTOM 폐기물처리시설 위치



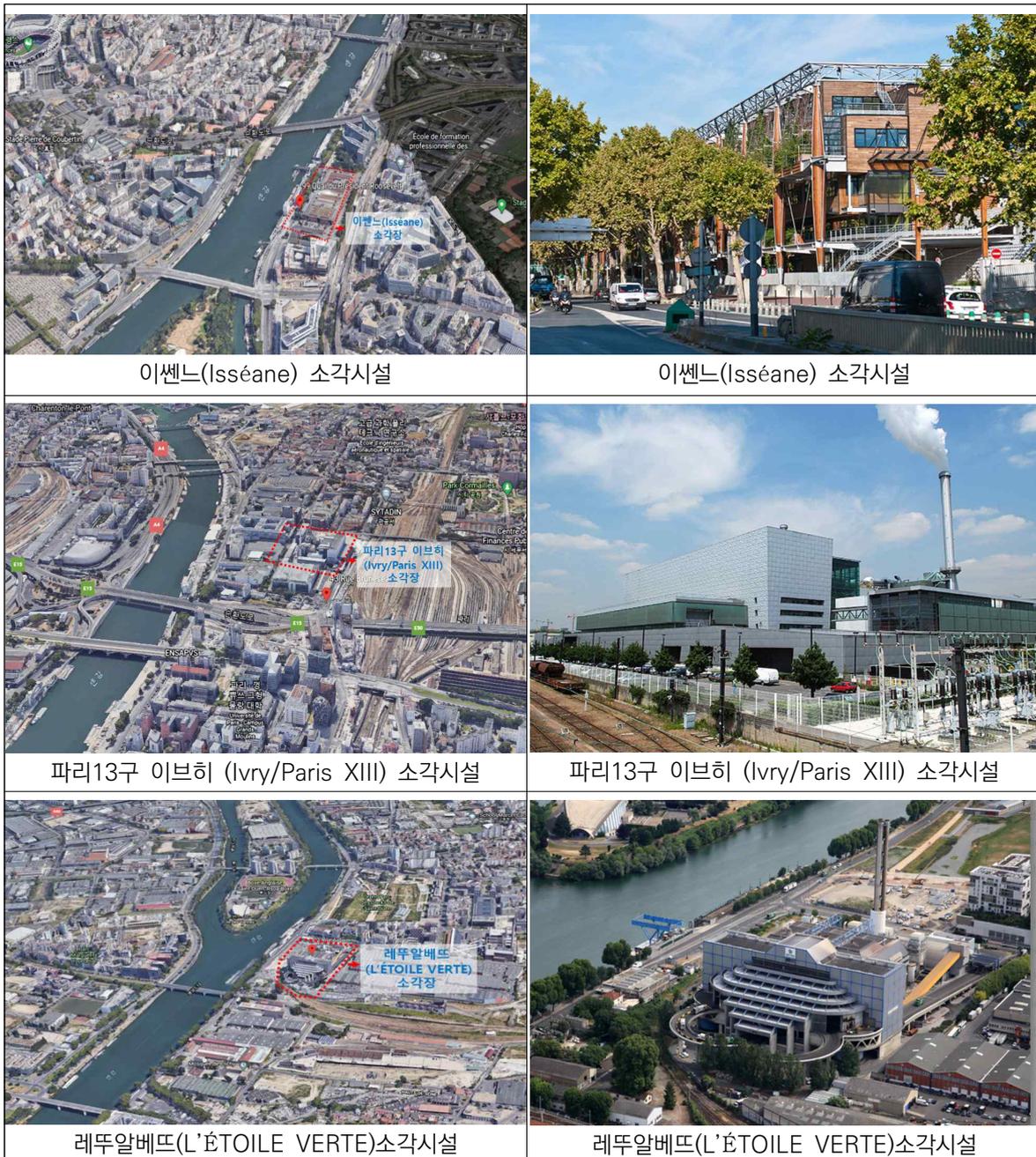
[표 6] SYCTOM 3개 소각시설 개요

구분	주요내용
이센느 (Isséane) 소각시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운영개시일 : 2007년 12월, 파리시청사에서 7.1km 이격</li> <li>• 처리용량 : 510,000톤/년(1,397톤/일)</li> <li>• 시간당 최대처리 용량: 61톤/시간(30.5톤/시간×2기)</li> <li>• 2018년 소각량 : 504,025톤/년, 소각재 79,482톤/년(소각처리량 대비 15.8%)</li> <li>• 증기 판매량 : 726,276MWh, 전기판매량 : 46,087MWh</li> </ul>
파리13구 이브히 (Ivry/Paris XIII) 소각시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운영개시일 : 1969년(1995년, 2005년 현대화 사업), 파리시청사에서 4.4km 이격</li> <li>• 처리용량 : 700,000톤/년(1,917톤/일)</li> <li>• 시간당 최대처리 용량: 100톤/시간(50톤/시간×2기)</li> <li>• 2018년 소각량 : 686,788톤/년, 소각재 114,886톤/년으로(소각처리량 대비 16.7%)</li> <li>• 증기 판매량은 1,010,489MWh, 전기판매량은 56,335MWh임.</li> </ul>
레투알베뜨 (L'ÉTOILE VERTE) 소각시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운영개시일 : 1990년 (2017~19년 일부 라인 교환 교체), 파리시청사에서 6.8km 이격</li> <li>• 처리용량 : 600,000톤/년(1,644톤/일)</li> <li>• 시간당 최대처리 용량: 84톤/시간(28톤/시간×3기)</li> <li>• 2018년 소각량 : 489,986톤/년이며 소각재 83,540톤/년(소각량 대비 17.1%)</li> <li>• 증기 판매량은 971,555MWh, 전기판매량은 2,070MWh임.</li> </ul>

자료 : SYCTOM(<https://www.syctom-paris.fr>)

- 2007년부터 운영하기 시작한 이쎌느(Isséane) 소각시설은 세느 강변에 인접하여 “연기없는 소각시설”로 불리면서 6m 높이의 굴뚝은 건물 외부에서 잘 보이지 않도록 설계하고 쓰레기 수거차량 진입로는 지하화함으로써 혐오시설 이미지 개선을 위하여 노력함.
- 파리13구 이브히(Ivry/Paris XIII) 소각시설은 1969년 운영을 개시하여 1995년과 2005년 현대화하였으며, 레투알베뜨(L'ÉTOILE VERTE) 소각시설은 1990년 운영을 개시하여 2019년 일부 라인을 교체함.

[그림 2] SYCTOM 소각시설 전경



□ 2018년 SYCTOM에서 운영 중인 3개 소각시설에서 배출된 먼지, 염화수소, 황산화물, 다이옥신 등 대기오염물질의 농도는 다음과 같음.

- 유럽의 대기환경기준은 먼지 10mg/Nm³, 염화수소 10mg/Nm³, 황산화물 50mg/Nm³ 등으로 SYCTOM에서 운영하는 소각시설은 모두 이 기준을 만족하는 것으로 나타남.
- SYCTOM은 홈페이지 운영을 통하여 정기적으로 환경오염물질 측정 결과와 운영 현황을 공개하고 있음.

[표 7] 2018년 SYCTOM 소각시설별 대기오염물질 배출량

구분	먼지	염화수소*	황산화물*	질소산화물*	카드뮴+칼륨	수은	다이옥신 및 푸란	
프랑스 대기환경기준 (mg/Nm³)	10	10	50	80 (200**)	0.05	0.05	0.1 (ng-TEQ/Nm³)	
한국 대기환경기준 (mg/Nm³)	10	12	20	50	0.02	0.05	0.1	
이쎬느 (Isséane) 소각시설	2월	2.2	4	2.9	43	0.0001	0.0009	0.006
	5월	0.6	3.8	2.4	35	0.0005	0.0009	0.002
	6월	1.3	3.4	2.5	38	-	-	0.004
	7월	0.4	3.1	2.1	30	0.00004	0.001	0.008
	10월	0.5	6.1	2.5	34	0.0006	0.004	0.007
	11월	0.7	8.1	3.7	32	0.001	0.002	0.002
	평균	0.95	4.75	2.68	35.3	0.0004	0.001	0.005
파리13구 이브히 (Ivry/Paris XIII) 소각시설	2월	3.1	1.2	22	51	0.005	0.0002	0.022
	5월	2.1	1.1	25	63	0.001	0.002	0.01
	9월	3.8	0.7	20	72	0.01	0.061	0.013
	10월	4.4	0.4	41	55	0.002	0.0001	0.001
	평균	3.35	0.85	27	60.3	0.005	0.016	0.012
레투알베르 (L'ÉTOILE VERTE) 소각시설	3월	0.8	1.2	12	79	0.001	0.0007	0.002
	4월	3.8	0.8	16	47	0.001	0.001	0.026
	7월	2.8	0.5	5	45	0.004	0.0055	0.001
	12월	0.7	0.4	4	24	0.0004	0.0026	0.00001
	평균	2.03	0.73	9.3	48.8	0.002	0.002	0.007

자료 : SYCTOM(<https://www.syctom-paris.fr>)

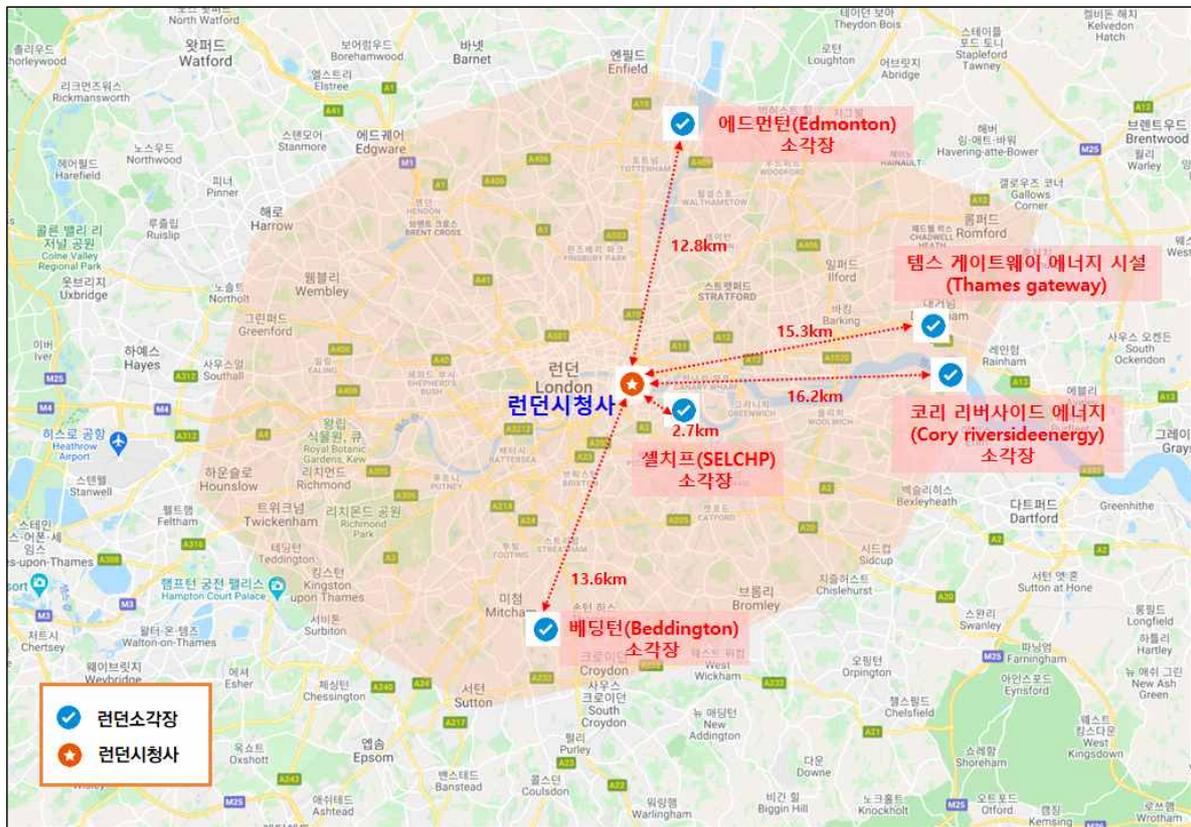
\* 염화수소는 Acid hydrochloric, 황산화물은 Dioxide sulfur, 질소산화물은 Oxide nitrogen을 의미함.

\*\* 프랑스 대기환경기준은 80mg/Nm³, 유럽 기준은 200mg/Nm³임.

● 런던시

- 런던시에서 운영중인 소각시설은 총 5개로 셀치프(SELCHP) 소각시설, 코리 리버사이드 에너지(Cory riverside energy) 소각시설, 베딩턴(Beddington) 소각시설, 템스 게이트웨이 (Thames gateway) 에너지 시설, 에드먼턴(Edmonton) 소각시설 등이 있음.
- 5개 소각시설은 각각 런던시청사로부터 2.7km~16.2km 떨어져서 설치되어 있으며 가장 멀리 떨어져 있는 코리 리버사이드 에너지시설은 템스강을 이용하여 바지선으로 폐기물을 운송하는 체계를 갖추고 있음.

[그림 3] 런던시 소각시설 위치도



[표 8] 런던시 5개 소각시설 개요

구분	주요내용
셀치프(SELCHP) 소각시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : Landmann Way, London SE14 5RS 영국</li> <li>• 운영개시일 : 1994년 11월</li> <li>• 처리용량 : 420,000톤/년(약1,151톤/일)</li> <li>• 시간당 최대처리 용량 : 58톤/시간(29톤/시간×2기)</li> </ul>
코리 리버사이드 에너지(Cory riverside energy) 소각시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : Riverside Resource Recovery Ltd, Norman Road North, Belvedere DA17 6JY 영국</li> <li>• 운영개시일 : 2012년</li> <li>• 처리용량 : 585,000톤/년(약1,603톤/일)</li> <li>• 시간당 최대처리 용량 : 약 83톤/시간 (약 2,000톤/일)</li> </ul>
베딩턴 (Beddington) 소각시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : 105 Beddington Ln, Croydon CR0 4TD 영국</li> <li>• 운영개시일 : 2018년 11월</li> <li>• 처리용량 : 347,422톤/년(약 952톤/일)</li> <li>• 시간당 최대처리 용량 : 35.2톤/시간(17.6톤/시간×2기)</li> </ul>
템스 게이트웨이 (Thames gateway) 에너지 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : Choats Rd, Barking, Dagenham RM9 6BF 영국</li> <li>• 운영개시일 : 시범운영 중</li> <li>• 처리용량 : 200,000톤/년(약 548톤/일)</li> </ul>
에드먼턴 (Edmonton) 소각시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치 : Edmonton Solid Waste Incineration Plant, London N18 3AG 영국</li> <li>• 운영개시일 : 1971년</li> <li>• 처리용량 : 750,000톤/년(약 2,055톤/일)</li> <li>• 시간당 최대처리 용량: 88.5톤/시간(17.7톤/시간×5기)</li> </ul>

자료 : SELCHP(<https://www.selchp.com/>)  
 CORYENERGY(<https://www.coryenergy.com/>)  
 Beddington(<https://www.beddingtonerf.info/>)  
 Thames\_gateway(<https://ukwin.org.uk/incinerators/>)  
 Edmonton(<https://ukwin.org.uk/incinerators/library/North+London/48>)

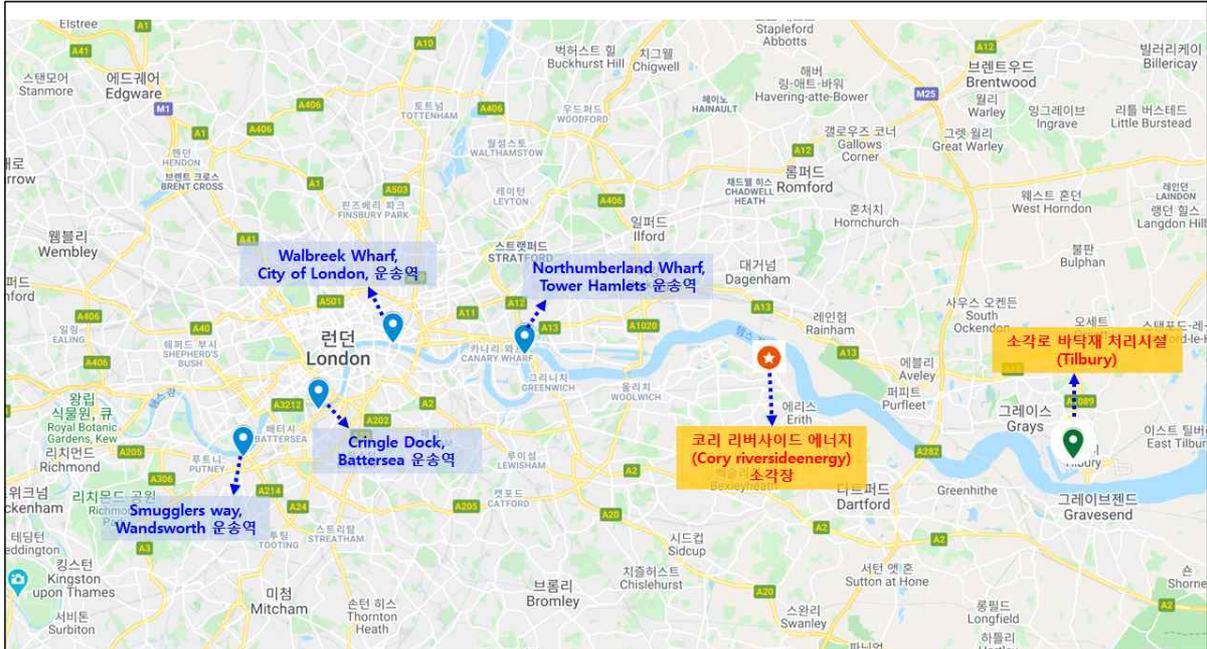
- 셀치프(SELCHP) 소각시설은 1994년부터 가동하여 매년 최대 460,000톤의 생활폐기물을 처리하고 있으며, 시간당 29톤의 처리가 가능한 두 개의 소각라인으로 구성되어 있음.
- 생산된 전기는 판매하고 있으며, 소각 후 발생하는 바닥재는 도로건설, 건축산업 등에 2차 골재로 재활용되고 있음.
- 2013년 SELCHP 소각시설에 지역 난방망 건설이 완료되어 16개 주거지역과 2,500명의 주민에게 난방용으로 공급하고 있음.
- 2014년 기준 소각량 : 438,578톤/년, 전기판매량 : 246,094MWh

[그림 4] 셀치프(SELCHP) 소각시설



- 코리 리버사이드 에너지 소각시설은 2011년부터 벅슬리(Bexley), 피바디(Peabody), 바텐 폴(Vattenfall) 등의 런던 자치구 생활폐기물을 처리하고 있으며, 부두에서 바지선에 의해 쓰레기를 운송하여 소각시설에서 처리하고 있음.
  - 2002년 코리 리버사이드 에너지 소각시설은 Wandsworth의 4개 런던 자치구와 하천 운영권을 30년 계약으로 체결함.
  - 템스강을 이용하는 코리 리버사이드 소각시설은 폐기물의 85% 이상을 템스강을 따라 바지선을 통해 소각시설로 이송함.
  - 4개의 운송역이 있으며, 5개의 예인선, 50개 이상의 바지선, 1,500개 이상의 컨테이너를 이용하여 폐기물을 코리 리버사이드 에너지 소각시설로 수송하고 있음.
  - 런던 자치구에서 밀봉된 컨테이너를 싣은 바지선은 템스강을 따라 썰물때 하루로 이동하며, 빈 컨테이너는 만조때 다시 상류로 이동함.
- 코리 리버사이드 에너지 소각시설은 3개의 소각라인이 있으며 하루 최대 2,000톤/일을 처리할 수 있음.
  - 연간 최대 785,000톤의 폐기물 처리가 가능하며 이중 667,250톤이 템스강을 따라 이송되고 있음.
  - 약 580,000MWh의 전기를 생산하고 있으며, 생산된 전기는 National Grid에 공급함.
  - 2016년 기준 소각량 : 752,839톤/년, 전기판매량 : 628,180MWh

[그림 5] 코리 리버사이드 에너지 소각시설 및 운송역



코리 리버사이드 에너지 소각시설의 하천을 이용하는 4개 운송역



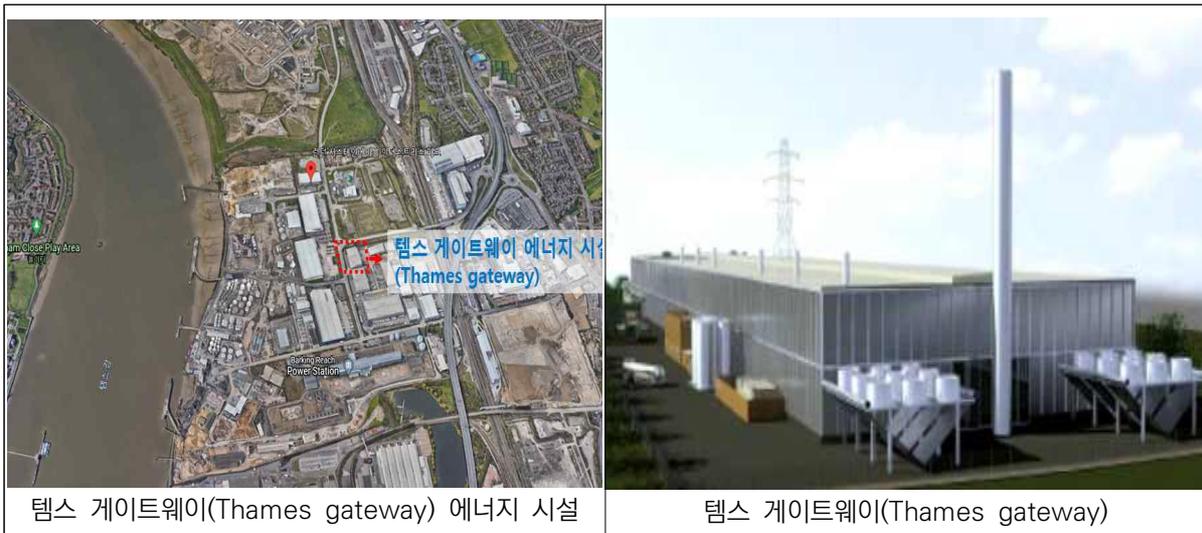
- 베딩턴(Beddington) 소각시설은 2015년 서튼 주 베딩턴에 있는 기존 매립지 및 재활용 부지에 최첨단 에너지회수시설을 건설하기 시작하여 연간 347,422톤의 생활폐기물을 처리하도록 설계됨.
- 베딩턴 소각시설은 2018년 11월부터 가동하고 있으며 최대 210GWh 전기를 생산하고 생산된 전기는 자체공급 및 National grid 및 55,000가구의 지역주민에게 공급함.

[그림 6] 베딩턴(Beddington) 소각시설



- 템스 게이트웨이(Thames gateway) 에너지 시설은 생활폐기물을 처리하기 위해 2011년 3월 계획이 허가되어 2012년 말부터 공사를 시작하였으며 2018년 시운전중임.

[그림 7] 템스 게이트웨이(Thames gateway) 에너지 시설



- 에드먼턴(Edmonton) 소각시설은 1971년 가동을 시작하여 연간 최대 750,000톤을 처리하도록 설계되었으며, 크게 소각로 5개, 증기터빈 4개 및 연소가스 처리시설 4개로 구성됨.
  - 40MW의 전기를 생성하며 생산되는 전기의 80% 이상이 지역 전기로 공급됨.
  - 소각시설은 예외적인 정지 기간을 제외하면 연중 24시간 지속적으로 운영되고 있음.

- 기존 소각시설은 새로운 소각시설이 가동되면 2028년 해체 및 철거될 예정이며, 새로운 소각시설은 2019년 건설작업을 시작하여 2051년까지 최대 700,000톤/년 처리를 계획함.

[그림 8] 에드먼턴(Edmonton) 소각시설



### 3 국외 소각시설이 주변지역에 미치는 영향 연구사례<sup>1)</sup>

- 영국의 소각시설로 이송되는 도시폐기물 양은 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 2017년 기준 200만톤(5,479톤/일)의 도시폐기물이 소각시설에서 처리됨. 이는 지난 10년보다 2배 이상 증가한 수치이며, 2018년 기준 연간 2,000톤 이상의 이산화질소를 배출하고 있으며, 염소 64톤/년, 비소 116kg/년, 수은 15kg을 배출함.
- 영국의 소각시설은 EU 산업배출 지침에 따라 엄격히 규제되지만 소각시설의 대기오염물질 배출과 관련하여 건강에 미치는 영향에 대한 우려가 꾸준히 제기되어옴.
- 이에 런던 당국은 소각시설이 대기질과 주변지역 주민건강에 미치는 잠재적인 영향을 알아보기 위해 최근 5년간 발간된 논문이나 문헌 등을 검토하여 소각시설이 대기질과 주변지역에 미치는 영향을 평가함.

#### ◆ 연구방법

- 연구는 문제제기 및 목표설정, 근거확인, 근거선별, 근거추출, 종합데이터 취합, 보고 등의 프로세스로 진행되며 연구의 범위에 관한 기준은 다음과 같음.
  - **문제제기 및 목표설정** : 본 연구의 목적은 폐기물 소각시설 배출량이 인근지역과 주민건강에 영향이 있는지에 대한 관련성을 평가하기 위한 것으로, 소각시설 인근지역의 소각시설 배출량과 관련된 건강 영향에 대한 평가와 영국의 소각시설이 이러한 배출과 관련이 있는지에 대한 평가임.
  - **근거확인** : 참고문헌을 확인할 수 없는 경우 연구범위에서 제외하였으며, 런던의 폐기물 소각시설 및 기술과 관련이 있는 경우만 인정함.
  - **근거선별** : 근거들은 초기선별단계를 거쳐 추출되며, 부적절한 제목이나 초록은 필터링함.
  - **근거추출** : 근거추출을 위해 다음과 같은 체계적이고 일관된 형태의 틀을 사용하여 추출함.

1) IOM, 2019.8., Health Impacts associated with Energy-from-Waste Incinerators

[표 9] 논문추출을 위한 연구범위 선정기준

선정기준	세부사항
노출	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 및 폐기물, 소각, 열/열 처리폐기물, 도시 고형 폐기물 소각(MSWI), 도시 고형 폐기물(MSW), 폐기물 관리, 폐기물 에너지(WTE), 폐기물 에너지(EfW), 기계적 생물학적 처리(MBT), 첨단 열기술(ATT), 배출량, 노출, 대기오염, 대기질, 미립자 물질, PM, PM10, PM2.5, 이산화질소, NO2, 질소산화물, NOx, 이산화황, SO2, 단순환 방향족 탄화수소, PAH, 폴리염화 비페닐, PCB, 다이옥신, 염화수소, HCl, 일산화탄소, CO, 휘발성 유기 화합물, VOCs, 지속적인 유기 오염 물질, POPs, 폴리염화 디벤조-p-다이옥신/후란(PCDD/Fs), 폴리염화 비페닐(PCB), 수성, 후란, 프탈레이트, 케톤, 알데하이드, 유기산, 알켄, 초미세먼지, 유기염소 등</li> </ul>
건강에 미치는 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>질병, 질병, 사망률(모든 원인), 호흡기 사망률, 호흡기 질환, 염증반응, 천식, 악화, 증상, 만성폐쇄성폐질환(COPD), 심혈관 사망률, 심혈관 사망률 질병, 심장 증상, 심장병 매개 변수, 암, 정신 건강, 치매, 당뇨병, 태아 효과, 출생 체중, 자궁 내 성장, 병원 입원, 진료 방문 등</li> </ul>
연구유형	<ul style="list-style-type: none"> <li>체계적인 검토, 명확한 논문, 모델링 연구, 노출 평가</li> </ul>
포함기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>최근 5년간 발행된 논문; 영어로 된 논문, 영국 및 국제적 근거, 과학 문헌</li> </ul>
배제기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>5년 이전에 발행된 논문, 영어가 아닌 논문; 에너지와 관련되지 않은 연구들, 폐기물 소각, 관련 없는 연구, 도시 고체 폐기물; 직업상 노출 연구; 방사성 또는 임상 관련 연구 폐기물; 수명 주기 분석(LCA) 연구</li> </ul>

자료 : IOM, 2019.8., Health Impacts associated with Energy-from-Waste Incinerators

- 현재 EU 산업배출 표준지침에 따라 운영하는 최신 소각시설에 관한 연구는 비교적 적었으나 앞서 서술한 프로세스를 통하여 최근 발간된 문헌 중 총 35개의 관련 논문을 추출하여 리뷰논문, 역학연구, 사례통제, 노출 및 위험평가, 사례연구 유형별로 검토함(부록1).

## ◆ 연구결과

### □ 다이옥신 노출 또는 암 위험성과의 인과성 관련 연구

- 도시 고형폐기물 처리 공중 보건 문제에 대한 역학 연구의 체계적 문헌 고찰 연구(Ncube F et al., 2017)은 1995~2014년까지 출간된 매립, 소각을 포함한 도시폐기물 처리시설이 건강에 미치는 영향에 대한 역학 문헌을 체계적으로 검토함.
- 이탈리아 소각시설과 림프종이 연관된 제한적인 증거를 발견했으며, 과거 1973~1986년 도시폐기물 소각로에 의해 오염된 토양에서 다이옥신 영향을 받는 지역의 림프종이 증가한 것을 발견하기도 함. 그러나 Ncube 외 연구진이 검토한 연구에 제시된 증거는 이탈리아 오래된 소각로에 해당되며 현재 런던 지역에서 운영되고 있는 EU 산업배출 지침을 준수하는 현대 소각시설과는 관련이 없는 것으로 나타남.
- 폐기물 소각이 인간과 환경에 미치는 영향(Wielgosiński et al., 2014)은 소각시설과 관련된 위험과 건강에 미치는 영향을 검토하였으며, 1970년대, 1980년대 및 1990년대에 건설된 폐기물 소각시설의 영향을 받는 지역주민들에 대한 다이옥신(PCDD/F) 영향에 초점을 맞춤.

- 연구 결과는 결정적이지는 않지만, 림프종과 유사한 여러 암과 다이옥신 노출 또는 노후된 폐기물 소각시설과의 연관성을 보여주고 있음. 그러나 공기 또는 토양의 다이옥신 수치는 모니터링되지 않아 노출이 대략적으로만 추정됨.
- 스페인의 통합 폐기물 관리 시설 인근 PCDD/Fs 노출로 인한 암 위험성 연구(Zubero MB et al., 2017)에서는 2005년에 도시고형폐기물 소각시설 근처에 살기 시작한 사람이 더 멀리 사는 사람에 비해 더 높은 혈중 다이옥신 및 폴리염화비페닐 농도 수준은 아닌 것으로 분석됨.

#### □ 임신, 출산 및 신생아에 미치는 영향 연구

- 폐기물 소각과 출산 부작용 및 신생아 영향 연구(Ashworth DC et al., 2014.)에 따르면 선천성 이상, 출산, 쌍둥이, 사산, 성비, 유아 사망 등 다양한 결과를 포함하는 14개 연구를 확인함.
- 연구 결과, 선천성 기형의 경우 대부분의 연구에서 폐기물 소각시설 인근지역 또는 배출량이 모든 기형과 관련이 없다고 나왔으며 소각시설과 출생시 체중, 사산, 성비 등과 관련된 현재의 증거는 노출 평가의 불확실성, 통계 부족 등으로 제한적이라고 판단함.
- 잉글랜드와 스코틀랜드의 도시폐기물 소각로 인근의 선천성 이상 위험 연구(Ghosh et al., 2019)에 따르면 영국에서 임신, 출생 및 신생아 부작용 결과와 최신 소각시설의 연관성에 대한 증거를 찾지 못하였으며, 다른 국가에 오래된 소각로와의 인접성 또는 다이옥신이 림프종 등 암과 관련한 제한적 증거가 있지만 최근 몇 년 동안 최신 소각시설의 다이옥신 배출량이 상당히 감소함에 따라 이러한 위험은 현대적이고 잘 통제된 시설 지역의 인구에게는 무해한 수준으로 판단됨.
- 다만, 이러한 역학연구는 작은 모집단의 표본 크기, 교란 인자에 대한 제한적인 통제, 지연 기간에 대한 불충분한 설명 등 많은 한계를 보이고 있음.

#### □ 대기 및 토양 다이옥신에 의한 건강위험도 평가 연구

- 도시 고형폐기물 소각으로 인한 초미세먼지 배출에 관한 연구(Jones and Harrison, 2016)에서는 폐기물 소각시설 연소가스의 전형적인 초미세먼지 농도는 도시 지역의 대기 중 농도와 대체로 유사하다고 판단하였으며, 폐기물 소각시설 주변의 초미세먼지 농도는 소각로가 없을 때 발생하는 농도와 "일반적으로 구별할 수 없다"고 결론 지음.
- 중국 북동부의 도시 고형물 폐기물 소각로 부근에서 토양과 공기의 PCDD/F 농도에 관한 연구(Meng N et al., 2016)에서는 중국 북부지역 2개의 소각시설 인근의 토양 및 공기 시료에서 PCDD/F를 분석하였으며, 분석 결과 토양 샘플 중의 일부는 소각시설의 영향을 받았으며 특히 소각시설과 가까운 샘플링 현장에 영향을 주었다고 밝히고 있음.
- 중국 동부 인접마을의 고형 폐기물 소각시설의 대기 및 비산재의 PCDD/F에 대한 건강위험에 관한 연구(Li J et al., 2016)에서는 중국 동부 소각시설의 대기 및 비산재 샘플을 분석하였으며, 대기 및 비산재의 PCDD/F 농도는 소각시설 현장 근로자와 인근 마을에 거주하는 사람들의 암 위험성을 평가하는데 사용됨.

- 그 결과, 현장 근로자와 거주자의 암 위험이 임계값 보다 훨씬 낮아서 잠재적인 건강 위험을 시사하지 않는다는 것을 밝혀냈으며, 향후 동일한 저자의 이후 연구에서도 이러한 결과가 확인됨.
- 위험평가 연구는 주로 중국에서 수행하였으며 권장 범위를 초과하는 암 위험을 평가한 경우가 있지만 이러한 연구에 포함된 소각시설이 현재 영국에서 운영 중인 최신 소각시설과의 비교 가능성은 명확하지 않음.

□ 35개 논문의 연구결과를 종합하면 다음과 같음

- 영국에서 실시한 국제적으로 최근 5년 이내 발표된 폐기물 소각시설이 주변지역과 주민건강에 미치는 영향 연구에 대한 연구결과, 잘 관리되는 최신 소각시설은 엄격한 규제 하에 운영됨에 따라 소각시설이 심각한 건강 위험을 초래할 가능성은 낮은 것으로 나타났으며, 지난 5년 이내 영국과 국제적으로 발표된 연구에서 최신 소각시설이 건강에 미치는 영향에 대한 일관적인 역학 증거를 찾지 못함.
- 이러한 검토 결과를 토대로 최근 몇 년간 현대적이고 효과적으로 관리된 소각시설에서 배출되는 다이옥신 양은 상당히 감소됨에 따라 소각시설 주변지역 주민에게 다이옥신 배출량의 영향은 미미한 수준일 것이라 판단했으며, 소각시설의 직접배출과 관련된 건강에 미치는 영향은 매우 낮을 것으로 판단함.

## 4 서울시 자원회수시설의 주민건강영향조사 사례<sup>2)</sup>

### ◆ 조사방법

- 서울시는 서울 도심 내 강남, 마포, 노원, 양천 4개의 자원회수시설을 운영하고 있으며, 서울시 자원회수시설에서 공개하는 영향조사는 환경영향평가, 사후환경영향조사, 환경상영향조사, 자원회수시설 주변지역 주민건강영향조사가 있음.
- 서울시는 자원회수시설 주변지역 주민들의 요구에 의해 자원회수시설로 인한 환경 및 인체 영향을 장기간에 걸쳐 객관적이고 과학적으로 평가하기 위해 2000년 이후부터 매년 주민건강 영향조사를 지속적으로 실시하고 있으며 조사항목은 환경영향평가, 인체영향평가, 건강영향평가로 구분됨.
- 주민건강영향조사는 소각시설이 주변지역 주민에게 미치는 영향을 객관적으로 평가하여 소각시설의 영향을 입증하고 개선되어야 할 점이 있으면 대책을 마련하기 위함임.
- 연구대상지역은 서울시 자원회수시설 주변지역(강남구, 노원구, 양천구)과 참고지역(자원회수시설 영향을 받지 않는 지역구 : 강남구 대치동, 광진구 자양동, 양천구 신정동)으로 선정하고, 연구 참여자는 자원회수시설 주변의 300m 반경 이내에 5년 이상 거주하고 있는 주민 중 일부를 선정하여 연구를 진행함.

[표 10] 서울시 자원회수시설 주민건강영향조사 조사방법

구분	주요내용
조사개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 간접영향권 지역주민이 선정한 연구기관에서 자원회수시설이 주민건강에 미치는 영향을 장기간 조사</li> <li>• 조사기관 : 연세대학교 환경공해연구소</li> </ul>
조사기간	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1단계 : 2000.10 ~ 2004.08</li> <li>• 2단계 : 2005.05 ~ 2008.10</li> <li>• 3단계 : 2009.09 ~ 2012.09</li> <li>• 4단계 : 2013.01 ~ 2015.12</li> <li>• 5단계 : 2016.02 ~ 2018.12</li> <li>• 6단계 : 2019~ 진행</li> </ul>
조사항목	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경영향평가 : 미세먼지, 중금속, 악취 등</li> <li>• 인체영향평가 : 혈중 다이옥신 및 중금속 등</li> <li>• 건강영향평가 : 문진, 설문조사, 건강검진 등</li> </ul>

자료 : 서울시 자원회수시설 홈페이지(<http://rff.seoul.go.kr/>)

2) 서울특별시(2020.12), 자원회수시설 주변 주민건강영향조사 최종보고서

● 조사결과

- 서울시 자원회수시설의 주변지역에 대한 주민건강영향조사 결과, 자원회수시설에서 배출되는 물질들은 대기환경기준을 준수하고 있으며, 자원회수시설이 주변지역 환경 및 인체에 미치는 영향은 없는 것으로 평가됨.

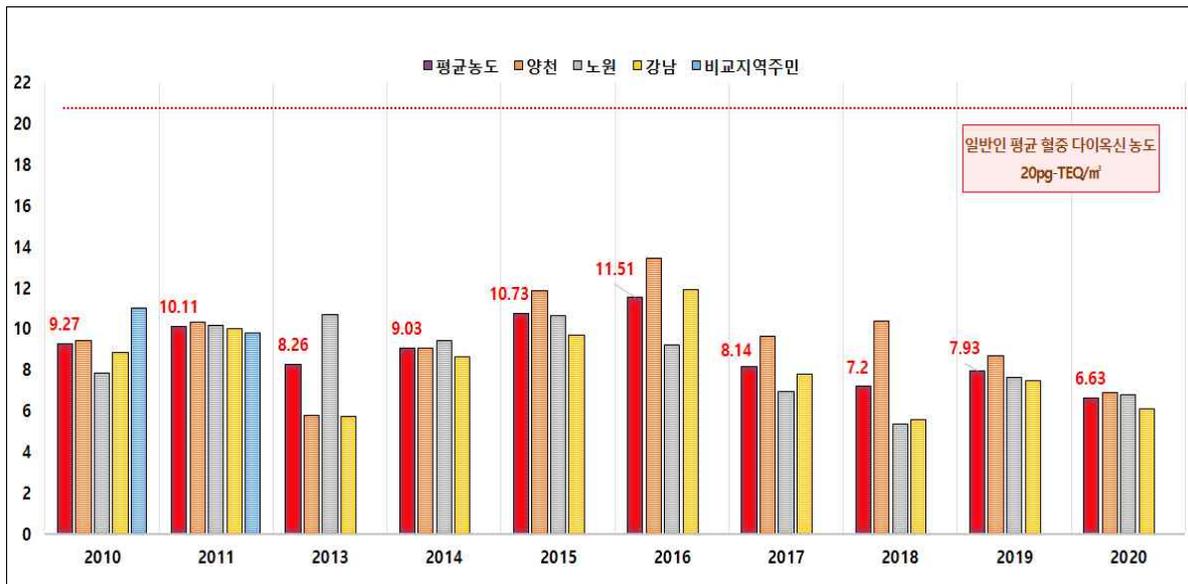
[표 11] 2020년 서울시 자원회수시설 주변지역 주민건강영향조사 결과

구분	주요결과
환경영향평가	미세먼지 <ul style="list-style-type: none"> <li>강남 : 44.1 ~ 56.2<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, 노원 : 36.8 ~ 57.4<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, 양천 : 28.4 ~ 54.4<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></li> <li>서울시 대기환경기준(24시간 평균치 100 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) 이내 수준</li> </ul>
	중금속 <ul style="list-style-type: none"> <li>납(Pb)의 일평균 농도는 평균 0.025<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> 수준으로 국가 대기환경기준(연평균 0.5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) 보다 현저히 낮은 수준임.</li> <li>조사 대상 중금속 모두 서울시 도시 평균 농도와 유사한 수준으로 평가되었고, 지역별 및 가동 유무에 따른 유의한 차이는 관찰되지 않음.</li> </ul>
	악취 <ul style="list-style-type: none"> <li>악취 유발 요인인 대기 중 알데하이드류와 휘발성유기오염물질 농도를 측정된 결과, 아세트알데히드를 제외한 5종의 알데하이드류와 5종의 휘발성유기오염물질의 일평균 농도는 냄새최소감지농도 미만 수준으로 측정됨.</li> <li>냄새최소감지농도보다 약간 높게 검출된 아세트알데히드의 일평균 농도도 자원회수시설 가동시 주변지역과 참고지역간의 유의한 차이는 관찰되지 않아 자동차 배기가스 등 대도시 특성에 의한 복합 요인으로 추정</li> <li>벤젠의 지역별 일평균 농도는 0.12 ~ 1.53 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>로 국가 대기환경기준(연평균 5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)이내 로 평가됨.</li> </ul>
	다이옥신 <ul style="list-style-type: none"> <li>대기중 다이옥신 농도는 가동시 0.1202pg-TEQ/<math>\text{m}^3</math>, 미가동기간 0.0508pg-TEQ/<math>\text{m}^3</math>으로 대기환경기준(연평균 0.6 pg-TEQ/<math>\text{m}^3</math>) 보다 현저히 낮은 수준임.</li> <li>- 가동시 : 강남 0.236, 노원 0.016, 양천 0.109pg-TEQ/<math>\text{m}^3</math></li> <li>- 비가동시 : 강남 0.024, 노원 0.021, 양천 0.008pg-TEQ/<math>\text{m}^3</math></li> </ul>
인체영향평가	혈중 다이옥신 <ul style="list-style-type: none"> <li>지난 20년간 연도별 혈중 다이옥신 농도는 서서히 감소하고 있었으며, 2020년 평균 농도는 6.63pg-TEQ/<math>\text{m}^3</math>으로 2007년 12.1pg-TEQ/<math>\text{m}^3</math>보다 44% 감소한 수준임.</li> <li>지역간 평균 농도의 유의한 차이는 없으며 오히려 연령이 증가할수록 혈중 다이옥신 농도가 높게 측정됨.</li> </ul>
	중금속 <ul style="list-style-type: none"> <li>전체 연구 참여자의 혈중 납, 카드뮴, 수은 농도는 세계보건기구(WHO)에서 제시하고 있는 일반인 노출 수준 상한값(납 100 <math>\mu\text{g}/\text{L}</math>, 카드뮴과 수은 5 <math>\mu\text{g}/\text{L}</math>)을 초과하는 사례는 나타나지 않음.</li> <li>혈중 중금속 평균 농도는 납 14.58 <math>\mu\text{g}/\text{L}</math>, 카드뮴 1.02 <math>\mu\text{g}/\text{L}</math>, 수은 1.03 <math>\mu\text{g}/\text{L}</math>로 나타남.</li> </ul>
건강영향평가	문진 설문조사 건강검진 <ul style="list-style-type: none"> <li>전반적으로 자원회수시설 인근 지역 주민이 국민건강영양 유병률과 비슷하거나 낮은 수준으로 나타남.</li> <li>위해도 인식 조사 결과, 강남, 노원, 양천지역 모두 현재 거주 지역 환경 상태에 대한 인식은 약간 불만족하게 인식하고 있었고, 거주 지역 환경 오염정도는 모든 지역에서 오염되어 있다는 인식도를 보임.</li> <li>지난 20여년간의 자원회수시설 주변지역 거주 주민에 대한 건강영향평가 사업을 통해 자원회수시설에 대한 지식정도, 직·간접적 건강피해, 경제적·물리적 피해, 대기오염·소음·교통불편 영향에 대해서는 인식이 긍정적 방향으로 개선되고 있었으며, 삶의 질 또한 소폭 향상되는 것으로 조사됨.</li> </ul>

자료 : 서울특별시(2020.12), 자원회수시설 주변 주민건강영향조사 최종보고서

- 서울시의 주민건강영향조사 중 혈중 다이옥신 농도는 다이옥신(PCDDs/PCDFs 동종체) 17종을 대상으로 진행되었으며 연도별 조사결과는 다음과 같음.
  - 혈중 다이옥신 조사는 자원회수시설 영향지역 내 3년 이상 거주한 주민과 자원회수시설 근로자, 미설치지역에서 3년 이상 거주한 주민을 비교군으로 하여 실험을 진행하였으며, 2단계 조사 진행시 부터는 5년 이상 거주한 주민을 대상으로 실험을 진행함.
  - 2011년까지는 자원회수시설 미영향지역 주민을 비교군으로 지정하여 실험을 진행하였으나, 2013년부터는 자원회수시설 근로자 및 비교군 주민에 대한 실험은 별도로 진행하지 않음.
- 연도별 혈중 다이옥신 농도를 검토한 결과, 자원회수시설 근로자 및 자원회수시설 주변지역 주민, 참고지역 주민간에 뚜렷한 차이를 관찰할 수 없었으며, 다이옥신의 경우 자원회수시설에 의한 영향보다는 연령 등 개인적인 특성에 의한 요인들이 더 크게 영향을 받는 것으로 추정됨.
- 일반인들의 평균적인 혈중 다이옥신에 대한 기준값이나 바탕값이 명확하게 제시되지는 않았으나 연구를 종합할 때 대략 일반인의 평균적인 수준은 20pg-TEQ/m<sup>3</sup> 이하의 값을 보이고 있음<sup>3)</sup>. 2020년 서울시 자원회수시설 주민건강영향조사의 혈중 다이옥신 농도는 6.63pg-TEQ/m<sup>3</sup> 로 현저히 낮은 수준으로 조사됨.

[그림 11] 연도별 서울시 자원회수시설 주변지역 주민의 혈중 다이옥신 농도 변화



\* 평균농도가 없거나 혈중 다이옥신 평균 농도가 누락된 연도는 제외함.

3) 장재연 외1(2003), 다이옥신과 건강: 인체 노출 수준 및 건강 영향에 대한 역학적 연구

- 동계와 하계 또는 가동중과 비가동중 일 때 연도별 대기 중 다이옥신 농도는 지난 10년간 대기환경기준 보다 현저히 낮은 수준을 유지하고 있으며 가동기간이나 미가동기간 때 농도에 큰 차이가 나타나지 않음.

[표 12] 주민건강영향조사의 대기 중 다이옥신 농도 검토

(단위 : pg-TEQ/m<sup>3</sup>)

구분	조사결과	환경기준
2010	▪ 평균 : 0.1~0.2	0.6
2011	▪ 평균 : 0.1~0.2	0.6
2013	▪ 동계기간 : 0.1 / 하계기간 : 0.02	0.6
2014	▪ 동계기간 : 0.05 / 하계기간 : 0.02	0.6
2015	▪ 동계기간 : 0.045 / 하계기간 : 0.014	0.6
2016	▪ 가동기간 : 0.030 / 미가동기간 : 0.020	0.6
2017	▪ 가동기간 : 0.018 / 미가동기간 : 0.022	0.6
2018	▪ 가동기간 : 0.019 / 미가동기간 : 0.019	0.6
2019	▪ 가동기간 : 0.015 / 미가동기간 : 0.012	0.6
2020	▪ 가동기간 : 0.1202 / 미가동기간 : 0.0508	0.6

자료 : 서울시 자원회수시설 홈페이지(<http://rrf.seoul.go.kr/>)

\* 2010년 이전에는 대기중 다이옥신 농도는 측정하지 않음.

\*\* 다이옥신 환경기준은 연간 평균치를 의미함.

## 5 송도 및 청라 자원환경센터 환경상 영향 조사결과<sup>4)</sup>

- 인천시는 송도자원환경센터와 청라자원환경센터를 운영중에 있으며 「폐기물처리시설 설치촉진 및 주변지역지원 등에 관한 법률」 제26조는 주민지원협의체와 협의를 거쳐 선정한 전문기관으로 하여금 정기적으로 환경상 영향조사를 실시하여 공개하도록 규정하고 있음.
- 이에 인천시 광역소각처리시설은 3년에 한번씩 환경상 영향조사를 실시하고 있으며, 2020년 환경상 영향조사 결과 대기오염물질의 농도는 환경기준을 하회하는 것으로 나타났으며 소각시설 운영으로 인한 영향은 미미한 것으로 나타남.
- 악취유발물질은 불검출되거나 농도가 매우 미미하여 본 사업으로 인한 영향은 거의 없는 것으로 나타났으며, 소음진동은 환경기준을 초과하지만 전체 교통량 대비 폐기물 운반차량의 비율은 1.0% 이하로 폐기물 운반차량이 소음도에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단됨.

[표 13] 인천광역시 광역소각처리시설 환경상 영향조사 결과

구분	주요 결과
송도	대기 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PM-2.5(겨울철)를 제외한 나머지 대기오염물질은 환경기준보다 낮은 수준임.</li> <li>▪ 대기질 모델링에 따른 각 지점별 가중농도 검토결과 영향이 매우 미미한 것으로 예측됨.</li> </ul>
	악취 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 복합악취는 3~4배수로 조사되어 환경기준 15배를 만족하는 것으로 조사되었고, 지정악취물질 10개 항목 모두 불검출 되는 것으로 조사됨</li> <li>▪ 악취 모델링에 따른 가중농도 분석결과, 그 영향이 매우 미미한 것으로 예측되어 본 사업으로 인한 영향은 없는 것으로 분석됨.</li> </ul>
	소음진동 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 낮 평균 70.4~76.4dB(A), 밤 평균 64.6~70.5dB(A)로 조사되어 소음 환경기준 (낮 65~75dB(A), 밤 55~70dB(A))을 대부분 초과하는 것으로 조사됨</li> <li>▪ 전체 교통량에 대비 폐기물 운반차량은 1.0% 이하로 소각시설 운영으로 인한 폐기물 운반차량이 소음도에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단함.</li> </ul>
청라	대기 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전 항목 환경기준에 만족하는 것으로 나타남.</li> <li>▪ PM-10 20.9~57<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, PM-2.5 8~25<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, SO<sub>2</sub> 0.003~0.006ppm, NO<sub>2</sub> 0.013~0.026ppm, CO 0.025~0.7ppm, O<sub>3</sub> 0.01~0.4ppm, Pb 0.003~0.023<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, 벤젠 불검출</li> </ul>
	악취 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 조사결과(배출허용기준 이하) -복합악취 3~5배수, 암모니아 0.00~0.5ppm, 메틸메르캅탄 불검출~0.001ppm, 황화수소 불검출~0.001ppm, 다이메틸설파이드 불검출~0.0003ppm, 다이메틸다이설파이드 불검출~0.0004ppm, 아세트알데히드 불검출~0.01ppm, 그 외 항목 불검출</li> </ul>
	소음진동 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 주간 2개 지점(N-1, 3), 야간 5개 지점(N-1~5) 조사결과, 주간 47.5~73.9dB(A), 야간 44.0~60.9dB(A)로 환경기준(도로변 "가" 및 "나"지역, 주간 65dB(A), 야간 55dB(A)) 초과</li> <li>▪ 교통량 조사결과, 전체차량 중 폐기물운반차량이 차지하는 비율이 미미한 것으로 조사됨에 따라 소각시설 운영으로 인한 폐기물 운반차량이 소음도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단됨.</li> </ul>

자료 : 인천환경공단 송도사업소(2019.12.), 송도 광역생활폐기물처리시설 환경상영향조사  
 인천환경공단 청라사업소(2020.01.), 청라자원환경센터 환경상영향조사

4) 인천환경공단 송도사업소(2019.12.), 송도 광역생활폐기물처리시설 환경상영향조사  
 인천환경공단 청라사업소(2020.01.), 청라자원환경센터 환경상영향조사

## 6

## 인천시 폐기물처리시설 운영 관련 정책 제언

## ● 매립폐기물 저감 및 매립지 주변지역 환경개선 방안

- 폐기물 직매립의 가장 큰 문제는 재활용을 통한 자원순환 및 에너지 회수 등 자원화가 가능한 자원을 단순매립 처리함으로써 자원의 낭비를 초래한다는 것으로 특히, 폐기물 직매립은 넓은 면적의 매립부지를 필요로 함으로써 국토가 좁고 도시화율이 높은 일본이나 우리나라에서는 지속가능한 폐기물 처리방법이 아님.
- 또한 유기물질이 포함된 매립폐기물의 분해과정에서 발생하는 악취와 침출수는 주변 지역 환경에 악영향을 미쳐 이를 적절하게 관리하기 위해서는 많은 비용이 소요되며 폐기물 운반으로 인한 먼지 등 대기오염물질 발생으로 매립지 주변지역 생활여건의 악화를 초래할 수 있음.
- 이와 같이 폐기물 매립이 야기할 수 있는 문제에도 불구하고 수도권매립지로 반입되는 생활폐기물 중 91.1%는 폐기물의 감량이나 재활용, 에너지 회수가 가능한 가연성폐기물이며 건설폐기물 또한 가연성폐기물 비율과 발열량이 유럽의 매립기준과 비교하면 매우 높은 수준으로 파악됨.
- 이에 매립폐기물을 최소화하기 위해서는 생활폐기물은 가연성폐기물의 직매립을 금지하고 감량, 재활용, 에너지화를 거친 소각재와 불연성폐기물만을 매립토록하고 건설폐기물은 건설폐기물 재활용 관련 법규를 준수토록 함으로써 자원순환을 유도할 필요가 있음.
- 더불어 가연성폐기물의 에너지화를 통한 전력생산 및 지역난방 공급 등 재생에너지로의 이용 확대는 화석연료의 사용을 줄이고 온실가스 감축과 기후변화 대응에도 기여할 것으로 판단됨.
- 유럽 다수의 나라들은 이미 오래전부터 가연성폐기물의 직매립을 금지하고 최소한의 소각재와 불연성폐기물 만을 매립하는 친환경 매립방식을 적용함으로써 매립지 주변 환경에 미치는 영향을 최소화하도록 매립시설을 설계·운영하고 있음.

### ● 유럽의 도심내 소각시설 운영 사례

- 파리시와 인근 지자체 600만명의 주민을 대상으로 12개 지역, 85개 지자체로 이루어진 공공 폐기물 처리조합인 SYCTOM은 재활용 선별시설, 소각시설, 적환장 등을 운영하고 있음.
- SYCTOM에서 운영하는 소각시설은 총 3개소로 도심에서 7km 이내에 위치하고 있으며, 현대화 사업을 통하여 소각시설을 안정적이고 지속적으로 운영하고 있음. 또한 소각시 발생하는 증기는 난방회사에 판매하고 전력은 전력공사에 판매함으로써 부수익을 얻고 기후변화 대응에도 기여하고 있음.
- 2007년에 준공된 세느강변에 위치하고 있는 이센느 소각시설은 연기 없는 소각시설로 굴뚝이 건물 외부에서 보이지 않도록 설계하고 쓰레기 수거차량 진입로는 지하화함으로써 소각시설에 대한 혐오감을 최소화하기 위하여 노력함.
- 런던시에 위치한 소각시설은 총 5개소로 셸치프 소각시설은 런던시청사에서 2.7km로 인접하여 위치하고 있음.
- 코리 리버사이드 에너지(Cory reverside energy) 소각시설은 4개 런던 자치구의 폐기물을 처리하는 시설로 전체 폐기물의 85% 이상을 템스강을 이용하여 배로 운송함으로써 탄소배출 저감에 기여하고 있으며, 소각시 발생하는 증기와 전력은 판매하거나 지역 가구에 공급하고 있음.

### ● 소각시설이 주변지역 및 주민건강에 미치는 영향

- 2020년 런던 당국은 소각시설이 대기질과 주변지역 주민건강에 미치는 잠재적인 영향을 알아보기 위해 최근 5년간 발간된 논문이나 문헌 등을 검토하여 폐기물 소각시설이 건강에 미치는 영향 연구(2019)<sup>5)</sup>를 발표함.
- 연구결과, 오염물질 배출수치는 환경기준보다 매우 낮은 수준으로 EU 산업배출 지침을 준수하는 현대 소각시설이 심각한 건강 위험을 초래할 가능성은 낮은 것으로 나타났으며 건강에 미치는 영향에 대한 일관적인 역학 증거를 찾지 못함.

5) IOM, 2019.8., Health Impacts associated with Energy-from-Waste Incinerators

- 이러한 검토 결과를 토대로 최근 몇 년간 현대적이고 효과적으로 관리된 소각시설에서 배출되는 다이옥신 양은 상당히 감소됨에 따라 소각시설 주변지역 주민에게 다이옥신 배출량의 영향은 미미한 수준일 것이라 판단했으며, 소각시설의 직접배출과 관련된 건강에 미치는 영향은 매우 낮을 것으로 판단함.
- 서울시 자원회수시설의 주변지역 주민건강영향조사에서 주변지역에 5년 이상 거주하고 있는 주민을 대상으로 연도별로 혈중 다이옥신 농도를 관찰한 결과, 혈중 다이옥신 농도는 자원회수시설 입지 여부나 직업적 노출유무보다는 연령에 의한 영향이 큰 것으로 나타남.
- 과거 주민건강영향조사 보고서에서도 자원회수시설 근로자, 인근 주민 및 참고지역 주민간에 뚜렷한 차이가 없음을 명시하고 있으며, 2020년 혈중 다이옥신 농도는 2007년 12.1pg-TEQ/m<sup>3</sup>보다 44% 감소한 6.63pg-TEQ/m<sup>3</sup>로 이는 일반인의 평균적인 농도인 20pg-TEQ/m<sup>3</sup><sup>6)</sup>보다 현저히 낮은 수준으로 평가됨.
- 인천시는 「폐기물처리시설 설치촉진 및 주변지역지원 등에 관한 법률」에 의거 3년에 한번씩 광역소각시설의 환경상 영향조사를 실시하고 있음. 2020년 환경상 영향조사 결과, 대기오염 물질, 악취유발물질, 소음진동 모두 환경기준을 만족하는 것으로 나타났으며 소각시설 운영으로 인한 영향은 미미한 것으로 판단함.
- 인천시는 현재 「폐기물처리시설 설치촉진 및 주변지역지원 등에 관한 법률」에 의한 환경상 영향조사만을 실시하고 있으나 향후 서울시의 주민건강영향조사와 같이 소각시설이 주변지역 및 주민에게 미치는 영향을 지속적으로 모니터링함으로써 소각시설이 주변지역에 미치는 영향을 객관적으로 평가하기 위한 과학적 근거를 마련할 필요가 있음.

6) 장재연 외1(2003), 다이옥신과 건강: 인체 노출 수준 및 건강 영향에 대한 역학적 연구

## ▶ 참고문헌

### [보고서]

서울특별시, 해당년도, 자원회수시설 주변 주민건강영향조사 최종보고서  
 수도권매립지공사, 2020, 2019 수도권매립지 통계연감  
 수도권매립지관리공사 시도별 반입량 내부자료  
 인천광역시, 2020 수도권매립지 폐기물 종류별 반입량 내부자료  
 인천연구원, 2020, 인천광역시 자체매립지 조성을 위한 폐기물관리 기본계획 수립 및 입지선정 조사 연구  
 인천환경공단 송도사업소, 2019.12., 송도 광역생활폐기물처리시설 환경상영향조사  
 인천환경공단 청라사업소, 2020.01., 청라자원환경센터 환경상영향조사  
 장재연 외(2003), 다이옥신과 건강: 인체 노출 수준 및 건강 영향에 대한 역학적 연구  
 IOM, 2019.8., Health Impacts associated with Energy-from-Waste Incinerators  
 CEWEP(2020), Landfill tax and bans overview

### [웹사이트]

서울시 자원회수시설, <http://rrf.seoul.go.kr/>  
 에코크레이션, <http://www.ecocreacion-in.com/>  
 영국 소각장, [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_incinerators\\_in\\_the\\_United\\_Kingdom](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_incinerators_in_the_United_Kingdom)  
 코리 리버사이드 에너지 (Cory riverside energy) 하천을 이용한 4개 운송시스템, <https://www.gladstone.qld.gov.au/downloads/file/892/g-3-1-1-9-attach-09-cory-riverside-energy>  
 해외환경통합정보시스템, <https://www.eishub.or.kr/>  
 Beddington, <https://www.beddingtonerf.info/>  
 CORY ENERGY, <https://www.coryenergy.com/>  
 Edmonton, <https://ukwin.org.uk/incinerators/library/North+London/48>  
 SYCTOM, <https://www.syctom-paris.fr/>  
 SELCHP, <https://www.selchp.com/>  
 Thames gateway, <https://ukwin.org.uk/incinerators/>

## ▶ 부록1 추출된 35개 논문의 유형별 주요 내용

연구유형	연구제목 및 주요 내용	비고
리뷰 논문	Ashworth DC, Elliott P, Toledano MB. (2014). Waste incineration and adverse birth and neonatal outcomes: a systematic review. <i>Environment International</i> ; 69: 120-132. 폐기물 소각과 출산 부작용 및 신생아 영향 : 논문 리뷰	전 세계 (2014)
	Johnson DR. (2016). Nanometer-sized emissions from municipal waste incinerators: A qualitative risk assessment. <i>Journal of Hazardous Materials</i> ; 320: 67-79. 도시 폐기물 소각로의 배출물질 : 정성적 위험평가	전 세계 (2016)
	Jones AM, Harrison RM. (2016). Emission of ultrafine particles from the incineration of municipal solid waste: A review. <i>Atmospheric Environment</i> ; 140: 519-528. 도시 고형 폐기물 소각로로 인한 초미세먼지 배출에 관한 연구: 리뷰를 중심으로	이탈리아와 스칸디나비아 (2016)
	Ncube F, Ncube EJ, Voyi K. (2017). A systematic critical review of epidemiological studies on public health concerns of municipal solid waste handling. <i>Perspectives in Public Health</i> ; 137: 102-108. 도시 고형 폐기물 처리 공중보건 문제에 대한 역학 연구의 체계적 문헌 고찰	전 세계 (2017)
	Nicoll R. (2018). Environmental contaminants and congenital heart defects: a re-evaluation of the evidence. <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> ; 15(10): 2096. 환경 오염 물질과 선천적인 심장 결함: 근거에 대한 재평가	전 세계 (2018)
	Wielgościński G, Targaszewska A. (2014). The impact of waste incineration on human beings and the environment. <i>Ecological Chemistry and Engineering S</i> ; 21: 353-363. 폐기물 소각이 인간과 환경에 미치는 영향	전세계 (2014)
	Zhang MM, Buekens A, Li XD. (2016). Brominated flame retardants and the formation of dioxins and furans in fires and combustion. <i>Journal of Hazardous Materials</i> ; 304: 26-39 브롬화 물질과 화재 및 연소 시 다이옥신 및 후란 생성	전 세계 (2016)
역학 연구	Candela S, Bonvicini L, Ranzi A, Baldacchini F, Broccoli S, Cordioli M; Carretta E, Luberto F, Angelini P, Evangelista A, Marzaroli P, Rossi PG, Forastiere F. (2015). Exposure to emissions from municipal solid waste incinerators and miscarriages : A multisite study of the MONITER Project. <i>Environment International</i> ; 78: 51-60. 도시 고형 폐기물 소각로의 배출물질의 노출 및 유산의 역학연구	이탈리아 (2015)
	Parkes B, Hansell AL, Ghosh RE, Douglas P, Fecht D, Wellesley D, Kurinczuk JJ, Rankin J, de Hoogh K, Fuller GW, Elliott P. (2019). Risk of congenital anomalies near municipal waste incinerators in England and Scotland: Retrospective population-based cohort study. <i>Environment International</i> (in press). 잉글랜드와 스코틀랜드의 도시 폐기물 소각로 근처의 선천성 이상 위험: 코호트 연구	잉글랜드 및 스코틀랜드 (2019)
	Vinceti M, Malagoli C, Werler MM, Filippini T, De Girolamo G, Ghermandi G, Fabbi S, Astolfi G, Teggi S. (2018). Adverse pregnancy outcomes in women with changing patterns of exposure to the emissions of a municipal waste incinerator. <i>Environmental Research</i> ; 164: 444-451.	이탈리아 (2016)

연구유형	연구제목 및 주요 내용	비고
	도시 고체 폐기물 소각로 노출과 관련된 생식 부작용 결과	
사례 통제	Deng C, Xie H, Ye X, Zhang H, Liu M, Tong Y, Ou L, Yuan W, Zhang W, Wang X. (2016). Mercury risk assessment combining internal and external exposure methods for a population living near a municipal solid waste incinerator. <i>Environmental Pollution</i> ; 219: 1060-1068. 도시 고형 폐기물 소각로 인근지역 주민에 대한 수은 위험 평가	중국 (2016)
	Ghosh R.E., Freni-Sterrantino A., Douglas P., Parkes B., Fecht D., de Hoogh K., Fuller G., Gulliver J., Font A., Smith R.B., Blangiardo M., Elliott P., Toledano M.B., Hansell A.L. (2019). Fetal growth, stillbirth, infant mortality and other birth outcomes near UK municipal waste incinerators: retrospective population based cohort and case-control study. <i>Environment International</i> ; 122: 151-158. 영국의 도시 폐기물 소각시설 근처의 태아 성장, 사산, 영아 사망률 및 기타 출생 결과; 후향적 집단 기반 코호트 및 환자-대조군 연구	영국 (2019)
	Kalfa N, Paris F, Philibert P, Orsini M, Broussous S, Fauconnet-Servant N, Audran F, Gaspari L, Lehors H, Haddad M, Guys JM, Reynaud R, Alessandrini P, Merrot T, Wagner K, Kurzenne JY, Bastiani F, Breaud J, Valla JS, Lacombe GM, Dobremez E, Zahhaf A, Daures JP, Sultan C. (2015). Is Hypospadias Associated with Prenatal Exposure to Endocrine Disruptors? A French collaborative controlled study of a cohort of 300 consecutive children without genetic defect. <i>European Urology</i> ; 68(6): 1023-1030. 시상하부는 내분비 장애에 대한 태아 노출과 관련이 있는지, 300명 유전자결함이 없는 어린이 대상 코호트 연구	프랑스 (2015)
	Li J, Zhang Y, Sun T, Hao H, Wu H, Wang L, Chen Y, Xing L, Niu Z. (2018). The health risk levels of different age groups of residents living in the vicinity of municipal solid waste incinerator posed by PCDD/Fs in atmosphere and soil. <i>Science of the Total Environment</i> ; 631-632: 81-91. 도시 고형 폐기물 소각시설 주변지역 대기 및 토양의 PCDD/F에 따른 주민 연령별 건강 위험 수준	중국 (2018)
	Vinceti M, Malagoli C, Werler MM, Filippini T, De Girolamo G, Ghermandi G, Fabbi S, Astolfi G, Teggi S. (2018). Adverse pregnancy outcomes in women with changing patterns of exposure to the emissions of a municipal waste incinerator. <i>Environmental Research</i> ; 164: 444-451. 도시 폐기물 소각시설 배출물질에 대한 노출이 임산부 부작용에 관한 미치는 영향	이탈리아 (2018)
	Zubero MB, Eguiraun E, Aurrekoetxea JJ, Lertxundi A, Abad E, Parera J, Goñi-Irigoyen F, Ibarluzea J. (2017). Changes in serum dioxin and PCB levels in residents around a municipal waste incinerator in Bilbao, Spain. <i>Environ Res.</i> ; 156: 738-746. 스페인 빌바오의 도시 폐기물 소각시설 주변 거주자들의 혈청 다이옥신과 PCB 수준 변화.	스페인 (2017)
노출 및 위험 평가	Domingo JL, Rovira J, Nadal M, Schuhmacher M. (2017). High cancer risks by exposure to PCDD/Fs in the neighborhood of an Integrated Waste Management Facility. <i>Science of the Total Environment</i> ; 607: 63-68. 통합 폐기물 관리 시설 인근 PCDD/Fs 노출로 인한 암 위험성 연구	스페인 (2017)
	Domingo JL, Rovira J, Vilavert L, Nadal M, Figueras MJ, Schuhmacher M. (2015). Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: screening environmental pollutants. <i>Science of the Total Environment</i> ; 518-519: 363-370.	스페인 (2015)

연구유형	연구제목 및 주요 내용	비고
	<p>통합 폐기물 관리 시설 주변에 거주하는 인구의 건강 위험성: 환경 오염 물질을 대상으로</p> <p>Ho C, Chan C, Chio C, Lai Y, Chang-Chien G, Chow JC, Watson JG, Chen LA, Chen P, Wu C. (2016). Source apportionment of mass concentration and inhalation risk with long-term ambient PCDD/Fs measurements in an urban area. <i>Journal of Hazardous Materials</i>; 317: 180-187.</p> <p>도시 지역에서 장기간 주변 PCDD/Fs 측정을 통한 호흡기 위험 및 고농도 지역 원인에 대한 연구</p>	<p>대만 (2016)</p>
	<p>Jia J, Bi C, Guo X, Wang X, Zhou X, Chen Z. (2017). Characteristics, identification, and potential risk of polycyclic aromatic hydrocarbons in road dusts and agricultural soils from industrial sites in Shanghai, China. <i>Environmental Science and Pollution Research</i>; 24: 605-615.</p> <p>중국 상하이의 산업 현장에서 발생하는 도로 먼지 및 농업용 토양에서 방향족 탄화수소의 발생 및 잠재적 위험 연구</p>	<p>중국 (2017)</p>
	<p>Li J, Dong H, Sun J, Nie J, Zhang S, Tang J, Chen Z. (2016). Composition profiles and health risk of PCDD/F in outdoor air and fly ash from municipal solid waste incineration and adjacent villages in East China. <i>Science of the Total Environment</i>; 571: 876-882.</p> <p>중국 동부 인접마을의 고품 폐기물 소각시설의 대기 및 비산재의 PCDD/F의 건강 위험</p>	<p>중국 (2016)</p>
	<p>Li N, Kang Y, Pan W, Zeng L, Zhang Q, Luo J. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. <i>Science of the Total Environment</i>; 521: 144-151.</p> <p>중국 남부 폐기물 소각시설 인근 토양에서 인근 주민의 중금속에 노출 위험평가</p>	<p>중국 (2015)</p>
	<p>Ma W, Tai L, Qiao Z, Zhong L, Wang Z, Fu K, Chen G. (2018). Contamination source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil around municipal solid waste incinerator: A case study in North China. <i>Science of the Total Environment</i>; 631: 348-357.</p> <p>도시 고품 폐기물 소각로 주변 토양 중금속 오염원 원인 및 건강 위험 평가: 북중국의 사례 연구</p>	<p>중국 (2018)</p>
	<p>Meng N., Ma W-L., Liu L-Y., Zhu N-Z., Song W-W., Lo C.Y., Li J., Kannan K., Li Y-F. (2016). PCDD/Fs in soil and air and their possible sources in the vicinity of municipal solid waste incinerators in northeastern China. <i>Atmospheric Pollution Research</i> 7 (2), 355-362.</p> <p>중국 북동부의 도시 고품 폐기물 소각로 부근에서 토양과 공기의 PCDD/F 발생</p>	<p>중국 (2016)</p>
	<p>Rovira J., Nadal M., Schuhmacher M., Domingo J.L. (2018). Concentrations of trace elements and PCDD/Fs around a municipal solid waste incinerator in Girona (Catalonia, Spain). Human health risks for the population living in the neighbourhood. <i>Sci Total Environ</i>; 630: 34-45.</p> <p>지로나(스페인 카탈로니아)의 도시 고품 폐기물 소각로 주변의 미량 원소와 PCDD/F의 농도, 인근지역 주민의 건강상 위험에 관한 연구</p>	<p>스페인 (2018)</p>
	<p>Santoro, M; Minichilli, F; Linzalone, N; Coi, A; Maurello, MT; Sallese, D; Bianchi, F (2016) Adverse reproductive outcomes associated with exposure to a municipal solid waste incinerator. <i>Annali Dell Istituto Superiore Di Sanita</i>; 52(4): 576-581.</p>	<p>이탈리아 (2016)</p>

연구유형	연구제목 및 주요 내용	비고
	폐기물 소각로에 대한 노출과 관련한 유해한 생식 결과에 관한 연구	
	Scungio M, Buonanno G, Stabile L, Ficco G. (2016). Lung cancer risk assessment at receptor site of a waste-to-energy plant. Waste Management; 56: 207-215. 폐기물 에너지 시설에서 공정별 폐암 위험 평가	이탈리아 (2016)
	Setyan A, Patrick M, Wang J. (2017). Very low emissions of airborne particulate pollutants measured from two municipal solid waste incineration plants in Switzerland. Atmospheric Environment; 166: 99-109. 스위스 두 도시 고품 폐기물 소각시설에서 측정된 공기 중 미립자 오염 물질에 관한 연구	스위스 (2017)
	Shen H, Guan R, Ding G, Chen Q, Lou X, Chen Z, Zhang L, Xing M, Han J, Wu Y. (2017). Polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans (PCDD/Fs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in Zhejiang foods (2006-2015): Market basket and polluted areas. Science of the Total Environment; 574: 120-127. 저장 식품의 폴리염화 디벤조-피디옥신/후란(PCDD/Fs) 및 폴리염화 비페닐(PCB)(2006-2015): 오염된 지역	중국 (2017)
	Vilavert L, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL. (2015). Two decades of environmental surveillance in the vicinity of a waste incinerator: human health risks associated with metals and PCDD/Fs. Arch. Environ. Contam. Toxicol.; 69: 241-253. 폐기물 소각시설 주변에서 20년 동안 모니터링을 통한 금속 및 PCDD/F 발생 및 인간의 건강 위험	스페인 (2015)
	Yang H, Luo S, Lee K, Wu J, Chang CW, Chu PF. (2016). Fine particulate speciation profile and emission factor of municipal solid waste incinerator established by dilution sampling method. Journal of the Air & Waste Management Association; 66: 807-814. 도시형 고품 폐기물 소각시설의 입자 규격 및 배출 계수.	대만 (2016)
	Zhou Z, Ren Y, Chu J, Li N, Zhen S, Zhao H, Fan S, Zhang H, Xu P, Qi L. (2016). Occurrence and impact of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans in the air and soil around a municipal solid waste incinerator. J. Environ. Sci.; 44: 244-251. 도시 고체 폐기물 소각시설 주변 대기 및 토양에서 폴리염화 디벤조-p-다이옥신/디벤조푸란의 발생 및 영향	중국 (2016)
모델링	Douglas P, Freni-Sterrantino A, Sanchez ML, Ashworth DC, Ghosh RE, Fecht D, Font A, Blangiardo M, Gulliver J, Toledano MB, Elliott P, de Hoogh K, Fuller GW, Hansell AL. (2017). Estimating Particulate Exposure from Modern Municipal Waste Incinerators in Great Britain. Environmental Science & Technology; 51: 7511-7519. 영국의 현대 도시 폐기물 소각로에서 발생하는 입자 노출 추정.	영국 (2017)
	Scungio M, Buonanno G, Arpino F, Ficco G. (2015). Influential parameters on ultrafine particle concentration downwind at waste-to-energy plants. Waste Management; 38: 157-163. 폐기물소각시설의 초미세먼지 농도에 영향을 미치는 매개 변수	전 세계 (2015)
	Freni-Sterrantino A., Ghosh R.E., Fecht D., Toledano M.B., Elliott P., Hansell A.L., Blangiardo M. (2019). Bayesian spatial modelling for quasi-experimental designs: An interrupted time series study of the opening of Municipal Waste Incinerators in relation to infant mortality and sex ratio.	잉글랜드 및 웨일스 (2019)

연구유형	연구제목 및 주요 내용	비고
	Environment International; 128: 109-115. 공간 모델링 : 도시 폐기물 소각로 근처에 유아 사망률 및 성비와 관련한 시계열 연구.	
사례 연구	Ghosh SK, Lee J, Godwin AC, Oke A, Al-Rawi R, El-Hoz M. (2016). Waste management in USA through case studies: ewaste recycling and waste energy plant. In Proceedings of the 31st international conference on solid waste technology and management, 3-6 April 2016, Philadelphia, USA. Pennsylvania: Widener University. 사례 연구를 통한 미국의 폐기물 관리 : 폐기물 재활용 및 폐기물 에너지 플랜트	미국 (2016)

자료 : IOM, 2019.8., Health Impacts associated with Energy-from-Waste Incinerators



**발행처** 인천연구원 **발행인** 이용식

**주소** 인천광역시 서구 심곡로 98 **전화** 032.260.2600 [www.ii.re.kr](http://www.ii.re.kr)

- 출처를 밝히지 않고 이슈브리프를 무단전재 또는 복제하는 것을 금합니다.
- 본 이슈브리프의 내용은 연구책임자의 개인적 의견이며, 연구원의 공식적인 의견이 아님을 밝힙니다.