

새로운 소각로 구조 설계 지침

최 상 민
한국과학기술원 기계공학과 교수

1. 개정 경위

우리나라의 폐기물 처리에서 소각이 차지하는 비중이 점차 높아져 가고 일반인들의 소각에 대한 관심이 다이옥신 문제에 집중되면서 이에 대한 이해와 대책을 마련하는 것이 절실하게 되었다. 97년 4월에 가동중인 국내 소각장들의 굴뚝 배가스에서 측정된 다이옥신 배출량이 처음 발표되었고 곧이어 소각장 인접지역 주민들뿐 아니라 언론에서 깊은 우려를 나타내었다. 이에 대응하여 환경부는 다이옥신 대책 발표(97년 6월 16일)에서 단기의 긴급 대책과 장기적인 근본대책을 통해 소각장 시설 및 운전이 보완될 수 있도록 조치하였다. 이어 7월 19일에는 소각시설의 설치기준 및 관리기준을 강화하여 다이옥신 발생 및 배출을 억제할 수 있도록 하는 내용을 포함하여 기존 폐기물 관리법의 시행규칙을 개정, 공표하였다.

이에 따라 새롭게 요구되는 기술적 사항들을 구체적으로 명시하고 실제에 반영할 수 있도록 기존의 『쓰레기 처리시설 구조지침 및 해설』을 개정하여야 할 필요성이 대두되었다. 기존의 지침은 91년 3월 제정 공포되어 소각시설의 계획, 시공, 운영 등에 기준으로 채택되어 왔으나, 일본 후생성에서 나온 같은 이름의 지침을 거의 직역한 것과 다름없어 우리나라의 실정과 다른 부분들이 있고 기술적, 사회적 요구사항의 급격한 변화를 반영하지 못하는 문제점을 갖고 있었다. 이를 개선하기 위하여 환경부에서 소각기술 지원단을 구성하여 국내의 소각 관련 업체의 전문인력과 학계의 전문가들로 하여금 소각로 구조 설계 지침을 개정하는 작업을 진행하였다. 여기에서는 기존의 지침에서 다루던 매

립 등 최종처분장 관련사항은 유보하고 하루 처리량 50 톤 이상의 도시폐기물 소각시설을 대상으로 제한하여 논의가 이루어졌다.

현재 지침을 작성하는 작업이 진행중이므로 최종 확정이 될 때 까지는 성급한 논의를 배제하는 것이 원칙이나, 지침의 개정 배경과 고려 사항들을 알리는 것이 이 분야에 종사하는 분들의 이해를 증진시킬 수 있을 것으로 판단하여 간략한 요약과 의견을 제시한다.

2. 지침의 성격

기존의 『쓰레기 처리시설 구조지침 및 해설』은 일종의 기술규격과 같은 성격으로서 행정적 구속력도 가지고 있다. 즉 쓰레기 처리분야에 종사하는 행정기관에서는 그 시행 과정에서 이를 참고하고 반영하여야 하며 이를 지키지 않을 때 감사의 대상이 될 수 있다. 실제로 공공기관을 비롯하여 시설의 계획 및 발주를 담당하는 측에서 이 지침의 요구사항을 계획 및 설계에 반영해 왔기 때문에 때로는 지침의 세부적인 해석을 놓고 관련자들이 논쟁을 벌이기도 하였다.

3. 개정 지침의 주요 내용

지침에 포함되는 내용은 아래 목차를 보면 알 수 있듯이 크게 나누어 기본계획과 소각시설의 구조지침으로 구분되어 있다. 기본계획에서는 쓰레기의 발생량, 질적 특성, 계획 처리량의 산정을 비롯한 쓰레기 소각처리 시설의 설계 및 계획에 관한 기본사항을 기술하고 있다. 구조지침 부문에서는

소각로의 규모, 형식과 기능에 관한 정의 및 지침과 함께 연속연소식 소각시설에 대하여 구체적인 기술적 지침을 규정하고 있다. 아울러 배출수처리설비와 전기계장설비, 그리고 건축, 토목, 조경에 관한 사항도 기술하고 있다.

목차(요약)

I 기본계획

- 1장 기본계획의 목적
- 2장 우리나라 쓰레기의 발생량과 질적 특성
- 3장 계획 처리량 산정
- 4장 쓰레기 처리시설 종합계획의 기본적 사항
- 5장 쓰레기 소각시설 설계에 대한 기본적 사항

II 소각시설의 구조지침

- 1장 소각시설에 관한 기본적 사항
- 2장 소각로의 기능에 관한 지침
- 3장 소각시설의 규모, 형식등에 관한 지침
- 4장 연속연소식 소각시설 지침
 - 41 연속연소식 소각시설의 구성
 - 42 반입.공급 설비
 - 43 연소설비
 - 44 연소가스 냉각 설비
 - 45 배출가스 처리설비의 구성
 - 46 여열이용 설비
 - 47 통풍설비
 - 48 소각재 배출 설비
 - 49 소각재 처리설비
 - 410 악취제어 설비
 - 411 유틸리티(Utility) 설비
- 5장 소각시설 배출수 처리 설비 지침
- 6장 전기계장설비
- 7장 소각시설의 건축 토목설비 및 조경의 기본적 사항

4. 지침 개정의 주안점

지침을 개정하기 위한 작업과정에서 주목하였던 중요한 고려사항을 간단히 설명하면 다음과 같다.

현행지침의 기본 골격은 그대로 유지하되 우리나라의 현재상황을 반영하여 가급적 미래 지향적으로 작성한다.

우리나라의 대규모 도시 쓰레기 소각장은 비교적 대규모 처리용량을 가지고 있고 최근에 집중적으로 건설이 이루어졌으며 추가설비의 건설이 지속적으로 추진되고 있다. 시설의 노후 상황은 우려할 수준이 아니지만 사회적인 환경 요구 수준이 급속히 높아졌기 때문에 이에 대응하는 보완이 필요한 곳도 나타나고 있다. 이와 같은 현재상황을 종합적으로 반영하되 현재까지 통용되던 지침의 기본 골격을 유지하여 계속성을 유지한다.

국내 기술진의 독자적인 기술 판단능력을 기초로 작성한다.

소각로 관련 국내 기술 수준은 외국기술진과 긴밀한 협조체제를 유지하고 있는 산업계와 독자적인 연구뿐 아니라 각종 국제협력 관계를 구축한 학술 및 연구계가 협력을 통해 비교적 단기간에 크게 향상되었다. 새로운 기술지침은 이들 국내기술진들이 참여하여 독자적인 기술능력을 바탕으로 나아갈 방향을 결정하도록 하였다. 우리에게 필요한 기술적인 요구 사항을 우리 스스로 마련하였다는 것은 커다란 진전이 될 수 있으며, 경쟁 관계에 있는 관련 업계의 기술인력이 공동 작업을 통해 서로에게 영향이 미칠 수 있는 기준을 검토하고 결정하였다는 점에서 또다른 의미를 가지고 있다.

현재 국내 업계의 업무체계상에서 구분되고 있는 직종 분야를 총괄하여 기본계획, 기계설비, 전기/계장, 건축, 토목, 폐수처리 등 분야를 포함하여 구성한다.

국내의 소각로 관련업계 기기장치 제조 및 건설 분야의 대기업이 선도하고 있다. 이들 업계에서는 자체적으로 전공분야별 업무 구분체계가 이루어져 있다. 따라서 이를 반영하여 새로운 지침에는 기계, 전기 및 계장, 건축, 토목, 폐수처리, 조경 등 전문 분야별로 나누어 구성하고 각 분

야의 전문적인 의견이 반영되도록 하였다.

50 톤/일 규모 이상의 스토카식(화격자 및 연소실 형식의 대량 연소 방식)만을 대상으로 국한한다. (유동상식, RDF식 및 소위 신기술 대안 소각방식 등은 추후에 보완한다.)

국내 소각시설은 하루 처리량 200 톤 이상의 대도시형 규모이고, 처리 방식으로는 대량 연소식(Mass-burn)의 화격자 연소실 및 열회수 보일러 그리고 연소가스 처리설비를 연결하는 형식이 주류를 이루고 있다. 따라서 기타의 다양한 방식을 포괄하여 공통적으로 적용될 수 있는 기준을 만들기 보다 현재 운영중이거나 건설예정인 소각로를 거의 모두 포함할 수 있는 범위로서 50톤/일 규모 이상의 스토카식으로 한정하였다.

시설의 합리화를 위한 지침 개정 - 운영결과들을 기초로 소내 교통 및 환경 개선 요구 사항, 공해 관련 기준등을 반영한다.

국내에서 소각설비의 건설 및 운영 경험이 축적되어감에 따라 시설을 합리적으로 개선하여야 할 필요성이 부각되었다. 시설의 운영 관리자가 발굴한 개선 요구 사항이 설계자를 통하여 반영되도록 하려면 설계 기준을 설정하는 계획 입안자로부터 시설 운영 관리자까지 관련사항들에 대한 통일적인 이해가 이루어져야 한다. 이를 효율적으로 달성하기 위해 시설 합리화를 위한 지침을 개정하여 위와 같은 사항들을 규정하였다.

우수 연소 방안의 반영 - 온도, 체류시간, 산소농도 등 연소실 관리 관련 사항과 노내 혼합 촉진을 위한 이차 공기의 역할 등에 관한 기술을 추가한다.

소각시설의 다이옥신이 주요 관심 대상으로 부각되면서 전세계적으로 받아들여지고 있는 다이옥신 저감방안의 근간은 연소 관리에 있다. 이를 통칭 '우수연소방안(Good Combustion Practice)'라고 부르며 여기에는 연소실 내 온도, 체류시간, 산소농도 등 연소실 내부관리와 관련된 인자들과 혼합 촉진을 위한 이차 공기의 역할 등 연소

제어 분야의 고려 사항들이 포함되어 있다. 이들 기술 요구사항은 그 목표 및 전략 뿐 아니라 구체적인 실천방안이 제시되어야만 한다. 한편 전문분야 학술 성격의 내용을 과다하게 반영하게 되면 일반 기술인들이 접근하기 어려워질 수도 있으며, 기술적인 판단이 변경될 위험도 없지 않으므로 주의를 기울여야 한다.

기술자료로 쓰일 수 있는 정량적 범위 제시에 주의를 기울인다. (예를 들어 화격자 연소율, 체적 발열량, 연소시 체류시간등의 수치 및 범위 표시에 신중을 기울인다.)

설비의 성능기준등과 관련하여 정량적으로 제시되는 기준값들은 기준 만족 여부등의 평가를 위하여 필수적이기는 하지만 기술의 진전과 함께 변경될 소지도 항상 내포하고 있다. 따라서 이러한 대상들에 대하여 주의깊게 검토하여야만 한다. 자칫하면 새로운 지침이 기술기준의 정량적 규제 수단을 갖추지 못하거나, 또는 낡은 기술과 관련된 기준치를 규정에 담고 있을 수 있기 때문이다.

전기 및 계장, 토목, 건축, 폐수처리 등의 부분을 신설한다.

이 부분은 기존 지침에서 반영되지 못한 부분으로서 공통적으로 필요성을 인정하는 범위안에서 해당 전문 분야의 고려 사항을 지침에 추가하도록 하였다.

기술의 지침화가 확실화가 되어서는 안되며, 건전한 공학적 판단기준을 제공하여 부실화를 배제하는 것이 목적임을 상기한다

기술 지침이 확실적인 규제의 수단으로만 쓰이는 것은 결코 바람직하지 않다. 기술지침 자체도 완벽하기 어려우며 기술의 진전에 더불어 계속적으로 수정될 수도 있다. 이 지침의 중요한 목적 중 하나는 관련된 기술인력들이 이 지침을 통하여 기술 기준에 대한 공감대를 형성하고, 또한 필요시 공학적 판단기준을 제공하면서 기술 판단 과정을 효율화시키는 것이다.

일본 지침의 직역에서 탈피하고, 독일의 VDI 규격 등을 참조하면서 세계적 표준이 되도록 한다.

구 지침은 내용상으로 보아 같은 이름을 가진 일본의 지침을 그대로 번역하고 일부를 우리나라의 설계기준으로 대체한 형태이다. 따라서 이번 기회에 우리 자체의 기술력으로 지침을 작성하면서 일본, 미국, 독일 등의 지침 자체만이 아니라 그 제정 배경을 검토한 결과도 반영되도록 노력하였다. 특히 일본의 신 가이드라인과 독일의 기술자협회(VDI)의 기술규격에 대하여 검토하였다.

5. 추가 고려사항

개정되는 소각로 구조지침에 어떠한 형태로 포함되기를 희망하지만 아직 구체적인 조치가 이루어지지 않은 부분이 있다. 첫째로, 배가스 관리에 한하여 각종 규제 및 기술 기준과 절차를 통합하여 관리하는것이 바람직할 것으로 보인다. 둘째로는, 소각을 통한 폐기물 처리가 사회적인 비용의 최소화라는 인식을 보다 널리 알리기 위한 입장에서 소각에 대한 경제적 관점을 기술기준의 하나로 반영하는 것이다. 이 글에서는 독일의 VDI규격에 들어 있는 해당 부분을 옮겨 소개하는 것으로서 그 필요성에 대한 공감대를 넓혀 보고자 한다.

폐기물 소각의 비용(Cost of Waste Incineration)

독일 기술자 협회(VDI) 기술 규격, 『Thermal Treatment of Solid Waste』6장

재활용 및 폐기물 법(The Recycling and Waste Act, 1994년 9월27일)이 발효되면서 지금까지 폐기물에 대한 '처분'이라는 관점이 '시장'이라는 관점으로 급속히 변화하고 있다.

이에 따라 처리공정의 방안을 선정하는 과정에

서의 생태학적 문제뿐 아니라, 도시폐기물의 처분을 위해 드는 적절한 사회적 비용 문제에 대한 논쟁이 점점 뜨거워지고 있다. 또한 유해폐기물을 소각처리하는 방법과 비용면에서 경쟁력 있는 다른 여러가지 활용 공법이 경쟁을 벌이고 있다.

1. 자본 비용과 운전 비용 (Capital and operating costs)

이전에는 도시폐기물 소각에 비하여 유해폐기물 소각시설에 배가스 세정설비를 비롯한 요구사항이 많았지만, 최근에 개정된 법규에서는 두 가지가 똑같이 고려되고 있다. 이는 유해폐기물의 보관에 필요한 비용은 아직도 많이 드는 것이 사실이지만 도시폐기물소각 분야의 비용이 급격하게 증가하였다는 것을 의미한다.

그림 1에서 새로 건설하는 스토커 방식의 소각장의 톤당 소각 비용을 공장의 규모에 따라 표시하였다. 매 처리시설 라인의 용량을 25t/h(일당 600톤 또는 연간 활용을 기준으로 약185,000톤)를 기준으로 하였다. 자본비용에는 모든 부수비용을 포함하였으며, 아래에서 설명할 비용 절감(최적화) 방안을 적용하였다. 시설의 활용율은 85%로 가정하였다.

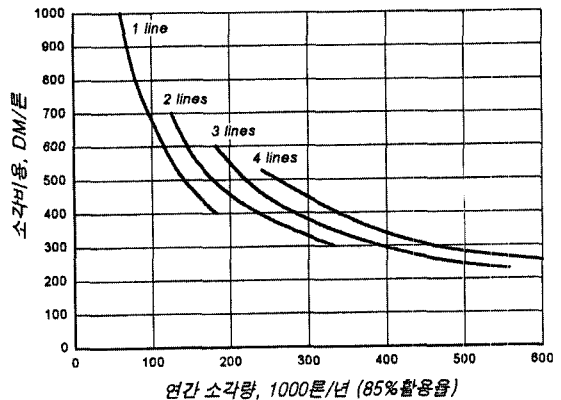


그림 1. 화력자 연소실 소각장에 대한 처리용량과 소각비용의 관계

그림 2에 표시한 자본비용의 배분비율은 유해폐기물과 도시폐기물의 경우에 똑같이 적용된다고 가정한다. 그 이유는 앞서 말한바와 같이 법적 요구조건이 두 경우에 대하여 거의 비슷하기 때문이다. 가장 커다란 비중을 차지하는 것은 기기 장치의 비용이며 그 안에는 총 비용의 20-25%에 이르는 배가스 세정 설비가 포함되었기 때문이다.

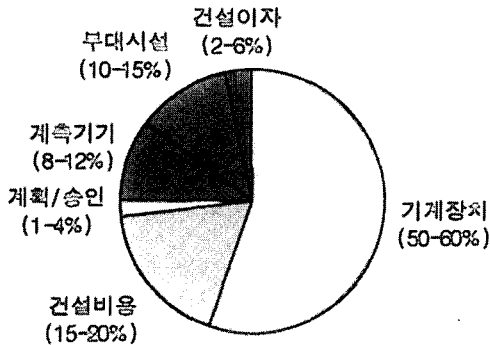


그림 2. 도시 및 유해폐기물의 자본 비용 분포

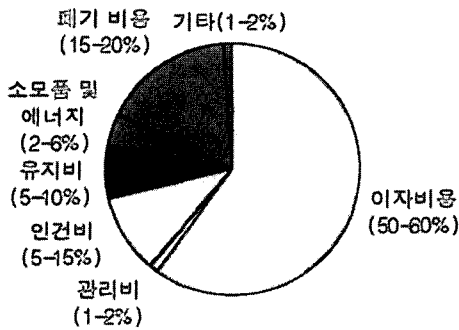


그림 3. 도시 폐기물 소각의 운전비용 분포

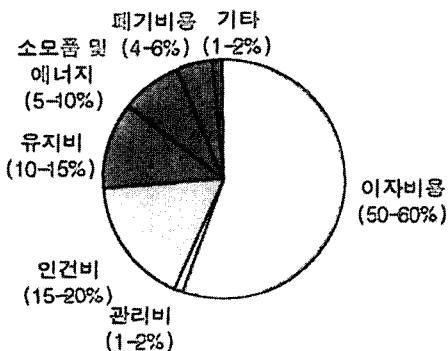


그림 4. 유해 폐기물 소각의 운전비용 분포

그림 3과 4에는 운전비용이 나타나 있으며 이로부터 유해폐기물과 도시폐기물의 차이를 명확하게 알 수 있다. 주로 유지관리 비용과 인건비 및 잔재물 처분 비용 부문에서 큰 차이를 볼 수 있는데 이는 공장에 소요되는 소모성 재료비와 소요 인력의 요구사항 그리고 잔재물 발생량이 다르기 때문이다.

표 1은 두 폐기물에 대하여 운전비용의 예를 보여 주고 있다. 톤당 소각비용은 자본비용(설비투자)에 대한 이자 지출)과 각각의 공장 규모 및 처리 능력에 따라 결정되는 것은 당연한 일이다. 또한 소각비용이 공장의 활용도에 따라 달라지는 것도 자명하다.

표 1. 도시 및 유해폐기물 소각의 톤당 소각 비용 평균(1995년 기준)

구분	도시폐기물소각 (250000톤/년)	유해폐기물소각 (70000톤/년)
자본비용	백만 DM	백만 DM
- 계획/승인	12	8
- 기계 장치	330	215
- 건축	80	66
- 계속	60	39
- 부대시설	46	27
- 건설기간(이자)	22	15
합계	550	370
운전비용	백만DM/년	백만DM/년
- 이자비용	55	37
- 인건비	9	12
- 유지비	8	9
- 관리비	1	1
- 소모품/에너지비용	4	5
- 잔재물 처분	17	4
- 기타	1	1
합계	95	69
톤당 소각비용 (아윤 불포함)	약 380 DM/톤	약 985 DM/톤

2. 비용 최적화 방안

최근에 완성된 폐기물 소각장에서 배출되는 공

해물질은 법적 요구사항을 만족시켰다면 이미 매우 낮은 수준이다. 그 이상의 저감을 요구하는 것은 자본비용뿐 아니라 운전비용까지 불균형적으로 상승시키는 요인이 된다.

소각공장의 설계에서는 법적 요구사항을 만족시키면서 기술적인 설계 대안들을 어떻게 최적화할 것인가에 초점이 맞추어져야 한다. 만약 이 과정에서 과도하게 목표를 설정하였다면 이미 불균형하게 증가된 비용에 덧붙여 전반적인 생태계에 미치는 효과를 평가하여야만 한다. 여기에는 한가지 공해물질의 배출을 낮추기 위해 다른 공해물질의 배출이 늘어난다든가, 에너지 사용량이 추가로 증가한다든가 하는 현상이 생태계에 미치는 악영향을 고려하여야 한다. 비용의 최적화를 위하여 기본적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 실현성 있고 시장 상황이 고려된 계획을 세운다.
- 공장 설비 구성요소를 표준화한다.
- 인허가 절차를 표준화한다.
- 비용/효과 분석이나 전반적인 생태학적 검증을 거치지 않는 한 법적 요구 사항 이상으로

요구하지 않는다

- 공장에 적용하기까지 소요되는 시간을 최대한 단축한다.
- 공장 운영에 필요한 인력 및 용역을 극소화한다.

또 다른 매우 중요한 항목 중 하나는 공장의 활용도이다. 표 1의 도시폐기물소각과 유해폐기물 소각의 톤당 처리 비용을 비교에서 보이듯이, 유해폐기물 소각의 처리용량이 낮기 때문에 소각비용이 증가하게 된다.

공장의 용량을 최대 수준에서 계속적으로 유지하기 위해서는 무엇보다도 과다설계(oversizing)를 피해야만 한다. 그 대신, 첨두부하(peak load)에서의 처리능력을 유지하기 위해서 다른 소각장들과 협조하는 것이 필요하다.

물론 새로운 소각장들의 계획 과정에서 여기 제시된 비용과 크게 다른 소각장들을 볼 수 있을 것이고 그 중에는 훨씬 저렴하게 폐기물을 처리하는 소각장도 있을 것이다. 그 비용 저감 이유 중 하나는 앞서 보여준 비용 최적화 방안이 적용되었기 때문일 것이다.

<환경여담>

우리네 침벨는 문화

지금은 국회의원이 된 어느 한 소설가는 유일하게 침벨으며 일할 수 있는 직업은 구두닦이라고 말했다. 하지만 구두닦이가 벨어내는 침은 반질반질한 구두를 만들기 위해 그가 토해내는 일종의 윤활유요, 일의 도구인 것이다. 사람들은 내심 좀 깨끗하지 못한 것이라 생각하지만 반질반질한 자기 구두를 보면 금방 잊어버린다.

거리를 나서면 온갖 침벨는 사람들을 본다. 얌전하게 몰래 처리하는 사람이 있는가 하면, 소리조차 더럽게 끄끽하며 침을 벨는 사람도 있다. 예쁘장하게 생긴 젊은 아가씨도 인정사정없이 벨어버리고 아무렇지도 않게 모른척 한다. 심지어 나이준 지긋히 드신 분들은 이내 한쪽 코를 막고 다른 구멍으로 그 무언가를 날려보내기 일쑤다.

우리네 침벨는 문화는 나이가 어린 저 꼬마부터 꼬부랑 할아버지까지 나이를 초월하고 있다. 그래서 그런지 우리네 어른들은 아이들이 침벨는 것에 별로 관심이 없는 듯 하다. 우리 어른들도 벨어야 하기 때문에 아무말도 할 수가 없는가보다. 하지만 우리나라민 모두가 침을 벨는건 아니다. 정말 어쩔수 없이 생기는 더러운 침까지도 쌓아서 버릴 중이가 없으면 꼭 참고 종이를 찾는 사람이 있는가 하면 포기하고 이내 삼켜버리는 정직한 사람들도 있다. 결코 쉽지않은 결정을 하는 아름다움 행동이다. 자기자신만의 깨끗함을 위해 침을 벨는 몰지각한 사람들에 반해 자신을 죽이고 모두를 살리는 아름다운 행동인 것이다. 내밖 세상의 아름다움을 위해 그만한 용기조차 없다면 우리는 자연의 아름다움에 대해 말할 자격이 없다. 왜냐하면 아름다움이란 스스로 지키는 자의 몫이기 때문이다.