

소각 플랜트 엔지니어링

손진영

Waste Incinerator Plant Engineering

Jin-Young Sohn



- 손진영 ((주)조인엔지니어링)
- 1953년생
- 기계공학을 전공하였고, 화력 및 열병합 발전 플랜트 엔지니어링의 전문경험을 축적하였으며, 폐기물 소각로 플랜트 엔지니어링 전문회사를 경영하고 있다.

1. 머리말

최근 인구의 도시집중화와 생활수준의 향상에 따라 도시쓰레기는 급격히 증가하고 있으나, 재래방식인 매립에 의한 처리는, 시민들의 쾌적한 환경에 대한 요구도가 점차 높아짐에 따라 위생 매립장 확보가 어렵게 되고 비용이 급격히 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 도시쓰레기 발생량의 대부분을 소각처리하는 선진국의 방식은 소각잔재만을 매립 처분하므로 쓰레기량을 획기적으로 줄일 수 있고, 소각과정중 발생하는 2차 공해물질을 효과적으로 처리할 수 있는 공해방지시설의 개발에 따라 국내에서도 여러 차단체별로 소각로 건설사업을 추진하고 있거나 계획중에 있다.

이와 같은 배경으로 국내에서도 소각로 설계제작 및 플랜트 엔지니어링(plant engineering) 기술의 도입 및 성숙의 단계를 거치지 않은 상태에서 많은 소각로 플랜트가 건설되거나 계획되고 있으며 이에 따른 해외 기술도입에 과당경쟁의 양상을 띠고 있어 더

욱 국산화가 시급한 실정이다. 따라서 이 글에서는 플랜트 엔지니어링 분야에 초점을 맞춰 그 기능 및 단계별 고려사항과 특성을 고찰함으로써 향후 국내 소각로 플랜트 엔지니어링의 발전 방향을 생각해보는데 목적이 있다.

2. 소각로 플랜트 엔지니어링의 단계별 기능

소각로의 계획단계부터 완공하여 상업운전까지의 유기적인 플랜트 엔지니어링의 상관관계는 그림 1과 같으며 각 단계별로 수행되어야 할 기능은 그림 2와 같다.

2.1 Phase I. — 사업 계획 단계

이 단계는 대상 지구에서 발생하는 쓰레기량과 적절한 처리방법을 비교검토하여 최적 소각로 방식과 규모, 부지, 투자비 산정과 사업 시행계획을 확정하는 단계이며, 아래와 같은 세부사항이 검토된다.

○ 사업 필요성 검토 :

대상 지방자치 단위별 인구 쓰레기 발생량

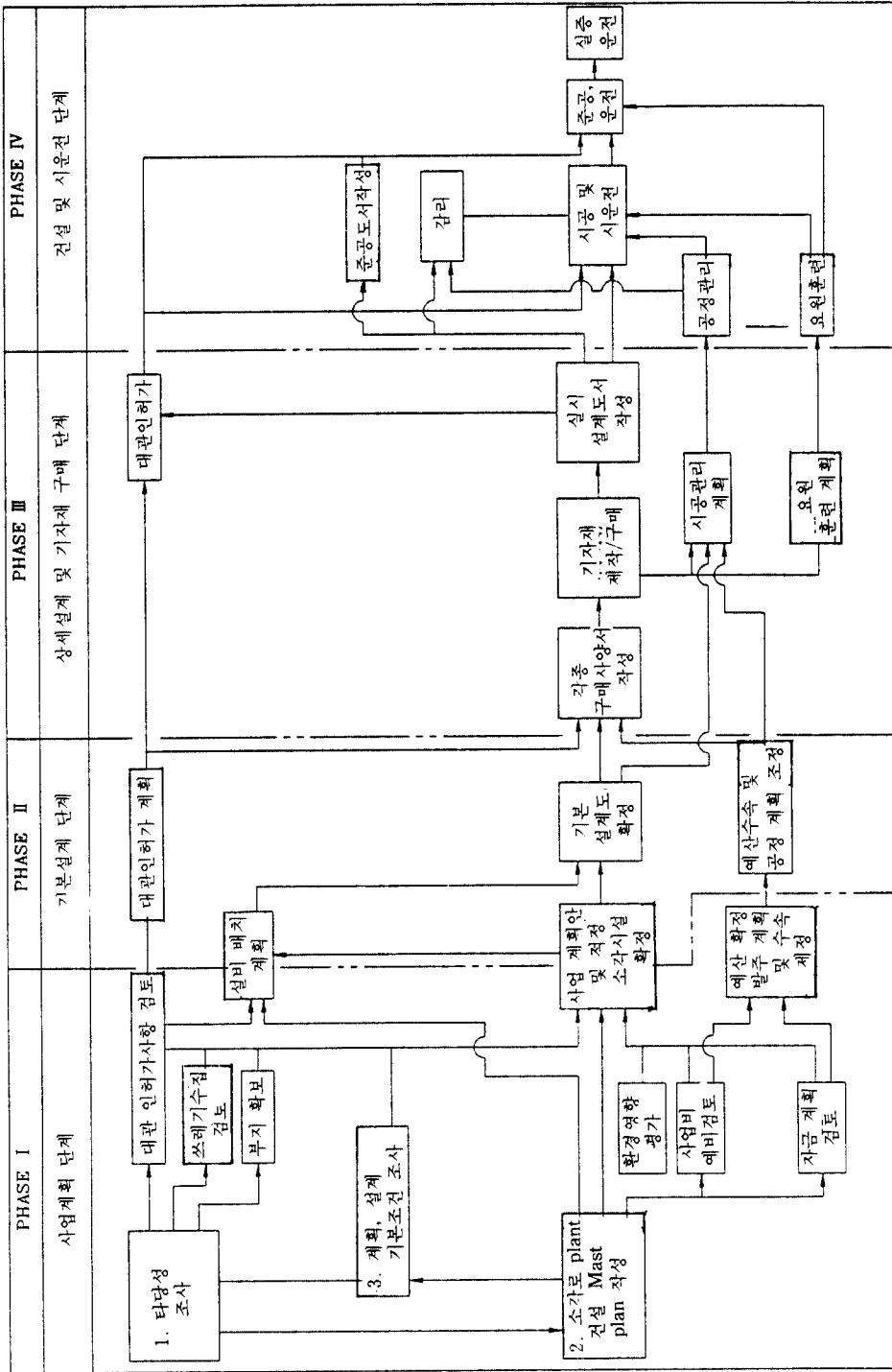


그림 1 소각로 플랜트 건설 흐름도

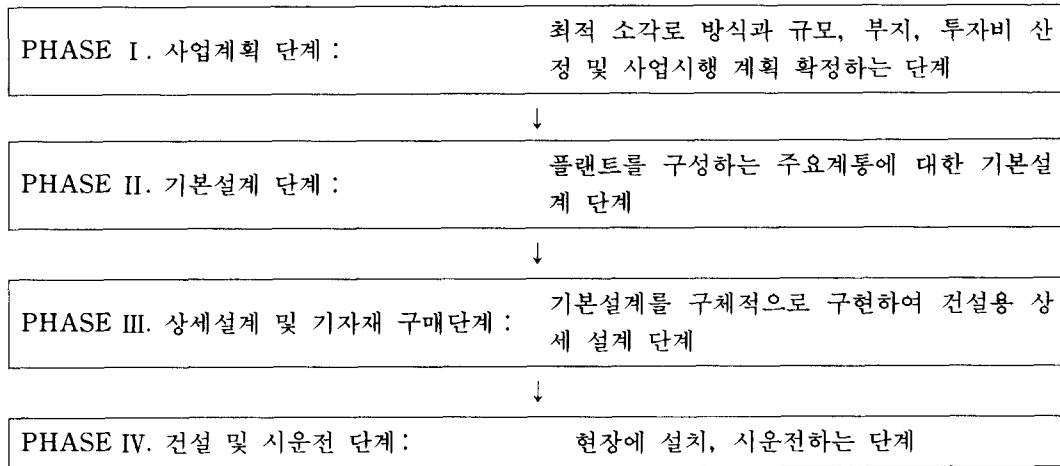


그림 2 소각로 플랜트의 단계별 기능

등 인문·사회적인 사항을 검토하여 가장 적절한 쓰레기 처리방식을 검토 결정하며 소각로 플랜트 건설의 예비 타당성이 검토된다.

- 인문·사회적인 배경조사(수거지역/인구/사회 경제적 개발사항)
- 처리방식 계획(재활용/위생매립/소각처리/향후처리 계획 등)
- 실정조사(쓰레기 수거/운반/처리방법) 쓰레기 성장조사(발생량/조성비, 물리화학적 특성/발열량/합수율)

○소각방식의 결정 :

소각 처리방식으로 결정되면 소각대상 쓰레기량, 성장 및 특성을 감안하여 아래 방식 중 적절한 소각로 방식을 선택한다.

- 화력자/유동상식/열분해식 소각로 방식/로터리 킬른 소각방식
- 소각용량 및 호기수 결정(경제단위/향후 쓰레기 발생추이/증설계획 검토)

○부지 선택

주변의 지리적 여건, 부지확보 비용 및 민원발생소지, 주변 교통여건을 고려한 차량동선을 감안하여 부지를 선택한다.

- 부지 면적 산정/향후 증설을 위한 부지 사용계획
- 부지 지형조사(표고, 지형, 측량)

- 지질 및 수리조사(시추조사)
- 지진에 대한 고려
- 유틸리티 공급방안 검토(용수, 전력, 보조연료, 통신, 화공약품 등)

○경제성 평가

수익사업이 아닌 소각로 플랜트의 특성에 따라 상업성이 강조된 경제성 평가는 아니나 투자의 효율성을 검증하기 위한 경제성 평가를 수행한다.

- 초기투자비 산정/자금 조달계획
- 운전 유지비 산정
- 경제성 분석(pay back period, internal rate of return)

○기술적 타당성 검토 :

쓰레기량, 성장 및 특성에 적합한 입증된 소각기술 여부 검토와 국내외 기술동원 및 도입 계획, 환경규제치에 맞는 경제성이 있고 신뢰성이 있는 2차 공해방지 시설계획을 검토한다.

○인허가 사항 검토 :

- 환경 영향 평가(소음, 진동 유해가스, 악취, 폐수, 분진)
- 소각장 건설에 관련된 인허가 사항 검토

○사업수행 공정계획 :

총 사업수행 일정을 계획하며 설계 기자재

구매, 건설 시운전 등 단계별 세부계획을 수립한다.

- 중장비 동원계획
 - 인력 동원 계획
 - 기자재 제작 운반 및 설치 계획
 - 시운전 및 성능 시험 계획
- 입찰 방식 확정

2.2 Phase II. — 기본 설계 단계

이 단계는 플랜트의 주요계통에 대한 기본설계를 확정하는 단계이며 아래와 같은 사항이 포함된다.

- 운영, 유지관리 계획
- 기본 배치 계획

주어진 부지내에 설비의 효율성, 건설비 절감, 시공의 용이성, 운전 유지보수의 편의성, 공해원의 격리 및 주변 경관과의 조화 등을 종합적으로 고려하여 시설물을 배치한다.

- 처리 시설 배치 계획 확정
 - 차량, 운전 보수요원 및 견학자 동선 계획
- 기기 배치 계획
- 용도별 각 실별 배치 계획(주변과의 격리, 운전 및 보수성의 기능별 고려)
 - 설비 배치 계획
 - 시공, 운전, 작업 공간 고려
 - 비상시 대피로, 방재 계획
 - 전기 및 제어실 설비 배치 계획
- 주요 설계 계산(주 기자재의 용량계산 및 선정, 성능계산, 각종 유틸리티의 소요계산)
- 주요 소각로 시스템 공정 설계(process design)
- 소각로 설계조건(저열량쓰레기 연소범위, 수분함량, 쓰레기 크기 등)
 - 공정 흐름도(process flow diagram)(쓰레기 소각계통/여열 이용 계통/연소가스 처리시설)
 - 열 및 물질정산(heat & mass balance)

(쓰레기, 재, 연소가스 및 가스/급수 및 증기/용수)

○ 각 계통별 설계 지침 작성

- (1) 쓰레기 반입 및 공급설비(쓰레기 수거 차량, 계량기, 반입문, 반입장, 쓰레기 벙커 계획, 크레인, 투입호퍼, 수트, 파쇄기, 공급기)
- (2) 쓰레기 소각설비(화격자, 연소범위, 유압장치, 조연설비, 내화물, 후연소실)
- (3) 연소가스 냉각설비(폐열보일러, 수분사 냉각, 온도 저감용 공기혼합)
- (4) 연소가스 세정설비(전기집진기+습식 세정탑/반건식 흡착탑+백필터/SNCR/SCR/활성탄 주입설비/백연 방지설비)
- (5) 급수설비(시수, 공정수, 냉각수, 재순환수)
- (6) 폐수처리설비
- (7) 여열 이용설비(열병합 발전설비/냉난방/지역난방)
- (8) 급배기 설비(급기팬, 유인송풍기, 공기예열기)
- (9) 재반출 설비(리들링 콘베이어, 재추출기, 스크류콘베이어, 자력선별기, 재분산기, 분진가습기)
- (10) 기타설비
 - 압축공기/보조연료/유압계통/냉난방 및 환기설비/위생설비/소방설비/세차설비/기타
- (11) 건축 구조계획(공장동/관리동/계량동/수위실/위험물 저장조 및 기타 건축물 계획)
- (12) 전기 설비계획(수변전 설비, 비상전원, 통신, 축전지, 조명 기타 부대설비)
- (13) 제어 계통계획(자동차 계획, 운전제어설비계획)
- (14) 토목 및 조경계획(부지 정지, 도로, 배수, 기초굴착, 옥내외 구조물, 울타리 및 조경계획 등)

2.3 Phase III. — 상세설계 및 기자재 구매단계

이 단계는 확정된 기본설계를 구체적으로 구현하는 상세설계 단계이며 구매 조달하는 기자재의 기술사양서 작성 제작품의 경우 상세도면 작성이 이루어지며 아래와 같은 엔지니어링 업무가 이 단계에서 시행된다.

- 사업관리에 관련된 사항
 - 사업수행 일정에 따른 세부설계 일정관리
 - 연관 분야와의 설계협의 및 조정
 - 도면 및 구매사양서 작성 일정관리
 - 제작자 도면제출 및 검토 일정관리
- 구매 업무 지원(계약협의 공급범위 구분, 기술지원, 평가, 운반방법 검토)
- 품질 보증 업무(공급자 품질보증 확인, 현장 품질관리 지침)
- 시운전 측면에서 기술적 검토
- 상세설계
 - 1) 각 분야 공통사항
 - 각 계통별, 설비별 설계기준 확정
 - 각종 설계계산 및 기자재 사양 결정
 - 기술사양서 및 건설 도면작성
 - 기자재 공급자 도면 및 사양 검토
 - 건설 공법 검토(각종 기기 및 설비의 안전건설을 위한 기술검토)
 - 인허가 사항 지원(건축허가, 환경오염배출 및 방지시설, 열관리법에 의한 허가, 자가용 전기 시설허가 등)
 - 각종 지침서 작성(운전 보수지침서, 각종 설치시방서, 시운전 지침서)
 - 물량 산출
 - 2) 기계 및 환경분야
 - 열 평형도 확정 및 시스템 결정
 - 배관 및 계측 장치도 작성
 - 기기 형식, 용량산정 및 사양결정
 - 배관 배치도, 지지물 설계 도면 작성
 - 기기, 밸브 및 배관 자재 목록
 - 운전 유지를 위한 윤활유, 화공약품 및 가스목록 작성

- 성능 보장 사항 및 시험 계획
- 3) 전기 분야
 - 단선도 및 주요계통 삼선도
 - 중요계통 및 보호계통 제어 논리도
 - 배전반 회로도, 결선도
 - 위해 지역 구분(hazardous area classification)
 - 상분리 모선, 케이블 덕트, 트레이(tray) 및 전선관 배치도
 - 옥내외 조명 설계도, 피뢰설비 및 접지, 전기보온 설계도
- 4) 계장 분야
 - 제어 구성도, 제어 논리도, 회로도
 - 제어반 계기 설치도 및 현장 계기 설치도
 - 중앙제어반 및 현장 제어반 구성도, 설계도 및 내외부 회로도
 - 경보기 window schedule layout
 - 계기 도입 배관 및 위치도 작성
 - CRT graphics
 - 컴퓨터 입출력 목록, 경보 설정치 목록
 - 설정치 다이어그램 및 일람표
- 5) 건축 토목 분야
 - 구조도, 배관도 및 상세도
 - 구조물 및 평면도 및 단면도
 - 배치 및 구적도
 - 평면, 입면, 단면 및 각부 상세도, 창호 및 마감도

2.4 Phase IV. — 건설 및 시운전 단계

이 단계는 상세설계시 작성된 도면 및 지침서에 의해 구매 제작된 기자재를 현장에 설치 시운전하는 단계로서 엔지니어링 업무는 아래와 같다.

- 현장감리, 현장 마춤설계 및 설계변경
- 기자재 취급 및 저장 절차서 검토
- 시운전 감리 및 기술지원
- As-Built 도면 작성
- 성능 시험 절차서 작성 및 성능시험 결과 보고서 작성

표 1 소각로 플랜트 엔지니어링 수행 주체 추이

	완공연도	Phase I 기본계획	Phase II 기본계획	Phase III 상세설계	Phase IV
목동쓰레기 소각로	1986	F	F	F+D	D
대구쓰레기 소각로	1992	F+D	F+D	D	D
안양쓰레기 소각로	1993	F+D	F	D	D
부산다대/창원 쓰레기 소각로	1994 1995	D	D	D	D

(주) F : 외국기업, D : 국내기업

4. 맺음말

3. 국내 소각로 플랜트 엔지니어링 수행 현황

3.1 추 이

국내에서는 소각로 건설의 경험이 일천하며 주요 기자재와 더불어 플랜트 엔지니어링 업무도 초기에는 외국에서 일괄적으로 도입하였으나, 점차 국내 플랜트 엔지니어링 능력이 축적됨에 따라 국내에서 수행하는 플랜트 엔지니어링 영역이 확대되고 있으며 플랜트별 추이는 아래와 같다.

3.2 소각로 플랜트 엔지니어링의 현황

표 1에서 보여준 추이에 의하면 초기의 소각로 플랜트에서도 Phase III의 상세설계 이후의 플랜트 엔지니어링 영역은 국내에서 수행되었고, 최근 국내에서 Phase I과 II의 기본계획 및 기본설계 영역을 수행한 실적은 있으나, 원천 기술을 확보한 결과라고 보기는 어렵다고 판단된다.

현재 국내의 완성, 건설중 또는 계획중인 소각로의 형식은 대개 외국의 쓰레기 성상과 특성에 따라 개발된 소각 시스템을 기본으로 하며 외국에서 많은 시행착오를 거쳐 개발된 것이라 추정되며 국내 쓰레기의 특성과 여타 관련된 주변여건에 의한 변수는 아직 확증된 경험 실적이 미흡한 실정이다.

소각로 플랜트는 일반적으로 잘 입증된 재래기술의 복합체이며, 이보다 훨씬 복잡하고 고도의 플랜트 엔지니어링 기술이 필요한 화학 및 발전 플랜트의 국내 기술도 성숙단계에 지나 해외로 기술을 수출하는 단계에 와 있다.

이러한 국내의 플랜트 엔지니어링 및 건설 기술을 기반으로 아래와 같이 소각로와 여타 플랜트와의 유사성을 고려하면 소각로와 공해 방지시설의 국산화와 더불어 조속한 시일 내에 소각로 플랜트 엔지니어링의 완전한 국내 기술화를 이루어 국내외에 점증하는 환경 산업에 진출할 수 있으리라 기대된다.

○소각로 플랜트와 여타 플랜트와의 유사성

* 소각로 형식

- 회전로식→시멘트 소성로
- 유동상식→국내 개발연구중
- 화격자 →국내 개발연구중

* 연소가스 냉각설비

- 폐열보일러→산업용 또는 발전용 보일러

* 여열이용설비→열병합 발전 및 지역난방 설비

* 연소가스 세정설비→화학 플랜트의 세정설비

* 기타 부속설비→일반산업, 발전 및 화학 플랜트의 부속설비