

廢棄物(대형/可燃쓰레기)의 破碎/燒却處理

산업발전과 생활수준의 향상에 수반하여 다량의 폐기물이 배출되고 있다. 폐기물 처리는 일상의 생활환경문제로서 소각 등으로 생기는 환경에 대한 부하(배가스·열·잔지 등)의 저감, 그 중에서도 독성이 강한 다이옥신의 배출억제(새로운 가이드라인에 의한)는 시급한 문제로 대두되고 있다. 동시에 쓰레기의 再資源化(리사이클)를 확대하여 有價物의 재이용/소각열의 회수·재이용을 추진하는 것도 필요하다.

본고에서는 시민생활에 밀접한 관계가 있는 대형쓰레기 처리와 소각처리에 관한 대처노력의 일단을 소개한다.

(1) 대형쓰레기 처리

머티어리얼 리사이클을 위한 시설의 건설이 증가하고 있는 가운데 미쓰비시電機가 납품한 일본최대규모의 대형쓰레기처리공장에서 실현한 내용을 다음에 기술한다.

(a) 설비의 내구성 향상

쓰레기 투입시의 충격토크 등을 실적데이터로 해석하여 고전동가속도에 견디는 파쇄기구동용 전동기를 도입하였다.

(b) 설비의 효율적인 운용관리

DCS의 도입으로 설비의 대형화에 대응한 CRT오퍼레이션을 가능케 하여 운전원의 부하를 경감하였다.

(2) 소각처리

(a) 유해물질의 배출억제

다이옥신 발생을 억제할 목적으로 ①상관관계가 있다고 하는 일산화탄소(CO)의 발생을 완전연소로 억제하는 방법과 ②850℃ 이상의 연소온도를 2초간 이상 확보하여 충분히 교반(휘저어 섞임)하는 방법을 다음과 같이 확립하였다.

- 연소전단계의 열분해가스를 리얼타임 분석장치로 검출하여 완전연소에 필요한 공기량을 산출하는 피드퍼워드연소제어
- 연소실내의 연소가스流動패턴과 온도분포를 파악하여 연소현상을 해명함으로써 爐형상·구조의 최적화를 지원하는 3차원 연소시뮬레이션 환경

(b) 고효율폐열이용

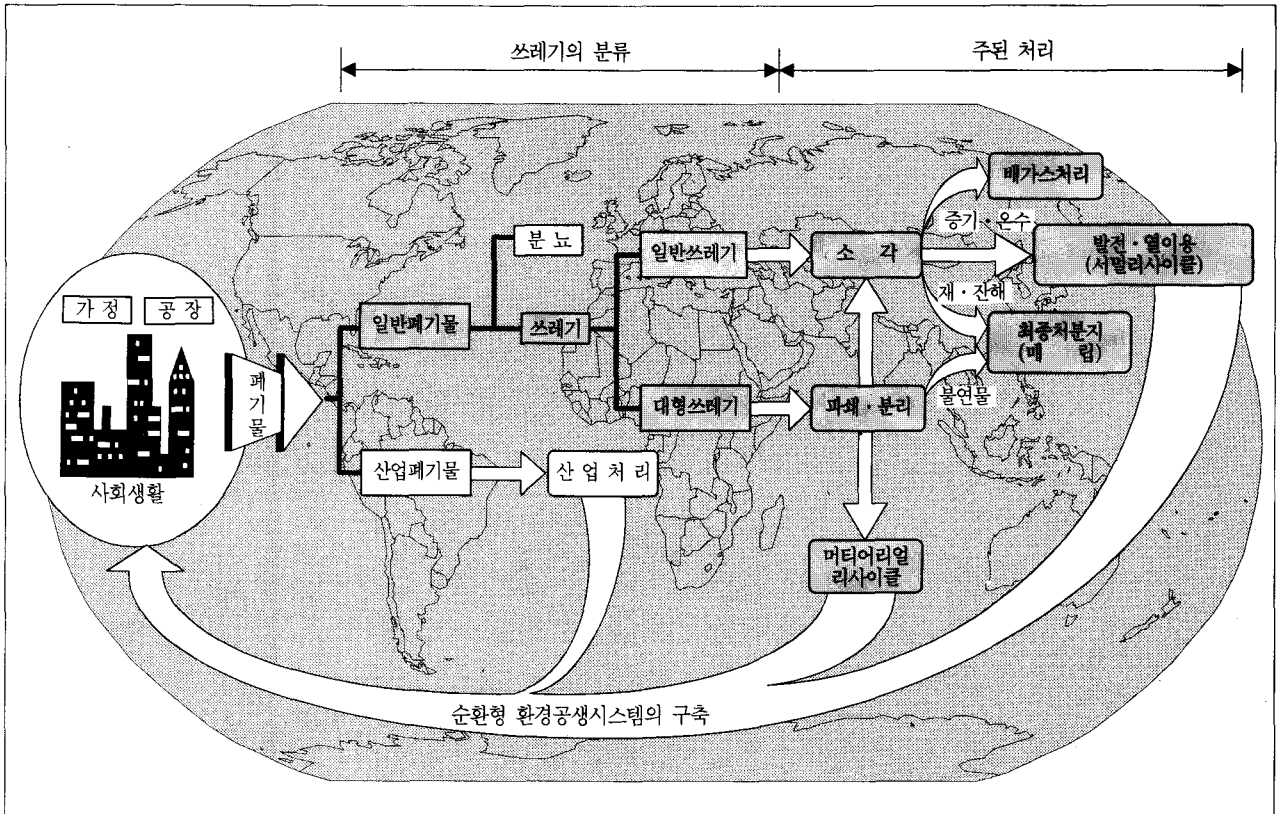
소형소각로에 적합한 발전시스템을 개발하여 평가를 진행하고 있다.

1. 머리말

환경에 영향을 주는 부하(탄산가스, 질소산화물, 프레온가스, 폐기물 등의 배출)를 저감하는 것은 인류에게는 긴박한 과제이다. 특히 일상의 생활환경문제인 폐기물

처리에 대한 대처노력은 지구자원을 유효하게 이용하여 循環型環境共生시스템을 실현하는데 중요한 것이다.

우리들은 지금까지 배양해온 기술과 현재 개발을 추진하고 있는 최신기술로 환경의 보존향상에 노력할 것을 기본이념으로 사업을 전개하고 있다.



〈循環型環境共生시스템의 構築〉

대형쓰레기·一般쓰레기 燒却處理 대처노력을 통하여 循環型環境共生社會에 貢獻하는 이미지를 플로圖로 한 것이다. 또한, 그림 중 ■은 본문 記載對象 쓰레기(대형쓰레기·一般쓰레기)와 그 주요 處理를 나타낸 것이다.

본고에서는 그 활동 중에서 폐기물처리에 관한 노력의 일단을 소개한다. ■

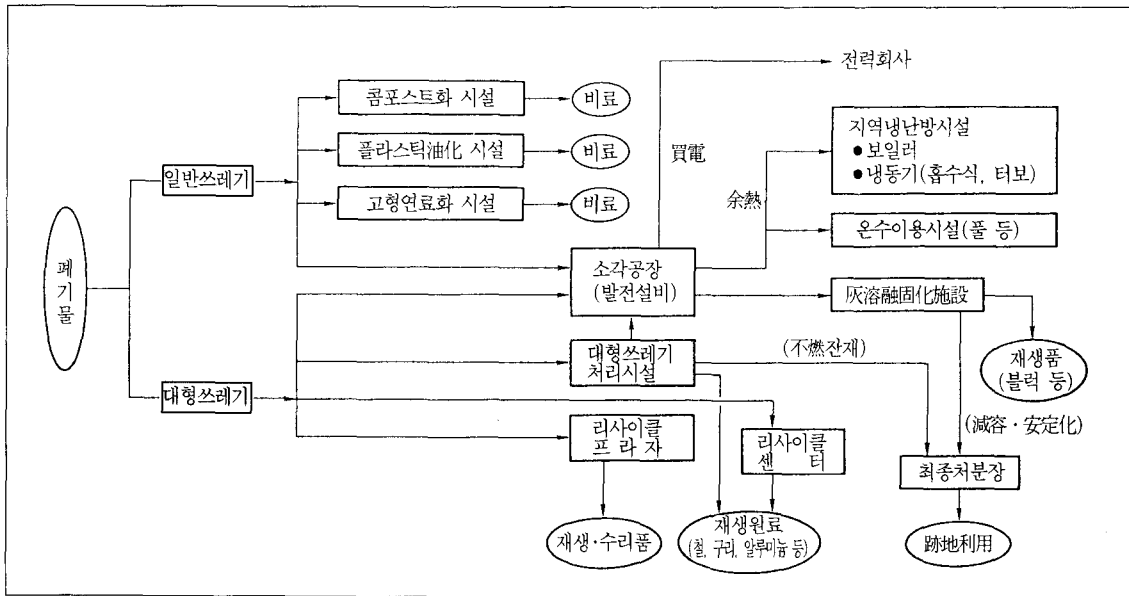
2. 폐기물처리의 현황과 동향

폐기물에는 일반폐기물과 산업폐기물이 있다. 그중 일반폐기물에는 대형쓰레기와 일반쓰레기(可燃·不燃)가 있으며, 산업활동에 따라 배출되는 산업폐기물에는 汚泥·廢油·廢플라스틱 등의 쓰레기가 있다. 본고에서는 일반폐기물처리 가운데 시민생활에 밀접한 관계가 있는 대형쓰레기와 일반쓰레기(가연쓰레기)의 처리에

대하여 기술한다.

순환형환경공생시스템의 구축에 있어서는 쓰레기의 재자원화를 확대할 필요가 있으며 현재 머티어리얼 리사이클과 서멀리사이클이 행하여지고 있다. 머티어리얼 리사이클은 주로 분해기술에 의하여 有價物의 재이용을 도모하는 것이고 서멀리사이클은 가연쓰레기를 소각하여 그 배열을 재이용하는 것을 주목적으로 하고 있다. 그림 1에 폐기물처리 및 리사이클(머티어리얼/서멀)시설을 표시한다.

생활수준의 향상과 라이프스타일의 변화에 따라 대형쓰레기가 다양화·다량화 경향에 있으며, 유기물 회



〈그림 1〉 廢棄物處理 및 리사이클(머티어리얼/서멀)施設

수(머티어리얼 리사이클)와 잔재감량을 도모하는 대형쓰레기의 파쇄·선별을 위한 시설의 건설이 증가하고 있다. 1996년도부터의 제8차폐기물처리시설정비 5개년계획에서도 대형쓰레기 처리시설에 대한 투자액은 제7차5개년계획에 비하여 약 3배의 신장을 나타내고 있다.

한편 可燃쓰레기 처리는 위생면에서의 無害化와 대폭적인 減容化를 도모하는 소각방식이 종래부터 행하여지고 있다. 특히 국토가 좁고 매립지의 확보가 어려운 일본에서는 소각방식이 주류를 이루고 있다. 排가스를 클린하게 하기 위하여 “대기오염방지법” 등의 법적규제가 취해지고 특히 독성이 강한 다이옥신에 대하여는 '97년 1월에 新가이드라인이 발표되어 보다 더 저감시키기 위한 시책이 필요하게 되었다. 그와 병행하여 소각열을 고효율로 이용하는 기술(서멀리사이클)을 확립하기 위하여 新에너지·産業技術開發機構(NEDO)를 중심으로 쓰레기소각에 의한 고효율발전에 대한 기술개발이 추진되고 있다.

이상과 같은 배경을 바탕으로 하는 대형쓰레기처리

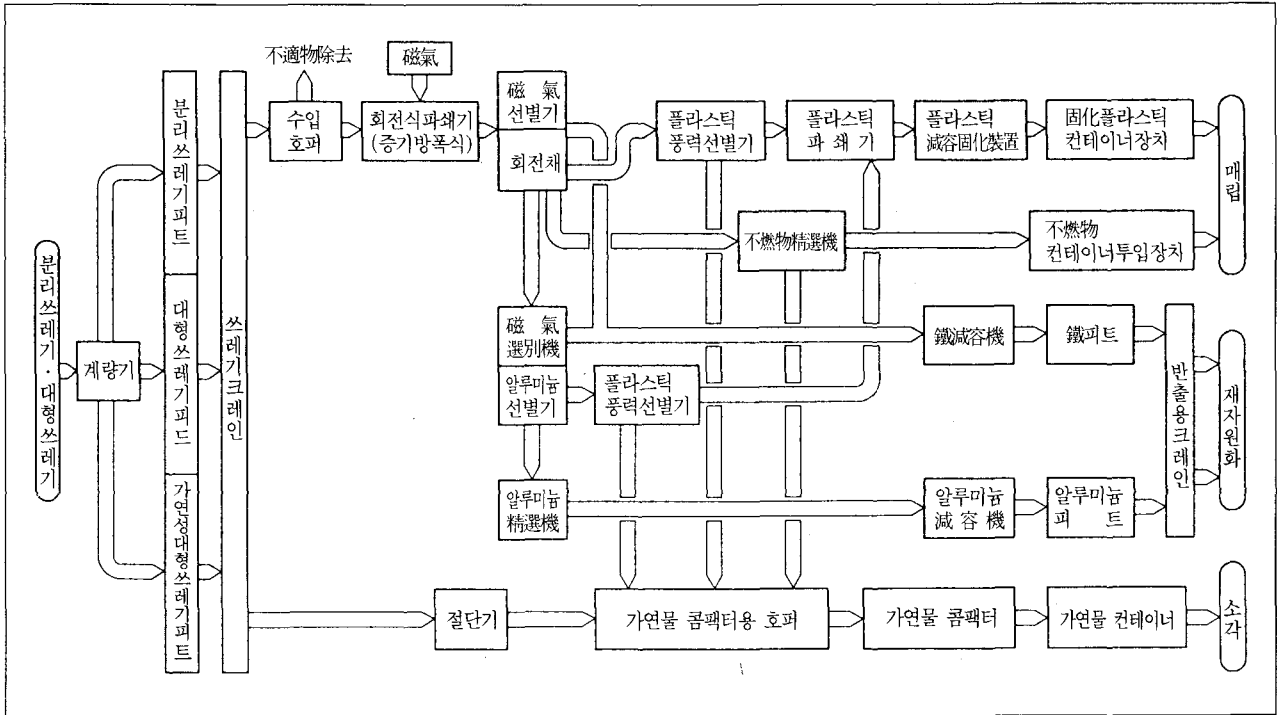
및 가연쓰레기처리의 기술/시설의 특징과 그에 대한 대처노력에 대하여 기술한다.

3. 대형쓰레기 처리

대형쓰레기의 대량화에 따라 대규모처리시설의 건설이 추진되고 있는데 동사는 국내최대규모의 대형쓰레기 처리시설에 電機品을 납입하였다. 이 납품사례를 예로 하여 실현한 기술의 일단을 기술한다.

시설의 파쇄처리능력은 1개 라인 200t/5h, 2개 라인, 계 400t/5h으로 반입된 쓰레기에서 ①不燃物, ②플라스틱, ③可燃物, ④철, ⑤알루미늄의 5종을 선별하여 ①②는 매립, ③은 소각처리, ④⑤는 재이용 된다.

그림 2에 대형쓰레기처리시설의 설비플로를 나타낸다. 대량의 쓰레기를 처리하기 때문에 시설이 대규모화되며 이것을 안정하게 하여 조업할 수 있는 것이 이 시설의 과제이다. 이 때문에 요구되는 기능 중 특징 몇가지를 기술한다.



〈그림 2〉 대형쓰레기처리시설 설비 플로

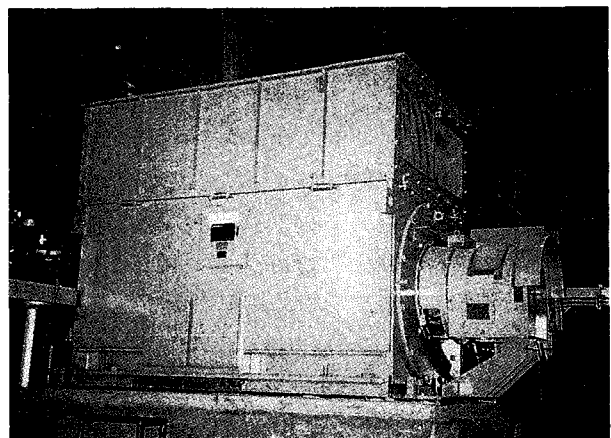
3.1 설비의 내구성 향상

파쇄처리에서는 다종다양한 대형쓰레기를 그 치수·재질에 불구하고 일정한 치수(이 설비에서는 15cm) 이하로 파쇄하는 것이 後工程인 선별작업의 효율화에 필요하다. 이를 위하여 파쇄기 및 그 구동장치는 대형쓰레기투입시의 큰 부하변동과 축진동에 견딜 수 있도록 요구되고 있다.

이 파쇄기용 구동장치로서는 1,000kW, 10P, 6,600V, 60Hz 권선형유도전동기를 채용하여 高負荷 GD²(38,000kg·m²), 耐高振動加速度(6G), 高始動토크(250%)를 실현하였다. 특히 내진동가속도에 대하여는 쓰레기 완전파쇄시의 충격토크와 프레임부착부로부터의 충격력을, 과거납입품에 대한 실적데이터를 기초로 하여 해석하였다. 그 결과를 固定子押込方式에 의한

프레임剛性업(Up) 코일端部스페이스 挿入에 의한 코일剛性업 및 스톱링지지의 강화를 위해 반영하여 내진동가속도 6G를 실현하였다.

그림 3에 이 파쇄기용전동기의 외관을 표시하였다.



〈그림 3〉 破碎機用 電動機

3.2 안전대책과 조업의 안정화

대형쓰레기 중에 혼입되어 있는 프로판가스, 연료, 신나 등의 가연성물질에 의한 폭발이나 화재사고를 미연에 방지할 필요가 있다. 파쇄기 내부를 그대로 두면 가연성가스가 쌓여 파쇄로 불꽃이 생겨 폭발·화재가 발생할 가능성이 높다. 종래에는 이에 대하여는 파쇄기 내 발생가스를 검출하여 쓰레기투입을 정지하고 있었다. 이번에 이에 더하여 불활성가스인 수증기를 유입시킴으로써 파쇄기내 O₂의 농도를 제어하여 인화방지를 도모하였다.

3.3 설비의 효율적인 운용관리

설비가 대형이 되면 기기 대수가 비약적으로 증대하여 그 운전과 감시, 이상시의 복구처리/메인テナンス가 번잡하게 된다. 또 파쇄라는 과혹한 조건에서의 사용 때문에 부품의 소모·마모가 심해져, 효과적인 보수관리로 설비가동률을 유지 향상시킬 필요가 있다.

이에 대한 운전의 효율화와 유지·보수지원의 양측면에서의 대응책을 다음에 기술한다.

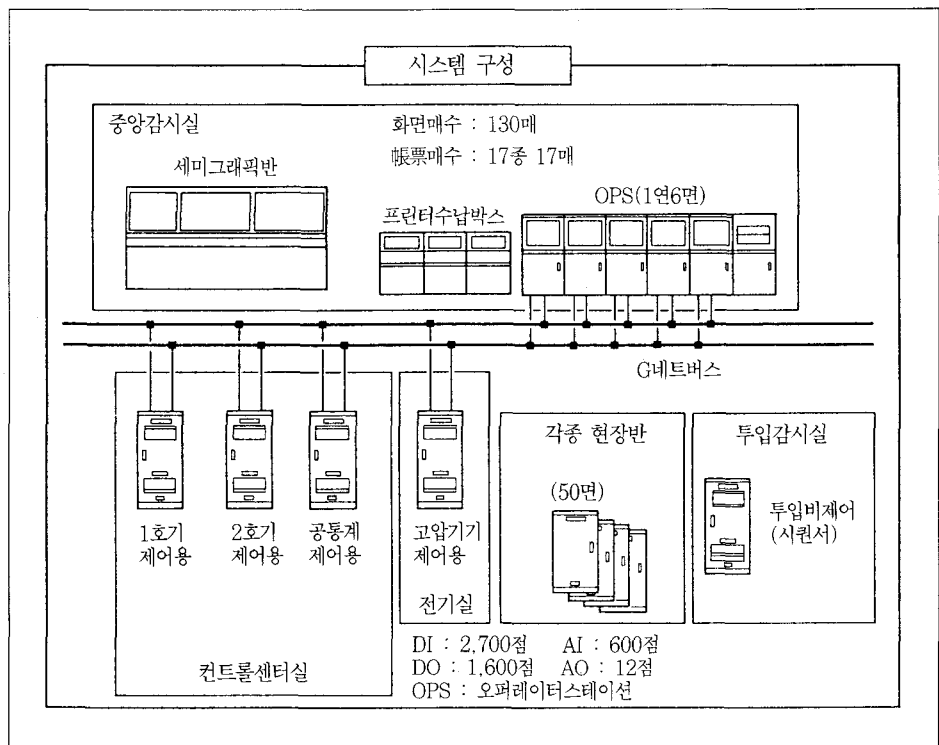
- (1) 운전의 효율화(감시의 집중화와 제어의 자동화)

종래의 일반적인 처리규모(10~100t/5h)에서의 감시제어시스템에는 그래픽감시반이 주로 적용되고

있다. 이 방식을 그대로 대형설비에 적용하게 되면 盤이 대형화됨과 동시에 현장기기·기계설비로부터의 정보표시도 그 블록을 대표하는 신호로 제한되어 이상발생시에는 현장까지 상세정보를 확인하기 위하여 가야 하는 등 운전원의 부담이 컸었다.

그 대책으로서 이 플랜트에서는 DCS(Distributed Control System)를 도입하여 필요한 정보를 감시제어시스템에 집중시켜 CRT오퍼레이션을 가능케 하였다. 그림 4에 감시제어시스템의 구성예를 표시한다. 주요 특징은 다음과 같다.

- (a) 貯留피트에 반입된 쓰레기는 그날 중(파쇄처리 운전제한시간인 5시간)에 처리할 필요가 있으며, 기기고장으로 인한 조업정지를 극력 피하지 않으면 안된다. 이 때문에 감시제어시스템에 의하여 플랜트설비기기 전체의 조업과 상황파악을 간단없이 할 필요



〈그림 4〉 監視制御시스템의 構成例

가 있으며, 제어CPU의 二重化와 감시용OPS(오퍼레이터 스테이션)의 冗長化를 도모하여 시스템전체의 신뢰성을 높이고 있다.

(b) 각 설비를 그 운전형태에 따라 24시간 연속운전하는 것, 선별라인의 기동전에 운전상태에 들어갈 수 있도록 해두는 것 등으로 계통별로 그룹화 하였다. 그리고 각 설비의 기동/정지조건을 모두 抽出하여 순차적으로 체크하면서 시퀀스를 전개하는 제어 로직을 구성하여 자동운전을 실현하였다. 이에 의하여 종래에는 5종의 선별루트별로 하였던 기동/정지 조작을 일괄적으로도 가능케 함으로써 운전원의 부하를 경감하였다.

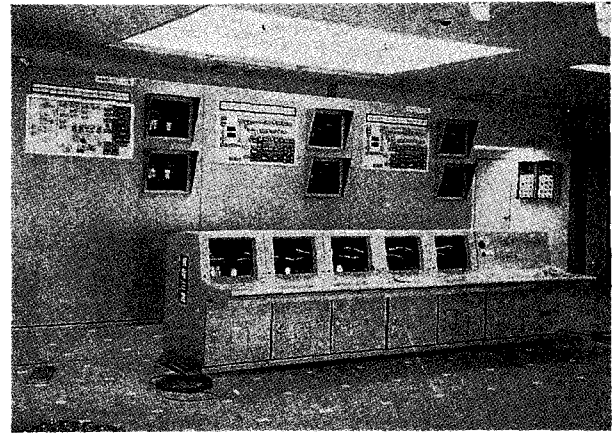
(c) 4화면 일괄표시를 가능케 한 고해상도CRT(1.472×1,152도트)를 채용하여 전체설비플로의 일괄표시도 그 설비블럭에 대응한 계층적 표시와 윈도화면에 의한 조작전개를 가능케 하여 오퍼레이터가 용이하게 상황을 파악하여 대응할 수 있는 운전환경을 구축하였다. 그림 5에 중앙감시실 오퍼레이터스테이션을 표시한다.

(2) 유지보수지원(예방보전지원)

설비가동률 향상에는 파쇄기, 減容機, 컨베이어, 선별기 등의 적절한 소모부품관리와 이에 기초한 시기적절한 부품교환이 중요하다. 대형쓰레기에 있어서 특유 설비에 대한 유지보수지원기능을 다음과 같이 실현하였다.

(a) 파쇄기, 減容機 등의 파쇄감용설비에 대하여는 대형쓰레기 파쇄시에 가해지는 충격부하로 인한 해머의 마모를 운전시간으로 추출하여 각 기기단위로 관리하였다.

(b) 벨트컨베이어, 선별기 등 벨트가 있는 설비에 대하여는 기기의 마모가 벨트 길이當의 부하에 의하여 결정되기 때문에 단위벨트 길이當의 운전시간을 각 기기단위로 관리하였다.



〈그림 5〉 中央監視室 오퍼레이터스테이션

이와 같이 기기에 대응한 가동상황데이터를 장기간 축적(3년간분)하여 이 데이터의 경향관리로 부품의 교환시기를 가능함으로써 효율적인 유지보수관리의 실현을 도모하였다.

4. 소각처리

소각처리의 목적은 無害化·減容化인데 여기에서 중요한 과제인 “유해물질의 배출억제”와 “고효율배열이용”에 대한 대처노력에 대하여 기술한다.

4.1 유해물질의 배출억제

현재의 연소제어기술과 배가스처리설비로 NO_x, SO_x, HCl 등의 유해배출물은 규제치 이하로 억제할 수가 있다. 그러나 독성이 강하고 인체에 영향이 큰 다이옥신(가이드라인에서는 전연속식新設爐에서 0.1mg·TEQ/Nm³ 이하를 기준)은 배출억제가 어려워 이 억제 문제가 긴급을 요하는 과제가 되고 있다. 현재 다이옥신의 발생을 억제하는 수단으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(a) 다이옥신은 불완전연소로 발생하는 일산화탄소(CO)의 양과 상관관계가 있다고 하여, 완전연소로 이것을 억제하는 방법

(b) 厚生省 가이드라인에 따라 850℃(신설로) 이상의 연소온도를 2초간 이상 확보(온도와 시간의 관리)하고 또한 연소가스와 연소용공기의 충분한 혼합교반을 하는 방법

이것들을 달성하기 위하여 (a)에 대하여는 연소제어, (b)에 대하여는 3차원연소시뮬레이션에 의한 爐體形狀(구조)의 최적화에 착안하였다. 아래에 이에 대하여 기술한다.

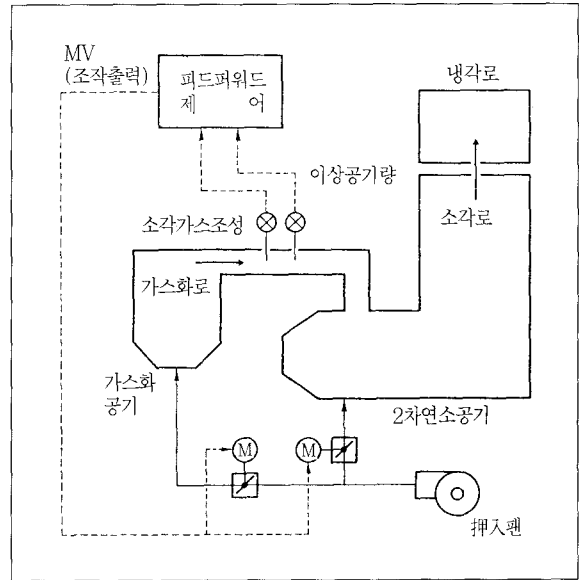
(1) 연소제어

쓰레기소각에서 다이옥신의 발생을 억제하기 위해서는 소각로의 가동준비/정상연소/가동정지시의 전스테이지에서 완전연소를 달성할 필요가 있다. 현재 소각로의 가동준비/가동정지(단계)시의 과도상태에서는 완전연소가 어렵기 때문에, 이 빈도가 높은 배치爐/준연속/爐에서의 다이옥신의 발생이 특히 염려되고 있다. 그래서 과도연소상황에서도 완전연소에 가깝게 하는 연소제어가 중요하다고 생각하여 제어시스템에 의한 연소최적화에 노력하고 있다.

종래의 연소제어는 로내온도/압력/보일러증발량/煙道酸素濃度 등 연소프로세스의 결과를 검출하여 주어진 설정치가 되도록 피드백제어를 하고 있다. 이 때문에 불완전연소를 검지하여 공기량을 조정할 때까지 시간지연이 생겨 완전연소에 가깝도록 하기가 어려웠다. 이것을 해결하기 위해서는 연소전에 필요한 공기량, 쓰레기투입량을 산출하여 연소제어의 목표치로 줄 필요가 있다.

그래서 쓰레기의 소각전단계에서의 열분해가스를 리얼타임분석장치로 검출하여 완전연소에 필요한 공기량을 산출하는 피드퍼워드제어를 확립하였다.

현재 사내實證爐설비를 사용하여 이 시스템(방식)의 유효성을 평가하고 있다. 실증로설비의 구성을 그림 6

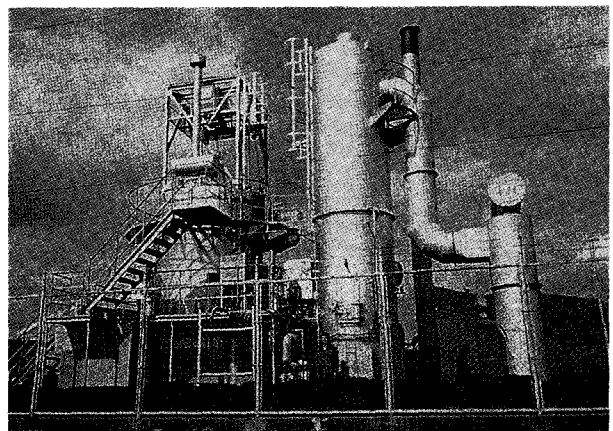


〈그림 6〉 實證爐 設備의 構成

에, 외관을 그림 7에 표시한다.

(2) 3차원연소시뮬레이션에 의한 爐體形狀(구조)의 최적화

전술한 (b)항의 가이드라인에서의 연소온도(Temperature), 연소시간(Time), 혼합교반(Turbulence)의 3T 조건을 달성하기 위해서 공급공기량과 버너연료의 제어



〈그림 7〉 實證爐 設備의 外觀

뿐만 아니라 연소실형상과 給氣口/버너의 위치/수 등, 爐형상과 구조도 큰 요인이 된다.

그래서 컴퓨터시뮬레이션에 의하여 熱流動을 해석하여 연소실내의 연소가스유동패턴과 온도분포를 파악하여 연소현상을 해명함으로써 로형상과 구조의 최적화를 지원하는 환경(시뮬레이션평가틀)을 확립하였다. 또한 다이옥신 발생량과 상관관계가 큰 일산화탄소(CO)발생의 예측시뮬레이션기술도 조합하여 이것에 의하여 다이옥신발생을 보다 확실하게 억제하는 로체형상의 구조설계에의 적용을 위하여 노력하고 있다.

4.2 고효율배열이용

종래부터 쓰레기소각로의 배열회수는 증기·온수 외에 터빈에 의한 발전과 흡수식냉동기에 의한 냉난방이 일반적으로 실시되고 있다. 한편 소형소각로에서는 터빈에 의한 발전이나 흡수식냉동기에 의한 냉난방설비가 커져서 배열이용에 따른 투자효과를 볼 수 없기 때문에 증기·온수에 의한 배열회수가 주체로 되어 있는 것이 현재의 실정이다. 소각로의 배열이용확대를 위해서는 다목적 용도에 사용되는 전력으로 변환할 수 있는 투자효과가 있는 소형소각로의 배열회수시스템을 개발할 필요가 있다.

다이옥신의 배출억제 및 재(灰)의 減容化에 대하여 연소의 고온화연구가 활발히 이루어져 일부 실용화도 진전되고 있다. 이 고온배열을 이용하면 전력을 더욱 고효율로 변환할 수가 있다. 소형소각로의 발전은 기동/정지가 많아 운전가동률도 낮기 때문에 기동준비(기간)가 짧을 것과 또한 저코스트의 발전방식이 요망된다. 현재 소형소각로에 적합한 발전시스템을 개발하여 평가를 진행중에 있다. 이 가운데서 열-전력변환장치까지의 배기가스 인입경로의 단열대책, 쓰레기質과 2차연소상태에 따라 발생하는 열교환기표면에서의 부착물대책 그리고 열교환기의 강도·부식대책 등을 위해 노력하고

있다.

5. 맺음말

일반폐기물처리에 있어서 대형쓰레기처리와 소각처리의 특징, 그에 대한 대응기술 및 대처노력에 대하여 기술하였다.

대형쓰레기처리에 대하여는 자동화 및 유지보수지원 기술을 도입하여 안정조업시스템을 확립하였다. 앞으로 이 기술의 적용확대에 의해 안정되고 또한 효율적인 조업에 대한 니즈에 응답해가고자 한다.

소각처리에 대하여는 연소제어기술과 3차원 연소시뮬레이션기술을 일반폐기물처리, 산업폐기물처리에 확대 전개하여 다이옥신배출을 억제하는 시스템을 제공토록 한다.

앞으로 보다 클린한 환경을 위한 기술개발이 지구환경보호를 위해 불가결하다. 연소제어의 고도화에 의한 유해물배출제어와 함께 분해/리사이클을 고려한 설계 등 새로운 리사이클프로세스기술이 중요하게 된다. 미쓰비시電機의 연소제어, 에너지제어, 시뮬레이션 등의 각종 기술을 살려 종합력으로 환경보전에 공헌해 가고자 한다. ■

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.