

리사이클공장의 초기가동과 시스템 구축 —리사이클률 향상과 코스트 저감—

미쓰비시(三菱)電機는 1999년 5월 지바縣 이치가와市 東浜에 “특정가정용기기재상품화법(통칭 : 家電리사이클法)”에 대응하기 위하여 일본국내 최초의 전기제품 리사이클 플랜트를 가동시켰다. 이 플랜트에서는 종합전기메이커로서의 특징을 살려 연소를 수반하지 않는 철저한 머티어리얼 리사이클, 물을 쓰지 않는 완전건식에 의한 소재(素材)의 분리·분별(分別)을 실현하였다. 최대의 특징은 수(手)작업에 의한 부분분해와 기계분해(파쇄에 의한 소재 분리)를, 리사이클률, 경제성, 환경부하성의 3가지 관점에서 조화를 시키고 있는 점이다.

본고에서는 리사이클 플랜트의 개요를 소개하고 리사이클률 향상과 리사이클 처리비용 저감을 위해 대처해 온 다음의 3개 항목에 대하여 기술한다.

- ① 플라스틱찌꺼기(殘材) 리사이클설비의 개발
주파쇄분리(主破碎分離) 프로세스에서 배출되는 금속과 염화비닐을 포함한 플라스틱찌꺼기를 처리하여, 플라스틱을 고로환원재(高爐還元材)로서 유효 활용할 수 있도록 하였다.
- ② 효율적인 물류(物流)레이아웃 및 수해체방식(手解體方式)의 설계
공장내의 폐제품(廢製品)·분별물(分別物)에 대한 보관장소, 반송수단·경로를 최적 설계하여 처리비용을 요하는 수해체 작업을 효율적으로 할 수 있도록 업무흐름을 설계하였다.
- ③ 리사이클공장 관리시스템의 구축
공장관리의 효율화와 배출자(排出者)에 대한 리사이클정보가 분명하게 나타날 수 있게 하기 위하여 리사이클공장관리시스템을 개발하여 도입하였다.

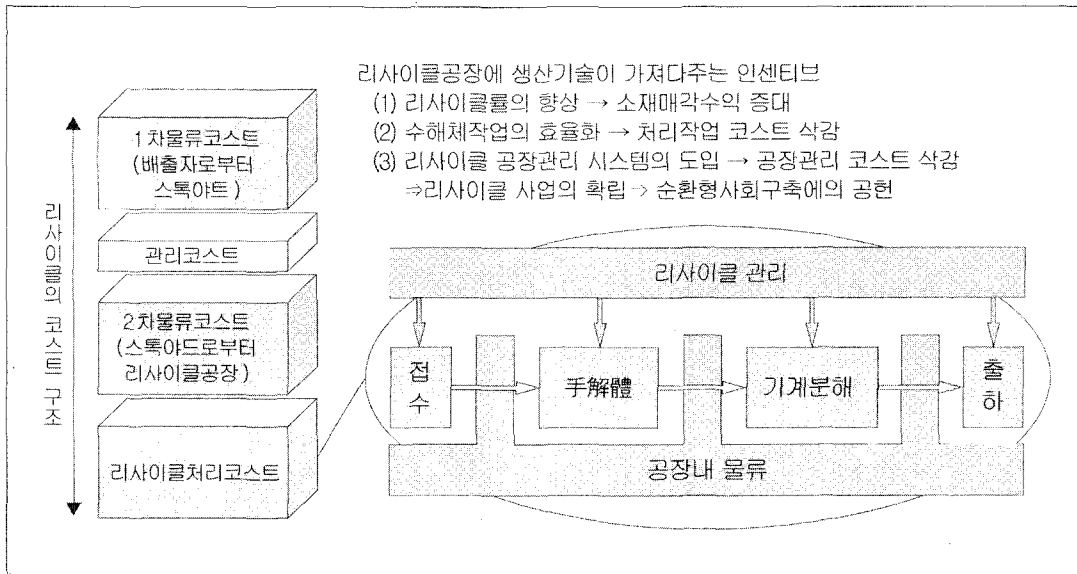
1. 머리말

家電리사이클法이 2001년 4월 본격적으로 시행되었다. 일본국내의 가전제품메이커 각 사는 동법이 요구하는 재생상품화(再商品化)의 의무를 다하기 위하여 전국 각지에 리사이클플랜트를 건설하게 되었다.

미쓰비시(三菱)電機는 이들에 앞서 1999년 5월, 지바

(千葉)縣 이치가와(市川)市 東浜에 동법에 대응함을 목적으로 한 국내 최초의 리사이클플랜트인 “東浜리사이클센터”를 가동시켰다. 이 센터는 2개의 회사로 구성되어 있으며 각기 사용될 가전제품, OA기기의 리사이클사업을 실시하고 있다.

이 플랜트는 철저한 고효율·고품위로서의 머티어리얼 리사이클을 가능하게 하였을 뿐만 아니라 그 공정에 세정



〈리사이클코스트 구조 및 생산기술에 의한 개선〉

리사이클코스트를 대별하면 리사이클 공장에서의 처리코스트 이외에 배출자-공장 간의 물류코스트와 그 관리코스트로 나눌 수 있다. 또 리사이클처리코스트도 리사이클을 위한 해체작업코스트와 공장내의 물류 코스트 및 공장전체의 관리코스트로 나눌 수 있다. 이밖에 리사이클 공장의 초기가동과정에서 리사이클률 향상과 코스트저감에 노력하였다.

수 등을 사용하지 않는 완전건식에 의한 각 소재의 분리·분별을 실현하여 2차 처리비용을 최소화하고 있다. 최대의 특징은 수작업에 의한 부분분해와 기계분해(파쇄에 의한 소재 분리)를, 리사이클률, 경제성, 환경부하성의 3개의 관점에서 조화시키고 있다는 점이다.

③ 후공정(기계분해)에 악영향을 미치는 부분은 기준으로 하여 선택하고 있다.

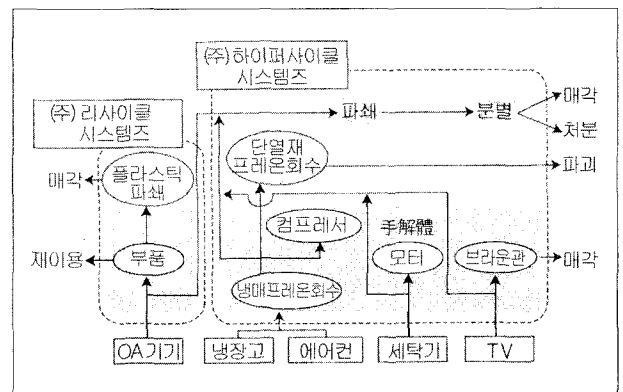
가전 4개 품목(家電리사이클法 대상제품) 및 주요 OA기기에 있어서의 수해체(手解体)부위는 다음과 같다.

2. 東浜리사이클센터의 개요

東浜리사이클센터에서의 처리플로를 그림 1에 표시하였다.

여기서 수해체(手解体)에 의해 선별되는 대상은

- ① 유해물을 많이 포함하여 전문처리를 필요로 하는 부분
- ② 비교적 가치가 높은 부분, 메이커가 기능적으로 재이용가능한 부분



〈그림 1〉 東浜리사이클센터의 재상품화 처리플로

- 텔레비전 브라운관, 회로기판, 전자총, 편향(偏向)요크
- 냉장고 냉매프레온, 컴프레서, 냉동기유(油)
- 에어컨 냉매프레온, 컴프레서, 냉동기유
- 세탁기 모터, 밸런스웨이트, 염수(塩水)
- 카피기 드럼, 판(板)글라스, 회로기판
- PC 회로기판, 드라이브류(HDD, FDD, CD-ROM 등)

이 플랜트의 기계분해설비를 그림 2에 표시하였다. 냉장고의 경우, 단열재를 파쇄하여 우레탄폼 중의 기포에서 프레온을 개방(開放), 이것을 활성탄에 흡착시켜서 회수하고 있다.

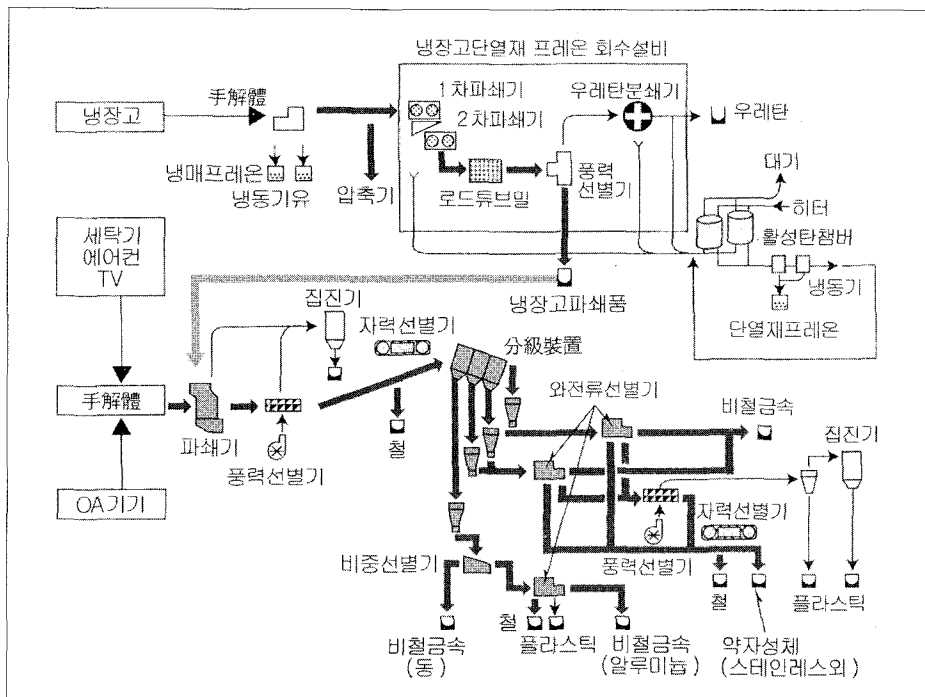
우레탄 및 프레온을 제거한 후의 냉장고 파쇄편, 수해체 공정을 거친 후의 다른 가전제품과 OA기기는 충격식파쇄기로 적절한 크기 이하로 파쇄하여 금속과 플라스틱으

로 분리한다. 대부분의 철을 자력선별기로 선별한 후에는 파쇄편을 크기에 따라 4등급으로 분류하여 등급별로 와(渦)전류를 이용한 비철금속선별기, 비중차를 이용한 비중선별기 등을 최적하게 조합한 시스템에 의해서 각종 비철금속을 고정도로 회수하고 있다.

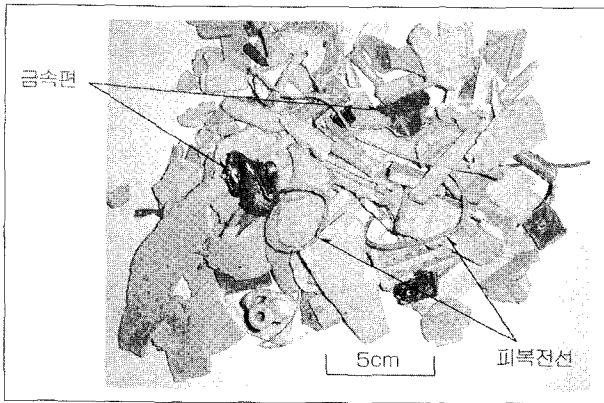
이렇게 하여 회수한 각종 금속을 제강메이커 및 비철정련업자 등 각각의 금속을 취급하는 업자에게 매각하여 원재료로서 재이용화를 도모하고 있다.

3. 플라스틱찌꺼기 리사이클設備

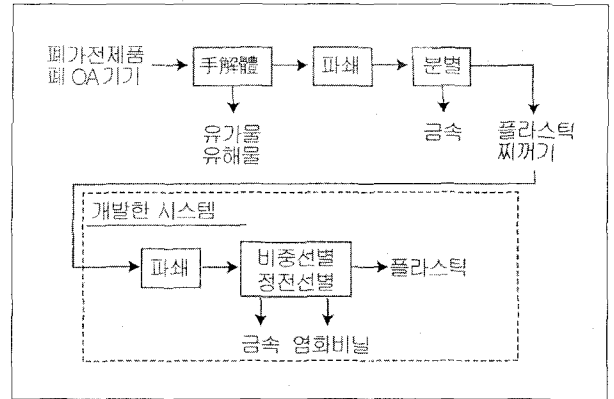
수해체(手解體)로 작업후 금속과 함께 파쇄하여 대부분의 금속을 회수한 뒤에 남은 플라스틱찌꺼기(殘材)를 그림 3에 표시하였다. 여기에는 여러 종류의 플라스틱 조각이 혼합되어 있고 또한 피복전선, 동세선(銅細線) 쓰



〈그림 2〉 플랜트의 기계분해설비



〈그림 3〉 금속회수 후의 플라스틱 찌꺼기



〈그림 4〉 고로환원제에 의한 플라스틱찌꺼기 처리 시스템플로

레기 및 미회수 금속편이 남게 된다.

위와 같은 여러 종류의 플라스틱혼합물의 리사이클방법으로 고로(高爐) 환원법이 있다. 그러나 고로환원제로 이용하는 방법도 피복전선내의 동이나 전선피복에 포함된 염화비닐의 혼입(混入)으로 강(鋼)에 대해 품질상으로 영향을 주게 된다. 또한 다이옥신이 발생할 위험이 있기 때문에 곤란하여 그 동안은 매립으로 처리하여 왔다.

동사는 1998년도의 新에너지·産業技術總合開發機構(NEDO)가 공모한 산업기술연구개발성과실용화 기술개발비 조성사업에 응모하여 PC의 금속분리·분별 후의 플라스틱 찌꺼기의 고로환원제, RDF(Refuse Derived Fuel)에의 이용기술을 개발하였다. 그 시스템플로를 그림 4에 표시하였다.

금속 회수 후의 플라스틱찌꺼기를 수mm 정도로 재파쇄하여 입도분포를 적게 한 다음 비중선별에 의해 주로 전선 등의 금속을 제거한다. 또한 이 비중선별로 제거할 수 없는 극세(極細)동선과 피복전선의 염화비닐을 정전(靜電)선별로 제거한다. 이들을 파쇄·선별처리에 의하여 플라스틱찌꺼기에 혼입되어 있던 동과 염소의 양을 고로환원제로서 직접 고로에 불어넣을 수 있는 수준까지 제거하는데 성공하였다.

이 기술은 당초 PC의 리사이클기술로 개발하였으나 후에 가전제품에도 적용이 가능하다는 것을 확인하였다. 현재 東浜리사이클센터에서 가전 4개 품목의 플라스틱찌꺼기의 70~80% 정도를 고로환원제로서 재이용하고 있다. 이것들은 분해전의 질량비로 10~20% 정도를 점하고 있다.

4. 효율적인 物流레이아웃과 手解體方式

리사이클공장에서의 효율적인 물류방식을 설계하기 위해서 먼저 리사이클공장으로 회수가 예상되는 폐OA기기 및 폐가전제품을 분류하여 각각의 수집량을 추정하였다. 다음으로 분류한 폐제품에 대하여 실제로 수해체와 기계설비에 의한 파쇄·분리를 시행하여 분별품마다의 형상, 회수량 및 해체분리에 요하는 시간을 측정하여 기초데이터로 하였다.

이 기초데이터에 의거하여 보관형태는 폐제품, 해체·분리품별로 선정하기로 하고(예를 들면 플라스틱상자, 메시팰릿, 플렉시블컨테이너, 암로더 등), 공장내에서의 각각의 보관스페이스를 산출하였다.

장내반송에 대해서는 폐제품, 해체분리품의 종류, 형상

및 양의 변동을 예상하여, 리사이클공장 초기가동 당시에는 컨베이어라는 고정적인 반송수단의 도입은 뒤로 미루고 핸드리프트 및 포크리프트를 사용하기로 하였다.

리사이클공장내의 반송경로에 대해서는 공장의 부지 및 건물형상의 제약을 받지만, 반송물의 발생빈도 및 질량을 고려하여 물류의 정류화(整流化)를 기본목표로 하여 설계하였다.

폐제품별 해체분리품의 형상과 분리위치가 다종다양하여 표준화가 곤란하므로 수작업 공정도 남겨두었다. 이러한 환경하에서 조금이라도 효율적인 수해체분리를 하기 위하여 해체분리품의 종류와 물량에 기초하여 설계하였다.

- ① 폐제품의 형상이 비교적 일정하고 물량이 많을 것으로 추정되는 것에 대해서는 라인형태로 하여 복수의 작업자가 수해체부위를 분담하여 해체하는 방식을 택했다.
- ② 역으로 물량이 적고 형상이 다양한 폐제품에 대해서는 작업자 1인이 모두 수해체로 하는 방식으로 하였다.
- ③ 각 해체구역은 해체분리품의 발생량 및 공장내외의 반송선을 고려하고 또 반송경로 길이를 가장 짧게 하는 것을 기본목표로 하여 공장내에서의 최적한 배치·장소를 설정하였다.

수해체작업에 있어서도 고정화(固定化)설비의 사용을 피하고 차후에는 폐제품의 종류와 양의 변동에 따라 해체 방식을 재검토하기로 하였으며, 각 해체구역도 융통성 있게 이동·증설할 수 있도록 하고 있다.

5. 리사이클工場の 管理시스템

東浜리사이클센터에서는 공장의 관리효율을 향상시키고, 배출자가 리사이클정보를 분명히 제시할 것을 목적으로 한 관리시스템을 도입하였다. 리사이클공장의 관리시

스템에 대한 요구는 다음과 같다.

(1) 解體分離工程 확장에 대한 대응

리사이클률 향상을 위해 시행하는 해체분리공정의 변경·확장에 대하여 정보시스템의 변경이 용이한 구조가 요구된다.

(2) 리사이클率의 산출·관리

리사이클률의 실적을 가능한 한 정확하게 파악·관리하여 메이커로부터의 리사이클업무 위탁을 확실하게 실시토록 한다. 또한 리사이클성이 좋은 제품 개발 및 리사이클방법의 개발·도입·평가를 가속화시킨다.

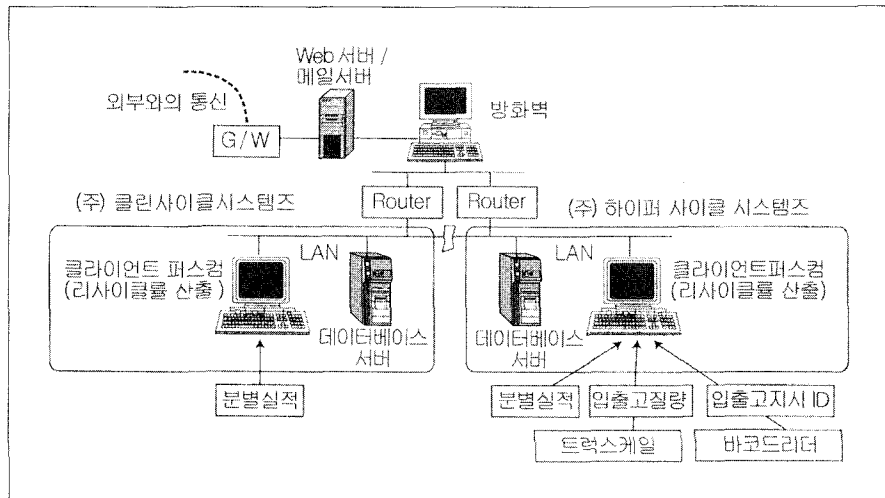
(3) 電子매니페스트, 메이커와의 연대

단순히 한 공장의 관리시스템에 그치지 않고 가전(家電)매니페스트와의 연대가 용이한 시스템이 요구된다. 특히 분리한 부품을 재이용하는 움직임이 더욱 왕성해질 경우 리사이클공장은 메이커공장에 대한 부품공급 역할을 다하기 위해 메이커측의 생산관리시스템과의 연대기능도 필요하게 된다.

이 시스템의 개요를 그림 5에 표시하였다. Web 서버, 데이터베이스 서버, 클라이언트 PC 및 트럭스케일로 구성되어 있으며 다음과 같은 기능을 갖고 있다.

- 폐제품의 접수
배출자로부터의 접수
- 분별(分別)결과 기록 및 리사이클률 계산
해체로트별 분별물의 질량 기록, 처리품목별 리사이클률 계산
- 분별물 입고, 출하
분리한 철, 비철금속, 플라스틱의 매각, 재이용품의 메이커 반환

이 시스템에서는 리사이클률의 계산을 가능케 하기 위하여 로트(lot)의 개념을 도입하여 리사이클대상물 및



〈그림 5〉 東浜리사이클센터 공장관리시스템의 구성

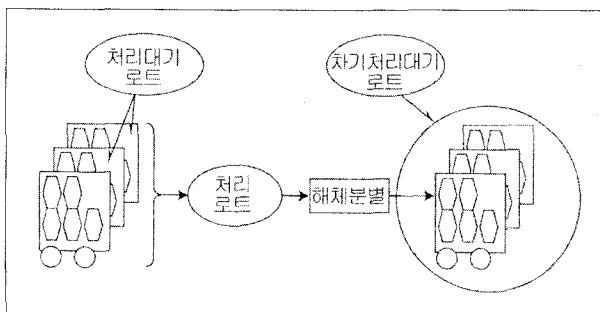
해체분리공정에서의 처리를 로트로 구별한다. 폐제품 접수시, 처리품목별로 입고로트를 편성하고 각 해체분리공정에서는 그림 6에 표시한 것과 같이 처리대기로트에서 처리로트를 편성한다. 이때 로트를 종합은 하지만 로트분할은 허가하지 않고 있다.

6. 맺음말

폐가전제품의 리사이클공장 초기가동은 일본에서는 최초의 대규모 시도였다. 일반 생산공장과 달라 취급대상물

과 그 양을 특정하는 것이 어려운 상황에서 법의 준수를 염두에 두고 경제성을 추구하기 위하여 기초데이터를 수집·분석함으로써 1999년 5월에 가동개시에 이르게 되었다.

가전메이커 각사는 당분간 이미 시장에 유통되는 제품의 처리를 안전하고 경제적으로 시행하는데 주력하게 될 것이다. 그리하여 이들의 활동에서 얻을 수 있는 정보를 앞으로의 제품의 소재선택, 가공방법 및 설계사상에 유효하게 도입해 가는 것이 중요한 과제로 되고 있다. 리사이클공장도 회수물의 특성에 맞추어 변모시켜 순환형사회의 일익을 담당하기 위해 저코스트, 고리사이클률의 실현과 유지를 위해 노력하고자 한다. ☒



〈그림 6〉 해체분리에서의 로트편성

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.