

## 2 家電製品 리사이클 플랜트

최근 들어 제품의 최종 처분매립지에 대한 어려움과 주변 환경오염 등이 크게 문제시되고 있다.

가정용 전기제품은 동(銅)·알루미늄·철(鐵)·글라스 등 재이용가치가 있는 소재로 구성되어 있으며 이중에는 앞으로 채굴에 한도가 있는 금속류도 포함되어 있다. 원재료 제조과정에서의 에너지 삭감이란 입장에서도 머티어리얼 리사이클이 필히 추진되어야 할 것이다.

사용필 가전제품에서 환경영향물질의 회수와 리사이클효율을 향상시켜 해체작업자의 육체적 부담을 경감시키는 자동화 공정이 아래와 같이 이미 개발되었다.

- 장척물·중량물의 반송에 대하여 자동화가 이루어졌다.
- 제품 분해와 부품 분리작업을 위한 자동기계가 개발되었다.
- 리사이클 처리에서의 제품품종 및 제조연대의 다양함에 대하여, 제품구조 데이터베이스의 구축과 작업결과와 자동등록이 이루어졌다.
- 작업원의 수작업은 극히 일부로 한정되어 있다.
- 특수작업에 관한 데이터베이스에서 작업요령이 제시된다.
- 실증운전을 통하여 제품구조 데이터베이스는 충분히 축적되었다.
- 형식데이터의 축적에 따라 작업시간 단축효과가 확인되었다.
- 제품구조·재료선택에 관한 많은 경험이 축적되었다.

### 1. 머리말

가정용전기제품은 고기능·저소비전력화의 개선이 이루어져 이용자에게 쾌적한 생활을 제공하고 있다. 보다 소비전력이 적은 제품, 쾌적한 제품으로 교체가 행하여지고 있다.

가전제품은 주로 철·동·알루미늄·글라스·플라스틱 등 재이용가치가 있는 소재로 구성되어 있다. 사용필 제품의 리사이클회수를 고효율로 그리고 또한 경제적으로 실시하기 위한 기초기술 개발과 실용규모에서의 과제를 검토하기 위하여 通商産業省 국고보조를 받아 일관처리 리사이클 실증플랜트가 개발되어 1998년도에 茨城縣 那珂郡 那珂町에서 실증실험이 실시되었다.

본고에서는 이 리사이클 플랜트의 기본 계획과 각 처

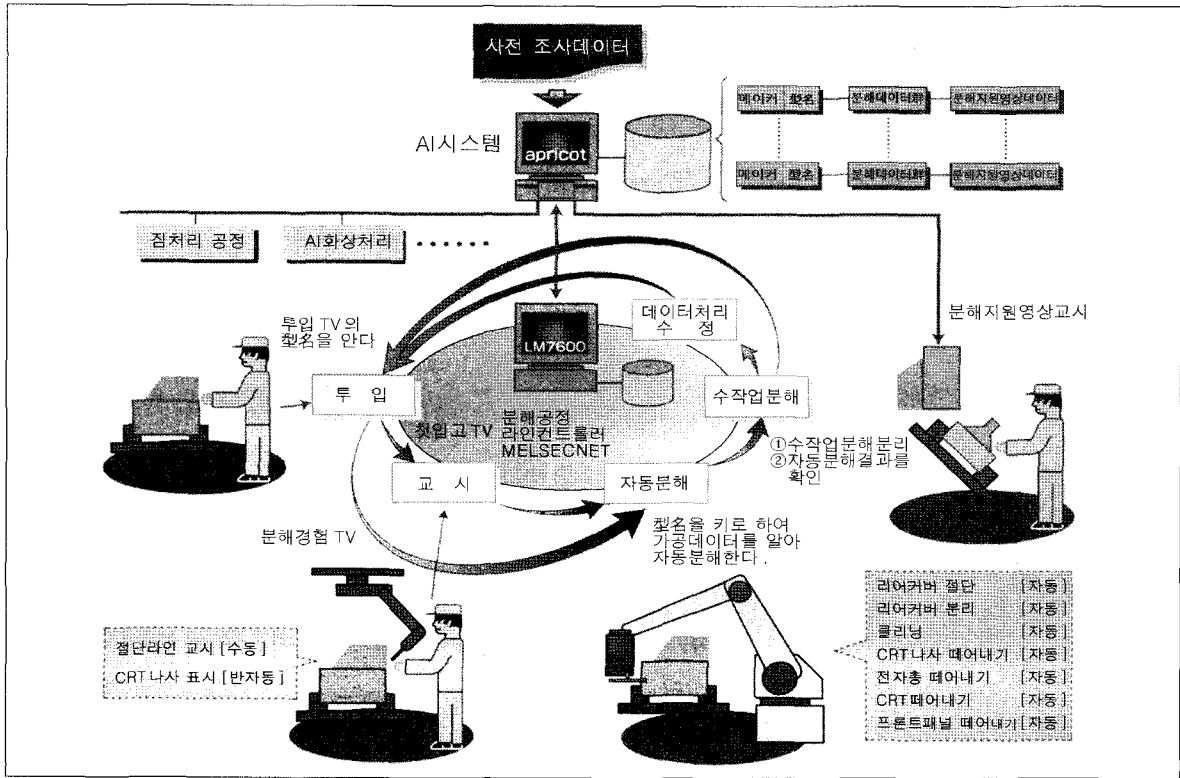
리라인 기능을 소개하고 실증실험에서 얻어진 성과에 대하여 기술한다.

### 2. 플랜트設計 기본개념과 계획 목표치

이번 개발에서는 가전제품 리사이클을 안전하고도 효율적으로 실현하는 것이 목적이며 유가물(有價物)의 고효율회수와 환경영향물질의 해체, 분리회수를 기본이념으로 하고 있다.

파쇄 선별에 앞서 주요부품소재를 1차 분해하는 것이 큰 특징이다. 처리공정은 대상물의 대형화, 중량물, 작업안전성을 배려하여 기계화·자동화를 도모하였다.

처리대상제품과 각 제품으로부터 분리·회수되는 부



<1차 분해공정의 자동화 개념>

라인내의 처리대상품은 제품형식코드를 키로 하여 트래킹되어 있다. 처음 입고된 제품에 대하여는 해체작업의 좌표치가 계속 기기를 사용하여 입력된다. 이미 데이터가 축적되어 있는 품종에 대해서는 과거의 작업기록에 필요한 수정이 추가되어 출력된다. 즉 해체작업을 거듭함으로써 현명해진다. 위험작업, 소음중 작업, 분진중 작업을 가능한 한 피할 수 있게 되어 있다.

품소재를 표 1에 표시한다. 분해라인은 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

- ① 가전제품의 개별정보인 형명(型名)을 키로 하여 그 제품의 해체에 필요한 정보를 데이터베이스에 축적하여 동일가전제품을 해체할 때 필요한 작업정보를 입출력한다.
- ② 대상이 되는 가전제품이 처음 해체대상이 된 경우에는 그 해체에 필요한 정보를 교시장치(敎示裝置)에 의하여 창출한다.
- ③ 라인상에서 교시된 정보를 즉시 데이터베이스화함으로써 그 전후의 작업공정에서 그 정보를 활용할 수 있도록 하여 해체작업을 실시간으로 실행한다.

- ④ 작업공정에서 어떤 불편이 발생한 경우에는 그 불편개선정보를 등록·축적하여 재차 동일형명(型名)의 제품이 투입되었을 때 교시 ST(Station)에서 개선교시지시를 발하여 재교시를 실행함으로써 작업정보정도를 향상시킨다.

1차분해공정 개발컨셉트를 그림 1에 표시한다.

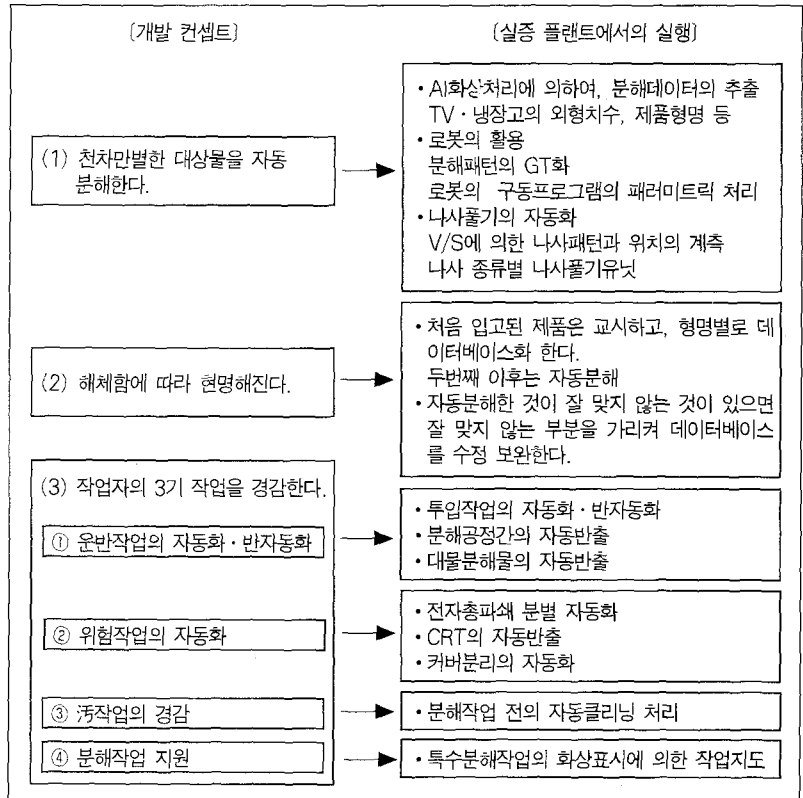
### 3. 짐부리기 工程

#### 가. 짐부리기 機能

트럭에 적재된 가전제품을 트럭의 하대(荷台)로부터

〈표 1〉 1차 분해라인 기본사양

TV 분해부품	1. CRT(밴드, 전자총) 2. 커버, 케이스틀 3. 편향요크 4. 프린트 기관
대상품 제원	외형치수 최소 350×300×360 최대 900×700×610 최대질량 : 70kg
처리 능력	35대/시간(1.7분/대)
냉장고분해부품	1. 냉매프론의 회수 CFC12, R502의 분리회수 2. 컴프레서 3. 케이스틀
대상품 제원	외형치수 최소 400×480×450 최대 950×1,950×600 최대질량 : 100kg
처리 능력	25대/시간(2.4분/대)
세탁기분해부품	1. 모터 회수 2. 플라스틱 케이스틀
대상품 제원	외형 치수 최소 520×394×780 최대 860×660×1,030 최대질량 : 60kg
처리 능력	27대/시간(2.2분/대)
에어컨 실외기 분해부품	1. 프론 회수 2. 모터
대상품 제원	외형치수 최소 540×200×420 최대 870×470×785 최대질량 : 72kg
처리 능력	17대/시간(3.5분/대)
에어컨 실내기 분해부품	1. 팬모터 2. 열교환기
대상품 제원	외형치수 최소 698×109×235 최대 1,200×294×450 최대질량 : 32kg
처리 능력	17대/시간(3.5분/대)



〈그림 1〉 분해공정 개발컨셉트

〈표 2〉 짐부리기 장치의 사양 및 작업시간

항 목	사 양	작업내용	작업시간
최대 권상하중	200kg	① 암 이동	20초
최대 선회반경	2,928mm	② Jig 장착	10초
최대 권상揚程	2,756mm	② 건물로의 반송	25초
장치 최대높이	3,331mm	③ Jig 해제	5초
승강 속도	9/2m/min	합 계	60초

건물내의 전처리(前處理)에어리어(짐처리 플랫폼)까지 반송한다.

주요사양 및 평균작업시간을 표 2에 표시한다.

## 나. 가전제품 반송용 천장주행 레일 장치

플랫폼 안으로 반송된 가전제품의 전처리작업장으로

의 반송과 짐처리라인까지의 반송작업의 생력화(省力化)를 도모한다.

이 장치에서는 가전제품을 달아올릴 때의 지그(Jig), 권상 호이스트부가 개발되었다.

주요사양 및 평균작업시간을 표 3에 표시한다.

## 다. 前處理 工程

주요 부품을 가전제품에서 제거하는 1차 분해작업의

〈표 3〉 반송장치의 사양 및 작업시간

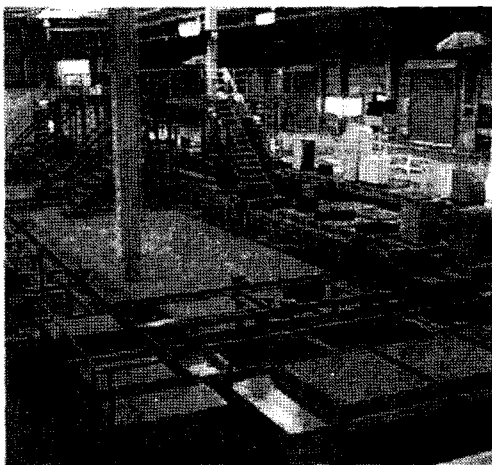
항 목	사 양	작업내용	작업시간
최대 권상하중	160kg	① 초기접 이동	20초
주행이동범위	40,240mm	② Jig 장착	10초
호이스트 이동범위	8,865mm	② 라인 위로의 반송	24초
최대 권상揚程	4,380mm	③ Jig 해제	5초
승강 속도	14/3.5m/min	합 계	59초

자동화를 유연하게 하기 위하여 컨베이어로 가전품을 회수할 때 방해가 되는 전원코드, 냉장고 본체의 돌기물(突起物), 문의 경첩(Hinge), 물받이, 세탁기의 배관호스 등을 전처리로서 제거하고 있다. 에어컨 실내기는 프론 회수 후에 배관호스를, 실외기는 컨베이어의 반송을 방해하지 않도록 배관을 본체근방에 정리하고 있다.

또 텔레비전 전면의 커버글라스, 냉장고 내의 글라스 선반, 아연제손잡이, 세탁기의 대형콘덴서를 제거하고 있다.

## 4. 짐처리 工程

짐처리라인의 구성을 그림 2에 표시한다. 최대 4개소에서 가전제품을 투입할 수 있어 입하량 변동에 대응할 수 있다. 라운드 컨베이어상에서 인식 및 처리가부(可



〈그림 2〉 짐처리 공정 전경

否) 판단작업을 하기 때문에 1개소에서 집약적으로 처리할 수 있다. 라운드 컨베이어에서 순차적으로 분류되므로 후(後)공정에서의 처리지연 등으로 새로 폐가전품을 받아들일 수 없을 경우에는 라인 위에서 순환되며, 또한 한번 구분된 후에 후공정에서 받아들여지지 않았을 경우에는 팰릿(Pallet) 리턴 컨베이어에 의하여 되돌려지게 된다.

### 가. 家電製品 認識시스템

이 시스템은 짐처리라인의 라운드 컨베이어 위에 설치되어 있으며 폐가전품의 종별(외형치수 포함) 및 형명을 화상으로 인식하여 인식작업의 생력화(省力化)의 실현을 도모한 시스템이다.

#### (1) 種別認識시스템

이 시스템은 가전제품의 외형촬영용 카메라 3대(정면: 고/저, 상면)와 인식처리용 퍼스컴 1대로 구성되어 있다. 실증플랜트에서의 운전결과로는 여러 가지 잡다한 폐가전품의 종별인식에서 약 90%의 정해율(正解率)을 얻었다. 인식결과의 일례를 표 4에 표시한다.

#### (2) 型名認識시스템

이 시스템은 폐가전품의 형명촬영용 카메라 5대(정면: 고/저, 배면: 고/저, 우측면)와 인식처리용 퍼스컴 1대로 구성되어 있다.

## 5. 텔레비전 1차 分解라인

텔레비전 해체공정의 전경을 그림 3에 표시한다.

### 가. 텔레비전 把持 팰릿

TV의 네 구석을 클램프로 고정하는 방법으로 TV의 위치를 정해놓는다. 팔레트에는 TV를 조함(照合)하는 번호 플래그와 각 Station의 작업관리 플래그가 설치되어 있다.

〈표 4〉 제품 종별인식 시험결과

제품종별	인식률(%)	인식대수	정해대수	인식치수 오차(mm)			비 고
				W	H	D	
냉장고	82.5	40	33	25.2	33.2	198.6	소형냉장고를 세탁기로 오인
에어컨 실외기	85.0	40	34	54.5	52.5	65.5	깊이를 도중에서 잘라 TV로 오인
에어컨 실내기	100.0	40	40	24.6	53.6	52.1	종별판정 문제 없음
세탁기	100.0	40	40	13.2	24.6	83.3	종별판정 문제 없음
TV	85.0	40	34	65.8	31.2	163.8	깊이를 도중에서 잘라 에어컨과의 오인
합 계	90.5	200	181	36.7	39.0	112.7	

### 나. 切斷敎示作業

TV를 후공정(後工程)에서 절단분리하기 위하여 필요한 포인트의 좌표치를 교시한다. 과거에 절단(교시)경험이 있는 TV에 대해서는 교시할 필요가 없다.

가전제품의 교시작업에서는 라인에 투입된 대수가 증가함에 따라 매일의 교시TV 대수는 감소한다. 실증운전에서 교시율의 추이를 그림 4에 표시한다.

첫 데이터를 완성하고 데스크칩소 절단핸드를 적정하게 구동하여 리어커버를 절단하는 6축구동 로봇을 갖추고 있다.

### 라. 리어커버 分離

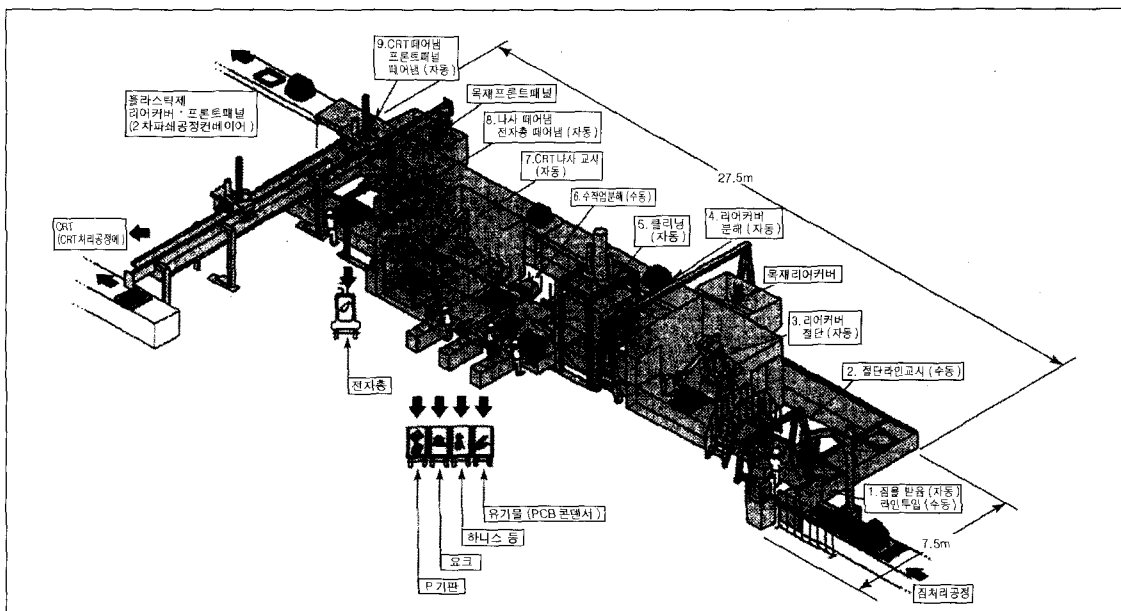
절단된 TV의 리어커버를 프론트패널에서 분리하여 떼어낸다.

### 다. 리어커버 切斷

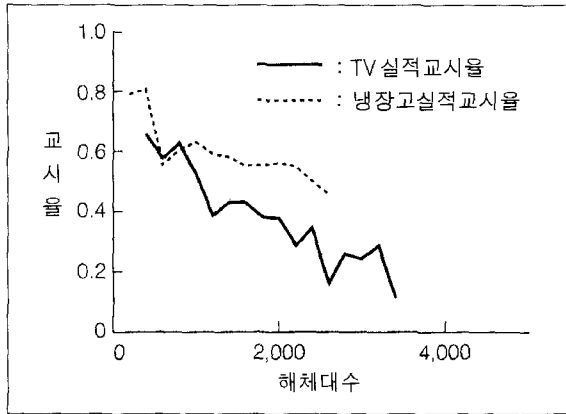
교시작업으로 얻어진 절단패턴과 좌표 정보를 기초로

### 마. 分解 手作業

수작업분해(手分解)에서는 자동해체가 곤란한 부품을



〈그림 3〉 TV 해체공정



〈그림 4〉 해체교시실적 추이

TV로부터 작업원이 직접 손으로 제거한다. 절단조건은 절단 높이와 깊이를 조작화면으로 간단하게 변경할 수 있다.

### 바. 나사敎示와 나사計測

전자총을 파쇄하여 떼어내고, CRT 고정나사를 풀어 떼어내기 위하여 나사의 좌표치와 나사양식 및 전자총의 파쇄위치를 교시한다. 나사의 좌표치는 동일한 기종이라도 고체차(固體差)에 따른 차이가 있기 때문에 때번 계측을 할 필요가 있다.

### 사. 電子銃과 나사 떼어내기

CRT의 전자총을 파쇄하여 흡인(吸引) 제거하고 CRT 고정나사와 너트를 풀어 흡착(吸着) 폐기한다. 전자총파쇄·흡진장치는 원통모양의 전자총 파쇄공구를 TV전자총부에 삽입하여 파쇄공구를 충격적으로 기울게 하여 전자총부를 구부려 파쇄한다. 파쇄공구에 연결한 흡진기(吸塵機)로 파쇄된 전자총과 그 글라스의 파편을 흡인하여 축적한다.

### 아. CRT 프론트패널 떼어내기

팰릿에 파지(把持)된 TV에서 CRT를 떼어내어 2차

처리공정에 반송공급한다. 남겨진 프론트패널을 떼어내어 패널의 재질에 따라 분별반송하여 쌓아둔다.

## 6. 냉장고 1次分解라인

### 가. 냉장고 搬送裝置

투입 Station에서는 투입된 냉장고를 반전(反轉)장치를 이용하여 팰릿마다 들어올려 90° 반전시키고 반전장치에 달린 자주식(自走式) 컨베이어를 사용하여 냉장고만을 이 라인의 컨베이어 위에 투입한다. 냉장고를 이 라인에 투입한 후 투입장치는 역으로 반전하여 팰릿만 집처리 공정으로 반환한다. 또 냉장고는 반송도중에 트래킹관리가 되고 있다.

### 나. 切斷敎示

이 설비는 냉장고로부터 컴프레서 설치판을 절단분해하기 위하여 필요한 좌표치를 3차원 측정장치로 교시하는 설비이다.

### 다. 프론 回收裝置

냉장고의 컴프레서로부터 냉매프론 및 작동유(作動油)를 함께 회수한다. 냉매프론은 종별로 분별회수한다. 1대의 냉장고에서 프론을 회수하는 작업시간을 고려하여 이 라인에는 3개의 회수 Station을 설치하고 있다. 프론 회수장치는 반자동장치이다. 작업원은 컴프레서 원통부 최하점에 회수장치의 회수노즐을 세트하고 구멍을 뚫는다. 이 때 회수장치는 냉매프론을 작동유와 함께 흡인회수한다. 또한 작동유를 가열교반(加熱攪拌)하여 작동유에 함유되는 프론도 분리회수한다.

### 라. 컴프레서 설치판 切斷

컴프레서 분해제거 Station은 절단로봇이 데이터베이스에서 얻은 좌표정보에 따라 필요한 데이터를 스스

로 만들어 절단 및 밀어내림장치를 구동하여 냉장고로부터 컴프레서 설치판을 자동절단하여 분리하고 있다.

냉장고 분해라인 자동화에 관하여는 별도로 상세하게 보고되어 있다.

## 7. 세탁기 分解프로세스

세탁기 분해처리라인에서의 분해목적은 주로 모터부를 떼어내는 것이다. 프로세스내의 각 공정은 컨베이어로 접속되어 있고 각 처리는 컨베이어상의 정해진 위치에서 행해진다. 분해자동화는 기요틴(Guillotine)식 절단기를 사용하여 모터부 고정위치 근방을 절단함으로써 이루어진다. 떼어낸 모터부는 다음 공정인 저온(低溫)파쇄공정에서 리사이클 처리되고 외함 등은 상온(常溫)파쇄공정에서 각각 리사이클 처리된다.

### 가. 自動分解

이 프로세스에 의하면 자동적으로 분리가 이루어진다. 여기서, 모터부의 고정위치를 정할 필요가 있으나, 세탁기의 외관으로 절단위치를 정하는 것은 곤란하므로 이 시스템에서는 초음파센서로 세탁기의 깊이를 측정하여 자동적으로 절단위치를 결정하는 자동분해시스템을 구축하였다.

### 나. 切斷位置 自動測定裝置

라인내에서 세탁기는 세탁기 본체 전면을 위로 향하게 한 상태에서 윗뚜껑을 개방하여 반송된다. 절단위치의 측정은 이 컨베이어 위의 정해진 위치에서 한다. 절단위치 측정은, 세탁조(槽)의 밑면에 대하여 수평방향으로 초음파센서를 작동시켜서 그 상황을 측정하는 방법을 쓴다. 측정시스템을 그림 5에 표시한다. 이 측정치는 연산장치를 이용하여 보정하게 되며 절단위치데이터로서 이용된다. 이 절단 위치데이터를 기초로 기요틴식 절단기에 딸린 절단결정장치가 작동하여 자동절단되어

모터부가 분리되는 것이다.

## 8. 에어컨 분해프로세스

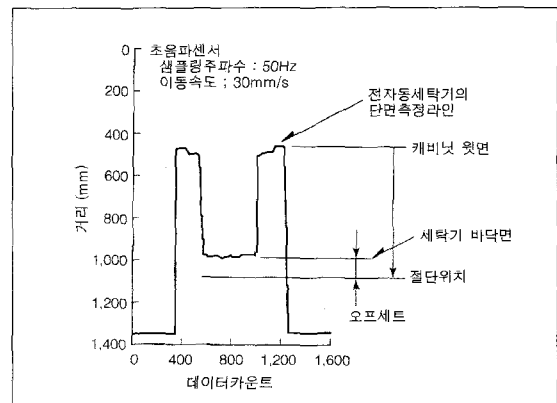
에어컨으로부터는 프론이 회수되고 열교환기와 컴프레서 등을 분리한다. 떼어낸 열교환기는 플랜트내의 다음 공정인 동 알루미늄 분리공정에서 고순도의 동과 알루미늄으로 분리된다. 또 컴프레서는 저온파쇄공정에서 리사이클되고 외함 등은 상온파쇄공정에서 각각 리사이클된다.

분해기계의 자동화는, 피분해물의 절단위치를 화상처리장치를 이용하여 자동적으로 구한 후 그 절단위치데이터를 기초로 열교환기의 고정부를 로봇에 의하여 절단하는 것으로 이루어진다. 에어컨 분해에 대한 상세한 내용은 별도 보고되어 있다.

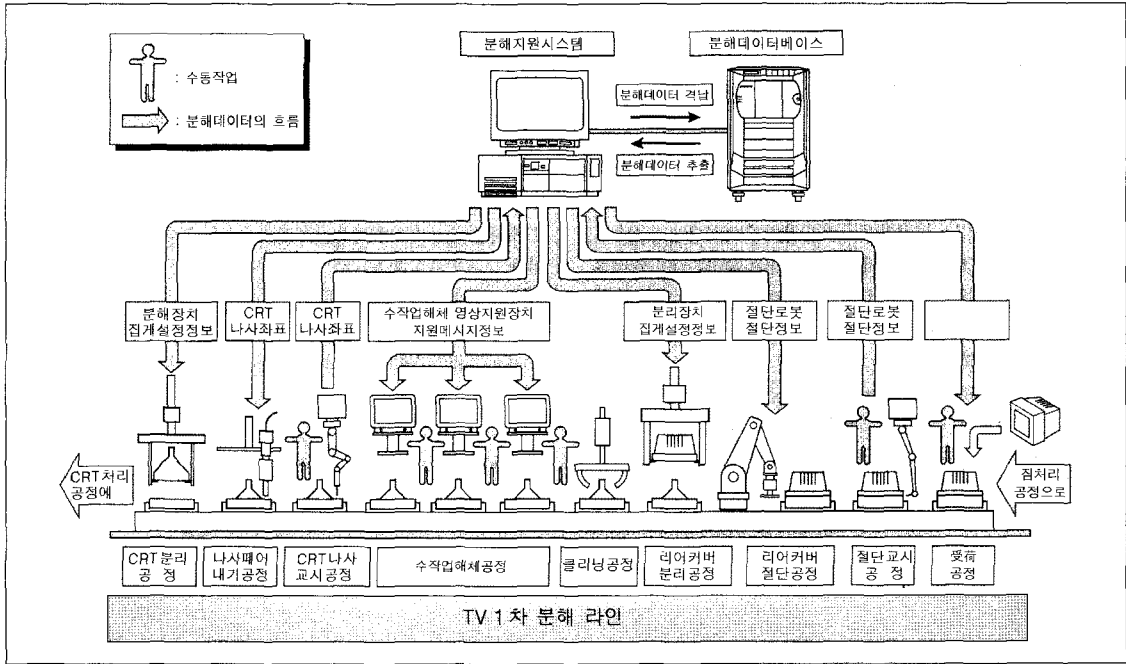
## 9. 플랜트 管理運用시스템

### 가. 分解支援시스템

TV, 냉장고, 세탁기, 에어컨 실내기, 에어컨 실외기의 분해라인에 대하여 자동분해 지시를 한다. 그림 6에 분해지원시스템의 기능의 개요를 나타내었다.



〈그림 5〉 세탁기 해체 계측시스템



〈그림 6〉 분해 지원시스템 기능개요

## 나. 搬送支援시스템

반송지원시스템은, 짐처리라인의 폐가전제품 투입작업자에 대하여 영상지원장치로 투입지원을 한다.

## 다. 머티어리얼 밸런스 管理시스템

머티어리얼 밸런스 관리시스템은 리사이클플랜트의 가장 중요한 관리기능이다.

분해처리한 가전제품의 투입질량과 파쇄기 등에 의하여 분별·회수한 소재질량의 비율을 계산한다.

계산처리는, 우선 분해운전기간 중에 1차분해 라인에서 분해된 제품질량을 질량구분별로 집계한다. 질량구분이란 제품의 소재구성비율이 다른 분기점에서의 제품 질량이다. 이 질량구분별 제품질량에서 제품을 구성하는 소재별 질량을 계산한다.

다음에 소재회수기간 중에 2차 처리설비에서 회수된 계량품목별 질량을 집계하여 계량품목별 질량으로부터

계량품목을 구성하는 소재별 질량을 계산한다.

## 10. 맺음말

1995년도에 착수한 通産省 국고보조사업 “폐가전제품 일괄처리 리사이클시스템 개발”은 '98년도 3월말에 플랜트가 완성되어 1년간 실증연구가 시행되고 있다. 해체처리능력을 비롯하여 소재회수율과 그것의 순도(純度), 용역원단위, 플랜트환경부하 해석결과 등이 얻어지고 있다.

이 실증실험에서 얻어진 자료와 지식이 리사이클기술 뿐만 아니라 리사이클하기 쉬운 제품의 설계도 고려한 순환형 리사이클사회의 실현에 공헌할 수 있기를 바라지 않는다. ■

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