

폐가전제품 일관처리 리사이클시스템

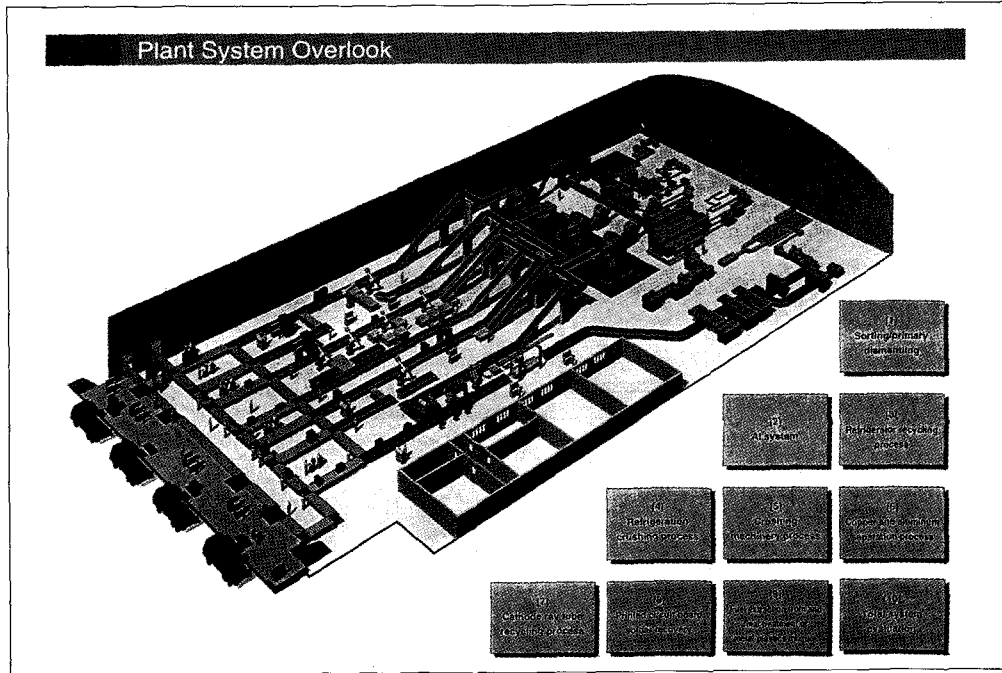
- 가전제품은 여러 가지의 가치있는 소재로 구성되어 있다. 최근, 최종처분매립지의 질박함과 주변의 환경오염이 큰 문제가 되고 있는 가운데, 有限資源의 리사이클 효율의 향상이 강력히 요망되고 있다. 가전제품에서의 有價素材회수와 최종배출물의 감량·無害化를 위한 일관처리 리사이클플랜트를 개발하기 위하여 미쓰비시 電機는 通商産業省補助事業으로 (財)製品協會로부터 위탁을 받아 이 플랜트의 1차분해 공정과 AI(Artificial Intelligence)利用시스템에 대한 개발에 참가하였다. 그 성과와 실증시스템의 개요를 소개한다.
- 回收의 효율화와 환경영향물질의 확산을 방지하여 최종매립물을 減容化하기 위하여 기존의 파쇄처리과정의 前段에 1차 분해공정을 설치하고 있다. 작업자의 부담을 경감시키고 쾌적한 작업환경을 실현하기 위하여 해체작업을 자동화하였다.
- ■ 품종과 형식명칭 인식을 위해 비전센서에 의한 자동인식기능이 개발되었다.
- ■ 대형제품과 중량물의 반송을 위한 장치의 개발이 이루어졌다.
- ■ 搬送·移載·合流의 제어가 자동화되었다.
- ■ 제품분해, 제품분리를 위한 자동기계의 개발이 이루어졌다.
- ■ 자동기계예의 설정치 출력을 위하여 제품구조 데이터베이스가 구축되었으며, 작업자 지원 가이드נס로 할 수 있게 되었다.
- ■ 플랜트 운용과 시스템기능평가를 위하여 관리용 계산기 시스템이 설치되었다.

1. 머리말

가전제품은 여러 가지 소재를 고밀도로 집적시켜 그 사용상의 편리성과 고효율성을 제공하여 왔다. 그 역할을 다한 제품은 차세대의 보다 편리성과 효율이 우수한 신제품으로 대체되고 있다. 이 시점에서 일부는 自治体에 의한 회수루트를 거쳐 일반폐기물로 자치체에

의해 처리되고 있다. 한편 태반의 사용이 완료된 가전 제품은 판매점에 의하여 회수되어 사업계폐기물로 민간처리업자에 의하여 처리되고 있다.

요사이 특히 폐기물의 물량증대와 최종처분장 주변의 환경오염에 관한 화제가 신문지상에 많이 오르고 있다. 가전제품 중 컬러 TV·냉장고는 지정일반폐기물로 지정을 받았고, 또한 컬러 TV, 냉장고, 에어컨, 세탁기



—貫處理 리사이클플랜트 完成 豫想圖

이 플랜트에 텔레비전, 냉장고, 에어컨, 세탁기가 반입되어, 품종형식마다 사람과 협조하여 고효율적인 분해리사이클을 실현한다. 1998년도부터 實證研究運轉이 개시된다. (財)家電製品協會承認

의 4개 품종은 「재생자원의 이용촉진에 관한 법률」(리사이클법)상의 제1종지정을 받아 재생자원의 이용이 촉진되고 있다.

2. 사용이 완료된 家電品の 리사이클

사용이 완료된 가전제품을 “쓰레기”로 보는 생각은, 다음과 같은 이유로 이제는 받아들여지지 않는 것으로 생각되고 있다.

(1) 재이용가능한 소재를 많이 포함하고 있다

주된 가전제품의 구성소재를 표 1에 표시한다. 예를 들면 에어컨과 냉장고에 있어서는 극히 순도가 높은 상태의 철, 동, 알루미늄의 합금을 함유하고 있다. 세탁기에 있어서도 거의 같은 경향이다. 또 텔레비전에 있어

서는 그 질량조성의 태반을 고품질의 글라스가 점유하고 있어, 재이용으로 원료생산에 대한 에너지소비가 크게 경감된다.

또한 앞으로의 채굴가능년수에 한계가 있는 금속류도 있다는 점에 충분히 주의하지 않으면 안된다.

(2) 최종처분매립지에 한도가 있다

매립지개발도 많은 에너지를 요하는 것이며 특히 가전품에서의 배출물은 관리형처분장에서의 매립이 의무화되어 있다. 최종처분장의 여유에 대하여는 이미 이전부터 위험수위에 다다랐음을 강조하고 있다. 특히 '94년 4월의 厚生省자료에 의하면 수도권에서의 여유는 0.8년으로 되어 있고 전국평균도 2.3년으로 되어 있다. 또한 이미 오래전에 '92년 위기설이 이야기 되었었다. 표 2에 최종매립지의 잔여년수에 대한 최근의 통계를 나타낸다.

〈표 1〉 冷蔵庫, 텔레비전의 構成素材

구 분	냉 장 고		텔레비전	
	질량 (kg)	질량비(%)	질량 (kg)	질량비(%)
철	28.50	49.78	3.93	10.70
구리	2.32	4.05	1.06	2.88
알루미늄	0.54	0.94	0.16	0.44
인황銅			0.09	0.24
스테인리스			0.01	0.03
페라이트			0.39	1.06
발포 우레탄	6.36	11.11		
고무	0.77	1.34		
기타 플라스틱	17.48	30.53	8.15	22.19
종이	0.10	0.17	0.10	0.27
글라스	0.04	0.07	18.18	49.48
프레온·冷凍機油	0.30	0.52		
(基板)	0.16	0.28	1.95	5.31
(외부 콘덴서)	0.03	0.05		
(電子銃部)			0.06	0.16
(외부 트랜스)			0.93	2.53
(분해중의 로스)	0.65	1.14	1.73	4.71
계(분해전 질량)	57.25	100.00	36.74	100.00

냉 장 고 : A사 제품 320ℓ, '87년 제품
 텔레비전 : B사 제품, 25", '89년 제품
 ()는, 재료로 분해하지 않은 것을 표시한다.

〈표 2〉 産業廢棄物의 最終處分場의 殘余容量과 殘余年數('94年 4月 現在)

구 분	要埋入處 分量(方톤)	殘餘容量(方m ³)	殘餘年數(年)
首都圈	2,360(2,572)	1,772(1,471)	0.8(0.6)
近畿圈	1,260(1,424)	4,323(4,801)	3.4(3.4)
전국평균	8,400(8,900)	19,487(20,065)	2.3(2.3)

()안은 전년도('93)의 조사결과
 ▶厚生省자료 「일반폐기물 및 산업폐기물의 배출 및 처리대책 등에 대하여」

(3) 환경영향물질의 無害化가 필요하다

가전품에는 프레온이나 납 등의 환경영향물질이 포함되어 있다. 환경보전을 위해 이것들을 자연환경에 배출하지 않도록 회수하여 무해화함이 요망되고 있다.

'92년도 가전제품협회 통계에 의하면 연간 배출되는 가전품은 텔레비전·냉장고·세탁기·룸에어컨의 4개 품종으로 약 1453만대, 53만톤으로 추정되고 있다.

3. 리사이클效率化를 위한 分解 프로세스

종래에는 複合素材, 有價物, 處理困難物을 내장한 채로 제품을 일괄 파쇄처리한 후에 磁氣選別·比重選別に 의하여 글라스와 금속류를 분별회수하는 방법이 채용되고 있었다. 이번 개발에서는 파쇄공정의 前段에 각 제품별로 주요부품으로 분해하는 1차분해공정을 마련하여 머티어리얼사이클 효율과 無害化를 고도로 달성되도록 하는 것에 주안점을 두었다. 이 개발로 얻은 플랜트의 자동화기술에 대한 성과를 중심으로 소개한다.

머티어리얼 회수를 위한 제품해체는 효율적으로 이루어지지 않으면 안된다. 해체작업은 수작업에 의해야 할 부분도 있어서 쾌적하고 안전하게 이루어지지 않으면 안된다. 이 개발에서는 사람과 기계가 조화를 이루어 처리작업을 하기 위한 환경의 실현을 중요한 개발포인트로 삼고 있다.

3.1 짐풀기 工程

폐기·회수된 사용필 가전제품은 트럭으로 플랜트로 운반되고 등록·분류되어 처리공정에 투입된다.

리사이클처리플랜트의 피할 수 없는 문제로서는 ① 여러 연대의 여러 가지 형식의 제품이 동시에 취급된다는 것, ② 제조메이커에 따라 사용자의 가족구성 및 기타에 따른 다양한 상품이 만들어지고 있다는 것, ③ 또한 파손·변형된 제품도 처리대상이 된다는 것 등을 들 수 있다.

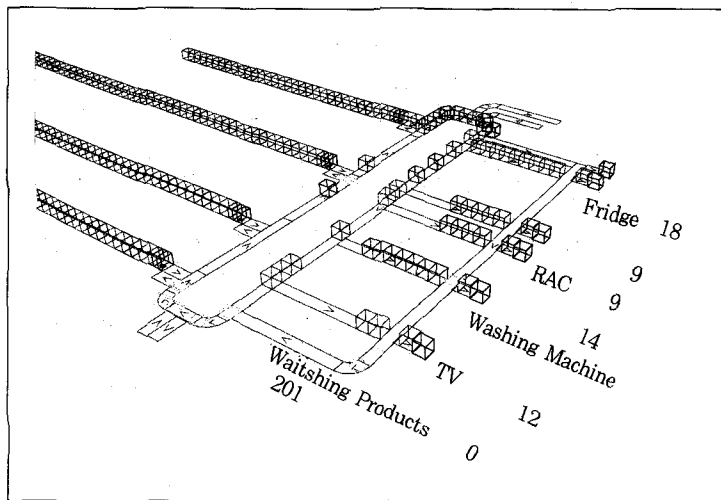
작업에서는 분진·소음·냄새를 피할 수 없다. 특히 중량품·대형상품에 있어서는 작업자의 건강과 안전에 대한 충분한 배려를 하지 않으면 안된다. 표 3에 처리물의 질량과 치수의 평균치와 최대치를 표시한다. 통상적인 안전작업의 한계를 넘고 있다.

〈표 3〉 解体處理物의 質量과 치수

품 목	평균(최대)질량(kg)	최대치수(mm)
컬러텔레비전	25(80)	950×600×950
냉 장 고	59(90)	950×600×1.950
에어컨(실외기)	51(70)	850×350×650
에어컨(실내기)	(50)	950×350×650
세 탁 기	25(50)	870×600×1.100

3.2 解体프로세스의 自動化技術

- (1) 처리플랜트내에서의 제품반송은 그 질량·치수를 고려한 자동화가 요구된다
- (2) 상품의 폐기·수집에 있어서 계절적 변동이 큰 점을 처리공정의 숙명적인 특징으로 들 수 있다. 이번의 개발에서는 이에 대하여 가능한 한 대책을 세워 기계화를 실현하는 것을 제1목표로 하고 있다.
- (3) 입하물의 계절적 변동, 회수작업사이클에서 유래되는 週日變動, 교통사정에 따른 日間變動에 대하여 처리공정작업부하를 평준화하기 위한 검토를 하고 있다. 그림 1에 제품의 입하량변동과 각 제품 분해처리의 반송·처리능력관계에 대한 시뮬레이션검토의 한 예를 표시한다.
- (4) 그 제품 품목·형식·제조자인식을 위해 자동화



〈그림 1〉 分解工程 시뮬레이션 結果

된 화상처리인식장치가 개발되었다. 그림 2에 화상처리를 응용한 형식문자인식결과를 나타낸다.

(5) 플랜트의 관리제어의 자동화를 위해 제품의 질량·치수가 예측되고 있다. 전공정에서의 머티어얼벨런스관리와 가공기계 작업지시검색에 이용되고 있다.

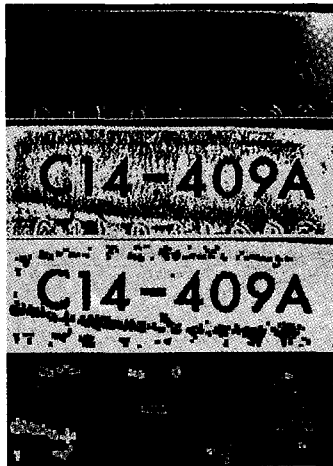
4. 1次分解工程

처리대상이 되는 가전제품은 텔레비전, 냉장고, 에어컨, 세탁기의 4품종이다. 이 제품으로부터 1차분해되는 부품소재는 표 4와 같다.

여기서는 냉장고로부터의 프레온회수, 텔레비전으로부터의 基板과 CRT분리를 위한 처리순서에 대하여 검토하였다. 냉장고와 에어컨의 컴프레서 배관계에 포함

〈표 4〉 1次分解部品

텔레비전	부 품	회수소재
有價物	CRT 요크 전자총	P/F글라스 銅 希少금속
無害化	基板	납땜
냉장고	부 품	회수소재
有價物	(筐)체 열교환기 컴프레서	철, 동, 알루미늄 선, 동
無害化	프레온가스, 冷凍機油	
에어컨(실외기)	부 품	회수소재
有價物	筐體 열교환기 컴프레서	철, 동, 알루미늄 선, 동
無害化	프레온가스, 冷凍機油	
에어컨(실내기)	부 품	회수소재
有價物	열교환기 筐體	동, 알루미늄 철
無害化	基板	납땜
세탁기	부 품	회수소재
有價物	모터 筐體	철, 동 철
無害化	밸런스	塩水



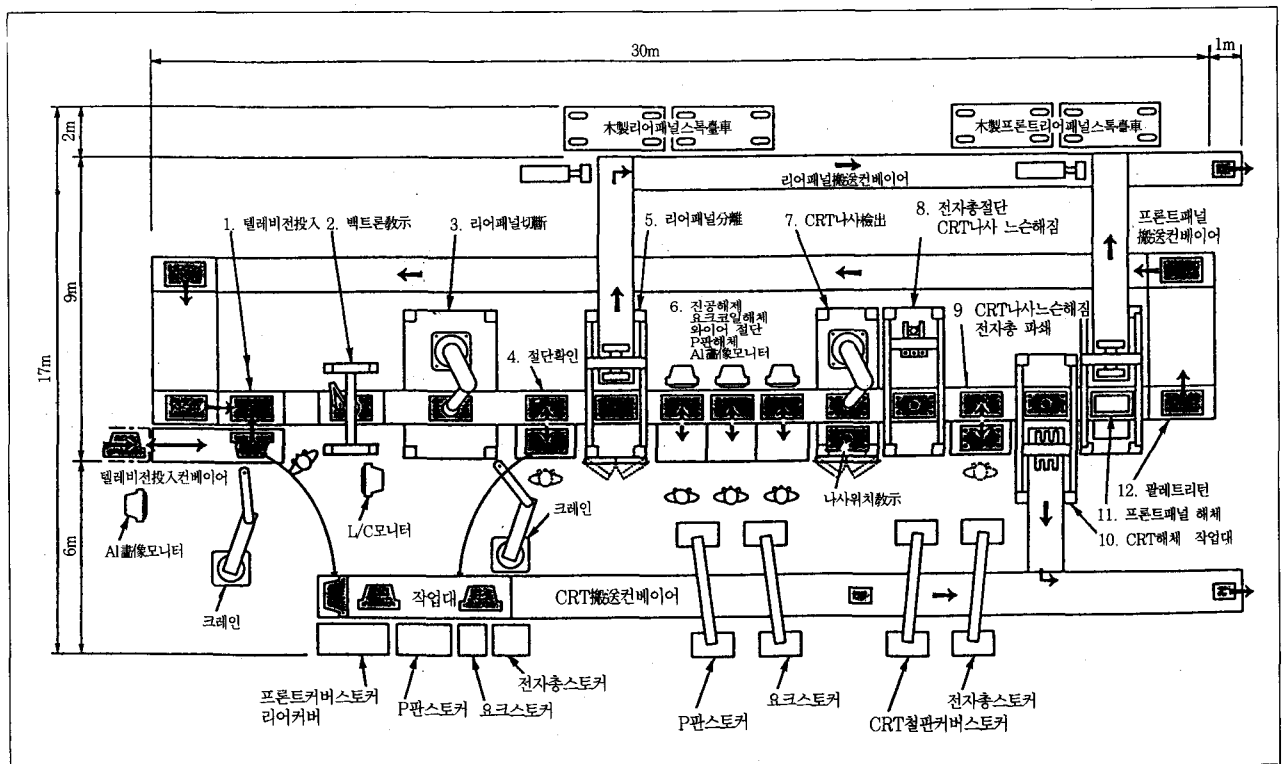
〈그림 2〉 型式文字認識의 一例

된 프레온에 대하여는 냉매가스회수만이 아니라 유탄유에 함유된 냉매프레온도 회수된다.

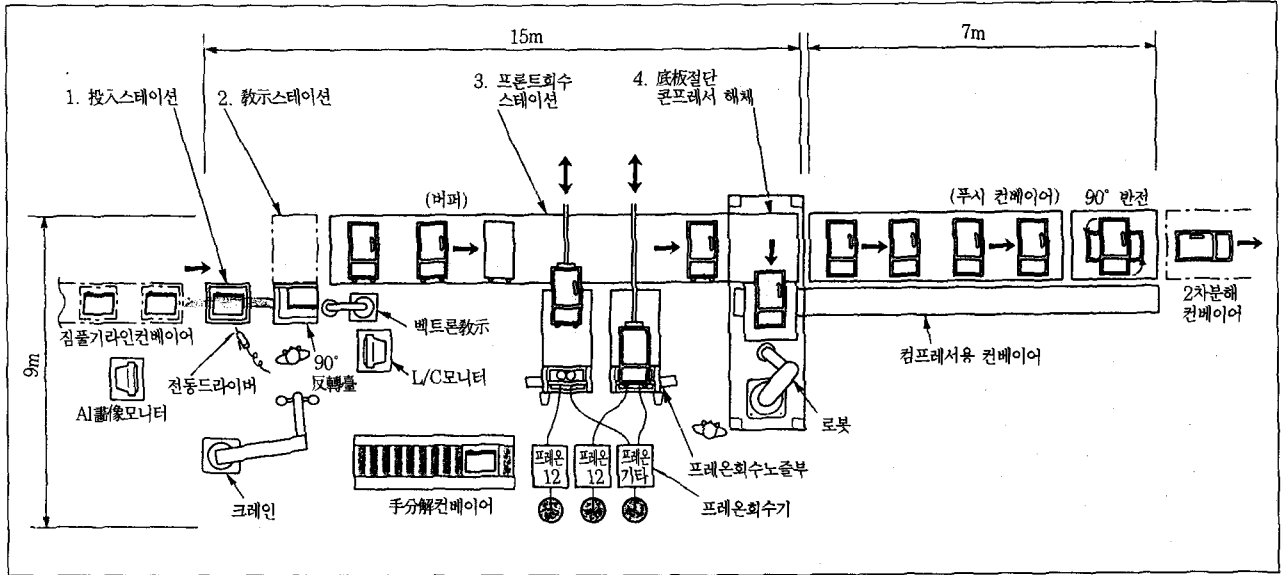
자동화의 실현에는 대상물의 치수계측, 가공개소·가공내용의 지시가 요구된다. 이를 위한 계측기술과 인식장치의 개발이 이루어졌다.

4.1 텔레비전 分解의 自動化

텔레비전의 리어커버분해에 있어서는 워크 維持를 위한 전용팔레트가 개발되고 진공 패드에 의해 꼭 움켜지도록 되어 있어 범용로봇에 의한 캐비닛의 절단·분리가 이루어진다. 전자동 가공을 위해 3차원 공간좌표 측정기를 사용한 切斷라인 敎示法이 개발되었다. CRT의 자동분리를 위하여 설치나사위치검출 비전센서와 나사解締 專用工具가 개발되고, 진공해제와 전자총분리에 압축과 쇠렌드가 개발되었다. 이것에 의하여 중량물 핸드링과 위험작업으로부터 작업자는 안전하게 해방되고 있다. 그림 3에 텔레비전분해라인의 구성을 표시한다.



〈그림 3〉 텔레비전라인의 構成



〈그림 4〉 冷蔵庫分解라인의 構成

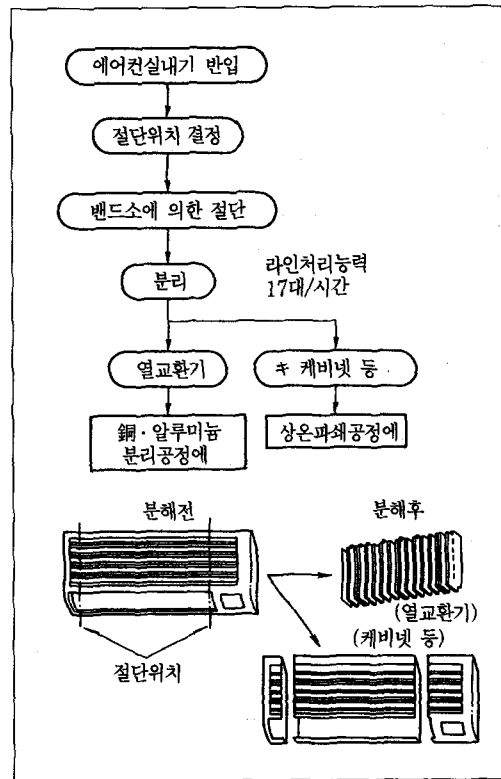
4.2 냉장고分解의 自動化

냉장고에서는 우선 컴프레서에서 냉매프레온을 빼낸다. 그리고 2차공정에서 처리곤란한 부품으로 컴프레서를 냉장고본체로부터 떼어내기 위한 자동기계가 개발되었다. 그림 4에 냉장고 1차분해라인의 구성을 표시한다.

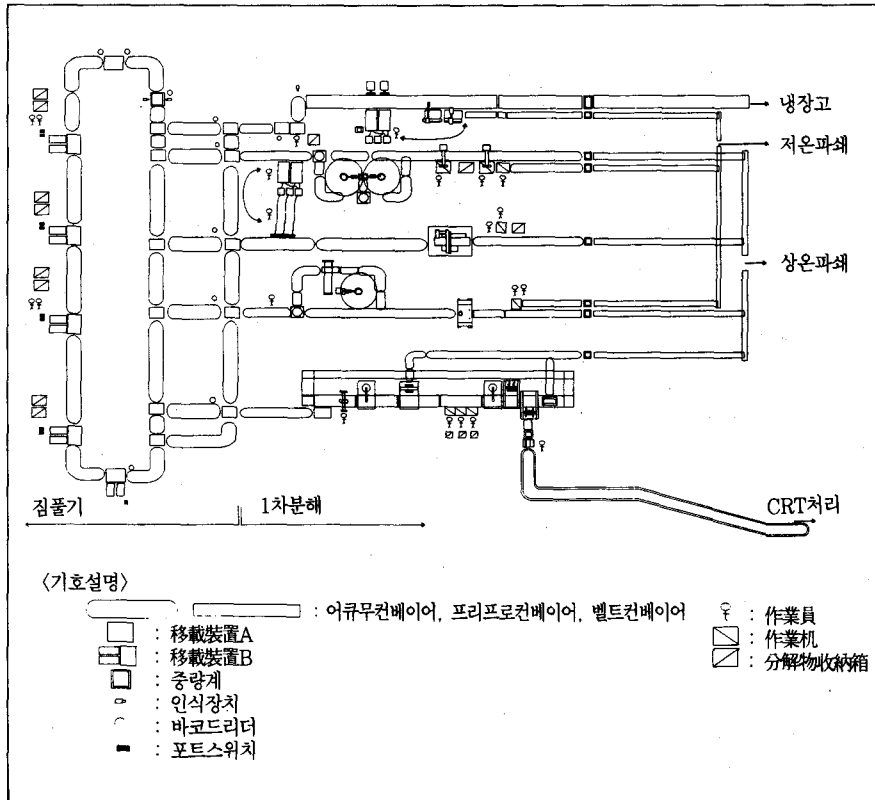
4.3 에어컨分解의 自動化

에어컨실외기에서는 냉매 프레온(R-22)의 회수와 컴프레서내의 냉동기오일의 회수가 행해진다. 여기서도 외함에서 컴프레서를 떼어내는데 로봇자동절단에 의한 작업의 성력화를 기하고 있다. 여기서는 컴프레서 외부를 감은 방진·방음용패드류가 작업을 복잡하게 하고 있다.

에어컨실내기는 열교환기, 모터, 팬, 전원부로 구성되어 있다. 열교환기는 순도가 높은 알루미늄이나 동 소재로 구성되어 있기 때문에 특별히 전용의 분해처리



〈그림 5〉 에어컨의 해체처리플로



〈그림 6〉 一次分解라인의 레이아웃

기구가 개발되어 있다. 모터는 통상의 파쇄기로 처리하면 칼날의 수명을 손상시키기 때문에 냉동파쇄기 또는 難處理物전용공정에서 처리된다. 어어킨의 해체처리플로를 그림 5에 표시한다. 또 1차분해처리라인의 레이아웃을 그림 6에 표시한다.

4.4 解體作業自動化的 유의점

해체처리공정은 그 작업효율을 감안하여, 반드시 제품공정의 정확한 역순은 아니다. 일부는 훨씬더 복잡한 작업이며 또 일부에 있어서는 대담한 가공을 하여야 하기 때문에 해체작업전용의 자동기와 계측방법이 개발되었다.

자동반송과 플랜트내 物流制御에 있어서도 해체처리 특유의 문제로서 해체작업의 진행과 함께 부품수가 증가하게 한다. 1차분해공정과 2차분해공정에서 分岐와 合流가 생긴다.

제작연대와 사용자의 목적에 따라 각 제품은 각각의 고유 소재의 구성과 조립구조를 갖고 있다. 또한 사용기간과 그 환경, 또는 그후의 보관상태 등에 따라 그 손상정도가 크게 다르다. 제품의 소재구성이나 조립구조는 앞으로도 크게 변형되리라고 생각할 수 있다. 이 때문에 자동화기계의 개발에 있어서는 구조가 간단하고 다양한 동작에 대응할 수 있도록 하였다. 특히 범용가공로봇은, 톨선택과 소프트웨어에 의해 모든 동작처리에 견딜 수 있는 것으로 주목받고 있다.

5. 플랜트管理制御機能

플랜트전체의 원활한 운전과 운전관리 및 운용평가를 위하여 실시한 계산기이용기술의 특징에 대하여 기술한다.

5.1 머티어리얼밸런스管理시스템

투입제품에 포함되어 있는 有價物의 최대 머티어리얼 리사이클을 실현하기 위하여 플랜트출구에서 소재회수량을 상시 계측, 관리한다.

투입되는 가전제품의 품종·형식에서 예측되는 回收有價物量과 비교하여 회수효율이 평가되고, 그후의 운전 에 이용한다. 이와 같이 하여 회수효율은 운전실적에 따라 서서히 개선되어 간다. 여기에는 AI기술의 적용이 시도되고 있다.

5.2 分解處理支援시스템

수작업으로 하는 공정에 대하여 그 작업원에게 분해 순서·사용공구 및 작업수를 표시한다. 미리 등록되어 있는 가전제품데이터베이스로부터 검색함으로써 제품의 각 작업스테이션 도착 이전에 작업자에게 표시한다. 이로서 작업자의 작업안전, 노동부하경감, 작업능률의 향상이 기대되고 있다.

5.3 搬送自動化시스템

플랜트내 각 설비의 처리능력을 효율 좋게 기능을 발휘할 수 있도록 하기 위하여 표5에 표시하는 운용형태에 대하여 검토를 실시하고 있다.

투입된 제품은 그 품종식별에 의하여 분해작업에 요하는 시간·工數가 예측되고 있다. 현재의 플랜트라인상황

〈표 5〉 플랜트 運用을 위한 스케줄링 機能

구분	스케줄링	계획내용
1	설비부하밸런스	설비의 부하에 응한 투입
2	작업자설비밸런스	분해작업자 부하상황
3	재고제품 우선	제품재고에 응한 투입
4	에너지 최소화	에너지 사용을 최소화

에 따라 최적한 타이밍으로 플랜트에 투입되게 된다. 라인상에서의 워크의 정체나 작업자에 대한 “지체”발생을 미연에 방지하여 안정된 플랜트의 조업을 할 수가 있다.

6. 맺음말

가전제품 일관처리사이클플랜트 개발에 있어서의 최근의 개발성과를 보고하였다. 제품해체 순서 및 해체가 공공구와 작업의 자동화, 작업자지원에 대하여 많은 성과를 얻었다.

가전제품제조메이커로서 개발하고 자작해야 하는 처지에서 해체프로세스개발에 공헌하는 의의는 크다고 인식하고 있다. 해체기술·해체공정개발의 많은 부분이 제품설계·제작기술에서부터 연역되는 것으로 제조자의 경험이 그 라이프엔드에서도 크게 기대된다. 또한 해체 방식개발·해체공정자동화개발 과정에서 차세대의 상품개발에 대한 많은 지식을 얻었다. 상품제조과정 뿐만 아니라 제품의 전라이프사이클에 걸친 경제성, 환경부하의 최소화를 추구하는 자세가 지금 요구되고 있다.

사용을 마친 제품의 효율 좋은 리사이클을 제품개발단계부터 생각하는 제작자의 자세를 유지발전시켜야 한다고 생각하고 있다.

이 플랜트와 사회생활의 접점으로서의 회수·반송·受荷作業에 있어서도 더욱 큰 개선이 이루어지려고 하고 있다.

제품의 사용과 해체리사이클을 잇는 회수시스템, 회수소재를 다시 자원으로 받아들이는 재료기술이 보다 진전되기를 크게 기대하고 있다.

앞으로도 제품의 전라이프사이클과 관련하여 사람에게나 환경에게도 친근한 제품만들기에 공헌해 갈 수 있기를 바라고 있다.

이번 개발은 (재)家電製品協會로부터의 위탁사업으로 시행되고 있다. ■

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