

環境保護

日本家電業的環保策略

關家倫* 李吉祥** 陳誼彰*** 楊炎勝****

摘 要

隨著全球環保意識的提高，5年前日本家電業在環保的著力點都集中在污染防治、廠內減廢等方面；近5年來，隨著「資源再生法」的通過、全球環保的相關協議及符合ISO 14000的標準等外來的「壓力」，向來走在世界前端的日本家電業已重新擬定了環保策略來因應這嶄新時代的來臨。我國家電業與其相比，其中僅有氟氯碳化物的管制是共同面臨的問題，其他如廢家電的處理、產品評估制度的建立、環保家電的開發等，雖然這些都是未來必須面臨的問題，但國內業者目前尚缺具體規劃及對策。

本文將日本各大公司的環保策略及具體實施成果整理歸納，特別針對廢家電處理的問題、產品評估制度的建立、家電用塑膠材料的改良與開發及未來努力方向作詳細介紹，希望能提供國內家電業或其他業者參考，及早作好因應的規劃。

【關鍵字】

1. 產品評估(product assessment)
2. 生命週期分析(life cycle analysis)
3. 易分解設計(design for disassembly)

*工業技術研究院化學工業研究所

一、背景說明

使得日本家電業的環保策略在這5年間有重大改變的原因，可歸納為下列3點：

1.1 「資源再生法」的通過

1991年日本通過了「資源再生法」，其中將冰箱、洗衣機、電視、冷氣、鎳鎘電池列入指定回收的製品，製品生產業者除了需要協助建立回收體系及開發資源化技術以便於回收、資源化外，在製造過程也需要盡到促進資源再生的義務。

1.2 ISO-14000標準

ISO(International Organization for Standardization,國際標準組織)自1987年起訂出一套產品的品質管理標準(ISO-9000)供全球各國遵循，其中，9004規範了管理準則、9003規範了產品出廠最後品質檢查、9002是生產到裝配的品質保證，最高階的9001則是從產品設計與製程到售後服務的全面品質管理的標準。目前全球各公司都將是否通過這套ISO-9000認證作為品質的保證，而正在擬定的ISO-14000則是將品質管理的層次再提升到全球環境的層次，將會界定出產品及生產環境的一些環保標準；這些標準將包含環境管理系統、環境稽核、環保標章及產品生命週期等，這套預計在1996年實施的標準預料對產業界將會引起不小的衝擊。

1.3 全球環保協議及各國相關環保法規

與環保相關的國際協議如以生態保育為主的華盛頓公約、管制氟氯碳化物的蒙特婁議定書、防止地球溫暖化的氣候變化綱要公約，限制有害廢棄物輸出入巴塞爾公約等，近年來在全球政治及經貿舞台扮演重要的角色。這些協議加上各國自訂的相關環保法令如德國包裝法，限制產品包裝材的使用等，也間接地使得以外銷為主的產業在經營策略上必須加入更多的環保考量。

為因應以上這些外在環境的改變，日本各家電業者在經營管理目標及生產技術上都作了調整，以下詳細分述如下。

二、經營管理目標的調整

2.1 環保相關宣言

如日立公司的「地球環境憲章」、松下公司的「松下環境憲章」等都是向外界宣誓該公司將環保的理念加進經營目標中。

2.2 環保相關推動組織的設立

在社長下設立相關環境部門，以日立公司為例，總公司設立了環保本部，由副社長擔任本部長，其下設有環境管理中心負責公司內環保的整體規劃、環保設備投資、法規制定等；地球環境推動中心負責全球環境問題的規劃、調查等（如臭氧層保護等）；日立研究所的環境科技研究中心則進行環保相關技術的基礎研究；此外，各工廠的副廠長及負責環保業務人員都隸屬於環保本部。

此外，另設有環境委員會來主管特殊環境專案，如臭氧層保護對策委員會、地球溫暖化防止委員會、產業廢棄物委員會、產品再資源化委員會等，利用專案的方式來整合生產、研究、管理各部門。

2.3 行動計劃

配合國內外的相關管制要求，明確訂定公司內部具體的努力目標，表1為日立公司之行動計畫目標。為達成訂定的目標，具體的行動便一一推展。

三、廢家電的回收資源化處理

3.1 回收處理現況

依據日本家電產品協會對冰箱、電視、洗衣機及冷氣機所做的調查（如表2）廢棄家電的數量逐年提高，從1987年到1,341萬台到1992年已增至1,453萬台。這些廢棄物是以大型垃圾或不燃廢棄物處理，以重量來計算，約佔全日本一般廢棄物一年的總量5,008萬噸的1%（1990年記錄）。廢棄家電約有18%由地方政府回收，家電銷售商回收約82%，回收後有21萬噸（34%）由地方政府處

理，41萬噸(66%)由處理業者處理。處理方式依地方及處理業者的設備狀況而有差異，再生率僅約40%，其原因為鐵材雖然有機械回收技術，但廢鐵價格低迷，加上家電製品中所用的鐵材也逐年減少（如表3），因此回收意願低；銅材（來自冰箱壓縮機及洗衣機馬達）雖然價值較高，但需要人工作業，效率有限；至於塑膠材料回收效率更低，因此仍有不經拆卸直接壓縮掩埋處理者。

表1 日立公司環保行動計畫目標

NO	項目	行動計畫及目標
1	臭氧層保護	清洗用CFCs於1993年未全面廢止 產品用CFCs於1995年未全面廢止
2	地球溫暖化防止	2000年之能源使用量比1990年削減60%
3	產業廢棄物	1995年之廢棄物量比1991年減少25% 2000年之廢棄物量比1991年減少60%
4	產品資源化	家電產品、OA機器、電腦相關週邊設備產品於1995年達到以下目標： a. 拆解時間減半(以1992上半年為準，於1995年達成) b. 可回收率達30%以上(以1992上半年為準) c. 包裝用保利龍用量減少50%(以1990下半年為準)

表2 各年度廢棄家電台數統計表

單位：千台

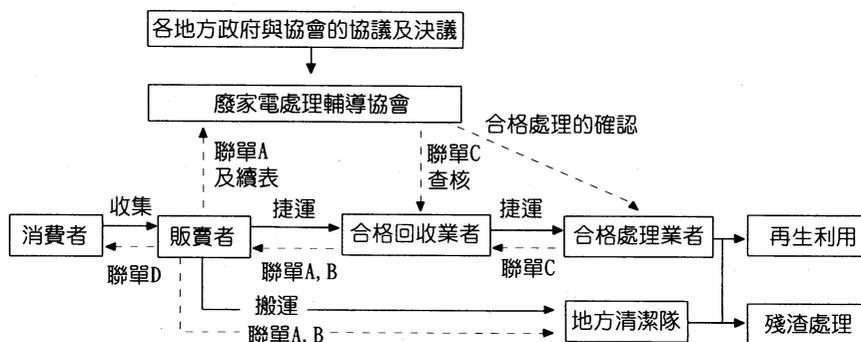
產品名/年度	1,987	1,988	1,989	1,990	1,991	1,992	92/87
電冰箱	3,274	3,321	3,361	3,393	3,422	3,450	105.4
洗衣機	3,567	3,580	3,598	3,624	3,657	3,698	103.7
彩色電視	1,636	1,714	1,785	1,848	1,923	2,008	122.7
冷氣機	4,932	4,953	5,005	5,086	5,120	5,376	109
合計	13,409	13,568	13,749	13,951	14,122	14,532	108.4

表3 家電產品材料組成比例的演變

單位：重量百分比

產品名	年 度	鐵	銅	鋁合金	塑膠	玻璃	木材	其他
冷氣機	1977年廢	69	4	5	12	5	1	4
	1981年廢	65	3	4	19	4	1	4
	1977年製	63	3	2	26	2	1	3
	1981年製	50	4	3	40	—	—	3
洗衣機	1977年廢	69	3	8	12	3	—	5
	1981年廢	68	3	5	20	—	—	4
	1977年製	65	3	2	28	—	—	2
	1981年製	53	4	3	36	—	—	4
彩色電視	1977年廢	27	6	4	8	36	16	3
	1981年廢	23	5	3	12	35	15	7
	1977年製	19	5	3	17	37	14	6
	1981年製	10	3	2	23	57	—	5

1994年3月日本厚生省為解決地方政府處理廢棄物的問題，指定容量250公升的大型冰箱及25吋以上的電視由經銷商各自回收處理，同時對於廢家電及廢車拆解粉碎過程產生的煙塵因其中可能有有害物質也考慮規定一律視為有害廢棄物處理。這些限制雖然使得廢家電的處理越來越困難，但另一方面通產省及家電製造業者也正努力建立完善的回收處理系統及處理技術。今年(1995)三月家電製造業、販賣業及相關業者等共同出資成立的「廢家電品標準處理輔導協會」，這個組織的目的是在協助及監督廢家電的回收及處理，該組織除了設有營運中心外，在全日本九個地區設有「地區輔導協會」、47個都道府縣設有分會，共有工作人員130人。工作內容除了與各級政府所要求的輔導內容進行溝通外，監督、支援輔導工作的實施及合格回收處理業者的認定，並作為廢家電回收處理的對外窗口。目前該協會正推動一項四聯單的廢家電標準回收處理系統，以連接該協會、消費者、販賣店、回收業者、處理業者，使廢家電得到正確合法的處理，詳細內容見圖1，雖然這項回收處理系統的執行成效如何尚不可知，但日本家電業者對於廢家電回收處理投入的關心與努力，值得肯定。



說明：

- (1) 販賣店於家電品買賣時順道回收消費者的廢家電品，並填寫4聯單，將D聯交予消費者自存
- (2) 合格回收業者(或地方清潔隊)至販賣店收取廢家電品時簽具聯單，並將A,B二聯交予販賣店，攜回C聯
- (3) 販賣店彙整收集到的A聯，記錄於總表，交廢家電處理輔導協會，B聯由販賣店自行保存
- (4) 合格回收業者將廢家電交付合格處理業者時，由合格處理業者簽具C聯並攜回存檔
- (5) 廢家電處理輔導協會依據各販店整理的總表，並查對合格回收業者的C聯，以確認該項廢家電品已被處理

圖 1 廢家電標準回收處理系統流程

3.2 技術研究現況

廢家電的處理方式傳統都是以回收點收集再併合其他廢棄物統一處理的方式，先經採用破碎及粉碎處理再經過選別，其中金屬類可再資源化，非金屬類就只有焚化、掩埋一途；然而，廢家電中仍有一些氟氯碳化物等需特殊處理的物質；因此，日本家電業者積極開發專門處理廢家電的系統。其中由通產省補助，NEDO（新能源產業技術綜合開發機構）及ENAA（工業振興協會）共同委託日立製作所及東京冷熱產業公司的廢家電資源再生技術開發研究計劃最受矚目，計劃目的是開發極低溫破碎技術、金屬分離技術及塑膠分離粉碎技術（如圖2），開發經費15億日圓；期間自平成4年起4年，內容簡要說明如下：

1. 金屬回收系統

由於家電中如冷氣機中的壓縮機及洗衣機中的馬達等零件其中含有多種複合金屬零件，利用傳統破碎機無法達到粉碎分離的效果。新開發的金屬回收系統是利用金屬在低溫的脆性，將複合金屬置入液態氮中在零下190℃的

環境下進行破碎，再利用磁力、風力進行選別，實驗結果可回收90%純度95%以上的鐵，純度80%以上的銅及純度90%以上的鋁材。回收後的金屬可用在製造汽車零件、鋁罐、銅線等產業。

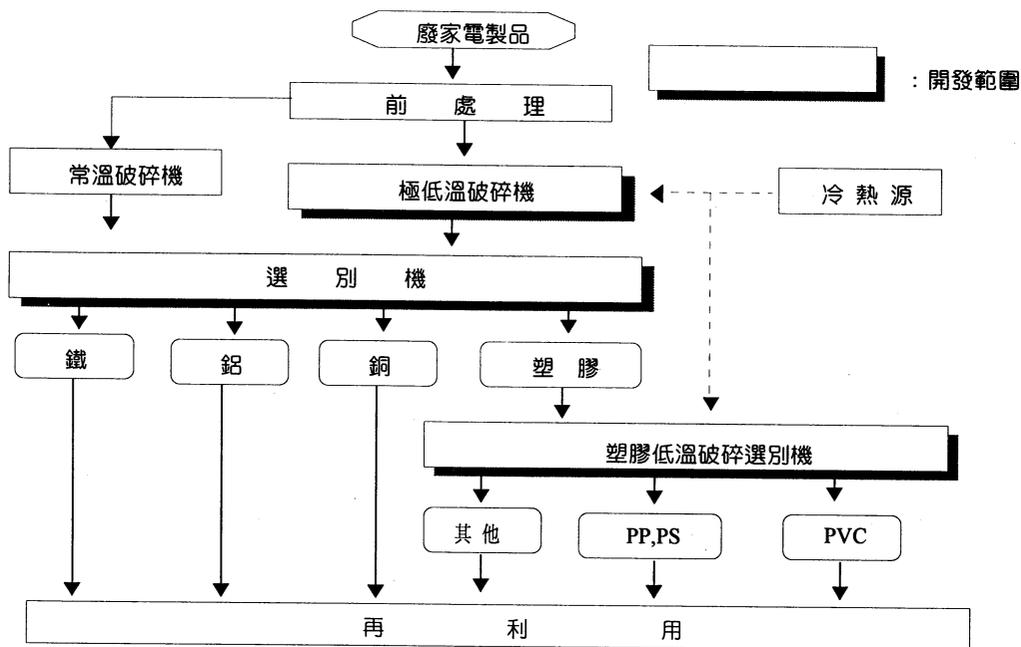


圖2 NEDO/ENAA委託開發廢家電資源化處理技術系統簡圖

2. 塑膠選別回收系統

塑膠雖然與金屬一樣在低溫時有脆性，可利用低溫粉碎，由於只要達到零下20°C的低溫即可達到粉碎的效果，因此，不必利用成本較高的液態氮來製造低溫，可利用其他方法製造低溫環境，對成本的降低有很大的效果。

由於PVC、PP、PE達到脆性的溫度不同，如PP是-50°C、PE是-100°C、PVC是-20°C，因此可用溫度差進行分選。分選的方法是先將溫度降至

-20°C，PVC先行粉碎分離出來，接著利用比重差的原理將比重小於水的PE、PS與比重大的ABS分離出來。在已開發的系統中，PVC、PS、PP的回收率可達90%。回收後的PP、PS可利用熱分解製成燃料用油品或再重新熔融抽粒製成再生料，PVC由於其中含有氯不宜以熱處理，因此資源化途徑有限。

3. 氟氯碳化物(CFCs)回收裝置

電冰箱中CFCs處理的問題，全球家電業很早就進行研發。在此也將日本的現況作介紹，冰箱中除了壓縮機中的冷媒含有CFCs外，外層的隔熱材(PU泡綿)中也含有CFCs且其含量約為壓縮機中的4倍，對於壓縮機中的冷媒已有移動式回收機可進行回收，至於隔熱材中的PU泡綿則經過粗破碎、剝離破碎，經過風力選別將PU泡綿分離出來，再經由微粉碎機粉碎至直徑0.3mm的微粒，內含的CFCs氣體經過收集進入分解工廠，PU碎屑則可送入水泥窯中處理，詳細流程參考圖3。至於CFCs的分解回收技術，目前已有多項研究成果，並於去年9月在埼玉縣栗橋市由通產省協助設立了一個「冷媒CFCs再生中心」；此外，目前在千葉縣市川市也正進行一項利用高周波電漿分解CFCs並將CFCs轉製成氟化鈣的示範廠，詳細情形在此不贅述。

目前日立公司投資了20億在茨城工廠設置了專門處理廢家電的回收示範廠於1995年3月啓用，以30萬人口的城市的家電廢棄量為單位，每小時可處理1噸，預計3年後可商業化，未來考慮放大至處理100萬人口城市的家電廢棄量的規模，設置在日本200處地方政府內。以處理量每小時3噸的規模來算，設廠成本約30億日圓，處理一台冰箱約需操作成本4,000日圓。除日立外，東芝、三菱也都有設置專業回收廠的計畫，據聞東芝於京濱地區該公司用地預計投資100億日圓設立專業廢家電回收處理廠；松下與日產汽車、馬自達汽車合作研發利用廢家電回收的塑膠件轉製成再生料，提供兩家汽車廠作為製造汽車保險桿及擋泥板的材料。

由以上現況分析可見，目前日本廢棄家電處理的問題在政府與業者共同努力下在技術上已逐漸見到成效，雖然如此，仍有處理場地、廢家電運送以至於建場成本、操作成本的分擔等問題尚待解決。但無論如何，日本政府及業者在廢棄家電回收處理的努力已逐漸到了開花結果的階段。

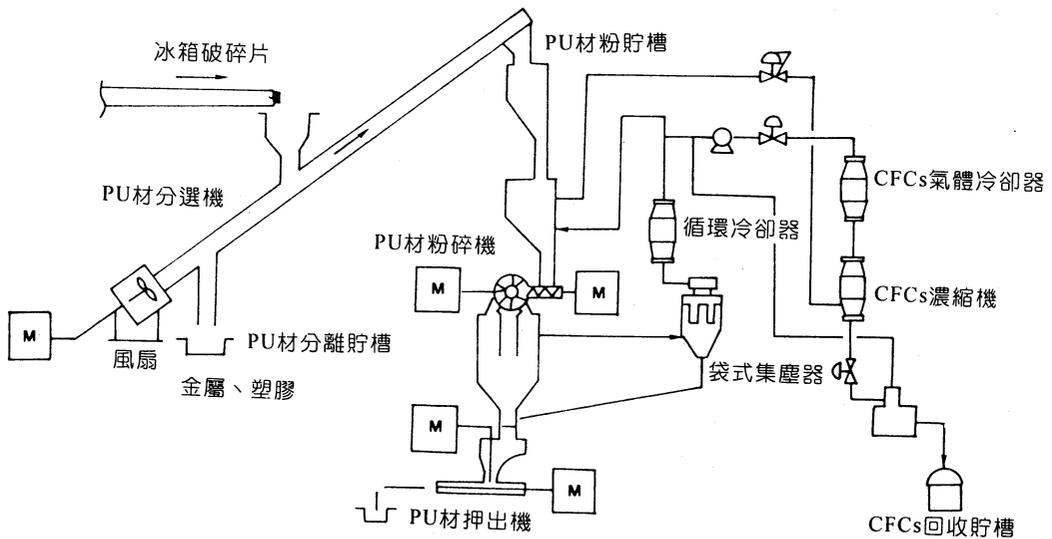


圖3 PU隔熱材CFCs回收系統略圖

四、產品評估制度的建立

對廢家電的回收處理就好像工廠內的管末處理，效果有限；要徹底達到資源化的目標，必須從產品製造、設計等進行改良才是上策。因此，一項以達到資源化目標的「產品評估制度」也就因此產生。

在「資源再生法」中訂有產品製造者對其產品有進行易於資源化設計的義務。基於此點，由日本各大企業所共同組成推動廢棄物資源化工作的財團法人 Clean Japan Center(CJC)遂進行「產品評估制度」的推動；如圖4所示，「產品評估制度」是在產品從設計、材料選擇、生產、行銷時，除了原有產品性

能、市場性經濟性的考量外，加入如何使該產品易於被資源化、更接近環境的評估。在CJC的協助下，各家電製造廠也紛紛訂出自己的「產品評估制度」及標準。「產品評估制度」的具體作法就是透過考量產品廢棄時分解、易分解設計(DFD, Design for Disassembly)、材料的改變、廢品資源化的難易性等使產品達到省資源、減量、減容的目的，具體內容整理如表4。

表4 家電業產品評估要項

目的	評估項目例	評估標準例
1 減量化	使用原材料的減量評估	原用材料可否減量實用
2 再資源化	零件材料變更可行性評估 再生料的利用評估	零件材料可否變更 可否利用再生料替代
3 破碎處理容易性	破碎機破碎處理難易性評估	選用何種破碎機易於破碎
4 分解處理容易性	零件取出難易性評估	在構造及組合設計上改善使零件容易取出
5 分離處理容易性	塑膠材料標示評估	材料加以標示以利回收
6 回收運送容易性	回收運送容易性評估	對於體積大、重量重的產品加裝車輪 或改良把手的設計 使產品易於運送
7 安全性	有害性評估 危險性評估	材料是否符合法令標準 拆解、破碎時是否造成危險
8 包裝	包裝減量及小型化評估	包裝減量及小型化
9 資訊公開	處理資訊公開評估	將拆解方式、易回收處理的零件等資訊公開於說明書中

經過「產品評估制度」的實施所開發出的新產品也都較舊產品符合環保概念。以洗衣機為例，新產品提高了轉速(800rpm→1,000rpm)減少乾燥時間，省電20%。加大容量(6.5→7.0kg)，增加適用範圍。將外殼玻璃纖維材質改為不銹鋼材質，增加回收價值。電視機方面，除了開發多種輕薄的機種外，改變零件配置使拆解時間由原來的50分鐘降為26分鐘，也因此可減少組合的時間，使產量增加，價格降低。零件減少39%，將主機板由原來的20片減為12片。塑膠材料方面，以往外殼的材質採用ABS加上鐵板，再加上溴系的耐燃劑；新產品一律採用PS材質，耐燃劑材料也配合德國禁用含溴相關產品的限制，改採非溴系耐燃劑。

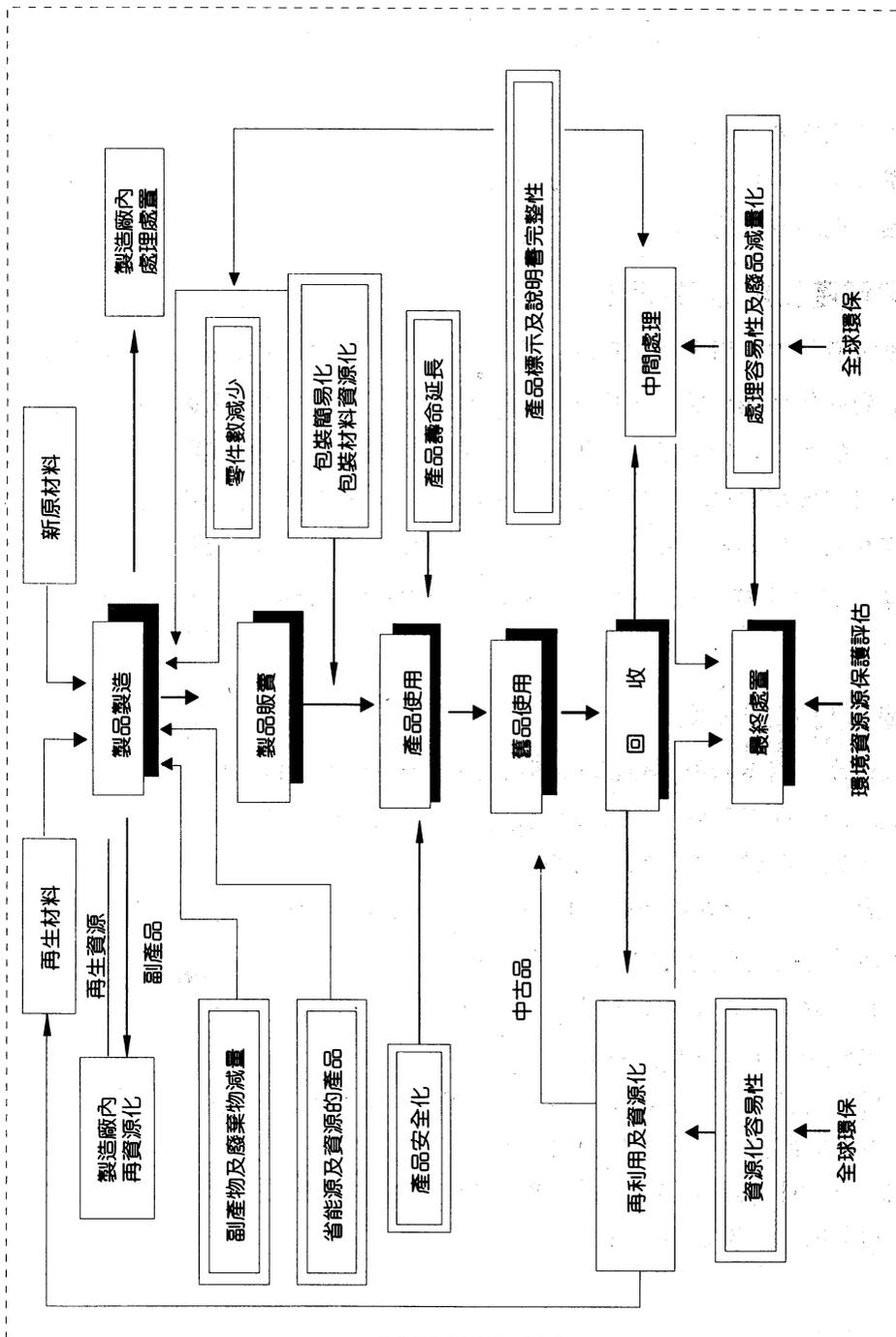


圖 4 產品評估示意圖

五、家電產品用塑膠材料的改良

由於家電產品中金屬部份具回收價值且回收技術又很成熟，因此，對環境的衝擊並不大；相反的，影響環境較大的塑膠材料則是家電業者需要設法改良的重點，現將改良的現況介紹如下：

5.1 家電產品用塑膠概況

家電產品中採用塑膠材料的目的，自60年代為求量產容易、降低成本及提高性能到90年代講求觸感、個性化、自然感；不但塑膠材質改變，加工的技術也有很大的改變。如果以近幾年來各種家電產品所採用的材料比例（見表3）來看，可發現塑膠材料所佔的比重越來越大。以日立公司為例，目前每月使用的塑膠材料量約為4,200噸，其中包含PP、PE、ABS、熱硬化樹脂及特殊工程塑膠等。其中的PP、PS、PE、ABS等佔了80%，因此被列為優先考慮資源化的對象。

5.2 塑膠材料的開發

家電產品用塑膠材料資源化的困難點在於使用塑膠材料種類複雜，造成回收分類時的困難度所致。有鑑於這些問題，對塑膠材料進行改良是必要的，經過討論，以下四點將是未來努力的方向：

- 1.材料的統一：將ABS、PS、PP等材料改為PP，並利用改變添加劑及配方的方式增加材料成型的安定性及耐久性。
- 2.塗裝的改變：由於塑膠表面的塗裝影響塑膠回收的價值及增加回收處理困難度，因此採用不用塗裝的材料。
- 3.PVC材料的減用：由於PVC對環保的影響比其他塑膠材料還大，因此將原用PVC材料的部份改以其他材料代之。
- 4.二次PP、PS料的應用：回收的PP、PS材料如何經過改質，部份添加到新料中，再製成具相同性能的零件。

上述幾點有些已超越家電業者的生產範圍，因此需要塑膠原料及下游的相關製造廠相互配合才會有具體的成果，但已可明顯看出，對未來塑膠原料及加工廠將是一項不小衝擊。

六、結 論

以各種家電產品的生命週期（見圖5至圖9）可看出，要使家電業製品成爲綠色產品是需要從原料、生產、行銷、使用到廢棄全面進行環保的規劃，以下就各階段的環保考量做整理歸納，也希望提供業者作爲永續經營規劃的參考。

6.1 原料選擇階段的環保考量

- 1.再生材料的擴大應用：特別是家電製品的塑膠材料，在不影響性能的情況下，改用再生料或部份利用再生料。
- 2.包裝材的回收再利用

6.2 製造階段的環保考量

- 1.推動省能源的製程及調整操作方式
 - (1)共生觀念的推廣
 - (2)各流程、各設備能源損耗的管理
- 2.擴大製造過程廢棄物的回收再利用
 - (1)製程下腳料集中收集與再利用
 - (2)一般廢棄物的回收再利用
- 3.減少對環境與工作者有害物質的使用

6.3 流通及運送階段的環保考量

- 1.包裝合理化
 - (1)零件用包裝材的回收再利用
 - (2)流通用填充材的再利用
 - (3)減少包裝用保麗龍的使用

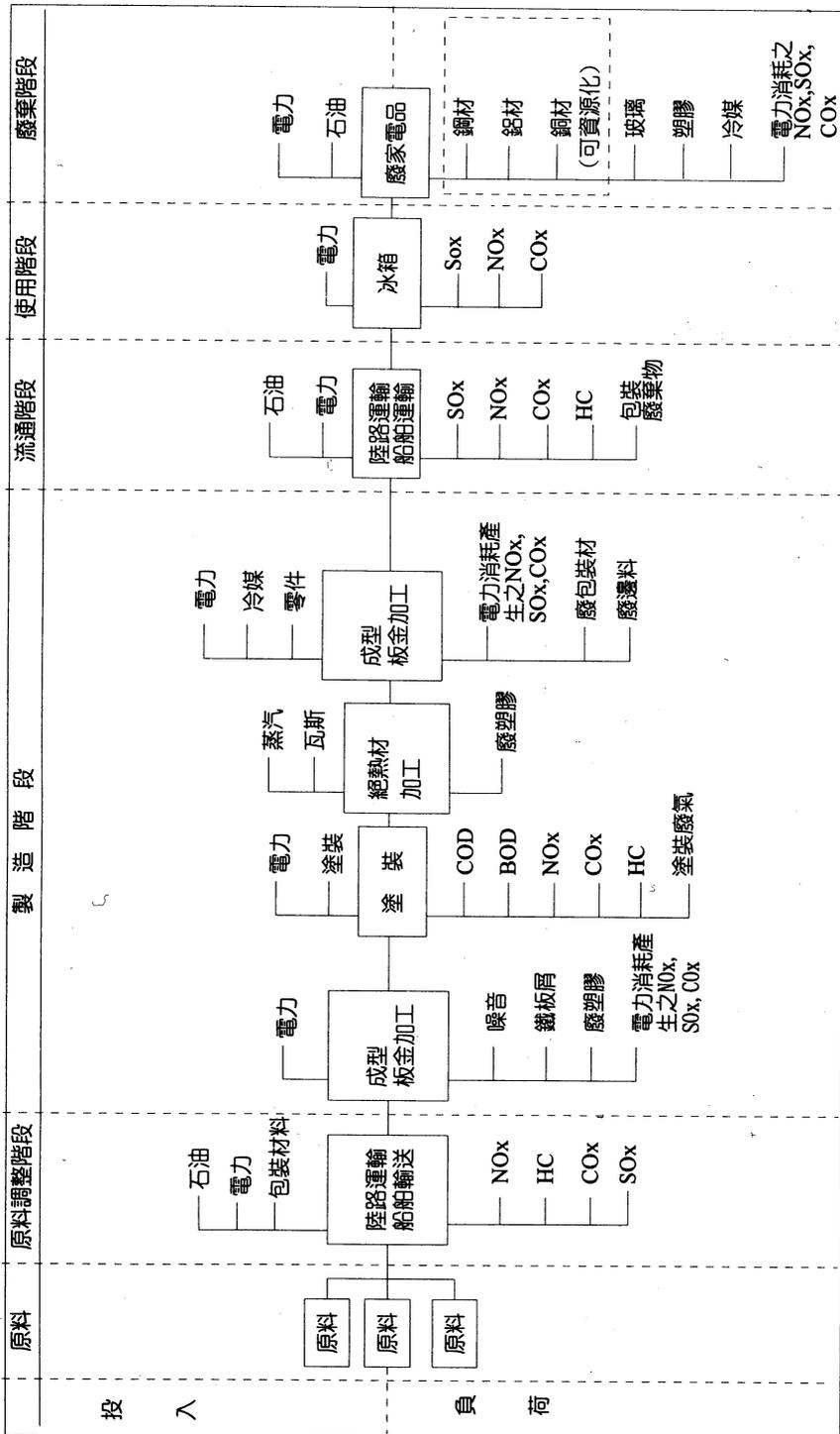


圖 5 電冰箱生命週期流程圖

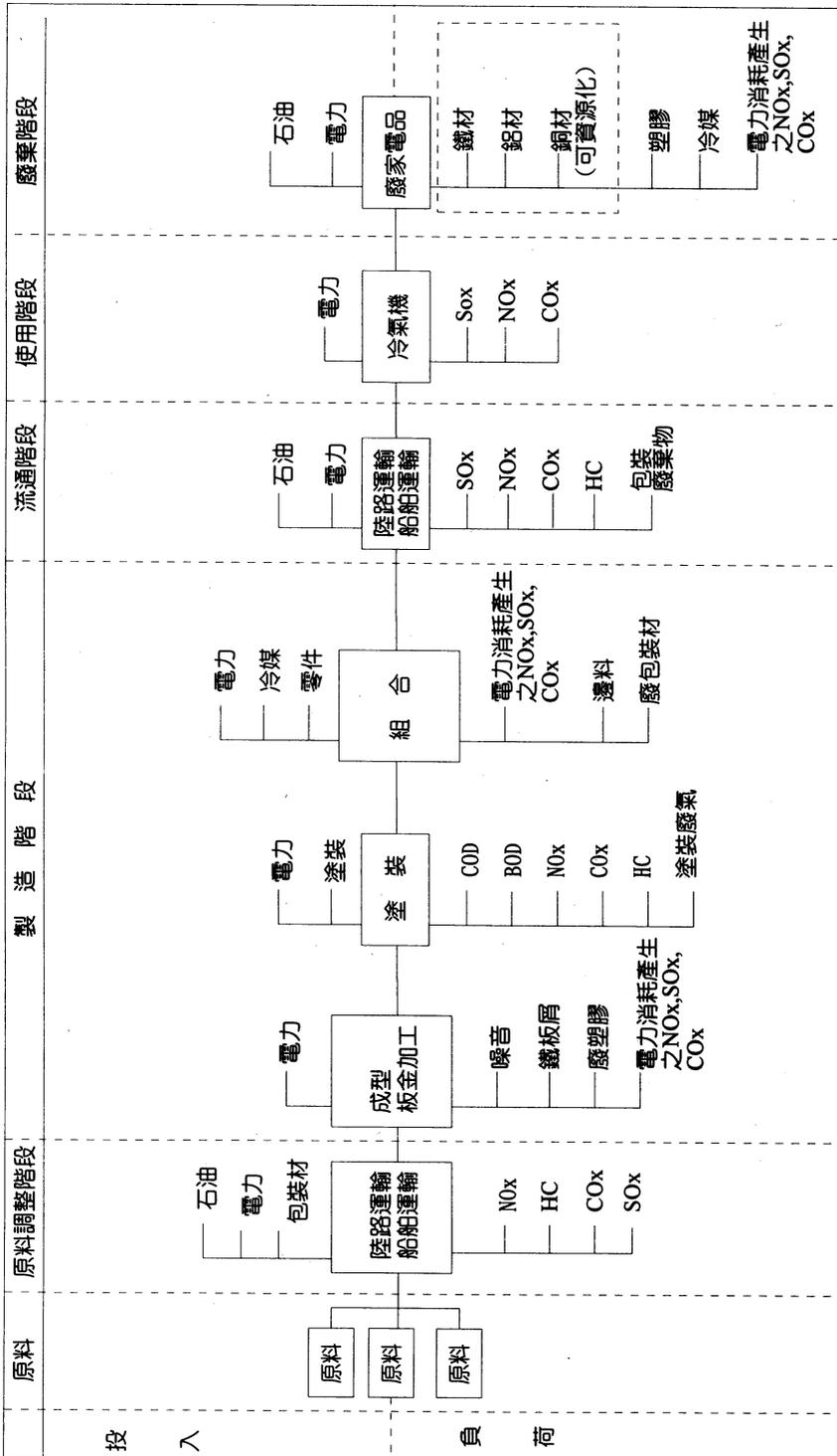


圖 6 冷氣機生命週期流程圖

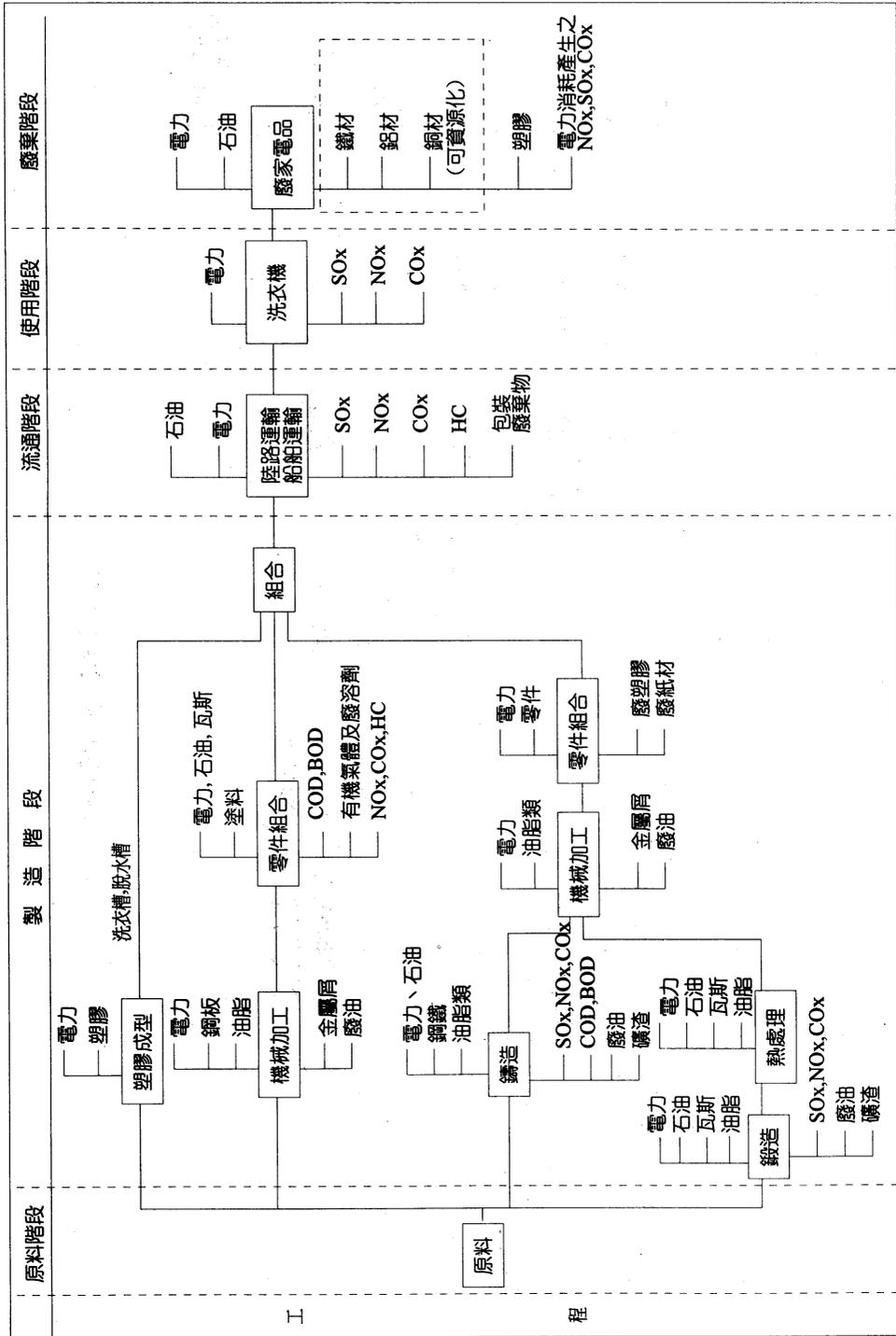


圖 7 洗衣機生命週期流程图

26

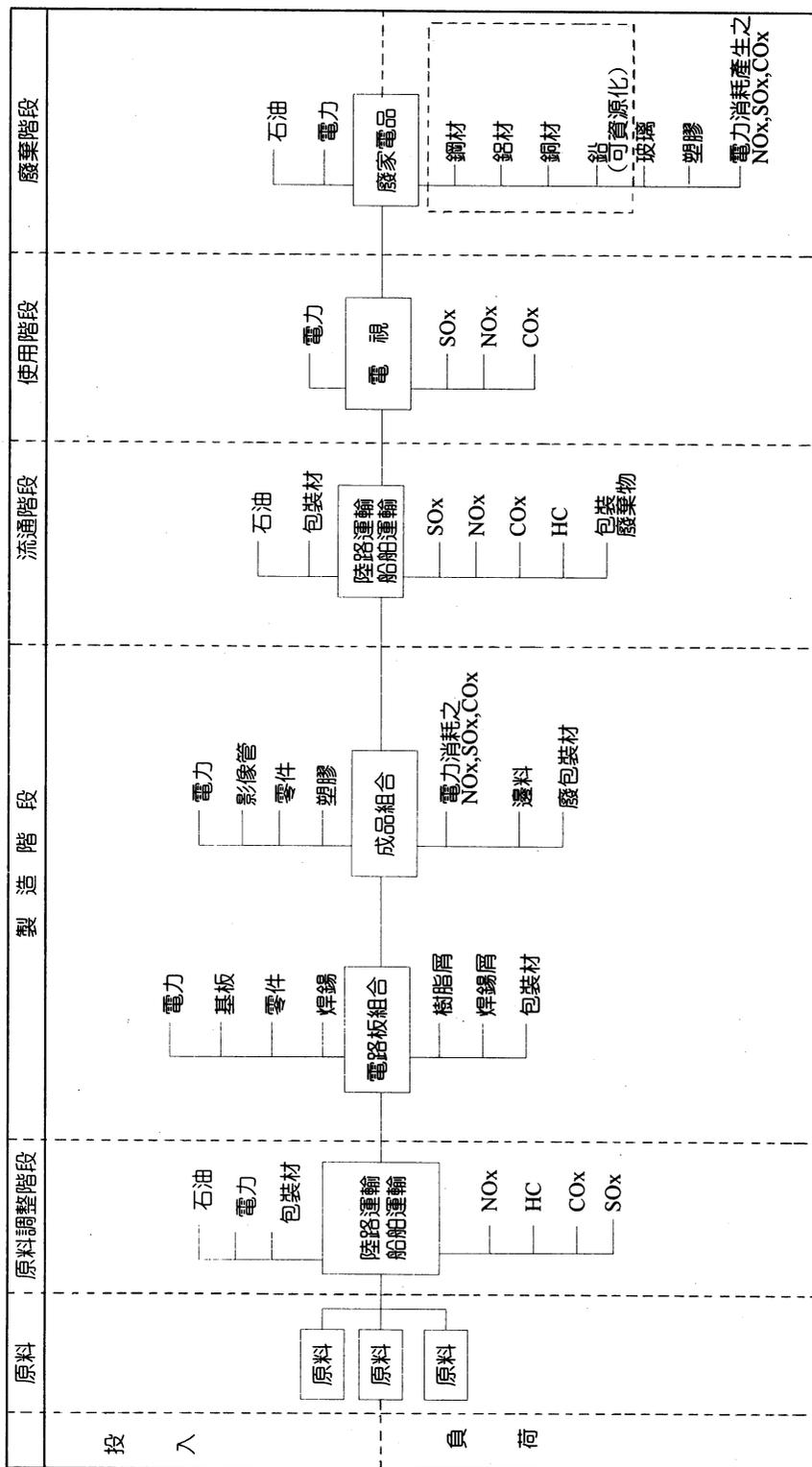


圖 8 彩色電視機生命週期流程图

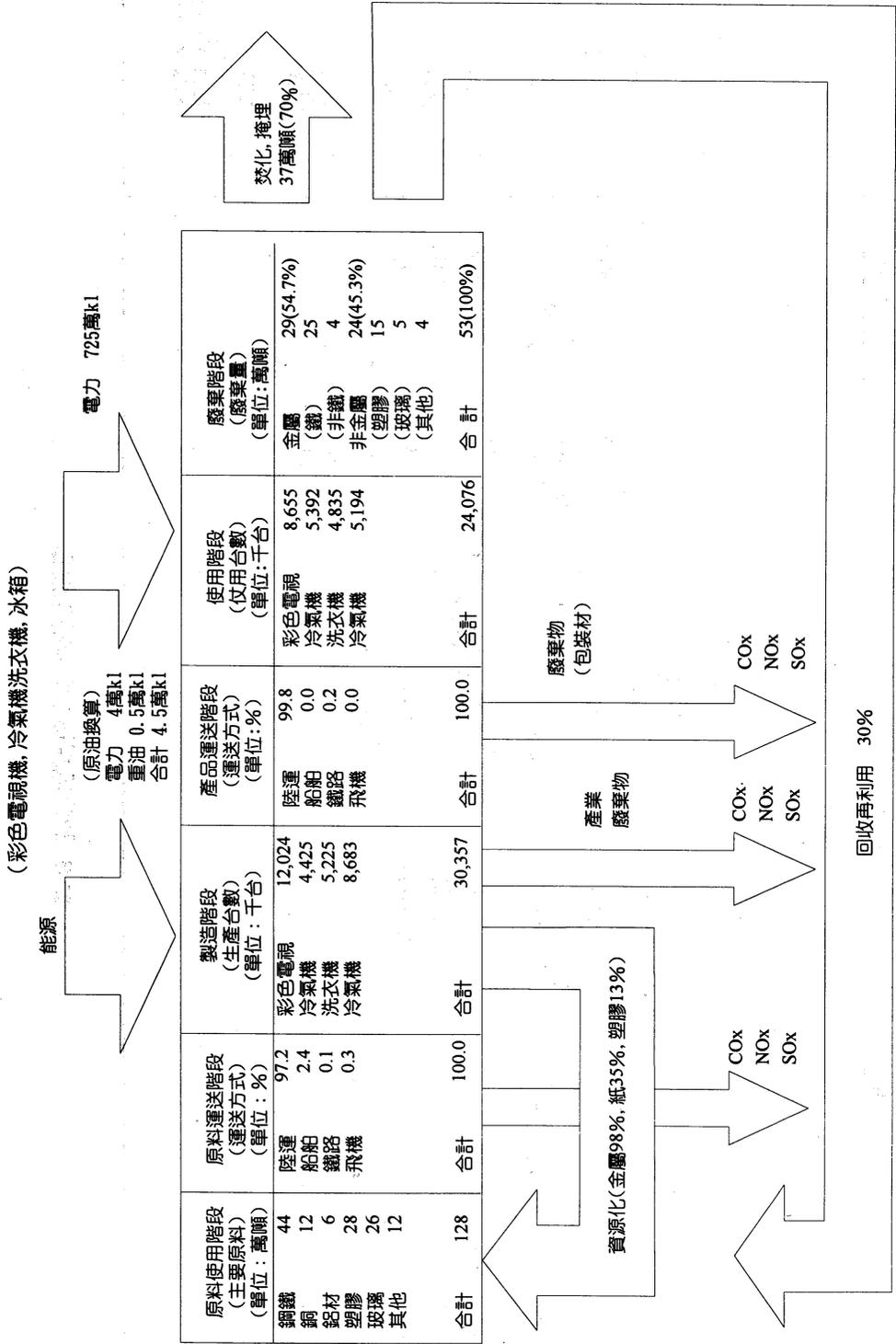


圖 9 日本家電製品生命週期各階段的环境負荷

2. 物流的合理化

- (1) 同一地區配合其他公司一起運送
- (2) 設置共同配送中心

6.4 使用階段的環保考量

1. 開發省能源的產品

- (1) 改善壓縮機、熱加換器等機件的效能，開發省能源型的冷氣機
- (2) 增加電源迴路的效率，開發待機時省電裝置
- (3) 顯示器省電化（如採用液晶）
- (4) 利用太陽能等新能源產品的開發

2. 改良迴轉槽，開發減少用水量的洗衣機

6.5 廢棄物階段的環保考量

1. 開發容易回收再利用的產品

- (1) 使用原料規格化、減少原料使用種類、材料成份的標示
- (2) 使用容易回收再利用的材料
- (3) 採用拆解容易、零件數少等有助於回收再利用的構造
- (4) 設定拆解時間的目標
- (5) 開發小型、零件共通性高等有助於回收再利用及減少廢棄物量的產品
- (6) 開發不用以氟氯碳化物等對環境有害物質為原料的產品
- (7) 與相關單位共同構築回收及資源化體系
- (8) 與消費者、其他業者等共同協力解決廢冰箱中氟氯碳化物處理的問題

2. 延長產品壽命

- (1) 開發安全時間長的產品
- (2) 產品外型改變長期化
- (3) 加強售後服務及維修的體系

6.6 與消費者共同致力於減低環境負荷

- 1.提供環保產品的新資訊
- 2.提供產品省能源使用方法的新資訊
- 3.提供長時間安全使用的資訊
- 4.提供產品中零件拆解、更換的資訊

6.7 與國際共同致力於減低環境負荷：如氟氯碳化物的削減及替代技術的推動及移轉。

6.8 與相關業者共同致力於減低環境負荷

- 1.與零件協力廠共同擴大再生料的利用
 - (1)界定可用再生料的零件範圍
 - (2)減少使用材料的種類並規格化
 - (3)材料的識別及標示
- 2.與其他產業共同擴大再生料的利用：如採用汽車拆解的廢鐵板加工作為產品外殼或提供廢家電的塑膠料給日用品製造廠利用等。

參考資料

- 1.元田欽也，製品アセメント事業の推進，リサイクル技術研究發表會，pp.B.21～B.26，1993/10
- 2.河口三郎，家電製品における製品アセメント實施實例，リサイクル技術研究發表會，pp.B.27～B.30，1993/10
- 3.中村治時，リサイクル推進への取り組み，リサイクル技術研究發表會，pp.B.41～B.44，1993/10
- 4.福島哲郎，最近の環境問題と日立の對應－リサイクルを中心として，リサイクル技術研究發表會，1993/10

- 5.永田勝也，製品設計の重要ポイントリサイクルを考慮した，PPM，pp.1～13，1994/6
- 6.福島哲男，家電製品のリサイクル設計，NIKKAN KOGYO, pp.115～8，1994/6
- 7.小林亞男，製品別に見るリサイクル技術，プラスチックス エーズ，pp.109～16，1994/7増刊
- 8.重道武司，家電業界におけるリサイクルの現状と課題，PPM，pp.64～9，1995/2