

# 物質流分析與管理-以EuP、WEEE為例

中技社**97**年度春季環境與能源研討會

林群超、李佳禾  
呂靜雯、洪明龍

**2008-06-11**

# 簡報內容

- 前言
- 物質流分析簡介
- **EuP**指令背景說明
- **EuP**作業實施方法
- **WEEE**物質流研究案例
- 結論



# 前言

# 前言

- 大自然與生態有獨特的力量讓許多物質移動且循環
- 工業化對物質流產生快速又大量的衝擊
- 物質流分析可瞭解物質的來源、使用、與流向
- 分析結果提供資源及廢棄物管理的策略



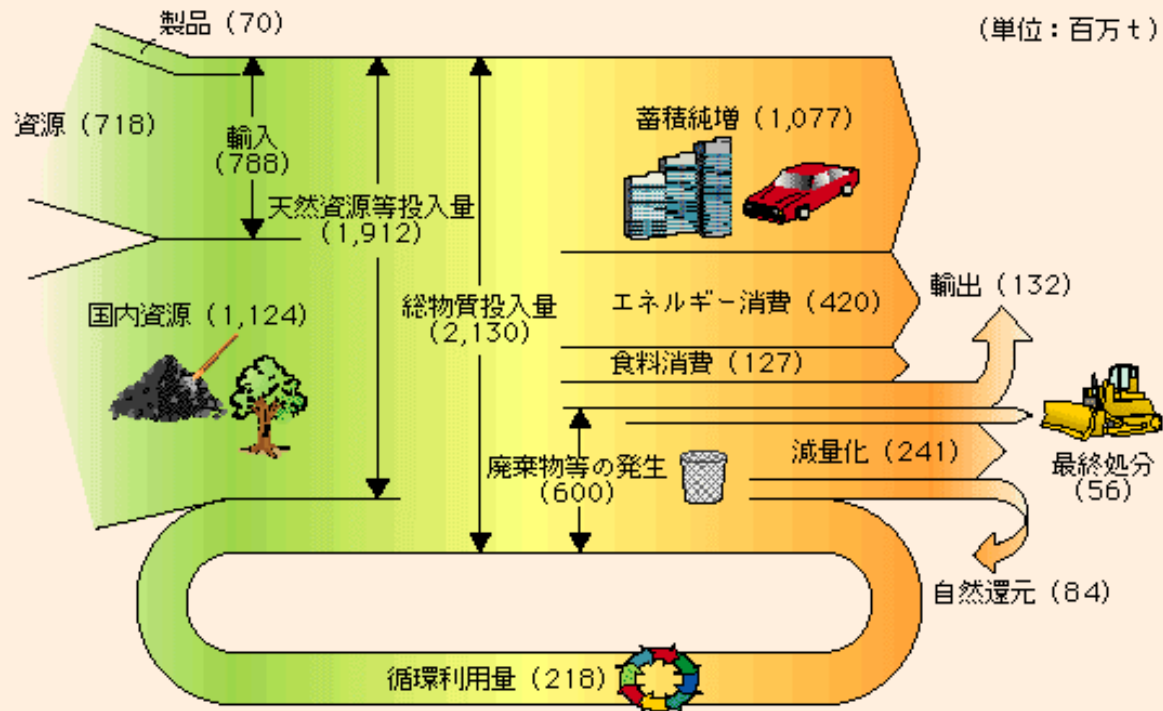
# 物質流分析簡介

# 目的與範疇

- 物質流分析的種類包括
  - Material Flow
  - Substance Flow (Emission Flow)
  - Energy Flow
- 假設：
  - 設定系統邊界 (BC)，及起始點 (IC) 與終止點等條件
  - 藉由前後或進出之平衡法則，輔助流動現象之分析
- 研究範疇
  - 電子電器產品實例：滑鼠與洗衣機
  - 以 Top Down 及 Bottom Up 雙軌實施作業說明
- 應用層面包括：
  - 環境管理、保護資源、廢棄物管理、及都市代謝

# 物質流之動靜脈平衡 (日本環境省年報)

序-3-2図 我が国における物質フローの模式図 (平成12年度)



(注) 産出側の総量は、水分の取り込み等があるため総物質投入量より大きくなる。

(資料) 環境省

# EuP指令背景說明



# 歐盟指令（趨勢重點）

- WEEE：廢電機電子指令
  - Waste Electrical and Electronic Equipment
  - 針對廢電機電子產品
  - 製造者(廠牌商)建立回收體系, 並達成法定一定之回收率(55-75%)
- RoHS：危害物質禁用指令
  - Restriction of Hazardous Substance
  - 電子電機產品禁用六大化學物質
  - Pb, Cd, Hg, Cr6+, PBB, PBDE
- EuP：能源使用產品生態化設計指令
  - Eco-Design Requirements for Energy Using Products
  - 針對能源使用產品 (運輸工具除外)
  - 生命週期思維(Life Cycle Thinking)
  - 建立產品生態履歷(Eco-Profile)

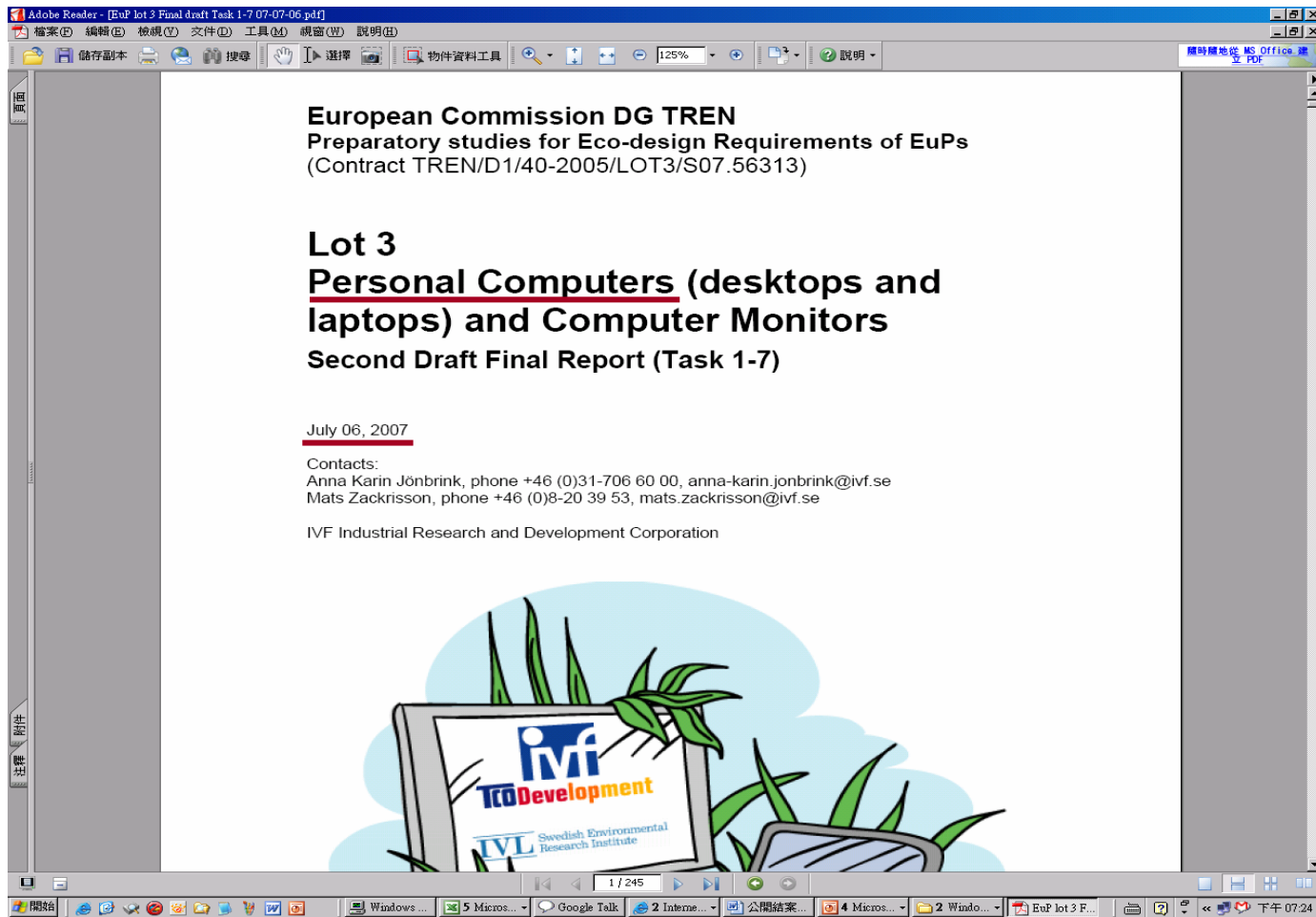
# 歐盟三指令涵蓋範圍



# 目的：綠色設計為核心

- **EuP: Eco-Design Directive**
- 鼓勵於自我宣告中揭示綠色設計承諾
  - 改善產品組成
  - 減輕能源消耗
  - 提升易拆解性與循環性
  - 加強模組化設計

# 產品生態履歷案例





# EuP作業實施方法

# LCA 執行階段與闡釋

CNS / ISO 14040 系列



**Phase I**

Goal and scope  
definition

**Phase II**

Inventory  
analysis

**Phase III**

Impact  
assessment

Interpretation

執行步驟	工作內容
<b>步驟一：</b> <b>廠商準備</b>	1. 廠商是否若獲得EMAS登錄或ISO14000認證
	2. 生產的產品是否取得環保標章
	3. 中心廠組織分工完備
	4. 中心廠主管承諾
<b>步驟二：</b> <b>產品確認</b>	1. 選擇產品 ●已有實施方法、已有標章、產品是否屬法規實施範圍中、廠商需求
	2. 確認產品 ●產品名稱、產品功能、產品規格、產品週期測試資訊、生產者資訊
<b>步驟三：</b> <b>蒐集產品環境規範</b>	1. 歐盟法規 ●RoHs、WEEE、POPs 規範、電池指令
	2. 環保標章
<b>步驟四：</b> <b>確認環境考量因素</b>	1. 產品環境指標選擇表
	2. 選定產品環境指標 ●收集相關環境議題、提出指標清單、廠商選擇環境指標、確認可行指標
<b>步驟五：</b> <b>盤查作業與生命週期評估</b>	1. 教育訓練 ●起始會議、教育訓練
	1. 盤查資料收集 ●供應商資料整理分類、設計盤查表、電訪、臨廠輔導、資料確認
	1. 盤查結果資料整理
	1. 盤查結果單位轉換
	1. 評估生命週期衝擊 ●Eco-Report、SimaPro、GaBi、DoitPro
<b>步驟六：</b> <b>Eco-Profile 內容</b>	1. 撰寫環境特性說明書Eco-Profile ●廠商基本資訊、材質組成、能資源消耗量、生命週期衝擊評估、環境指標資訊

# 教育訓練

- 教育訓練
- 問卷調查

時間	議程內容	講師
16:00 ~ 16:10	開場	昆盈公司教育訓練部
16:10 ~ 16:50	歐盟 EuP 法規說明	大葉大學環工所 申永順 老師
16:50 ~ 17:00	問卷填寫	環境資源研究發展基金會



昆盈公司教育訓練部門的人員開場



大葉大學環工所申永順教授專題演講



中心廠內部人員聽課情形



中心廠內部人員填寫問卷



# 教育訓練

## ● EuP介紹與盤查表說明



# 工廠現勘及查驗



# 盤查作業與均質演算

- 原料資料
  - 整廠使用原料數量，元件中使用原料數量
  - 國際編碼
- 用電量、用水量
  - 工廠一般僅有一具電表
  - 依據質量比推算
  - 平衡計算

# 盤查表設計

## ● 廠商基本資料

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	能源使用產品生命週期盤查表單										
2											
3	一、表單填寫說明：										
4	1. 本問卷針對貴公司所選定產品進行盤查調查。										
5	2. 請儘可能提供完整與具代表性資料。										
6	3. 調查範圍為產品投入與排出之相關資料，說明如下：										
7	(1) 投入：指用以生產本產品之所有投入，包括主要原料、輔助原料與能源。 (僅填寫與製程相關之數據，不包含辦公區)										
8	(2) 排出：指本產品，以及因為生產本產品而產生之空氣、水與固體廢棄物排放。 (若為整數排放數據，請自行分配至昆盛之比例)										
9	5. 輔助原料：為生產過程會使用，但不會存在最終產品上之原物料										
10	6. 廢棄物資料請依據廢棄物「清理計畫書」申報內容										
11	二、公司基本資料										
12	公司名稱：										
13	工廠地址：		填表時間：		2007/ /						
14	填表人姓名：		部門：								
15	聯絡電話：		e-mail：		@						
16	經主管確認		(是 / 否)								
17	產品屬性 (請選擇)		整廠投入原料 總重量平均值 (公噸/月)		20 000						
18	三、工廠製程說明										
19	使用技術名稱：										
20	製程簡述：										
21											

# 盤查表設計

Microsoft Excel - 昆崙大陸中心廢棄物表單-佳益

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Adobe PDF(E) 輸入需要解答的問題

Arial 14 B I U 3(公噸/月)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		六、排出端情形	平均值							
3		一、廢水								
4		排出量 (M3/日)	436(M3/日)							
5		BOD (mg/L)	4.9 (mg/L)							
6		COD (mg/L)	13.8 (mg/L)							
7		SS (懸浮固體) (mg/L)	6 (mg/L)							
8		二、廢氣								
9		排氣量 (m3/hour)	17.4 (m3/hour)							
10		粒狀污染物 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0							
11		硫氧化物 (ppb)	124 (ppb)							
12		氮氧化物 (ppb)	0.0022 (ppb)							
13		鉛 (ppb)	0							
14		鎘 (ppb)	0							
15		汞 (ppb)	0							
16		三、廢棄物								
17		一般廢棄物 (公噸/月)	3(公噸/月)							
18		有害廢棄物 (公噸/月)	0							
19		汙泥 (公噸/月)	0							
20										
21										
22										
23		PS本欄位資料以廠區為單位填寫								
24										
25										

Microsoft PowerPoint... 遺失病毒定義檔 供應商填表檔案 Microsoft Excel - 昆...

NUM 上午 09:45

# 盤查分析-雛型網路介面

The image displays a web application interface for material data entry, shown across multiple overlapping Microsoft Internet Explorer browser windows. The primary window in the foreground shows a data entry form with the following fields and values:

投入原料名稱(中文)	測試材料一
投入原料名稱(英文)	Test Material 1
投入原料國際進出口編碼 (CCC Code)	2424670000
原料說明	測試說明
原料供應商名稱	測試原料公司
投入原料平均重量 (公噸/月)	0.5
元件原料質量(克)	10.0
投入原料屬性分類	1-BlkPlastics
材料或製程	10-ABS
數據來源	A-量測值
Location	TW-台灣
數據說明(說明推估方式或文獻來源)	數據說明(說明推估方式或文獻來源)

At the bottom of the form, there are three buttons: "確定送出" (Submit), "重設" (Reset), and "回到元件列表" (Return to Component List).

On the left side of the browser window, there is a sidebar menu with the following items:

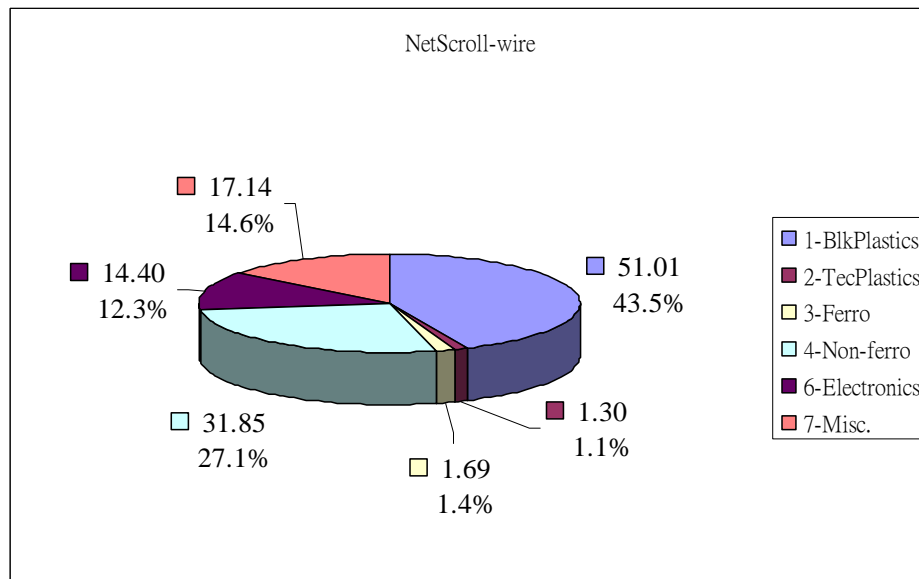
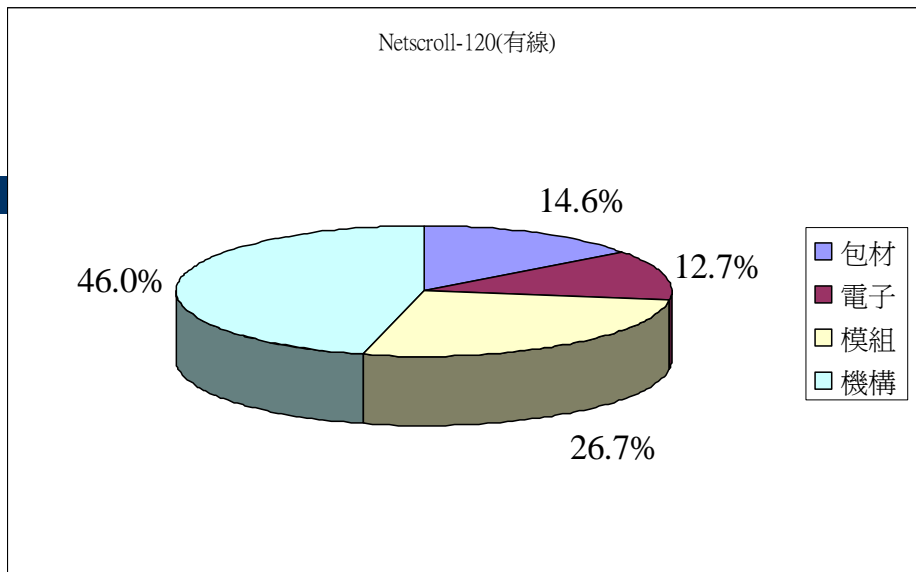
- 新增/編輯公司資料
- 新增/編輯元件資料
- 修改會員資料

Below the sidebar, there is a red-bordered box containing the text:

有害廢棄物 (公噸/月)  
污泥 (公噸/月)

# 滑鼠組成分析

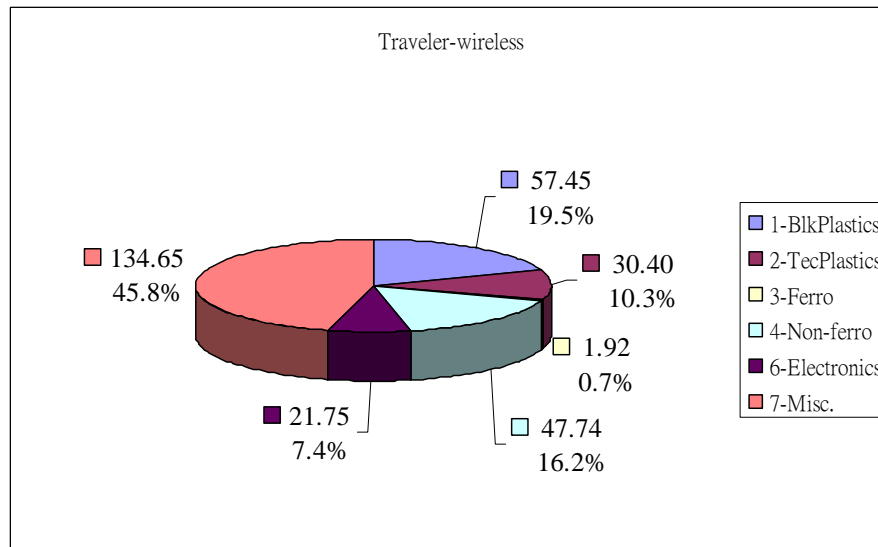
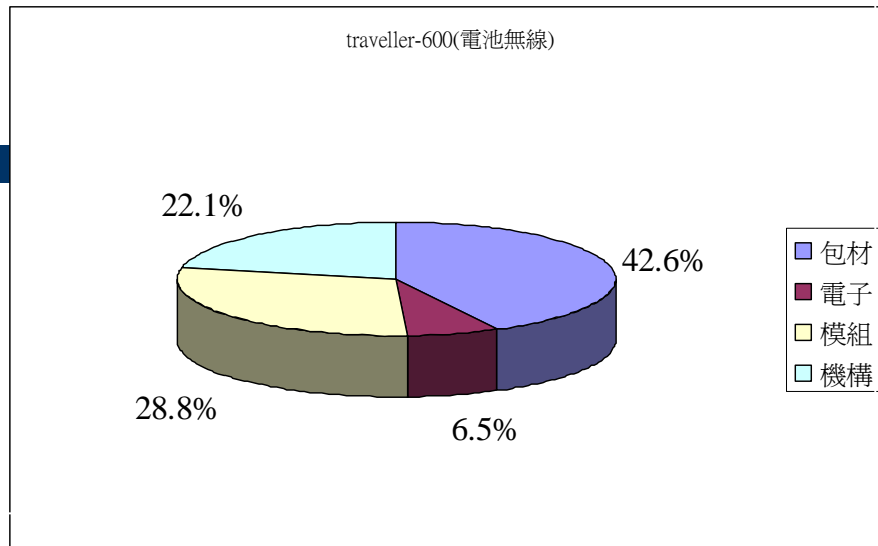
有線滑鼠  
(總重117g)



依據 EuP EcoReport 七大類區分

# 滑鼠組成分析

無線電池滑鼠  
(總重295 g)

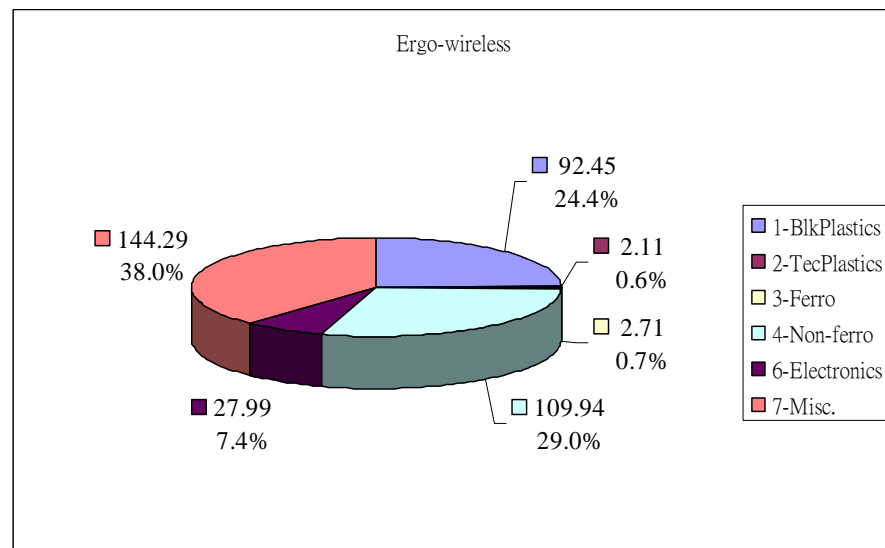
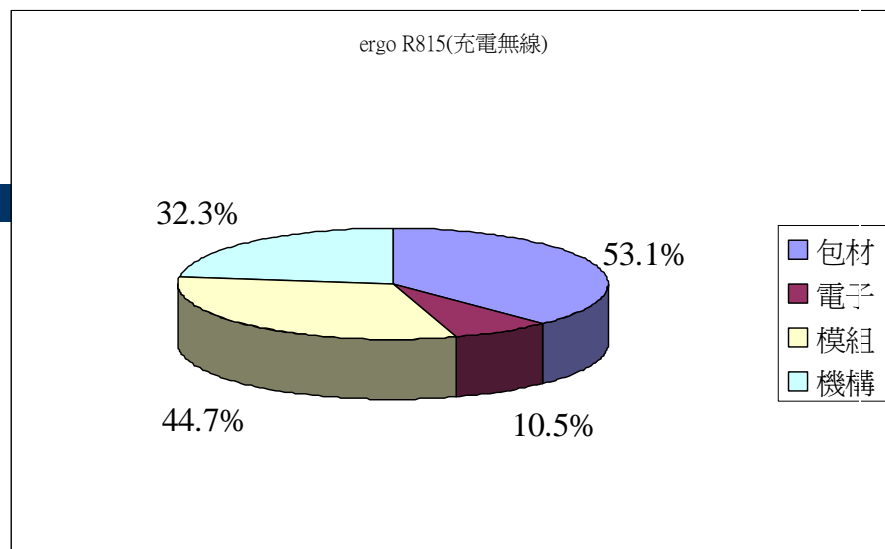


依據 EuP EcoReport 七大類區分



# 滑鼠組成分析

無線充電滑鼠  
(總重381 g)



依據 EuP EcoReport 七大類區分

# EcoReport 軟體

- 荷蘭VHK公司研發

- 免費下載，廠商容易自行輸入與計算

- “Unit Indicator Table” 方法

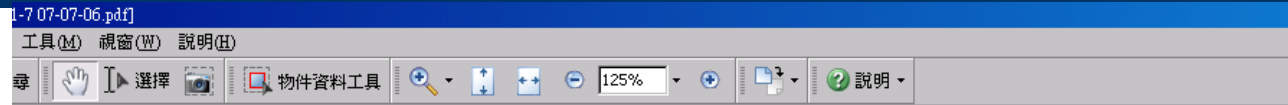
- 簡化「盤查」與「衝擊評估」階段

- 批評：

- 在因果鏈（Cause-Effect Chain）上，只考慮到物質特性，而未括及化學宿命及暴露途徑

- 評估結果與實際環境衝擊關聯度略低（不計時間與空間變化）

# 採用 EcoReport 成果



EuP preparatory study, TREN/D1/40-2005, Lot 3

Table 64 Bill of materials per m<sup>2</sup> LCD display.

Nr	Product name	Date	Author
	EuP Lot 3 prep study: LCD per m2	2007-04-27	MZ

Pos nr	MATERIALS Extraction & Production Description of component	Weight in g	Category <a href="#">Click &amp; select</a>	Material or Process <a href="#">select Category first !</a>
1	LDPE	1796,3	1-BlkPlastics	1-LDPE
2	EPS	3052,6	1-BlkPlastics	6-EPS
3	PVC	468,8	1-BlkPlastics	8-PVC
4	ABS	7438,1	1-BlkPlastics	10-ABS
5	PA 6	4624,5	2-TecPlastics	11-PA 6
6	PC	4214,1	2-TecPlastics	12-PC
7	PMMA	1674,2	2-TecPlastics	13-PMMA
8	E-glass fibre	1311,6	2-TecPlastics	18-E-glass fibre
9	Aramid fibre	71,2	2-TecPlastics	19-Aramid fibre
10	Steel sheet galvanized	20304,9	3-Ferro	21-St sheet galv.
11	Cast iron	12761,5	3-Ferro	23-Cast iron
12	Al sheet/ extrusion	425,4	4-Non-ferro	26-Al sheet/extrusion
13	Cu wire	2076,7	4-Non-ferro	29-Cu wire
14	Powder coating	11,3	5-Coating	39-powder coating
15	LCD screen m2 (viewable screen size)	1000,0	6-Electronics	42-LCD per m2 scrn
16	Big caps & coils	452,9	6-Electronics	44-big caps & coils
17	Slots /ext. Ports	400,3	6-Electronics	45-slots / ext. ports

# EcoReport 計算過程

## – 製程階段

- 依照元件屬性材料自動計算

Pos nr	MANUFACTURING Description	Weight in g	Percentage <i>Adjust</i>	Category index (fixed)
201	OEM Plastics Manufacturing (fixed)	51		20
202	Foundries Fe/Cu/Zn (fixed)	3		34
203	Foundries Al/Mg (fixed)	0		35
204	Sheetmetal Manufacturing (fixed)	0		36
205	PWB Manufacturing (fixed)	14		53
206	Other materials (Manufacturing already included)	49		
207	Sheetmetal Scrap (Please adjust percentage only)	0	25%	37

## – 運輸階段

- 產品體積、是否為固定裝置等

Pos nr	DISTRIBUTION (incl. Final Assembly) Description		Answer
208	Is it an ICT or Consumer Electronics product <15 kg ?		YES
209	Is it an installed appliance (e.g. boiler)?		NO
210	Volume of packaged final product in m <sup>3</sup>	0.0494	<input type="text"/>

# 滑鼠 EcoReport 計算過程

Microsoft Excel - EuP\_EcoReport\_v5-Traveler 600-1

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Adobe PDF(P) 輸入需要解答的問題

Q4

Life Cycle phases -->		PRODUCTION			DISTRIBU	USE	END-OF-LIFE'		TOTAL		
Resources Use and Emissions		Material	Manuf.	Total	BUTION	Disposal	Recycl.	Total			
<b>Materials</b>		<b>unit</b>									
1	Bulk Plastics	g		61		54	6	61	0		
2	TecPlastics	g		29		26	3	29	0		
3	Ferro	g		1		0	1	1	0		
4	Non-ferro	g		2		0	2	2	0		
5	Coating	g		0		0	0	0	0		
6	Electronics	g		67		34	33	67	0		
7	Misc.	g		135		7	128	135	0		
18	<b>Total weight</b>	g		<b>294</b>		121	173	<b>294</b>	<b>0</b>		
<b>Other Resources &amp; Waste</b>		<i>see note!</i>									
8	Total Energy (GER)	MJ	46	12	59	0	14	9	12	-3	69
9	of which, electricity (in primary MJ)	MJ	30	2	33	0	13	0	4	-4	42
10	Water (process)	ltr	25	1	26	0	1	0	3	-3	23
11	Water (cooling)	ltr	20	3	24	0	35	0	1	-1	58
12	Waste, non-haz./ landfill	g	105	19	124	0	16	18	11	7	147
13	Waste, hazardous/ incinerated	g	23	0	24	0	1	113	4	109	133
<b>Emissions (Air)</b>											
14	Greenhouse Gases in GWP100	kg CO2 eq	2	1	3	0	1	1	1	0	4
15	Ozone Depletion, emissions	mg R-11 e	negligible								
16	Acidification, emissions	g SO2 eq.	18	4	22	0	4	1	3	-2	24
17	Volatile Organic Compounds (VOC)	g	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Persistent Organic Pollutants (POP)	ng i-Teq	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Heavy Metals	mg Ni eq.	3	0	3	0	0	2	0	2	5
36	PAHs	mg Ni eq.	8	0	8	0	0	0	0	0	8
20	Particulate Matter (PM, dust)	g	1	1	2	0	0	11	0	11	13
<b>Emissions (Water)</b>											
21	Heavy Metals	mg Hg/20	10	0	10	0	0	1	2	-1	9
22	Eutrophication	g PO4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
42	Persistent Organic Pollutants (POP)	ng i-Teq	negligible								

\*-Note: Recycling credits only relate to recycling of plastics and electronics (excl. LCD/CRT). Recycling credits for metals and other fractions are already taken into account in the production phase.

NUM

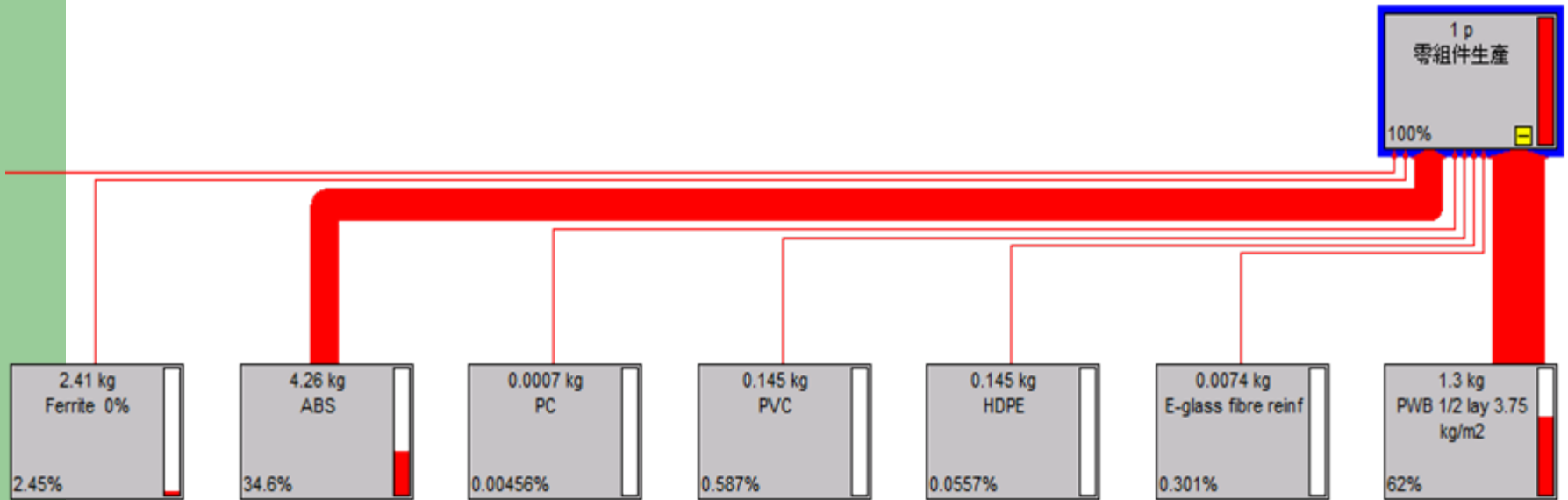
開始 3 Wi... 3 Mo... 5 Mi... 6 Mi... Adobe... 4 Int... Ergo... 未命... 2 Mi... 下午 08:33

# Simapro 軟體

- Impact 2002+
- 瑞士研究者Jolliet等人所研發 (2003)
- 特點在於 Hot Spot 分析

階段	零組件	材質	重量(g)	盤查資料來源
零組件生產階段	螺絲	Cast Iron	1.7	軟體資料庫
	外殼	PS(HIPS)	19.994	軟體資料庫
		塑膠ABS	28.947	軟體資料庫 (以台灣電力盤查參數帶入)
	外接線	銅鎳線	31.227	軟體資料庫 (以台灣電力盤查參數帶入)
	IC	IC	0.7	軟體資料庫
	外包裝	紙盒	12.708	軟體資料庫
		貼紙	4.43	軟體資料庫
	電路板	耗損塑膠	8.792	軟體資料庫 (以台灣電力盤查參數帶入)
使用階段	運送耗電		0.0011 mWh	以台灣電力盤查參數帶入
廢棄物階段	資源回收		6	軟體資料庫
	焚化		46	軟體資料庫

# 熱點分析 (Hot Spot Analysis)



熱點分析範例圖

註：電子產品之熱點一般會是電子零件

# GaBi 概述

- **GaBi**由德國**IKP**大學所發展，資料庫主要由**BUWAL** 與 **APME** 發展而得，是一個整合「產業界」與「研究單位」的**LCA**軟體。
  - 使用**Gabi**可以靈活地定義作業之範疇，並且在功能及功能單位、資料需求、資料品質要求等項目達到透明化。
  - 可利用資料庫中有效的原始資料，適時地增加。可自動進行生命週期分析結果運算。
  - 可以提供**LCIA**模式資料庫以便使用者進行類似模擬運算。
  - 提供數種方法可以反應資料的品質，如敏感度分析、情境分析與藉由蒙地卡羅模擬進行試誤法之計算。

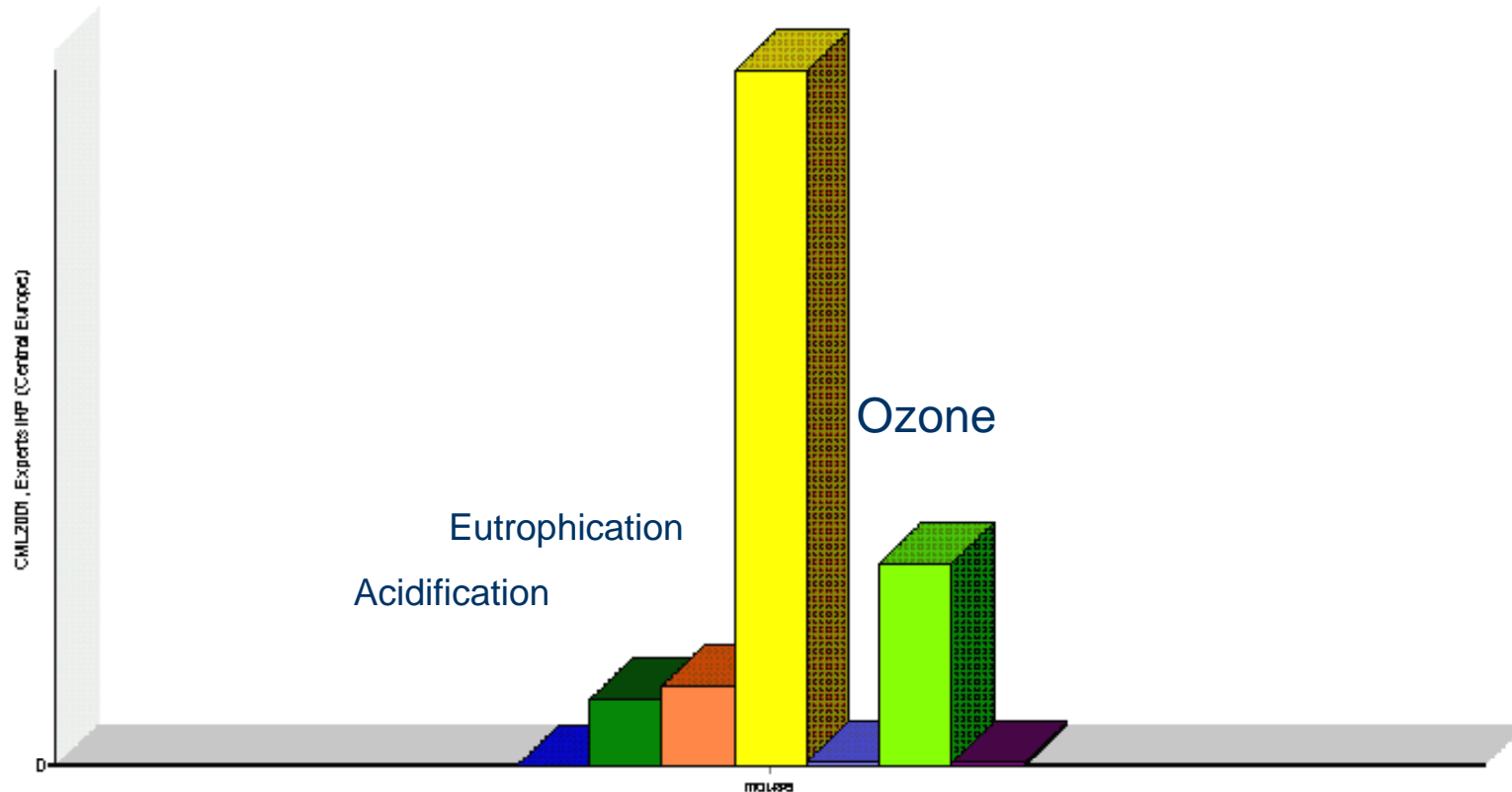


# GaBi 軟體

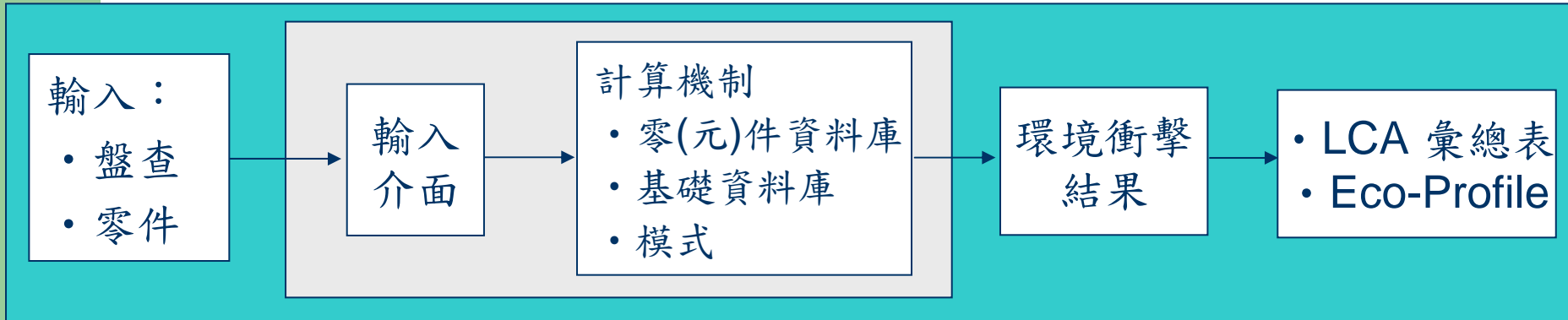
- 輸入條件
  - 有線 (117g)
    - Steel-sheet stamping and bending : 46.25g
    - Acrylonitrile-butadiene-styrene gran. (ABS) mi : 54.00g
    - Paper carrier photocopier : 17.14g
  - 無線電池 (295g)
    - Steel-sheet stamping and bending : 69.30g
    - Acrylonitrile-butadiene-styrene gran. (ABS) mi : 65.07g
    - Paper carrier photocopier : 160.66g
  - 無線充電 (381g)
    - Steel-sheet stamping and bending : 87.48g
    - Acrylonitrile-butadiene-styrene gran. (ABS) mi : 123.20g
    - Paper carrier photocopier : 170.3g

# Gabi (CML2001, Normalization)

GaBi圖表：mouse - 產出



# Eco-Profile 平台系統架構



- 輸入國際號碼，做為溝通的基礎
- 先以Eco-Report的模式作為計算機制
  - 修正 unit indicator
  - 輔以其他軟體比對
- 建議結合產業界、公會等組織建立「基礎資料庫」較具效率與公信力

## Eco-Profile 基礎資訊平台規劃





# WEEE物質流研究案例

# WEEE物質流研究案例

- 選擇洗衣機為本次物質流研究
- 自變因子分別為
  - 國內生產毛額
  - 台灣地區人口數
- 假設每年洗衣機進入廢棄階段數量為一常態分配

$$G_t = \sum_{i=1}^{20} \{P_{t-i} \times f_t(i)\}$$

$G_t$ ：於t時間點下之廢棄物產生量

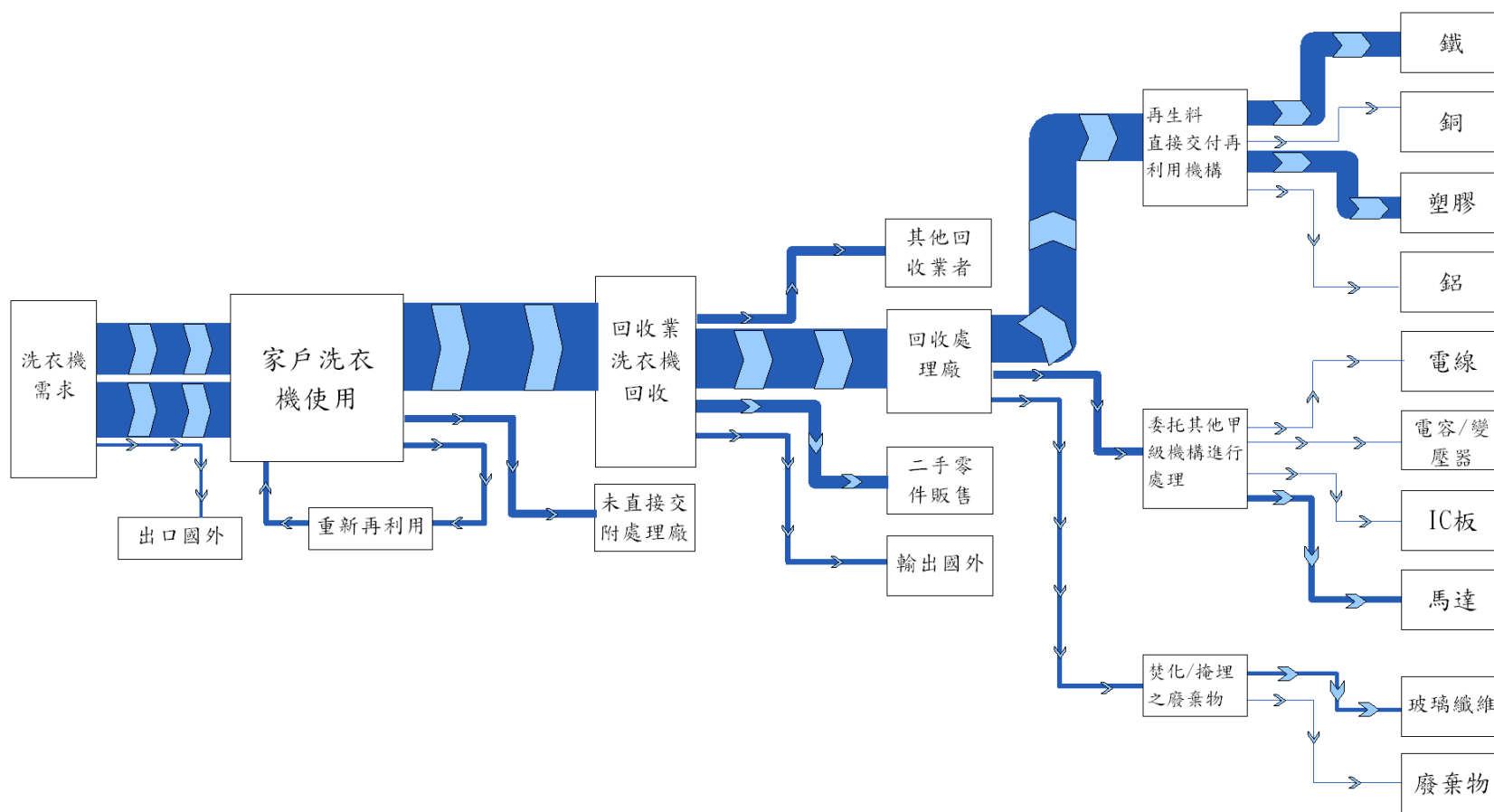
$P_{t-i}$ ：同一年度，不同使用期限之供給量

$f_t(i)$ ：i時間之機率密度函數，在此假設為常態分佈

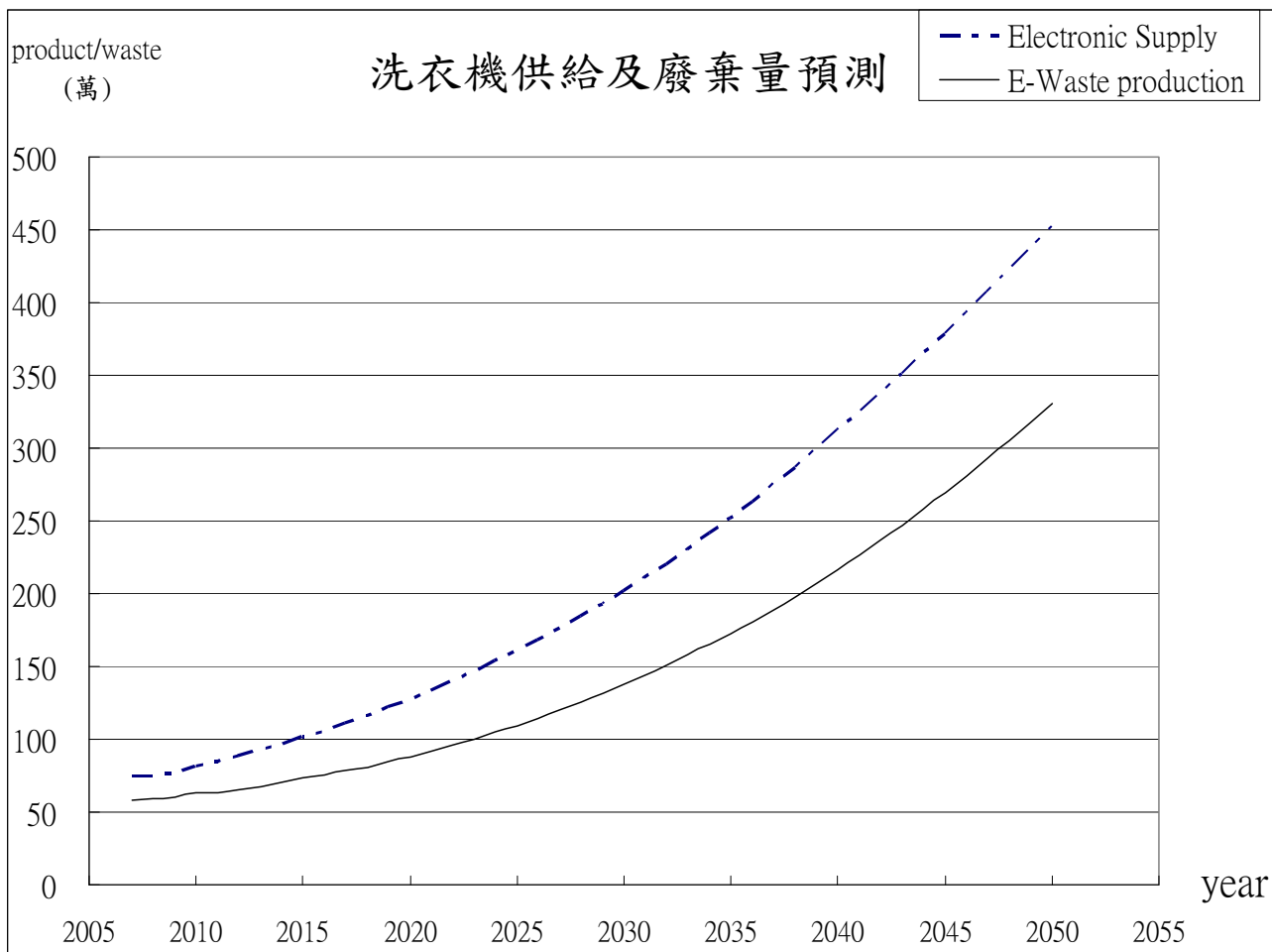
# 日本與台灣洗衣機拆解重量組成比較表

洗衣機拆解重量百分比			
衍生組成		日本	台灣
直接回收物質	鐵	37.37%	41.72%
	銅	1.17%	0.95%
	塑膠	38.74%	35.67%
	鋁	0.31%	0.57%
進階處理物質	電線	1.06%	0.77%
	電容/變壓器	0.83%	0.43%
	IC板	0.38%	1.46%
	馬達	19.83%	10.72%
	玻璃纖維	0.00%	6.93%
	廢棄物	0.30%	0.77%
合計		100.00%	100.00%

# 台灣地區洗衣機物質流架構圖



# 系統動態學推估廢棄洗衣機產生量







# 結論

# 結論

- 區域經濟活動，物質流分析將扮演重要的角色
  - 我國有許多自有品牌**OBM**，正積極打入國際市場
  - 歐盟電機電子三大環保指令的陸續施行，將嚴重的衝擊我國電子產業，甚至於影響到整體經濟的發展
  - 使用應以物質流的觀點做整體規劃
- **EuP**指令著重於整體性生命週期之管理
  - **EuP**指令進行**Eco-Profile**之生命週期評估，一般選用**Eco-Report**、**SimaPro**、及 **Gabi** 等軟體進行計算（地域係數）
  - 取得國際市場公信為後續實行重點
- **WEEE**指令著重於製造者對於廢棄產品之回收責任
  - 藉由機率數學模式及物質流平衡，可協助政府或產業對於電子電器廢棄數量之預測

# 敬請指教

---

林群超 [sunideal@gmail.com](mailto:sunideal@gmail.com)

呂靜雯 [elephantmodoc@yahoo.com.tw](mailto:elephantmodoc@yahoo.com.tw)

洪明龍 [d89541004@ntu.edu.tw](mailto:d89541004@ntu.edu.tw)

李佳禾 [d94541014@ntu.edu.tw](mailto:d94541014@ntu.edu.tw)