

D.M.B. 垃圾資源回收系統介紹

陳志明* 朱俊彥** 林峰正***

摘要

DAHIN-MRE-BRINI 垃圾資源回收系統將垃圾分成三類。輕的部份通常含高熱能的物質，如紙張經壓縮後製成固形燃料用。重的部份如金屬類被衝壓成塊後回收利用。剩餘部份即有機物，製成堆肥後當作肥料，無法被利用部份如石塊則予以掩埋。

垃圾從產生至掩埋的過程中，經回收系統處理後，垃圾不但有了經濟價值，而且也使得環境問題獲得改善，真正達到垃圾處理的最終目的——減量化、安定化、無害化、資源化。

一、前言

垃圾是人類經由活動而產生的。每天垃圾的排棄量更是隨著生活水準的提高、國民所得的增加、人口的遽增而不斷上昇。而垃圾的性質，受到國情、地理環境、居民生活方式的不同而有所改變，垃圾的處理方式也因此受到左右。

由於垃圾量成長的速度呈高幅度的上昇，且普遍在各地區造成環境問題，頗令主管當局頭痛。近年來又適逢石油危機，油價大幅上漲，在日本又因以焚化爐燃燒處理垃圾造成世紀之毒——戴奧辛（Dioxin）的問題。經過這一連串的問題之後，人們開始往垃圾身上動腦筋，於是將垃圾視為資源，作有效利用的研究與開發紛紛出籠。

本公司 DAHIN (DAHIN CO., LTD.) 與日本 MRE (MITSUBISHI RAYON ENGINEERING CO.) 聯合設計規劃的 D.M.B. (DAHIN-MRE-BRINI) 垃圾資源回收系統，便是在此情況下被研究開發出來，它可以將垃圾分類成三個部份，分別回收製成固形燃料塊、金屬塊、堆肥。這套設備與一般垃圾燃燒方式及新開發的乾餾(Dry distillation) 方式不同，在製造過程中沒有氣體產生及廢水排出，所以不需增設公害處理設備，而且機械設備構造簡單，操作容易，並甚少故障，因此設備之建造費用極為低廉。由此可看出 D.M.B. 垃圾資源回收系統是一具有多項特色的垃圾處理方式。

本文擬就本套系統從垃圾中製造固形燃料塊所涉及的工程計劃、製程、配備及以堆肥法

* 大穎企業股份有限公司工程部主任

** 大穎企業股份有限公司工程部副主任

***大穎企業股份有限公司工程部技術專員

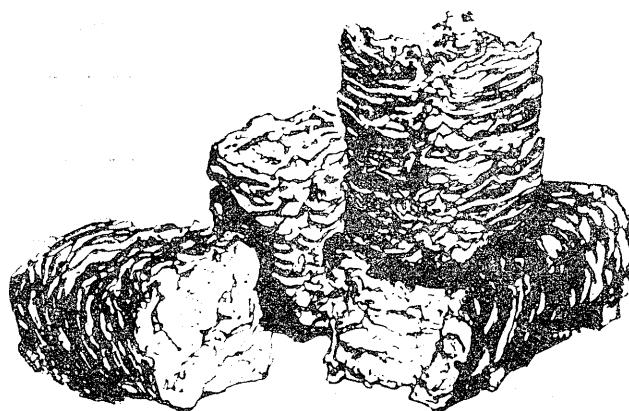
處理有機廢棄物作一概略性的介紹。

二、資源回收系統製造固形燃料塊之工程計劃

在日本，市、鄉、鎮產生的垃圾大部份以焚化爐加以燃燒處理，燃燒垃圾產生的熱能很大，但實際利用餘熱於發電或一定規模的熱水供應僅佔燃燒所產生熱能的10%而已，且其利用更侷限於大規模24小時連續運轉的燃燒爐。

在北歐地區，都市垃圾（包括可燃垃圾及混合垃圾）已經成為石油能源的替代品，大部份的都市垃圾經選別後依其性狀之不同作有效的利用。

這套垃圾資源回收系統，它可以從垃圾中製造 D.M.B. 固形燃料塊（如圖一），固形燃料塊具備有下列特點：



圖一 D. M. B. 固形燃料塊

- (1)它是垃圾經分類選別出來的紙、塑膠等可燃物質所製成，故其發熱量一定。
- (2)固形燃料塊係經壓縮成型，所以在搬運或貯存時很方便。
- (3)可與煤炭或其他燃料混合使用。
- (4)燃料塊為垃圾製品，故其價格極低廉。

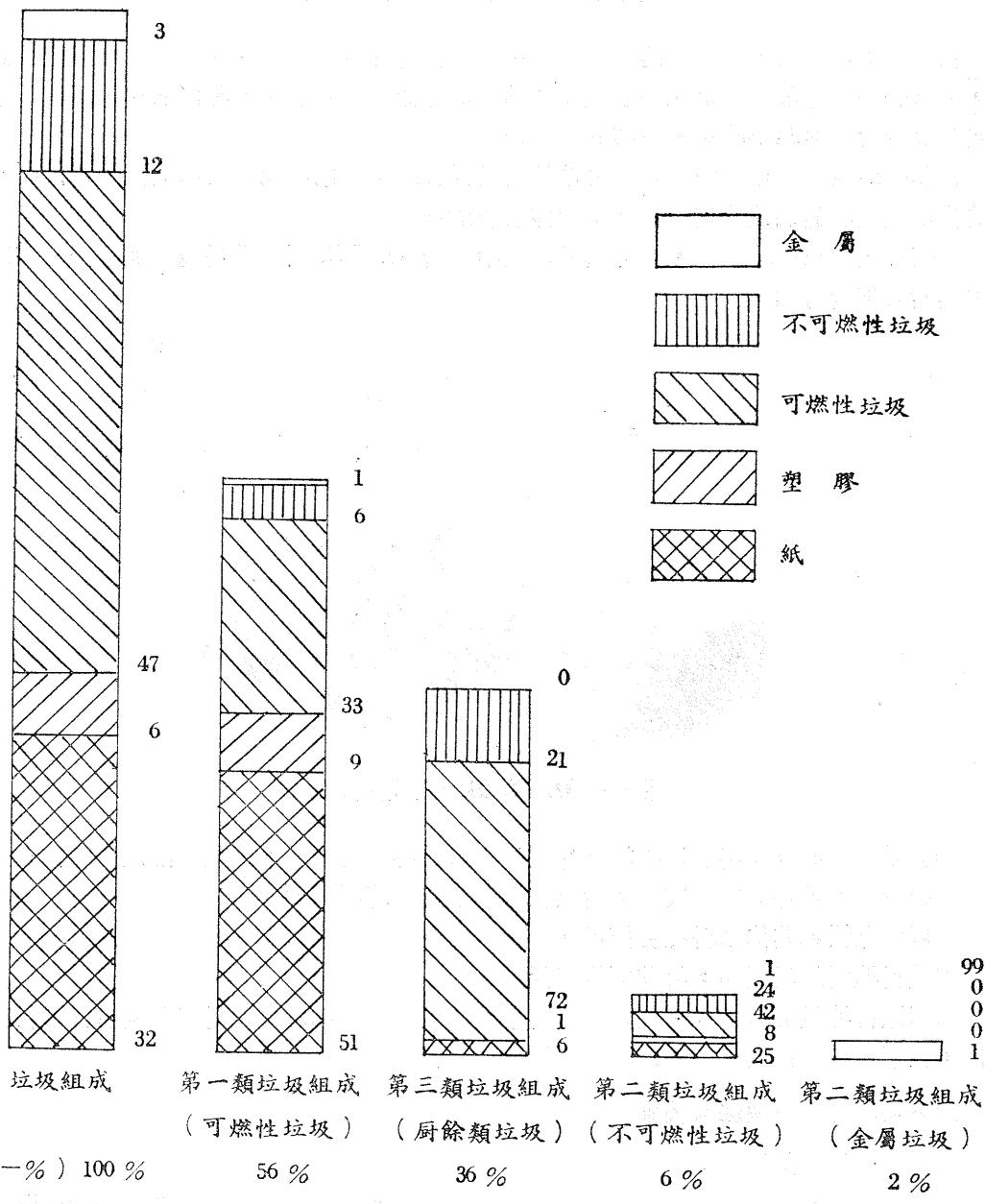
固形燃料塊是瑞典 PLM 公司最先開發生產，所製成的固形燃料塊具備有作燃料應有的條件，在瑞典國內已大量供給民間作為鍋爐用燃料。

1. 固形燃料塊的性質與經濟價值

- (1)固形燃料塊的性質：

圖二為日本都市垃圾成分分析值，從圖中可了解，垃圾的組成以可燃性垃圾佔56%為最多，其次為廚餘類垃圾36%，最少的是不可燃性垃圾 8%。含水量則以廚餘類最高。

日本都市垃圾成分分析值 (混合收集之垃圾) (%)



圖二 日本都市垃圾成分分析值 (混合收集之垃圾)

表 1 : D.M.B. 固形燃料的基本性質

	D.M.B. 燃料 (疏鬆狀)	D.M.B. 燃料 (固形塊狀)
低 位 發 熱 量	3100 kcal/kg	4100 kcal/kg
單 位 容 積 重	50kg/m ²	450kg/m ²
水 分 含 量 百 分 率 (wt-%)	< 30%	< 15%
灰 分	< 10%	< 10%

從表 1 可得知 D.M.B. 燃料製成固形塊狀，因單位容積重高，所以其低位發熱量較高，含水量也較低。

表 2 : D.M.B. 固形燃料與其他燃料低位發熱量比較表 kcal/kg

都 市 垃 坡	2,400
D. M. B. 燃 料 (疏 鬚 狀)	3,100
D. M. B. 燃 料 (固 形 塊 狀)	4,100
樹 皮	1,450
木 屑	2,600
甜 菜 渣 (Beet)	2,800
煤 炭	6,000
油	10,000

由表 2 可清楚看出，D.M.B. 固形燃料塊之低位發熱量僅次於煤及石油，因此可以說它是一品質良好的能源替代品。

D.M.B. 固形燃料塊於下列四種焚化爐作燃燒測試，結果顯示燃燒情況安定及具高度的燃燒效率。

進行燃燒測試的四種焚化爐型式：

① 傾斜加料焚化爐：

- | | |
|----------|---|
| (1) 施測場所 | HSB Industier BoroHus, Landsbro, Sweden |
| 使用燃料 | D.M.B. 燃料 (固形塊狀) 與樹皮、木屑混合燃燒。 |
| (2) 施測場所 | Fiskeby, Skarblacka, Sweden |
| 使用燃料 | D.M.B. 燃料 (固形塊狀) 與樹皮混合燃燒。 |

② 階梯式自動給料焚化爐：

- | | |
|------|------------------------------------|
| 施測場所 | Örebro Pappersbruk, Örebro, Sweden |
| 使用燃料 | D.M.B. 燃料 (固形塊狀) |

③ 移床式自動給料焚化爐：

- | | |
|------|------------------------------|
| 施測場所 | Sockerbolaget, Arlöv, Sweden |
| 使用燃料 | D.M.B. 燃料 (固形塊狀) 與煤炭混合燃燒。 |

④流動床式焚化爐：

(1)施測場所

 使用燃料

G, A, Serlachius OY, Tammerfors, Finland

D.M.B. 燃料（固形塊狀）與纖維泥渣混合燃燒。

(2)施測場所

 使用燃料

Eksjö Energiverk, Eksjö, Sweden

D.M.B. 燃料（固形塊狀）與疏鬆狀 D.M.B. 燃料混合燃燒。

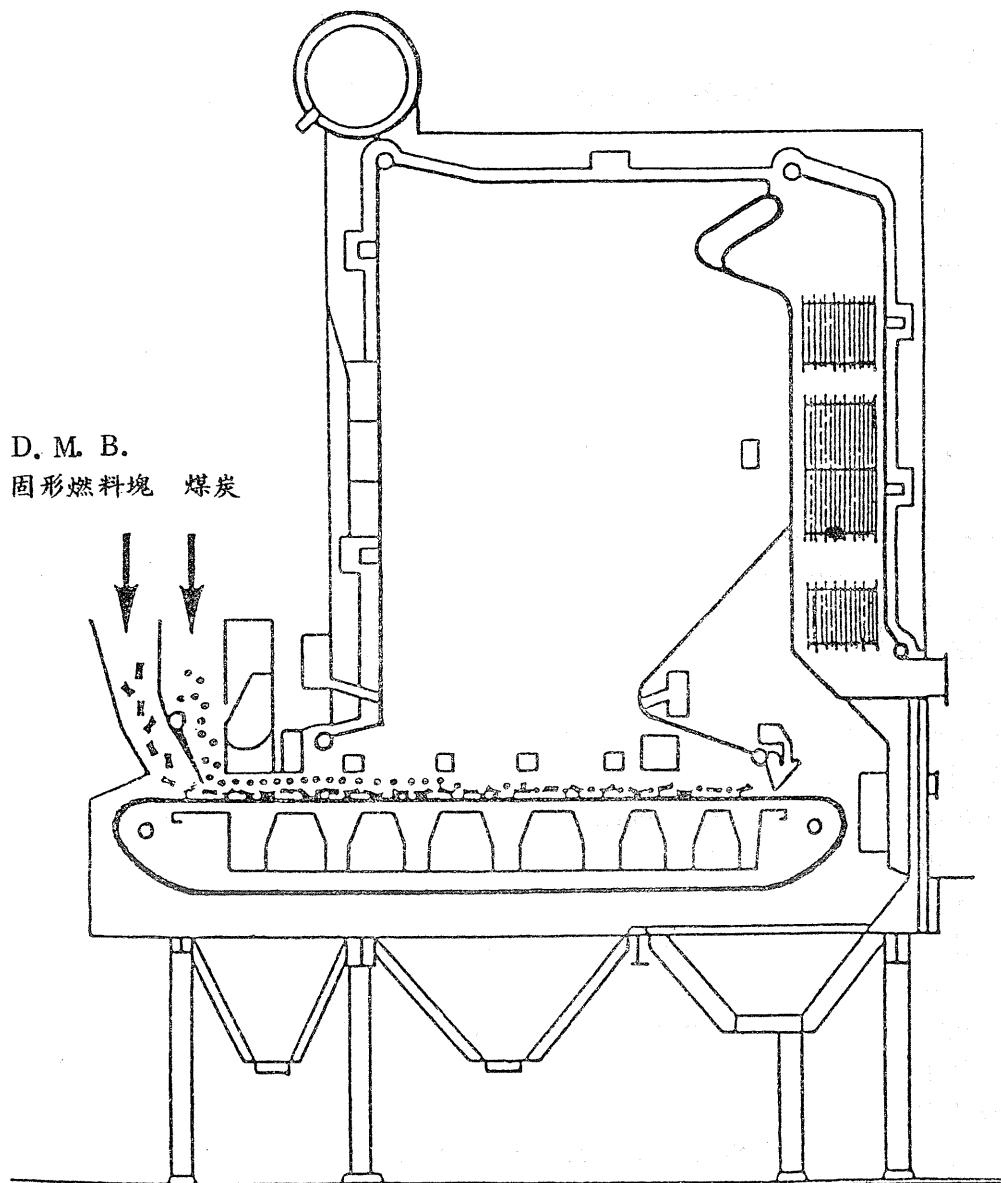
(3)施測場所

 使用燃料

Ahströmlaboratorierna, Karhula, Finland

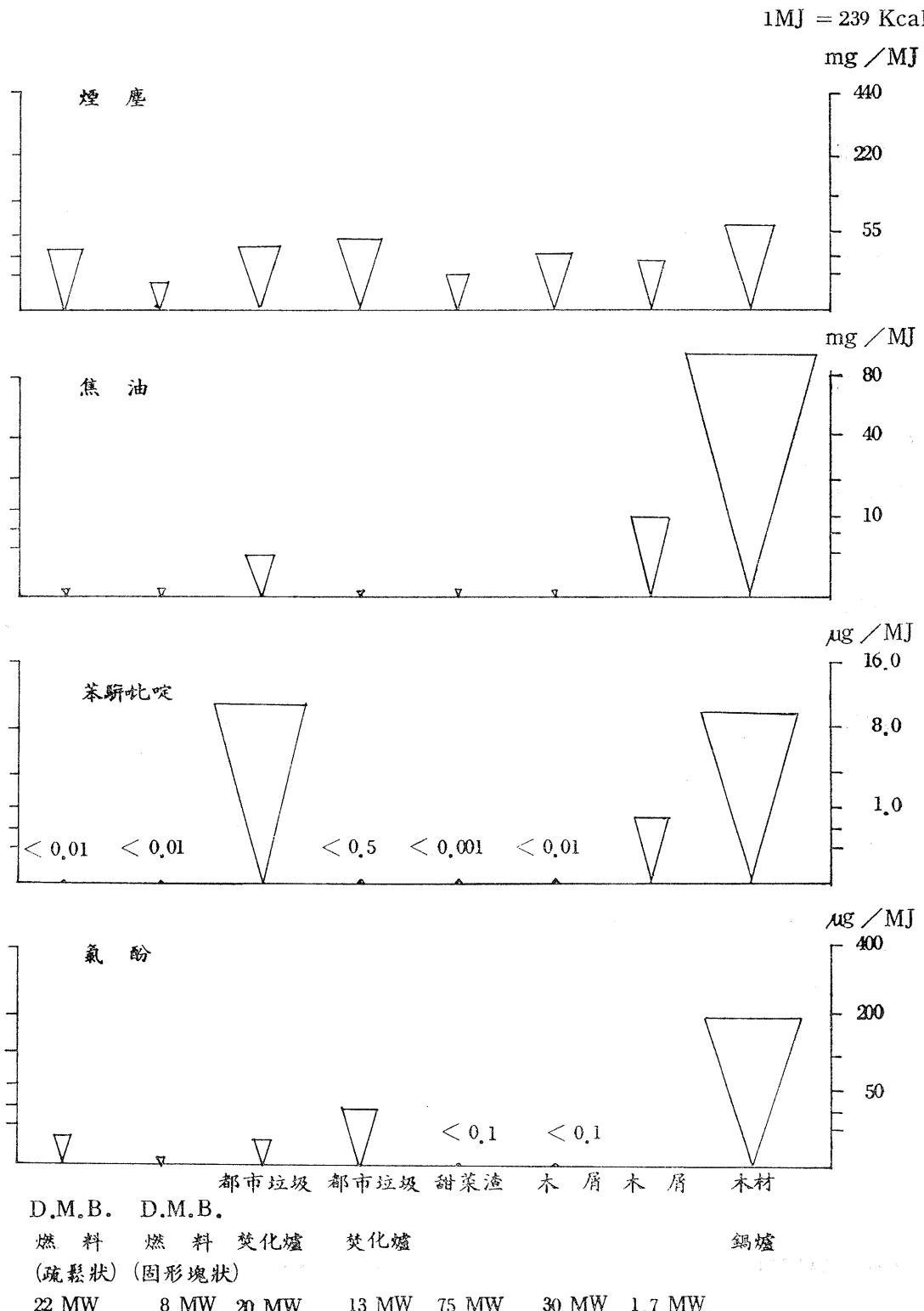
D.M.B. 燃料（固形塊狀）

圖三係進行燃燒測試，四種焚化爐之一的移床式自動給料焚化爐，以 D.M.B. 固形燃料塊與煤炭混合燃燒的情形。

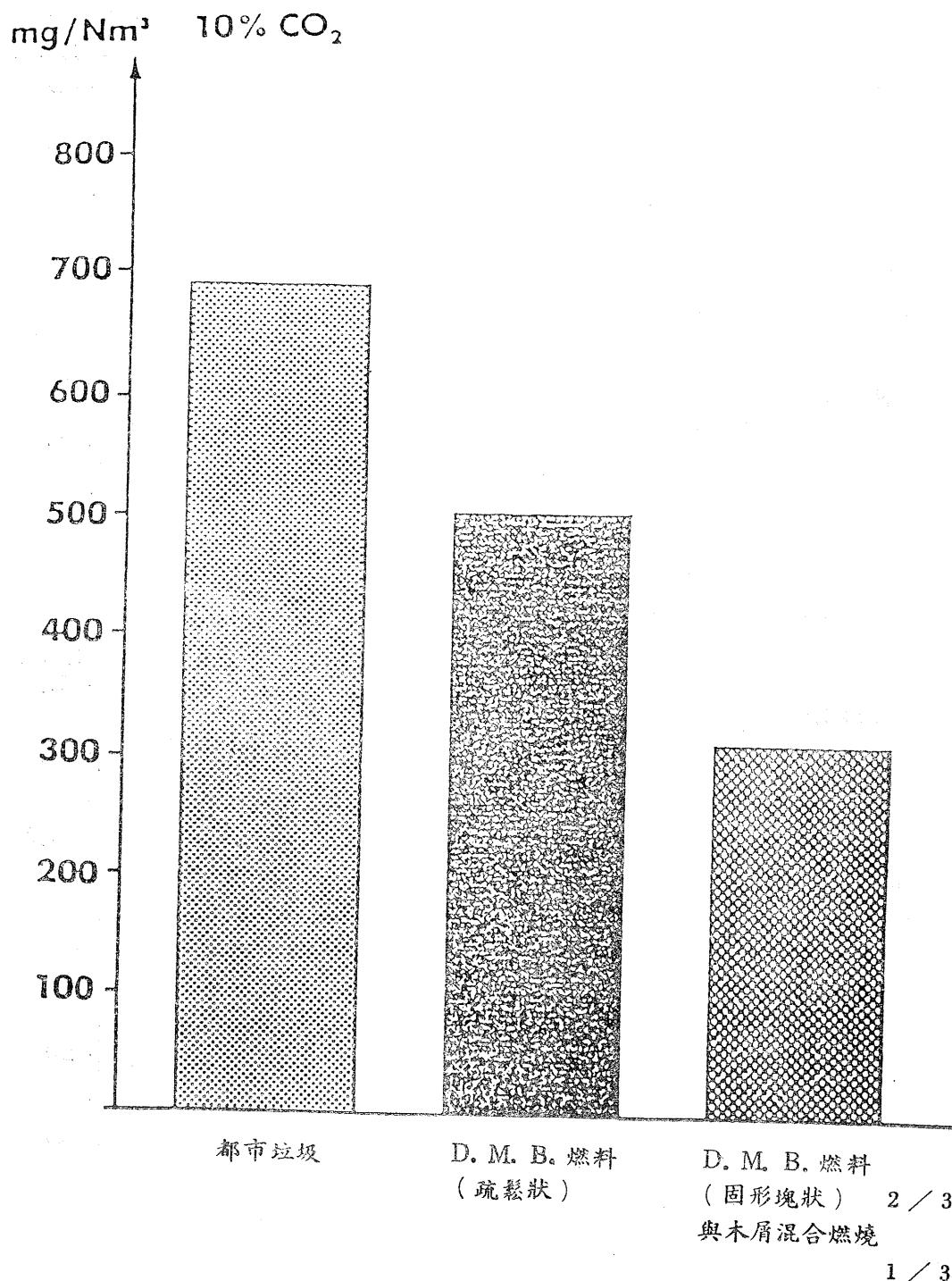


圖三 D.M.B. 固形燃料塊與煤炭，在移床式自動給料焚化爐混合燃燒的情形。

圖四、五是固形燃料塊與其他燃料燃燒時產生氣體成分含量比較表，這些氣體成分排放至空氣中，若量大會產生空氣污染，對人體造成傷害，由圖中可發現，燃燒固形燃料塊各成分的排放量皆很低，因此不會有空氣污染的問題發生。



圖四 D.M.B. 固形燃料塊與其他燃料燃燒成分比較圖



圖五 D.M.B. 固形燃料、都市垃圾燃燒時氯化氫 (Hydrogen Chloride) 之產生量

[註]：資料出自：(IVLrapport B 674, 1982)。

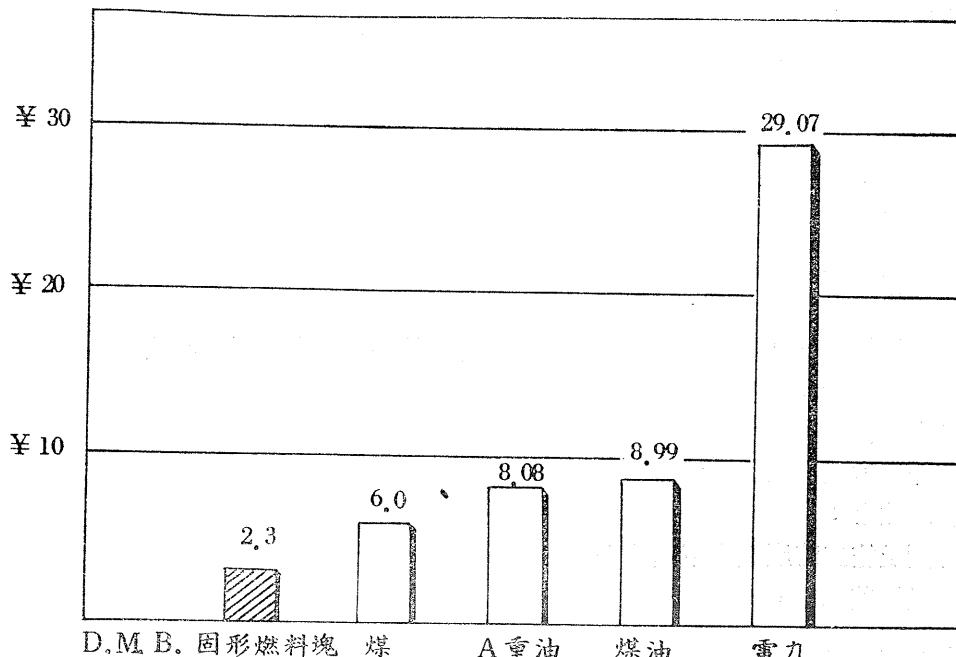
(2) 固形燃料的經濟價值

由一般廢棄物製成的 D.M.B. 固形燃料塊與市面常用的燃料在經濟價值的比較有如表 3 及圖六。

表 3：固形燃料塊與四種常用燃料單價、發熱量、能量單價比較表

名稱	項目	燃料單價	發熱量	能量單價 (¥/1,000 KCal)
電力		¥25	860KCal/KWH	29.07
煤油		¥ 80,000/k1	8,900KCal/1	8.99
A 重油		¥ 80,000/k1	9,900KCal/1	8.08
煤		¥ 36,000/t	6,000KCal/kg	6.00
D. M. B. 固形燃料塊		¥ 9,500/t	4,100KCal/kg	2.30

〔註〕：¥表日幣單位。



圖六 D.M.B. 固形燃料塊與其他燃料能量單價比較圖 (¥/1000 kcal)

從表 3 及圖六中可了解 D. M. B. 固形燃料塊的能量單價最低，也就是說同樣獲取 1000 Kcal 的能量，花費在購置燃料的費用上最少。

2.D.M.B. 固形燃料塊的製程

D.M.B. 固形燃料塊的製程會因廢棄物的來源、種類及回收利用成品的不同而有所差異

，主要可分成三種類型：

附圖一：製程(一)表都市垃圾經選別分成三類，第一類具可燃性的垃圾直接做成固形燃料塊，第二類金屬、不可燃性垃圾經磁選後含鐵成分做成鐵塊，剩餘物當成無法再利用物予以掩埋，第三類屬有機性垃圾與下水汙泥、水肥汙泥，混合後製成堆肥。

附圖二：製程(二)表都市垃圾經選別後，有機性垃圾與下水汙泥、水肥汙泥，混合做成堆肥，可燃性垃圾做成疏鬆狀 D.M.B. 燃料，不可燃部份直接予以掩埋。

附圖三：製程(三)表商業及乾燥後的產業垃圾，經1次選別分成較精緻可直接再利用的垃圾及較粗糙需再經分類的垃圾。精緻的部份經手選別後做成紙或塑膠之再製品；較粗糙部份分成兩類，具可燃性之垃圾直接做成 D.M.B. 固形燃料塊，不可燃性垃圾便予以掩埋。

3.工程計劃內容

(1)一般概要：

a. 工程名稱：

b. 設備規模：

10T/H (每日= 運轉) 依垃圾量多寡為設計條件。

c. 設備場址：

d. 工程所需時間：

開工 年 月 日

完工 年 月 日

(2)計劃主要項目

a. 處理對象：

一般廢棄物（混合或已分類之垃圾均可）

b. 垃圾的組成：

按照垃圾成分分析值予以設計，本計劃所指的一般廢棄物以家庭垃圾（經分類收集之垃圾）為對象。

c. 公害防治有關規定：

遵守該地區有關公害防治條例。

d. 相關法令：

計劃及施工時應遵守下列法令：

①建築基準法。

②廢棄物之處理及清掃有關法律。

③公害防治有關法令。

④勞工安全衛生法。

⑤消防法規。

⑥縣及市鄉鎮條令。

⑦其他。

e. 工程估價：

①機械設備工程

一座份

②電氣儀表設備工程 一座份

③土木建築工程 一座份

f. 工程外之估價：

①調查、測量。

②土木建造工事及臨時工事。

③土地費用。

④結構內之電氣工程。

⑤配電線路工程之負擔金。

⑥外圍工程（包括門、圍牆、鋪設、植樹、場內排水工程）。

⑦工程用電氣、給水工程。

⑧地上物之解體及撤除工程。

⑨備用品及事務用品。

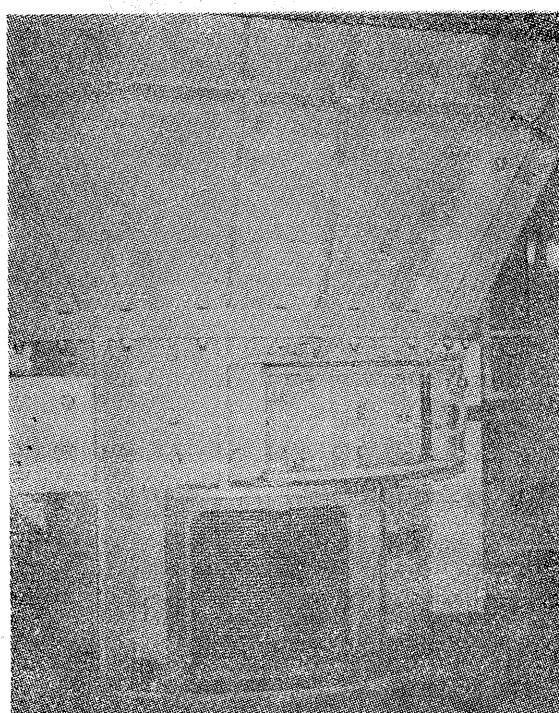
⑩臨時設置場所。

⑪給水、排水工程。

⑫其他與設備功能無直接關係之工程。

4. 工程配備內容

就工程配備可以附圖四、五做介紹。附圖四為各機組之流程，附圖五則為整體設備圖，以下就各單項設備分別予以說明：



圖七 壓碎機

(1) 垃圾貯留堆積場：

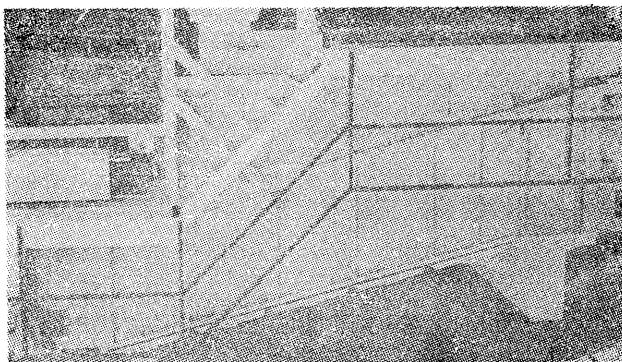
一般廢棄物（都市垃圾）經收集後暫時貯留在堆積場。貯留堆積場設置時應考慮風雨因素，且應建於室內。其貯留量在設計時應以一日之最大量的2~3倍為基準。

(2) 壓碎機：

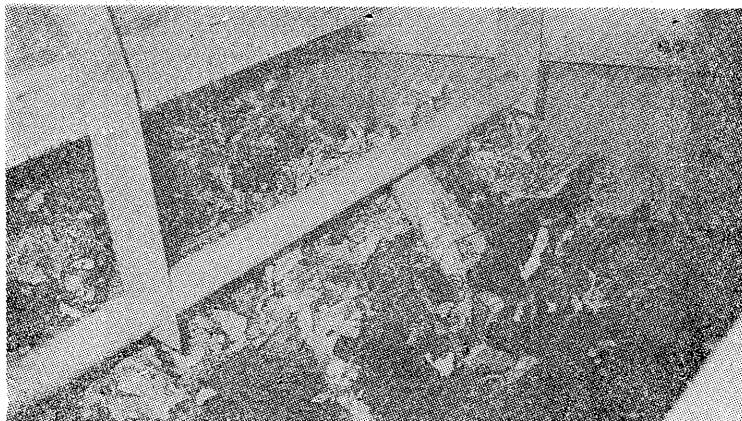
在貯留堆積場的垃圾，經吊車抓起後送至輸送帶（鋼製有邊輸送帶），垃圾經由輸送帶投入壓碎機。垃圾經衝擊式壓碎機後，不論其質地如何，均被壓碎成細粒，如圖七。

(3) 振射式選別機：

經壓碎後的垃圾以輸送帶送至振動帶，以左右方向反覆振動予以均勻分散後，再送入振射式選別機選別，如圖八、九。



圖八 振射式選別機（外部圖）



圖九 振射式選別機（內部圖）

選別機的作用原理，係依振射時排斥作用力差及抖震作用力而精細地將垃圾分成三類：

第一類垃圾：屬質地柔軟，比重較輕的垃圾（例如紙、塑膠等）。

第二類垃圾：屬質地硬，比重較重的垃圾（例如金屬、玻璃、瓦片、小石塊等）。

第三類垃圾：水分含量多，質地較柔軟的垃圾（例如廚餘類）。

(4) 定量供給設備：

經振射選別機分類後的第一類垃圾，被輸送至定量供給設備暫時貯存，而後再配合設備

的運轉適時供給，以維設備正常的運作。

(5)乾燥機：

從定量供給設備中，依定量排出的垃圾，其含水量約 30~40%，經乾燥機乾燥後剩下 15% 以下。

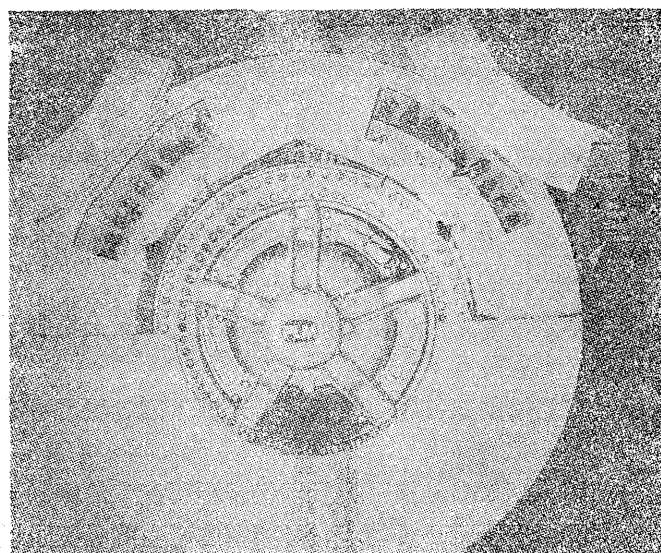
乾燥機有一旋轉窯的空間，垃圾進入後利用下述熱風爐產生的熱氣將垃圾烘乾。

(6)熱風發生爐：

熱風發生爐使用的燃料為本設備所製造的未造塊前之 D.M.B. 疏鬆狀燃料。D.M.B. 疏鬆狀燃料在未送至熱風爐燃燒前，應先經壓碎機再行打碎後，由定量供給設備控制燃燒時燃料的供應。

(7)造塊機：

乾燥後的第一類垃圾由振動式輸送帶輸送，在傳送中控制垃圾量進入造塊機，成型後為 $32\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 方型 D.M.B. 固形燃料塊。如圖十。



圖十 造塊機

(8)選別機：

成型的燃料塊經本選別機之振動篩網選別後，分成一定尺寸的成品，與不符尺寸的成品。

(9)冷卻機：

剛成型的固形燃料塊因溫度尚高（約 80°C ），貯存時為防止產生凝結水，使得燃料塊水分含量增加，故必須在貯存前先經冷卻機冷卻，使溫度接近常溫。

(10)貯存櫃：

成品的 D.M.B. 固形燃料塊，應貯存於可容納一日生產量 2 ~ 3 倍貯存櫃。

貯存櫃的設計除易於添裝外，也應便於取用運裝。

(11)多段槽式醣酵槽：

經振射式選別機選別後的第三類垃圾，水分含量多，質柔軟，它經輸送帶送至多段槽式
醣酵槽內以好氣性醣酵，經3~4日後即為未熟成的堆肥。

(12) 玻璃選別機：

經醣酵後未熟成的堆肥，經玻璃選別機的選別，將玻璃等異物去除後，再送入熟成室，
待熟成為有機肥料——堆肥。

(13) 熟成室：

異物除去後的有機性堆肥原料，應在熟成室腐熟20~30日，在這段期間每週次用鐵鏟車
攪拌翻堆，以防止乾燥或硬化。

(14) 土壤脫臭設備：

堆肥化工程在醣酵前有臭氣產生，但經醣酵後臭氣會減少。

醣酵中的臭氣味道較淡，但因量較多，如果要予以脫臭，在設備的投資上自然要增加。
本土壤脫臭設備的脫臭效果大且運轉成本低廉。

(15) 金屬回收設備：

經振射式選別機選別的第二類垃圾，其主要成分為鐵、錫、玻璃、瓦礫等不可燃物質。
本回收設備以磁選機於輸送帶處將鐵、錫等有價值成分予以分離，經壓縮後作成鐵、錫
塊回利用。

經分離鐵、錫成分後剩下不具可燃性之垃圾，經輸送至儲存槽後，作掩埋處分。

(16) 公害防治機器：

D.M.B. 垃圾資源回收系統與焚化爐法處理一般廢棄物時有所不同，它並無氣體排出，
所以不需要有空氣污染防治的機器設備。

在處理過程中污水的產生極少，若有少量的污水產生，可撒上堆肥予以完全吸收處理，
因此水污染設備可不必考慮設置。

至於噪音問題，因R C結構的建築物可吸收部份音源，因此噪音可減至最小程度，對外
界的影響不大。

振動的影響與噪音相同，因R C結構可吸收部份音源所產生的振動。

在臭氣處理方面，因運用土壤脫臭設備，它可將室內產生的臭氣予以集中處理，是故洩
出設備外的臭氣量就變得很小。

在室內均有換氣設備的設計，對於發生粉塵的問題，可設計「通風濾罩」並在末端出口
設置高效能的集塵機，以防止可能造成的空氣污染。

為兼顧輸送帶的安全問題，所有製程均在密閉的情況下進行。

(17) 自動控制及監視設備：

為使設備機能有效率、運轉安全及節省人力起見，本設備配置全套自動化功能。配合自
動化功能，原則上人工僅限於保養作業。

中央控制室應設於2樓，四面裝置透明玻璃，可供一人擔任工程監視兼作觀察吊車及所有
設備操作運轉情形。

全部機器均設有異常警報系統，以備異常時能做適宜的處置。系統當中並配有緩衝設備
，以避免異常時造成工程的停頓。

(18) 土木建築工程：

表 4：為編號 No.1~24 配備用到馬達之台數及馬達容量表

(單位：KW)

No.	項 目	臺 數	馬 達 容 量	合 計	備 註
1	垃圾吊車 上昇	1	5.5		
	垃圾吊車 開關	1	5.5		
	垃圾吊車 左右	1	1.5		
	垃圾吊車 前後	1	0.75	13.25	
2	鋼板組合之輸送帶 (Apron Conveyor)	1	3.7	3.7	
3	破 碎 機	1	150	150	
4	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	5.5	5.5	
5	振動輸送帶	2	3.7	7.4	
6	振射式選別機	1	5.5	5.5	
7	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	2.2	2.2	
8	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	3.75	3.75	
9	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	2.2	2.2	
10	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	2.2	2.2	
11	乾 燥 機	1	5.5	5.5	
12	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	2.2	2.2	
13	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	2.2	2.2	
14	磁 選 機	1	0.75	0.75	
15	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	1.5	1.5	
16	燃料粉碎機	1	22	22	
17	燃料貯存槽	1	1.5	1.5	
18	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	1.5	1.5	
19	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	1.5	1.5	
20	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	1.5	1.5	
21	熱風發生爐	1	0.75		
	1 次空氣風扇	1	2.2	2.95	
22	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	1.5	1.5	
23	螺旋輸送帶 (Screw Conveyor)	1	1.5	1.5	
24	振動輸送帶		0.4	0.8	

表 5：為編號No.25~46配備用到馬達之台達及馬達容量與 No.1~46 馬達容量合計表

(單位：KW)

No.	項 目	台 數	馬 達 量	合 計	備 註
25	造 塊 機	1	90	90	
26	振射式選別機	2	0.75	1.5	
27	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	1.5	1.5	
28	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	1.5	1.5	
29	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	1.5	1.5	
30	冷 却 機	1	3.7	3.7	
31	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	1.5	1.5	
32	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	1.5	1.5	
33	可燃性垃圾貯存槽	2	1.5	3.0	
34	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	1.5	1.5	
35	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	2.2	2.2	
36	磁 選 機	1	0.75	0.75	
37	沖 壓 機	1	11	11	
38	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	0.75	0.75	
39	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	0.75	0.75	
40	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	1.5	1.5	
41	籃式輸送帶 (Bucket Conveyor)	1	2.2	2.2	
42	多段槽式醣酵槽	1	11	11	
43	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	3.7	3.7	
44	定量供給設備 (Feeder)	1	1.5	1.5	
45	玻璃選別機	1	1.5	1.5	
46	輸送帶 (Conveyor Belt)	1	0.75	0.75	
合 計				387.4	

①工場

工場由垃圾車平台、垃圾貯留場、機械處理設備、多段槽式醣酵槽及成品貯存櫃等所構成，內部分設有中央監視系統以控制所有設備的運轉。

②管理大樓

有關垃圾的運入、成品的出貨、及整體設備維護管理等事務整理皆在此大樓進行。

(3)多段槽式醣酵槽

本槽設計時適用堆肥的熟成及儲存，在中間部份設有土壤脫臭設備用以脫臭。

(4)附屬設備

下列工程是建築物內附屬工事，施工時應配合進行：給排水、衛生、電器設備工程。

(19)配備用到馬達之台數及馬達容量：

表4、5係表示配備內用到馬達之台數及馬達容量合計。

(5)管理營運計劃

(1)人員計劃

表6：管理營運計劃人員計劃表

(單位：人)

名稱		人數	備考
設備管理者		1	所長兼任。
事務員		1	兼管量的控制。
運轉員	中央控制室 堆肥處理員 機械補修維護員	1 1 1	
合計		5	

[註]：電氣維護技術部份視需要可委託專門廠商負責。

垃圾資源回收系統人員編組共5人，分掌設備管理、事務及運轉等。運轉又區分成中央控制、堆肥處理、機械補修維護三部份。

(2)維護費

表7：三個年度內壓碎機、選別機、造塊機及各類輸送帶機械維護費

(單位：千元圓／年)

項目	年 度	第1年	第2年	第3年
壓碎機（第1段）		5,500	5,500	5,500
壓碎機（第2段）		1,500	1,500	1,500
選別機		900	1,100	1,100
造塊機		1,200	1,500	1,500
各類輸送帶機械維修		700	1,000	1,500
合計		9,800	10,600	11,110

從表 7 中可得知第一年之維護費為 ¥ 9,800 千圓／年。第二年之維護費為 ¥ 10,600 千圓／年，第三年之維護費為 ¥ 11,110 千圓／年。

(3) 電力費

① 基本費

設備容量	386KW
電力費	
基本費	¥1,465圓／Kw·月
使用費	夏季 ¥20.5圓／KWH 其他 ¥18.6圓／KWH

② 電力費

操作時間	125H／月 (5H×25日／月)
每月用電	302KW
基本費	$1,465 \times 302 \times 12 = ¥5,310$ 千圓／年
夏季使用費	$386 \times 5 \times 0.6 \times 20.5 \times 25 \times 3 = ¥1,780$ 千圓／年
其他季節使用費	$386 \times 5 \times 0.6 \times 18.6 \times 25 \times 9 = ¥4,850$ 千圓／年
一年使用電費合計	¥11,940 千圓／元

由上述資料可得知本設備一年使用電費為 ¥ 11,940 千圓／年。

(4) 用水量

① 使用水費：(水費單價 ¥ 150 圓／m³)

使用費	$2 \times 25 \times 12 \times 150 = ¥90$ 千圓／年
每年使用水費	¥90千圓／年

表 8：為設備內使用水及生活用水量

(單位：m³/H)

項 目	水 量	水 量	備 考
設 備 內 使 用 水		1	
生 活 用 水		1	
合 計		2	

*內使用水及生活用水量為 $2m^3/H$ ，使用水費每月以 25 個工作天計則

表9：為包括維護費、電力費、用水費在內，三個年度之運轉經費統計

(單位：千圓日幣)

項 目	年 度	第 1 年	第 2 年	第 3 年
維 護 費		9,800	10,600	11,110
電 力 費		11,940	11,940	11,940
用 水 費		90	90	90
合 計		21,830	22,630	23,140

備註：(1)上表經費不包括人事費用。

(2)上表金額係1983年之基準額，將來考慮隨物價波動做適當的調整。

(3)上表金額不包括定期檢查費用。

自表9中可得知第一年之運轉經費為¥21,830千圓，第二年為¥22,630千圓，第三年為¥23,140千圓。亦即是說隨著使用年度的增加，其運轉經費也相對的提高。

(6)製造成本

由表10可得知一年之管理營運費用為¥41,830千圓／年，而製造1噸 D.M.B. 固形燃料塊的成本為¥9,600圓，堆肥之製造成本為0圓。

表10：每年管理營運費用及製造D.M.B.固形燃料塊、堆肥之成本

(單位：千圓日幣)

項 目	金 額	一 年 費 用	備 註
原 料 收 集 費		0	
維 護 費		9,800	
電 力 費		11,940	
用 水 費		90	
設 備 折 舊 費		0	
人 事 費		20,000	4,000 千圓／人・年
合 計		41,830	
製 製 成 本	9,600 圓／t-固形燃料		0 圓／堆肥

三、以堆肥法處理有機廢棄物

自然界由生物與環境構成一生態系，物質在生物與環境中轉換形成一週期性循環，而維

持了此生態系的平衡。在此安定狀況下，資源於是產生，更因經濟活動的發生，將之利用，相隨著廢棄物也產生了。一旦廢棄物產生量超越自然界之還原能力，而無法維持恒定的循環下，則生態系中，因它的累積而造成了公害。為了使自然環境不再被破壞，必須在自然界原有之淨化作用所能涵容的能力範圍內，來減少廢棄物的產生量，並作適宜的處理。

過去廢棄物對環境造成的公害比較不成問題，因為產生的廢棄物量少，影響自然循環的比率不大，只要在涵容、調整能力臨界點內，自然界所具備的自淨作用便依物理、化學、生物等方式分別將廢棄物處理成減量化、安定化、無害化。然而，不論廢棄物排出量多寡，只要處理方式得當，自然界受破壞的情形必不大。

近年來由於廢棄物的產生量遠比自然界的淨化能力超出甚多，且已到了不能任意丟棄不處理的地步。因此適當的完全處理是必要的。處理廢棄物時可依照物理、化學、生物化學等方法進行，使廢棄物的外觀形態、內容產生變化，並借人為的因素而使得自然界的還原速度加速或減速，好讓環境的涵容能力因而擴大。

總而言之，廢棄物處理的定義：「將廢棄物收集並做適當的分類選別後，在可能的範圍內予以資源化，並納入物質循環系統中，使循環系統的速度加快或減速，環境涵容能力因而得以擴大。」

1. 廢棄物的資源化

在金屬器或合成樹脂尚未被大量使用前，丟棄在垃圾場的廢棄物受到大自然的自淨作用而被分解，僅部份的貝殼或骨頭未被分解而可長留以外，大部份的廢棄物還原於土壤。隨著文明的進步及都市化的發展，金屬器或合成樹脂大量被利用而普及化，過去在住家附近形成的垃圾場不但早已不存在，尚存的僅憑任意丟棄亦不能被自然界的自淨作用還原於土壤，因此積存在土壤中不被分解的東西也就日漸增加。這種情況在初期是由各自治團體集中收集，家庭產生的垃圾，投棄於郊外空地或坑谷間，尚不至產生問題。但是近年來人口不斷自四方集中至都市，垃圾量亦隨之日增，過去在郊外設置的垃圾掩埋場已不敷使用，更有民宅緊鄰，以致發生臭氣或衛生上的一些問題，這種以都市為中心，四周擇地投棄以處理垃圾的方式已不再適用。目前多數自治團體建造焚化爐來燒卻垃圾以圖減量化，但因合成樹脂等高發熱量垃圾在燃燒時，焚化爐需改造，且燃燒產生的有毒氣體要加以處理。如此，處理費用必增高，自治團體正為多出的投資成本而煩惱。

現代的社會因資源豐富，物品可以低價購得，過去講究堅固耐用，使用年限較長的東西，如今這些東西被隨意使用後便換新或用過後即丟棄的習慣已建立，如果要改變這樣的習慣實在不容易。為了節省地球上有限資源，防止枯竭，自廢棄物中回收有用的資源是必要的。所幸石油危機以來引發能源節約運動，使得各國改變過去用後即丟的習慣，轉而努力從廢棄物中回收有用資源。今後可預期將有更簡易的有用資源回收系統被研究與開發。

廢棄物處理場要回收有用資源，若以預先已經分類與不先經分類而收集的廢棄物中回收有用資源，兩者比較的結果在效率上有很大的差異，在人事費用、清運成本及最初的投資成本上也有很大的差距。況且從不先經分類而收集的廢棄物中回收有用資源，通常要多耗費相當的時間與勞力，回收的有用資源也多半被其他廢棄物所污染，要處理被污染部份及再製原料費用，反而比新購原料要高，因此除非原料來源不足時，方才採用再製品外，其他時間並得不將回收的原料予以廢棄。所以民衆如果能在垃圾丟棄前先做好簡單的分類，並放置在不同的收集場所以等待清運。如此一來，耗費些許費用就可回收有用資源，也克服了以往未經分類造成回收有用資源之再利用及垃圾處理所形成的一些問題與困難。

目前，提供改善垃圾處理方案的人士，一致指出，灌輸上述想法給一般市民，以喚醒民衆的自覺，不強制、完全自動自發、共同合作，做好分類收集及節約資源的工作。不過此舉需要相當的時間，配合各個階段的進行，長期且確實推廣才會有成效產生。

在日本過去以焚化爐燒卻廢棄物可以達到減量化的目的。各個自治團體要求民衆將廢棄物分類成可燃物及不可燃物二種型態，大致上民衆還能遵守。歐洲各國實行分類收集，據說已有 100 年的歷史。由此可見，二種型態分別收集清運並不會對民衆造成負擔。

前述，廢棄物再利用的可能性，全賴民衆能否互相配合。主管廢棄物處理人員態度積極，加上喚起市民的自覺，這可以說是推行深具經濟價值廢棄物處理方式的原動力。

以下略舉目前世界各國考慮採行回收有用資源較具代表性的方式有：

- (1)乾式壓碎後，以各種選別機取出有用物質。
- (2)濕式壓碎後，以各種選別機取出有用物質。
- (3)冷凍壓碎後，以各種選別機取出有用物質。
- (4)乾式壓碎後，做填土用。
- (5)壓縮後與混凝土混合，做成方形塊狀，做填土用。
- (6)經熱分解後，替代都市用瓦斯做燃料用。
- (7)作成堆肥供農地使用。
- (8)燒爐後剩下之殘渣，作建材之一部份使用。
- (9)利用燃燒後產生的熱能當能源使用。

除上述外，尚有上列各項之組合者，至於不論廢棄物種類均予以處理的方式尚在研究計劃中。整個回收有用資源系統目前都還停留在開發階段，而有待推廣。對於不先經分類收集而處理廢棄物的系統，因初期投入成本大，平時運轉成本高，因此在選擇處理方式時，應考慮處理的成本，以最合適的系統來努力開發。

D.M.B. 有機堆肥系統屬上列第七項，乃將都市的廢棄物處理成有機堆肥。為了要多了解有機肥料對農地的適用性，下面將就最基本的認識逐一說明。

2. 廢棄物以堆肥法處理的情形與經過

(1) 堆肥處理史之展望：

堆肥的歷史可自數千年前古老時代追溯起，古時候人們常放火將森林中積留的腐植質與草木燒掉，殘留下來的灰燼當作肥料，以種植農作物。當土壤缺乏肥分致作物欠收時，就遷往他處再燒森林獲取肥分，如此反覆以此方式來耕種農作物。逐漸地因人口增加至無法再易地耕作，須固定在一定的土地上從事農耕後，此時因土壤中腐植質被一再消耗，地力逐漸低了下來，身歷其境的農民於是開始使用家畜之糞尿或有機廢棄物稻草類來製造堆肥，讓堆肥還原於土壤，以改善土壤的肥力，維持一定的肥沃度。

從1900年開始有運用「好氣性」分解方式來製造堆肥，這種方法源自印度，故又稱印度法。這種方法是將家畜糞尿與稻草等有機物混合堆積，放置在露天下，令其自然分解以製成堆肥。

紐西蘭政府及美國加州大學在1945～1950年間，對有機堆肥作大規模的研究與分析，於是都市廢棄物依有機堆肥方式處理之有關事項自此開始受到重視。隨後陸續有荷蘭、美國、丹麥等國將處理堆肥的方式，全面予以機械化，並針對堆肥中之微生物相、病原菌在堆肥熟成期間是否死滅、肥效價值及作為改良土壤肥力材料等做研究，因而得到對堆肥之安全性和價值有更進一步的認可。

1960年代對過去的研究結果受到肯定，於是堆肥的實用性再次得到確認。但因：「①化學肥料普遍被使用。②垃圾品質的變化，有機成分所佔比率減少。③選別技術發展緩慢配合不上，致使選別費用增加，私人經營不符成本。」等三個因素的影響，導致整套設備關閉的甚多。

直至60年代末期起，相繼有多項報告指出施用化學肥料次數多了後的弊端。於是堆肥的價值與實用性再度被重視。從廢棄物中回收資源也有成為社會福利問題的趨勢，此後各國自治團體紛紛重視，開始研究開發直至現在。

3. 簡介土壤的性質

這裏談到的土壤定義是指應用在農業、林業方面，可支撐、並供給水、養分於作物，而達到以生產為目的者。土壤與農、林業的關係非常密切。農作物或樹木在栽培時須充分研究土壤的性質與植物生長的關係，然後選擇適宜的植物栽種和施肥。土壤經過改良後可增加與維持生產力。在改良之前，則必須要先對土壤的構成與成分、性質作一通盤性的了解才行。

土壤的組成可分成固相、液相、氣相三相。固相由無機物、有機物及生物所構成；液相通常指土壤中之水分；氣相則是指土壤中之空氣。最適合植物生長的土壤組成為固相50%（有機物佔5%+無機物佔45%），液相25%，氣相25%。三相的組合會影響根的生長，水及

氧氣的供給，並直接左右植物的生長。

(1)固相：

①無機成分的組成包括由砂、小石塊形成的岩石及經風化而來的粘土礦物等。除此外尚含有二氧化矽 (SiO_2)、三氧化二鋁 (Al_2O_3 鋁土)、三氧化二鐵 (Fe_2O_3)、石灰 (CaO)、氧化鎂 (MgO)、碳酸鉀 (K_2CO_3)、蘇打 (Na_2CO_3) 等微量成分。這些無機物是植物生長所必需的元素，通常粘土礦物將無機成分固定，以利植物體的吸收利用。在降雨量少的乾燥地區常造成土壤中鹼及鹼土族之鹽類的堆積。但相反的在高溫潮濕多雨地帶，則因雨水的緣故造成土壤中鹽類的流失。如此因氣候條件而左右土壤中無機成分含量的情形，有時是不容忽視的。

②有機成分：

土壤中有機成分的主體是來自動植物的遺體、排泄物、代謝產物及這些物質經微生物分解生成的中間產物和腐植質所組成。腐植質是有機物在土壤中腐敗後濃縮而生成，通常不定形，為呈深褐色至黑色之複雜化合物。內容包括有可溶及難溶於水的各種物質，它善於吸收水分和粘土礦物，也同樣會吸附土壤中之鹽類，便於提供植物體吸收養分以利生長。

③生物：

土壤中有大小各式各樣的動物在活動，其中以微生物居多，它可幫助有機物的分解，使植物能從土壤中吸收到由有機物提供的養分。

(2)液相：

土壤的水份可溶解土壤中有機、無機成分及二氧化碳而往下移動，移動的結果常將上層的養分帶往下層堆積。它可幫助根部吸收養分，也是植物行光合作用不可缺少的物質。土壤含有的水分與土壤粒子的結合能力有時會有不同，如果粒子內部組成含有水分，在粒子的表面會有一股很強的吸引力以吸收水分，造成水分的移動。在土壤中也會有毛細管的現象產生而保有毛細管水，植物便是利用土壤中之移動水分及毛細管水分。植物也會因種類的不同而對水分有不同的需求。土壤中含水分在25%左右最適合微生物的生長。

(3)氣相：

土壤裏的空氣，含二氧化碳及水氣的濃度常比大氣中要高，其他氣體則和大氣無異。土壤中的二氧化碳含量會因土壤之有機物、水分含量、溫度及產生的化學反應、微生物的種類或數量而大有差異。二氧化碳在土壤中會促進土壤的風化，如果蓄積在土壤中則會妨礙根及微生物的呼吸。為了使土壤的通透性良好，適量地將二氧化碳釋放到大氣中，反而有利於光合作用的進行。

4. 簡介土壤中的微生物

土壤中除了含有無機風化物外，尚有很多動植物遺體混入其中，存在土壤裏的微生物便利用這些物質當作營養及能量的來源。能被土壤微生物所分解的有機物有碳、氫、氧、氮、磷酸、硫酸、石灰、氧化鎂、碳酸鉀、蘇打、矽酸等以灰分型態存在。這些成分被完全分解後變成二氧化碳、水、氨及灰分。但是在自然的狀況下，分解的速度很慢且需要很長的時間。

。而呈暗黑色的腐植質由不定形的高分子化合物所組成，它通常能抵抗土壤的被風化。在此把腐植體視為土壤中之有機物，而把暗黑色、無定形之物稱為腐植質。

土壤中除有地鼠、鼠、蚯蚓、線蟲等小動物存在外，還有微生物為保持動態的平衡而生活著，微生物的種類及數量很多，也因此構成土壤一重要功能。

構成動植物體複雜結構的有機化合物，存在土壤時被微生物分解，供給植物生長時所必須的營養來源。土壤中雖有無數微生物生活著，但主要分類可分成細菌、放射線菌、真菌、藻類、原生動物等，以下就各類微生物的作用作簡單的說明：

(1) 細菌：

細菌在土壤微生物中佔絕大多數。砂質土壤中每1g中有數百萬個，但在有機物含量多，分解激烈的土壤中，每1g則有數億個之多。細菌數之多寡常因土壤之種類、溫度、含水率、通氣性、保水性、有機及無機養分提供狀況而有所不同。細菌若依生理與功能的不同可區分如下：

自營性細菌	{ 好氣性細菌 嫌氣性細菌
異營性細菌	{ 好氣性細菌 嫌氣性細菌

自營性細菌：指自己從二氣化碳中攝取所需要的碳，而所需要的能源則自無機物，或由構造簡單的碳水化合物經氧化而得來之細菌。

異營性細菌：指須靠有機物分解後以獲得能源的細菌。

自營性細菌將含氮、硫成分化合物，或鐵、錳、氫、一氧化碳等予以氧化成適合植物吸收的型態。而異營性細菌則將纖維素、半纖維素、澱粉、糖、蛋白質、脂肪、臘及動植物屍體分解。而細菌因生活條件的不同，從溫度方面可分成嗜低溫菌、嗜中溫菌及嗜高溫菌，如果生長條件適合，則微生物會迅速地增殖。因此動植物死屍在分解時，細菌常擔任第一線的工作。

(2) 放射線菌：

放射線菌是由單細胞所形成的菌絲體，大小介於細菌與絲狀菌之間。土壤中每1g大約有十萬至一億個之多，存在量在土壤中僅次於細菌。因放射線菌是異營性細菌，所以也常受環境及有機物含量多寡而影響存活量。因此其增殖與生長的速度比細菌慢，所以每當細菌分解後，剩下較難分解的成分都交由放射線菌來擔當。

(3) 真菌：

真菌的生長是從菌體頂端開始，分生出絲狀菌絲以行有性或無性生殖，生長的細胞沒有運動能力。真菌種類包括蕈類、酵母菌、黴類等，每克土壤中大約有一萬至一百萬個，特別能耐酸性，可在強酸性土壤中擔任分解工作，屬異營性細菌，以分解纖維素、半纖維素、果膠、澱粉等為主，在木質素被分解初期，常可發現有真菌的存在，因此可以說木質素的被分解與真菌有關。

(4) 藻類：

藻類生長在多濕的土壤中，它可自行光合作用以獲取自己所需的養分，因此可以說它是自營性微生物。它最主要的工作是積聚藻類遺體，做為提供其他微生物的生活場所

，其次是擔任分解有機物的工作。

(5)原生動物：

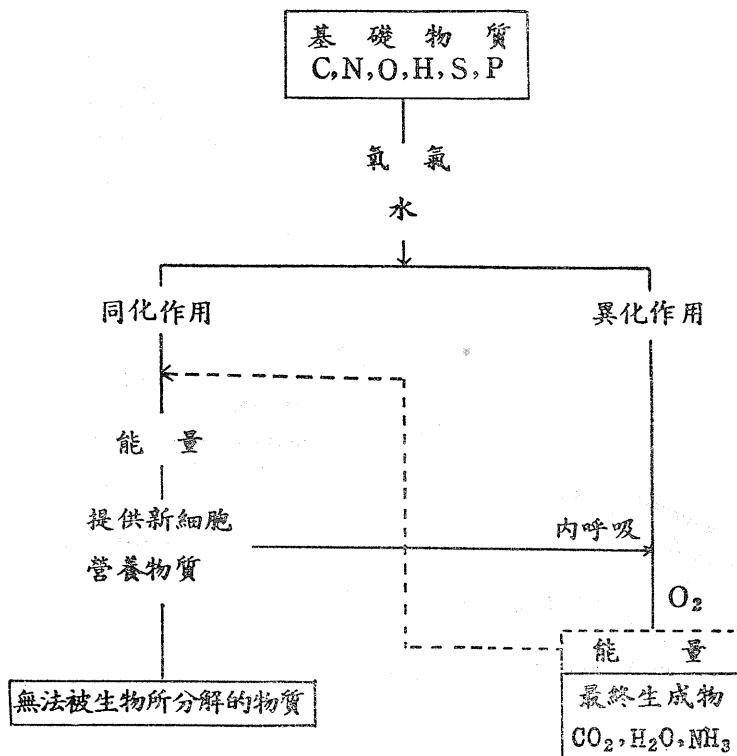
原生動物是最低等的單細胞動物，每克土壤中大約有百萬至五百萬個。它利用土壤中之無機、有機物質、微生物之細胞做為食物的來源，因此對土壤中微生物的平衡影響頗大。

土壤微生物它常依土壤的環境狀況，即季節、溫度、水分及其他人為的因素而影響種類與數量的平衡。也時常因應環境的變化做新的調節而達平衡的狀態。生活在土壤中的微生物常混雜在一起，有時行協同以營生，有時則相互掠奪而保持一動態的平衡。對各種不同性質之有機、無機物質的分解與提供植物適當的營養源上常擔任重要且不可欠缺的角色。

5.利用微生物分解有機物

有機物被微生物分解的方式有二種。一種是在有氧的情況下，稱為好氣性分解。另一種是在缺氧的情況下，稱為嫌氣性分解，微生物和動植物一樣，在生存與增殖時氧氣的供應是必需的。微生物攝取氧氣若是直接取自空氣中或溶於水中之氧氣者，稱為好氣性微生物。倘若是以分解有動物或亞硫酸鹽、硝酸鹽、硫酸鹽等化合物而利用其中之結合性氧氣者稱為嫌氣性微生物。實際上亦有存在兩性中間的微生物。此等微生物存在的意義便是分解有機物。

(1)好氣性分解：



圖十一 為有機物經好氣性分解的過程

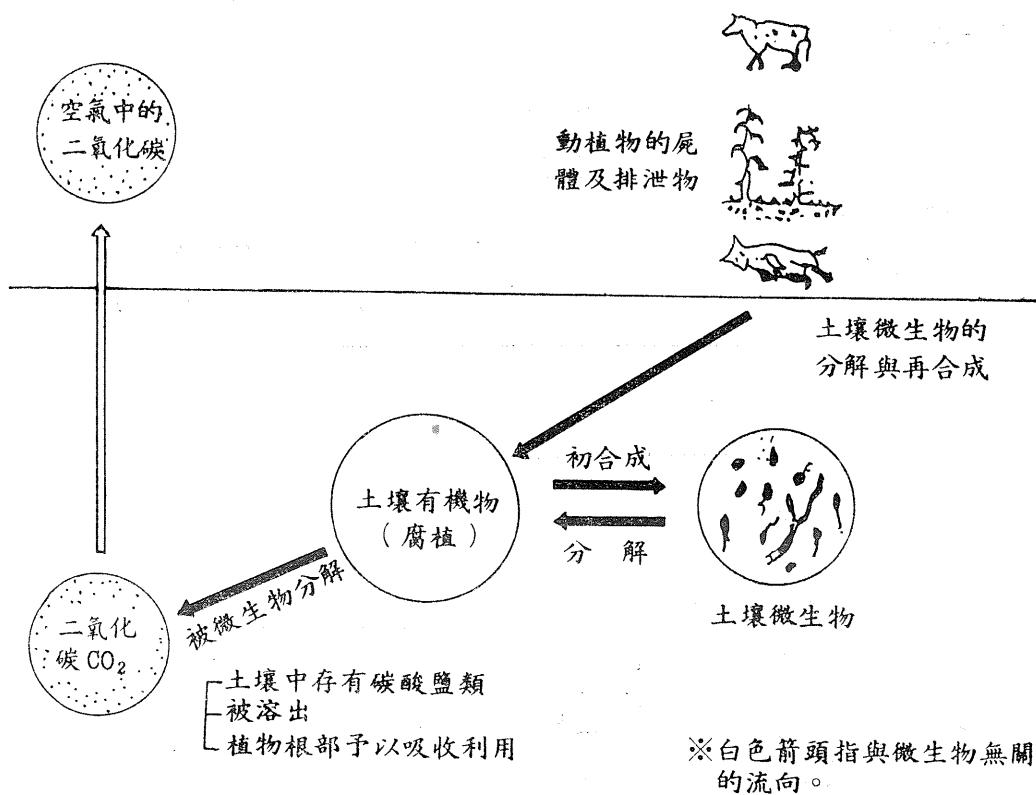
好氣性微生物在有氧情況下利用有機質以得到碳、氮、磷及其他營養元素而生成細胞之原生質。碳與自呼吸作用而得來的氧氣在體內相結合而引起燃燒，產生能量做微生物活動的能源，並放出二氧化碳。碳又是細胞原生質的要素之一。且微生物需要的碳量比氮量要多。通常是 $\frac{2}{3}$ 的碳用於呼吸作用產生能量供微生物活動所需。剩下的 $\frac{1}{3}$ 在細胞中與氮結合做為合成新細胞所需。

自然界中常有有機物的循環再利用現象。如生物死去，有機物之碳、氮則由其他生物所分解並予以再利用。若空氣中或水中有豐富的氧氣存在，有機物被分解的效率高且快。圖十一為有機物經好氣性分解的過程。

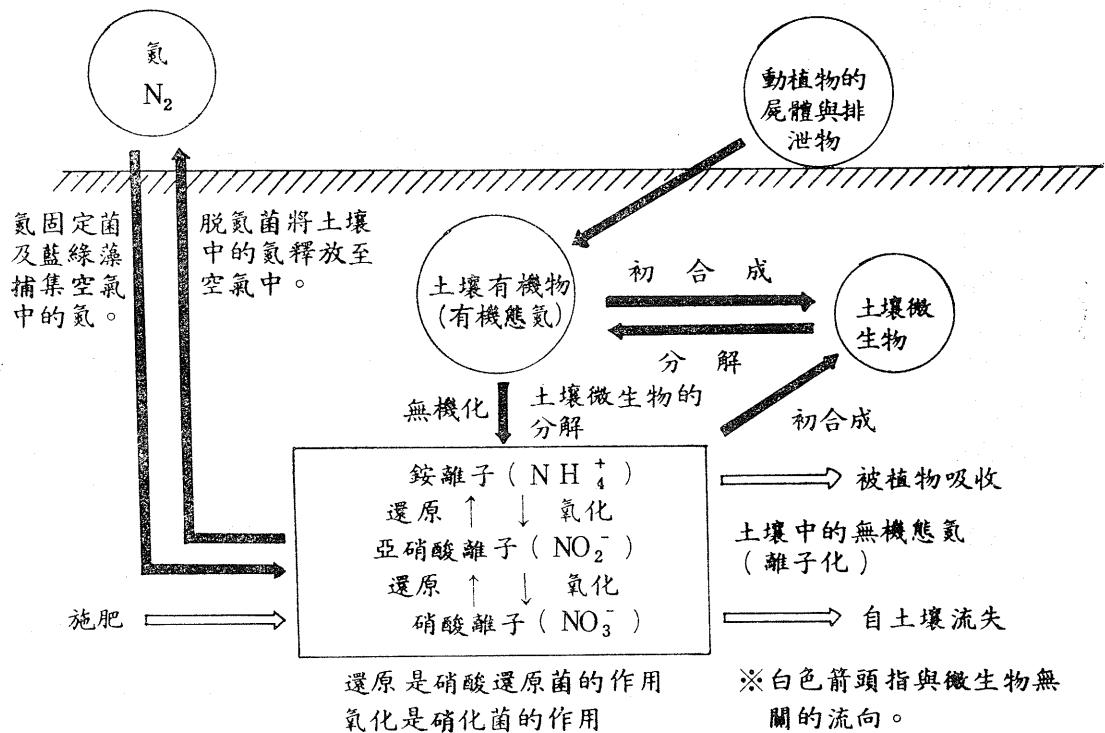
(2) 嫌氣性分解：

嫌氣微生物分解有機物時，將有機物之組成元素用於細胞原生質之生成。另外利用其結合性氧氣行呼吸作用。此時蛋白質與氨基酸之有機態氮被還原成氮元素，而未形成細胞蛋白質的有機態碳，則形成甲烷氣之還原態而被排放掉。嫌氣性分解的中間產物通常有明顯的惡臭或污穢，俗稱腐敗。此外釀造各類酒精的糖類醣酵亦屬嫌氣性分解之一。

茲將土壤微生物與碳、氮循環的關係以圖表示如圖十二、十三：



圖十二 土壤微生物的碳循環



圖十三 土壤微生物的氮循環

6. 有機物的堆積與腐植質的生成

(1) 有機物的堆積：

有機物中碳與氮的含量比稱C/N（碳／氮）比。C/N比是左右有機物在土壤中分解速度的重要因素之一。有機物在土壤中分解時，不管有機物C/N比的大小，當達到某一定值時自然會保持平衡。譬如C/N比大的有機物有如稻草類（C/N:120~150）存在土壤中，微生物所需做為能源的碳元素充足，但作為營養源的氮元素卻因此而不足，此時土壤中的NH₄⁺或NO₃⁻必然缺乏，作物一時需氮量不足，此現象稱為氮飢餓。在此情況下碳會以上二二氧化碳形態自土壤中排放至空氣中，使氮量漸漸增加而使C/N比逐漸變小。反之如果C/N比小的有機物，則作為營養源的氮元素會顯著增加，而有機物迅速被分解，分解後剩餘的氮成為無機態氮而被排出。此等氮態氮可作為肥料被植物攝取利用。但如果排出量過多，則會有部分從土壤中排放至空氣中，此現象稱為脫氮現象。如此有機物之C/N比會因氮的排放而變大。除此外若在碳素多而氧量不足的情況下，碳會與氮競爭氧而使得氮變為游離態，形成脫氮的現象。但C/N比始終會維持在一定值。

土壤中之有機物是動植物遺體在分解過程中未成腐植部份或已成腐植部份所形成的複雜性有機化合物之混合體。因此要表示其一定的組成甚為困難，但其含碳量經實驗而得來，約為58%，因此測知土壤之含碳量後再乘以58%，如此就可得知土壤中有機物的含量，又土壤中有機物含氮量通常是4.0~6.0%，平均是5%。所以在受到良好

管理的耕地土壤，其C/N比大略是：

$$C:N = 58:5 = 11.6:1$$

由上可略知其C/N比大致在10左右。

土壤的C/N比與有機物的分解、微生物的生長、植物的養分供給之間彼此有著相當重要的關係。通常在一定環境下C/N比大約如上所示，有著一定值。但一般是寒帶比暖帶、水田比旱田、上層土比下層土的C/N要大。

土壤中有機物的被分解是微生物作用的結果，因此與土壤微生物活性有關的因素，必然也會影響有機物的分解與堆積。作為有機物的植物越年幼，其水溶性的成分含量越多，C/N比也越小，若木質素含量越少則被分解的速度也愈快，反之較年長的植物被分解的速度將變慢。

有機物的分解，以好氣性微生物作用為主，所以土壤中的通氣性愈好，分解速度也愈快，是故腐植質的堆積量也就少。微生物的繁殖需要適量的水分，如遇過度乾燥時，有機物的分解速率會變慢，以致腐植質的堆積量增多。如遇過度潮濕，通氣性不良，溫度也低時，也會造成腐植質的大量堆積。微生物對土壤的反應為敏感，PH值以中性最適宜，此時分解能力也最旺盛。但若是絲狀菌，因其為好酸性，故PH值應控制在4.5~5.5之間。

若以耕地與未耕地做比較，耕地之流通性、排水性都很好，腐植質的堆積甚少，而未耕地則相反。若開墾未耕地，數年間可免施肥就種植農作物，此乃因未耕地中腐植質的堆積，可以大量供給養分予農作物之故。

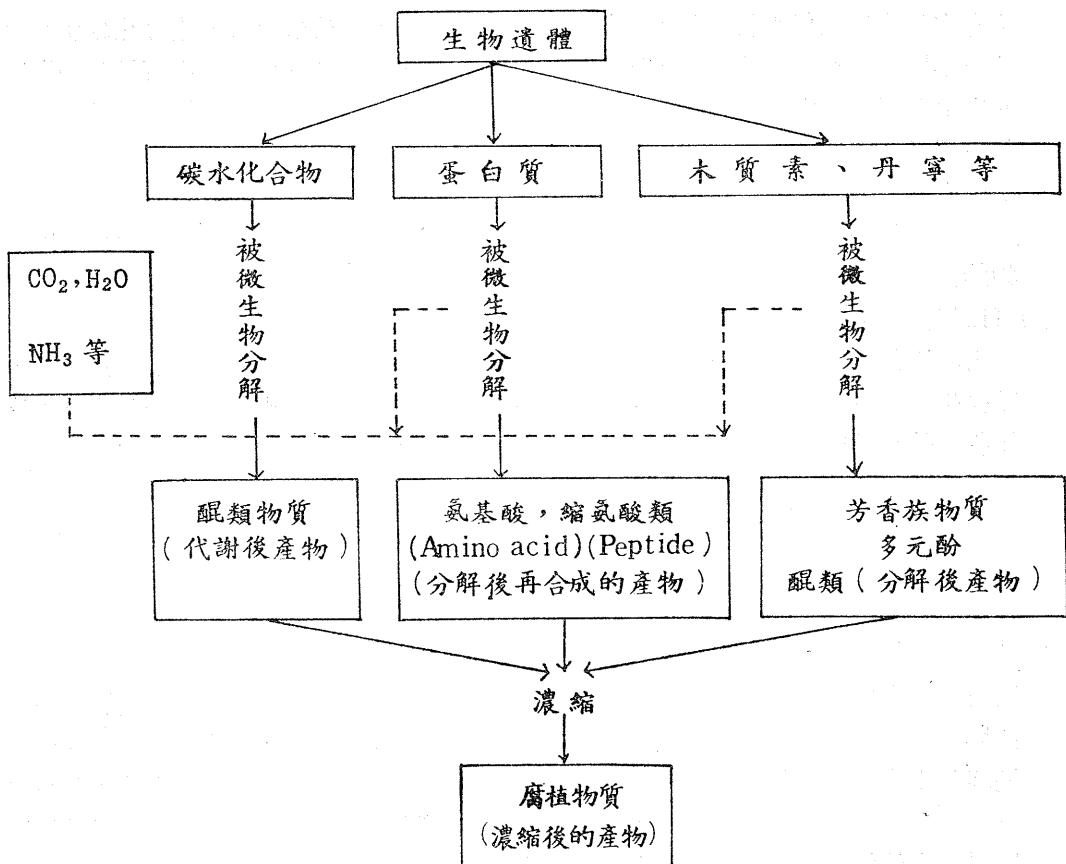
(2)腐植質的生成：

有機物的含量與其性質，對土壤中包含微生物的性質與土壤之物理、化學性質、土壤的肥沃度大有影響。土壤中有機物的變化有：「①有機物的堆積。②腐植化與腐植物質的生成。③腐植物質的分解。」等三個過程。在此僅就腐植物質的生成作說明：

土壤的有機物可分成三大類：①碳水化合物與其有關之化合物（單醣類、雙醣類、纖維素、半纖維素、果膠、戊聚糖、甘露糖、糖醛酸、有機酸、醇、碳氫化合物、芳香族化合物）。②蛋白質與其有關化合物（氨基酸、氨基核糖蛋白、嘌呤、嘧啶）。③木質素、脂肪、丹寧等。這些物質的腐植化過程如圖十四所示。

7.以堆肥法處理有機廢棄物及其意義

經營農業時，對現存的土壤要仔細的認識，因為在不同的國度裏各地區土壤的結構組成與肥沃度一定會有所差異。過去因自然風化使動植物遺體腐敗豐沃的土壤，竟因使用於農業，過度種植與收穫作物，而使過去所蓄積的腐植質在短時間內被消耗殆盡，終變成一不適作物生長的不毛之地。對只事生產而不予補充肥分的土壤，終究也會走上相同的命運。因此時常觀察作物的生長狀況與土壤的狀態，適時予以補充肥分，使土壤能供應作物生長發育所需的養分，也相對使土壤保持在最佳的狀況。農民們自從有了這個概念後，常利用家畜的糞便、尿與草或稻草混合作成堆肥，使用在農地上，經常保持土壤的肥沃度。由於化學肥料的崛起，人們似乎已淡忘或忽視腐植質的肥效，沉浸在化學肥料萬能、既增產又方便。節省人力的幻覺中，其結果使土壤之腐植質消耗殆盡，土壤變成無機化、通氣性不良、植物根部伸展



圖十四 生物遺體被分解成腐植物質的過程

不良、或在砂質土壤因通氣性與疏水性過甚，致施用的化學肥料流失，這些情形普遍在各地發生。正因化學肥料有上述缺點，堆肥運用到農業上有再度被重視的趨勢，而堆肥的來源更因廢棄物資源化再利用的推廣而有了着落。堆肥使用到農業上，所扮演的角色除了當作肥料外，還可提供土壤安定的腐植質，並兼具改善土壤環境的作用，以下就使用堆肥的效果做概略的介紹：

(1)肥料三要素的供給：

堆肥是一含有氮、磷、鉀的肥料。由有機廢棄物所製造的堆肥，其氮、磷、鉀的含量，常因季節或國度的不同而有所差異，但通常的含量是氮 0.5%、磷 0.25%、鉀 0.5%。除三要素外，尚含有矽酸、鈣等無機成分，這些成分植物的需要量也很多，也隨著季節或地方的不同而有差異。

(2)提供微量元素：

堆肥含有各種微量元素，即鐵、錳、鋅、硼、銅、鉬、氯等，這七種元素雖然需要量很少，但植物的生長卻少不了它們。

(3)是一具有長效性的肥料：

因磷或鉀與水結合會有激烈的化學反應，故通常以鹽類的形式存在。堆肥之磷、鉀元

素存在形式與化學肥料相似，但氮以蛋白態氮存在，與硫酸氨或尿素等化學肥料之氮態氮不同。這種蛋白態氮在土壤中被微生物分解，轉換成氮態氮，而讓植物慢慢吸收。在這個過程當中，氮元素會慢慢被吸收利用，造成堆肥的效果，能持久而具長效性。

(4)具有促進生長的物質：

堆肥中除元素外，尚含有有機性腐植質，它含有促進根的發生與生長的作用。植物的生長常靠無機元素的供給。而腐植質之能促進根部發育生長，是靠一類似激素的有機物的作用，堆肥中之腐植質同樣含有此類激素。

(5)可以提供微生物以利分解：

施有堆肥的土壤中含細菌、硝化菌、纖維分解菌、藻類、原生動物、蚯蚓量甚多，這類微生物存在植物生長的地方，可以防止病蟲害的侵入，同時將各種肥效成分供應給植物。使用堆肥於土壤中含腐植質少的地方，其效果更大。

(6)可以改變土壤的物理性狀：

在腐植質含量少、土質粘度大的土壤中，充分施用堆肥，土質會變得柔軟，孔隙增大而易於耕種。由於土壤組成顆粒變大，相對的也使得土壤的保水性、通氣性、疏水性獲得改善。

(7)肥效成分的保持：

肥料成分中，除氮、鉀、鈣等帶陽性電荷外，粘土礦物及腐植質都是帶陰性電荷。是故肥料元素可以吸附在粘土礦物與腐植質的表面，當微生物分解時，肥料元素就被慢慢釋放出來，被植物吸收利用。所以含粘土礦物或腐植質較少的砂質土壤，其疏水性良好，且因少含陰電荷的粒子，是故所施用的肥料常被雨水沖失掉。通常腐植質吸附肥料元素的能力比粘土礦物要大數倍至十倍之多。

(8)防止有害物質的產生：

腐植質可以和鋁結合。因此在酸性的土壤中，可以和具鋁元素結合而抑制酸的活性。磷通常固定在酸性的土壤中，腐植質會與磷元素結合，當被微生物分解時，磷就慢慢被釋放而讓植物吸收利用，如此土壤的酸性也就變得緩和。另外腐植質會與鉛及鎘等有害重金屬產生反應，使植物不直接受害。

(9)具緩衝作用：

腐植質在各方面皆具有緩和的作用，例如添加少量的酸或鹼於腐植質上，其P H值仍不會產生變化。倘若施用堆肥過多或過少或遇到惡劣氣候條件，都不會影響作物的產量。

8.堆肥中的動植物性病原菌

有機廢物如果在未經處理的情況下被施用於土壤，供農作物利用，有可能因廢棄物中所含的有害病原菌而侵害從事農作的人，或迫使農作物瀕臨全滅的危險。雖然在農業範圍內有機肥料是不可或缺的材料，但還是得事先將有害的病原菌滅除後才可以使用。採用低溫殺菌法 $60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 加熱 30 mins 就可殺死病原菌，使達衛生而無害化。因此堆肥在高溫消化處理過程中，將關係到病原菌是否仍能存活的問題。表11是一些動物性病原菌在低溫殺菌溫度與其有效加溫時間內存活情形。

表11：十種動物性病原菌在低溫殺菌溫度與其有效加溫時間內存活情形

(單位：分)

病原菌	殺菌溫度°C	45	50	55	60	65	70	80
		30(s)	5	7	0.5		2(s)	4
赤 痢 菌			60	7	0.5			
回 蟲 生 卵 菌				45				
志 賀 氏 菌					60	3		
布 棒 菌						60	5	
大 腸 菌						30	4	
沙 門 氏 菌							2	
旋毛蟲的幼蟲								20
Micrococcus pygogenes var aureus								20
Mycobaeterium tuberculosis var prsmixis								5
病 毒								25

*(s)Second 秒單位。

1956年西京大學作實驗，在一堆肥槽中有十種植物性病原菌，觀察病原菌受堆肥本身溫度的影響而死滅的情形。（可參考表12）

表12：消化槽內覆蓋塑膠或草蓆以保持溫度而達滅菌效果的情形

	經過日數	以塑膠覆蓋			以草蓆覆蓋			不 覆 蓋		
		1	2	7	1	2	7	1	2	7
堆肥溫(°C)	0 ~ 3 cm				52	54.5	42	39	40	34
	4 ~ 6 cm	52	52	44.5	60.5	58	51	43	44	43.5
南瓜炭疽病菌	0 ~ 3 cm				—	—	—	+	+	+
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
茄子疫病菌	0 ~ 3				—	—	—	—	—	—
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
龍舌菜核病菌	0 ~ 3				+	+	—	+	+	+
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
蘿蔔白鏽刀菌	0 ~ 3				—	—	—	+	+	+
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
稻胡麻葉枯病菌	0 ~ 3				—	—	—	+	+	+
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
鬱金香灰色微病菌	0 ~ 3				—	—	—	—	—	—
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
茶白紋羽病菌	0 ~ 3				—	—	—	—	—	—
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
芭蕉炭疽病菌	0 ~ 3				—	—	—	—	+	+
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
芭蕉擬黑斑病菌	0 ~ 3				—	—	—	+	+	+
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
洋梨褐紋病菌	0 ~ 3				—	—	+	+	+	+
	4 ~ 6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* — : 表植物性病菌原死滅。

+ : 表植物性病原菌存活。

從表11、12可得知病原菌若在 $60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 的高溫消化堆肥中差不多已死滅。整個消化過程必須在 60°C 以上的溫度，連續6小時以上做均勻加溫，排放廢棄物時溫度不得下降。D. M. B. 有機堆肥系統之消化槽內溫度均勻，為保持槽內一定的高溫，如表12所示，常以塑膠或草蓆覆蓋，使堆肥之表面仍能保持一定的高溫，讓減菌的效果良好，因此堆肥品質的安全性可以被信賴，而且調查過去使用的情形並未見有使作物產生蟲害的現象。

9. 有機堆肥的成分分析

過去處理廢棄物的觀念，常侷限在自己國度內或理論性的認為，如能再回收利用的物質以儘量作有效利用為原則。而各自治團體面對年年只增加而不減少的廢棄物，及如何予以減量並注意到衛生問題的妥善處理方式，均視為第一要務，但若談到資源回收再利用，則通常要再考慮國內現有經濟狀況才能做決定。遇到目前世界性對資源回收再利用的重視狀況，從廢棄物取出有價物質，已漸漸被充分考慮到，並尋求一最佳的處理方式。

D.M.B. 所開發的自廢棄物中以廚餘為主體的堆肥化處理設備，便是一資源回收再利用具體又有成效的方式。

表13便是能從廢棄物中回收到的肥料成分。

表13：廢棄物中能回收到的肥料成分

種類	肥料成分	氮 %	磷 %	鉀 %
植物性厨餘	0.257	0.153	0.395	
動物性厨餘	1.549	2.037	1.253	
稻草	0.396	0.075	0.272	
草類	0.475	0.139	0.911	
木竹類	0.128	0.054	0.234	
紙類	0.136	0.046	0.089	
纖維類	0.466	0.312	0.287	
土砂類	0.185	1.098	0.537	

家庭廢棄物經堆肥化處理所得的堆肥肥效成分如表14。可與一般農家以稻草為材料所做成的堆肥肥效成分如表15作比較，可發覺絲毫不遜色。

表14：以家庭廢棄物製成堆肥的肥效成分表

處理場名	肥料成分	氮 %	磷 %	鉀 %	矽酸 %	氧化鎂%
薩克拉曼多 (美國)		1.55	0.55	0.41		
菲林克斯 (美國)		0.91	0.47	0.57		
堺市 (日本)		0.89	0.57	0.59		
佐賀市 (日本)		1.30	0.22	0.48		
小田原市 (日本)		0.94	0.03	0.40	29.25	0.92
豐橋市 (日本)	0.6~1.5	0.4~6.6	0.4~0.6			5.0~6.0
三浦市 (日本)	0.68	0.42	0.25			

表15：以稻草為材料製成堆肥肥效成分表

處理場名	肥料成分	氮 %	磷 %	鉀 %	鈣 %	鎂 %
農業試驗場		0.53	0.20	0.60		
一般農家		0.63	0.47	0.85		
精緻農家		0.79	0.69	0.85		
一般平均		0.39	0.19	0.70	4.5	0.13
最高		1.07	0.57	2.22	16.4	0.49
最低		0.07	0.03	0.09	0.01	0.02

10.堆肥在農業上的應用

施用堆肥的效果，已有多處農業試驗場作過調查，一般均認為對作物確有前述的效果。現以肥沃度與物理性狀較差的土壤或海岸砂地土壤來作試驗以顯現堆肥的使用效果。被試驗的農作物包括有蘿蔔、馬鈴薯、蕃茄、草莓、茄子、綠茶、葡萄、胡瓜、水稻、紅蘿蔔、菠菜、葱、高麗菜、玉米、甘薯、花卉、桔子、蘋果等數不盡的作物。在此特引用山梨縣農業技術研究所的調查結果：表16。係四種土壤施用堆肥收穫量之比較表。

表16：四種土壤施用堆肥與不施用堆肥收穫量之比較表

土 壤	處 理	1.種 蘿 蔴		2.種 馬鈴 薯		3.種 蘿 蔴		4.種 馬鈴 薯	
		根重 kg/a	指數	球 根重 kg/a	指數	根重 kg/a	指數	球 根重 kg/a	指數
洪水冲 積土壤	無 處 理	117	100	92	100	52	100	178	100
	堆 肥 0.2 t	313	268	131	142	358	688	275	154
	堆 肥 1.0 t	328	280	157	171	407	783	370	208
河川冲 積土壤	無 處 理	313	100	180	100	408	100	286	100
	堆 肥 0.2 t	402	128	197	109	412	101	368	129
	堆 肥 1.0 t	297	95	203	113	448	110	413	144
火 山 灰土壤	無 處 理	477	100	344	100	460	100	360	100
	堆 肥 0.2 t	479	100	352	102	463	101	391	109
	堆 肥 1.0 t	529	111	397	115	473	103	456	127
海岸砂 地土壤	無 處 理	277	100	434	100	516	100	387	100
	堆 肥 0.4 t	330	119	516	119	526	102	414	107
	堆 肥 1.0 t	442	160	584	135	537	104	498	129
	堆 肥 0.4 t + 0.4 t					531	103	456	118
	堆 肥 1.0 t + 1.0 t					584	113	518	134

* 海岸砂地土壤第四項若種植高麗菜則根重應改為結球重。

表16當中河川沖積土壤施用堆肥區的蘿蔔收成量反而比不施堆肥區要低。這個低收成的原因可依山梨縣農技所的調查報告作說明。這是因為該地區的土壤PH值呈鹼性。單位面積施用堆肥的量過多時會造成PH值及肥沃度產生變化。一般而言，長時間使用堆肥通常可以使土壤的物理性狀獲得改善：

表17：馬鈴薯在三種不同土壤之收成品品質比較表

土 壤	處 理	總重量 (kg/a)	規格別重量 (kg/a)			
			大	中	小	廢料
洪水中沖積土壤	無處理	178	18	70	78	12
	堆肥 0.2 t	275	60	116	72	27
	堆肥 1.0 t	370	87	192	74	17
河川沖積土壤	無處理	286	20	178	74	14
	堆肥 0.2 t	368	69	225	55	19
	堆肥 1.0 t	413	110	170	116	17
火山灰土壤	無處理	360	40	158	112	50
	堆肥 0.2 t	391	51	162	144	34
	堆肥 1.0 t	456	112	223	97	24

11.堆肥肥效價值的評估

如前所述，在農業上有機肥料是維持土壤肥力，不可缺少的物質。而有機堆肥的真的價值是不能與化學肥料做比較的。在此以肥料三要素之氮、磷、鉀，依其含量以算出肥效價格。

表18：化學肥料的肥效成分評價表

肥 料 名	日本販賣 價 格 20kg 裝	轉換成分名	有效成分	成分價格 1 kg
硫酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	620圓	氮 (N)	21 %	148圓
過磷酸鈣 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	850圓	磷 (P_2O_5)	17.5%	243圓
氯化鉀 KCl	1000圓	鉀 (K_2O)	60 %	83圓

有機堆肥的肥效成分因國度、地方或季節的不同而有所差異。依B. M. B.所做的實驗測值得，若以氮 0.8%、磷 0.5%、鉀 0.5%為基準，假設堆肥之含水量為 30%，則堆肥每一噸的乾燥重量是 700kg，含氮量便是 5.6kg、磷含量為 3.5kg、鉀含量為 3.5kg，依此換算堆肥的肥效價格如下：

$$\begin{array}{ll} \text{氮} & 148\text{圓} \times 5.6\text{kg} = 829\text{圓/kg} \\ \text{磷} & 243\text{圓} \times 3.5\text{kg} = 851\text{圓/kg} \\ \text{鉀} & 83\text{圓} \times 3.5\text{kg} = 291\text{圓/kg} \end{array}$$

以上合計，含水量 30% 的堆肥每 1 噸的肥效價格為 1971 圓。但是真正的價格則應將土壤的組成及農作物消耗腐植質的速度一併計算在內，再依其需要而做決定。

以下表19、20將各國的堆肥販賣價格及在日本所販賣的肥料種類及販賣價格列出以供參考。

表19：世界各國堆肥價格表

	處理場名	容量 (kg)	價格 (圓)	包裝	1 ton 包裝 價格(圓)	備考
西德	Baden-Baden	1000	1600	約含50%水份一袋裝	1600	1972年調查
	Blaubeuren	25	500~750	乾燥品裝	20,000~30,000	1972年調查
	Schweinfurt	25	350	乾燥品裝	14,00	1972年調查
美國	Ecorogy	12.7	1785	乾燥品裝	140,400	1972年調查
墨西哥	Mexico City	3.5	240	乾燥品裝	68,570	1975年調查
日本	豐橋市	1000		約含50%水份一袋裝	600	1976年調查
	長崎市	100		約含50%水份一袋裝	1000	1976年調查
法國	Avignon	1000	2200	約含50%水份一袋裝	2200	1974年調查
瑞士	Villette	1000	950	約含50%水份一袋裝	950	1974年調查

表20：日本化學肥料價格表

	品 名	成 分 %	容 量 (kg)	價 格 (圓)	包 裝	備 考	
氮 素 肥 料	硫 酸 銨	21	20	620	PE塑膠袋	1976年 調查	
	尿 素	46	20	1,100	PE塑膠袋		
	氯 化 銨	25	20	700	PE塑膠袋		
	硝 酸 銨	34.4	20	1,300	PE塑膠袋		
磷 酸 肥 料	過 磷 酸 鈣 (粒)	17.5	20	850	PE塑膠袋	1976年 調查	
	過 磷 酸 鈣 (粉)	17	20	750	PE塑膠袋		
	過 磷 高 度 (粒)	20	20	850	PE塑膠袋		
鉀 肥 料	氯 化 鉀	60	20	1,000	PE塑膠袋	1976年 調查	
	硫 酸 鉀	50	20	1,300	PE塑膠袋		

12.一般廢棄物的質與量

根據統計的結果日本人每人每日平均產生的垃圾量如表21、22。

表21：垃圾排出量 (g/人·日)

年 度	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
全國平均／人 ／日排出量 g	514	491	498	613	661	693	712	755	815

表22：垃圾排出量 (g/人·日) (推算)

年 度	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
全國平均／人／日 排出量 g	873	907	912	979	1016	1056	1097	1140	1184	1230

表23為九國十三個都市每人每日產生的垃圾量。

表23：九國十三個都市每人每日產生的垃圾量

國名	都市名	排出量(g)	調查年代
美 國	紐 約	2122	1969
美 國	洛 杉 磶	1196	1969
英 國	倫 敦	1038	1968
英 國	格 拉 斯 哥	1075	1965
加 拿 大	蒙 特 利 爾	1729	1969
法 國	巴 黎	1022	1969
瑞 典	斯 德 哥 爾 摩	2100	不明
丹 麥	哥 本 哈 根	1030	不明
荷 蘭	阿 姆 斯 特 丹	1050	不明
西 德	漢 堡	1320	1969
日 本	東 京	989	1969
日 本	大 阪	968	1969
日 本	神 戶	708	1969

垃圾的產生量會因生活的方式與生活環境而有所不同。成分上更因各都市自有的特徵就更不相同了。

垃圾性質上的變化最顯著的是紙類及塑膠類的增加，光塑膠的增加比率，東京、大阪就超過10%以上。以下就九年十個主要城市的廢棄物量與質列表說明：如附表1至附表10：

四、採用資源回收系統實績

表24：採用垃圾資源回收系統之機關團體實績表

(單位噸／小時)

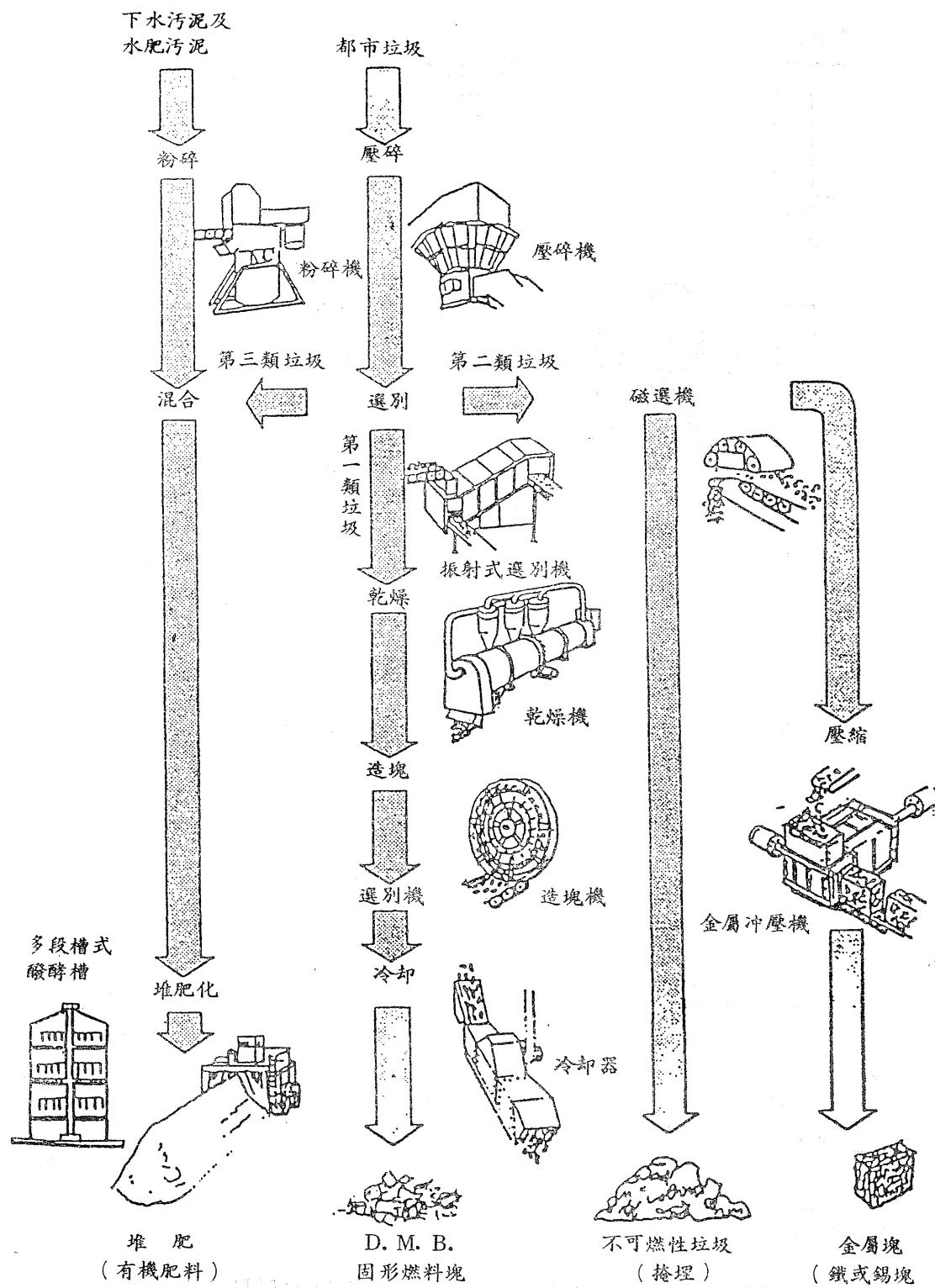
用 戶	垃圾種類	設 備 種 類	處 理 量	採用年份
ICOVA Amsterdam	一般產業廢棄物	振射式選別機 (Ballistic classifiers)	14t/h	1983
Sellbergs Renhallrings	一般產業廢棄物	再利用設備： 燃料、堆肥	30t/h	1982
A B Stockholm	都市垃圾	Brini Module : 1+2+3		
Sundsvalls Kommun	都市垃圾	再利用設備：燃料 Brini Module 1	30t/h	1982
Linkopings Kommun	都市垃圾 廢木材	再利用設備：燃料 Brini Module 1	20t/h	1981
HAAB Helsing borg	一般產業廢棄物 (乾固物)	再利用設備：燃料 Brini Module 1+2	7t/h	1981
Sydvästra Skämes Avfalls AB (SYSAV)	都市垃圾	再利用設備：燃料 Brini Module 1	20t/h	1981
Tyne & Wear County Council Newcastle	都市垃圾	振射式選別機 (Ballistic classifiers)	10t/h	1981
ENADIMSA Madrid	都市垃圾	振射式選別機 (Ballistic classifiers)	10t/h	1981
SFW Saarbrucken	都市垃圾	振射式選別機 Brini Module 1		1981
Eksjo Kommun	都市垃圾	壓碎機，燃料	30t/h	1979
Sellbergs Renhallnings AB Stockholm	一般產業廢棄物	輸送設備，壓縮機	250m³/h	1979
Vaxholm Kommun	都市垃圾 污泥	壓 碎 機	15t/h	1978
Orebro Kommun	都市垃圾 污泥	壓碎機，選別機	50t/h	1978
AFAV Frederikssund Danmark	都市垃圾	壓 碎 機	30t/h	1978
Sellbergs Renhallning AB Stockholm	都市垃圾	輸送設備，壓縮機	70t/h	1977
PLM Atervinnning AB Malmo	廢 紙	選 別 機	10-22t/h	1976
HAAB Helsing borg	一般產業廢棄物	再利用設備：紙，塑膠類	5t/h	1975
Schakta AB Malmo	污泥，樹皮	堆 肥	15t/h	1975

由表24可得知 D.M.B. 垃圾資源回收系統從1975年起對被採用而且正繼續延用中，因此可以說它是一具實際績效的垃圾處理設備。

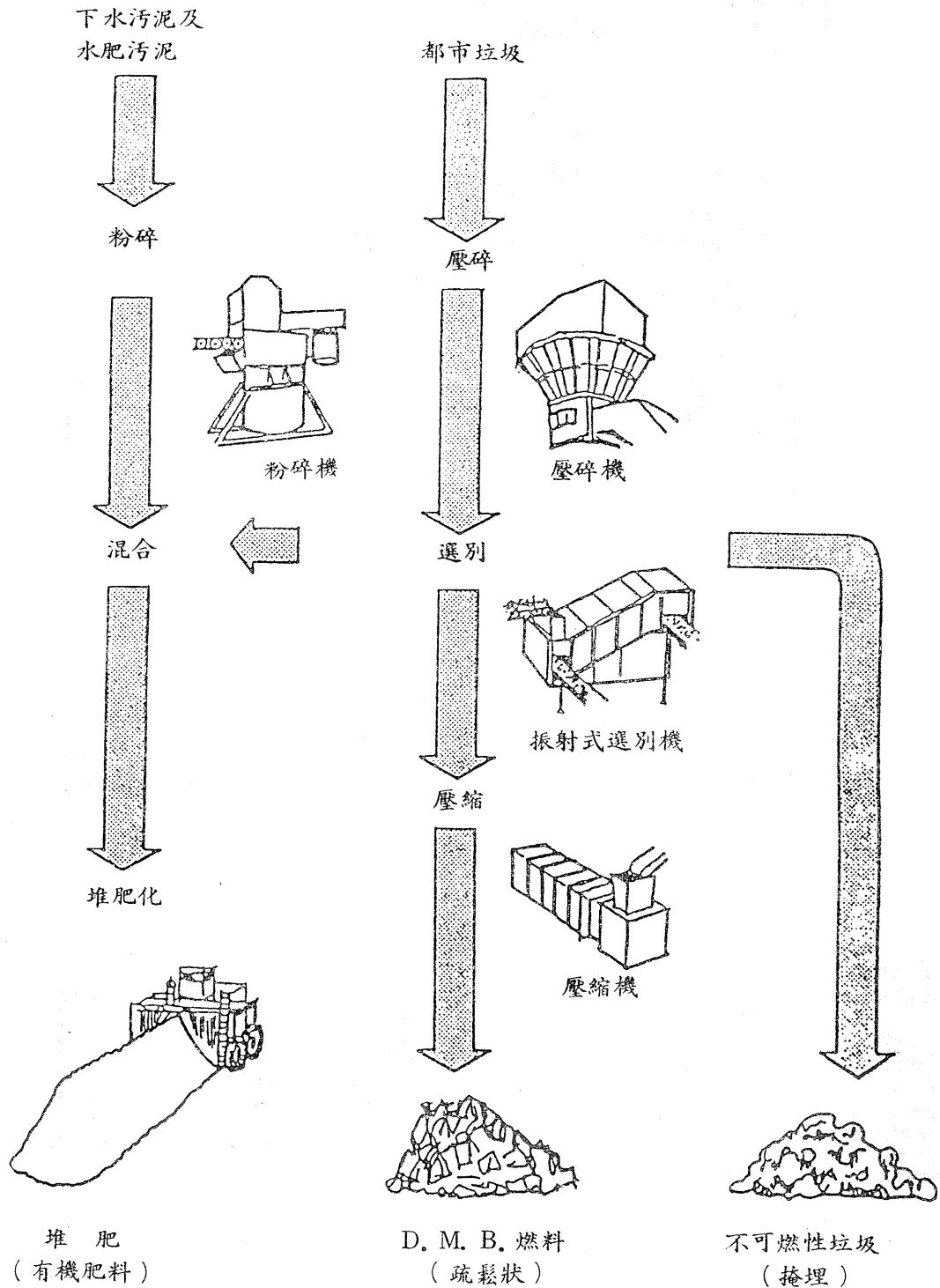
五、結論

垃圾不是沒有用的東西，國外的 E. F. W. (Energy From Wastes) 觀念，就是處理垃圾的同時，要做到回收能源，亦即「能源製造產品，產品變為垃圾，垃圾再製成能源，以製造新產品」的一套生生不息的循環。垃圾能就地取材，好好的回收其中能源及可用物質，即解除了人類被垃圾淹沒的危機，也保證了比來自千里之外的石油、煤更便宜，比原子、核子發電更安全的廉價能源的獲得，及物質再循環利用。

目前最需要重視與考慮的，便是垃圾回收品的市場問題。沒有市場，垃圾回收處理便沒有經濟效益，相對的也就沒有效率可言，同時也將造成能源的浪費。因此市場的有無將影響垃圾處理的方式，是故在決定以回收方式處理垃圾之前，應先考慮垃圾回收品的市場出路，以致造成能源物質的損失與設備投資的不經濟。

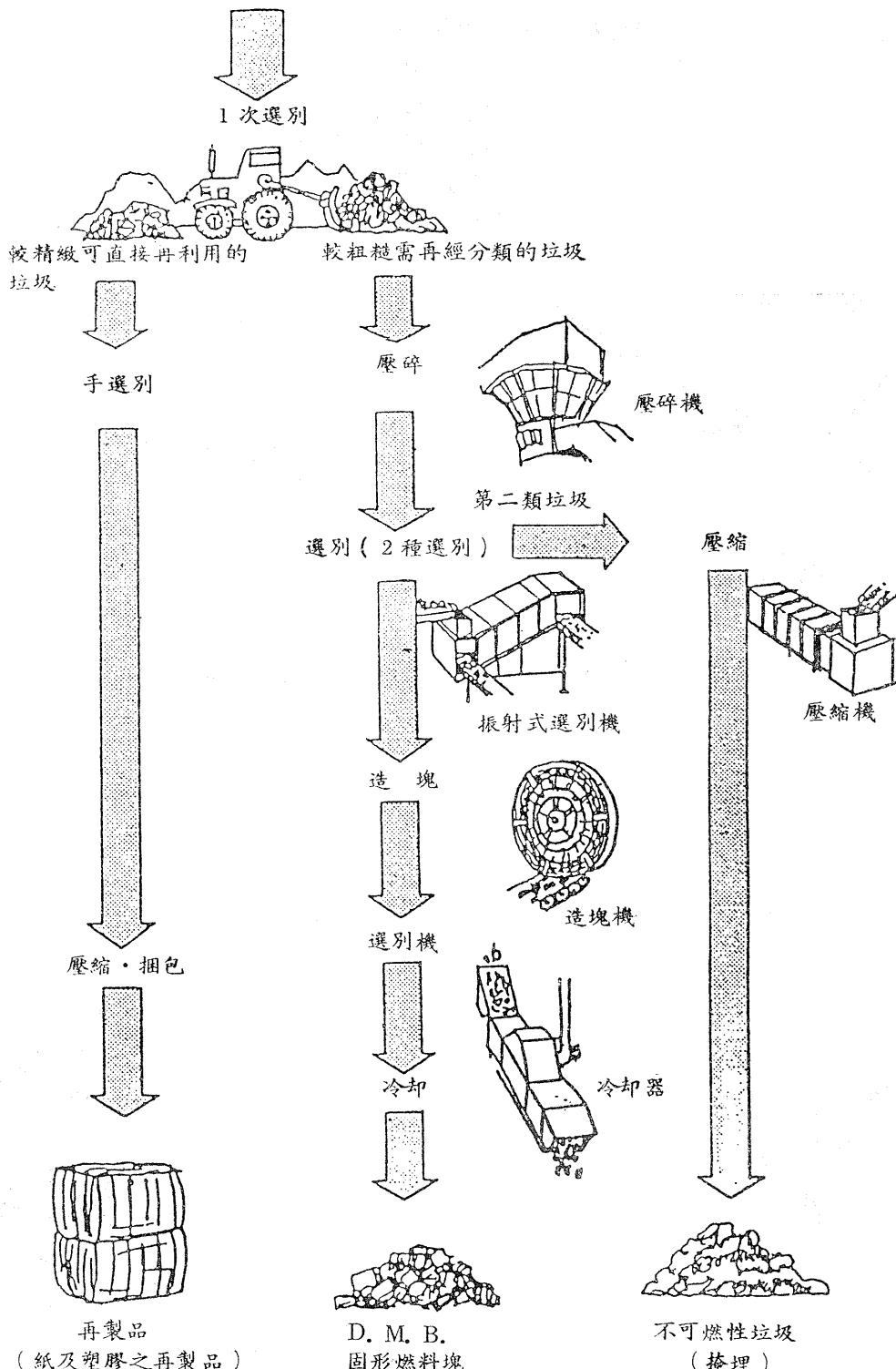


附圖一：以都市垃圾為主體回収利用成品為堆肥、D.M.B. 固形燃料塊、
鐵塊、不可燃性垃圾之製程(一)。



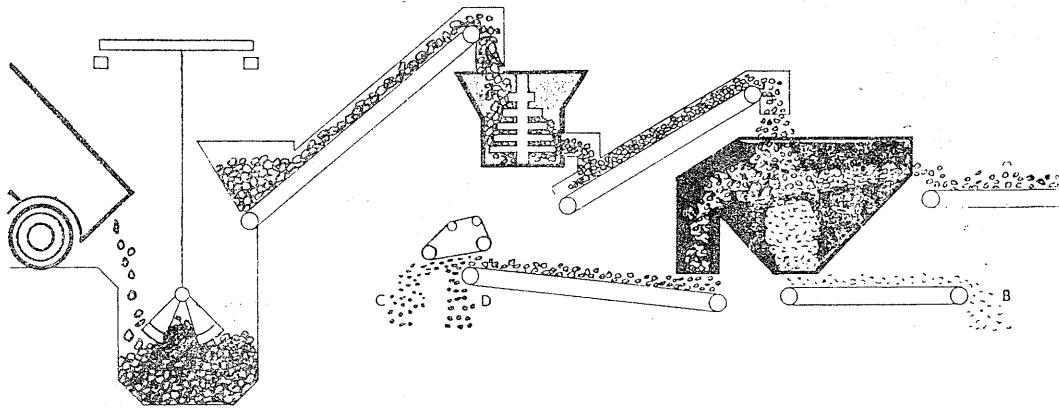
附圖二：以都市垃圾為主體，回收利用成品為堆肥、D.M.B. 疏鬆物燃料
、不可燃性垃圾之製程(二)。

商業及乾燥後的產業垃圾



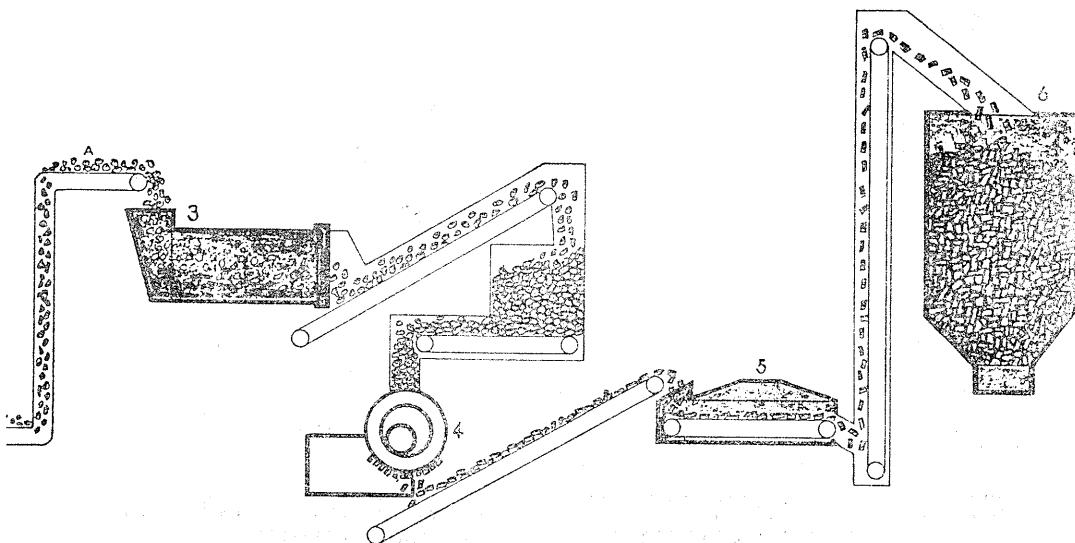
附圖三：以商業及乾燥後的產業垃圾為主體，經一次選別後，回收利用成品之再製品、D.M.B. 固形燃料塊、不可燃性垃圾的製程(三)。

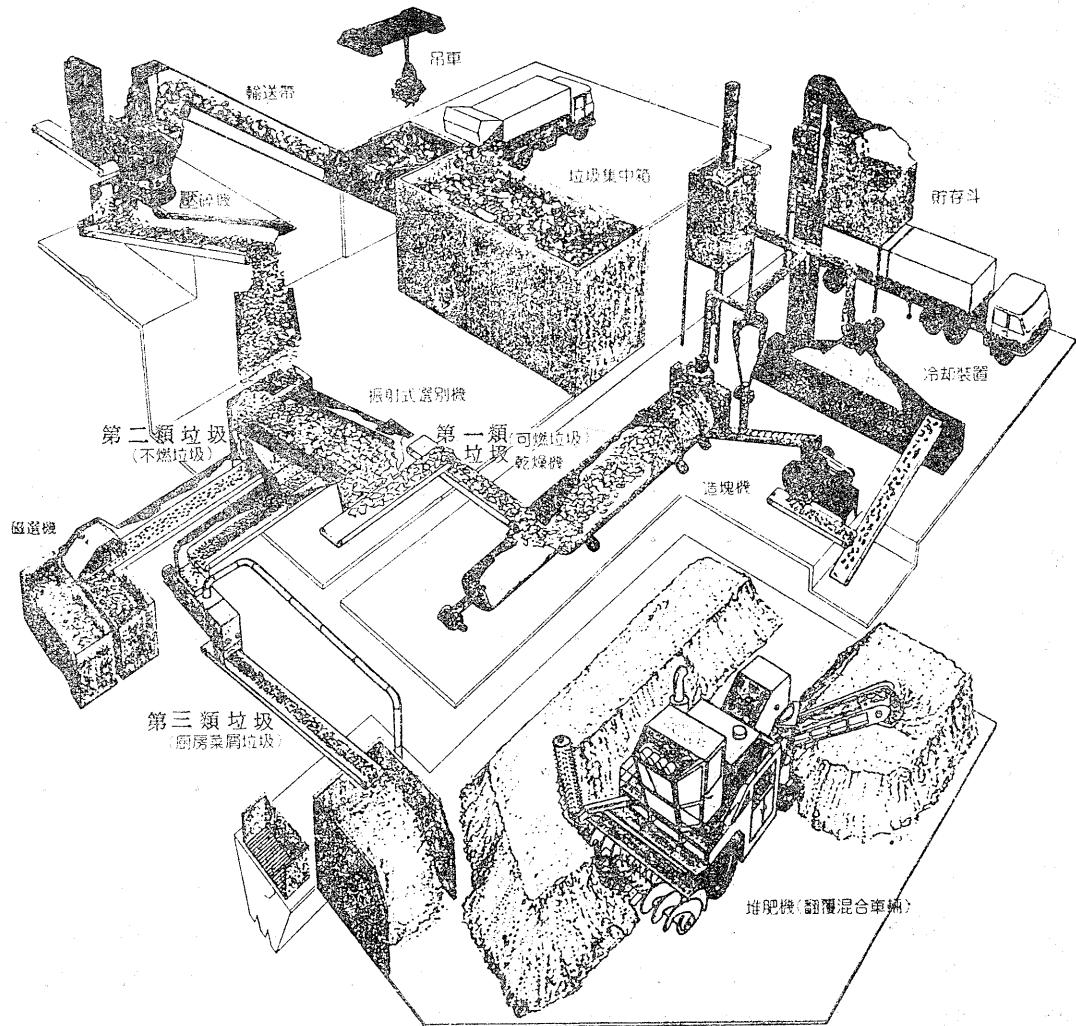
- 代號說明：1.壓碎機 (Shredder)
 2.振射式選別機 (Ballistic)
 3.乾燥機 (Dryer)
 4.造塊機 (Pelletizer)
 5.冷卻器 (Coofer)
 6.貯藏室 (Tank)



附圖四：D.M.B. 垃圾資源回收系統各機組之流程圖

A : 可燃性垃圾（第一類垃圾）	40~45%
B : 有機性垃圾（第三類垃圾）	35~45%
C : 金屬類垃圾（第二類垃圾）	5%
D : 不可燃性垃圾（第二類直接掩埋之垃圾）	10%





附圖五：垃圾資源回收系統整體設備圖

大 阪 市

附表1：大阪市垃圾的質與量

(單位 重量%)

區分	年 度 名 稱										
		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
堆肥	植物性厨餘	3.8	10.8	11.4	7.6	9.1	8.1	7.6	7.4	9.7	8.4
	動物性厨餘	3.1	1.7	1.9	1.7	1.1	1.7	1.9	1.7	1.3	1.6
	稻草、落葉等	4.1	4.4	3.5	2.1	3.1	2.2	3.0	1.9	2.2	1.7
	麵包屑、剩飯	1.8	2.0	6.4	1.0	1.4	2.2	2.3	2.2	2.8	2.2
小 計		12.8	18.9	23.2	12.4	14.7	14.2	14.8	13.2	16.0	13.9
可燃物	紙 類	35.6	39.6	31.6	34.4	29.9	38.6	28.7	37.8	42.2	34.0
	木 竹 片	4.5	4.2	3.8	2.5	5.1	2.4	3.4	5.4	3.8	2.9
	塑 膠	4.7	3.3	5.1	5.1	5.8	7.6	12.1	11.6	11.3	10.5
	纖 維 類	3.6	2.9	4.9	2.2	3.7	2.7	3.9	3.8	4.1	5.6
	橡膠、皮類	0.2	0.3	0.7	0.3	0.2	0.8	0.4	1.0	1.1	0.1
	其 他	0.3	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	—	—	0.5	—
小 計		48.9	50.5	46.3	44.9	44.8	52.3	48.5	59.6	63.0	53.1
不燃物	金 屬 類	5.4	3.1	3.5	5.9	3.9	6.9	7.2	5.3	4.1	7.4
	玻 璃、陶 器	16.9	15.5	10.1	24.9	23.6	18.5	19.3	11.0	8.9	10.3
	土 砂	7.1	5.6	6.4	5.5	4.2	2.8	1.8	2.0	1.0	2.8
	其 他	8.9	6.4	10.5	6.4	8.8	5.3	8.4	8.9	7..	12.5
小 計		38.3	30.6	30.5	42.7	40.5	33.5	36.7	27.2	21.0	33.0
合 計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
垃圾產生量g／人・日		581	637	717	725	830	968	1087	1225	1164	1204

東京都

附表2：東京都垃圾的質與量

(單位重量%)

區分	名稱	年 度		1963	1968	1969	1970
堆肥	厨 餘 類			18.1	12.0	15.5	15.1
	小 計			18.1	12.0	15.5	15.1
可燃物	紙 類			27.3	33.0	34.8	32.1
	竹 片 木			4.3	6.0	1.9	3.0
	塑 膠			7.2	9.7	13.2	13.7
	纖 維 類			4.5	4.7	4.3	5.3
	橡 膠 、 皮 類			1.9	—	1.5	3.0
	其 他			2.2	15.2	6.5	6.4
	小 計			43.8	68.6	62.2	63.5
不燃物	金 屬 類			4.5	4.7	5.8	5.3
	玻 璃 、 陶 器			7.4	7.0	10.6	12.1
	土 砂			19.5	2.1	1.7	0.9
	其 他			6.7	5.6	4.2	3.1
	小 計			38.1	19.4	22.3	21.4
	合 計			100.0	100.0	100.0	100.0
	垃圾產生量 g /人・日				910	989	1124

巴 黎 (法國)

附表 3 : 巴黎垃圾的質與量

(單位重量%)

區 分	年 度 名 稱	1950		1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
		(6月)	(6月)	(3月)	(1月)	(2月)	(1月)	(9月)	(3月)	
堆 肥	厨 餘 類	34.5	24.8	12.6	15.6	13.0	15.4	18.7	19.8	
	小 計	34.5	24.8	12.6	15.6	13.0	15.4	18.7	19.8	
可 燃 物	紙 類	11.9	29.6	28.6	28.0	32.1	33.3	35.3	32.4	
	木 竹 類	2.4	4.1	2.4	3.7	4.5	3.6	4.9	2.5	
	塑 膠	—	1.0	0.8	1.8	1.4	1.7	3.4	3.5	
	織 維 類	2.6	5.7	3.4	3.8	3.9	3.9	4.1	3.1	
	其 他	0.8	0.2	8.9	0.3	0.2	0.2	0	0	
	小 計	17.8	40.6	44.1	37.6	42.1	42.7	47.7	41.6	
不 燃 物	金 屬 類	2.2	4.2	3.3	3.9	4.6	4.1	4.5	4.7	
	玻 璃	4.2	3.9	3.9	5.4	5.0	5.1	7.3	7.8	
	陶 器 、 砂	5.8	2.4	2.7	4.7	3.2	3.2	2.4	2.5	
	其 他	35.5	24.1	33.4	32.8	32.1	29.5	19.4	23.6	
	小 計	47.7	34.6	43.3	46.8	44.9	41.9	33.6	38.6	
	合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

里約熱內盧（巴西）

紐約（美國）

附表 4：里約熱內盧垃圾的質與量

(單位重量%)

區分	名稱	年 度	
		1963	1970
堆肥	厨 餘 類	28.8	13.3
	小 計	28.8	13.3
可燃物	紙 類	21.9	36.3
	木 竹 類	1.4	—
	塑 膠	1.2	2.6
	纖 維 類	—	1.9
	其 他	3.8	6.8
	小 計	28.3	47.5
不燃物	金 屬 類	3.3	4.3
	玻 璃	1.7	3.1
	陶器、土砂	37.9	31.8
	其 他		
	小 計	42.9	39.2
	合 計	100.0	100.0

附表 5：紐約市垃圾的質與量

(單位重量%)

區分	名稱	年 度	
		1967	
堆肥	厨 餘 類	17.3	
	小 計	17.3	
可燃物	紙 類	44.8	
	木 竹 類	9.7	
	塑 膠	5.1	
	纖 維 類	0.1	
	橡膠、皮革	0.8	
	小 計	60.5	
不燃物	金 屬 類	8.0	
	玻璃、陶器	11.3	
	土 砂 類	2.9	
	其 他	—	
	小 計	22.2	
	合 計	100.0	

倫 敦 (英國)

附表 6：倫敦垃圾的質與量

(單位重量%)

區分	名稱	年 度		1925 1926	1966 1967
		1888	1892		
堆肥	厨 餘 類	13.2	8.3	14.7	19.2
	小 計	13.2	8.3	14.7	19.2
可燃物	紙 類	—	4.3	15.0	34.0
	塑 膠	—	—	—	1.3
	織 維 類	0.4	0.4	1.8	2.4
	小 計	0.4	4.7	16.8	37.7
不燃物	金 屬 類	0.4	1.0	3.6	10.6
	玻 璃	1.3	1.4	3.0	10.9
	陶 器 、 土 砂	3.1	1.4	7.1	2.3
	其 他	81.6	83.2	54.8	19.3
	小 計	86.4	87.0	68.5	43.1
	合 計	100.0	100.0	100.0	100.0

西柏林（德國）

阿姆斯特丹（荷蘭）

附表7：西柏林垃圾的質與量

(單位重量%)

區分	名稱	年 度	
		1963	1972 1973
堆肥	厨餘類	21.1	19.4
	小計	21.1	19.4
可燃物	紙類	18.5	24.6
	塑膠	1.0	1.1
	纖維類	1.7	2.5
	其他	8.2	7.4
	小計	29.4	35.6
不燃物	金屬類	5.2	5.3
	玻璃	9.8	8.8
	陶器、土砂	4.1	3.5
	其他	30.3	27.4
	小計	49.4	45.0
	合計	100.0	100.0

附表8：阿姆斯特丹垃圾的質與量

(單位重量%)

區分	名稱	年 度	
		1969	
堆肥	厨餘類	11.0	
	小計	11.0	
可燃物	紙類	45.0	
	塑膠	2.5	
	纖維類	0.5	
	其他	15.0	
	小計	63.0	
不燃物	金屬類	4.0	
	玻璃	8.0	
	陶器、土砂	—	
	其他	14.0	
	小計	26.0	
	合計	100.0	

瓜地馬拉

(立吞) 垃圾量

附表 9：瓜地馬拉垃圾的質與量

(單位重量%)

區分	調查區域 品名	A 地區	B 地區	C 地區	D 地區	E 地區
堆肥	蔬 菜	15.0	6.9	18.6	14.5	10.4
	水 果	18.0	21.9	14.9	14.3	11.9
	食 物	12.2	10.9	16.5	7.3	8.8
小計		45.2	39.7	50.0	36.1	31.1
可燃物	紙 類	21.0	18.6	12.8	19.3	14.4
	木 材	—	—	0.8	2.0	2.5
	塑 膠	4.0	2.8	3.3	3.0	1.8
	纖 維 類	5.5	—	2.0	11.7	1.5
	庭 園 屑	12.2	28.7	—	10.3	40.0
小計		42.7	50.1	18.9	46.3	60.2
不燃物	金 屬 類	3.2	1.8	4.4	1.5	1.1
	玻 璃 類	3.1	0.3	7.7	3.3	2.9
	土 砂	5.8	8.1	17.8	12.8	3.8
	其 他	—	—	1.2	—	0.9
小計		12.1	10.2	31.1	17.6	8.7
合計		100	100	100	100	100

巴拿馬

附表10：巴拿馬垃圾的質與量

(單位重量%)

區分	名稱			百分%
堆肥	厨餘	類		58.8
	其	他		
	小計			58.8
可燃物	紙	類		23.6
	木	材		1.6
	塑	膠		1.8
	織維	、其他		1.3
	小計			28.3
不燃物	金屬	類		7.1
	玻	璃	類	5.5
	其	他		0.3
	小計			12.9
	合計			100.0