

서울과 뉴욕시에 있어서 固體廢棄物의 處分法 比較考察

鄭文植·鄭用澤

서울大學校 保健大學院

I. 緒 論

1980年度 서울市에서 排出된 固體廢棄物量은 744萬噸으로 하루 平均 20,000톤이 나오고 있다. 이 量은 8톤 트럭 100대로 收去·運搬할때 收去地點에서 處分場까지 25회를往復하여야 한다. 과거에는 處分場이 서울市內中心地나 比較的 가까운 변두리에 있어서 運搬距離가 가까웠으나 지금은 都心地에서 直線距離로 12km程度인 蘭芝島한 곳 밖에 없다. 約 90萬坪의 땅에 埋立하고 있으며 1985年 12月이면 이곳의 埋立도 다 끝나고 다른 地域을 찾아야 한다. 廢棄物 埋立地로 다른 地域을 物色할때 다음 두가지 事項은 거의 確實하다. 첫째, 서울에서 가까운 곳에 있는 埋立可能地域은 다 사용하여 버려서 새 埋立地는 現在의 埋立地까지의 距離보다 멀어진다는 事實이다. 둘째, 埋立地는 未開發地이므로 道路가 잘 建設되어 있지 않고 運搬距離까지 멀므로 同一量의 廢棄物을 處分하는데 더 많은 時間, 裝備 및 人夫가 所要되고 經費도 훨씬 더 많이 든다. 더 나아가 首都圈의 人口增加와 1人當排出廢棄物量의 增加로 總 廢棄物 排出量은 크게 上昇할 것으로 생각된다. 그러나 埋立할 땅을 求하기는 더욱 어려워지고 있다. New York市

에는 居住人口가 約 707萬名이나 晝間의 活動人口는 1,000萬名 以上에 이르며 固體廢棄物 排出量도 하루 約 22,000톤에 이르고 있다. 市內中心에서 가까운 埋立可能地域은 다 使用하여 버리고 總 排出量의 約 10%인 2,100톤은 3개의 燒却場에서 燒却處分하고 나머지는 市內中心地에서 距離가 먼 Staten Island의 Fresh kills等地에 埋立處分하고 있다. 특히 Fresh kills 埋立地는 360萬坪이나 되며 New York市 9個 Transfer Station에서 平均 615톤 容量(125트럭分)의 Barge船에 싣고 最長 44km까지 航海하여 이곳에 하루 約 9,600톤, 年 270萬톤을 埋立하고 있다.

한편, 서울의 廢棄物을 處分하고 있는 蘭芝島는 1985年末이면 그 땅을 다 消耗하여 버리고 1986년부터는 하루 2萬톤 以上 끊임없이 나오고 있는 廢棄物을 管理하기 爲해서는 處分法을 開發하든지 새로운 埋立地를 찾아야 할 實情에 놓여 있다.

이를 爲하여 서울市와 環境廳에서 많은 努力을 하고 있다. 이에 그 活動面에서 世界最大라고 볼 수 있는 New York市와 서울에서의 固體廢棄物處分法을 서로 比較檢討하여 봄으로써 서울의 廢棄物 處분에 도움이 될까하여 그 內容을 報告하는 바이다.

II. 調査内容

1. 서울과 New York 市の一般特性

서울은 北緯 37°에 位置해 있어서 New York 市の 北緯 40°보다 더 남쪽에 있으며 氣溫은 서울이 -16.2~31.7°C(平均 10.8°C)인데 비해 New York 은 -3.3~29.4°C이었다. 또한 年平均 降水量은 서울이 1,269.0mm 인데 비해 New York 市는 1,020.8mm이다.

서울은 面積 627 km²에 1980 年 國內調査에서 人口가 837 萬名이나 되어 人口密度는 13,000 名이 넘었으며 New York 市는 946 km²에 707 萬名이 居住하여 人口密度는 7,500 名 程度로 서울보다 낮았다. 그러나 晝間 活動人口는 兩 都市 모두 1,000 萬名 程度로 비슷할 것으로 생각된다.

한편 서울은 內陸의 都市이나 New York 市는 海岸에 面한 岾 地方으로 大氣汚染物質과 水質汚染物質의 稀釋에는 서울보다 훨씬 有利한 條件에 있다(表 1 參照).

表 1. 서울과 New York 市の一般特性 比較

項 目	서 울	New York 市
平 均 緯 度	37°	40°
氣 溫(°C)	-16.2~31.7	-3.3~29.4
降 水 量(mm)	1,269.0	1,020.8
面 積(km ²)	627	946
人口(萬名, 1980)	837	707
人口密度(名/km ²)	13,349	7,474
地 域 特 性	內陸	海岸島嶼

2. 서울과 New York 市の 固體廢棄物 特性
1980 年度 서울市에서는 744 萬톤이 排出되어 하루 平均 20,000 톤을 收去處分하였으며 1 人 1 日 排出量은 2.4 kg 程度였다.

한편 New York 市에서는 800 萬톤이 排出되어 하루 平均 22,000 톤을 收去하며 1 人 1 日 排出量도 3.1kg 로 서울보다 높았다(表 2

參照).

表 2. 서울과 New York 市の 固體廢棄物 排出量

項 目	서 울	New York 市
年 排 出 量(萬톤)	744	800
日 排 出 量(톤)	20,380	22,000
1 人 1 日 排 出 量(kg)	2.4	3.1

특히 兩都市의 廢棄物 成分을 보면 더욱 뚜렷한 差異를 볼 수 있다. 서울의 廢棄物에서 可燃性이 36%에 不週하고 非可燃性이 64%나 되었으나 New York 市에서는 反對로 可燃性이 85%이고 非可燃性은 15%에 不週하였다(表 3 參照).

表 3. 서울과 New York 市の 固體廢棄物 成分比較

(單位: 重量%)

成 分	서 울	New York 市
可燃性:	36	85
종 이	3	54
부엌쓰레기	28	15
섬 유	1	1
짚, 낙엽	1	10
나 무	1	2
고무, 피혁	1	1
기 타	1	2
非可燃性:	64	15
재	60	5
도 기	1	1
유 리	2	2
금 속	1	7

兩都市에서 成分差異의 主原因은 서울에는 아직 燃料로 煉炭을 많이 사용하고 있으나 New York 市에서는 石炭을 거의 사용하지 않고 재가 거의 나오지 않은 기름, 가스 및 電氣를 主 燃料로 使用하는 것과 New York 市에서 新聞, 책 등을 버리는 종지와 각종 色裝紙 그리고 都心 事務室에서 나오는 각종 종이類가 서울보다 훨씬 많은데 起因한 것으로 생각된다.

3. 서울의 廢棄物 處分

서울市에서는 1980年度에 排出된 744萬톤을 거의 蘭芝島에 埋立處分하였다. 蘭芝島는 漢江下流의 北쪽에 面해 있으며 서울의 西쪽 끝에 該當한다. 都心에서 約 12km의 距離이며 總面積 89萬坪에 1977年 3月 埋立이 시작된 以來 1980年末 約 40萬坪이 埋立되었으며 1985年末에는 埋立이 完了된다. 500여臺의 車輛이 廢棄物을 收去하여 蘭芝島까지 道路로 運搬한 後 埋立處分하고 있다.

4. New York 市の 廢棄物 處分

New York 市에서는 Department of Sanitation이 固體廢棄物을 專擔하고 있으며 —

般保健行政은 Department of Health에서 擔當하고 있다. 이 Department of Sanitation에 Bureau of Waste Disposal이 있어서 廢棄物 處分을 專擔한다. 廢棄物은 燒却과 埋立의 두가지 方法으로 處分하고 있다.

1) 燒却法 : New York 市에는 3個의 燒却爐가 稼動되고 있다. North Brooklyn의 Greenpoint, Southwest Brooklyn 그리고 Queens의 Betts Avenue의 3곳에 있으며 設計容量은 모두 1日 1,000톤이나 實際로는 平均 700톤으로 하루 總 燒却 廢棄物量은 2,100톤이다. 이들 세 燒却爐의 基本構造는 같으며 그림 1과 같다.

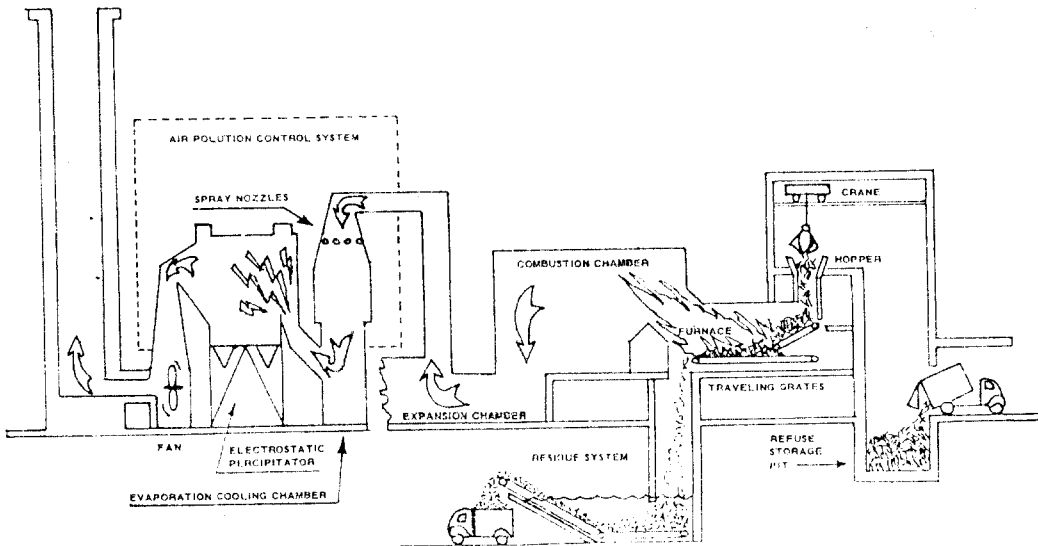


그림 1. New York 市 燒却爐의 基本構造

表 4. New York 市 固體廢棄物 埋立量 推計

(單位 : 톤/日)

年 度	1980	1985	1990	1995	2000
埋 立 地					
Edgemere	520	0	0	0	0
Fountain Avenue	7,700	0	0	0	0
Muldoon Avenue	1,300	1,650	0	0	0
Fresh Kills	9,300	21,700	15,000	14,070	14,200

870~980℃ 溫度下에서 燒却되고 나온재, 鐵, 其他 非燃燒性物質은 들어온 廢棄物의 25% 程度이며 이들을 물에 떨어 뜨려 식혀진 다음 排氣가스의 集塵裝置에서 나온 粉塵과 같이 廢棄物 埋立地에 보내어 埋立處分하고 있다.

2) 埋立法: New York市 埋立地와 年度別 容量推計는 表 4와 같다(表 4 參照).

Edgemere와 Fountain Avenue 埋立地는 곧 敗衰되고 1985年이 되면 하루 埋立容量 1,650톤의 Muldoon Avenue 埋立場이 있기는 하지만 거의 모든 埋立廢棄物은 Fresh Kills Landfill로 가게 된다. 모든 廢棄物은 Barge 船으로 Upper New York Bay를 通해 이곳까지 運搬埋立된다.

New York市에는 9個所의 Marine Transfer Station이 있으며 이곳까지 廢棄物 트럭으로 運搬되어 온 廢棄物은 Station 밑에 碇泊中인 Barge 船에 떨어뜨려진다. 보통 한 Station에서 하루 두 Barge 船이 廢棄物을 積載運搬하는데 한 Barge 船의 平均積載量은 615톤(125 트럭分)이며 최대 900톤까지 積載可能하다. 별도의 Tugboat가 와서 이 Barge 船을 끌고 埋立地까지 航海한다. 가장 먼 Station과의 距離가 44km이며 Barge 船은 市 所有이나 Tugboat는 個人所有이므로 契約下에 運營되고 있다. Fresh Kills에는 2個所의 Marine Unloading Plant가 있으며 Plant 1에는 2個, Plant 2에는 1個의 大型 固定 Crane이 있어서 Barge 船에 있는 廢棄物을 집어서 여러個가 連結된 Wagon에 옮겨 싣는다. 이 連結된 Wagon을 Tractor로 끌고 埋立現場까지 가서 옆으로 기우려 廢棄物을 붓으면 Bulldozer가 고루 分散시키고 殺蟲劑를 뿌린 後 重裝備로 다진 다음 約 60cm의 새 흙을 덮어 마무리 作業을 한다. 이곳 Fresh Kills 埋立地에는 하루 10,000~12,000톤의 廢棄物이 埋立되고 있다.

5. 廢棄物 處分法의 改善計劃

1) 서울市

① 各 家庭에서 成分別로 分離貯藏한 廢棄物을 成分別로 相異한 날자에 收去하여 資源으로 再活用하려고 한다. 우선 가장 많은 煉炭재는 漢江綜合開發事業을 推進함에 따라 江 兩岸에 高水敷地를 造成할때 盛土用으로 日 4千톤, 年 150萬톤씩 1985年까지 總 400萬톤을 사용할 計劃이다.

또한 서울市에서는 우선 蘭芝島의 敷地 總 3萬坪에 하루 1,500톤의 燒却場을 設置하여 그곳에서 分離된 燃燒性 廢棄物을 燒却處分할 計劃을 세우고 있으며 1987年度까지 계속 江 西區, 道峰區 및 江東區에도 同一容量의 燒却場을 設置할 計劃을 세우고 있다.

② 環境廳에서는 首都圈地域(서울, 仁川, 水原, 城南, 議政府, 安養, 富川, 光明, 果川) 地域의 廢棄物 埋立場 設置計劃을 模索하고 있다.

이 地域의 常住人口는 1,200萬名으로 全國民의 約 30%나 된다. 埋立候補地域으로 3곳을 選定하였으며 모두 仁川地域에 있는 地域으로 南洞, 白石洞, 佳亭洞이다. 이 중에서 埋立容量이 가장 큰 白石洞(550萬坪)이 南洞(223萬坪)이나 佳亭洞(352萬坪)보다 좋은 것으로 보고 있다. 埋立地를 指定·活用하는데는 進入路 建設, 土地 및 家屋 等の 補償費와 附帶施設費 등이 많이 드는데 한번 投資하면 오랫동안 利用할 수 있는 地域이 좋을 것으로 可及的 넓은 地域이 좋다. 이들에 地域 모두 運搬距離는 約 40km이다.

2) New York市

New York市에서도 늘어나는 廢棄物의 量을 處分할 수 있는 적절한 地域을 찾기는 더욱 어려워지고 있어서 處分方法의 改善을 爲한 여러가지 方法이 研究되고 있으며 主要 方法을 紹介하면 다음과 같다.

① Brooklyn Navy Yard 計劃 : New York 市에서 처음 試圖하는 資源再生工場으로 Brooklyn Navy Yard 北쪽의 Kent Avenue와 Wallabout Channel 사이의 16,000坪의 땅에 燒却場을 建設할 豫定이다. 하루 여섯 Barge 船으로 運搬되어 오는 廢棄物 3,000톤을 燒却해서 900萬 kg의 蒸氣를 生産하고 이를 Con Edison(電氣會社)에 賣却하고 이 會社는 Hudson Avenue Plant를 통해 East River 및 既存 Tunnel을 經由하여 Lower Manhattan 地域 建物の 煖房과 冷房用으로 供給된다는 計劃이다. 年 1百萬 Barrel의 기름을 節約할 수 있으며 그의 알루미늄, 鐵, 非鐵金屬等을 回收할 수 있다고 한다.

② Bronx 地域 資源回收計劃 : Bronx 地域의 廢棄物을 하루 1,700톤 燒却할 수 있는 燒却爐를 建設하여 年 625,000톤을 燒却하고 4萬 kw의 電力과 Steam을 生産하여 41萬 Barrel의 기름을 節約한다는 計劃이다.

最適地로 Hunts Point를 推薦하고 있으며 하루 860톤 燒却容量의 3個 爐를 建設하여 2個는 燃燒에 使用하고 나머지 1個는 故障이나 修理時 使用하도록 計劃을 樹立하고 있다.

그외에도 New York 市에서는 向後 15年內에 廢棄物을 燒却시켜서 Energy를 回收하는 工場을 7~10個所 建設할 計劃으로 있다.

③ 埋立地에서의 Gas 回收計劃 : 固體廢棄物을 埋立시켜 두면 그 속의 有機物質은 嫌氣性分解을 하여 가스가 發生하며 그 가스의 約 50%는 Methane 이고 나머지 49%는 炭酸 가스이다. 이 가스는 보일러나 發電所의 補助燃料로 사용될 수 있으며(普通 550 Btu/ft³) 精製를 하면 1,000 Btu/ft³ 까지 되어 家庭으로 供給할 수도 있다. 現在 推算으로는 1kg의 廢棄物에서 4ft³ 粗 Methane 或은 2ft³ 精製 Methane 이 나온다. 그래서 市에서는 既存 埋立地를 個人會社에 貸與하여 經濟的, 技術的 妥當性 調查研究을 實施하고 있다.

例를 들어 Fresh Kills 埋立地 約 50萬坪을 Getty Synthetic Fuels Inc.에 貸與하여 埋立地 가스를 精製하고 質을 높이는 施設을 計劃하고 있다. 이 精製가스를 Brooklyn Union Gas Co.에 賣却하여 Staten Island 住民들에게 供給할 豫정인데 이 量이면 15,000 家庭에 充分한 가스를 供給할 수 있을 것으로 推算된다.

市에서는 가스會社에 販買하는 價格의 12.5%를(年 1百萬弗) Royalty로 받을 計劃이다. Bronx의 Pelham Bay 埋立地에서의 가스回收計劃을 爲하여 Wehran Energy Corp.을 最適會社로 指定하고 埋立地 가스의 量과 質을 確認할 수 있는 妥當性 調查를 하도록 依頼하고 있다. 또한 市에서는 Fountain Avenue Landfill도 1985年 以後에는 埋立地의 가스를 回收하도록 準備하고 있다. 그의 New York 市當局은 Johns Hopkins Applied Physics Laboratory에 用役을 주어 市 所有全 埋立地에서 潛在가스量과 質 그리고 開發方法에 對한 研究를 하도록 하고 있다.

④ Office Paper Recycling Programs(OPRP) : New York 市の 商街나 事務室, 빌딩의 廢棄物中 77%까지가 종이類이므로 市 傘下 Department of General Services가 主管하여 컴퓨터用紙等 主로 高級 종이類를 回收하고 있다. 回收方法은 Program 加入會社의 職員책상에 folder를 두고 각 직원은 종이를 그 folder에 둔다. 나중에 回收員이 모아서 中央에 놓아둔 回收桶에 넣어 두었다가 商人이 와서 가져가도록 한다. New York 市の 經驗으로 加入會社의 職員 參與率은 平均 90% 정도였으며 1981年의 販買代金은 12萬弗이고 1982年度의 收入은 前年度의 2倍가 될 것으로 期待하고 있다. 主要 參與會社는 AT & T(電話), Chemical Bank, Con Edison(電氣), New York Times 等이다.

Ⅲ. 結 言

New York 市の 常住人口은 707 萬名으로 서울의 837 萬名보다 적으나晝間의 活動人口는 두 都市 모두 1,000 萬名 程度로 비슷하며面積은 New York 市가 946km²인데 비해 서울이 627km²로 서울이 훨씬 적다. 人口密度는 前者가 km²當 7,474 名이나 後者는 13,349 名이었다. 固體廢棄物 排出量은 1980年度 1 年間 서울에서는 744 萬톤이 排出되어 하루 20,000 噸 程度 收去·處分하였으나 New York 市에서는 22,000 噸을 處分하였다. 處分方法을 보면 서울에서는 全量을 蘭芝島에 埋立 處分하였으나 New York 市에서는 세 燒却場에서 約 10%인 2,100 噸을 燒却處分하고 그 외 20,000 噸 程度는 埋立處分되고 있으며 그 중 10,000~12,000 噸을 Staten Island 에서 處分되고 있다.

즉 지금까지의 處分方法是 두 都市 모두 비슷하게 埋立處分하여 왔다. 그러나 앞으로 開發되고 있는 處分方法是 그 成分에 따라 兩 都市에서 淸異하게 달라질 展望이다. 서울의 廢棄物에는 可燃性成分이 36%程度이고 나머지 64%는 非可燃性物質로 燒却處分을 하기에는 不適當하지만 New York 市에는 可燃性이 85%이고 非可燃性은 15%에 不過하여 燒却處分法이 可能하나 經濟的 理由때문에 埋立處分을 主로 하고 있다. 特히 總 廢棄物中 종이類의 무게가 서울의 境遇 3%에 지나지 않은데 비해 New York 市에서는 54%나 되어 큰 차이를 보여 주고 있다.

그래서 서울에서는 家庭에서 廢棄物을 成分別로 分離貯藏하였다가 可能的 限 再活用하려고 한다. 特히 煉炭재는 漢江綜合開發事業으로 江 양쪽에 高水敷地를 造成할 計劃을 推進하고 있다. 그리고 서울市에서는 可燃性成分을 燒却處分하기 爲해 4~5 곳에 燒却場을 建設할

計劃을 세우고 있다. 1985年末이면 蘭芝島埋立場도 埋立이 끝날 것으로 보고 環境廳에서는 首都圈 廢棄物 處分場으로 仁川市 白石洞에 550 萬坪 規模의 埋立場을 造成하려는 計劃을 推進하고 있다. 즉 可燃性物質이나 再活用 可能物質의 比가 낮아지므로 새로운 處分法이나 資源再活用方法이 開發되지 않은 以上 앞으로 主 處分法은 埋立이 될 것으로 생각된다.

反面에 New York 市에서는 可燃性物質이나 종이類의 比가 높으므로 廢棄物을 태워서 Steam을 發生시켜 地域住民의 冷·暖房에 이용할 計劃을 推進하고 있다. 또한 既存 埋立地에는 可燃性 有機物質이 腐敗됨에 따라 Methane 가스가 發生함으로 이 가스를 利用하려는 研究를 推進하고 있다. 發生 그대로의 가스에는 Methane 가스가 約 50%程度 包含되어 있으며 熱量은 約 550 Btu/ft³로 보일러나 發電所의 補助燃料로 使用될 수 있고 精製를 하면 熱量이 1,000 Btu/ft³까지 올라가서 家庭用으로 使用될 수 있다. 그래서 New York 市 全埋立場에 對해서 가스 回收를 爲한 開發計劃을 研究檢討하고 있다. 그의 事務室이 集結해 있는 都心地에서는 特히 컴퓨터用紙等 高級 종이類를 回收하는 計劃을 推進하고 있으며 呼應度가 좋아서 1981年度에는 12 萬弗의 收入이 있었고 1982年度에는 收入이 1981年度의 倍가 될 것으로 推算하고 있다.

서울의 경우 仁川地域에 大規模 埋立場이 設置된다 하더라도 總 排出量이 계속적으로 늘어나고 있기 때문에 이를 效果的으로 管理하기 爲해서 利用可能資源의 活用을 極大化하도록 努力하여야 할 것이다. 特히 廢棄物의 成分差異 때문에 New York 市나 그의 先進國에서 活用하고 있는 方法을 그대로 適用할 수 없으며 우리의 모든 與件이 勘案된 새로운 方法이 考案되지 않으면 안된다.

다만 外國의 成功事例는 우리의 處分法 開發

을 위한 좋은 參考資料가 되므로 積極 調查研究하여 活用해야 될 것으로 믿는다.

參 考 文 獻

1. 서울特別市 : 서울統計年報, 1980, 1981, 1982, 1983.
2. 서울特別市 : 시정, 1983.
3. 經濟企劃院 : 常住人口調查報告, 1979, 1980.
4. 保健社會部 : 主要保健社會統計, 1980, 1981, 1983.
5. 保健社會部 : 保健社會統計年報, 1980, 1981, 1983.
6. 環境廳 : 環境保全, 1982.
7. 環境廳 : 首都圈 大單位 廢棄物埋立場 設置를 위한 妥當性 調查報告書, 1983. 12.
8. 서울市 土木試驗研究所 : 서울市의 塵芥分類와 處理方案 調查報告書, 1977.
9. 鄭文植 : 固體廢棄物에 의한 環境破壞와 그 對策, 韓國經濟, 1976.
10. 鄭文植, 曹永叙, 鄭用澤 : 生活廢棄物의 成分에 關한 研究, 韓國環境衛生學會誌, Vol. 7, No. 2, 1981.
11. N. C. Thanh, B. N. Lohani : Günther tharuni; Waste Disposal and Resources Recovery, AIT, Bangkok, Thailand.
12. City of NY. Dept. Sanitation : Upgrading New York City's Landfills, 1980.
13. City of NY. Dept. Sanitation : Environmental Quality Review in New York City, 1981. 4.
14. City of NY. Dept. Sanitation : A Policy for Recycling in New York City, 1980. 1. 30.
15. City of NY. Dept. Sanitation : Waste-to-Energy of the Brooklyn Navy Yard, Public Hearing, 1981. 5. 21.
16. City of NY. Dept. Sanitation : Waste Disposal in New York City, Waste Age, 1981. 12.
17. City of NY. Dept. Sanitation : Recovery of Gas from Landfills in New York City, 1981. 9.
18. City of NY. Dept. Sanitation : Proposed Brooklyn Navy Yard Resource Recovery Facility, Project Summary, 1981. 12. 11.
19. City of NY. Dept. Sanitation : Update, Waste Disposal, Recycling Resource Recovery, 1981. 9.
20. Council on the Environment of New York City : Office Paper Recycling Service, 1981.
21. Power Authority of State of New York : Resource Recovery in the Bronx, 1981. 3. 25.