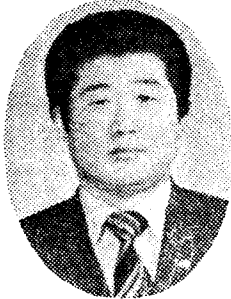


북한산 국립공원의 고형 폐기물에 관한 연구

A Study on the solid waste of Buk Han Mt National Park



도 갑 수*

Doh, Kap Soo

장 일 영**

Jang, Il Young

김 광 진***

Kim, Kwang Jin

Abstract

The number of visitors to Bukhan Mt. national park, generation quantity of solid waste and collection system were researched to consider a counterplan for the pollution control of the national park and study for developing the effective treatment of solid waste was tried through the proximate analysis of each component containing.

Results obtained in this study were summerized as follows;

The great part of visitors go on an excursion to the Bukhan Mt. national park during July and August and also, the solid waste was generated nearly a half of the total amount at the same period.

The major collection facilities in the national park were waste basket and incineration box. But the incineration box was too large in volume and very far in distance, and its collection period was irregular, so it was cause to the congestion of solid waste and bad smell and dirty.

Therefore, to complete collection of solid waste, we must set up the waste basket which able to find within 40~50m from the origination place of solid waste and induce the visitors to throw the solid waste.

It was obtained as moisture content: 48.5wt%, volatile solid: 28.4wt%, fixed solid: 23.1wt%, lower heating value: 1,320kcal/kg from experimental analysis of solid waste.

According to this analysis, the incineration operation is possible, but the generation quantity of solid waste was too small to construct incineration plant for heat recovery.

It was found that it is suitable for the aerobic composting by mixing with the night soil which generate in the national park after the recovery of resources such as metals, glasses and plastics.

* 工學博士·化工技術士(化學裝置 및 設備)·環境管理技術士(水質管理)·승진대학교 화학공학과 교수

** 승진대학교 화학공학과

*** 삼환기업 연구소 환경사업부

I. 서론

최근 급격한 인구의 증가와 도시의 발달로 인한 거주밀도의 증대로 일반생활폐기물인 쓰레기가 제 3의 오염(the third pollution)¹⁾으로 자연 환경에 크게 영향을 미치고 있다. 우리나라에도 1960년대의 고도의 경제성장과 급속한 산업화에 따라서 각종 고형폐기물(solid waste) 문제가 이미 감당할 수 없는 경지에 와 있다. 이와 동시에 생활수준의 향상과 사회구조의 복잡화에 따른 여가인구의 급증과 외국인 관광객 유치사업의 일환으로 당국에서는 1967년 부터 지리산 일대를 국립공원으로 지정한 것을 시작으로 1983년에 북한산, 1984년에 월악산과 치악산에 이르기까지 17개 지역을 지정하여 개발하고 있고²⁻⁴⁾ 이에 따라 각종 교통수단과 편의시설의 증대로 해마다 방문객 수가 늘어나고 있으며, 부수적으로 각 국립공원에서는 각종 폐기물에 의한 오염문제가 날로 심각해지고 있는 실정이다. 특히 성수기에는 행락객의 수가 많아 쓰레기의 발생량이 많았고, 그 주 성분은 취사 찌꺼기와 과일 쓰레기 등 진폐류(garbage)로 되어 있었으며, 이들 쓰레기를 전량 회수하지 못하므로 이들은 자연 공원을 크게 오염시키고 있었다.

오염의 영향을 받기 쉬운 국립공원을 잘 유지하고 보존하기 위해서는 산을 찾는 방문객 모두가 관심을 가지고 쓰레기를 버릴 곳에 버려야 하며, 이와 동시에 쓰레기 수거시스템의 관리와 수거된 쓰레기의 처리, 처분을 위한 기술개발을 강구하여야 하겠다. 이를 위하여는 공원 방문객 수, 쓰레기의 발생량, 쓰레기의 구성, 쓰레기 수거시스템 및 처리 현황등을 정확하게 파악하여야 하고, 발생된 쓰레기의 각종 분석을 통한 결과로 효율적인 처리 방안이 모색되어야 한다.

현 우리나라의 실정은 각 공원을 찾는 방문 인파가 최대에 달하는 성수기에는 각 중 메스컴에서 공원 환경오염 문제를 크게 다루고, 관찰관청에서도 이에 대한 대책수립에 고심하다가도 비수기가 되면 잠잠해지는 등 항구적인 근본대책 마련이 잘 되지 않고 있다. 특히 쓰레기 발생양상이나 성질에 대한 구체적인 조사가 없었

고, 처리방법도 수거된 것을 전량 매립장에 매립하는 실정이므로 쓰레기의 발생량이나 성질에 한 자료가 크게 부족하였다.

본 연구에서는 전국 국립공원 환경 실태 조사 연구⁵⁾의 일환으로 서울근교에 위치하여 행락객과 등산객의 방문이 가장 많은 북한산 국립공원을 대상으로 대략적인 공원방문객의 수와 쓰레기 발생량을 추정하였고, 수거 및 처리를 위한 쓰레기 통과 소각장의 종류, 크기 및 배치 현황을 조사하여 그 타당성 여부를 고찰하였고, 발생 쓰레기의 성분과 각 성분별 시성분석 및 평균 저발열량추정을 통하여 효율적인 처리방안을 제시하였다.

II. 조사 및 실험

1. 유원지와 등산로

북한산 국립공원을 이루는 북한산(836m)과 도봉산(740m)은 예로부터 서울의 진산이라 불리워질 만큼 그 산세가 길으로 보기보다는 훨씬 험하고 웅대하며, 서울근교에 위치하는 관계로 유원지와 등산로가 헤아릴 수 없이 많다. 그 넓이는 북한산이 54.5km², 도봉산이 24km² 이고, 그 관찰 행정구역은 서울특별시의 도봉구, 성북구, 종로구, 은평구와 경기도 의정부시, 고양군 및 양주군으로 4개구, 1개시, 2개군에 걸쳐있다.²⁾ 그러나 관리사무소가 없어 일관된 관리체계가 없이 각 구청, 시청 및 군청에서 담당구역별로 독자적인 관리를 하고 있으며, 현재는 입장료도 받지 않고 있다.

본 연구에서는 조사의 편의를 위하여 행락객과 등산객이 많이 찾는 유원지를 중심으로 하고

Table 1. Location of starting point for research.

Starting point	Location
1st	Yooedong Green park
2nd	Jungrung public garden
3rd	Bukhan Mt fortress wall public garden
4th	4·19 tower
5th	Dobong Park
6th	Jangsuwoon

관할 행정구역도 고려하여 Table 1 과 같은 6 개
의 기점을 설정하였다.^{6,7)}

2. 공원 출입자 수 및 쓰레기 배출량

북한산 국립공원에는 관리 사무소도 없고 입
장료도 받지 않으므로 방문객에 대한 통계가 거
의 없었다. 또 여러가지 변수가 많으므로 매일
전지역을 통하여 조사하지 않고는 정확한 숫자
를 얻기란 불가능하다. 본 연구에서는 산을 많
이 찾는 7, 8월의 최대 방문객 수를 추정하기 위
하여 6개 기점의 입구에서 11~12시 사이 한시
간 동안 찾아오는 사람의 수를 헤아리고, 1일
입장시간을 대략 5시간으로 잡아 하루의 입장
객 수를 계산하였다.

그 외 달에 대하여는 성북구와 도봉구의 자료^{8,9)}
와 실무자와의 면담에서 근사치를 계산하였다.

공원에서 발생하는 전체 쓰레기량도 정확하게
조사하기는 불가능하였다. 본 연구에서는 각 국
립공원의 자료^{8,4)}와 본연구팀의 연구 자료⁸⁾등을
토대로 1인 1일 배출량을 0.38kg/cap·day 로 취
하여 월별 방문객수를 곱하여 월별 발생량을 얻
었다.

3. 수거 시설의 용량 및 배치

각 기점별로 설치되어 있는 쓰레기통을 형태
별로 분류하고, 각각의 크기를 직접 측정하였으
며 설치장소와 형태별 설치수량을 조사하였다.
또한 소각장의 형태, 크기, 수량 및 설치위치와
변소(고정식과 이동식)의 수량 및 설치 위치도
조사하였다.

4. 발생 쓰레기의 분석

1) 겉보기 밀도(bulk density)

쓰레기의 밀착정도를 나타내는 겉보기 밀도는
쓰레기통의 필요수량을 정하는 중요한 인자이다
이는 쓰레기가 담겨져 있는 용기의 부피(V)와
쓰레기의 무게(W)로 부터 (1)식으로 구하였다

$$\text{겉보기 밀도} = \frac{W}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]} \dots\dots\dots(1)$$

2) 성분 분석

채취한 쓰레기 전량을 평량한 후 다음 항목(성
분)으로 각각 분류하고 각 성분별로 평량하여 각

각의 중량%를 구하였다.

- i) vegetable and food waste ii) fruits iii)
- paper iv) plastics v) rubber and leather vi)
- wood vii) textile viii) metal ix) glass and
- ceramics x) others

3) 성분별 시성분석(proximate analysis)

각 성분별로 분류한 시료를 약 1cm 의 크기로
파쇄 절단하여 잘 혼합한 후 4분법에 의하여 약
10g 을 취하고 정평하여 이를 105±10°C 의 dry
oven에서 약 24시간 건조시킨 후 (2)식에 의하
여 수분함량(wt%)를 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{수분 함량(wt\%)} = & \\ & \frac{\text{건조 전 총 중량} - \text{건조 후 총 중량}}{\text{건조 전 총 중량}} \\ & \times 100 \dots\dots(2) \end{aligned}$$

수분 함량을 측정한 건조된 시료를 다시 800±
10°C 로 유지된 전기로(삼우 이화학 기계 제작
소 model 091)에서 2시간 동안 강열한 후, 이
를 냉각하여 평량하고 (3)식에 의하여 휘발성 고
형분(volatile solid, VS)의 함량을 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{VS의 함량(wt\%)} = & \\ & \frac{\text{강열 전 총 중량} - \text{강열 후 총 중량}}{\text{강열 전 총 중량}} \times 100 \\ & \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

(3)식에 의하여 얻어진 VS 함량은 건량기준이므
로 이를 습량기준으로 환산하면 (4)식과 같다.

$$\text{습량기준 VS 함량(wt\%)} = \frac{100M_i}{100} \times V_i \dots\dots(4)$$

여기서 M= 성분 i의 수분함량(wt%)

V= 성분 i의 건량기준 VS 함량(wt
%)

회분을 나타내는 고정 고형분(fixed sold, FS)의
함량은 (5)식으로 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{습량기준 FS 함량(wt\%)} = & 100 - \text{수분 함량(\%)} \\ & - \text{습량기준 VS 함량(\%)} \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

각 성분의 가중 평균치로 쓰레기의 평균 수분함
량, VS 함량, FS의 함량을 얻었다.

4) 발 열 량

생쓰레기의 저발열량(lower heating value,
LHV)은 Bomb Calorimeter 를 사용하여 직접 측
정할 수 있으나 본 연구에서는 (6)식으로 추정
하였다.⁹⁾

$$\text{LHV} = 4,500 V_c + 8,000 V_p - 600M \text{ [kcal/kg]}$$

.....(6)

여기서 V_c =쓰레기중 cellulose 계의 VS의 함량 분율[-]

V_p =쓰레기중 plastic 계의 VS 함량분율 [-]

M =쓰레기중 수분 함량 분율 [-]

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 월별 방문객 및 월별 쓰레기 배출량

Fig. 1은 북한산 국립공원의 개요도로 북한산 지역은 백운대, 만경대, 인수봉을 정점으로 하여 사방으로 등산로가 펼쳐있고, 22개의 야영장과 도선사, 백련사 등 많은 사찰이 있다. 북

한산과 우이령을 분수령으로 하는 도봉산은 만장봉, 선인봉, 주봉을 정점으로 하고 10여개의 야영장이 있다.

Table 2에 각 기점별 월별 방문객 수와 월별 쓰레기 배출량의 추정치를 나타내었다. 이에 의하면 위탁시설이 잘 되어 있는 도봉공원이나 그린파크 유원지에 방문객이 절대적으로 많았으며, 월별로는 7월, 8월, 10월에 특히 많았다. 그 이유는 북한산을 찾는 방문객은 관광을 목적으로 하기보다는 등산객과 여름철 피서를 위한 근거리 방문객이 많은 때문이라고 생각된다.

쓰레기의 발생량도 방문객수와 마찬가지로 특정시기에 집중적으로 발생되므로 본 연구에서는 쓰레기의 수거와 관리에 대한 기준을 성수기인

Table 2. Number of visitors and quantity of solid waste monthly in Bukhan Mt. National Park.

Month		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June.	July.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
St.point														
Visitors (×10,000)	1st	4.5	4.5	17.5	17.5	18.0	18.0	63.0	63.0	18.0	37.5	18.0	7.5	287.0
	2nd	0.9	0.9	3.5	3.5	3.6	3.6	14.0	14.0	3.6	7.0	3.6	1.5	59.7
	3rd	1.9	1.8	7.0	7.0	7.2	7.2	24.0	24.0	7.2	14.0	7.2	3.0	111.4
	4th	0.9	0.9	3.5	3.5	3.6	3.6	12.0	12.0	3.6	7.0	3.6	1.5	55.7
	5th	6.0	6.0	20.0	20.0	29.0	29.0	90.0	90.0	29.0	42.5	29.0	10.0	400.5
	6th	0.9	0.9	3.5	3.5	3.6	3.6	12.0	12.0	3.6	7.0	3.6	1.5	55.7
	Total	15.0	15.0	55.0	55.0	65.0	65.0	215.0	215.0	65.0	115.0	65.0	25.0	970.0
Solid waste(Ton)		57.0	57.0	209.0	209.0	247.0	247.0	817.0	817.0	247.0	437.0	247.0	95.0	3,686.0

Table 3. Number of waste basket installed around Bukhan Mt. National Park.

Type	Material	Volume	Starting point						Table No.	Table Vol. (m³)
			1st	2nd	3rd	4th	5th	6th		
A	Concrete	0.120	25		9			1	35	4.20
		0.140					52	26	78	10.92
		0.165		3	9		7		19	3.14
B	Iron plate	0.050			8			44	52	2.60
		0.160			11				11	1.76
		0.200	31	8			71		110	22.00
		0.250			11				11	2.75
C	Iron wire	0.110	10	33	16		90		149	16.39
D	Iron plate	0.028	3	1					4	0.11
Total No.			69	45	64	0	220	71	469	
Total vol. (m³)			10.384	5.754	9.235	0	32.535	5.96		63.87

7~9 월에 두고 조사하였다.

2. 수거시설 현황

1) 쓰레기통의 형태, 용량 및 설치수량 Fig. 2 는 북한산 국립공원에 설치되어 있는 쓰레기통의 형태이고, 설치 관청에 따라 형태와 용량이 다소 차이가 있었다.

그림의 A 형은 콘크리트로 만들어져서 직접 운반하기에는 너무 무거웠고, B 형은 철판으로 만든 회전식 원통으로 다른 용기에 옮겨담은 후 다시 청소차에 실어야하는 불편이 있었다.

C 형은 철망으로 되어있기 때문에 가볍고, 이동이 가능하므로 수거는 편리하나 밖으로 노출되기 때문에 미관상 좋지 못하였다. D 형은 재질이 고품질로 입구가 좁아 휴지통으로서의 구실보다는 재떨이로 많이 사용되고 있었다.

어느 쓰레기통이나 비가 많이 올 경우 누출수에 대한 고려가 없었다. 본인은 A 형과 C 형을 결합하여 수거에도 편리하고 미관에도 좋고 누출수도 고려한 새로운 쓰레기통을 Fig. 2 의 E 형과 같이 제안하였다. 각 기점별로 설치되어 있는 각 종류별 쓰레기 통의 현황은 Table 3 에 나타내었다.

2) 소각장의 형태 및 설치수량

소각장은 형태와 용량이 통일되어 있지 않고 다양하며 그 용도도 소각보다는 쓰레기의 간이 집하장으로 이용되고 있었다.

대부분은 Table 4 의 A 와 같이 직육면체 모양이고 수거를 위하여 한 쪽의 일부는 벽을 쌓지 않았거나 문을 만들어 놓았다.

Table 4 의 B 와 같이 완전히 4 면을 모두 쌓은 것과 그외의 형도 간혹 있었다. 소각장의 용량은 1m³ 에서 부터 30m³ 에 이기까지 다양하였으며 그 재질은 대개 콘크리트나 돌이었으며 나무도 간혹 있었다.

모두 상부가 개방되어 있으므로 강우시 물이 소각장내에 고이거나 더러운 오물을 씻어 갔다.

Table 4 는 각 기점별 소각장의 설치현황

3) 쓰레기통 및 소각장의 배치

Fig. 3~8 은 각기점별 쓰레기통, 소각장 및 변소의 배치도이다. 소각장과 변소는 설치장소에 직접 표시하였고, 쓰레기통은 구간마다 형태별


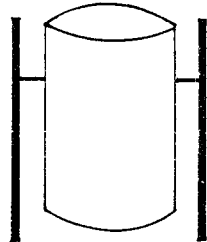
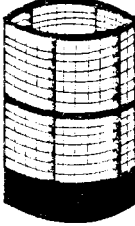
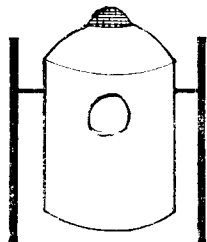
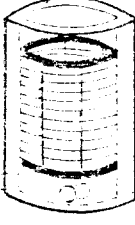
Type	Shape
A	
B	
C	
D	
E	

Fig. 2. Schematic diagram of waste basket located around Bukhan Mt. national park and modified waste for future (type E).

Table 4. Number of incineration box around Bukhan Mt. National Park

Type	Volume (m ³)	Starting point						Table number	Total vol.(m ³)
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th		
A	1~5 (2.5)	16	5		5	12		38	95.0
	5~10(7.5)	3	2	2		4	2	13	97.5
	10~15(12.5)	3		1		3	1	8	100.0
	15~20(17.5)	3		5		4		12	210.0
	20~30(25.0)	2		2				4	100.0
B	1.5	13				3		16	24.0
	2.5					1		1	2.5
	13.0					1		1	13.0
	25.0					1		1	25.0
Other	1.4					2	2	4	5.6
Total number		40	7	10	5	1	5	98	
Total vol.(m ³)		222.0	27.5	165.0	12.5	215.3	30.3		672.6

로 설치수량을 나타내었다.

그린파크 입구에서 선운각 휴게소까지는 상가가 형성되어 있었고, 그 이상에서 도선사까지는 계곡을 따라 차량이 다니는 도로이었다. Fig. 3 과 같이 이 도로 변에 약 20~30m 간격으로 여러 형의 쓰레기통이 설치되어 있었고, 소각장도 100~200m 간격으로 설치되어, 있었다. 상부인 도선사 광장에서 백운대까지는 50~150m 간격으로 주로 B형 소각장이 설치되어 있었다. 그러나 길 옆 계곡에는 많은 행락객이 몰려와 놀다 가는 곳인 데도 수거시설이 전혀없었고, 계곡에서 길 옆까지는 불과 30~100m 밖에 되지 않으나 행락객의 무관심으로 쓰레기를 계곡에다 그대로 버려 방치되고 있었다.

상부에 있는 소각장은 소각장 자체의 구실을 못하고 쓰레기 집하장 역할만 할 뿐만 아니라 적하된 쓰레기를 빨리 처리장으로 운반을 하지 않아 가득 쌓여있고, 또 쓰레기가 오래되어 부패하여 고약한 냄새를 내므로 오히려 환경의 큰 저해요인이 되고 있었다. 비가오면 각종 오물이 씻겨내려가 하천을 오염시켰다. 그린파크에서 도봉산으로 가는 우측길 계곡에는 많은 음식점이 있었고, 여기서 생긴 쓰레기는 각 업소가 수집

하여 소각장에 버리고 있어 쓰레기 통은 거의 없었고 소각장 만이 80~100m 간격으로 설치되어 있었으나 주의는 대체로 청결하였다.

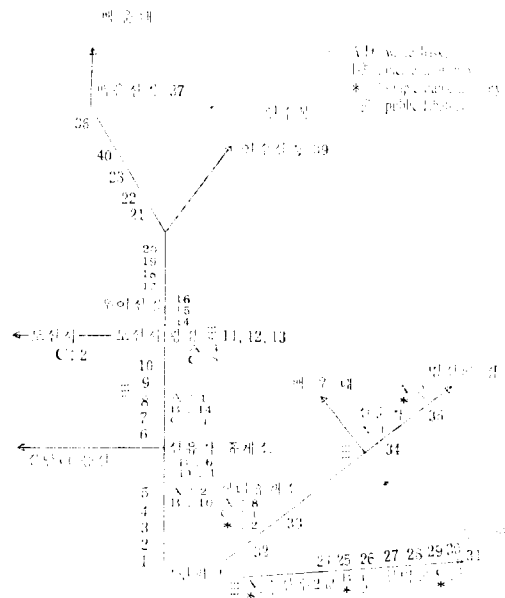


Fig. 3. Outline map of waste collection facilities arrangement around the 1st. starting point.

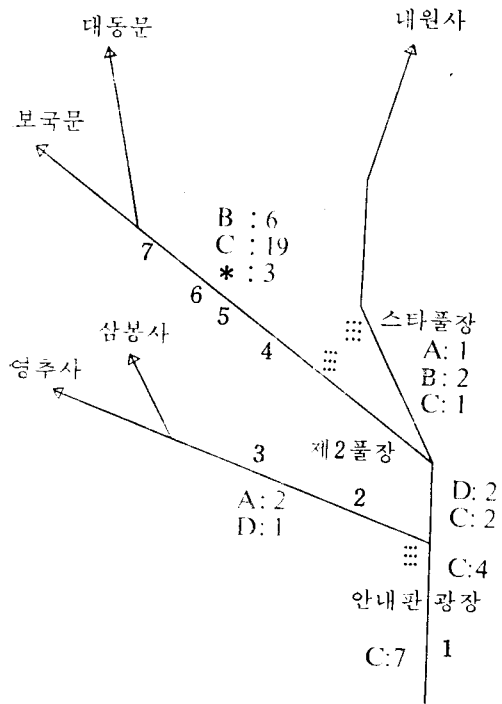


Fig. 4. Outline map of waste collection facilities arrangement around the 2nd. starting point.

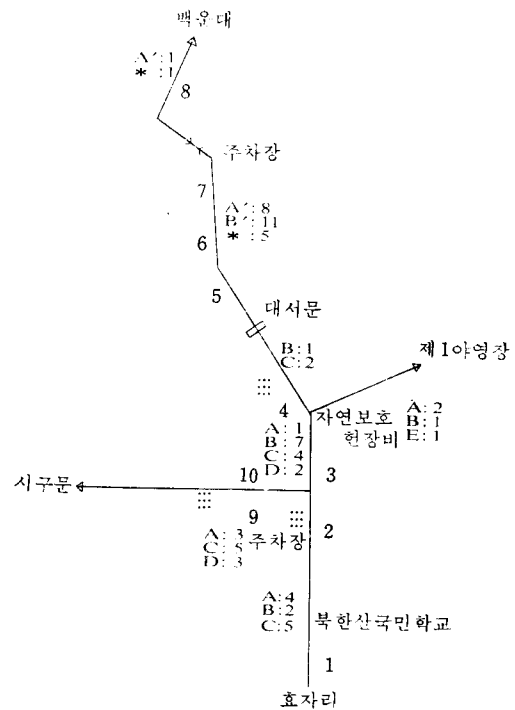


Fig. 5. Outline map of waste collection facilities arrangement around the 3rd. starting point.

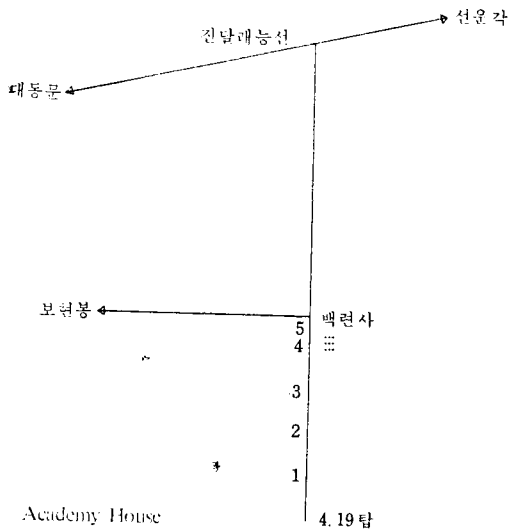


Fig. 6. Outline map of waste collection facilities arrangement around the 4th. starting point.

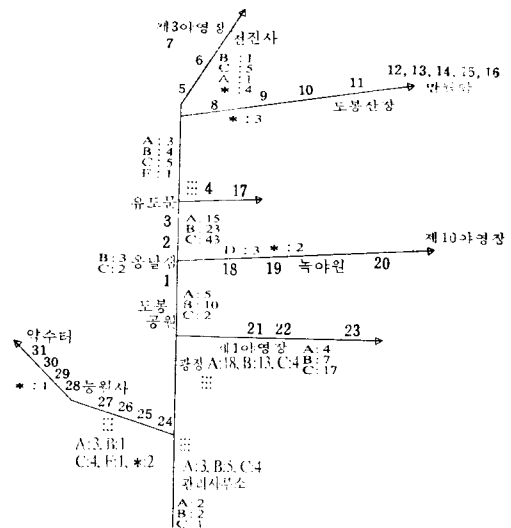


Fig. 7. Outline map of waste collection facilities arrangement around the 5th. starting point.

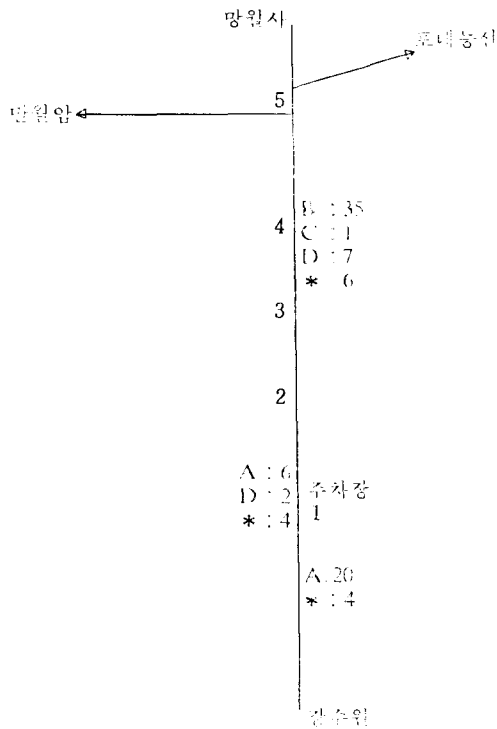


Fig. 8. Outline map of waste collection facilities arrangement around the 6th. starting point.

Fig. 4. 는 정능유원지와 정능을 출발점으로 하는 등산로 주위의 수거시설 배치도인데 방문객의 왕래가 많은 입구에서 풀장 사이에는 10~15m 간격으로, 보국문과 대동문으로 향하는 주등산로에는 30~40m 간격으로 쓰레기통이 있어 별 문제가 없었다. 그러나 광장에서 영추사나 삼봉사로 이어지는 언덕이나 계곡에는 쓰레기통이 없어 그대로 방치된 곳이 많았고, 상부 등산로에도 쓰레기통이 없어 문제가 되고 있었다. 계곡 주변에는 매점에서 직접 수거하고 이를 청소차나 소각장에 버리므로 큰 문제가 없었다.

Fig. 5 는 북한 산성 유원지 주변의 수거시설 배치도이다. 대서문을 지나 백운대로 오르는 등산로까지의 도로 주변에는 30~40m 간격으로 쓰레기통이 있었으며 소각장은 100~200m 간격으로 설치되어 있었다. 행정구역이 대서문까지는 은평구이고, 대서문밖은 고양군인데 수거시설을 담당구역별로 따로 설치하였고, 쓰레기의 수거

및 처리도 각 관할 관청에서 독자적으로 하고 있었다.

Fig. 6 은 4·19 탑에서 대동문에 오르는 등산로 주변의 수거시설의 배치 현황인데, 이 지역은 유원지 형성이 전혀 되어 있지 않았으나 많은 등산객이 찾았고, 여름철에는 계곡에 많은 행락객이 찾고 있었다.

그러나 쓰레기통은 하나도 없었고, 백련사까지의 등산로 옆에 약 00~200m 간격으로 소각장만 있었다. 백련사에서 대동문까지의 등산로에는 수거시설이 전혀 없었다.

Fig. 7 은 유원지 형성이 가장 잘 되어 있고 연중 방문객도 가장 많은 도봉공원 부근과 도봉산으로 오르는 등산로 주위의 수거 시설 배치도이다 Fig. 7 에 의하면 응달샘과 유도문 사이는 약 200m 의 거리로 그 안에 71개의 쓰레기통이 설치되어 있었다. 이 부근은 휴식공간이 형성되어 있었으나 쓰레기는 많이 발생하지 않았기 때문에 쓰레기통은 항상 비어 있었으며 오히려 너무 밀집 배치되어 있어서 쓰레기통의 공해를 생각케 하였다. 반면등 산객의 왕래가 가장 많은 서원터에서 도봉산장까지의 등산로에는 쓰레기통이 하나도 없었고 소각장만이 80~150m 간격으로 설치되어 있어서 수거시설 배치에 많은 문제점이 있었다. 길옆 쓰레기통이 텅 비어있는 것과는 대조적으로 계곡에는 많은 쓰레기가 방치되어 있었는데 이는 방문객들의 쓰레기에 대한 의식 부족과 수거에 대한 무관심이라 생각되므로 적극적인 계몽과 수거 시설의 적절한 배치로 이를 해결하여야 하겠다.

Fig. 8 은 장수원을 기점으로 하부의 유원지와 망월사를 통해 정상으로 오르는 등산로 주변의 수거시설 배치도인데 입구에서 망월사까지는 15~20m 간격으로 휴지통이 설치되어 있어서 쓰레기의 회수가 비교적 잘 되고 있었다.

종합하면 현 북한산 국립공원 고형폐기물의 수거시설은 실제 쓰레기가 많이 발생하는 장소와는 무관하게 배치되어 있어서, 쓰레기의 회수 유도가 되지 못하여 자연에 그대로 방치되어 있는 쓰레기가 많았고 쓰레기 통도 비어있는 경우가 많았다. 또 쓰레기통이 너무 밀집되어 있는 곳은 쓰레기통 자체의 공해가 심하였다.

Table.5 Laboratory analysis results of the 1st. starting point solid waste and comparison with domestic solid waste.

(August, Pleasure ground)

Component	Weight %	Proximate analysis			LHV (wet) (kcal/kg)
		Moisture	V.S.(%)	F.S.(%)	
Vegetable& Food waste (& Fruit)	19.2 (17.9)	76.8 (78.6)	20.0 (12.9)	3.2 (8.5)	
Fruit	39.4 (35.4)	94.1 (84.8)	4.4 (12.9)	1.5 (2.3)	
Papers	15.2 (27.0)	54.2 (8.2)	40.9 (74.7)	4.9 (7.1)	
Plastics	5.2 (5.7)	42.2 (22.2)	54.9 (76.3)	2.9 (1.5)	
Rubber & Leather	— (3.7)	— (7.2)	— (62.1)	— (30.7)	
Wood	0.6 (1.2)	39.6 (15.4)	59.9 (81.5)	0.5 (3.1)	
Textile	0.1 (1.7)	40.0 (15.8)	54.6 (71.6)	5.4 (12.6)	
Metal	1.2 (0.9)	3.6 (0.7)	0.0 (0.0)	96.4 (99.3)	
Glass & Ceramics	18.9 (2.6)	0.0 (0.6)	0.0 (0.5)	100.0 (98.9)	
The others	— (3.9)	— (9.0)	— (36.0)	— (55.0)	
Total	100	62.6 (48.7)	15.1 (24.7)	22.3 (14.0)	408 (971)
After separation	79.9	78.4	18.9	2.6	480

() : domestic solid waste analysis results.

상부에 쓰레기통이 없는 것도 문제점의 하나였다. 소각장은 소각을 위하기보다는 쓰레기집하장이 되어 이를 빨리 수거 하부로 운반치 않고 오랜기간 방치하므로 악취와 불결의 근원이 되고 있었다.

3. 발생 쓰레기의 분석결과

쓰레기의 효율적인 처리방법을 모색하기 위하여는 발생된 쓰레기의 정확한 분석치가 필요하다. 발생쓰레기의 분석은 모든 시료에 대하여 실시하는 것이 가장 이상적이거나 이는 불가능하므로 가장 방문객이 많은 7월, 8월, 9월 동안 유원지(휴게소), 주차장, 절주위, 계곡, 등산로, 야영장 주위의 쓰레기를 택하여 성분별 중량 %와 시성분석을 실시하였고, 시료의 평균저발열량(LHV)도 추산하였다. 이중 유원지, 계곡, 야영장 쓰레기가 비슷하였고, 주차장, 절근방,

등산로 쓰레기가 비슷하였으므로 대표적으로 두 가지 경우만 Table 5, 6에 나타내었고 각각의 경우의 평균 시성분석치와 LHV, bulk density를 Table 7에 나타내었다. Table 5는 8월중의 우이동 그린파크의 선운각휴게소에 위치한 쓰레기통의 쓰레기를 분석한 결과로 같은 달의 가정쓰레기의 분석치⁸⁾와 비교하였다. 진개류(garbage)의 조성이 58.6wt%로 가정쓰레기와 대체로 비슷하였으나 유리류와 금속류의 발생량이 많았다. 전체 쓰레기의 평균수분함량이 62.6%로 가정쓰레기보다 훨씬 많았고, 발열량(LHV)추정치도 404kcal/kg으로 가정쓰레기의 970kcal/kg의 반도 되지 않았다. 소각의 타당성을 검토하기 위하여 유리나 금속등 불연성물질을 제거한 후 시성분석치를 제일 마지막에 기록하였다. 그 LHV가 480kcal/kg밖에 되지않아 단독으로는 소각이 곤란함을 보여주었다.

Table 6. Laboratory analysis results of the 3rd. starting point solid waste.

(September, Parking place)

Component	Weight %	Proximate analysis			LHV (wet) (kcal/kg)
		Moisture	V.S. (%)	F.S.(%)	
Vegetable & Food waste (& Fruit)	11.4	58.8	31.6	9.6	
Papers	19.1	46.2	45.7	8.1	
Plastics	28.6	30.8	52.4	16.8	
Rubber & Leather	—	—	—	—	
Wood	3.8	46.5	50.9	2.6	
Textile	—	—	—	—	
Metal	15.2	2.5	0.0	97.5	
Glass & Ceramics	20.0	0.0	0.0	100.0	
The others	1.9	58.1	25.5	16.4	
Total	100	27.6	29.7	42.7	1,900
After separation	64.8	42.6	45.8	11.6	2,329

Table 7. Laboratory analysis result of Bukhan National Park solid waste according to place

Items Place (starting point)	Proximate analysis			LHV (wet) (kcal/kg)	Bulk density (kg/m ³)
	Moisture(%)	V.S.(%)	F.S.(%)		
Pleasure field (1st)	62.6 (78.4)*	15.1 (18.9)	22.3 (2.6)	4.04 (480)	187.0
Pleasure field (2nd)	62.9 (65.8)	27.3 (28.6)	9.8 (5.6)	1,068 (1,110)	87.4
Parking place (3rd)	27.6 (42.6)	29.7 (45.8)	42.7 (11.6)	1,600 (2,329)	82.2
Temple (4th)	37.9 (44.8)	45.0 (52.4)	17.1 (2.8)	2,571 (2,862)	79.7
Valley (5th)	47.7 (60.9)	25.4 (32.4)	26.9 (6.6)	1,094 (1,330)	187.0
Climing course (6th)	35.3 (44.5)	39.5 (49.9)	25.2 (5.6)	2,027 (2,439)	84.5
Camping ground	65.5 (77.5)	16.6 (19.7)	17.9 (2.8)	481 (548)	204.2
Average	48.5 (59.2)	28.4 (35.4)	23.1 (5.4)	1,320 (1,585)	137.0
Apartment	49.5	37.3	13.2	1,605	

* () after separation

Table 6 은 북한산성 유원지(9월)의 주차장내의 쓰레기통의 쓰레기 분석치인데 유원지와는 달리 진개류의 함량이 11.4wt%로 매우작았고, plastic 류, 종이류 및 유리류, 금속류가 많았는데, 이는 시료채취장소가 취사지와는 거리가 먼 데에 기인한 것으로 보인다. 이 때 평균 수분 함

량은 27%, VS 30%, FS가 43%이었고, LHV가 1,610kcal/kg였다. 불연성물질을 분리시키고 난 후는 2,329kcal/kg으로 아주 양질의 쓰레기였다. 종합적으로 나타낸 Table 7에 의하면 유흥지, 계곡, 야영장과 같이 방문객이 오대머무르면서 음식을 취하는 곳에서 발생된 쓰레

기는 진개류가 많았고 이에 따라 수분함량이 컸으며 발열량이 낮은 반면, 등산로, 주차장 및 절주위의 쓰레기는 종이류, plastic 류 금속류 및 유리류의 중량 %가 높아 수분함량이 낮았고, 발열량은 높았다. 또 이때 결보기 밀도는 낮았다. 이들을 종합한 전체 평균치는 수분함량이 48.5%, VS가 28.4%, FS가 23.1%, LHV가 1,320 kcal/kg 이었으며, 평균 결보기 밀도는 137kg/m³ 이었다. 이는 같은 달의 가정쓰레기의 평균치인 수분 49.5%, VS37.3%, FS13.2%와 비교하면 금속이나 유리가 많은 관계로 FS가 약 10%정도 높았다.

5. 쓰레기 수거 및 처리의 향후대책

북한산 국립 공원의 하부에 있는 쓰레기통과 소각장의 쓰레기는 매일 청소차로 직접수거를 하였고 상부의 쓰레기는 성수기는 일주일에 2~3회, 비수기에는 한달에 1~2회 취로인부나 공무원 및 자연 보호 운동 인원을 동원하여 하부까지 운반한 후 청소차로 수거하여 매립지에서 매립하였다. 보통 공원을 찾아오는 행락객들은 산의 하부에 위치한 유원지 주변과 계곡에서 모든 시간을 보내면서 취사까지 해결하였고, 등산객들은 상부에 위치한 야영장이나 산장부근과 능선

에서 취사를 하였다. 그러나 이들 주위에는 쓰레기통이 없어 그냥 버려진 쓰레기가 많았다. 특히 고정 환경 관리인이 없는 관계로 상부 소각장의 쓰레기가 암벽 주위에 버려진 쓰레기의 수거가 잘 되지않아 오래 방치되므로서 부패로 인한 악취가 심하였다.

Table 8에 각 기점별 평균및 최대 쓰레기 발생량, 설치된 쓰레기통 및 소각장의 용량, 쓰레기를 수거해야할 수거 주기를 계산하여 나타내었다.

수거주기는 평균 발생량과 최대 발생량을 기준으로 쓰레기통만 있을 경우, 소각장만 있을 경우, 두가지 모두 있을 경우에 대하여 각각 구하였다. Table 8에 의하면 소각장을 포함하면 각 기점별로 설치되어 있는 수거시설의 수용 용량이 부족하지는 않았다. 그러나 소각장간의 거리가 너무 멀어 쓰레기의 회수 유도가 제대로 되지 못하였고, 또 소각장자체가 많은 환경오염의 원인이 되고있었으므로 현재의 소각장의 1/3이하로 철거를 하고, 상부에 설치된 소각장은 소각(open burning) 본래의 목적으로, 하부에 설치된 소각장은 쓰레기의 하치장을 위하여 운영토록 하여야 하겠다.

이에 반하여 쓰레기통 만으로는 절대량이 부

Table 8. Capacity of collection facilities of solid waste and collection frequency for clear.

Starting Pt.	Average visitors (capperday)	Solid waste quantity (T/day)	Capacity of waste basket m ³ (T)	Capacity of incineration box m ³ (T)	Collection frequency (day)		
					waste basket	incineration box	total
1st	7,860 (20,000)*	3.00 (7.60)**	10.38 (1.42)	222 (30.4)	0.47 (0.19)***	10.13 (4.00)***	10.60 (4.19)
2nd	1,640 (4,500)	0.62 (1.71)	5.75 (0.79)	27.5 (3.77)	1.27 (0.46)	6.08 (1.71)	7.35 (2.17)
3rd	3,050 (7,740)	1.16 (2.94)	9.24 (1.27)	165 (22.61)	1.09 (0.43)	19.49 (7.70)	20.58 (8.13)
4th	1,530 (3,870)	0.58 (1.47)	0	12.5 (1.71)		2.95 (1.16)	2.95 (1.16)
5th	10,970 (29,030)	4.17 (11.03)	32.54 (4.46)	215.3 (29.50)	1.07 (0.40)	7.07 (6.60)	8.14 (7.00)
6th	1,530 (3,870)	0.58 (1.47)	5.96 (0.82)	30.3 (4.15)	1.41 (0.56)	7.16 (2.80)	8.57 (3.36)
Total	26,580 (69,010)	10.10 (26.22)	63.87 (8.75)	672.6 (92.15)	0.87 (0.33)	9.12 (3.51)	9.99 (3.84)

* () maximum visitors (Cap perday)

** () maximum solid waste quantity (T/day)

*** () maximum collection frequency (day)

즉하므로 제 1기점은 현재의 4배로, 제 4기점은 제 6기점 수준으로, 그외 기점은 현재의 2배 정도로 시설량을 넓혀, 가장 수거빈도가 클 때가 1일 1회, 평균 2~3일에 1회 수거를 할 수 있도록 시설을 보완하여야 하겠다.

또 쓰레기통의 배치는 쓰레기를 버리게하는 심리에 큰 작용을 하므로 하부에는 30~40m, 상부에는 50~60m(평균 40~50m) 간격마다 1개의 쓰레기통을 설치하고 계곡이나 유원지에도 반드시 2개 이상의 쓰레기통을 배치하여 방문객들로 하여금 자발적으로 쓰레기를 통안에 버려도록 유도하여야 하겠다.

수거된 쓰레기도 현재는 전량매립하고 있고 서울시의 경우 쓰레기 매립장이 한계에 달하였으며¹¹⁾, 근대적인 쓰레기 처리방법이 도입 활용되지 못하는 한 매립지 고갈 현상은 갈수록 심화될 것이다.

현 단계에서 가장 먼저 고려할 수 있는 것이 에너지 회수를 겸한 소각처리이다. Table 7의 각 발생장소별 발열량 추정치에서 알 수 있는 바와 같이 유원지, 야영장, 계곡 쓰레기를 제외하고는 가연성 성분이 많아 1,600kcal/kg 이상으로 소각처리가 가능하고 특히 불연성물질을 제외하면 2,000kcal/kg 이상의 높은 발열량을 얻었다. 전체쓰레기를 평균하더라도 1,320kcal/kg(분리후 1,585kcal/kg) 이어서 소각 처리가 가능하나 Table 8과 같이 1일 발생량이 최대 26 ton/day 이하(평균 10.10ton/day)로 에너지 회수를 위한 최소 소각로용량 100tan/day¹²⁾에 훨씬 미치지 못하므로 공원쓰레기 처리만을 위한 경제적인 소각로건설이 불가능하다. 다만 상부나 등산로의 쓰레기는 높은 발열량으므로 상부에 있는 소각장을 충분히 잘 활용하므로써 하부로 수송하여야 할 쓰레기를 감량화시킬 수 있을 것이다.

다음으로 권장할 수 있는 쓰레기처리 방법으로는 호기성 퇴비화법이다. 퇴비화에 필요한 조건은 C/N 비, 수분, 온도, pH로 이중 산소공급과 온도 조절은 조작상의 기술적인 문제이고, 원료가 갖추어야 할 조건은 C/N 비, 수분함량 및 pH 값이다. 표 9는 공원 쓰레기의 성질과 퇴비화에 요하는 최저조건¹³⁾을 나타내었다. 수분함량은 퇴비화에 적합하고 C/N 비는 25~40

로 다소 높으나, 고산지대의 이동식 변소에서 얻은 분뇨와 혼합처리 할 경우 쉽게 양호한 조건을 얻을 수 있었어, 분뇨처리와 동시에 가능하다고 본다.

퇴비화처리 시설 설치 장소 선정에 있어서도 퇴비화 처리장은 소규모로 분산하여 위치하는 것이 좋은점¹⁴⁾을 감안하여 공원 주변에 분산하여 처리시설을 만들고 공원쓰레기와 분뇨 또는 주변의 도시쓰레기를 함께 처리할 경우 매립지의 감소효과도 기대할 수 있다.

경제적인 측면에서 퇴비화의 타당성은 수요자와의 거리와 수요량등에 큰 영향을 받는데 만들어진 퇴비는 공원내의 토양의 지질개량을 위해 공원내에서 자체적으로 소비하고 남는 것은 근교의 원예단지의 수요를 고려한다면 경제적인 타당성은 충분하다고 보겠다. 또한 퇴비화과정은 하나의 경제활동이라기 보다는 환경보존에 관련된 유익한 폐기물처리 방법으로 생각된다. 퇴비화 전처리 과정에서 분리된 plastic 류, 금속류, 유리류등의 회수물질의 가격이 점점 높아지므로 퇴비화와 폐자원회수는 가장 좋은 경제적인 처리 방법으로 본다.

Table 9. Properties of solid waste of National Park and conditions for composting.

Properties	Solid waste of park	Conditions for composting
Moisture	42~62	40~75
Organic Carbon	24~27	—
Nitrogen	0.3~0.7	—
C/N ratio	25~40	20~35
pH	6~9	6~9

IV. 결 론

북한산 국립공원의 방문객의 수, 쓰레기의 발생량, 각종 폐기물 수거시설 및 관리현황등을 조사하고, 발생 고형 폐기물의 각종 분석을 통하여 폐기물 처리 대책을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 쓰레기통의 용량은 상당히 부족하였고, 4·19 탐주위에는 쓰레기통이 하나도 없었으며, 성

수기에는 평균 1일 3회씩 수거해야 하였다.

2) 소각장이 너무 많이 설치되어 있었으며 그 본래의 목적과는 달리 쓰레기 적하장의 역할을 하고 있어 많은 환경오염의 원인이 되고 있었다.

3) 쓰레기통은 현재보다 2배 이상 많이 설치하고 하부에는 30~40m, 상부에는 50~60m 간격으로, 또 계곡이나 유원지 주위에도 반드시 배치하여 방문객들이 자발적으로 쓰레기를 쓰레기통에 버리도록 유도하여야겠다.

4) 현재 소각장을 1/3 이하로 철거하고 상부의 소각장은 소각 본연의 목적에, 하부의 소각장은 집하장의 역할을 감당케 한다.

5) 관리 사무소를 설치하여 효과적인 관리에 힘쓰고, 입장객들에게 입장료와 맞먹는 환경관리비(?)를 징수토록 하므로써 환경 보존의 필요성을 인식시킨다.

6) 공원 쓰레기의 평균 분석치가 수분 48.5 wt%, VS 28.4wt%, FS 23.1wt%, LHV 1,320 kcal/kg으로 소각처리도 가능하나 1일 발생량이 적어 단독으로 경제적인 소각시설 설치가 부적당하다.

7) 발생쓰레기는 수분 40~60wt%, C/N비 25~40으로 퇴비화조건에 타당하며, 분뇨와 함께 처리하므로써 액상, 고상 폐기물을 동시에 처리할 수 있고, 생성퇴비는 산림녹화에 활용하고 전처리 과정에서 회수된 각종 폐기물은 재활용할 수 있다.

References

- 1) Small, W., Third Pollution—The National Problem of Solid Waste Disposal, Prager, New York, pp.1~8, 1971.
- 2) 건설부, 한국의 자연공원 현황, 1985.
- 3) 속리산 국립 공원 관리사무소, 1985년도 공원현황, 1985.
- 4) 가야산국립공원 관리사무소, 1985년도 공원현황, 1985
- 5) 도 갑수외, 전국 국립공원 환경 실태조사연구, 삼환건설기술보, pp.~63, 1985.
- 6) 월간산(북한산 특집), 조선일보, 1984년 1월
- 7) 월간산(도봉산 특집), 조선일보, 1985년 1월
- 8) 도갑수외, 생활폐기물의 관리에 관한 연구, 연구중
- 9) Mori, I. Stoker 식과 유동식소각로에 대하여, 폐기물학회 1차 workshop, Nov., 1985.
- 10) Bernd J., Kalt Wasser, Appropriate Solid Waste Management—One Step towards Better Hygienical Conditions, International Resources Recovery and Utilization Seminar, Nov., 1984.
- 11) 오대환, 도갑수, 서울시 도시 고형폐기물 처리에 대한 문제점과 그 대책에 관한 연구, 숭전대학교 산업대학원, 1985.
- 12) 金丁員 外, 우리나라 도시 고형폐기물의 퇴비화가 능성 분석, 도시 폐기물 관리의 합리화 방안에 관한세미나 보고서, pp.200~201, 1983.
- 13) 이두호, 김경호, 고형폐기물 관리론, 환경청, p. 105, 1984.
- 14) 金雲洙, 서울시 쓰레기 관리체제의 개선 방안에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원, 1984.