HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ゴミ収集と焼却プラントの年次計画
Author(s)	射場本, 勘市郎; 坂井, 英昭; 久保田, 忠男
Citation	衛生工学, 16, 1-17
Issue Date	1968-12
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/36197
Type	bulletin (article)
File Information	16_1-18.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ゴミ収集と焼却プラントの年次計画

射場本　勘市郎＊
坂　井　英　昭＊＊
久保田　忠　男＊＊

A Long Term Yearly Plan of Refuse Collection and Incineration Plant

Kan-ichiro IBAMOTO
Hideaki SAKAI
Tadao KUBOTA

ABSTRACT

The refuse product from citizen is gradually developing in its quantity and its quality in proportion to progress of our lives.

In this paper, the authors have tried to estimate the future value of growing factors about the refuse, and then, come to project the rational refuse removal both with collection system and incineration system.

This plan may be applicable to the middle scale cities like Sapporo.

1. 緒　　言

従来「ゴミ処理事業」に関しては，地方行政においてある程度財源を犠牲にして行わねばならぬという固定観念があった。その財政的な負担を軽減する目的から，先に当研究室で「ごみ収集のモデル計画」[1]を発表し，収集・投棄および焼却方式について一応の検討を行った。今回は都市発展に伴うゴミ排出量と質の変化を重点に，さらに計画的なゴミ処理事業のプロジエクトを試みた。すなわち，住民の生活が向上するにつれて排出されるゴミ量は増大し，その内容は紙・布等のセルローズ系物質が多くを占める。やがてゴミは燃料の一種として扱われ，発生熱量の売却によって収集費をまかなう処理方法を考えるべきであろう。欧米ではゴミ焼却プラントと地域暖房を組み合せた例が多い。
しかしゴミの量・質ともに劣る我国の現状では独立採算は困難と思われるが，将来における可能性は充分にある。そのためには長期的視野に立って発展要素(人口分布・ゴミ量・ゴミ質)の推移を見きわめ合理的な収集計画あるいは焼却プラントの設計を行いたい。

＊　産業環境工学講座　教授
＊＊大学院修士課程　学生

(1)衛生工学第13号　昭和41年11月

以上のような背景のもとに筆者らは札幌レベルの中都市を想定し、モデル的に今後20年間の発展要素を考察した。それに基づくプラントの立地および収集エリアの設定、建設費と収集費さらに熱量単価の算定も試みた。

発展状況の考察に当って、筆者らはまず人口の動向に着目し、その伸びが成長曲線で表わされると判断して取扱った。ゴミ量・質の推移に関しては想定される緩・急2種の成長について検討を試みた。人口密度、ゴミ排出力および発熱力の地域分布については都心からの円形モデルを考えその直径断面に関して正規分布で表わされるものとし、収集計画に関する限りプラントは中心にあるものとみなしかつゴミの季節変動はないものと仮定した。なお収集費の算出に際して「ごみ収集のモデル計画」[1]における在来方式とワンマン方式の両者を比較した。

2．記 号 の 説 明

以下、この論文で使用する記号を一括して掲げる。

2．1　発展要素

中心からの距離	x	〔km〕
都心人口密度	P_o	〔万人／km²〕
x地点の人口密度	P_x	〔万人／km²〕
半径x内の人口	N_x	〔万人〕
総　人　口	N_∞	〔万人〕
人口密度分布に関する係数	p	〔1／km²〕
都心ゴミ排出力	M_o	〔トン／万人〕
x地点のゴミ排出力	M_x	〔トン／万人〕
全市平均ゴミ排出力	$\bar{M}_\infty$	〔トン／万人〕
半径x内ゴミ排出量	W_x	〔トン〕
総ゴミ排出量	W_∞	〔トン〕
ゴミ排出力分布に関する係数	m	〔1／km²〕
都心ゴミ発熱力	H_o	〔$G\ cal$／トン〕
x地点のゴミ発熱力	H_x	〔$G\ cal$／トン〕
全市平均ゴミ発熱力	$\bar{H}_\infty$	〔$G\ cal$／トン〕
半径x内ゴミ発熱量	Q_x	〔$G\ cal$〕
総ゴミ発熱量	Q_∞	〔$G\ cal$〕
ゴミ発熱力分布に関する係数	h	〔1／km²〕

また、年次経過の区別を明確にするために添字nを各記号の後に付加する。例えばn年後のx地点のゴミ排出力は$M_{x\cdot n}$である。

2．2　収集モデル

（1）算　出　値

実動1時間当り収集費用	A	〔円／hr〕

半径 x 内の延往復走行距離	S_x 〔km〕	
半径 x 内の延収集走行距離	L_x 〔km〕	
延走行時間	T 〔hr〕	
収集車延台数	δ 〔台〕	
収集車実台数	D 〔台〕	

（2）設定値

半径上の往復走行速度	U_s^* 〔km / hr〕	20
x 円周上の収集走行速度	U_x 〔km / hr〕	
収集車積載量	τ 〔トン / 台〕	2
積込み能力	η_w^*, η_o^*〔トン / hr〕	1.25 , 0.85
実動時間	t 〔hr / 日〕	5
人員数（運転手）	μ 〔人 / 台〕	1
人員数（積込み員）	φ 〔人 / 台〕	2
人件費に関する定数	R^{**}〔円 / hr（実動）〕	420
車輌費に関する定数	C^{***}〔円 / hr（実動）〕	487
人と車の割増し係数	λ 〔—〕	1.1
走行燃料費に関する定数	E 〔円 / km〕	5
積込み燃料費に関する定数	K 〔円 / hr（収集走行）〕	112

3．発展要素

3．1　設定条件

発展要素は次の設定条件を満たすものとする。

（1）N_∞，P_o，$\bar{M}_\infty$，M_o，$\bar{H}_\infty$，H_o はいずれも n の函数であり，成長曲線すなわち

$$Y_n - Y_o = (Y_\infty - Y_o)\ \{1 - exp(-\alpha\ n)\} \qquad (3 \cdot 1 \cdot 1)$$

の形で表わされるものとする。従って現在の各要素 $N_{\infty \cdot o}$，$P_{o \cdot o}$，$\bar{M}_{\infty \cdot o}$，$M_{o \cdot o}$，$\bar{H}_{\infty \cdot o}$，$H_{o \cdot o}$ は既知の値とし，n =15あるいは n =20での値を想定して（3・1・1）式を定める。具体的な設定値については3．2で述べる。

（2）$P_{x \cdot n}$，$M_{x \cdot n}$，$H_{x \cdot n}$ はそれぞれ次式で表わされる。

$$P_{x \cdot n} = P_{o \cdot n} \cdot exp\ (-p_n\ )x^2 \qquad (3 \cdot 1 \cdot 2)$$

＊添字 w，o は各々在来方式，ワンマン方式を示し，また s，r は往復走行，収集走行を表わす。

＊＊人件費に関する一切の費用（給与・施設・経費）を含み，年間の作業日数を 311日として算出。

＊＊＊車輌に関する費用（償却・整備・施設）だが，燃料費は含まない。

$$M_{x\cdot n}=M_{o\cdot n}\cdot exp(-m_n)x^2 \qquad (3\cdot1\cdot3)$$

$$H_{x\cdot n}=H_{o\cdot n}\cdot exp(-h_n)x^2 \qquad (3\cdot1\cdot4)$$

従って

$$N_{x\cdot n}=\int_o^x 2\pi xP_{x\cdot n}dx$$

$$=\pi P_{o\cdot n}\int_o^x 2x\cdot exp(-p_n)x^2dx$$

$$=\frac{\pi P_{o\cdot n}}{p_n}\{1-exp(-p_n)x^2\} \qquad (3\cdot1\cdot5)$$

同様に

$$W_{x\cdot n}=\int_o^x 2\pi x P_{x\cdot n} M_{x\cdot n}\,dx$$

$$=\frac{\pi P_{o\cdot n} M_{o\cdot n}}{p_n+m_n}\{1-exp\{-(p_n+m_n)\}x^2\} \qquad (3\cdot1\cdot6)$$

$$Q_{x\cdot n}=\int_o^x 2\pi x P_{x\cdot n} M_{x\cdot n} H_{x\cdot n}\,dx$$

$$=\frac{\pi P_{o\cdot n} M_{o\cdot n} H_{o\cdot n}}{p_n+m_n+h_n}\{1-exp\{-(p_n+m_n+h_n)\}x^2\} \qquad (3\cdot1\cdot7)$$

また、

$$\lim_{x\to\infty} N_{x\cdot n}=N_{\infty\cdot n}=\frac{\pi P_{o\cdot n}}{p_n}$$

故に

$$p_n=\frac{\pi P_{o\cdot n}}{N_{\infty\cdot n}} \qquad (3\cdot1\cdot8)$$

$$m_n=\frac{\pi P_{o\cdot n} M_{o\cdot n}}{W_{\infty\cdot n}}-p_n \qquad (3\cdot1\cdot9)$$

$$h_n=\frac{\pi P_{o\cdot n} M_{o\cdot n} H_{o\cdot n}}{Q_{\infty\cdot n}}-(p_n+m_n) \qquad (3\cdot1\cdot10)$$

ただし

$$W_{\infty\cdot n}=\bar{M}_{\infty\cdot n}\cdot N_{\infty\cdot n} \qquad (3\cdot1\cdot11)$$

$$Q_{\infty\cdot n}=\bar{H}_{\infty\cdot n}\cdot W_{\infty\cdot n} \qquad (3\cdot1\cdot12)$$

3．2 設 定 値

（1）総人口および都心人口密度

$N_{\infty\cdot n}$と　と$P_{o\cdot n}$について次の設定を行う。

n	0	15	∞
$N_{\infty\cdot n}$	100	150	200
$P_{o\cdot n}$	8	10	12

従って（３・１・１）式から次の２式を得る。

$$N_{\infty\cdot n}=100\ \{2-exp\ (-0.046n\ )\} \qquad (3\cdot2\cdot1)$$

$$P_{o\cdot n}=4\ \{3-exp\ (-0.046n\ )\} \qquad (3\cdot2\cdot2)$$

（２）排出力

$\bar{M}_{\infty\cdot n}$および$M_{o\cdot n}$については発展の緩・急を考え、それぞれ小・大２種の設定を行う。

n		0	20	∞
$\bar{M}_{\infty\cdot n}$	小	5	10	14
	大	5	12.5	16
$M_{o\cdot n}$	小	10	16	20
	大	10	20	24

（３・１・１）式から次の４式を得る。

$$\bar{M}_{\infty\cdot n}\ (小)=9\ \{1.56-exp(-0.041n)\} \qquad (3\cdot2\cdot3)$$

$$\bar{M}_{\infty\cdot n}\ (大)=11\ \{1.45-exp(-0.053n\ )\} \qquad (3\cdot2\cdot4)$$

$$M_{o\cdot n}\ (小)=10\ \{2-exp(-0.046n\ )\} \qquad (3\cdot2\cdot5)$$

$$M_{o\cdot n}\ (大)=14\ \{1.71-exp(-0.062n\ )\} \qquad (3\cdot2\cdot6)$$

（３）発熱力

$\bar{H}_{\infty\cdot n}$ については小・大２種、$H_{o\cdot n}$ は１種のみ* の設定を行う。

n		0	20	∞
$\bar{H}_{\infty\cdot n}$	小	1	1.6	2
	大	1	2	2.4
$H_{o\cdot n}$		2	2.6	3

（３・１・１）式から次の３式を得る。

$$\bar{H}_{\infty\cdot n}\ (小)=2-exp(-0.046n\ ) \qquad (3\cdot2\cdot7)$$

$$\bar{H}_{\infty\cdot n}\ (大)=1.4\ \{1.71-exp(-0.062n\ )\} \qquad (3\cdot2\cdot8)$$

$$H_{o\cdot n}=3-exp(-0.046n\ ) \qquad (3\cdot2\cdot9)$$

＊$H_{o\cdot n}$は現在2〔G cal / トン〕であり将来ゴミが全てセルローズになったとしても3〔G cal / トン〕なので、１種で充分と考えた。

3．3　必要要素

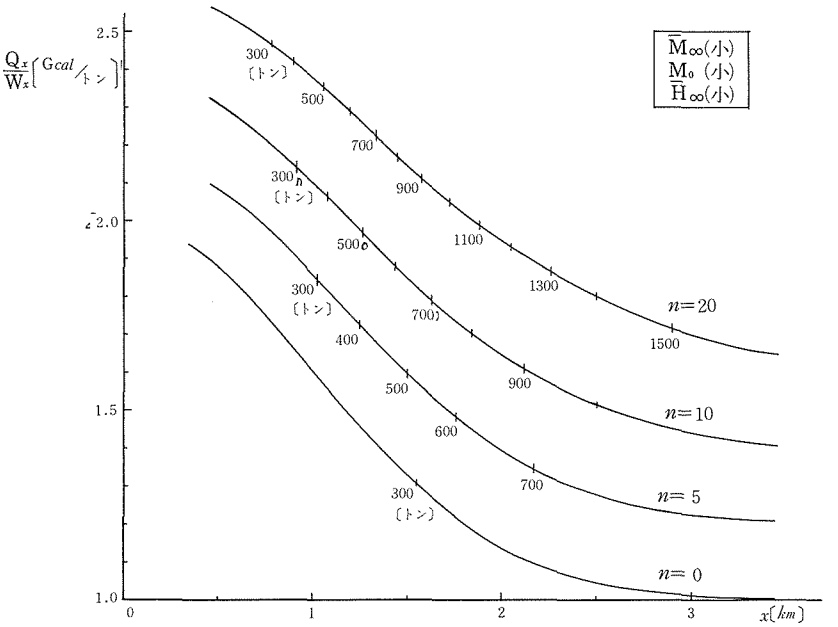
最終的に収集計画およびプラント設計に必要な要素は$W_{x\cdot n}$、$Q_{x\cdot n}$である。3．2の各式から求めた5年ごとの設定値を（3·1·5）～（3·1·12）式に代入し、その結果を表－1に示す。横軸にx、縦軸に$Q_{x\cdot n}/W_{x\cdot n}$をとりグラフ化したのが図－1および図－2である。ただし3．2で述べた、

$\bar{M}_{\infty\cdot n}$、$M_{o\cdot n}$、$\bar{H}_{\infty\cdot n}$の大小2種の設定により、いくつかの組合せが考えられ、検討の結果$\begin{cases}\bar{M}_{\infty\cdot n}(小)\\ M_{o\cdot n}(小)\\ \bar{H}_{\infty\cdot n}(小)\end{cases}$と$\begin{cases}\bar{M}_{\infty\cdot n}(大)\\ M_{o\cdot n}(大)\\ \bar{H}_{\infty\cdot n}(大)\end{cases}$が$Q_{x\cdot n}/W_{x\cdot n}$の年次経過における実用上の下限と上限を示すものとして表－1および図－1、図－2を定めた。この範囲を越える極端な場合として$\begin{cases}\bar{M}_{\infty\cdot n}(小)\\ M_{o\cdot n}(大)\\ \bar{H}_{\infty\cdot n}(小)\end{cases}$と$\begin{cases}\bar{M}_{\infty\cdot n}(大)\\ M_{o\cdot n}(小)\\ \bar{H}_{\infty\cdot n}(大)\end{cases}$があり、

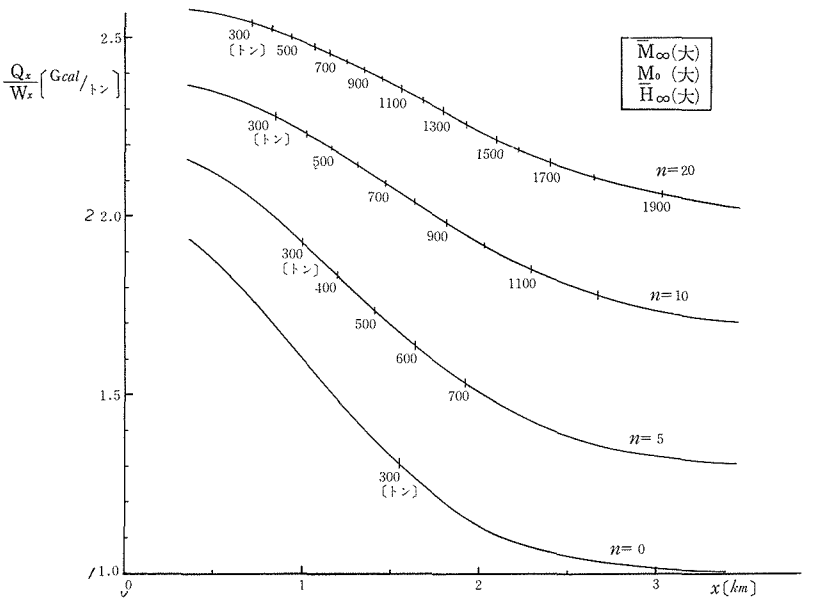
他の組合せは全て図－1および図－2の範囲に含まれる。

n		0	5	10	15	20
$N_{\infty\cdot n}$		100	120	140	150	160
$P_{o\cdot n}$		8	9	9.5	10	10.5
p_n		0.251	0.236	0.214	0.210	0.206
$W_{\infty\cdot n}$	$\bar{M}_{\infty\cdot n}$(小)	500	800	1100	1350	1600
	$\bar{M}_{\infty\cdot n}$(大)		900	1300	1650	2000
$M_{o\cdot n}$	(小)	10	12	14	15	16
	(大)		13	16	18	20
m_n	$\bar{M}_{\infty\cdot n}$(小) $\bar{M}_{o\cdot n}$(小)	0.250	0.190	0.170	0.139	0.124
	$\bar{M}_{\infty\cdot n}$(大) $\bar{M}_{o\cdot n}$(大)		0.174	0.140	0.132	0.122
$Q_{\infty\cdot n}$	$\bar{H}_{\infty\cdot n}$(小) $\bar{M}_{\infty\cdot n}$(小)	500	960	1540	2020	2550
	$\bar{H}_{\infty\cdot n}$(大) $\bar{M}_{\infty\cdot n}$(大)		1170	2200	2970	4000
$H_{o\cdot n}$		2	2.2	2.4	2.5	2.6
h_n	$\bar{H}_{\infty\cdot n}$(小) $\bar{M}_{\infty\cdot n}$(小) $M_{o\cdot n}$(小)	0.504	0.353	0.270	0.241	0.207
	$\bar{H}_{\infty\cdot n}$(大) $\bar{M}_{\infty\cdot n}$(大) $M_{o\cdot n}$(大)		0.283	0.150	0.134	0.099

表－1　発展要素の年次経過



図— 1　エリアと平均発熱力

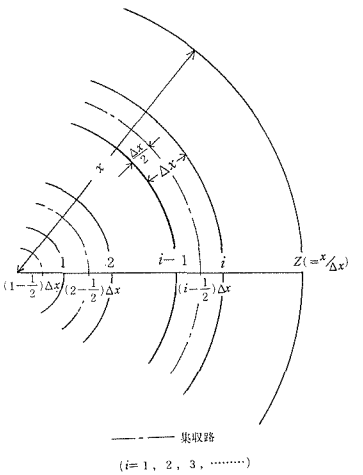


図— 2　エリアと平均発熱力

4. 収集モデル

前回[2]に加えて，今回の収集モデルは，人口密度および排出力がxにより変化する場合について述べる。プラントの立地を円形市街の中心に仮定し，地域内のゴミは全てその炉で処理されるものとする。また，収集に関する経済比較を試みるため，在来方式およびワンマン方式に分けて検討する。

中心からx地点に巾Δx^*の円帯を考え，両サイド$\frac{1}{2}\Delta x$から集まるゴミを積込むものとする。（図－3参照）



図－3　収集および往復走行

排出量：$\Delta W_x = 2\pi P_o M_o x \cdot e\,xp\{-(p+m)x^2\}\Delta x$　(4·1)

延台数：$\Delta \delta_x = \Delta W_x / \tau$　(4・2)

収集走行距離：$\Delta L_x = 2\pi x$　(4・3)

往復走行距離：$\Delta S_x = 2x\,\Delta\delta_x$　(4・・4)

（4．2）式を積分すると

$$\delta_x = \int_o^x \Delta\delta_x = \frac{\pi P_o M_o}{(p+m)\tau}\{1-exp\{-(p+m)x^2\}\}\quad (4\cdot 2)'$$

（4・3）式は積分できないので，級数の和で求めると（図－3参照）

$$L_x = \sum_{i=1}^{z}\Delta L_x = 2\pi\sum_{i=1}^{z}(i-\frac{1}{2})\Delta x = \pi z^2 \Delta x \qquad (4\cdot 3)'$$

（4・4）式を積分すると

$$S_x = \int_o^x \Delta S_x = \frac{2\pi P_o M_o}{(p+m)\tau}\left[\int_o^x exp\{-(p+m)x^2\}dx - x\,exp\{-(p+m)x^2\}\right]$$

$$= \frac{2W_\infty}{\tau}\left[\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{p+m}}\,\Phi^{**}(\sqrt{p+m}\,x) - |x|exp\{-(p+m)x^2\}\right] \qquad (4\cdot 4)'$$

＊本論文では$\Delta x = 0.05$kmを用いる。

(2)「ごみ収集のモデル計画」衛生工学第13号

＊＊誤差函数

また，収集走行速度を次式で表わされるものとすれば（後の積分および級数を容易にするため）

$$U_x = \frac{x^2}{x^2+1} \cdot U_\infty \qquad (4\cdot 5)$$

図－3において，$x = x_i$ での速度U_iは

$$U_i = \frac{\{(i-\frac{1}{2})\Delta x\}^2}{\{(i-\frac{1}{2})\Delta x\}^2+1} \cdot U_\infty \qquad (4\cdot 5)'$$

さらに延時間，実台数については

$$T_s = \frac{S_x}{U_s} \qquad (4\cdot 6)$$

$$T_{r.w} = \int_0^x \frac{\Delta W_x}{\eta_w} + \sum_{i=1}^{z} \frac{\Delta L_x}{U_{x.w}}$$

$$= \frac{W_x}{\eta_w} + \frac{\pi z^2 \Delta x}{U_{w\infty}} + \frac{4\pi}{U_{w\infty}} \cdot \frac{1}{\Delta x} \sum_{i=1}^{z} \frac{1}{2i-1} \qquad (4\cdot 7)$$

$$T_{r.o} = \int_0^x \frac{\Delta W_x}{\eta_o} + \sum_{i=1}^{z} \frac{\Delta L_x}{U_{xo}}$$

$$= \frac{W_x}{\eta_o} + \frac{\pi z^2 \Delta x}{U_{o\infty}} + \frac{4\pi}{U_{o\infty}} \cdot \frac{1}{\Delta x} \sum_{i=1}^{z} \frac{1}{2i-1} \qquad (4\cdot 8)$$

$$D_w = \frac{T_s + T_{rw}}{t} \qquad (4\cdot 9)$$

$$D_o = \frac{T_s + T_{ro}}{t} \qquad (4\cdot 10)$$

5．収集エリアと炉

収集エリアおよび焼却炉に関する設定条件を挙げる。

1）収集エリアは炉に近い地区が優先し，半径はせいぜい 2.5kmである。

2）炉は5年ごとに1プラントづつ増設し，耐用年数は最大20年とする。

3）炉の種類は 300 ﾄﾝ／日 ・ 400 ﾄﾝ／日 およびその倍数を考える。

4）炉の処理能力およびｺﾞﾐ発熱力と建設費の関係は附録Ⅰに掲げる。

図－1および2から明らかのように，同じ量のゴミを排出するエリアは年々狭くなり，一方ゴミの発熱力は高くなるので，炉の設置にあたってはこれに留意する必要がある。

例えば図－2の場合，300 ﾄﾝ炉の設置にあたっては増設が予定される5年後の時点における熱出力* 1.95G／$_{hr}$ を定格とすべきである。また，プラントが複数になった場合のエリア分割方法も一考を要

＊ゴミ焼炉のボイラ効率を80%と見なした，以下ゴミ発熱〔$Gcal$〕と有効熱〔G〕との区別に注意!!

しそれについても検討した。（附録Ⅱ参照）

上に述べた条件と図－1，2の発展状態から，筆者らは現在および5年後，10年後に設置すべき炉の処理能力および熱出力を表－2の如く定めた。

表－2　炉の処理能力および熱出力

	現在		5年後		10年後	
設置炉	300トン		400トン		300トン	400トン
	小	大	小	大	小	大
発熱力〔Gcal／トン〕	1.85	1.95	1.80	2.25	1.85	2.40
炉熱出力（$G/_{hr}$）	18.5	19.5	24.0	30.0	18.5	31.0

6．熱量単価

熱量単価構成の比較検討を試みる。

なお，収集費の算出にあたり，実数値は「ごみ収集のモデル計画」を参照し，人件費や車輌費等については全て実動時間当りに換算して用いた。その算出法と結果をそれぞれ（6・1）式と表－3に示す。また，プラント関係の実数値は新たに検討して算定した。（詳しくは附録Ⅰを参照）計算結果を表－4に掲げる。

$$A=\lambda\{D_x(\mu+\varphi)R+D_xC\}+\frac{(S_x+L_x)E}{t}+\frac{(W_x/\eta)K}{t} \qquad (6\cdot1)$$

（6・1）式の右辺第一項は人件費と車輌費，第3項と第4項はそれぞれ走行燃料費と積込み燃料費に関する項である。

表－3　収集費の内訳

単位〔万円/hr〕

			小				大			
経年		0～	5	5 ～ 10		10～	5	5 ～ 10		10～
炉		300 トン	300 トン	700 トン	700 トン	1000トン	300 トン	700 トン	700 トン	1100トン
人件費	在来方式	9.43	9.01	19.55	18.99	27.17	8.87	19.26	18.71	29.38
	ワンマン方式	3.79	3.70	8.46	8.36	12.01	3.70	8.42	8.32	13.12
車輌費	在来方式	3.66	3.49	7.83	7.35	10.51	3.43	7.45	7.23	11.35
	ワンマン方式	4.39	4.29	9.80	9.70	13.94	4.29	9.75	9.65	15.21
燃料費	在来方式	0.59	0.57	1.36	1.34	1.96	0.57	1.35	1.33	2.14
	ワンマン方式	0.84	0.82	1.95	1.93	2.81	0.94	1.95	1.93	3.07
小計	在来方式	13.68	13.07	28.73	27.68	39.64	12.87	28.06	27.27	42.87
	ワンマン方式	9.02	8.81	20.21	19.99	28.76	8.93	20.12	19.90	31.40
事務経費	在来方式	2.87	2.74	5.91	5.74	8.19	2.70	5.82	5.65	8.85
	ワンマン方式									
合計	在来方式	16.55	15.81	34.64	33.42	47.83	15.57	33.88	32.92	51.72
	ワンマン方式	11.89	11.55	26.12	25.73	36.95	11.63	25.94	25.55	40.25
										単位〔万円／日〕
収集費	在来方式	83.3	79.0	173.0	167.0	239.0	77.9	169.4	164.6	258.6
	ワンマン方式	59.5	58.0	130.5	128.5	185.0	58.2	129.7	127.8	201.3

表－4　プラント費用の内訳

単位〔万円／日〕

経年		0 ～ 5		5 ～ 10		10 ～	
炉		300トン		700トン		1,000トン	1,100トン
		小	大	小	大	小	大
資本費		53.54	54.98	119.86	127.33	173.30	222.04
	人件費	3.09	3.09	6.18	6.18	9.27	9.27
	電力費	5.35	5.50	11.98	12.74	17.34	20.10
	用水費	0.90	0.90	2.10	2.10	3.00	3.30
	灰捨費	0.90	0.90	2.10	2.10	3.00	3.30
	修繕費	5.35	5.50	11.98	12.74	17.34	20.10
	管理費	0.93	0.93	1.86	1.86	2.79	2.79
	小計	16.52	16.82	36.20	37.72	52.74	58.86
プラント費用		70.06	71.80	156.06	165.05	226.14	280.90

表－3，4で求めた収集費とプラント費用をそれぞれ収集ゴミ量と収集熱量で割って得たゴミ量単価と熱量単価を表－5に示す。

表－5　ゴミ量単価と熱量単価

単位〔円／トン〕

		小					大				
経年		0 ～ 5		5 ～ 10		10 ～	0 ～ 5		5 ～ 10		10 ～
炉		300トン	300トン	700トン	700トン	1,000トン	300トン	300トン	700トン	700トン	1,100トン
在来方式	収集	2767	2634	2472	2386	2390	2767	2595	2420	2351	2351
	プラント	2335	2335	2229	2229	2261	2393	2393	2358	2358	2554
計		5102	4969	4701	4615	4651	5160	4988	4778	4709	4905
ワンマン方式	収集	1984	1934	1865	1836	1850	1984	1938	1853	1825	1830
	プラント	2335	2335	2229	2229	2261	2393	2393	2358	2358	2554
計		4319	4269	4094	4065	4111	4377	4331	4211	4183	4384
単位〔円／G〕											
在来方式	収集	2639	1790	2289	1666	1966	2639	1681	1965	1400	1589
	プラント	2229	1586	2064	1557	1860	2284	1550	1914	1404	1725
計		4868	3376	4353	3223	3826	4923	3231	3879	2804	3314
ワンマン方式	収集	1893	1314	1726	1283	1523	1893	1255	1504	1086	1236
	プラント	2229	1586	2064	1557	1860	2284	1550	1914	1404	1725
計		4122	2900	3790	2840	3383	4177	2805	3418	2490	2961
単位〔Gcal／日〕											
収集熱量		393	552	945	1253	1520	393	579	1078	1470	2035

売熱を見込んだ経済収支を表－６に掲げる。

表　－　６　　経　済　収　支

単位〔円／G〕

		小					大				
経　　年		0 ～ 5		5 ～ 10		10 ～	0 ～ 5		5 ～ 10		10 ～
炉		300トン	300トン	700トン	700トン	1,000トン	300トン	300トン	700トン	700トン	1,100トン
支出*	在来方式	4868	3376	4353	3223	3826	4923	3231	3879	2804	3314
	ワンマン方式	4122	2900	3790	2840	3383	4177	2805	3418	2490	2961
収入	売熱	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	切符**	463	330	450	338	399	463	314	394	289	328
収支***	在来方式	－2405	－1046	－1903	－885	－1427	－2460	－917	－1485	－515	－986
	ワンマン方式	－2122	－900	－1790	－840	－1383	－2177	－805	－1418	－490	－961

表－７　国庫補助$\frac{1}{3}$ある場合

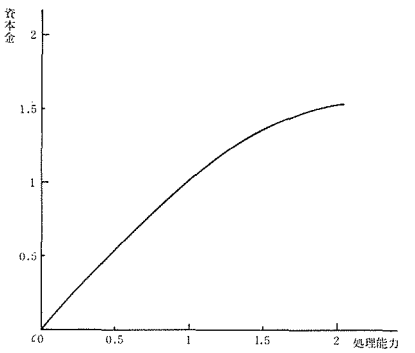
単位〔円／G〕

収支	在来方式	－1837	－642	－1328	－486	－951	－1877	－522	－992	－153	－572
	ワンマン方式	－1554	－496	－1215	－441	－907	－1594	－410	－925	－128	－547

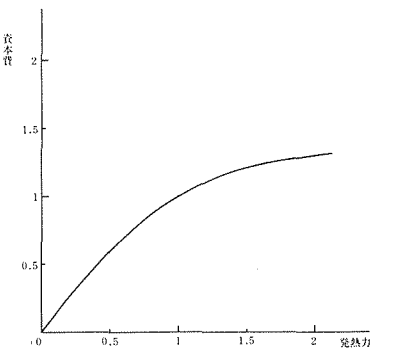
附録　Ⅰ

Ⅰ－１　建設費

炉の処理能力およびゴミの発熱力と建設費の関係を図－Ⅰ，Ⅱに示す。



図－Ⅰ　炉の処理能力と建設費



図－Ⅱ　ゴミの発熱力と建設費

＊プラント経費（資本費・経常費）を含む。

＊＊　485円／トン　ただしワンマン方式は無料。

＊＊＊年間収支については稿末に掲げる。

ただし，グラフの縦軸，横軸は基準となる炉の処理能力およびゴミの発熱力と建設費を1 *unit* として目盛ってある。

〔算出例〕

300トン／日，1.5*Gcal*／トンの建設費15億円（基準）のとき，400トン／日，2*Gcal*／トンの建設費を求める。

図－Ⅰより　横軸400トン／300トン＝1.33のとき縦軸1.25

図－Ⅱより　横軸2*Gcal*／トン／1.5*Gcal*／トン＝1.33のとき縦軸1.15である。

建設費1 *unit* は15億円であるから

〔400トン／日，2*Gcal*／トンの建設費〕＝15億円×1.25×1.15＝ 21.56億円

Ⅰ－2 経常費

（1）人件費　：並列2炉で24時間運転し，作業は8時間交代とする。炉ごとに2人配置して，それにクレーンマン1人で計5人。3交代の他に計量1人を置いて延16人とした。よって年間給与は 960万円となる。

（2）電力費　：300トン炉（ゴミ発熱力1.5*Gcal*／トン）の電力費を1500万円／年とし，炉の処理能力とゴミ発熱力が増えた場合の電力費は，前述した建設費の算出法と同様にして行なう。

（3）用水費　：1日あたりの使用水量を，炉の処理能力と同値とする。
単価は30円／トンとする。

（4）灰捨費　：1日当りの灰量は，炉の処理能力の1割を見込み，捨場は往復1時間ほどの地点にあるとした。5トン積トラックの借上げ料は1000円／*hr* と見る。

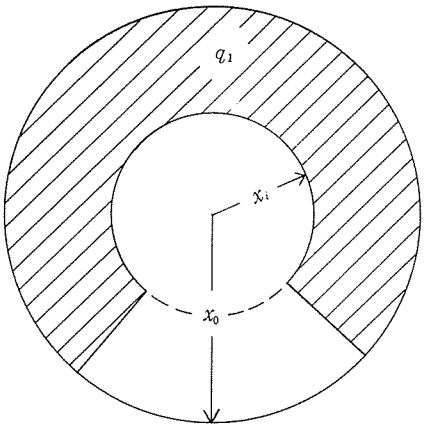
（5）修繕費　：年間に建設費の1％を見込む。

（6）管理費　：現業人件費の30％とする。

附録 Ⅱ

収集エリア内の平均ゴミ発熱力が炉の熱出力の範囲内ならば，複数のプラントの場合も，各プラントが受け持つエリアは単に収集エリアを処理能力に応じて扇形に分割すればよい。

ところが，ゴミ質の成長が激しい図－2の場合，10年後では第1プラントがゴミ発熱力に耐えられなくなる恐れがある。従って，第1プラントはエリア内周辺部のゴミを処理し，カロリーの高い中心街は他のプラントが受け持つ形となる。



収集エリアの分割

その際の分割法について述べると，今，第1プラントの焼却可能なゴミ発熱力をq_1とし，収集エリアの半径をx_o（既知）とする。半径x_i の中心部エリアを除いた円帯部での発熱力がq_1であるならば

$$\frac{Qx_o - Qx_i}{Wx_o - Wx_i} = q_1$$

これより

$$q_1 = \frac{(p+m)H_o}{p+m+h} \cdot \frac{exp\{-(p+m+h)x_i^2\} - exp\{-(p+m+h)x_o^2\}}{exp\{-(p+m)x_i^2\} - exp\{-(p+m)x_o^2\}}$$

この方程式を解くことによってx_iを求め左上図のような分割を行なえばよい。

7．結　言

ゴミ収集のモデル化，サービス・エリアの検討，さらには焼却炉の年次計画，そして最終的には，熱量単価構成による経済収支の比較検討を行なった。これを要約すると次表のようになる。

変化　小

収　集　　〔万円／年〕

経　年			0 ～ 5	5 ～ 10	10 ～
炉			300 トン	700 トン	1000トン
支出	資本	在来	4158	8823	1,2225
		ワンマン	5048	1,1340	1,6214
	経常	在来	2,1002	4,4094	6,2150
		ワンマン	1,3117	2,8974	4,1244
収入	切符	在来	4525	1,0558	1,6592
		ワンマン	—	—	—
合計		在来	−2,0635	−4,2359	−5,7783
		ワンマン	−1,8165	−4,0314	−5,7458

プラント

支出	資本	在来	1,6651	3,7276	5,3927
		ワンマン			
	経常	在来	5138	1,1258	1,6402
		ワンマン			
収入	売熱	在来	2,3512	5,4672	7,5635
		ワンマン			
合計		在来	1363	6138	5306
		ワンマン			

総　合

収支	在来	−1,8912	−3,6219	−5,2477
	ワンマン	−1,1977	−2,3616	−3,5560

もし国庫補助がプラント建設費のN割有った場合の差引額

差引額	在来	$1667N$	$3731N$	$5394N$
	ワンマン			

変化　大

収　集　〔万円／年〕

経年			0 ～ 5	5 ～ 10	10 ～
炉			300 トン	700 トン	1100トン
支出	資本	在来	4129	8538	1,3201
		ワンマン	5048	1,1283	1,7692
	経常	在来	2,0858	4,3413	6,7223
		ワンマン	1,3254	2,8759	4,4598
収入	切符	在来	4525	1,0558	1,6592
		ワンマン	—	—	—
合計		在来	−2,0462	−4,1393	−6,3832
		ワンマン	−1,8302	−4,0042	−6,2290

プラント

支出	資本	在来	1,7099	3,9600	6,9054
		ワンマン			
	経常	在来	5231	1,1731	1,8305
		ワンマン			
収入	売熱	在来	2,4183	6,3394	10,1075
		ワンマン			
合計		在来	1853	1,2063	1,3716
		ワンマン			

総　合

収支	在来	−1,8609	−2,9332	−5,0116
	ワンマン	−1,1924	−1,7421	−3,1982

もし国庫補助がプラント建設費のN割有った場合の差引額

差引額	在来	$1712N$	$3964N$	$6912N$
	ワンマン			