



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ごみ収集のモデル計画
Author(s)	射場本, 勘市郎; 稲村, 光郎; 持田, 徹
Citation	衛生工学, 13, 1-16
Issue Date	1966-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36185
Type	departmental bulletin paper
File Information	13_1-16.pdf



ごみ収集のモデル計画

射場本 勘市郎 *

稲村 光 郎 **

持田 徹 **

A Model Planning for Gathering Refuse

Kan' ichiro IBAMOTO

Mitsuo INAMURA

Tohru MOCHIDA

ABSTRACT

For, the rational management of the Refuse Disposal Business it is indispensable to analyze the treatment cost.

The authors have tried to analyze the usual Refuse Disposal system, operating in not so big scale cities, under one million population, as Sapporo. But the complexity of the situation prevents the complete analysis. On the rational Refuse treatment system, being offered in present study, each factor which compose the treatment cost, may be discussed.

Eq. (4) which evaluate the treatment cost is consisted of personnel expenses, transporting fee and the location of dumping ground.

To improve today's unefficient system next methods may be applied.

The first, to decrease the personnel expenses that occupy almost 50% on total expenditure and transporting fee, "the transshipment method" may be applied, which use carrying car from collecting plant to dumping ground. Consequently by the aid of inhabitants the gathering men will be decreased, even to only a driver.

The second, in "the incinerating method", the heat produced in the incinerator may be sold and the profits may cover the total expenditure.

* 産業環境工学講座 教授

** 大学院修士課程学生

1 計画の目的

地方行政の一環として行われる清掃事業は云うまでもなく、市民の生活環境の清潔化さらに都市の美化にあり、極めて重要な役割を持つている。

しかしながら、他の営利企業に比べごみ処理事業そのものが持つ消極的性格および処理施設などの財政負担が大きいことにより、現状では今なお投棄などの非衛生的処分による場合が多い。例えば、札幌市の例にみても、近代的施設は極めて少なく、大部分を投棄の手段によりまかなっている。特に当市においては、昭和37年度より主に経済負担を軽減する目的から、ごみの収集形態を賦課制より従量制に切り換えた。その結果、ごみ発生量は低減したが一台あたりの車両の走行距離が延長されることなどの理由でごみの収集単価はかえって高くなつた。以上のことから、ごみの発生量を制限することよりも収集・運搬形態におお合理化すべき余地があるように思われる。

本論文としては、このような在来の収集体系の分析に際してモデル化を行い、ごみ収集単価の構成を考察したい。また、単価の高い特装車を捨場までの運搬にも使用する在来方式は割高になると思われるので、新たに積換えを行う方法や一部を焼却する場合について、それぞれモデルを設定してその経済性について検討する。

モデル化にあたっては上記の札幌市のような中都市程度の規模を考え、ごみを10数キロメートルの郊外で投棄し、ごみの季節変動はないものとする。合理化にあたっては可能な限り機械化を行うが、積み込みは人間の手によらざるを得ない。この点に合理化の限度があり収集方法について考える必要がある。すなわち、積み込みに要する時間は極めて大きくこの作業を専従者が行うとすれば、その能率は良くなるけれども、疲労を避けるためには複数を確保する必要がある。しかし一方、人件費がそれだけ増大するので分析を進める。次に、積換えモデルにおいては路上で行うのは非衛生的であるので専用の施設を考える。なお、道路清掃は環境整備のうえからみても重要な位置を占めるが、この論文で扱う合理化とは別の立場にあるのでモデルの対象からはぶく。

2 記号の説明

管内にある任意の収集地区について考えると

ごみ発生量	W 〔トン/日〕*	140		
ごみ車積載量	Q 〔トン/台(回/台)〕	2.5	(6.0)	
ごみ車実台数	N 〔台〕	28	(4)	(2)
往復回数	ν 〔(回/台)/日〕	2	(6)	
ごみ車延台数	n 〔台(回/台)/日〕	56	(24)	(12)

*例えば、管内を2つの部分に分ける。一方のごみ発生量が他方の5倍でありこの部分をさらに等分して地区を5つに分けると、管内は(1+5)のごみ発生量が等しい6地区になる。したがって、各々を6日目毎に1日がかかりで集めれば、その収集量 W は管内の日産ごみ量 W に等しくなる。以上の論法において2つに分けた部分の面積比は任意と考えてもよい。

これらの間には、次の関係式が成立つ。

$$n = \frac{W}{Q} \quad \text{式 (1)}$$

$$N = \frac{W}{\nu Q} \quad \text{式 (2)}$$

また、各々の車について考えれば1日の作業時間は、ごみの運搬に要する時間と積込み時間および積おろし時間の和で表わせる。ここで、積おろし時間を微小とみて無視すれば、積載量Qは次式より算出される。

$$\frac{t}{\nu} = \frac{l_1}{u_1} + \frac{l_2}{u_2} + \frac{L}{n u_0} + \frac{Q}{q} \quad \text{式 (3)}$$

式(3)の右辺の第1, 2, 3項は l_1 , l_2 , L/n の各行程を走行する時間、第4項はごみの積込みに要する時間を表わす。

作業時間	t (hr/日)	6
収集以外で市内を走る実距離	l_1 (Km/(回/台))	2
l_1 を走る時の速度	u_1 (Km/hr)	20
郊外を走る時の実距離	l_2 (Km/(回/台))	30
l_2 を走る時の速度	u_2 (Km/hr)	30
単ループの実距離	L/n (Km/(回/台))	2.4
L/n を走る時の速度	u_0 (Km/hr)	10

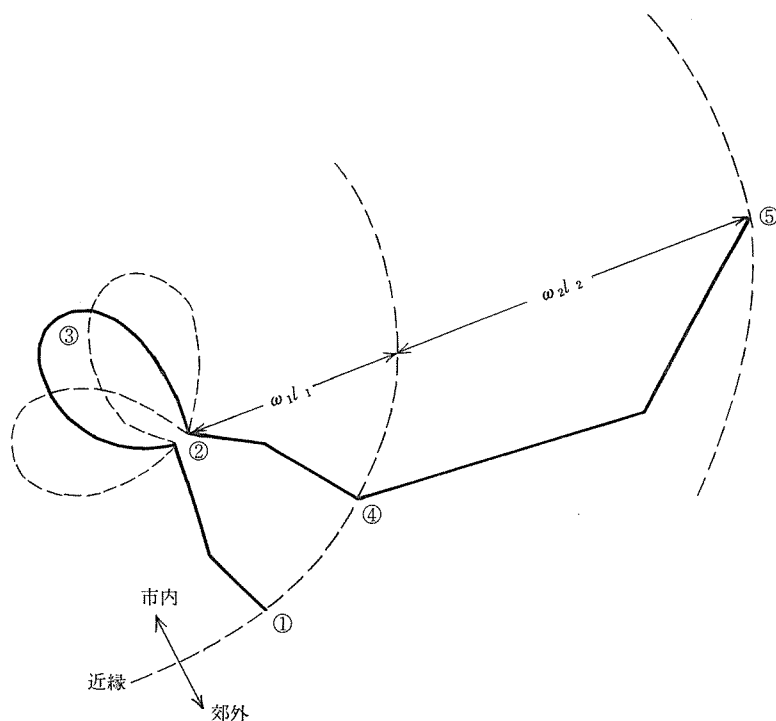
次に、この論文で使用する記号を記述の順により一括して掲げる。なお、附記の実数値はその項目の概略値であり、のちの試算に使用する。(算出方法については附録2を参照)

年間総経費	S (円/年)	算出目的
給与(運転手)	M (円/人年)	6.0×10^4
給与(積込員)	F (円/人年)	6.0×10^4
人員数(運転手)	μ (人/台)	1
人員数(積込員)	φ (人/台)	2
作業能力	q (トン/hr)	1.25 (0.85)
人と車の割り増し係数	λ [無次元]	1.1
車の減価償却に関する定数	A (円/年台)	2.5×10^4 (2.4×10^4)
車の減価償却に関する係数	a (円(回/台)/トン年)	1.0×10^4 (5×10^4)
走行時燃料に関する定数	B (円/Km)	3.5
走行時燃料に関する係数	b (円回台/トンKm)	0.64
空転時燃料に関する定数	k (円/hr)	112
車の整備に関する定数	R (円/年台)	1.5×10^4
車の整備に関する係数	r (円(回/台)/トン年)	2×10^4
年間作業日数	D (日/年)	311

施設（車両）に関する係数	E 〔円日／トン年〕	8.1×10^4	(0.33×10^4)
施設（人）に関する係数	G 〔円／人年〕	2.7×10^4	
経費（人）に関する係数	g 〔円／人年〕	2.3×10^4	
捨場の面積に関する係数	H 〔 m^2 日／トン年〕	100	
整地に関する係数	h 〔円日／トン年〕	1×10^4	
捨場の地代に関する定数	P 〔 m^2 ／円〕	1.6×10^{-4}	
捨場の地代に関する係数	p 〔 m^2 （回／台）／ Km 円〕	1.5×10^{-4}	
貯槽（施設）に関する係数	I 〔円／トン年〕	1.1×10^4	
貯槽（運転）に関する係数	i 〔円／トン年〕	0.9×10^4	(1.8×10^4)
焼却（施設）に関する係数	J 〔円／トン年〕	5.7×10^4	
焼却（運転）に関する係数	j 〔円／トン年〕	5.5×10^4	
焼却量／発生ごみ量	α 〔無次元〕	0.60	
残渣量／焼却量	ε 〔無次元〕	0.19	

3 在来モデル

在来の収集および運搬形態をモデル化すると図一1のようになる。



図一1 収集・運搬のパターン

- ①：基地（車庫・詰所・現場事務所など）
- ②：都心部収集の開始点または終点
- ③：収集地区（複数のループから成る）
- ④：積換えまたは焼却を考える場合の中継地
- ⑤：ごみ捨場

図-1において、 l_1 は①→②→④→〔②〕→①の行程、 l_2 は④→⑤→④の行程を表わし、それぞれ速度 u_1, u_2 〔Km/h〕で走るものとする。③のループ群の全距離を L 〔Km〕とすれば1台の車が1回に走る時の距離は L/n で表わされ、その速度を u_0 とする。また、1台の車について1回あたりの走行行程は①→②間を空車、ループ③でゴミを収集し、その後は②→④→⑤間を満載で走り捨場⑤につく。帰路は⑤→④→〔②〕→①である。

さて、捨場の地代の算定を考え、②⑤間の直線距離に関する係数を ω_1, ω_2 とすれば、各々②からの直線距離は $\omega_1 l_1, \omega_2 l_2$ で表わされる。もし①と④が同一地点であれば $\omega_1 \div 0.5$ 、また④⑤間の曲折が激しくなければ $\omega_2 \div 0.5$ である。

上記の在来モデルにおいて、車の収集・運搬およびその施設・地代などを考慮し年間総経費を算出すると、次のようになる。

$$\begin{aligned}
 S = & \lambda N \{ (\mu M + \varphi F) + (A + a Q) + (R + r Q) \} \\
 & + D \{ (B + b Q) \{ n(l_1 + l_2) + L \} + k n \frac{Q}{q} \} \\
 & + \{ E W + (G + g) \lambda N (\mu + \varphi) \} \\
 & + \left\{ \frac{H}{P + p \omega_2 l_2} + h \right\} W \quad \text{式(4)}
 \end{aligned}$$

ここで、式(4)の第1行目は順に収集車に従事する現業員の給与、車両の償却費（附録1参照）および整備費、第2行目は $l_1, l_2, L/n$ を走る為の燃料費および L/n における積み込み時の燃料費、第3行目は基地における土地・建物および給油施設などの償却費、さらに雇用に伴う施設（食堂・浴室など）の償却費および経常費（支給品・光熱水費）を表わし、第4行目は捨場の地代と整理費（ブルドーザーおよび従業員の費用）を表わす。

式(1)、(2)を式(4)に代入し、ゴミ1トンあたりの諸経費として整理すると、

$$\begin{aligned}
 \frac{S}{W} = & \frac{\lambda}{D \nu Q} \{ (\mu M + \varphi F) + (\mu + \varphi) G + (\mu + \varphi) g \} \\
 & + \frac{\lambda}{D \nu Q} \{ (A + a Q) + (R + r Q) \} + \{ (B + b Q) \left(\frac{l_1 + l_2}{Q} + \frac{L}{W} \right) + \frac{k}{q} \} + \frac{E}{D} \\
 & + \frac{1}{D} \left\{ \frac{H}{P + p \omega_2 l_2} + h \right\} \quad \text{式(5)}
 \end{aligned}$$

式(5)で第1行目は人件費（＝給与＋施設＋経費）、第2行目は車両（＝償却＋整備＋燃料＋施設）に関わる項を表わし、第3行目は捨場（＝地代＋整理）を示す。

なお、ディーゼルエンジンのみを考え、燃料消費量については空車時がゴミ満載の6割位であるので、

全行程を平均して満載時の8割とする。一方、単位走行距離あたりの燃料消費量は速度の違いによる差はあまりない。積込み時の燃料消費量は空転中に1.5〔1/hr〕程度、スタートとパツキング時では2.0〔1/hr〕位とする。

次に、先に掲げた実数値を式(5)に代入し、人件・車両・捨場の順に現業費を求めると、

$$\begin{aligned} \frac{S}{DW} = & \frac{0.22}{311} \left\{ (180 \times 10^4) + (8.1 \times 10^4) + (6.9 \times 10^4) \right\} \\ & + \frac{0.22}{311} \left\{ (50 \times 10^4) + (20 \times 10^4) \right\} + \{ 70.4 + 89.5 \} + \frac{8.1 \times 10^4}{311} \\ & + \frac{1}{311} \left\{ (5.1 \times 10^4) + (1.0 \times 10^4) \right\} \dots\dots\dots \text{式(6)} \end{aligned}$$

となる。この結果に関する百分率などの考察は後掲の第1表に示す。

4 積換モデル

在来モデルには次の2点に合理化すべき余地がある。第1に高価な収集用特装車が郊外での運搬にも用いられ、そのために車の能力が活かされていない。第2に諸経費のなかで人件費が50%以上も占め、しかもその2/3が積込員に要する費用である。

そこで本節では次のようなモデルを考える。すなわち図-1の④に中継点を設け、収集と運搬を分離してそれぞれ専用車を配置する。この方法により収集車はその特長を十分に生かすことができ、第1の点は解消される。またその結果、特装車が今まで郊外を走っていた約1時間を転用すれば、合計3時間を収集にあてることが可能となり、積込時間もそれだけ余欲ができる。したがって積込みを専従者ではなく、更に能率の悪い住民が自ら行うことも考えられる。これについては簡単な実測を行い検討した結果(附録3を参照)、実現の可能性が十分確かめられ人件費を軽減できるので、上記の第2点も解決する。なお収集車はワンマン・カーとなるが、市街地を除行するだけなので、運転手も女性でよいと思われる。さらにエンジンも小さくてすむ筈だが、積雪地の場合にはその条件に適した検討が必要であらう。

ワンマン・カーについては新たな設計によつた常時可動の連続パツキング装置と住民が積込む際の安全機構をかね備えた特装車が必要である。積換え後の運搬については、郊外である事を考慮して大型のダンプ・カーを採用すれば実台数 N' 、延台数 n' などは少なくてもよい。

また積換地点には2日分の貯槽および能率の良い積換装置を設ける。この施設は十分に近代的なものであつて、いわゆる路上での非衛生な積換えとはまったく異なる。

この場合の諸経費は式(4)に準じ

$$\begin{aligned} S' = & \lambda n \left\{ \mu_M + (A+aQ) + (R+rQ) \right\} + \lambda N' \left\{ \mu_M + (A' + a' Q') + (R+rQ') \right\} \\ & + D \left\{ (B+bQ) (n l_1 + L) + k \cdot n \cdot \frac{Q}{q} \right\} + D \left\{ (B+bQ') \cdot n' l_2 \right\} \\ & + \left\{ EW + (G+g) \lambda N \mu \right\} + \left\{ E' W + (G+g) \lambda N' \mu \right\} \\ & + \left(\frac{H}{P+p\omega l_2} + h \right) W + (I+i) W \dots\dots\dots \text{式(7)} \end{aligned}$$

となる。ここで式(7)の内容を説明すると、第1行目は第1項が収集、第2項が運搬の費用に関する項であり、第2行目の燃料費、第3行目の基地関係費についても同じくその第1項は収集、第2項は運搬を示す。第4行目の第1項は式(4)と同様に捨場の地代と整理費を表し、第2項は貯槽の運転費と施設(=ピット・建物・積込装置)を示している。なお積換地点からの運搬に関する項には、記号を付した。

式(1)、式(2)を式(7)に代入し、ごみ1トンあたりの諸経費として整理すると

$$\begin{aligned} \frac{S'}{DW} = & \frac{\lambda}{D\nu Q} \{ \mu M + (G+g) \mu \} + \frac{\lambda}{D\nu'Q'} \{ \mu M + (G+g) \mu \} \\ & + \frac{\lambda}{D\nu Q} \{ (A+aQ) + (R+rQ) \} + \{ (B+bQ) \left(\frac{1}{Q} + \frac{L}{W} + \frac{k}{q'} \right) + \frac{E}{D} \} \\ & + \frac{\lambda}{D\nu'Q'} \{ (A' + a' Q') + (R+rQ') \} + (B+bQ') \frac{1_2}{Q'} + \frac{E'}{D} \\ & + \frac{1}{D} \left(\frac{H}{P+p\omega l_2} + h \right) + \frac{1}{D} (I+i) \dots\dots\dots \text{式(8)} \end{aligned}$$

となる。式(8)で第1行目は人件(=給与+施設+経費)、第2行目と第3行目は車両(=償却+整備+燃料+施設)に関する項で、第4行目は捨場(=地代+整理)と貯槽(=施設+運転)を示す。

次に前記の実数値を式(8)に代入し、人件・車両・捨場および貯槽の順に現業費を求めると

$$\begin{aligned} \frac{S'}{DW} = & \frac{0.22}{311} \{ (60+2.7+2.3) \times 10^4 \} + \frac{0.03}{311} (60+2.7+2.3) \times 10^4 \\ & + \frac{0.22}{311} (50+20) \times 10^4 + (91.8+89.5) + \frac{8.1 \times 10^4}{311} \\ & + \frac{0.03}{311} (54+27) \times 10^4 + 36.5 + \frac{0.33 \times 10^4}{311} \\ & + \frac{1}{311} (5.1+1.0) \times 10^4 + \frac{1}{311} (1.1+0.9) \dots\dots\dots \text{式(9)} \end{aligned}$$

となる。この結果に関する百分率などの考察は後掲の第1表に示す。

5 焼却モデル

前節までは、ごみをもつばら捨てる場合についてのみ考えて来たが、ここで焼却処理について検討を加える。

焼却を行うことはもちろん衛生的であるが、高価な処理施設を要する欠点もある。しかし反面その経済性からみていくつかの利点もあり、例えば近代的なごみ焼却炉は衛生上からみても都市近縁に設置することができ、運搬費は安価になる。また、その産熱は工業用もしくは地域暖房ならびに舗道の融雪用熱源として売ることもし得る。

そこで次のようなモデル化を行う。すなわちごみ焼却炉を売熱に有利な前節の積換地点(図-1の④)に併設する。ごみはここで燃えやすい αW 〔トン/日〕だけを選別して焼却され、通過量 $(1-\alpha)$

Wおよび残渣量 $\varepsilon \propto W$ が捨場へ運ばれるものとする。なお車をワンマン・カーおよびダンプ・カーとも前節の場合と同様に考えれば、専用運搬車の実台数 N'' ・延台数 n'' などは少なくてよい。

この場合の年間諸経費は式(7)に準じ

$$\begin{aligned} S'' = & \lambda N \{ \mu M + (A + aQ) + (R + rQ) \} + \lambda N'' \{ \mu M + (A' + a'Q') + (R + rQ') \} \\ & + D \{ (B + bQ)(n_1 l_1 + L) + k \cdot n \cdot \frac{Q}{Q'} \} + D \{ (B + bQ') \cdot \frac{n''}{Q'} l_2 \} \\ & + \{ EW + (G + g) \lambda N \mu \} + \{ E' W + (G + g) \lambda N'' \mu \} (1 - \alpha + \varepsilon \alpha) \\ & + \left(\frac{H}{P + p\omega l_2} + h \right) (1 - \alpha + \varepsilon \alpha) W + (I + i) W + (J + j) W \dots \text{式(10)} \end{aligned}$$

になる。ここで式(10)の内容を説明すると、第1行目は第1項が収集、第2項が残渣運搬の費用に関する項であり、第2行目の燃料費、第3行目の基地関係費についても同じくその第1項は収集を、第2項は運搬を示す。第4行目の第1項は式(7)と同様に捨場の地代と整理費、第2項は貯槽の施設および運転費、第3項は焼却の施設と運転費を表わしている。なお焼却の場合は積換地からの運搬に関する項に n'' 記号を付した。

式(1)、(2)を式(10)に代入しごみ1トンあたりの諸経費として整理すると

$$\begin{aligned} \frac{S''}{W} = & \frac{\lambda}{D \nu Q} \{ \mu M + (G + g) \mu \} + \frac{\lambda}{D \nu' Q'} \{ \mu M + (G + g) \mu \} (1 - \alpha + \varepsilon \alpha) \\ & + \frac{\lambda}{D \nu Q} \{ (A + aQ) + (R + rQ) \} + (B + bQ) \left(\frac{1}{Q} + \frac{L}{W} + \frac{k}{Q'} \right) + E \\ & + \frac{\lambda}{D \nu' Q'} \{ (A' + a'Q') + (R + rQ') \} (1 - \alpha + \varepsilon \alpha) + \{ (B + bQ) \frac{l_2}{Q'} + E \} (1 - \alpha + \varepsilon \alpha) \\ & + \frac{1}{D} \left(\frac{H}{P + p\omega l_2} + h \right) (1 - \alpha + \varepsilon \alpha) + \frac{1}{D} (I + i) + \frac{1}{D} (J + j) \dots \text{式(11)} \end{aligned}$$

式(11)で第1行目は人件(＝給与＋施設＋経費)、第2行目と第3行目は車両(＝償却＋整備＋燃料＋施設)に関する項で、第4行目は捨場(＝地代＋整理)・貯槽(＝施設＋運転)および焼却(＝施設＋運転)を示す。

次に前記の実数値を式(11)に代入し、人件・車両・捨場および焼却の順に現業費を求めると

$$\begin{aligned} \frac{S''}{W} = & \frac{0.22}{311} (60 + 2.7 + 2.3) \times 10^4 + \frac{0.03}{311} (60 + 2.7 + 2.3) \times 10^4 \times 0.514 \\ & + \frac{0.22}{311} (50 + 20) \times 10^4 + (9.18 + 89.5) + \frac{8.1 \times 10^4}{311} \\ & + \frac{0.03}{311} (54 + 2.7) \times 10^4 \times 0.514 + (36.5 + \frac{0.33 \times 10^4}{311}) \times 0.514 \\ & + \frac{1}{311} (5.1 + 1.0) \times 10^4 \times 0.514 + \frac{1}{311} (1.1 + 1.8) + \frac{1}{311} (5.7 + 5.5) \times 10^4 \dots \text{式(12)} \end{aligned}$$

となる。この結果に関する百分率などの考察は後掲の第1表に示す。

6 比較検討

前節までの結果をまとめると表-1のようになる。

			在来モデル		積換モデル		焼却モデル	
			円／トン	%	円／トン	%	円／トン	%
人 件	給 施 経 費	与	1,278	51.8	486	27.9	444	23.8
			58	2.4	22	1.3	20	1.0
			49	2.0	19	1.1	17	0.9
	小計	1,385	56.2	527	30.3	481	25.7	
車 両	償 整 燃 施	却	355	14.4	408	23.5	371	19.8
		備	142	5.7	169	9.7	150	8.0
		料	160	6.5	136	7.8	101	5.4
		設	260	10.5	271	15.6	264	14.1
	小計	917	37.1	986	56.6	886	47.3	
捨 場	土 整	地	132	5.4	132	7.6	40	2.2
		理	32	1.3	32	1.8	10	0.5
	小計	164	6.7	164	9.4	50	2.7	
貯 槽	施 運	設	—	—	35	2.0	35	1.9
		転	—	—	30	1.7	57	3.1
	小計	—	—	65	3.7	92	5.0	
償 却	施 運	設	—	—	—	—	183	9.8
		搬	—	—	—	—	177	9.5
	小計	—	—	—	—	360	19.3	
	合計		2,466		1,742		1,869	
	(%)		100.0		70.6		75.8	

表-1 現業費の比較検討一覧表

(注) 人件は運転手および積込員のみの費用を示す。

捨場・貯槽・焼却の作業員については各々の整備や運転に含ませた。

上記の表-1は現業費のみを考えたので事務費と収入の分を加え総合検討すると表-2のようになる。

支出	現業費	2,466	1,742	1,869
	事務	430	430	430
	計	2,896	2,172	2,299
収入	切符	970	970	970
	売熱	0	0	1,350
	計	970	970	2,320
負担(%)		1,496 (100)	1,202 (80.3)	-21 (-)

表-2 採算の比較一覧

(注) 事務には吏員の人件・施設・経費を伴う。(附録 2 参照)

切符は住民からの手数料を意味する。(附録 2 参照)

売熱の詳細も附録 2 参照。

以上のように本論文ではごみの収集および運搬形態について、その処理原価の構成を検討し、次の結論を得た。すなわち在来方式によると、高価な収集用特装車が10数Km離れた捨場までの運搬用にも使われていて、その特長は十分に生かされていない。またこの方式では現業費の中で人件費が約50%にもなり、その内の $\frac{2}{3}$ は積込員によるものであることがわかった。

そこで本論文の積換モデルでは車の機能を考へて、捨場までの間に中継点を設けここで積換えを行い、さらに捨場までの運搬ダンプ・カーにリレーすることで節約された約1時間を収集に添加し、住民が自ら積込む方式を採用することによつて、積込専従者に加重されていた人件費を軽減することができた。その結果として車両費は高くなつたが、全体としてのごみ処理単価は在来よりも安価となつた。

次に衛生上からみて好ましく、また近代的な処理方法と考えられる焼却モデルでは上記の積換地点に炉を設け、燃えやすいごみを選別焼却するとした。この場合には設備費は高価となるが、反面焼却による産熱を工業用などに売ることができ、その点が大きな特色である。さらに寒冷地などでは行政効果が著るしい舗道の融雪や地域暖房の熱源にも利用できるので、この方式によつて市民の生活環境だけでなく、都市そのものの発展にも大きく寄与する。しかも筆者らの算定によれば、この焼却方式は独立採算も可能である。ただし本論文としては税金によつてまかなうべき性格の道路清掃については考へていない。

附録 1 利子付きの定額償還法

一般に減価償却法として官庁などでは定額法が用いられ、計算は $(P-L)/n$ の公式によつてゐる。ただし、ここで記号は本文と別に定め P =元金、 L =残存価格、 n =償却年数とする。

この式はいわゆる決算会計用として利用されるが、利子の概念が含まれていない。しかも残存価格の評価は非常にあいまいであり、例えば土地については年数がたつほどかえつてその価格は上がる不都合も生ずる。したがつて残存価格を見込んだ計算式は不適当と思われる。

さて将来のプロジェクトを考える場合の返済方式としては複利法もあるが、これは毎年一定額ずつの支払いではないので不便である。そこで利子を加味し、しかも毎年一定額ずつ支払う方式を考察する。

すなわち債権者から元金 P を年利 r で n 年間借りる場合に債務者は毎年一定額 $\{(P/n)+Px\}$ ずつ支払いたい。ここで x を年賦用算定率と名付けるが、これは利子の影響を考慮したものであり、また、この返済法を利子付き定額法と仮称する。

さて債権者が返済分をただちに、同じ条件で再投資するものとした時の複利方式と利子付き定額法との関係を示すと表一三のようになる。

複 利 方 式				
年	未 払 額 (A)	毎 年 支 払 額 (B)	再 投 資 元 利 合 計 (C)	総 計 (A+B+C)
1	$P(1-\frac{1}{n})$	$P(\frac{1}{n}+r)$	0	$P(1+r)$
2	$P(1-\frac{2}{n})$	$P\{\frac{1}{n}+(1-\frac{1}{n})r\}$	$P(\frac{1}{n}+r)(1+r)$	$P(1+r)^2$
3	$P(1-\frac{3}{n})$	$P\{\frac{1}{n}+(1-\frac{2}{n})r\}$	$P(\frac{1}{n}+r)(1+r)^2+P\{\frac{1}{n}+(1-\frac{1}{n})r\}(1+r)$	$P(1+r)^3$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	$P(1-\frac{i}{n})$	$P\{\frac{1}{n}+(1-\frac{i-1}{n})r\}$	$P\sum_{k=1}^{i-1}\{\frac{1}{n}+(1-\frac{i-k}{n})r\}(1+r)^{i-k}$	$P(1+r)^i$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	0	$P(\frac{1}{n}+\frac{1}{n}r)$	$P\sum_{i=1}^{n-1}\{\frac{1}{n}+(1-\frac{i-1}{n})r\}(1+r)^{n-i}$	$P(1+r)^n$

利 子 付 き 定 額 法				
年	未 払 額 (A')	毎 年 支 払 額 (B')	再 投 資 元 利 合 計 (C')	総 計 (A'+B'+C')
1	$P(1+r)-R$	$R(=\frac{P}{n}+Px)$	0	$P(1+r)$
2	$\{P(1+r)-R\}(1+r)-R$	R	$R(1+r)$	$P(1+r)^2$
3	$P(1+r)^3-R(1+r)^2$ $-R(1+r)-R$	R	$R(1+r)^2+R(1+r)$	$P(1+r)^3$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	$P(1+r)^i-R\sum_{k=1}^{i-1}(1+r)^k-R$	R	$R\sum_{k=1}^{i-1}(1+r)^k$	$P(1+r)^i$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	0	R	$R\sum_{i=1}^{n-1}(1+r)^i$	$P(1+r)^n$

表一三 複利方式と利子付き定額法との比較

表一三によれば、どちらの方法であろうとn年後に債権者は最終的に $P(1+r)^n$ を受けとることになり、複利方式の代りに利子付き定額法で返済されても結果的には同じである。また表一三から次

式が成立つ。

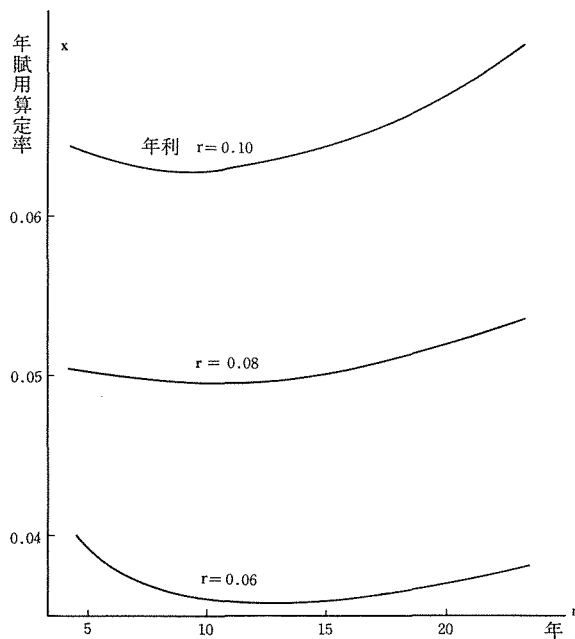
$$\begin{aligned}
 P(1+r)^n &= R + R \sum_{i=1}^{n-1} (1+r)^i \\
 &= \left(\frac{P}{n} + Px \right) \sum_{i=0}^{n-1} (1+r)^i
 \end{aligned}$$

これを解くと

$$x = \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} - \frac{1}{n}$$

となる。

次に、 r をパラメーターとしてこの関係を図示すれば図一2のようになる。



図一2 年賦用算定率 x と年利 r との関係

一般に複利方式による年利は8分程度であるが、図一2によれば r を0.08とした場合、 $5 < n < 15$ で x はほぼ0.05である。すなわち $n < 20$ で多少の誤差を含むとしても、本論文の扱う範囲内では実用上 x を0.05として良い。

したがって、次節の数値計算では年利8分による複利方式を避け、年賦用算定率5分の利子付き定額法を採用した。

附録 2 諸元の算定

記号の一覧表の末尾に実数値を掲げたが、その中で補足説明を要するもののみを掲げる。

給与〔 M , F 〕

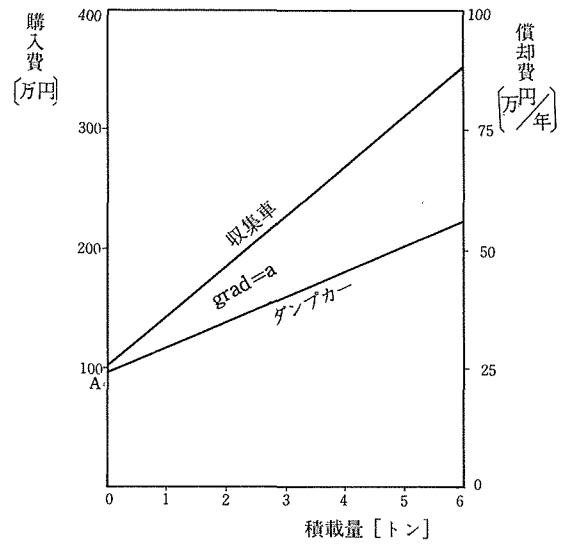
：俸給の外にボーナス、交通費などの諸手当を含む。

作業能力〔 q 〕

車の償却〔 $A + aQ$ 〕

：詳細は附録 3 の積込み方式を参照。

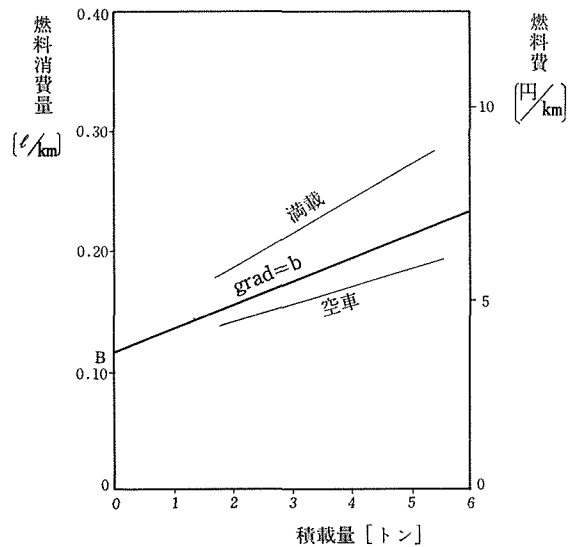
：附録 1 に述べた利子付きの定額償還方式による 5 年償却。



図一 3 車の償却費と積載量の関係

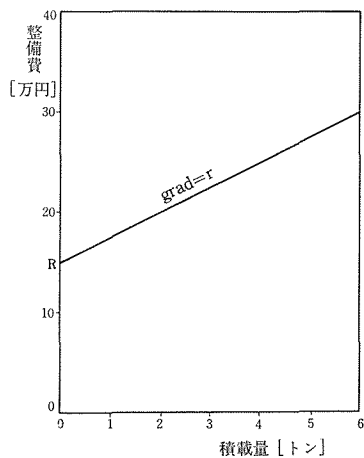
走行燃料〔 $B + bQ$ 〕

：図一 1 において①→②，④→①，⑤→④間は空車，②→④，④→⑤間は満載であるから，平均の燃料消費量は満載時の 8 割にとる。32〔円/ℓ〕の軽油を使うものとして算出，ただし速度の違いによる微差は無視。



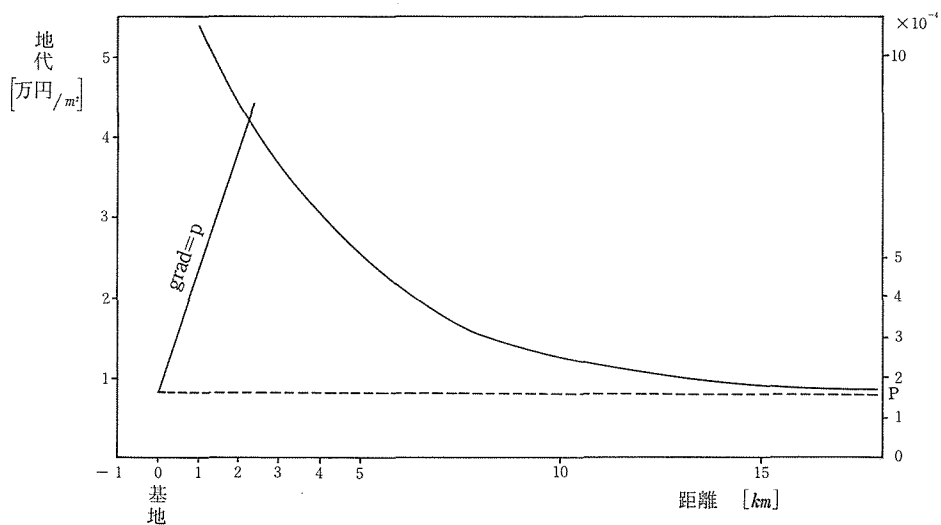
図一 4 走行燃料費と積載量の関係

- 空転燃料消費量〔 k 〕 : 2.5 トン車について実測したところ 1.5〔 l/hr 〕であつた。
 この外にスタートとパツキングを含めて 2〔 l/hr 〕とみなす。
- 車の整備〔 $R + rQ$ 〕 :



図一 5 車の整備費と積載量の関係

- 作業日数〔 D 〕 : 年末、年始と日曜日のみ休む。土曜日は全日作業。
- 捨場の地代〔 $1/(P+ps)$ 〕 : 市内の地代は市近縁の線上では 1.25〔万円/ m^2 〕とする。
 したがつて、捨場の地代は④⑤間の直線距離でさる。
 宅地の地代を調査し捨場は不整地であるので、その半額とした。



図一 6 捨場の地代と距離の関係

捨場の面積〔H, h〕

：日産1トンのごみは年間311トンになり，沈降を考慮すれば，3〔トン/㎡〕を収容できるから， $H \div 100 \text{ ㎡}$ となる。hは日産140トンのモデルで1日120㎡を整理するのに必要な人間と小型ブルドーザーから算出。

施設（車両）〔E〕

：車1台に対し車庫面積が15㎡であるとすれば，日産1トンあたり3㎡必要となり，かつ給油設備などを入れて，1㎡あたり3万円とする。建ぺい率2.5割，車1台あたりの敷地は60㎡必要で1㎡あたり宅地なみの1.2万円である。20年償却年賦用算定率5分の定額法による。

施設（人）〔G〕

：人間（運転手，積込員）1人あたり建物5㎡および建ぺい率5割とした敷地10㎡。計算法は〔E〕と同じく1㎡あたり設備費を含め3万円とする。

経費（人）〔g〕

：年間の作業支給品を1.3万円。同じく光熱水費1万円とみて合計2.3万円。

貯槽（施設）〔I〕

：2日分のごみをためる。日産1トンのごみを2mに積むとすれば，2日分積むのに必要な面積は1㎡。設備費（クレーンなど）を含めて1㎡6万円。建ぺい率2.5割として敷地は4㎡となり宅地なみの単価。共に20年償却の年賦用算定率5分の定額法により0.6万円+0.48万円=1.08万円。

貯槽（運転）〔i〕

：運転に必要な人件費ならびに電力費および修繕費。8時間運転の場合にはクレーン運転手1人，計量係1人を配置すれば合わせて年間120万円。24時間運転の場合にはクレーンに3人，計量は昼だけなので合わせて4人で240万円。電力費，修繕費は桁落ちとみて省略。iは人件費を日産トン数で割る。

焼却（施設）〔J〕

：1〔トン/8hr〕焼却する施設（土地・建物・機械）費は約200万円と云われている。^{*}したがって，1〔トン/hr〕あたり1600万円。ついでながらごみのカロリーが1000〔kcal/Kg〕とすれば1〔トン/hr〕は1〔Gcal/hr〕の熱出力に相当する。この熱出力は地獄暖房のボイラーでもほぼ同額であると云われる。しかし，ごみの $\frac{3}{5}$ （ $=\alpha$ ）を焼くと5〔トン/hr〕程度の焼却能力を持つ炉を必要とするから， 5×1600 万円となる。これを20年償却年賦用算定率5分の計算をすれば800万円となり，生ごみの日産1トンあたり57.1万円。

* 予熱利用装置を完備する場合にはこの金額の約5割増しを要するが，その差額は焼却場に対して期待できる国庫補助などの金額と見合うものとする。

焼却（運転）〔j〕	：24時間運転を考慮して焼却炉を並列に2基すえつける。1基に1人を配置して2人。その外に1人の雑務をおき8時間あたり3人になるので3交代では9人。したがって年間の給与は540万円。電力費は焼くごみ1トンあたり10KWh位なので約50円。jは日産トン数で割りしたがって合計5.5万円。
事務経費	：人件（＝給与＋施設＋経費）に関しては在来モデルの現業員に対し30%とし、他に自動車2台をおき修繕費は年間30万円を見込む。
切符	：1回の積込み（10Kg）は手数料として10円の切符と引換に行なう。切符売捌き者に3%を還元。したがって1トンで970円。
売熱	：地域暖房において顧客は2円/1000Kcalで買うといわれる。配管損失などを考えれば熱量のみの値段は1.8円/1000Kcal程度と推定。生ごみの熱量を800Kcal/Kg、選別されたごみを1200Kcal/Kgとすれば、 $\alpha = 0.6$ のとき、1350円/生ごみ1トン。

附録 3 積込み方式について

収集車への積込みを専従者ではなく住民（＝主婦）が行う場合について考える。

積換えモデルの設定により捨場までの郊外運搬に要する約1時間が節約できるので、これを収集に転用するとすれば1ループのごみを集めるのに3時間はあてられる。一方、それを満足するためには式（3）で $l_2 = 0$ とにおいて変形し住民の積込み能力 $q' [= Q / \{ (t/\nu) + (l_1/u_1) + (L/n u_0) \}]$ は第2節に掲げた数値を用いると、約40秒程度に算出される。ただし、1回に10Kgの積込みを行うものとした。そこでその推測値の妥当性を検討するために簡単な比較例として、住民のごみ積込みに相当すると思われる食券制度による学生食堂での定食受け渡し時間を測定した。その結果平均25秒位であり、この値から考察して40秒以内には主婦といえども十分積込みができるであろうとの確信を得た。

次に、現状をみると通常は1台の収集車に2人の積込員がついているが、これはトラック巾が2人の同時作業に適し、かつ徹底的には連続作業をさけた疲労対策とも考えられる。実際に2人連れ専従者の積込みに要する時間を調査したところ、1人につき1回平均8秒程度であつた。またパッキングに約20秒を要するとみて、もし積換えモデルでなおかつ専従者をつけるとすれば収集時間は約1.5時間ですむ。この結果から午前午後とも2回の収集が可能になるが、この場合は毎日10Km位を歩くことや積込み作業が倍加されることにより疲労が激しくなる。したがって、屈強な専従者にするか、あるいは勤務を午前と午後に分けたパートタイム制も考えられるが、これは日本の現状では割高になるろう。ついでながら共かせぎ夫婦のために晩宵収集も実施すべきである。以上のことを配慮して本論文ではワンマン・カーを採用し住民が自ら運転台わきに投げ込む方式とする。もちろん安全性については十分の対策を施し、パッキングも能率的に連続可能な特装で設計されねばならない。