

2. 局収ごみ性状の分析

本章では、昭和38年度より今日まで毎年実施してきた局収ごみの性状分析について調査分析結果を整理し、過去のごみ性状の将来予測など、ごみ処理の基礎資料として活用をはかるために標準化を試みた。

2.1 ごみ性状分析の目的

人間の生活よりもたらされるごみは、各種要因により常に異質のものが混在して集まり、汚物のうちでは最も複雑で変化に富んでいる。このごみは一般的には利用価値の少ない不要物よりなり、通常的生活環境からすみやかに隔離し、衛生的に安全化、安定化することにより、自然還元することが必要である。このことは、言い換えれば、ごみの収集であり、輸送であり、終末処分であるといえよう。この収集、輸送、終末処分を円滑に計画し、維持管理、運営をより良く遂行するためには、ごみの性状分析の正確な把握が必要となる。例えば、ごみの焼却についていえば、見掛比重の測定は、ごみのパンカ、投入口、火格子の設計要因となる。また、ごみの浸出汚水の測定、発生臭気の測定、あるいは含有有害物質（重金属類等）の測定は公害対策面における必要な要因となる。ごみの埋立処分、資源再利用等についても、ごみの物理組成、化学成分、見掛比重、圧縮性、複元性、浸出汚水、発生臭気、分解、燃焼ガスの性状、その他、可能なかぎりの資料が必要とされる。ごみの収集、輸送についても、ほぼ同様のことが必要といえよう。

このように、ごみの性状分析はごみの処理について重要な基礎資料とされるものであるが、ごみは人間生活の様式の変化や、生活水準の変化等、種々の要因により変化する。一般廃棄物も、生産技術の急速な革新と、使い捨て、大量消費の傾向から、量の増加とともに質の面でもプラスチック類の著しい増加等、多様化が著しい傾向を示してきた。かつまた、ごみは排出場所、季節、天候等によっても変化を示す。このようにごみのもつ多様性、可変性を考慮すれば、可能なかぎり、恒久的に調査をおこない、そのときどきのごみ性状を正確につかんだ調査資料が必要であると考えられる。また、最近の科学技術の急速なる進歩により、複雑多様な質の組材をもちいた製品ががつぎつぎに市場に出され、一般に利用されるようになっており、これが廃棄物となった場合において現行の処理技術では処理処分をおこなう際にもいろいろな困難性をもたらすことが考えられる。この場合、理想的には処理処分技術との関連で組材を検討して、組材としての適否を判断した後に製品化することが望ましいことと思われるが、当面は、廃棄物となる物についての質について、ごみの処理処分の立場から調査し、適接な処理処分の資料にすること、ならびに現行の処理処分に関する技術に照して不適當と判断されたときは、排出制御の方向をとらざるをえないこともあると考えられ、そのための資料とするためにも質の調査が一層必要と思われる。

2.2 局収ごみの物理組成について

ごみの性状調査について、東京都では清掃事業遂行上、必要の都度おこなってきたが、特に局収ごみについては、昭和38年度以降昭和49年度まで、主として清掃研究所を中心に分析調査を経年的に毎年実施し、ごみの処理処分の計画、執行の基礎資料としてきた。昭和38年から昭和49年までの局収ごみの物理組成について調査方法、調査結果等について以下に述べる。

2.2.1 調査方法

ごみの調査分析を経年的に始めた昭和38年度は東京都23区を4地区に分け、城東（深川清掃事務所管内＝住宅、商店、家内工業）、城西（王子清掃事務所管内＝住宅、アパート）、城南（品川清掃事務所管内＝住宅、商店、修理工場）、城北（足立清掃事務所管内＝住宅、商店）とし、毎月1回、定日に指定した場所において街路に出されたポリ容器より試料を大型のポリ容器に移し替えて採取した。採取量はポリ容器（40ℓ）10個分で約70kgである。これを清掃研究所に持ち帰り、ただちに4分法で縮分し約5kgにして組成分析を実施した。昭和39、40年度は採取地区は下谷、王子、足立、本郷、各清掃事務所管内、昭和41、42年度は新宿西、王子、大森、葛飾、各清掃事務所管内からごみ試料として小型車1台分を清掃研究所に定期的に搬入して組成分析を実施した。ごみ試料は500kg～700kgでこれを4分法で縮分し、約30kgとしたのち組成別に分類した。昭和43年度以降は、主として清掃工場に搬入されたごみを採取し、組成分析の対象とした。昭和43年度、昭和44年度は工場（主として足立清掃工場）で、約400～500kgを採取したのち、清掃研究所に持ち帰ったあと、試料の半分（200～250kg）を水分測定用、残り半分を物理組成用として2分したのち、それぞれを4分法にて縮分し、最終的には40～50kgにして、これを調査試料に供した。昭和45年度以降は清掃工場でごみバケツカより、約1トンのごみをクレーンで採取し、工場で縮分して約50～70kgとしたのちに清掃研究所に持ち帰り、組成分析に供した。調査対象工場は東京都清掃局所属のもので、毎年2～4工場を選んで実施した。ごみの縮分は直射日光が入らず、風通しのない場所をえらび、通常はコンクリートの上でシャベルにより十分混合（袋の中の物はあらかじめ出す）して4分法で行ない、組成分析は担当職員の手分析により、生ごみについて構成物質別に分類した。組成分類項目は調査年度等により多いときと少ないときがあり若干異なることがあるが、それを整理したのが表1-2-1である。なお、ごみの物理組成等でごみの分析方法についての詳細は本報告書の資料編1に記述されているので、それを参照されたい。

2.2.2 調査結果

昭和38年から昭和49年まで毎年実施してきた、各年の分析値を年次ごとに平均値を求め、各年次の代表値として示したのが表1-2-1である。この表1-2-1は、生ごみ単位で表示されているが、物理組成の各項目の生ごみの割合は各項目の含有水分により影響をうける。また、組成項目ごとの水分量は、他の組成項目から移行により変化する。たとえば、厨芥の水

分は紙に吸水されて紙の水分になる。よって、水分によるばらつきを少なくし、各組成項目の実量に対応させるために、生ごみ中の乾物の割合でもって、各組成項目の割合を求めることも必要と考えられる。そこで下式により、その割合を求めたのが表1-2-2である。

$$\text{生ごみ中の乾物の割合}(\%) = \text{生ごみ割合}(\%) \times \frac{100 - W}{100}$$

W=各組成項目の水分(%)

なお、この表1-2-2の作成には、各項目別水分が年次ごとにあることが望ましいが、昭和38、39、40、43、44、および45年次は各項目別の水分を調査していないので昭和46、47、48、49年の平均値を用いて代りとした。それが表1-2-3に示したものである。この表で昭和48、49年はごみの分別収集の実施による関係で年度による表示とした。また、ごみ中のプラスチックの分類として、昭和46年度、昭和47年度、48年度、49年度に調査した値を表に示したのが、表1-2-4である。表1-2-2より、いわゆる、高度経済成長の期間である昭和38年から昭和48までの10年間のごみの物理組成の経年変化をみると、プラスチック類の急激な増加がみとめられる。金属、ガラス、陶磁器、紙も相当量増加している。さらにプラスチックについては、表1-2-4に示したように使い捨てになる袋物、食品容器、発泡製品が約80%をしめている。また、厨芥については、あまり変化がみられない。紙類の内わけとしては、49年度調査についてみると、生ごみ湿ベースでダンボール類5%、新聞紙15%、その他80%であった。金属類はジュース、その他食品かん詰のかんなど飲食用が45%、その他が55%であった。ごみの水分を各項目別にみたのが表1-2-3である。これより、厨芥類は75%程度の水分を含んでいる。これは厨芥自体が水分を多く含むもので構成されているうえに台所など水を多く使う場所から排出されることのために水分が多いと考えられる。紙類が50%程度の水分を含むのは、吸湿性が良いために、厨芥等の水分や雨などの水分を吸ってしまうためで、移行水分と考えられる。プラスチック、金属、ガラス等に水分が含まれるのはそれらに附着したごみやまわりからの水分の移行のためといえる。ごみの全水分に対するごみ各組成の水分等与率は、49年度の場合を例にみると、厨芥が50%、紙が37%となり、この二つで90%近くを占めることになる。ただし、紙の水分のうち、厨芥からの移行水分が相当部分をしめると考えられるので、ごみのもつ水分は、厨芥の水分によるところが大きいことになる。

表 1 - 2 - 1 ごみの物理組成 (生ごみ)

単位 %

項目	年次	n	38	n	39	n	40	n	41	n	42	n	43	n	44	n	45	n	46	n	47	n	48	n	49
紙		27	2550	41	2610	47	2230	20	2690	36	2780	18	2800	10	3330	21	3000	29	3360	24	3560	17	3800	30	3935
プラスチック		"	207	"	342	"	376	"	527	"	455	"	617	"	969	"	1010	"	877	"	693	"	527	"	452
厨	芥	"	560	"	4110	"	4730	"	3370	"	3410	"	3120	"	3180	"	3290	"	2726	"	2590	"	3650	"	3873
織	維	"	366	"	277	"	256	"	200	"	163	"	227	"	357	"	510	"	319	"	320	"	305	"	282
ゴム・皮革		"	225	"	123	"	101	"	153	"	095	"	111	"	101	"	084	"	111	"	082	"	036	"	038
金	属	"	226	"	254	"	276	"	236	"	209	"	217	"	288	"	291	"	327	"	366	"	241	"	182
ガラス・陶磁器		"	365	"	571	"	382	"	493	"	516	"	406	"	504	"	612	"	735	"	730	"	331	"	250
その他		"	201	"	1713	"	1649	"	2331	"	2372	"	2502	"	1271	"	1203	"	1551	"	1659	"	1110	"	988

〔注〕 1. nは測定回数

2. 48年度、49年度は分別収集実施により不燃、不適ごみを別に分別した残りのごみである

表 1 - 2 - 2 生ごみ中の乾物の割合

単位 %

項目	年次	n	38	n	39	n	40	n	41	n	42	n	43	n	44	n	45	n	46	n	47	n	48	n	49
紙		27	1370	41	1400	47	1200	20	1380	35	1310	18	1490	10	1780	21	1610	29	1760	24	1910	17	2080	30	1930
プラスチック		"	146	"	240	"	264	"	367	"	278	"	458	"	681	"	710	"	590	"	500	"	378	"	300
厨	芥	"	822	"	949	"	1090	"	787	"	880	"	697	"	735	"	760	"	593	"	580	"	811	"	931
織	維	"	239	"	181	"	167	"	124	"	090	"	148	"	233	"	333	"	186	6	232	"	206	"	173
ゴム・皮革		"	200	"	109	"	090	"	132	"	075	10	098	8	090	"	075	"	095	"	072	"	034	"	032
金	属	"	212	"	238	"	259	"	222	"	189	18	203	10	270	"	273	"	296	24	352	"	214	"	168
ガラス・陶磁器		"	352	"	550	"	368	"	480	"	511	"	394	"	486	"	590	"	672	"	765	"	317	"	232
その他		"	1259	"	1253	"	962	"	1648	"	1227	"	1222	"	655	"	659	"	708	"	669	"	550	"	484
水分		"	5400	"	5080	"	5600	"	4860	"	5440	"	5290	36	5070	"	4990	"	5100	"	4920	"	5410	"	5750

〔注〕 1. nは測定回数

2. 48年度、49年度は分別収集実施により不燃不適ごみを別に分別した残りのごみである。

表 1 - 2 - 3 各項目の水分の平均値

単位 %

項目 年次	紙	厨 芥	プラスチック	織 維	ゴム・皮革	金 属	ガラス 陶磁器
46	44.02	77.20	29.71	38.52	—	5.31	—
47	45.07	77.70	26.73	27.38	—	6.24	—
48	45.25	77.28	29.43	34.14	6.30	6.61	3.54
49	50.80	75.51	32.77	39.27	16.07	7.07	3.68
平 均	46.38	76.92	29.66	34.83	11.19	6.31	3.61

表 1 - 2 - 4 ごみ中のプラスチックの分類

単位 %

項目 年度	袋 物	玩具・硬質	食器容器	発泡製品	ひも・ホース類
昭和 46 年	68.2	15.0	12.1	2.8	1.9
昭和 47 年	68.0	17.1	10.0	2.2	2.7
昭和 48 年	71.3	13.8	8.4	3.7	2.8
昭和 49 年	77.8	9.0	6.3	4.1	2.8

2.3 局収ごみの化学組成について

2.3.1 3成分

1) 年次変動について

昭和 38～49 年の年次推移を表 1 - 2 - 5～6, 図 1 - 2 - 1 に示す。

これによれば, 分別収集以前の数年においては, 可燃分, 灰分の漸増, 水分の漸減傾向がみられたが, 不燃物, 焼却不適物の分別収集開始とともに, 可燃分, 灰分は減少し, 水分は増加した。しかし灰分については, 昭和 48 年の減少でほぼ落着き, 昭和 49 年では, 可燃分の減少分と水分の増加分がほぼ見合ったものとなっている。

表 1 - 2 - 5 3 成分年次推移 (1)

	38 年	39 年	40 年	41 年	42 年	43 年
足 立						(8) 5089 3335
江戸川						(8) 5478 2796
北						(1) 5467 3235
多摩川						(7) 5265 3047
品 川	(8) 5700 2022	(2) 5380 2137				
足 立	(9) 5661 2125	(12) 4746 2436	(11) 5437 2555	(3) 4733 2653		
深 川	(9) 5231 2305	(1) 5670 2188				
下 谷	(9) 5028 2498	(2) 5380 2117	(8) 5444 2167	(3) 3603 2908		
主 子		(9) 5346 2129	(12) 5514 2184	(5) 5372 2450	(10) 5679 2469	
本 郷		(8) 5038 2809	(12) 5853 2155	(3) 5103 2013		
新宿西				(2) 4635 3876	(9) 5649 2684	
大 森				(2) 5073 2537	(7) 5372 2693	
葛 飾				(1) 5756 2418	(7) 4912 2773	
総 平 均	(35) 5397 2238 2365	(34) 5075 2428 2497	(43) 5596 2253 2151	4860 2627 2513	(33) 5443 2609 1948	(24) 5286 3067 1647

注) 表 1 - 2 - 6 の注を参照すること。

表 1 - 2 - 6 3 成分年次推移 (2)

	44 年	45 年	46 年	47 年	48 年	49 年
清掃研究所分析						
足立	(13) 48.67 30.49	(9) 47.17 35.31	(3) 54.53 32.16			
江戸川	(2) 53.01 27.54	(9) 50.78 32.53	(11) 49.52 33.52	(6) 48.41 31.42	(6) 42.46 37.10	(7) 57.40 31.39
北	(12) 51.12 30.52			(3) 45.61 33.26		(3) 63.65 29.88
石神井	(9) 52.73 29.59	(9) 51.84 30.30	(9) 50.89 30.93	(7) 51.04 29.34	(8) 57.38 31.12	(7) 58.13 29.34
世田谷			(7) 51.86 31.25	(6) 49.72 33.35	(1) 52.30 27.73	(4) 60.99 28.89
平均	(36) 50.74 30.08	(27) 49.93 32.71	(30) 50.98 32.08	(22) 49.22 31.54	(15) 51.08 33.29	(21) 59.22 30.02
江戸川	(38) 55.45 —	(45) 53.42 33.96	(17) 49.94 39.52	(3) 50.53 37.23	(6) 58.23 34.72	(4) 56.60 37.00
北		(5) 47.46 34.26	(6) 47.35 35.37	(9) 48.68 32.51	(9) 53.83 34.27	(5) 47.22 25.52
江東						(4) 50.40 34.37
板橋						(3) 59.20 30.70
石神井		(8) 54.69 27.99	(9) 56.93 27.77	(9) 50.77 32.40	(5) 60.88 28.64	(4) 60.53 28.40
世田谷	(5) 53.60 (1) 29.50	(9) 50.06 (3) 36.33		(2) 47.05 (1) 35.60	(3) 51.83 41.50	(1) 50.00 41.70
千歳		(1) 53.50 34.30	(10) 50.67 32.61	(11) 40.37 43.17	(10) 46.70 37.87	(8) 54.54 34.33
平均	(43) 55.23 (1) 29.50	(68) 52.69 (62) 33.33	(42) 51.24 34.76	(34) 46.61 (33) 36.56	(33) 53.36 35.25	(29) 54.14 32.25
総平均	(77) 54.57 (37) 30.06 15.37	(95) 51.90 (89) 32.81 15.29	(72) 51.13 33.64 15.23	(56) 47.64 (55) 34.55 17.81	(48) 52.65 34.63 12.72	(50) 56.27 31.31 12.42
各工場分析						

注 1) 昭和 38 ~ 43 年までは、清掃工場搬入ごみおよび事務所所管の収集車のごみを清掃研究所が分析したもの。昭和 44 年以降は清掃工場搬入ごみを清掃研究所、および工場が分析したもの。

2) 3 成分表示欄の ()^AB_C の () 内は検体数, A は水分%, B は可燃分%, 総平均欄の C は灰分%である。

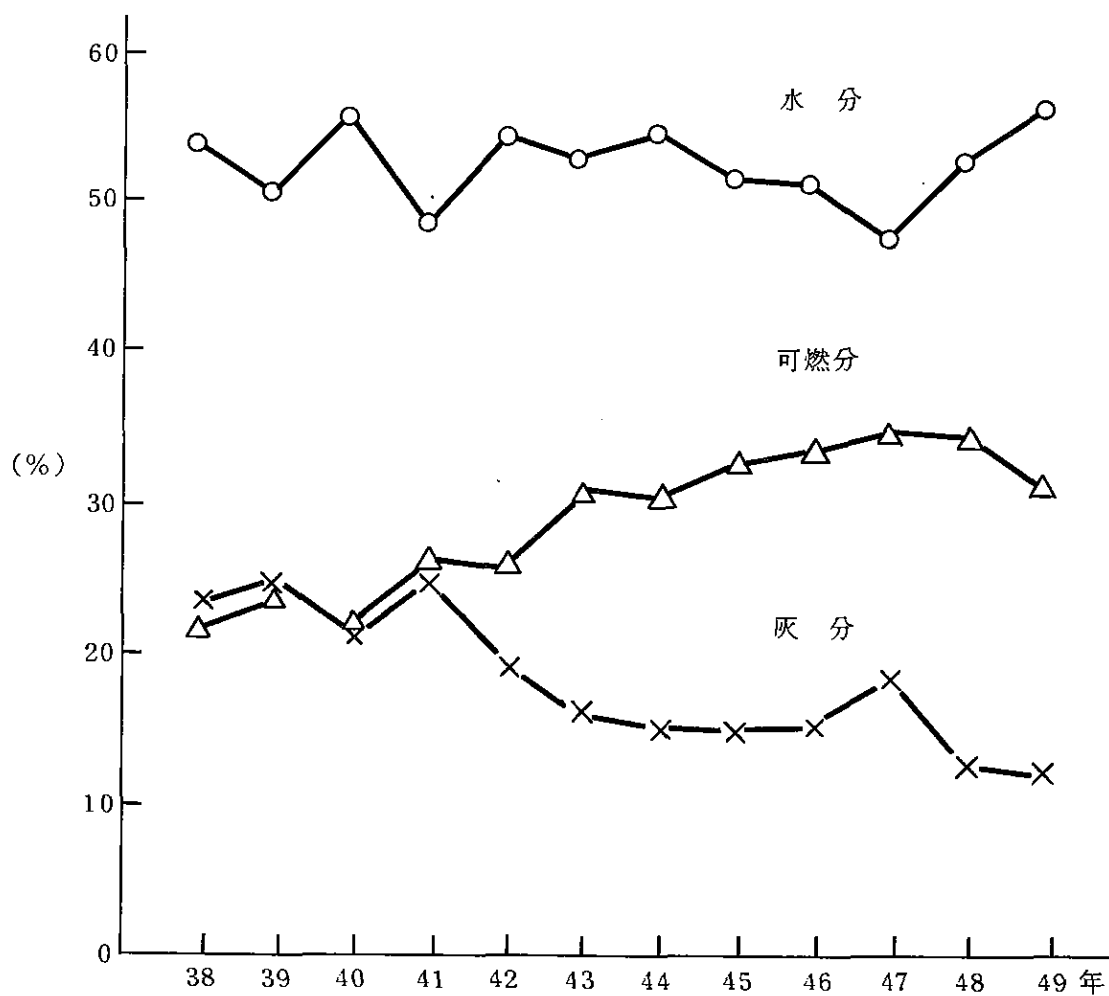


図 1 - 2 - 1 3 成分年次推移

2) 月変動について

昭和 47 ~ 49 年次の月推移を図 1 - 2 - 2 ~ 4 に示す。通常水分は、6 ~ 8 月がピークとなるが、昭和 48 年次においては通年にわたる上昇傾向を示している。これは分別収集の進展によって水分の増加が通常的水分変動のパターンを変化させたものと思われる。

昭和 49 年次には、ほぼ通常の変動パターンにもどっているが、昭和 47 年次に比べ、通年約 10 % 高い値を示している。

また灰分についても同じ傾向が見られる。

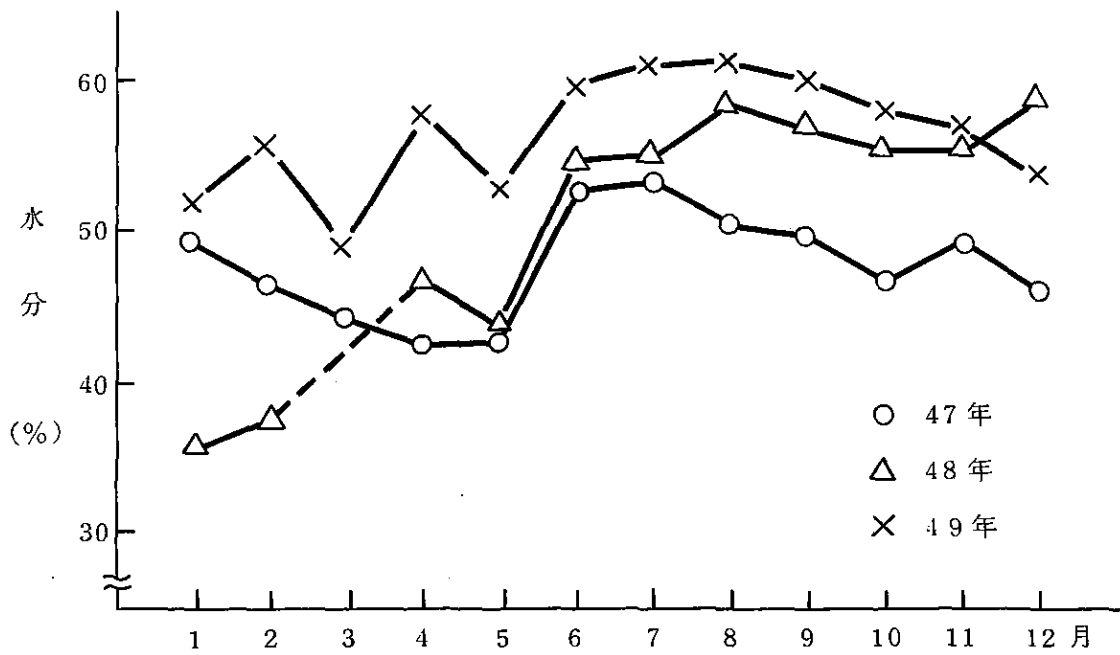


図1-2-2 月別水分推移

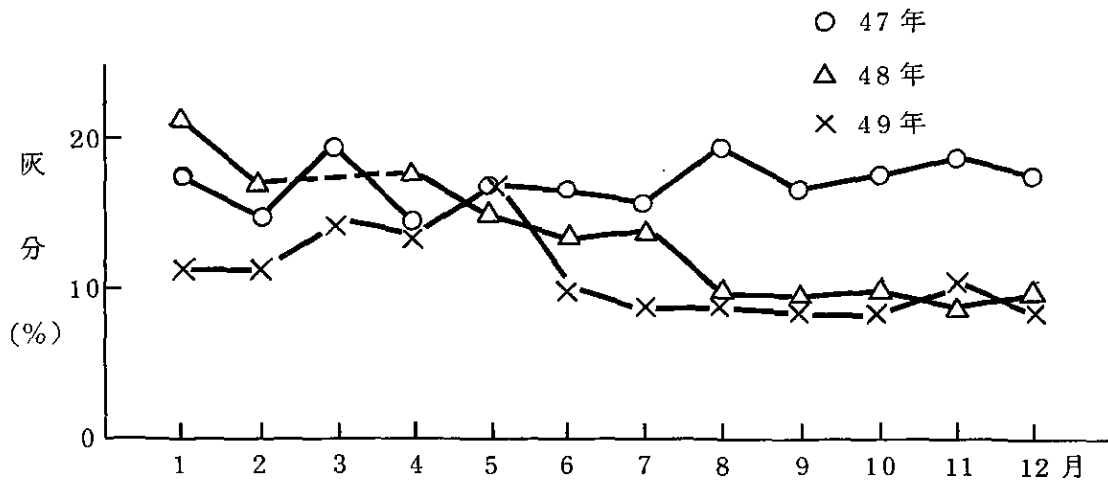


図1-2-3 月別灰分推移

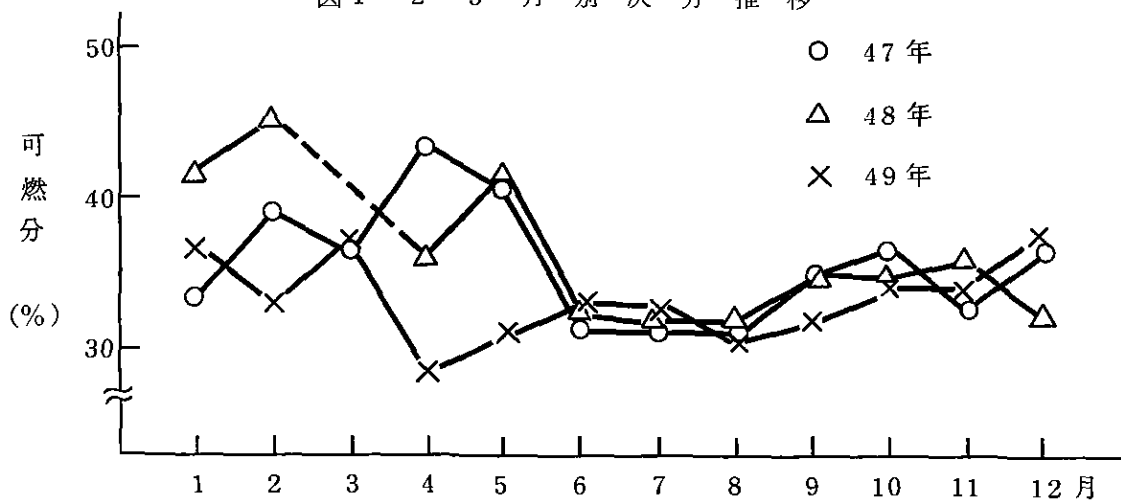


図1-2-4 月別可燃分推移

3) 地域変動について

表 1 - 2 - 5 ~ 6 からは、地域による顕著な差は見られないようである。

4) 昭和 49 年次の 3 成分の変動について

昭和 49 年次の 3 成分図を図 1 - 2 - 5 に示す。

これによれば、3 成分の変動に一定の傾向はないようである。

しかし 3 成分を低位発熱量との関係でみたとき、図 1 - 2 - 5 に示すような直線関係が認められる。

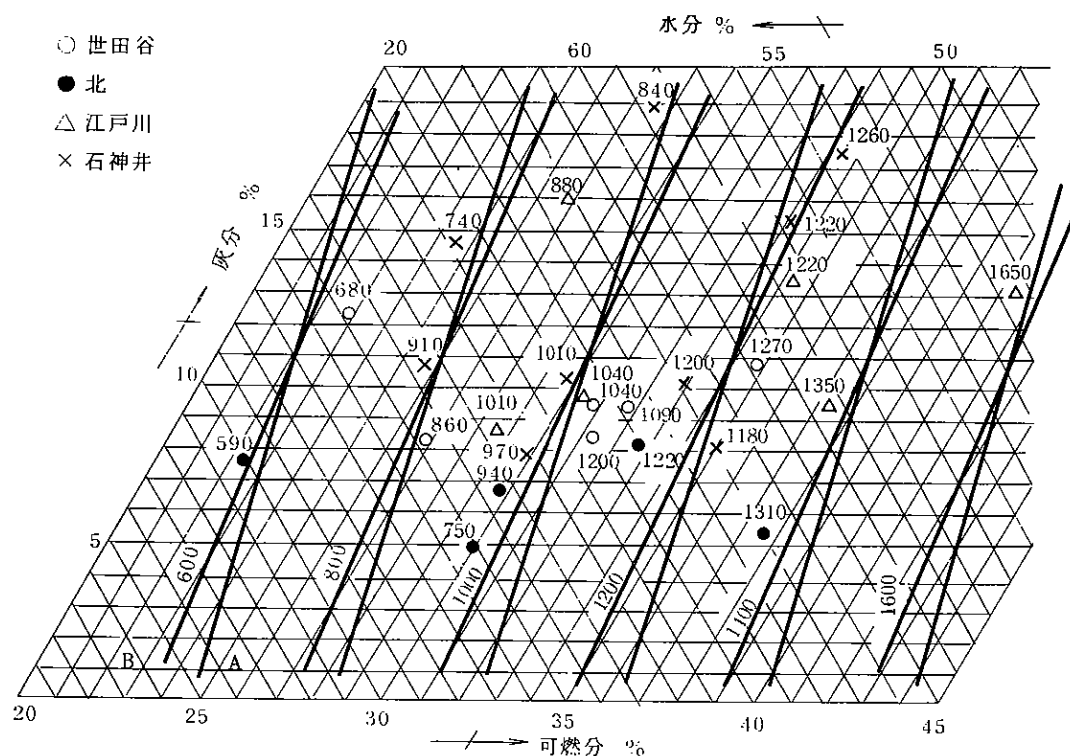


図 1 - 2 - 5 3 成分図 (昭和 49 年次)

注 1) 対象ごみは昭和 49 年次の清掃工場搬入ごみである。

2) プロット上の値は生ごみの低位発熱量 (kcal/kg) である。

3) A 直線は低位発熱量と 3 成分の重回帰式を示し、B 直線は可燃分の低位発熱量 α を

$$\alpha = \frac{Hu + 6W}{B} \times 100 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \quad \text{から求め、その平均値を係数とした式を示す。}$$

$$A : Hu = 39.26B - 12.23W + 557$$

$$B : Hu = 45.46B - 6W$$

$Hu = 600, 800, \dots, 1600 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ としたとき、A, B 式は上図のような直線群になる。各低位発熱量に対応する平均的な 3 成分値は、A, B の交点で示される値が妥当であろう。

2.3.2 化学成分

1) 年次変動について

昭和38～49年の化学成分の年次推移を表1-2-7, 8に, 可燃分に対する化学成分の変動を図1-2-6に示す。

化学成分の変動を, 生ごみに対してでなく, 水分などの因子が入らない可燃分に対する化学成分値で判断すると, 分別収集開始後の昭和48, 49年次の主要3元素(炭素, 水素, 酸素)の値は, 分別開始前の昭和45～46年次の値に近いものとなっている。また, 昭和49年次における化学成分は, 互いに無関係ではなく, ある勾配上を変動しているようである。

窒素, 塩素, いおうの微量元素は, 焼却を通じ, NO_x , HCl , SO_x 発生の原因になる有害元素であるが, その年次変動を図1-2-7に示す。

これによれば, 塩素は昭和41～45年まで顕著な増加傾向が続き可燃分に対して1.25%にも達したが, それ以後横ばい状態が続き分別収集開始後, ほぼ昭和43, 44年頃の値まで減少した。いおうは分別の影響がほとんどみられず, 昭和38年以降漸減傾向を示している。

2) 昭和49年次の化学成分の変動について

昭和49年次の可燃分に対する化学成分のヒストグラムを図1-2-8に示す。これによれば, いずれの元素もほぼ正規分布型とみてよい分布を示している。

昭和49年次の可燃分に対する3主要元素(炭素, 水素, 酸素)図を図1-2-9に示す。

これによれば炭素, 水素, 酸素は互いに無関係に変動するのではなく, ほぼ一定の勾配上を変動している。

ここで仮に可燃分の元素組成を $\text{C}_6 \text{H}_{10} \text{O}_5 (\text{CH}_2)_n$ とし, n を変数にした値を同図上にプロットしたとき, 実際のデータの勾配とほぼ同じ勾配を示しているのは興味深い。しかし可燃分をセルロース $\text{C}_6 \text{H}_{10} \text{O}_5$ と, プラスチック $(\text{CH}_2)_n$ の混合物とみ, n 値がプラスチックの混入比率を決めるものと想定し, 実際の混入比率とのつき合わせを行なったところ, ほとんど関係ないことがわかった。従って, $(\text{CH}_2)_n$ 項を即プラスチックとみるのは正しいとはいえないが, 可燃分の近似元素組成を $\text{C}_6 \text{H}_{10} \text{O}_5 (\text{CH}_2)_n$ とみることはできそうである。

統計処理をして求めた昭和49年次における可燃分の低位発熱量 $\alpha \text{ kcal/kg}$ と元素組成との関係

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_0 - 6 \times 9 h \\ &= 81 c + 345 h - 33.3 o - 54 h \\ &= 81 c + 291 h - 33.3 o\end{aligned}$$

α : 可燃分低位発熱量 (kcal/kg)

α_0 : 可燃分高位発熱量 (kcal/kg)

c, h, o : それぞれ炭素, 水素, 酸素濃度 (%)

を $\alpha = 4000, 4500, 5000 \text{ kcal/kg}$ として図示すれば, 図1-2-9のようになる。

表 1 - 2 - 7 生ごみ中および可燃分中化学成分年次推移(1)

年 次	38		39		40		41		43		44	
検体数	35		34		43		18		24		28	
c	10.97	48.86	11.64	48.66	10.91	48.22	11.99	46.42	14.19	46.56	14.08	48.36
h	1.45	6.48	1.64	6.87	1.53	6.78	1.59	6.18	2.08	6.83	2.24	7.70
o	9.43	42.05	10.05	41.67	9.61	42.20	11.31	43.87	13.00	41.91	12.03	40.96
n	0.48	2.16	0.55	2.40	0.52	2.33	0.84	3.22	1.14	3.81	0.63	2.18
cl	-	-	-	-	-	-	(0.03)	(0.12)	0.18	0.59	0.19	0.65
s	0.10	0.45	0.09	0.40	0.10	0.47	0.08	0.31	0.09	0.30	0.04	0.15
計	22.43	100.00	23.97	100.00	22.67	100.00	25.81	100.00	30.68	100.00	29.21	100.00

注) 表 1 - 2 - 8 の注を参照すること。

表 1 - 2 - 8 生ごみ中および可燃分中化学成分年次推移(2)

年 次	45		46		47		48		49	
検体数	32		30		21		15		27	
c	16.68	49.95	15.93	49.64	15.44	49.55	15.92	48.07	15.15	49.33
h	2.65	7.95	2.45	7.62	2.40	7.70	2.39	7.23	2.15	7.00
o	13.11	39.03	12.88	40.19	12.83	40.31	14.17	42.28	12.78	41.53
n	0.55	1.68	0.42	1.29	0.39	1.25	0.53	1.61	0.47	1.52
cl	0.41	1.25	0.35	1.09	0.32	1.02	0.23	0.68	0.15	0.49
s	0.04	0.14	0.06	0.17	0.05	0.17	0.04	0.13	0.04	0.13
計	33.44	100.00	32.09	100.00	31.43	100.00	33.28	100.00	30.74	100.00

注 1) データは清掃工場搬入ごみを清掃研究所が分析したものであり、年間の平均値である。

2) 元素の左欄は生ごみ、右欄は可燃分に対する値で、単位は重量%である。

3) 昭和 41 年の塩素は年次中途から測定した値の平均値である。

4) 昭和 42 年の化学分析は、測定信頼度が欠けるものがあったので除外した。

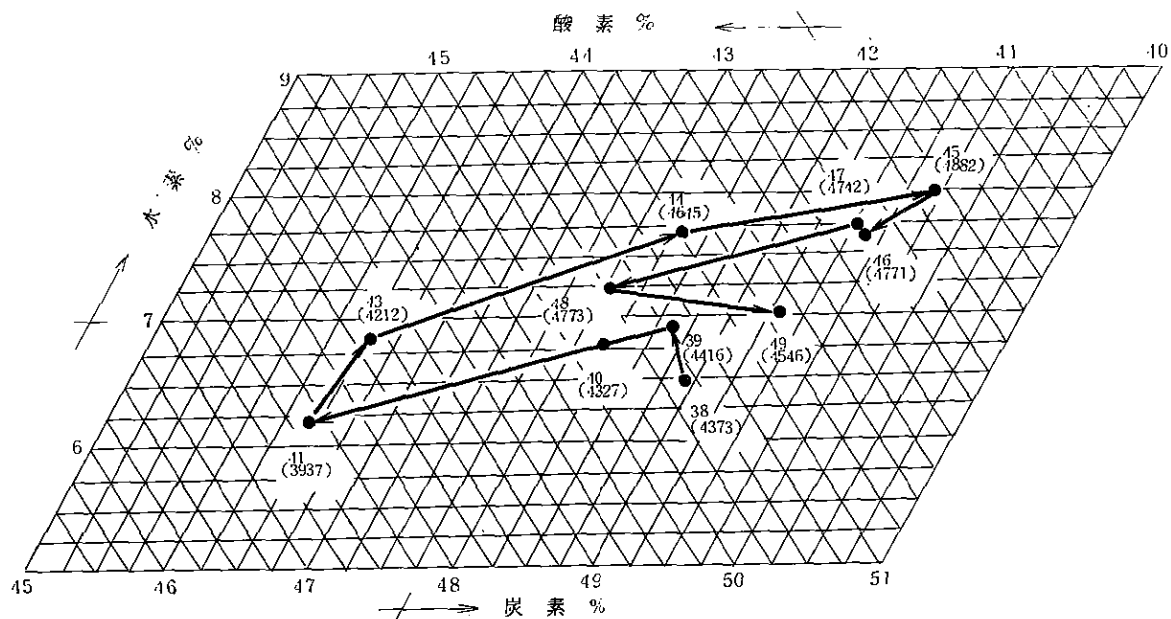


図 1-2-6 可燃分中元素組成年次推移

- 注 1) 対象ごみは清掃工場搬入ごみである。
- 2) ここでいう酸素は、可燃分で炭素、水素以外の元素とする。
- 3) プロットでの数値は年次を表わし、()内は可燃分の低位発熱量の年次平均値を示す。

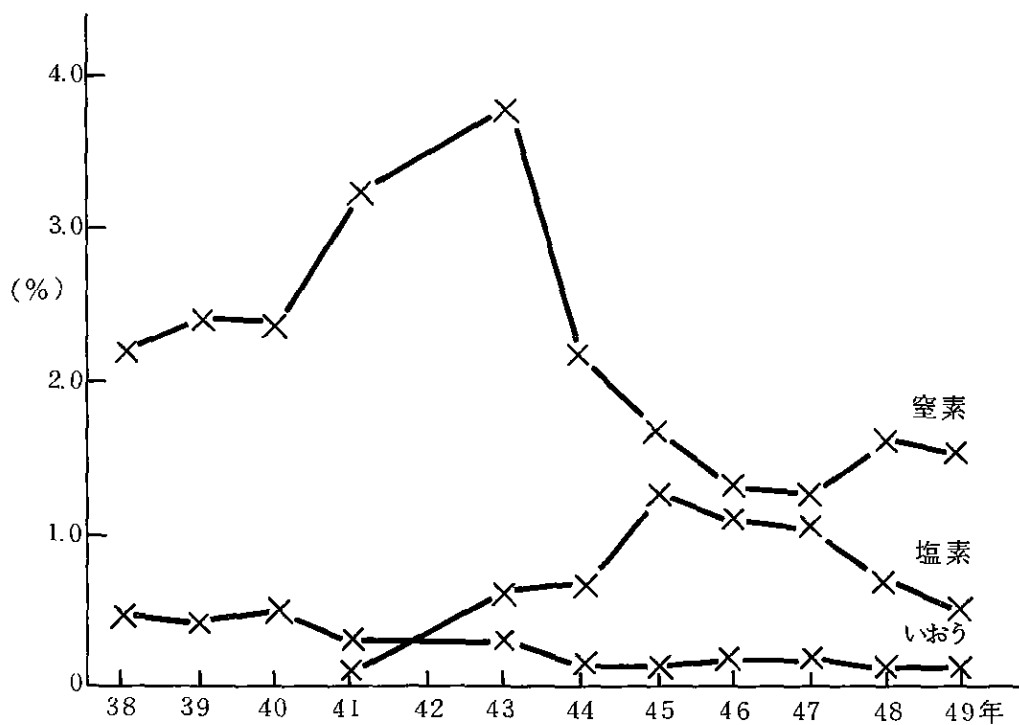


図 1-2-7 可燃分中微量元素の年次推移

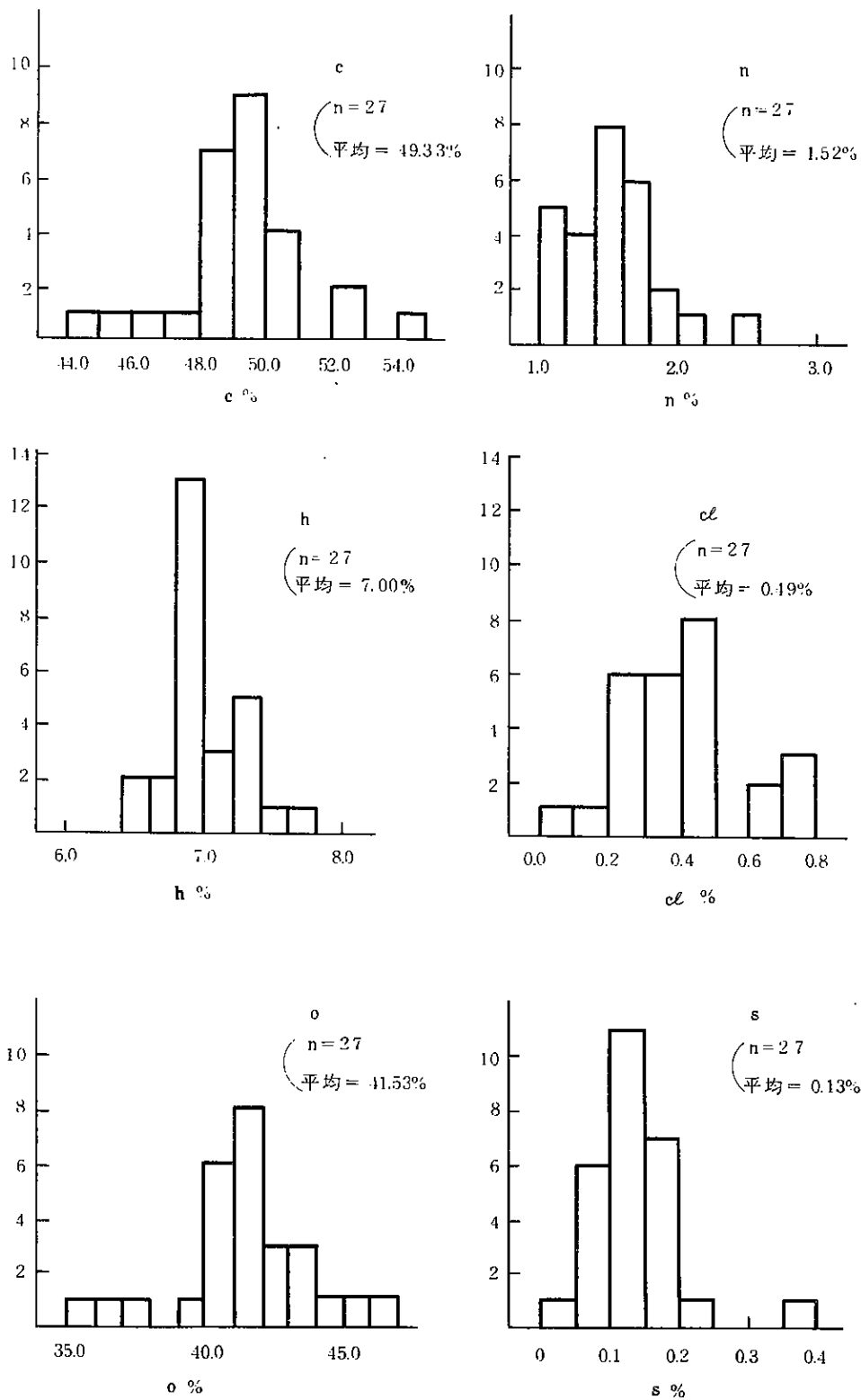


図 1 - 2 - 8 可燃分中の化学成分のヒストグラム (昭和 49 年次)
注. 対象ごみは清掃工場搬入ごみ

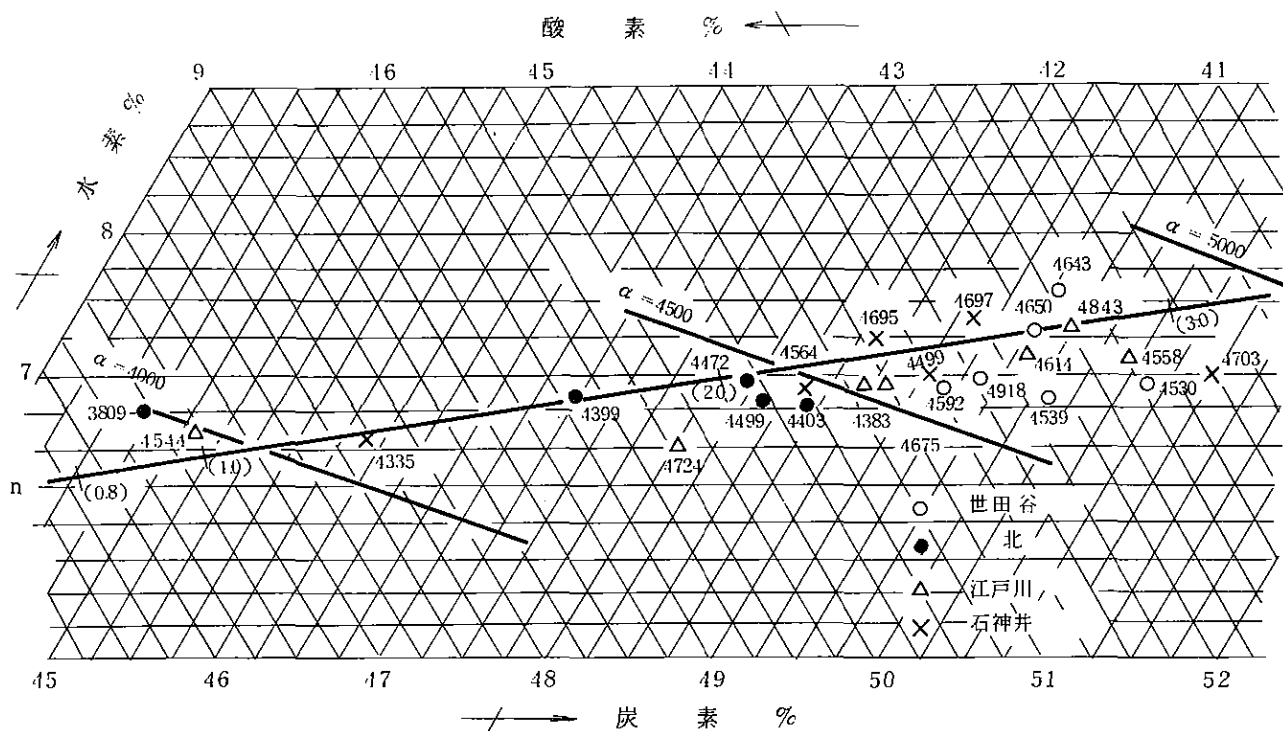


図 1-2-9 可燃分中 3 元素組成図 (昭和 49 年次)

- 注 1) 対象ごみは昭和 49 年次清掃工場搬入ごみである。
- 2) プロット上の数値は可燃分の低位発熱量 kcal/kg である。
- 3) n 直線は、可燃分のごみ組成を $C_6H_{10}O_5(CH_2)_n$ としたとき、 n を変数とした元素組成の変化を示す。() 内は n 値である。
- 4) ここでいう酸素は、可燃分で炭素、水素以外の元素である。
- 5) α 直線は昭和 49 年次の清掃工場搬入ごみの発熱量算出式 $\alpha = 81c + 291h - 33.3o$ で $\alpha = 4000, 4500, 5000$, kcal/kg の場合の元素組成を示す。

3) ごみ組成別の化学成分などについて

昭和49年2例(江東工場)のごみ組成別の化学成分などを表1-2-9, 10および図1-2-10に示す。

図1-2-10によれば, すべての可燃分の元素組成はほぼ同じ勾配上にあり, 年次変動もおおむねこの勾配上にあることは興味深い。

ごみ組成別の化学成分のほか, 水分, 灰分, 低位発熱量も表1-2-9, 10に示すが, このうち水分, 灰分については寄与率も算出した。

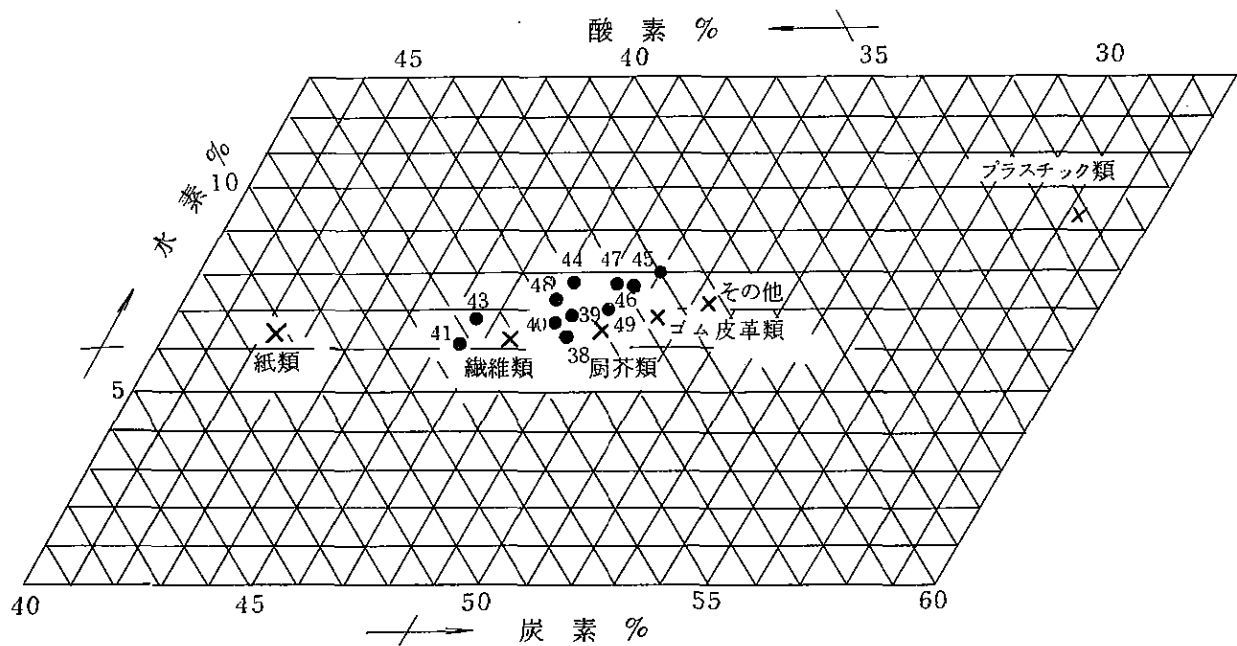


図1-2-10 可燃分中化学成分年次推移と組成別化学成分(昭和49年)

注1) ここでいう酸素は, 可燃分で, 炭素, 水素以外の元素である。

2) ・は各年次の清掃工場搬入ごみの可燃分中化学成分の平均値を示し, ×は昭和50年5月江東工場搬入ごみ2例の組成別化学成分の平均値を示す。

表 1 - 2 - 9 ごみ組成別諸値 (1)

	物理組成(乾) %			物理組成(乾) %			水分 %				低位発熱量 kcal/kg		
	1	2	平均	1	2	平均	1	2	平均	寄与率	1	2	平均
紙 類	48.87	43.65	46.26	58.23	51.17	54.70	35.78	30.02	32.90	37.3	3963	4073	4020
プラスチック類	4.15	3.07	3.61	5.80	4.50	5.15	25.72	27.59	26.66	2.0	7476	7118	7300
厨 芥 類	22.06	35.20	28.63	10.26	19.48	14.87	75.27	72.67	73.97	43.0	3676	3927	3800
織 維 類	2.79	3.80	3.30	4.24	5.99	5.12	19.15	22.22	20.69	1.4	4162	5294	4730
ゴム皮革類	1.09	0.01	0.55	1.83	0.02	0.93	10.87	—	10.87	0.2	4770	—	4770
金属ガラス類	2.30	4.02	3.16	3.79	7.92	5.86	11.92	2.63	7.28	0.4	0	0	0
そ の 他	18.74	10.25	14.49	15.85	10.92	13.37	55.06	47.42	51.51	15.7	4018	3898	3960
計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00				100.00			
備 考							水分 46.40	水分 45.34					

注) 表 1 - 2 - 10 の注を参照すること。

表 1 - 2 - 10 ごみ組成別諸値 (2)

	c %			h %			o %			灰 分 %			
	1	2	平均	1	2	平均	1	2	平均	1	2	平均	寄与率
紙 類	36.53	41.15	38.84	6.08	5.77	5.93	48.07	45.95	47.00	9.32	7.13	8.23	24.9
プラスチック類	57.05	50.71	53.88	8.97	8.49	8.73	27.46	32.50	29.98	6.52	8.30	7.41	2.1
厨 芥 類	39.36	40.78	40.07	5.05	5.62	5.34	33.31	37.70	35.50	22.28	15.90	19.09	14.9
織 維 類	42.99	47.15	45.07	6.19	5.83	6.01	47.31	40.46	43.88	3.51	6.56	5.04	1.5
ゴム皮革類	41.06	—	41.06	5.65	—	5.65	34.13	—	34.13	19.16	—	19.16	1.0
金属ガラス類										100.00		100.00	32.7
そ の 他	34.46	39.80	37.13	4.91	5.06	4.99	20.97	35.02	27.99	39.66	20.12	29.89	22.9
計													100.0
備 考										灰分 9.93	灰分 8.70		

注 1) データは江東工場搬入ごみ 2 例(昭和 50 年 5 月 12 日, 15 日)を清掃研究所が分析したものである。

2) 低位発熱量は乾物に対する値で, ポンプ熱量計により測定した。

3) 金属, ガラス類は灰分 100 %とした。

4) ここでいう酸素は乾物から炭素, 水素, 灰分を差引いたものである。

5) 寄与率は物理組成と平均値を掛け合わせるにより算出した。単位は%である。

4) 化学成分分析値からの発熱量の算出式について

ごみの化学成分分析値から発熱量を算出する場合、他分野で使用されている式が、ごみにも利用されているが、ごみの場合によく当てはまる実証的な式の提示はまだなされていない。

ところで今まで提示されている式の本質的な違いは、可燃分中の酸素の取扱いが異なるだけである。すなわち Dulong の式の場合、酸素はすべて H_2O の形であるとし、Steuer の式の場合は、半分が H_2O 、残り半分が CO の形であるとし、Scheurer - Kestner の式の場合は、全てが CO の形であるとしている。Dulong の式は、石炭、コークスなどの分野で使われており、算出式による値は、実測発熱量とおおむねよく合うとされている。そこで化学成分値が同じであっても発熱量が異なるのは、物質によって元素の結合状態が異なるからであり、これらの結合エネルギーを酸素の H_2O と CO の化合型比率で表示することとし、実際のごみの化学成分値と発熱量から、ごみの場合によく合う酸素のそれらの分配比率を求めてみた。

(理論)

酸素の H_2O 化合型比率を x 、 CO 化合型比率を $1 - x$ とすれば

$$\begin{aligned} H_o &= 81 \left[c - \frac{3}{4} (1 - x) o \right] + 345 \left(h - \frac{1}{8} x o \right) \\ &\quad + 57 \times \frac{3}{4} (1 - x) o \\ &= 81 c + 345 h - (25.13 x + 18.00) o \\ \therefore x &= \frac{81 c + 345 h - H_o}{25.13 o} - 0.716 \end{aligned}$$

ここで H_o : ごみの高位発熱量 (kcal/kg)

c, h, o : 炭素, 水素, 酸素濃度 (%)

注 いおう項 $25s$ は微少なので無視した。

(結果)

各工場別の平均比率および最大、最小比率を表 1-2-11 に、全工場の比率のヒストグラムを図 1-2-11 に示す。

これによれば、昭和 49 年次における清掃工場搬入ごみの平均 H_2O 化合型比率は 0.61 で、発熱量算出式は、

$$H_o = 81 c + 345 h - 33.3 o$$

となり、以上をまとめて整理すると、表 1-2-12 のようになる。

しかし注意すべきことは、ごみ質の変化とともに、算出式も変化するので、対象ごみ、対象年次などが異れば、その都度実証的に算出式を求めなければならない。

表 1 - 2 - 11 可燃分中酸素の H₂O 化合型比率 (昭和 49 年次)

	検 体 数	平 均 値	最 小 値 ~ 最 大 値
世 田 谷	6	0.68	0.37 ~ 0.86
北	5	0.65	0.55 ~ 0.79
江 戸 川	7	0.51	0.24 ~ 0.92
石 神 井	7	0.63	0.43 ~ 0.83
平 均	25	0.61	

表 1 - 2 - 12 発熱量算出式

	H ₂ O 型	CO 型	算 出 式
Dulong の式	1.0	0	$H_o = 81c + 342.5h - 42.8o$
Steuer の式	0.5	0.5	$H_o = 81c + 345h - 30.6o$
Scheurer- kestner の式	0	1.0	$H_o = 81c + 342.5h - 18.0o$
ごみ発熱量算出式	0.61	0.39	$H_o = 81c + 342.5h - 33.3o$

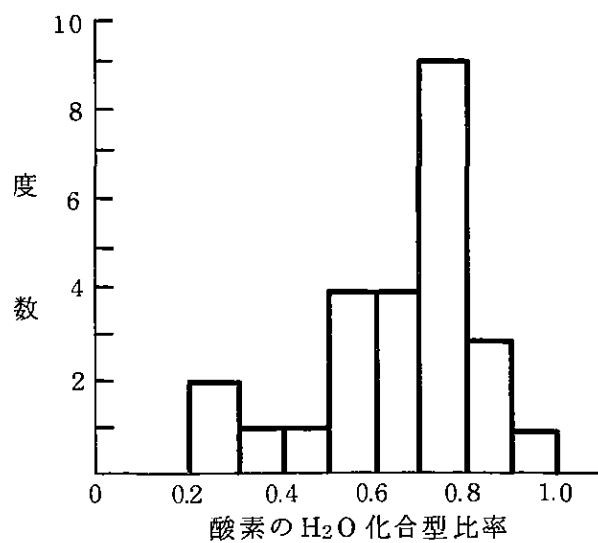


図 1 - 2 - 11 可燃分中酸素の H₂O 化合型比率のヒストグラム (昭和 49 年次)

2.3.3 発熱量

清掃研究所では昭和38年からごみの元素分析を行ない、元素組成から発熱量を推算する

Dulongの式で発熱量を求めてきた。そして昭和47年からはボンブ熱量計で発熱量を測定している。また各清掃工場でも水分、可燃分、灰分の3成分を測定し、3成分から発熱量を推算する3成分の式で発熱量を求めている。

1) ごみの低位発熱量の経年変化とバラツキ

データはごみ収集車あるいは清掃工場ごみパンカで採取した試料を清掃研究所で分析したものである。昭和38年から昭和46年のデータはごみの元素組成からDulongの式

$$H_o = 81c + 3425 \left(h - \frac{o}{8} \right) + 22.5s \quad (\text{kcal/kg})$$

$$H_u = H_o - 6(9h + W)$$

ここで H_o : ごみ高位発熱量(kcal/kg)

H_u : ごみ低位発熱量(")

c : ごみ中の炭素(%)

h : ごみ中の水素(")

o : " 酸素(")

s : " 硫黄(")

W : " 水分(")

で求めた。昭和47年以降はボンブ熱量計で測定した値である。バラツキは標準偏差で表示した。(表1-2-13)

表1-2-13 ごみの低位発熱量とバラツキの経年変化

年次	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
測定回数n	35	34	43	19	—	24	28	35	30	20	15	27
平均 $\bar{H}_u$ (kcal/kg)	587	677	581	679	—	877	964	1210	1140	1165	1268	1045
標準偏差 s (kcal/kg)	231	261	328	316	—	218	233	319	306	335	247	230
変動係数 cv (—)	0.394	0.386	0.565	0.466	—	0.248	0.242	0.264	0.269	0.288	0.195	0.220
発熱量の求め方	Dulongの式									ボンブ熱量計		

注) 昭和42年次はデータの一部に異常値があったので削除した。

2) ごみ発熱量の測定方法による差について

ごみの発熱量の測定方法としてはボンブ熱量計で実測する方法、元素分析をして元素組成を求め、その値を種々の推算式にあてはめて推算する方法、工業分析をして水分、可燃分、灰分を求め、その値を3成分推算式にあてはめて推算する方法などがある。ここではボンブ熱量計による実測値と元素組成から種々の推算式により推算した値との差について検討する。比較はごみの可燃分の高位発熱量について行なう。

表1-2-14によるとボンブ熱量計による実測値にくらべてDulongの式は低めの、SteuerとScheurer-Kestnerの式は高めの値を出す。

表1-2-14 ボンブ熱量計による値と推算式による値との差

(測定回数28回,昭和48年～昭和49年8月)

	ボンブ熱量計	Dulongの式	Steuerの式	Scheurer-Kestnerの式
差平均 $\bar{d}$ (kcal/kg)	—	-263	313	680
標準偏差 s (")	—	452	438	433
95%信頼区間 (")	—	-438 ~ -88	143 ~ 483	512 ~ 848
平均 $\bar{x}$ (")	5027	4764	5340	5707

注) 差はボンブ熱量計との差

$$\text{Dulongの式} \quad H_o = 81c + 342.5 \left(h - \frac{o}{8} \right) + 22.5s \quad (\text{kcal/kg})$$

$$\text{Steuerの式} \quad H_o = 81 \left(c - \frac{3}{8}o \right) + 345 \left(h - \frac{o}{16} \right) + 25s + 57 \times \frac{3}{8}o (")$$

$$\text{Scheurer-Kestnerの式} \quad H_o = 81 \left(c - \frac{3}{4}o \right) + 342.5h + 22.5s + 57 \times \frac{3}{4}o (")$$

ここで H_o : 可燃分高位発熱量 (kcal/kg)

c : 可燃分中の炭素の割合 (%)

h : 水素 " (")

s : いおう " (")

o : 酸素 " (")

3) 発熱量の測定方法による違いを補正した場合の経年変化とバラツキ

ボンブ熱量計による発熱量は昭和47年からしかなく、それ以前は元素組成からDulongの式により推算した発熱量である。このボンブ熱量計による値とDulongの式による値を同じ基準で比較するために、²⁾で求めたボンブ熱量計の値とDulongの式との差は-263 (kcal/ご

み可燃分 kg)を使ってDulongの式による値を補正してボンブ熱量計によるデータと比較ができるようにした。そして昭和38年から昭和49年までの経年変化を求めた。またバラツキを標準偏差で表示し、平均値から標準偏差の2倍以内にデータが入る割合を示した。(表1-2-15)

可燃分の低位発熱量についてもごみの低位発熱量と同様に経年変化とバラツキを表と図に、また毎年の分布をヒストグラムで表示した。(表1-2-16, 図1-2-12, 図1-2-13)

図1-2-12をみるとごみの可燃分の低位発熱量の平均は昭和46年以降大体4760($kcal/kg$)ぐらいで一定であったが昭和49年になると4546($kcal/kg$)と低くなっている。

これは分別収集が始まり、発熱量の高いプラスチックが普通のごみ中に少なくなってきたからである。

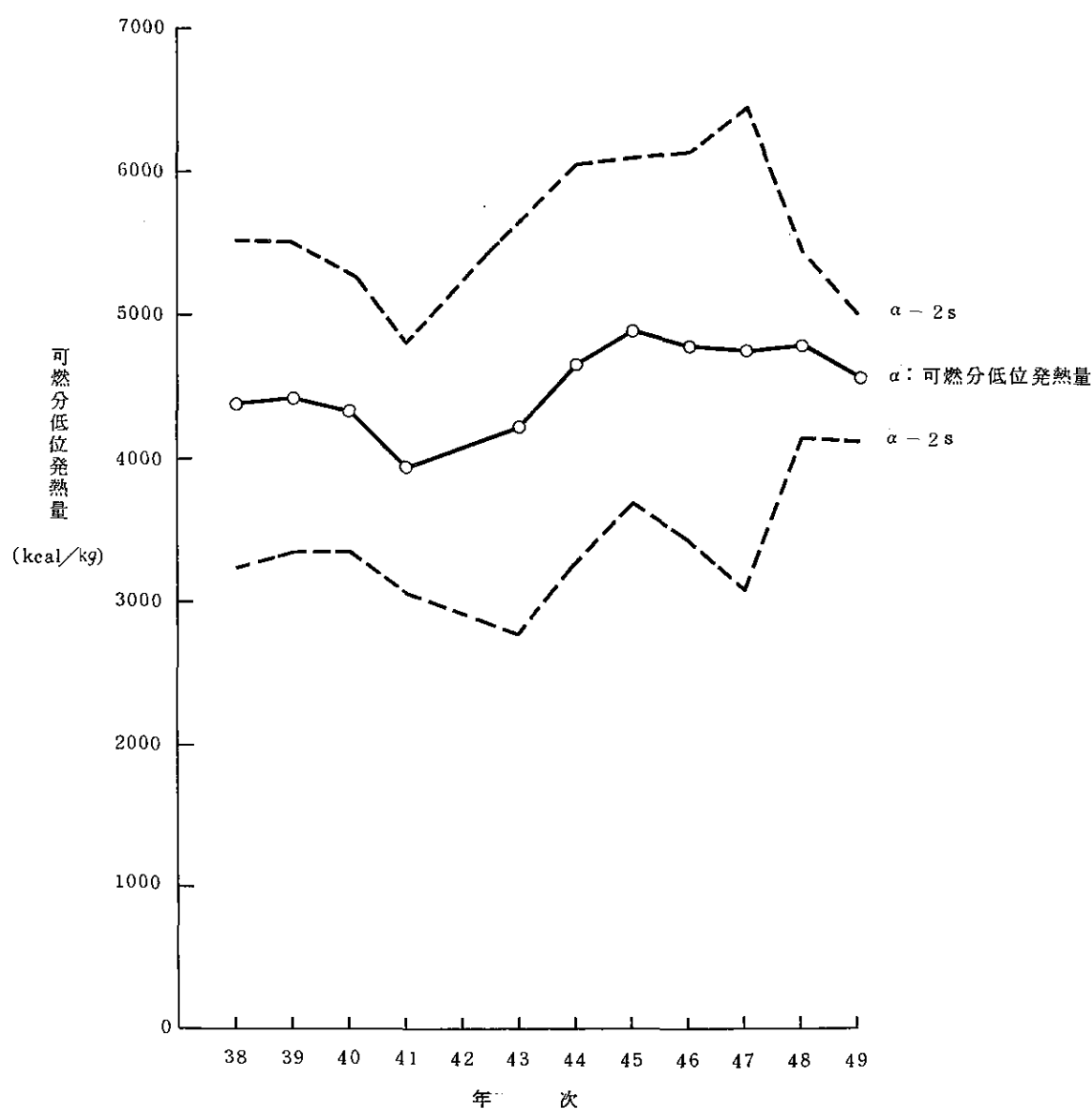


図1-2-12 可燃分の低位発熱量の経年変化

表 1-2-15 ごみの低位発熱量とバラツキの経年変化（測定方法による違いを補正した場合）

年次	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
測定回数 n	35	34	43	19	—	24	28	35	30	20	15	27
最大値 (kcal/kg)	1190	1420	1796	1324	—	1433	1505	2360	1917	2310	1730	1650
最小値 (")	233	59	155	191	—	576	587	637	572	611	880	590
平均 $\bar{H}_u$ (")	657	740	641	748	—	958	1041	1296	1224	1165	1268	1045
標準偏差 s (")	244	275	346	334	—	227	240	332	314	335	247	230
変動係数 cv (—)	0.371	0.372	0.540	0.447	—	0.237	0.231	0.256	0.257	0.288	0.195	0.220
($\bar{H}_u - 2s$) ~ ($\bar{H}_u + 2s$)	169~1145	190~1290	0~1333	80~1416	—	504~1412	561~1521	632~1960	596~1852	495~1835	774~1762	585~1505
± 2 s に入る割合 (%)	97.1	91.2	95.3	100.0	—	95.8	100.0	97.1	93.3	95.0	100.0	96.2
発熱量の求め方	Dulong の 式 の 補 正											ポンプ熱量計

表 1-2-16 可燃分の低位発熱量とバラツキの経年変化

年次	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
測定回数 n	35	34	43	19	—	24	28	35	30	20	15	27
最大値 (kcal/kg)	6008	6191	6144	4833	—	6891	7560	6340	6563	7280	5629	5046
最小値 (")	3526	3407	2974	3073	—	3042	3563	3459	3285	3391	4387	3809
平均 $\bar{\alpha}$ (")	4373	4416	4327	3937	—	4212	4645	4882	4771	4742	4773	4546
標準偏差 s (")	572	540	489	437	—	723	691	605	677	838	331	225
変動係数 cv (—)	0.131	0.122	0.113	0.111	—	0.172	0.149	0.124	0.142	0.177	0.069	0.049
$(\bar{\alpha}-2s) \sim (\bar{\alpha}+2s)$	3229~5517	3336~5496	3349~5305	3063~4811	—	2766~5658	3263~6027	3672~6092	3417~6125	3066~6418	4111~5435	4096~4996
±2s に入る割合 (%)	91.4	91.2	95.3	94.7	—	95.8	96.4	91.4	90.0	95.0	93.3	92.6
発熱量の求め方	Dulong の 式 の 補 正											ポンプ熱量計

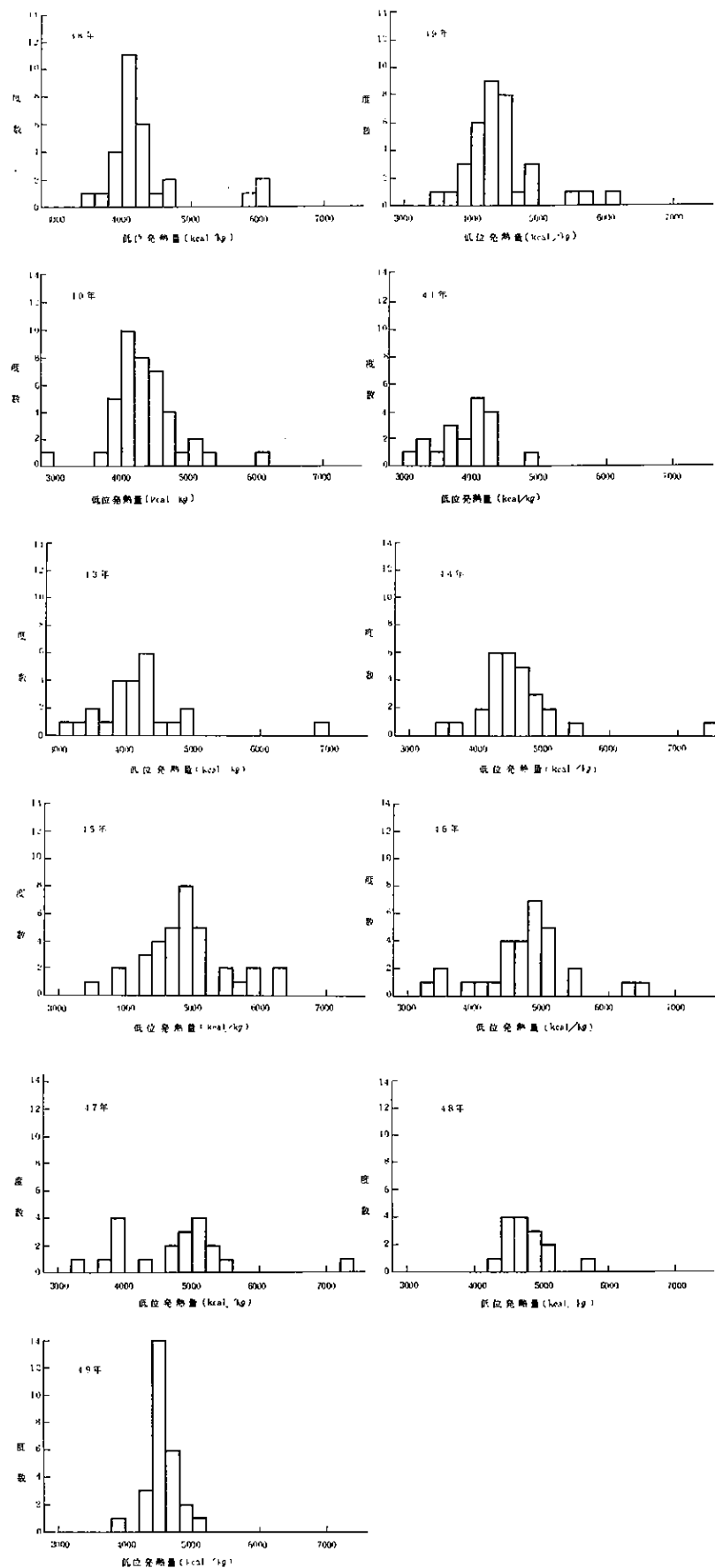


図 1-2-13 可燃分低位発熱量ヒストグラム

4) 3成分の式によるごみの低位発熱量

清掃研究所において元素組成からDulongの式で、あるいはボンブ熱量計により発熱量を測定したデータは少ないが、各清掃工場で水分、可燃分、灰分の3成分を測定したデータはかなりある。そこで発熱量のデータの数を増やすために、3成分の式で発熱量を求めてみた。

$$3 \text{ 成分の式} \quad H_u = (\alpha B / 100) - 6W$$

ここで H_u : ごみの低位発熱量 (kcal/kg)

α : 可燃分の低位発熱量 (")

B : ごみ中の可燃分 (%)

W : " 水分 (")

なお可燃分の低位発熱量 α は表 1-2-16 の値を使用した。

この3成分の式では可燃分の発熱量を一定としているので実際のごみに合わない場合もあるが、簡便におおよその発熱量を求めることができる利点をもっている。

3成分の式によるごみの低位発熱量の経年変化、季節変動、工場間変動を表と図に、また毎年の分布をヒストグラムで表示した。(表 1-2-17, 表 1-2-18, 表 1-2-19, 図 1-2-14, 図 1-2-15, 図 1-2-16)

図 1-2-14 によるとごみの低位発熱量は昭和 38 年には 657 (kcal/kg) であったものが徐々に高くなり昭和 45 年には 1303 (kcal/kg) になった。これはごみ中のプラスチックと可燃分の増加および水分の減少によるものである。昭和 45 年から 48 年までは大体平均して 1320 (kcal/kg) で、一定であるが昭和 49 年には 1157 (kcal/kg) と低くなった。

これは分別収集が始まったことにより普通ごみ中のプラスチックが減少し、さらに厨芥の割合が増えて水分が増加したことによるものであろう。

図 1-2-15 によるとごみの低位発熱量は 1 年のうち 7~9 月に最も低い。昭和 46~49 年の 4 年間では平均して年間平均より 10 % 低い値である。

表 1-2-19 によると昭和 49 年の 9 つの清掃工場間のごみの低位発熱量の平均値の範囲は 256 (kcal/kg) で、これは年間平均値 1157 (kcal/kg) の 22 % に相当する。

5) ㊦. ごみの低位発熱量と可燃分、水分の相関

ごみの低位発熱量が高くなる条件としては、ごみの可燃分の発熱量が高いこと、可燃分が多いこと、燃焼する時蒸発潜熱を奪う水分が少ないことの 3 つの条件がある。このうちの可燃分と水分について低位発熱量との相関をみると表 1-2-20, 図 1-2-17 に示すように低位発熱量と可燃分との間には正相関があり、低位発熱量と水分の間とは負相関がある。そして相関の強さは低位発熱量と可燃分の方が強い。

表1-2-17 ごみの低位発熱量とバラツキの経年変化(3成分の式による)

年次	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
測定回数 n	35	34	43	19	—	26	29	89	72	53	45	154
最大値 (kcal/kg)	1139	1718	1854	1300	—	1385	1468	2562	2120	2320	2176	2152
最小値 (")	258	176	156	278	—	356	609	597	571	763	569	598
平均 $\bar{H}_u$ (")	657	747	647	749	—	971	1047	1303	1296	1353	1312	1157
標準偏差 s (")	225	290	350	320	—	220	200	293	329	375	336	239
変動係数 cv (—)	0.34	0.39	0.54	0.43	—	0.23	0.19	0.22	0.25	0.28	0.26	0.21
($\bar{H}_u - 2s$) ~ ($\bar{H}_u + 2s$)	207~1107	267~1427	0~1347	109~1389	—	531~1411	647~1447	717~1889	638~1954	603~2103	640~1984	679~1635
±2s に入る割合 (%)	100.0	97.1	95.3	100.0	—	96.1	89.7	96.6	95.8	92.5	93.3	96.1

表1-2-18 ごみの低位発熱量の季節変動(3成分の式による)

年次		38				39				40				41				43			
月		1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12
測定回数	n	—	12	12	11	8	8	9	9	9	12	12	10	12	—	—	7	2	6	9	9
平均	$\bar{H}_u$ (kcal/kg)	—	723	540	713	704	612	735	917	683	875	434	595	731	—	—	780	922	1129	859	988
標準偏差	s (")	—	208	202	217	221	303	170	340	493	238	224	241	266	—	—	393	127	134	148	269
変動係数	cv (—)	—	0.29	0.37	0.30	0.31	0.50	0.23	0.37	0.72	0.27	0.52	0.40	0.36	—	—	0.50	0.14	0.12	0.17	0.27

44				45				46				47				48				49			
1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12
6	6	7	10	15	21	25	28	18	15	19	20	15	12	17	9	7	10	16	12	35	38	41	40
1046	1093	951	1086	1426	1306	1158	1365	1301	1452	1096	1364	1440	1418	1206	1398	1592	1365	1203	1249	1283	1088	1076	1197
115	192	275	156	427	193	215	275	186	374	332	295	424	359	292	364	419	383	283	152	268	272	172	170
0.11	0.18	0.29	0.14	0.30	0.15	0.19	0.20	0.14	0.26	0.30	0.22	0.29	0.25	0.24	0.26	0.26	0.28	0.24	0.12	0.21	0.25	0.16	0.14

表 1-2-19 工場別のごみの低位発熱量（3成分の式による）

年次	43				44				45				46						
	足立	江戸川	多摩川	北	足立	北	石神井	江戸川	世田谷	江戸川	石神井	足立	北	世田谷	千歳	江戸川	石神井	千歳	世田谷
工 場																			
測定回数 n	8	8	7	1	10	9	7	2	1	46	19	12	8	3	1	28	18	10	7
平均 $\bar{H}_u$ (kcal/kg)	1100	849	967	1034	957	1202	1002	961	1026	1328	1070	1526	1203	1460	1351	1474	1077	1252	1180
標準偏差 s (")	178	284	97	-	169	153	220	14	-	233	301	383	339	211	-	272	276	398	241
変動係数 cv (-)	0.16	0.33	0.10	-	0.18	0.13	0.22	0.01	-	0.18	0.28	0.25	0.28	0.14	-	0.18	0.26	0.32	0.20

46		47				48				49										
北	足立	石神井	北	千歳	江戸川	世田谷	石神井	江戸川	千歳	北	世田谷	北	江戸川	千歳	石神井	世田谷	江東	大井	多摩川	板橋
6	3	16	12	11	8	6	13	12	10	9	1	24	23	23	23	21	15	11	11	3
1371	1209	1168	1263	1805	1287	1283	1087	1399	1527	1313	1010	1035	1218	1179	1077	1117	1291	1254	1251	1040
223	199	205	259	428	278	248	200	291	357	327	-	198	222	259	260	215	214	219	149	63
0.16	0.16	0.18	0.21	0.24	0.22	0.19	0.18	0.21	0.23	0.25	-	0.19	0.18	0.22	0.24	0.19	0.17	0.17	0.12	0.06

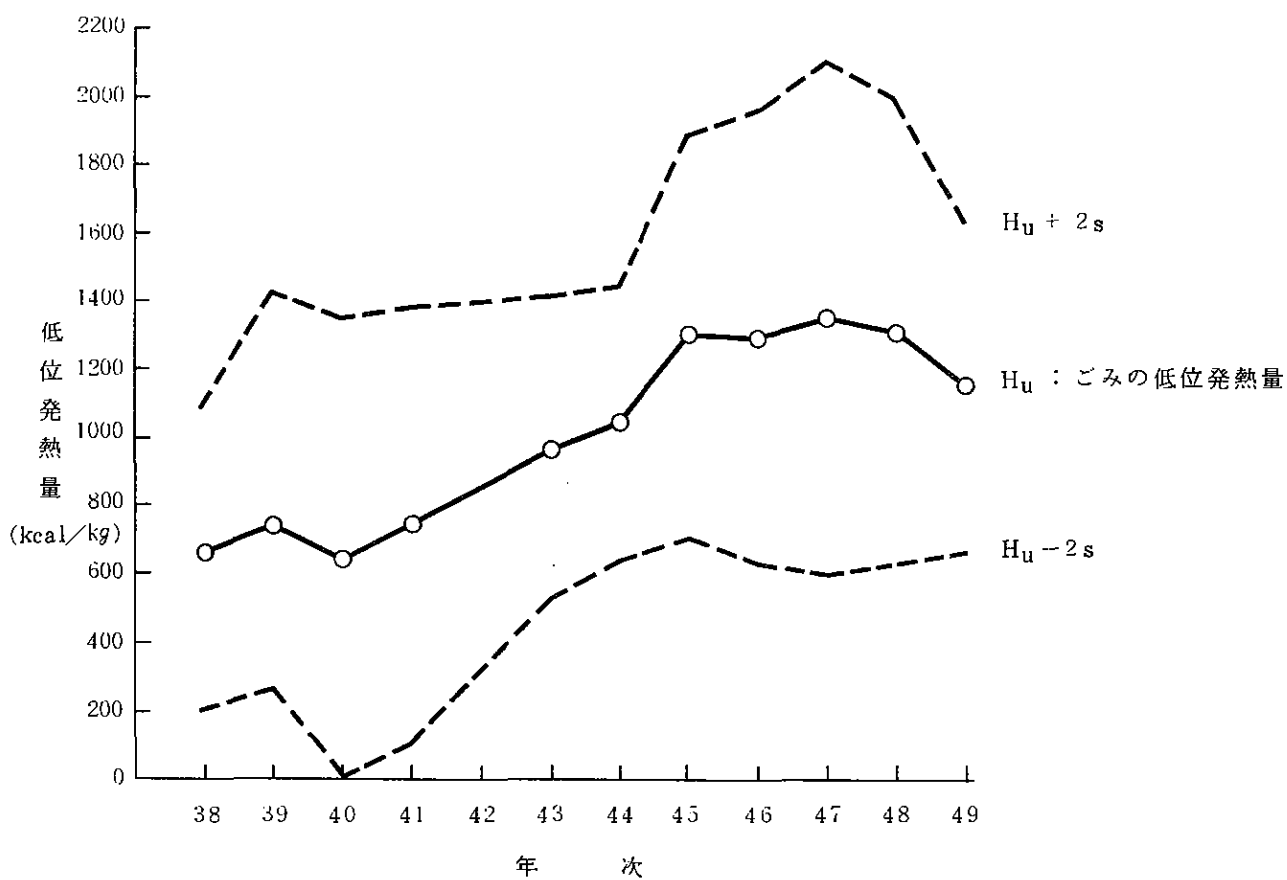


図 1-2-14 ごみの低位発熱量の経年変化 (3成分の式による)

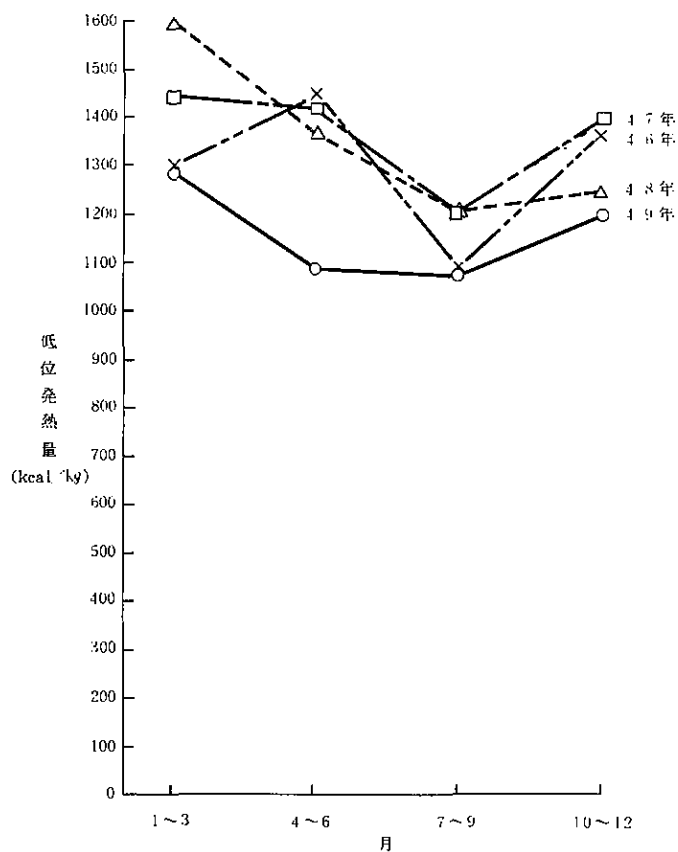


図 1-2-15 ごみの低位発熱量の季節変動 (3成分の式による)

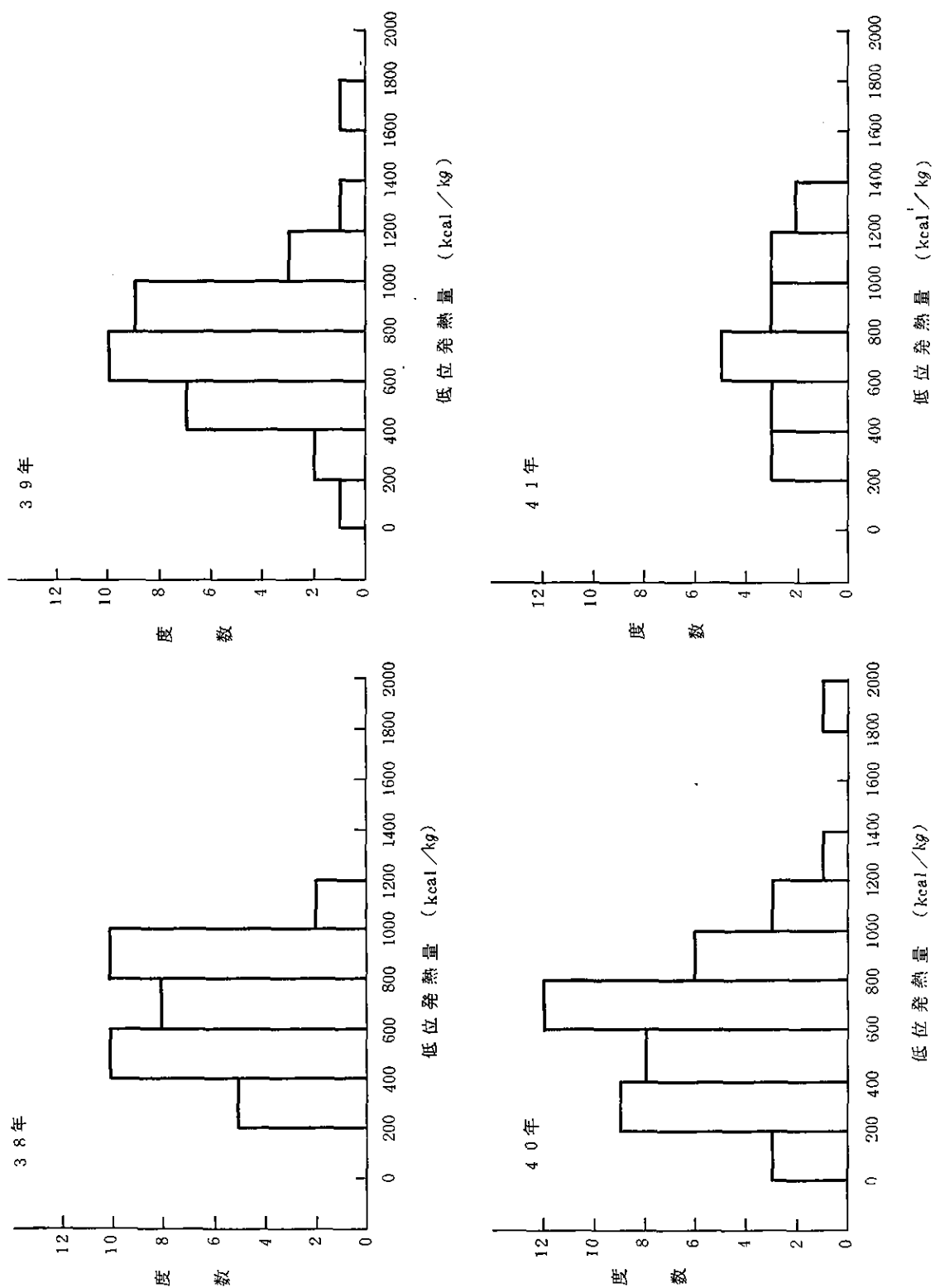
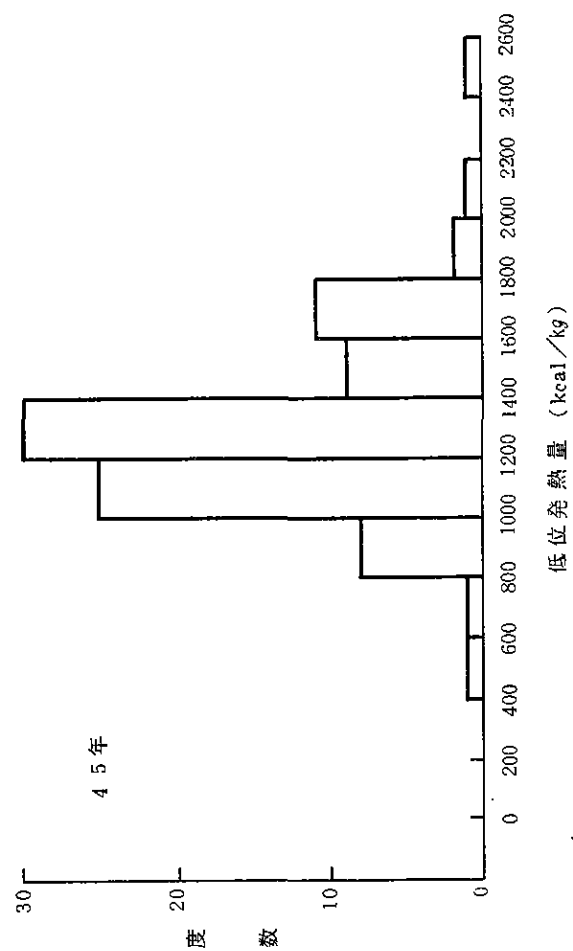
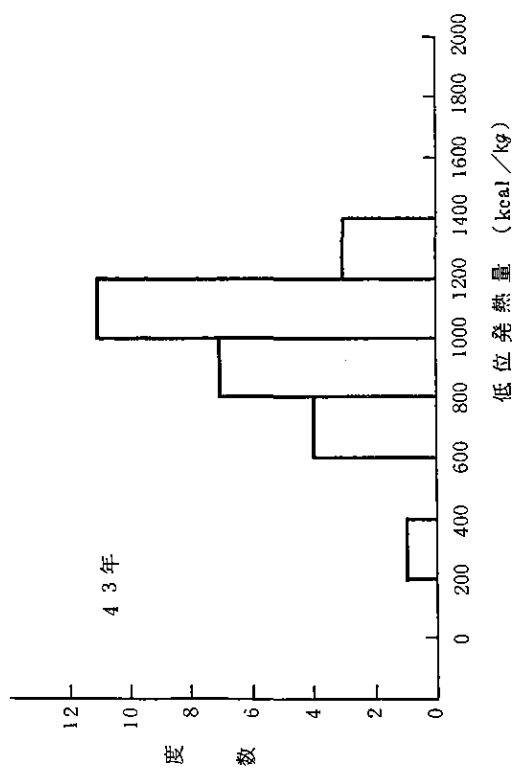
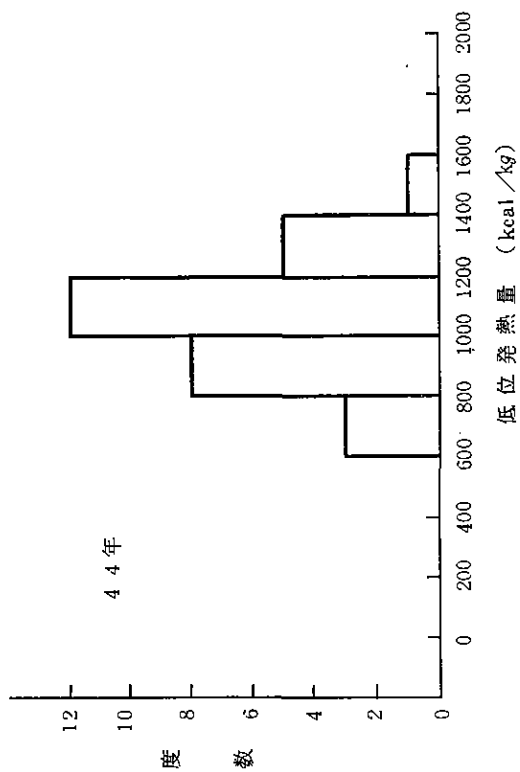
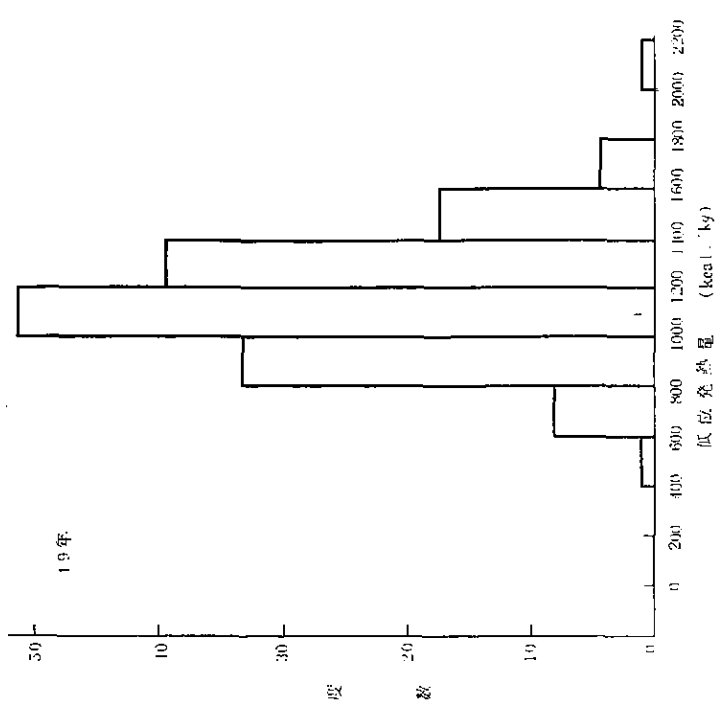
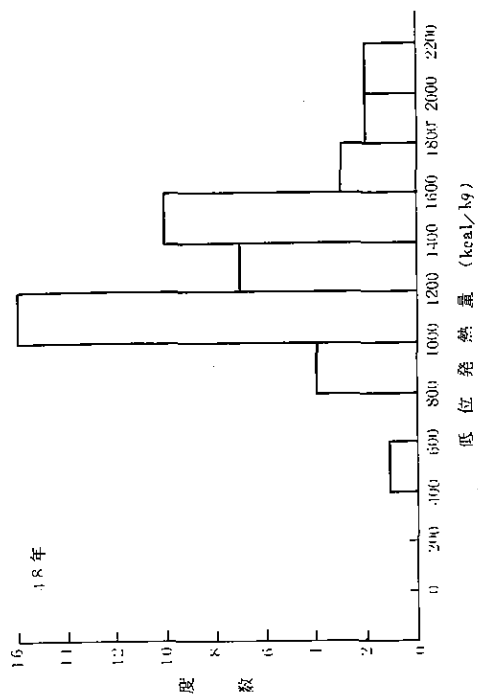
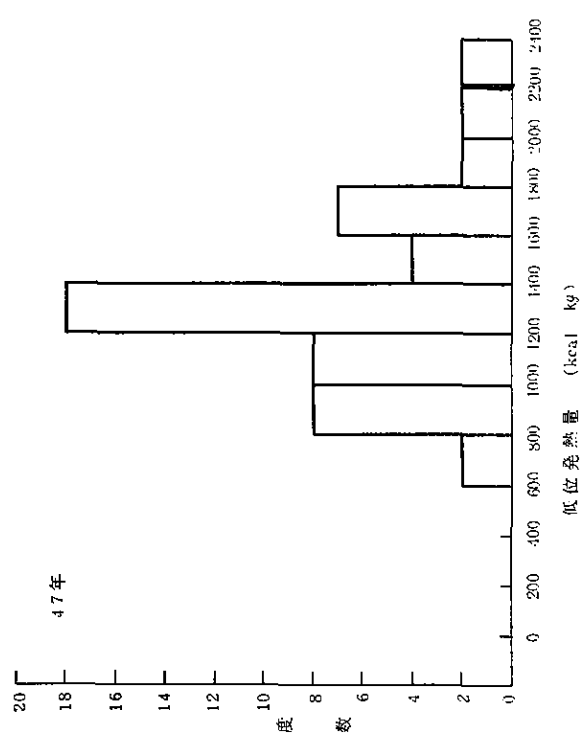
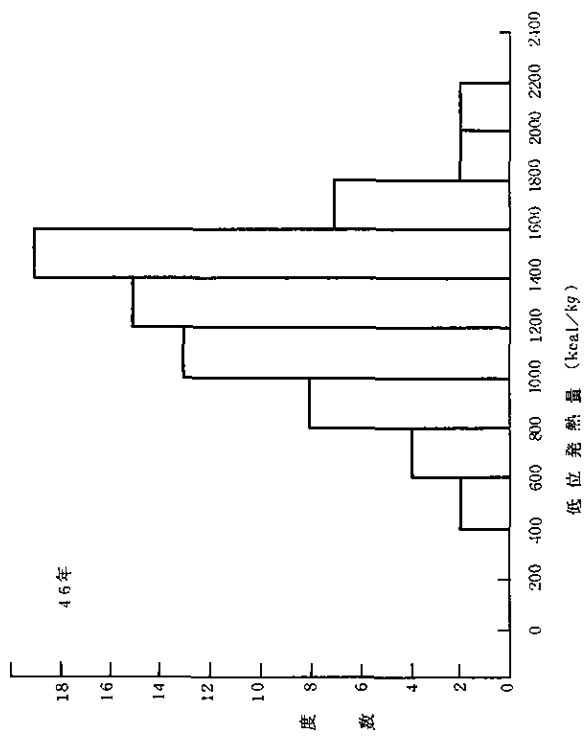


図 1 - 2 - 16 ごみ低位発熱量 (3 成分の式による) のヒストグラム





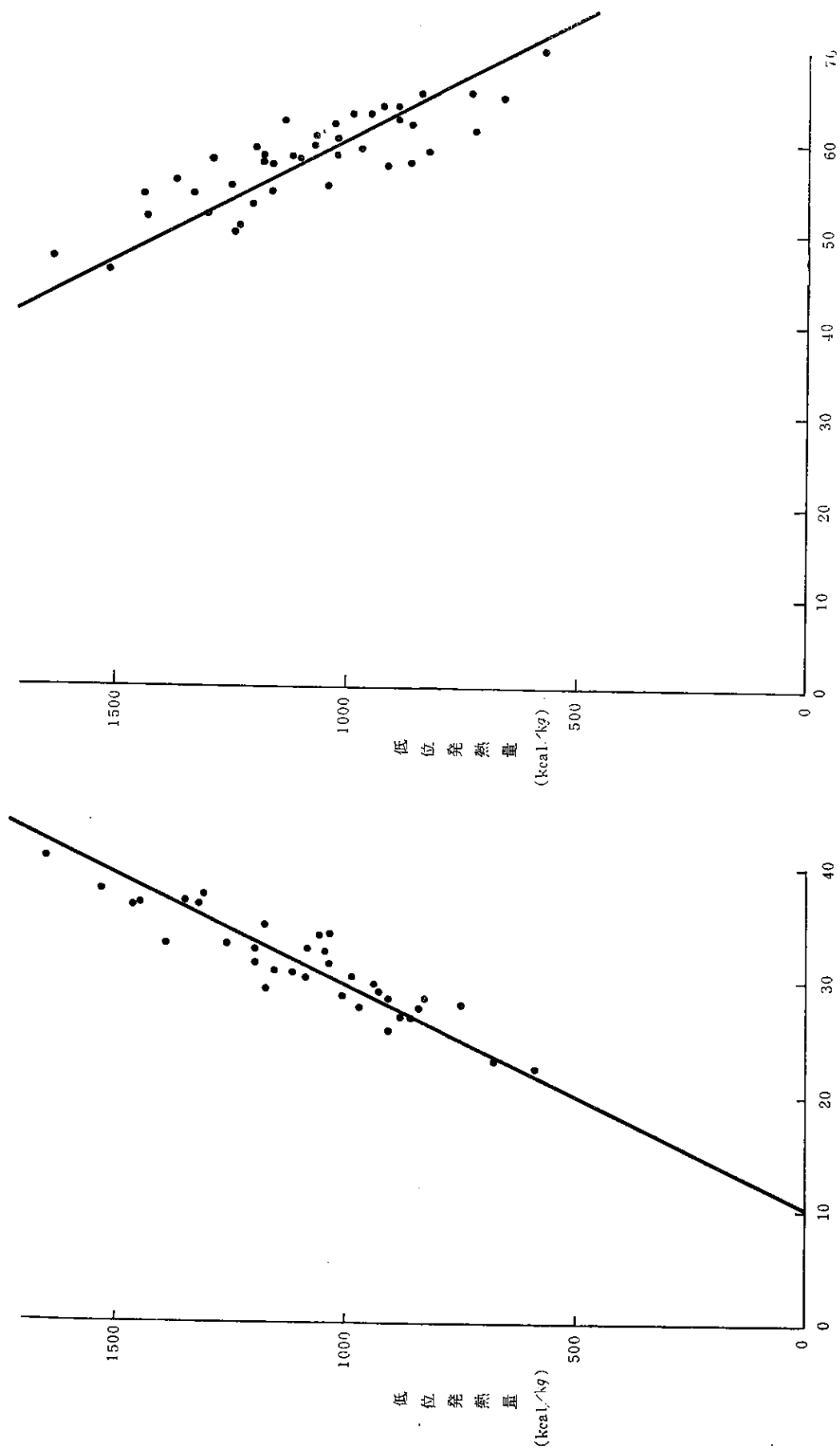


図 1-2-17 低位発熱量と可燃分、水分の相関

表 1 - 2 - 20 低位発熱量と可燃分，水分の相関

測定期間	昭和48年7月～昭和50年3月	
測定回数	45	
相 関	低位発熱量－可燃分	低位発熱量－水分
回帰直線	$H_u = 51.4B - 527$	$H_u = -37.0W + 3237$
相関係数 r	0.916	-0.827
寄与率 r^2	0.839	0.684

2.3.4 まとめ

清掃工場ではごみを焼却して衛生的に減量し処理している。一方このごみ処理を行なう清掃工場を熱発生プラントとみると，ごみは燃料とみなされ焼却炉の円滑な運転をするためにはごみの物理的，化学的性状の把握が必要となる。特にごみは石油，天然ガス，石炭などのように一様でなく時代を反映しながら変化していくのでごみを燃料という観点から化学分析を行ない焼却炉の運転ならびに清掃工場設計の基礎資料としてきた。

現在東京都においては，ごみを焼却処理する過程で有害な物質となって環境を汚染するプラスチック，ゴム，皮革などは工場で焼却するごみとは別途に収集し，工場で焼却するごみ中に入らないようにしている。この分別収集にみられるごみの排出の過程でコントロールを行なう排出制御をさらに進め，また住民のより多くの協力を得るためにも，今後は種々のごみについての有害物質の測定ならびに焼却および埋立によってごみがどのように変化するかについての研究が必要であろう。

2.4 局収ごみの見掛比重について

2.4.1 調査結果

ごみの見掛比重はごみ埋立地に埋立てできるごみ量の推定，ごみ運搬車あるいは清掃工場ごみバンカの容量を決めるなどの際に必要である。また見掛比重の小さいごみは，一般に水分が少なく燃えやすいので，ごみの燃焼性の良し悪しをみるためにも使われる。

昭和38年から49年までの見掛比重の経年変化を表1-2-21と図1-2-18に示した。これによると見掛比重は年平均で0.209～0.262の間で変化している。また昭和48年4月から分別収集が実施されたので分別収集による影響をみるために昭和46年次，47年次の2年間と，昭和48年度，49年度の2年間の見掛比重の平均を比較してみると0.249と0.254で大きな変化はみられなかった。

表 1 - 2 - 21 ごみの見掛比重

年 次	38	39	40	41	42	43	46	47	*48	*49
測定回数	27	41	46	20	36	10	22	24	15	30
平 均	0.255	0.239	0.227	0.209	0.241	0.227	0.262	0.236	0.254	0.253
標準偏差	0.057	0.033	0.033	0.014	0.028	0.030	0.042	0.039	0.059	0.061

注) * 48 年 4 月より分別収集が始まったので 48, 49 年は年度である。

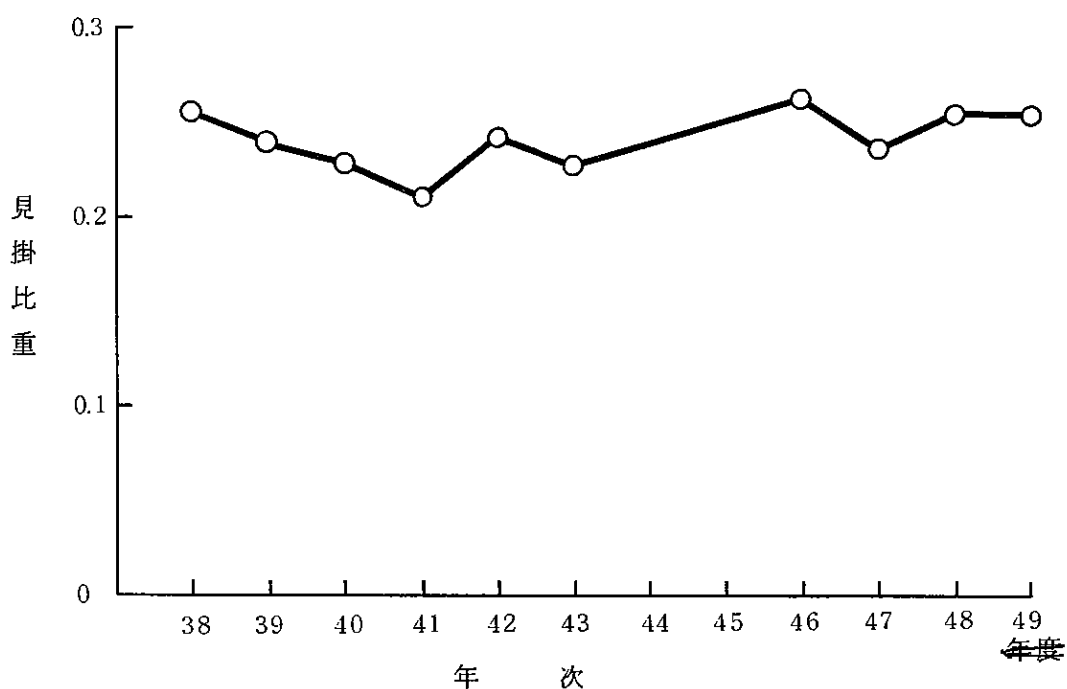


図 1 - 2 - 18 ごみの見掛比重

普通ごみの組成別見掛比重を表 1 - 2 - 22 に示した。これによると厨芥が 0.51 で最大で、焼却不適物（プラスチック、ゴム、皮革）が 0.10 で最小である。

表 1 - 2 - 23, 図 1 - 2 - 19 に示すようにごみの見掛比重は水分が多くなると大きくなる傾向があり、またごみの低位発熱量が大きくなると小さくなる傾向がみられる。

表 1 - 2 - 22 分別収集実施後の清掃工場搬入ごみの見掛比重

清掃工場	期 日	時間	可 燃 物			不燃物	焼却不適物	工場ごみ (全体)
			厨 芥	その他の可燃物	全 体			
大 井	S49.	午前	0.44	0.42	0.42	0.22	0.10	0.36
	7.10	午後	0.44	0.24	0.28	0.07	0.05	0.25
	S49.	午前	0.43	0.24	0.28	0.22	0.08	0.24
	7.11	午後	0.62	0.32	0.35	0.16	0.08	0.31
	平 均	—	0.48	0.31	0.33	0.17	0.08	0.29
北	S49.	午前	0.39	0.51	0.50	0.50	0.11	0.47
	7.15	午後	0.38	0.36	0.37	0.17	0.06	0.35
	S49.	午前	0.47	0.34	0.36	0.09	0.25	0.35
	7.16	午後	0.53	0.35	0.38	0.55	0.10	0.38
	平 均	—	0.44	0.39	0.40	0.33	0.13	0.39
石神井	S49.	午前	0.50	0.31	0.35	0.16	0.08	0.29
	7.17	午後	0.60	0.29	0.34	0.29	0.06	0.28
	S49.	午前	0.62	0.31	0.41	0.38	0.19	0.38
	7.18	午後	0.54	0.29	0.33	0.23	0.09	0.29
	平 均	—	0.57	0.30	0.36	0.27	0.11	0.31
世田谷	S49.	午前	0.48	0.37	0.40	0.10	0.14	0.35
	7.22	午後	0.54	0.27	0.31	0.21	0.08	0.26
	S49.	午前	0.54	0.26	0.31	0.16	0.08	0.26
	7.23	午後	0.49	0.28	0.32	0.31	0.10	0.27
	平 均	—	0.51	0.30	0.34	0.20	0.10	0.29
千 歳	S49.	午前	0.46	0.21	0.27	0.13	0.13	0.27
	7.24	午後	0.70	0.25	0.31	0.07	0.07	0.25
	S49.	午前	0.49	0.24	0.28	0.08	0.10	0.25
	7.25	午後	0.42	0.28	0.31	0.06	0.06	0.25
	平 均	—	0.52	0.25	0.29	0.09	0.09	0.26
—	総 平 均	—	0.51	0.31	0.34	0.21	0.10	0.31

(株) 環境技術研究所測定

表 1 - 2 - 23 見掛比重と水分、低位発熱量の相関

測 定 期 間	昭和 48 年 7 月～昭和 50 年 3 月	
測 定 回 数	45	
相 関	見 掛 比 重 - 水分	見 掛 比 重 - 低位発熱量
回 帰 直 線	$d = 0.0058W - 0.0843$	$d = -0.000116Hu + 0.379$
相関係数 r	0.495	- 0.444

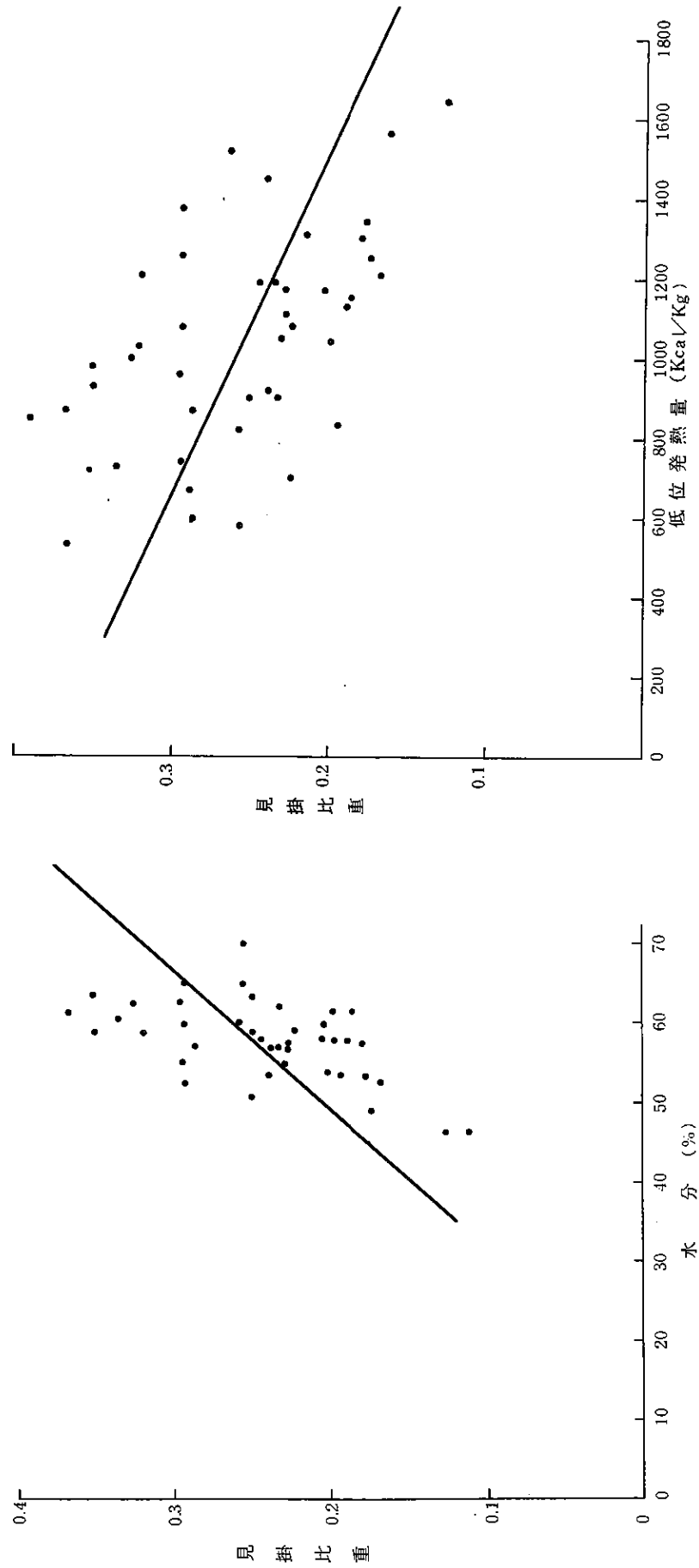


図 1-2-19 見掛け比重と水分，低位発熱量の相関

2.4.2 普通ごみの圧縮性について

ごみの集積所に集まったごみは、比重の小さいかさばったごみである。このごみが収集車に押しこまれたり、圧縮積込方式の収集車で圧縮された時に、ごみの容積は小さくなる。さらに収集車で清掃工場へ運ばれたごみはごみパンカに積み上げられ、下に堆積されたごみは上のごみにより荷重を受け圧縮され、容積が小さくなる。また埋立処分場に運ばれたごみは積み上げられ、ある高さになると覆土される。そしてまたその上にごみが積み上げられるといったサンドイッチ工法で埋立てられているのでごみは上層のごみと覆土により圧縮され容積が小さくなる。上にみられるようなごみが圧縮された時の容積変化のデータはごみの見掛比重とともに収集車の容積あるいは清掃工場ごみパンカの容積設計、および埋立処分地の埋立可能ごみ量推定に必要である。そこで小さな容器にごみを入れ、上から荷重をかけた時のごみの圧縮応力と圧縮率を調べた。

1) 調査内容

測定場所 東京都清掃研究所

測定年月 昭和48年10月

測定方法 横340×縦230×高さ635 mmの容器にごみをつめ(ごみの高さ h_0) 20トン万能試験機で荷重をかけ、荷重とごみの高さ h_1 を記録し、さらに荷重を除去したあとのごみの高さ h_2 を測定した。なお測定は万能試験機の圧縮行程が短かったため、最大圧縮行程まで圧縮した後荷重を除去し試験容器を初めの位置に戻し、再び荷重をかけて測定した。

$$\text{ここで圧縮率(容積減少率)} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100 (\%)$$

$$\text{復元率} = \frac{h_2 - h_1}{h_0} \times 100 (\%)$$

$$\text{永久圧縮率} = \frac{h_0 - h_2}{h_0} \times 100 (\%)$$

2) 測定結果

測定結果を図1-2-20に示した。なお測定方法のところで述べたような理由でやむをえず測定途中で荷重を除去し、試験容器を測定開始時の位置に戻し再び荷重をかけて測定を行ったので、荷重を除去後から再度荷重をかけ始めた後の最初の測定点までは点線で表わした。ごみを圧縮していくと図1-2-20にみられるように初めは圧縮応力が増すと容積は直線的に減少する。この間のごみ内部の空間がごみで満たされていく過程であり、大きなエネルギーのいるごみの変形は始まっていない。これは圧縮応力 0.5 kg/cm^2 、圧縮率30%位のあたりである。それ以上に圧縮応力が大きくなると徐々に大きなエネルギーのいるごみの変形が始まる。その後は圧縮応力が大きくなる割に容積は減らず、ごみを変形するのにだんだん大きなエネルギーがいるようになってくる。圧縮応力 15 kg/cm^2 で圧縮率は大体70%位である。

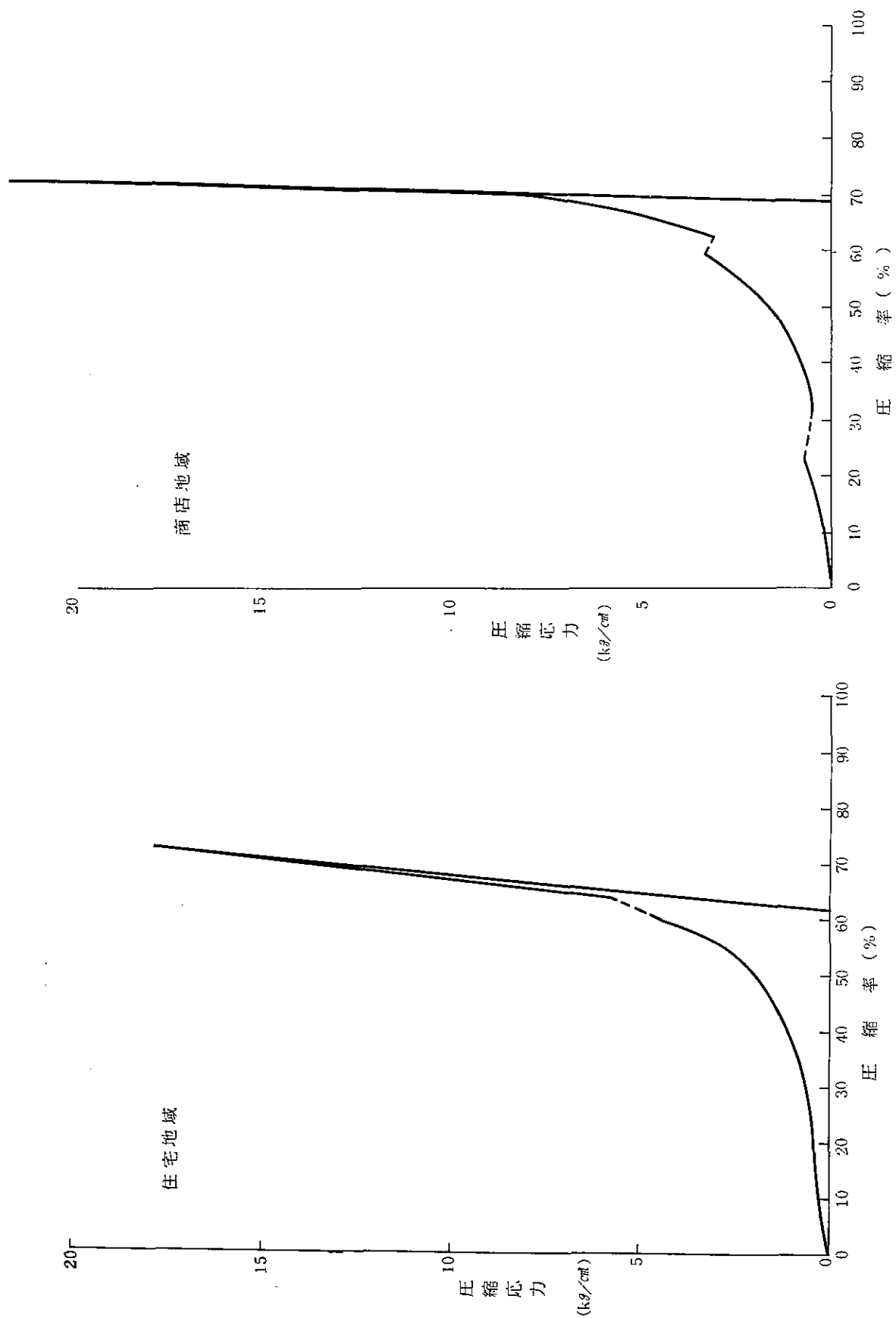
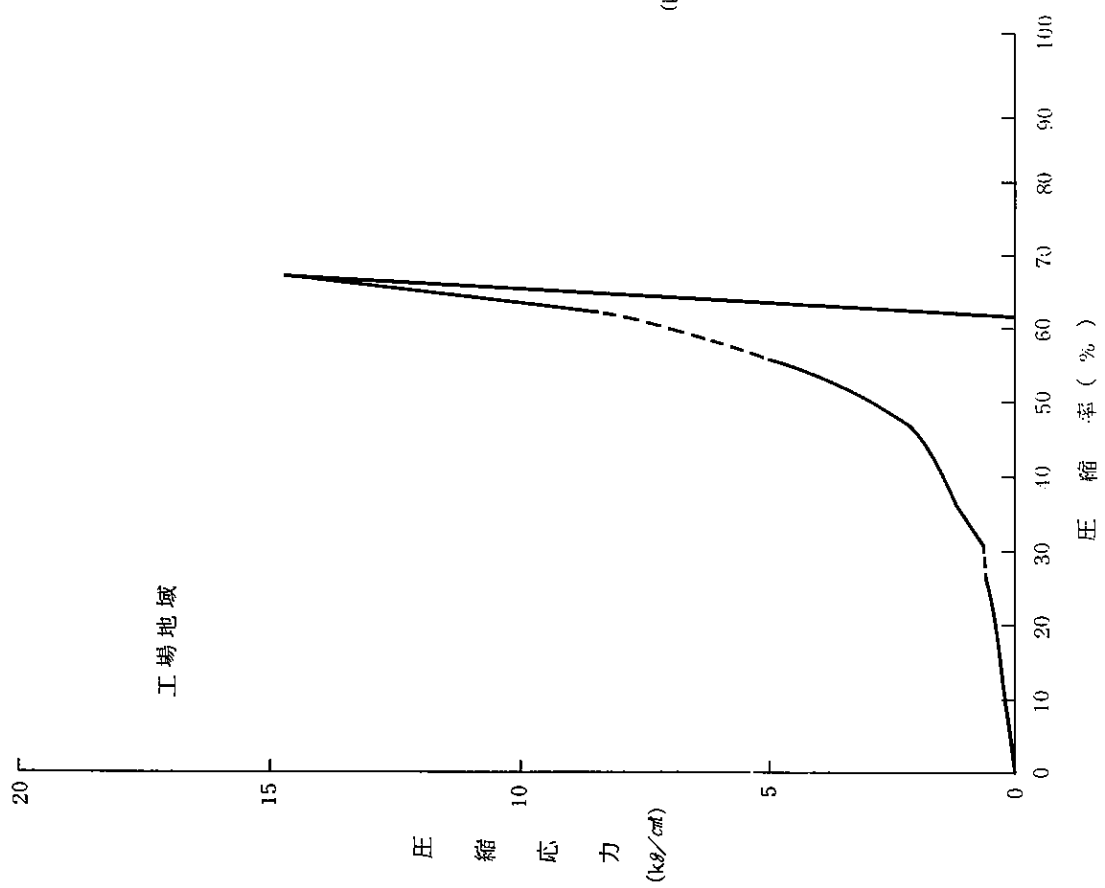
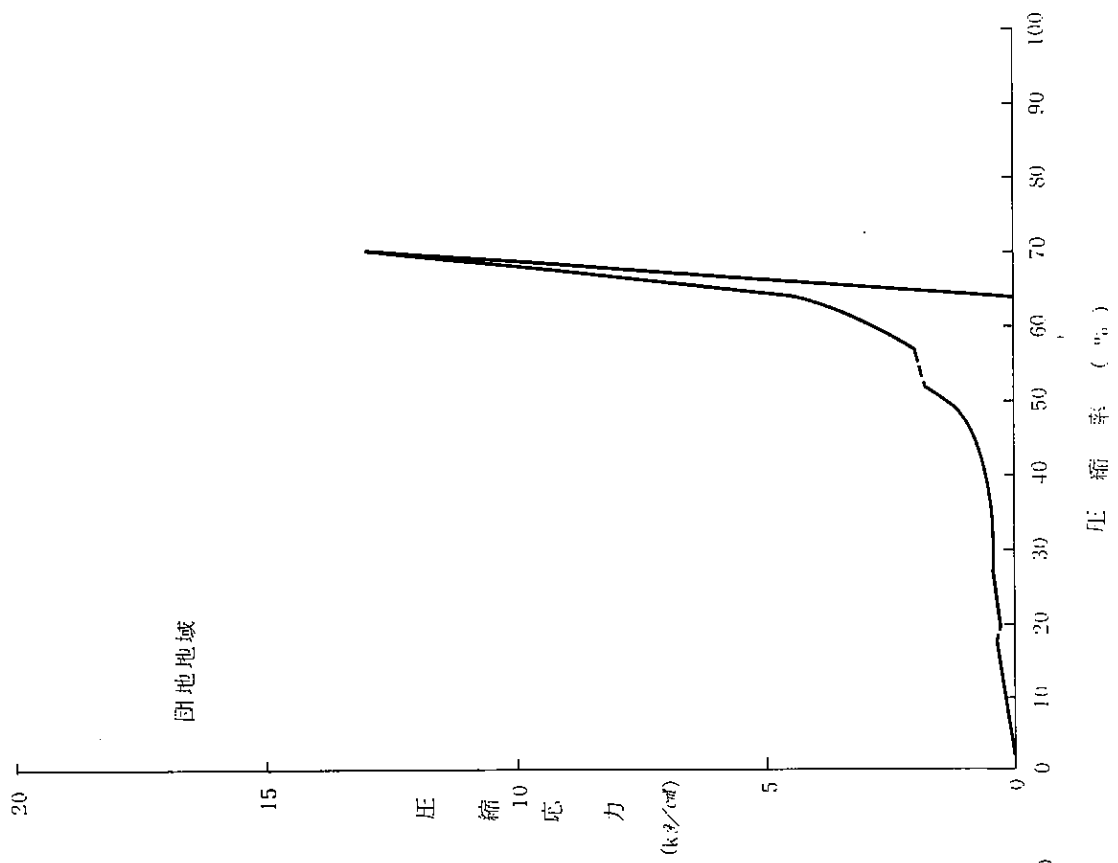


図1-2-20 ごみの圧縮率



ごみに荷重をかけて圧縮した後、荷重を除去すると、圧縮されたごみのうち弾性変形の部分は復元しごみの容積は少し大きくなる。この復元率は大体5%である。この復元により容積が少し大きくなるので圧縮応力 15 kg/cm^2 のときの永久縮率は65%位になる。

ごみの圧縮応力と圧縮率のグラフはごみ質の違い、測定容器の大きさ、測定容器へのごみの詰め方などにより少しずつ違ってくる。しかし、まず 0.5 kg/cm^2 位までの圧縮応力をかけた時に、ごみの内部の空隙が埋まることとそれに伴う変形による大きな容積減少がある。圧縮応力がそれ以上になるとより大きなエネルギーを必要とする変形が始まり容積が減少する程変形に必要なエネルギーがより大きくなるというパターンは同じようである。

表1-2-24に各地域の平均的なごみ質を表示した。

表1-2-24 ごみの物理組成(湿ベース)

項目 地域	紙類	厨芥類	布類	木類	雑物	プラスチック類	ゴム・皮革類	金属類	ガラス類	見掛比重
住 宅	46.84%	44.06%	0.46%	1.74%	1.28%	2.51%	0.04%	1.31%	5.33%	0.236
商 店	27.07	53.68	0.73	1.86	2.96	7.27	0.43	2.77	5.30	0.228
工 場	23.54	57.78	1.94	5.81	0.47	5.83	0.00	2.35	2.54	0.184
団 地	45.52	38.31	0.26	0.79	3.49	3.84	6.27	1.53	6.27	0.223

2.5 焼却残灰の熱灼減量について

2.5.1 焼却残灰発生率について

$$\text{焼却残灰発生率 (\%)} = \frac{\text{焼却残灰発生量(トン)}}{\text{焼却量(実量 トン)}} \times 100$$

東京都清掃工場の残灰発生率の年度別平均値は表1-2-25に示すとおりである。

表1-2-25

年度	45	46	47	48	49
焼却残灰発生率 %	20.3	20.2	20.3	21.5	15.4

注 焼却残灰は水分を含み、このときの含水率は30～40%である。

この表によると昭和48年度まではほぼ20%前後~~まで~~で一定しているが、昭和49年度は約15%と5%程度の減少を示している。これは分別収集が全地域で実施されたため工場搬入ごみ中の不燃物（金属、ガラスなど）~~も~~^が少なくなった結果である。

2.5.2 ~~号~~ 熱灼減量について

熱灼減量の試験法は資料編2に述べる方法により実施した。

熱灼減量の調査結果の年度別平均値を表1-2-26に示した。

表1-2-26

工場	年度	45	46	47	48	49
	A %	4.7 0	0.7 4	0.9 1	1.4 2	2.3 7
	B %	2.1 0	3.2 0	—	4.9 3	7.7 9

熱灼減量の詳しいデータを表1-2-27, 28に示した。

2.5.3 ~~号~~ 熱灼減量の基準について

熱灼減量については現在「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則」（昭和46年9月23日厚生省令第35号）第4条3項にごみ処理施設の維持管理基準として“引出灰の熱灼減量をバッチ燃焼式の炉にあっては15%以下、連続燃焼式の炉にあっては10%以下に保つこと”と基準が設けられている。

熱灼減量の定義式は

$$W(\%) = \left(1 - \frac{E}{D}\right) \left(1 - \frac{C}{B}\right) \times 100$$

W：熱灼減量

B：乾燥後試料重量

C：除去した不燃物重量

D：ルツボに秤り取った試料重量

E：600℃（または800℃）熱灼後の試料重量

熱灼減量の定義式をみてもわかるとおり現在の法令の基準値の定め方は残灰中の不燃物を除去しないで計算する方法を採用しているため焼却前のごみ中の不燃物の混入割合によって大きく影響される。すなわち不燃物除去の熱灼減量が同じ値であっても、残灰中の不燃物割合が大きいほど熱灼減量が小さくなるような定義式となっている。熱灼減量の基準値は残灰中の未燃物割合の基準値であり、不燃物割合が小さくなると相対的に基準値がきびしくなる。

東京都清掃局では昭和48年度より分別収集を実施した。その結果、ごみ物理組成中の不燃物が分別収集前と比較して約11%から4%に減少した。したがって、ごみの3成分中の灰分

表 1-2-27 A 工場熱灼減量データ

測定年月日 炉号又は平均	45.5.18	45.6.24	45.7.25	45.7.31	45.8.11	45.8.17	45.8.24	45.8.29	45.9.5	45.9.14	45.9.26	45.10.3	45.10.9	45.10.17	45.10.24	45.11.2
水分																
不燃物(乾ベース)	%															
熱灼減量(不燃物除去)	%															
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	38.2%	0.84	38.4	37.4	44.7	47.5	40.3	49.6	40.2	39.4	43.3	51.6	39.4	63.0	34.7	53.3
熱灼温度	800℃															

測定年月日 炉号又は平均	45.11.7	45.11.14	45.11.21	45.11.28	45.12.5	45.12.12	45.12.18	45.12.25	46.1.8	46.1.16	46.1.22	45年度 平均	46.9.6	46.9.17	46.10.1	46.10.15
水分																
不燃物(乾ベース)	%										30.9		14.5	19.2	16.3	24.3
熱灼減量(不燃物除去)	%										38.8		56.8	32.1	36.9	36.6
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	28.4%	6.39	4.71	5.51	5.90	4.00	5.44	7.07	6.79	5.93	5.49	4.70	0.23	0.69	0.55	0.87
熱灼温度	800℃											800	0.10	0.47	0.35	0.55

測定年月日 炉号又は平均	46.10.29	46.11.12	46.12.10	47.1.7	47.2.12	47.2.25	47.3.10	47.3.22	46年度 平均	47.4.7	47.4.18	47.5.6	47.8.12	47.9.13	47.10.11	47.11.15
水分	17.8%	27.9	22.1	30.0	28.4	25.9	30.5	24.7	23.5	29.7	30.1	27.0	20.3	19.3	21.0	19.2
不燃物(乾ベース)	42.2%	32.5	45.8	47.8	42.4	39.1	46.9	47.4	42.2	42.8	36.9	42.7	33.5	40.5	39.9	33.3
熱灼減量(不燃物除去)	0.91%	2.23	1.08	3.36	1.42	1.15	1.75	1.16	1.28	2.11	1.06	2.02	0.62	1.54	0.83	1.51
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	0.53%	1.51	0.59	1.75	0.82	0.70	0.93	0.61	0.74	1.21	0.67	1.16	0.41	0.92	0.50	1.00
熱灼温度	800℃								800							

測定年月日 炉号又は平均	47.12.9	48.1.9	48.2.8	48.3.7	47年度 平均	48.4.5	48.5.7	48.6.5	48.8.24	48.10.9	48.10.29	48.12.18	49.1.29	49.2.22	48年度 平均	49.6.2
水分	33.0 %	27.0	29.8	—	25.6	33.3	26.3	34.6	26.6	35.3	33.1	39.9	36.1	35.6	33.4	41.6
不燃物 (乾ベース)	28.8 %	43.0	47.0	54.9	40.3	33.0	32.4	36.6	42.2	36.0	35.0	35.6	28.5	30.3	34.4	23.2
熱灼減量(不燃物除去)	22.9 %	1.28	2.04	1.74	1.55	1.49	1.62	2.88	1.22	1.70	1.22	5.28	2.07	1.96	2.16	3.90
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	1.63 %	0.73	1.08	0.79	0.91	1.00	1.10	1.83	0.71	1.09	0.79	3.40	1.48	1.37	1.42	3.00
熱 灼 温 度	800 ℃				800										800	

測定年月日 炉号又は平均	49.10.1	50.1.25	50.3.31	49年度 平均	50.5.31 平均	50.7.7										
水分	41.6 %	38.5	36.6	39.6	40.4	38.5										
不燃物 (乾ベース)	23.9 %	18.4	13.3	19.7	12.3	19.7										
熱灼減量(不燃物除去)	29.1 %	4.18	0.97	3.00	1.50	1.55										
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	2.21 %	3.41	0.84	2.37	1.32	1.24										
熱 灼 温 度	℃															

測定年月日 炉号又は平均																
水分	%															
不燃物 (乾ベース)	%															
熱灼減量(不燃物除去)	%															
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	%															
熱 灼 温 度	℃															

表 1-2-28 B 工場熱灼減量データ

測定年月日 炉号又は平均	45.8.19	45.9.5	45.9.16	45.10.16	45.11.7	45.11.19	46.1.16	46.3.12	45年度 平均	46.4.12	46.7.13	46.8.18	46.9.16	46.10.12	46.11.5
水分	29.7 %	26.1	20.7	39.9	25.9	23.2	27.2	29.2	28.4	35.2	34.9	26.8	22.4	45.9	34.0
不燃物 (乾ベース)	50.2 %	49.9	40.1	43.6	37.4	44.7	45.5	62.8	46.7	52.4	47.6	60.4	62.4	59.7	64.8
熱灼減量(不燃物除去)	34.8 %	37.7	25.1	47.7	24.7	10.2	0.99	4.45	3.08	4.42	5.28	6.08	5.60	3.38	5.9
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	23.1 %	25.1	1.78	33.2	18.5	0.71	0.68	2.77	2.10	2.79	3.49	3.78	3.44	2.11	3.6
熱灼温度	600℃														

測定年月日 炉号又は平均	46年度 平均	48.6.12	48.7.26	48.8.29	48.12.3	49.2.5	48年度 平均	49.6.17	49.8.23	49.9.27	49.10.17	49.11.25	50.1.14	50.3.28	49年度 平均	50.4.6
水分	33.3 %	28.9	35.6	42.9	32.6	35.2	35.0	33.8	47.0	40.1	34.1	36.1	35.8	32.9	37.1	37.3
不燃物 (乾ベース)	57.9 %	57.9	41.5	10.6	20.4	29.0	31.9	13.8	16.2	17.7	15.2	16.2	10.5	27.2	16.7	14.3
熱灼減量(不燃物除去)	51.3 %	63.0	48.3	73.7	8.64	8.08	7.04	10.10	11.00	6.07	9.61	4.03	12.50	12.20	9.36	35.3
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	32.0 %	26.0	28.4	6.60	6.89	5.74	4.93	8.71	9.18	5.00	8.15	3.38	11.20	8.88	7.79	30.1
熱灼温度	600℃															

測定年月日 炉号又は平均	50.5.29	50.6.2	50.7.1													
水分	28.5 %	43.9	34.7													
不燃物 (乾ベース)	15.5 %	8.96	15.1													
熱灼減量(不燃物除去)	62.8 %	7.06	9.55													
焼却残渣物熱灼減量 (乾ベース)	53.1 %	6.43	8.11													
熱灼温度	600℃															

が約18%から約8%に減少し、残灰中の不燃物(10mm メッシュを通過しない不燃性物質)割合も約33%から18%へ減少した。その結果、熱灼減量の値も大きくなってきている。

2.6 ごみバンカ汚水について

ごみバンカ内で排出される、ごみの浸出汚水はBOD(生物化学的酸素要求量)が異常に高く、かつ悪臭があるので汚水処理や悪臭対策上、その量の多少は重要な意味をもっている。

その量をは握する目的で都におけるA清掃工場について排出量を調査した結果について述べる。表1-2-29は昭和41~49年度における月間の平均汚水排出量を示したものである。この値はごみ1トンから排出される量をリットルで表わしたものである。表に示すとおり年間平均では4ℓ/tであり、冬期はほとんど排出されないが、夏季が特に多く、7、8、9の3ヶ月間で年間総排出量の70%にも達する値となっている。

表1-2-29

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	平均
単位ごみバンカ汚水発生量	0.4 ℓ/t	1.2	2.9	12.0	13.9	7.5	3.2	5.6	1.5	0.8	0.4	1.4	4.0