

昭和51年度ごみ性状調査

一 清掃工場搬入ごみについて 一

広畑 和幸, 占部 武生, 田村 和男, 吉岡 茂
宮本 頼信, 伊藤正次郎, 小倉 春男, 恩田 敏雄

1. 目 的

本調査は、昭和51年度の清掃工場に搬入されるごみのごみ性状を把握するために実施した。

また、本調査と平行して、各ごみ分析方法の精度をチェックする実験を行なった。

2. 調査方法

2.1 サンプルングについて

調査対象として、9清掃工場の搬入ごみを取りあげた(表1 サンプルング日と清掃工場)。サンプルングの実施順序は、以下のようにして決めた。まず、①大井, 江東, 江戸川, ②北, 板橋, 石神井, ③世田谷, 千歳, 多摩川, の三グループに分けた。このグループ内の順序はランダムにし、①, ②, ③の順で、各清掃工場1回ずつ一順させた。これを二回くり返した。さらに、世田谷, 北江戸川, 石神井の4清掃工場については、もう一回ずつ実施した。

表1 サンプルング日と清掃工場

順番	清 掃 工 場	年 月 日	天 候
1	江 東	51. 5. 26	曇
2	北	6. 1	曇のち晴
3	世 田 谷	6. 21	曇
4	江 戸 川	6. 29	曇
5	石 神 井	7. 12	曇
6	千 歳	7. 26	晴
7	大 井	8. 11	晴
8	板 橋	8. 18	晴
9	多 摩 川	8. 31	曇
10	江 東	9. 13	雨
11	北	9. 28	雨

順番	清 掃 工 場	年 月 日	天 候
12	世 田 谷	51. 10. 6	晴
13	江 戸 川	10. 19	晴
14	石 神 井	10. 26	曇
15	大 井	11. 16	晴
16	板 橋	11. 30	晴
17	多 摩 川	12. 7	晴
18	千 歳	52. 1. 25	晴
19	世 田 谷	2. 7	晴
20	北	2. 14	曇
21	江 戸 川	3. 7	晴
22	石 神 井	3. 14	晴

2.2 調査方法

調査方法は、(図1)ごみ性状の調査方法に示した。ただし、大口試料は二個サンプリングして、これを別々に分析した。これらの測定値の平均をサンプルの代表値とした。また、昭和51年度の代表値としては、サンプル22個の代表値の平均値を用いた。

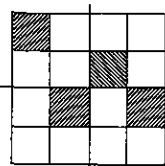
順序	調査方法のフロー図	作業名	方法等の説明	調査特性																											
1.	ごみバンカ ↓ サンプリング	サンプリング	ごみバンカ内の「ごみ」を、クレーンバケットで混合する。そして、その「ごみ」をクレーンバケットで約0.5 ton 採取し、投入ホッパー機に広げる。																												
2.	縮分 ↓ 混合 切断 区分け	縮分	「ごみ」をよくまぜ、厚さ、20～30cmに広る。そのとき、袋、箱などに入っているものを出し、大きいものは切断する。下図のように、4等分し、さらに各区分を4等分して、その内からランダムに1区分ずつえらび、一区分から一度に100ℓずつ採取する。  (斜線部分が採取区分になる。)																												
3.	重量測定	見掛比重	採取した「ごみ」の重量を秤る。その「ごみ」の体積は200ℓのポリ箱で測定する。	見掛比重																											
4.	分別	分別	採取した「ごみ」(以下試料という。)を下表の区分に分別する。(分別項目) <table border="1"><tr><td rowspan="3">可燃ごみ</td><td colspan="2">紙</td></tr><tr><td>厨 芥</td><td></td></tr><tr><td>織 維</td><td></td></tr><tr><td></td><td>草 木</td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">焼却不適ごみ</td><td colspan="2">プラスチック</td></tr><tr><td colspan="2">ゴム・皮革</td></tr><tr><td rowspan="4">不燃ごみ</td><td>金属</td><td>鉄</td></tr><tr><td></td><td>非鉄</td></tr><tr><td>ガラス</td><td></td></tr><tr><td>石・陶器</td><td></td></tr><tr><td colspan="3">雑 物</td></tr></table>	可燃ごみ	紙		厨 芥		織 維			草 木		焼却不適ごみ	プラスチック		ゴム・皮革		不燃ごみ	金属	鉄		非鉄	ガラス		石・陶器		雑 物			物理組成(湿ベース)
可燃ごみ	紙																														
	厨 芥																														
	織 維																														
	草 木																														
焼却不適ごみ	プラスチック																														
	ゴム・皮革																														
不燃ごみ	金属	鉄																													
		非鉄																													
	ガラス																														
	石・陶器																														
雑 物																															
5.	乾燥 ↓ 不燃物	乾燥	試料を分別した項目別に乾燥する。大型熱風循環式乾燥機で、80℃約7日間乾燥する。乾燥後の各項目別重量を測定する。	物理組成(乾ベース)																											
6.	分析用試料調製	化学分析用試料調製	乾燥試料から不燃ごみを除いた残り全部(可燃物)を、混合する。その試料を、粉砕機で二段階で粉砕する。一段目は15mm以下、2段階目で3mm以下にする。 粉砕した試料を、四分法で約1ℓに縮分する。これを、化学分析用試料とする。	水分																											
7.	化学分析	化学分析	化学分析用試料を二分器で、約5～10gに縮分する。これを各分析に供する。化学分析は以下の分析を行なう。 ① 炭素水素(灰分)分析: 800℃、酸素ガス中、燃焼により、分析する。 ② 窒素分析: ケルダール法で分析する。 ③ 揮発性塩素、燃焼性いおう分析: 800℃、酸素ガス中燃焼し燃焼ガスを過酸化水素水で吸収、吸収液中のHCl、H ₂ CO ₄ 分を滴定する。 ④ 発熱量分析: ボンプ熱量計で測定する。	炭素、水素、灰分(可燃分) 窒素 揮発性塩素 燃焼性いおう																											
8.	計算	計算	各特性値を計算する。ただし化学分析値は、湿ベース表示に換算する。	発熱量																											

図1 ごみの調査方法

3. 結果および考察

測定結果は以下の表にまとめた。

- | | |
|------------------------------|-----|
| 1) 昭和51年度の代表値 | 表 2 |
| 2) 物理組成(湿ベース)および見掛比重 | 表 3 |
| 3) 物理組成(乾ベース) | 表 4 |
| 4) 化学分析(三成分, 元素分析および発熱量) ... | 表 5 |
| 5) 組成別水分量 | 表 6 |

3.1 可燃ごみ, 焼却不適ごみ, および不燃ごみの年度変化

昭和45年度からの清掃工場搬入ごみの可燃ごみ, 焼却不適ごみ, および不燃ごみの年度変化を三角図(図2)に表わした。ここで, 雑物は可燃ごみ中に含めている。この図において, 不燃ごみ, 焼却不適ごみの割合が減少傾向にある。とくに, 不燃ごみが減少している。このことは, 昭和48年度から分別収集が実施され, 工場搬入ごみには, 不燃ごみ, 焼却不適ごみが原則として搬入されなくなったからである。さらに, 50年度から51年度にかけては, 変動が小さくなり, 工場搬入ごみ中の各割合が安定してきている傾向にある。

3.2 三成分の年度変化

三成分の年度変化を図3に表わした。この図において, 水分の変動は少ないけれども, 灰分の減少が目立っている。このことは, 物理組成での不燃ごみの減少に対応している。

3.3 低位発熱量の推定式

生ごみの低位発熱量を3成分値から推定するために, 下式で考える。

$$Hu = \frac{HuB}{100} \times B - 6W \quad \text{..... (i)}$$

Hu : 生ごみの低位発熱量 (Kcal/kg)

HuB : 可燃分の低位発熱量 (Kcal/kg)

B : 可燃分 (%)

W : 水分 (%)

(i)式を変形して

$$HuB = \frac{Hu + 6W}{B} \times 100 \quad \text{..... (ii)}$$

とし, Hu , B , W の実測値を(ii)式に代入し, HuB を求めた。表7によれば, HuB は分別収集の進展とともに減少傾向を示したが, 全区で分別収集が実施された49年度以降はほぼ 4,500Kcal/kg 付

表 2 昭和 51 年度 ご み 質

		湿 べ ー ス (%)			乾 べ ー ス (%)		
		平 均 値	標準偏差	変動係数	平 均 値	標準偏差	変動係数
可 燃 ご む	紙	45.8	8.2	17.9	56.1	6.9	12.3
	屑 芥	35.2	8.4	23.9	19.0	5.1	27.0
	織 維	2.7	0.9	33.3	3.5	1.2	34.9
	草 木	4.8	1.6	33.3	5.5	1.9	35.1
	小 計	88.5	2.6	2.94	84.2	4.3	5.07
焼 却 不 適 ご む	プ ラ ス チ ッ ク	4.1	1.5	36.6	5.8	2.0	33.9
	ゴ ム ・ 皮 革	0.2	0.27	135	0.3	0.42	158.9
	小 計	4.3	1.6	37.2	6.1	2.3	37.0
不 燃 ご む	鉄	1.1	0.49	44.5	2.3	0.97	42.6
	非 鉄	0.3	0.13	43.3	0.5	0.23	44.5
	金 属 小 計	1.4	0.59	42.1	2.8	1.3	45.0
	ガ ラ ス	1.0	0.56	56.0	2.0	1.2	60.0
	石 , 陶 器	0.5	0.27	54.0	1.0	0.52	52.0
	小 計	2.9	1.2	41.4	5.8	2.3	40.3
雑 物		4.3	1.4	32.6	4.0	1.5	36.7
見 掛 比 重		0.16	0.0323	19.7			

		平 均 値	標準偏差	変動係数
三 水 分		56.34	4.53	8.04
成 灰 分		6.34	1.34	21.1
分 可 燃 分		37.23	4.22	11.3
元 素 分 析	炭 素	17.32	2.22	12.8
	水 素	2.53	0.285	11.3
	窒 素	0.46	0.0521	11.4
	燃 焼 性 い っ ぱ う	0.06	0.0221	35.1
	揮 発 性 塩 素	0.22	0.0810	36.5
酸 素		16.74	1.97	11.7
	高 位 発 熱 量 Kcal/kg	1814	176	9.7
	低 位 発 熱 量 Kcal/kg	1334	197	14.8

表3 物理組成 湿ベース(%)および見掛比重

サンプル名		項目	可燃			燃ごみ			焼却不適ごみ					不燃ごみ				雑物	合計	見掛比重	
	清掃工場	昭和年月日	小計	紙	厨芥	繊維	草	木	小計	プラスチック	ゴム・皮革	小計	金属	鉄		非鉄	ガラス	石・陶器			
1	江東	51.526	86.8	56.4	20.9	2.1	7.4		2.8	2.8	0.0	2.4	1.0	0.8	0.2		0.6	0.8	8.0	100.0	0.13
2	北	6.1	91.7	61.3	20.5	3.4	6.5		1.7	1.7	0.0	1.4	0.5	0.4	0.1		0.5	0.4	5.2	100.0	0.21
3	世田谷	6.21	86.0	44.2	32.3	2.3	7.2		5.4	5.4	0.0	3.8	1.9	1.5	0.4		1.5	0.4	4.8	100.0	0.24
4	江戸川	6.29	89.0	52.7	28.8	3.9	3.6		5.4	5.0	0.4	2.5	1.4	1.2	0.2		0.9	0.2	3.1	100.0	0.18
5	石神井	7.12	89.9	52.9	30.1	2.0	4.9		5.2	5.2	0.0	2.6	1.1	0.8	0.3		0.8	0.7	2.3	100.0	0.20
6	千歳	7.26	91.4	50.8	33.1	4.4	3.1		3.9	3.8	0.1	2.7	1.4	1.2	0.2		1.1	0.2	2.0	100.0	0.13
7	大井	8.11	87.1	54.6	25.1	1.8	5.7		4.5	4.4	0.1	4.9	2.7	2.1	0.6		2.1	0.1	3.5	100.0	0.18
8	板橋	8.18	91.4	55.0	27.4	2.9	6.1		3.5	3.2	0.3	1.7	1.3	0.9	0.4		0.0	0.4	3.4	100.0	0.15
9	多摩川	8.31	88.3	49.4	32.0	2.9	4.0		3.9	3.9	0.0	3.4	1.7	1.3	0.4		1.3	0.4	4.4	100.0	0.19
10	江戸東	9.13	87.8	50.7	28.8	2.9	5.4		3.9	3.9	0.0	3.4	1.8	1.5	0.3		1.0	0.6	4.9	100.0	0.20
11	北	9.28	94.5	50.8	34.8	2.5	6.4		1.4	1.4	0.0	0.9	0.4	0.2	0.2		0.2	0.3	3.2	100.0	0.20
12	世田谷	10.6	85.7	39.7	38.5	1.9	5.6		6.4	6.0	0.4	3.0	1.8	1.5	0.3		0.9	0.3	4.9	100.0	0.14
13	江戸川	10.19	87.2	45.0	32.0	4.1	5.7		5.0	4.9	0.1	4.0	1.3	1.0	0.3		1.7	1.0	3.9	100.0	0.14
14	石神井	10.26	86.6	35.9	41.0	2.8	6.9		6.2	6.0	0.2	3.3	1.7	1.3	0.4		0.6	1.0	3.9	100.0	0.14
15	大井	11.16	86.5	44.5	38.5	0.9	2.6		4.5	4.4	0.1	4.5	2.0	1.7	0.3		1.7	0.8	4.5	100.0	0.14
16	板橋	11.30	88.9	39.9	43.2	1.9	3.9		2.7	2.7	0.0	2.0	0.7	0.7	0.1		0.8	0.5	6.4	100.0	0.16
17	多摩川	12.7	86.8	42.2	37.3	3.3	4.0		4.0	3.8	0.2	3.5	1.9	1.5	0.4		1.0	0.6	5.7	100.0	0.11
18	千歳	52.125	84.9	33.0	47.4	2.2	2.3		7.2	6.2	1.0	4.3	1.9	1.5	0.4		1.8	0.6	3.6	100.0	0.14
19	世田谷	2.7	87.7	33.6	49.4	1.9	2.8		5.8	5.6	0.2	2.8	1.4	1.1	0.3		1.0	0.4	3.7	100.0	0.17
20	北	2.14	93.2	43.8	42.2	3.2	4.0		2.1	2.0	0.1	0.7	0.5	0.4	0.1		0.2	0.0	4.0	100.0	0.14
21	江戸川	3.7	90.3	35.4	47.8	4.1	3.0		2.6	2.6	0.0	1.5	0.7	0.5	0.2		0.4	0.4	5.6	100.0	0.16
22	石神井	3.14	85.1	36.3	43.4	1.8	3.6		6.0	5.2	0.8	4.0	2.0	1.6	0.4		1.4	0.6	4.9	100.0	0.16

表 4 物理組成 乾ベース(%)

項目			可 燃			燃 ご み			焼却不適ごみ			不 燃					雑 物		合 計
サンプル名	昭和 年 月 日	小 計	紙	厨 芥	繊 維	草 木	小 計	プラス チック	ゴム・ 皮革	小 計	金 属	鉄	非 鉄	ガラス	石・陶器				
1 江 東	51. 5. 26	85.8	62.8	10.2	2.6	10.2	4.0	4.0	0.0	3.8	1.8	1.4	0.4	1.0	1.0	6.4	100.0		
2 北	6. 1	92.1	72.1	8.2	4.0	7.8	2.0	2.0	0	2.3	0.8	0.6	0.2	0.8	0.7	3.6	100.0		
3 世田谷	6. 21	79.8	50.6	18.8	2.6	7.8	7.2	7.2	0.0	7.9	3.8	3.2	0.6	3.2	0.9	5.1	100.0		
4 江戸川	6. 29	85.0	58.2	18.0	5.2	3.6	7.4	6.6	0.8	5.0	2.8	2.4	0.4	2.0	0.2	2.6	100.0		
5 石神井	7. 12	84.0	59.2	17.0	2.8	5.0	7.8	7.8	0	6.0	2.4	1.8	0.6	2.0	1.6	2.2	100.0		
6 千 歳	7. 26	89.4	66.7	14.7	3.6	4.4	4.8	4.7	0.1	4.2	2.2	1.9	0.3	1.5	0.5	1.6	100.0		
7 大 井	8. 11	81.4	60.1	11.4	2.2	7.7	6.1	5.9	0.2	9.6	5.3	4.2	1.1	4.0	0.3	2.9	100.0		
8 板 橋	8. 18	88.3	63.7	13.3	4.2	7.1	4.6	4.6	0.0	3.6	2.7	1.9	0.8	0.0	0.9	3.5	100.0		
9 多摩川	8. 31	82.6	57.1	17.3	3.4	4.8	5.6	5.6	0.0	8.0	3.8	3.0	0.8	3.2	1.0	3.8	100.0		
10 江 東	9. 13	83.9	55.3	18.4	3.8	6.4	5.0	5.0	0.0	7.0	3.5	3.1	0.4	2.3	1.2	4.1	100.0		
11 北	9. 28	92.7	59.9	22.3	2.9	7.6	2.1	2.1	0	1.9	0.8	0.6	0.2	0.4	0.7	3.3	100.0		
12 世田谷	10. 6	80.1	48.2	22.8	2.8	6.3	9.0	8.1	0.9	6.2	3.7	3.2	0.5	1.9	0.6	4.7	100.0		
13 江戸川	10. 19	81.7	53.4	18.2	5.4	4.7	7.0	6.9	0.1	7.8	2.5	2.0	0.5	3.4	1.9	3.5	100.0		
14 石神井	10. 26	78.9	44.6	22.6	4.3	7.4	9.4	9.1	0.3	7.4	3.8	3.0	0.8	1.3	2.3	4.3	100.0		
15 大 井	11. 16	81.4	57.7	20.0	1.0	2.7	6.3	6.2	0.1	8.6	3.7	3.3	0.4	3.4	1.5	3.7	100.0		
16 板 橋	11. 30	84.9	56.3	21.2	2.9	4.5	4.4	4.4	0	5.0	1.9	1.6	0.3	2.0	1.1	5.7	100.0		
17 多摩川	12. 7	82.8	55.9	17.7	4.8	4.4	5.6	5.4	0.2	6.1	3.3	2.7	0.6	1.6	1.2	5.5	100.0		
18 千 歳	52. 1. 25	77.8	46.0	26.1	3.4	2.3	10.6	9.2	1.4	8.8	3.6	3.0	0.6	3.8	1.4	2.8	100.0		
19 世田谷	2. 7	82.1	48.3	28.0	2.6	3.2	7.8	7.6	0.2	5.8	2.8	2.2	0.6	2.2	0.8	4.3	100.0		
20 北	2. 14	91.2	59.8	21.7	5.2	4.5	4.0	3.8	0.2	1.2	0.8	0.7	0.1	0.3	0.1	3.6	100.0		
21 江戸川	3. 7	87.1	49.9	27.0	6.1	4.1	4.5	4.4	0.1	3.3	1.5	1.1	0.4	0.8	1.0	5.1	100.0		
22 石神井	3. 14	78.3	47.8	23.1	2.0	5.4	9.1	7.7	1.4	8.0	3.8	3.2	0.6	3.1	1.1	4.6	100.0		

表 5 化 学 分 析

サンプル名		項目		三 成 分 (%)			元 素 分 析 (湿ベース %)					発 熱 量 Kcal/kg		
	清掃工場	昭和 年 月 日	水 分	灰 分	可 燃 分	合 計	炭 素	水 素	窒 素	燃 焼 性 い お う	揮 発 性 塩 素	酸 素	高 位 発 熱 量	低 位 発 熱 量
1	江 東	51. 5.26	49.20	7.42	43.38	100.00	19.18	2.48	0.49	0.07	0.26	20.54	2099	1650
2	北	6. 1	49.58	6.88	43.54	100.00	20.22	2.82	0.52	0.10	0.28	19.60	2034	1585
3	世田谷	6. 21	60.77	8.41	30.82	100.00	12.23	2.08	0.44	0.06	0.30	16.15	1590	993
4	江戸川	6. 29	63.46	5.93	30.61	100.00	14.07	2.08	0.39	0.08	0.26	13.73	1586	1093
5	石神井	7. 12	60.80	6.69	32.51	100.00	15.70	2.22	0.36	0.06	0.33	13.84	1618	1134
6	千 歳	7. 26	48.36	6.38	45.26	100.00	21.76	3.10	0.46	0.11	0.37	19.46	2229	1771
7	大 井	8. 11	53.88	6.11	40.01	100.00	17.51	2.63	0.37	0.07	0.42	19.01	1981	1515
8	板 橋	8. 18	56.79	3.25	39.96	100.00	18.23	2.68	0.41	0.05	0.22	18.37	1890	1405
9	多摩川	8. 31	63.21	6.28	30.51	100.00	13.81	1.99	0.42	0.03	0.18	14.08	1608	1121
10	江 東	9. 13	59.79	4.94	35.27	100.00	16.97	2.46	0.49	0.04	0.14	15.17	1696	1205
11	北	9. 28	63.30	4.26	32.44	100.00	14.61	2.09	0.44	0.02	0.11	17.17	1557	1064
12	世田谷	10. 6	58.20	6.82	34.98	100.00	17.06	2.48	0.50	0.04	0.26	14.64	1721	1238
13	江戸川	10. 19	54.96	6.98	38.06	100.00	16.54	2.68	0.44	0.06	0.22	18.12	1834	1359
14	石神井	10. 26	57.18	7.82	35.00	100.00	17.44	2.46	0.46	0.04	0.17	14.43	1826	1350
15	大 井	11. 16	52.00	8.70	39.30	100.00	18.78	2.70	0.42	0.06	0.19	17.15	1848	1391
16	板 橋	11. 30	57.15	5.86	36.99	100.00	17.44	2.48	0.45	0.05	0.17	16.39	1758	1282
17	多摩川	12. 7	51.26	7.80	40.94	100.00	19.88	2.78	0.41	0.09	0.14	17.64	1969	1512
18	千 歳	52. 1.25	53.70	7.40	38.90	100.00	18.04	2.67	0.53	0.08	0.19	17.39	1874	1432
19	世田谷	2. 7	57.32	5.31	37.37	100.00	18.11	2.61	0.46	0.05	0.16	15.98	1784	1298
20	北	2. 14	55.73	5.06	39.21	100.00	18.29	2.64	0.54	0.06	0.13	17.55	1799	1322
21	江戸川	3. 7	58.20	5.73	36.07	100.00	17.08	2.58	0.53	0.07	0.16	15.65	1726	1237
22	石神井	3. 14	54.66	7.49	37.85	100.00	18.13	2.65	0.50	0.08	0.22	16.27	1871	1400

表 6 組成別水分量 (%)

サンプル名			項目		可 燃 ご み				焼却不適ごみ			不 燃 ご み				雑 物
	清掃工場	昭和 年 月 日	紙	厨 芥	繊 維	草 木	プラスチック	ゴム・皮革	鉄	非 鉄	ガラス	石・陶器				
1	江 東	51. 5. 26	38.6	73.4	30.7	26.0	21.8	40.0	6.0	16.6	7.1	18.4	56.4			
2	北	6. 1	35.8	77.6	33.9	40.0	31.6	—	11.0	24.2	7.8	6.0	53.2			
3	世田谷	6. 21	48.0	73.6	46.2	47.8	39.4	20.0	3.8	32.8	2.8	2.9	49.2			
4	江戸川	6. 29	48.2	71.2	36.7	52.1	37.7	10.4	10.0	21.6	0.0	0.0	62.2			
5	石神井	7. 12	53.4	76.8	44.2	57.6	36.2	—	6.0	17.4	2.9	4.4	60.4			
6	千 歳	7. 26	26.8	75.3	51.9	24.7	33.9	16.7	10.5	17.1	16.9	9.8	51.7			
7	大 井	8. 11	41.9	78.1	42.0	34.2	34.2	3.3	2.7	20.6	1.3	11.0	56.6			
8	板 橋	8. 18	48.4	78.6	33.6	48.6	37.2	16.7	6.9	10.3	—	3.3	56.6			
9	多摩川	8. 31	54.8	78.9	53.2	54.1	46.0	0.0	5.7	22.0	1.8	10.0	65.3			
10	江 東	9. 13	54.2	73.4	46.3	50.6	46.5	0.0	15.3	37.4	3.3	15.4	64.0			
11	北	9. 28	53.9	75.2	54.8	53.6	40.0	—	9.4	35.4	4.5	7.4	60.0			
12	世田谷	10. 6	46.3	74.2	33.7	50.4	40.5	16.7	10.3	28.9	19.9	23.4	56.8			
13	江戸川	10. 19	44.5	73.9	36.8	62.4	30.6	14.3	5.0	24.7	1.5	8.0	57.3			
14	石神井	10. 26	49.8	77.7	37.8	56.8	38.8	22.2	9.8	29.7	3.5	4.2	57.9			
15	大 井	11. 16	36.5	75.7	47.8	49.0	31.4	33.3	2.7	13.6	1.8	5.0	59.2			
16	板 橋	11. 30	41.9	79.5	38.3	52.0	33.3	—	9.3	20.6	3.1	9.3	62.0			
17	多摩川	12. 7	33.3	75.8	27.5	44.2	22.9	15.6	7.0	16.0	12.2	9.4	73.9			
18	千 歳	52. 1. 25	34.2	74.0	29.2	47.6	31.0	40.4	3.0	23.7	1.4	1.4	61.2			
19	世田谷	2. 7	35.4	74.5	38.0	45.9	39.0	35.7	6.6	12.0	1.0	3.0	44.0			
20	北	2. 14	39.4	78.0	51.9	50.6	17.1	0.0	11.0	32.5	6.2	12.5	74.6			
21	江戸川	3. 7	38.6	75.4	34.9	41.1	26.0	16.7	4.9	23.6	1.4	8.4	59.8			
22	石神井	3. 14	38.3	75.1	47.4	28.2	31.8	25.0	5.2	11.2	1.1	4.4	55.4			

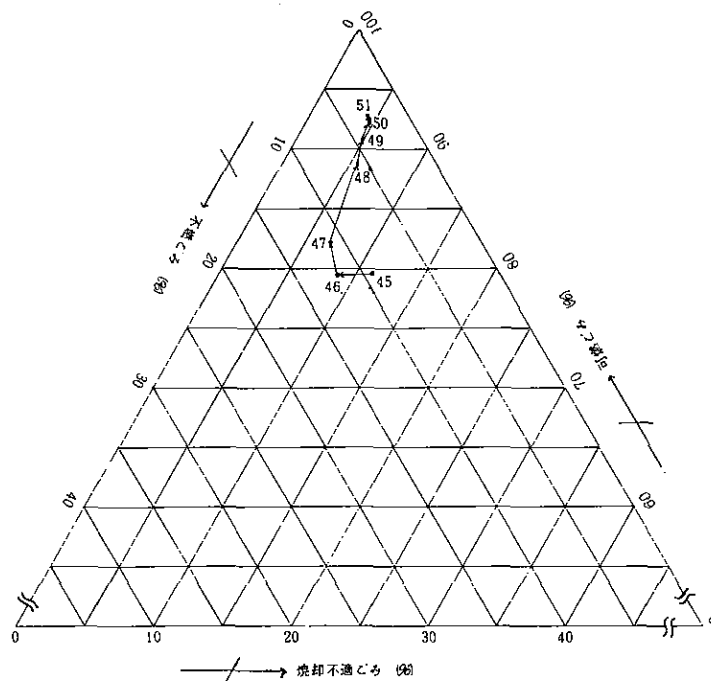


図2 可燃ごみ焼却不適ごみおよび不燃ごみの年度変化

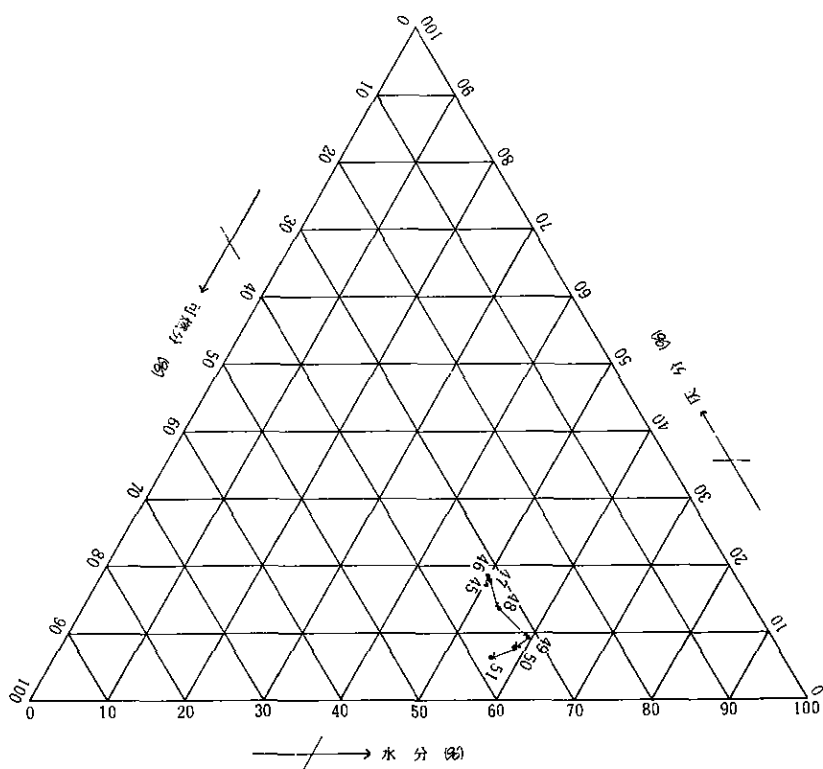


図3 三成分の年度変化

近で一定している。なお51年度の推定式と

表 7 可燃物の発熱量の年度変化

しては

$$H_u = 45.0 B - 6 W \dots\dots\dots (iii)$$

が適当であろう。

年度	48	49	50	51
平均値 Kcal/kg	4670	4480	4480	4500
標準偏差	280	240	200	240
変動係数	5.9	5.2	4.6	5.4
検体数	17	30	27	44

3.4 高位発熱量の元素分析値からの推定

ごみの元素分析から高位発熱量を推定するために、次のような式が提示されている。

Dulong の式

$$H_o = 81 C + 342.5 (H - O/8) + 22.5 S \dots\dots\dots ③$$

Scheurer-Kestner の式

$$H_o = 81 (C - 3/4 O) + 342.5 H + 22.5 S + 57 \times \frac{3}{4} O \dots\dots\dots ④$$

Steuer の式

$$H_o = 81 (C - 3/8 O) + 345 (H - O/16) + 250 S + 57 \times 3/8 O \dots\dots\dots ⑤$$

これらは、石炭やコークスなどの分野で使用されてきたものであり、ごみの場合どのような式が適当か、まだ明らかにされていない。

ところで、これらの式の本質的な違いは、酸素の扱い方にある。Dulong の式では、酸素はすべて H_2O 型であるとし、Steuer の式の場合、半分が H_2O 、残り半分が CO の型であるとし、さらに、Scheurer-Kestner の式の場合すべてが CO の型であるとしている。

そこで、酸素の H_2O 型の比率 x としたときの発熱量推定式⑥を考える。

$$\begin{aligned} H_o &= 81 \left\{ C - \frac{3}{4} (1-x) O \right\} + 345 (h - O/8 x) + 57 \times \frac{3}{4} (1-x) O \\ &= 81 C + 345 H - (25.13x + 18.0) O \dots\dots\dots ⑥ \end{aligned}$$

H_o : 高位発熱量 (Kcal/kg)

C : 炭素 (%)

H : 水素 (%)

O : 酸素 (%)

x : 酸素の H_2O 型比率 ($0 \leq x \leq 1$)

*いおうの項は微小なので無視した。

⑥式を x について整理する(⑦式)。

$$x = \frac{81C + 345H - H_o}{25.13O} - 0.716 \dots\dots\dots ⑦$$

表 8 酸素の H₂O 型比率の年度変化

項目 \ 年度	47	48	49	50	51	備考		
						Dulong	Steuer	Scheurer-Kestner
平均	0.459	0.563	0.574	0.431	0.533	1.0	0.5	0
標準偏差	0.268	0.271	0.179	0.149	0.241	—	—	—
変動係数 %	58.4	48.1	31.2	34.6	45.2	—	—	—
検体数	9	12	30	26	37	—	—	—
酸素係数 α ¹⁾	29.5	32.1	32.4	28.8	31.4	42.8	30.6	18.0

注 1) $\alpha : H_o = 81C + 345h - \alpha O$

2) $0 \leq x \leq 1$ 範囲外は除外した。

⑦式に、ポンプ法で実測した高位発熱量 H_o と元素分析値とを代入して、 x を求めた。この結果表 8 が得られた。年度の違いによるバラツキはあるけれども、ほぼ 0.5 付近であるといえる。したがって、H₂O 型と CO 型とが半分ずつと考えられるので、Steuer の式を使うのが適当であろう。ただし、この x は、ごみ質の違いで変動するから、その都度チェックして使用するのがよいと思われる。

4. ごみ分析方法の精度をチェックする実験

4.1 実験目的

本実験は、ごみ分析方法において、サンプリング方法・縮分方法・分析方法などの精度を把握し試料のサンプリング方法全体を検当することを目的とした。

ごみ性状の特性のうち、物理組成（湿ベース）、見掛比重、水分、そして化学分析をとりあげた。

4.2 実験方法

実験方法は、「2.調査方法」に示された方法に従った。ただし、化学分析は、乾燥可燃物中の割合で表示した。

4.2.1 物理組成、見掛比重、および水分

1 ロットから 2 個の大口試料（A、B）をとり、それらを別々に分析した（図 4-1）。

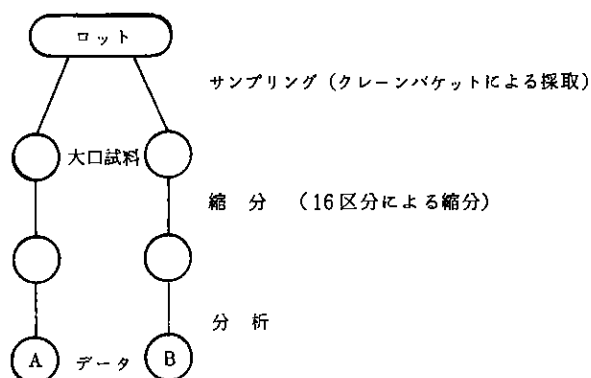
4.2.2 化学分析

1 ロットから 2 個の大口試料をとり、それぞれ別々に化学分析用試料を調製した（大口試料 Aからは 2 個、Bからは 1 個）。これらの化学分析用試料を 4 図-2 に示されるように 4 回分析した。

4.3 解析方法

4.3.1 物理組成、見掛比重、および水分

1) 物理組成、水分、および見掛け比重



2) 化学分析

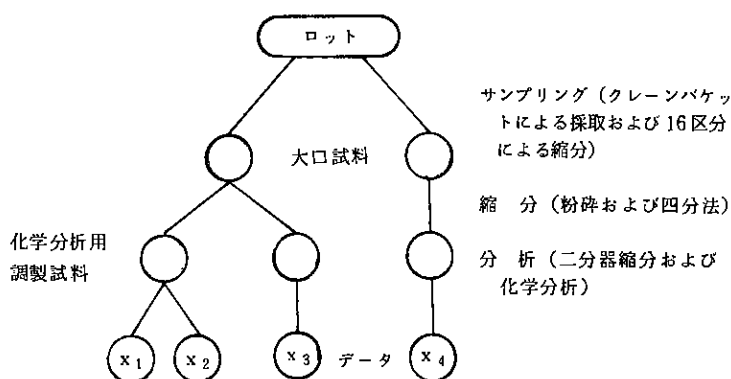


図4 分析、縮分、サンプリングの段階とデータ

- ① 1 ロットについての2つのデータをA, Bとし、それらの平均 $\bar{x}$ と範囲Rとを求めた。
- ② それぞれの $\bar{x}$ とRとを使って、 $\bar{x} \sim R$ 管理図をかき、管理限界外の点をチェックした。
- ③ 測定精度 σ_{SRM} (サンプリング、縮分、および分析精度を含む) を次式で推定した。

$$\hat{\sigma}_{SRM}^2 = (\bar{R} / d_2)^2$$

$$\hat{\sigma}_{SRM} = \sqrt{\hat{\sigma}_{SRM}^2}$$

ただし、 $d_2 = 1.128$

4.3.2 化学分析

- ① データ x_1 と x_2 とから、平均 $\bar{x}_{110}$ と範囲 R_1 とを求めた。

- ② データ x_1 と x_2 とのいずれかと, x_3 とから, 平均 $\bar{x}_{100}$ と範囲 R_2 とを求めた。
- ③ データ x_1, x_2, x_3 のうちいずれか1つと, x_4 とから, 平均 $\bar{x}_{000}$ と範囲 R_3 とを求めた。
- ④ ①, ②, ③のおおのについて, $\bar{x} \sim R$ 管理図をかき, 管理限界外の点数をチェックした。
- ⑤ サンプルング σ_S , 縮分 σ_R , および分析 σ_M の各精度を次式で推定した。

$$\hat{\sigma}_M^2 = (\bar{R}_1 / d_2)^2$$

$$\hat{\sigma}_R^2 = (\bar{R}_2 / d_2)^2 - (\bar{R}_1 / d_2)^2$$

$$\hat{\sigma}_S^2 = (\bar{R}_3 / d_2)^2 - (\bar{R}_2 / d_2)^2$$

$$\hat{\sigma}_M = \sqrt{\hat{\sigma}_M^2}$$

$$\hat{\sigma}_R = \sqrt{\hat{\sigma}_R^2}$$

$$\hat{\sigma}_S = \sqrt{\hat{\sigma}_S^2}$$

4.4 結果と考察

4.4.1 物理組成, 見掛比重, および水分

$\bar{x} \sim R$ 管理図のまとめを(表9)に表わした。 R 管理図限界外点数が少ないので, 各測定は一応管理状態にあると判断できる。

また, $\bar{x}$ 管理限界外点数が多ければ, 一応測定の精度 σ_{SRM} は, ロット間のバラッキ σ_L に対し

表9 $\bar{x} \sim R$ 管理図と精度のまとめ, 物理組成, 水分, および見掛比重

	平 均 $\bar{x}$ (%)	範 囲 $\bar{R}$	精 度 $\hat{\sigma}_{SRM}$	$\bar{x}$ 管理図限界 外点数	R 管理図限界 外点数	変 動 係 数 $CV = \hat{\sigma}_{SRM} / \bar{x} (\%)$
可 燃 ご み	88.5	2.2	1.95	2	1	2.20
紙	45.8	4.87	2.08	8	0	4.54
厨 芥	35.2	6.22	2.35	5	0	6.67
織 維	2.7	1.22	1.04	0	0	38.7
草 木	4.8	1.37	1.10	1	0	23.2
焼却不適ごみ	4.3	1.1	1.0	5	0	23.3
プラスチック	4.1	1.1	0.988	2	1	24.1
ゴム・皮革	0.2	0.3	0.516	2	2	25.8
不 燃 ご み	2.9	1.3	1.15	0	1	39.7
金 属	1.4	0.66	0.589	1	0	42.1
鉄	1.1	0.5	0.666	0	0	60.5
非 鉄	0.3	0.17	0.386	1	0	129
ガ ラ ス	1.0	0.88	0.881	0	0	89.9
石・陶器	0.5	0.4	0.355	1	1	71
雑 物	4.4	1.4	1.24	0	0	28.2
見 掛 比 重	0.16	0.03	0.027	3	0	16.9
水 分	56.34	5.97	4.78	0	1	8.48

て十分な精度をもっていることになる。しかし、表9において、「紙」の8個が最高で全般に少ない。したがって、現行の測定方法では、ロット間の違い、すなわち、清掃工場に搬入された一日分のごみのバラツキ、を発見するのは困難である。

各特性の精度を比較するため、変動係数をみると、「紙」、「厨芥」が数%で他のものは、だいぶ大きい。

以上のことから、ごみの性状の多様性、変動性をとらえるためには、現行の測定方法では十分に把握できないことがいえる。

4.4.2 化学分析

(表10)に、 $\bar{x}$ ～R管理図と精度とをまとめた。

R管理図限界外点数は、各化学分析とも数が少ないので、分析や縮分やサンプリングは一応管理状態にあると判断できる。

つぎに、 $\bar{x}$ 管理図限界外点数は、サンプリング、縮分の段階では各化学分析とも数が少ない。分析の段階では、揮発性塩素(11コ)が多いほうで、他は少なめである。

$\bar{x}$ 管理図限界外に出る点数が多いことは、その段階の精度が次の段階に対して、十分な精度をもっていることを示している。たとえば、揮発性塩素では、分析精度 σ_M は縮分 σ_R 、サンプリング σ_S およびロット間 σ_L のバラツキに対して、十分な精度をもっているといえる。しかし、縮分精度 σ_R は、サンプリング σ_S やロット間 σ_L のバラツキに対しては、不十分な精度であることを示している。また、他の化学分析においても、各精度は十分によい状態ではない。

ところで、各化学分析の測定誤差を検討するために、変動係数のところをみってみる。発熱量3.43%、水素3.96%が少ないほうで、他は数%以上である。ごみ性状をこれらの化学分析値から推定する場合、かなりバラツクことになる。

4.4.3 今後の改善について

以上のように、現行の各測定方法では、ロットが非常に変わった場合にしか、その差を検出できない。このことは、ごみ自体が雑多なものの集合体であるため、ごみ試料のバラツキが測定誤差を大きくしているためである。しかしながら、ごみを取り扱う上では、ごみ性状を適確にとらえていなければならないので、今後測定精度を上げていく必要がある。

ここで、化学分析からみた、サンプリング方法全般の改良方向を考えてみる。分散の可成性から測定の分散 σ_{SRM}^2 は次式で表わせる。

$$\sigma_{SRM}^2 = \sigma_S^2 + \sigma_R^2 + \sigma_M^2$$

よって、測定の精度を上げるためには、 σ_S^2 、 σ_R^2 、 σ_M^2 のうち大きなものを改良すればよいこと

表10 化学分析における、サンプリング、縮分、分析精度

	分 析				縮 分				サ ン プ リ ン グ			
	$\bar{x}_1$	$\bar{R}_1$	$\bar{x}$ 外 ^①	R 外 ^②	$\bar{x}_2$	$\bar{R}_2$	$\bar{x}$ 外	R 外	$\bar{x}_3$	$\bar{R}_3$	$\bar{x}$ 外	R 外
灰 分 ^③ (%)	10.54	1.18	3	0	10.48	1.20	2	0	10.45	1.94	1	0
炭 素 ^③ (%)	41.206	1.481	6	1	41.455	1.912	2	0	41.655	2.426	1	2
水 素 ^③ (%)	6.038	0.128	8	0	6.055	0.140	4	1	6.055	0.238	1	0
窒 素 ^③ (%)	1.162	0.069	7	0	1.172	0.160	3	1	1.112	0.189	0	1
燃焼性いおう ^③ (%)	0.5331	0.0929	11	0	0.5097	0.1226	5	0	0.5354	0.1387	3	0
揮発性塩素 ^③ (%)	0.1446	0.0414	1	0	0.1457	0.0383	2	0	0.1481	0.0408	2	0
発熱量 ^④ Kcal/kg	4294	122	2	2	4323	77	5	1	4349	168	0	1

	精 度				
	$\hat{\sigma}_M$	$\hat{\sigma}_R$	$\hat{\sigma}_S$	$\hat{\sigma}_{SMR}$	C V ^⑤
灰 分 ^③ (%)	1.05	0.204	1.35	1.72	16.5
炭 素 ^③ (%)	1.31	1.07	1.75	2.15	5.16
水 素 ^③ (%)	0.113	0.050	0.205	0.240	3.96
窒 素 ^③ (%)	0.0612	0.128	0.0893	0.168	15.1
燃焼性いおう ^③ (%)	0.0824	0.0709	0.0575	0.123	23.0
揮発性塩素 ^③ (%)	0.0367	0*	0.0123	0.0387	26.1
発熱量 ^④ Kcal/kg	108	0*	132	149	3.43

① $\bar{x}$ 外 : $\bar{x}$ 管理図限界外数

② R 外 : R 管理図限界外数

③ 炭素以下 : 乾燥可燃物中の割合(%)

④ 発熱量 : 乾燥可燃物の高位発熱量 (Kcal/kg)

⑤ $C V = \hat{\sigma}_{SRM} / \bar{x}_3$: 変動係数

* $\hat{\sigma}_R = 0$: $\hat{\sigma}_R = (\bar{R}_2/d_2)^2 - (\bar{R}_1/d_2)^2$
 の推定において、 $\hat{\sigma}_R < 0$ になったために、 $\hat{\sigma}_R = 0$ とした。

になる。図 5 に各分散の大きさを比較した。これらの図において、棒グラフの大きいものから改善してゆかねばならない。

5. 謝 辞

本調査にご協力をいただいた、各清掃工場関係者に、感謝いたします。

6. 参考文献

JIS M8100 粉塊混合物のサンプリング方法通則

化学者および化学技術者のための統計的方法 石川馨ほか 東京化学同人

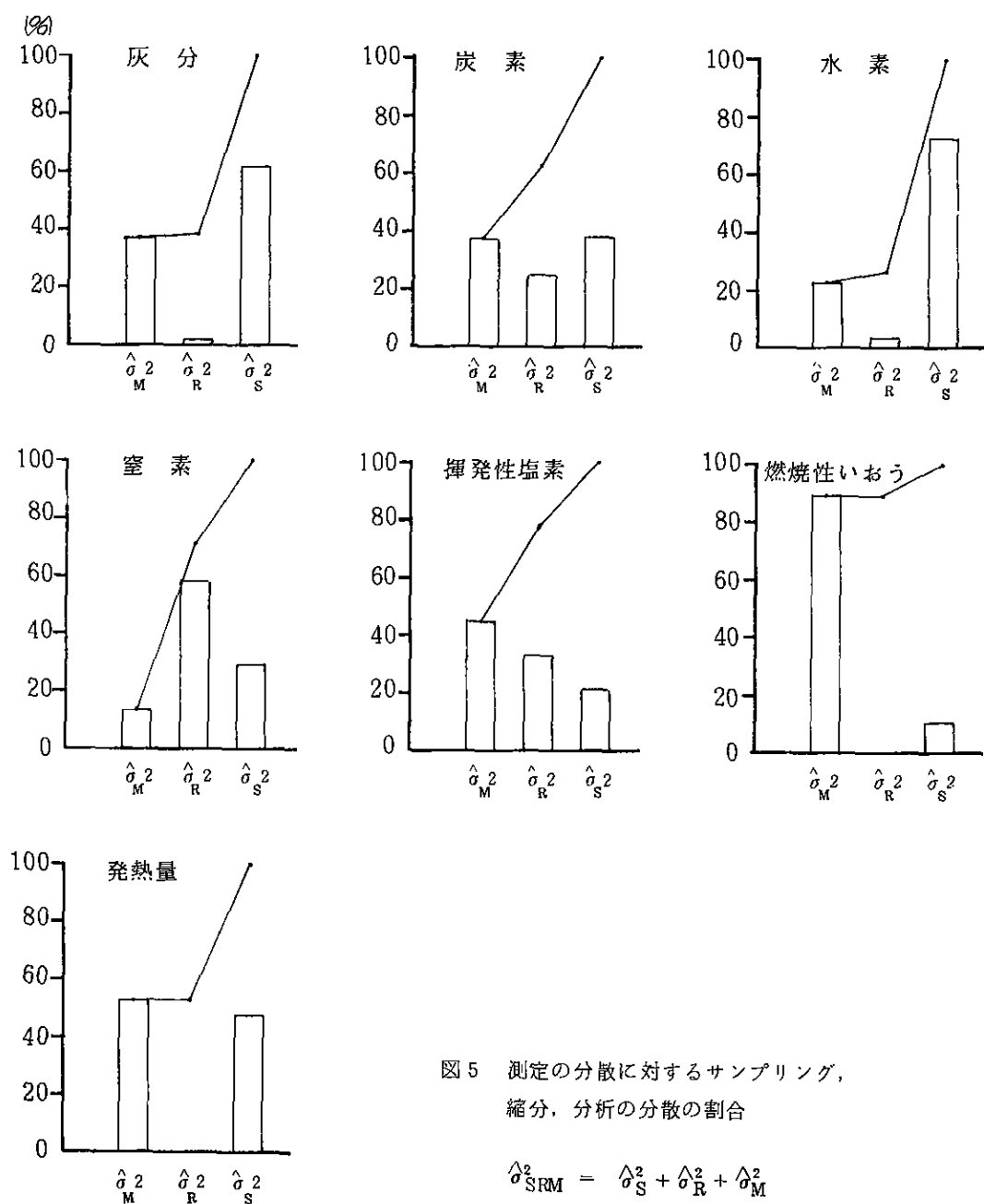


図5 測定分散に対するサンプリング，縮分，分析分散の割合

$$\hat{\sigma}_{SRM}^2 = \hat{\sigma}_S^2 + \hat{\sigma}_R^2 + \hat{\sigma}_M^2$$

ただし，

$\hat{\sigma}_S^2$: サンプリングの分散

$\hat{\sigma}_R^2$: 縮分の分散

$\hat{\sigma}_M^2$: 分析の分散