

北海道工業開発試験所技術資料

第 9 号

都市ごみの発熱量について

昭和 57 年 3 月

工業技術院

北海道工業開発試験所

目 次

都市ごみの発熱量について

1. はじめに	(1)
2. ごみ発熱量の定義	(1)
3. 実験装置および方法	(4)
3.1 試料	(4)
3.2 ボンプ熱量計	(4)
3.3 実験方法	(5)
4. 実験結果および考察	(5)
4.1 標準物質の燃焼熱の比較	(5)
4.2 発熱量測定における水分の影響	(5)
4.3 組成別のごみ発熱量の測定	(7)
4.4 発熱量とごみの成分(水分、可燃分)	(9)
5. まとめ	(11)
参 考 文 献	(11)

都市ごみの発熱量について

西崎 寛樹, 三浦 正勝, 細田 英雄

1. はじめに

都市ごみの発熱量は、ごみ質の把握のために重要な値であるが、ごみ焼却炉の設計や運転管理上も不可欠なものである。また、最近では流動層焼却炉、高温熔融ガス化炉、熱分解装置、ボイラーなどの新しい技術開発を進める上で、基本的に必要な数値とされている。特に再資源化プラントを評価する上では、原料ごみ性状の測定が非常に重要である。

発熱量を求める方法には、推算式、熱量計による測定、焼却炉熱収支式からの計算法がある。都市ごみの発熱量はいずれの方法を用いても一致した値は得られにくく、一応、JISによる測定値が基準になっている。しかし、都市ごみのような高水分で、多成分系の固型物は試料の採取から粉碎・縮分等の調整プロセス等に誤差が入る可能性が多く、石油や石炭等の燃料とは同一に扱えないと考えられている。厚生省の指導では、ごみ質の表示値として簡単な推算式が提示されている¹⁾。この式をベースにポンプ熱量計によって測定した値に近づくように補正した式、熱収支による値に近づくように補正した式などさまざまな式がある。

焼却炉の設計や運転管理には、測定値や推算値ではなく熱収支から得られた実績値を用いている。熱収支式の立て方も近似的なものであり、炉負荷に安

全率を加味したかなり巾広い値を用いて設計を行っているのが実情である。

ごみ発熱量の様々な求め方の相関を知るには、1) サンプルング、縮分、粉碎、乾燥等の調整、2) 水分、灰分、可燃分、ごみ組成、元素分析等の分析方法、3) ポンプ熱量計の使用条件、4) 推算式の適用性、5) 焼却炉の熱収支式と測定値、6) 相互比較のための基準のとり方（分析のフローと焼却炉内の測定点フローチャートとの相違）などを検討してみなければならない。

このように、焼却炉、再資源化（熱分解等）プラントを設計、評価、建設していく上でバラバラに使用されている数値を統一的に整理し、それぞれの特長や問題点について検討したので報告する。

本報では、推算方法とポンプ熱量計の使用法およびそれらの適用性について述べる。

2. ごみ発熱量の定義

発熱量は燃焼熱とも言われ、総発熱量（高発熱量または高位発熱量）と真発熱量（低発熱量または低位発熱量）の表現方法とがある。ポンプ熱量計により得られる発熱量の値は総発熱量であり、燃焼炉の設計や運転管理上では燃焼排ガス中の水蒸気が凝縮せずに大気中に放出されるため、水蒸気の持つ熱量を減じた真発熱量が用いられる。

(2)

ごみの発熱量を表示するのに、意外にやっかいなのがごみ組成の基準のとりかたである²⁾。湿基準、乾基準、生ごみ基準、風乾、絶乾(無水ベース)、無水無灰基準などがあり、それぞれの基準によってFig.1に示すように組成の割合が異なってくる。

札幌市は湿基準、横浜市、川崎市、大阪府は風乾基準で表わしている。厚生省指導は乾基準³⁾であり、本研究では乾基準、絶乾、無水無灰基準で示した。東京都清掃研究所の資料¹³⁾では比較研究のために湿基準と乾基準とをとっている。

ごみの発熱量測定に用いられる試料は不燃物を除いた可燃分と灰分またはこれに固有水分を加えたものを用いている。推算式は乾基準や湿基準等が混合しているため、比較のためには同一基準にそろえる必要がある。

発熱量とは、物質が完全燃焼する際に発生する熱量のことで、通常の燃焼は大気圧下で行われるので定圧熱量(Qp)であり、ボンブ熱量計では定容熱量

(Qv)を測定することになる。これらの間には次の関係がある。

$$Q_p = \Delta H = Q_v + P \cdot \Delta V \dots\dots\dots(1)$$

但し、 ΔH は燃焼によるエンタルピー、Pは圧力、 ΔV は燃焼による体積増加である。

燃焼反応による熱量はヘスの法則により始めと終りの状態によってきまり、元素の燃焼熱と化合物の生成熱との間に次の関係がある。

$$\Delta H_r^\circ(\text{反応熱}) = \sum H_f^\circ(\text{生成物の生成熱}) - \sum H_f^\circ(\text{反応物の生成熱}) \dots\dots(2)$$

但し、標準状態：25℃，1 atm。

(2)式の関係を用いて都市ごみの元素組成や類似化合物組成がかわっていれば、近似的に燃焼熱(高発熱量)を求めることができる。高発熱量から低発熱量への変換は次式によって行う。

$$H_l = H_h - 600(9h + W) \text{ [cal/g]} \dots\dots\dots(3)$$

但し、 H_l は低発熱量、 H_h は高発熱量、h、Wはそれぞれ水素および水分の重量割合(g/g原料)である。

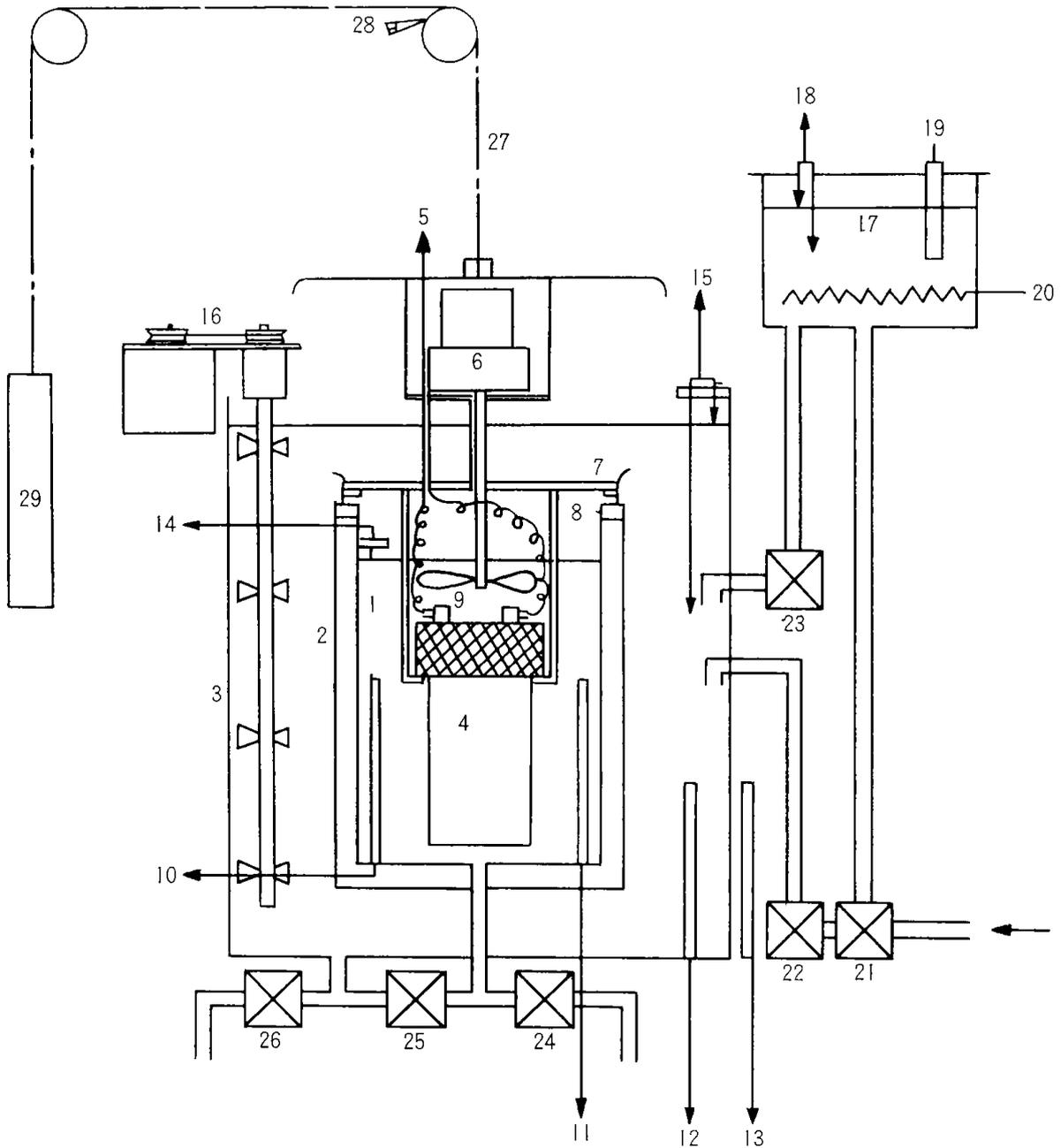
A. 湿基準 (湿状態)

a	可燃ごみ									燃焼不適ごみ						不燃ごみ			
b	紙			厨芥			布・木・草			樹脂類			ゴム・皮			金属		土砂・ガラス	
c	可 燃 分	灰 分	水 分	金 属	水 分	土 砂 ・ ガ ラ ス	水 分												
d	可燃分						灰分+不燃物						水分						
k	生ごみ																		

B. 乾基準 (乾状態)

e	可燃分					不燃分			水分			
f	紙	厨 芥	プ ラ ス テ ッ ク	布 ・ 木 ・ 草	ゴ ム ・ 皮 ・ 他	灰 分	不 燃 物		固 有 水 分		付 着 水 分	
g	炭 素	水 素	酸 素	窒 素	い お う	灰 分	金 属	ガ ラ ス	土 砂			
h	無水無灰											
i'	絶乾											
i	絶乾(無水)											
j	風乾基準											
k	生ごみ基準											

Fig. 1 乾基準と湿基準の表示方法



- | | | |
|--------------|----------------|-----------------|
| 1. 内槽 | 11. 内槽用ニッケル抵抗体 | 21. 湯槽給水用電磁弁 |
| 2. 中間槽 | 12. 外槽用ニッケル抵抗体 | 22. 温調用電磁弁 (冷水) |
| 3. 外槽 | 13. 室温用ニッケル抵抗体 | 23. 温調用電磁弁 (温水) |
| 4. ポンプ | 14. 内槽用水位計 | 24. 内槽排水用電磁弁 |
| 5. 点火用リード線 | 15. 外槽用水位計 | 25. 内槽給水用電磁弁 |
| 6. 内槽かくはんモータ | 16. 外槽かくはん部 | 26. 外槽排水用電磁弁 |
| 7. 内槽ふた | 17. 湯槽 | 27. チェーン |
| 8. ポンプ吊り下げ部 | 18. 湯槽水位計 | 28. クランプ機構 |
| 9. 内槽かくはん翼 | 19. サーモスタット | 29. カウンターバランス |
| 10. 白金抵抗体 | 20. シーズヒーター | |

Fig. 2 ポンプ熱量計の概略図 (取扱説明書より)

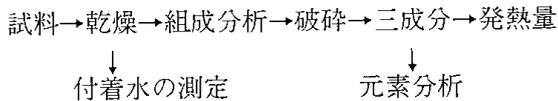
3. 実験装置および方法

3.1 試料

都市ごみの発熱量の測定に先立って、まず、ボンブ熱量計の適用条件を検討する必要がある。都市ごみに含まれている物質のうち標準物質として、メタノール、ぶどう糖、でんぷん、セルロース、口紙、ポリエチレン、ポリプロピレンを用いた。また、試料中の水分の影響を調べるためにメタノールとセルロースそれぞれに純水を加えて調整した数種の試料を用いた。

都市ごみの中で水分が多いのは厨芥類であり、厨芥組成を構成する植物性、動物性物質を10数種選び、それらを80℃、107℃、150℃で恒量になるまで乾燥させた後、10mm以下に粉砕したものと、未乾燥、未粉砕の試料との発熱量を測定した。

実ごみは、北海道下川町および南部後志地区の生ごみをピットから100kg採取し、十分混合したのち、四分法で縮分し約6kgを取り試料とした。ごみ分析のフローチャートは次の通りである。



但し、三成分とは水分、灰分、可燃分であり、次式の関係にある。

$$\text{可燃分} = 1 - (\text{水分} + \text{灰分})$$

ごみの乾燥は約2kgを72時間行った。手分別により、乾燥物の組成分析を行い、紙、繊維、木、竹、植物性厨芥、動物性厨芥、プラスチック、ゴム、皮革、金属、ガラス・石・陶器、卵・貝殻、雑物(5mm以上)、雑物(5mm以下)の13項目に分けた⁴⁾。このうち可燃性の物質(可燃分)をそれぞれ10mm以下に粉砕し、粉砕物の固有水分、灰分を測定したのち、可燃分を原料と測定値の差から求めた。粉砕したそれぞれの可燃分について、発熱量の測定および元素分析を行った。

3.2 ボンブ熱量計

使用したボンブ熱量計の概略図をFig.2に、また、主な仕様をTable1に示した。

ボンブ熱量計の測定範囲は仕様にもあるように、1.0g以下の試料量で、約1,000cal/g以上7,500cal

Table 1 ボンブ熱量計

形 式	CA-3形 (島津-熱研式自動熱量計)
測定範囲	1000~7500 cal
精 度	安息香酸 6321 cal/g に対して ±0.5%以内(300~400cal/g)
試料量	0.6~1.0g
測定対象物	
石 炭	250μ (60mesh)以下
コークス	149μ (100mesh)以下
食 品 等	500μ (30mesh)以下
	(ニッケル線は10cal/10cm以内のもの)

/g以下のものに適用できる。石炭・コークスや原油・燃料油の発熱量測定法はそれぞれJIS-M-8814 およびJIS-K-2279に規定されているが、都市ごみの場合には、一般に水分含有量が約50%以上と高く、多成分の混合物であり、発熱量は約1,000~1,500cal/gと低い。したがって、十分に混合、乾燥、粉砕などの調整を行ったものでなければボンブ熱量計にはかけられない。試料の調整の過程で若干の誤差が入ったり、ごみ質が変化するのはさけられず、ごみ発熱量データの相互比較を行うには、調整方法の比較も必要であり、これを含めた分析の規格をととのえるべきであろう。

発熱量の基準物質としてJISによる安息香酸(発熱量=6321.5cal/g)を使用した。

安息香酸による校正値(ポンプの標準燃焼エネルギー)△U_bと標準状態の燃焼エネルギー△U_cとの間には次のような値の差がある⁵⁾。

$$\Delta U_b/M - \Delta U_c/M = 20.4 \text{ J/g} \dots\dots\dots(4)$$

Mは安息香酸の分子量である。この関係の他に、ポンプの値から標準エネルギー△H_c^oを求めるにはWashburnの補正⁵⁾を行う必要がある。

$$\Delta H_c^o = \Delta E_c^o + \Delta n_g RT \dots\dots\dots(5)$$

但し、△E_c^oはポンプのデーターから得られた標準燃焼エネルギー、(理想燃焼反応エネルギー)△n_gは理想燃焼反応における化学種の増加量(mol)であり、Rは気体定数、Tは絶対温度である。

実用的には補正値は小さく、ボンブ熱量計の測定結果をそのまま使用してもさしつかえない。

3.3 実験方法

試料が粉状のものは約1gをがん皮紙に包んでポンプに装填し、酸素圧30kg/cm²とする。ポンプを測定装置に装着して点火後1分おきに20分間検出熱量をプリントに打出し、その最終値と初期値との差を求めて発熱量を算出する。

4. 実験結果および考察

4.1 標準物質の燃焼熱の比較

発熱量と化学式の既知物質を用いることによって、その燃焼熱の文献値との比較、ヘスの法則による熱化学式の適用、元素比からの推算を行うことができる。でんぷん、セルロース、ポリエチレン、ポリプロピレンのポリマー物質については、それらの単量体の熱量物性値を用いて検討した。発熱量の測定は全試料を絶乾状態で行った。これらの物質の測定結果をTable 2に示した。測定結果は文献値や熱化学式による値とは良く一致するが、各推算式間の値は大きく異なっている。

標準生成熱(ΔH_f°)¹⁰⁾は次の値を使用した。メタノール=-238.57, メタン=-74.85, 安息香酸=-385.14, グルコース=-1,274.4, エチレン=52.30,

Table 3 標準生成熱の相違

No	標準生成熱(cal/mol)	
	H ₂ O	CO ₂
1 ¹⁰⁾	68,050	93,700
2 ⁶⁾	68,320	94,052
3 ¹¹⁾	68,300	97,600
4 ¹²⁾	68,350	97,000

Table 2 標準物質のボンブ熱量計による測定結果

物質名(分子式)	分子量(g/mol)	測定値(cal/g)	文献値 a(cal/g)	文献値 b(cal/g)	熱化学式(cal/g)	算出式		
						a ¹⁾	b ¹⁾	c ¹⁾
メタノール(CH ₃ OH)	(ℓ) 32	5,440	5,440 ⁶⁾ 5,540 ⁷⁾	—	5,400	5,194	5,822	6,451
安息香酸(C ₇ H ₆ O ₂) JIS 試薬	122	6,320	5,970 ⁷⁾	6,321.5 (20°C)	6,304	6,193	6,520	6,846
デンプン(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	(162) _n	4,200	—	4,180 ⁸⁾	—	3,605	4,226	4,846
ぶどう糖(C ₆ H ₁₂ O ₆)	180	3,710	—	3,940 ⁸⁾ *	3,700	3,253	3,922	4,593
セルロース(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	(162) _n	4,130~4,240	—	4,180 ⁹⁾	—	3,605	4,226	4,846
口紙	(162) _n	3,910	—	—	—	—	—	—
ポリエチレン(C ₂ H ₄) _n	(26) _n	11,430	12,920 ⁷⁾	13,080 ¹⁰⁾	12,920	10,133	10,133	10,133
ポリプロピレン(C ₃ H ₆) _n	(42) _n	11,050	11,660 ⁷⁾	11,790 ¹⁰⁾	12,920	11,875	11,875	11,875

a¹⁾=Dulong式, b¹⁾=steuer式, c¹⁾=Scheure-Kestner式, a=標準燃焼熱 ΔH_c° , b=文献値(実測)

*) ショ糖の値, JIS 安息香酸: C=68.94, H=4.91, O=26.15%, 融点=121.8°C, nは重合度を示す。

プロピレン=20.42KJ/mol。ここで、吸熱エンタルピーをプラスにした。

炭素、水素の燃焼熱を文献から引用するとTable 3のようなバラツキがある。本研究には最新のデータであるNo.1の値を採用した。

分子式の元素比から次式によりそれぞれの物質の発熱量を推算した。

① Dulongの式

$$Hh=8,100C+34,500(H-\frac{O}{8}) \dots\dots\dots(6)$$

② Steuerの式

$$Hh=8,100(C-3\times\frac{O}{8})+5,700\times3\times\frac{O}{8}+34,500\times(H-\frac{O}{16}) \dots\dots\dots(7)$$

③ Scheurerの式

$$Hh=8,100(C-3\times\frac{O}{4})+34,500H+5,700\times3\times\frac{O}{4} \dots\dots\dots(8)$$

Dulongの式では結合酸素がすべてH₂Oの形で生成するとし、Steuerの式ではCOとH₂Oが半分づつ生成するとし、Scheurer-Kestnerの式はすべての酸素がCOになっているとしている。実測値と比べればSteureの式が最も一致している。

標準物質の測定結果と文献値とを比較すれば、ボンブ熱量計による値はかなり信頼度が高い。

4.2 発熱量測定における水分の影響

都市ごみの発熱量を測定する場合、水分の影響は三成分、蒸発熱、原料の組成等に関係し、実測値が低くなるように作用している。そこで、実ごみの発熱量測定においては、注意深く十分乾燥させて絶乾状態の試料を作らなければならない。ごみ組成の中に

(6)

は乾燥中に変質するものが含まれているので、低温で長時間乾燥させる方が良いが、かなりの長時間を要し、乾燥中に大気中の酸素や乾燥温度によって変質することはまぬがれない。

そのため、通常は105~107℃における恒量値を絶乾状態としている¹⁾。

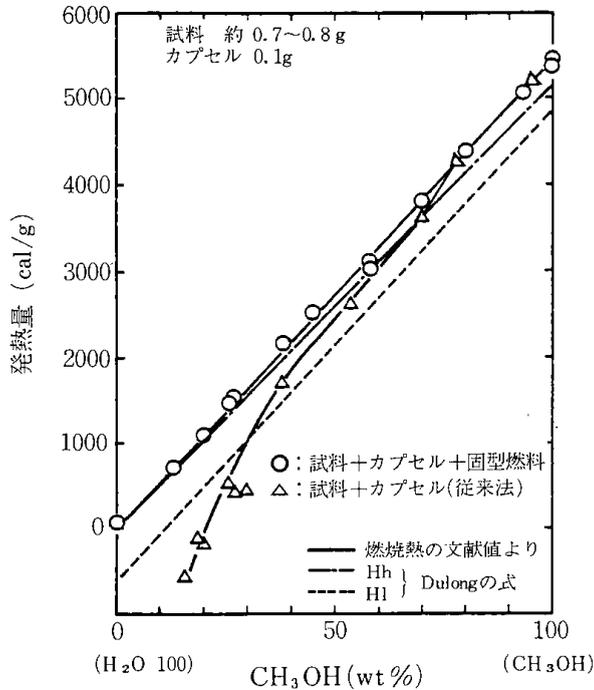


Fig. 3 ポンプ熱量計による発熱量と水分との関係

水分の影響については、揮発性物質であるメタノール-水系の混合物をとり上げ、水分と発熱量測定値との関係を検討した。その結果を Fig. 3 に示した。水の濃度が30wt%以上では理論値に対して測定値は低くなるが、これに発熱量既知(数千cal/g以上)の固形燃料を適量加えて測定すると理論値になる。参考としてDulongの式から計算した値を合せてFig. 3 に示した。

都市ごみ中の成分として最も多く含まれているセルロースを選び、その標準物質と水との混合試料を調整して発熱量を測定した。この測定結果を Fig. 4 に示した。セルロースのような固形物では、固形燃料等の助燃剤を使わなくても、水との混合試料の発熱量が、約900cal/g以上あればそのまま測定できる。また、助燃剤を加える場合、ごみ試料の発熱量が数百cal/g以下では助燃剤を加えることによって生ずる助燃剤発熱量の誤差範囲内にある。この場合の発熱量の測定限界は水分が約80%以下であろう。

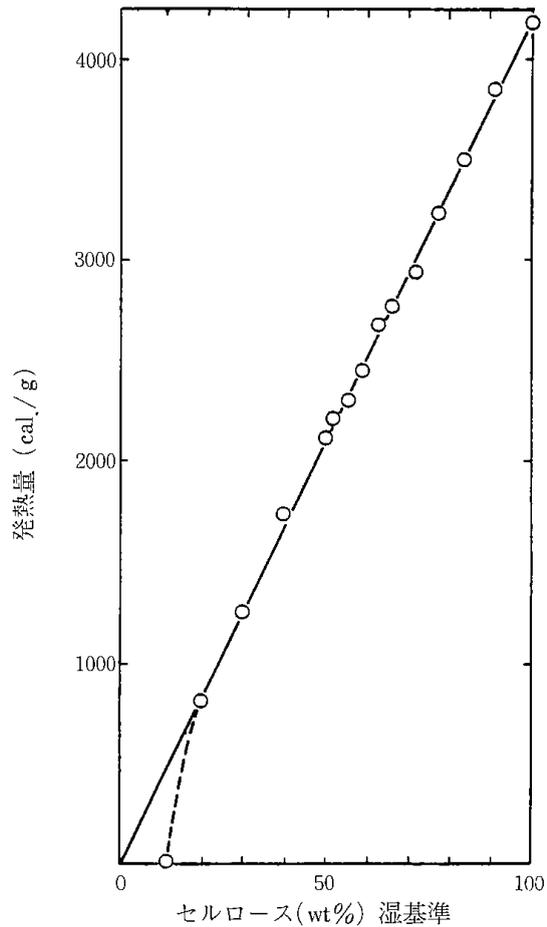


Fig. 4 水分とセルロースの発熱量との関係

厨芥成分中の13個の物質をとり上げ、水分を含んだ状態の試料を測定したが、すべて点火せず測定できなかった。そこで固形助燃剤として安息香酸を加えた時と乾燥後の発熱量を測定した。水分を含んだものは Table 4 に示したように測定値と食品成分表から引用した文献値との差が非常に大きくなっている。このことから、湿状態のまま生ごみの発熱量を測定することはむずかしく、ポンプ熱量計を使用するためには乾燥工程が必要である。

次に、Fig. 5 に乾燥温度と発熱量との関係を示した。この高位発熱量の値は無水無灰基準で示した。ニンジン、バナナ、みかんなどの植物性物質は乾燥温度が高くなると発熱量が大きくなる。米、うどんなどのでんぷん質のものは乾燥温度による影響は少なく、動物性物質では発熱量が小さくなるもの、変化しないもの、大きくなるものなどまちまちである。この結果から考えると都市ごみの乾燥によって、ごみ質の変化が起っていると思われる。

4.3 組成別のごみ発熱量の測定

Table 5 に北海道下川町および南部後志地区のごみの組成ごとの発熱量を示した。東京都における測定結果¹³⁾ も合わせて示した。いずれの場合も都市間の組成ごとの発熱量は類似しており、平均値と地域間の差は少なく、全国的に同一であるとして差しつかえない。

都市ごみの発熱量を測定している自治体はいくつかあるが、これらは混合物しか測定していない所が多い。混合ごみの場合、組成割合の表示が湿基準や乾基準でまちまちであるため、例えば発熱量を同一の絶乾状態で比較しようとするばあいに、その相互変換ができないことが多い。

乾基準と湿基準との間には次の変換式が成立する²⁾。

$$Xi' = (1 - Yi) \cdot Xi / (1 - \bar{W}) \dots\dots\dots(9)$$

但し、Xi' は絶乾基準のごみ組成、Yi は湿状態ごみ中の各組成の水分重量割合、 \bar{W} は湿状態における混合ごみ中の平均水分である。(9)式の関係と乾ベース、湿ベースの組成割合データ¹⁴⁾ から各組成物質の水分を求めて Table 6 に示した。同様の方法により生ごみ中の全水分がどの組成に配分されているかを示す水分寄与率を推算し、月別の水分の変化を Fig. 6 に示した。Table 6 および Fig. 6 からわかるように、ごみの水分量に与える厨芥の割合が大きい。

Table 4 厨芥の組成別の湿状態における発熱量(cal/g)

品名	水分 (wt%)	湿基準	無水基準	107°C 乾燥物	食品成分表
1. ジャガイモ(生)	82.5	325	1,855	—	3,909
2. だいこん(生)	92.2	210	3,500	—	3,425
3. にんじん(生)	92.9	288	3,732	4,185	3,567
4. リンゴ	83.5	577	3,209	4,727	3,719
5. バナナ皮	76.0	477	1,573	4,720	3,551
6. 白菜	85.8	224	1,580	3,913	2,830
7. 玉ねぎ(生)	85.0	316	2,107	—	3,670
8. ミカン皮	74.2	996	3,860	4,920	3,735
9. ごはん	59.7	1,354	3,265	4,552	4,143
10. 茶がら	75.4	1,407	5,718	5,888	—
11. 肉(とり)	59.7	2,075	5,148	5,949	4,963
12. 肉(ぶた)	59.7	3,765	9,342	—	7,453
13. 魚(さんま)	51.8	2,817	5,209	5,437	5,400

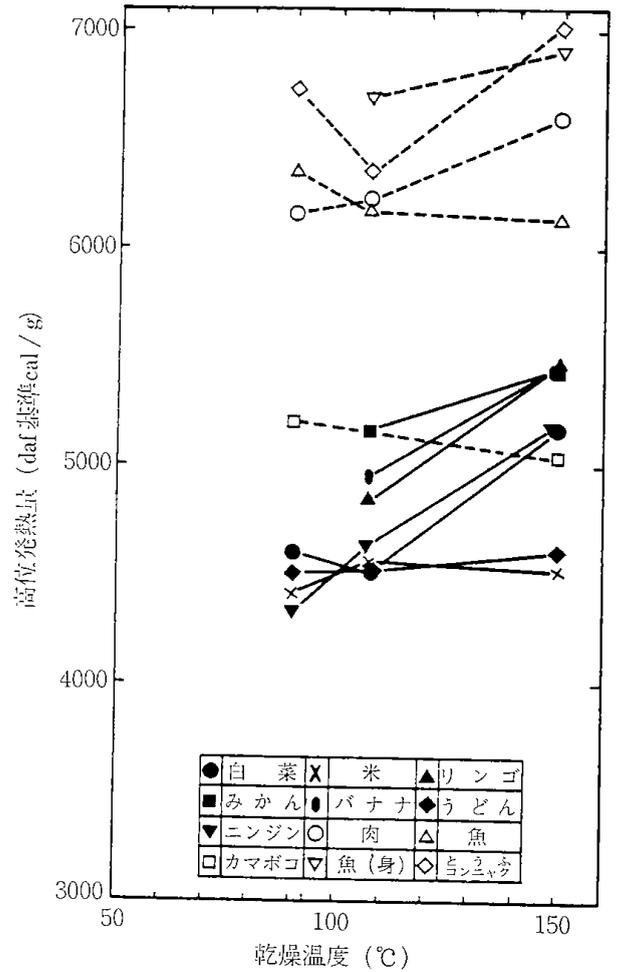


Fig. 5 厨芥成分別の乾燥温度による発熱量への影響

(8)

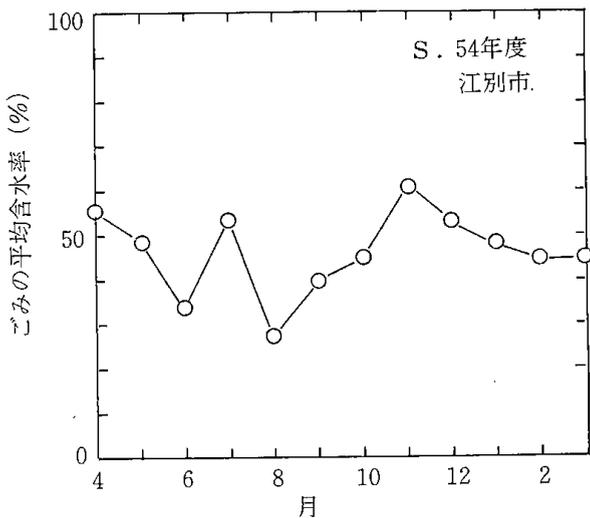


Fig. 6(a) ごみの平均含水率の月変化

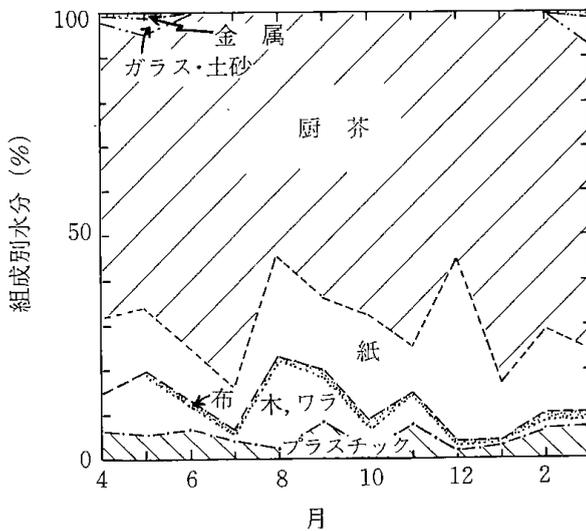


Fig. 6(b) ごみに含有する組成別水分の月変化

東京都の場合には水分が多いのはピット内で十分混合されたごみをサンプリングしているために、厨芥中の水分が他の組成中に分散したものと考えられるが、江別市の場合にはサンプリング法が異なり、

Table 6 組成物質と水分(地区別) (54, 江別市)¹⁴⁾

組 成	水 分 (%)				
	A地区	B地区	C地区	平均組成分析から	東京(S49)
プラスチック	16.3	24.0	21.0	20.6	29.7
木・わら	44.4	44.7	51.9	43.2	—
布	11.3	9.7	14.7	12.9	34.8
紙	25.0	29.6	26.7	26.8	46.4
厨 芥	72.3	76.1	73.3	73.8	76.9
貝 ・ 卵	7.9	8.4	1.2	—	—
ガラス・土砂	3.7	12.6	9.8	8.2	3.6
金 属	6.2	5.4	7.3	5.1	6.3
平均水分(W)	38.6	45.8	41.9	42.1	

ごみステーションからランダムにピックアップしたものを約2時間かけて十分に混合したのち、縮分を行って試料としている。

都市ごみのエネルギー資源化を行うには原料ごみ中の水分量が大きな問題であり、Table 6に示したように厨芥や生木などの含水率の高い物質はあらかじめ除去しておく必要がある。

Table 7に乾状態における生ごみベース(Fig. 1のf/h)組成から求めた生ごみの低位発熱量を示した¹³⁾。本実験により得られた定数を代入して得た値と小林の式が実測値に最も近い値になった。

Table 5 ごみの組成別発熱量の測定結果(高位)

組 成	発熱量 (cal/g) 風乾物基準				
	下川町(S54)	南部後志(S54)	東京都 ¹³⁾ (S39)	東京都 ¹³⁾ (S49)	平均
紙 類	4,253	4,268	4,341	4,020	4,220
織 維	4,215	4,295	4,452	4,730	4,423
木 竹	4,645	4,725	4,595	—	4,655
プラスチック	7,362	7,807	6,913	7,300	7,346
植物性厨芥	4,410	4,427	3,641	3,800	4,240
動物性厨芥	—	—	4,919	—	—
ゴム類	4,257	—	—	4,770	4,868
皮・類	5,214	5,230	—	—	—
残 パ ン	—	—	3,880	3,960	—
雑物(5mm以上)	4,059	4,118	—	—	3,777
雑物(5mm以下)	4,083	2,560	—	—	—

4.4 発熱量とごみの成分(水分、可燃分)

東京都では昭和48年7月から昭和50年3月までの試料を基に45回の測定結果から水分および可燃分と

Table 7 物理的組成から生ごみの発熱量を求める式

提案者	推算式	発熱量 (cal/g)
平山 ¹⁵⁾	$H\ell = 8,000Pt + 4,100(Pa + G) - 600W$	1,263
荏原 ¹⁶⁾	$H\ell = Ht(1 - W) - 600W$	1,896
小林 ¹³⁾	$H\ell = 8,820Pi + 4,050(Pa + G) - 600W$	1,298
本研究	$H\ell = 4,250(Pa + G) + 7,500Pi - 600W$	1,274
ポンプ熱量計	$H\ell = Hh - 600W$	1,290

注) 乾基準, 生ごみベースの組成 (f/h)

$Ht = \sum HiVi$ Hi は各組成の乾物低位発熱量
 Vi は各組成の湿基準含有率

Pi : プラスチック含有重量比, Pa : 紙, G : 厨芥
 (データは東京都の資料による。)

低位発熱量との関係を得て, 次のように示している¹³⁾。

$$H\ell = 3,237 - 3,700W \dots\dots\dots(10)$$

$$H\ell = 5,140V - 527 \dots\dots\dots(11)$$

ここで, V は湿状態におけるごみの可燃分, W は水分の重量割合である。これらの関係をFigs. 7, 8に示した。

同様に札幌市¹⁷⁾および下川町の値をFigs. 7, 8に加えて示した。水分と発熱量の関係においては若干のパラッキがあるが, 可燃分と発熱量とでは良い相関を示している。札幌市の場合, 高位発熱量と低位発熱量を換算する際に式(3)の水素の項を無視しているので発熱量は若干高めになると思われる。札幌市, 下川町の水分, 可燃分と発熱量の関係は次式で近似できる。

$$H\ell = 3,200 - 3,660W \dots\dots\dots(12)$$

$$H\ell = 5,330V - 500 \dots\dots\dots(13)$$

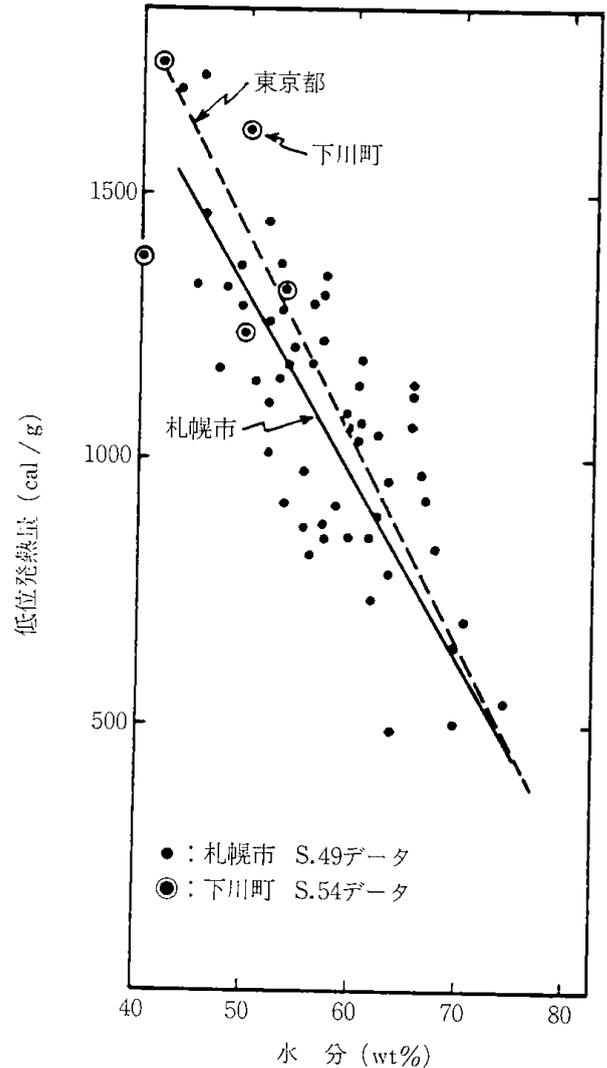


Fig. 7 ごみの水分と発熱量の関係

Table 8 三成分から低位発熱量を求める推算式

提案者	推算式	計算結果 (cal/g)
厚生省	$H\ell = 4,500V - 600W$	1,660
東京都	$H\ell = 4,500V - 600W$	1,660
同上補正	$H\ell = (4,500 + \alpha)V - 600W$	1,810
横浜市	$H\ell = 4,590V - 600W$	1,700
日環センター	$H\ell = 6,185V - 469$	2,160
本多	$H\ell = 4,475V - 585W + 21$	1,680
狩郷	$H\ell = 4,500V_1 + 8,000V_2 - 600W$	2,140
札幌市	$H\ell = 5,000V - 540\bar{W}$	1,900
本研究	$H\ell = 5,330V - 500$	1,770
	$H\ell = 3,200 - 3,660\bar{W}$	1,660
ポンプ		1,730

*) 計算値は三桁の有効数字で示した。

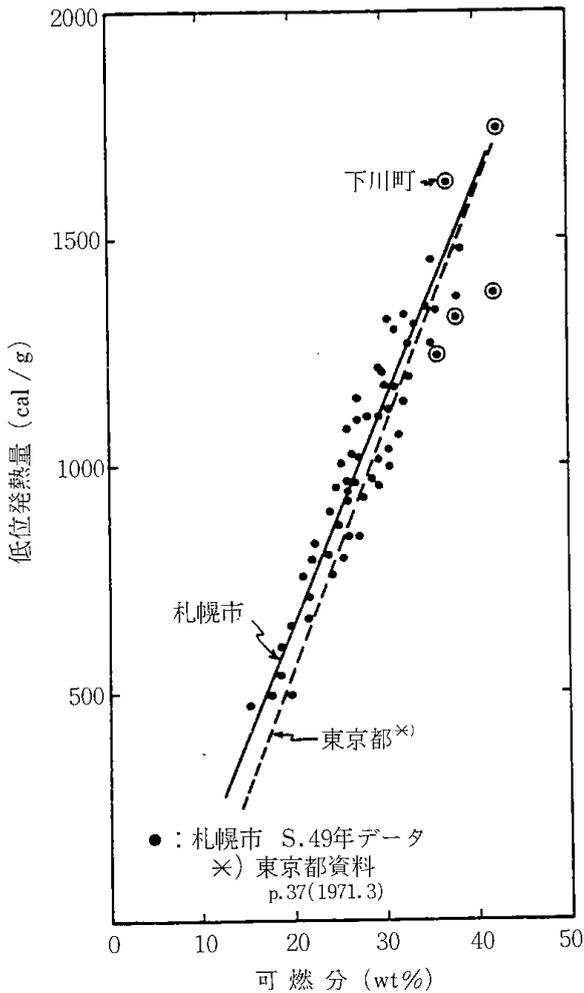


Fig. 8 ごみの可燃分と発熱量の関係

三成分の値から低位発熱量を求める推算式はかなり多く提案されている。これらの式を Table 8 に示した。式に実測の三成分値を代入して計算した結果を Table 8 の右端に示した。ここで、 V_1 、 V_2 はそれぞれプラスチックを含まない可燃分とプラスチックであり、 α は東京都の補正值である。

狩郷の式、日環センターの式はボイラーの蒸気量から逆算した値を想定しているものと考えられるため、高めの値になる。厚生省の式、本多の式は古いごみ組成から得た経験式であると思われ、時代とともにごみ質が変化しているため、現時点では修正が必要かと思われる。本報で示した(10)~(13)のような一成分の式からでも推定できるので、 H_l の推算に当ってはこれを使用してもよいと考える。焼却炉や熱分解炉を連続運転するには、原料水分を自動計測して、供給や温度を自動的にコントロールすることが望ま

しく、そのような技術システムの確立のためには(10)~(13)式のような単純な式が役立つものと思われる。

流動層を用いてごみを焼却処理する場合、原料の水分や発熱量による温度の応答が早いので、急激な熱量変化により高温になったり、失火することがある。従って、運転管理上ごみ原料の水分や熱量測定は不可欠である。

札幌市におけるごみの発熱量をボンブを用いた分析値と廃熱ボイラーのデータから得たものを Fig. 9 に示した。昭和52~54年の値であるが、系統的にボンブによる値の方が低くなっている。総平均で約400 cal/g (約27%)の差があり、両者には本質的な原因があるものと考えられる。

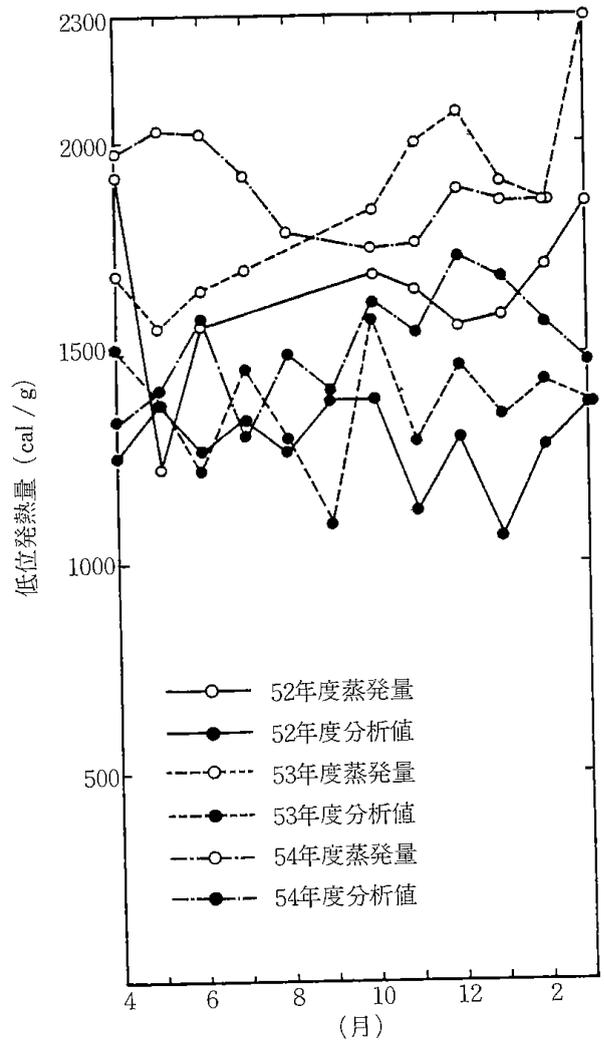


Fig. 9 ごみの分析値と廃熱ボイラーの蒸気発熱量から求めた発熱量の相違 [札幌市(平均)]

5. ま と め

都市ごみの発熱量をボンブ熱量計を用いて測定し、実ごみの性状を分析する立場から、種々の試料調整法の影響を明らかにした。また、これらの結果をもとに、発熱量に関する諸種の推算式の適用性について検討を加え、実操業データとの比較検討を試みた。

ボンブ熱量計は仕様に指示されている測定範囲内であれば測定値の信頼性は都市ごみに対しても高いことがわかった。乾燥によるごみの変質はあるが、分析上はさげられず、混合物としての発熱量に系統的な差は出にくいと思われる。推算式は経験的なものであり、ごみ質が時代や季節によって変化するにつれ、それらの項目の補正が必要であると考えられる。ボイラーにおける蒸気発熱量とボンブによる値とは系統的に約400cal/gの差があり、その原因を検討する必要がある。

なお、本研究におけるごみ分析には一部ホクネン化学(株)の協力を得た。また、ごみの発熱量に関する問題点については札幌市清掃工場の方々の助言を得た。関係者に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 西崎寛樹, 吉田邦夫, 遠藤一夫, 化学工学, Vol. 43, 338(1979)
- 2) 後藤典弘, 都市と廃棄物, Vol. 8, No. 9, P 25 (1978)
- 3) 厚生省環境衛生局水道環境部通達 (昭和52年11月4日)
- 4) 細田英雄, 都市と廃棄物, Vol. 11, No. 10, P 37(1981)
- 5) 日化編, 新完験化学講座, 基礎技術 1, 熱・圧力(丸善), P 247(1977)
- 6) 小島和夫, 「エンジニアのための化学熱力学入門」(培風館) P 172(1975)
- 7) 日化編「化学便覧・基礎編」(丸善) P 951(1975)
- 8) オーム社編「工業化学・化学工学データブック」(1969)
- 9) Tomas B. Reed, "2nd Pachech Proceedings at Denner, USA" P 765(1977)
- 10) 文献⁷⁾に同じ, P 955
- 11) 化学工学協会編「化学工学便覧」丸善, P 262 (1950)
- 12) 吉田高年, 「燃焼工学」共立出版, P 22 (1971)
- 13) 東京都清掃局編, 「ごみ性状に関する調査報告書」(昭和51年3月)
- 14) 廃棄物工学研究所, 「廃棄物に係る組成調査」(昭和55年4月)
- 15) 平山直道, 燃料協会誌, Vol. 53, No. 571, 924 (1974)
- 16) 中川弘, 小西和也, 片岡忠彦, 関口真由美, 都市と廃棄物, Vol. 4, No. 7, P 39 (1975)
- 17) 札幌市清掃部資料 (昭和51年9月)

北海道工業開発試験所技術資料
第9号

昭和57年3月30日 印刷
昭和57年3月30日 発行

発行所 工業技術院北海道工業開発試験所
札幌市豊平区月寒東2条17丁目2番1号
電話 (011) 851-0151

印刷所 協進印刷株式会社
札幌市東区北23条東7丁目
電話 (011) 751-3860
