

# 都市ごみにおける低位発熱量と水素成分 の関係について

Notes on the relationships between lower heating value  
and hydrogen in urban refuse

富永幸雄\* 土橋正二郎\* 大沢正明\* 松藤由紀子\*

Yukio Tominaga, Shojiro Tsuchihashi, Masaaki Osawa and Yukiko Matsufuji

## 1 はじめに

都市ごみ焼却施設に搬入されるごみ質の性状を判定する一般的な項目としては、見掛比重・水分・可燃分・灰分および低位発熱量などがあげられる。このうち低位発熱量は、水分とともにごみ質を把握する上で最も重要な項目である。

現在、低位発熱量の測定方法は、高位発熱量(Ho)をカロリメータにより実測し、下記の理論式で算定する方法が広く用いられている。

$$\text{低位発熱量 (Hu)} = \text{Ho} - 600(9h + W)$$

Ho: 高位発熱量

h: 水素分

W: 水分

このうち高位発熱量はカロリメータで、水分は乾燥器で比較的簡単に測定できるが、水素分に関しては、分析方法が複雑で分析装置が高価なこと等の理由から、そのつど測定することは非常に困難なことと思われる。

そこで今回、これまで得られたごみ中の水素分の実測値を基に水素分を定数化することを試みた。

## 2 実験方法

### (1) 試料

実験に使用した試料は表1に示したように、水分45.1~72.5%、可燃分20.6~38.7%の都市ごみとしては一般的な性状のごみ30検体である。

### (2) 分析方法

分析方法は図1のとおりである。

### (3) 使用機器

- ・元素分析装置: PERKIN-ELMER 社製240型元素分析装置 (測定精度0.3%以内)
- ・電子式精密自動天秤: PERKIN-ELMER 社製 Auto balance AD-2 (実感量0.001mg)

### (4) 分析条件

- ・試料重量: 2~4 mg
- ・燃焼温度: 950°C
- ・還元温度: 650°C
- ・キャリアーガス: ヘリウム (純度99.99%以上) 圧力20psig
- ・燃焼ガス: 酸素 (純度99.9%以上) 流量50ml/min

## 3 結果および考察

ごみ中の水素分の実測値をまとめ、その資料を基に水素分を定数化することを試みた。

### (1) ごみ中の水素分

水素含有率の表わし方には次の3通りの方法が考えられる。

第1は乾物あたりの組成別水素含有率である。ごみは性質の異なる多種類の成分で構成されており、その水素含有率もそれぞれ異なっている。ここでは表1に示したように紙・布類など5種類に分け、それぞれの水素分を測定した。紙・布類、木・竹類、厨芥類はほぼ類似した含有率で、30検体の平均は6.0%である。合成樹脂類は水素分が多く平均10.5%、その他雑芥類は平均5.0%である。なお、それぞれの標準偏差、変動係数は表1に示したとおりである。

第2は可燃分中の水素含有率である。これは各組成の割合によって変わるので、第1の表わし方より試料間の

\* 日本環境衛生センター九州支局環境科学部  
Department of Environmental Science, Kyushu  
Branch, Japan Environmental Sanitation Center

表1 ごみの水素分

試料 No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
項目																	
水分 (%)		54.4	55.2	55.8	55.4	60.3	56.9	47.0	57.9	58.7	59.7	61.7	64.6	67.6	64.1	72.4	
可燃分 (%)		37.7	36.0	35.3	55.3	33.9	38.4	34.9	32.2	32.1	31.4	29.2	29.8	24.0	28.6	20.6	
水素分 (%)	固形物中	紙・布類	6.27	5.83	6.10	5.75	5.87	6.77	6.09	6.09	6.31	6.60	6.05	5.93	5.59	5.87	6.10
		木・竹類	5.88	6.16	5.88	6.00	5.97	5.89	6.13	6.15	6.45	6.36	6.16	6.06	(6.0)	(6.0)	(6.0)
		合成樹脂類	8.40	8.52	11.43	12.09	12.11	9.99	13.04	9.30	10.30	11.58	11.41	11.80	10.44	10.26	8.94
		厨芥類	6.01	6.22	5.87	6.11	5.76	6.16	6.43	6.58	6.98	6.84	6.32	6.45	5.68	5.91	5.54
		その他雑芥類	4.85	4.95	4.95	5.66	4.80	5.62	5.41	5.99	6.26	5.37	5.94	4.99	5.16	5.64	3.87
	可燃分中	7.08	6.61	7.24	7.20	6.81	7.24	9.46	8.01	8.01	8.25	8.65	7.85	7.79	7.66	7.18	
生ごみ中	2.67	2.38	2.80	2.54	2.31	2.78	3.30	2.58	2.69	2.59	2.44	2.34	1.87	2.19	1.48		

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	平均	標準偏差 (S)	変動係数 (CV)
60.0	72.5	68.4	45.1	47.6	46.3	59.6	68.1	61.7	67.0	66.9	51.6	48.5	47.1	56.5	58.8	—	—
25.1	21.0	22.6	34.1	37.4	38.7	22.7	23.4	27.5	21.8	27.3	34.8	32.7	37.3	27.6	30.5	—	—
6.18	5.70	6.02	6.40	5.90	5.91	5.79	5.77	6.18	5.75	6.47	5.95	5.80	6.07	5.89	6.0	0.27	0.05
5.19	(5.25)	(6.0)	(6.0)	(5.70)	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(6.0)	(6.0)	5.83	6.0	0.33	0.06
8.26	8.66	9.85	9.23	11.55	12.23	(10.05)	9.49	11.98	10.65	10.46	11.11	11.10	10.25	9.53	10.5	1.29	0.12
5.90	6.19	6.59	5.38	6.17	5.86	5.12	5.48	5.42	5.83	6.43	5.82	5.63	6.77	5.41	6.0	0.47	0.08
5.26	4.35	4.71	3.15	4.96	4.81	4.27	4.67	5.21	(5.0)	5.01	(5.0)	(5.0)	(5.0)	4.72	5.0	0.66	0.13
7.93	7.52	8.58	7.76	8.07	7.83	8.11	6.94	7.64	8.30	8.13	7.93	7.95	8.71	7.50	7.8	0.61	0.08
1.99	1.58	1.94	2.65	3.02	3.03	1.84	1.62	2.10	1.81	2.22	2.76	2.60	3.25	2.07	2.4	0.48	0.20

\* ( ) は平均値を使用

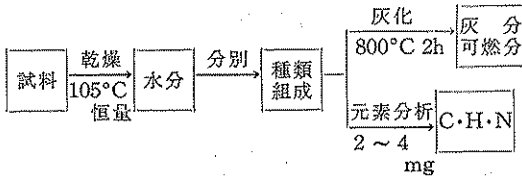


図1 分析方法

ばらつきは大きくなる。30検体の平均は7.8%、標準偏差は0.61、変動係数は0.08である。

第3は生ごみベースの水素分である。これは第2にさらに水分が関与してくるため、試料間のばらつきが最も大きくなる。平均水素分は2.4%、標準偏差0.48、変動係数0.20である。

(2) 水素分の推定値

生ごみの水素分は、①種類別試料中の水素分、②種類組成値、③水分、によって変化する。従って、生ごみ中の水素分を設定する方法は、以下の3通りが考えられる。

イ 種類別水素分

種類別乾物試料中の水素分を、紙・布類、木・竹類、厨芥類6.0%、合成樹脂類10.5%、その他5.0%と設定す

ると、低位発熱量は(a)式のとおりとなる。

$$Hu = Ho - 600 \left( 9 \times \frac{h}{100} \times \frac{100 - W}{100} + \frac{W}{100} \right) \quad (a)$$

$$\text{水素分 } h (\text{乾物ベース}) = 6.0 \left( \frac{a+b+c}{100} \right)$$

$$+ 10.5 \times \frac{d}{100} + 5.0 \times \frac{e}{100}$$

a : 紙・布類含有率 (%)

b : 木・竹類 "

c : 厨芥類 "

d : 合成樹脂類 "

e : その他 "

ロ 可燃物中の水素分

可燃物中の水素分を7.8%と設定すると、低位発熱量算定式は(b)式のとおりとなる。

$$Hu = Ho - 600 \left( 9 \times 0.078 \times \frac{V}{100} + \frac{W}{100} \right) \quad (b)$$

V : 可燃分 (%)

ハ 生ごみ中の水素分

生ごみ中の水素分を2.4%と設定すると、低位発熱量算定式は(c)式のとおりとなる。

表 2 実測値と推定値 (600×9×h) Kcal/kg

試料 No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
項目	実 測 値	144	129	151	137	125	150	178	139	145	140	132	126	101	118	80
推定値	種 類 別	143	132	148	138	126	137	166	138	117	127	125	122	105	119	86
	可燃物中 (7.8%)	159	152	163	149	143	162	147	136	135	132	119	126	101	120	87
	生ごみ中 (2.4%)	130														
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	差の割合の標準偏差	
107	85	105	143	163	164	99	87	113	98	120	149	140	176	112	—	
113	93	105	151	157	161	105	95	111	99	115	148	141	173	118	5.9	
106	88	95	144	158	163	96	99	116	92	115	147	138	157	116	7.9	
130															23.1	

$$\text{差の割合} = \frac{\text{実測値} - \text{推定値}}{\text{実測値}}$$

$$H_u = H_o - 600 \left( 9 \times \frac{2.4}{100} + \frac{W}{100} \right) \text{--- (c)}$$

以上3通りの方法による推定値と実測値との差は、絶対値でそれぞれ (a) 式は 0~28kcal, (b) 式は 0~31kcal, (c) 式は 1~50kcal となり、また、差の割合の標準偏差は (a) 式 5.9, (b) 式 7.9, (c) 式 23.1 となり、(a), (b), (c) の順に誤差が大きくなる (表 2)。

なお、(a) は (b), (c) に比して、計算が繁雑である。

#### 4 ま と め

低位発熱量の算出式中の水素分を設定するための検討を行ない、次の3方法を仮定した。

- ㊸ 種類組成別に水素分を設定する。  
 $h = 6.0(a+b+c) + 10.5d + 5.0e$
- ㊹ 可燃分中の水素分を7.8%と設定する。
- ㊺ 生ごみ中の水素分を2.4%と設定する。

以上の3方法を比較すると、㊸>㊹>㊺の順に精度は高い。これら3通りのうちいずれを使用するかは、精度、使用目的等を考慮したうえで、総合的に検討する必要があるが、一般的な焼却炉の燃焼管理に使用する場合には、精度が比較的高くかつ計算が容易な (b) 式が適当

と思われる。

#### 参 考 文 献

栗原四郎：生活系固体廃棄物の性状とその処理の考察 (17), 用水と廃水, 16(11):1974.

#### Summary

The following three ways have been used for determination of hydrogen percentage in the formula for calculating lower heating value.

(1) Hydrogen percentage designed independently with the kind of composition in refuse material.

$$h = 6.0(a+b+c) + 10.5d + 5.0e$$

(2) Hydrogen percentage in the inflammability of refuse material was designed as 7.8%.

(3) Hydrogen percentage in raw refuse material was designed as 2.4%.

Comparing the foregoing three methods, the order of the precision was (1), (2) and (3). For use in the management of ordinary incineration facilities, formula (2) seemed to be preferable due to the comparatively high precision and the ease of calculation.