

沼津市新中間処理施設整備基本構想

【 資 料 】

計画ごみ質の検討

平成25年12月

沼 津 市

1) 計画ごみ質の設定における留意事項

ごみ焼却施設において、ごみの貯留、移送、燃焼と熱発生量、ガスの減温や熱回収、あるいは排ガスの処理等の各設備を計画・設計するためには、その処理対象となるごみの性質を把握するため、ごみ質を適正に設定する必要がある。

表1 ごみ質とごみ焼却施設における設備計画との関係

関係設備 ごみ質	焼却炉設備	付帯設備の容量等
高質ごみ (設計最高ごみ質)	燃焼室熱負荷 燃焼室容積 再燃焼室容積	通風設備、クレーン、ガス冷却設備、排ガス処理設備、水処理設備、受変電設備
基準ごみ (平均ごみ質)	基本設計値	ごみピット容積等
低質ごみ (設計最低ごみ質)	火格子燃焼率 (ストーカ式) 炉床燃焼率 (流動床式) 火格子面積 (ストーカ式) 炉床面積 (流動床式)	空気予熱器、助燃設備

出典：ごみ処理施設整備の計画・設計要領（社団法人 全国都市清掃会議）より抜粋

したがって、計画ごみ質の設定においては、以下の項目について検討する。

- a 種類種別
- b 低位発熱量
- c 三成分
- d 可燃分の元素組成
- e 単位体積重量

3) ごみ質の現状

沼津市では、ごみ質調査を定期的実施しており、次に示す図1は平成20年度から平成24年度までの調査結果のうち、三成分と低位発熱量の概要を示したものである。

図1を見ると低位発熱量は可燃分に比例して高く、水分に反比例して低くなっており、ごみの低位発熱量と三成分は密接な関係があることが表れている。

調査結果では低位発熱量の平均は6,116kJ/kg (1,461kcal/kg) となっており、ごみの自然燃限界といわれる2,500~4,000kJ/kg (600~950 kcal/kg) を下回っているデータは少なくなっている。

また、単位体積重量は、一般的な都市ごみで150～300kg/m³程度といわれており、プラスチック類の増加などにより全国的に年々軽くなる傾向にあるが、沼津市の実績値の平均では207g/m³程度となっている。

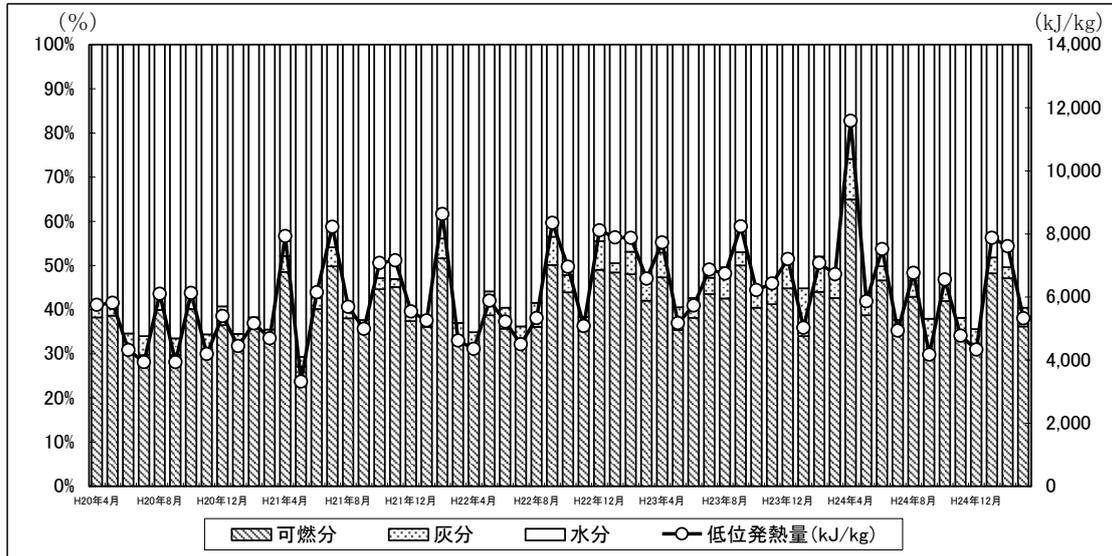


図1 ごみの三成分および低位発熱量の実績

(1) ごみの種類組成

ごみ焼却施設を計画するにあたっては、処理対象ごみがどのような成分で構成されているかを把握する必要がある。そのため、ごみ組成の設定はごみ質調査結果のデータを参考に求めるものとする。

ごみ組成調査では、水分を測定した後の乾燥ごみを試料として組成分析を行うため、マテリアルバランス等を考える場合には、実際の排出時の重量比（湿りごみ組成）として把握する必要がある。

① ごみ組成

ごみ組成はごみ質測定実績より定めるものとする。

② 乾きごみ組成

水分を除いた乾きごみ各組成分は各データに基づき以下の式で求める。

$$\text{乾きごみ組成 (乾燥重量)} = \text{各ごみ組成} \times \{100 - (\text{水分})\} \div 100$$

③湿りごみ組成

一般的に、ごみ質調査では湿りごみの組成調査は行わないことから、「ごみ処理施設構造指針」から、ごみ組成中の含水率を設定し、湿りごみ組成に換算する。

ごみ組成中の含水率は、資料を基に以下のように設定するものとする。

表2 ごみ組成中の含水率（湿りごみ）

ごみ組成	含水率 (%)	
	排出時	ごみピット内
紙・布類	7.0	30.2
ビニール・プラ類	0.5	24.1
木・竹・わら類	34.5	30.1
厨芥類	(59~97)	69.6
不燃物類	0.5	24.1
その他	0.5	24.1

注：ごみの水分は収集袋内や、ごみピットなどで移動する。

出典：ごみ処理施設整備の計画・設計要領（社団法人 全国都市清掃会議）より抜粋

排出時における湿りごみの組成は、表2の排出時の含水率及び乾きごみの組成に基づき算出する。

$$\text{湿りごみの組成} = \text{各乾きごみ組成} \div (100 - \text{各含水率}) \times 100 = \text{各湿りごみ組成}$$

なお、水分は厨芥類に最も多く含まれ、収集段階で他のごみに水分が移動するものと考えられているため、厨芥類の湿りごみ重量は全体より厨芥類以外の湿りごみ重量から減じて求めるものとする。

過去の実績により求められた湿りごみ組成は以下のとおりである。

表3 湿りごみ組成（重量%）

ごみ組成	組成分 (平均値)
紙布類	22.47
合成樹脂類	6.44
木竹類	7.50
厨芥類	62.49
不燃物類	0.41
その他	0.68
計	99.99

(2) 低位発熱量

低位発熱量の推移は、基準ごみ、高質ごみ及び低質ごみについて設定する。

低位発熱量は、一般に十分なデータがあれば正規分布となることが多く、その平均値と標準偏差および90%信頼区間を参考に設定することが行われる。

沼津市においても、平均値とその標準偏差等の統計資料を基に低位発熱量を設定するものとする。

① 基準ごみの低位発熱量

過去5年間のごみ質測定実績値の平均値は6,116kJ/kg(1,461kcal/kg)となっており、最低値は3,320kJ/kg(793kcal/kg)、最高値は11,580kJ/kg(2,766kcal/kg)である。

平均値は沼津清掃プラントの計画条件である基準ごみの5,860kJ/kg(1,400kcal/kg)とほぼ同様であるが、最低値は低質ごみの3,349kJ/kg(800kcal/kg)を下回っており、最高値では高質ごみの8,372kJ/kg(2,000kcal/kg)を上回るなど、ごみ質の変動が計画条件よりもやや大きくなっている。

今後、廃プラスチック類の焼却処理が開始されれば低位発熱量も上昇すると考えられるため、将来的なごみ質を考慮する場合にはこれらのデータを基に補正する必要がある。

② 高質ごみ・低質ごみ

過去5年間の低位発熱量の分布状況より、平均値は約6,120kJ/kg(1,460kcal/kg)、標準偏差は1,527.03となる。

また、信頼区間を90%とする場合、標準正規分布表より1.645の係数が得られるため、以下のように上限値および下限値が求められる。

$$\text{上限値} = \text{平均値} + 1.645 \times \text{標準偏差}$$

$$\text{下限値} = \text{平均値} - 1.645 \times \text{標準偏差}$$

上記の式より、上限値は8,632kJ/kg(2,062kcal/kg)、下限値が3,608kJ/kg(862kcal/kg)となり、その比は2.4倍程度となる。

低位発熱量の設定においては「高質ごみと低質ごみの発熱量の差が開き、その比が2.5倍以上になるときは、燃焼設備、通風設備、ガス冷却設備等の全般にわたって、発熱量の両極端の条件を共に満足するような経済設計が困難になる傾向がある（「ごみ処理施設整

備の計画・設計要領」より抜粋）」といわれていることから、高質ごみは低質ごみの2.0～2.5倍程度以下に設定する場合が多い。

ごみ質調査実績を見ると、低位発熱量の最低値では、紙布類及び合成樹脂類が少なく、厨芥類が多くなっており、最高値はその逆の傾向となっている。

③低位発熱量設定のまとめ

低質ごみ： 3,600 kJ/kg (約 860 kcal/kg)

基準ごみ： 6,120 kJ/kg (約1,460 kcal/kg)

高質ごみ： 8,630 kJ/kg (約2,060 kcal/kg)

(3) 三成分

可燃ごみの三成分は、低位発熱量と相関が高いといわれる「可燃分」および「水分」について単回帰分析を行い、回帰式から水分および可燃分を設定する。そして、それらの結果より、最後に灰分を算出するものとする。

分析結果を以下に示す。

① 可燃分

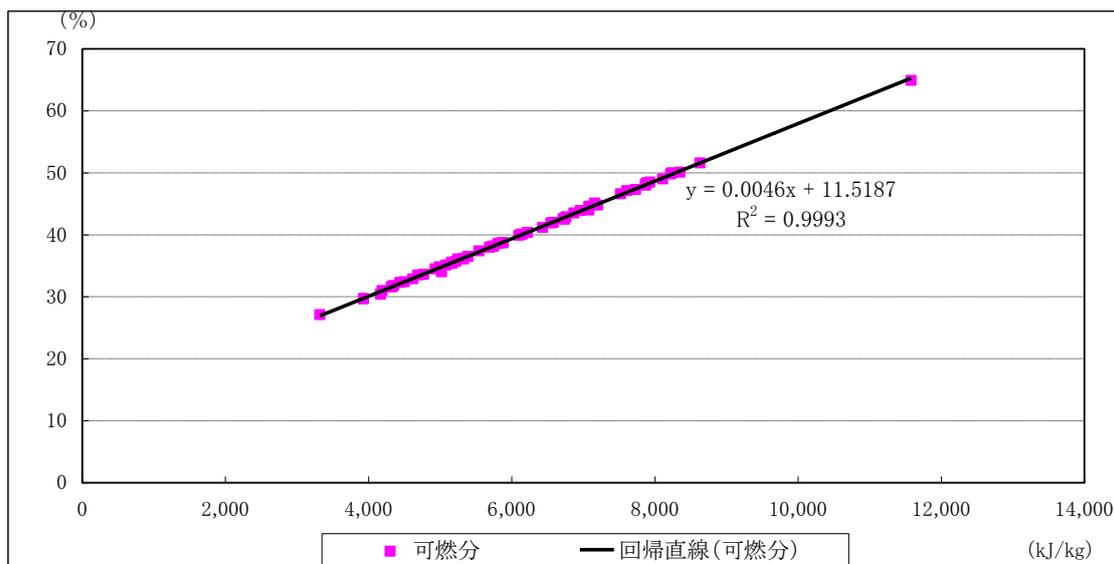


図2 可燃分と低位発熱量の関係

回帰分析の結果より、可燃分を以下のように設定する。

$$\text{高質ごみの可燃分} = 0.0046 \times 8,630 + 11.5187 \approx 51.2 \%$$

$$\text{基準ごみの可燃分} = 0.0046 \times 6,120 + 11.5187 \approx 39.7 \%$$

$$\text{低質ごみの可燃分} = 0.0046 \times 3,630 + 11.5187 \approx 28.1 \%$$

② 水分

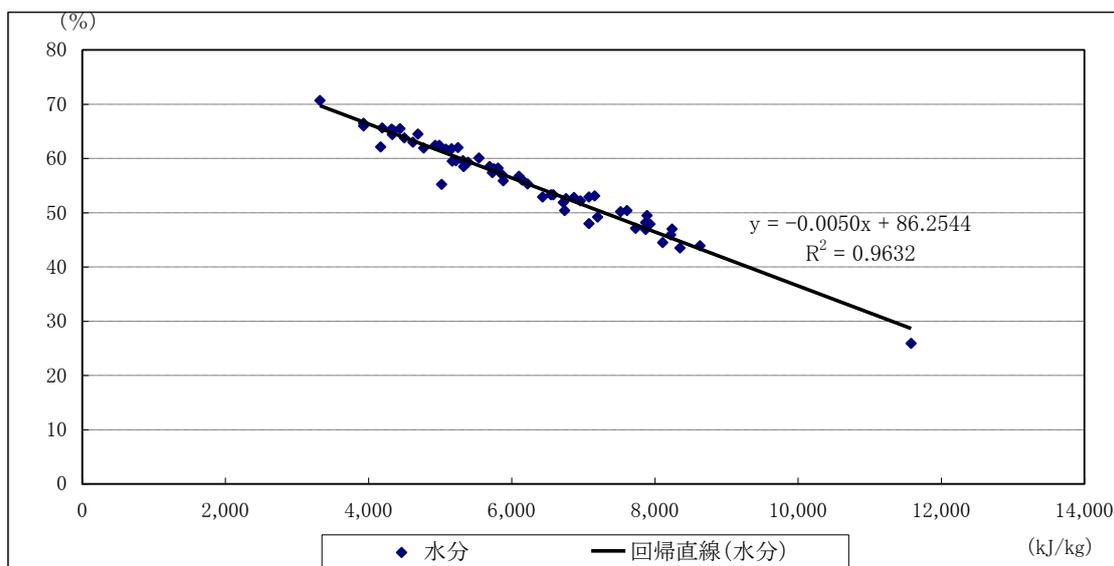


図3 水分と低位発熱量の関係

回帰分析の結果より、水分を以下のように設定する。

$$\text{高質ごみの水分} = -0.0050 \times 8,630 + 86.2544 \approx 43.1 \%$$

$$\text{基準ごみの水分} = -0.0050 \times 6,120 + 86.2544 \approx 55.7 \%$$

$$\text{低質ごみの水分} = -0.0050 \times 3,600 + 86.2544 \approx 68.3 \%$$

③ 三成分算出結果

表4 ごみの三成分

	低位発熱量 (kJ/kg)	可燃分 (%)	水分 (%)	灰分 (%)
高質ごみ	8,630	51.2	43.1	5.7
基準ごみ	6,120	39.7	55.7	4.6
低質ごみ	3,600	28.1	68.3	3.6

(4) 可燃分の元素組成

可燃分の元素組成は、ごみ質調査結果のごみ組成を基に「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」に示されている方法によって設定する。

「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」によれば、以下の式によって可燃分の元素組成を計算できるとされている。

紙類をP_a、プラスチック類をP、厨芥類をG_a、繊維類をC_e、木竹類をB_a、その他をR_rとすると、計算式は以下のようになる。

<炭素量>

$$0.4223 \times P_a / 100 + 0.7187 \times P / 100 + 0.4531 \times G_a / 100 + 0.5092 \times C_e / 100 + 0.4769 \times B_a / 100 + 0.3586 \times R_r / 100$$

<水素量>

$$0.0622 \times P_a / 100 + 0.1097 \times P / 100 + 0.0605 \times G_a / 100 + 0.0656 \times C_e / 100 + 0.0604 \times B_a / 100 + 0.0461 \times R_r / 100$$

<窒素量>

$$0.0028 \times P_a / 100 + 0.0042 \times P / 100 + 0.0289 \times G_a / 100 + 0.0292 \times C_e / 100 + 0.0084 \times B_a / 100 + 0.0181 \times R_r / 100$$

<硫黄量>

$$0.0001 \times P_a / 100 + 0.0003 \times P / 100 + 0.0010 \times G_a / 100 + 0.0012 \times C_e / 100 + 0.0001 \times B_a / 100 + 0.0004 \times R_r / 100$$

<塩素量>

$$0.0017 \times P_a / 100 + 0.0266 \times P / 100 + 0.0025 \times G_a / 100 + 0.0045 \times C_e / 100 + 0.0018 \times B_a / 100 + 0.0022 \times R_r / 100$$

<可燃分量>

$$0.8931 \times P_a / 100 + 0.9512 \times P / 100 + 0.8684 \times G_a / 100 + 0.9786 \times C_e / 100 + 0.9375 \times B_a / 100 + 0.6778 \times R_r / 100$$

<酸素量>

$$\text{酸素量} = \text{可燃分量} - (\text{炭素量} + \text{水素量} + \text{窒素量} + \text{硫黄量} + \text{塩素量})$$

上記の各式により元素組成を計算すると、以下の結果が得られる。

この計算値を可燃分100%値に換算して元素組成値を算出し、設定する。

表5 可燃分元素組成(乾きごみ)(単位:重量%)

	計算値	可燃分100%値	設定値
炭素量	46.40	52.59	52.6
水素量	6.39	7.24	7.3
窒素量	1.98	2.24	2.2
硫黄量	0.07	0.08	0.1
塩素量	0.38	0.43	0.4
可燃分量	88.23	-	-
酸素量	33.01	37.41	37.4
合計	-	99.99	100.0

(5) 熱源利用プラスチックごみの焼却処理に伴う低位発熱量の補正

① 低位発熱量の補正方法

沼津市では、埋め立てごみのうち熱源利用プラスチックごみ(③類)を委託処理しているが、将来的には沼津市の熱回収施設によって焼却し、熱エネルギーの有効利用を図る計画となっている。

そのため、前項までの現在のごみ質を基に、熱源利用プラスチックごみ(③類)を含めた将来のごみ質について補正する必要がある。

低位発熱量の推定には「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」に示された手法のうち、元素分析値からの算出する方法を用いて推定する。

なお、元素分析値から算出する手法では高位発熱量が求められることから、これを熱計算などに常用される低位発熱量に換算する必要がある。

【Steuerの式による低位発熱量の算出方法】

$$\begin{aligned} \text{高位発熱量} &= 339.4 \times (\text{炭素の重量}\% - 3 \times \text{酸素の重量}\% / 8) + 238.8 \times 3 \times \text{酸素の重量}\% \\ &\quad / 8 + 1,445.6 \times (\text{水素の重量}\% - \text{酸素の重量}\% / 16) + 104.8 \times \text{硫黄の重量}\% \\ &= 9,390 \text{ kJ/kg (基準ごみ)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{低位発熱量} &= \text{高位発熱量} - 25 \times (9 \times \text{水素の重量}\% + \text{水分の重量}\%) \\ &= 7,300 \text{ kJ/kg (基準ごみ)} \end{aligned}$$

前項までに求めた可燃分の元素組成及び三成分から、低位発熱量を推定すると以下のとおりとなる。

表6 低位発熱量等の推定値（補正前基準値）

現在		単位	元素組成	高質ごみ	基準ごみ	低質ごみ
可燃分	炭素量c	%	52.6	26.9	20.9	14.8
	水素量h	%	7.3	3.7	2.9	2.1
	窒素量n	%	2.2	1.1	0.9	0.6
	硫黄量s	%	0.1	0.1	0.0	0.0
	塩素量cl	%	0.4	0.2	0.2	0.1
	酸素量o	%	37.4	19.1	14.8	10.5
水分		%	—	43.1	55.7	68.3
灰分		%	—	5.7	4.6	3.6
計		%	100.0	99.9	100.0	100.0
低位発熱量推定値		kJ/kg	—	10,100	7,300	4,500
		kcal/kg	—	2,410	1,740	1,070

※低位発熱量の推定にはSteuerの式を採用した。

② 低位発熱量の補正

ごみ排出量の将来予測から、新中間処理施設の稼働予定年度である平成32年度の予測値を用い、熱源利用プラスチックごみを全量焼却した場合のごみ質を補正する。組成ごとの補正結果は以下に示すとおりとなる。

表8 将来ごみ量の補正結果（平成32年度）

	ごみ質 (%)	H32ごみ量推定値 (t/年)	熱源利用プラごみ補正值 (t/年)	補正可燃ごみ量 (t/年)	補正ごみ質 (%)
紙布類	22.5	11,938	—	11,938	21.5
プラスチック類	6.4	3,422	2,268	5,690	10.3
木竹類	7.5	3,985	—	3,985	7.2
厨芥類	62.5	33,200	—	33,200	59.9
不燃物	0.4	218	—	218	0.4
その他	0.7	366	—	366	0.7
合計	100.0	53,129	—	55,397	100.0

補正したごみ質から、元素組成を補正すると以下のとおりとなる。

表9 可燃分元素組成の補正結果(単位:重量%)

	計算値	可燃分100%値	設定値
炭素量	47.45	53.61	53.6
水素量	6.58	7.43	7.4
窒素量	1.91	2.16	2.2
硫黄量	0.07	0.08	0.1
塩素量	0.48	0.54	0.5
可燃分量	88.51	-	-
酸素量	32.02	36.18	36.2
合計	-	100.00	100.0

補正した元素組成より、前述のSteuerの式によって低位発熱量を推定する。

表10 低位発熱量等の補正推定値(平成32年度)

計画案	単位	元素組成	高質ごみ	基準ごみ	低質ごみ	
可燃分	炭素量c	%	53.6	27.4	21.3	15.1
	水素量h	%	7.4	3.8	2.9	2.1
	窒素量n	%	2.2	1.1	0.9	0.6
	硫黄量s	%	0.1	0.1	0.1	0.0
	塩素量cl	%	0.5	0.3	0.2	0.1
	酸素量o	%	36.2	18.5	14.4	10.2
水分	%	-	43.1	55.7	68.3	
灰分	%	-	5.7	4.6	3.6	
計	%	100.0	100.0	100.1	100.0	
低位発熱量推定値	kJ/kg	-	10,500	7,500	4,700	
	kcal/kg	-	2,510	1,790	1,120	

※低位発熱量の推定にはSteuerの式を採用した。

以上の計算結果から低位発熱量は4,700~10,500 kJ/kgの範囲となり、低質ごみと高質ごみの比は約2.2倍となる。

低質ごみ：4,700 kJ/kg (約1,120 kcal/kg)

基準ごみ：7,500 kJ/kg (約1,790 kcal/kg)

高質ごみ：10,500 kJ/kg (約2,510 kcal/kg)

(6) 単位体積重量

ごみ質調査結果によると単位体積重量の実績値は最小値が $100\text{kg}/\text{m}^3$ 、最大値は $320\text{ kg}/\text{m}^3$ となっている。一般的にはごみが低質化するにつれ重くなっていく傾向が見られることから、単位体積重量と低位発熱量は反比例する関係にあると考えられている。

単位体積重量の設定においては、低位発熱量と単位体積重量の回帰式から設定する方法とともに、実績値から基準ごみについては平均値（実績値より $207.2\text{kg}/\text{m}^3$ ）、低質ごみおよび高質ごみについては実績値の最大値、最小値を参考に設定する方法によっても検討する。

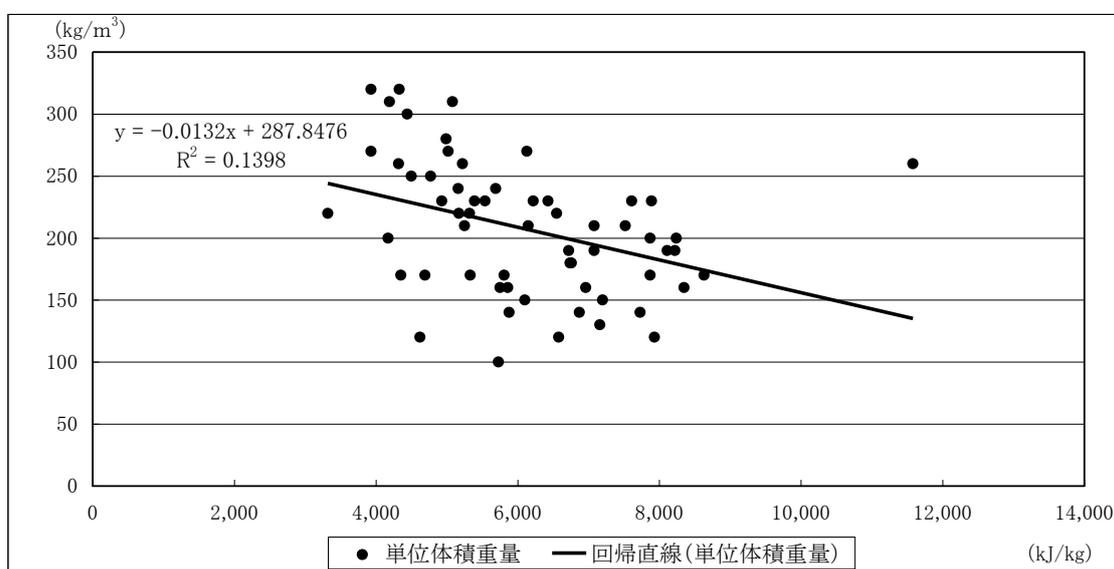


図4 単位体積重量と低位発熱量の関係

回帰分析の結果より、単位体積重量は以下のようになる。

$$\text{高質ごみの単位体積重量} = -0.0132 \times 10,500 + 287.8476 \approx 149.2 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{基準ごみの単位体積重量} = -0.0132 \times 7,500 + 287.8476 \approx 188.8 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{低質ごみの単位体積重量} = -0.0132 \times 4,700 + 287.8476 \approx 225.8 \text{ kg}/\text{m}^3$$

しかし、図4を見ると単位体積重量は実績値のばらつきが大きく、回帰分析の結果をそのまま当てはめるには根拠が弱いことから、これらの数値を参考に、計画施設の単位体積重量を検討する必要がある。

	低位発熱量 (kJ/kg)	回帰式による設定 (kg/m ³)	実績値による設定 (kg/m ³)
高質ごみ	10,500	149.2	100.0 (最低値)
基準ごみ	7,500	188.8	207.2 (平均値)
低質ごみ	4,700	225.8	320.0 (最大値)