

RDFの組成等測定例

項目	RDF					一般固形燃料	
	R-1	R-2	R-5	C-1	C-4	国内炭	豪州炭
サイズ [mm]	φ10×L20 ~40mm	φ15×L20 ~40mm	φ15×L20 ~40mm	φ20×L20 ~40mm	φ20×L20 ~40mm		
かさ密度 [kg/m³]	0.75	0.68	0.67	0.69	0.59		
水分 [%]	3.1	4.7	5.7	6.7	10.3	5	4
灰分 [%]	13.9	14.5	15.9	23.9	23.8	12~27	8.9
揮発分 [%]	70.2	72.9	67.1	62.0	58.6	37~47	41.1
固定炭素 [%]	12.8	7.9	11.3	7.5	7.3	36~41	50.0
燃料比 [-]	0.18	0.11	0.17	0.12	0.13	0.9	1.22
高位発熱量 [kcal/kg]	4,340	4,480	4,150	3,260	3,260	~6,500	7,060
低位発熱量 [kcal/kg]	4,008	4,138	3,835	3,008	2,970		
炭素 [%]	42.1	44.3	41.6	35.9	38.9	60.3~	72.8
水素 [%]	6.0	6.1	5.8	4.7	4.7	4.3~5.5	4.7
窒素 [%]	0.9	1.2	0.9	0.83	0.8	0.8~1.1	1.6
燃焼性硫黄 [%]	0.04	0.07	0.04	0.02	0.02	0.05~2.3	0.45
揮発性塩素 [%]	0.7	0.47	0.39	0.22	0.30	0.07~	0.04
Ca [%]	2.21	3.36	6.81	6.85	5.9		
着火温度 [°C]	232	222	226	237	236		

- 1) 水分・低位発熱量以外はすべて乾ベース
- 2) 灰分+揮発分+固定炭素=100

一般廃棄物を原料とした RDF の組成の測定例

参考文献

古林和夫(川崎重工), RDF (Refuse derived fuel) 化処理技術, 化学工学, 61(7), pp. 502-505, 1997.

Fuel			RDF-S	RDF-L
Proximate Analysis (wt%)	Water	%	5.0	4.5
	Ash	%	20.6	18.2
	Combustible	%	74.4	77.3
	Volatile Matter	%	-	66.4
	Fixed Carbon	%	-	10.9
Ultimate Analysis (d.a.f., wt%)	C	%	39.4	40.9
	H	%	5.11	5.64
	O	%	28.6	33.49
	N	%	0.90	0.87
	Combustible S	%	0.00	0.00
	Cl	%	0.34	0.58
	Ca	%	7.97	8.89
HHV as fired		kcal/kg	3360	3940

都市ゴミを原料とした RDF の組成の測定例

参考文献

池田英人(IHI) 他, RDF (ごみの固形燃料) の燃焼特性, 燃焼の科学と技術, 3, pp. 237-244, 1996

分析項目	単位	例1	例2	平均値
低位発熱量	kcal/kg	3,360	3,750	3,555
物理化学組成				
可燃分	%	74.4	77.3	75.85
水分	%	5.0	2.4	3.70
灰分	%	20.6	20.3	20.45
		100	100	100
化学組成				
炭素	%	39.40	41.13	40.27
水素	%	5.11	5.37	5.24
酸素	%	28.58	29.55	29.07
窒素	%	0.90	0.68	0.79
硫黄	%	0.11	0.10	0.11
塩素	%	0.34	0.49	0.42
低位発熱量(元素分析値)				
Steuer式	kcal/kg	3,864	4,037	3,969

サンプル例	低位発熱量 kcal/kg
1	3,660
2	3,730
3	4,070
4	3,360
5	3,840
6	3,930
平均	3,765

項目		試験データ
燃 料 の 性 状	可燃分 (%)	74.4
	水分 (%)	5.00
	灰分 (%)	20.6
	低位発熱量 (kcal/kg)	3,360
	炭素 (%)	39.4
	水素 (%)	5.11
	窒素 (%)	0.9
	全硫黄 (%)	0.11
	塩素 (%)	0.34
	酸素 (%)	28.58
排 ガ ス	NOx (ppm)	73
	SOx (ppm)	< 0.6
	HCl (ppm)	44
	ばいじん (g/Nm ³)	9.59
	()内はバグフィルター後 ダイオキシソ(バグフィルター後) (ng/Nm ³)	(0.0148) (0.38)

参考文献

石井昇(荏原製作所), 都市ごみの固形燃料化技術, 廃棄物学会誌, 6(3), pp. 218-228, 1995

工 業 分 析	可燃分	%	74.40
	水分	%	5.00
	灰分	%	20.60
	計		100
元 素 分 析	炭素	%	39.40
	水素	%	5.11
	酸素	%	28.58
	窒素	%	0.90
	燃烧性硫黄	%	0.00
	全硫黄	%	0.11
	塩素	%	0.34
低位発熱量	kcal/g		3,765

参考文献

石井隆光, ドリーム・フューエルセンターの建設について, 廃棄物学会誌, 7(4), pp. 326-337, 1996
(大分県津久見市のドリーム・フューエルセンターは荏原製作所、IHI 他による J-カトレル企業グループが建設)

RDF の熱分析の測定例

製造方法の異なる 2 種類の RDF の燃焼特性について高温型示差熱天秤を用いて検討した。これらの RDF は燃焼時において発熱を伴う 2 段階の重量減少がみられる。このことからこれらの RDF は低温域で燃焼する成分と高温域で燃焼する成分の 2 成分からなることが示された。また燃焼後と熱分解後の試料の重量差がほとんどないことから、これらの燃焼が主に試料の熱分解によって放出される揮発分の気相燃焼であることがわかった。さらに、第 1 段階反応時では試料によってアレニウスプロットにおける反応速度定数の傾きがそれほど変わっていないことからその反応メカニズムは同様であるが、第 2 段階反応時では明らかに試料によってその傾きが異なっており、この段階での反応メカニズムが異なることが明らかになった。

Sample	RDF A, RDF B
Sample size	37 μm under
Sample weight	5mg
Gas flow rate	50 cm^3/min
Gas atmosphere	Air, N_2
Max. temperature	1173K
Heating rate	10, 5, 2K/min

表 1 実験条件

Fuel type	RDF A	RDF B
Heating value [MJ/kg]	16.45	15.28
Proximate analysis [wt%]		
Moisture	8.2	7.3
Volatile Matters	66.9	67.7
Fixed Carbon	4.6	0.8
Ash	20.2	24.2
Ultimate analysis [wt%]		
Carbon	37.6	35.2
Hydrogen	5.77	5.11
Nitrogen	0.98	0.55
Oxygen	32.87	32.30
Sulfur	0.20	0.09
Chlorine	0.58	0.61
Calcium	3.82	14.50

表 2 試料の組成

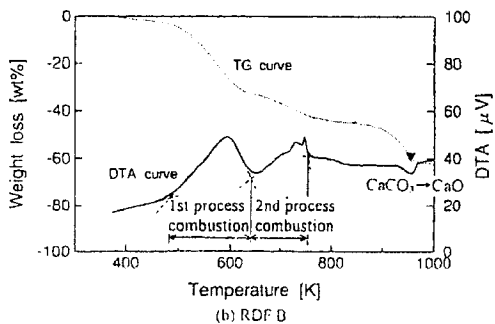
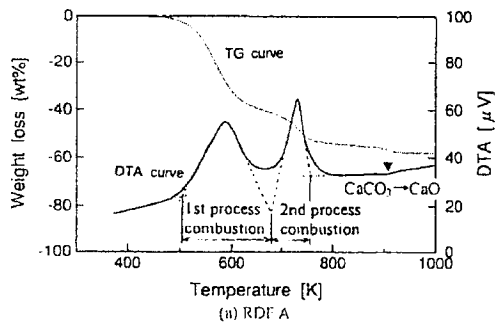


図 1 空気中での熱分析結果

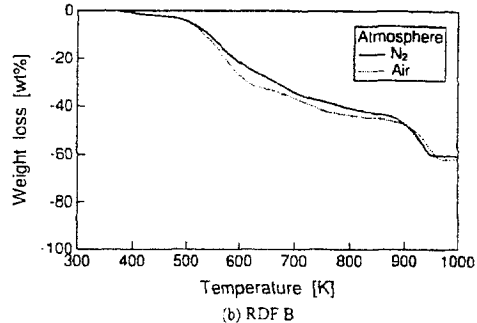
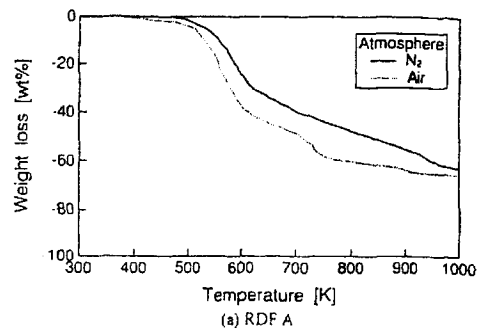


図 2 空気中と窒素中での熱分析結果

表 反応速度パラメータ

Reaction	1st stage	2nd stage	3rd stage
Sample			
RDF A			
E [kJ/mol]	79	239	94
A [1/s]	7.7×10^4	8.1×10^{14}	8.3×10^2
RDF B			
E [kJ/mol]	62	83	381
A [1/s]	1.7×10^3	3.3×10^3	2.3×10^{19}

参考文献

成川公史他, RDF の燃焼特性に関する研究, 化学工学, 22(3), pp. 560-565, 1996.

熱分解時の挙動を詳しく調べるために、セイコー電子工業(株)製高温型熱重量示差熱同時測定装置 (TG/DTA320) を用いて、昇温速度 10 °C/min で測定した粉体 RDF 粒子の熱重量分析結果を示す。窒素、空気雰囲気でのいずれの場合でも重量 (TG 値) の減少が示す主な揮発分放出の温度領域は 220 ~ 360 °C であり、示差熱 (DTA 値) から、着火は 250 ~ 270 °C で生じていると考えられる。

Fixed Moisture	(wt%)	3.69
Ash	(wt%)	17.74
Volatile Matter	(wt%)	70.95
Fixed Carbon	(wt%)	11.31
Low Calorific Value	(kJ/kg)	18,800

Carbon	(wt%)	39.5
Hydrogen	(wt%)	5.8
Nitrogen	(wt%)	0.87
Oxygen	(wt%)	34.7
Sulfur	(wt%)	0.18
Chlorine	(wt%)	1.25

表 1 試料の組成

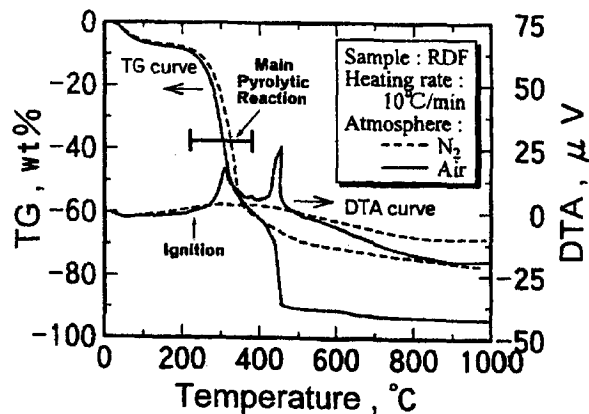


図 1 熱分析の結果

雰囲気：空気または窒素

昇温速度：10 °C/min

参考文献

難波邦彦他, 粉体ごみ燃料の熱分解・燃焼ガス特性, 廃棄物学会論文誌, Vol. 9, No. 7, pp. 302-309, 1998.

自然発火

発熱する物質が断熱された容器に入れられたとすると、放熱することがないために物質自体の発熱する微少な熱でも温度を上昇させることになる。アレニウス式が示すように、発熱量は温度が上昇するにつれて指数関数的に増加する。そのため、物質の温度は増加してより急激に発熱量が増加する。このようにしてわずかな発熱によって、物質を自然発火させる。このような断熱容器は現実には存在しないが、もし、大量の物質が山積みされていたとすると、山の中心部は近似的に断熱系を構成することになり、自然発火を引き起こすことになる。山積みの状態に限らず、繊維状、粉末状、または発泡状などの保温効果を持つ状態にあっても、自然発火は起こる。

熱の発生源としては、空気中の酸素の吸収による酸化熱、湿気の吸収による吸湿熱、ガスの吸着による吸着熱、分解によって発生する分解熱、微生物による発酵熱があげられる。

自然発火を起こしやすい物質としては、石炭粉（酸化熱）、屑まゆ（酸化熱）、ボイル油のしみた油布（酸化熱）、セルロイド（分解熱）、乾性硝化綿（分解熱）、有機過酸化物（分解熱）、活性炭（吸着熱）、乾草（発酵熱）などがあげられる。

発酵熱による自然発火

発酵熱に起因する自然発火は二段階に分けて考えることができる。まず、第一段階では微生物が作用する発酵によって発熱を開始し、その温度は最高 85℃ くらいに達する。この温度以上では微生物のほとんどが死滅するか、その働きは不活性となる。また、水分が蒸発するので、このことによっても微生物は不活性となる。なお、発酵が開始するには、適度な水分と適度な通気性が必要となる。次に、第二段階では、第一段階での発熱により、十分に温度が高くなったので、比較的反応しやすい有機物質が空気中の酸素と化学反応を起こす。この化学反応による発熱により、さらに温度上昇を続ける。自己発火温度にまで温度が上昇すれば発火する。あるいは、着火源が存在すれば、それにより発火する。発火後に有炎燃焼となるか、無炎燃焼になるかは周囲の条件に左右される。

物質内部で発生した熱が内部に蓄積されずに放熱すれば、物質の内部温度は上がらず自然発火は起こらない。蓄熱には、微生物の発酵によって生ずる熱よりも放熱量が少ないことが必要であり、言い換えれば内部で熱が伝わりにくく、表面で熱が逃げにくいことが望ましい。それは物質の熱伝導率と外界への放熱量が小さいほど条件がよいということである。コンポスト内部に空気の層がある場合などは熱が伝導しにくくなり、このような条件は蓄熱されやすい状況である。また、一般に物体の体積が大きくなると中心部の熱は逃げにくく、蓄熱には規模が大きく量の多いことも条件の一つとなり、仮に物質内に発生した熱がほんのわずかであっても、全く熱が逃げない状況であったとすれば、温度は徐々に上がり、ついには発火に至ることになる。発酵熱から発熱がわずかであっても、蓄熱する条件下にあれば長い時間を経て自然発火が起こり得る。

参考文献

林俊勝, 張田俊宏:発酵熱からの出火に関する考察, 月刊消防, 7月号, pp. 28-33, 1989.