

好気性微生物反応を利用した生物系廃棄物の乾燥による固形燃料化

山梨大学大学院 学 ○井上 貴仁
 山梨大学大学院 正 平山けい子
 山梨大学大学院 正 平山 公明
 山梨大学大学院 正 金子 栄廣

1. はじめに

近年、生物系廃棄物のエネルギー資源としての利用が注目されている。一般的に、生物系廃棄物は水分を多く含んだ状態で排出されるが、乾燥させれば十分高い発熱量を保有すると考えられる。すなわち効率よく乾燥させることができれば固形燃料として使える可能性がある。一方で生物系廃棄物はコンポスト化反応に代表される好気性微生物反応を行わせると自己発熱と通気により乾燥が進む。

以上のことを踏まえ、本研究では乾燥させた生物系廃棄物が燃料として使える高い発熱量を保有することを明らかにすること、ならびに、好気性微生物反応を利用すると単純に乾燥させるよりも効率よく乾燥できることを示すことを目的とする。

2. 対象試料の高位発熱量および低位発熱量

ボンベ熱量計（島津，CA-4AJ）を用いていくつかの生物系廃棄物試料の高位発熱量を測定した。また、一部試料（木くず，ドッグフード）について元素分析（Thermo Finnigan, FLASH EA）を行った結果いずれも水素含有率 $h_D=6\%$ であったことから、これをすべての試料に適用して低位発熱量を算出した。この結果を表1に示す。

ごみ由来の燃料 RDF の標準発熱量は 18,000 J/g 程度¹⁾ であることと比べると、本研究で測定対象とした試料を乾燥すればこれと同等以上の発熱量を保有し、熱量の面で燃料として使用できることが示された。

表1 生物系廃棄物試料の発熱量

生物系廃棄物	高位発熱量 (J/g)	低位発熱量 (J/g)
木くず	26,300	25,000
ドッグフード	25,200	23,800
牛糞コンポスト	18,700	17,300
下水汚泥コンポスト	16,900	15,500
コーヒーカス	20,800	19,500
家庭系コンポスト	13,500	12,200
茶殻	20,700	19,400
ブドウカス	19,100	17,800

3. 好気性微生物反応を利用した乾燥の利点の検討

ここでは、水分を含む生物系廃棄物試料に乾燥空気を通気して、好気性微生物反応をさせずに単純に乾燥させた場合と反応をさせながら乾燥させた場合について、同じ含水率になるまで乾燥させるのに要する時間を試算し比較する。

3.1 試算に用いる式

含水率 $w(\%)$ の湿潤材料 1 kgWW 当たりの低位発熱量 ΔH_L は以下の式で求めることができる。

$$\Delta H_L = \Delta H_{LD} \times (100 - w) / 100 - H_w \times (w / 100) \quad (\text{J/gWW})$$

ここで、 ΔH_{LD} は乾燥材料の低位発熱量、 ΔH_w は水の蒸発潜熱 (2440 J/g) である。反応開始時 1 gDW の材料が分解して i 日目には r_i gDW になるとしたときの r_i を残存率と定義する。

また、好気性微生物反応で材料の分解が進んでも ΔH_{LD} と水素含有率は変化しないと仮定すると、初期材料 1 gDW 当たりに放出される反応熱 ΔQ_{r_i} は以下ようになる。

$$\Delta Q_{r_i} = (1 - r_i) \times \Delta H_{LD} \quad (\text{J/gDW})$$

反応 i 日間での水分蒸発量は、反応開始時の水分量と i 日後の水分量の差に材料分解の結果生成した

キーワード 生物系廃棄物 燃料 乾燥 好気性微生物反応

連絡先 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 山梨大学大学院 総合研究部

金子栄廣 Tel.055-220-8601 Fax. 055-220-8770 E-mail : kaneko@yamanashi.ac.jp

水分量を加味したものである。したがってこの蒸発に使われる熱量 ΔQ_{EVD_i} は、

$$\Delta Q_{EVD_i} = H_w \{w_0 / (100 - w_0) - r_i \times w_i / (100 - w_i) + (1 - r_i) \times 9 \times (h_D / 100)\} \quad (\text{J/gDW})$$

材料の反応と乾燥が進む際の熱収支は次式のとおりである。

$$(C_w W + C_c D)(dT/dt) + h_1(dD/dt) - h_w(dw/dt) + (T - T_a)\{KF + C_a q + C_w(dw/dt) + C_c(dD/dt)\} = 0$$

ここで、 C_a 、 C_w および C_c はそれぞれ空気、水および乾燥材料の比熱(J/g°C)、 T および T_a は反応器内材料および外気温度(°C)、 W は水分量(g)、 D は乾燥重量(g)、 Q は通気量(g/h)、 h_1 は1gDWの材料分解(質量減少)に伴う反応熱(J/gDW)、 K は反応器熱貫流係数(J/m²/h°C)、 F は反応器表面積(m²)である。

表2 試算の条件

3.2 試算結果

上記の式を元に好気性微生物反応がない場合とある場合で、乾燥にかかる日数ならびに乾燥中の材料の平均温度、発熱量(反応熱量)、蒸発量、蒸発熱量および蒸発熱量に対する反応熱量の割合を試算した。試算に用いた材料および通気条件を表2に示す。乾燥処理は含水率70%の材料を10%までに乾燥させるものとした。反応期間での残存率(分解の大きさ)は1.0~0.6で5段階に設定した。残存率1.0は好気性微生物反応が行われぬ単純乾燥を意味し、残存率が小さいほど反応にともなう分解量が多いことを示す。試算結果を表3に示す。

材料	
高位発熱量	17,000 (J/gDW)
水素含有率	6 (%)
比熱 ²⁾	2.1 (J/g°C)
含水率	70 (%)
通気	
通気量	1.0 (L/min/kgDW)
相対湿度	0 (%)
温度	40 (°C)

表3 生物系廃棄物の乾燥試算結果

残存率*	初期	反応後	所要日数	平均	反応	水分	蒸発	反応熱量
	含水率	含水率						蒸発
-	%	%	Day	°C	J/gDW	gWat/gDW	J/gDW	%
1.0	70	10	127	13.1	0	2.2	5,422	0.0
0.9	70	10	103	16.8	1,700	2.3	5,581	30.5
0.8	70	10	77	21.8	3,400	2.4	5,740	59.2
0.7	70	10	46	30.6	5,100	2.4	5,899	86.5
0.6	70	10	5	70.5	6,800	2.5	6,058	112.3

*反応後の乾燥重量/反応前の乾燥重量(分解の大きさの指標)

表3より、残存率が小さい、すなわち分解量が多い材料ほど乾燥にかかる日数が短くて済むことがわかる。また、蒸発に用いられる熱量に対する反応熱量の割合も高くなる、すなわち蒸発に必要な熱量の多くを自己発熱で賄えるようになることがわかる。このことから、好気性微生物反応を用いた方が反応を用いない場合より効率よく乾燥できることが分かった。

4. 結論

生物系廃棄物の乾燥物は燃料として用いるのに十分な熱量を保有すること、ならびに好気性微生物反応を用いると効率よく乾燥できることが分かった。

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費 24561009 の助成をうけた。ここに謝意を表す。

<参考文献>

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁、2005年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改訂値について、平成19年5月
- 2) 井上貴仁、コンポスト材料の分解にともなう発熱と温度上昇、山梨大学卒業論文、2013