

バイオマス系廃棄物の組成データベースとその利用

国立環境研究所 井上雄三、山田正人

1. はじめに

わが国におけるバイオマス系資源の投入量は約 2.5 億トンであり、総物質投入量の 1 割を超えている。しかしながら、わが国では循環利用されている物質の割合は 2 割に満たないのが現状である。一方、バイオマス系循環資源は 1 年間に排出される廃棄物約 5.8 億トンの半分を占めているが、動物の糞尿や下水汚泥で半分以上が占められ、循環利用率は 1 割程度に過ぎない。遅れている生ごみ（バイオマス系廃棄物）の循環利用を促進するため、多様なニーズの掘り起こしに必要な情報整備が緊急の課題である。

食品廃棄物のリサイクルの実態は業界によっても異なっているが、年間に 1 千万トン発生する食品廃棄物のリサイクルは、他の分野に比べて極めて遅れている。その原因はいろいろあるが、何よりもまず生ごみというように腐敗しやすく、ワーカビリティが極めて悪いという性状に由来することにある。また、地域における食品廃棄物の発生量およびその組成の情報が共有されないこと、すなわち循環資源の地域ニーズが示されないことが一因であると推察される。現在のこのような状況を改善するにはバイオマス系廃棄物の発生量の把握や排出構造、組成情報を基にした資源化システムの計画や設計が必要である。対象地域において排出されるバイオマス系廃棄物の量と組成が把握できることにより、最適な要素技術の組み合わせが可能となる。本報告ではそのツールとして食品廃棄物のデータベースの一部を示し、循環資源化物の回収量を評価した。

2. 評価方法

2.1 分析方法

すでに経済産業省の産業分類の小分類の 15 業種から計 81 試料を収集している。収集した試料は冷凍保存した。分析時には粉碎したものを乾燥させて分析に用いた。食品の一般成分の化学分析は五訂増補日本食品標準成分表に適用された「食品分析法」にて行われる。本調査においてはこの食品分析法に準じて食品産業から排出される廃棄物の水分、脂質、灰分などの一般成分を測定した。炭素、窒素、硫黄は元素分析計にて分析を行った。熱量、炭水化物、たんぱく質については食品分析法により算出した。また、バイオマス資源としての利用性を考えてリグニン、セルロース、ヘミセルロースといった難分解性の高分子化合物、安全性評価のために有害金属を含む無機成分の化学分析を行った。高分子化合物については木質科学実験マニュアルに準じた方法で測定を行った。無機成分については、硝酸による分解の後（脂質の多く含まれる試料には過塩素酸も使用）、ICP 発光分光分析法にて分析を行った。

2.2 循環資源量の計算方法

組成データベースを用いた循環資源回収量の予測式を以下に示す。

・メタンガス生成量 V [m^3/kg] (湿潤試料 1kgあたりのメタンガス生成量：実験式)

$$V = 3.16 \times 10^{-3} \times C_A + 0.03 \quad 1)$$

C_A : 有機物-(リグニン+ヘミセルロース)[%]

・乳酸生産量 P_L [kg/kg] (湿潤試料 1kgあたりの乳酸生産量：理論式)

$$P_L = 2 \times (0.01 \times C_B / 180) \times 90 \times X = 0.01 \times C_B \times X$$

C_B : 炭水化物(%)

$X = 0.75$ (基質として利用できる糖質の割合：経験値)

・アルコール生産量 P_A [kg/kg] (湿潤試料 1kgあたりのアルコール生産量：理論式)

$$P_A = 2 \times (0.01 \times C_B / 180) \times 46 \times X = 0.0051 \times C_B \times X$$

C_B : 炭水化物[%]

$X = 0.75$ (基質として利用できる糖質の割合：経験値)

・炭化物量 C_H [kg/kg] (実験式)

$$C_H = 0.01 \times (\text{灰分} + \text{有機物} \times 0.29)$$

灰分[%]

有機物[%] = 100 - 水分[%] - 灰分[%]

・熱量 Q [J/kg] (実験式)

$$Q = 210 \times C - 1035.5 \quad 1)$$

C : 有機物含有率[%] = 100 - 水分[%] - 灰分[%]

3. 結果

3.1 組成データベース

本報告書では、既に得られているデータの一部を紹介する。表 1 には食品成分表と同じ一般成分を湿潤試料 100g に対する値を示した。今回得られたデータは、可食部の組成を示す食品成分表とは異なっている。分析値はある業種から排出された複数種の廃棄物の平均値で示している。これは同業種でも多様な組成にあるデータにある程度の一般性を持たせること、また、実際の製造ラインでは廃棄物を区別せずに混合して排出しているという実態に基づいたものである。具体的な廃棄物の中身は以下の通りである；①漬物には味付け済みのものと味付け前のカットくずが含まれる。②ソースには裏ごし後の野菜固形物、④小豆使用生菓子には餡子、大福、小豆くず、⑤大豆惣菜には①漬物と同じく味付け済みのものと前のものが含まれる。⑥および⑦はそれぞれ抽出カスである。⑨給食センターにも調理前のもので残飯が含まれている。

今回、循環資源回収量としての評価はしていないが、堆肥化等の肥料化において重要と

考えられる炭素、窒素および硫黄含量を、飼料化において重要と考えられる食塩相当量（ナトリウムの値に係数 2.45/1000 を乗じた）を併せて表中に示した。

表 2 には湿潤試料 100g あたりに含まれる無機成分の量を mg で示した。分析項目はアルミニウム、ヒ素、ホウ素、バリウム、カルシウム、カドミウム、コバルト、クロム、銅、鉄、カリウム、マグネシウム、マンガン、モリブデン、ナトリウム、ニッケル、鉛、アンチモン、ケイ素および亜鉛である。なお、ヒ素とアンチモンは検出下限以下であったため、表では省略した。

3. 2 循環資源化物の予測量

表 3 に湿潤廃棄物 1 トンあたりに得られる循環資源化物の予測量を示す。

単位重量当たりのメタンガスの生成量は③パンが最も高く、1 トンあたり 260 m³であり、①漬物は同 52 m³とパンの約 5 分の 1 となった。乳酸生成量は③パンで最も高くなっており、1 トン当たり 435kg、次いで④小豆使用生菓子の 339kg であった。⑨給食センター、①漬物はそれぞれ 60、49kg と生成量が低く評価されている。アルコール生成量は③パンが 1 トン当たり 222kg と最も高く、⑨給食センター、①漬物がそれぞれ 30、25kg と効率が低い。炭化の場合は③パンが 1 トンで 226kg と炭化物が多い。熱エネルギーは③パンが 1 トンあたり 14216MJ と最も多く、①漬物は 578MJ で最も低かった。

以上より、現在調べた範囲では、パン製造の工場から排出される廃棄物が全ての資源について比較的回収量が高く、漬物工場および給食センターからの廃棄物で比較的低いと評価された。ただし、ここで予測した資源回収技術の間での資源生成量（例えば、①漬物と②ソースにおけるメタン生成量と乳酸生成量の相対的な差）の精緻な比較には、予測式の妥当性の検討が課題として残されている。

食品製造業から排出されるバイオマス系廃棄物において、発生源の種別により組成が異なり、回収可能な循環資源化物の量が著しく変化することは、組成データベース構築の重要性を示すものである。実際には、資源回収量の予測・評価に関わる組成データの蓄積と共に、組成の変動性や腐敗性（もしくは貯蔵性）等の資源品質に関するもの、また飼料化や肥料化を行う場合には、病原性微生物等の安全性に関するデータの収集が必要だろう。

また、国立環境研究所では排出量の予測に必要な産業分類の小分類業種および細分類による発生源原単位の整理も進めている。組成と排出源単位データベースを統合し、発生源の地理情報を併せれば、地域における組成ベースでの食品廃棄物の地理的な発生源が予測でき、技術側の最適な規模や拠点立地の条件、製品のニーズ等の情報と組み合わせること、地域循環資源化システムの合理的な計画・設計、維持管理が可能となる。

参考文献

- 1) 保井淳、国次純、西嶋渉、岡田光正：成分組成の基づいた有機性固形廃棄物の再資源化用途の評価、環境科学会誌、14 (2)、165-171、2001

表 1 一般的な食品成分(湿潤試料 100g あたり)

試料名	熱量	水分	炭水化物	リグニン	セルロース	ヘミセルロース	たんぱく質	脂質	灰分	全炭素	全窒素	全硫黄	食塩相当量
	kcal/100g	g/100g	g/100g							g/100g			g/100g
①漬物(ダイコン、カブ、キャベツ、ハクサイ、味付け前後含む)(n=6)	31	90.6	6.5	0.2	0.8	0.5	1.0	0.1	1.7	3.2	0.17	0.02	1.03
②ソース(裏ごし野菜)(n=2)	83	77.6	16.9	2.5	3.8	1.7	2.2	0.7	2.6	9.2	0.35	0.02	1.92
③パン(n=1)	308	25.8	57.9	-	-	-	11.2	3.5	1.6	34.1	1.80	0.77	1.08
④小豆使用生菓子(大福、餡など)(n=4)	201	49.4	45.2	1.3	4.6	8.1	4.8	0.1	0.5	22.2	0.77	0.03	0.129
⑤大豆の惣菜(n=3)	185	55.6	23.1	2.6	1.9	6.9	15.1	4.1	3.4	21.5	2.41	0.12	0.435
⑥お茶抽出カス(n=2)	120	70.0	22.6	7.2	4.0	7.9	4.9	1.1	1.3	14.5	0.78	0.05	0.053
⑦コーヒー抽出カス(n=2)	154	65.1	26.8	8.4	10.5	7.3	4.6	3.2	0.3	18.7	0.73	0.07	0.006
⑧酒粕(n=2)	179	56.4	25.8	3.1	0.9	8.8	15.6	1.4	0.7	21.7	2.50	0.28	0.008
⑨給食センター調理残渣(n=3)	73	83.9	7.9	0.4	0.6	3.7	5.2	2.2	0.7	7.8	0.83	0.05	0.305

“-”: 測定不可

表 2 湿潤試料 100g あたりに含まれる無機成分(mg)

	Al	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Si	Sr	Zn
①	0.235	0.217	0.038	43.7	0.002	ND	0.005	0.034	0.323	178	10.9	0.111	0.005	405	0.009	0.019	0.108	0.195	0.306
②	0.771	0.465	0.052	34.0	0.005	ND	0.272	1.07	4.53	238	27.4	0.486	0.010	755	0.113	ND	0.258	0.127	0.270
③	0.265	0.440	0.239	29.2	ND	ND	ND	0.116	0.466	131	19.2	0.231	0.026	424	ND	ND	0.979	0.045	0.788
④	1.11	0.533	0.082	27.5	ND	ND	0.014	0.156	1.19	67.7	18.5	0.374	0.084	50.9	ND	ND	0.831	0.134	0.434
⑤	0.881	1.47	0.231	53.3	0.007	ND	0.011	0.360	7.53	344	68.3	0.998	0.077	171	0.069	ND	0.287	0.285	1.56
⑥	32.5	0.903	0.804	111	0.005	0.010	0.098	0.411	6.08	85.1	40.7	27.5	0.018	20.8	0.077	0.171	0.168	0.429	0.955
⑦	0.479	0.632	0.114	32.6	ND	ND	ND	0.760	0.989	71.7	36.3	0.699	ND	2.52	0.012	ND	0.227	0.267	0.190
⑧	0.258	0.354	0.026	5.55	0.036	ND	0.006	0.732	0.169	84.6	7.54	0.543	0.153	3.04	0.019	ND	0.782	0.096	2.12
⑨	0.335	0.341	0.054	35.9	0.002	ND	0.013	0.071	0.632	88.0	11.0	0.129	0.005	120	0.006	ND	0.134	0.130	0.407

ND: 検出下限以下であったことを示す

ただし、ヒ素およびアンチモンは全ての試料において検出下限以下であったため表記していない

表 3 バイオマス 1 トン当たりの循環資源化予測量

試料名	メタン発酵	乳酸発酵	アルコール発酵	600 度で炭化	熱利用
	メタンガス	乳酸	アルコール	炭化物	熱量
	m ³ /ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	MJ/ton
①漬物(ダイコン、カブ、キャベツ、ハクサイ、味付け前後含む)(n=6)	52	49	25	39	578
②ソース(裏ごし野菜)(n=2)	79	127	65	84	3119
③パン(n=1)	260	435	222	226	14216
④小豆使用生菓子(大福、餡)(n=4)	159	339	173	150	9491
⑤大豆の惣菜(n=3)	129	173	88	153	7570
⑥お茶抽出カス(n=2)	73	170	87	96	4983
⑦コーヒー抽出カス(n=2)	90	201	102	103	6224
⑧酒粕(n=2)	128	193	98	131	7960
⑨給食センター調理残渣(n=3)	66	60	30	52	2198