

海産バイオマスのメタン発酵および堆肥化技術の開発

大塚耕司

大阪府立大学大学院・教授

1. はじめに

大阪湾奥部のように、陸域からの流入負荷が大きい停滞水域では、赤潮と同様、海藻、二枚貝、ヒトデ、クラゲなどが異常繁殖し、海浜や海底への堆積による底質悪化など、大きな環境被害を招いている。一方地球温暖化を背景として、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が強く求められており、中でも比較的lowコストで実用化が可能なバイオマス利用が大きな注目を集めている。

本研究では、現在、回収後埋立てあるいは焼却処分されている異常繁殖した海産バイオマスを、エネルギーや堆肥として再利用することに注目している。ただし、異常繁殖する海産バイオマスは、見方を変えれば、平均的に得られる資源ではないため、システムの効率化には大きなデメリットとなる。そこで、本研究では年間を通じて安定的に得られる食品系廃棄物との混合処理を前提とした海陸一体型のバイオマス有効利用システムを考えた。ここでは、システムの中核的技術となる海産バイオマスと食品系廃棄物の混合ガス化に関する基礎実験結果、ならびに残渣を堆肥化した後に農地還元し、農産物を地産地消した際の低炭素効果評価結果について紹介する。

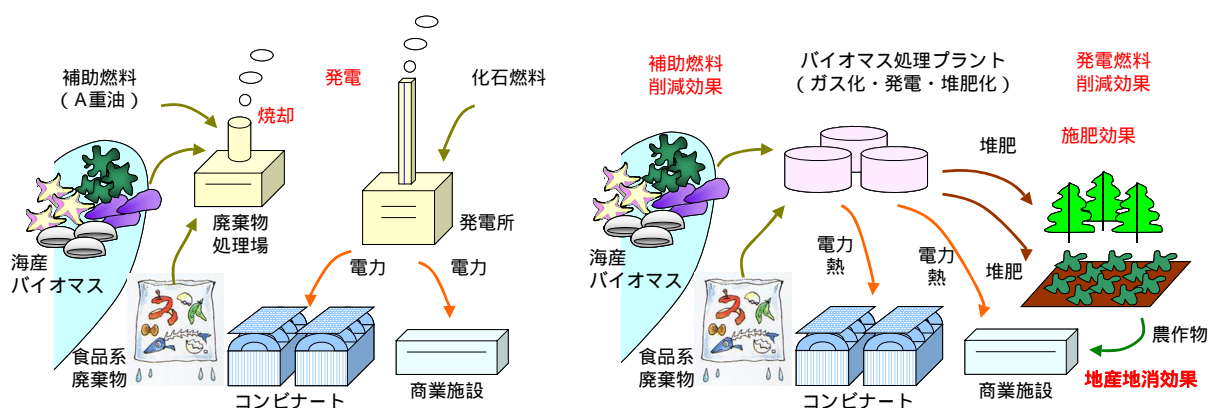


図1 海産バイオマスおよび食品系廃棄物の処理システムのイメージ（左：従来のシステム，右：今回提案する海陸一体型バイオマス有効利用システム）

2. 海陸一体型バイオマス処理システム

現在、異常繁殖した海産バイオマスは、回収された後、埋立てあるいは廃棄物処理場で補助燃料を加えて焼却されていることが多い。これは海産バイオマスが水分を多く含んでおり、燃えにくいいためである（図1左）。今回提案する処理方法は海産バイ

オマスを食品系廃棄物とともにメタン発酵させてガス発電を行うことにより電力と熱としてエネルギー利用し、発酵残渣を堆肥として利用するというものである。この処理方法により、廃棄物の処理と発電、熱回収、さらには堆肥生産を同時に行うことができる（図1右）。このことにより海産バイオマスを焼却処理するために使用していた補助燃料を削減することができるとともに、バイオマス発電により得られた電力の分だけ発電燃料消費も削減することができる。さらに、発酵残渣は窒素やリンを多く含むために、堆肥として利用できる。これにより緑地での炭素固定や地産地消による低炭素効果なども期待できる。

3. 海産バイオマスと食品系バイオマスの混合発酵実験

本研究で想定しているメタン発酵プラントでは、食品系廃棄物とアオサやマガキなどの海産バイオマスをすべて混合して処理する必要がある。ここでは、食品系廃棄物として、比較的安定して入手可能な中央卸売市場から出される魚加工残渣と野菜くずを想定し、タイ、マグロ、サバの内臓および骨（中落ちを含む）とダイコン葉を、また海産バイオマスとしてアオサおよびマガキをそれぞれ試料として混合発酵させた。表1に各試験区の投入試料とその割合を示す。実験は100mlバイアル瓶を用いて恒温培養庫で中温発酵（35℃）させ、ガスが溜まり次第順次シリンジで発生ガスを抜き取り、TCD-ガスクロマトグラフで成分分析を行った。なお、種汚泥には神戸市東灘下水処理場の活性汚泥を用いた。

図2に各試験区におけるガスの成分分析結果を示す。いずれの試験区においてもバイオガス中のメタン濃度は60~70%程度を示しており、混合処理をした試験区においても特にメタン濃度の低下は見られない。このことから、海産バイオマスと食品系廃棄物を混合して発酵させてもガスの組成にはあまり影響がないことがわかった。

表1 メタン発酵実験における各試験区の投入試料

試験区 No	投入種A	A割合(g)	投入種B	B割合(g)
1	タイ(内臓)	2.56		
2	タイ(骨・中落ち)	2.56		
3	マグロ(骨・中落ち)	2.56		
4	サバ(内臓)	2.56		
5	サバ(骨・中落ち)	2.56		
6	大根葉	2.56		
7	アオサ	2.56		
8	マガキ	2.56		
9	タイ(内臓)	1.92	大根葉	0.64
10	タイ(内臓)	1.28	大根葉	1.28
11	タイ(内臓)	0.64	大根葉	1.92
12	タイ(内臓)	1.92	アオサ	0.64
13	タイ(内臓)	1.28	アオサ	1.28
14	タイ(内臓)	0.64	アオサ	1.92
15	タイ(内臓)	1.92	マガキ	0.64
16	タイ(内臓)	1.28	マガキ	1.28
17	タイ(内臓)	0.64	マガキ	1.92

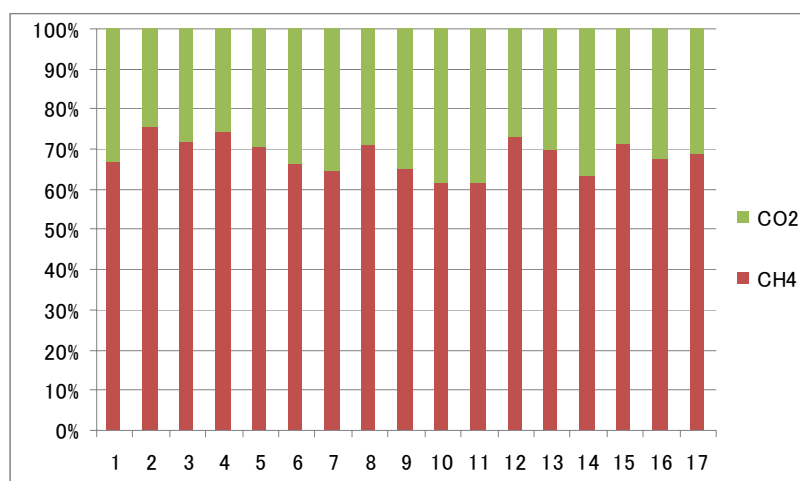


図3 各試験区におけるガスの成分分析結果

4. 地産地消効果

本研究では、前述の海陸一体型バイオマス有効利用システムのモデルケースとして、堺市の堺第2区（通称堺浜）にバイオマス処理プラントを設置することを考えた。堺浜では、シャープ（株）を中心とする液晶および太陽光パネルコンビナートやサッカーのナショナルトレーニングセンター（NTC）が相次いで建設されているほか、映画館やスーパー銭湯が入る複合商業施設も設置されており、バイオマス処理プラントで得られる電力や熱の利用先が豊富に存在する。また、残渣から生産される堆肥の利用法としては、近接する埋立地の緑化や、耕作地へ施肥し、農産物を地産地消することなどが考えられる。ここでは、山北¹⁾が行ったバイオマス回収量の推定結果およびバイオマス処理プラントによるマテリアルフロー推定結果を基に、堆肥を全て農地還元し、地産地消を行った場合の低炭素効果評価を試みる。

山北¹⁾は、堺浜の沖合に建設中の人工干潟に発生するアオサは2,600t/y、大阪湾内の掃海事業で回収される海産ゴミ（海藻、ヒトデ、クラゲなど）は2,400t/yと見積もっている。これらの海産バイオマスと、大阪市中心卸売市場から出される食品系廃棄物2,000t/yを混合処理すると、315,000Nm³/yのメタンガスと2,000t/yの堆肥が得られるとしている。これらの結果を基に、以下に示すフードマイレージ手法を用いて地産地消効果を推定した。

堆肥を全て農地還元し、窒素成分がほぼ全て有効利用されるだけの農作物を生産することを前提に、堺市内で生産可能であるのもの現在は比較的遠距離の生産地から運ばれており、しかも堺市内で全て消費可能であるものを選定した結果、キャベツ、トマト、キュウリの3種が候補として上がった。現在これらの野菜はほとんどが大阪市中心卸売市場を介して堺市に流通しているため、中央卸売市場のデータベースから種ごとの産地別流通割合を求め、堺市内で消費されている総量（総務省統計局のデータを用いて推定）に産地別割合を乗じることにより、堺市内で消費されている産地別の流通量を推定した。入手できたデータの産地は原則として都道府県単位であるため、輸送距離は当該品目の産地である都道府県庁所在地から大阪市中心卸売市場までの距

離に中央卸売市場から堺市役所までの距離を加えることとした。なおこれらはすべてトラック輸送されているものと仮定し、距離計算にはすべて道路距離を用いた。

表2に品目ごとの地産地消による低炭素効果計算結果を示す。キャベツ、トマト、キュウリの堺市内での総消費量は、それぞれ 5,000t/y, 2,630t/y, 1,950t/y と推定された。これらに産地別流通割合を乗じ、各ルートの輸送距離を掛けて積算することによって得られるフードマイレージは、それぞれ 1.66×10^6 t km, 1.38×10^6 t km, 1.17×10^6 t km, となった。国土交通省が提供している CO₂ 排出原単位によると、営業トラック輸送は 180g-CO₂/t/km であるので、これを上記フードマイレージに乗じると、それぞれ 298t-CO₂/y, 248 t-CO₂/y, 210 t-CO₂/y となり、合計 756 t-CO₂/y となった。すなわち、これらの作物を全て堺市内で地産地消すれば、756 t-CO₂/y の低炭素効果が得られるということになる。この値は、山北¹⁾がライフサイクルアセスメント (LCA) 手法を用いて推定したバイオマス処理プラントの CO₂ 排出量 (稼働年数を 15 年として年間排出量を算出) 467 t-CO₂/y の 1.6 倍であり、地産地消による低炭素効果はかなり大きいことがわかる。

なお、これらの作物を育てるためには、表2に示すように合計 206ha の農地が必要となる。しかし、現在堺市の休耕地面積は 417ha であることから、これらの休耕地を利用すれば新たに農地を作る必要はない。

表2 地産地消による低炭素効果計算結果

	キャベツ	トマト	キュウリ	Total
産地上位5都道府県 (大阪中央卸売市場)	愛知 群馬 兵庫 長野 茨城	熊本 福岡 石川 岐阜 北海道	佐賀 福島 宮崎 愛媛 鹿児島	
堺市内消費量 (t/y)	5,000	2,630	1,950	9,580
必用耕作地面積 (ha)	132	39	35	206
フードマイレージ (t km)	1.66×10^6	1.38×10^6	1.17×10^6	4.21×10^6
CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /y)	298	248	210	756

5. まとめ

本報告では、海陸一体型のバイオマス有効利用システムのコンセプトについて概要を述べた。また、海産バイオマスと食品系廃棄物の混合ガス化に関する基礎実験を行い、混合処理しても発酵に大きな支障はないこと示した。さらに、残渣を堆肥化した後に農地還元し、農産物を地産地消した際の低炭素効果をフードマイレージ手法を用いて評価し、バイオマス処理プラントのライフサイクル CO₂ 排出量に比べても地産地消による低炭素効果はかなり大きいことを示した。

参考文献

1) 山北雅史：海陸一体型バイオマス有効利用システムの総合評価，平成 20 年度大阪府立大学修士論文，2009