

# 梅調味廃液を地域の資源に転換する バイオガス発電事業の展開

宮本 耕平<sup>1</sup>・小串 慎一<sup>2</sup>・篠崎 徹<sup>3</sup>・蘆巻 峰夫<sup>4</sup>

<sup>1</sup>非会員 宮惣ケミカル株式会社 (〒646-0029 和歌山県田辺市東陽41番51号)  
E-mail: kohei-m@miyaso.net

<sup>2</sup>非会員 中田食品株式会社営業部 (〒646-0292 和歌山県田辺市下三栖1475-130)  
E-mail: kogushi@nakatafoods.co.jp

<sup>3</sup>非会員 住友重機械エンバイロメント株式会社環境プラント統括部営業部  
(〒141-0031 東京都品川区西五反田7-10-4)  
E-mail: tooru.shinozaki@shi-g.com

<sup>4</sup>正会員 和歌山工業高等専門学校環境都市工学科 (〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島77)  
E-mail: tsurumaki@wakayama-nct.ac.jp

和歌山県南西部では南高梅で知られる梅の栽培とその食品加工が盛んである。梅加工食品の多くは塩抜きと味付けを行った調味梅干し製品であり、その製造過程で発生する調味廃液はBOD 100 mg/L以上、CODcr 300 mg/L以上という高濃度であるため、処理が食品加工事業者にとって大きな負担となっていた。当該バイオガス発電事業では、嫌氣的処理により回収したメタンガスを利用した発電によって廃液の処理費を画期的に低廉化でき、梅食品加工業者の負担軽減のみならず地域の水質改善、温室効果ガス (GHG) 排出量削減等の環境保全効果や事業継続による地域経済効果が期待できる。

**Key Words:** biogas power generation, plum seasoning waste water, local resource recycle

## 1. はじめに

平成27年に「みなべ・田辺の梅システム」として世界農業遺産として指定を受けたみなべ町、田辺市の両市町の区域を中心とした和歌山県南西部では南高梅で知られる梅の栽培とその食品加工が盛んである。世界農業遺産指定の理由では、梅の栽培によって波及・形成された地域の地形・土壌特性に適合した生態系の保全効果が挙げられており<sup>1)</sup>、梅栽培とその波及産業にも環境保全の考え方が求められていると言える。

一方、梅干しで代表される梅加工食品の多くは、塩抜きを行った後、調味液で味付けされたものとなっている。この過程で生じる梅調味廃液はBOD 100 mg/L以上、CODcr 300 mg/L以上という高濃度の水質であるため、その処理が食品加工事業者にとって大きな負担となっていた。潜在的な不適切な処理・処分も指摘されており、環境省が発表している河川水質ワースト河川としてみなべ町内を流れる南部川支流古川が平成27年度にワースト1としてランクされており<sup>2)</sup>。原因の一つとして、梅調味廃液の排水という指摘がある。

梅調味廃液の発生量について正式な統計はないが、筆者らの収集資料である田辺保健所が中心となって平成18

年度に管内 (田辺市、みなべ町、上富田町、白浜町、すさみ町) の147事業者を対象に行ったアンケート調査結果によれば平成17年度で約18千 $m^3$ 年と推定されている。

この梅調味廃液の処理は、従前から問題とされており県内の官民の複数の機関で研究が行われているが、具体的対策は実現されていない状況である。

本報で紹介する梅の調味廃液からバイオガスを回収して発電する事業 (以下、「本事業」) では、これまで産廃処理費として30千円/ $m^3$ 程度であった処理委託費を半額程度に抑えて、地元の企業への処理への負担を画期的に軽減でき、加えてバイオマス活用による発電によって温室効果ガス (以下、「GHG」) 排出量削減に寄与するなど複合的な効果を与える事業として実現したものである。事業は地元でリサイクル事業、排水処理事業等を手がける宮惣ケミカル(株) (以下、「M社」) の着想に基づいて梅加工食品製造企業である中田食品(株) (以下、「N社」) とM社が計画を立案して、N社が地元の上富田町 (以下、「地元自治体」) の協力を得て施設建設を行い、M社が施設を借用して事業を行うものである。施設は排水処理プラント製造業者である住友重機械エンバイロメント(株) (以下、「S社」) が処理実験の段階から協力をを行い、設計・施工として受注して建設を行った。

表-1 事業経緯

| 年月             | 内容   |
|----------------|--|
| ~2016          | 宮惣ケミカル(株)代表・宮本博行氏(当時)が事業システムを着想。関連機関等に働きかけを行う。                                       |
| 2016.10        | 中田食品(株)、宮惣ケミカル(株)、上富田町の3者が事業推進の確認を行う。  |
| 2017.1~2017.11 | 中田食品(株)(代表)、宮惣ケミカル(株)、和歌山高専による事業化に関する調査研究：(公財)わかやま産業振興財団「わかやま中小企業元気ファンド」による助成による調査研究 |
| 2018.3         | 上富田町、中田食品(株)、宮惣ケミカル(株)で公害防止協定を締結する。  |
| 2018.3         | 工事着工   |
| 2019.3         | 工事竣工   |
| 2019.4         | 処理開始   |

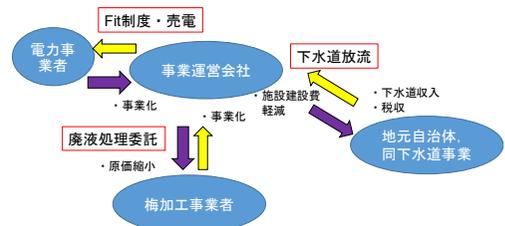


図-1 本事業の関連セクターの枠組み (当初計画)

表-2 事業関連企業の役割分担

| 企業 | 従来の業種             | 事業企画                | 設計・建設          | 施設運転  | 事業運営     |
|----|-------------------|---------------------|----------------|---|----------|
| N社 | 梅食品加工             | 事業者・事業スキーム設計・関係機関調整 | 事業者、設計・施工監理    | 施設貸与、運転委託   | 全体事業統括   |
| M社 | プラリサイクル、排水処理企画・運転 | 構想立案・関係機関調整         | 設計・施工監理        | 廃液収集・運搬<br>排水・メタン発酵施設：<br>借用・運転・管理<br>発電施設：運転管理受託 | 排水処理事業運営 |
| S社 | 環境機器、プラント製造       | -                   | 廃液処理実証実験、設計・施工 | 施設管理補助  | 施設管理補助   |

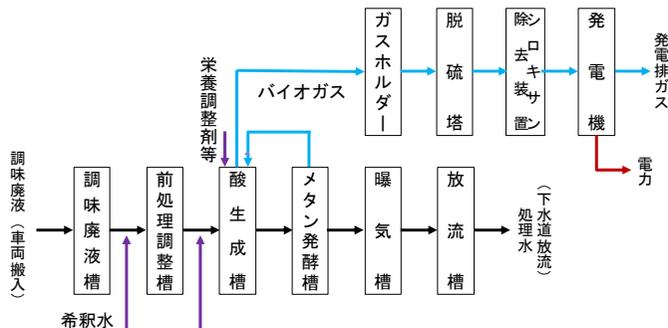


図-2 処理フロー (当初計画)

## 2. 事業の内容

### (1) 事業経緯

梅調味液の主成分は梅干しに甘みを加えるため砂糖やぶどう糖等の糖類である。調味過程で梅干し中の塩分が液中に移行するために塩分濃度が高い。このような排水は、活性汚泥処理等の一般の有機性廃水処理法では適切な前処理等を行わない場合には障害が発生する。

従前の梅調味廃液処理については、マテリアルリサイクルを考慮した手法が提案されてきた<sup>34)</sup>。ただし、これらの手法は廃液処理には実用化はされてこなかった。

本事業ではマテリアルリサイクルからサーマルリサイクルに発転換を行い、かつ、再生可能エネルギー活用の支援事業であるFit制度を活用することで事業採算性を向上させて、独立の事業として成り立つものとして構想された。事業実施までの時間経過は表-1に示すとおりである。

### (2) 事業の枠組み

本事業の関連セクターの枠組み構成を図-1にまとめる。

なお、事業開始後、地元自治体の対応の変化があつて枠組みが一部変更されているが、本報では事業開始時に着想された計画(以下、「当初計画」)に基づいて説明を行う。事業者であるN社とM社は梅食品加工事業者からの廃液処理委託費とFit制度を活用した売電収入によって事業収入を得て、事業継続が可能となる。梅加工食品製造事業者は概ね30千円/tの費用で産廃処理委託を行うか、自前の処理施設を設けて処理を行ってきた。本事業によって半額以下の費用(18千円/t)での委託が可能となる。この額は事業会社Aが保有している排水処理施設の処理原価も下回るものとして設定しており、梅食品加工事業者は原価縮小というメリットがある。地元自治体にとっては仕上げ処理に下水道終末処理施設の利用することで下水道収入の大幅な増加を見込むことができる。



図-3 処理施設全景(パース図)



写真-1 反応槽及びガスホルダー全景

表-3 処理施設設計諸元

| 項目          |                         | 諸元           |               |
|-------------|-------------------------|--------------|---------------|
| 施設名称        |                         | 中田食品バイオガス発電所 |               |
| 受入<br>廃液    | 水量(m <sup>3</sup> /日)   | 20           |               |
|             | 水質<br>(mg/L)<br>(pH以外)  | pH           | 2.7           |
|             |                         | BOD          | 118,600       |
|             |                         | CODcr        | 313,300       |
|             |                         | SS           | 123           |
| 希釈水<br>(井水) | 水量(m <sup>3</sup> /日)   | 420          |               |
| 処理水         | 水量(m <sup>3</sup> /日)   | 500          |               |
|             | 水質<br>(mg/L)<br>(pH以外)  | pH           | 6~8           |
|             |                         | BOD          | 200 (Max 600) |
|             |                         | SS           | 200 (Max 600) |
| バイオ<br>ガス   | ガス量(Nm <sup>3</sup> /日) | 2,284        |               |
|             | メタン(Nm <sup>3</sup> /日) | 1,713        |               |
| 発電量(kWh/日)  |                         | 5,653        |               |

このように、本事業では関係するセクターがそれぞれメリットを享受できるwin-winの関係が成立している。

事業者であるN社とM社と設計・施工のS社の役割分担は表2にまとめるとおりである。N社とM社は共同で事業企画を行った。(公財)わかやま産業振興財団の「わかやま中小企業元気ファンド」の事業補助の一部でS社に処理実証実験を委託して設計条件を固めた後、N社の発注でS社が設計・施工で施設を建設した。施設の内、廃液処理・バイオガス製造施設はM社が借用して廃液処理事業を行う。廃液はN社以外からも受け入れて事業の拡張を図ることができる。バイオガス発電施設はN社が所有して、発電した電力をFi制度を利用して売電する。施設の運転・管理はM社が受託して行う。S社は、同社のノウハウで特殊な廃水である梅調味廃液の処理フローや設計諸元を確定して、設計・施工を行うとともに施設の運転管理について竣工後も支援を行う予定である。

### (3) 廃液処理・バイオガス製造・発電施設の概要

施設の処理フローを図-2に示す。また、施設全体のパース図を図-3、主要な反応槽の全景を写真-1に示す。

施設設計諸元は表-3に示すとおりである。メタン発酵装置については、高濃度廃水の高速処理が可能なEGSB法を採用している。EGSB法は、微生物固定化式の嫌気性処理技術に分類されるが、微生物を固定化する充填材や担体を設置・投入する必要がなく嫌気性微生物をグラニューール(粒状)汚泥として嫌気発酵槽下部に汚泥層として保持する方法で、UASB法の改良型として開発された処理法である。

対象汚水は特殊な廃水であったため施設設計条件については、(公財)わかやま産業振興財団の助成事業「わかやま中小企業元気ファンド」の助成を受けた調査研究の一環として行った事前のピーカースケールの処理実証実験を行って確定した。主な検討項目としては希釈倍率、栄養剤の種類・量、前処理の必要性と方法等である。

希釈については、NaCl濃度が高すぎるために調整が必要である。また、嫌気処理後のBOD濃度を下水道放流基準の許容範囲にするため調整を行っている。

栄養剤については、廃液の含有物構成として栄養塩が大きく不足しているために補給を行っている。

また、EGSB法の特徴として汚泥発生量は少ないことが挙げられる。多少の発生があるものの、現状では発生汚泥の他所での活用が可能であるため、汚泥処理設備を設けていない。

### (4) 事業の状況

施設は2019年3月に竣工して稼働を開始した。ただし、公共下水道放流について地元自治体との調整の関係で現状では放流量を制限されている状況である。そのため、処理量(受入量)は計画に対して少ない状況であり、2019年6月~2020年5月の1年間で約56m<sup>3</sup>/月となっている。

現在、処理水を河川放流とすることで工事が終了して、必要な手続きを行っており、年末~年始にかけてフル稼働が可能な状態にできると見込んでいる。

表-4 発電による GHG 排出削減効果

| 項目        | 単位                     | 数値       |
|-----------|------------------------|----------|
| 計画発電量     | kWh/日                  | 5,653    |
| 稼働日数      | 日/年                    | 300      |
| GHG排出原単位* | t-CO <sub>2</sub> /kWh | 0.000462 |
| GHG削減量    | t-CO <sub>2</sub> /年   | 784      |

\*: 環境省温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度<sup>5)</sup>

表-5 比較施設の概要

| 項目   |         | 諸元等      |                       |
|------|---------|----------|-----------------------|
| 設計諸元 | 梅調味廃液   | 流量       | m <sup>3</sup> /日 8.0 |
|      |         | 水質       | BOD mg/L 160,000      |
|      | 工場生活系廃水 | 流量       | m <sup>3</sup> /日 242 |
|      |         | 水質       | BOD mg/L 180          |
| 処理方式 | 水処理     | 2段活性汚泥処理 |                       |
|      | 汚泥処理    | 脱水       |                       |

表-6 インベントリ分析の対象項目

| ライフサイクル段階 | 区分         | 対象項目                 |
|-----------|------------|----------------------|
| 建設時       | 資材消費       | 主要水槽資材製造<br>主要機器素材製造 |
|           | 施工         | 対象外                  |
| 供用時       | 資材・エネルギー消費 | 消費電力の発電<br>薬品等       |
|           | 外部委託       | 汚泥処理 (委託)            |
|           |            | 下水道放流 (下水処理)         |
| 廃棄時       | 対象外        |                      |

### 3. 事業の環境保全効果

ここでは、当初計画に基づいた温室効果ガス（以下、「GHG」）排出削減効果についての検討結果を述べる。

#### (1) 発電によるGHG排出量削減効果

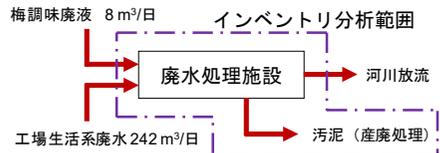
直接的なGHG削減効果として発電による削減量の計算を表-4に示す。

発電量は5.6千kWhとなり、概ね年間の1世帯当たりの年間電力消費量に匹敵する値である。計画では年間300日の稼働を予定しており、フル稼働した場合には年間約300世帯分の発電量となり、GHG排出削減量もその世帯数の電力消費分ということになる。

2020年度時点におけるFit制度における電力買取価格はバイオマス由来のメタン発酵ガスが該当し、39円＋税/kWhとなっている<sup>7)</sup>。この価格を適用した場合、年間300日フル稼働として約66百万円（＋税）の売電収入が得られることになる。

#### (2) LCAによるGHG排出量削減効果

本事業で使用している嫌気性消化法は本来的に省エネ



注：梅調味廃液分はBOD負荷量で按分して求める

図-4 比施設のインベントリ分析範囲

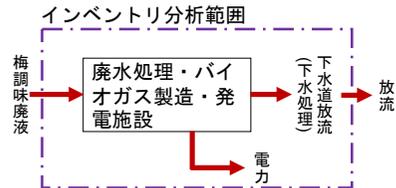


図-5 対象施設のインベントリ分析範囲

な処理方式である。また、汚泥の発生量も非常に少なく、この点でも省エネ性能が高い。これらの点の効果を計量するために、ライフサイクル分析によって既存の処理施設との比較を行った。比較対象としてはN社工場の廃水処理施設（以下、「比較施設」とした。施設の概要は表-5に示すとおりである。

インベントリ分析の範囲は表-6及び図-4、5に示すとおりである。

当事業の処理施設（以下、「対象施設」）では、建設時の資材、素材の消費量はS社の設計資料に基づいてモデル的に計算した値である。供用時の資材・エネルギー消費量では電力消費量はS社の設計資料における動力リストから各機器の稼働時間と負荷率を設定して計算した。薬品等の消費量はS社の設計資料の数値を用いた。なお、建設時の施工と廃棄時における排出量は筆者らの既往の類似施設での検討<sup>8)</sup>やLCAマニュアルでの計算事例等<sup>9)</sup>から全体に占める寄与が小さいことがわかっているので、対象外とした。

比較施設の検討範囲は廃水処理施設範囲であるが、工場からの生活系排水との混合処理を行っている。このため梅調味廃液分は、BOD流入負荷量で配分を行った。建設時については詳細な設計資料が入手できなかったため、モデル的な設計計算を行って機器等の性能を設定して、機器重量・資材消費量を想定した。

計算に用いたGHG排出量原単位は表-7にまとめるとおりである。基本的には2011年版3EID<sup>10)</sup>、産業連関表2011年表部門別品目別生産額表<sup>11)</sup>を用いて計算した結果である。ただし、電力については東日本大震災の影響を受け

表-7 インベントリ分析に用いた GHG 排出量原単位

| 項目       | 単位                                | 数値    |
|----------|-----------------------------------|-------|
| 生コンクリート  | t-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | 0.354 |
| 鉄筋       | t-CO <sub>2</sub> /t              | 1.270 |
| 鋼板       | t-CO <sub>2</sub> /t              | 2.361 |
| SUS      | t-CO <sub>2</sub> /t              | 3.452 |
| FRP      | t-CO <sub>2</sub> /t              | 5.783 |
| PE       | t-CO <sub>2</sub> /t              | 1.748 |
| 電力       | t-CO <sub>2</sub> /MWh            | 0.550 |
| 苛性ソーダ    | t-CO <sub>2</sub> /t              | 0.842 |
| 活性炭(粒状)  | t-CO <sub>2</sub> /t              | 3.304 |
| 脱硫剤(炭カル) | t-CO <sub>2</sub> /t              | 0.162 |
| 栄養剤(医薬品) | t-CO <sub>2</sub> /百万円            | 3.006 |
| 下水処理     | t-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | 0.513 |

て同年の値は異常値と考えた。電力と3EIDによって算定できなかった下水処理は、原単位は筆者らの別途の検討値<sup>12)</sup>を採用した。また、栄養剤は内容が不明のため、該当する部門の出荷額当たりの原単位を用いた。

検討結果を図-6に示す。全体で約1.0 千t-CO<sub>2</sub>/年の削減になっており、発電による削減を除いても約100 t-CO<sub>2</sub>/年の削減効果があることがわかった。供用時の排出量が大きくなっている。その要因は電力消費によるものが大きいですが、電力だけでなくpH調整用の苛性ソーダの製造時の負荷量も大きな要因になっている。

#### 4. まとめ

本事業は、単に特定地域で排出量が大きい産業廃棄物を処理する産業廃棄物事業が成立するだけではなく、従前に比して格段に低価格な梅調味液の処理費を実現することで、地域の主要産業である梅加工食品産業全体の産業基盤の強化に寄与することができる。加えて廃水の放流回避による水質改善、GHG排出量の削減による地球環境への貢献も期待できる。これは一企業のCSRの向上のみならず、世界農業遺産となっている「みなべ・田辺の梅システム」の指定において強調された地域の環境保全に対して完全性の向上につながるものと言える。そして、これらを通して持続可能な地域社会の構築に貢献できるものと考えている。

#### 参考文献

- 1) みなべ・田辺地域世界農業遺産推進協議会：みなべ・田辺の梅システムとは、GLAHS UME SYSTEM HP, <https://www.glahs-minabetanabe.jp/ume-system/> (2020.8 閲覧)
- 2) 環境省：河川の水質ベスト5、ワースト5、水環境総合サイト・全国の水環境, <https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/Bunpu/allasp> (2020.8 閲覧)
- 3) 和歌山県工業技術センター：微生物によるウメ調味液の

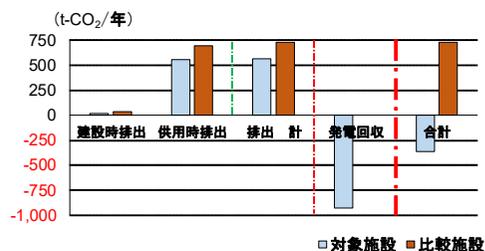


図-6 既存施設との GHG 排出量の比較結果

活用技術, 和歌山県工業技術センター2018 テクノガイド, pp.10-11, 2018.3

- 4) 岩橋千愛, 金山裕亮, 東順一: 梅酢の脱塩と梅塩の製造について—調味梅製造工程における調味料の脱塩による再利用を目指して—, 日本海水学会誌, vol.67 No.4 pp.208-2011, 2013
- 5) 環境省: 電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用) —平成 30 年度実績— R2.1.7 環境省・経済産業省公表, 【一般送配電事業者】関西電力(株), 温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度, [https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calco2\\_coefficient.pdf](https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calco2_coefficient.pdf) (2020.8 閲覧)
- 6) 環境省: 建て方別世帯当たり年間電気消費量(固有単位), 家庭部門の CO<sub>2</sub> 排出実態統計調査(家庭 CO<sub>2</sub> 統計) のご紹介, <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/kateico2tokei/resul3/detail3-1.html> (2020.8 閲覧)
- 7) 資源エネルギー庁: 固定価格買取制度・買取価格, なっとく! 再生可能エネルギー, [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saieen/kaitori/fit\\_kakaku.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saieen/kaitori/fit_kakaku.html) (2020.8 閲覧)
- 8) 土木学会地球環境委員会: 運転時の負荷が大きい上下水道施設の環境負荷の評価, 土木建設業における環境負荷評価(LCA) 研究小委員会講演要旨集, pp.57-62, 1997.8
- 9) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 下水道における LCA 適用の考え方, 国土技術政策総合研究所資料 No.579, 2010.2
- 10) 国立環境研究所: 産業連関表による環境負荷原単位データブック 3EID, 2011 年 GHG 排出量. <https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/datafile/embedded/2011/395.html> (2019.9 閲覧)
- 11) 総務省: 産業連関表 2011 年 部門別品目別生産額表, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200603&tstat=000001073129&cycle=0> (2019.9 閲覧)
- 12) (公財) 廃棄物・3R 研究財団: 平成 24 年度し尿・浄化槽汚泥からのリン回収・リ活用推進検討業務 報告書, 平成 25 年 3 月

(Received June 19, 2020)

## DEVELOPMENT OF THE BIOGAS POWER GENERATION BUSINESS UTILIZING PLUM SEASONING WASTE WATER AS LOCAL RESOURCE

Kohei MIYAMOTO, Shinichi KOGUSHI, Toru SHINOZAKI, Mineo TSURUMAKI,

The plum cultivation known as Nankou-ume and plum food processing are important industry in Southwest of Wakayama-ken. Most of the processed plum foods are seasoned umeboshi products that are desalted and seasoned. The waste liquid generated in the seasoning process have been heavy burden for the food processing companies, because of its high water pollution concentration . The concentration of waste liquid is 100 thousand mg/L or more as BOD and 300 thousand mg/L or more as CODcr. The biogas power generation business, which is reported on this paper, can dramatically reduce the treatment cost of the waste liquid by using methane gas recovered by anaerobic treatment. There are multiple benefits to this business effect. At first, the plum food processing companies can reduce the cost of the waste liquid treatment. And the contribution for the improvement of water environment in the region and reduction of GHG emission causing global warming can be realized.