

注目される最新技術・情報の話題紹介

ー環境計画センター通常総会での講演テーマからー

今年6月12日に京都市・近畿地方発明センター第一会議室において開催された第27回環境計画センター（会長：植田和弘・京都大学大学院教授）の通常総会において、最近の注目される技術・情報5件の話題が提供された。紹介時間が各20分と限られ、概要説明に留まっているが、話題になっているテーマの概要を垣間見ることができる。各講演者より改めて本誌向けに寄稿していただいた内容は以下のとおりである（敬称略）。

【話題①】《基調講演》「シェールガスの現状と課題」

…高橋明男（技術士；化学部門）

天然ガスよりも埋蔵量が多く、CO₂発生量が石炭よりも約4割も少なく、かつ価格が安いなど世界のエネルギー状況に大きな変化をもたらしている。現在は技術のあるアメリカだけで採取され、その量は年間約3千億m³で安価に供給されており、原油の下落に大きな影響を及ぼしている。が、地下岩盤の破碎による岩盤亀裂、地下水の汚染など多くの課題があることが報告された。

【話題②】「再生可能エネルギーの実像 ーその光と影 ースペイン・ドイツの事例に学ぶー」

…環境計画センター専任理事 鍵谷 司（技術士；衛生工学、環境、建設）

FIT制度は、再生可能エネルギーによる発電が拡大すると消費者の電気代が限りなく上昇する仕組みであり、生活への影響は避けられない。すでに、この制度を導入して自然エネルギーが急速に拡大したスペインでは電気使用者の負担が大きく、政府の財政破たんの一因となり、この制度を突如廃止し、社会問題になっている。また、原発廃止を決めたドイツでも自然エネルギーの拡大を実践しているが、電気代の負担増や逆にCO₂排出量の増加など様々な問題が表ざたになっている。日本の場合は、これら先進事例を参考にしながら原発依存度を低下させ、再生可能エネルギーの拡大を目指しているが、その光と影に焦点をあてて調査したので紹介した。

【話題③】「エネルギー源としての固形燃料（RDF）の方向性」

…公益財団法人廃棄物・3R研究財団上席研究員 渡邊洋一

MBT（Mechanical Biological Treatment）方式とは、分別されていない混合状態の廃棄物を機械的に分別・選別し、生ごみと可燃ごみを別々に処理してリサイクルする方式である。MBT方式の一つとして、分別・選別した生ごみをメタン発酵しバイオガス発電、可燃ごみを固形燃料（RDF）化して熱利用する方式を提案する。このような方式が、焼却炉発電による廃棄物エネルギー回収及びCO₂削減が難しい中小規模自治体のごみ処理方式として普及の可能性があるか検討した。

【話題④】「ASB（土壌微生物活性化）システムによるし尿処理技術」

…クボタ環境サービス(株) 植地俊仁

し尿を活性汚泥法で処理すると余剰の汚泥が発生し、焼却や堆肥化などの処理が必要になる。当該システムは、多くの様々な微生物を含む活性汚泥中のバチルス属細菌を優占化する事により様々な効果を発現するシステムである。実証試験で得られた汚泥量の削減、臭気の低減や維持管理費の削減効果等について報告した。

【話題⑤】「丘陵地質から見た近畿の活断層」（未稿）

…環境計画センター副会長 中川要之助

近畿の丘陵の地質研究による第四紀の自然史の編纂を目指しているが、その中で170～130万年前の芝の不整合と約40万年前の満池谷不整合が大きい出来事である。断層や火山活動を伴う大規模な地殻変動で新旧の地層の関係に不整合が生じるが、芝の不整合と満池谷不整合はいずれも、近畿だけでなく日本列島、さらには地球規模の大規模な地殻変動で生じたものと考えられる。とくに、近畿の活断層の歴史に着目した六甲変動に準拠した活断層の分布などについて報告した。

《基調講演》シェールガスの現状と課題について

環境計画センター 学識会員

(技術士；化学部門、エネルギー管理士) 高橋明男

1. シェールガスの概要

シェールガスは、現状における採取可能年数は40年程度、米国における埋蔵量は24.4兆 m^3 で、技術のある米国の採取量は年間約3千億 m^3 で、価格は6円/kWhと安価である。また、 CO_2 排出係数は軽油比の約75%に相当するクリーンで有望な熱資源である。環境問題としては使用する水の化学物質の地下水汚染がある。

2. シェールガスの存在箇所

図1の黒帯状に示される場所で、固く薄片状に剥れ易い頁岩（シェール）層に微細な割れ目に貯溜し、そのままでは採り出せない状態。経済的なガス採取対象は地下1,000～5,000mと深い。浅い地層では圧力が低く水分の多い恐れがあり、深い地層ではガスの浸透率が低く、掘削・仕上げコス

トが高いリスクがある。

3. 採取技術

米国は2000年代に入り、頁岩に500～1,000気圧の水圧で人工的に大きな割れ目を作り、水平坑井、水圧破碎、割れ目広がり穿孔（フラクチャー形成）、更にプロパントと称する砂状物質をジェルに混ぜてフラクチャーに圧入させてガス通路の目詰り防止処置をして経済的なガス採取生産ができるようになった。

4. シェールガスの主要採取可能埋蔵量と生産量
国の順位

①主要埋蔵量（兆 m^3 ）；中国（36.1）、米国（24.4）、カナダ（11.0）であるが、砂漠地帯に埋蔵されていても水がないので採取が難しい。

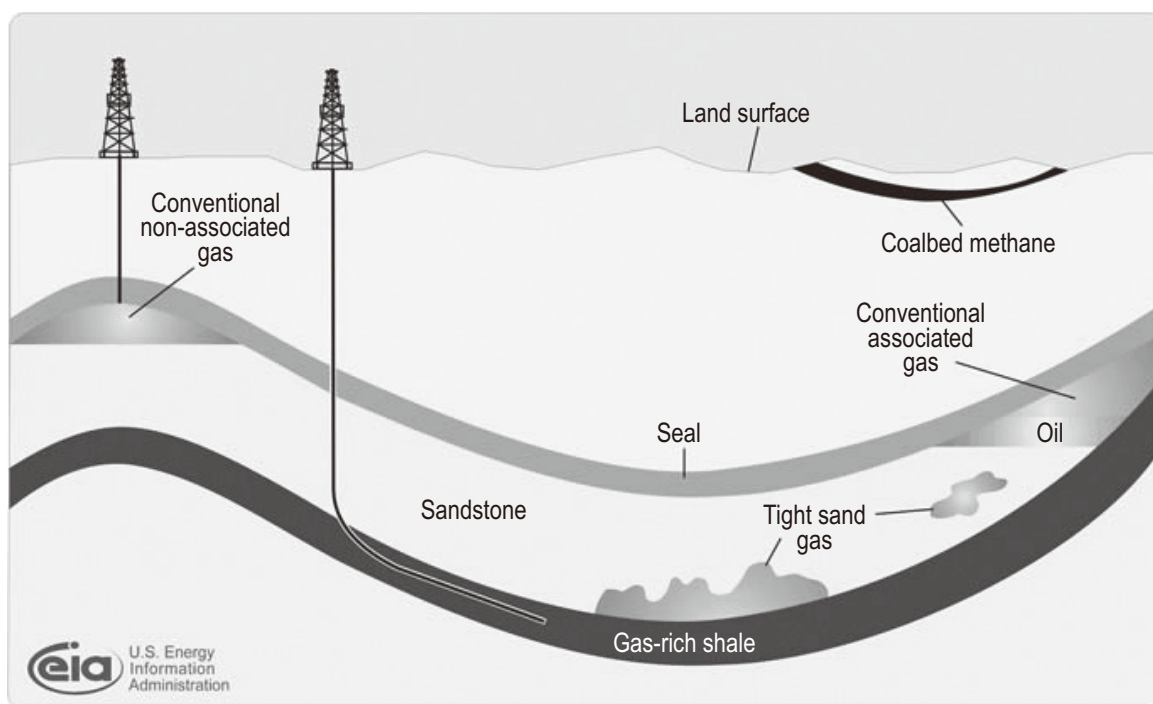


図1 地層中のシェールガスの分布と採取技術

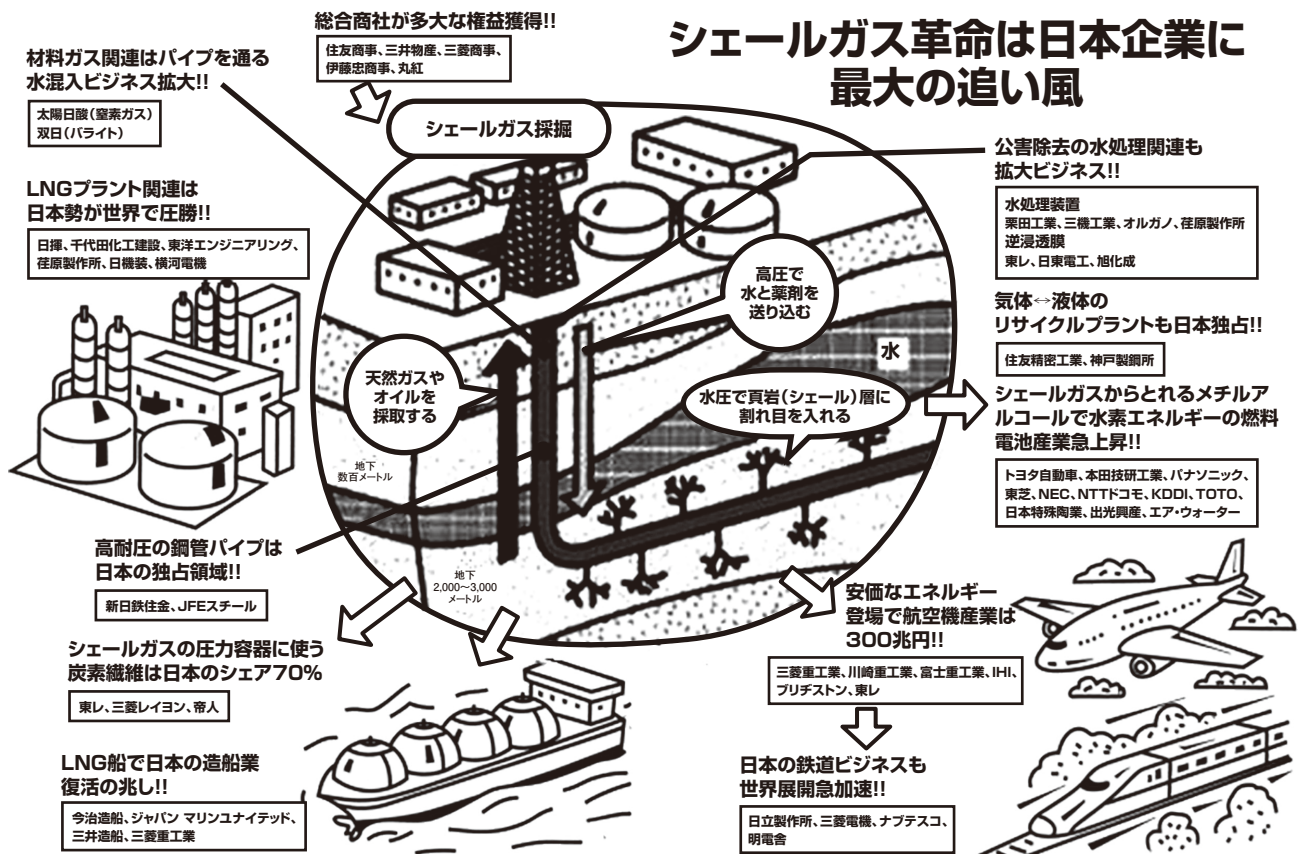


図2 日本のシェールガスの業界対応状況図

②生産量；米国（3,000億 m^3 ）、ついでカナダ、中国

5. シェールガスの経済と価格

米国での価格6円/kWhと安価であるので、原油価格が下落傾向にある。輸送産業・化学産業の原料に大きな影響があり、米国は天然ガスの輸入国から輸出国に変わるという状況にある。

6. シェールガス開発の課題

使用水中の水砕破壊（フラクチャリング）用薬剤；ベンゼン等の化学物質による地下水の汚染、掘削時のガス火災発生等で米政府規制の動き情報がある。

7. 日本のシェールガス業界の対応

大手各企業が活発に活動している。詳細は図2に記載している。技術面ではかなり参加有望の状況である。

8. まとめ

在来の石油・石炭や太陽光・風力等の再生可能エネルギーを総合比較した資料を表1に示した。経済性・安定性等を総合比較し結果では日本のシェールガスの業界では大手各企業が活発に活動しており、将来有望なエネルギーであると考えられている。

〈引用文献〉

- 1) 「シェールガス革命とは何か」伊原 賢、東洋経済新報社
- 2) 「シェールガス革命」泉谷 渉、東洋経済新報社
- 3) 「大特集 電力とエネルギー」『Newton』2012年1月号、伊原賢執筆協力

表1 発電方法ごとのコストと安全性などの比較表

発電方法	発電コスト	資源量	安全性	環境への負荷	発電量の安定性や調整	技術レベル
石油火力	10.0～17.3円/kWh	世界全体の採掘可能な資源量は、世界全体の消費量に対して数十年分以上。本国内の資源量はごくわずか	大きな問題なし	二酸化炭素を排出	調整可能	実現済み
石炭火力	5.0～6.5円/kWh	世界全体の採掘可能な資源量は、世界全体の消費量に対して百数十年分以上。日本国内には、日本の消費量に対して少なくとも数年分以上は存在	大きな問題なし	二酸化炭素を排出	調整可能	実現済み
天然ガス火力	5.8～7.1円/kWh	従来から生産されている「在来型」の採掘可能な資源量は、世界の消費量に対して60年分以上。日本国内の資源量はわずか	大きな問題なし	石油や石炭に比べれば、二酸化炭素の排出量が少ない	調整可能	実現済み
原子力	4.8～6.2円/kWh 見直し作業中	世界全体の採掘可能な資源量は、世界全体の消費量に対して約100年分	安全神話が崩壊 事故時の影響甚大	二酸化炭素排出なし 高レベル放射性廃棄物出る	一定の出力で発電	実現済み
水力(一般)	8.2～13.3円/kWh	世界全体の採掘可能な資源量は、年間1,364億ワット時。このうちおよそ7割は、すでに利用している	大きな問題なし	ダム建設による環境破壊	大体安定している、需要ピーク時上昇は可能。 渇水時には不足	実現済み
シェールガス	6～7円/kWh 従来の天然ガスと同程度	世界全体の採掘可能な資源量は、世界全体の消費量に対して、確認済みのものだけでも40年分。日本国内の資源量はわずかと考えられている	地下水汚染の可能性	二酸化炭素排出 採掘開始時にメタン放出危険性も	調整可能	実現済み
バイオ燃料(藻類)	現状では原油の約10倍。量産化等でコスト削減は可能	国内で、最大の年間2,600万トンほどか。 日本の石油輸入量の13%に相当	大きな問題なし	大きな問題なし	調整可能	実験室レベルでは実現
太陽光	37～46円/kWh 2030年には7円/kWhの目標	控えめ試算で1億5百万kW設備設置可能、日本全体の消費電力量10%発電。多めの試算では2億2百万kW設備設置可能。全体消費電力量20%発電	大きな問題なし	大きな問題なし	日射量に応じて大きく変動	実現済み
風力	陸上の場合9～14円/kWh 洋上の場合陸上よりは高い	日本風力発電協会の試算によると国内では、陸上・洋上を合わせて7億8,222万キロワットの設備を設置可能。計算上は日本全体の消費電力を全てまかなえる	大きな問題はないが、騒音・低周波音問題はあり	大きな問題なし 渡り鳥の衝突の可能性はあり	風況に応じて大きく変動	陸上は実現済み。 洋上浮体式は現地実験段階
地熱	条件のよい場所では10円/kWhをきる	開発に適した国内の熱水資源は、2,357万キロワット	大きな問題なし	大きな問題なし 温泉水枯渇の心配 指摘はある	ほぼ一定の出力で発電が可能	実現済み
高温岩体	9.0～18.0円/kWh	地下4キロメートルまで井戸を掘るとして、国内で3,840万キロワット	大きな問題なし	大きな問題なし	ほぼ一定の出力で発電が可能	小型現地実験終了
波力	将来的には数十円/kWh以下か	日本の海岸に打ち寄せる波のエネルギーだけで3,600万キロワット。沖合の波も含めれば、さらに膨大に	大きな問題なし	大きな問題なし 油圧ポンプの油漏れはやや心配	波の状況によって変動(太陽光や風力に比較すると、変動幅は小さい)	数年以内に現地実験を開始
海流	20円/kWh以下が目標	黒潮が流れるエネルギーの1年分は、日本の年間消費量の半分に匹敵	大きな問題なし	エネルギーの取り過ぎは海流の影響心配。5%なら問題小とされる	黒潮は常に流れてるが流路は年単位変動がある。蛇行し難い場所に設置	2020年ごろに現地実験を開始
海洋温度差	好条件の大規模(10万kW)プラントなら10円/kWhとの試算	日本の排他的経済水域海水の持つ熱エネルギーは1%を取り出すだけでも日本の年間消費量をまかなえる試算。日本近海では海面温度不足し効率悪い	大きな問題なし	大きな問題なし	低緯度地帯なら、ほぼ一定の出力で年間を通じて発電可能	小規模な現地実験はすでに終了
中小水力	大型水力発電の比較は規模小では高コスト	日本全体では、河川で1,650万キロワット。農業用水路で32万キロワットの設備に相当する資源が存在	大きな問題なし	大きな問題なし	水をためることができないため、季節変動がある	実現済み
燃料電池	初期の設備投資が高い	燃料の水素は通常元素だが単体ではほとんど存在しない化石燃料や水などにエネルギーを投入して生産の必要がある。酸素は大気中に存在	水素は燃焼しやすいため、安全利用の技術が重要	燃料の水素を化石燃料から得ると、二酸化炭素を排出	水素が安定供給できれば、調整は可能	実現済み

《引用文献》「大特集 電力とエネルギー」『Newton』2012年1月号、伊原賢執筆協力

再生可能エネルギーの実像 – その光と影 ～スペイン・ドイツの事例に学ぶ～

環境計画センター 専任理事

(技術士：衛生工学、環境、建設) 鍵谷 司

FIT 制度は、再生可能エネルギー（以下、再エネ）による発電が拡大すると消費者の電気代が限りなく上昇する仕組みであり、生活への影響は避けられない。すでに、この制度を導入して自然エネルギーが急速に拡大したスペインでは電気使用者の負担が大きく、政府の財政破たんの一因となり、この制度を突如廃止し、社会問題になっている。また、原発廃止を決めたドイツでも自然エネルギーの拡大を実践しているが、電気代の負担増や逆に CO₂ 排出量の増加など様々な問題が表ざたになっている。

日本の場合は、これら先進事例を参考にしながら原発依存度を低下させ、再生可能エネルギーの拡大を目指しているが、その光と影に焦点をあてて調査したので紹介した。

1. 日本の再生可能エネルギーの課題

1.1 再生エネルギー固定価格買取制度

固定価格買取制度（Feed-in Tariff、以下 FIT）とは、再エネによる電力供給を 20 年間等の長期にわたって「固定」した価格で、電力会社に高値で買い取ることを法律で義務づけたものである。その費用は賦課金として電気料金に上乗せされ、一般家庭を含めた電力需要家が負担する制度である。

原発事故後、原子力発電がすべて停止しても大きなトラブルもなく電力供給はできたが、その電源の約 9 割弱が輸入した化石燃料に依存している。平成 24 年 7 月に始まった自然エネルギーを主体とする FIT による発電量が急増したものの、総発電量の 2 % 強にすぎない。

1.2 自然エネルギーの拡大と賦課金について

FIT による買取価格の変更は新規設備に適用さ

れるので、契約後約 20 年間にわたって契約時の固定価格で売電される。つまり、FIT 制度による発電が拡大すると電気使用者の負担が次第に大きくなるので、いずれで破たんするのではないかと危惧される。

2014 年度の賦課金総額は 6,500 億円（1 家庭当たり年間 2,700 円の負担）であった。この実績に基づくと、仮に再エネが 10% になると約 2 兆 9,500 億円で 1 家庭では約 1 万 2,300 円、25% で約 7 兆 3,860 億円で 1 家庭で約 3 万 600 円の負担に相当する。

今後、買取量の増加と共に賦課金の負担が急速に増加することが懸念されている。ドイツやスペインにおける買取制度の成功部分と失敗部分に学んで対応することが肝要である。

2. スペインの自然エネルギーの実像 ～その光と影～

2.1 スペインの電源構成と FIT の取り組み

スペインの電源構成は、当初の水力から安価な石油火力が中心となった。1994 年に FIT 制度が導入されたが普及に至らなかった。しかし、2007 年に買取価格が 30 円/kW から 58 円/kW に高くなったことから発電設備が 5 倍以上に増えた。その結果、2013 年には再エネが 40% を超え、とくに風力が 20% 以上に急増し、負担増から FIT が停止状態に陥っている。なお、原子力発電により電力需要の約 20% を賄っており、今後も原子力発電を維持するとしている。

2.2 FIT の普及・拡大と巨額の赤字の実態

急激な普及拡大による賦課金の高騰が起っているにもかかわらず政府が電気料金の値上を認めないため、電力会社が巨額の赤字に陥った。2013 年

5月までの累積赤字額は約3.6兆円、しかも、毎年4,000億円程度の赤字が見込まれた。

その解決策として政府が電力赤字償還基金を設立し、電力会社の債権を買取り、政府保証付きで債権を販売（証券化）する特別措置が講じられた。結局、政府が赤字を肩代わりするのであり、いずれ電力料金の引き上げに直結する。国の歳入が40兆円程度なので、国家予算の1割にも相当する巨額の赤字額は国の財政破たんの大きな要因であると言われている。

2.3 不安定電力の普及と安定供給システムとは！

スペインではすでに40%強を自然エネルギーに依存しているが、問題は起こっていない。欧州諸国ではお互いに電力を融通する連系線が整備されているが、この連系線以外に3つの仕組みにある。

- ①発電量の予測システム；48時間先までの電力量を1時間単位で予測できる。
- ②中央給電センターは、風力発電所と通信回線で結合して全国の系統を安定化できる。
- ③中央給電センターは、風力等との系統のバランスを保つ能力と権限がある。

日本の場合は、このような外部との電力配送システム、自然エネルギーの発電量の遠隔操作による制御、バックアップ電源など確立することなく実施されたため、自然エネルギーが拡大するにしたがって電力会社の受入が難しい状況になっている。

3. ドイツの自然エネルギーの実像 ～その光と影～

3.1 ドイツの電源構成とFITの取り組み

ドイツの電源構成は、当初は石炭が主流であったが、2000年の再生可能エネルギー法に基づく固定価格買取制度（FIT）により、再エネの発電比率の向上、CO₂排出量の削減及び原子力と化石燃料の依存度の低減に寄与した。しかしながら、当

初の見込みを大きく超える風力発電と太陽光発電の普及により、①送電網が再エネ発電量に追いついていない、②再エネ賦課金により需要家のコスト負担が大きな問題になっている。2000年にはわずか7%弱であったが2014年度には26.2%に達している。2017年に入札制へ全面移行し、電源間の競争などに移行し自然エネルギーの抑制策が講じられる。このように自然エネルギーの増加は電力の安定供給のために様々な仕組みが必要になる。ドイツではバックアップ電源として国内の褐炭発電所が増加しており、CO₂排出量の増加の要因となっている。

3.2 FITの普及に係る諸問題

ドイツでは原発ゼロを目指して再生可能エネルギーの普及を目指しているが、普及率が高まるにつれて様々な問題が明らかになった。

- ①賦課金の負担増；再生可能エネルギー普及に応じて負担が増加
- ②雇用拡大に寄与しない；従来の火力プラントと比較して従業員数はわずか
- ③発電量が不安定；バックアップ電源が必要、褐炭発電所に依存
- ④二酸化炭素排出量が増加（ドイツの事例）
- ⑤余剰電力問題；余った風力発電量を使いきれなく諸外国へ配電
- ⑤経済効果；設備は安価な外国製であり、国内経済への寄与は小さい。
- ⑥送電網の整備；風力発電地帯と電力大量消費地帯が離れており、送電量が限られるため、送電線を4系列の整備が進められているが、膨大な費用と年月を要する。

※ドイツが原発を止めた本当の理由；政治的な圧力があり、再生可能エネルギーに転換しなければ、選挙には不利との事情があるとの報道が多い。

以上、ポイントのみ記載しました。

エネルギー源としての固形燃料（RDF）の方向性（その１）

公益財団法人廃棄物・3R研究財団

上席研究員 渡邊洋一

１．はじめに

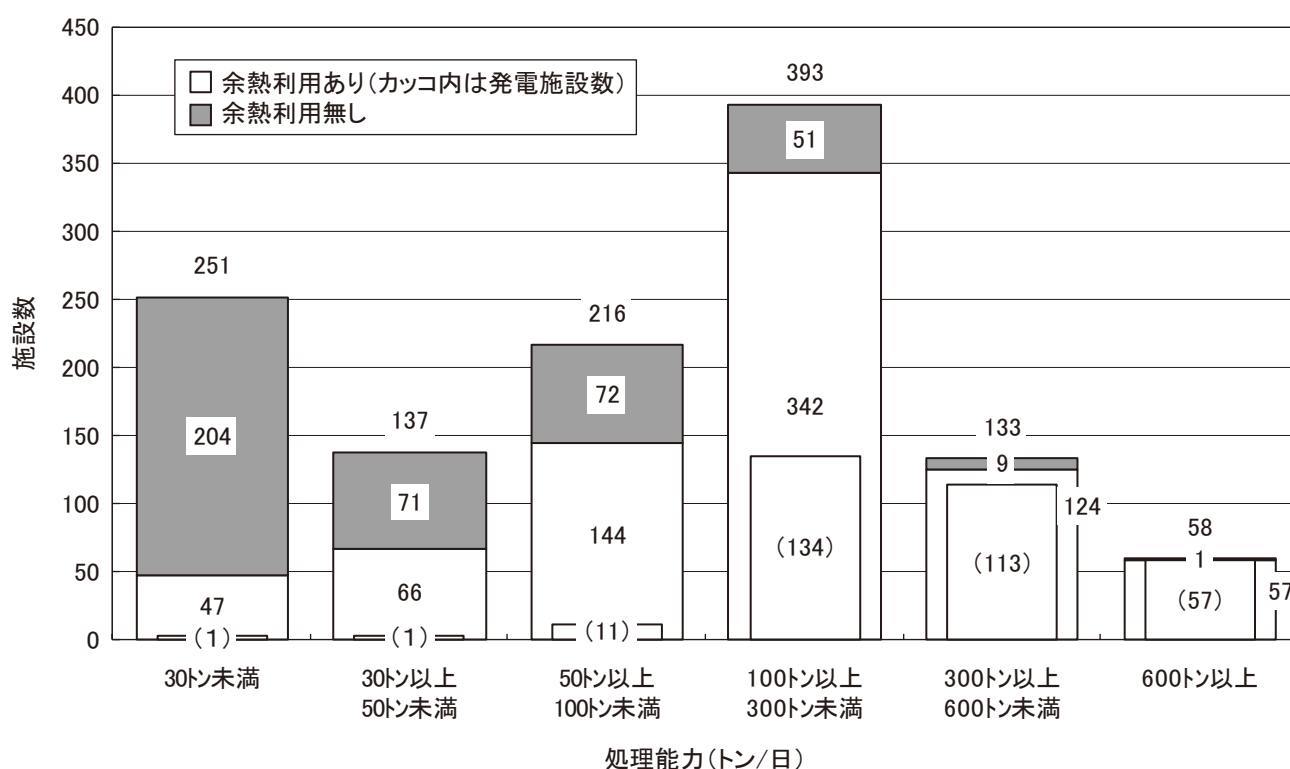
中小規模自治体の廃棄物エネルギー回収方策として、廃棄物系バイオマスの利活用が推奨されている。廃棄物系バイオマス利活用については、循環型社会の形成だけでなく、温室効果ガスの排出抑制にも資する。このため例えば、メタンを高効率に回収する施設と一定以上の熱回収率を有する廃棄物処理施設を組み合わせるなど、効率的な廃棄物系バイオマスの利活用を進める方策が提案されている。

一方、ごみ量100t/日未満の中小規模自治体においては、ごみ焼却施設発電は言うまでもなく余熱利用施設の設置も進んでいないのが現状である

（図１）。ここでは、中小規模自治体の廃棄物処理方式として、メタン発酵と固形燃料製造をコンバインドした（メタン発酵＋固形燃料化）方式がエネルギー源としての固形燃料（RDF）の方向性となるかどうか可能性を探る。

２．固形燃料（RDF）（以下RDF）事業の現況と課題

平成24年度の廃棄物・3R研究財団（以下当財団）のアンケート結果では、全国52施設94市町村の年間680千トンの一般廃棄物から372千トンのRDFが製造され、RDF発電所で275千トン、熱利用等で97千トン利用されている（表１、表２）¹⁾。



〈出典〉一般廃棄物処理実態調査（環境省）

図1 ごみ焼却施設の処理能力別の発電、余熱利用状況（平成24年度）

表1 RDF施設規模と製造量（平成24年度）

RDF施設規模	施設数	市町村数	ごみ処理量（千t/年）	RDF製造量（千t/年）
100t/日以上	11	20	389	219
100t/日以下	41	74	291	153
計	52	94	680	372

表2 RDF利用先と利用量（平成24年度）

RDF利用方法	施設数	市町村数	利用量（千t/年）
RDF発電所	30	56	275
熱利用（蒸気）等	22	38	97
計	52	94	372

RDFの熱利用に関しては、ここ10年間の重油価格高騰に伴い、熱利用価値が大幅に好転したため熱利用先が増加しつつあるが、RDF製造施設の新設は、ほとんど無い状況である。原因はいくつかあるが、以下に主なものをいくつか挙げる。

RDF性状に関しては、発火原因が究明され法的にも安全対策が確立されている²⁾にも関わらず、維持管理の不備から、製造施設での火災事故があり妨げとなっていること、比較的塩素分が高いため熱利用時に伝熱管腐食の原因となること、RDF製造工程で乾燥用化石燃料（灯油等）を使用すること等がある。

流通に関しては、熱利用と発電の市場が未成熟であることが挙げられる。熱利用の場合、利用者側は重油代替燃料としての収益が大きいのが、供給者側（RDF製造者・自治体）は、安価なRDFの販売による収益しかなく、利用先が遠距離のため輸送費が高むと逆有償となる。

因みに、類似の固形燃料（RPF）（以下RPF）の場合には、産廃プラから製造するので、供給者側（RPF製造者・産廃事業者）は、産廃プラ処理の受託収益と販売収益の両方を享受出来、収益がRDFと比較して大きい。このため供給者側（RPF製造者・産廃事業者）は、RPF製造施設を新設するインセンティブが働く。

RDF発電の場合も同じで、RDF発電所は傘下の

RDF製造施設からチップングフィー（処理費）を徴収しなければ経営が成り立たなく、RDF製造施設を運営する自治体には、RDF製造費用（ごみ処理費）に加えてチップングフィーのダブルの負担が比較的大きいと評価されている。

これらのRDF事業の諸課題は、平成14年当時ダイオキシン類対策としてRDFが急速に普及した頃からの課題であり、いずれも致命的な課題ではないことはグッドプラクティスがあることから明らかである。RDF事業は、ダイオキシン類対策としては一定の効果はあったが、事業として維持・拡充する方策がないまま現在に至っている。しかし、この間に社会環境は大きく変化し、RDFの本来の利点である中小規模自治体の廃棄物エネルギーの回収及び温室効果ガス排出量削減の重要性が増している。

これらのRDF事業の諸課題の解消に取組み、RDF事業を事業として成立させて行くための方策を考える時期に来ている。

3.（メタン発酵＋固形燃料化）方式の普及の可能性

ここでは、中小規模自治体の廃棄物処理方式として、（メタン発酵＋固形燃料化）方式が普及するかどうか可能性を検討する。ごみを生ごみと可燃ごみに分別収集又は機械分別により、生ごみと可

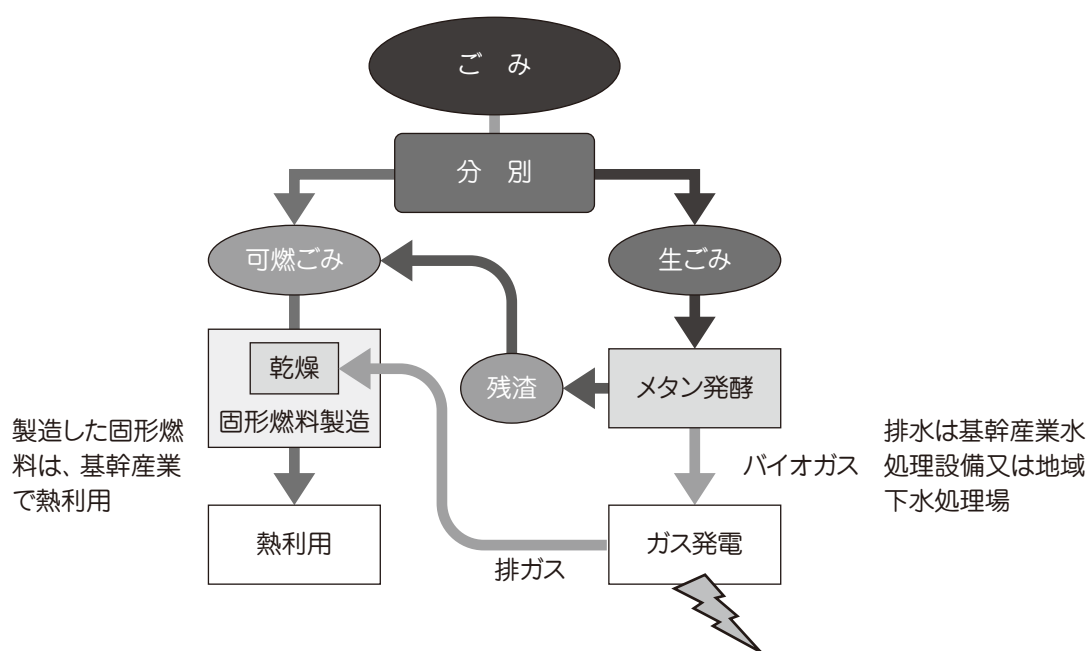


図2 (メタン発酵+固形燃料化)方式

表3 生ごみ(注1)破碎分別後残渣の洗浄・脱水試験結果

試験	生ごみ破碎分別後残渣 (生ごみ付着プラ袋・容器)			洗浄・脱水後プラ(固形燃料)					分離後スラリー(メタン発酵)			
	重量 (wet) kg	含水率 %	重量 (dry) kg	重量 (wet) kg	含水率 %	嵩比重 (t/m ³)	重量 (dry) kg	重量比 (dry)	重量 (wet) kg	含水率 %	重量 (dry) kg	重量比 (dry)
I	522	63	193	74	22	0.025	57	30%	449	70	136	70%
II	1,543	74	401	167	33	0.050	112	28%	1,376	79	289	72%

(注1) 生ごみ(事業系-廃生ごみ40%+家庭生ごみ60%)



写真1 生ごみ破碎分別後残渣
(生ごみ付着プラ袋・容器)
重量比100%
含水率60~70%

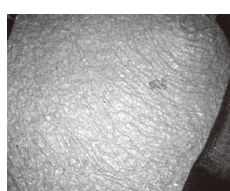


写真2 分離後スラリー
(メタン発酵)
重量比70%
含水率70~80%

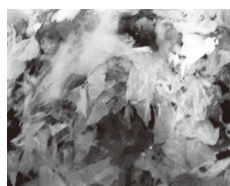
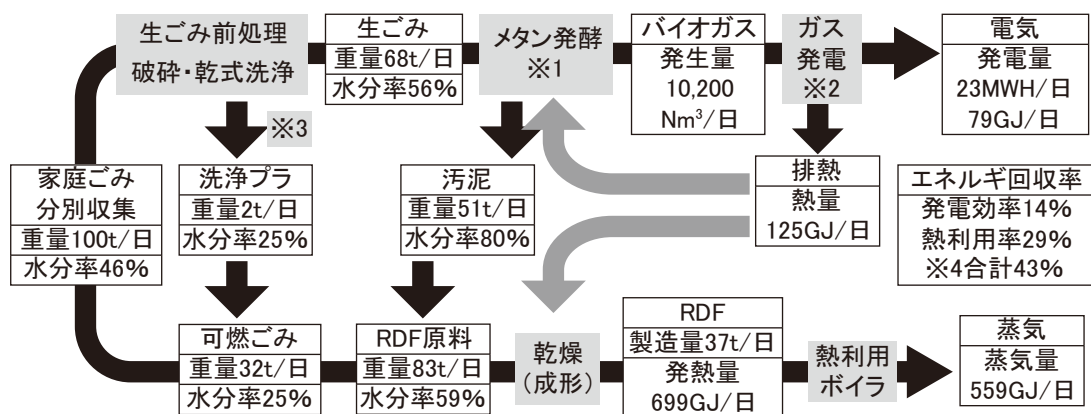


写真3 乾式洗浄後プラ
(固形燃料)
重量比30%
含水率20~30%

燃ごみに分別して生ごみはメタン発酵によりバイオガスを取り出しガス発電をする。可燃ごみはメタン発酵残渣と共にガス発電の排ガスにより乾燥して固形燃料として熱利用する方式である(図2)。

RDF性状に関しては、生ごみ由来の発酵成分が

減少し火災事故のリスクが減ること、乾燥用化石燃料が削減されること、生ごみ由来の無機塩素によるRDFの塩素含有量が減少する等のメリットがあると考えられる。但し、生ごみ中の可燃ごみ(特にプラ)の機械選別が良好に出来ること、メタン



注：環境施設No.139 2015.3「次世代ごみエネルギー利用システムごみ固形燃料（RDF）化技術の可能性」引用編集

- ※1 高効率原燃料回収施設の交付要件：150Nm³/生ごみton-メタン50%以上を満足（メタン濃度50%時のバイオガスの熱量17,900kJ/Nm³）（発電/熱の等価係数0.46）
- ※2 発電量（MWH/日）= 150 × 17,900 × 0.46 / 3,600（kJ/kwh）× 68 / 1,000（kwh/MWH）
- ※3 前処理機械分別（破碎・乾式洗浄）テスト結果表3参照
- ※4 エネルギー回収率=発電効率+熱利用率=14%+29%=43%
熱利用率=699.000MJ/日 × 0.46 / (8,800MJ/ton × 100ton/日) × 0.8（ボイラ効率）=29%

図3 （メタン発酵+固形燃料化）方式の収支とエネルギー回収率試算

発酵からの排水を下水放流可能とすること等が条件となる。表3および写真1～3に生ごみ破碎分別後残渣の洗浄・脱水試験結果を示す。生ごみは、可燃ごみと分別して収集しても生ごみ単品以外にプラ製容器や袋と混合状態で収集される。そのため、生ごみ破碎分別後の残渣量は元の生ごみの20%近くあり、プラ容器と袋を乾式洗浄することにより、生ごみと分離して可燃ごみと併せて固形燃料の原料とすることが望ましい。乾式洗浄試験結果は良好でプラ容器と袋は、生ごみスラリーと分離可能である。

RDFの流通に関しては、供給側（RDF製造者・自治体）が、（メタン発酵+固形燃料化）方式として成立させることが前提となる。そのためには、最近いろいろな形の発注形態が行われているが、DBO方式など民間活力を導入する方法も考えられる。（メタン発酵+固形燃料化）方式は、国内でも

10年程前から提案³⁾・実施検討されており、海外（EU、韓国等）では、製造した固形燃料（フラフも含む）はSRF（Solid Recovered Fuel）と呼ばれ、既に実用化されている。

中小規模自治体の廃棄物エネルギー回収方策として、廃棄物系バイオマスの利活用となる（メタン発酵+固形燃料化）方式が普及するためには、既存のRDF事業で経験したRDF性状・流通の諸課題を克服すること及びエネルギー回収率、費用対効果、温室効果ガス排出量について他の方式と比較分析して優位であることが必要である。エネルギー回収率については、試算結果の一例を図3に示す。固形燃料を熱利用することで43%と大きなエネルギー回収率となり、温室効果ガス削減効果も大きいことが期待される。ここでは紙面の制約上比較分析については次回（その2）で報告する。

〈参考文献〉

- 1) 「エネルギー源としての固形燃料の活用方策」：平成27年3月 ブック財団15-01（公財）廃棄物・3R研究財団
- 2) 「発熱メカニズムに学ぶRDF製造施設の発火防止対策」：平成27年9月第26回廃棄物資源循環学会研究発表会
- 3) 「きれいに燃やして上手にリサイクル」：平成15年第2回環境再生技術交流会講演資料

ASB（土壌微生物活性化）システムによるし尿処理技術

クボタ環境サービス(株)

植地俊仁

1. はじめに

し尿処理では古くから活性汚泥法が広く利用されている。活性汚泥を利用した他の有機性排水処理分野では、20年以上前から活性汚泥中のバチルス属細菌を優占化することにより、従来の活性汚泥法に比べて汚泥発生量の低減、臭気の抑制、汚泥沈降性の改善、汚泥脱水性の向上などの効果を発現できることが報告されている。

この活性汚泥中のバチルス属細菌を優占化する技術をし尿処理に適用できるよう開発した技術がASB（Activation of Soil Bacteria: 土壌微生物活性化）システムである。

今回、東日本大震災の被災地である岩手県釜石市にある釜石・大槌汚泥再生処理センターにおいてASBシステムの実証試験を行い効果が確認されたので、その結果を報告する。

2. 実証試験方法

1) 実証施設

実証実験を実施した釜石・大槌汚泥再生処理セ

ンターの処理フローを図1に示す。85kL/日、膜分離高負荷脱窒素処理方式による処理施設で平成19年4月より稼働している。汚泥処理はフィルタープレスによる脱水後、低温熱分解による堆肥化を行っている。

ASBシステムの実証試験にあたっては、ASBリアクターを膜ユニット槽内に設置するとともに、高濃度臭気低減を目的として深層反応槽から受入槽へ汚泥返送ラインを増設した。

2) 実験内容

通常運転時（バチルス優占化前）のデータを採取した後、平成23年11月よりASBシステムの実証試験を開始した。まずASB粉剤を深層反応槽に添加することによりバチルス属細菌の優占化を行った。優占化は約3週間で完了したが、バチルス属細菌の優占化を維持するため、ASBペレット剤と天然ミネラル塊を充填したASBリアクターを膜ユニット槽内に浸漬し、継続的に活性汚泥に有効成分を供給した。なお、今回の実証試験では浸漬型

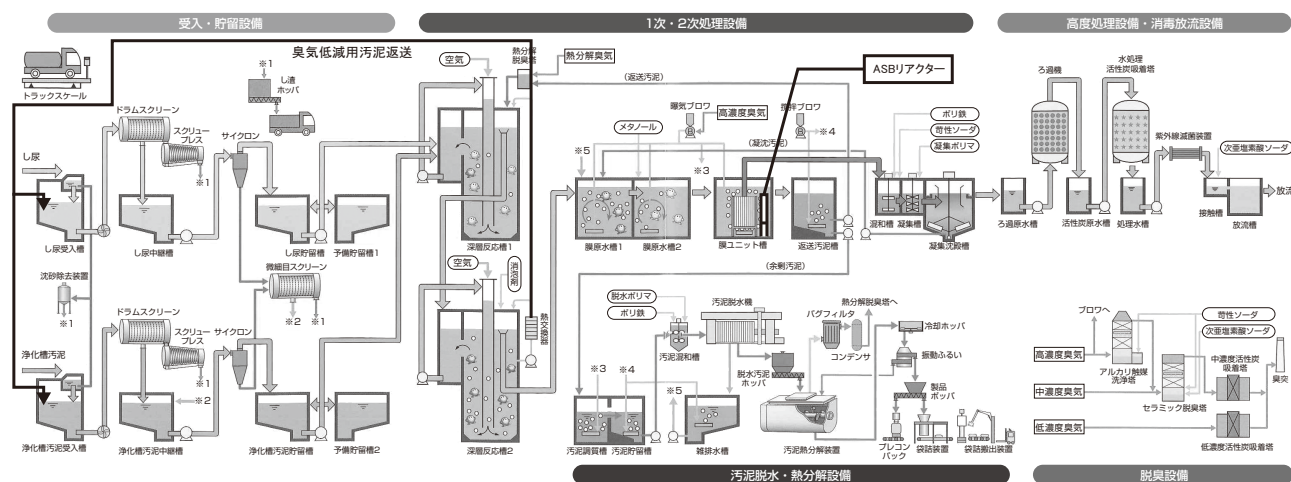


図1 実証施設のフローシート

のASBリアクターを使用した。

平成25年7月より、受入貯留設備から発生する高濃度臭気中の硫化水素を低減するため、バチルス属細菌が優占化した活性汚泥を、投入量の10%量を目処に受入槽へ返送する運転を開始した。

3. 実証試験結果

1) バチルス属細菌の優占化

優占化前のバチルス属細菌数が $10^6 \sim 10^7$ CFU/g-SSオーダーであったのに対し、優占化後は 10^8 CFU/g-SSオーダーに増加した。

2) 汚泥発生量の低減

脱水ケーキの計量値から求めた汚泥発生量を表1に示す。投入量あたりの汚泥発生量は、優占化前 5.8kg-SS/m^3 、優占化後 3.7kg-SS/m^3 であり、ASBシステムの導入により37.0%削減された。

ASBシステムの導入により、活性汚泥のプロテアーゼ活性が約60%向上した。し尿・浄化槽汚泥の固形物中には約40%のタンパク質を含んでいることから、バチルス属細菌の持つ高いプロテアーゼ活性が固形物タンパク質を可溶化し、汚泥発生

量を削減する可能性が示唆された。

表1 優占化前後の汚泥発生量

項 目	優占化前	優占化後	削減率
汚泥発生量 kg-SS/m ³	5.8	3.7	37.0%

3) 臭気濃度の低減

高濃度脱臭装置入口における硫化水素濃度の測定結果を図2に示す。受入槽への汚泥返送運転実施前は100ppm程度であったが、実施後は40ppm程度まで抑制された。

この結果から、ASBシステムでバチルス属細菌が優占化した活性汚泥を受入槽に返送することにより、硫酸還元菌の活動が抑制される可能性が示唆された。

4) その他の効果

汚泥沈降性および汚泥脱水性の改善が確認された。固液分離に沈殿方式を採用しているし尿処理施設においては、ASBシステムを導入することにより固液分離操作が容易になるものと思われる。

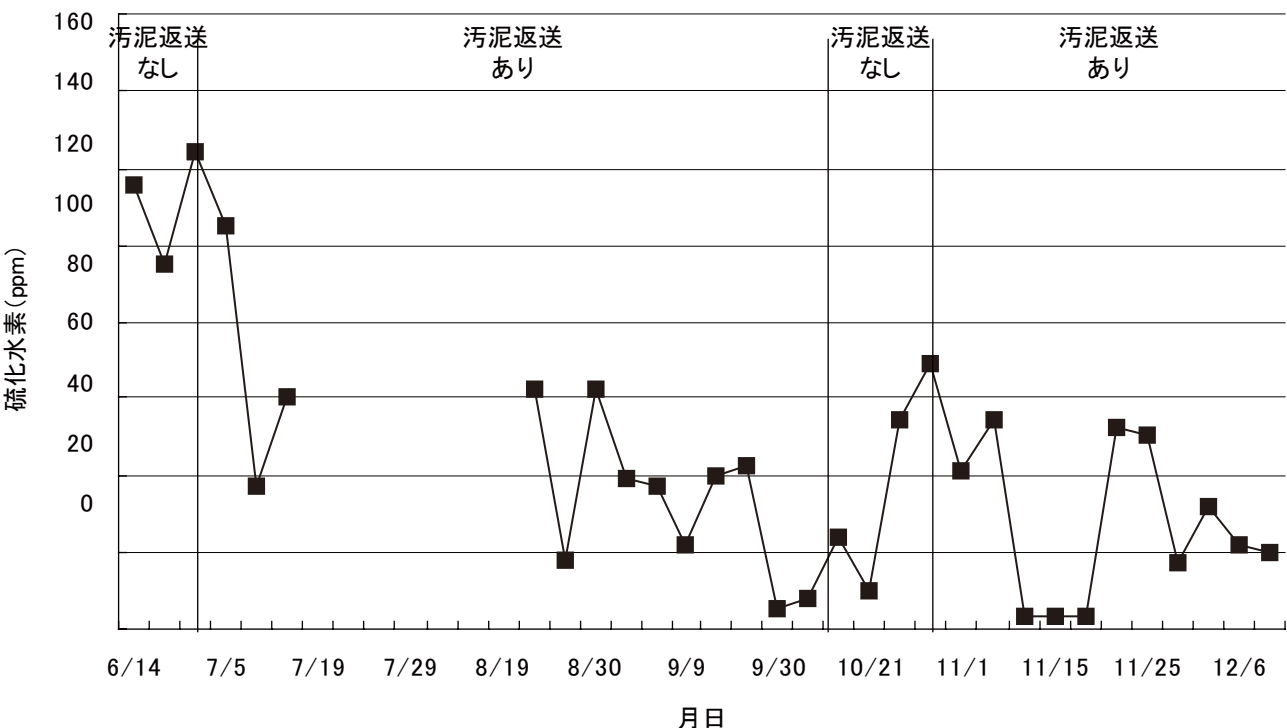


図2 受入槽への汚泥返送運転の効果

表2 優占化前後での薬品・燃料使用量

薬品・燃料		優占化前	優占化後	削減率
苛性ソーダ	kg/m ³	1.16	0.67	42.0%
次亜塩素酸ソーダ	kg/m ³	0.22	0.11	49.1%
ポリ硫酸第二鉄	kg/m ³	0.73	0.46	36.5%
脱水ポリマー	kg/m ³	0.12	0.06	48.3%
A重油	L/m ³	1.53	1.07	29.9%

5) ユーティリティーの削減

投入量あたりの薬品・燃料使用量を表2に示す。ASBシステムを導入することにより、汚泥発生量や臭気濃度が低減される等の結果、処理施設全体の薬品・燃料使用量が削減されることが確認された。

4. 実証試験まとめ

- 1) ASBシステム導入により、活性汚泥中のバチルス属細菌数の増加が確認され、優占化後のバチルス属細菌が一般細菌数に占める割合は、20%～60%であった。
- 2) ASBシステム導入による汚泥発生量の削減率は、37.0%であった。
- 3) ASBシステムでバチルス属細菌が優占化した活性汚泥を受入槽へ返送することにより、高濃度臭気硫化水素濃度が低減されることが分かった。
- 4) 汚泥沈降性、汚泥脱水性の改善効果が確認された。
- 5) ASBシステムによる汚泥発生量、臭気濃度の低減等の結果、施設の薬品使用量、燃料使用量の削減が確認された。

以上は、一般財団法人日本環境衛生センターによる廃棄物処理技術検証事業の結果に基づくものである。上述した効果以外に、発泡抑制効果、抗菌活性などの事象が観察された。バチルス属細菌

を優占化した汚泥から製造した堆肥は、連作障害予防に有効であるとの報告もあり、今後、ASBシステム汚泥の持つ抗菌活性を利用した堆肥化などが期待される。

5. 災害時の生活排水処理インフラの強靱化のために

近年、下水処理施設の処理能力に余力があることから、し尿処理施設の改造・更新においては、下水放流方式の採用が増加している。しかしながら、浄化槽とともに生活雑排水の衛生的処理を完結できる河川放流方式のし尿処理場は、大規模災害時の下水道インフラの機能不全時におけるリスク低減の観点からも、必要なインフラであると考ええる。

東日本大震災の影響により、釜石・大槌汚泥再生処理センターでは、仮設住宅等からの浄化槽汚泥搬入量が増加し、処理量が長期間にわたり定格量を超過した。ピーク時の週間処理量は105kL/日と、定格(85kL/日)の24%増加となったが、ASBシステムの効果により、水質を悪化することなく、適正な処理を継続できた。

そこで、従来のし尿処理に比べ、ランニングコストを低減でき、堆肥化等による循環型社会の形成にも貢献できる可能性を持つASBシステムを、循環型社会形成、災害時強靱化を盛り込んだ地域の生活排水処理計画の一助としていきたい。