

4. 評価の結果

(1) 環境適合性

温暖化対策としての効果

- ・本システムは、生ごみ等、未利用のまま廃棄されているバイオマス資源から水素を取り出し、燃料電池によってエネルギーを生み出すことで、化石燃料を削減し、CO₂ 排出を削減できる。加えて、従来のように生ごみを焼却処理しないことにより、焼却のための化石燃料（助燃剤）消費を削減し、CO₂ 排出を削減できる。
- ・従来のごみ処理施設（中間処理施設）と比較評価した結果、燃料電池施設は投入エネルギー（施設稼働のためのエネルギー）に対して 2 倍以上のエネルギーを回収するため、生ごみ 1t あたり 0.029tC (0.106 tCO₂) の CO₂ 削減効果が期待できる。従来のごみ処理施設（中間処理施設）をベースライン（可燃ごみ 1t あたり 0.003 ~ 0.013tC(0.012 ~ 0.047tCO₂) の CO₂ を発生）とすれば、生ごみ 1t あたり 0.032 ~ 0.042tC (0.118 ~ 0.152tCO₂) の CO₂ 削減効果が期待できる。

環境負荷低減の効果

- ・燃料電池は、従来の熱機関であれば燃焼過程で生じていた硫黄酸化物、窒素酸化物等の大気汚染物質の排出がごく微量であり、また、電気化学的反応による発電のため、回転部分がなく騒音が少ないなど、公害防止の面で優れる。
- ・従来のごみ焼却処理と異なり、ダイオキシン類を発生させるおそれがない。
- ・生ごみ等、未利用のまま廃棄されているバイオマス資源の有効利用により、化石燃料の使用抑制、ごみ処理量の減量化による最終処分地の延命化等の環境負荷低減効果が期待できる。

(2) 技術先進性

技術・システム全体の普及促進効果

- ・生ごみ - メタン発酵 - 燃料電池という技術・システムの組合せによる実証実験を実施したことにより、類似技術の開発促進効果、自治体等における導入促進効果、幅広い主体への環境教育・啓発効果等が期待できる。

技術・システム全体の先進性

- ・メタン発酵技術、りん酸形燃料電池の各々の技術・システムは国内でも既に多くの事例が認められ、また、下水汚泥やビール工場の有機系排水を原燃料としてメタン発酵 - 燃料電池を組合せた技術・システムの事例もいくつかあるが、生ごみ - メタン発酵 - 燃料電池という組合せによる技術・システムの導入例はこれまでになく、その先進性は高い。

(3) 効率性

資源の有効利用

- ・本燃料電池施設は、基本的に廃棄物として処理される物質（有機物資源、炭素資源）を有効活用する施設である。
- ・今回の試運転期間中では、メタン発酵槽での有機物の分解率は80～90%程度であり、有機物の大部分を分解・ガス化している。
- ・炭素収支についても、全炭素量の70～90%を分解・ガス化している。また、そのうちの約50%がメタンガスに転換しており、高効率でメタンガスの有効利用がなされている。
- ・これらの利用率は、CO₂削減などに対して直接的に対応するものではないが、この高効率が高いエネルギー回収率のベースになっていると考えることができる。また、これが施設系外へ排出される汚染物質等の軽減要因となっており、施設設置の際の制約条件を低減する効果を持つものと考えられる。

(注) 有効利用率の計算値は、夾雑物（搬入ごみ量の約10%）を除去した後の利用率である。

技術・システムのエネルギー効率

- ・既存のエンジン、ガスタービン等に比べ、高い発電効率、総合効率を有する。特に、高い電力需要に対して適している。ただし、現状のシステムでは、35～60%程度の稼働状況にあるため、これを100%に近い形で稼働させることにより、より高い利用効率が期待できる。
- ・生ごみをペースト化して発酵槽に入れるための前処理に定格約69kW、メタン発酵後の排水処理に定格約25kWの電力を必要としており、これらの低減化が必要である。

技術・システムの経済性

- ・メタン発酵 - 燃料電池施設は、廃棄物処理の中間処理施設（減容化処理施設）として捉えることができる。アンケート調査で得られた3市の中間処理施設と比較・評価した結果、燃料電池施設の生ごみ1tあたりの処理費用（24,820円/t）は、既存の中間処理費用（3,120～8,770円/t）に比べて3～8倍のコストとなっている。これは、本燃料電池施設が小規模なテスト・プラントであることが大きな要因になっていると考えられる。
- ・生ごみ1tあたりの電力、ガスの消費量についても、既存の廃棄物処理施設に比べて2～7倍のコストになっている。

- ・ 生ごみ 1t あたりのエネルギー回収量（電力量）については、余熱発電の機能を持つ既存廃棄物処理施設に比べて 3 倍以上となっている。
- ・ エネルギー回収できる電力（400kWh/t）、熱量（1,674MJ/t）は、それぞれ当該地域の電力料金 4,960 円/t、ガス料金 4,600 円/t にあたるため、その費用を控除すると生ごみ 1t あたりの処理費用は 15,260 円/t となる。
- ・ なお、燃料電池施設では、前処理施設への電力投入量が高い（139kWh/t、全電力量の 43%、電力料金 1,720 円/t に相当）ため、この部分のプロセス改善が低コスト化の大きな課題となる。

(4) 技術・システム全体の設計

- ・ 現状では、燃料電池により得られる電力、熱のうち、高温の熱をメタン発酵施設の加温に利用しているが、電力及び低温の熱は利用されていない。得られる電力・熱を余すことなく利用するため、電力・熱の需要先を確保した全体システムの設計、立地検討が必要であり、それには、独立立地の集中処理型施設ではなく、オンサイト型施設が有利である。
- ・ 現状の技術・システムでは、生ごみの前処理、メタン発酵後の排水処理が必要であり、これらはその稼働に伴い、相当のエネルギー（電力、都市ガス）を消費するとともに、コスト面においてもシステム全体のコストに占める割合が大きい。生ごみを可燃ごみから自動分別する効率的かつ低コストな技術・システムの開発、効率的かつ低コストな排水処理技術の開発が課題となる。メタン発酵後の消化液の液肥としての利用技術の研究開発も推進する必要があるが、液肥としての利用可能性は、還元できる農地の有無等、地域特性により限定される点に留意が必要である。

(5) 地域の持続的発展への貢献

- ・ 本システムでは、生ごみは有機物の 80～90% 程度が分解・ガス化されるため、残渣が少ない。したがって、神戸市のように堆肥散布先としての農地が少ない都市域における導入システムとして適している。

5. まとめ

(1) 評価できる点

- ・従来、焼却処理されていた生ごみから水素を取り出し、燃料電池に投入することにより、CO₂ 排出を削減できるほか、窒素酸化物等の大気汚染物質の排出がごく微量である等、環境負荷の少ない技術・システムである。
- ・本システムにより、生ごみはほとんどがバイオガスに変換され、廃棄物の減容化を図ることができる。
- ・エネルギー効率の面では、従来型のエンジン、ガスタービン等の発電設備に比べ、高い発電効率・総合効率を有している。
- ・類似技術の開発促進、自治体等における導入促進等、技術の開発・導入の両者を促進する効果が期待できる。

(2) 問題点・課題

- ・一般家庭あるいは事業者に対しての生ごみのみの分別・収集システムの構築、あるいは、可燃ごみの中から生ごみを分別する効率的かつ低コストな技術・システムの開発・導入が前提となる。
- ・生ごみの収集にかかるコストについては、引き取り価格を設定する等のコスト低減化策を講じなければ、事業の採算性確保が困難となる可能性がある。
- ・得られる電力・熱を余すことなく利用するための需要先を確保した全体システムの設計、立地検討が重要であり、それには、独立立地の集中処理型施設ではなく、オンサイト型施設が有利である。
- ・燃料電池を 100%に近い形で稼働させることが望ましいが、それには、事業計画段階において、生ごみ収集量、ガスホルダ容量、燃料電池出力、施設での電力・熱需要等を考慮した全体システムの最適設計が課題となる。
- ・有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理が求められるが、これらの対策には相当のコスト、エネルギーを要するため、低コストで効率的な処理技術の開発・導入を促進する必要がある。
- ・現状では、燃料電池のイニシャルコストや、5年に1回必要となるセル及び触媒の交換に要するコスト等が高いことから、イニシャルコスト、メンテナンスコストを低減するための技術開発の促進が必要である。

(3) 神戸型生ごみバイオガス化燃料電池システムの発展の可能性

(2)の問題点・課題をふまえると、神戸型生ごみバイオガス化燃料電池システムのさらなる発展型としては、以下のようなシステムが想定される。

オンサイト熱電併給型システム

- ・ ディスポーザ等、生ごみが生ごみ発生源において自動的に分別・前処理される技術・システムを既に備えている施設等に、実施拠点として焦点をあてる。
- ・ 生ごみの量や質の変動に対しても安定を図るため、都市ガスとの系統連系を前提としたシステムとし、生ごみは補助的エネルギー源として利用する。
- ・ ディスポーザと組み合わせる際には、後段の排水処理施設への汚濁負荷が高くないよう、定められた要求処理水質を満たす排水処理を行う。
- ・ 設備のメンテナンス等を行う管理運営の体制整備・システムづくりを併せて行う。

自治体ごみ処理施設併設型システム

- ・ 自治体のごみ行政の中で運用し、収集コストがかからないシステムとする。
- ・ 事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみに対して、あらかじめ生ごみのみを分別するように指導する。
- ・ 事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみを、自治体の事業として採算性が成立するような適正な処理費用を設定して受け入れる。
- ・ 生ごみが可燃ごみに含まれた形で収集あるいは持ち込まれる場合には、効率的かつ低コストな生ごみ分別技術・システムの導入と併せて普及を図る。