

3. 燃料電池によるバイオマス資源の利用の現状、可能性及び課題

3.1 燃料電池によるバイオマス資源利用の現状と可能性

(1) 家畜糞尿利用の現状と可能性

家畜糞尿については、北海道等を中心にバイオマス資源としての利用に関する取組が進められている。酪農学園大学、帯広畜産大学等の大学やメーカーによって家畜糞尿バイオガスとガスエンジン、ディーゼルエンジン等を組合せた試験プラントが設置されている。

事例：帯広畜産大学

時期： 2001年より2006年まで研究予定

出力規模： 250W

燃料電池種類： 固体高分子形燃料電池

概要：

・家畜糞尿のメタン発酵により得られるメタンガスを原燃料とし、小型軽量ポータブルタイプの固体高分子形燃料電池での実験を実施している。

出典：「帯広畜産大学における家畜糞尿バイオガスを使った燃料電池」帯広畜産大学畜産学部畜産学科 西崎邦夫 (<http://www.nedo.go.jp/nedohokkaido/photo/141127FC/3> . 帯広畜産大学.pdf)

帯広畜産大学では、家畜糞尿のメタン発酵により得られるメタンガスを原燃料とし、ガスエンジン 15kW 1基とともに、固体高分子形燃料電池 250W 1基を発電設備として実験を行っている。燃料電池は、通常は家庭用カセットボンベ（液化ブタン）を利用する小型軽量（全長 650mm、全幅 360mm、全高 450mm、質量 55kg）ポータブルタイプであり、バイオガスを利用するために、改質器を改造し、ガス流量と反応温度を基に制御パラメータを設定し、最適化を検討している。本実験により、厳寒地域で乳牛の糞尿と有機性廃棄物のメタン発酵処理が可能であることを実証するとともに、燃料電池による高度エネルギー変換技術の実用化、メタン発酵液の有効活用等を通じた酪農地域における低コストプラント普及モデルの確立を目指している。北海道は、水素エネルギーの供給源となる天然ガス、バイオマス等が豊富にあること、水素の貯蔵・供給に関する革新的技術が北海道大学に集積していること、冬季の熱需要が他地域に比べて大きいこと等の特性により、燃料電池の活用が期待されている。

<可能性>

家畜糞尿は、その約 8 割が堆肥として利用されているが、窒素成分等を考慮した場合、農地への還元が限界にきている地域もあり、今後はエネルギー利用等への多様化を図ることが求められる。また、家畜糞尿の多くは農山村地域で発生することから、これを有効利用することにより、農山村地域の自然循環機

能の維持、生活環境の保全、基幹産業の維持を図る効果も期待できる。

(2) 下水汚泥利用の現状と可能性

下水汚泥を利用した例としては、横浜市下水道局の北部汚泥処理センターにおける事例、苫小牧市西町下水処理センターにおける事例等がある。

事例：横浜市下水道局北部汚泥処理センター

時期： 1999年11月から運転開始

出力規模： 200kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

- ・下水汚泥処理により生ずる消化ガス(メタン成分)を燃料とし、りん酸形燃料電池で発電を行っている。

出典：燃料電池導入ガイドブック(2000.3) NEDO・燃料電池開発情報センター

事例：苫小牧市西町下水処理センター

時期： 2001年9月より2002年11月までフィールドテスト

出力規模： 250kW

燃料電池種類：固体高分子形燃料電池

概要：

- ・下水汚泥消化ガスを使用した都市ガス用固体高分子形燃料電池発電システムのフィールドテストを、苫小牧市西町下水処理センターにおいて実施した。75 程度の排熱が得られる。

出典：燃料電池 Vol.1 No.3 (2002.1)燃料電池開発情報センター 「苫小牧市西町下水処理センターにおける下水汚泥消化ガスを使用した燃料電池発電システム」荏原製作所 新エネルギー事業本部 (<http://www.nedo.go.jp/nedohokkaido/photo/141127FC/4> . 荏原製作所.pdf)

横浜市では、下水処理場で発生する汚泥を送泥管により北部及び南部の汚泥処理センターに集約し、嫌気性消化タンクで有機物を分解している。従来から消化ガス発電設備(レシプロガスエンジン)により消化ガスを有効利用していたが、ガスエンジンが耐用年数に達した際の代替候補の一つとしてメーカーとの共同実験を始め、200kW のりん酸形燃料電池1基を導入した。原燃料として用いる消化ガスは、燃料ガス前処理装置において前段の脱硫塔で除去できなかった微量の硫黄酸化物の除去等を行った上で燃料電池システムに導入している。都市ガス等による補填は想定されておらず、これは、燃料電池は本施設における主要な電力源ではなく、ガスエンジンの電力で賄うことが十分可能であること、また、都市ガス代がかかること等の理由による。成分の問題により稼働を停止したケースはほとんどなく、稼働率は約98%を達成している。また、燃料電池により得られる電気は、ガス発電設備の補機母線に常時接続し、所内動力として使用している。熱は、施設内に比較的豊富にあり、燃料電池から得られ

る熱の温度に見合う利用用途もないことから、現在利用されていない（横浜市事例の詳細は資料編インタビュー結果参照）。

苫小牧市西町下水処理センターでは、250kW の固体高分子形燃料電池を利用したフィールドテストを実施している。消化ガスの精製にジエタノールアミン水溶液を利用しており、燃料電池からの 75 程度の排熱をジエタノールアミン水溶液の再生に利用している。本システムの燃料電池は、バラード・ジェネレーション・システムズ社製であり、NTT、荏原製作所、荏原バラードの 3 社がこの 250kW 都市ガス用固体高分子形燃料電池を用いたコージェネレーションシステムの共同研究を進めている。また、福岡市下水道局では、250kW の熔融炭酸塩形燃料電池（フュエル・セル・エナジー社製）を導入し、下水消化ガスでの運転特性等に関する研究を開始する予定である。

<可能性>

下水汚泥やし尿汚泥は、まだ未利用の部分が多いこと、また、既存インフラにより一箇所に集中搬入されるシステムは確立しており、新たな原燃料の収集・運搬システムを必要としないこと等から、集中型のシステムとしての可能性を有している。

(3) 食品系廃棄物利用の現状と可能性

食品系廃棄物を利用した例としては、環境省が神戸市において生ごみを対象に実施した実証実験の事例がある。

事例：神戸市ポートアイランド

時期： 2001 年度より 3 年間

出力規模： 100kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

・事業系（ホテル等）生ごみのメタン発酵により得られるバイオガスを燃料とする燃料電池発電施設を神戸市ポートアイランド地区に設置している。

環境省では、バイオマスエネルギーを利用した先進的温室効果ガス削減システムを構築し、その効果やシステムのあり方等の検証や成果の普及を目的として、神戸市ポートアイランドに 200kW のりん酸形燃料電池 1 基を導入した。原燃料として用いる生ごみは、近隣のホテル等から収集・運搬し、異物の除去・脱硫等の前処理を行った上で投入している。問題点として、収集・運搬及び前処理のプロセスが高コストであり、前処理に相当の電力を要すること、メタン発酵槽からの発酵液を有機物、窒素、リン等除去のため高度排水処理する必要があるが、その排水処理が相当の電力を要し、高コストであること、独立立地

の施設であるため熱が有効利用できていないこと等が挙げられる。

生ごみ利用については、上記事例のほかに、京都市、屋久島、北海道北見等でガスエンジン等との組合せによる実証実験が実施されている。食品系廃棄物を排出し、かつ電力・熱の需要もある施設としては、住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア等も想定される。しかし、ホテル、病院等における都市ガス利用燃料電池の事例や、スーパー等の生ごみ堆肥化の事例はあるものの、食品系廃棄物メタンガスと燃料電池を組合せた事例はまだ少ない。

<可能性>

現状では、食品系廃棄物の約 9 割は焼却・埋立処分されている。発生源が分散しており、収集・分別のシステム構築が容易ではないが、家畜糞尿や下水汚泥等と比べて単位あたりバイオガス発生量が多いことから、エネルギーとしての有効利用を進めることが期待される。

(4) 有機系工場排水（ビール工場の排水）利用の現状と可能性

有機系工場排水を利用した例としては、サッポロビール千葉工場、アサヒビール四国工場、麒麟ビール栃木工場等における事例がある。

事例：サッポロビール千葉工場

時期： 1998年6月から運転開始

出力規模： 200kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

・ビール製造過程の廃水の嫌気性処理により発生する発酵ガスを燃料として使用している。

出典：燃料電池導入ガイドブック（2000.3）NEDO・燃料電池開発情報センター

事例：アサヒビール四国工場

時期： 1998年から運転開始

出力規模： 200kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

・ビール製造時の排水処理時のメタンガスを燃料として利用している。燃料電池による電力により工場電力の5%を賄う。

出典：燃料電池導入ガイドブック（2000.3）NEDO・燃料電池開発情報センター 愛媛新聞
2001.1.1

事例：麒麟ビール栃木工場

時期： 1998 年から運転開始

出力規模： 200kW

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

- ・ 栃木工場（栃木県塩谷郡高根沢町）に導入し、嫌気性排水処理設備において発生するメタンガスを燃料として活用している。好気性排水処理のみでの処理に比べ、電力使用量、汚泥処理運搬コスト削減につながっている。

出典：燃料電池 Vol.1 No.1（2001.7）燃料電池開発情報センター

サッポロビール千葉工場では、高濃度嫌気性排水処理設備を設置していたが、発生するメタンガスの燃焼用ボイラーの代替として 200kW のりん酸形燃料電池 1 基を導入した。原燃料として用いる排水は、仕込工程の副産物である廃液、タンク洗浄の排水等が含まれている。前処理として水や苛性ソーダによる洗浄、脱硫を行った後、メタン濃度約 85%程度で投入しており、バイオガスの発生量が少ない場合は、燃料電池の起動停止を避け、都市ガスの補填により対応している。燃料電池により得られる電気は、系統連系により工場内の電力として、熱は、熱交換器を通して工場内の給湯用に利用しており、工場全体の電力使用の 3～5%程度、熱使用の 2%程度を賄っている（サッポロビール事例の詳細は資料編インタビュー結果参照）。また、麒麟ビールの取手工場では、ビール製造工程排水からのメタンガス利用を想定し、250kW の溶融炭酸塩形燃料電池（フュエル・セル・エナジー社製）を導入して運転を開始している。

<可能性>

有機系工場排水の発生する工場としては、規模の大きいビール工場のみでなく、比較的小規模な食品工場（醤油、酒製造工場等）等もある。

(5) 廃メタノール利用の現状と可能性

廃メタノールを利用した例としては、セイコーエプソンにおける事例がある。

事例：セイコーエプソン

時期： 1999 年 8 月より運転開始

出力規模： 200kW（2 基）

燃料電池種類：りん酸形燃料電池

概要：

- ・ エネルギー消費の多い液晶表示体事業部の主力工場である豊科事業所（長野県豊科町）に導入している（伊那事業所においても 2000 年より 2 基運転開始）

出典：燃料電池 Vol.1 No.1（2001.7）燃料電池開発情報センター 燃料電池導入ガイドブック（2000.3）NEDO・燃料電池開発情報センター

セイコーエプソンでは、携帯電話等に使われる液晶の生産量増加に伴う工場での電力需要の増加を背景に、液晶ディスプレイの主生産工場である豊科事業所に200kWのりん酸形燃料電池2基を導入した。原燃料として用いるメタノール年間約1,500tのうち、1,450tが購入したメタノール、50tが別の事業所で発生する廃メタノールである。ガスパイプラインが敷設されていないこと、今後、燃料電池の原燃料としてメタノールが汎用化される可能性があることなどの理由により、メタノール及び廃メタノールが採用された。メタノールからの水素供給にトラブルが生じる等の緊急時にはLPG等の利用が想定されているが、これまでに実際にLPG等を補填した例はない。燃料電池により得られる電気は、系統連系により工場内の電力として、蒸気は純水加熱に、温水は空調とボイラー補給水等に利用している。企画段階では、施設全体のエネルギー消費の3~4%程度を賄うことが想定されていたが、その後の工場新設により割合は低下している。また、事業所の熱需要は全体の30%程度を占め、熱を利用しやすい状況にはあるものの、夏季には85℃温水の余剰が生じている（セイコーエプソン事例の詳細は資料編インタビュー結果参照）。

<可能性>

廃メタノールの有効利用は、廃棄物処理費の削減につながる等のメリットも有する。廃メタノールあるいは廃アルコール等、同様の廃棄物を排出する工場等における適用可能性を有している。

3.2 燃料電池によるバイオマス資源利用の課題

(1) 技術的課題

- ・現在のところ、バイオマス資源利用との組合せによる燃料電池の導入事例では、苫小牧市の事例（固体高分子形燃料電池）、麒麟ビールや福岡市の事例（熔融炭酸塩形燃料電池）を除き、ほとんどがりん酸形燃料電池を利用している。当面、最も導入・普及が期待される固体高分子形燃料電池については、初期導入の段階から、メタン発酵と組み合わせた実証実験等を推進し、基礎データの取得、分析、評価を進める必要がある。また、実証段階にある熔融炭酸塩形燃料電池についても、要素技術開発を進めつつ、メタン発酵と組み合わせた実証実験等を推進する必要がある。
- ・これまでの導入事例では、燃料電池本体のトラブルはほとんど生じておらず、稼働率も高いものの、ポンプの水漏れ、配管の腐食等、水周りにおけるトラブル等が生じていることから、周辺機器の性能向上に資する技術開発を促進

する必要がある。

- ・燃料電池本体がコンパクトにパッケージ化されている点は、設置スペースや外観の面では良いが、メンテナンスを行う上での作業性の点で問題があり、メンテナンスコストにも影響している可能性がある。また、燃料電池本体が外国製の場合、ネジ等規格に合わない部品が多く、部品の在庫が不足気味である点、故障の原因追及が十分にできない点等が問題となっている。メンテナンスの容易性に配慮したパッケージ化技術の開発、メンテナンスの基盤体制整備等が必要である。
- ・バイオマス資源、特に家畜糞尿や食品系廃棄物の有効利用にあたっては、分別・収集のプロセスが高コストでエネルギー多消費にもつながることから、まず、バイオマス資源の分別・収集を必要としない利用形態をとることが重要となる。バイオマス資源の発生源でメタン発酵させ、エネルギーとして利用するオンサイト型の実証実験等を行い、効果的なモデルシステムを構築していく必要がある。
- ・分別・収集を実施せざるを得ないケースでの対応として、低コストで効率良く分別・収集できる技術・システムの開発・導入を促進する必要がある。
- ・発生する残渣の処理、有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理、悪臭への対処等、周辺生活環境保全のための措置が求められる。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。
- ・メタン発酵後の消化液の液肥としての利用技術、品質評価等の研究開発も推進する必要がある。ただし、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。
- ・工業系廃棄物に関しては、廃メタノールや廃アルコール等が利用可能性を有しているが、原燃料として必要な量の確保・調達のための情報整備や、改質用触媒の高効率化、低コスト化のための技術開発が必要である。

(2) 費用面の課題

- ・現状では、燃料電池による発電電力を電力会社に売電する際の売電単価が安価に設定されているため、売電によるコストメリットが期待できない。したがって、燃料電池の利用に際しては、オンサイトで電気を利用できる環境が経済性の面から望ましい。
- ・燃料電池導入時のイニシャルコスト(りん酸形燃料電池で約 40～60 万円/kW、

200kW で約 1 億円程度) については、現状では補助金が 1/2 ~ 1/3 程度交付され、ある程度ユーザーの負担が軽減されている。しかし、りん酸形燃料電池のメーカーとのメンテナンス契約(遠隔監視を含む)を含むメンテナンスコストは年間約数百万~1 千万円、加えて、5 年に 1 回必要となる燃料電池のセル及び触媒の交換にイニシャルコストの 5 割相当の約 5 千万円がかかるといわれており、ユーザーにとって過大な負担となっている。セルの交換が 7.5 年に 1 回で済むように耐久性を向上させるなど、技術開発の促進による燃料電池のイニシャルコスト、メンテナンスコストの低減が必要である。

- ・ 分別・収集のプロセスについては、技術的課題で前述しているように、高コストにつながることから、まず、バイオマス資源の分別・収集を必要としない利用形態をとることが重要となる。また、分別・収集を実施せざるを得ないケースでの対応として、低コストで効率良く分別・収集できる技術・システムの開発・導入を促進する必要がある。
- ・ 発生する残渣の処理、有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理、悪臭への対処等については、技術的課題で前述しているように、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。

(3) 熱及び電気の需要と供給のマッチング

- ・ 全般に、工場等においては、温水(特に低温水)の利用が難しく、熱効率中の約半分が使用できていない事例が多い。しかし、低温水は、家庭や商業施設等の給湯水への利用には適していることから、家庭や商業施設レベルでのオンサイト電源として燃料電池を導入することで、熱も含めた総合エネルギー効率を高められる可能性がある。また、熱需要の比較的大きい施設である、病院、福祉施設、クリーンルームを所有する工場、コンビニエンスストア等への普及を図ることも必要である。
- ・ 大規模工場では、数千~数十万 kW の発電容量を必要としており、固体高分子形燃料電池やりん酸形燃料電池の発電容量では電力需要のごく一部を賅うにすぎない。また、熱需要の大きな工場では、前処理が少なく安価にメタンガスを利用できるボイラーが選択されやすい場合もある。大規模工場においては、高温型で発電容量の大きい熔融炭酸塩形燃料電池が実用化されれば需要とのマッチングの面で期待できる可能性がある。現状では、熔融炭酸塩形燃料電池は実証段階にあることから、引き続き構成部材の耐久性向上を図るとともに、メタン発酵と組合せた実証実験等も促進していく必要がある。

(4) 法制度的課題

- ・現状では、系統連系及び逆潮流関連の許可を得るための手続きに時間を要する、燃料電池導入に伴い契約電力を変更する際に提出を求められる実績データの期間が燃料電池設置後1年間分となっており、結果としてコストメリットが少なくなる等の問題がある。手続きの短縮化、契約電力変更手続きにおける提出実績データの期間短縮化等を電力会社に働きかける必要がある。
- ・メタノールタンク、災害時対応のためのバルクタンク等の設置に際して、保管量や距離に関する消防法上の制約があることから、設置スペースを多く必要とし、ユーザーにとって負担となっている。
- ・バイオマス資源の分別・収集の困難さ、売電単価の安さ、熱利用のしやすさ等を考慮すると、発生源単位でのオンサイト型システムを選択することが望ましいが、その際には、残渣や排水の処理、設備のメンテナンス等を行う管理運営主体の体制整備・システムづくりを併せて行う必要がある。

< 燃料電池によるバイオマス資源利用の課題 >

分野	課題
技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固体高分子形、溶融炭酸塩形等とメタン発酵を組合せた実証実験の推進 ・ 周辺機器の性能向上に関する技術開発の促進 ・ メンテナンスの容易なパッケージ化技術の開発、メンテナンスの体制整備 ・ オンサイト型実証実験の推進（バイオマス資源の収集が不要） ・ バイオマス資源の効率的な分別・収集技術等の開発・導入の促進 ・ 効率的な残渣処理技術、排水処理技術等の開発・導入の促進 ・ 消化液の液肥としての活用技術の研究開発（農村地域等に限定される） ・ 廃メタノール等に関する情報整備、改質用触媒の低コスト化
費用面の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料電池のイニシャル・メンテナンスコスト低減に資する技術開発の促進 ・ オンサイト型実証実験の推進（バイオマス資源の収集が不要） ・ バイオマス資源の低コストの分別・収集技術等の開発・導入の促進 ・ 低コストの残渣処理技術、排水処理技術等の開発・導入の促進
熱及び電気の需要と供給のマッチング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低温水の有効活用が可能な家庭や商業施設への導入促進 ・ 大容量発電に適した溶融炭酸塩形燃料電池等の技術開発の促進
法制度的課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 系統連系及び逆潮流関連手続きの短縮化 ・ 消防法におけるタンクの保管量及び建築物からの距離の緩和 ・ 残渣や排水の処理等を行う管理運営主体の体制整備