

#### 4. バイオマス資源利用による燃料電池活用システムの要件と方向性

##### (1) バイオマス資源利用による燃料電池活用システムの要件

バイオマス資源利用による燃料電池活用システムの基本的な要件としては、まず、どのようなバイオマス資源を対象として捉えるか、次に、どのような燃料電池の利用を想定するか、という二点がある。

対象とするバイオマス資源については、2.において見たように、当面は、廃棄物系バイオマスが有望な資源として想定される。現状では費用をかけて収集・処分しているが、このコストを、発生源でエネルギー利用することで低減し、さらに、エネルギー回収による便益が得られるシステムを構築することで、その利活用が比較的早期に進む可能性がある。特に、発生量の多い家畜糞尿、下水汚泥、食品系廃棄物等の利用可能性が高い。また、これらのエネルギーとしての利用に際しては、その含水率の高さから、当面はメタン発酵技術を適用することが想定される。その際、環境負荷低減対策として、メタン発酵後の消化液に含まれる有機物、窒素、リン等除去のための高度排水処理システムと組み合わせることが必要不可欠である。

一方、燃料電池については、国内でのこれまでのバイオマス資源との組合せ事例においては、りん酸形燃料電池を導入している場合がほとんどである。しかし、りん酸形燃料電池は、特にセル交換等を含むメンテナンスコストの高さがネックとなっており、交換が5年に1回から7.5年に1回で済むように耐久性を向上させるなど、現状の高コスト構造を打破できる方向を模索する必要がある。一方で、近年では、2004～2005年度の限定市場導入を目指して、家庭用固体高分子形燃料電池の開発が急速に進んでいるほか、下水汚泥消化ガスからの水素を利用した熔融炭酸塩形燃料電池の実証研究や、超小型燃料電池の技術開発等が進みつつある。したがって、バイオマス資源と燃料電池の組合せについては、各々の燃料電池の特性、技術の成熟度、導入サイドの熱・電気の需要特性等に応じて、様々な組合せの形態を並行して実証していくことが想定される。

## < バイオマス資源利用燃料電池システムのイメージ >

ここで、バイオマス資源利用燃料電池システムのイメージを具体化するため、生ごみを対象として捉え、生ごみの発生から処理に至るプロセスに注目して見た場合、以下の3つの具体的なバイオマス資源利用燃料電池システムが考え得る。

### オンサイト熱電併給型システム

ある程度まとまった量の生ごみ発生源（集合住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア、スーパー等）の立地に合わせて、生ごみバイオガス化燃料電池システムを近接・分散させ、発生源単位で生ごみを処理し、得られる熱・電気を利用する。

### 自治体ごみ処理施設併設型システム

自治体のごみ処理施設に生ごみバイオガス化燃料電池システムを併設し、従来の生ごみ処理の流れを大きく変えることなく、自治体が生ごみを収集・処理し、得られる熱・電気を利用する。

### 集中発電供給施設型システム

電力供給に主眼を置き、広域的に生ごみを収集して生ごみバイオガス化燃料電池システムに導入し、得られる電気を最大限に活用する。

表4-1に、各システムのメリット、デメリット及び実現に必要な条件を整理する。

表 4-1 バイオマス資源利用燃料電池システムのメリット、デメリット等

システム	メリット	デメリット	実現に必要な条件
<b>オンサイト 熱電併給型</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生ごみの分別・収集に必要となるコスト、エネルギー分が削減される。</li> <li>・電力、熱を必要とする家庭や業務施設にオンサイトで熱電供給を行うことができるため、熱が有効利用しやすく、電気代節減等のコストメリットにつながる。</li> <li>・生ごみ等がまとまって発生する場所で行うため、ある程度、エネルギー効率、コスト面でのスケールメリットが期待できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設備の設置スペースを必要とする。</li> <li>・集合住宅単位等でメンテナンス等の管理体制を構築する必要が生ずる。</li> <li>・消化液の有機物、窒素、リン等除去のための排水処理システムが必要となる(ただし、排水処理等の維持管理コストは受益者であるユーザーが負担する仕組みが可能)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設に、ディスプレイシステム等、自動的に生ごみを分別・前処理するシステムが導入されていることが前提となる。</li> <li>・集合住宅の場合、既築、新築の双方の場合において、コストについての入居者の合意が前提となる。</li> </ul>
<b>自治体ごみ 処理施設併 設型</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来型ごみ処理の流れを大きく変更する必要がない。</li> <li>・設備の設置スペースが比較的確保し易い。</li> <li>・自治体施設への併設であるため、ごみの収集、メンテナンス等の管理体制が組み易い。</li> <li>・生ごみ等を1箇所集中搬入するため、エネルギー効率、コスト面でのスケールメリットが期待できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生ごみの分別に相当のコスト、エネルギーを要する。</li> <li>・熱の利用用途が、一般廃棄物処理施設付近での用途に限定される。</li> <li>・消化液の有機物、窒素、リン等除去のための排水処理システムが必要となる。</li> <li>・建設費、用地費がある程度高くなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1)可燃ごみから生ごみを分別する効率的かつ低コストな分別技術・システムを導入する、2)生ごみみの分別・収集システムを構築する、3)事業系可燃ごみや事業者の持ち込みごみを、事業の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、等の条件が前提となる。</li> </ul>
<b>集中発電供 給施設型</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生ごみ等を1箇所集中搬入するため、エネルギー効率、コスト面でのスケールメリットが期待できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・広域的に生ごみ等を分別・収集するシステムの構築が必要となる。</li> <li>・生ごみの分別・収集に相当のコスト、エネルギーを要する。</li> <li>・熱供給が困難であるほか、現状の売電単価ではコストメリットが期待できない。</li> <li>・消化液の有機物、窒素、リン等除去のための排水処理システムが必要となる。</li> <li>・設備の設置スペースを必要とする。</li> <li>・建設費、用地費が高くなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・売電だけで経済性を成立させる必要があり、余剰電力を電気事業者が適切な単価で受け入れることが前提となる。</li> <li>・生ごみ等の資源が大量かつ均質な状態で確保できることが前提となる。</li> </ul>

ここでのメリット、デメリットは、各システムの生ごみ収集からエネルギー利用までのシステムの範囲のみを対象に想定しており、例えば、関係する地域全体のごみ収集システムに及ぼす影響や住民等への普及啓発効果等は、システムの範囲外として見込んでいない。

以上の基本的な要件や、生ごみを対象として考えた各システムのメリット・デメリットをふまえると、現状では、集中電力供給施設型の設備を経済的に成立させることは困難であり、オンサイト熱電併給型あるいは自治体ごみ処理施設併設型の2つの形態が想定される。さらに、生ごみのみでなく、家畜糞尿、有機系産業廃棄物、下水汚泥等に対象を広げ、システムを導入する具体的な場、拠点に着目した場合、以下の(2)から(4)の三つの方向性を想定することができる。

なお、このようなバイオマス資源利用燃料電池システムによりもたらされる効果は、表 4-1 の例でも明らかなように、評価対象とするシステムバウンダリーをどの範囲に設定するか、また、比較対象とする技術システム等の条件をどのように設定するかによって異なるものとなる。したがって、今後、これらのシステムの温暖化対策としての効果を定量的に評価するにあたっては、システムバウンダリー及びベースラインシナリオを明確に設定して評価すべき点に留意が必要である。

## (2) オンサイト熱電併給型システムのあり方と普及に向けた方針

食品系廃棄物、特に家庭系や事業系の生ごみは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。また、現状での売電単価の安さや熱利用のしやすさを考慮すると、オンサイト型のシステムが、燃料電池の総合エネルギー効率の高さを最も活かす利用形態と考えられる。したがって、ある程度まとまった量の生ごみが発生し、かつ電力・熱の需要もある集合住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア、スーパー等を拠点とし、その発生源単位でメタン発酵・燃料電池施設を設置することが想定される。

この場合、発生源において、生ごみが自動的に分別・前処理されるような技術・システムが採り入れられることが前提となる。例えば、近年、首都圏を中心に普及が進んでいるディスポーザ付き集合住宅等(図 4-1)であれば、生ごみが自動的に分別・破碎されるため、新たな収集システムや前処理が不要となり効果的である。

ディスポーザシステムは、台所シンク排水口に設置したディスポーザと専用配管、排水処理装置からなり、定められた要求処理水質を満たすことが設置認可の条件となっている。このような排水処理を含む維持管理の費用については、受益者であるユーザーが負担する仕組みが構築されている。

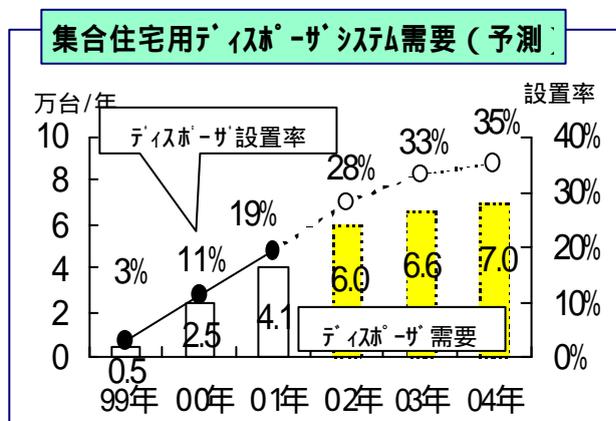


図 4-1 集合住宅用ディスポーザシステムの普及状況 (01/10 富士経済調べ)

以上のことから、普及に向けた方針としては、次の点が挙げられる。

- ・ ディスポーザ等、生ごみが生ごみの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。設計においては、電力・熱の需要量と供給量を比較検討し、需要にうまく見合うコージェネレーション設備とする。
- ・ ディスポーザと組合せる際には、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。

### (3) 自治体ごみ処理施設併設型システムのあり方と普及に向けた方針

自治体はごみ処理施設を有しており、食品系廃棄物や下水汚泥等、バイオマス資源の集約・活用拠点の一つとしての可能性を持っている。既存のごみ処理施設にメタン発酵・燃料電池施設を併設すれば、従来のごみ処理の流れを大きく変えることなく、バイオマス資源を利用することができる。ただし、それには、バイオマス資源の収集・分別のためのコスト、エネルギー消費を生じさせない工夫や新たな技術の導入が前提となる。以上のことから、普及に向けた方針としては、次の点が挙げられる。

- ・ 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。

### (4) その他の活用システムの普及に向けた方針

上記のオンサイト熱電併給型、自治体ごみ処理施設併設型のように生ごみを資源として利用するシステムの他に、畜糞尿や有機系産業廃棄物、下水汚泥等、相当程度まとまったバイオマス資源の利用システムとして、酪農系の施設（家畜糞尿の利用）、工場・下水処理場系の施設（有機系産業廃棄物、下水汚泥の利用）等を拠点としたシステムが想定される。また、バイオマス資源の利用拡大の観点からは、バイ

オエタノールやメタノールの製造等にかかる技術開発を促進することも重要となる。

- ・酪農系の施設では、家畜糞尿を利用した酪農家単位等の分散型や農産物加工施設等での集中型等のシステムが想定されるが、コスト、エネルギー消費の両面から効率的なシステムを選択するとともに、液肥の有効利用技術等の研究開発と並行して普及を図る。
- ・工場・下水処理場系の施設では、有機系産業廃棄物や下水汚泥等を利用したシステムの普及を図る。大容量発電が可能な溶融炭酸塩形燃料電池等の技術開発の促進と並行して進める必要がある。
- ・メタン発酵・燃料電池による電力・熱の供給に加え、バイオマス資源の多様な利用技術として、自動車やボイラー燃料としてのバイオエタノールの製造が期待されるが、このバイオエタノールからの水素製造技術について、技術開発を促進する必要がある。

## 5. 燃料電池活用システムモデル事業について

4.における要件及び方向性をふまえ、ここでは、4つのタイプの燃料電池活用システムモデル事業及びバイオマス資源の利用拡大に資する技術開発促進事業を提案するとともに、これらのモデル事業実施にあたっての留意点を提示する。

### (1) 生ごみを利用したオンサイト熱電併給型システムの構築

#### 1) 意義

家庭系や事業系の生ごみの利用を考えた場合、ある程度まとまった量の生ごみが発生し、かつ電力・熱の需要もある集合住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア、スーパー等を拠点としたオンサイト分散型システムが想定される。その際には、発生源において、生ごみが自動的に分別されるような技術・システムが採り入れられることが前提となる。特に、近年、首都圏を中心に普及が進んでいるディスポーザ付き集合住宅であれば、生ごみが自動的に分別・破碎されるため、新たな収集システムや前処理が不要となり効果的である。また、家庭用の固体高分子形燃料電池が2004～2005年度に限定市場導入される予定であり、これと組み合わせることにより、生ごみを燃料として熱電併給を行うことができ、集合住宅や民生業務系施設からの二酸化炭素排出を削減できる。

#### 2) 内容及び留意事項

- ・ディスポーザシステム等を有する新築集合住宅、ホテル、病院、コンビニエンスストア、スーパー等の施設において、メタン発酵装置、燃料電池、熱電併給設備

の整備を行う。現状では、メタン発酵装置、燃料電池等が高価であることから、初期投資に対する補助制度等を整備して普及を促進する。

- ・ 固体高分子形燃料電池は、まず戸建住宅用（1kW 程度）、次に集合住宅用（数 kW 程度）という流れで開発が進められており、最も早い戸建住宅用でも 2005 年度までは基盤整備段階と想定されている。したがって、当面（2003～2004 年度）は、エンジン、タービン等のコージェネレーション設備との組合せによって集合住宅・業務系施設レベルでの生ごみメタン発酵に習熟しつつ、技術成熟度に応じて数 kW 級燃料電池との組合せに移行する（2005 年度以降）等のステップにより、普及を図る。
- ・ 都市ガスとの系統連系により、熱電併給の安定性を確保する。
- ・ ディスポーザと組合せる際には、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。
- ・ 業務系施設の電力・熱の需要規模に見合う固体高分子形燃料電池の技術開発を促進する。

## (2) 自治体ごみ処理施設併設型システムの構築

### 1) 意義

自治体はごみ処理施設を有しており、これにメタン発酵・燃料電池施設を併設すれば、従来のごみ処理の流れを大きく変えることなく、バイオマス資源を利用することができる。自治体において収集・処理している可燃ごみから生ごみを分別、あるいは事業者等の持ち込む分別済みの生ごみの受け入れ等により、生ごみをメタン発酵・燃料電池システムに利用して熱電供給を行うことで、現在、約 9 割が未利用となっている食品系廃棄物の有効利用、熱電供給による二酸化炭素排出の削減が可能となる。

### 2) 内容及び留意事項

- ・ 自治体のごみ処理施設に収集される家庭系、事業系の生ごみを利用するメタン発酵装置、燃料電池、熱電併給設備の整備を行う。自治体の初期投資に対する財政的支援制度等を整備して普及を促進する必要がある。
- ・ 収集される可燃ごみに生ごみが含まれている自治体の場合を想定し、家庭系、事業系可燃ごみから生ごみを分別してメタンガスを発生させるための効率的かつ低コストな生ごみ分別機器の開発に対する補助制度等を整備する。
- ・ 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処理費用を設定して受け入れる。

- ・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。

### **(3) 家畜糞尿を利用した酪農地域におけるシステムの構築**

#### **1) 意義**

家畜糞尿の利用については、堆肥化だけでなくエネルギー利用等、多様化を図ることが課題となっている。北海道では、既に家畜糞尿を利用したバイオガスプラントの試験導入が進められており、燃料電池と組合せた実験も実施されている。家畜糞尿を酪農家や農産物加工施設等での熱電供給に利用できれば、酪農や畑作を中心とする農業地域の二酸化炭素排出を削減することができ、家畜糞尿の野積み等による地下水汚染の防止、酪農地域での循環の仕組みづくり、基幹産業の維持等にもつながる。関係省庁との連携のもとで取組を進める必要がある。

#### **2) 内容及び留意事項**

- ・北海道等の酪農を主体とする地域で、酪農家単位あるいは農産物加工施設等において、メタン発酵装置、燃料電池、熱電併給設備の整備を促進する必要がある。低コストの技術の開発を促進するとともに、リードタイムの措置として初期投資に対する支援が必要であろう。
- ・当面は、エンジン、タービン等のコージェネレーション設備との組合せによって家畜糞尿のメタン発酵に習熟しつつ、技術成熟度に応じて燃料電池との組合せに移行する等のステップにより普及を図ることが想定される。
- ・立地条件等によっては、農業集落排水汚泥等も併せて活用する。
- ・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を促進する。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する。

### **(4) 工場・下水処理場等におけるシステムの構築**

#### **1) 意義**

廃棄物バイオマスとしては、食品系廃棄物のほかに食品や紙パルプ系工場等で発生する有機系工場排水、半導体工場等で発生する廃メタノール、廃アルコール、下水処理場の下水汚泥等がある。有機系工場排水、下水汚泥等をメタン発酵・燃料電池システムに利用して熱電供給を行うことで、産業部門や民生部門からの二酸化炭素排出を削減することができる。なお、これらの施設では中小工場を除き、その電力・熱の需要規模を考慮すると、将来的には大容量発電に適した溶融炭酸塩形燃料電池等の適用可能性が高い。関係省庁との連携のもとで取組を進める必要がある。

## 2) 内容及び留意事項

- ・工場の有機系工場排水、下水処理施設の下水汚泥等を活用したメタン発酵装置、燃料電池、熱電併給設備の整備を促進する必要がある。低コストの技術の開発を促進するとともに、リードタイムの措置として初期投資に対する支援が必要であろう。
- ・熔融炭酸塩形燃料電池や固体高分子形燃料電池の技術開発を促進するとともに、バイオマス起源の水素を利用する実証実験を促進する必要がある。

## (5) バイオエタノール及びメタノールの製造等にかかる技術開発

### 1) 意義

バイオマス資源と燃料電池を組合せるための過渡的段階では、バイオマス資源の変換技術として、バイオマスからのメタノール製造や、バイオエタノール製造等、多様な技術の可能性を探り、実証・経験を蓄積する必要がある。また、これらのバイオマス起源燃料の利用を通じて、ノートパソコンや携帯電話等、近年急速に普及している携帯機器製品使用に伴う二酸化炭素や、運輸部門からの二酸化炭素の排出を削減することができる。

### 2) 内容

- ・パソコンや携帯電話用に開発が進められている超小型燃料電池用の燃料として、バイオマス資源からのメタノール製造技術の開発を促進する。
- ・国内のバイオマス資源からのバイオエタノール製造技術の開発を促進する。
- ・バイオエタノールからの水素製造技術の開発を促進する。
- ・バイオエタノールの流通及び利用を促進する。

## (6) モデル事業実施にあたっての留意点

燃料電池活用システムモデル事業は、今後、バイオマス資源のメタン発酵と燃料電池を組合せたシステムが広く認識され、導入・普及がより早く進むように促す役割も担うものである。したがって、モデル事業の実施にあたっては、見学者への普及啓発等も併せて行うことが望まれる。