

昨今の地球環境問題にかんがみ新エネルギーへの期待が高まっているが、その中でも燃料電池発電装置の注目度は大きい。当社では米国 ONSI 社と共同で、高性能、コンパクト化を実現した 200kW 出力の商用機として“PC25_{TM}C”を開発し、1995年11月から現在までに約100台を出荷している。PC25_{TM}Cはその優れた特長が認められ、97年度の新エネバンガード21で“通産大臣賞”を受賞した。

従来、燃料電池の燃料は天然ガスやプロパンガスが一般的であったが、このたび食品工場の嫌気性排水処理から発生するバイオガスを使った燃料電池発電装置の実用化に、世界で初めて成功した。燃料電池の適用範囲がさらに広がり、今後の普及が期待される。

Demands for environmental protection have been growing throughout the world in recent years. The fuel cell power plant (FCPP) is a clean energy source with superior environmental characteristics.

We have developed the PC25_{TM}C 200 kW FCPP featuring clean, high performance and compact size. The PC25_{TM}C was awarded the Minister of International Trade and Industry Prize by the New Energy Foundation as new energy equipment last year. We have applied it as a biogas-fueled FCPP to the food industry, the first such installation in the world. FCPPs are expected to play an expanding role as clean energy sources in various fields.

1 まえがき

当社は、ビール工場の排水から得られるバイオガスを燃料とした燃料電池発電システムを、98年度にビール会社2社に納入し、世界初のバイオガスによる燃料電池発電に成功した。

このシステムは、低騒音、低振動で窒素酸化物、硫黄酸化物、ばいじんの排出がきわめて少ない環境に優しい発電システムであることに加え、廃棄物を燃料として発電するリサイクル型の発電システムである。そのため、今後は食品工場排水の処理分野だけでなく、生ゴミや下水汚泥の処理分野にも導入拡大が図れるものと期待される。したがって、環境保全や食品工場におけるゼロエミッション構想を推進するための有力なシステムの一つとして位置付けられる。

ここでは、食品工場から排出される食品排水の処理方法、嫌気性排水処理で得られたバイオガスを燃料とした燃料電池発電装置のシステム構成、運転実績および導入メリットについて紹介する。

2 燃料電池とは

燃料電池とは、水力、火力、原子力に次ぐ第四の発電方式と呼ばれ、水の電気分解の逆反応を利用して発電する静

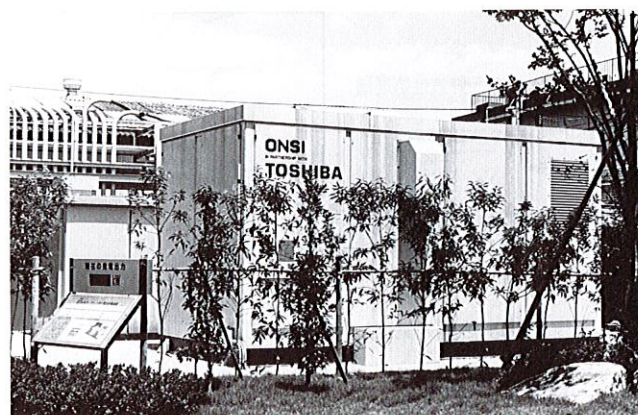


図1. リン酸型燃料電池発電装置 オンサイト型の200kW燃料電池発電装置。
View of FCPP

止型の発電装置である。現在、数種類のタイプの燃料電池が研究・開発されているが、その中でも、リン酸型燃料電池だけが商用化段階にある(図1)。

燃料電池発電装置の主要機器は、改質器、電池本体およびインバータである。改質器は供給された燃料から触媒の作用により水素ガスを作り出す機器である。電池本体は、改質器で製造された水素ガスと大気からの酸素を用いて、電気化学反応によって直流電力を発生させる機器であり、同時に水(純水)と熱が発生する。インバータは、電池本体

で発電した直流電力を一般に使用されている交流電力に変換する機器である。

このように、燃料電池発電装置は、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換するため、発電効率がよく(約40%LHV(低位発熱量)), 低騒音, 低振動で排気ガスもクリーンなことが特長である。

3 食品製造業界への燃料電池発電の適用

3.1 食品製造業界の排水処理

食品工場などでは、食品を製造する際さまざまな工程で水を使用し、多量の排水が生ずる。この排水は食品(有機)成分を含む状態であり、河川や海の水質汚濁の原因となることから、法や条例により設定された基準値を満たすきれいな水質に工場内部で変換・処理し、外部へ放流している。

通常この排水処理方法として、好気性排水処理と呼ばれる処理を実施している。これらは排水中の有機成分を酸素(空気)を送りながら好気性細菌により分解し処理する方法で、大きな設備と動力を必要とするが、現在食品工場や下水道処理業界で広く行われている方法である(図2)。

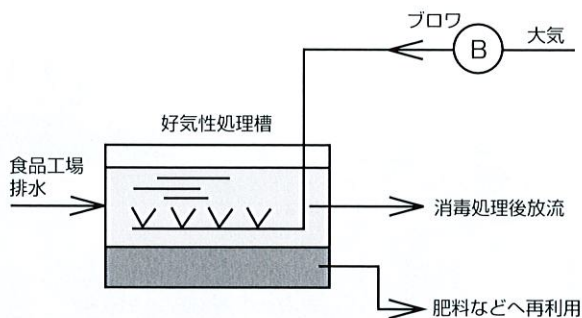


図2. 好気性排水処理の概要 好気性処理槽で好気性処理菌が有機成分を分解する。

Aerobic digestive system

また、排水処理方法として、嫌気性排水処理(図3)と呼ばれる方法がある。嫌気性排水処理とは、食品工場の排水に含まれる有機成分を、無酸素下で嫌気性菌により分解・処理させるものであり、その際に嫌気性菌の働きによりメタンリッチのガスが発生する副次的効果をもつことが特長である。この処理で発生するガスは、「バイオガス」と呼ばれ(下水道・農業の分野では「消化ガス」と呼ばれる)、メタン約60%、炭酸ガス約40%の低カロリーのガスである。

前述した好気性排水処理は、高濃度有機成分を含む排水を自然界に放流しても影響のない状態へ変換することだけが目的であるのに対し、嫌気性排水処理は、より積極的な排水処理方法であると言える。嫌気性排水処理を実施する

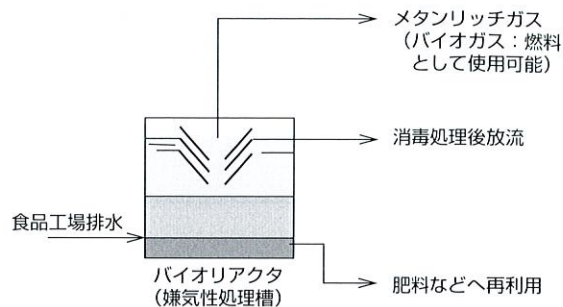


図3. 嫌気性排水処理の概要 嫌気性処理槽で、嫌気性処理菌が有機成分を分解する。

Anaerobic digestive system

ことにより、有機成分に富む排水に含まれる潜在的エネルギーを、メタンガスとして取り出し、有効利用することができるからである。

また、嫌気性処理は、好気性処理に比べ比較的処理設備を小さくすることができることや、処理時に発生する汚泥の量が少ないなど、メリットが多い。

この嫌気性処理自体は決して新しい技術ではないが、近年のバイオテクノロジー分野の技術進歩により、より安価で、高効率で、かつ小規模でも対応できるようなシステムが開発されてきたため、各界で導入に拍車がかかっている。

特に食品業界では、環境保全の立場から、省エネルギー、リサイクル化およびゼロエミッション構想を掲げるところが多く、その主要設備として嫌気性排水処理設備を導入する工場が増えている。

この嫌気性排水処理で発生したバイオガスを燃料として、電気と熱を発生させるシステムが、「バイオガス利用燃料電池発電システム」である。バイオガスから燃料電池を用いて電気を得ることは、未利用エネルギーの有効かつ柔軟な利用方法として、最近大きな注目を浴び始めている。

3.2 微量成分を除去する前処理装置

バイオガス中には、主成分であるメタンガス、炭酸ガスに加え、微量成分として、約1,000~2,000ppmの硫黄化合物、数十ppm以下の塩類およびアンモニアが含まれている。

表1. バイオガス適用燃料電池の許容ガス組成

Admissibility conditions of biogas

ガス成分	燃料電池プラント許容条件(バイオガス)
メタン	55%以上
二酸化炭素	45%以下
酸素	0.2%以下
窒素	4.0%以下
全硫黄分	平均6ppm以下
アンモニア	1ppm以下
塩素	0.05%以下

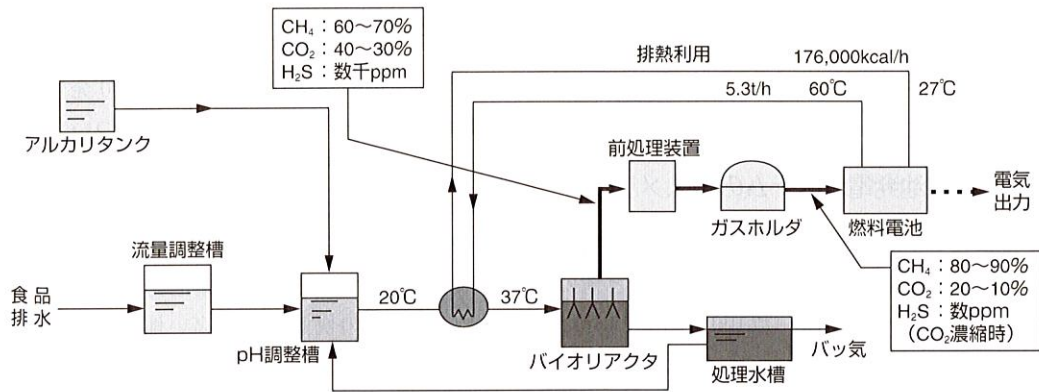


図4. バイオガスを適用した燃料電池発電システムの構成例 食品排水から発生したバイオガスにより燃料電池で発電を行う。
Flow diagram of fuel cell system applying biogas

バイオガス中の微量成分である硫黄化合物、塩類およびアンモニアは、燃料電池本体や改質器の触媒毒^(注1)となることから、燃料電池に導入することはできない。このため、前処理装置と呼ばれるシステムが燃料電池発電プラントの上流に付加される。前処理装置は、それらの燃料電池にとって悪影響のある成分を一定管理値(表1)以下に除去するとともに、必要に応じ適正な圧力に調節して、燃料電池に供給する。

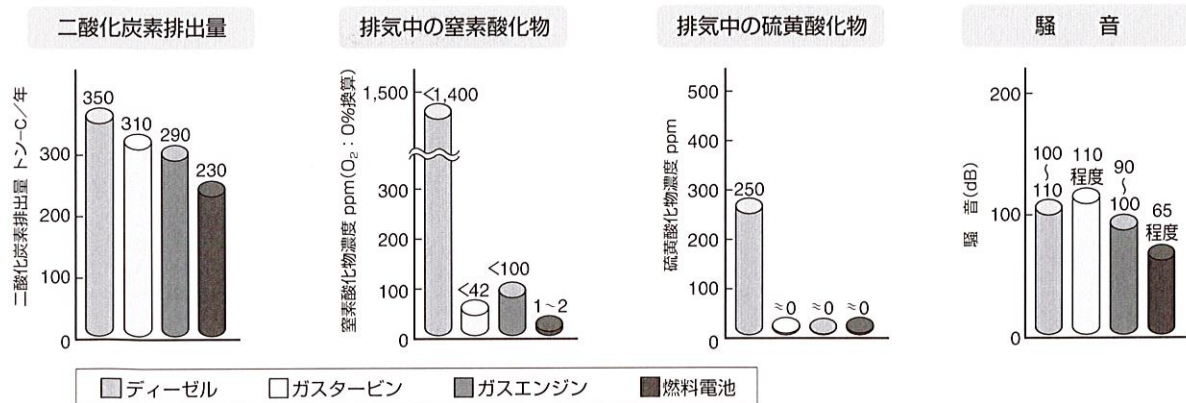
典型的な前処理装置は、湿式脱硫器、乾式脱硫器、活性炭塔、ガス貯蔵用ホルダなどから構成される。また、プロワ、圧力調節弁が付加されるケースもある。バイオガス中に含まれる微量成分などの条件はサイトによって異なるため、前処理装置は、その組成(特に、硫黄化合物濃度)や処理流量、圧力などに基づいた最適な設計が実施されている。

(注1) こく微量でも触媒の性能を低下させる物質。

3.3 バイオガス適用燃料電池発電システム

嫌気性排水処理設備を含めたバイオガス適用燃料電池システムの構成例を図4に示す。また、システムフローの概略説明を以下に示す。

- (1) 流量調整槽に貯えられた食品排水はpH調整槽を経てバイオリアクタ(嫌気性排水処理の反応槽)に送られる。
- (2) バイオリアクタで、メタン成分が約60%のバイオガスが発生する。
- (3) バイオガス中の硫黄成分や塩化物などの触媒毒となる微量成分は、前処理装置で除去され、適正な状態で燃料電池に送られる。
- (4) 燃料電池では、約90Nm³/h(メタン60%時)のバイオガスから200kWの電力を発生する。電力(400VACまたは440VAC出力)は通常施設内の系統に連系し構内設備へ供給される。



比較条件 (1) 200kw燃料電池から得られる電気と熱をベースに比較
(2) ディーゼルは石油燃料, 他は都市ガス(LNG)として比較

出典: (社)電気学会, 燃料電池運転性調査専門委員会, コロナ社(燃料電池は当社実績値)

図5. 燃料電池の環境性 燃料電池とディーゼル, ガスタービン, ガスエンジンとの環境性比較。特に窒素酸化物で優れた環境性を示している。

Environmental characteristics of FCPP

- (5) 熱(60℃供給, 176,000kcal/h)は、バイオリアクタの加温や施設内での熱利用設備へ供給し、有効利用される。

4 バイオガス燃料電池発電システムの導入メリット

燃料電池の環境性についての導入メリットは図5に示すとおりである。特に窒素酸化物については1~2ppmと他のコージェネレーションに比べて数10~数100分の1であり、環境性に優れている。

98年度、ビール会社2社にバイオガス適用燃料電池発電システムを納入し、6月から運用を開始した。

現在、いずれのシステムも順調に運転されており、98年12月現在で、累積発電時間4,500時間以上の発電実績を達成している。

バイオガス適用燃料電池発電システムを納入した工場では、下記のメリットが得られている。

- (1) 燃料電池の導入により、所内電力代が大幅に削減された。
- (2) 工場のバイオガスの有効利用率が大幅に向上した。
- (3) 真夏電力使用ピーク時にも、契約電力に余裕をもって操業することが可能となった。
- (4) 未利用エネルギーの有効利用により、工場の省エネルギー化が進んだ。
- (5) 燃料電池の高効率発電により、二酸化炭素排出量の削減が実現した。

5 あとがき

食品工場の嫌気性排水処理により発生するバイオガスを使用した燃料電池発電システムについて述べた。この発電はリサイクル型の発電システムであり、これからの時代にマッチした発電システムと言える。

21世紀に向けて環境問題や地球温暖化防止の取組みがさらに強まってくる。燃料電池発電システムの普及拡大により、21世紀の快適で質の高い地域環境の創造に貢献したいと願っている。

文献

- (1) 高橋元洋, 他. 燃料電池発電プラントの燃料多様化への取組み. 東芝レビュー 53, 8, 1998, p.59-63.
- (2) 小川雅弘. 燃料電池による食品工場排水からのエネルギー回収. 月刊食品工場長, October 1998, p.16-17



荒木 邦行 ARAKI Kuniyuki

電機システム事業部 産業プラントシステム技術部主務。
特殊ドライブシステムの開発・設計に従事。
Industrial Automation Systems Div.



小川 雅弘 OGAWA Masahiro

燃料電池事業推進部 システム技術担当主務。
燃料電池システムの開発・設計に従事。
Fuel Cell Systems Div.