

## 最適な水分管理で燃料電池の効率と寿命を最大化するために



「ヴァイサラの湿度センサは我々の研究で活躍しています。反応ガスの湿度を把握することは、低温燃料電池と高温燃料電池の双方において極めて重要です。」

VTT 燃料電池研究員  
Mikko Kotisaari 氏

水素製造は成長を続ける大きな産業です。水素経済は、将来の低炭素経済において重要な役割を果たすことが提案されており、最終的には現在の一次エネルギー源である化石燃料を段階的に廃止し、地球温暖化を緩和すると考えられています。水素の主な利点の一つとして、燃料電池用途に幅広く適している点が挙げられます。

燃料電池技術が利用される用途は、主にポータブル発電機（モバイル機器用やポータブル補助電源用）、固定発電機（分散型発電、バックアップ電源、グリッド接続発電所）、輸送（車両、公共交通機関、重機）の3つの分野に分類されます。また、市場を成長させる重要な促進要因の一つが自動車産業です。自動車業界では、自動車市場における燃料電池技術を推進するために詳細な研究開発を実施しています。

### 作動原理

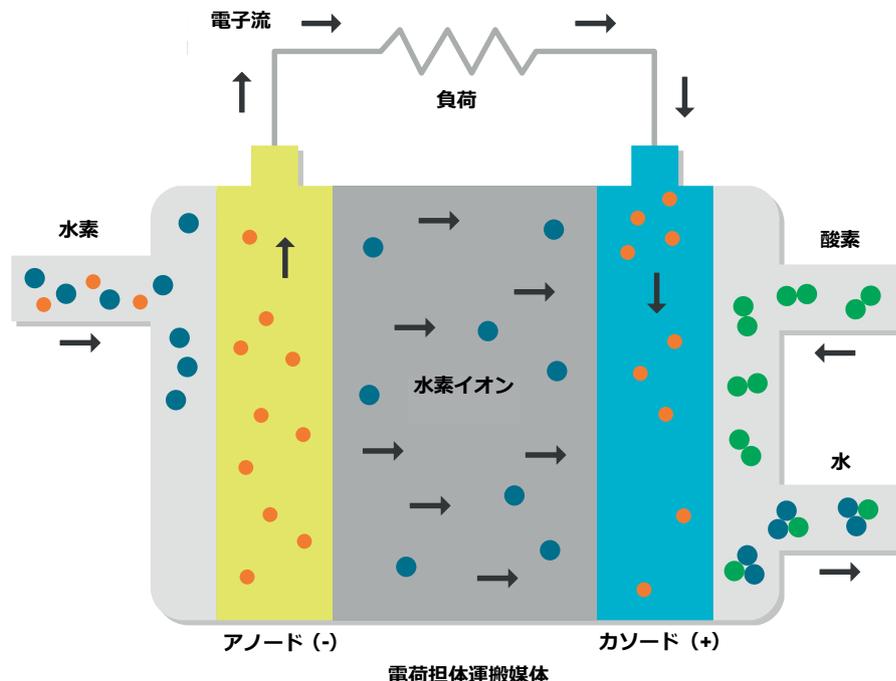
燃料電池は、燃焼プロセスを経ずに化学的エネルギーを電気的エネルギーに直接変換します。燃料電池の作動原理は酸化還元反応に基づいており、水素と酸素の間で起こる反応によってエネルギーが放出されます。この直接法の利点は、50%を超える高いエネルギー効率であり、副産物である熱エネルギーも回収すれば、エネルギー効

率は85%にまで達します。これは、電気の生成という点において、どのような燃焼プロセスの効率にも勝っています。他にも、排気ガスがなく、音が静かという利点があります。

燃料電池技術は多くあり、それぞれに長所と短所があります。今日の市場における主要技術としては、使用材質と特長の違いで高分子電解質膜（PEM）、固体酸化物（SO）、

融解炭酸塩（MC）の3つがあります。このうちPEM技術は、作動温度の低さ（100°C未満）から用途に最も汎用性があり、小型と大型のいずれの燃料電池での使用にも適しています。固体酸化燃料電池（SOFC）は高温を伴うため、分散型発電などの大規模用途に最適です。PEM燃料電池が純水素を使用するのに対し、SOFCは天然ガスやその他の炭化水素を使用し、そこから改質工程で水素を抽出します。SOFCは作動温度が高いため、燃料改質段階が容易になります。

PEM燃料電池の作動原理を、**図1**に示しています。水素燃料がアノード側で陽子（水素イオン）と電子に分けられ、電子は外部回路を通過してカソード側へ移動し、これによって電流が発生します。カソードの湿潤膜を通して正電荷担体（水素原子核）が運搬され、酸素と反応して水になります。これにより、電気と熱が発生します。



**図1**：PEM燃料電池の作動原理。水素燃料が触媒によりアノードで反応し、電子と水素原子核を形成します。この原子核が電荷担体媒体を通してカソードに運搬され、そこで酸素と反応して水になります。電子は外部回路を通過して移動し、電流を発生させます。

## 燃料電池の効率を最大化するために

燃料電池の効率は、触媒反応および触媒条件によって決まる活性化損失、陽子の移動中に運搬媒体で起こる抵抗損失、反応表面への質量移動速度制限による濃度損失、燃料が反応せずに膜に拡散される際に起こる内部電流など、さまざまな損失によって制限されます。損失のメカニズムは、電池内の水分と温度の管理に関係しています。水分と温度が適切に管理されていない場合、触媒と陽子運搬媒体の劣化により、さまざまな損失増加や効率低下が起こり、ひいては電池の破損につながります。

通常、小型のPEM電池では加湿は不要ですが、大電流が流れる大型電池では、高分子電解質膜が脱水しないよう、反応剤による加湿が必要になる場合があります。発

電効率が電解質膜の水分量に影響を受けるため、乾燥した電解質膜は発電効率を損ないます。

さらに、高分子電解質膜の乾燥は寿命にも影響します。電池の寿命は、燃料電池の設計において大きな問題です。一方、発生した水が電池のカソード側から十分に除去されない場合、溢れた水によって電池が適切に作動しなくなります。プロセスガスの湿度計測は、加湿プロセスの管理、発生水の推定、電解質膜の適切な水分量の維持に役立ちます。

反応効率を向上させるために、大量の反応ガスを触媒表面に誘導する必要があります。アノードから出た湿った未反応燃料は、再循環してアノードへ戻り、プロセスガスを湿らせる場合があります。特にPEM燃料電池の場合、

この再循環が有害な汚染物質の蓄積を引き起こす可能性があります。

プロセスガスの湿度管理に加え、アノードおよびカソードでのプロセスガスの湿度計測を利用して、不純物を計測する場合があります。水素と水の全圧および分圧が分かれば、循環における不純物の分圧を推定することができます。

## 加温プローブ技術により高湿度環境における計測課題を克服

通常、燃料電池用途における湿度計測は、相対湿度80%を超える高湿度環境で実施されます。結露が起これると相対湿度センサも濡れてしまうため、結露が生じるような環境での湿度計測は困難な作業で

す。センサが乾燥して正しく計測を開始するまでには長い時間を要する場合があります、その間は正しい湿度計測ができず、プロセスガスの水分を管理できません。

ヴァイサラの加温プローブ技術は、センサ素子を周囲温度より高い温度に加温することで相対湿度を下げて、結露の問題を克服することができます。さらに湿度センサの近くに温度センサを設置して、実際のプロセスの温度を計測することもできます。この2つのセンサを組み合わせることによって、高湿度プロセスにおける実際の相対湿度が算出できると同時に、結露の問題も回避できます。

フィンランドの主要な研究機関のひとつであるVTTは、低温（PEM）および高温（SOFC）燃料電池の両方を研究しています。VTTでは、燃料電池関連の研究にヴァイサラの湿度計測器であるHMT310F、HMT337、HMP7やCO<sub>2</sub>変換器であるGMP343を活用しています。

「ヴァイサラの湿度センサは我々の研究で活躍しています。反応ガスの湿度を把握することは、低温燃料電池と高温燃料電池の双方において極めて重要です」と、VTTの燃料電池研究員であるMikko Kotisaari氏は述べています。

詳細については、  
[www.vaisala.com/ja/fuelcell](http://www.vaisala.com/ja/fuelcell) を  
ご覧ください。



ヴァイサラ HUMICAP®  
HMT337 湿度温度変換器



ヴァイサラ HUMICAP®  
HMP7 湿度温度プローブ

**VAISALA**

詳細は以下よりお問い合わせください。  
[www.vaisala.com/ja/contactus](http://www.vaisala.com/ja/contactus)

[www.vaisala.com](http://www.vaisala.com)

Ref. B211405JA-C ©Vaisala 2019

本カタログに掲載される情報は、ヴァイサラと協力会社の著作権法、各種条約及びその他の法律で保護されています。ヴァイサラの書面による事前の同意がない限り、本カタログに記載されている情報の複製、譲渡、配布、または保存は、固く禁じられています。技術的仕様を含め、全ての仕様は予告なく変更されることがあります。