

実験課題番号：2005B0991

実験課題名：X線CTによる燃料電池中の水分分布その場観察

実験責任者所属機関及び氏名：キヤノン株式会社 向出 大平

使用ビームライン：BL20B2

### 背景および目的

燃料電池は高発電効率かつ窒素酸化物などの有害物質の排出がない環境にやさしい新エネルギー源として注目を浴びている。燃料電池は固体酸化形燃料電池、熔融炭酸塩形燃料電池、リン酸形燃料電池や固体高分子形燃料電池があるがその中で固体高分子形燃料電池は容易に小型化出来る点や動作温度が低いことから、家電機器への利用を視野に入れ、積極的に研究開発が進められている。その中で固体高分子形燃料電池における解決すべき大きな問題の一つとして水管理問題がある。

固体高分子形燃料電池においてはカソード触媒表面において水素イオンと酸素との反応により水が生成される。これらの水が適度に排出されないと、水が触媒表面を覆うことになり酸素が触媒に供給されなくなるために、電池特性を低下させてしまう。逆に水が過剰に排出されてしまう場合、電解質膜が乾燥してしまう。電解質膜内における水素イオンの伝導には水が不可欠であるために、乾燥状態は水素イオンの供給を鈍らせ、水が過剰な状態と同様に電池特性を低下させてしまう。

この様に燃料電池の特性を最大に引き出すためには水管理問題を的確に改善していかななくてはならない。大型の燃料電池では常に燃料ガスの湿度などをモニターし、適切な条件に制御できる機構を組み込むことができるが、小型燃料電池においては同様のシステムを組み込むことはきわめて困難である。そのために水分のバランスを保たせるために様々な工夫が施されているが、この工夫に対して実際に水の管理が機能しているかを判断するためには、実際の燃料電池内で生成される水がどのように分布し、それが電池特性にどのように影響しているかを明らかにすることがきわめて重要である。

これまで我々は燃料電池内に発生する水のその場観察法の開発を行ってきた。(課題番号：2004B0991-RI-np、2005A0271-NI-p)そして実際に駆動中の燃料電池内の水挙動についてその可視化を実現することができた。しかしながらこれらの測定はすべて2次元的情報を得る手法であった。これまでの情報に対して高度な検討を行うためには、3次元での水の分布を得るための方法の検討が必要となってきた。

そこで今回は、これまでの2次元情報を取得する測定法ではなく、駆動中の燃料電池内の水分分布を3次元情報として得るための測定法の開発検討を試みた。

## 実験

実験は BL20B2 にて行った。今回は X 線 CT 法によって駆動中燃料電池内の水の 3 次元的な可視化について検討を行った。実験レイアウトの模式図を図 1 に示す。蓄積リングから白色 X 線は Si (111) の 2 結晶モノクロメータによる最高エネルギーの 37keV に単色化して用いた。単色化された X 線はスリットによって X 線を検出器の視野と同等のサイズに成形し試料に入射した。透過 X 線は SPring-8 のイメージング実験で標準的に用いられているビームモニタに CCD を組み合わせたものを用いた。視野は  $24 \times 12\text{mm}$  で 1 画素あたりの視野は約  $6 \times 6 \mu\text{m}$  である。試料と検出器間距離は X 線の屈折の効果をもどの程度利用するかによって 600 ~ 2500mm の間で設定した。露光時間は 1 ステップあたり 4 秒以下に設定し、鉛直方向の軸に対して燃料電池を  $180^\circ$  回転させてその透過像を測定し、それらのデータをもとに 3 次元情報の再構築を行った。

## 結果

まず駆動前の燃料電池について得られたデータから再構築したカソードガス拡散層の一部分のデータを図 2 に示す。これまでの 2 次元データではその細部まではわからなかった、繊維の編みこみ形状について情報を入手することができた。同様に駆動中燃料電池内の電解質膜の一部分について再構築した像を図 3 に示す。この形状を駆動前の測定データから解析した形状と比較することにより、3 次元的な膨潤状態を検出することができた。このことより 3 次元的な膨潤情報から膜内の水分分布を得ることができる。

しかしながら比較的空間が大きい領域での水の観察については十分なデータをとることができなかった。理由としては駆動中の水の流れによって測定中のその形態が刻々と変化するために、データとして水の情報が均されてしまっている可能性がある。その点を考慮し露光時間やステップ幅を調整して可能な限り測定時間の短縮を行ったが、再構成の際、これらの条件変更が像のノイズとして支配的になり、水の確認が十分に行えなかった。また水の吸収だけで像を得るのではなく、試料と検出器間距離を大きくし水の屈折コントラストにより輪郭を強調させるような測定も試みたが十分なデータをとることはできなかった。

## まとめ

今回、X 線 CT 法により駆動中燃料電池内の水分分布を 3 次元的に観察できるかどうかについて検討を行った。その結果、電池内部の 3 次元的な構造を詳細に観察することができた。また駆動電池中の電解質膜の膨潤状態を 3 次元的に観察することができた。このデータを駆動前の電解質膜のデータと比較することによって 3 次元的な水の分布を得る解析を現在行っている。

水の形態としての観察は様々な問題点から本実験では十分に情報を得ることができなかつた。しかしながら試料の測定方法や、再構築手法を改良することによって実現できる可能性は十分あると考えている。

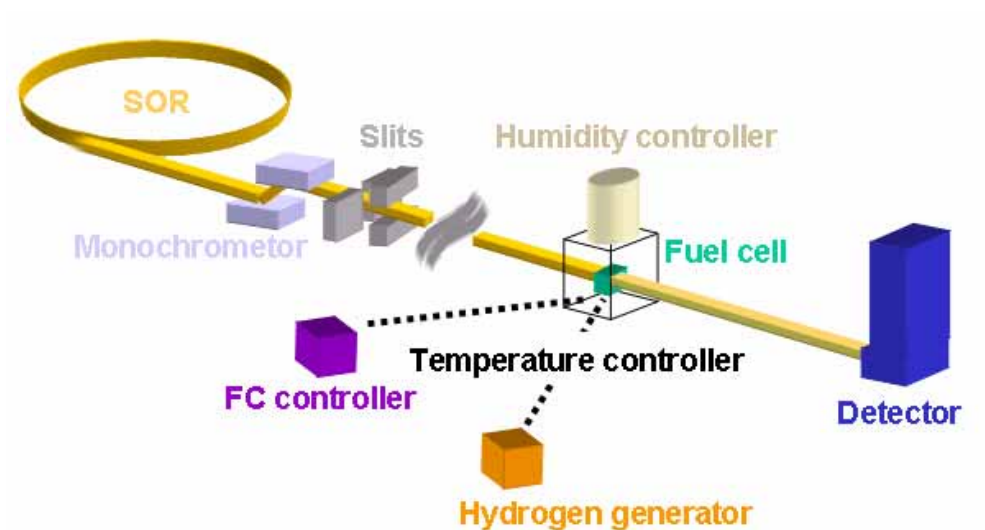


図 1 : 実験レイアウト模式図

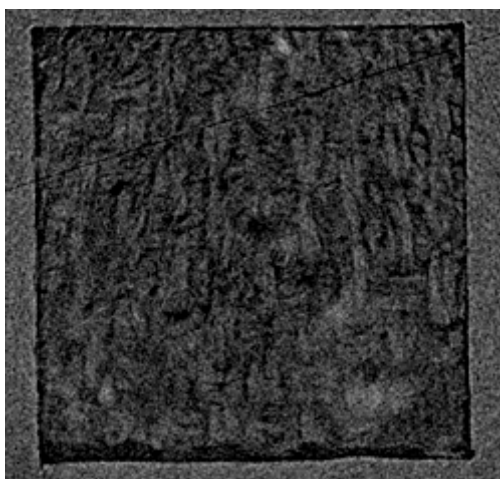


図 2 : ガス拡散層の再構成図

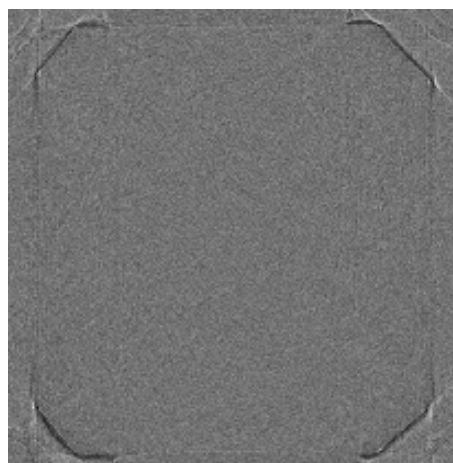


図 3 : 駆動中電解質膜の再構成図