

高温水蒸気電解による水素製造システム

原子力発電の電力と熱を利用した高効率な水素製造

原子炉の熱を利用した、二酸化炭素(CO₂)を排出しない水素製造法の一つとして、高温水蒸気電解による水素製造システムを開発しています。

高温ガス炉と組み合わせて900℃で水蒸気を分解することにより、地球温暖化の要因となるCO₂を生成せずに、高い効率で水素(H₂)を製造することが可能になります。実用化を目指して、電解セルの高効率化と大容量ユニット化、及び更に低温の600℃で電解が可能なセルの開発を進めています。

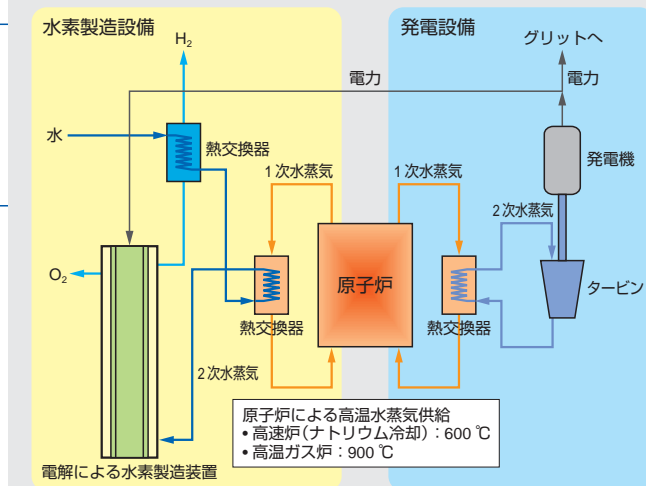


図1. 高温水蒸気電解による水素製造システム — 高温ガス炉で発生する900℃の水蒸気を利用し、高効率でH₂を製造します。

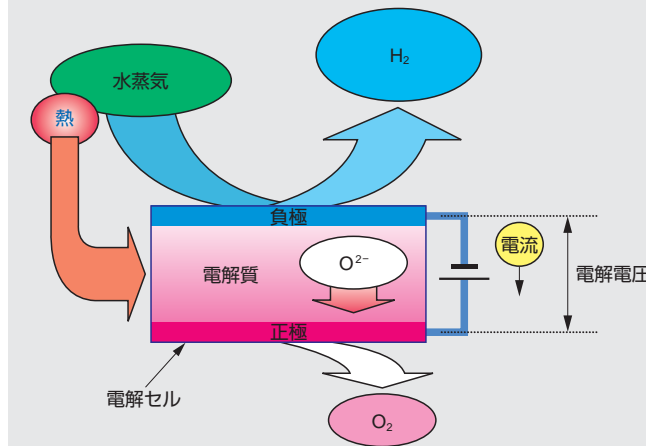


図2. 高温水蒸気電解の原理 — 電解反応により、一方の電極でH₂を、他方の電極でO₂を発生させます。

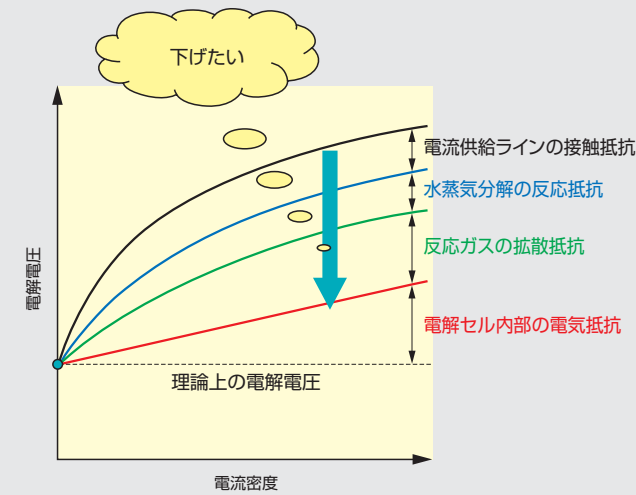


図3. 電解に必要な電圧 — 電極における化学反応のほか、ガスの拡散や電気抵抗によりエネルギーが消費されます。

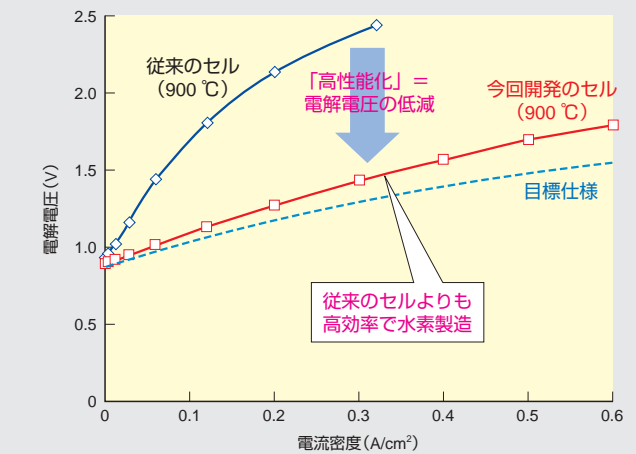


図4. 電解セルの電流 — 電圧特性 — 低い電圧でも大きな電解電流を流し、効率よくH₂を発生させます。

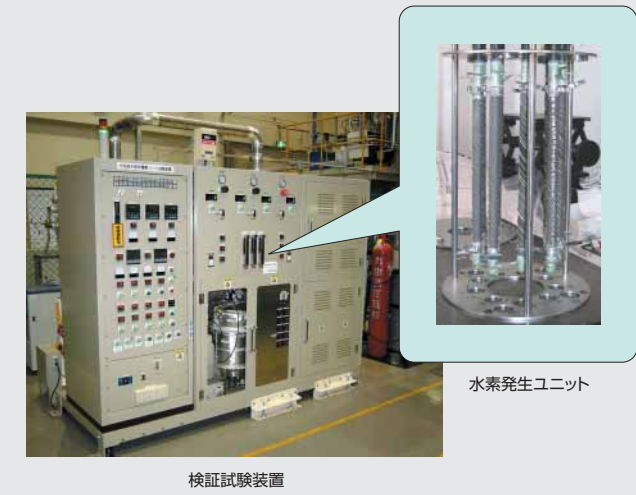


図5. 水素発生ユニットの検証試験装置 — 50L/hの水素発生容量を持つユニットを開発しました。

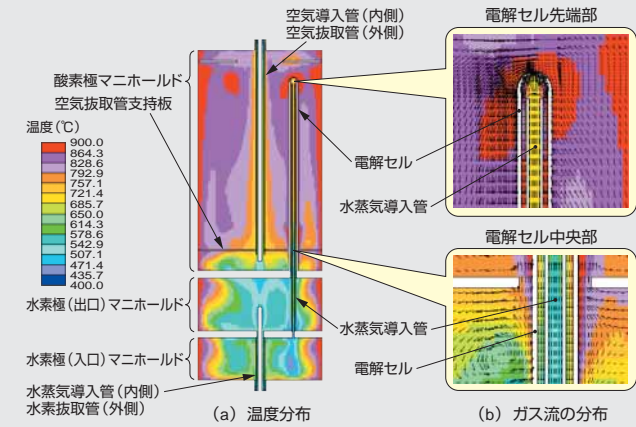


図6. 水素発生ユニット内部の温度とガス流の分布 — 反応容器内部の温度や反応ガスの流れなどをシミュレーションにより予測する手法を開発し、容器構造や運転条件の検討に活用しました。

クリーンエネルギー H₂ の高効率製造

石油資源の枯渇や地球温暖化対策としてのCO₂排出削減のために、新たなエネルギー資源としてH₂が注目されています。H₂の燃焼で発生するのは水蒸気だけですから、非常にクリーンなエネルギーと言えます。現在、様々な分野で、H₂から電気や動力を発生させる燃料電池などの新動力機関の開発が進められていますが、これらへの供給をまかなうための水素製造技術の確立が求められています。

原子力発電は、CO₂の排出なしに電力供給を行います。東芝は、原子炉(高温ガス炉)で発生する熱を利用して、温暖化ガスを排出しないでH₂を製造する方法を開発しています(図1)。水素製造技術の一つに“高温水蒸気電解”と呼ばれる方法があります。これは水蒸気(水)を電気分解することにより水素(H₂)と酸素(O₂)を製造する方法です(図2)。原子炉で発生する高温の水蒸気を利用することにより、通常の状態での電気分解を行うよりも高い効率でH₂を製造することが可能になります。

高温水蒸気電解を実現する技術

高温水蒸気電解では、外部から加えた電気により、電解セルの一方の電極で水蒸気をH₂と酸素イオン(O²⁻)に分解し、O²⁻をもう一方の電極まで運んで、O₂として放出します。電解で消費する電力を低くするためには、水蒸気の分解反応を各電極上でできるだけ円滑に進めるとともに、電解電流が流れるセル内部と電流供給ラインの電気抵抗を低くする必要があります(図3)。

当社では、水蒸気電解を効率よく行う触媒、ガス拡散性の良好な電極構造、及び耐熱性や耐酸性に優れた導電性材料の採用により、高効率でH₂を発生させる電解セルを開発しました(図4)。

高効率・大容量の水素製造装置

今後、高温水蒸気電解による水素製造プラントの商用化を進めていくためには、前述の高性能電解セルの大型化と製造コストの低減が必要になります。当社では、低コストでセルの商用生産が可能な方法を開発するとともに

製造した複数の大型電解セルを組み合わせ、高温で気密性を保ちながら、高効率で製造したH₂を安定して取り出すことのできる水素発生ユニットの構造を開発しました(図5)。水素発生ユニットの設計にあたっては、内部の温度やガス流の分布などをシミュレーションにより予測する手法を並行して開発し、その手法により得られた結果を参考にしました(図6)。

高温水蒸気電解の将来展望

現在開発中の水素製造装置は900℃で運転されますが、更に低温の

600℃でも動作が可能な水蒸気電解セルも開発中です。その適用が可能になれば、更に幅広い種類の熱源と組み合わせることでH₂を製造することも可能になります。

今後は、更なる電解効率の向上とともに、より長期にわたっての信頼性の確立やシステム全体のコストダウンなどに取り組んでいきます。

松永 健太郎

電力・社会システム社
電力・社会システム技術開発センター
化学・絶縁材料開発部主務