

固体酸化物形燃料電池システム (Vol.8)

－水素社会構築に向けたエネルギー変換および利用技術の評価－

概要

水素製造装置において、再生可能エネルギー由来の電力によって水電解を行い、CO₂フリーな水素を提供する「再エネ水素ステーション」が注目されている。本提案では、燃料電池を用いた再生可能エネルギーからの水素製造システム（SOECシステム）を用いた水素ステーションの設計とコスト評価を行った。具体的には、SOECシステムの運転条件の最適化を行うとともに、SOECシステムによる水素製造コストに、SOECモジュールの年間生産台数や寿命、稼働率、電力コストがどのように影響するかを評価した。これらに基づき、燃料電池車（FCV）用再エネ水素ステーションの建設コスト、次いで建設コストを加えた水素製造コストを評価した。その結果、水素製造コストは（1）電力コスト15～2.5 円/kWhの条件で稼働率の変化により120～37 円/Nm³-H₂ となること、（2）ガソリン販売価格と等価なコスト（40 円/Nm³-H₂）を達成するには、装置の小型化、昇圧・貯蔵の工程見直し等の検討が必要であることが明らかとなった。

政策立案のための提案

- 設備の小型化・低コスト化：今後の水素ステーション普及に向け、ステーション設置コストに大きな影響を与える水素製造モジュール・圧縮機・蓄圧器の小型化と低コスト化を進めることが必須である。
- 昇圧・貯蔵工程の検討：蓄圧器（高压タンク）の低圧化により蓄圧器と圧縮機のコスト削減が可能である。将来的には（1）プロトン伝導性電解質膜による燃料電池を電解セルに用い、電気化学的昇圧により圧縮機のコストを削減する方法[1]や、（2）水素をアンモニアなどのエネルギーキャリアに化学変換して輸送・貯蔵し、発電に利用する方法[2]を検討することで、現状ガソリン価格に相当する40 円/Nm³-H₂ を目指す取り組みが必要である。

1. 水蒸気電解（SOEC）システムの設計と最適化
SOECシステムを設計し、熱中立点を考慮した運転条件の最適化の結果、水素製造効率は83%、80 MPaへの昇圧プロセスを考慮しても76%となった。水素製造速度は300.8 Nm³/h となり、商用水素ステーションの標準的な製造能力（300 Nm³/h）とほぼ一致した。

2. SOECシステムコストと水素製造コスト
SOECモジュールの寿命が3年程度に改善するとし、BOS（Balance of system）の寿命15年を程度としてSOECシステムコストを評価した。SOECジュールコストは年産100台から1,000台とすると大凡半減すること、SOECモジュールに加え、圧縮機、蓄圧器がシステムコストに占める割合が大きいたことが明らかになった。

これに基づき水素製造コストを評価すると、燃焼熱基準でのガソリン販売価格と等価な製造コスト（40 円/Nm³-H₂）を達成するには、電力コスト5 円/kWh、稼働率30%以上、SOECモジュール寿命3年以上の条件が必要であることが分かった（図1）。

3. 燃料電池車（FCV）用水素ステーションの評価
SOECシステムによるオンサイト方式（敷地内に水素製造装置を備える）再エネ水素ステーション（図2）の建設コストは、SOECモジュール寿命を3年以上とすることで4億円以下に低減できる可能性が示唆された。（図3）

水素ステーションの建設コストを加えた場合、電力コスト15～2.5 円/kWhでの水素製造コストは稼働率33%（8h/dayに相当）の条件で120～70 円/Nm³-H₂、稼働率が90%の条件では86～37 円/Nm³-H₂ となることが示された。

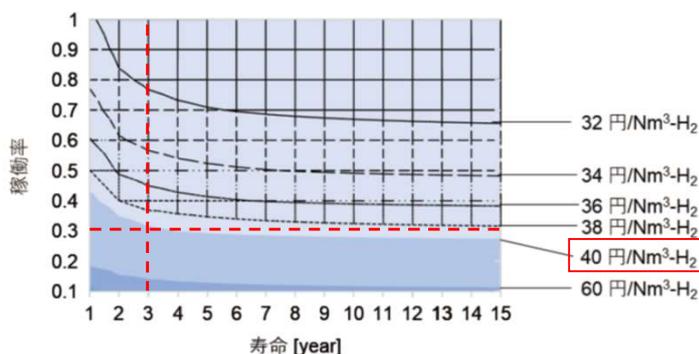


図1 水素製造コストの稼働率とSOECモジュール寿命に対する依存性（電力コスト：5 円/kWh）

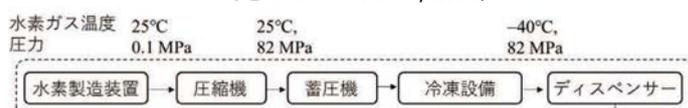


図2 オンサイト方式による水素ステーションの70 MPaの水素供給のプロセスフロー図

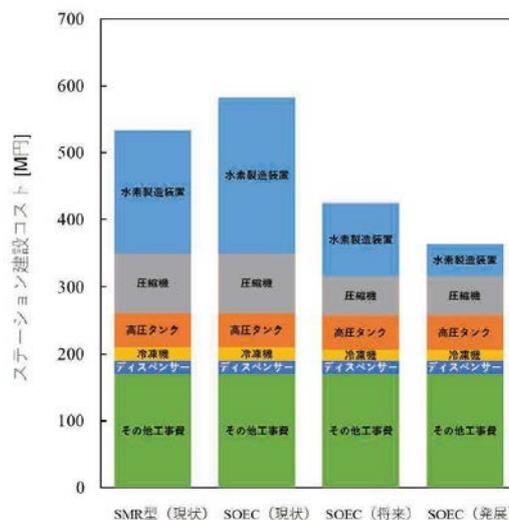


図3 水素ステーション（300 Nm³/h）の建設コスト構造（SMR（現状）、SOEC（現状）：モジュール寿命1年、年産100台、SOEC（将来）：モジュール寿命1年、年産1000台）およびSOEC（発展）：モジュール寿命3年、年産1000台）

[1] スマート水素ステーション（SHS），本田技研工業
<https://www.honda.co.jp/tech-story/engineer/engineer-talk/SmartHydrogenStation/>.

[2] 小島由継 監修，“アンモニアを用いた水素エネルギーシステム”，シーエムシー出版，239 ページ，2015 年6 月。