



燃料電池を搭載した鉄道模型車両の実演展示

大阪府立大学工業高等専門学校

専攻科応用化学コース おけたに 桶谷 りうせい 龍成
うえもと 植本 だいき 大毅 ながの 永野 ふうや 風矢
やまうち 山内 まこと 慎 すぎうら 杉浦 きみひこ 公彦
指導教員

工学特別実験実習の紹介

今回、幕張メッセで開催された SEMICON JAPAN 2013 の「The 高専@ SEMICON」に、大阪府立大学高専の専攻科工学特別実験実習の1テーマで実施している内容について、株式会社フジキン様のブースをお借りして実演展示させていただきました。

工学特別実験実習は専攻科2年後期科目として週12時間(1時間当たり45分)の授業があり、他の専門コースの学生と協力して同一課題に取り組んでいる。授業目標は工学の色々な専門分野の知識と技術を融合することにより、工学的課題を解決できる能力を身につけることと設定されている。我々のテーマは、多孔質金属紙(メタルペーパー)を用いた電解装置の作成であり、今回の SEMICON JAPAN 2013では、電解装置で生成した水素を燃料電池に供給し、発電により走行する鉄道模型車両の実演をさせていただいた。

多孔質金属紙(メタルペーパー)とは太盛工業(株)が開発した紙のように薄く、比表面積が極めて大きい金属のことである。表1にその物性を示す。

表1 多孔質金属紙の物性

材料	SUS, Cu, Ni, etc.
厚み	1~0.03mm
空孔率	50~80vol.%
空孔径	200~0.1 μm



図1 多孔質金属紙の1例

電解装置では、電解液種として海水や蓄糞処理時に発生するアンモニア等を利用することができるが、電極に使用する白金が非常に高価であるという欠点を持つ。そこで、比表面積が金属平板よりも大きく、十分な反応面積が得られる多孔質金属紙を電極として使用することで、安価で、金属平板を電極として用いたときよりも高性能な電解装置が開発できるのではないかと考えた。

展示内容

燃料電池搭載型模型電車のシステムの概要を以下に記述し、システム図を図2に示す。

- ① 電力をレールからとり、水溶液を電気分解
- ② 生成した水素を水素貯蔵合金に貯蔵
- ③ 貯蔵していた水素を PEFC に供給
- ④ PEFC で発電し、駆動車を動かす

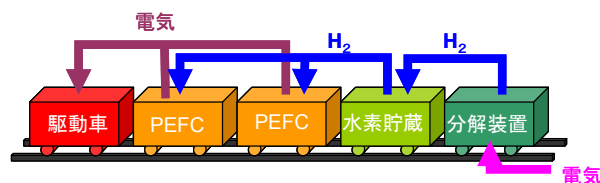


図2 燃料電池搭載型模型電車のシステム図

上記システムは非電化区間への適用を想定している。現在、非電化区間ではディーゼル機関車が走行しているが、その動力源を PEFC と置き換えることで、地球環境負荷低減につなげたいと考えている。

昨年は、アンモニア電解装置および生成した水素に含まれる不純物を取り除くためのトラッパー部を設計・製作し、静態展示した。今年度は電解装置の改良を目的とし、電極に多孔性金属紙を用いた。この多孔性金属紙を用いた電解の予備実験では、通常の平板の電極と比較して性能は向上した。展示に用いた電解装置・燃料電池搭載型鉄道模型および構成要素を図3に示した。

1. 電解装置

水酸化カリウム水溶液を用い、正極と負極はイオン交換膜で仕切っている。

2. バッファ

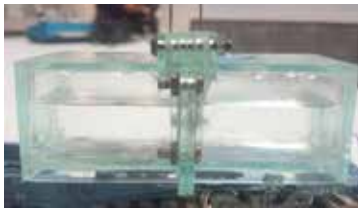
電解装置より生成した水素に含まれる水酸化カリウムのミストを除去する装置であり、純水で満たされており、パブリックすることでミスト分を除去する。

3. 燃料電池

パッシブ型の固体高分子形燃料電池 (PEFC) で、セパレータには SUS316L を金属射出成型法 (MIM) により製作し、表面は金メッキ処理している。6 セルスタックで、電極面は 20mm×20mm とした。



図3 電解装置・燃料電池搭載型鉄道模型



(a) 電解装置



(b) トラッパー



(c) PEFC

図4 燃料電池搭載型模型電車の構成要素

展示会では図3のように製作した模型電車を展示した。模型車両の貨物部に搭載した電解装置によって、水酸化カリウム水溶液を電解し、生成した水素を PEFC へ供給、酸素は大気中の空気を取り入れることにより発電する。展示1日目、展示開始直後は燃料電池の性能を確認するため、可搬型の純水素ポンプを用いて模型電車を動かした。同時に、電解装置は別で稼働させ、生成した水素は現在開発中

の丸型 PEFC を発電に用いることで展示した。ブースに来られる人が増えてくる時間は、電解装置を車両の貨物部分に搭載し、実際に電解装置で生成した水素を用いて鉄道模型を動かした。おおよそ、電解装置に5～6V程度の負荷をかけ、PEFCは4V強の発電性能が得られ、図3の車両がゆっくりと周回する様子をご覧いただいた。

2日目は展示に加え、フジキン様のブースにてパワーポイントを用いたプレゼンテーションを永野君が行った。また、初日より電解装置の液漏れが生じたため、2日目はその修復などを行いながら展示を続けた。

3日目は、燃料電池の発電量が3V代に低下し、鉄道模型がわずかに動く程度となった。この原因として、トラッパーで回収できなかった水酸化カリウム水溶液のミストが燃料電池の白金触媒を被毒させたためと考え、燃料電池を分解してセパレータを洗浄し、膜電極接合体 (MEA) を新品のものに交換後、組み立てを行った。出力は4Vまで回復したものの、常時鉄道模型を動かす出力が得られず、不安定であった。今回明らかになった課題としては以下の3点であり、これらを来年度までに改善する課題としたい。

1日目は電解装置の液漏れである。電解装置の水素に対するシール性向上による耐圧性能の改善に向けた装置製作である。2点目は、燃料電池の出力安定性である。これに関しては現在開発中の丸形の燃料電池にすることで、発電時に生成する酸性の水をうまく燃料電池外に排出することで、起動停止回数に依存する金属セパレータの腐食による導電性能の維持を図る。また、燃料電池中の触媒層は本校で合成を行い作成したものであるため、市販品ほど安定的に性能を維持することができなかったことから、今後はより安定な触媒層の作成を目指して研究を進めていきたい。3点目はトラッパー液種の検討である。今回は電解装置の耐圧性能不足により、複数のトラッパーを介した水素供給ができなかったことに加え、純水を用いたため十分な中和ができていなかった可能性があり、今後は中和に最適な液種を検討する。

—感想—

SEMICON JAPAN 2013に参加して

実験室では、純水素をマスフローコントローラーにより最適な運転条件下で PEFC の開発に取り組んでいるが、実際に電解装置と組み合わせることで、システム全体としての改善課題を見出す良い機会となりました。また、研究内容を来場者の皆様にご説明申し上げて、研究の意義をお伝えすることが専門分野の学会発表とは異なり、大変難しいと感じました。非常に貴重な経験をする機会を得ることができたことに感謝申し上げます。