

新任教員紹介

動力機械工学科・准教授 佐々木一哉

略歴

- 1964.11 岩手県生まれ
- 1983.3 秋田県立大館鳳鳴高等学校 卒業
- 1987.3 千葉大学 工学部 合成化学科 卒業
- 1989.3 千葉大学 大学院 工学系研究科 工業化学専攻 修士課程 修了
- 1989.4 株式会社村田製作所 入社
- 1989.12 田中貴金属工業株式会社 入社
- 2001.9 横浜国立大学 大学院 工学研究科 物質工学専攻 博士課程 修了
- 2004.1-12 東北大学多元物質科学研究所 リサーチフェロー
- 2006.2 田中貴金属工業株式会社 退職
- 2006.4 東京大学 大学院 工学研究科 原子力国際専攻 特任助手
- 2007.4 東京大学 大学院 工学研究科 原子力国際専攻 特任助教
- 2010.3 東京大学 大学院 工学研究科 科学システム工学専攻 特任准教授
- 2012.4 現職



担当科目

熱力学、動力機械基礎演習 1、基礎動力機械実験、基礎動力機械実験ゼミナール、自動車環境工学、入門ゼミナール 1・2、エネルギーシステム工学特論

研究活動内容

教育と研究は人間の可能性を最大限に伸ばす営みであり、特に大学・大学院での教育と研究は個人の人生をより豊かにすることはもとより、人類に広く幸福をもたらす基礎となる。私は、企業で研究開発に携わってきたが、これらの重要性を強く認識し、長年勤めた企業を円満退職して教員へ転身した。本稿では企業在職時に行った研究開発と、その後で大学で行ってきている研究の概要を順に記載する。

1. 企業へ行った研究開発

企業での研究開発は大学で行う比較的オープンなものとは異なり秘匿性が高い。したがって、ここでは私が行ってきた研究開発の項目とその成果の概要のみの記載とさせて頂くことをご了承願いたい。広い学識をお持ちの読者にはおそらく私の専門性などを推察頂けるものと期待する。また、秘匿性がゆえにこの間には学術論文や学会発表はもとより、特許出願も殆どしていない。このような状況は研究者としては残念な気もするが、研究開発の成果物が世界で最高の性能とコストパフォーマンスを有するものとして認められ実際に社会で活用されていることは、工学系の研究者である自身においては誇りである。成果の価値に関しては手前味噌な点もあるだろうが、お許し願いたい。

① 固体電解質型センサに関して

ガソリン自動車へ搭載する酸素センサのセンシング電極に関しては、電極の微細構造がセンサ特性へ与える影響を解明するとともに微細構造を微細に制御する方法を確立し、優れたレスポンス性と耐久性を有する電極の開発に成功した。また同センサのヒータ電極に関しては、貴金属を合金化することで抵抗温度係数を制御し、短時間の昇温を可能にした。これらの開発品は世界で生産されているガソリン自動車の40%以上に搭載されている。一方で、固体電解質型センサを高度に積層化するとともに電極触媒の組成や形状の O_2 および NO_x の還元反応への触媒活性への影響を解明し、これらを適切に制御することで NO_x センサの開発に成功した。開発品は、世界唯一（当時）のガソリン自動車用 NO_x センサとして米国の排ガス規制対象車から搭載が開始されている。ディーゼル自動車用温度センサの開発においても、電極組成や微細構造を制御することで優れた伝導抵抗特性と熱耐久性を実現した。開発品はディーゼル自動車の巨大な市場である欧州において採用された。

② 先進的貴金属粉末の製造方法に関して

貴金属粉末・貴金属合金粉末を、粒径・粒度分布を制御し、一粒ずつが任意の組成で高純度かつ高結晶性である粉末粒子として製造する方法を開発した。これらの粉末は前述の各種センサの材料として、自動車の燃費向上と排ガスのクリーン化を進めることで環境改善に貢献している。さらに、これらの

粉末にある種のセラミックスナノ粒子を ppm オーダーで均一に分散することを可能にした。この粉末を始発物質として粉末冶金により作製する板材は、高温で優れたクリープ特性や微細構造安定性を有することとなり、ガラス溶解るつぼなどに用いられている。とりわけ、高屈折率を有する特殊ガラスである液晶ディスプレイ用の特殊ガラス溶解用としては、国内市場の 80% で用いられている。

2. 大学で行っている研究

エネルギー供給の安定性と安全性の確保、および利便性の獲得にむけ、エネルギー変換のためのシステムおよび材料の研究を行っている。一次エネルギーに関しては、ポスト核分裂炉としての熱核融合炉の実現をめざし、先進的トリチウム増殖材料の探索研究を行ってきた。二次エネルギーに関しては、固体酸化物燃料電池 (SOFC) とリチウムイオン電池 (LIB) の高度化をめざした研究を行ってきた。紙面の都合上、以下には SOFC と LIB に関する研究について概要を記す。研究成果の詳細については割愛させていただく。

① SOFC に関して

SOFC は、燃料から電気化学反応によって電気エネルギーを直接取り出すことができるエネルギー変換システムであり、化学エネルギーから電気エネルギーへの変換効率が高く、省エネルギーに貢献できる。SOFC を実用化するための鍵は小型化であり、家庭用発電機の実用化を念頭において研究が進められてきた。しかし、車載用やロボット用を考えると、これまでにない革新的なアプローチによる究極の小型化が必要である。

究極の小型化は積層薄膜化技術により達成できると考えている。SOFC は、セラミックスの電解質膜とその両側に形成される 2 種類の電極 (空気極および燃料極) からなる 3 層構造のセルを集電体を介して連結させることで形成されるスタックと、その制御システムからなる。このセルを薄膜化できればスタックを究極に小型化できるということである。薄膜化は、それ自身が小さくなる以上に大きなメリットを生む。その一つが低温での特性の向上である。特に電解質膜の薄膜化は、発電時のオーム損によるエネルギー損失の低減効果を生み、セルひとつ当たりの発電量を向上させることができるのでスタックの体積をさらに低減させる。ところで、スタックは SOFC 運転時には高温となるため厚い断熱材で覆われて使用される。この高温となるスタックの小型化をし、あるいはそれによる低温特性向上の結果として運転温度を下げることであれば、断熱材の体積を大幅に小さくすることも可能となり、SOFC システム全体の小型化をよりいっそう進める。

また、SOFC セルの積層薄膜化による小型化により運転温度を下げることであれば、SOFC の周辺部材として安価なステンレスを使うことが可

能となり価格の低減ができる。起動・停止に要する時間も短縮でき、使い勝手も向上する。SOFC の振動に弱いといった課題も解決される。SOFC の構成材料のほとんどはセラミックスであり、振動等により発生する応力で破壊が生じやすいとされている。ところが、薄膜化することで振動耐性も向上する。つまり、SOFC を使用するうえでの環境やコストの制約を緩めることが可能となり、応用範囲を格段に広げることが可能となる。

以上の考えのもと、SOFC を積層薄膜化することで究極的に小型化するための要素技術の確立を行ってきた。今後は、これらの要素技術をさらに進化させながら、一方でこれらの技術を複合化することで実際に積層薄膜化した SOFC の実現に向けた研究に取り組んでゆく予定である。

② LIB に関して

LIB は、主に電力消費サイトでの高密度エネルギー貯蔵用蓄電技術の本命であり、来るべき本格的な電気エネルギー社会においては象徴的で影響力が大きい自動車の電動化をも担う重要なテクノロジーである。

そこで、これらの用途における LIB の最大の課題である高エネルギー密度正極材料の開発をめざした研究を実施している。

既存の LIB は、遷移金属の酸化物やリン酸塩などを正極活物質とし、正極活物質中へのインターカレーション反応によるリチウムイオンの格納を基本反応としている。この場合、活物質の結晶学的制約により、格納できるリチウムイオン数に大きな制約があり、その数は遷移金属 1 原子あたり 0.5~1 個のリチウムイオンに限定される。この正極活物質における限定が LIB のエネルギー密度を決定している。したがって、インターカレーション反応を基本とするのではない、新たな反応機構による正極活物質の探索が必要である。

複数の電子が寄与する反応として、分解・再生成反応 (コンバージョン反応) がある。コンバージョン反応では、遷移金属 1 原子あたり 4 個前後のリチウムイオンを格納できるため、高い容量密度を実現できる。

そこで、コンバージョン反応を基本とする正極材料の開発をめざした研究を実施している。RuO₂ はコンバージョン反応が進行する代表的な物質である。その理論容量 (805 mAh/g) は従来の正極材料である Li_xCoO₂ の約 6 倍相当する。これまでの研究では、RuO₂ を用いてコンバージョン反応の最大の課題である容量可逆性の大幅改善に挑み、成功した。現在は、結晶学的検討による反応の素過程の解明や、活物質の複合酸化物化とアモルファス化による先進的な電極材料の探索研究を進めている。