



次世代燃料電池向け電解質材料 ～炭化水素スパーサーを持つ ホスホン酸ポリマー～

名古屋大学大学院工学研究科の野呂 篤史 講師（未来社会創造機構 マテリアルイノベーション研究所および脱炭素社会創造センター兼務）らの研究グループは、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）が実施する「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」において、次世代燃料電池における 100℃ 以上の高温・低湿度環境でも良好な伝導率を示す電解質材料の新しい設計コンセプトを発表した。

燃料電池用の電解質膜としては、パーフルオロスルホン酸ポリマーからなる膜が広く知られ、70～90℃ の高湿度環境で高い伝導率を示し、水にも溶解しない特性を持つ。しかし、パーフルオロスルホン酸ポリマーはパーフルオロアル

キル化合物（PFAS）でもあり、分解されにくく、環境に長期間残留して生物蓄積する恐れがあるため、米国や欧州、日本などで規制が進められている。また、100℃ 超かつ低湿度環境（たとえば 120℃、20%RH）での伝導率は、70～90℃ の高湿度環境で伝導率に速く及ばないものであった。

今回、水に対する不溶性に加え、100℃ 以上の高温・低湿度環境でも良好な化学安定性および伝導率を実現するため、ポリマー主鎖と酸基の間に炭化水素スパーサーを設け、さらに高温・強酸性の条件下で分解することがないように、酸基にはスルホン酸基ではなくホスホン酸基を用い、エーテル結合やエステル結合を排除した。開発した電解質膜は、120℃、20%RH で 1.1 mS/cm が確認され、電解質材料としての有効性を確認した。

燃料電池はすでに実用化されているが、今後は高出力実現のため、100℃ 以上の高温・20% RH 程度の低湿度条件での運転が求められる。さらなる材料改良により、脱炭素にも資する次世代燃料電池の開発の大きな進展が期待される。

本研究成果は、2024 年 12 月 10 日に米国化

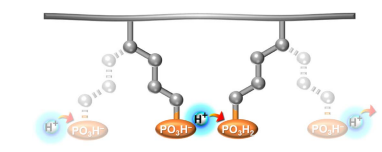


図 新たに開発した電解質膜中での伝導メカニズム。

学会雑誌『ACS Applied Polymer Materials』に掲載され、関連材料について、日本国、並びに海外の 4 つの国及び地域で特許出願を行っている。

名古屋大学大学院工学研究科、講師、野呂篤史
連絡先 〒464-8603 名古屋市中千種区不老町
E-mail : noro@nagoya-u.jp
URL : <https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2024/12/-100pfas.html>

[2025 年 2 月 11 日]

分子状窒素形成を利用した超高容量フッ化物 イオン二次電池用正極材料の開発

京都大学大学院人間・環境学研究科 山本健太郎 特定准教授（現：奈良女子大学大学院工学系准教授）、内本喜晴 教授らの研究グループは、リチウムイオン二次電池を超える次世代の二次電池として期待されている全固体フッ化物イオン二次電池用の新規高容量インターカレーション正極材料の開発に成功した。

本研究では逆 ReO_3 型構造を有する窒化物 Cu_3N 正極が、現在のリチウムイオン二次電池正極の 2 倍を優に超える 550 mAh/g の高い容量を示すことを見出した（図）。フッ化物イオンの挿入・脱離機構を X 線吸収分光法、共鳴非弾性 X 線散乱法などさまざまな分析技術を用いて多角的に解析した結果、 Cu_3N 正極はフッ化物イオン挿入時に構造内で分子状窒素を形成

する（窒化物イオンの電荷補償を活用する）ことで、結晶構造から予想されるよりも遙かに多くのフッ化物イオンを可逆的に挿入可能にしていることを明らかにした。これまでの蓄電池では、正イオンの遷移金属の価数変化を利用して、負イオンである窒素の価数変化を活用した正極材料の報告は世界初であり、従来と比べてはるかに高容量を実現できることから、蓄電池の革新が起る可能性を示した。

本成果は、アメリカ化学会の国際学術誌 *Journal of the American Chemical Society* にて発表された（D. Zhang, K. Yamamoto, Y. Uchimoto *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **147**, 5649–5657 (2025)）。本研究の一部は、科学費学術変革領域研究（A）（JP22H05143, JP22H05145, JP22H05146, JP22H05148）、JST 先端国際共同研究推進事業「Top のための ASPIRE」（JPMJAP2408）による助成を受けて実施された。

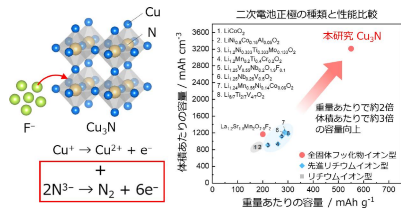


図 本研究で開発した Cu_3N 正極と既存正極材料の重量あたりの容量と体積あたりの容量の比較

奈良女子大学大学院工学系 准教授 山本健太郎
連絡先 〒630-8263 奈良市北魚屋西町
Email : k.yamamoto@cc.nara-wu.ac.jp

[2025 年 2 月 25 日]

世界初、水素の高効率製造！ 高温・巨大施設での製法が、 室温・実験室でも可能に

3 つのポイント

- これまで高温（600～2,000℃）、広大な敷地（数 100 メートル四方）を必要としてきた水素製造法が、室温付近（30～38℃）、小型装置（50 cm 程）でも可能に。
- 次の三つの発見に基づく、世界初の製造法。
 - メカノケミカル法により室温付近での熱化学サイクルが実現。
 - 反応容器内で、高温・高圧のホットスポットが生成し、そこで熱化学サイクルによる水素生成反応が繰り返し起きた。
 - 超臨界水が瞬間的・局所的かつ連続して生成し、水素製造を 300 倍加速。その結果、高温・巨大施設での製法が、室温・実験室でも可能になった。
- 水道水・海水からも高効率に水素を製造。CO₂ を未排出。オンサイト、オンデマンドでの水素製造に繋がる。

要点

気候変動と環境汚染から、グリーンで低エネ

ルギーであり、かつ CO₂ を排出しない水素製造法の開発は、極めて重要である。我々はボールミルを用いた金属ナノ粒子合成中に、容器が天井に吹き飛ぶ程の大量の水素生成を、偶発的に見出した。安全な実験条件を探し、合計 26 種類の手法を用いた実験・理論の両面からメカニズムを詳細に研究したところ、金属（または金属酸化物）がメカノ触媒、反応容器の材料が助触媒となり、原料の水が尽きるまで連続的に水素を製造する現象を見出した（純度>99%、収率 1,600%）。特に、室温付近の温度（30～38℃）にも拘わらず、局所的には超臨界水が生成し、それが水素生成速度を 300 倍加速させた。

水の熱化学サイクル（連続した酸化還元反応）による水素生成は、高温（800～2,000℃）を要する。その高温を得るために、原子力発電所の排熱、近年はヘリオスタットフィールド（砂漠の超大型太陽光集光システム、10,000～150,000 m² 相当の面積）が利用されている。その熱化学サイクルによる水素生成が、50 cm 程の大きさのボールミル内で、室温付近の温度で進行した。その鍵は、ホットスポットの生成にあった（300～1,600℃、圧力～10 GPa）。海水・水道水からも高効率に水素が生成した。小型で低電

力（0.26 kW）の高効率水素製造は、オンサイト、オンデマンドでの水素製造に相当する。

論文

Room-temperature thermochemical water splitting: efficient mechanocatalytic hydrogen production, T. Yamamoto, K. Saitow, *et al.*, *J. Mater. Chem. A*, **2024**, *12*, 30906–30918.

DOI : <https://doi.org/10.1039/d4ta04650a>
※オープンアクセスのため、無料でご覧になれます。

プレスリリース

<https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/88327>

連絡先

広島大学 自然科学研究支援開発センター 研究開発部門（物質科学部）副センター長、教授
広島大学 大学院先進理工系科学研究科 化学プログラム 教授 齋藤健一
〒739-8526 広島県東広島市鏡山 1-3-1
E-mail : saitow@hiroshima-u.ac.jp

URL : <https://home.hiroshima-u.ac.jp/saitow/>
または「光機能化学」で検索

[2025 年 2 月 25 日]

使用済み乾電池を肥料原料に リサイクルするプロセスを確立

乾電池のリサイクルおよび資源循環に向けた取り組みとして、使用済み乾電池を回収、破碎し、マンガンや亜鉛を含む混合粉末を分離し、それを原料として微量要素肥料の製造を行うプロセスをパナソニック エナジー株式会社と共同で確立した。

アルカリ乾電池は正極材料（二酸化マンガン）と負極材料（亜鉛粉末）の酸化還元反応で電気が発生するという仕組みであり、電解液には水酸化カリウムなどが使われる。乾電池のリサイクルでマンガンと亜鉛を別々に取り出そうとすると、電池の構造上、個別に電池を解体することが必要となり作業面やコスト面でさまざまな問題がある。

当社が製造販売している熔成微量要素複合肥

料は、原料を約 1300℃ の高温で熔融しガラス化した肥料である。酸化マンガンや酸化亜鉛等を含む混合粉末を原料の一つとしてガラス化すると、マンガンや亜鉛が還元され作物に吸収されやすい状態に変化する。また、カリウムは肥料に必要な成分でありガラスに含まれても問題がないため分離の必要はない。このリサイクル工程は、破碎や選別などの処理を行うだけで肥料原料として活用できるという大きな利点がある。さらに、天然のマンガン鉱石と比べると、不純物が少なく成分が安定していて加工しやすいというメリットもある。

ただ、国内に流通するすべての乾電池のリサイクルを目指すためには、微量要素肥料の原料だけではなく、さらなる用途拡大が求められる。

TOMATEC 株式会社
無機事業部技術部技術課 秋友 勝



連絡先 〒060-0004 北海道札幌市中央区北 4 西 4-1
E-mail: m_akitomo@tomatec.co.jp
関連文献: セラミックス 59 (2024) No.3 P.187-189

[2025 年 2 月 26 日]

トピックス欄 ニュース性のある技術的記事募集

1. はじめに

「トピックス」欄は、新聞・論文・学会等でのセラミックスに関する最新情報をピックアップし、大学・企業等の研究者や、セラミックス関連各社(所)から記事をご寄稿いただき、本誌に掲載しているものです。なお、下記に基づき、会員の皆様からの投稿も受け付けております。

2. 投稿資格

ご執筆者本人が、本会の会員(特別会員所属の方も含みます)に限ります。

3. 締切

毎月 10 日

4. 文字数

1000 字以内(図または写真を 1 枚掲載することも可能ですが、原則として掲載時には縮小されます)。

5. 原稿執筆要領

原稿は、WORD 等でご作成ください。

なお、原稿は、貴社(所・学)のテクニカルニュースレター等を基として技術広報のお立場でお書きくださって結構ですが、当方の学術団体としての性格上、下記の点についてご配慮ください。

- 標題には、会社名や商品名ではなく、一般用語を使ったタイトルとしてください。会社名や商品名は文中に 1 回程度で記述してください。
- あくまでも、貴社(所・学)や商品の宣伝としてではなく、「技術的ニュース」としてのスタンスで、技術的内容の説明にポイントを置いた記事としてください。
- 原稿の末尾に「貴社(所・学)名(大学等の個人の場合には、お名前・所属)、原稿到着日」を掲載いたします。希望される場合は連絡先の所在地、E-mail も掲載しますので、原稿末尾に[連絡先]として記載

してください。

※また、参考のため、ご投稿いただいたテーマについて新聞発表等が行われている場合、その「新聞名、掲載日」等をメール本文にお書き添えてください。

※過去の当該記事 PDF を当協会ホームページに掲載しておりますので、ご参照ください(URL は一番下に掲載しております)。

6. 原稿提出先

下記宛にメール添付でお送りください。その際、メールの件名には「トピックス投稿 ニュース」とご記載ください。

★提出先 E-mail: bull@ceramic.or.jp

7. 採否

ご投稿いただいた原稿は、編集委員会にて掲載の採否を検討いたします。場合によっては、掲載を見合わせる場合もございますので、ご承知おきください。採否いずれの場合にも結果を E-mail 等でご連絡いたします。

8. 採択後

ご投稿いただいた内容を編集部の方で誌面掲載用に組み直した校正ゲラをお送りしますので、ご確認のほどよろしくお願いいたします。なお、掲載号は、原則として、締切日の翌々月号となりますが、場合によっては 1 ヶ月順延することもあります。

9. 原稿料

本件に関する原稿料はございません。

10. 協会ホームページへの掲載

掲載誌発行と同時に下記協会ホームページでも記事 PDF を掲載いたしますので、あらかじめご了承ください。

★日本セラミックス協会 セラミックス誌 トピックス掲載ページ
<https://www.ceramic.or.jp/pub/topics.html>