

環境研究トピックス

環境研究トピックス：
ここで紹介した技術は広報誌 AIST Today（現：産総研 Today）に掲載された記事の一部を再構成、転載したものです。関連する論文、特許、共同研究などの詳しい情報は、バックナンバーをご覧ください。
→ p.30

木材から水素を生産する新技術

日量 10kg 規模連続装置で
CO₂ 吸収ガス化を実証

バイオマスは再生可能な資源で、再生時に大気中の二酸化炭素（CO₂）を吸収し、大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えない性質（カーボンニュートラル）を持つことから、地球温暖化対策に寄与できる資源として期待されています。産総研では、CO₂ 吸収ガス化によるバイオマスからの水素の直接生産技術の研究開発を行っています。

CO₂ 吸収ガス化は、炭素資源（石炭、石油やバイオマスなど）を水蒸気を用いてガス化する反応場に、CO₂ 吸収剤（カルシウム）を加え、発生する CO₂ を吸収させることで、水素を主成分とするクリーンガスを直接生産する手法です。

これまでに実験室規模での基礎試験を行い、バイオマスは他の炭化水素資源（石炭、重質油など）と反応性が大きく異なることや理論量に近いクリーンガス（水素とメタン）が得られることがわかっています。また、実用化のためにはこの反応を連続的に行わせることが必要不可欠ですので、日量 10kg の木材を処理する連続装置を作製しました（写真）。この装置により、CO₂ を含まないクリーンガスの連続生産（木粉処理量 1kg/時、生成ガス量 0.5Nm³/時）に成功しました。



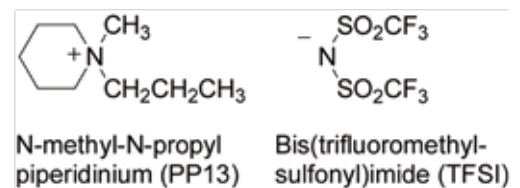
リチウム金属極の充電性能を 格段に高めるイオン液体を開発

リチウム金属二次電池の実用化に向けて
前進

最近のポータブル型電子機器の発達により、エネルギー密度の高い電池が求められています。リチウム金属二次電池は、現状のリチウムイオン二次電池の 2 倍以上のエネルギー密度が期待できる究極の二次電池として世界的に研究開発が進められていますが、実用化に向け安全性を確保するためには新しい難燃性電解質の開発が欠かせません。

正と負のイオンのみからなる塩でありながら常温で液相であるイオン液体は、不揮発性でかつ広い温度範囲で化学的にも安定な液体であることから、難燃性電解質の候補の一つとして期待されていますが、従来のイオン液体では、電極として使われているリチウム金属と反応してしまいました。

産総研が開発した新しいイオン液体（図）は、リチウム金属と反応せず、従来の電解質と同様の充放電効率を示しました。リチウム金属二次電池の新しい難燃性電解質として大きな可能性を秘めています。



開発したイオン液体

ベンチ試験装置

中央の加圧容器内部に反応器（内径 9cm、長さ 1m）があります。左右の加圧容器内に、それぞれ 1 日分の木粉原料とカルシウム粉末をあらかじめ入れておきます。

排熱から直接発電

鉛を使用しない高効率セグメント型
熱発電素子の開発

近年、工場排熱や自動車排熱、燃料電池排熱などの熱エネルギーから電気に直接変換する技術として、熱発電技術が注目されています。現状ではエネルギー変換効率は5%であり、高い性能を持つ熱電材料の開発が高効率化の鍵となっていますが、500℃までの排熱発電用の温度域ではPbTe系の化合物半導体が極めて優れているため、半世紀以上、代替材料が見いだされないまま、ほとんどの中温度域発電用モジュールでPbTe系の材料が用いられてきました。しかし、近年、民生分野・産業分野を問わず工業製品へのPb（鉛）の使用は厳しく制限されており、PbTeに代わる高効率熱電材料の開発は、熱電変換分野における一つの課題と言えます。

産総研ではPbフリーの新規熱電材料として、 Zn_4Sb_3 （p型）の開発を進めてきました。この材料で、既にPbTe系材料を凌駕する発電性能を示す指標（熱電性能指数）が得られています。さらに、低温側で優れた性能を持つ Bi_2Te_3 系材料と Zn_4Sb_3 を積層し一体化することにより、利用できる高温側温度を Bi_2Te_3 系材料の250℃から一気に、430℃程度まで拡大させた高効率発電素子を開発することができました。この一体化した素子の開発により、10%以上の変換効率を持つ発電モジュール実現の見通しが得られています。



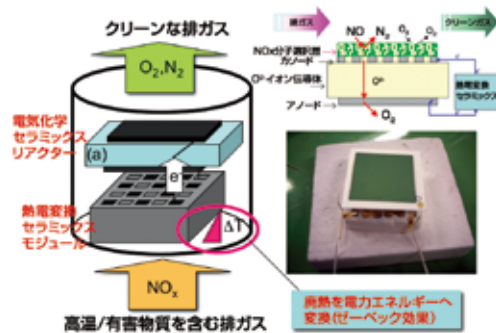
Zn_4Sb_3/Bi_2Te_3 セグメント型熱発電素子

廃熱発電を利用してNOxを浄化するセラミックリアクターを開発

電源不要の電気化学デバイスにより
自動車など排ガス浄化への利用が加速

自動車の排ガスなどの高温排ガスに含まれる NO_x は、公害を引き起こすガスとして排出規制が年々強化されています。これに対し、化石エネルギーの使用量を低減し排出 CO_2 を削減する高効率な燃焼方式として、ディーゼルエンジンへの転換が進んでいます。しかし、その燃焼過程では高い酸素濃度が必要なため、排出される排ガス中の酸素濃度が高く、触媒方式によって NO_x の連続分解することは技術的に困難です。そのため、高燃費エンジンの酸素濃度が高い排ガスの浄化に利用できる浄化技術の開発が世界的にも必要となっています。

産総研では、イオン伝導性セラミックスを用いた電気化学リアクターによる NO_x の電気化学的な浄化技術の研究を進めています。この技術は、直接的に NO_x を電気で分解して浄化するため、ゼロエミッションのガス浄化法として注目されています。触媒方式と比較した場合、リアクター作動のために電力を必要とすることが問題でしたが、熱を電気に変換するセラミックス材料（熱電変換セラミックス）により、排ガスとともに排出される廃熱と外気との温度差を電力に変え、電気化学リアクター用の電力として利用することに成功しました。



廃熱発電を利用してNOxを浄化するセラミックリアクター

フロン代替洗浄剤の開発

環境に優しい HFE 洗浄剤

フロン類は冷媒、発泡剤、洗浄剤として広く利用されてきましたが、オゾン層破壊や地球温暖化の原因になることが指摘され、環境に対してより影響の小さい新しいフロン代替物の開発が求められています。

産総研では、新しい代替物として HFE (ハイドロフルオロエーテル) を研究しています。HFE は塩素原子を含まないためオゾン層を破壊しません。また、これまでの研究で、HFE には温暖化影響の小さい化合物が数多く存在することがわかっています。

HFE の合成法の 1 つであるアルコールとフッ化オレフィンの付加反応において、クリーンで安価な水を溶媒として用いることにより、副生物の生成を抑制し、高い選択性で HFE を合成できることがわかりました。このプロセスでは、有機溶媒を使用することなく、目的とする HFE をほぼ定量的に合成することができ、さらに反応のスケールアップ、反応後の処理も容易に行うことが可能です。

開発した HFE には既に製品化されているものがありますが、安価に製造でき、環境への負荷が小さく安全に使用できることから、洗浄分野以外にもさまざまな分野での応用が期待されます。

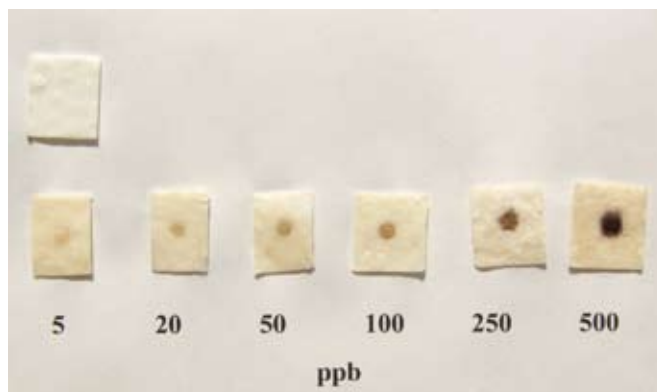
ppb レベルの鉛イオンを 目視判定する分離・検出膜

だれでも、どこでも使える
鉛イオンの簡易分析法

人体が長期間鉛にさらされた場合、脳や神経に致命的な損傷を与えることが明らかになり、日本では、環境基準値および水道水基準値として 10ppb が定められています。鉱工業廃水や環境水に加え、上水道の鉛配管からの鉛溶出による飲料水汚染も問題となっているので、そのモニターは重要です。現在、10ppb レベルの鉛の計測には大型機器による分析が必要で、現場で誰でも簡便に検出できるような計測法の開発が待ち望まれています。

産総研では、鉛イオンを選択的に捕捉するリン酸セリウムの繊維状結晶をセルロース繊維とブレンドしてシート状に成形したろ紙を作製しました。このリン酸セリウムろ紙は水とよくなじみ、ろ過性がよいため、検水をろ過することで鉛イオンを選択的に濃縮できます。また、ろ紙を硫化ナトリウムの希薄水溶液に浸すことで、鉛イオンを黒褐色の PbS として発色させ、ppb レベルの鉛濃度が目視で判断できることを見出しました (写真)。

特に、中小事業所の現場でのモニター、途上国での利用など高度な分析機器が利用できないところでの普及を目指しています。



リン酸セリウムろ紙による
ppb レベルの鉛イオンの
ろ過濃縮と発色の様子

土壌病害センサーの開発

植物の病害をバイオセンサーで予測

土壌病害とは、土の中のウィルス、バクテリア、糸状菌などの微生物が作物に感染することによって発病する病害のことです。一般的には1gあたり数千万個の微生物が住んでいます、これらすべてが悪さをするわけではありません。植物に対して害を与えるか否かで、善玉菌（一般微生物）と悪玉菌（病原微生物）に分けることができます。土の中ではそれらのバランスが重要で、健全な土には、善玉菌がたくさんいます。

土壌診断用バイオセンサーは、土壌中の善玉菌と悪玉菌の呼吸量を数値化して活性状況を診断するものです。測定対象の畑の土を緩衝液に懸濁させたサンプルに、悪玉菌付センサーと善玉菌付センサーの2種類をつけ、30分後にどちらのセンサーで数値が上がったのかを比較して、善玉菌と悪玉菌のどちらが住みやすい土壌なのかを判断します。「畑が病害に侵されているか」を測定するのではなく、「この畑が病害に侵されやすい性質を持っているかどうか」といった、土壌が持つ病害に対する潜在的な特性を測定する装置なのです。

土壌病害が発生しやすい畑かどうかを事前に予測することにより、その畑で発生しうる病害に応じた品種・栽培方法・作型・資材の選定など、環境にやさしい自然な形での早期防除につなげることができます。また、経験や勘に頼ることなく土壌改良ができ、土壌病害を減らすことにより化学農薬の使用量が減らせます。

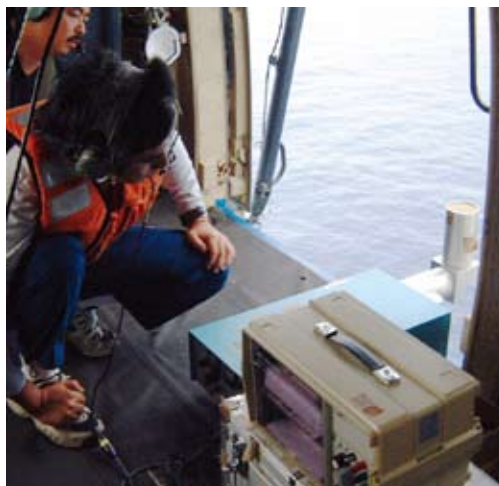
三宅島火山における SO₂ 放出量観測

世界最大のガス放出をモニタリング

火山ガスの主成分の1つである SO₂（亜硫酸ガス）は生物に有毒であると同時に酸性雨のもとにもなるガスです。

2000年に始まった三宅島火山の噴火・ガス放出活動で絶え間なく放出される噴煙中の SO₂ 放出量観測において、産総研は、装置の提供、改造調整、観測手法の改良、データ解析手法、観測結果の解釈などを担当しました。

三宅島火山からの噴煙中の SO₂ 濃度は、今までに観測されたことのないほど高濃度であることがわかり、火山活動監視の上で非常に重要なデータを提供し続けました。



ヘリコプターを用いた毎週の SO₂ 放出量観測