



## 中・高温域熱電発電 モジュールの開発

東京理科大学の西尾准教授、飯田准教授らの研究グループは p 形半導体のセラミックスと n 形半導体のマグネシウムシリサイドを用いた中・高温域熱電発電モジュールの開発し、温度差 500℃ (低温側: 100℃, 高温側 600℃) を与えることにより 13×13×10mm<sup>3</sup> の  $\pi$  型モジュール一つで約 110mW の発電に成功した。

熱電発電とはゼーベック効果を利用し、材料の両端に温度差を付けることで起電力を生み出す、動力部を持たないためにメンテナンスが容易であり、排出物が生じないために環境に優し

い発電システムとして知られている。熱電発電システムは太陽系外への探索を目的とする衛星に搭載されるなど、以前から行われているが、特に近年のエネルギー事情や、2020 年には欧州での自動車の燃費向上にかかわる規制として CO<sub>2</sub> 排出量を 95g/km 以下とすると言う値を掲げ、この値をクリアするために、欧州各国、米国を初めとする世界各国で熱電発電の研究開発に盛んに取り組み、多くのプロジェクトが立ち上がるほど、再び研究開発が活性化している。

同研究グループではモジュールを構成する素子材料を放電プラズマ焼結法で作製した上、それぞれの素子と電極材料との接合は電極材料と同様な材料の圧粉体を界面に挿入し、放電プラズマ焼結することで容易とした。この接合技術により短時間、簡便な操作によりモジュールを作製する技術を確立した。p 形半導体にはコバルト系層状化合物やペロブスカイト形酸化物を

用いており、電極とセラミックス界面における抵抗は接合時に挿入する圧粉体にルテニウム酸ストロンチウム粉末を混合し、接合することで界面での抵抗を軽減することに成功した。n 形半導体として用いたマグネシウムシリサイドは非常に高純度であり、未反応のマグネシウムをほとんど含んでいない上、アンチモンなどの添加により高温での酸化耐久性を向上させることに成功している。作製したモジュールは 600℃ 程度までの中・高温域での耐久性に優れ、工業炉、焼却炉、自動車エンジンなどの比較的高温、高い熱密度の排熱を有効的に利用することが可能となる。一対の  $\pi$  型モジュール (13×13×10 (高さ) mm<sup>3</sup>) が温度差 500℃ (低温側: 100℃, 高温側: 600℃) で約 110mW の出力を得られたことから、1 平方メートル当たり 500W を超える電力が得られる見込みである。

[2012 年 1 月 10 日原稿受付]

## 魚のうろこから新規人工骨

東京工業大学の田中順三教授と北海道大学(医)の安田和則教授らは、外来魚「テラピア」のうろこから取れたコラーゲンと骨の主成分であるアパタイトを組み合わせた新しい人工骨を開発した。

同研究グループは、原料となるコラーゲン水溶液の濃度を従来の 1% から 20% にまで高める精製技術を新たに開発。高濃度のコラーゲンのために、人工骨がより強くなり、ブタやウシのコラーゲンを使った人工骨に比べ 10 倍以上高い強度を実現した。

テラピア由来のコラーゲンは細胞に対する適合性が高く、細胞が接着しやすい。そのためウサギを使った動物実験から、骨の再生にかかる時間が約 3 カ月と短く、従来に比べ半分ほどの

期間で再生することが明らかになった。骨芽細胞への分化が促進されるとともに増殖能が向上した結果と考えられている。

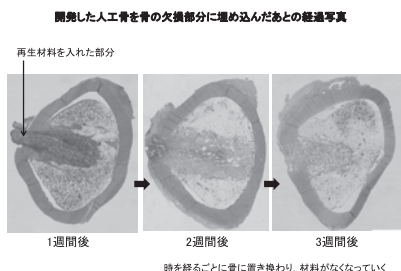
コラーゲンは通常、3 重らせんの構造をもつが、熱を加えると構造が破壊され、性質まで変化して「ゼラチン化」する。この変化が起きる温度は「変性温度」と呼ばれ、生物が住んでい

る環境の温度によって決まる。テラピアのコラーゲンの変性温度はセ氏 37 度と魚類としては高く、ヒトの体温に近いコラーゲンの抽出が可能である。人工骨として体内に入れてもゼラチン化が起こる心配はないという。

これまでもブタやウシのコラーゲンを使った人工骨が開発されているが、骨として使うには強度が足りず、再生にかかる時間も長いという課題があった。今後、研究グループは企業と組み、8~10 年後の実用化を目指す。本人工骨の市場は 10 年後には 500 億円規模になると予測されている。

(東京工業大学大学院理工学研究科 教授 田中順三 連絡先: 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1, E-mail: tanaka.jaa@m.titech.ac.jp)

[2012 年 1 月 11 日原稿受付]



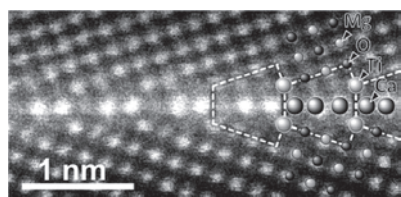
## 粒界超構造の発見: 不純物を制御して

東北大学の幾原雄一教授(東京大学教授)らの研究グループ(王中長助教、斎藤光浩助教、着本 享講師)は、(財)ファインセラミックスセンターと共同で高温焼結したセラミックス(酸化マグネシウム)の結晶粒界において極微量不純物の偏析による「原子レベルで周期的な三次元構造(超構造)」の自己組織形成を発見した。本成果は、2011 年の Nature 誌 (doi:10.1038/nature10593) に掲載された。

一般にセラミックス焼結体は粉体原料に含有する不純物の影響によって力学特性や電気特性など機能特性にバラツキが生じる。これは極微量 (ppm レベル) の不純物が材料内部から拡散し粒界に偏析することで、結晶粒界の原子構造や化学状態が結晶内部と異なることが一つの要因である。つまり、不純物が「どの場所に(原子構造)」「どのような状態(化

学状態)」で存在するかを定量的に理解することが特性バラツキの制御につながる。

本研究では、高純度酸化マグネシウム(純度 99.9%) 中に極微量残留している不純物のカルシウム(数 100ppm) とチタン(数 10ppm) が高温焼結(1500℃)後に結晶粒界に拡散偏析し、三次元超構造が形成することを元素識別可能な超高分解能走査透過電子顕微鏡(STEM)を用いて発見した(図)。結晶粒界の緩和構造計算(第一原理)により、この超構造(図中の点線部)は不純物と格子欠陥(点欠陥)との相互作用によってエネルギー的に安定化されることがわかった。このような超構造が形成される粒界



は強固に結合しており、バルク焼結体の強度も大きいことと符合する。今回の発見は「不純物原子が自ら意志をもっているかのように拡散偏析し幾何学的な超構造の自己組織形成」であるが、不純物(超構造)制御によってセラミックスの飛躍的な高性能・高信頼化につながる可能性がある。また、半導体と同様に不純物をポジティブに利用し超構造を自在に制御できれば、低次元構造に起因した特異な機能発現の可能性も秘めており、新機能セラミックスの研究開発も期待される。

本研究の一部は、文部科学省の特定領域研究「機能元素のナノ材料科学」により行われた。(東北大学原子分子材料科学高等研究機構 着本 享 連絡先: 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1, E-mail: tsukimoto@wpi-aimr.tohoku.ac.jp) URL: <http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/~xikuhara/index.html>

[2012 年 1 月 12 日原稿受付]