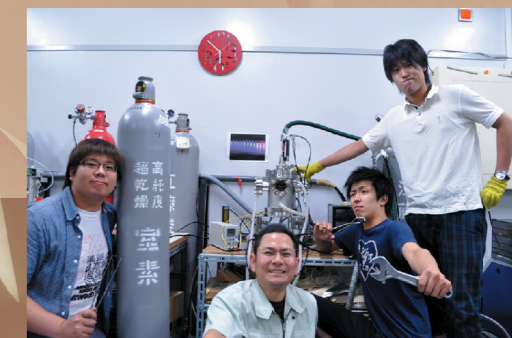


大気圧プラズマを使って 金属を強くする

今回の研究者インタビューでは、プラズマ科学の研究を行っている工学部電気電子工学科の市来龍大助教にプラズマについて教えて頂き、またプラズマを用いた金属強化の研究についてご紹介頂きました。

〈研究者〉 いち き りゅう た
工学部電気電子工学科 市来 龍大助教
インタビュー：産学官連携コーディネーター 江隈 一郎



プラズマとは？

「プラズマ」と聞くと、最近ではプラズマテレビなどを連想しますが、そもそもプラズマとは一体何なのでしょう？

市来 プラズマとは、電子やイオンなどの「電荷を帯びている粒子」から成り立つ「ガス」のことです。物質にエネルギー（熱）を与えていくと、固体が溶けて液体に、液体が蒸発して気体になりますよね。その気体にさらにさらにエネルギーを与えていくと、最終的には気体を構成する分子が電子とイオンに電離します。これがプラズマです。従って、プラズマは固体・液体・気体に次ぐ4番目の状態であるといえます。プラズマは特殊なものだと思われがちですが、太陽などの恒星やその周辺のガスはプラズマ状態にあるため、実は宇宙の物質のほとんどはプラズマなのです（ダークマターを除いて）。地球のように固体、液体、気体の状態で安定化している方が、宇宙ではマイナーな存在なんです。ですから、宇宙の挙動を知るためにはプラズマの知識が必須なんです。地球上でもプラズマは見られて、稲妻やオーロラもプラズマです。プラズマを人工的に作る場合、電場で加速した電子をガスに当てて、ガス中の分子を電子とイオンに電離します。この過程を放電といいます。



■自然界はプラズマで満たされている

プラズマを役立てる

先生はそのプラズマを工学的に役立てようと研究をされているとのことですが、プラズマはどのように役立つのでしょうか。

市来 プラズマの特徴をおおざっぱに言うと、「光る」「電荷を帯びている」「化学反応を起こす」の3つです。プラズマの「光る」特徴と関係がある技術が、皆さんご存じのプラズマテレビです。プラズマは「電荷を帯びている」ため電場によって動かすことができ、これにより推進力を得る技術が、最近帰還した小惑星探査機はやぶさのイオンエンジンです。プラズマは「化学反応を起こす」ため、液体を使わずに気相中で他の物質と反応します。パソコンや携帯電話には無数の半導体集積回路が使われていますが、その中のナノサイズの配線や電子素子はプラズマとシリコンを化学反応させることで作られています。



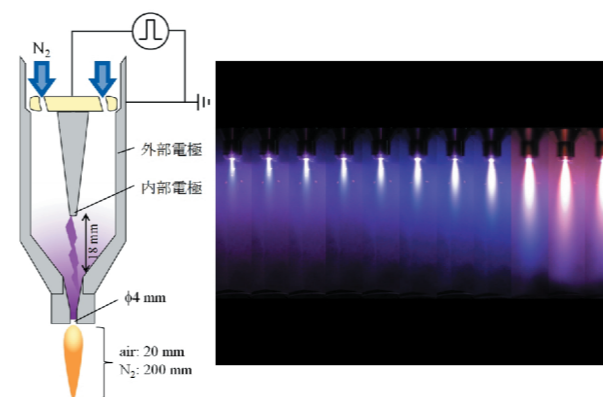
■プラズマの特徴と産業応用

プラズマジェットによる鉄鋼の硬化

それでは先生が大分大学で推進されているプラズマの研究について教えてください。

市来 我々は3つめの「化学反応を起こす」特徴を使って、金属材料を強くする研究を行っています。自動車製造業などの機械産業では、摺動部材や金型を長寿命化するために表面硬化技術が用いられています。皆さんの自動車が10年以上経つ

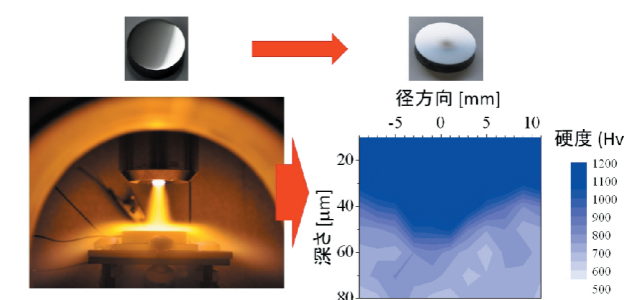
ても壊れずに動いているのは、エンジンなどの部品が表面硬化処理されていることが一因です。我々の研究室では、大気圧プラズマジェットを吹き付けて鋼（はがね）を表面硬化する新しい技術を研究しています。原理は、プラズマ中の化学反応で作られた窒素（N）原子が鋼の表面に拡散していき、鉄の成分と溶け合うことにより硬くなるというものです。この窒化処理という技術は現在、大型の真空設備を必要とします。しかし我々の技術が実用化すれば、大気圧下でプラズマをシューッと鋼に吹き付けるだけで表面を硬化できるようになります。



■パルスアーク型大気圧プラズマジェット

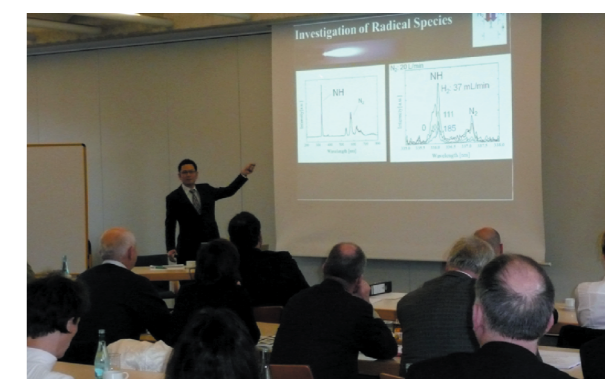
表面硬化にはN原子が必要ですので、初めは窒素ガスを用いたプラズマジェットをひたすら鋼に吹き付けていましたが、一向に硬くなりませんでした。周りにいる大気由来の酸素が鋼を酸化してしまい、酸化層がN原子の拡散を阻害していたのです。そこで水素ガスを横から入れて酸素を還元除去してみると、うまく鋼の表面にN原子が入り硬くなりました。現在では、技術の改良により必要な水素ガス量を一桁以上減らすことに成功し、安全性が格段に向上しました。さらに、水素が鋼の硬化に果たす役割もかなり明らかになってきました。学生諸君が楽しく、そして熱意を持って研究に取り組んでくれたおかげです。

この技術は独自性の高いものとして学会でも評価され、ドイツのプラズマ機器メーカーplasmatrete GmbHの招待を受けてフラウンホーファー研究所で技術講演を行う機会を得ました。今後も大分大学発の本技術について世界各国の研究者と意見交換をし、より価値の高い技術に発展させていきたいと考えています。



■プラズマ照射により表面の硬度が上昇！

■鋼の表面硬化の達成



■ドイツでの技術講演の様子

今後の研究について

電気電子工学の一分野であるプラズマ技術を用いて、機械・材料工学に関係が深い金属の強化が行えるというのは面白いですね。今後の展望について聞かせて下さい。

市来 この技術をより実用的にするため、処理時間を大幅に短縮する研究を行っています。さらに、従来の窒化処理ではクロムなどのレアメタルを含んだ鋼しか硬くならないため、我が国の資源の問題も考えてレアメタルを含まない低級鋼の硬化処理の開発に挑戦しています。我々の研究室では、最初の方で触れた宇宙プラズマに関する低圧プラズマの実験も始めています。同じ研究室の金澤准教授は、非常にミステリアスな水中プラズマの技術を生かして、環境浄化に役立てる研究を大変精力的に行っています。ぜひ見学に来て下さい！