

# 東京工業高等専門学校 城石研究室 “水素社会実現に向けた研究開発”

〒193-0997 東京都八王子市櫛田町 1220-2  
東京工業高等専門学校 城石研究室  
Tel : 042-668-5867 FAX : 042-668-5867  
E-mail : h-shiroishi@tokyo-ct.ac.jp  
<https://nittc.tokyo-ct.ac.jp/web/c/hshiroishi/>

城石研は、2005年、東京高専に「グリーンエネルギー研究室」として誕生しました。水や窒素から高エネルギー化合物を作り出す「人工光合成」（電解合成を含む）と、水素から電気エネルギーを取り出すデバイス「燃料電池」の研究をしています。

本稿では、最近の研究内容を紹介させていただきます。

### ■固体高分子形燃料電池のための非白金触媒の開発

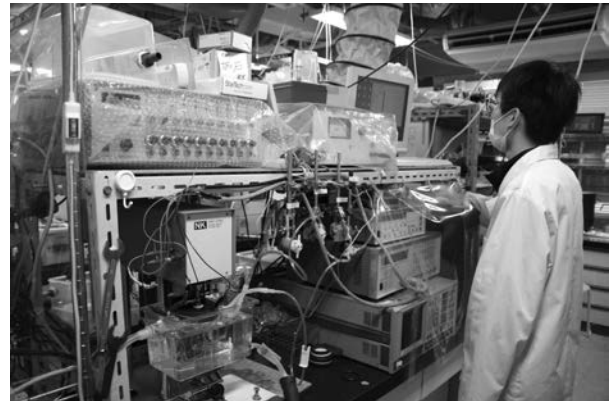
固体高分子形燃料電池（PEFC）は、水素社会における発電デバイスとして期待されています。現在でも、燃料電池自動車や家庭用コジェネレーションシステム（エネファーム）として市販されていますが、電極触媒として資源量が少なく高価な白金（または白金合金）を使用するため、デバイスの価格が高く、普及の妨げになっています。

城石研では、非白金系酸素還元触媒の開発を行っています。長年の研究により、徐々に触媒活性が上がってきており、現在、酸性下で酸素還元電流の立ち上がり電位が0.96 V vs. RHEの触媒ができるようになりました。

より安価な材料を用いた非白金酸素還元触媒の開発に向けて、グラファイト粉末から高活性な触媒を作製する技術も研究しています。

### ■非金属系 CO<sub>2</sub> 電解還元触媒の開発

CO<sub>2</sub>電解還元は2020年12月に発表された「グリーン成長戦略」14分野の実行計画に盛り込まれた「カーボンリサイクル」の一つの核となる技術であり、更なる研究開発が必要な技術です。現在報告されているCO<sub>2</sub>還元触媒のほとんどは銅や銀などの



触媒活性自動評価システム



共用の X 線光電子分光装置

金属由来の触媒であり、環境毒性や触媒寿命などが問題となっています。近年、非金属触媒としてポリドーパミン修飾電極がCO<sub>2</sub>還元触媒として高い活性を有することが報告され、注目を集めています。このような非金属触媒は環境毒性が低くコストが安い、反応選択性が高いなどの利点があります。非金属触媒を研究開発することによって、多種多様な原材料や化成品のCO<sub>2</sub>電解還元による生産が実用化できると考えています。

城石研では、新規高活性CO<sub>2</sub>還元触媒の開発を目的とし、非金属であるシトシンと多層カーボンナノチューブを熱処理することによって調製した化合物のCO<sub>2</sub>電解還元能を研究したところ、CO<sub>2</sub>還元

電流の立ち上がり電位は $-0.12\text{ V vs. NHE}$ と、非常に過電圧が低い触媒を見いだし、2020年太陽エネルギー学会研究発表会で報告いたしました。

### ■中低温域用窒素還元電解触媒の開発

水素社会におけるエネルギーキャリアの候補として液化水素、有機ハイドライド、水素貯蔵合金、アンモニアなどがあります。アンモニアは比較的高い水素密度 ( $121\text{ kg-H}_2/\text{m}^3$ ) であり、肥料の原料としても利用されていることからハンドリング技術が確立しており、水素社会におけるエネルギーキャリアとして期待されています。

間欠的な自然エネルギーを蓄え、水素キャリアとして活用するためには、必要なときに必要な量を合成できる中低温下での電解合成が望ましいと考えられます。

城石研では、中低温領域で活性が高いアンモニア電解合成触媒の探索を行っています。

### ■研究発表

本研究内容は、日本太陽エネルギー学会のほかに、電気化学会年会、触媒セミナー（触媒学会燃料電池関連触媒研究会主催）等で年10～20件程度の学会発表を行っています。国際学会としてはハワイで開催されるPRiMEや、AiMES等で発表を行いました。

これらの発表によって、太陽エネルギー学会奨励賞（学生部門）、化学工学会学生大会優秀賞、燃料電池関連触媒研究会 優秀ポスター賞、電気化学会技術・教育研究懇談会 奨励賞、電気化学会 優秀

学生講演賞等、合計18件の賞を受賞してきました。

また、研究室に在籍している学生は、大学1年～4年相当という学年にもかかわらず、筆頭著書で査読付き英文誌に掲載されるような論文を執筆することもあります。

### ■進路

本科を卒業すると、東京都立大、横浜国立大、千葉大、東京農工大といった近隣の大学の3年に編入する学生が多いです。また、専攻科を卒業すると、東工大大学院や山形大大学院、山梨大大学院といった触媒化学や光エネルギー変換、燃料電池に関連した研究室に進学するケースが多く、進学先では博士後期課程を修了する学生も数多くいます。

### ■技術相談や受託研究

企業との技術相談や受託研究を積極的に受け入れてきました。電気化学一般でお困りごとがございましたら、上記連絡先までお気軽にご相談ください。

### ■謝辞

高専という環境で、継続的に研究発表できていたのは、真摯に研究に取り組み数々の成果を上げてきた卒業生の皆様、成蹊大学 齋藤守弘先生、東京理科大学 宮澤薫一先生、田中優実先生、東洋大学 蒲生西谷 美香先生、山形大学 吉田 司先生、産業技術総合研究所 亀田直弘博士、神奈川県立産業技術総合研究所 国松昌幸博士をはじめとした諸先生方のご助言とご協力の賜であり、ここに深く感謝申し上げます。