

## 129回 技術懇談会講演記録

1. 日時・場所 2021年9月25日(土) 13:30~16:00  
オンライン(Zoom)により実施 参加人数 37名(申込 37名)

### 2. 題目と記録

#### (1) 講演題目 「SDGsと化学産業の競争力/共生力 —工学的手法による共生型社会への貢献は可能か—」

講師 鹿子島 達志 氏 イーグレテック 代表、SCE・Net 会員 (元 ㈱カネカ)

##### 概要

SDGsの目標達成のためには対策費用も必要であり、産業界が注目するのは、そこに成長の機会と市場があるからである。日本企業の国際競争力は多くの産業分野で衰退傾向がみられるものの化学産業分野では競争力を保っている。それは企業の技術力の賜物であるが、高度成長期で公害などを乗り越え、ラッキーだった側面もある。K社の事例で「石油タンパク問題」と「カネミ事件」は多くの教訓を残した。前者は食糧問題対応、後者は新規物質開発だが企業や技術者の倫理性に問題があった。

ここで産業界の発展を技術的に支えてきた化学工学が、SDGs課題の中で引き続き寄与できるかを、コストエンジニアリング手法と統合し、具体的なデータを基に実用的な最適解を科学的手法で提供することを提題した。例えば廃棄物減のためクローズドシステムとMFCAの統合もある。

また、CO<sub>2</sub>問題に対応するバイオ燃料の展開に対し、原料となる食料と途上国の農地減少の問題に対し、競合しない藻を原料とする取組みを紹介した。また、現実の市場では、バイオディーゼルとグリセリンが副生物(廃棄物)利用の関係にあり、かつ原料大豆などの食料資源と原油市場とが密接な相関性があることを指摘した。

SDGの達成と市場原理の調和は工学的手法と過去の反省にたった倫理性で進めるべきである。

#### (2) 講演題目 「経済合理性のある人工光合成技術 —光電気化学的な水素と有用化学品の製造—」

講師 佐山 和弘 氏 国立研究開発法人産業技術総合研究所ゼロエミッション  
国際共同センター首席研究員 (兼務) 人工光合成研究チーム長

##### ①概要

産総研ゼロエミッション国際共同研究センター(研究センター長 吉野 彰)の人工光合成研究チーム長の佐山氏により、人工光合成開発の背景、原理、世界情勢や佐山氏の研究成果について講演をして頂いた。

太陽光を利用して、光電極や光触媒で水を分解して水素と酸素を製造する技術は、低コストでクリーンな製造手法であり、将来の水素社会実現に向けた基盤技術として盛んに研究が行われている。そのシステムを更に低コスト化するには、システムの反応溶液として、豊富に存在する海水を用いることが望まれる。しかし、海水や塩水などの塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)を含む水を反応溶液として用いると、水の酸化による酸素生成と同時に、塩化物イオンが酸化されて次亜塩素酸(HClO)が生成する。HClOは、酸素よりも高付加価値の殺菌・消毒用の化成品として期待される一方で、大規模な水電解水素製造システムでは、システムの腐食劣化を促進する有害物質として問題となる。そのため、HClOの生成機構を明らかにし、酸素だけを生成させることができる光電極の開発が求められている。

## ②国内外の研究動向

国内外の研究動向として、国内では経産省（NEDO）未来開拓 PJ は、人工光合成研究組合（三菱ケミカル、TOTO、INPEX 等）にて 2021 年までにソーラー水素製造で 10%効率を目標に研究を進めている。文部省「人工光合成」新学術領域が基礎研究から応用研究を 2021 年まで研究を進めている。民間では、東芝、豊田中研、松田、パナソニック、富士通などが独自に研究を進めている。国外では、米国 DOE では、5 年間で総額 \$ 100M を投資して、二つの大型 PJ（KISA と CHASE）が研究を開始している。欧州では複数の細かい PJ が常時進行している。講演ではこれらの研究の動向について解説された。

## ③経済的な水素製造を目指した光触媒—電解ハイブリッドシステム

佐山氏らは従来に比較して飛躍的に高い可視光量子収率を示す酸化タングステン（ $\text{WO}_3$ ）光触媒を開発した。この触媒を用いた光触媒—電解ハイブリッドシステムは太陽光を有効利用する水素製造システムであり、水を酸化して鉄 3 価イオン（ $\text{Fe}^{3+}$ ）を鉄 2 価イオン（ $\text{Fe}^{2+}$ ）に還元しながら酸素を生成する光触媒と、 $\text{Fe}^{2+}$ を  $\text{Fe}^{3+}$ に再酸化しながら水を還元して水素を生成する低電圧電気分解を組み合わせた産総研の独自開発システムである。この光触媒の高効率化は、 $\text{WO}_3$  光触媒を、セシウム（Cs）で表面処理する手法を開発したことにより実現した。Cs 処理した新しい触媒の活性は未処理触媒に比べて 10 倍以上に向上した。可視光量子収率は波長 420 nm で 19 %であり、これまでに報告された値と比較して約 50 倍である。太陽エネルギーを用いることで、水分解の電解電圧はほぼ半減するので、低コストの水素製造が期待できるものである。

## ④酸化物光電極を用いた水分解による水素と有用化学品製造

佐山氏らは多孔質の酸化タングステン（ $\text{WO}_3$ ）などを積層した半導体光電極を用いて、太陽光エネルギーで水を分解し、水素製造と同時にさまざまな高付加価値の化学薬品を効率良く製造する技術を開発した。化学薬品としては過硫酸や次亜塩素酸塩、過酸化水素、過ヨウ素酸塩、四価セリウム塩などの酸化剤を製造できる。太陽光エネルギーを水素と過硫酸として化学エネルギーに変換・蓄積する反応では、ほぼ 100 %の選択性で過硫酸へ変換でき、非常に高い太陽光エネルギー変換効率（ABPE 効率=2.2 %）を達成できた。太陽光エネルギーを利用することで水の電気分解の電解電圧を著しく低減しながら、水素エネルギーと多様な有用化学薬品を同時に製造できる技術であり、将来の経済性の高い新規プロセスの実用化が期待できるものである。

## ⑤最近の成果

可視光に応答する酸化物半導体の光電極に太陽光を照射することで、食塩水や海水などの塩化物イオン（ $\text{Cl}^-$ ）を含む水溶液から低い電解電圧で水素と酸素を選択的に製造する人工光合成技術が開発されている。この光電極の表面のごく一部にマンガン（Mn）の酸化物を担持するだけで、副反応である塩化物イオンの酸化による次亜塩素酸（ $\text{HClO}$ ）の生成が抑制されることを見出が見出されている。今回の成果は、光電極を用いた人工光合成技術による水素製造システムの実現のみならず、天然光合成系の酸素発生中心の進化の過程で『なぜマンガンが選ばれたのか』を解く一つのカギとなる可能性が示唆され、実用化・基礎研究の両方に大いに貢献することが期待されている。（文責 山本一己）

以上