

特集

カーボンバリュー 研究

カーボンバリュー科学技術の創成

東京理科大学 理学部第一部 応用化学科 教授
東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 カーボンバリュー研究拠点 拠点長

くどう あきひこ
工藤 昭彦

1. はじめに

地球温暖化に伴う気候変動への懸念から、世界的に脱炭素化に向けた動きが加速しており、日本政府も2020年10月に「温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラル（炭素排出量を実質ゼロにする概念）を2050年までに実現する」と宣言しました。そして、カーボンニュートラルへの挑戦を経済と産業の好循環につなげるグリーン成長戦略が策定されました。カーボンニュートラルを達成するためには、再生可能エネルギーを使うことが大前提となります。これは、人類が抱えている資源・エネルギー・環境問題の解決にもつながります。再生可能エネルギー利用というと、ほとんどの人が太陽光発電や風力発電を思い浮かべることでしょう。しかし、われわれの生活を振り返ってみると、電気エネルギーのみならず、燃料（化学エネルギー）や化成品などの物質も不可欠です。これらの物質を合成するためには、水素（H）や炭素（C）が主原料として必要です。ここで、カーボンニュートラルを実現するためには、水（H₂O）を水素源、二酸化炭素（CO₂）を炭素源、窒素分子（N₂）を窒素源に用いることが必須です。すなわち、二酸化炭素を炭素原料として、ガソリンやジェット燃料、オレフィンやアルコールなどの化成品原料など、価値の

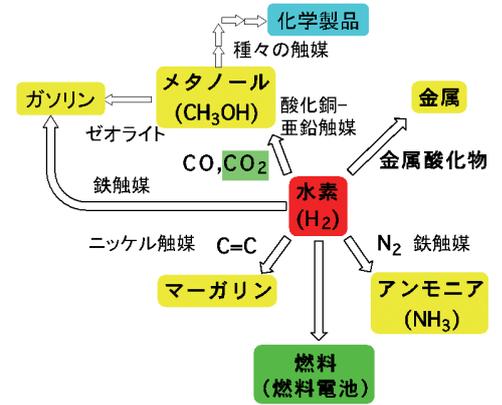
高い物質を合成すること（カーボンバリュー）が要求されます。【図1】に描かれた科学技術が確立されれば、資源・エネルギー・環境に対して安全・安心な社会を構築することができます。

2. 二酸化炭素の還元による高付加価値製品の製造

カーボンバリュー、すなわち二酸化炭素を資源化するためには、太陽光などの再生可能エネルギーを用いて、二酸化炭素を還元する（電子または水素と反応させる）科学技術の開発が不可欠です。直接的な二酸化炭素還元法として、光化学的、電気化学的方法があります。ここで光は太陽光、電気は再生可能エネルギーを使った発電による電気（再エネ電力）でなくてはなりません。また、間接的な方法としては、再生可能エネルギーを使って水から製造したグリーン水素を用いて、二酸化炭素を熱触媒的に還元する方法があります。この触媒反応により、二酸化炭素を炭素原料とし、ガソリンやジェット燃料、オレフィンやアルコールなどの化成品原料など、高付加価値製品を製造することができます。これらの観点から、二酸化炭素を電気化学的に還元するための電極触媒の開発、太陽光を用いた人工光合成によるグリーン水素製造や二酸化炭素の資源化のための光触媒や半導体光電極の開発、二酸化炭素の水素化のための熱触媒の開発が重要な課題です。



【図1】カーボンニュートラルに貢献するカーボンバリュー技術



【図2】クリーンエネルギーおよび化学工業における基幹原料としての水素

3. 低炭素社会を支える電池の開発

電解合成などで再エネ電力を利用するためには、それを蓄えるための二次電池が必要です。そのために、リチウムやナトリウムイオン電池の開発も世界的に重要なテーマとなっています。二次電池の技術は、再エネ電力を電気化学反応に利用するための電源に限らず、電気自動車などへの利用によってカーボンニュートラルに貢献できます。

4. グリーン水素製造

水素もカーボンニュートラルを考える上で必須な物質です。水素は、燃焼しても二酸化炭素を排出しないため、クリーンエネルギーとして注目されています。水素というと、燃料電池の燃料を思い浮かべることでしょう。したがって、燃料電池技術との連携も必要です。燃料電池技術では、希少かつ高価な白金系触媒の使用量を抑えた（もしくは全く使用しない）燃料電池の電極触媒開発が重要な課題となっています。これに加えて、水素は化学工業における基幹物質としても不可欠です【図2】。水素を原料にして、多くの化成品が化学工業的に製造されています。そのもっとも重要なものの一つとして、化学肥料に使われるアンモニアがあります。化石資源が枯渇して水素が製造できなくなると、化学肥料が作れなくなるのです。これは人類にとって危機的な問題になるでしょう。ここで、安価で豊富な水素があれば、現在工業的に使われている一酸化炭素に代わり、二酸化炭素が化学製品の炭素原料となることができます。このように、水素はクリーンエネルギーとしてのみでなく、現在社会の物質を支えるためになくてはならないものです。すなわち、水素があれば、なんでもできると言っても過言ではありません。現代社会における工業的水素製造法は、石油、天然ガス、石炭などの化石資源を水と高温下で触媒を用いて反応させる水蒸気改質という反応です。しかし、

この水素製造法では、化石燃料の枯渇や二酸化炭素排出という問題が依然存在します。このようにして得られた水素で燃料電池車を走らせても、環境問題の根本的な解決にはならないのです。そこで、再生可能エネルギーを使い、水を原料として水素を製造する技術開発が望まれています。その科学技術として、光触媒を使って水を分解してグリーン水素を作る人工光合成があります。

5. 東京理科大学カーボンバリュー研究拠点

このような社会的・学術的背景から、「カーボンニュートラル」に関わる研究分野を本学の戦略的重点分野として位置づけ、本学が強みを有している光触媒を用いた人工光合成、二次電池、二酸化炭素・水素利用分野等の研究者を集結したカーボンバリュー研究拠点（CV拠点）を2022年1月に設立いたしました（<https://www.rs.tus.ac.jp/carbonvalue/>）。CV拠点では、本学教員が強みとする光触媒や二次電池などのサイエンス・テクノロジーを駆使すると同時に、外部機関との連携・共同研究を通じて、カーボンニュートラルに繋がる本質的な要素科学技術を開発しています。また、研究成果に基づくトータルシステムを社会実装化し、地球が抱えている資源・エネルギー・環境問題の解決に貢献することを目指しています。本研究拠点では、炭素資源として重要な二酸化炭素を価値のある物質に変換すること、すなわちカーボンバリュー化することにより、過剰に排出される二酸化炭素を有効利用して減らす科学技術を開発することを目的としています。さらには、カーボンマイナスとなるような科学技術を開発しています。この典型的な科学技術として、再生可能エネルギーを利用した水分解によるグリーン水素製造があります。その科学プロセスに必要な光触媒や電極触媒・二次電池・燃料電池の開発に重点を置いて研究を推進しています。