

環境



九州大学環境安全センター広報
九州大学環境報告書2010(抜粋)

No. 26
2011.2

カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所について

カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
研究支援・国際連携グループ長 大野 富生

1. はじめに

九州大学のカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (International Institute for Carbon-Neutral Energy Research 略称: I²CNER (アイスナー)) は文部科学省の世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI) の採択を契機として、平成22年12月1日、九州大学伊都キャンパスに開所しました。

“カーボンニュートラル”とは地球温暖化の主要な原因とされている大気中の二酸化炭素 (CO₂) をこれ以上増やさないエネルギーを永続的に社会で使用して行くためにCO₂を排出しない基礎的な水素利用に関する研究やCO₂の分離・貯留に関する研究などを推進しています。

研究所の所長には米国・イリノイ大学からペトロス・ソフロニス教授をお迎えし、その強いリーダーシップの下、イリノイ大学との連携を核とした国際的ネットワークも活用しながら、世界トップレベルの研究者が集う国際的な研究拠点の構築を目指しています。

2. 水素をエネルギーとして利用する社会システムの利点

現在、環境対策もしくは脱化石燃料を目的に、太陽電池や風力発電等のいわゆる再生可能エネルギーの普及が期待されています。この理由として、再生可能エネルギーは自然エネルギーなどを起源とするものであるため、半永久的に枯渇の恐れがないこと、CO₂の排出を伴わないこと等が挙げられます。しかし、再生可能エネルギーの問題点の1つは気象条件の影響を受けやすいことで、何らかの形で発生したエネルギーを蓄えておき、不安定性を緩和する工夫が必要となります。

ここで、酸素と化合して水になるという水素の特性に着目すると、再生可能エネルギーもしくは原子力エネルギーを用いて水から水素を製造し、その水素をエネルギー源として広く利用することができれば、化石燃料に依存しない低炭素社会の構築に大きく貢献するものとなります。現在、水素エネルギーが大きく注目されているのにはこのような背景があり、本研究所でも水素の実用的利用を可能にするための研究に取り組んでいます。(図1)

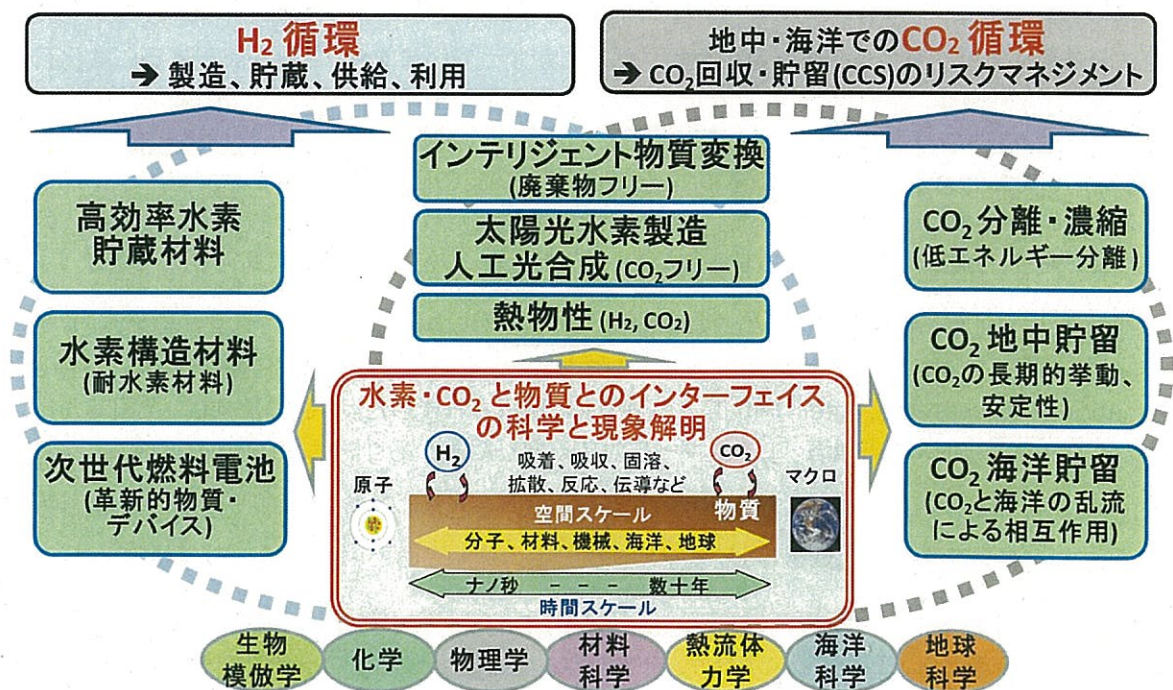


図1 I²CNERの研究分野

3. 水素エネルギー普及に関する課題とI²CNERの研究

では、水素利用を普及させる上で、どのような課題があるのでしょうか？ここでは、水素を「使う」「溜める」「作る」の3つに分けて整理し、本研究所の関連する研究をご紹介します。

3-1 水素を「使う」

水素をエネルギーとして使用する場合、より効率的に利用するための装置として燃料電池が注目されています。これは、図2に示すように水素と酸素が化合する際に電子の流れを外部に作り出すことにより、電力を取り出すものです。燃焼の過程を伴わないので高効率な発電が可能であり、自動車や家庭用の電源として利用が始まりつつあります。(図3)

この燃料電池に関しては、発電時のさらなる高効率化や、数万時間単位の実用的使用が可能となるような耐久性の実現、そして、白金(プラチナ)等のレアメタルをなるべく使用しない低価格な燃料電池の開発が重要課題となっています。

本研究所では、このような課題を解決するため、燃料電池内での原子や分子のより詳細な挙動を解明し、新しい燃料電池の材料やコンセプトの開発に取り組んでいます。

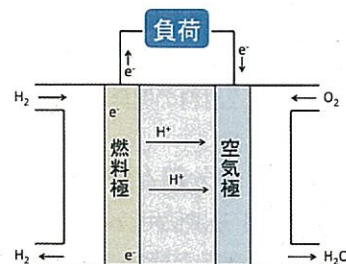


図2 燃料電池の仕組み



図3 燃料電池自動車（福岡県）

3-2 水素を「溜める」

さて、燃料電池自動車では1回の燃料補給で走れる航続距離を伸ばすことが課題となっています。これには、燃料タンクに貯蔵できる水素の量をできるだけ多くすることが必要となります。

水素は大変に軽い気体ですが、単位体積当たりのエネルギー発生量はメタン等に比べて高くはありません。従って、自動車の長距離走行に十分な量の水素を燃料タンクに注入しようとすると、非常に高い圧力で燃料タンクに水素を注入することが必要となります。現在の燃料電池自動車に搭載されている燃料タンクには大気圧の約700倍(70MPa)という高い圧力で水素が注入されています。このような高い圧力で水素を注入するためのポンプ技術や、高い強度と耐久性を持ったタンクの材料が必要となっています。

ここで、水素は最も小さい原子であり、金属の原子が並んでいる間でも拡散しやすく、拡散した水素が材料の性質を脆くすることが知られています。このような現象を水素脆化と呼びますが、タンクに用いられる材料については、水素脆化の問題について十分に考慮しなければなりません。しかし、そのように材料が劣化して行く過程については解明されていない点が多く、本研究所ではこのような現象をマイクロレベルで解明し、水素脆化に強い耐性を持った材料の開発を目指しています。

また、高圧になった場合の水素の熱流動特性を正しく把握することは水素システムの安全性を保证するために重要であることから、高圧状態における水素の様々な物性値を高精度に測定する手法の開発も合わせて行っています。

一方で、水素を貯蔵・運搬する別の方法として、水素を吸収して自身の内部に蓄えることができる水素吸蔵合金を用いる方法も考えられています。(図4)水素吸蔵合金の内部においては吸収された水素は金属の原子が並ぶ間に捉えられており、加熱すると蓄えられていた水素は再び放出されます。このような性質を利用して、水素を貯蔵・運搬することが可能となりますが、現状では十分な性能を持ったものは実現されていません。本研究所では、水素が金属内で拡散して金属原子間に捉えられる際の様々な現象を詳細に解明し、自身の重さの6%程度(※現在は3%程度が最大)の量の水素を貯蔵できる水素吸蔵合金の開発を目指しています。

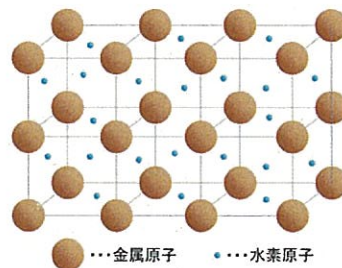


図4 水素吸蔵合金の概念

3-3 水素を「作る」

さて、2でも指摘したように、再生可能エネルギーを用いて水素を製造することが水素エネルギー社会の実現のために重要です。太陽電池/風力発電の電力を用いて水を電気分解して水素を製造することも1つの方法ですが、本研究所では植物が行う光合成の原理を模倣し太陽光を直接利用し水素製造を行う人工光合成型触媒の開発を行っています。これは、光エネルギーを利用して水の分解を行うもので、植物の光合成プロセスにも学び、より高効率で水素を製造できる触媒の開発を目指しています。これには、触媒界面において光エネルギーにより水が水素と酸素に分解される現象の解明や新規材料の開発が必要となっています。

4. CO₂の分離と貯留に関する研究

さて、3では使用時にCO₂を排出しない水素の利用技術に関する研究をご紹介しました。しかしながら、現実的な見通しとして、当面は一定割合のエネルギーを化石燃料によって賄わざるを得ず、火力発電所等から今後排出されるCO₂については大気中に拡散されないような対策も必要となります。

そのような点から本研究所では、火力発電所等の排気に含まれるCO₂を分離・濃縮し、地中や海中の深層部へ貯留するための研究にも取り組んでいます。(図5)まず、分離・濃縮技術に関しては、高性能な吸着剤を開発し、高効率かつ低コストに分離・濃縮するためのプロセスの確立を目指しています。

また、分離したCO₂の地中や海中への貯留に関しては、大量のCO₂を貯留した場合の周辺環境への影響や長期間の安定性、及び漏洩に対する安全性を評価する必要があり、数値シミュレーション技術も活用しながら、多角的な検証を行っています。

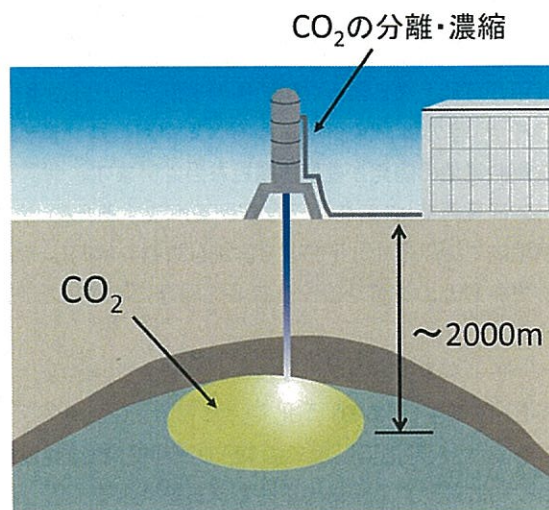


図5 CO₂の地下貯留

5. おわりに

I²CNERで行われる研究の概要については3、4でご紹介した通りですが、これらの分野において世界をリードすることのできる研究成果が活発にもたらされるように、200人程度の世界的研究者がI²CNERに集う予定です。また、分野を超えた研究者同士の交流も積極的に図ることで、異分野融合による独創的な研究の進展も期待されています。

2011年2月1日に伊都キャンパス・稲盛財団記念館ホールで開催された本研究所のキックオフ・シンポジウムには、海外からもイリノイ大学を中心とした多くの研究者が参加し、今後の国際的な研究連携について活発な議論がなされました。(図6)

研究成果についてはI²CNERのHP[※]等を通じて一般の皆様にも分かりやすくお伝えして行く予定です。今後の展開にご注目下さい。

※ I²CNERホームページ:

<http://i2cner.kyushu-u.ac.jp/>(日本語版・英語版)



図6 キックオフ・シンポジウムでの様子
(上：講演の様子、下：参加者記念撮影)