

一橋大学・RIETI 資源エネルギー政策サロン第 4 回

世界新連発

日本の最先端太陽電池研究と水素社会への展開

(要旨)

日 時：2015 年 1 月 7 日(水)

安藤：中野教授に初めて出会ったのは、翌年に洞爺湖サミットを控えた 2007 年だった。近年、シリコンの太陽電池が世界中に広がる一方で、コスト競争は激化し、さまざまな限界も見えている。そうした中、日本が目指すべき技術力、研究開発力を生かした高効率の第三世代太陽電池だと思った。東京大学先端科学技術センターに研究開発拠点を創設されて以降、世界新を次々と連発されている。今日は、高効率太陽電池の最先端研究や、その先の水素社会への展開を含めてお話を伺うこととしたい。

中野義昭教授（東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻、先端科学技術研究センター兼務）：自然エネルギーは頼りないと思われがちだが、仮に全人類が自然エネルギーだけに頼ってもまったく困らない量がある。現時点での一番大きな問題は、化石エネルギーに比べてコストが高いことだ。量は莫大だけれども、密度が薄いため、集めて濃縮するのにコストがかかるわけである。

しかし、再生可能エネルギーには価格低下の余地がまだ大きく、技術の見せどころだ。化石エネルギーは有限で枯渇は避けられず、二酸化炭素の問題も価格に跳ね返ってくるだろう。

自然エネルギーは、高コストの問題に加えて、時間的・空間的に偏在していることが、もう一つの大きな問題だ。1 日のうち昼と夜で生産量が変わり、国によって生産量が異なる。こうした時間的な不安定性、空間的な偏在性のため、電力系統に接続するには限度がある。

フィードインタリフで増えすぎたメガソーラーの電力を収容できないのは、時間的に変動する電気をそのまま繋ぐと電力系統が不安定化するためである。また、自然エネルギーの多くは、人のあまり住んでいないところにあるが、そこには電力系統がない。こうした問題を解決することが、低コスト化と同時に大きな課題だ。そして私がこの 10 年研究してきた中で、より大規模に自然エネルギーを導入するには、オフグリッド利用が本命だと確信するに至った。

つまり、「畜エネ」をして時間的・空間的なシフトをする。昼に蓄えて夜に使う。赤道直下でエネルギーをとって日本で使う。こうしたシフトが可能になれば、自然エネルギーは強力なエネルギー源となる。

では、その畜エネ媒体はどうするのか。すぐに思い浮かぶバッテリーは、短時間・小規模の畜エネには向いているが、大規模なエネルギーを賄うには非常

に使いにくく、コストも見合わない。「ソーラー燃料」にすれば、長時間かつ大規模に、自然エネルギーを蓄積して使えるようになる。自然エネルギーから水素や天然ガスをつくることのできる。水素に二酸化炭素を添加すれば天然ガスとなる。これらがソリューションだ。

水素に関しては、燃料電池車も発売され機運が高まっているが、インフラの整備状況を考えて、本格導入は2030年頃と言われている。それを少しでも早めようと、トヨタが特許を全面開放するというニュースも流れている。

しかし、水素は今からでも大々的に使える可能性がある。例えば、ソーラー天然ガスを活用すれば、現在稼働している火力発電所は、明日からでもそのままグリーン発電所に変えられる。つまり既存インフラを変えることなく、私たちの暮らしを変えることもなく、脱化石燃料の社会を実現できる。今は悪者の二酸化炭素も、いずれはエネルギーキャリアとして循環再利用されるようになる。それが本日の重要なメッセージである。

既に大量普及しているシリコン型の太陽電池の効率は、現状では最高25%で、太陽エネルギーの4分の1しか電気に変換できない。私たちが研究を進めている超高効率太陽電池は、現状で変換効率46%の世界記録を達成している。つまり太陽光のエネルギーの46%を電気に変換できるが、理論上は更に高められる。しかし、単位面積当たりの値段がまだ高いのが欠点である。こうしたものを実際に使ってきたのは人工衛星だ。宇宙用や軍事用の研究は米国や欧州が強い。従来、日本はこの競争には入れなかったが、私たちはシャープと協力して参入した。その結果、米国のNREL (National Renewable Energy Laboratory) とボーイングの連合チームやドイツのフラウンホーファー研究所などと肩を並べ、日本の私たちの研究開発プロジェクトが何カ月かごとに世界記録を塗り替えている。

現在、私たちは、集光型太陽電池 (CPV) の効率を50%に向上させ、製造技術によるコスト低減で、晴れの多いアリゾナ砂漠やサハラ砂漠で使えばシリコン型の太陽電池より安価にできる技術開発に取り組んでいる。

シャープとは三接合セルをつくっており理論効率は51%だ。量子井戸という人口的な半導体構造で世の中に存在しない光応答材料を合成しつつ高効率化を図っている。また、中間バンドセルを用いて、積層数を増やさずに異なるエネルギーレベルの光子を効果的に吸うことができる。量子ドット型の太陽電池は変換効率が現在26.5%だが、50%超の変換効率が可能という理論予測があり、実際に変換効率がどんどん向上している。中間バンド型の太陽電池でも世界記録を更新し続けている。多接合型では米国やドイツが強力なライバルで、フラウンホーファー研究所を核とする独仏連合チームが四接合で最高の46%を達成している。

太陽電池の最高効率は今では 46%だが、技術進展によって更に高まる余地はまだ大きい。材料使用量を減らすことでもコストは大幅に下がり、効率が 2 倍なら発電コストは半分になる。そのための技術ポートフォリオは揃っている。

しかし、電力系統に繋ごうとすると制約があるので、せっかくの高効率・大規模・大容量でも活かされない。これを抜本的に解決するのが「畜エネ」だ。ローカルな定置型の畜エネでは、水素が最適である。変動する高効率太陽電池の大出力を、水素がバッファとして平準化することで、昼夜を通して季節や天気を問わず使えるようになり、各家庭レベルでの使用も可能となる。スケールアップすれば、大規模産業用にも使える。今後、畜エネを鍵として、再生可能エネルギーの大規模導入の可能性はある。

ディスカッション

安藤：ノーベル賞を受賞された天野浩教授との共同研究について、うかがいたい。

中野教授：多接合型の太陽電池開発において、天野教授がノーベル賞を受賞された青色 LED の材料である窒化ガリウムは大変良い素質を持っている。青色の光を出すだけでなく、吸い取る方も得意であり、私のプロジェクトの中で天野教授と一緒に取り組んでいる。一連の材料でシンプルな多接合型太陽電池をつくれる可能性がある。

安藤：国際研究ネットワークや産業界とのコラボレーションについて、どのようにお考えか。

中野教授：我々のプロジェクトは産業界とのコラボなしにはあり得ないが、大学がバインダーとして働き得るということが、プロジェクトを進める中でよくわかった。また、新しいアイデアや、まったく違う発想を持つてくるには、大学の環境は非常に優れている。その際、オフロードマップの技術をどう拾えるかが重要になる。

Aさん：知的財産の扱いについては、どのような仕組みを持っておられるか。

中野教授：プロジェクトの中で知財は共有となっているが、基本的にはそれぞれが保持している。これまで特に問題が顕在化したことはない。

安藤：知財のプロフェッショナルを上手くチームに組み込んでいくことが大事だ。トヨタの燃料電池関連特許の全面公開もそうだが、標準化戦略や必須特許を含め知財戦略を活用していくことが重要だ。

Bさん：エネルギーキャリア実用化のシナリオについて、どのようにお考えか。

中野教授：本日メタンを例に挙げたのは、研究開発の必要があまりなく、すぐに使えるキャリアだからである。今できることをまず行い、エネルギーキャリアの多様化が進むことで、本格的な水素社会、再生可能エネルギー社会、グリーンな社会になっていくと考えている。

Cさん：日本において、どの程度の面積があれば水素 1 トンをつくれるだろうか。

中野教授：日本の石炭火力発電所から出てくる大量の二酸化炭素を全部メタン化しようとする、ギガワット規模の太陽電池が必要となる。日本の場合には、太陽光発電にこだわらず、風力を活用してもよいし、排出される二酸化炭素の一部でもメタン化できればいいと思う。

Dさん：経済産業省では、平成 25 年度にエネルギーキャリアのプロジェクトを立ち上げ、水素をエネルギーキャリアに変えて運ぶあるいは貯蔵する研究を推進している。昨年からは、内閣府でもエネルギーキャリアの問題を扱い、文科省、経産省、国交省、総務省、消防庁と連携してプロジェクトを開始した。今後もさまざまなアイデアをお寄せいただきたい。

安藤：最後に、中野教授の今後の展望をうかがいたい。

中野教授：太陽電池では、もう入れすぎだとか、中国に負けているとか、暗い話になりがちだが、一番の要として、日本の得意な高効率化でコストをどこまで下げられるか、世の中に明るいメッセージを出していきたい。効率 50%は、必ず達成したい。

(了)