

# NEDO 海外レポート

## I. テーマ特集 ナノテクノロジー特集

- |  |    |
|--|----|
| 1. ナノ触媒に関する研究開発動向<br>(NEDO ナノテクノロジー・材料技術開発部) | 1  |
| 2. ナノマテリアルの安全性への取り組み(世界)                     | 6  |
| 3. ナノ触媒研究の近年の動向(世界)                          | 10 |
| 4. ナノエレクトロニクスにおける電位の On-Off スイッチを研究者らは発見(米国) | 20 |
| 5. 金属触媒なしにカーボンナノチューブを作製(米国)                  | 24 |
| 6. NIST マイクロナノテクノロジープロジェクト(米国)               | 27 |
| 7. ナノテクノロジーの未来への挑戦(EU)                       | 29 |

## II. 個別特集

- |                         |    |
|-------------------------|----|
| 2009年・IEA 太陽光発電報告書(その2) | 33 |
|-------------------------|----|

## III. 一般記事

### 環境

- |  |    |
|--|----|
| 欧州委員会が軽商用車両からの CO <sub>2</sub> 排出規制法案を提出 | 43 |
|--|----|

### エネルギー

- |                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 野心的エネルギー研究プロジェクトに1億5,100万ドルを助成(米国) | 46 |
| DOE は国内の地熱エネルギー推進に3億3,800万ドル助成(米国) | 49 |

URL : <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/>

《本誌の一層の充実のため、掲載ご希望のテーマ、ご意見、ご要望など下記宛お寄せ下さい。》

NEDO 総務企画部 E-mail : [q-nkr@nedo.go.jp](mailto:q-nkr@nedo.go.jp) Tel.044-520-5150 Fax.044-520-5204

NEDO は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の略称です。

【ナノテクノロジー特集】**触媒**

## ナノ触媒に関する研究開発動向

NEDO ナノテクノロジー・材料技術開発部  
プログラムマネージャー 飯田康夫

### 1.はじめに

ナノ触媒が各種の化学工業にとって極めて重要であることは論を待たないであろう。触媒機能の改善は、大量生産における原材料やエネルギーの大幅な低減を実現することができる。触媒プロセスにより生産されている化学品・原材料は年間 100 万トンを超えるものと推定されている。Global Industry Analysis, Inc.は、世界のナノ触媒市場規模が、2015 年までに 60 億ドル規模になるとの調査結果を発表している<sup>注1</sup>。（このようなナノ触媒によって生産される工業製品の市場規模は、触媒市場規模の 100 から 1000 倍相当と推定される）

さらに、ナノ触媒は、エネルギー生産にとっても重要な役割を担っている。エネルギー枯渇や大気汚染の克服のために、さらには低炭素社会実現のために、ナノ触媒の利用に注目が集まっている。燃料電池用触媒、NOx 削減、光触媒による水素生産など、その活躍が期待される分野は多岐にわたる。また、触媒の高性能化は、触媒使用量の低減を意味しており、白金をはじめとする希少金属資源の安定供給確保にも資するものである。一例を挙げるならば、マツダは自動車の触媒に使用する貴金属を大幅に削減しながらも、排ガスの浄化性能と高い耐久性を同時に実現できるナノ触媒を実用化したことを発表した<sup>注2</sup>。この新型ナノ触媒は、2009 年より世界市場で発売を開始する新型「マツダ・アクセラ」に採用され、触媒（床下触媒）の貴金属使用量を 0.55g/L から 0.15g/L と、従来に比べ約 70%削減しながらも、国内モデルでは「平成 17 年基準排出ガス 75%低減レベル (SU-LEV)」を達成可能にしているという。

以上のように、ナノ触媒はナノテクノロジーの大きな成果として産業応用が活発化してきている。このレポートでは、ナノ触媒のさらなる高機能化を予見させる学術的進歩について、米国などの海外において報告された最新の成果を中心に報告する。

### 2.ナノ構造制御による触媒能の高度化－100 倍の性能を有する白金ナノ触媒

ナノ触媒のイメージを得るために、いささか手前みそではあるが筆者が前職在籍中に行

<sup>注1</sup> <http://www.mindbranch.com/listing/product/R263-4035.html>

<sup>注2</sup> <http://www.mazda.co.jp/corporate/publicity/release/2009/200901/090108a.html>

った従来型のナノ触媒に関する研究をまずは紹介しよう。筆者の所属していた研究グループでは、超音波の化学応用 (Sonochemistry) を中心的な研究開発のテーマとしていた。その研究活動の一つとして、光触媒能を有する酸化チタン表面へのナノ白金微粒子担持を超音波利用により行った。超音波を液体に照射すると、キャビテーションという気泡の圧壊作用により、気泡内には数千度、数百気圧の極限場が生成し、各種のラジカルが生成し、たとえば白金イオンが気泡近傍に存在すれば、白金ナノ金属粒子を析出させることができる。

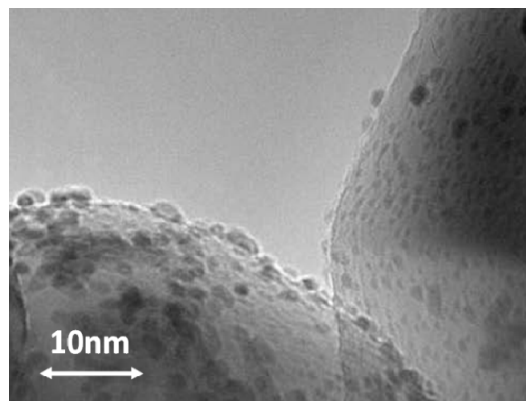


図1. 超音波により調製された 2nm 白金ナノ粒子を担持した酸化チタン光触媒の TEM 写真

貴金属イオン溶液に固体触媒を分散させ、10–30 分の超音波照射という、極めて簡便で短時間の処理によりナノ触媒を作製することができる点が特徴となる。図 1 は、本法により作製した、酸化チタン粒子表面に担持された白金ナノ粒子の TEM 写真である。このような簡便な手法で得られたものであっても、一酸化炭素を二酸化炭素に酸化するという反応において、数倍程度の触媒能の向上が確認されている<sup>注3</sup>。

このような従来型のナノ触媒とは一線を画す、新世代とも言えるナノ触媒についての成果が、米国アルゴンヌ国立研究所の Stefan Vajda らにより報告されている<sup>注4</sup>。飽和炭化水素の酸化的脱水素反応 (ODH) はトータ

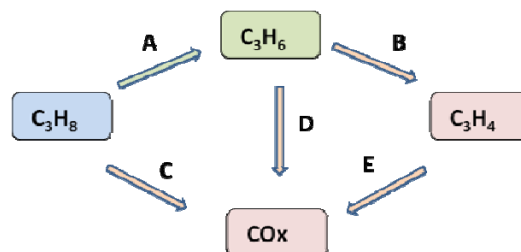


図 2. プロパンの酸化的脱水素反応

ルには発熱反応となり、通常の脱水素反応が吸熱反応であり、多大なエネルギー投入が必要であることと比較すると、大変魅力的なものであるといえる。図 2 はプロパンを例とした ODH 関連反応系を示したものであるが目的生成物であるプロペンを得るためには、A 反応のみを促進するとともに、B、C、D および E といった副反応を抑制することが必要となる。しかしながら、現在使用されている ODH 触媒は反応活性が限定的であるうえに、

選択性も不十分であるために酸化反応を抑制することができない。Vajda らは、白金原子 8–10 個よりなるクラスターを四重極質量フィルターにより選択し、高機能触媒として用

<sup>注3</sup> M. Sivakumar, A. Towata, K. Yasui, T. Tuziuti, T. Kozuka, M. Tsujimoto, Z.Zhong and Y. Iida, “Fabrication of nanosized Pt on rutile TiO<sub>2</sub> using a standing wave sonochemical reactor – observation of an enhanced catalytic oxidation of CO”, *Ultrasonic Sonochemistry*, 17 (2010) 213-218.

<sup>注4</sup> S. Vajda, M. J. Pellin, J. P. Greeley, C. L. Marshall, L. A. Curtiss, G. A. Ballentine, J. W. Elam, S. Catillon-Mucherie, P. C. Redfern, F. Mehmood and P. Zapol, “Subnanometre platinum clusters as highly active and selective catalysts for the oxidative dehydrogenation of propane”, *Nature Materials*, 8 (2009) 213-216.

いた。現在の技術を用いれば大きさを選択した金属クラスターを作製し、担体表面に担持することは確立された技術であるといえる。しかしながら、このような白金クラスターよりなるナノ触媒の反応活性を、実際に使用されるような反応条件下で特性を評価するためには、担体上の触媒が合体して肥大化してしまうことを抑制する工夫が重要となる。Vajdaらは陽極酸化アルミニウム(AAO)の表面に、さらに原子層レベルで制御しながら酸化アルミニウムを堆積させた( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{AAO}$ )。このように周到に準備された担体上に  $\text{Pt}_{8-10}$  クラスターを担持することにより触媒を調製する。さらに、酸化スズによる修飾が、さらなる性能改善に有効であることを見出した。このようにして得られたナノ触媒は 400 度の高温においても安定であることがシンクロトロン小角散乱 X 線回折法により確認されている。400 から 550 度という温度範囲において、アルゴンガスをキャリアとして 2.6 モル%の酸素と 2.7%のプロパンを大気圧化で反応させたところ、これまでに ODH に用いられてきた通常の白金触媒や酸化バナジウム系の触媒に対して、40–100 倍の反応性があることが確認された。さらに、その選択性についても、目的反応物のプロピレンが 84%得られており、十分なものであることが分かった。Vajda らはこれらの結果を理解するために、密度汎関数法による理論計算を行い、白金(111)表面上での CH 結合を開裂するのに必要なエネルギー障壁が 1eV を超えているのに対して、Pt クラスター表面では 0.2eV に減少することを見出している。このことが、C–C あるいは C=C 結合より選択的に C–H 結合の開裂が起きる主因であると推測されている。

一方、ドイツのフリッツーハーバー研究所(マックスプランク協会)の Dang Shen Su らのグループは、表面修飾したカーボンナノチューブが、同様な ODH 反応の触媒として機能することを見出している<sup>註5</sup>。CNT の修飾法としては濃硝酸による酸化処理およびリンによるパッシベーションが有効であり、ブタンに 2 倍量の酸素共存条件において、ブテンやブタジエンなどの収率をおよそ 14%程度まで増加させることが可能であったと報告している。ナノ触媒関係の研究開発において共通する特徴的なことは、理論計算による実験結果の検討が行われ、機構理解の深化が進んでいることであろう。Su らによる密度汎関数計算によれば、ODH 反応に関与しているのは CNT 表面に導入された C=O ケトン基によるものであることが示唆されている。この結論は、O1s に関する XPS スペクトルの観察結果からも支持されている。

前述の白金クラスターを用いたナノ触媒が 80%越える目的物収率を達成しているのと比較すると、Su らの報告における結果はいささか見劣りがすると思われるが、金属元素を用いない炭素由来の触媒により、このような ODH 活性を明らかにしたことは特筆に値するものがある。活発な研究活動を展開している Su らのグループであり、このような反応収率は速やかに改善されることが期待できる。Su の論文一覧を掲載している WEB サイ

---

<sup>註5</sup> J. Zhang, X. Liu, R. Blume, A. Zhang, R. Schlögl and D. S. Su, "Surface-Modified Carbon Nanotubes Catalyze Oxidative Dehydrogenation of n-Butane", *Science* 322 (2008) 73-77.

トによれば<sup>注6</sup>、1999–2009年の10年間における発表論文数は509であり、2009年においてもナノ触媒、カーボンナノチューブに関する多くの論文が発表されている。例えば、プロパンのカーボンナノチューブ触媒によるODH反応において、ホウ素の酸化物が反応選択性に有効であることが報告されている<sup>注7</sup>。

### 3. ナノ空間で触媒ごとの特性を評価することの重要性—機能理解とデザインのために

ナノ触媒の研究開発において、理論計算とともに計測法の進歩による寄与にも大きなものがある。ここではナノ触媒関係の計測法に視点を移し、2つのトピックスを紹介することにしたい。

一つ目は、オランダのユトレヒト大学、デルフト大学そして米国のローレンスリバームーア国立研究所のチームにより報告されたもので、化学反応中の触媒をナノスケールの分解能で観察したという報告である<sup>注8</sup>。ナノ触媒などの作用機構を理解するためには、触媒や担体に関するナノメートルオーダーの空間分解能による、反応雰囲気下における詳細なキャラクタリゼーションが望まれる。サブナノメータオーダーの空間分解能は、従来、各種の走査型顕微鏡法により実現されてきたが、動作雰囲気下における物質の化学的な情報を得ることは困難であった。一方、in-situで化学情報を得ることのできる分光学的な手法では、十分な空間分解能を得ることは難しかった。de Smitらは極めて集束した単色X線ビームを用いることにより、15nmの空間分解能で大気圧、350度の加熱条件下で、作用中の触媒上で起きている化学反応を観察することに成功した。観測対象はFisher-Tropsch反応(COと水素から炭化水素を得る反応)であり、鉄を含む触媒自身の相変化と、生成物である炭素系化学種の状態や空間配置を観察している。de Smitらの方法は、低エネルギーのX線を試料上で走査することにより、試料による特性X線の吸収を計測するものであり、走査型透過X線顕微鏡法と呼ばれる。軟X線は物質に吸収されやすく、X線が透過できる試料厚さや雰囲気圧による制限等から、ナノメートルオーダーの空間分解能を得ることが困難であったが、新たに雰囲気と温度制御が可能なマイクロリアクターを開発することにより、測定を実現している。

もう一つのトピックスは、米国コーネル大学のW. Xuらによる個別金ナノ粒子触媒で起きている反応を分子ごとに識別可能とした特性評価に関するものである<sup>注9</sup>。ナノ粒子触

<sup>注6</sup> [http://en.scientificcommons.org/dang\\_sheng\\_su](http://en.scientificcommons.org/dang_sheng_su)

<sup>注7</sup> B. Frank, J. Zhang, R. Schlögl and D. S. Su, "Heteroatoms Increase the Selectivity in Oxidative Dehydrogenation Reactions on Nanocarbons", *Angewandte Chemie International Edition*, 48 (2009) 6913-6917.

<sup>注8</sup> E. de Smit, I. Swart, J. F. Creemer, G. H. Hoveling, M. K. Gilles, T. Tyliczszak, P. J. Kooyman, H. W. Zandbergen, C. Morin B. M. Weckhuysen and F. M. F. de Groot, "Nanoscale chemical imaging of a working catalyst by scanning transmission X-ray microscopy", *Nature* 456 (2008) 222-225.

<sup>注9</sup> W. Xu, J. S. Kong and P. Chen, "Probing the catalytic activity and heterogeneity of Au-nanoparticles at the single-molecule level", *Physical Chemistry Chemical Physics*, 11, (2009) 2767-2778.

媒の特性評価は集団としてのナノ粒子全体に対して行われることが一般的であるが、ナノ触媒粒子個々の特性は構造、大きさ、不均一な表面の存在、あるいは表面再構成機構の差などに依存するものであり、より精細な触媒機構の理解のためには、集団では平均化されてしまう特性を個々のナノ触媒粒子において理解することが重要となってくる。Xuらは個々の金ナノ粒子触媒上で生起する酸化還元反応の出発物質(resazurin)と生成物(resorufin)の蛍光特性が大きく変化することに着目した。石英基板上の流路に固定化した6nm程度の金ナノ粒子を対象として、全内部反射蛍光顕微鏡法を適用することによって個別ナノ触媒粒子の反応挙動観察を実現した。濃度を変化させた反応溶液を流すことによって、個々の金ナノ粒子における反応速度定数や吸脱着平衡定数を求めたところ、これらの反応速度定数に個々の金ナノ粒子の個性を見出すことができた。さらにデータを詳細に解析すると、金ナノ粒子触媒には2つのタイプの活性点があることが分かった。タイプaと呼ばれる活性点は活性としてはやや低いが高い基質の吸着能を有する。一方、タイプbと呼ばれる活性点は、高い反応活性を示すが吸着能は低い。そして、このような金ナノ粒子触媒は低基質濃度においてはタイプaとして振る舞い、基質濃度が高くなるとタイプbに変化し、その遷移濃度が金ナノ粒子の個性として大きくばらついていることが示されたという。このような金ナノ粒子触媒の動的特性は、個々の触媒特性を解析することによって初めて明らかになったものであり、ナノ触媒における表面再構成動態などの理解を進めるうえでの大きな手掛かりになると期待されている。

#### 4.おわりに

ナノ触媒に関する話題ということで、飽和炭化水素の酸化的脱水素反応に関する研究例と、ナノ触媒のキャラクターゼーションに関するものを取り上げて紹介させていただいた。ナノ触媒は、ナノテクノロジーと実社会の接点として大きな展開が期待されている。ナノテクノロジーの産業応用を「触媒」するものとして、各種の産業分野、あるいは環境・エネルギー分野で、期待以上の成果を達成する日が近付いているように思われる。

【ナノテクノロジー特集】**安全性**

## ナノマテリアルの安全性への取り組み（世界）

### ナノマテリアルの安全性

商業用ナノマテリアルの急速な開発により、環境、健康、安全面にナノマテリアルが及ぼす潜在的影響についての社会的関心が高まってきた。一般にナノマテリアルは、同組成からなるバルク材とは異なる特性を持っており、商業的に重要となる性能特性を改善できる可能性を秘めている。ナノマテリアルが何らかの形で組み込まれている製品（たとえば日焼け止め、化粧品、衣類など）は、現在市場に多数出回っている。しかし、ナノマテリアルを商業的・科学的に重要にしている新規の特性が、一方では、類似のバルク材では問題になっていない環境・健康面の問題を生み出す可能性がある。例えば、サイズが小さく触媒能力の高いある種のナノ粒子は、人間の身体に入り込んで、体内でも再ダメージを与えることが懸念される。他の幾つかの懸念物質における物理化学的特性（カーボンナノチューブとフラーレンを含む）でも、まだ対処されていない潜在的な安全性リスクが示唆されている。

将来性のある革新的技術の開発を抑えてしまうのを回避するために、幾つかの国の政府はナノマテリアルの積極的規制には慎重な姿勢をとってきた。しかし、製造業者は消費者製品（化粧品、医薬品、食品など）へのナノマテリアルの使用を目立たないように増やしてきているため、信頼の置けるナノマテリアル開発を実現させるためには、実用に即した政府規制が必要となってくるだろう。

政策決定者、規制機関および業界団体は、十分な科学的知識に基づいた、規制の枠組みに関する指針の策定に取り組んでいる。これらのグループは、各自で取り組みを行い、協力して最新情報を整理し、健全な政策を策定するためにその情報を利用できるようにしている。

### 規制の取り組み

以下に挙げるのは、経済産業省の「ナノマテリアル製造事業者等における安全対策のあり方研究会」の報告書<sup>注1</sup>の中では述べられていない、幾つかの規制の取り組みである。

---

注1 “The Expert Meeting on Safety Measures for Nanomaterial Manufactures etc.”  
(tentative version):

[http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/files/The%20Expert%20Meeting%20on%20Safety%20Measures%20for%20Nanomaterial%20Manufactures%20etc..pdf](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/files/The%20Expert%20Meeting%20on%20Safety%20Measures%20for%20Nanomaterial%20Manufactures%20etc..pdf)

カナダ政府はナノマテリアルの輸入と流通を規制するために、最も実質的な措置をとってきた。2009年2月、カナダ政府は、1kg以上のナノマテリアルを製造もしくは輸入した企業と機関に対し、関係政府機関（保健省および環境省）に、関連する全ての化学/物理データ（毒性学データを含む）の提出を義務付けることを発表した。カナダは現在、ナノマテリアルの特異性(specificity)と注意事項についての報告を義務付けている唯一の国である。(http://www.hc-sc.gc.ca/index-eng.php)

欧州の REACH 規則<sup>注2</sup>プログラムは、製造業者と物質の輸入業者に対し、自身の化学物質の特性および安全な取り扱い方法に関する情報を収集すること、ならびに、欧州化学物質庁(ECHA、フィンランド ヘルシンキ)への情報の登録を義務付けている。REACH は全ての化学物質に適用されている。これにはナノマテリアルも含まれているが、ナノマテリアルについては、1,000kg 以上の質量で販売されている場合に限定されている。殆どのナノマテリアル取引は、この制限を大きく下回っている。

(http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index\_en.htm)

欧州委員会の共同研究センター(JRC: Joint Research Centre)の一部である、保健・消費者保護研究所(IHCP: Institute for Health and Consumer Protection)は、産業界と消費者の保護に影響を及ぼす政策を策定するために、科学面での支援を行っている。IHCP はこれまで、化学業界向けの物質暴露およびリスクアセスメントに重点を置いてきた。現在はその専門知識をナノ毒性に利用している。IHCP はステークホルダー（利害関係者）の調整、ならびに関連化学物質の情報を評価するツールの開発を行うことによって、新しい REACH プログラムの実施における支柱的な役割を果たしてきた。

(http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/index.htm)

2000年以降に、米国政府が助成を行うナノテクノロジー/ナノマテリアル開発研究を調整してきたのは、NNI(国家ナノテクノロジー・イニシアティブ、National Nanotechnology Initiative)である。当初5億ドルの予算でスタートしたNNIは、25機関のナノテクノロジー研究活動の調整にあたり、長い月日を経て規模を拡大してきた。2008年には投資金が14億9,000万ドルに達したが、そのうち、EHS研究（環境、健康、安全性に関する研究）への助成額はわずか5,860万ドル（4%未満）にとどまった。2008年12月に米国学術研究会議(NRC: National Research Council)（全米科学アカデミー(National Academies)の運用部門）が発表した報告書では、NNIが明確なEHS戦略を持っていないとの批評がなされている。NRCの分析によると、NNIは自身のEHS研究活動の調整を行い、無駄を減らすためのシステム開発には成功したが、EHSの研究活動に対する明確なビジョンもしくは設定目標を含んだ戦略に欠き、重要なステークホルダーからの情報提供も不足していた。

---

<sup>注2</sup> REACH: 「Registration, Evaluation, Authorisation, and Restriction of Chemicals」

欧州の化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則。



(<http://www.nano.gov/>)

台湾經濟部工業局は「ナノ製品認証システム(nanoMark)」の促進をはじめた。認証製品は、台湾政府が認証した研究施設で安全性と品質の選定テストに合格しなければならない。これに加えて、全ての要素がバリュー・チェーン<sup>注3</sup>に沿ってトレースできるものであることが義務付けられている。2009年1月時点で、nanoMarkの認証を受けるため、19の企業が14区分、233製品を申請した。この認証システムは、工業技術研究院(ITRI、台湾新竹)が監督している。(http://proj3.moeaidb.gov.tw/nanomark/Eng/)

### 政府以外のナノ安全性への取り組み

英国王立協会(Royal Society)や全米科学アカデミーなどの研究諮問機関は、科学的に信頼できる規制を行うため、より積極的な環境衛生・安全(EHS)の研究努力を推奨しており、また王立協会のレポートは産業に対するより厳しい管理または規制を提言する方向にさえ向かっている。両組織は、世界的機関に成長して以降、ナノマテリアル研究開発の監視を行ってきた。

(<http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2009/February/25020901.asp>  
[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=11752](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11752))

ワシントン D.C.の新興ナノテクノロジー・プロジェクト(PEN: Project on Emerging Nanotechnologies)は、2005年に立ち上げられた、ウッドロー・ウィルソン国際研究センターとピュー慈善団体のパートナーシップであり、ナノマテリアルとナノテクノロジーについての独立した情報源を提供している。PENの最も代表的な活動は、ナノマテリアルを含むPENの製品目録(現在、製品は1,000種類を超え、製造国は24カ国に及んでいる)と、ナノテクノロジーが組み込まれた活動の記録(環境改善など)であろう。さらにPENは、ナノテクノロジーを巡る政策的/環境的/社会的問題についての定期報告書も発表している。(http://www.nanotechproject.org/)

国際ナノテクノロジー評議会(ICON: International Council on Nanotechnology)は、ライス大学の生体化学ナノテクノロジーセンター(テキサス州ヒューストン)の出先機関であり、ナノテクノロジーが組み込まれた物質および活動に関する環境/健康リスクアセスメントを支援するために、情報の収集・伝達を行っている。ICONは、フランス、日本、スイス、台湾、英国および米国などの国の、学術機関や産業界、政府、非政府組織のメンバーで構成されている。ICONは、健康・環境リスク問題に関するフォーラムへの資金援

---

<sup>注3</sup> Value chain: (付加) 価値連鎖ともいう。製品やサービスが消費者に届くまでの企業の様々な活動において、原材料から最終商品に至るまで(調達/開発/製造/販売/サービスなど)の各プロセスの一連の流れの中で、順次、価値とコストが付加・蓄積されていき、その連鎖的活動によって消費者に最終的に最大化された「付加価値」がもたらされるとする概念。

助を実施し、ナノ安全性に関するピア・レビュー済み出版物の電子データベースを保有している。ICONは幅広い層のステークホルダー、ならびに、産業界／政府の重要な意思決定者への情報提供を行っている。<http://icon.rice.edu/about.cfm>

### 今後の検討課題

一般的に、ナノマテリアルの毒性についてはまだ未解明の部分が多いが、ある種のナノマテリアルは特定の環境／健康リスクを示すことが証明されている。従って、現在は基準や規制がまだ整備されていないが、近い未来に、企業は製品の安全性に関してより厳しい精密調査を行うことが予測される。ナノマテリアルの健康／安全面の規制に関する取り組みは、精力的に継続されている。このトピックに関しては、各国政府がより広範囲な規制の整備に向け、問題の範囲の理解につとめだしているため、定期的にモニタリングすることを推奨したい。

翻訳：NEDO（担当 総務企画部 大釜 みどり）

出典：SRI Consulting Business Intelligence Explorer Program

【ナノテクノロジー特集】 **ナノ触媒**

**ナノ触媒研究の近年の動向（世界）**

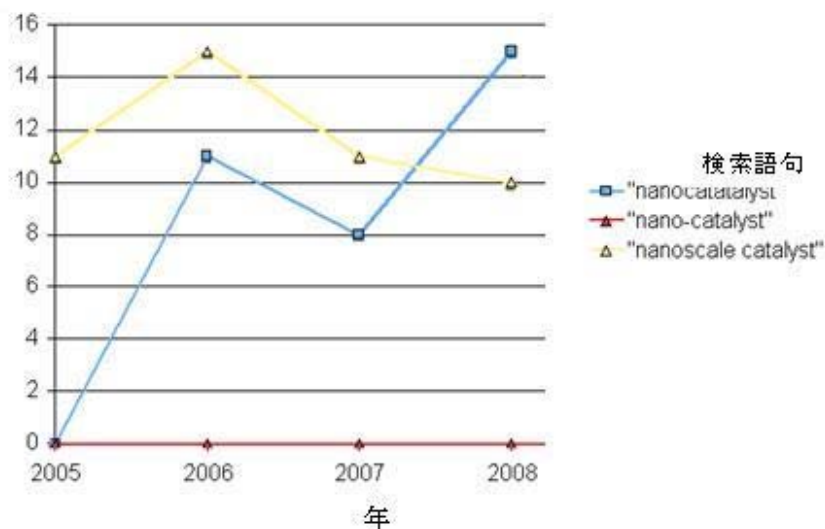
**調査方法**

現在ナノ触媒の分野で進行中の活動を確認するため、二次研究ツール（近年の知的財産に係る研究開発(R&D)および商業化活動に関する情報、研究論文、および無料で入手可能な企業情報）等を駆使して各種検索を行った。検索対象は主として北米・欧州の組織や国際委員会が関わる最近の活動で、以下の4分野で構成される。

- ① **特許検索**： esp@cenet による過去5年分の特許の検索
- ② **研究論文検索**： Google Scholar による過去2年分の研究論文および特許の検索
- ③ **ウェブ検索**： ナノ触媒の R&D および商業化について論じた最近の論文を対象とした、Google.com による先進的ウェブ検索
- ④ **エクスプローラー**： SRI コンサルティング・ビジネスインテリジェンス社 (SRIC-BI) のエクスプローラー・プログラム<sup>注1</sup>を使用した最近の情報の検索

**特許活動**

ナノ触媒に関連した特許活動により、技術の進展に関してかなりの量の情報が得られた。図1に、タイトルまたは要約に「nanocatalyst (ナノ触媒)」「nano-catalyst (ナノ触媒)」「nanoscale catalyst (ナノスケールの触媒)」という語句の入った、過去5年分の特許申請数を示す。



出典：SRIC-BI, esp@cenet

図1 ナノ触媒に関する特許申請数

注1 非公開（有料）データベース

またこの調査により、ナノ触媒商業化の方向性を示唆する特許も明らかになった。特に、以下に掲げる企業および研究機関（すべて北米あるいは欧州に拠点を構える）は、過去1年ほどの間に、ナノスケールの触媒の開発、応用に関連する特許を申請していた。

**①Phillip Morris 社 (New York, New York)は、近年、タバコに使用するナノ触媒の開発に関連する多数の特許を申請した。特に、有害な一酸化炭素の生成を削減することが目的である。** EA 010907 (2008)の要約：「タバコを構成する一つの材料は、一酸化炭素を二酸化炭素に変換するための銀系触媒で、触媒は、第2金属の酸化物の担体粒子中あるいは担体粒子上に担持された銀系ナノ粒子の塊から成る。第2金属は銀ではなく、粒塊の平均的な大きさはおよそ1~50 $\mu$ である。当該の要素は、タバコ・カット・フィルター、巻き紙、シガレットフィルター材料から成るグループの中から選ばれる。触媒はタバコの構成材料に組込まれ、喫煙時の主流煙に含まれる一酸化炭素の濃度を薄めることができる。この触媒を用いたタバコの生産方法も提案されている。触媒はまた、タバコ以外の用途にも応用が可能である。」

**②3M 社(St Paul, Minnesota)は、様々な用途（燃料電池を含む）向けのナノスケール触媒（金およびプラチナの触媒を含む）を開発した。** EP 1977816 (2008)の要約：「PVD（物理蒸着法）で活性化担体媒体上にナノスケールの金を蒸着させることにより、触媒的に活性な金が容易に使用できるようになり、金系触媒の開発、製造、使用面で目覚ましく向上する道が開ける。従って本発明は、金系の不均一触媒（通常ナノポーラス（多孔質）担体上に沈殿したナノスケールの金を含む）の新たな特性、成分、配合に関係する。」 CN 101288193 (2008)の要約：「ナノスケールの触媒粒子を支えるマイクロ構造支持ウイスキーを構成するナノ構造要素から成る燃料電池陽極触媒を提供する。触媒はプラチナ、マンガン、および金属グループ（プラチナとマンガンを除く第VIb族金属、第VIIb族金属、第VIIIb族金属から成るグループ（旧CAS方式））の中から選択される1種以上の金属で構成される。触媒中の他の全ての金属総量に対するプラチナの体積比は約1~約4の間で、より具体的には1~4の間、通常は約2.5~約3.5の間、より具体的には2.5~3.5の間、最も使われる比率は約3である。マンガンの含有量は、面密度で5 $\mu$  g/cm<sup>2</sup>以上である。一般的には、他の1種以上の金属に対するマンガンの体積比は、10:90と90:10の間である。一つの実施例によれば、プラチナ、マンガン、他の1種以上の金属の体積比は約6:1:1である。一般的には、他のもう1種の金属とはニッケルまたはコバルトである。さらに、本発明は、燃料電池陽極触媒を構成する燃料電池膜・電極一体構造(membrane electrode assembly: MEA)を提供する。さらに本発明の陽極触媒の作製方法を提供する。」

**③Honeywell 社(Morristown, New Jersey)は、化学処理用途（フッ素化およびフッ化水素化）向けのクロム触媒を開発した。** US 2007100172 (2007)の要約：「金属塩化物、

特に塩化クロム(III)をアルカリ金属オレイン塩酸と約30℃～約300℃(特に約70±1℃)の溶液中で反応させて、金属オレイン塩酸錯体(特にクロムオレイン塩酸錯体)を形成し、反応温度より沸点が高い溶液中で錯体とオレイン酸を反応温度約300℃以上で反応させ、金属酸化物ナノ結晶(特に酸化クロム(III)ナノ結晶)を沈殿させ分離する。この結晶は、フッ化水素化反応の触媒として役立つ。この処理で生成した他の金属酸化物ナノ結晶には、酸化バナジウム、酸化モリブデン、酸化ロジウム、酸化パラジウム、酸化ルテニウム、酸化ジルコニウム、酸化バリウム、酸化マグネシウムのナノ結晶が含まれ、酸化カルシウムもそれぞれの塩素化合物の前駆体を使用した同様の処理スキームにより合成される。生成された酸化クロム(III)ナノ結晶は、クロロカーボン、ハイドロクロロカーボン、ハイドロフルオロカーボン、ハイドロクロロフルオロカーボン、クロロフルオロカーボン、HFを伴う脂肪族炭化水素のフッ化水素フッ化して、フッ素化製品やより多価なフッ素化製品を生成するために、高度に選択的な触媒として特に有用である。」

**④Chevron-Phillips Chemical 社 (The Woodlands, Texas)は、ポリマー生産用のナノリンク・メタロセン触媒を開発した。** WO 2009085129 (2009)の要約:「本発明は、貴な二原子メタロセン化合物を利用する重合触媒合成物を提供する。この新たな二核メタロセン化合物の作製方法、およびこうした化合物の、オレフィンの重合および共重合の触媒合成物での使用方法も提供される」

**⑤アルゴン国立研究所 (UChicago Argonne, LLC; Chicago, Illinois)は、新たなプラチナナノ触媒を開発した。** US 2009233790 (2009)の要約:「技術的に関連のある担体上に担持された高度に均一なクラスターから成り立つナノ触媒が、工業的に最も関連のある反応のために合成された。プラチナクラスター系触媒は、活量(触媒反応速度で最大2桁早い)および選択性の双方において、最上とされるODHP触媒より優れていた。この結果は、高表面積担体上に正確にローカライズされている高度に分散された極小プラチナクラスターにより、高効率的で経済的なプロペン生産のための手頃な価格の新触媒(最終生産物の顕著に簡素化された分離を含む)が開発される可能性があることを明示している。GISAXS<sup>注2</sup>と質量分析を組み合わせた結果は、現実的な条件下でリアルタイムにナノ触媒の大きさと形状の成長をモニターするのに非常に優れたツールを提供する。また、本発明はサブナノメーター<sup>注3</sup>の金、およびサイズが選択された(サブナノメーターから2~3ナノメーターまで)銀触媒も提供する。銀触媒は、アルケンのエポキシ化において、サイズ依存調整可能な触媒特性を持っている。本発明の、サイズが選択されたクラスターの析出は、材料特性を原子ごとに調整して保護被膜で安定させるためのユニークなツールを提供する。」

<sup>注2</sup> GISAXS : Grazing Incidence Small Angle X-ray Scattering (微小角入射小角X線散乱)

<sup>注3</sup> ナノサイズの1/10のサイズ

⑥Headwaters Technology Innovation, LLC (Lawrenceville, New Jersey)は、炭化水素処理に利用するためのナノ触媒を開発した。US 2009114568 (2009)の要約：「炭化水素の改質に適した触媒は、ハロゲン化促進剤であり、固体担体上に担持され、複数の分散したナノ触媒粒子を有している。分散されたナノ触媒粒子は、分散剤を用いて、粒子のサイズおよび／または露出結晶面を制御することにより生成される。ナノ触媒粒子のサイズと分散を制御することで、触媒の改質能力を維持または増大させつつ、ハロゲン化促進剤による改質触媒への負荷を激減させることができる。本発明による触媒は、ハロゲン化促進剤のレベルをかなり低減させた状態で、C<sup>5+</sup>注4の生産性の向上を示した。」

⑦Süd-Chemie 社 (Munich, Germany)は、コロイド触媒を開発した。WO 2009000526 (2009)の要約：「本発明は、触媒的に活性な金属ナノ粒子から成るコロイド触媒と関連する。この内の一部の領域は、配位子安定な金属錯体を含む層で覆われている。また、コロイドナノ触媒を生産する方法とも関連する。その方法では、ナノ触媒の触媒的に活性な金属のイオンの配位子安定錯体は、配位子安定金属錯体とともに水素雰囲気中で180～250℃の温度で1～10分熱処理される。錯体は、不活性の非水溶液中で可溶性になる。」

⑧World Energy Systems 社 (Fort Worth, Texas)は、炭化水素処理に使用する多数のナノ触媒を開発した。CA 2661971 (2008)の要約：「本発明の実施例は、ナノ触媒を油層に添加して重質油を加熱することにより、油層から石油製品を回収する方法を提供する。一つの実施例では、ナノ触媒含有触媒材料を重質油含有油層に流し込み、重質油と触媒材料を還元剤（たとえば水素）に暴露し、油層内に設置したボイラから蒸気が発生、放出して触媒材料を含んだ重質油を加熱し、油層内で留分のより軽い石油製品に精製し、油層から軽質の石油製品を抽出する方法を提供する。別の実施例で、重質油と触媒材料を酸化剤（たとえば酸素）に暴露する方法が提供される。ナノ触媒はコバルト、鉄、ニッケル、モリブデン、クロム、タングステン、チタニウム、これらの酸化物、これらの合金、アルギン酸、あるいはこれらの組み合わせを含有しても良い。」

⑨Universal Laser Systems 社(Scottsdale, Arizona)は、ナノ触媒を特徴づける高性能レーザーを開発中である。US 2008117949 (2008)の要約：「ナノスケールの触媒を含むガスレーザーおよびそのようなレーザーを製造する方法を開示する。一つの実施例では、ガスレーザーは、ガス排出部のあるガス封じ込め構造と、ガス排出部にレーザーガス媒体を有している。ガスレーザーはまた、レーザー共振を形成するようにガス排出部の両端部からそれぞれ離れて配置された複数の光学部品も有している。さらに、

注4 軽油留分収率向上の重要な指標（参照：霞村雄二「低芳香族軽油製造用触媒の開発」([http://www.aist.go.jp/nenpo/pdf/2004/2004\\_2\\_1\\_1\\_2\\_kenkyubumon\\_573.pdf](http://www.aist.go.jp/nenpo/pdf/2004/2004_2_1_1_2_kenkyubumon_573.pdf))）

ガスレーザーには、ガス排出部に近接するか、連通する部分にナノスケールの触媒があり、レーザーガス媒体中の選択された成分の酸化プロセスおよび／または分解プロセスを起こさせる。もう一つの実施例として、このナノスケールの触媒は、多数のナノスケールの粒子を有する金属酸化物担体基板を組み入れることができる。このナノスケールの粒子は、平均サイズが 1~50nm の金、銀、またはプラチナのうちの一つ以上で構成されても良い。」

## 文献検索

Google Scholar を使用し、過去 1 年以内に発表された、検索語句関連の語句がタイトルに含まれる論文を検索した。検索した語句とそのヒット数は以下の通りである。

- ①nanocatalyst (ナノ触媒) : ヒット数 41
- ②nano-catalyst (ナノ触媒) : ヒット数 14
- ③nanoscale catalyst (ナノスケールの触媒) : ヒット数 5
- ④nano と catalyst の AND 検索 : ヒット数 46

これらの研究論文の多くは、アジアや中東の大学および研究期間に所属する研究者により発表されたものであった（特に中国、韓国、日本、台湾およびイラン）。しかし、この検索から、この地域以外の多くの大学でも、現在ナノ触媒に関する研究が続けられていることが判明した。検索結果の概要は以下の通り。

- ①**メリーランド大学**の研究者は、「固体酸化物型燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell: SOFC) 陰極触媒用のナノスケールの NiO/YSZ 複合粉末および NiO/CeO<sub>2</sub>/YSZ 粉末」<sup>注5</sup>を開発中である。
- ②**デラウェア大学** (米国) の研究者を含む国際研究チームは、「パルス電着により作製したニッケル・ナノ触媒を用いた、カーボン繊維上のカーボンナノファイバーの成長」<sup>注6</sup>について研究を進めている。
- ③**セントラル・フロリダ大学** (米国) の研究者は、「一酸化炭素耐性の高い Pt/Ru ナノ触媒」<sup>注7</sup>について研究している。
- ④**ブルガリアのカタリシス研究所**の研究者は、「一酸化炭素による窒素酸化物還元 of CeO<sub>2</sub> および CeO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 上に担持されたナノ構造を持つ金触媒」<sup>注8</sup>の研究を進めている。

<sup>注5</sup> Pati et al, "Nano-Scale NiO/ysz and NiO/CeO<sub>2</sub>/YSZ Powders for Solid Oxide Fuel Cell Anode Catalyst Applications", 2008 Annual Meeting, Philadelphia, PA, "#89 - Gas Phase Synthesis of Nanoparticles", (<http://aiche.confex.com/aiche/2008/techprogram/S7511.HTM>)

<sup>注6</sup> Kai-Hsuan Hung et al, "Growth of carbon nanofibers on carbon fabric with Ni nanocatalyst prepared using pulse electrodeposition", Nanotechnology **19**, 295602 (8pp), 2008 (<http://www.iop.org/EJ/abstract/0957-4484/19/29/295602>)

<sup>注7</sup> Stolbov et al, "High CO tolerance of Pt/Ru nanocatalysts", J. Chem. Phys. **130**, 124714, 2009 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2009JChPh.130l4714S>)

<sup>注8</sup> Ilieva-Gencheva et al, "nano-structured gold catalysts supported on CeO<sub>2</sub> and CeO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for NOx

- ⑤イリノイ大学シカゴキャンパス（米国）の研究者は、CoPd ナノ触媒を研究した<sup>注9</sup>。
- ⑥アリゾナ大学燃料電池研究所（米国）の研究者は、「プロトン交換膜燃料電池用のカーボンナノチューブに担持されたプラチナ触媒の合成と評価」<sup>注10</sup>について研究した。
- ⑦セゲド（Szeged）大学および物理技術・金属化学研究所（ハンガリー）の研究者は、「メソポーラス担体 I 上の各種ナノサイズ酸化鉄多形体：酸性媒体およびアルカリ媒体中で合成された新たなメソポーラス触媒担体」<sup>注11</sup>を開発した。
- ⑧ユタ大学ナノテクノロジーセンター（米国）の研究者は、コロイドナノ触媒について研究している<sup>注12</sup>。
- ⑨米国環境保護庁から助成を受けている研究者は、「水中におけるニトリルの水和反応のためのルテニウムナノ触媒」<sup>注13</sup>について研究した。
- ⑩モンペリエ大学（フランス）の研究者は、「オーダーメイドの有機金属-無機ハイブリッドメソ構造材料：水素重水素交換のための明確で、活性があり、再利用可能な、不均一のイリジウム-NHC 触媒へのルート」<sup>注14</sup>について研究した。
- ⑪サウス・フロリダ大学クリーンエネルギー研究所（米国）の研究者は、「オンボード水素貯蔵用 Zn(BH)のナノ触媒ドーピング」<sup>注15</sup>について研究した。

---

reduction by CO: effect of catalyst pretreatment and feed composition”, J Nanosci. Nanotechnol. 8(2), 867-73, 2008 Feb (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18464420>)

<sup>注9</sup> Zhao et al, “Z-Contrast Imaging and EELS Study of Supported CoPd Nano-Catalyst”, Microsc Microanal 14(Suppl 2), 2008  
(<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1945796>)

<sup>注10</sup> Lin et al, “Synthesis and characterization of carbon nanotubes supported platinum nanocatalyst for proton exchange membrane fuel cells”, Journal of Power Sources, Volume 195, Issue 2, pp. 466-470, 15 January 2010  
([http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6TH1-4WYDN0X-5&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1031095252&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=f26996c0dd9a5bc8b9929767bf77599e](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TH1-4WYDN0X-5&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1031095252&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=f26996c0dd9a5bc8b9929767bf77599e))

<sup>注11</sup> Fejes et al, “Various nano-size iron oxide polymorphs on mesoporous supports I: New mesoporous catalyst supports synthesized in acidic and alkaline media”, Microporous and Mesoporous Materials, Volume 112, Issues 1-3, pp. 377-391, 1 July 2008  
([http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6TH4-4PXM6J9-9&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1031101938&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=f0fb0c2ad4be4dbb4bbafd6ac17b65cc](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TH4-4PXM6J9-9&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1031101938&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=f0fb0c2ad4be4dbb4bbafd6ac17b65cc))

<sup>注12</sup> Narayanan et al, “Can the Observed Changes in the Size or Shape of a Colloidal Nanocatalyst Reveal the Nanocatalysis Mechanism Type: Homogeneous or Heterogeneous?”, Topics in Catalysis, Volume 48, Numbers 1-4, May 2008  
(<http://www.springerlink.com/content/p473830r62323325/>)

<sup>注13</sup> Polshettiwar and Varma, “Ruthenium hydroxide supported on magnetic nanoparticles: a benign aqueous protocol for hydration of nitriles”, complete paper available online at:  
[http://www.natureprotocols.com/2009/05/07/ruthenium\\_hydroxide\\_supported.php](http://www.natureprotocols.com/2009/05/07/ruthenium_hydroxide_supported.php)

<sup>注14</sup> Maishal et al, “A Tailored Organometallic-Inorganic Hybrid Mesostructured Material: A Route to a Well-Defined, Active, and Reusable Heterogeneous Iridium-NHC Catalyst for H/D Exchange”, Angewandte Chemie, Volume 120 Issue 45, pp. 8782-878  
(<http://www3.interscience.wiley.com/journal/121431268/abstract>)

<sup>注15</sup> Srinivasan et al, “Physical Inorganic Chemistry ChemInform Abstract: Nanocatalyst Doping of Zn(BH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> for On-Board Hydrogen Storage”, ChemInform, 39, 45, 2008



- ⑫カリフォルニア大学バークレー校 (米国) の研究者は、「光のエネルギーを利用したナノ触媒の作製および水素の製造」<sup>注16</sup>について研究している。

## ウェブ検索

一般的なウェブ検索からも、ナノ触媒の商業化に関する以下の情報が得られた。

- ①Nanostellar 社(Redwood City, California; [www.nanostellar.com](http://www.nanostellar.com))は、ナノスケールの金の酸化触媒を開発し商業化した。「Nanostellar 社の新たな NS Gold™触媒により、既存の純プラチナ触媒と同程度の価格で最大 40%の有毒物質の排出を抑える、軽量車両および重量車両用のディーゼルエンジンを生産できるようになる。」<sup>注17</sup>
- ②Quantumsphere 社(Santa Ana, California; [www.qsinano.com](http://www.qsinano.com))は、持ち運び型電源およびクリーンエネルギー機器用のナノスケールの触媒の商業化に取り組んでいる。同社は、自身の技術に関する各種の白書を発表しており、これにはナノ金属触媒に関する白書も含まれる。<sup>注18</sup>
- ③コーネル大学(Ithaca, New York)の研究者は、「究極のナノ触媒」の開発に取り組んでいる。この研究の一環として、個々の金ナノ粒子の触媒特性を研究するための新技術を開発した。Royal Society of Chemistry のウェブサイトに掲載された 2009 年 2 月の論文によれば、その技術は「ナノ触媒の研究につきものの従来の課題を克服する。(中略)つまり、いかに化学合成に秀でた研究者が作製したナノ粒子であっても、[それぞれ]大きさや形状に若干の差異が生じる。そのため、一度に一つのナノ粒子を調べることが必要であり、全てのナノ粒子を平均化すべきでない」<sup>注19</sup>のである。
- ④EurekaAlert!のウェブサイトにて 2009 年 8 月 31 日に掲載された論文によれば、「プラチナと金を結合する」ナノ粒子は「非常に効率的な触媒として作用する。しかし化学者は、こうしたナノ粒子を産業的に有用な形で作り出すことに四苦八苦している。ライス大学の化学者たちは、高分子被膜した金-プラチナナノロッドを作製することにより、この問題を解決した。これは、この種の触媒としては初めてのもので、有機溶媒中でも使用することができ、化学物質や薬品のメーカーに支持されている。」<sup>注20</sup>

(<http://www3.interscience.wiley.com/journal/121433132/abstract>)

<sup>注16</sup> Lee et al, International Journal of Hydrogen Energy, “Nanocatalyst fabrication and the production of hydrogen by using photon energy”, Volume 34, Issue 4, February 2009, Pages 1835-1843  
([http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V3F-4VDSCT6-6&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_searchStrId=1031149123&\\_rerunOrigin=scholar.google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=f9c9d6412cd16d96207f7fb23c123809](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V3F-4VDSCT6-6&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1031149123&_rerunOrigin=scholar.google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=f9c9d6412cd16d96207f7fb23c123809))

<sup>注17</sup> “New nano-catalyst uses gold to reduces emissions”, cleantech group, 16 April 2007  
(<http://cleantech.com/news/1040/new-nano-catalyst-uses-gold-to-reduces>)

<sup>注18</sup> [http://www.qsinano.com/tech\\_white\\_papers.php](http://www.qsinano.com/tech_white_papers.php)

<sup>注19</sup> “Single nanocatalyst behaviour revealed”, RSC, 18 February 2009  
(<http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2009/February/18020902.asp>)

<sup>注20</sup> “Platinum nanocatalyst could aid drugmakers”, EurekaAlert!  
([http://www.eurekaalert.org/pub\\_releases/2009-08/ru-pnc083109.php](http://www.eurekaalert.org/pub_releases/2009-08/ru-pnc083109.php))

⑤ブルックヘブン機能性ナノ材料センター(Brookhaven Center for Functional Nanomaterials: CFN)、イエシバ(Yeshiba)大学、およびデラウェア大学の研究者たちは、極めて効率的なバイメタルの(2種類の金属から成る)パラジウム-金ナノ触媒を「合成する新たな、高効率な方法」<sup>注21</sup>を実証した。

## その他の情報

SRIC-BIのエクスプローラ研究プログラムには、以下に示すような多用途向けのナノ触媒の開発に関するものが含まれている。

### (1)人工光合成

2008年8月の Nanobiotechnology Viewpoints 誌によれば、光合成を可能にする効率的な人工システムにより水素ベースの燃料経済の発展につながると信じる科学者は、太陽からのエネルギーを使って水を水素と2原子酸素に分ける植物の光合成器官の能力に注目している。今日、電気で水分子から水素を分離するのが、水素を生産する最も効率的な方法である。しかし、主要な電力網の電力を入力という形で使用するというプロセスを経なければならない。水素製造のためのより洗練された方法は、太陽エネルギーを使って直接水から分離し、完全に持続可能な形で水素を作ることである。この目的を達成するために、科学者は水の分離をもたらす可能性のある多数の触媒を研究した。たとえば、マサチューセッツ工科大学(MIT)の研究化学者は、水から酸素と水素を作る、手ごろな価格で効率的な触媒の発見に努力を集中している。化学者たちは、米全米科学財団が助成するソーラープロジェクトおよびMITのソーラー革命プロジェクトの一環として、カリフォルニア工科大(Pasadena, California)と協力して取り組んでいる。プラチナの水分解能力を実証した後、化学者たちは、より豊富に存在する金属(例えば鉄、コバルト、ニッケル、マンガン)を使用する触媒の開発に焦点を当てている。

### (2)ナノ触媒の環境問題への応用

2008年6月の Nanobiotechnology Viewpoints 誌によれば、ナノスケールでの応用が可能な環境技術や装置(濾過システム、センサー装置、触媒)はすでに市場に出回っており、他の技術や装置についても開発が進んでいる。ナノ材料はすでに環境問題に応用されており、その最も顕著な例はおそらく自動車への応用(酸化金属ナノ構造および稀少金属ナノ粒子を用いた、車両からの温暖効果ガス排出削減に利用)であろう。たとえば、プラチナや金のナノ粒子を、自動車の触媒コンバータや、ディーゼルから排出される粒子状物質を除去するためのナノ構造フィルターに使用している。光触媒(たとえば二酸化チタンのナノ粒子を紫外線(太陽光)に当てる方法)は、揮発性有機化合物(volatile organic compounds: VOCs)や窒素酸化物といった各種の公害物質の除去にますます利用されるようになっている。ナノ粒子は光のエネルギーを吸収し、これを使って汚染物質の分子を

---

<sup>注21</sup> Kendra Snyder, "Through the Wire: A New Nanocatalyst Synthesis Technique", PHYSORG, March 16th, 2009 (<http://www.physorg.com/news156446716.html>)

酸化する。ナノ触媒（光触媒を含む）や磁気ナノ粒子は、汚染物質を選択的に標的にすることができ、効果的かつ費用効率的に除去することができ、化学的に分解することができるのである。このような磁気ナノ粒子は、基板材料やフィルターの「固定ベッド」を循環しているか、「固定ベッド」に埋め込まれていればよい。同誌はまた、以下の分野を含む環境への応用のためのナノ触媒技術を開発している組織の具体例を紹介している。

- ① **Inframat 社** (Farmington, CT) : 高度多孔性ナノファイバー状の構造より成る材料
- ② **EnvironmentalCare 社** (香港) : ナノ光触媒の酸化技術
- ③ **Indian Institute of Technology and Eureka Forbes** (Mumbai, India) : 殺虫剤や他の有機汚染物質を除去する化学反応に触媒作用を及ぼす、金属ナノ粒子（アルミナ担体上の 60~80nm の銀ナノ粒子）を含むフィルター
- ④ **Monad Nanotech 社** (Mumbai, インド) : カーボンナノチューブの自然な光触媒特性を活性化させるための光の利用、および微生物や有機汚染物質を除去するための酸化鉄の利用
- ⑤ **PARS Environmental 社** (Robbinsville, NJ) : 微生物や有機汚染物質の現場での改善および除去用のナノスケールのゼロ価鉄
- ⑥ **ライス大学**(Houston, TX) : トリクロロエチレンおよび有機芳香族汚染物質の除去用ナノ触媒；ヒ素除去用のマグネタイト（磁性）ナノ結晶
- ⑦ **オクラホマ州立大学** (Stillwater, OK) : 酸化鉄の代わりに酸化亜鉛ナノ粒子を使用した水からのヒ素除去
- ⑧ **イェシバ大学** (New York, NY)、**イリノイ大学** (Urbana, IL) 、**ピッツバーグ大学** (Pittsburgh, PA) : 硝酸エステルなどの酸化汚染物質からの汚染を軽減するためのナノ触媒
- ⑨ **クイーンズランド大学** (オーストラリア) : 水処理機器用の Lightanate<sup>注22</sup> 光触媒技術
- ⑩ **VeruTEK Technologies 社** (Glastonbury, CT)、**QuantumSphere 社**(Santa Ana, CA) : VeruTEK 社の界面活性剤と QuantumSphere 社のナノ触媒を基にした、新たな環境改善溶液を開発するための戦略的パートナーシップ

## 結論

上記の情報は全体として、企業や研究機関の研究者により様々な材料を使ったナノ触媒が開発されつつあることを示している。最も一般的な材料は**銀、金、プラチナ**といった稀少金属をナノサイズに粒子化したものである。またこの調査により、低価格の**銅、鉄、マンガン、ニッケル、コバルト系の材料**だけでなく、様々な酸化金属を含む他の材料を利用したナノ触媒の開発も明らかになった。ナノ触媒をめぐる主要な R&D および商業化の傾

<sup>注22</sup> 豪クイーンズランド大学 ARC Centre of Excellence for Functional Nanomaterials の Max Lu 教授率いるチームにより開発された光触媒技術。既存の光触媒と比べて最大 9 倍のエネルギーを利用することができ、水処理から大気浄化まで広範な用途に応用が可能であるとされる。（参照：“Astute Nanotechnology celebrates first year of success”, The University of Queensland, Australia, 27 April 2008 ([http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=29113](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=29113)))

向から、これらの材料を応用した数多くの重要な分野が現れつつあることが窺えるが、その中には以下のものが含まれる。

- ・水素の生産と燃料電池
- ・炭化水素/石油処理
- ・高分子化処理
- ・ガスレーザー
- ・環境問題への応用
- ・人工光合成
- ・一酸化炭素の生成削減（特にタバコへの応用）
- ・製薬

翻訳： NEDO（担当 総務企画部 吉野 晴美）

出典：SRI Consulting Business Intelligence Explorer Program

【ナノテクノロジー特集】 ナノエレクトロニクス

## ナノエレクトロニクスにおける電位の On-Off スイッチを 研究者らは発見（米国）

**カリフォルニア州、バークレー** — 電子回路は、シリコンウェハー上に微細にエッチングされたラインから、特性解析が困難なまでに小型化している。こうした中で米国エネルギー省(DOE)のローレンスバークレー国立研究所(Berkeley Lab)とコロンビア大学の研究者らは、分子接合、すなわち金原子と単分子を接触させるナノサイズの回路素子を介した電子の流れを研究している。彼らの研究結果は、この接合を通じた電気抵抗は、その接合部を押したり引いたりすることで簡単にオンとオフすることができること、すなわち、ナノスケール電子デバイスのスイッチとして使用することができることを明らかにした。

「分子スケールにおける回路素子をデザインするためには、私達は、分子または接合部の固有特性が、測定された抵抗値に実際にはどのように関係しているのかを理解することが必要である」とバークレー研究所にある米国 DOE（エネルギー省）のユーザー用設備で世界中のナノ科学研究者の支援を行っている Molecular Foundry（分子工場）<sup>注1</sup> の中の一施設である、Theory of Nanostructured Materials Facility（ナノ構造物質理論施設）の管理者の Jeff Neaton は語った。「単分子結合中における全ての原子の位置を把握することは、現段階の実験においては不可能である。これらのサブナノメートルスケールが接合した時は分子理論で対処できないため、抵抗測定を解釈し、理解することを手助けできるのは、一部の原子理論だけである。」

従来のデバイスにおいて電荷を運ぶ電子は、周知の方式で回路に沿って拡散し、エネルギーのゲインやロス、電子が出会う不純物あるいは他の粒子との相互作用により生じる。

しかし、ナノスケールにおける電子は、量子トンネル現象と呼ばれるメカニズムで移動することができる。長さが微少であるために粒子は、エネルギーを消費することなしにエネルギー障壁を通じて消失したり、突然反対のサイドに出現したりすることが可能となる。

ナノスケールデバイス中の個々の分子を通じたそのような電子の‘トンネリング’を追跡することは、難しいことが分かっている。「10年以上、研究者らは、個々の分子による“配線の接続”と電気伝導度の測定を行っている」と Neaton は語った。「ナノ構造とワニロクリップ導線との信頼性のある接続を行うことは、極めて挑戦的である。これは実験（結果）をどう説明するのかを困難にした。その結果、実験と理論による伝導性がしばしば一定単位規模またはそれ以上のオーダーで異なっていた。しかし、理論と明確に定義された

---

<sup>注1</sup> 全米に5拠点あるDOE Nanoscale Science Research Centers(NSRC)の1つでバークレー研究所内にある。6つのナノ科学施設から成り立っており、ナノテクノロジー関連の研究に取り組む大学・政府・企業などの研究機関の研究者などに最先端の装置・技術・そして専門スタッフを提供している。

接点の実験との定量的な比較の時が来ていた。」

Molecular Foundry のユーザープログラムを通して、Neaton とコロンビア大学の実験的研究者の Latha Venkataraman と共に働いたポストドクター研究員の Su Ying Quek は、走査型トンネル顕微鏡 (STM: Scanning Tunneling Microscope) を使用して、伝導性金チップで、材料表面の電流の変化を精査した。先行研究によると、金の STM チップを使用することにより、チップと分子溶液を含んだ金の表面との繰り返し、押したりおよび引いたりすることが可能となり、チップと金の表面間の接触部分をネックレスのように単一ストランド (一本鎖) にできる。

この鎖構造が最終的に切断したときに、直ぐ近くの分子は、鎖構造と金電極接点間のギャップに飛び込むことができ、その結果、伝導性が急激に変化する。この技術を使用することで、Brookhaven 国立研究所の Venkataraman および彼の同僚の Mark Hybertsen らは、金電極と接触するアミン (アンモニアが関係する分子グループ) を含む分子の伝導性が確実に測定されうることを最近見出した。

「今や我々は、私達の理論をベンチマーク (評価) する再現可能で矛盾のないデータセットを手に入れた」と Quek は語った。「このデータセットを比較することで、私達は、以前は見逃していた重要な電子の相互効果を発見した。私達はこれらのデータセットが追加されたときに、実験の結果に対して初めて定量的な合意を見いだした。」

それらの新しい理論的なアプローチを利用し、Quik、Neaton、Hybertsen と共同研究者のカリフォルニアバークレーの大学の Steven G.Louie および韓国の Yonsei 大学の Hyoung Joon Choi は、金電極と窒素を含むベンゼンリング状のビピリジンとの間における接点の導電性の研究を始めた。その実験データは、以前とは異なる 2 つ安定した伝導性を示した。Venkataraman らと協力して仕事をした Quek は、接合内の異なる構造に伴う二つの状態に対応してピークが表れると仮説を立てた。次に、Quek と Neaton は、二つの金分子の間に、垂直に配置され、角度をなして挟まれた接合の伝導性について説明する理論を細心の注意を払って組み立てた。

出てきた情報は驚くほど詳細であった。もし、ビピリジンが角度を持ち接合したときは、ビピリジンが垂直に接合した時よりも多くの電流が流れる。ビピリジンの伝導性は、接合中の分子配向にリンクしていたことを意味すると Quek は説明した。STM の実験では、徐々に引いていけば、金の最後のストランドが切断され、復帰した垂直のギャップはビピリジンにとって大きすぎず、それゆえ、あるアングルで繋がっている。ギャップが増大するにつれ、分子は垂直構造になり、伝導性が急落する原因となる。最終的に、さらに分子がまっすぐになり、そして、接触して破壊される。「一旦、我々がこれ (この理論) を決めた時に、不思議に思った。この挙動を逆転させることが出来るのか？」と Quek は語った。

Venkataraman との共同チーム、Quek と Neaton は、角度を持つ接合を押ししたり、まっすぐ引いたりすることで、なぜ伝導度を繰り返し変化させることができるのかを実証し、明確な on と off 状態になる機械的なスイッチを作製した。「この実験における興味深い点の一つは、‘ワニロクリップ’を制御することがどの程度まで可能かということである」と Neaton は語った。「このビピリジンという特定の分子のために、実験では再現可能で信頼性のある方法で原子スケールの特性を交互に変化させ、接点における伝導性を切り替えることができる。」

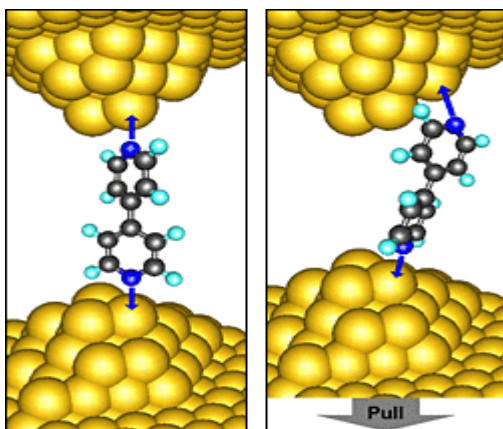
Quek と Neaton は、彼らの理論的骨組みを精査し、さらに複雑な分子接合に応用して例えば、有機薄膜太陽電池における太陽エネルギー変換などに有望なシステムの研究に対して役立てることを望んでいる。

「単分子接合における電子の移動を理解することが第一ステップである」と Neaton は述べた。「有機-無機界面は、ナノサイエンスのあらゆるところに見られるもので、ハイブリッド材料システムにおける電荷輸送のより良い図式を開発することは、電子デバイスの改良と新規発見を確実にリードするであろう。」

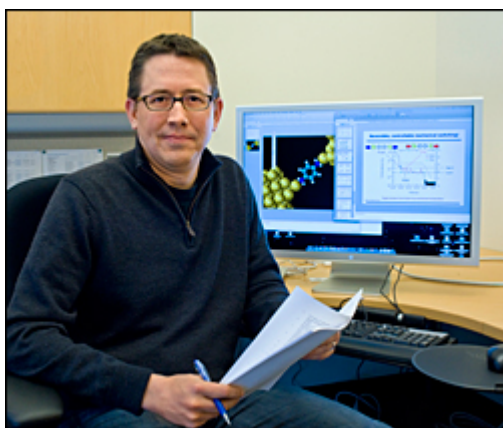
Su Ying Quek、Maria Kamenetska、Michael L. Steigerwald、Hyoungh Joon Choi、Steven G. Louie、Mark S. Hybertsen、J.B. Neaton および L. Venkataraman による『機械的に制御された単分子接合の双方向（二元）伝導性スイッチ』は Nature Nanotechnology 誌に掲載されており、また Nature Nanotechnology のオンラインサイトでも入手出来る。

この研究の一部は、DOE 科学局の基礎科学部門および国立科学財団（National Science Foundation:NSF）のナノ科学技術イニシアティブにより援助されていた。Molecular Foundry は、5つの DOE ナノスケール科学研究センター（Nanoscale Science Research Centers (NSRCs)）の一つで、ナノスケールの学際研究のための最初の国立ユーザー施設である。同時に NSRCs は、ナノスケール材料の製造、加工、特性評価およびモデル作成のための最先端技術を研究者に提供する一連の補完的施設からなっており、National Nanotechnology Initiative の最大の基幹施設を含んでいる。NSRCs は、DOE のアルゴンヌ、ブルックヘイブン、ローレンス・バークレー、オークリッジ、サンディアおよびロスアラモスの各国立研究所に位置している。DOE NSRCs に関する情報は、<http://nano.energy.gov> を参照されたい。

バークレー研究所は、米国は、カリフォルニア州バークレーに位置する DOE の国立研究所で、機密扱いされていない科学研究を行い、カリフォルニア大学によりマネジメントされている。Website は、<http://www.lbl.gov> を参照のこと。



イラスト図は、“Vertical (垂直線)”と“angled (角のある)”の二つの機械的に誘導されたスイッチのための分子接合構造配置。研究は、こうした接合を通して、電気抵抗が on と off できることを明らかにしている。単純に、押すこと (左図) で構造が垂直になり、引っ張ることで構造に角度を付ける。



Molecular Foundry の Theory of Nanostructured Materials 施設の管理者の Jeffrey Neaton

翻訳 NEDO (担当 総務企画部 土橋 誠)

出典 :

<http://www.bnl.gov/cfn/news/PRdisplay.asp?prID=922>

(Copyright 2009 Brookhaven National Laboratory. Used with Permission)



【ナノテクノロジー特集】**触媒**

**研究者らは、金属触媒なしにカーボンナノチューブを作製（米国）**  
金属触媒と同様に酸化物触媒から、カーボンナノチューブを作製することができる

カーボンナノチューブは、微少なラセン状のグラファイトのチューブで、電子回路のスピードを加速したり、また、飛行機やレースカーなどに使用されるカーボン複合材料のような材料の強度を増すことができる。しかしながら、ナノチューブ成長のために使われる金属が回路と複合材料に好ましくない反応をすることに大きな問題である。

しかし今、MITの技術者らは、金属触媒なしにナノチューブが成長できることを初めて示した。研究者らは、キュービックジルコニアの『疑似ダイヤモンド』と同じ化合物である酸化ジルコニウムが金属による副作用なしにナノチューブを成長させることができることを実証した。

カーボンナノチューブの製造から金属を取り除くことが持っている意味は重要である。歴史的にみると、ナノチューブは、鉄、金およびコバルトのような元素と共に成長してきた。しかし、これらの金属は有害で、クリーンルーム環境の中では問題を引き起こす可能性があり、その上、ナノチューブ合成への金属の使用は、赤外分光器による成長過程の観察を難しくしている。そのため、ナノチューブ成長のある局面については研究者らが解明出来ない課題となっていた。

「私達はカーボンナノチューブ合成方法に関する議論が根本的に変わると考えている」と宇宙および航空学の研究をリードしてきた教授で、8月10日に刊行されたアメリカンケミカル協会誌（*Journal of the American Chemical Society*）のオンライン版の著者、Brian Wardle は語っている。

Wardle は、金属はナノチューブを成長させることができるが、それ以外の方法は誰もこれまで明らかにしなかったため、多くの研究者において議論が分かれるところであると付け加えた。「人々は、新しい金属（触媒）をしばしば公表している」と彼は語っている。「しかし今、私達は、全く新しい触媒と新しいメカニズムの理解について議論している。」

ナノチューブの成長に対するこれまでの一般的なモデルは次のとおりである。特定の金属ナノ粒子で目的とする（望まれる）ナノチューブと同じ直径のものが基材に対して散布される。基材とナノ粒子は、600 から 900°C に加熱され、メタンまたはアルコールのようなカーボンを含むガスが加えられる。高い温度によって、分子が分解され、そして再集合する。これらのカーボンを含むいくつかの分子は、ナノ粒子の表面に向かい、そこで溶解し、それからナノチューブの形状に析出する。

研究者らは、もし基材上で酸化ジルコニウムナノ粒子を使用すれば、カーボンを上手く誘導してナノチューブにすることも可能であることを発見した。重要なことは、酸化ジルコニウムの成長メカニズムは、金属粒子のチューブ成長メカニズムとは全く異なっていると見られていることである。ナノ粒子に溶解してから析出する代わりに、ジルコニアで成長したナノチューブは、表面上に直接集まってくる。

MIT の研究者らは、英国、ケンブリッジ大学の **Stephan Hofmann** 教授と共同で、酸化物ナノチューブの成長過程について XPS<sup>注1</sup>を使用して観察した。XPS によって彼らは、ナノチューブが形成されたときには酸化ジルコニウムが存続し、金属を形成しなかったことを観察することが可能になり、彼らの結論を支持することになった。

この発見によって予想される最も刺激的な内容の一つは、これが、かつては異なる技術を構成していたカーボンファイバーと複合材料が、共にナノチューブにより強化されうるということの意味していることである。「複合材料は耐久性があるが、合板がはげて離れて割れる時のように、ある加重条件で破壊にいたる」と MIT 卒業生で研究の第一著者である **Stephen Steiner** は述べている。「しかし、コンクリートのビルディングや橋を鉄筋により補強する方法のように、ナノチューブを使ってマイクロレベルで複合材料を強化することができるとしたらどうだろうか。それこそが、カーボン複合材料の機械的特性と割れ抵抗を改善するために我々がしようとしていることである。」

**Steiner** は、エアバス A380 とボーイングの新しい 787 航空機で複合材料の使用がわずか 40 パーセントであって 90 パーセントではない理由として、複合材料のみでは、航空機の全ての部品に対しては強度不足であると語っている。しかし、それらがナノチューブにより強化されれば、さらに多くの複合材料で飛行機を作製でき、そのためとても軽量で飛行費用をより安価にできる。なぜならば、大量の燃料を節約できるためである。

研究結果は、産業界の研究者らに既に良い印象を与えている。「この新しいアイデアは、カーボンナノチューブの市場生産に対して大きな影響を与えている」と **Nanocomp Technologies Inc.** (ニューハンプシャー州、コンコード) の CTO(Chief Technical Officer。最高技術担当執行役員)の **David Lashmore** は述べている (ただし同社はこの研究には取り組んでいない)。「この技術によって初めて、磁気遷移金属 (その中には発ガン性のももある) の代わりにセラミック触媒を使用することが可能になった。」

**Wardle** は、もっと多くの酸化物触媒を 来年度中には見つけられるかもしれないだろうと考えている。彼と彼のチームは、このタイプのナノチューブ成長の基本的なメカニズムを理解しようとしている。そして、ナノチューブの成長に対して多くのタイプの触媒を

---

注1 X-ray photoelectron spectroscopy

提供し、手助けを行っている。研究者らには具体的な計画は無いが、彼らはこのシステムが単純で順応性があり、金属触媒による成長よりも柔軟性があるので、多くの場合簡単に商業化できると考えている。

この研究は、MITの Engineered Composite aerospace Structures (NECST)コンソーシアムを通して、エアバス S.A.S、ボーイング、エンブラエル、ロッキードマーチン、サーブ AB、スピリットエアロシステム、Textron Inc.、Composite Systems Technology、および東邦テナックスによりサポートされている。

翻訳 NEDO (担当 総務企画部 土橋 誠)

出典：

<http://web.mit.edu/newsoffice/2009/nanotubes-0810.html>

(Copyright 2009 Massachusetts Institute of Technology.Used with Permission)

**【ナノテクノロジー特集】** ナノエレクトロニクス**NIST マイクロナノテクノロジープロジェクト（米国）****概要**

1947年にトランジスターの発明によりスタートしたマイクロ・エレクトロニクス革命は、シングル・チップ上にますます小さなトランジスターをより多く集積する技術の規則的な進歩を表現するムーアの法則（Moore's Law）に代表される。今日、機能的多様化がマイクロ・エレクトロニクス産業の成長のための主要な推進力となっている。ムーアの法則で特徴づけられるこの比較的新しいマイクロ・エレクトロニクスの部品は、コンピュータのインプット-アウトプットを行うデバイスの集積をより拡大しようとしている。多くの場合、このことは、デバイスを小さくすることに結びつく。このプロジェクトの目標は、より高集積の小さいシステムを生み出すため、マイクロ・エレクトロニクス産業の“ムーア以上の”部品を可能とするに要するとされる計測技術を提供するものである。

**解説**

より高速でより集積した回路を持つロジック・チップやメモリー・チップを作るため、ますます小さなトランジスターをより多く集積させること、これは、ベース技術の上に、多くの新規技術が導入されることによりなしてきたのであるが、この集積により、これまで世界を根本的に変えてきた。しかしながら、ムーアの法則、いや、サイズダウンと呼ばれるこのパラダイムは、現時点ではきわめて成熟しており、技術の活用による進歩は、以前のように効果的でなくなっている。

しかしながら、このことはマイクロ・エレクトロニクス革命の終結のシグナルではない。集積された回路チップに完全に新規な能力を与えるという、新しいパラダイムは、マイクロ・エレクトロニクス産業の「ロードマップ」の急速に成長しつつある要素である。 たびたび、“ムーア以上”と言われ、ムーアの法則の縮小と区別されているこの要素は、チップレベルで新しい機能、例えば、センサーやアクチュエーター、を盛り込むために集積回路が適用されるのと同じような技術の適用、導入、拡大に立脚している。このパラダイムは先例のない複雑さやパワーを有するシステムを作る可能性を提供するが、それはまた計測という新しいチャレンジを必要とする。 従来のものを超えた全ての新しい機能（増幅、変調および復調やフィルタリング）のために、新しい適切な標準とともにチップを直接測定する新しい機能が必要とされる。

“ムーア以上”をサポートするために、このプロジェクトは多くの様々な活動を含んでいる。 実際、このプロジェクトは多様性に焦点を当てているとも言える。 Standards for

Micro Technologies (マイクロ技術のための標準) と呼ばれている第一グループでは、マイクロ回路、マイクロ流体デバイス、マイクロ・センサーおよびマイクロ・アクチュエーターの集積をサポートするのに必要な計測技術を扱っている。Cellular Bioelectronics Metrology (細胞バイオエレクトロニクス計測) と呼ばれている第二のグループでは、Smart Petri Dish (高性能ペトリ皿)<sup>注1</sup>を可能とするために必要とされる計測技術に焦点を絞っている。Nano Electromechanical Systems (ナノ・エレクトロメカニカル・システム) と呼ばれる第三グループは、ナノ粒子の生成、特性解析や分離にマイクロ流体デバイスやナノ流体デバイスを開発し実用化することに関心を持っている。

## 主な研究成果

最初の MEMS 文書標準の作成

ナノスケールの線幅標準材料

マイクロマシン・ガスセンサー機能を持つ集積回路チップ

ナノスケールの Z 軸任意トポグラフィのための 1 回のマスクングでの製造プロセス

マイクロ流体デバイスのデモ

マイクロ・電子レンジを用いた流体の加熱

エレクトロニック・セルの補足、成長、開放

流体力学的を用いた焦点化による《細胞》リボソームの生成制御

翻訳 NEDO (担当 総務企画部 小笠原一紀)

出典:

[http://www.nist.gov/eeel/semiconductor/enabling\\_devices/mnt.cfm](http://www.nist.gov/eeel/semiconductor/enabling_devices/mnt.cfm)

---

<sup>注1</sup> 高性能ペトリ皿: 生きた細胞のリアルタイムモニタリングのためのナノ構造化フォトニック結晶

科学総合リンクセンター (J-GLOBAL) : <http://jglobal.jst.go.jp/public/20090422/200902215522788374>

【ナノテクノロジー特集】**安全性**

## ナノテクノロジーの未来への挑戦(EU)

スタブロス・ディマス欧州委員会環境担当委員のスピーチより  
「ナノ材料ステークホルダー会議」(ブリュッセル:2009年10月9日)

ナノマテリアルは、評判の悪いナノ銀ソックスからテニスラケットや印刷インクまでの事例があり、市場において多くの製品を既に見つけることができる。

ナノテクノロジーは、多くの希望をもたらす。我々の生活にプラスの変化をもたらすだけでなく EU 工業の競争力を向上させる。ヨーロッパは、この領域ではリーダーである。EU は、ナノテクノロジーの研究開発に対する支出が過去 10 年間拡大されてきた。2007 年から 2013 年の第 7 フレームワークプログラム(FP7)では 34 億ユーロが使用されるが、これにはナノエレクトロニクスの分野の支出は含まれていない。しかしこれは、単に基礎研究の問題のみならず 20~30 年、私達の毎日の暮らしに影響を及ぼすこともありえる。

ナノ材料は既に市場に出回っている。そして、ナノテクノロジーに対する世界市場は急速に成長していることが明らかになっている。ますますナノテクノロジーを利用した製品が市場に出回るにつれ、いくつかの重要な論ずべき争点が浮き彫りにされてくる。既に使用されているこれらのナノ材料は何なのか、どれだけの数量が EU 市場で入手可能か、そしてそれらの特徴は何なのか。

今日、私達は情報の不足を補うべきで、どの程度まで EU における化学製品の法律である REACH がその答えを提供しているかにリンクさせる必要がある。

### 新しい技術—新しいチャレンジ

私達はダイナミックな世界に住んでいる。新しい発明、技術および製品が絶えず増え続けている流れを見ている。我々は、こうした新しいもので利便性を得ることを歓迎している。これは、化学物質に対してとくに当てはまる。古い有害性が知られている物質は、新しく危険性が少ないものにとって代わられねばならない。ナノテクノロジーは、エキサイティングな科学の新しい分野であり、メーカー、消費者、雇い主、患者および環境に対する利益を約束している。環境担当委員として私が信じていることを述べさせていただくならば、我々が直面する多くの環境圧力に対応することを助けることのできる如何なる技術も、それを取り込み、我々のツールボックス(道具箱)の一部にしなければならない。ナノテクノロジーは、エネルギー消費を軽減することを手助けするかもしれない。再生可能エネルギーソースの効率を高め、汚染された水、空気および土壌を処理するかもしれない。

これらは、ナノテクノロジーが具体的な利益を生んでいるのを我々が期待してみることの出来る分野の 2~3 の事例に過ぎない。しかし、他の新しい技術でもそうだが、これ(ナノテクノロジー)は、新しいリスクをもたらす可能性がある。ナノ材料は特別な特性と新しい特徴を持っている。多くの潜在的なリスクを少なくするため、とくに健康と環境につ

いては、よく考えることが必要である。

現在は、ナノ材料の潜在的な影響については余りよく知られていないし、ナノテクノロジーの健康と安全面についてはまだ多くの不確定部分がある。そして、これら不確実性について解明することが環境担当欧州委員としての、私の懸案事項と責任であり、規制上の課題は、ナノテクノロジーの新たな応用による社会的利便性を確保すると共に、健康、安全および環境において高い予防レベルを保証することである。

### 現行の規制フレームワークは適切であるか？

ナノテクノロジーとこの技術の使用を通して生産が可能となる製品は、この技術を通して、新しい革新的技術が我々の既存の規制フレームワークにいかにかに挑戦できるかについての、良い例である。EU は今のところ世界で最先端の化学物質規制、REACH 規制を持っている。REACH は、ナノ材料を含む全ての化学物質の安全な利用を保証するために存在している。ナノ材料は、原則として、化学物質としての定義の下に REACH によりカバーされている。そのため、たとえ明確にナノ材料に対して言及した条項が存在しない場合であっても、REACH で定められている一般的な義務は、他のどの物質に対してもそうであるように（ナノ材料に対しても）適用される。

REACH はそれゆえ、先験的なナノ材料を含む化学物質が人間の健康と環境に有害ではないことを保障する効果的な法的な枠組みを原則として提供している。REACH に向けた決定過程の間で、実行の可能性と実施コストについて長時間かけて議論している。企業における管理費と環境保護レベルの間での公平なバランスが取り決められた。

このバランスの鍵となる要素の内の一つは、旧法律で 10kg から新しい物質を通知する規制があったのに対し、それよりかなり高い 1 トンのボリューム閾値の登録が設定されていたことである。

尋ねるべき重要な質問がある。そしてこれは特にナノマテリアルに関連しているのだが、閾値を下回っても健康と環境リスクがあるかどうかということである。標準的な化学物質については、トン単位の閾値は、適切であると私は信じている。しかし、問題は、ナノ材料にとってもこれが同様に真実であるかと言うことである。議論は、仮説により簡単に進めることができる。しかし、重要なことは、実利的であること、またどちらが重大であるかという情報の必要性によって推進されることである。なぜなら政策立案者である私達の責任は、高いレベルの保護を考慮に入れてリスクマネジメントを決定することだからである。

今日の会議は欧州委員会環境総局の尽力により開かれたもので、事実の探索と政策決定者の議論になっている問題の領域と本質について、最良の情報を提供するのに必要なデータに基づいて問題を議論するものである。

ナノ材料の利用と特徴についてのより良い情報を得ることは、十分に情報を収集した上での効率的な意思決定およびリスクマネジメントに向けた、初期の、しかし必要なステップである。私達が偏見にとらわれず、データと情報を集め、そして開かれたプロセスで

選択肢を考慮するならば、長期的に最良の結果が達成されることを確信している。

## 問題の範囲

第一に、我々は今日生産されているナノ材料の数量はどれくらいか、また近い将来はどのくらいの数量が期待できるのか、という観点から EU 中でのナノテクノロジーの規模を理解する必要がある。何も登録のない情報については、簡単に集めることができない。問題をさらに難しくしているのは、ナノ材料の定義について全面的な同意さえもないことである。

本日のミーティングは、それ故にこれを見つけ出す仕事を始めるのに良い最初の機会である。私達は、ひとたび欧州市場におけるナノ材料の範囲と本質についてのより良いアイデアを持つことが出来れば、規則について進めたり戻したりの作業を行うことが出来るようになる。私達は、多くのナノ材料の登録が 2010 年に行われるのか、それとも登録期間の最後の 2018 年になってやっと思われるのか、また、REACH のもとでは登録することができないナノ材料がいくつか出てくることになるのか、と言ったことを、良く考える必要があるだろう。私達は、REACH のもう一方の鍵となる規定を確認する必要があり、それらがナノ材料に取っても適正であるかどうかを見なければならぬ。

欧州議会は、今年の 4 月 24 日に決議案を採択してこの議論の仲裁に入った。これは我々がこれらの問題について議論する公開討論に大いに貢献するものとして歓迎している。欧州議会は、ナノ材料は重要な利益をもたらし、欧州連合の競争力に貢献することができることに同意している。

他方、欧州議会はナノ材料が新たなリスクとなりうることを認識している。そして、ナノ材料についての現在の議論は、知見と情報に大きな欠点があると述べられている。欧州議会は我々の法が、特定のナノ条項が存在せず、リスクを評価する適切なデータや方法もない中で、ナノ材料の関連リスクをカバーしているのかどうか疑問視している。その結果として、欧州議会は欧州委員会に対して、最適な方法でナノ材料関係のリスクに取り組むためには規制の変更が必要かどうか検討するよう勧告した。

欧州議会は、化学製品、食品、廃棄物、空気と水および労働者保護に関する立法の範囲内で、ナノ材料について明確に取り組むことがとくに重要であると考えている。それに応えて、欧州委員会は、全ての関連法案を 2 年以内に再検討し、生産物中のナノ材料のすべての実用化例の安全を保証することに取り組む。その製品のライフサイクル中にもたらされる潜在的な健康、環境および安全への影響を評価する。

欧州委員会における多くの各種サービスは、広範な依頼に対して迅速に貢献しなければならない。したがって、本日の会議は、市民の健康と環境に最大の保護を保証することに関連する質問に取り組んでいくための最初の限られたステップである。討論を始める手助けとすることが私達の大きな望みであり、その討論から委員会は、今後の活動で利益を得ることができる。

今日これらの問題を議論するに際し、ナノ材料についてより多くの情報を探索するとき



には、いくつかの EU 加盟国と非 EU 諸国により、既に使用されている基準を確認することが重要である。これは、全体図の中の一つの事実であり、とくに、ナノ材料における使用に関してのメンバー国やその市民サイドの関心事の実例として、とくに心にとどめる必要のあるものである。例えば、何ヵ国かの加盟国は産業界の自発的報告スキームを始めた。これは公共機関が産業界と協力して、現在使われていて市場に出回っているナノテクノロジーについてのより良い知識を得ることを可能にした。

欧州委員会は、必要な情報をいかにして詳しく取り入れるかについて、未だ決定をしていない。本日のイベントは、短期間にこれらの情報を集める最適な方法を見つけだそうという我々の考えに貢献する一方、規制フレームワークの妥当性を注意深く振り返るものとなる。

REACH は、何千もの化学物質に存在している、大きな情報格差を埋めることに着手した。これは、既に進行中のプロセスである。技術の進歩は、新しい解決方法を提案している。しかし、これらの問題発表は安全に対する新しい課題を提起している。そして、こうした問題に取り組み、市民と環境に対して高いレベルの保護を保証するのは私達の義務である。これはEU条約に正式に記載されている、予防原則という基本的な原理にしたがったものである。

私は、将来に目を向けた前向きの実りある討論を期待する。私達は、見て分かるように多くの基盤をカバーできている。そして、私は参加者全員が良い会議ができることを期待している。

翻訳 NEDO (担当 総務企画部 土橋 誠)

出典：

<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=SPEECH/09/460&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>

【個別特集】 **太陽光発電**

## 2009年・IEA太陽光発電報告書（その2）

### ～ 参加国の政策 ～

本稿は、NEDO海外レポート1054号の再生可能エネルギー特集記事「2009年・IEA太陽光発電報告書（その1）」<sup>注1</sup>で取り上げた「2008年の実績データ」、「参加国の状況」に続き、「参加国の政策」について編集・翻訳し、紹介する。



## 2. 太陽光発電普及のための政策

太陽光発電システムの普及度合いは、各国政府や地方自治体の政策、世界的な政策、適切な規格及び基準の有無、そして一般の人々及び電力事業者の太陽光発電に対する認識によるところが大きい。

### 2.1 太陽光発電システムに関するイニシアティブ

IEA PVPS 参加国で2008年に実施された一連の太陽光発電支援施策の概要を表3に示す。これらの施策に関する詳細は、本報告書の「1.3」に記述されている<sup>注2</sup>。また、さらに詳細な施策内容については、国別調査報告書を参照されたい<sup>注3</sup>。施策の概要を以下に示す。

#### a. 強化フィードイン・タリフ

生産された太陽光発電電力に対して明確な金銭的報酬が提供されるものである。電力需要家が電力事業者を支払う kWh 当たりの小売電力価格よりいくらか高い金額で、電力事業者が生産者から太陽光発電電力を買い取る。

#### b. 直接補助金

太陽光発電システムの特定の装置のコスト、あるいは総設置コストについて、その一部が、先行投資にかかる費用を軽減する目的で支給される。

#### c. グリーン電カスキーム

電力需要家は、再生可能エネルギー由来の電力（グリーン電力）を、一般にプレミア

<sup>注1</sup> <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/1054/1054-02.pdf>

<sup>注2</sup> NEDO 海外レポート 1054 号「2009年・IEA 太陽光発電報告書（その1）」の「1.3 参加国の太陽光発電の導入に関するハイライト」において、10 ヶ国を選定して紹介している。

<sup>注3</sup> <http://www.iea-pvps.org/countries/index.htm>

ム価格で電力事業者から購入できる<sup>注4</sup>。

**d. 太陽光発電グリーン電力スキーム**

電力需要家は、太陽光発電によるグリーン電力を、一般にプレミアム価格で電力事業者から購入できる。「グリーン電力スキーム」を、太陽光発電に特定したもの。

**e. 再生可能エネルギー使用基準 (RPS)**

電力事業者に、供給する電力の所定の割合を、再生可能エネルギー源から調達することを義務付ける（実施コストの関係で、通常、水力・風力・バイオマスなどに有利に働く）

**f. 再生可能エネルギー使用基準 (RPS) における太陽光発電の要件**

RPS の所定の割合を、太陽光発電によって満たすことを義務付ける（最低割当量 (set aside) と呼ばれることが多い）

**g. 太陽光発電投資ファンド**

民間の太陽光発電投資ファンドにおける株式の提供を通して、また、富の創造（財テク等）により、利益を得るための手段として、太陽光発電を利用する。

**h. 所得税控除**

太陽光発電システムの設置関連費用の一部、または全部を課税所得から控除できる。納税義務を持つ事業体や個人が、太陽光発電システムの購入者である場合が前提になる。

**i. ネット・メータリング**

太陽光発電システムの所有者は、太陽光発電電力の余剰分を電力網に送出する（逆潮流）。一方、通常時は、電力網から受電する。この二つの電力の流れを、双方向型電力計で計測し、これに小売電力価格を乗じて電気代を決定することを基本とする方法。

**j. ネット・ビリング**

電力網からの受電電力、および電力網に逆潮流した電力を個別に記録する。逆潮流した電力に定められた価格を与える。

**k. 民間金融機関の活動**

太陽光発電システムを設置した住宅に対する優遇住宅ローン、太陽光発電システム設置費用向けの優遇グリーンローンなど。

**l. 電力事業者の活動**

電力需要家がグリーン電力を購入することを可能にするスキーム、大規模太陽光発電プラント、様々な太陽光発電設備の所有と融資方法、太陽光発電電力の購入モデルなどの構築。

**m. 持続可能な建築要件**

建物の新規建設（住宅用、事業用）に関する要件。販売用不動産も含まれる場合があ

---

<sup>注4</sup> 詳細なメカニズムは：電力需要家は電力事業者に通常の電力料金を支払うことに加え、環境付加価値分のプレミアムを支払う（グリーン電力証書を購入することで行う）。このプレミアム分は、最終的に再生可能エネルギー発電事業者に助成金として渡される。需要家の消費電力総量の内、グリーン電力証書を購入した分の電力量は再生可能エネルギー由来とみなされ、これは CO<sub>2</sub> 排出量削減につながる。

る。これには、太陽光発電が建物のエネルギー消費を低減する1つの選択肢として実施される場合と、義務付けとして実施される場合がある。

2008年には、「フィードイン・タリフ制度が、系統連系形太陽光発電システムの力強い普及を促進するための最も重要な方策である」ということが明確に再確認された。表3に示すように、フィードイン・タリフ制度を実施していない国は少数である（また、一部の国では、フィードイン・タリフ制度のような形態の方策を検討している）。

しかし、フィードイン・タリフ制度の採用については、その実施に関して引き続き議論が行われている。世界の太陽光発電市場においては、以下の方策が試行されている。

- a. 太陽光発電電力の全量買い取り、または電力系統に逆潮流した電力の買い取り
- b. 生産的でない「上限値設定」方式を適用しない買取率の管理方法
- c. 多様な太陽光発電設備を最適評価する方法
- d. グリッド・パリティへの移行を管理する方法（後述）

などである。

表3 IEA PVPS参加国の太陽光発電支援メカニズム及び小売電力価格（指標） 国の並び順は、2008年末太陽光発電総設備容量順に、左→右

	ドイツ	スペイン	日本	米国	イタリア	韓国	フランス	オーストラリア	ポルトガル	オランダ	スイス	カナダ	オーストリア	英国	メキシコ	マレーシア	ノルウェー	スウェーデン	デンマーク	イスラエル
強化フィードイン・タリフ	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●							●
直接補助金	●		●	●	●	●	●	●			●		●	●		●		●		
グリーン電カスキーム	●	●	●	●	●			●			●	●	●	●						
太陽光発電グリーン電カスキーム				●				●			●		●							
再生可能エネルギー使用基準（RPS）			●	●				●						●				●		
RPSにおける太陽光発電要件				●																
太陽光発電投資ファンド	●	●		●								●								
所得税控除			●	●			●		●		●	●		●		●				
ネット・メータリング				●	●			●			●	●	●	●	●	●			●	
ネット・ビリング	●		●	●							●	●		●		●				●
民間金融機関の活動	●		●	●				●		●				●						
電力事業者の活動	●	●	●	●				●			●	●		●					●	●
持続可能な建築要件	●	●		●		●		●	●		●	●		●						
電力小売価格（指標）（1米セント） 注1	32.4	13.7		10.2	25	15.3- 22.6		10- 14.2				7	26.5	23.8	36以下	8.7	12.4- 15.9	21.2- 25.8	30.7	15.3

注1：典型的な住宅向けのkWh当たりの価格。全ての税を含んでいるが、電力の使用時間帯、合計電力消費量、その他による変動は含まない。

出典：2009年・IEA太陽光発電報告書を元に、NEDO 総務企画部編集

2008年には、IEA PVPS 参加国におけるフィードイン・タリフ制度の枠組みの中で、太陽光発電電力に対して70億ドル以上が支払われた(約10年前の参加国における太陽光発電市場活性化に関する予算総額の30倍を超える)。特定の国のフィードイン・タリフ制度が太陽電池モジュールの世界の価格の変動にどの程度影響を与えるかは不明であるが、多くの国の市場が急速に発展し、世界的な産業競争が高まるにつれて、この可能性は比較的少なくなってきた。

太陽光発電システムを推進するイニシアティブの総合的な分析については、最近 IEA PVPS タスク 10 が公刊した報告書「Promotional Drivers for Grid-Connected PV (系統連系形太陽光発電普及の推進力)」を参照されたい<sup>注5</sup>。この報告書では、太陽光発電普及プログラムの成功は、多くの変動要因に依存し、各国の取り組みの中から多くの興味深い結論を引き出すことができるだろう、と述べている。たとえば：

- ・ 世界に、系統連系形太陽光発電の不完全な市場は存在する。
- ・ 普及施策は、第一に設置コストを低減するように設計すべきである(また、装置製造コスト低減に取り組むための産業政策を策定すべきであることが暗示されている)
- ・ 日本の住宅用太陽光発電システム普及プログラムには継続性があり、その結果業界の信頼を高めたことが主な要因となって、システムのコスト低減に関して最も効率が良かったことが実証された。
- ・ 直接補助金(投資に対する払戻金)は、「太陽光発電システムの性能向上につながらない」と批判されているが、一方でモニタリング・プログラム、監視プログラムまたは、システムの効率に依存する補助金などのその他の施策はプラスの効果を生み出している。直接補助金はまた、フィードイン・タリフを適用したとしてもなお太陽光発電の普及において直面する、最も重大な障壁である先行投資の軽減に有効であり、また系統連系形及び独立形太陽光発電システム市場の双方に利用できることは特筆に値する。
- ・ 系統連系形太陽光発電システム市場における、システム費用の低減や顧客の購買意欲は重要な問題であるが、多くの場合、まだ十分に調査されていない(しかし、マレーシアの SURIA 1000 プログラムで用いられている入札の仕組みは、この課題に取り組んだものである)。購買意欲は、それぞれの顧客にとって重要な(エネルギー以外の要素を含む)太陽光発電システムの特定の付加価値に直接関わるものであり、この価値は定量化されるべきである。付加価値は、住宅所有者、法人、建築家、電力事業者、政府など、多種多様な顧客グループによって重要度のレベルが異なると推定される。
- ・ 良く設計されたフィードイン・タリフ制度によって、より大規模なプロジェクトの促進と投資の増加が可能となり、これまでより短い時間で成果を得ることが可能になる。
- ・ 民間の自主的なイニシアティブは、持続可能な国内市場を開発するには不十分だが、国民の意識および関心が高ければ、短期的には有効になりうる。

<sup>注5</sup> [http://www.iea-pvps.org/products/download/rep10\\_05.pdf](http://www.iea-pvps.org/products/download/rep10_05.pdf)

- ・ 国民にとって最小コストとなるように補助金を策定し評価することには明らかなメリットがあるが、雇用の創出や富の創造（財テク等）に関しても、より確度の高い政策分析を実施することが重要である。

公的支援は種々の施策の組み合わせが可能である。各国で実施された施策数と、太陽光発電システムの設置容量との間には相関性がない。しかし、施策が少ないほど費用の支出は低くなる可能性があるが、一方、施策が多いということは、予期しない状況に対処するためにより柔軟な施策が実施できるということを意味する。資金の調達問題は重要であり、この継続性はどのような支援の仕組みにとっても、成功のためには欠くことができない。

また、どのような施策も種々の判断基準に基づいて評価を受けるべきである。評価すべき事項としては、例えば：

- a. ある市場において成果が得られた場合に、その他の市場特有の障壁にも同様に対応できるのか？
- b. 電力産業の構造は、その施策に適しているか？
- c. 政治的変化があったとしても、そのスキームは継続できる柔軟性があるか？
- d. スキームのみで市場を変革することが可能か？
- e. 行政上の負担は他の施策と比較してどの程度高いか？
- f. フリーライダー（公共財の特性を悪用して負担なしでこれを利用する行為者）の影響は最小限になっているか？
- g. 施策が及ぼす社会経済的・環境的な影響は何か？

などである。

## 2.2 太陽光発電の普及に間接的な影響を及ぼす政策

気候変動に対する政策、及び電力事業者の取り組みは、太陽光発電市場にとって特に重要な課題である。

数カ国の政府が、一般に「再生可能エネルギー使用基準 (RPS)」と称される規制を、自国における再生可能エネルギーの普及を拡大するために導入している。この取り組みは、今後さらに多くの国で採用される可能性がある。しかし、RPSは極めて単純な仕組みであり、太陽光発電以外の最も直接費用の低い再生可能エネルギーが推進される可能性があるため、太陽光発電の普及にプラスの効果を与える可能性は少ない。米国では、太陽光発電に対する最低割当量など、太陽光発電に特化した数多くの規制が策定されている。これらのプログラムについての詳細は [www.dsireusa.org](http://www.dsireusa.org) で参照できる。オーストラリアや日本をはじめとするその他の国々は、太陽光発電に利益をもたらすように、RPSを改良している。ひとつの方法は、太陽光発電による電力が他の再生可能エネルギー電力より多くのクレジット (RPS単位) を獲得できるようにすることである。この場合の倍率は、太陽光発

電のコスト競争力の向上に応じて、見直されるものとしている。

また、多くの国々（オーストラリア、カナダ、スイス、ドイツ、英国、スペイン、韓国、ポルトガル、米国）において、持続可能な建築規制が施行され始めている。これらの規制には、新築の建物（住宅用、事業用）や、販売用の不動産も含まれる。太陽光発電が建物のエネルギー消費を低減する様々な選択肢の一つとされている場合は、この規制が普及展開に及ぼす影響は少ないであろう。一方、スペインやイタリアの事例のように、新築建物に太陽光発電の設置を義務付けている場合には、普及に大きな影響を及ぼす可能性がある。この規制の検討課題としては、建物のコストに及ぼす影響の度合い、規制されることに対する国民の文化的な認識、がある。

グリッド・パリティは、太陽光発電システムによる電力コストが、消費者が小売り電力に対して支払う価格と同等になった状態を説明するのに使用されている用語である。グリッド・パリティは太陽光発電産業にとって重要な目標と認識されており、多くの業界関係者は、グリッド・パリティが数カ国で5年ないしは10年以内に達成されると予想している。もちろん、国毎の電力小売価格の多様性（表3）を考慮することは重要である。グリッド・パリティは、国毎に異なる時期に達成されるであろう。グリッド・パリティが実現すれば、政府の支援を必要としない真の持続可能な市場において、太陽光発電に対する消費者の需要が、増大するであろう。大量の太陽光発電電力を受け入れる電力網の許容量については、いくつかの課題がある。しかしこれについては、研究のために多くのソーラー・シティやソーラー・タウン（例えば日本の太田市のパルタウン：NEDO集中連系型太陽光発電システム実証研究(平成14～19)にて実施）を含む様々な研究開発プログラムが推進されている。

電力事業者の役割は、大量の太陽光発電電力を受け入れる電力網の許容量についての懸念を乗り越えて、太陽光発電にとって今後一層重要になっていくと考えられる。世界的に、電力事業者は政府による義務付けとビジネスチャンスの双方に牽引され、大規模な太陽光発電所に投資したり、太陽光発電所あるいは太陽光発電電力への顧客の関心に応えることにより、どのようにして利益を得るか、模索している。後者について、いくつかの取り組みがデンマーク、米国、オーストラリアなどで実施されるようになってきている。スイスの太陽光発電電力取引所は、太陽光発電電力をクリーンな電力の購入に関心のある個人や事業者向けに発電、売電しており、これがスイスにおける太陽光発電普及促進の原動力となっている。日本の電力事業者は、太陽光発電を支援する顧客の寄付金による「グリーン電力基金」を導入した<sup>注6</sup>。電力需要家／太陽光発電システムの所有者における経済的利害（太陽光発電電力を自家消費するか、電力網に逆潮流するか）については、世界中から大

<sup>注6</sup> 電力の需要家は電力事業者に対し、電気料金に寄付金を上乗せして支払う。電力事業者は、需要家から受け取った寄付金と同額の寄付金を加算し、グリーン電力基金の運営主体に寄付する。運営主体は、有識者の意見を聞いた上で、再生可能エネルギー発電設備への投資を行う。なお、需要家には、運営主体から寄付金の使用状況が報告される。



きな関心を集めているスマート・メータリング、およびスマートな電力価格決定のしくみの双方により支えられる。米国の電力事業者は、大規模事業用発電所、特定の顧客による発電所の所有、資金調達オプション、多様な電力購入モデルまで、広範囲に及ぶ太陽光発電に関するビジネスモデルを積極的に検討している。

太陽光発電市場が成熟し事業機会が明確になるに従い、電力事業者主導ではない多様な商業的イニシアティブも出現してきている（例えば、オーストラリア、ドイツ、英国、日本、オランダおよび米国）。これらのイニシアティブには、民間金融機関による優遇住宅ローンやグリーン・ローン、民間の太陽光発電投資ファンドの株式提供、太陽光発電を富の創造（財テク）やビジネスの成功の手段として活用するスキームも含まれる。

世界の人口の3分の1は、依然として電力網へアクセスすることができないため、独立形太陽光発電が発展途上国において果たす重要な役割も強調されるべきである。太陽光発電は、電力網から隔離された人々に電力を提供することができる。太陽光発電のみで提供される場合もあるし、既存の電力供給の品質を向上させるために使用されることもある。国連のミレニアム開発目標において、直接言及はされていないが、電力へのアクセスはミレニアム開発目標を達成するための必須条件として広く認識されている。また太陽光発電技術のコストが低減されるに従い、太陽光発電が、発展途上国の電力需要の充足のために果たす役割がますます大きくなることが予想される。

### 2.3 規格及び基準

1981年に設立された国際電気標準会議（IEC、www.iec.ch）の技術委員会（TC82）は、太陽光発電分野における世界的な標準化に関する主要な推進機関である。2008年末現在、広範囲の課題を取り上げた74の（様々な言語版を含む）IEC国際規格及び技術仕様書が公刊されている。TC82には29カ国が積極的に参加し、13カ国がオブザーバーの資格で参加しているが、2008年にはさらに4カ国がオブザーバーとして加わった。

新規格の策定及び既存規格の改定に関する取り組みは、用語解説から周辺機器（BOS）にいたる課題に取り組む専門家から成る6部門の作業部会（WG）が遂行している。村落の電化や蓄電池などの横断的課題については、様々な技術委員会（TC）の専門家で構成する合同調整作業部会（JWCG）が対処する。適合性評価及び認証は、国際電気機器安全規格適合試験制度（IECEE）の枠組みの中で扱われている。

TC82は2008年に非常に意欲的に活動し、次に示すIEC規格や技術仕様書（TS）の新版及び改訂版を公刊した。

- ・ IEC 60904 太陽電池
  - ・ パート3：基準スペクトル日射強度データを用いる地上用太陽電池の測定方式

- パート 7: 太陽電池の測定に関するスペクトラルミスマッチ修正のための計算
- ・ IEC 61646 (2008-05) Ed. 2.0 薄膜地上用太陽電池モジュール設計要件と型式認定
- ・ IEC 62116 (2008-09) Ed. 1.0 太陽光発電用系統連系インバータの単独運転防止試験法
- ・ IEC/TS 62257 村落電化用小規模再生可能エネルギー・システム及びハイブリッド・システムに関する推奨案
- パート 7: 発電機
- パート 7-3: 発電システムー村落電化用発電システムの選択
- パート 9-1: マイクロ発電システム
- パート 9-6: 統合システムー個人用太陽光発電システム (PV-IES) の選択

2007 年から継続している活動の中で、太陽電池に関する測定方式などの基本的要件を定義する IEC 60904-X の規格シリーズの改訂が、TC82 議題一覧表の最優先課題となっている。この他に重要な作業項目として、IEC 62109-X シリーズで取り上げる太陽光発電用電力変換装置の安全性、および村落電化に関する一連の技術仕様書 (TS) の完成等が挙げられる。

欧州レベルでは、ヨーロッパ電気標準化委員会 (CENELEC) の CLC/TC82 が、IEC/TC82 および各国の委員会など関係機関と緊密に協力している。欧州が特別に関心を持っている分野においては、CLC/TC82 も独自の規格を策定している。2008 年に、欧州規格「EN 50521: 2008 年太陽光発電システム用コネクタの安全性に関する要件及び試験」が刊行された。CLC/TC82 の議題の、他の優先事項として、太陽電池用ウェハーに関する規格、情報データシート、及び系統連系形太陽光発電用インバータの性能が取り上げられている。

米国では、標準化の重点は、太陽光発電システムの安全性及び系統連系に置かれている。エネルギー省 (DOE) の太陽光発電計画の技術受容活動として、ソーラーアメリカ規格・基準委員会 (Solar ABCs) が創設された。同委員会は、安全で高品質の太陽光発電システムの設置を促進するための規格・基準策定を強化することを意図している。

アンダーライターズ・ラボラトリーズ (UL) は、UL1741「太陽光発電システム用のスタティック・インバータおよび充電制御装置規格」を IEC 規格に適合させるための活動に取り組んでいる。NEC (米国電気工事基準) と IEEE (米国電気電子学会の規格) 双方の系統連系ガイドラインとの調整を図ることは、単独運転防止およびその他の性能要件に関する、IEEE1547.1 と統合された UL1741 規格の改訂版を完成させるための価値ある活動である。米・サンディア国立研究所 (SNL) の研究者が、最大発電出力時のトラッキングおよびアレイ利用の評価を含め、太陽光発電用インバータの性能認証のための試験プロトコルの草案を引き続き更新する。さらに、米国の代表は、IEC TC 82 にも積極的に参加している。

日本では、日本規格協会（JSA）および電気安全環境研究所（JET）が、太陽光発電の標準化分野で非常に積極的に活動している。太陽光発電に関する日本の規格は、対応するIEC規格に概ね一致している。しかし、一部の規格は日本特有の状況を反映している。太陽光発電用コンポーネントに関する課題の大半を網羅している現在の規格に加え、現在、太陽光発電システム全体に関する規格を制定する取り組みが活発に行われている。

2008年は、多くのIEA PVPS参加国において系統連系形太陽光発電システムが大きく成長し、太陽光発電システムを系統に連系・統合することが、ますます重要性を増している。この傾向は、スペインとドイツの2市場においてもっとも顕著に現れた。これは、例えば、2008年にドイツで新たに採用された、中電圧系統(medium voltage)の連系ガイドラインに明らかに反映されている。同ガイドラインにおいて、初めて大規模な太陽光発電システムは、補助的サービス(ancillary services)の提供によって電力系統を積極的に支援すべきであることが示されている。中期的には、この新しいガイドラインにより、配電系統に連系する太陽光発電容量が大幅に増加すると期待されている。

編集：NEDO（担当 総務企画部 久我健二郎）

翻訳：（株）資源総合システム

出典：

2009年・IEA太陽光発電報告書

PV Trends 2009

[http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1\\_18.pdf](http://www.iea-pvps.org/products/download/rep1_18.pdf)

Used with Permission from IEA PVPS

【環境】 CO<sub>2</sub> 排出欧州委員会が軽商用車両からの CO<sub>2</sub> 排出規制法案を提出

欧州委員会は、軽商用車両（バン）からの二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の平均排出量を 175g/km に削減する法案を提出した。この法案によれば、削減は 2014 年～2016 年に段階的に導入され、2020 年までに 135g/km に削減するという長期目標が設定されている。この法案は、2008 年末に合意された乗用車の排出削減に関する法案と類似した形式になっている。この削減問題は、EU の炭素排出総量の約 12% を占める軽量車両の燃費を向上させるという欧州連合(European Union: EU)の戦略において、最後まで未解決になっている問題の一つである。法案は、コペンハーゲンで開催される気候変動枠組み条約第 15 回締約国会議（COP15）の前に、温室効果ガス削減の確約を果たすための具体策を示すという EU の確約を明確に示すものである。

スタブロス・ディマス環境担当委員は、次のように述べた。「法案は、気候変動問題と闘う EU にとってのもう一つの重要なステップであり、コペンハーゲン会議前に EU の取り組みとリーダーシップを確認するものである。また、気候変動への取り組みでバン部門が相応の貢献をすると同時に、消費者が燃料を節約でき、産業界に革新をもたらして低炭素経済への移行から最大限の利益を受けられることを確実にするものである。」

## 法律の実施方法

法案は、乗用車からの CO<sub>2</sub> 排出に関する法案<sup>注1</sup>をモデルとしている。この法案は、新車のバンからの CO<sub>2</sub> の平均排出量を 175g/km に削減しようとするもので、2014 年～2016 年に段階的に導入される。長期的には、2020 年までに 135g/km に削減することを目標に掲げている。排出量の上限は車両重量に従い設定され、各重量ランクごとの上限値が曲線で示されている。この上限値曲線は、全車両からの CO<sub>2</sub> の平均排出量が 175g/km になるよう設定されている。各メーカーは、2014 年からは EU で登録した自社車両からの CO<sub>2</sub> の平均排出量が、確実に同曲線を下回るようにしなければならない。2014 年には登録車両の 75% がこの規制の対象になる。この比率は 2015 年には 80% に上昇し、2016 年からは 100% となる。規制を受けるのは全車両の平均値だけなので、メーカーはこの上限値曲線を下回る車両とバランスさせることにより、同曲線を上回る CO<sub>2</sub> 排出量の車両を生産することもできる。

<sup>注1</sup> Regulation (EC) No 443/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009, setting emission performance standards for new passenger cars as part of the Community's integrated approach to reduce CO<sub>2</sub> emissions from light-duty vehicles  
(<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0001:0015:EN:PDF>)

## 影響を受ける車両

この法案により影響を受ける車両はバンで、軽量車両市場の12%程度を占めている。これには、荷重3.5トンまでの貨物自動車（バンおよびN1として知られる乗用車派生バン）で貨物を積んでいない状態で車両重量が2,610kg未満の車両が含まれる。メーカーの進捗状況は、新車登録データに基づき毎年加盟国によりモニターされる予定である。

## メーカーに対する罰金の有無

法案は、平均排出量が上限値曲線を上回るレベルの場合に超過排出分に対する罰金の支払い義務を課すというメカニズムを通じて、メーカーにCO<sub>2</sub>排出量を削減するインセンティブを与える。この罰金は、あるメーカーの登録した車両が平均で上限値曲線を上回った場合、排出超過分（g/km）に車両数を掛けた数字に基づいて算出される。2018年までの初期段階では、このペナルティのレベルは、上限値曲線を越えた最初の1g/kmは5ユーロ、2g/km目は15ユーロ、3g/km目は25ユーロ、4g/km目からは超過1gごとに120ユーロとなる。2019年からは、最初の1g/kmが120ユーロになる予定である。この値は、乗用車の95ユーロを超えるものであるが、それは遵守にかかるコストが異なるためである。メーカーは、厳しいペナルティを回避するために法案で設定された目標を達成することが期待されている。

## 柔軟性を通じた競争力

法案は、最先端の自動車技術の開発を促進することにより、欧州の競争力を保護することを目指している。CO<sub>2</sub>排出量を削減するが、標準的なCO<sub>2</sub>排出試験手続きの対象とならない革新的技術<sup>注2</sup>を取り付けた車両を認めるといったメカニズムを導入することにより、全ての技術革新を推進する。さらに、超低排出車両（50g/km未満）は、2018年まで追加的なインセンティブが与えられる計画である。

法案には一定程度の柔軟性が組み込まれている。メーカーはグループを形成して、特定の排出目標を達成するために協調行動をとることも可能である。年間の販売台数が22,000台未満の独立のメーカーは、全車両平均目標の代わりに個別の目標を欧州委員会に申請することができる。

## 次のステップ

この法案は、法案の共同決定手続きの一環として、欧州理事会および欧州議会に送付される。

## 詳細情報は下記サイトで入手できる。

Regulation on CO<sub>2</sub> from light commercial vehicles

---

<sup>注2</sup> 例えば電気自動車やハイブリッド車のこと。

([http://ec.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2\\_cars\\_regulation.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2_cars_regulation.htm))

翻訳：NEDO（担当 総務企画部 吉野 晴美）

出典：Commission proposes legislation to limit the CO2 emissions from light commercial vehicles

(<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/09/1605&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>)

**【エネルギー】先端技術研究開発助成**

**野心的エネルギー研究プロジェクトに1億5,100万ドルを助成（米国）**

2009年10月26日、米国エネルギー省(DOE)は37の野心的な研究プロジェクトへの大規模な資金提供を発表した。この中には、風力や太陽エネルギーのような間欠的なエネルギー資源から安定的な電力供給を実現するものや、バクテリアを使って太陽光、水および二酸化炭素から自動車用の燃料を生産するものなどが含まれる。

1億5,100万ドルの助成金は最近設立されたDOEの「先進研究プロジェクト機関—エネルギー(Advanced Research Projects Agency-Energy: ARPA-E)を通じて提供される。ARPA-Eの使命はアメリカの技術リーダーシップを進展させつつ、地球上のエネルギーの需給構造を転換するために、機転がきき、創造的で独創的なアプローチを発展させることである。今回の発表はARPA-Eの下で助成を受けるプロジェクトの第一ラウンドである。ARPA-Eは米国再生・再投資法下に4億ドルの資金を保持している。

選抜結果発表に当たってチュー長官はこう語った。「第二次世界大戦後、アメリカは基礎科学および応用化学において並ぶ者のないリーダーであった。歴大な数の技術進歩をもたらしたのはこのリーダーシップのおかげであった。ARPA-Eは、クリーンエネルギー技術による新しい産業革命に拍車をかけ、何千名もの新しい雇用を創出し、炭素排出の削減を支援することに米国が新しく取り組む上で、極めて重要な部分となる。」

助成金は17州の先導する研究チームリーダーのいるプロジェクトに支給される。主要な受給者のうち43%が小規模企業、35%が教育機関、19%が大企業向けである。これらのチームを支援するに当たって、ARPA-Eはアメリカのエネルギー革新を担うもっとも聡明な人材を結集し、低コストで、信頼性があり、そして国家の低炭素エネルギーの未来を先取りすることを目指している。

助成の対象に選ばれた革新的なプロジェクトには以下のようなものがある。

● **システムスケールの液体金属バッテリー**

MITのバッテリー科学の主任であるDon Sadoway教授によって開発されたこの全液体金属のバッテリーは、低コストで、国内で入手可能な液体金属をベースにしている。国のエネルギー網の一部として大容量のエネルギー貯蔵を大規模に採用する際に必要となる、コスト障壁打破を実現する可能性を持っている。

もし成功すれば、このバッテリー技術はシステム（電力網）上で電力が使用されたり発電されたりする手法に革命的な変化をもたらす可能性がある。アメリカの風力や太陽資源から24時間電気を送ることが可能になり、システムへの信頼性を増し、停電

を過去の話にすることが出来る。そしてもし家庭に導入されるならば、消費者が将来の「スマートエネルギーインターネット」の一部として機能する。そこでは消費者はエネルギーの使用と配電についてもっとすばらしい制御を行うことができるであろう。

- **太陽エネルギーから直接炭化水素のバイオ燃料を生産するバクテリア**

モンタナ大学の研究者達は、二つの有機体の共生システムを使って、太陽光と二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)から直接液体のガソリンを生産する可能性を持ったバイオリクター（生物反応器）を開発した。最初に、光合成を行う生物が太陽輻射を直接捕らえ、それを使って糖類 CO<sub>2</sub>に変換する。同じ場所でもう一つの有機体が糖をガソリンやディーゼルといった輸送用燃料に変換する。これを開発したことで、米国の車両のための国産のクリーン燃料生産を大きく増加させ、外国産石油への依存を終わらせる可能性が出てきた。

- **人造酵素を使った CO<sub>2</sub>回収**

今回の助成は、発電所や工場から排出される CO<sub>2</sub>の回収を、より簡便で経済的に無理のないものにする可能性を持った新しい合成酵素を開発する **United Technologies Research Center** 社の取り組みを支援する。これが成功すれば、この取り組みは、工業的な CO<sub>2</sub>回収に必要なエネルギー消費量をもっと減らし、CO<sub>2</sub>回収システムを稼働させるための資本コストを著しく低下させることを意味する。このプロジェクトが成功することは、CO<sub>2</sub>回収コストを現状の最新鋭のアミンとアンモニアをベースにしたプロセスと比べて大幅に低下させることになるだろう。これは世界中の石炭及び天然ガス火力発電所から排出される CO<sub>2</sub>の回収を経済的に実現可能なレベルにする可能性を持った大きな突破口となるであろう。

- **LED（発光ダイオード）照明のための低コスト結晶**

Momentive Performance Materials 社によって開発された、この最新の結晶成長技術の提案は、白熱電球の 30 倍、電球型蛍光ランプの 4 倍も効率の高い LED の開発コストを劇的に低下させる可能性がある。この、より高品質で低コストの素材は LED 照明の最終製品コストを低下させ、大量消費市場を加速し、米国の照明用エネルギー使用量を劇的に減少させる重要な突破口になるであろう。照明は米国の電力消費の 14%を占めている。

ARPA-E は元々「2007 年アメリカ競争法」に基づいて設立された。本年 4 月、オバマ大統領はこの機関のための創立資金として 4 億ドルを発表した。今回公表されたのは、米国再生法による総資金のうちの ARPA-E 分の 4 億ドルからの最初の提案募集の一部である。選ばれた 37 のプロジェクトは、1 プロジェクト当たり平均で約 400 万ドルを受け取っているが、対象はエネルギー各分野に広がっている。エネルギー貯蔵における変革的なイノ



バージョン、バイオ燃料、CO<sub>2</sub>回収、再生可能エネルギーによる電力、建物の効率、車両、そしてその他のエネルギー技術領域におよんでいる。

ARPA-E は、国防総省高等研究計画局(Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA))に刺激されて、気候変動とエネルギー安全保障のために変革的な新しい解決法を提供しうる、ハイリスクだが見返りも大きいエネルギー研究を支援するために創設された。

ARPA-E による最初の提案募集は、非常に競争がきびしく、募集予定額を大きく上回るもので、3,600 件の概説提案書が当初受理された。この中から 300 の候補者が提案書全文の提出を求められた。さらに、全米の優れたエネルギー科学技術の専門家と ARPA-E のプログラムマネージャーで構成される複合的な審査委員会からの厳格な審査プロセスを経て、最終的に 37 の受賞者が決定した。

選ばれたプロジェクトの一覧は次のサイトを参照のこと。

[http://www.energy.gov/news2009/documents2009/ARPA-E\\_Project\\_Selections.pdf](http://www.energy.gov/news2009/documents2009/ARPA-E_Project_Selections.pdf)

ARPA-E 資金からの第 2 回目の助成については今秋発表される。この選択分野、来るべき技術ワークショップおよび新しい資金助成の機会については次のサイトを参照のこと。

<http://arpa-e.energy.gov/>

翻訳：NEDO（担当 総務企画部 清水 太郎）

出典：<http://www.energy.gov/news2009/8207.htm>

【エネルギー】**地熱**

**DOE は国内の地熱エネルギー推進に 3 億 3,800 万ドル助成（米国）**  
革新的な地熱プロジェクトの展開、技術開発、データ収集を支援

2009 年 10 月 29 日、米国エネルギー省(DOE)のステイブン・チュー長官は、新しい地熱資源の探査と開発、および先進的な地熱技術の研究に最大 3 億 3,800 万ドルを米国再生法資金から助成すると発表した。この助成金は 39 州の 123 プロジェクトを対象にしており、助成金を受け取るのは民間企業、学術機関、原住民部族事業体、地方政府および DOE 傘下の国立研究所である。助成金に対して 1 対 1 以上の比率でマッチング<sup>注1</sup>が行われ、民間セクターおよび連邦政府以外の（公的）資金 3 億 5,300 万ドルがコスト分担金としてプロジェクトに追加される。

「合衆国は歴大な地熱エネルギー資源に恵まれており、我々の家庭の暖房や経済活動への電力供給源になる大きな可能性を秘めている」とチュー長官は語る。「これらのアメリカの技術革新への投資は、このクリーンで二酸化炭素を排出しないエネルギーをこれまでにない低コストで捕捉することを可能にするであろう。我々は何千もの雇用を創出し、経済を押し上げ、そして全米の地熱産業の活性化を支援する。

この助成金は新しい地熱地帯の特定と開発に向けられたもので、革新的な探査・掘削プロジェクトとデータ開発・収集を通じて地熱開発に伴う先行投資リスクを軽減するものである。さらに助成金は、全国に渡る地熱ヒートポンプ実証設備の普及と創造的なファイナンス提案を支援する。

これらのプロジェクトを全部合わせれば米国地熱産業の劇的な拡大が見えて来るであろう。また、掘削、探査、プラント建設、地熱発電設備の運転、および地熱ヒートポンプ設備の製造で何千もの雇用を生み出し、確保することになる。

助成金の対象として選ばれたプロジェクトは 6 つの分野におよぶ。

- **革新的な探査と掘削プロジェクト（最大 9,810 万ドル。24 プロジェクト）**  
革新的な感知、探査と井戸掘削技術を使って、新しい地熱地帯の開発に焦点を当てたもの。
- **石油・ガスの副産物としての、地層圧および低温プロジェクト（最大 2,070 万ドル。11 プロジェクト）**

---

<sup>注1</sup> 助成金を受け取る側も、連邦政府からの助成金に対して一定の比率で資金を負担すること。

膨大に存在するが現状では未開発の地熱資源である、新しい低温地熱地帯を開発するもの。これには全米の何十万もの原油およびガス掘削井で発見される地熱を含む。そこでは原油 1 バレルにつき最大 10 バレルの温水が生産される。

- **地熱井涵養システム<sup>注2</sup>の実証（最大 5,140 万ドル。3 プロジェクト）**  
革新的な技術とアプローチを用いて深層の高温岩体資源からの発電を有効にするための地熱井涵養システム（Enhanced Geothermal Systems (EGS))の探査、掘削、開発を行う。
- **地熱井涵養システムの構成要素の研究開発および分析（最大 8,150 万ドル。45 プロジェクト）**  
高温岩体構造の発見・掘削、および地熱貯留層を刺激して熱を電力に変換するための新技術の研究開発に焦点を当てたもの。
- **地熱データの開発、収集およびメンテナンス（最大 2,460 万ドル。3 プロジェクト）**  
新しい地熱地帯の特定及び評価を支援するために、国全体の包括的な地熱資源データベースを投入する。
- **地熱ヒートポンプの実証（最大 6,190 万ドル。37 プロジェクト）**  
学術機関、地方政府および商用ビルなど様々な顧客タイプ向けの、様々な建物の暖房および冷房に使用する地熱ヒートポンプの展開を実証する。

選ばれたプロジェクトの一覧は次のサイトを参照のこと。

[http://www.energy.gov/news2009/documents2009/338M\\_Geothermal\\_Project\\_Descriptions.pdf](http://www.energy.gov/news2009/documents2009/338M_Geothermal_Project_Descriptions.pdf)

DOE の Geothermal Technologies Program（地熱技術プログラム）は、産業界と連携して、米国のエネルギー供給の上で、地熱エネルギーが経済的に競争力のある資源として貢献できるようにすることを目指している。今回の支援についての詳しい情報は下記サイトを参照のこと。

<http://www1.eere.energy.gov/geothermal/>

今回の発表は、財政支援の対象として選ばれたプロジェクトの範囲を示したものである。各プロジェクトに対する最終的な資金提供レベルの詳細は、選抜された団体と DOE の間の契約交渉に基づいて修正される。

翻訳：NEDO（担当 総務企画部 清水 太郎）

出典：<http://www.energy.gov/news2009/8233.htm>

---

<sup>注2</sup> 深部にある地熱資源を開発するための一連の技術。