

2006.4.26

BIWEEKLY

977

NEDO 海外レポート

I. テーマ特集 — 海洋・地熱エネルギー —

1. 欧米における地熱発電の導入状況(EU)	1
2. 欧米における地熱エネルギー利用の新技术の開発状況(EU)	5
3. エネルギー科学技術の指標と基準 — 地熱エネルギー(EU)	10
4. 欧米における潮力・波力発電技術の最新状況(EU)	16
5. エネルギー科学技術の指標と基準 — 海洋エネルギー(EU)	25
6. ミニ水力発電設備をミラノの運河閘門に設置(イタリア)	31

II. 個別特集

1. 上院科学委員会イノベーション小委員会の基礎研究公聴会(米国)	
(NEDO ワシントン事務所)	33
2. APEC Clean Fossil Energy Technical and Policy Seminar 参加報告	
(NEDO 環境技術開発部)	39

III. 一般記事

1. エネルギー	
DOE は原子力発電所での水素生産の実行可能性研究の提案を募集(米国)	45
水素生産の太陽エネルギーと風力エネルギー技術 その3 電気分解(米国)	47
クリーン石炭燃焼による水素生産の利点を研究する実験装置(米国)	56
エタノールをより経済的に製造する新プロセス(米国)	58
CO ₂ フリー火力発電の開発動向(ドイツ)	61
2. 環境	
米国の意識調査で大多数が将来の環境に悲観的と回答(米国)	63
3. 産業技術	
ナノ粒子を用いた細胞ドラッグ・デリバリー・システム(米国)	66
量子ドット法は迅速にバクテリアを識別(米国)	69
米国の調査機関が注目する先端技術分野(米国)	71

IV. ニュースフラッシュ :

米国—今週の動き: i 新エネ・省エネ ii 環境 iii 産業技術 iii 議会・その他	74
---	----

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 技術開発機構 情報・システム部 E-mail : g-nkr@nedo.go.jp Tel.044-520-5150 Fax.044-520-5155

NEDO 技術開発機構は、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。

【海洋・地熱エネルギー特集】

欧米における地熱発電の導入状況

1. 米 国

2006年3月、米国地熱エネルギー協会（GEO）¹は、米国の地熱発電の最新状況に関する報告書²を発表した。その報告書によると、米国は地熱発電の発電能力および発電量の面で世界のリーダーの地位を保っている。米国では地熱発電は、カリフォルニア、ハワイ、ネバダ、ユタの4州で行われている。稼働中の個別の地熱発電所の詳細な情報（設備の所有者、立地地点、設備の種類、運転開始日、発電能力、年間平均発電量など）はGEOのウェブサイト³で見ることができる。

4州の地熱発電による発電量に関する情報は、開発中の地熱発電設備の発電能力に関する情報とともに、前出のGEOの報告書に記載されている。また、アラスカ、アリゾナ、カリフォルニア、ハワイ、アイダホ、ネバダ、ニューメキシコ、オレゴン、およびユタ州で新たな地熱発電所が建設中である。

米国エネルギー省(DOE)エネルギー情報局⁴の統計資料⁵によると、**米国での地熱発電による発電量は1億4,356 GWh**で、全発電量の0.36%である。前出のGEOの報告書には地熱資源の商用開発に対するいくつかの連邦支援制度（税額控除など）に関する情報が記載されている。また、この報告書には、地熱開発のための政府支出額についても記載されており、1998年から2008年の間の地熱発電に対する政府支出はおおむね年間2,000万～3,000万ドルであった。

2005年エネルギー政策法では、DOEの（地熱エネルギーを含む）再生可能エネルギー研究プログラムに対する資金の増額について言及されている。しかし、DOEは2007会計年度の予算要求では、地熱研究プログラムに対する予算の要求を行っていない。これに関しては「2007年度予算では、地熱エネルギーのプログラムを終了させることを要求する。2005年エネルギー政策法の条項に関しては、連邦補助による研究を求めずに、さらなるコスト低減に向けた地熱資源の商用開発を加速すべきである。」と述べている。

¹ the Geothermal Energy Association (GEO, Washington, DC; <http://www.geo-energy.org/>)

² “Update on U.S. geothermal power production and development”

³ <http://www.geo-energy.org/information/plants.asp>

⁴ the Energy Information Administration (Washington, DC;
<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/elect.html>

⁵ “Electricity Net Generation: Total (All Sectors), Selected Years, 1949-2004” Energy Information Administration / Annual Energy Review 2004

2. 欧州

2005 年の世界地熱会議（4 月 24-29 日開催、於トルコ・アンタルヤ）において、R.Bertani 氏が世界の地熱発電の状況を取りまとめた「世界の地熱発電 2002-2005」という報告書⁶を発表している。この報告書では欧州の地熱発電の状況についてもとりまとめられている。これによると 2004 年末段階で、EU 加盟国内に設置された地熱発電の設備能力は 822MW、発電電力量は 5,545 GWh であった。EU 加盟国内では 5 ヶ国で地熱発電が行われており、発電電力量ではイタリア (5,430 GWh) が大部分であるが、ポルトガル (84 GWh)、フランス (29 GWh)、オーストリア (2 GWh)、そしてドイツ (0.2 GWh) でも行われている。地熱発電は伝統的な方式（蒸気方式等）が主だが、一部ではバイナリ・サイクル発電⁷も行われている。822MW の設備能力のうち、稼働中のものは 2004 年で 728MW である。

地熱発電を実施している各国は地熱発電の設備能力をさらに増加させることを目指しており、欧州全体では、988MW まで増加させることを計画している。新設はイタリア (100 MW)、フランス (35 MW)、そしてポルトガル (17 MW) であり、ドイツとオーストリアではバイナリ発電設備を増設する。この増設により、欧州連合(EU)内での発電能力は、EU の 2010 年の目標値である 1,000MW を僅かに下回るレベルにまで達する見込みである。なお、この目標値は、1997 年に欧州委員会 (EC) の「将来のエネルギー：エネルギーの再生可能源：共同体の戦略およびアクションプランのための白書」⁸で規定されたものである。

以 上

翻訳・編集：NEDO情報・システム部

（出典：SRI Consulting Business Intelligence Explorer Program）

（注）

世界の国別の地熱発電の導入状況について、2005 年のデータを次頁に示す。

日本の地熱発電は、主として他電源とのコスト競争力が原因で、平成 10年度の東京電力八丈島地熱発電所以降新規の事業用発電所は建設されていない。

⁶ “World Geothermal Generation 2001-2005: State of the Art”, Ruggero Bertani
Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005 およ
び” WORLDWIDE GEOTHERMAL ENERGY INVENTORY “ EurObserv’ER 2005。

⁷ バイナリ発電：本号の別の記事（欧米における地熱エネルギー利用の新技术の開発状況）を
参照

⁸ “ENERGY FOR THE FUTURE: RENEWABLE SOURCES OF ENERGY White Paper for
a Community Strategy and Action Plan EUROPEAN COMMISSION “, COM(97)599
final (26/11/1997)。1997 年 11 月 26 日公表。

【参考資料】

表 1. 世界各国における地熱利用の概要（2005 年）

国名	設備容量 [MW]	運転容量 [MW]	エネルギー 生産量 [GWh/y]	ユニット 数	国の生産 容量に占め る割合[%]	国のエネルギ ー消費量に占 める割合[%]
オーストラリア	0.2	0.1	0.5	1	僅少	僅少
オーストリア	1	1	3.2	2	僅少	僅少
中国	28	19	95.7	13	30% チベット	30% チベット
コスタリカ	163	163	1,145	5	8.4%	15%
エルサルバドル	151	119	967	5	14%	24%
エチオピア	7	7	該当なし	1	1%	該当なし
フランス	15	15	102	2	9% グアドループ島	9% グアドループ島
ドイツ	0.2	0.2	1.5	1	僅少	僅少
グアテマラ	33	29	212	8	1.7%	3%
アイスランド	202	202	1,406	19	13.7%	16.6%
インドネシア	797	838	6,085	15	2.2%	6.7%
イタリア	790	699	5,340	32	1.0%	1.9%
日本	535	530	3,467	19	0.2%	0.3%
ケニア	127	127	1,088	8	11.2%	19.2%
メキシコ	953	953	6,282	36	2.2%	3.1%
ニュージーランド	435	403	2,774	33	5.5%	7.1%
ニカラグア	77	38	270.7	3	11.2%	9.8%
パプアニューギニア	6	6	17	1	10.9% Lihir 島	
フィリピン	1,931	1,838	9,419	57	12.7%	19.1%
ポルトガル	16	13	90	5	25% サンミゲル島	
ロシア	79	79	85	11	僅少	僅少
タイ	0.3	0.3	1.8	1	僅少	僅少
トルコ	20	18	105	1	僅少	僅少
米国	2,544	1,914	17,840	189	0.3%	0.5%
総計	8,912	8,010	56,798	468		

（出典：“World Geothermal Generation 2001-2005: State of the Art”, Ruggero Bertani,
 Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005）

表 2. 世界における地熱発電の設備容量と発電量の推移

年	設備容量 [MW]	発電量 [GWh/y]
1975	1,300	
1980	3,887	
1985	4,764	
1990	5,832	
1995	6,798	37,744
2000	7,974	49,261
2005	8,912	56,798

(出典：表 1 と同じ)

【海洋・地熱エネルギー特集】

欧米における地熱エネルギー利用の新技术の開発状況

本稿では二つの地熱発電技術、高温岩体(HDR。深部の地熱資源を開発する技術)、およびバイナリ・サイクル発電（低温の地熱エネルギーを電気に変換するために用いるための設備設計）の開発状況、特に欧米における商用化を視野に入れた研究開発状況を紹介する。主な情報源は、2005年における国別の世界の地熱発電の状況を要約した資料¹であるが、適宜他の資料を参照した。

1. 高温岩体技術

HDR技術の開発状況については資料²で整理されている。高温岩体³という用語は、そもそも米国ロスアラモス科学研究所（現在のロスアラモス国立研究所）が1970年代から1990年代にかけて開発したプロセスに対して名付けられたものである。当時の研究者達は地球の構造についてのより深い理解や、深部の地熱資源を開発する方法に取り組んでいた。研究者達はさらにこれらの深部の地熱資源を開発するプロセスを説明するために新たな用語群を生み出した。例えば、スイスでは、HDR技術の進展を表現する「深部熱採掘」⁴という用語が用いられた。米国エネルギー省の地熱技術プログラムでは、伝統的な熱水資源利用から高温岩体までの範囲を含む一連の地熱資源利用技術について「enhanced geothermal systems(EGS)⁵」という言葉を用いた。

HDR技術は米国および日本において実証されたが、今日では主にオーストラリアおよびフランスで開発が行われている。オーストラリアでは、ジオダイナミックス社⁶が単独で、高温岩体から再生可能な地熱エネルギーを生み出すことに取り組んでいる。同社は、現在オーストラリアのクーパー盆地においても資源開発を実施中である。なお、同社は2000年11月に民間企業として登録されている。

2. バイナリ・サイクル発電

バイナリ・サイクル発電は、低温の地熱水（90°～175°C）の熱を、閉ループの熱交換器を通して循環させる流体に移動させることにより発電を行うものである。熱交換器では作動流体（通常はブタンのような低沸点の炭化水素ベースの液体）が暖められ

¹ 資料1： “World Geothermal Generation 2001-2005: State of the Art”, Ruggero Bertani
Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005

² 資料2： “DEVELOPMENT OF HOT DRY ROCK TECHNOLOGY”, Helmet Tenzer, GHC
BULLETIN, December 2001

³ hot dry rock

⁴ deep heat mining

⁵ EGSの日本語訳としては「貯留層滋養技術」あるいは「地熱涵養技術」がある。

⁶ Milton, Queensland; <http://www.geodynamics.com.au>

る。地熱水（塩水）の熱は作動流体に移動し、それが気化する。気化したガスはタービンに導かれて発電を行う。この技術はすでに確立し、商用運転に用いられている。前出の資料1によると、世界で設置されている地熱発電 8,912MW のうち約 8% が、バイナリ／複合サイクル／ハイブリッド設備である。

3. 米国での地熱研究開発プログラム

2006 年 3 月、米国地熱エネルギー協会（GEO）⁷は、米国の地熱発電の最新状況に関する報告書⁸（資料3）を発表した。この報告書によると、地熱研究に対する政府支出は 1998 年－2006 年の期間毎年 2,000～3,000 万ドルであった。

2005 年エネルギー政策法では、DOE の（地熱エネルギーを含む）再生可能エネルギー研究プログラムに対する資金の増額について記述されている。しかし、DOE は 2007 会計年度の予算要求では、地熱研究プログラムに対する予算の要求を行っていない。これに関しては「2007 年度予算では、地熱エネルギーのプログラムを終了させることを要求する。2005 年エネルギー政策法の条項に関しては、連邦補助による研究を求めずに、さらなるコスト低減に向けた地熱資源の商用開発を加速すべきである。」と述べている。現時点では、DOE の将来の地熱研究への取り組みは不明確である。

DOE の地熱研究は「エネルギー効率化および再生可能エネルギープログラム」の「地熱技術プログラム(GTP)」⁹を通じて資金提供されてきた。GTP は米国のエネルギー供給へ貢献するため、経済的に競争力のある地熱エネルギーを確立することを目指し、産業界と協力したパートナーシップに取り組んでいる。

4. 高温岩体研究開発および技術の商用化(米国)

GTP の研究プログラムは EGS の重要性を支援している。EGS 技術は、伝統的な熱水資源から高温岩体の範囲まで、地熱資源利用の連続的な活用のために用いることができる。研究の主な分野は以下の通り。

- ・国立再生可能エネルギー研究所(NREL)¹⁰によって主導されるエネルギーシステムの研究と試験（地熱エネルギーの熱や電気への変換を強化することに取り組む）
- ・サンディア国立研究所¹¹によって主導される掘削技術の研究（ハードウェアと診断ツールの両者）
- ・アイダホ国立研究所¹²によって主導される地学と支援技術研究（探査および資源管理）

⁷ the Geothermal Energy Association (GEO, Washington, DC; <http://www.geo-energy.org/>)

⁸ “Update on U.S. geothermal power production and development”

⁹ the Energy Efficiency and Renewable Energy Program’s Geothermal Technologies Program (GTP; <http://www1.eere.energy.gov/geothermal/about.html>).

¹⁰ the National Renewable Energy Laboratory (NREL; Golden, Colorado)

¹¹ Sandia National Laboratories (SNL; Albuquerque, New Mexico)

GTP の戦略計画¹³が 2004 年 8 月に発表されている。2005 年 8 月には GTP の 2006-2011 年の複数年計画¹⁴が発表された。この計画には、一般的な戦略計画よりもかなり詳細な情報が記載されている。

EGS 技術は HDR 資源の開発を助けることになるであろうが、現在、米国において商業ベースの HDR 設備の設置に関する情報は得られていない。

5. バイナリ発電の研究開発と技術の商業化（米国）

米国 DOE のエネルギー転換プロセスの改善に関する研究プロジェクトは主として NREL によって実施されている。NREL の地熱エネルギー利用の低コスト化への取り組みは以下の 5 つの重点研究分野で行われている。

- ・ 混合作動流体の凝縮
- ・ 熱交換器のライニング
- ・ 空冷式凝縮器
- ・ 代替的非凝縮型ガス除去法
- ・ 小規模地熱発電設備のフィールド検証

既に米国ではいくつかのバイナリ発電所が稼働している。地熱エネルギー協会¹⁵は所有者（プラント名）、立地点、運転開始日、公称出力を記したバイナリ・プラントのリストを作成しており、それを次表に示す。

表 1 米国で稼働中のバイナリ発電所

州	所有者（プラント名）	立地点	開始年	出力 (MW)
カリフォルニア	アマディ・ジオサーマル・ベンチャー (AMEDEE)	アマディ	1988	1.6
	コンステレーション・パワー・アンド・オーマット (MAMMOTH PACIFIC I)	シェラネバダマウンテン／モノ	1984	10
	コンステレーション・パワー・アンド・オーマット (MAMMOTH PACIFIC II)	シェラネバダマウンテン／モノ	1990	15
	オーマット (GEM RESOURCES II)	インペリアル	1986	18
	オーマット (ORMESA I, IE, IH)	インペリアル	不詳	44
	オーマット (ORMESA II)	インペリアル	1986	18
	オーマット (SIGC BINARY)	インペリアル	1992	42
ハワイ	プナ・ジオサーマル・ベンチャー	パオア	1993	10(注)

¹² the Idaho National Laboratory (INL; Idaho Falls, Idaho).

¹³ "Geothermal Technologies Program Strategic Plan", DOE Energy Efficiency and Renewable Energy, August 2004

¹⁴ "DOE Geothermal Technologies Program Multi-Year Program Plan 2006-2011" August 31 2005

¹⁵ Washington, DC; <http://www.geo-energy.org>

ネバダ	コンステレーション・エナジー (SODA LAKE I)	ファロン	1987	5.1
	コンステレーション・エナジー (SODA LAKE II)	ファロン	1990	18
	ホーム・ストレッチ・ジオサーマル (WABUSKA)	ワブスカ	1984	2.2
	スチームボート・デベロップメント社 (STEAMBOAT II)	ワシュ	1992	24
	スチームボート・デベロップメント社 (STEAMBOAT III);	ワシュ	1992	24
	US エナジー・システム (STEAMBOAT I)	ワシュ	1986	8.4
	US エナジー・システム (STEAMBOAT IA)	ワシュ	1988	2.95
ユタ	リカレント・リソースズ (Cove Fort) LLC (COVE FORT 2)	コブフォート	1990	2.25

(注) このプラントはシングルフラッシュとバイナリのハイブリッド方式

6. 高温岩体技術の研究開発および商業化（欧州）

欧州では少なくとも2つのHDRプロジェクトが進行中である。一つはフランスで、もう一つはスイスで行われている。また、英国のカンブロン鉱業大学¹⁶はコンウォールのペンリン近くのローズマロー採石場において過去に取り組んだ。ドイツにおいてもいくつかのプロジェクトが過去に実施された（例えば、ファルンケンブルグ・フラック・プロジェクト、ウラチ地熱プロジェクトなど）。

○ソルツ・ツ・フォレッツ（フランス）

ソルツプロジェクトは、EUとフランス、ドイツ、イタリア政府との共同事業である。このプロジェクトは1987年に開始された。実施地点は、過去に原油が産出されたことがある地質学的に良好とされる地域である。現在の開発フェイズの期間は2005年から2008年であり、5から6MWのパイロットプラントの建設を支援する計画である。もし、パイロット運転が計画通りに進めば、25MWの産業用の試作機が2010年に建設されるかもしれない。さらなる情報は欧州HDRのwebsite¹⁷を参照。

○バーゼルおよびジュネーブ（スイス）

スイスのバーゼルとジュネーブで行われている、深部熱鉱山(DHM)¹⁸プロジェクトは、HDR型のコジェネレーション（熱電併給）プラント技術の確立を目指している。

¹⁶ The Camborne School of Mines

¹⁷ <http://www.soultz.net>.

¹⁸ the Deep Heat Mining (DHM) project

プロジェクトは 1996 年に連邦エネルギー局(OFEN)によって主導および一部助成されている。現在は、民間企業および公的機関がプロジェクトの活動を支援している。ジオサーマル・エクスプローラ社¹⁹がプロジェクトの進展と管理に責任を負っている。

バーゼルの現場の計画では、地域熱供給システムのための電力 3MW と熱 20MW を生産する能力のある深度 5,000m 地点での貯留槽の開発を提唱している。ジュネーブの現場では、詳細な調査が行われている（追加情報は web サイト²⁰を参照のこと）。

7. バイナリ・プラント研究開発および技術の商業化（欧州）

欧州で稼働中のバイナリ・プラントは以下の通り。

国名	概 要
オーストリア	・アルセイム：2002 年：1MW ・ブルモー：2001 年：0.2MW
ポルトガル	・リベラグランデ・プラント、サンミゲール島、アゾレ：1998 年に 4 基のバイナリが完成：計 13MW

以 上

翻訳・編集：NEDO情報・システム部

（出典：SRI Consulting Business Intelligence Explorer Program）

¹⁹ Geothermal Explorers Ltd. (<http://www.geothermal.ch/eng/projekt.html>)

²⁰ <http://www.dhm.ch/dhm.html>.

【地熱・海洋エネルギー特集】

エネルギー科学技術の指標と基準―地熱エネルギー（EU）

―欧州委員会「エネルギー科学技術の指標と基準」より―

技 術

概 評：地熱技術は広範な技術と用途を持つ点に特徴があり、地熱プロジェクトに適用される技術の大半は個別案件ごとに決められている。また、掘削コスト、資源探査リスク、発電所の効率といった数量的データは地熱発電所の立地により大きく異なるため、一般論を述べることは難しい。

地熱からエネルギーを生産する主な技術としては、地熱用ヒートポンプによる地表付近の熱利用（熱生産のみ）、熱水利用（電気と熱の生産）、高温岩体（hot dry rock : HDR）や高温破砕岩体（hot fracture rock : HFR）技術などの EGS（Enhanced Geothermal Systems : 地熱井涵養技術）が含まれる。EGS は透水性が低く流体に乏しい資源を扱う技術であり、電気と熱を生産することができる。地熱用ヒートポンプを使って熱を低温用途として生産する技術は成熟していると考えられており、短期および中期的には主に市場刺激策によって後押しされることが予想される。また、高エンタルピー資源は短期的にも長期的にも大規模な研究開発を必要としない。

EU 域内で最も重要度の高い地熱パイロットプラントはライン地溝の西端に位置するソルツ（Soulzt-Sous-Forêts）にあり、高温破砕岩体（HFR）の研究プロジェクトが行われている。1987 年に開始されたこのプロジェクトは欧州経済利益団体（European Economic Interest Group : GEIE）により運営されており、GEIE Exploitation Minière de la Chaleur（GEIE 熱採取開発）と呼ばれている。

このパイロットプラントは、同じ地盤から掘削して設けられた深さ 5,000m の 3 本の坑井（注入井 1 坑と生産井 2 坑）を使用する。同プラントは 2005 年末までに 180℃以上の熱を約 50MW 生産することができると見込まれている。この温度で生産できる電力は最大 6MW であり、同プラントの正味出力は 4.5MW 程度になると試算されている。

同パイロットプラントでは主に 2 つの開発段階が計画されている。2001 年から 2004 年の第一段階では、高温の花崗岩層がある深さ 5,000m まで掘削を行って熱資源に到達し、高圧（水圧破砕）の流体を注入することにより熱交換部を造る。2004 年から 2007 年の第二段階では地上発電所の建設に重点が置かれる。さらに、中長期的には地下の熱交換部の評価とモニタリングへの取り組みが行われる予定である。

GEIE によると、HDR/HFR 技術の産業開発はプロトタイプによって継続されていくとのことである。このプロトタイプは様々な数の注入井(～3)と生産井(～6)を用い、約 25MW の発電容量を持つことが期待されている。また、長期的には HDR/HFR の経済性を向上させるために多くの生産工場が建設されることが予想される。

また、ソルツのプロジェクトの他にも EU 加盟国レベルで幾つかのプロジェクトが進められている。

表 15 は地熱の最新技術を示している。

表 15 地熱の最新技術

	商業化	実証	R&D
技術	地中熱ヒートポンプ 高エンタルピー資源と 水熱利用による発電	EGS HDR/HFR	EGS HDR/HFR

技術的および社会経済的なボトルネック

最も重要な研究開発関連のボトルネックは4つの分野横断的な技術的および社会経済的側面に見られ、特に電気と熱を生産するための HDR/HFR と地熱採取技術に関係している。

- ・ 探査：地熱貯留層のイメージングとモデリングのための基礎的な地質データ取得
- ・ 開発：掘削コストと水圧破碎技術の改善
- ・ エネルギー変換：低温での熱力学的変換
- ・ 適切な資金調達と支援スキーム

次の表に示すマトリックスは、様々な分野横断的な技術と主な適用分野との関連を示したものである。

表 16 地熱エネルギー生産の分野横断的な技術

技術 \ 用途	地中熱ヒートポンプ (低温熱)	熱水利用	EGS HDR/HFR
探査		○	○
掘削・水圧破碎		○	○
エネルギー変換		○	○
支援スキーム	○	○	○

探査および地熱貯留層の確認

地熱発電の重要なボトルネックは、地熱貯留層の確認、マッピングおよび探査をより正確かつ費用効率良く行うための手法開発に関するものである。地温勾配、岩石物性、亀裂面の数と間隔、流動抵抗、流体の散逸、熱低下率などに関して固有の特徴を持つ地熱資源を探し出すことは、(基礎的な地質データの取得と同様に)幾つかの工学技術的な要因に影響されるため、決して容易とはいえない作業である。探査および貯留層の特定は地熱エネルギーを開発していくうえで重大なリスクを伴う。図3は地熱発電所の建設の各段階において予測されるリスクを示している。

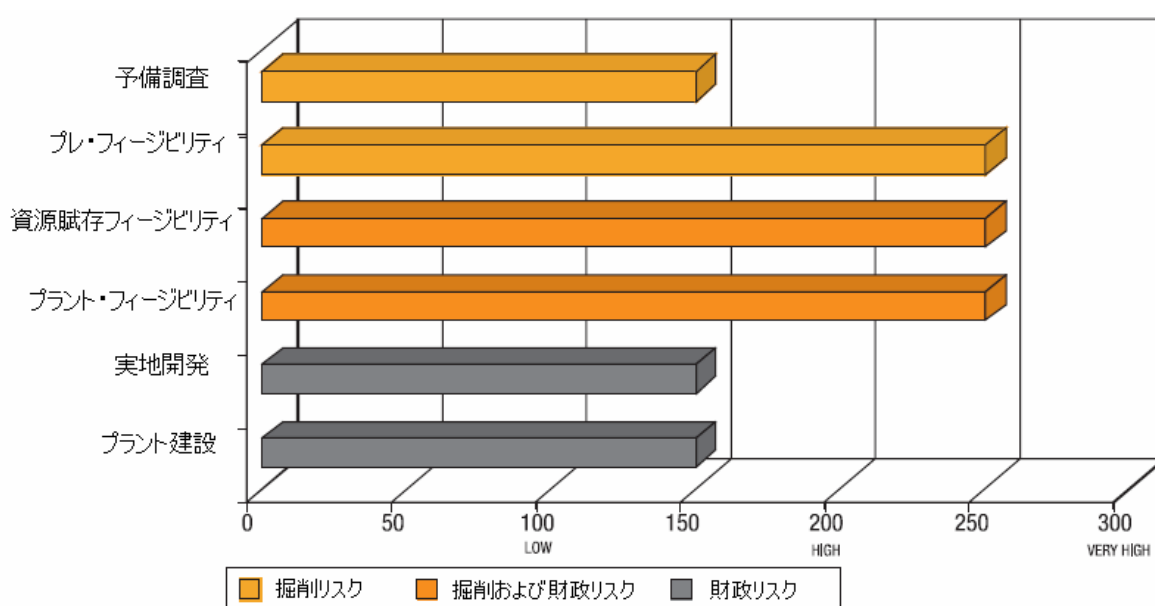


図3 地熱発電所の各建設段階において予測されるリスク

掘削と水圧破碎のコスト

探査と生産を目的とする掘削のコストは地熱発電所の総費用の中でもかなり大きな部分を占める可能性があるため、地熱エネルギーを生産するうえで重要な技術的および経済的なボトルネックとなる。

掘削に関する研究は、高温腐食環境にある硬岩体の掘削コストを削減するための方法に重点が置かれており、より長寿命のビットと高速化を目的とした改良システムの開発により掘削コスト削減への取り組みが行われている。また、坑井内のビットと地上間の情報伝達・収集をより迅速かつリアルタイムに行うための高度なシステムについても研究が進められている。

一部の EU 加盟国では(ドイツのグロス・シェーネベックなど)、プロジェクトにおける各坑井の生産性を高めるため、新しい水圧破碎技術の研究と試験が行われている。しかしながら、水圧破碎技術は専ら地質層によって決まることに留意する必要がある。したがって、一般論を述べることはできない。

エネルギーの抽出と変換

地熱資源からのエネルギー抽出と変換については、ケーシングとチュービングの材料を改良して腐食、高温への耐性付与とスケール抑制を行うことが、発電所の効率と稼働率を向上させることと並んで、中長期的に安価な配電コストとするための重要な技術的ボトルネックであると考えられている。さらに、HDR/HFR システムを地熱流体用ヒートポンプに利用するにはまだ問題が存在する。ヒートポンプは現在最大深さ 300m で順調に運転されているが、HDR/HFR システムでは 500~600m の深さから 200℃の地熱流体を 80 t/s で供給するためのポンプ操作が必要とされるからである。

地熱発電所の運転は他の火力発電所よりも比較的低温で行われるため、発電効率は 8~12%と低い。一般的に、CHP(熱電併給)によって地熱発電所の稼働率は大幅に向上する。より多くのエネルギーを抽出する熱力学サイクルの改善に加えて水冷・空冷式凝縮器の新設計に重点的に取り組む必要がある。

これまでの成果としては、低コストの熱交換器材料を腐食やスケールから保護する熱交換器内張りの改良の他、ORC(Organic Rankine Cycle : 有機ランキンサイクル)やカリナサイクル(バイナリーサイクル)の利用などがある。ORC プロセスは従来のサイクルに比べて(同じ温度で)30%効率が良いことが実証されている。カリナサイクルのプロセスについては多くの EU 加盟国で実証段階にあり、その将来的成功は短期および中期に得られる結果にかかっている。

また、地熱発電所の設備コストと操業管理コストは地熱エネルギー開発の重要な経済的ボトルネックであると考えられており、オートメーション化の進展に伴い中長期的に削減していく必要がある。

適切な資金調達と支援スキーム

地熱利用に関する既存の支援スキームや資金調達を促進するメカニズムの多くは適切とは言えない。地熱用ヒートポンプについては投資インセンティブよりも法整備を行う方がより効果的な支援につながる可能性がある。また、熱水利用や EGS については、探査リスクへの補償(調査井)を財政支援のメカニズムに組み込むことが必要である。

重要なボトルネックを特徴づける要因

地熱技術の個々のボトルネックを特徴づける数量的データを示すことはできない。これは、データの多くが個々のプロジェクトのサイト特有の条件に基づくためである。したがって、数量的データについては最も一般的な要因を示すものとする(電気と熱の生産コスト、プラントの効率、水流量)。

地熱技術に関する重要な要因の詳細については以下を参照されたい。

表 17 重要なボトルネックを特徴づける数量的要因

要因	単位	現在	5 年	10 年	>15 年
コスト					
発電コスト HDR/HFR 注	€セント /kWh	20-30	-	10-15	-
熱生産コスト HDR/HFR	€セント /kWh	3-8	-	2-5	-
投資コスト	€/kWe	6,000-18,000	-	3,000	-
発電効率	%	8-12	-	10-14	-
2 本あるいは 3 本の坑井システムを循環する水流量	kg/s	30	-	50-100	-

改善に向けた重要指標の分析

表 18 改善への重要な指標－地熱技術

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標
探査	探査と地熱貯留層の確認	探査と資源量の確定 ・地球物理学的データ(微小重力、自然電位、MT、CSAMT、弾性波等)、地球化学的データ(希ガス、塩化物分布等)、遠隔計測技術と従来の貯留層工学データを結びつける技術の開発と実証を行い、より確固とした貯留層モデルの開発と探査能力の拡大につなげる。 ・空中電磁法と重力探査による迅速な資源評価 ・人工衛星の画像による地熱貯留層の解析 ・3次元 MT 法を用いたデータとイメージング・システムによる地熱資源探査

注 高エンタルピー資源による発電コストは現在 5-8€セント/kWh であり、今後 10 年間で 3-5€セント/kWh にすることが目標とされている。このコスト低下はすでに商業利用可能な技術に対応するものであり、この報告書で主として取り扱っている EGS 技術と混同しないよう注意が必要である。

		・貯留層の数値モデリング技術の改善(流体化学の導入、非保存性トレーサー等) ・貯留層モデリングの有効性を実証するためのケーススタディ公表
掘削・水圧破碎	生産性向上とコスト削減に必要な掘削と水圧破碎技術	・掘削制御の最適化および高温用器具を活用した貯留層確認の精度向上によって掘削の数とコストを削減する。 ・シリコン・オン・インシュレータ技術の地熱用測定機器への適用が、一部の国またはプロジェクトで実証と試験が行われている。 ・産業全体による SOI 機器の検定と基準の整備 ・地熱掘削の最大の課題である逸水対策のためにより良い材料と技術を開発する。 ・貯留層とその持続可能性をより正確に把握するため、水理学、弾性波探査、トレーサー、モデリングから得られるデータの解析を推進する必要がある。 ・貫入度とビットの寿命を現在水準の倍に高めることができれば、掘削費用を約 15%削減することができる。
利用	エネルギー抽出と変換 地表からの低温インプットによる熱力学エネルギー変換の低効率	・ORC とカーリーナ・プロセスの改善 ・バイナリあるいはトリラテラル蒸気サイクルの R&D 促進
利用	O&M の高コスト	・発電のオートメーション化 ・スケール抑制と腐食防止のための技術標準化
支援スキーム	産業基盤の開発 初期段階	・この産業の工程・分野の多くは未だ競争力を持たない。したがって、プロジェクトの年間割り当て数(パイロット・プロジェクトを含む年間プロジェクト数)を設ける必要がある。 ・新プロジェクトへの投資支援のスキームは、HFR の開発促進をするための調査井掘削のような先行投資に配分されるべきであろう。

以上

翻訳：NEDO情報・システム部

(出典：EUROPEAN COMMISSION：Energy Scientific and Technological Indicators and References, http://www.europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/estirbd_en.pdf , pp.51-56. この報告書の完全版は以下で利用可能である：
http://www.eu.fraunhofer.de/estir/ESTIR_summary.pdf)

【海洋・地熱エネルギー特集】

欧米における潮力・波力発電技術の最新状況

本テーマについては、962号（2005年9月7日発行）¹で報告しているが、その後の最新情報を追加し、改めて報告する。

過去数年間、波力、潮力エネルギー技術に対する注目が大幅に増加している。特に欧州では、地球規模の気候変動に対処するために、再生可能エネルギーへの支援が増加している現在の状況に関連して、再生可能な海洋エネルギー利用についての新しい考え方が進展するとともに、既往の技術の再評価が行われている。全般的には海洋エネルギー利用技術は初期の段階にあるが、いくつかのコンセプトはかなり進展している。少なくとも2010年までに波力および潮力産業が産業として離陸するものと、アナリスト達は期待している。

1. 潮力発電

潮力発電は、海洋の潮力（含む海流）のエネルギーを利用して発電を行うものであり、原理は水力発電と同様である。潮力発電の場合は、より大きなダム・バラージ（堰）が河口などに設置される。バラージを設置することにより、潮の干満を利用してタービンを回転させ発電を行う。潮が出入りする度に、海水がバラージ内のトンネルを通って流れ込むことにより、タービンを回転させたり、パイプ中の空気を圧縮してタービンを回して発電する。潮力バラージの設置は非常に高資本費がかかるが、設置後の稼働期間は長い。また、今日の代表的な海流プロジェクトでは、オフショア（沖合）の水平軸タービンや垂直軸タービン（水面下のウインドファームのように）を用いて、潮力発電を行う。ほとんどの潮力発電設備は4—5ノットの流速において最もよく稼働する。

ストラスカイド大学のESRUのウェブサイト²には海流利用技術について有用な情報が掲載されている。さらに、開発中の様々な潮流エネルギー捕捉装置に関連するサイト³も掲載されている。

- ・ **SeaGen**（Marine Current Turbines 社⁴、英国・ブリストル）：この会社は世界で初めて潮流装置を設置した。現在より大規模な試作機を計画中である。
（より詳しくは、最近の開発状況の項（後出）参照） → 添付資料①のイメージ図参照

¹ www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/962/962.html

² www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/03-04/marine/bkgd_about.htm

³ www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/03-04/marine/tech_concepts.htm

⁴ www.marineturbines.com

- ・ **Stingray** および **AWCG** (Engineering Business 社⁵、英国・ノーザンバーランド): EB社は最近 **Stingray** 潮流発電機フルスケールの実証設備の設計、建設、オフショアの設置、試験、実証のプログラムを完了した。3年間のプログラムは英国通商産業省(DTI)と新および再生可能エネルギーセンターの支援で行われた。
- ・ **Sea Snail** (スコットランドのロバートゴードン大学および AREG⁶) : Sea Snail 装置は革新的である。プレハブ式であるため、他の潮力タービンよりも安価に設置できるかもしれない。2005年5月には、ロバートゴードン大学は Sea Snail の設置が成功したことを発表した。詳しい情報は web⁷サイトを参照のこと。 →添付資料②の写真参照
- ・ **Ocean Turbine** (Blue Energy 社、カナダ・バンクーバー) : Blue Energy 社は垂直軸の水力タービンの開発者である。より詳しくは、最近の開発状況の項参照。
- ・ **Underwater Electric Kites** 社⁸ (メリーランド州アナポリス) : 同社は 50-100kW の範囲のいくつかのプロジェクトを行っている。(より詳しくは、最近の開発状況の項参照)
- ・ **Exim** (Seapower International 社⁹、Delta Marine 社、Stormturbiner 社) : Sea Power 社は造船や水力発電産業で確立された技術を基に波力発電ステーションを開発した。
- ・ **Gorlov Helical Turbine** (GCK Technology 社¹⁰、テキサス州サンアントニオ)

さらに ESRU の WEB サイトでは、二つの新しいコンセプトとして LUNAR ENERGY 社¹¹による **LUNAR SYSTEM**と HYDROVISION 社¹²の **TIDEL** 発電機を解説している。

2. 波力発電

波力エネルギーの転換には 3 つの基本的なシステムが存在する。波をリザーバーに

⁵ www.engb.com

⁶ www.rgu.ac.uk/cree/general/page.cfm?pge=10645

⁷ <http://www.rgu.ac.uk/cree/general/page.cfm?pge=10769>

⁸ <http://uekus.com>

⁹ www.seapower.se

¹⁰ www.gcktechnology.com

¹¹ www.lunarenergy.co.uk

集中させるチャネルシステム、水圧ポンプを作動させるフロートシステム、コンテナ中の空気を圧縮するために波を用いる周期振動水柱システムである。これらのシステムから産み出される機械的な力で、直接発電機を作動させたり、作動流体や水や空気へ転換した後にタービンや発電機を作動させる（詳しくは web 情報^{13、14}を参照）。

3. 潮力および波力発電の最近の開発状況

(1) 欧 州

特に英国において潮力および波力発電技術の開発が活発である。欧州では 2, 3 の大規模な試作設備が実際の海洋条件下で建設されて試験運転されており、また商用プロジェクトの建設が進行中である。

Carbon Trust 社の最近の出版物「未来の海洋エネルギー」¹⁵では、波力や潮力エネルギーについて、コスト競争力や今後の成長のための利用可能な研究上の発見が記述されている。英国の経済産業省(DTI)は過去 5 年間に、波力および潮力エネルギー技術の研究開発に対し 1,500 万ポンド以上の投資を行っている。様々な波力および潮力エネルギー技術についてのワークショップや実証結果に関する DTI のアーカイブは web¹⁶を参照。

欧州での波力および潮力エネルギー技術の最近の活動状況は以下の通り。

・ Ocean Power Delivery 社¹⁷（スコットランド・エジンバラ）は世界の最初の商用波力発電ファームを建設中である。この技術は欧州海洋エネルギーセンター¹⁸（オークリー州ストロムネス）で試験された **Pelamis 技術**に基づいている。第一段階が進行中で、2006 年 3 月に 3 基の Pelamis P-750 機(各 750 kW)がスコットランドからポルトガルに向けて出荷された。波力ファームは北部ポルトガルのポボア・デ・バリム近郊の海岸の 5km 沖合に設置される。設置設備の規模は全体計画 24MW の第一段階として 2.25 MW である。既に増設分の 28 基の Pelamis 機(約 20MW)の発注が内示されている。これらの発電により、ポルトガルの 15,000 世帯以上の電力需要に匹敵する発電量が期待されている。Pelamis 装置は、蝶番のある結合部で連結された半潜水型円筒形が連なった形をしている。波によって動く円筒形部が水圧ラムに力を加える。

¹² www.smdhydrovision.com

¹³ www.eere.energy.gov/consumer/renewable_energy/ocean/index.cfm/mytopic=50009

¹⁴ www.machinedesign.com/ASP/strArticleID/57260/strSite/MDSite/viewSelectedArticle.asp. An updated list of ongoing feasibility demonstration projects is at <http://www.epriweb.com/public/000000000001012886.pdf>

¹⁵ “Future Marine Energy

“ (www.thecarbontrust.co.uk/carbontrust/about/publications/FutureMarineEnergy.pdf)

¹⁶ www.dti.gov.uk/renewables/renew_6.1i.htm

¹⁷ www.oceanpd.com

¹⁸ European Marine Energy Centre (www.emec.org.uk/)

水圧ラムは、スージング・アキュムレーター経由で水圧モーターへ高圧の油を送り込む。水圧モーターは発電機を作動させる。全接合部からの電力は、1本のケーブルを通じ海底の設置部に送られる。いくつかの装置を一本の海底ケーブルで接続し海岸へ繋がる。→添付資料③の写真参照

・ Marine Current Turbines 社¹⁹は 2003 年にイングランドのデボンのリンマス沖に、世界で最初の潮力発電装置—**SeaFlow 300-kW** 装置—を設置した。2006 年に第一段階の研究が終了する計画である。この会社は現在、商用試作設備—ノース・デボン沿岸の 12 基からなる潮力発電ファーム—の建設についてのフィージビリティを調査中である。2005 年 12 月に、この企業は **SeaGen** プロジェクトに対し 200 万ポンドの追加資金を受け取ったことを発表した。また、同月には設置に必要な認可を得ている。この企業は 2010 年までに約 300MW の設置を目指している。**SeaGen** プロジェクトの最近のプレスリリースは web²⁰を参照。

・ ノルウェー企業の Hammerfest Strom 社²¹の 300-kW 潮力発電機が、2003 年に Hammerfest's 町の電力系統に接続した。これは最初の潮力発電の電力系統への接続であった。Hammerfest Strom 社は、ABB 社や Statoil 社と共同で、水車型のシステムの開発を行っている。同社の web サイトによると試作機は期待通りに進んでいる。次の段階では Hammerfest Strom 社は費用効率性を向上させるため、技術の最適化をはかり、潮力タービンの改良を行う予定である。

・ イタリアの Aircraft Design and Aeroflight Dynamics (ADAG) グループはナポリ大学において、試作用潮力タービンプラント **NERMAR** を開発した。2001 年以降、設備はイタリアのメッシーナ海峡 の 150m 沖合の深度 18–25m の水中に係留されている。**ENERMAR** は潮流速度わずか 2 m/s (4 ノット) で 25 kW の発電を行う。ADAG は現在、より大規模でより効率的である次の発電タービンの試作機 **MYTHOS** に取り組んでいる。コンピュータ分析によると、**MYTHOS** は潮流速度 2m/s で最大 150kW の発電を行うことができる。**MYTHOS** についてのより詳細は web サイト²²参照。

・ European Marine Energy Centre (EMEC) 社²³は 2004 年に創業した新しい企業である。EMEC 社は、Orkney の試験センターでの運転を通じて、海洋発電装置の開発に取り組んできた。試験センターの波力サイトは現在フル稼働状態で、発電した電力は Ocean Power Deliver 社と AW Energy 社で使用されている。潮力サイトの建設はまだ進行中であり、5 つの係留地点の開発者との交渉が進んでいる。

¹⁹ www.marineturbines.com

²⁰ www.marineturbines.com/mct_text_files/MCT%20PLANS%20TIDAL%20ENERGY%20FARM%20FOR%20NORTH%20DEVON%20COAST.pdf.

²¹ www.e-tidevannsenenergi.com/index.htm

²² www.compositesworld.com/ct/issues/2005/December/1120/

²³ www.emec.org.uk/

・アイルランドの Marine Institute 社²⁴は、アイルランド沖で新しい波力エネルギー試験センターを設置中である。最初の波力エネルギー発電機 **Wavebob** は 2006 年 3 月にガルウェイ沖の新たな 37 ヘクタールのサイトで稼働した。試作用の海洋発電機の試験を行う企業家や技術者はこのサイトを利用することができる。アイルランド政府は、大学ベースの研究に 30 万ポンド、海洋エネルギー技術の産業化に基づく研究にさらに 85 万ポンドをこれまでに投資した。試験を行うために **Wavebob** の 4 分の 1 規模の試作機が建設されている。**Wavebob** は物理学者のウィリアム・ディックにより発明された。その最初の製品は **Clearpower Technology** 社²⁵ (アイルランド、ベルファースト) が製造した。この企業は波力エネルギーに関する工学と水理学の事業を行っている。

(2) 米国およびカナダ

米国は欧州に比べて潮力エネルギーのポテンシャルは小さい。しかし 2005 年 1 月に電力研究所(EPRI)²⁶が、波力発電は米国で近い将来経済性が成立しうるかもしれないという研究成果を発表し、引き続き研究を行う必要性を強調した(この報告書²⁷では様々な海岸サイトで、技術面、経済性、法規制を含む波力エネルギー利用のポテンシャルが調べられた)。

最近の米国でのプロジェクトの状況は「2005 年海洋エネルギー報告書」²⁸で見ることができる。国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) は、Web サイト²⁹でいくつかの関連情報を掲載しているものの、海洋エネルギー技術の研究には一切取り組んでいない。

北米における最近の波力および潮力発電に関する活動は以下の通り。

・ **Ocean Power Technologies(OPT)** 社³⁰ (ニュージャージー州ペニントン) は最近、ハワイとニュージャージー³¹の沖合の需要家サイトに二基の **PowerBuoys** を設置したと発表した。**PowerBuoy** はモジュール式の組み立て製品で、異なる波の条件に対応できるインテリジェントシステムを備えたブイのような構造物である。ハワイのプロジェクトは、オアフ島の海兵隊基地沖の波力発電ステーションである。システムの規模は 40kW の発電容量で、海岸から沖合約 1km に設置されている。ニュージャージーのシステムは、ニュージャージーの沖合における MW レベルの OPT 発電ステーション

²⁴ www.marine.ie/

²⁵ www.clearpower.ie/

²⁶ the Electric Power Research Institute (EPRI; Palo Alto, California; www.epri.com)

²⁷ www.epri.com/attachments/297213_009_Final_Report_RB_01-14-05.pdf

²⁸ Ocean Energy Report for 2005

(www.renewableenergyaccess.com/rea/news/story?id=41396).

²⁹ The National Renewable Energy Laboratory (NREL)、

(www.nrel.gov/learning/re_ocean.html).

³⁰ OPT; www.oceanpowertechnologies.com

³¹ www.oceanpowertechnologies.com/PDF/nov_3_05_power.pdf

の建設に対して予想されるパートナーに対する、OPT 社の設計のマーケティングのため
に用いられる。 →添付資料④の写真参照

・AquaEnergy 社³²の **AquaBuOY Wave Energy Converter** 技術は、ワシントン州のマカ湾で試験が行われている。この技術はスウェーデンで開発され、水槽、湖および北海で試験された。AquaEnergy 社は現在 1MW のデモ用発電設備の設計および認可手続き中であり、2006 年末までに地域の電力会社の電力供給網を通じて配電を行うことを目標としている。AquaEnergy 社の沖合設備は、ブイ技術に基づく波力エネルギー転換機で構成されている。これらの小規模でモジュール形式の設備群は、波力資源が最も大きな沖合数マイルの海域に係留される。これらの設備は、数百 kW から数百 MW までの規模に対応できる。この企業は最近、マハ湾のデモ用波力発電計画の認可手続の重要な段階である環境アセスメントの契約を結んだことを発表した。これまで 3 年間にわたって認可プロセスが行われており、連邦エネルギー規制委員会(FERC)の審査終了に近い段階にある。 →添付資料⑤のイメージ図参照

・2005 年 4 月に、EPRI は米国とカナダの潮力技術の評価に焦点を当てた海洋プログラムの第 2 段階を立ち上げた。EPRI の海洋エネルギー・プロジェクトー4 つの波力プロジェクトおよび 5 つの潮力プロジェクトーのグラフィカルなレビューは web サイト³³を参照。

・2005 年 5 月に、Verdant Power 社（バージニア州アーリントン）はニューヨーク州で実施する 1,500 万ドルの潮力発電技術の試験に対する FERC の認可を受けた。FERC はパイロット試験のために必須の認可要求に対して限定的な例外措置を取った。3 段階にわたって行われるプロジェクトの現在は第二段階である。この企業は 6 基の水中タービンの試験、運転性能の研究、および環境影響の可能性の研究を行うことを目指しており、計画通り 2006 年中に 200kW の発電を行うための最初の 6 基が設置される。18 ヶ月間の試験の終了後は、Verdant 社は 300 基のタービンの設置への承認を得ることを希望している。これにより、ニューヨークの約 8,000 世帯の家庭の電力需要量に匹敵する発電を行うことができる。詳しくは web サイト³⁴参照。

・Energetech America 社³⁵はロードアイランドで新たな波力エネルギー設備を計画している。非営利団体である GreenWave Rhode Island は、ポイント・ジュディス近くの避難用港の外の海域でパイロット・プロジェクトを行うことを提案している。プロジェクトは 3 つの州（ロードアイランド、コネチカット、マサチューセッツ）の再生可能エネルギープログラムの資金的援助を受けている。オーストラリアが拠点の

³² www.aquaenergygroup.com

³³ www.epri.com/oceanenergy/oceanenergy.html

³⁴ www.verdantpower.com/tech/lowimpact.html

³⁵ www.energetech.com.au/index.htm?http://www.energetech.com.au/content/company.html

Energetech社は、現在試験のためのFERCからの認可取得手続き中である（2005年10月にはFERCは最初の申請書を却下している）。認可が下りれば2006年中に運転が開始される。

・Blue Energy(BE)社³⁶のOcean Turbineは水中垂直軸風車である。現在まで、カナダ国家研究会議³⁷の支援で6つの試作タービンが建設され試験が行われた。Blue Energy社は現在カナダ・ブリティッシュコロンビア州の沖合で500kW機の前商業化デモプロジェクトを実施中である。プロジェクトは、海流から発電を行う二つの浮上式250kWユニットから構成される。BE社は技術面、資金面、プロジェクトへの政府の参加について検討中である。これは世界で最大の海流エネルギー施設になる予定である。第2段階では、プロジェクトではBlue Energy社の海洋エネルギーシステムと水素燃料電池との統合を例証する予定である。→添付資料⑥のイメージ図参照

・Underwater Electric Kites社³⁸はフィッリペ・バウザー氏が起業した小さな企業である。彼は海洋および河川の潮流からエネルギーを取り出す水中タービンの特許を保有している。バウザー氏はアラスカ電力電話会社に勤務していた際には、近くの町に電力を供給するためのタービンを、ユーコン川に設置することに従事していた。彼はまた、ニューヨーク発電公社のためイーストリバーで使用するタービンを設計している。

→添付資料⑦の写真参照

以上

翻訳・編集：NEDO情報・システム部

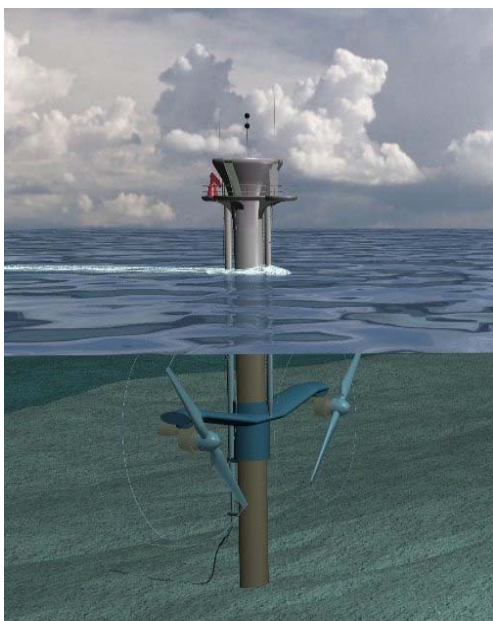
（出典：SRI Consulting Business Intelligence Explorer Program）

³⁶ www.bluenergy.com

³⁷ the National Research Council of Canada
(www.bluenergy.com/davisTurbinesptypes.html#proto)

³⁸ www.uekus.com

添付資料： 潮力・波力発電装置の写真・イメージ図例



①SeaGen (Marine Current Turbines 社)

(www.marineturbines.com より)

②Sea Snail(ロバートゴードン大学等)

(www.rgu.ac.uk/cree/general/page.cfm?pge=10769 より)

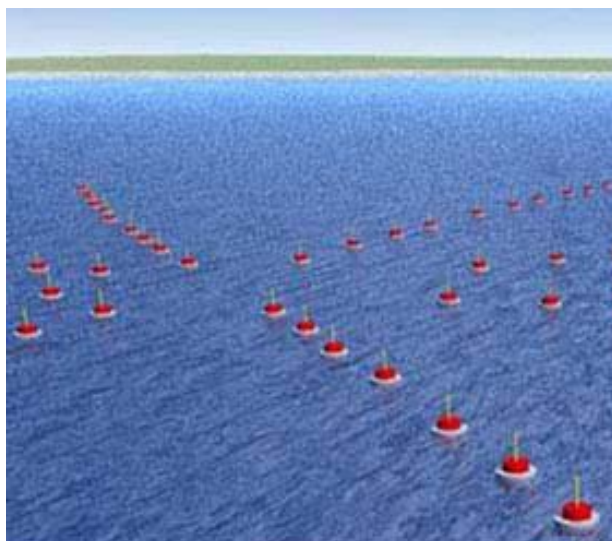


③Pelamis(Ocean Power Delivery 社)

(www.oceanpd.com より)

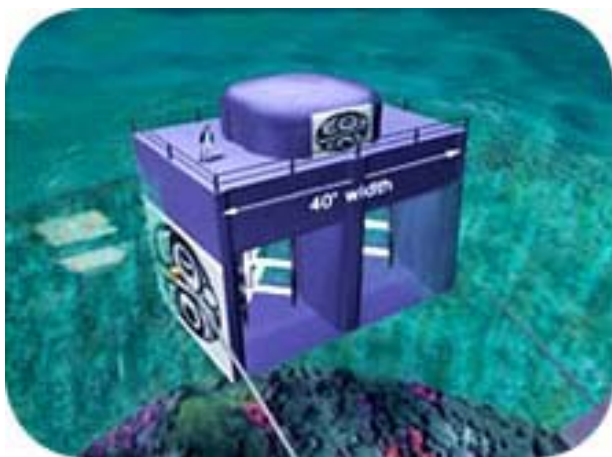
④PowerBuoy (OPT 社)

(www.oceanpowertechnologies.com より)



⑤ AquaBuOY (AquaEnergy 社)

(www.aquaenergygroup.com より)



⑥ Ocean Turbine (Blue Energy 社)

(www.blueenergy.com より)



⑦ Underwater Electric Kites 社
の水中タービン

(www.uekus.com より)

【海洋・地熱エネルギー特集】

エネルギー科学技術の指標と基準—海洋エネルギー（EU） —欧州委員会「エネルギー科学技術の指標と基準」より—

1. 技 術

概 論

私たちの惑星の3分の2を覆っている海洋は、理論上では地球全体での1次エネルギー消費量よりも3桁以上大きな量となるエネルギー資源である。しかし、このエネルギー資源の大部分は、今日の技術では利用できない。沖合風力は別として、潮・海流、波力、水面と深海の温度差、潮汐（潮汐バラージ）によるエネルギー、そして河川からの淡水と海水の塩分濃度差を利用するエネルギー技術に関しては開発中である。さらに、海洋バイオマス燃料が海洋エネルギー・ファームとして検討されている。これは、海洋フード・ファーム（水産養殖）と似たもので、燃料としてメタンを生産する。これらの海洋エネルギー技術は一つも商業化段階に達していない。最も重要な海洋エネルギー発電所—欧州では唯一の産業規模のもの—は、1966年に建設されたフランスの大西洋岸サン・マロ近郊ラ・ランス川にある240MW規模の潮力発電所である。利用可能な海洋エネルギー資源について、技術的・経済的可能性に関して研究されたものはほんのわずかにすぎない。

以下の技術と同セクションで検討する：

- ・ 潮汐バラージ
- ・ 波力変換技術
- ・ 潮・海流エネルギー変換
- ・ 塩分濃度差エネルギー
- ・ 温度差エネルギー

潮流エネルギーはこの部門では今もなお最も重要な技術であるため、ここに含まれているが、将来的に開発される可能性は非常に限定的である。

塩分濃度差エネルギーは、検討する技術の中で、今でも基礎的な材料科学研究が必要とされる唯一の技術である。現在利用できる膜は高額であり、信頼性も低いため、塩分濃度差発電はまだ実証段階ではない。しかし、欧州ではいくつかの研究開発活動が進行中であり、欧州委員会（EC）によって一部資金支援されている。

温度差を利用する技術は欧州では実現可能となる見込みはない。唯一の適用可能なアプローチは、陸上で水を熱し、海を冷却ヒート・シンクとして使用する、海岸線で

の海洋温度差発電（OTEC システム）を使用することである。現在、このような欧州のプロジェクトの調査は行われていない。

海洋バイオマスも、欧州に関連する問題ではない。海藻などの水生植物は、欧州の水産養殖部門全体の約 3%に貢献し、世界全体での生産量の 5%以下と小さな割合となっている。表 1 にあるシステムとプロジェクトがその実現可能性を実証しているにもかかわらず、どれ一つとして、現在の実証プロジェクトにおいて本格的な商業化を達成したものはない。

	商業化	実証	R&D
技術	潮汐バラージ*	潮力タービン（SEAFLOW, Blue Concept, Kobold） 波浪エネルギー技術（Limpet, Pelamis, Tapchan, AWS, Wavedragon）	塩分濃度差エネルギー（Saltgratf, PRO） さまざまな波浪エネルギーと潮力タービン概念

*潮汐バラージは、現在商業規模で運転されている唯一の関連技術である。しかし、エネルギー・コストはまだ自由市場における競争力を持ってはいない。

2. 技術的・社会経済的ボトルネック

この技術の主要な技術的・社会経済的ボトルネックは、次の主要なクラスに分類することができる。

海洋環境の制約

海洋環境に設置・運転するいかなる構造物も、沿岸、沿岸近く、沖合にかかわらず、常に風、波、海流、潮流から強い影響を受ける。さまざまなエネルギー技術の潜在的可能性の高い特別なサイトは、一般に海面状態は厳しい。これが、ボートやバラージ（堰）の使用、構造物の輸送、大型装置の運転、保守要員の接近可能性等に影響する。このような問題の多くは、この困難を克服するために特別な安全手順が必要となるが、どの場合であろうとも、強風によって構造物への接近が一時的に不可能となることがある。もう一つの重要な側面は、極限的な負荷状態に対応しなくてはならない構造物自体の信頼性である。

資源データの利用可能性

海洋エネルギー技術の資源は、どれもあまり知られていない。多くの研究が全体的な技術的資源を概算・算出するが、特定のサイトでの特定技術の応用に関しては、これらのどちらかといえばおおざっぱなデータは十分ではないことが多かった。一般的

に、利用可能なデータの時空間分解能は、サイト特有の経済的実現可能性を算出するのに十分な高さではない。海流と波に関しては、資源データを生成する方法論がまだ十分に確立されていない。特に波に関しては、エネルギー含量を算出するさまざまな定義が数多く存在している。最も利用できる可能性が高い資源データは、エネルギー利用を目的として生成されていない。この点があらゆるプロジェクトにとって経済的およびある程度の技術的リスクにつながる。

運搬と系統連系コスト

沖合エネルギー・システムへのあらゆる系統連系のコストは、陸上技術よりも著しく高い。これは、相対的に小型のパイロットあるいは実証試験システム特有の問題である。このため、大部分のパイロット・システムが系統連系を備えていないという状況となり、信頼性のある運転や実証を行うための問題を生じることになる。数メガワットの設備が可能な段階に技術が到達すれば、このようなコストは少しだけ縮小されるだろう。非常に大きな設備をグリッドに連結する場合に、需要の高い過密地域への特別な送電線などのグリッドの強化が必要となるだろう。ファーム全体でのバラージ、クレーンなどのあらゆる大型装置の運搬コストは、ひとつのパイロット・プラントのコストとほぼ同じである。浮遊装置の特別な問題は、流れる水の中、および海底に係る構造物への信頼性の高いケーブル連結を管理することである。

ライセンス供与と環境的制約

大型パイロット・システムの限定的な運転であっても、通常は計画・建設許可が必要となる。責任のある当局が不明な場合は、これ自体が複雑な行政手続きとなる。さらに環境影響評価（EIA）の範囲はまったく明らかになっていない。水生生物への影響が予測されたとしても、その関連性は明確でないことが多く、そのような影響を克服あるいは回避する対策を実証し、理解するのも難しいだろう。最悪の場合は、環境への局所的な影響は受け入れられない。潮汐バラージ・プロジェクトに関しては、これが主要な障害である。

エネルギー・コスト

その他の多くの再生可能エネルギー・システムで見られるように、高い資本コストと維持管理コストの原因となる高い投資コストは、結果として市場価格よりも高い電力コストとなる。これは、海洋エネルギー技術でも同じである。このような技術の長期間の運転の経験が不足しているため、結果として特定の不確定性となる。例えば風力エネルギーのような陸上の技術と比較してより高い投資額の原因となるのは、メンテナンスを抑える必要があるためである。このため、部品に関して新たな設計と耐久性の高さが要求されることになる。クレーンなどの利用可能性が低下するため、クレーンの代わりとなる船上クレーンなどの対応策や、交換が簡単な小型の装置が必要となる。

供給安定性

海洋エネルギーは、供給安定性の3つの異なるカテゴリーに分類される。波力エネルギーは、波の主要な発生源である風のようにランダムな性質があるため、供給安定性はない。将来的には、短期的な予測が可能にならなくてはならない。第二のカテゴリーは、大部分の場所での潮汐バラージや海流などの潮流を使用する技術である。これらのシステムは、局所的な潮流の状態と相関して断続的に稼働し、通常、さまざまな出力によって数時間継続的に稼働した後に1～2時間の非稼働時間が続く。最後のカテゴリーは、塩分濃度差発電や海洋温度差発電などのようにほぼ持続的な出力を行うシステムであり、非常に高い供給安定性を有する。

運転の信頼性

大部分のシステムの技術的状況により、商業的運転ができる負荷率は、いまだに達成されていない。また、唯一の例外は40年以上も確実に稼働しているラ・ランス潮流発電所である。実証あるいはパイロット・システムは、特別な試験運転、運転状況の変動性、高いメンテナンスと監視の要件、故障や嵐などの損害による偶発的な運転中断の多さのため、通常継続的には運転されない。満足する運転期間を持った検証済みの技術しか、商業利用のために必要な投資を集めることができないため、この観点は重要である。

3. 重要なボトルネックを特徴づける要因

表2 重要なボトルネックを特徴づける数量的要因

	単位	現在	5年	10年	15年以上
OWS/IPS のコスト					
発電コスト	euro cent/kWh	10～40	—	6～14	—
投資コスト	euro/kW	1,680 ～ 3,000	—	1,600	—
年間出力	kWh/kW	4,000	—	5,000	—
潮流タービンのコスト					
発電コスト	euro cent/kWh	30	15	6	—
供給安定性：負荷率					
潮汐バラージ	%	20～30	—	—	—
OWC	%	20～35	—	—	—
潮流タービン	%	25～35	—	—	—

4. 今後の改善に向けた重要指標の分析

表 3 今後の改善に向けた重要な指標－海洋エネルギー

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント
全 般	海洋環境特有の設計	・信頼性のある全体・詳細設計 ・腐食防止技術の改善 ・無人海洋構造物の設計と運用基準の開発	
	資源データ	・利用可能性、精度、空間分解能、監視の継続期間	エネルギー使用に関連した資源データのより詳細な知識を与えるための資源アセスメント方法
	運搬と系統連系コスト	・低コストの系統連系を開発。特にケーブル敷設・固定や崩壊に備えたその他の対策	
	ライセンス供与と環境的制約	・一致した計画許可と EIA 手続きの実施 ・構造物や騒音への海洋哺乳類の反応などの EIA の方法論や必要な補償措置の改善	
	エネルギー・コスト	・トラフ実験及び理論的研究を通しての工学的ノウハウの改善 ・エネルギー変換システムの技術的最適化とコスト削減 ・掘削や固定装置のための杭打ち、浮揚装置の係留などの低コストの設置方法	
	運転の信頼性	・数年間の長期運転を行うフィールド実験データの生成	
波力 エネルギー	海洋環境	・慎重な材料選びとコーティング	
	資源データ	・数学・物理モデルの流体力学の理解を深める	
	運搬と系統連系コスト	・可撓ケーブルと連結装置を使用する低コストの係留と系統連系	
	エネルギー・コスト	・低コスト・高効率・信頼性のある空気タービン、電気機器、水圧機器、補助機械設備、大型ベアリングとシールなどの改良型構成部品（設計や建設方法の改善）	
	運転の信頼性	・実証に成功した海岸あるいは海岸線近くでの小規模な浮揚装置から本格的な沖合での長期間の運転での実証に移行する	

潮力 タービン	海洋環境	・水面下構成要素のシーリングと監視の改善	
	資源データ	・特に、流れの中での乱流や形状の数学・物理モデル化のための流体力学の理解を深める。	
	エネルギー・コスト	・よりコスト効率のよい設置方法の開発 ・設計・建設方法の改善	
塩 分	膜	・低コストで浸透性の高い改良型膜の開発	
	エネルギー・コスト	・最低限の土木工事要件でのシステム設計 ・パワー・テイクオフに適したタービン技術の開発	

以 上

翻訳：NEDO 情報・システム部

(出典： EUROPEAN COMMISSION: Energy Scientific and Technological Indicators and References,
http://europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/estirbd_en.pdf、 pp.47-51.
 この報告書の完全版は以下で利用可能である：
http://www.eu.fraunhofer.de/estir/ESTIR_summary.pdf)

【海洋・地熱エネルギー特集】

ミニ水力発電設備をミラノの運河閘門に設置

イタリア北部の商業都市ミラノには商業用荷物の水上輸送、農業灌漑等のために1177年から工事が開始され15世紀に完成された、全長150kmに及ぶ運河が存在する。15世紀にはレオナルド・ダ・ヴィンチも運河工事を指揮している。

マッジョーレ湖周辺で採掘されたバラ色大理石が、ゴシック建築による誠に美しいミラノ大寺院（ドゥオーモ）建設のためにマッジョーレ湖、ティチーノ川、運河を通してミラノの中心まで運ばれた。

この運河による水上輸送活動は実際に1979年まで実施されていた。ミラノ中心に張り巡らされていた運河は現在覆われ市内環状線として道路化されているためその存在は分からない。運河、ティチーノ川、ポー川を通してかつてはヴェネツィアまで船が航行しており、ミラノの運河は非常に重要な役目を果たしていた。

3年前に観光や他の活動のために運河に新たな生命を与えることを目的としたロンバルディア運河組合会社（Societa' Consortile Navigli Lombardia）がロンバルディア州の県、市、商工会議所等の公的機関によって設立され、運河復興のために多くのプロジェクトが立案された。

既に多くのプロジェクトが実施されているが、プロジェクトの1つは、パヴィア運河（Naviglio Pavese /水流がミラノの町の中心からティチーノ川まで進行する運河）のファッラータ閘門（Conca Fallata）にミニ水力発電所を設置して同地域に電力を供給し、ゆくゆくは水素も生産して近くにあるAler（ミラノ・レジデンス・ロンバルディア建築会社）公団住宅への電力供給を水素燃料で実施させるもので、2006年2月末にファッラータ閘門に設置されたミニ水力発電所が完成し、また試験運転も終了した。

ミラノ西南部にあるパヴェーゼ運河沿いのキエーザ・ロッサ通りにある、高さ4.66mの落水を利用したファッラータ閘門ミニ水力発電所は、ミラノ市営エネルギー株式会社（AEM）によって設置され、年間500戸の家庭に必要な電力を十分に供給することの出来る電力量、200万kWh/年を生産する。

運河の水が満タンに流される3月末から実際に電力生産が開始され、生産された電力はAEMの電力網に流される。ファッラータ閘門ミニ水力発電所設置コストは280万ユーロで、コストの80%はAEM、残りの20%はロンバルディア運河組合会社が負担した。現在更に他の5箇所の運河の閘門にもミニ水力発電所が設置出来るかどうか

が研究されている。

AEM は、新エネルギー開発に力を入れているが、ミニ水力発電所設置プロジェクトの他にミラノ市の地下地層に存在している水、帯水層の水を利用して地域の暖房と冷房を実施するという、ハイテク・コージェネ発電所設置プロジェクトを推し進めている。

帯水層の水は石油やガスのように輸入したり、輸送したりする必要が無く、更に環境を全く汚染せず、且つ資源が都市の地下に存在するという未来の新エネルギーとして注目されているが、AEM は、遠隔暖房、遠隔冷房のために“ヒートポンプ”と呼ばれる新技術によってミラノの地下に豊富に存在している帯水を利用するプロジェクトを開始させている。

“ヒートポンプ”技術はスウェーデンのイエーテボリ・エネルギー（Goteborg Energi）社のもので、AEM は特に 70～80 度の温水を生産する、イエーテボリの町で実際に適用されている、大型出力（69MWt）によるヒートポンプ設備実現のためのノウハウを同社より購入している。

本設備は、コージェネレーション部分、ヒートポンプ部分、補完部分、電力暖房システムをもつ熱貯蔵タンク部分の 4 つの部分で構成されている設備である。一番革新的な部分は、“ヒートポンプ”部分であるが、コージェネレーション部分、補完部分によって統合される“ヒートポンプ”部分は熱の恒常的生産を保証するというものである。

以上

出所：国営ラジオ放送、コッリエーレデッラセーラ紙、Societa' Consortile Navigli Lombardia サイト、他

【個別特集】

上院商業・科学・運輸委員会の技術・イノベーション・競争力小委員会

ー「米国競争力にとっての基礎研究の重要性」に関する公聴会：第1パネルの概要ー

NEDO ワシントン事務所

松山貴代子

上院商業・科学・運輸委員会の技術・イノベーション・競争力小委員会は3月29日、米国競争力にとっての基礎研究の重要性に関する公聴会を開催した。小委員会の委員長は、2005年12月15日に「国家イノベーション法案（National Innovation Act of 2005：上院第2109号議案）」を提出した John Ensign 上院議員（共和党、ネバダ州）で、物理科学の基礎研究が米国の長期的な経済発展および米国産業の世界的競争力維持能力に与える影響を検討するため、政府、大学、産業界の代表者から意見を聴取した。Ensign 小委員会委員長は、二つのパネル（政府関係者からなる第1パネルと大学および産業界の第2パネル）から意見を聴聞したが、ここでは、Ensign 小委員会委員長の開会の辞、および、第1パネルの証言者3名の発言と質疑応答について概説する。

＜開会の辞＞

Ensign 委員長（共和党、ネバダ州）

競争が激化する中、米国はイノベーションのリーダーでなくてはならない。高給職やより高い生活水準をもたらす新しいアイデアや技術やプロセスを推進するイノベーションは、我が国の将来の国際競争力の鍵であり、基礎研究が将来イノベーションの鍵となる。過去25年間の全米科学財団（NSF）による化学・物理学・ナノテクノロジー・半導体・製造技術他の分野における基礎研究支援は、フラットパネル・ディスプレイを可能にしたアモルファスシリコンのレーザー結晶化（laser crystallization）技術、デジタルカメラや iPod を可能にした被覆薄膜（thin insulated film）といった革命的な技術的進歩をもたらしたが、いずれの場合も、民間部門が新技術の潜在的市場性を認識し、更なる開発に投資を始めるのに先立って、連邦政府の基礎研究支援が必要であったわけである。基礎研究は我が国の長期的な活力に重要であるが、民間企業が基礎研究を行う環境は十分ではない。従って、NSF や国立標準規格技術研究所（NIST）他の連邦機関の基礎研究費の増額が国家優先事項であるべきだと信じている。インドや中国の競争力が増している中、基礎研究への支援を怠ることは深刻なリスクを招くことになる。今この段階で、米国の経済成長に重要な貢献をする基礎研究への投資にコミットすることが必要である。

<第一パネルの証言>

ホワイトハウス科学技術政策局（OSTP）の John Marburger 局長の発言

ブッシュ大統領が今年の年頭教書演説で発表した「米国競争力イニシアティブ（American Competitiveness Initiative = ACI）」の目的は、我が国のイノベーションと競争力を確保することである。2007 年度大統領予算案では、全体的な非国防予算の減少にも拘わらず、非国防関係の研究開発（R&D）投資が約 2%（11 億ドル）増額される。ACI の最重要項目は、我が国の将来の経済競争力に多大な影響を与えるものと期待される物理科学や工学分野での基礎研究を支援する主要な連邦政府機関の予算を 10 年間で倍増することで、2007 年度には NSF に 60 億ドル、エネルギー省（DOE）科学部に 41 億ドル、NIST コアプログラムに 5.35 億ドルの配分を提案している。全ての良いアイディアに資金を提供することは出来ないため、ACI では将来の経済競争力に最高の限界価値（marginal value）をもたらす科学的活動を優先・推進することになり、優先順位付けが重要となる。最重要の優先事項に集中し、不要な新プログラムおよび官僚的な負担を拒絶し、手持ち資源のばらまきを回避しなければならない。また、イノベーション法案や競争力法案には、指定資金交付（earmark）を含むべきではない。

全米科学財団（NSF）の Arden Bement 総裁の発言

NSF は、規模は小さいが、理工系のナリッジ（知識）やキャパシティに与えた影響は大きい。NSF 予算は連邦政府 R&D 総予算の僅か 4%にすぎないものの、学術機関における生命科学以外の基礎研究の約 50%を支援している。NSF は理工系研究の全分野、そして、それを維持する教育プログラムをも支援する唯一の連邦機関である。NSF が 1952 年にグラント交付を開始して以来のノーベル賞受賞者 500 名の内、166 名がキャリアのどこかの時点で NSF グラントを受けていることから、NSF の貢献度は明白である。また、先頃の物理科学とヘルスサイエンスの融合によって、超高速で正確なレーザー・メス、外科助手ロボット「ペネロピ」、皮下埋込み可能な特殊コード化ナノチューブ、廃水の浄化と同時に水素ガスを生成するバイオろ過装置（bio filtration system）といった成果も生まれている。NSF は、新しいアイディアが生まれ育って実を結ぶような、知識のフロンティア（未開拓分野）を重視する。この推進のために、リサーチと教育を融合することによって我が国の人材プールを増進することも重要なタスクとなっている。また、工学研究センター（ERCs）や科学技術センター（STCs）といった研究センタープログラムや、中小企業革新研究（SBIR）や中小企業技術移転計画（STTR）から明らかなように、民間部門や産業界との協力も行っている。NSF は国益に係る科学技術の推進にコミットしている。

国立標準規格技術研究所（NIST）の William Jeffrey 所長の発言

NIST のミッションは、計量学・基準・技術を助長することによって米国のイノベーションと産業競争力を推進することである。今日の世界経済では、米国の競争力は革新的技術を開発して商品化する能力に大きく左右されることになる。正確に計量できないということは、モノをコントロール出来ないということであり、コントロール出来ないということは確実に製造できないということになる。ところで、米国の経済競争力という観点から見て、計量や基準が重要な役割を果たしているとどうして判るのか？NIST はこの測定のため、過去 7 年間に 19 本の経済影響調査を実施したところ、NIST の投資 1 ドルに対する経済的利益は 44 ドルであることが判明している。我が国の競争力を維持し強化することは、将来の経済安全保障にとり必要不可欠である。この問題への対応策としてブッシュ大統領が ACI を提案したのであり、ACI の一環として NIST では、①戦略的かつ急速に進展する技術に焦点をあて；②重要な国有財産のキャパシティと能力を拡大し；③国家の最も差し迫ったニーズを満たし；④NIST 施設を改善することになる。

＜質疑応答＞

Ensign 委員長（共和党、ネバダ州）

価値ある（meritorious）グラント提案は何かということだが、連邦機関が多様なグラント提案の評価でピアレビュー他の方法を利用していることは承知している。ただ、自分は先頃、上院衛生・教育委員会の Mike Enzi 委員長（共和党、ワイオミング州）から、アイルランドのグラント提案審査が学界によるピアレビューとビジネスによるピアレビューという 2 段階構成であることを聞いた。このようなシステムを米国に設置することをどう思うか？

OSTP の Marburger 局長

アイルランドのシステムは米国のシステムを模範にしているが、この 2 段階システムは新しい特色である。我が国でも、ある種のグラントは科学界以外からのインプットを必要としており、応用研究ミッションを有する政府機関の多くが、自己の判断力を調整するために産業界と密接に協力している。特に、NIST は産業界との関係が強い。ある状況下では、産業界のインプットを得ることは適切であると思う。

NSF の Bement 総裁

我が国にも 2 段階レビューを行うプログラムは存在する。先端技術プログラム（ATP）がその例で、①科学的・工学的・技術的メリット；②ビジネスのフィージビリティが検討される。NSF の場合は、高リスクの研究であるフロンティア研究を支援する一方で、民間部門との SBIR/STTR にも従事しており、SBIR/STTR では技術

的フィージビリティとビジネス・フィージビリティを考慮する。NSF では、既存技術の改良ではなく、最新技術の推進に努めている。

NIST の Jeffrey 所長

産業界との協力が緊密な NIST は、業界や大学から年間約 1,800 名の客員研究員を受け入れている。NIST はまた、技術ロードマップ策定でコンソーシアムと協力しているほか、様々な業界の最優先ニーズを確認し、純粋な基礎研究と産業界の将来ニーズとの間にあるニッチを埋める努力をしている。

Ensign 委員長

新しいアイデアの価値をどうやって決定しているのか？自分は、米国民全員が基礎研究とインフラ整備から利益を得ると信じている。大統領提案もそうだが、議会は NSF 予算を大幅に増額する意向である。しかし、自分は財政面では保守派であるため、優先順位付けの必要がある。NSF 予算の倍増、NIST 予算の増額という我々の提案は十分だと思うか？

OSTP の Marburger 局長

予算制約下にあるため、ACI は優先順位をつけており、長期におよんで我が国に利益をもたらす新規科学を優先すべきと考えている。現・前政権が基礎科学を寛大に支援したことで、科学・技術・工学の多くの分野が目標を達成できる十分な予算を有しているが、物理科学の一部や NIST のような政府機関は財源不足であると感じている。大統領の予算はこうした状況を考慮した内容となっている。現政権提案の予算は適切だと思う。

NSF の Bement 総裁

正確な数字はつけられないので、哲学的かつ実利的な回答をすると、①新技術を開発する新たな職を担う STEM (科学・技術・工学・数学) 労働者に関して国家が必要とするキャパシティを構築し；②女性やマイノリティの参加を拡大し；③プレ幼稚園から大学院に至る全課程で最良の数学・科学教育を推進し；④競争力を保持するために米国が主要分野でリーダー格を守ることが出来るならば、予算は十分であると思う。

NIST の Jeffrey 所長

ACI は十分に熟考されたイニシアティブであり、その提案額は NIST が現時点で必要とする予算に他ならない。

Ensign 委員長

国立衛生研究所（NIH）での経験を著した本を読んでいるが、これによると、NIHはグラント提案作成は時間がかかりすぎ、非常に厄介であるほか、クライテリアが厳格すぎることに気づき、グラント申請書類を5ページに制限し、リサーチには柔軟性を与えることにしたという。連邦政府がこうした柔軟性を与えること、グラント申請を簡素化することは可能であろうか？

NSF の Bement 総裁

NSF の全米科学委員会（National Science Council）のメンバーの多くが、研究が複雑になり、複数の研究責任者が関与し、時として研究が非常に学際的になっていると感じている。経験上、複雑で学際的なプロジェクトを十分に説明するには20ページの提案が最適だと考えている。一方で、NSF は新概念の探査研究も支援しているが、これに関しては3～4ページの申請書を受け付けている。プログラム・オフィサーにはかなりの自由裁量権があり、このタイプ（3～4ページ）の提案を認めることができる。

OSTP の Marburger 局長

Bement 総裁指摘の全米科学委員会には、OSTP も含めた諸機関のスタッフが参加している。グラントの評価・認可手順は省毎にかなりの相違があり、ある省では他省よりも煩雑な手順を行っている。NSF は多様な評価メカニズムを持ち、優れたグラント慣行を有しているので、全米科学委員会では他の連邦機関にNSFのモデルを見習い、もっと柔軟に対応するよう奨励している。

Mark Pryor 上院議員（民主党、アーカンソー州）の質問

ATP は有効なプログラムか？現政権が廃止を提案する ATP 予算を議会が復活させることには反対か？

NIST の Jeffrey 所長

行政管理予算局（OMB）は ATP を「まあまあ有効」と評価している。財政赤字削減を考慮した2007年度予算案では優先順位づけが必要となるが、そうなると、NISTは、特定の分野と産業界を支援する ATP よりも、米国の経済や産業界全体に幅広く影響をあたえるプログラムを優先視することになる。

Pryor 上院議員の質問

NSF 予算が増額されるが、これをどのように利用するつもりか？

NSF の Bement 総裁

NSF の優先事項である、①フロンティアの前進；②マイノリティや障害者の高等教育（博士課程も含め）参加拡大；③大規模施設基盤整備への投資；④数学・科学教育プログラムへの投資拡大に充てられる。

Pryor 上院議員の質問

数学・科学教育プログラムは大統領の ACI の一環か？現状はどうか？

NSF の Bement 総裁

ACI の一環であり、非常に順調に進んでいる。NSF の数学・科学パートナーシップ計画が調査したところによると、一年間で小学生の習熟度は 4%、高校生の習熟度は 14%向上した。また、学校別にみると、目覚ましい成果をあげている学校もある。例えば、ペンシルバニア州の、とある学校は数学・科学の国際テストで 1 位になっている。4 年生は韓国と引き分けて 1 位、10 年生（日本の高校 1 年生）はスウェーデンに続き 2 位であった。このペンシルバニアの学校は、NSF の数学・科学パートナーシップ計画の参加校である。

Pryor 上院議員の質問

NSF は数学・科学教育計画を撤廃、もしくは、教育省へ移管すると聞いているが？

NSF の Bement 総裁

それは誤解だ。NSF は 48 のパートナーシップに 100%出資しており、5 カ年パートナーシップ計画の終了までグラントを継続するのに十分な予算を持っている。

Pryor 上院議員の質問

パートナーシップでは、新たなグラントがあるのか？

NSF の Bement 総裁

グラントの増数はない。同パートナーシップは 500 の学区が参加する大規模な R&D プログラムである。教育省や州政府の教育機関と協力して、このプログラムを拡大していくことが今後の課題である。

以 上

【個別特集】

APEC Clean Fossil Energy Technical and Policy Seminar 参加報告

NEDO 技術開発機構 環境技術開発部
鴻上享一

1. はじめに

NEDO技術開発機構では、「国際石炭利用対策事業」の一環として、今後予想されるアジア・太平洋地域を中心とする石炭需要の増大・地球環境問題等に対応し、また、石炭需給の安定化を図るために、APEC（アジア太平洋経済協力会議）等におけるクリーン・コール・テクノロジー関連事業へ積極的に参加する等、クリーン・コール・テクノロジーの海外における普及基盤の整備を目的とした国際協力推進事業を行っている。

APECにおいては、APECの「エネルギー・ワーキング・グループ」の主要活動グループの一つである「クリーン化石エネルギー専門家会合（CFE）」の各種活動に積極的に参画し、海外で開催されるテクニカル・セミナーへ講師を派遣（1998年には日本・沖縄でもセミナーを開催）しており、去る2006年2月21日～2月26日にタイ国ランパン市のLampang Wienglakor Hotelで開かれた「APEC Clean Fossil Energy Technical and Policy Seminar」に環境技術開発部より参加したので、概要につきご紹介する。

今回のセミナーは前回のフィリピン同様に、石炭政策および需給問題を中心とするコール・ポリシー・セミナーと、石炭の利用技術開発の状況を中心とするテクニカル・セミナーとの合同開催となり、テーマを「Clean Coal - Diversifying and Securing Thailand's Energy Future（タイのエネルギーの将来を多様化・安定化するクリーンな石炭）」として、環境問題に配慮しつつ石炭の利用拡大を目指すためのAPEC 地域の相互理解・相互協力を目的として開催された。

今回の会場はタイ国ランパン市でチェンマイ空港から車で約1時間ほどの距離にあり、近郊にMae Moe Mine（褐炭露天掘り炭鉱）と同炭鉱の石炭を燃料とする火力発電所（総発電量2,400MW）がある。

この地はかつて石炭利用による環境問題が発生したが、現在は発電所へのFGD（排煙脱硫装置：Flue Gas Desulfurization）導入や炭鉱の排水処理により大幅な環境改善を達成しているとのことであった。事実、炭鉱周辺は緑化も施され非常に整備されているのが印象的であった。発電所についても想像していたものとは異なりクリーンなイメージを受けた。今回セミナー開催地をランパンにしたのもEGAT（Electricity Generating Authority of Thailand：タイ電力公社）のいわゆるCCT（Clean Coal Technology）の成果を披露する意味もあったと考えられる。

2. テクニカル・セミナー

3日間にわたり行われたセミナーは以下の6つのセッションとパネルセッション並びにサイトツアーで構成され、170名程度の登録者の参加があった。

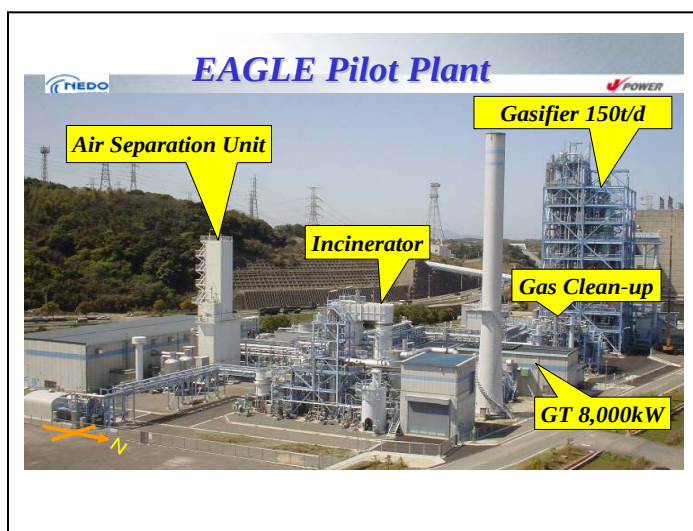
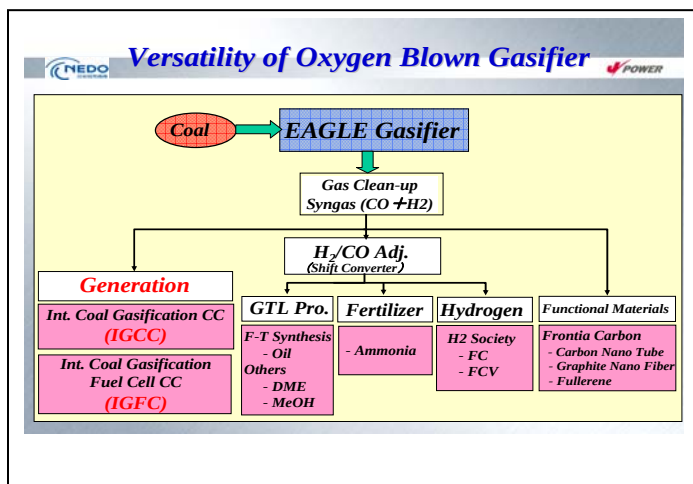
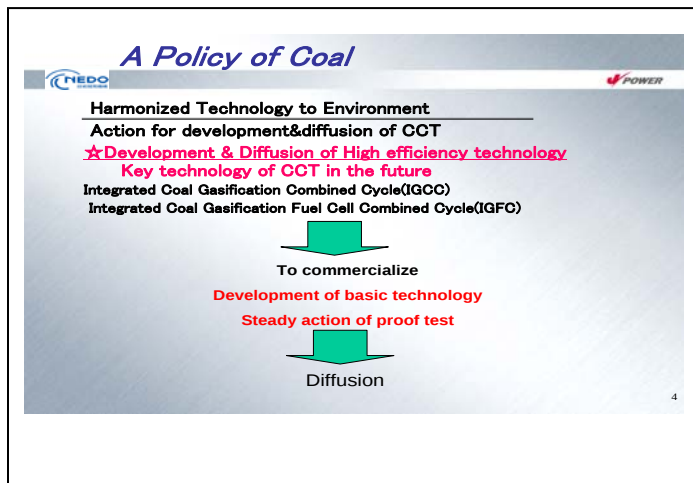
- Clean Fossil Energy Policy Coal Demand in the APEC Region
- Commercial Clean Coal Technologies
USC (Ultra Super Critical), De-SO_x, CFB, CO₂ capture, IGCC, etc.
- Emerging Clean Coal Technologies
EAGLE, IGCC, BCL(Brown Coal Liquefaction), UBC(Upgrading Brown Coal) etc.
- Clean Fossil Energy Policy Coal Supply in the APEC Region
- Outlook of Coal Supply & Demand(AUS, CHN, Indonesia, Vietnam, Russia), etc.
- Clean Fossil Energy Policy - Overview of National Coal Strategies
C3 Initiative, Energy Overview, etc.
- Next Generation of Clean Coal Technologies (パネルセッション)
Future Gen, Carbon Sequestration, etc.

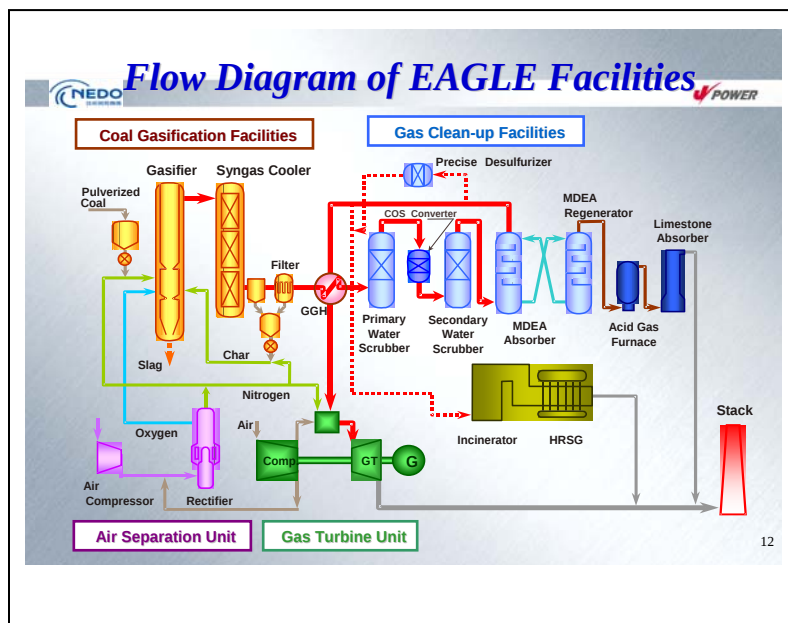
セミナーでは、「世界のエネルギー需要は確実に増加する、その中でも石炭は重要かつ安全な資源であるが、一方で環境影響負荷の面からイメージが良くない。このイメージを技術革新により変えていく必要があり、CCTはその鍵となる」とのコンセプトのもと、各国のCCTへの取り組み方針、技術開発動向などの紹介がなされた。

日本からはC3イニシアチブに沿った政策並びにUSC、IGCC（石炭ガス化複合発電：Integrated Gasification Combined Cycle）等について紹介がなされ、NEDOからは現在電源開発（J-Power）と共同研究を行っている「多目的石炭ガス製造技術開発（通称EAGLE：Coal Energy Application for Gas, Liquid and Electricity）」プロジェクトに関する状況について紹介を行った。

今回のセミナーではIGCCやEAGLEの紹介など米国のフューチャージェンを含め従来の選炭技術やブリケット製造技術、脱硫技術等に加えCCTの範囲がエネルギー高効率利用や昨今の石油価格高騰を反映してなのか、石炭ガス化から液体燃料合成、石炭直接液化などエネルギーセキュリティーにかかわる技術展開など広範囲に及んでいることが印象的であった。

そのような背景から現在実施中のEAGLE開発もIGFC（石炭ガス化燃料電池複合発電システム：Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle）のみでなくIGCC、液体燃料合成用合成ガス製造や水素（H₂）製造にも寄与できることから、重要なCCT技術開発の一翼を担っていることを再認識した次第である。





Project Targets and Results

Items	Targets	Results as of Jan. 2006
Carbon Conversion Efficiency	> 98 %	> 99 %
Cold Gas Efficiency	> 78 %	> 81%
Calorific Value (HHV)	> 10,000 kJ/m ³ N	> 10,100 kJ/m ³ N
Sulfide Compounds	< 1 ppm	< 0.1ppm
Halogenated Compounds	< 1 ppm	< 1 ppm
Ammonia	< 1 ppm	< 1 ppm
Particulate Matter	< 1 mg/m ³ N	< 1 mg/m ³ N
Continuous Operation Time	1,000 hrs	852 hrs
Kinds of Coal	5 kinds	3 kinds

Total Operation Time (- Jan. 2006) : 3,996 hrs
Total Coal Consumption (- Jan. 2006) : 19,108 ton

3. 各国の主なコメント

(1) タイ

・タイではエネルギーは経済のパフォーマンス支えるものであり、信頼性、リーズナブル性が必要であるとの認識のもと、効率向上に努め、輸入エネルギーの依存率や、環境負荷を下げるためバイオマス・再生可能エネルギーを発電、輸送に活用したいと考えている。

また、石炭は社会にとり重要かつ安全な資源であるが、一方で環境に対して悪いということでイメージが悪くなく、タイでは十分に活用されていない。このイメージを技術革新により変えて行きたいと考えている。

- ・EGAT としてはチェンマイに石炭火力発電所を作りたいが、石炭のイメージが悪く、住民の理解を得られない状況から、費用を掛けても新しい技術の導入を図りたいと考えている。

また、コスト削減のためにも石炭が有効と考えているが、NG（天然ガス）への転換や、輸入石炭による環境負荷低減、再生可能エネルギー並びに炭層メタン利用も検討されている。

- ・褐炭による環境問題は FGD 設置で汚染対策を実施したものの、2つの IPP（独立系発電事業者：Independent Power Producer）が 2000～2001 年当時強い反対により NG へ変えるなど、未だに悪いイメージを持たれおり、輸入炭の利用等による石炭利用キャンペーンで市民の理解を得ようとしている。

- ・石炭は燃料ミックスの重要なポーションであり、CCT を進めることにより新たなチャンスを得られることから CCT への前向きな印象を与えるような積極的な利用、国際協力が必要である。

(2) 中国の石炭政策

- ・安全性の確保、経済性の向上のため、外資の導入（今は低水準）を図り、生産性の向上を目指すことが求められている。

- ・大規模需要を満たすため、新規に 13 の炭鉱の建設を進めている、また包括的な石油、天然ガス、新エネルギー開発を行うとともに沿岸部での鉄道敷設、港湾拡張等を計画しており、民間資本や外資導入奨励を推進していく（目標は鉄道増設 20.12 億トンにより輸送能力 10.5 億トンのアップ）。

- ・技術的には大規模スーパークリチカル発電所の導入や、選炭技術、混炭、ガス化、液化、CBM（コールベッドメタン）開発等も進めていくと共に中国政府は Green Gen をサポートしていく。

(3) 米国エネルギー省（DOE）エネルギー情報局（EIA）

- ・フューチャージェンは現状においては実験段階である。

- ・石炭液化に力を入れている（SASOL 技術を使って GTL (Gas to Liquids) ）。

- ・IGCC も SO₂ や Hg 減少に貢献することから考えていかなければならない技術であるが、応用はまだ未成熟である。今後の見通しとしては、IGCC は 2016 年以降増加すると思われ、また CTL (Coal to Liquid) は 2011 年以降、合成燃料は 2030 年以降増加するであろう。

(4) APEC クリーン化石エネルギー専門家会合（CFE）

- ・石炭消費は今後も増加の一途を辿るので、現レベルでは反対が多いが、様々な手段

を講じ反対派を納得させる必要があり、CCT は石炭の課題を克服できると期待され、それには技術開発が鍵となると考えられる。

・CCPI (Clean Coal Power Initiative)が昨年 IGCC デモを含む 7 件をコミットした (US\$18 億/20 年コミット、国 4 億、民間 3/4 出資 (技術を検証しているから)、またフューチャージェン は 10 年 10 億 US\$ で、ゼロエミッション発電 (275MW)、H₂、電力、CO₂ 隔離、地層貯留、で 0 エミッションの達成並びに低コストでの H₂ 製造をコンセプトとしており、20 年の間にはゼロエミッションを達成できるであろう、ただし実現には政策、規制、投資家が共に力を合わせて進める必要がある

(5) ハイライト

今回のセミナーを通して見ると、参加各国の共通認識として以下が挙げられると考える。

- ・10 年来の技術は変革しており、発電所もデザインが大きく変わっている。
- ・CCT 石炭液化、ガス化が環境問題及びオイル価格の高騰で注目されており、オイルショック時にガス化、液化技術が推進されその技術蓄積はできている、また CO₂ 分離・貯留、フューチャージェン、COAL21 などが実行されており、「near ゼロ」化に近づけられるであろう。
- ・石炭は今後も APEC 各国で資源の頂点に「君臨」し、主要な位置を占めていくことから、様々な有効なオプションを検討しておくことが必要であり、最良の技術を用いることで、ほとんどゼロに近づけられるが、技術の導入普及に際しては一般の理解が必要であることから、環境調和型石炭利用の有効性について広く訴えていかなければならない。
- ・米国では IGCC はほぼコマーシャルレベルにあり、中国でも急速に進んでいる。APEC 各国の間では従来より SO_x、NO_x、ダストが主要な問題となっており、De SO_x、De NO_x の技術確立していることから、今後いかに普及させるかにかかっている。
- ・CCT はコールチェーン全体に係るもので、低品位炭の有効利用など産炭国、消費国が情報を共有しながら、石炭をめぐる問題として解決を図っていくことが必要である。それぞれの国の考えがあるものの、行き着くところは同じであり、石炭は各国の経済を支える立場にあることから、今後もクリーンで安価なエネルギーの安全提供、多様化、環境対応などオープンな対応が求められるものである。

以 上

【水素エネルギー】

DOE は既存の原子力発電所で温室効果ガス・フリーの水素生産の 実行可能性研究の提案を産業界に求める（米国）

米国エネルギー省(DOE)は、ブッシュ大統領の"高度エネルギー・イニシアティブ(AEI)"を支持して、安全で環境に優しい方法で水素生産を行うために、既存の商用原子炉のエネルギーを利用する最良の方法に関して産業界の研究に資金提供する本年度予算で 160 万ドルを割り当てる、とエネルギー省長官が発表した。

DOE は、各々の研究の全費用の 80 パーセントを負担するこの連邦財政助成に産業界の提案を求めている。産業界は最小 20 パーセントの費用を負担する必要がある。

「今日の原子力発電所からのエネルギーの使用は、温室効果ガスを排出せずに水素を生産する可能性を示す。水素は我々の将来のエネルギーにとって重要な構成要素であり、我々の原子炉によってこのクリーンな資源を開発することは、外国のエネルギー資源への米国の依存度を減らすことを助ける」とエネルギー省長官は語った。

この実行可能性研究は、2005 年エネルギー政策法と共に展開された DOE の"原子力水素イニシアティブ(NHI)"の取り組みである。2007 年度に始まる大統領 2007 年予算は、"高度エネルギー・イニシアティブの一部として"原子力水素イニシアティブ"に資金提供している。

2007 年度予算では、"原子力水素イニシアティブ"は"高度エネルギー・イニシアティブ"の 21 億ドルと同様に水素生産研究を実施するために 1900 万ドルを要求する。それは、自動車、住宅およびビジネスに動力を供給する方法でのブレイクスルーを加速するための DOE のクリーンエネルギー研究の 22 パーセント増加である。

エネルギー省は、このような水素生産の経済的な関係、環境への影響および規制基準を検討するために、既存の商用原子炉で 3 年間の小規模な機器を使用して、水素生産の実行可能性研究を産業界との協力を提案している。この取り組みは、2005 年エネルギー政策法で明示された原子力を使用した水素生産目標を進めることを支援する。

応募者は、米国での実行可能性研究の取り組みを実施する米国企業でなければならない。応募者は、プロジェクトチームの主要な代表であり、かつ原子力発電事業の企業を含まなければならない。参加予定企業の提案は 2006 年 6 月 5 日締め切りである。

DOE アイダホ運転所は要請を受付け、既存の原子力発電所での水素生産のために費

用を分担できる実行可能性研究に対する連邦財政助成を決定する。

"既存の原子力発電所での水素生産の実行可能性研究"(#DE-PS07-06ID14759)とタイトルされた要請は、DOE 産業界対話型調達システム(IIPS)ウェブサイト¹に投函すること、<http://e-center.doe.gov/>。

原子力水素イニシティブに関する追加情報は、<http://www.nuclear.gov/>で利用可能である。

以上

(出典：<http://www.energy.gov/news/3480.htm>)

【水素エネルギー】

水素生産の太陽エネルギーと風力エネルギー技術 その3 電気分解法（米国）

2.0 電気分解による水素生産

電気分解は、電気エネルギーの供給により、水(H₂O)をその構成分子である、水素(H₂)および酸素(O₂)へ分割する化学反応プロセスである。このプロセスの利点は、燃料電池を毒するカーボンや硫黄に基いた不純物の存在していない、非常にクリーンな水素燃料を生産することができるということである。水素の需要は、まだ少ないが増大しており、水素の輸送インフラが整備されていない場合には、分散型電気分解は水素経済への遷移に役割を果たすであろう。

2.1 電気分解技術の現状

電気分解による水素の生産は、高付加価値の産業や化学市場に供給している既存技術である。この技術を将来のエネルギー関連応用に適応させる鍵は、コストを削減し性能を向上させることである。¹

アルカリ型が最も成熟しており、今日のほとんどの商用システムで使用されている最新技術である。PEM型電解システムはいまだやや高いコストであるが、燃料電池のためのコスト低減および改善を反映すると予想されている。

今日、これらの電解槽はそれ自体で比較的高いエネルギー効率を持っている。

水素の価格は、電解槽システムの資本コストおよびその運転効率とともに電力コストに依存する。

表 2.1a 現在の電気分解システムのエネルギー効率の範囲²

アルカリ型 HHV*効率(%)	PEM型 HHV*効率(%)
57-75	56-70

* HHV は高発熱値

¹ The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs, Committee on Alternatives and Strategies for Future Hydrogen Production and Use, National Research Council and National Academy of Engineering, 2004, p. 99.

² Calculated from data in the following reports: Summary of Electrolytic Hydrogen Production: Milestone Completion Report, National Renewable Energy Laboratory, September 2004; and 2005 DOE Hydrogen Program Review: Low-Cost, High-Pressure Hydrogen Generator, Giner Electrochemical Systems LLC, May 2005.

分散型の太陽エネルギーや風力エネルギーに基いた現在の水素原価は、ガソリン等価ガロン当たりでおよそ 7 ドルから 10 ドルである。³ 電気分解によって生産される水素の価格を低下させる一つの可能性は、電力を使う部分を熱に置き換えることにより、全体的により高いエネルギー効率を達成することがある。集光型太陽エネルギーや高温の原子炉では、電力使用の必要性を削減できる十分な熱を供給することができる。そのようなシステムは今日まだ運転されておらず、固体酸化物型あるいは高温電解槽などが必要となるであろう。

"水素プログラム"の目標は、2015 年までに、以下に示す分散型及び集中型システムのシステム・エネルギー効率および耐久性の技術目標達成により、長期にわたり競合し得る電気分解の初期的な実行可能性を確認することである。

表 2.1b 水電気分解の技術目標⁴

			分散型： 1500kg/日 燃料供給ステーション		集中型 再 生可能オプ ション(a)
特 性		単位	2003 年 の状況	2010 年 の目標	2015 年 の目標
電力変換、セルスタック、バランスオブプラント	コスト	\$/GGE H2	0.95	0.39	0.24
	トータルセル効率	%	66	76	77
圧縮、貯蔵、販売	コスト	\$/GGE H2	0.83	0.19	0.08
	効率	%	94	99	99.5
電力	コスト	\$/GGE H2	2.57	1.89	1.32
O&M	コスト	\$/GGE H2	0.80	0.38	0.11
トータル (b)	コスト	\$/GGE H2	5.15	2.85	2.75(c)
	効率	%	62	75	76

*GGE : Gasolin Gallon Equivalent

³ The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs, Committee on Alternatives and Strategies for Future Hydrogen Production and Use, National Research Council and National Academy of Engineering, 2004, p. 52.

⁴ Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies Program: Multi-Year Research, Development and Demonstration Plan - Planned program activities for 2003-2010, DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, March 2005, p. 3-12.

- a) 再生可能オプション：電力を共同生産するオプションで、1日(1000+GGE/日モジュール)当たり50,000GGE H₂の出荷に基いた計算。既存の送電網によって提供される電力バックアップ。
- b) 2003年と2010年の燃料供給ステーションのkWe当たりのシステム資本コストを各々700ドルおよび250ドルとしている、また2015年の集中型ステーションは200ドルである。電解槽ユニットの2010-2015年の全目的と全市場向けの1,000ユニットの大量の年間生産および設置の規模から利益を得る集中型設備を仮定。
- c) 国内パイプラインインフラのための\$1.00/GGE輸送費用(ステーションへの輸送、貯蔵および分配)を含んでいる。

テーブル中の発電コストは、EIA予測の2003年産業用電気料金である。\$0.04/キロワット時の発電コストは、2010年の地域産業用電気料金、および電力網への新しい再生可能技術の存在に基いて仮定されている。2015年に仮定されている\$0.03/キロワット時の発電コストは、集中型風力エネルギーとグリッド支援によっており、クラス4の風力資源のDOE風力・水力発電局の生産コスト目標に対応している。⁵

主要な研究の問題は、電気分解システムの資本コストと運転費用を削減することである。先端的電気分解のための最近の機器コストは、\$600/kWから\$700/kWの間にある。2015年までに\$2.75/GGE(非課税)を達成するためには、このコストは\$200/kWに縮小する必要がある。電解槽の運転コストは、エネルギー効率と電力コストにより決定される。エネルギー効率は、現在の平均値の約62%から76%に増加する必要がある。⁶

基礎研究は、この技術を広く適用可能にするために必要な電気分解システムにおける改良を提供するために必要とされる潜在的基礎知識を提供するであろう。より選択的で活性低下傾向の無い低温で作動可能な触媒を生産するために、新しいクラスの材料がナノスケールで設計することができる。同様に、新しい電解膜がナノスケールで設計でき、運転パラメーターを改善し、さらにナノ触媒を単一系に組み入れ、その結果としてこれらの装置の複雑さを減らし将来の信頼性を改善できる。

2.2 太陽エネルギーや風力エネルギーによる電気分解の障壁

DOEの水素目標を満たすためには、風力エネルギーや太陽エネルギーの利用が直面する経済的、技術的、環境上の障壁が存在する。太陽や風力エネルギー派生水素の広範囲の展開を行うには、太陽や風力技術からの電力コストはあまりにも高い現状である。

⁵ Wind Energy Multi-Year Program Plan for 2005-2010, DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, November 2004.

⁶ Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies Program: Multi-Year Research, Development and Demonstration Plan - Planned program activities for 2003-2010, DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, March 2005, p. 3-12.

太陽電池技術の現在のコストは、市場応用に依存して 16～32 ¢ /kWh の範囲にある。⁷

風力エネルギーは世界で最も急成長しているエネルギー技術であるが、まだ高い初期資本投資、遠隔地資源そして間欠性問題の障壁に直面している。初期的な解析結果は、発電コストが電気分解により生産する水素の価格への主要な部分を占めるということを示している。⁸

電解槽は通常グリッド品質の電力(一定な交流[AC]供給)の使用により運転するように設計されている。本質的に間欠性であり様々な品質の風力や太陽エネルギー資源による電解槽の効率的な統合を最適化するために、特別な電力制御や調整機器を開発する必要がある。⁹

表 2.2a 電気分解水素生産の障壁¹⁰

・ 資本コスト

研究開発は、システムの効率および耐久性を改善する一方で、必要資本を低下させるために進んだ生産能力を持つ廉価な材料を開発するために必要である。

・ システム効率

新しい電解膜、電極およびシステム設計が必要である。機械的な高圧力圧縮方式は、低いエネルギー効率を示し、水素純度がしばしば低下し、システム費用が著しくかかる。効率向上はセルスタック中での電気化学的圧縮を使用して実現することができる。部分的にあるいは全ての機械的圧縮段階を置き換えるために、統合した電気化学方式あるいは他の高圧力圧縮技術を提供するために、廉価な高圧力材料の開発が必要である。効率や電気化学的圧縮および耐久性を考慮した廉価なセルスタックの最適化のための開発が必要である。

・ グリッド電力の CO₂ 排出

廉価で CO₂ フリーな電力資源が必要である。

⁷ Solar Energy Technologies Program Multi-Year Technical Plan 2003-2007 and beyond, DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, January 2004.

⁸ Levene, J., et al., "An Analysis of Hydrogen Production from Renewable Electricity Sources." ISES 2005 Solar World Congress: Proceedings of the 2005 Solar World Congress, International Solar Energy Society, 2005.

⁹ The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs, Committee on Alternatives and Strategies for Future Hydrogen Production and Use, National Research Council and National Academy of Engineering, 2004, Appendix G p. 221.

¹⁰ Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies Program: Multi-Year Research, Development and Demonstration Plan - Planned program activities for 2003-2010, DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, March 2005, pp. 3-19 and 3-20.

- ・ 再生可能エネルギーの統合

高効率で廉価な統合再生可能水素生産を提供するために、再生可能電力からの電力変換や他のシステム部品の最適化を含めて、統合した再生可能エネルギー電気分解システムの開発が必要である。CO₂ フリー電気分解水素生産の斬新な概念を評価する必要がある。

- ・ 発電コスト

高温固体酸化物型電気分解は、水分解での電力消費を減少させるために、蒸気の形の低いエネルギー・コストが使用可能である。この技術のために、技術的に実現可能な廉価な製造法のシステムを開発する必要がある。水素と電力の両方を生産することができる電気分解システムの評価が必要である。(再生可能電力のコストは、DOE エネルギー効率・再生可能エネルギー(EERE)局の太陽、風力、水力、地熱およびバイオマスの再生可能電力プログラムによって取り組まれている)

2.3 太陽エネルギーと風力エネルギー電気分解研究の集中領域

DOE は、太陽と風力エネルギー技術コストの削減を継続するために研究開発資金を提供している。DOE 太陽プログラムは、現在第 3 世代の太陽電池(PV)開発を追求している。すなわち、分離ウェーハ結晶シリコン、高速製造法になじむ薄膜材料およびバンドギャップ操作材料や斬新な量子力学アプローチ(例えば周期表グループ III-V 材料、多重接合、ポリマーセル、量子ドット感光性ナノ粒子材料)などがある。太陽電池技術の現在のコストは、市場応用に依存して 16~32 ¢/kWh の範囲である。このプログラムの 2020 年の長期目標は、住宅システム用の 8~10 ¢/kWh のコストを達成し、商用系統のための 6~8 ¢/kWh ならびに電気事業用の 5~7 ¢/kWh を達成することである。これらの値は、バッテリーを含まないグリッド供給する完全据え付けされた太陽電池システムを仮定している。¹¹

"太陽エネルギー技術多年度プログラム計画"¹²に記述されているように、これらの技術コストを削減するためのアプローチを以下に要約する。

表 2.3a 太陽光発電研究開発の集中領域

- ・ 初期研究

太陽光発電サブプログラムのこの領域は、歴史的には、斬新な太陽光吸収材料およ

¹¹ Solar Energy Technologies Program Multi-Year Technical Plan 2003-2007 and beyond, DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, January 2004.

¹² Solar Energy Technologies Program Multi-Year Technical Plan 2003-2007 and beyond, DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, January 2004.

び電池セル構造の研究開発が多くを占めていた。

この領域の主な取り組みは、科学的な基礎と最適な太陽光発電性能のための材料や素子の物理の基本的理解を、構築し、維持し、拡張することを目標にしていた。

- ・ 詳細研究

初期研究フェイズの概念実証の上に、太陽光発電サブプログラムは、商業的利益をもたらす太陽光発電の概念が成長可能な市場の必要性に取り組むことを確実にし、新素材/装置/要素/システムの知識ベースを拡張するために、大学や産業界のパートナーと関与している。

- ・ 開発

第2世代のプロトタイプが開発されており、産業界はパイロット製造工程の開発で支援を受けている。

- ・ テストと検証

この段階は、商業ベースにのる製品を出荷すること、また太陽プログラムの太陽電池を電力目標コストに見合うようにするために必要な改善を実行するのと同様に、市場に製品をもたらすプログラム支援研究開発のスケジュールを加速し、製造ラインにおいて研究開発の進展を実行し続けるために、本格製造に関して産業界と取り組むことを含んでいる。

短期的には陸上風力エネルギーを使用して電気分解用に電力を供給できる。また中長期的には海上風力エネルギーが使える。化石燃料から生産された電力との価格競争が可能になるには、ほとんどの市場で風力タービンは税の補助に依存する。風力エネルギーを税の補助無しで化石燃料と価格競争力があるようにするために、DOEの風力プログラムは陸上および海上の電力コストを削減するために技術研究開発を実施している。風力プログラムは、2012年までに適度な風速(分類4)で、陸上システムで3¢/kWh また海上システムで5¢/kWhの電力を生産する市販のタービン試作を目標としている。(2002年のドル換算)¹³ 風力エネルギープログラム多年度計画に記述されているように、これらの技術の資本コストを削減するための障害を以下に要約する。

表 2.3b 風力エネルギー研究開発の集中領域

- ・ 陸上基地での低風速技術

タービン寸法の大型化、高効率ブレードおよびローター技術、新しい駆動概念および製造法のような重要な問題に取り組む目標研究および民間と国の協力を通じて、他

¹³ Wind Energy Program Multi-Year Program Plan 2005-2010, DOE Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, November 2004.

の技術に対して競争力を持たせるために、コストのさらなる削減ならびに穏やかな風速領域での風力タービン技術のエネルギー捕捉の改善。

- ・ 海上風力技術

米国は海上風力タービンの運用経験をほとんど持たないが、利用可能な大規模海上風力資源と海岸地帯の電力需要地点への近接性は、海上風力の開発を魅力的にする。海上風力技術の開発は、この独特な運転環境を取扱うことができる新しい設計コードの開発、支持物と基礎の開発、海上風力資源の分析そして海上環境要因と影響の評価などに焦点をあわせた目標研究に結びついた民間と国の協力を使用して、陸上基地の技術開発に類似した道程に従うであろう。

- ・ 分散型風力エネルギー技術

100kW 以下の小形風力タービンの開発を目指した目標研究と結びついた民間と国の協力によって、小売価格で競争可能な電力コストを達成する風力タービンを生産するために、DOE は産業界と研究をしている。分散型風力エネルギー技術は、グリッド接続の応用あるいは非グリッド応用においても水素生産ステーションに配置される。

- ・ 風力システムの統合

多くの公益事業の意思決定者、州の規制者および投資機関は風力エネルギー技術に慣れておらず、公益事業発電資産として風力システムの導入に慎重である。懸念の主なものは、風力予測の困難さおよび電力システムの安定性と送電関係への潜在的なシステムへの影響である。地域送電の立案プロセスにおいて風力エネルギーの必要性を考慮し、長期にわたる国のエネルギー必要性と風力エネルギーとの適合性を向上させることを確認するために、DOE は、グリッド統合についての研究を実施し、すべての主要な地域風力エネルギー市場で風力エネルギーの正しいグリッド・アクセスや運用上の規則の選定を促進するために取り組んでいる。

- ・ 技術支援と調整

風力エネルギー電力の受け入れへの障害を削減し、かつ意思決定者が情報に基づいた意思決定を可能にするために、DOE は風力エネルギー技術およびその潜在的利益に関する技術的・一般的な公共への情報の両方を提供する。

- ・ 新興市場

塩水脱塩や水素を含む、集中型及び分散型風力エネルギー技術のいくつかの新興市場が存在する。風力エネルギー技術は水素生産用に最適化されていないが、風力技術と電解槽を同一場所に配置し、制御機器および電力調整システムを共有できる。さらに、電解槽の負荷要求と一致する電力レベルで作動するようにタービンを設計したり、そのタワーを水素貯蔵に使用することなどが考えられている。

DOE は、PEM 型やアルカリ型および高温固体酸化物型電気分解システムに関して継続中の研究開発を実施している。開発は、電気分解技術と再生可能な電力資源の統合に特に集中して、高効率で廉価なアルカリ型および PEM 型先端電気分解システムおよび電力の必要度を減らし総合的システム効率を改善する高温電気分解を含んでいる。

テーブル 2.3c は、電気分解研究の集中領域を要約し、その目標に貢献している現在のプロジェクトを明らかにする。

表 2.3c 電気分解研究の集中領域

研究集中領域	DOE 確立プロジェクト(a)
資本コスト削減の目標(b) : 1. 触媒の配合と負荷 2. パイポーラプレート/流れの場合 3. 分解膜のコストと耐久性 4. サブシステムとモジュールの大量製造 5. 全面的な設計の単純化	ガイナー電気化学システム テレダイン・エネルギーシステム(d) プロトン・エネルギーシステム GE グローバルリサーチ(e) スターリングエネルギーシステムズ(d)
システム効率向上の目標(b) : 1. 分解膜のイオン抵抗の削減 2. 他の(寄生)システム・エネルギー損失の削減 3. 電流密度の低減 4. 高温化	アリゾナ州立大学 ガイナー電気化学システム テレダイン・エネルギーシステム GE グローバルリサーチ セラマテック マテリアル&システム研究
グリッド電力の目標 : 個別の圧縮機の 必要性を低減する統合圧縮	ガイナー電気化学システム テレダイン・エネルギーシステム プロトン・エネルギーシステム
風力電気分解を最適化する再生可能 エネルギーの統合(c) : 1. 統合電力制御システム 2. 水素貯蔵	米国立再生可能エネルギー研究所 ベイスン電力

- a) これらのプロジェクトは DOE によって設定され、研究集中領域を支援する議会指示プロジェクトを含んでいる。プロジェクトはすべて付録で見ることができる。
- b) "水素経済：機会、コスト、障壁および研究開発の必要性"、将来の水素生産および使用のための選択肢と戦略委員会、米国科学評議会および全米工学アカデミー、2004 年、p221。
- c) 同上、p227
- d) このプロジェクト実施者は競争的に選ばれた。しかし、プログラム目標に寄与しない議会指示プロジェクトのために、現在このプロジェクトには資金提供されていない。
- e) このプロジェクトは議会指示プロジェクトで、競争的に与えられていない。

2.4 電気分解への提言

電気分解分野の最近の成果は、2,000psi より低い圧縮エネルギーを要求する平面型電気分解スタックでの水素生産、50%の部品点数を削減した新しい電気分解システムの設計開発、そして高圧運転用の廉価なアルカリ型や PEM 型の電気分解システムの開発があげられる。PEM 型電解槽スタックは、再生可能電力資源の効果を模擬するために様々な運転の下でインストールされテストされた。

DOE の提言：

- 1. 電解槽材料の低価格化に関する研究を継続すること。
- 2. 風力タービンと電解槽システムのシステム統合ならびに最適化の研究を継続する。
- 3. 技術ロードマップの研究目標が確認された時に、再生可能エネルギー電気分解システムの限定的実証を実施すること。

以上

(出典: Solar and Wind Technologies For Hydrogen Production - Report to Congress, December 2005 (ESECS EE-3060), pp12-18,
http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/solar_wind_for_hydrogen_dec2005.pdf)

【水素エネルギー】**クリーン石炭燃焼による水素生産の利点を研究する実験装置（米国）****－ 石炭は水素経済への道へ導く －**

サンディア国立研究所の研究者は、水素経済到来への道を準備するために石炭の燃焼特性を研究している。将来の燃料としての水素を供給することに対して多くの長期的な選択肢があるが、石炭は短期的には水素資源を供給できる先行した候補である。

「やがて、原子炉からの高温熱によってあるいは再生可能エネルギー技術によって水分子を分解することにより、水素を生産できるかもしれないが、現在は、水素を生産する最もコスト効率の良い方法は石炭によっている」とサンディア国立研究所燃焼研究施設(CRF)のクリーン石炭燃焼の主任研究者クリス・シャディックスが語る。サンディア国立研究所はエネルギー省(DOE)核安全保障局の研究所である。

シャディックスと同僚は、最大のエネルギーを可能な最小汚染でもたらしよう、石炭燃焼を最適化するために多くの実験を行っている。従来の石炭燃焼は有害な廃棄物を排出していたが、最新の工場設備は石炭をクリーンに燃焼する環境規制を満たすことができている、とシャディックスは語る。特に天然ガスのような競合する燃料のコストが上昇する時に、クリーンな石炭燃焼は価格的に競争力を持っている。

発電所の排気塔から二酸化炭素(CO₂)廃棄ガスを分離隔離するという有力な利点を加えることにより、石炭は電力と水素の両方を生産しその未来技術への懸け橋をもたらす点で非常に有望である。「公益事業は石炭への投資を開始している」とシャディックスは語る。

石炭燃焼の2つのアプローチ

現在、石炭燃焼では2つの異なるアプローチが研究されている。

- ・ 酸素燃焼と呼ばれる1番目のアプローチは、純酸素と石炭を組み合わせる。
- ・ ガス化と呼ばれる2番目のアプローチは、燃料ガスを生成するために石炭を部分的にのみ燃焼させる。

CO₂ や他の汚染物質排出に対する懸念は、最初のアプローチを駆り立てる。現在の知識をもとにして純粋なCO₂に近い排気を生成することができる酸素中の石炭燃焼は、当面の解決策である、とシャディックスは語る。窒素酸化物、硫黄化合物および水銀のような有害な汚染物質は実際上除去される。

酸素燃焼のアプローチは、日本、ドイツ、カナダや他の国々の企業から受け入れられており、パイロットプラントが建築中である。米国の企業は、ガス化技術を支持する傾向がある。ガス化技術はより高い効率と低い汚染物生成を提供する。

水蒸気改質と呼ばれる技術の 1 つは、高温環境中で水蒸気と石炭を混合させ、ほとんどが一酸化炭素(CO)と水素からなる合成ガスを生成する。

一旦、合成ガスが生成されれば、電力を生産するためにタービン中で直接焼成できる。あるいは、合成ガスはさらに多くの水蒸気と反応させ、残余 CO を CO₂ へ変換させより多くの水素を生産することができる。

CO₂ は油田やガス田に隔離でき、水素は、エンジンや燃料電池で自動車の動力供給、電力を生産するためにタービンに動力供給あるいは航空機を飛行などの多くの潜在的な応用で利用される。

DOE は既に 2 つのパイロット・プロジェクトでガス化技術を実証している。次の段階は、水素生産と CO₂ 隔離を石炭ガス化に組合せることである、とシャディックスは語る。同時に、米国において民間の公益事業が国庫補助なしでこれらのプラントを建造するためにいくつかの商用化提案が進行している。

燃焼研究施設の役割

ウェストバージニア州モーガントウンの国立エネルギー技術研究所と協力し、サンディア国立研究所燃焼研究施設(CRF)は最先端技術の診断機能を使用し、専門知識をモデル化して、石炭燃焼の化学および物理を理解することに集中している。「我々は、実験結果を理解するために実験データへ粒子反応計算モデルを適用している」とシャディックスは語る。

シャディックスとポスドクのアルジャンドロ・モリーナは、石炭燃焼を分析するために小規模な実験施設で研究を行ってきた。「石炭がどれくらい速く燃焼しエネルギーを放出するかを理解することは非常に重要である。ほとんどが窒素である空気での石炭燃焼は、隔離の前に CO₂ と窒素の分離問題を引き起こす。空気の代わりに純酸素での石炭燃焼はいくつかの分離問題を省き、水を凝縮すれば 100%の CO₂ だけが残る、これらは隔離貯蔵ができる」とモリーナが語る。

「この酸素アプローチに関する 1 つの問題は高い火炎温度である。この高温は急速に金属バーナー材料を破壊する。問題は、酸素と CO₂ の正しい割合がどの程度であるかである」、と彼は続けた。

2 年間の小規模な研究の後に、2 つの他の CRF 施設を研究へもたらすために進行中である。ガス化研究所は加圧下での石炭ガスの挙動を研究することを支援するであろう。

以上

(出典 : <http://www.sandia.gov/news-center/news-releases/2006/comb-research-auto/clean-coal.html>)

【新エネルギー】

エタノールをより経済的に製造する新プロセス（米国）

なぜ、エタノールの生産はガソリン価格の上昇にも関わらず飛躍的に増えないのだろうか。コーンスターチを原料とするエタノールの生産は米国で 100 億ドル規模のビジネスであり、2006 年には 40 億ガロンのエタノールが生産される見込みである。ブッシュ大統領は 2006 年の一般教書演説の中で、2012 年までにエタノールの生産を倍増させること、そして 2025 年までに中東の石油のうち 75%を再生可能な原料を使ったバイオエタノールにすることを呼び掛けた。

「技術的には可能であるが、エタノールを経済的に生産することが課題だ。」とバージニア工科大学農業・ライフサイエンス学部で生物システム工学の助教授を務める Y.H. Percival Zhang 氏は述べる。

Zhang 氏は、よりコスト効率の良い前処理プロセスを開発し、これを 3 月 26 日から 30 日にアトランタで開催される米国化学会の第 231 回総会で発表された。

エタノールは今はトウモロコシの穀粒から生産されている。「しかしそれは食料だ。」と Zhang 氏は言う。「ブッシュ大統領が掲げる目標を達成するために必要な 300～600 億ガロンのエタノールを生産しようとするのであれば、植物全体つまりトウモロコシの穀粒を除いた部分(葉、茎および穂軸:以下トウモロコシ残渣と呼ぶ)を使い、穀粒そのものは食料として残さなければならない。」原料からバイオエタノールへの生物学的変換における最大の課題は高い処理コストであり、これがバイオエタノールをガソリンよりも高価格にする原因となっている。

トウモロコシ残渣は、米国で最も豊富な農業残渣である。課題はリグノセルロースから糖を分離することである。リグノセルロースは、植物の細胞壁を形成するリグニン、ヘミセルロースおよびセルロースから構成される。リグノセルロースの糖変換については多くの技術が開発されてきたが、依然としてコストは高く、得られる糖も少ない。「誰も危険を冒して大規模なリグノセルロースのバイオリファイナリーに 10 億ドルもの投資をしようとはしない。」と Zhang 氏は言う。「処理コストも高い。薬品、設備、酵素、前処理とそれに続く処理段階におけるリサイクルが必要とされる。」

¹注：トウモロコシの穀粒を除いた部分を表す英単語として、原文では”stover”と”corn residue”が使われている。

Zhang 氏が開発したコスト効率の良い前処理プロセスは、3 つの技術すなわちセルロース溶解前処理、濃酸による糖化およびオルガノゾル化を組み合わせたものであり、既存の処理が持つ限界を克服している。Zhang 氏が開発した「温和な反応」は、摂氏 150～200 度で運転する高圧システムとは異なり、摂氏 50 度(華氏 120 度)の常圧で運転してトウモロコシ残渣を前処理し、固体高分子糖を分離する。Zhang 氏は、数段階からなる前処理システムの中で、高腐食性の化学物質や高圧・高温の代わりにセルロースを溶かす強力な溶媒を使ってリグニン、ヘミセルロース、セルロースの連鎖を破壊する。

Zhang 氏の開発した温和な処理システムは糖の分解や阻害物質の生成を伴わない。次の段階で、Zhang 氏は高揮発性の有機溶媒を巧みに用いて溶解セルロースを沈殿させてリグニンを抽出し、試薬の効果的リサイクルを可能にする。前処理と試薬のリサイクルの後、リグノセルロースは 4 つの生産物すなわちリグニン、ヘミセルロース糖、非晶質セルロースそして酢酸に分解することができる。「副産物はより多くの収益を生む可能性があり、バイオリファイナリーの採算性も上げてくれる。そして散在するリグノセルロース資源を十分に活用する付随施設としてのバイオリファイナリーが可能になる。」と Zhang 氏は説明する。「例えば、リグニンは接着剤からポリマー代替物、炭素繊維に至るまで多くの工業用途を持つ。また、キシロースは健康に良い甘味料のキシリトールあるいはナイロン 6 の前駆体に変換することができる。」

結晶質セルロースから変換される非晶質セルロースもまた Zhang 氏が開発した処理プロセスで得られる利点のある生産物である。なぜなら、この状態ではセルロース原料の加水分解がより進みやすいため、結果としてより多くの糖を得ることができ、加水分解率はより高く、また酵素の使用はより少なくなるためである。Zhang 氏は、非晶質セルロースの加水分解について実験を行った。実験は、ジェネンコア・インターナショナル社(Genencor International)が開発した特別な酵素(トリコデルマ属セララーゼ)を添加することにより行われた。その結果、セルロースの約 97%が 24 時間の加水分解プロセスで消化された。

Zhang 氏とダートマス大学セイヤー工学スクール(Thayer School of Engineering)の Lee R. Lynd 氏が執筆した論文「Novel lignocellulose fractionation featuring modest reaction conditions and reagent recycling(FUEL 143)」が、3 月 30 日開催された燃料科学と技術の進歩に関するセッション(Advances in Fuel Science and Technology session)で発表された。

Zhang 氏は、ダートマス大学セイヤー工学スクールで博士号を取得し、ポスドク研究員を経て 2005 年 8 月にバージニア工科大学の助教授に着任した。Zhang 氏と Lynd

氏はこの前処理に関して米国の特許を申請し、バイオエタノールの新興企業である Mascoma 社に対して実施認可が与えられた。バージニア工科大学での研究に参加した後、Zhang 氏はこの特許を基にしてさらに大幅な改良を行い、これに対してはバージニア工科大学が国際特許を申請した。

Zhang 氏は、再生可能エネルギー研究所(National Renewable Energy Laboratory)、オークリッジ国立研究所(Oak Ridge National Laboratory)と共同で研究を行っており、NREL のソフトウェアを用いて様々なエタノール生産方法の経済費用を分析し、また ORNL の施設を利用して様々な酵素や材料について実験を行っている。「NREL と ORNL は 30 年にわたりリグノセルロース処理、生体触媒作用、バイオエネルギーの研究を行っており、リグノセルロースが持つ反応しにくい性質を効果的に克服するための新技術に対して喜んで協力する。」と Zhang 氏は語る。「近いうちに私達はこの新技術に基づくパイロットプラントの第 1 号をバージニアに設立し、そこでスイッチグラスを利用したいと考えている。」

米国化学会における発表の概要

リグノセルロースの反応性の悪さを克服することは、再生可能リグノセルロースから化成品や燃料を生産するうえで最も大きな技術的障壁のひとつである。私達は濃リン酸／アセトンを使ったこれまでにない新しいリグノセルロース前処理方法を示す。この前処理は 4 つの大きな特徴を持つ。すなわち、1)温和な反応条件、2)リグノセルロースの分解による非晶質セルロース、ヘミセルロース糖、リグニン、酢酸の生成、3)高い反応性を持つ非晶質セルロースの生成、そして 4)試薬リサイクルによる高い効率である。前処理したトウモロコシ残渣の加水分解について実験を行った結果、セルロース 1 グラムあたり 15 濾紙単位の酵素を加えた条件(enzyme loading of 15 filter paper unit/gram cellulose)において、セルロースのおよそ 97%が 24 時間の加水分解により消化されることが分かった。この技術によって次の経済的利点がもたらされることが期待できる。1)総収益の増加、2)処理コストの低下、3)小規模なバイオリファineryへの少ない設備投資、4)原料の安い輸送コスト、5)成熟技術を統合することにより実現される低い投資リスク

以上

翻訳：NEDO 情報・システム部

(出典： <http://www.vtnews.vt.edu/story.php?relyear=2006&itemno=115>)

© Copyright 1993-2006. Virginia Polytechnic Institute and State University .All rights reserved. Used with permission.)

【エネルギー一般】

CO₂ フリー火力発電の開発動向(ドイツ)

ドイツ第三の電力会社であるヴァッテンファル・ヨーロッパ (Vattenfall Europe) は、2008 年の運転開始を目指して、二酸化炭素を排出しない二酸化炭素フリー火力発電のパイロットプラントを開発、建設する。建設場所は、東部ドイツ・ブランデンブルク州の南東部ラウジッツ地方に位置するシュヴァルツェ・プンペで、褐炭を燃料とする熱出力 30MW の小型石炭ガス複合発電プラントを設置する予定である。開発と建設に要する投資額は合計で約 4,000 万ユーロ。このパイロットプラントは、二酸化炭素フリー石炭型火力発電所の商用化に向けて、必要となる技術の開発とそれぞれの要素技術の最適化を図ることを目的としている。順調にいけば、2015 年に熱出力 300MW の実証プラント、2020 年頃には熱出力 1,000MW の商用二酸化炭素フリー石炭型火力発電所を稼働させる計画である。

パイロットプラントでは、火力発電によって排出される二酸化炭素は分離、液化されて、地下約 1,000 メートル地点の層に固定、長期貯留される。二酸化炭素は、貯留層上部の多孔質砂岩層とその上の気密な岩層によって隔離される。

技術的なポイントは、排気からの二酸化炭素を分離しやすくするために、空気ではなく純粋な酸素を燃焼ガスとする Oxyfuel Process を利用することにある。このプロセスでは、燃焼炉に純粋酸素を入れて燃焼させるが、それでは燃焼炉の温度が高温になりすぎることから、燃焼によって発生した二酸化炭素の一部を燃焼炉に戻してやることで燃焼温度を下げ、それによって燃焼炉材料の選択が現実的なものとなるようにしている。このプロセスの利点は、排気ガスは脱流すれば、ほとんど二酸化炭素と蒸気だけになるため、蒸気を復水化させれば、二酸化炭素を簡単に回収できるという点である。ただ、純粋な酸素を得るために要する酸素製造エネルギー消費が大きいという欠点がある。

ヴァッテンファルのプロジェクトに参加するスウェーデン Alstom Power 社の Oxyfuel Process 開発責任者によると、二酸化炭素の分離回収技術として従来有望視されていた化学吸収法では、発電効率が化学吸収法によるエネルギー消費で 12% 低減されるのに対して、Oxyfuel Process では酸素製造エネルギー消費が大きいものの、全体では発電効率は 10% 低減される程度に止まるという。同社は、Oxyfuel Process の利用にあたっては、流動層燃焼法を組み合わせることで効率化を図る予定である。流動層燃焼法では、冷却された灰が流動床に戻されるので、燃焼炉の温度を下げるために戻される二酸化炭素量が少なくて済み、それによって蒸気発生器の容量を従来型の空気燃焼法に比べ、約 50% 低減させることができるという。

ヴァッテンファルのプロジェクトでは、酸素燃焼技術を利用した発電プラントの効率を上げて、二酸化炭素を回収、吸収、貯留するコストをいかに下げるかがポイントとなる。ヴァッテンファルでは、このコストが最終的に二酸化炭素 1 トン当り 20～25 ユーロ程度に止まることを期待している。これに達しない場合、現在欧州で実施されている排出権取引における二酸化炭素 1 トンの売買価格を上回り、二酸化炭素の分離回収で火力発電のゼロエミッション化を目指すよりも、排出権取引で二酸化炭素の排出権を購入したほうがコスト安になってしまう。

ヴァッテンファル・ヨーロッパは、スウェーデンの最大電力会社ヴァッテンファルを親会社とするドイツ法人で、ハンブルク電力、東部ドイツを拠点とする電力会社 VEAG およびベルリンの BEWAG 社を買収することで、ドイツ第三位の電力会社となった。東部ドイツではこれまで、東西ドイツ統一後に褐炭火力発電所の改造が盛んに行われてきており、ヴァッテンファルのプロジェクトが実施されるラウジッツ地方では、イェンシュヴァルデ、ボックスベルク、シュヴァルツェ・プンペにおいて世界でも最新の褐炭火力発電所が稼動している。

以上

〈参考資料〉

1. Vattenfall プレスリリース、2005 年 5 月 19 日
www.vattenfall.de/www/vf/vf_de/225583xberx/232127press/
2. Vattenfall 特別広報、2005 年 12 月 30 日
3. CO2 Handel.de、2006 年 2 月 14 日、www.co2-handel.de/article58_1684.html

【環境】

米国の意識調査で大多数が将来の環境に悲観的と回答

米国人の大部分が環境について悲観的な見方をしており、環境を改善させるための行動をとる必要があると考えていることが、スタンフォード大学ウッズ環境研究所 (Stanford University's Woods Institute for the Environment) が実施した全国調査で明らかになった。

調査を受けた米国人の 55% が、世界の自然環境は今後 10 年間で現在よりも悪化するだろうと回答した。また、5% の人は現在の環境が「悪い」あるいは「非常に悪い」と考えており、良くなることはないだろうと回答した。

「私達はこの 60% の米国人グループを悲観論者と呼んでいる。」とスタンフォード大学で人文科学と社会科学の教授を務める Jon A. Krosnick 氏は述べる。「このグループは、性別、人種、教育、そして居住地（都市、郊外、地方）の点から見ると、米国国民の全体構成と極めてよく似ている。」と Krosnick 氏は語る。政党の所属に関しては、民主党員のうち 67% が悲観論者であったのに対して共和党員は 48% であった。しかしながら、実際には共和党員の大多数が環境の状態と人間による環境管理に不満を感じていることが研究者らの調査で分かった。

このスタンフォード大学の調査は ABC ニュース、タイム誌と共同で行われた。Krosnick 氏と ABC ニュースの Gary Langer 氏が調査の企画を行い、3 月 9 日～14 日にかけて、全国から無作為に選ばれた 1,002 人の成人を対象として電話による調査が実施された。調査結果の誤差は±3% である。

調査を受けた人のうち実に 86% が、ブッシュ大統領、議会、米国企業および／あるいは米国民に対し、環境の健全性を改善させるために来年中に「大いに」行動することを望んでいると回答した。この行動を求める声はどの政党からも出ており、環境の改善を強く求める民主党員は 94%、共和党員は 76% であった。環境改善に向けた大幅な努力を求める人の割合については、性別、人種、教育あるいは都市、郊外、地方いずれかの居住地による差異はなかった。

ブッシュ大統領の環境問題への取り組み方に賛成する人の割合は僅か 21% であり、53% の人が反対、また 25% の人は賛成・反対のいずれでもないと答えた。ブッシュ大統領のパフォーマンスを支持する民主党員は予想されたとおり僅か 5% であり、共和党員の 47% よりもはるかに低い結果となった。議会と米国企業に好意的な人の割合も決

して高い結果にはならず、議会で 15%、企業で 21%であった。環境の状態が悪いあるいは悪化していることに対する全般的な責任は米国企業が負わされることが多く、ブッシュ大統領の政策はそれほど非難的になっていないことが今回の調査で分かった。

気候変動問題については、回答者の 85%が地球温暖化は「多分起きている」と答える一方、地球温暖化は「確実に」起きている、或いはそのことを「強く確信している」と答えた人は僅か 38%であった。地球温暖化問題は自分にとってどれくらい重要かという問いに対しては、49%が「極めて」あるいは「非常に」重要であると答え、32%が「多少」重要であると答えた。また 18%は「あまり重要ではない」あるいは「全く重要ではない」と答えた。

回答者の大多数が、政府は自動車メーカーに対してより燃料効率の良い乗用車を製造するよう求めるべきであると答え(45%)、またはそのために自動車メーカーに対する税制優遇措置を行うべきであると答えた(40%)。また 61%の人が政府は発電所に対して温室効果ガスの削減を求めるべきであると答える一方、21%の人は産業への税制優遇措置を支持すると答えた。

この調査によって、自然環境の健全性に対する悲観的な見方は地球温暖化への確信と強く結びついていることが明らかになった。地球温暖化が起きていることに少なくとも多少の確信を持っており、対策がとられなければ多少なりとも深刻な影響がもたらされると考える 69%の米国人のうち、環境全般に対して悲観的な人は 70%である。一方、地球温暖化による悪影響が実在することに懐疑的な 31%の米国人のうち、環境に対して悲観的な人は僅か 37%である。

「この調査は、国家経済に関する米国人の認識を問う全国調査をモデルとしており、その全国調査の結果は有名な国家経済指標となっている。」とコミュニケーション学、政治学、そして心理学の教授でもある Krosnick 氏は述べる。「この調査は私達にその年の基礎的な情報を提供してくれるだろう。私達はそれを環境の将来に対する全般的な認識や地球温暖化等の具体的な問題に対する人々の姿勢を追跡するために役立てるつもりだ。」

今回の調査は、ウッズ環境研究所が今後毎年刊行する予定の「America's Report Card on the Environment (米国の環境調書)」シリーズの第 1 回目となった。第 2 回目の調査はこの秋に実施される予定であり、幾つかのより具体的な環境問題やその解決策が盛り込まれることになっている。

ウッズ環境研究所は、スタンフォード大学内で行われている環境持続可能性イニシア

ティブ(Initiative for Environmental Sustainability)の学際的拠点としての役割を果たしている。同研究所の所長は、土木・環境工学教授の Jeffrey Koseff 氏と天然資源法教授の Barton "Buzz" Thompson Jr.氏が共同で務めている。また、スタンフォード大学では 250 名を超える教職員が環境問題に関する研究、講義、指導に携わっている。

この環境に関する全国調査のデータは <http://environment.stanford.edu/>で閲覧できる。

以上

翻訳：NEDO 情報・システム部

(出典：<http://news-service.stanford.edu/news/2006/april5/abc-040506.html>)

Copyright © Stanford University News Service. All rights reserved. Used with permission.)

【産業技術】 **ライフサイエンス**

ナノ粒子を用いた細胞ドラッグ・デリバリー・システム（米国）

—エイムス研究所がメソ多孔性ナノ粒子へ着目—

米国エネルギー省（DOE）エイムス研究所の研究者によって研究されたナノスケールのドラッグ・デリバリー・システム¹により、何時の日か、正常な細胞への副作用のリスクを生じさせずに、特定のガン細胞への化学療法薬剤の投与が可能になるかもしれない。

エイムス研究所の化学者ビクター・リン氏は、メソ多孔性²ナノ粒子と呼ぶ小さなシリカ粒子を用いて、生体細胞中への薬剤の配送をコントロールする手法の研究を行っている。

「ナノ粒子の直径は約 200 ナノメートルに過ぎず、これはほぼウイルスのサイズと同じである。そのため、体内の免疫反応を引き起こさない。」とリン氏は述べた。「これらのナノ粒子は生体適合性があるため、細胞によって容易に吸収される。」

しかし、ドラッグ・デリバリーを可能とするのは、ナノ粒子の構造である。粒子には、無数の貫通した平行なチャネル（管路）がある。粒子は、毛管作用により配送すべき薬剤の分子を吸収することができる。管路が薬剤で満たされた後、薬剤を安全に内部に封入するために管路の終端は「キャップ（蓋）」される。適切にキャップされた後に、薬剤を除去するために粒子表面が洗浄される。

リン氏は研究の焦点は、エンド・キャップ（蓋）に用いられる物質のタイプ、どのようにしてキャップが適切な位置に保持されるのか、そしてどのようにしてキャップが解放されるのかについてである。キャップの素材としては、デンドリマー³、生物分解性ポリマー、遺伝子、タンパク質、金属系ナノ粒子、または半導体ナノクリスタル（これは量子ドット⁴として知られている）がありうる。そしてキャップは適切な位置に化学結合によって保持される。一旦、ナノ粒子がターゲットの細胞中に入れば、トリガー（引き金）がキャップをはずして、薬剤を解放する。

¹ ドラッグ・デリバリー・システムとは、目標とする患部のみに薬剤に送り込む投薬技術のこと。薬物送達システムまたは薬物輸送システムともいう。

² 口径 20～500 オングストローム（Å）（1 Å は 100 億分の 1 メートル）の空隙が規則的に配列した物質。

³ 中心から規則的に分岐した構造を持つ樹状高分子。他の高分子と比べて合成が極めて困難であるため、実用化には至っていない。

⁴ 電子を微小な空間に閉じ込めるために形成した、人工の導電性結晶のこと。

リン氏はトリガーのメカニズムについて、「我々は2つのレベルのコントロールに注目している」と述べた。「一つのレベルは細胞に解放をコントロールさせることで、もう一つは外部から解放をコントロールすることである」。リン氏は、キャップを適切な位置に保持させている化学結合は、正常な細胞中に存在する物質でははずれないようにすることができると説明する。これらの物質の中には、ガン細胞中ではより高濃度で現れる物質（例えば酸化防止剤）があり、これによりキャップの結合を壊し、薬剤を解放する。このようにして、ガン細胞のみが、例えばタクソールや酸化剤のような強力な化学療法の薬剤のターゲットとなる。一方、正常な細胞中のナノ粒子はキャップ（封印）されたままであり、それゆえ健康な細胞を傷つけることによって生じる副作用を起こすことがない。

外部からのコントロールを行うために、リン氏は磁場を用いて操作できる酸化鉄ナノ粒子のキャップを用いている。リン氏は、その原理の単純な例示として、冷蔵庫の磁石を、液体が入ったガラスの薬品ビンに近づけた。薬品ビン中の液体には、酸化鉄粒子で封印されたナノ粒子を含む、生体外で成長させたヒトの子宮ガン細胞が含まれている。磁石を近づけると、ガラス瓶中の細胞は、磁石の近くに移動し結集した。

「強力な磁石を用いることにより、例えば腫瘍のある特定の点にナノ粒子を集中させることができる。そして、磁場を用いてキャップを取り除き薬剤を解放する。」とリン氏は述べた。「紫外線によるトリガーではなく、磁力トリガーを用いる優位性は、MRI⁵を思い浮かべればわかるように、組織の深度に制限がないことである。」

ナノ粒子は、細胞間のドラッグ・デリバリーの可能性を超え、細胞中で何が起きているかを研究するための鍵を提供するだろう。現在、科学者は、細胞に損傷を与えず、探知できない事象の連鎖反応を起こさずに、細胞中に薬剤または遺伝子を導入することの困難さを抱えている。

「現在の遺伝子治療によっても、遺伝子のスイッチを入れたり消したりすることはできる。しかしそれにより、細胞の他の部分やプロセスに、さらに影響を及ぼすのかどうかはよくわからない。」とリン氏は語った。「特定の希望する生産物を生産するための植物細胞を得ることは可能であろう。しかしその生産量は大きく低下するだろう。」

細胞中で何が起これ、どのような変化が起これているかを追跡するために、外部からコントロールできるナノ粒子を用いることにより、細胞中に遺伝子やケミカルマーカ―や他の物質を順次放出することが可能になるかもしれないと、リン氏は説明している。リン氏の研究のこの部分は、エイムス研究所の大規模植物代謝学プロジェクトと結びついている。

⁵ 磁気共鳴画像診断

リン氏はまた、化学反応の触媒を配送するためのメソ多孔ナノ粒子の使用について、および水素駆動自動車用の水素燃料の貯蔵へのメソ多孔ナノ粒子の使用についての研究を行っている。この研究のドラッグ・デリバリーの部分は、全米科学財団(NSF)のグラントから資金提供を受けている。触媒及び水素貯蔵研究は、DOE 基礎エネルギー科学局によって資金援助される。なおここは、化学・地球科学・バイオサイエンス部門を通じた代謝学プロジェクトに対しても資金提供を行っている。

以 上

翻訳：NEDO 情報・システム部

(出典：<http://www.external.ameslab.gov/final/News/2006rel/nanoparticles.htm>)

【産業技術】 ナノテク

量子ドット法は迅速にバクテリアを識別（米国）

炭疽菌から大腸菌まで、非常に少数の種々のバクテリアを検知し識別する迅速な方法が、米国立癌研究所(NCI)および米国立標準技術研究所(NIST)の科学者によって開発された。

全米科学アカデミー会報の3月28日号に発表された研究*は、迅速性が不可欠である生物兵器や耐抗生物質あるいは毒性の強い菌株ウイルスの素早い同定のための携帯型装置の開発を導くことができるであろう。

伝染性バクテリアの識別およびその可能な治療を行う従来の方法は、長時間どころか数日間にわたるバクテリアの単離と増殖を必要とする時間消費で骨が折れる方法である。新しい方式は、興味ある特定のバクテリアに感染する、遺伝子工学により量子ドットを固定した、バクテリオファージまたはファージと呼ばれる、複製が早いウイルスの使用により作業を加速させる。

量子ドットは、従来の蛍光性タグに比べてより丈夫で強烈な信号を放出するナノ寸法の半導体粒子であり、光に曝されるとより安定性を増す。この方法は、およそ1時間以内で細菌を検知し、試料1ミリリットル当たり10個未満の標的細菌細胞を識別する。

このファージはその表面上に特別なタンパク質を生成するために遺伝子工学により処理されている。これらのファージがバクテリアに感染して繁殖すると、バクテリアは増大し、すべての生細胞の中に存在するビオチン(ビタミンH)に付着する多くの子孫ファージを放出する。ビオチンを覆ったファージは、特別に処理された量子ドットを選択的に引きつける。それは広い周波数範囲にわたる光を効率的に吸収し、粒子径に依存する単一色を再放射する。

生じたファージ量子ドット複合体は、顕微鏡検査法、分光法あるいは流動細胞分析法を使用して、検知し計数することができる。そして、結果はバクテリアの識別に使われる。種々の放射色を持っている量子ドットと種々のファージを対にすることにより、多数の菌株を同時に識別する新しい方法を拡張することができるであろう。

新しい方法は従来の光学的方法より非常に敏感である。この方法は、どれだけのウイルスが一つのバクテリア細胞に感染しているかとか、どれだけの量子ドットが単一

のウイルスに付いているかを数えることができる。

NIST によって特許の仮出願がなされている。また、正式な特許出願は NCI の親機関である国立衛生研究所によって最近申請された。この研究への NIST の貢献は、実験計画法および蛍光画像診断などを含んでいる。

他の著者には、NCI、国立衛生研究所、SAIC フレデリック社およびフレデリックの全米癌研究所が含まれている。この研究は、NIH、NCI、NIST および癌研究センターによって資金提供された。

以上

(出典 : http://www.nist.gov/public_affairs/techbeat/tb2006_0330.htm#quantum)

*R. Edgar, M. McKinstry, J. Hwang, A.B. Oppenheim, R.A. Fekete, G. Giulian, C. Merrill, K.Nagashima and S. Adhya: High sensitivity bacterial detection using biotin-tagged phage and quantum-dot nanocomplexes. Proceedings of the National Academy of Sciences, March 28, 2006.

【産業技術】

米国の調査研究機関が注目する先端技術分野

研究開発エンジニアリング分野に関する米国主要誌の1つである『R & D』（出版社：Reed Business Information）は、今後注目すべき先端技術分野の調査を実施し、先般その結果を発表した。『2006 年のホット・テクノロジー(Hot Technology)』と題するこの調査は、70 分野以上に亘るテクノロジー領域を対象して実施され、2006 年に注目が集まると期待される研究項目・分野をランク付けしている。

結果を見ると、最上位 5 項目に選定された分野は前回調査（2004 年時点）と同じ 5 項目となったが、順位には変動が見られた。今回調査で最上位となったのは昨年 3 位



の「対バイオテロに向けたデバイスの開発」で、アンケート調査の結果、本分野を 1 位に挙げた者の比率は 2004 年時の 29.5%から 39%と急増している。第 2 位は、昨年 1 位の燃料電池（2004 年は 41.4%）、ナノテク（2004 年は第 2 位で 40.1%）、バッテリー・化学エネルギー（2004 年は 19.8%で第 5 位）、カーボンナノチューブ（2004 年は 21.1%で第 4 位）となっている（左図参照）。

2004 年時点に注目を集めたものの、その後 1 年が経過して今般調査ではその注目度が縮

小した研究分野もある。例えば、プロテオミクス¹（タンパク質の体系的・網羅的データ解析）は、2004 年のランキングでは 18 位が 2006 年には 29 位に後退した。ゲノムの順位は 2004 年（22 位）から 15 位（2006 年）に上昇しており、これはゲノムがより実用的で短期的なソリューションとして多くのライフサイエンスに期待されていることを反映していると思われる。

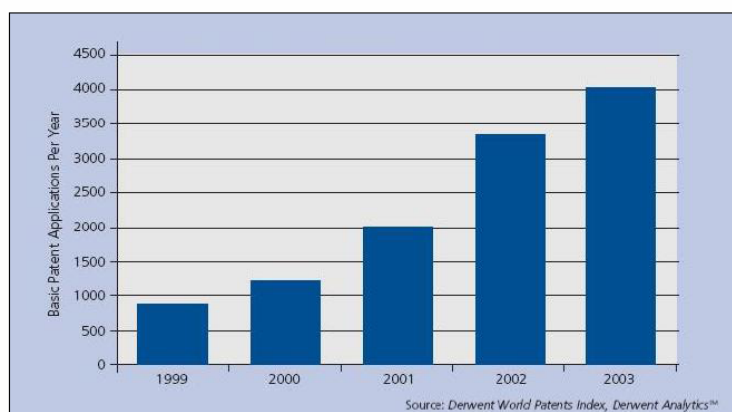
また、今回注目度の変動が顕著だったのは、エネルギー関連の研究開発分野、特に太陽光・風力発電技術であり、その注目度は、2004 年時点の 21 位から 7 位に急上昇している。これは、最近のエネルギー価格の高騰を背景にしていることは論を待たないが、燃料電池が上述のとおり 2 年継続して上位 5 位にランクインしており、エネル

¹ プロテオミクスとは、ゲノミクスに対する言葉であるが、従来の個別のタンパク質の解析とは違い、いつでもどこでものタンパク質がどれだけ発現しているかを系統的、網羅的にタンパク質に関するデータを収集し解析する技術、方法論とある。（<http://www.yodosha.co.jp/btjournal/keyword/126.html>）

ギー関係の注目度の高まりが目立っている。ハイテクビジネスを支えるベンチャーキャピタルの動向を見ても、従来のIT、バイオの両分野に加え、近年は太陽光エネルギー分野への投資が明らかに増加傾向にある。

本調査でリストアップされた最先端の研究開発テーマが、実際にはどの程度実用化されるのか、何年先を見越した期待度であるかという点についても調査内で言及されており、アンケート結果によれば、これら注目すべきテクノロジーの商業化への実現性については56%が実用化可能であるとの見込みであり、商業化までの期間は平均して4.7年との結果が出ている。なお、基礎的・基盤的な発見から始まって、技術研究開発が進められ、重要なテクノロジー分野だと認識されるまでに要する時間は平均して6年間であり、発見から商業化に至るまでの期間は15年とされている。現在注目度の極めて高い各分野も、その技術自体は既に10年近く前に出現していた技術ということになる。

技術分野によっては既に実用・商業化に向けて本格化しているテーマもあり、例えば今回第2位の「燃料電池」に関する研究では、“Hydrogen Future Act of 1996”に基づく振興政策として、連邦政府は10億ドルを超える研究費予算に加え、追加20億ドルを水素・燃料電池のインフラと商業化に充当する予算を確保している。世界中で申請されている燃料電池特許申請数は、1999年以降急激に立ち上がり、2003年の基本特許件数は、2001年次と比し倍の件数となっている(下図参照)。(1999年から2003年までの申請数は870件から4,000件の3.6倍。)



他方、政府系・産業系研究機関に類似した研究開発母体として価値が再認識されている米国内の独立系研究機関（その多くは50年以上の歴史を持つ）は、将来の有望技術分野についてどのように見ているかを参照することも興味深い。例えばカリフォルニア州メンロパーク市にあるSRI International²は、最近10年間を振り返っての大き

² www.sri.org

な変化として、財政赤字の膨大化と、自然災害を起因とした連邦政府予算の支出が急増していることを指摘している。同研究所は中国にも拠点を設けグローバルに活動しているが、世界的にエネルギー関連の研究開発とソリューションの必要性が急激に上昇しているとし、今後急成長が期待される研究開発項目として、クリーン・コール(Clean coal) 技術、パワーグリッドの信頼性強化、次世代原子力発電技術、パイプラインの安全性、代替エネルギー源といったエネルギー資源関係が特に重要性を拡大するとしている。

応用エンジニアリング、物理化学分野の独立系研究開発機関として歴史の長い Southwest Research Institute(SwRI) は米環境保護庁の管轄で、米国で採用される環境関連機器の評価、基準認証の実施機関であるが、米環境庁、米エネルギー省の研究開発規模が縮小傾向にあると指摘している一方、Midwest Research Institute(MRI) は、国家の広義の安全保障を確保するための研究開発予算が増加している点を指摘している。例えば、潜在的なテロ攻撃への防衛、広地域に流行する感染症対策、その他の生物・化学による攻撃に対する予防・対処技術等である。

その他 2006 年に焦点をおく技術領域として、各研究機関とも共通して列挙している分野・項目は、企業競争力の強化、新製品の開発、国家安全、エネルギー、環境、交通、健康、ライフサイエンス、バイオ及び化学兵器の攻撃に対応するセンサーや検知器関連分野だとしている。

以 上

参考資料 (サイト) :

- Southwest Research Institute(SwRI) : San Antonio Texas www.swri.org
- SRI International (California) : Menlo Park California www.sri.com
- Battelle (Ohio) : Columbus Ohio www.battelle.org
- Midwest Research Institute(MRI) (Missouri)
Kansas city Missouri <http://www.mriresearch.org/>

○ R&D Hot Technologies for 2006

<http://www.rdmag.com/ShowPR.aspx?PUBCODE=014&ACCT=1400000100&ISSUE=0512&RELTYPE=cv&PRODCODE=00000000&PRODLETT=N> <http://www.mriresearch.org/>

○ Independent R&D CEOs See Expanding Opportunities

<http://www.rdmag.com/ShowPR.aspx?PUBCODE=014&ACCT=1400000100&ISSUE=0512&RELTYPE=FE&PRODCODE=00000000&PRODLETT=O>

○ IP Strategies for Fuel Cells

<http://www.rdmag.com/pdf/ONE/ip.pdf>

【ニュースフラッシュ】

米国－今週の動き (04/06/06～04/19/06)

NEDO ワシントン事務所

I 新エネ・省エネ

3月／

31：新エネルギー政策を準備中と噂されるホワイトハウス行政管理予算局

内務省 John Trezise 予算課長によると、ブッシュ政権は、昨年のエネルギー法案審議における未解決問題を取り上げる新エネルギー政策案を準備中。2005 年エネルギー政策法に土壇場で盛り込まれ、内務省の追加収入（年間 2,000 万ドル）の道を閉ざした、Orrin Hatch 上院議員（共和、ユタ州）による「石油・天然ガスの掘削認可申請費引上げ 10 年間阻止条項」について、内務省高官等はホワイトハウス行政管理予算局（OMB）と撤廃可能性を話し合い中という。内務省同課長によると、OMB は新エネルギー提案の策定で他省庁とも協力中とのことだが、エネルギー省報道官は否定。（Environment and Energy Daily）

31：二酸化炭素のリスク責任に関する論争で、複雑化しそうな FutureGen 施設の立地

FutureGen 発電施設の立地努力が、産官同盟（DOE と FutureGen Industrial Alliance (FIA)）と州政府との間の論争によって複雑化する可能性。争点は、今年 2 月中旬に発表された FutureGen プロジェクトの提案依頼書（RFP）草稿に含まれていた CO₂ の所有責任に関する文言で、州政府筋は、DOE と FIA が、CO₂ に伴う環境リスクを州政府に押しつけようとしていると批判。FutureGen プロジェクトの入札受付は 5 月 4 日までで、批判は残るものの最高 9 つの州が立地場所の入札を行う見込み。用地選抜候補リストが夏の終りに発表され、2007 年 9 月には FutureGen の立地場所が発表予定。（Inside EPA; Greenwire）

4月／

5：よりパワフルな燃料電池を廉価に生産することを可能にする、新型の陽子交換膜

ノースカロライナ大学チャペルヒル校の研究チームが、燃料電池の製造コスト削減と伝導率向上が可能な新型の陽子交換膜を開発。新型の陽子交換膜は交差結合した膜で、一度硬化すると非水溶性になるため、DuPont 社製の Nafion 膜よりも多量の酸を含有可能（陽子が自由に動き回りやすい）であり、性能が向上。また室温では固形の Nafion 膜とは違い、最初は液状の新型陽子交換膜は、パターンに刻まれた型に流し込むことにより、表面積を数倍に増大することが可能。同研究チームのリーダー Joseph DeSimone 博士によると、異なるパターンを使用すれば膜の表面積を 20 倍から 40 倍にでき、出力密度の改善が可能。現在より遥かに小型の燃料電池で自動車に十分なパワーを供給出来る可能性があり、2～3 年以内に新型陽子交換膜を使った燃料電池生産の可能性も。（MIT Technology Review）

6：4 州が、FutureGen プロジェクトで協力する地域同盟を結成中

オハイオ州、ペンシルバニア州、ケンタッキー州、ウェストバージニア州は、無公害石炭火力発電所である FutureGen プロジェクトの 275MW プラントの誘致に関し、共同契約を交渉中の模様。同交渉は Bob Taft オハイオ州知事（共和党）の呼びかけによるものらしい。オハイオ州の FutureGen タスクフォースは、4 月 4 日、メイグス郡とトゥスカワス郡の炭田 2 カ所を同州の FutureGen プロジェクト最終候補地として選定。また、ウェストバージニア州とケンタッキー州も独自の候補地をエネルギー省に提案する見込み。FutureGen の公募では、複数州の共同申請を認めていない一方、複数州が発電所の建設等で互いを支援する協定を締結することを阻む規定もない。FutureGen 発電所の建設から想定される地域のメリットがこのような州間の協力を推進した模様。（Platts Coal Trader）

7：Bodman 長官（DOE）、先進エネルギー・イニシアティブを支援する水素研究提案公募を予告

Samuel Bodman エネルギー省（DOE）長官は、4 月 6 日にデトロイト市で開催された 2006 年自動車技術展世界大会に出席した折、先進エネルギー・イニシアティブ（AEI）を支援する 2 つの大型公募を DOE が実施予定と発表。一つは、今月末発表予定の、水素技術分野における新規イノベーションを支援する公募で、予算は 3 ヶ年で 5,250 万ドル。公募は特に、DOE 報告書『水素経済の為に基礎研究ニーズ』（2004 年 2 月）で確認された、水素製造・貯蔵・使用関連課題に焦点をあて、斬新な貯蔵用材料、触媒、膜の研究開発を奨励。同長官はまた、長期戦略である水素研究と同時に、より短期的技術である E85 ガソリン走行車両の製造を自動車メーカーに求め、E85 ガソリンの市販拡大を目的とする官民パートナーシップの形成でプロジェクト案を公募する意向とも発表。（DOE News Release）

12：カリフォルニア大学デービス校に新設されるエネルギー使用合理化優良センター

カリフォルニア大学デービス校はエネルギー使用合理化のイノベーション推進のため、最新鋭の省エネ設計と省エネ建築を特徴とするエネルギー使用合理化センターを構内に新設予定。学際的な見地に立って技術開発・ビルディングの設計・投資等の問題に取り組む。カリフォルニア州クリーン

エネルギー基金 (CalCEF) からのグラント (100 万ドル)、Pacific Gas and Electric Corp.からの献金 (5 年 50 万ドル) を受けるほか、大学自身も 130 万ドルを提供 (運転資金や研究資金、教授の時間や事務スペース提供等)。Andrew Hargadon 新センター所長によると、エネルギーコストの効果的管理による軽減、及びエネルギー価格変動リスクの管理を通じて、同州ビジネスを支援する意向。(US Davis News Release)

II 環境

4 月／

5：米国電気事業大手 100 社の大気汚染排出を比較した報告書

天然資源防衛委員会 (NRDC)、環境投資連合の Ceres、及び公益事業グループが、報告書『米国電気事業大手 100 社の大気排出量比較評価：2004 年 (Benchmarking Air Emissions of the 100 Largest Electric Power Producers in the United States - 2004)』を発表。対象 100 社は、全体で約 2,000 の発電所を所有し、米国総発電電力の 88%、電力業界の報告総排出量の 89%に対応。報告書は、発電所から放出される SO₂、NO_x、水銀、及び CO₂ の 4 種の汚染物質毎に、排出率 (kW 発電当たり排出量) に基づき各社をランク付け。クリーンエア修正法 (1990 年成立) の効果で SO₂ 排出量は 1990-2004 年の間に 44%、NO_x 排出量は 36%減少。一方連邦規制対象外の CO₂ 排出量は 1990 年より 27%増加。100 社の排出量(2004 年)は、米国全体の SO₂ 排出の 69%、NO_x 排出の 22%、CO₂ 排出の 39%、固定汚染源からの水銀排出の 33%に相当。SO₂ 低減スクラバーの装備や低硫黄炭の使用が普及する一方、排出抑制義務のない水銀については、水銀除去用汚染制御装置を装備した化石燃料発電所は一つもなかった。AEP、Southern Company、TVA の 3 大電気事業者に排出が集中する一方、排出傾向は企業によってもばらつく傾向。(NRDC Press Release)

III 産業技術

3 月／

20：ナノ Gutierrez 商務長官、新しいナノテクノロジーセンターの立ち上げを発表

Carlos Gutierrez 商務長官は 3 月 20 日、新しい最先端ナノテクノロジー共同研究センターの立ち上げを発表。国立標準規格技術研究所 (NIST) に新設された先端計量研究所内に設置されるナノスケール科学技術センター (Center for Nanoscale Science and Technology = CNST) の目的は、米国産業界によるナノテク・ポテンシャルの実現・実用化に必要な技術的基礎作り。CNST の特徴は、多分野の専門研究スタッフと最新ツールを装備したナノ操作施設 (Nanofab)。これらの計器は協力者や外部ユーザーにも開放予定。提携研究者は、CNST を通じ、Nanofab 以外の NIST の先進計量能力も活用可能。大統領米国競争力イニシアティブの一環として、2007 年度に 2,000 万ドル増額提案された NIST のナノテク研究費の一部が CNST の研究・サービスの立ち上げ作業加速化に使用見込み。(NIST News Release)

4 月／

10：バイオテクノロジー産業協会、州政府のバイオサイエンス部門育成先導策を分析報告

バイオテクノロジー産業協会 (BIO) が、2006 年 4 月に報告書『米国のバイオサイエンス部門育成：2006 年州政府バイオサイエンス先導策 (Growing the Nation's Bioscience Sector: State Bioscience Initiatives in 2006)』を発表。農原料・化学品、薬品・薬剤、医療機器・装置、研究・実験・医療研究所 の 4 小分野における成長傾向を調査。米国のバイオサイエンス労働者は 2004 年に 120 万人(2001 年から 1%以上増加)で、平均年俸は、民間部門平均より \$26,000 多い \$65,775。13 州とプエルトリコは、4 つの小部門の内の少なくとも 1 小部門 (カリフォルニアとニューヨークは 3 つの小部門) で大規模な雇用ベースを有する。州政府が費やした関連投資は全体で数十億ドル。各州・地域は自らの地域性を重視し、大学研究所・医療研究所の拡充・活用に焦点をあてる一方、リスクキャピタル取得に努力。2006 年報告書は、州政府や地域政府が直面する今後の課題として、「連邦政府のバイオサイエンス研究開発費が横ばい状態にあるため、連邦予算の獲得で競争が激化」、「基礎研究と臨床実験を結び付ける戦略の策定必要性に直面」、「教養の高い熟練労働者のニーズが激増」といった点を提示。(SSTI Weekly Report)

12：MIT とハーバード医科大、前立腺癌治療として、安全で効果的なナノ粒子薬物療法を開発

マサチューセッツ工科大学 (MIT) とハーバード医科大学の研究者が、マウスの前立腺癌の腫瘍を効率的に破壊できる新しいナノ粒子薬物療法を開発。同チームは、副作用が深刻な放射性物質の腫瘍直接注入や化学療法等と異なり、副作用のない治療方法として、特定の癌細胞内に薬物を投与できるナノ粒子治療に着目。まず、前立腺癌制癌剤 (ドセタキセル; docetaxel) と米国食品医薬品局 (FDA) 認定済みのポリマーを混合し、内側に薬物を閉じ込めてポリマー球体を作成。この球体の外面にアプタマー (aptamer) と呼ばれるリボ核酸 (RNA) の破片を化学的に付着させた上、RNA を前立腺癌細胞の表面構造に合致する形に折り曲げ、ナノ粒子を作成。マウス実験では、腫瘍をある大きさまで成長させ、ポリマー・ナノ粒子薬物、又は偽薬 (薬物が入っていないポリマー・ナノ粒子) を腫瘍に一回直接注射し、109 日間マウスを観察。偽薬組では殆ど全てのマウスが実験中に死んだのに対し、ナノ粒子薬物治療組の方は全マウスが生き残り、7 匹の内の 5 匹では腫瘍が完全に消滅。研究チームが新しいナノ粒子薬物の作成に使用した材料は既に、FDA が他の目的で認可している材

料であるため、研究者等は新薬物療法の臨床実験の迅速な認可を期待。この研究結果は今週発表の全米科学アカデミー会報に掲載。(Technology Review)

IV 議会・その他

3月／

30: Gregoire ワシントン州知事、再生可能燃料使用を義務付ける法案に署名

Chris Gregoire ワシントン州知事(民主)の署名により、同州販売のディーゼル燃料の2%をバイオディーゼルとし、ガソリンの2%をエタノールとする「再生可能燃料使用基準法案(SB6508)」が法制化。この2%使用義務は2008年11月1日、または、州内生産が2%の使用義務要件を満たし得る時期の、いずれか早い方に発効予定。同法令はまた、同州農務長官に使用義務履行に関し助言するバイオ燃料諮問委員会の新設や、州営車両・フェリーへの2009年からのバイオディーゼル20%混合燃料(B20)の使用義務づけを含む。全米バイオディーゼル評議会(NBB)は、同法施行の初年には同州で2,000万ガロンのバイオディーゼル需要を期待。同州のバイオディーゼル生産業者は現時点ではSeattle Biodiesel(年産能力500万ガロン)の1社だが、2007年には、Baker Commodities(タコマ市、年産能力1,000万ガロン)やWashington Biodiesel社(ウォーデン市、3,500万ガロン)が施設を建設予定。(Office of the Governor News Release; NBB News Release)

4月／

1: メリーランド州議会、石炭火力発電所に汚染削減を義務付ける法案を圧倒的多数で可決

メリーランド州議会は3月31日に、同州の石炭火力発電所に大気汚染の削減を義務付け、中部大西洋岸と北東部の7州において発電所からのCO₂排出を削減することになっている地域別温室効果ガス削減先導策(RGGI)への参加を州知事に義務付ける「健全な大気法案(S.B. 154)」を可決。同法案はメリーランド州で最も汚い6つの石炭火力発電所に対し、NO_x合計排出量(2009年20,216トン、2012年16,667トン)やSO₂排出量合計(2010年48,618トン、2013年37,235トン)の制限、水銀放出量の回収(2010年最低80%、2013年最低90%)、さらに、NO_x・SO₂・水銀及びCO₂の年間排出量の報告義務(第一回は2007年12月1日)を課すもの。同法案は、Robert Ehrlich州知事(共和党)が提案したメリーランド州クリーン発電規制とほぼ同様の内容だが、同知事提案はCO₂規制を含まない点が相違。従来CO₂排出削減規制への反対を表明してきたEhrlich知事だが、同法案は両党の幅広い支持を受けており、法案への拒否権行使可能性は極めて低い。[同知事は4月6日、同法案に署名。](Annapolitic Capital; Greenwire (4/3))

4: イノベーション関連問題を検討する新たなシンクタンク

米国経済に影響を与える諸問題に焦点を当てる無党派のシンクタンク「情報技術イノベーション財団(Information Technology and Innovation Foundation)」が先頃、首都ワシントンに開設。米国のイノベーション、職場の生産性、その他のハイクテク問題を重点的に扱う予定。1998年から今年3月まで進歩政策研究所の副所長を務めたRobert Atkinson氏がこの新組織の責任者。同氏は同組織の二大機能として、政策討議に係る「限界への挑戦」、具体的で実行可能な提案の議会への提案、を提示。最初の大型プロジェクトは、米国の研究開発税額控除制度の評価で、他国の政策を調査し、米国が同制度をさらに効果的なものにする方法を検討。既にJoseph Lieberman(上院: 民主、コネティカット州)、Orrin Hatch(上院: 共和、ユタ州)、Adam Smith(下院: 民主、ワシントン州)、Fred Upton(下院: 共和、ミネソタ州)らの議員が支持を表明。(Manufacturing and Technology News)

6: 上院商業科学運輸委「米国競争力にとっての基礎研究の重要性」公聴会第1パネル概要

上院商業・科学・運輸委員会の技術・イノベーション・競争力小委員会は3月29日、米国競争力にとっての基礎研究の重要性に関する公聴会を開催。小委員会の委員長は、2005年12月15日に「国家イノベーション法案(上院第2109号議案)」を提出したJohn Ensign上院議員(共和党、ネバダ州)。政府関係者からなる第1パネルと大学および産業界の第2パネルが開催。第1パネルでは、大統領府科学技術政策局(OSTP)のJohn Marburger局長、全米科学財団(NSF)のArden Bement総裁、国立標準規格技術研究所(NIST)のWilliam Jeffrey所長が証言し、「米国競争力イニシアティブ(ACI)」が将来の経済競争力に最高の限界価値をもたらすかを基準に優先順位付けをすることや、基礎研究支援・教育の状況や計量・標準の重要性を紹介。質疑では、審査の際の産業界の関与の仕方、予算規模が適切か、またどういう基準で優先付けすべきか、申請書の簡素化の可能性、先端技術プログラム(ATP)継続の是非、数学・科学教育の方向性等を議論。

7: Conrad 上院議員、『我が国の長期依存を打破する(BOLD)エネルギー法案』提出

Kent Conrad上院議員(民主、ノースダコタ州)が4月6日、再生可能燃料使用基準と奨励策を規定する『我が国の長期依存を打破するエネルギー法案(BOLD Energy Act of 2006: 上院第2571号議案)』を提出。同法案は国内(特に中西部)の代替エネルギー資源に着目、コストは今後5ヵ年で推定400億ドル。主な条項は、「エタノール使用基準の引上げ(2025年までに300億ガロン)」、「バイオディーゼル・代替ディーゼル使用基準の新設(2008年に2.5億ガロン、2015年までに20億ガロン)」、「石炭液化燃料技術開発を支援するグラントの創設(5億ドル)」、「風力エネルギー生産税控除の5年間延長」、「高燃費自動車の購入者へのリベート提供(最高2,500ドル)」、「フレキシブル燃料技術や先進技術を採用する自動車メーカーへの支援(35%の税額控除又は退職者医療グラントの資格供与)」、「石油回収の増進にCO₂を利用する石油会社への税額控除」など。(Environment and Energy Daily)