

NEDO 海外レポート

I. テーマ特集 —ライフサイエンス・バイオテクノロジー

- | | |
|----------------------------------------|----|
| 1. 2周年を迎えた生物医学研究推進のための NIH ロードマップ(米国) | 1 |
| 2. 癌研究推進のための提言—NCAB 生物医学技術 WG レポート(米国) | 7 |
| 3. EU の FP7 におけるライフサイエンス分野の行動計画(欧州) | 14 |
| 4. 欧米のバイオ産業の比較—概要(欧州) | 21 |
| 5. ナノバイオテクノロジーの海外での研究動向(米国・中国他) | 26 |
| 6. NNI ワークショップ・レポート「ナノバイオテクノロジー」(米国) | 33 |
| 7. ナノテクの応用が進む健康・ライフサイエンス分野(ドイツ) | 37 |
| 8. テーラーメイド医療技術の商業化動向(米国) | 39 |
| 9. パーソナライズド・メディスンの展望(英国) | 47 |
| 10. ドイツにおけるバイオインフォマティクス推進政策(ドイツ) | 50 |

II. 個別特集

国立科学研究センター科学政策局長にインタビュー(フランス)

(NEDO 技術開発機構 パリ事務所) 53

III. 一般記事

1. エネルギー

エネルギー外部費用の算定(欧州) 63

太陽光発電で遅れをとるベルギー(ベルギー) 67

2. 環境

EU5 カ国における包装廃棄物の現状(欧州) 69

3. 産業技術

ナノ材料の拡張可能な合成(米国) 70

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 iv 議会・その他 79

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。

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

2周年を迎えた生物医学研究推進のための NIH ロードマップ (米国)

1. 「NIH ロードマップは全ての最前線で前進し続ける」 (NIH プレス・リリースより)

2005年9月29日、米国立衛生研究所 (NIH) は医学研究に向けた NIH ロードマップの2周年を祝った。2003年9月に始動した NIH ロードマップは、研究上の諸成果を基礎研究から臨床研究へ移行することを推進する一連の戦略的イニシアチブである^(注1)。

「NIH ロードマップは依然として、市民の利益となる医学研究を加速する重要な出資である。私は NIH ロードマップによって進展がみられたことを喜ばしく思い、来年も大きく前進することを期待する」と、マイケル・リーヴィット米保健社会福祉長官。

「生物学的プロセスの基本的な理解を深めることに始まり、研究成果を基礎研究から臨床研究に展開することまでを視野に入れた NIH ロードマップによって、科学の全分野は前進している。私達は科学を進歩させる従来の方法を変えることになる様々なイニシアチブの強固な基礎を築いたのである」と、エリアス・ザーハウニ NIH 所長は話した。

2005会計年度、NIH は新規/継続ロードマップ・プロジェクトに2億3,500万ドルの資金を拠出した。NIH ロードマップの主要事項は次の通りである。

発見への新しい経路 (New Pathways to Discovery)

医療変革と健康増進を実施するためには、細胞や組織を構成する分子の膨大なネットワークとその相互作用や制御、さらに病因となる分子事象の組み合わせを詳細に理解する必要がある。このテーマでは生体系の理解を深め、21世紀の医学研究に役立つ「ツールボックス」の開発を目指している。

同テーマに基づき、ナノ医療のアドバンスト・センターを設立した。今後5年間で約4,200万ドルを4センターに配分する。同分野は分子スケールで行う疾病治療や損傷組織修復の新手法実現の可能性がある。さらに、分子ライブラリー・スクリーニング・センター・ネットワークが2005年6月に始動、今後3年間で8,890万ドルの資金が投入される。

(注1) 2003年9月30日、NIH は生物医学研究推進に向けた戦略を『NIH ロードマップ』として発表。優先的に取り組むべき事項について明らかにしている。詳細は <http://nihroadmap.nih.gov/>。

未来の研究チーム (Research Teams of the Future)

生物医学研究が抱える諸問題を解決するために、科学者各自の専門分野を越えた学際的研究を行うチーム・サイエンスの新しい組織モデルを検討する必要がある。例えば、分子画像化技術の進歩には、様々な研究者グループ—放射線医師、細胞生物学者、物理学者、そしてコンピュータ・プログラマー—の協力を必要とするため、物理科学、生物学、社会科学の技術および専門領域を統合する新しい方法が模索されている。

2006 会計年度では、全米 21 ヲ所の学際研究探索センターに総額 3,600 万ドル以上が供与される。これらのセンターによって、助成を受ける研究機関は生命科学、物理科学、材料科学、コンピュータ科学の研究者達の共同研究チームを結成することが可能になる。

臨床研究活動の再構築 (Re-engineering the Clinical Research Enterprise)

研究成果をより迅速に臨床現場へ展開する必要性が一段と高まっている。しかし、臨床研究は新しい治療法の安全性や有効性の確認に役立つ一方、長期間におよぶ、時には非効率的なプロセスとなることが多い。科学的ニーズやヘルスケア・ニーズの変化に対応するために、臨床研究の現行システムを再構築する必要がある。そのためには、研究上の発見や研究成果を臨床的に評価する効率的な新しいアプローチが必要となる。このために、多くの専門分野にわたる臨床研究トレーニング・プログラムと、患者報告型アウトカム測定情報システム (PROMIS) イニシアチブが始動する。7 ヲ所のセンターが協力する PROMIS ネットワークは、米市民が自らの健康状態について自由に参照できる、適応性・適合性を有するシステムを構築する。

以上 3 つのテーマについて『2005 年 NIH ロードマップ説明資料(2005 NIH Roadmap Backgrounders)』^(注 2) が現時点での状況を詳細に報告している。その中から、「発見への新しい経路」に関して以下に詳しく紹介する。

2. 「発見への新しい経路」での取り組み状況

このテーマではヒト生体系の構成要素を理解することを主眼に、主要な 5 つの課題 (イニシアチブ) に取り組んでいる：(1) 生体内の経路・ネットワーク、(2) 分子ライブラリーと分子画像解析、(3) 構造生物学、(4) バイオインフォマティクスとコンピュータ生物学、(5) ナノ医療研究。この 5 課題それぞれの活動について報告する。

(1) 生体内の経路・ネットワーク (BBPN)

生体系の包括的なシステム生物学研究、具体的には、生物のゲノムによってコード化されるタンパク質 (プロテオーム) を研究するプロテオミクスと、細胞内の代謝構

^(注 2) PDF ファイルのダウンロード：
<http://www.nih.gov/news/pr/sep2005/roadmapbackgrounders.pdf>

成要素やネットワーク（メタボローム）を研究するメタボロミクスを推進する新技術の開発に焦点を当てている。プロテオームの理解を深めるために、細胞内タンパク質の量、位置、および相互作用をリアルタイムに測定する革新的なツールが開発されている。国立生体内ネットワーク解析技術センター（TCNP）がプロテオミクスの新技術開発を推進する。メタボロミクス分野では、単一細胞内あるいは単一細胞の特定部位の糖質・脂質・アミノ酸等、代謝産物の局所的濃度を測定する技術が開発されている。このような包括的な情報によって、正常な細胞と病変細胞との代謝的相違を検出する方法を開発できると考えられる。

生体系の理解を深める研究に加えて、BBPN イニシアチブはプロテオミクス・メタボローム研究分野の国際的なワークショップを主催している。2005年1月メリーランド州ベセスダで開催されたワークショップ『プロテオミクスの基準』では、実施メカニズム、プロテオミクス・データの公表、コミュニティ主導の計画等が検討された。2005年8月のワークショップ『メタボロミクスの基準』では、メタボロミクス分野の情報交換・解析を促進するために必要な情報科学の基準を確立した。

(2) 分子ライブラリーと分子画像解析

有機化合物を活用して生物・疾病を解明する化学生物学研究に焦点を当てている。同イニシアチブは分子ライブラリーおよびスクリーニング・センターを設立し、低分子（小分子）と呼ばれる化合物を集めた分子ライブラリーの提供や、化学情報学ツールおよび画像解析用プローブの開発を推進している。

このイニシアチブでは、まず NIH 化学ゲノム学センター（NCGC）が2004年6月に活動を開始した。さらに、分子ライブラリー・スクリーニング・センター・ネットワークとして、9センターが2005年6月に作業を開始した。今後3年間で8,890万ドルを供与する。同ネットワークに検査用低分子を供給するために、Discovery Partners International 社のサンフランシスコ施設に分子ライブラリー低分子リポジトリが設立された。このネットワークが全面的に運用されると、2005年は少なくとも10種のバイオアッセイ法に対して、1万以上の低分子のスクリーニングが各センターで可能になる。将来的に、50万の低分子が収集・登録され、可能な限り多くのバイオアッセイ^(注3)検査用の分子リポジトリに収められることになる。

スクリーニング・ネットワークで生成された全データは、即座に PubChem データベースとして公表され、官民の研究者達が自由に利用できるようになる。PubChem は米国立

(注3) ある物質を生体に与えて、それに対する生物反応から、その物質の含有量、構成成分および効力を推定する方法。生物学的定量法ともいう。（「日経バイオ最新用語辞典第5版」日経BP社）

医学図書館の国立バイオテクノロジー情報センター (NCBI) が 2004 年 9 月に構築したデータベースである。生物医学分野の利用者を対象に低分子の化学構造に関する情報を提供し、構造情報を生物学研究や生物医学文献にリンクさせるものである。スクリーニング・ネットワークのデータ以外にも、米国立癌研究所の薬剤開発プログラム (DTP)、米国立一般医学研究所の LIPID MAPS (Metabolites And Pathways Strategy)、カリフォルニア大学サンディエゴ校の ZINC データベース等、NIH 支援プログラムのデータも収録し、その他多くの官・民間部門が提供するデータを網羅している。

「分子画像解析・造影剤データベース」という専門特化したデータベースが 2005 年 9 月に始まった^(注4)。このデータベースは、査読された論文 (学術専門誌) の画像解析プローブ情報について、幅広い疾病と生物学的機能の検査に対応する画像解析プローブの特異性、活動、応用を記載したカタログを作成している。

その他の取り組みは、次の通りである。

- ・ ケモインフォマティクス (化学情報学) 研究探索センター (ECCR) : 計算化学のためのコンピュータ・アルゴリズムとソフトウェア・ツールを開発する。6 ヶ所の ECCR に総額 220 万ドルの資金を供与する。
- ・ 新しい化学物質ライブラリー : NIH 低分子リポジトリの化学物質ライブラリー構築が目的。今後 3 年間、毎年総額約 330 万ドルのグラントを 8 名の研究者に供与する。商業的に入手困難な珍しい分子構造を持つ化合物を収集する。
- ・ 天然物質化学の新方法論 : 微生物、海洋生物、植物由来の天然物質を発見・生産する新手法を開発する。6 名の研究者に年間約 220 万ドルの 3 ヶ年グラントを授与する。
- ・ 検査の多様性 : このイニシアチブは、昨年 30 名の研究者に対して資金が供与されている。自動化が可能で、スクリーニング・センターで使用可能なバイオアッセイ法を開発することが目的。今年には癌、AIDS、神経変性疾患、マラリアならびに抗菌・抗ウイルス治療を目的としたバイオアッセイ法の開発を目指し、38 名の研究者が新たに 530 万ドル以上のグラントを受けている。
- ・ 器具類 : 化学・天然物質を調べる高性能器具類の速度、感度、精度を大幅に向上するための 8 件のグラント (年間総額 4 百万ドル) を策定中。

(注4) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=micad>

- ・ 薬物動態 (ADME) (注5)・毒性予測：化学プローブの包括的な ADME と毒性プロフィールを得るための新アプローチ開発に、5 件のグラント (総額 170 万ドル) が授与される。検査の試行錯誤的なアプローチをなくすことが目的。
- ・ 高特異的／高感度分子画像解析プローブ：毒性を制限しつつ、生体細胞内の各分子の検出・画像化が可能な分子プローブと画像解析システムの開発を飛躍的に進めるために、今後 4 年間、11 名の研究者に約 1,500 万ドルのグラントが供与される。

(3) 構造生物学

将来的な医学・科学用途として有望な膜タンパク質を中心として、タンパク質 3 次元構造解析研究を推進するために、18 件の新規グラントが 2005 年 9 月に授与された。これらのグラントは 5 年間で総額約 1,900 万ドルになると見込まれる。18 グラントの内訳は、5 カ年プログラム・プロジェクト・グラントが 1 件、5 カ年通常研究グラントが 9 件、2 カ年探索的「ハイ・リスク、ハイ・インパクト」プロジェクトが 8 件である。

これらのグラントは X 線結晶解析、磁気共鳴スペクトロスコーピー等、様々な生物学的技術を網羅している。心臓病、癌、糖尿病、うつ病、結核、AIDS、その他多数の病気の治療の標的となる特定膜タンパク質測定の合理化に焦点を当てたプロジェクトもある。その他、バクテリアでタンパク質を発現させ、単離・精製、結晶化を行い、分子構造を決定するという構造生物学研究のタンパク質構造解析処理プロセス (パイプライン) の一つ以上の重要な処理ステップを強化するプロジェクトもある。このイニシアチブの全体的な目標は膜タンパク質構造解析のリスク、問題、コストの軽減である。

(4) バイオインフォマティクスとコンピュータ生物学

生物医学研究において、個別に開発が進められてきたデータベースやコンピュータ・ツールの互換性を高め、研究者が情報を共有・解析できる研究基盤を整備している。NIH ロードマップでは、3 カ所の新しい国立生物医学コンピューティング・センターに資金が投入された。昨年の 4 センター (注6) と共に、これらのセンターは普遍的なコンピュータ技術基盤の核となり、研究者・医師を含む生物医学コミュニティがヒトの健康と疾病に関するデータの統合、解析、モデル化、共有を行うことが可能になる。5 年間で総額 5,600 万ドル以上と見込まれるグラントによって支援される新センターは次の通り。

- ・ 国立統合生物医学情報センター：ブライアン・D・エイシー博士、ミシガン大学 (アナーバー)

(注5) Absorption, Distribution, Metabolism, Excretion。生体内での薬物の移行や変化の過程のこと。

(注6) 同 4 センターについては <http://www.nigms.nih.gov/news/ncbc.html> を参照。

- ・ 国立遺伝子・細胞ネットワーク多重スケール解析センター (MAGNet) : アンドレア・キャリファノー博士、コロンビア大学 (ニューヨーク市)
- ・ 国立生物医学オントロロジー・センター : マーク・A・ミューゼン医学博士、スタンフォード大学 (カリフォルニア州パロ・アルト)

新しいセンターは、生物医学分野のコンピュータ技術の研究者育成も行っている。また、この分野のメソッドに関心がある研究者に対して生物学的な質問に答えることを目的に季刊誌『Biomedical Computation Review』^(注7)の発行を開始したセンター等がある。

(5) ナノ医療研究

ナノ医療研究は、分子スケールで疾病治療や損傷組織修復を行う新技術の開発を目指す新しい研究分野であり、10年以内に実用的な利益を生み出すと予測されている。ナノ医療研究イニシアチブは、エンジニアリングのアプローチを細胞内および細胞間組織研究に導入し、病気や組織損傷を軽減するために壊れた細胞内マシンを修復、あるいは細胞内構造体や細胞を改変して、様々な機能を人為的に行わせることを目指している。NIHロードマップでは、ナノ医療開発センターを全国的に作る予定となっている。生物学者、医師、化学者、物理学者、数学者、エンジニア、コンピュータ科学者等、多分野に渡る研究チームが配置される。4カ所の新しいセンターは2005会計年度から5年間の助成期間に4,300万ドルを拠出する見通しである。

開始から数年間は、生物学的分子マシンの構築メカニズムを解明するために、細胞内に存在する構造体の物理的特性に関する情報が大規模に収集される。そのためには、エンジニアリングと生物学の用語や定義を統合する共通言語の構築が必要となる。分子と細胞内の構造体との相互作用を分類することで、生体細胞内のプロセスやネットワークの位置を精密に特定できるようになる。このようなネットワークの経時変化や病変過程に伴う変化を理解することで、生体系の異常を検出し、修復することが可能になる。

以上

翻訳・編集：NEDO 情報・システム部

出典：

<http://www.nih.gov/news/pr/sep2005/od-29.htm>

<http://www.nih.gov/news/pr/sep2005/roadmapbackgrounders.pdf>

参考資料：

http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt034j/0401_03_feature_articles/200401_fa01/200401_fa01.html

<http://nihroadmap.nih.gov/>

(注7) 同誌の Web サイト www.biomedicalcomputationreview.org から、または email で申し込みば (subscriptions@biomedicalcomputationreview.org) 無料購読できる。

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

癌研究推進のための提言—NCAB 生物医学技術 WG レポート (米国)

2005年2月16日、国家癌諮問委員会 (NCAB) 生物医学技術ワーキング・グループ (WGBT) は「国家癌諮問委員会への報告書」を公表した。WGBTは、米国立癌研究所 (NCI) 所長の要請を受けて NCAB が 2003年9月に設立した生物医学技術臨時小委員会によって設置された。リー・ハートウェル、エリック・ランダー両博士が議長を務め、基礎科学、臨床科学、商学の専門家18名で構成されている。

現在、ゲノム学、細胞生物学、化学、コンピュータ科学の進展に伴い革新的に進歩している生物医学技術によって癌研究分野全体が変化する可能性がある。癌研究を推進するための生物医学分野の重点研究領域は、癌の分子メカニズムの解明、癌リスクの評価、癌の早期発見、治療法開発に役立つ癌タイプの分類、そして治療に対する反応の監視等である。WGBTの使命は、癌研究推進のための具体的なプロジェクトやイニシアチブについて NCI に提言することである。この問題を検討するために、5つのフォーカス・グループ：1) 細胞内の癌特性、2) 生体内の癌特性、3) 公衆衛生、4) 抗癌治験・臨床試験、5) 技術アクセス・開発・普及が設置された。このフォーカス・グループからの情報や議論から、WGBTは4つの主要な提言を行っている：1) 癌技術ワーキング・グループの設置、2) ヒト癌ゲノム・プロジェクトの設立、3) 癌分子診断イニシアチブの設立、4) 臨床試験の再構築である。以下、その提言について紹介する。

1. 癌技術ワーキング・グループ (Cancer Technology Working Group)

第1の提言は、科学技術を基盤とした癌の問題に取り組む機会 (technology-based opportunities) を明らかにする常設メカニズムの設立に関するものである。

1.1 提言

NCIは、専門家で構成された常設の癌技術ワーキング・グループ (CTWG) を設立すべきである。CTWGはコミュニティへの適切な情報を追求し、以下の事項に責任を持つ。

- ① 癌の理解・予防・診断・治療の発展の推進に大きな影響を与えるような癌の主要な課題に取り組むための科学技術を基盤としたプログラムの機会を明らかにする。
- ② 問題を解決するためにその機会が適切な時機であるかを評価する。
- ③ 重要性和実現可能性から機会の優先順位をつける。
- ④ 課題に取り組む適切なプロジェクトやイニシアチブのための具体的な提言を行う。

さらに、CTWGは癌技術に関する組織的なニーズを定期的に評価し、潜在的な解決策を明らかにすべきである。

WGBTは、現在の機会を分析することでこのアプローチを確かめようとした。また、フォーカス・グループから浮かび上がってきた特定の科学技術によって取り組むべき機会を検討し、最優先分野として2分野（次項以降で説明する「2. ヒト癌ゲノム・プロジェクト」と「3. 癌分子診断イニシアチブ」）を特定し、この2分野に関する具体的な提言と報告書を作成した。

2. ヒト癌ゲノム・プロジェクト (Human Cancer Genome Project) ^(注1)

WGBTは、科学技術を基盤とした大胆なプロジェクトを開始するように提言している。

2.1 提言

主要な癌すべての基礎にあるゲノム上の遺伝子変異に関する包括的な理解を目的とするヒト癌ゲノム・プロジェクトに着手すべきである。このプロジェクトは癌診断法や治療法の発見、開発、評価を大いに促進する。

2.2 目的

同プロジェクトの目的は、あらゆる主要な癌タイプと密接に関連するゲノム上の全ての遺伝子変異を特定することである。この目的を達成するために次の2点が必要である。

- ① あらゆる主要な癌タイプの臨床的注釈付きサンプルの大規模な収集を適切に行う。
- ② 各サンプルの特性を次の点に関して明らかにする：
 - ・ゲノム欠損あるいは増幅がみられる全領域
 - ・全ヒト遺伝子のコード化領域における全変異
 - ・全ての染色体再配置
 - ・異常なメチル化がみられる全領域
 - ・完全な遺伝子発現プロファイルとその他の適切な技術

これらの知識は癌生物学、疫学、診断学、治療学研究を推進することになる。

この一般的な目的を実行可能なプロジェクトに転換するためには、様々な問題を検討する必要がある。例えば、ゲノム変異に関する定義の検討（身体性か遺伝性か）、癌

^(注1) 詳細は、添付レポート「Recommendation for a Human Cancer Genome Project」(2005年2月)を参照。

との関連性を判断するための閾値の規格、研究すべき癌タイプの特定、そして現在利用可能あるいは予測される技術の評価等である。

2.3 プロジェクトのイニシャル・プラン（初期概要）

同プロジェクトの最終的な計画のためには、さらに入念な研究が必要となり、プロジェクト実施を通して発展し続ける必要がある。ここでは、今後の精緻化のための出発点となるプロジェクトのイニシャル・アウトラインを説明する。

① プロジェクトの目標

プロジェクトの目標は、顕著な頻度であらゆる主要な癌タイプに存在するゲノムの変異箇所を全て特定することによって、ヒト癌の遺伝的根拠を包括的に説明することである。

② 運用上の定義

運用計画は慎重に検討する必要があるだろう。初期計画で行うことは以下の通り。

- ・ 最大 15,000 サンプル（50 種ほどの主要癌タイプそれぞれにつき 250 以下の腫瘍サンプルを含む）の包括的ゲノム解析を実施する。
- ・ あらゆる主要な癌タイプで、少なくとも 5%の頻度で発生する体細胞ゲノム変異全てを網羅する包括リストを明らかにする。
- ・ 後続の癌リスク研究で使用できる情報とするために、患者サンプルの遺伝性ゲノム変異情報を記録する。

③ プロジェクト組織

下記2種類のセンターで構成されるネットワークが主に同プロジェクトを実施する。

- ・ 癌サンプル収集センター: 腫瘍タイプ各種のサンプルを高品質・適切な規模で収集。
- ・ 癌ゲノム解析センター: 高品質・適切な規模で腫瘍サンプルの特性を解明。

同プロジェクトは、その他にも以下のようなメカニズムを含むべきである。

- (1) 染色体再配置やゲノムのメチル化特性を解明する手法等の技術、および癌ゲノム解析用コンピュータ・ツールの改良・開発に向けた研究者主導型研究グラント
- (2) プロジェクトが作り出す情報を保持するためのデータベース

④ データ公開

同プロジェクトは、癌ゲノムに関する情報を、科学的使用に対して制限を設けることなく、速やかに公開する、という方針を導入すべきである。今後、データ公開方針の詳細を

検討する必要がある、それはデータの正確な性質によって決まってくると考えられる。

データ公開方針の目的が公共の利益を保護すべきであるのは、少なくとも次のような2つの重要な点においてである。まず、データ公開方針は患者の秘密保持を確かなものにしなければならない。次に、臨床的診断法や治療法の商業的發展を最大限にする情報を、企業が自由に取り扱いできるように保証すべきである。また、明瞭なデータ公開方針を各グラント授与条件としても組み込むべきである。

⑤ プロジェクト管理

同プロジェクトは、米国立癌研究所 (NCI) と米国立ヒトゲノム研究所 (NHGRI) の対等のパートナーシップとして共同管理されるべきである。そのような取り決めによって、密接な関係にあるこの2研究所の類稀な科学的専門性と管理手腕を活用できるようになる。両研究所を通して資金を調達することで、共同管理は最も成果を上げるだろう。

同プロジェクトは、同じ方向性を持つ他国の取り組みを協力・後援すべきである。特に、英国ケンブリッジのウェルカムトラスト・サンガー研究所は既に癌ゲノムを解析している。

⑥ プロジェクト・スケジュールとコスト

同プロジェクトの意欲的な目標の多くは、現在の技術と予測される技術に基づいて、開始から10年以内に達成できると考えられる。同プロジェクトが必要とするコストの正確な数字は出ていないが、我々の最善の判断としては、同プロジェクトは年次予算平均1億5千万ドル以下で達成可能である。

3. 癌分子診断イニシアチブ (Cancer Molecular diagnostics Initiative) ^(注2)

WGBT は、NCI 全体が関与する重要なイニシアチブも提言している。

3.1 提言

癌の生体内機能画像解析と患者サンプルのバイオマーカー特定・検出を行う研究を調整・拡大するために、癌分子診断イニシアチブに着手すべきである。癌分子診断が改善されると癌リスクの評価、癌の早期発見、リアルタイムの治療効果監視等の能力が高まる。

3.2 一般提言

WGBT は、バイオマーカー発見に関する研究 (開発・検証) の方向性について以下のような一般提言を作成した。

^(注2) 詳細は添付レポート「A Strategic Plan for Improving Biomarkers for Cancer」(2005年2月)を参照。

① チーム・サイエンスの育成

NCI は、バイオマーカー発見の共同研究を促進するために、チーム・サイエンスに資金を支援する新しいモデルを作るべきである。そのために、多様な専門性を持つ研究者が多数集まり、重要な問題に対して共同で取り組むことを奨励する。

② データ基準の確立

NCI は、科学者達を結集して、各技術プラットフォーム（画像診断法、プロテオミクス、DNA マーカー、メタボロミクス等）用にデータ基準を作成し、特定の画像診断法における研究所間での再現性を向上させるべきである。このような取り組みには、既存、新規、あるいは提案されたバイオマーカーの結果を確認するために、複数の研究所が使用する統一参照基準の作成・普及が必要となる。

また、最高性能を発揮する方法を確立するために、競合する技術を同じサンプルで比較する 1 つ以上の技術評価センターに資金を供給すべきである。

③ 情報科学プラットフォームの構築

NCI は、技術プラットフォームのために集中的で誰もが利用できるデータベースを構築すべきである。そのようなデータベースによって、研究者達は一般的な腫瘍タイプに関する複数の研究からデータを収集することが可能となる。造影剤に関しては、製造方法、供給源、生体内分布、化学構造、薬物動態学および生体内の安定性を追跡記録情報に含むべきである。内生的アプローチに関しては、正常細胞のプロファイルや変化、採取方法および分析条件を追跡記録情報に含むべきである。

④ コミュニティへの試薬供給

NCI は、各技術プラットフォームで必要となる一般的な試薬（分子画像化プローブ、新しい画像化プローブの供給源となる低分子ライブラリ、癌関連タンパク質に対する抗体、質量分析法で使用する同位体標識ペプチド、あるいは必要に応じて他の試薬等）の生産を支援すべきである。

⑤ 新技術の開発

NCI は、バイオマーカー発見プログラムの中で、新しい技術・方法論・アプローチの開発を支援すべきである。改良された技術・試薬・処置の開発を促進するパイロット・grant・プログラムをメカニズムに含めることができる。必要があれば、高速大量処理と再現性を向上する技術を自動化する取り組みを支援すべきである。

⑥ 癌マウス・モデルの使用

NCI は、技術改良とバイオマーカー発見のために、マウス・モデルを最大限に活用すべきである。動物モデルを使用すれば制御実験が可能になり、ヒトを被験者にするとう達成できない再現性を得ることができる。制御できる変数は遺伝子型、環境、正確な癌タイプや病期である。バイオマーカーを発見する技術の初期開発と評価は、均一性の高い動物サンプルで行う方がヒトのサンプルを使用するよりも、良い結果となる可能性が高い。NCI のヒト癌マウス・モデル・コンソーシアム (MMHCC) によって作製された多数の異なるヒト癌マウス・モデルが重要な研究資源となっている。

⑦ 産学連携の促進

NCI は、産学間の適切な協力を促進すべきである。バイオマーカーの効果的な発見は両分野にとって多大な利益となるため、この発見プロセスを促進するために産学パートナーシップが横断的に協力することは可能なはずである。このような協力によって、分子プローブ開発、バイオマーカー発見への取り組みの下に、製薬企業、画像収集企業、そしてバイオテック企業が結集するようになる。薬物作用と臨床開発の全段階で使用する特定のバイオマーカー指標を結び付けるために、創薬の初期段階でバイオマーカー評価項目を作成すべきである。

⑧ 進歩の患者ケアへの展開

NCI は、バイオマーカーを迅速に臨床現場で使用可能にすることを奨励すべきである。内在性タンパク質や読影情報等、バイオマーカーに基づいた薬効評価項目を治験に組み込むべきである。これを奨励する 1 つの方法として、腫瘍反応測定に焦点を当てた画像解析を行う部署あるいはセンターを癌センターの中に設置することが考えられる。別の方法は、各癌センターでのプロトコール審査や開発開始段階から、バイオマーカー研究者の参加を確保することである。1 回の試験で肯定的な結果が出ても、複数のセンターで試験を行い確認する必要がある。米国放射線科医学会画像診断ネットワーク (ACRIN) が放射線学に基づく試験で利用可能であり、腫瘍学研究者のグループを治験で利用することもできる。しかし、現在、画像解析項目を含む治験を普及するための仕組みはない。

画像解析方法や造影剤の臨床試験がより一層容易に承認されるようなフレームワークを提供するために、ヒトに使用する際の施設内治験審査委員会 (IRB) や米食品医薬品局 (FDA) 認可の明確なガイドラインを策定すべきである。これは、治験薬 (IND) 承認の明確なガイドラインも含まなくてはならない。

⑨ バイオマーカーの認可と償還制度に関する基準への取り組みを促進

NCI は、FDA による新規バイオマーカーの承認可能性と臨床場面でのバイオマーカー

一の実用性に関するガイドラインの幅広い議論を推進し、さらに、バイオマーカーの臨床使用への償還に関する領域の研究を支援すべきである。バイオマーカーを効果的に使用することで、臨床試験の手順が減る可能性があるため、償還政策がバイオマーカー利用の阻害要因を作らないように「活動志向」の償還モデルよりも「成果志向」の償還モデルの利益を探求することが重要である。

⑩ バイオマーカーに対する一般市民の理解への取り組みを促進

NCI は、バイオマーカーに関する患者と医師の教育を推進すべきである。というのも、確率的リスク評価が双方にとって今後課題となるからである。さらに、バイオマーカー情報に基づいた差別の恐れがあることを理解する取り組みも促進しなくてはならない。

4. 臨床試験の再構築 (Restructuring clinical trials)

癌治療関連技術の応用を成功するためには、臨床試験の特質と構造を再考する必要があると WGBT は認識している。作用機序が既に明らかな新薬に関しては、被験者の数を最低限に抑えながら、可能な限り多くの情報を集め、薬剤開発を加速し、診断用・画像化用の新薬剤、技法、マーカーを検証できるように、臨床試験を再設計する必要がある。

4.1 提言

WGBT は、技術進歩と科学的に実証された研究対象を臨床試験へ転換する速度を速めるために、「フェーズ I/II コンソーシアム」を創設するように NCI に提言する。このようなコンソーシアムには、画像解析、マーカー検証、薬物動態学、分子診断、発現プロファイリング等に関する専門性を持つ研究センターが含まれる。

このような提言がこれまでなされてこなかったのは、特定の任務や専門性から外れてしまうためであると WGBT は認識している。しかし、これは急務であると WGBT は考え、このようなコンソーシアム立案に必要な専門的知識を持った委員会を早急に任命することを NCI に勧告する。

以上

翻訳・編集：NEDO 情報・システム部

(出典：http://deainfo.nci.nih.gov/Advisory/ncab/sub-bt/NCABReport_Feb05.pdf)

The US National Cancer Institute does not currently endorse any foreign-language translations of NCI information and no such endorsement should be inferred.)

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

EU の FP7 におけるライフサイエンス分野の行動計画（欧州）

欧州委員会（EC）は、4月に公表した第7次研究開発フレームワーク計画（FP7）の詳細案を2005年9月21日に発表した^(注1)。本レポートではライフサイエンス分野を中心に、ECで現在検討されているFP7について、1) EC案の概要、2) 9つのハイレベル・テーマの1つである「健康」の行動計画の内容、3) FP7案に対する欧州バイオ産業協会の見解を報告する。

1. EC の第7次研究開発フレームワーク案^(注2)

研究開発フレームワーク計画（FP）は欧州連合（EU）が行う研究開発助成の中心的な政策手段である。ECによって提案されたFP案は、欧州理事会で討議され、その後、欧州議会で採択される。1984年に第1次FPが施行され、現在は第6次FPが2006年末まで実施されている。通常、期間は5年間で、最終年度と次期FPの初年度が1年間重複する。しかし、次期FP7は2007年から2013年までの7ヵ年計画として検討されている。欧州研究圏（European Research Area：ERA）の創設を目指したFP6の成果に基づき、FP7では欧州の知識経済・社会の発展に向けてERAをさらに広い範囲で実施し、リスボン戦略^(注3)の再開に貢献するように計画されている。

FP7は4つの特定プログラム：協力（産学連携事業）、アイデア（基礎研究事業）、人材（人材育成事業）、能力（研究基盤事業）で構成されている。FP7とFP6の強い継続性は、主に「協力」プログラムでカバーするハイレベル・テーマとして表れている。ハイレベル・テーマは次のような9テーマが提案されている：1) 健康、2) 食糧・農業・バイオテクノロジー、3) 情報通信技術、4) ナノサイエンス・ナノテクノロジー・材料・新製造技術、5) エネルギー、6) 環境・気候変動、7) 運輸・航空、8) 社会

(注1) プレスリリース：<http://www.europa.eu.int/comm/research/press/2005/pr2109-2en.cfm>。

内容：

<http://www.europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/05/335&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>。

(注2) プレスリリース：

<http://www.europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/05/335&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>。詳細：
<http://www.cordis.lu/fp7/faq.htm>。

(注3) 2000年3月のリスボン欧州理事会において示された、10年間の期間を念頭においた経済・社会政策についての包括的な方向性を示す戦略。

経済科学・人文科学、9) 宇宙・安全保障研究。さらに、(核) 融合エネルギー研究および核分裂・被曝管理の2テーマが欧州原子力共同体によって行われる。

FP7で新たに盛り込まれる要素 (elements) は次の通りである：

- ・ 「手段」ではなく研究テーマの重要視。
- ・ 運用の大幅な簡略化。
- ・ 「技術プラットフォーム」や新しい「共同技術イニシアチブ」を通じて、欧州産業界のニーズに合う開発研究に焦点を当てる。
- ・ 欧州の優れた科学研究に資金を供給するための欧州研究理事会の設立。
- ・ 4つのプログラム全てにおける国際的協力の統合。
- ・ 知識領域の発展
- ・ 民間の研究投資を促進するためにリスクを分担する財源機関。

2. 欧州第7次研究開発フレームワーク計画案：テーマ1「健康 (Health)」

『研究、技術開発および実証活動のための欧州委員会による第7次研究開発フレームワーク計画に関する欧州議会および欧州理事会の採決に向けた提案^(注4)』が2005年4月6日に公表された^(注5)。その中で、9つのテーマ(前述)別に具体的な行動計画が説明されている。ここでは「テーマ1. 健康」の内容を紹介する。

(1) 目的 (Objective)

新しく発生する伝染病等のグローバルな健康問題に取り組みながらも、欧州市民の健康を改善し、欧州の健康関連産業の競争力を高めることを目的とする。持続可能で高効率化したヘルスケア・システムだけでなく、トランスレーショナル研究(基礎研究での発見を臨床用途に展開)、新しい治療法の開発・検証、健康増進・予防の手法、診断ツール・技術に重点が置かれる。

(2) 理論的根拠 (Rationale)

ヒトゲノムの塩基配列解読やポストゲノム学における最近の進歩が、ヒトの健康と疾病に関する研究に革新をもたらした。大量のデータを統合し、基礎となる生物学的プロセスを理解するためには、国レベルでは集めることが不可能な多分野の専門家・資源を結集す

(注4) http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/en/com/2005/com2005_0119en01.pdf

(注5)

http://icadc.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?CALLER=FP7_NEWS&ACTION=D&RCN=23629&DOC=121&CAT=NEWS&QUERY=1

必要がある。生物医学研究が実益をもたらすために必要不可欠な、健康に関するトランスレーショナル研究における意義のある進歩も、様々なステークホルダーが関与する欧州全体での学際的アプローチを必要とする。このようなアプローチによって、欧州は世界的に重要な疾病に対する国際的な取り組みに、より一層効果的に貢献できるようになる。

多くの疾病（例えば、癌、心疾患、精神・神経疾患、アルツハイマー病やパーキンソン病といった特に老化に関連する病気等）の臨床研究は、短期間で多数の患者を必要とするため、複数の研究センターが参加する国際的な研究として行われている。疫学的研究では、有意義な研究成果を得るために、人口集団の幅広い多様性と国際ネットワークが必要となる。奇病の新しい診断法と治療法を開発することも、それぞれの研究に多くの被験者が必要となるため、国際的な取り組みが必要となる。そして、欧州レベルで健康政策主導の研究を行うことによって、各国が保有するデータベースやバイオバンクのモデル、システム、データ、患者サンプルの比較が可能になる。

強力な EU ベースの生物医学研究は、欧州のヘルスケア・バイオテクノロジー、医療技術、製薬産業の競争力を強化するのに役立つ。特に臨床研究の成功を最大限にするために、EU は製薬産業部門での革新を生み出す環境を構築する積極的な役割を果たさなくてはならない。研究開発志向型の中小企業は、ヘルスケア・バイオテクノロジーと医療技術産業における主要な経済的牽引者である。現在、欧州には、米国よりも多くのバイオテクノロジー企業が存在するが、そのほとんどは米国と較べて小規模で未成熟な企業である。EU レベルの官民共同研究活動は、欧州のバイオテクノロジー企業の振興を促進することになるだろう。EU レベルで行う研究は、再生医療等の新しい医療技術の適切な法的枠組みを設定するための、新たな基準や標準の整備にも貢献できる。

政策要求に欠かせない研究等、今後取り組まれる活動を次項で説明する。子どもと高齢者層の健康という 2 つの戦略的問題が活動全般で取り組まれる。「欧州技術プラットフォーム」（例えば革新医療に関するもの）で策定された研究計画については、関連性があれば支援されることになる。これらを補完し、新しい政策ニーズに応えるために、健康政策問題や労働安全衛生分野等での活動がさらに支援される可能性がある。

(3) 取り組み (Activities)

ヒトの健康のためのバイオテクノロジー、ジェネリック・ツール、技術：

- ・ **高速大量処理研究。** データの生成・標準化・収集・分析を強化することで、生物医学研究における実験上の進歩を促進する。

- ・ 検知、診断、モニタリング。非侵襲あるいは低侵襲アプローチに重点を置く。
- ・ 治療の適合性、安全性、効率性の予測。シミュレーション、薬理ゲノム学、分子標的アプローチ、動物実験の代替方法等を含む、生物学的マーカー、体内外の手法、およびモデルを開発・検証する。
- ・ 革新的治療の方法と治療行為。多くの疾病・疾患へ用いるための先進治療法と技術をより一層発展させることを堅実に、確実に行う。

ヒトの健康のためのトランスレーショナル研究：

- ・ 生物学的データとプロセスの統合：大規模データ収集、システム生物学。重要な生物学的プロセスを制御する何千もの遺伝子と遺伝子産物の複雑な調整ネットワークの理解を深めるために必要な、膨大な量のデータ生成・分析を行う。
- ・ 脳と脳疾患、ヒトの成長と老化に関する研究。正常な老化プロセスや、脳疾患および正常な状態での遺伝子および環境と神経活動との相互作用を探究する。
- ・ 伝染性疾患のトランスレーショナル研究。新しく発生した伝染病（SARS や極めて病原性の高いインフルエンザ等）だけでなく抗菌薬耐性、HIV/AIDS の世界的脅威、マラリア、結核等の問題に取り組む。
- ・ 主要な疾病のトランスレーショナル研究：癌・心疾患・糖尿病／肥満、奇病、その他の慢性疾患（変形性関節症等）。臨床研究を含め、予防から診断・治療までの患者志向の戦略を展開する。

欧州市民へのヘルスケア実施の最適化：

- ・ 臨床研究成果の臨床治療への移行。臨床上的意思決定や、臨床研究の成果から臨床治療に移行する方法、特に、小児・女性・高齢人口の特異性に取り組む。
- ・ ヘルスシステムの品質、効率性、連帯。効果的な治療行為に基づく経営判断、人材の十分な供給、人口変動（高齢化、社会的流動性と移住、職場移動等）の分析を含む、高品質ヘルスケアへのアクセスの公正さに影響する要因を分析する。
- ・ 疾病予防強化と医薬品利用の改善。広範囲の健康決定要因（ストレス、食習慣、環境要因等）に取り組む効率的な公衆衛生活動を確立する。薬剤処方改善や、患者

自身による薬剤服用の改善（医薬品の安全対策の側面を含む）のために、様々なヘルスケア環境での成功する治療法を明らかにする。

- ・ **新しい健康治療法と技術の適切な使用。** 公衆衛生を高いレベルで保護するために、新医療技術と先進的治療法を大規模に使用する場合の長期的な安全面とその監視方法に取り組む。

次に、ECのFP7案に対する欧州バイオ産業協会の見解について紹介する。

3. FP7で際立つバイオテクノロジー（欧州バイオ産業協会のプレス・リリース^(注6)）

欧州バイオ産業協会（EuropaBio）^(注7)は、欧州委員会（EC）が4月6日に発表した第7次研究開発フレームワーク計画（FP7）案を歓迎している。研究と革新はリスボン戦略^(注3)の主動因であり、また、経済成長においても重要となる。これは、「成長のための知識（Knowledge for growth）」を欧州の未来の主要領域とした2005年3月の欧州理事会での結論と一致している。その中でも、ECが研究開発支援のために行う最も重要な政策手段の一つが研究開発フレームワーク計画である。

3.1 バイオテクノロジー：FP7では赤、緑、白のバイオテクノロジーが存在

現在、近代的なバイオテクノロジーは主に医学や農業分野で応用されている。医学用途に使用されるのがレッド・バイオテクノロジー、農業分野で使用されるのがグリーン・バイオテクノロジーである。しかし、ホワイト・バイオテクノロジーは一般的にあまり知られていない。ホワイト・バイオテクノロジーとは、産業用途に使用するバイオテクノロジーである。

EuropaBio および各メンバーは EC 案のテーマを大変歓迎している。第6次研究開発フレームワーク計画（FP6）とは対照的に、FP7案では赤・緑・白すべてのバイオテクノロジーが網羅されているからである。

レッド・バイオテクノロジー（テーマ1）：健康

テーマ1の目的は、世界的な健康問題に取り組みながら、欧州市民の健康を改善し、欧州の健康関連産業の競争力を向上することである。バイオテクノロジーは革新的な

^(注6) http://www.europabio.org/articles/PR_050406_FP7.doc

^(注7) 欧州バイオ産業協会（EuropaBio）には、世界中で営業活動を行う企業メンバー50社と、バイオテクノロジー製品の研究開発、検査、製造、販売に従事する中小企業約1,500社の代表を務める各国のバイオテクノロジー協会25団体が参加している。詳細は <http://www.europabio.org> を参照。

臨床用途、新しいワクチン、新規治療法、奇病治療用の新薬、そして優れた診断ツール等を開発する上で大変重要になるだろう。

ホワイト/グリーン・バイオテクノロジー（テーマ2）：食糧、農業、そしてバイオテクノロジー

産業バイオテクノロジーは学際的な領域であり、再生可能な原料、バイオ・エネルギー、新材料（バイオ・プラスチックやバイオ繊維）となる新作物開発および持続可能な生産工程（ビタミン、染料、合成洗剤等）等の他研究領域との相互関係が増していることは明らかである。従って、産業バイオテクノロジーをFP7に取り入れる最良の方法は、知識集約型バイオ経済の開発を主たる目的として、他用途バイオテクノロジーと連結させることであった。バイオテクノロジーは、「生物資源の持続可能な生産と管理」、「農場から食卓まで（食糧、健康、福利）」、「持続可能な非食糧製品・プロセスのためのバイオテクノロジー」等の提案されている取り組みの重要な技術となるだろう。

3.2 技術プラットフォームの役割…

EuropaBio は、欧州技術プラットフォームの戦略的研究行動計画の枠組みでFP7が規定されるべきである、と考えている。「EuropaBio とそのメンバーは、『未来の植物（Plants for the Future）』、持続可能な化学技術プラットフォームの『産業バイオテクノロジー（Industrial Biotechnology）』、そして『革新的新薬（Innovative Medicines）』等の技術プラットフォームに参加している。他のステークホルダーと共に、私達はこれらの長期的な欧州研究行動計画の発展のために懸命に取り組んでいる。これが産業界のFP7への参加を実際に促進すると考えている」と言うのは、EuropaBio 公共政策ディレクターであり、産業バイオテクノロジー・プラットフォームのメイン・コーディネーターである Dirk Carrez 氏である。

3.3 四つの基本要素：協力、アイデア、人材、能力

EC は次期フレームワーク計画で焦点を当てる4つの「テーマ」についてFP7案で説明している。それは、「協力（Co-operation：産学連携）」事業、「アイデア（Ideas：基礎研究）」事業、「人材（People：人材育成）」事業、「能力（Capacities：研究基盤）」事業である。欧州バイオテクノロジー産業界は、この4つの基本テーマに関して策定された新しい戦略目標を歓迎している。例えば、欧州研究開発インフラ（Poles of Excellence）の整備支援、基礎研究を活性化する欧州研究評議会の新設、研究者にとって欧州をより魅力的にするイニシアチブ、各国の研究プログラムとのより良好な協力である。「（欧州の）バイオテクノロジー産業の特徴は1,500以上の革新的な中小企業が存在することであるため、『知識的研究推進クラスター』の発展を特別に考慮し、中小企業とその連携機関についての調査、あるいはそれらが行う研究へのサポートが

具体的になったことは、我々にとって喜ばしいことである。しかし、マリモン・レポート^(注8)で提言されているように、手続きを簡略化し、行政の仕事を縮小することが急務である」と、EuropaBio 事務局長 Johan Vanhemelrijck 氏は述べている。

EuropaBio 会長である Feike Sijbesma 氏は次のように話している。「FP7 が産業界の関与、卓越性、スピードおよび簡略化に関する提言を行うことを私達は期待している。その上、バイオテクノロジーの社会的な利益を研究努力に活用するためには、政策の一貫性について更に取り組むことが必要であると考えている。」

3.4 EU の研究助成が従うべきもの…

EuropaBio は、EC の提案を実施し、十分に実現するために、EU 加盟国と欧州議会に対して EU の研究資金支援を大幅に増やすことを求めている。しかし、現存する問題点に取り組みずに予算を単に増やすことだけでは不十分である。予算拡大は研究開発フレームワーク計画の効率化と実効性向上という最優先目標や、最大の目的である産業の競争力増強と連動していなくてはならない。実際に、FP6 への産業界からの参加は増加せずに減少した。産業界が様々な EU の研究プログラムへ参加できるようになることが、欧州の競争力を育成するために重要である。欧州研究開発フレームワーク計画に十分な資金が供与され、資金に関する規制を含む適切な運用管理構造と組み合わせることで、同計画は欧州の競争力に貢献することになるだろう。そうでなければ、産業界の熱心な参加は見込めないだろう。

以上

翻訳・編集：NEDO 情報・システム部

出典：

“Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council”

http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/en/com/2005/com2005_0119en01.pdf

“Biotechnology stars in European Commission's Research (FP7) proposal”

http://www.europabio.org/articles/PR_050406_FP7.doc

(Copyright 2000-2005, EuropaBio. All rights reserved. Used with Permission.)

^(注8) Ramon Marimon 教授が議長を務めるハイレベル専門家パネルが FP6 を評価した報告書「Evaluation of the effectiveness of the New Instruments of Framework Programme VI (2004 年 6 月)」。<http://www.econ.upf.edu/~marimon/welcome.html> で参照できる。

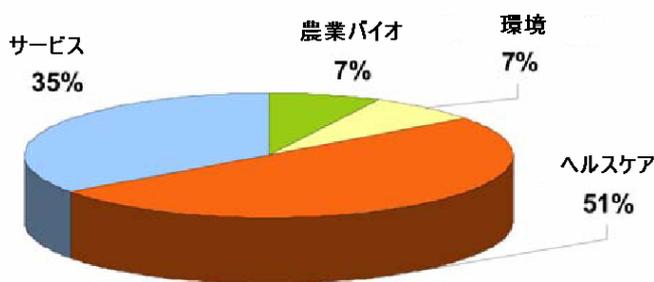
【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

欧米のバイオ産業の比較－概要（EU）

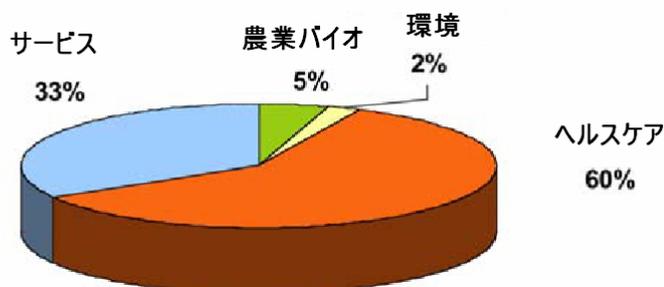
今年4月にリヨンで開かれた「世界ライフサイエンスフォーラム BioVision 2005」において、欧米のバイオ産業の比較研究に関する報告が行われた。この報告は、欧州バイオ産業協会（EuropaBio）の依頼により、バイオテクノロジーのコンサルタント会社である Critical I によって行われた。ここでは、報告書の「概要」を紹介する。

序文

ヨーロッパのバイオテクノロジーは、政治的な意味において、遺伝子組換作物およびこれら由来の食品・飼料、あるいはこれらが放たれる環境と同義に捉えられがちである。このような「遺伝子組換生物体（GMOs）」偏重は、科学的裏付けに欠けるだけでなく、経済的側面からも適切であるとは言えない。植物バイオテクノロジーは重要な一分野ではあるが、ヨーロッパおよび米国のバイオテクノロジーの中でごく一部分を占めるに過ぎない。米国の農業バイオテクノロジー企業（植物バイオ・動物バイオ両方を扱う企業を含む）は、バイオテクノロジー企業の僅か 5%を占めるに過ぎない。ヨーロッパでは、7%と若干高い数字ではあるが、これもバイオセンシング、バイオスクラビング、バイオレメディエーション（生物的環境浄化）、または環境に直接好影響をもたらす水処理などのバイオテクノロジーを扱うヨーロッパ企業の割合である 7%と同水準である。



ヨーロッパのバイオ企業（部門別内訳）



米国のバイオ企業（部門別内訳）

（出典：Critical I Limited）

ヨーロッパと米国の比較

ヨーロッパのバイオテクノロジー産業は、米国をベンチマークとして極めて適切な歩みを進めているものと考えられる。以下の表は、欧米のバイオ産業の概要を比較したものである。

表 ヨーロッパと米国のバイオテクノロジー産業の比較（2003年末）

金額単位：百万ユーロ

	ヨーロッパ	米国
企業数(2003年)	1,976社	1,830社
(2002年)	—	1,891社
従業員数(2003年)	約94,000人(内R&D35,000人)	約172,400人
(2002年)	—	約168,000人
研究開発費	約6,000	約16,400
臨床開発・承認申請中の化合物		
(2003年)	450種	1,110種
(2002年)	—	1,164種
売上高(2003年)	約19,000	約42,000
(2002年)	—	約40,000
VC ^(注1) からの資金調達(2003年)	750	2,100
(2004年)	940	2,900超
エクイティファイナンス(2003年)	1,490	—
(2004年)	1,600	—
デットファイナンス(2003年)	約1,000	4,300の増加
(2004年)	1,000超	4,300の増加
株式売却(2003年)	—	5000相当の増加 ^(注2)
(2004年)	—	4000相当の増加
新会社設立	132件	83件

(出典：原文が提供するデータをもとに作成)

注1：VC＝ベンチャーキャピタル

注2：大部分が一般市場での売却

表のように、ヨーロッパと米国は企業数ではほぼ並ぶものの、米国のバイオテクノロジー産業はヨーロッパのおよそ2倍の従業員を雇用しており、研究開発費はおよそ3倍、ベンチャーキャピタルからの資金調達は3～4倍、デットファイナンスは4倍の水準にある。このように見ると、米国のバイオテクノロジー産業の売上高がヨーロッパのおよそ2倍に過ぎないというのは若干意外に思われるかもしれない。

このように、現時点におけるヨーロッパのバイオテクノロジー産業は、地域全体を合わせたとしても、企業数を除いては比較可能などの数的データにおいても米国と「競

合」できる水準にはない。

また、国別にバイオテクノロジー産業を見た場合においても米国には及んでいない。例えば、地域最大のバイオテクノロジーセクターを有するイギリスについて見てみると、従業員数から研究開発費、売上高およびベンチャーキャピタルによる資金調達額に至るまで米国のおよそ10～12%に相当する規模である。なお、イギリスにおける投資総額についてはさらに低く、米国のおよそ7.5%の水準にとどまっている。

報告書は、ヨーロッパには米国に匹敵するバイオテクノロジーセクターを開発できる可能性があることを明らかにしている。ヨーロッパの起業家精神は十二分に健在であり、新会社の設立件数も米国を50%上回るペースを持続している。ポストゲノムのブームが巻き起こった2000年から2001年の時期と比べると、ベンチャーキャピタル投資家の投資先企業への要求は厳しくなっているものの、ヨーロッパのバイオテクノロジー産業への投資は引き続き行われている。現在、ベンチャーキャピタルが投資に先立って企業に求めるのは、2001年と比較して企業規模が50%拡大していること、研究開発費を倍増させていることである。

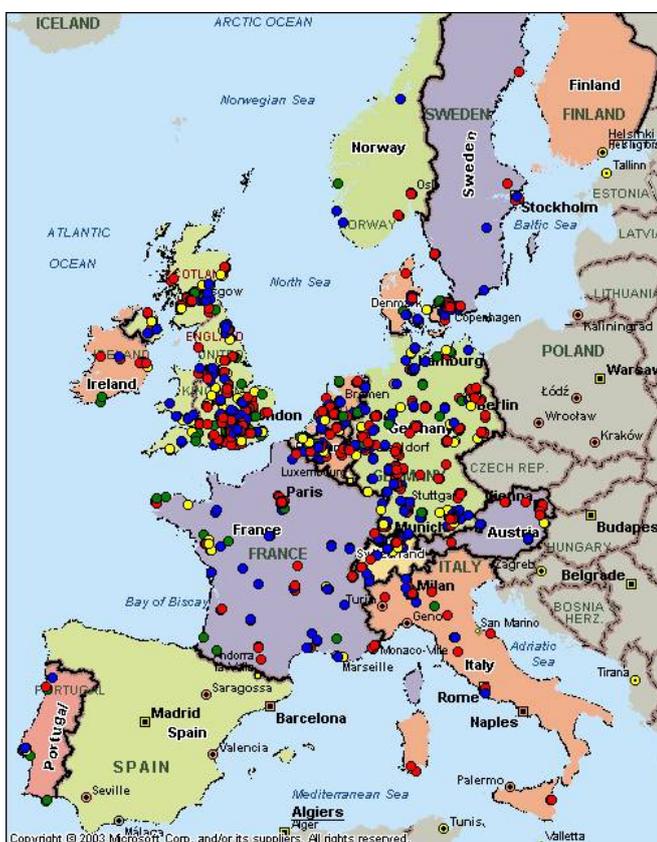
再構築

ベンチャーキャピタルからの資金調達が厳しさを増してきたことにより、世界的なバイオテクノロジー再構築の動きが高まっている。このテーマについては本編で詳しく論じられている。再構築の動きは、米国で2001年から2002年にかけて始まり、イギリスでは2003年に顕著となった。また、その他のヨーロッパ諸国では2004年を通して同様の動きが続いた。新会社設立の割合は、2001年に12.5%であった（2001年段階のヨーロッパのバイオテクノロジー企業のうち12.5%が2001年に設立された）が、2003年には6～7%程度まで落ち込んだ。フランス、デンマーク、スウェーデン（ならびにバイオテクノロジー新興国のスペイン、ポルトガル、オーストリアおよびスイス）においては、企業数、従業員数ともに増加した。しかし、ヨーロッパで最大規模であるドイツとイギリスのバイオテクノロジーセクターは、アイルランドと並んで、2002年から2003年にかけて縮小した。2003年、イギリス企業は75社、ドイツ企業は33社減少した。合併・買収の動きも一部で見られ、特にイギリスにおいては顕著であったが、今後は大規模な「合理化」を経て安定がもたらされるものと予想される。

経営状態

経営状態の格差は、ヨーロッパのバイオテクノロジー企業の競争力にとって、最大の障壁であると思われる。設立後間もない新興企業は、経営を軌道に乗せるための資金集めに苦労することが多い。しかし、新興企業に様々な形で柔軟な資金援助を行っていかうとする国家的または地域的な試みは増えている。報告書が提供するデータは、

ヨーロッパのバイオテクノロジー産業にとっての障壁が、立ち上げ期の資金あるいは初期のベンチャーキャピタル資金の供給ではないことを明らかにしている。主な障壁は、ビジネスサイクルのより後期の段階にある。野心の欠如、勤勉さの欠如、あるいは（より単純かつ可能性が高いと思われる）適切な財政インフラの欠如により、ヨーロッパのバイオ企業は設立後3～5年で破綻するケースが多いようである。立ち上げ期の資金あるいはベンチャーキャピタル資金を呼び込むことが出来るのは設立後数年間であり、ヨーロッパ企業の大半においてはその後の資金供給が途絶えてしまう。これから軌道に乗ろうとする段階で、大半の企業が資金調達の方策を使い果たしてしまう様子がうかがえる。



ヨーロッパのバイオテクノロジー産業概観

● 農業 ● 環境 ● ヘルスケア ● サービス

(出典：Critical I Limited)

幸い、各国のバイオテクノロジーセクター開発は、オリンピックのように国と国とが競い合う段階には至っていない。実際に競争が行われるのは市場であり、そこでは企業と企業が競い合っている。バイオテクノロジー企業にとっての市場はいくつかある。まず第一に、企業戦略および製品開発戦略の原動力となる資金を獲得するために競わねばならない。これに続き、すでに市場に存在する大企業の関心を得るために競

わなければならない。これら大企業はすなわち彼らの主要販売ルートとなる。

ヨーロッパの優良企業

この報告書は、「ヨーロッパの優良企業 (Elite European Company)」という概念を展開している。これら優良企業群は比較的規模が大きく、成長力があり、価値を生み出す研究開発に投資を続けている。比較可能な全ての要素は客観的基準のみを使用している。これらの企業は、資金調達、人材、取引をめぐる国際的な競争の舞台に立つ可能性を持つものと期待される。優良企業 60 社のリストが、本編に掲載されている。また、報告書本編では、ヨーロッパ 15 カ国のバイオテクノロジーセクターに関して、国別のデータを紹介している。それぞれに企業の所在地を示した図ならびに 2003 年末から 2004 年初頭におけるバイオテクノロジーセクターの相対的規模、生産能力に関するデータ、さらにバイオ企業の実立年数ごとに分類した簡単なデータが収められており、当該セクターの「典型的」企業を表す数的指標についても掲載されている。

以上

翻訳・編集 NEDO 情報・システム部

(出典 : <http://www.europabio.org/events/BioVision/CriticalI%20studyBiotech-Europe.pdf> , Critical I : www.criticali.net . Copyright 2005, All rights reserved. Used with permission from Critical I Limited)

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

ナノバイオテクノロジーの海外の研究動向

—平成16年度NEDO成果報告書より—

NEDO技術開発機構バイオテクノロジー・医療技術開発部が、平成16年度に実施した調査報告書「ナノバイオテクノロジー産業化推進調査事業成果報告書」より、米国・中国等のナノバイオテクノロジーの研究動向についての調査結果の概要を紹介する。

1. ナノバイオテクノロジーへのアプローチ

ナノバイオテクノロジーについて一般的な定義は現時点で存在しないが、本調査では、ナノバイオテクノロジーを以下のように幅広く捉えている。

生体機能領域

生体材料のもつ自己組織化機能等を応用して創製した分子材料、分子機械等をライフサイエンス、情報通信、環境をはじめとした広範な分野へ応用する領域
ナノレベル制御領域

原子・分子をナノレベルで制御して創製した材料をライフサイエンスへ応用する領域

2. 米国における研究開発動向

米国のナノバイオテクノロジーに関する政策は、2000年にクリントン前大統領が発表した国家ナノテクノロジー戦略(National Nanotechnology Initiative, NNI)やナノテクノロジー法(21st Century Nanotechnology Research and Development Act/2003年12月)によって大きく位置づけられた。

プログラムは、連邦政府のナノテクノロジーの目標設定、研究開発への投資、各省庁間の活動の調整などを行う。ナノテク法は、National Nanotechnology Coordination Office(NNCO)をプログラムの事務局として認め、新たにNational Nanotechnology Advisory Panel(以下、ナノテク審議会)の設置とそのメンバーの指名を義務付けている。プログラム自体の企画・管理・調整はNational Science and Technology Council(NSTC: 国家科学技術委員会)が担当する。ナノテク審議会は学術研究機関と産業界のメンバーで構成されている。

ナノバイオテクノロジーに関しては、NSF(National Science Foundation: 国立科学財団)とNIH(National Institute of Health: 国立衛生研究所)の2つが主要なファン

ディング機関であり、NNIについてはNSFが最大のファンディング機関である。

NNI については、2005 年会計年度からの4 年間で、約4000 億円の国費を投入される予定である。2000 年度と2004 年度を比較すると、2 倍以上に増加しており、ナノバイオに対する関心が大きくなっていることが分かる。NSF の代表的なプロジェクトはコーネル大学に設置された研究センターである。

2.1 NNI（国家ナノテクノロジー戦略）のファンディング戦略

NNI のファンディングには以下の5つのモードが存在し、ナノバイオにも多くの投資がなされている。

- モード1： 科学と工学の全域にわたって、基礎研究をバランスよくサポートする
- モード2： グランドチャレンジ（9分野）をサポートする
- モード3： 卓越した研究拠点（COE）の指定及び投資
- モード4： インフラストラクチャ、装置、標準、計算処理能力、その他研究ツールへの投資
- モード5： ナノテクノロジーが社会に与える影響の研究

以下に、「モード2：グランドチャレンジ」の9分野及び「モード3：卓越した研究拠点の指定」について概要を説明する。

・モード2：グランドチャレンジについて

グランドチャレンジに指定されている9分野は次に示すとおりであり、ナノバイオテクノロジー分野の研究も多く含まれている。

1. ナノ構造の材料
2. ナノスケールの製造
3. 化学、生物学、放射線医学、革新的な発見と保護装置
4. ナノスケールの計測
5. ナノ電子工学・光学・磁気学
6. ナノスケールの健康管理、治療法、診断法
7. 効率的なエネルギー転換、保存
8. 微細技術、ロボット工学
9. ナノスケールの加工

・モード3：卓越した研究拠点COE の指定について

現在14 件のCOE が採択されている。そのうち、特にナノバイオ関連のものについて、概説する。

① バイオロジカル及び環境工学のナノ科学（ライス大学）

(Nanoscience in Biological and Environmental Engineering:Rice University)

温度感受性のポリマーと光によって活性化するナノ粒子を用いたDDS（薬剤搬送システム）で、露光によって薬剤放出の割合を制御できるようなシステムである。光をナノ粒子が吸収し、熱に変換すると、この熱によってポリマーがコイル型からGlobule型に変化して、中身の薬剤が放出する。この反応は可逆的であり、薬剤にインスリンを使って見たところ、活性も残存した。またこのナノ粒子には、抗体などの分子を接着することも可能なので、細胞のイメージングにも応用することができる。

② ナノ構造の構築（レンセラー工科大学）

(Directed Assembly of Nanostructures : Rensselaer Polytechnic Institute)

レンセラー工科大学では、ナノテクセンターを設立し、「ナノ構造」、「ナノ複合材料」、「モデリング（シミュレーション）」、「バイオマテリアル」、「ナノエレクトロニクス／ナノデバイス」、「ナノテクと社会経済・倫理」の研究が行われている。

③ Institute for Cell Mimetic Space Exploration (UCLA)

NASA（航空宇宙局）のグラントを得ており、4つのInterdisciplinary Research Groups (IRGs)から成る。そのうち、ナノバイオに相当するのはMetavolics IRG である。

核酸を高感度で検出する装置開発。DNA とRNA の1 個のミスマッチを検出できることを目標としている。2D 共焦点マイクロレンズアレイの開発などを行っている。

④ コーネル大学

コーネル大学には、Nanobiotechnology Center (NBTC) 、CNF (Cornell NanoScale Science & Technology Facility)、CCMR (Cornell Center for Materials Research) 、CNS(Center for Nanoscale Systems in Information technology)などの複数の研究センターが設置されている。

a. NBTC (NanoBioTechnology Center)

NBTC は主にNSF の資金援助により2000年に設立されたナノバイオ研究施設であり、COE に指定された大学が数多く集まってナノバイオの研究を行っている。

ナノバイオはナノ微細加工とバイオシステムの両方にまたがる融合領域であり、NBTC ではさまざまな分野の研究者を結集して、異分野間の研究者の密接な協力を可能にしている。また、NBTC ではコーネル大の他、プリンストン大学、ワズワースセンター、オレゴン健康科学大学、クラーク・アトランタ大学、ハーバード大学など他の研究機関の研究者も参加し、協力体制を築いている。NBTCではナノバイオテクノロジー分野においてデバイスへの応用が強調されている。

b. CNF (Cornell NanoScale Science & Technology Facility)

CNF は、NSF が推進しているナノ極微細加工の研究支援プロジェクトNNUN の参加5機関（コーネル大、スタンフォード大、ハーバード大、ペンシルベニア州立大およびカリフォルニア大サンタバーバラ校）の1つで、その中核を担う。CNF は電子ビームリソグラフィ、フォトリソグラフィなどの汎用装置を活用して外部研究者へ利用機会を提供中である。

CNF は米国内でナノ微細加工サービスを21年以上にわたり展開しており、参加プロジェクトは600以上にものぼる。研究対象は幅広く、エレクトロニクス、物理、材料科学、MEMS の他、宇宙、植物病理学にも及ぶ。

c. CCMR (Cornell Center for Materials Research)

CCMR は材料科学・工学の先端研究をミッションとしており、特に、ナノマテリアルについては、物性把握およびナノ構造設計・制御を目的として、基礎、理論および製造プロセスの面から総合的に研究に取り組んでいる。

また、CCMR は、NSF の米国材料科学研究センターネットワークの29拠点の1つとして位置付けられており、各種研究設備について、コーネル大学内の他機関の研究者および学外の研究者へ利用機会を提供中である。

d. CNS (Center for Nanoscale Systems in Information technology)

CNSはNSFのNSE (Nanoscale Science Engineering) 研究プログラムを実施するために結集された研究チームであり、次世代の革新的な情報技術の実現を目的として、ナノスケールサイエンス、ナノスケールデバイスおよびナノ材料などの研究に取り組む。具体的には、ナノエレクトロニクス、ナノフォトニクス、ナノマグネティクス、ナノスケール科学&工学の4つを重点分野として、産業応用を念頭において、ナノスケールの物性解明や物性制御技術、材料開発などを行っている。

2.2 NSF の予算からみたロードマップ

NSF の戦略については、前述したとおり、大部分がNNI に含まれているが、NSF 独自の方針では以下の5つの項目が重視されている。そのうち、「d. Nanoscale Science and Engineering」がナノバイオテクノロジーに相当する。

- a . Biocomplexity in the Environment
- b . Human and Social Dynamics
- c . Mathematical Science
- d . Nanoscale Science and Engineering

e. Workforce for the 21st century

2.3 NIH のナノバイオテクノロジー関連のロードマップ

NIH ロードマップ (Roadmap Initiatives) の3つのテーマのうちの1つ、ニューパスウェイディスカバリー(New Pathway to Discovery)にはナノバイオテクノロジー関連の項目が多く採択されている。

- 1) 細胞内の代謝産物の動態を効果的に、正確に計測できるようなツールの開発を行う。
- 2) イメージング (Molecular Imaging roadmap) は3つの内容から構成されている。
 - a. 5年以内に、プローブ検出の感度を10-100倍にする。
 - b. イメージングプローブの特異性、活性などをデータベース化する。
 - c. 新規イメージングの開発や、商品化されていないプローブの製造を行うセンターを作る。
- 3) Nanomedicine: 長期的な目標は、傷害や病気をおった組織—骨、筋、神経などを分子レベルで治療するような素材、デバイスを作ることである。生物学者だけではなく、数学者、物理学者、エンジニア、コンピュータ技術者などが集うようなNanomedicine Department Center を設立予定である。

3. 中国における研究開発動向

現時点では、ナノバイオロジーは中国ではナノテクノロジーの一部として取り扱われている。中国の商業化を目指すナノテクノロジーの分野として、ナノマテリアル、ナノデバイス、ナノバイオロジー3つ分野が挙げられている。

ナノバイオロジー分野の具体的なテーマは次のとおりである。

- ・ DNA とプロテインチップ
- ・ 漢方薬
- ・ 初期の分析ツール

ナノバイオロジーの研究を行う代表的なナノテクノロジー研究機関としてNational Nanoscience Center nanobiology and medicine がある。同センターは170名のスタッフと180名の大学院生を擁しており、研究テーマは以下である。

- ・ 新しいドラッグ・デリバリー・システム
- ・ バイオニックMEMS とNEMS

また、MEMS やバイオチップの実用化に向けた研究はNational Nano-Commercialization Base において実施されている。

4. ナノバイオテクノロジー政策における研究対象分野の国際比較

米国、日本、英国、台湾のナノバイオに関する政策動向を示す文献より、研究対象領域を比較した（表1参照）。各国とも、研究対象としては比較的幅広く実施されており、分野的な偏りは少ないと考えられる。

表1 ナノバイオテクノロジー関連政策における研究対象分野の比較

技術動向	Nanotechnology &	米国 (NN I)	米国 (NI H)	日本 1	日本 2	日本 3	英国	台湾 (IT RI)
インプラント、再生医療	再生医療	○				○	○	○
	生体適合材料	○	○	○		○	○	○
	バイオミメティック材料						○	
	人工臓器				○		○	○
ナノ粒子を利用したドラッグ・デリバリー・システム	○	○	○	○		○	○	
微細治療用マシン	○	○	○					
バイオセンサー	○		○	○	○	○	○	
医療診断用デバイス	ナノテクノロジー医療診断	○			○		○	
	ナノテクノロジー画像診断	○					○	
	マイクロチップ作業工程分析			○	○	○		○
生細胞解析診断		○						
生体高分子ナノレベル可視化動態解析		○				○	○	

日本1：H.14 科学技術・学術審議会ナノテクノロジー・材料に関する研究開発の推進方策について

日本2：府省連携プロジェクトの重点政策

日本3：経済産業省<ナノバイオテクノロジープログラム><健康維持増進のためのバイオテクノロジー基盤研究プログラム><健康寿命延伸のための医療福祉機器高度化プログラム>で実施されている内容

5. まとめ（国際的研究開発動向および我が国の強みと弱み）

ナノバイオテクノロジーの領域における研究開発は国際的にも注目されている。特に米国においては、国家ナノテクノロジー戦略（NNI）、ナノテクノロジー法によって国としての取り組みとして位置付けられた中で進められている。その中の一つとしては、NNIの主要ファンディング機関であるNIH（国立衛生研究所）に参加するNCI（国立がん研究所）が中心となって実施されるナノメディシンに関する10年計画のプロジェクトがある。ここでは、開発の成果を、実際の医療に役立てることに大きなウェイトがおかれていると言われている。イギリスでも国の戦略としてナノテクノロジー戦略が検討されており、その中でDDS、ヒト組織再生工学が重点分野として示されている。

中国においても、国立ナノサイエンスセンターナノバイオロジー&メディシンでは、DDS、バイオニックMEMS、NEMSを重点的な研究テーマとして、国のテーマとして取り組み始めている。

我が国においても、ナノバイオ領域における個別の研究開発レベルについては、現状においては欧米に比較しても大差は無い状況にあると言える。特に以下に示す領域については、我が国は国際的に見ても技術的な強みがあると考えられている。

- ・核酸やペプチドの構造安定性の定量化に関する研究
- ・DDSのためのナノ粒子の表面修飾など産業界の関与する応用面での研究に強み
- ・生体分子の化学修飾による機能化に関する研究
- ・自己組織化に基づく超分子化学、超分子ポリマーの創成
- ・ナノインプリンティングなどの微細加工技術

また、これらのナノバイオ領域の個別の技術の他に、微細加工技術、大量生産技術、小型軽量化技術など製造業としての共通技術についても、我が国は強みを有していると考えられる。

一方、我が国の弱みとしては、個別分野の技術に関するより、技術開発を産業化に結びつける点にあると、多くの研究者から指摘された。以下のような側面に我が国の弱さが見られると、言われている。

- ・組織の壁を越えて異分野の技術を融合して製品を開発することが難しい。あるいは、それをコーディネートする機関が存在しない。
- ・各々の技術を結びつけて製品化につなげるビジネスモデルが存在しない。
- ・異分野間の研究開発について横断的なつながりや連携が希薄である。
- ・機能性分子に関する研究を異分野（バイオ等）に応用し、製品化する研究開発が進められていない。

現時点においては、ナノバイオ領域における国際市場を技術的にも産業的にも圧倒的にリードできる存在は出現していない。我が国としても、その強みを生かして、国際的にリードできる産業化を進めることで世界的な存在感を示すことが必要と考えられる。

以上

出典：「100004844 ナノバイオテクノロジー産業化推進調査事業成果報告書」委託先：株式会社三菱総合研究所、2005.2
原本はNEDO成果報告書DB (<http://www.tech.nedo.go.jp/index.htm>) より閲覧・ダウンロード可能

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

NNI ワークショップ・レポート「ナノバイオテクノロジー」（米国）

ワークショップの紹介と目的

2003年10月9日～11日、ナノバイオテクノロジーに関する国家ナノテクノロジー・イニシアチブ（NNI）のワークショップがバージニア州アーリントンで開催された。ナノテクノロジーと生物学が交差する研究での革新的な科学的機会を明らかにするために、科学者、エンジニア、物理学者が集まった。同ワークショップは全米科学財団（NSF）、米国立衛生研究所（NIH）および（国家ナノテクノロジー調整事務局を通して）ナノスケール科学工学技術（NSET）小委員会のメンバーである他政府機関によって後援された。本レポートに収録された同ワークショップの研究成果と提言は、米国家ナノテクノロジー・イニシアチブに向けた2004年12月の戦略計画^{（注1）}への情報として提供された。

科学コミュニティの大部分は、ナノサイエンスとナノテクノロジーが生物学と医学分野の研究と応用例を変革すると確信している。しかし、生物医学研究コミュニティでは、物理学・化学から工学・バイオサイエンスといった、より広範なナノテクノロジー・コミュニティから出てくる生物医学関連の発見について一時的に精通するだけであることが多い。また、新ツールを開発する多くのナノテクノロジー技術者も、生物医学コミュニティのニーズや、生物学（特に医学分野）がナノツール／ナノシステムの適切な設計に関して設けている規制の理解が不足していることも多い。また、生物が実現している機能システムを、ナノテクノロジーを利用してデザインし、材料、デバイス、機能性材料を創製するという最終的な目標を達成するためには、生物学をより一層理解することが必要である。対照的に、生物医学コミュニティにとっては、ナノテクノロジーの潜在的可能性、現在進行中の技術進歩の利用方法等に関する知見が比較的不十分であることが多かった。米国家ナノテクノロジー・イニシアチブ・ナノバイオテクノロジー^{（注2）}・ワークショップは分野横断的な科学的機会を明らかにするために、生物医学とナノテクノロジー研究分野の思想的リーダー達を招集した。分野横断的な科学的機会は、このようなコミュニティ間の効果的な協力があって初めて実現できるのである。

ワークショップの参加者達に求められたことは、ナノサイエンスとナノテクノロジーが生命プロセス研究にもたらす根本的な変化や、疾病治療や健康増進を目的とする効果的な介入につながる根本的な変化を明らかにすることだった。さらに、同ワークショップでは、生物学者とナノテクノロジー技術者間の緊密で持続的な協力の促進を目指し、効果的なチー

（注1） http://nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2004.pdf

（注2） 「ナノバイオテクノロジー」の定義については同レポート第1章で論じられている。

ムワークがなくては達成できない重要課題と長期的な目標を特定することが求められた。さらに、参加者達は、全米科学財団、米国立衛生研究所、その他の国家ナノテクノロジー・イニシアチブに参加する政府機関に対して優先研究領域に関する提言も依頼された。

主要提言

ナノテクノロジー—ナノスケールの構造と機能を有するシステムを設計する技術—は、医学革新の新しい波を推進している。複数遺伝子が関与する疾病（癌、心疾患、環境性疾患、アルツハイマー病等）、臓器不全、そして次世紀に高齢化人口が経験するであろう構造的疾患（発達障害、変性疾患、組織損傷等）の診断、治療、管理に関する問題を扱う最新の高性能ナノテクノロジーを開発することが将来的な課題である。本レポートは、高度なナノテクノロジーによって大きな前進が期待できる以下のテーマに焦点を当てている。

1. 新分子画像化技術

癌等の早期診断、あるいは病変組織の効果的な治療のいずれにせよ、ヒト臓器で起こるナノスケールの生理学的プロセスを精査するためには、新しい分子画像化技術の開発が必要である。このテーマでは、ナノスケールで生体組織がどのように機能し、このようなシステムが細胞内でどのように統合するのかを定量的に理解することを可能にする新しい分子画像化プローブ・技術が含まれる。これがあれば、無数の時空間的刺激の認識と処理が可能になり、最終的には細胞内・細胞間の反応を組織化できるようになる。この技術には、関連分子がどこにあり、その力動的な相互作用がどのように行われるのかを観察するだけでなく、動物一頭や、様々な生理学的状態にある覚醒したヒト体内の分子事象を観察し、分子プローブ、薬剤、環境要因の分布や動力学を追跡するツールも含まれている。更に、単一分子の運命と単一分子同士の相互作用を画像化するツールも必要である。そのようなツールを作製するためには、高速リフレッシュ速度のナノメートル空間分解能、高性能多重機能ナノプローブの開発、そして遺伝子導入が可能な先進的なマーカーの開発が必要である（同レポート第2章）。

2. 定量分析ツール

細胞生物学と医学を進歩させるために、細胞機能の調節メカニズムを確認し、予測可能な操作方法を発見する定量分析ツールが緊急に必要とされている。これは、細胞機能を制御・調整する工学原理を導き出し、あらゆるタイプの細胞が特定の3次元環境の中で、どのように内外のシグナルを感知し、刺激分泌、成長、分化、運動性、収縮性およびアポトーシス等、特定の細胞反応を生じるために処理するのかを解明する新技術の開発が含まれる。このような知見を導き出すためには、ナノスケールの細胞を2次元、3次元空間で操作する技術を用いて、細胞とその局所環境とでやり取りされる特定のシグナルを体系的に調べることも必要となる（同レポート第3章）。

3. 情報の定量的統合

上記のテーマ1、2を踏まえ、新しいリアルタイム画像化技術と組み合わせた新ナノプローブから得た情報の定量的な統合も重要となる。例えば、技術者や物理学者がライフサイエンスの研究者と緊密なコミュニケーションを取りながら、パラメーターを測定し、高度な実験の指針となる予測を提供するためのゲノム学、プロテオミクス、生化学の情報を取り入れて、ナノ、マイクロおよびそれ以上のスケールでのデータを細胞機能の特定モデルに統合すれば、細胞システムに関する我々の理解は急速に深まるだろう。さらに、すべての実験から得た知見を予測可能なコンピュータ・モデルに統合する必要がある。細胞モデルがより一層現実に近づくにしたがい、空間的・機械的操作、マルチモダリティ、生体細胞内のプロセスの階層的統合に関する知識が深まるだろう（同レポート第3章）。

4. 機械としての細胞の物理的モデル

細胞の各要素が相互に協力して全体的な機能を遂行する仕組みを理解するためには、機械としての細胞の物理的モデルを研究することが必要である。このような研究によって、細胞要素間の物理的関係と、病理的異常の原因となる機能異常等の新しい知見が得られる。そして、ゲノム学やプロテオミクスをナノバイオテクノロジーと組み合わせることにより、これまでは不可能だった方法で疾病関連の異常を明確にすることができ、遥かに効率の良い治療選択が可能になるだろう。このテーマでは、細胞の「組み立て説明書（インストラクション）」の解明とともに、インストラクションの実行に必要となる、組み立てを実際に行うナノスケールの機能分子の解明も含まれる。それによって、ナノスケール末端の極小サイズから、細胞小器官や細胞と同程度の大きさの装置まで、新規機能モジュールの再構築が可能になる。このような組み立てプロセスを実行することで、遺伝子から生体組織の組み立て部品作製に関する仮説が検証可能となり、ヒト疾病の診断や治療用としての有益な材料や装置も作製できるだろう（同レポート第4章）。

5. より良い生体外検査と現在の検査技術の改善

将来的に医療はかなりの部分を早期発見と予防に基づくようになるため、高度な検出感度と特異性を有する測定が可能になる生体外検査の開発と、現行検査技術の改善が必要となる。ヒト組織や細胞内に埋め込んで、生物学的プロセスや機能のリアルタイム情報を提供し、長期間の生体監視に適用できるセンサー等、生体組織に組み込める人工ナノシステムも含まれる。さらに、体液やガスから採取した試料を即座に分析できる一体型で低価格のポータブル装置を作るためには、ナノスケールの部品を統合した微細加工基盤が必要となる。生体物質解析、できれば単一分子の検出が可能解析を行うためには、高速大量処理システムを開発する必要もある（同レポート第5章）。

6. 薬物送達とインテリジェント治療学

薬物送達（ドラッグ・デリバリー）とインテリジェント治療学分野の進歩も必要である。

特定の化学物質を感知・反応する(例えば、グルコースに反応してインスリンを放出する)、特定部位へ薬物や遺伝物質を運搬する、あるいは遺伝子型を基準に患者個人に合わせて調整できる等といった、高性能の「スマートな」薬物送達用システムを開発しなくてはならない。検知、診断、治療、治療効果の監視を同時に行う多機能ナノデバイスを開発する必要もある(同レポート第5章)。

7. 今後の展望

病変組織を置換、修復、再生するナノシステムに結び付く技術的進歩に合わせて、長期的な目標を現在の医学的介入の域を越えて拡大しなくてはならない。ナノ医療は今後、正常な健康状態への機能回復以上を行うようになり、自己修復や疾病予防の高度な能力で、組織、臓器、臓器系の再生を誘導する方法を提供することになるだろう。その結果がヘルスケアにおける新しい時代となる(同レポート第5章)。

追加提言

- ・ ナノテクノロジー材料に関して、生物・非生物材料の適合性の問題は更に探求されるべきである。生物学的ナノ材料と化学的/機械的/固形ナノ材料とのインターフェースには、大きなギャップが未だに存在する。例えば、ヒトや動物の生体組織におけるナノ材料の毒性と適合性については綿密な調査が必要である。この問題に効果的に取り組むためには、生物医学分野とその他のナノ材料科学各分野の研究者達による強固なコミュニケーションと協力が必要となる。
- ・ ナノバイオテクノロジーの研究成果や生データは、様々な規模で収集された膨大な情報の分類を行うインベントリー・システム等の情報ネットワークを通じて迅速に共有されるべきである。生物学者との密接なコミュニケーションを取りながら、工学、物理学、数学分野の研究者達が細胞機能の特定モデルのゲノム学、プロテオミクス、生物化学、生物物理学データを統合、体系化することで、細胞システムの理解が早急に深まり、より高度な実験の指針となる予測を得ることができるようになるだろう。

同ワークショップで想定された研究の可能性と医学的成果は、ナノ材料の安全性と潜在的毒性に対する慎重な配慮と研究がなくては実現することはできない。その反面、今回のワークショップで議論された研究によって高まる能力の中に、このような安全性と毒性の問題への取り組みに必要不可欠なものもあるだろう。

以上

翻訳：NEDO 情報・システム部

(出典：http://www.nano.gov/nni_nanobiotechnology_rpt.pdf)

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

ナノテクの応用が進む健康・ライフサイエンス分野(ドイツ)

ドイツにおいてナノテクノロジーの研究開発に従事する研究者たちによれば、2015年までにすべての産業分野でナノテクノロジーの応用が展開され、その中でも特に電子、化学、自動車、光および健康の5つの分野での利用が進むと予測している。ドイツは、特許出願数では米国に劣るものの、健康・ライフサイエンス分野ではナノテクノロジーの応用面で世界をリードしていると評価されている。

ドイツ国内において、健康・ライフサイエンス分野でナノテクノロジーを応用し、製品化に積極的に取り組んでいる企業が約40社あると言われており、このうち25社が、測定、マーカー、顕微鏡検査法、DNAチップ、タンパク質チップ、ハイスループット・スクリーニング、Lab-on-a-Chip（実験室チップ）など分析技術の開発に取り組んでいる。この他、ドラッグ・デリバリー（7社）、着床、ティッシュ・エンジニアリング（7社）などの治療技術が続く。予防の分野では、Nivea（ニベア）という商品を開発し、日本でも有名なバイアースドルフ（Beiersdorf）社が酸化亜鉛や酸化チタンをナノスケール化した日焼け止めクリームを市場に出している。

これらの企業は中小企業が中心で、14社が従業員10人以下の零細企業で、次に従業員100人以上（12社）、従業員20～100人（11社）と続く。これまでにナノテクノロジーを応用して製品開発に成功した企業はドイツ政府が確認しているだけでも18社ある。企業名と開発された製品を表1に示す。

これ以外にもSusTech社のように、ナノ構造システムの研究開発に特化した企業もある。同社は、ダルムシュタット工科大学を中心に他大学の教授も含めて、独化学大手のひとつヘンケル（Henkl）社と共同で設立された大学発ベンチャー企業で、ナノ・リン酸カルシウムとタンパク質からなる作用物質を開発した。これは、痛みにも敏感な歯を保護するバイオミメティクス（生物模倣）作用物質で、今年中に同物質とフッ素からなる歯の保護クリームが市場に出される予定である。

表1. 健康・ライフサイエンスの分野でナノテクノロジーを応用している企業と製品

企業	製品
Clondiaq chip technologies	インビトロ検査などのプラットフォームとして利用できるアレーチューブ・システム
Xan Tec Bioanalytics GmbH	各種DNAバイオチップ、タンパク質バイオチップ

Virus Tracing Group GbR	実時間ウイルス表示法 (HIV、融合阻害剤などの生体条件検査を可能とする)
chimera biotec GmbH	臨床試験のモニタリングなどの場合に用いる好感度解析反応
JenLab GmbH	「Dermainspect」(多光子励起 3次元自動蛍光画像によるインビトロ皮膚光断層撮影法)
ebiochip systems	電気バイオチップ用装置プラットフォーム
Omicron Vakuumphysik GmbH	走査型トンネル顕微鏡
MiltenyiBiotec GmbH	幹細胞と免疫系細胞の洗浄装置等
Advalytix AG	「Array-Booster」(バイオチップ・ハイブリダイゼーション支援装置)
Schering AG	磁気共鳴画像診断法
JPK Instruments AG	「Nano-Wizzard」(細胞研究用原子力顕微鏡)
Evotec Technologies GmbH	作用物質とその作用を証明するための光検知装置
chemicell GmbH	DNA、RNA 抽出インビトロ検査
Essex Pharma GmbH	ポリエチレン・グリコール修飾ドキソルビチンリポゾーム (抗ガン化学療法薬)
Bio-Gate Bioinnovative Materials GmbH	ナノ構造の抗感染試薬
3M Espe AG	合成樹脂をベースとした歯の充填材
Sarastro GmbH	タンパク質解析装置
Beiersdorf AG	ナノ構造化された日焼け止め用物質 (酸化亜鉛、酸化チタン)、ナノ構造化された乳剤 (からだ、顔の手入れ用)

出所:ドイツ連邦教育研究省報告書「健康のためのナノテクノロジー:チャンスとリスク」

以上

(参考資料)

1. www.bmbf.de/de/4877.php
2. www.bmbf.de/de/4835.php
3. Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt
4. Nanotechnologie pro Gesundheit: Chancen und Risiken
5. 参考サイト: www.nano-map.de

2005年9月に開設されたドイツ・ナノテクノロジー関連機関、企業、団体のアトラスサイトで、現在約700の機関等が登録されている。

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

テーラーメイド医療技術の商業化動向（米国）

ヒトゲノムが解読され、多くの遺伝子の機能解析が行われている。このゲノム情報から医薬品の開発が進められる一方で、遺伝子診断で患者の遺伝子型を特定し、一人ひとりに適した医療や医薬品を提供する「テーラーメイド医療」の実現化が進んでいる。ここでは、米国を中心としたテーラーメイド医療技術の商業化動向に焦点を当て、治療法とリサーチ・プラットフォームについて紹介する。

1. 治療法

1.1 モノクローナル抗体療法

テーラーメイド医療技術はモノクローナル抗体療法、特に癌治療分野で最も顕著に進展している。米国では現在までのところ、20種以上の治療用抗体が認可され、100種以上が臨床開発中である。米国バイオテクノロジー産業協会は米国食品医薬品局（FDA）が認可した小分子製剤と生物学的製剤の詳細なリスト^(注1)を2004年に公表した。

治療用抗体分野でリードしている企業（Genentech社等）の将来的な課題と好機は以下の通り。課題としては、既存市場のバイオジェネリック医薬品が競争相手としての脅威を増すこと、既存市場の他治療法が競合してくること（例えば、抗癌剤Avastinの抗体注射を脅かす小分子製剤）、好機としては、既存の治療法を新しい市場に送り込む機会を得ること（例えば、抗癌剤Rituxanで自己免疫疾患を治療）等である。The Scientist誌2005年2月号に掲載された論文『Therapeutic Mabs』に同分野発展の概観がまとめられている。

1.2 分子標的治療法

分子標的治療法では、RNA干渉（RNAi）^(注2)を応用した治療法研究が進んでいる。Alnylam社、Acuity Pharmaceuticals社、Nucleonics社、Sirna Pharmaceuticals社等がRNAiを活用した薬剤を開発している。Acuity Pharmaceuticals社は老人性円板状黄斑変性症治療薬の臨床試験実施申請書をFDAに提出した。

RNAi技術の開発サイクルはまだ初期段階であり、商業化の成果を評価するのは時期尚早である。RNAiに関しては、当初楽観的な見方が多かったが、標的以外の遺伝子や

(注1) <http://www.bio.org/speeches/pubs/er/approveddrugs.asp>。

(注2) 2本鎖のRNAを細胞の中に入れると、その配列に相同な細胞のmRNAが分解され、遺伝子発現を抑える現象。この現象を利用して、研究で特定の遺伝子の発現を抑制するのに利用されている。（「日経バイオ 最新用語辞典 第5版」日経BP社）

タンパク質に作用する傾向があるため「的外れ」効果の可能性が高い、と最近の研究報告で指摘されている。的外れ効果が実際に生体の遺伝子／タンパク質発現レベルでどの程度問題となるのかは不明である。

1.3 アンチセンス法

製薬会社の研究開発努力はアンチセンス法にも注がれている。アンチセンス法とは化学的に合成した1本鎖DNAをメッセンジャーRNA (mRNA) と結合させて、タンパク質の合成を妨げる方法である。しかし、薬剤開発の臨床試験段階で期待通りの有効性が認められず、最近ではRNAiに注目が集まり、アンチセンス法の影は薄くなっている。

Isis社のエイズ患者用サイトメガロウイルス性網膜炎治療薬Vitraveneが、米国食品医薬品局 (FDA) の認可を得た初めてのアンチセンス製薬であったが、臨床開発は順調に進まず、1999年に製薬会社Novartis社とのパートナーシップが早期終了した。注目された臨床試験の失敗はその後も続いた。2004年5月、Genta社の黒色腫治療薬GenasenseはFDA審議会によって却下され、多発性骨髄腫の第3相試験でも失敗し、同社のパートナーであるAventis社は後に4億8千万ドルの共同開発から撤退している。また、Isis社製アンチセンス製剤Alicaforsenはクローン病治療の第3相試験でプラシーボ (偽薬) 以上の効果を示さなかった^(注3)。アンチセンス法を含めmRNAの翻訳を標的とする治療法の臨床効果は立証されていないが、同技術の潜在的可能性には楽観的な見方もある^(注4)。

アンチセンス法の薬剤開発が順調でないのは、概念的にはシンプルだが、実際に行うことが容易でない複雑なプロセスを理解する必要があるからである。特に、ヒト体内での作用機構の理解不足が問題となる。例えば、第一世代アンチセンス製薬は広範囲にわたる効果がみられたが、それは標的遺伝子の特異的抑制によるのではなく、主にオリゴヌクレオチドが非特異的な免疫系を活性化するためであった。また、細胞膜透過の問題と同様に、ヒト体内の酵素がDNAとRNAを分解するため、効果的な薬物送達を妨げていた。そのため企業は、アンチセンス分子開発の持続的基幹技術の開発を行うと同時に、生体反応を解明することに尽力し、アンチセンス製薬の安全性や予測可能性を向上させてきた^(注5)。

Isis社はアンチセンス法分野での主導的な立場にあり、アンチセンス技術を活用した幅広い製品の特許を取得している。その他の主な企業は、Genta社、Antisense Pharma社、AVI BioPharma社、Hybridon社、Lorus Therapeutics社、MethylGene社、

(注3) <http://www.signalismag.com/signalsmag.nsf/657b06742b5748e888256570005cba01/acd5a2558dd162a088256fb80080d2a9?OpenDocument&Highlight=0,antisense>

(注4) <http://www.the-scientist.com/2005/1/17/30/1>

(注5)

<http://www.signalismag.com/signalsmag.nsf/657b06742b5748e888256570005cba01/5d89e5cd56d391e1882569c90001fe50?OpenDocument&Highlight=0,antisense>

OncoGenex社、NeoPharm社である。

1.4 遺伝子治療

遺伝子治療とは、患者の遺伝子発現を改変して、必要な時に必要な場所で重要なタンパク質を発現させる治療法である。概念としては単純であるが、実際に治療を行うためには、複雑な遺伝情報や治療プロセスを理解する必要があるため、商業化は難しい。遺伝子治療は、致命的で、身体に障害を残すような疾病の治療方法以外にも、疾病予防としての可能性も高い。現在、治療法の開発段階にあり、基礎研究で得られた重要な概念について、数多くの初期臨床試験が行われているところである。

遺伝子治療の目下の課題は、ベクター開発、商業規模での生産、臨床効果の向上、臨床試験計画・管理に対する連邦政府の規制強化等である。中国・深圳のSiBiono GenTech社は頭頸部癌用の遺伝子治療薬Gendicineの認可を中国当局から得て、初めての商業用遺伝子治療薬品となっている。癌の遺伝子治療薬品の臨床開発後期段階にある企業はその他に、AnGes MG社、GenVec社、Introgen社、Transgene社、上海Sunway Biotech社である。

2. リサーチ・プラットフォーム

臨床研究には、新医薬製品の安全性を正確に効率的に判定できるツールが必要であるため、その開発が急がれている。製薬産業では特に有効な治療標的、安全性の高い化合物、高レベルの臨床効果等が求められ、高性能の研究ツールや研究プロセスを開発しようとする意欲が高い。また、政府機関も主要な原動力となっている。米国では、例えば、国立衛生研究所（NIH）のロードマップ『New Pathways to Discovery』^(注6) や、FDA発行『Innovation or Stagnation』白書^(注7) において、優れた製品開発技術を求めている。

生医学研究用の優れた「ツールボックス」とは、安全性や有効性を測定するバイオマーカー、検査法、基準、コンピュータ・モデリング技術、臨床試験評価項目等の新しい科学的・技術的手法であり、疾病バイオマーカーを同定し、臨床的に立証していく研究で主に使用される。しかし、バイオマーカーの発見に関しては、まだ多くの仕事が残されている。遺伝子変異、遺伝子発現プロファイル、タンパク質発現プロファイル等の種類の特定や、単数あるいは複数を組み合わせるのかといった使用法等、特定疾病の早期診断に役立つバイオマーカーの活用法を明らかにする必要がある。ここで問題となるのがバイオマーカーの臨床的検証である。注目すべきことは、バイオマーカーは生理学的、人口統計学的、分子学的測定を含む幅広い生物学的測定に使用されるため、研究用途や要求される検証レベ

^(注6) <http://nihroadmap.nih.gov/newpathways>

^(注7) <http://www.fda.gov/oc/initiatives/criticalpath/whitepaper.html>

ルによって、使用するバイオマーカーが異なってくることである。つまり、薬剤開発で利用されるバイオマーカーは臨床試験には適さないことも多い。

2.1 SNP、ハプロタイプ、大規模遺伝子型特定プロジェクト

ヒトゲノム解読が完了すると、研究者や企業の関心は、全ゲノム情報から罹病性等と関連のあるゲノム的特徴の特定する方法へと移行している。ゲノム情報を人々の健康に役立つ医療に展開する動きは、個人のリスク・レベルへの環境的影響等を含む、健康、疾病、薬物反応の一因となる遺伝的要因の特定を目指す大規模ゲノム解析を実現した。一般的な疾患のリスク要因を特定するために、公的／民間レベルで行われる人口集団を対象とした研究が世界的に始まっている。その中で、初の大規模プロジェクトがSNPコンソーシアムである^(注8)。ヒトゲノムには1千万以上もの塩基変異多型(SNP)が存在すると推定されている。同コンソーシアムでは、このSNPを特定し、その情報を公開した。

2.1.1 SNPマップからHapMapへ

ゲノム上のSNPの位置を確定した地図(SNPマップ)を用いて、遺伝型を特定する検査方法の研究が進んでいる。SNPマップの理論では、SNPは遺伝子連鎖を調べるための有益なマーカーであり、関連解析(連鎖不平衡解析)を行うことも可能になると考えられている。しかし、SNPの情報量は比較的少なく、複合要因による一般的な疾病リスクへの各変異の関与が小さいため、最近では、SNPマーカーの組み合わせであるハプロタイプを用いる解析方法も検討されている。ハプロタイプごとにSNPをマッピングしたハプロタイプ・マップ(HapMap)は疾病リスクに影響する共通遺伝子変異を含むゲノム領域を特定するため、SNPごとに解析するよりも効率的に遺伝子型を特定できる可能性が高い。また、HapMapは表現型と遺伝子マーカー、すなわち疾病と遺伝子変異を関連解析することで信頼性の高い遺伝子型特定方法になるとも考えられている。

HapMap作成を目的とした国際HapMapプロジェクト^(注9)が、2002年に始動した。Nature誌の記事『The International Hap Map Project』^(注10)では、同プロジェクトの戦略が説明されている。同プロジェクトに参加する高性能遺伝子型特定技術を扱う主要な企業は、Third Wave社、Illumina社、Sequenom社、ParAllele社、Perlegen社、Perkin Elmer社である。各社の解析結果については、共通に設定された性能基準を使って、精度、成功率、処理能力、費用等の項目で比較される。

(注8) <http://snp.cshl.org/>

(注9) <http://www.hapmap.org/>

(注10) Nature 426,789- 96, 2003.12.28

2.1.2 SNP・ハプロタイプの遺伝子型特定方法の問題点

SNPおよびハプロタイプで行う遺伝子型特定方法に関する問題点も提起されている。複合的要因による疾病のリスク要因では、SNPパターン以外の疾病関連遺伝子や環境要因が多数存在するため、SNPパターンの重要性は低下する。また、SNPパターンを使用した関連解析法は、疾病原因の遺伝子変異と疾病リスクを相互に関連付ける統計的な力を欠いていると考える研究者もいる。また、SNP同様にハプロタイプに関しても、多型ではない珍しい遺伝子変異の特定が困難であり、遺伝以外の環境や文化的リスク要因が5割以上を占めるため、ハプロタイプを使った関連解析に異論もある。また、ハプロタイプ解析が実際に成功しコストが低下することも、今のところ実証されていない。

一般的に遺伝子型特定研究に反論する研究者は、例えば、DeCode社がアイスランドで行っている人口集団を対象とした研究のように、血縁関係のある個人間で疾病リスクの遺伝的影響を調べ、疾病リスクの基礎となる人口構造や家系の理解を深めることの方が有益であると考えている。血縁関係にある人々のゲノムは全体的に類似するため、珍しい変異を特定することが簡単なことも有利である。また遺伝子型を特定するだけでなく、DNA、RNA、タンパク質、代謝産物、生体組織、その他の生物学的情報を収集する臨床研究を行い、遺伝情報と併せて疾病を包括的に考えることが、疾病と薬物反応作用を理解する上で大変有意義なことであると考えられる。

2.1.3 遺伝子型特定プラットフォーム

遺伝子型特定プラットフォームは、特異性、検出感度、処理能力、再現性／信頼性のレベルによって性能が異なる。プラットフォームの選定時に考慮すべき重要な点は、コスト、検査法開発に必要な期間、システム処理能力等である。一般的な遺伝子型特定方法としては、直接シーケンス法（例えば、ジデオキシ法：DNAポリメラーゼ活性をもつ酵素とジデオキシヌクレオチドを用いて塩基配列を解析する技術）、プライマー伸長法（RNAの転写開始部位や発現量を調べる方法）、ハイブリダイゼーション法（DNAチップ各種）、制限酵素分析（制限酵素が切断する位置をゲノム上に示した制限酵素地図を使ったゲノム分析）等がある。オンライン記事『The Quest for Complex Genes』に、企業が提供する方法やツールの概要がまとめられている^(注11)（表1参照）。

Perlegen社は、Affymetrix社の遺伝子チップ技術を使用した全ゲノム・スキャニング・プラットフォームに基づいた研究で、遺伝子をコード化する領域では遺伝子変異間の相関関係が強まり、非コード化領域では弱まることを明らかにした^(注12)。この発見は、自然淘汰がコード化領域のいくつかの変異に作用したことを示す間接的な証拠

^(注11) <http://www.bio-itworld.com/archive/021804/genes.html>

^(注12) 「ヒト3集団におけるDNAの共通変異の全ゲノムパターン（Whole-Genome Patterns of Common DNA Variation in Three Human Populations）」 Science 2005 307: 1072-79

となっている。その結果、測定する領域を精査すれば、検査するSNPの数が少なくても十分説得力のある結果を得ることができる可能性が高まり、遺伝子変異研究はこれまで考えられていた以上に簡便・安価になるだろう。

表1：高性能SNP遺伝子型特定プラットフォーム企業

企業名	主要製品	遺伝子型特定最高処理量
Affymetrix社	GeneChip Mapping Array 10K Set 100K Set	1チップにつき1万遺伝子型 100,000 SNP チップ
Applied Biosystems社	SNPlex	1日に1装置で遺伝子型2百万以上
Beckman Coulter社	GenomeLab SNPstream	1日に4,600-3百万の遺伝子型
Illumina社	BeadArray GoldenGate Assay	1日に2百万以上 1孔につき1,520 SNP
Luminex社	XMAP microsphere 技術	1日に最高5万遺伝子型
ParAllele社	Molecular Inversion Probe Assay	1チューブで1,200以上の遺伝子型反応；1日に1百万遺伝子型
PerkinElmer社	FP-TDI	1日に5万遺伝子型を特定
Sequenom社	MassArrayプラットフォーム MassEXTEND試薬	多重処理で1日に20万遺伝子型を特定（20Kモデル）

出典：“The Quest for Complex Genes”と各企業のWebサイトの最新情報から編集

2.2 薬理ゲノム学に関するFDA規制

2.2.1 新薬開発における予測ツールの重要性

製薬産業では、臨床開発中およびその後の有害事象^(注13)を回避するための予測ツールの必要性が高まっている。米食品医薬品局（FDA）の算定によると、有害事象を回避することで、前臨床試験段階での予測不成功率が10%改善し、製薬企業は製薬一つ当たりの開発コストを1億ドル節約できる。なお、毒性の問題による臨床試験の失敗は、製薬企業1社につき過去10年間で20億ドル以上の負担となっていると推定される。

SNPは表現型の形質の発現要因となるだけでなく、治療薬への反応や個人的な疾病の罹りやすさにも関係があるため、最近では、疾病リスクや薬物代謝プロファイルで被験者を層別するといった、遺伝子型特定技術を活用したプロセスを組み込む等、製薬企業による臨床試験プロセスの再構築が報告されている。予測ツールで患者を層別化するプロセスが加わると、臨床開発段階での被験者選定期間は長期化するが、全体的な臨床開発プロセスは効率化できると考えられる。Wyth社のトランスレーショナル研究^(注14)では、ゲノム学的手法と予測技術を活用した被験者の層別化が行われている。同社はこれを臨床現場での安全性・有効性評価の標準化に役立つと考えている。Eli Lilly社とParAllele社は臨床試験の全被験者の薬物代謝に関するSNP遺伝子型を特定

(注13) 薬物を投与された被験者に生じるあらゆる好ましくない医療上の事象。

(注14) 基礎研究の成果を医薬品等の研究開発に結び付けるための橋渡しとなる基盤的な技術開発のための研究。（「日経バイオ 最新用語辞典 第5版」日経BP社）

するために、MegAllele D-Metチップを臨床試験受託機関に提供すると発表した。同チップはAffymetrix社製GeneChipプラットフォームで動作する。費用は1回のテストにつき500～700ドルと概算される。

生物化学研究コミュニティでは、各研究者のニーズに柔軟に適応できる緻密で強力な技術、データベース、その他研究資源への幅広いアクセスを新たに必要としている。FDAは、創薬・薬剤開発や研究成果を医薬品へ展開することを推進するために、薬理ゲノム学の活用を奨励している。FDAはテーラーメイド医療も重要視し、支援を行っている。FDAの『Innovation or Stagnation』白書^(注7)では、医薬品の予測性や効率性を向上させ、ひいては被験者の選定、臨床反応のモニター、薬効バイオマーカーを改良するために、安全性・有効性・臨床試験薬効を調べるためのバイオマーカー等の新しい科学技術的手法を含む新製品開発ツールキットが緊急に必要であることに言及している。

2.2.2 FDAによる製薬業界のためのガイダンス

2005年3月、FDAはガイダンス「業界のためのガイダンス：薬理ゲノム学データサブミッション」^(注15)を発表した。薬理ゲノム学（pharmacogenomics）^(注16)のデータを新製薬開発プロセスで使用する製薬企業に示すガイドラインである。薬理ゲノム学により、薬効・毒性等の薬物反応に見られる個人差の識別が向上し、患者の臨床反応を監視し、薬剤の臨床効果を示すバイオマーカーの活用につながる。同ガイダンスは薬理ゲノム学使用に対するFDAの規制政策決定に関する最新の考えを反映しているが、それ自体が現在進行中の研究であり、今後改正される可能性がある。同ガイダンスでは、治験薬（IND）、新薬承認申請（NDA）、生物学的製剤承認申請（BLA）を行う当事者に対して、薬理ゲノム学のデータ提出に関する3分野（薬剤開発と審査プロセス段階、形式・内容、ならびに規制政策決定でのデータ活用）について助言している。さらに、製薬企業が薬理ゲノム学データを提出しなくてはならない状況の概要、治験申請、未承認製品および承認製品のためのデータ提出手続き等の概要をまとめている。なお、FDAは現在の薬理ゲノム学研究の成果について、規制政策決定に利用できる程科学的に確立されているものは少ない、と認識している。

FDAのガイドラインは、科学コミュニティによって厳格に試験された有効なバイオマーカーを使用した場合に限りデータの提出を推奨し、探索的研究で収集されたデータについては、規制決定に使用しないことを確約した上での自発的な提出を認めている。

^(注15) <http://www.fda.gov/cder/genomics/default.htm>
<http://www.fda.gov/cber/gdlns/pharmdtasub.pdf>

^(注16) 患者に薬を投与したときの薬物の応答性や副作用の発現と患者の遺伝子との関係を解明すること。薬物応答性や副作用の個人差に関与する遺伝子は、遺伝子プロファイルを作製し、遺伝子多型を解析して、その結果を統計学的に分析して探す。
（「日経バイオ 最新用語辞典 第5版」日経BP社）

FDAは、有効なバイオマーカーの定義は明らかにしているが、バイオマーカーの有効性を立証するプロセスは明確にしていない。現在、FDAではバイオマーカーの有効性立証プロセスを定義する別のガイドラインを業界と協力しながら作成しているところである。

2.2.3 テーラーメイド医療技術の商業化

薬理ゲノム学データを活用することで遺伝子型に関する知識が深まり、より多くの分子標的治療が開発され、テーラーメイド医療の製品化が進むと考えられる。テーラーメイド医療技術の商業化は、Affymetrix社のGeneChip技術「CYP 450 AmpliChip」が認可されたことで飛躍的な発展を遂げた。CYP 450 AmpliChipは、患者個人の薬物代謝能力を効率よく評価し、医師が薬を処方する際に、薬物副作用の危険性を見極めることに役立つ。Affymetrix社は欧州連合（EU）と米国双方からCYP450の認可を得ている。CYP450に関しては開発開始から製品化が認められるまでおよそ15年かかったため、その後、FDAは規制認可プロセス段階にある他企業の便宜を図るために、薬物代謝酵素遺伝子型特定システムに関するガイダンス^(注17)を発表している。近い将来、体外診断薬市場では、少なくとも薬理ゲノム学を利用した競合製品が多数出回ると予測される。例えば、GE Healthcare社は同社製CodeLinkP450アレイの商品化認証を目指す計画を発表している。

今後、臨床研究や臨床場面で実際にテーラーメイド医療技術を活用するためには、個々の遺伝子型特定技術プラットフォームだけではなく、遺伝子以外の様々な生物学的データ、例えばDNA、RNA、タンパク質、代謝産物、生体組織等の情報を統合する能力や、疾病に対する総合的な視野を提供できる技術基盤が必要となるだろう。

以上

編集：NEDO情報・システム部

(出典：SRI Consulting Business Intelligence Explorer Program)

^(注17) <http://www.fda.gov/cdrh/oivd/guidance/1551.html>。薬理ゲノム学関連のFDAのガイダンスは現在4つあり、他に「治療診断用コンパニオン製品ガイダンス」「一般マイクロアレイ遺伝子型特定技術ガイダンス」が作成中（GenomeWeb, "With Final PGx Data Submission Roadmap In Place, FDA Eyes Future of Biomarkers"）。

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

パーソナライズド・メディシンの展望（英国）

バイオテクノロジーの進展を背景に、個々の患者の遺伝的特性を考慮した個別の治療を施すパーソナライズド・メディスン（personalised medicine）に対し世界的に関心が寄せられているが、英国王立学会（The Royal Society）は9月21日に、「パーソナライズド・メディスン ～希望と現実～」と題する報告書を発表した。

本報告書では、パーソナライズド・メディスンは、薬理遺伝学（pharmacogenetics）によってもたらされる輝かしい未来として知られているが、その利用が広がるまでには、少なくとも、あと15年から20年かかるであろう、との結論を示している。その理由として、遺伝子がいかに病気の要因に関係しているかという点についての理解に多くのギャップがあることを挙げている。

また、本報告書は、ヘルスケアに関連する科学分野の専門家における知識の欠如と薬理遺伝学の研究を実行していくのに必要な分野に特化した研究者の不足がパーソナライズド・メディスンの発展を妨げると警鐘を鳴らすとともに、製薬企業が潜在的にも比較的小さな市場にしかならない薬理遺伝由来の薬の開発に取り組むよう奨励すべく、国家レベル及び欧州レベルでの資金的インセンティブを導入すべきとしている。

このような英国王立学会の報告書の公表から程なく、10月11日に、ケンブリッジ大学において、「パーソナライズド・メディスン」をテーマにしたホライズン・セミナー（Horizon Seminar）が開催された。

ホライズン・セミナーは、ケンブリッジ大学が四半期に一度、毎回特定のテーマを掲げて、その分野の産学の有識者を講演者に、ケンブリッジ大学のみならず、企業、他大学の研究者等幅広い参加者を得て開催しているものである。10月11日のセミナーでは、パーソナライズド・メディスンの将来見通しとともに、研究活動についての紹介や考え方、政策的観点からの見解等が示された。以下に、セミナーにおいて示された見解のうち、特筆すべきものについて紹介する。

そもそもパーソナライズド・メディスンをどのように定義づけるかという点から何名かの講演者の見解が示されたが、その点については、概ね見解は一致しており、「安全、かつ、低コストで、適切な薬を、適切な患者の、適切な症状に、適切なタイミングで、適切な量を措置し、適切な効果を得る」というものであった。

研究開発活動に関しては、開発薬のうち臨床試験を行った後、実際に実用可能とな

るものは10分の1程度しかなく、リスクの平準化を図るためにも、企業同士の新たな連携、特に、創薬企業と治験企業間の連携が重要であるとの見解が示された。また、開発効率を高めるためには、個々の研究で得られた遺伝子データをもとにした基盤的なデータベースを構築することが有効であるとの見解も示された。

パーソナライズド・メディシンの実用化・商用化に向けた見通しについては、セミナーにおいても、やはり、15年程度以上はかかるとの見解が示された。しかし、製薬産業からのスピーカーは、通常の新薬開発に要する時間とプロセスを考慮すれば、悲観すべきタイミングではないとの見解であった。また、技術的な観点からのみならず、社会的、政策的な側面から体制を整えるのにも同程度の時間が必要かもしれないとの見解も示された。

パーソナライズド・メディシンが発展し、真の意味で既存の医療に替わるものとなるには、アカデミア、製薬企業、医療現場、行政において、それぞれが必要とされる取組を進めるとともに、いかに相互の連携を図っていくかが重要であるとの見解が参加者の一致する意見として示された。各主体が必要とされる取組について、具体的なポイントは以下の通り。

○アカデミアでは、研究機関同士及び産学間の連携を深めつつ、パーソナライズド・メディシン実現への技術研究をさらに推し進めていくことが必要。また、パーソナライズド・メディシンの利用では、患者が一定の決断をしなければならない場面も想定し、関連の研究内容を民間に伝えていく情報発信の役割をいかに果たしていくのかも課題。

○製薬企業、特に創薬企業は、倫理的観点を考慮しながら、例えば既に薬局で販売されている妊娠テストのように、患者が一定の判断をする場面を想定した遺伝子テストセット等の商品開発や、マーケティングを展開していくことが必要。

○医療現場では、既存の患者ケアよりさらにきめ細かな患者管理、プライバシーに係る情報管理が問題。また、パーソナライズド・メディシンの到来を期待しながらも、医療現場に遺伝子を利用した医療（薬理遺伝学）を理解する医師の数が非常に少ないという現実を踏まえ、適切な医学知識をもった医師の育成が喫緊の課題。

○行政については、パーソナライズド・メディシンに対する政府の見解を明らかにしていく他、国民の意識や理解を深めていく活動を行っていくことが必要。また、製薬企業等が市場規模の小さい病に対する研究開発を蔑ろにしないよう、こうした分野に対する資金助成制度を設ける必要。規制の面ではACCE Framework(*)等の活動を通して個別の規制、規定等を立ち上げられるよう体制を整えていくことも必要。

(*) ACCE Framework (Analytic validity, Clinical validity, Clinical utility and ethical, legal and social issues Framework)

NHS (National Health Service : 英国の公的医療サービス) で使用する遺伝子テストの評価を行う組織である the United Kingdom Genetic Testing Network が利用している評価方法のためのベンチマーク

以 上

< 参考 >

The Royal Society Personalised Medicines: hopes and realities

<http://www.royalsoc.ac.uk/displaypagedoc.asp?id=15874>

The Royal Society Release Paper

<http://www.royalsoc.ac.uk/document.asp?id=3780>

【ライフサイエンス・バイオテクノロジー特集】

ドイツにおけるバイオインフォマティクス推進政策

－人材育成と研究開発を柱として－

1985年に世界初のバイオインフォマティクス国際会議がドイツで開催されて以来、ドイツ政府はバイオインフォマティクスの将来性に注目しはじめ、1990年代に入るとバイオインフォマティクス研究開発事業を国家プロジェクトとして位置付け推進してきた。当時は、生物学・生物化学研究グループとコンピュータ科学・数学研究グループの協力を重点を置いたものであったが、本プロジェクトを通じて育った研究者や研究グループは現在も、ドイツのバイオインフォマティクス技術開発の中心的存在となっている。

バイオインフォマティクスは、分子生物学やゲノム研究の向上に必要不可欠であるとともに、医療、農業、環境などの分野にも大きな進歩をもたらすなど、将来の経済社会の発展に大きく寄与すると見られている。しかしながら、当時のドイツでは、バイオインフォマティクス分野の人材不足が顕著であったため、2000年9月に研究開発と人材育成を組み合わせたプロジェクトとして「バイオインフォマティクスの教育・研究開発イニシアチブ」を開始した。

同イニシアチブでは、バイオインフォマティクス関連の研究開発事業をネットワーク化させるとともに、産学連携を促進することに主眼が置かれた。2001年には基幹組織としてテーマ別にバイオインフォマティクス専門能力センターが構築され、同センターを中心に推進事業が展開されることになった。新たに構築されたバイオインフォマティクス専門能力センターは、以下の6つである。

1) ベルリン・ゲノム・バイオインフォマティクス・センター (BCB)

大学、企業、その他研究所のバイオインフォマティクス研究グループをネットワーク化するほか、ゲノムデータの生物科学的な知識管理、遺伝子製品の構造と機能の予測、細胞プロセスと疾患プロセスのモデリングを研究開発の重点としている。

2) ブラウンシュヴァイク・バイオインフォマティクス・センター (INTERGENIMICS)

ほ乳類と植物に微生物が侵入して感染する場合におけるゲノム制御プロセスの相互作用をモデリングするためのバイオインフォマティクス・ツールの開発を目的に、

- ①制御プロセスに関するデータバンクの最適化
- ②代謝ネットワークのモデリング
- ③遺伝子情報の新しい解析方法（生物分子解析シグナル理論）
- ④微生物とヒト、植物細胞における感染時の遺伝子制御

などの研究が行われている。

3) ガータースレーベン・ハレ・バイオインフォマティクス・センター (BIC-GH)

植物のゲノム研究とポストゲノム研究を中心として、

- ①多量の実験データの数学的処理
- ②代謝ネットワークと制御ネットワークの解析、モデリング、シミュレーション、ビジュアル化
- ③遺伝子地図やゲノム研究、トランスクリプトーム研究、プロテオーム研究、代謝研究で得られたデータを総合解析するための植物データ・ウェアハウスの開発などが行われている。

4) イエナ・バイオインフォマティクス・センター (JCB)

細胞の正常な状態と異常な状態における分子プロセスで、バイオインフォマティクスとコンピュータショナルバイオロジーで得られた成果をさらに拡大させるとともに、ネットワーク化させることを目的としている。

5) ケルン大学バイオインフォマティクス・センター (CUBIC)

遺伝子型と細胞の代謝状態、生体の遺伝表現型の密接な関係を確立することを目的としており、

- ①ゲノムデータ、トランスクリプトームデータ、プロテオームデータ、構造データ、機能データ、代謝データの平行解析手法
- ②遺伝子型と遺伝表現型の相関関係に関する生物プロセス・シミュレーション
- ③総合生物学的データバンクの構築
- ④タンパク質創薬のための構造的な手法

などが研究開発テーマとなっている。

6) ミュンヘンほ乳類ゲノム機能解析バイオインフォマティクス・センター (BFAM)

バイオインフォマティクス、ケモインフォマティクス、実験生物学、家畜改良、インフォマティクス、バイオ数学の分野における研究グループと企業がまとまった組織で、ゲノムデータとインフォマティクスの理論基盤を解析する手法と実験研究バイオインフォマティクスを連結することを目的としている。研究開発の中心は、

- ①ゲノム解析情報の分析
- ②最大限の生物学的情報を高速でスクリーニングするための新しいアルゴリズムと適切なデータバンク構造の開発
- ③データマイニングやヒエラルキー構造、データのビジュアル化の問題へのインフォマティクスと数学的手法の応用
- ④利用方法の感度と選択性を評価、改善するための統計的、数学的手法の利用
- ⑤異なるデータソースや手法を統合、実施するためのインフラの開発

などとなっている。

なお、これら6つのバイオインフォマティクス専門能力センターは、バイオインフォマティクス専門能力センター・ネットワーク（NBCC：Network of Bioinformatics Competence Centers）を形成しており、NBCCには全体で2006年までに5,120万ユーロの公的補助が供与されることになっている。

以上

（参考資料）

- 1) Kompetenz in Bioinformatik
- 2) Foerrichtlinie “Ausbildungs- und Technologieinitiative Bioinformatik”
- 3) www.nbcc-online.de
- 4) www.proteomicsnetwork.de
- 5) バイオインフォマティクス専門能力センターのサイトアドレス
 - ・ベルリン・ゲノム・バイオインフォマティクス・センター（BCB）
<http://www.bcbio.de>
 - ・ブラウンシュヴァイク・バイオインフォマティクス・センター（INTERGENIMICS）
<http://www.intergenomics.de>
 - ・ガーターズレベン・ハレ・バイオインフォマティクス・センター（BIC-GH）
<http://www.bic-gh.de>
 - ・イエーナ・バイオインフォマティクス・センター（JCB）
<http://www.imb-jena.de/jcb>
 - ・ケルン大学バイオインフォマティクス・センター（CUBIC）
<http://www.cubic.uni-koeln.de>
 - ・ミュンヘンほ乳類ゲノム機能解析バイオインフォマティクス・センター（BFAM）
<http://bfam.bio.wzw.tum.de>

【個別特集】

フランス国立科学研究センター(CNRS) ミンスター科学政策局長にインタビュー

NEDO 技術開発機構 パリ事務所
2005.10.3

現在、フランス政府は国の研究・技術開発政策の改革を進めています。そこでフランス最大の研究組織であるフランス国立科学研究センター (CNRS) ^{注1}のミンスター科学政策局長に CNRS を取り巻く研究開発環境と CNRS の戦略などについてインタビューをしました。



経歴

国立宇宙科学研究所(INSU)及び CNRS 宇宙科学部ディレクター(1996年～2000年)、国立海洋開発研究所(IFREMER)エグゼクティブディレクター及び運営委員会議長(2000年～2005年)、2005年7月より現職

写真

2005年10月3日フランス国立科学研究センター (CNRS) ミンスター科学政策局長へのインタビューにて

“科学政策局”の創設など、CNRSは組織改革を行っていますが、この“科学政策局”創設とトップとしてのミッションをお聞かせください。

ミンスター科学政策局長

CNRSは科学へのチャレンジに対応できるように、“科学政策局長”の創設を通して、自らCNRSの再構築に取り組んでおります。この科学的チャレンジの一つは複雑な研究が多くなってきたために、それに対応できるように科学分野間の関係を促進させることです。

CNRSがマネージする1300の研究ユニット(共同研究室)を内部調査したところ、そのうちの約40%がさまざまな科学分野の研究者の参加が必要な学際的な研究テーマの研究をしておりました。しかし、CNRSのマネジメントシステムは、個々は非常に自主的で、強い境界があるために研究ユニットは独立の状態にありました。学際的な研究テーマを進めるためには、このような状況はもはや好ましい状態ではありません。

そのためには研究所、主要プロジェクト、技術に関するマネジメントを通して、各科学分野部門が共同で研究ができるように支援することが必要になります。この支援が私の主要なタスクの一つです。これからは多様な科学分野からまた各研究所からの科学者が手を取り合ってプロジェクトを進めていかなければなりません。

もう一つのチャレンジは、フランスの国家研究開発システムの変化にCNRSが適応していくことです。研究開発システムの具体的な変化には以下のものがあります。一つは益々自主的運営が強くなる大学、二つ目は研究に関する国の組織としての責任が増加する地方の組織(我々がフランスの「地方」と呼ぶもの)の存在があります。フランスで現在、給与を除いた研究所予算の約7%は地方から来ており、それは増加傾向にあります。

三つ目は、欧州研究フレームワーク計画^{注2}のフランスの国家研究システムの中でのウエイトが増していることです。特に次期フレームワーク計画の予算は大幅に増加する予定ですのでさらにその影響力が強まります。また、二者間協定や欧州研究ネットワークのような組織レベルでの直接的な関係も増加しています。

そのために、我々はこれらの変化する世界に適応するために考えたアイデアが、CNRSの科学政策のマネジメント機能を強化させることでした。これが科学政策局を創設した理由です。

CNRSは誰にでもより明解に科学展望を提供していくことが責務であります。それには我々が、科学と技術を展望する能力を補強していかなければならないことを意味しています。

首尾一貫したフランスの国家研究システムを構築するために、研究予算を扱う多くのプレーヤーに、CNRSは共通のプライオリティーと展望を示していかなければなりません。

これはフランスの科学ビジョンの創設に貢献するCNRSの義務です。そして、これらは科学展望とビジョンを担当するCNRS科学政策局が中心となり科学者と協力して行う

ことになります。

今年、フランスでは国立研究エージェンシー(ANR)^{注3}、産業革新庁(AII)^{注4}の設立など基礎研究及び産業技術開発の改革をされていますが、この改革に対応して、CNRS では今後どのような研究活動をされますか？

ミンスター科学政策局長

基本的には ANR の創設は既に存在している機能をより完全な形のあるものにしたということだと思います。フランス研究省が扱っていた 2 つの研究開発公募型予算である国家科学基金(FNS)及び技術研究基金(FRT)を ANR が扱うことになります。

これにより政府から独立して予算を扱うことになります。これは研究開発体制の進歩となり、より予算執行の透明性が確保されます。また、科学者と研究資金システム間の信頼向上にも役立つと思います。さらに、今回の改革では、これまでの研究機関型支援よりもプロジェクト支援への予算比率を増加させることがあります。

これは研究マネジメントの方法にもインパクトを与えていると考えています。

一方、AII の場合はケースが異なります。以前にこのような機能は存在しませんでした。予算も大きく、公的研究機関と組んだ産業界主導でマネジメントする大型イノベーション・プロジェクトに焦点を当てて AII が支援します。

我々は AII が将来選ぶプロジェクトや、資金配分に関して熟知はしていませんが、AII が公的研究機関と民間研究機関とのパートナーシップの強化と、より多くのイノベーション創造の機会を増やすのに貢献するものと期待しています。

一方、科学者が個々に ANR、地方、及び欧州連合と直接プロジェクト契約が可能になったことで、研究所は外界に更に開放的になっています。今や研究所は欧州各国からの科学者が参加する多くのプロジェクトが同一場所で交差しあいながら実施される場所になっています。

この開放性は科学にとって当然良いことですが、しかし、これは研究所がこれまでとは全く異なったものになることを意味しています。私は何時でも研究システムは変化に対してオープンであり、適応の備えがあり、そして旧態依然とした状態には止まるべきではないと確信しております。

私たちはさらなる変革の中で生きていくことになります。この変革は 90 年代の初めから続いています。私の個人的見解では、この変化に逆らうべきではなく、我々はより開放的な世界で成果の出せる研究所になる手助けをすべきだと思います。

これが CNRS が研究所に対する直接の管理は弱めて、そのかわりに科学政策局が将来ビジョンと戦略を研究所に示していく理由です。

欧州委員会(EC)から次期の第7次フレームワーク計画(FP7)草稿が発表され、検討、議論がなされているところ。その中でFP7では、基礎研究からより実用化研究開発へ重きを置くとも伝えられていますが、これも含めて、FP7案に対する評価をお聞かせください。

ミンスター科学政策局長

私はFP7が単に基礎研究のみを支援するとは思っていませんが、ほぼ30年前の開始当初からフレームワーク計画は常に欧州の社会経済発展とクリエイションのための基礎研究に重きを置いていることを忘れてはいけません。

例えばFP7の提案の中には、基礎研究をサポートする欧州研究評議会(ERC)の新規の創設があります。FP7は準備中ですから今後変化はするでしょうが、私は以前のどのFPよりもより基礎研究に枠が与えられていると思っております。また優先研究領域を見た時、FP6と殆ど変化がありません。環境、農業資源、エネルギー、イノベーションのための科学と技術、社会人文学系など殆ど同じと言っても良いくらいです。

確かにイノベーションのためのテクノロジー・プラットフォームという新しいツールが存在しますが、ERCのような基礎研究のための新しいツールも存在しています。

一方、FP7の主要な問題はテーマやツールではなく、その予算規模だと考えています。欧州委員会による提案は、FP7の予算を2倍にするとしています。ヨーロッパの科学者は2倍になることを大いに歓迎しております。もし実際に倍になれば、研究所におけるプロジェクトの構築方法が変わると思っておりますが、しかし実際にどのようなようになるのかは判かりません。

欧州委員会による優先研究領域の選択は、ヨーロッパにおける実際の研究開発に対して中程度のインパクトがあるとすると、予算倍増は実際の研究開発に対して大きなインパクトを与えることになると思います。

しかし、実際予算が倍増になれば、FP7における優先研究領域の選択についても、これまでのFPよりもずっと多くの研究所に影響を与えることになるだろうと思います。

ボーナスとそれが創り出す障害を実際に分析せずに事が進んでいるため、ボーナスは予算が増えることで魅力的ですが、それがもたらす変化と障害については判りません。

NEDOは技術研究開発マネジメント機関として、日本の産業競争力の強化を目的に、プロジェクト推進に努力しているところ。そのためには、技術ロードマップ、プロジェクト評価、産学官連携などが重要との認識をもっていますが、これらについての知見をいただけますか？

ミンスター科学政策局長

CNRS の使命は単に基礎研究だけではなく、社会経済ニーズに即したテクノロジーの探求も含んでおります。CNRS の研究所の多くが技術開発を行っていますが、これは産業界へ即時にトランスファーできるレベルのものではなく、それよりは基礎的な技術開発に重きを置いています。

事実、CNRS では技術サイドの研究活動に重点を置くようになってきています。その為に CNRS の中に、“ エンジニアリング科学部 ”(Science for Engineering Department) 及び “ 情報通信科学・技術部 ” (a Science and Technology for Communication and Information Technology Department) に替えて、生命科学、化学、コンピューターサイエンスなど多くのフィールドでのテクノロジーニーズに焦点を当てる“ 横断的エンジニアリング部 ” (Transverse Engineering Department) を創設しました。

次に、ロードマップ、プロジェクト選定、プロジェクト開発、成果評価等に関することですが、これらの事項は私にとっては研究マネジメントに関することとなります。CNRS では研究機関支援よりもプロジェクト支援への予算を増加させており、特にテクノロジーに絡んだ複雑な科学と向き合っているという事実が、我々に大型で学際的なプロジェクトの開発手法に関して更なる検討を必要としています。

現在我々が準備中の「ゼロ・エネルギー・ビルディング」プロジェクトを例にとってみると、このプロジェクトでは太陽光発電、ビルディングのセラミック材料、建築技術、そして新技術使用に関する住民の許諾、産業界との関係など、工学から人文科学に渡った多くの異なるコンペテンスの組み合わせが必要になります。

そこで大型で複雑なプロジェクトを成功させるには、分析、コスト管理、リスク・マネージメント、意思決定などに関する我々のプロジェクト・マネージメント能力を改善しなければなりません。これは私のタスクの一つと考えています。CNRS は単一分野の大型のプロジェクト・マネージメントの経験を持っていますが、学際的な大規模プロジェクトとなってくると経験がありません。

そこで、我々はそれを改善する方法を模索しており、そのためには他国の実績を多数調べて比較検討するのが有効と考えています。日本のこの面のアプローチを当方も勉強したいのが私の希望の一つです。

もちろん、我々は産業界への移転において非常にアクティブです。これは、我々が言うところの“ valorisation ”(価値を生む) の部門及び地方の研究所サポートを実行するエンジニアのネットワークが、これらの産業界との連携を援助しています。

この様な産業界のイノベーションのための戦略展望に関しては、科学政策局においてその戦略ビジョンが練られているところです。

一方、CNRS の研究範囲は社会経済分野から産業フィールドをカバーしている理由から、

CNRS が、全てのイノベーションニーズ、技術変化やこれら全ての戦略を理解するのは大変困難なことです。そこで我々は優先分野の選択が必要になっています。これらの選択は我々と協力する産業界の要望により方向づけられとともに、政府レベルの方針に基づきます。

フランス政府は最近“ Competitiveness Poles ” (競争力クラスター)^{注5}を選んでいますが。これはイノベーションのために様々な分野における官民の研究部門が協力するというコンセプトです。

CNRS はこれらの多くのパートナーとなっています。現在 67 ある Poles のうち 15 は世界スケールのもので、CNRS はこれら 15 Poles のうちの 14、及び他の Poles のうちの 19 のパートナーとなっております。我々のアクティブな取り組みがお分かりいただけると幸いです。

もちろん、それらのいくつかは既に存在していた Poles もあります。例えば、我々が関連しているグルノーブルのナノテクノロジーのためのサイエンス&テクノロジー、トゥールーズの宇宙&地球科学、プレストの海洋科学、シャンパーニュ・アルデンヌ地方の農業科学です。しかしこれらにも産業界とのパートナー協定のための新しいメカニズムが導入されています。

CNRS は社会経済分野から産業フィールドを全てカバーすることは難しいことから、今後、これらの Poles を通して産業界との協力を集中していくことになるでしょう。日本に対する私の見識では、日本ではすでに産業界と公的研究機関の間でパートナー協定が存在しています。そして、それは我々が Poles の中で目標にしているもののように思えます。

我々は他の国々を訪問してその経験を調べ、どのように機能しているのかを知ることが重要であると思います。私はフランスは謙虚に他国の活動にもっと注意を払わなければいけないと思っております。私どもは、協力なしに自分たちだけで出来る、と言える立場にはもはや無いのです。

今後の技術研究開発の推進には、国際協力が求められる一方で、ますます技術研究開発の大競争時代となり、競争的テーマは国際協力がしづらいとの面もあります。これを踏まえて、CNRS は今後、国際協力をどのように進めるべきと考えていますか？

ミンスター科学政策局長

この質問はいくつかの観点をもっていると思います。

まず最初に、基礎研究に関しても、イノベーションに関しても双方とも国際的な競争は増加していると言えます。国家レポートが指摘するように、フランス産業界はフランス国内での研究開発よりフランス外での研究開発を展開しています。フランス産業界にとって我々フランスの研究所は魅力に欠けているということになります。これは、単に研究員の

給与格差だけの理由ではないと思います。

そこで、我々の能力、知識を踏まえて産業界と更にコミュニケーションを図ることが大変重要なこととなります。再び魅力あるフランスの研究所にしなければなりません。この点では、先ほどの Poles のコンセプトが産業界と公的研究所との地域での協力関係を強めることに貢献すると期待しています。

世界スケールでの関係及び競争の状況は全ての科学分野で同一ではないことを指摘したいと思います。仮にフランスの研究のビジョンと目標が、全ての研究所が世界クラスの競争力を持つという野心を持つべきだとしても、世界スケールで研究をする理由は分野ごとで異なっています。

例えば、科学技術においては、特別なツールを持った研究所と協力して活動しなければなりません。私の専門分野の海洋科学で例に挙げれば、日本と共同で研究した経験がありますが、これは日本は我々が持たないツールを持っていたからで、同様にその逆もあります。

一方、課題によって、協力する理由やメカニズムは異なります。例えば、地球科学ではチベットでの研究が必要です。熱帯雨林であればブラジルやアフリカ等での研究が必要となります。

情報通信分野やマイクロ・ナノテクノロジーの分野に関しては、アジアとの関係は重要です。これは我々の協力が日本との協力を維持、強化をするのみに留まらず、シンガポール、中国、韓国等との協力も考えられるということです。

CNRS の場合、多くの科学を取り扱っているので、このような視点で注意を払うことが特に重要になっています。

他の問題としては、フランスでは、我々のところに協力を求めて来る人々を待つのが習慣になっていることです。競争は国際パートナー選択に率先性を求めなければならない点に変化しています。我々のところに協力を求めて来る人々を待ってはいけません。待たないでこちらから、協力分野と国の選択を同時に行う必要性があります。

この点では、最優先は欧州研究領域(ERA)です。研究所の設立、プロジェクトの立ち上げ、共同研究投資、共通な評価法等、我々がフランスで実行しているノウハウをヨーロッパレベルで適用していく必要があります。

最後は途上国関係ですが、確かに協力は活発ではありません。ほとんどは小さな研究所とのローカルなプロジェクトです。しかし、フランスは発展途上国の開発に寄与する義務があると考えています。協力には彼らの高水準教育と開発のための研究システムが要求されますが、良い研究所がある場合は常に、協力を惜しみなくします。政治的配慮からアフリカと地中海沿岸諸国が我々の優先地域となります。

CNRS は様々な国際共同研究を行っておられますが、今後、日本また NEDO との協力関係について、期待するところは。

ミンスター科学政策局長

我々は情報・通信、ゲノムなどの科学技術分野で日本との協力関係があります。これらバイオインフォマティクスやタンパク解析などは多くの課題がありますので国際協力がが必要です。日本が大変進んでいる分野がいくつかあります。米ゲノムなどがそうです。他の分野では我々がより進んでいるものもあります。

ここで重要なことは他の国が実際に何をどうやっているかを理解することは付加価値をもたらしてくれるということです。気候科学も重要な問題で、我々の大きな関心は、フィールド実験や欧州のものより高い能力を持つ日本の地球シミュレーターを使用したコンピュータ解析に関するパートナーシップです。

素粒子物理の分野では、日本の科学者が CERN（欧州素粒子原子核研究機構）との共同研究で欧州へ来る際は、彼らが実験の準備と議論を CNRS の研究所でしていただくことを私どもは大変歓迎します。議論と情報交換を通してお互いの知識から双方が利益を得ることができる協力協定を歓迎します。

我々は、また、成層圏研究のための EISCAT(欧州非干渉散乱レーダー)などで日本と数カ所の共同施設を持っています。また ITER（国際熱核融合実験炉）での協力が始まります。ITER に関しては、CEA(フランス原子力庁)がフランスの主担当ですが、CNRS のチームも流体力学、材料科学、中性子吸収材、プラズマ現象などの研究で ITER に参加します。

私は国際協定に基づく国際共同プロジェクトは、共同で研究所を新設するよりも、よりシンプルでより柔軟性がある優れた方法だと考えています。

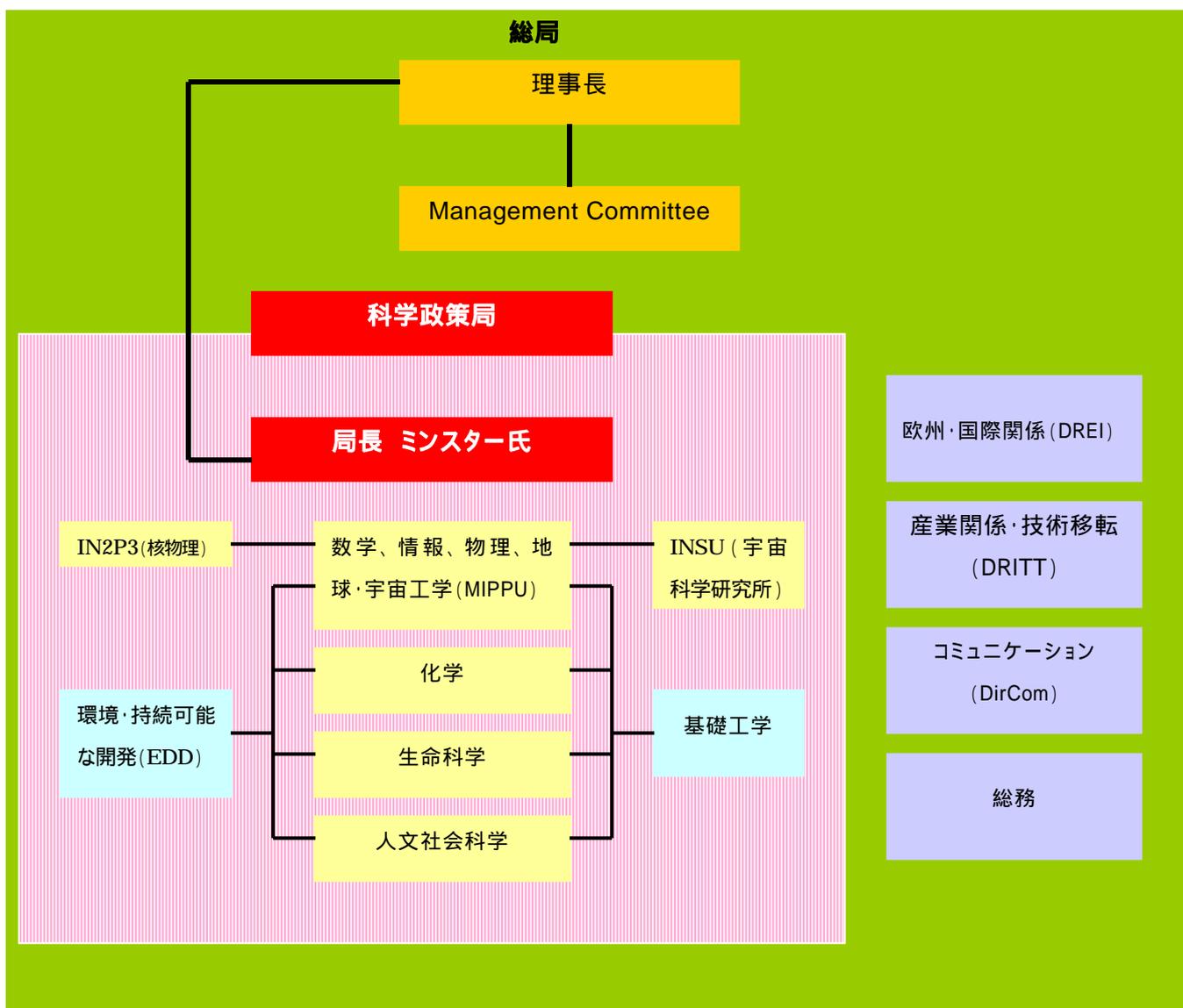
(取材：深澤和則、原田智恵子、クリストフ ドゥブイ)

(注釈)

(1) CNRS

CNRS (フランス国立科学研究センター) は、1939年に設立され、科学全般にわたる広範囲な分野を対象にした主に基礎研究を行っているフランス最大の研究行政機関。年間予算22億9,900万ユーロ(2005年)、職員数2万6千人(内 研究者約11,600名)。支部は国内18カ所、海外10都市(ブリュッセル、東京、北京、ワシントン他)。専門分野は、数学物理、核物理、情報工学、基礎工学、宇宙工学、化学、生命科学、人文社会科学で、分野別に8つの部署を持ち、国内各所に1,256の研究ユニットを有する。最近では、都市工学、生活様式・人間科学、環境・健康問題、通信技術等における物理学と化学間の相互作用の研究といった新規分野も手がけ、社会のニーズに絶えず対応し続けている。

2006年1月1日からの新組織図(概要)



(注2) 欧州研究フレームワーク計画

フレームワーク計画は1984年に開始されたEUの最大の研究開発支援制度。現在は第6次計画(2002年~2006年)を実施中で、2007年~2013年の予定で第7次計画が予定されている。

欧州委員会によれば、FP7は従来のフレームワーク計画のコンセプトを継続しながら、より欧州産業界のニーズに関連する研究開発に重点を置くとのこと。FP7新規のアイデアは「EUレベルでは初のピアレビュー評価機関となる欧州研究評議会(ERC)を設立し、最先端研究の支援をするもの。また人材養成の強化及び研究開発能力の強化が図られる。

現在のFP6(2002年~2006年)の予算は5年間16,270百万ユーロ(約2兆3千億円)。

一方、準備中のFP7は期間が7年間(2007年~2013年)となり、予算規模は72,726百万ユーロ(約10兆円)と大幅な予算増加を予定している。

(注3) 国立研究エージェンシー(ANR)

2005年1月にフランス研究省から独立した機関として設立される。国立研究エージェンシー(ANR)の設立目的は、「基礎・応用研究、イノベーション、及び官民の協力を支援して、公的研究成果の産業化を促進させる」こと。

これまでは、フランス研究省は「国家科学基金(FNS)」を、機関助成の形で国立研究機関に支出。また、「技術研究基金(FRT)」により、民間企業の助成を行っていた。

これからは、ANRがプロジェクト公募、ピア・レビューによる評価・採択、ファンディング、プロジェクト管理を一貫して行い、効率性と透明性をより高めるためのプロジェクト助成方式に切り替える。

2005年度の予算は3億5千万ユーロ(約500億円)。

(注4) 産業革新庁(AII)

2005年1月シラク大統領の要請を受けた仏特殊ガラス大手メーカーのサンゴバン会長ベファ氏がフランスの産業技術政策提言の報告書を発表。

報告書によると、これまでは国の大型産業技術支援により航空・宇宙産業、原子力産業、電子産業で成功を収めたが、これまでの方策は現在のハイテク産業の大競争時代には則さなくなっており、大型産業技術支援の改革が必要。

そのために、「産業イノベーションのための大型プログラム」の創設とこれらプロジェクトを一元的に管理する「産業革新庁(AII)」の設立を提言。これを受けて、2005年8月にAII設立が公布された。

AIIはプロジェクトの選考、ファンディング、プロジェクト管理から、進捗状況評価によるプロジェクト間の予算配分調整などを行う。

2005年度の予算は10億ユーロ(約1.4千億円)。仏テレコム为民営化株式売却益5億ユーロを充当の予定。

プロジェクトの分野はナノテクノロジー、バイオテクノロジー、エネルギー、環境などで、プロジェクト規模:期間5年~15年、予算は2千万~2億ユーロ(1プロジェクト、1年間当たり)、補助率は50%が上限。2005年は約10プロジェクトを予定。

(注5) 競争力クラスター

フランスの産業マップを塗り替え、近代化することを目的としたイニシアティブで、2006~2008年に配分される資金は15億ユーロになる見込み。

同イニシアティブは、産業競争力を支える要因、特に研究主導の技術革新に取組むために、2002年に着手されたフランスの広範にわたる産業戦略の一つ。

フランス政府は、これらの「拠点」を欧州における類似クラスター・ネットワークの一部とみなしており、海外クラスターとの協力の可能性に前向きな姿勢を示している。

【エネルギー】

エネルギー外部費用の算定（EU）

今からわずか4年ほど前、EUが支援する一大プロジェクトである EXTERNE（Externalities of Energy：エネルギーの外部性）は、その研究結果を発表し、環境損害などの「外部費用」を加味した場合、石炭および石油からの発電にかかる費用が実際には倍になることを明らかにした。最近の新たな研究結果および EU による一連の新プロジェクトにより、外部費用の概念は EU の政策決定により広く導入されるようになってきた。とりわけ、環境分野においては顕著である。

社会と経済が機能するためにはエネルギーが必要である。しかし、とりわけ石炭および石油によるエネルギーの生産・供給にはマイナスの側面がある。エネルギーの生産・供給は、地球温暖化となって人間の健康と気候に悪影響を及ぼす恐れがある。また、持続不可能なエネルギー利用によって汚染物質が生成され、これに晒される生態系、農産物および無機物（すなわち建造物）に直接的な影響を及ぼすものである。

欧州委員会は、一連の研究フレームワークプログラム（Research Framework Programmes）の中で、再生可能なエネルギー生産および技術（特に発電と輸送に関する技術）を大いに望ましいものであると確認している。これらのエネルギーに係る費用を定量化するための研究は、ヨーロッパの環境と健康に関する政策に反映されている。

「環境と健康に関する戦略（European Environment and Health Strategy）」、「環境技術行動計画（Environmental Technologies Action Plan）」および「Clean Air for Europe(CAFÉ）」の各プログラムは、信頼性の高い研究手法に基づいて行われるものである。さらに、持続可能性にとって極めて重要な「汚染者負担原則（polluter pays principle）」は、エネルギー費用が全て価格に反映された場合にのみ適用され得るものである。このため、エネルギーの生産と流通に係る潜在的「外部性」あるいは「外部費用」を正確に算定する手法を確立していくことが不可欠とされた。

EXTERNE によって最初に開発・適用された手法は、EU による一連の関連プロジェクトである NEWEXT、EXTERNE-POL および MAXIMA*において取り上げられた。

* NEWEXT : New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies, EXTERNE-POL : Externalities of energy : Extension of accounting framework and policy applications, MAXIMA : Dissemination of external costs of electricity supply—Making electricity external costs known to policy-makers

これらのプロジェクトは科学者、技術者、経済学者および疫学者から構成され、エネルギー消費に起因する社会・環境上の損害を定量化するためのより正確な手法の確立を目指す EXTERNE プロジェクトに最新の情報を提供し、同プロジェクトの改善に貢献している。

発電が大気汚染に及ぼす影響

EU25 カ国全体の大気汚染は、地域住民の平均寿命を少なからず減じているという研究結果が示されている。研究者らによると、大気汚染による生存年の損失は、2000年にヨーロッパ全体でおよそ 300 万年分であったという。これは、毎年 30 万人以上が早期に死亡することに相当する。このように、EU25 カ国の発電所からの大気汚染は、疾病を引き起こすなど健康への影響力を持つものであり、費用に換算すると年間数百億ユーロに相当する。

CO₂の値段

CO₂の金銭的価値は、地球温暖化および生態系に対する損害により生じる。その算定は、環境に関する政策決定とその過程において評価された損害額の分析によって決まる。例えば、京都議定書の目標に基づいて、排出された CO₂ 価格の算定が行われ、2008 年から 2012 年に関して、トン当たり 5~22 ユーロ（中央値として CO₂ トン当たり 19 ユーロ）という値が割り出されている。

大気、水および土壌

発電が大気汚染に及ぼす影響だけでなく、食物連鎖を通じて人間が直接的な影響を大きく被る恐れがある水と土壌への影響を評価するためのモデル開発も行われている。大部分の有毒金属（鉛、砒素、カドミウム、クロム、ニッケル、および水銀）ならびに幾つかの有機汚染物質（ダイオキシンなど）に関する損害費用の試算が行われている。これらは強い毒性を持つものの、排出量は極めて少量であるため、窒素酸化物（NO_x）や二酸化硫黄（SO₂）と比較して外部費用への寄与ははるかに小さい。

発電所の比較

さらに、一部の EU 新加盟国における各地の発電所の外部費用が試算されている。分析によると、2000 年から 2002 年の間に、チェコにおける石炭または褐炭を燃料とする発電所の外部費用は、ドイツ、フランスあるいはイギリスとすでに同水準であったが、ポーランドでは最大で約 1.5 倍という結果であった。スロバキアとハンガリーの発電所における外部費用は、西ヨーロッパと比較して 2 倍から 3 倍高い。また、キプロス、エストニア、ハンガリーでは石油を燃料とする発電所が利用されており、外部費用はドイツあるいはイギリスと比べてそれほど高くない。

事故

ヨーロッパの研究者らは発電所に起因する重大なエネルギー事故についても考察を行っている。この中には、炭坑におけるガス爆発、ダムが決壊あるいは石油タンカーの事故といった燃料の探査、採掘、プロセッシング、流通または輸送の過程における事故が含まれる。1990年代後半、世界全体で起きたエネルギー関連の重大事故による死亡者数は年間平均およそ 3,000 人であり、このうち半数以上が中国で発生した事故によるものであった。一方、同期間の自然災害による死亡者数は年間およそ 80,000 人であった。これらを金銭的な額に換算すると、ヨーロッパにおける発電に関連した重大事故の外部費用は極めて低いものである。

損害をもたらす物質

一連の研究結果は、大気汚染がもたらす損害を算定するための CAFÉ プログラムに取り入れられている。費用便益分析を用いて、浮遊微小粒子、NO_x、SO₂、揮発性有機化合物およびアンモニアの排出などによる損害の算定が行われている。これらの汚染物質は平均寿命を縮め、人間の健康（心臓病、喘息、癌）および生態系（酸性化、富栄養化、作物への被害など）に影響を及ぼす。

リスクへの支払い意思額を算定する

一例として、大気汚染の影響を金銭的価値に換算するために、フランス、イタリアおよびイギリスでは、1000 人の回答者を対象としたアンケート調査が実施され、「より長く生きるための支払い意思額」が算定された。これにより、およそ 100 万ユーロという「確率的生命価値 (Value of Statistical Life : VSL)」が算出された。さらに、これを基準として「生存年 1 年あたりの中央値 (Central Value of a Life-Year : VOLY)」が計算され、5 万ユーロ相当という値が導き出された。これは、慢性疾患により 1 年の生存年を失うという微小のリスク (1 万分の 1 の確率) を回避するために人々が支払ってもよいと思う金額が、平均して一人あたり約 5 ユーロであることを意味する。

「NEEDS」プロジェクトの試み

EU は、エネルギーの総費用をよりの確に定量化し、社会・環境に関わる費用を価格に内在化していこうとするヨーロッパの決断を支えるべく、大規模な研究プロジェクトを立ち上げた。これは、NEEDS (New Energy Externalities Developments for Sustainability) と銘打つ 4 年間のプロジェクトで、63 のパートナーの参加を得て、700 万ユーロの予算を投じて行われる。

EU が掲げる持続可能な開発に関する戦略とその関連政策に沿って、NEEDS はエネルギー関連政策による全ての影響を算定することを目的とし、これによりエネルギー

政策の長期的シナリオを構築することを目指している。また、南地中海地域はもとより中央および東ヨーロッパにおけるエネルギー技術の外部費用についても、評価および意識の向上をはかっていく。

これに関連して、今年の12月9日に、「ヨーロッパにおけるエネルギー外部費用とその内在化 (External costs of energy and their internalisation in Europe)」と題する会議がブリュッセルで行われる予定である。

以上

翻訳 NEDO 情報・システム部

(出典 : http://europa.eu.int/comm/research/headlines/news/article_05_10_21_en.html)

【新エネルギー】

太陽光発電で遅れをとるベルギー

太陽光発電は、風力発電とともに、EU の主要な再生可能エネルギー源となっており、2003 年末における EU15 カ国の太陽光発電施設の総出力は 572.67MWp に達している。EU15 カ国では、風力発電同様、ドイツが太陽光発電でも支配的地位にあり、全体の 75% (410.30MWp) を占めている。これに対しベルギーは、1.06 MWp にしかならない。

ベルギーでは、太陽光発電施設とは対照的に、太陽熱温水器の設置が進んでいる。これは太陽電池に比べ、太陽熱温水器の設置費用が安いことや、太陽熱温水器を設置する個人や企業は、連邦政府をはじめ地域政府、州、市町村の奨励金、減税措置の恩恵を享受できることが影響している。各種の奨励金を合計すると、太陽熱の場合、投資の 50% 近くを回収することも可能になる。例えばワロン地域では、2003 年に 21,172 m²の太陽光パネルが設置されたが、同地域は 2~4 m²の太陽光パネルの設置に 1,500 ユーロの奨励金を出している。1 m²増えるごとに 100 ユーロが上乘せされる (上限 6,000 ユーロ)。同地域は、2010 年までに 20 万 m²の太陽光パネル設置を目標に掲げている。

太陽光発電への投資は、太陽熱温水器に比べ遥かに高いが、ワロン地域やブリュッセル首都圏地域には支援制度がなく、唯一フラマン地域が奨励金を出しているにすぎない。但し、ワロン地域政府のアントワヌ・エネルギー相は最近、2006 年度から太陽光発電奨励のための何らかの措置を導入する意向を表明している。

こうした中、ワロン地域の Ittre 市に本拠を置く企業 DROBen 社は 9 月 16 日、アントワヌ・エネルギー相列席のもと、ワロン地域では初めてのものとなる、60 万ユーロを投じた太陽光パネルの生産工場をオープンさせた。同社は設立からまだ 2 年という新しい企業で、自社ブランドでの太陽光パネルやモジュールの組み立てを行うほか、フランスの Photowatt International 社製の太陽光モジュールやシステム、ドイツの SunWare 社のセミフレキシブル太陽光モジュールやスペインの Isofoton 社の太陽光モジュールなども取り扱っている。

上記のような事情から、ベルギーは DROBen 社の市場とは成り得ず、同社はドイツやフランスなど他の欧州諸国を主要な市場としている。地球温暖化や原油価格の高騰など、同社には追い風となる条件が揃っている。また、ドイツ、フランス、オランダ、イタリアなどの太陽光発電市場は急速な伸びを示しており、需要にも事欠かない。新工場は、年間 7200 m²あまりの太陽光パネルの生産能力を持つ。工場は 3 人で稼働させることが可能だが、年末までには従業員数を 8 人に増やす予定である。同社の CEO

である Vandermeersch 氏は、「供給が需要に追いついておらず、生産に乗り出すには好機だと判断した」と語っている。

ベルギーでは、土地 1 m² 当たり約 1,000kWh の太陽エネルギーを受ける計算となる。これは燃料油 100 リットル分に相当する。ドイツの日照時間はベルギーと大差ないが、太陽光発電部門の売上は年間 120 億ユーロに達している。これはドイツでは、太陽光を利用した電力生産者からの電力の購入価格が 58 セント/kWh と高く設定されていることによる。これに対しベルギーでは、ワロン地域が 15 セント/kWh、ブリュッセル首都圏地域が 7.5 セント/kWh に留まっている。フラマン地域は、2006 年度から購入価格を引き上げるが、それでも 45 セント/kWh と、まだドイツには及ばない。

Vandermeersch 氏は、「ベルギーでは、太陽熱温水器は良く知られているが、政府や企業、個人レベルでも再生可能エネルギーとしての太陽光発電の認知度は低い」と現状を分析。一方、系列会社 Belpower を通じ太陽光パネルを輸入している Reibel 社の CEO、Esposito 氏は、「太陽熱パネルはエネルギーを貯蔵するだけだが、太陽光パネルはエネルギーを生産する」とその違いを強調、クリーン・エネルギーとしての太陽光に投資することが、気候の温暖化との戦いにより有効であるとしている。なお、同社は、ベルギーでの太陽光発電所の建設を計画している。

<参考>

欧州委員会エネルギー総局 : http://europa.eu.int/comm/energy/res/sectors/photovoltaic_en.htm

DROBen 社 : <http://www.droben.com/>

Reibel 社 : <http://www.reibel.be/>

以上

【環境】

EU 5 カ国における包装廃棄物の現状 (EU)

2005 年 10 月 7 日、コペンハーゲンにある欧州環境機構 (European Environment Agency : EEA) が公表した報告書では、包装廃棄物に関する政策を成功させるには一般的な方針を出すよりも、包装廃棄物削減に的を絞った指標が必要だと述べられている。

「特定数カ国における包装廃棄物政策の実施効果」と題された報告書では、包装廃棄物に関する EU 指令が各国でどの程度遵守されているか、という観点からオーストリア、デンマーク、アイルランド、イタリア、イギリスの状況が分析されている。

その結果からこの指令の効果が最大限に出たのは、厳しい指標が設定されている国であることが分かった。EU の指標によって、調査対象となったすべての国で包装廃棄物のリサイクル量が著しく増加した。

しかし実際には 1997 年から 2001 年にかけて、5 カ国の包装廃棄物の全体量は 7% 増加した。特にアイルランドに至っては包装廃棄物が 36% も増加した。報告書では、廃棄する包装物の発生量に関して厳しい指標が設定されていなかったため、「包装と包装廃棄物に関する指令 (Packaging and Packaging Waste Directive)」は主要な目的では失敗したと示唆している。

EEA 事務総長ジャクリーヌ・マックグレード教授は「リサイクルに関しては相当な成功を収めているものの、この分野における政策は改善の余地がある。我々は一歩進んで廃棄物発生量について焦点をあてるべきである。指標により、まずは廃棄を抑制することが最終ゴールだということを政策担当者や一般市民がしっかり自覚するようになる」と述べている。

包装廃棄物のリサイクルに関してはオーストリアが対象国の中で一番の成績を示しており、指令で課されている指標をはるかに上回っている。同様にデンマークとイギリスも各国に課されている責務は果たしている。EU の中で一人あたりもっとも多くの包装廃棄物が発生しているアイルランドでさえ、包装廃棄物リサイクルの指標は守っている。(年間包装廃棄物の量はオーストリアが一人あたり 122 キロであるのに対して、アイルランドでは一人あたり 214 キロになる。)

以上

翻訳 : NEDO 情報・システム部

出典 : http://org.eea.eu.int/documents/newsreleases/packageing_waste-en^{脚注}

報告書と冊子の URL : http://reports.eea.eu.int/eea_report_2005_3/en
http://org.eea.eu.int/documents/brochure/Effectiveness_FINAL_low-res.pdf

【産業技術】 ナノテク

ナノ材料の拡張可能な合成（米国）

－ 国家ナノテクノロジーイニシアティブ・グランドチャレンジ・ワークショップ
「エネルギーのためのナノサイエンス探求」報告書、分野横断的テーマ その4－

ナノ材料の特異性

バルク材料には容易に存在しない新しい機能性を加えることができる可能性がある点からナノ材料は重要である。これらは以下の点から生じる。

- (1) 高表面積(大きな比表面積)、
- (2) 量子サイズ効果が現れる小さい寸法や高縦横比や縮小した次元数の形状がもたらす新しい固有特性、
- (3) 一方向性をもたらしてエネルギー輸送の損失を最小化する密接なナノスケール結合、などである。

これらの新しいナノの機能性は、バルク材料にはない電氣的・熱的伝導度、電界放出および触媒の担体や気体吸着特性を提供することができる。従って、機能的なナノ材料の合成は、エネルギーの挑戦に対応するために必要なブレイクスルーとなる発見や真に革命的な開発を引き起こすユニークな可能性を提供する。

合成目標

機能的ナノ材料の合成、すなわち、必要とされるマクロ規模で非常に向上した特性をもたらすことができる材料システムは、品質、数量、多様性ならびにナノ材料の設計と組み立ての統合で相互に関連した挑戦が必要となる。

－ 品質の挑戦は、十分に高い純度を持った無欠陥のナノ材料を合成することを要求する。その最終的な特性は信頼性を持って測定し正確に知ることができる。それにより、その後の合成を制御し向上した特性をもたらすために材料システムを設計するための基本データを得ることができる。

－ 数量の挑戦は、開発、評価および高品質ナノ材料の経済的に大規模な生産のための容易に拡張可能な合成方法の最適化を必要とする。

－ 多様性の挑戦は、潜在的に利用可能な向上したナノ材料特性のライブラリーを効率的に調査し拡張する方法の研究開発を必要とする。現在のライブラリーは小さく、広範囲の潜在的なナノ材料のほとんどは未調査である。

－ 統合設計と組み立て(あるいはナノからバルクへ)の挑戦は、マクロスケールで非常に向上したナノスケール特性を示すシステムあるいはアーキテクチャナノ材料の連続(あるいは、できれば同時実行の)組み立てに適合する合成方法を開発することを必要とする。

これらの目標で、マクロスケールへそれらを結合する一方、ユニークなナノスケール特性を維持する組立て／加工およびシステム設計技術に結びつく、実際的なナノ材料の合成のために基礎研究が明らかに重要で必要となる。したがって、ナノ材料合成は、どこで必要であるかに対してどこで有効であるのかとなる。

ナノ材料合成のビジョン

上に記述された必要性と比較して、ナノ材料合成の現状を以下のように要約できる。

- (1) 成長過程に、その場での光学・分光診断の限定的利用から価値のある洞察が得られている、
- (2) 評価(特性測定)および新しい材料の実験研究からの比較的緩いフィードバックがある、そして
- (3) ナノ材料合成を理解し改善するための理論およびモデル化からのより緩やかなフィードバックがある。

重要な3つの結論は、

1. ナノ材料の合成および成長メカニズムを理解するためのその場での時間分解診断法は、非常に価値があると判明している。特にその場でのモニタリング技術のための投資は、合成を理解し制御する際に期待以上に大きな成果を得ることがある。
2. 最適化されたナノ材料を設計する可能性はまったく存在しない。高速コンピューター上の計算ナノ科学で進行中の進歩を利用することにより、向上したナノスケール特性を持った実際的な材料組み立ては、やがて、理論、モデル化およびシミュレーションで支援されることにより、この欠点が指摘されるだろう。モデル化およびシミュレーション(設計による材料に結びつく、多重スケールモデル化と仮想合成)および組立て／加工技術の時間分解その場診断の並行開発は、複雑な自然の設計ナノ材料システムの合成の理解および制御において不可欠である。
3. 潜在的に利用可能な新しく斬新な特性を持ったナノ材料の広大な空間を、より迅速に探索する必要性が特にある。次のものの開発により、この探索を非常に効率的に遂行することができる。
 - (a) 合成の結果を素早く評価することができるように、その場での特性測定およびサンプル操作と画像化を組み合わせる評価方法、
 - (b) 実験的に探索されなければならない空間を限定して、斬新な材料の探索をガイドするコンピューター技術である。

これらの認識は、多分まだ限定されているが、合成 → 評価 → 理論／モデル化／

シミュレーション → 設計 → 合成 へと繰り返す密接に結合したループの重要なステップとして合成の展望につながるであろう。合成、品質、数量、多様性および統合設計での目標に合致するまでこのループが繰り返し旋回される。

合成研究の方向

ナノ材料のエネルギーへの影響力には2つの重要な根本的テーマがある。

1. DOE 基礎エネルギー科学諮問委員会からの最近の報告書での多数の研究勧告の中で、極限環境(特に高温)での材料の劣化は、低いイニシャルコストと長い運転時間を持つ新しいエネルギー源開発への厄介な障害であるということが潜在している。従って、プロセスは発見されなければならない。そして、より低温で作動できるシステムが開発されなければならない。
2. ナノスケール自己集合を含む材料を作り上げる新しい方式を構築することによって、革命的な進歩の可能性がある。

このセクションでは、米国のエネルギー安全保障に潜在的に最も高い影響を及ぼす、ナノ材料合成に関する研究のいくつかの方向を識別する。

・カーボンナノチューブ材料の合成

カーボンナノチューブは、その注目すべき、電氣的、光学的、また機械的性質から、強い関心をもたらした。単層カーボンナノチューブ(SWNT)あるいは"バッキーチューブ"は、すべての新しいナノスケール材料の中で最も有名なものである。SWNTは、最も単純には6角炭素環のポリマーあるいは純粋炭素から構成された単一巨大分子と考えられる。その特性は、初期の奇跡のポリマー、ナイロン、ポリプロピレン、ポリエステルおよびケブラーなどをはるかに越える。このように、SWNTは、最終的に世界中の化学工場で1年当たり数100万ポンドのレベルで生産されることが期待されている。カーボンナノチューブは、各々の成長中のチューブの端へ付けられたナノスケール触媒粒子に接する、一酸化炭素、メタンあるいはメタノールのような廉価なカーボン供給材料により成長する。最初の商用アプリケーションは数年以内に期待されるであろう。

有名なバッキーチューブは、恐らく鋼よりも100倍以上の引張強さを持ち、信じられないほどの強度があると予想されている。この大きな強度が、重要な応用を持つ非常に強く軽量な材料へと導く、しかし、その第一の最も決定的な性質は、この新しいバッキーチューブが電気を導くということである。

カーボンナノチューブはそれぞれ、直径およびその"キラリティ"(あるいはねじれの

量)を特定する2つの整数 n と m によってユニークに識別される。

- － $n = m$ の場合、チューブは金属の一次元量子導体である。
- － $n - m$ が3で割り切れる場合、チューブは半金属である。
- － それ例外の場合は、ガリウム砒素に似たバンドギャップを持つ直接バンドギャップ半導体になる。

機械的、電氣的、そしてバッキーチューブの光学的性質の組合せは、その非常に高い熱伝導性と共に、将来のエネルギー・システムの中で多機能の材料として広範囲な使用に結びつくと予想されている。

ナノチューブ合成における影響の大きい研究の重要な問題は、 n と m が同じ値を持った SWNT の生産に対応して、その直径、長さおよびキラリティの完全な制御により生産する実用的方法を確立することである。その挑戦は、低価格で1年当たり数100万ポンドを生産するために拡張できるプロセスと共に、石炭から作られた合成ガス(CO+H)のような安い供給材料からこれを作ることである。これはバッキーチューブの送電線の製作を可能とする。ケブラーに似ているプロセスにより連続糸として紡がれた全バッキーチューブ炭素繊維は、6分の1の重量で銅より高い導電率を持つと予想される。

電流がファイバーを通過して行く時のこの高い電導性は、一方向性の量子波ガイドとしての役割をする個々のチューブを通る電子の非常に効率的な伝搬と、チューブからチューブへ電子の効率的な共鳴量子トンネル効果の両方に由来する。この挑戦の結果は、大陸間同士の距離にわたって廉価で、非常に高効率(低損失)である大規模な電力送電の基礎を提供する。地球規模のバッキーチューブ電力グリッドは、太陽エネルギーを電気に変換するためのコスト効率の良い太陽電池と結合して、クリーンでカーボンフリーなエネルギーの提供や、また同時に、地球の太陽が当たる側で電気を連続的に発電することによりエネルギーを貯蔵する必要性を減らすことに向けて大いに役立つ。

・ナノ結晶の合成

合成化学の進歩によって緊密に分散した量子閉じこめ効果を示すほど十分に小さな様々なナノ結晶を作ることができる。ナノ結晶のサイズを調整することによって、光学的特性のような重要な物理的性質を調整することができる。

合成における最近の重要な進歩はナノ結晶超格子の実証があった。特異的特性を持ったナノ結晶は、熱力学的に好ましい条件下で突然に形成するナノ結晶の秩序配列である超格子を形成するために自己集合化する。このモジュール組み立て技術を使用すると、調整可能な特性を持った様々なナノ結晶を選択し組合せることができるツールキットを想像することができる。一つの例は、半導体ナノ結晶(量子ドット)および磁気

ナノ結晶を組合せることによって、1つの材料へ相補的な磁氣的・光学的性質を導入することができる。

・バイオナノ・ハイブリッド材料の合成

生物学アプローチの利用は、エネルギー問題に関連する材料を合成する興味ある新しい方向を可能にする。この挑戦の可能性の1つの例は、機能的に統合されたハイブリッド接合半導体(ナノ粒子-生体分子)に基づいた人工の光化学エネルギー変換のための新しいアプローチを創出することにある。生体分子接合半導体は、エネルギー収集およびその後の化学/電気変換を実行する方法において優れている。

アルゴンヌ国立研究所では、自然の光合成で主要な光誘導電荷分離作用を模写した半導体に基づいた人工光合成システムの新しいファミリーを作り出した。機能的ハイブリッド材料のこの新しいクラスは、生物分子の認識特性と無機材料の頑強性および光感応性を組み合わせた特別に設計されたナノ粒子から構成されている。その合成には、金属酸化物ナノ結晶粒子の表面はそのバルク材料と異なり反応性の高い未組織の表面によって特徴づけられるという発見を利用している。

このアプローチを利用して、TiO₂、ナノ粒子とDNAオリゴヌクレオチドのハイブリッド接合が合成された。それによって、半導体の固有特性を変更し、新しいハイブリッド分子軌道を生成する。したがって金属酸化物ナノ粒子の光学的特性を全可視部の至る所で調整可能にできる。さらに、自然の光合成のように、このハイブリッドナノ結晶は完全に分離された電荷の弱い電子結合を広げて、効率的な電荷分離の拡張に道を開く。

・より複雑なナノ材料の合成

米国のエネルギー安全保障への大きな影響力の可能性を持つ分野は、機能的ナノ材料のライブラリを拡張することである。例えば、材料のペロブスカイト酸化物ファミリーは、高温超電導、巨大磁気抵抗効果、強誘電性および圧電気動作を含むバルク相での種々様々の興味ある特性を示す。

最近、いくつかのグループはナノ材料のこの重要なクラスの合成のための戦略を調べ始めた。この分野での最先端技術の1つの例は、3重ペロブスカイト酸化物ナノ材料合成における最近の進歩である。固体状態合成アプローチを利用して、高誘電率酸化物SrTiO₃のよく分散したナノ立方体や強誘電体BaTiO₃のナノワイヤーが作られた。

・組合せの技術および高度並列ソート

重要な合成の挑戦は、非常に向上した特性あるいは特に有用な特性の新しい組み合わせを持つ比較的少ない相を明らかにするために、新しい組成あるいは構造を持った

材料を迅速にかつ効率的に探索することである。

ナノ材料についてのさらなる挑戦は、合成のための条件を最適化し、品質と重要な特性を維持する一方で、エネルギー応用に必要とされる数量を生産するための拡張した方法を開発することがある。迅速な選別を可能とすることができる合成プロセスの例は、複合酸化物のパルスレーザ蒸着(PLD-CCS)を使用して、フィルムを合成する連続合成塗布方式がある。

・水素貯蔵ナノスケール材料

ナノ材料合成技術は、水素貯蔵のために好ましい能力を示す新しい材料への経路を提供する。次の例は、単層カーボンナノホーンの可能性を示す。1998年に発見された単層カーボンナノホーン(SWNH)は、短く(およそ 50nm の長さ)、不揃いな(直径 3nm まで)カーボン細管であり、その終端は円錐に近い。穏やかな酸化や他の方法が容易にそれらを開くことができ、極端に高い表面積(1,000 m²/グラム、エーロゲルに類似)および水素貯蔵のための数多くの可能な吸着場所を提供する。

日本における最近の研究は、非常に小さな(およそ 2nm)白金触媒ナノ粒子の凝集を防ぐことに成功している。金属触媒があっても無くても SWNH は生産でき、応用のために加工する際の潜在的に大きな多様性を提示している。水素貯蔵のために、追加触媒の有り無しにかかわらず、その使用を調査し最適化するために基礎研究が必要である。そのような研究は、さらに、メタノール基盤燃料電池の触媒担体としてその潜在性を促進する。

・有機材料

有機材料から作られたエレクトロニクスは、脅威低減に対応するセンサーや省エネルギー屋内照明への新しいルートを提供する。有機材料はそのナノメータ規模の分子構造から機能性を引き出す。このような分子織込みは、これらの材料に機械的柔軟性、分子的多様性のようなユニークな特性をもたらす。

有機デバイスは多結晶形式で容易に合成できる。しかしながら、その性能は低い電子移動度によって制限されている。例えば、電子移動度は、重合体あるいは多結晶フィルムから作られた有機発光ダイオード(OLED)の発光効率を制限する 1 つの要因である。他方では、単結晶プロセスの急速な進歩は、電子移動度への不純物および形態論的欠陥の役割の理解に向けて新しい道を約束する。

・機能性バルクナノ材料

ナノ材料がなす重要なことはバルク材料にも同じような役割を果たす。ナノ科学や

ナノスケール相は、より良いまた完全に新しい機能的バルク材料の開発に大きな影響をもたらす。機能的バルク材料は、エネルギー発生およびエネルギー利用システムの両方に重要な構成要素である。構造部材から磁石、フィルターおよびワイヤーまでに及ぶ応用は、ナノスケール応用による利益の多数の例を提供する。しかし、今後の可能性はこれらを越え、ナノスケール粒度を保持して関連する特性の向上あるいは新しい特性をマクロスケールレベルで示すバルク材料の開発をもたらす。合成物でさえも、ナノ粒子やナノチューブの使用が改善した特性と機能を持った材料を生産できる大きな可能性がある。

潜在的な影響は広い、活動的な環境(例えば、高温や高放射)でのより長寿命の材料、改善されたエネルギー蓄積(バッテリーと燃料電池)、磁石用機能材料(バルク磁石の使用が電動機や発電機において浸透している)、そして多数の新しい材料が再生可能エネルギーに挑戦する。より大きなエネルギー効率、高温に耐えることができる材料や軽量の材料の導入に由来する。核融合や次世代の安全な核分裂反応炉の多くの技術的な障壁は、よりよい材料を開発することを要求する。ナノサイエンスは、これらの困難な技術的挑戦への答えをうまく提供するであろう。

－エネルギー応用のためのバルク材料特性のナノスケール強化

バルク材料へのナノサイエンスの応用例は、最近のフェライト酸化物分散強化(ODS) Fe-12Cr-3W-0.4Ti+0.25Y₂O₃(wt%)合金の開発がある。それは、劇的にその機械的性質を改善する2次安定ナノ相(直径4nm未満)を持っている。原子プローブ解析は、これらのナノクラスターが基質の組成と比較して、Ti、OおよびYが豊かであることを示している。更に、これらのクラスターは、室温および高温で非常に効率的に合金を強化する。

実現戦略

ナノスケール材料が米国のエネルギー安全保障に影響力を及ぼすことを可能にするために、合成、評価、理論および設計の間の相互に連結した迅速なフィードバックループを実現しなければならない。これは、合成、材料特性評価、理論およびモデル化を支援し、かつそれらを結合させることを要求する。

－合成イニシアチブ

大学の分散した合成実験室と協力する国立研究所の中核的研究機関ネットワークを含んで、合成科学を支援する米国の国家イニシアチブがなければならない。このネットワークは、合成研究者への材料分析のための基本的特性評価ツールを素早く利用可能とする。

－高度評価ツール

有望な材料が合成ネットワークからの基本的特性評価ツールを通して識別された後に、斬新なナノ材料の真の見込みを探求するさらに高度な研究の必要がある。これは、個々のナノ材料および例えば高圧下のナノ触媒や電子を切り替える個々のナノチューブなどを含んで、動作中のナノ材料のナノ材料特性を調べることができる高度な中性子、光子、電子基盤ツールを含む。

－理論およびモデル化イニシアチブ

最後に、ナノ構造化材料に対する予測的な計算機設計能力の開発と確認を試みる必要がある。量子シミュレーションは、制御可能な定量的精度でナノ材料の特性について描写し予測するために重要な基本的原理から微視的モデルを確立することができる。相互作用する多くの粒子システムの最初の理論的成熟は、関連する数学的コンピューター科学ツールの開発と共に、種々様々なナノ構造特性のシミュレーションを可能にする。それによって、基本的原理から最適化された材料を設計し、また実験的に確認することができる特異的特性を計算する可能性を開く。

インフラストラクチャーの必要性

設計されたナノ材料に必要な制御された拡張可能な合成規模を達成するために、動作中のナノ材料の調査と同様に、その特性評価と大量生産を支援するためのインフラ投資が必要とされる。

－中性子施設、エネルギー応用のその場での時間分解中性子散乱研究

新世代の中性子散乱機器を使用して、ナノ材料を、プロセス中に使用されているものやあるいはエネルギー応用中と同一の制御環境でまもなく評価できるようになる。これは、ナノ結晶相の時間および温度安定性の重要な直接的研究を可能とする。応力下のナノ相材料構造の展開に対する洞察は、縮小する粒子サイズとともにしばしば観察されている強化の起原を理解することを可能にする。重水素を含んだ金属試料に関する中性子散乱研究は、ナノスケール材料の脆化現象に対する洞察をもたらす。

高温のバルク材料内のナノ結晶相の析出に関する非破壊研究が行うように、非晶質の前駆物質からのナノ結晶材料の核生成と成長に関するリアルタイム研究がまた可能になる。これらの基礎研究と平行して、多数の技術的に重要な研究がさらに可能になる。それらの中には、中性子回折および重水素を含んだサンプルを使って、ナノ結晶材料の水素また炭化水素貯蔵の定量的試験、そして活性やナノスケール構造と触媒性能の間の技術的に重要な関係の両方を理解するために、現実世界の応用環境中での触媒に関する研究がある。

－高輝度シンクロトロン光源

個々のナノ材料を研究するために光子の適切な光束を提供するより高い輝度が必要

である。そして電子あるいはフォトニックデバイス中の個々のナノチューブのように、動作中のナノ材料に関する研究を可能にするであろう。

－電子顕微鏡基盤技術

先端的な電子顕微鏡ツールは、より高い解像度を提供することができる。また電子光学の進展はより広い動作環境を含むことができ、電子顕微鏡技術へより多くの実験を統合する。これは、さらに動作中の材料研究を容易にすることができる。

－理論インフラストラクチャー

材料評価施設に加えて、適切な理論インフラストラクチャーが、ナノ材料合成サイクルを支援する理論的研究のために構築されなければならない。

以上

(出典)

Nanoscience Research for Energy Needs, Report of the March 2004 National Nanotechnology Initiative Grand Challenge Workshop, 2nd Edition, June 2005
http://www.nano.gov/nni_energy_rpt.pdf, pp51-61)

(参考)

- ・ NEDO 海外レポート第 961 号「エネルギーのためのナノサイエンス探求 その 1」、
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/961/961-15.pdf>
- ・ NEDO 海外レポート第 962 号「エネルギーのためのナノサイエンス探求 その 2」、
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/962/962-14.pdf>
- ・ NEDO 海外レポート第 963 号「ナノスケール材料による触媒」、
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/963/963-12.pdf>
- ・ NEDO 海外レポート第 964 号「エネルギー担体を操作するための界面の利用」、
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/964/964-12.pdf>
- ・ NEDO 海外レポート第 965 号「ナノスケール構造と機能のリンク」、
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/965/965-14.pdf>

【ニュースフラッシュ】

米国—今週の動き (10/27/05~11/09/05)

NEDO ワシントン事務所

I 新エネ・省エネ

10月／

14: 中国市場用に省エネ住宅「Super E」システムの改良を図るカナダ政府

カナダ天然資源省の John McCallum 長官が 10 月 14 日、カナダ政府は省エネ住宅「Super E」を中国市場用に更に改善・開発するため、3 カ年で 75 万カナダドルを投資予定と発表。カナダ天然資源省とカナダ住宅金融公社が資金を調達。「Super E」木造住宅建建造システムは、カナダの住宅技術と建造慣行に基づき、カナダ産木材を使用して迅速に建築するもの。中国で販売される住宅は、中国人消費者のニーズに合わせて設計され、通常の中国式コンクリート建築の住宅よりも省エネで、暖房費の節減を見込む。各住宅の 60%がカナダ産で、住宅には暖炉や窓、台所戸棚も整備予定。(Natural Resources Canada News Release)

19: ノースダコタ大学エネルギー環境研究センター、水素施設新設で grant 250 万ドル受領

ノースダコタ大学(UND)のエネルギー環境研究センター(EERC)がノースダコタ優良センター委員会(North Dakota Centers of Excellence Commission)から 250 万ドルの grant を受けたと同大学が発表。grant は水素と燃料電池技術の研究開発と商品化を主眼とする 15,000 平方フィートの施設(建築費総額 300 万ドル)の建設に充てられる予定。この施設は、最低 5,000 万ドルの研究開発契約や、50 から 100 の技術職雇用を創出し、同地域でハイテク企業出現を促す技術革新の牽引力になると期待される。(EERC News Release)

23: テキサス州の海上風力発電プロジェクト

テキサス州政府がメキシコ湾のガルベストン島沖 7 マイルの 11,000 エーカーを Wind Energy Systems Technologies LLC(WEST LLC)社に 30 年間リースする契約を締結。予定発電量約 150 MW、53 基のタービンから外装ケーブルで海岸にある既存サブステーションに送電、総額 2.25 億ドルから 2.5 億ドルという計画。WEST LLC 社では風力タービンの設置に先立ち、高さ 260 フィートのタワーを 2 基建設して、予定地の風力ポテンシャルを評価予定。マサチューセッツ州とニューヨーク州の海上風力発電プロジェクトが市民の反対や認可プロセスが原因で遅れており、同様の問題が少ないテキサス州が米国初の海上風力発電を有する州になる可能性が高い。テキサス州政府は、当該風力発電施設のロイヤリティを、操業開始時年間 490 万ドル、17 年目には 1,490 万ドルと期待。(The Houston Chronicle)

24: 代替エネルギー技術開発企業へのベンチャーキャピタル投資が増大

Cleantech Venture Network 社によれば、再生可能エネルギーやエネルギー効率改善技術を開発する企業へのベンチャーキャピタル投資が、2005 年前半期は約 7.05 億ドルで、2004 年前半期(5.834 億ドル)から 21%増加。ベンチャーキャピタル総投資の約 7%にあたり、2001 年の 2%から大幅に増大。自社の炭素排出削減方法を模索する企業が代替エネルギー源へ寄せる関心を高めたり、GE 社の積極的な発表(年初に、環境調和型技術販売による収益を 2010 年までに 200 億ドルまで倍増させたいと発表; 5 月には、風力タービンや太陽エネルギー、石炭ガス化等の技術への自社投資を 2010 年までに 15 億ドルまで倍増と発言)などが投資急増の背景。(Wall Street Journal)

25: エネルギー省、2008 年北京オリンピック関連プロジェクトの公募開始

2008 年の北京オリンピックで水素ベースの輸送技術を実証するために形成された「水素輸送パートナーシップ北京 2008」プロジェクトの一環として、エネルギー省(DOE)が競争公募を発表。対象テーマは、(1)北京水素パーク(Beijing Hydrogen Park)に予定されている、日産 15~20 キログラムの水素製造能力をもつ再生可能資源利用水素生成施設の設計と建設; (2)バス用の圧縮水素/天然ガス・ハイブリッドエンジン 5 台の提供、の二つ。両プロジェクトの推定総コストは 160 万~280 万ドルで、DOE は、再生可能資源利用水素生成施設プロジェクトには最高 100 万ドルまで、ハイブリッドエンジン・プロジェクトには最高 40 万ドルまでの負担を予定。(DOE Solicitation Announcement)

11月／

3: 連邦政府による再生可能資源利用電力の使用量は 1999 年レベルの 1000%増

エネルギー省(DOE)の Samuel Bodman 長官は 11 月 3 日、米国最大のエネルギー消費者である連邦政府による再生可能資源利用電力の年間使用量は 2375 ギガワット時(GWh)で、2005 年 9 月 30 日までに電力ニーズの 2.5%を再生可能資源利用電力で賄うという政府目標を越えたと発表。クリントン大統領の行政命令で 2.5%という目標が設定された 1999 年には、バイオマスや地熱、ソーラーや風力を利用した発電量が 173 GWh に過ぎなかったため、今回発表された数字は 1000%以上の拡大を意味する。今般発表は、2005 年 8 月に成立した「2005 年エネルギー政策法」が掲げた「2013 年までに連邦政府電力使用量の 7.5%を再生可能資源で賄う」という目標の達成に向け、連邦政府の

現在のエネルギー使用合理化努力を報告せよとのブッシュ大統領からの要請に応えたもの。(DOE News Release)

II 環境

10月／

24：ナノテクノロジーの安全性研究は商品化より遙かに遅れているという科学者達の指摘

環境保護庁(EPA)の国立環境研究センターが10月20日と21日の2日間、地下水の浄化にナノサイズの鉄粒子を利用することに焦点をあてた会議を開催。幾つかのナノ材料は環境修復に役立つ可能性を示した。一方、参加者達の討議では、ナノテクノロジーが環境に及ぼす影響が殆ど知られておらず、ナノテクノロジーの安全性に関する研究はその商品化努力よりも遙かに遅れているという指摘が続出。これを正す方策として、(1)ナノ材料の命名法、毒性スクリーニング研究や他の安全性研究の為にツールを策定する、(2)汚染防止・毒物諮問委員会(NPPTAC)のナノ材料に関する特別作業部会が策定検討中の自主的報告プログラムを将来義務化する、などの提言が出された。(Greenwire)

24：米加の越境汚染問題解決のため、排出権取引計画を提言する環境保護庁の研究報告

環境保護庁(EPA)は11月発表予定の報告書『米加の排出上限設定と排出権取引に関するフィージビリティ研究』で、最もコスト効率的なスモッグや酸性雨排出削減方法として、米加合同cap-and-trade(上限設定-取引)プログラムを提言する模様。提案プログラムは、石炭火力発電所やその他産業施設から放出される窒素酸化物と二酸化硫黄の排出抑制を狙った米国の既存プログラムに類似したものになる見通し。報告書は当該プログラムを設定・実行する際の課題として、排出権が両国で同じ価値を持つことを保証すること、カナダの発電所の排出モニター義務要件を強化すること、カナダのみが京都議定書の調印国であり米国が調印国でないことなどを挙げている。(Platts Coal Outlook)

III 産業技術

10月／

20：弱い磁界によってナノ粒子が1センチの鎖を形成

国立標準規格技術研究所(NIST)の科学者達が、100万個の磁性ナノ粒子から成る鎖の分解をコントロール可能であることを報告。米国化学会誌「Langmuir」の次号に特集予定。この研究は、溶液中で大きさと性質が一定の磁性ナノ粒子から成る長さ1センチの鎖の創製と調節を実証する初めての研究調査。ナノ粒子に弱い磁界をかけたところ、ナノ粒子が微小な棒磁石のように反応し、全てのナノ粒子が同方向を向き、線状の鎖を形成。磁界の方向を逆にすると鎖そのものが180度回転。磁界を消すと鎖は螺旋状のコイルとなり、溶液を軽く揺ると鎖が崩れて幾つもの小さな輪になったという。NISTの科学者達は、光学電子顕微鏡と透過型電子顕微鏡を用いて、この構造を特定。これらの構造について理解が深まれば、医療用画像化や情報ストレージ等への利用が期待される。(NIST Technology Beat)

21：テキサス大学とオハイオ大学の研究チーム、カーボンナノ粒子と血液凝固の関連を発見

テキサス大学ヒューストン校付属の衛生科学センターとオハイオ大学の研究者達は、実験室で様々なカーボンナノ粒子(一般的な都市の粒状物質、混合カーボンナノ粒子、バッキーボール(フラーレン、C60)、単層カーボンナノチューブ、複層カーボンナノチューブの5種類)がヒトの血小板に及ぼす影響を調べた結果、幾つかのカーボンナノ粒子はヒトの血小板を活性化して、血液凝固を促したと報告。唯一、バッキーボールだけが、ヒトの血小板凝集に何の影響も与えず、ラットの血栓症にもごく僅かな影響にとどまった。影響が最大だったのは混合カーボンナノ粒子で、以下単層カーボンナノチューブ、複層ナノチューブ、一般的な都市粒状物質の順。同チームの研究結果は、次号のEngland Journal of Pharmacologyに掲載予定。(University of Texas at Houston News Release)

27：2005年のナノテクノロジー世界市場

Research and Markets社の市場調査報告書『ナノテクノロジーの世界市場 - 2005年業界アップデート』によると、ナノテクノロジー市場はナノスケールの材料・ツール・デバイスの需要増大によって2008年には287億ドルに到達し、2010年末までには1兆ドルを超える可能性も。政府のナノテクノロジー研究開発推進投資は年間30億ドルを超え、ベンチャーキャピタリストによる同分野への投資もここ2年間で6倍に増加。一方、インテル社やIBM、デュポン社やGE、サムスンや日立といった企業投資額は2004年に38億ドルで、内訳は北米企業46%、アジア企業が36%、欧州企業が17%。(Research Projects Online)

IV 議会・その他

10月／

7：全米エネルギー効率経済委員会、民間のエネルギー効率改善計画投資の州毎ランキング発表

全米エネルギー効率経済委員会(ACEEE)が2000~2003年の間に民間資金で行われたエネルギー効

率改善プログラムを量的に検討する報告書『エネルギー効率改善プログラムに関する ACEEE 第 3 回全米スコアカード (ACEEE's 3rd National Scorecard on Utility and Public Benefits Energy Efficiency Programs)』を発表。この研究では、人口一人当たりのエネルギー効率関連支出および発電所収入に対するエネルギー効率関連支出の割合を推定。同報告書によれば、2003 年実績は、米国の人口一人あたりのエネルギー効率関連支出は 4.65 ドル、合計 18 州がこの平均額を上回ったが、省エネプログラムへの支出が人口一人あたり 1 ドルに満たない州も 24 州存在。2003 年の米国の発電所収入に対する平均的エネルギー効率関連支出の割合は約 0.5%。人口一人当たりのエネルギー効率関連支出はバーモント州 (28.26 ドル) が最高で、ワイオミング州は 0 ドルだった。(ACEEE News Release)

22: 上院、幹細胞研究推進法案の本会議審議を延期

連邦政府支援の胎性幹細胞研究を拡大する法案(上院第 471 号法案)が上院本会議にかけられるのは、来年になる見通し。Arlen Specter(共和党、ペンシルバニア州)によると、Bill Frist 上院共和党院内総務(テネシー州)は、第 109 議会の第 2 会期開始早々に、幹細胞研究を優先問題として取り上げることに合意。連邦政府胎性幹細胞研究拡大法案は、2006 年度労働省・厚生省歳出予算案へ添付されるとの案も出ていたが、Specter 上院議員は先頃、添付反対を決断。下院は、大統領が拒否権発動を威嚇しているにも拘わらず、今年 5 月に本会議で「2005 年幹細胞研究推進法案(下院第 810 号議案)」を 238 対 194 で可決。それ以来、幾つかの関連法案が共和党・民主党の双方から提出。(Washington Post)

24: Gordon Smith 上院議員、ナノテクノロジーの商用化を推進する法案を提出

Gordon Smith 上院議員(共和党、オレゴン州)は 10 月 21 日、「2005 年ナノサイエンス商用化研究所設立法案(上院第 1908 号議案)」を提出。同法案は、米国内に最低 8 ヶ所のナノサイエンス商用化研究所を設立するというもの。エネルギーやエレクトロニクス、医療や運輸、繊維や農業といった産業へのナノテクノロジー応用を専門とする研究所に 3 ヶ年で 2,400 万ドルのグラントを認可予定。新たな研究所はナノテクノロジー商用化を目的とし、全国各地の公立大学または国立研究所の構内に建設、各研究所には研究目標を詳述するビジネスプランの策定と維持、及びマイクロ・ナノテクノロジーに携わる民間機関との提携を義務づける(民間機関は政府助成と同額の資金を貢献)。(bend.com)

27: 下院エネルギー・商業委員会、デジタルテレビの節電規準を可決

下院エネルギー・商業委員会が Ed Markey 下院議員(民主、マサチューセッツ州)の提案したデジタルテレビアダプタ(DTA、デジタル放送をアナログテレビで視聴可能とするアダプタ)に関する省エネ修正案を可決。Markey 修正案はカリフォルニア州で可決された省エネ最低基準に類似するもので、DTA の最大消費電力をテレビ使用時 8 ワット、非使用時は最高 2 ワットと定め、デジタル放送への移行後の 5 年間に消費者に 35 億ドルの電気代節減をもたらすことになるが期待されていた。Markey 修正案を可決した下院エネルギー・商業委員会は、代わりに Mary Bono 下院議員(共和、カリフォルニア州)提案の修正案(テレビ使用時の DTA 省エネ基準は定めず、非使用時は最高 9 ワット、さらに州政府による独自の DTA 省エネ基準の設定を許可しない)を可決したため、カリフォルニア州の厳格な DTA 基準がこの連邦政府の規制によって無効化されることになる。(ACEEE News Release)

31: 上院本会議、北極圏野生生物保護区域(ANWR)解禁条項を含んだ包括財政調整法案を審議中

上院予算委員会が、Judd Gregg 予算委員長(共和党、ニューハンプシャー州)提案の「2005 年赤字削減包括財政調整法案(上院第 1932 号議案)」を 10 月 26 日に 12 対 10 で可決したことをうけ、上院本会議は 10 月 31 日から同法案の審議を開始。向こう 5 年間で 390 億ドルの政府支出削減を目指す財政調整法案には、北極圏野生生物保護区域(ANWR)の一部をエネルギー探査に解禁する条項が含まれる。ANWR の一部沿岸地域をリースすることで、2006 年度から 2010 年度の間に 25 億ドルの歳入があがるほか、石油・天然ガスの生産が始まれば、その後約 30 年間のロイヤリティ収入は毎年 10 億ドルを超えるものと推定される。上院本会議の審議は 11 月 2 日に終了し、11 月 3 日には採決が行なわれる見通し。上院法案に盛り込まれた ANWR 解禁に関する条項の概要は、(1)内務長官に対し、環境に調和した石油・天然ガスのリース計画を策定・実施するよう指示。生産・支援施設に許可する表面積は 2,000 エーカー未満。;(2)内務長官に対し、2010 年 10 月 1 日までに 2 本のリース契約を実施し、貸し付けられる鉱物資源が公正市場価格であることの保証を義務づけ。リース収入の 50%がアラスカ州へ、残りの 50%が国庫へ納付。;(3)ANWR 沿岸地域に関する 1987 年環境影響声明書がリース前に行なわれるべき義務要件を満足するものと見なし、エネルギー長官に義務づけられている、代替案の確認及びその環境影響分析を免除。(CQ.com)

11 月 /

2: Barak Obama 上院議員、2015 年の再生可能ディーゼル使用量を 20 億ガロンとする法案提出

Barak Obama 上院議員(民主党、イリノイ州)が、クリーンディーゼル市場を支援するため、2015 年までに年間 20 億ガロンの再生可能ディーゼル使用を義務づける「2005 年再生可能ディーゼル使用基準法案(上院第 1920 号議案)」を提出。同上院議員によると、同法案はクリーンディーゼルの需要安定化及びバイオディーゼル開発への投資推進に貢献。イリノイ州は石炭だけでなく大豆の生産地でもあるため、同上院議員は、再生可能ディーゼル使用基準法案が同州の雇用創出や農村地帯

の経済にポジティブな影響をもたらすものと期待。(Sen. Barak Obama News Release)

3: 上院本会議、包括財政調整法案から ANWR 解禁条項を削除する修正法案を 48 対 51 で否決

10月31日から「2005年赤字削減包括財政調整法案(上院第1932号議案)」を審議している上院本会議は11月3日、上院第1932号議案に対する修正法案の採決に入った。同議案には、北極圏野生生物保護区域(ANWR)の一部を石油・天然ガス探査に解禁する条項が含まれている。まず ANWR 解禁反対派の Maria Cantwell 上院議員(民主、ワシントン州)が、ANWR 沿岸地域における石油・天然ガスのリース権を認める条項を法案から削除する修正法案(上院修正法案第 2358 号議案)を提出したが、同修正法案は 48 対 51 で否決。次に、Ron Wyden 上院議員(民主、オレゴン州)と Jim Talent 上院議員(共和、ミズーリ州)の共同提案である、(国内エネルギー問題の緩和という法目的にかんがみて) ANWR から採掘された石油と天然ガスの海外輸出を禁止する修正法案(上院修正法案第 2362 号議案)を採決し、83 対 16 で可決。上院本会議では、本日 6 時までで全ての修正法案の採決を終了して、「2005年赤字削減包括財政調整法案」の採決へと移る予定。一方の下院は、下院予算委員会が本日(11月3日)、包括財政調整法案を審議中。下院法案は総額 500 億ドルの政府歳出削減を目指すもので、これには下院資源委員会が 10月26日に 24 対 16 で可決した ANWR 一部解禁条項及び連邦管轄大陸棚(OCS)におけるエネルギー開発を認める条項が含まれる。(C-Span 2)

4: 上院本会議、包括財政調整法案可決。下院本会議は「赤字削減法案」審議を来週開始予定

上院本会議は 11 月 3 日、北極圏野生生物保護区域(ANWR)の一部解禁を含む「2005年赤字削減包括財政調整法案(上院第 1932 号議案)」を 52 対 47 で可決。一方下院では、下院予算委員会が 11 月 3 日に、5 年間で政府歳出を 539 億ドル削減することを狙った「2005年赤字削減法案」を党派ラインの 21 対 16 で可決。この法案には、下院資源委員会が可決した、(1)ANWR の沿岸地域を石油・天然ガス開発にリースする(推定収益:2006年から2010年まで25億ドル);(2)125 マイルにおよぶ連邦管轄大陸棚(OCS)でのエネルギー生産管理権を州政府に付与(議会予算委員会は5年間で8億ドル以上の国庫収入を推定);(3)ネバダ州・アイダホ州の公有地で採掘権を数年来所有している企業に土地を売却(推定収益:2006年から2010年までに1.28億ドル);(4)コロラド州、ユタ州及びワイオミング州におけるオイルシェール開発イニシアティブ(推定量は1.5-1.8兆バレル)などの条項が含まれる。一方、エネルギー省(DOE)のエネルギー情報局(EIA)では、ANWR が解禁されても、米国の石油輸入依存は上昇し続けると報告。EIA では、2025 年における米国の石油製品輸入率は、ANWR が解禁されない場合で 68%、ANWR が解禁された場合で 64%と推定。また、EIA が今年 7 月に発表した推定によると、ANWR における石油採掘の有無が世界石油価格に与える影響は 2025 年で 1 バレルあたり 57 セントにすぎず、環境保護者はこれをガソリン価格に換算すると僅か数セントの違いでしかないと指摘する。下院の共和党指導層は、「2005年赤字削減法案」を来週にも下院本会議で審議する意向であると発言しているが、共和党の穏健派議員が ANWR 解禁や OCS 条項及び食料スタンプ(food stamp)や低所得者医療保険(Medicaid)の削減等に反対していることから、下院本会議における同法案審議の行方は定かではない。(Environment & Energy Daily; House of Representatives Committee on the Budget Summary of the Deficit Reduction Act of 2005 (11/1))

4: 上院エネルギー・天然資源委員会、精製施設法案を検討予定

上院では、環境・公共事業委員会が精製施設関連法案を取り上げたものの、2005年10月末の段階では強力な反対を抑えることができず、法案を可決させることに失敗。こうした現状にも拘わらず、上院エネルギー・天然資源委員会の Pete Domenici 委員長(共和、ニューメキシコ州)は、精製施設法案に取り組む計画であると発言。同委員長によると、同氏の法案は、下院エネルギー・商業委員会の Joe Barton 委員長(共和、テキサス州)提案「2005年米国安全保障の為にガソリン法案」とは内容がかなり異なるものになるという。但し、Domenici 委員長自身がそれほど期待をかけておらず、同法案の上院本会議で可決される可能性の程度についても言及せず。(Greenwire)

9: 赤字削減法案から ANWR 解禁条項の除外を検討する下院共和党指導層

下院の共和党指導層は、「2005年赤字削減法案(下院第 4241 号議案)」の 11 月 10 日可決を狙い、必要票数の獲得に躍起。このため、北極圏野生生物保護区域(ANWR)の一部を石油と天然ガスに解禁する条項に反対する共和党の穏健派下院議員を懐柔する妥協案として、下院エネルギー・商業委員会の Joe Barton 委員長(共和、テキサス州)は、企業平均燃費(CAFE)基準の引き上げを同法案に追加する可能性を提示。しかしながら、本日(11月9日)の下院共和党指導層と穏健派下院議員との会合においては、Charles Bass 議員(ニューハンプシャー州)、Michael Castle 議員(デラウェア州)、Jim Leach 議員(アイオワ州)をはじめとする穏健派の共和党下院議員等が、ANWR と CAFE は異なる問題であるとして、ANWR 反対の立場を譲らなかつた模様。下院第 4241 号議案の本会議採決は党派ラインで二分する様相であるため、穏健派共和党議員の賛成が必須。このため、下院共和党指導層は ANWR 解禁条項を同法案から除外するのではないかと見られている。(CQ.com; Greenwire)