



科学技術・イノベーション委員会
中間報告書

国主導の研究開発と民間主導の価値創造の事例

2013年10月

公益社団法人 経済同友会

目 次

I. 本報告書の位置付け	1
II. 委員会活動のスケジュール（工程表）	2
III. 2012 年度の活動結果	3
1. ラディカル・イノベーション	3
(1) 米国のラディカル・イノベーションの事例	3
(2) DARPA について	8
◆参考資料①：米国のラディカル・イノベーションを推進する組織	9
(3) 日米の研究開発予算の違い	10
(4) 日米の大学と企業の関係の違い	12
(5) 先端製造技術における米国の産学官連携の事例	13
◆参考資料②：日本のイノベーションの事例	14
2. 国主導の研究開発と民間主導の価値創造 （官民の事例から得られた事実）	15
(1) アイディア、先端技術の発掘	15
(2) 研究開発体制（産学連携、産産連携、産学官連携）	18
(3) 先端技術を活用した商品開発・事業化	22
IV. 2013 年度の活動のねらい	26
<巻末資料>官民の事例紹介（2012 年度委員会での講演録）	27

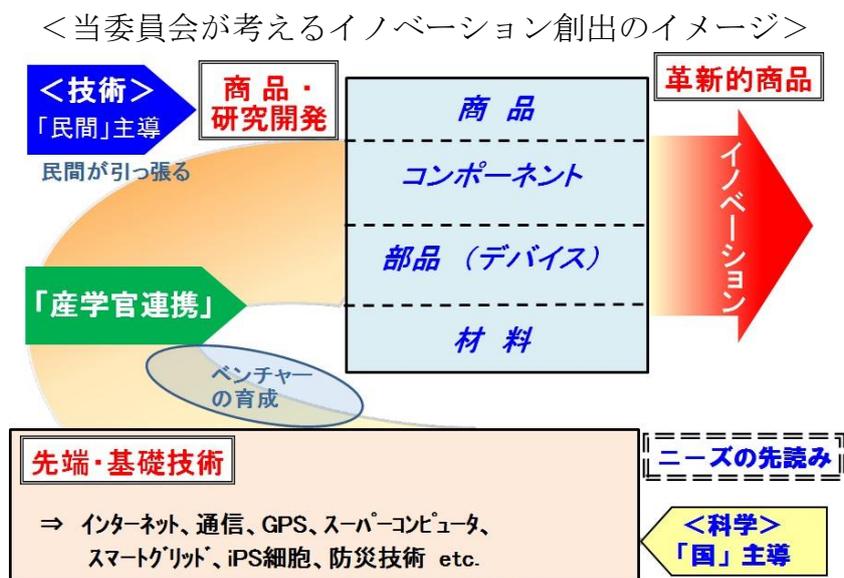
I. 本報告書の位置付け

本報告書では、2012年度科学技術・イノベーション委員会で実施した事例研究によって得られた事実を述べている。

当委員会では、イノベーションを新しい「価値創造」と捉え、国主導の研究開発により基礎となる先端技術が生まれ、それが産学連携やベンチャー企業などを通じて企業の商品開発に活用され、革新的商品として社会に新しい価値をもたらすと考えた（下図）。

2012年度の実施した事例研究のテーマは、以下のとおりである。

- ① 国主導の研究開発の事例
 - 国主導による研究開発の進め方（テーマ設定、予算化）
 - 研究開発成果の社会還元
 - 産学官連携のあり方
- ② 民間主導のイノベーション（価値創造）の事例
 - 市場を席卷する「価値」を生み出した成功事例
 - どのような先端技術を世界から集めているのか
 - 産学連携、産産連携のあり方
- ③ 米国のイノベーションの事例
 - 研究開発の進め方
 - ラディカル・イノベーションの事例



Ⅱ. 委員会活動のスケジュール（工程表）

当委員会では、概ね以下の2か年計画の工程で委員会活動を進めている。

	2012 年度	2013 年度
官民の事例研究		
米国のイノベーションの事例調査		
海外の民間企業発イノベーション事例調査		
ドイツのイノベーション事例調査		
民間主導のイノベーションのあり方検討		

① ダヴィンチ (da Vinci Surgical System : 手術支援ロボット)

ダヴィンチは、世界で最も実用化が進んでいる手術支援ロボットである。医師は、内視鏡で得られた三次元画像を見ながらロボットアームを遠隔操作して手術を行う。2012年時点で2,000を超える医療機関に納入され、日本では80台以上が稼働中である。

1980年代後半、米国陸軍は戦場の兵士の「遠隔手術」が実現される将来を見越し、当時すでに遠隔ロボットに使われる様々な要素技術を開発していた SRI インターナショナル¹ に要請し、DARPA のプロジェクトにより研究開発が進められた。ダヴィンチは、シリコンバレーで設立されたベンチャー企業であるインテュイティブ・サージカル社によって1999年に商品化され、2000年にFDA (Food and Drug Administration : 米国食品医薬品局) の認証を取得した。



(公開データに基づき経済同友会事務局にて作成)

¹ SRI インターナショナル : 1946年に米スタンフォード大学により「スタンフォード研究所」の名で設立された研究機関。1970年代に大学から独立し、SRI インターナショナルへ改称された。

② インターネット

インターネットは、世界規模に構築された分散型ネットワークである。電子メール、WWW (World Wide Web: ワールドワイドウェブ) の登場により、1990年代中頃から急速に普及し、いまや情報通信インフラとして社会に欠かせない存在である。

インターネットの原型は、DARPA の前身である ARPA (Advanced Research Projects Agency) が 1966 年に開始したコンピュータネットワークの研究プロジェクト「ARPANET」である。そこで培われた技術はその後、研究機関を結ぶネットワークへと発展し、1990 年頃から商用利用されるようになった。



(公開データに基づき経済同友会事務局にて作成)

③ GPS (Global Positioning System : 全地球測位システム)

GPS は、米国国防総省が管理する約 30 基の人工衛星を利用し、自身の位置を正確に把握するシステムである。1990 年代に民生利用への開放が進み、カーナビゲーションシステムや携帯電話をはじめ、航空機や船舶の航行、インターネットや電子取引における高精度な時刻同期などにも利用されている。

1973 年に GPS の開発が国防総省から承認され、DARPA で開発計画が開始された。1991 年の湾岸戦争では、地雷の仕掛けられた目印のない広い砂漠における地上部隊の進軍を可能にした。



(公開データに基づき経済同友会事務局にて作成)

④ ヒトゲノム計画

ヒトゲノム計画は、ヒトの全遺伝情報（ゲノム）を解読する米英日中心の国際研究プロジェクトであった。1990年、NIHとDOE（米国エネルギー省）によって30億ドルの予算が組まれてプロジェクトが発足し、2003年には30億の塩基配列で記録されているヒトゲノムが解読された。

米国ではヒト一人のゲノム解析コストを1,000ドルまで低減することを目指し、2004年にNIHは「1,000ドルゲノムプロジェクト」を立ち上げた。2007年ごろまでは、ヒト一人のゲノム解読には数か月の時間と数千万円の費用が必要だった。その後、ベンチャー企業などによるゲノム解析の高速化と低コスト化の開発が進み、1,000ドル、1日での解読が可能な次世代シーケンサ（解析装置）も登場しはじめている。



(公開データに基づき経済同友会事務局にて作成)

(2) DARPA について

DARPA は、米国国防総省傘下の研究機関である。旧ソ連が人工衛星スプートニクの打ち上げに成功したことに対抗するため、1958年にその前身の ARPA が設置され、その後 DARPA に改称された。DARPA は GPS、インターネット、ステルス技術、無人自動車などの開発を支援してきた。

DARPA は、軍隊がいま直面しているニーズに対応するのではなく、将来のニーズに対応するための長期的な「ハイリスク・ハイリターン」の基礎研究に重点を置き、抜本的なラディカル・イノベーションの推進の役割を果たしている²。

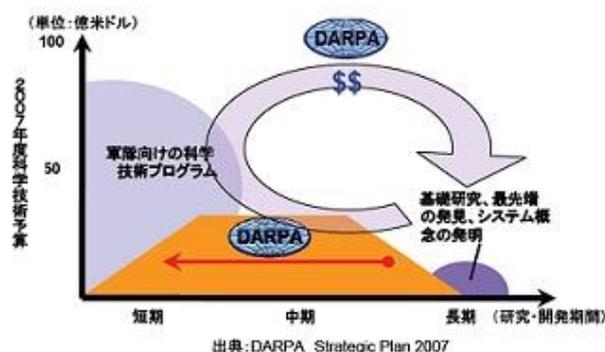
次ページには、DARPA をはじめ米国のラディカル・イノベーションを推進している組織の概要を示した。

(参考) 経産省米国調査報告(2008年3月) DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency

ODARPAのミッションと役割

- ・ DARPAのミッションは米国の国防にとって重要なラディカル・イノベーション(radical innovation)となる見込みのある技術的アイデアを発掘し、現在の国防のニーズにいち早く応用できるようにすることである。
- ・ 短期的な実用化段階と、将来的に画期的発明を生み出す可能性のある基礎研究段階のギャップを埋めるため、革新的なアイデアとそれを持つ人を探し出し、そうしたアイデアが実用可能になるよう中間的段階の研究開発を支援し、そのリスクを引き受けることで、実用化への橋渡しを行っている。

DARPAの役割と科学と技術における開発スパンと投資



(出所) 経済産業省 第22回研究開発小委員会 資料7: 米国調査報告(2008年3月)

² NEDO 海外レポート NO.1018 (2008年3月)

◆参考資料①：米国のラディカル・イノベーションを推進する組織

	設立	人員	R&D 予算 (FY2012)	備考
DARPA	1958年	約 240人	28億米ドル	DOD 全体の R&D 予算：745億米ドル
(事例) (仕組み)	GPS、インターネット、ステルス技術 etc. <ul style="list-style-type: none"> ・ハイリスク・ハイリターンの研究支援 ・リスクを引き受け、基礎研究～実用化間の橋渡しを実施 ・失敗を肯定する文化と小回りの利く組織体制 ・リスクを引き受け、基礎研究～実用化間の橋渡しを実施 ・全員が4～6年の任期付きで、常に人材を入れ替え ・「エンド・ゲーム」アプローチで研究開発 ・プログラム・マネージャが全世界のシーズとニーズを把握しテーマ設定。 ⇒ボトムアップ展開 			
(取組み)	米国の国防にとって重要なラディカル・イノベーションとなる技術的アイデアを発掘し、現在の国防のニーズにいち早く応用することを目的とする。また中間段階での研究開発を支援し、そのリスクを引き受けることで、実用化への橋渡しを行っている。			
NIH	1887年	約 18,000人	314億米ドル	①Pioneer Award(2004～)、 New Innovator Award(2007～) ②2012年設立：国立先進トランスレーショナル科学センター(NCATS) ※Pioneer Award では、研究アイデアの革新性やインパクトの大きさを重視した採択システムを導入。
(事例)	ヒトゲノム解析(1990年) → 1,000ドルゲノムプロジェクト(2004年)			
(取組み)	新しいアプローチを利用することで、新しいパラダイムの創出、既存のパラダイムの打破を行い、革新的な治療法、診断ツール等の開発を通じて、健康に大きな改善を達成する可能性がある研究を行っている。			
ARPA-E (DOE)	1977年	約 16,000人	108億米ドル (DOE 予算)	①2009年設立： エネルギー先端研究計画局(ARPA-E) 支援額 2億 7500万米ドル ②2010年設立： エネルギー・イノベーションハブ 支援額 1.5億米ドル
(事例)	太陽電池、ヒトゲノム解析(DOEとNIHが主導)、スマートグリッド			
(取組み)	近年、エネルギー版 DARPA を目標に、ハイリスクな研究開発を支援し、かつ基礎研究と実用化の溝を埋めるためトランスフォーマティブ研究を強力に支援。基礎研究から実用化までの研究開発を一貫して実施するプロジェクトにも注力。			

(出所) AAAS (米科学振興協会) のウェブサイト上の公開データ等に基づき経済同友会事務局にて作成

(3) 日米の研究開発予算の違い

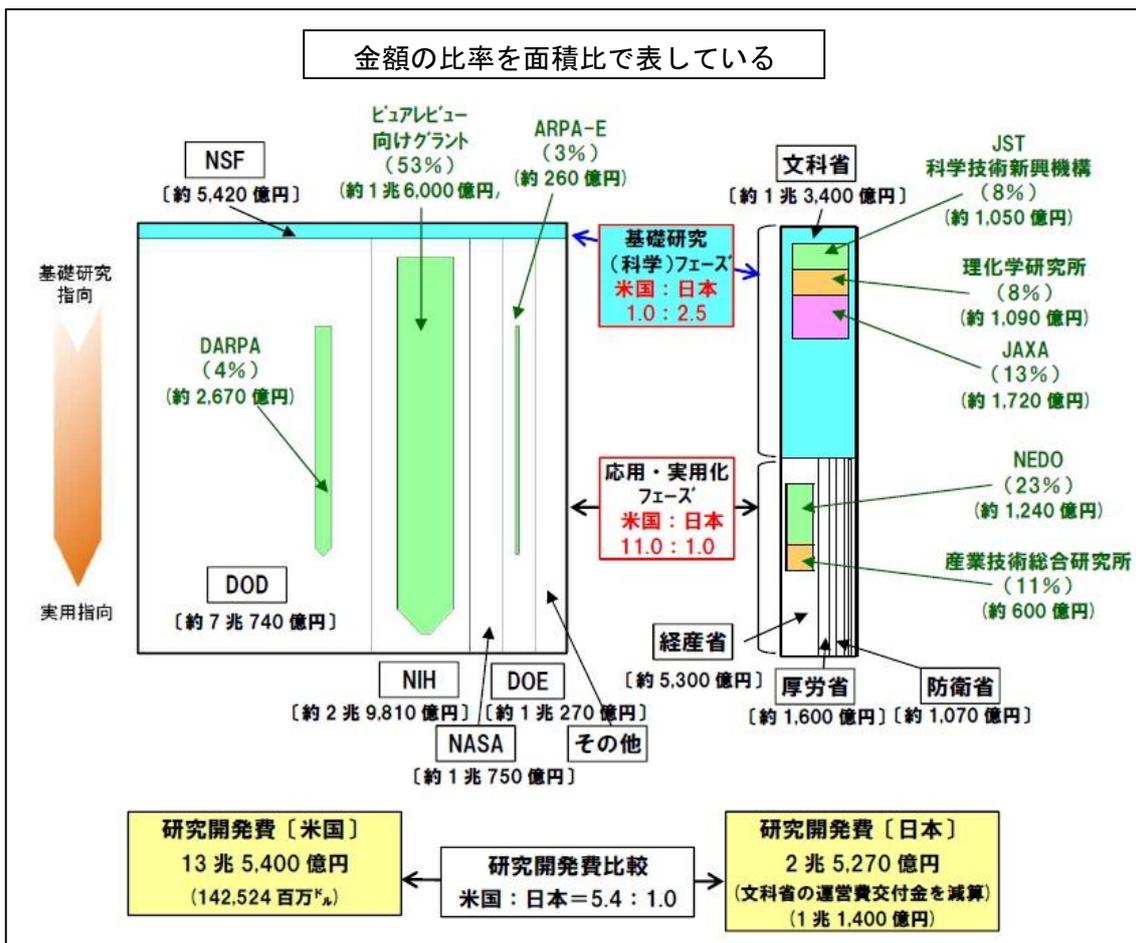
■ 基礎研究と応用・事業化研究が分断されている日本

日本では、国立大学法人運営費交付金を除いた政府の研究開発予算（約2兆5270億円）の50%超が文部科学省に配分され、残りが経済産業省など事業所管省庁に配分される構成である。基礎研究と応用・事業化研究が分断され、大学でも府省でも縦割りの弊害が指摘されている。

一方、米国では、国防、健康・医療、資源・エネルギーなどの事業所管省庁が予算のオーナーとなり、基礎研究から応用・事業化研究までが一貫した研究開発体制となっている。

研究開発費比較〔2012年度〕（米国 vs. 日本）

（ ）内数値は、所轄省庁内予算に対する比率 <為替レート：95円/\$>



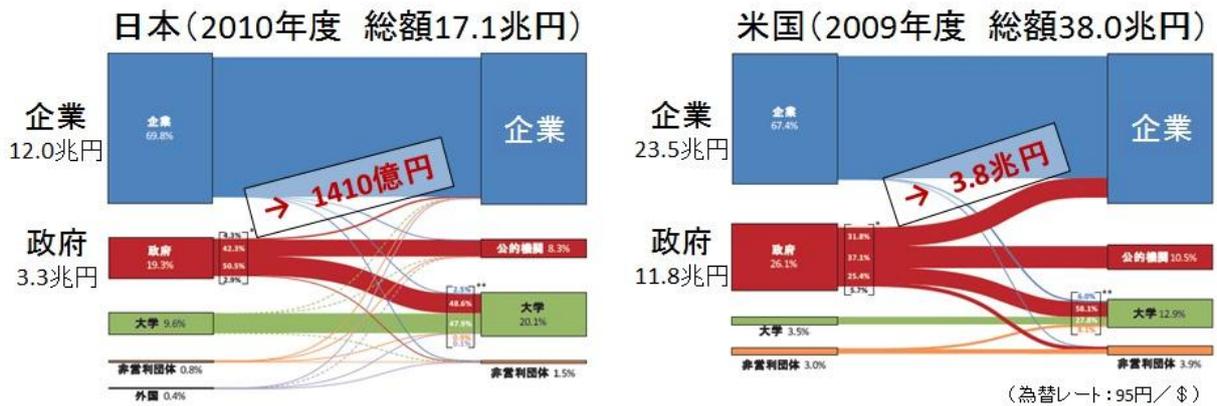
(公開データに基づき経済同友会事務局にて作成)

■民間への配分が少ない日本の政府研究開発予算

また、日本では、政府の研究開発予算（約 3 兆 3000 円）のほとんどが大学や独立行政法人など公的機関に配分され、政府から企業への配分はわずか 4.3%（約 1410 億円）と非常に少ない。

一方、米国では、政府の研究開発予算のうち企業へ配分される割合は 30%を超える。政府予算はスタンフォード大学など核となる大学を經由して民間に流れている。そこではベンチャー企業が集まり、新技術の開発が盛んに行われている。大手企業はベンチャーから新技術を獲得し、新商品・新システムの開発を行っている。

研究開発費の流れ



〔政府から企業への研究開発費の流れ〕	
日本：約 1410 億円 (政府の研究開発費総額の 4.3%)	米国：約 3 兆 7600 億円 (政府の研究開発費総額の 31.8%)
〔企業から大学への研究開発費の流れ〕	
日本：約 850 億円 (企業の研究開発費総額の 0.7%)	米国：約 3100 億円 (企業の研究開発費総額の 1.3%)

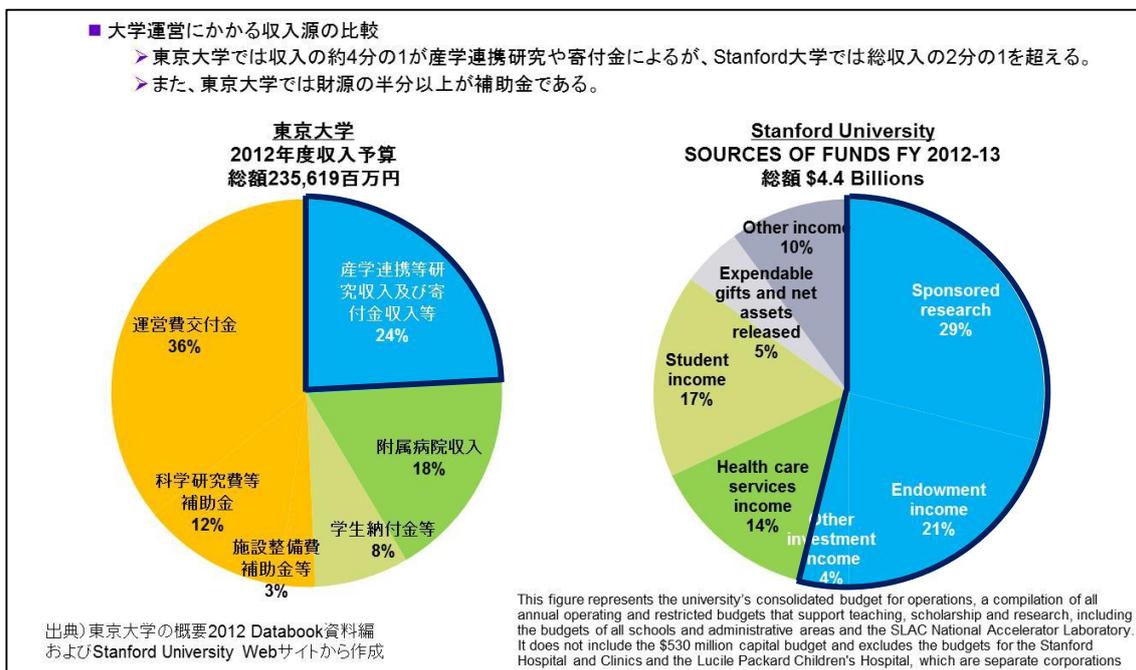
(出所) 科学技術指標 2012 (文部科学省 科学技術政策研究所)

(4) 日米の大学と企業の関係の違い

国立と私立の違いはあるが、大学運営にかかる収入源の比較によると、東京大学では産学連携研究や寄付金の総収入に占める割合は約4分の1であるが、スタンフォード大学では産学連携研究や寄付金の総収入に占める割合は半分を超える（下図）。

委託研究などで企業から大学へと流れる研究開発費は、日本では約850億円（企業の研究開発費総額の0.7%）であるのに対し、米国では約3100億円（同1.3%）であり、金額としては4倍近い差がある（前頁の図）。

日本企業は最近同業者が協業しない傾向にある中で、米国では大学を拠点として非常に上手く競合する企業同士が研究している。優秀な研究者が送り込まれ、技術漏洩など当然心得た上で相互に知識のGive&Takeを行うことで新しいイノベーションを生んでいる³。



(出所) 東京大学の概要 2012Databook 資料編、および Stanford University ウェブサイト

³ 経済産業省 第22回研究開発小委員会 資料7：米国調査報告（2008年3月）

(5) 先端製造技術における米国の産学官連携の事例

近年、米国は製造業部門の強化に取り組んでいる。オバマ大統領は 2013 年度の予算教書にて、米国の製造業の長期的な国際競争力の確保するため、この分野のイノベーションを強化することを表明している。

①AMP (Advanced Manufacturing Partnership : 先端製造業パートナーシップ)

オバマ大統領が 2011 年 6 月に立ち上げた、質の高い製造業での雇用の創出と米国の国際競争力を強化する先端技術の開発と事業化のための国家的な取り組みへの投資である。

2013 年度予算教書では、国立科学財団(NSF)、国防総省、エネルギー省(DOE)、商務省(DOC)とその他の連邦政府機関に対して、先進的な製造業の研究開発に 22 億ドルの予算配分を行っている⁴。

②NNMI (National Network for Manufacturing Innovation : 全米製造イノベーションネットワーク)

製造業のイノベーションに向けた産学官提携を強化するべく、2014 年度予算教書では先端製造分野の研究開発に対し、29 億ドルの予算配分を行う。その一環である NNMI には、全米各地に最高 15 の製造イノベーション研究所を設立し、10 億ドルが投資される⁵。

開発が期待される技術には、3D プリンター、軽量マテリアル、スマートマニュファクチャリングなどがある。

⁴ NEDO 海外レポート NO.1083-11(2) (2012 年 3 月)

⁵ NEDO 海外レポート NO.1095-6 (2013 年 5 月)

◆参考資料②：日本のイノベーションの事例

<日本のラディカル・イノベーションの事例>

1) 光触媒

- ・1972年：東京大学の本多、藤嶋両氏により、酸化チタン電極を用い、紫外線を照射する事で水を水素と酸素に分解する「本多・藤嶋効果」が発表される。
- ・実用事例：光触媒ガラス（極めて汚れ難いセルフクリーニングガラス）
光触媒エアフィルター（光を照射する事でフィルターの汚れを自動除去）
抗菌、脱臭効果のあるタイル
太陽光があたると綺麗になる外壁
- ・将来展望：「人工光合成」への応用
(2011年9月：豊田中央研究所が世界初の人工光合成成功)
展望：二酸化炭素と水から、メタノール燃料を製造

2) iモード

- ・1999年にNTTドコモが、専用携帯電話を使用した電子メールの送受信やインターネット上をも含むウェブページ閲覧ができる画期的なサービスを開始。
(音声コミュニケーションルールから、個人用インターネット端末への大変革)
(iPhoneの発売は、2007年)

<日本の産産連携の成功事例>

3) 脳腫瘍等手術支援システム⁶

- ・期間：1995～2000年度
- ・概要：脳腫瘍の手術中に病巣の状態をリアルタイムに把握し、切除範囲を特定する「脳腫瘍完全摘出システム」を実用化
- ・費用：8.5億円（研究開発費総額）
- ・プレーヤーと強みの技術：
技術研究組合 医療福祉機器研究所
株式会社 日立製作所
⇒ メカトロニクス技術を中心としたマニピュレータシステム
株式会社 東芝
⇒ 画像による視覚情報支援システム
一般財団法人 NHK エンジニアリングシステム
⇒ ハイビジョン技術を駆使したビューア操作技術
- ・効果：複数の大学・機関に導入済みで、既に約700件の手術実績（全例無事故）
本研究は外科医学界のニーズを踏まえたものであり、脳腫瘍手術の成功率向上に貢献。

⁶ 経済産業省 第31回研究開発小委員会 資料5（2011年6月）

2. 国主導の研究開発と民間主導の価値創造 (官民の事例から得られた事実)

2012年度の委員会活動では、企業や国の機関などから官民の事例を紹介いただいた。以下では、各事例の主要なポイントを抜粋し、得られた事実を項目別に整理している。

※なお本報告書の巻末(27頁以降)には、各事例の詳細を掲載している

(1) アイディア、先端技術の発掘

◎ 事例から得られた事実

- GPSの民間開放はラディカル・イノベーションにつながった事例であり、その後の世界を一変させるほどの影響を及ぼした。
- キーとなる技術はベンチャー企業発のものが多く、M&Aなどを活用した先端技術の発掘やその技術情報の入手が肝要である。
- 新しい技術の発掘を目的としたベンチャー企業などへの投資の重要性が認識されている。
- 研究開発には、将来を見据えた長期的な視点が求められる。

【事例】小松製作所

AHS (Autonomous Haulage System) は、ダンプトラック無人運行システムである。1996年に米国が軍事用のGPS技術を民間に開放し、無人オペレーションのための大きな転機が訪れた。同じ時期に、鉱山の現場管理の仕組みを手掛けている米国のM社と縁があり、M&Aで同社の技術を手に入れることができた。GPSおよびロシアのGLONASSの測位衛星とジャイロを組み合わせることで、ダンプトラックの走行路の設定が簡単にできるようになった。

キーとなる技術はほとんど欧米のベンチャー企業発のものである。これらの技術の全体統括は、1970年代から日本人のキーマンがずっと担ってきたが、個別の技術は、M社を通じて、あるいは、キーマンが学会などでアンテナを張り巡らせて集めてきた。

鉱山・AHSの概要



<委員会での講演資料を基に改訂 (小松製作所 大橋徹二氏 2012年9月14日) >

【事例】デュポン

顧客企業と市場ニーズにデュポン総力をあげて対応する仕組みとして、「デュポンイノベーションセンター」を創設し、全世界に展開中である。この構想の原型は、日本の名古屋で2005年11月に生まれた。2011年には台湾、韓国、インド、タイ、2012年にはブラジル、メキシコ、米国、ロシアにイノベーションセンターを開設した。デュポンの世界中のラボラトリーに散らばっている科学者、研究者とお客様とを結び付ける拠点がこのイノベーションセンターである。ここにはさまざまな商品展示があり、さまざまなアプリケーションを紹介し、お客様に実際にそれを見てもらい、手にしてもらい、お客様と私どもがいろいろな話をできるようにしている。

デュポンベンチャーズという部門があり、スタートアップのM&Aを行っている。財務的に投資をして収益を上げることが目的ではなく、新しい技術を得ることを目的に投資をしている。特にデュポンが関心を持っている技術があれば、その技術を実際に持つために買収を行っている。

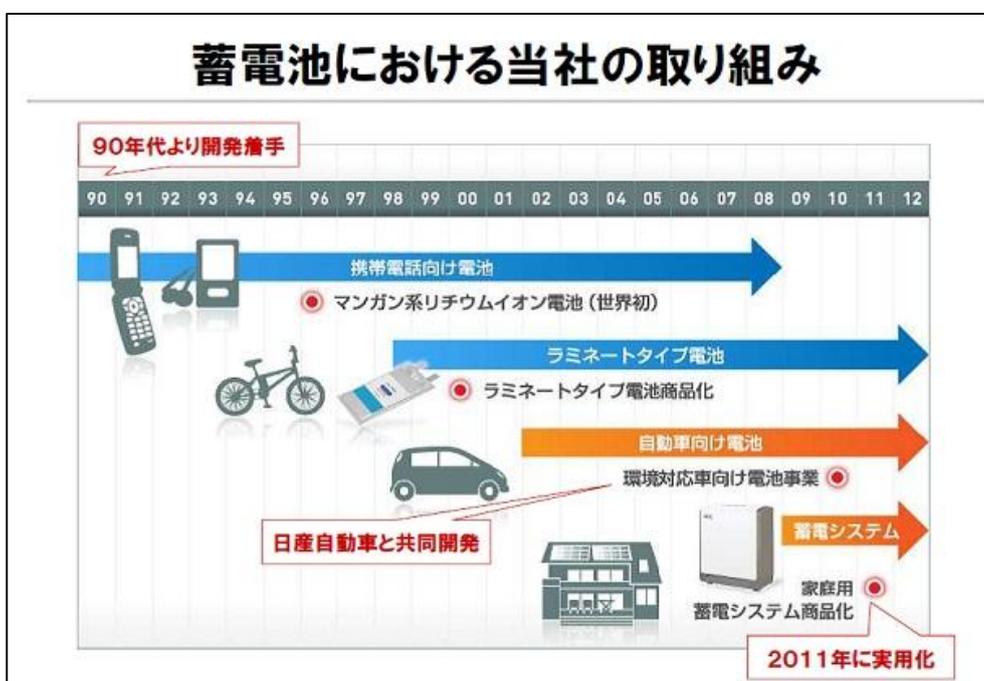
【事例】日本電気

電池事業は1980年、情報端末の小型化を見越し、カナダのモリエナジー社を日本の商社や電池メーカーと共同で買収したことによって始まった。背景には、真空管、希少金

属、無機・有機材料などの研究があり、それが蓄電池事業につながっている。

携帯電話や情報端末用の蓄電池は、その後大容量に変わってきた。ラミネート型の電池が商品化され、最初に電動自転車に使われた。これをベースに自動車向け電池開発を日産自動車との共同研究により実現した。そのようなノウハウを含め、ネットワークやパワーマネジメント技術などを活用して蓄電システムの応用を進めたのがスマートエネルギー事業である。

NECが目指すものは、企業内アセットの蓄積・融合・再結合であり、これに外部パートナーとのエコシステムの形成を加えることで、エネルギー分野における先端技術の高度化、エネルギー分野における新しいビジネスモデルと産業の創造を目指す。それにより、国際競争力のある新産業の創出とグローバルな新市場の開拓をし、地球規模での資源・エネルギー問題の解決に貢献をしたい。



<委員会での講演資料より抜粋（日本電気 安井潤司氏 2012年12月25日）>

【事例】アステラス製薬

アステラス製薬では米国にベンチャーマネジメントを行う部隊があり、良いものを持っているベンチャーからものを買ってくるだけではなく、何か活きの良い、おもしろそうな種を持っているベンチャーに資金を供給し、ベンチャーを育てる活動も行っている。また、良いアイデアを持っているアカデミアの先生方や、アカデミア以外で薬の種を持っているところのいかに広くアンテナを張るかというのが今後の課題である。

(2) 研究開発体制（産学連携、産産連携、産学官連携）

◎ 事例から得られた事実

- 自前主義でイノベーションを生み出すのは困難である。「脱・自前主義」の選択肢として産学連携、産産連携、産学官連携があり、事業化までの時間軸を見据えた目利き力が求められる。
- 日本の官主導のプロジェクトは、テーマが細分化し小粒化している。
- 省庁、学部、業種などの壁を越えた「領域融合」が重要であり、ライフサイエンス分野ではそれが進展しつつある。
- 日本の企業から大学へ委託研究などで回るお金はほんの僅かである。
[企業の研究開発費総額 12 兆円に対して 400 億円（約 0.3%）]

【事例】日産自動車

日本の研究開発プロジェクトの事例では、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」をはじめ、さまざまなプロジェクトがあり、基礎研究という観点では一定の成果が得られている。ただし、テーマが細分化し、分散している。1年1機関あたり数千万円の予算規模では、一つの製品につなげる全体のインテグレーション機能がないと、なかなか事業化には結びつかない。

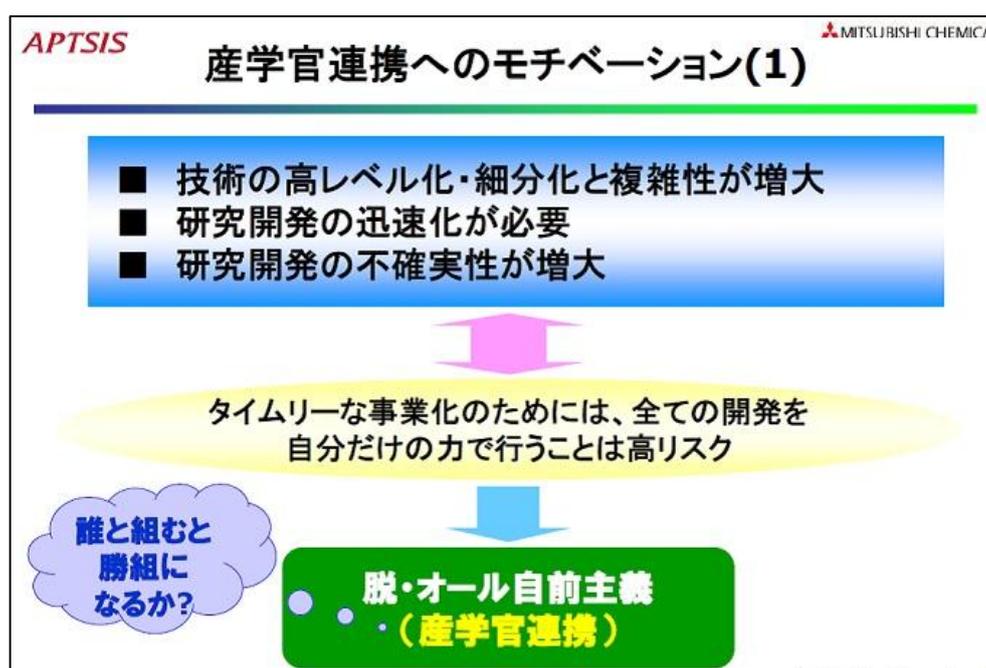
米国エネルギー省の関連機関である ARPA-E（エネルギー先端研究計画局）のバッテリー関連プロジェクトでは、一つ一つのテーマについて、それぞれに企業や大学などの契約主体が決まっている。契約主体がどのパートナーを選ぶかは自由である。審査では、いかに多様なパートナーが入っているかが重要視されることもあり、ダイバーシティが特長である。

韓国のバッテリーに関わる「高エネルギー二次電池用電極素材」のプロジェクトでは、大手1社に1000億円規模の資金が出て、その下にさまざまな企業や大学などがぶら下がっている。すなわち、一つの大企業がイニシアチブをとり、資金をもらい、マネジメントをするという形になっている。また、目標値として売上や雇用が出ているなどかなり事業化を意識している。

【事例】三菱化学

タイムリーに事業化するためには、自分だけで開発を行うことはリスクが高くなってきている。単一の技術だけで製品を作ることはもはやなかなかできない。「脱・オール自前主義」ではどのような形で、誰と組んだら、タイムリーに事業化できるのかを考える必要がある。その選択肢の一つの候補として産産連携や産学官連携を考えている。

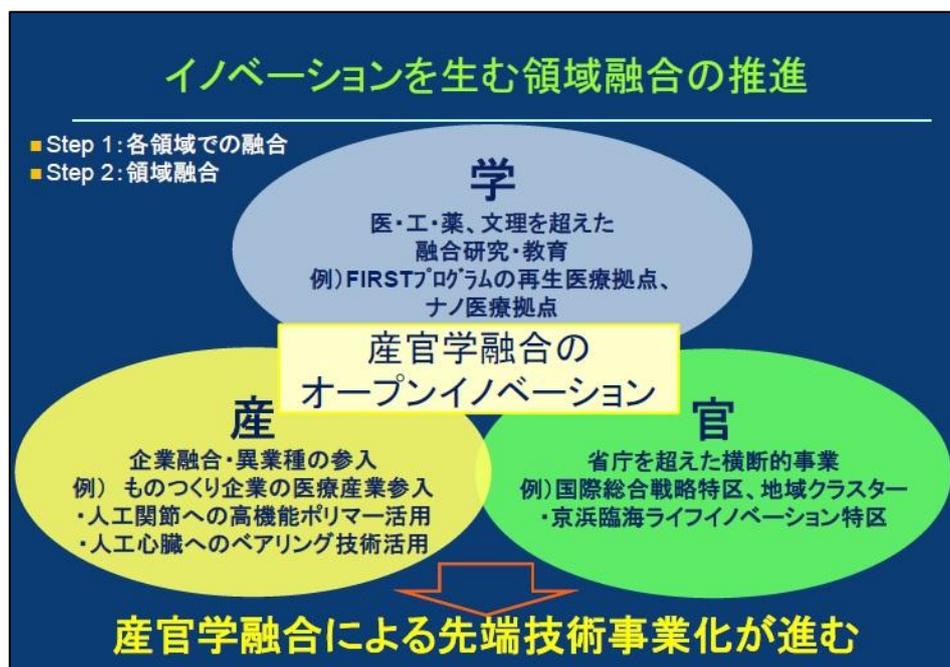
三菱化学では 2000 年代初めから産学連携の包括アライアンスを行っている。ここでは東京大学などの国立大学、米国の大学、中国の大学などとする目的を持って出口を意識した提携を行い、成果を上げてきている。



<委員会での講演資料より抜粋（三菱化学 浦田尚男氏 2013年1月30日）>

【事例】ライフサイエンスマネジメント

日本のライフサイエンス分野では今、様々なレベルで「領域融合」が進んでいる。「学」はもともと縦割りが強く、医学部、工学部、薬学部などがほとんど連携なく独自に研究をしていたが、しかし、最近の政府の助成金では、医学部と工学部の連携拠点を要件とするなど、領域融合を条件とする助成金が増え融合研究や融合教育が生み出され始めている。その結果、高機能マテリアルを人工臓器に応用するなど、革新的な技術・製品が生み出され始めている。「産」では、企業同士の合併による新領域の研究への取り組みや、異業種の医療参入が進展し、医療産業の生産性向上に寄与し始めている。「官」では、内閣府を中心に健康・医療戦略室に見られるような省庁の壁を越えた横断的な事業が進むようになった。さらに、産学官融合によってオープンイノベーションを創出しようとするプロジェクトが特区などを拠点として進行しており、ライフサイエンス分野での先端技術の事業化が進みつつある。



<委員会での講演資料を基に改訂（ライフサイエンスマネジメント 木村廣道氏 2012年10月12日）>

【事例】アステラス製薬

「aキューブ」は、あらかじめアステラス製薬で研究テーマを設定し、この研究テーマに協力できるパートナーを公募する試みである。約100件の申し出があり、そのうち一割程度を採択し、研究を始めている。また、京都大学との共同研究プログラムでは、主に免疫の領域で京都大学の力を借りて創薬に取り組んでいる。

Differentiation
Acceleration

オープンイノベーションの取り組み

創薬パートナー募集

アステラス製薬
オープンイノベーション公募サイトa-cubeへの
応募を歓迎します。

2011年5月17日より公募サイト公開

a³の特徴

- ◆ 年間を通じてオープンし、必要に応じてテーマを追加更新
- ◆ 4つの多様なプログラムにて募集
- ◆ ニーズ理解のために具体的なテーマを提示
- ◆ 最適な支援(研究費、ミーティング、研究設備、化合物など)の提供

京都大学
世界有数の
基礎免疫研究基盤

アステラス製薬
最先端の創薬技術
プログラム開発経験

革新的免疫制御薬の創出

- ◆ 創薬システムのイノベーションとともに、基礎医学研究、創薬技術、知的財産管理などに精通した創薬医学研究者の養成にも貢献
- ◆ 最終的に、アレルギー、自己免疫病、がんなどの主要な疾患領域で、各々少なくとも3つ以上の創薬対象化合物および新医療技術の提案が目標。

<委員会での講演資料より抜粋（アステラス製薬 安川健司氏 2013年3月22日）>

【事例】科学技術振興機構（JST）

産学の共同研究や特許ライセンスの件数はこの10年でかなり増え、産学連携は着実に進んできた。その一方で、企業から大学への委託研究は現在約400億円であり、年間約12兆円の企業の研究開発費に対して、企業から大学へ回る研究費は0.4%以下である。大学は年間約8,000件の特許を出願するが、国内で出願される特許は年間約30万件におよび、大学発特許はこのうちの3%弱である。大学や国の研究機関の特許権実施料収入は日本では約10億円であるが、米国では約3000億円である。

イノベーションを加速するために、産学官が参加するアンダーワンルーフ型拠点の構築やネットワーク化などを国として強力に進める予定になっている。平成25年度予算ではCOI（センターオブイノベーション）を12か所程度作ることにしている。

これからの産学連携	
戦略	<ul style="list-style-type: none">・明確なビジョンのもとにインパクトの大きいイノベーションを創出・高度な基礎研究、基盤研究に立脚
推進母体	<ul style="list-style-type: none">・産業界、大学・国研の主体的なコミットメント
テーマ	<ul style="list-style-type: none">・先行的・横断的テーマ・企業が本命とする個別テーマ・人材育成
推進体制	<ul style="list-style-type: none">・分野融合・アンダーワンルーフ、ネットワーク化・大学、企業の一flow研究者・技術者の参加（学術と産業のスパイラルな進展）・国際化、頭脳循環
国・地方行政の役割	<ul style="list-style-type: none">・規制緩和、戦略特区、ベンチャー育成・政策の継続性、府省連携

<委員会での講演資料より抜粋（科学技術振興機構 中村道治氏 2013年1月16日）>

(3) 先端技術を活用した商品開発・事業化

◎ 事例から得られた事実

- イノベーションには、商品自体の画期的な進化が必要である。商品の革新とそれを実現可能とする技術を束ねることが重要である。
- イノベーションは不確実性を秘めているので、構造立ったアプローチが必要である。
- 再生医療の分野では、欧米、韓国に比べ、日本の実用化が遅れている。
- 米国は 21 世紀の成長産業として、IT と並んでバイオリファイナリー(バイオ燃料とグリーン化学品)を掲げている。

【事例】デュポン

デュポンは毎年 1,400 以上の新商品を作っている。デュポンでは、全商品のポートフォリオの中で新商品が占める割合が一定レベルを超えなければならないと考えており、収入ベースで 30%は過去 4 年以内に新しく上市した商品で占めることを一つの尺度としている。

イノベーションはイノベーションであるがゆえに、その結果は多くの不確実性を秘めている。だからこそ非常に構造立ったアプローチが必要である。それを管理するマネジメントプロセスも大事であり、メトリクスにより常にそれをモニターし、測り、そしてフォローするような体制が必要であると考えている。

【事例】三菱化学

バイオポリマー「DURABIO」は特定用途の需要が非常に高く、三菱化学の新製品として大きな期待の星だと考えている。化学メーカーは多くの種類の樹脂やポリマーを扱っているが、これらの原料はすべて石油であり、いわゆる枯渇資源である。メーカーとしては、石油の枯渇や CO2 の問題もあり、原料の多様化を考えるようになった。

「DURABIO」が成功した理由は、①製品の開発当初から、用途を限定し、メーカーと相談し、コンセプトを共有することができたこと、②技術ロードマップとしてどのような手順が必要かというプロセスの共有化ができたこと、③良い仲間を見つけることができ、一緒に開発を進められたことである。

【事例】ライフサイエンスマネジメント

日本は iPS 細胞の研究に限れば世界トップを走っているが、ES 細胞、体性幹細胞、培養細胞など、他の再生医療の臨床医療への活用は海外の方が進んでいる。2012 年時点の再生医療の実用化の件数は、欧州では 20 品目、米国では 9 品目、韓国では 13 品目であるが、日本ではわずか 2 品目が承認されただけであり、実際の医療への応用分野で立ち遅れている。



<委員会での講演資料を基に改訂 (ライフサイエンスマネジメント 木村廣道氏 2012年10月12日) >

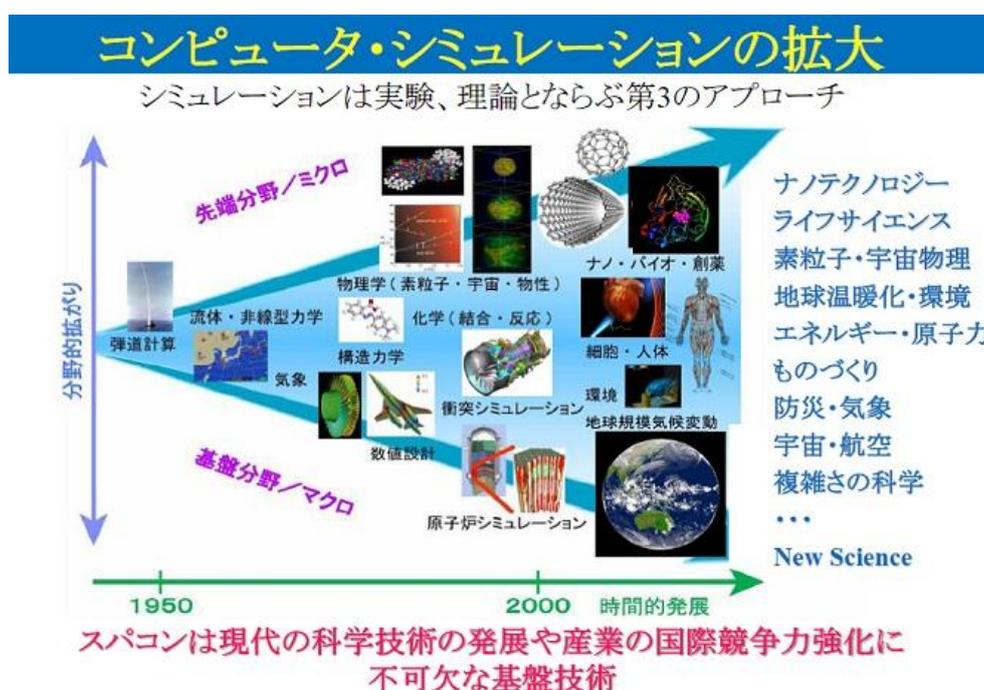
【事例】理化学研究所 計算科学研究機構 (スーパーコンピュータ)

スーパーコンピュータ (スパコン) は現代の科学技術の発展や産業の国際競争力強化に不可欠な基盤的ツールである。人類が抱えているさまざまな課題の解決に、スパコンは非常に大きな役割を果たすだろう。各国は、国力を上げるためにスパコンが重要な基盤技術であるという認識のもと、導入や自主開発を進めている。

コンピュータの性能が向上し、かつては扱うことのできなかつたがんや生活習慣病を標的にした薬の候補を、非常に短時間で見つけることができるようになった。「京」の活用により、ある種のがんに関係するタンパク質に有効な薬の候補が2種類発見された。創薬は、治験に非常に時間はかかるものの、最初のスクリーニングの段階ではスパコンは非常に大きな力を発揮すると期待されている。

自動車の開発にも「京」は活用され、平均値ではない非定常現象を扱うことができる「京」により、風洞実験以上の情報が得られる。また、高速運転したときのハンドルの

とられ方、空気抵抗、横風に対する安定性などがスパコンにより簡単に分かるようになり、高品質の自動車の設計が可能になる。自動車以外では、材料の開発などにもコンピュータシミュレーションが使われている。コンピュータシミュレーションを利用することにより、ものづくりのプロセス自体を変える可能性をもっている。



<委員会での講演資料より抜粋（理化学研究所 計算科学研究機構 平尾公彦氏 2013年2月21日）>

【事例】地球環境産業技術研究機構（RITE）

バイオリファイナリーは、非食用バイオマスを原料として地球温暖化対策に資するバイオ燃料やグリーン化学品を製造する新規産業であり、米国では IT と並んで 21 世紀の産業として期待されている。

米国では、非食用バイオマスを原料としたバイオ燃料（セルロースエタノール）の製造が経済的に見合わず、導入計画に大幅な遅れが生じている。地球環境産業技術研究機構発の技術を使えば、経済性の課題はほぼ解決できる。

2012年に米国エネルギー省と共同研究を開始した。これは、それまで米国政府は米国企業に資金を出して研究を行っていたが、米国のトップランナー企業の技術では実現が難しいことが分かると、今度は日本のベンチャー企業と共同研究を始めるということであり、米国のダイナミクスを象徴するような判断である。

米国は2022年までに160億ガロンのセルロースエタノールを生産することが国家目標になっており、我々の技術でその3分の1（2000万キロリットル）くらいは貢献したい。

バイオリファイナーリーとは？



<委員会での講演資料より抜粋（地球環境産業技術研究機構 湯川英明氏 2013年3月25日）>

IV. 2013 年度の活動のねらい

2012 年度は、国主導の研究開発および民間主導のイノベーションをテーマとし、日本の事例のヒアリングと米国事例の調査を中心に委員会活動を実施し、中間報告書を取りまとめた。

これまでに把握した事実を踏まえ、2013 年度は以下のテーマについて検討を行い、「民間主導のイノベーションのあり方」について提言をまとめた。

- ① 海外の民間企業発イノベーション事例調査
 - iPhone などの事例の深掘り

- ② ドイツのイノベーション事例調査
 - ドイツの研究開発の進め方
 - ドイツのラディカル・イノベーションの事例
(米国以外の海外事例としてドイツを調査：10月に調査ミッションを実施予定)

- ③ 民間主導のイノベーションのあり方検討
 - テーマの発掘：現場・ユーザーのニーズと先端技術を熟知した上での
長期的視点に立ったテーマ発掘
 - 先端技術の動向：全世界のベンチャー企業の技術調査／M&A／提携など
 - 商品開発：自前主義からの脱却（オープンイノベーション、産学連携）、
継続的プロジェクトマネジメント

委員会活動のスケジュール（工程表）

	2012 年度	2013 年度
官民の事例研究		
米国のイノベーションの事例調査		
海外の民間企業発イノベーション事例調査		
ドイツのイノベーション事例調査		
民間主導のイノベーションのあり方検討		

以上

< 巻末資料 >

官民の事例紹介

(2012 年度科学技術・イノベーション委員会での講演録)

以下の各事例の文中に引いた下線は、本報告書 15～25 頁の官民の事例として取り上げた箇所である。

< 巻末資料：官民の事例紹介 > 目次

1. 民間主導の価値創造に関する事例

- 【事例 1】小松製作所 30
「AHS (ダンプトラック無人運行システム)」
講師：大橋 徹二 氏 小松製作所 取締役専務執行役員
(講演日：2012 年 9 月 14 日)
- 【事例 2】日産自動車 34
「バッテリーからみた産官学連携の課題
- オールジャパンからボーダーレスの産官学連携へ」
講師：篠原 稔 氏 日産自動車 常務執行役員
(講演日：2012 年 10 月 22 日)
- 【事例 3】デュポン 38
「デュポンにおける“イノベーション” - コラボレーションによる革新とは」
講師：トーマス・M・コネリー 氏
米国デュポン社 首席副社長兼チーフ・イノベーション・オフィサー
(講演日：2012 年 12 月 18 日)
- 【事例 4】日本電気 42
「NEC のスマートエネルギー事業とイノベーション」
講師：安井 潤司 氏 日本電気 取締役執行役員副社長
(講演日：2012 年 12 月 25 日)
- 【事例 5】三菱化学 48
「三菱化学における産学官連携に対する考え方と具体例のご紹介」
講師：浦田 尚男 氏 三菱化学 執行役員・経営戦略部門長
(講演日：2013 年 1 月 30 日)
- 【事例 6】アステラス製薬 54
「イノベーションを駆使した製薬会社のサバイバル」
講師：安川 健司 氏 アステラス製薬 上席執行役員 経営戦略担当
(講演日：2013 年 3 月 22 日)

講師の役職は、講演当日のもの

2. 国主導の研究開発に関する事例

- 【事例 7】ライフサイエンスマネジメント 59**
「行き場を失った日本の科学技術は、世界をリードする Innovation を産み出せるか？」
講師：木村 廣道 氏 ライフサイエンスマネジメント 取締役社長
(講演日：2012 年 10 月 12 日)
- 【事例 8】科学技術振興機構 (JST) 63**
「日本発イノベーションの創出に向けて」
講師：中村 道治 氏 科学技術振興機構 理事長
(講演日：2013 年 1 月 16 日)
- 【事例 9】理化学研究所 計算科学研究機構 68**
「『京』コンピュータがひらく新しい世界」
講師：平尾 公彦 氏 理化学研究所 計算科学研究機構 機構長
(講演日：2013 年 2 月 21 日)
- 【事例 10】地球環境産業技術研究機構 (RITE) 74**
「新産業バイオリファイナーの現状と将来像」
講師：湯川 英明 氏 地球環境産業技術研究機構 理事
(講演日：2013 年 3 月 25 日)

講師の役職は、講演当日のもの

【事例1】小松製作所

「AHS（ダンプトラック無人運行システム）」

講師：大橋 徹二 氏 小松製作所 取締役専務執行役員

講演日：2012年9月14日 科学技術・イノベーション委員会 第2回会合（役職は講演当日のもの）

はじめに

AHS (Autonomous Haulage System) は、ダンプトラック無人運行システムであり、コマツの超大型ダンプトラック 930E（タイヤ直径約4m、高さ約8m）を無人で走行させるシステムである。このAHSの事例を通じてイノベーションの話題を提供したい。

我々の考えるイノベーションとは、ビジネスモデルの変革による新しい価値創造である。そのためには商品そのものを画期的に進化させることが非常に大事である。また、新しいビジネスモデルの提案には、それを実現できる商品の革新と技術の束ね方が大事である。それがなければ、いくら新しいビジネスモデルでも長続きしない。

AHSの要素技術は全て欧米由来である。また、革新的商品はシンプルであり、かつ、グローバルに受け入れられるものでなければならない。

鉱山機械の特徴

鉱山機械は、1日に約23時間、ほとんどフル稼働である。残りの1時間は燃料の補給や点検の時間である。一般の乗用車が1日4時間、トラックが12~13時間の稼働であり、それに比べて稼働時間が長い。作業は二交代、フル稼働である。現場の温度は、シベリアのような極寒地の-50から、熱帯では55に達する。標高は高いところで約5,000mである。オペレータにとって過酷な環境であり、そのような中でB2Bの生産財として、稼働率や生産量を最優先させていることが特徴である。

ダントツ商品

コマツでは、商品開発時に「ダントツ商品」を定義している。「ダントツ商品」は、環境・燃費、安全、ICTをキーワードとし、一度開発したら数年間は他社が追いつけない特長を有する。商品そのものである「ダントツ商品」、それらの商品を組み合わせることで機械の見える化などを図る「ダントツサービス」、さらに、商品とサ

ービスを組み合わせ、新しい価値創造として顧客の施工の見える化を図る「ダントツソリューション」の三つの観点がある。

「ダントツ商品」の一例として紹介するのは、2008年6月に建設機械で初めて導入したハイブリッド油圧ショベルである。通常の建設機械に比べて燃費が30~40%向上した。油圧ショベルの旋回時の回生ブレーキのエネルギーを利用している。

「ダントツサービス」の一例であるKOMTRAXは、GPS機能を追加し、車両1台1台のさまざまなセンサの情報を世界中で集め、管理をしている。2012年9月現在、全世界で28万台が稼働しており、1台ごとの機械の稼働状況、故障状況、燃費などが分かる。故障やトラブル時に、すぐに我々が駆け付けたり、助言したりできる。このような機能を付加することで、サービスをダントツにするというものである。

本日は「ダントツソリューション」としてのAHSを紹介する。主に大規模鉱山で自律無人走行機能を加えた超大型ダンプトラックである。機械の無人走行の技術と、鉱山の中を無人で走行させるためのオペレーションの仕組みやソフトウェアなどを組み合わせた。その結果、顧客の仕事を我々がある程度肩代わりするというソリューションを提供している。

AHS（ダンプトラック無人運行システム）

南米チリの銅山は標高約2,700mである。最初は露天掘りで掘っていたが、掘っているうちにどんどん下がってくる。暑いところで気温は40になる。

基本的に鉱山では、まず地表の土を剥いで、鉄や銅の鉱脈まで行き着いて、それを取り出して運ぶ。土を積み込んで無人で走って、排土するというのが基本の動作である。AHSのダンプトラックは、タイヤ直径4m、積載重量320USトン、自重230USトン、合わせて約550USトンであり、これを無人で走らせる。現場では、土を積み込むところにさまざまな機械があり、有人でオペレーションをしている。また走行路の

途中で岩などが落ちているので、モーターグレーダやブルドーザなどで整備する必要がある。また土埃が立つので散水したり、あるいは現場監督がジープで走ったりしている。このような中で、無人の車だけでなく、有人の車も含めた全体の車両をまとめてコントロールすること（フリート管制）が必要である。また、それを安全に行うことが重要である。鉱山の現場は24時間動いており、真夜中でも明かりがなく、死亡事故を含め頻繁に事故が起きていた。安全な走行のために中央管制塔を作り、ここで操作を行う。それを可能にしたのがGPSやGLONASS（ロシアの測位衛星）のような衛星測位の技術と1台1台の無人走行の技術である。

AHSを採用することで、鉱山はどのように変わるのか。今までダンプトラックは有人で運転し、1日24時間、2人シフトで動かすわけだが、病気などに備えて常時3人ほどが現場にいる。各人が2週間働き、1週間休む。したがって勤務形態にもよるが1台に4～6人をオペレータとして雇う必要があると聞いており、これが無人になると効果が大きい。また、無人システムであり、すれ違いでぶつからないなど安全性も向上する。鉱山を開発して資源を採ったら、また埋め戻さなければならないというルールがあるが、排土時は、破砕機にうまく入れられる、あるいは土を綺麗に均しながら平均化して捨てられる。人間ではばらつきが大きいですが、無人システムでは排土が平均化するので、最後の埋め戻し時に都合が良い。

現在、チリとオーストラリアにAHSを導入している。このうち、オーストラリアの顧客の声を紹介する。パースから北、飛行機で2時間程度の鉱山で、2008年から顧客と一緒にトライアルをしている。2011年11月には顧客との間で覚書を締結し、大規模導入プロジェクトを現在順調に進めている。この地域は鉄の鉱石しかない砂漠のようなところで、町からかなり離れている。鉱山運営会社が自前の飛行機で運転手を連れていき、2週間働いてもらい、その後飛行機で帰ってきて1週間休みをとる（Fly-in・Fly-out）。これが鉱山の通常である。ちなみに鉱山のダンプトラック運転手は人里離れているため行きたい人が少なく、高い給料を払って来てもらうしかない。夏場の平均気温は40であり、掘り下げていくと45～50にもなる非常に過酷な環境である。

AHSを稼働した顧客の評価として、まず2009年から事故がゼロであることが挙げられる。運転手のシフトチェンジの休憩時間も不要で、燃料さえ入れればよく、安定した高い生産性である。他の有人車を含めて全ての車両にGPSを搭載し記録しているため、有人車の働き具合もよく分かり、現場が「見える化」した。無人のため、加速・減速・スピードも出し過ぎず安定して走るため、非常にメンテナンスコストが下がった。急ブレーキ・急発進がなく、また、走行路のとり方も滑らかにしたので、タイヤ寿命が大幅に改善した。この車両にはタイヤが6本ついているが、超大型ダンプトラック用タイヤは非常に高価である。今までならタイヤが1年もつかどうかだったが、それが約1.5倍の寿命が可能となっている。また、急発進・急加速がないので、燃費(Ltr/h)はアプリケーションにもよるが、10～15%程度の改善ができる。さらに積み込みの場所が正確なので、積み込み作業が効率化し、安全性も良くなった。排土の整地も良くなり、また破砕機にも無理なく対応できた。

AHS 開発の狙い

AHS 開発の狙いは、ビジネスモデルを変えることである。鉱山の安全性と生産性を上げたいと考えた。特に運転手は1日12時間、2週間働き続け、真夜中も働くので居眠りがかなり多く、不注意による事故が頻発しているというのが世界中の鉱山の状況である。鉱山での安全性は特に重要である。環境性では、燃費、タイヤ寿命が大きな問題である。鉱山機械は顧客が商売に使うものであり、安定した生産性と経済性が重要である。生産性については、有人の場合は勤務シフトチェンジ、食事、休憩などで稼働率が落ち、生産性が安定しない。AHSの場合、瞬間的な生産性は有人には及ばないが、安定した生産性を維持できる。有人と違い、病気やストライキなどで生産が止まることはない。経済性については、AHSの導入前に比べて導入後の顧客負担コストは大幅に低減できるものとする。AHSでは、ダンプトラック本体の価格が少し上がるが、タイヤのコストが減り、燃費が良くなる。無人管制のための機器が必要になるが、トラック運転手の人件費および、それに伴うさまざまな付帯費用、例えば、運転手の飛行機での移動、空港の施設、チャーター便の運航、運転手の居住設備、食事の手配、水や電力、病院

などが削減できる。ユニオンとの交渉もなくなり、さまざまな面でパラダイムが変わってくる。

このようにビジネスモデルを変え、コマツが AHS のオペレーションのサポートを担うことにより、顧客とのさまざまな関係が変わってくる。大手顧客とアライアンスを組み、戦略的商品の提供が可能になり、また、ダンプトラック以外のパッケージ販売やサポートも可能になる。従来の製造業のモデルでは、メーカー・代理店・顧客という関係が強かった。例えばコマツのようなメーカーが開発・生産・商品の出荷をし、それを代理店が販売し、現場でサポートをするというモデルである。今回の AHS は、コマツが開発・生産・販売・サポートを行い、かつ、物を運ぶところまでをある程度請け負う。つまり、顧客の仕事の一部、および、代理店の仕事までをカバーしている。また、この鉱山の顧客はコマツ以外のさまざまな機械を持っているが、無人システムでは、安全のため全ての機械に GPS を搭載して管理をする必要がある。コマツの管制塔で他メーカーの機械をセットで見えるような全機種フルメンテナンス契約により、オペレーションのサポートも行う。

AHS 開発の歴史

鉱山を無人で動かしたいというのは、昔からの鉱山オーナーのニーズであり、コマツは 1970 年代から無人化に挑戦していた。1990 年頃に今の 8 分の 1 の大きさの 40 トンの機械を作った。ところがなかなか使い物にならなかった。そのような中で、1996 年に米国が軍事用の GPS 技術を民間に開放し、無人オペレーションのための大きな転機が訪れた。

それと同じ時期に、鉱山の現場管理の仕組みを手掛けている米国の M 社と縁があり、M & A で同社の技術を手に入れることができた。これが大きな転機となり、これ以降、M 社とさまざまな面で共同開発を進めた。M 社が中心となってさまざまな技術を集めるようになり、2004 年頃に現在の 320 トンダンプがある程度実用化できた。それを鉱山に持ち込んでトライアルを行い、徐々に台数を増やしていった。複数の現場でさまざまな条件下でテストをし、完成度を上げ、オーストラリアの現場に本格投入を始めた。技術研究・開発フェーズ、実用トライアルフェーズを経て、現在は拡大フェーズに入った。将来、運転席のない、もっとシ

ンプルな無人専用車両を目指しており、これが AHS の進化フェーズである。

AHS 開発のキーマンとしては、日本側ではずっと携わっている人間が何人かいる。一方、米国側では、M 社など技術に優れた人と一緒に開発を行った。トライアルフェーズでは、ビジネスモデルについて一緒に検討しながら進めてきた。

AHS を実現したキー技術

AHS を実現するには、まず誘導装置、走行路の設定方法、コントローラ、障害物検知、通信、フリート管制、それ以外の機械、油圧、電子機器、ソフトウェア技術などがある。1970、80 年代当時の技術は、電磁ケーブルやミラーを使う電波灯台であり、90 年代に入っても、光ファイバーにジャイロを組み合わせたものや、レーザー反射鏡などが中心だった。有線の走行路で、そこに沿って走らせるゴルフ場のカートのようなものだった。鉱山の現場は、積み込み場と排土場が毎日変わり、毎日走行路が変わるので、走行路を変えることが簡単にできないと、現場では全く意味がない。走行路には岩などさまざまな障害物があるが、当時は障害物検知ができなかった。通信も貧弱であり、フリート管制の技術もなかった。

その後 1996 年に GPS が開放され、また、M 社の買収によりさまざまな技術が見えてくるようになった。GPS および GLONASS の測位衛星とジャイロを組み合わせることで、走行路の設定が簡単にできるようになった。軍用だった障害物検知用のミリ波レーダが使えるようになった。さらにデジタル技術により処理スピードが上がり、また、通信スピードもどんどん向上して今に至っている。これらの技術の全体統括は、1970 年代から日本人のキーマンがずっと担ってきたが、個別の技術は、M 社を通じて、あるいは、キーマンが学会などでアンテナを張り巡らせて集めてきた。キーとなる技術は、ほとんど欧米のベンチャー発のものである。自動車と建設機械では販売台数がだいたい二桁違う。自動車用の GPS やセンサは安価で広汎な技術だが、精度が不十分で使えず、軍などから出てきた技術が有用だった。国内大学との産学連携も活用し、ダンプトラックの走行を滑らかにするアルゴリズムを共同で開発した。滑らかな走行により安全性が上がり、タイヤの摩耗を防ぎ、燃費も向上する。社内のノウハ

ウだけでは実現できなかった。

AHS 実現の要因

一つ目は、ビジネスモデルを変えたい、無人運行により鉱山オペレーションを変えたいと考えたことである。二つ目は、宇宙・防衛の先端技術であり、通信、画像処理、センサ、制御、GPS などが民間で利用できるようになったことである。三つ目は、M 社をはじめ海外のさまざまなベンチャーとの連携である。四つ目は、産学連携であり、学会活動など日本でもさまざまな先生と付き合ってきたことである。

まとめ

課題として、一つ目は、イノベーションとはビジネスモデルを変え、新しい価値を創造することである。そのためには、商品そのものを画期的に進化させないと長続きしない。新しいビジネスモデルを提案するには、実現できる商品の革新と技術の束ね方が大事である。二つ目は、ベンチャー企業の最先端技術の発掘がキーである。コマツの場合は、米国のパートナーと連携し、そこがアンテナ機能を担ってさまざまな技術を集めてきた。また、さまざまな先端技術について現地スタッフに頑張ってもらうことが大事である。日本人だけでは困難であり、汎用性がなく世界に通用しなかったら。さらに、学会、産学連携が必要である。

イノベーションを進める上で大切なことは、グローバルなプロジェクトリーダーの育成である。現場を熟知した、かつ、技術に通じた技術者をどのように育て、リーダーシップを発揮してもらうのか。現場になんとなくいる人は多いが、それでは駄目であり、まず現場の細かなオペレーションの実務をよく熟知していなければならない。さらに、技術をよく知っている人がいて、その人たちが一緒になり、ディスカッションを繰り返しながら新しい発展の可能性を考えていくことである。また、最先端の技術情報を集められるような組織が必要である。

それ以外に、M & A やベンチャー企業の活用がある。米国では、軍事技術、宇宙技術に関して NASA や軍がニーズを出し、発注し、研究開発させている。大学、メーカー、研究機関など、さまざまな組み合わせがあるが、研究だけでなく、最後に形にするところまで NASA や軍が発注し、作らせている。翻って日本の場

合、研究開発は研究開発費を出して終わりという感がある。例えば、国土交通省、防衛省、消防庁、警察庁、JAXA のようなところがニーズを設定し、大学や企業連合に最終的に形にするところまでを発注し、調達・運用まで実施すべきでないか。そのようにして必要な技術が大学を中心として集まり、ものや形になるのではないか。以上が経験を通じて得られた我々の考えである。

野路國夫 委員長

(小松製作所 取締役社長兼 CEO) より

この衛星測位の精度は±20mm、すれ違う幅は2m程度である。広い空間だからといって走行路が広いということではない。これは町の中でも活用できる技術である。測位衛星を常に5機以上見ている。GPS だけでは駄目で、必要に応じてロシアの GLONASS 衛星を見ている。それら2系統で制御している。実は電離層などさまざまな障害があった。また、無人化の技術はほとんど米軍のものである。40年ほど前に米軍が無人化プロジェクトを起こし、それらの技術が開放された。ミリ波レーダなどは我々の技術者がインターネットで探した。自動車用のものより一、二桁精度が高くないと AHS には使えないが、日本の会社にはそのような技術がほとんどなかった。だから結果的に全て欧米のベンチャー発のものを使っている。米軍が無人化プロジェクトで始めた技術や GPS の技術を、今に至って我々が使わせてもらっている。

以上

【事例2】日産自動車

「バッテリーからみた産官学連携の課題 - オールジャパンからボーダーレスの産官学連携へ」

講師：篠原 稔 氏 日産自動車 常務執行役員

講演日：2012年10月22日 科学技術・イノベーション委員会 第3回会合（役職は講演当日のもの）

はじめに

電気自動車（EV）の台数はまだそれほど多くはないが、当社のEVの走った軌跡をプロットすると、日本全国津々浦々に及ぶ。これは10年前と比べると大きな差であり、EVの時代に入りつつあるというのが背景である。日産リーフは、2010年末に発売した5人乗りの普通乗用車である。おかげさまで、販売台数は8月末時点で37,000台に達した。主に米国と日本で多く購入され、欧州でも拡大し始めている。

EVの魅力は、ゼロエミッションという社会的、環境的な意味を持っていることである。また、家庭で充電ができる、ガソリンスタンドに行かなくてよい、電力のランニングコストが安い、静か、ガソリン自動車と比べて極めてきびきびした軽快な走り心地などの特長がある。

この10年でEVは大きく進歩した。そのキーポイントはバッテリーである。バッテリーを床下に収納できるようになったことで、普通の車としての居住空間やトランクのスペースを確保できるようになった。現在のリチウムイオンバッテリーと同じ容量を確保しようとすると、もし鉛電池だったら、キャビン全体がバッテリーで埋まってしまう。また、10年前のリチウムイオンバッテリーの性能では床下だけではなくトランクルームも必要となる。この10年のバッテリーの進化により、ようやく普通の車として量産ができる技術レベルになってきた。

当社は1990年代からバッテリーの研究開発を進めてきた。今回の日産リーフを立ち上げるにあたって、NECと一緒にオートモーティブエナジーサプライ（AESC）という会社を作り、これからのバッテリーの開発と生産を進めている。

EVは充電インフラが大変重要である。日本はその先進国であり、8月時点で約1,200基の急速充電器が設置されている。平均で10~20km走ると急速充電器が1基あるという程度になってきた。日産のディーラーをはじめ、ガソリンスタンド、高速道路のサービス

エリア、公共施設、ショッピングセンターにも設置され始めている。世界的にも徐々に拡大しており、欧州では約200か所、米国では約100か所に設置されている。

EVは乗り物として人を運ぶこと以外に、電力を貯める機能を生かし、社会インフラとして活躍する大きなポテンシャルを持っている。太陽光発電や風力発電のように、エネルギーの需給のタイミングが一致しない時に、それを一旦貯め、うまく使うことが有効である。今は余った電力を売電という形で電力会社に戻しているが、それを戻さず貯めることで、より自律型の家になる余地がある。また、発電インフラはピークに対応する必要があるために投資効率が良くない場合があるが、貯める機能によりピークカットが可能となればそれらを改善できる。このようにEVは走る用途以外に活用できる可能性があり、今、さまざまな形で実証を始めている。「LEAF to Home」、つまり車と家をつなぎ、車をただ充電するのではなく、車に蓄えた電気を家に戻す装置（パワーコントロールシステム）を先日発売したところである。

EVはグローバルなマーケットである。インフラを整備する必要から、世界23か国、41都市とパートナーシップを結び、そこに優先的に供給している。また、EVの蓄電機能を使って、いわゆるスマートコミュニティのためのさまざまな実証プロジェクトへの参加も始めている。

各国の研究開発費

各国の研究開発費を比較している文部科学省の資料によると、日本は政府の科学技術予算は約3.5兆円であり、大学と独立行政法人などにほとんど配分されている。企業へは約1500億円、比率は5%以下と非常に配分が少ない。約3.5兆円という総額は米国に次いで額が大きい。企業への配分は非常に少ないというのが特徴である。

政府の科学技術予算を誰がどのように配分している

かを整理すると、日本では文部科学省が約7割を配分している。一方、米国では、国防、エネルギー、厚生省（ヒューマンサイエンス、メディカル）などの各省庁が明確な目的を持ったオーナーとなり、科学技術予算を配分している。文科省が多くの予算を配分する日本は、かなり学術振興の側面が強くなり、良い悪いではなく、事業化という観点からは不利な形態ではないだろうか。

事業化視点からみた産官学の取り組み - 1

自動車用バッテリーを例に、事業化視点からみた各国の産官学の取り組みを比較したい。日本の研究開発プロジェクトの事例では、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」をはじめ、さまざまなプロジェクトがあり、基礎研究という観点では一定の成果が得られている。ただし、テーマが細分化し、分散している。このプロジェクトもテーマそのものは大きな括りだが、そこにはリチウム電池、リチウム硫黄電池、金属空気電池などさまざまなサブテーマがぶら下がっており、リチウム電池一つをとっても、さまざまな大学がさまざまなテーマを持っている。一つ一つのテーマは重要だと思うが、それぞれが非常に細かく、その寄せ集めになっている。5年間、62機関で112億円という予算は、1年1機関あたり数千万円であり、一つの製品につなげる全体のインテグレーション機能がないと、なかなか事業化には結びつかない。おそらくこのプロジェクトだけでなく、他のプロジェクトにおいても多かれ少なかれ似たような構図があるのではないか。

一方、米国の研究開発プロジェクトの事例として、エネルギー省（DOE）の関連機関である ARPA-E（エネルギー先端研究計画局）のバッテリー関連プロジェクトでは、一つ一つのテーマについて、それぞれに企業や大学などの契約主体が決まっている。契約主体がどのパートナーを選ぶかは自由である。ファンドを受けるための審査では、いかに多様なパートナーが入っているかが重要視されることもあり、ダイバーシティが特長である。米国企業に限らず、さまざまな国籍の企業が契約主体になっている。つまり雇用を増やしてくれるのか、目指している方向性に合っているのかということが重要な審査基準になっている。

韓国では、バッテリーを含めて約10個の国家プロジェクトの動きがある。これは国だけでなく、産業も含めてみんなが資金を出し合い、それを配分するというプロジェクトである。その中でバッテリーに関わる「高エネルギー二次電池用電極素材」のプロジェクトでは、大手1社に1000億円規模の資金が出て、その下にさまざまな企業や大学などがぶら下がっている。すなわち、一つの大企業がイニシアチブをとり、資金をもらい、それをマネジメントするという形になっている。また、目標値として売上や雇用が出ているなどかなり事業化を意識している。

各国の研究開発プロジェクトをまとめると、日本はかなり細分化され、個別に進めているというスタイルである。米国はダイバーシティが特長で、オールアメリカンにこだわっていない。韓国は特定の企業が非常に大きな資金をコントロールするスタイルであり、その下で「学」との連携が進められている。

事業化視点からみた産官学の取り組み - 2

事業化という観点では、研究開発のほか、生産まで行うことで本当の実行となる。そのために大きな投資が必要である。自動車用バッテリーの世界では、どのような支援が国からあるのか。米国では、生産フェーズの投資への補助として29億ドル程度が用意されている。一方、日本では、経済産業省がエコカー補助金などで総額としてかなりの金額を出しているが、バッテリーの生産に関わる場所はそれほど多くなく360億円程度と見ている。したがって、両国の生産投資への補助のところにはかなりの差がありそうである。

米国の生産投資補助の成果については、日産が米国の工場でのバッテリーを作るという計画を進めている。また、韓国のある企業は米国で合弁会社を作り、そこで自動車用バッテリーを供給するために動いている。この2社についてはそれなりの成果を上げていると思う。しかし、それ以外にもいろいろなところに補助が出ているが、残念ながらうまくいっていないところもある。

特にバッテリーのようなものづくりでは、マーケットを作る力を持っている企業でないと、新しい分野で成功するのはなかなか難しいのではないか。ITと違い、ものづくりでは量産する実力を本当に持っているか、それをベースにマーケットを作っていくかが問われ

る。日産はEVを自分で増やそうとしている。また韓国企業は、もともとのバッテリーを量産する能力を持っており、自動車メーカーとかなり密になってマーケットの拡大に取り組んでいる。

韓国は、参入企業をかなり絞り込んでいるように見える。自動車用バッテリーの企業は、日本は主要なところだけで7社であるのに対し、韓国は3社である。民生用バッテリーでも、日本は7社からスタートして今は3社程度に収斂しつつあるのに対し、韓国は最初からずっと2社である。マーケットがそれほど大きくない初期段階での競争条件が、韓国は有利である。つまり、国の支援が集中し、国内で相応のボリュームが確保しやすい環境になっている。

日本の自動車メーカーは、国内での競争が激しく、国内で収益を上げるのが非常に厳しい。一方、韓国の自動車メーカーは、ヒュンダイとキアが約75%を占め、国内市場で利益を確保しており、それを原資に海外に打って出ているようにも見える。また、法人税が非常に安く、免税期間が長いなどの点で有利な環境にある。

自動車用バッテリー市場の現状と課題

世界で15社以上がこの市場に参入しており、大変な競争状態である。今のところ日本が一番多い。

自動車用のリチウムイオンバッテリーの基礎研究は、1990年代初頭から始まっている。その後、応用研究、実用化開発を経てようやく市場に出回り始めた。今後、改良を重ねコストダウンを実現すること、マーケットを拡大し量産していくこと、この二つが当面の競争の鍵になるだろう。もちろん、次世代バッテリーやポストリチウムイオンバッテリーとなれば、これは基礎研究のフェーズに入る。

民生用バッテリーは、今の自動車用バッテリーより15~20年先行している。市場の急拡大とともに、さまざまなサプライヤーが参入し、競争が激化した。コストダウンが進み、当初の段階に比べて10分の1程度のコストになった。自動車用バッテリーもまさにこの勝負のフェーズに入っている。自動車用バッテリーの需要は、2020年頃までは十分に供給が足りそうである。したがって、マーケットをどのように拡大していくかがこれからの勝負を決めていくだろう。

まとめ

企業のイニシアチブによる産学連携をもっと強めなければいけない。事業化という観点でかなり散逸的になっている。ものづくりの実力とマーケットを拡大する能力の二つを持っているグローバル企業が、イニシアチブにとり、事業化という観点で「学」やサプライヤーなどをリードする必要がある。国内だけでなく、海外のトップサプライヤーや大学と連携するという発想が必要である。

国によって強みがある。何百年、何千年に渡って培ってきた国そのものの強みがそう変わるものではない。それを認め、生かすという考え方が必要である。発明はやはり米国が得意だと感じる。それをものに仕上げるのは日本が得意だと思う。韓国はあるところから参入し、大きな投資をし、市場を取るというパターンが多い。それぞれの国の強みを考慮した連携と対応が必要ではないか。

米国は、基礎研究、材料開発、材料探索などが強い。また、ベンチャーに代表されるように、新しいマーケットを作っていくところが強い。しかし、その中間のところは必ずしも強くない。そこは日本の強いところだろう。日本は、いかに米国の発明を活用するかという点を忘れてはいけない。基礎研究分野における米国との連携はより重要になっていく。

下流の生産のところでは、それまでほとんど参画していない韓国メーカーが大規模な投資をして市場を取っていくというパターンがある。グローバル競争なので、長期的に見て全て日本で抱え込む必要はないと思うが、やはりある程度市場が作られるまでは、生産技術の流出を防止する施策が必要だろう。例えばバッテリーでは、重要な組み立てや電極を作るような設備は、地方の中小企業が良い技術を持っていても、仮に経営が苦しくなり、海外に高く買ってもらえるとなれば、当然外に出ていくことになる。そこを、ある程度の市場が形成されるまでは、支援をするような仕組みが要るのではないか。また、事業化、あるいは市場を広げていくためのサポートとして、生産に対する大規模な投資を国として考えたほうがよいのではないか。

マーケットの拡大が大切である。自動車用バッテリーでは、EVの台数が増えることである。スマートコミュニティにおいてはEVの蓄電機能が非常に有効であり、それを日本の中で広げていくことが、マーケッ

トを広げるアプローチとして有望である。

最後に要約すると次の四つである。企業のイニシアチブによるプロジェクトをやっていくべきではないか。生産の段階における大規模投資と、一定期間の技術流出防止が要るのではないか。マーケットの創造と拡大のために、「官」でやるべきことがあるのではないか。得意領域に応じたクロスボーダーの産官学連携を考えていくべきではないか。米国の基礎研究とうまく連携し、日本で製品化し、最後は例えば中国で生産するというような発想が必要である。

志賀俊之 副委員長

(日産自動車 取締役最高執行責任者)より

経済同友会が2012年2月に出した提言では、国がもっと科学技術イノベーションの司令塔としてやるべきだということを言っている。政府にも、「一本足打法から八ヶ岳」という医療、バイオなどいろいろなところにこれから重点的に成長を求めていこうという方針がある。実際に国際競争の中で勝ち、そして市場を作って日本の雇用にも結び付けていこうというシナリオを書こうとすると、相当上流段階から全体的にボーダレスでやっていく必要があるだろうというのが今日の講演の趣旨である。

例えばiPS細胞による再生医療などサイエンスの世界では、科学者、大学の先生にお金配分されている。これをiPS細胞による再生医療に取り組む企業を1社に決め、その下で大学や研究機関が連携するという形にできるか。その時、日本だけでなく、海外の科学者が連携する必要があるかもしれない。具体的に市場に結び付くような形で国がサポートしていかないと、先ほどのNEDOの例にあったように、全体の予算を多くの学者で分け、一人数百万円ずつになってしまう。結果として産業振興、あるいは国民のためになるようなお金の使われ方になっていないのではないか。

新しい産業をリードする企業を1社決め、そこに国の予算を投じるようなことが本当にできるかどうか、今回一つ提案したいことである。

以上

【事例3】デュポン

「デュポンにおける“イノベーション” - コラボレーションによる革新とは」

講師：トーマス・M・コネリー 氏 米国デュポン社 首席副社長兼チーフ・イノベーション・オフィサー

講演日：2012年12月18日 科学技術・イノベーション委員会 第4回会合（役職は講演当日のもの）

デュポンの歴史

デュポンは、1802年にフランスからの移民が創業した米国ベースの会社である。最初の100年は爆発物や火薬を中心に事業をしていた。20世紀に入ると、事業内容を化学やマテリアルサイエンスへと移行していった。今世紀はデュポンにとって第三の世紀である。現在、ライフサイエンスが目覚ましい発展を遂げていることに着目し、ここでイノベーションを続けるならば、さまざまなビジネスチャンスが到来するだろうと考え、従来の化学、マテリアルサイエンスに加え、ライフサイエンス分野のさまざまな機会を探求することになった。

ライフサイエンスは、一般的には人々の健康促進のための領域と思われるようだが、デュポンは農業や産業用のバイオサイエンス、アプリケーションに力を入れている。ただし、人々の健康のための栄養材料も提供している。

デュポンのミッション

デュポンのミッションは、「株主および社会に対し、価値を提供しつつ、環境への負荷を減らしながら、持続可能な成長をとげること」である。化学産業に200年余り従事し、1か所に企業活動を集中させることで、環境に対してさまざまな影響を与えてきたのは事実である。今後は、株主や社会に対する価値を高めていくのにあたり、環境への負荷を十分に考慮し、その負荷を減らしながら事業活動をやっていくということを志とする。事業活動の環境に対する影響については、大気汚染や水をはじめ、広くいろいろな要素を配慮している。生産活動による廃棄物、製品のパッケージング、消費エネルギーなど、デュポンの製品が最終用途としてエンドユーザーに渡る過程での総合的な環境負荷を常に留意している。

デュポンの事業活動

2011年のデュポン全体の売上高は380億米ドルだ

った。デュポンの事業は八つの領域に分かれている。

栄養・健康事業では、食品のさまざまな要素や部材を提供している。大豆タンパクでは世界最大のメーカーである。乳化剤、ヨーグルト、チーズに使われる材料も提供している。

農業事業は、事業の中では比較的大きな部門である。根類、大豆、綿、コメなど各種作物の種子や、農薬、除草剤、殺虫剤なども提供している。

電子・情報事業では、例えば半導体産業への化学製品や、太陽光発電、基板、半導体実装に使われるものなどを提供している。

高機能化学事業では、二酸化チタンの世界最大のメーカーである。

産業用バイオサイエンス事業では、酵素、バイオ燃料、バイオマテリアルなどを扱っている。

安全・防護事業では、代表的な商品として「ケブラー[®]」、「ノーマックス[®]」、「タイベック[®]」などがある。また、安全に関するコンサルティングサービスを事業会社等に提供している。SO_x（硫黄酸化物）、NO_x（窒素酸化物）などを除去するクリーンテクノロジーも提供している。

高機能材料事業では、代表的なものとしてポリマーやプラスチック樹脂があり、自動車などの産業用途に提供している。「ザイテル[®]」などのパッケージング材料などもこの分野に入る。

高機能塗料事業は、デュポン本体からスピノフした。ただし、この事業は非常に内容の良い事業であり、専ら自動車産業向けに塗料、仕上げ用材料を提供しており、この分野で業界のリーダーである。なぜ今回切り離すことになったのか。事業成績が不振だったからではない。この分野のデュポンにおける技術革新が以前ほど急速に進まなくなり、他社製品に比べた差別化が今後なかなかできなくなるだろうという認識である。差別化して新しい技術革新を起こそうという特段の戦略をいま持っておらず、デュポン戦略との関連性の度合

が減ってきたので、あえて切り離すことにした。

デュポンのビジョン

デュポンのビジョンは、「世界で最もダイナミックなサイエンスカンパニーとなり、世界中の人々の生活をより良く、安全で、健康にする上で欠かせない持続可能なソリューションを創出すること」である。このような考え方が今回の高性能塗料事業の切り離しにもつながっている。デュポンはダイナミックなサイエンスカンパニーとして、新しい革新を起こしていくことを使命としている。サイエンスを極めて広い視野で捉え、革新を起こし、サイエンス力を高めることによって、事業を行おうとしている。

デュポンの成長戦略

デュポンの成長戦略は三本柱である。この三つの分野でイノベーションを起こしていこうと考えている。

一つ目は先端素材分野であり、これはデュポンが従来から力を入れ、築きあげてきた分野である。化学、ポリマー、電子、太陽光発電などがこの分野に入る。

二つ目は農業・栄養分野であり、10～15年前から手掛けてきた比較的新しい分野である。種子（従来の伝統的な種子、遺伝子的に新しい形質を与えたような種子）農薬など農業用化学製品、特別な食品のためのさまざまな材料などがこの分野に入る。

三つ目は産業用のバイオサイエンス分野であり、ここ5～10年で育ててきた最も新しい分野である。酵素、バイオ由来のさまざまな素材、燃料などもこの分野に入っている。

デュポンの独自性：Integrated Science

デュポンは32のコアテクノロジーを定めている。化学、素材、無機、有機、ポリマー、触媒など従来からのものと、ライフサイエンス、ゲノム科学、生命情報科学、農学など比較的新しい領域がある。イノベーションは単独ではなく、これらさまざまな領域の接点で起こると考えている。異なった科学の領域をつなげ、統合していくことにより、全く斬新な、予想外の、新しい発展があるだろうと考えている。

デュポンは、社外のプレーヤーとパートナーを組み

ながらイノベーションを起こしていくことが大変重要と考えている。一般的にはオープンイノベーションと表現するようだが、デュポンは“*Inclusive Innovation*（包括的イノベーション）”という表現を使っている。この時代はもはやどのような組織であっても、単独では巨大なイノベーションを起こせるものではない。

OLED（有機LED）

一つの事例が有機LEDである。有機LEDは非常に薄く、電力消費量も少なく、色が鮮やかでコントラストが強く、高解像度である。また、コスト面では液晶と遜色なく、液晶以下で実現できる場合もある。

デュポンはさまざまな有機LED用の材料を開発している。例えば、正孔注入層、電子注入層、バッファ層などのさまざまな技術を組み合わせることで一つのものを作り上げている。また、日本の企業と協力して、有機LED材料をディスプレイ基板上に実装するためのノズルプリンティング技術を開発している。デュポンが持つコアテクノロジーを組み合わせることにより、有機LEDを実現している。

バイオテクノロジーの可能性

EPAやDHAなどのオメガ3脂肪酸は人体にとって必須の栄養素である。従来は魚粉からオメガ3脂肪酸をとっていたが、デュポンはクローン技術を使い、イースト菌の酵母からオメガ3脂肪酸を抽出する新しい技術を開発し、生産することが可能になった。

漁業、養殖でもこの技術が使われるようになっていく。世界有数のサケの養殖業者アクアチリ社と連携して商業化を図り、「*VERLASSO*」というブランド名で既に米国の市場では養殖されたサケが出回っている。天然ものと従来の養殖ものの中間の価格帯で販売されており、市場の評価も非常に高い。これにより自然にやさしい、持続可能なサケの養殖が可能になると考えている。

サステナビリティとはビジネスチャンスである

サステナビリティ（持続可能性）とはまさにビジネスチャンスであり、新しい事業を起こす源泉になり得ると考えている。デュポンが考えるサステナビリティは、製品そのものの向上、プロセスの向上、環境負荷の削減である。サステナビリティを実現することによ

って、お客様にとって今まで以上にもしろい特性を持った商品が提供できるものと考えている。

新商品の提供にあたって大事な要素は、コスト、パフォーマンス、そしてサステナビリティだろうと思う。あくまで私が米国市場を見た経験に基づくものだが、米国消費者の考え方を見ていると、もちろん適正価格でなければいけない。また、従来品あるいは代替品と遜色のないパフォーマンスを示さなければいけない。この二つの要件が整うと、サステナビリティが非常に大きな判断材料、決定要素になる。

メガトレンド 市場機会

デュポンは、メガトレンドとして世界的にどのような潮流があるかを絶えず見極め、その中から新しいビジネスチャンスをつかもうと考えている。デュポンの持つさまざまな科学力を応用し、事業につなげるため、次の三つのメガトレンドを捉えている。

食糧の増産：どんどん人口が増えており、2050年までには今よりも50%多い食糧が必要だと言われている。

化石燃料依存からの脱却：太陽光発電、燃料電池のための材料の開発がこの領域にあたる。さらに、建物のエネルギー効率を高めるための技術、自動車の重量をより軽くする技術、電気自動車やハイブリッドカーに使われるさまざまな材料の開発、バイオ燃料、バイオ素材などがある。

安全な暮らしを守る：人の生命、暮らしを守っていくための高機能製品がこの領域にあたる。「ケブラー[®]」_{JK}、「ノーマックス[®]」が代表例だが、それに加え、環境を守るさまざまな技術を開発している。

デュポンの太陽光発電向けソリューション

デュポンは、太陽電池に使われる多結晶シリコンやガラス板は実際には生産していないが、それ以外に必要なさまざまな素材、部材を作っている。電極材料「ソーラメット[®]」_{JK}、バックシートやフロントシート用フィルム「テドラー[®]」_{JK}、封止材「エルボックス[®]」_{JK}、高機能樹脂「ザイテル[®]」などが使われている。

デュポンは材料の分野で革新を続けることで、デバイスがより高効率、より低コスト、より長寿命となるような技術を提供していきたいと考え、この太陽光発

電向けソリューションにもさまざまな側面から参入している。

Bio-PDO 事業

Bio-PDO 事業は、砂糖を使った発酵技術である。高機能ポリマー「ソロナ[®]」などを提供している。これまでの石油由来のポリマーに代わるものである。米国には年間生産量5万トンの世界最大級の Bio-PDO 生産工場がある。

Bio-PDO をベースとした新材料「ソロナ[®]」ポリマーは、化学名はポリトリメチレンテレフタレートであり、ポリエステル樹脂のいとこのようなものである。ソロナにはさまざまな用途があり、特に北米では住宅用の床材、カーペットに使われている。また、衣類や自動車の内装などにも使われている。

サステナブルな新冷媒

自動車用のエアコンに使われる新しい冷媒を開発中である。冷媒の領域では、デュポンでは以前から CFC（クロロフルオロカーボン）に代わる HFC（ハイドロフルオロカーボン）というオゾン層を破壊しない冷媒を開発したが、温暖化では影響が出てしまうものであった。今開発中の「HFO-1234yf-A」は、オゾン層の破壊も温暖化効果もない自動車用の冷媒である。2013年から欧州で実際に使われる予定である。

デュポンが可能にするバイオ燃料産業の成長

次世代に向けて二つのバイオ燃料事業を進めている。一つはセルロース系エタノールであり、穀類などの食糧に使われないバイオマスを使って燃料を作ろうとする試みである。もう一つはバイオブタノールであり、従来のエタノールよりもエネルギー密度が高い。エタノールに代わるものとして現在開発中である。

セルロース系エタノールについては、テネシー州のパイロットプラントで3年間実証を続けてきた。それを受けて、新たに商業ベースの工場を着工したと11月末に発表した。アイオワ州に建設され、2014年末には本格稼働する予定である。この工場は、まずはトウモロコシの残さをセルロース系原料として使うが、将来的には、小麦やコメの稲わらなど食糧に適さない部分、ソーガム、スイッチグラスなどを原料として使うこともできる。また、森の中にはさまざまな使われな

いセルロースがあり、それらも将来的には使えるようになると考えている。

英国 BP 社と提携してバイオブタノールの実証工場を作った。従来のエタノールと比べてバイオブタノールは多くの優れた点を有している。エネルギー密度が高く、蒸気圧も改善される。この工場で生産されたバイオブタノールは、ロンドンオリンピックの期間中にオリンピックのさまざまな支援車両に使われた。1年後には商業ベースでの生産が可能になると考えている。

新興市場ニーズへの対応

先進国向けだけでなく、途上国向けのものもたくさん開発をしている。一つの例として、「エルバロイ R」という商品は道路の舗装、アスファルトの改良のために使われる。インド向けのものであり、これにより道路の寿命が長くなる。

デュポンのイノベーション

デュポンはイノベーションをどのように定義しているか。その尺度を紹介したい。デュポンは毎年 1,400 以上の新商品を作っている。デュポンでは、全商品のポートフォリオの中で新商品が占める割合が一定レベルを超えなければならないと考えており、収入ベースで 30%は過去 4 年以内に新しく上市した商品で占めることを一つの尺度としている。

また、研究開発のグローバル化を心掛けている。20年前は研究開発の 90%が米国内でなされていたが、現在は米国外での研究開発が 40%であり、先進国にも途上国にも広がっている。

顧客企業と市場ニーズにデュポン総力をあげて対応する仕組みとして、「デュポンイノベーションセンター」を創設した。この構想の原型は、日本法人の天羽稔社長(当時)が強力に推進して 2005 年 11 月に名古屋に生まれた。5 年間成功を重ねた日本発のイノベーションセンターというモデルを世界中の拠点に適用していった。2011 年には台湾、韓国、インド、タイ、2012 年にはブラジル、メキシコ、米国、ロシアにイノベーションセンターを開設した。2013 年以降もさまざまな拠点にこのようなイノベーションセンターを作っていく予定である。

イノベーションセンター自体はいわゆるラボラトリー(研究所)ではない。デュポンの世界中のラボラト

リーに散らばっている科学者、研究者とお客様とを結び付ける拠点がこのイノベーションセンターである。ここにはさまざまな商品展示があり、さまざまなアプリケーションを紹介し、お客様に実際にそれを見てもらい、手にしてもらうことにより、お客様と私どもがいろいろな話をできるようにしている。テレビ会議ができる設備も備えており、お客様にここに来てもらい、デュポンの商品、アプリケーションを見てもらい、世界中から最もふさわしい科学者、研究者と実際に話をしてもらう。このようにイノベーションセンターを、デュポンの世界中のラボラトリーネットワークへの一種のゲートウェイとして考えている。

サイエンスを原動力としたイノベーション

最後に、イノベーションに対するデュポンの考え方を述べる。発明はラボラトリーで誕生するが、イノベーションは市場でしか起こらない。新しい技術であっても、価値を生み出してはじめてイノベーションになる。つまり市場主導型のイノベーションであり、まず市場ありきということを中心掛けている。そしてイノベーションこそがデュポンをして他と差別化できる、さらには競争優位に立てる力の源泉であると考えている。

しかし、イノベーションはイノベーションであるがゆえに、その結果は多くの不確実性を秘めている。だからこそ非常に構造立ったアプローチが必要である。それを管理するマネジメントプロセスも大事であり、メトリクスにより常にそれをモニターし、測り、そしてフォローするような体制が必要であると考えている。どのようなメトリクスが必要かについては、またの機会としたい。

以上

【事例4】日本電気

「NECのスマートエネルギー事業とイノベーション」

講師：安井 潤司 氏 日本電気 取締役執行役員副社長

講演日：2012年12月25日 科学技術・イノベーション委員会 第5回会合（役職は講演当日のもの）

はじめに

委員長から「はやぶさ」という話もあったが、もう既にいろいろな宣伝がされており、また、この領域は非常に範囲が限定されているので、あえてスマートエネルギー事業というテーマにした。この事業は、まだNECのキャッシュカウ（稼ぎ頭）には育っていない事業であるが、イノベーションの要素が非常に強く、議論するには良いテーマだと思う。

1. NECについて

創立は1899年、今年で113年になった。現在、連結売上高3兆円、従業員10万人の会社である。事業領域として、ITサービス事業は、それを支えるプラットフォーム事業と一体となって行っている。キャリアネットワーク事業は、キャリア向けの装置やシステムを納めている。社会インフラ事業は、宇宙、防衛、公共関係の事業を行っている。これらが現在の収益の三本柱である。これに加え、第4の柱としてスマートエネルギーを位置付けているところである。

グローバル研究開発体制については、NECは今、日本を含め北米、中国、欧州という四極での研究体制になっている。北米研究所は、エネルギーマネジメント関係や、ベンチャー企業の技術リソースを発掘する役割も担っている。米国ではスタンフォード大学との連携、英国ではインペリアル大学との連携をしている。2012年度のおおよその活動比率は、日本が6割、海外が社外連携を含め4割である。5年後の2017年には、海外の活動比率を5割にしたいと考えている。

NECの六つの主要なR&D強化領域の一つとしてスマートエネルギーを入れている。また各領域は、ビジネス直結のR&Dと新事業創出のR&Dという二つに区分けをしており、ほぼ50:50の配分である。

現事業への活用では、リチウムイオン二次電池技術をコアに、スマートエネルギー事業の立ち上げを行っている。また、新事業の領域では、安全で安価な蓄電池を含めた統合エネルギーマネジメントシステムとし

て、エネルギーコストの低減に寄与することを目指して活動している。

NECグループは1899年からさまざまな革新をしてきた。1977年に打ち出したC&C（通信とコンピュータの融合）という考え方が今、開花してきており、NECがイノベーションを実践する会社だという自負を持っている。

残念ながらこの10年は事業変化の対応に遅れ、負の遺産の処置に時間とリソースをかけざるを得ない状況だった。そのような中で業績の低迷を打破していくために、NECグループビジョン2017を制定し、C&C宣言から40周年にこれを花咲かせようということを進めている。“To be a leading global company leveraging the power of innovation”ということで、イノベーションの力によってグローバルなリーディングカンパニーを目指している。また、NECグループバリューの中には、行動の原動力として「イノベーションへの情熱」を掲げている。

2. NECのスマートエネルギー事業

2-1. 蓄電池事業の立ち上げ

電池事業は、かつてNECを代表する事業だったパソコンや携帯電話などの端末事業を推進する中で生まれたものである。電池事業は1980年、当時の関本社長が情報端末の小型化を見越し、カナダのモリエナジー社を日本の商社や電池メーカーと共同で買収したことによって始まった。背景には、真空管、希少金属、無機・有機材料などの研究があり、それが蓄電池事業につながっている。イノベーションとは、新しいものが突然生まれるものではなく、長年の事業運営の中で培われ、継承されたアセットをベースとして、時代のニーズに合わせてビジネスに仕立て上げられるものだと我々は考えている。

携帯電話や情報端末用の蓄電池は、その後大容量に変わってきた。ラミネート型の電池が商品化され、最初に電動自転車に使われた。これをベースに自動車向

け電池開発を始めるが、NEC 単独での開発は無理なので日産自動車との共同研究により実現した。そのようなノウハウを含め、ネットワークやパワーマネジメント技術などを活用して蓄電システムの応用を進めたのが、このスマートエネルギー事業である。

蓄電池の種類には、鉛、ニッケル水素、リチウムイオンなど様々なものがあるが、リチウムイオンの利点は小型で大容量が得られるということである。一方でリチウムは、水と反応すると発火や爆発の可能性があるというデメリットもある。NEC が正極にマンガン系を採用した理由は、スピネル構造であり過充電しても非常に安定しているからである。安全性は高いが容量が得られないという点を、材料の研究開発の中で克服して今に至っている。現在、日産自動車の電気自動車「リーフ」に搭載している蓄電池は360V、24kWhである。これはノートパソコンの300台分、スマートフォンの1万台分の電力をまかなえる大容量である。

2 - 2 . スマートエネルギーの背景

(エネルギーに対するニーズの変化)

エネルギー問題は、社会・経済のメインイシューになっている。先進国では、環境問題により再生可能エネルギーの拡大が求められ、新興国では、人口や所得の増加によるエネルギー不足が深刻化している。

米国の送電網はしっかりと整備され、電力ネットワークの先進国だったが、拡大する電力需要の脆弱性は依然から指摘されていた。2000年から2003年に相次いで起きた大停電は、電力網の抜本的見直しを後押しするきっかけとなった。スマートエネルギーに関するレポート「Grid2030」が発表され、新しいスマートな電力網と、要素技術、ロードマップなどが示された。さらに、2007年のエネルギー自立・安全保障法でスマートグリッドの研究開発が法制化され、2009年の米国再生・再投資法がそれを加速した。

一方日本でも、CO2 排出削減目標の視点からスマートエネルギーやクリーンエネルギーに注目が集まっていたが、電力業界の対応は必ずしも前向きではなかった。しかし、2011年3月の東日本大震災で原発事故が発生したことで、電力エネルギー政策が大きく見直されることになった。もともと日本の電力価格は、他国と比較して非常に高水準であったが、さらなる高騰が見込まれる。ロシアは、サハリンを経由した直流送電

による対日電力輸出を提案しているが、このように外国のほうが日本のエネルギー危機を見越している状況ではないだろうか。

なぜ NEC がスマートエネルギー事業なのか。世界経済の構造変化、インフラ面でのエネルギー政策見直し機運、ネットワークとコンピュータの連携の進展によるアーキテクチャや価値創造の仕組みの変化があり、これらをコントロールするという領域は NEC にとってチャンスがあるのではないかと、イノベーションを起こせるのではないかと考えている。

2 - 3 . NEC のスマートエネルギー事業

NEC は、スマートエネルギー事業というイノベーションを具体的にどのように実現しようとしているのか。さまざまな素材から出てきたコンポーネント事業をベースとして、エネルギーの自律・分散・多様化を支えるための ICT で差別化したシステム・サービスを提供していきたいと考えている。

電極事業は、量産効果と車載品質が強みである。車に搭載した電池が火災にならないように、大変厳しい評価をしている。NEC は、電極の品質を高め、かつ歩留まりを99%に近づける技術を持っており、それを他社にも水平展開し、スケールメリット獲得により圧倒的なコスト優位性を維持しようとしている。

蓄電システム事業は、蓄電池の競争優位性を生かしながら、パートナーと共に市場開拓をしている。横浜スマートシティプロジェクト (YSCP) など国の実証実験の成果をベースに事業化を加速している。1MWh ~ 150MWh 規模の配電・変電所に入るような系統用システムから、通信基地局、ビル、商業施設、事務所・家庭用の小型の需要家用システムまでである。日本では震災を契機に需要が増え、また電力不足のインド等での引き合いも非常に強い。

エネルギーマネジメントシステム事業は、家庭用のものは HEMS と呼ばれ、ハウスメーカーと共同で家全体の電力の見える化や最適制御を行うシステムを製品化した。ECHONET Lite 規格 (スマートハウス向け制御プロトコルなどの国際標準) にも準拠し、補助金対象機器に認定され、スマートメーターなど今後普及が見込まれる各種エネルギー機器との接続性が担保されている。NEC の特長は、これらの機器の中にネットワーク機能を入れ、エネルギーの状態を常に監視

できるような仕掛けを作っているところである。

EV（電気自動車）・PHV（プラグインハイブリッド自動車）充電インフラには、課金という問題があるが、POS（販売時点情報管理）や自動販売機で培った電子マネーの技術、認証決済機能のアセットを活用しながら、クラウドと融合したEV・PHV用充電サービスを提供している。2020年以降の本格的な普及を視野に入れ、現在先行事業として展開している。

世界各地域におけるパートナーや政府系の実証実験を活用して市場参入をしている。欧州では、イタリアの大手電力会社 ENEL と組み、スマートグリッドの実証実験をしている。アジアでは、インドネシアのインフラシステムやインドの携帯電話基地局用蓄電池の導入可能性の検討などを実施している。日本では、EV・ハイブリッド車用の電極、オリックスとの連携による蓄電池エネルギーの管理制御、積水化学工業との連携による家庭用蓄電・HEMS などを実施している。北米では、EPRI（米国電力研究所）との系統向け実証実験、NEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）とのニューメキシコ州実証実験をしている。ブラジルでは、スマートシティ開発プロジェクトに参画している。

エコシステム形成に向けた協業と共創については、デバイスからシステムまで、つまり蓄電池電極から蓄電池モジュール、蓄電システム、HEMS までの各レイヤーでパートナーとエコシステムを組みながら広げていこうとしている。

2 - 4 . 政府との連携

YSCP（横浜スマートシティプロジェクト）では、HEMS（Home Energy Management System）、BEMS（Building Energy Management System）、CEMS（Community Energy Management System）と蓄電池 SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition）という監視システムが連携し、大規模な既成市街地を舞台にしたエネルギーマネジメントの開発・導入の実証実験を行っている。NEC は、需給調整用蓄電池、次世代サービスステーション向け蓄電システム、次世代型 BEMS を実施している。

国の補助金の例として、NEC の家庭用リチウムイオン電池は、経済産業省の「定置用リチウムイオン蓄電池導入促進対策事業費補助金」の対象に選定された。

電力供給対策、電力の合理化の一環として、蓄電システムの一般家庭や法人への導入を促進しようというものである。

NEC の小型蓄電システムには六つの特長がある。

電池から筐体までのシステム全体を一貫生産して品質を確保している。

集中豪雨や台風にも耐え得る防水、防塵機能を標準装備している。

電池の発火や近隣の住宅からの火災にも耐え得る耐火性を持たせている。

ネットワークを利用した遠隔監視サービスにより、障害時にも迅速にサポートする機能を持たせている。

電力料金の変更などにソフトウェアで対応できるようにしている。

電池を EV と共用し、量産効果によるコストダウンを図ろうとしている。

2 - 5 . アカデミアとの連携

新たな電力システムに向け、ICT と蓄電池を活用し、必要な電力を効率的に作り、貯め、送り届けることを可能にした「デジタルグリッド」に注目し、研究開発を加速している。産学連携で「デジタルグリッドコンソーシアム」を立ち上げ、新たなエコシステムを共同で構築するために動いている。

デジタルグリッド構想は、コンセプトが大きく二つある。一つ目は、アナログの電力をデジタルに変換するという発想である。音声はアナログ信号だが、それをデジタル化して利便性が飛躍的に拡大したのと同様に、電力もデジタル化することで、従来考えられなかった柔軟なコントロール、いわゆる系統コントロールができるようになる。電力を識別して発電した場所や種類が分かるようになり、電力を情報と同じように流通させようとしているのがこの構想である。

二つ目は、分散自律型の電力系統が互いに非同期に連携し、電力を融通し合うという発想である。従来の巨大な電力系統は、同期をとるのが非常に大変で、同期をとるためのさまざまなロケットコントロールがあった。このデジタルグリッドでは、電力系統を細分化し、それぞれの中でコントロールができるようになる。

次世代のスマートエネルギーに関し、新しいパラダイムの検討とその展開を、人材育成を含めて行う講座

を設置している。この発案者は、デジタルグリッドを
発案した東京大学の阿部力也特任教授であり、東京大
学の総長直轄プロジェクトに寄付講座を作り、人材育
成、研究の育成、新しいエネルギー産業の立ち上げを
目指している。

2-6.NECが目指すもの

スマートエネルギー事業は、中長期的には二つのフ
ェーズで進化すると考えている。はじめは需要家イン
フラのスマート化であり、これが進展して新エネルギ
ーサービス市場が開花するだろう。これらが実現され
る上で、料金制度、発送電分離、送配電事業の自由化な
どの電力システムに関わる制度・規制改革の議論が出
てくるだろう。

NEC はスマートエネルギー事業を新しい柱にし、
するために「スマートエネルギー事業本部」を立ち上
げ、ここにメンバーを集めた。

NEC が目指すものをまとめると、一つは企業内ア
セットの蓄積・融合・再結合であり、これに外部パー
トナーとのエコシステムの形成を加えることで、エネ
ルギー分野における先端技術の高度化、エネルギー分
野における新しいビジネスモデルと産業の創造を目指
す。それにより、国際競争力のある新産業の創出とグ
ローバルな新市場の開拓をし、地球規模での資源・エ
ネルギー問題の解決に貢献をしたい。

3.イノベーションの強化に向けて イノベーション強化に向けた課題

これまでのコマツ、日産自動車、デュポン各社の事
例を踏まえ、特にわが国におけるイノベーション強化
に向けた課題として、ここに六つ挙げたい。

- 良好な国際競争環境の整備
- グローバルに産官学がつながるエコシステム形成
- 新しい価値創造に向けた情報活用の促進
- 新産業創出に向けた制度・規制への対応
- 出口戦略としての研究開発活動に対する支援
- イノベーション人材の育成・確保

日本の製造業が置かれた立場：「六重苦」

日本の製造業が置かれた立場は六重苦であり、日本
の産業が国際競争を続ける上での重要な環境整備とし
て、少なくともイコール・フットイングまで持ってい

かないとなかなか難しいだろう。新興国の対応は、資
本主義経済や自由主義経済に大きな構造変化をもたら
している。新興国は先進国をキャッチアップすべく、
国が中心となってさまざまな策を打っている。例えば
中国では、輸出産業における政府系銀行のファイナン
スは、日本では考えられない規模であり、今の日本が
遅れをとっているのは事実である。国対国の競争で負
けている状況である。

製造業のグローバル競争に対する必要な備えにつ
いては、世界経済フォーラムがまとめた「Future of
Manufacturing」の内容をここに出している。人材の
ミスマッチが起きており、イノベーション力を有する
優秀な人材が不足しているのが実態である。このよう
な人材をどのように育成していくかというのが一つあ
る。また、公共政策を戦略的に利用するという事も
出ていた。単なる補助金や単なる振興策ではなく、国
家間の競争の中でイノベーションを勝ち取るため、公
共政策をいかに戦略的にするかというのが国の大きな
役割の一つだと思っている。

技術の変化と情報の活用

イノベーションのベースとなる技術シーズについて、
大きな変化が現れている。木村英紀 東京大学名誉教授、
科学技術振興機構上席フェローの話では、「もの」から
「コト」、「要素」から「システム」、「ハード」から「ソ
フト」という変化であり、「ものづくり」から「コトお
こし」へのカギとして、情報の活用が重要になってき
ている。

2050年に直面する世界的課題

2050年には、世界の人口が90億人に達し、エネル
ギー需要は1.8倍、食糧需要は1.7倍、水需要は1.6
倍、温室効果ガスは1.5倍になる。このような課題解
決に貢献しなければいけないだろう。ICTによるスマ
ートな社会インフラの実現が必須だろうと考えている。

情報活用が新たな価値を創出

最近よく話題になるビッグデータは、新しい価値を
実現するための手段だと思っている。ビッグデータの
活用が期待されている交通、防災、流通、医療、エネ
ルギー、環境、製造、農業などの分野には、さまざま
な既得権や規制があると考えている。オープンデータ

の考え方がようやく議論されるようになってきたが、国や自治体の公共データを活用することには、まだまだ多くの規制がある。国が持っているデータの90%以上は活用されておらず、規制や制度面でのイノベーションを考えなければいけないだろう。

技術シーズの獲得手法の多様化

イノベーションのシーズとしてのR & D (Research & Development) の活動について、自前でのR & Dは重要だが、一方でオープンイノベーションと言われるようなコスト削減やスピード優先の考え方が台頭してきているのも事実である。研究開発部門を持ちながらも、シーズを外部から調達するA & D (Acquisition & Development) を強化し、成長を加速している企業も少なくない。これはススコの手法である。また、サムスンのように、ほとんど全ての日本の論文を見て、その中の優秀な人材を採用するR & D (Recruitment & Development) を行っているところもある。このようなことを捉えながら戦略的なマネジメントをしていくべきだろう。

企業の研究開発は中長期視点に限界

企業の研究開発は、どうしても目先の競争に関する領域に滞りがちなところがある。経済産業省の「産業構造審議会 産業技術分科会・研究開発小委員会報告書」(平成24年4月)によると、企業側の研究開発の約9割が短期的な活動という指摘もある。このようなところを打破していかなければいけない。NECでは、冒頭に掲げるように、短期的な研究開発と中期的な研究開発のバランスをとるようにしているが、事業部門での開発を含めると、おそらくこれに近い状況になるだろう。このようにイノベーションの出口となる企業において、中長期的な研究開発は極めて少ない。それが公的機関やアカデミアに任せきりになれば、おそらく死の谷やダーウィンの海といった例えに言われるように、イノベーションの戦略は決して良い結果につながらないだろう。

科学技術予算の配分構造

科学技術予算の配分において、文部科学省の部分が非常に多く、経済産業省から産業界へ出ている部分が非常に少ないというのが実態である。ここ20年の推

移を見ても、大きな配分構造は変わっていない。文科省からアカデミアへ一定規模の支援が必要なことは理解しているが、一方で、出口戦略を担う企業への支援がこの程度でよいのかという疑問が残る。新政権では、このような予算配分を考える司令塔としての総合科学技術会議のあり方を抜本的に見直すということをしているが、国家戦略の視点でもバランスと司令塔が必要だと思っている。

イノベーション人材と大学のあり方

大学のあり方を決して否定しているわけではない。イノベーションの本質は人材であると思っている。国民にイノベーション能力を付与できるかどうかは、広範で妥当な教育を実施できるか、正規の教育を補完する幅広い技能を育成できるかにかかっている。同時に、効率的で現代社会のニーズに合うよう、教育・技能開発制度を改革する必要もある。

大学は、イノベーションに必要な人材を育成し、引き付ける、イノベーション制度にとって極めて重要な拠点である。極端に言えば、大学は教授を作ることも必要だが、それだけではなく、企業、政府などプレイヤー間の橋渡しになる必要がある。また、大学を単なる公共財と見なすのではなく、大学がイノベーションの中で果たす重要な役割を認識すべきである。大学の独立性、競争、卓越性、起業精神、柔軟性の確保をもっと重視する必要がある。以上は経済協力開発機構(OECD)のイノベーション戦略から引用したものが、私も賛同しているところである。

オープンイノベーションということで、研究人材がどのように移動しているか。2007年の企業、公的機関、大学の三つのセクター間での研究者の移動状況を見ると、セクターの間の人材の流動性が非常に低いということが分かる。大学に研究者は集まるが、そこから他へは行っていない。アカデミアの世界に閉じこもってはいは駄目なのではないか。

イノベーション人材に求められる能力

例えば、次世代IT人材に求められる要件として、事業創造能力、共通能力、役割固有能力、基本能力が産業構造審議会の資料に挙げられているが、これはIT人材だけにとどまらず、イノベーション人材に求められる能力である。このようなことをこれから、やる気

や情熱などを含め、国家の教育体系の中で取り組む必要があるだろう。

新興国特有の課題を現地で解決する研究開発

電力不足で困っているインドで NEC のエネルギーマネジメント技術を生かしたいと考え、インドの SRM 大学と連携し、限られた電力を無駄なく活用するソリューションの構築に取り組んでいる。

お客様と新しい価値を創造

NEC の研究所が新しい価値を創造する。研究所は中に閉じこもるのではなく、外に出ていく必要がある。

R & D + M (Marketing):

研究者も実フィールドに出て、潜在ニーズを発掘する活動 (R&D marketing) を行うことが、研究成果をイノベーションにつなげる上で重要になっている。

グローバルオープンイノベーション:

成果の出口を意識した場合に必要なかつ最適なパートナーをグローバルに求め、R & D エコシステムを構築することが重要になっている。この視点から、活動拠点やコラボレーションのあり方を従来のやり方にとらわれず、フレキシブルにかつグローバルな事業を意識して進めている。

お客様との共創:

課題を先進ユーザとの共創で解決することが重要になっている。その成果を横展開することで、社会課題の解決や新たな社会価値創造が可能になる。テクノロジーアウトの思考パターンから脱却して、社会価値最大化に寄与するためには最も重要なポイントとなる。

このようなイノベーションエコシステムが非常に重要になるだろう。

まとめ：イノベーションの要件

企業は、イノベーションの出口としての主導的な役割がある。ヒト・モノ・カネ・技術、ビジネスモデルなど経営資源の重点化、異業種連携の推進、ベンチャー企業の活用、政府との連携、アカデミアとの連携が必要である。

政府は、国対国の競争条件については、イコール・

フッティングまで持っていく必要がある。また、アカデミアと連携した教育改革が必要である。

アカデミアは、イノベーション人材を育成するため、個別分野の専門性、事業創造能力、職業基本能力、中期的な視点による科学技術の先行開発、知識の集約と体系化が必要である。

“Made in Japan”から “Innovated in Japan”へと移り変わらなければならない。

以上

【事例5】三菱化学

「三菱化学における産学官連携に対する考え方と具体例のご紹介」

講師：浦田 尚男 氏 三菱化学 執行役員・経営戦略部門長

講演日：2013年1月30日 科学技術・イノベーション委員会 第6回会合（役職は講演当日のもの）

1. 三菱ケミカルホールディングスの紹介

三菱ケミカルホールディングス (MCHC) グループ

三菱ケミカルホールディングスは、三菱化学、田辺三菱製薬、三菱樹脂、三菱レイヨンの四つの主たる事業会社を傘下に収める純粋持ち株会社である。三菱化学は主に素材、機能商品、ヘルスケアなど、田辺三菱製薬は医療用医薬品、三菱樹脂は合成樹脂加工、無機繊維材料など、三菱レイヨンは化成品、樹脂、炭素繊維、水処理膜などを事業としている。昨年度の実績は、連結売上高が約3.2兆円であった。地球快適化インスティテュートという非常にユニークな機関を持っており、ここも産学官連携の一つのキーとなっている。

主要事業領域

三菱ケミカルホールディングスとしての主要な事業領域は、古くはいわゆるケミカルズ、あるいはポリマーなどの素材を事業としてきたが、機能商品のほうに徐々に広がり、いまは医薬品以外のヘルスケア、診断薬などのヘルスケア領域にも広がっている。

MCHC グループの創造事業

現業に加えて次の世代の事業をどのように育てていくのか。ポートフォリオとして「創造事業」を決めて資源をここに注力し、できるだけ早く事業として主要な収益の柱となるように研究開発を行っている。現在は六つの創造事業として有機太陽電池、有機光半導体、次世代アグリビジネス、サステイナブルリソース、高機能新素材、ヘルスケアソリューションがある。実は少し前には白色LED、リチウムイオン電池材料、機能性コンポジットを創造事業として育て、幸いにしてそれぞれが事業として成長をしてきた。本日はこの六つの創造事業をできるだけ取り上げ、三菱ケミカルホールディングスがどのようにして事業化のアプローチをしているかを紹介したい。

三位一体の経営戦略

研究開発を行う上での基本理念として「三位一体」という言葉を使っている。つまり、事業戦略、R&D戦略、知的財産戦略の三つが一体となって運営されていくということが非常に重要である。以前はとにかくR&Dから出てきたネタをなんとか事業にしようということで、事業化に大変苦労していた。これは素材メーカーの特徴かもしれないが、新しい材料ができて新しい機能が実現されたら、きっと事業になるだろうということで事業化を目指して検討を続ける。しかし研究者にはお客様のニーズを正しく聴き取る能力が残念ながら備わっていなかった。いくら新しい材料を出しても、お客様のニーズにマッチしなければ売れないし事業にはならない。

やはり事業に対してどのようなアプローチで研究開発を行い、さらに事業を強くしていくのか。あるいはR&Dの成果をいかに知的財産にし、排他的な権利を有していくのか。この三つが一体となって運営されていくことが非常に重要であり、8年ほど前からこの三位一体を言い続けている。R&Dは技術を起点に物事を考えがちであり、研究者にもそれなりにプライドがある。しかし技術起点型で物事を考えるのではなく、とにかく事業起点型の三位一体を考えるようにいま意識改革を行っているところである。

2. 産学官連携のモチベーション

世界的な製造業のモジュール化

昨今のものづくりの変化について、もともと「組み合わせ」や「擦り合わせ」というのは東京大学の藤本隆宏教授が提唱したものである。日本のものづくりは、やはり日本人独特の味である擦り合わせ型が非常に強かった。ところが昨今のデジタル化に伴い、擦り合わせ型よりも組み合わせ型のほうが早く安くできるので、擦り合わせ型から組み合わせ型にビジネスがどんどんシフトしてきたと考えている。デジタル化によってモジュール化が起こり、モジュール化のビジネスモデル

へと世界全体がシフトしてきている。

そのような中でいま儲かる製品は何か。同じ業界ではだいたい同じようなものを目指しているのが残念ながら現状ではないだろうか。たとえば化学業界では、LED 電球、リチウムイオン電池の材料、シリコン系太陽電池などに同業種、異業種問わずたくさん入ってきている。三菱化学もその中で事業化を目指しており、他社とどのような差異化をつけ、優位性を出し、このビジネスで勝っていくのが一番大事になってくる。私が担当する経営戦略部門には R & D 戦略室があり、そこでは技術の差異化をもって他社との競争に勝っていこうと考えている。

産学官連携へのモチベーション

いまはどこも技術レベルが非常に高くなり、また技術が細分化し、いろいろな技術の組み合わせが必要になってくるので複雑性がどんどん増してきている。一方で、従来と同じように研究開発は不確実性が高い。10 個のうち 1 個当たったら御の字ではないか。本来はそれではいけないが、それほど確度が高いものではない。そして何よりも以前と比べてスピードがまったく違う。化学業界においては、昔は三番手までに入っていればなんとか勝てたが、いまは二番手でも少し厳しく、三番手ではもう駄目という感じである。技術開発がとにかく早くできればよいということではなく、いかに事業のタイミングにミートできるかということが重要だと思っている。

タイムリーに事業化するためには、自分だけで開発を行うことはリスクが高くなってきている。単一の技術だけで製品を作ることはもはやなかなかできない。したがって三菱化学は「脱・オール自前主義」と言っている。以前は研究者はなんでもできると主張してきたが、そこに時間軸を入れると、「本当にこの時間でできるか」ということになる。研究者は悩むが、可能性を追求する集団なので絶対にノーとは言わない。

「脱・オール自前主義」ではどのような形で、誰と組んだら、タイムリーに事業化できるのかを考える必要がある。その選択肢の一つの候補として産産連携や産学官連携を考えている。やはり誰と組むのが非常に重要だと思う。これには目利きが必要になってくるだろう。

三菱化学は素材や材料を提供して基本的な事業を行

っている。我々にとっては材料が事業の命であり、これがコアになるということである。その材料の作り方（プロセス）はどんどん高度化している。一方でお客様からの要望はとにかく安く良いものということである。したがって自分たちの力だけではなかなかタイムリーに商品を出せないのが、産学あるいは産学官連携を使って材料開発やプロセス開発を行っている。残念ながら材料開発においては同業者の水平連携はなかなかやりにくく、どうしても学官との連携を考える必要がある。

また研究開発が複雑化し、なかなか材料だけでは望むような利益を上げにくくなってきた。三菱化学も、材料にある付加価値を付けてより高い値段で買ってもらうため、いわゆる川下のほうへ事業領域をシフトしてきている。したがって自分たちの持っていないスキルが必要になるので、どうしても異業種との垂直連携が必要になってくる。

産学官連携への期待 ~WIN-WIN の関係構築

産学官連携の期待として、いかに WIN-WIN の関係を構築するかを三つの視点でまとめる。

一つ目は飛躍である。自分たちが持っていない技術や資源を活用することができ、自分たちが持っていない視点での発想やアイデアをもらうことができる。

二つ目は効率化である。開発時間を短縮することができ、研究資源の量的補完ができる。これはお互いに持ち寄せれば、コストは 1 倍で成果が 2 倍、3 倍にもなる。一つの目的を複数で行うのでリスク分散や回避ができる。とくに新しい技術の開発はなかなか自分たちではできないが、これを大学に委託をして種を見つけてもらうことも可能になる。

三つ目は組織的な情報収集が可能になるということである。

3. 産産連携の具体例

有機 EL 照明とは

一つ目の例は有機 EL である。LED 照明はいま市場にかなり出回ってきているが、有機 EL 照明はまだ市場には出ていない。LED 照明は点照明であるが、有機 EL 照明は面で照らす形である。有機 EL 照明の特長

は、薄くて軽い、光の質が非常にソフト、直接目に入れても眩しくない、発光しても熱くならない、フレキシブルであり、曲面にも使用することができる。このように既存の照明とはまったく違うカテゴリの照明を提供できる。この有機 EL 照明を三菱化学の得意な技術により達成できるのではないかと考えている。

三菱化学の有機 EL 照明事業展望

ビジネスモデルとしては、三菱化学は材料・部材とシステム・有機デバイスを事業にしようと考えている。とりわけ発光する材料を作るのが三菱化学の役割である。しかしこれを光源に仕上げるためには、私たちの力だけでは相当時間がかかってしまうだろう。ここではパネルメーカーと提携し、一緒に開発を行っている。

有機 EL は、ある特定の有機化合物に電圧をかけると光するという原理を使っている。3層程度の構造であり、各層の組み合わせによりさまざまな色を作ることができ、白色の照明に変更することもできる。三菱化学はこの材料をコア技術としている。一つの層の性能がデバイス全体の性能を決めるわけではなく、デバイス設計ノウハウを持つパネルメーカーと共同で、どのような層構成をしたらよいのかを検討をしている。

垂直統合のない場合の開発における問題点

もしパネルメーカーと垂直連携を行わない場合はどうなるか。三菱化学の生業はやはり材料である。それをパネルメーカーに提供し、評価をしてもらい、改良を加えていくことになる。したがって、素材メーカーとパネルメーカーの間には情報の垣根がある。パネルメーカーは彼らなりの素子構造を考えているが、素材メーカーはそれを知ることができず、本当に素子構造に合った材料を提供できているのかどうか分からない。また、パネルの製造プロセスに適した材料を提供できているのかどうか分からない。さらに、材料を提供してから評価が完了するまで相当な時間がかかる。

一方、材料メーカーは材料を提供しているので、パネルメーカーは材料について詳しく知ることができてしまう。そのような技術流出のリスクがあり、なかなか前へ進まないことがある。ただ、この方式は以前は一般的に行われていたようなプロセスであった。

垂直連携による有機 EL パネル開発

この垣根を取り払うためパネルメーカーと垂直連携し、三菱化学は材料開発を行い、パネルメーカーはパネル開発を行う。パネルに仕上げるまでのプロセスは三菱化学とパネルメーカーが共同で開発するという役割分担をした。これにより三菱化学はプロセスに適したインク材料や素子の設計をすることができる。このような垂直連携により、高性能パネルを実現することが可能になる、高生産性プロセスを開発することができる、なにより開発時間を短縮することができる。

垂直連携が事業化開発に及ぼす効果

以下のような効果がいま出てきていると思っている。

有機 EL はまだ事業としてスタートしているわけではないが、垂直連携によってさまざまな制約が払拭され、開発が加速されている。

研究開発の資源は当然双方で負担し合っている。双方のコア技術を尊重しながら事業化開発ができている。

知的財産の獲得の仕方が垂直連携により多様化できる。三菱化学だけならば材料の特許しか獲得できないが、産産連携により非常に的確に特許出願ができ、重厚な知的財産を獲得できる。

まだ市場がないところで、一緒に市場を作るためのマーケティングができる。

なにより出発点で「これを事業にしよう」という両社の合意があり、トップ同士がそれを認識し、目標も共有できている。

二つのまったく異なる事業の開発者同士が議論することにより、別の新しい事業のアイデアが出て、新しいビジネスの芽が出つつある。

次世代化学材料評価技術研究組合 CEREB A

この有機 EL を日本の得意技術にしたいという想いが我々にはあり、経済産業省に働き掛け、有機 EL 材料をはじめとした次世代化学材料評価技術組合を作ってもらった。ここにはいろいろなメーカーが入っているが、最終出口は有機 EL のディスプレイや有機 EL 照明であるので、ディスプレイメーカーや照明メーカーにアドバイザーとして入ってもらっている。解析は産業技術総合研究所（産総研）が担い、一緒に議論し

て評価方法の標準化を試みている。

三菱化学バイオポリマーの位置付け

二つ目の例はバイオポリマーの研究開発である。幸い昨年後半にこの事業をスタートさせることができたので、産産連携のサクセスストーリーになると思う。化学メーカーはいろいろな種類の樹脂やポリマーを扱っているが、これらの原料はすべて石油であり、いわゆる枯渇資源である。我々メーカーとしては、石油の枯渇や CO2 の問題もあり、原料の多様化を考えるようになった。そのため三菱化学は、植物由来原料を使ったポリマーの研究開発を続け、「GS Pla」というポリエステルと「DURABIO」というポリマーを開発した。本日は「DURABIO」の開発について説明したい。

透明樹脂としての DURABIO の特徴

DURABIO は、非常に透明性が高い、耐候性が高い、光学特性が非常に優れているなどの特徴を持っている。従来の透明樹脂であるアクリル樹脂やポリカーボネート樹脂の欠点を補うような非常にバランスのとれた樹脂であるということが分かった。

DURABIO の用途展開事例

現在考えている用途としては、光学特性を利用したフィルム、LED 照明、表面硬度という利点を利用した自動車用材料など、いろいろなところに使えるのではないかと考えている。最初に事業化したのは光学特性を利用した部材である。

バイオポリマー：産産連携の開発事例

DURABIO については、開発初期から特定の光学用途に関する相談を続けていた。その中で一つの良い用途が見つかり、その用途に合わせるためにフィルム化する必要があったので、高精度フィルム製膜メーカーと共同でフィルム化を行い、製品化することができた。

DURABIO は特定用途の需要が非常に高く、三菱化学の新製品として大きな期待の星だと考えている。私は DURABIO が成功した理由を次のように考えている。

製品の開発当初から、用途を限定し、メーカーと相談し、コンセプトを共有することができたこと。技術ロードマップとしてどのような手順が必要か

というプロセスの共有化ができたこと。

良い仲間を見つけることができ、一緒に開発を進められたこと。

4. 産学官連携の具体例

産学官連携の多様な形態

化学メーカーは以前から産学連携を行っていた。とりわけある研究者が特定の大学の先生に研究委託をするような 1 対 1 の対応が非常に長く続いていた。それが、「こういう材料を開発してほしい」という目的を持って国内・国外を問わずいろいろな大学に同じものを委託する絨毯爆撃のような形になってきた。大学側は競争させられているということを知らないが、企業側は鵜飼の鵜匠のように大学の先生方をうまく操り、1 対多の関係を作っている。さらに、企業の複数の部門あるいは複数の企業が一つの大学と連携する包括連携型や、最近では産学官オープンイノベーションという形で、複数の企業、複数の大学が技術組合のようなものに参加するという流れがある。

絨毯爆撃型連携の成果例

三菱化学は、絨毯爆撃型の連携で一つ大きな成果が上がっており、昨年の全国発明表彰において「白色 LED に使用される赤色蛍光体の発明」が特別賞を受賞することができた。これによって三菱化学の LED 照明事業が非常に大きく伸び、大学の先生方に大変感謝しているところである。

産学連携：包括アライアンス

三菱化学では 2000 年代初めから包括アライアンスを行っている。ここでは東京大学などの国立大学、米国の大学、中国の大学などとある目的を持って出口を意識した提携を行い、成果を上げてきている。本日は東大との連携による有機太陽電池の開発について説明したい。

太陽電池の棲み分け

現在の主流は結晶シリコン系の太陽電池であるが、三菱化学はそれとはまったく違うセグメンテーションである有機太陽電池の開発を行っている。シリコン系の太陽電池と有機太陽電池の違いは、軽いこと、フレキシブルであること、印刷性があること、デ

ザイン性が非常に高いこと、フィルム化が可能でいろいろな曲面にも使うことができることである。

太陽電池マーケティング

いまは建材分野や自動車分野に限ってマーケティングを行っているが、残念ながらこのマーケティングはまだ有機太陽電池で行っているわけではなく、同じような特徴を持っているアモルファスシリコンの太陽電池を用いて行っている。たとえば建材分野では目黒駅前のビル上部に太陽電池を取り付けている。また曲面の太陽電池やトラックの屋根の上での発電などのマーケティングを行っている。もう少し時間がかかるかもしれないが、有機太陽電池が開発できれば、ここで明確にしたマーケットを徐々に有機太陽電池で置き換えていこうという戦略を持っている。

戦略的イノベーション創出推進事業：JST

文部科学省傘下のJST(科学技術振興機構)からイノベーション実現のためのお金をもらうことができ、10年間のプロジェクトをスタートさせた。三菱化学と東大と産総研が参加し、それぞれの得意分野を活かした体制づくりを行い、役割を分担して進めてきた。途中経過ではあるが、目標の7%のエネルギー変換効率をクリアし、現在11%を超えるところまで達成した。やはり基礎研究のところから連携体制を確立できたということが、成功につながっているのではないかと考えている。今後は大学中心の基礎研究のステージから企業中心の実用化研究のステージに入っていくが、機構の解明やサイエンスの確立というところにおいては、まだまだ「学」の力が必要であり、この先も一緒に進めていきたいと考えている。

産学連携 成功への教訓

産学連携の成功への教訓をまとめると、

- ・まずはトップの参画と決断が重要である。
- ・また「産」と「学」がビジョンを共有化することである。これはかなり難しいことだが、「この連携の目的は何か」を正しく共有化することが重要である。
- ・さらにお互いに役割を認識し、尊重し合うことが非常に重要である。
- ・一番大変なのは、スピード感を合わせることであ

る。大学の先生方はスピード感がないのが正直なところである。大学の研究と企業の研究とはおそらくスケールが違うので、このスピード感の意識合わせが非常に難しい。

- ・知的財産をどのようにするかも大事である。不実施補償を求めてくることが多く、彼らは成果を上げるとそれが必ず事業になると勘違いしている部分がある。そのような不実施補償についても大学側に理解してもらう必要がある。

5. 産産学官連携の具体例

地球快適化インスティテュート発の国家プロジェクトとして、人工光合成に取り組んでいる。光合成とは、植物が太陽光を浴び、大気中の二酸化炭素と水を使って酸素を出すという仕組みであり、植物がなくなったら人間は生きていけない。そのような仕組みをうまく活用し、二酸化炭素を原料として化学品を作るプロジェクトである。

三つの研究開発テーマがあり、一つ目は水を光触媒で水素と酸素に分解しようとしている。二つ目は水素と酸素が一緒に出てくるので、それを分離するためのプロセスである。酸素は大気中に放出すればよいが、水素は二酸化炭素の還元剤として使い、一酸化炭素と水素を合成触媒を用いて反応させてオレフィンなどの化学品を作ろうとしている。三つ目はその合成触媒の研究である。このプロジェクトは経産省の援助により行われているが、10年というこれまでにない長い期間が設定されている。

6. まとめ

産産連携も産学官連携も同じだが、やはりトップの決断や理解が非常に重要である。産産連携の場合は利益を前提に話しているので比較的合意しやすいと思うが、大学との連携をトップに理解してもらうのに時間がかかることが多い。ビジョン・戦略・目標を正しく共有化すること、ぶれないこと、自分たちの役割をよく理解すること、時間スケールを合わせるということが非常に重要である。社内で理解を得るためには、この連携が社内戦略と整合しているかというのも非常に重要である。以上はスタート時点で大事なことである。

プロセスの中においては、進捗管理をどのように行うかが非常に重要だと思う。長いプロジェクトでは、

いかに研究者のモチベーションを維持するか、あるいは人材を育成していくのかも問題になってくる。

なにより成果の評価が重要である。何をもって成果とするかは大変難しいが、何が成果かが定まっていることが大事である。その成果をいかに知的財産化していくかを事前に決めておかないと、成果が出てきた時に決めようとするとも必ずもめる。したがって、成果がまだまったくないところで取り決めをしておくことが大事である。さらに成果をいかに社内に取り込むか、そして取り込んだ後に次のステージにどのように進んでいくか。ここまで深く考えておかないとなかなかうまくいかない。

三菱化学は、創造事業ということで事業化することを前提にいろいろなところと組んでいる。いくつか成果も上がってきているので、社内の理解度は比較的高く、温かい目で見ているのではないかと。

以上

【事例6】アステラス製薬

「イノベーションを駆使した製薬会社のサバイバル」

講師：安川 健司 氏 アステラス製薬 上席執行役員 経営戦略担当

講演日：2013年3月22日 科学技術・イノベーション委員会 第7回会合（役職は講演当日のもの）

はじめに

製薬会社にとっての価値は、新しい薬を上市することに尽きる。これがなければ製薬会社は生き残れない。薬は、特許の期間中は独占的に販売できるが、特許期間が切れるといわゆるジェネリックメーカーが同じものを作る。特許が切れるのは我々の宿命であり、特許が切れる前までにいかに販売するかであり、また新しい薬を作り続けなければいけない。

1980年代頃までは、日本で研究開発を行い、厚生労働省から承認をとり販売していたが、これをやめて米国、欧州に進出し、一つの薬剤を全世界に販売することを目標にしている。米国の人口は日本の2.5倍であり、欧州はさらに多い。薬価は米国の方が少し高い。また米国で上市すると、同じような書類でカナダ、メキシコ、ブラジルで承認がとれる。欧州でも法規制が整備され、一つの申請書を送ると中央で審査されて各国で承認がとれる。ロシア、中近東も合わせて全部で日本の10倍程度の市場があるので、いまはグローバルで開発を行うことが常識になっている。

世界で開発を行いたいのが、それなりのハードルがある。ある適応症を狙った薬剤を開発するとき、順番として一番手、二番手でなければいけない。20年前までは、三番手、四番手であっても営業マンの数を頼りにした薬が売れたが、いまはそのような世の中ではない。三番手以降であればその前に出た薬の弱点を徹底的に克服できるものに開発に限られる。

基礎研究を始めてから臨床開発を経て各国の厚生当局から承認を得るまでに15~20年の年月がかかる。この期間に数千ものタスクがある。非常に打率の低い産業という特徴の中で、一つ一つのイノベーションをどのように取り込んでいるのかを中心に話したい。

1. アステラス製薬の概要

アステラス製薬は、2005年に山之内製薬と藤沢薬品工業が合併して誕生した。従業員数は全世界で約17,000人、売上高は約1兆円規模の会社である。

両社が合併したとき、お互いに重複する部分がなかった。山之内が泌尿器に強かったのに対し、藤沢は臓器移植後の免疫反応を抑える薬や感染症に強かった。技術面では、山之内が低分子の合成技術に長けていたのに対し、藤沢は発酵技術に長けていた。海外事業では、山之内が欧州に強かったのに対し、藤沢は北米の展開が進んでいた。したがって両社が合併すれば規模の面でもその他でも様々な強みが出るという経営判断だった。

2010年度、世界17位の売上高の製薬会社である。1位のファイザー、2位のノバルティスなど当社の4~6倍の売上規模の会社が多い。一昔前は規模が大きいほど強かったが、そのような時代は終わった。規模が大きい会社は爆発的に売れる薬しか開発しなくなり、良い薬の種があっても市場が小さいと開発できない。大規模化を目指して合併やバイオベンチャーの買収を行ってきた会社であっても、結局は工場・研究所の閉鎖、営業マンのレイオフなど統廃合を繰り返している。

一方、年間500億円程度の研究開発費を注ぎ込めるような規模がなければグローバルな競争という観点で生き残っていけない。一品目、臨床試験まで仕上げるのに300~500億円の費用がかかる。また打率が低いので、常時5~10個の薬をパイプラインに載せていなければ、継続的な上市は望めない。アステラス製薬は売上高1兆円のうち日本が約55%、欧州と米国がそれぞれ20%、アジアで5%という構成である。

2008年のヒット商品だった前立腺肥大治療薬「タムスロシン（商品名：ハルナール）」は、特許切れ前には日本と欧州で各々400~500億円（米国では約20億ドル）の売上高があった。一つ成功すれば利益は大きい。問題は打率が非常に低いことである。R&Dの成功率をいかに上げるかが宿命である。

2. 医薬品業界 製薬外部環境分析

医療費抑制強化：日本でも数年前から後発品の使用

を政府が促進している。韓国、台湾、欧州の一部では政府が強制的に薬価を引き下げている。欧州経済危機により医療品の買い控え、治療を受けられない患者さんが増加している。

新薬開発難度アップ：厚生当局の承認に必要な安全性データの量が年々増えている。既存薬との差別化の必要性はドイツ、英国で始まった新しいルールである。また、そもそも創薬シーズが減少しているのではないかとの意見もある。

このような環境下で同業他社はどのような対策を打っているか。

事業再編：アニマルヘルスや栄養食品の事業切り離しなど

戦略提携：同業他社と手を組むことによる研究開発リスクの低減

新興国ビジネス展開：ブラジル、インド、中国など新興国に活路を求める

拠点再編：競争力がなくなったR & D拠点の閉鎖など

後発品事業

コア事業強化

後手に回るか、先回りするかで効果にも違いが出る。臨床の最後の段階であるフェーズ Ⅲ で開発中止に至ったプロジェクトや、英国やドイツの当局での最終審査で高い薬価をつけてもらえなかったプロジェクトも多い。

医薬品開発のコスト・時間・価値

医薬品開発は非常に打率が低い。1個の新薬の承認を得るのに、1.2個のNDA(New Drug Application：新薬申請)が必要であり、約20%は厚生当局から不認可と判断されている。

その前のフェーズⅠ、Ⅱがヒトでの臨床研究の段階である。フェーズⅠは、大規模な試験であり、100~500億円、2~3年かかる。フェーズⅡは、Proof of concept(薬剤がコンセプト通りの試験効果を出すかという試験)と、Dose finding study(ヒトにとって適切な用量はどのくらいかを測る試験)の二つのパートに分かれる。この段階は3~3.5年かかり、約75%が有効性を示すことができないか、安全性その他の問題で脱落する。フェーズⅢは、健常のボランティアを使った安全性の試験であり、1.5~2年かかる。この段階

で約半分が脱落する。結局、臨床試験の段階にまで到達した約20個の薬のうち、1個がゴールに到達するという成功確率である。

臨床の前にはPreclinicalとして、ヒトに投与する前の薬物の安全性試験や錠剤を作るプロセスがあり、約3分の1が脱落する。

その前には合成の最適化研究などがある。数え方にもよるが10万個以上の化合物が合成され、そのうちの1個がゴールにたどり着くかどうかという確率である。

問題は、開発が最終段階まで進んで駄目となると非常に大きな経営資源(カネ、ヒト、モノ、時間)を浪費することになる。どうせ駄目なものは早く駄目だと見極めること(Early kill)ができるかどうか、一つ一つのプロセスをいかに速く(Acceleration)できるか、既存の薬に対する明確な差別化(Differentiation)ができていないか、この三つのキーワードをいつも頭に置いて当社は研究開発活動を行っている。

R & D生産性の低下

どの製薬会社も開発終盤まで進んで駄目になるということを繰り返しているため、1ドル当たりの投資に対して得られる見返りは年々低下している。いまでは本当に採算のとれる産業なのかどうか、というのが実態である。

Differentiation に対する意識改革

ドイツでは、既存薬と新薬はどのように違うのかを臨床データで示すことが要求される(AMNOG)。一昔前はフェーズⅢをいかに安く、いかに速く仕上げるかというのが開発担当者の腕であり、プラセボ(ダミーの錠剤)と実薬との比較により効果を調べるのが標準的だった。新たなルールでは、プラセボとの比較ではなく、既存薬と比較してどのように良いのかを示さなくてはならなくなった。このルールでは6段階で薬剤の価値が表記される。1点が最も良く、2、3点までは合格である。4、5点はいわば不合格のカテゴリーで既存薬に対してプレミアムが付かない価値になる。該当領域にジェネリック医薬品があれば、その価格が参照される可能性も充分にある。こうした制度下、ドイツでの販売を見送る会社も既に出ている。

3. アステラスのビジネスモデル

満たされていない医療ニーズ：アンメット・メディカル・ニーズ

高血圧、高脂血症、胃潰瘍は、既にいまある治療薬で満足度が非常に高い。このような疾患にこれから巨額の費用と長い期間をかけて開発する意味は見出しにくい。

どこに薬を創る余地があるのか。例えば、がん、アルツハイマーや精神疾患、糖尿病合併症、アステラス製薬が強みとしている泌尿器系疾患がある。研究開発に15~20年かかるので、そのくらい先のマーケットをどう見るかというのが研究開発のマネジメントで問われる。数年に一度、150~200の疾患の将来予想を行う。以前の調査で原因の分からなかった病気について、科学が進歩し原因が分かるようになれば、標的のタンパク質、レセプター、遺伝子などが分かり、薬の開発が可能となる。そのマーケットの20年後の将来予測、どの程度の治療効果を出せばどの程度の薬価が付けられるのかなど、いくつかの方向から検討を行い、新しい研究開発のターゲットを決めている。

目指すビジネスモデル

むやみに研究を行ってもノウハウは蓄積されないの、ある程度強みを持っている部分に資源を集中するようにしている。「グローバル・カテゴリー・リーダーを狙う」と当社では表現している。泌尿器、移植領域、がんが強みである。ただし、これらにこだわり過ぎると良いものが出てこないの、研究にも匂があることを認識し、新陳代謝を行っている。

医療品医薬品事業への選択と集中

新薬のビジネスにこだわるのが当社のモットーである。ジェネリック医薬品や薬局で購入できるOTC医薬品には手を出さない。ジェネリック医薬品は全く異なるビジネスモデルであり、勝負するには数百種類の薬をそろえ、それなりの広告、販売方法を持たなければいけない。新薬ビジネスとジェネリック医薬品ビジネスを一緒に行うのは、経営的にはかえってリスクになるだろうと判断している。

研究領域

重点研究領域は、既に強みを発揮している泌尿器疾

患、移植を含む免疫疾患および感染症のほかに、がん、精神・神経疾患、糖尿病合併症および腎疾患の五つである。低分子合成、醗酵の技術に加え、最近では抗体医薬、ワクチンをはじめとした高分子薬にも研究資源を注ぎ込んでいる。

4. イノベーションへの取り組み

開発PJ中止の主要因は安全性懸念

研究開発が中止される理由は、安全性と有効性によるものが多い。

(開発中止理由：安全性36%、有効性29%、経済性12%、他の薬との相互作用7%)

有効性と安全性を見極められずに開発を続けてしまい、開発終盤まで進んでから中止されるプロジェクトも散見され、これは企業の経営に大きな影響を与えている。

安全性研究の強化ポイント

開発終盤で毒性が判明することによる開発中止をいかに防ぐか。

既存創薬毒性パッケージの改良

従来は臨床に入ってから、あるいはその直前に政府の求める最小限の毒性試験を行っていたが、それをもっと前の段階で予備的に行う試み。

光毒性評価は、薬物が体内で代謝されるときにできる高エネルギーの中間体に紫外線が当たると現れる強い毒性を検出するための新たな試験方法である。

ヒト副作用予測性の高い評価系の整備

薬の心臓に対する副作用としてヒトQT延長(QTとは心電図の一部であり、この時間が延びると人によっては不整脈を起こす)があり、薬剤のスクリーニング時にこの作用があるかを調べ、毒性により販売中止になるリスクを臨床前の段階で除くことを目的としている。

薬物相互作用試験は新薬が他のどの薬と一緒に飲めないかを臨床前の段階で調べることを目的としている。

In silico 毒性予測、毒性情報検索システムの活用

In silicoとはコンピュータを用いてという意味であり、有機化合物の三次元構造により毒性の傾向を評価するソフトウェアを用いて、新たに合成し

た化合物に危険がありそうなのかを予測する試み。

毒性バイオマーカー研究基盤の整備

ヒトの前に動物による試験を行うが、動物で毒性が出ると従来はそれで開発中止だった。最近はいくつかの新しい技術を駆使することにより、動物で毒性が現れるメカニズムを研究し、ヒトにも起こり得るのかをある程度予測できる。動物で毒性が出たからといって開発中止と判断せず、開発成功確率を向上させる試み。

Precision Medicine 創薬アプローチ

最近の薬は、病気の発生メカニズムから創薬を行うことが多い。発生メカニズムを探ると、今までは一つの病気と思われていたものが乳がんの例のように三つのタイプに細分化されることもある。あるタイプのがんには特効薬となるが、他のタイプには効かないという予測ができる。薬と病気のタイプを診断できるキットを一緒に開発し、本当に特効薬になり得る患者さんを特定できれば、臨床試験のサンプルサイズを小さくでき、臨床試験の期間の短縮、費用の低減、効かない人に効かない薬を飲ませる無駄の排除ができる。これは新しい時代の薬の開発であり、アステラス製薬で臨床開発中の抗がん剤の約半数にこのアプローチを適用している。

Differentiation に対する意識改革

従来はプラセボとの比較データのみで承認を得ていたが、臨床的に意義のあるスタンダードケア（標準薬、標準治療）に対する差別化ポイントをデータで示せるような試験計画に、当社のプロジェクトをすべて見直した。見直すだけでなく本当に新薬が勝てる可能性があるかという見極めも試みている。

自社研究開発プロセスにおける成功例：

過活動膀胱治療薬

3 アドレナリン受容体作動薬は、以前は糖尿病治療薬として世界の各社が開発に取り組んだが、成功しなかった。糖尿病には効かなかったが当社の研究者が同じレセプターが膀胱に多いことに気づき、過活動膀胱の薬になるかもしれないということで開発を始めた。過活動膀胱は、急な尿意があり、ひどい場合は失禁

してしまう病気である。

過活動膀胱の治療薬としてはムスカリン拮抗薬があるが、便秘、口内乾燥などの副作用があるという欠点がある。この為、長期間服薬できない患者さんが存在する。また、ムスカリン拮抗薬は膀胱の収縮力自体を和らげるが、新薬は膀胱を広げるという違いがある。高齢の男性では、前立腺肥大により尿が出にくくなる一方、過活動膀胱を合併している患者さんもいる。この人にムスカリン拮抗薬を飲ませてしまうと、たしかに過活動膀胱は治るが、尿が出なくなり尿閉を起こしてしまうこともある。3 アドレナリン受容体作動薬はこれら二つのアンメット・メディカル・ニーズを克服するために開発した薬剤である。

前立腺肥大症の男性に対して安全であるかをデータで示さないと、欧州当局で承認されない、あるいは高い薬価がつかないので、特別な試験により安全性を証明した。このような付加価値をつけ、昨年米国で承認され、本年から欧州でも販売している。

自社の代表的製剤技術

他の差別化の例として、薬の成分だけでなく錠剤にも工夫を加えている。一つ目は水なしで飲める薬であり、二つ目は薬が胃の中でゆっくりと放出される、あるいは消化管のある部分でのみ放出されるような薬を作る技術である。

これらの技術は過活動膀胱の薬にも生かされている。普通の錠剤では、絶食の状態で飲んだときに血中濃度が急峻に高くなり、副作用が出やすくなるが、前述の製剤技術により食前でも食後でも同じような血中濃度が実現でき、いつ飲んでもよい薬として患者さんの利便性が上がる。

自社の薬物設計技術

酵素あるいはレセプターには活性ポケット（スイッチを入れるための部位）があり、ここに薬がぴったりはまると作用が現れる。従来はランダムスクリーニング（研究所内の十数万の化合物を一か八かで試すこと）を行っていたが、三次元構造解析を行い、活性ポケットにはまる有機化合物を予測できるようにした。活性ポケットは一つとは限らないので、複数の化合物の組み合わせを予測し、合成を行う。このサイクルを回すことにより、非常に早く高活性の化合物が得られるよ

うになった。

自社のタンパク質構造解析

そのためにはタンパク質など高分子の構造を決める必要がある。つくば高エネルギー加速器研究機構とタイアップし、高性能 X 線構造解析装置を使えるようになった。マシンタイムの増加や装置の高性能化などもあり、タンパク質の構造解析数が飛躍的に増え、将来の創薬に結び付くだろうと期待している。

最先端のイメージング技術

イメージング技術により、解剖を行わなくても薬の効果調べることができるようになった。陽電子断層撮影法 (PET)、磁気共鳴映像法 (MRI)、X 線コンピュータ断層撮影法 (CT) などの装置を用いて主に中枢の薬の開発に生かしている。

オープンイノベーションの取り組み

アステラス製薬の研究所には約 1,000 人の研究者がおり、日本の有名大学から人を集め、彼らが手を動かすだけでなく日々勉強し、広く世界の新しい知見を取り込みながら研究を行っているが、それでもなかなか世界最先端には追いつけない。したがって、アカデミアとタイアップする試みを近年始めた。

「aキューブ」は、あらかじめアステラス製薬で研究テーマを設定し、この研究テーマに協力できるパートナーを公募する試みである。約 100 件の申し出があり、そのうち一割程度を採択し、研究を始めている。

京都大学との共同研究プログラムでは、主に免疫の領域で京都大学の力を借りて創薬に取り組んでいる。

研究開発の複線化の推進：マルチトラック R & D

研究段階、臨床の初期段階を含めて外の資源を活用する取り組みである。自社の研究者の人数は限られているので、たまたま同じステージに同じような適応症を目指す化合物が挙がった場合、手が回らず、時間という資源を無駄にしてしまう。それならば代わりに誰かにやってもらおうということである。

また、自社だけで 500 億円の開発費をかけるリスクは高いので、売上げを折半してでも他と組んで開発し、リスクを減らした方がよいと考えられる化合物もある。

いろいろな段階でいろいろな判断があるが、複線化

してリスクを下げるとともに成功確率を上げるモデルである。

5 . 最後に

薬剤の開発は、何十年もの期間をかけ、何千ものタスクの組み合わせを実行する。一つの発明でいきなり薬ができるわけではなく、小さな発明、工夫を寄り集めて一つの薬に仕上げしていく。プロジェクトを進める一連の研究開発スキームは既に社内にあるが、これに固執することなく、新しい技術が出てきたときには必ず自社の研究開発スキームを見直し、「Early kill」、「Acceleration」、「Differentiation」が可能かを絶えず考えている。非常に打率の低い R & D の活動を少しでも高め、なるべく多くのバッテリーをバッテリーボックスに送れるようにお金を使うという工夫を行っている。

以上

【事例7】ライフサイエンスマネジメント

「行き場を失った日本の科学技術は、世界をリードする Innovation を産み出せるか？」

講師：木村 廣道 氏 ライフサイエンスマネジメント 取締役社長

講演日：2012年10月12日 国主導の研究開発に関する分科会 第1回会合（役職は講演当日のもの）

はじめに

「Japan as No.1」が1970年代後半に出版され、日本人は大いに自信を持っていた。ちょうど私も1980年代前半にスタンフォードのビジネススクールに留学していた。日本はこのまま世界の国になるのだろうという気分だった。ところが、衝撃的だったのがステイブ・ジョブズとの出会いである。1984年にマッキントッシュが世に出た時、彼がスタンフォードに講演に来て、意見交換をする場があった。彼の話の中に「マッキントッシュのパーツの85%は日本から来ている」とあり、私は、「それではマッキントッシュは日本製ではないか」と質問した。彼の答えは非常にシンプルで、「85%のパーツを供給できる国で、なぜマッキントッシュができなかったかをよく考えてみよ」ということだった。当時は意味がよく分からなかった。後でよくよく噛みしめてみて、イノベーションとはものづくりだけで解決する話ではない。「顧客が何を求めているのか」ということに基づいたコンセプト作りやデザイン作りに価値があるという認識を持った。

日本の国家戦略とイノベーションへの期待

日本は今、どのようにしてマッキントッシュのようなものを創り出せる国になっていくのかというところでもがいている。現在、政府が日本の経済成長に向けた戦略を策定する時、ライフサイエンスは、世界最高のイノベーションに取り組むための中核領域として位置付けられている。

過去はどうだったか。ライフサイエンスは日本経済を牽引する源泉であるということを歴代首相が述べている。小泉内閣では、科学技術創造立国として、医療・健康領域が重要だと謳っていた。次の安倍内閣では、イノベーション25において製薬産業を成長分野の一丁目一番地と位置付けた。鳩山内閣ではライフ・イノベーションを掲げた。野田内閣でも復興の中でライフ・イノベーションを再生戦略の中核に位置付けている。

政府と民間を合わせた科学・技術への研究開発投資の推移を見ると、IT分野は数年前から下降線をたどり始めたが、ライフ分野は成長を続け、最大の投資領域になっている。IT分野は、研究費の主体としてアカデミアの比率が非常に少なく、産業主導型である。一方、ライフ分野では、研究費の主体はアカデミアと企業がおおよそ半々である。アカデミアの研究開発はほぼ政府からの助成金でまかなわれており、政府主導型という意味ではライフサイエンスが突出して重要分野になっている。

現在、その戦略を議論している政府の最高機関は、総合科学技術会議である。ここが科学・技術助成金の総元締めである。関係閣僚と、学者および企業の中でも特に学識経験者としてリーディングポジションにある有識者議員が参加している。今までの議論を見ると、ライフサイエンス分野が大きな柱になっていることは事実である。

それとは別に、「医療イノベーション推進室」が内閣官房の中に作られ、注目を浴びている。これは、特に医療分野に特化した組織で、産官学の有識者が集まり、政策・戦略の調整をするところである。具体的には厚生労働省、経済産業省、文部科学省の三つの省庁を横断して、医療政策あるいは政府予算の調整をする。2012年6月に野田内閣は、この推進室を通じ「医療イノベーション5か年戦略」を発表した。そこには、アカデミアへの重点支援による医療シーズ開発力強化、技術の経済性の評価と医療ニーズ主導によるイノベーションの牽引、研究成果を実用化するオールジャパン体制の橋渡し、ベンチャー育成、ものづくり技術を有する異業種・中小企業の医療産業への新規参入促進、再生・個別化医療推進のインフラ整備（法規制・周辺産業の整備）、ICTの活用による医療の高度化・生産性向上（在宅・遠隔・医療クラウドなど）が掲げられ、産官学の領域融合による医療イノベーションの創出を狙っている。

（講演後注：2013年2月に健康・医療戦略室の設置

に伴い、「医療イノベーション推進会議」「医療イノベーション推進室」は廃止)

医療イノベーション推進会議の議論の中で明らかになってきたのは、日本には医療イノベーションを生む礎があるということである。製品の創出力・供給力が日本は非常に強い。世界最高峰の科学技術力があり、裾野の広い医工薬学の基盤があり、高品質の臨床医療がある。また、市場のポテンシャル、つまり高齢者市場とその成長力が日本は非常に大きい。高齢者は医療と共に健康問題を常に抱えながら生きている。かつ日本の高齢者市場は世界最大級である。そのような背景のもと、医療市場は多くの産業の「大型出口」として日本経済を牽引していくはずである。これは既存の医薬品産業、医療機器産業に限らず、特に多くの日本のものづくり企業が次々に医療産業に新規参入を試みている。

日本のイノベーションはどこから生まれるか？

医療分野における政府の研究開発投資は、アカデミア重視だと言われていたが、最近は少し変化が見られる。これまでは、基礎研究に助成金が多く配分され、研究者は成果を出して論文を書き、一流の学者になるという考え方が強かった。ところが、最近の助成金は、より市場に近い領域に重点を移している。いわゆる基礎研究よりも応用研究、商品化研究が重視され始めている。政府としては、税金を使った研究開発の成果が10年後、20年後に出るのを待つ余裕が今はない。大学の研究者も、論文を出すだけでなく、特許をとる、あるいは製品につながる研究へと大きく舵を切っている。

日本の自然科学分野の研究者はおよそ65万人になるが、その割合は産業部門に約7割、残りがほぼ大学である。ライフサイエンス分野に限ると、2003年におよそ15万人の研究者があり、大学に約7割で、産業部門には2割弱しかいなかった。それが2009年のデータでは、研究者がおよそ24万人に増加した中で、大学に所属する研究者数はほぼ横ばいで、大学の比率が下がり、産業部門の研究者数が増加し比率を増している。ライフサイエンス分野の研究の源泉はもともと大学にあったが、今は産業のほうにも移行しつつある。

イノベーションを生む仕掛けは何か。さまざまな事例から浮き上がってくるのは「領域融合」である。ま

ず、産官学の各領域の中での融合がある。これは日本のライフサイエンス分野では今、様々なレベルで「領域融合」が進んでいる。「学」はもともと縦割りが強く、医学部、工学部、薬学部などがほとんど連携なく独自に研究をしていたが、しかし、最近の政府の助成金では、医学部と工学部の連携拠点を要件とするなど、領域融合を条件とする助成金が増え融合研究や融合教育が生み出され始めている。その結果、高機能マテリアルを人工臓器に応用するなど、革新的な技術・製品が生み出され始めている。「産」では、企業同士の合併による新領域の研究への取り組みや、異業種の医療参入が進展し、医療産業の生産性向上に寄与し始めている。「官」では、内閣府を中心に省庁の壁を越えた横断的な事業が進むようになった。さらに、産学官融合によってオープンイノベーションを創出しようとするプロジェクトが特区などを拠点として進行しており、ライフサイエンス分野での先端技術の事業化が進みつつある。

その事例を紹介したい。「最先端研究開発支援プログラム」は、3年半前、当時の自民党政権最後の補正予算で、2700億円を計上し、日本のトップ研究者30人に分配しようという大プロジェクトであった。一人当たり90億円の規模である。応募総数は600人を超え、我こそはと言う研究者たちが集まった。その後、民主党政権で仕分けの対象となり、1000億円で減額されたが、それでも比較的自由に使える平均35億円の研究資金により、さまざまなプロジェクトが立ち上がっている。この支援プログラムには、複数の大学と企業が参加し、産官学連携を推進するものも多く含まれており、3年が経過した今年に中間評価をしたところであるが、具体的な成果が随分上がりつつある。先日ノーベル賞を受賞した山中伸弥教授もこの30人の中に入っており、当時50億円という最高額をもらっていた。この頃には山中教授にお金をつぎ込み、オールジャパン体制で支援をして、ノーベル賞を獲得できる日本発のイノベーションに育成しようというのが国の戦略となっていた。

日本のiPS細胞への助成金は、文科省、厚労省、経産省、内閣府などがそれぞれ出している。合計で年間100億円から200億円前後の金額である。日本では、再生医療に使う細胞をほぼiPS細胞に絞り込み、ほとんどの研究費が山中教授と関連するグループに出ている。

るが、米国では、iPS 細胞だけではなく他にも ES 細胞、体性幹細胞など、再生医療のさまざまな手法に幅広く戦略的に投資をしており、その合計金額は 2011 年の推計で約 2000 億円である。日米には 200 億円対 2000 億円の戦いになっているということである。金額だけではないが、日本はこの再生医療をライフ・イノベーションの最優先事項に位置付けているにもかかわらず、これほどの差があるということである。

再生医療の研究で日本がトップランナーかどうかは議論の分かれるところであるが、iPS 細胞に限ればトップである。しかし、他の ES 細胞、体性幹細胞、培養細胞などの手法の方が応用に近いという議論もある。世界では既に実用化されたものや、臨床研究・治験の段階で人間に使われるまでに進んでいるものが多数ある。2012 年 5 月の時点で欧州では 20 品目、米国では 9 品目、韓国では 13 品目が実用化されているが、日本では 1 品目、今年 7 月にもう 1 品目が承認されただけである。この例だけ見ても、日本が応用の分野で立ち遅れていることを垣間見ることができる。

このような先端医療技術の実用化を推進するために、世界には医療の研究開発の地域クラスターやセンターがいくつかある。特に有名なのが、カリフォルニアのシリコンバレーで、ベンチャーインキュベーションが強みである。ボストンでは、MIT やハーバード大学と地元にある大手製薬会社とのコラボレーションが進んでいる。韓国では、仁川空港近くに医療特区があり、サムスンなどの財閥が医療機関と組んでいる。特に治験の設備が充実していて、世界中の開発品が集まってきた。上海のバイオクラスターでは、グローバルメガファーマが進出し、研究開発を進めている。シンガポールのバイオポリスでは、世界的な基礎研究の研究者を集めている。デンマーク・スウェーデンの連合によるメディコンバレーでは、ベンチャー企業を集めている。日本では神戸にそのようなクラスターがあり、世界と必死に戦おうとしている。最近では京浜臨海部で、川崎市を中心にライフ・イノベーション国際総合戦略特区が形成されつつあるが、世界と伍していくためには予断を許さない状況である。

産官学融合の新しい試みとして「創薬支援ネットワーク」が作られつつある。これは日本型 Precompetitive Collaboration (いわば吳越同舟：競合企業が数社集まり、共通の基盤的な研究を進め、成果

が出ればそれぞれの企業が持ちかえり、自社の研究に生かすこと) をしている。欧米では民間企業が主導して、この Precompetitive Collaboration が進んでいる。ところが日本は民間主導ではなかなかうまくいかず、内閣官房の号令のもと、政府主導で Precompetitive Collaboration を生む試みであるため、この創薬支援ネットワークを「日本型」と言っている。これは日本の医療機器や製薬会社がお互いに競争している場合ではなく、力を合わせて束になって、世界と競争しようということであり、それが今の大きな流れである。

最後に、「領域融合」の形態として、ものづくり企業との連携を紹介する。これまで船、自動車、機械などを作っていた企業が、医療機関や大学の医学部などと組み、ゼロから全く新しい医療機器を作っていくという動きが随分ある。ここに政府は多くの助成金を入れていて、今後の期待が持てる領域である。補助人工心臓や人工関節などが生み出されつつあり、高い医療ニーズに応える施策となっている。

イノベーションを生み出す日本へ

“Why do I have to invest in Japan?”これは、あるグローバル医療機器企業の CEO が私に言った言葉である。彼が先月、来日した際に議論する機会があった。同社は、世界 4 か所にイノベーションを生む研究開発センターを作っており、それは、米国に 2 か所と、英国と中国にある。「日本は？」と私が聞いたところ、彼から「Why do I have to invest in Japan?」と言われた。彼を納得させるだけの魅力ある産業基盤を日本は構築していかなければならない。

日本の医療産業基盤の課題として深刻な需給ギャップがある。診療報酬制度を決める中央社会保険医療協議会(中医協)など、さまざまな医療制度を改編する仕組みがあるが、既存のステークホルダーの利害対立が複雑で硬直化している。一方、現場や市場は非常にダイナミックに変わっている。高齢者医療において日本は世界最大の市場であるが、規制や制度が足かせとなり、供給が十分に追い付いていない。そのソリューションの一つが科学技術イノベーションをさらに進展させることである。特にアカデミアの役割が非常に強いが、アカデミアは今まで“invention”、つまり、発明・発見や論文を書いて賞をもらうことを第一としていた。“invention”だけではなく、それを“innovation”

に進化させる努力をすべきだろう。社会に製品として提供するためには「ものづくり」産業のサポートが必要であり、また、経済評価などが同時にないと市場で成功しないので、この分野のサポートが必要である。

ソリューションのもう一つは、社会基盤イノベーションであり、「規制先進国・日本」を目指さなければならない。IT、自動車などのハイテクの分野同様、医療分野も国際規格や規制が非常に重要であるが、日本はその規格作りのリーダーシップがなかなかとれない。世界の医療産業の半分を占めている米国は、FDA（Food and Drug Administration：食品医薬品局）が主導権を握っているが、アジアでは、FDAに派遣され卒業した審査官が上海、シンガポール、台湾、韓国におり、彼らがFDAでの知見を活かして、新しいアジアの基準を作ろうとしている。対して日本は、「ガラパゴス」になりつつあり、せっかく世界最大の高齢者市場を持つホームカントリーであるのに、日本企業がなかなかリーダーシップをとれない。これは大きな課題である。さらに、生産性を画期的に向上させることができるICTの導入も医療においては進んでおらず、それを可能にするような制度設計もなかなか動いていない。

今、日本が直面しているチャレンジは何か。多くの産業で共通する課題として以下の6点が挙げられると思う。異なる体制・価値観の国々、特に中国や韓国とどのようにして競争していくか、あるいは共存していくか。知的財産、品質、治験などについてかなりアプローチが違う中、どのようにして一緒にやっていくかが課題である。文系・理系、縦割りの溝を埋める融合人材を本格的に育成できるか。10年前にバイオインフォマティクスという技術が世界を席卷した。これは、ゲノム研究などにおける問題を分析する時にITを活用する学問である。当時、遺伝とITの両方が分かる人間を米国はあっという間に育てた。日本はそのような人材を育てるのに7、8年遅れた。製造業で医療機器への参入を足踏みしている企業が多い。「医療に参入し、もし医療事故で人が死んだらどうするのか」と。あるいは社是、定款として、体内に入るものは一切やらないという有力会社も随分ある。これをどう乗り越えるか。患者への決定権移行と自己責任の規定ができるか、リスクマネジメントができるかどうか。

少数意見、弱者に泣いてもらえるか。医療分野では

必ずうまくいかなかった事例が出る。科学的・合理的な判断のもと、それを乗り越えていけるか。他国に先駆けて新分野開拓リスクをとれるか。

これらのチャレンジを乗り越えるための人材がいなければ、日本で本当のイノベーションはできないだろう。それはどのような人材か。有能な専門家や縦割りの中で活躍する専門家は日本にそろっている。むしろ、のりしろを持った専門家、他の専門分野が分かる人材、クロスボーダー型リーダー人材、グローバルネットワークを持った人材など、今までと一味違う、専門性を持ち、かつ、幅の広い人材が必要である。

最後に、イノベーション人材とは、科学技術の見識があり、経営知識があり、事業運営経験があり、

リーダーシップがあり、品格・倫理があり、英語のコミュニケーションができる人である。なかなかいない。重要なことは、これは足し算ではなく、掛け算であるということであり、どれ一つ欠けても駄目である。日本の人材の層を高めないと本当のイノベーションは出てこないだろう。

以上

【事例 8】科学技術振興機構（JST）

「日本発イノベーションの創出に向けて」

講師：中村 道治 氏 科学技術振興機構 理事長

講演日：2013年1月16日 国主導の研究開発に関する分科会 第2回会合（役職は講演当日のもの）

はじめに

2011年10月に民間からJSTに来た。会社の幹部にJSTから声が掛かっている旨を報告すると、「JSTとは何をするとところか」と言われた。JSTは研究者にはよく知られているが、企業経営者には必ずしも知られていないことをその時に認識した。民間から行って大変ではないかということを経験している方から言われるが、そういうことはない。国レベルでものごとを考えると、企業にいたときは少し違う視点でやるべきことが目に付く。安倍政権が発足して、経済再生に向けた道筋が議論される中で、改めて科学技術イノベーションの重要性が認識され、JSTに対する期待は非常に大きいと思う。

イノベーションが叫ばれて久しいが、これは民間が主体的に取り組むべきものであり、大学だけでイノベーションは生まれにくい。しかしながら、民間ですべてができるわけではない。とりわけ、ハイリスクな研究開発や革新的な基盤技術の開発は国が後ろで支えなければいけないと思っている。

基礎研究こそ未来の国力の源泉

昨年は、山中伸弥 京都大学教授のノーベル賞受賞のインパクトが大きかった。JSTには「CREST」というプログラムがある。2003年の「CREST」テーマに山中教授の研究が採択された。2006年にマウスのiPS細胞の作製に成功し、それが今回のノーベル賞の直接の対象になった。2007年にはヒトの皮膚細胞からiPS細胞の作製に成功した。山中教授を発掘したのは、JSTの研究総括をしていた岸本忠三 元・大阪大学総長だった。iPS細胞は医学の教科書を書き換えるような偉業であり、これから10年、20年にわたって社会にどれだけのインパクトがあるか計り知れない可能性を持っている。

山中グループが、マウスあるいはヒトのiPS細胞の作製に成功した時、米国や欧州はすぐに飛びつき研究開発体制を整備した。JSTでも「CREST」だけでは

とても間に合わなくなり、「さきがけ」という別のプログラムでもとりあげた。さらに「山中iPS細胞特別プロジェクト」を作り、5年間で総額20億円程度の支援を実施した。これは非常に良かったと思う。国の研究開発はともすると金の切れ目が縁の切れ目のようなところがあり、せっかくの成果がものにならないことが多い。本テーマの場合、継続的に支援できた。JSTは山中教授の将来性に注目していたが、iPS細胞の作製に成功した際に海外から「日本は大変なことをやった」という反響が寄せられ、そこで改めて自分たちが支援しているプロジェクトの偉大さを知ったという裏話もある。

ノーベル賞クラスの、世界をリードするような研究成果が日本から出るのは、非常に大事なことだと思っている。山中教授のほかにも、日本には多くの優れた研究がある。昨年のノーベル化学賞の対象になったGタンパク質共役受容体の研究分野では、岩田想 京都大学医学研究科教授の優れた構造解析の成果がある。またノーベル物理学賞を獲得した量子もつれ状態の研究では、山本喜久 国立情報学研究所・スタンフォード大学教授らの活躍も目覚ましい。間野博之 自治医科大学教授は、従来困難だった遺伝子スクリーニング方法を開発して肺がんの原因遺伝子を発見した。それをもとにファイザーが肺がん治療薬を開発し、論文発表から4年という異例の早さで市販した。間野教授はこれに満足せず、別の肺がん、乳がん、難易度の高い膵臓がんにも挑戦している。日本の研究開発力のレベルは相当高いということを私はつねづね感じている。

トップサイエンスからイノベーション創成

アモルファス金属や青色発光ダイオードの例のように、日本のトップサイエンスの成果が社会に出て大きなインパクトを与えてきたものが過去にも数多くある。最近の例では、「IGZO」とよばれる透明酸化物半導体が、細野秀雄 東京工業大学教授のグループによってJSTの「ERATO」プロジェクト等で開発され、シャ

ープなどの最新スマートフォンに使われている。これまでのアモルファスシリコン半導体の約 20 倍の電子移動度がある。これから有機 EL ディスプレイなどに広く使われるだろう。

日本の基礎研究は、多くの革新的な技術シーズを生み出している。私が JST に来てまず思ったことは、「このような成果がもっと早く世の中に出るようにはできないものか、それが企業から来た者の一つの使命だろう」ということである。早くといっても基礎研究の段階から世の中に出るまで普通 10 年、20 年にかかる。規制の問題などで遅れることもある。これらを少しでも改善するために、JST が率先して働き掛けたいと思っている。

昨今、新興諸国が急速に成長している中で日本がどのような産業を興すか。どのように国内の空洞化を止めて雇用を維持するか。日本の極めてレベルの高いサイエンスの成果をタイミング良く次々と新しい産業に結びつけることが重要ではないか。私は今年の JST の標語に「トップサイエンスからイノベーションを創る」という言葉を選んだ。

グローバル時代の国内産業

グローバル時代の国内産業をどうするか。自民党政権になり為替レートが円安にシフトし、企業の経営者は一息ついているところだと思う。しかし問題はもっと本質的なところにある。いま企業は必要ならば海外へ出て研究・開発・製造を行っており、そうしなければ企業は生き残れない。それに対して人は簡単に海外に移るわけにはいかない。国内の雇用がなくなれば、国の財政が悪化するの当然である。わが国の研究開発はこの問題に真正面から向き合わなければいけないのではないか。

そのためには日本でなければできない製品を作ることである。半導体製造装置、計測装置、カーボンファイバーのような材料など良い例がたくさんある。オリンパスの内視鏡は世界で圧倒的なシェアを誇っている。このようなオンリーワン製品をじっくりと仕込んでいくことが非常に大事である。また社会インフラ事業や高付加価値サービス産業も重要である。

JST が行ってきた地域コーディネート活動は、かなり縮小してきた。全国 16 か所に JST の拠点を作って、地域の大学と企業のマッチングを進めてきたが、昨年

までにそれらを閉鎖した。今度の安倍政権の下で地域再生にどのように取り組むか、改めて検討する必要があると考えている。

科学技術政策の流れ、科学技術関係予算

国の科学技術基本計画では、5 年間で 25 兆円の予算目標を定めている。これは国の研究開発費と地方交付税に含まれる地方の研究開発費を合わせたものである。このような目標を掲げているが、現状ではなかなかその目標に到達しない。わが国は、財政が苦しい中で研究開発予算を維持しているが、かたや新興国でも他の先進国でも過去 15 年にわたって着実に増額している。

地方分を除いた国の科学技術予算は 4 兆円弱であるが、そのうち約 3 分の 2 を文部科学省が使っている。経済産業省、厚生労働省、農林水産省が続いている。企業の方は経産省や NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)を通じた補助金、委託開発などに慣れていると思う。

文科省はこの予算を一体何に使っているのかというと、先生の給料や建物など大学を維持するのにその約 55% を使っている。さらに、いわゆる競争的資金として、JSPS(日本学術振興会)が扱っている科学研究費補助金(科研費)や JST が配布する研究資金が含まれる。また、JAXA(宇宙航空研究開発機構)、理研(理化学研究所)など文科省所管の独立行政法人が使う予算も入っている。

基礎研究に対する国の理解はかなり進んできたと思っている。科研費は、研究者の知的好奇心に基づく基礎研究のためのものである。最近科研費が増え、しかも基金化が進んできたことは喜ばしい。その成果を社会的な価値に結びつける、すなわちイノベーションを指向した戦略的な研究開発を推進するのが JST の役割である。今回の補正予算や 25 年度予算で、イノベーションを目指した研究開発の加速のために、研究開発資金を増額してもらえる見込みである。

日本における科学技術行政システム

いま議論になっているのは国の総司令塔機能の強化である。総合科学技術会議は内閣府の中にあり、同会議の議長は内閣総理大臣である。自民党政権の時代には関係閣僚も参加して、ほぼ毎月本会議が開かれてい

た。しかし民主党政権になってから本会議の開催が年に2、3回となり、会議が機能していないと指摘されている。2011年12月に吉川弘之氏を座長とする「科学技術イノベーション政策推進のための有識者研究会」から、総合科学技術会議を改組してもっと権限を強化すべきという答申が出たが、実現しなかった。新政権になって、総合科学技術会議の強化について安倍首相から直接指示が出ている。現時点では、国会同意人事である新しい有識者議員が決まっておらず、空白が続いている。これは早急に決定してもらわなければいけない。

国の総司令塔機能の強化は、突き詰めて考えると奥の深いテーマである。総合科学技術会議がどこまで権限を持つべきか。現在は首相に対する諮問機関であり、具体的な予算の立案は各府省が行っている。総合科学技術会議がどこまでそれを掌握し、どこまでを各府省に任せるのが良いのか。“科学技術イノベーション省”にして大臣一人にでもしない限り動かないのではないかという議論もある。そこまでいかなくても、府省連携を深化させ共通の目標に向かってシナジー効果を発揮するようにガイドする必要がある。

産学官連携による社会経済的価値づくり

イノベーションとは単に科学技術だけではなく、それをもとに社会的、経済的価値をもたらすことであり、広範なプレイヤーが必要である。イノベーションの主役である産業界は勿論のこと、大学、国の研究機関をはじめ、金融、省庁、市民、NPO、メディアなどさまざまな関係者が参加し、知の統合、人や研究拠点のネットワーク化、産学官連携、顧客連携、ファンド間の連携、規制緩和など、包括的に進めなければいけない。このように日本のイノベーションエコシステムをもっと強固なものにすることが重要である。JSTはエコシステムの構築のための触媒役になりたいと思う。

これまでの産学連携

産学の共同研究や特許ライセンスの件数はこの10年でかなり増え、産学連携は着実に進んできた。ただし、まだ全体のレベルは低い。企業から大学への委託研究は現在約400億円であり、年間約12兆円の企業の研究開発費に対して、企業から大学へ回る研究費は0.4%以下である。これを少し増やすだけで、わが国の

オープンイノベーションが加速し、新産業、新事業の創成がもっと進むのではないか。

大学は年間約8,000件の特許を出願するが、国内で出願される特許は年間約30万件におよび、大学発特許はこのうちの3%弱である。しかし大学の特許は基本特許や原理的な特許が多いので、国としての貴重な財産であり、戦略的に活用することが重要である。大学や国の研究機関の特許権実施料収入は日本では約10億円であるが、米国では約3000億円である。米国の大学は徹底的に国内や海外の企業を訴えてどんどんお金をとり、それが大学経営の大事な柱になっている。日本の大学は、人的リソースが足りないこともあって、そこまで行っていない。また日本人は、裁判に持ち込むのはいかがなものか、ましてや国のお金でとった特許でなぜ日本の企業を訴えるのかという感情がある。そのようなこともあって実施料は伸びていない。

大学が特許を持つと、それに比例して大学と企業の共同研究が増える。このために、大学は特許取得を奨励し、産学共同研究の活性化に力を入れている。

また、毎月ほぼ1回、JST本部で新技術説明会を行っている。これは大学が自分たちの成果を紹介し、議論を行うマッチングの場である。大学が提示した新技術のうちの20%程度が、なんらかの形で共同研究や技術移転などの相談につながっている。JSTはこのような草の根的な活動も重視している。

昨年の日経ビジネスに「日本を救う次世代ベンチャー100」という元気の出る記事があり、その中にはJSTが作ったもの、あるいはJSTが研究開発資金を出したものも多く含まれている。ベンチャー企業による経済再生に期待しており、粘り強く支援していきたい。

これからの産学連携

イノベーションエコシステムの中で、産学連携が重要であることに変わりはないが、これを深化させることが求められている。

イノベーションの創生は、企業が主体的に取り組まなければならない。大学は新しいサイエンスを生み出し、iPS細胞やIGZOなどのような革新技術を作ることが使命である。これらを活用して社会に価値をもたらすのは企業の仕事である。企業の経営者には、ロマンを持って、国をあるいは大学をリードしてもらいたいと私は考えている。

どのようなテーマを取り上げるかという点では、将来の企業活動にとって本命と思うテーマで大学との共同開発を実施してほしい。

イノベーションを加速するために、産学官が参加するアンダーワンループ型拠点の構築やネットワーク化などを国として強力に進める予定になっている。拠点化、ネットワーク化については、実はこれまで経産省でも文科省でも、地域イノベーションや地域クラスターなどでいろいろ取り組んできた。これまでの仕組みでは、国の予算が切れるとその後の継続性が問題になった。同じようなことがおこらないように、計画当初から配慮しておく必要がある。国のお金だけで実施するのではなく、拠点のリーダーは経営的な視点を持ち、自らがサービス事業だという想いで産業界を呼び込むことが必要だろう。

拠点化やネットワーク化の例として Albany (米国) や IMEC (ベルギー) などナノテクでよく知られたものがある。わが国でも、TIA-nano が本格的な活動を続けている。平成 25 年度予算では COI (センターオブイノベーション) を 12 か所程度作ることになっている。そこでは、将来実現したい社会ビジョンをもとにバックカスティングにより研究テーマを決め、その本拠地 (センター) を選定し、それをネットワーク化して、産学連携を推進することになっている。今年秋までには第一陣をスタートさせる予定である。

「元素戦略」で先導する拠点間ネットワーク

経産省と文科省が協力して「元素戦略」の研究拠点を作り、両省の元素戦略運営統括会議 (ガバニングボード) で統一的に推進しようという新しい試みが昨年から始まった。また、エネルギー、資源、環境についての新規テーマでも、両省がシナジー効果を追求し、予算獲得などを一緒に行うようになってきた。エネルギー、環境以外の分野にも広がっていくことを期待している。とくにライフサイエンス分野で厚生労働省なども入れた仕組みができるように、これから働き掛けなければいけないと思っている。

大学知財は産学連携の起動力、国際競争力の源泉

大学の知的財産 (知財) をどのように考えるかは重要な問題である。日本版バイ・ドール法ができ、あわせて国立大学の法人化が進む中で、大学の研究から生

まれたほとんどの特許は大学に所属するようになった。それ以前は国や JST などのファンディング機関が特許を所有していた。しかしながら、大学には知財をマネジメントする専門の人材も予算も限られている。いま全国の大学で TLO (技術移転機関) が曲がりなりにも機能しているのは一部の大学のみで、多くの大学では問題を抱えている。とりわけ、外国出願と成立した特許の戦略的活用という点で、課題は多い。JST はそれを補うため、年間約 1,000 件の外国出願の費用を支援し、群特許の取得を支援するなどしている。大学知財の有用性を鑑み、一つの大学ではなく大学群として知財を運用するような機能を実現すべきだろう。

科学技術振興機構 (JST) の活動

戦略的創造基礎研究として、「CREST」はチーム型の研究、「さきがけ」は若手育成も兼ねる個人型の研究、「ERATO」は強力なリーダーによる新分野の開拓、「ALCA」は革新的な低炭素技術の開発を行っている。山中教授の成果はこの「CREST」から出たものである。関連して、国際共同研究なども活発に行っており、最近では東アジアの仲間作りに注力している。

企業化開発では、大学等の技術シーズをもとに産学連携を進め企業化を図っている。「A-STEP」や「戦略的イノベーション創出推進プログラム」、「産学共創基礎基盤研究プログラム」、「先端計測分析技術・機器開発プログラム」などがある。企業化開発は、JRDC (新技術開発事業団) ができて以来さまざまな名称のもとに取り組んできた伝統ある事業である。

私が一昨年に民間から着任して気が付いたのは、このような JST の各プログラムが縦割り型で、それぞれが分断されていたことである。これを改善するために、JST の中で分野ごとに横串を刺すような議論や文化を作りつつある。

これら以外にも、JICST (日本科学技術情報センター) 以来の情報事業や、理数学習支援、科学コミュニケーションなどに関連した事業がある。とくに、東日本大震災や東京電力福島第一原子力発電所事故のあと、科学 (リスク) コミュニケーションの重要性が強く認識されるようになった。これからの再生医療でも、科学コミュニケーションが大事になると思っている。

これらに加えて戦略を立案する CRDS (研究開発戦略センター) と LCS (低炭素社会戦略センター) が、

国レベルのシンクタンクとして活発に活動している。

JST には、JRDC 時代から数億円以下の開発費を提供する委託開発があるが、規模の大きなものはこれでは不十分であった。今回、本格的な実証まで含めて、大学等の研究開発成果を企業にダイナミックに移転するための新しい委託開発制度がスタートすることになった。スキームはこれから詳細設計するが、ぜひ企業の皆さんにはこの JST の新しい委託事業に関心を持ってもらいたい。

わが国には世界トップレベルの研究成果がたくさんある。一部は事業化されているが、もっとダイナミックに産業につながればよいと思っている。

まとめ：“チーム”で勝つために

日本発イノベーションを創出するエコシステムの要として、総合科学技術会議の充実を強く訴えなければいけない。また文科省と経産省はエネルギー分野で合同検討会を実施しているが、実質の伴った府省連携を他の分野にも広げなければいけない。

経産省系の NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）、総務省系の NICT（情報通信研究機構）、文科省系の JST、JSPS などのファンディング機関の連携も重要である。いまは各組織の理事長の多くが民間や大学等から来ていることもあって、お互いの壁を取り払って話をする機運にある。府省が連携し、ファンディング機関も連携して、とにかくシームレスに、ダイナミックに、フレキシブルに支援していきたい。

さらに産学官連携のための拠点やネットワーク構築、新委託開発事業等により事業化の加速を支援していきたいと思っている。

私が民間から JST に来て 1 年余りになるが、何かおかしいと思ったことは、徹底的に議論し、望ましい方向に改善することになっている。幸い 24 年度補正予算並びに 25 年度予算は我々の背中を押してくれるような形にまとまるのではないかと期待しており、JST の責任は大きいと思っている。

以上

【事例9】理化学研究所 計算科学研究機構

「『京』コンピュータがひらく新しい世界」

講師：平尾 公彦 氏 理化学研究所 計算科学研究機構 機構長

講演日：2013年2月21日 国主導の研究開発に関する分科会 第3回会合（役職は講演当日のもの）

日本の現状とスパコン開発

昇りゆく竜、沈みゆく太陽

「昇りゆく竜、沈みゆく太陽」という言葉があるが、日本の現状を見ると、一人当たり GDP は 1993 年には世界 3 位だったが、2011 年には 17 位。国際競争力は 1993 年には世界 1 位だったが、2011 年には 26 位。東京大学のランキングは 2004 年に 12 位だったが、2011 年には 30 位。スーパーコンピュータ(スパコン)は 2002 年には世界 1 位だったが、2010 年には 22 位。日本の存在感がだんだん薄れていることをあらゆる国際的な指標が示している。昇りゆく竜として台頭してきた中国と、いつまでもスーパーパワーを維持している米国の中で、ミドルパワーとして日本はどうあるべきかというのが非常に大きな問題である。

コンピュータシミュレーションの拡大

スパコンは実は 1950 年頃から開発され、非常な勢いで拡大し、いまあらゆる分野で使われている。スパコンは現代の科学技術の発展や産業の国際競争力強化に不可欠な基盤的ツールである。人類が抱えている様々な課題の解決に、スパコンは非常に大きな役割を果たすだろう。かつては実験と理論が科学の二大アプローチだったが、コンピュータを使ったシミュレーションは第三の新しいアプローチとして確立してきた。

スパコンの演算速度の変遷

2002 年に日本の「地球シミュレータ」が世界 1 位となったが、その後米国に巻き返された。スパコンは 1 年で約 2 倍、10 年で約 1,000 倍という凄まじい勢いでスピードアップしている。2002 年から 2010 年にかけて、米国や欧州は 8 年で約 200 倍という標準的なスピードアップをしている。この間中国は恐るべきことに約 5,000 倍も性能を上げている。日本はわずか 5 倍のスピードアップであり、ほとんど進歩がなかったと言ってよい。本当に失われた 10 年、20 年である。

もう一度世界最先端のスパコンを開発し、我が国の

科学技術を進化させようということでスタートしたのが次世代スーパーコンピュータプロジェクト、いわゆる「京」プロジェクトだった。途中 2009 年には事業仕分けがあって一時は開発が危ぶまれたが、なんとかそれを乗り切り最後までやり遂げた。

「京」コンピュータの概要

スーパーコンピュータ「京」は 2011 年 11 月に目標の計算速度 10 ペタフロップスを達成し、2 期連続して世界最速を記録した。これは 1 秒間に 1 京回、つまり 1 兆の 1 万倍の計算速度、最高水準のパソコン数十万台分に匹敵する性能である。

開発は 2006 年から理化学研究所と民間企業が共同で行った。まず取り組んだのがスパコンの中核(CPU)の開発であり、頭脳となるコアを 8 個搭載している。それを可能にしたのが 45 ナノメートル(100 万分の 45 ミリメートル)半導体プロセス技術である。これにより、高性能で省電力の CPU を実現した。

CPU など主要な部品はシステムボードへ取り付けられる。またシステムボードには、CPU などを冷やす水冷モジュールも取り付けられる。空冷よりも 50 度温度を下げ、故障率は 3 分の 1 に減った。

2010 年から神戸市にある建物にラックの搬入と据え付けが始まった。「京」の CPU の数は、9 万個弱であり、その CPU をつなぐケーブルは 20 万本、総延長は 1,000km にもなる。このケーブルのつなぎ方は「Tofu」とよばれる信頼性の高いネットワーク方式である。

2012 年 9 月、「京」の共用開始

このプロジェクトはスタートしてから 7 年かかって昨年 6 月に完成し、9 月から共用が開始された。「京」の完成により 2011 年に世界トップに躍り出て、10 年間の遅れをようやく取り戻して世界と肩を並べた。実は「京」は完全な日本製のスパコンであり、あらゆる部品が日本製である。「京」が世界一になったことで、

日本の高い科学技術力、ポテンシャル、ものづくりの力が健在だということを世界に見せつけたと言える。

ところが、2012年には「京」を上回るスパコンが出てきた。米国はこの分野で常にトップにいななければいけないということで、国を挙げ国の威信をかけてスパコン開発を行っている。昨年11月には、米国の「タイタン」と「セコイア」が「京」を上回るスピードを達成している。

「京」が達成した10ペタフロップスというのはどのような数か。10ペタは1兆の1万倍であり、1兆の1万倍の数の単位を日本では京とよぶので、このスパコンの愛称を「京」と名付けた。フロップスは1秒間に処理できる四則演算の回数である。私たちの脳が処理できるスピードは、だいたい0.1フロップスとされている。つまり10秒間に1回、掛け算や足し算ができるということである。非常に簡単な数だったらすぐに計算できるが、たとえば10桁以上の掛け算などは10秒かけてもおそらくできないと思う。平均すると処理能力はだいたい10秒で1回ということで、0.1フロップスとされている。いま地球上に約70億の人間が住んでおり、すべての人たちが0.1フロップスの処理能力として、1京回の計算をするのに約160日かかる。「京」はそれをたった1秒で計算してしまう。凄まじい威力をもった計算機である。

ところが、米国のマシンが「京」を上回る性能を出したため、科学雑誌「サイエンス」は「京」の批判記事を出した。「京」はスピードを上げるために使いやすさを犠牲にしたマシンではないかと言われたが、これはまったく当たっていない。私たちはこれに対して反論した。

スパコンの性能とは / 米国製スパコンと「京」の比較

現在のスパコンのトップ3は「タイタン」、「セコイア」、「京」である。スパコンの能力は、CPUの演算性能と、演算した結果を格納するためのメモリアクセス性能と、並列マシンをお互いに結ぶネットワークの通信性能の三つが関わっており、それらのバランスがとれていることが非常に重要である。

トップ3を比較すると、LINPACK（コンピュータの性能を計測するための連立一次方程式の解を求めるプログラム）のスピードは「タイタン」が1位で「京」は3位である。ところが実行効率（理論値に対してど

れだけのスピードが出るか）は「京」は約93%と高い。したがって、いろいろな分野のプログラムを実行させてもスピードが出るということである。また、メモリ容量、メモリアクセス、ネットワークの通信性能に関しては、「京」が他のマシンよりはるかに優れている。ただし消費電力は「セコイア」が最も少なく、「京」は若干劣っている。

時代を切り拓いた「京」コンピュータ

スパコンのランキングであるTOP500において「京」は2011年6月と11月に世界一を達成した。スパコンの総合的な性能を評価するHPCチャレンジ賞では2011年には4部門すべてで1位を独占し、2012年は3部門で1位、1部門で2位だった。スパコンを使った成果に対して贈られるゴードン・ベル賞も2年連続で受賞した。「京」は幅広いアプリケーションで十分な性能を発揮するマシンであり、科学的成果を出すことのできるスパコンである。「京」はむしろスピードを犠牲にしてもユーザーの使いやすさを重視したスパコンであるという反論記事を出し、「サイエンス」に掲載された。

「京」、神戸、理研 / 計算科学研究機構

神戸市の人工島ポートアイランドの南端に理化学研究所 計算科学研究機構があり、ここに「京」がある。最寄駅は神戸新交通ポートアイランド線の「京コンピュータ前駅」であり、コンピュータの名前が付いた駅名はおそらく世界でも初めてだろう。ポートアイランドは、神戸市が医療産業都市構想という形で阪神淡路大震災の後に様々な病院や医療・創薬関係の企業、研究所を誘致し、既に230社以上が集結している。実は他の分野に比べて医療分野がスパコン利用で最も遅れているので、この医療産業都市構想の中心に「京」が来たことを契機として、もっとスパコン利用が進んでほしい。

「京」の運用主体である計算科学研究機構は、様々な分野でコンピュータも使ってサイエンスを行う計算科学のチームと、計算機を開発する計算機科学のチームが多数集まり、お互いに連携している。「京」を活用し、成果を上げようとしている。

「京」の利用枠と課題設定

「京」の利用枠は大きく分けて三つある。

一般利用枠は、ボトムアップによる利用であり、広く課題を募集し、科学的な卓越性、社会的な重要性から課題が審査され、計算時間が与えられる。既に62件が採択され、このうち産業利用が25件である。一般利用枠は全体の約30%を占めている。トップダウンによる戦略プログラム利用枠は、国が社会的あるいは国家的見地から五つの分野を定めている。「京」を使うとより大きな成果が得られるところ、あるいは科学技術上のブレークスルーが実現するところに重点的に使ってもらい、戦略的に「京」を利用するものである。全体の約50%を占めている。

調整高度化枠は、「京」の整備、高度化利用、基盤研究を行う枠であり、約15%を占めている。

戦略プログラム

戦略プログラムは、国が国家的あるいは社会的見地から最も重要であり、「京」を使うことによってさらに成果が得られるのではないかとすることで定めた五つの分野である。「京」の約半分の資源を使い、早期に成果を上げようとしていま奮闘している。

一つ目は新薬の開発を含む生命科学・医療の分野である。

二つ目は新物質・エネルギー科学であり、新しい材料の開発あるいは新しいエネルギーの開発、ナノサイエンスが含まれる。

三つ目は地球科学・防災・減災の科学であり、気候変動あるいは地震、津波の予測などが含まれる。四つ目はものづくりの分野であり、アカデミアと企業が共同研究を進めている。

五つ目は宇宙論や素粒子論などの基礎科学の分野である。

産業利用

産業利用では31件の応募があり、そのうちの25件が採択されている。産業利用を積極的に拡大しようという思いがあり、アカデミアとは異なる基準で審査している。医薬品、材料、建設業、機械・自動車企業、ソフト・IT産業などの企業が「京」を利用している。

「京」の使用料は、応募して採択されれば基本的に

無料であるが、成果の公表が原則になっている。知的財産の関係ですぐに成果を公表するのは難しいところがあるだろうから、公表を数年間遅らせることが可能である。なお成果は独占したい企業は、かかった運営費を払う必要がある。

HPCI：革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ

日本全体を考えると、「京」を中心として大学、研究所、独立行政法人など各所にスパコンが存在する。これまではそれぞれのスパコンが独立に運営されており、あまり効率的ではなかった。そこで全体をネットワークで結び、日本全体の計算機資源をもっと有効に使うため、HPCI（革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ）が構築され、ユーザーの様々な要望に応える利用環境が整備されてきた。

スパコンのグローバル化

かつては先進国だけが持っていた時代があったが、いまや世界中の多くの国に急速に広がっている。昨年11月時点でTOP500のスパコンのうち、米国が約半数を持っており最も多く、二位は中国、三位は日本である。中国はいま大変な勢いでスパコンを導入している。各国は、国力を上げるためにスパコンが重要な基盤技術であるという認識のもと、導入を進めている。

また、様々な国が自主開発を始めている。これまではスパコンを作ることでできたのは米国と日本だけだったが、中国、ロシア、インドがスパコンの開発を始めている。欧州は、以前は米国や日本からスパコンを購入し、アプリケーションに力を入れていた。しかし最先端の成果を達成するためには最先端のマシンが必要であり、米国や日本からいつも最先端のマシンを購入できるわけではないので、フランスやドイツをはじめとした欧州全体がスパコンの自主開発を始めている。このようにハードウェアの開発では競争になっているが、ソフトウェアの開発や応用に関しては国際協力が進んでいる。

産業界でのスパコン利用の活発化

TOP500のスパコンのうちの約半数は産業界が持っている。いまや最もスパコンを活用しているのは産業界であり、エネルギー、自動車、金融、半導体、エン

エンジニアリング、バイオなど多くの分野で使われている。米国に比べて日本は産業界でのスパコンの利用がまだまだ進んでいない。TOP500のうち日本のマシンは「京」をはじめ 32 台あるが、産業界が持っているのはそのうちの 6 台に過ぎず、そのほとんどをサービスプロバイダが持っている。企業が高性能のスパコンを持っていても、申請して登録しなければ TOP500 のリストには載らない。日本の大手企業ではそのようなところは多い。しかし事情は世界も同じであり、すべての企業が登録しているわけではない。ただいろいろの意味で「京」は注目を浴びており、企業の関心が高まり、産業利用も増えている。

コンピュータシミュレーションの利用の広がり

スパコンは、最初は学術研究で使われ、次に企業の R & D や実社会で使われる試験期間があり、そして企業や実社会で実際に利用される。金融、エネルギー、バイオ、ナノテクノロジー、計算化学、気象などほとんどの分野で実社会、企業で使われて、大いに活用されている。ただし、バイオの分野だけはまだその段階に至っておらず、少し遅れている。

「京」コンピュータがひらく新しい世界

全球雲解像モデル (NICAM) による気候研究

気象衛星ひまわりの観測値とシミュレーションを約 1 週間分の地球全体の雲の動きである。実は赤道付近の雲の動きが地球全体を支配しており、これが再現されないと天気予報には使えない。これまでは約 1 週間の雲の動きの再現が限界だったが、「京」を使うと約 1 か月間の動きを再現できるようになった。まだまだ検討すべき問題は多いが、1 か月先までの天気予報がある程度予測できる時代に入ってきたということである。

全球の降雨量のシミュレーション

地球全体の降雨の予測は、かなり詳細な形でできるようになった。ある初期値のもとにシミュレーションをスタートするが、初期値にかなり依存し、非常に複雑である。このようなシミュレーションを並行して複数実行し、統計処理により信頼性を上げている。

コンピュータでタンパク質の動きを観る / タンパク質の立体構造予測

かつてはタンパク質の折り畳みなどを表現するシミュレーションは非常に困難だった。この分野の研究者であるデビッド・ショー（元米国大統領科学顧問）はヘッジファンドの創業者でもあり、大金を投じてスパコンを開発し、タンパク質の立体構造の計算科学による創薬事業を始めた。

シミュレーションで予測されたタンパク質の構造は観測値とほとんど変わらない。タンパク質には、膜タンパクのように非常に複雑なものもあり、計算機ですべての構造を決めることはできないが、簡単なタンパク質であれば、観測値や結晶構造が分からなくても予測できるようになった。タンパク質の構造が予測できれば、タンパク質の機能を比較的早く探ることができる。つまり薬の候補を簡単に見つけられるようになる。

創薬

「グリベック」(2001年に認可された白血病の薬)の例のように、コンピュータの性能が向上し、かつては扱うことのできなかつたがんや生活習慣病を標的にした薬の候補を、非常に短時間で見つけることができるようになった。「京」の活用により、ある種のがんに関係するタンパク質に有効な薬の候補(リード化合物)が、昨年9月から開発を始めて既に2種類発見された。3月までにあと2つのタンパク質に対するリード化合物を見つける計画である。創薬は、治験に非常に時間はかかるものの、最初のスクリーニングの段階ではスパコンは非常に大きな力を発揮すると期待されている。かつてはこのようなシミュレーションで一つの計算を実行するのに数か月かかった。「京」を使うと数日でできるので、薬の設計が現実的に可能となりつつある。

「京」と SACLA (X線自由電子レーザー) の連携

兵庫県では、X線自由電子レーザー「SACLA」が稼働を始めた。これは結晶ではなく溶液の状態のままのタンパク質の構造を見ることができるとのことである。「京」と「SACLA」を組み合わせることにより、世界に先駆けて計算創薬の新しい手法を開発したい。

細胞モデルからの心臓シミュレーション

心臓シミュレーションは世界中にあるが、日本の「UT-Heart」が最も精緻なモデルである。「京」を使っても1心拍を計算するのに約2日かかる。心電図や血圧など様々なデータがすべて再現されるようになり、異常な心電図が発生したときに、どこに原因があるか、あるいはある種の心臓疾患に対してどのような手術をすればよいかシミュレーションから分かるようになる。東大病院を中心として実際の医療現場で使われはじめ、役に立ちつつある。

3.11 東日本大震災のシミュレーション

一昨年の東日本大震災の地震波、津波、地盤沈下などをシミュレーションで再現できる。かつての「地球シミュレータ」ではこのようなシミュレーションに約2時間かかったが、「京」ではさらに精緻な計算をしても10分以内で完了する。したがって原理的には、大地震が発生してすぐシミュレーションを実行すれば、それぞれの海岸線での詳細な被害予測が可能である。

繰り返す南海トラフ巨大地震

いま最も心配されているのが、東海・東南海・南海の地震である。この地震はだいたい100年から150年ごとに発生する。最近では1944年と1946年に発生しており、そろそろ時期が近付いているのではないかと心配されている。1946年の地震では、高知市の現在の市街地は完全に水没している。コンクリート製の建物や木造の建物などへの影響を評価し、被害予測ができるようになってきている。いま地方自治体と協力して被害想定を行い、ハザードマップを作成したいと考えている。

「京」で何が変わるのか？

ものづくりの分野は「京」で何が変わるか。風洞実験では、クルマの周りの空気の平均化した動きしか見ることができない。ところが「京」では、平均値ではない非定常現象を扱うことができ、風洞実験以上の情報が得られる。また、風洞のサイズの制約により、中に入れられるのはせいぜい自動車であり、日本の風洞では飛行機の実験ができない。水槽による船の設計も同様である。最近、韓国ではシミュレーションを大々的に導入しており、自動車の性能の向上が目覚ましい。

超高解像度時空間シミュレーション

シミュレーションを利用すれば、高速運転したときにどのようにハンドルをとられるか、そのときの空気抵抗がどのようになるか、横風にあおられたときに安定性を保つためにどのようにしたらよいか、などが簡単に詳細に分かる。それによって高品質の自動車の設計が可能になる。このようなシミュレーションを利用することにより、ものづくりのプロセス自体を変える可能性をもっている。自動車以外では、材料の開発などにもシミュレーションが使われている。これからますますシミュレーションが活用されるだろうと期待している。

「京」をどう利用すべきか？

オールジャパン体制で広く活用が図られるべきである。科学的卓越性、社会的重要性の観点から課題を選択すべきである。計算機のパワーが大きくなると、より早く、より大規模で、より精度の高い計算ができるようになるが、そのようなオリンピックの競争のようなものだけではつまらない。「京」でしかできないことをぜひやりたいと思っている。スパコンがこれだけ発展してきたおかげで、新しい科学的分野、あるいは新しい産業が出現すると思うので、それらを大事にしたい。

昇りゆく竜、沈みゆく太陽

スパコンは2002年に1位になり、2011年に再び1位になった。日本は、経済力、軍事力などのハードパワーではなく、我が国独自の文化や感性に根ざした科学技術などのソフトパワーで国を立て、国際社会の中で存在感のある国として生きるべきである。スパコンが再び世界の最先端に躍り出て、それを使うことによって日本の復興ができればよい。とくに福島をはじめとした東北地方の復興に「京」を起爆剤として使いたいと思っている。

スパコン技術で世界を勝ち抜く

スーパーコンピュータの開発をめぐる国際競争

2011年に「京」が世界のトップに躍り出た。昨年米国のマシンがそれを追い抜いたが、世界最先端であることは間違いない。いま世界は、2020年頃に「京」の約100倍の速度のエクサスケールのマシンの開発にし

のぎを削っている。一番大きな問題は消費電力である。スピードを100倍にしなければいけないが、消費電力は現在の「京」の100分の1にしなければいけない。ポスト「京」に向けて多くの技術革新が成されなければならないが、必ず到達できていると思っている。

ポスト「京」に向けて

スパコンは国家存立の基盤である。もし「京」の100倍のマシンが実現したら何ができるようになるか。現在の「京」では戦略5分野に象徴されるような科学技術の個々の問題を解いているが、「京」の100倍の能力のマシンでは本当の意味での「複雑さの科学」が解明されるとともに、社会現象や人間活動のシミュレーションがもっと進むだろう。宇宙のことはかなり解明されてきたが、私たち人間の活動についてはよく分からないことが非常に多い。人間一人一人の構成要素の振る舞いを集めて全体を見ることが、いまのスパコンの能力ではまだ不可能であるが、スパコンの能力が100倍になればできるようになる。それにより単なる科学的な現象だけでなく、人間活動がどのように関わっているかを含めた統合システムとしてのシミュレーションができるようになる。スパコンが本当の意味での安全安心な社会の構築に大いに貢献するようになるだろう。

これまで「京」を開発してきた技術、経験、人材などを生かせば、ポスト「京」のマシンを開発することは可能である。それによってこの分野で世界を勝ち抜き、ポスト「京」を使うことによってさらにサイエンスを発展させ、日本の国際競争力を高めることができるだろうと思っている。

ポスト「京」での科学的・社会的課題

ポスト「京」でどのようなことができるか。人間の情報処理機能の解明、細胞のシミュレーション、触媒、重金属を用いないNO_x(窒素酸化物)などの還元、ハーバーボッシュ法に代わる新しいアンモニアの合成法、50年で半減してしまうリンの枯渇問題の解決、災害への早急な対応、産業競争力の強化など様々な問題がある。このような問題は「複雑さの科学」と言われており、その解決に向けてポスト「京」マシンが大いに力を発揮するだろうと思っている。

まとめ

世界最先端のスパコン「京」のある神戸に日本中、世界中から優秀な人材が集まってきている。これらの人材を生かして知的貢献をなし、国民や国際社会の期待に応え、本当の意味で私たちがわくわくするような成果を挙げたいと思っている。これからも一層の支援をお願いしたい。

以上

【事例 10】地球環境産業技術研究機構 (RITE)

「新産業バイオリファイナリーの現状と将来像」

講師：湯川 英明 氏 地球環境産業技術研究機構 理事

講演日：2013 年 3 月 25 日 国主導の研究開発に関する分科会 第 4 回会合（役職は講演当日のもの）

はじめに

米国では 21 世紀の新産業としてバイオリファイナリーがいま大変話題になっている。残念ながら日本ではまだあまり認知度が上がっていない。

私の研究は、コリネバクテリウムという微生物の機能解析とその工業的利用について 40 年間ずっと研究しており、いまようやく工業化の可能性が出てきた。

私には三つの経験がある。企業内研究者（三菱油化 / 三菱化学）、公的研究機関の研究者（地球環境産業技術研究機構：RITE）、ベンチャー企業の立ち上げ（2011 年）いまは RITE の理事（バイオ研究グループ長）とベンチャー CTO の二足のわらじである。

地球環境産業技術研究機構 (RITE)

創立 1990 年。経済産業省傘下。関西財界が主体となり、自治体がサポート。京都と奈良の県境けいはんな学園都市の中にある。

公的な研究を行っており、その領域はバイオリファイナリー、CO₂ 貯留、政策提言である。

Green Earth Institute 株式会社

英語表記であるのは、北米での早期工業化を想定しているからである。地球温暖化対策に資するバイオ燃料とグリーン化学品を作ることが目標である。

2011 年 9 月に東京大学エッジキャピタルの協力を得て設立した。それ以前から研究成果の工業化の方法論について行政と議論してきたが、日本では国の支援を受けたプロジェクトを工業化する方法論が整備されていない。法的な面では大変苦労し、出資条件の厳しさなど公的機関としては、ベンチャー資金導入はなかなか条件が難しい。

東大エッジファンドは、東大の研究成果を工業化するという目的で、東大とエッジキャピタルとで契約ができています。インキュベーションタームは 7、8 年と長く見ている。

バイオリファイナリーとは？

1990 年に米国政府は、国家目標として 21 世紀の成長産業を IT とバイオリファイナリーに設定している。この事実はあまり日本では報道されておらず、IT のみが脚光を浴びている。

再生可能資源であるバイオマスを使うと、カーボンニュートラルであり、地球温暖化対策になるということがベースになっており、もちろん経済的利点もある。

市場規模予測は、2020 年に 23 兆円、2030 年に 30 兆円である。

バイオリファイナリー産業

1990 年代後半に IT 分野に資金が流れ込んだが、21 世紀に入りその資金よりもバイオリファイナリー分野に流れ込む資金の方が既に多くなっている。この事実も日本では一般的にあまり知られていない。この分野に対して米国、カナダの政府は大変熱心であり、早く立ち上げたいという背景がある。米国がトップランナーであり、IT もそうであるように、この分野でも絶対的地位を確保したいとの計画を有する。多額の研究費を 1990 年代から注ぎ込んできた。IT は初期投資が比較的少なくて済んだが、バイオリファイナリーはものづくりのため様々な問題があり、米国の当初のグランドデザインどおりには進んでいない。

バイオリファイナリーの第一の製品がバイオエタノールである。ただし、いま生産しているエタノールの原料はトウモロコシである。当初の予想を誤り、食料価格の高騰を招いた。したがって米国政府としては、食料ではない原料から化学品や燃料を作る計画にシフトしたいという誘導をかけている状況である。

バイオエタノールの生産量は、このわずか 10 年間で約 4000 万キロリットル（日本のガソリン使用料 8 割以上相当）増えた。一つのプラント当たり 20 万～50 万キロリットルの生産量であり、100 を超えるプラントができた。製品市場のみならず建設、機械メーカーも大フィーバーだった。

トウモロコシエタノール工場は、トウモロコシの生産地である米国の中部に集中している。

エタノールはブラジルが大変有名であるが、米国の生産量は急増し、ブラジルの生産量をはるかに超えた。現在、トウモロコシの全生産量の40%近くが燃料エタノールになっており、当然ながらトウモロコシ価格が急騰している。トウモロコシ価格の高騰により、農地の土地価格も上がっている。

トウモロコシ価格が2011年に高騰したとき、世界各地で暴動が起き、米国政府に対し批判が起きた。その批判をかわず担保として、バイオエタノールの原料をノンフードに変更するための技術を奨励する方針となった。

米国：バイオ燃料国家目標

バイオ燃料国家目標は、トウモロコシ原料は約150億ガロン（1ガロンは約3.8リットル）でフラットにし、農産廃棄物などセルロース原料を増やし2022年までに160億ガロンにする計画になっている。

ノンフードからのエタノールを使うと、現在のガソリン車に比べて温室効果ガス効果が約5分の1に減る。

運輸部門における2030年までの温室効果ガス削減目標は、セルロース系バイオ燃料により1億トン減らすことになっており、いかに米国政府が液体バイオ燃料に力を入れているかを表している。

2050年までに輸送燃料全体の4分の1強をバイオ燃料にするというのが国際エネルギー機関（IEA）の国際目標値であり、現在の10倍以上の量である。

米国バイオリファイナリー

米国政府は、バイオ燃料や化学品をトウモロコシなどの食料ではなくセルロースから作るという目標を掲げ、その第一弾としてエタノール原料の切り替えを計画したが、遅れている。2009年頃から生産が始める目標を掲げたが、とても達成できる目標値ではなく、それを約100分の1に下方修正し、米国の産業界にセルロース系バイオ燃料の生産を要請した。また、石油産業界にそれだけの量の受け入れと販売を要請し、未達成の場合のペナルティーも設けた。しかし、実際の生産量はゼロであり、石油業界は「我々は売る気はあるが手に入らないのでペナルティーをかけないでくれ」と訴えたが、政府はそれを拒絶し、裁判になっている。

バイオ燃料エタノール製造法

なぜ製品としてノンフードからのバイオ燃料エタノールが出てこないのか、一言で言うと経済性である。

バイオ燃料は、葉っぱなど農産廃棄物を酵素により炭素数6（C6）と炭素数5（C5）の糖に分解し、さらに微生物によりエタノールにする。ちなみに酒、ワインやトウモロコシなどデンプンの場合は、C6のみが生成される。したがってセルロースエタノールの場合は、技術としてC6とC5を同時に併用できる微生物を作る必要があるが、生物的にはC6とC5はまったく違う。我々人間も含めて自然界の生物はデンプン系のC6を消化できるが、C5は普通消化できない。微生物にC5を消化させるには、遺伝子組み換えなどで新しい機能を付与しなければならず、技術的に非常に難しい。さらに仮にC6とC5を利用できる微生物を作ったとしても、それらを同時に与えると、普通は自然界にあるC6を選択的に食べ尽くしてからC5を食べる機能があり、その機能を外すのは技術的に難しい。

さらに大きな問題は、植物に直接酵素をかけても植物は分解されないことである。草などにはリグニンとよばれる成分が入っており、植物の体を形作り、守っている。このリグニンがあると酵素が働かない。人工的にリグニンの構造を壊し、酵素を働きやすくするには、植物を煮て柔らかくする。激しく煮れば煮るほどリグニンが壊れ、使用する酵素の量が少なくて済む。しかし、植物の成分が過分解し、微生物に対して毒性の強い物質（発酵阻害物質）が現れる。短時間、低温度の穏やかな前処理とすれば発酵阻害物質の発生は防げるが、多量の酵素が必要となる。このようなトレードオフがあり、発酵阻害物質を発生させない条件では、エタノール1ガロン当たり酵素代だけで4～5ドルとなる。ガソリン価格は1ガロン当たり3～4ドルなので、エタノールは1ガロン当たり2ドル台で製造しなければならないが、酵素代だけでそれを大きく超えているのが現状である。

RITEの研究成果

結論としては、RITEの研究により前述の様々な問題点がほぼすべて解決できる。RITEが開発した微生物は、発酵阻害物質にまったく影響を受けない。したがって、米国がいままで取り組んできた厳しい前処理による経済性の高いセルロースエタノールの製造プロ

セスとRITEが開発した微生物による発酵を組み合わせることで、経済性の面で米国国家目標が達成できることが分かってきた。その結果、昨年4月に工業化を目指した米エネルギー省との契約を結んだ。米国では大変話題になっているが、日本ではまったく話題になっていない。

ワインなど通常の発酵では微生物の分裂・増殖の過程をうまく利用するが、私が40年研究してきたコリネバクテリウムという微生物は、ある特殊な条件下で分裂・増殖せず、じっとした状態でものを作るという性質がある。つまり、化学反応における触媒と同じように使える。この性質を工業的に利用するため、RITEの私の研究室では12年前から10年間研究を行い、65億円の国の研究費を投入してもらった。その後は民間企業およびベンチャーキャピタルの資金で工業化を目指している。イノベーションを実現するためには、大きなプロジェクトではどうしてもある程度の資金が必要である。

米エネルギー省が発表しているセルロースエタノール卸売価格

RITEのプロセスと米国のプロセスを組み合わせ、セルロースエタノールの生産においてどのくらいの経済性が実現できるか。米エネルギー省の公式な目標値は、10%の利益を含めた卸売価格で1ガロン当たり2.15ドルである。ガソリンは同3ドル強であり、エタノールはガソリンと比べて熱量が約8割であるので、ガソリンよりも安くしなければならない。目標値2.15ドルのコスト構成は、原料のトウモロコシの葉が74セント、酵素の価格が34セントであり、これが視野に入ってきた。現在、ノンフードからのエタノールには、1ガロン当たり1ドルの米国政府の補助が出る。そのくらいのインセンティブをかけても生産量がゼロであるのは、いかに技術的なハードルが高いかの証左である。米国のトップランナーであるデュポンも生産できなかった。

RITEの研究を2、3年前から海外が評価し、エネルギー省は工業化へ向けて第一優先でRITEと契約した。これは大変な判断だと思う。つまり、これまで米国政府が米国の企業、産業界に資金を出して開発を進めてきたが、それができないと分かたら、すぐに我々のような日本の機関と契約したということである。こ

の点はやはり米国のダイナミクスを象徴しており、おそらく日本では、このような判断はしがらみなどがあって難しいのではないか。

米国における今後のエタノール市場に関する論点

シェールガスの動きはどうか。これはバイオ燃料だけでなく、電気自動車などさまざまな輸送産業に大きな影響を与える。一言で言うと、とくにシェールガスは炭素数1であり、炭素数2のエチレンまではシェールガスで安くなる。米国では、シェールガスベースの石油化学プラントが一斉に建設され始めている。しかし、炭素数4以上あるいは芳香族では、シェールガスからの化学品の製造は難しい。米国のバイオリファイナリーの分野では、シェールガスやシェールオイルで補てんできないものを経済性良く作ることが米国政府の強い要望になっている。また、液体燃料は主要な燃料であるという米国政府の方針は変わらない。この分野に関しては、共和党と民主党で政策に差がない。

米国における展開のイメージ

米国は2022年までに160億ガロンのセルロースエタノールを生産することが国家目標になっており、我々の技術でその3分の1(2000万キロリットル)くらいは貢献したい。米エネルギー省からは、それを実現するための米国政府の助成策に関する要望書の提出が求められており、今年の夏頃までにはそれを提出したい。20万トン規模のプラントを一つ建設するのに必要な資金は、土地購入も含めて4.2億ドルであり、とてもベンチャー企業の手には負える金額ではない。米国企業との連携を模索しつつ、技術実証としての1号プラント(5万トン規模)は自主資金で建設し、2015年には稼働したい。そのプラントを通じて様々な形のジョイント企業を作っていく、結果的には2000万キロリットルの生産に寄与したい。

米国のセルロースエタノール企業は実証生産を2008年から行う計画だったが、前述の経済的問題で一斉に遅れている。我々は来年エネルギー省のパイロットプラントを使わせてもらい技術実証を行う予定であり、我々の技術がトップランナーで進んでいくのは間違いはない。

新産業バイオリファイナリーの早期実現へ

セルロースエタノールが大規模に生産されるということは、ノンフードのバイオマスから化学品の原料としての安い糖が生成されるということである。トウモロコシなど食料系の原料は今後高騰していくが、ノンフードのバイオマスは非常に安い原料である。したがって、巨大なバイオ燃料プラントの隣で、たとえば原料の1割を化学品に回すことが可能になる。我々としてはこのようなグリーン化学品の生産も合わせて工業化していきたい。

まとめ

ベンチャーを起業してみて、ものづくりのベンチャーはITのベンチャーとまったく違うと感じた。ものづくりでは試験設備にも巨額の費用がかかる。いま日本に存在するベンチャーファンドの規模は小さ過ぎる。したがって、政府系の大型ファンドによるものづくりという視点からの政府の助成が必要である。銀行は、バブル再燃を懸念する金融庁の指導により、売り上げを出していない会社には融資をしてくれない。したがって、資金はエクイティで集めるしかない。本来の技術開発に注ぎ込むべきエネルギーの大半が資金調達にとられてしまう。

また、人材が集まらない。RITEでは研究者を募集するといつも100人程度の応募があるが、Green Earth Instituteではほぼゼロだった。米国に工場を建設するときには、エンジニアリング要員が必要となる。化学産業では、大型プラントが国内にほとんどなく、もともと大型のプロジェクトマネジャーの経験のある人材が非常に少ない。どの会社でもこのような人材は宝であり、絶対に手放さない。はじめから海外のエンジニアリング会社と組む手もあるが、ノウハウを盗まれるリスクが大きくなる。このように資金、人材、エンジニアリングなどあらゆる面で壁が立ちただかっている。まさに国主導の新規産業という観点で考えなければならない大きな問題である。

以上