

産業技術を巡る環境変化

平成22年4月

経済産業省 研究開発課

目次

I. 産業技術を取り巻く状況変化

1. 技術の高度化・複雑化
2. 非連続な技術への取組の重要性
3. 国際的な研究開発競争の激化
4. 研究開発スコープの短期化
5. コア技術への選択と集中の変化
6. 市場へのつながりの強化の重要性

II. オープンイノベーションへの対応

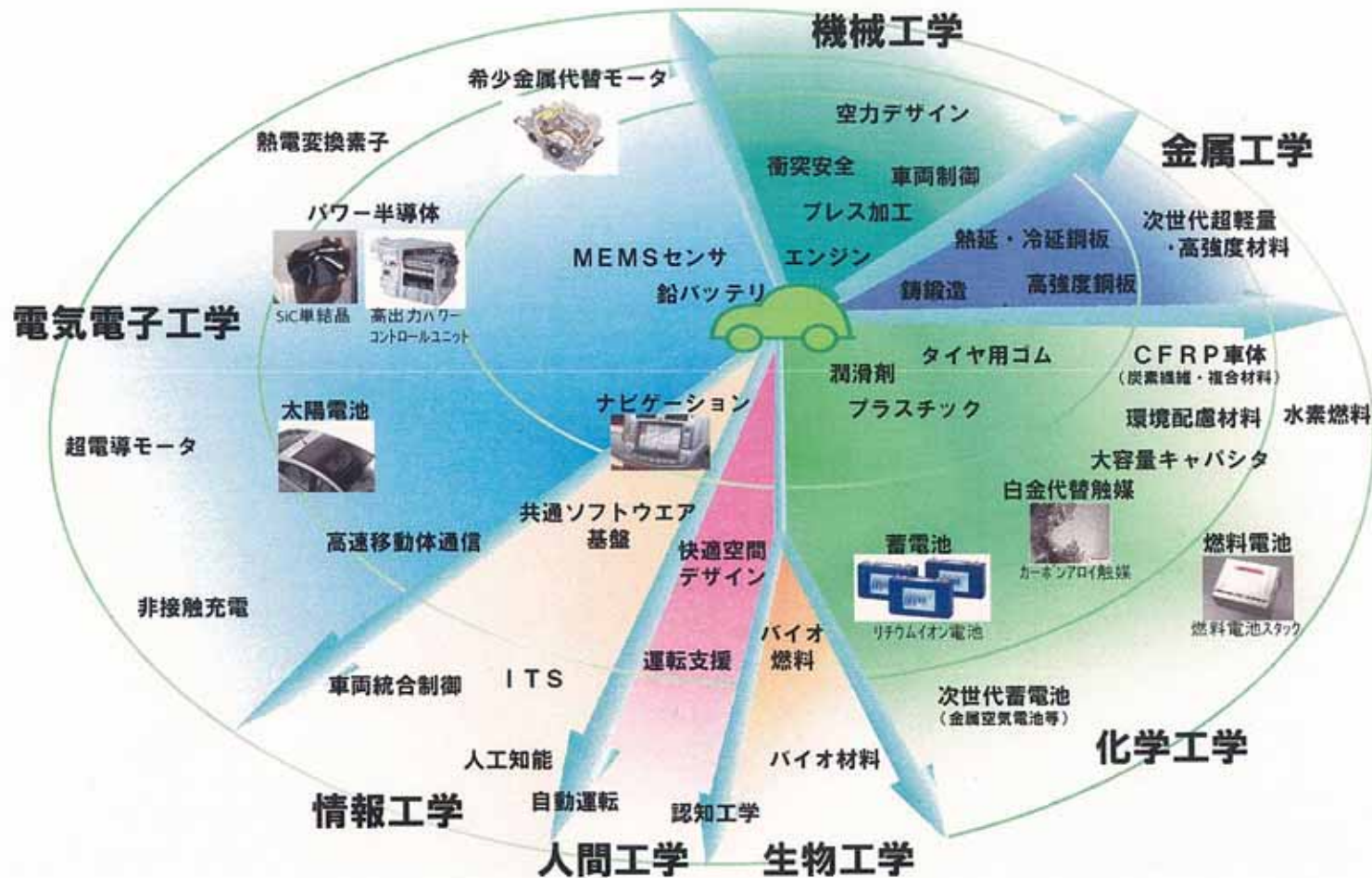
1. 産学官の力を結集する融合場の提供
2. “競争”と“協調”の最適設定
3. 産学官拠点における教育機能
4. 集中拠点と多様性ある研究との連携

次頁以後の資料の出所は、特に注記がない限り、産業構造審議会産業技術分科会第9回基本問題小委員会(平成22年3月11日)資料4「今後の研究開発の在り方について」から抜粋。

I. 産業技術を取り巻く状況変化

1. 技術の高度化、複雑化 ① 投入する知識が飛躍的に拡張する次世代自動車

- ✓ IT、ナノテクノロジー等の飛躍的な進歩は、従来製品に、これまでにない多様な性能・サービスを付加することを可能としている。
- ✓ 製品・サービスの高付加価値化のためには、既存の学術・技術体系を統合し高度化することが求められている。



1. 技術の高度化、複雑化 ② 多様な科学・技術を必要とする最先端製品

✓ 技術の高度化・複雑化に伴い、サイエンスまでさかのぼった研究が必要になるとともに、一つのイノベーションを担う研究開発主体(民間企業、大学、研究所等)も多様化・専門化。知識・人材・組織の結集が重要となっている。

電気自動車



自動車	電機
化学	金属
等	

自動車技術、軽量化技術、モーター技術、蓄電池技術 等

リチウムイオン二次電池



材料	化学
金属	電気
等	

写真出典: NEDOパンフレット

LSI(大規模集積回路)



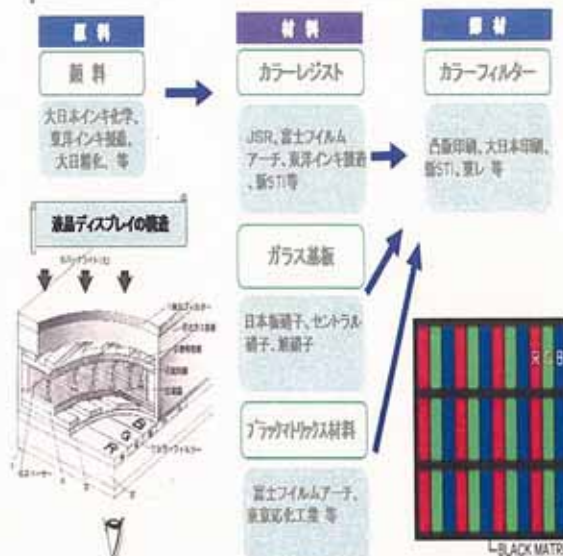
電気	化学
材料	印刷
等	

写真出典: NEDOホームページ

米国特許におけるサイエンスリンケージの推移 1つの特許により多くの科学技術知識が必要

出所: 科学技術指標 - 第5版に基づく2008年改訂版 -
注: サイエンスリンケージとは、特許出願1件当たりの科学論文引用回数である。

カラーフィルターに必要な多様な技術



記録媒体の高度化に伴う 必要特許数/企業数の増大

	不可欠特許数	保有社数
VHS	30件	3社
DVD	400件	35社
BD	2,000件以上	60社

出所: 産学官連携サミットにおける講演内容よりMETI作成

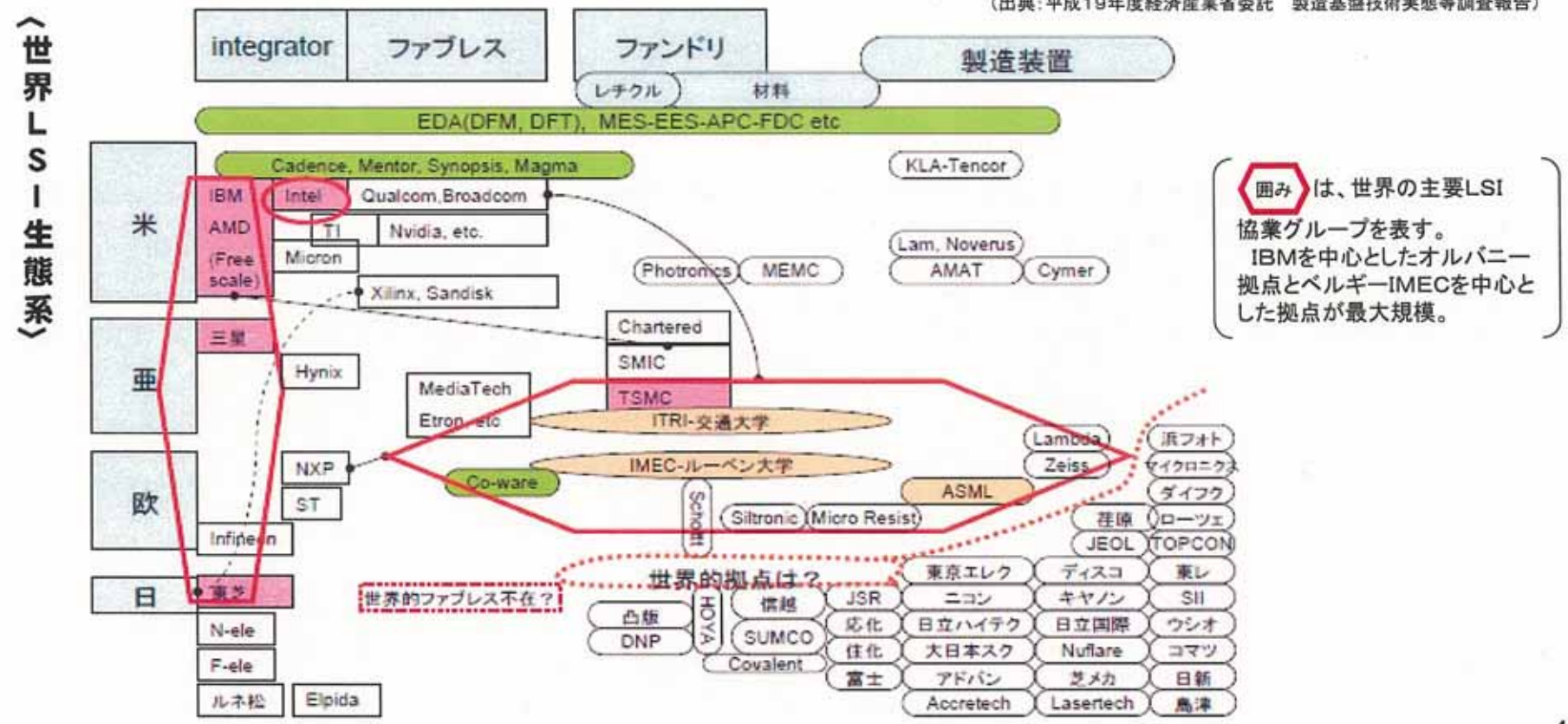
1. 技術の高度化、複雑化

③ 研究開発・生産で進行する規模の経済～半導体産業の事例

- ✓ 半導体産業では、技術革新のたびに研究開発・生産に係る投資額が増大し、規模の経済が確実に深化。
- ✓ LSI開発については、国際的協業の下で、米国と欧州に開発拠点が集約されてきている。



(出典:平成19年度経済産業省委託 製造基盤技術実態等調査報告)



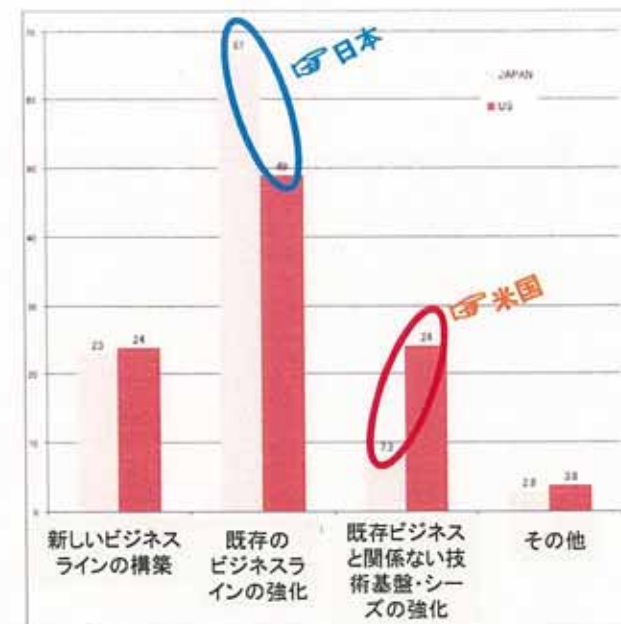
2. 非連続な技術への取組の重要性

- ✓ 3極特許※¹の発明者にアンケート調査を行ったRIETI日米発明者サーベイ※²においては、日本は想定された範囲の研究成果に基づく特許が多いが、米国は、当初想定されなかった研究成果（セレンディピティ）に依拠する特許が多いことが明らかとなっている。また、米国は、研究以外の活動から生まれる特許が日本よりも多いことも特徴的である。
- ✓ 米国は、技術基盤の強化、既存事業の延長線上にない長期的なシーズ創出を目的とした研究の割合が日本の3倍ある。また、既存事業の強化が目的の研究が、日本は7割、米国は5割。

発明プロセス (Serendipityの程度)



研究プロジェクトの目的



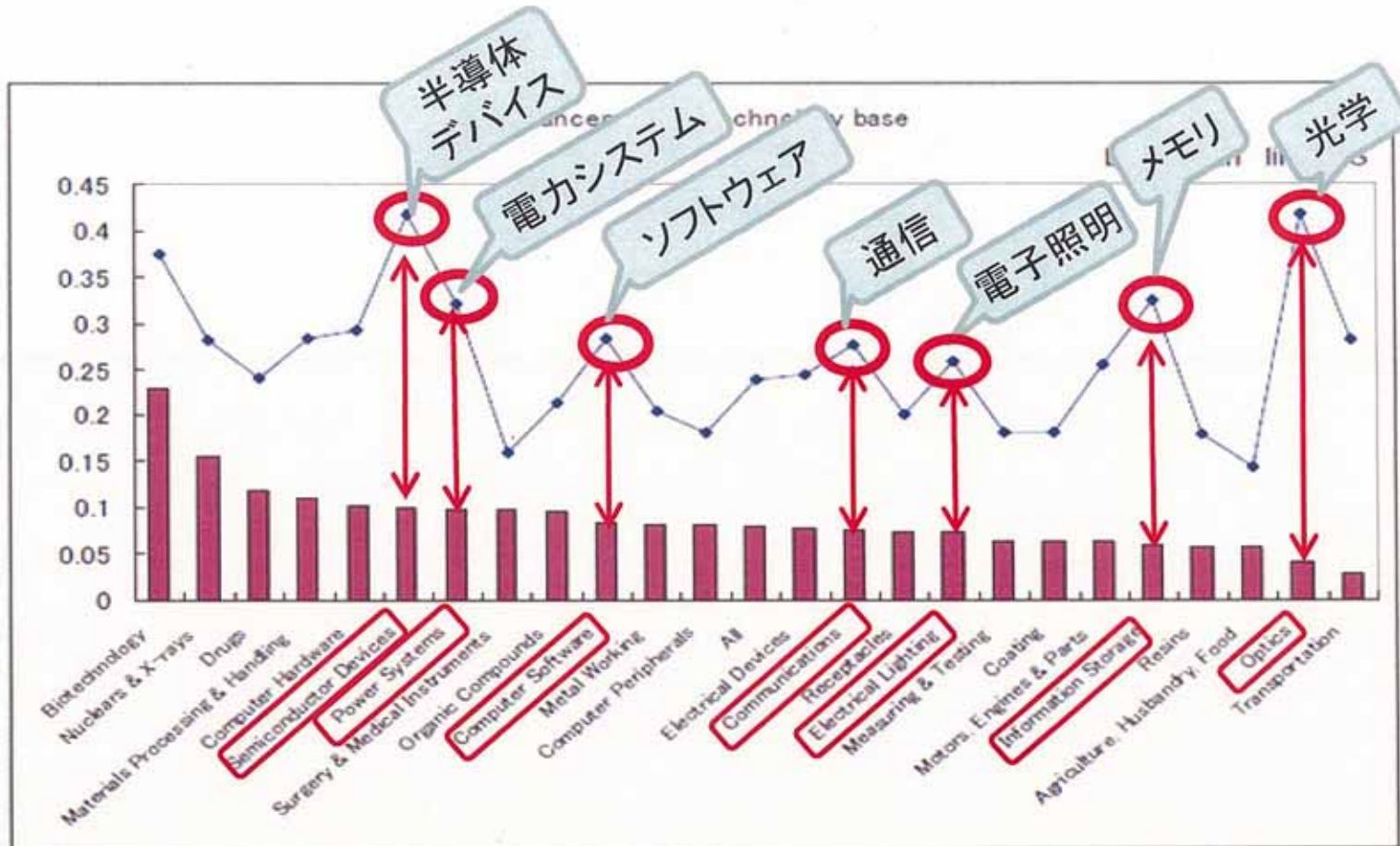
※1) 日米欧三極に登録される特許は、一般的に質の高い特許と言われる。

※2) RIETI発明者サーベイ・プロジェクト "Invention & Innovation process in Japan & US: some findings from the Inventors Surveys in Japan & US", Jan.2008, Dr. S. Nagaoka (一橋大) & Dr. J. P. Walsh (Georgia Institute of Technology)
 (回答数) 日本: 3,658人、米国: 1,919人

【参考1】 基盤的技術への取組の日米比較

- ✓ 半導体デバイス、光学機器、バイオテクノロジー、メモリー等、最先端技術に係る三極特許ほど、日本より米国の方が、基盤技術の研究開発から成果が生まれている。
- ✓ 新たなイノベーションを創出するためには、個別企業では長期的に取り組むことが困難な共通基盤技術開発が重要となってきた。

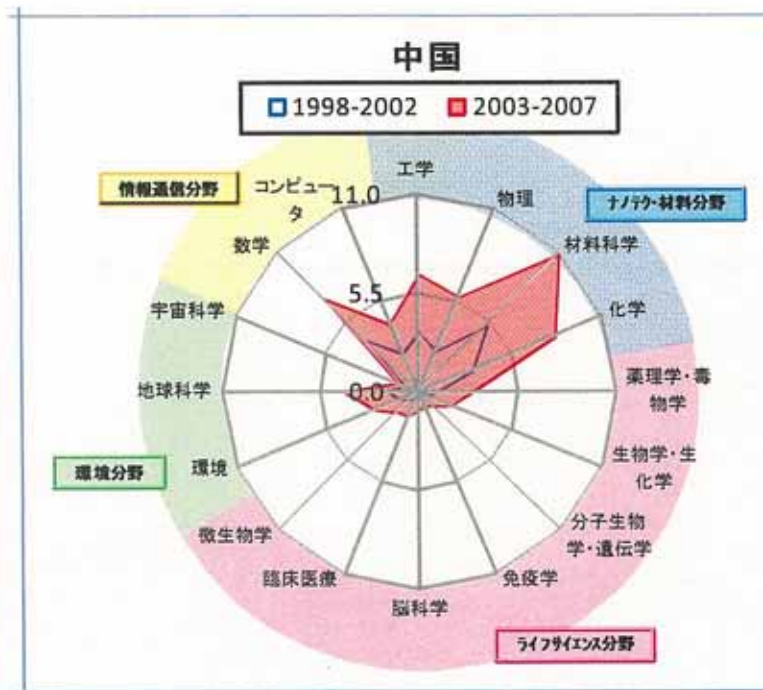
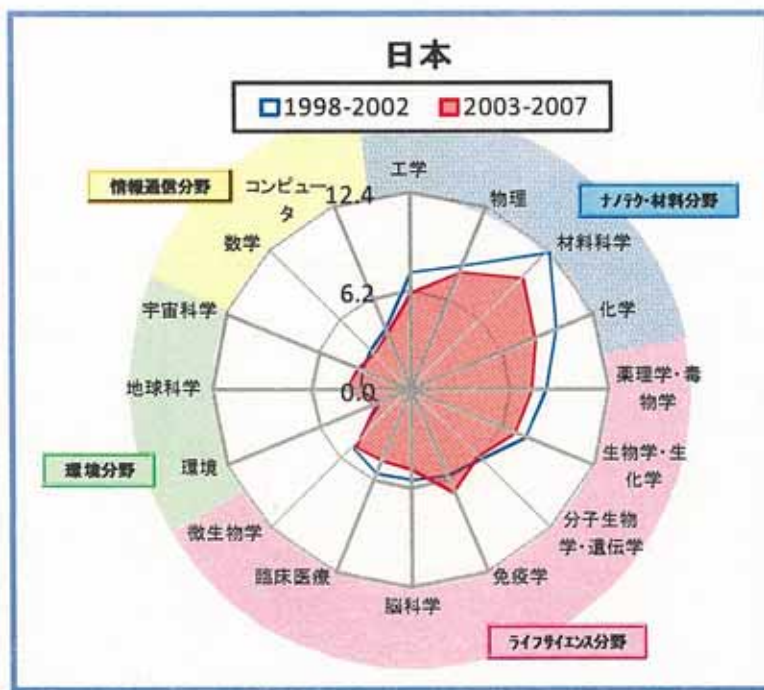
三極特許につなげた
基盤技術研究開発のシェア
(分野別日米比較)



〔棒グラフは日本、折れ線グラフは米国。〕

3. 国際的な研究開発競争の激化 ~ ① 日中の論文引用数の比較

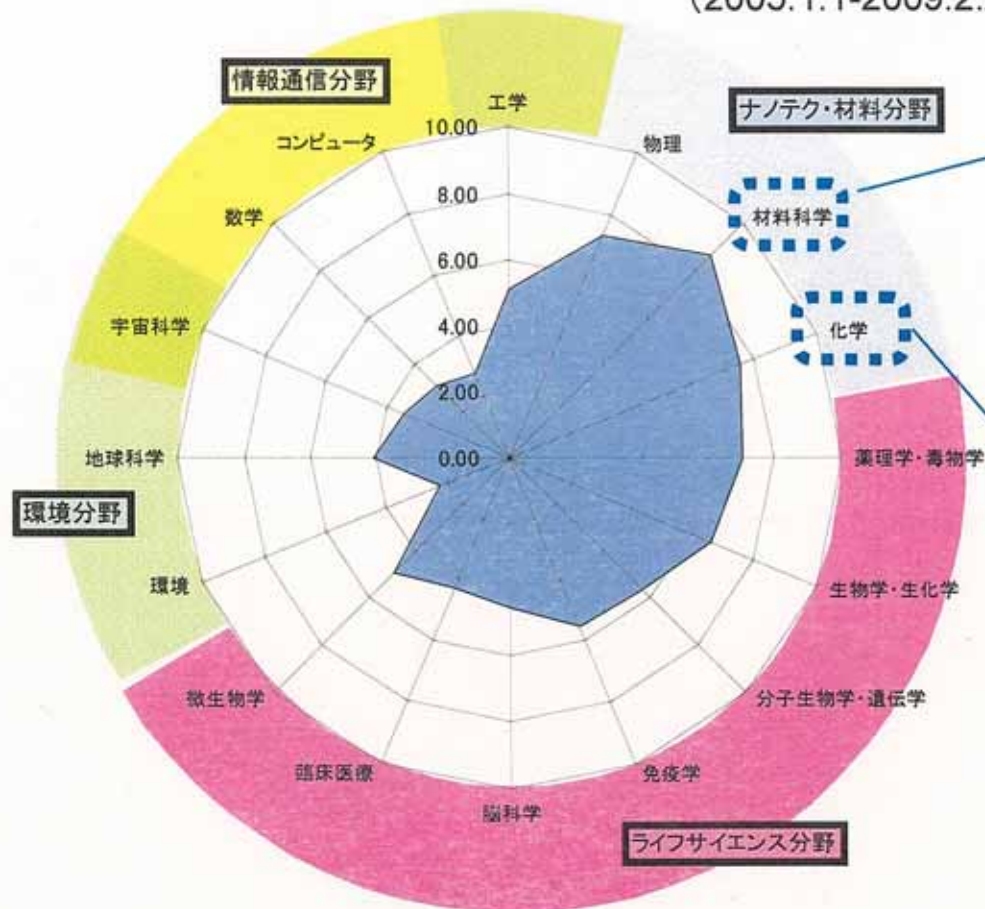
- ✓ 日本は、世界的な研究論文被引用数(上位1%)のシェアについて、ナノテク・材料、化学、物理分野が強みを有する。
- ✓ 近年、これらの分野で中国が激しく追いついており、材料科学においては直近の5年間で中国が日本を追い抜いている。



【参考2】 科学研究における研究機関・領域ベンチマーキング

✓ 世界的な研究論文被引用数(上位1%)について、ナノテク・材料、化学分野は、強みを有する。

論文被引用数に日本が占める割合の分野別比較
(2005.1.1-2009.2.28)



<材料科学>		
1	中国科学院	32,241
2	マックスプランク研究所	14,607
3	物質・材料研究機構	10,003
4	東北大学	9,845
5	国立シンガポール大学	9,460
6	清華大学	8,840
7	マサチューセッツ工科大学	8,271
8	産業技術総合研究所	7,465
9	フランス国立科学研究センター(CNRS)	7,049
10	スペイン国立研究協議会	6,884
14	東京大学	6,385
15	大阪大学	6,382

<化学>		
1	中国科学院	109,930
2	マックスプランク研究所	54,203
3	カリフォルニア大学バークレー校	38,146
4	京都大学	34,618
5	フランス国立科学研究センター(CNRS)	32,532
6	東京大学	32,019
7	マサチューセッツ工科大学	27,268
8	ロシア科学アカデミー	26,885
9	科学技術振興機構	26,274
10	イリノイ大学	24,483
13	大阪大学	21,929
19	産業技術総合研究所	19,472

※右表を掲げた2領域以外の14領域については、

- ✓ 世界20位以内に3機関…免疫学
- ✓ 世界20位以内に2機関…生物学・生化学、物理
- ✓ 世界20位以内に1機関…薬理学・毒物学、微生物学、地球科学、宇宙科学、工学
- ✓ 世界20位以内に機関なし…分子生物学・遺伝学、脳科学、臨床医療、環境、数学、コンピュータ

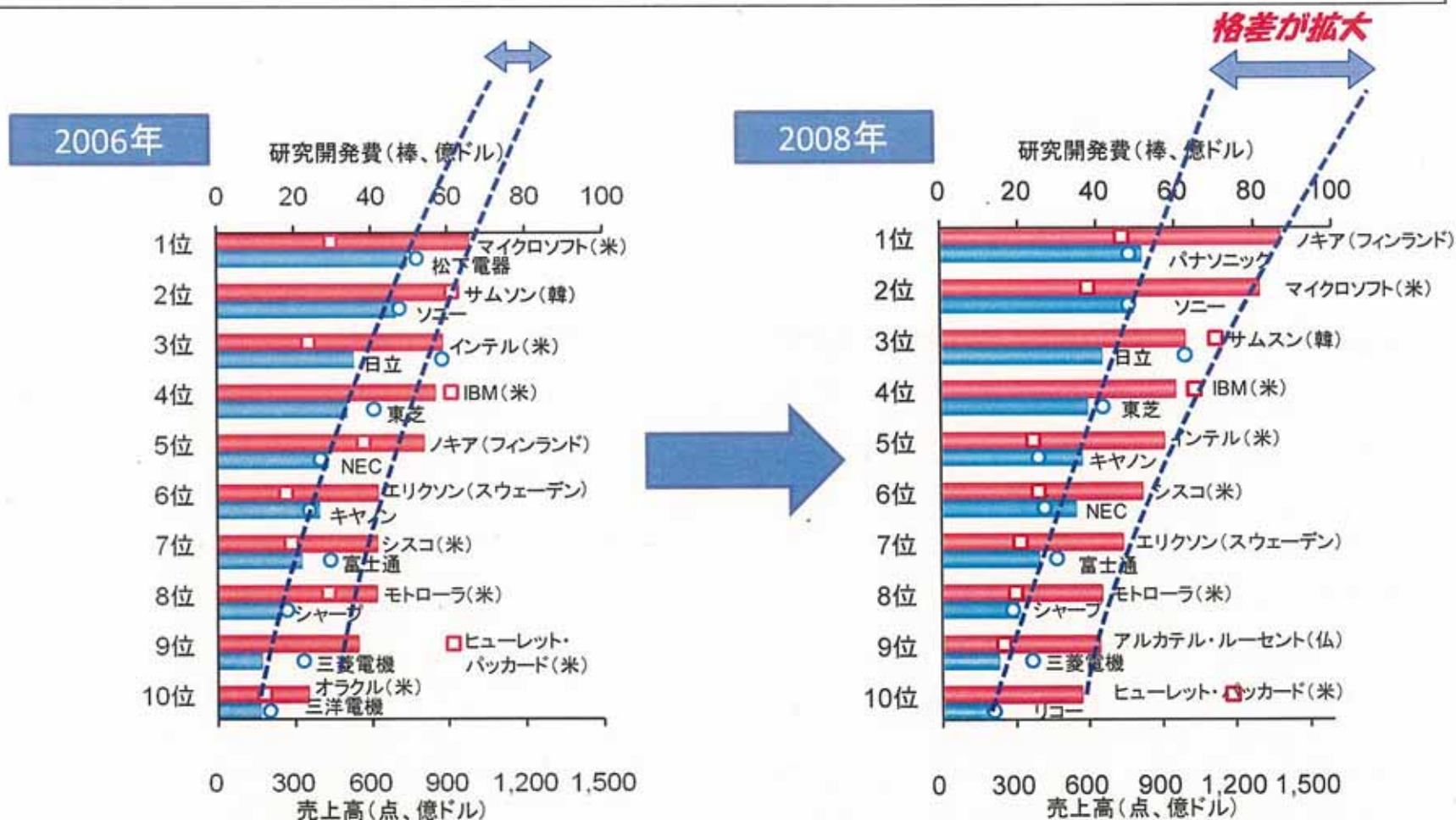
(トムソン・ロイター社のデータベースEssential Science Indicators (2009.05.01更新)に基づく)

[出所: 産構審産業技術分科会研究開発小委員会資料を元に作成]

3. 国際的な研究開発競争の激化 ~ ② 国内外の研究開発投資規模の比較(i)

- ✓ 研究開発投資規模について、その上位企業を業種毎に国内外で比較すると、エレクトロニクス分野では、海外との格差が拡大しつつある。
- ✓ 日本は、1つの業種に関わる企業数が他国よりも多いこと、他国企業は日本企業に比べてより専門的、といった特徴がある。

情報・電気電子

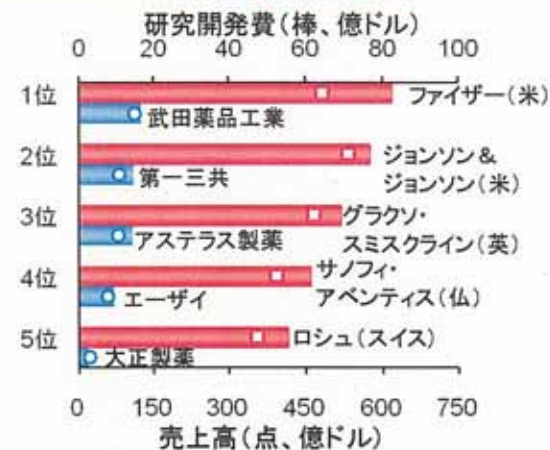


(出所: S&P global 1200, ただし、2008年の日立、サムスンについては各社公表データを利用、1ドル=100円=1100ウォンで換算)

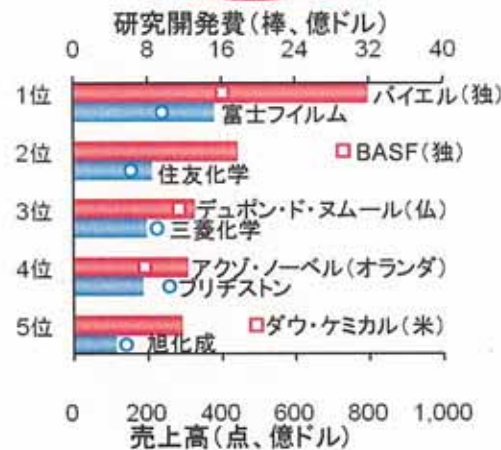
3. 国際的な研究開発競争の激化 ~ ② 国内外の研究開発投資規模の比較(ii)

2006年

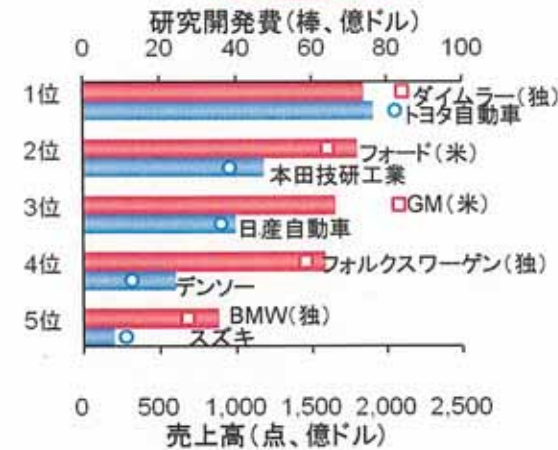
医薬品



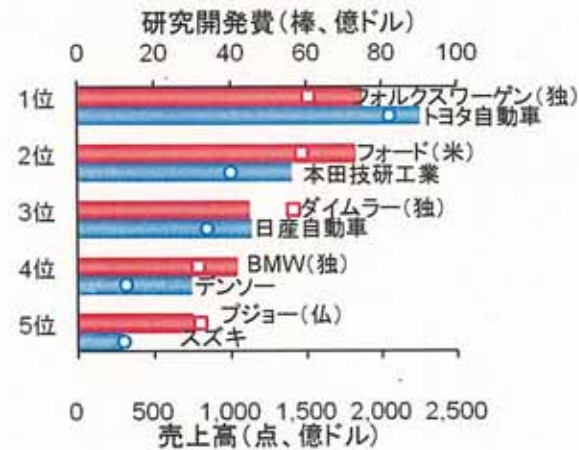
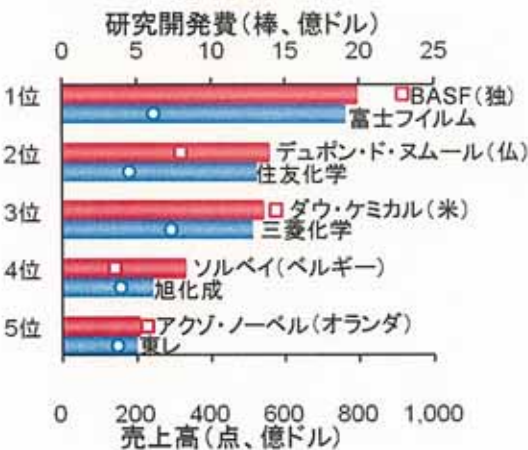
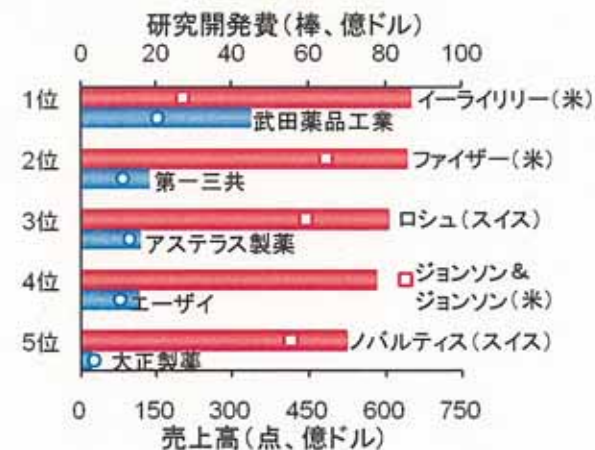
化学



自動車



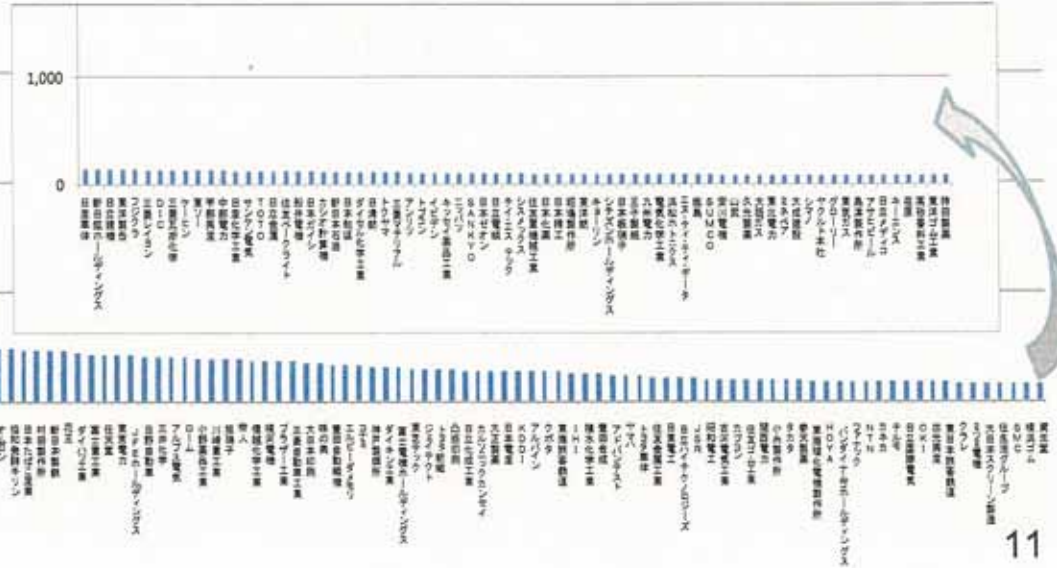
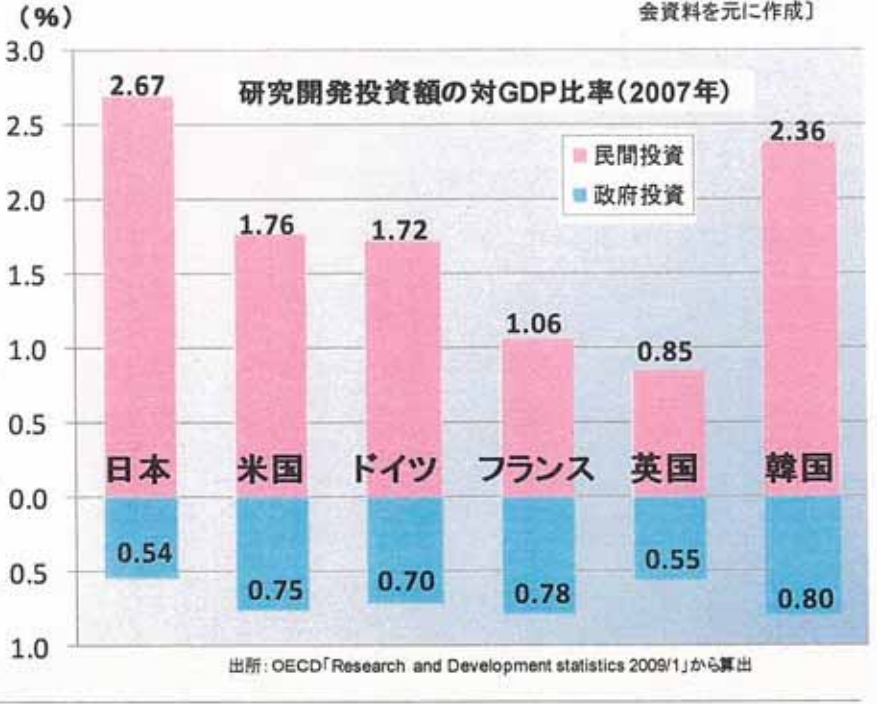
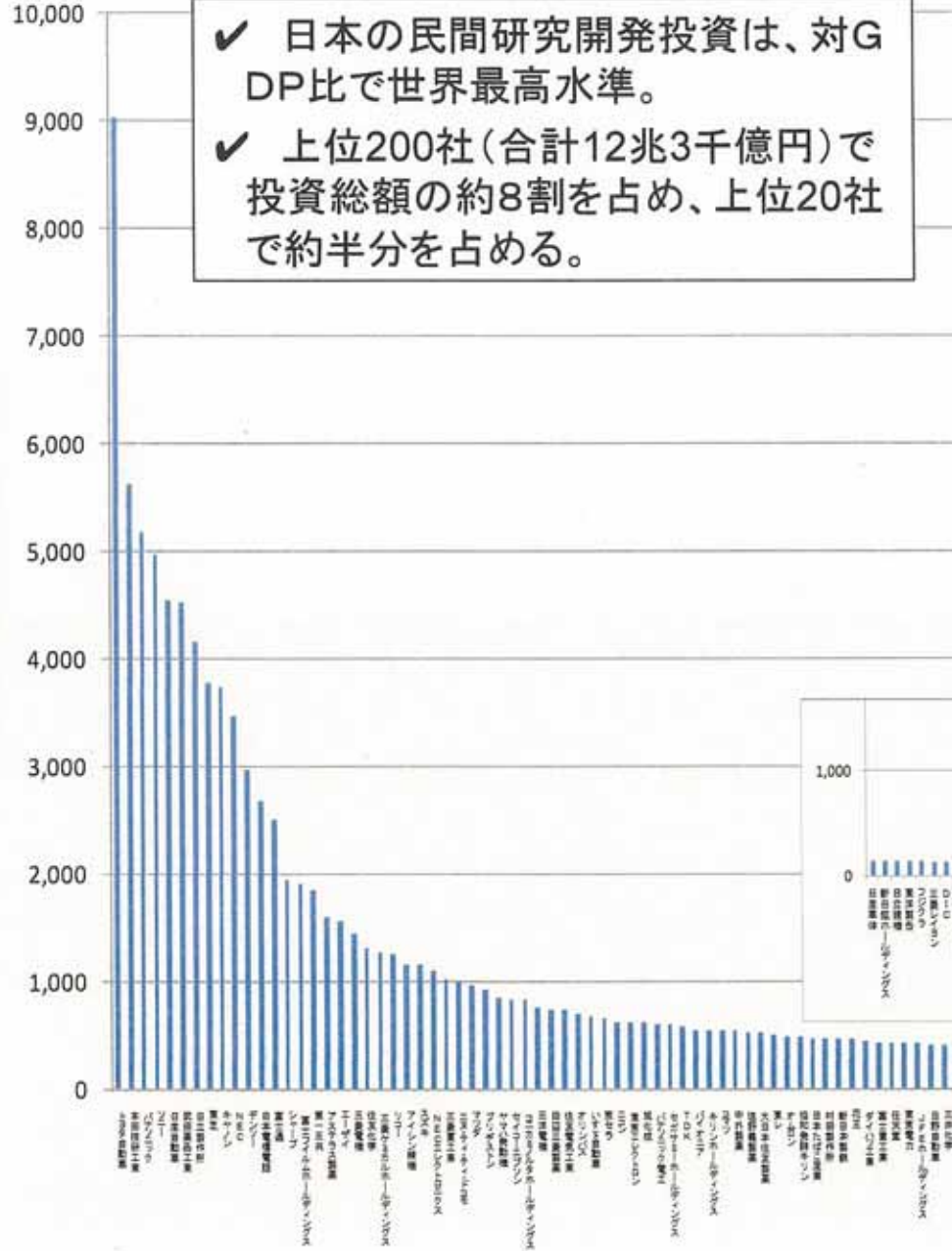
2008年



【参考3】 日本の民間研究開発投資の動向

〔出所：産構審産業技術分科会研究開発小委員会資料を元に作成〕

2008会計年度研究開発投資額(億円)

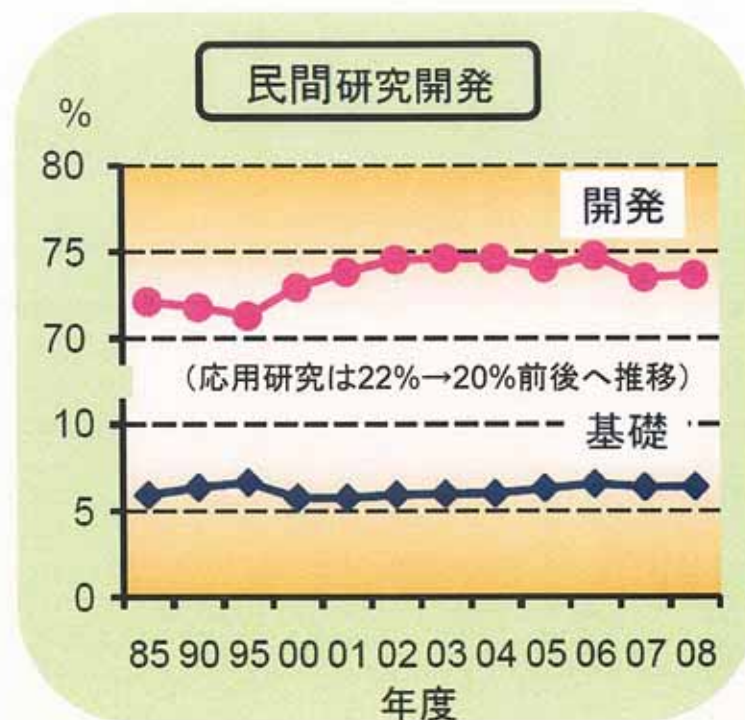



4. 研究開発スコープの短期化

- ✓ 国際競争の激化、資本市場の圧力等により、短期的な収益確保・利益還元が求められる経営環境下で、不確実性の高い、長期的な研究開発への投資が難しくなっている。
- ✓ 90年代半ば以降、基礎研究から開発研究へ民間投資がシフトする傾向にあったが、ここ数年、リバランスの動きが見られる。(ただし経済危機後の変化には注視が必要)

<民間研究開発投資の短期／長期のバランス>

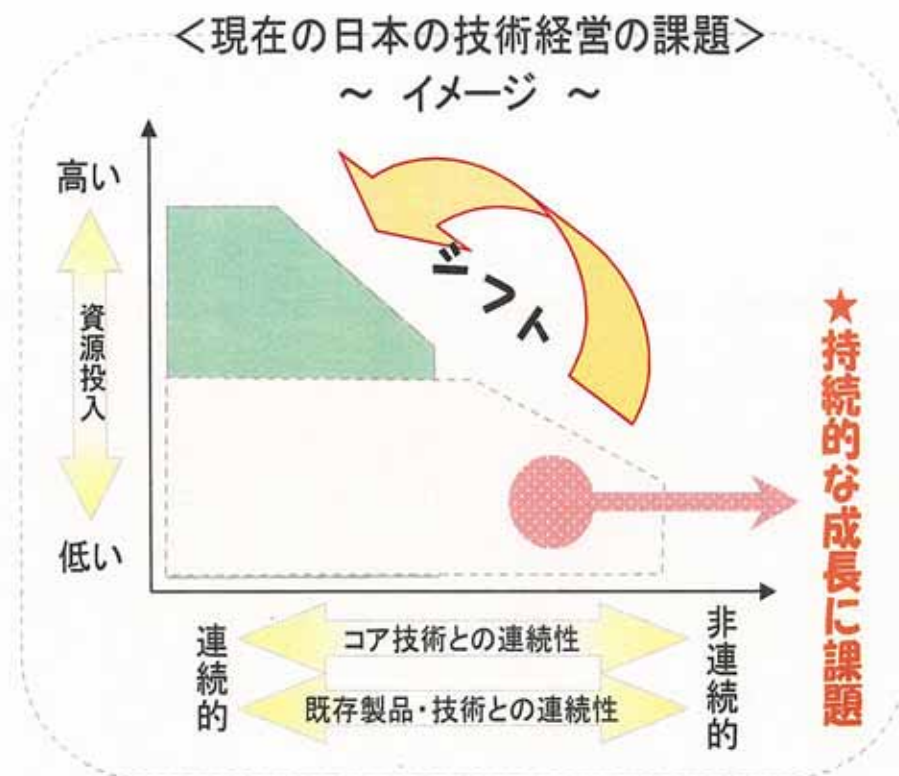
- ◆ 「近年の成長は、研究開発資源を近場に振ってきたことも背景にある。技術開発センターが事業部の下支え的な役割りをすることが増えた面がある。危機感を持っており、来年度以降、中長期的な開発に重点を移すことを検討している。」(機械系)
- ◆ 「2000年代初頭まで厳しい時期が続き、研究開発投資は短期にシフトした。最近では、中期的な観点から研究テーマの見直しを行っているが、この比率をどうするかはマネジメントの重要な点。」(エレクトロニクス系)
- ◆ 「カンパニー制が導入されてから比較的短期の成果を求める応用・開発研究に光が当たり過ぎた。最近では基礎研究、基盤研究を活性化、強化している。新事業創出につなげることを強化するという観点で新しい研究開発体制が必要となっている。」(バイオ系)



次頁以降、「...」(***系) は、
経済産業省が行った民間CTO100社インタビューからの引用。

5. コア技術への選択と集中

- ✓ 事業の選択と集中は、研究開発資源についても、コア技術への選択・集中を招来。
- ✓ 最先端技術の**非連続性・不確実性・複雑性**に対して、一企業で研究開発資源をフルセットで持つのは不可能であり、研究開発の**スピード**でも勝てない。

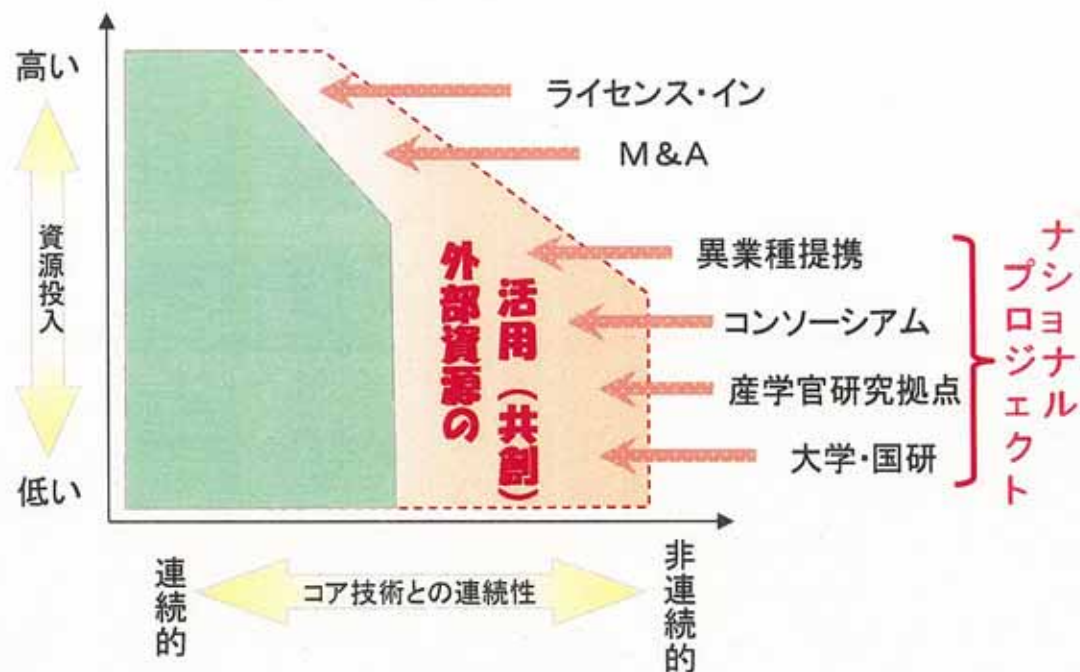


＜コア技術への選択と集中＞

- ◆ 「食欲にコア技術は磨き、ないものは外に求める。特に最先端研究は、大部分が外部との共同研究である。」(機械系)
- ◆ 「一つ一つのコア技術を世界No. 1とし、この技術を合わせたシナジー効果で製品開発力を高め、新事業創出と持続的成長を行う。これにより持続的イノベーションと破壊的イノベーションを行おうとしているが、そのウエイト付けが重要。」(エレクトロニクス系)
- ◆ 「研究開発はすべて、コア技術の延長線上にある。これからも自社の強みを活かせる部分に特化していく。部品に必要な材料も自社では手がけない」(機械系)
- ◆ 「これまでは技術型、開発型の会社である、という自負が強く、何でも自前で開発することにこだわってきた。しかし最近では、もっと外に目を向けていかなければダメだという認識が変わってきた。自分たちで持っていないものはニーズをオープンにして公募する方法も始めている。」(化学系)
- ◆ 「『切る、削る、磨く』以外はやらない。それも高度なもの以外はやらない。」(機械系)

【参考5】 オープンイノベーション環境下における研究開発プロジェクトの位置付けの変化

- ✓ 選択・集中が奏功している企業が外部資源との連携を重視する中で、国の研究開発プロジェクトを産学官の効果的な連携の場と位置付けている企業が多数。
- ✓ 大学や他企業と直接やり取りするより、国プロに参加することが異業種連携・融合の有効性を高めるメリットが指摘されている。



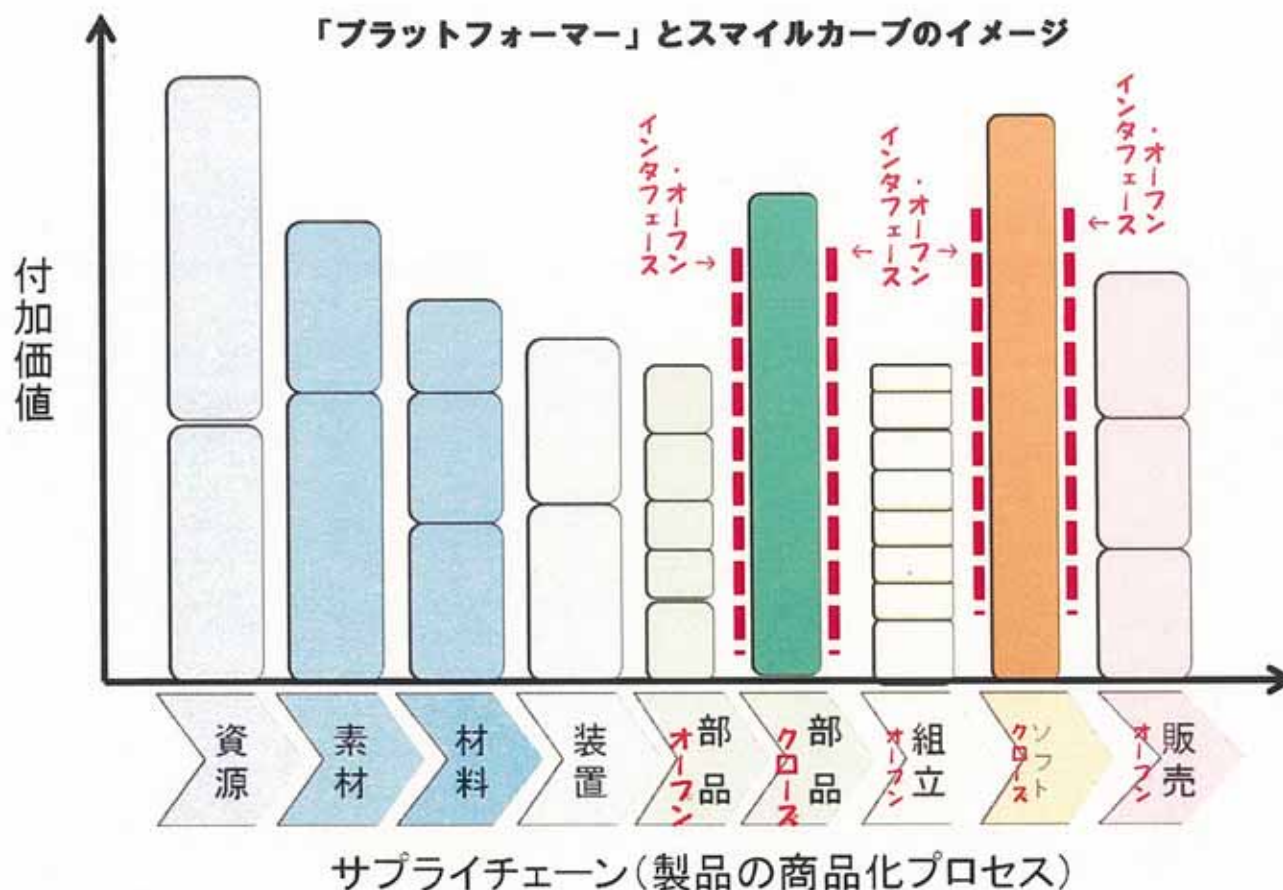
＜ナショプロに求められる外部連携機能＞

- ◆ 「民・民では広がらない他企業や研究者との提携が深まる場として有用な機会。」(材料系)
- ◆ 「ナショプロをベースとして、大学や公的機関等との連携を積極的に行っている。共同研究をやるには、ナショプロは有効でダイナミックに行うことができるので、その分成果もあがりやすくなる。また、融合が必要な分野やテーマでは、ナショプロはプラスになってくる。」(材料系)
- ◆ 「共通基盤の部分と参加企業個別の部分とをどう組み合わせ、いかに共有できる目標を設定するかが重要。一つのコミュニティが構築できるような体制が望ましい。」(化学系)

- ◆ 「ナショプロの意義付けは、他企業や大学・公的研究機関とのパートナーリングを重視する方向にある。複数機関・企業との連携プロジェクトが増えたことにより、産業構造の川上から川下に至る協業や異業種との共同研究開発が促進される良い方向へ来ていると感じている。」(機

6. 市場へのつながりの強化の重要性 ① 国際標準化

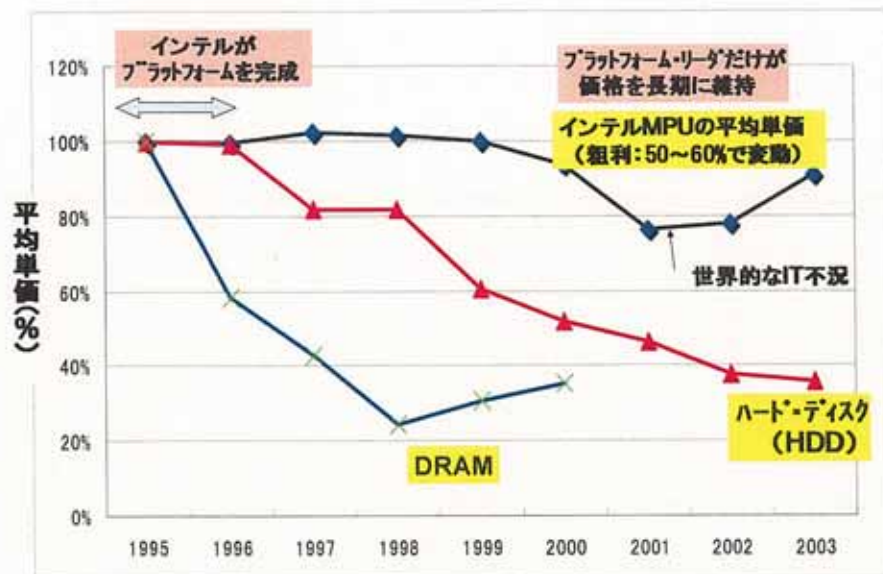
- ✓ 世界市場を席巻する外国企業は、自社が付加価値を専有するレイヤーを“クローズ”(ブラックボックス化)し、前後のインターフェースを“オープン”化。こうして前後のレイヤーにおいて参入・競争を促し、コスト低減、商流拡張、トレンドセッティングを実現する。
- ✓ 国際標準化戦略とは、このような自社の価値獲得を最大化する競争ポジションを巧みに位置付けること。オープン化するレイヤーを間違えると技術的優位性による価値は消滅する。



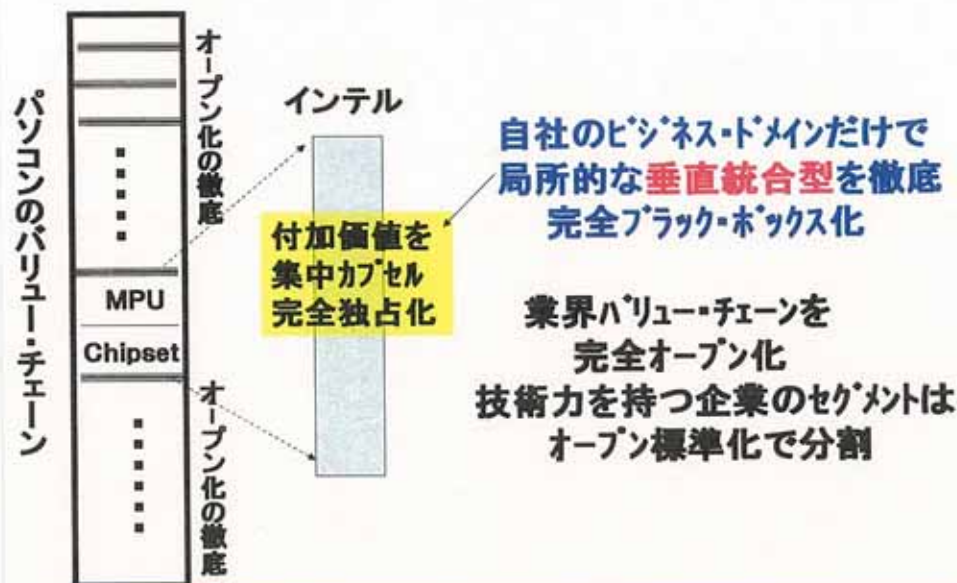
【参考6】 コンピュータ事業における価値獲得構造

- ✓ 近年、エレクトロニクス製品では、デジタル化・コモディティ化を背景として、汎用部品の組み合わせで最終製品を完成するモジュール型への移行が進展。
- ✓ モジュール・アーキテクチャの下、水平的に世界的専門メーカーが登場する中、どのレイヤーでオープンにするかクローズにするかが、付加価値獲得を大きく左右。

情報通信分野の価格低下の中で、インテル製品は長期に価格を維持



国際的な水平分業の中の垂直統合モデル
モジュラー型製品におけるビジネスモデル～パソコンの例



多くのアメリカ・エレクトロニクス産業が同じモデルで勝ちパターン

出所:イノベーションエコシステム研究会 東京大学 小川鯨一教授講演資料

6. 市場へのつながりの強化の重要性 ② 性能評価・安全基準の整備

- ✓ これまでは、欧米で製品・サービスが生み出された後に性能・安全基準が策定され、日本はこれらの基準に適合する製品を作り、世界に供給してきた。
- ✓ 今後、既存市場がない新技術の実用化にあたっては、共通基盤技術の研究開発のみならず、国際標準化、性能や安全性の評価・実証、基準・規制の構築といった環境整備に、国がこれまで以上に取り組むことが重要である。

従来の製品・サービス群

自動車
コンピュータ
インターネット
家電
航空機
医療機器

今後の実証・基準整備が必要な製品・サービス群

生活支援ロボット	・対人安全基準 ・公道走行基準 等
再生医療	・細胞・培養機器の標準 ・倫理基準 等
カーボンナノチューブ	・安全基準 ・品質評価基準 等
蓄電池	・安全基準 ・性能評価基準 等
スマートグリッド	・大規模実証 ・情報通信基準 等
バイオマス資源	・バイオプラスチック品質基準 ・バイオ燃料品質基準 等

【参考7】「搭乗型移動ロボット」実証実験特区(つくば市)

搭乗型移動ロボット(モビリティロボット)の例

セグウェイ
(セグウェイジャパン)



ウイングレット
(トヨタ)



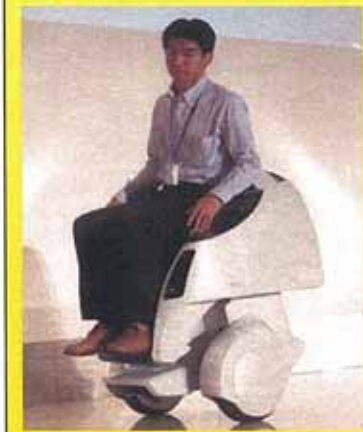
I-Real
(トヨタ)



マイクロモビリティ
(産総研, 日産)



モビロ(トヨタ)



U3-X
(ホンダ)



(写真: つくば市作成資料から)

「セグウェイ」公道OK

つくば市、ロボット特区に

茨城県つくば市は29日、が可能になる。早ければ今夏にも走行実験が始まる見通しだ。
「搭乗型移動ロボット」通じた。
つくば市はまず、つくばの実証実験特区の認定を内閣府から受けたと発表し、工学園駅からそれぞれ半径1.2キロ圏を実験エリアとして設定。不特定多数の人や

今夏にも走行実験

車が行き交う場所で移動ロボットを市民らに使ってもらう、ロボットの使い勝手を確認する計画だ。
移動ロボットは高齢者や障害者の日常生活支援に役立つとされ、開発が盛んになっている。立った状態や座ったまま運転するなど形状も様々で屋内での実証実験は国内でも進んでいる。

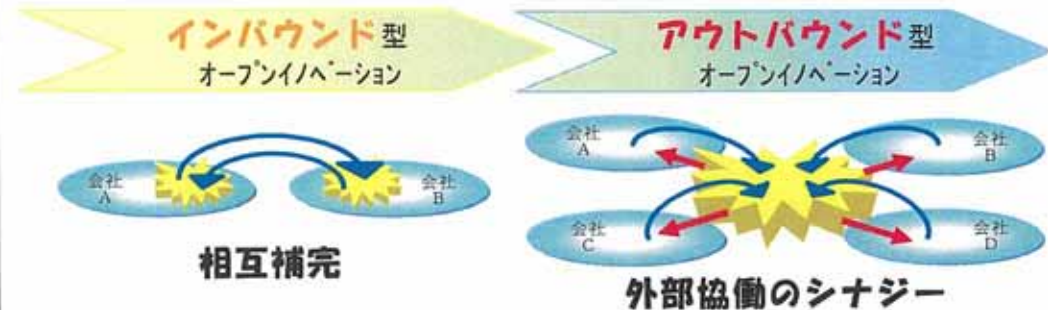
日本経済新聞(平成22年1月30日朝刊)

II. オープンイノベーションへの対応

(1) 産学官の力を結集する融合場の提供

- ✓ 2000年以降、世界的なナノテク拠点構築のために、主要国は産学官連携の下で集中投資。
- ✓ 世界から卓越した企業(多くの日本企業含む)・研究者を集める知の争奪戦が繰り広げられている。

<オープンイノベーションの潮流>



<ベルギー“IMEC”>



- ◆州政府の支援の下、20年以上に亘る世界的な半導体研究開発拠点で、特に2000年以降規模が倍増
- ◆1000人の常駐研究者に加え世界の企業等から600人が集結(事業費年350億円)
- ◆世界の500社超が連携、うち日本からパナソニック始め75社が参加。

〔米国オルバニー〕



- ◆NY州の資金援助の下、IBMが中核となり、セマテック、東京エレクトロン、東芝、NEC等の資金・人材協力を得て、LSI開発の一大拠点を形成。

<フランス“MINATEC”>



- ◆国立電子情報技術研究所と国立工科大学グルノーブル校が連携しMINATEC(マイクロエレクトロニクスナノテクノロジーセンター)として2006年6月開設。総投資額: 約1700億円。
- ◆欧州唯一最大の半導体企業STマイクロと密接連携。

<シンガポール“Fusionopolis”>



- ◆情報通信・材料工学関係の7つの国立研究所を一カ所に集約。2011年までには約6000億円を投資。
- ◆日東電工を含め50社超の外国企業、ハーバード大等海外の大学と連携する他、伊藤京大前教授の移籍等世界の知を集結。

【参考8】 米国DOEのナノテク・センターの事例

✓ ナノテクノロジー等、多様な学術分野にまたがる知識を融合・統合する場(“Under One Roof”)としての拠点が重要性を増している。


Steven Chu **現DOE長官(前所長)**



Under One Roof
Mutual Understanding

Nobel Prize In Physics, 1997
Sixth Director of Lawrence Berkeley National Lab.

THE MOLECULAR FOUNDRY



A DOE User Facility for Nanoscale Science Research at Lawrence Berkeley National Lab

Nanoscience: *Multidisciplinary* research with *multiple* applications



- Molecular Foundry, Lawrence Berkeley National Lab. (Berkeley, CA)
- Center for Nanoscale Materials, Argonne National Lab. (Argonne, IL)
- Center for Functional Nanomaterials, Brookhaven National Lab. (Upton, NY)
- Center for Integrated Nanotechnologies, Sandia National Labs. / Los Alamos National Lab. (Los Alamos, NM / Albuquerque, NM)
- Center for Nanophase Materials Sciences, Oak Ridge National Lab. (Oak Ridge, TN)

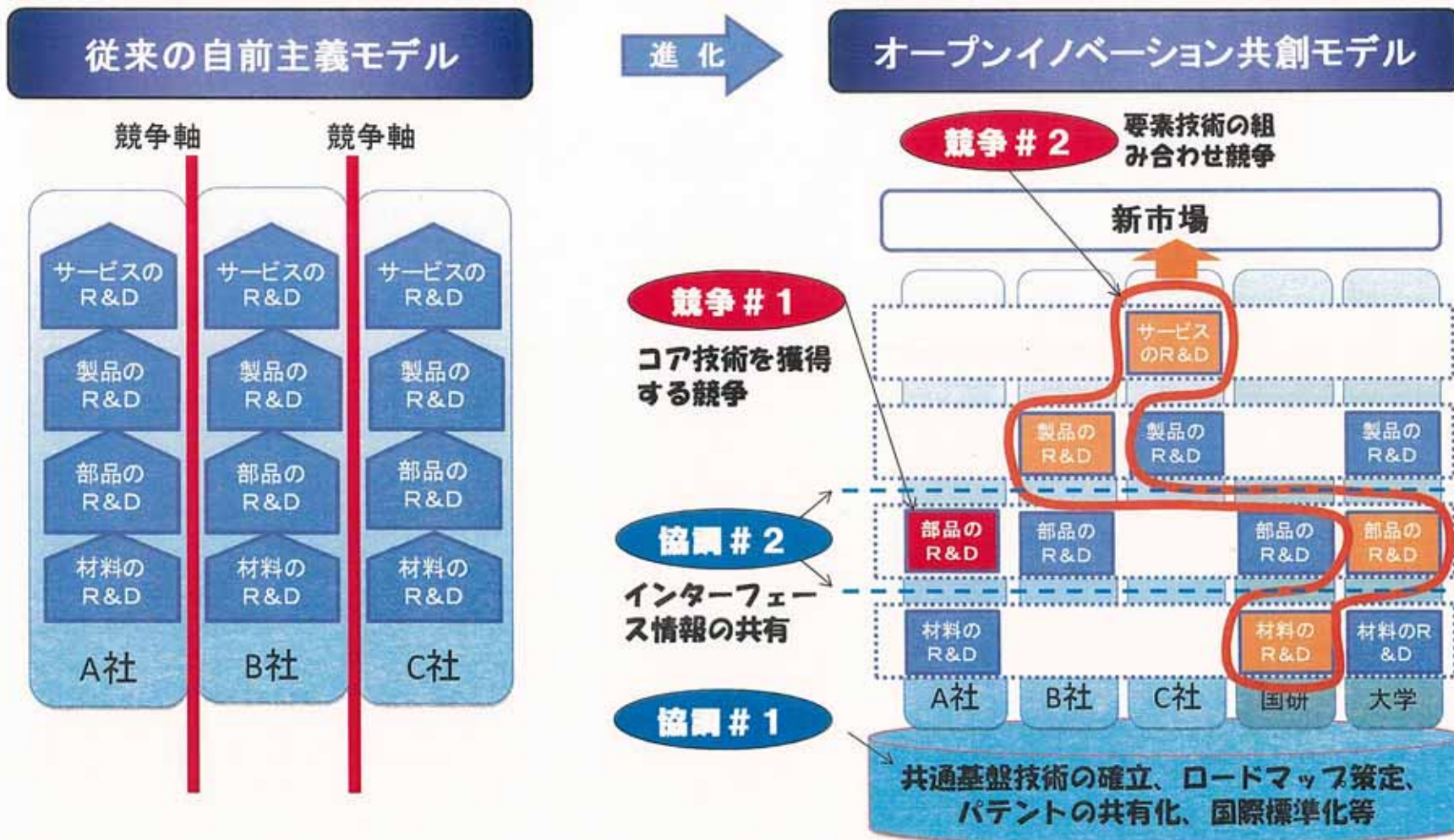
<米国DOE・5つのナノテク・センター>

どの研究体も全部できない!!
No one research group can do it all!

(DOE資料等より抜粋)

2. “競争”と“協調”の最適設定

- ✓ 現代の研究開発戦略においては、競争と協調の境界を最適に設定し、共創・協業を効果的に取り入れることで、イノベーション効率の向上を図っている。(日本は、自前主義が強く、過度な競争に陥り、同業者での重複・分散・過小投資を招いている面があることに留意。)



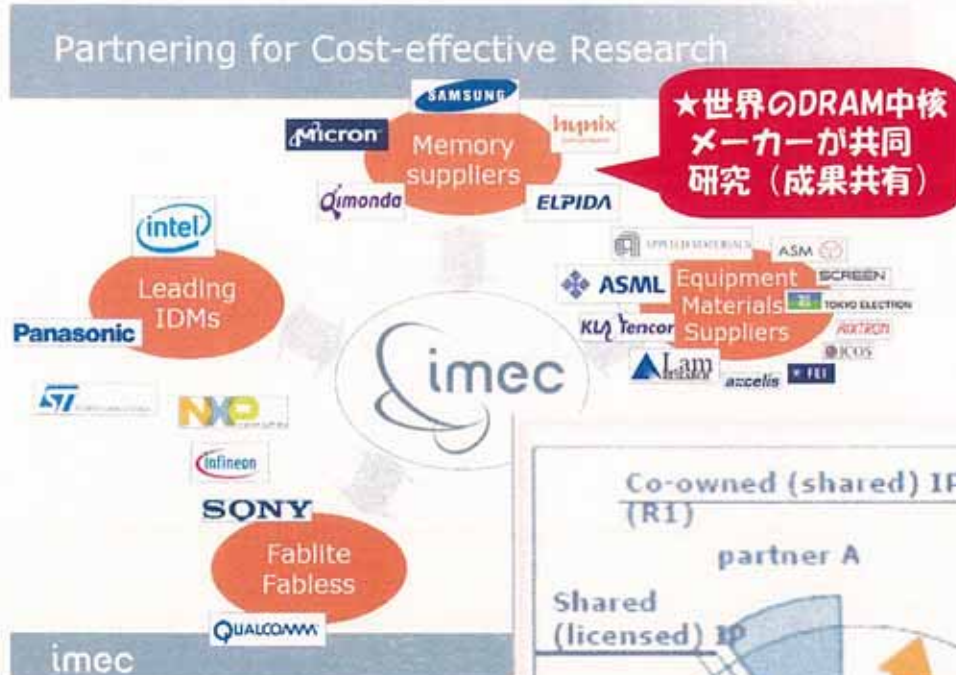
【参考9】 製薬産業における共創・協業の例

- ✓ バイオ医薬品の研究開発を進めるには、これまで以上に広範な研究開発が必要。
- ✓ このため、製薬企業は、基礎研究から販売まで一貫して自社で行う体制から、アウトソーシングや外部技術を積極的に取り込む体制の構築を進めつつある。



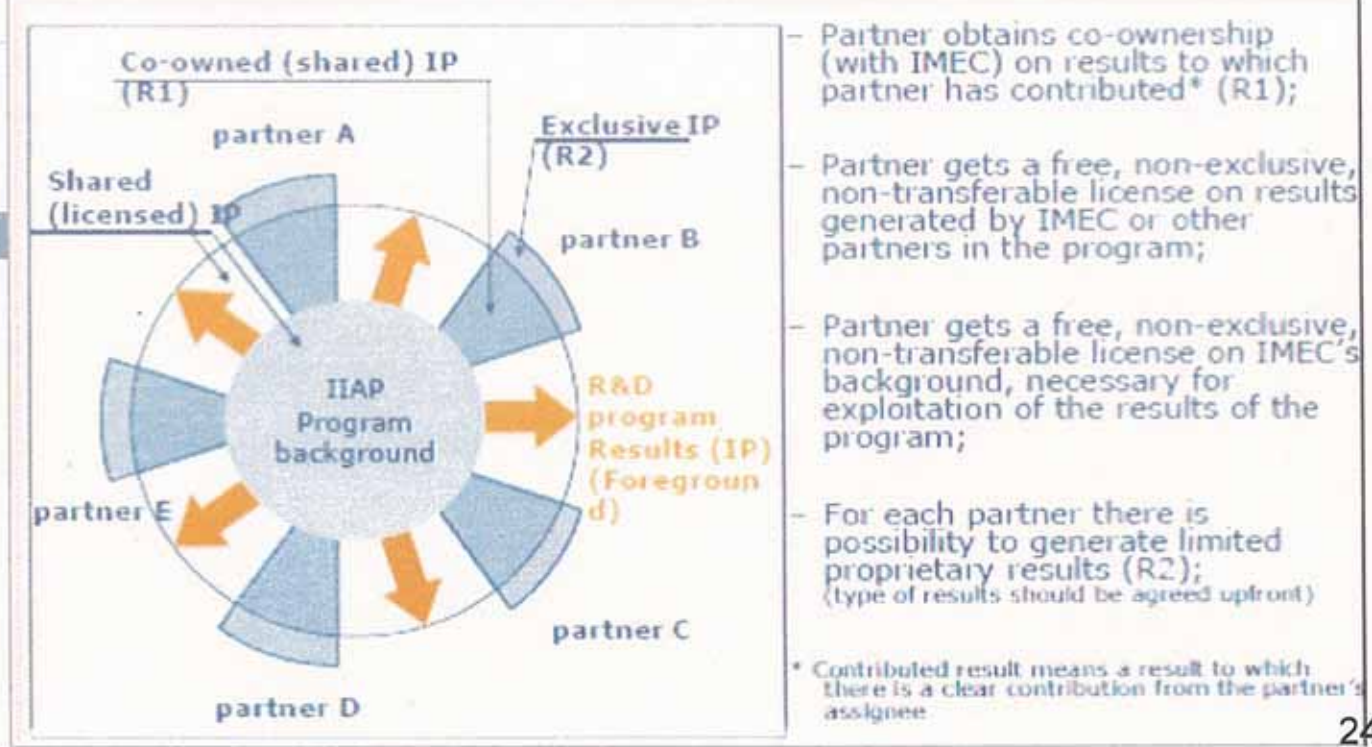
【参考10】 拠点における協調(共有)と競争(占有)の最適化の事例

- ✓ IMECでは、個々の参加企業に対し、共有知財／占有知財の境界を魅力的に設定。
- ✓ 世界から資金と人を集め、更なる知的蓄積を生む好循環を形成している。



＜パートナー連携の仕組み作り＞

◆「米国では企業パートナー連携のための仕組み作りが非常に上手く、巧みにGive & Takeの関係を作っている。権利と義務に関して、その場に即して無段階・連続的に対応できる柔軟なシステムを作っており、日本にないものがある。」(エレクトロニクス系)



(IMEC事務局資料より抜粋)

3. 産学官拠点における教育機能

- ✓ 世界の大型研究開発拠点には大学が併設され、最先端研究と同時に次世代人材育成に力を入れている。

○ Albany(米国): ニューヨーク州立大学CNSE校

- ・2004年開校、250名の学部(今年開校)と250名の大学院体制を目指す。
- ・専門研究群: Nanoscience, Nanoengineering, Nanobioscience, Nanoeconomics
- ・規模: 修士・博士課程で150名(2/3がPh.D課程)、55名の教授陣。



○ MINATEC(フランス): 国立グルノーブル工業大学

- ・2006年、高等教育とイノベーション連携強化のため、国立グルノーブル工業大学の分校を開校。
- ・専門研究群: Physics, Electronics, Materials
- ・欧州マイクロナノテクノロジー修士コースを併設(EPFL(スイス)、トリノ大学(イタリア)と共同)。
- ・規模: 修士課程、博士課程で1200名の学生、200名の教授陣。



○ IMEC(ベルギー): 州立ルーヴェン・カトリック大学

- ・1984年、ルーヴェン・カトリック大学の附設マイクロエレクトロニクス先端研究所(現IMEC)として設立。
- ・ルーヴェン大学教授陣がIMECの幹部職員を兼任。
- ・規模: 31,447名(全学部)、1,399名の教授陣。



4. 集中拠点と多様性ある研究との連携

- ✓ 米国DOEのScientific User Facilitiesは、最先端研究インフラを内外の優れた研究者に無料利用※させることにより、集中拠点と多様性ある個別研究との連携網を効果的に築き、国全体の研究効率を上げている。
(※論文公表が条件)

THE MOLECULAR FOUNDRY



A DOE User Facility
for Nanoscale Science Research
at Lawrence Berkeley National Lab

Mission of the Molecular Foundry

Purpose

Provide nanoscience capabilities to researchers from any discipline, and any institution, to come, **free of charge**, to:

- use state-of-the-art instruments
- learn leading-edge techniques
- collaborate with experts in a wide range of nanoscience disciplines

知財を主張しない
限り設備利用無料

Impact

...so that they may more effectively pursue their own research interests.

Users come from around the world

外部パネルが採択評価

- 459 proposals received, 245 proposals accepted (~ 600 "Users")
- Academia, Industry, National Labs
- 219 domestic, 26 international
- 28 states and 11 foreign countries represented

国内外から245の
優れた研究者が利用



- Australia
- Austria
- France
- Ireland
- Italy
- Germany
- Netherlands
- Spain
- South Korea
- Taiwan
- UK

<ナノテク研究の基本戦略>

選択・集中 × 多様性
(拠点 × ネットワーク)

(Lawrence Berkeley National Lab.の資料を元に作成)

【参考11-1】 経済産業省の取組状況

- ✓ 世界的レベルでオープンイノベーションが進展する中、国際競争力を有する技術力を保持・発展させるとともに経済活力の向上を図るには、国の内外から人、資金、情報、技術が集積してくる「場」の形成が極めて重要。
- ✓ このため、多様な関係者の連携・融合の場として世界的な研究開発拠点の形成を推進。

「先進的開発拠点等整備事業」

平成21年度補正予算額：101億円



【参考11-2】 つくばナノテク・アリーナ構想 (TIA nano) の全体像

- ✓ 世界水準の先端ナノテク研究設備・人材が集積するつくばにおいて、産総研・物材機構・筑波大学が中核となって、世界的なナノテク研究拠点の構築を目指す。
- ✓ そのために、経済産業省・文部科学省が連携して、日本が強みを有するコア領域の研究環境整備のための予算を措置。
- ✓ 主要企業・大学と連携網を広げ、産学官に開かれた融合拠点として、ナノテクの産業化と人材育成を一体的に推進。



【参考11-3】 つくばナノテク拠点形成へ向けた産学官の取組

- ✓ つくばには、日本最大の研究用スーパークリーンルーム(産総研)、世界最高水準のナノ材料計測用NMR(物材機構)など、先端研究インフラの蓄積がある他、ナノテク関連分野で1200名以上の産学官の研究者が活動。
- ✓ 昨年6月には、産総研・物材機構・筑波大学・経団連の代表が、「つくばナノテクノロジー拠点形成の推進について」共同宣言。

【平成21年6月17日共同宣言の発表】



左から、中鉢 良治 共同委員長(社団法人日本経済団体連合会 産業技術委員会)、山田 信博 学長(国立大学法人筑波大学)、野間口 有 理事長(独立行政法人産業技術総合研究所)、岸 輝雄 理事長(独立行政法人物質・材料研究機構・当時)



〔出所：産構審産業技術分科会研究開発小委員会資料を元に作成〕