

CRDS-FY2010-XR-09

独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター 主催

システム科学技術推進委員会記録

第5回 日本の産業競争力とシステム科学技術

2010年5月28日開催



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター

Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

目次

1. はじめに.....	1
1.1 委員会の趣旨.....	1
1.2 第5回のテーマ設定に関して.....	2
2. 第5回委員会 概要.....	3
2.1 第5回委員会 議事次第.....	3
2.2 安藤健上席フェロー ご講演概要.....	4
2.3 前田フェロー講演概要.....	5
2.4 武内フェロー講演概要.....	6
2.5 大島理事ご講演概要.....	7
2.6 第5回委員会 参加者一覧.....	8
2.7 システム科学技術推進委員会 委員名簿.....	9
3. 第5回委員会 講演記録.....	10
3.1 安藤上席フェローご講演記録.....	10
3.2 前田フェロー講演記録.....	45
3.3 武内フェロー講演記録.....	54
3.4 総合討論記録.....	69

1. はじめに

1.1 委員会の趣旨

独立行政法人科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）は、我が国において今後研究開発投資を行うべき研究領域、研究課題、及びその推進方策について提言することを目的に活動している。

現在の日本が抱える様々な問題を解決するには、細分化された科学分野の中で研究領域・課題を見出していくだけでは不十分であり、科学分野全体を俯瞰した上で、異なる分野を統合して問題解決に適用していくことが求められている。そのためには、人間・社会・人工物をシステムの視点から探求し、俯瞰的統合的な手法で課題を解決するための科学—システム科学が不可欠である。

システム科学ユニットは、このような問題意識の下に、システム科学の推進とシステム科学による効果的な分野の統合化をはかっていくこと目指し、2009年10月にCRDSに新設された。

「システム科学技術推進委員会」は、システム科学ユニットの活動の一環として開催するもので、有識者による議論を通じて下記を実施する。

- (1) 日本におけるシステム思考（システム科学）の弱さや、システム思考が弱いために生じている様々な問題の明確化
- (2) 問題を解決するための共通する理論や方法論の体系化、及び現代科学技術におけるシステム科学の位置づけの明確化

また、これらの結果を受けて、個別分野とシステム科学の協働のあり方や、システム科学の推進方策に関する政策提言の作成を目指す。

本記録は、委員会に参加する有識者の問題意識の共有化をはかることを主目的に、「日本の産業競争力とシステム科学技術」というテーマの下に開催された、第5回委員会の内容を取りまとめたものである。

1.2 第5回のテーマ設定に関して

日本においてシステム思考が弱いことから生じている問題点を、産業競争力の面から洗い出すことを目的に、今回のテーマを「日本の産業競争力とシステム科学技術」と設定した。産業競争力の課題については、第2回委員会においても、「日本におけるソフトウェア産業とシステム科学の問題点」をテーマとして、企業情報系のソフトウェア産業を中心に問題点を整理した。今回は、日本の産業全体を俯瞰してのシステム産業の重要性と問題点の分析、また現在の日本を牽引する自動車産業の課題について、それぞれ講演をいただき検討を行うものとした。また、CRDS システム科学ユニットから、ソフトウェア産業の問題点の追加調査、およびシステム思考の弱さの例としての日本のコンバインドサイクル発電についての調査報告を行い、個別課題についての検討も行うこととした。

本設定テーマにより、1) 60年代、70年代、日本の産業界にあった世界的に誇れるシステム技術が、その後なぜ退潮に転じたか、2) 要素技術では負けていないDRAM、液晶、DVD、有機ELなどの産業がなぜ海外に席卷されてしまったのか、3) 現代技術が、ものから「コト」、要素からシステム、ハードからソフトへと変貌する中、日本の産業競争力低下はどのように起こったか、などについても議論できればと考えた。

2. 第5回委員会 概要

2.1 第5回委員会 議事次第

1. 日時・場所

日 時：5月28日（金） 10時～12時30分
場 所：JST 研究開発戦略センター 2階大会議室
テーマ：日本の産業競争力とシステム科学技術

2. プログラム (敬称略)

10:00～10:10

配付資料確認 [事務局]

第5回のテーマ設定について [木村上席フェロー]

10:10～10:50 (発表30分+質疑10分)

日本の技術開発力を高める

- アンブレラ産業・エレメント産業による成長戦略 -

[安藤健 JST イノベーション推進本部 上席フェロー]

10:50～11:20 (発表20分+質疑10分)

CRDS システム科学ユニットからの調査報告

11:20～12:00 (発表30分+質疑10分)

自動車制御システム開発の複雑さについて

[大島明 トヨタ自動車株式会社 理事]

12:00～12:30 (30分)

全体議論

閉会挨拶 [木村上席フェロー]

3. 配布資料

資料1 委員名簿

資料2 第5回参加者一覧

資料3 第4回議事録

資料4 安藤健上席フェローご講演資料

資料5 調査報告資料

第1回記録 (冊子)

第2回記録 (冊子)

2.2 安藤健上席フェロー ご講演概要

- ◆ CRDS 産業技術ユニットでまとめた戦略提言「国際競争力強化のための研究開発戦略立案手法の開発」について紹介する。同内容は日本経済新聞社から本年3月に出版されている。
- ◆ アンブレラ産業とは、部品や材料を組合せシステムとして構築し、あるいはそれらハード技術と全体システムとして機能を発揮するためのソフトウェア技術を組合せ、付加価値の大きなシステムを構築し、産業連関的にも社会的、経済的にも大きな価値を生み出すシステムを生産する産業と定義した。
- ◆ 産業競争力強化に向けてのエビデンスを明確にするため、マクロ・ミクロの産業構造および経済指標の分析およびその動向を明らかにした。代表的結果は以下の通り。
 - ① 日本の GDP は 90 年代はじめのバブル崩壊から、今日に至るまでの約 20 年間の長きに渡って停滞したままである。2008 年の一人当たりの GDP は世界 23 位と低い。
 - ② 2007 年の日本の輸出依存度は GDP 比で 16.6%、OECD 諸国中では米国（8.5%）に次いで低い（独は 47%）。輸出額上位の産業は、乗用車、一般機械、その他電子・通信機械、自動車部品など。輸入額上位は、石油・原油・天然ガス、食料品。日本は、今後もこのような産業構造を続けていくのか？
 - ③ この 10 年間で、雇用力が伸びかつ労働生産性も上昇している産業は、製造業では自動車産業のみ。マクロなサービス産業も両指標上昇中。米国よりも生産性の優れている産業は機能性化学材料を中心とした化学産業と自動車産業である。サービス業の労働生産性は米国に比較して低い。
 - ④ 日本企業の世界シェア／市場規模を見ると、高い世界シェアは部品・材料のエレメント産業がほとんどで、両者がともに大きいシステム製品（アンブレラ産業）は自動車産業である。
- ◆ 上記分析から、日本が誇りとするエレメント産業製品を活用したアンブレラシステムの創出が望まれる。創出すべきアンブレラ産業は、持続可能な社会構築に資するもので次の条件を満足するものとした。
 - 地球規模の課題の解決を志向すること
 - 科学的・技術的革新を必要とすること
 - 社会的・経済的価値が大きく、GDP 向上に貢献できること
 - 日本がポテンシャルを有し、世界的に優位で、世界からも期待されていること
- ◆ 具体的には、エネルギー産業、資源開発産業、環境産業、情報通信産業、輸送産業、など。達成には、エレメント課題解決以外に、システム課題の解決が非常に重要。
- ◆ まとめ；日本は、アンブレラシステムとしての産業競争力が極めて弱く、世界の多くのシステム産業に部品・材料を供給し、利益の多くを海外に譲っている。今後の課題は、日本が誇るエレメント産業の活力を更に強化・維持し、最大限に利用し、かつアンブレラシステム課題を解決してアンブレラ産業を興すこと。その際、日本においては、特に企業連合体方式・企業合弁方式が効果的で、それにグローバルなオープン・イノベーションを活用することが重要である。

【質疑】

- ◆ 本日のアンブレラ産業についての話は、サービス産業にも当てはまるか？ → 考えられる。医療産業をアンブレラ産業に挙げている。副題に健康寿命延伸のための総合健康管理システムとしたように、ゲノム診断による健康管理だけでなく、生活様式管理による健康寿命延伸サービスシステムがその例としてあげられる。アンブレラシステムそのものがサービス産業的要素を含む。
- ◆ 利益率は、アンブレラ産業は大きく、エレメント産業は小さいと必ずいえるのか？
→ 米国をみると、総じてアンブレラ産業の方が利益率は高い。しかし、やり方次第であると考えられる。
- ◆ 世界に誇れるアンブレラ産業を創ろうというのには大賛成で、本委員会のバックボーンとすべき。ただし、現実には学会・産業界含め、アンブレラの世界で売れるものを出していく力は、今はきわめて弱いことを前提に考えていく必要がある。

2.3 前田フェロー講演概要

- ◆ 第2回調査委員会で報告した日本のソフトウェア産業の国際競争力についての調査について、追加調査結果を報告する。
- ◆ 第2回では、日本のソフトウェア産業の弱さを示すものとして、①外国技術導入におけるソフトウェア件数の推移（技術導入件数の増加はソフトウェアが原因）、②技術貿易額の収支比（ソフトウェアに関する“支払額に対する受取額比率”は他産業に比べ一桁以上低い）を紹介した。
- ◆ その際、委員より特定サービス産業実態調査を調べてはどうか、ソフトウェアには、基幹ソフト（OS）とアプリケーションなど種類がある、等のコメントがあったので追加調査し以下の結果を得た。
- ◆ 経済産業省の特定サービス産業実態調査（特サビ調査）では、ソフトウェア業、あるいは情報処理・提供サービス業について統計をとっているが、調査事項は事業所の所在地、売上高、従業員数などであり、技術貿易や技術導入に関しては調査対象となっていない。
- ◆ 情報サービス産業協会（JISA）の調査では、ソフトウェアの種類別の輸出入額の調査が行われていた。ここではベーシック、アプリケーション、カスタムと、ソフトの種類別に輸出額／輸入額（収支比）を見ているが、若干カスタムソフトがよいもののすべての種類で圧倒的な輸入超過であるコトには変わらない。またこのJISAの調査は2003年～2005年の3年間のみ行われた。
- ◆ 日本のソフトウェア産業の競争力に関連したデータで、一貫して継続して長い間調査しているものはないという問題点は、追加調査でも再確認できた。外国技術導入におけるソフトウェア件数に関しては元データの取得自体がもう行われなくなっており、技術貿易額統計でも産業分類の変更などにより把握しにくい。基本的なデータの取得ということに関し、改善が求められるという問題提起も含めて報告する。

2.4 武内フェロー講演概要

- ◆ システム思考が足りなかった日本での残念な例として、桑原委員が第1回委員会で挙げられた、コンバインドサイクル発電について補足調査した。
- ◆ コンバインドサイクル発電とは、ガスタービンで発電を行い、その排熱をボイラに取り入れて水蒸気を発生させ、蒸気タービンを回す複合発電である。
- ◆ コンバインドサイクル発電の特徴は、熱効率が非常に高い点である。1,100℃以上の高温熱エネルギーをガスタービンで使い、600℃以下に下がった排ガスの熱を蒸気タービンで使うという理想的な組み合わせになっている。組み合わせることによって効率化されるわけである。
- ◆ 高い効率とともに、起動時間の短さによる電力需要変化への対応、天然ガスを用いればクリーンなエネルギー源となるなどのメリットにより、2008年のコンバインドサイクル発電の導入は、LNG火力発電の約40%にまで増えてきている。
- ◆ 効率向上のポイントであるガスタービン温度向上に必要な技術としては、冷却技術が一番重要で、そのほかに、精密鋳造技術や、耐熱材料開発、NOxを排出させない燃焼技術がある。
- ◆ コンバインドサイクル発電技術の進化は以下の通り
 - ① 1950~1970年代 ガスタービンを汽力発電に付加。排熱を水の予熱に利用。効率+5%程度。
 - ② 1970~1980年代 上述の通り、排熱回収ボイラを利用し蒸気タービンを回して発電。技術的背景には、ボイラの熱伝達特性向上と、タービン翼の冷却技術による燃焼ガス温度向上。
 - ③ 1980年代~ 冷却技術の進展、温度の上昇で発電効率がさらに向上。GEは原子力を撤退し、コンバインド・サイクルエンジンに集中。システムとして最適化設計を図る。
 - ④ 1990年代~ 市場本格化。
- ◆ 国内でも1984年初号機1,100℃級（44%）導入以降、1,300℃級（49%）、1,500℃級（53%）、1,600℃級（56%）と導入が進んでいる。
- ◆ 70年代~80年代、本分野の日本の研究開発プロジェクトとして、ムーンライト計画があり、高効率ガスタービンを10年間、260億をかけて実施した。プロジェクトの内容は、レヒート型ガスタービンと蒸気タービンのコンバインドサイクルの開発で、効率50%以上で、入口温度1,300℃以上という非常に高い目標値を置いたものであった。欧米の技術水準へのキャッチアップと独自技術開発の両方を目的としており、電気事業に使える大型発電設備の発電効率向上を狙ったものだった。
- ◆ この研究開発を契機として、ガスタービン技術は飛躍的に向上したが、コンバインドサイクルを目指していたにもかかわらず、蒸気タービンとガスタービンを実際に連結はしておらず、コンピュータシミュレーション上で目標値を達成した。日本国内メーカーではレヒート型ガスタービンの実用化はされておらず、海外企業が商用機を出し第1号機を日本に建設している。
- ◆ 要素技術はキャッチアップしたものの、実際にガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて動作されるような、構成的な研究はなされなかった。もちろん事業の国際競争力は、非常に多くの要因があるとは思いますが、プロジェクトを行ったにもかかわらず、結局アンブレラ産業になり切れなかった事例としてご報告した。

2.5 大島理事ご講演概要

- ◆ 自動車制御システム開発の複雑さについてその特徴を紹介するとともに、モデルベース開発の重要性について述べる。
- ◆ 自動車は多様なユーザー、多様な環境で利用され、量産規模が大きい割にはバリエーションが非常に多い。また、信頼性安全性、低 CO₂などの高い社会的要求に応えていかねばならない。
- ◆ エンジンシステムについても車種、地域ごとのバリエーションが多い。燃費向上、クリーン化の基本的要求が年々高まるにつれ、複雑化が進んでいる。
- ◆ エンジンハード開発の手順、設計開発の概要、制御系の開発の手順概要について述べる。そこにおいて、複雑化がもたらす課題は大きい。
- ◆ 今後のモデルベース開発（MBD; Model Based Development）では、汎用な統合管理環境が重要である。
- ◆ 東大藤本先生の“深慮な亀と軽薄な兎”の比喻は、今後とも増大するシステムの複雑度に対応すべきかについて、参考になる。

（ご講演記録につきましては、講師の希望により非掲載とさせていただきます。）

2.6 第5回委員会 参加者一覧

		敬称略
氏名	所属機関	役職
講師		
大島 明	トヨタ自動車株式会社	理事
安藤 健	(独)科学技術振興機構 イノベーション推進本部(産学連携事業)	上席フェロー
委員		
岩橋 良雄	日鉄日立システムエンジニアリング(株)	代表取締役社長
桑原 洋	(株)日立製作所	特別顧問
前山 淳次	株式会社 富士通エフサス	顧問
丸山 宏	キヤノン(株)デジタルプラットフォーム開発本部	副本部長
赤松 幹之	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門	研究部門長
内田 健康	早稲田大学 理工学術院 電気・情報生命工学科	教授
倉橋 節也	筑波大学大学院 ビジネス科学研究科	准教授
三平 満司	東京工業大学 大学院理工学研究科 機械制御システム専攻	教授
杉原 正顕	東京大学 大学院情報理工学系研究科 数理情報学専攻	教授
樺 広計	大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所・リスク解析戦略研究センター	センター長
古田 一雄	東京大学 大学院工学系研究科 システム創成学専攻	教授
吉岡 真治	北海道大学大学院 情報科学研究科 コンピュータサイエンス専攻	准教授
吉川 弘之	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	センター長
事務局		
木村 英紀	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	上席フェロー
本間 弘一	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	フェロー
前田 知子	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	フェロー
武内 里香	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	フェロー
オブザーバ		
船橋 誠壽	特定非営利活動法人 横断型基幹科学技術研究団体連合	事務局長・総務理事

2.7 システム科学技術推進委員会 委員名簿

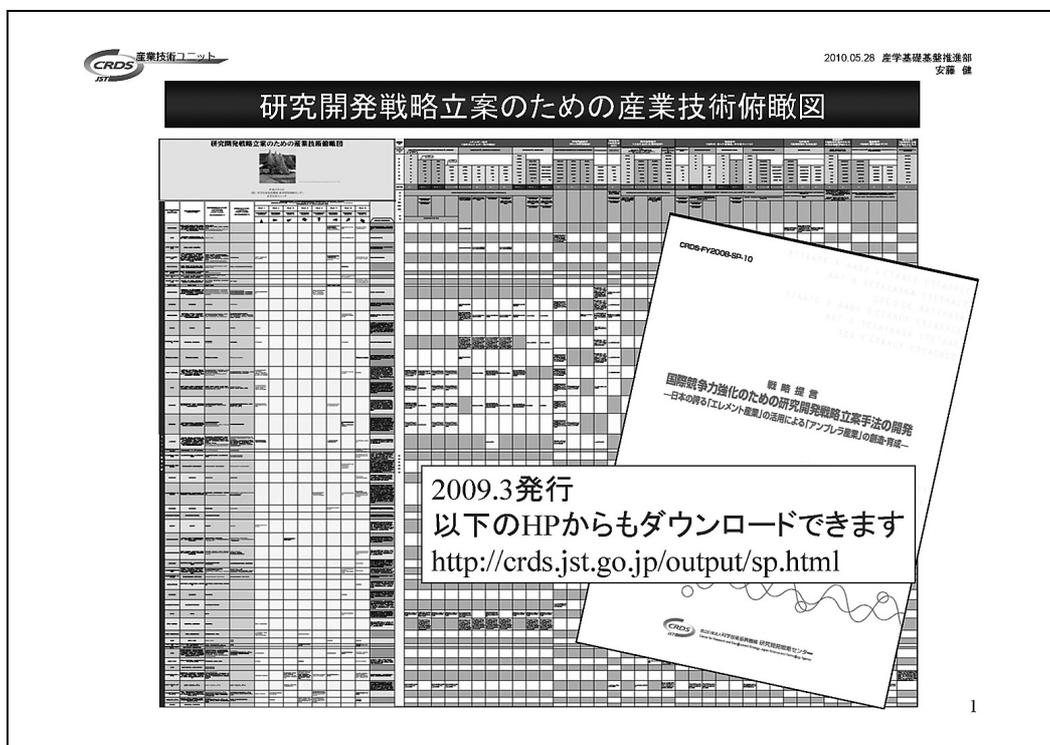
(2010年5月28日開催時)

			敬称略
氏名	所属機関	役職	
産			
1	岩橋 良雄	日鉄日立システムエンジニアリング(株)	代表取締役社長
2	桑原 洋	(株)日立製作所	特別顧問
3	前山 淳次	株式会社 富士通エフサス	顧問
4	丸山 宏	キャノン(株)デジタルプラットフォーム開発本部	副本部長
学			
5	赤松 幹之	(独)産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門	研究部門長
6	内田 健康	早稲田大学 理工学術院 電気・情報生命工学科	教授
7	倉橋 節也	筑波大学大学院 ビジネス科学研究科	准教授
8	三平 満司	東京工業大学 大学院理工学研究科 機械制御システム専攻	教授
9	杉原 正顯	東京大学 大学院情報理工学系研究科 数理情報学専攻	教授
10	津田 博史	同志社大学 理工学部 数理システム学科	教授
11	椿 広計	大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所・リスク解析戦略研究センター	センター長
12	出口 光一郎	東北大学 大学院情報科学研究科 システム情報科学専攻	教授
13	中村 佳正	京都大学 情報学研究科 数理工学専攻	教授
14	原山 優子	東北大学 大学院工学研究科 技術社会システム専攻	教授
15	古田 一雄	東京大学 大学院工学系研究科 システム創成学専攻	教授
16	安岡 善文	国立環境研究所	理事
17	吉岡 真治	北海道大学大学院 情報科学研究科 コンピュータサイエンス専攻	准教授
官			
18	大竹 暁	(独)宇宙航空研究開発機構	総務部長
19	市原 健介	(独)日本貿易振興機構	産業技術部長
JST関係者			
20	吉川 弘之	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	センター長
21	有本 建男	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	副センター長
22	黒田 昌裕	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	上席フェロー
23	丹羽 邦彦	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	上席フェロー
24	笠木 伸英	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	上席フェロー
事務局			
25	木村 英紀	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	上席フェロー
26	本間 弘一	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	フェロー
27	前田 知子	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	フェロー
28	武内 里香	(独)科学技術振興機構 研究開発戦略センター	フェロー

3. 第5回委員会 講演記録

3.1 安藤上席フェローご講演記録

産業技術ユニットが2008年度までCRDSにありました。CRDS各ユニットではその活動の基盤として俯瞰図をつくるのが基本的条件となっております。産業技術の俯瞰を進めるに当たりまして、運営トップから産業連関表を睨みつけたら、全要素生産性が重要だよ、とか色々なサジェスションがありました。悪戦苦闘の末、本日お聞きいただきますような観点で何とかまとめるに至りました。その概要を本日はお聞きいただきます。その仕事をまとめました戦略提言をお手元にお配り致しております。その中にある畳1畳ほどの大きさの俯瞰図を一度見ていただきたいと思います。



2007年中頃この仕事に取り掛かり、2008年度にかけてやった仕事です。この結果を本にして出版しておいたほうがよいとの北澤理事長（当時CRDS長兼務）のサジェスションにより、日本経済新聞出版社より「日本の研究開発力を高める！ アンブレラ産業・エレメント産業による成長戦略」というタイトルで最近出版することができました。

本日の話の構造は、先ず、この仕事のディファインから入ります。次に、メジャーとアナリシスをお話致します。最後のステップが、知恵を絞ったところですが、研究開発戦略手法の開発のためのデザインになります。

2010.05.28 産学基礎基盤推進部
安藤 健

日本の研究開発力を高める —アンブレラ産業・エレメント産業による成長戦略—

CRDS

1. 社会の期待としての産業の国際競争力強化
2. 日本の経済と産業の現状分析
3. 産業構造捉える2軸
—「アンブレラ産業」と「エレメント産業」—
4. 産業技術俯瞰図
5. 国際競争力強化のためのアンブレラ産業

2

本来ならば次のステップとして、デザインの結果を受けて、具体的実行計画を描く必要があります。しかし、今回はこの仕事には踏み込んでおらず、次の課題として残しております。しかし最後に、試み的にはありますが、実行計画案の概要の例を2つ紹介致します。

アンブレラ産業という言葉はこの仕事で造った言葉です。アンブレラって中が空洞だよ、英語ではアンブレラって余りいい意味に使わないよ、と言われる方もおられましたので最初にその言葉を使用した理由を説明し概念を共有していただきたいと思います。

アンブレラという言葉は生態系、エコシステムの保全において使われている言葉から借用したものです。アンブレラ種とは、生態系ピラミッドの頂点に位置し、生息するために必要とする活動面積の広い生物種を指す言葉です。アンブレラ種の傘下には多様な生物が生息しております。ある地域のエコシステムを持続可能とするには、アンブレラ種が生息できる環境を保全する必要があります。ロケーション毎にそのエコシステムの頂点に存在するアンブレラ種が異なります。中央アジアでは、ユキヒョウという動物がいます。それがアンブレラ種と言っておられる方がおられます。それぞれの地域にそのエコシステムを保つアンブレラ種が存在します。



産業技術ユニット

2010.05.28 産学基礎基盤推進部
健康

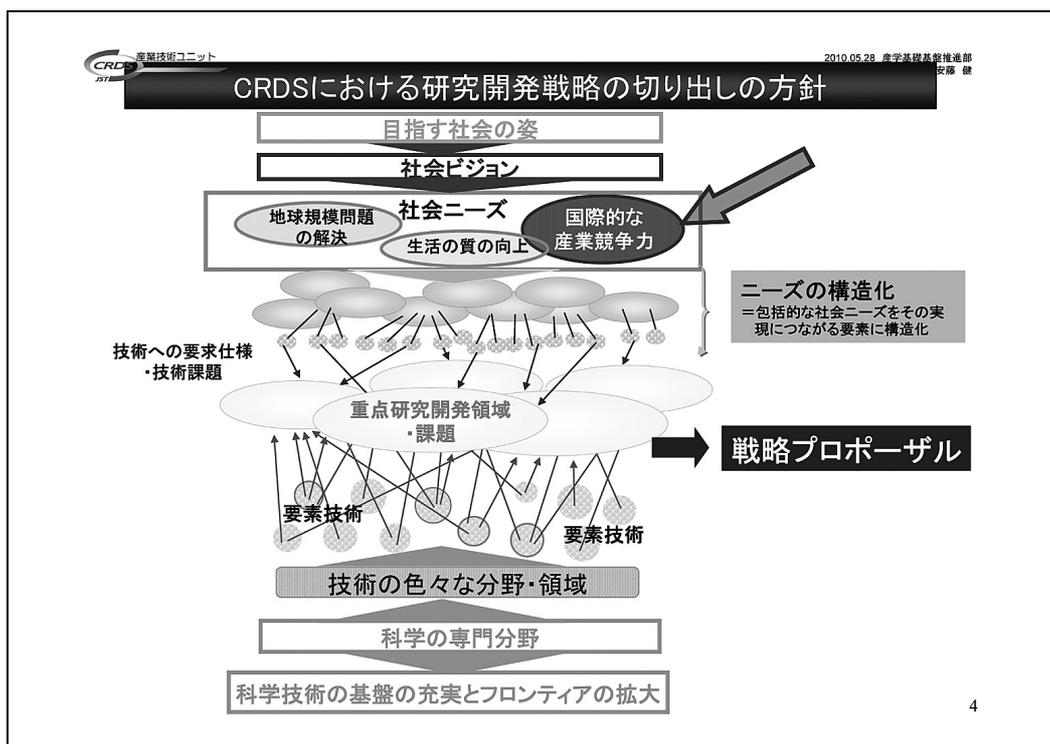
（参考）アンブレラ産業の言葉の背景

- アンブレラという言葉は、生態系(エコシステム)の保全において使われている言葉から借用した。
- アンブレラ種とは、生態系ピラミッドの最高位に位置し、生息するために必要とする活動面積の大きい生物種を指す。アンブレラ種の傘下には多様な生物が生息しており、ある地域のエコシステムを持続可能とすることは、アンブレラ種が生息できる環境を保全することを意味する。
- アンブレラ種の意味から連想できるように、アンブレラシステムは、システムとして立体的な構造をしており、傘下にさらにサブシステムを構成している場合もある。
- システムを構成している要素をエレメントと呼び、エレメントから構成されているアンブレラシステムを、産業の観点からアンブレラ産業と呼ぶことにした。

3

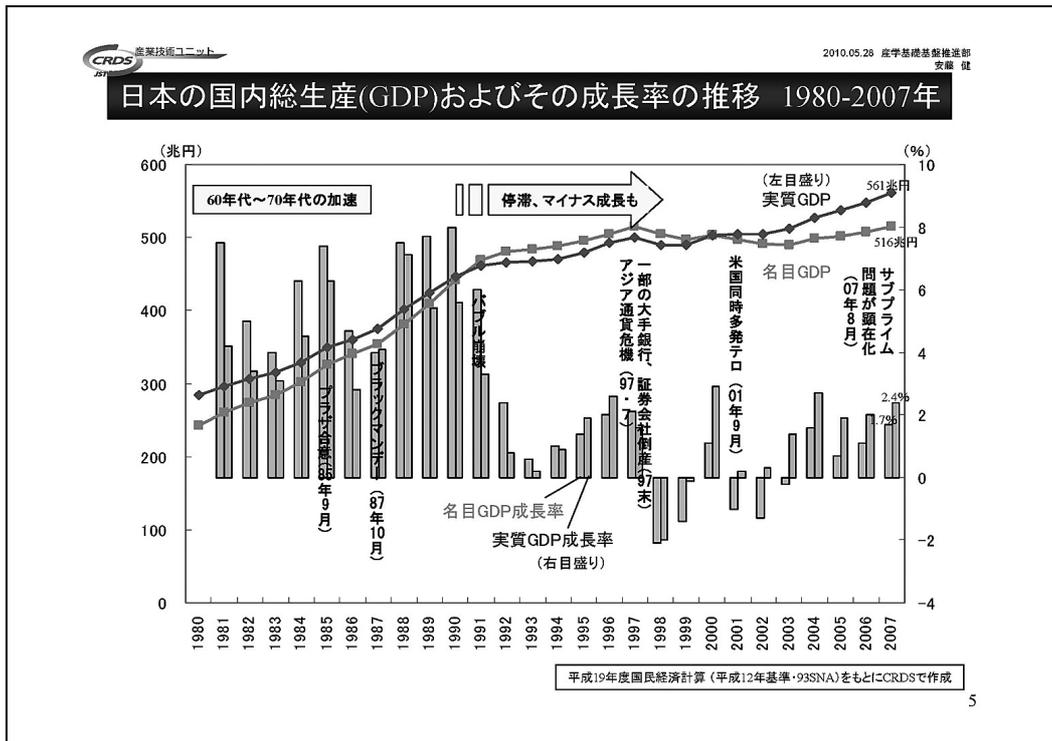
アンブレラの意味から連想できますように、アンブレラシステムはシステムとして立体的な構造をしており、傘下にさらにサブシステムができあがります。システムを構成している要素をエレメントと呼ぶことにしました。アンブレラシステムを、産業の観点からはアンブレラ産業と呼ぶことにしました。

この図に示しますように、研究開発戦略を策定するにあたりまして、先ず、目指す社会の姿、ビジョン、社会ニーズを設定する必要があります。この仕事を始めた2007年にCRDSが設定した社会ニーズは、「地球規模課題の解決」「生活の質の向上」、それに「国際的な産業競争力の強化」の3つでした。CRDSには、図の下方にあります科学技術の専門分野、ディシプリン、がありまして、そのディシプリンとニーズをつなぐ設計図の作成、或いは、その手法をつくるというのが与えられた命題だと理解致しました。私の担当は、国際的な産業競争力の強化をディシプリンとつなぐ役で、そこに焦点をあてて仕事を進めました。これが私どもの仕事のディファインになります。

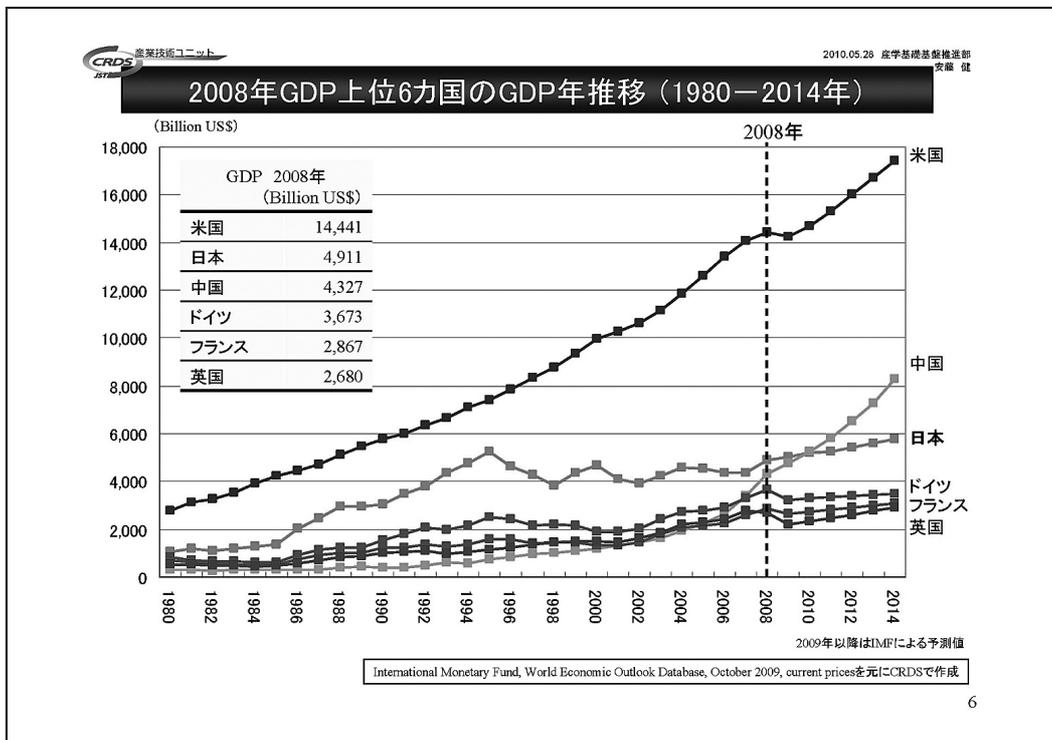


次に、メジャーとアナリシスのステップに移ります。皆さんもよく知っていることが多いかと思いますが、おさらいの意味でいくつかの統計データを見ていただきます。

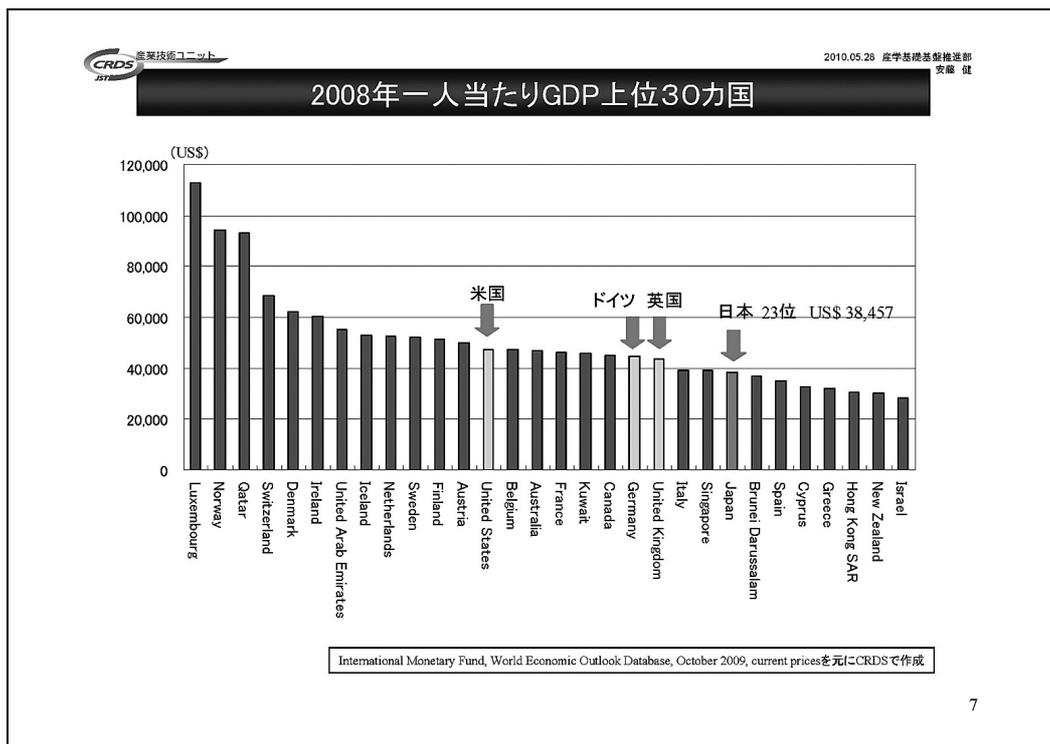
この図はGDPとその成長率の経過を示しております。1980年から始まっていますが、90年までは東京オリンピック以来、GDPの成長率は高い値にとどまっており、GDPの値は毎年増大しております。現在の中国と同じように、高成長率が続いております。しかし、1991、1992年頃から急にGDP値はフラットに変化しております。90年から延々と成長せず、成長率も小さく、場合によってはマイナスにもなり、20年間の間成長しないまま今日に至っております。



次の図は、IMF が発表している主要国の GDP の経緯と今後の予測値です。人口増加の予測から当然、中国は上昇してくると予想されております。日本は、これから人口は減少します。GDP はゆるやかに上昇すると予測されております。米国は今後も人口の流入が予測されており、GDP は上昇していくと予想されております。

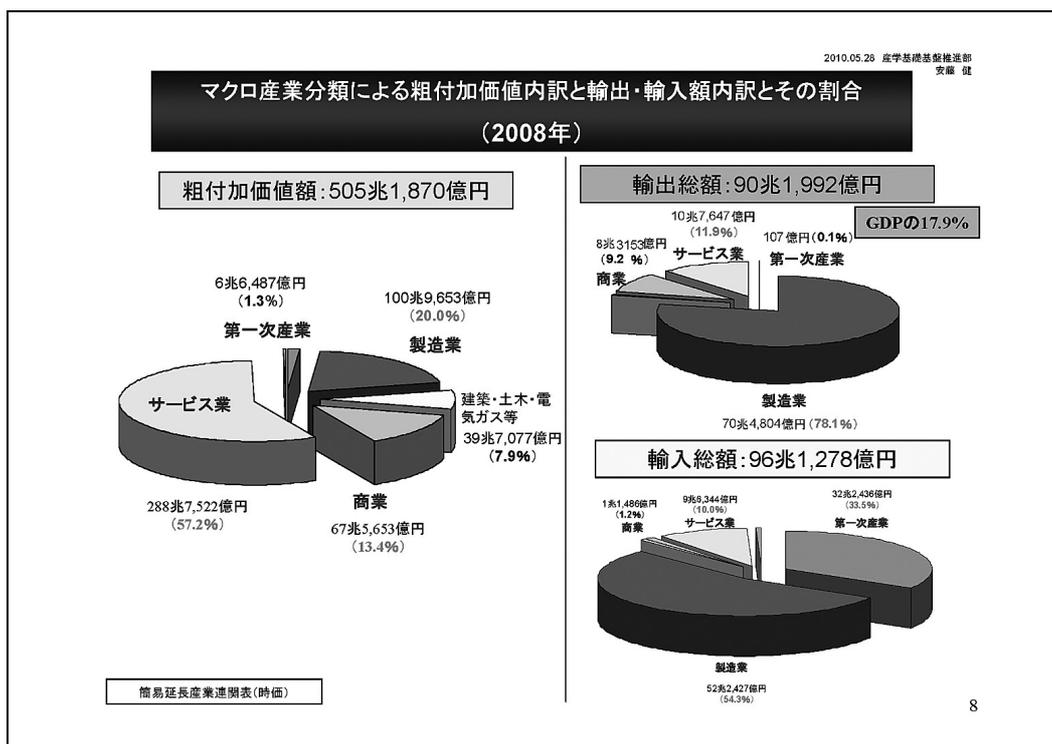


この図は、国民1人当たりで換算したGDPです。日本は23位という先進国の中では最下位に位置しています。国民の豊かさGDPでは計れない、別の指標が必要ではないかという意見が出ており議論になっております。しかし、現時点では豊かさのベースには、ここで表されている指標を使いたいと私は思っております。個々の人が、個々に望んでいる多様な人生を送れるのに必要なGDPを確保できるということが豊かさの源泉ではないかと思えます。豊かさについてはこれ以上踏み込みません。ここで扱うテーマではないと思えます。



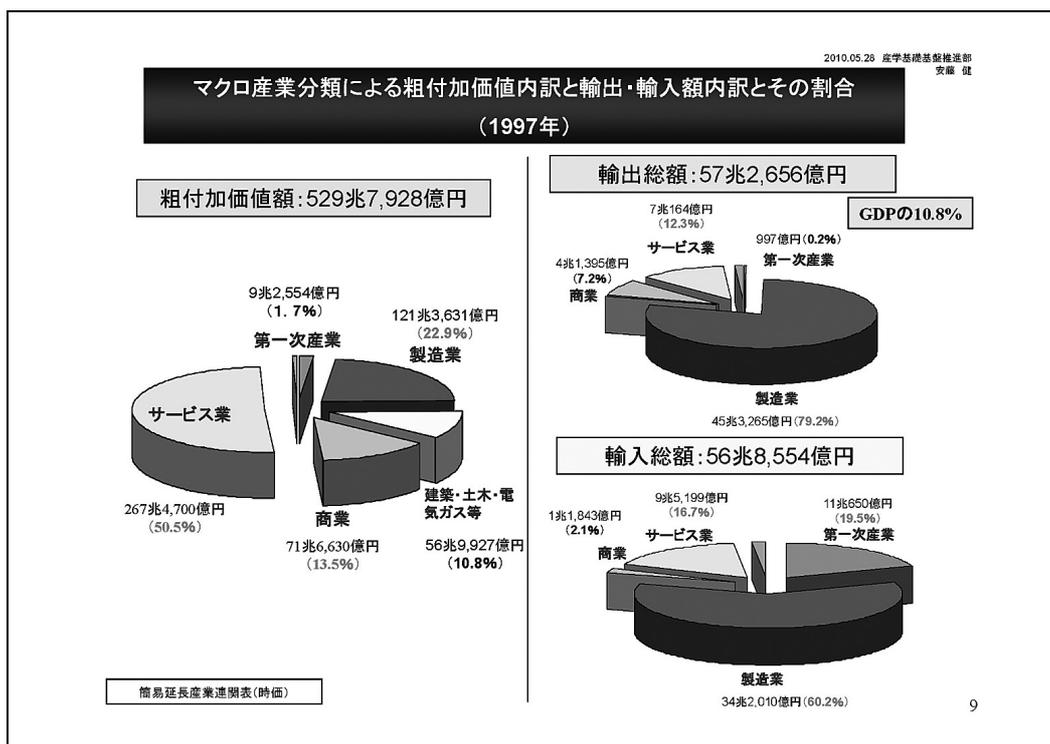
戦略提言を発表した後、新しく2008年の簡易産業連関表が発表されました。2008年は強くリーマンショックの影響を受けています。そこでここでは2008年のデータも分析致しました。

図に示しますように、2008年の粗付加価値は505兆円という非常に低い値になっております。先ほどのGDPがフラットの時代の値よりも更に低い値になっております。内訳は製造業が20%、建築・土木・電気ガスなどが7.9%、商業が13%、サービスが57%となっております。輸出は約90兆円で、粗付加価値の17.9%に相当します。輸出の大部分は製造業が占めておりその割合は約78%、その次がサービス業で約12%、次いで商業の約9%となっております。

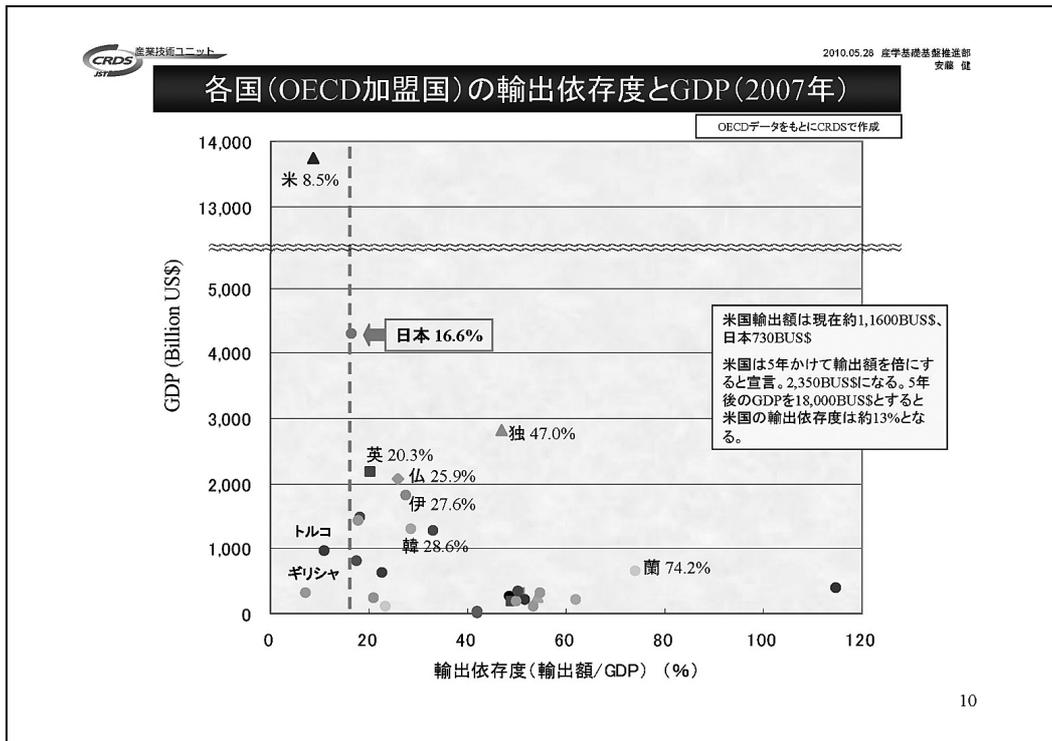


さて輸入ですけれども、2008年は96兆円となり、輸出入バランスでは6兆円の赤字ということになります。新聞情報によりますと、新興国の急速な発展により、原料の調達は次第に難しくなり、価格は上昇するのではないかという話が流れております。

大きな変化があるかどうかをみるために、約10年前の1997年の統計と比較してみました。図に示しますように粗付加価値は529兆円であり2008年の値よりはるかに大きな値を示しております。しかし、その時の輸出額は2008年より少なく57兆円です。製造業が輸出額の約80%を占めている点では2008年と11年前とで変わりません。この時の輸入額は56兆円であり、輸出と輸入額はほぼ同じぐらいの金額となっております。

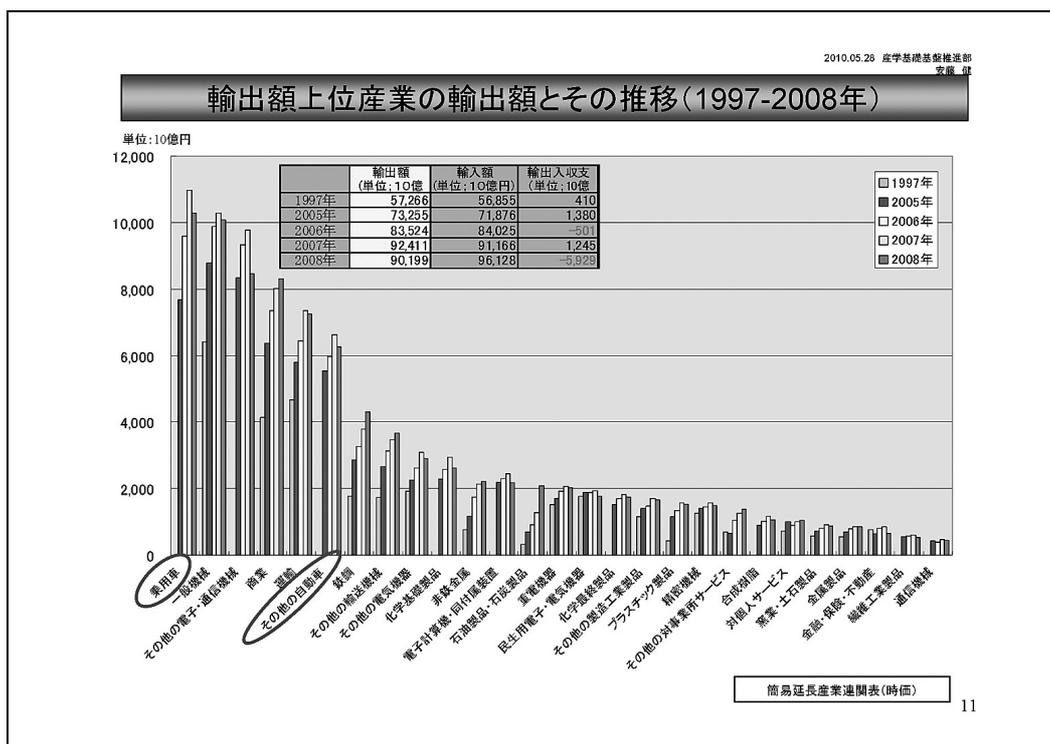


日本は貿易立国でありGDPは外需依存が強すぎるという方がおられます。そこで2007年のOECD加盟国の輸出依存度のデータを次にお見せいたします。縦軸はGDPです。2007年、日本は16.6%となっております。ほかの国の輸出依存度と比較してみますと、アメリカの8.5%よりは高い値となっておりますが、ほかのOECD加盟国のドイツの47.0%、英国の20.3%、フランスの25.9%、イタリアの27.6%よりは遙かに低い値となっております。日本はトルコ、ギリシャの次に輸出依存度が低い国となっております。

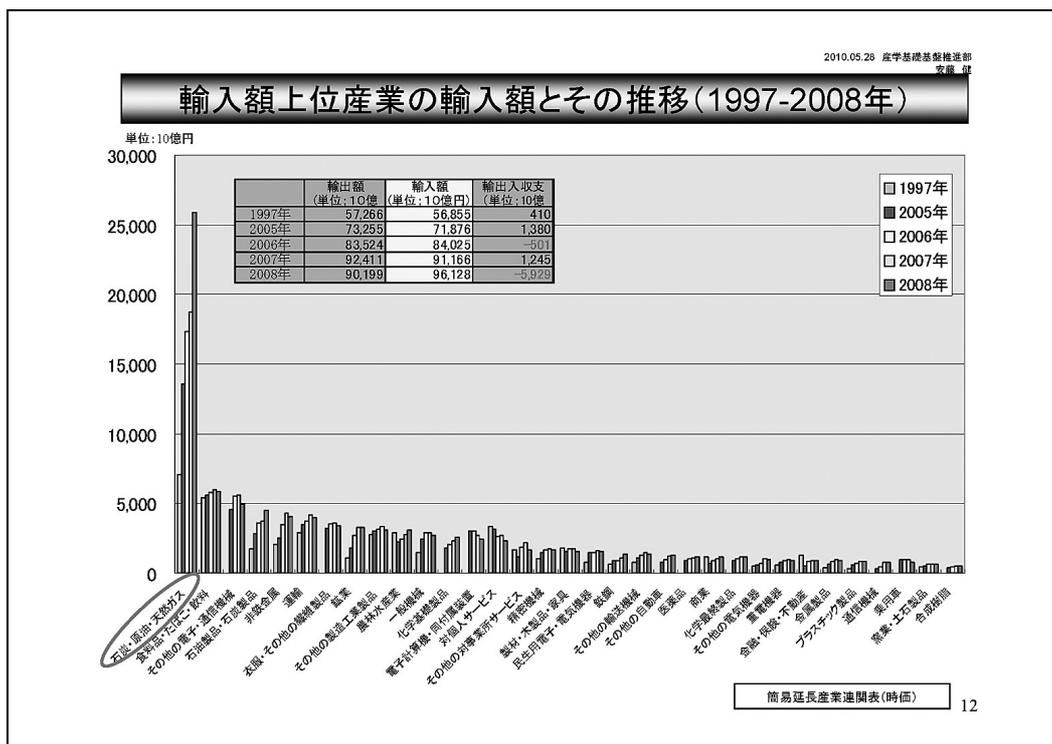


米国大統領オバマ氏はアメリカのこの値を低いと見ています。輸出額をこれから5年かけて倍にすると大統領は宣言しております。簡単に計算しますと、5年後にGDP比で約13%になります。輸出の絶対額は、もちろん日本に比べて遙かに大きな額になります。大統領は輸出を増やす目的は、産業、特に雇用の場をつくるためと表明しています。先ほど申し上げましたように、日本は外需依存が強すぎ、もう少し内需を増やすべきではないかという意見がありますが、この図からみて日本は外需依存が強すぎるとはいえないと思います。

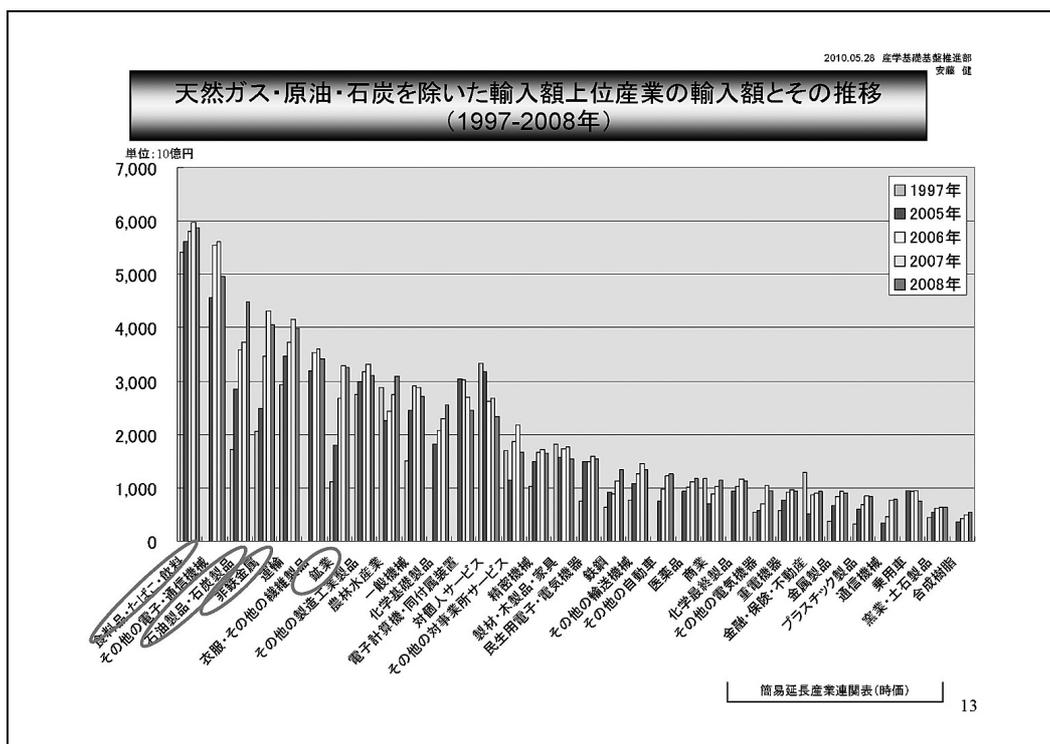
輸出額の上位を占めている産業はどの産業かということで97年と、2008年も含めて、最近4年間の輸出上位産業の比較を行いました。簡易延長産業連関表の約50種類分類で比較してみますと、乗用車が輸出産業のトップで97年から急激に増大しております。但し2008年はサブプライム問題により経済危機が発生したため前年より下がっております。乗用車に次いで大きな輸出産業は、一般機械産業、次いでその他の電子・通信機械産業となっております。緑で囲った“乗用車”と“その他の自動車”はいずれも自動車産業に属すると考えることができ、2008年でみると乗用車が約10兆6千億円、その他の自動車が約6兆円で約17兆円が自動車関連産業で構成されており日本の輸出トップ産業となっております。次いで、一般機械が約10兆円、電子・通信が約8兆円と続いております。これらが輸出の主たる産業となっております。



この図は輸入額の比較です。石炭・原油・天然ガスが輸入のトップの座を続けております。石炭・原油・天然ガスの輸入額は2008年にそれまでトップの座を占めていた乗用車産業の金額が下がったのとは逆に、2007年より急激に増大し25兆円を越してしまっております。この値は日本が輸出しているトップ産業である自動車と一般機械を合わせた額にほぼ相当します。



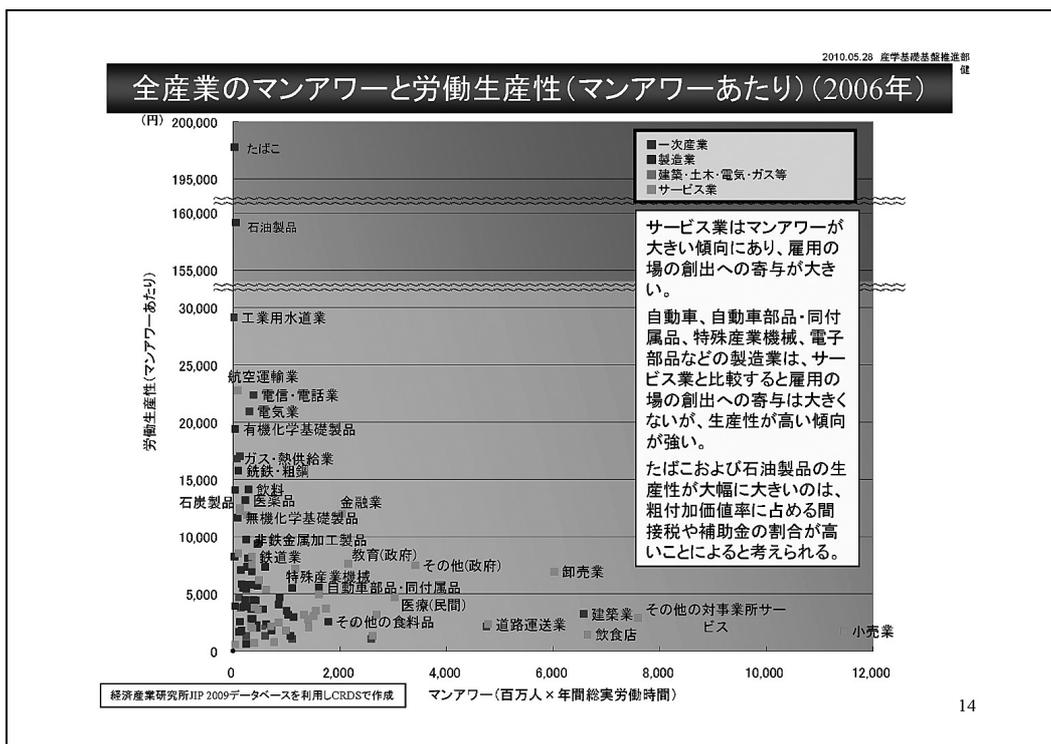
石炭・原油・天然ガスの輸入額が余りにも高額過ぎるのでこれを外して、2番目以下の産業で輸入額を比較してみました。その結果がこの図です。食料品が第2位の輸入産業になります。現状、日本は食料を大きく輸入する構造になっており、生きるためには食料を買わざるを得ない状況です。食料の輸入額は6兆円近くになります。その次に“その他の電子通信機械”を輸入しております。これは比較優位というよりは、産業内貿易が進んでいることと、アウトソーシングも原因していると思います。コモデティー化した商品の海外生産も活発に行われていることが原因にもなっています。



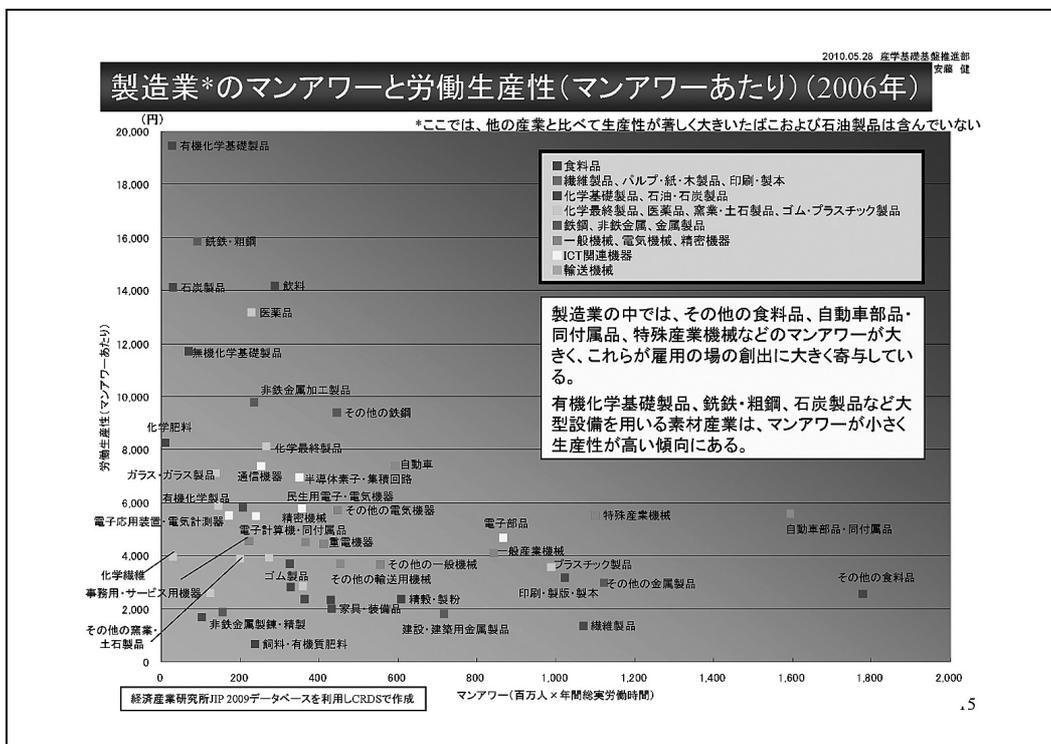
食料品、電子通信機器に次いで多く輸入しています製品が、石油製品・石炭製品です。ここでの石炭とはコークス、鉄鋼の原料としての石炭を意味します。ここでの石油製品とは原油ではなく、石油をガス化したものをさしております。これらの輸入品と同様に年々急激に輸入額が増大している産業が非鉄金属と鉱業です。これらの産業も鉱物資源のない加工貿易国として日本の産業を支える上では不可欠なものであり、ここにはお金を使わざるを得ません。

このような輸出入構造で果たして日本は生き続けることができるのでしょうか。次の講演者のトヨタさんに、(当日この話の時にはまだ来られていませんでした)、本当に自動車は日本のアンブレラ産業のままであり続けることができるのでしょうか、とお聞きしたいと思います。

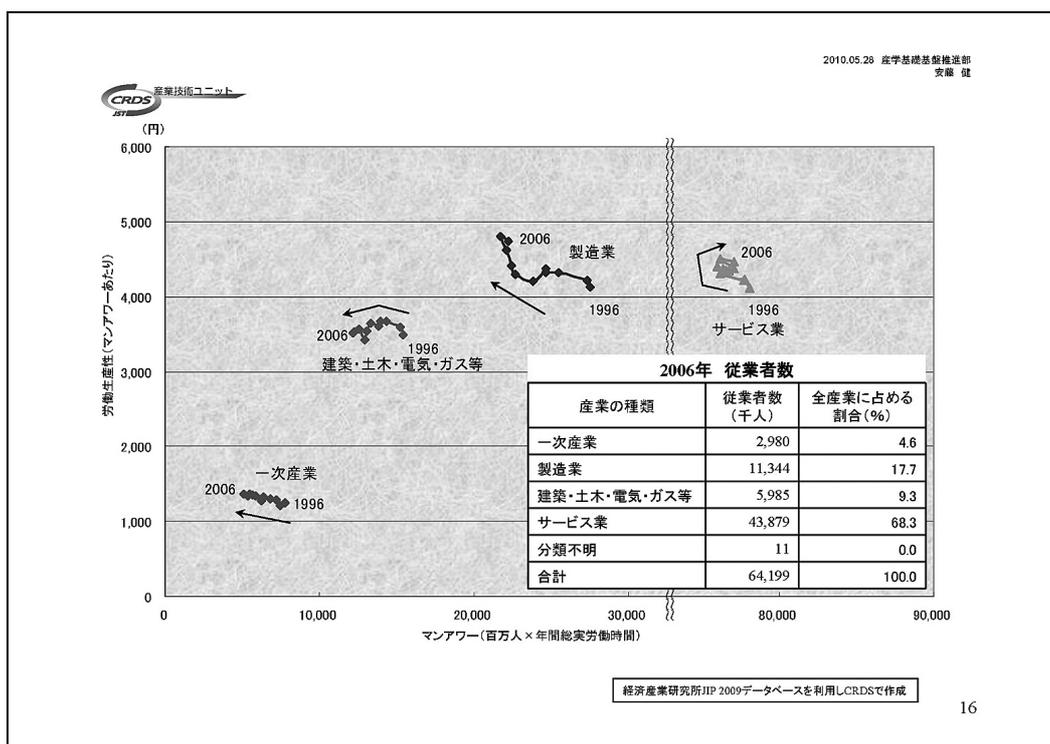
次に、アナリシスとして重要な生産性に話を移します。この図は労働生産性をみたものです。横軸は就業者の労働時間をマンアワーで、縦軸がマンアワー当たりの生産性を示しております。マンアワーの数が大きいのは予想通り小売業になります。しかしその生産性は低い値を示しております。同じくバラ色でその他のサービス業を表しております。このバラ色、すなわちサービス業の就業者の数が非常に大きいことがわかります。しかし、青色で示した製造業のマンアワーはこの図の比較では比較的原点に近く、就業者の数がサービス業に比較して少ないことがわかります。労働の場の提供としては少ないといえます。



この図は、製造業だけについて生産性を比較したものです。高い生産性を示しているものに設備産業が多く認められます。但し、設備産業でない飲料、医薬品も高い生産性を示しております。

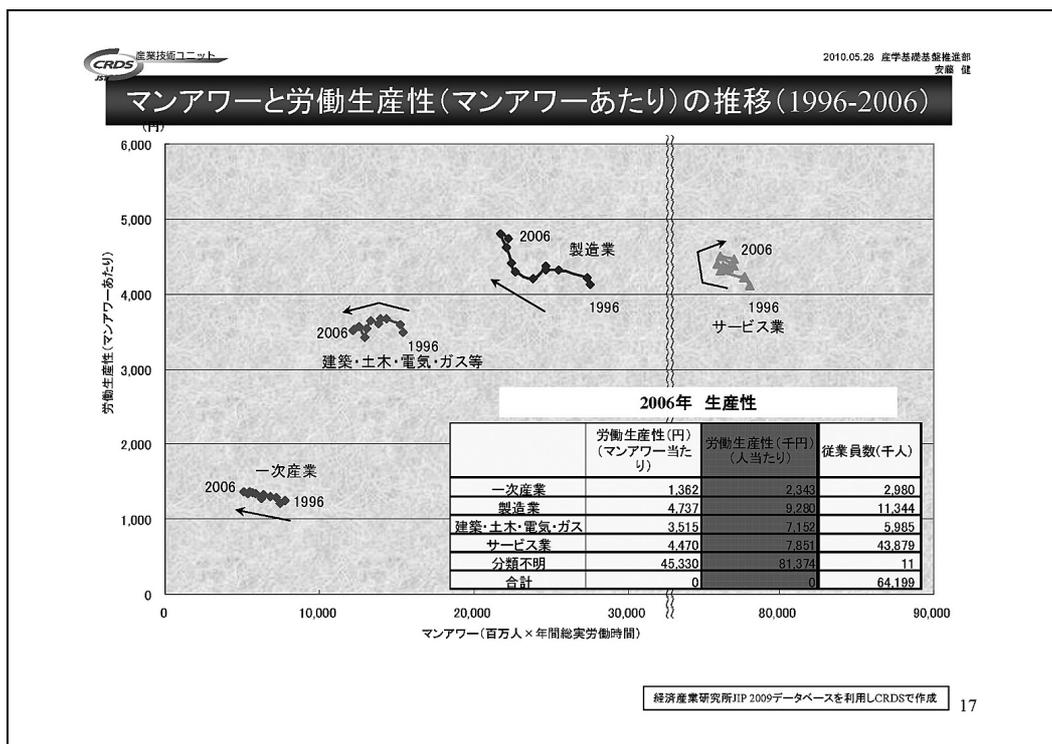


ここでもう一度マクロに戻って産業の特徴を見てみようと思います。その結果を次の図に示しました。先ほど見ていただきました粗付加価値の分析に従って、産業を一次産業、製造業、サービス業、建築・土木・電気ガスなど、の分類で比較したものです。一次産業、製造業、建築・土木・電気ガスなど、いずれもマンアワーは年々減少傾向にあります。生産性という観点で見ると、マンアワーを減らしながら、或いは、減らしたからと言うべきか、生産性は増加傾向にあります。建築・土木・電気ガスなどの産業は公共投資の削減も大きな要因となっていると思いますが、マンアワーも生産性も減少しております。



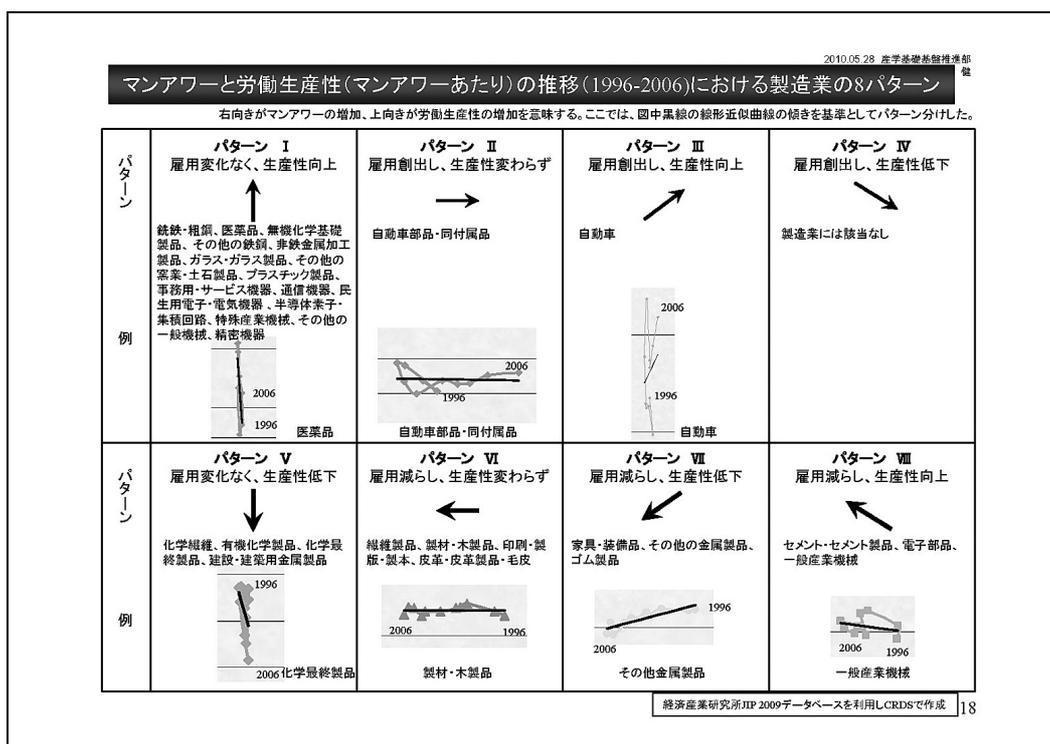
一次産業、製造業、建築・土木・電気ガスなどの産業とは逆に、サービス産業は前者の産業とは逆にマンアワーが増加傾向にあります。前者の産業の減少分を吸収しているといえます。また生産性も増加傾向にあるといえます。経済産業研究所、JIP のデータを使って、マンアワーで計算すると、サービス業と製造業の生産性は余り変わらないということになり、日頃の印象と異なった感じを受けます。そこで、就業者の数で生産性を求めるとどのような数字になるかを出してみました。

その結果を先ほどの図の中に挿入しております。2006年の値と比較しますと、製造業が928万円、サービス業が785万円となり製造業よりサービス業が低い生産性となります。マンアワーと従業員の数との違いで生産性が異なって出てくるのは、派遣労働も含めて、サービス業の労働の形態が製造業とは異なっていることが原因しているためと考えられます。これに関してはマンアワーで見るべきではない、従業員の数で見るべきだという議論もあります。



いずれにせよ、サービス業をマンアワーで見ると製造業と変わらない、従業員の数で見ると低い生産性を示すという普通にいられているセンスになるという興味ある結果、興味ある差異が出てくるということです。

さて、またマイクロな解析に戻ります。生産性とマンアワーの関係は次の8つのパターンに分類できます。製造業について個々の産業は8つのパターンのどれに相当するかを見てみました。



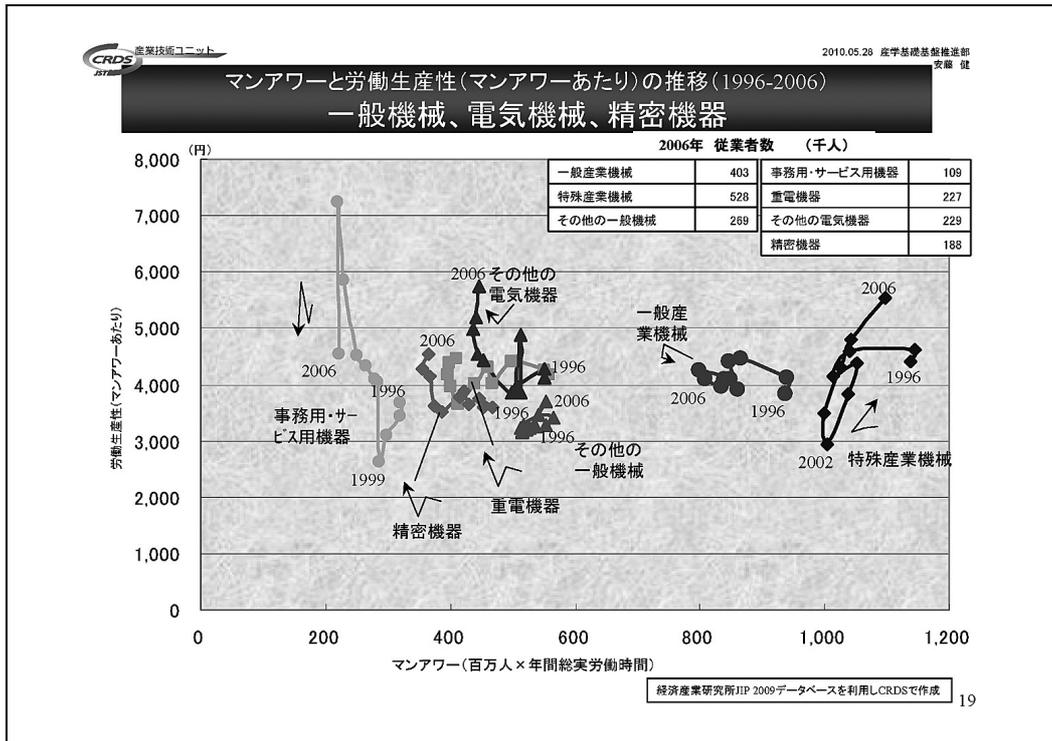
国内での産業として最も望ましいパターンはⅢです。年々雇用の場を増大させ、生産性を向上している産業です。これに該当する産業は日本に1つあります。それは自動車産業です。自動車産業のみが、1996年から2006年にかけて、雇用の場を創出し生産性も上げています。

次に望ましい産業は、生産性は下がらないままで雇用の場をつくる産業です。それに該当する産業も1つあります。自動車部品と同付属品産業がそれです。国内に有って欲しい産業はこの2つのパターンですが、この統計手法で出てくる産業としては自動車以外にありません（挿入；製造業から離れますと、サービス産業はマクロにはパターンⅢに属しており、今後の展開が期待されます）。

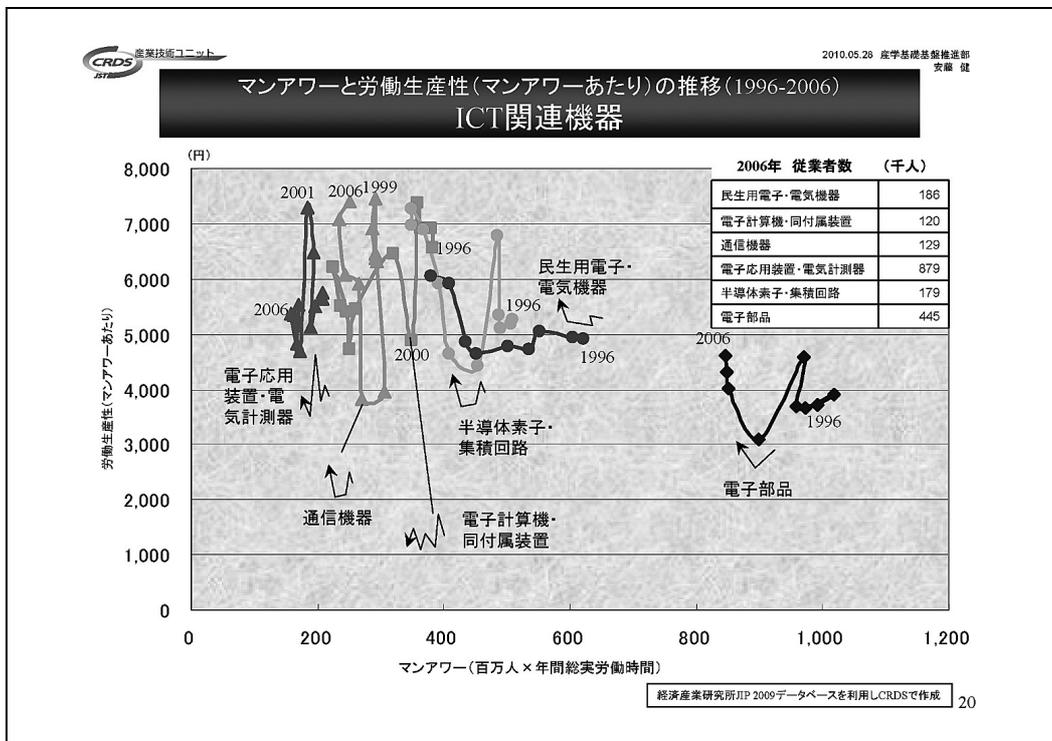
国内の活動で最も多い産業のパターンはⅠです。雇用の場の増大には貢献していませんが、生産性は上げている産業です。このパターンになる原因は産業によって異なると思います。

これまでの議論から言いたいことは、雇用の場をつくっている産業が自動車部品と同付属品産業を含めた自動車産業のみであるということです。今回のリーマンショックを経てこの産業は今後一体どうなるかということは日本にとっては重要な課題といえます。

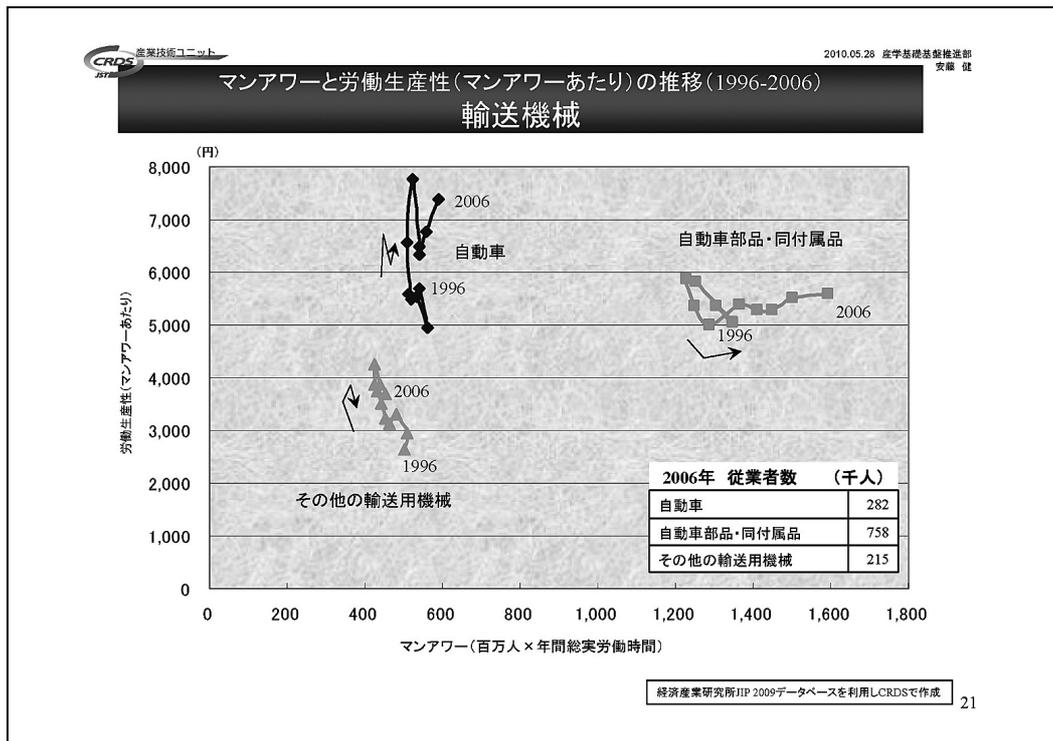
その他に製造業に関しまして生産性を求めましたのでその結果を幾つか以下に紹介しておきます。興味のあるところをお時間のある時にご覧いただければと思います。



19



20

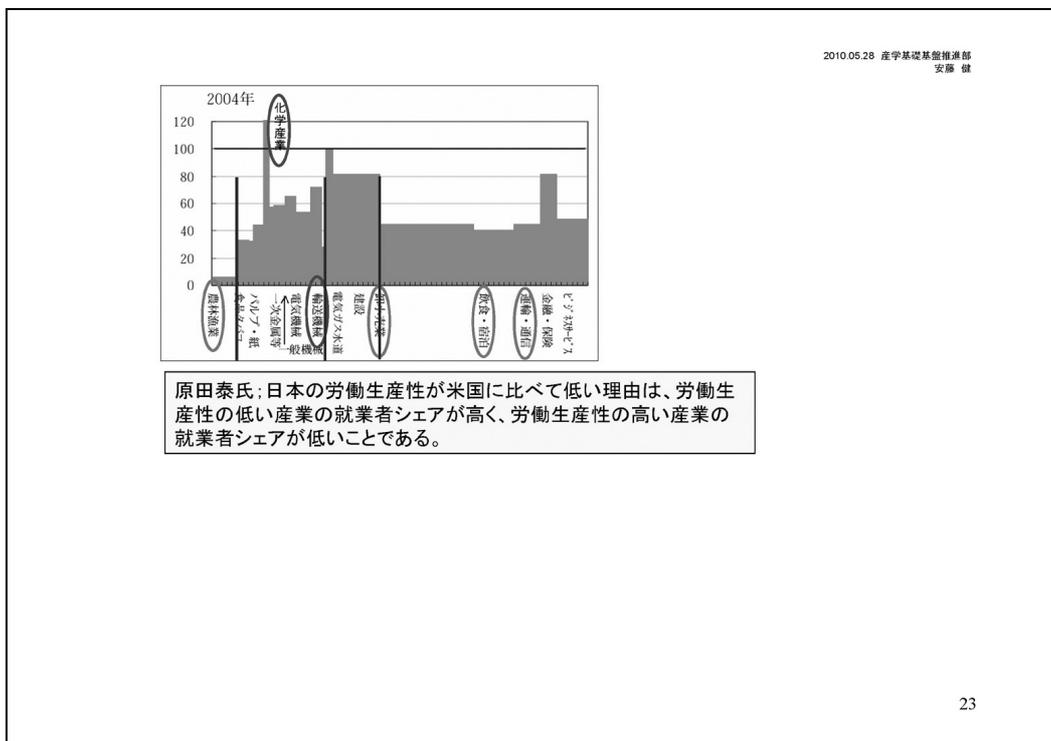
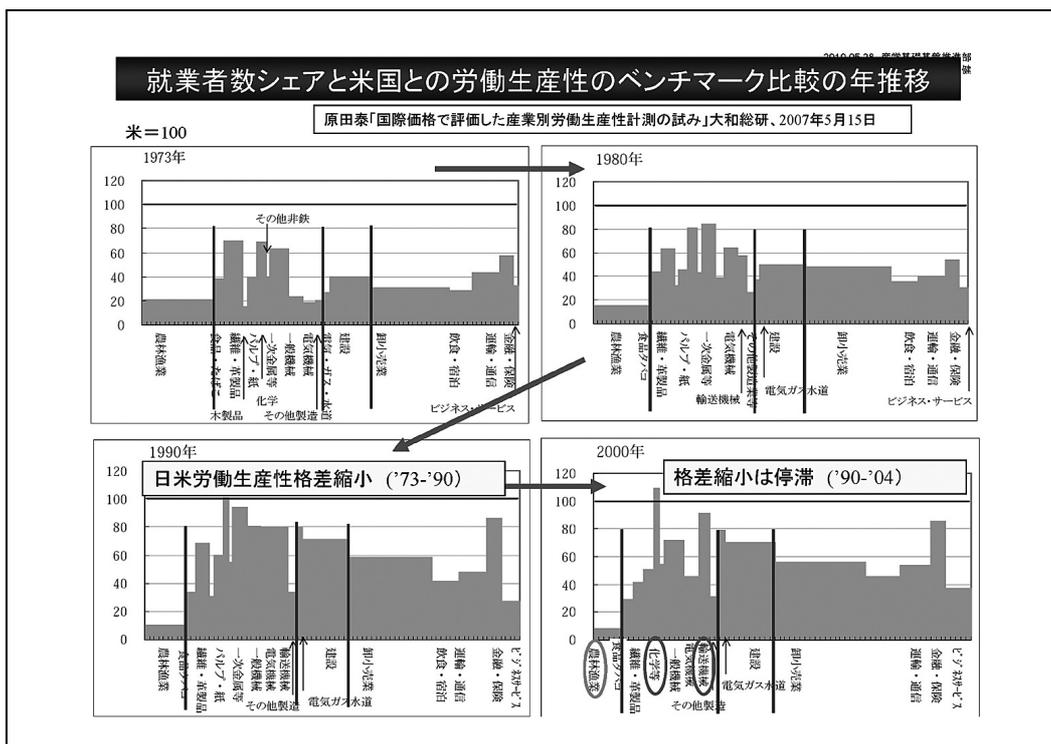


現在ある産業の効率性向上による生産性向上も重要な課題であり、効率性向上は日本が得意とするところですが、日本としては、新しい産業を創り、雇用の場を創出し、新たな価値を創ることも重要であるということです。日本が得意なエレメント産業を繁栄させるためにも、アンブレラ産業を興すことが望まれると思います。

話は、第三ステップのデザインに移りつつあります。日本としては世界およびアジアをみて産業構造上、生産性が減少傾向にあり、今後、雇用の場の創成が期待できない産業は、国策上の問題がなければ、手を引き他国へ譲り、付加価値の高い新しい産業を創り新たな雇用の場を創出すべきではないかと考えます。

ここでGDP第2位国として、第1位の米国をベンチマークとした比較を見ておきたいと思います。生産性の比較は国により労働形態、同一職種でもその評価ヴァリューが異なっており、生産性を単純に比較するのは経済の専門の方にお聞きしても困難な仕事だそうです。

そこで製品の価値に関して特に基準をきっちりとそろえて解析された、大和総研の原田さんの結果を紹介いたします。私どももベンチマークとしている米国との比較結果です。73年、80年、90年、2000年、2004年と30年間の日米比較を行っております。各産業に従事している従業者数分布が横軸になります。例えば農林漁業の従業者数は73年から年を追って減少しており、逆にサービス産業の従業者は年々増加しております。

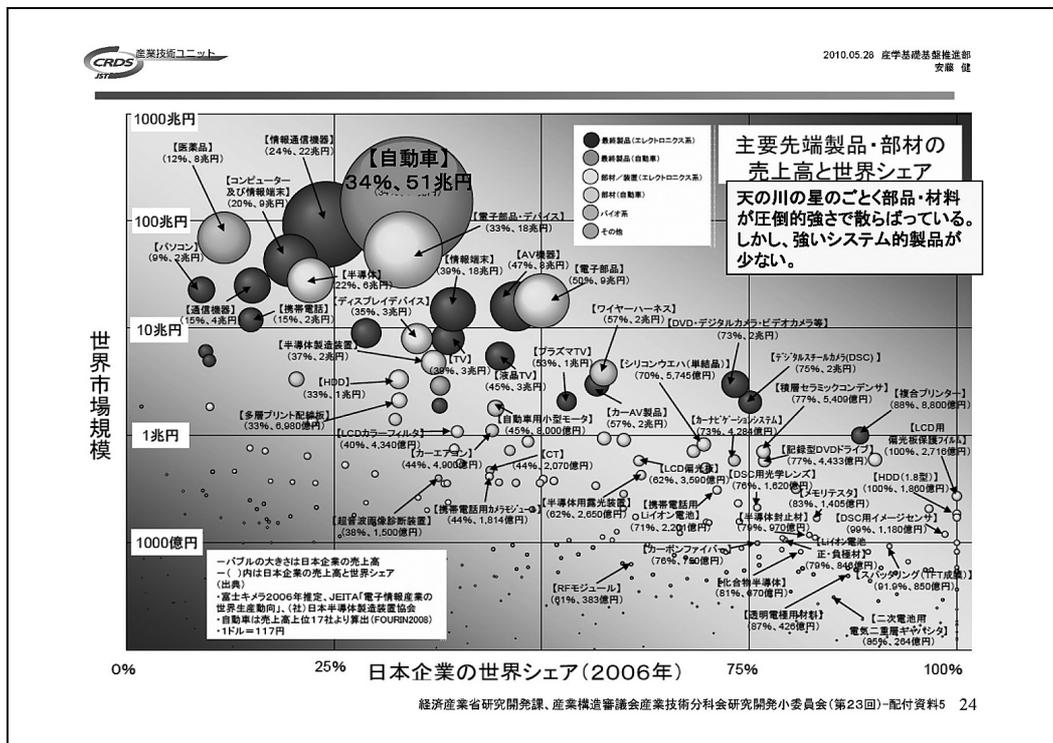


生産性はアメリカを100と設定して比較しており、図中ビルディングで表す産業種毎のビルの高さがその生産性を表します。ビル群全体の面積が大きくなれば日本の産業全体としては生産性が向上していることになります。73年から80年、更に90年まではビルディング全体の面積が増大している

ことから分かりますように、生産性は向上しております。ところが1990年から2000年の全ビル群の面積には変化が認めにくく、日米間の生産性の格差縮小は停滞状態にあるといえます。2000年から2004年にかけても特段の生産性向上は認められません。

生産性においてアメリカと肩を並べることができる産業は、化学産業、それから輸送産業であり、赤枠で囲った農林水産業はアメリカに比べて非常に低い生産性となっております。卸売り、飲食、宿泊、運輸・通信の生産性も高くはありません。原田氏は、日本の労働生産性が米国に比べて低い理由は、労働生産性の低い産業の就業者シェアが高く、労働生産性の高い産業の就業者シェアが低いことにある説明しておられます。

もう1つ産業の強さを知る重要なデータは製品の世界シェアです。シェアを一覧としてよくまとめられた図を次に紹介します。これは経済産業省研究開発課が作成した2006年に日本製品が占めた金額とシェアを表しております。縦軸は世界市場規模を表しております。横軸はその市場占有率を表しております。火星のごとく光り輝いていますのが自動車製品です。日本車が占めている割合は34%で、金額的は51兆円。この値は日本国内で生産した製品ではなく、日本を含めた世界中で日本の自動車製造会社が生産し販売した自動車の金額です。この当時は約半分を海外生産の自動車占めております。

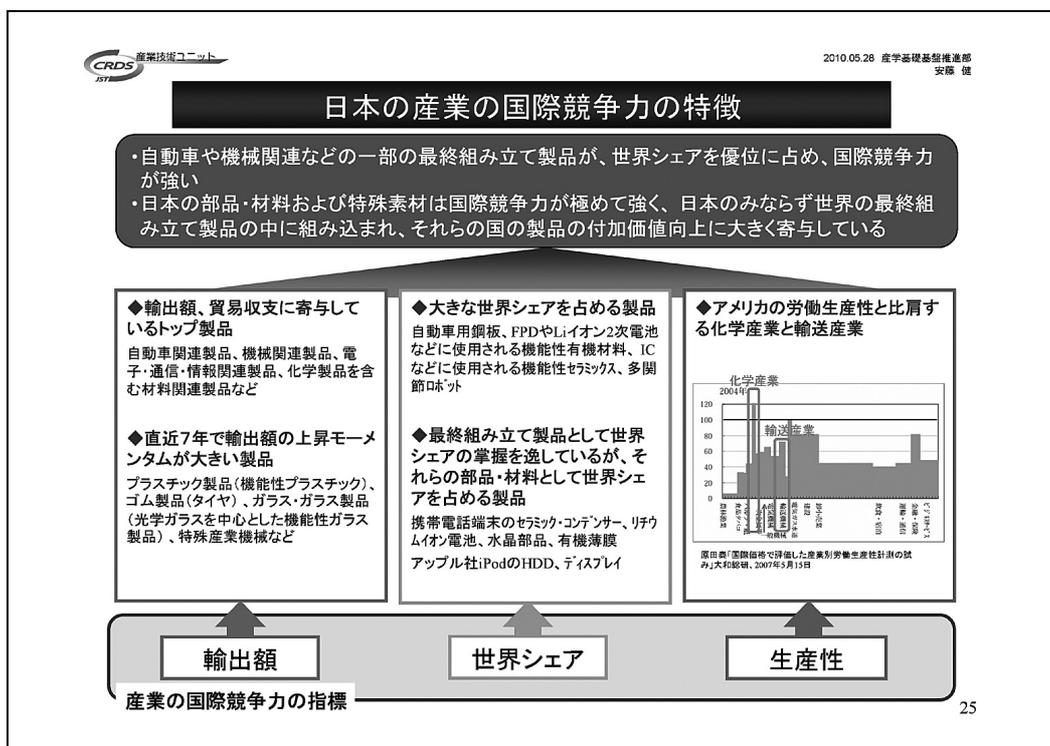


ブルーの濃い丸がエレクトロニクス系の最終製品を表します。情報通信機器、コンピューター、オーディオ・ビデオ機器、フラットパネルTV、DVD、デジカメなどです。

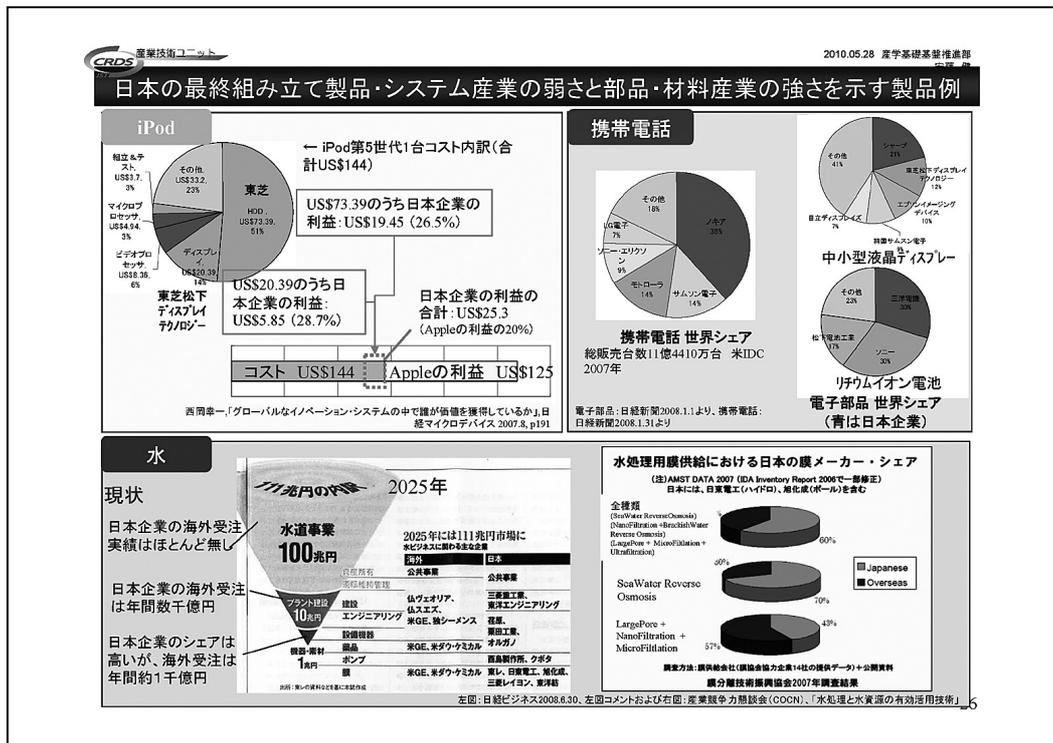
図の右下に、天の川のように小さな粒々が散らばっております。世界シェア50%以上100%近くま

で、薄いブルーや黄色の丸が数多く認められます。薄いブルーはエレクトロニクス系の部品・装置を、黄色は自動車部材を表しております。

今までの話を次の図にまとめました。国際競争力を評価するのに用いた指標はこれまでお話しして参りましたように、基本的に輸出額、世界シェア、生産性の3つとしました。要約部分を読みますと、自動車や機械関連などの一部の最終組み立て製品が、世界シェアを優位に占め、国際競争力は強い、日本の部品・材料特殊素材は国際競争力が極めて強く、日本のみならず世界の最終組み立て製品の中に組み込まれ、それらの国の製品の付加価値向上に大きく寄与している、となります。



日本の部品材料が世界の最終組み立て製品の中に組み込まれ、付加価値向上に大きく寄与した例を次の図で示します。これは、アップル社が発売したiPod 第5世代の1台当たりのコストを分析した結果です。発売当時約270米ドルで販売されております。



このiPodには、部品として東芝のHDDが、東芝松下ディスプレイテクノロジーのディスプレイが使われております。組み立ても米国ではなくアジアで行われており、アップル社自身は工場も持たず、設計のみを行っております。図にありますようにアップル社の1台当たりの利益は125米ドルで50%近くをアップル社が獲得しております。HDDおよびディスプレイが獲得する利益はアップル社の利益率より低い値となっております。アップル社は知的財産権においても優位にあり、また音楽配信というその後のサービスにおいても継続的に利益を確保できます。

今朝、有楽町の駅で若者が並んでいましたけれども、今日は、iPadの発売日だそうです。このiPadの部品としては、iPodとは異なり、日本のエレメント部品はTDKさんの電池だけだとお聞きしております。しかもその電池は香港で製造されているそうです。フラッシュメモリも基本的にはサムソン社製を使い、東芝とも契約は結んでいると新聞は報じております。

携帯電話。この図は2008年に作成したのですが、ノキアさんが圧倒的に強く、この傾向は現在も続いております。ただ、当時との違いはサムソンとLGが伸びてきているということで、最近のデータを見ても、日本の携帯電話を製造会社の全製品を合わせても世界シェアは約5%だそうです。図に示しております2008年の統計においては、液晶ディスプレイか電池とか、そういうものは日本製で、まだエレメント製品が極めて強いことが分かります。

携帯電話もアンブレラシステムとして重要なアンブレラ産業製品です。ただ、私どもがCRDSで考えるアンブレラシステムは社会ビジョン実現のために技術開発のブレークスルーを前提とするものであり、今日、明日、産業界が取り組むべき近々のアンブレラシステムが対象ではありません。

次は、実際に動き始めているアンブレラシステム、アンブレラ産業の例です。産業競争力懇談会、COCNさんが、水ビジネスの重要性を指摘され、多くの関連企業、関連機関が連合を組んでやるべきではないかということ、産業界および国に呼びかけて動き始めている例です。

日本には水処理膜に関しましてガラパゴス膜が数多くあります。しかし、ガラパゴス膜はあっても、世界の色々な地域で必要とする実際のシステムの中で必要となる膜にはガラパゴス膜以外のものが要請されており、その膜を日本は製造していない場合があると聞いております。すなわちトータルシステムとして産業化する力は日本にはなく、海外の水処理システム産業が必要とする要素技術・製品を輸出しているという状況にあります。トータルシステムおよびその後のサービスを行っている企業はフランスや米国それにシンガポールが強いといえます。2025年110兆円産業といわれているアンブレラ産業の中で、このままエレメント製品のみを海外に輸出していると大きな利益獲得、社会貢献が出来る機会を失うことになると思います。そういう状況の中で、企業連合体方式で水ビジネスをやる体制が出来つつあります。これは歓迎すべきことだと思います。

この水ビジネスは社会的課題解決に関連する大きなインフラシステムとしてのアンブレラシステムですが、ICTおよびその他の産業にもこういったアンブレラシステム、アンブレラ産業があります。

アンブレラシステム、アンブレラ産業という言葉在先ほどから何回も使わせてもらっています。そこで改めてここでアンブレラシステム、アンブレラ産業、エレメント産業の定義をしておきます。ここで期待しています、アンブレラ産業とは、付加価値の大きなシステムを構築し、産業連関的にも社会的、経済的にも大きな価値を生み出すシステムを生産する産業を意味します。これを実現することが、大きなイノベーションを実現することになります。



産業技術ユニット
CRDS

2010.05.28 産学基礎基盤推進部
安藤 健

アンブレラ産業とエレメント産業の定義

◆アンブレラ産業
部品や材料を組み合わせ、システムとして構築したもの、あるいはそれらハード技術と、全体システムとして最適な機能を発揮するためのソフトウェア技術とを組み合わせ、付加価値の大きなシステムを構築し、産業連関的にも、社会的・経済的にも大きな価値を生み出すシステムを生産する産業。

◆アンブレラシステム
アンブレラ産業が生産する製品。場合によってはヒューマンウェアと組み合わせ、より多様な価値を創出することができる。

◆エレメント産業
アンブレラシステムに組み込まれる構成要素としての部品・材料や、独立性の強いソフトウェア技術をエレメントと定義し、それらを生産する産業。



Picture: <http://www.pref.ishikawa.jp/siro-niwa/new/ivent/yukituri.htm> 27

アンブレラシステムを実現するには、それを支えるエレメント製品、アンブレラシステムに組み

込まれる構成要素としての部品・材料や独立性の強いソフトウェアが必要となります。これらをエレメント製品と定義し、それらを生産する産業をエレメント産業と呼びます。

ここから第三ステップのデザインに入ります。図の表題にあります**S&Tino**というのはサイエンス・アンド・テクノロジー・イノベーションという意味です。アンブレラシステムを創るに当たりまして、最初に申しあげましたCRDSが設定したビジョン、社会ニーズと整合するように、次の4つの条件を設定致しました。第一が、地球規模課題の解決を指向したものであること。第二が、その産業を創造するには、科学的あるいは技術的革新を必要とすること。第三が、社会的・経済的価値が大きく、日本のGDP向上に大きな貢献ができるものであること。そして第四が、日本が創造することが世界的にも優位で、日本はそのポテンシャルを有し、世界からも期待されていることです。



産業技術ユニット

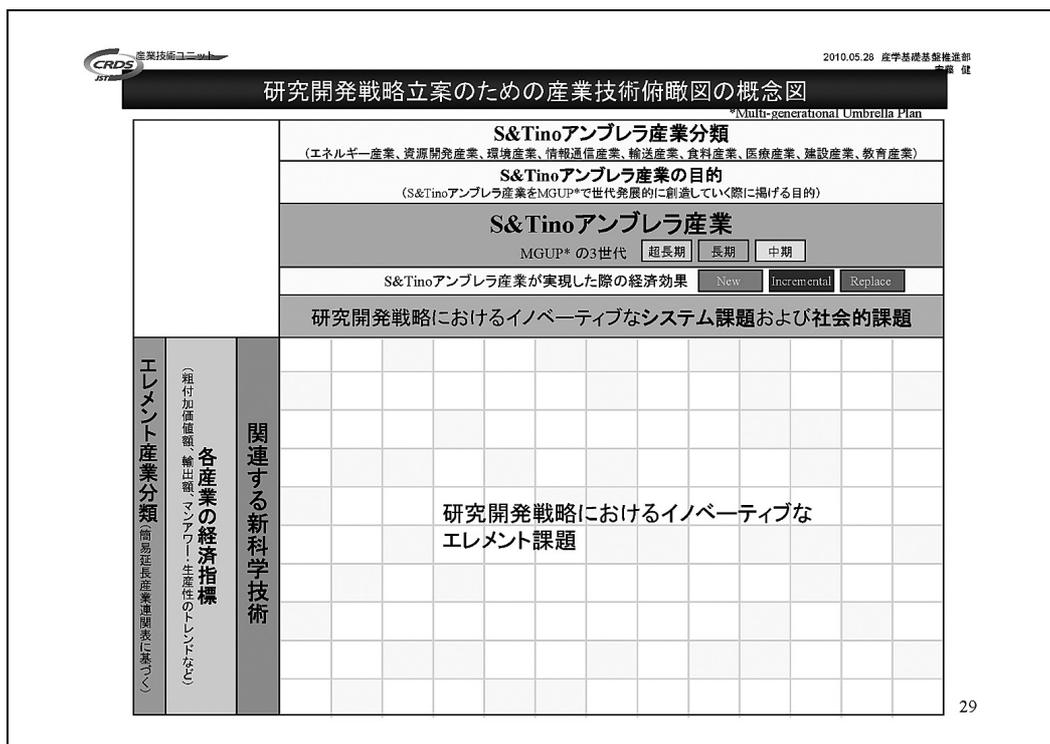
2010.05.28 産学基礎基盤推進部
安藤 健

「S&Tinoアンブレラ産業」創出の条件

1. 地球規模課題の解決を指向したものであること
2. その産業を創造するには、科学的或いは技術的革新を必要とすること
3. 社会的・経済的価値が大きく、日本のGDP向上に大きな貢献ができるものであること
4. 日本が創造することが世界的にも優位で、日本はそのポテンシャルを有し、世界からも期待されていること

28

アンブレラ産業をエレメント産業と関係づけ、エレメント産業を科学技術分野のディシプリンと関係づけ、さらに戦略を描くことが出来る図を作成するため基本となる軸を2つ設定致しました。その概念図を次に示します。



横軸がアンブレラ産業軸、縦軸がエレメント産業軸になります。両軸は完全には独立ではありませんが、このようにデザインすることで日本の産業構造の特徴がよく表されると思います。横軸は社会が期待する産業であり、縦軸は現存するエレメント産業です。横軸のアンブレラシステム、アンブレラ産業を実現するには新たな科学的、技術的ブレークスルーによるエレメント製品の創出が必須になります。

縦、横に2軸を取ることでより大きなマトリックスが生まれてきます。この黄色のマスの中にアンブレラシステムを実現するのに不可欠な製品・技術を書き込んでいきます。必要とされるエレメント製品・エレメント技術に関連するであろう、科学や技術の芽（エンブリオ）を縦軸の緑色で表されている新科学・技術の中にリストアップしていきます。この部分ははじめに述べましたディシプリンとしての科学の専門分野のユニットが保持している俯瞰図や彼らの国内だけでなくグローバルな活動から得られた資料から抽出されます。あとで述べますが、縦軸のアンブレラシステムを実現するに必要となる、パッケージとして要請されてくる新製品・技術の確立に要請される課題解決の新科学・技術としてこれらのディシプリン情報が活用されることになります。

これを、私どもは、産業競争力強化のために産業技術俯瞰図と呼ぶことにしました。現存の産業製品を網羅することなく、また関連するであろう新科学・技術情報を網羅することなく、創り出す目的のアンブレラ産業のパッケージ課題解決に活用すればよいと思います。

日本を代表する産業界、及び海外企業の日本法人のベテランに集まっていただいて開催したワー

クショップで、4つの条件にあうアンブレラ産業とは何かを議論し創出したアンブレラシステムを次に紹介します。それらは大きく分けてエネルギー産業、資源開発産業、環境産業、情報通信産業、輸送産業になりました。

「S&Tinoアンブレラ産業」一覧(1)

産業分類	アンブレラ産業の目的	アンブレラ産業	経済効果	MGUP		
				中期	長期	超長期
エネルギー産業 (低炭素エネルギー社会 創造)	温暖化ガス排出量削減 のための原子力エネル ギー利用発電	核融合発電システム	New			
		高温ガス炉発電システム	Replace			
		高速増殖炉	Replace			
	基幹エネルギー生産シ ステムの多様化	次世代軽水炉発電システム	Incremental			
		太陽エネルギー利用システム	Incremental			
		重質油改質システム	New			
		排熱利用システム	New			
	分散エネルギー源の多 様化	石炭からの水素生産システム	New			
		移動通信機器用エネルギーシステム(新型発電・ 電池)	Replace			
		家庭用エネルギーシステム(新型発電・電池、太 陽電池、燃料電池、マイクロガスタービン)、 オフィス用エネルギーシステム(新型発電・電池、 太陽電池、燃料電池)	Replace			
資源開発産業 (新工業資源創造)	希薄資源と難可採地域 にある資源の回収量の 拡大	極限環境地域(深海、極寒、砂漠)の工業資源開 発システム	New			
		低濃度鉱石からの有意元素の回収システム	New			
	海水からの有意元素の回収システム	New				
資源の循環利用	工業製品生産のための再資源化・新資源創造	Incremental				
環境産業(環境負荷低減)	CO2固定化	CO2固定化貯留システム	New			
情報通信産業 (人を中心とした情報通 信)	使っていることを感じさ ずどこにでも通在し利 用できるコミュニケーション(PUC)システム*	人の高度な判断を支援・代行できるシステム	Incremental			
		人が発する情報を処理・理解・表現・伝達するシ ステム	Incremental			
	安全安心な社会を実現する 情報通信システム	場所と時間を選ばないコミュニケーションシステム	Incremental			
		総合情報処理システム(医療、社会インフラ、輸 送機械、基幹産業など)	Incremental			

*原文人、「21世紀の国言論」、平凡社(2007)

これらのアンブレラ産業は強い産業をより強くするという観点から創ったものです。それらに加えて、さらに幾つかのアンブレラ産業を創出したしました。それらのアンブレラ産業は、現在は国際競争力のある産業ではありませんが、日本としては極めて必要な産業であり、将来は競争力を着けるべき産業、という観点からCRDS内での議論及び識者のインタビューで創った産業です。食料産業、医療産業、建設産業、教育産業があげられてきました。教育を産業としている代表的な国はシンガポールだと思います。アメリカにもグローバルに大学教育を産業として展開している大学があります。日本の中にも21世紀のCOEやグローバルCOEなどがあり、いわゆるプラットフォームとして教育産業の芽になりうるのではないかと思います。



2010.05.28 産学基礎基盤推進部
実編 健

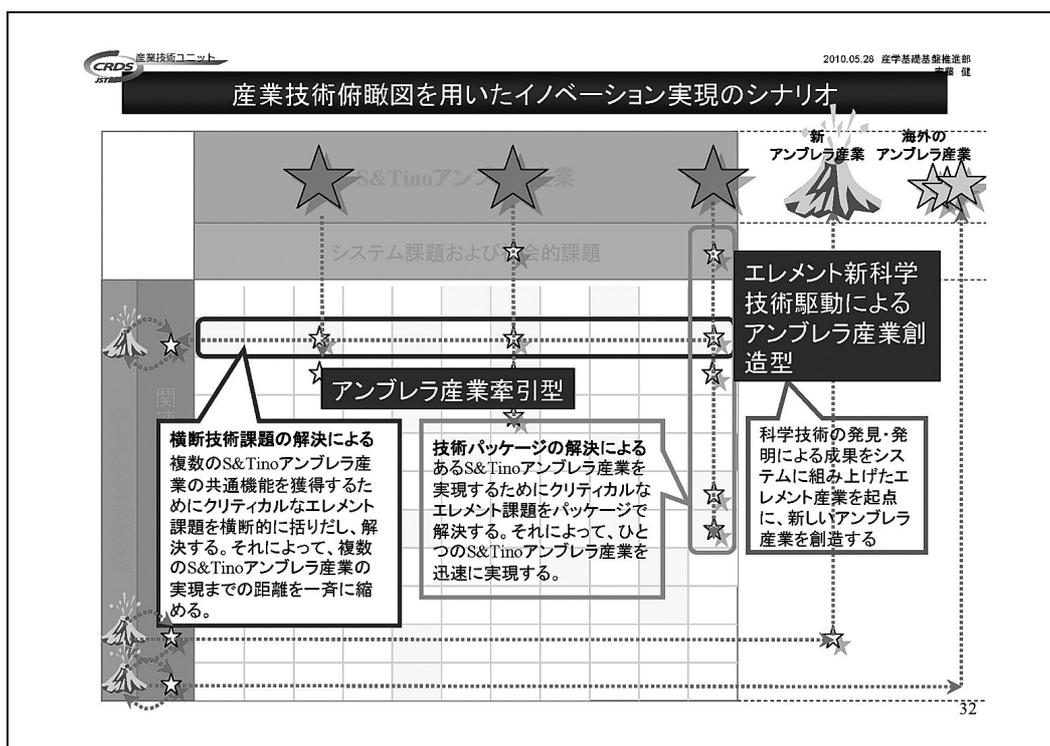
「S&Tinoアンブレラ産業」一覧(2)

産業分類	アンブレラ産業の目的	アンブレラ産業	経済効果	MGUP		
				中長期	長期	超長期
輸送産業 (低炭素・省エネ型輸送、 新交通システム)	低環境負荷海上輸送	低環境負荷船舶	Incremental			
		電気航空機	Replace			
	低環境負荷航空輸送	スーパーエコ航空機	Incremental			
		電気自動車(新型電池)	Replace			
	低環境負荷陸上輸送	燃料電池自動車	Replace			
		自動運転モビリティで構成する交通システム	New			
		低環境負荷輸送の全体最適化	低環境負荷交通システム(コンパクトシティ、コンパクトタウンに対応) シームレスモビリティシステム(公共交通機関と個人移動手段の共存)	Incremental		
食料産業 (持続可能な食物生産)	食物の安定生産	需要に即応し、多様な作物を安定的に生産できる植物工場	New			
		植物の育種、生育環境の制御による露地での安定生産システム	New			
		水産食料資源の陸上施設での安定生産システム	New			
		時間・空間を超えた診断・治療・リハビリシステム	New			
医療産業 (健康寿命延伸のための総合健康管理システム)	時間・空間を超えた疾病予防・診断・治療	バーベインシフモニタリングによる最適な生活スタイル提示システム	New			
		経年劣化および地震による人命・経済活動への被害の最小化システム	New			
建設産業 (強健な国の基盤づくり)	大災害を未然に防ぎ生産・社会活動を支障なく継続できる都市基盤の構築	地震被害の軽減および即時復旧が可能な建造物	New			
		経年劣化を検知および制御できる建造物	New			
教育産業(持続的な生産活動を支える人材育成)	国際社会で活躍できる人材の育成	多様な人と競争・協調できる能力の幼児・学齢期からの教育システム	New			

*原丈人、「21世紀の国富論」、平凡社(2007)

次に、俯瞰図を元にしてイノベーションを実現するシナリオを説明します。一つはディシプリンで生まれた新科学を、新技術へと育て上げ、それを更にエレメント製品として市場に出し、さらに、それをアンブレラシステムとして組み上げるという過程をたどるシナリオです。すなわち新科学・技術駆動によるアンブレラシステム、アンブレラ産業創造型といえます。

もう一つは、ここで話してきましたように社会ニーズとして先にアンブレラシステム、アンブレラ産業を設定し、それに牽引される、デマンドプルによるやり方でイノベーションを実現するシナリオです。いわゆる課題解決型のイノベーション実現シナリオといえます。



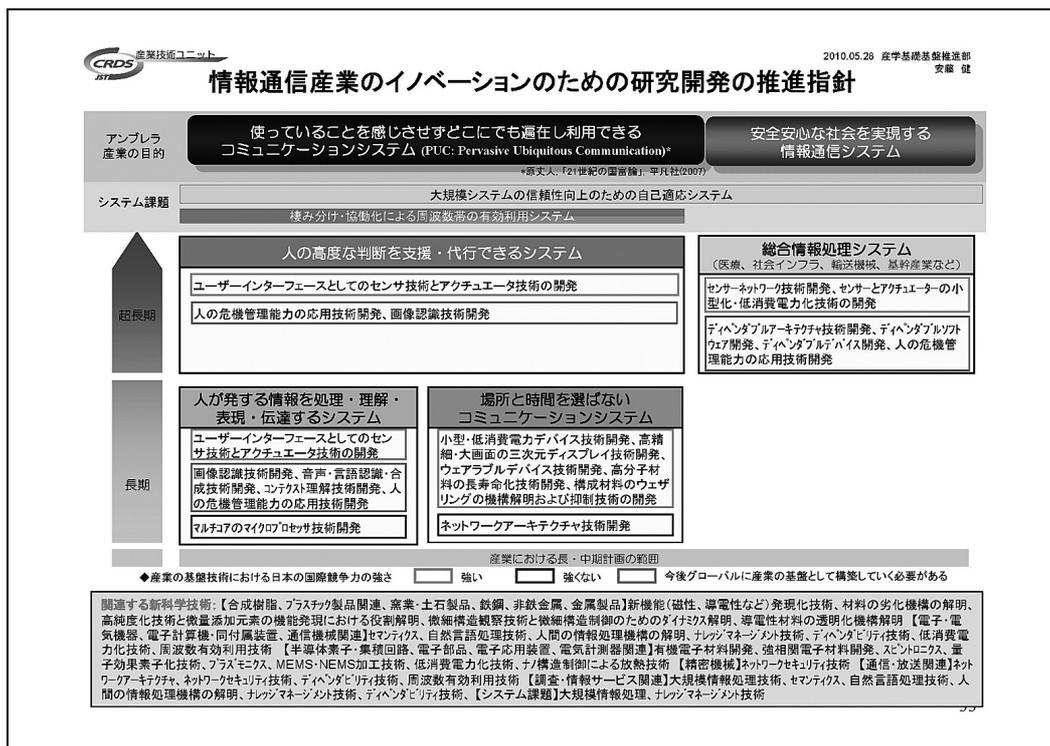
前者のシナリオにおいては画期的なイノベーションへとつながった例があります。しかし、この型の場合、その新科学の発見までは純粋な科学の領域といえます。それをエレメントベンチャー或いはシステム発想豊かな起業家がエレメント製品としてのイノベーション、更には、アンブレラシステムへと創りあげていくやり方です。これまで一般に考えられていなかったような画期的なイノベーションを実現する方法といえます。後者の課題解決型のシナリオとの相違はアンブレラ産業の設定の仕方です。後者の場合、実現すべきアンブレラシステムが先にあり、その実現のために新技術が要請され、そのために必要となる新科学を発掘し、それを新技術の芽へ更にはエレメント製品化技術として創りあげることになります。

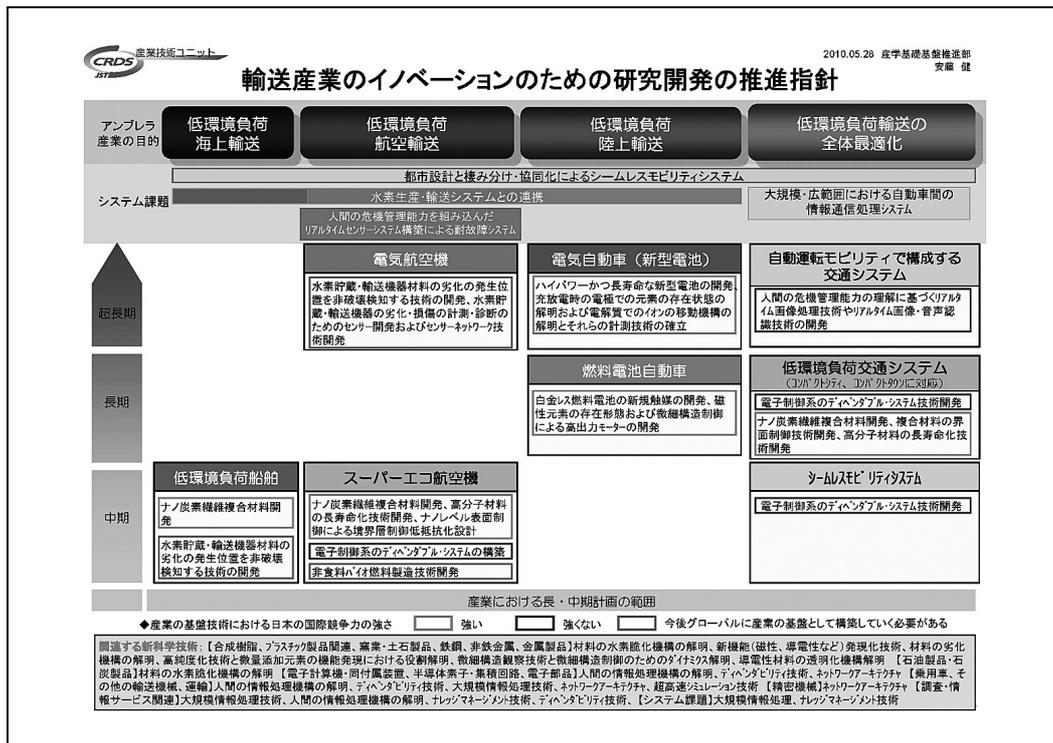
ここで考えておりますアンブレラシステムは、多様なエレメント技術・製品の組み合わせを必要とするものであり、赤枠で囲んだ技術パッケージの解決を要するものです。これは1つのアンブレラ産業を迅速に立ち上げることになります。青枠で囲った多くのアンブレラシステムに共通項的に横断技術として解決すべきアンブレラ産業の実現も考えられます。これは特定のエレメント産業に依存する度合いが強いかと思われませんが、多くのアンブレラシステムに共通に必要となるクリティカルな技術・製品の解決でアンブレラシステム構築に貢献することになります。

設定したアンブレラシステムとしてのイノベーション実現のために俯瞰図の各セルに入れるエレメント技術・製品を、さらにはそれを実現するための新科学・技術の芽を、企業、CRDS各ディシプリンユニット、大学人、それに公的機関やシンクタンクを訪問しインタビューを重ねました。得られた結果の一部を、お手元にお配りしております戦略提言の俯瞰図中に入れ込んであります。

アンブレラ産業を実現するには科学・技術のブレークスルーだけではできない社会的課題があることは誰もが理解していることです。また、システム課題というエレメント産業だけでは解けないアンブレラシステム特有の課題があるだろうということも十分理解できます。このシステム特有の課題は、繰り返しますが、個々のエレメント産業、エレメントを担当するディシプリンでは解決できない重要な課題であることを認識するようになり、最上段に社会的課題と併せてその列を設けました。それがこの俯瞰図のバラ色の列になります。

デザインした結果を受けて、本来ならば次の実行計画作成のステップ進むこととなります。ディシプリンとの具体的結合のステップです。しかし、今回は具体的にこの仕事にまで踏み込むところには至りませんでした。これは今後の課題ですが、試み行的に行った簡単な実行計画案を幾つかのプロジェクトについて描いてみました。ここでは時間軸が縦軸として導入される、マイルストーンとしての目標を設定したロードマップ図になります。その例として、情報通信産業のイノベーションのための研究開発の推進方策と、輸送産業のイノベーションのための研究開発の推進方策について紹介しておきます。しかし本日はその説明は省略させていただきます。





色々とお話しいたしましたが、私の話を次の2枚のスライドにまとめました。スライドをお読みいただきたいと思います。



産業技術ユニット

2010.05.28 産学基礎基盤推進部
安藤 健

まとめ

- 産業の国際競争力強化という期待に応えるため、競争力という観点で日本が世界の中でおかれている状況を経済的指標を中心に測定、解析した。その結果、日本は部品・材料を中心としたエレメント産業が、輸出額、世界シェア、生産性において卓越しており、世界に誇るべき産業であることが明らかとなった。
- しかしシステムとしての産業は極めて乏しく、世界の多くの大小様々なシステム産業に部品・材料を供給しており、利益の多くを海外のシステム産業に譲っている。
- そこで、この産業の国際競争力強化という要請に応えるために、エレメント産業とアンブレラ産業という2軸の概念を打ち出した。この2軸からなるマトリックスを産業技術俯瞰図と呼ばせてもらう。
- 産業の国際競争力強化という要請に対して、考慮すべき4つの条件を掲げそれに合致するアンブレラ産業(アンブレラシステム)を識者の知恵を集めて設定し、産業技術俯瞰図中に挿入した。
- アンブレラシステムを実現するのに必要な研究開発課題を、CRDSフェローおよび外部識者のインタビューにより収集し、関連するエレメント産業に落とし込み、課題解決のためのパッケージを作成した。
- CRDSの各ディシプリン(ユニット)の作成した俯瞰図、またストックされているグローバルな知的、人的、研究開発機関などの情報が、上記パッケージ中の個々の研究開発課題と関連づけられる。

35



2010.05.28 産学基礎基盤推進部
 実 験 健

まとめ

- 今後の課題はシステム解決に必要なパッケージおよび個々のパッケージを解決するために挙げられる更なる詳細な課題を戦略的にブレークダウンしオープンイノベーションで研究開発戦略を明確にしていくことである。
- もう1つ重要なことは、アンブレラシステムを実現するのに解決しなければならない社会的課題と個々のエレメント産業にパッケージとして落とし込めない、イノベティブなシステム課題が表れてくることである。システム課題は個々のアンブレラ産業で完結するものもあるが、アンブレラ産業を広く跨いで解決すべき課題もある。
- 日本の誇るエレメント産業は力を失うことなく活力を維持し、一方でそのエレメント産業を最大限に有効に活用するアンブレラ産業を活性化、或いは興し、日本の産業の国際競争力の強化を図る。
- そのためにはエレメント産業とアンブレラ産業とのグローバルワイドなオープン・イノベーションが効果的である。その先駆けとして日本国内において、企業連合体方式や企業合併方式でアンブレラ産業が胎動し始めている。

36

最後に、この2枚のまとめに少し説明を加えます。今回の整理で、日本は部品・材料を中心としたエレメント技術・製品が輸出額、世界シェア、生産性において卓越しており、エレメント産業は世界に誇るべき産業であることがはっきりしました。

これは日本の財産として大切にすべきだと思います。米国を拠点とするGEはアンブレラ産業を推進する巨大企業として、それを推進するに当たって日本のエレメント産業の強さには一目おいております。彼らはアンブレラシステムを構築する際に、その要素技術として日本エレメント技術が欲しい。そこで日本の大学および企業に対して、是非一緒にやりましょう、と、欲しいエレメント技術を日本にオープンにし、声を掛けてきております。それに応えて、日本のある会社は、彼らが開発したLED素子技術をGEと一緒にランプ化する技術を開発し、市場に出す計画を進めております。GE以外にも日本のエレメント産業にラブコールを掛けてきている米国企業があります。P&Gです。最近、日本に彼らが欲しいエレメント技術オープンにし協働を呼びかけております。

第三ステップのデザインのところで、2軸の概念を入れ、アンブレラシステム実現のための課題解決として解くべき課題をパッケージとして表す方法を紹介しました。今後は、そのパッケージの内容を明らかにし、優先順位を付けたうえで、イノベーション実現の実行計画のロードマップが描かれることが期待されます。これを作成するには、関連するディシプリンの持つ俯瞰図、およびそれと共にディシプリンが財産として保有している日本のみでない、グローバルワイドな知的、人的、公的研究開発機関に関する情報とネットワークを、創りたいアンブレラシステム構築に活用することだと思えます。

現在の日本の産業構造からみて、アンブレラシステムを国内だけでなくグローバルに構築し市場

に出すまでには多くの課題があると思います。それらの課題を明確にしたうえで、1企業だけで出来ない場合には、その解決にグローバル化で先行している他企業の能力も導入する必要があります。また日本の企業、或いは産業界だけでは処理できない能力に関しては、グローバルワイドに海外企業の能力の支援を受け入れる必要もあると思います。

日本において、アンブレラシステムの構築が複数の企業が合同し、アンブレラ産業として胎動し始めております。その例として産業競争力懇談会がリードしている水ビジネスを紹介いたしました。これは国内におけるオープン・イノベーションの例だと思えます。またMRJ開発においてはグローバルなオープン・イノベーションがすすめられております。

見かけ上、同一業種の企業が日本では数多くしのぎを削っております。難しいかとは思いますがそれぞれの会社がそれぞれの差別化技術を巧く駆使して、日本産業として相応しい、自動車技術やICT技術などを基盤とするアンブレラシステムを創造し、各企業間でそれぞれ利益が出るようにしたよい組み合わせで連携を組み、結果として本講演の主題である「産業の国際競争力の強化」を実現することが望まれます。

<質疑応答>

○桑原

大変よいことをやられたという、とても感心したということをもまず申し上げたいと思います。述べられたことは非常に核心をついているし、また日本の本当に克服がなかなか難しい弱点も非常に明確にされておられる。我々はこの考えをベースに、どうやってその次をつくっていくかということを考えなきゃいけない。せつかくこの委員会があるわけですから、一つのバックボーンとして担いでいったらどうかと思います。

○丸山

今日の話は、主に製造業におけるアンブレラ、エレメントというお話だったように思いますが、同じ考え方がサービス業にも当てはまりますか。もしそうだとすれば、どういう例があるでしょうか。

○安藤

戦略提言を見ていただければと思いますが、サービスにも当てはまると思います。医療関係において、例えばDNA解析にもとづいたテーラーメイド医療というのがあるけれども、DNAで予測したガンと現実に発病するリレーションは25%以下であるとも聞いております。ということは、我々が仮にDNA解析でガンの可能性の指摘をされたとしても、それとは別に、それよりも他に原因があり、ある種の生活習慣類似の集団がどういうふうに動いて、どういうガンや病気になりと言うような、ある集団を見て自分自身はどういうふうにして対処し、健康状態を保つようにする生き方をしたらよいかをサジェストするサービスというような世界が有るのではないのでしょうか。

○赤松

素人的な質問で申しわけないですけども、利益という観点で見たときに、アンブレラ産業のほうが大きいというお話でしたよね。それは本質的なことなのでしょうか。要するに、エレメント産業でもって大儲けをするということは難しいですか。

○安藤

やり方次第だと思いますが、今、日本とアメリカとを比較すると、平均で~10%の利益が出ているのはアンブレラ産業が多く、日本においては特にエレメント産業の利益率は低く、~10%というのは少ないのではないのでしょうか。例えば先ほどのアップル。今日発売されましたiPadのハード本体の粗利は48%と聞いております。

○前山

ケースごとで違いますね。例えばコンピューターの場合は、やはりインテルだとかマイクロソフトだとか、そういったどっちかというと部品側のほうが圧倒的な利益を出していますから、やり方の問題で、決めつけることはできないと思います。

○安藤

いえ、決めつけませんけれども。もちろんアンブレラ産業が必ずしも利益が上がるかというところとは言えませんが、総じて高いと思っています。

○桑原

追加したほうがいいと思うのは、もう日本は GDP の時代ではないということです。それでは、どういう指標でやろうか。もう 3 年ぐらい前から、私が経産省にがんが言って、それで彼らも言い始めたのが GNI、グロスネットインカムです。つまり、海外で儲けた部分もネットインカムの中に入れようということですが、それでもまだ十分じゃないですよ。

「日本人」という定義をどうするかまたいろいろあるでしょうけど、例えば 100%の資本比率の会社は、日本人がと言えるし、30%の会社はどう計算するかというのは、また細かいことはあるでしょうけれども、日本人が出ていって、海外の GDP、その国の GDP を高めたものから利益を日本に持って帰ろうと、こういうことをもっと加速しないといけないということの中で、GDP だけを言うのは、いろんなデータに対して、我々が今グローバル連結でやっているという姿と変わってきてしまうのですよね。

ですから、今の産業界が動いているグローバル連結の動きが包含されるように、ぜひ少し整理し直していただくと、産業界は諸手を挙げてその考えに乗らざるを得ない、アンブレラ産業をつくらなきゃいけないところへいけると思います。ちょっとお考えがあったら、教えていただきたいと思います。

○安藤

GDP の時代ではなく、GNI の時代。そのとおりだと思います。昔は GNP で、また GDP から GNP に戻ろうかという動きも聞いております。私どもが積極的にそのような指標をつくることには至っておりません。それは専門家に任せる仕事と思っています。ただ、国民一人一人が豊かにいろいろな人生が送れる、多様な階層の方々がそれなりの所得を得て、それから基礎科学にもお金が渡せて、純粋科学、自然科学にもお金が渡せる、そういうような豊かさというものは、やはり国にいくらのお金があり、結果的には、一人当たり幾らのお金が使えかということが重要なのだと思います。

海外法人が海外で蓄える配当が毎年 3 兆円から 4 兆円ずつ積み重なっており、現在トータルで約 17 兆円海外に積み重なっていると記憶しております。日本はそれを国内に持ってきやすくするため、95%までは税をかけない、5%には税をかけると税法を改正しており、幾つかの会社が今日本に海外法人の蓄えを戻してきつつあるというような状況になっていると聞いております。

答えにはなっていませんが、全体的な何かをはかる、豊かをはかる指標というのを何かつくらないといけないだろうなと思いますが。

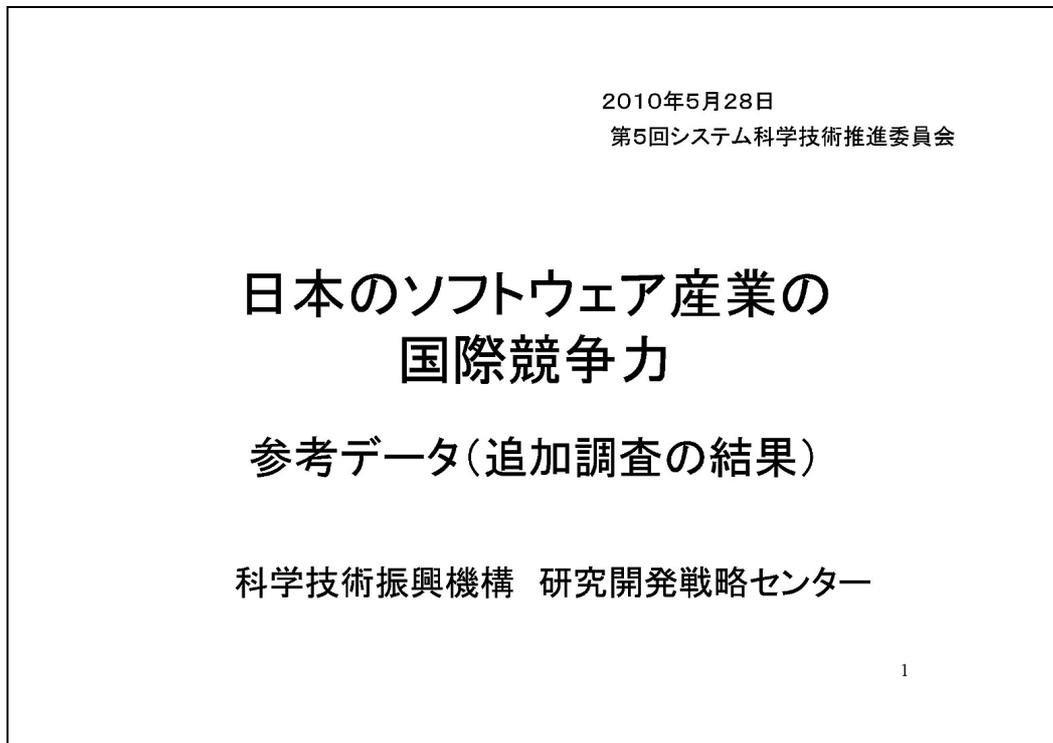
○桑原

恐らくこれからは、富の再配分という議論を、国として政治的に考えていかざるを得ない状況になるでしょう。高齢化社会になって、働く人が減ってきますから。ですから、海外から持ち込むと

いうことを、やはり経済活動の中に入れていかないと、税収の増にもなりません。しかし、今日本がやろうとしている成長戦略では、依然としてGDPが主体です。そんなの駄目だと民主党にも自民党にも言っているのですけれども、本当にこれを考えていかないとと思っています。

できればGDPでオーケーにしたいですね。そのためにアンブレラで何か世界に誇れるものをつくろう、これは全く異論のないところですが、現実には、日本の産業界、あるいは学界も含めて、アンブレラの世界で売れるものを出していく力は極めて弱い。だから、やはりちょっとその辺も考えていただきたいなと希望します。

3.2 前田フェロー講演記録



こちらのタイトルで報告をさせていただきます。これは第2回のこの委員会での調査結果に対する追加調査の結果でございます。

1. 経緯

- 第2回本委員会において、日本のソフトウェア産業の“弱さ”を示すものとして、次の2つのデータを紹介
 - ①外国技術導入におけるソフトウェア件数の推移
 - ②技術貿易額の収支比
 - 第2回委員会での指摘事項として
 - ソフトウェア関係の統計資料は、経済産業省によるものなどもあるのではないか。
 - 例えば「特定サービス産業実態調査」
 - ソフトウェアとして集計されているものが実際に何を対象としているか—OSのような基幹ソフトか、製鐵や物流を対象とした固有のアプリケーションなのか—が不明確
- 追加調査を実施

2

詳細に関しましては、本日お配りしています第2回の記録にある通りですが、簡単にどのような報告をしたかを説明しますと、日本のソフトウェア産業の弱さを示すものとして、外国技術導入におけるソフトウェア件数の推移と、技術貿易額の収支比をご紹介いたしました。その時、委員の先生方から、ソフトウェアの統計資料はほかにもあるのではないか、特定サービス産業実態調査のようなものがあるのではないかということをお教えいただきました。また、ソフトウェアとして集計されているものが、OSのような基幹ソフトなのかアプリケーションなのか分からないということも指摘いただきましたので、これらの点について調べた結果をご報告いたします。

2. 第2回委員会における報告(概要)

①外国技術導入におけるソフトウェア件数の推移

出典: 科学技術庁科学技術政策研究所「外国技術導入の動向分析」等
(1971～1997年度。元データは日本銀行「技術導入計画の締結に関する報告書」)

●技術導入契約件数の増加はソフトウェアによるもの

※技術導入契約: 特許や技術的資料に関する権利の譲渡、実施権や使用権設定。パッケージソフトで供給者の技術支援が不要なものは含まない。

②技術貿易額の収支比

出典: 総務省統計局「科学技術研究調査報告」

●ソフトウェア関係の収支費 対価受取額 ≪ ≪ 対価支払額 対価受取額 / 対価支払額 < 0.1 (全産業では2～3)

※技術貿易: 特許・実用新案の使用の許諾、権利の譲渡や技術上のノウハウの提供等の国際的取引

3

第2回における報告では、外国技術導入におけるソフトウェア件数は増加傾向に確かにあるのですが、その増加の要因はほとんどソフトウェアによるものであるということ、技術貿易の収支比が、日本の場合は、その技術を売ってお金を得ているという額が、技術に対してお金を払っているというのに関して、ほかの産業では2倍から3倍なのに、ソフトウェアに関してはその比率が0.1以下であるというような、こういった実態があるということをご紹介したわけです。

3. 追加調査の結果

(1) 経済産業省「特定サービス産業実態調査」

(2) 情報サービス産業協会（JISA）他による調査

「コンピュータソフトウェア分野における海外取引および
外国人就労等に関する実態調査」

4

3. 追加調査の結果

(1) 経済産業省「特定サービス産業実態調査」

• 調査の概要

目的：サービス産業に関する施策の基礎資料を得る

対象：28業種

主な調査事項：

ソフトウェア業、情報処理・提供サービス業の場合

・事業所名及び所在地

・経営組織及び資本金額

・年間売上高、年間売上高の契約先産業別割合

・従業者数

◎技術導入や技術貿易は、調査対象とはなっていない

5

そして、この2つの追加調査の結果の概要ですけれども、まず経済産業省の「特サビ調査」と言われているこの実態調査を見たところ、確かにソフトウェア産業、あるいは情報処理・提供サービスについてサービス産業についての基礎資料ということで統計をとっていますが、事業所の所在地で

すとか売上高、従業員数というようなものであって、技術貿易とか技術分野に関しては、実際に担当者を確認を取りましたが、やはり調査項目には入っていなかったということで、この点をまず第1点としてご報告いたします。

3. 追加調査の結果

(2) 情報サービス産業協会 (JISA) 他による調査

「コンピュータソフトウェア分野における海外取引および 外国人就労等に関する実態調査」

・次の3団体の会員企業を対象とした調査

(社) 電子情報技術産業協会

(社) 日本パーソナルコンピュータソフトウェア協会

(社) 情報サービス産業協会

・2003年～2005年に実施（継続的な調査ではない）

・回答数318社（953社中）

◎ソフトウェア種類別の輸出入額が調査されている

6

そして、この情報サービス産業協会、JISAというところによる調査の中身を見ていくと、実はこういったちょっと長い題名の実態調査があって、この中でソフトウェアの種類別の輸出入額の調査が行われていました。

これは3年間だけ経済産業省から補助金のようなものが出たというふうに、JISAの方はおっしゃっていたのですけれども、会員の953社の中に対してその調査をしまして、300社強の方が回答しているというものの中で、その一部にソフトウェアの種類別の輸出入額の調査がなされています。

3. 追加調査の結果

(2) 情報サービス産業協会 (JISA) 他による調査

ソフトウェア種類別の輸出額／輸入額 (収支比)

アプリケーションソフトやカスタムソフトで0.1を上回る年もあるが、圧倒的な入超であることに変わりはない。

	2002	2003	2004
ベーシックソフト	0.013	0.035	0.003
アプリケーションソフト	0.039	0.027	0.136
カスタムソフト	0.081	0.061	0.183
計	0.032	0.032	0.088

7

やはりこれを見ましても、調査しているのが会員の企業さんでご回答いただいたところだけということですが、若干カスタムソフトが稼いでいる部分はありますが、圧倒的な輸入超過であるということで、やはり日本のソフトウェアというのは国際競争力という点では弱いということが示されています。

3. 追加調査の結果

(2) 情報サービス産業協会 (JISA) 他による調査

※ソフトウェアの種類

• ベーシックソフト

不特定多数のユーザを対象として開発されたソフトであり、言語プログラム、ライブラリ、ミドルウェア等を含む

• アプリケーションソフト

不特定多数のユーザを対象として開発された業種・業務ソフト

• カスタムソフト

特定ユーザからの発注により開発されたオーダーメイドのソフト。特定ユーザが自社であってもよい

8

具体的にベーシック、アプリケーション、カスタムということがどういうことを意味しているかというと、OSのようなものと、あとアプリケーションで不特定多数のユーザーを対象にしたものと、特定のユーザーに対して特制的につくったソフトということです。

問題点: 日本のソフトウェア産業の競争力を一貫して把握できるデータがない

① 外国技術導入におけるソフトウェア件数の推移

→ 元データの取得が行われなくなった

② 技術貿易額

→ 産業分類の変更により把握できなくなった

③ 追加調査の結果

→ 調査項目に該当するものがない

→ 継続性のある調査がない

9

そして、まとめとしては、これは第2回るときから継続して言っていますけれども、日本のソフトウェア産業の競争力というのも弱いと言われているけれども、一貫して継続して調査しているデータがないという問題点があるといくことです。外国技術導入におけるソフトウェア件数に関して元データの取得自体がもう行われなくなっていますし、技術貿易額については、総務省の統計の中でもなかなか産業分類の変更などによって把握がしにくい。今回追加調査をした結果でも、調査項目に該当するものがないですとか、あるいは時限的な3年ごとの調査であったということで、こういった基本的なデータの取得ということに関しても改善の必要性があるという問題提起も含めて、ご報告させていただきました。

非常に簡単ですが、以上でございます。ありがとうございます。

<質疑応答>

○丸山

2点コメントがございます。1つ目は、JISAは情報サービス産業ですから、実はソフトウェアを製品として売っている会社のデータが入っていないのではないかと思うという点です。日本でソフトウェアを製品として開発して輸出されている方々がいらっしゃいます。それからもう一つは、ソフトウェアの価値の多くが、実は製造業の製品の中に入って輸出されていますので、その数字も抜けているのではないかなという点です。

○前田

確かに組み込みソフトは入っていないくて、エンタープライズ系だと思います。ただ、前者の製品としてのソフトウェアというところについては、ちょっとはっきりしないので確認してみますが、ご指摘のソフトウェアに、アプリケーションソフトというものが、もしかすると該当するのかなと思います。

○丸山

JISAの会員企業というのはサービス産業の企業だけなのですね。ですから、その母数に入っていないんじゃないかなということです。

○桑原

今のお話コメントすると、大手はJEITAという別の組織に入っているのですね。例えば日立とかNEC、富士通さん、ほかの大手ですね。JISAというのはその大手の下で請負を基本的にはやっている企業の集まりなのですね。一番大きいのが新日鉄ソリューション。

○岩橋 NTTデータですよ。

○桑原 その次がソリューション。この組織の会社は上の作業もやっているんで、このデータは何か中途半端なデータになっている。今ご指摘のようにね。両方調べるのだったら、調べたほうがいいと思います。

○岩橋 そういう意味では、IPAも聞いてみたほうがいいですよ。

○前田 IPAに海外との技術のやりとりをやっているデータはないかと尋ねたところ、JISAのものがありますと言って、先ほどの報告書を教えられました。

○桑原 惨憺たる状況というのは、さらに調査しても変わらないと思います。

3.3 武内フェロー講演記録



コンバインドサイクル発電に関してご報告をさせていただきます。

1. 調査の目的

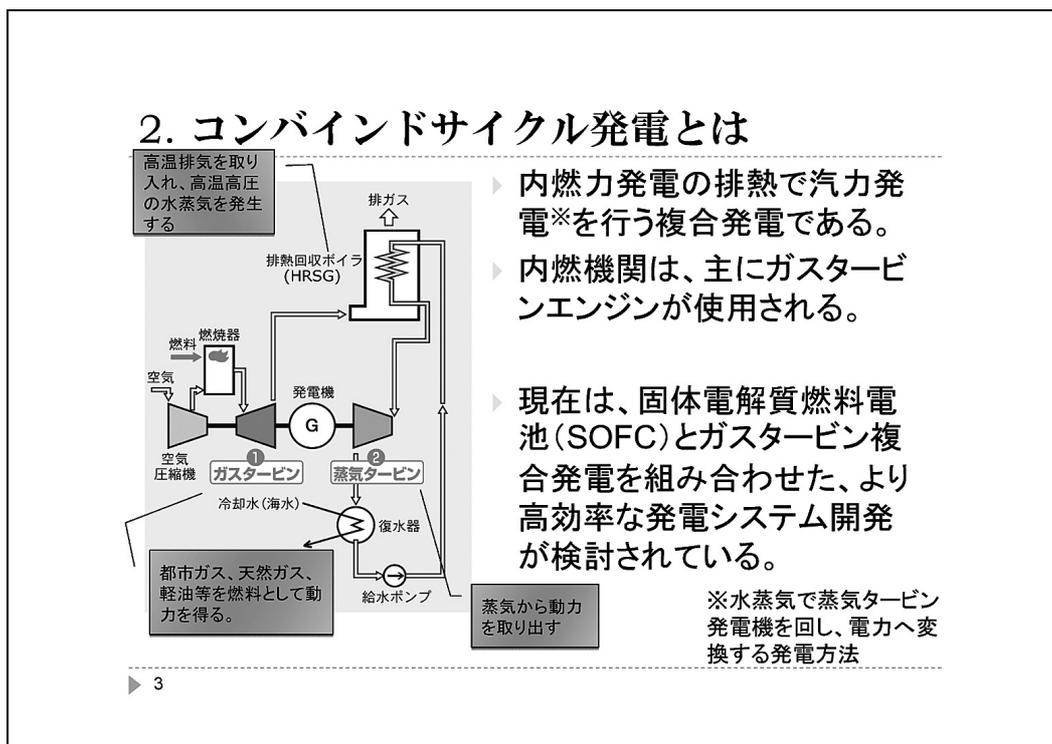
- ▶ システム思考が足りなかったという日本の失敗例はいくらでもあげられる。例えば、コンバインズ・タービン(ガスタービン+蒸気タービン)により、効率が40%から53%に跳ね上がったが、これはアメリカが実現した。

第1回委員会(10/02/24)桑原特別顧問のご講演より

- ▶ システム思考が成功の鍵となった製品の一例として、コンバインドサイクル発電を取り上げ、背景を補足調査。

▶ 2

第1回委員会における桑原特別顧問のご講演において、システム思考が足りなかったという日本の失敗例として、コンバインズ・タービンが挙げられました。逆にいえば、海外、アメリカでシステム思考が成功の鍵となった製品の一例として、コンバインドサイクルを取り上げ、その背景を補足調査いたしました。



まず、ごく簡単にコンバインドサイクル発電についてご説明いたしますと、内燃力発電の排熱で汽力発電、つまり蒸気タービンを回す複合発電です。こちらに簡単なモデル図が示してありますけれども、ガスタービンで発電を行い、その熱を排熱回収ボイラに取り入れて水蒸気を発生させ、その水蒸気を蒸気タービンに回し、蒸気タービンでも発電をするシステムになっております。さらに、現在まだ研究段階にありますが、いまご説明したようなコンバインドサイクル発電に燃料電池を組み合わせた、トリプルコンバインドサイクル発電システムも開発されている状況にあります。

コンバインドサイクル発電の特徴

- ▶ 熱効率が非常に高い。
 - ▶ 1100℃以上の高温熱エネルギーの動力回収をガスタービンで、600℃以下の低温熱エネルギーの動力回収を蒸気タービンで回収する理想的な組み合わせ。
 - ▶ ガスタービンの大容量化と燃焼ガスの高温化により、効率が上昇
- ▶ 起動時間が短く、需要変化に即応できる。
- ▶ 燃料に天然ガスを使えば、比較的クリーンなエネルギー源となる。
- ▶ 小容量の単一機を複数組み合わせ、大容量にできる。

▶ 4

コンバインドサイクル発電の特徴は、まず何といたっても熱効率が非常に高い点です。1,100℃以上の高温熱エネルギーをガスタービンのほうで使い、600℃以下に下がった排ガスの熱を蒸気タービンで使うという理想的な組み合わせになっています。組み合わせることによって効率化されるわけですが、ガスタービン単体でも大容量化と燃焼ガスの高温化により、効率は上昇してきている状況にあります。

ほかの特徴といたしまして、非常に起動時間が短いので、急な電力の需要変化に対応できるということ、燃料に石炭などを使う例もありますが、天然ガスを用いればクリーンなエネルギー源となること、小容量のものを組み合わせで大容量にできるということなどが挙げられます。これらのメリットにより、コンバインドサイクル発電の導入が進み、2008年のデータでは、LNG火力発電の約40%まで増えてきています。

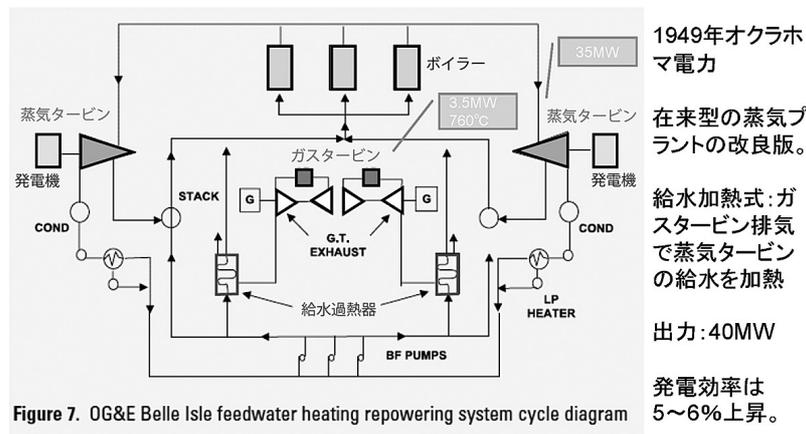
タービン入口温度の向上のために

- ▶ 冷却技術の向上
 - ▶ 伝熱特性の向上のための冷却構造の開発・改良
- ▶ 精密鑄造技術
- ▶ 耐熱材料技術
 - ▶ 高温強度、耐食性、耐酸化特性に優れた材料開発
 - ▶ コーティング技術
- ▶ NOx排出量の少ない燃焼器
 - ▶ 燃焼温度を上げると、大気汚染の原因となる窒素酸化物（NOx）の排出量が急カーブを描くようにして増加

▶ 5

前のスライドで、燃焼ガスの温度が上がると効率が上がると申し上げましたけれども、そのために何が必要かと言いますと、まず何といたっても冷却技術が一番重要になってきます。そのほかにも、精密鑄造技術や、耐熱材料開発、また、燃焼温度が上がりますとNOxの排出量が指数関数的に高くなってきますので、NOxが排出しないような燃焼技術も必要となってきます。

First Generation Combined-Cycle Plants (1949)



7 "Combined-Cycle Development Evolution and Future" (Ge社作成) より改訂

発電用の大型コンバインドサイクル発電が一番初めに実装されたのは、1949年にアメリカのオクラホマ電力にGEが納品したもののようです。これは、さきほどご説明したようなガスタービンの排熱で蒸気を発生させる仕組みとは少し異なっておりまして、既にある蒸気プラントの中にガスタービンを追加で設置し、そのガスタービンの排熱で蒸気タービンへ回す給水を温めるというものでした。これは当時のガスタービンの燃焼温度はまだ高くなかったためであり、発電効率は、もともとある蒸気タービンをシングルで回すものより、5~6%上昇する程度であったと資料には記載されています。

3. コンバインドサイクル発電の進化1/2

- ▶ 1950～1970年代 -Repoweringの時代-
 - ▶ 既存の汽力発電所にガスタービン(GT)を付加し、その廃熱を汽力発電所に導いて利用するシステム。
 - ▶ 汽力発電所の効率を5～6%UP
- ▶ 1970～1980年代 -排熱回収式ボイラの導入-
 - ▶ GTの排気ルートに排熱回収ボイラ(HRSG)を設置して、高温の排気を利用して蒸気を発生させ、蒸気タービンを回して発電。
 - ▶ スパイラルフィン※が安価に供給されるようになり、ボイラーの熱伝達特性が向上。
 - ▶ 空冷技術の進化により、冷却翼が導入され、燃焼ガス温度が向上(900℃級→1100℃級へ)

▶ 8

※伝熱管に平板状のフィンを螺旋状に巻きつけたもの

ここでは、コンバインドサイクル発電の進化を、簡単に4つの段階でまとめました。1950年代から70年代は、今ご説明したオクラホマ電力の例のように、既存の汽力発電所にガスタービンを付加し、効率を5～6%上げるものが主流でした。70年代に入ってから最初にご説明したようなシステム、ガスタービンの排気ルートに排熱回収ボイラを設置して、高熱の排気で蒸気を発生させて蒸気タービンを回すというシステムが主流になってきております。システムが移行していった鍵が何だったかと言いますと、まずはボイラに使っているスパイラルフィンが安く作れるようになり、ボイラーの熱伝達特性が向上したということ、もう1つは、最初に申し上げましたように、空冷技術が非常に進化いたしましたので、冷却翼が導入されて、燃焼ガス温度を上げることができるようになったということのようです。

3.コンバインドサイクル発電の進化2/2

▶ 1980年代～

-本格的なコンバインドサイクルの時代へ-

- ▶ 70年代から、燃料価格の高騰、天然ガスの安価供給、冷却技術の進展によるタービン入口温度の上昇が進んだことにより、コンバインドサイクルの導入が進んだ。
 - ▶ GEは1981年に、原子力発電事業からの撤退を決め、コンバインド・サイクルエンジンへの注力を決定。
 - ▶ 1980年代後半に実用化した、GE のガスタービン“F” シリーズは、シンプルサイクルではなく、コンバインドサイクル向けに最適化を行っている製品。

▶ 1990年代～ -本格的な市場勝負-

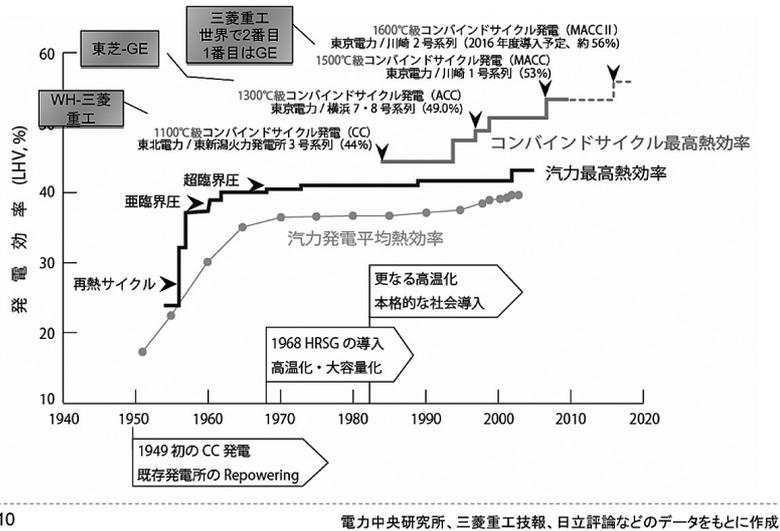
▶ 9

1980年代に入りますと、70年代に起こった2度のオイルショック、天然ガスが新たに供給されるようになったこと、繰り返しですけれども、ガスタービンの燃焼温度が飛躍的に上昇したことにより、本格的なコンバインドサイクルの時代に移り変わりました。GEはいち早く、1981年に原子力発電事業からの撤退をし、コンバインド・サイクルエンジンに注力するという経営判断をしています。シンプルサイクル用とコンバインドサイクル用のガスタービンでは、異なる最適化、異なる仕様にしなくてはなりません、80年代後半以降に実用化したGEのFシリーズは、コンバインドサイクル向けに最適化を行って製品にしているものです。

1990年代以降は、本格的な市場勝負の時代に移り変わりました。

簡単ですが、以上が、コンバインドサイクル発電がどのように開発され、社会に導入されていったかというご説明になります。

4.国内のコンバインドサイクル設備の導入



ここまでご説明したのはコンバインドサイクル発電全体の流れですが、その中で日本は何をやっていたか。こちらの図は、年代による発電効率の推移を示したもので、オレンジの●は日本の汽力発電効率の平均値、青線は汽力発電の最新型、すなわち一番高い発電効率、緑線がコンバインドサイクル発電の最高熱効率を表しています。

日本に初めてコンバインドサイクル発電が使われたのは、1984年の東新潟火力発電所で、これはウェスティングハウス社と三菱重工が共同開発して納品した1100℃級のものだったとのこと。それ以降、1,100℃級、1,300℃級、1,500℃級とどんどん燃焼温度、すなわち発電効率が上がっていったわけですが、どれも海外の後手にまわり、1,500℃級あたりからようやく1990年代から独自に技術開発を始めた三菱重工が健闘しはじめた状況にあります。

5. ムーンライト計画の下で実施された

「高効率ガスタービン」 (1978～1987年、260億)

- ▶ レヒート型ガスタービンと蒸気タービンのコンバインドサイクルで、複合効率50%(LHV)以上、GT入口温度1,300℃以上の目標値を設定した、当時としては非常にチャレンジングなプロジェクト
 - ▶ 開始時は、複合効率55%、入口温度1500℃を目指していた。
- ▶ 欧米の技術水準へのキャッチアップと、独自技術開発の両方を目標とし、電気事業者用の大型発電設備の飛躍的な総合発電効率の向上を目指した。

▶ 11

大型省エネルギー技術研究開発制度「高効率ガスタービン」追跡評価報告書より
(2002、経産省 産業技術審議会 評価部会)

コンバインドサイクル発電の進化の部分で申し上げましたように、50年代から70年代が既存の発電につけ加えて少し効率を上げていた時代、70年代が排熱回収ボイラを導入して高温化・大容量化が始まった時代、80年代はさらに高温化が進んで本格的に導入が進んだ時代です。日本の発電所にコンバインドサイクルが導入されたのはこの80年代で、海外から技術導入した形となったわけですが、では70年代～80年代に、日本の研究開発は何をしていたかを調査いたしました。

大きなプロジェクトとしては、ムーンライト計画の中で「高効率ガスタービン」を10年間、260億をかけて実施しています。このプロジェクトの内容は、レヒート型ガスタービンと蒸気タービンのコンバインドサイクルの開発で、効率50%以上で、入口温度1,300℃以上という非常に高い目標値を置いたチャレンジングなものでした。欧米の技術水準へのキャッチアップと独自技術開発の両方を目的としており、電気事業に使えるような大型発電設備の発電効率向上をねらっていたということです。

要素技術的な成果はあがった

- ▶ この研究開発を契機として、日本のガスタービン要素技術が飛躍的に向上。
 - ▶ プロジェクト実施前は、ガスタービンメーカーのほとんどが、米国企業の傘下であり、ライセンス生産レベルにとどまっていた。
 - ▶ 三菱重工は、1991年にWH社との提携を解除し、独自開発へ
- ▶ 海外からの着目が大きく、高温タービンの技術、セラミックスを使う技術、タービンの高温技術など、海外で活かされている。

▶ 12

大型省エネルギー技術研究開発制度「高効率ガスタービン」追跡評価報告書より
(2002、経産省 産業技術審議会 評価部会)

プロジェクトの成果ですが、要素技術的な成果はあがりました。経産省がまとめました追跡評価報告書によりますと、この研究開発を契機として、ガスタービンの要素技術は飛躍的に向上したこと、海外からの着目が大きく、高温タービンの技術やセラミックを使う技術などが海外で活かされているというふうに報告されております。

しかし商用化はできなかった

- ▶ 目標値は達成。ただし、コンピューターシミュレーションによる目標値の達成を確認したのみ。
 - ▶ 蒸気タービンとのコンバインド技術は確立されたものであり、プロトタイプシステムでは実際に蒸気タービンとの接続を実施しなかった。
- ▶ レヒートガスタービンの実用化は国内メーカーでは実現されていない。海外企業が商用機を出し、日本に第1号機を建設中（報告書発行時）
- ▶ コンバインドサイクルは、外国からプラント技術を輸入するかたちで、社会的にもかなり認知された。
 - ▶ 日本の電気事業に、新設LNG火力に複合発電プラントが採用されることとなったのは、プロジェクトによって培われた要素技術の向上によるところもある。

▶ 13

大型省エネルギー技術研究開発制度「高効率ガスタービン」追跡評価報告書より
(2002、経産省 産業技術審議会 評価部会)

しかし、商用化はできませんでした。

プロジェクト終了時の報告書では目標値を達成したとされていますが、コンバインドサイクルを目指していたにもかかわらず、蒸気タービンとガスタービンを実際に連結はしておらず、コンピューターシミュレーション上で目標値を達成したとされています。

これは2002年に出た報告書からの引用で少し古いですが、結局、日本国内メーカーではレヒート型ガスタービンの実用化はされておらず、海外企業が商用機を出し、第1号機を日本に建設しているという状況だそうです。

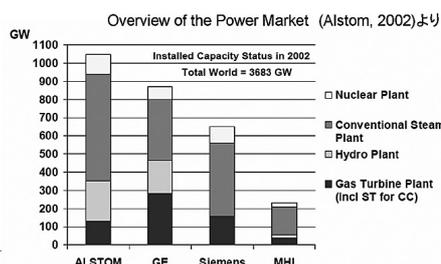
ムーンライト計画をはじめとして、ガスタービンに関連するプロジェクトはいくつか行われましたが、レヒート型のみならず、コンバインドサイクル発電自体、結局は外国からプラント技術を輸入するという形で社会的にもかなり認知されました。追跡評価報告書では、日本で実際に取り入れようという動きが起きたのは、このプロジェクトによって本当に高温でガスタービンが稼働するということが実際にわかったからだという、プラスにうけとっていいのかマイナスにうけとっていいのかわからないコメントも書かれていましたが、ともかく日本で最初に実用化されたのは、国内にプロジェクトがあったにもかかわらず、海外からのものであったということです。

6. システム産業に成長させきれなかった コンバインドサイクル発電 -システム思考の欠如-

- ▶ 要素技術はキャッチアップしたが、構成的な研究が不足。
- ▶ 日本の電力業界は、実用化が実証済のものでなければ採用しないことは当時から自明であった。しかし、国プロの成果をいかに事業や産業政策に反映させようかという検討はされなかった。
- ▶ 電力事業の独占体制により、リスクを犯して新技術を採用する動機がなかったため、メーカー側もリスクを犯そうとしなかった。

《大型ガスタービン事業の現状》

- ▶ GEが一極化を進めている
- ▶ 国内では、三菱重工1社のみが大型ガスタービン独自開発(シェア10%程度)
- ▶ 日本において、国産のコンバインドサイクル設備は、約5%(2001年)



▶ 14

最後に、現在の大型ガスタービン事業の状況ですけれども、GEが一極化を進めています。国内で独自開発を行っているのは三菱重工1社のみで、シェアが世界で大体10%、少し古いデータですがそれによりますと、国内のコンバインドサイクル設備の5%のみが国産であるという現状です。

コンバインドサイクル発電プラントは、システム産業、あるいはアンブレラ産業と表現してもよいと思いますが、日本ではプロジェクトを実施していながらも産業として成長させ切れなかった。それは、要素技術はキャッチアップし、さらに海外の着目を得るような成果をあげられたものの、実際にガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて動作されるような、構成的な研究がなされなかったこと、また、別の要因としては、日本の電力業界がちゃんと実用化したものでないと採用しないことが当時からわかっていたにもかかわらず、実際に事業や産業政策に反映させようといったような検討がされていなかったこと、メーカー側のほうも実際は電力事業の独占体制にありましたので、リスクを犯そうという気も余りなかったこと、そういったようなことが報告書にも指摘されております。

もちろん事業の国際競争力は、プロジェクトだけではなく、ほかに非常に多くの要因があるとは思いますが、あれだけ大きなプロジェクトを行ったにもかかわらず、結局実用化には至らなかった、アンブレラ産業になり切れなかった事例としてご報告させていただきました。以上です。

<質疑応答>

○吉川 このプロジェクトには、どういう企業が入っていたのですか。

○武内 細かくは今覚えていませんが、試作・運転研究の部分には、三菱重工をはじめとして、川崎重工、石川島播磨重工業、日立製作所、東芝などが参加しています。また、10電力を代表して、東京電力が実証運転に関与しています。そのほかにも、材料開発に関連する研究所や会社なども含まれています。

（「自動車制御システム開発の複雑さについて」大島明理事（トヨタ自動車株式会社）のご講演につきましては、講師の希望により非掲載とさせていただきます。）

3.4 総合討論記録

○岩橋

大島先生のお話を、エンタープライズ系とのアナロジーで考えます。日本は販売管理、それから購買に対する管理、設備管理、あるいはまた生産管理だというのを、エンタープライズ系情報システムとして、手づくりでずっとこの何十年かやってきましたよね。ドイツはそれを SAP という、ああいう一つのアーキテクチャーにうまく整理をして、そして、だんだんそれが席卷してきていますね。それがこの組み込み系のまさに自動車のエンジンの世界でもあると。個別は随分やってみえてハイグレードな技術なのでしょうけど、SAP のモデリング的な、そういうようなことのアプローチというか、そこがこれからの課題であるとか、それをさらに洗練化しなきゃいかんというようなことを言われている、という理解でアナロジーをしても大丈夫でしょうか。

○大島

実際エンタープライズ系のソフトウェアがどうなっているかというのは、実は余り聞きまして、ないですね。それで、むしろ逆で、ソフトウェアというところにいくくりされるのは困ると。我々はハードウェアとシステム、ソフトウェアが非常に強いインタラクションのある系を扱っていて、今までのソフトウェア技術というのは、必ずしも当てはまらない。その制御システム開発をソフトウェアとうちでも言われてしまうのですけれども、そうやって思われるととんでもないことが起こりますよというのを、むしろ逆に言いたいのです。大変申しわけないですけれども、エンタープライズ系とのアナロジーということですと、私は言う資格がないと思います。

○木村

実は大島さんが来られる前の安藤さんの講演でもトヨタというか、自動車産業が話題になりまして、エンタープライズ系の日本の代表的な業種であって、業界であって、しかも日本の稼ぎ柱、あらゆる面で日本を支えているような業種であるというお話がありました。大島さんのお話では、それも今のままですと陰りが出ているということですので、ぜひ私は安藤さんのほうから、今の大島さんのお話の感想を伺えたらと思いますが、いかがでしょうか。もしよろしかったら。

○安藤

来られる前に、輸出産業のトップがやはり自動車であると。それを支える部品材料というのを合わせると 18 兆円ぐらいになっていると。世界のいわゆる市場の中で 50 何兆円稼いでいて、日本では多分その 60%、今日現在はそのくらいだろうということで、巨大なアンブレラ産業であるという話をさせてもらいました。今日のお話の中で、本当かなと思うのが、要するに EV にならずに、やっぱり内燃機関を持った車のままでいきますよというのが本当かどうかなんですけれども、それによって、大きくこの数値は変わるだろうと思うのですよ。まずそこなのです。だから、私としては、新しい形のアンブレラ産業を起さないと、エネルギーとして必要な輸入、それからそういうようなものをつくる素材、そういうような原料を稼ぐのもなかなか難しいなと思っているのです。

けれども、自動車産業さんはぜひとも支えてくださいますかと。

日本でみんなエレメント産業が応援しますと、少なくともしばらくの間はやっていかないと、何かシステムの原子力を輸出するとか、新たなものが来ない限り、少し日本は危ないなと思いますよね。ただ、今日少し、まず1番目の質問に対して、本当にEVは来ないのと。

○大島

エンジンをやっている立場だと、エンジンがなくなるとは絶対言えないので。それで、トヨタがなぜEVにすっといかないかという、コストが見合わない。バッテリーは高いですよ。今の自動車との競合ということで考えるならば、はっきり言って相手にならない。ガソリンが主力であることには間違いないというのは、我々の本当に思っていることです。ただし、イノベーションがあったらわかりませんよと言いましたね。バッテリー性能が画期的にぼーんと飛び上がったら、それはわかりません。ですけど、今の延長線上で考える限り、今後ともガソリンが主流であるということには間違いない。ただし、電気で動く部分というのがふえることも、これもまた間違いはないと思います。全くのピュアなEVということを見ると、自動車との競合ということで考えたらいけなくて、むしろ新しい市場ができ上がるというふうに考えるべきではないかなというふうに思っています。

その結果、自動車というのがある程度シェアをとられるというのは、これはやむを得ないというふうには思っています。だから、それに対する手は打っていると。だから、ガソリン自動車ということでやっているならば大丈夫だと保証いたします。イノベーションが起こった場合にはわかりませんと。ピュアな自動車ができたら、市場がかなり大きくなって、ある程度、今の自動車のシェアをとられるということがあっても、少なくともトヨタは手を打っていますということで、うちは信用していただいたらいいかなと思います。

○安藤

トヨタさんが手を打っている間に、どこかのメーカーが新しい電池とかバッテリーをつかって車をつくる、もしくは水素がどうなるかわかりませんが、水素の世界とかですね。だから、私は10年以降、20年、30年というのを考えながら、アンブレラ産業を言っているの、今のいわゆる新成長戦略は10年ですよ。だから、その範囲内においては今のお答えが入るのかもしれませんが、さらなることを考えると、という意味で質問させていただきました。

○大島

自動車のガソリンエンジンと、それからガソリンディーゼルエンジンと、電気自動車と比較すると、今の答えなんです。非常に気にしているのは、我々は高品質、高性能で売ってきたんですよ。それがこれから通用するかというのが課題です。我々は高品質、高性能のものを合理的な価格で提供するというので伸びてきた会社だと自覚しています。それがいつまで通用するだろうかと、グローバル化の話ですね。それ、下手をするとガラパゴスと言われてしまうということがあるかわからないということで、これは皆さんの力をぜひおかりしなくてはいけないと思います。

○吉川

少しコメント申し上げます。アンブレラ産業の話から始めれば、要するにアンブレラ製品をつくるというのは何かということ、これはいわばもの離れた抽象的な空間で何か機能をつくっていくということですよね。そういったものが非常に弱いというのは明らかで、我が国の伝統的な思考方式からすると非常に弱いのですね。私は実は長い間、設計をやっている、どうやってもものと離れた独立の構成というか、シンセシスの理論化をするのかということを考えて来たのですが、それに対するやっぱり憎しみみたいなものがあるのですよね。ものから離れてしまうことに対する怒りというか、そういった何か文化みたいなものがあるのだけれども、実はそれは非常に基礎的な感覚なのではないかと私は思っているわけです。

そういうことで、自動車もやっぱりアンブレラ製品だとすれば、やはりそういったものをどうやって抽象的な空間で最適化できるかという話があって、これ今日の話でモデルというのはそういうことなのだけれども、いわゆるそのところの話が非常に理論的じゃない。その結果シェア拡大のために何をやるかということになるのだけれども、その前に抽象的な問題というのを科学として扱うというのができるようになる必要がある。ところで、そういう世界があるのか。これはシステム科学なのです。そういうことで、システム科学と非常に結びついているわけなのですが、残念ながら現在のシステム科学というのはそういう方法をとっていないのです。

それはなぜかということ、本来はそういう抽象化というのは何のためにやるかということ、1つはシンセシスなのです。要するにアナリシスしていく過程ではシステムとか抽象というのは、余り表に出てこない。それは当然なのですけれどもね。しかし、今度は抽象化したものの中で具体的なものをつくっていきこうとしたときには、抽象化世界でのオペレーションのルールと、それが現実世界にどこまで落とせるかという学問的には非常に未開拓の分野が残っていて、それをやることは私はシステム科学だと思っていて、それは研究として絶対やってみたいのです。そういうものはやはり研究としてやらなきゃいけない。

しかし、先ほど申し上げたように、システムについての考えというのは、非常に日本では学問的にいわば差別されているということと、それとやはり安藤さんが指摘したようにアンブレラ産業というのがうまくいっていないということです。それから、先ほどの安藤さんの統計にあったように、システムで稼げないということがある。今、それを我々は気がつき始めて、二次産業をやろうと思ったときに、これは当然システムなのです。先ほどのデータにもありましたけれども、これは要素が1兆円で、中間的なシステムが10兆円で、最終的なシステムは100兆円と、こういう構造になっている。これは経済としてやむを得ないのだとすれば、システムにいかなくや生きていけないことは明らかなのです。

ですから、私たちはそこで反省をして、実はシステムを科学として研究するという体制をつくり、しかもそれを共有するという体制をつくる。これは気の長い話なのだけれども、それをやらなきゃいけないだろうと。そのことと、今日の大畠さんのお話は、トヨタの話は非常に重なっているところがあって、トヨタの将来もそっちへ行かなきゃ負けると。電気かどうかというのは、問題ないと思うのですよ。そういうことではなくて、電気だろうがなかろうが、これは大きな1つのシステム、

要素をたくさん集めたシステムをつくる時には同じですから、そういう体制がもしできてくれば、電気になる、ある場合には原子力になるかもしれないね。そんなのは関係ないのですね。それはハードの世界であって、そういったように、ものから離れて自由な発想というのができるという人材をつくる必要があるでしょうね。そのために、やはりシステム科学の専門家に頑張っていたかなければいけないというのが、私の注文でございます。

<閉会挨拶>

○木村

言いたいことは、もう先ほど全部吉川先生にお話ししていただきました。時間も超過しておりますので、次回についてだけ、前田さんのほうからアナウンスさせていただきます。

○前田

今回の委員会は「システム科学技術と日本の課題」と題しまして、公開ワークショップという形をとります。いつもお集まりいただいている委員の皆さまに加えて、ゲストスピーカーの先生にもいらしていただきます。また、講演に加えまして、パネルディスカッションを予定しております。開催案内も、いままでよりも少し広い範囲に呼びかけていくことにしております。

こちらにプログラムを示しておりますが、吉川センター長のご講演、それから、今日も抽象化をしていく際にはモデルということが非常に大事になるというお話が出ていましたけれども、椿先生から「システム科学技術におけるモデルの役割」というタイトルでお話いただけます。それから、システム科学技術がうまく機能するためには、システム思考という文化的な土壌も背後にあると思いますので、システム思考と制度の問題も含めて、東京大学の宮田先生にお話いただきます。その後、木村上席のほうから、今まで委員会で議論していただいたこと、あとユニットにて調査した内容を中間的に取りまとめたものの骨子をご説明する予定です。最後には、「システム科学技術の役割を考える」ということで、赤松先生、丸山先生、環境研の安岡先生、そしてCRDSの上席フェローをされております黒田昌裕先生にもお越しいただきまして、一時間半ほどパネルディスカッションを行いたいと思います。

開催日は6月21日です。ご多用中とは存じますが、ぜひお越しいただければと思います。

○木村

今日はどうもありがとうございました。今後ともよろしく願いいたします。

■編集担当 メンバー■

木村 英紀	上席フェロー	(システム科学ユニット)
○本間 弘一	フェロー	(システム科学ユニット)
前田 知子	フェロー	(システム科学ユニット)
武内 里香	フェロー	(システム科学ユニット)

※お問い合わせ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2010-XR-09

システム科学技術推進委員会記録

第5回 日本の産業競争力とシステム科学技術

平成 22 年 8 月 August 2010

独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター システム科学ユニット
Systems Science Unit, Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒102-0084 東京都千代田区二番町3番地

電 話 03-5214-7487

ファックス 03-5214-7385

<http://crds.jst.go.jp/>

©2010 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

