

第 4 回 CTO ラウンドテーブル 2010 年 1 月 19 日(火) 16:30 -18:30

「持続可能な開発により国富をもたらすアンブレラ産業の創造と
エレメント産業の活用-目標設定、課題探索、課題解決の手法-」

講師:安藤 健

1. はじめに

研究開発戦略センター (CRDS) が設定した三つの社会ニーズ、「生活の質の向上」「地球規模課題の解決」「産業の国際競争力強化」の中の、産業の国際競争力強化について俯瞰図を作成し、イノベーションを起こす目標設定、課題探索、課題解決の手法を開発する仕事を進めてきた。今日は、その成果の一部について話を聞いていただく。

2. 産業の国際競争力強化に対する社会の期待と、日本の経済と産業の現状分析

今回の話を結論から言うと、産業をアンブレラ産業とエレメント産業の 2 軸で捉えたと、国際競争力強化を目的とする将来の日本の産業の姿をデザインすることが可能となり、科学技術イノベーションで解決すべき目標設定、課題探索、課題解決に導く手法を編み出すことができるということである。

アンブレラ産業とは、社会的にその手段である経済的価値を生み出す産業のことで私どもが名付けたものである。日本では自動車産業がその代表的例である。アンブレラ産業の傘のもとに、その下には様々な産業が連なっている。一方、エレメント産業とは、アンブレラ産業のシステム・製品に組み込まれていく部品・材料、また独立した一つの製品として機能を発揮するようなソフトウェアを生産する産業もそう呼ぶことにした。

日本は、自動車を除くと、アンブレラ産業はそれほど多くはない。エレメント産業だけでなく、アンブレラ産業を持続可能な形でもっと多く創出し、そのような産業を日本に興すことはこれからの日本の経済成長を考えるうえで極めて重要なことと考える。

私どもは今回の仕事の出発点として産業連関表を分析することからはじめた。産業連関表中にある粗付加価値はいくつかの重要な経済指標の要素から成立っている。この粗付加価値を総計するとほぼ GDP に等しくなる。

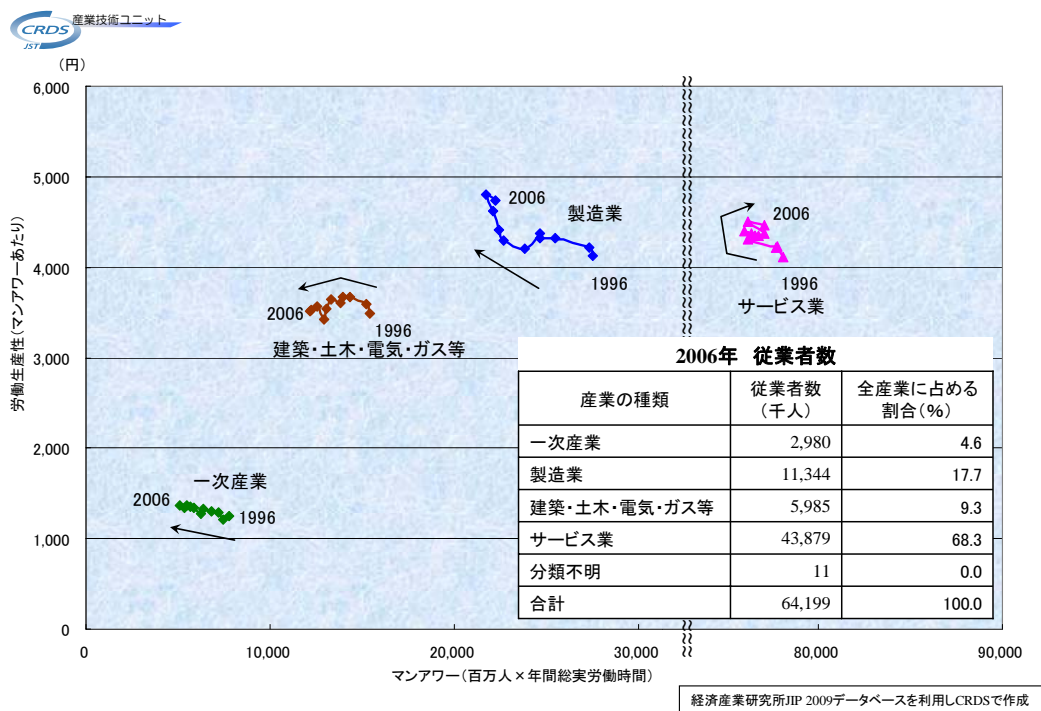
その GDP の推移を見ると、日本の GDP は OECD 加盟国の中で唯一、この 10 年以上に渡ってフラットのまま、すなわち経済は成長しないままである。一人当たりの GDP は、2008 年においては世界ランキングで 23 位である。これは生活の豊かさにかかわってくる指標であり、この指標を上げることは、国民の生活を豊かにする上で重要である。

粗付加価値額の総計、すなわち GDP と輸出額を 10 年前と比較すると、2007 年の GDP

は 509 兆円と、97 年の 530 兆円より逆に減少している。一方、輸出額をみると 97 年は 57 兆円だったが、2007 年には 92 兆円となり、その額は大きく増大している。また、もう一つ重要なことはこの輸出額に占める産業の種類である。約 8 割が製造業によるものであることがわかる。残りがサービス業であるが、これも大きく製造業製品と関連している。これがマクロ経済の指標が示す一つの日本の姿である。

OECD 加盟国の中で GDP に対する輸出額（財の額）が占める割合は、日本は 16.6%と極めて低い。米国は日本より低く、その割合は 8.5%であり、先進国では最も低い。しかし、額で比較すると日本よりはるかに大きい。ドイツの比率は 47%で金額はアメリカよりも大きい。米国ではこの数値を改善すべく、オバマ大統領は輸出額を 5 年間で倍にする計画を発表している。ちなみに、アメリカより GDP に対する輸出額割合が低い国はトルコとギリシャの 2 カ国である。

2007 年の輸出額上位産業をみると、一位の自動車産業が 18 兆円弱、二位の電子・通信機器が 12 兆円強であり、次に一般機械が続く。同年の輸入額上位産業は、一位が石炭・原油・天然ガスで 18 兆円強、二位が電子・通信機器で約 9 兆円となっている。「原油・天然ガス・石炭などの資源を輸入するため必要な外貨を、自動車産業が稼いでいる」と言い換えることもできる。



< 図 1 マンパワーと労働生産性の推移 (1996—2006) >

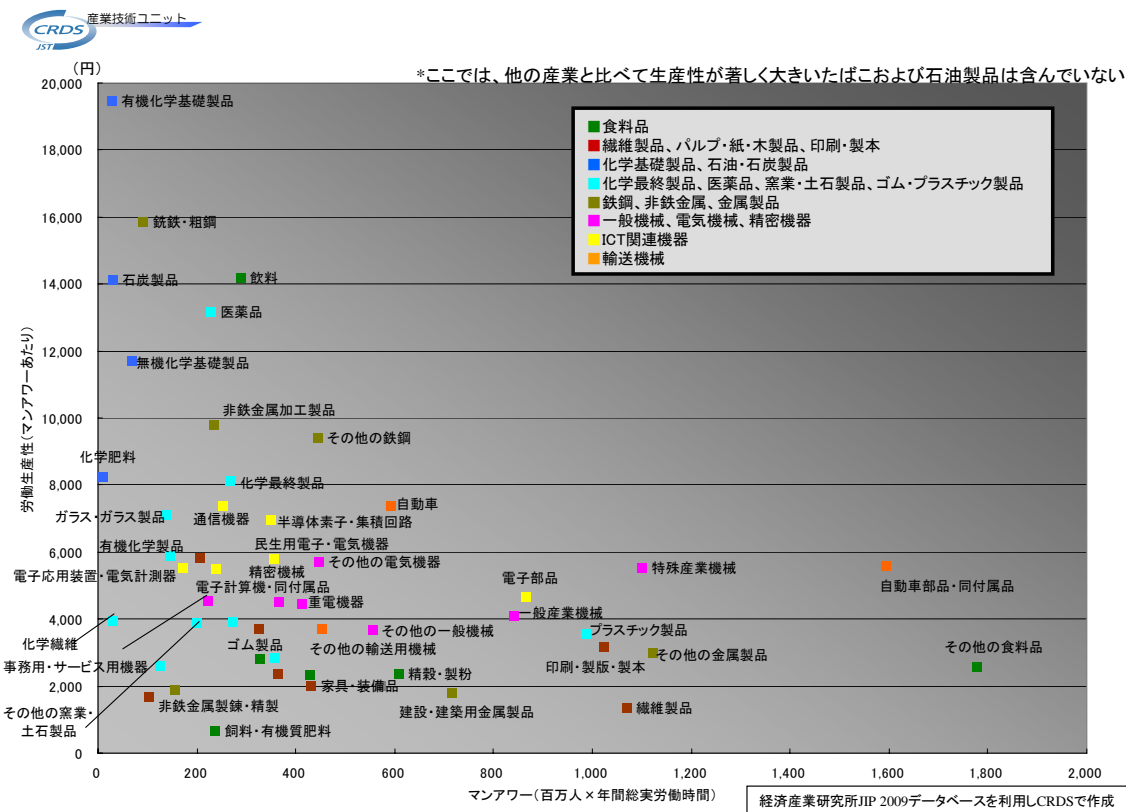
次に労働生産性を見る。経済産業研究所 (JIP) が発表しているデータをもとに分析を行った。横軸に、マンパワー (百万人×年間総実労働時間) をとり、縦軸に労働生産性をとって、各産業がどこに位置づけられるかを分析した。図 1 は産業を大きく四つに分けて労

働生産性の 1996 年から 2006 年までの推移を見たものである。

この図より、1 時間当たりの生産性がみえる。産業をマクロ的に比較すると、製造業の生産性とサービス業の生産性はそれほど変わらない。サービス業は、マンアワーがずば抜けて大きく、しかも製造業、建築・土木・電気・ガス等、および一次産業のマンアワーが減少傾向にあるのに対して、サービス産業のマンアワーは年々増大傾向にあり、雇用創出に寄与しており、最も大きな雇用の場を創出しているのはサービス業であるといえる。一般に、サービス業は生産性が低いと言われている。発表されている多くの生産性は就業者の数でその粗付加価値を割り計算しており、就業者一人当たりの生産性として表れてきたものである。

サービス業に関しては産業の種類が極めて多く、多様であり、有意な結論を導き出すことが可能となる統計データの収集方法の改善は今後の大きな課題である。サービス産業は就業人口が最大の産業であり、製造業と同様な精度で分析・比較が可能となるような統計の収集が望まれる。

次に製造業の詳細に踏み込んで、労働の場の大きさと生産性を比較した。2006 年のみについての比較であるが、結果を図 2 に示す。



< 図 2 製造業のマンアワーと労働生産性（マンアワー当たり）（2006 年） >

「その他の食料品」「自動車部品・同付属品」がマンアワーは大きく、製造業の中ではこの二つが雇用の場創出に大きく貢献している。一方、石炭製品や、有機化学基礎製品は、

雇用の場創出への寄与は大きくはないが、労働生産性は高く資本集約型産業であることをものがたっている。

図 1 に示したのと同様な分析を製造業について詳細に行った。個々のトレンドについての説明は省略するが、トレンドは八つにパターン化されたいずれかに属する。そのパターンとは、マンアワーすなわち雇用が年々増大しているか、減少しているか、変わらないか。アワー当たりの生産性は増大しているか、減少しているか、変わらないかである。

製造業各産業についてトレンドを分析した結果、八通りのパターンのうち七つのパターンのどれかに属することがわかった。その八つのパターンとそれぞれに属する産業種を図 3 に示した。



右向きがマンアワーの増加、上向きが労働生産性の増加を意味する。ここでは、図中黒線の線形近似曲線の傾きを基準としてパターン分けした。

| パターン | パターン I 雇用変化なく、生産性向上 | パターン II 雇用創出し、生産性変わらず | パターン III 雇用創出し、生産性向上 | パターン IV 雇用創出し、生産性低下 |
|------|--|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 例 | 鉄鉄・粗鋼、医薬品、無機化学基礎製品、その他の鉄鋼、非鉄金属加工製品、ガラス・ガラス製品、その他の窯業・土石製品、プラスチック製品、事務用・サービス機器、通信機器、民生用電子・電気機器、半導体素子・集積回路、特殊産業機械、その他の一般機械、精密機器 | 自動車部品・同付属品 | 自動車 | 製造業には該当なし |
| パターン | パターン V 雇用変化なく、生産性低下 | パターン VI 雇用減らし、生産性変わらず | パターン VII 雇用減らし、生産性低下 | パターン VIII 雇用減らし、生産性向上 |
| 例 | 化学繊維、有機化学製品、化学最終製品、建設・建築用金属製品 | 繊維製品、製材・木製品、印刷・製版・製本、皮革・皮革製品・毛皮 | 家具・装備品、その他の金属製品、ゴム製品 | セメント・セメント製品、電子部品、一般産業機械 |

経済産業研究所JIP 2009データベースを利用しCRDSで作成

<図 3 マンアワーと労働生産性（マンアワーあたり）の推移（1996—2006）における製造業>

期待される産業のパターンはIIIの産業で、このパターンに属する数が多いと基本的には経済成長が遂げられていることになる。このパターンは雇用を創出し、生産性が向上している産業である。自動車産業のみがこれに該当している。多くの産業はパターンIに属しており、雇用創出に変化は認められないが、生産性は向上している。パターンVIIとパターンVIIIは雇用の場を喪失しながら生産性に向上は認められないか、逆に下がっている産業である。パターンVIIに属する産業は、繊維製品、製材・木製品、印刷・製版・製本、皮革・皮革製品・毛皮、パターンVIIIに属する産業は家具・装備品、その他の金属製品、ゴム製品である。

上に述べた分析を含めて、(1) 輸出額、(2) 世界シェア、そして(3) 生産性、という三つの指標で日本の産業の国際競争力を分析した。これらをまとめると、日本の産業の国際競争力の特徴は、第一に自動車や機械関連の一部のアンブレラ製品が世界シェアで優位な位置を占めており国際競争力が強い。第二に、特殊素材を数多く含む部品・材料といった分野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。最終製品のシェアとの比較で考察すると、日本の部品・材料が韓国や台湾などのアンブレラ製品、欧州や米国の多種多様なガジェットなどのアンブレラの中に大量に組み込まれて世界で使われている。第三に日本の生産性はアメリカをベンチマークとすると自動車産業と化学産業は優れているが他の産業は低い。

経済産業省研究開発課がまとめた日本企業の世界シェア(2006年)においても日本産業の特徴が明らかとなっている。日本企業の世界シェアをみると、自動車が51兆円で、世界の34%のシェアを占めている。強い製品は部品・材料系が圧倒的で、システムの製品に強い産業は少なく、エレメント産業が圧倒的に強いのが我が国の産業の姿であることを如実に物語っている。

日本がエレメント産業国である具体的な事例として、iPodをあげることができる。iPod第5世代1台当たりの価格269ドルの内訳をみると、125ドルがAppleの利益で、部品を納めている日本の企業の利益はHDDとディスプレイの合計で25ドルと、Appleの利益の2割程度でしかない。Apple社は工場も何も持っていないが、高利益をあげている。

携帯電話を見ても、その他の製品をみても、その中にある部品・材料は圧倒的に日本製品である。しかし、携帯端末のシェアは日本メーカーよりノキアのほうがはるかに高い。

次に日本がエレメント産業を中心とした産業構造を現している例として、「水」のビジネスの例について見てみたい。2025年水ビジネスの市場規模は111兆円になると予想されている。現在のまま、日本がエレメント産業として世界市場で活動を続けると、日本が2025年にビジネスとして獲得出来るのは、膜を中心とした1兆円ぐらいの範囲に収まるだろうと言われている。インフラとしてのプラントやそのシステムの維持など100兆円規模のかなりの部分は海外企業が獲得すると予想されている。

海外企業の中には新興国の社会インフラ導入からの利益を見込んで、海外事業展開を新興国へのR&D拠点の設置も含めて活発に進めている企業がある。

3. 産業構造を捉える新しい概念——「アンブレラ産業」と「エレメント産業」

このような日本の特徴を踏まえて、我々は何をすればいいのか。国富をもたらすための産業の国際競争力を強化する戦略をいかにして創出するかの解決を見いだすために、「アンブレラ産業」という概念、軸を打ち立てたわけである。

アンブレラという言葉は、エコシステム、生態系の保全において使われている言葉から借用したものである。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している。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。

では、将来、産業国際競争力を強化するための国の戦略としてのアンブレラシステム創出は何を条件として考えるべきであろうか。アンブレラシステム創出のための条件として次の四つをあげた。

第一に、地球規模課題の解決を指向したものであること。

第二に、その産業を創造するには科学技術イノベーションを必要とすること。

第三に、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。

第四に、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。

4. 産業技術俯瞰図

結論に入っていく。産業の国際競争力強化のための国としての戦略立案に資すべき、目標設定と課題探索と課題解決の手法について紹介する。俯瞰図としては原理的にはありとあらゆるアンブレラ産業を羅列することからはじまる。その中から、うえに上げた四つの条件に適合するものを選び出すことになる。制限なしで、網羅的にアンブレラ産業をあげると膨大な数をあげることになる。そのような作業は実際的に不可能であり挑戦しても意味は薄い。上に述べた四つの条件に適合するものを識者の合意のもとに、はじめから抽出していけばよいと考えた。

その条件に適合するアンブレラ産業を選び出すに当たって、CRDS では、産業界でトップリーダーを経験されたベテランやアカデミアおよび官界の識者から構成されるワークショップを開催し、基本的にその議論をとおしてアンブレラ産業を創った。ワークショップだけでは不十分であり、識者への更なるインタビューを通してアンブレラ産業を創出した。

設計にあたって社会が要求するアンブレラシステムに世代発展を考慮し、その実現に時間軸を、中期、長期、超長期のスパンで考慮した。ここで中期からはじめたのは、それ以前の短期は企業が描くことのできるスコープ内にあると解釈したためである。また経済的大きさの効果を期待してアンブレラ産業が実現した場合の経済的インパクトも考慮した。すなわちそのシステムはNewなのかReplaceなのか、Incrementalなのかである。詳細な産業技術俯瞰図はCRDSのHPから入手してほしい*。 此処では図 4 にその概念図を紹介する。

結果として、九つの産業に関してアンブレラ産業実現の目的を 16 掲げ、全部で 37 のアンブレラシステムを創出した。これらが設定された目標となる。九つの産業とは、エネルギー産業（低炭素エネルギー社会創造）、資源開発産業（新工業資源創造）、環境産業（環境負荷低減）、情報通信産業（人を中心とした情報通信）、輸送産業（低炭素・省エネ型輸送、新交通システム）、建設産業（強健な国の基盤づくり）、それに教育産業（持続的な生産活動を支える人材育成）である。

次のステップはその目標を実現するためのイノベティブな課題設定である。これに関しても先のワークショップでエレメント課題として議論したが、それよりもCRDS内での各専門領域担当のフェローとの議論や大学や民間や公的研究機関を訪問し、研究者との議論で明らかにする方法をとった。こうして作成した俯瞰図が、研究開発戦略立案のための産業技術俯瞰図である*。



< 図 4 研究開発戦略立案のための産業技術俯瞰図の概念図 >

解決すべき研究開発課題は将来その産業化を担うべき縦軸のエレメント産業の枠内に記載する。また各エレメント産業には関連する新科学技術を対応させている。これは研究開発課題解決のための基礎・基盤情報となる。しかしアンブレラ産業実現には、既存のエレメント産業では独自に解決できない、アンブレラ産業特有の大きな課題が表れてくる。その課題としてはイノベティブなシステム課題や社会的課題が考えられる。これらの課題

を俯瞰図のアンブレラシステムの直ぐ下にイノベティブなシステム課題および社会的課題として記載した。

このようにして解決しなければならない課題が、設定した目標に対してパッケージとして浮かび上がってくる。この手法によりそれぞれの条件にあった目標（アンブレラ産業）を創造し、様々なイノベティブ課題を明らかにし、その実現のために新しい科学や技術の俯瞰を基礎情報としてそれぞれの課題を解決していくことになる。

5. 今後の課題

これまで目標設定と課題探索それに課題解決のための手法を紹介してきた。次は具体的に課題をどうやって解決していくかである。イノベティブな技術課題あるいは科学的課題にどう落とし込んでいくかである。解決すべき課題の優先順位をどうやってつけるか、日本で解決できる、或いは解決すべき課題かどうか。オープンイノベーションにより、この場合は特に海外の力を導入してやるべき課題かどうかなどの判断である。

科学技術・学術審議会が2009年12月15日に、重要政策課題（仮称）、重点開発領域（仮称）及び個別研究開発課題の例（イメージ）を提案している。これらの重要政策、重点開発課題はここで紹介したアンブレラ産業であるエネルギー産業、資源開発産業、環境産業、情報通信産業の目的のところ述べて内容と合致するものが多い。また個別研究開発課題はここで紹介したアンブレラシステムやエレメント課題と合致するものが数多くみられる。

うえに上げた国が提案している政策課題や、今後、多方面から出てくるであろう目標（アンブレラ）を実現するためには限られた資源を有効に使うために個々の目標達成のための具体的戦略を立てる必要がある。そのためには探索課題に関してプライオリティーづけが行われるべきである。識者とのディスカッションにより探索課題に関してクリティカル度の順位づけを行う必要がある。クリティカル度をもとにプライオリティーづけが出来上がるとその優先順位課題を順次構造的に展開し、実現すべき技術の目標を設定していく。その過程においてもクリティカル度の判断が必要となるであろう。解決すべき課題の要素が浮かび上がってくると、場合によってはその技術を実現するのに科学的知見を必要とする場合が出てくるであろう。その場合、科学的課題を明確にし、その課題解決に関して基礎科学の要請が行われる場合も考えられる。この作業においては俯瞰図にあげた関連する新科学技術の情報が重要な手がかりとなる。各エレメント産業、言い換えると各ディシプリンが作成した専門分野の俯瞰図にあげられている新しい科学や技術をフルに活用し課題を解決していくことになる。

オープンイノベーションをどう考えるかに関しては、上に述べた構造的ブレークダウンの過程において技術の目標設定および拠り所となる科学的知見の抽出において技術の専門家や基礎科学研究者によるグローバルな観点からのベンチマークが判断の根拠となる。今後の課題は具体的な目標に関してその課題解決法を作成し戦略を練り上げることである。

* : <http://crds.jst.go.jp/output/sp.html>

■ディスカッションの論点

- 米国はエレメントを失いつつある。日本はエレメントを大切にしつつ、アンブレラを創出することが重要だ。エレメントだけで単独で生き残るのは難しい。日本がいまエレメントに強いのは、昔アンブレラ産業が存在したからだ。
- 画期的な要素技術がなくても、技術融合だけでイノベーションが起こっている。
- 国籍を問わず優秀な人材を採用してイノベーションを促進させる必要がある。