CRDS-FY2008-RR-02

科学技術による地球規模問題の解決に向けて
調査報告書

～グローバル・イノベーション・エコシステムとアジア研究圏～

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

エグゼクティブ・サマリー

社会経済のグローバル化が進む中、一国や一地域だけで取り組むことが困難であり、国際社会が共同で取り組むべきことが求められる問題が顕在化している。このような地球規模問題の解決に向けて、科学技術の貢献に対する期待が高まっている。

本調査は、科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）が掲げる科学技術が充足すべき３つの社会ニーズ―「生活の質の向上」、「産業競争力の強化」、「地球規模問題の解決」－のうち、「地球規模問題の解決」に焦点を当て、科学技術による地球規模問題の解決策の検討を試みた。その結果、以下の３段階で解決策を検討できることが示された。

(1) 地球規模問題に含まれる具体的問題の構造化
(2) 地球規模問題に対する科学技術による解決策と研究開発ニーズの例示
(3) 地球規模問題の解決に資する技術群の例示

検討した解決策を実際に実行し、地球規模問題を科学技術によって解決するためには、グローバル・イノベーション・システム（GIES：Global Innovation Ecosystem）の確立が不可欠である。科学技術の知識を基盤として、人材・制度・資金を公的部門と民間部門がそれぞれうまく活用し、民間部門が主導する経済的価値と公的部門が主導する社会的価値を両立した、新たな経済社会的価値を創造しなければならない。このような活動を活性化する国際協力の枠組みを設計し、地球規模問題の解決と経済成長を両立した持続可能な発展を実現すべきである。アジアにおいては、環境と経済が両立した持続的発展のための活動の推進が必須となっている。これを具体化するため、Asian Research Area（ARA：アジア研究圏）を設立し持続的に支援する仕組みの構築について検討する時期に来ている。アジアが共有する問題解決のために、ARAを基盤として、特に若い世代の優れた人材を結集し育成するとともに、必要な科学的知識を開発することが重要である。

目　次

エグゼクティブ・サマリー

１．調査概要 …… 1
２．地球規模問題と科学技術による解決 …… 2
３．地球規模問題の解決のためのイノベーション・システム …… 6
４．まとめと今後の課題 …… 17

付録１．地球規模問題キーワードリスト …… 19
付録２．地球規模問題に関する参考文献 …… 24
付録３．地球規模問題構造化ワークショップ概要 …… 26
付録４．笹川平和財団「科学技術分野の国際協力に関する研究会」の議論要旨 …… 27

参考文献 …… 28

1．調査概要

社会経済のグローバル化が進む中、一国や一地域だけで取り組むことが困難であり、国際社会が共同で取り組むべきことが求められる問題が顕在化している。このような地球規模問題の解決に向けて、科学技術の貢献に対する期待が高まっている。

このような現状の下、科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）は、社会ニーズを充足する科学技術の有効な発展に貢献することを目指している。そして、充足すべき社会ニーズとして、「生活の質の向上」、「産業競争力の強化」及び「地球規模問題の解決」の３つを掲げている。

本調査では、これら３つのニーズのうち、「地球規模問題の解決」に焦点を当て、地球規模問題の構造化と科学技術による解決策の検討を試みた。検討は、(1) 地球規模問題に含まれる具体的問題の構造化、(2) 地球規模問題に対する科学技術による解決策と研究開発ニーズの例示、(3) 地球規模問題の解決に資する技術群の例示、の３段階で進めた。

これらの検討結果を踏まえ、さらに、地球規模問題の解決に必要なシステムについて考察した。持続可能な発展に向けてどのようなイノベーション・エコシステムを確立すべきか、またその確立のためどのような行動を取るべきか、３年間にわたり行った議論と検討の成果を総括した。

2．地球規模問題と科学技術による解決

2.1. 地球規模問題の構造化

現在世界において、どのような問題が地球規模問題として指摘されているのかをまず把握するため、国内外の主要機関のレポートや白書等の資料から、地球規模問題を示すキーワードを抽出した。それらを６つのカテゴリー―環境、資源、災害、感染症、食料、社会―に分類し、さらに分野ごとに大綱目を設けて体系化した（表１）。この体系に従って、抽出したキーワードをさらに精査して、59の中綱目と121の小綱目に整理した（付録1、2）。

表1　地球規模問題の分野と大綱目

カテゴリー	大綱目
環　境	地域の環境汚染／地域の環境管理／メガシティの環境問題／地球レベルの環境問題
資　源	天然資源／エネルギー資源／資源管理
災　害	自然災害
感染症	集団発生／新型病原体
食　料	食料不足／食の安全
社　会	格差社会／宗教／人権／政治／治安／都市／人的災害／知的財産権

次に、体系化した地球規模問題を構造化するためCRDS内でワークショップを開催し（付録３）、そこでの議論に基づき２次元の構造図を作成した（図１）。縦軸は「問題の地域性」を示す。地球規模問題の中には、その影響が及ぶ範囲は各地域に限定されるが、多くの地域で頻発するため地球規模で共有できる問題もあれば、その影響が世界に及ぶため世界が１つとなって解決に向けて取り組むべき問題もある。そこで、前者を「地域性（Local）」が高い問題、後者を「世界性（Global）」が高い問題と位置づけた。世界。一方、横軸は「科学技術の依存性」を示す。これは、生命科学への依存が高い（Life）問題か低い（Non-Life）問題かによって位置づけた。そして、縦軸の下方から上方へ向かうほど、問題の地域性はLocal からGlobalに変化し、横軸の左方から右方へ向かうほど、生命科学への依存性はNon-LifeからLifeへ変化するものとした。

この構造図を、地球規模問題の解決に向けた研究開発戦略を立案する際に活用することができる。例えば、以下について検討するため、構造図を用いて議論を深めることができる。

・食料、水、自然エネルギー、都市等、どのような視点から、解決すべき問題を設定するのか。

・設定した問題に対して、どのような具体的解決策を提案するために、どのような研究開発戦略を立案するのか。
・設定した問題は他の問題とどのような関連性があるのか、またその関連性は解決策を検討する上で考慮する必要はあるのか。

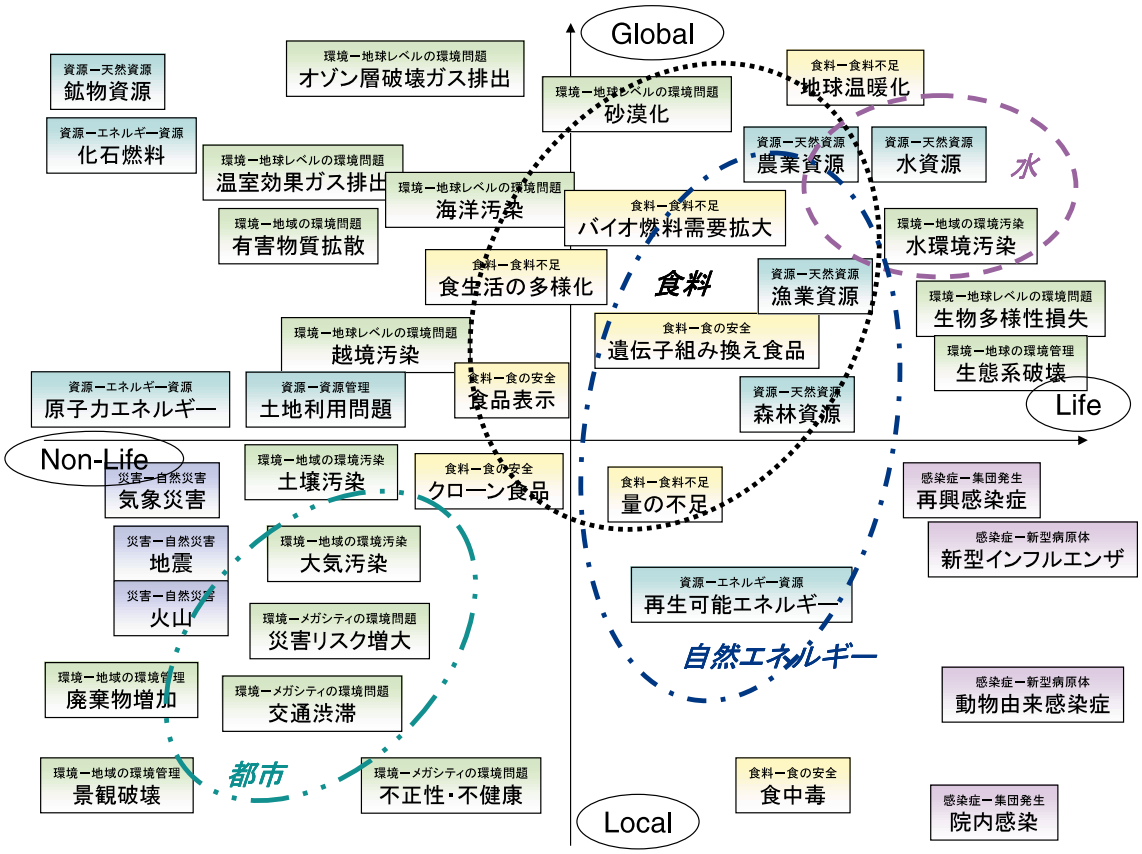

図1.　地球規模問題の構造図.

2.2. 科学技術による解決策と研究開発ニーズの例示

地球規模問題に対して、科学技術はどのような解決策を提供できるのか、構造図を用いた検討を試みた。特に食料に関する問題を例として取り上げ、まず、科学技術による解決策を示し、その実現のための研究開発ニーズを明らかにすることを目指した。ただし、今回は、既存の研究開発や調査結果等の情報に基づいた検討の試行と位置づけ、新たな知見や潮流を収集するための調査は実施しなかった。

構造図から特定される食料に関する問題は、環境、資源及び食料のいずれかのカテゴリーに属する12個である（表２）。これらに対して科学技術が提供できる解決策として３つを挙げ、それぞれを実現するための研究開発ニーズを示した（表３）。

表2　食料に関する地球規模問題

カテゴリー	大綱目	中綱目
環　境	地球レベルの環境問題	砂漠化
		海洋汚染
資　源	天然資源	農業資源
		森林資源
		漁業資源
食　料	食料不足	量の不足
		食生活多様化
		地球温暖化
		バイオ燃料需要拡大
	食の安全	食品表示
		遺伝子組換え食品
		クローン食品

表3　食料に関する地球規模問題に対する科学技術による解決策と研究開発ニーズ

科学技術による解決策	研究開発ニーズ
持続可能な農業生産	農業生産の拡大と生産性の向上
	環境配慮の向上
安定した食料供給	食料安全保障
食料の品質向上	高品質食料の供給
	食の安全の確保

4.3. 解決に資する技術群の例示

科学技術による解決を実現するために、どのような具体的な技術が必要なのか、検討した。上述したそれぞれの研究開発ニーズに対応するためには、複数の技術を組み合わせて効果的に活用することが重要である。そのため、研究開発ニーズごとに必要な技術カテゴリーを設け、さらに、各技術カテゴリーを構成する主要技術と、各主要技術に含まれる個別技術を検討することによって、組み合わせるべき技術を体系的に明らかにした（図２）。例えば、持続可能な農業生産に向けて、農業生産の拡大と生産性の向上を図るためには、生産技術とポストハーベスト技術が必要であり、そのうち生産技術については、品種改良、栽培技術、農業機械、灌漑排水、土壌改良、畜産・水産に関する各主要技術を組み合わせることが求められる。さらに、栽培技術には肥培管理、作付け体系、病虫害・雑草防除の各技術が含有されるように、各主要技術は複数の個別技術から構成されており、解決策に対する研究開発ニーズを詳細に分析し把握した上で、個別技術を効果的に組み合わせることが重要である。

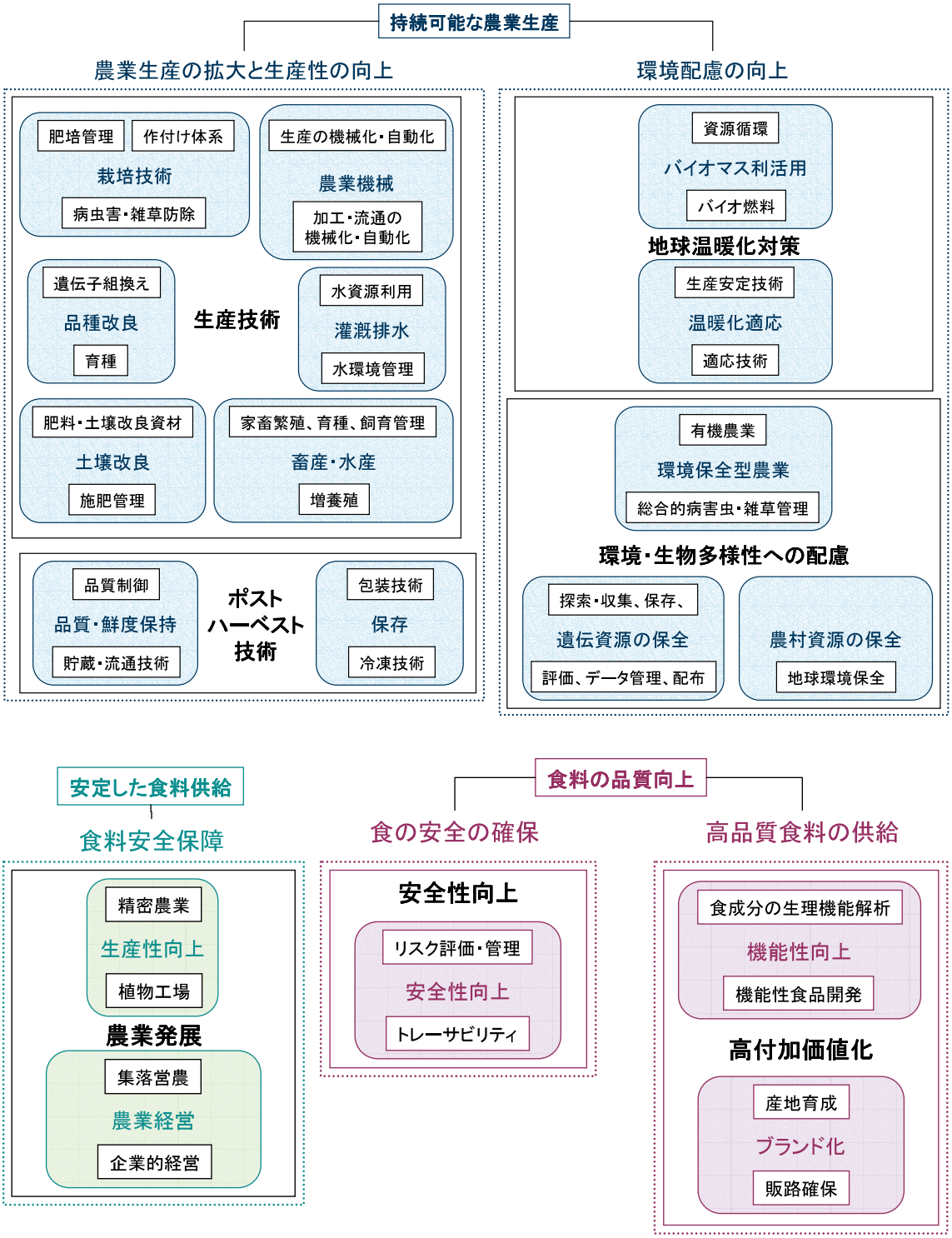

図2.　食料に関する地球規模問題の解決に資する技術群.

3．地球規模問題の解決のためのイノベーション・システム

3.1. グローバル・イノベーション・エコシステム（GIES）の意義

急速なグローバル化と共にますます激化する国際競争の下、各国は持続的な成長を維持するため、イノベーションの創出を重要な国家戦略として位置づけている。イノベーションの創出には、各国の政策や生活基盤等の社会システムを最適化させるための何らかの指標が必要となる。その指標として考えられるのが「Demand（需要）」、「Supply（供給）」、そして「Wants（意識）」である。どのような技術が実現可能かという技術予測、需要側の未来、つまり、社会が将来必要としている未来、「生活者の欲望から見直す未来」、これらの３つの未来をイノベーションによって実現するためにも、上記の３つの指標は不可欠である。

現在、各国は地球規模問題を解決するとともに、経済・社会を持続的に発展させなければならないという、非常に難しい状況に直面している。このような状況の中で、「Demand」、「Supply」、さらに「Wants」に如何に結びつけていくか、そしてそのためにどのような社会システムが必要か、各国が競争と協調を通して議論し、実現に向けて行動していくことが求められている。これこそがグローバル・イノベーション・エコシステム（GIES：Global Innovation Ecosystem）の使命である。

3.2. GIESの概念

GIESの原動力は、科学技術の知識を基盤として新たな経済社会的価値を創造する、科学技術イノベーションである。すなわち、GIESとは、科学技術イノベーション（以下イノベーション）によって地球規模問題の解決と経済・社会の持続可能な発展を目指す、地球規模のイノベーション・システムである。GIESには、各国（ナショナル）、地域（リージョナル）、地球規模（グローバル）それぞれのイノベーションの「場」が存在し、これらの「場」において次の３つの要素が縦横無尽に相互作用する（図３）。

・「場」に働きかける、「科学技術」及び「市場・社会」
・「場」の構成要素である、「人材・制度・資金」
・「場」の構成要素を調整する、「公的部門」及び「民間部門」

これらの相互作用を活性化するため、有効な「国際協力の枠組み」を構築することが重要である。さらに、民間部門が主導する成長や利益等の「経済的価値」と公的部門が主導する福祉や生活の質の向上等の「社会的価値」を両立した、新たな「経済社会的価値」を創造し、地球規模で享受できる国際社会を築かなければならない。

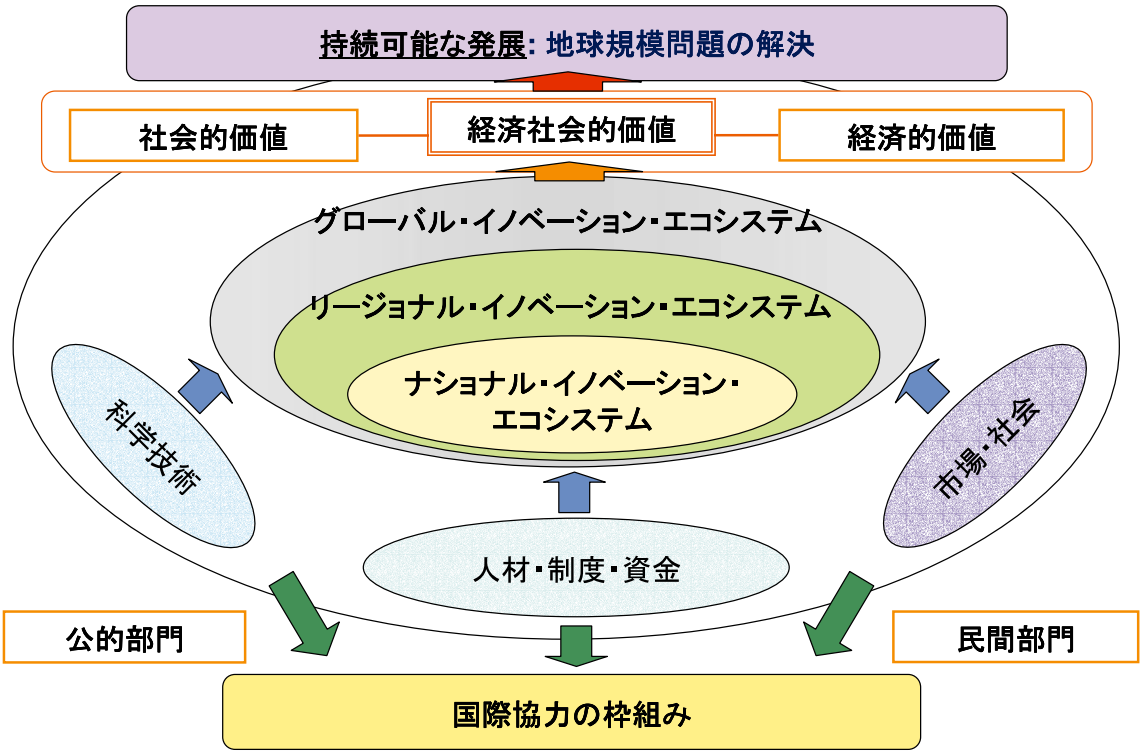

図3.　グローバル・イノベーション・エコシステム.

3.3. GIESの確立に向けて

GIESの概念は、日本の産学官が連携して提唱したものであり、2006年から３回の国際会議と継続的な会合を通して、どのようにGIESを確立し活用すべきか、議論と検討を重ねてきた。その結果、GIESの「場」の重要性、GIESにおける価値創造、持続可能な発展に向けたGIESの確立について重要な指摘がなされ、共通の認識が得られた。

(1) GIESの「場」の重要性

各国および各地域は、それぞれ固有のイノベーション・エコシステムを持ち、人口構成、経済規模、経済成長段階等に応じて多様であり、産・官・学の役割も各国で異なる。多様な各国のイノベーション・エコシステム（NIES：National Innovation Ecosystem）をどのように発展させてGIESを確立するべきか。不確実性を内包するイノベーションは、多様な要素が「場」において相互作用することによって創出される。その過程における各要素や「場」の有機的な連携によって、NIESからGIESへ自立的に進化する。すなわち、GIESの確立には、その中心となる「場」の活性化が必要である。そのためには、「場」の構成要素である「人材・制度・資金」を有効に活用しなければならない。例えば、

・イノベーションを生み出す多様な人材の国内外からの獲得と育成
・国家の基盤的な制度と市場のルールづくり

・研究者、起業家、投資家へのインセンティブの付与とセーフティーネットの構築
・経済成長と持続可能な社会を世界レベルで実現していくための各国間の競争と競争のフレームワークの検討

等を実施すべきであろう。

また、GIESの原動力である科学技術イノベーションの基盤を強化するため、例えば

・多様な基礎研究の推進
・研究者コミュニティの構築と維持、多様な資金供給、産学連携制度の拡充等によるイノベーション創出の加速

等に取り組むことが求められる。

(2) GIESにおける価値創造

約50年周期で変動する時代の変遷の中で、持続可能な発展を実現するためには、地球規模問題の解決と経済成長とを両立しなければならない。今日、この両立をもたらすのはイノベーションという手段のみである。知識・情報・技術を持つだけではなく、それらを活用していかに価値を創造するか、すなわちイノベーションの創出を考え実行しなければ、両立はもたらされない。

GIESが創造すべき価値は、地球規模問題の解決と経済成長の両立するためのものであり、その創造においては「場」と社会との関わりを重視しなければならない。特にサービス分野におけるイノベーションを推進すべきであり、各種の規制、制度、社会システム等を広く見直し、必要な改革を進める必要がある。さらに、従来の供給側の考え方から、多様な社会ニーズへの対応という新しいアプローチへ転換しなければならない。そのためには、社会的価値を経済的価値に転換する「場」、さらには社会的価値と経済的価値を統合した経済社会的価値を創造する「場」の構築も検討すべきであろう。また、価値創造に対する投資を促進し、次世代の価値創造の担い手を育成することが求められる。

このような価値創造のための新しいイノベーションについて、米国競争力評議会（COC：Council of Competitiveness）は次のように定義している。

「新しいイノベーションは、次の５点が交わるところにある。(1) Imagination（創造力）、(2) Insight（洞察力）、(3) Ingenuity（創意）、(4) Invention（発明）、(5) Impact（インパクト）」

新しいイノベーションの推進のためには、社会経済的価値の創造に伴う数多くのリスクを恐れずに様々な方策を実行しなければならない。例えば、

・イノベーション創出の基盤となる知識と情報のオープン化と非オープ

ン化の最適バランスの維持
・競争力を持った研究主体となる大学の構築
・異文化融合ができる教育プログラムの構築
・多様性の確保、起業家精神を育成するための大学教育システム改革
・国際共同研究のための資金の拡大とそれによって生まれる新たな共同研究の進展のためのキャリアパスの構築
・持続的な環境保全に向けた新興国・途上国の経済的・技術的発展のための国際協力とアライアンスの構築
・生産性向上の触媒としての無形資産の活用による持続的な経済成長

に取り組む必要がある。

(3) 持続可能な発展に向けたGIESの確立

現在直面している地球規模問題は、長期的な人間活動がもたらしたものであり、地球環境システムの限界を脅かしている。これは現状のイノベーション・システムが、種々の要素がエゴを追求するエゴシステムであるためである。このエゴシステムを是正するには、例えば、二酸化炭素排出削減に対してはセクトラル・アプローチ（複数の国・地域が参加し、業種別にエネルギー効率の目標などを設定してその実現に向けて取り組む方法）の実践可能性について国際的に検討すべきであり、産官学連携においては三者が相互にバランスを保ち協力体制を維持する努力を行うことが必要である。特に自然エネルギー、交通システム、水と食料等の地球環境に関わる問題は、科学技術だけでは解決に至らない場合が多く、社会的な枠組みを作り、各自のマインドセットを変えることが重要である。

地球環境システムの限界と各国のエゴを両立するため、持続可能な発展を目指すGIESの確立が急がれる。そのため国際的に共有された枠組みの中で、研究開発の推進と効果的な資金配分、人材教育の強化、社会実証実験のための制度設計等が必要である。

GIESの中核を担う要素はイノベーション人材である。創造的破壊を行う、起業家精神が旺盛、研究者であり発明者でもある、オンリーワンといえる等、優れた個性を持つ人材が化学反応とも言うべき相互作用を起こすことがイノベーション創出には必須である。特に、イノベーション人材がより良い環境を求めて国を移動しながら成長する、頭脳循環が求められる。化学反応や頭脳循環を増加させるためには、コンソーシアム、共同研究、ネットワーク等の国際的枠組みの構築を加速しなければならない。

持続可能な発展を志向する価値観を持ったイノベーション人材をどのように教育するか、国際的な模索が続いている。イノベーション人材に求められる価値観は、他者のとの関わりの中に存在し、「審美的な経験、歴史的・

社会的状況」からの洞察を涵養する教養（哲学・歴史・文学・芸術）から生まれる。その価値観を他者と共有し、高めあうこと、この過程が教育なのだろう。さらに優秀な研究者や専門家の間においては、価値観と専門分野を他の研究者とも共有し、高めあわなければいけない。このような価値観を生み育て磨いていく環境整備が必要と考えられる。国連では「持続可能な発展の為の教育の10年（DSED：Decade for Education of Sustainable Development）」が推進されており、日本においても「各個人が学習したことにより得られる様々な経験や知識等の「知」が社会の中で「循環」し、それがさらなる「創造」を生み出すことにより、社会全体が発展していく持続可能なシステムが社会の中で構築される必要がある」と指摘されている。

イノベーション人材の活動を支えるためには、短期資金だけでなく、長期リスクマネーが必要であり、それらを効果的に配分することが重要である。活動成果を意識し、研究テーマを常に見直しながら、有望な研究テーマに集中的に資金を投下するという、メリハリの効いた研究開発投資が必要である。また、公的機関の連携によるシームレスな技術事業家支援策のほか、企業内に眠らせてある研究成果を有効に活用するためのカーブアウト支援[1]やIPファンド、知的件担保融資、新株予約権付融資、税額控除制度等が必要である。

3.4. GIESでの実際の行動

GIESの概念は、実際の世界経済・社会においてどのように適用されるのか、太陽光発電産業とハイブリッド自動車開発の２つの事例を取り上げる。

(1) 太陽光発電産業

日本の太陽光発電産業は、太陽電池の生産に関しては強く、発電システムの利活用に関しては弱い、という国際的特徴を持っている。世界における太陽電池の生産については、1990年代半ばまでは米国が最大の生産国だったが、日本は1990年代後半から生産量を大きく伸ばし、1999年には生産量世界一を達成し、その首位の座を長く保ってきた。しかし2007年にはその座をヨーロッパが奪取し、中国、インド、台湾等でも生産量が急速に増加している等、競争は激化しているものの、太陽電池の研究、技術開発、産業技術のすべてにおいて日本は国際的に高い水準を保っている。一方、太陽光発電システムの年間設置量については、日本が2000年代初

[1] カーブアウトとは、経営戦略として経営陣が事業の一部分を切り出し（Cave Out）、第三者の評価、投資等を含む参画を得る大企業・中堅企業ベンチャーの一形態。

頭まではリードしていたが、ドイツが2005年に日本を抜いて首位に立ち、その後も急速に増加させている。このような状況を受け、日本も2009年に住宅用太陽光発電システムを設置する個人への補助を４年ぶりに復活させる等、太陽光発電の導入量の大幅な拡大を図っている。

太陽光発電産業はGIESにおいてどのように発展してきたのか、日本、欧州を代表するドイツ、近年台頭が著しい中国の３カ国を比較して、そのダイナミズムを検討した。その結果、以下に示すとおり、各国がGIESでの発展を目指して、それぞれ異なるアプローチを取っていることが明らかになった（図４）。

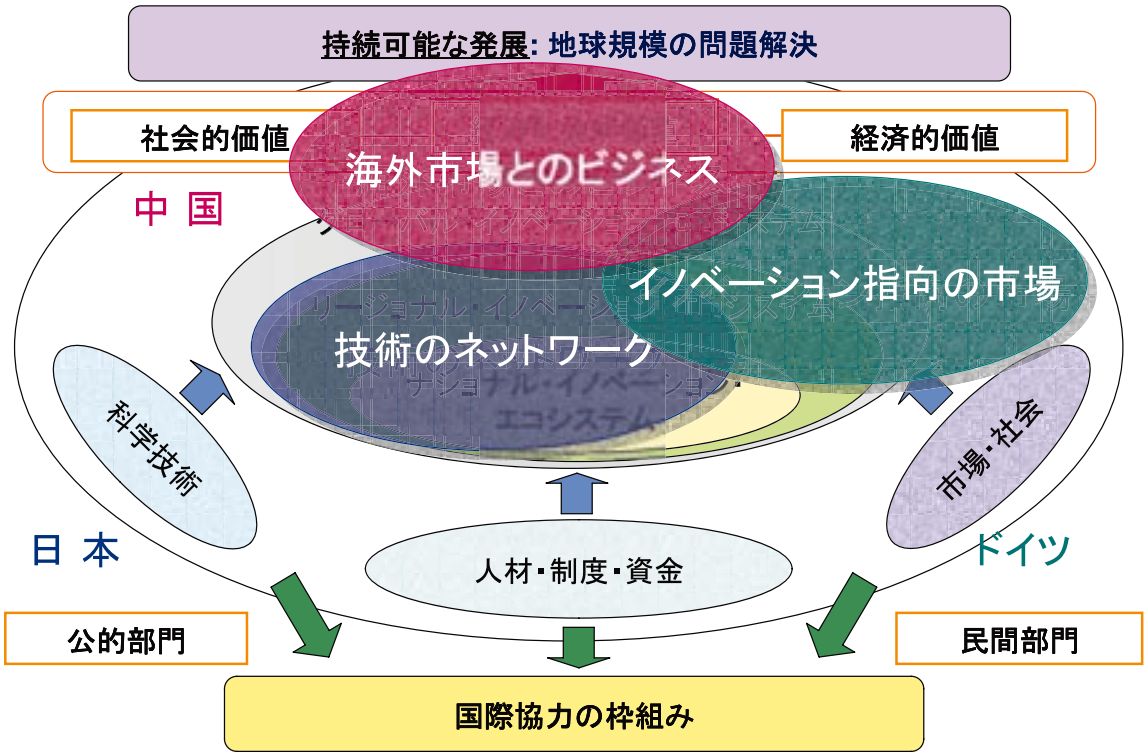

図４． 太陽光発電産業をリードする３カ国のGIESに対するアプローチ.

①日本：技術のネットワークの構築

日本は、科学技術からの強力な働きかけによって、イノベーションの「場」に技術のネットワークを構築した。その要因として３つ挙げられる。

(i) 石油代替エネルギーに関する国家プロジェクト

日本では通商産業省、経済産業省を中心に、1970年代半ばから長期にわたって、石油代替エネルギーに関する国家プロジェクトが実施された。特に、サンシャイン計画（1974～1992年）、ムーンライト計画（1978～1992年）、これらを統合したニューサンシャイン計画（1993～2000年）は、新エネルギー技術と省エネルギー技術の研究開発に大きく貢献した。これら３つのプロジェクトでは、約30年間に約1.3兆円が投じられ、23

プロジェクトが推進された。特に、結晶シリコン、アモルファス太陽電池等の太陽光発電に関して3000億円、地熱発電に2000億円、燃料電池発電に1000億円がそれぞれ重点的に投資され、優れた技術力が育成された。

(ii) ジャパンソーラーエナジー社の設立

1975年にサンシャイン計画に参加できなかった京セラが中心となって合弁会社ジャパンソーラーエナジー社が設立された。この日本企業からは京セラのほか、シャープ、松下電器産業が、また米国企業であるモービル・オイル、タイコ・ラボラトリーが参加し、太陽電池に関する研究開発が推進された。1978年には京セラが吸収合併し、1980年にはサンシャイン計画への参加を達成した。また、1980年には新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が、1990年には太陽光発電技術研究組合（PVTEC）がそれぞれ設立される等、企業間の研究開発の競争と協調の両方が活発に行われ、技術力が効率よく蓄積された。

(iii) 太陽光発電システム設置に対する補助制度

1990年代半ばから太陽光発電システム設置に対する補助制度が推進された。住宅用制度としては、1994年に太陽光発電システムモニター事業が開始、1997年には住宅用太陽光発電導入基盤整備事業が導入、2002年には住宅用太陽光発電導入促進事業が実施された。これらの制度は、2003年時点で設置量の約7割を占める等、技術の普及に大きく貢献した。一定程度普及したことを理由に2005年に一旦打ち切られたものの、再び2009年から住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金が開始され、飛躍的な普及の拡大を狙っている。一方、公共・産業用補助制度も設置されており、1993年に導入された環境共生住宅市街地モデル事業、1997年に開始された新エネルギー事業者支援対策事業、2003年から実施されている太陽光発電新技術等フィールドテスト事業等が推進されている。

②ドイツ：イノベーション指向の市場の創出

ドイツは市場社会からの強力な働きかけによってイノベーションの「場」に、イノベーションフレンドリーな市場を構築した。この要因として３つあげることができる。

(i) ベンチャービジネス

1990年代以降、官民の努力によってベンチャービジネスが活発化した。1999年設立の太陽電池メーカーQ-Cells AG、1994年設立のウエハー・太陽電池メーカーSchott Solar GmbH、1994年設立のウエハーメーカーDeutsche Solar AG等、主要企業が成長している。この成長を支えている

のが、官民によるベンチャー企業の育成策である。旧東ドイツ地域では、行政が工場新設に対する許認可手続きの簡略化や政策支援を実施して、企業を誘致している。また、ベンチャーキャピタルの投資や、海外の人材や企業との連携・協力も積極的に行われている。例えば、Q-Cells AGは、マッキンゼー出身の英国人CEOが率いて設立し、ベンチャーキャピタルを活用して急成長したことで有名である。

(ii) 太陽光発電システム設置に対する補助制度

太陽光発電設置に対する補助制度が、太陽光発電技術の急速な普及と産業の発展に貢献している。特に、10万軒屋上太陽光施設設置プログラム（1999～2003年）は低利融資によって設置量の増加を後押しした。融資承諾件数は約６万6000件、融資承諾総額は17億4100万ユーロに上り、360MWの出力数に相当する大きな効果が認められる。そのほか、補助金や長期低利融資制度を整備する等、省エネ住宅振興策も推進されている。また、再生可能エネルギー買取保証制度は、社会への普及に大きく貢献している。

また、ヨーロッパでは、EU委員会が2001年に再生可能エネルギー振興指令（200177/EC）を施行し、この指令を受けて、多くの加盟国が電力事業者等による再生可能エネルギー買取保証制度を導入・強化している。ドイツでは再生可能エネルギー法（EEG法）(2000年施行、2004年改正）によって、最低買取保証価格および保証期間を規定している。規定されている保証価格はヨーロッパで最も高く、太陽光発電産業の拡大に寄与している。

(iii) 連邦政府の重点的ファンディング

再生可能エネルギー分野における研究開発に対して、連邦政府が重点的に投資している。作成可能エネルギー分野における新規プロジェクトに対する2004年度の補助金の実績を見ると、6020万ユーロのうち約30%が太陽光発電分野へ投資されている。これは、風力発電に21%、地熱発電に20%、太陽熱発電に17%、低温太陽熱発電に８%等、他の分野への交付額と比べ、最も高い金額である。太陽光発電関連技術の研究開発は産学連携によって推進されている。特に、フラウンホーファー太陽エネルギーシステム研究所は、欧州初の独立系太陽エネルギー研究所として1981年に設立され、欧州最大の研究機関として発展しており、ドイツにおける産学連携の中心的役割を担っている。

③中国：海外市場とのビジネスの展開

中国は、日本とドイツが築いたGIESの「場」の環境を活用して、海外市場とのビジネスに乗り出している。同時に、国内のイノベーションの「場」

を活性化するため、政府が重点的に投資している。特に、結晶シリコンの製造技術の開発は、シリコン材料のほとんどを先進国から輸入しているため産業構造が不安定であることを背景に推進されている。また、現在の太陽光発電製品の生産過程では膨大なエネルギーを消費し、代替エネルギー効果を相殺しているが、エネルギー多消費製品に対する輸出規制の動きがあり、規制対象になる可能性が高まっていることから、新たな生産プロセスの開発が進められている。このような製造技術に対する集中投資のほか、国内市場の拡大も図られている。中国の太陽光発電産業はヨーロッパ市場を対象としており、国内市場は脆弱なため、その活性化には、大型プロジェクトが必要との認識が拡大している。そのため、チベット、内モンゴル等の砂漠・内陸部での大規模な太陽光発電事業が検討されている。

(2) ハイブリッド自動車開発

二酸化炭素排出規制の強化やガソリン価格の上昇に加え、米国オバマ政権が打ち出したグリーン・ニューディール政策等の追い風もあり、ハイブリッド自動車は電気自動車とともに次世代自動車として需要が拡大している。ハイブリッド自動車の生産と販売を巡る国際競争が激しさを増しつつある中、日本は依然として高い競争力を維持しており、2005年の世界市場では、トヨタ自動車が約77%、次いで本田技研が　約17%のシェアを占有している。また、2009年にはホンダが新型ハイブリッド車を投入、トヨタ自動車が主力ハイブリッド車の全面改良を予定している等、さらなる開発と普及に向けてしのぎを削っている。この高い国際競争力を維持する基盤が確立された要因として2つ挙げられる（図５）。

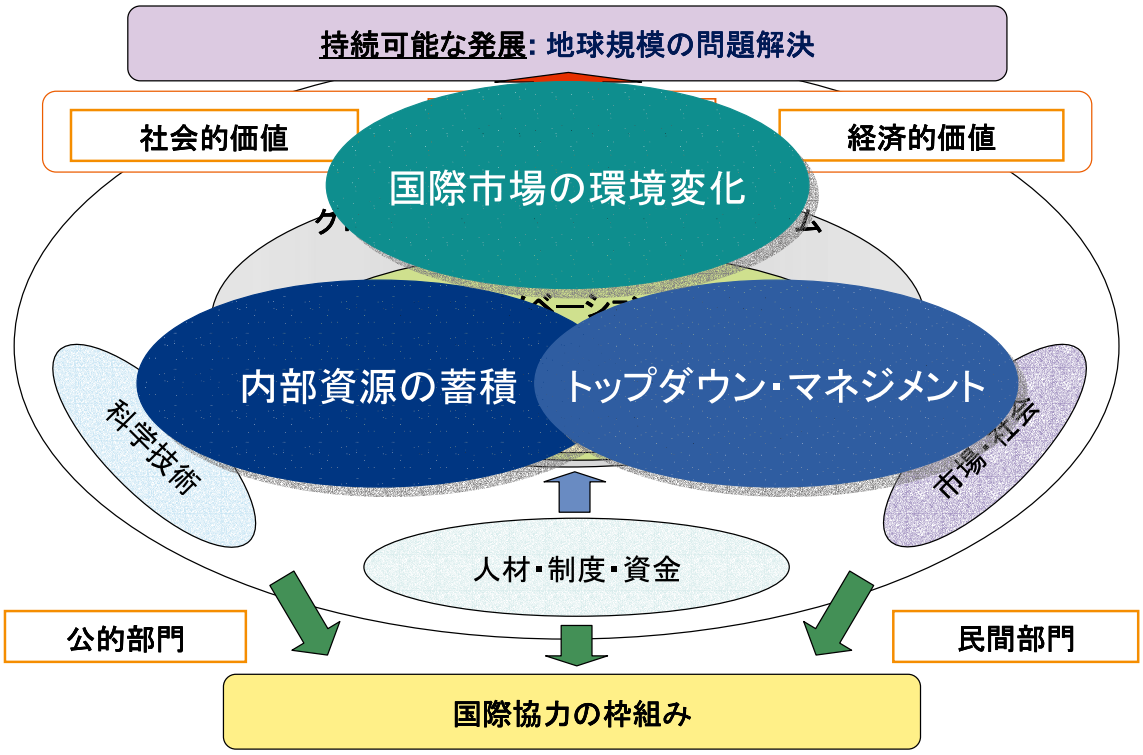

図５．ハイブリッド自動車産業をリードする日本のGIESに対するアプローチ.

(i) 内部資源の蓄積とトップマネジメントとの相乗効果

トヨタ自動車では、1994年末からハイブリッド車の開発が進められてきた。当初は、21世紀のスタンダード車を製造するために1993年９月から進められてきたプロジェクトだったが、当時、新技術として注目されつつあったハイブリッドを搭載した市販車を実現するプロジェクトとして進められることになった。その後、世界初のハイブリッド自動車としてプリウスが発表された1997年10月まで、全社を挙げて急速に開発と商品化が進められた。

このような新技術採用・超短期開発を実現できた背景には、経営陣が主導して明確な目的を設定したこと、その目的の達成のために必要な社内に豊富な人材、技術、手法が社内に存在したこと、またそれらの豊富な資源を効率よく活用する体制が構築されたこと等が挙げられる。トヨタ自動車の高い技術力とマネジメント力が、急進的なイノベーションを実現し、その成果が高い国際競争力として現れているものと考えられる。

(ii) 国際市場の環境変化

温暖化効果ガスの削減目標の設定、原油価格の継続的な上昇等、世界の環境・エネルギー情勢は厳しさを増している。このような背景の下、世界各地で自動車の燃費規制の強化が行われている。それに対応して、ハイブリッド車の需要が増加しており、高級車に対しては付加価値とし

て、また大衆車に対しては選択肢として、消費者に受け入れられている。
　しかし近年では、プラグイン・ハイブリッド自動車の開発が各国で進められており、今後は、電気自動車、燃料電池自動車も含めた新世代自動車として、社会に普及するものと考えられる。石油の代替によって新たな価値を創造する国際競争戦略が求められる。

以上２つの事例を取り上げたが、いずれも民間部門民間部門による企業価値を高めることに重点が置かれている。地球規模の問題を解決し真の持続的開発を達成するためには、公的部門による社会的価値の創造との連携が必要である。例えば、地球規模問題の１つである水問題は、特にアジアにおいて水の質と量の両面で深刻化している。水問題を解決するには、構築すべき水循環システムの姿を公的部門と民間部門が共有し、その達成に向けてそれぞれの役割を果たさなければならない。日本は水処理に関して技術的な強みを持っているが、水供給とこれに関するサービス提供を行う水ビジネスとしては未熟である。現在の世界の水道市場は、上下水道事業の民営化が進んでいる欧州が寡占しつつある。このような状況を踏まえ、日本では経済産業省と民間企業によるコンソーシアムが水ビジネスの国際展開に乗り出している。このような公的部門と民間部門との協力連携が生み出す相乗効果が、GIESにおいて社会経済的価値を創造する。日本がアジアの水問題の解決に貢献するため、新しい価値を創造するためのダイナミズムを明らかにするとともに、公的部門と民間PPPP部門がそれぞれ取るべき具体的行動を示すことが必要である。

4．まとめと今後の課題

気候変動問題や世界的経済危機等、地球規模問題が世界の経済と社会に大きな影響を及ぼしている現在、問題解決に対する科学技術の貢献に期待が高まっている。今回の調査では、「地球規模問題の解決」を社会ニーズの１つとして捉え、科学技術がどのような解決策を提供できるのか、検討を試みた。その結果、地球規模問題を構造化し、具体的な解決策とそれに資する技術群を提示することができた。

解決策を実際の国際社会で実行するためには、グローバル・イノベーション・エコシステム（GIES：Global Innovation Ecosystem）が必要である。科学技術の知識を基盤として新たな経済社会的価値を創造するイノベーション、すなわち、科学技術イノベーションによる地球規模問題の解決と持続可能な発展を目指し、各国は競争と協調を重ねつつ、GIESを確立しなければならない。

科学技術イノベーションは研究開発活動を促進するだけでは創造されない。科学技術の知識だけではなく、人材・制度・資金、市場・社会といった様々な要素が必要である。さらに、それらの相互作用を各国、地域、地球規模のそれぞれの「場」において活性化しなければならない。そしてその活動が新しい価値として結実するには、数十年という長い時間がかかり、結実する確率も非常に低い。

科学技術に対する経済や社会からの期待が高まる中、世界中で、科学技術政策からイノベーション政策への転換、拡大が起こっている。日本においても、第3期科学技術基本計画と、これに続く2025年をにらんだ長期戦略指針「イノベーション25」で、科学と社会をつなぐ新しい仕組みづくりを強く打ち出し、科学技術の振興と研究開発の発展だけでなく、社会制度、人々の意識の転換まで政策がカバーする範囲を大きく広げた。

科学技術イノベーションは、短期的な利益や生産性の効率化のためのものではない。その目的は、中長期的な企業利益や経済成長、雇用、環境保全、社会の安定等に大きく広がっている。企業、政府、大学、学問分野、公共政策も、既存の枠組みを超えて、大きく展開している。産学官連携やオープン・イノベーションもその一環である。これによって、新しい価値が生み出され始めた。企業も持続するためには、社会・公共的寄与が必須になっており、大学も同様である。

科学技術イノベーションの創出には、価値を創造するための多くの要素とそれらのダイナミックな相互作用を支えるための地球規模の仕掛けが必要である。このような仕掛けを国際的枠組みとして構築し、各国が相互に必要な知識、人材・制度・資金を分かち合い、市場や社会とのコミュニケー

ションを図ることが重要である。また、この枠組みに公的部門と民間部門が積極的に参加し、経済社会的価値の創造に向けて共に議論し、それぞれの役割を果たすことが期待される。

近年グローバル化が急速に進んでいるが、世界は一様ではない。異質性、多様性、歴史性に富んでおり、それぞれの地域に合わせたプログラムやシステムづくりが重要であることを、今回の世界的経済危機は認識させた。こうした状況の下で、アジアにおいては、何が強く求められているのか。環境と経済が両立した持続的発展のために、地球規模問題に対する科学・技術を基盤とした分析、解決策の検討と社会への実装、若手人材のP養成と交流が必須となっている。これらを具体化するため、Asian Research Area（ARA：アジア研究圏）、ARAを持続的に支援する仕組みの構築を検討する時期に来ている（付録４）。アジアでは各国の成長と発展によって、経済的には結合しつつある。しかし、経済成長と環境保全との両立を図り持続的発展を実現するためには、科学技術の知識の結合が必要である。環境、健康、安全を中心としたアジアが共有する問題に対する現状分析、各国・地域に応じた解決方策の検討と提案を行うため、ARAを基盤として、特に若い世代の優れた人材を結集し育成するとともに、問題解決のための科学的知識を開発することが重要である。

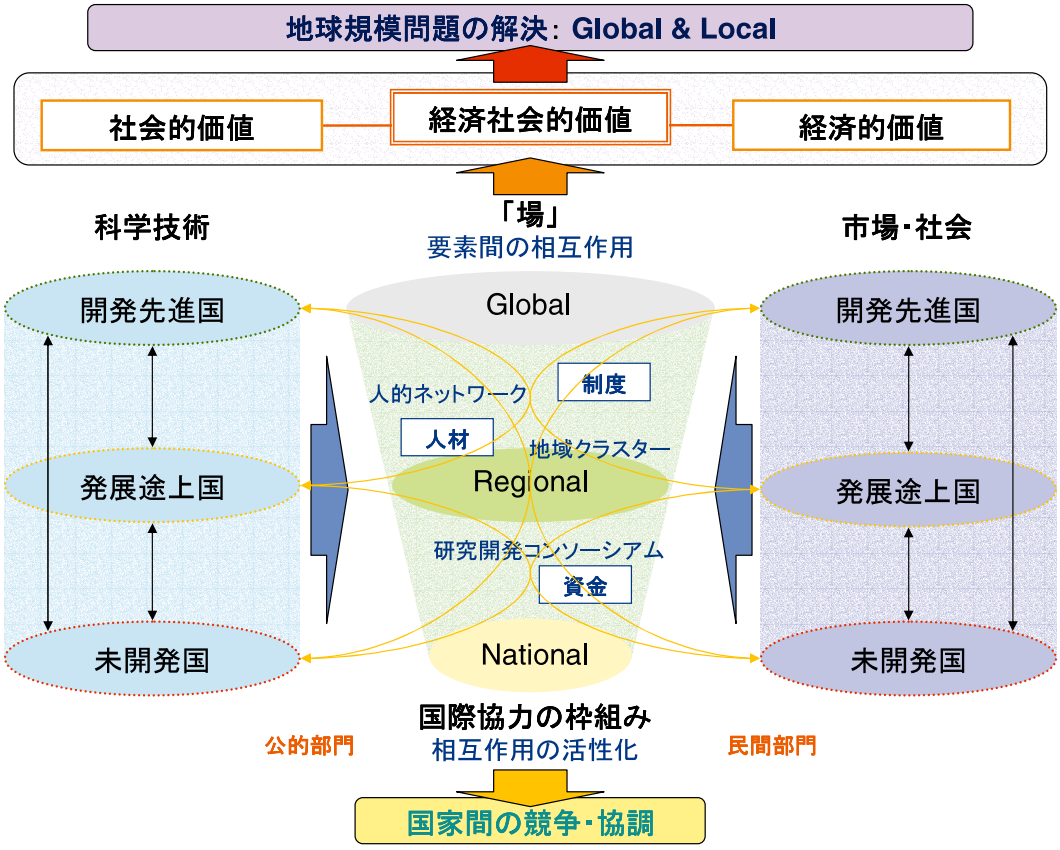

図６．グローバル・イノベーション・エコシステムの構造的概念.

付録１．地球規模問題キーワードリスト

カテゴリー1: 環境

大綱目	中綱目	小綱目
地域の環境汚染	水環境汚染	富栄養化
		地下水質汚濁
	大気汚染	光化学オキシダント濃度上
		揮発性有機化合物汚染
	土壌汚染	塩類集積
		重金属汚染
地域の環境管理	生態系破壊	生息地破壊
		外来種導入
	有害物質拡散	環境リスク
		複合影
	廃棄物増加	不適正処理
		廃棄物処分場
	景観破壊	建築基準
		電線電柱･広告物
メガシティの環境問題	交通渋滞	ボトルネック型渋滞
	災害リスク増大	都市型水害
		都市型震
	不衛生･不健康	ヒートアイランド
		地盤沈下
		騒音･振動･悪臭
地球レベルの環境問題	砂漠化	不毛化現象
	海洋汚染	油･廃棄物漂流
		バラスト水
		赤潮
	越境汚染	酸性雨
		黄砂
	生物多様性損失	生息地破壊
		外来種導入
	オゾン層破壊ガス排出	紫外線増加
	温室効果ガス排出	地球温暖化

カテゴリー2: 資源

大綱目	中綱目	小綱目
天然資源	水資源	需要拡大
		供給停滞
		地域偏在性
	農業資源	農業用水不足
		農地劣化
		農地面積減少
	森林資源	森林面積減少
	漁業資源	乱獲
		国際管理
	鉱物資源	需要拡大
		地域偏在性
エネルギー資源	化石燃料	需給逼迫
		価格高騰
	原子力エネルギー	原子力発電所事故
		放射性廃棄物処理
	再生可能エネルギー	導入コスト高
		社会インフラ整備
		環境負荷
資源管理	土地利用問題	農地･非農地間の土地利用調整

カテゴリー3: 災害

大綱目	中綱目	小綱目
自然災害	気象災害	干ばつ
		洪水
		台風
		海面上
	地	揺れ･津波･地形変形
		ライフライン破壊
	火山	溶岩流･火砕流･降灰
		津波･地盤災害

カテゴリー4: 感染症

大綱目	中綱目	小綱目
集団発生	再興感染症	結核
		マラリア
	院内感染	薬剤耐性病原体
新型病原体	新型インフルエンザ	
	動物由来感染症	鳥インフルエンザ
		SARS
	ヒト免疫不全ウイルス	後天性免疫不全症候群(AIDS)

カテゴリー5: 食料

大綱目	中綱目	小綱目
食料不足	量の不足	人口増加
	食生活多様化	肉類消費量増加
	地球温暖化	農業生産性低下
		需給逼迫
	バイオ燃料需要拡大	価格高騰
食の安全	食中毒	細菌性･ウイルス食中毒
		有害物質汚染･異物混入
	食品表示	偽装表示
	遺伝子組換え食品	食品健康影響評価
	クローン食品	安全性評価

カテゴリー6: 社会

大綱目	中綱目	小綱目
格差社会	貧困	技術革新
		金融のグローバル化
		南北問題
		BIRCs台頭
		対内直接投資
		農業開発
		教育
	情報格差	情報手段
		通信手段
		情報資源
	医療格差	医師･病院の偏在
		医療サービス
宗教	カルト	マインドコントロール
		洗脳
	宗教紛争	民族紛争
		人種差別
人権	人権侵害	差別
		虐待
		人身売買
		報道被害
	表現規制問題	性犯罪
		少年犯罪
		著作権
政治	難民･移民	迫害･亡命
		不法滞在
		外国人労働者
	民族問題	民族差別
		民族解放運動
	領有権問題	領土問題
		植民地
		独立問題
	歴史認識問題	文化摩擦

（カテゴリー6: 社会　続き）

治安	薬物乱用	麻薬
		覚せい剤
	暴力	国際テロリズム
		心的外傷
	犯罪	国際テロリズム
		経済犯罪
		薬物犯罪
		サイバー犯罪
都市	高齢社会	少子高齢化
		労働力人口減少
人的災害	交通事故	道路交通事故
		航空機事故
	労働災害	過労死
		メンタルヘルス
知的財産権	権利侵害	海賊版
		模倣品

付録２．地球規模問題に関する参考文献

国際連合 (United Nations)
Global Issues on the UN Agenda, http://www.un.org/issues/index.asp
The Millennium Development Goals Report (2006)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
The State of Food Insecurity in the World 2008 (2008)
The State of Food and Agriculture 2008 Biofuels: Prospects, risks and opportunities (2008)

International Fund for Agricultural Development (IFAD)
International Migration, Remittances and Rural Development (2008)
The Difference We Make (2008)

Office of the Special Adviser on the Africa United Nations (OSAA)
United Nations System Support for the New Partnership for Africa’s Development (2006)

UNAIDS (Joint United Nations Programme on HIV/AIDS)
2008 Report on the Global AIDS epidemic (2008)
AIDS Outlook 09: UNAIDS WORLD AIDS DAY REPORT (2008)
UNAIDS: The First 10 years (2008)

United Nations Development Programme (UNDP)
Human Development Report 2007/2008: Fighting climate change: Human solidarity in a divided world (2007)

United Nations Division for Sustainable Development
Agenda 21 (1993)
Innovation for Sustainable Development: Local Case Studies from Africa (2008)
Millennium Development Goals Report 2008 (2009)

世界銀行 (World Bank)
世界銀行年次報告書2008　一年を振り返って (2009)
世界銀行における持続可能な開発 (2007)
IDAの取組 (2007)
世界銀行のアフリカ支援 (2007)
国際開発協会第15次増資―援助構造 (2007)

東アジア地域報告書 (2008)
世界銀行の優先10項目 (2002)

International Atomic Energy Agency (IAEA)
IAEA Annual Report 2007 (2008)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
Climate Change and Water (2008)
Climate Change 2007 Synthesis Report (2008)
Climate Change 2007 The Physical Science Basis (2007)
Climate Change 2007 Impacts, Adaptation and Vulnerability (2007)
Climate Change 2007 Mitigation of Climate Change (2007)

厚生労働省
平成20年版厚生労働白書 (2008)

外務省
政府開発援助（ODA）白書2007年版　日本の国際協力 (2008)
ODA分野別開発戦略ホームページ,
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/bunya/index.html

農林水産省
平成19年度食料・農業・農村白書 (2008)

内閣府
平成18年版防災白書 (2006)

環境省
平成17年版環境白書 (2005)
平成18年版循環型社会白書 (2006)

付録３．地球規模問題構造化ワークショップ概要

１．背　景

今年度、政策・システムユニットでは、研究開発戦略センターが掲げる３つの社会ニーズの１つである地球規模問題の解決に資するため、地球規模問題の抽出及びその構造化を行っている。

その活動の一環として、地球規模問題構造化ワークショップを開催する。ユニット内で検討した地球規模問題を、センター内フェローとの議論を通して構造化し、今後地球規模問題の解決に向けて取り組むべき科学技術を明らかにするための基盤とする。

２．ワークショップの目的

地球規模問題の解決に向けた研究開発戦略の策定に資するため、地球規模問題の解決に資する科学技術を抽出する基盤となる構造図を完成させる。

３．期待するアウトプット

地球規模問題の構造図の作成

４．開催日時・場所

平成20年12月19日（金）13:30～15:00

研究開発戦略センター　2F応接室

５．参加者（敬称略）

石正　茂	戦略推進室　室長
渡辺　康正	政策・システムユニット　フェロー
嶋田　一義	電子情報通信ユニット　フェロー
沼田　真也	臨床医学ユニット　フェロー
高野　守	戦略推進室　主査
中村　亮二	臨床医学ユニット　フェロー
治部　眞理	経営企画部　主査
福田　佳也乃	政策・システムユニット　フェロー

付録４．笹川平和財団「科学技術分野の国際協力に関する研究会」の議論要旨

１．日本国内の科学技術政策立案の課題

(1) 日本の総体としての科学技術分野の国際戦略の形成が必要である。

(2)「点から点への協力」から「点から面への協力」への移行が重要である。

(3) 縦割り行政、機動性・柔軟性の欠如、戦略性の欠如、中長期的な視点に立った戦略性、マネジメント力の欠如が問題となっている。

(4) GDP拡大だけを目的としない、価値観の転換が必要である。

２．日本の科学技術分野の国際連携における課題

(1) アジア地域には、欧州地域に見られるような科学技術分野の国際協力を支援し、アジアの人たちが集える「場」が見られず、国際協力・人材育成推進の足かせとなっている。

(2) 日本政府の科学技術基本計画や科学技術外交の方針にも「国際協力」「国際的なプログラム」が明記されているため、それらを実現させる具体的な技術協力や資金供与等の制度設計が必要である。

(3) より具体的に日本の国際協力や国益を踏まえた上で、国際的なプログラムを実現させるためには、「アジア研究圏」(ARA：Asian Research Area) のような「場」を設けることが必要である。日本が、アジア地域における科学技術分野の国際協力を推進するための足場を固めることが重要である。

参考文献

[1] T. Arimoto, Japan and the Globalization of Science, 2009 AAAS Annual Meeting, 2009, Chicago.
[2] GIES2008国際組織委員会, グローバル・イノベーション・エコシステム2008声明 (2008). See GIES portal site: http://crds.jst.go.jp/GIES/.
[3] K. Fukuda, GIES - Global Innovation EcoSystem: a proposal of a framework for technology transfer, Joint Symposium between the Center for Research and Development Strategies, Japan Science and Technology Agency and the International Institute for Industrial Environmental Economics at Lund University, 2008, Lund, Sweden.
[4] H. Pohl, M. Elmquist, On the way to electric cars - a case study of a hybrid electric vehicle project at Volvo cars, The R&D Management Conference 2008, Ottawa, Canada (2008).
[5] Invest in Germany GmbH, Invest in Germany magazine, 2006春号.
[6] 家村浩明, プリウスという夢　トヨタが開けた21世紀の扉, 双葉社 (1999).
[7] 生駒俊明, イノベーションと国際競争力, 学術の動向, 2006年12月号 (2006).
[8] 科学技術振興機構研究開発戦略センター, 戦略プロポーザル　科学技術イノベーションの実現に向けた提言　－ナショナル・イノベーション・エコシステムの俯瞰と政策提言－ (2007).
[9] 科学技術振興機構研究開発戦略センター, 戦略提言　地球規模の問題解決に向けたグローバル・イノベーション・エコシステムの構築　－環境・エネルギー・食料・水問題－ (2008).
[10] CRDS, ナノテクノロジー・材料分野科学技術研究開発の国際比較2008年版 (2008).
[11] 経済産業省, 平成20年度住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金募集開始のお知らせと概要について(2008).
[12] 経済産業省 新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会, 次世代自動車用電池の将来に向けた提言 (2006).
[13] 経済産業省 新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会インフラ整備検討WG, 新世代自動車の本格普及に向けた提言 (2007).
[14] 治部眞里, 福田佳也乃, 三宅隆悟, 干場静夫, グローバル・イノベーション・エコシステムの構築に向けて, ESTRELA, No.165 (2007).
[15] 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 技術情報データベース.
[16] 中央教育審議会, 新しい時代を切り拓く生涯学習の振興方策について～知の循環型社会の構築を目指して～ (2008).
[17] 東京新聞, 2007年10月23日.
[18] 日本経済新聞, 2007年11月14日.
[19] 日本政策投資銀行フランクフルト駐在員事務所, 拡大するドイツの太陽光発電産業,

日本政策投資銀行Research Report (2006).
[20] 野中郁次郎, 遠山亮子, フロネシスとしての戦略, 一ツ橋レビュー (2005).
[21] 福田佳也乃, 三宅隆悟, 有本建男, グローバル・イノベーション・エコシステムの構築に向けて, 研究・技術計画学会第23回年次学術大会講演要旨集(2008).
[22] 藤田昌久, 空間経済学の視点から見たアジアの経済統合と日本の将来, 内閣府経済社会総合研究所講演(2005).
[23] 文部科学省, 我が国の科学技術人材の流動性調査, 調査資料163(2009).
[24] 有限責任中間法人太陽光発電協会, 太陽光発電産業の現状と取組みについて(2008).

■調査担当メンバー■

福田　佳也乃	フェロー	（政策・システムユニット）
三宅　隆悟	フェロー	（政策・システムユニット）
治部　眞理	主査	（経営企画部兼長期ビジョン特命事項推進タスクフォース）
有本　建男	上席フェロー	（政策・システムユニット）

科学技術による地球規模問題の解決に向けて調査報告書

―グローバル・イノベーション・エコシステムとアジア研究圏―

CRDS-FY2008-RR-02

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター

平成21年3月

政策・システムユニット

〒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

©2009 JST/CRDS

許可なく複写・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。