



RIETI Policy Discussion Paper Series 15-P-014

公的研究機関のイノベーションプラットフォームとしての役割： TIAナノの事例研究

元橋 一之
経済産業研究所

カン・ビョンウ
アジア経済研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

公的研究機関のイノベーションプラットフォームとしての役割：TIA ナノの事例研究¹

元橋一之（東京大学・経済産業研究所）

カン・ビョンウ（アジア経済研究所）

概要

TIA (Tsukuba Innovation Arena) ナノは、ナノテクノロジー分野における官民のイノベーションプラットフォームとして設けられた組織である。特定の運営組織を設けるのではなく、産業総合研究所など筑波学園都市に設置された公的研究機関や大学によるバーチャルネットワークとして運営されている。本稿では、カーボンナノチューブ (CNT) とパワーエレクトロニクス (SiC 半導体) に関する活動に関する事例研究を行い、公的研究機関のイノベーションプラットフォームとしての役割について政策的なインプリケーションを導出した。産総研は 2001 年の独立行政法人化によって、産業界との連携を深め、これらの技術分野においてもイノベーションネットワークの中心的な役割を担うようになったことが分かった。ただし、CNT と SiC のイノベーション特性の違いによって、産総研がイノベーションプラットフォームとして担う役割は異なる。CNT については、幅広い産業におけるイノベーションの源泉となる技術 (General Purpose Technology) として、オープンな材料の提供や知財政策を展開することが重要である。その一方で、SiC は、パワーエレクトロニクス製品を巡る関連産業のコーディネーター役が重要となるので、個々の企業における製品化インセンティブとプロジェクト全体の効率性のバランスを考えたプロジェクトマネジメントが必要となる。

キーワード：公的研究機関、プラットフォーム、イノベーション特性

JEL Classification : L32, O32

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹ 本稿を取りまとめるにあたっては、産業総合研究所の関係者各位に協力いただいた。特に、インタビューに応じていただいた山口浩氏（先進パワーエレクトロニクス研究センター副センター長）並びに湯村守雄氏（ナノチューブ応用研究センター副センター長）に感謝の意を表したい。尚、本稿は、（独）経済産業研究所におけるプロジェクト「オープンイノベーションの国際比較に関する実証研究」の成果の一部である。

1. はじめに

ナショナルイノベーションシステム(Nelson, 1993; Freeman, 1995; OECD, 1997)の中で、公的研究機関（国や地方政府の資金をベースに運営されている非営利研究機関）はさまざまな役割を担っている。軍事や情報セキュリティといった国家レベルでの安全保障に関する分野、また、食品や環境問題といった公共性が高い分野の研究については、公的研究機関で行うべきものである。また、宇宙や原子力のように民間企業で行うには規模が巨大で長期的な投資になる、いわゆるビッグサイエンスに関する研究も、公的研究機関で行うべきものといえる(Roessner, 1993; 大沢, 2010)。

公的研究機関の役割としてもう一つ重要なのは、国全体の産業技術の高度化や発展に寄与することである。通産省（経済産業省）が所管していた工業技術院（産業技術総合研究所）は日本の産業技術の高度化に大きく貢献してきた(Freeman, 1987)。例えば、日本の半導体産業が欧米に対して技術的キャッチアップを果たした背景として、1970年代後半に通産省が主導した超エルエスアイプロジェクトが大きい。当時の工業技術院（電子総合研究所）は、民間企業のとりまとめ的な役割を果たした。公的研究機関が技術的キャッチアップに果たした役割については、日本だけでなく、韓国、台湾、タイなどにおいても観察されている (Mazzoleni and Nelson, 2007; Kim and Lee, 2015; Intarakumnerd and Chairatana, 2008)。

しかし、国の経済発展とともに産業技術に関する公的研究機関の位置づけも変化する。日本の産業技術は、概ね欧米諸国のレベルに到達したことで、技術的キャッチアップを支援するという役割が縮小した。その一方で、新たな産総研に対するミッションとして明確になってきたのが、基礎的研究を担う大学と民間技術の間の死の谷を「橋渡し」する機能である。また、技術進歩のスピードが速くなり、製品・サービスに関する技術が複雑化する中で、企業においてはオープンイノベーションをすすめることが重要になっているが、そのためのプラットフォーム機能を公的研究機関が担うことが期待されている(Beise et al., 1999; Diez, 2000; Van Beers et al., 2008)。ここでのプラットフォームとは、公的研究機関が有する大規模施設、研究人材や知財などの有形、無形の資産を企業に対して幅広く提供することで、企業のイノベーション活動を支える基盤的機能を果たすことを示す。

TIA (Tsukuba Innovation Arena) は、ナノテクに関するプラットフォームを担う組織として 2009年に形成されたものである。TIAは産業総合研究所（産総研）の他、物質・材料研究開発機構（NIMS）、高エネルギー加速器研究機構（KEK）及び筑波大学の4機関で成り立つバーチャルな組織であり、相互に連携しながら、民間企業のオープンイノベーションの場を提供している。ここでは、TIA ナノにおける活動の中から、特に産総研のカーボンナノチューブ（CNT技術）とパワーエレクトロニクス（特にSiC技術）に関する活動を取り上げ、これらの分野における産総研の役割を詳細に検討する。その結果として、イノベーションプラットフォームとしての公的研究機関の役割を強化するための、政策的インプリケーションを導き出す。

CNT 技術と SiC 技術を取り上げたのは、両者とも産総研（工業技術院）によって開発された技術が基盤になり、複数の民間企業を巻き込んだイノベーションの協業が進んでいるものであるからである。また、SiC 技術が比較的明確な市場（家電製品、自動車、電力設備など向けのデバイス）をターゲットにしたものであることに対して、CNT 技術は多様な市場が考えられ、市場開発が重要な目的の一つとなっているという違いがある。このような技術と市場（技術経営）の特性の違いによって、公的研究機関の役割も異なることが予想される。ここでは、技術経営特性に即した技術プラットフォームの役割や民間企業との共同研究マネジメント（例えば知財マネジメント）のあり方を明らかにする。

2. CNT と SiC：産総研における取り組みと技術経営特性

(1) カーボンナノチューブ

カーボンナノチューブ（CNT）は炭素原子から構成されるナノレベルの口径をもつチューブ状の物質であり、鉄の 20 枚の強度、銅の 10 倍の熱伝導性、シリコンの 10 倍の電子移動度を持つといわれている。CNT は 1991 年に飯島澄男氏（NEC→工技院）によって発見されていたが、製造コストが高く、産業材として大量に利用できないという制約があった。

この状況を大きく変えたのが、2004 年に産総研で開発されたスーパーグロース法である。従来の CVD 法（化学気相合成法）では、長さが数マイクロオーダーの CNT しか生成されず、しかも触媒金属粒子やアモルファスカーボンなどの不純物が混じるという問題があった。これに対して、少量の水が触媒の効率を画期的に向上させることが発見され、長さは従来の 500 倍（数ミリオーダー）、しかも高純度で配向性が高い単層 CNT を生成することに成功した（Hata et. al, 2004）。

産総研においては、これらの CNT に関する製造技術を更に進化させるために NEDO 委託事業として「カーボンナノチューブキャパシタ開発」プロジェクト（2006 年～2010 年）を行った。このプロジェクトは、CNT の量産グループとキャパシタ（蓄電部材の電極、CNT の伝導性によってエネルギーロスが抑えられる）グループの 2 本立てで研究開発が行われた。とくに量産グループにおいては、CNT の大面積化（A4 サイズのナノチューブ合成）や連続合成技術を開発することで、大幅に生産能力を向上させることに成功した。現在は、このプロジェクトで開発した生産プラントを同プロジェクトのパートナー企業であった日本ゼオンに貸与し、同社は事業化を進めている。

現在、産総研は CNT の産業化・実用化に力を入れている。CNT を企業に対して試料提供することで、新素材の用途に関するイノベーションを促進することである。また、技術研究組合 TASC（Technology Research Association for Single Wall Carbon Nanotubes、単層 CNT 融合新材料研究開発機構）における基盤技術の共同開発や研究施設の提供、人材育成なども重要な活動である。TASC における参加企業は、NEC、日本ゼオン、住友精密などであるが、産総研はその活動において中心的な役割を果たしている。TASC からは

金属ゴムや樹脂と CNT 複合体、不織布などの 10 種類の CNT に関する試料提供を行っており、提供契約件数は 100 件を超えている。また、この契約の中では契約先で知財が発生した場合には単独出願を認めている。

また、産総研においては「ナノ炭素材料実用化プロジェクト」(NEDO 委託費：2010～2016 年度)に取り組んでおり、ここでは「ナノ材料」、「分散技術」、「分散体」、「成型加工技術」など CNT の工業化にかかわる技術を一通貫で進めている。CNT の用途としては、燃料電池などの蓄電材料の他、センサー、アクチュエーターなどの電子部品、電子ペーパー、太陽電池など、様々な分野における用途が考えられるが、それぞれの用途に応じて CNT 材料の加工技術、工業化技術を産総研が中心となって対応し、用途技術開発については、それぞれの企業が行うという役割分担でイノベーションが進んでいる。

(2) パワーエレクトロニクス (SiC)

家庭や産業で用いられるインバーター向けのパワーデバイス、シリコンベースの製品が用いられてきたが、シリコンと比べて、バンドギャップが大きく、絶縁電界破壊強度が大きい SiC(シリコンカーバイド)などの新しい素材の活用が期待されている。しかし、シリコンと比べて、ウェハの製造や半導体回路の作成といった製造技術が困難であり、コスト面で製品化や普及が進まないという問題を抱えている。

産総研において、SiC 関連の研究に本格的に取り組みだしたのは、1998 年～2002 年まで行われた「超低損失電力素子技術開発プロジェクト」(NEDO 委託事業)からである。ここで、産総研(当時、工業技術院)は、日立、三菱電機、東芝などのメーカーとともに SiC パワーデバイスに関する製造技術の開発に取り組み、日本の SiC 技術を世界レベルに引き上げた。産総研においては、SiC の MOSFET で耐電圧 600V のチャンピオンデータを有するなど、技術的には最先端を走っている。今後は、この技術的優位性を生かして、具体的な製品として落とし込むプロセスが重要となるが、これは主に企業の活動となるので、SiC パワーデバイスに関する企業のコーディネーターとしての役割を果たしている。

産総研における SiC に関する開発目標(ロードマップ)は、インバーターの性能に応じて、家電・照明用(第 1 世代)、EV/HEV、鉄道用(第 2 世代)及び系統インフラ用(第 3 世代)で分けて考えられている。更に、それぞれの世代については、ウェハ、素子、機器応用の順に開発を進めていくこととしており、2015 年時点では、第 1 世代については機器応用まで開発が進んできており、第 2 世代のウェハ技術に関する研究開発を行っているところである。また、第 1 世代については、開発された技術を民間企業に移転プロセスが中心であることから、TPEC(つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション)という名称で、企業との共同研究を中心に活動している。一方、第 2 世代と第 3 世代については、それぞれ「新材料パワー半導体事業」や「最先端研究開発支援プログラム」などの公的資金による研究開発プロジェクトで対応している。

なお、TPEC にいたる企業との共同研究のスキームは、2008 年～2011 年まで AIST 産業変革研究イニシアティブとして、産総研内のパワーエレクトロニクス用研究施設（例えば、SiC 用専用クリーンルーム）を民間にも開放しながら、官民連携で開発を進めてきた経緯がある。2012 年から TPEC として、これまでのように研究施設を結節点として、企業のオープンイノベーションの場としての機能を強化している。公的研究機関による半導体研究開発に関するプラットフォームとしては、ベルギーの IMEC や米国のアルバニーナノテクなどが有名であるが、これらの機関を目指した運営が試みられている。

(3) イノベーションの分類学（タイポロジー）

ここでは、CNT と SiC の技術的特性に加えて、将来的な市場の明確度をもう一つの尺度として、技術経営特性（技術と市場の特性）の観点から両者の比較を試みる。これは技術経営特性の違いによって、プラットフォーム機能としての産総研の役割も異なる可能性があるという問題意識に基づいている。また、次章において特許データを用いて産総研がこれらの技術分野においてプラットフォーム的な機能を果たしているか、そのパフォーマンスに関する分析を行うが、その分析を行う上でフレームワークを提示するものでもある。

技術経営（イノベーション）のタイプ分けに関する研究については、Pavitt(1984)を嚆矢とした一連の流れが存在する。Pavitt(1984)は、イノベーションの源泉とその占有可能性メカニズムに着目し、イノベーションのタイプを(1)Science Base（製薬、エレクトロニクス）、(2)Specialized Supplier（産業機械、計測機器、高機能材料など）、(3)Supplier dominated（繊維、製紙業など）、(4)Scale intensive（製鉄、自動車など）に分類した。また、Masili(2001)はこのコンセプトを拡張し、技術レジームという概念を提唱した。ここでは、産業別の「技術機会の大小」、「技術的な参入障壁」、「技術蓄積の重要度」、「要素技術の多様性」などによって、要素技術の多様性は低いが、技術機会が大きく（技術革新のスピードが速く）、大学などの科学的知見をより必要とする Science Based や、要素技術の多様性が高く、技術蓄積による参入障壁が高い Complex System などのレジームを提唱している。

Malerba and Orsenigo (1996)は、やはり「技術機会」、「技術の専有可能性」及び「技術蓄積の重要度」の基づきイノベーションの分類学を提唱しているが、それらの特性とシュンペーターによる2つのイノベーションタイプ（Mark1 と Mark2）との関係について述べている。つまり、同じように技術機会が高い（技術革新が早い）産業においても、「技術の専有可能性」や「技術蓄積の重要度」が低い産業については Schumpeter Type1（ベンチャー企業による Creative Destruction）が適合し、逆にこれらが高い産業については、Schumpeter Mark2（大企業の重要性）が適合するというものである。Malerba (2002)はこの分類学をベースに、市場メカニズムや企業間取引の特徴などの制度的な特徴も取り入れて、Sectoral System of Innovation というコンセプトを構築した。

これらのイノベーション分類学の基本となっているのは、イノベーションに関する技術

面とその収益化のプロセス（競合相手、市場との関係）に関する特性の違いである。技術面では、「技術蓄積の重要性」や「要素技術の多様性」など、収益化のプロセスについては、「技術の専有可能性」、「技術的参入障壁」などが関係する。そこで、図1のような技術と市場のマトリックスを作成して CNT とパワーエレクトロニクスのイノベーション特性について議論したい。

技術特性については、Discrete Technology か Complex Technology という分類軸を設けた。これは、要素技術的な多様性の度合いに対応する概念である。前者は医薬品を含む化学業界や金属材料関係の産業に見られる技術特性で、一つ一つの技術が独立に存在して一つの製品における相互依存関係が少ないものをいう。一方で、後者は機械関係、特にエレクトロニクス産業で特徴的であるが、一つの製品に対して複数の技術が複雑に相互依存関係を持ちながら存在する特徴がある。CNT については材料技術であり、どちらかというとも前者 (Discrete Technology) に分類され、SiC はエレクトロニクス製品をターゲットとしたものなので、後者 (Complex Technology) に分類するのが適当である。

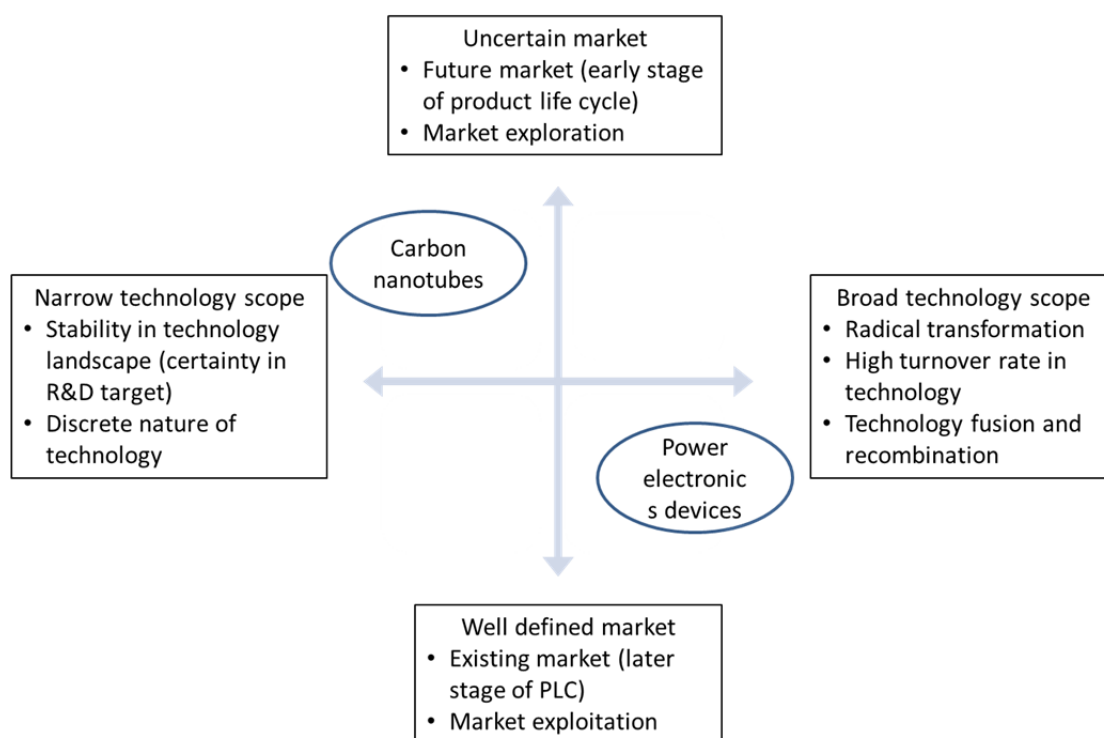


図1：技術・市場マトリックス

市場面については、ここでは公的研究機関が行う研究分野を対象としており、必ずしも商業化に直接つながらないものを対象としている点に留意されたい。この点では、Pavitt(1994)の流れを引く分類学は、イノベーション（技術の収益化）を対象としているという点でやや目的が異なるものとなる。しかしながら、CNT にしろ SiC にしろ企業を

巻き込んで将来的な産業化を目指したものであることから、これらの技術の適用分野（ターゲット市場）が明確に設定されているか、否かの軸で分類した。CNT は、強度、電導性、半導体特性などの面で、従来の金属や炭素繊維とは違った画期的な材質である。従って、その適用範囲は広い。つまり、特定の市場をターゲットとした技術ではなく、汎用的技術（General Purpose Technology）といえる。一方で、SiC がターゲットとする製品はインバータである。家電製品、自動車用、電力系統用と用途によって、必要となる耐電圧はことなるが、半導体という明確な市場をにらんだ Market Specific な技術といえる。従って、技術経営特性を示す技術市場マトリックスの上で、CNT と SiC はそれぞれ図 1 のようにプロットされる。

市場が未確定である CNT、技術が複雑である SiC のいずれの場合においても、イノベーションプラットフォームとしての役割はありうる。技術経営リスクが大きく、個々の企業では取れる範囲を超えているからである。このようなリスクは大きいですが、同時に経済的に大きなインパクトを与える可能性があるイノベーションに対して、公的研究機関が果たす役割が求められる。しかし、その役割は CNT と SiC で異なることは明確である。

CNT については、新たな市場開発は企業に任せて、産総研としては量産技術や補完的な技術（拡散技術など）などの技術基盤を整備することにフォーカスすることが重要である。その意味で、産総研の CNT に関する試料提供契約はこの方向性に則っているといえる。一方で SiC については、企業の垂直連携をコーディネートする役割が重要となる。市場化目標に対してロードマップを設けて、ウェハ、素子、応用機器の研究開発を一気通貫でコーディネートしようとする方向性は正しい。ただし、企業は製品市場で競争しているので、垂直連携と水平的な競争のバランスをとるために高度なマネジメント能力を必要とする活動となる。

3. 特許データを用いた実証分析

ここでは、前節で分析したイノベーション分類に従って、産総研が CNT とパワーエレクトロニクスイノベーションについて適切な役割を果たしてきたか否かについて、特許データを用いた評価分析を行う。

(1) 特許データ

本稿の分析に使用する特許データベースとして、日本特許全文データベースと IIP パテントデータベース(Goto & Motohashi, 2007)を使用した。日本特許全文データベースは発明の名称、要約、クレームなどの全文を含んでおり、キーワード検索に適しているため、特許データを検索するために使用した。一方、IIP パテントデータベースは、特許出願・登録情報、出願人・権利者・発明者情報、引用情報などをデータベース化しており、統計分析に適しているため、日本特許全文データで検索した特許データの統計分析に使用した。

上記の二つのデータベースからの特許データ検索条件を次に述べる。本研究に用いる特

許データ検索条件は TIA-nano 関連特許情報(TIA, 2012; TIA, 2013)²に記載されてある特許情報の検索条件を参考にした。上記の報告書に記載されてある特許情報の検索条件を基に検索した。表 1（カーボンナノチューブ）と表 2（パワーエレクトロニクス）に本稿で設定した抽出条件を示し、TIA-nano 関連特許情報に記載された検索条件と比較する。本稿で用いた特許データ検索条件と TIA-nano 関連特許情報で用いた特許データ検索条件には違いが二つある。本稿においては、これらの関連特許が産業総合研究所（+工業技術院）から初めて出願された特許として、IIP パテントデータベースには F タームに関する情報が存在しないので、この条件を除いた検索式で特許の抽出を行った。

表 1 カーボンナノチューブコア研究領域の TIA 関連特許検索条件

	本稿	「TIA 関連特許情報」
データベース	IIP パテントデータベース	NRI サイバーパテントデスク 2
検索条件 1	1. 出願日： - 1988 年 1 月～2011 年 3 月（公開日） 2. 出願人・権利者： - 産業技術総合研究所+工業技術院 3. 発明の名称+要約+クレーム： -炭素ナノチューブ+カーボンナノチューブ+層ナノチューブ +CNT+SWNT+DWNT+MWNT 4. IPC（技術分類）： - C01B 31/02, 101@F 5. F ターム： - （使わず）	1. 出願日： - 1992 年 1 月～2011 年 4 月 2. 出願人・権利者： - 産業技術総合研究所 3. 発明の名称+要約+クレーム： - 炭素ナノチューブ+カーボンナノチューブ+層ナノチューブ +CNT+SWNT+DWNT+MWNT 4. IPC（技術分類）： - C01B31/02, 101@F 5. F ターム： - 4G146-AA11^+4G146-AA13\$+ 4G146-AC03\$+4G146-BA04\$
検索条件 2	検索条件 1 から (1 AND 2 AND (3 OR 4))	検索条件 1 から (1 AND 2 AND (3 OR 4 OR 5))

² これまでに、パワーエレクトロニクスコア研究領域、カーボンナノチューブコア研究領域、ナノエレクトロニクスコア研究領域の三つの重点研究領域に関する特許情報を公開した。研究を進める段階では、パワーエレクトロニクスコア研究領域及びカーボンナノチューブコア研究領域の報告しかなかったゆえ、本稿ではナノエレクトロニクスコア研究領域を研究対象に含んでいない。

表2 パワーエレクトロニクスコア研究領域の TIA 関連特許検索条件

	本稿	「TIA 関連特許情報」
データベース	IIP パテントデータベース	NRI サイバーパテントデスク 2
検索条件 1	1. 出願日： -1985年1月～2011年3月(公開日) 2. 出願人・権利者： - 産業技術総合研究所+工業技術院 3. 発明の名称+要約+クレーム： - SiC+シリコンカーバイド+シリコンカーバイド+炭素ケイ素+炭素珪素+炭素けい素+炭化シリコン+ケイ素カーバイド+珪素カーバイド+けい素カーバイド 4. 発明の名称+要約+クレーム： - 半導体+セミコンダクタ+トランジスタ+ダイオード 5. 技術分類 (IPC)： - H01L+C30B+C23C+H02M	1. 出願日： - 1992年1月～2010年3月 2. 出願人・権利者： - 産業技術総合研究所 3. 発明の名称+要約+クレーム： - SiC+シリコンカーバイド+シリコンカーバイド+炭素ケイ素+炭素珪素+炭素けい素+炭化シリコン+ケイ素カーバイド+珪素カーバイド+けい素カーバイド 4. 発明の名称+要約+クレーム： - 半導体+セミコンダクタ+トランジスタ+ダイオード 5. IPC (技術分類)： - H01L+C30B+C23C+H02M
検索条件 2	検索条件 1 から (1 AND 2 AND 3 AND (4 OR 5))	検索条件 1 から (1 AND 2 AND 3 AND (4 OR 5))

上記の方法を用い、産総研関連のカーボンナノチューブコア研究領域及びパワーエレクトロニクスコア研究領域の特許は、それぞれ 245 件と 121 件を得ることができた。TIA-nano 関連特許情報(TIA, 2012; TIA, 2013)で報告された特許数は、それぞれ 317 件と 167 件であることから、大凡 75%前後の産総研関連の特許を得ることができたと考えられる。図 2 に今回抽出された特許数を出願年別に見たものである。今回用いた IIP パテントデータベースは 2011 年 3 月までに公開された特許情報をベースにしたものである。2009 年 9 月までに提出された特許はすべて含まれているはずである。従って、2008 年までに提出された特許はすべて含まれているが、2009 年以降はデータ切断 (トランケーション) の問題があり、出願数が少なくなることには留意が必要である。カーボンナノチューブに関しては、2008 年まで出願数を伸ばしており、期間を通じて上昇トレンドが見られるが、パワーエレクト

ロニクス (SiC) については、2004 年をピークに最近では減少に転じている。

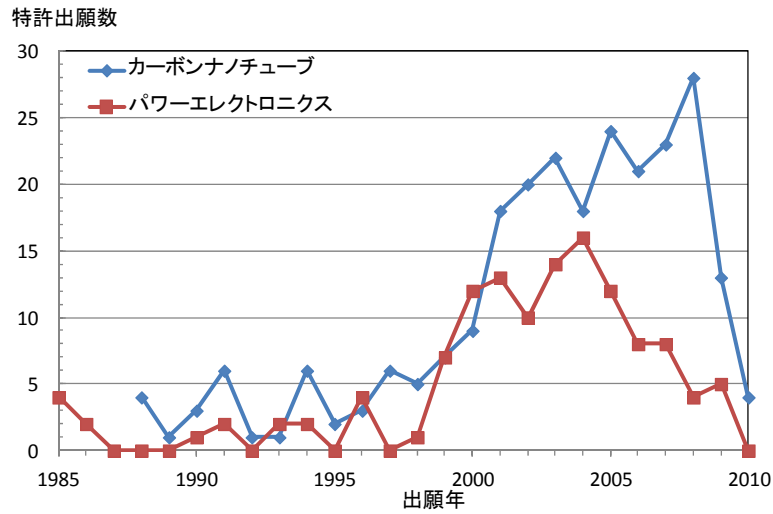


図2 産総研関連特許出願数の時系列推移

図3と図4ではカーボンナノチューブコア研究領域とパワーエレクトロニクスコア研究領域について、表1及び表2の出願人に関する条件をはずした産業全体の特許出願数と産総研による特許の推移を比較したものである。カーボンナノチューブに関しては、産業全体の特許出願数は2005年をピークに減少傾向に転じており、最近では産総研の出願する特許シェアが上昇している。また、パワーエレクトロニクス (SiC) は産業全体の特許数も産総研と同様、2000年代前半からピークアウトしており、技術的な成熟化が始まっている分野であるということがいえる。

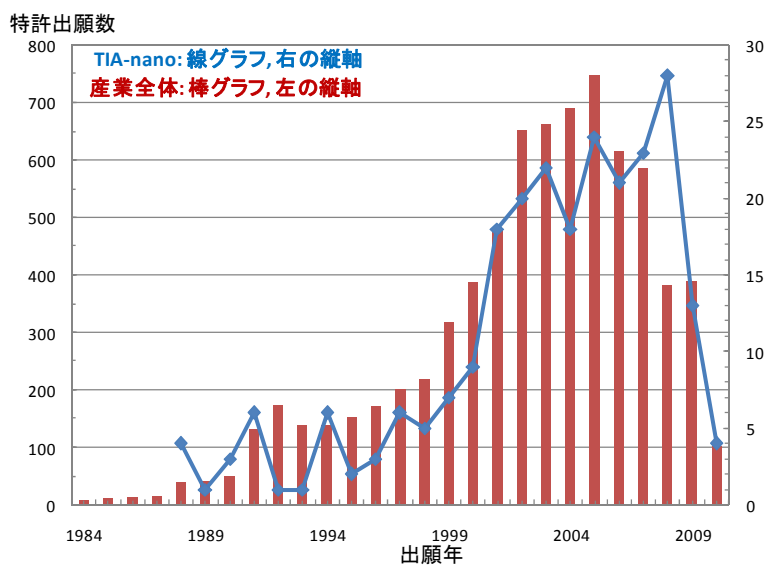


図3 カーボンナノチューブコア研究領域の特許出願数の時系列推移

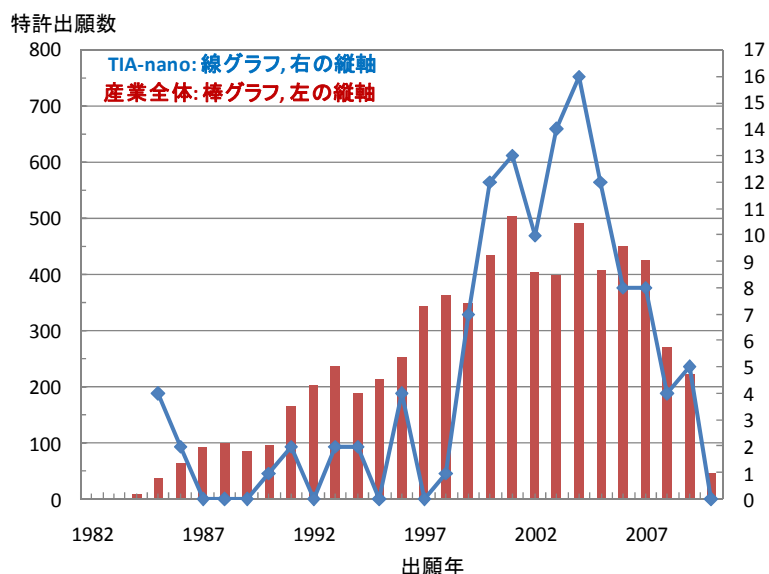


図4 パワーエレクトロニクスコア研究領域の特許出願数の時系列推移

(2) 共同出願の相手に関する分析

産総研がそれぞれの技術分野で産業全体のイノベーションに果たす役割についてみるために、まず共同特許出願相手の特徴について分析する。図5と図6に示すように、産業技術総合研究所が2001年に(旧)工業技術院を統合・再編されることで独立行政法人として設立されたことから、2000年以前と2001年以降で比較を行った。

まず、カーボンナノチューブコア研究領域では、特許出願件数は2000年までは16件だったが、2001年以降は77件まで増加した。また、共同出願した相手の数は、10社(9企業+1公的研究機関)から41社(12大学+26企業+3公的研究機関)に増えた。2000年まで共同出願した13社のうち3社(3企業)が2001年以降も共同出願を継続していた。

一方、パワーエレクトロニクスコア研究領域では、特許出願件数は2000年までは20件だったが、2001年以降は36件まで増加した。また、共同出願した相手の数は、12社(10企業+2公的研究機関)から21社(3大学+17企業+1公的研究機関)に増えた。2000年まで共同出願した12社のうち7社(6企業+1公的研究機関)が2001年以降も共同出願を継続しており、共同研究開発プロジェクトが継続的であることが分かる。この点は、カーボンナノチューブコア研究領域と大きく異なる点である。さらに、2001年以降大学との共同研究が占める割合がカーボンナノチューブコア研究領域で大きいことが分かる。

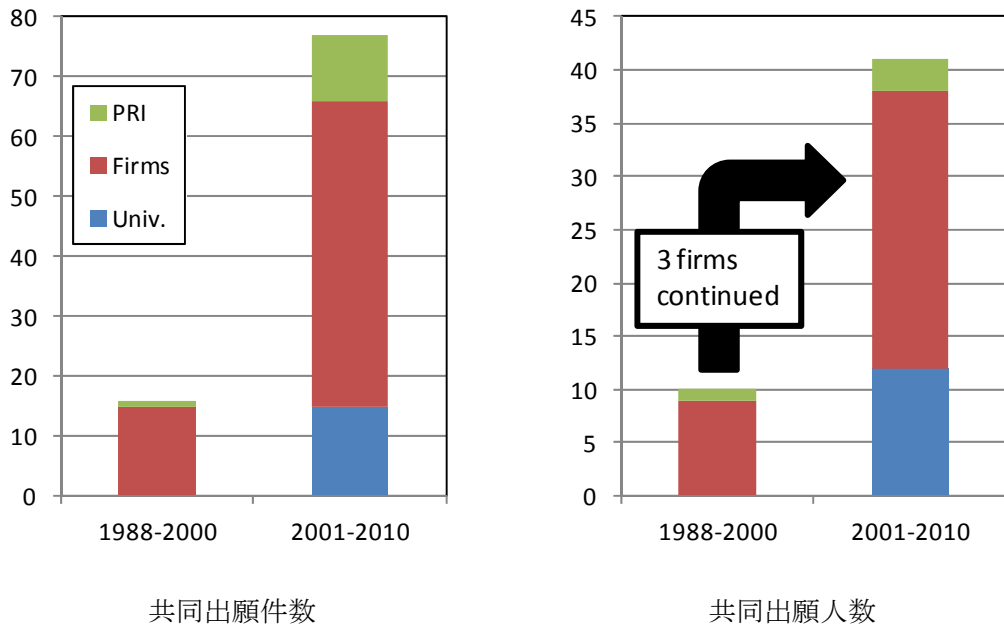


図5 カーボンナノチューブコア研究領域における産総研との共同特許出願相手

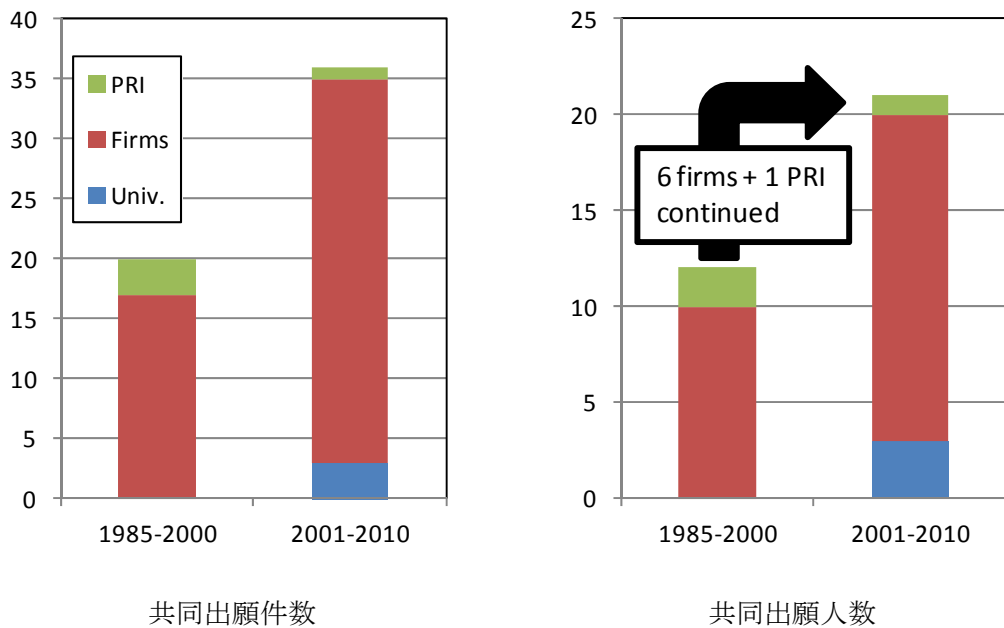


図6 パワーエレクトロニクスコア研究領域における産総研との共同特許出願相手

(3) 共同出願に関するネットワーク分析

次に、特許の共同出願関係に基づくネットワーク分析を行う。具体的には、社会ネットワーク分析で用いられる次数中心性(Degree Centrality)と媒介中心性(Betweenness Centrality)の変化についてみる。次数中心性は、複数のノードとノード間のリンクが存在

するネットワークにおいて、他のノードとの繋がり の数を示す指標である。高い次数中心性は、多くの繋がりを持つことを意味する。一方、媒介中心性は、ネットワーク内のすべてのノード間の最短経路上に通り道として出現する頻度を示す指標である。高い媒介中心性は、あるネットワークにおいてハブとして重要な役割を果たしていることを意味する。ここでは、それぞれのコア研究領域における出願件数上位 10 社（表 3 参照）と産総研の比較を行った。図 7 と図 8 がそれぞれの結果であるが、次数中心性と媒介中心性をそれぞれ横軸と縦軸としたプロット図を産総研（赤い点）と上位 10 社（青い点）で示している。

図 7 から、2000 年までの工業技術院時代の産総研はカーボンナノチューブコア研究領域において上位 10 位までの特許出願人と比べ、それほど高い次数中心性の値を示していない。しかし、産業技術総合研究所が創立された 2001 年以降、産総研の次数中心性はそれぞれの研究領域において最も高い値を示している。同じ結果がパワーエレクトロニクスコア研究領域についてもいえる（図 8）。

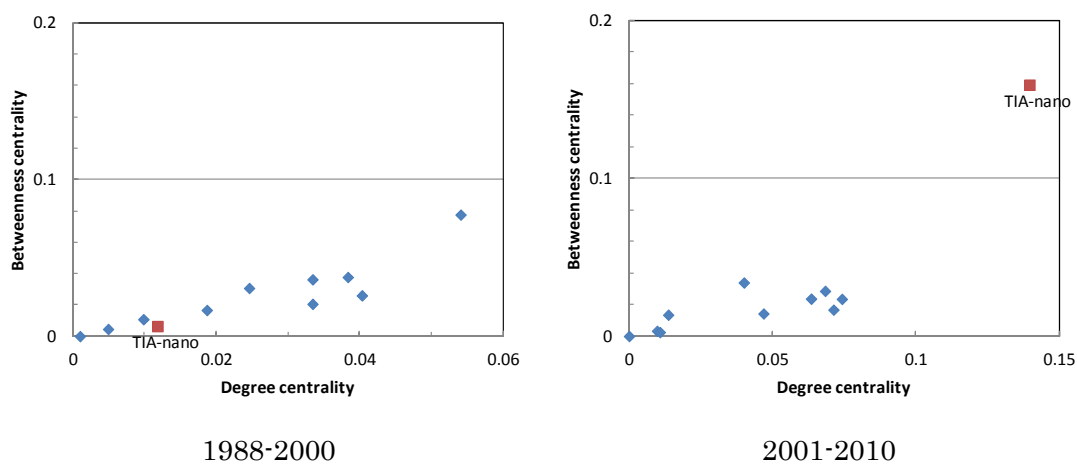


図 7 共同出願に関するネットワーク分析（カーボンナノチューブコア研究領域）

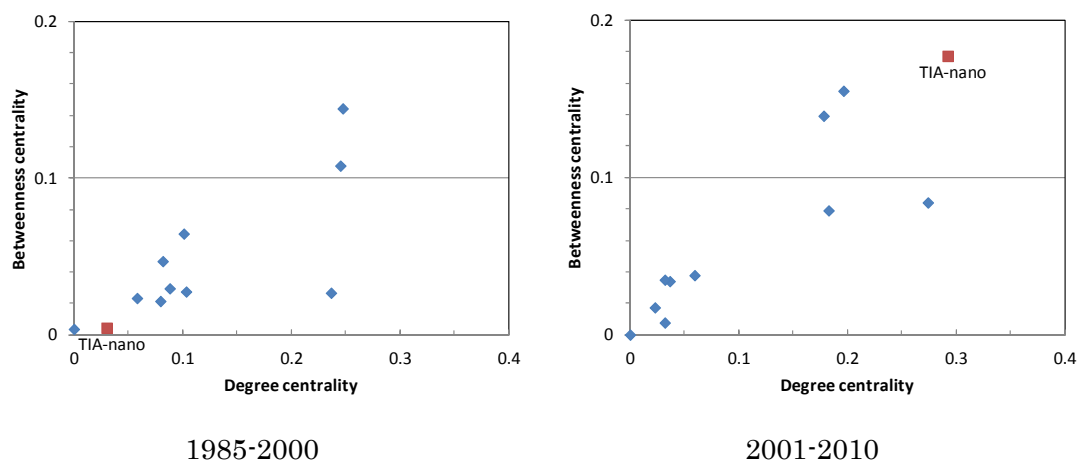


図 8 共同出願に関するネットワーク分析（パワーエレクトロニクスコア研究領域）

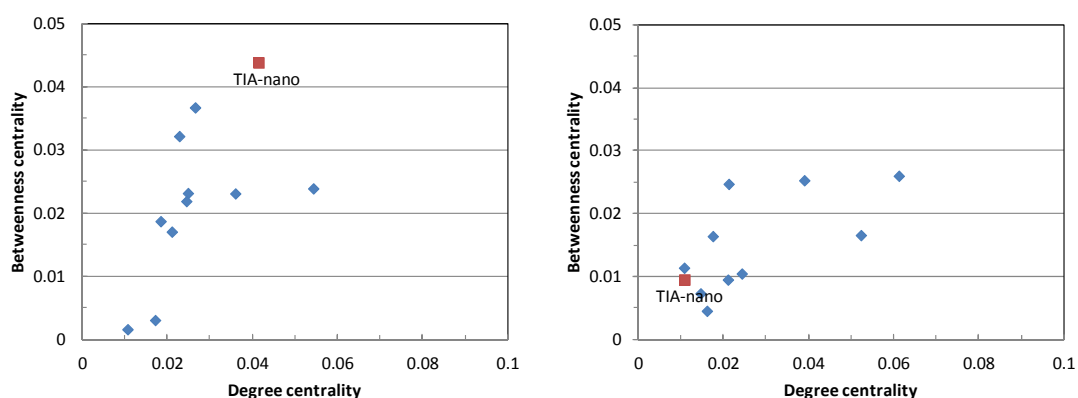
表3 パワーエレクトロニクス研究領域及びカーボンナノチューブコア研究領域における
特許出願数上位10社

パワーエレクトロニクス研究領域	カーボンナノチューブコア研究領域
ソニー	デンソー
Samsung SDI	パナソニック (松下)
パナソニック (松下)	住友電気
NEC	日立
三菱化学	東芝
東レ	京セラ
東芝	ソニー
日立	富士電機
大阪ガス	新日鉄
東海カーボン	信越化学

(4) 引用ネットワーク分析

次に、特許の引用関係に基づくネットワーク分析を行う。ここでは特許間の引用・被引用関係を組織間(企業、大学、公的研究機関)のネットワーク関係に置き換えて、上記の分析を同じように次数中心性と媒介中心性の分析を行った。

カーボンナノチューブコア研究領域で上位10位までの特許出願人と比べ、産総研は二番目に高い中心性の値を示している(図9)。特に媒介中心性は最も高く、産総研がハブとしての中心的役割を果たしていることを示している。一方、パワーエレクトロニクスコア研究領域では上位10位までの特許出願人と比べ、中心性の指標は高くない。特に、次数中心性については、非常に低い値にとどまっている。



カーボンナノチューブコア研究領域

パワーエレクトロニクスコア研究領域

図9 特許引用に関するネットワーク分析

(5) 引用関係に基づく Generality 指標

最後に、各コア研究領域特許の一般性(Generality)分析を行う。一般性とは、ある技術が後発技術に対しどれほど多くの技術分野に影響を与えたかを示す指標である。一般性の数値が高いほど、幅広い技術分野に応用されていることを示し、基盤技術として大きい役割を果たしていると解釈する。具体的には以下のとおりである。

$$\text{一般性} = 1 - \sum_{k=1}^{N_g} \left(\frac{N(k)}{N_{\text{all}}} \right)^2$$

ここで、 k 、 N_g 、 $N(k)$ 、 N_{all} はそれぞれ、技術分類コードの変数、各技術分類コード、各技術分類コードに属する前方引用特許数、前方引用特許総数を意味する。

本稿では、前方引用特許の技術分類と前方引用特許の出願人の産業分類を用い、各コア研究領域特許の技術一般性と産業一般性を分析した。上記の式に、産業分類コードを技術分類コードに代入することで、前方引用特許の出願人の産業分類に基づく一般性を計算した。なお、技術分類と産業分類には、それぞれ IPC サブクラスと日本標準産業分類の大分類を用いた。

結果については図 10 と図 11 のとおりである（青い点はそれぞれの技術分野における出願人上位 10 社）。全体的な傾向としては、カーボンナノチューブコア研究領域では、技術分類一般性の面での分布幅は狭いが、産業分類一般性での分布幅は広い。一方、パワーエレクトロニクスコア研究領域では、技術分類一般性の面での分布幅は広いが、産業分類一般性での分布幅は狭い。産総研の Generality 指標は場合、カーボンナノチューブコア研究領域においては、技術分類において他社と比べて高い値となっている一方で、パワーエレクトロニクスコア研究領域における産業分類において高い値となることが分かった。

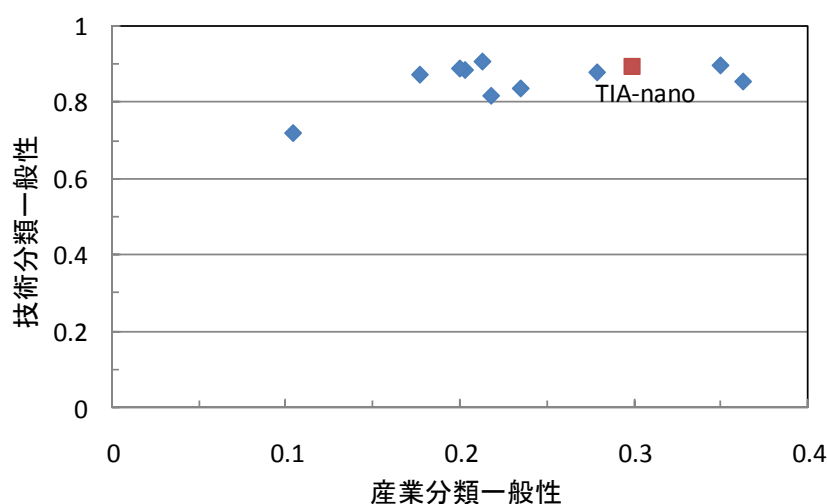


図 10 カーボンナノチューブコア研究領域における産総研のポジショニング

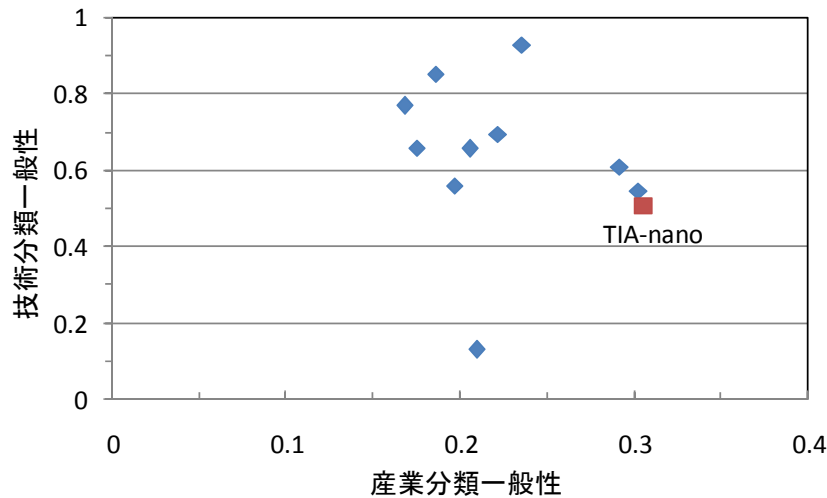


図 11 パワーエレクトロニクスコア研究領域における産総研のポジショニング

4. 結果のまとめと政策的インプリケーション

これまでの分析結果をまとめると以下のとおりである。

- ・ 2001年に工業技術院を再編して、独立行政法人として設立された産総研は、カーボンナノチューブ (CNT)、パワーエレクトロニクス (SiC) の両方の技術分野において、企業との共同研究を活発に行うようになり、共同出願の相手先も 2001年以降大きく増加した。
- ・ また、両技術分野において、特許出願数の上位 10社と比較した共同出願ネットワークの分析の結果を見ても、これらの技術分野における中心的な役割を果たすようになったことが分かった。
- ・ 一方で、特許の引用ネットワークに関する分析結果は、CNTとSiCで異なる結果となった。産総研はCNTについては、ネットワークの中心的な位置づけにしているのに対して、SiCにおいては中心性指標が、特許出願数の上位 10社と比較して高い値とならなかった。
- ・ また、特許引用に関する Generality 指標に関する分析結果を見ると産総研の位置づけは、CNTについて技術面で、SiCについては産業面で、多くの技術（産業）に引用される基盤的な発明を行っていることがわかった。

このように特許データを用いた分析の結果、独立行政法人となった産総研は、CNTとSiCの両分野において民間企業などとの共同研究を進めて、これらの技術分野において中心的な役割を果たすようになった。2009年の設立されたTIAナノは、これらの実績に基づいて、両分野を含んだナノテク材料の分野で民間企業のイノベーションプラットフォームとなることを目的としている。

しかし、第2章で述べたようにCNTとSiCは異なるイノベーション特性を持つことが考えられ、特許引用分析においても、なんらかの違いがあることが明らかな結果となった。

CNTについては、産総研は、公的研究機関として基盤的な技術ブレークスルーを達成し、民間企業のイノベーションの基礎技術を提供する役割を果たしていることが分かった。これは、同技術が Discret な技術特性を持つこととも関係している。産総研（TIA ナノ）としては、これまでどおり、比較的オープンな材料の提供や知財ポリシーによって、イノベーションエコシステムの技術的バックボーンとしての役割を担うことが期待される。

その一方で、SiC においては、CNT でみられたような民間企業の技術を支える研究成果の基盤性（引用ネットワークの中心性や技術面での Generality）は見られなかった。その一方で、引用ネットワークに関する産業面での Generality は高く、幅広い業種に属する企業間のコーディネート役として活動している可能性を示唆している。この分野のイノベーションは SiC を用いたインバータ製品という特定の市場をターゲットに研究開発が進められており、ロードマップに従った素材、半導体加工、装置、ユーザー企業などの垂直連携が必要となる。この活動全体のコーディネート役として、公的で非営利団体である産総研が果たすべき役割は大きい。ただし、利益を追求する民間企業のイノベーションに対するインセンティブを重視し、民間中心の活動を間接的にサポートする役回りとなることが重要と考えられる。知財政策についても個々の企業のインセンティブに基づいた弾力的な運用が必要であると考えられる。また、民間企業では所有することが困難な大規模施設の提供など、ハードウェア設備のプラットフォーム機能も重要であると考えられる。

本稿においては、特許データを産総研や企業といった組織レベルで見ること、CNT と SiC の研究分野での産総研が果たした役割について評価を行ったが、発明者レベルの情報を用いることで、より詳細な分析が可能である。特許の発明者情報を用いて、太陽電池の分野で、産学連携に参加したことがある企業研究者が、後に画期的な発明を行う確率が高いことを示した研究が存在する (Tomozawa and Motohashi, 2014)。このように産総研と企業の人的交流が、間接的に企業のイノベーションに影響する効果が CNT や SiC の分野でも観察される可能性がある。また、産総研の研究者にとっては、企業研究者と共同研究を行うことによって、基盤的技術とその産業化の橋渡しを行うための役割を意識するようになり、イノベーション指向の研究活動に対する取り組みを優先するという影響も考えうる。今後は、このように人的資源を通じた公的研究機関と企業の関係についてより詳細な分析を行うことが重要と考える。

参照文献

- Beise, M., & Stahl, H. (1999). Public research industrial innovations in Germany, *Research Policy* 28, 397-422.
- Diez, J. R. (2000). The Importance of Public Research Institutes in Innovative Networks – Empirical Results from the Metropolitan Innovation Systems Barcelona, Stockholm and Vienna, *European Planning Studies* 8(4),451-463.
- Freeman, C. (1987) *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*, Pinter,

London

- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective, *Cambridge Journal of Economics* 19, 5-24.
- Goto, A., & K. Motohashi (2007) Construction of a Japanese Patent Database and a first look at Japanese patenting activities, *Research Policy* 36, 1431-1442.
- Hata, K., N. Futaba, K. Mizuno, T. Namai, M. Yumura and S. Iijima, (2004), Water-Assisted Highly Efficient Synthesis of Impurity-Free Single-Walled Carbon Nanotubes, *SCIENCE*, 306, 1362
- Intarakumnerd, P., & Chairatana, P. (2008). Shifting S&T policy paradigm: An experience of a RTO in Thailand. *International Journal of Technology and Globalisation*, 4 (2), 121-138
- Kim Y.K. & Lee K. (2015). Different impacts of scientific and technological knowledge on economic growth: Contrasting science and technology policy in East Asia and Latin America, *Asian Economic Policy Review*, 10 (1), 43-66
- Malerba, F. and L. Orsenigo (1996), Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific, *Research Policy*, 25(3), 451-478
- Malerba, F. (2002), Sectoral systems of innovation and production, *Research Policy*, 31(2), 247-264
- Marsili, O.(2001), *The Anatomy and Evolution of Industries : Technological Change and Industrial Dynamics*. Cheltenham, U. K.: Edward Elgar.
- Mazzoleni, R., and Nelson R.R. Public research institute and economic catch-up, *Research Policy* 36, 1512-1528.
- Nelson, R.R. (Ed.), (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press, New York.
- OECD (1997) *National Innovation System*, Paris: OECD Publications.
- Pavitt, K. (1984), Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory, *Research Policy*, 13(6), 343-373.
- Roessner, J. D. (1993). What Companies Want From the Federal Labs, *Issues in Science & Technology* 10(1), 37-42.
- Van Beers, C., Berghall, E., & Poot, T. (2008). R&D internationalization, R&D collaboration and public knowledge institutions in small economies: evidence from Finland and the Netherlands, *Research Policy* 37, 294-308.
- TIA (2012) TIA-nano 関連特許情報 パワーエレクトロニクスコア研究領域
https://www.tia-nano.jp/ip/pdf/TIA_patents_power_ele.pdf
- TIA (2013) TIA-nano 関連特許情報 カーボンナノチューブコア研究領域
https://www.tia-nano.jp/ip/pdf/carbon_nano/TIA_carbon_nano.pdf

Tomozawa, T. and K. Motohashi (2014), "Differences in Science Based Innovation by Technology Life Cycles: The case of solar cell technology", RIETI Discussion Paper Series 14-E-005, 2014/1

大沢吉直 (2010) 公的研究セクターのイノベーション・モデル：公的研究セクターの研究段階のポジショニングが、研究システム、企業との連携システムおよびパフォーマンスに与える影響, *研究技術計画* 24(3), 269-284.