

Title	パラダイム変化を反映した非鉄金属工業の技術スピルオーバー構造変化：企業内・技術内スピルオーバーと企業間・技術間スピルオーバーの相互誘発
Author(s)	中川, 正広; 渡辺, 千仍
Citation	年次学術大会講演要旨集, 23: 483-486
Issue Date	2008-10-12
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7606
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

2 A 1 0

パラダイム変化を反映した非鉄金属工業の技術スピルオーバ構造変化 企業内・技術内スピルオーバと企業間・技術間スピルオーバの相互誘発

○中川 正広 (科学技術振興機構)、渡辺 千仞 (東工大社会理工学)

1. 序

1.1. パラダイム変化と技術スピルオーバ構造

経済のサービス化が進む今日、i-Phone やグーグル、i モードのような魅力的なサービスが新たに生まれている。また、web2.0 には、事業者からの一方的な情報提供ではなく、利用者が参加して成立する双方向のサービスという性質がある。いうまでもなく、このようなサービスの成立と発展は、情報通信ネットワーク基盤の発展、とくにブロードバンド技術に負うところが大きい。ところで、情報通信ネットワーク基盤は、光ファイバや化合物半導体のような材料技術に依存しているため、材料技術のイノベーションなくして web 2.0 はありえなかったといえる。一方で、サービスイノベーションは、材料技術に対して開発の指針となることで、材料技術のイノベーションを主導してきた。このような、サービスイノベーションと材料イノベーションの相互作用を考えると、ポスト情報化社会においても材料技術のイノベーションは重要な役割を果たすと考えられる。今、材料技術イノベーションの構造変化を解明することは、意義深いことである。

情報技術のイノベーションを主導する材料は、光ファイバ、光通信あるいは携帯電話ネットワーク用化合物半導体レーザー、携帯電話用 IC、リチウム電池など非鉄金属工業の企業から多く生まれている。したがって、本研究では日本の非鉄金属工業の製品、中でも化合物半導体材料に焦点を当てて実証分析を行う。

化合物半導体は、ガリウム砒素(GaAs)やインジウム燐(InP)に代表される比較的バンドギャップ¹の狭いもの(以下 NB 型という)のグループとガリウム窒素(GaN)のようにバンドギャップの広いもの(以下 WB 型という)のグループに分類される。それぞれのグループは、製造方法や応用においても共通のものをもつ。それぞれの性質を表 1 に整理する。

¹ 半導体の性質の一種。バンドギャップが狭いと発光波長が長く(赤、赤外)、広いと短くなる(青、紫、紫外)。発光色が決まる。

表 1 NB 型、WB 型化合物半導体の材料と性質

バンドギャップ	NB 型 (狭い)	WB 型 (広い)
主要材料	GaAs, InP, GaP	ZnSe, GaN, AlN
発光色	赤 - 赤外	青 - 紫外
応用製品	光通信, CD, DVD	ブルーレイ用レーザー
主な基板製法	融液固化	気相堆積法

化合物半導体の開発については住友電工(SEI)が事例研究の適切な対象である。SEI は 20 年以上にわたって GaAs 基板の世界トップシェアを維持している。また、その事業化は企業化精神を鼓舞する独特の企業風土と、開発室という企業内ベンチャー制度が功を奏したものであり(広田 1994, 1995)、SEI も研究開発の成功例と自認している。

SEI の化合物半導体を事例にした技術スピルオーバの構造は、3 種に分けられる(中川、渡辺 2007)。第 1 は、1980 年代に主流であった GaAs から InP 他の化合物半導体への製造技術のスピルオーバである。これは、同じ企業・同じグループの研究者が日常の研究活動の中で GaAs の研究開発で得た製造技術を InP など他の化合物半導体にスピルオーバしたものであり、NB 型半導体の製造技術という一技術領域内、一企業内のスピルオーバである。第 2 は、1990 年代に見られる ZnSe 製造技術から GaN 製造技術へのスピルオーバである。これは一企業内で異なる技術領域間のスピルオーバであるが、1990 年代は技術スピルオーバが縮小した時代である(Nakagawa and Watanabe 2007)。2000 年代初頭に見られる第 3 の技術スピルオーバ構造は SEI の GaN 基板技術とソニーの GaN 薄膜レーザー技術を融合させた企業間・技術領域間にまたがる技術スピルオーバである(中川、渡辺 2007)。

ここに示された技術スピルオーバの構造を組織の視点で見ると、企業内部でスピルオーバするものと、企業間にわたってスピルオーバするものに分けられる。同様に、技術領域に着目すれば、技術領域内にとどまったスピルオーバと、技術領域を越えて起きるスピルオーバに区分することができる。2 種の分類を組み合わせると、技術スピルオーバ構造は、次の 4 種に分類できる。

- (i) 企業内・技術内スピルオーバー
同一企業内で同一技術領域内の技術スピルオーバー
- (ii) 企業内・技術間スピルオーバー
同一企業内で異なる技術領域間の技術スピルオーバー
- (iii) 企業間・技術内スピルオーバー
異なる企業間での同一技術領域内の技術スピルオーバー
- (iv) 企業間・技術間スピルオーバー
異なる企業間、異なる技術領域間の技術スピルオーバー

図 1 に 4 種類のスピルオーバー構造を整理して示す。

	技術領域内	技術領域間
企業内	(i) 企業内・技術内スピルオーバー	(ii) 企業内・技術間スピルオーバー
企業間	(iii) 企業間・技術内スピルオーバー	(iv) 企業間・技術間スピルオーバー

図 1. 企業・技術領域による技術スピルオーバーの 2 次元構造。

図 1 に示した技術スピルオーバー構造について SEI の化合物半導体開発の事例を挙げると図 2 のように表される。

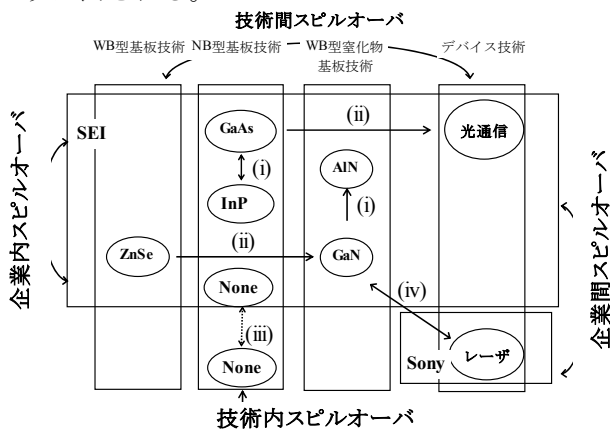


図 2. 2 次元技術スピルオーバー構造の SEI における事例。

1.2. パラダイム変化に伴う技術スピルオーバーの範囲の拡大

これらの 4 種の技術スピルオーバー構造を比較すると、それぞれの構造は、特定の社会・経済システムとの相関がある。

(i) の GaAs と InP の企業内・技術内スピルオーバーは 1980 年代の工業化社会に特徴的なものである。この時代の化合物半導体材料の開発成果を受けて、情報化社会となった 1990 年代に光通信用レーザの開発が行われたが、これには、(ii) GaAs 基板から光通信用レーザへの企業内・技術間スピルオーバーが重要な役割をはたした。2000 年代に入ってブロードバンド情報通信が普及し、web2.0 が

注目されるようになると、ブルーレイなどに使用される青色レーザとして GaN レーザ用基板が開発された。2001 年から 2003 年にかけて、SEI とソニーは集中的に GaN レーザと GaN 基板について特許の共同出願を行っているが、これは企業間・技術間スピルオーバーである。なお、(iii) 企業間・技術内スピルオーバーの事例がないのは、同じ技術を持つ企業は、少なくとも潜在的には競合関係にあることが要因と考えられる。

工業化社会から情報化社会、ポスト情報化社会にパラダイムが変化するとともに技術スピルオーバーの範囲が拡大することはすでに実証分析されているが (中川、渡辺 2007)、これは、言い換えると、企業内・技術内スピルオーバーから企業間・技術間スピルオーバーへとスピルオーバーの範囲を拡大してきたといえることができる。

2. 仮説

2.1. 企業間・技術間スピルオーバーによる企業内・技術内スピルオーバーの誘発

図 2 に見る (i) GaN → AIN の窒化物基板技術の企業内・技術内スピルオーバーは、GaN 基板と GaN レーザの企業間・技術間スピルオーバーによるブルーレイ用 GaN レーザ基板の開発 (2003) の後に起こっている。この、技術スピルオーバーは開始されたばかりであるが、特許出願の増加から、将来の技術開発の発展が期待される。

企業間・技術間スピルオーバーによって自社内に獲得した技術が、社内で新しい企業内・技術内スピルオーバーを生み出したと考え、次の仮説 1 を提示することができる。

仮説 1. 企業間・技術間スピルオーバーは企業内・技術内スピルオーバーを誘発する。

2.2. 外部技術と内部技術の共進・融合

SEI とソニーの GaN 基板、レーザに関する集中的な特許の共同出願は、2001 年から 2003 年に限られており、その後はこの 2 社による GaN レーザに関する共同出願は行われていない。

研究が行われていた期間は、企業間・技術間スピルオーバーによる基板とデバイスの技術は組織を跨って共進していたが、2004 年以後も SEI の GaN デバイス、GaN 基板の開発を行っている。これは、企業間で起こったデバイス技術と基板技術の共進が、SEI 社内に場を移して共進したと考えられることができる。ここから、次のように仮説 2 をおくことができる。

仮説 2. 社外から獲得した技術は、社内の技術と共進・融合する。

3. 実証分析

3.1. 企業間・技術間スピルオーバーによる企業内・技術内スピルオーバーの誘発

図4に、2001年から2006年までのSEIの窒化物化合物半導体の特許出願件数を示す。

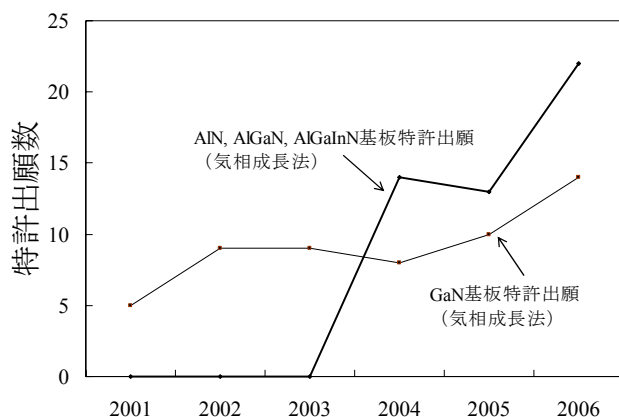


図4. SEIの窒化物半導体基板の特許出願件数(2001-2006).

^a2006年の値は1-6月の出願を2倍した。

図4に示すように、GaN以外の基板の特許出願が共同研究終了後に出願されはじめ、GaN基板の特許出願と同時に増加している。SEIの企業内部でGaNからAlN, AlGaInNへと技術がスピルオーバーした時期が共同研究の終了後であることを示している。これは企業内・技術内スピルオーバーである。次に、表1に、2004年から2006年6月までの2.5年間のSEIからのAlN, AlGaInN基板の特許出願を示す。

表2 SEIのAlN, AlGaInN基板の特許出願(2004-2006年6月)

2004	2005	2006 (Jan. - Jun.)
JP, 2004-148137 ^{a,b}	JP, 2005-114388 ^{a,b}	JP, 2006-106532 ^a
JP, 2004-161762 ^a	JP, 2005-149690 ^a	JP, 2006-107600 ^a
JP, 2004-161763 ^a	JP, 2005-162654 ^a	JP, 2006-127443 ^b
JP, 2004-162756 ^a	JP, 2005-174864	JP, 2006-148663 ^a
JP, 2004-163500 ^a	JP, 2005-183111 ^{a,b}	JP, 2006-45523 ^a
JP, 2004-167377 ^a	JP, 2005-2970b	JP, 2006-50256 ^{a,b}
JP, 2004-195506 ^{a,b}	JP, 2005-316956 ^{a,b}	JP, 2006-60999
JP, 2004-195507 ^{a,b}	JP, 2005-347648 ^a	JP, 2006-66536
JP, 2004-228032 ^{a,b}	JP, 2005-360391 ^{a,b}	JP, 2006-79063 ^b
JP, 2004-241232 ^{a,b}	JP, 2005-360621 ^{a,b}	JP, 2006-8287 ^{a,b}
JP, 2004-241269 ^{a,b}	JP, 2005-4142 ^{a,b}	JP, 2006-89897
JP, 2004-290515 ^a	JP, 2005-62789 ^a	
JP, 2004-290591 ^a	JP, 2005-63547 ^{a,b}	
JP, 2004-293844 ^{a,b}		

^aGaNデバイス研究者による特許出願

^bGaN基板研究者による特許出願

表2から、AlN, AlGaInN基板の特許出願の50%がGaN基板の研究者によって行われたこと、および80%以上の特許がGaNデバイスの研究者によって出願されたことがわかる。すなわち、AlN, AlGaInN基板の技術にはGaN基板からスピルオーバー(技術内)とGaNデバイスからのスピルオーバー(技術間)の両方が寄与している。こGaNデバイスはソニーとの共同出願からSEIにもたらされたと考えられるから、これは企業間・技術間スピルオーバーから企業内・技術内スピルオーバーを誘発したものであるということが出来る。これによって、

仮説1.「企業間・技術間スピルオーバーは企業内・技術内スピルオーバーを誘発する」は確認された。

3.2. 外部技術と内部技術の共進・融合

次に、企業間・技術間スピルオーバーが企業内・技術内スピルオーバーを誘発するメカニズムを分析する。表2で、デバイス技術と基板技術の研究者の両方は発明に関わっている特許が15件あるが、このことはSEIの中でデバイス技術と基板技術が融合していることを示唆している。

図3にSEIの窒化物半導体基板とデバイスの特許出願の推移を示す。

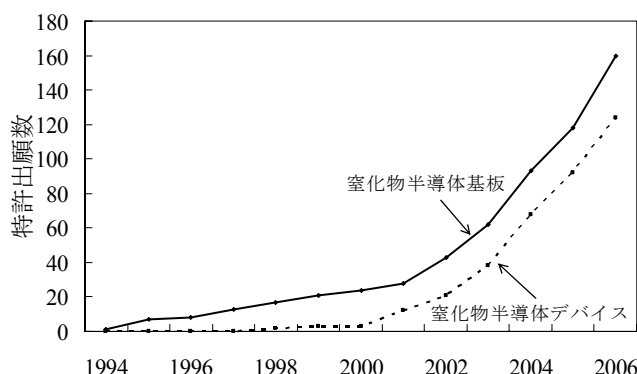


図3. SEIの窒化物半導体基板、デバイスの特許出願件数の推移(1994-2006).

^a累積件数

^b2006年の値は1-6月の出願を2倍した。

図3は、SEIのGaN基板とデバイスの特許出願が共同研究の開始された2001年に急増したことを示しているが、2003年の共同研究終了以後も基板の特許と同様に増加していることを示している。これは、共同研究期間中には企業間・技術間で共進していた基板とデバイスの技術が、共同研究終了後には企業内に場を移して共進を継続したことを示す。

次に、表3に、SEIの代表的な一人の窒化物半導体の研究者の2001年から2006年6月までの特許出願を技術領域別に整理する。

表 3 SEI の代表的窒化物半導体研究者の特許出願 (2001-2006 年 6 月)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006 (Jan. - Jun.)
substrate	-	JP,2002-103723 JP,2002-230925 JP,2002-269387	-	JP,2004-244889 JP,2004-276337	-	JP,2006-146191 JP,2006-159880
device	JP,2001-162639 JP,2001-218681	JP,2002-27981* JP,2002-27982* JP,2002-259254 JP,2001-315703 JP,2001-315704 JP,2001-315705* JP,2001-330068* JP,2001-330181*	JP,2003-119334 JP,2003-120130 JP,2003-123180* JP,2003-1255* JP,2003-153621*	JP,2004-20078 JP,2004-202399	-	-

* Joint patent applications with Sony or Sharp

表 3 は、同一の研究者が同時に基板とデバイスの特許を出願したことを示している。これは、SEI の内部で、基板とデバイスの技術が不可分のものとして融合したことを示している。これによって仮説 2. 「社外から獲得した技術は、社内の技術と共進・融合する」は確認された。

ここで、外部技術が内部技術と融合する条件について考察する。化合物半導体基板の開発には、電気的性質を確認するために単純な構造のデバイスを作成するプロセスがある。したがって単純な構造ではあるが、基板の研究者はデバイスの経験をもっているのが普通である。外部技術が内部技術と共進・融合するのは、自社に外部技術の受け入れ能力があり、外部技術が内部技術を補完するときである。このことは、補完性のない技術との共同開発と比較することで確認される²。

4. 結論

4.1. 総括

本研究は、技術経済の視点から、企業が自らの MOT をシステムティックに分析する実用的手法の開拓を試みたものである。そのなかで、材料技術とデバイス技術のスピルオーバー構造の変化から、次の新しい知見が得られた。

- ① 企業間・技術間スピルオーバーは、外部技術と内部技術が融合した後、企業内・技術内スピルオーバーを誘発する。
- ② 企業内・技術内スピルオーバーと企業間・技術間スピルオーバーは、お互いを誘発する。
- ③ 外部から獲得した技術は社内の技術と共進・融合する。
- ④ 外部技術と内部技術が融合するのは、企業に、外部技術を受け入れる能力があり、外部技術が内部技術を補完できるときである。

4.2. 素材産業の技術経営戦略への示唆

材料技術のイノベーションを活性化するため、

² たとえば、SEI と日新電機の 1987 年から 88 年にかけての薄膜半導体製造装置の特許共同出願

企業の技術マネージャは、外部資源を活発に利用するように組織として体制を整えることが望ましい。外部技術と内部技術の補完性と新たな企業内スピルオーバー誘発の可能性を考慮すべきこと、新規の技術開発を行う際には、4 タイプの技術スピルオーバー構造を活用すべく、内部および外部から研究者を集めることが望ましい。

4.3. 課題

今後は、材料のほか、サービス、機器のイノベーションについての比較研究が、三者の共進についてさらに深い理解を可能にすると期待される。また、スピルオーバー構造の相互誘発は、技術スピルオーバーの範囲が拡大と縮小を繰り返しているか可能性を示しているが、これについてもさらに深い分析が期待される。

参考文献

1. 広田俊郎、「住友電気工業株式会社の研究開発システム」、関西大学商学論集 38 No. 6 (1994) 917-941.
2. 広田俊郎、「企業内ベンチャーにおける新規事業創造—住友電工化合物半導体の事例—」、関西大学商学論集 40 Nos. 4,5 (1995) 589-610
3. 住友電気工業株式会社「研究部門史」(1996)
4. 住友電気工業株式会社「住友電工百年史」(1999)
5. 松島茂、尾高煌之助「中原恒雄オーラルヒストリー」(2004)
6. 中川正広、渡辺千仞、「情報化社会の技術経営と組織の慣性」、研究・技術計画学会第 19 回年次学術大会講演要旨集 (2004) 147-150.
7. 中川正広、渡辺千仞、「日本の非鉄金属工業に見るパラダイム転換期の技術戦略における組織の慣性と事業間スピルオーバー」、研究・技術計画学会第 20 回年次学術大会講演要旨集 (2005) 1053-1056.
8. 中川正広、渡辺千仞、「日本の非鉄金属工業に見るパラダイム転換期の技術革新戦略—企業内技術スピルオーバーのダイナミクスと効果—」、研究・技術計画学会第 21 回年次学術大会講演要旨集 (2006) 415-418.
9. 中川正広、渡辺千仞、「パラダイム転換と材料技術イノベーションの構造変化—ポスト情報化社会に向けた素材産業の技術経営戦略への示唆」、研究・技術計画学会第 22 回年次学術大会講演要旨集 (2007) 847-850.
10. C. Watanabe, B. Chu, C. Griffy-Brown,, and B. Asgari, "Global Technology Spillover and Its Impact on Industry's R&D Strategies" Technovation 21 (2001) 281-291
11. C. Watanabe, M. Takayama, A. Nagamatsu, and T. Tagami, "Technology Spillover as a Complement for High-level R&D Intensity in the Pharmaceutical Industry," Technovation 25, No. 4 (2002) 245-248.
12. C. Watanabe and S. Tokumasu, "Optimal Timing of R&D for Effective Utilization of Potential Resources in Innovation," Journal of Advances in Management Research 1, No. 1 (2003) 11-17.
13. A. Ohmura "Empirical Analysis of the Spillover Dynamism in Inducing High-Performance in Structural Fine Ceramics - A Suggestion to New Functionality Development Initiated Growth Technology in an Information Society" (2005) (学位論文)
14. C. Ornaghi, "Spillovers in Product and Process Innovation: Evidence from Manufacturing Firms" International Journal of Industrial Organization 26 (2006)
15. M. Nakagawa and C. Watanabe, "Moving Beyond Organizational Inertia as a Survival Strategy for Resources-Based Industry in a Service-Oriented Economy: Lessons from Cross-Sector Technology Spillover in the Nonferrous Metal Industry" Journal of Services Research, 7, No.1 (2007).