

環境イノベーションの歴史的展開に関する分析

金 原 達 夫

(受付 2012年 4 月 2 日)

1. 分 析 目 的

環境問題に対する取り組みが、1990年代に入る頃から世界的に大きく前進した。企業は、持続可能な社会のために経済効率と環境保全を同時に追求するという責任を問われるようになってきた。

環境と経済の同時的達成の重要な鍵となるのは、環境イノベーションである。その理由は、環境イノベーションは、環境負荷をもたらしている様々な活動やシステムを革新して環境負荷を減らすために不可欠であるからである。ポーター仮説では、適切な環境規制によって環境イノベーションを導き、環境パフォーマンスを改善すると同時に、経済的成果をもたらすことができると指摘した (Porter and v.d. Linde 1995)。この考えの中には、環境政策、環境イノベーション、競争優位、パフォーマンスにかかわる論点が含まれている。OECD では、環境にやさしい成長をどのように実現するかを重要な課題としてとりあげ、そのための環境イノベーション促進の戦略、環境政策について研究が進められている (OECD 2009)。

そこで本稿では、第1に、持続可能な社会の実現に向けて主要国の環境政策はいかに展開されているのか、その特徴を簡単に検討する。第2に、わが国の環境イノベーションは歴史的にどのように展開されてきたのか、特許数データをもとに吟味する。

2. 日米欧の環境政策の特徴

環境政策とは、人々の生活や生態系に被害を及ぼす環境汚染を防止し、

持続可能な自然環境を保全するために必要な政策的取り組みを意味している。あるいは環境政策は、「人間社会にとって望ましい環境水準を作り出すための公共政策である」（環境基本法）。したがって、環境政策の目的は、政策的に環境汚染を防止し、持続可能な自然環境を保全し人々に安全で健康的な環境を確保することである。その目的達成のために、国は各種法律を定め施策を展開している。

環境政策の目的を達成する手段としては、国及び地方自治体を通して実行される多くの法律や条例があり、法的規制、課税、補助金、ガイドラインなどが存在する。その対象は、国内的取り組みだけでなく国際機関や国際協力を通して国際的に取り組むことも含まれる。環境政策は、国及び地方自治体（県、市、町など）等の多様なレベルにまたがっている。

環境に対して具体的にどのような政策および取り組みが展開されてきたのであろうか。日米欧の環境政策の特徴を概略的に見てみよう。

(1) 日 本

わが国では、戦後、経済の発展と重化学工業化が急速に進み、深刻な公害問題が水俣（熊本水俣病）、四日市（四日市ゼンソク）、阿賀野川流域（新潟水俣病）、神通川流域（イタイイタイ病）などで発生した。また、1970年代は自動車排気ガスや光化学スモッグの発生による大気汚染も深刻化した。

深刻化する公害問題に対処するために、1967年には公害対策基本法が制定され、1968年には大気汚染防止法、1969年には水質汚濁防止法が制定された。環境悪化に対する規制が、世界的な環境規制の高まりに呼応して、1960年代後半から強められた。環境問題の顕在化とともに、1970年代の環境規制は厳しくなり問題を解決するために企業による技術開発も進んだ。1970年代半ばから1980年代半ばまでの10年間についての調査では、日本の汚染削減支出の対 GNP 比は米国のその約 2 倍であった（Lanjouw and Mondy 1996）。その結果、わが国は廃水や排気的环境対策において著しい成果

をあげてきた。

1999年になると PRTR 法 (Pollutant Release and Transfer Register ; 「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善に関する法」) が制定され、化学物質について年間1トン以上の移動・排出をする常用雇用者数21人以上の事業所では届出を義務付けられた。この法律は、特定の化学物質の環境への排出量等の把握に関する措置並びに事業者による特定の化学物質の性状及び取扱いに関する情報の提供に関する措置等を講ずることにより、事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境の保全上の支障を未然に防止することを目的とする」(第1条)とある。PRTR 制度は、企業自身が自社から排出されている化学物質排出量を把握することで、自社及び業界団体が削減目標を設定し、自主的に排出対策に取り組むものとして位置づけられている。わが国は、排出基準の規制とともに、自主的取り組みが企業と地方自治体の間の公害防止協定を典型として、重視することが傾向的に見られた。

(2) 米 国

これに対し、米国の環境政策は、1970年の改正大気浄化法によって当時としては極めて厳しい規制を他国に先駆けて導入した。激しい消費者運動に後押しされて導入されたこの大気浄化法は、個人の健康を守るための市民の権利意識を強く反映している。また、企業の使用する化学物質の情報を開示する TRI 制度の導入は、1986年に制定された「緊急計画・地域住民の知る権利法」(EPCRA; Emergency Planning and Community Right to Know Act) によって実現している。

TRI (Toxic Release Inventory; 有害物質排出目録) 制度は、自然を守る意識から生まれたというよりは、その法律名「緊急計画・地域社会知る権利法」が示すごとく、個人の知る権利に基づいて正当化され制定されている。1984年にインドのボパールにあったユニオン・カーバイド社工場での大規模な事故をきっかけに、事業で使われる有害物質についての人々の情報公

開の要求が強まり、「緊急計画・地域社会知る権利法」が制定された。この法律に基づいて1987年に TRI 制度が定められ、環境保護庁と州政府は、産業施設からの有害化学物質の放出と移動について毎年データを収集し、公表するようになった。

また、1980年に制定され1986年に大幅に修正されたスーパーファンド法（包括的環境対処補償責任法）には、次の特徴が見られる。①事業当事者の明確化、②厳格責任主義、③遡及責任主義、④連帯責任主義、⑤広範な浄化対策、である。このように、スーパーファンド法は、環境汚染に対する厳格な責任と過去の汚染に対してまでも責任が追及される厳しい内容となっている。そこには規制的な環境政策が顕著に見られる。

他方で、米国では市場経済における活動について、所有に基づく企業支配の権利と資本効率の追求が保証されている。米国では、市場経済における自由と所有権を守ることが高い政策優先度をもっている。経済活動は市場原理を基本とし、自由競争と自己責任の原則が支配的であるからである。このように米国の環境政策は、水、大気等に関する厳しい排出規制と経済的自由の相反した側面を見せている。米国には政治と産業の間に伝統的な対立的関係があると見られている。

つまり、米国は経済活動としての自由を大幅に許容しながら、他方で、大気、水系への排出削減を強く規制し、スーパーファンド法のように、環境被害に対する責任保障・法的責任を厳しく定めている。自由な経済行動を重視するがゆえに、環境保護のためには強い環境規制が逆に必要になる。その結果、自由と規制のように、企業と政府はしばしば対立することが起こる。

(3) EU

対照的に、ヨーロッパの顕著な特徴は、環境保護規制が策定されるその方法にある。すなわち、政府、産業、市民の間に環境に関する価値が共有され、より協力的関係が形成されている。ヨーロッパあるいは調整型の経

済制度・企業統治では、社会的合意に基づく問題解決が重視されている (Hall and Soskice 2001)。また、環境価値を重要な共有規範として、企業、市民の行動の変革を政府による法的規制によって推進している。そして、CO₂や有害化学物質による環境負荷の実質的な削減を環境政策は重視している。そのために、炭素税の導入のように、外部費用の内部化を求め、予防的な包括的措置を求める環境政策へ向かっている。歴史的には、個の哲学を生んだヨーロッパであるが、ディーブ・エコロジーやナチュラル・ステップなどのエコロジー的な相互依存の思想が強調されてきた。相互依存し共生する理念がその環境政策にも強く反映され出している。

個別対策についてみると、ドイツは1978年に世界で最初の環境ラベル「ブルーエンジェル」を導入したほか、とりわけ廃棄物への取り組みでは他国をリードしてきた。1990年にフィンランド、1991年にスウェーデンとノルウェー、1992年にデンマークが炭素税を導入している。さらに、ヨーロッパでは LCA 手法の開発やリサイクルの推進を重視している。またドイツは、1991年の「包括廃棄物規制例」によって、包装廃棄物の回収・再生利用・リサイクルを義務付けている。このための回収システムが構築されたほか、再生利用が推進されている。1997年には使用済自動車の回収・リサイクルをメーカーに義務付けている。

そして EU では、化学物質の規制においてどこよりも先行してきた。2003年 WEEE 指令 (Waste Electrical & Electronic Equipment：電気および電子機器廃棄物に関する指令)、RoHS 指令 (Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical & Electronic Equipment：電気・電子機器の有害物の使用制限に関する指令) を制定し2006年に施行されている。2006年には、REACH 規則 (Registration, Evaluation, Authorization and Restrictions of the Chemicals：化学物質の登録・評価・許可・制限規則) が制定され、2007年より施行されている。

以上のように、環境政策は国・地域によって展開される内容に違いがある。それは、国や地域によって社会的、経済的、自然的条件や政策目的に

違いがあることを反映している。社会・経済の制度や価値規範との関係で、異なる政策が展開されている。そのために、環境税の導入に対する姿勢や再生エネルギーに対する政策の違いが認められる。

地球環境問題に関する環境政策の目的と手段の関係には、問題の多面性のゆえに一義的な因果関係が必ずしも存在しない。環境問題は分類すれば、地球温暖化、生物多様性の減少、熱帯雨林の減少、砂漠化、有害物質の削減、オゾン層の破壊、酸性雨などであり、それに対する企業の対策は、大気、水質、化学物質、温室効果ガス、廃棄物、リサイクル、省エネルギー、再生エネルギーの開発など多様な活動に関連している。そのため、環境政策は、環境汚染を削減するための排出基準の設定や、課税制度および補助金、需要喚起政策、研究開発支援、情報公開制度・インフラの整備、環境教育など、広範囲に及んでいる。単一の環境政策ですべてを解決することはできない（OECD 2010）。環境負荷には多様な側面があり、したがってその環境負荷を削減する活動は多面的である。環境政策を実施する状況に多様性があるために、導入される政策に違いが生まれる。しかも、地球環境問題の因果関係には複雑性とともに結果の不確実性がある。それゆえ、総合的な階層的な取り組みを行う政策の統合性が求められる。

3. 環境政策と環境イノベーション

(1) 環境イノベーション

環境政策の重要な機能は、持続可能な社会を実現するために環境イノベーションを導くことである。環境負荷削減を目指して行われる環境イノベーションは、技術的な製品イノベーション及び工程イノベーションと、非技術的な組織イノベーションとマーケティングイノベーションに分類することができる。そして、技術的イノベーションは、エンド・オブ・パイプ型技術ばかりでなく、設計開発、製造、使用、廃棄・リサイクルのそれぞれの段階で取り組むことができる。製品イノベーションはこれまでにない製品機能や性能、製品品質を作り出すことである。これに対し工程イノ

ベーションは生産方法、生産技術の革新を意味している。そして、組織・マーケティングイノベーションは事業のシステムや構造を変え、新しいサービスやシステムを作ることである。

イノベーションの創造プロセスに関する研究が進む中で、イノベーションは「技術の社会的構成」に依存することが強調されるようになった。環境技術は、「環境の質の改善にいたる技術的、経済的、組織的、社会的、制度的変革である」ととらえられ、企業による環境イノベーションは、政府規制等の社会的条件、市場条件、企業組織要因が相互作用的に働くプロセスであり、複合的システムであるとみなされるのである。したがって、環境政策にとって、規制によって直接効果を上げることだけでなく、市場の需要を強めることや経済主体の組織能力の構築を支援することが合わせて重要である。イノベーションについて、企業内部の組織活動のみならず環境政策、技術、市場あるいは需要によって説明する研究が増えているのはそうした事情による。このアプローチは、環境イノベーションの創造プロセスを解明し政策の有効性を高めることや、インセンティブを与え動機づけを工夫するうえでは重要な視点である。

持続可能な成長とそれを実現する環境イノベーションに政策的関心が集まる中で、OECD（2009）は、環境イノベーション（グリーンイノベーション）を、イノベーションの対象（ターゲット）とイノベーションの方法（メカニズム）、イノベーションのインパクトによって分類し、有効な環境政策とはいかなるものか検討している。このうち、環境イノベーションの対象には、第1に製品・工程、第2に、組織・マーケティング手法、第3に、制度・仕組みがあるとする。製品とは、個別の製品のイノベーションであり、工程は、生産方法・生産技術のイノベーションである。次に、組織・マーケティング手法は、個別組織の情報技術を使ったエネルギー・マネジメントサービスや事業システムのイノベーションである。そして、制度・仕組みは、社会経済制度やシステムのイノベーションである。これに対し、イノベーションの方法は、改良、再設計（re-design）、代替手法

(alternative), 創造 (creation) の 4 段階に分けられている。環境政策は、技術の発展段階や市場の発展段階によって、これらイノベーションを効果的に誘発するように、経済的手法、あるいは規制的手法が選択される必要があることを強調している。

表 1 は、OECD の分類をもとに、環境イノベーションに関する政策をその内容によって整理している。供給側の環境行動を刺激する環境政策としては、例えば、

- ① ベンチャーキャピタル・ファンドなどを通して資本供給を行い、環境ベンチャー企業を推進する資本支援がある。
- ② 税制措置や補助金などを使って経済的インセンティブを与える支援がある。
- ③ 大学や基礎研究機関への資本提供によって研究開発支援がある。

他方、需要側の環境行動を促進する環境政策としては、例えば、

- ① 規制や基準を設定する政策がある。規制や基準を促進する政策がある。
- ② グリーン購入の公募調達政策
- ③ グリーン購入を促進する政策がある。

具体的には、環境イノベーションを促進するための需要喚起政策として、外部経済に対する課税やインセンティブを高める市場手段、特定市場での公的調達、規制などがある。新企業・新事業に対しては、規制改革が考えられる。既存技術に偏り環境改善が進まない研究・投資については、R&D 支援、優遇税制、補助金などによる研究・投資の推進が可能である。

このように、環境政策は、環境イノベーションを促す上で技術に関するものから制度に関するものまで、多様な手段を講ずることができる。1960、1970年代の厳しい環境規制がエンド・オブ・パイプ的な工程イノベーションを促進したことはよく知られている。また、平成23年3月まで実施された家電エコポイント制度および住宅エコポイント制度は顕著な需要喚起効果があった。しかし、温室効果ガス削減のための環境政策や再生

表1 環境イノベーションにかかわる環境政策の分類

供給側政策	需要側政策
環境規制・排出基準 新たな技術開発誘発 リサイクル法の制定 財務的支援 リスク支援, 補助金, ベンチキャピタルを通じた資本支援, 環境格付け融資への利子補給 研究開発支援 政府, 大学, 研究機関との協力, 研究資金の提供 商業化支援 税制措置, 補助金 教育・訓練 人材の育成 持続可能な教育のための教育 (ESD) ネットワークパートナーシップの促進 知識ネットワークの活用によるオープンイノベーションの誘発 情報サービス 情報提供 環境報告ガイドライン インフラ整備 輸送や情報通信網の整備	規制や基準 新たな製品開発が誘発される規制・制度 エコポイント制度 環境ラベル グリーン購入 公共調達・需要サポート 公共調達による需要下支え, 需要喚起 技術移転 先進国企業から途上国企業への移転 大企業から中小企業への移転 ISO14001の普及 エコアクション21

(出所) OECD (2009), 環境省『環境白書 平成23年版』をもとに作成。

エネルギーへの転換のような制度・システムの変更を伴うイノベーションを促進する政策は、十分展開されているとは言えない。

選択された環境政策が期待する環境イノベーションを誘導できるかどうかは、その他の多くの要因に依存している。イノベーションを実現するには、供給側政策も需要側政策もカバーした統合的アプローチが求められる。あるいは、技術的政策も制度的・社会的政策も合わせて遂行することが求められる。イノベーションはプロセスであり、市場、規制、文化・吸収能力などに依存しているからである。ファクター10を実現するには、技術的イノベーションのみならず、社会制度・経済システムの革新が必要であり、

その意味で組織・イノベーションの果たす役割は大きい。

(2) 先行研究による環境イノベーションの調査

環境技術のイノベーションに関するヘルストロームの調査によれば、105 件のサンプル中 54.3% が工程イノベーションであり、30.5% が製品イノベーションであった (Hellström 2007)。また、ドイツ企業 588 社についての調査では、2001 年から 2003 年の 3 年間に行われた環境イノベーションについて、37.2% の企業が環境製品イノベーションを行い、69.9% の企業が環境工程イノベーション行っていることが明らかにされた (Rehfeld et al 2007)。

これは、環境負荷削減においては資源効率やエネルギー効率、廃棄物削減等が主要な目的であり、いずれも生産効率に深く関わっているために工程イノベーションが重要な役割を果たしていることを示している。また、産業のライフサイクルが成熟し、生産規模が増大すると埋没原価も大きくなるために、工程イノベーションが重みを増してくる。もちろん、長期動態的に考えれば製品イノベーションあるいは新事業の追求が市場的成功にとっても新たな経済発展にとっても不可欠である。アバナシー・モデルに従えば、一般に、新しい産業の発展は、製品イノベーションによって切り開かれるからである (Abernathy 1978)。

加えて、環境イノベーションは、ライフサイクル的に広くとらえる必要がある。環境イノベーションの方法は、プロセス的視点から言えば、末端でのエンド・オブ・パイプ手法とプロセス全体の中で源泉からの汚染防止を追求する予防的手法に分けることができる。環境経営への取り組みが深まるにつれ予防的なライフサイクル的手法に移りつつある。

こうして、CO₂、PRTR 物質、水、大気について生産工程での取り組みおよび製品設計での取り組みが進み、結果としての排出物および環境負荷の削減が期待できる。環境負荷削減には、単一の急進的なイノベーションに依存するというよりは、組織全体で様々な取り組みによって継続的な改

善努力が行われてきたことを物語っている。

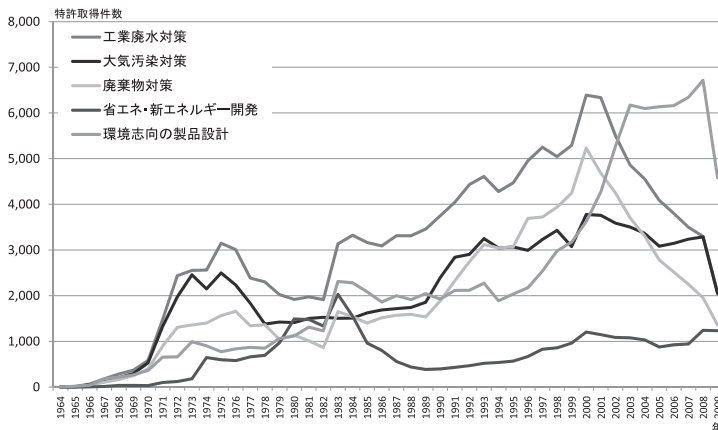
4. 特許データにもとづいたわが国の環境イノベーションの分析

本節では、わが国企業による環境イノベーションにはどのような傾向があるか明らかにするために、1964–2009年の間に登録された環境関連特許を種類別・時系列別に集計を行った（表2～表4）。この結果、いくつかの興味ある特徴を確認することができる。

第1に、環境特許は、1965年から1979年にかけては、廃水、大気汚染関連が特許数の第1位、第2位を占めている。1980年を除けば、この傾向は、1982年まで続いている。特許の種類別には、2002年までは廃水対策が特許件数の第1位であり続ける。しかし、1983年には製品設計が大気汚染の特許件数を上回っている。1980年代はこの傾向が続いたが、1991年にふたたび大気汚染特許が第2位となり、2000年まで続いている。

第2に、2003年からは種類別には製品設計が第1位の特許数となっている。これは、企業が公害型対策よりも製品イノベーションに向かっていることを表し、それはまた市場での競争優位に結びつく特許に企業が向かっ

図1 種類別環境特許数の推移



(出所) NRI サイバーパテントより作成

ていることを示唆している。2009年の製品設計の特許数は4,582件、廃水対策2,069件、大気汚染対策2,046件で、製品設計が廃水や大気汚染の2倍以上の数に達している。

第3に、廃棄物対策に関しては、1990年には1,886件であったが、2000年には5,232件で急増している。そして、この年がピークでそれ以降は減少に転じ、2009年には1,359件と大きく減少している。これは、廃棄物対策の技術革新がある程度達成されたということを反映しているであろう。リサイクル法が2000年前後に相次いで成立したことがこうした取り組みを促しているものと考えられる。同時に、1990年代が環境への取り組みが世界的規範となる中で強化され、ISO14001の実施、環境報告書の作成などが行われ、廃棄物削減が集中的に取り上げられてきたことがうかがえる。多くの企業の環境報告書に共通するのは、廃棄物がいかに削減されたか、企業努力の成果を強調することであった。この時期、企業は、ゼロ・エミッションを掲げ、ISO14001の認証取得を重視してきたのである。しかし、2000年に入ると、廃棄物対策はピークをつけ、以後は環境志向の製品設計が急増するのである。

第4に、表2によって特許数の伸びを見ると、公害対策基本法が制定された1970年に比較して2009年では、工業廃水3.54倍、大気汚染3.854倍、廃

表2 環境イノベーションの伸び率

(特許件数)

種 類	1970	2000	2009	1970-2009 伸び率 (%)	2000-2009 伸び率 (%)
工業廃水	583	6,388	2,069	3.54倍	-67.6
大気汚染	531	3,779	2,046	3.85	-45.9
廃棄物	397	5,232	1,359	3.42	-74.0
省エネ・新エネルギー	33	1,205	1,236	37.5	2.6
製品設計	364	3,623	4,582	12.6	26.5

(出所) 図1に同じ。

金原：環境イノベーションの歴史的展開に関する分析

棄物3.42倍，省エネ・新エネルギー37.5倍，製品設計12.6倍である。省エネ・新エネルギーは1970年の特許数は33件しかないのので，著しく伸びたとはいうものの2009年の特許件数は種類別にみると最も少ない。その意味では，省エネ・新エネルギーが最重要であるということを反映しているものではない。

循環型社会形成推進基本法が制定された2000年と，2009年の特許数を比較すると，工業廃水67.6%減，大気汚染45.9%減，廃棄物74.0%減，省エネ・新エネルギー2.6%増，製品設計26.5%増となっている。このように2000年以降は，製品設計の伸びが最大で，廃水，大気，廃棄物等は大幅に減少している。これは環境への取り組みがエンド・オブ・パイプ型の取り組みから市場での競争優位性の獲得を目指した製品イノベーションに向かっていることを示唆している。

第5に，表3によってこれらの特許を製品特許と工程特許に再分類してみるとさらに新たな特徴が浮かんでくる。ここでは，工業廃水対策，大気汚染対策，廃棄物対策に関する特許を工程イノベーションとしてとらえ，製品設計と省エネ・新エネルギー開発に関する特許を製品イノベーションとしてとらえる。省エネ・新エネルギーについては省エネ家電製品，省エネ住宅のように製品特許にかかわるものが多いが，必ずしも製品のみでなく，CO₂削減にかかわる工程技術にかかわるものがある。本稿が依拠した国際基準 IPC (International Product Classification) では，新エネルギーに

表3 製品別・工程別環境イノベーションの割合

(特許件数, (%))

種 類	1970	1980	1990	2000	2009
工程イノベーション	1,511	4,470	8,033	15,399	5,474
	(79.2%)	(63.1%)	(77.6%)	(76.1%)	(48.5%)
製品イノベーション	397	2,613	2,325	4,828	5,812
	(20.8%)	(36.9%)	(22.4%)	(23.9%)	(51.5%)

(出所) 図1に同じ。

は再生可能なエネルギーである風力発電，太陽光エネルギー，地熱発電，水力発電，バイオマス，廃棄物利用エネルギーが含まれている。新エネルギーの開発は，電気自動車やハイブリッドカーのように，異なる種類のエネルギー源を開発することで在り，ここでは近似的に製品イノベーションに分類した。

この結果，工程イノベーションと製品イノベーションの比率は2008年までは工程イノベーションが常に多くを占め，1980年を除くと全特許数の70%以上を工程イノベーションが占めている。これはすでに引用したヨーロッパでの特許の動向と一致するパターンである。これに対し，製品イノベーションは2009年になってようやく50%を超え，工程イノベーションを逆転している。長期にわたって環境対策は工程技術中心に取り組みが行わ

表 4 環境特許件数の推移

	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
wastewater	2	17	69	185	286	371	583	1,479	2,441	2,556	2,563	3,151
airpollutior	3	6	57	124	204	297	531	1,328	1,978	2,460	2,151	2,499
solid	0	7	43	109	167	254	397	896	1,308	1,361	1,404	1,566
energy	0	1	5	15	39	39	33	103	123	184	647	600
product	4	20	43	182	217	269	364	655	662	992	906	773
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
wastewater	3,009	2,389	2,303	2,025	1,919	1,977	1,916	3,136	3,324	3,165	3,089	3,312
airpollutior	2,235	1,835	1,379	1,424	1,415	1,504	1,529	1,508	1,512	1,626	1,688	1,720
solid	1,659	1,342	1,365	1,043	1,140	1,011	867	1,651	1,545	1,402	1,517	1,574
energy	581	663	697	973	1,492	1,480	1,335	2,032	1,556	963	803	564
product	837	870	852	1,066	1,121	1,315	1,231	2,315	2,285	2,087	1,864	2,003
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
wastewater	3,312	3,458	3,750	4,047	4,433	4,613	4,282	4,474	4,954	5,249	5,045	5,291
airpollutior	1,743	1,856	2,397	2,842	2,904	3,250	3,047	3,069	2,995	3,232	3,432	3,077
solid	1,592	1,535	1,886	2,328	2,745	3,122	3,047	3,072	3,694	3,723	3,940	4,246
energy	440	388	398	431	470	522	539	570	669	829	860	965
product	1,916	2,045	1,927	2,116	2,119	2,275	1,889	2,038	2,177	2,539	2,981	3,171
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		
wastewater	6,388	6,337	5,498	4,861	4,556	4,086	3,799	3,499	3,299	2,069		
airpollutior	3,779	3,759	3,590	3,504	3,365	3,082	3,145	3,239	3,289	2,046		
solid	5,232	4,684	4,245	3,705	3,307	2,781	2,517	2,252	1,958	1,359		
energy	1,205	1,151	1,085	1,078	1,034	879	927	944	1,241	1,236		
product	3,623	4,268	5,278	6,173	6,099	6,134	6,163	6,345	6,715	4,582		

れてきたが、2001年以降、製品設計が急速に増えてきたのである。

これは、企業が開発戦略の重点を製品革新におき始めたということである。この時の外部要因としては、京都議定書が発効し CO₂ 削減が実施されるという方向が企業の省エネ製品開発を刺激したということが理由のひとつと考えられる。また、内部的には、新製品を開発することによって企業が競争優位を追求する戦略を強まったことと深く関係している。特に、ハイブリッド車や LED 照明の開発がその成功モデルとして映っていると思われる。

さらに、やや詳しく見ると、1964-2009年の46年間に製品イノベーションには2度の開発の波がある。第1回目は、1980年でその時製品イノベーションが全体特許数に占める割合は36.9%にまで達している。そして、その後は20%台に低下している。ところが2003年以降の製品設計は急増し全体の第1位になったことに加えて、2009年には製品イノベーションが51.5%と上昇したのである。

この波は、1960年代から70年代にかけて公害対策基本法、水質汚濁防止法、大気汚染防止法が相次いで導入され規制が強化されたために、企業のエンド・オブ・パイプ型の開発行動を引き起こし生産工程の革新に向かわせたものと推測することができる。また、1973年、1978年の二度の石油危機によって原油価格の大幅な値上げが生産コストを大きく圧迫したために、生産効率向上を不可避としたことである。その結果、多くの工程イノベーションが達成され企業は危機を乗り越えてきた。1980年前後には、こうした工程イノベーションが一段落した段階で、国際競争力強化のための次なる対策として、企業は製品イノベーションに向かって行ったと考えられる。

また、2009年になると、各国の経済競争が一段と激化し、工程イノベーションによる生産効率化やコスト改善では、中国をはじめとする途上国とのコスト格差、円高圧力を克服することが著しく困難になってきた。そして、2007年に IPCC の第四次報告書で、持続可能性の実現のためには2050年までに CO₂ 排出量を80-95%削減することが必要であることが指摘され、

ファクター10が現実的な課題となってきた。これに呼応して企業の中にも、リコーのように、CO₂や化学物質を2050年に85%削減することを表明する企業が現れた（『環境経営報告書2009年版』）。しかし、このような大幅な環境負荷削減は、既存の生産システムの下での効率化で実現することは不可能であり、製品そのものを革新し統合的に取り組むことが必要であることが認識されてきた。現在の環境政策が、次第に統合的な政策に向かいつつあるのは、そうした認識を表しているのである。統合的とは、製品のライフサイクル的視点をもつことに加えて、イノベーションの要件である技術の多様な規定要因を考慮する政策を言うのである。すでに言及したように、OECDでも環境イノベーションのための有効な環境政策を集中的に検討している。

5. 政策的意義

環境政策は、環境イノベーションを刺激し、持続可能な社会の実現を目指して施行される。そのために、第1に、環境イノベーションを効果的に促進する環境政策を展開することが求められる。企業は、環境の改善だけでなく競争優位の獲得に結び付く場合に、環境イノベーションにより積極的に投資を行うインセンティブが働くことを考慮する必要がある。

第2に、今世紀に入ってから、競争優位の獲得を意識した製品イノベーションに企業の意識が向かっている。環境イノベーションの動向から判断して、環境政策は企業の製品イノベーションを促進するものであることがより重要である。家電製品のエコポイントや新エネルギーへの転換などの優遇税制が有効であったことがその事例となっている。

第3に、手法規制的であるよりも、成果の実現を目指してライフサイクル全体を視野に入れた手法の自由裁量を与える政策が、イノベーションの不確実性を考えると有効である。技術的成功は複合的要因に依存しているために不確実性があり、手法の選択には柔軟性を与えることが必要であるからである。

これまでの研究では、環境政策が明確で安定性があるほど、企業の環境イノベーションの投資は強められ環境イノベーションを誘発する傾向があることが指摘されている。技術的、市場的な不確実性を低減する環境政策は環境イノベーションを誘発することができるのである。今後の環境政策は、これらの点を考慮して展開する必要が高まっている。エコロジカル・フットプリントが依然として増加する中で、より統合的に有効な政策を実施することが求められている。

参 考 文 献

- Abernathy, W. J. (1978) : *The Productivity Dilemma*, The Johns Hopkins University Press.
- Coninck, H. C. de, F Haake and N. H. van der Linden (2007), Technology transfer in the Clean Development Mechanism, ECN No. 77689.
- Eaton, J. and S. Kortum (1999), International Technology Diffusion: Theory and Measurement, *International Economic Review*, Vol. 40, No. 3.
- Elkington, J. (1994), Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development, *California Management Review*, 36(2), 90-100.
- Gutowski, T., C. Murphy, D. Allen, D. Bauer, B. Bras, T. Piwonka, P. Sheng, J. Sutherland, D. Thurston and E. Wolff (2005), Environmentally benign manufacturing: Observations from Japan, Europe and the United States. *Journal of Cleaner Production* 13, 1-17.
- Hall, P. and D. Soskice, eds. (2001), *Varieties of Capitalism: Institutional Foundations of Comparative Advantage*, Oxford University Press.
- Hellström, T. (2007): Dimensions of Environmentally Sustainable Innovation: the Structure of Eco-Innovation Concepts, *Sustainable Development*, 15, 148-159.
- Huber, J. (2008): Technological environmental innovations (TEIs) in a chain-analytical and life-cycle-analytical perspective, *Journal of Cleaner Production*, 16, 1980-1984.
- Johnson, D. K. N. and K. M. Lybecker (2009), Challenges to technology transfer: A literature review of the constraints on environmental technology dissemination, *Colorado College Working Paper* 2009-2007.
- Johnstone, N. ed. (2007), *Environmental Policy and Corporate Behavior*, Edward Elgar.

- Johnstone, N., I. Hascic and M. Kalamova (2010), Environmental Policy Design Characteristics and Technological Innovation: Evidence from Patent Data, *OECD Environmental Working Papers*, No. 16, OECD Publishing.
- Johnstone, N., I. Hascic and D. Popp (2008), Renewal Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts, *NBER Working Paper* 13760.
- Lanjouw, J. O. and A. Mody (1996), Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology, *Research Policy*, 25, 549–571.
- Ockwell, D., J. Watson, A. Mallett, R. Haum, G. Mackerron and A. Verbeken (2010), Enhancing Developing Country Access to Eco-Innovation: The Case of Technology Transfer and Climate Change in a Post-2012 Policy Framework, *OECD Environmental Working Papers*, No. 12, OECD Publishing.
- OECD (2009), *Eco-Innovation in Industry, Enabling Green Growth*, OECD.
- OECD (2011), *Fostering Innovation for Green Growth*, OECD.
- OECD (2010), *The OECD Innovation Strategy*, OECD.
- Popp, D., R. G. Newell and A. B. Jaffe (2009), Energy, the Environment and Technological Change, *NBER Working Paper* 14832.
- Porter, M. E. and C. v. d Linde (1995), Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives*, 9 (4), 97–118.
- Rehfeld, K., K. Rennings and A. Ziegler (2007): Integrated product policy and environmental product innovations: An empirical analysis, *Ecological Economics*, 61, 91–100.
- Rennings, K., P. Markewitz and S. Vogeles (2009), How Clean is Clean?: Incremental Versus Radical Technological Change in Coal-Fired Power Plants, *ZEW Discussion Paper* No. 09–021.
- Rennings, K. and C. Rammer (2009), Increasing Energy and Resource Efficiency Through Innovation—An Exploratory Analysis Using Innovation Survey Data, *ZEW Discussion Paper* No. 09–056.
- Rennings, K., A. Ziegler, K. Ankele and E. Hoffman (2006): The influence of different characteristics of the EU environmental management and auditing scheme on technical environmental innovations and economic performance. *Ecological Economics*, 57(1), 45–59.
- Teece, D. J., G. Pisano and A. Shuen (1997): Dynamic Capabilities and Strategic Management, *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533.