

特許データで見る環境技術



会員 中川 博満⁽¹⁾

目次

1. まえがき
2. 廃棄物のリサイクル技術開発とその効果
3. 水系の保全に関わる技術開発とその効果
4. 地球温暖化ガスの排出削減技術開発とその効果
5. まとめ

.....

1. まえがき

現在、地球自然環境の保全が人類共通の課題であることに疑いはなく、地球自然環境の保全に新しい技術の創造が重要な役割を果たし、この新規技術の創造に特許制度が大きな役割を担うことも異論はないであろう。本稿では、いくつかの具体的な環境技術を採り上げ、特許データをもとに研究開発の動向とその成果を考察する。

従来、特許は法学的な視点、あるいは工学的な視点から論じられることは多いが、経済学的な視点から論じられることはそれほど多くない。しかしながら、特許制度の目的が産業の発達に寄与することにあるいじょう、法律的な議論だけでなく、経済的な視点から評価、特に定量的に評価することは不可欠なはずである。実際、特許制度の影響を経済的に評価しようとする試みはマッハルプ (Machlup, F., 1958) 以来多く行われているが⁽²⁾、比較的語られることが少ないのは、それほど成功していないからかも知れない。

一方、近年、特許制度の経済的効果を定量的に分析する環境は急速に整いつつある。その第1は、統計・計量経済学における分析手法の進歩である⁽³⁾。第2は、高度で複雑な計量経済学の成果を使った計算を瞬時に行って結果を返すコンピュータとソフトウェアの発達である⁽⁴⁾。第3は、電子化された豊富なデータの整備である。本稿では、特許データと経済データとの関連を統計・計量経済学的手法で実証分析し、その影響と効果を経済的かつ定量的な視点から評価する。これによって、新しい環境技術の創造と特許が地球自然環

境の保全に果たす貢献を実証的に分析することができる。

よく知られているとおり、日本特許庁は重点8分野について国内特許の公開／公表件数及び登録件数を定期的に公表しており、この1分野に環境技術がある。しかしながらこの分析では件数が提示されているだけで、現実社会における環境保全に対する効果までは検証していない。また、日本特許庁は新しい技術を分野(テーマ)ごとに収集した標準技術集を作成・公表しており、このテーマにも例えば、色素増感型太陽電池、金属表面処理における6価クロムフリー等の環境対応技術等、環境関連技術が多く含まれている。しかしながらこれらもまた、工学的な成果の分析であり、必ずしも現実社会での環境保全に対する効果までは検証していない。

独立行政法人国立環境研究所の資料によると、環境保全に貢献する技術を、(1) 環境負荷の発生抑制 (CO₂の発生を抑制する新エネルギー・省エネルギーなどのエネルギー関連、生産工程における有害物質の発生抑制、一旦発生した廃棄物のリユース・リサイクルなど)、(2) 環境負荷の処理 (エンドオブパイプ対策など、環境負荷の除去や廃棄物の処理・処分)、(3) 環境浄化 (一旦環境に排出された汚染物質の環境中での分解・無害化、除去、拡散防止)、(4) 環境修復・整備 (緑化、ビオトープ、人工干潟など、主として自然関係の修復・整備)、(5) 生物個体保存 (絶滅のおそれのある動植物などの増殖・移植)、(6) 環境監視・測定 (環境の監視や測定分析)、(7) 環境予測・評価・管理を主たる目的として開発された技術、の7つに分類している。

新規技術の創造と特許と、これらが地球環境の保全に与える影響を見るには、これら環境技術について広く検討するべきかも知れない。しかしながらこれらには、地球環境の改善・修復に必ずしも直接的な影響を与えない技術 (環境監視・測定や環境予測・評価・管

理など)や、技術開発による影響を定量的に評価しにくい技術(緑化・ビオトープ・人工干潟や生物個体保存など)も含まれている。そこで本稿では、これらの技術分野から、技術開発による直接的な効果が比較的大きいと期待され、なおかつ統計的・計量的な分析のためのデータが入手しやすい、(1) 廃棄物のリサイクル、(2) 河川・湖沼・海域における水質保全、(3) 地球温暖化ガス(特に、二酸化炭素)の排出削減、に関わる技術を探り上げ、特許データをもとにこれらの技術開発動向とその地球環境保全に対する効果を、計量経済学的手法で分析する。これによって、新しい環境技術の創造が、現実社会での環境保全に果たす貢献を確認することができる。

2. 廃棄物のリサイクル技術開発とその効果

最初に廃棄物のリサイクル技術を探り上げる。廃棄物の回収と再利用は、環境負荷の発生抑制を中心に、環境負荷の処理や環境浄化、環境修復・整備にも間接的に効果を発揮する、環境技術の重要な1分野である。

廃棄物のリサイクル技術に関しては、日本特許庁による特許出願技術動向調査でも、平成11年度に「特許から見た容器包装分野の環境技術の現状と今後の課題」として、特に包装容器について取り上げられ、平成12年8月にその詳細な調査結果が公表されている。この調査結果では、環境技術課題と環境技術区分を表2.1のように分類し、それぞれ対応する特許技術を

表 2.1

環境技術課題	環境技術区分
リデュース (Reduce) (廃棄物の発生抑制)	材料少量化、軽量化、部材省略化、部品点数減少
リユース (Reuse) (再使用)	リターナブル 別用途への再利用 詰め替え
リサイクル (Recycle) (再資源化)	マテリアルリサイクル (原材料として再利用) (同じ製品の原料として、別の製品の原料として、分別し易い構造) サーマルリサイクル (ごみ焼却時の熱エネルギーを再利用)
適正処理 (環境負荷低減)	ごみ減容 (ごみの体積縮小) 環境負荷物質の最小化 (脱塩素化、生分解)

出所 日本特許庁「特許から見た容器包装分野の環境技術の現状と今後の課題」、2000年

抽出している。本稿ではこのような分類ではなく、リサイクルの対象別に、アルミニウム(アルミ缶)、鉄(スチール缶)、紙(紙パック)、発泡スチロール(緩衝材)に分類し、これらの原材料の回収と再利用に関わる技術開発動向と、これらの再利用率(回収率)との関係を実証的に分析する。より具体的にいうならば、「各原材料の回収・再利用に関わる技術についての特許数が増加すると、これら原材料の回収率・再利用率も上昇するであろう」という仮説が、現実のデータによって支持されるか否かを統計的に検証する。

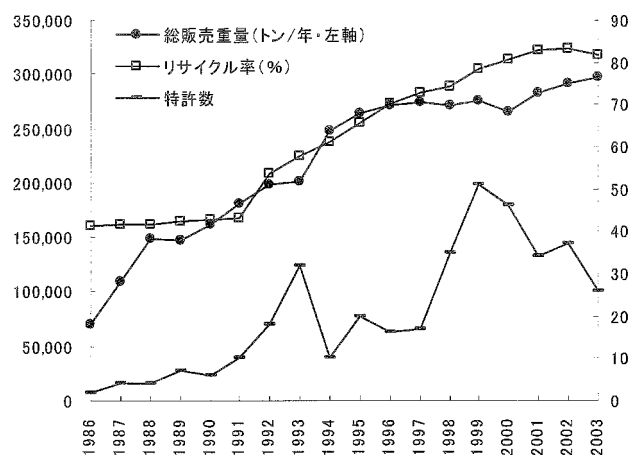
対象特許としては、日本特許庁による特許出願技術動向調査と同様に、国際特許分類のB65D1/00～85/00「物品または材料の保管または輸送用の容器」が付与されている出願であって、さらに環境、再使用、リサイクル、資源、破棄、再利用、ゴミ減、処理容易、省エネのいずれかのキーワードが要約中に含まれるものを特許庁電子図書館(IPDL)を使って抽出し、これらをさらに上記リサイクル対象を表わすアルミ、鉄、紙、発泡スチロール(それぞれ類義語を含む)の語を含むものに分類した。

2-1 アルミニウムのリサイクル技術開発とその効果

最初に、アルミニウムのリサイクルを探り上げる。図2.1に1988年から2003年までのアルミニウムの総販売量、リサイクル率、特許数の推移を示す。

分析の主旨は、「アルミニウムの回収・再利用に関わる技術についての特許数の増加は、現実としてアルミニウムの回収率・再利用率を上昇させるである

図 2.1 アルミニウムの販売量、リサイクル率、特許数



出所 アルミ缶リサイクル協会

う」という仮説を、実際のデータによって検証することである。図 2.1 を見る限り、アルミニウムの総販売量とリサイクル率とは幾らかの変動を伴いながら増加を示しているが、この増加及び変動と特許との関係は図 2.1 からだけでは明確でない。そこでこれらパラメータの増加率間の関係を統計的に見るため、OLSE (Ordinary Least Square Estimation : 標準最小二乗推定) で回帰分析を行った。その結果を数式 2.1 に示す。

$$\log AlRec_t = 0.578 + 0.267 \log AlSale_t + 0.319 \log AlPat_{t-5}$$

(0.476) (2.57) (3.66)

$$\bar{R}^2 = 0.87 \quad Obs = 16$$

$$DW = 1.90$$

数式 2.1

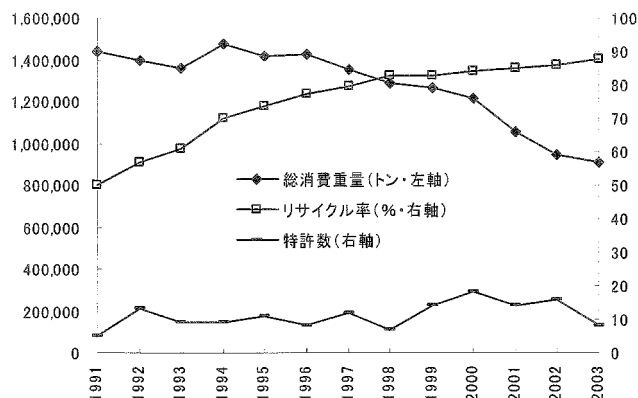
AlRec はアルミのリサイクル率、*AlSale* はアルミの総販売量、*AlPat* はアルミの回収・再利用に関わる特許数で、これらの値は図 2.1 に示すとおりである。t は年を表わし、各推定係数の下の括弧内は t 統計量である。*AlSale* の係数は有意水準 5% で有意、*AlPat* の係数は有意水準 1% で有意で、アルミの総販売量が増加するのに伴ってアルミのリサイクル率は上昇すると共に、アルミの回収・リサイクルに関わる特許数の増加が、さらにアルミのリサイクル率を上昇させるよう統計的に有意な影響を与えている。しかしながら、特許数の増加率に対するリサイクル率の増加率 (弾力性) は、約 0.14 でそれほど高いとはいえない⁽⁵⁾。但し、*AlPat* は 5 年の時間ラグを含むパラメータであり、特許申請された新規技術が現実のリサイクル率に影響を及ぼすまで、5 年の時間ラグを要することが示される。修正決定係数は高く ($\bar{R}^2 = 0.87$)、回帰のあてはまりは良い。誤差項に系列相関も見られない ($DW = 1.90$)。また、Engle-Granger 検定によるとこれらのパラメータは共和分 (co-integration) の関係にあり、数式 2.1 は時系列を表わす関係式として有効である。

以上の分析によって、アルミニウムの回収・再利用に関わる技術についての特許数の増加は、現実としてアルミニウムの回収率・再利用率を上昇させるであろうという仮説が、実際のデータによって検証された。

2-2 スチールのリサイクル技術開発とその効果

次に、スチールのリサイクルを採り上げる。図 2.2 に 1991 年から 2003 年までのスチールの総消費量、リサイクル率、特許数の推移を示す。

図 2.2 スチールの販売量, リサイクル率, 特許数



出所 スチール缶リサイクル協会

アルミニウムの総販売量とは対照的に、スチールの総消費量は近年低下傾向が見られる。リサイクル率は幾らかの変動が見られるものの、ほぼ一貫して増加を示している。これらパラメータ間の関係を統計的に見るため、OLSE で回帰分析を行った。その結果を数式 2.2 に示す。

$$\log StRec_t = 7.79 - 0.267 \log StSale_t + 0.174 \log StPat_{t-3}$$

(2.85) (-1.39) (3.72)

$$\bar{R}^2 = 0.70 \quad Obs = 12$$

$$DW = 1.85$$

数式 2.2

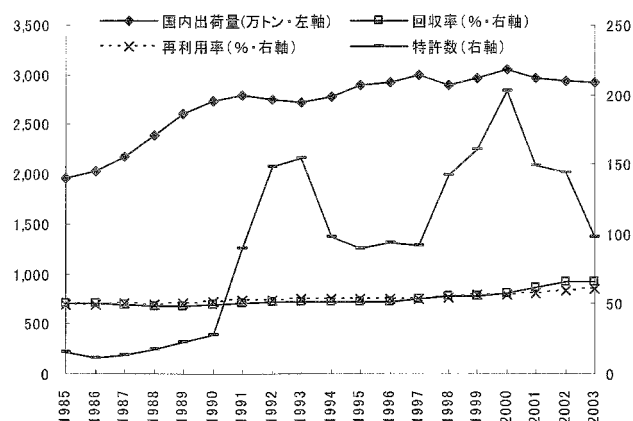
StRec はスチールのリサイクル率、*StSale* はスチールの総消費量、*StPat* はスチールの回収・再利用に関わる特許数で、図 2.2 に示す値である。*StSale* の係数は負であるが有意ではなく、スチールの総消費量とリサイクル率との間に有意な関係は見られない。*StPat* の係数は正かつ有意水準 1% で有意で、スチールの回収・リサイクルに関わる特許数の増加がスチールのリサイクル率を上昇させるよう統計的に有意な影響を与えている。しかしながら、その弾力性は約 0.17 でやはりそれほど高くはない。また、*StPat* は 3 年の時間ラグを含むパラメータであり、特許申請された新規技術が現実のリサイクル率に影響を及ぼすまで、3 年の時間ラグを要することが示される。回帰のあてはまりは比較的良く ($\bar{R}^2 = 0.70$)、誤差項に系列相関も見られない ($DW = 1.85$)。Engle-Granger 検定によるとこれらのパラメータは共和分 (co-integration) の関係にあり、数式 2.2 は時系列を表わす関係式として有効である。以上の分析によって、スチールの回収・再利用に関わる技術についての特許数の増加は、現実としてスチールの回収率・再利用率を上昇させるであろうと

いう仮説が、実際のデータによって検証された。

2-3 紙のリサイクル技術開発とその効果

第3に、紙のリサイクルを採り上げる。図2.3に1985年から2003年までの紙の国内出荷量、リサイクル率（回収率と再利用率）、特許数の推移を示す。

図 2.3 紙の国内出荷量, 再利用率, 特許数



出所 日本製紙連合会資料

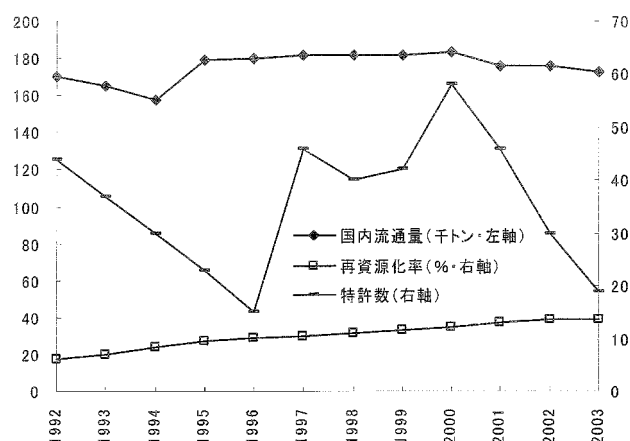
紙の国内出荷量は増傾向にあり、リサイクル率も伸張率は高くはないが上昇傾向にある。特許数も長期的には増加傾向にあるが短期的には大きな変動を伴っている。これらパラメータ間の関係を統計的に見るため、OLSEで回帰分析を行った。しかしながら、この回帰分析では上記アルミニウムやスチールの例とは対照的に、有意な結果を見出すことはできなかった。この分析では、紙の回収・再利用に関わる技術についての特許数の増加は、現実として紙の回収率・再利用率を上昇させるであろうという仮説を、実際のデータによって検証することができなかった。

2-4 発泡スチロールのリサイクル技術開発とその効果

最後に、発泡スチロールのリサイクルを採り上げる。図2.4に1992年から2003年までの発泡スチロールの国内流通量、リサイクル率、特許数の推移を示す。

発泡スチロールの国内流通量はほぼ一定あるいは僅かに減少傾向が見られ、使用を回避しようとする産業界の動向を伺うことができる。リサイクル率は他の素材（アルミ、スチール、紙等）と比較すると遥かに低く（数%～10数%）、増加傾向を見ることができない。特許数は変動が大きく、必ずしも増加傾向ともいえない。これらパラメータ間の関係を統計的に見るため、

図 2.4 発泡スチロールの流通量, 再資源化率, 特許数



出所 発泡スチロール再資源化協会資料

OLSEで回帰分析を行った。その結果を数式2.3に示す。

$$\log PSRec_t = -17.9 + 3.05 \log PSSale_t + 0.258 \log PSPat_{t-2} \quad (2.3)$$

(-4.14) (3.64) (4.17)

$$\bar{R}^2 = 0.76 \quad Obs = 11$$

$$DW = 1.75$$

数式 2.3

$PSRec$ は発泡スチロールのリサイクル率、 $PSSale$ は発泡スチロールの国内流通量、 $PSPat$ は発泡スチロールの回収・再利用に関わる特許数で、図2.4に示す値である。

全ての推定係数は有意水準1%で有意で、発泡スチロールのリサイクル率は流通量の増加に伴って上昇する。さらに、発泡スチロールの回収・リサイクルに関わる特許数の増加が発泡スチロールのリサイクル率を上昇させるよう統計的に有意な影響を与えている。特許数の増加率に対するリサイクル率の増加率（弾力性）も約0.26で、他の素材（アルミニウムやスチール）と比較すると高く、新規技術がリサイクル率の向上に及ぼす影響は比較的高い。 $PSPat$ は2年の時間ラグを含むパラメータであり、特許申請された新規技術が現実のリサイクル率に影響を及ぼすまで、2年の時間ラグを要する。修正決定係数は高く ($\bar{R}^2 = 0.76$)、回帰のあてはまりは良い。誤差項に系列相関も見られない ($DW = 1.75$)。また、Engle-Granger検定によるとこれらのパラメータは共和分 (co-integration) の関係にあり、数式2.3は時系列を表わす関係式として有効である。

以上の分析によって、発泡スチロールの回収・再利用に関わる技術についての特許数の増加は、現実として発泡スチロールの回収率・再利用率を上昇させるであろうという仮説が、実際のデータによって検証された。

2-5 廃棄物のリサイクル技術開発とその効果についての分析まとめ

アルミニウム、スチール、紙、発泡スチロールの4種類の素材を取り上げ、これら素材の回収・再利用に関わる技術開発の成果は、現実社会におけるこれら素材の回収率・再利用率を上昇させるのに有効に作用するであろうという仮説を、実際のデータを使うことによって検証した。その結果、アルミニウム、スチール、発泡スチロールについては、この仮説を統計的に肯定することができたが、紙については肯定することができなかった。アルミニウム、スチール、発泡スチロールの各素材に関しては、回収・再利用に関わる技術開発が、現実社会におけるこれらの回収率・再利用の促進に有効に機能しているということが出来るが、紙に関しては必ずしもこのようにいうことはできない。また一方、回収・再利用に関わる技術開発が実際の回収率・再利用率を上昇させるのに有効に機能しているケースでも、その弾力性は必ずしも高いということはず、より有効な技術の開発が求められる。

3. 水系の保全に関わる技術開発とその効果

次に水系の環境保全に関する技術を探り上げる。水系、例えば河川や湖沼、干潟、海浜などは産業や生活の基盤、レジャー施設等としての意義だけでなく、精神的なやすらぎ感の対象等としても重要な意義を有する自然環境である。本章では、これら水系自然環境の保全に対する技術開発の影響効果を、実際のデータによって実証的に分析する。従来、個々の水系について環境保全施設の整備と水質保全の効果について分析されたことはあるかも知れないが、環境保全技術全般の研究開発動向と全国の水系の水質保全の関係が分析された例は少ないと思われる。

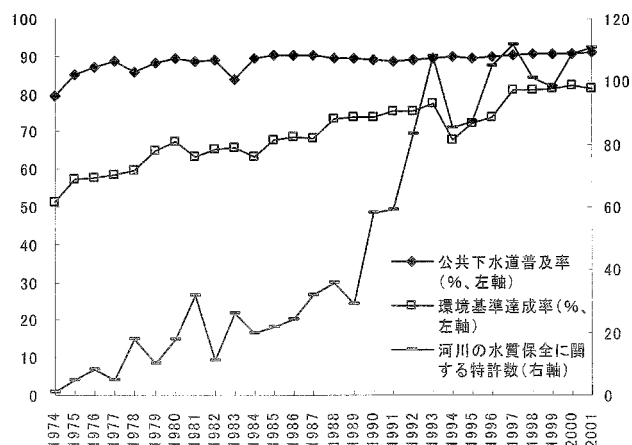
水系としては、河川、湖沼、海湾を探り上げる。全国のこれら水系の水質データは、環境統計集（2005年版、環境省）に掲載された、「BOD（生物化学的酸素要求量、河川）またはCOD（化学的酸素要求量、湖沼および海湾）による環境基準達成率」を使用する。河川、湖沼、海湾を比較すると、この順に流域面積が広く、一般的に技術開発の効果が現実の水質改善となって表れにくい、あるいは大きな時間ラグを要すると予想される。水系の環境保全に関する技術の研究開発動向を示す特許数は、国際特許分類 C02F（水、廃水、

下水または汚泥の処理）を含み、かつそれぞれの水系（河川、湖沼、海湾）に応じて、要約中に、川または河、湖または沼、海または洋または湾または潟、の語を含むものを特許庁電子図書館（IPDL）で検索した。分析の主旨は、「各水系の水質改善に関わる技術開発の促進は、これら各水系の水質改善に現実として有効な影響を与えるであろう」という仮説を、実際の特許データと環境データとを使って検証することである。

3-1 河川の水質保全技術とその効果

最初に、河川の水質保全を探り上げる。図 3.1 に 1974 年から 2001 年までの全国公共下水道普及率、河川の水質基準達成率、河川の水質保全技術に関する特許数の推移を示す。公共下水道の普及率は 1977 年に 90% に達し、その後も伸張率は極めて低いが、通増傾向を示している。河川の水質は幾らか変動を伴うものの、期間を通じて着実に改善を示している。河川の水質保全に関わる技術についての特許数は、比較的大きな増加傾向を示し、特に 1990 年代以降の増加傾向が著しい。しかしながら、これらの増加及び変動の関係は図 3.1 からだけでは明確でない。そこで、これらパラメータ間の関係を統計的に見るため、OLSE で回帰分析を行った。その結果を数式 3.1 に示す。

図 3.1 河川の水質保全状況



出所 下水道統計, 環境統計集

$$\log RivQ_t = -3.62 + 1.71 \log Sew_{t-1} + 0.060 \log RivqPat_{t-3}$$

(-1.16) (2.45) (5.69)

$$\bar{R}^2 = 0.74 \quad Obs = 26$$

$$DW = 1.53$$

数式 3.1

RivQ は河川の水質基準達成率, Sew は公共下水道

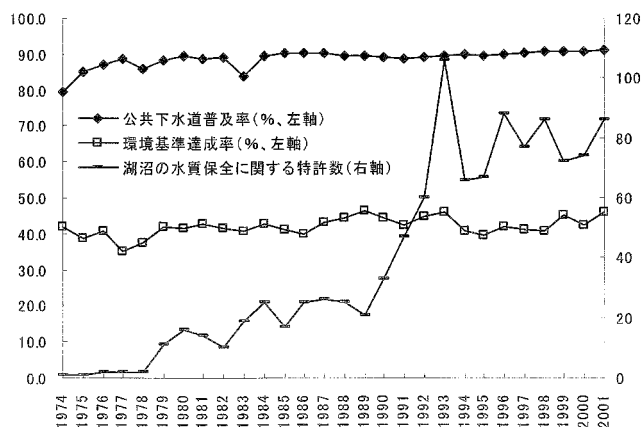
普及率、*RivqPat* は河川の水質保全に関わる技術についての特許数で、これらの値は図 3.1 に示すとおりである。t は年を表わし、各推定係数の下の括弧内は t 統計量である。*Sew* の係数は有意水準 5% で有意、*RivqPat* の係数は有意水準 1% で有意で、河川の水質基準達成率は公共下水道普及率が上昇するのに伴って向上すると共に、河川の水質保全に関わる技術についての特許数の増加が、さらに河川の水質基準達成率を向上させるよう、統計的に有意な影響を与えている。しかしながら、特許数の増加率に対する水質基準達成率の上昇率（弾力性）は、約 0.06 で極めて低い。但し、*RivqPat* は 3 年の時間ラグを含むパラメータであり、特許申請された新規技術が現実の水質基準達成率に影響を及ぼすまで、3 年の時間ラグを要することが示される。修正決定係数は比較的高く ($\bar{R}^2 = 0.74$)、回帰のあてはまりはよい。誤差項に系列相関も見られない ($DW = 1.53$)。Engle-Granger 検定によるとこれらのパラメータは共和分の関係にあり、数式 3.1 は時系列を表わす関係式として有効である。

以上の分析によって、河川の水質保全に関わる技術についての特許数の増加は、現実として河川の水質を向上させるであろうという仮説が、実際のデータによって検証された。

3-2 湖沼の水質保全技術とその効果

次に、湖沼の水質保全を採り上げる。図 3.2 に 1974 年から 2001 年までの全国公共下水道普及率、湖沼の水質基準達成率、湖沼の水質保全技術に関する特許数の推移を示す。図 3.2 に示す公共下水道の普及率は図 3.1 と同じものである。湖沼の水質は 1980 年代

図 3.2 湖沼の水質保全状況



出所 下水道統計、環境統計集

から 1990 年代前半にかけて、僅かに改善の傾向が見られるが、1990 年代後半にはむしろ悪化の傾向が認められる。湖沼の水質保全に関わる技術についての特許数は、河川ほどではないが、増加傾向を示している。

しかしながら、これらの関係は図 3.2 からだけでは明確でない。そこでこれらパラメータ間の関係を統計的に見るため、OLSE で回帰分析を行った。その結果を数式 3.2 に示す。

$$\log LakQ_t = 2.89 + 0.174 \log Sew_t + 0.022 \log LakqPat_{t-1}$$

(0.873) (0.224) (2.06)

$$\bar{R}^2 = 0.24 \quad Obs = 27$$

$$DW = 1.51$$

数式 3.2

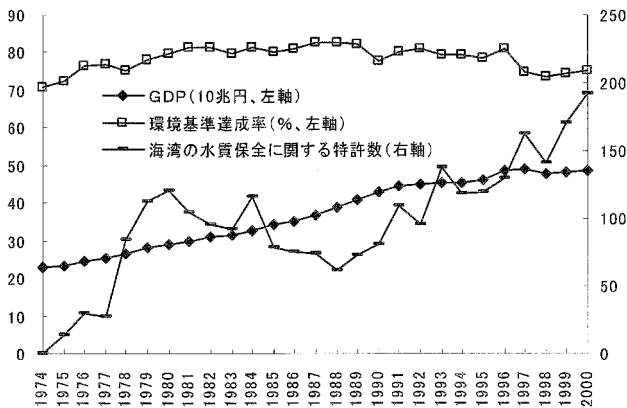
LakQ は湖沼の水質基準達成率、*Sew* は公共下水道普及率、*LakqPat* は湖沼の水質保全に関わる技術についての特許数で、これらの値は図 3.2 に示すとおりである。t は年を表わし、各推定係数の下の括弧内は t 統計量である。*Sew* の係数は有意水準 10% でも有意でなく、下水道普及率は湖沼の水質に有意な影響を与えていない。一方、*LakqPat* の係数は有意水準 5% で有意で、湖沼の水質保全に関わる技術についての特許数の増加は、湖沼の水質基準達成率を向上させるよう統計的に有意な影響を与えている。しかしながら、修正決定係数は非常に低く ($\bar{R}^2 = 0.24$)、下水道の普及率と湖沼の水質保全に関わる技術の特許数は、湖沼の水質基準達成率の変動を十分に説明できていない。

以上の分析から、湖沼の水質保全に関わる技術についての特許数の増加は、現実として湖沼の水質改善に統計的に有意な影響を与えているが、湖沼の水質変動は下水道普及率と技術開発以外のパラメータの影響を大きく受けていることが示される。

3-3 海湾の水質保全技術とその効果

次に、海湾の水質保全を採り上げる。図 3.3 に 1974 年から 2000 年までの日本の GDP (国内総生産)、海湾の水質基準達成率、海湾の水質保全技術に関する特許数の推移を示す。海湾の水質は、公共下水道の普及よりも、日本の経済活動全体の影響を強く受けると考えられるので、1つの説明変数として公共下水道普及率ではなく、日本の GDP を使用する。日本の GDP は 1980 年代は比較的順調に増加したが、1990 年代になると極めて低成長あるいはマイナス成長を示す。こ

図 3.3 海湾の水質保全状況



出所 国民経済計算，環境統計集

れはよく知られているとおりである。海湾の水質は1980年代までは改善傾向を示すが、1990年代になるとむしろ悪化の傾向を示す。海湾の水質保全に関わる技術についての特許数は、1970年代末から増加を示し、1980年代から1990年代前半にかけて一旦減少するが、1990年代後半には再び増加傾向を示す。しかしながら、これらの関係は図3.3からだけでは明確でない。そこでこれらパラメータ間の関係を統計的に見るため、OLSEで回帰分析を行った。その結果を数式3.3に示す。

$$\log SeaQ_t = 5.49 - 0.096 \log GDP_{t-1} + 0.026 \log SeaqPat_{t-3}$$

(11.7) (-2.43) (1.75)

$$\bar{R}^2 = 0.15 \quad Obs = 24$$

$$DW = 0.83$$

数式3.3

SeaQは海湾の水質基準達成率、GDPは日本の国内総生産（1990年基準実質暦年）、SeaqPatは海湾の水質保全に関わる技術についての特許数で、これらの値は図3.3に示すとおりである。tは年を表わし、各推定係数の下の括弧内はt統計量である。GDPの係数は有意水準5%で有意かつマイナスで、GDPの増加は海湾の水質悪化に有意な影響を与えている。一方、SeaqPatの係数は有意水準10%で有意かつプラスで、海湾の水質保全に関わる技術についての特許数の増加は、海湾の水質基準達成率を向上させるよう統計的に有意な影響を与えている。しかしながら、修正決定係数は湖沼の分析よりも低く ($\bar{R}^2 = 0.15$)、GDPと海湾の水質保全に関わる技術の特許数は、海湾の水質基準達成率の変動をさらに説明できていない。また、残差系列に正の相関が認められる ($DW = 0.83$)。

以上の分析から、海湾の水質保全に関わる技術につ

いての特許数の増加は、現実として海湾の水質改善に統計的に有意な影響を与えているが、海湾の水質変動はGDPと技術開発以外のパラメータの影響を、より大きく受けていることが示される。

3-4 水質保全技術とその効果のまとめ

日本全国の河川、湖沼、海湾の3つの水系を取り上げ、これら水系の水質保全に関わる技術開発の成果は、現実社会におけるこれら水系の水質を改善するのに有効に作用するであろうという仮説を、実際のデータを使って検証した。その結果、河川の水質については、この仮説を統計的に肯定することができた。しかしながら、湖沼と海湾に関しては、水質改善に関わる技術開発の成果が、現実社会における水系の水質改善に有意な影響を及ぼしているものの、その水質はこれら以外の要因の影響を強く受けていることが示された。この結果は当初の予想、すなわち、河川、湖沼、海湾の順に流域面積が広く、技術開発の成果が現実の水質改善となって表れにくいであろうとの予想に合致するものである。また、水系の水質改善に対する技術開発成果の弾力性は非常に低い(0.02～0.06)。水系の水質改善に関わる技術の特許数が10%増加しても、その水質は0.2～0.6%しか改善されない。しかしながらまた、水質基準達成率が40～80%に達していることを考えると、この弾力性は実際にはそれほど低いとはいえないのかも知れない。

4. 地球温暖化ガスの排出削減技術開発とその効果

最後に、地球温暖化ガスの排出削減に関わる技術を探り上げる。地球の温暖化は自然環境保全の重要な課題の1つであり、その主要因が経済活動によって排出される温暖化ガスの増加にあり、温暖化ガスの主役の1つは二酸化炭素(CO₂)であることは広く知られている。本章での分析の主旨は、「温暖化ガス(CO₂)の排出削減に関わる特許技術の増加は、現実社会における温暖化ガス(CO₂)の排出を削減するように、有効に作用しているであろう」という仮説を、実際のデータによって検証することである。

4-1 温暖化ガス排出削減に関わる特許の抽出

表 4.1 「温暖化ガスの排出削減」に関する技術を抽出するためのキーワード

温暖化ガス・二酸化炭素等を表わすキーワード				
二酸化炭素	CO2	炭酸ガス	温暖化ガス	温室効果ガス
メタン	CH4	一酸化二窒素	N2O	ハイドロフルオロカーボン
HFC	パーフルオロカーボン	PFC	六ふっ化硫黄	SF6
削減・抑制等を表わすキーワード				
削減	抑制	低減	防止	

本章では、温暖化ガス排出削減に関わる特許を抽出するために、前2章のように国際特許分類を使用せず、要約中に含まれるキーワードだけを使用した。このキーワードを表4.1に示す。よく知られている通り、CO₂の排出源には、エネルギー転換部門、産業部門、運輸部門、その他の業務部門、家庭部門、工業プロセス、廃棄物等があり、極めて多彩である。これら部門におけるCO₂排出削減のための技術も極めて多様で、IPCを漏れなく特定するのは困難と思われる。また、IPCを特定したとしても、そのIPCを含む技術が全てCO₂排出削減に関わるとも限らない。そこで、表4.1に示すような温暖化ガスの排出削減を直接表わすキーワードを使用した。

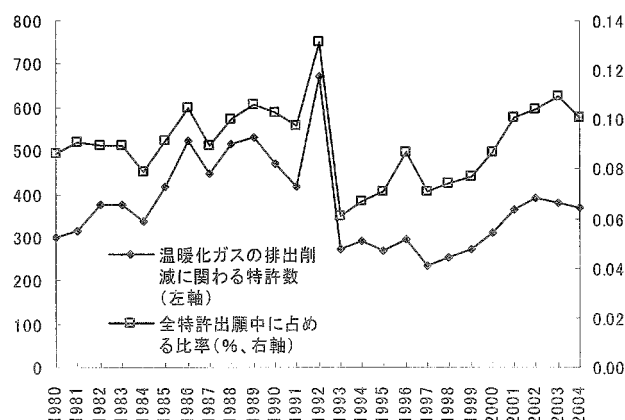
一方、エネルギー転換部門における発電のための石油燃焼は、CO₂排出の大きなウェイトを占め、太陽電池や燃料電池に関する技術は、このCO₂排出抑制に大きな効果を及ぼす可能性がある。しかしながら、表4.1に示すキーワードには、太陽電池や燃料電池のような技術シーズを表わす語は含まれていない。太陽電池や燃料電池の研究者が、直接温暖化ガスの排出削減を意識しているとは限らないので、これらの語が要約中に含まれているとも限らない。従って、これらのキーワードで抽出される特許は、太陽電池や燃料電池のような間接的かつ長期的には温暖化ガスの削減に極めて大きな影響を及ぼす可能性のある技術を網羅しているということとはできない。これらのキーワードで抽出できるのは、研究者が直接地球温暖化ガスの排出削減を意識して行った特許技術に限られる。

4-2 温暖化ガス排出削減に関わる特許の推移

表4.1に示すキーワードで抽出された温暖化ガスの排出削減に関わる技術で、1980年から2004年の間に出願されたものは9,399件あり、その推移を図4.1に示す。図4.1は特許の絶対数だけでなく、各年の総特

許出願数に占める比率も示している。特許出願数は景気変動等の影響を受ける可能性があるため、比率の方がより正確に温暖化ガス排出削減技術の研究動向を反映している可能性があり、本章の分析ではこの比率を使用する。温暖化ガス排出削減に関わる特許は1992年に急増している。リオデジャネイロで国連環境開発会議（地球サミット）が開催され、気候変動枠組条約が締結されたのが1992年であるから、この国際動向が温暖化ガス排出削減に関わる特許の急増に大きな影響を与えたと思われる。その反動もあってか、翌年には一旦急減するが、その後は再び増加傾向を示し、近年になると絶対数ではまだ1992年の水準に及ばないが、全特許出願中に占める比率は約0.1%で、ほぼ1992年の水準を回復しつつある。

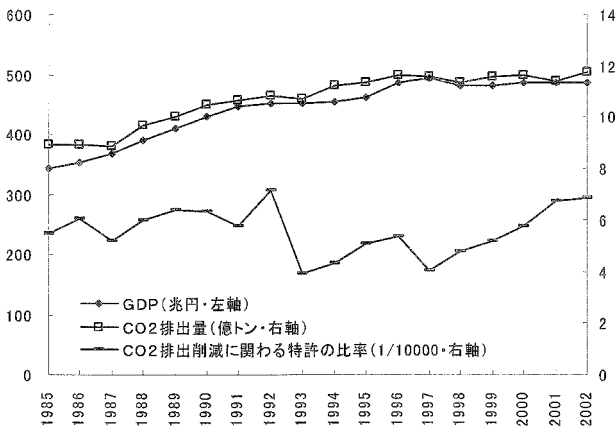
図 4.1 温暖化ガスの排出削減に関わる特許数

4-3 技術研究がCO₂の排出削減に与える効果

本節では、温暖化ガスの排出削減に関する技術研究が、現実問題として温暖化ガスの排出削減に有効に作用しているのか、あるいは有効に機能しているとするその程度はいかなるものかについて特許データを使って分析をする。温暖化ガスの中でも排出量が最も多く、経済活動との関連も深いCO₂を取り上げる。

CO₂の排出量が経済活動の代表的指標であるGDPや人口、都市化率等と強い相関を有することはよく知

図 4.2 GDP と特許データで見る技術開発と CO₂ 排出量の関係



出所 GDP：国民経済計算
CO₂ 排出量：平成 17 年版環境統計集

られている。その中でも、経済活動の規模を表わす GDP はその国の CO₂ 排出量との関係がより強いと思われる。

図 4.2 に、日本における 1985 年から 2002 年までの GDP、CO₂ 排出量、CO₂ 排出削減に関わる特許が全特許出願中に占める比率を示す。図 4.2 に示す特許は、図 4.1 に示す温暖化ガスの排出削減に関わる特許の中で、特に CO₂ に関わるもの、表 4.1 のキーワードというならば、二酸化炭素、CO₂、炭酸ガス、によって抽出されたものである。

図 4.2 から GDP と CO₂ 排出量とは極めて良く似た推移を示すことが分かるが、CO₂ 排出削減に関わる特許技術との関係は必ずしも明確でない。

そこで、「GDP の成長に伴って CO₂ 排出量も増加するが、CO₂ 排出削減に関わる技術研究は、GDP 成長に伴う、CO₂ 排出量の増加を抑制するよう有効に作用するであろう」との仮説を統計的に検証するため、OLSE で回帰分析を行った。その結果を数式 4.1 に示す。

$$\log CO2_t = -3.60 + 0.780 \log GDP_t - 0.0623 \log CO2Pat_{t-1}$$

(-10.6) (28.5) (-3.83)

$$\bar{R}^2 = 0.98 \quad Obs = 17$$

$$DW = 1.69$$

数式 4.1

CO₂ は日本の CO₂ 排出量、GDP は日本の GDP、CO₂Pat は CO₂ 排出削減に関わる特許が全特許出願中に占める比率で、これらの値は図 4.2 に示すとおりである。t は年を表わし、各推定係数の下の括弧内は t 統計量である。全ての回帰係数は有意水準 1% で有意である。GDP の係数はプラスで、1% の GDP 成長は

CO₂ 排出量を 0.78% 増加させる。CO₂ 排出削減に関わる特許比率の係数はマイナスで、CO₂ 排出削減に関わる特許技術が 1% 増加すると GDP 成長に伴う CO₂ 排出量の増加を 0.06% 抑制するよう、有効に作用している。但し CO₂Pat は 1 年のタイムラグを含み、前年に特許出願された新規技術がその効果を及ぼすのは、翌年の CO₂ 排出量である。また、GDP 成長率に対する CO₂ 排出量の増加率 (0.78) に比べて、特許技術の増加率に対する CO₂ 排出量の抑制率は非常に低く (0.06)、より効果的な技術研究が求められる。

この回帰分析では、DW 統計量が少し低く (1.69)、いわゆる見せ掛けの回帰 (spurious regression) の可能性が考えられる。そこで、各データの和分次数を ADF 検定で確認すると、GDP と CO₂ は 2 次の和分過程 I (2)、CO₂Pat は 1 次の和分過程 I (1) で、これらは共和分 (co-integration) の可能性がある。実際、残差系列を ADF 検定で確認すると単位根を持たず弱定常 I(0) で、これらのパラメータは共和分関係にあり、数式 4.1 は時系列を表わす関係式として有効である。

5. まとめ

いくつかの具体的な環境技術を採り上げ、特許データからその研究動向と現実の環境保全に対する貢献を分析した。従来、特許は法学的な視点や工学的な視点から論じられることは多かったが、現実社会における経済的な効果が論じられることはそれほど多くなかった。しかしながら、特許制度の目的が産業の発達に寄与することにある以上、法律的な議論だけでなく、経済的な視点から評価することは不可欠と考える。

最初に、各種廃棄物のリサイクル技術の研究動向とその貢献について分析した。その結果、アルミニウム、スチール、発泡スチロールに関しては、リサイクル技術が現実これら回収と再利用の促進に有効に作用していることを検証できたが、紙に関しては必ずしも明確ではなかった。また、リサイクル技術が有効に機能しているケースでも、その弾力性は必ずしも高いということはず、より有効な技術の開発が求められた。

次に、各種水系の自然保全のための技術研究とその貢献について分析した。その結果、河川については水質保全技術が実際の水質向上に有効に作用していることが示された。しかしながら、湖沼と海湾に関しては、

水質改善技術が現実の水質向上に有意な影響を及ぼしているものの、その水質はこれら以外の要因の影響を強く受けていることが示された。また、水質改善に関する技術開発成果の弾力性も非常に低いが、既に水質基準達成率が40～80%に達していることを考えると、この弾力性は実際にはそれほど低いとはいえない可能性もある。

最後に、温暖化ガス（特に二酸化炭素）の排出削減に関する技術研究が、現実問題として温暖化ガスの排出削減に有効に作用しているのか、あるいは有効に機能しているとするとその程度はいかなるものかについて、特許データを使って分析を行った。その結果、1%のGDP成長はCO₂排出量を0.78%増加させ、CO₂排出削減に関わる特許技術が1%増加するとGDP成長に伴うCO₂排出量の増加を0.06%抑制するよう、有効に作用していることが示された。但し、GDP成長率に対するCO₂排出量の増加率（0.78）に比べて、特許技術の増加率に対するCO₂排出量の抑制率は非常に低く（0.06）、より効果的な技術研究が求められた。

本稿では、特許データを使って、環境技術の研究成果が現実問題としてどの程度、環境保全に貢献しているかを見た。本研究では、特許データを研究成果を表す変数として扱っており、必ずしも特許に固有の技術専有を表す変数としては扱っていない。特許に固有の技術専有の効果を検証するには、より多くのデータが必要であり、これについては拙著⁽⁶⁾で分析している。

数学的補注

数式 2.1 の両辺を AI_{Pat} で偏微分すると、次式のようになる。但し、簡略化のため年を表わす添字は省略している。

$$\frac{1}{AI_{Rec}} \frac{\partial AI_{Rec}}{\partial AI_{Pat}} = 0.139 \cdot \frac{1}{AI_{Pat}}$$

この式を整理すると次式のように変形できる。

$$\frac{\partial AI_{Rec}}{AI_{Rec}} = 0.139 \cdot \frac{\partial AI_{Pat}}{AI_{Pat}}$$

∂ を Δ に書き直と、次式になる。

$$\frac{\Delta AI_{Rec}}{AI_{Rec}} = 0.139 \cdot \frac{\Delta AI_{Pat}}{AI_{Pat}}$$

従って、0.139 は特許数とアルミのリサイクル率の変化率間の比（弾力性という）を表わしていることがわかる。他の分析も同様である。

参考文献

- [1] Davidson, R. (2003), *Econometric Theory and Methods*, Oxford University Press.
- [2] Greene, W.H. (2003), *Econometric analysis*, 5th ed., Prentice Hall.
- [3] Griliches, Z., ed. (1984), *R&D, Patents, and Productivity*, The University of Chicago Press.
- [4] Hesketh, S.R. (2004), *Handbook of statistical analyses using Stata*, Chapman & Hall/CRC.
- [5] Hall, B.H. (1999), "Innovation and Market Value", *National Bureau of Economic Research, Working Paper* No.6984, February 1999
- [6] Jaffe, A., M.Trajtenberg, ed. (2002), *Patents, Citations, and Innovations*, The MIT Press.
- [7] Machlup, F. (1958), *An Economic Review of the Patent System*, U.S. Government Printing Office.
- [8] Maddala, G.S. (2001), *Introduction to econometrics*, 3rd ed., John Wiley.
- [9] Stinespring, J.R. (2002), *Mathematica for microeconomics: Learning by example*, Academic Press.
- [10] Stock, J.H. (2002), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Addison-Wesley.
- [11] Vogelpang, B. (2005), *Econometrics, Theory and Applications with Eviews*, Pearson Education.
- [12] Wooldridge, J.M. (2001), *Introduction to Econometrics*, The MIT Press.
- [13] Yaffee, R.A. (2000), *Introduction to time series analysis and forecasting: with applications of SAS and SPSS*, Academic Press.
- [14] 天野明弘 (2003), 『環境経済研究：環境と経済の統合に向けて』, 有斐閣
- [15] 植田和弘 (1996), 『環境経済学』, 岩波書店
- [16] 後藤晃, 長岡貞男 (2003), 『知的財産制度とイノベーション』, 東京大学出版会
- [17] 佐和隆光他 (2002), 『環境の経済理論』, 岩波書店
- [18] 中川博満 (2005), 『知的財産制度の経済分析』, 関西学院大学出版会
- [19] 細田衛士他 (2003), 『循環型社会の制度と政策』, 岩波書店
- [20] 山本秀一 (2003), 『環境経済システムの計算理論』, 勁草書房

文末注

- (1) 博士（経済学）技術士（情報処理）
- (2) 例えば、参考文献 [3] [5] [6] [7] [16] [18] 等
- (3) 例えば、参考文献 [1] [2] [8] [10] [12] 等
- (4) 例えば、参考文献 [4] [9] [11] [13] 等
- (5) 数学的補注参照
- (6) 参考文献 [18]

(原稿受領 2005.6.24)