

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：12613

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K03650

研究課題名(和文) 標準化がイノベーションに与える影響に関する研究

研究課題名(英文) Research on the impact of standardization on innovation

研究代表者

江藤 学 (ETO, Manabu)

一橋大学・大学院商学研究科・教授

研究者番号：30280902

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：標準化活動がイノベーションにどのような影響を与えるのかを解明するための研究を実施した。主に事例研究方式とした。最終的に3つの事例を詳細に分析した。また、他の20事例を横断的に分析した。その結果、標準化するとイノベーションは促進されるが、競争企業を生み出す効果があること、標準化の成果ではなく、標準化活動自体がイノベーションを促進すること、標準化によりイノベーションを阻害していた要因を取り除くことが出来ること、などを発見することが出来た。

研究成果の概要(英文)：I have clarified the impact of standardization on innovation. Mainly studied the target cases of the "top standard system". Ultimately I analyzed three cases in detail. Furthermore, I cross-analyzed 20 other cases. As a result, I found the following. Standardization promotes innovation, but as a result it may create competitive companies. In some cases, rather than the result of standardization, standardization activities themselves promote innovation. Standardization can eliminate impediments to innovation.

研究分野：標準化、産業技術政策、イノベーション

キーワード：標準化 イノベーション 市場拡大

1. 研究開始当初の背景

標準化とイノベーションが複雑な相互依存関係にあることは間違いないが、その関係を実際の標準化活動と研究開発・事業化活動の関係を調べることで具体的に整理した研究は少ない。これは、これまでの標準化活動が、表向きは研究開発が終了した後に進むことが多く、研究対象として発見できた頃には、そのイノベーション過程がほぼ終了している環境にあったため、詳細な研究が困難であったためである。しかし、2012年に開始された JISC (日本工業標準調査会) のトップスタンダード制度は、研究開発の初期段階での標準化活動の開始を可能とする新しい制度であり、この制度が呼び水となって、研究開発のプリミティブな段階の技術が、標準化のテーマとして表面化することとなった。ここで提案されたテーマのイノベーション過程を標準化過程とともに詳細に研究することで、標準化がイノベーションに与える影響を詳細に把握することが可能になる可能性を発見したため、本研究を実施することとした。

2. 研究の目的

本研究は、標準化活動がイノベーションに与える影響を明らかにしようとするものである。標準化活動は、それ自体が技術の普及を促進するため、イノベーションの一部であるが、標準化することでネットワーク外部性が働き、市場を独占するため、標準に適合していない技術の開発を阻害することもある。また、市場の独占はスイッチングコストを増大させ、市場の長期寡占化を起すことで新技術の開発・普及を阻害することもある。本研究では、このような標準化活動のイノベーションに対する促進・阻害両面が、どのような標準化によりどのタイミングで発生するのかを明らかにし、標準化によるイノベーションの効果的促進をサポートすることを目的としている。

3. 研究の方法

本研究は、JISC のトップスタンダード制度に選定されたテーマについて分析し、そのテーマから幾つかを選択した上で、技術開発動向、標準化動向、市場化動向について、インタビュー、特許・論文等の定量的データ、推進企業とフォロワー企業の活動などを詳細に調査し、これをテーマごとに比較できるように整理し分析した。これらのテーマは、業界間で標準となる前の、提案企業の固有技術である段階から研究対象とすることが出来たため、イノベーションと標準化の関係を解明する上で最適のテーマとなった。標準化活動については、フォロワー企業の動向に関する情報も収集し、単一企業内に収まらない、産業を横断したイノベーション動向を把握することとした。

また、本研究の対象としていたトップスタ

ンダード制度が、2015年に「新市場創造型標準化制度」に衣替えされ、多くのテーマが追加的に指定された。これを受けて、そのうちの20社についてインタビュー調査を実施し、これを横断的に整理する研究も行った。

さらに、これらに付随する基礎的研究として、標準化人材のイノベーション効果に関する研究も実施した。

4. 研究成果

本研究では、標準化がイノベーションに様々な影響を与えることが、事例研究などから明らかになった。標準化の結果、イノベーションは促進されたものの、技術の開発者の利益が標準化によって失われる事例、標準化活動そのものがイノベーション活動となり、技術の原理解明が進んだ事例、標準化によって、技術の普及を阻害していた問題が取り除かれた事例など、標準化とイノベーションの関係を解明する上で、重要なケースの分析を行うことに成功した。

さらに、「新市場創造型標準化制度」テーマの横断的分析や標準化人材に関する分析なども実施することが出来た。

(1) トップスタンダード制度などから選択した標準化課題の詳細な事例研究

ナノモールディング技術

大成プラス社は、異なった種類の樹脂の接合技術を得意とするが、その過程で社内やユーザーから、樹脂同士ではなく、鉄と樹脂を接合できないかというニーズが寄せられるようになった。同社ではハンマーで叩いても取れない、というゴールを設定し、そのゴールをクリアするまで開発を続けた。

2003年、国内外の業界に先駆けて、アルミニウムと樹脂を一体成形する射出成形技術「ナノ・モールディング・テクノロジー (NMT)」を開発した。アルミの表面を化学処理する際、独自のアルカリ系処理液を使用して、アルミ表面に20-30ナノメートル大のディンプル(凹み)を形成することで一体成形を可能にした。

通常、アルミニウム薄板をプレス加工する際には、表面のサビや油脂類、微細なダストを取るために、脱脂剤、酸塩基水溶液などで浸漬と水洗いを行っている。NMTは、この工程において独自のT処理と呼ばれる処理を施し、アルミニウム表面をナノオーダーで粗化する仕組みである。この「T処理」により超微細なアルミニウム表面の凹凸へ樹脂が入り込み結合するため、射出成形などによる一体成形が可能となる。それまでは、アルミと樹脂を接合する場合、アルミ板などに接着剤や両面テープなどを使用して行う方法が一般的であったが、これらを使用せず一体成形する同社の技術は画期的なものであった。

このケースでは、金属への接着性がポリマーの技術を持つ大手化学会社から転籍してい

た技術者が中心となって、様々なポリマーを試すことでゴールを目指した。アルミニウムに対する侵食処理（エッチング）を開発するとともに、様々な接着性ポリマーを樹脂に混合し、アルミと樹脂との接着を試みたのである。しかし、満足のいく接合は簡単にはできなかった。3年の開発を続け、接合を強化するために混ぜ合わせていた接着性のポリマーなどの接着成分が底をついたため、止む無く接着成分を混ぜずに、純粋な樹脂だけを使って成型してみると、これが高い接着性を見せたのである。

開発された樹脂と金属の接合技術は、自動車産業において、幅広い用途が想定され、今後の一大市場となることが期待できる分野であった。しかし、自動車は安全性が最も重要なセールスポイントであり、金属と樹脂との接合強度が、たとえ実用上は十分な実験強度を示していたとしても、なぜその強度が実現できているのか、実際の接合強度はどの程度あるのか、耐久性はどうかなどのデータを求めてきた。このようなデータがなければ、新しい技術は採用できないというのが自動車産業であった。外気温85度、湿度85%の中で2000時間の耐久性を求めるのが自動車産業であり、家電とはまったく異なる世界だった。当時同社には別の社からの転籍者が、出身大学との共同研究で金属表面の電子顕微鏡写真を撮影するなどのことは行っていた。このため、表面に穴が開いていることくらいまでは、実際の画像で見せることができたが、それがなぜこれだけの強度を出すのかについて正確な説明はできなかった。

そこで、強度の測定方法を開発しようということになり、産業技術総合研究所との協力が開始された。さらに、これらの技術をISOに持ち込み、接着強度の試験方法の標準化を行うこととした。この提案は、JISCのトップスタンダード制度を用い、国内の業界内での合意作業を経ずに、世界レベルでの標準化を開始するという方法を採用した。これはまさに市場の立ち上げをできるだけ早くするためだ。

本件では、ISOでの標準化活動を開始することで、ユーザーに対する技術の紹介においてもISO規格の試験片であることを説明することができるなど、直接的にユーザーの信頼性を高めることを実現しているが、それ以上に効果が大きいと考えられるのが、ISOにおいて試験方法の標準化が開始されている、という事実である。実際、標準が、まだできていない段階においても、自動車関係者などのユーザーが、ISOで標準化が開始されたことを高く評価していたという。これは、今回のナノモルディング技術のように、これまで市場に存在しなかった技術が信頼を獲得する上で重要なポイントといえるだろう。

しかし、その反面、ISOで標準化をしてしまったがゆえに、中国等の競争企業の参入を招き、ビジネスとしては多くの市場を中国等

に奪われることとなってしまった面もある。これは標準化によるイノベーション効果の一つではあるが、ビジネス効果としてはマイナスである。標準化とイノベーションの相互関係において、このようなビジネスにマイナス状況が発生することは重要な発見といえることが出来るだろう。

このように、このケースの研究結果として、標準化の成果がイノベーションに結びつく過程が詳細に明らかにされた。

ファインバブル技術

ファインバブルは、直径100マイクロメートルのごく微細な気体の泡と定義されている。なかでも100マイクロメートルから1マイクロメートルのものは「マイクロバブル」、1マイクロメートル以下のものは「ウルトラファインバブル」と呼んで区別されている。

マイクロバブルは概ね目視可能であるが、水中では圧縮されつつ徐々に水に溶け込むため、最終的に水中で消滅する。ただし、水に塩基分が含まれると、縮小しても消滅せず、100nm程度のサイズのバブルとなり、水中に残る。このサイズになると目視できないため、過去にはその存在の真偽に関する議論があったが、ブラウン運動の観察などで現在ではバブルの存在については確定しており、その密度の測定方法なども開発されつつある。このような見えないサイズのファインバブルは、ウルトラファインバブルと呼ぶ。

ファインバブルはいくつかの特性を示し、条件次第で複数の有効な作用を示す。第一に、バブル内の気体を自由に選べるため、バブル内の気体に酸素を用いると溶存酸素量を増やすことができる。これにより、動植物の育成促進や生理活性化を実現できる場合がある。オゾンを選んで消毒に用いる研究や、CO2を利用する研究なども行われている。

第二に、表面張力により自己加圧が生じるため、気体が圧縮された形で水中に存在することになる。そのため、気泡が水中で上昇しにくくなる作用も示す。これにより、長期に気泡が水中に残存する。前述のように水中に塩基があると、ウルトラファインバブルとなり、そのまま水中に数日から半年程度留まると言われている。このウルトラファインバブルの機能については様々な研究が進んでおり、独特の機能が解明されつつある。特に、漁業や植物の生育に与える影響は、溶存酸素量ではなく、このウルトラファインバブルの存在である可能性が指摘されつつある。

第三に、負の電位を帯びているため、水中の汚れ成分を浮上分離させることができる場合や、その気泡消滅時に生じるフリーラジカルや気泡が壊れる際の微細な衝撃によって、限られた範囲の細胞を破壊することができる場合がある。これが生理活性化や殺菌につながる可能性がある。

近時の研究によると、ウルトラファインバブルが多く作用効果を産んでいる可能性

が高く、しかもその作用効果の要因は電位を帯びていることにあるという。

これらのメカニズムについてはウルトラファインバブルの計測が困難であったことも相まって必ずしも十分に明らかにされていなかった。このため ISO での標準化に取り組むことになり、並行して測定技術の開発が進められた。

それまでファインバブルは、その効果が明らかであるために産業応用は進んではいなかったものの、原理が解明されていないがために、普及が遅れていた。しかし、ISO において標準化するためには、幾つかの原理を解明することが必要であり、その開発を行った。このおかげでイノベーションが活発化することとなった。

この事例では、標準化活動それ自体が、イノベーションを支援している。本事例については、この標準化活動とイノベーションの関係を詳細に分析し、イノベーションと標準化の相互作用を整理することに成功した。

ナノセルロース

ナノセルロースとは、セルロースを分解し続けて、最後に出来る 1 本の鎖である。セルロースとは植物繊維である。木を砕き続けると、パルプになるが、パルプの繊維も、砕き続けると最後は 1 本の繊維になる。1 本の繊維は、概ね 40 ナノ程度のサイズである。これ以上、細くはならない。これをナノセルロースと名づけた。まさにナノサイズの繊維であるから、ナノセルロースとして名付けられた。

この物質は、他の二つと異なり、トップスタンダード制度の対象物質ではない。国内的には標準化する動きはなかったにもかかわらず、カナダが、この関係物質(ナノセルロースクリスタル)を ISO のナノテクノロジーの規格検討委員会に持ち込み、標準化活動を開始したため、日本もやむなく対応せざるを得なくなった物質である。この物質は、ナノセルロースと名付けてしまったがために、「この製品は安全なのか？」という疑問を生むことになってしまったとも言えよう。

本来ナノセルロースは木材なので、「木材であれば安全」と誰でも考える。木材製品からできたパルプに毒性があるとは思わない。さらに、ナノセルロースの製品というのは、世の中に沢山供給され、使われている。例えば、ナタデココという食品がある。ナタデココは、木材を分解して作ったナノセルロースではなく菌が作るナノセルロースである。菌がセルロースの 1 本の鎖を作って、それを繰り返して作り続け、束にしたのがナタデココなのである。このナタデココというのは昔から食品として食べられているものなのである。安全性の問題は、ほとんどないと言っても良いだろう。

ところが、これをナノセルロースと言ってしまったために、問題を大きくしてしまった。

ナノサイズになると、この細い繊維は細胞に「悪影響を与えるのではないか」と思う人が出てきてしまったのである。

そして、この問題が ISO のナノテクノロジーグループに持ち込まれたために問題が大きくなった。ナノセルロースを利用するためには、安全性を確認しなければならないという「強い圧力」が市場の参加者、つまりイノベーションの担い手に掛かるようになってしまったのである。

この物質における標準化活動は現在も続いているが、安全性の確認に関する、ある一定の方法が提示されたおかげもあり、製品への利用が進み始めた。

最初にこの問題を持ち込んだのはカナダであり、持ち込まれたのはナノセルロースのうち、ファイバーをさらに細かく切り刻んだナノクリスタルであった。これに対抗して、日本は単一繊維のナノセルロースファイバー(iCNF)を持ち込み、共同で安全性の議論を実施した。元々ナノセルロースグループが持つノウハウ、カナダが開発した手法などを組み合わせることで、日本が産業化を進めているナノセルロースファイバーの安全性を客観的に確かめる手法が整備されたのである。

現在もなお、この ISO でナノセルロースの安全性の研究が進んでいるが、ある程度の目処が見えたことで、市場での応用が開始された。まさに標準化がイノベーションの阻害要因を取り除いた典型的事例として、その過程は貴重な研究対象となり、研究に効果的な結果を獲得することが出来た。

(2) 「新市場創造型標準化制度」の研究

新市場創造型標準化制度は、企業 1 社では業界内の調整が困難、中堅・中小企業等で、標準の原案を作成することが困難、複数の産業界にまたがる、等の場合に活用することができることとされており、制度開始以降、多くの中小企業がこの制度のユーザーに指定された。

本研究では、3 年間の研究期間の最終年度に、それまでに指定された 20 事例について取り上げ、インタビュー調査等を行い、横断的分析を行った。その結果、中小企業が行う JIS 規格の制定は、多くの事例において、企業または製品の「ブランドアップ」もしくは「信頼性拡大」に利用されていることがわかった。そして、市場の拡大を大きく狙ったものは少なく、逆に多くの事例で JIS 規格を作ることによって市場の限定を実現し、競争企業の参入を防いでいることがわかった。

この研究は、平成 30 年度以降の新しい科研究費による研究「イノベーションに対する標準化の効果と事業者便益に関する研究」に引き継がれることになる。

(3) その他の付随研究

標準化とイノベーションの関係を研究する上で、これを担う人材の育成状況に関する

研究を基盤的研究として実施した。

具体的には、2016年に経済産業省の委託により三菱総合研究所が日本の全大学・専門学校に対する標準化教育実態調査を実施したが、この調査に参加し、標準化とイノベーションの相互関係を解明するために重要な標準化人材の育成状況について分析した。現状では、国公立大学ノ大学院、高等専門学校のうち、120機関から285科目の標準化教育が行われていることが分かった。これをさらに詳細に分析し、最終的に、標準化の汎用的教育を行っている講義として24科目を取り出し、担当教官の大半に対するインタビュー調査を実施した。

その結果、日本における標準化教育における課題は、適当な教科書がない、教育を行える人材が少ない、学生・ビジネスマンが標準化に興味を持たない(標準化を学ぶことにメリットが見えない)、社会人が標準化について学ぶ場がない、企業幹部が標準化知識の重要性を認識しない、など広範にわたることが判明した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

江藤学、標準化人材育成の必要性、標準化と品質管理、査読無、Vol.71 No.4、2018、pp.4-9

江藤学、鷲田祐一、大成プラス「ナノモールドイング技術」、一橋ビジネスレビュー、査読無、65巻3号、2018、pp.132-138

江藤学、標準化によるアウトバウンド型オープンイノベーション、日本知財学会誌、査読無、Vol.14 No.1、2017、pp.43-55

〔学会発表〕(計10件)

Eto, Manabu, Outbound Open Innovation by Standardization, PICMET, 2018

Eto, Manabu, Three activities to promote the development of standard professionals, 2018

Eto, Manabu, The Business Effects of Standardisation for SMEs, EURAS, 2018

Eto, Manabu, Human resources of Standardization in Japan, APEC-IEC-ISO workshop, 2018

江藤学、中小企業のビジネスに対する標準化の影響、日本知財学会、2017

江藤学、標準を利用したアウトバウンド型オープンイノベーションの効用分類、研究・イノベーション学会、2017

Eto, Manabu, Education of Standardization in Japan, ICES, 2017

江藤学、CNFの知財・標準化戦略、日本化学会第96春季年会、2016

〔図書〕(計1件)

江藤学編、日本規格協会、標準化教本、2016、pp.9-58,91-121

〔その他〕ケーススタディ(計1件)

吉岡(小林)徹、木村めぐみ、江藤学、高知におけるファインパブルの農業・水産業への応用、2017

6. 研究組織

(1)研究代表者

江藤学 (ETO, Manabu)

一橋大学・大学院商学研究科・教授

研究者番号：30280902