

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月12日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23830018

研究課題名（和文） 日本の重電メーカーにおける技術革新メカニズム
—高効率石炭火力発電の事例—

研究課題名（英文） The mechanism of the technological innovation in heavy industry

研究代表者

工藤 悟志 (KUDO SATOSHI)

東京大学・大学院経済学研究科・助教

研究者番号：70613313

研究成果の概要（和文）：

本研究は、戦後、約 50 年間におよぶ日本の重電メーカーの火力発電についての技術革新メカニズムを分析した。その結果、企業は「顧客企業」との関わり方や「戦略的提携」が、将来の事業に深くかかわるため、短期的ではなく長期的な視野でみる必要があること、技術革新には「製品技術・生産技術・運転技術の統合度」を高めた製品開発が重要であり、コア技術の革新のみならず「周辺技術の開発」が重要になってきていることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

This research analyzed the mechanism of the technical innovation about the thermal power generation of the heavy industry in Japan in recent 50 years.. The "Customer enterprise" and "Strategic partnership" need to decide on the basis of judgment that it is not short-term and long-term. In product development, integration of management resources, especially the technological integration is very important. And "Development of peripheral technology" clarified the important thing in recent years.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2012年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経営学、経営学

キーワード：製品開発、先端技術開発、火力発電、環境技術、省エネルギー技術、イノベーション、技術経営

1. 研究開始当初の背景

近年、環境技術や省エネルギー技術として高効率火力発電プラントが注目されてきた。日本の重電メーカーは、主要機器（たとえば

蒸気タービン、ガスタービン、ボイラなど）の製作から発電プラントの建設まで1社でできることが特徴としてあげることができる。また各社は火力発電の主要機器においても、

最先端の製品開発に積極的に取り組んでいる。

たとえば、火力発電にかかわる最先端の製品開発として、ガスタービンをみると、その製品開発競争をしているのは、日本の三菱重工業、アメリカのゼネラル・エレクトリック (GE)、ドイツのシーメンス、フランスのアルストムが代表的である。一方で、最先端の火力発電プラントのひとつであるコンバインド・サイクル発電プラントを建設できる重電メーカーとなると、ガスタービンの開発に積極的に取り組んでいる 4 社に加えて、日本の重電メーカーである東芝、日立製作所がグローバルに市場で競争を繰り広げている。

火力発電の歴史は、蒸気タービン発電から始まり、ガスタービン発電、蒸気タービンとガスタービンの複合発電であるコンバインド・サイクル発電という流れがある。最近の火力発電において環境技術、省エネルギー技術として注目されているのはコンバインド・サイクル発電であるが、そればかりではない。既存の蒸気タービン発電は、蒸気タービン本体の開発において、大容量化、高温・高圧化することによって以前よりも効率が良くなっている。ガスタービン発電も、ガスタービン本体の大容量化、ガス温度の高温化によって、効率化されている。新製品は、これらの目標を達成するために、研究部門による要素技術の開発から始まり、設計部門、生産部門など、多くの開発部門の連携が必要となってくる。各企業は、経営資源を組織能力によって、最適な製品開発システムを構築している。

近年、重電 3 社といっても、それぞれの企業によって、蒸気タービン、ガスタービン、ボイラなどの主要機器に特化してきている。戦後の重電 3 社は、1950 年代に米国のゼネラル・エレクトリック (GE) やウェスチングハウス (WH) から蒸気タービン技術を導入して、国内でタービンの生産・製作と据付を中心におこなってきた。日本企業は次第に技術を吸収していった。1960 年代には、各社が GE やウェスチングハウスからガスタービンの技術を導入した。1980 年代半ばになると、ガスタービンにおいて圧倒的な世界市場シェアを獲得していた GE に対し、三菱重工のガスタービンは大容量化で先行することとなった。その後、GE・三菱重工のガスタービン開発の競争は過熱していく。現在では、ガスタービンのガス温度の高温化技術で、三菱重工は GE を凌ぐまでになっている。

蒸気タービン発電からガスタービン発電、そしてコンバインド・サイクル発電と一連の発電方式の変遷を技術パラダイムととらえると、各社がそのパラダイムに対する対応が違うことがわかる。この各社の対応の違いは

なぜ起きるのか、技術革新のメカニズムを明らかにしようと考えた。

2. 研究の目的

火力発電の方式は、時代とともに変化している。蒸気タービン発電、ガスタービン発電、コンバインド・サイクル発電と変遷してきた。この流れを技術パラダイムととらえることができる。それぞれの技術パラダイムにあわせて技術開発や製品開発のやり方も、各社によって異なる。そこで、本研究の目的は、技術パラダイムが変わると、技術革新がおこる。その技術革新のメカニズムは、それぞれの企業によって異なるという事象をもとに、日本の重電メーカーの技術革新メカニズムを解明することである。具体的には、東芝、日立製作所、三菱重工業の火力発電に関する最先端の製品開発に注目する。

3. 研究の方法

研究対象として、東芝、日立製作所、三菱重工の重電 3 社を中心とした。各社の研究開発部門、設計部門、生産・製造部門、建設部門の社員へのインタビュー調査を実施した。火力発電に関わる主要機器の生産現場の見学・調査も実施した。また関連産業として、重電メーカーの顧客である電力業界のうち東京電力、九州電力、電源開発の発電所の見学・調査ならびに社員へのインタビュー調査を実施した。素材メーカーである日本製鋼所の本社と室蘭研究所・室蘭製作所の調査も実施した。の調査もおこなった。日本のみならず、世界の重電メーカーのタービンの主要部品であるタービンロータ軸を研究、製作しているその他、鉄鋼業界、石油業界等の発電設備も見学・調査をおこなった。

文献としては、各社の社史や技術情報誌、業界団体である火力原子力発電技術協会の会誌、ガスタービン学会の学会誌、電気新聞等の新聞やビジネス誌の関連記事を参考とした。技術に関連する調査・分析には、日本の特許データとアメリカの特許データを利用した。

4. 研究成果

本研究の成果は、火力発電における日本の重電メーカーの技術革新メカニズムを解明することである。いくつか明らかになった要因をそれぞれ簡単に説明する。

(1) 顧客企業

技術革新が起きるときには、大きな流れとして、技術パラダイムの転換がある。たとえば火力発電の場合、蒸気タービン発電からガスタービン発電に変わり、次にコンバインド・サイクル発電になったように、技術パラダイム、市場ニーズは変わっていった。それ

は、「省エネ」、「燃料の多様化」「環境問題」といったように、時代を反映しているものであった。火力発電における技術パラダイムの転換は、重電メーカーの顧客企業である電力メーカーのニーズが大きな影響を与えている。重電メーカーの技術革新は、電力業界のニーズに合しているといえる。

東芝は、1950年代半ばから、東京電力を中心に、多くの蒸気タービン発電を受注した。当時の発電所建設の国内シェア（発電所の出力）は東芝がトップであった。東芝の発電事業は成功していた。そのため、次の技術パラダイムであるガスタービン発電の開発に取り組むのが、他社よりも遅れた。一方で三菱重工は、蒸気タービン発電は東芝、日立製作所に国内市場の大部分が占められていたため、海外市場への進出、ガスタービン発電の開発は他社よりも早かった。

このように、戦後復興の発電事業では、日本政府の政策的なものもあって東芝や日立が先行することとなった。

(2) 戦略的提携

日本の重電メーカーは、1950年代に蒸気タービン、1960年代にガスタービンの技術を海外メーカーから導入している。蒸気タービンに関しては、戦前からの造船業で培ってきた国産技術が活用できると考えていたが、産業用の大容量の蒸気タービンは開発できずにいた。また戦後復興という急速な需要であったため、開発時間もとることができなかった。その結果、日本の重電メーカーは、海外の重電メーカーから技術導入するしかなかった。ガスタービンこそは、自主開発しようと考えていた重電メーカーも、大容量のガスタービンの開発が間に合わなかった。また日本の重電メーカーは、製品に対する信頼性を顧客から獲得するまでの実績はなかった。東芝、日立は、米国・GEから、三菱重工は、米国・ウェスチングハウスと技術提携をおこなった。この契約内容はあまり明らかになっていない。しかしながら、東芝、日立にとって、この技術提携はその後のガスタービン開発に大きな影響を与えた。GEは、ガスタービンの容量で技術提携をおこなっており、東芝、日立が大容量の最新のガスタービンの開発を阻止することに成功した。市場では大容量のガスタービンが求められるなか、東芝と日立は、自主開発・生産することができず、GEから完成品を調達するしかなかった。その後は、生産協定も締結し、GE 図面のもと、東芝、日立は大型ガスタービンの生産をおこなうことになった。そして自主開発のターゲットは、中・小型ガスタービンとなった。現在でも、東芝、日立はGEと技術提携を継続している。

一方で、三菱重工は、他社に先駆けて自主開発で大容量（大型）ガスタービンの開発に

取り組んでいた。しかし、1960年代に大容量のガスタービンの需要が急伸したとき、自主開発は間に合わず、ウェスチングハウスと技術提携をした。三菱重工の組織内には、自主開発したガスタービンを市場に出すという明確な目標があり、ガスタービンの自主開発を積極的におこなった。そのため、ウェスチングハウスとの技術的格差は次第に縮まり、約20年で技術提携を解消している。

このように重電3社は、技術提携をすることによって海外の先進技術を吸収し、発展させていった。しかし技術提携は、各社の技術開発を制約した。それによって現在の技術・製品分野の特化につながっていったことは明らかである。

技術革新メカニズムの外部要因として、「顧客企業」、「戦略的提携」によって、重電3社の技術・製品開発に制約ができたことが明らかになった。次に、技術革新メカニズムの内部要因を簡単に説明する。

(3) 製品技術・生産技術・運転技術の統合度

火力発電における顧客ニーズで、最も重視される要因は、「信頼性」である。「プラントの信頼性」、「機器の信頼性」であり、発電事業は社会インフラと認識され、停電などおこしてはいけない。

重電3社の火力発電に関わる主要機器のラインナップを見ると、各社がそれぞれ戦略的に製品開発に取り組んできたことがわかる。東芝は、蒸気タービンに特化した。ガスタービンの開発もおこなっていたが、2000年にGEとガスタービンの生産協定を締結し、東芝ブランドのガスタービンの製作を中止した。しかし現在でも東芝のタービン工場の一部では、ガスタービンのメンテナンスをしている。また同じ敷地内にGEとの合弁会社があり、新規ガスタービンを製作している。その合弁会社と東芝の技術交流はない。発電市場における東芝の位置づけは、蒸気タービンに特化したタービンメーカーである。日立は、蒸気タービン、ガスタービン、ボイラの主要機器すべてを日立ブランドで製作できる。ただしガスタービンはGEと技術提携を結んでいるため、自主開発できるのは中・小型のものである。三菱重工は、蒸気タービン、ガスタービン、ボイラの製作を自社でおこなっている。火力発電プラントの建設は、3社ともできる。参考までに、GEは、蒸気タービンの開発・製作はやめている。ボイラの製作もおこなっていない。ガスタービンのみの開発、製作をおこなっている。世界の重電メーカーが、ガスタービンの開発に取り組んでいるのは、次世代、最先端火力発電や次世代の火力発電といわれているものは、ガスタービンを中心としたコンバインド・サイクル発電が基本になる

と考えられているからである。一方で、蒸気タービンの一層の高効率化・大容量化はガスタービンの効率化に比べると難しいと考えている。

重電3社は、主要機器をすべて自主開発していなくても、火力発電プラントとしてのシステム構築は可能である。しかし火力発電プラントの製品設計思想をモジュール型ととらえる東芝とインテグラル型ととらえる日立・三菱重工では、製品開発能力に差が出ると思われる。三菱重工は、最先端のコンバインド・サイクル発電の開発において、自社の高砂製作所内に発電プラントを建設した。この発電プラントは、蒸気タービン、ガスタービン、ボイラを主要構成機器とするもので、この発電プラントの運転状況から、製品開発に役立っている。いままでは、電力会社と共同開発をおこなっていたが、その機会が少なくなってきたこともあり、自主開発で信頼性の高い製品を開発するには、実際に実証プラントを運転して、そこから得られる情報が製品開発に必要であると判断したからである。重電メーカーにとって、製品技術・生産技術・運転技術が統合されることによって製品開発力は高まる。三菱重工のガスタービンは高い性能を発揮し、信頼性を獲得している。

(4) 周辺技術の開発

重電各社の技術革新、製品開発をみると、コア要素技術レベルでの劇的な進化というのは、あまりない。たとえば、ガスタービンの開発において、ガス温度が高温になると高効率化する。しかしタービンに入ってくるガス温度が高くなるとその温度に耐えられる材料の開発が必要になる。現在では、革新的な耐熱材料の開発ができることは少なくなっている。むしろ、耐熱材料を加工する技術、溶接する技術、コーティングする技術といったようにコア技術の周辺技術の開発、進化があってトータル・システムとして、ひとつの製品としてのガスタービンが開発される。また一方で、耐熱素材が開発されても、それを加工することができない、溶接することができないということもある。つまり技術は、一連の開発によって進化するというのである。コア技術の開発だけに注力しても、製品開発はうまくいかない。製品や技術が複雑化すればするほど、周辺技術の重要性が高まっている。

(5) まとめ

以上のように、本研究ではいくつかの要因が、技術革新メカニズムにおいて重要であることが明らかになった。これ以外にも、技術パラダイムが変わると産業構造も変わることがある。そのなかで、専門分野に特化した素材・部品メーカーの出現、それにとまなう

分業体制の変化などが日本の重電メーカーの競争環境を変えてきた。また重電メーカーは、競争に勝つために経営資源の活用方法を変え、組織能力を強化してきた。情動的経営資源である「技術」は、継続的に開発をしていかないと競争力を失うということも、日本の重電メーカーは肌で感じてきた。火力発電プラントをモジュール型でつくりあげる重電メーカー、インテグラル型でつくりあげる重電メーカーがあり、その製品アーキテクチャーも複雑化してきており、システム全体も複雑化してきている。

今後は、その複雑化にどのように対応していくのか、分業体制においてもトータル・システムとしての技術発展をどのように進めるのか、研究を発展させていきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

- (1) 工藤悟志「技術選択とイノベーションー日本の重電企業の高効率火力発電の事例ー」組織学会、2012年6月17日、立命館大学・滋賀県

[その他]

- (1) 工藤悟志「日本の重電メーカーは世界で戦えるか?!」火力原子力発電技術協会、2013年9月11日、火力原子力発電技術協会・東京都
- (2) 工藤悟志「高効率火力発電と日本のものづくり」東京大学・経営教育研究センター、2012年6月18日、三菱ビル・東京都

6. 研究組織

(1) 研究代表者

工藤 悟志 (KUDO SATOSHI)
東京大学・大学院経済学研究科・助教
研究者番号：70613313