

シンポジウム記念講演 2

「最近の発電技術開発について

—火力，原子力，自然エネルギー—

株式会社 日立製作所電力システム社

CTO 松田 将 省

皆さま、こんばんは。

このたびの産業経営研究所 60 周年、誠にありがとうございます。

私はエンジニアなので、一部は専門用語を使った説明となり、お聞き苦しいところがあるかと思いますが、ご容赦をお願いします。大上段なタイトルをつけてみずかったなと思っているのですが、日立製作所における研究開発の一端をご理解いただけたらうれしいなと思っています。

最初に電力・エネルギー分野の世界的な潮流ですが、安全性 (Safety) を大前提に、エネルギー安全保障 (Energy Security)、経済性 (Economy)、環境適合性 (Environmental Conservation)、この三つの“E”をどう鼎立すべきか、というのが一番大きなポイントだと考えています。今日は、最初に私どもの研究開発の体制を簡単に説明させていただいた後に、最近の技術開発の一部を紹介したいと思います。

1 日立の研究開発体制

—研究開発のグローバル化とオープンイノベーション活用—

1-1 研究開発組織

1-2 グローバル研究拠点

1-3 海外拠点を基点とするオープンイノベーション

1-4 産官学連携による革新的研究の推進

1-5 日立グループの研究開発投資額

まず研究開発体制ですが、キーワードはグローバル化、オープンイノベーションです。日立の場合、社長直属の組織として研究開発グループがあります。主な研究所は中央研究所、日立研究所、横浜研究所の三つで、各研究所はそれぞれ 1,000 人前後の規模です。

最近力を入れているのが海外研究所で、ここを

伸ばしていきたいと考えています。以前から、欧州、中国、アメリカ、アジアはシンガポールに研究拠点を持っていました。最近ではインドやブラジルにも研究所を設立して、新興国も含めて一緒に仕事をしていくというかたちです。海外研究所の人数は現在 400 名ぐらいですが、確実に増やすことを計画しています。

海外研究所の一番大切な視点はオープンイノベーションで、大学など、いろいろな組織と連携して、各地域のお客様のニーズに密着した研究開発を進めています。ヨーロッパの例をとりますと、自動車や鉄道はもちろん、エネルギー関係では風力や原子力の研究、電気と熱を含めた全体の省エネを実現するような実証試験などを現地で実施しております。

国内では短期的な製品に直結するような研究開発が過半を占めていますが、先を見た将来パラダイムシフトを起こすような中長期的な研究も重要で、国の方針とうまくマッチングさせながらやりたいと思っています。最近ですと、ImPACT や SIP、COI など大型の国家プロジェクトがあります。その中で、大学や他の企業と一緒にやって開発を進めていくようなかたちをとっています。

日立グループの研究開発の投資額は売上の 4% 程度で、年間 3500 億円から 4000 億円を研究開発に使っています。

2. 最近の発電技術開発

—火力，原子力，自然エネルギーの開発事例—

2-1 発電技術の研究開発方針

ここからは、本題の発電技術開発をご紹介します。発電事業と言った場合、火力など発電分野そのものも大切ですが、同時に送電や変電などの電力流通分野も重要です。きょうは、火力、原子力、

自然エネルギー（再生可能エネルギー）による発電に加えて、電力流通の一例として系統安定化への取り組みを説明します。

2-2 火力発電

2-2-1 火力事業統合の概要と火力発電分野の研究開発

2-2-2 火力発電研究開発のポイント

2-2-3 CO₂回収による地球温暖化防止

まず火力発電です。火力事業については、今年の2月に三菱重工の火力部門と統合して新しい会社、三菱日立パワーシステムズ（株）を設立いたしました。目的は、グローバルトップを目指すということです。もう少しダイレクトに言うと、先行するGEやシーメンスに勝つために、一緒になってやっていこうということです。ただし、革新的な発電技術や未来のエネルギー源など、将来パラダイムシフトを起こす可能性があるシーズ技術は、一部を日立の中に残して研究開発を継続していきます。

火力発電の研究開発のポイントは、一言でいうと、発電の高効率化です。効率が上がれば経済性が向上するのみでなく、省資源を実現できますので、効率化が一番大きな競争軸になります。石炭火力の例を書いています。蒸気の温度と圧力を上げていきますと、どんどん発電効率は上がっていきます。研究開発の面では、高温に耐える材料や冷却の技術などが重要になってきます。

一方、環境負荷低減の観点では、たとえば、排ガス中の窒素酸化物（NO_x）の濃度を下げる技術が必要です。燃焼解析技術を高度化し、それを燃焼器などの改良に生かすことで、NO_xの濃度がおよそ10年毎に半減するような実績があります。

次に、CO₂回収用の吸着剤の研究例を説明します。皆さん、CCS（Carbon dioxide Capture and Storage）という言葉をお聞きになったことがあるかと思います。現在のCO₂回収の主流は、アミン系の液を使って、排ガス中のCO₂をいったん液に吸収して、それをもう一度熱をかけてCO₂を分離・濃縮し、それで貯留に持っていくというかたちで、様々なところで実証試験が進められています。

基礎研究を進めている技術の一つに、液を使わない、固体のCO₂吸着剤があります。われわれ

はコアの技術として触媒の技術を持っており、触媒の成分を複合化することで単位表面積当たりのCO₂の吸着量を増やすと同時に、構造をナノメーターのレベルでコントロールして表面積を増やすことで全体性能を大幅に上げるような研究にチャレンジしています。

この固体吸着剤は、従来のアミン液よりも単位体積あたりの吸着容量が大きいため、設備を小型化できます。同時に、アミン液に比べて比熱が小さいため、CO₂の吸着・分離に伴う熱ロスを大幅に削減できます。実用化にはまだまだ時間がかかりますが、次世代技術として、地道に研究を続けて行きます。

2-3 原子力発電

2-3-1 福島第一原子力発電所事故を踏まえた研究開発

2-3-2 福島第一原子力発電所向け廃炉技術

2-3-3 既設プラントの安全性向上

2-3-4 新設プラント向け固有安全化技術への挑戦

次に原子力ですが、東京電力福島第一原子力発電所（以下では、福島第一と略す）の事故を踏まえて、研究開発も抜本的に見直す必要があります。今、我々が考えているのは三本柱が基本で、一つは福島第一の廃炉をきちっとやっていくこと。二つ目は、新聞でも取り上げられている原発の再稼働です。再稼働の進め方は、国民を含めた大きな判断になるわけですが、われわれメーカー側は既設のプラントの安全性をきちっと高めていく。これが二つ目の柱です。三つ目は、将来を見て、また海外を見て、将来新設されるであろうプラントに対して、われわれ固有安全化と言っていますが、いまよりも格段に安全性を向上した技術を開発していきたいと思っています。

この三本柱を簡単にご説明します。まず福島第一の廃炉ですが、発電所のサイトには放射能で汚染された汚染水が50万トンぐらい貯まっています。この汚染水を処理するのに、いままでは放射性セシウムとかストロンチウムなど、それぞれの化学形態に応じて適切な処理を選択することで水を浄化していました。我々は、セシウム、ストロンチウムなど複数の放射性物質を除去できる吸着剤を開発して、処理を簡単にします。また、フィルターでの粗取りを併用することで、二次廃棄物の

発生量を大幅に減らすような開発をしております。現在、1時間で500トンぐらいの汚染水処理をできる設備を作って、試運転を始めたところで、

廃炉のもう一つに、事故で溶けた燃料があります。溶融した燃料は、原子炉格納容器の中に残っていますが、その状態をきちんと調査をして、安全に取り出さねばならないという大きな課題があります。そのためのロボットの開発を進めています。人間が近づくわけにいきませんので、格納容器の外側に出ている太さ100ミリぐらいの配管からロボットを入れて、中をいろいろ調べたりする。この写真は一例ですが、配管を通るときは直線状の長い棒になって進んで行き、配管を抜けて調査するところに来たら形状を変えて凸凹のところも自由に面走行ができる。そういうロボットやセンシング技術の開発を通じて、溶融燃料の取り出しに貢献したいと思っています。

二番目は既設プラントの安全性向上です。福島第一で過酷事故が起こった大きな原因は、外部からの電源がなくなってしまって、プラントをコントロールできなかったということですので、一つは電源の強化と多様化を進めています。もう一つ大きいのは、原子炉格納容器の中の圧力が高くなったので、そこの気体を建屋の外に放出したために、サイトの中だけでなく周辺地域も放射性物質で汚してしまったという大変申しわけないことをしています。万全の対策をしても、今回のような事故が100%起こらないとは言い切れません。万が一事故が起こったとしても、その時は放出するガスを大きなプールのような水の中へバブル状にしていったん通し、放射性物質を取り除いてから排出する、そういった設備をきちんと取り付けていく対策もしております。

三番目は、もう一歩先の将来を見た、原子力プラントの固有安全化への挑戦です。先ほども申しましたが、事故が起こった一番大きな原因は電源がなくなったことで、それに伴いいわゆる多重故障が起こってしまった。もともと原子炉は水で燃料を冷やしているのですが、緊急時には、電源がなくても原子炉の燃料を無限時間冷却できるような技術をつくりたい。冷却に使う水は、電源がなくなると蒸発してなくなる場合があります。一方、空気なら周囲に無限にあります。この空気を

利用した空冷技術を高度化することで、電源なしでの無限時間の冷却を目指しています。また福島第一では、水素の爆発が起こりましたが、これも触媒の技術を使って、電源がなくても水素を酸素と再結合させて水に戻す設備を開発する。さらに、事故は100%ないとは言い切れませんので、万が一事故になった場合、最新の人工知能の技術も活用して事故を速やかに収束し、運転員を支援できるような技術を、少し時間はかかりますけれども、きっちりやっていきたいと思っています。

2-4 自然エネルギー

2-4-1 自然エネルギー発電への取り組み

2-4-2 日立の風力発電システム概要

2-4-3 ダウンウインド型風車の特長

2-4-4 浮体式洋上風力発電システムの実証①

2-4-5 浮体式洋上風力発電システムの実証②

2-4-6 風力発電システムの開発

次に自然エネルギー、再生可能エネルギーについてご説明します。日立の場合、メインでやっているのは風力と太陽光の事業ですが、きょうは風力についてご説明します。

日立の風車の特徴を一言で言えば、ダウンウインド型です。通常、皆さんが見慣れたアップウインド型の風車は、発電機が乗っているナセルの前に羽根があって、そこで風を受けてぐるぐる回っています。私どもが事業化しているダウンウインド型はナセルの後ろに羽根がついています。技術的な説明は省略しますが、たとえば山岳地ですと吹き上げの風があり、風を受ける羽根の面が風と直角に当たるようにできるので、発電量を増やせるという特徴があります。

洋上に風車を浮かべる浮体式風力発電システムの開発も進んでいます。この場合にも、ダウンウインド型は発電量が稼げるとの利点があり、製品化を積極的に進めようと考えています。

経済産業省の支援を得て福島の新沖合20kmに設置した2MW（メガワット）風車の写真です。浮体部分は三井造船殿が、風車は日立がつくって、昨年から実証データの蓄積を進めています。沖合につくるものですから電気を送るのも重要で、世界初の浮体式洋上変電所を設けて、風でつくった電気を効率よく送電する研究も同時にしています。

日立の2MW風車は、羽根の直径80mが標準ですが、低風速でも発電量が多い直径86mの風車も初号機が運転を開始しました。また、日本は台風等がありますので、国際標準を超えた、高風速域での強度と信頼性を有する機種も開発し、初号機を建設中です。さらに大型化による経済性向上を目指して、羽根の直径が126mの5MW風車も開発しており、お客様の多様なニーズに応えていきたいと考えています。

2-5 電力系統安定化

2-5-1 自然エネルギー導入時の系統安定化ニーズ

2-5-2 1MW蓄電システム開発

2-5-3 発電から需要家までのトータル制御

次に電力系統の安定化についてお話しします。自然エネルギーをどんどん入れていきますと、天候に左右されるものですから発電量が不安定になって、最悪の場合には、大停電が起きてしまう。海外ではそういう事例もありますので、系統の安定化が非常に大事な課題になっています。そのために、ロバスト性の高い系統安定化の制御システムや、蓄電池を利用した供給安定化の技術開発も進めています。国内だけでなく、ニーズが先行する米国などのお客さまと一緒に実証試験するケースが多くなっています。

これは、需給の変動を吸収するためのシステムです。リチウム電池やパワーコンディショナーなどのキーコンポーネントを1台のトレーラーにコンパクトにまとめており、1メガワットのシステム容量を持ちます。寿命の目標は15年で、それ

が本当に実現できるかという検証を米国で開始しました。

先ほどのご講演でも、「トータルのシステムとして見ることも大事ですよ」というご指摘がありました。私どももまさに同じことを考えています。いままでは、電力会社に任せておけば、発電、送電、配電をしっかりとやって来て電気を届けてもらえると思っていました。しかし、省エネや再生可能エネルギーの有効活用と、電気の安定供給を両立するには、需要家の方もある程度は協力していただかないといけなくなってきた。協力いただくためには、従来通りの制御だけではなくて、DSM (Demand Side Management) や HEMS (Home Energy Management System) など情報技術を活用して全体最適化を図ることが大事になってきます。我々も今までは、極端に言えばハードウェア主体の「どんがら商売」でした。これからはITを活用してもっとスマートにならないといけないと思っていますが、なかなかスマートにできないのが実態です。

3. まとめ

最初にも申し上げましたが、安全性 (Safety) を大前提に、三つのE (Energy security, Economy, Environmental conservation) をきちっと鼎立させていけるような発電技術の研究開発を通じて、多様化する社会のニーズに応えてゆきたいと考えております。

以上です。(拍手)