

チームプレーで実現した 超々臨界圧プラント

蒸気条件記録を塗り替えた高効率ボイラ

火力発電の歴史は、蒸気温度・圧力への挑戦の歴史だ。

世界各社が挑んできた蒸気温度の壁、これを大幅に塗り替える高効率ボイラを実用化し、

日本のスタンダードを確立したのはIHIが設計・製作した碧南3号ボイラだ。

その鍵を握っていたのは新材料の実用化であった。

多くの人々の努力と信念が実を結び、輝く成果が得られた道のりを

当時の設計部隊のメンバが回想する。

超々臨界圧ボイラ誕生の背景

IHIが火力発電プラントに参入したのは1940年代後半。このころから日本はドイツやアメリカから技術導入して製作したプラントで、実運転を通じてノウハウと経験を蓄積しながら、独自の技術力を高めてきた。

その代表的な技術が、1990年代に誕生した超々臨界圧高効率ボイラだ。

長年、ボイラ技術の向上に努めてきた青木裕は超々臨界圧ボイラ開発の経緯について回想する。

蒸気温度が高いほど発電効率が高くなり、使用する燃料も少なくてすむ。しかし、ボイラに使われる材



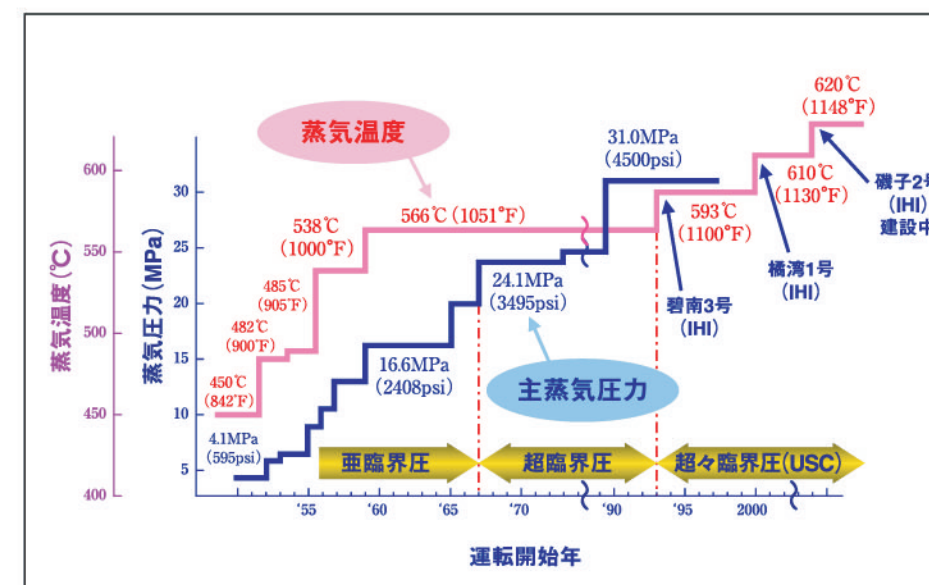
電力事業部
青木 裕

料には、30年以上の長期運転に対する耐久性が要求されるため、蒸気温度を高めるには材料開発が欠かせない。先駆者であったドイツ、アメリカでは1950年代後半から温度条件向上への挑戦が行われたが、長期運転に耐えられる材料が得られず、結局、最高569℃の時代が1990年ごろまで続いた。

一方日本では、第二次世界大戦後の急速な経済発展による電力消費量の増大で、化石燃料の輸入も急増した。しかし、1970年代以降は再三にわたるエネルギー危機においてピーク時に電力調整を要請されたり、日用品が不足したりするなどの、不自由な生活を余儀なくされた。この経験がその後のエネルギー政策に大きな影響を与え、高効率石炭火力発電技術開発の国家プロジェクトが始動した。このプロジェクトは、当時の石油中心のエネルギー需給構造から、化石燃料全体をバランスよく利用する構造に転換することを目指したものである。そこで、使いづらいつとされていた石炭利用を促進し、かつ資源の節約のためにボイラの熱効率改善がテーマとなった。

碧南3号の衝撃!! 蒸気条件向上の先駆者

日本の大型発電プラントの蒸気条件は1967年の姉ヶ崎1号ボイラ(東京電力)が圧力24.1MPa、主蒸気

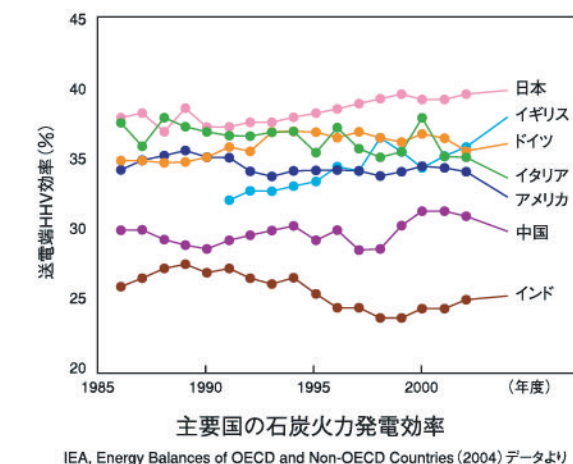


日本国内プラントの蒸気条件

温度538℃、再熱蒸気温度(タービンを通した蒸気を回収し再加熱したときの温度)566℃を採用して以来、25年以上塗り替えられることがなく、世界レベルを上回るまでには至っていなかった。

蒸気温度・圧力を向上させることで新たにトラブルが発生したり、運転が難しくなったりすることを懸念する顧客もいる中で、国内のメーカーは口をそろえて、「日本のエネルギー事情を考えると進みしかない」と主張していた。当時の基本設計部長は「せっかくメーカーとユーザが一緒になって育ててきた技術の芽を摘まないでほしい」と訴えていたことが今でも思い出される。

こうしたメーカーの声に耳を傾けてくれる顧客の姿勢があったからこそ、その後の進歩につながり、1990年ごろには日本の石炭火力発電の効率の平均値が、世界最高になっていた。それを決定付けたのが、1993年に運転を開始した中部電力碧南3号ボイラにおける再熱蒸気温度593℃の実用化であった。碧南3号は15年経った今も順調に稼働している。同機のあと蒸気条件は向上の一途をたどり、現在、国内最高の再熱蒸気温度620℃を誇る電源開発株式会社の磯子新2号ボイラがIHIの手で完成されようとしている。国内ではIHIが蒸気条件向上のトップランナとしてシェアを拡大してきたが、国別の効率も、日本と欧米諸国との差は拡大する一方である。最近ではEU、ア



IEA, Energy Balances of OECD and Non-OECD Countries (2004) データより

メリカともにCO₂低減を目指して、効率向上の検討のために、日本のボイラの運転実績についての問合せが数多く寄せられている。

新材料の実験に費やした7年間

IHIが超々臨界圧プラントの開発に着手したのは、国家プロジェクトが開始された1981年だ。蒸気条件を向上するためには、ボイラ伝熱管などの耐圧部に耐熱性の高い材料を使用しなければならない。その材料開発を担当した梶ヶ谷一郎は回想する。

「高温に耐えられる材料はいくつもあります。しかし、巨大なボイラに使うためには、安価で加工しやすくなければいけません。そこで目をつけたのが9%クロム鋼です」

従来のボイラに使用されている低合金鋼はクロムを2%程度含有している。それを9%にすると、耐熱性が上がり酸化・腐食を防げる。この9%クロム鋼、通称9クロをボイラ高温部に採用するためには、実際に近い高温・高圧の環境下で長期的な実験を行って材料の特性を調べるとともに、並行して実際に運転しているプラントの一部に9クロの配管を取り付けさせてもらい、実機での運転を通じて実証する必要がある。そして、その結果に誰もが納得しなければならない。だが、実機での実証試験の協力先はなかなか現れなかった。部分的とはいえ、新材料を使用するリスクを負いたくないのだ。

「私だけでは協力の依頼を受け入れてもらえないので、幹部と一緒にお願いに行ったこともあります。すると、その場では承諾してくれるのですが、数日後に断ってきたりするんですよ」

多くの顧客に頭を下げ続け、ようやく産業用ボイラの顧客2、3社から承諾を得た。しかし、こうして開始した実証試験であったが、出てきたデータを見て心配になり、やむなくこちらから試験中止を申し出たものもあった。せっかく幹部に頭を下げてもらったのに、申し訳ないという思いと、このまま試験を続けることによって損傷が発生し、顧客に多大な迷惑をかけることは許されないという思いが交錯する瞬間であった。その申し出に対し、顧客はその場では納得しなかったが、しばらくたって冷静になると「よく申し出てくれた」と言った。新しい技術に挑むIHIの真摯、かつ謙虚な姿勢を理解してくれた顧客の信頼、それに加え新技術を育てようとする度量に支えられ、材料の実機試験を積み重ねることができたのである。



株式会社IHI検査計測
検査事業部
梶ヶ谷 一郎

これらの顧客には心から感謝している。

このころの出来事で印象に残るのはET弁を分析したことである。ET弁とは当時のヒット映画にちなんでIHI社内で呼んでいたもので、正式にはEddystone Turbine Throttleである。Eddystoneはアメリカのプラント名である。このプラントこそ今もって世界のどこでも採用されたことがない、主蒸気温度650℃の運転を目指したプラントであった。650℃での運転は、途中やむなく断念することになったが、運転開始から25年ほど経過し、メンテナンスのためET弁を交換した。25年の運転で徹底的に痛めつけられたこの弁が発電所に置いてあるとこのことを聞きつけ、当時の基本設計課長はアメリカ出張の帰途、発電所に立ち寄り、貴重な研究材料として譲り受けたいと申し入れ、了承を得ることができた。材料や構造を研究するものにとって実機で使用された部品は、計り知れない多くの未知の情報をもたらす垂涎の宝物といっても過言ではない。ましてや一時は650℃の運転に耐えた弁である。遠方からきた日本の技術者の熱意に打たれたのかもしれないが、技術の発展のために広く材料を提供すべきという、アメリカの技術者の見識の高さに感服するところである。

結局4個あった弁のうち2個はアメリカ国内で、残りの2個は日本にわたりIHIをはじめとする各社の手で分析された。そしてその成果は数年後の学会をにぎわし、IHIもアメリカの学会において返礼ともいえる報告を行った。そこで知己を得た技術者とは今も交流が続いている。こうした数々の材料に関する研究を続け、9クロをはじめとする新材料の信頼性が確立されるまでに7年という年月を要した。

最後に背中を押した工場長の心意気

9クロ実用化の目途が立ってくると、電力会社の中にも推進者が現れはじめた。なかでも中部電力は新技術への取り組みに熱心であった。国内外の研究成果もひとつの材料となって、IHIと検討を進めていた碧南3号ボイラにおいて、蒸気温度を引き上げる決断がなされた。この期待に応えるべくIHIは一人丸となって取組んだが、関係者が心をひとつにする

きっかけとなった決定的な場面があった。

9クロの検証が盛んに行われていたころ、実用化に向けては工場の協力も必要になると梶ヶ谷は感じていた。当時の工場は繁忙を極め、また新しい材料に取り組む苦勞も人一倍知っている。その反応を確かめるため、梶ヶ谷は研究所の材料研究者とともにボイラの主力工場がある相生に向かった。予想通り、説明を聞いた担当者の反応は芳しいものではなかった。まだ十分なデータを示せる段階ではなかったのが不安を感じるのももっともである。上司から事業部の方針として伝えてもらったほうがよかったかという思いがよぎりかけたとき、当時の工場長は静かにこう言った。「この材料は確かに厄介だ。しかし、これを実用化することで新しい道が開ける。技術は常に進歩させていかないと、すぐに追い抜かれる。ライバル企業はもとより、中国や韓国はいずれ、いや予想以上に短時間で、いまのわれわれのレベルに追いついてくる。将来のリーダーたるためにも、いまから技術力を高めておく必要がある。そのためにも、この材料はモノにするべきだ」二人は心強い思いで帰途に着き、その後も機会あるごとに後輩にこの先取の心意気を語り、皆の気持ちを引き立てていった。

明日の技術に向かって

梶ヶ谷はこう回想する。「材料の開発にあたり、社内の設計部門、研究所、工場だけでなく、材料メーカ、さらには世界中の研究者に至るまで、情報を交換できそうな人に声をかけてきたことが、自分の可能性を広げるうえでの大きな財産となった。これらの人々とは今でも交流が続き、何か気付くことがあるとすぐにメールなどでやり取りします」

今、世界の石炭火力発電プラントはCO₂低減のため飛躍的な効率向上を実現すべく、蒸気温度700℃を目指して開発が進められている。

蒸気温度593℃を実現した9クロではあるが、長期間の使用のなかから課題も見えてきている。9クロの改良はもちろんのこと、蒸気温度700℃に耐える新たな材料の開発もこれから進めていかなければならず、材料開発には終わりが無い。しかし、技術力だけでなく、チームワークの大切さを重んじるDNAを引き継いだ後輩たちが、さらなる強力なネットワークを作り上げ、前進してくれることを期待している。



碧南火力発電所全景
右から3つめが3号ボイラの系列(その右の4号、5号系列もボイラはIHI製)
3、4、5号ボイラの再熱蒸気温度593℃



橘湾火力発電所(右側がIHI製1号ボイラ)
1号ボイラの再熱蒸気温度は610℃