

J-POWER 磯子火力発電所

1 はじめに

今日、電気は生活に欠かせない当たり前の存在となっている。電気をつくるために必要な化石燃料の中で、埋蔵量の豊富な石炭は、世界中の電気の41%を賄っている。しかし、石炭はクリーンでないというイメージがある。そこで、世界で最もクリーンであるという磯子火力発電所では、どのような工夫がされているのだろうか。

2 磯子火力発電所の概要

昭和40年代はじめに、国の石炭政策に沿って磯子火力発電所は建設された。大都市部に位置する発電所として日本で初めての公害防止協定を横浜市と締結し、いち早く排煙脱硫装置(図1)を設置するなど、環境保全対策に力を入れつつ、30年以上にわたり電力の安定供給に努めてきた。

その後、磯子火力発電所では、横浜市の「よこはま21世紀プラン」に基づく環境改善計画への対応、電力の安定供給と供給信頼度の向上、発電設備の老朽化への対応、という三つの目的を達するべく、1996から2009年にかけて旧発電所から新発電所1・2号機へのリブレース工事を実施した。リブレース工事にあたっては、旧発電設備を運転しながら新1号機を建設するというビルド・スクラップ&ビルド方式で更新工事を行った。新1・2号機は、それぞれ平成14年・平成21年に運転を開始し、熱効率および環境性能は世界最高レベルである。また、石炭サイロやタワー型ボイラ等を採用することで、コンパクトな都市型発電所に生まれ変わった。

3 大気汚染防止対策

磯子火力発電所は、環境に与える影響を最小限に抑える最先端の技術を導入している。石油や石炭などの化石燃料が燃焼すると、空気中の窒素と酸素とが結びつき、窒素酸化物という大気汚染物質が発生する。そのため、旧発電所では低NO_xバーナや二段燃焼といった技術によって、窒素酸化物の排出量を抑制してきた。

新1・2号機ではこれらの技術に加え、乾式排煙脱硝装置を設置している。ボイラから発生する窒素酸化物を含む排ガスにアンモニアを添加し、触媒層を通過させることにより、触媒の働き

による化学反応で、無害な窒素と水に分解する。この装置により、排ガス中の窒素酸化物の87.5%以上を除去している。

一方、石炭が燃焼したときに発生する微粒子物質煤じんを排ガスから取り除くのが、電気式集じん装置である。高電圧の電極の間に、煤じんを含んだ排ガスを通すと、煤じんはマイナスの電気を帯びてプラスの電極に引き寄せられる。これは、下敷きをこすると静電気で髪やちりが引き寄せられるのと同じ原理である。こうして電極に付着した煤じんを、定期的に電極を振動させることで払い落としている。この装置により、排ガス中の煤じんの99.9%以上を除去している。

石炭を燃焼したときに発生する大気



図1 高さ200mの煙突、手前に見えるのは排煙脱流装置



図2 運転センター

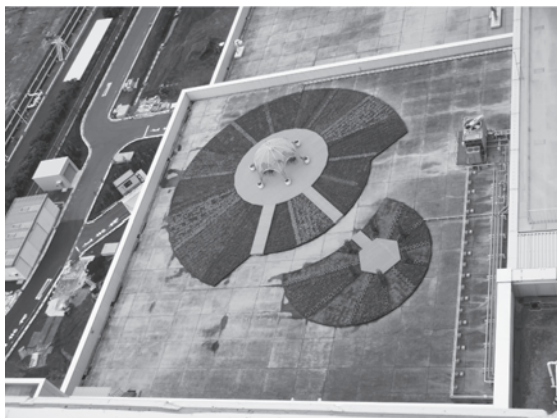


図4 タービン建屋の屋上を緑化

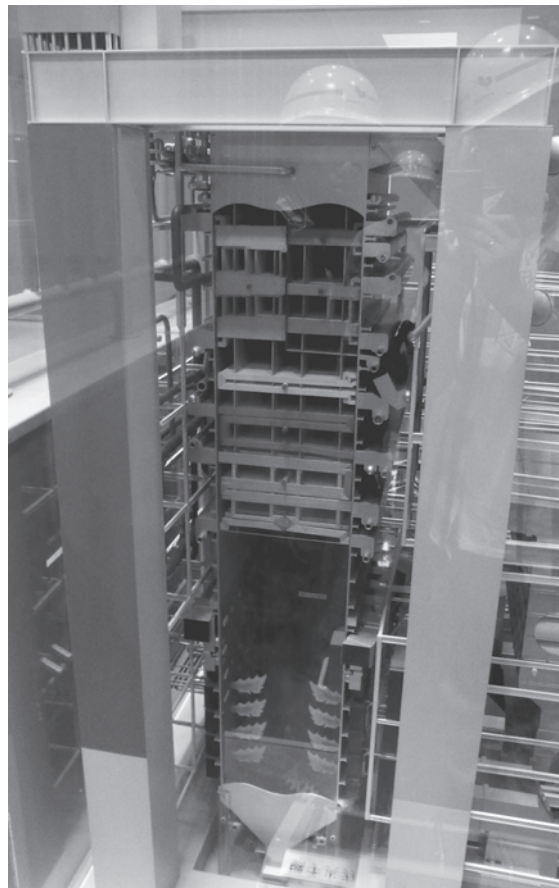


図3 タワー型ボイラの模型

汚染物質としては、ほかに酸性雨の原因となる硫酸化合物がある。磯子火力発電所では、発電所用としては国内初となる乾式排煙脱硫装置を設置し、硫酸化合物を95%以上除去している。この装置は、活性炭が充てんされた脱硫塔の中に排ガスを通すことにより、排ガス中の硫酸化合物を活性炭に吸着させ除去するものである。硫酸化合物を吸着した活性炭は再生塔に送られ、硫酸化合物を取り除く。その後、活性炭は再び脱硫塔に戻され、循環使用される。なお、取り除いた硫酸化合物は、濃硫酸として回収している。

このようにして排煙脱硝装置、電気式集じん装置、排煙脱硫装置を通り、きれいになったガスは地上200mの煙突(図1)から大気に放出される。煙突の中ほどにはセンサが設置され、窒素酸化物や硫酸化合物などの濃度をリアルタイムで連続測定している。

4 発電所内見学

はじめに、発電所の外観の写真を見

せていただいた。煙突に違和感がないことに気づいた。港町・横浜にふさわしい発電所となるように海や周辺環境との調和に配慮し、建屋、煙突等の配置、形状、色彩を工夫している。また、近傍に位置する名園・三溪園からの眺めを阻害しないように、煙突を発電所敷地最南端に位置させている。

次に、運転センター(図2)を見学した。運転センターでは、熟練したオペレータが新1・2号機のボイラおよびタービンと、脱硫装置、排水処理などの環境関係装置の運転操作・監視等を行っている。系統の電力需要に合わせて自動的に周波数が制御され、出力電力を調整している。操作系はすべてこの運転センターに集約されているが、操作員が意外に少ないことに驚いた。

運転センターの近くには、タワー型ボイラの模型(図3)が展示されていた。金属が熱膨張してタワーが伸びるため、ボイラはタワー上部の梁から吊り下げられている。また、タワー型ボイラの最大のメリットである省スペースによって、ビルド・スクラップ&ビ

ルド方式での建設が可能となった。このボイラ建屋は重心が高いが、免震構造にすることで震度7でも耐えられるように設計されている。

4.1 屋上へ……

ボイラ塔の屋上で、発電所全体を見渡した。ボイラ塔の上は非常に眺めがよく、天気の良いときには富士山が見える。また、新2号機のタービン建屋の屋上がガーデニングされていて、所内の緑化に力を入れている感じが感じられた(図4)。そして一番驚いたのは、煙突からは全く煙が見えなかったことである。煙突から煙が視認できないのは、乾式脱硫装置の採用により排ガス中の水分が少ないこと、そして最新の環境設備により排ガスが極限までクリーンにされていることに起因する。本当に石炭を燃やしているのだろうかと思うほどであった。自分の中では、黒い煙がもくもくと出ているイメージであったが、そのイメージが完全に覆された。

また、新1号機と新2号機でボイラの高さが異なることに気づいた。ともに同じタワー型ボイラであるのに、



図5 動力を陸上から供給される揚炭時の石炭船

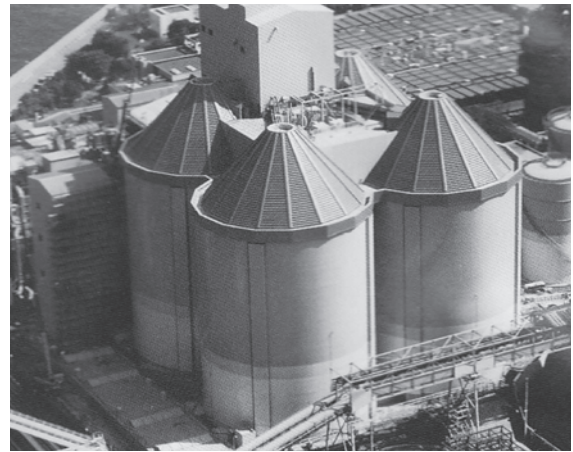


図6 四つ葉のクローバー型石灰サイロ



図7 ボイラ内部を防熱面越しに観察



図8 新2号機のタービン発電機

なぜだろうと疑問に思った。これは、ダウンドラフト現象に伴って隣の東京電力(株)南横浜発電所の煙突からの排ガスが、新2号機のボイラ付近に下降流(ダウンドラフト)する現象が発生するのを抑制するため、新2号機のボイラの高さを制限したからだ。

港を見ると、東京湾にあるコールセンターから石炭を運んでくる船(図5)が停泊していた。揚炭に使用する船内コンベヤの動力を、船に備わっているディーゼル発電機から供給すると、停泊中でも船から排気ガスが出てしまう。そこで、停泊しているときには発電所側から船に電気を供給し、空気を汚すことがないように徹底している。陸揚げされた石炭はその後、密閉浮上式ベルトコンベヤで石炭サイロ、石炭バンカー、給炭機へと運ばれ、最後に微粉炭機で粉末状にされ、ボイラで燃やされる。密閉式のベルトコンベヤなので、外から石炭は一切見えなかった。このベルトコンベヤは、密閉パイプ内のベルトを空気で浮上させて石炭を搬送するので、石炭粉じん飛散防止や騒

音・振動の低減に効果的である。また、10日分の発電に必要な石炭を貯蔵する石炭サイロ(図6)は、四つ葉のクローバー型にすることによって省スペースを実現した。

4.2 パーナへ……

屋内に戻り、パーナへと向かった。ボイラには、石炭をすりつぶす微粉炭機が4台備わっていて、それぞれの微粉炭機から8本のパーナが出ている。われわれが一番下段のパーナで、実際に微粉炭が燃えている様子を見学することができた。1300度で燃えているので、磯子火力発電所 ISOGO エネルギープラザ 池杉守 館長の持つ防熱面越しにボイラ内部を見た(図7)。のぞいた瞬間、みな「おお～」と声をあげた。今日、この発電所に来て初めて石炭が見られたからである。

はじめは軽油で点火し、炉内の温度が上昇したら微粉炭に切り替える。微粉炭を燃やして発生した熱が、ボイラ内部にある何千本もの細いパイプを通る水を加熱し、高温・高圧の蒸気をつくる。タービンを回す蒸気条件は、主

蒸気圧および主蒸気温度が、それぞれ25MPa および600℃という超々臨界(USC)を採用し、世界最高レベルの熱効率を達成している。高温高圧の蒸気条件により熱効率が上がると、より少ない燃料で多くの電気を作れるようになる。このことは、地球温暖化の原因の一つである温室効果ガスCO₂の削減にも直接結びつく。

4.3 発電機見学……

最後に、タービン発電機を見た(図8)。ここでは、高圧・中圧・低圧タービンを一つの軸に配置するタンデムコンパウンド型タービンを採用している。これは構造がシンプルでコンパクトであるため、コストが抑えられる。タービンに送られてきた蒸気は、その噴射力と膨張力によって高圧タービンの羽根車を高速回転させる。高圧タービンを出た蒸気は再びボイラに戻り加熱され、中圧タービンを回し、低圧タービンへと送られる。タービンに直結した発電機ロータを回転させることにより、電気を起こす。つくられた電気は変圧器によって高電圧に変換し、隣接

する東京電力(株)南横浜変電所を経由して首都圏を中心とした各地へと送られる。一方、タービンを回転させた蒸気は復水器に送られ、海水で冷却され水に戻り、再びボイラに送られる。復水器で蒸気の冷却に使われる海水の取放水温度差は7℃以下に収まるようにしている。

タービン発電機の周りには大きなスペースがあった。これは、定期点検のときにタービンブレードなどを置くための資材置き場である。ボイラは2年に1回、タービンは4年に1回の定期点検をし、不具合箇所がないかをチェックする。

発電所の見学後、展示室で補足説明を受け、より理解を深めることができた。そして最後に池杉館長にインタビューをした。

5 インタビュー

メカライフ学生委員(以下、委員)ビルド・スクラップ&ビルド方式で建て替えを行ったのはなぜですか。

A 新しい発電所を建設(ビルド)して古い発電所を撤去(スクラップ)するか、もしくは古い発電所を撤去してから新しい発電所を建設するか、というのが通常の建て替えの仕方であると思います。しかし、ここ磯子火力発電所は首都圏の電力供給を支える重要な電源であること、かつ国内炭保護政策で石炭の引き取り義務もあった(平成18年度で制度廃止)ことから、旧発電所を止めることはできませんでした。また、増大する電力需要に対応すべく発電所の能力を拡大したいという希望もありました。そこで同じ敷地のなかで、既設発電所の運転を続けながら新1号機を建設し、その後旧発電所を撤去するというアイデアが生まれました。世界にはこのような工事例はありません。当所のような狭小な敷地で実現できたのは事前の多種多様な検討のおかげだと思っています。例えば、どのタイミングで機械を搬入するのかなどについても事前にシミュレーションを繰り返して万全を期し、リブレース工事を成し遂げたのです。

委員 この方式の検討期間はどのくらいかかったのですか？

A 検討期間と設計期間を合わせて4年間くらいです。

委員 研究開発はどのくらい前から構想を練っていくものなのですか？

A 脱硝技術が1980年代に先行しました。それから熱効率を向上し燃料を節約するために、超々臨界圧(USC)の技術開発が1980年くらいから始まりました。脱硫技術は1975年から導入されました。しかし、湿式の脱硫技術は水を多く消費することから、水を使用しない高効率な脱硫技術として、乾式脱硫技術の開発が1980年代から始まりました。これらの技術開発の集大成が、磯子新1・2号機になっています。ですから、20年以上にわたって研究してきたものを、ここで結集したと言えるかもしれません。

委員 磯子の技術を海外に広めていくための具体的な方法はありますか。

A 日本の誇るクリーンコールテクノロジーを海外に普及させていくためには、現地でのニーズに合わせて全体のデザインや計画を決め、発電所を設計することが不可欠です。発電所の全体プランを設計をするのは私どもJ-POWER(電源開発(株))のような電力会社です。しかし、J-POWERだけではボイラやタービンを作ることはできませんから、さまざまなメーカーさんと協力していく必要があります。ですから海外に進出するにあたっては、電力業界・メーカー・国といった三者が一体となって、相手国に売り込んでいかなければならないと思います。

委員 磯子火力発電所が生み出す電気のコストパフォーマンスはどうなのですか。

A 一般的に、発電コストは原子力が一番安く、次が石炭火力といわれています。

J-POWERは電力会社さんなどに電気を販売する卸電気事業者です。買っていただくには高い品質とコスト競争力を維持することが重要です。ここ磯子火力発電所でできた電気は、東京電力さんと東北電力さんにベースロードで引き取っていただいていますので、作り出した電気の品質を十分認めていただいていることだと思います。また、世界最高水準の環境対策をしても、十分コスト競争力

のある電源であると自負しています。

委員 では、原子力にも勝る石炭火力の魅力はなんですか。

A やはり資源の埋蔵量です。石炭の可採年数は石油の約3倍、天然ガスの約2倍の133年です。一方、ウランは100年とされています。高速増殖炉が実用化された暁には、原子燃料の資源制約は小さくなり、エネルギー自給率は上がるでしょう。しかし、原子力は一つトラブルがありますと水循環ですべて止まってしまうというリスクもあります。火力発電所の発電電力量は非常に大きいので、仮に原子力にトラブルがあってもエネルギー供給を支えることができるわけです。石炭火力は原子力とともに、ベースロード電源として電力供給の根幹を支えています。そういう意味でも稼働率が非常に高いのです。3E(Energy Security, Economy, Environment)という言葉があります。そのうちEnvironmentについてはCO₂排出量が多いという弱点がありますが、EconomyとEnergy Securityについては、石炭は非常に優れており、利点としてあげられると思います。

委員 原子力発電所では放射性物質の漏洩に一番気をつけていると思いますが、石炭火力発電所でいちばん気をつけていることは何ですか。

A 環境の保全です。環境保全協定を横浜市と結び、各種大気汚染物質の排出を厳しく抑制しています。最新の環境対策設備の導入により、排ガス中の煤じんの濃度は、煙突から排出される段階で1.1ppm程度、NO_xが2号機で6ppm程度となっています。横浜市との間の環境保全協定値を下まわっているのはもちろん、NO_xについて言えばガス火力のコンバインドサイクルよりも低い値です。

委員 緑化ということで敷地のあちこちや屋上などに緑地を設けるといわれていましたが、緑化をどれくらいしているのかというのをどこかで測っているのでしょうか。

A 横浜市との協定で敷地面積の20%を緑化する取り決めになっています。工場立地法の定めでは、緑化面積は発電所敷地の15%でいいのです。ただ私ども発電所員の立場からしても緑化率が高い方が癒しになります



図9 磯子火力発電所の方とメカライフ学生編修委員

し、20%を確保する計画です。しかし敷地が狭小で余裕がないため、タービン建屋の上なども緑化しないと20%は達成できないわけです。

委員 環境対策として緑化だけでなく、温排水にも気遣っているとお聞きしました。海水の取放水温度差が7度以下というのは、海水の流量を調節することで保っているのですか。

A そうですね。7度を超えると海生物に影響を与えるかもしれないということで、原子力発電所も火力発電所も一律で一緒です。

委員 海水の温度や排出物の量が上限値を超えてしまってトラブルになったことはありますか。

A 磯子では特にはないですね。

委員 環境基準値を上回ったことによるトラブルはないようですが、ほかの何かトラブルを想定した緊急訓練はどのくらいの頻度で行っているのですか。

A まず、脱硝装置でアンモニアを使っていますから、劇物・毒物が漏れたときを想定した訓練は年に2回くらいやっています。あとは電力需要が高まり「夏季重負荷期」と呼ばれる時

期である6月～9月には、発電所内の運転センターにあるシミュレータで異常時操作の模擬訓練を日常業務の中で実施し、万全を期しています。ほかに、火災が起きた場合や、今度APECがありますのでテロが起きた場合を想定して、どうしたらよいのかという訓練を警察や消防の方と一緒にやっています。それは特殊な訓練ですね。通常起こりうることを想定している訓練は年に数回です。

委員 運転の異常というのはどういうことが多いのですか。

A まず、貫流式ボイラは水の包有量が少ないため、中に不純物が溜まると、そこが局部加熱してチューブ壊破を起こして、ボイラを停止しなければなりません。それでその部分を補完するということがありますが、磯子ではまだそういう事態に至ったことはありません。ほかには、タービンのブレードの破損ももし発生したら異常事態に含まれますね。当所はUSCという新しいチャレンジングな技術を導入していますので、ボイラやタービンといった高温高圧に耐える部分の経年劣化等にどう対処していったらよいかを

考え、適切なメンテナンスを実施しています。たとえば、ボイラの点検のときには、すべてのボイラチューブの肉厚を測定します。もし肉厚が薄くなっていれば、チューブごと全部交換するといったことを定期点検のときにやっています。発電機はある意味、成熟した技術ですから、異常事態が起こることはあまりありませんね。

委員 最後に、御社ではどういう専攻の方を求めているのですか。

A 私は本日いろいろと発電所の機械について説明しましたが、本来の専攻は電気工学科でした。学生時代の専攻と、入社してからの電気や機械といった職種はあまり関係はないです。入社してからいろいろな経験を積むことが大切です。たとえば私はUSCの技術開発、乾式脱硫装置の開発や、低NO_xバーナの技術開発に携わりました。

6 おわりに

このような大きな発電所を設立するには、地域共生がいかに重要であるかを改めて知ることができた。騒音、煤じん、二酸化炭素排出量、水質・温排水など周辺環境に非常に気を配っている。また、火力発電自体は確立した技術であるが、少しでも大気汚染を防止しようと新たな技術に積極的に取り組んでいる。さすが世界一クリーンな発電所であると思った。

最後になりましたが、池杉館長は私たちに大変わかりやすい解説をしながら、施設内を案内してくださいました。また、他の社員の皆様方にも誠にお世話になりました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

(文責 メカライフ学生編修委員 佐藤麻奈、岩渕健二、兼平さゆり、近藤瑠歩、関口拓人、田中文、濱田純旗、益子雄太郎、山本篤史)