

最近のボイラ用燃焼装置開発の問題点

大阪大学工学部 石 谷 清 幹

1. 緒 言

数年前までは、原子力開発の必要な理由として、人類のエネルギー消費の増大に対して既存のエネルギー資源なる石炭と重油では到底追いつけないから、新しい燃料としての原子力を開発すべきであると主張されるのがつねであつた。ところが現在世界的に石炭が問題にされているのは資源不足問題としてではないことは御承知の通りである。日本は資源に乏しいとよくいわれるけれども、その日本でも石炭不足でなくて石炭の過剰が大問題となり、黒い羽根運動まで起つている。世相の変遷の急激なことにおどろく外はない。このことは、エネルギー問題が本質的には資源問題でなくて社会問題であることの有力な証拠である。

石炭でも石油でも、一般に燃料はボイラにたかれるものが最も多い。だからボイラ用燃焼装置はこのような社会的な大きな動揺の影響を真正面からあびせられる。現在の時点だけについてみるともう石炭は斜陽資源で論ずるに足りないように見えるであろう。事実石炭の地位の相対的低下は明らかな世界的傾向である。しかしながら社会の燃料事情はつねに動揺しつづけて現在まで来たのであつて、石炭の好況不況も何度もくりかえされてきた現象であることを忘れると、このつきに現在の裏が来たときにまたうろたえねばならないであろう。

しかし、それにしても、かかる燃料事情の変遷に伴つてボイラ用燃焼装置についても自らある傾向が発生していることは事実である。この動向について簡単にのべるのが本稿の目的である。

2. 巨大ボイラ用燃焼装置

蒸気動力発達の最も基本的な動向は単位出力（つまり1台の蒸気タービンの出す馬力）の巨大化で、これに伴つて高温高圧化がみられるものである。戦時中の最大のタービンは尾崎第二発電所の75,000KW機で、これを2台の200t/hボイラでまかなつた。そのボイラは15t/hのチューブミル3台を有し、これが戦前の最大容量記録である。

現在横須賀発電所むけ265,000KWタービン用として908t/hボイラが建造中で、これに16.1t/hの立型ミル10

台が附属することになつている⁽¹⁾、ミルの台数が増しているのは1台のボイラを二つの燃焼室で構成し、燃焼室内温度の過昇をふせいでいるからで、このためミルの単位出力としてはあまり増していない。世界的にみると英国のThorpe Marsh発電所むけ550,000KWタービン用のボイラが現在建設中の最大容量ボイラで、これも石炭だきである。ただし燃焼室は4室あるから、ミルの単位出力は従来と大差ないであろう。この場合燃焼室の数が増しているのはやはり炉内温度の過昇防止対策である。

このように巨大ボイラが依然として石炭中心で計画されているのは、国内に豊富な石油資源を有するアメリカでも同様で、おそらくソ連でもそうであろう。将来は発電用巨大ボイラに重油や天然ガスが使われる率は増してくるであろうが、それでも近い将来では発電用巨大ボイラが石炭中心であることにはちがいないであろう。その理由は、資源的な安定性ももちろん考慮されているであろうが、微粉炭燃焼技術が高度に発達して信頼性が著しくなりましたこと、かつボイラ用低質重油のボイラに及ぼす障害の除去が熱心に研究されているにもかかわらず、いまだに完全解決には程遠く、特に高温高圧部では問題があり、長期連続運転を一機一ボイラで行うには問題が残つていることによる。巨大ボイラ用の石炭燃焼装置としては従来から最も多かつたホップ形燃焼室が最もふつうで、特殊な低質炭燃焼方式や湿式燃焼室が使われる例が多くないことは、やはり供給の安定と信頼性の理由によるものと考えられる。

かかる微粉炭機は外観上は従来通りのチューブミルや立型ミルで大差ないけれども、信頼性は著増し、振動や音響は著減しているのである。例えば日本でもミル用として内径1,380mm、外径1,780mmの大きなころ軸受が製造された例があるが⁽²⁾、このような改善がミルの信頼性に寄与しているのである。今後ともこの線に沿う開発はつづけられるであろう。

3. 中小ボイラ用重油燃焼装置

蒸発量20t/h程度以下のボイラでは重油の進用が著しい。この程度のボイラでは圧力も通常は30rt以下、過熱蒸気温度も400°C以下であつて、低質重油による障害は

ボイラ本体および過熱器に対してはあまり心配する必要がなく、節炭器や空気予熱器だけに対して考慮しておけばよく、その対策もほぼ確立している感がある。だから石炭から重油に既設ボイラを転換する例も多い。既設のボイラを改造して重油だきにするときに考慮しておくべき点としてつぎの諸点を指摘しておきたい。

第一、炉内温度は必ず上昇するから対策を講じておくこと。重油に転換しても別に蒸発量を増すわけでないから、ボイラ効率がよくなつただけ燃焼室供給熱量が減少して、炉内温度は下がることはあつても上昇すまいと考えたとすれば大きな間違いである。重油にすれば必ず過剰空気が減少して平均温度が上昇し、かつ局所的な高温部の温度も上昇する。このために石炭だき当時は無事であつたのに重油転換後1カ月くらいで炉壁がやけ落ちてボイラを停止せざるを得なくなつた実例がすくなくある。これをさけるには燃焼室を改造して水冷壁を増設せねばならない。

第二、低温部（つまり節炭器や空気予熱器）に対する硫酸腐食は程度の差こそあれ必ず発生するから嚴重な注意が必要である。特に起動時と停止時にはボイラ負荷としても極小負荷になつて腐ガス温度が低下することの他に、給水温度や空気温度も下り、場合によってはボイラ本体までも冷えていることに注意を要する。だから起動、停止時には良質のA重油に切かえたり、別のボイラからの蒸気で給水温度や空気温度を維持したりする注意が必要である。

第三、重油ボイラに附着した煤はいわゆるスートファイヤを起す危険性が高い。スートファイヤというのは附着している煤が何等かの理由によりもえて伝熱面を焼損することである。その発生機構はよく判らぬ点が多いが、重油だきボイラの伝熱面に附着する煤が石炭だきボイラの煤よりも燃え易いことは明らかな事実である。スートファイヤがはじまつた直後には低温部のガス温度が少々上るくらいのことであるからすぐには気がつかず、ボイラの運転不能に陥つてはじめてそれと判明するのが通例である。この対策はすすをつけないことが第一である。

4. ボイラ燃焼室内ガス流動の研究

ボイラの燃焼の研究の最近の重点の一つは、燃焼室内のガス流動である。かつては重油バーナの研究といえば燃料液滴の微粒化だけの研究と誤解されていたが、最近になつて微粒化よりもむしろ燃焼用の空気との混合の方が重要な問題であることが理論的にも、経験的にも明らかになつてきた。気体燃料や微粉炭だきの場合にも燃焼室内における混合現象こそ最も本質的であつて、この良否によつて燃焼の良否が主として定まるのである。例え

ば、軍艦用ボイラでは燃焼室発熱率400万 kcal/m³h、これに対して陸用重油だきボイラでは通常40万 kcal/m³h以下で、 $\frac{1}{10}$ 以下にすぎないのに、バーナから出る噴霧の粒度はほとんど差異がないのである。主な差異はバーナ周囲から噴出する気流の流速で、その際の風圧損失が軍艦用ボイラでは水柱800mm以上に達し、陸用ボイラでは通常は150mm以下である。燃焼室内ではガスが単純に出口に向つて流動しているように誰しも想像し易いが、計測してみると決してそうではなく、バーナから炉内に噴出する気流が周囲から気流をさそい出すので、バーナに向つて燃焼室の壁に沿つて流れてくるガス流が必ず存在するのである。燃焼室内の空間を充分に利用するためにはこれらの気流の実態を充分に理解することが必要なことはいうまでもないので、外国では最近この線に沿う研究がさかんである。日本でも燃焼機メーカーとボイラ設計者が密接に協力して燃焼室内のガス流の研究を開始する必要がある。

5. ボイラ外面附着物の研究

終戦後は日本でも石炭の品質低下で発電所が苦しんだが、英国も同様であつた。英国では Boiler Availability Committee が結成され、ボイラの外面に附着する堆積物の性質を詳細に研究した。灰の耐火度が外面附着物の発生し易さとあまり関係のないことは当時も経験的に感ぜられていたが、調査の結果は全くその通りであつた。これはけだし当然で、永壁の普及した現代のボイラでは、灰の耐火度不足による障害が発生するようなまづい設計にはなつていないのである。しかし現実にはバードネストやクリンカーがくつついて困る。この難問を、基礎的研究と現場技術者の研究との見事なチームワークにより、Boiler Availability Committee が解決した。結論だけいえば、石炭中の塩素分含有量の多い場合に附着物がつきやすいのである。理由は簡単で、塩素分とは要するに NaCl, KCl で代表されるような低温揮発性物質の指標なのである。これらは石炭の灰分中には見当らない（何となれば灰分は石炭試料を灼熱してつくられるから）けれども、石炭がボイラ中に投入されると直ちに揮発し、温度の低い伝熱面表面に凝縮してくつつき、ある程度成長すると表面温度が上つてきてやわらかくなり、これがとりもちのように作用して飛散灰を捕集するのである。だから塩素分の多い石炭を回避すればこの問題はさけられることになる。

重油だきボイラでは過熱器や節炭機に煤が大量に附着して燃焼継続不能に陥る実例が多数発生し、これも研究の結果燃料中の微量成分たるバナジウムやナトリウムおよび燃料中の δ から発生する SO₂ のごく一部分が SO₃ になることによるものであることが判明してきた。この

ように外面附着物の生成機構が判つてくると防止対策も立つことになる。しかしこの研究も外国にくらべると日本ではまだまだ低調である。

6. 新しい燃焼方式開発の研究

外国でさかんに研究されているものの一つに加圧燃焼がある。つまりボイラでの燃焼を大気圧でなく7atくらいで行ない、その廃ガスでガスタービンをまわすと、燃焼用空気を炉内圧力まで圧縮するのに必要な動力を発生した上にさらに蒸気タービン発生電力の5%くらいを余分に発生して、熱効率が増すのである。これは蒸気動力全体としてみても極めて重要な開発研究項目である。

小容量ボイラでは最初の点火から最後の消火にいたる一切の動作を完全に無人で自動的に行なうボイラがすでに存在するが、これを発電所や船用の大容量ボイラで行なうことは現在のところまだ不可能である。しかしオートメーションの進展はやがてかかる無人ボイラの大容量化を招来せずにはおかないであろうし、その焦点の一つは燃焼方法の開発である。

一般産業の発達と共に従来処理し切れなかつた廃物をボイラでたきたいという要求は強くなる。クラフトパルプ製造の際の黒液をたくボイラは現在はもう珍しいものではなくなつてしまつたが、亜硫酸パルプ製造の際の黒液をたく要求がまだ解決されてはいない。しかし、実験的には解決しているからやがて実際の工場にも使われるだろう。

上吹転炉による酸素製鋼法で発生するCOガスをたくボイラも、日本でも成功している。

この他、化学工業と結合した新しい研究が続々出現してくるであろう。

重油の進出に伴つて低質炭用燃焼装置の研究が下火になりつつあるが、しかし炭質低下は長期的にみてボイラ用燃料の基本的動向であり、一時的な現象に迷わないことがのぞましい。名古屋地区の実例では発熱量当りのコストが最も安いのはやはり地元でとれる亜炭であり、しかもその値段は好況時にもあまり上らないという特質がある。この点に着目して重油から亜炭へ逆転換した実例も少なくはないのである。

また、日本では製油技術があまり高度でないこと、および軽質油の消費が相対的にすくない（つまり自動車と飛行機がすくない）ことのために、ボイラ用重油の品質も国際的にみればあまり低質ではない。しかしやがてボイラ用重油の品質もさらに低下することは日にみえている。これに対する準備もまた必要である。

7. 結 語

燃焼技術は総合的な技術で、メーカーと使用者の密接な協力がなければ進歩しない。最近の外国の実例によれば、従来比較的軽視されていた基礎的研究から大きな成果が上つた例が増しつつある。基礎的研究の比重が増しつつあることは現代の技術全般を通じていえることであつて、ボイラ用燃焼装置にもそれがあらわれつつあるにすぎない。今後の共同研究の進展を希望しつつ筆をおく。

文 献

1. 中野三郎：超大型ボイラの計画，ボイラ研究，第56号（昭34—8），p.7—16
2. ボールミル用超大型球面ころ軸受，日本機械学会論文集，24巻140号（昭33—4），ニュース欄，p.286