低品位炭利用の火力発電

——昭和30年4月6日特別講演——

パブロッック日立株式会社 福 田 幾 昌

要旨：発電原価をさげて安い電気を供給する目的で低品位炭燃焼による火力発電を行うことはドイツ、イギリスでも考えられているが、わが国の場合は特に灰分の多い低品位炭を用いるので、装置の面でも工夫する点が多い。現在、(1) ストーカと微粉炭燃焼を併用するもの、(2) スプレッドストーカによるもの、(3) サイクロンファーンネスによるものが考えられる。これらについて説明されたが、(1) はわが国でも実用化されており性能試験でも良好である。(2) では灰分35%のものまで燃焼でき、伝熱面への附着物が少い利点がある。(3) は灰分を熔融状態で処理するものでドイツの例では灰分35%まで、揮発分10%まで灰の熔融点1,550°Cまでのものなら燃焼可能である。低品位炭といつてもその質はいろいろであり、これらの装置を実際用いるには炭質を充分検討した上で適当な方式を採用すべきである。

低品位炭を利用した火力発電はきわめて大きな問題であり、唯単に燃焼の問題ばかりでなく、炭種の問題、埋蔵量、選炭、灰処理の問題など多大の検討すべきことがある。また低品位炭利用のことに関しては外国においても関心を持たれることであつて、その研究結果をみると、ドイツおよび英国において最も深く採り上げられているようである。

わが国においても早くから検討されているとはいえ、その火力発電に対し確たる最終的な決定版が出されているわけではなく未だ研究過程といわざるを得ない現状である。

ここでは低品位炭利用の火力発電に関する燃焼問題とそれに関連する若干の問題をとりあげて大方の御参考に供し度いと思う。低品位炭といつても必ずしも各国同じ条件ではなく、従つて諸外国の実績がその儘わが国にも適用されるものではない。

たとえば3,500kcalの石炭をとりあげた場合、炭種により水分の多いもの、或は灰分の多いもの、その揮発分が少いものなどがあり、従つてその燃焼方法も当然異つてくるのである。

わが国の場合、低品位炭といえば、概ね灰分の多いものであり、ここに燃焼方法に大きな問題が起つてくる。

低品位炭は従来よりわが国において最も多く用いられているドライボトム方式の微粉炭ボイラにおいても特別な考慮を払うことにより、相当程度のものの燃焼が可能であるが、経済的に燃焼せしめる方法としては

1. 特殊ストーカーによる方式
2. ストーカー燃焼に微粉炭燃焼を混用する方式
3. スプレッドストーカーによる方式
4. スラッグタップ方式微粉炭によるもの
5. サイクロンファーンネス方式

などが考えられる。

これらの中、2) 3) 5) 項の燃焼方式について述べる。

a) ストーカーと微粉炭燃焼の混用方式

本方式の一例としては第二大戦時中、また終戦直後石炭品質が低下した時、従来のストーカー焚ボイラにクレーマーミルなどを使用してその燃焼を助けたことは承知のことと存じますが、最初から混焼ボイラーとして計画されていなかったため、必ずしも所期の目的を十分に達成し得なかつた点もある。しかしながら初めから低品位炭を処理すべく特別の考慮を払つて計画すればボイラーの大きさの如何によつては十分燃焼効果をあげ得るものである。しかし混焼ということは如何なる場合でも運転操作など相当慎重になされねばならないことは勿論である。日立製作所が実際に昭和28年末常磐炭鉱平発電所の既設6,000kWの増設として納入した5,000kW発電設備は3,500kcal級の低品位炭利用のものとして計画されたもので今日まで幾多の性能試験の結果、好成績をあげており、誠に注目すべきことといつてもよいと思う。

その仕様概略は次表の如くであり、これが計画に先立つては低質炭に対する諸種の基礎研究を行い、石炭の工業分析は勿論のこと、その粉碎性、灰の熔融温度

第 1 図

および石炭着火温度の測定等を行つたものである。且実際の燃焼試験は日立の試験ボイラーに微粉炭として燃焼せしめその成果を検討した。

		最 大 返 債 負 荷	経 済 負 荷
蒸 発 量	t/hr	25	31
蒸 汽 圧 力	kg/cm ²	29.3	30
蒸 汽 温 度	°C	400	410
給 水 温 度	°C	100	100
ボイラー効計	%	83.5	82.5
石炭発熱量	kcal/kg	-	3,500
石炭消費量			
ストーカー	kg/hr	4,627	4,627
微 粉 炭	kg/hr	1,468	3,054
計	kg/hr	6,095	7,711

本方式の狙いとしては低質炭による種々の制限からストーカー火床を余り大きくすることは汽缶自体も大型となつて不経済の爲、微粉炭に依る助燃方式を採用し、前記のように石炭消費割合を最大返債でストーカー：微粉炭を60：40としたものである。ボイラーの概略は第1図のようで前壁に6本の微粉炭バーナーを設置し水平に強力なる火焰を送り火床面上に強烈な輻射熱を送つて燃焼を盛んならしめ、またアーチ下に火床上より立上る焰に攪乱作用を与え燃焼を完全ならしめる様計画したのである。

性能試験の一例を示すと次のようである。

出 力	4,600kW	
蒸 発 量	23.5t/hr	
汽 缶 効 率	84.8%	
石炭発熱量	3,644kcal/kg	
石炭消費量		
ストーカー	4,488kg/hr	70%
微 粉 炭	1,874kg/hr	33%
石炭分析		
揮 発 分	30.8%	
固 定 炭 素	17.8%	
灰 分	46.73%	

この燃焼状態は微粉炭は何等不具合の点なく良好で、またストーカー火床上の燃焼も前部アーチ下コルグレート直後より良質炭と何等変りなく燃焼しボイラー効率も計画値を上廻る優秀なる成績を示した。その後 3,000kcal 石炭でも性能試験を実施し満足すべき燃焼効率を得ている。

なお更に低カロリー即ち 2,500kcal の低品位炭も燃焼し得るという実績を得ている。

b) スプレッダーストーカー方式

この方式は簡単にいえばストーカ燃焼と微粉炭燃焼併用のような性格を有するもので、良質炭は申すまでもなく低質炭をも燃焼し得る興

味ある燃焼方式である。適当な粒度の石炭が給炭機により燃焼室前方より火床上に撒布され、粒度の細かな石炭は撒布中に燃焼し残部は火床上で燃焼するものである。この方式には火床が移動しないいわゆる固定式と移動式との二種類があるが、低品位炭燃焼の場合は特別の場合以外は移動式が概ね用いられると考えられる。

スプレッダーストーカーは米国において初めて出現し、現在米国のみならず歐洲にも多数設置されている。わが国においては二、三のボイラーに設置されているに過ぎず、しかもこれを低品位炭燃焼に実際に採用している例は未だない。

この方式を低品位炭燃焼に初めてとりあげたのは英国であつて、英国バブロックでも積極的な実験研究の結果英国の低品位炭中、灰分35%まで、水分20%までのものの燃焼に対し好成績をあげている。もつとも水分の問題は普通の石炭シュートを通過し得る最大が20%と考えられ、その制限値であり、従つて特殊な給炭方法を応用することにより遙かに大きい水分のものを燃焼せしめ得ることは勿論である。

スプレッダーストーカーの心臓部ともいふべき給炭装置は第2図のとおりで、石炭供給量を調整する板と2枚の羽根を有する廻転体とがある。すなわち炉内への給炭は両者の組合わせて均等に送られるもので、横方向への均等な配分は廻転羽根に適當のカーブをつけてなされ、縦方向への給炭量はローター廻転数の変化または給炭調整板を出し入れすることによつて調整される。

ローターの廻転数は通例 500~1,100rpm であり、火床の移動式の場合、火床速度は約 4~40 呎/時で、火床の前方において所要の灰の厚さを保つよう調整される。

第2図 Feeder

スプレッダーで低品位炭を燃焼する場合、最も問題となるのは多量に含まれる灰分の点で、これには少しく述べてみたい。

まず灰によるダストの固い附着物 (Bonded deposit) を考えると普通のストーカー焚 boiler では灰分の約20%のみが伝熱面を通過し然も伝熱面への固い附着物のトラブルが多い。しかるに微粉炭燃焼の場合は石炭中の灰分は、その80%以上が boiler 伝熱面を通過するにかかわらず、適当な設計がなされておれば、ストーカー焚 boiler でみられるような固い附着物を伝熱面に生ずることなしに運転可能である。

この相違に関しては幾多の理論があるが、研究実験の結果は揮発分が燃え切った後、いわゆるコークスが燃える時灰分と接触してこの固い附着物が強められる傾向が生ずる。すなわち灰分の無機組成分の揮発が固い附着物を作るようである。

従つて微粉炭燃焼では揮発分とコークスとがほとんど同時に燃え切るため、ストーカー焚のように固い附着物が生じないのである。

スプレッダーの場合もその燃焼状態は多分に微粉炭に似ており、かつ火床上の灰分は空気により急激に冷やされているため固い附着物を生ずる傾向がきわめて少くなるのである。

すなわち灰分の多い低品位炭燃焼にスプレッダーを使用することはこの固い附着物を除去する点からもきわめて有利である。

しかし一方スプレッダーはその燃焼方法から判るよ

第3図 ポットファーンネス試験設備

うに多くのグリットがボイラ群を通過するため、これをその儘煙突より逃がし、または収塵器で回収する場合、灰分中の未燃炭素分損失が大となり、非常に不経済となる。他方これらグリットを全部回収して再燃焼することは多量のダストをボイラ群を循環せしめることとなり、伝熱面の汚れを増すのみならず、チューブ損傷の問題も起り維持費の点から面白くなる。ここにおいてこのグリットを如何に適切に処理するかはスプレッダーの場合大きな問題となる。英国バブコックで種々研究実験の結果、スプレッダー燃焼の場合、ボイラおよび節炭器ホッパーから回収されるダスト中比較的粗いグリットは未燃炭素分を多量に含み、これは必ず再燃焼しなければならないことが判つた。また収塵器で回収されるダスト中 B.S. 52 メッシュ (0.295mm 孔) 以下の細い粒子は70%以上を占め、この中には全部の未燃炭素分の50%以下しか含まれていない。換言すれば回収されるダスト中比較的粗い粒子30%を再燃焼すればダスト中の50%以上の未燃炭素分を回収することがわかつた。こういうダスト回収を行えば、多量のダストをボイラ群中を再循環しないでよいこととなる。この目的を達成するため、英国バブコックはわが国でも特許を得た。簡単な鋼管型グリット捕捉装置を完成しスプレッダー燃焼におけるグリット処置の問題をきわめて適切に解決し得たのであ。

また低品位炭といつても多種多様であつて、これらの燃焼状態は当然、パイロットプラントで検討しその適応性を確かめるべきであるが、英国バブコックの実験結果では第3図のごときポットファーンネスを使用し

第4図 ポットファーネスとスプレダー
ストーカの関係

て試験検討すればその結果はほとんどパイロットプラントまたは実際のボイラーの結果と一致するところがあった。従つてポットファーネステストが重要となる。

第3図はポットファーネスの概略を示すもので、一次空気を送風機で空気予熱器を経て火床下の風道へ送りこみ風道の上方に小型の燃焼室があり、燃焼室の下部はスプレッドャーストーカのグレイトでできている。石炭は石炭槽Aからベルトコンベヤー、シュートを経て廻転している特殊シュートで火床上へ均等に供給される。燃焼試験中、一次空気量、同温度、火床下の風圧、火床温度、石炭厚などを測定するポットファーネステストと実際の移動式スプレッドャーとの関連図の一例は第4図に示すとおりで、5aはスプレッドャーが丁度炉内へ入りこむ所に相当し、5fはスプレッドャーの灰の落ち出すところに相当する、5eに相当する部分で給炭がとめられいわゆる燃え切り状態となるわけである。

以上のようにしてポットファーネステストにより、燃焼状態すなわち着火状態、燃え切り状態、火床上の温度分布等のみならず火床より取り出される、灰分中の未燃炭素分も検出出来、同時に供給する必要空気、風圧、温度等も決定できるのである。同じ低品位炭と称してもわが国内でも出炭地域により広く異なるわけでありましてや諸外国の実績がそのままわが国に適應されるとは限らないわけに従つて低品位炭をスプレッドャーに使用する場合十分基礎的実験研究が必要で遅れ馳せながら日立製作所研究所はポットファーネスによる、実験の段取りを始めた次第であります。この結果により、わが国の殊に灰分の多い低品位炭に対し最も適したスプレッドャーボイラーを提供できることを確信するものである。

c) サイクロンファーネスボイラーについて

サイクロンファーネスは米国バブコックで最初紹介されたもので、既に文献雑誌などにより大方御承知のことと思う。

燃焼室において捕集された灰が熔融状態で処理される点ではスラッグタップ式微粉炭ボイラーと同様であるが、サイクロンファーネスでは小容積の燃焼室内についてきわめて早い完全燃焼、すなわちきわめて高い温度が得られることが従来のスラッグタップ式と異なる大きな特徴である。第5図は火炉負荷と燃焼室ガス温度との関係図であるが、他の微粉炭ボイラーに比しサイクロンファーネスでは500,000BTU/ft³hrの高炉負荷でガス温度1,750°Cにも達している。かかる高負荷のサイクロンバーナーを燃焼室に適當に配置することにより炉市1呎当りの負荷を高くすることができるためボイラー全体としては同じ蒸発容量の要求に対し他の汽缶に比し小型にすることが出来、従つて建設費の節約となることはいふまでもない。

第5図

火炉温度の高いことはすなわち灰を熔融状態で処理するボイラーにおいて、低負荷運転を可能ならしめる唯一の要素であり、この点からもサイクロンファーネスが大きく活用される所以である。

次にスラッグタップ式との大きな相違は灰分の熔融状態における第一次回収がきわめて高いことである。すなわち現在までに発達したボイラーの中で、石炭灰分の約85%が第一次回収されるのはサイクロンファーネスボイラーのみである。

すなわち従来のスラッグタップ式の場合第一次灰分

回収は最大約50%、普通は30~40%である。従つて飛散灰の二次回収装置が絶対必要で、しかも効率の高い装置が要求される。この二次回収された灰を乾燥状態のままで処理する場合も問題はあるが、火炉へ再び返えして熔融する場合には多量のダストを含むガスを再循環することとなり所謂伝熱面の清掃問題がさらに起つてくるのである。

またサイクロンファーンでは汽缶のクイックスタートが可能であつて、夜間20%位の低負荷を保持し昼間100%負荷を得んとするような場合きわめて適し得るボイラーである。

斯様にサイクロンファーンはスラッグタップボイラーに比しきわめて大きな特徴を有するものであるが、これを低品位炭燃焼に適用する場合如何なる点を考慮すべきかにつき二、三述べる。

現在までサイクロンファーンボイラーは米国において建設中のものを含め35基に達しそのサイクロンバーナーの数量は大きさは異なるが、107台である。一方ドイツにおいては現在運転中のもの17基、そのサイクロンバーナー数34台で、さらに建設中が20数基で逐次増加の傾向にある。

御承知のようにサイクロンファーンは初め米国バブコックの発明であり、米国の広範囲の石炭に適用されることが判明しているが、これがドイツに紹介されるにおよびドイツの低品位炭処理に一役買うべく直ちにあらゆる点から検討されたのである。

その結果アメリカ式サイクロンに幾多の改良を加えいわゆるドイツ式サイクロンを完成したのである。その主な点は

1. 火炉への空気温度をより高くして着火を早めた。
2. 石炭の碎粉度を米国式より少し細かにした。すなわち米国式では $\frac{1}{4}$ "メッシュ通過でこれを4mmメッシュ通過として同じく着火を早くした。
3. 石炭供給が米国式ではいわゆるサイクロンの前端より一次空気と共に行き二次空気を円周壁より切線方向へ導入しているもドイツ式では一次および石炭並びに二次空気をともに円周壁より導入した。

これらにより実際のテストサイクロンで得たドイツの低品位炭燃焼の実験結果の二、三を述べると

- 1) 実験に使用された石炭の灰分は4~50%で揮発分は10%以下である。第6図はその石炭の灰分と揮発分との状況を示す。
- 2) サイクロンにおいては灰分の他に、揮発分、灰

第6図 サイクロン燃焼試験用炭

第7図 粘度温度試験

の熔融点、並びにスラッグの粘度が大きな問題であり、ドイツ石炭の場合、大部分は灰の熔融点が1,450~1,550°Cであり、1,550°Cに至るとサイクロンで処理するのに困難であつた。

次にスラッグの粘度の点は第7図に示すようにスラッグ分析より得たものと実際の測定値とほとんど一致している。なお本図から判るとおりドイツ褐炭の場合は或る温度以下になるとその粘度は急激に増加するのでサイクロンで処理する場合特別の考慮を払わねばならないのである。

以上のことを総合して現在のところドイツの低品位炭の場合

揮発分 10%, 灰分 35%, 熔融点 1,550°C

までは、これらの条件が同時に起らない限り、サイクロンファーンを適用可能と考えている。しかしながら最終的決定はテストファーンによる燃焼実験でなされることはもちろんである。

なお灰分の一次回収に関する実験結果は第8図のようでサイクロンでは80~90%の回収がなされ、従つて伝熱面のダスト附着がきわめて少いといふことがわか

第8図 スラッグの一次回収

る。

以上主としてドイツにおける低品位炭に対するサイ

クロンファーネス燃焼の一端を述べたが、わが国においても、最近日立製作所研究所において、テスト用小型サイクロンファーネスを完成、各種実験を始めている。

近く機会を得てその成果を発表し得ることと思うが、現在までのところわが国低品位炭も本サイクロンファーネスできわめて経済的に燃焼し得る確信があることを述べることができる。

以上低品位炭燃焼に関する諸方式について述べたが、低品位炭利用を私達火力発電界に關係ある者の立場からみると、もつとも問題となる燃焼方式に確信を得た今日、火力発電用として使用することが最も有利であると考えられる。唯火力発電の場合相当大きな建設費を要することは当然だが安い発電原価を考えにいて關係各位が一体となつてその実現を期し度いと考える次第である。

Thermal Power by means of Low Grade Coal Utilization

by Ikumasa Fukuda

(Babcock-Hitachi Co.)

SYNOPSIS:—In order to supply cheap electric power by reducing generation cost, thermal power by low grade coal utilization should be performed. It has been done in Germany and in the United Kingdom. In our country, the coal with high ash content have to be used for this purpose. There remain many points to be devised for improvement of the apparatus. At present, following three apparatuses are being considered :

(1) one with the stoker together with fine coal combustion, (2) one with the spreader-stoker, and (3) one with cyclone furnace. The author describes the above. (1) has been put to practical use and the result of the performance test is excellent. (2) is capable for combustion of coal containing up to 35% of ash content, and that it has an advantage of less deposit on the heating surface. (3) is used to treat ash in the fusing state, and in Germany it is available for coal with ash content up to 35%, volatile matter, 10% and fusion point of ash, 1550°C. As for the low grade coals, they have many different properties respectively, and so in practical use the above apparatuses should be chosen and taken after careful examinations of coal properties.