

東北電力株式会社 新潟火力発電所納
435t/h 自然循環ボイラ

435 t/h Natural Circulation Boiler for Niigata Thermal Power Station,
 Tôhoku Electric Power Co., Inc.

木 田 実* 吉 原 茂 夫*
 Minoru Kida Shigeo Yoshihara

内 容 梗 概

東北電力株式会社新潟火力発電所納第2号缶は 435 t/h の自然循環形ボイラであるが、地域の燃料事情を勘案し、重油、天然ガスの専焼および混焼として計画されたものであり、天然ガス燃焼が事業用ボイラに採用された点で、国内でも初めての例である。また強圧通風方式を採用し、プラント効率の向上および補機動力の減少を図った点、バーナを自動化して運転員の減少を試みた点など最新の計画が盛り込まれている。ここにその計画概要を述べるとともに効率試験の結果の一部を紹介する。

1. 結 言

東北電力株式会社新潟火力発電所納第2号缶は、125,000 kW の再熱式タービンと組み合わされるもので、最大連続蒸発量 435 t/h の自然循環形ボイラである。本ボイラには強圧通風方式を採用し、燃焼方式が重油および天然ガスの専焼および混焼可能となっていること、また最少の運転員によりボイラの起動、停止時などの操作または燃料の切替が容易にできるよう、重油バーナ、ガスバーナともに遠方操作可能とするなど各部に斬新な考慮が払われている。

本設備は昭和38年10月3日仮使用認可を受け、現在も好調に運転を続けているが、以下に順を追って、計画および構造の特長につき紹介し、あわせて保安装置、保証効率試験結果について述べる。

2. 計 画 概 要

本ボイラの計画仕様を第1表に示す。主蒸気温度および再熱蒸気温度はボイラ定格の50% 負荷以上に対し一定に調整される。また燃料の計画仕様と実績の一例を第2表に示す。

3. ボイラ構造概要

第1図に本ボイラの側断面図を示す。すでに国内でも実績の多い B & W 形自然循環ボイラで、重油専焼、天然ガス専焼の強圧通風ボイラとして細心の注意が随所に払われている。

3.1 ド ラ ム

ボイラドラムは、高抗張力鋼(SB-49B SR)製で内径 1,524 mm, 胴部板厚 125 mm, 全長約 15,350 mm の全溶接形構造であり、その特長は

- (1) 内部に72個のB & W サイクロン式汽水分離器が設置されており、汽水分離の効果を高め、缶水の循環を常に良好に保つことができる。
- (2) 缶水から分離された蒸気は高性能のスクラバにより十分に乾いた良質蒸気となって取り出される。
- (3) 節炭器からの給水はドラム内へ均一に供給され、循環の不均衡を無くし、またドラムに熱応力が発生するのを防止している。
- (4) サイクロン汽水分離器は個々に主降水管と関連づけて配置され、ドラム内での缶水の流動にムラを無くし、循環の安定を図ると同時に熱応力の発生を極力少なくすることにより急速起動を可能ならしめている。
- (5) 主降水管入口部には渦流防止装置を設け、降水管内への蒸

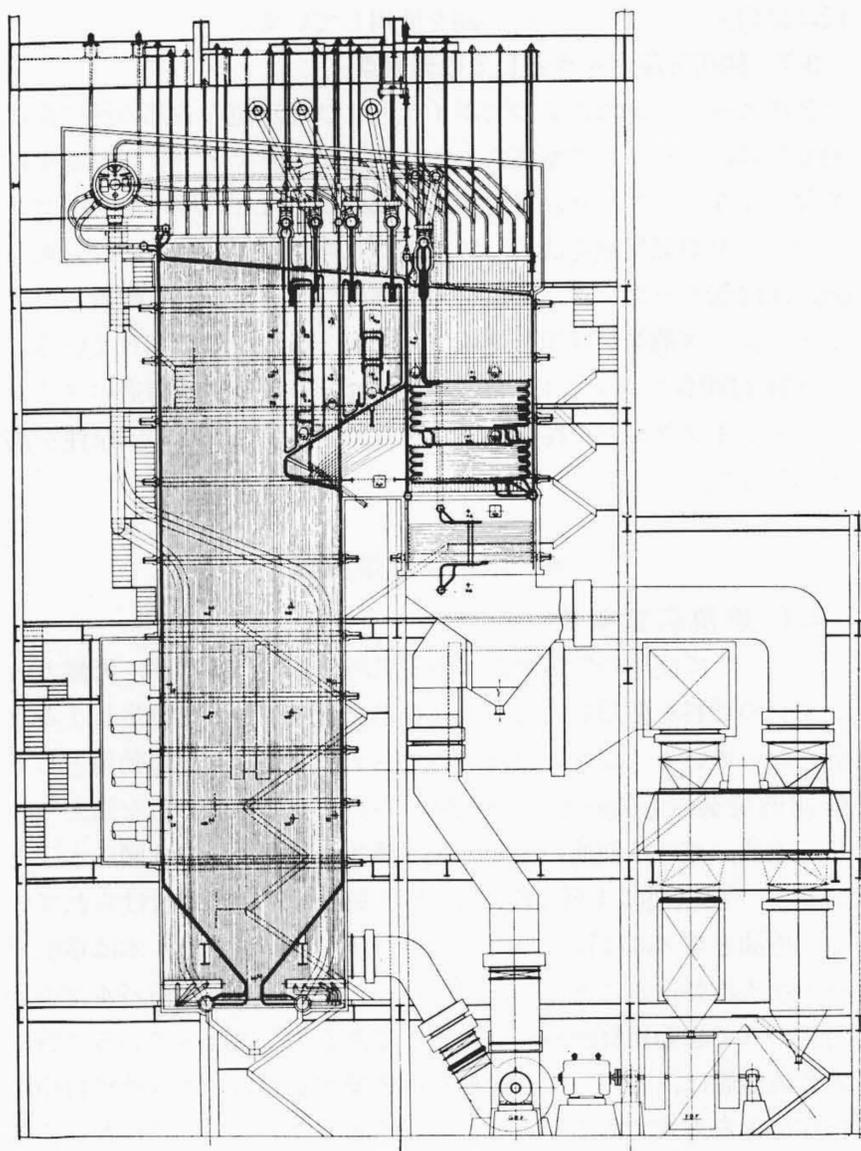
* 日立ボイラ株式会社 呉工場

第1表 ボイラ計画仕様

項 目	単 位	重 油 専 焼		天 然 ガ ス 専 焼		
		ボイラ MCR	75 MW	ボイラ MCR	75 MW	
主 蒸 気 流 量	kg/h	435,000	217,500	435,000	211,780	
再 熱 蒸 気 流 量	kg/h	374,000	188,068	385,000	189,960	
蒸 気 圧 力	汽 胴	kg/cm ² g	139.8	130.2	139.8	130.0
	二 次 過 熱 器 出 口	kg/cm ² g	131.0	128.0	131.0	127.9
	再 熱 器 入 口	kg/cm ² g	33.1	15.91	34.2	16.11
	再 熱 器 出 口	kg/cm ² g	31.2	15.13	32.3	15.24
蒸 気 温 度	二 次 過 熱 器 出 口	℃	541	541	541	541
	再 熱 器 入 口	℃	363.0	301.4	365.7	303.6
	再 熱 器 出 口	℃	541	541	541	541
給 水 温 度 (節 炭 器 入 口)	℃	241.0	202.7	243.3	203.3	
ボイラ率効	(高位基準)	%	87.37	87.25	84.47	85.10
	(低位基準)	%	92.53	92.40	93.87	94.57
重 油 消 費 量	kg/h	31,670	17,410	—	—	
天 然 ガ ス 消 費 量	Nm ³ /h	—	—	35,060	18,830	
重 油 発 熱 量	kcal/kg	(高位)	10,200	(低位)	9,630	
		(高位)	9,700	(低位)	8,730	
天 然 ガ ス 発 熱 量	kcal/Nm ³	—	—	—	—	
基 準 空 気 温 度	℃	12				
通 風 方 式	—	強 圧 通 風				
バーナ形式, 設備数量	重 油	B & W Y ジェット スチーム・アトマイザ形 16 組				
	天 然 ガ ス	B & W ス パ ッ ト ガ ス バ ー ナ 16 組				

第2表 燃 料 仕 様

(1) 重 油		
項 目	計 画 値	実 績 の 一 例
種 類	C 重 油	
高位発熱量 (kcal/kg)	10,200	10,330
低位発熱量 (kcal/kg)	9,630	9,691
比 重 (15℃)	0.98	0.944
硫 黄 分 (重量%)	1.17 (最大 3.5)	2.61
水 素 分 (重量%)	10.50	11.64
(2) 天 然 ガ ス		
項 目	計 画 値	実 績 の 一 例
高位発熱量 (kcal/Nm ³)	9,700	9,920
分析値 (体積%)		
メ タ ン CH ₄	88.0	94.32
エ タ ン C ₂ H ₆	5.0	3.88
プ ロ パ ン C ₃ H ₈	2.0	0.76
CO ₂	4.0	0.23
N ₂	1.0	0.52
i-ブ タ ン i-C ₄ H ₁₀	—	0.11
n-ブ タ ン n-C ₄ H ₁₀	—	0.13
i-ペンタン i-C ₅ H ₁₂	—	0.04
n-ペンタン n-C ₅ H ₁₂	—	0.02



第1図 435 t/h ボイラ側断面図

気の吸込みを防止している。

また急速起動などの場合の熱応力監視のためのメタル温度計がドラム上下の表面に、缶水温度測定用温度計が主降水管取出部に設けられている。

ドラムの水位は重要な運転監視項目であるが、本ボイラでは種々研究の結果、バブコック日立製の二色水面計と日立電子製の工業用テレビ装置の組合せにより、現場で二色（蒸気＝緑、缶水＝赤）、テレビ映像でも二色（蒸気＝白、缶水＝黒）という完全な二色による監視ができるようになっている。

3.2 火 炉

B & W 裸管式ホッパーボトム形で、外径 62.7 mm の水冷壁管を用いたいわゆるタンジェント・ウォール構造である。重油はもちろん火炎の長い天然ガス専焼時にも完全燃焼が行なわれるように十分な大きさを有している。

バーナは火炉前面のみに 4 段×4 列配置されており、重油バーナとガスバーナは同軸配置となっている。火炉のバーナ用開口部の水冷壁管はスタッドを植え耐火材 (PCO) を塗り込んで、管の保護と着火の安定化を図っている。

火炉には燃焼状態などを監視するためののぞき窓を各所に配置するはもちろん、常時中央制御室からすべてのバーナの燃焼状態、切換時などのページの状況を確認できるよう火炉後面 3 階床面に炉内監視用テレビカメラが設置されており、バーナ自動化を確実にしている。

火炉をはじめボイラ全体は上部のスリング・ボルトにより下げられており、熱や荷重による伸びはすべて自由に下方へ逃がせるようになっている。火炉のほか接触伝熱部の周壁（ケージ壁）も管の背面にタイバーを配置し、さらにじょうぶなバックステーを配置して堅ろうに一体化されている。断熱材やケーシングなどはこれら

の管またはタイバーに取り付けられているため、炉壁では相互にスライドする部分がなくシーリング効果が十分に保たれるので、強圧通風ボイラとして好都合である。荷重支持点から水冷壁下端までは約 40 m に及ぶため当然地震に対する考慮が要求されるが、これに対してはサイスミックタイをボイラと鉄骨との間に配置し、ボイラの前方向および幅方向の振れを止めている。この場合相対的伸び差に対してはピンジョイント構造を採用している。

主降水管は 4 本あり、その下端は前部と後部の水壁下部管寄りに直接溶接接合され、側壁へは多数の分配管にて接続し循環に対する抵抗を極力少なくしている。

3.3 過 熱 器

ケージ壁部、一次過熱器および二次過熱器の 3 部分から成っている。ドラムを出た乾き飽和蒸気はケージ側壁、前壁および後壁を通り、一次、二次過熱器へと流れ、十分な熱吸収を行なうと同時に管内流動による圧力降下に対しても考慮が払われている。

ケージ壁管はオープンピッチ (127 および 152.4 mm) で垂直に配置されており管にはフィンを溶接し高温のガスから保温材を保護すると同時に内部に設置されている一次過熱器とその下側の節炭器の荷重を支持している。

一次過熱器は 2 本の管を組み合わせた水平多曲管形であり、2 群に分れていて外径 63.5 mm の管で構成されている。

二次過熱器は火炉出口のガス温度の最も高い部分に配置されており、また内部の蒸気温度もかなり高いため重油専焼時に対する考慮を払い火炉側には蒸気温度の低い部分を配置し、ガス流に対し並行流配置とし、また最前部も後部水壁のノーズ上に配置して火炎からの直接熱ふく射を防いでいる。さらに前部のスペーサについては相隣る管を密接させて、メタル温度が極端に上昇しないようにしている。管は外径 50.8 mm のものを 4 本ずつ帯状に屈曲させている。

二次過熱器管の出口部には多数のメタル温度計を取り付けて運転監視するようにしている。

一次過熱器と二次過熱器を結ぶ過熱器連絡管は左右各 1 本あり、この途中にはそれぞれにスプレー形の過熱器減温器が設置されており蒸気温度調節の一端をになっている。

3.4 再 熱 器

再熱器は二次過熱器の後方にあり、ガス流に対してはおおむね対向流配置であり伝熱面積を経済的にしている。管には外径 63.5, 57.0 mm などが使用されている。

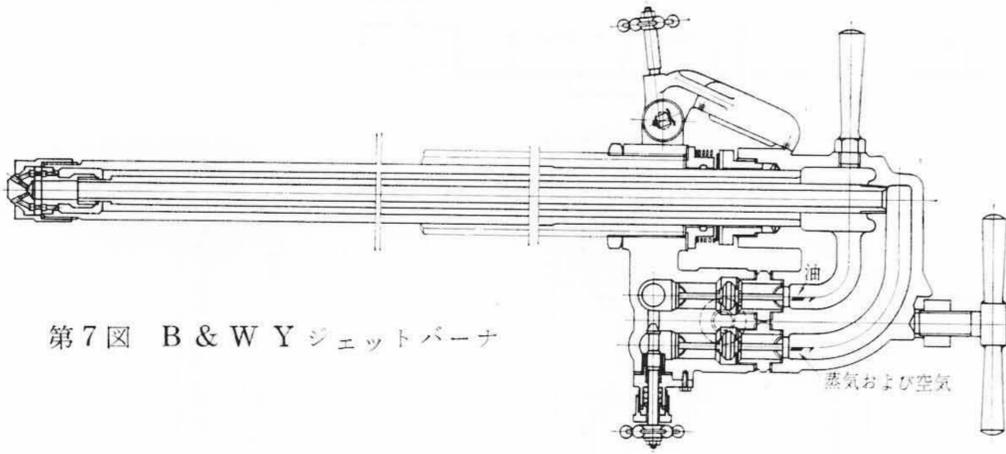
再熱器入口にはスプレー形減温器が設置されているが、これは再熱蒸気温度調整に対する非常用のためである。

再熱器管の出口部分にも二次過熱器と同様目的でメタル温度計が取り付けられている。

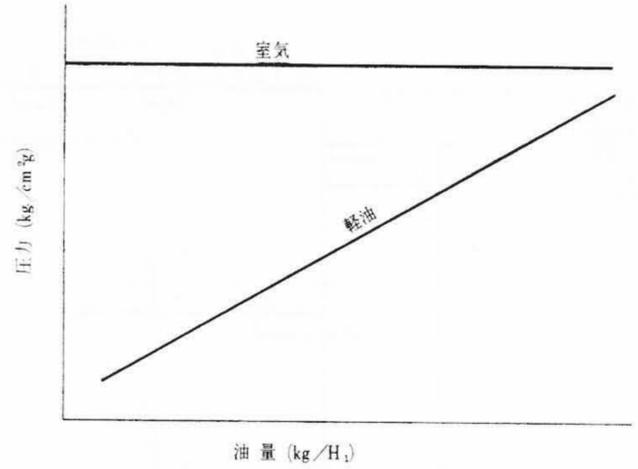
3.5 蒸気温度調整方法

主蒸気および再熱蒸気温度は前述のように重油、天然ガスそれぞれの専焼時はもちろん混焼時にもボイラ最大連続負荷の 50% 以上に規定値の 541°C を保持するように制御される（実績では両燃料の場合とも 50,000 kW まで規定値に保持できた）。この制御は主として節炭器出口ガスの一部を火炉底へ導入するいわゆるガス再循環方式によっている。再循環ガス量は再熱蒸気温度からの信号で制御されるため、過熱器側に対しては主蒸気温度からの信号により減温器へのスプレー量を制御するようにしている。

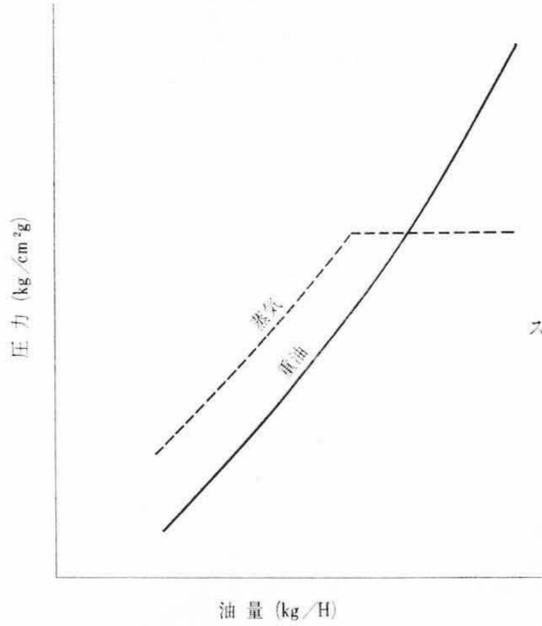
ガス再循環の効果は低温ガスを炉内へ導入して火炉におけるふく射伝熱を減じ、逆に接触伝熱部を通るガス量を増すことにより、この部分での熱伝達率を向上させることにあり、これにより過熱域の割合が大きい場合でも火炉出口ガス温度を異常に上げる必要がなく過熱器管の経済性および保守の面から得策である。



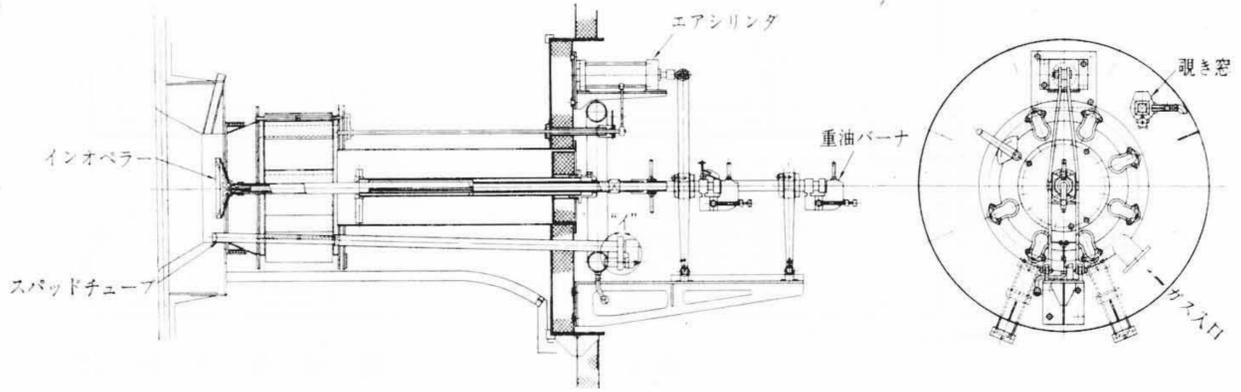
第7図 B & W Y ジェットバーナ



第8図 軽油起動バーナ容量特性



第9図 重油バーナ容量特性



第10図 自動バーナ構造図

軽油供給弁閉止と同時に消弧され、チップを清掃後バーナを引込める構造となっている。起動バーナについてもほぼ同様な方式で中操スイッチONでバーナ本体が前進すると噴霧用空気弁が開き、続いて軽油供給弁が開いて着火され、フレイムデテクタが働いてランプ表示する。消火はこの反対で、油弁締めと同時にページ弁が閉じ、完了後バーナ停止位置まで後退休止する。いずれの場合もバーナ前後進はエアシリンダで行なわれる。なおマニュアルロードにより中操より、油量の調整が可能である。バーナ本体の構造は第7図に示すようなYジェット形バーナで、空気噴霧方式である。空気圧は6kg/cm²一定で第8図に示すような容量特性を備えている。噴霧特性は特に良好で噴霧用媒体空気のもつエネルギーを利用して霧化する方式のものである。空気量は、軽油量の約13%以下で、油圧5.5kg/cm²程度以下で十分良好な燃焼を得るよう設計されている。

4.3 重油燃焼装置

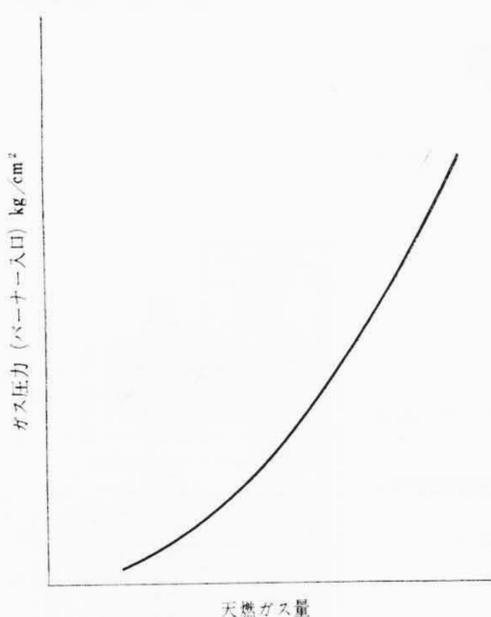
主要系統は第3図に示すとおりで、ストレージタンクより、ストレーナ、重油噴燃ポンプを経て圧力が調整され、さらに重油加熱器、油量調整弁、流量計、遮断弁などの主要機器を経て、各バーナに供給される。本系統では特に重油サービスタンクを設置せずストレージタンクより直接ボイラに供給する方式であり、重油ポンプ室をストレージタンク近くに設けたため、ボイラ室からの距離が遠いこと、および冬期の積雪が深いことを考慮して、予熱ポンプは常時逆転ウォーミングを行ない中央操作室から、ただちに切換運転が可能であることはもちろん、万一常用ポンプトリップの場合には予備ポンプへの自動切替えも可能な構造としてある。

なおポンプサクションストレーナについても同じ考え方で前後差圧が規定値以上に上昇した場合には、アラームするとともに自動的に予備のストレーナに切り替えるようストレーナ入力側に電動三方弁を取り付けている。重油バーナについてもさきに述べた点火起動バーナと同じく中操室からの運転が可能で、点火バーナ着火確認後、

重油バーナスイッチをONすれば、バーナエアレジスタ開の条件で重油バーナがそう入された後、噴霧用蒸気弁が開き、続いて重油バーナ供給弁が開となって燃焼に入り、フレイムデテクタによって着火のランプが中央操作室に表示される。消火の場合はまず重油供給弁が締められると、蒸気ページ弁が開き（タイマーを使用して所要の時間バーナチップが清掃されると）、蒸気供給弁が締め、続いてバーナが停止位置までインペラとともに引き戻され休止する。バーナ入口バルブ類には、電動式を使用しその開閉ならびにバーナ前後進は、リミットスイッチ作動により確認して次の動作を行なわしめる構造となっている。自動バーナの概略構造は第10図に示すとおりで前後進は二重式空気シリンダで行ない下側よりレールでささえる構造となっている。燃焼用空気を送入するエアレジスタの開閉も当然中央操作室から行なう方式で、マニュアルロードによりコントロールドライブを動かすリンク式の構造で必要な開度に自由に調整することも可能である。バーナ本体は第7図軽油起動バーナと同一のものであるが、噴霧媒体としては起動用バーナの空気に代わってコンバータ発生飽和蒸気を使用する。容量特性は第9図に示すとおりであるが蒸気圧は油圧に対して1kg/cm²程度常に大なるよう差圧制御を行ない、噴霧に十分な圧力で一定とするような方式としている。このバーナは噴霧特性を良好とするために、特に蒸気のエネルギーを利用する方式で油量に対してわずか10%以下の蒸気量で、しかも10kg/cm²程度の油圧で十分その特性を発揮でき、一般油圧式バーナと異なって圧力の低いときに噴射特性がむしろ向上するという特長を備えている。手動では0.5kg/cm²程度の油圧まで十分運転可能で自動のまま放置しても1.5kg/cm²程度の低負荷まで十分安全な燃焼と追従を行なわしめることができる。

4.4 ガス燃焼装置

天然ガス単独にても専焼可能で、重油、軽油とも混焼できるよう設計されている。その主要系統を第4図に示す。ガス会社より供給された天然ガスは、減圧弁を経て所要の圧力に調整され、遮断弁および流量調整弁を経て各バーナに供給される。減圧弁後および流量調整弁とバーナ供給弁との間に安全弁を取り付けるとともに、ベント弁を設けて、ガス燃焼休止時、もし供給側にリークがあっても排出できるよう遮断弁閉にてベント弁開となるようインターロックさ



第11図 ガスバーナ容量特性

れている。バーナ供給弁はこれを二重とし、1個を三方式として、リークガスを大気放出せしめて安全を図っている。本ガスバーナも重軽油バーナ同様、中央操作室からも運転可能であり、フレームの検出も行なって中操に表示される。バーナ形式は B & W マルチスパッド方式で、その取付状態は第10図に示すとおりである。その特長とするところは、バーナスロット部重油バーナ回りに数本のスパッドエレメントを配して、各エレメントには小径の穴を多数設け、バックファイヤを完全に防止するとともに、低いガス圧をもってエアレジスタで旋回を与えられた空気とよく混合し、完全な燃焼を行なうことができる構造となっている。なおエレメントに万一故障があっても、そのバーナを停止することなく不具合のエレメントのみ取はずし運転継続可能である。容量特性カーブは第11図に示すとおりで、5,000 mm 水柱程度の圧力で100% 負荷をとることができる。また手動で170 mm 水柱の低いガス圧まで広い範囲運転可能で、かつ、ガスの組成すなわち発熱量比重がかなり広範囲に変わっても、使用できるよう利用範囲の広い設計となっている。

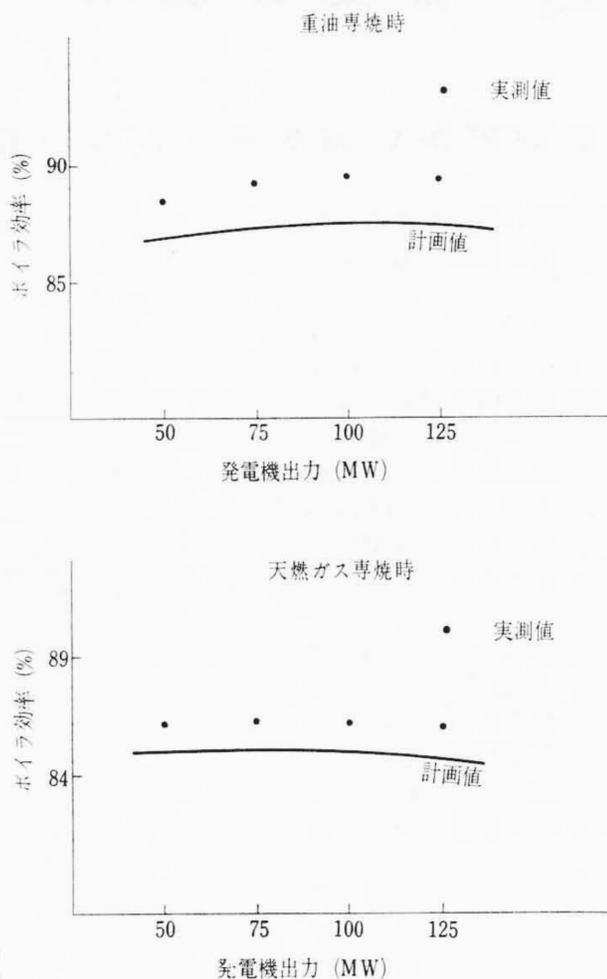
4.5 スートブロワ

本装置は、ボイラの稼働率を高度に保持するよう伝熱面に付着せるすすを容易に能率良く除去する目的で電気作動全自動式蒸気噴射形を採用している。

取付台数は

一次過熱器用	ラック式スートブロワ	4台
二次過熱器用	ラック式スートブロワ	4台
再熱器用	ラック式スートブロワ	10台
節炭器用	ラック式スートブロワ	2台
空気予熱器	揺動式スートブロワ	2台

の合計 22 台で将来必要に応じて、追加取付けできるよう火炉に 24 台、二次過熱器に 4 台、節炭器に 2 台用の予備座を設けている。操作は中央操作室のスートブロワ盤のスイッチにて自動的に順次シーケンシャルに運転されるが、単独にも運転可能である。また現場押ボタンスイッチにて単独運転可能である。自動の場合のブローイング作動は左右 2 台同時に順次に行ない 1 サイクルを完了する。噴射用蒸気は一次過熱器入口ヘッダより抽出し、所定必要圧力に減圧使用される。本装置は揺動式空気予熱器に水洗い装置を付属させる



第12図 保証効率試験結果

とともに、ラック式スートブロワに対してもボイラ休止時、水洗可能のよう計画し、これを行なう場合には、各階に装備の水管をつなぎ込みバルブの切換えを行なって、現場押ボタンスイッチにより、スートブロワを起動し、水洗できる構造としてある。そのほか、圧力低下、モータ過負荷、運転超過などの場合、ただちにアラーム、ランプ表示などを行なって、焼損防止保護には万全を期している。

5. 保守関係

通常の重油専焼ボイラなどにもある警報項目やインタロックについては紙面の都合で割愛するが、強圧通風、天然ガス専焼であるため、また自動バーナ方式であるために特に設けられた項目のうち、おもなものを列記すると次のようである。

- 火炉圧力規定値以上
- 240 mmAq..... 警報
- 320 mmAq..... T. D. 5 秒
- MFT 動作

- 天然ガス圧力規定値以下
- 1,200 mmAq..... 警報
- 900 mmAq..... T. D. 5 秒..... ガス遮断弁閉, ガスベント弁開
- 6.5 kg/cm² (元圧)..... 警報
- 空気流量—燃料流量比率規定値以上 170%..... 警報
- 空気流量—燃料流量比率規定値以下 95%..... 警報
- フレーム・デテクター全数消化..... 警報(実績により将来MFT動作に組み込む予定)

以上のうち、空気流量—燃料流量比率の警報は可燃限界の最も狭い天然ガス専焼時を基準に決めてあり、燃焼継続中に万一燃焼不安定となりいったん消火した後元の状態に復帰すると、未燃ガスにより炉内で爆発を起こす危険性があるため、天然ガス専焼時のみならず重油との混焼時についても考慮されている。

6. 保証効率試験結果

保証効率試験は仮使用認可直後の 38 年 10 月に実施された。前述のように燃料仕様が計画値と異なっていることなど若干運転仕様が異なっているが第12図のように各負荷とも保証値を大幅に上回る好実績をおさめた。

7. 結 言

以上、東北電力株式会社新潟火力発電所納第 2 号缶について、その仕様、構造および付属設備の特長につき紹介した。重油専焼のほかに天然ガスを燃焼するというわれわれとしては未知の問題も多く、またバーナ自動化の問題など発電所のかたがたと十分に検討し改造を加えつつ、一応満足しうる設備を完成したことは喜びにたえない。

終わりに臨み、種々ご指導を賜った東北電力株式会社の関係者のかたがたに深謝申し上げる次第である。



登録新案 第555277号

高橋 長一郎

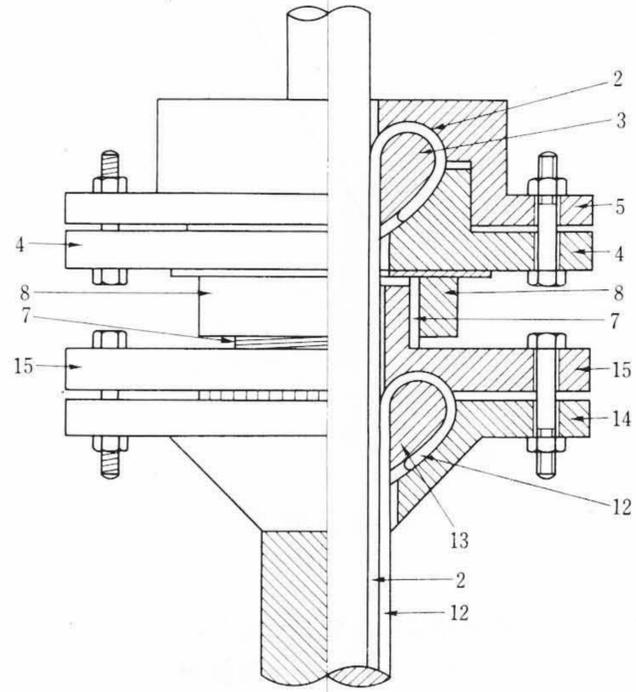
二重鉄線がい装ケーブルの引留装置

この考案は、ケーブルのまわりに二重の鉄線がい装を有するいわゆる二重鉄線がい装ケーブルを、鉱山、炭坑などの立坑に布設する場合に用いる引留装置に関する。

従来知られている引留装置は、鉄線を全部一括して引き留めるか、あるいは各層の鉄線を別々に引き留めるかによっていたが、鉄線のそれぞれの素線に、荷重を均等に負荷させることは困難であった。

この考案は、鉄線の各層に加わる荷重を、均等に分散し調整できるようにしたものである。図面によりこの考案を説明すると、二層の鉄線2, 12を引き留める留金3, 13を留金受4, 14と押金5, 15によって支持させるとともに、押金15に形成したねじ7に間隔調整用ナット8を設けて、留金受4の上下の動きを、ナット8の回転により自在に行なえるようにした。

この考案によると、留金受4と押金15との間隔は一つのナット8を回すことにより調整できるから、これによって留金3と13に引き留めてある鉄線2, 12の張力を任意に変化させることができ、この結果確実に、鉄線2, 12に均等な荷重を負担させることができる。さらに鉄線2, 12に加わる不均衡な負荷に起因する鉄線の断線事故は皆無となるほか、鉄線の寿命を延長させることができるという特長がある。
(斎藤)



登録新案 第733842号

水上 徳五郎・杉山 正夫
今井 敏雄・庄司 民良

パイプ型ケーブル線路

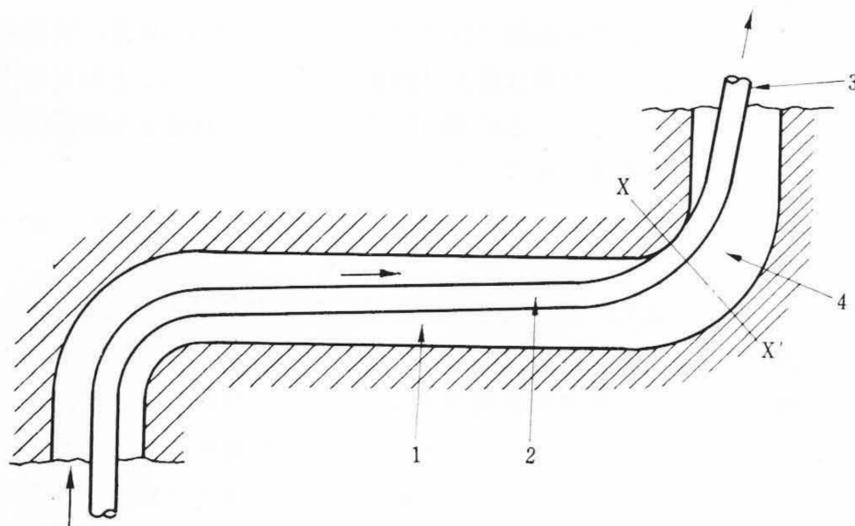
この考案は、超高電圧送電線路として用いられるパイプ型ケーブルの改良に関する。

一般に、この種パイプ型ケーブルの布設は、第1図に示すように、最初防食鋼管製のパイプ1を布設ルートに施設したのち、ケーブル線心2をパイプ1の一端より引き入れる方法が採用されているため、ケーブル線心の引き入れ張力は、線心自体の引張り強度以下であること、ケーブル線心の引張り強さは、第2図に示すようにケーブル線心2がパイプ1の曲がっている部分4を通過するとき生ずる、いわゆる横圧Pに十分耐えられるものであることの条件を、満足させるケーブルが要望される。

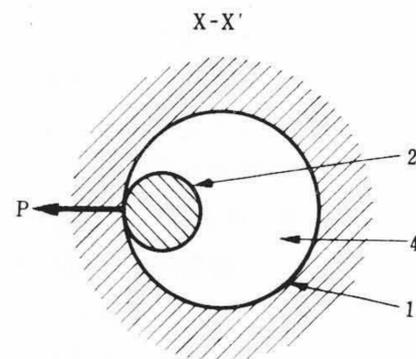
この考案は、ケーブル線心2のサイズを大きくすることなく、ま

た横圧Pを増大させることなく、前述の条件を満足させるようにしたものである。すなわち、この考案においては、ケーブル線心2の横圧Pを受けやすい部分の補強層の構成を、特に、スキットワイヤの本数を増加させるか、あるいはそのピッチを狭くし、その下側の補強用銅テープ、真中テープの厚さまたは枚数を増して、他の部分より横圧に耐えるようにしたものである。

この考案によると、パイプ1へのケーブル線心2の引き込みは、ケーブル線心を損傷させることなく行なえるとともに、横圧Pが最も大きくなりやすいケーブル線心のプーリングアイ側3は、横圧に十分耐えられるから、従来よりも長いケーブル線心の引き入れが可能となり、この種引き込み工事を能率よく行なえる特長がある。
(斎藤)



第1図



第2図