

最近の B & W ボイラに就いて

E. J. Hulland* 村山三郎**

The Recent Advances in B & W Boilers

By E. J. Hulland and Saburō Murayama
Babcox-Hitachi K. K.

Abstract

This article describes some of the recent advances in boiler design and development made by Babcock and Wilcox and is of special interest at the present time in view of the formation of the joint company Babcox-Hitachi K.K.

In the past few years the trend towards bigger capacity boilers has been very marked and now many boilers are in operation at capacities in excess of 455 t/hr. Steam temperatures which in the past hardly ever exceeded 480°C now exceed 555°C and pressures in the region of 150 kg/cm² are now common practice.

The increase in pressure and temperature together with the relatively new wide scale practice of reheat has led to greater attention being paid to steam temperature control and control range. This enables turbines to be operated more efficiently and safely at lower loads. This article describes some of the more common methods to obtain close control of steam temperature.

The importance of close control of steam purity and water circulation cannot be overstressed and nowadays devices are available which give steam carryover of less than 1 p.p.m. irrespective of load.

〔I〕 緒 言

約90年程前にバブコックアンドウイルコックスに依つて最初の水管式ボイラが発明せられ安全で信頼度高く且つ経済的に蒸気の発生が可能となつた。それ以来今日迄漸次進歩発達を遂げて来たが特に火力発電設備に於て著しく発達した。発電設備の規模にもよるがバブコック社では世界の主要発電所に対し容量 450 ~ 500 t/hr, 汽温 575°C, 汽圧 140 kg/cm² 程度のボイラの大部分を製作納入している。

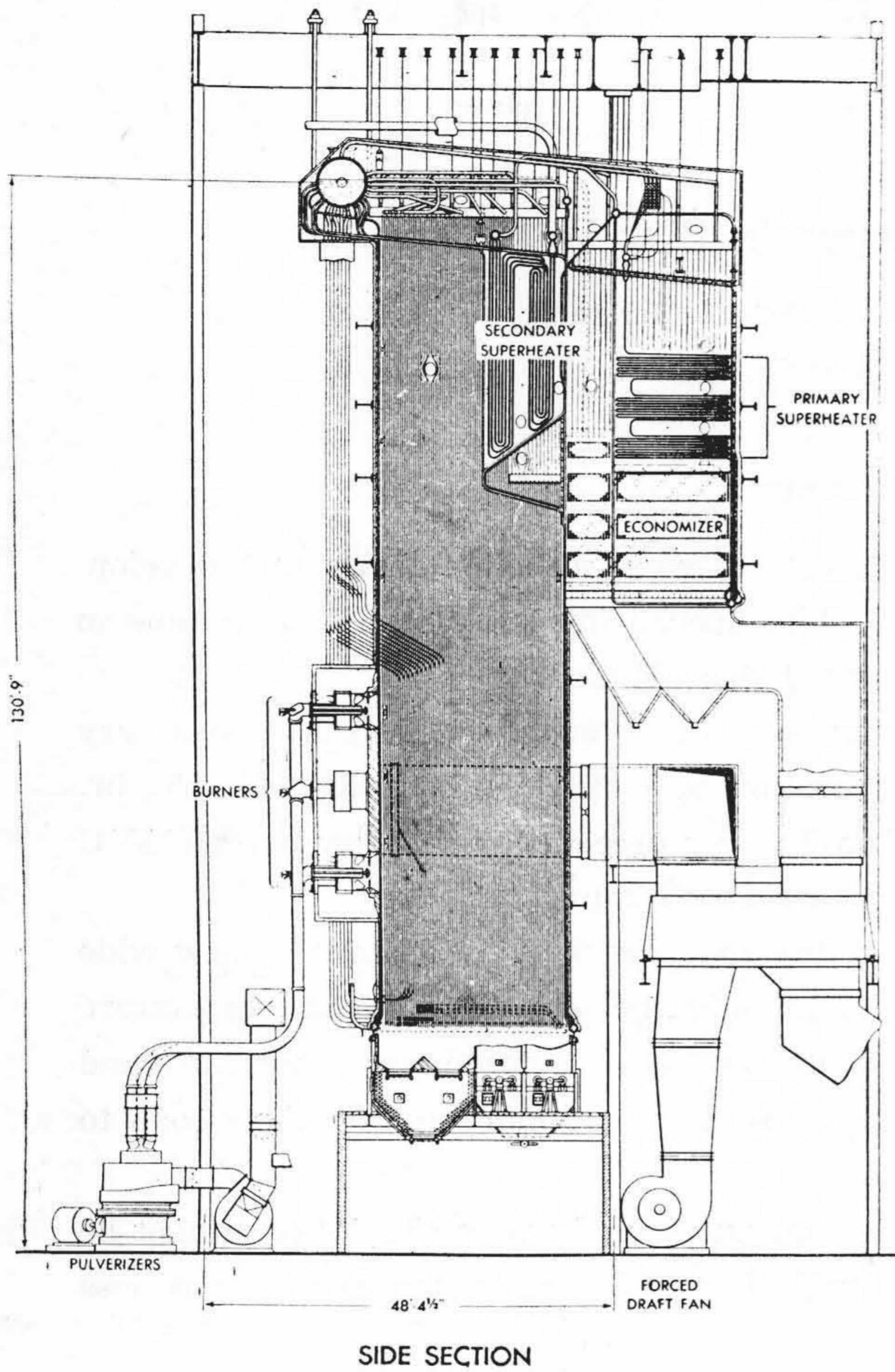
大容量の自然循環ボイラで最高使用圧力のものは1939年米国インディアナ・ミシガン電気会社のツインブランチ発電所に建設された最大連続蒸発量 250 t/hr 設計圧力 186.5 kg/cm² のボイラである。

こうした高温高圧大容量プラントに採用されるボイラの型は所謂輻射型ボイラがその大部分である。輻射型のボイラは吸収熱量の大部分が輻射によつて得られている

もので大きな水冷壁構造を設け対流伝熱面は非常に少いが極端な場合には全然設けられない場合がある。

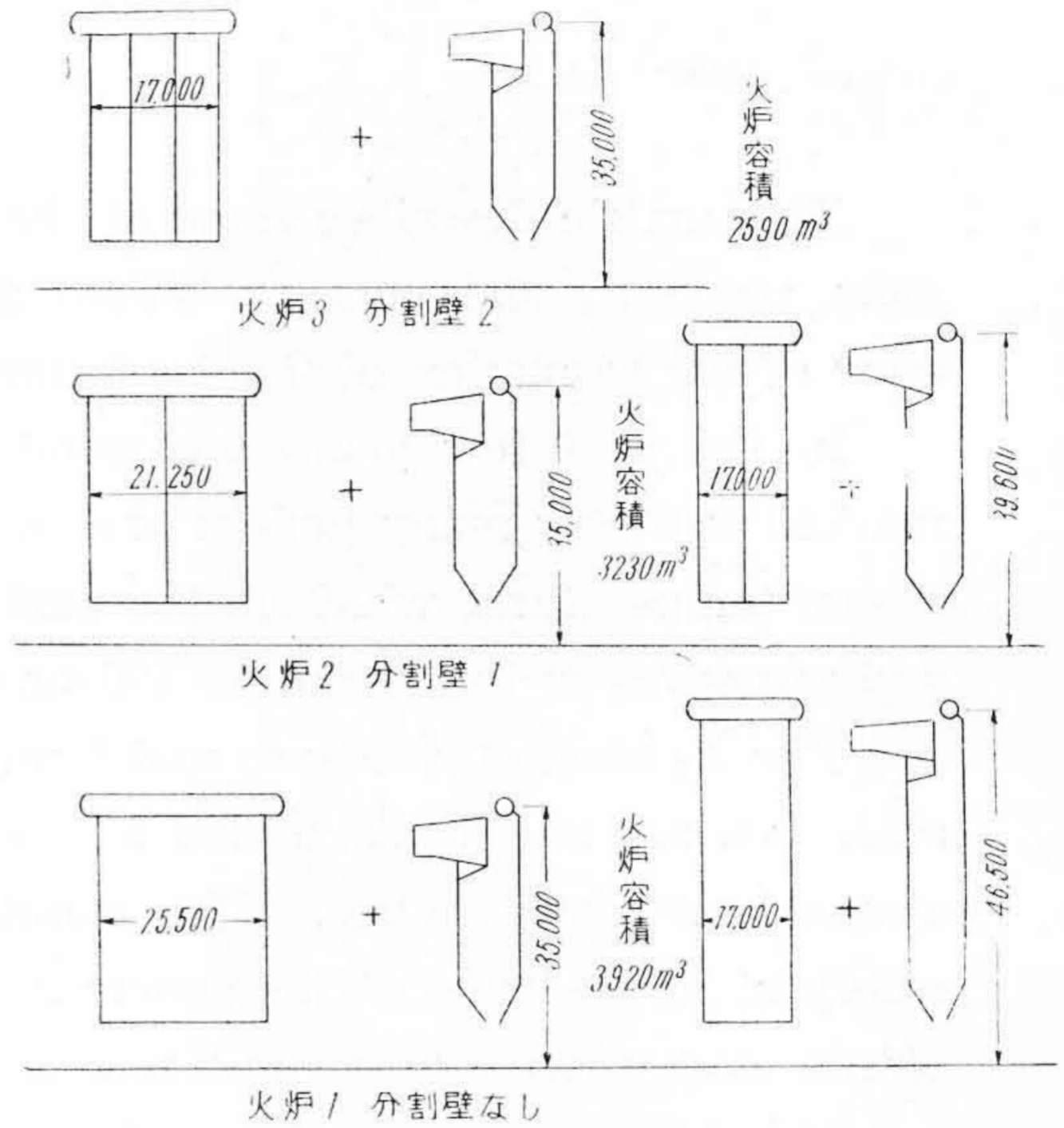
第1図(次頁参照)は最近の代表的輻射型ボイラの一つで最大連続負荷 590 t/hr, 設計圧力 121 kg/cm², タービン入口圧力 105 kg/cm², 汽温 565°C, 給水温度 232°C の仕様のものである。大容量ボイラであるため後にも述べるが火炉を二分して輻射面積を増し比較的小型になっている。又所謂蒸発水管は全然なく水壁管によるスクリーンの中に一次及び二次過熱器が配置されている。このボイラは一次過熱器にガスバイパスを設け蒸気温度の調整を行うようにしている。このボイラはあたかも吊鐘の如くボイラ全体が上方のビームから一体となつて吊下げられているもので火炉は勿論のこと過熱器、節炭器の外壁にはすべて水管を配列し耐火保温材はこれ等水管に取付けている。従つて熱による膨脹に対しても極めて自由であつて熱応力或はボイラのシーリングなど何の懸念も要らない。ドラムは単一胴で多数の降水管がボイラの前面に整然と配列されている。

* ** バブコック日立株式会社



←第1図 590 t/hr 輻射型ボイラ

Fig. 1. Radiant Boiler for 590 t/hr Continuous Steam Output



第2図 分割火炉ボイラの大きさの比較

Fig. 2. Effect of Division Walls on Furnace Size (Constant Heat-Absorbing Surface)

バーナーは水平型のサーキュラーバーナーを用いミルは堅型のEミルを使用している。

我国に於ては地震に対する考慮が重要であつてこのような吊下式の構造のボイラには振れ止め装置を設ける。

〔II〕ボイラの大容量化と火炉設計の傾向

再熱ボイラの大容量高温高圧のものが計画される傾向にあるが改良発展の結果火炉を分割する方法が採用されている。これはスペースファクタからも特に設計或は運転の点からも経済的なボイラとして考えられたものである。容量が増せば熱を吸収するための輻射伝熱面は大體比例して増さねばならぬので炉幅、奥行、高さは当然大きくしなければならぬが、火炉を水壁で2つ或はそれ以上に分割する構造とすれば比較的小型のボイラに十分な冷却面積を設置することが出来る。

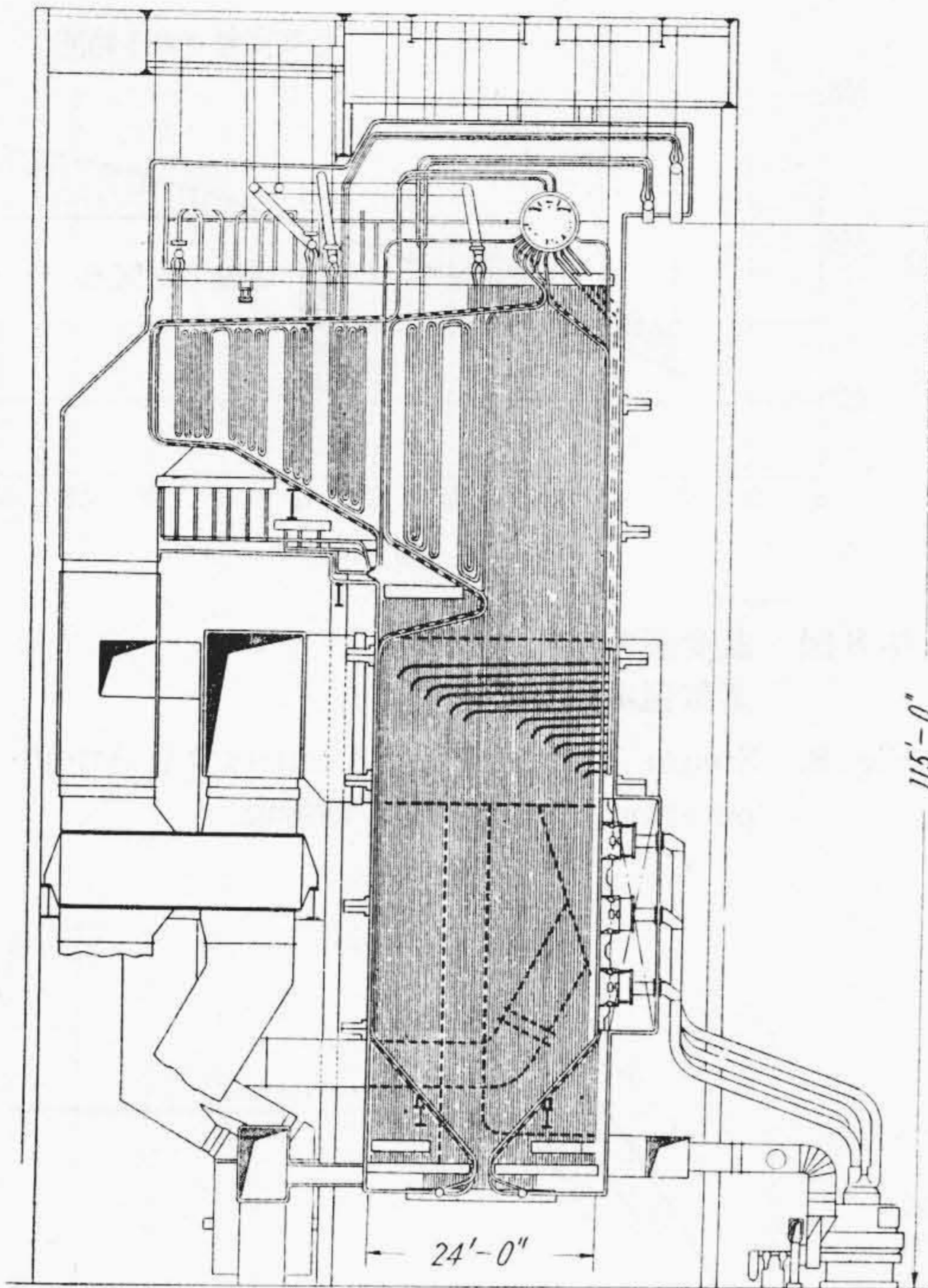
一例を挙げてみると第2図の如く大容量高温高圧再熱

ボイラで火炉を三分割にしたものは炉幅が 17 m、高さ(ドラム) 35 m、火炉容積 2,590 m³ であるが、二分割の火炉とすれば炉幅は 21.3 m、高さ 35 m 或は炉幅 17 m、高さ 39.6 m として火炉容積は 3,230 m³ となる。更に全然分割しない一つの火炉構造とすれば炉幅 25.5 m、高さ 35 m 或は炉幅 17 m、高さ 46.5 m として火炉容積 3,920 m³ を必要とする。

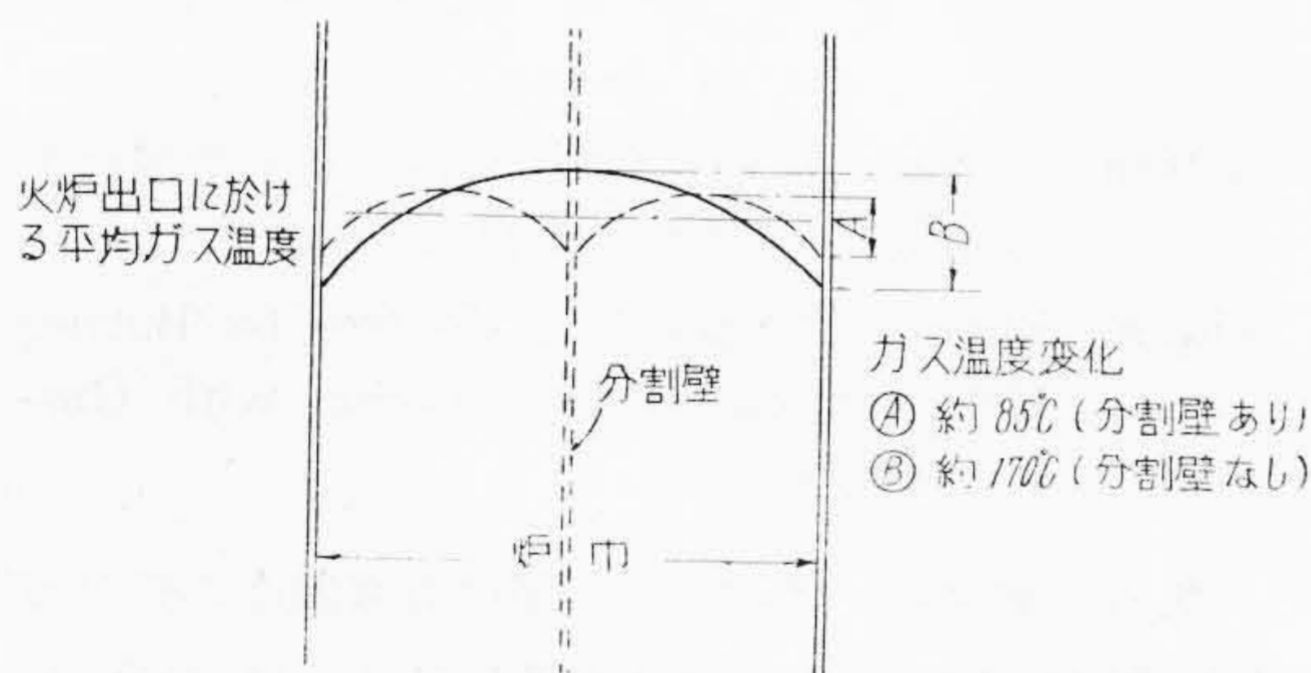
第3図は三分割の火炉を有する再熱ボイラの一例で 580 t/hr、設計圧力 145 kg/cm²、汽温 565°C のものである。

火炉を水壁で分割すれば火炉出口ガス温度の最高最低部の差が少くなり比較的全炉幅に均一な状態のガスが得られる。これは過熱管の管壁温度或はスラッグの問題に対して極めて重要なことである。

第4図は火炉出口ガス温度の差に就いて二分割火炉と一般のものとの比較を示したものである。



第3図 580 t/hr 三分割火炉輻射型ボイラ
Fig. 3. Triple-Furnace Radiant Boiler for 580t/hr Continuous Steam output



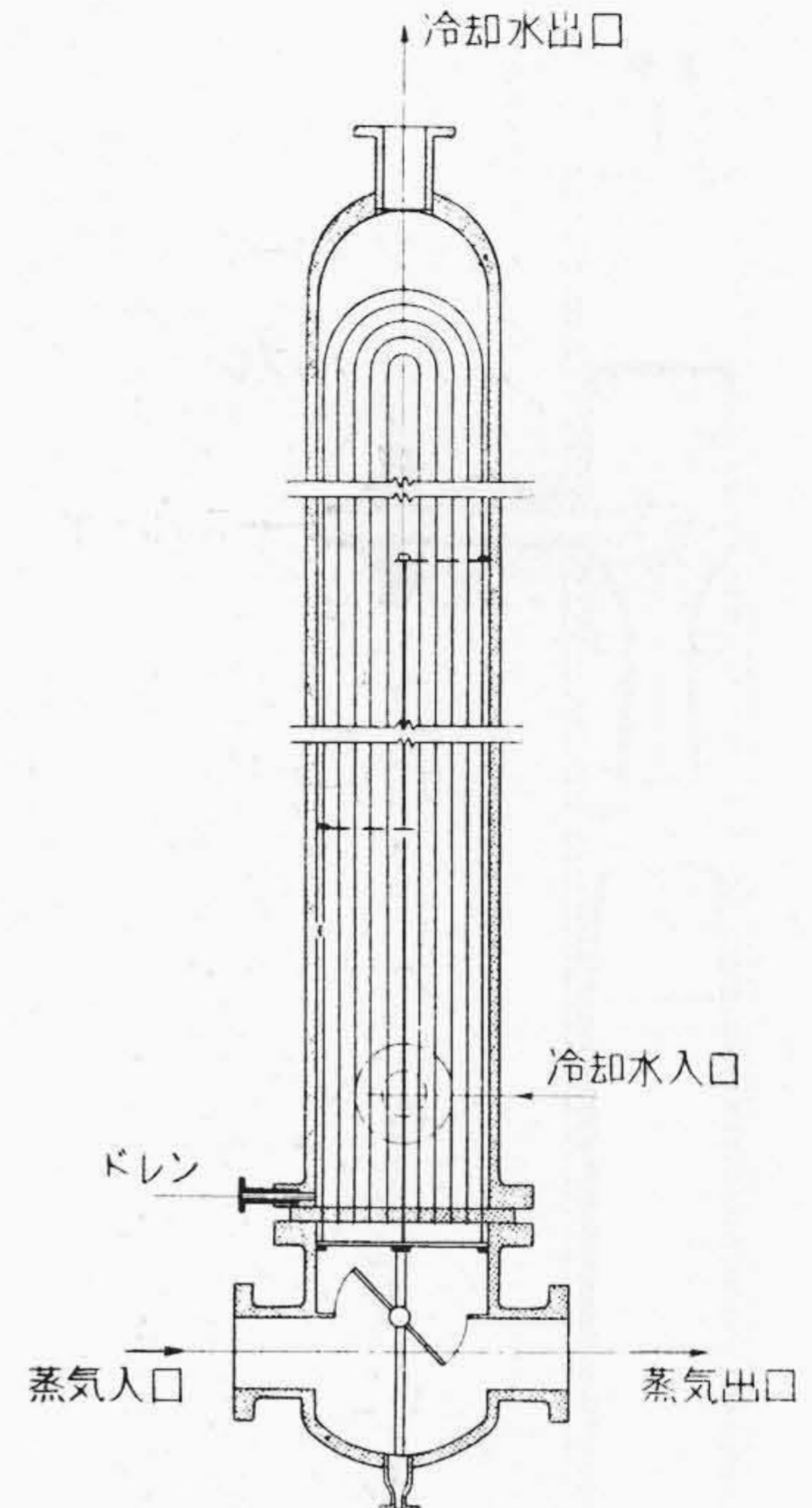
第4図 分割火炉出口ガス温度の変化
Fig. 4. Effect of Furnace Division Wall on Variation in Gas Temperatures Across Furnace Width

〔III〕 蒸気温度調整

対流型過熱器では負荷の増加と共に蒸気温度が上昇する傾向にあることは衆知のことであるが、特に高温蒸気を使用するプラントにあつてはタービン側に対してその温度の僅かの変化が重要な問題であり、これを一定に保持するための優れた調整装置が必要となる。次にその主なるものにつき述べる。

(1) 冷却器型温度調整装置

これは飽和温度の罐水を満した圧力容器内に多数のチ



第5図 冷却器型温度調整装置
Fig. 5. Surface Type Attenuator

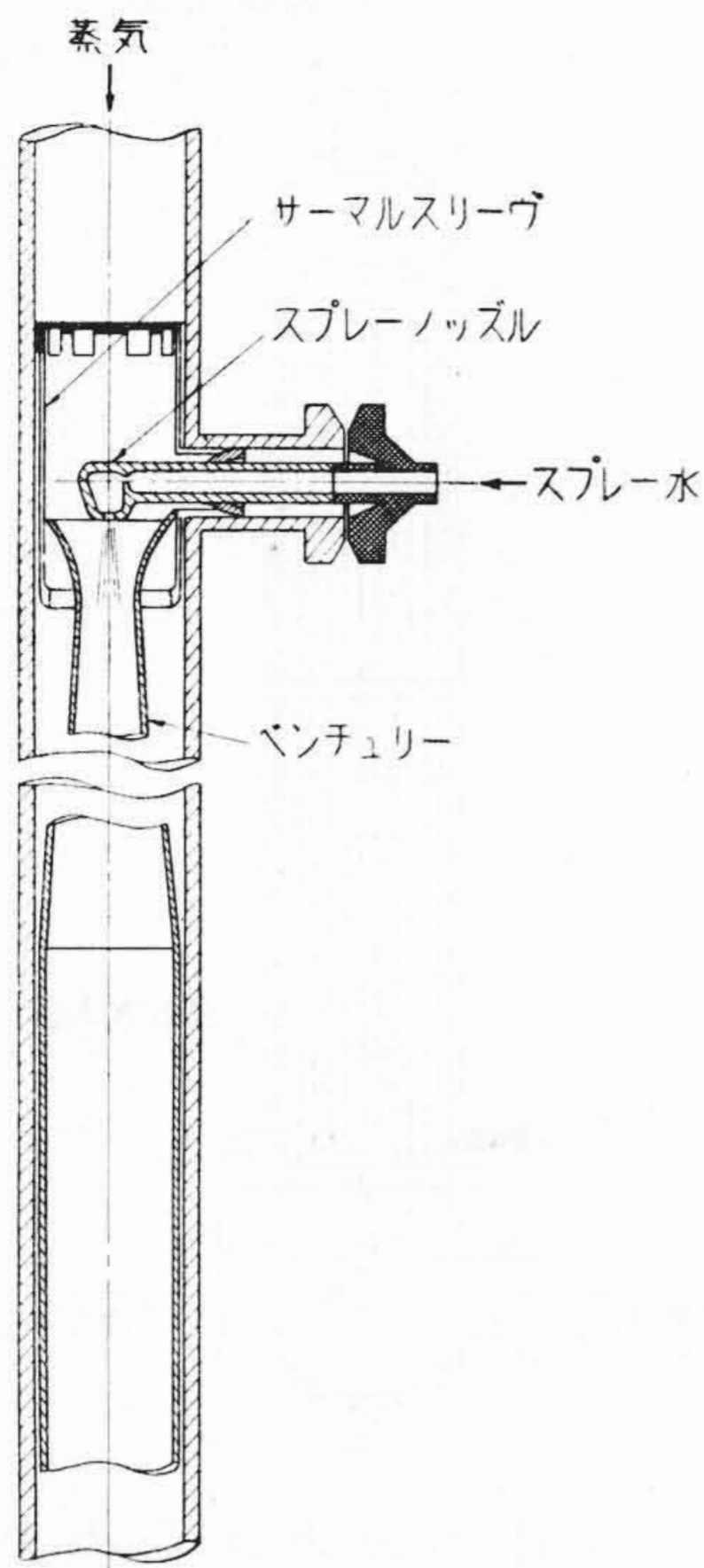
ューブを配列し、これ等チューブ群の内部に高温蒸気の一部を通しこの蒸気量の制御によつて蒸気温度を制御するもので第5図にその構造を示す。又水ドラム中に冷却管を設けたものもある。

この型の制御範囲は比較的狭く 75~100% 程度の調整に使用され $\pm 5^{\circ}\text{C}$ の範囲で自動制御装置に挿入される。

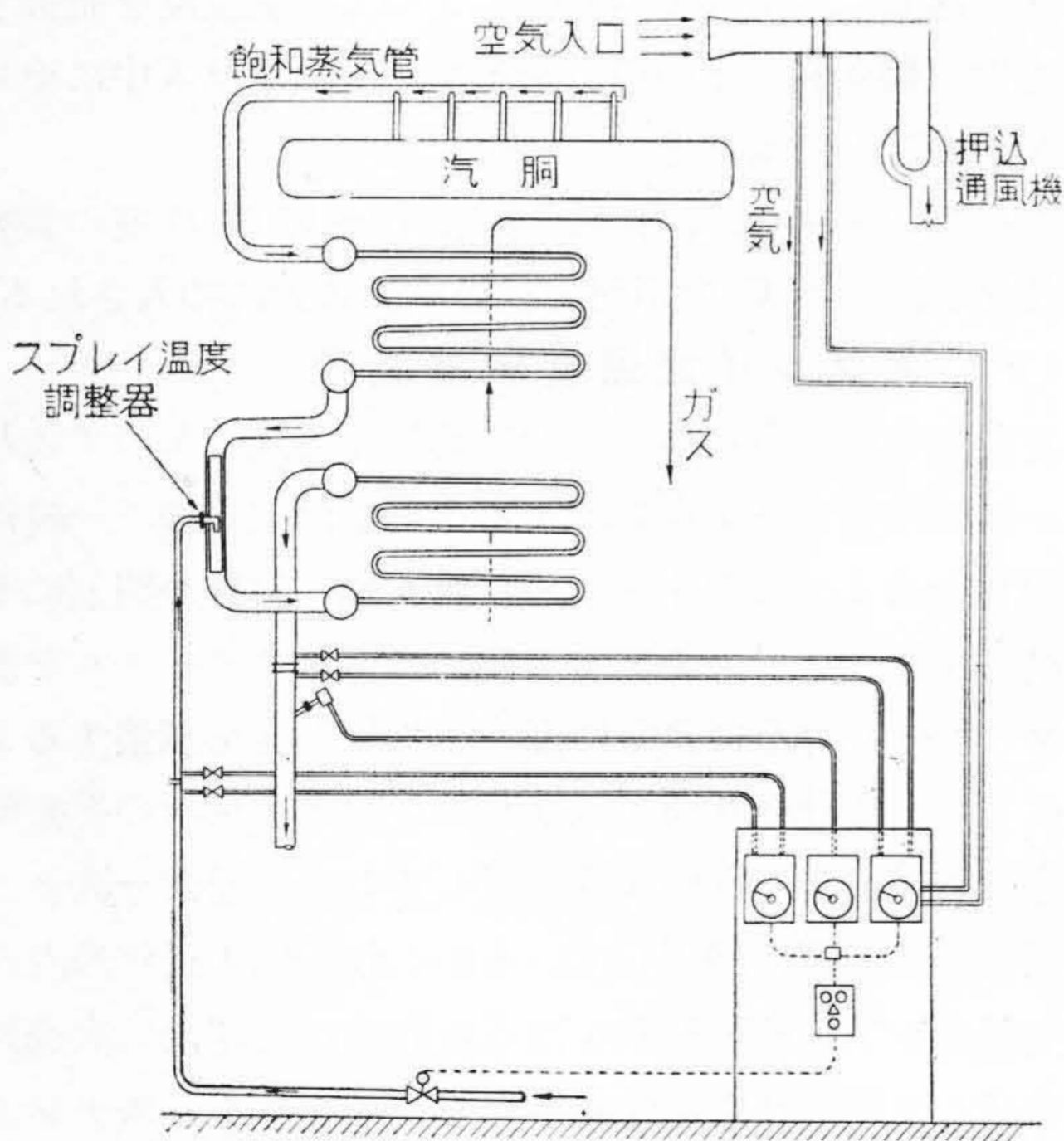
(2) スプレイ式温度調整装置

高温蒸気中に直接冷却水を噴霧する方式であつてこれは小型で多量の蒸気を処理することが出来るので一般に大容量のボイラに採用される。第6図(次頁参照)にその構造を示す。ベンチュリー部にスプレイノズルを設けスプレイが完全に蒸気に混合し蒸気温度を調整するようにしている他サーマルスリーブを設け冷却水の熱衝撃を直接管壁に与えないよう考慮している。通常一次と二次過熱器の中間に配置しているがこれは二次過熱器内の蒸気温度を下げ管の過熱を防ぐと同時に冷却後二次過熱器を通して蒸気状態を安定させるためである。スプレイ用水は清浄でなければならぬが給水処理が完全であれば給水そのものを利用する。

第7図(次頁参照)は自動制御方式を示したものであつて、スプレイ用水の量を自動的に加減するがこの水は給水ポンプの吐出側から直接とるか或は別にスプレイポンプを設ける場合がある。この方式では制御範囲を広くとることが出来る。



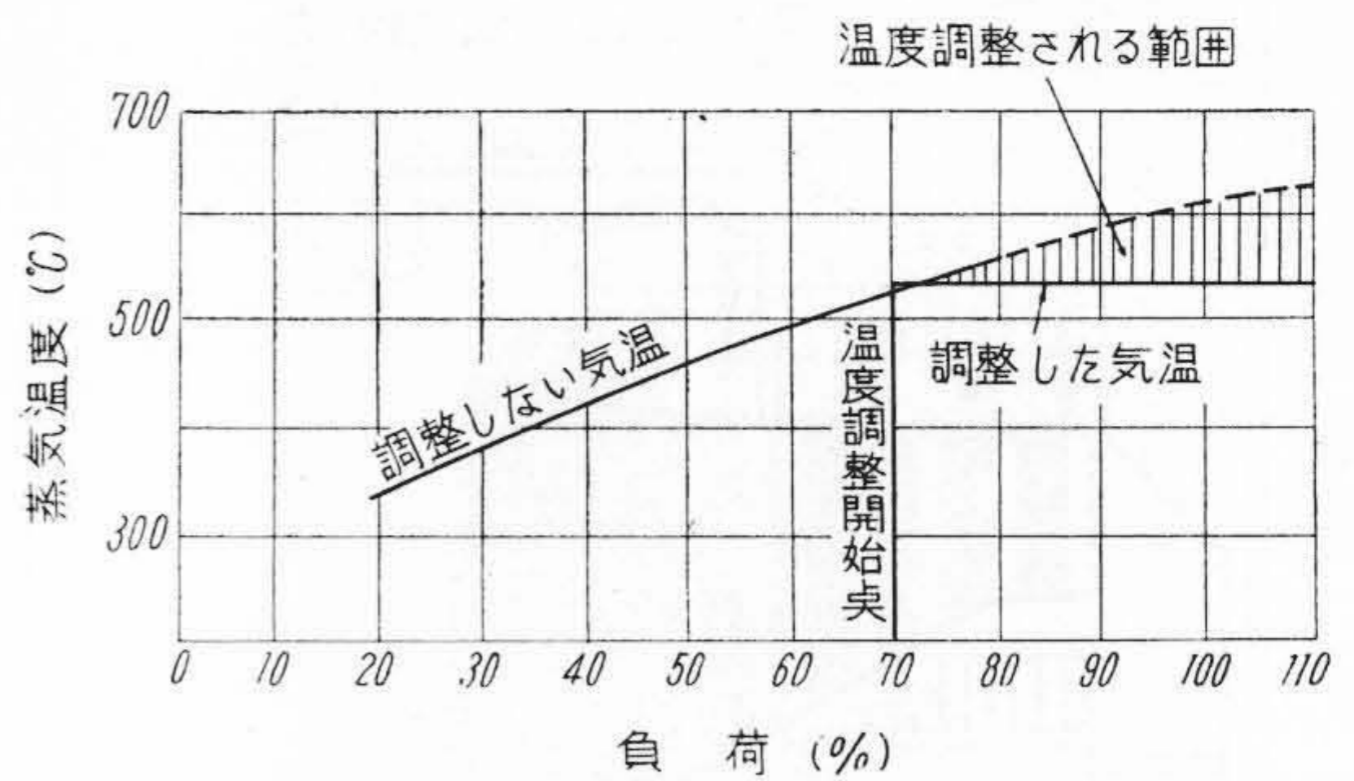
第6図 スpray式温度調整装置
Fig. 6. Spray Type Attemperator



第7図 スpray式自動温度調整機構
Fig. 7. Spray Type Attemperator Control System

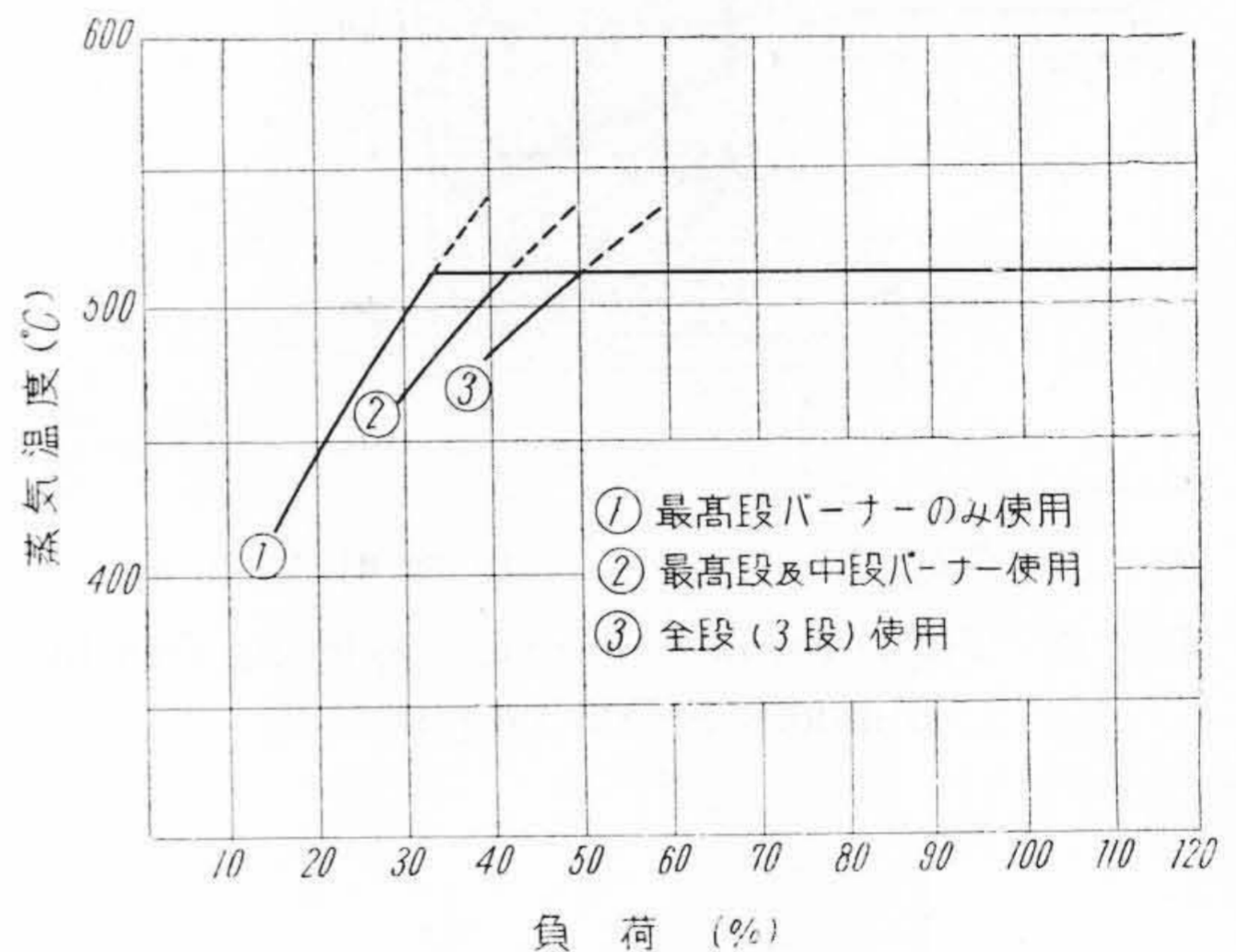
(3) バイパスダンパーに依る調整

この方式は過熱器に燃焼ガスのバイパスを設け負荷の増加に伴ってガス量をバイパスして蒸気温度を制御すると共にその熱量は節炭器を通して吸収するようにしたも



第8図 温度調整装置或はバイパスダンパーに依る蒸気温度調整の一例

Fig. 8. Steam Temperature Control by Attemperation or Gas By-Passing



第9図 ガスバイパスと併用したバーナー位置による蒸気温度特性の実験例

Fig. 9. Steam Temperature Control by Burner Combination in Conjunction with Gas-By-Passing

のである。ダンパーは節炭器の後のガス温度の低い所に設け高温ガスによるトラブルを避けるように計画する。

第1図及び第8図はこの装置を設けたものでバイパスダンパーによる温度調整は比較的粗い調整を行うためのものである。

(4) 使用バーナーの位置変更による調整

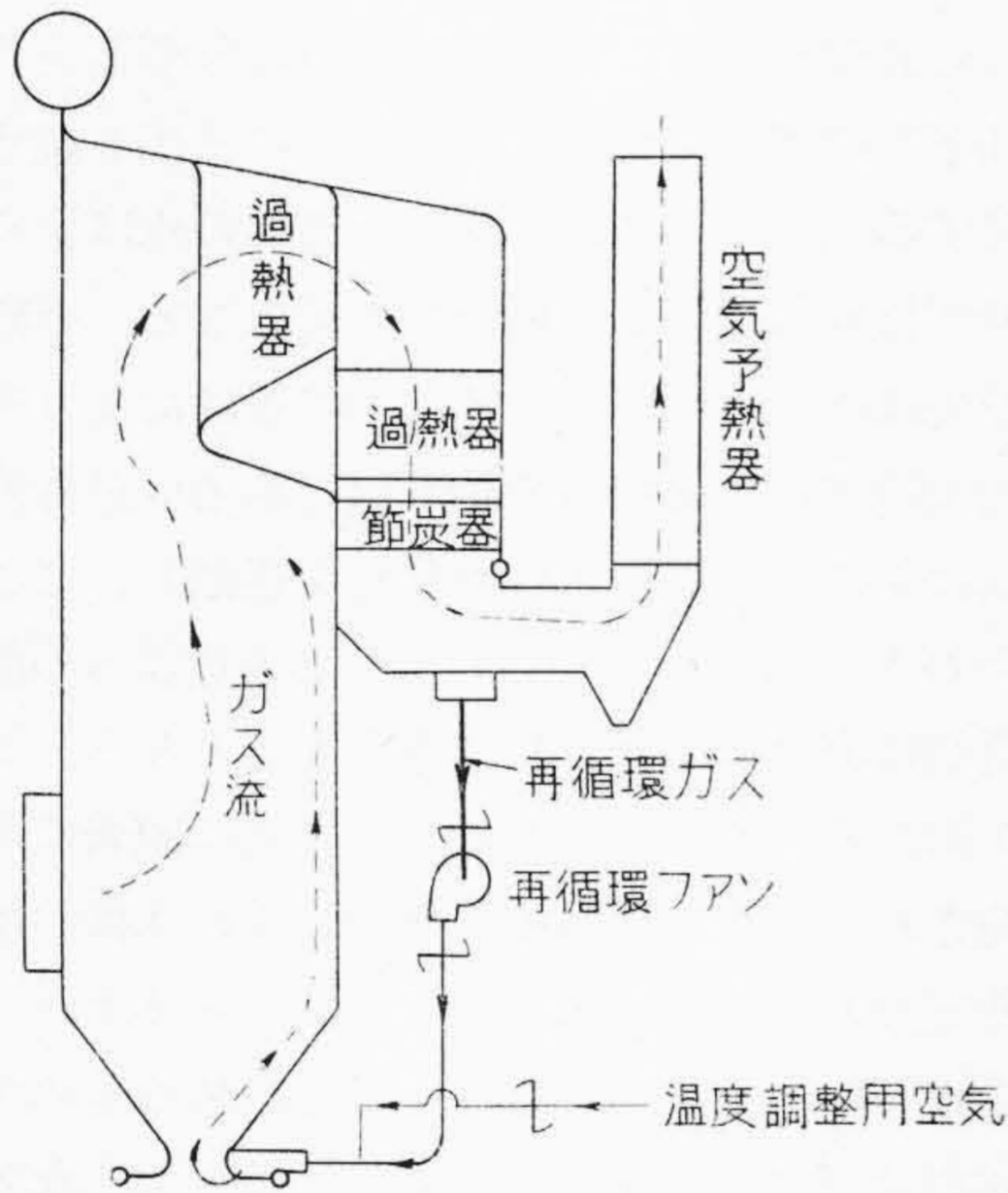
これは低負荷時に高温蒸気を得るのに適した方法で、C. E. 会社のチルチングバーナーと同一効果のものである。即ちバーナーを数段に配置し低負荷の場合には上段の方を使用し有効火焔を小さくすれば火焔出口温度が上昇して蒸気温度も上げることが出来るので操作は極めて簡単である。第9図はガスバイパス法と併用した場合の実績の一つでその特性が明瞭に示されている。

これによればガスバイパス法で50%負荷以上を同一気温に調整しバーナー位置を変えて更に30%負荷まで調整範囲を拡げることが出来たことが判る。

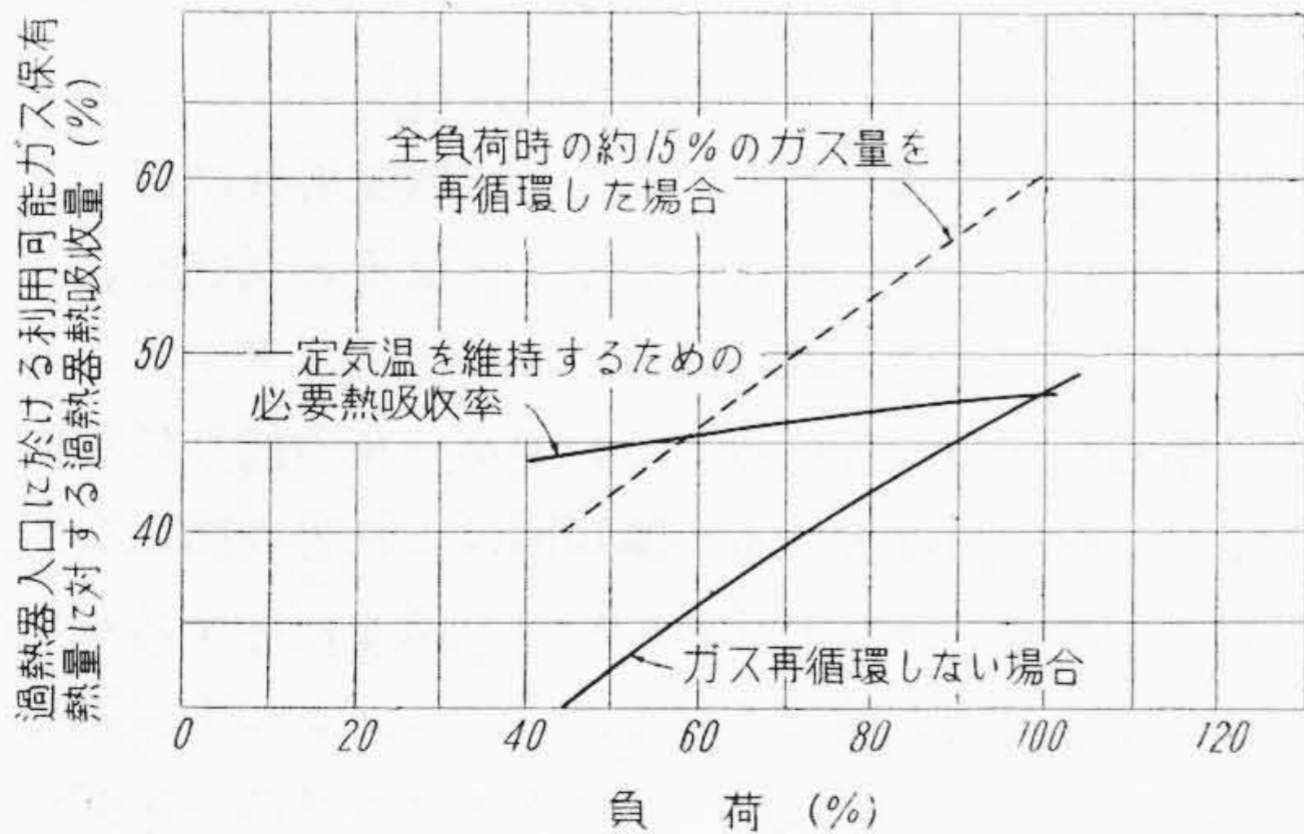
(5) ガス再循環調整法

最近新しく発達した方式で各所に多く採用されているこの方法は比較的低温部通常ボイラ或は節炭器の出口から燃焼ガスを取り出し、これを火炉の下部に再循環させ火炉内の熱吸収量を変えると同時に、過熱器を通るガス量を増大させて蒸気過熱度を調整するものである。ガスは燃焼の妨害をしないような位置から送り込むことが大切であつて、火炉内有効伝熱面積を再循環ガス量、吹込位置及び方法等により調節して熱吸収量を自由に変えるという原理を応用したもので、同時に対流伝熱面を通過するガス量が増すので対流による熱吸収率が再循環ガス量に応じ増大をすることになる。

第10図はこの方法の系統説明図で、第11図は再循環し



第10図 ガス再循環法系統図
Fig. 10. Diagrammatic Arrangement of Steam Temperature Control by Gas Recirculation—Horizontal-Fired Boiler



第11図 ガス再循環法による過熱器熱吸収量の効果
Fig. 11. Steam Temperature Control by Gas Recirculation—Typical Effect on Per Cent Heat Available Entering Superheater

ない場合の過熱器の熱吸収と最大負荷時に於けるガス量の15%重量に相当する一定ガス量を再循環させた場合の熱吸収量を示したもので、50% 負荷以上を一定温度(最大負荷時再循環させない状態の温度)に保つことが出来ることを示している。

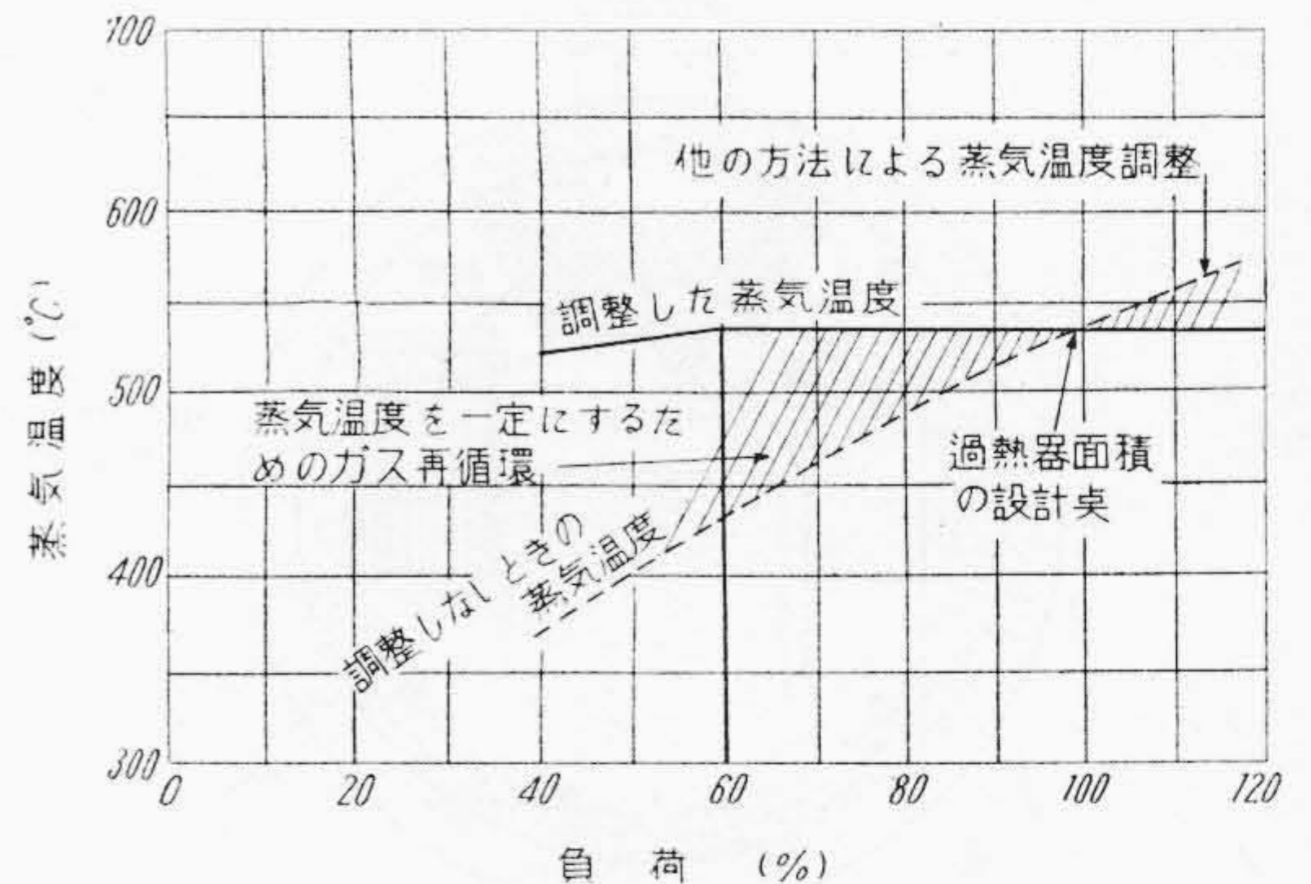
ガス再循環による火炉出口平均ガス温度の変化は先に述べたバーナー位置変化による方式の場合とは異り、過熱器面積が足りなくなつた場合にはこの方法が特に重要となる。即ち比較的高負荷に於て所定の蒸気温度にまで上昇させる必要の生じた場合ガス再循環法に依ると火炉出口ガス温度は少ししか変わらないが、バーナー位置を変える方法ではガス温度が大きく変わるのでスラッキングの問題を起すことになるからである。

ガス再循環法によるときは全負荷の時に所定の温度が得られるような過熱器面積で十分であつて、低負荷の時は再循環ガスを調節して一定気温に保つようにする。第12図はその特性の一例を示す。

再循環ガスはドラフト損失を増加することゝなるが全負荷以下に於てのみ用いられるもので通風機に余裕を設ける必要はない。又再循環用送風機を設置しなければならないがその風量風損共に非常に少いので電力消費量として特に取立てゝ考慮する程のものでない。

この方法は亦再熱ボイラで一定再熱温度を保つための手段として用いられる。過熱蒸気と再熱蒸気とを両方制御するものでこの方法によれば過熱面積を特に大きくする必要もなく亦過負荷にはアテンペレーターを使用するように設備する。

以上蒸気温度の調整法の各種に就いて述べたのであるが特に今後再熱ボイラが多く再燃されその温度調整は一層重要となり且つ装置も複雑となるがここではこの方法に就いては省略することゝした。



第12図 ガス再循環ボイラの汽温特性
Fig. 12. Steam Temperature Control by Gas-Recirculation

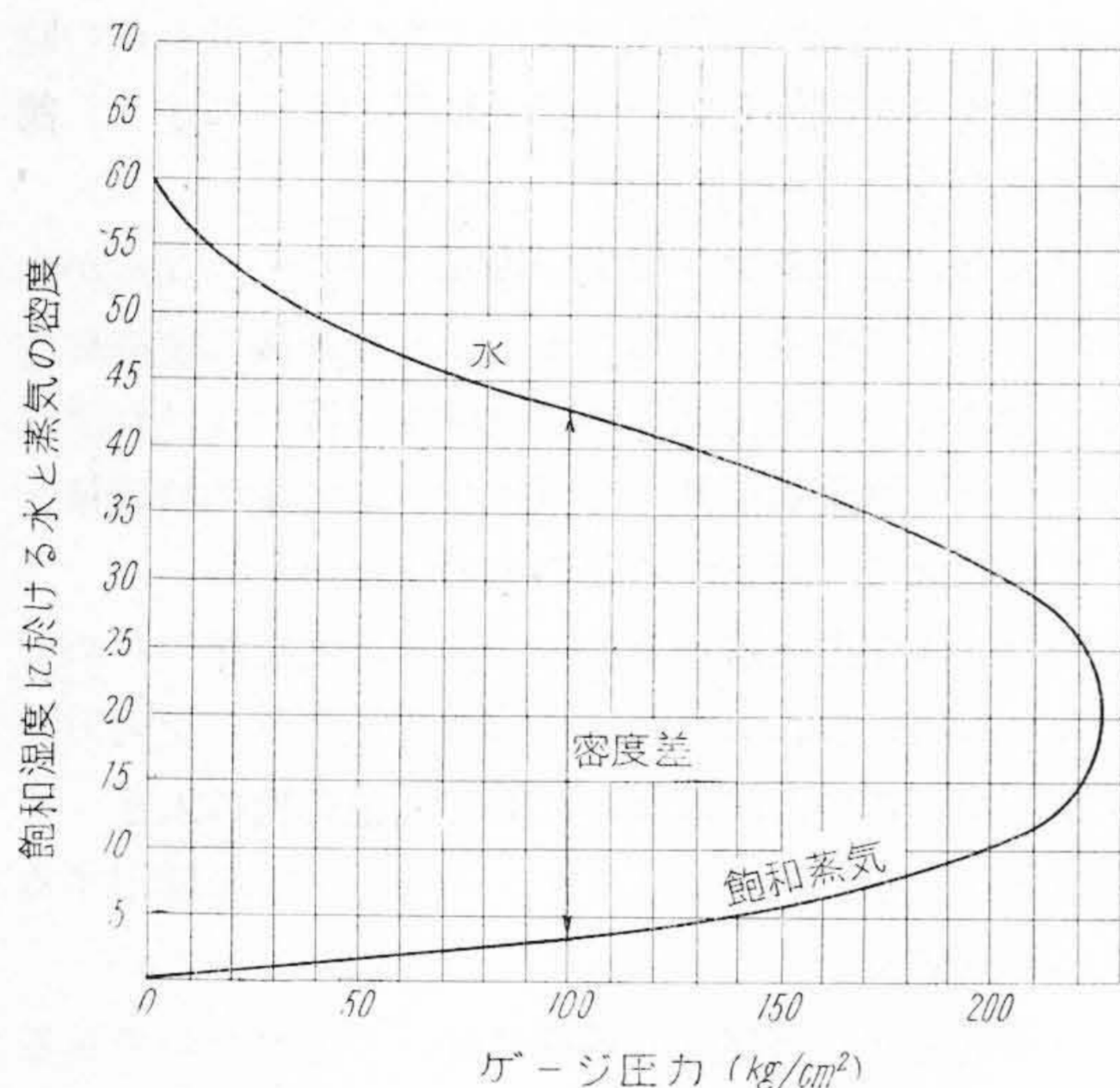
〔IV〕 循環と汽水分離

大容量ボイラの火炉内温度は1,650°C以上にも達し火炉及びボイラチューブの過熱を防止するため適正な循環が行われ、受熱面が常に飽和温度近くに保たなければならない。今日の水管式ボイラでは水の循環率が極めて高く蒸発量の15~25倍の循環量となる。強制循環ボイラも採用されているが、それ程利点が認められず事実運転中のもので圧力210 kg/cm²以下では強制循環は非常に不利益がある。自然循環ボイラは遙かに簡単で信頼度があり設計が適正であれば水循環は強制循環ボイラより遙かに高い。自然循環ボイラに於て水循環の基本となるものは水と蒸気の密度差である。普通ドラムからの循環

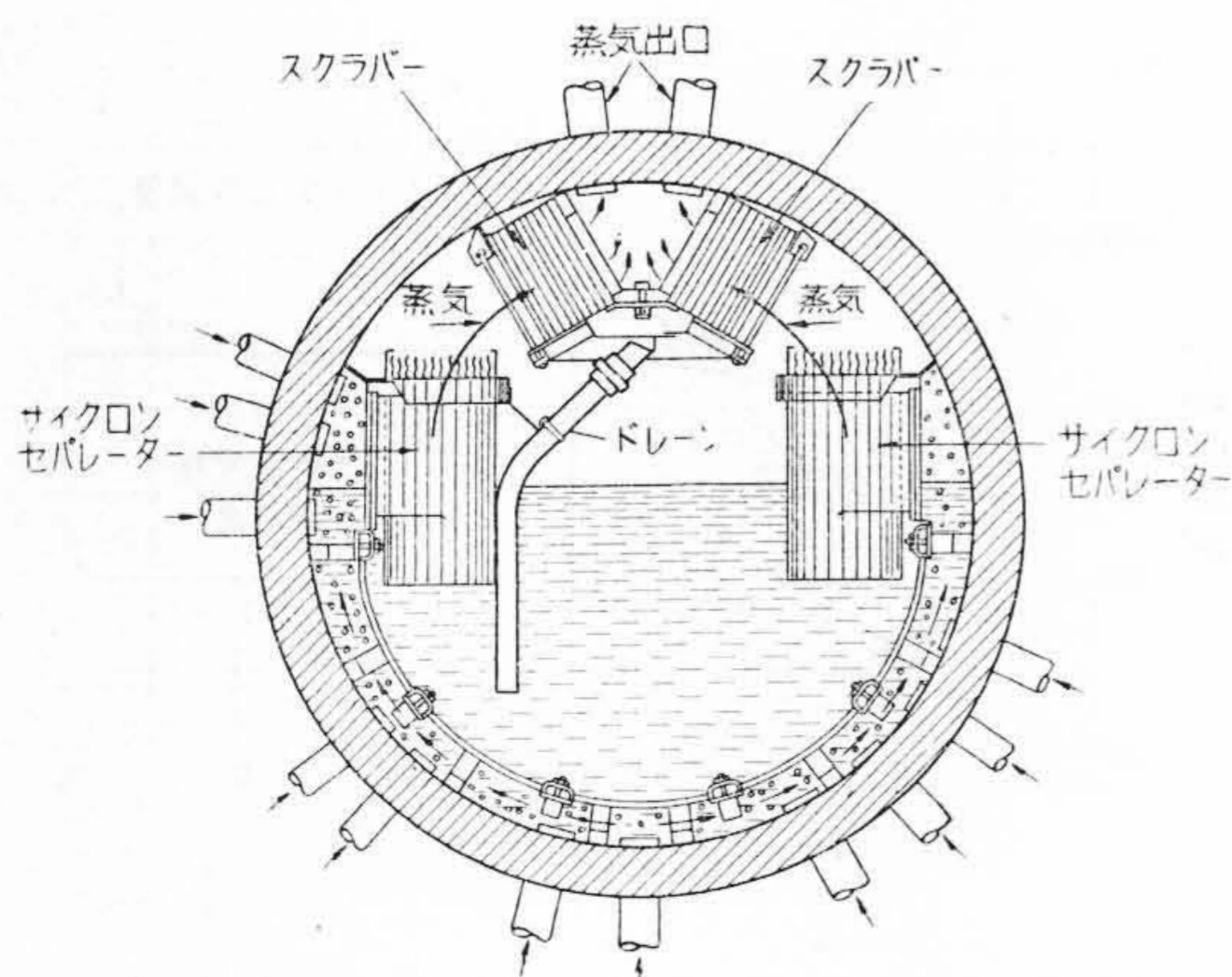
水は各壁下部ボックスに入り水は火炉及びボイラ水管群を上昇しこの間或点で蒸発を起す。汽水混合物は漸次加熱され密度を減ずるので上昇管と降水管との密度差即ち有効水頭を生じ循環が行われる。チューブ内の摩擦抵抗は循環量に関係し回路に於ける利用水頭と摩擦その他の損失がバランスする点で循環が行われていることになる。過熱防止のため汽水混合割合の許容限度が当然考えられねばならないので摩擦その他の損失を極力少くすると共に有効水頭を増すよう考えられねばならないが、そのためボイラの高さの大きいボイラが採用される。

汽水混合物はドラムに入るがバップルによりサイクロン汽水分離器に導かれ動エネルギーは遠心力に変じ汽水分離が行われる。

第13図は蒸気圧と水及び蒸気の密度差を示し、第14図は汽水分離装置を示す。分離後の蒸気は分離器上方を通過し水は下方のベーンを通じて渦巻状に流出し罐水と完全に混合する。この方法により降水管への水は全く蒸気を混入せず循環水頭として極めて有効となる。分離器内の水頭損失は極めて少いが、遠心力の援けにより分離効果は重力加速度による場合の約9倍である。分離器通過後の蒸気は更に多数の波形板の狭隙を通過し、ここで完全に残余の水滴を回収する。かくして過熱器への飽和蒸気は実質的に完全に乾燥され清浄なものとなる。この分離装置を旧型のボイラに設置した場合特に顕著にその効果が証明されている。即ちボイラ内の循環水頭が増し且つ過熱蒸気温度が上昇するが、これはキャリオーバーを防止し降水管に蒸気の混入しないことに依るものでその結果過熱器及びタービン翼の附着物は殆ど無くなるのである。



第13図 蒸気圧と水及び蒸気の密度差
Fig. 13. Density of Steam and Water at Saturated Temperature

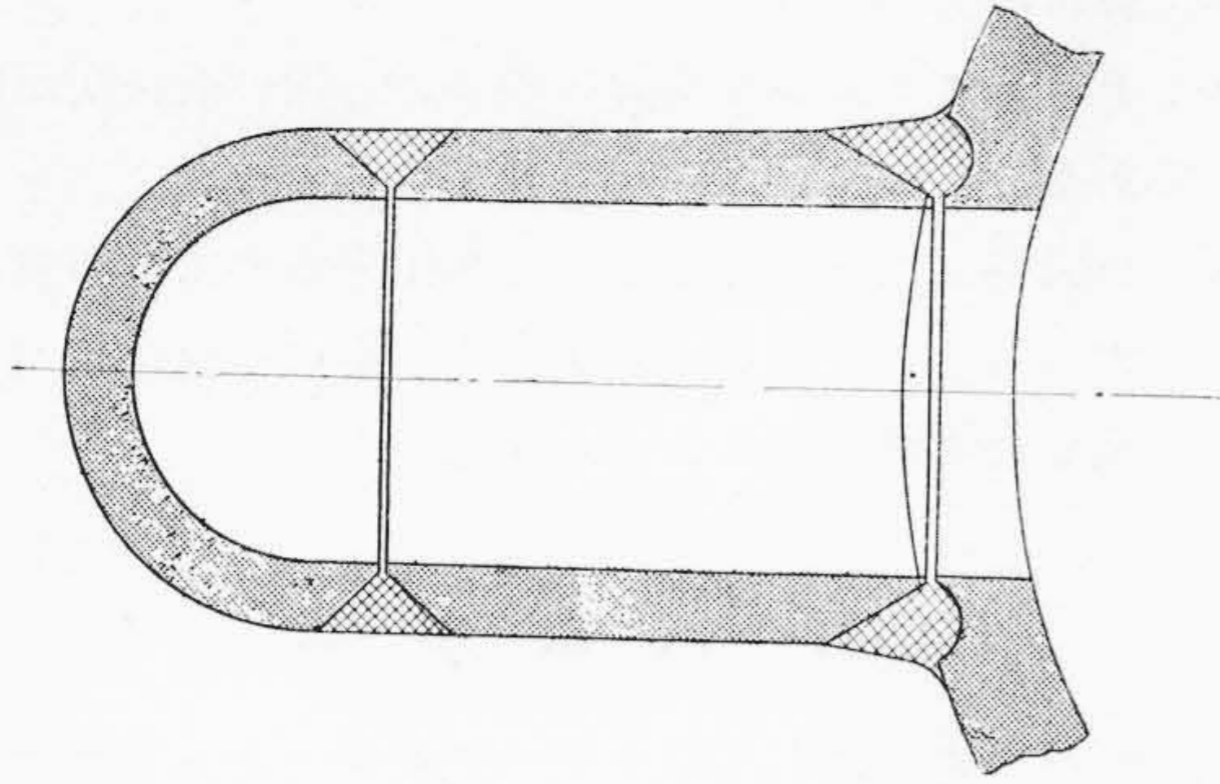


第14図 汽水分離器のドラム内部装置
Fig. 14. Drum Internal Fittings

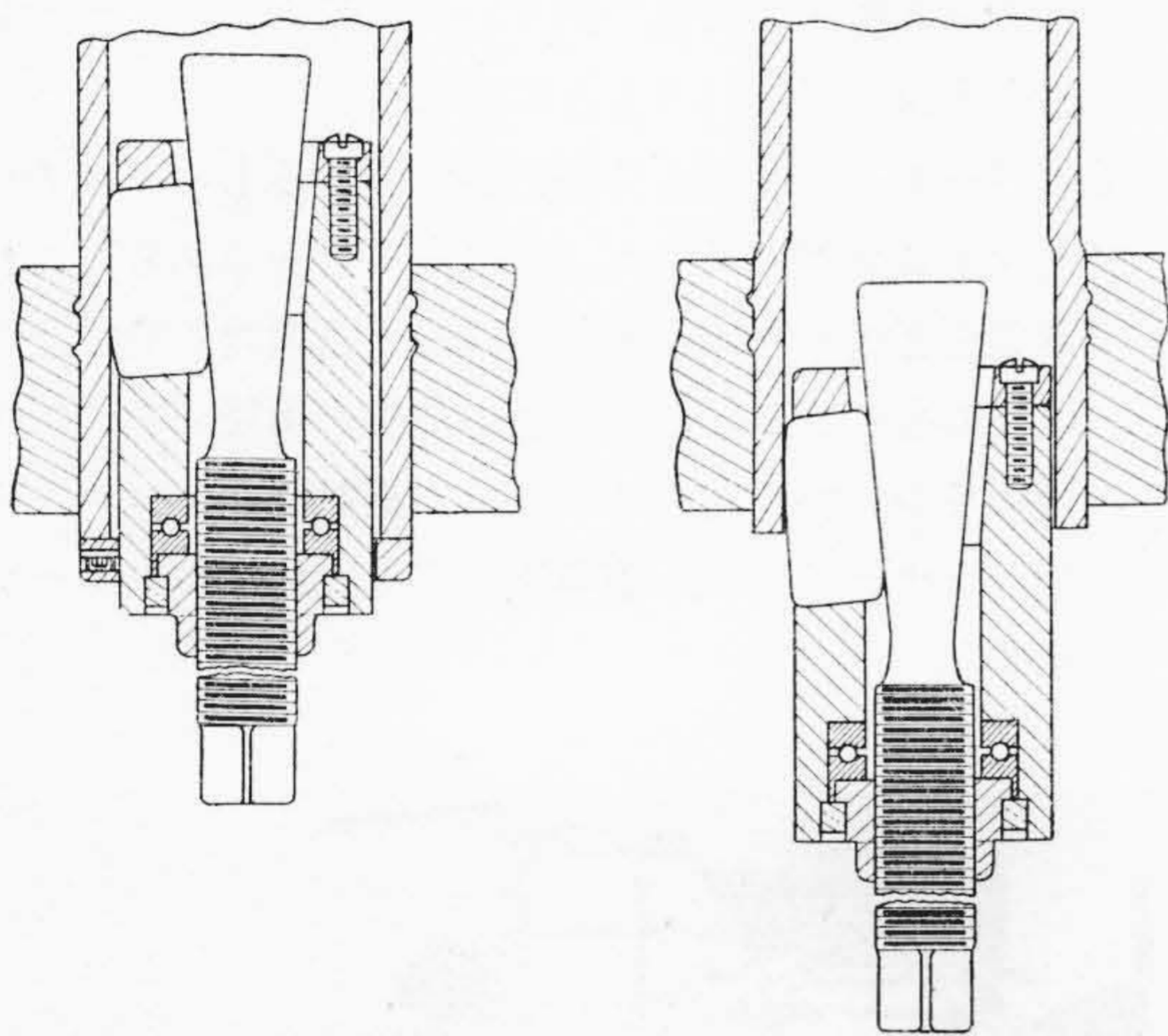
〔V〕 ボイラ構造

ドラムの内径は最近まで1,215 mm (48")が限度であつたが、今では1,670 mm (66"), 1,820 (72")の熔接ドラムが作られている。熔接技術に就いては特に慎重に研究を続けて発達したものであつて機械熔接に依っている。70 kg/cm²以上の高圧ボイラとなると過熱器、節炭器等ヘッダーに管を取付ける方法は総てスタップに熔接する構造を採用している。ハンドホールに代りに点検用キャップを取付けているが第15図はこれ等の構造を示したものである。然しドラムに対してはまだエキスパンダーにより水管を取付けているがチューブシートが厚くなるのでロングリーチ或はレトラクティブエキスパンダーを使用する。

第16図はレトラクティブエキスパンダーを示す。これは従来のエキスパンダーが管端より内部の方向に拡張したのに対し管の内部から始めて管端の方向に拡張して来る



第15図 ヘッダーの点検用ニップル
Fig. 15. Welding Nipple for Inspection Hole



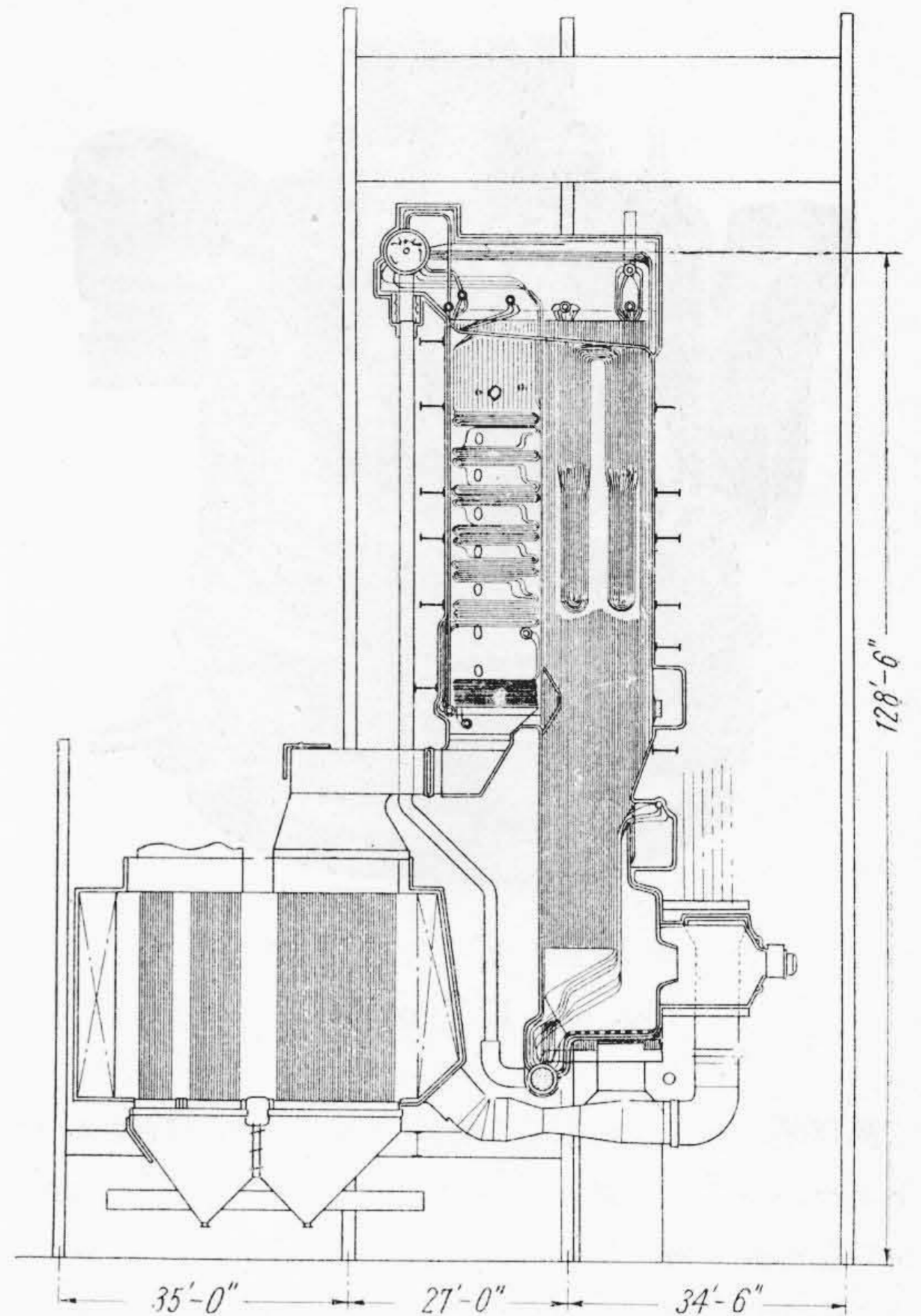
第16図 レトラクティブエキスパンダー
Fig. 16. Retractive Expander

ものでチューブシートの厚い場合管壁に歪を生ずるようなことが無い。

炉壁は耐火及び断熱材の数層をスタッドにより水壁管に取付ける構造で極めて耐久度があるものとなつた。水管の熱膨脹に従い壁は自然のまゝ動く。ケーシングの表面温度は室内温度よりも 30~40°C 以上とならないよう炉壁構造を設計する。

〔VI〕サイクロンファーンネス及び正圧燃焼

第17図はサイクロンファーンネスを有するボイラの一例で蒸発量 546t/hr, 設計圧力 150kg/cm², 蒸気温度 565°C, 再熱温度 538°C である。このファーンネスは二段炉の一次炉がサイクロンファーンネスに変つたと考えることが出来、コイル型の水壁管で取囲まれ非常に高温であるため燃料も特に微粉とする必要がなく、径 6mm 程度の粗粉で十分であり、灰は溶融されスラッグタップとしてその

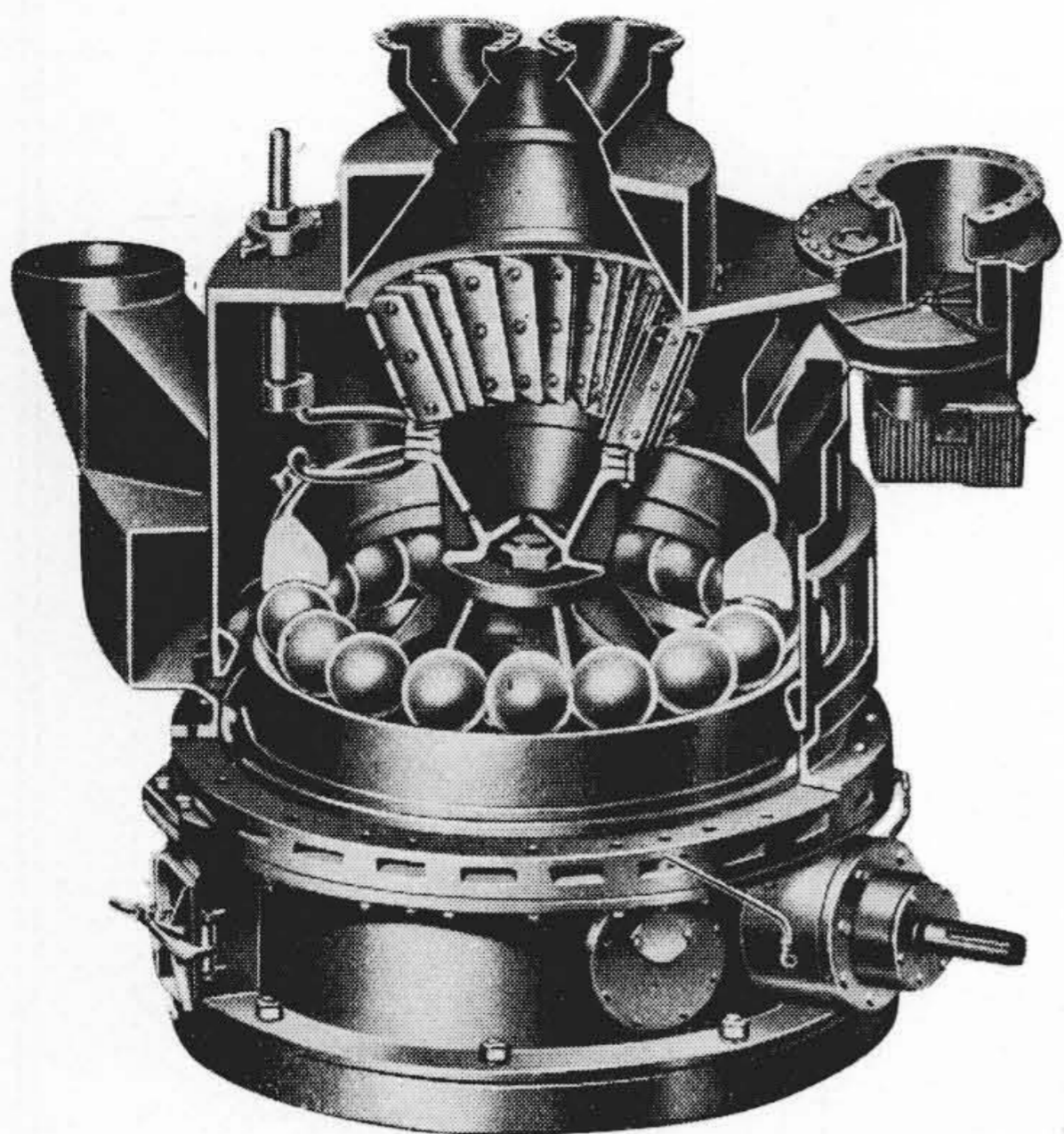


第17図 サイクロンファーンネスを有する輻射型大容量ボイラ
Fig. 17. Radiant Boiler with Cyclone Furnace

90% が捕捉されるので燃焼ガスには殆ど灰が含まれず、従つてダストコレクタがなくてもファンの翼がおかされることがない。燃料の性質（特に灰の融解点）により各サイクロンは 1/2~1/3 負荷まで使用することが出来る。又 1 箇の容量は大体 90~100 t/hr の蒸気発生が可能なものであつて、又 1 箇のボイラに数箇のサイクロンファーンネスを取付けることが出来る。又ボイラを正圧で使用し吸込ファンを設けない設計としたものがあるが、これによれば動力消費が当然少くなる。この場合の押込ファンは圧力が高いのでターボブロワーを使用している。この正圧燃焼の方法は最も新しい傾向であつて現在数多く建設中である。ボイラケーシングに特別な設計を必要とするが効率を増しガス量を減少すると共にガス流の抵抗を減じ従来事故の多かつた吸込ファンを設けないので運転効率を良くする事が出来る等優れた特長を有する。

〔VII〕微粉炭機

従来微粉炭機としてチューブミルが使用されていたが堅型ミルとしてEミルの出現するに及び外国では殆どチューブミルの影をひそめるに至つた。



第18図 E ミル
Fig. 18. E Type Mill

第18図はEミルの構造を示す。Eミルの原理はスラストボールベアリングと同一のもので石炭が回転中のボールの間を通り抜ける時粉碎され、その外側のスロートに於て一次空気ファンからの空気で浮上り分離器で所要の粒度にされて燃料パイプに送り込まれる。石炭を粉碎する部分は上下一組のグライデングリングと十数箇のボールであるがリングは下方のものが回転し上方のものは静止している。これがばねで圧力を加えられ、この圧力の大きさを調整出来るようにしてある。

ボールとリングは特殊の材料で作られ耐摩耗性のものであるが、補充用ボールを用意しボールの磨耗により補充取換等を行う。リングの命数は一般の石炭で100,000 t程度の粉碎が可能であるが、英国に於てはリング一組に対しボールを3組用意して交互に使用し乍ら同一径のボールとして補充する方法を採り、アメリカに於ては1組のボールの他に次第に小径の補充用ボールを用意し小径となるに従いこれを補充するという方法を採用している。従つてリングの取換は連続使用し約1年に一度位の交換と見てよい。Eミルには二速度交換の給炭機があり、ミル中の風圧損失がその内部の石炭のレベルに応じ変化する特性を利用しベレーコントローラーにより給炭機の調整をし、常に一定の石炭を保有するようにしている。

次にEミルの特長について特にチューブミルより優れた点を列挙する。

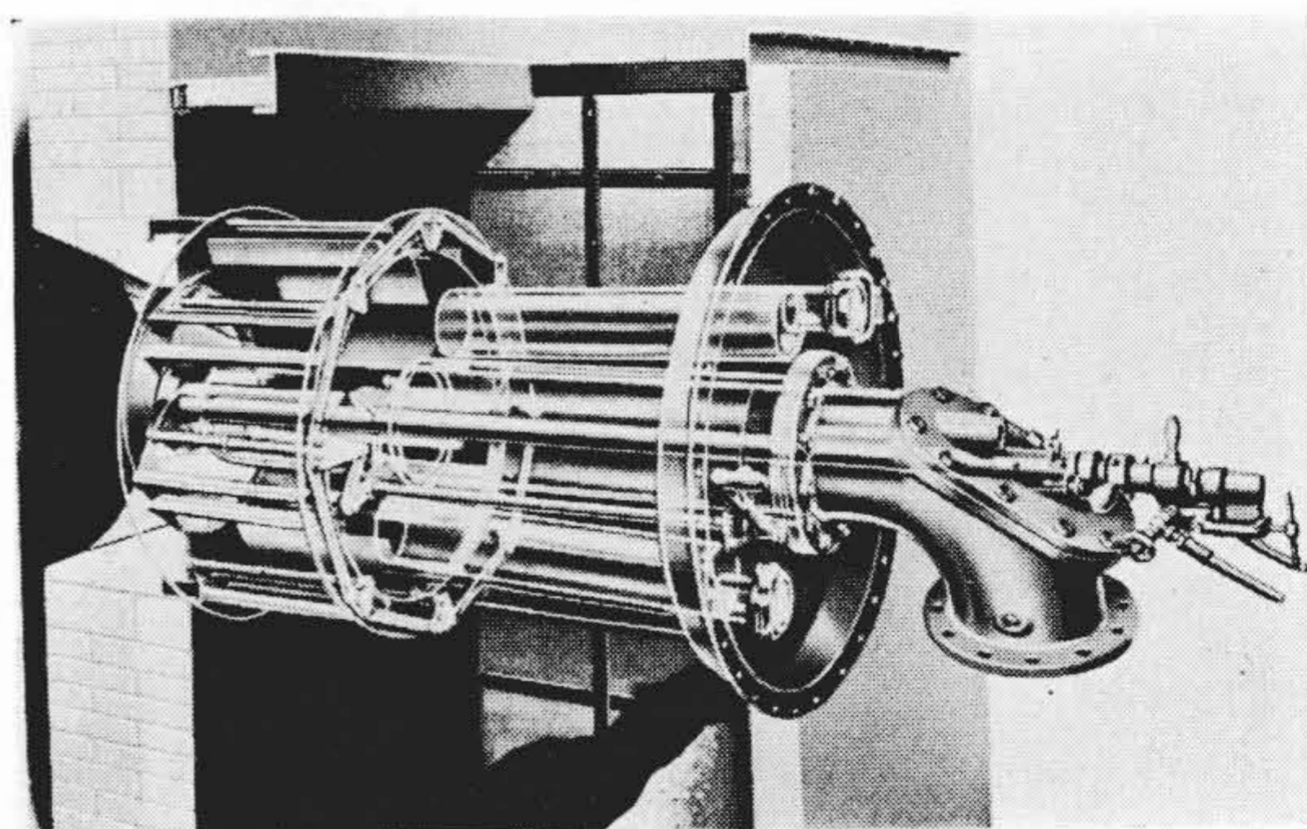
1. 動力消費が少い。
2. 負荷により動力消費も減少する。
3. 一次空気ファンはエキゾースタと異り空気のみを取扱うので磨耗その他のトラブルが無い。

4. 騒音が極めて少い。
5. チューブミルよりも湿分の多い石炭の取扱が可能である。
6. 石炭空気比を高くとることが出来るので燃料管バーナーも小さくすることが出来広範囲の負荷に対し安定した燃焼を行うことが出来る。

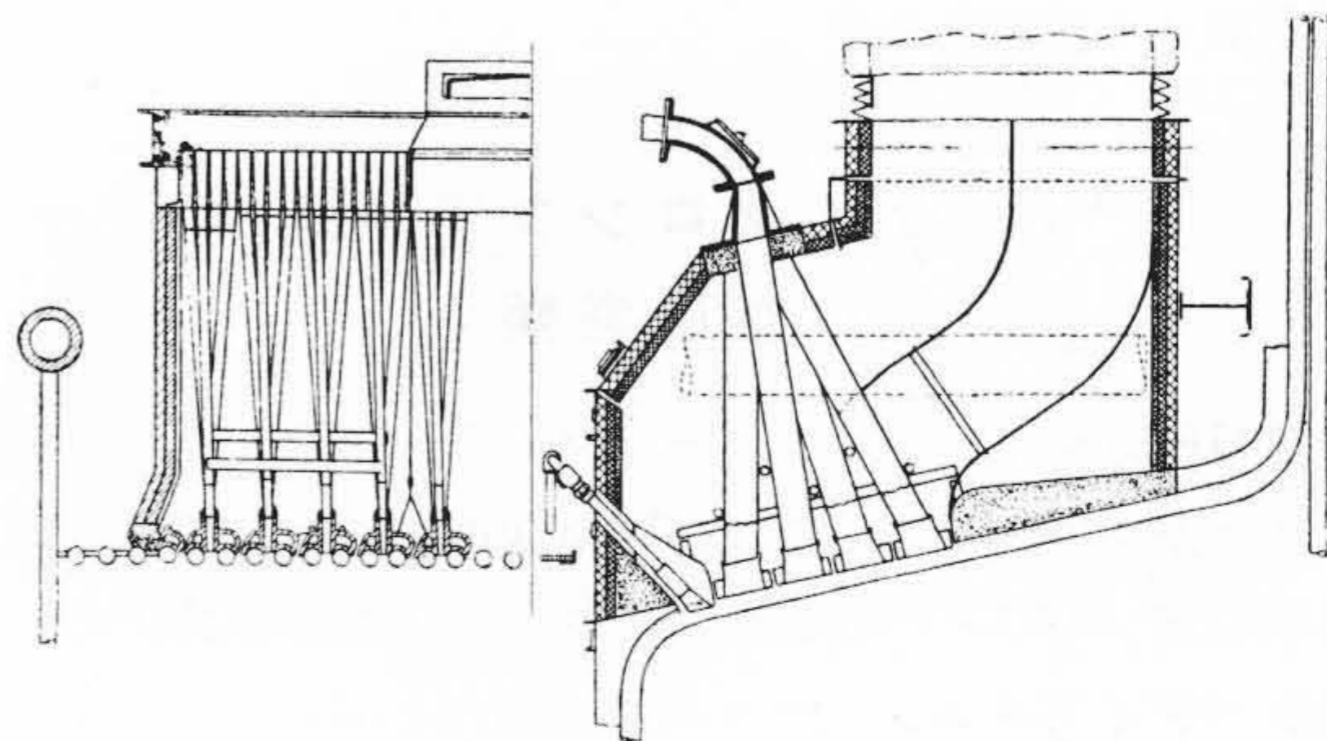
〔VIII〕バーナー

微粉炭バーナーとしてはトリップルポート、サーキュラバーナー及びインターチューブバーナーが多く使用されている。第19図はサーキュラバーナー、第20図はインターチューブバーナーを示す。これ等のバーナーは重油バーナーと併用も可能であり、又自動点火バーナーを設け着火も自動的に行うようにする。

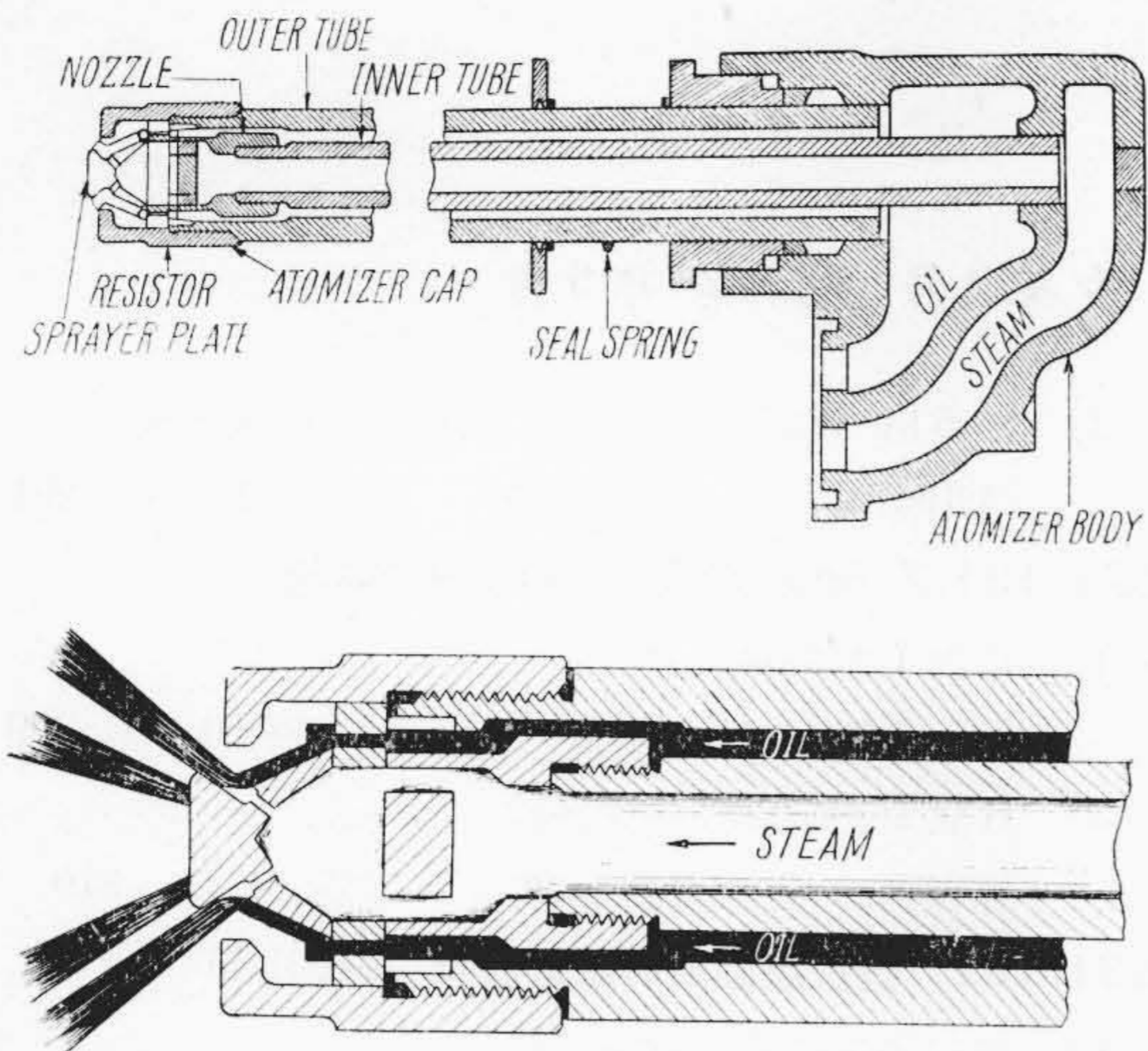
重油バーナーで最も広く使用されているものはスチームアトマイジングのYジェット型バーナーである。これには蒸気を必要とするが蒸気量は最大負荷時に於てその1%以下のものである。広範囲の調整が可能であつて損失が極めて少い特長を持つている。第21図はYジェット型重油バーナーである。第22図に電気式自動点火バーナーを示す。



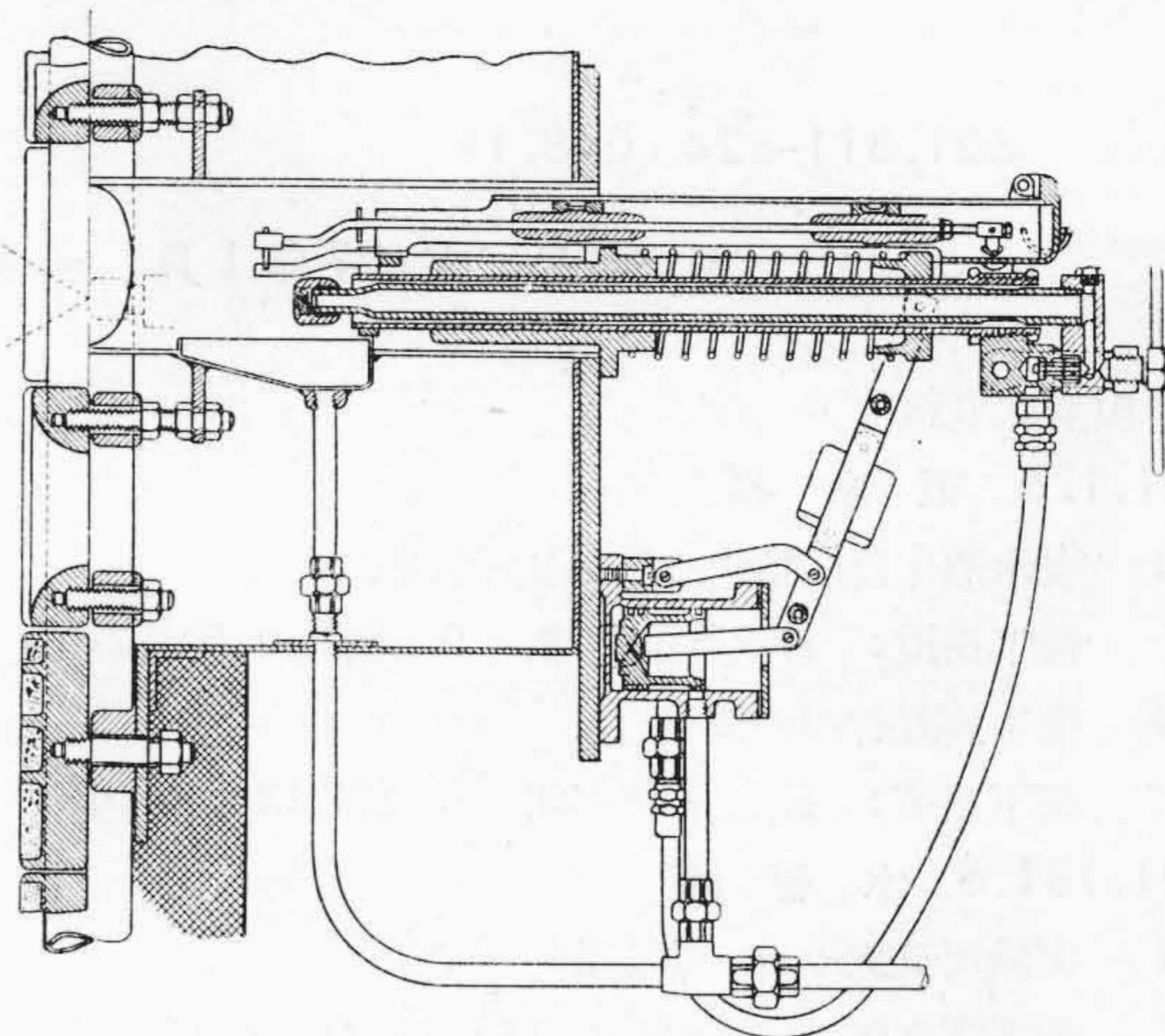
第19図 サーキュラバーナー
Fig. 19. Circular Burner



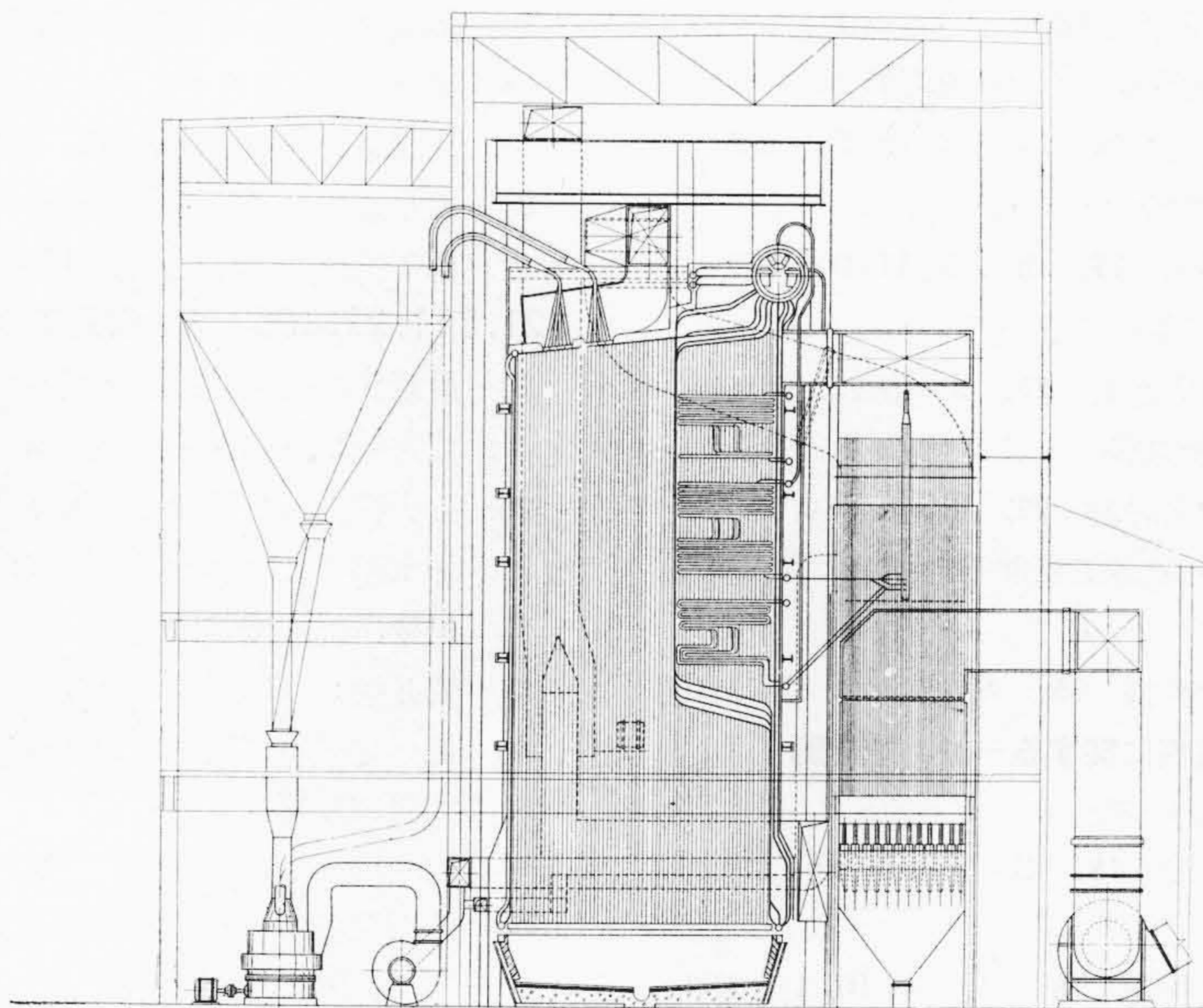
第20図 インターチューブバーナー
Fig. 20. Multiple-Intertube Pulverized-Coal Burner



第21図 Y ジェット型重油バーナー
Fig. 21. B & W Wide-Range Y-JET Steam-Atomizing Burner



第22図 電気式自動点火バーナー
Fig. 22. Automatic Ignition Burner



第23図 北海道電力 K.K. 砂川発電所納 170t/hr ボイラ
Fig. 23. 170t/hr Radiant Boiler for Sunagawa P. S.

〔IX〕 結 言

以上は最近のバブコック会社のボイラに就いて述べたのであるが、バブコック日立株式会社が設立されるに当り発表の機会を得た事は誠に光栄と存じている。既にバブコック日立として中国電力三幡発電所に 75 t/hr, 40 kg/cm², 425°C のボイラを据付中であり、又北海道電力砂川発電所納 170 t/hr, 63 kg/cm², 490°C のボイラを

製作中である。何れも微粉炭及び重油焚の設備を持つているが、特に後者はインターチューブバーナーを有する新型のボイラで、我国で最初に設置される型式のものである。第23図にその構造を示す。ボイラの発達は最近特にめまぐるしく文字通り日進月歩であるが、世界のボイラ界の第一陣を承つているバブコック会社の技術を継承したバブコック日立株式会社は今後我国の火力界に大いに貢献出来ることゝ信じている。

(第10頁より続く)

621.175 復水器

- 2) 復水蒸化及び給水加熱装置の梗概
柳下正道: 日立評論 18, 5 (昭10.5) 273
- 3) 復水装置計画の概念
柳下正道: 日立評論 20, 8 (昭12.8) 519

621.181.5 水管罐

- 1) 実験用日立ヤロー蒸気罐
兼重寛九郎: 日立評論 15, 11 (昭7.11) 701
- 2) 八幡製鉄所第四発電所の日立ヤロー第二号汽罐
横田鳳五、葛原義雄: 日立評論 17, 7 (昭9.7) 283
- 3) 実験用日立ヤロー水管式汽罐
井原敏男: 日立評論 18, 5 (昭10.5) 233
- 4) 日立ヤロー水管式汽罐及び過熱器節炭器
江間巖: 日立評論 18, 5 (昭10.5) 295
- 5) 75,000 kg/hr 日立ヤロー汽罐
江間巖: 日立評論 19, 9 (昭11.9) 577
- 6) 日立水管式汽罐二胴型に就いて
関家賢太郎: 日立評論 20, 3 (昭12.3) 207
- 7) 日立水管汽罐性能試験
近松欣之助: 日立評論 22, 3 (昭14.3) 221
- 8) 東京電力株式会社納潮田発電所用日立二胴輻射型ボイラに就いて
杉沼八郎: 日立評論 35, 8 (昭28.8) 1161

621.131.7 ボイラ設備に関する一般共通問題

- 1) 汽罐戸の燃焼に就いて
江間巖: 日立評論 18, 3 (昭10.3) 149
- 2) 汽罐の燃焼方式
駒村洋三: 日立評論 18, 4 (昭10.4) 193

621.181.7:662.923.3 送風機による強制通風

- 東京電力株式会社納潮田火力発電所納 150t ボイラ用ベーンコントロール付ターボファンの構造及び特性に就いて
河田直幸: 日立評論 35, 8 (昭28.8) 1171

621.181.7:662.925 空気予熱器

- 日立鋼板型空気予熱器
植田哲二: 日立評論 18, 5 (昭10.5) 215

621.181.7:662.932.6 自動給炭機

- 1) 日立自動給炭機
岩井英三: 日立評論 18, 5 (昭10.5) 303

- 2) 54.5 kg/cm²G 100 t/hr 自動給炭機焚汽罐
早川勝久: 日立評論 23, 5 (昭15.5) 281

621.181.7:662.933 微粉炭燃焼装置

- 1) 日立I型微粉炭機
杉沼八郎: 日立評論 18, 5 (昭10.5) 309
- 2) 日立T型微粉炭燃焼装置
綿森力: 日立評論 22, 5 (昭14.5) 319

621.182 蒸気原動所の綜合設備 →621.11

- 1) 兼二浦製鉄所汽罐室設備
関家賢太郎: 日立評論 20, 7 (昭12.7) 481
- 2) 京都電灯株式会社宮津第二火力発電所汽罐設備
駒村洋三: 日立評論 21, 7 (昭13.7) 527

621.187.14 給水の加熱

- 1) 蒸気タービンに於ける抽出蒸気による給水加熱に就いて
江間巖: 日立評論 10, 11 (昭2.11) 791
- 2) 復水蒸化及び給水加熱装置の梗概
柳下正道: 日立評論 18, 5 (昭10.5) 273

621.311.22.005 火力発電所の設備

- 1) 最新式の火力発電所運炭設備
荒井勉: 日立機械評論 8 (昭7.4) 29
- 2) 火力発電所に於ける石炭陸揚機
赤木進: 日立機械評論 15 (昭9.1) 27
- 3) 発電所補助機械設備
荒井勉: 日立評論 17, 7 (昭9.7) 339
- 4) 旭ベンベルグ絹糸株式会社延岡工場12,500kW 火力発電設備
大西定彦: 日立評論 18, 12 (昭10.12) 685
- 5) 汽力発電所の熱平衡計画とその運転
関陽: 日立評論 21, 5 (昭13.5) 359

621.313.12 発電機一般

- 1) 発電機制動輪の亀裂発生
菊地弥十郎: 日立評論 26, 4 (昭18.4) 183
- 2) 回転機の楕円振動とフィールドバランスに就いて
林田稷: 日立評論 33, 5 (昭26.6) 367

621.313.322 交流発電機一般

- 1) 交流発電機電圧変動率の測定に就いて
鎌居大蔵: 日立評論 4, 3 (大10.3) 104
- 2) 大単位発電に伴う交流発電機の進歩
兼先覚二郎: 日立評論 12, 5 (昭4.5) 349

(第34頁へ続く)