U. D. C. 697.326-63 : 644.1

日立エアコンボイラWP-30Rとその特性

Characteristics of Hitachi "Air Con." Boiler (Hot Water Boiler)

新井 克* Katsushi Arai　石丸博也* Hiroya Ishimaru
南 一成* Kazunari Minami　大西毅* Tsuyoshi Ohnishi

要　旨

油だき温水ボイラは給湯機器としての用途以外に温水循環による暖房用機器として，多くの特長があり，日立製作所では業界の要望にこたえて，発展の一途をたどり，現在汎用形として標準化されたボイラ20数機種を量産している。このほど従来の汎用形機種に加えて日立パッケージ形エアコンディショナと併設して暖房のできる日立エアコンボイラWP-30R (出力27,000 kcal/h) を開発した。本機はパッケージ形エアコンディショナと並べて設置できるような外観および寸法とし，連結用温水配管をユニット化して，狭いスペースで据付できるようにするとともに工事の簡易化を図っている。また連動運転装置をボイラに内蔵して，パッケージ形エアコンディショナ側からの運転操作を可能としたので，両者の結合運転によりエアコンディショナによる冷暖房が容易に行なえるようになった。本文ではWP-30Rの構造および試験結果について述べる。

1. 緒　　言

日立パッケージ形エアコンディショナは内部に温水放熱器を取り付ければ，温水ボイラで温水を供給することにより，暖房に使用できるようになっている。温水放熱器を用いると電気加熱器による暖房よりも数十パーセント暖房熱量を多く取り出せる構造となっており，油だき温水ボイラを温水源に用いれば，維持費は電気の場合に比べ約⅓程度となる。したがって油だき温水ボイラを用いることが有利であるが，従来の汎用形ボイラでは据付面積が大きく，パッケージ形エアコンディショナと併設すると配管が複雑になり，外観もそぐわないなどの欠点があった。

そこでパッケージ形エアコンディショナと並べて設置するに適合した外観をもち，据付面積が小さく，ユニット化した配管を用いた新形式の全自動日立エアコンボイラWP-30Rを開発した。

本機のおもな特長は次のとおりである。

（1） コンパクトな細形で，幅は360 mm，据付面積は小さく狭い場所でもエアコンディショナと並べて設置できる。

（2） 日立パッケージ形エアコンディショナRP-506 (3.75 kW)，RP-756 (5.5 kW) 用に設計されており，その左右いずれでも据付可能である。

（3） 連動装置つきのため，パッケージ形エアコンディショナ側からの操作で運転ができる。さらに冷風防止のための制御機構が含まれているので，ボイラが予熱されるまでの間は送風機の運転は行なわれず，送風機の運転と同時に温風が吐出される。

（4） 細い特殊形状の熱交換器を使用したので，高効率の小形ボイラが実現できた。

（5） 独特の誘引通風式下向噴射バーナを採用しているので，燃焼が安定している。

（6） パッケージ形エアコンディショナとの連結配管をユニット化し，ボイラ側にはユニットに適する配管接続口を設けた。このユニットを使用すると現地で合せ時間を最小限にした配管工事が可能となり，配管空間も320 mmの間隔で整然と施工できる。

（7） 配管空間となる間の部分の前面カバーを温水ボイラ用部品として用意しているので，並べて設置した場合の全体のまとまりがよい。

本報ではエアコンボイラの開発の要点，構造および性能について述べる。

2. 開発の要点

2.1 熱　出　力

本エアコンボイラに適応するパッケージ形エアコンディショナは，市場でもっとも一般的に使用され，かつ温水ボイラとの併設の要求の多い3.75 kW (RP-506)，5.5 kW (RP-756) 級を対象とした。これらのエアコンディショナに用いる温水暖房用放熱器の放熱量は，概略17,000～25,000 kcal/h程度であるため，余裕をみて27,000 kcal/h程度の熱出力が得られる温水ボイラの開発を行なうこととし，取り扱いの簡便さ，経済性の面より灯油だきとした。

2.2 寸　法，形　状

エアコンボイラの外形寸法は，日立パッケージ形エアコンディショナRP-506と併設する際の据付，使用上の便宜，外観の調和を図るため，奥行および高さをRP-506と全く同一とした。RP-756はRP-506より大形のため，エアコンボイラを併設する場合はボイラ側が奥行，高さとも小さくなり，据付上，実用上，外観上の不都合はない。ボイラの幅は能力，機能面で許す限り小さく，奥行の約6割程度となることを目標にし，極細形の角形デザインとした。

2.3 配　　管

パッケージ形エアコンディショナとボイラを併設する際の配管は，シスターン，ポンプなどを含めてすべて両者の間のスペース内に納まるよう計画されている。また配管はユニット化され，狭いスペースの中で整然と，かつ容易に施工できるようにしてある。

2.4 制　　御

この種の目的に使用されていた従来のボイラは，ボイラ側とエアコンディショナ側の両方で運転，制御する必要があり，使用上不便であったので，本エアコンボイラではエアコンディショナ側のスイッチのみで運転操作できるようにしてある。制御装置はボイラ側に設けられ，併設の場合の電気配線の手数を少なくするようにしてある。

3. エアコンボイラの燃焼装置系の計画

3.1 燃焼室および熱交換器

前述のように奥行よりも幅をできるだけ狭くした角形ケーシング

* 日立製作所柳井工場

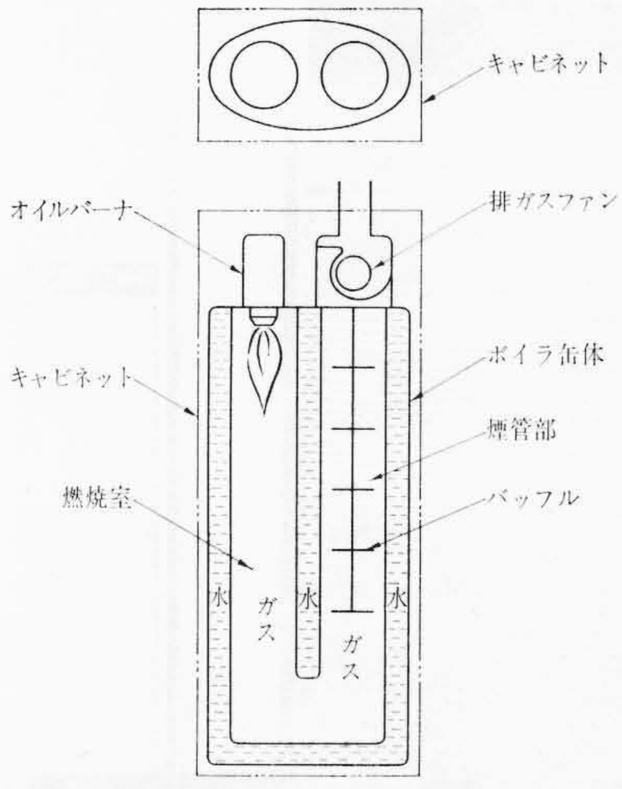


図1　ボイラ缶体の構造

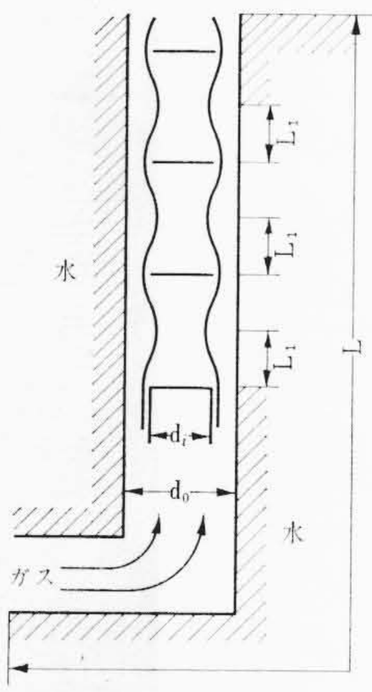


図2　記　号

内にボイラ缶体を収納させるため，**図1**に示すようにボイラ缶体の水平断面を長円形状にするとともに，内圧に対してじゅうぶんの強度をもつ構造としてある。このボイラ缶体内に設け得る種々の形状の燃焼室，熱交換器については，燃焼，熱効率の面で検討を行なった結果，**図1**に示すよう上部に開口部をもったU字形炉筒煙管状の燃焼室，熱交換器を用いている。すなわち**図1**に示すように，下向きバーナで下向きに噴射された燃料は燃焼室内で燃焼し，高温の燃焼ガスとなって下降し，U字底部で流れの方向を急変し後部の熱交換器内に導かれ，図示のようなバッフルによって熱交換器壁に有効に熱を伝えて，熱交換器の最終部(上部)に設けた排ガスファンにより外部へ導かれる。

この際燃焼室で伝える熱量 Q_r は

$$Q_r=\alpha_r A_r(t_{gm}-t_w) \quad \cdots\cdots(1)$$

Q_r：燃焼室で伝えられる熱量　(kcal/h)
α_r：燃焼室部平均熱伝達率　(kcal/m²h℃)
A_r：燃焼室伝熱面積　(m²)
t_{gm}：燃焼室でのガス平均温度　(℃)
t_w：水側の平均温度　(℃)

であり，燃焼室内ではふく射が主体で対流熱伝達は無視できるから α_r は

$$\alpha_r=\frac{4.88(\varepsilon_G+\varepsilon_F)\left[(T_{gm}/100)^4-(T/_w100)^4\right]}{t_g-t_w} \quad \cdots\cdots(2)$$

ε_G：ガス平均ふく射率
ε_F：輝炎ふく射率
T_{gm}：ガス側平均絶対温度　(°K)
T_w：水側平均絶対温度　(°K)

により求められる[1]。

熱交換器で伝えられる熱量 Q_C は同様に

$$Q_C=\alpha_C A_C(t_{gmC}-t_{wC}) \quad \cdots\cdots(3)$$

Q_C：熱交換器で伝えられる熱量　(kcal/h)
α_C：熱交換器部平均熱伝達率　(kcal/m²h℃)
A_C：熱交換器部分伝熱面積　(m²)
t_{gmC}：ガス側平均温度　(℃)
t_{wC}：水側平均温度　(℃)

で与えられ，α_C は

$$\alpha_C=\alpha_{Cr}+\alpha_{Ci} \quad \cdots\cdots(4)$$

$$\alpha_{Cr}=\frac{4.88\,\varepsilon_{g1}\left[(T_{gmC}/100)^4-(T_{wC}/100)^4\right]}{t_{gmC}-t_{wC}} \quad \cdots\cdots(5)$$

$$\alpha_{Ci}=\alpha_0+m\frac{L_1}{L}(\alpha_1-\alpha_0) \quad \cdots\cdots(6)$$

ここで

α_{Cr}：平均ガスふく射熱伝達率　(kcal/m²h℃)
α_{Ci}：平均対流熱伝達率　(kcal/m²h℃)
ε_{g1}：ガスふく射率
T_{gmC}：ガス側平均絶対温度　(°K)
T_{wC}：水側平均絶対温度　(°K)
α_0：熱交換のバッフルのない時の対流熱伝達率　(kcal/m²h℃)
α_1：バッフルのある場所の縮流部対流熱伝達率　(kcal/m²h℃)
L_i：熱交換器部長さ　(m)
L_1：1枚のバッフルの縮流部の相当長さ　(m)

である。ここで L_1 は実験結果より

$$L_1=6.5(d_0-d_i)$$

ただし　d_0：熱交換器の径　(m)
d_i：バッフルの径　(m)
m：バッフルの枚数

ここでは燃焼ガスの空気過剰率 $n=1.5$　熱効率 0.87，$Q_r+Q_C=27{,}000$ kcal/h として上式に，文献による常数値[1]を代入して燃焼室，熱交換器面積，バッフル枚数を決定した。

3.2 燃 焼 装 置

上述したように下向きの細長い円管状燃焼室に適するよう，誘引式下向き噴射バーナを開発した。装置全体は下向き噴射バーナ，誘引排ガスファン，燃料ポンプ，電磁弁より構成され，燃料ポンプはスペースの面から電磁ポンプが採用されている。

排ガス量は

$$G=\left\{(n-1)A_0+G_0\right\}q\,\frac{t_g+273}{273} \quad \cdots\cdots(7)$$

$$A_0=1.04\times10^{-3}H_L+0.02 \quad \cdots\cdots(8)$$

$$G_0=1.11\times10^{-3}H_L+0.045 \quad \cdots\cdots(9)$$

t_g：排ガス温度　(℃)
G：排ガス量　(m³/h)　(t_g における)
n：空気過剰率　(計算では余裕を422とした)
A_0：理論燃焼空気量　(Nm³/kg)
G_0：理論排ガス量　(Nm³/kg)
q：燃料消費量　(kg/h)
H_L：燃料の低位発熱量　(kcal/kg)

で与えられるので，これより求まる排ガス量を上述の燃焼室，熱交換器を通してじゅうぶんに排除できるよう誘引排ガスファン寸法が決定されている。

4. 日立エアコンボイラの仕様および構造

4.1 外　　観

以上により主要機器の構造，寸法を決定した。**図3**は外形寸法図，**図4**は日立パッケージ形エアコンディショナ RP-756 と併設した際の外観写真である。エアコンボイラの幅，奥行を小さくして，外観の調和を図っている。エアコンディショナとエアコンボイラの間には配管ユニットを納めてあり，その前部にエアコンボイラとデザインを調和させたとびらを設けている。

図5は類似の熱出力を有する市販の温水ボイラと外形寸法の比較を行なったものであるが，上述したように幅，奥行がきわめて小さく，外観，据付けのうえで有利なことがわかる。

4.2 仕　　様

表1はエアコンボイラの標準仕様を示したものである。

暖房能力は 27,000 kcal/h，燃料消費量は 3.7 *l*/h，外形寸法は幅 360×奥行 565×高さ 1,755 (mm) である。

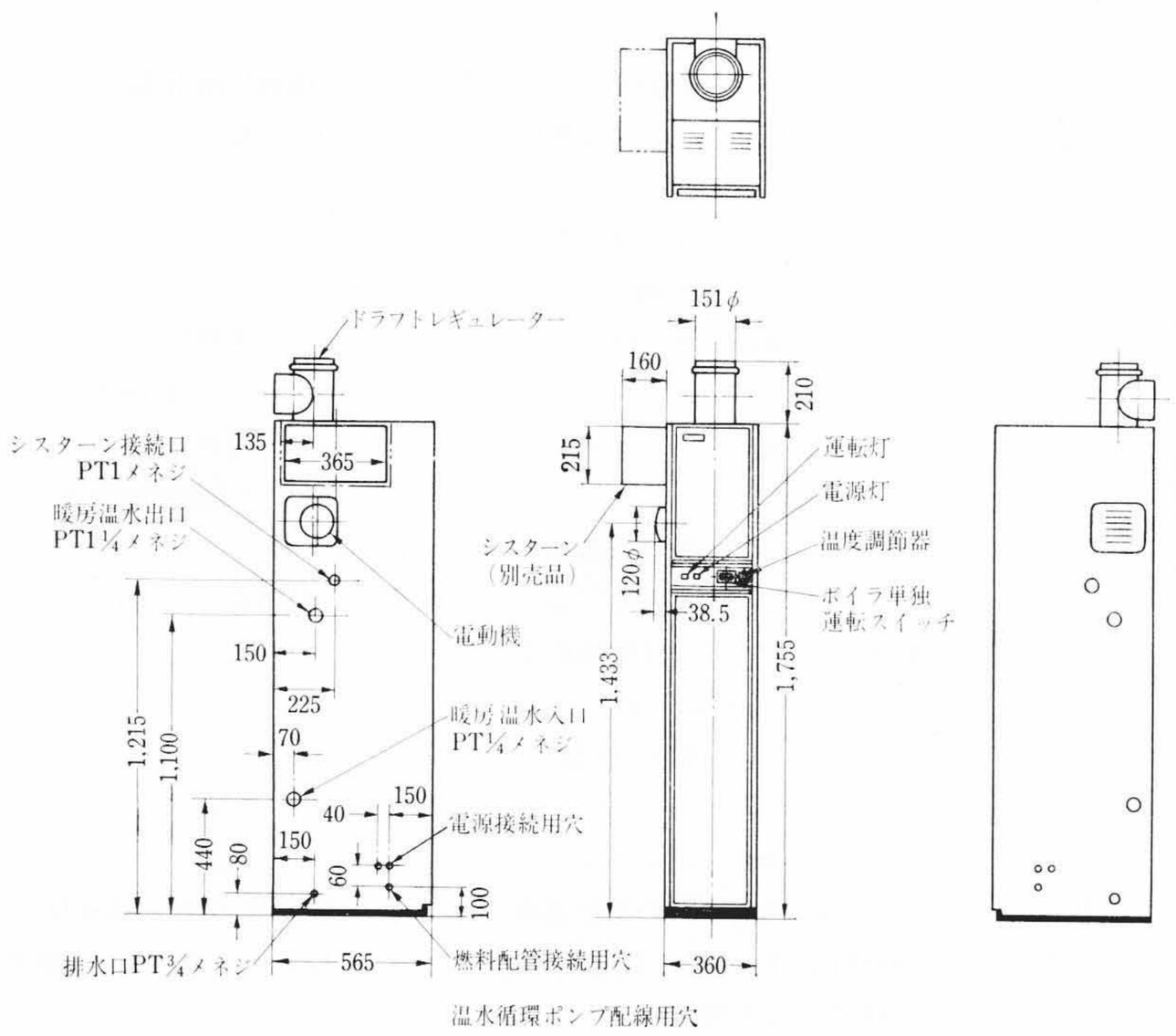


図3　寸　　法　　図

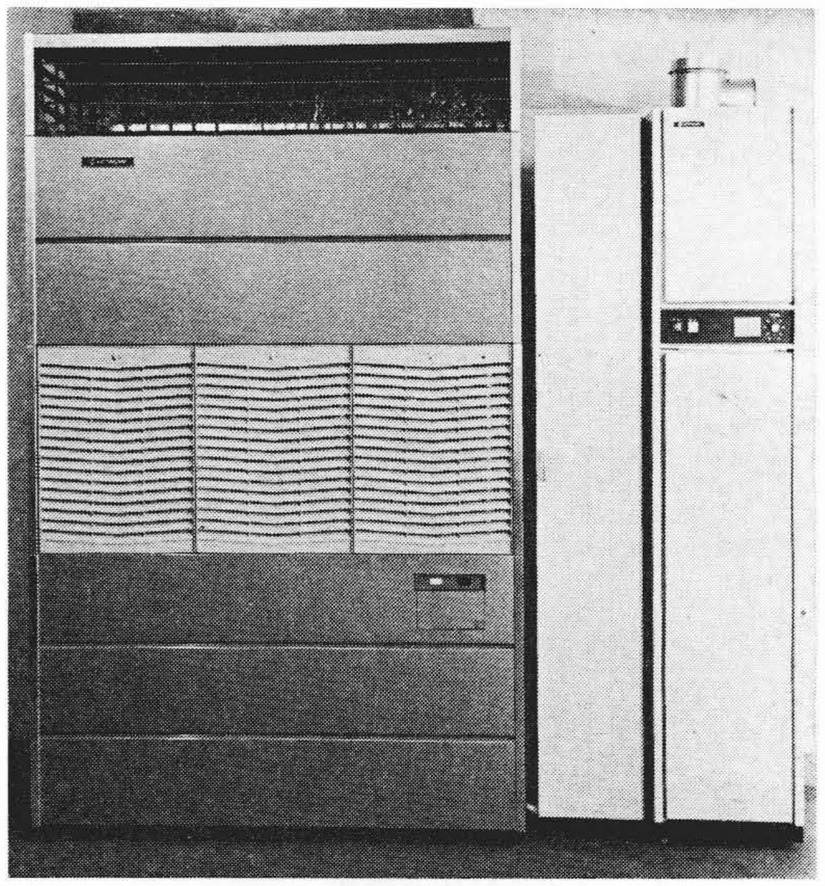


図4　パッケージ形エアコンディショナと
エアコンボイラの併置

表1　仕　　様

項目(単位) ＼ 形式		WP-30R
用途		暖房専用
適用冷房機		日立パッケージ形エアコンディショナ RP-506, RP-756
本体	外装	高級仕上鋼板製，合成樹脂塗料焼付，塗色コニーベニウォールドアイボリー
本体	外形寸法 (mm)	幅 360×奥行 565×高さ 1,755
オイルバーナ	使用燃料	白灯油（JIS K 2203, 1号）
オイルバーナ	形式	油圧噴射誘引通風式
オイルバーナ	着火方式	自動着火方式
オイルバーナ	燃料消費量 (l/h)	3.7（電源 AC100V 50/60 Hz にて）
熱出力 (kcal/h)		27,000
ボイラ形式		U形煙管式
ボイラ貯湯量 (l)		60
出湯温度 (℃)		60～80（調整可能）
最高使用圧力 (kg/cm²)		1（水頭圧 10 m 以下）
排気筒径 (mm)		153φ（内径）
暖房温水入口		PT 1¼（メネジ）
暖房温水出口		PT 1¼（メネジ）
シスターン接続口		PT 1（メネジ）
排水口		PT ¾（メネジ）
自動制御装置	不着火保護装置	フォトセルおよびバーナリレー
自動制御装置	湯温調整方式	湯温調節器
自動制御装置	安全装置	湯温調節器，バーナリレー安全スイッチ プリパージ機構， 過熱防止安全スイッチ
自動制御装置	特殊装置	日立パッケージ形エアコンディショナ連動装置
電源入力		AC100V 50/60 Hz ただし，エアコンディショナとの連動装置は AC200V 50/60 Hz 95 W（運転時） 145 W（着火時）
製品重量 (kg)		130
付属品		ドラフトレギュレータ，オイルストレーナ

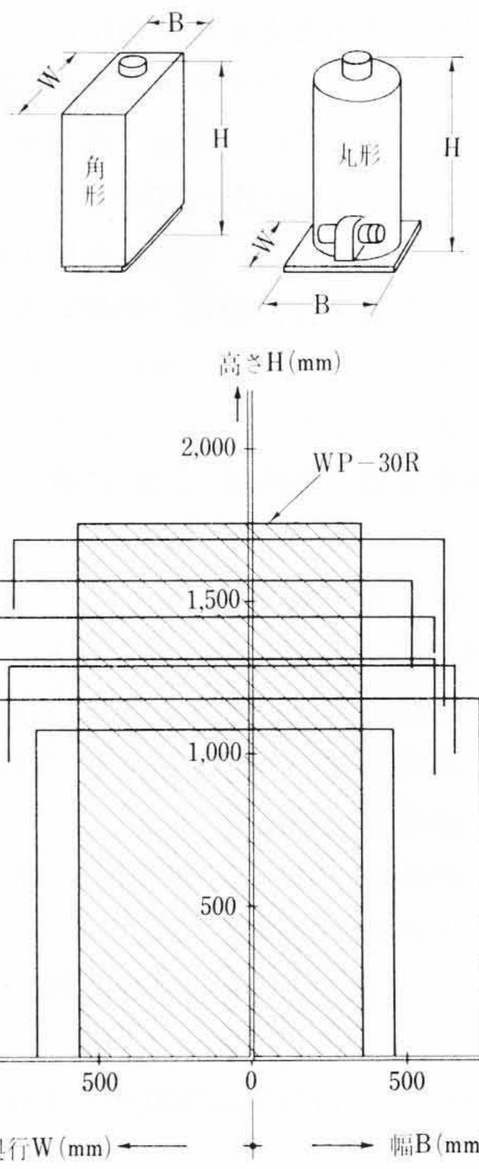


図5　出口 25,000～30,000 kcal/h 温水ボイラ製品寸法図

4.3 構　　造

図6は本ボイラの構造を立体切断図で示したものである。

前述したように燃焼室と熱交換器はU字形炉筒煙管状の構造をもっており，上部開口部は前面に下向噴射オイルバーナを，後側に誘引通風用の排ガスファンを取り付けた形式のものである。

オイルストレーナを通し，燃料ポンプに吸入された油はポンプの電磁振動により加圧され，電磁弁を通りオイルバーナのノズルより噴霧される。一方，燃焼用の空気はバーナ下部の金網を通し吸入され，旋回翼を通り，霧状の燃料油滴部へ供給され，じゅうぶんに混合されて良好な燃焼を継続する。

着火は制御用リレーとともにキャビネット内に取り付けられた着火用トランスとバーナ内の着火電極による着火放電により行なわれる。着火および着火安全制御はバーナリレーにより自動的に行なわれ，バーナ先端から炉筒内に広がる火炎の検知にはフォトセル(CdSセル）が使用されている。

排ガスファンは電動機直結遠心多翼送風機で，日立HR天井つり形温風暖房機[2]の長期の実績を基に設計した強力で耐久性の強い送風機である。

自動制御装置はキャビネット上部，バーナの左右両側壁に取り付けられたバーナリレーおよび連動制御用リレーを中心に，キャビネット前面のパネルに取り付けられた表示灯，スイッチ，湯温調節器および缶体に接触して取り付けられた過熱防止安全スイッチ，冷風防止サーモ，バーナ燃料配管中の電磁弁などにより構成されている。

自動制御装置はパッケージ形エアコンディショナ用の200V電源およびエアコンボイラ用100V電源の手許スイッチを入れたのちは，パッケージ形エアコンディショナの運転操作ダイアル(CONTROL SWICH)を「HEAT」にまわすだけであとは自動運転が行なわれる。

この場合の各部の運転系統をその動作の順に記したものが**図7**である。

4.4 エアコンディショナとの連結配管

連結配管取出口として，日立エアコンディショナと併設して使用するに便利な位置に，シスターン接続口，暖房温水出口，入口，排水口の4配管口が左右両側対称的に8個所設けられている。

これらとパッケージ形エアコンディショナとの接続に対しては，WP-30Rの特長をじゅうぶんに発揮させるため，配管寸法を細形とし，しかもパッケージとの温水配管が合理的かつ小スペースに入れられるように検討してきた結果，**図8**に示すような配置で配管を行なうことが比較的容易なことが確かめられた。**図9**はこの配管を実際に行なった外観を示したものである。ここに例示した配管は水冷パッケージ形エアコンディショナの凝縮器給水が水道水または井戸水のように冬期でも給水可能なものの場合の例である。クーリングタワー使用の場合はシスターンへの給水は凝縮器への給水管に接続せず，別に水道から引き込み，ボイラへ給水する。

また標準の隣設間隔は320 mmである。

5. 性　　能

5.1 燃 焼 性 能

図10はエアコンボイラのバーナダンパの開度を変化して，燃焼空気量を変えて燃焼を行なった際の空気過剰率nと黒化度（Bacharach Smoke Testerによる Smoke No.）の関係を示すもので，$n>1.3$で黒化度0，$n=1.2$でも黒化度2程度で，小径の燃焼室としたにもかかわらず，低空気過剰率でも非常に良好な燃焼状態を示している。

図11は排気筒のドラフト（吸気圧力で，負圧を正値で表わす）を変化させた際の空気過剰率nと黒化度の関係を示すものであるが，排気筒ドラフトがかなり変動しても黒化度は変化なく良好で，安定した燃焼を行なうことが示されている。

図12は燃焼室および熱交換器での伝熱の状態を示すもので，各位置での伝熱率（伝熱量/燃焼熱量）で図示されている。実線は各部でのガスの温度測定結果をもとに求めた実測値，点線は(1)～(6)式による計算値で，両者はかなりよく一致しており，計算の妥当性が示されている。また$n=1.5$($CO_2=10\%$)のもとで熱交換器の最終端における伝熱率，すなわち熱効率が約86%を示しており，一般のボイラが75～80%の熱効率であることと対比すると非常によい値

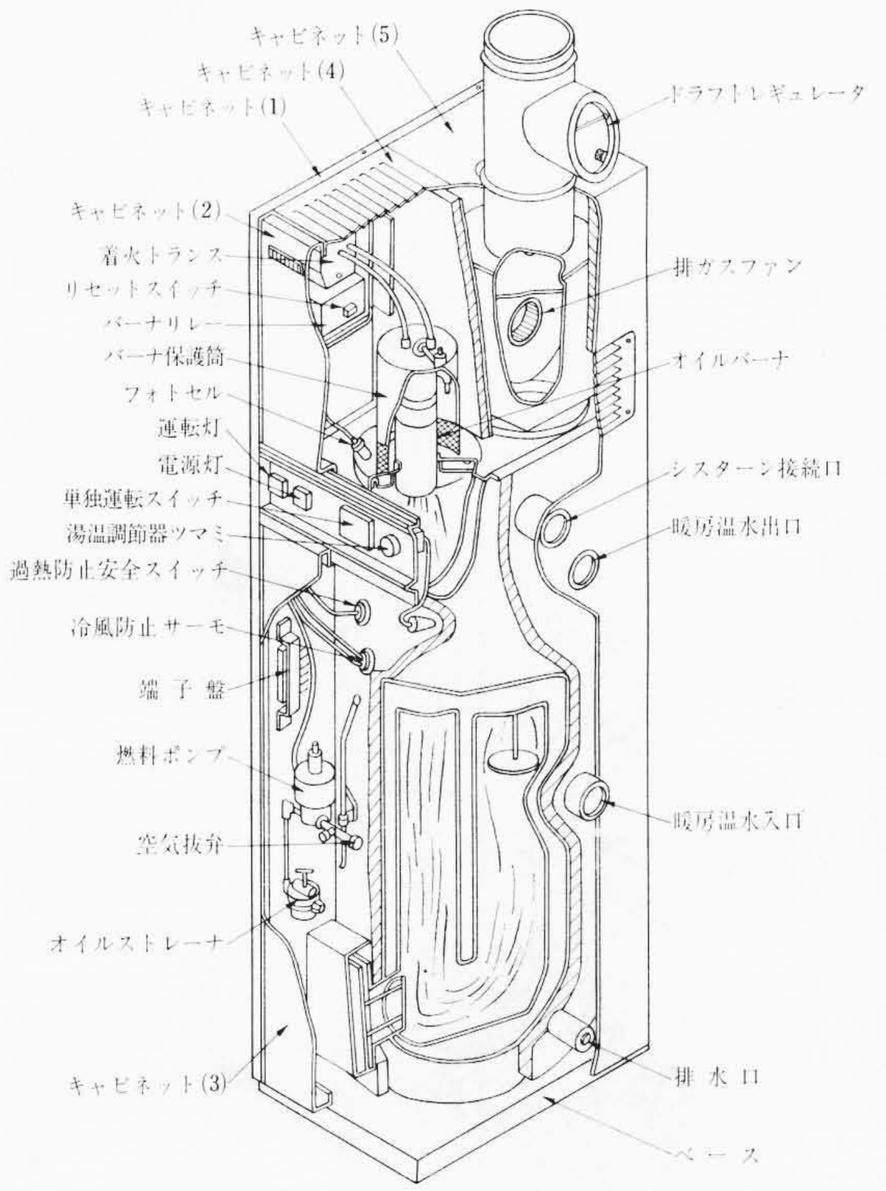


図6　WP-30Rエアコンボイラ構造

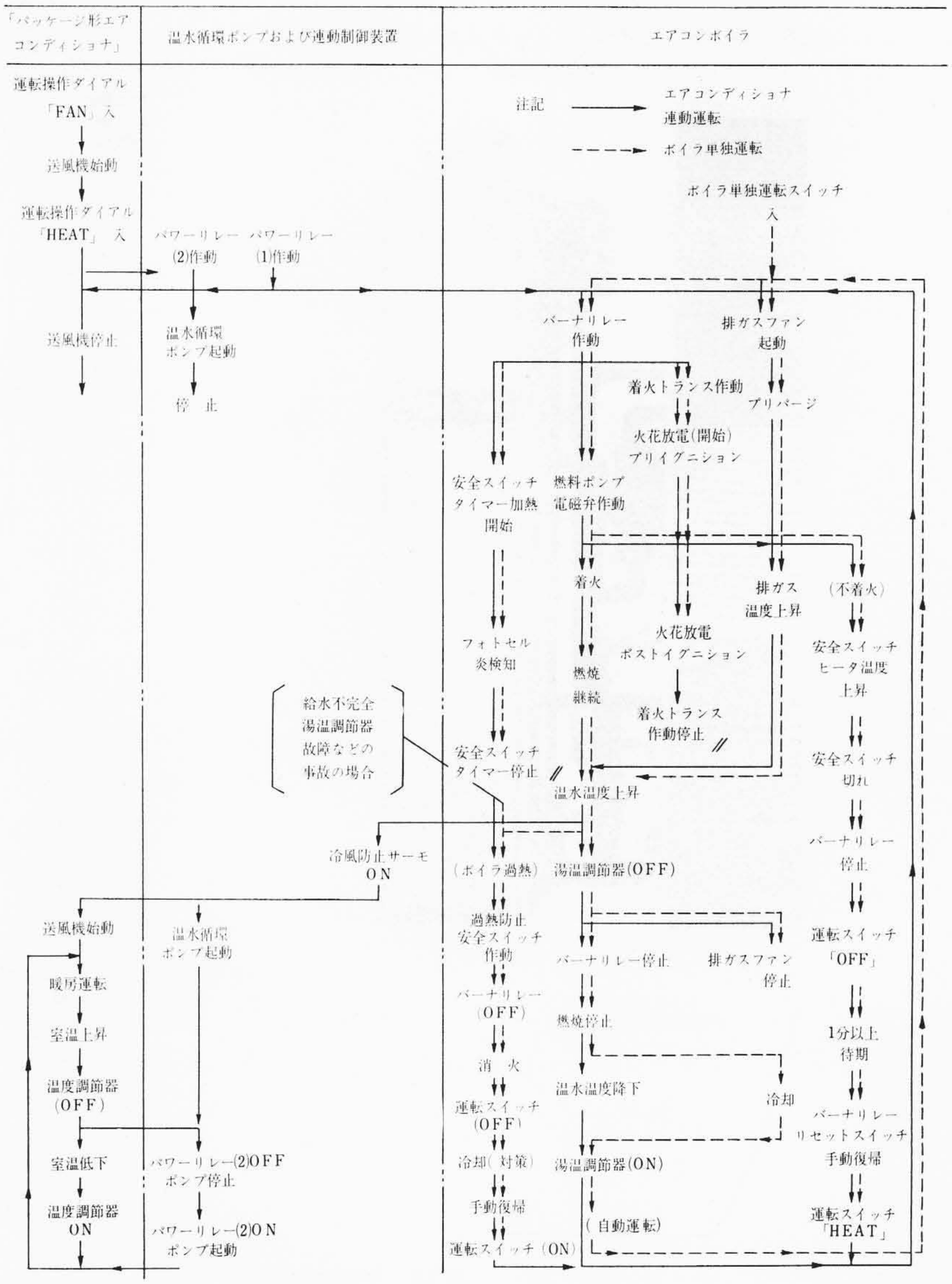


図7　運　転　系　統　図

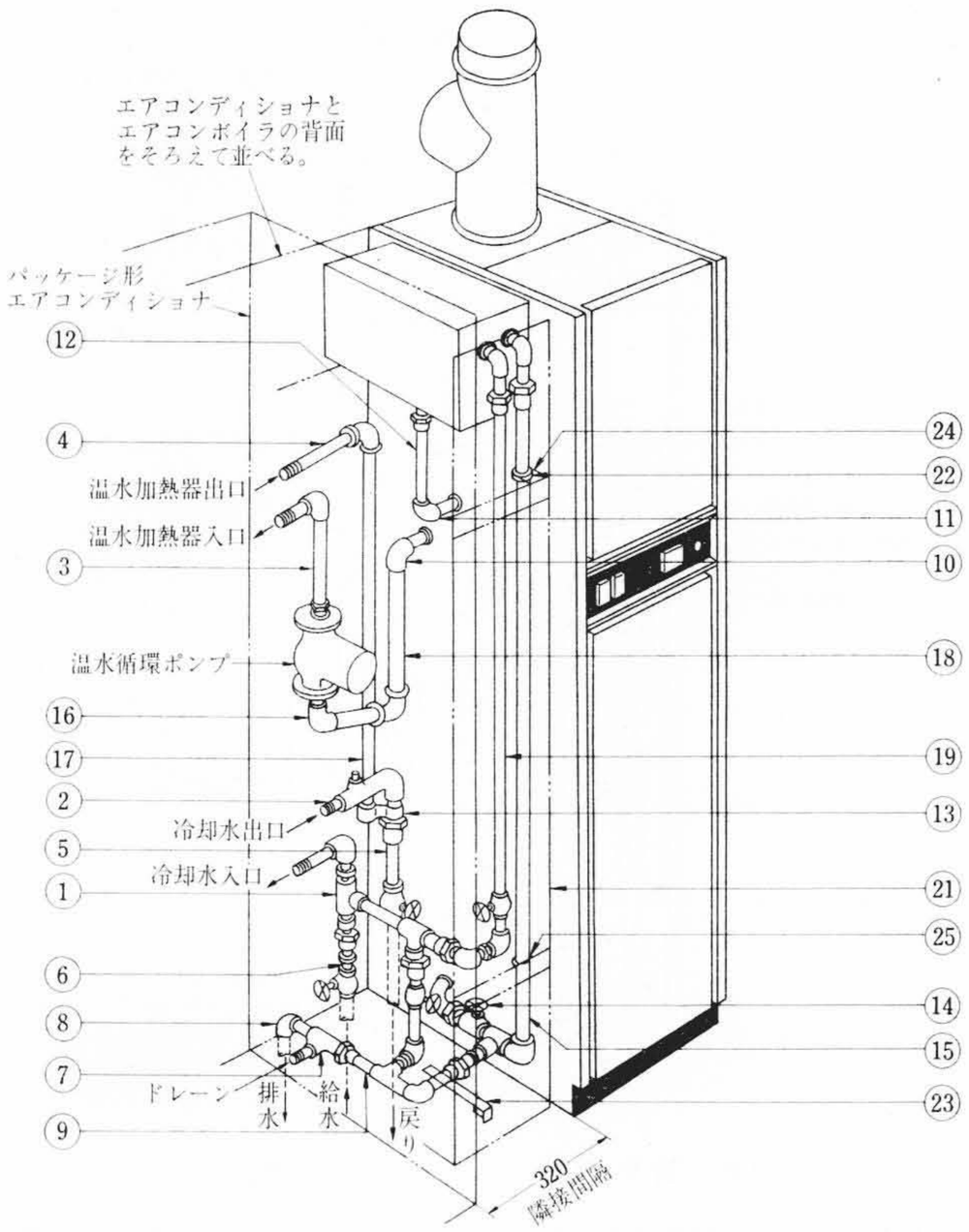


図8　パッケージ形エアコンディショナと
エアコンボイラとの配管接続

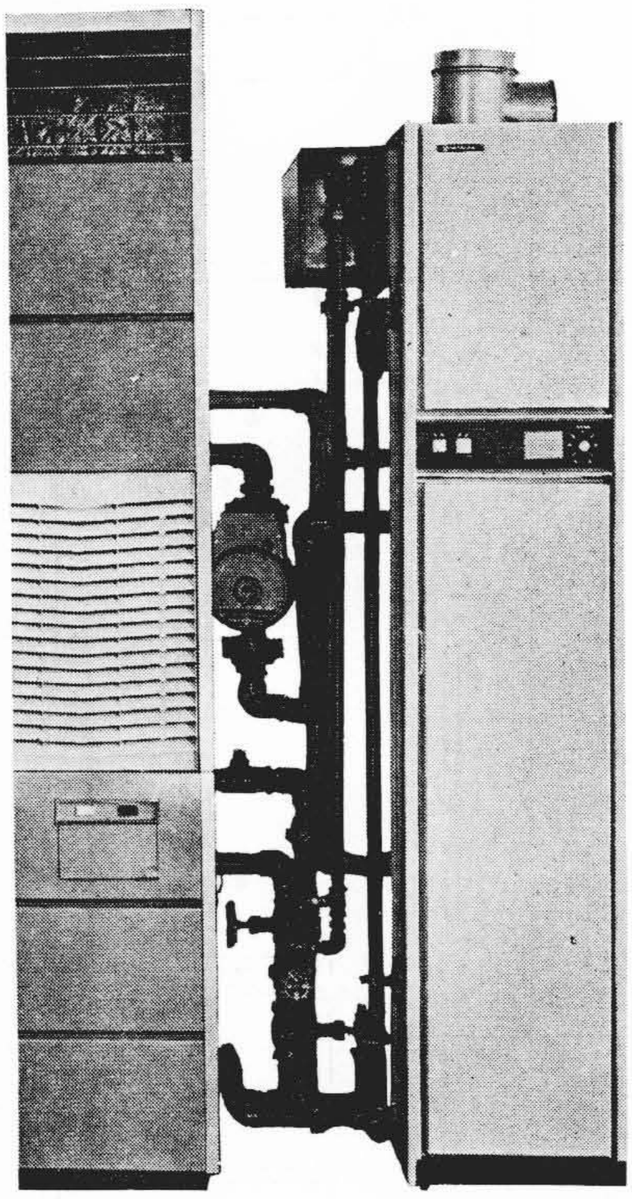


図9　配管ユニット取付状態

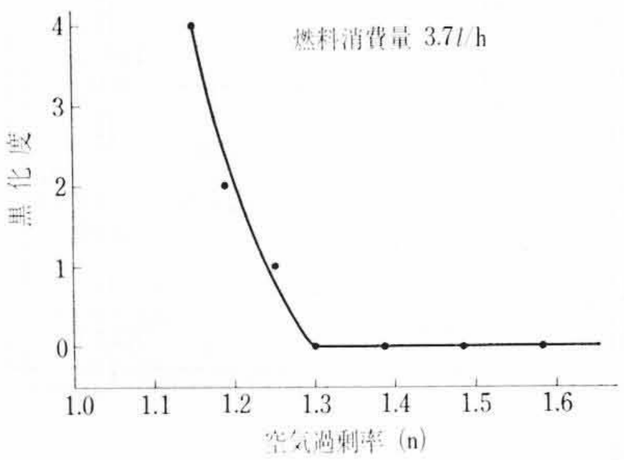


図10　空気過剰率と
黒化度との関係

分類＼項目	品番	品名	1台分員数	配管ユニット A	B	C
シスターン	0	シスターン	1	●	●	●
配管キット	①	配管部品 1	1	●	—	—
	②	配管部品 2	1	●	—	—
	③	配管部品 3	1	●	—	—
	④	配管部品 4	1	●	—	—
	⑤	配管部品 5	1	●	—	—
	⑥	配管部品 6	1	●	—	—
	⑦	配管部品 7	1	●	—	—
	⑧	配管部品 8	1	●	—	—
	⑨	配管部品 9	1	●	—	—
	⑩	配管部品 10	1	●	—	—
	⑪	配管部品 11	1	●	●	●
	⑫	配管部品 12	1	●	●	●
	⑬	配管部品 13	1	●	—	—
	⑭	配管部品 14	1	●	●	●
	⑮	配管部品 15	1	●	●	●
	⑯	配管部品 16	1	●	—	—
	⑰	配管部品 17	1	●	—	—
	⑱	配管部品 18	1	●	—	—
	⑲	配管部品 19	1	●	●	●
特殊継手	⑳	ハイパワージョイント	2	—	●	●
とびら	㉑	とびら	1	●	●	—
	㉒	ヒンジカラー	1	●	●	—
	㉓	ストッパー	1	●	●	—
	㉔	アーム (1)	1	●	●	—
	㉕	アーム (2)	1	●	●	—
付属品（左側設置用）	㉖	パイプ	1	●	—	—
	㉗	パイプ	1	●	—	—
	㉘	パイプ	1	●	—	—

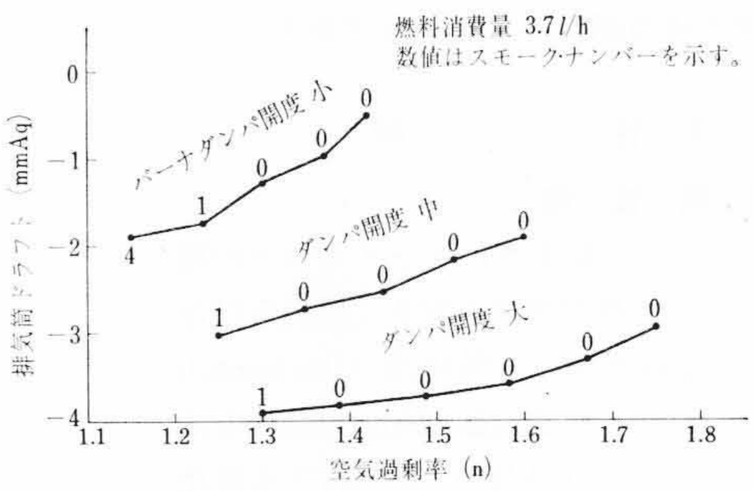


図11　排気筒ドラフトと黒化度の関係

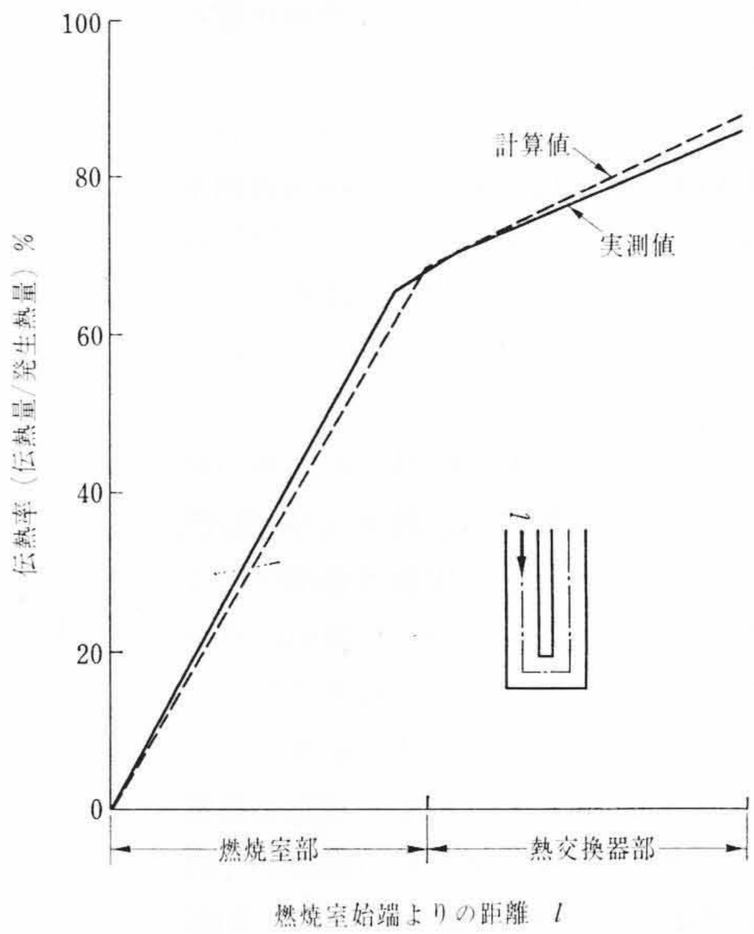
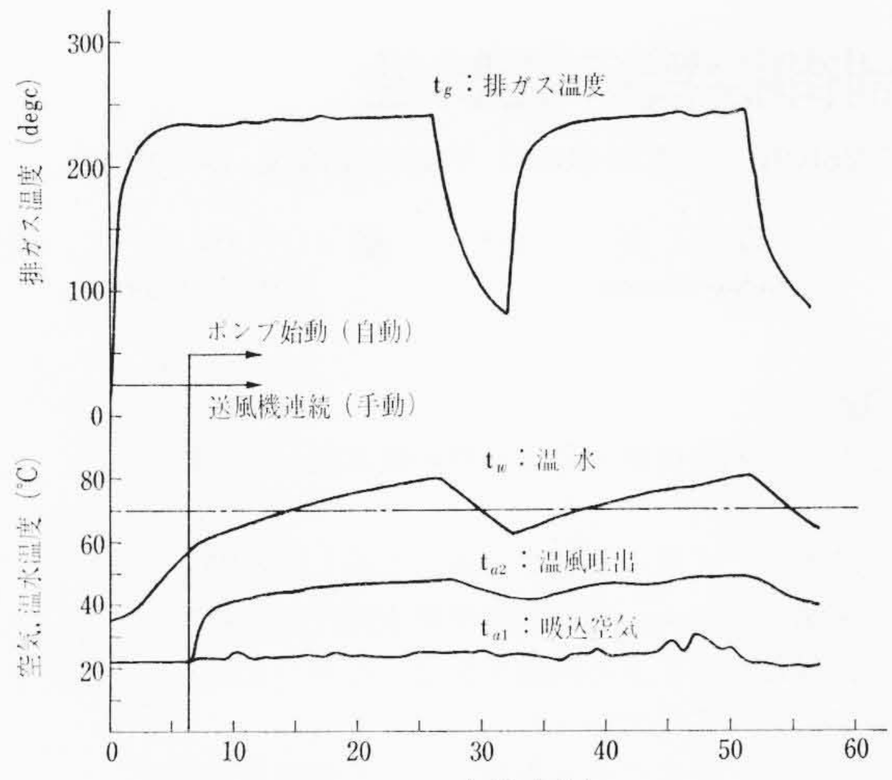


図12　燃焼室および熱交換器での伝熱状態



運転条件　1. RP-756+WP-30R
2. 燃料消費量：3.74 *l*/h
3. 温水循環量：4,000 *l*/h
4. 送風機ポンプ連続運転

図 13　高 負 荷 連 続 運 転

を示している。これは n=1.5 の場合であり，n=1.2～1.3 までじゅうぶん燃焼可能であるので，そのときの熱効率を測定すると 90% を越すきわめて良い結果が得られている。

5.2　パッケージ形エアコンディショナとの結合運転

図 9 に示すように並べて配管結合し，運転した場合の性能につきその一例を示したのが**図 13** である。温度の変化状態を見やすくするため，室温制御用の温水循環ポンプの ON-OFF 制御を行なわない場合のものである。この図は運転開始時からのボイラ排気筒部の排ガス温度の変化，温水ボイラ出口の温水温度の変化とともに，パッケージ形エアコンディショナの吸込空気と吹出空気の温度変化を示すもので，ボイラ燃焼の ON-OFF による温水温度の変化およびそれによる温風吹出温度の変化がわかる。

図から冷風防止サーモにより送風機および温水循環ポンプが目標値である 55～65℃ で運転を開始していることが確かめられた。このほか主要な項目についてみると次のようなことが確かめられた。

（1）　冷状態からの起動時特性

図 14 は缶内水温が 5℃ および 30℃ の例につき，燃焼時間と温水温度の変化の状態を示したものである。

図中，実測値とともにボイラの温水温度の時間的変化（缶体の熱容量を無視した場合の値）を次式により計算された値を示してある。

$$\theta=\frac{Q}{C}\times\tau$$

ここに，　θ：温 水 温 度 (℃)
Q：ボ イ ラ 出 力 (kcal/min)

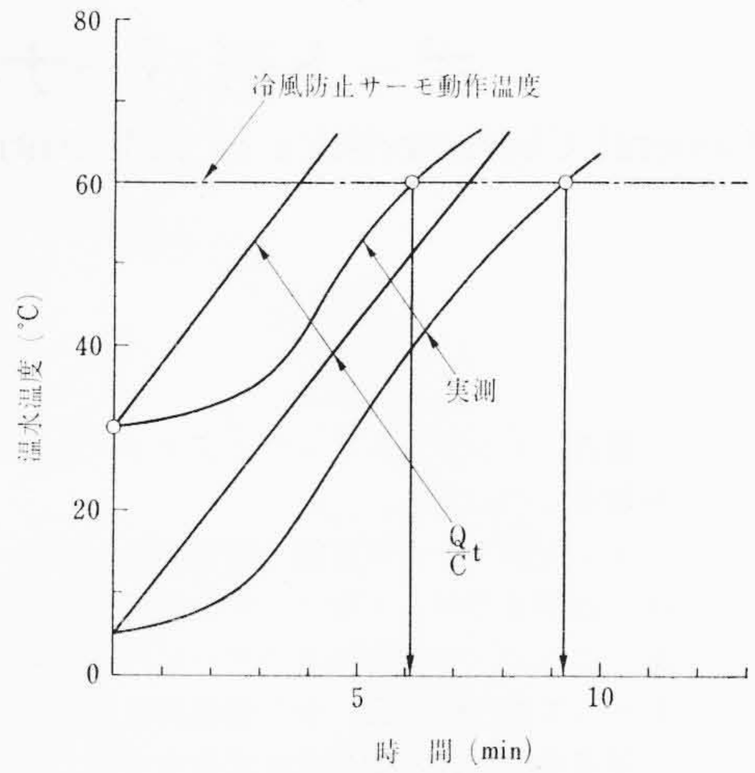


図 14　運転開始時の過度変化速度

C：　ボイラ缶水熱容量　(kcal/℃)
τ：　時　　間　(min)

缶の熱容量による遅れは約 2 分である。また冷風防止サーモの標準作動温度 60℃ までの上昇時間は約 9 分であり，暖房準備時間としてじゅうぶんである。

（2）　ボイラ温水温度の変動

図 13 はボイラ燃焼時間が全運転時間のほぼ 80% に相当する場合である。結果より湯温調節器の設定温度に対し実際温度変化は負荷に関係なく，±8℃ の変化であり，このときの温風吹出温度の変化はその半分の ±4℃ 程度で実用上じゅうぶんな値である。

6. 結　　言

エアコンボイラ WP-30R 形は，パッケージ形エアコンディショナ専用の温水ボイラとして，並べて設置することが可能で，しかも大きなスペースを要せず，エアコンディショナを冷暖房両用として効率的に使用することができる。

このボイラのエアコンディショナ連動制御方式はパッケージ形エアコンディショナの冷風防止を含めて運転操作の単一化を実現している。

デザイン，取扱操作，安全性，熱効率など機能全般に関して検討を積み重ねてきたが，本機が空調設備の合理化および環境衛生の改善に役だつことを念願する次第である。

終わりに臨み，パッケージ形エアコンディショナとの組合せにつきご指導いただいた日立製作所清水工場空調機設計課の関係各位に感謝の意を表する。

参　考　文　献

（1）　日本機械学会：　伝熱工学資料，181（昭 40）
（2）　新井，堀，河内：　日立評論 **50**，122（昭 43-2）