

住宅用灯油焚(だき)冷温風機の開発

Development of Residential tipe Oil-fired Furnace and Cooler

本田 寿一* 三森 貞夫* 宮崎 進*
Iuichi Honda Sadao Mimori Susumu Miyazaki

要 旨

温水ボイラ、温風暖房機によるセントラルヒーティングシステムおよびチラーユニットなどの冷房装置によるセントラルクーリングシステムが急速に普及している中であって、1 台の機器で暖房および冷房ができる製品の開発が望まれてきた。今回、この要望にこたえるため冷温風システムとして使用可能なオイルファーンES OF-210 形および冷房用室内ユニット CE-22 形、冷房用室外ユニット CC-22 形、接続パイプ(冷媒配管) CP-10 形より構成される冷房ユニット(以下、オイルファーンESと冷房ユニットを組み合わせた機器を冷温風機と称する)を開発し、発売を開始した。本機の熱出力は暖房能力 20,000 kcal/h、冷房能力 5,600/6,300 kcal/h (50/60 Hz) である。

本報では開発した冷温風機の開発の要点、構造および性能について、オイルファーンESを主体に述べている。

1. 緒 言

住宅用セントラルヒーティングの普及は年々急増の一途をたどっている。すなわち、セントラルヒーティングがぜいたく品だというイメージから、さらに進んで生活環境を快適にするうえで必要不可欠のものであるという通念に広まりつつある。

セントラルヒーティングは現在までのところ、温水ボイラと各種放熱器との組合せによる温水暖房システムが主流となってスタートしてきたため、温風暖房システムは一般の人々にはあまり知られていなかった。しかし、最近、温風セントラルヒーティングは、

- (1) 設備費が安い。
- (2) 維持費が少なくてすむ。
- (3) スピード暖房ができる。
- (4) 室内に暖房器具類を置かなくてすむ。
- (5) 既設住宅にも容易に取り付けられる。

などの特長が高く評価され、大きくクローズアップされてきている。

さらに、夏には冷房ユニットをファーンES(温風暖房機)の上に取り付け、ダクトを使用して各部屋の冷房ができる《冷温風システム》の開発に対する要求も非常に高い。

日立製作所は、これらの要望にこたえるため研究、開発を進めていたが、このたび、暖房能力 20,000 kcal/h、冷房能力 5,600/6,300 kcal/h (50/60 Hz) の熱出力をもつ灯油焚冷温風機を開発した。

2. 開発の目標

冷温風機を開発するにあたり、次の諸点に注意をはらって設計を行なった。

- (1) 冷温風システムとして使用可能であること。

オイルファーンES(本体)自体が暖房機として使用できるのはもちろんのこと、冷房ユニットと組み合わせることにより、冷温風システムとして使用可能な構造とした。すなわち、冷房用室内ユニットを本体と分離し、積段方式を採用した。またオイルファーンESには冷温風機としても使用できるように冷房ユニット制御回路を組み込んだ。

- (2) 熱交換器内部の掃除が容易にできる構造であること。

構造簡易でしかも耐熱強度のすぐれた円筒形として、熱交換器内部の掃除、保守が容易に行なえる構造とした。さらに伝熱性能、燃焼性能をじゅうぶん満足する構造とした。熱交換器については

- 3.2.1(1)において述べる。
 - (3) リモートスイッチにより、遠隔操作によるワンタッチの全自動運転が行なえること。
- 顧客の運転操作をできるだけ簡単にするため、リモートスイッチを使用して遠隔操作を行ない、リモートスイッチの「入」「切」操作のみで全自動運転のできる内部配線とした。
- (4) ダクト接続専用機であること。
- 直吹きをせず、ダクトにより各部屋に冷風、または温風を送ることができる形式とした。
- (5) 完全な安全設計であること。
- JIS⁽²⁾ および UL 規格⁽¹⁾ にしたがって、運転制御ができ、火災

表1 オイルファーンES OF-210 形の仕様

項 目		仕 様
形 式		OF-210
外 形 寸 法	mm	高さ 1,480×幅 750×奥行 560
外 装		高級仕上鋼板製、合成樹脂塗料焼付仕上
放 熱 量	kcal/h	20,000
熱 交 換 方 式		強制通風熱交換方式
熱 交 換 器		アルタイト鋼板およびステンレス鋼板
燃 焼 装 置	燃 料	白 灯 油
	燃 料 消 費 量	l / h 3.18
	形 式	高圧噴射ガンタイプバーナ
	着 火 方 式	ワンタッチによる全自動着火
送 風 装 置	形 式	両吸込形多翼送風機
	風 量	m ³ /min 24 (冷房、暖房時とも)
	機外有効静圧	mmAq 12 (冷房、暖房時とも)
	電 動 機	単相 100 V, 250 W, 50/60 Hz
	空 気 吸 込 口	エアフィルタ付、背面
	温 風 吹 出 口	上 面
制 御 装 置	ダクト接続口寸法	mm 350×350
	不着火保護装置	フォトセル (CdS) およびバーナリレー
	室温調整方式	ルームサーモによる ON-OFF 制御
	安 全 装 置	安全サーモ、温度ヒューズ、安全ダンパ
排 気 筒 接 続 口 外 径	ド ラ フ ト 調 整	153φ ドラフトレギュレータ付
	mm	151φ
	電 源	単相 100 V, 50/60 Hz
	消 費 電 力	W 530/620 (50/60 Hz, 定常燃焼時), 610/685 (50/60 Hz, 最大)
重 量	kg	120

* 日立製作所柳井工場

表2 冷房ユニットの仕様

項 目			仕 様
冷房用室外ユニット	形 式		CC-22
	外 形 寸 法		mm 高さ 690×幅 560×奥行 560
	外 装		高級仕上鋼板製, 合成樹脂塗料焼付
	冷凍装置	圧 縮 機	全 密 閉
		電 動 機	三相 200 V, 2.2 kW, 50/60 Hz 三相誘導電動機
		凝 縮 器	フィン付パイプ形
		冷 媒	R-22 封 入 済
		過負荷保護装置	自動復帰形
	送風装置	送風機用電動機	単相 200 V, 75 W, 50/60 Hz コンデンサ電動機
		送 風 機	プロペラファン
		風 量	m ³ /min 50/55 (強タップ)
	電気特性	主 電 源	三相 200 V, 50/60 Hz
		操 作 電 源	単相 100 V, 50/60 Hz
	冷 房 能 力		kcal/h 5,600/6,300
	重 量		kg 92
カップリング	高 圧 側		M6 ワンショットカップリング
		低 圧 側	M10 ワンショットカップリング
冷房用室内ユニット	形 式		CE-22
	外 形 寸 法		mm 高さ 350×幅 600×奥行 450
	外 装		高級仕上鋼板製, 合成樹脂塗料焼付
	冷凍装置	蒸 発 器	フィン付パイプ形
		冷媒制御装置	キャピラリチューブ
		冷 媒	R-22 封 入 済
	重 量		kg 25
カップリング	高 圧 側		M6 ワンショットカップリング
		低 圧 側	M10 ワンショットカップリング
接続パイプ	形 式		CP-10
	長 さ	m	10
		mm	銅管 6.35 φ
	配 管	高 圧 側	mm
		低 圧 側	mm
	冷 媒		R-22 封 入 済
	重 量		kg 5.5
カップリング	高 圧 側		M6 ワンショットカップリング
		低 圧 側	M10 ワンショットカップリング
	接 続 ケ ー ブ ル		2 芯×10 m ビニール外装ケーブル

に対する安全性については特に注意をはらって種々の安全装置を組み込んでいる。安全性については 3.2.1(3)にて述べる。

(6) 多様な据付けが可能な構造であること。

正面を特に強調しないデザインとして、多様な据付けが可能な構造とした。

(7) 加湿装置を内蔵すること。

冬季暖房時の乾いた部屋の空気に適当な湿度を与えるため、熱交換器上方に加湿装置を設け、熱交換器よりのふく射熱の利用を図った。

3. 開発した冷温風機

3.1 仕 様

表1はオイルファーンレス OF-210 形の、表2は冷房ユニットの主要仕様を示したものである。

3.2 構 造

3.2.1 オイルファーンレスの構造

オイルファーンレス OF-210 形の外観は図1に、その構造は図2

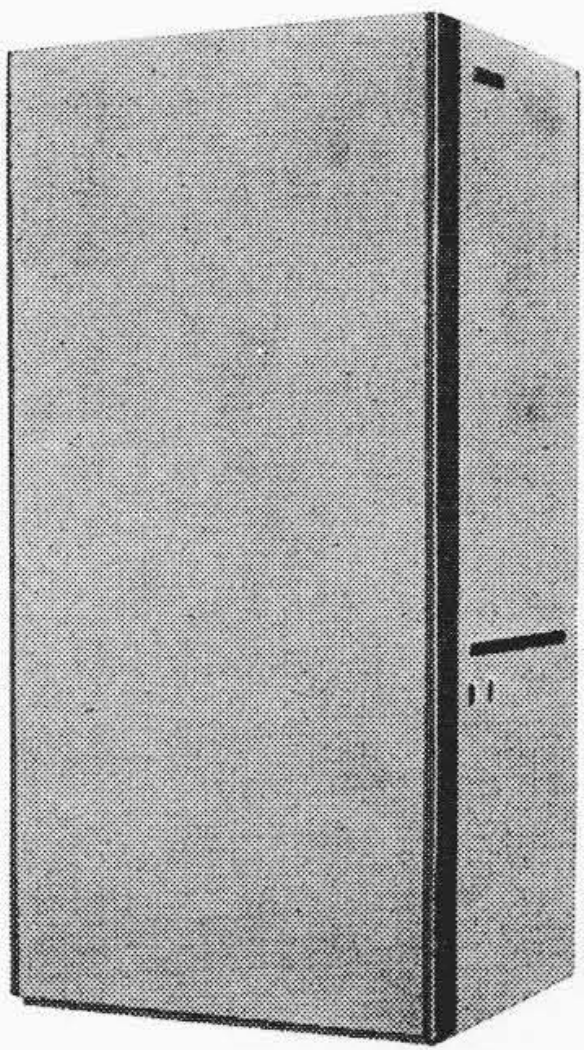


図1 オイルファーンレス OF-210 形

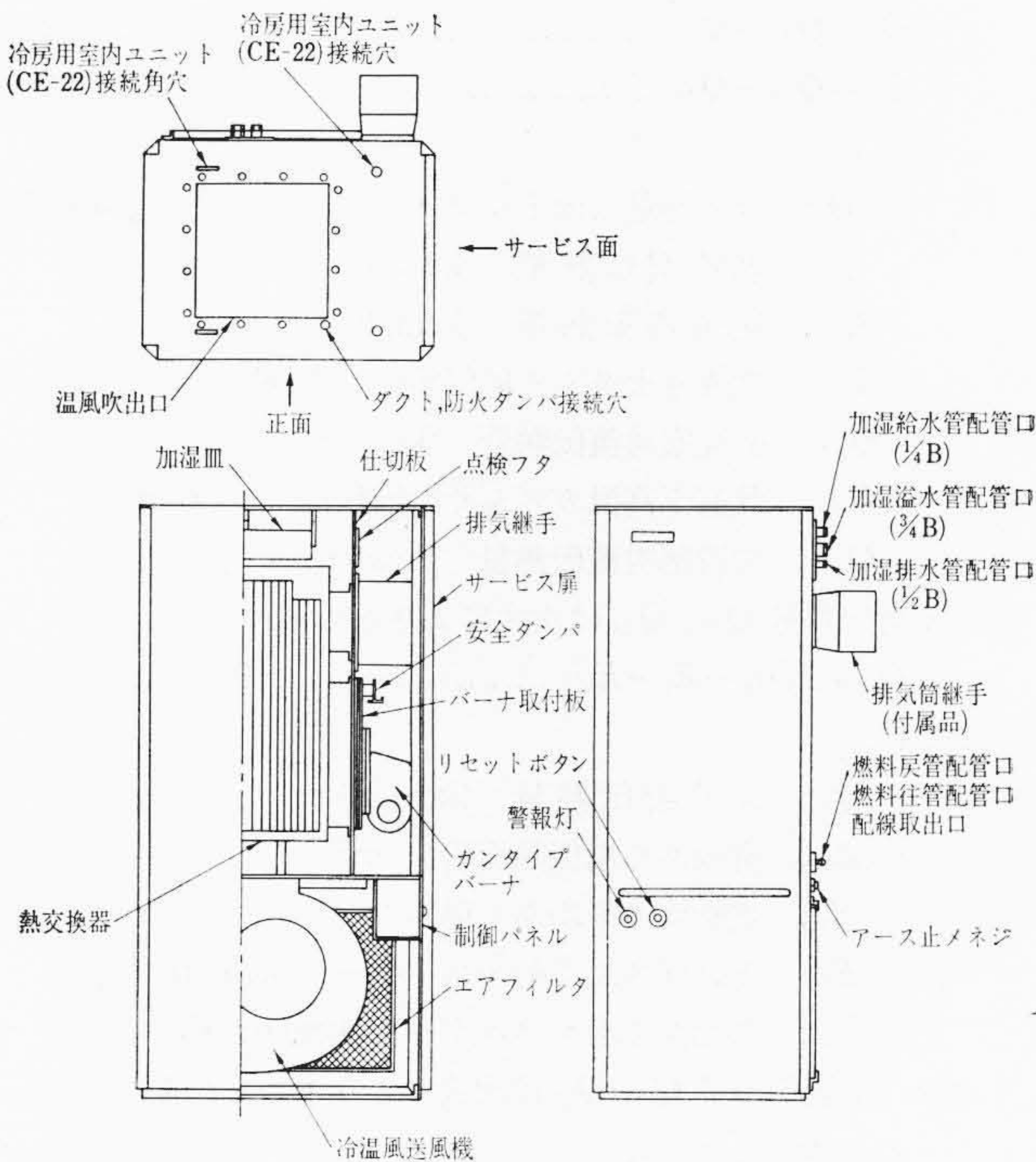


図2 オイルファーンレス OF-210 形の構造

に示すとおりである。開発したオイルファーンレスは、仕切板を介して新設計の熱交換器およびガンタイプバーナが配置されている。燃焼ガスは熱交換器を加熱し、排気継手を通して排気筒接続口から排気筒を経て外部に排出される。熱交換器下方には冷温風送風機が設けられ、送風された空気は熱交換器周囲を通る間に熱交換を行なって温風となり、キャビネット上方に設けられた温風吹出口(ダクト接続口)から吐き出される。

(1) 熱 交 換 器

熱交換器を設計するにあたり、次の諸点が考慮された。

- (a) 伝熱性能にすぐれ、かつ生産性の高い簡単な構造であること。
- (b) 内部の掃除、保守が容易に行なえる構造であること。
- (c) 燃焼が安定し、安全性が確保できる構造であること。

以上の諸点を考慮し、図2に示すU字形フィン付き堅形炉筒式を採用した。

熱交換器の伝熱計算にあたっては、熱交換器を図3に示すように、パッフルを境としてバーナ取付け側の燃焼室と、排気筒取出し側の煙道部とに分割して次のように伝熱計算を行なった。

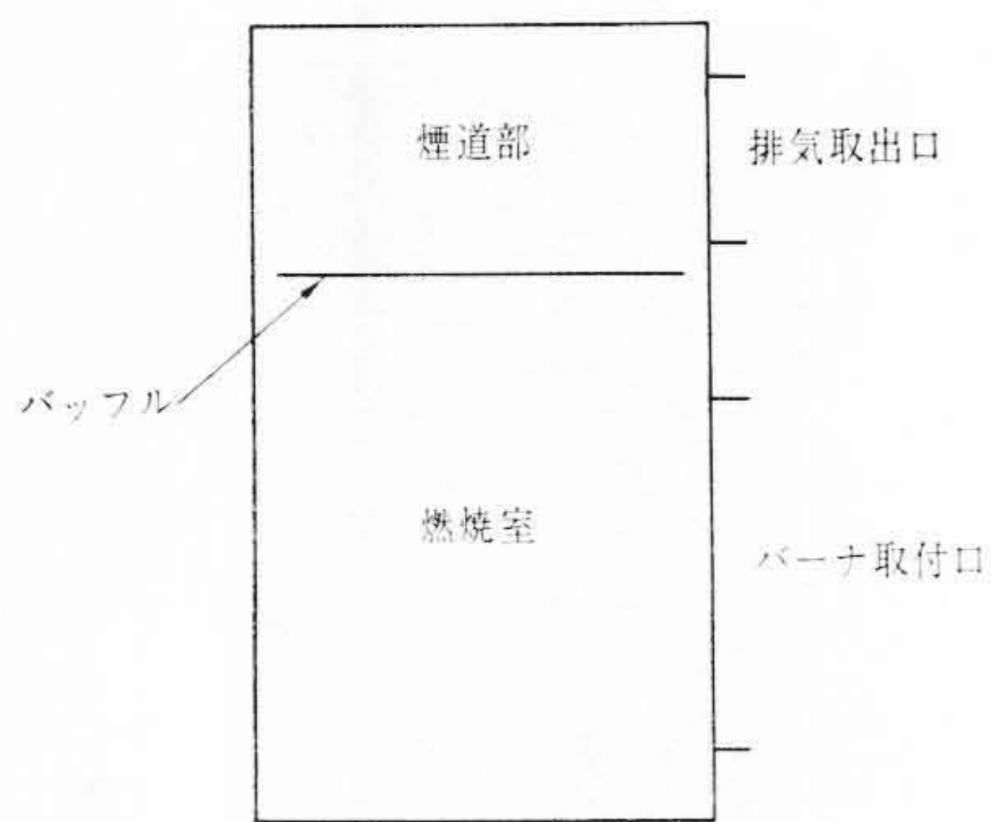


図3 熱交換器構造模型

$$Q = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_1 = Q_{1r} + Q_{1c} \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_2 = Q_{2r} + Q_{2c} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、

Q : 全伝熱量 (オイルファーンネス熱出力) (kcal/h)

Q_1 : 燃焼室伝熱量 (kcal/h)

Q_2 : 煙道部伝熱量 (kcal/h)

Q_{1r} : 燃焼室火炎ふく射伝熱量 (kcal/h)

Q_{1c} : 燃焼室対流伝熱量 (kcal/h)

Q_{2r} : 煙道部高温ガスふく射伝熱量 (kcal/h)

Q_{2c} : 煙道部対流伝熱量 (kcal/h)

ふく射伝熱量 Q_{1r} , Q_{2r} は次式により求められる。

$$Q_r = A_r \cdot \varepsilon_g \cdot (E_g - E_w) \dots\dots\dots (4)$$

ここに、

Q_r : ふく射伝熱量 (kcal/h)

A_r : 有効ふく射伝熱面積 (m^2)

ε_g : 燃焼ガス平均ふく射率

E_g : 燃焼ガスふく射エネルギー (kcal/ $m^2 \cdot h$)

E_w : 壁面ふく射エネルギー (kcal/ $m^2 \cdot h$)

また、対流伝熱量 Q_{1c} , Q_{2c} は次式により求められる。

$$Q_c = K \cdot A_c \cdot (t_g - t_a) \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a} \dots\dots\dots (6)$$

ここに、

Q_c : 対流伝熱量 (kcal/h)

A_c : 有効対流伝熱面積 (m^2)

t_g : 燃焼ガス平均温度 ($^{\circ}C$)

t_a : 熱交換器周囲空気平均温度 ($^{\circ}C$)

K : 熱通過率 (kcal/ $m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C$)

α_g : 燃焼ガス側平均熱伝達係数 (kcal/ $m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C$)

α_a : 空気側平均熱伝達係数 (kcal/ $m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C$)

δ : 熱交換器壁面厚さ(材料厚さ) (m)

λ : 熱交換器材料熱伝導率 (kcal/ $m \cdot h \cdot ^{\circ}C$)

ここでは、燃焼ガス量の空気過剰率 $n=1.47$ 、全伝熱量 $Q=20,000$ kcal/h として、上式に、文献による常数值⁽³⁾を代入して熱交換器の必要伝熱面積を求めた。

(2) 冷温風送風機

セントラルヒーティング用の温風暖房機の送風機は、ほかの形式の送風機に比べ、翼車外径が小さく回転数が少なくてすむ多翼送風機がよく使用される。多翼送風機の諸元は、類似の送風機の諸元、性能から(7)~(10)式⁽⁴⁾⁽⁵⁾に示す相似則によって計算される。

$$\frac{W}{W_0} = \left(\frac{D}{D_0} \right)^2 \left(\frac{b}{b_0} \right) \left(\frac{N}{N_0} \right) \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{P_r}{P_{r0}} = \left(\frac{D}{D_0} \right)^2 \left(\frac{N}{N_0} \right)^2 \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{D}{D_0} \right)^4 \left(\frac{b}{b_0} \right) \left(\frac{N}{N_0} \right)^3 \dots\dots\dots (9)$$

$$L_s - L_{s0} = 10 \log_{10} \left(\frac{D}{D_0} \right)^7 \left(\frac{N}{N_0} \right)^5 \dots\dots\dots (10)$$

ここに、

添字 0: 類似の送風機を示す。

W_0, W : 風 量 (m^3/min)

P_{r0}, P_r : 送風機全圧 (mmAq)

L_0, L : 動 力 (W)

N_0, N : 回 転 数 (rpm)

D_0, D : 翼 車 径 (mm)

b_0, b : 翼 車 幅 (mm)

L_{s0}, L_s : 騒 音 (dB)

新開発の冷温風機には、多翼送風機を使用し、前述の諸式を用いて表1に示す送風機仕様を満足するように設計した。

必要送風機全圧は次式より求められる。

$$P_r = P_v + \sum P_f + P_s \dots\dots\dots (11)$$

$$P_f = \frac{1}{2g} \sum \zeta v^2 \dots\dots\dots (12)$$

ここに、

P_r : 送風機全圧 (mmAq)

P_v : 吐出空気が有する動圧 (mmAq)

P_f : ファーンネス本体の抵抗、冷房用室内ユニットの抵抗 (mmAq)

P_s : 機外有効静圧 (mmAq)

g : 重力加速度 (m/s^2)

v : 冷風または温風の平均流速 (m/s)

ζ : 冷風または温風の通路の曲り、縮小、拡大による損失係数(文献(6)などより求めることができる。)

(3) 操作性、安全性に対する制御機構

操作が簡単であること、運転制御および火災に対する安全性については万全を期するという考えにたって、次のような設計を行った。

(a) 操 作 機 構

リモートスイッチを使用して、遠隔操作を行なうことにより、従来のような、オイルファーンネスまたは冷温風機まで行ってスイッチ操作を行なうめんどろを省き、リモートスイッチの「入」、「切」操作のみで全自動運転ができる内部配線とした。

また、オイルファーンネス OF-210 形は本機自身を暖房専用機として使用するのはもちろんであるが、冷房ユニットと組み合わせ冷温風機としても使用できるように冷房ユニット制御回路を組み込んでいる。

(b) 安 全 機 構

バーナの不着火保護装置としてはフォトセル(CdS)およびバーナリレーを、室温制御にはルームサーモを、熱交換器の異常加熱防止および温風温度制御にはファンサーモ、安全サーモ、温度ヒューズを採用し、万一の異常加熱に備えて二重三重の安全を期している。また、万一の爆発などから熱交換器を保護する安全ダンパを、さらにバーナ送風電動機および冷温風送風電動機の保護装置として、タイムラグヒューズおよびオーバードリレーを採用している。

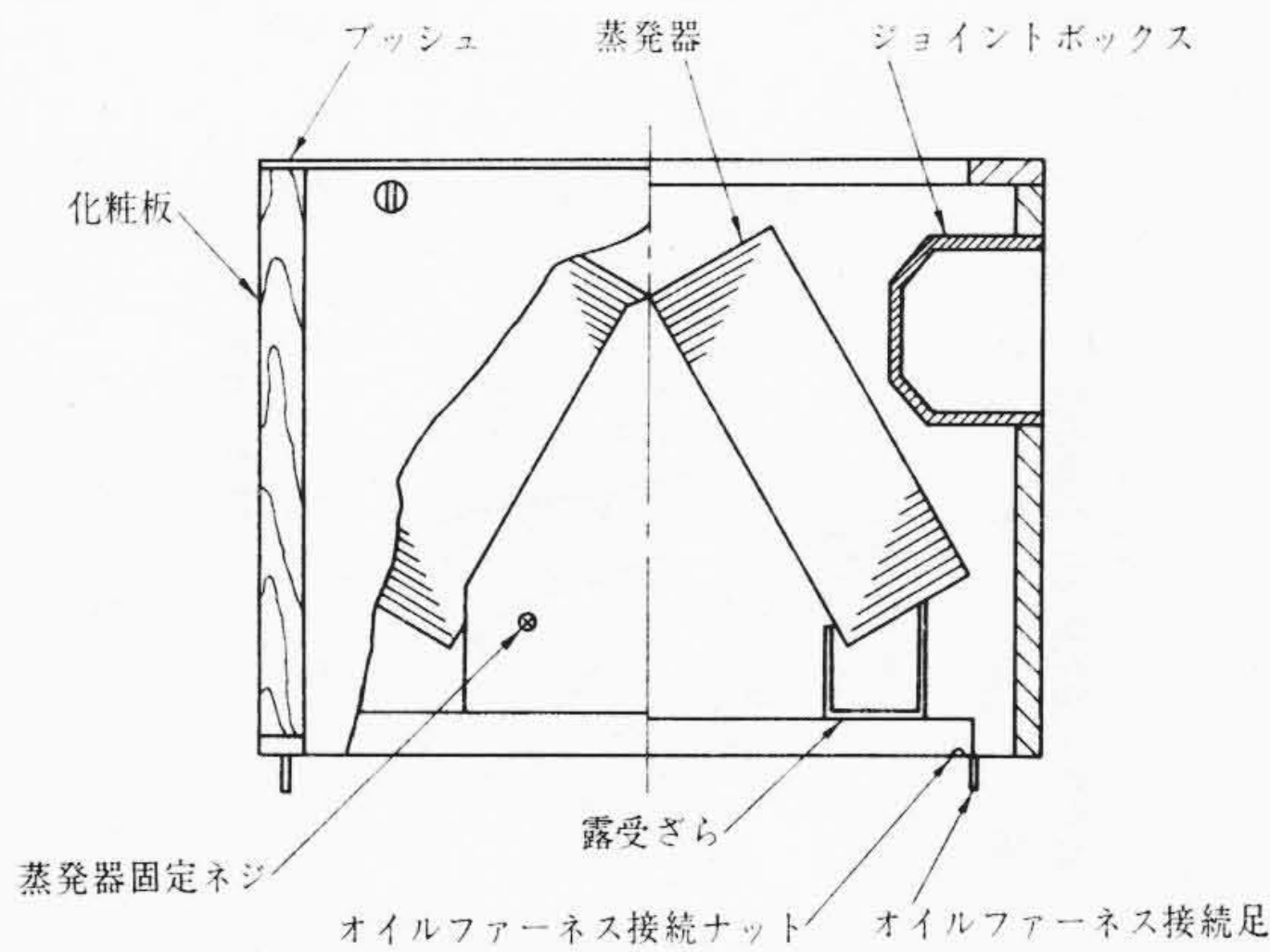


図4 冷房用室内ユニット CE-22 形の構造

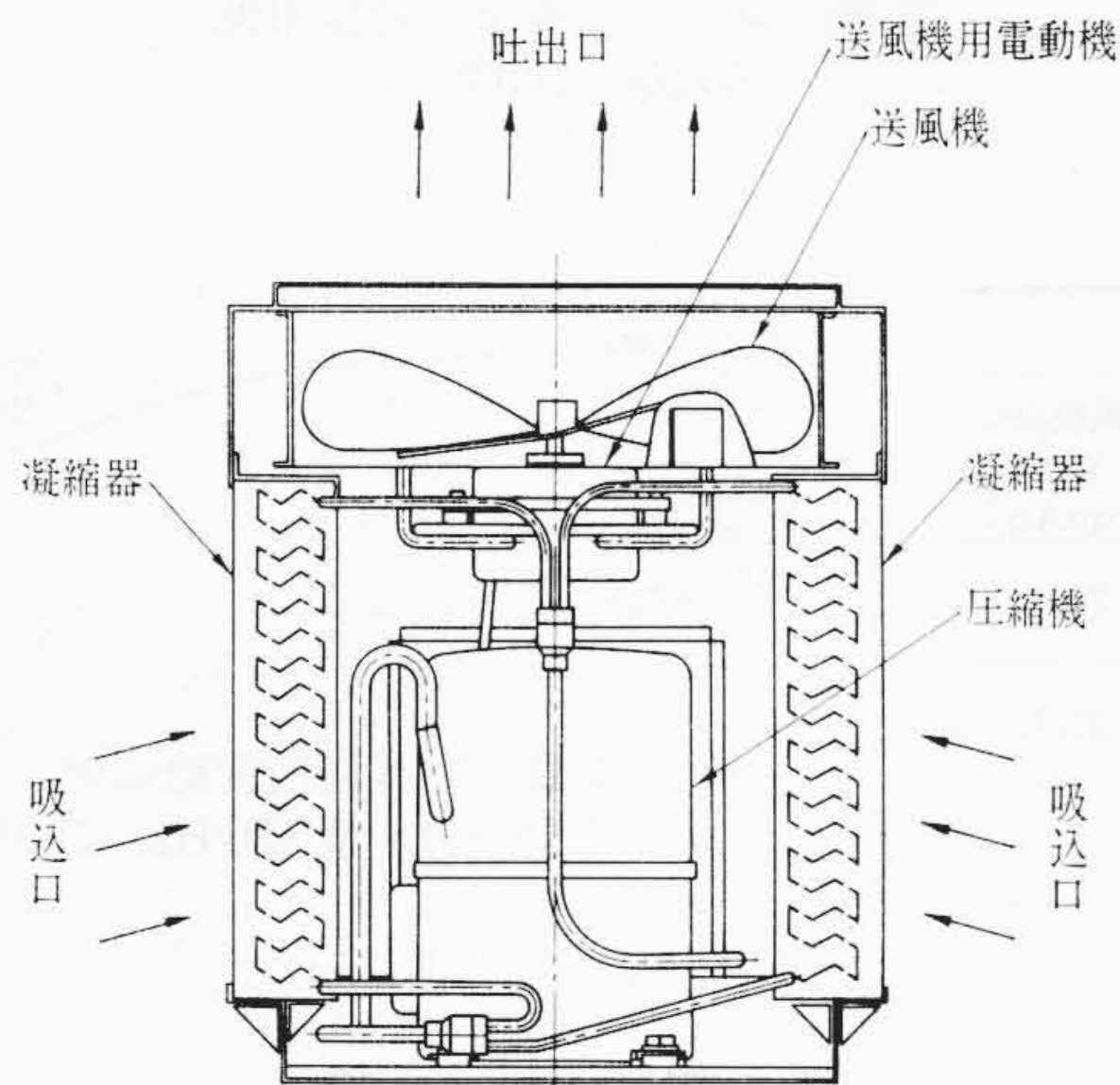


図5 冷房用室外ユニット CC-22 形の構造

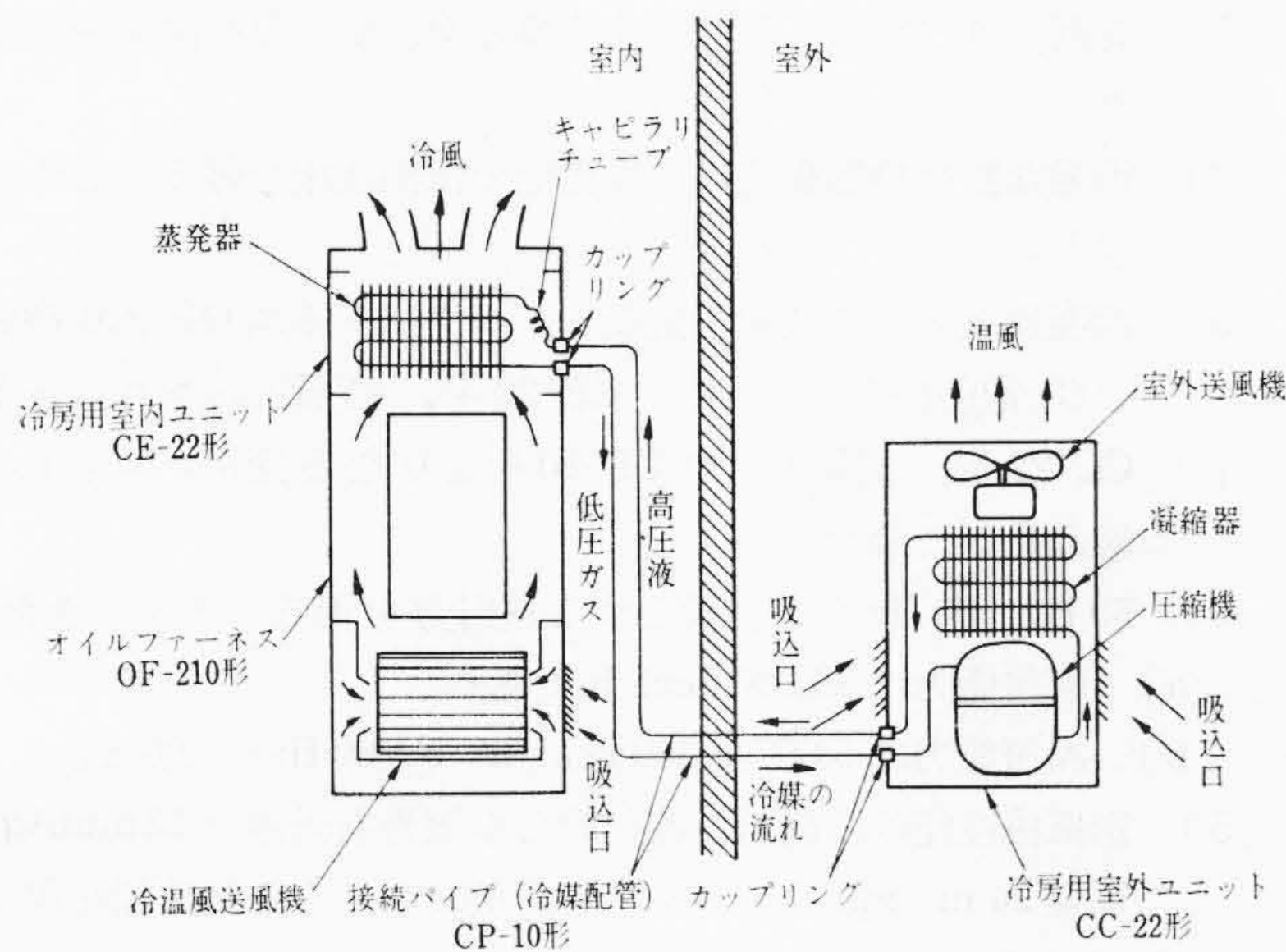


図6 冷温風機の構造概略図

3.2.2 冷房ユニットの構造

冷房ユニットは、冷房用室内ユニット CE-22 形、冷房用室外ユニット CC-22 形および接続パイプ CP-10 形より構成されている。図 4 および図 5 は冷房用室内ユニット CE-22 形および冷房用室外ユニット CC-22 形の構造を示したものである。

3.2.3 冷温風機の構造

冷房システムに注目してみると冷温風機構造は、図 6 に示すように、室内の風を循環させるオイルファーンネ部分、冷媒液を蒸発させる冷房用室内ユニット部分、冷媒ガスを凝縮させる冷房用室外ユニット部分およびそれらを接続する接続パイプ部分より構

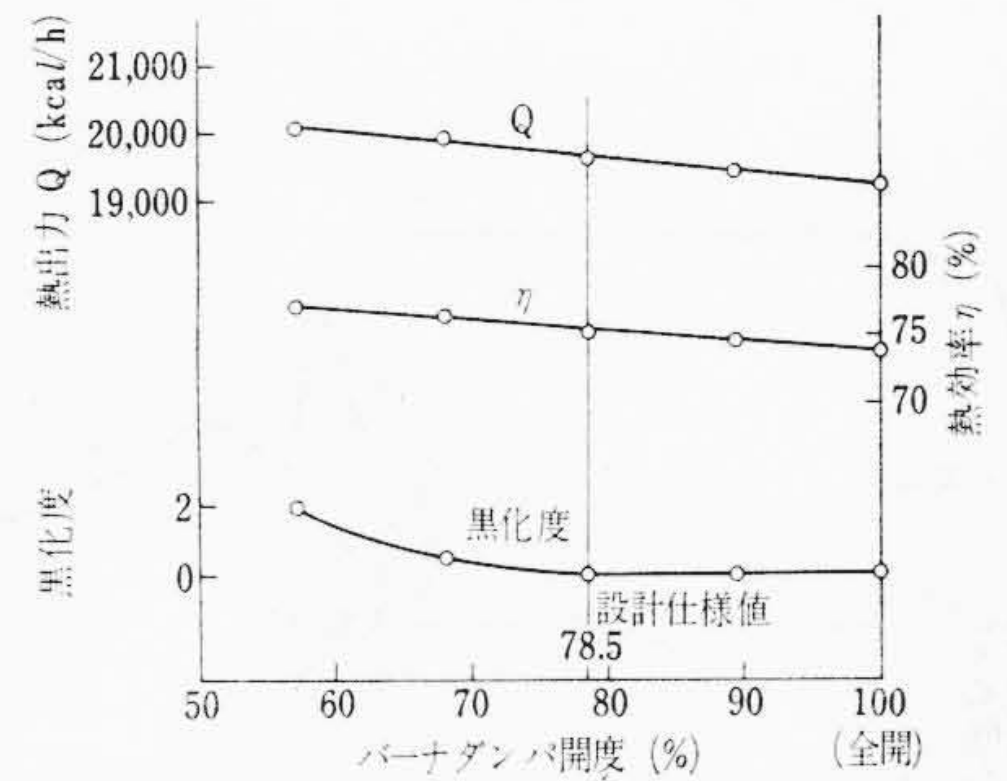


図7 オイルファーンネ OF-210 形の燃焼特性(1)
(50 Hz, 100 V)

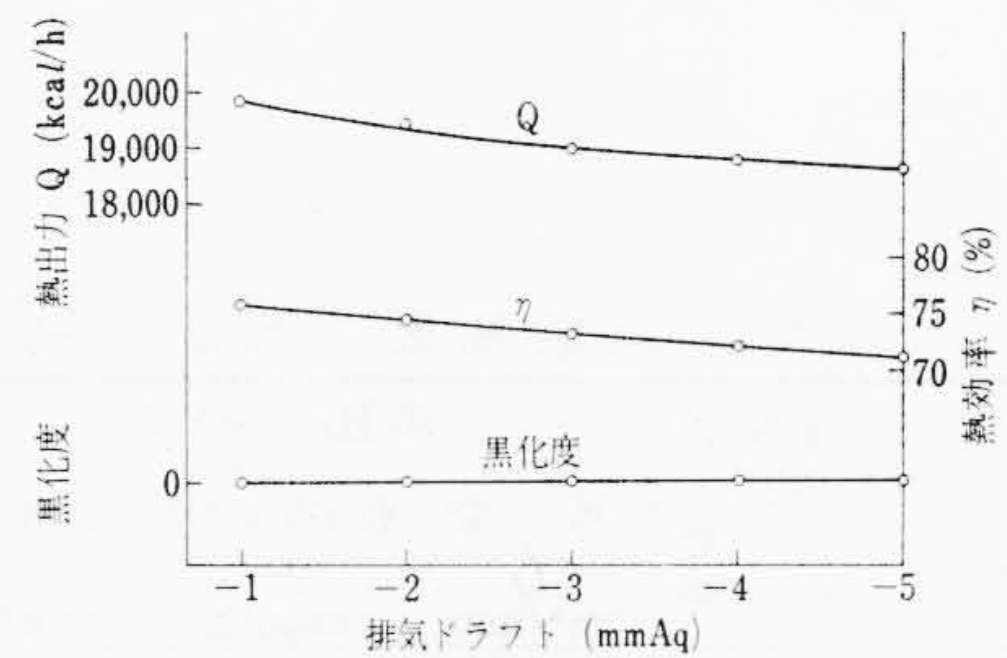


図8 オイルファーンネ OF-210 形の燃焼特性(2)
(50 Hz, 100 V)

成されている。

現地での据付け工事を簡単にするため、冷媒は冷房用室内ユニット、冷房用室外ユニットおよび接続パイプすべてに封入されており、据付け時の冷媒封入を不要としている。

冷房能力は顕熱容量と潜熱容量の和として、次式より求められる。

$$Q = Q_s + Q_L \quad (13)$$

$$Q_s = \frac{60W}{v} \cdot C_{pa} \cdot (t_{ai} - t_{ao}) \quad (14)$$

$$Q_L = \gamma \cdot U \quad (15)$$

ここに、 Q ：冷房能力 (kcal/h)

Q_s ：顕熱容量 (kcal/h)

Q_L ：潜熱容量 (kcal/h)

W ：風量 (m^3/min)

v ： $t_{ao} \sim t_{ai}$ の空気平均比体積 (m^3/kg)

C_{pa} ： $t_{ao} \sim t_{ai}$ の空気平均定圧比熱 ($\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

t_{ai} ：吸込空気温度 ($^\circ\text{C}$)

t_{ao} ：吐出空気温度 ($^\circ\text{C}$)

U ：除湿量 (kg/h)

γ ：水の蒸発潜熱 (kcal/kg)

4. 特 性

4.1 燃 焼 特 性

図 7 は、表 1 に示した標準仕様条件におけるオイルファーンネのバーナダンパ開度変化に伴う燃焼特性を示している。ダンパ開度が 55～100% の変化に対して黒化度は 2～0 であり良好な燃焼状態を示している。また、熱出力は上記ダンパ開度変動に対して仕様値 20,000 kcal/h に対して $^{+0}_{-4}\%$ でしかなく、熱効率も 77～74% と良好な伝熱性能を示している。ここで黒化度の測定には Bacharach Smoke Tester を使用した。

図 8 は、標準仕様条件における排ガスのドラフト（吸引圧力）変

