

スリット フィン形熱交換器

Slit Fin Type Heat Exchanger

空気調和機の主要部品であるフィンド チューブ形熱交換器の飛躍的な性能向上を行なったもので、熱交換器のフィン面に幅の狭い切起しスリットを設けたフィン形熱交換器を開発した。

スリット形フィンの空気側の熱伝達係数は、従来のコルゲート形フィンの1.6倍で、これを用いたスリット フィン形熱交換器の熱貫流率は、従来の1.3倍であり、空気調和機の熱交換器として使用すると、20%の節電を行ない得る新機種を開発することができる。

細田泰生* Taisei Hosoda

埋橋英夫* Hideo Uzuhashi

小林延行* Nobuyuki Kobayashi

1 緒 言

一般に空気調和機は、低温側熱交換器の内部の液状冷媒を蒸発させ、その蒸発潜熱によって低温側熱交換器周囲の空気などを冷却する。蒸発したガス状冷媒は圧縮機によって高压ガスになり、高温側熱交換器に送り込まれ周囲の空気などに熱を放出して凝縮し液状冷媒となり熱交換を繰り返す。

このように熱交換器は、空気調和機の主要部品であり、その性能の良否が空気調和機の性能に重要な影響を及ぼす。

熱交換器には種々のものがあるが、冷媒と空気を熱交換させるものとして、最も一般的に使われているものは、フィンとチューブを組み合わせたフィンド チューブ形熱交換器である。

フィンド チューブ形熱交換器の熱的性能の良否は、チューブと冷媒との熱伝達率と、フィンと空気との熱伝達率の良否によるのであるが、従来の熱交換器の冷媒から空気までの熱抵抗の内容を調べてみると、冷媒とチューブの熱抵抗が20%、フィンと空気との熱抵抗が70%であり、フィンと空気との熱伝達率の改善が最も重要であることが分かる。

今回、フィンと空気との熱伝達率を、従来のものの1.6倍に向上させた図1、2に示すような、スリット フィン形熱交換器を開発したので、その原理、諸特性及びこれを使用した

家庭用ルーム エアコンの節電効果について述べる。

2 空気調和機用熱交換器の特長

冷媒と空気とを熱交換させる空気調和機用熱交換器には、送風機によってフィン間に強制的に空気を流してフィンと空気との熱伝達を行なわせる強制対流形のものが多いが、一般に熱交換器の熱的性能を向上させようとするすると、熱交換器の通風抵抗が増大し、ファンを駆動する電動機の入力を増大させたり、ファンの騒音が増大するなどの欠陥が生じてくる。

フィンと空気との熱伝達率を向上させる方法として、今まで行なわれたものは、フィンの形状を従来の平板状のものから図3に示すようなコルゲート形フィンに変えること、チューブの配列を碁盤目配列から千鳥配列にして気流を乱すことなどであるが、いずれも熱伝達率が向上しても、それと同時に通風抵抗が増大し、満足すべきものではなかった。

今回開発した図4に示すようなスリット フィン形熱交換器は、熱伝達率が従来のものの1.6倍で軽量小形化され、通風抵抗はほとんど変わらない。これは従来行なわれてきた改善とは異なるものである。

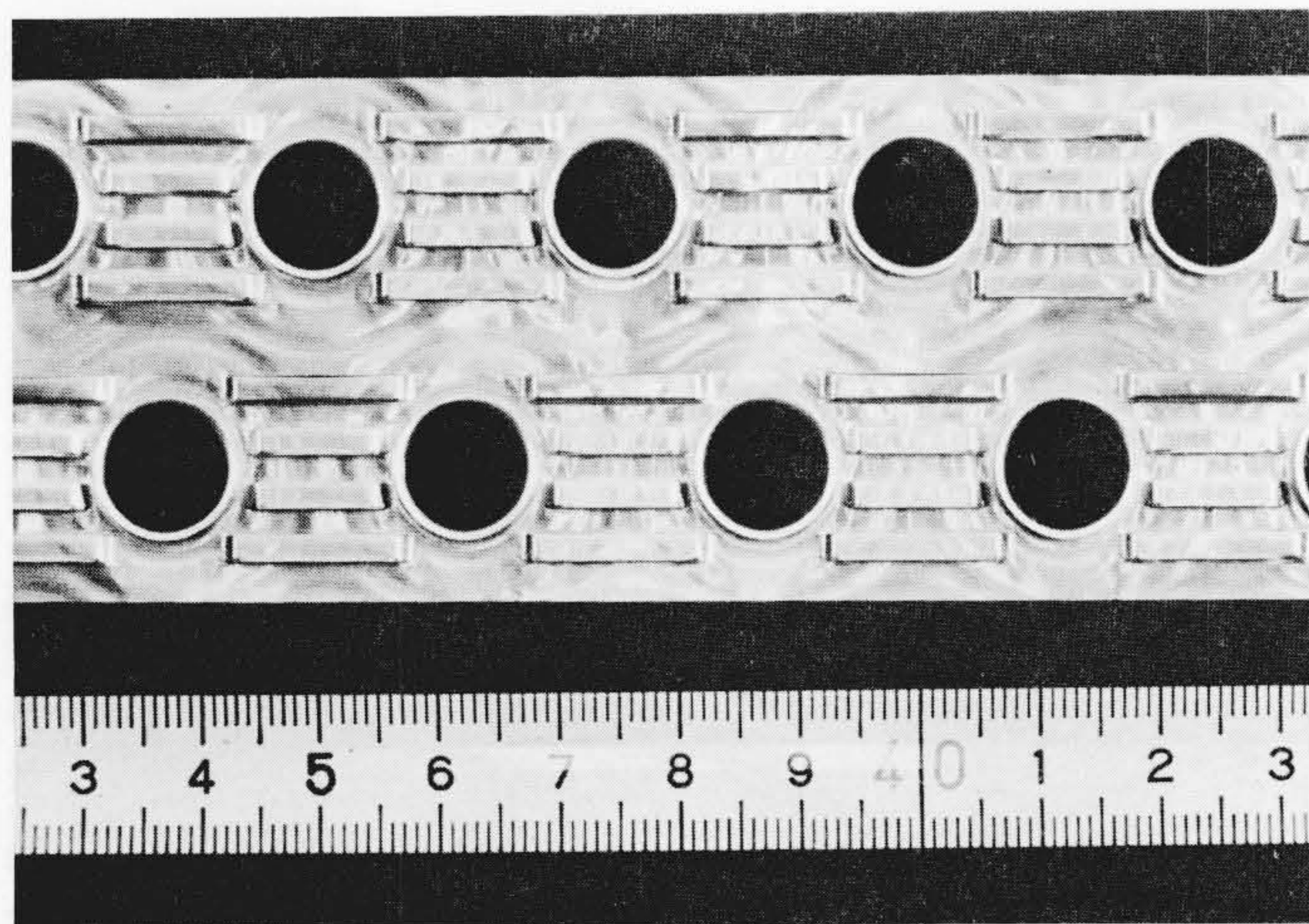


図1 スリット形フィン フィン正面の写真で、気流方向の幅2.2mm、高さ1mmのスリットを、管列1列当たり4本ずつ切り起こしたものである。

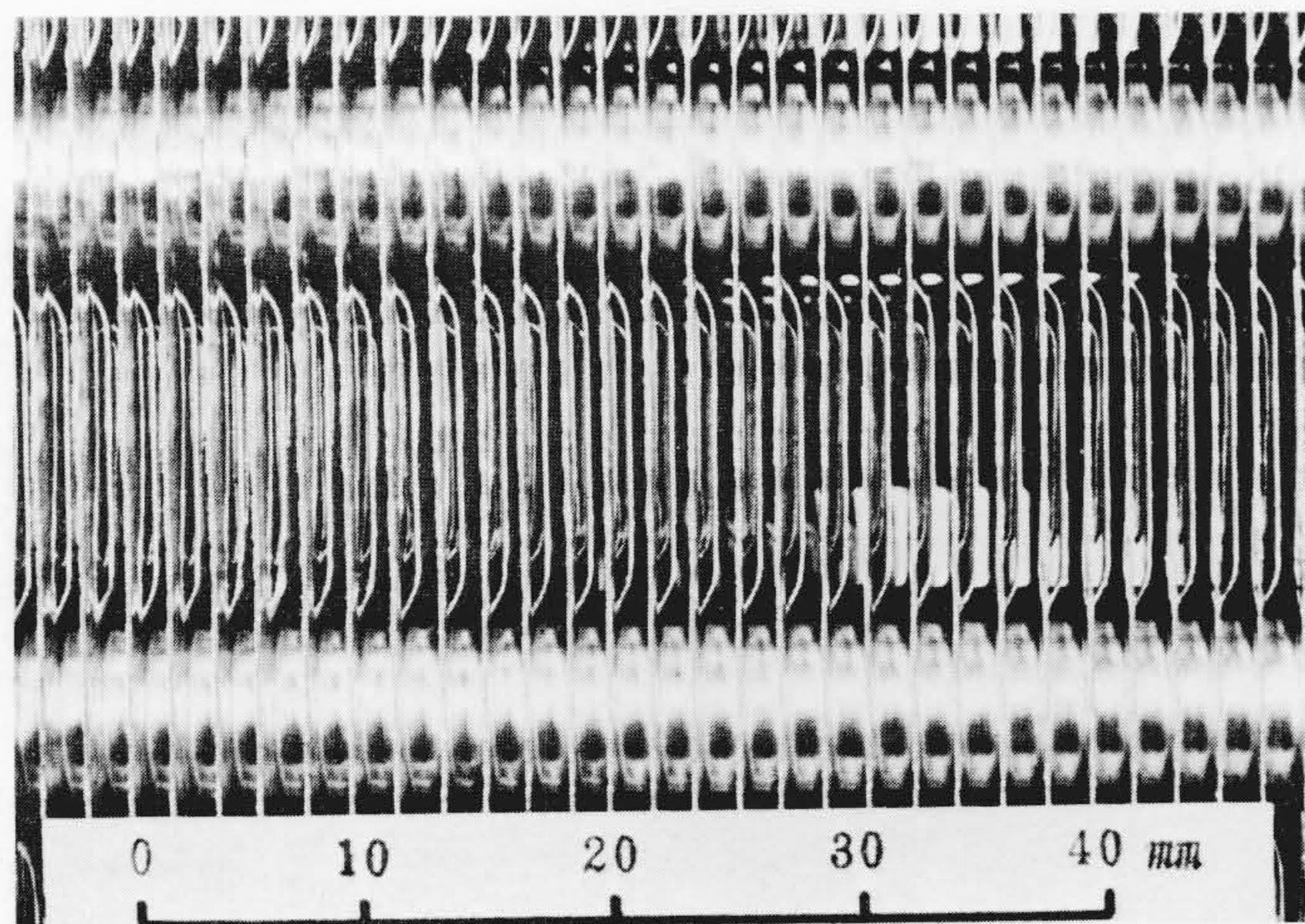


図2 スリット フィン形熱交換器 スリット形フィンにより組み立てられたフィンド チューブ形熱交換器を気流流入方向から見た部分写真で、フィン ピッチ2mm、スリット切起し高さ1mmのものである。

* 日立製作所栃木工場

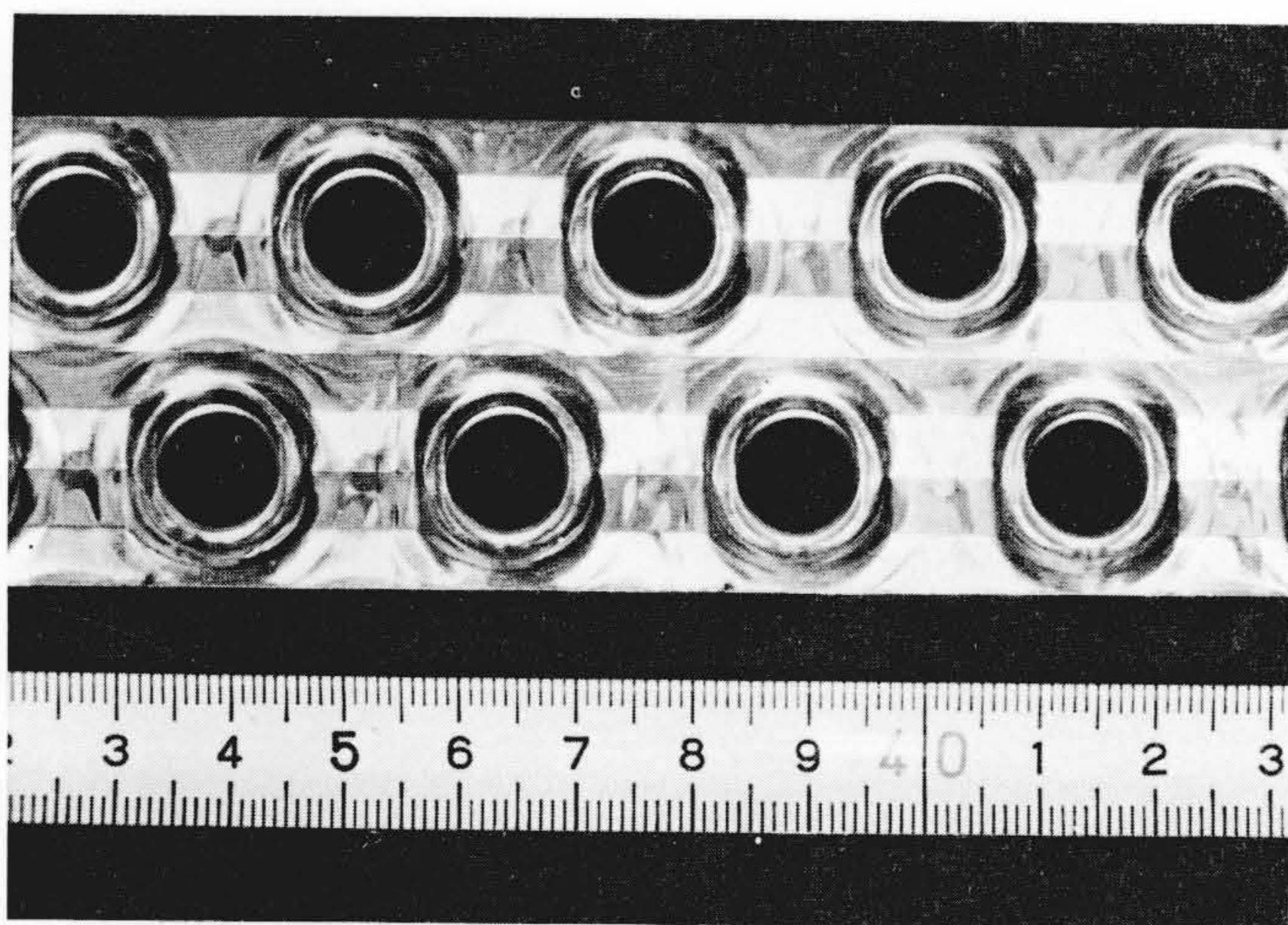


図3 コルゲート形フィン フィン面に波状の凹凸を付け、気流を蛇行させることによって伝熱性能の向上を図ったものである。

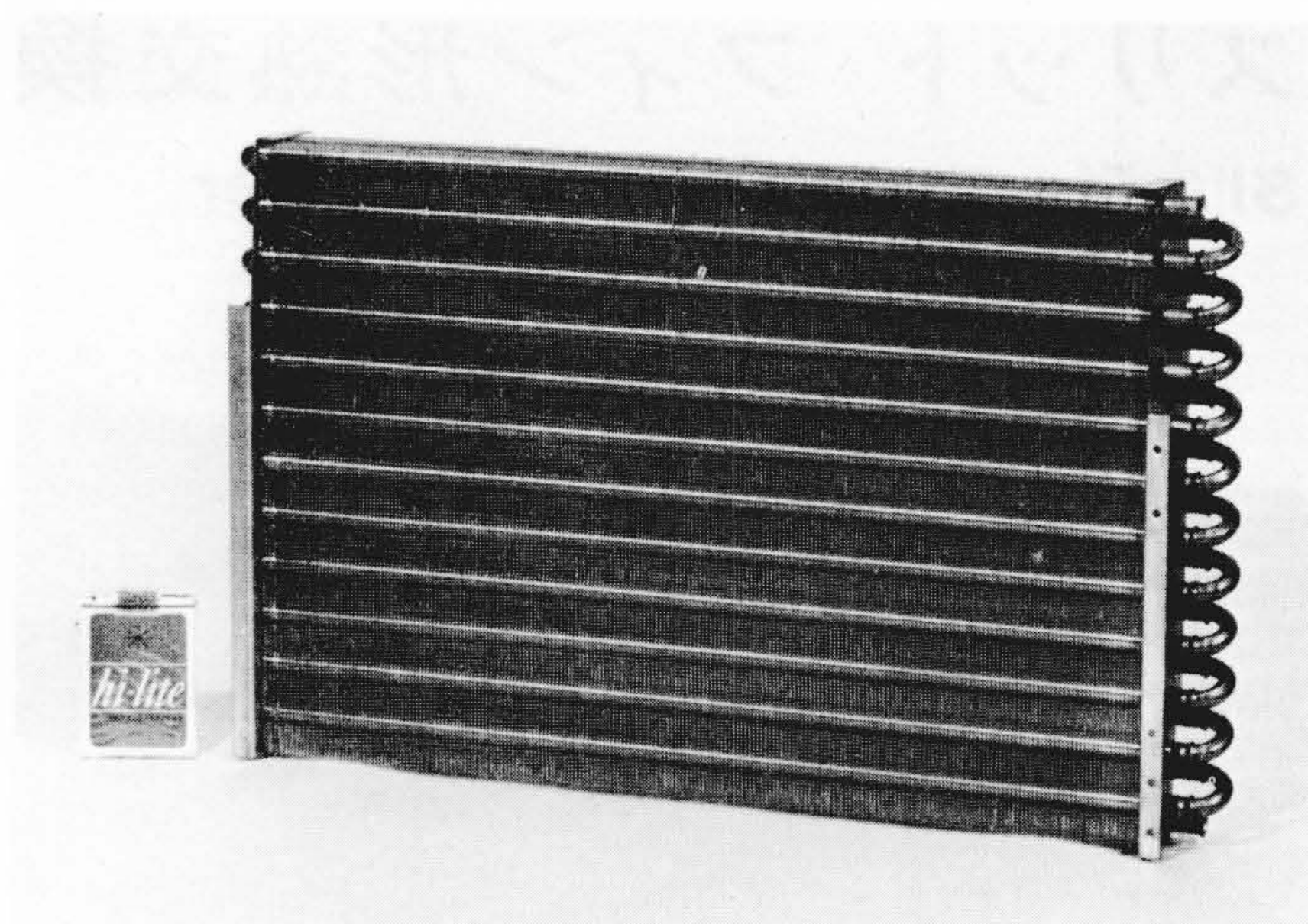


図4 フィンド チューブ形熱交換器 家庭用のルーム エアコンに使用するフィンド チューブ形熱交換器の外観を示す。

3 スリット フィン形熱交換器

熱交換器のフィン表面には、速度分布や温度分布の変化している境界層と称する層が生ずる。

気流がフィンに流入する先端部はこの境界層が薄く、境界層内の温度の変化が急激であるので、多くの熱を伝えることができるが、フィンの末端に行くに従って境界層が厚くなり、フィンから気流への熱の伝わり方が低下してくる。

スリット フィン形熱交換器は、図1、2に示すようにフィン表面に、気流方向の幅が狭い切起しスリットを等ピッチで多数設けたもので、各スリット フィンの先端部の薄い境界層を有効に利用したものである。

水槽実験によってスリット形フィンの境界層を観察した結果は図5に示すとおりであるが、境界層があまり発達していないことが観察できる。また、前方のスリット形フィンの後流が、後方のスリット形フィンにほとんど影響せず、幅の狭い単一平板を多数並べたのと同じような流相を示している。

コルゲート形フィンの水槽実験結果は図6に示すとおりであり、全体的に境界層が発達していることと、曲り部分にはく離を生じていることが観察できる。

従来のコルゲート フィン形熱交換器の気流の蛇行によって生ずる曲り損失と、はく離損失とを、スリット切起し先端部の流入損失と、速度こう配の増大による通風抵抗とに釣り合うようにすれば、通風抵抗を同一にして、しかも境界層の薄いことによる熱伝達率の向上が得られる。

図7に示すように、スリット形フィンの切起し幅は、狭くすればするほど熱伝達率を増大できるが、実際の生産性を考慮すると極端に狭くすることはできない。

家庭用のルーム エアコンにはスリット幅2.2mmのものを使用することにした。

3.1 乾き時の性能

気流方向に対して前面面積を同じにしたコルゲート フィン形熱交換器、及びスリット フィン形熱交換器について、チューブ内に温水を通し、熱交換器の風速を種々変えて、空気とチューブ表面との温度差を用いて計算した空気側の熱伝達係数と通風抵抗を測定した結果は、図8に示すとおりである。

前面風速 1.5m/s の場合の空気側の熱伝達係数は、コルゲート フィン形熱交換器の1.6倍である(管列2列の場合は1.5倍、管列3列の場合は1.7倍であり、平均すれば1.6倍である)。

通風抵抗についてはコルゲート フィン形熱交換器と同等で

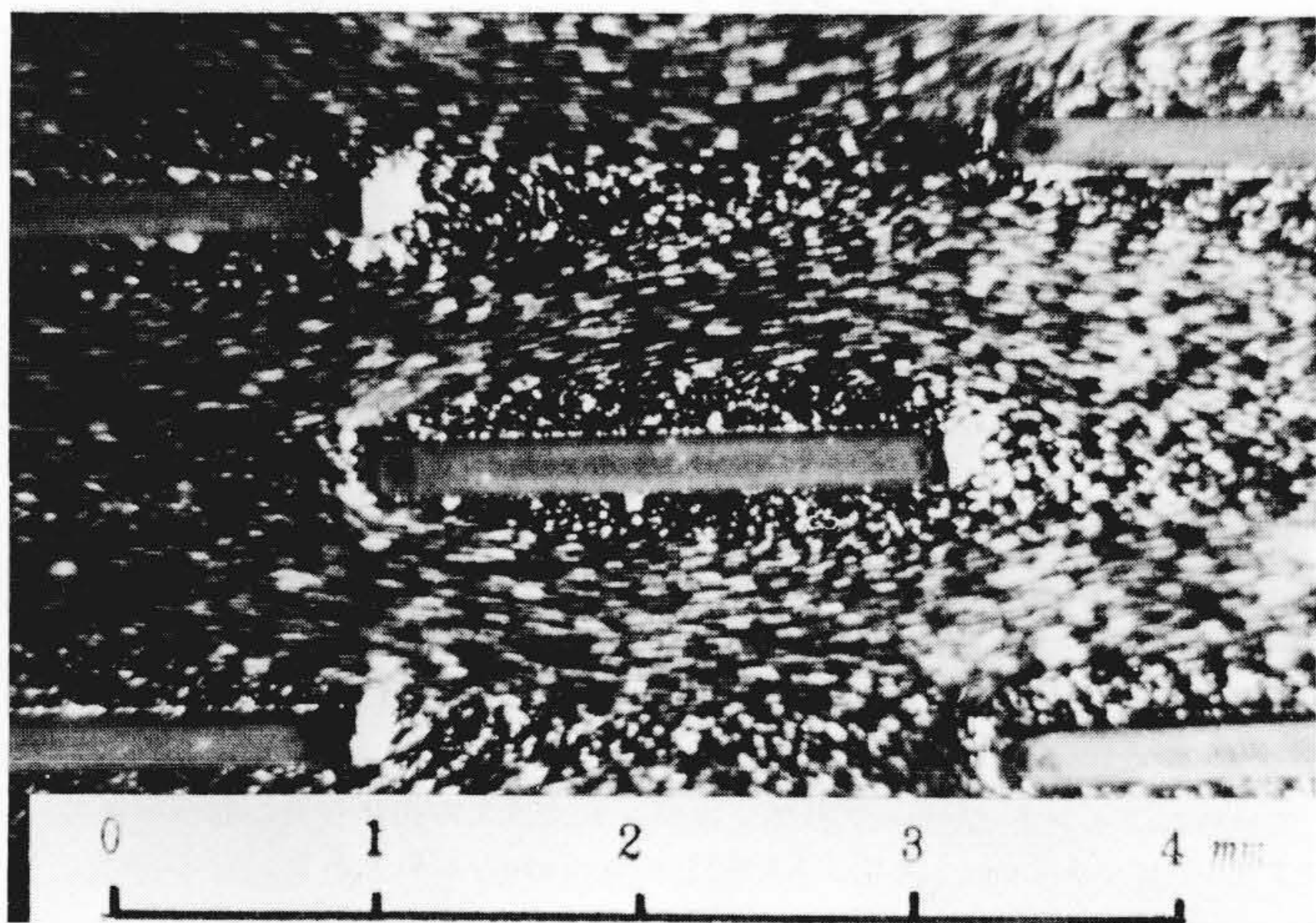


図5 スリット形フィンの流相 フィン間空気速度 2 m/s の場合に相当する水槽実験の流相で、各のスリット形フィンには先端部より新たな薄い境界層を形成している。

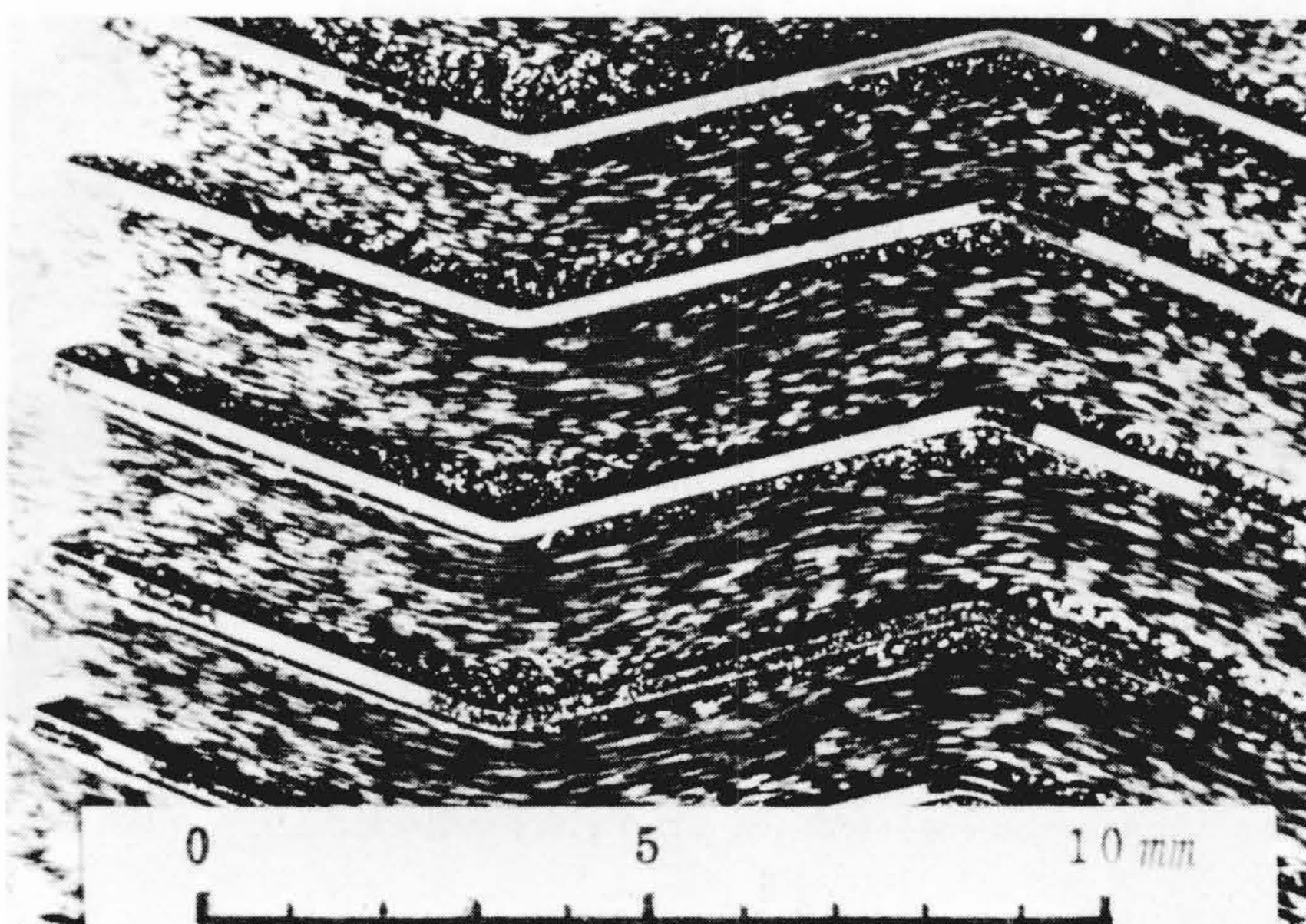


図6 コルゲート形フィンの流相 フィン間空気流速 2 m/s の場合に相当する水槽実験の流相で、境界層が発達し、一部ではく離を起こしている。

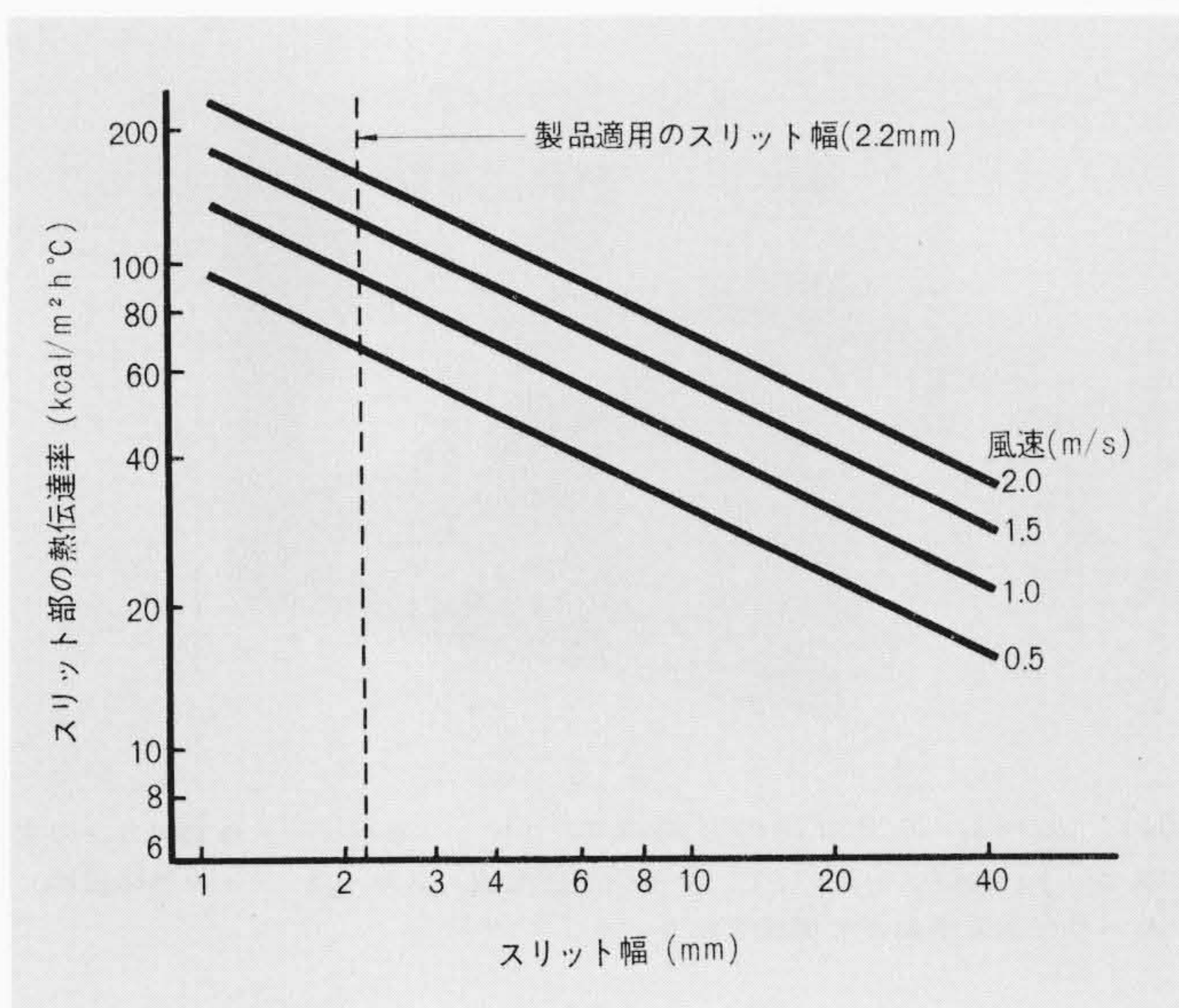


図7 スリット切起し幅とスリット部の熱伝達率 スリット形フィンの切起し幅とスリット部の熱伝達率の関係を計算で求めたもので、フィン幅は狭いほど熱伝達率は高くなる。

あった。

家庭用ルーム エアコンに用いる場合は、チューブ内には冷媒が流れるので、チューブ内を流れる冷媒と熱交換器外部の空気との間の熱貫流率は計算で求めなければならない。空気側の熱伝達係数が1.6倍の場合の熱貫流率を計算すると1.3倍になる(当社比)。

3.2 露付き時の性能

熱交換器を空気冷却用の蒸発器として使用する場合は、フィン面に結露を生じる。結露するということは、凝縮潜熱を空気から奪うことであり、見掛け上の熱伝達率が增大する。

「レイスの法則」によれば、露による潜熱移動は熱伝達率に比例するので、乾き時において熱伝達率の高いスリット フィン形熱交換器は、露付き時の熱伝達率も高くなる。

一方、露付きの場合は、露によるフィン面の凹凸によって通風抵抗が増大する。

露付き時の通風抵抗と乾き時の通風抵抗の比を測定した結果は図9に示すとおりであり、コルゲート フィン形熱交換器とスリット フィン形熱交換器とは、ほとんど同じであった。

4 ルーム エアコンの節電

ルーム エアコンの低温側熱交換器の性能を向上させると、低温側熱交換器内の冷媒の圧力が上昇し、高温側熱交換器の性能を向上させると、高温側熱交換器内の圧力が降下する。従って、圧縮機の吸込圧力が上昇し吐出し圧力が降下する。吐出し圧力と吸込圧力との圧力差、又は圧力比が小さいと圧縮機の仕事量が減少し節電になる。すなわち、ルーム エアコンの熱交換器の性能を向上させると、ルーム エアコンの節電を行なわせることができる。従来の経験では、20%の節電を行なわせるためには熱交換器の面積を1.5倍にしなければならず、金属材料面では反 省資源となってしまう。

スリット フィンをルーム エアコンの熱交換器に用いると、従来の熱交換器の伝熱面積と同一伝熱面積で20%消費電力を低減することができる。

スリット フィン形熱交換器を使用したセパレート壁掛形ルーム エアコンRAS-2201DY形、RAC-2201形(図10, 11参照)

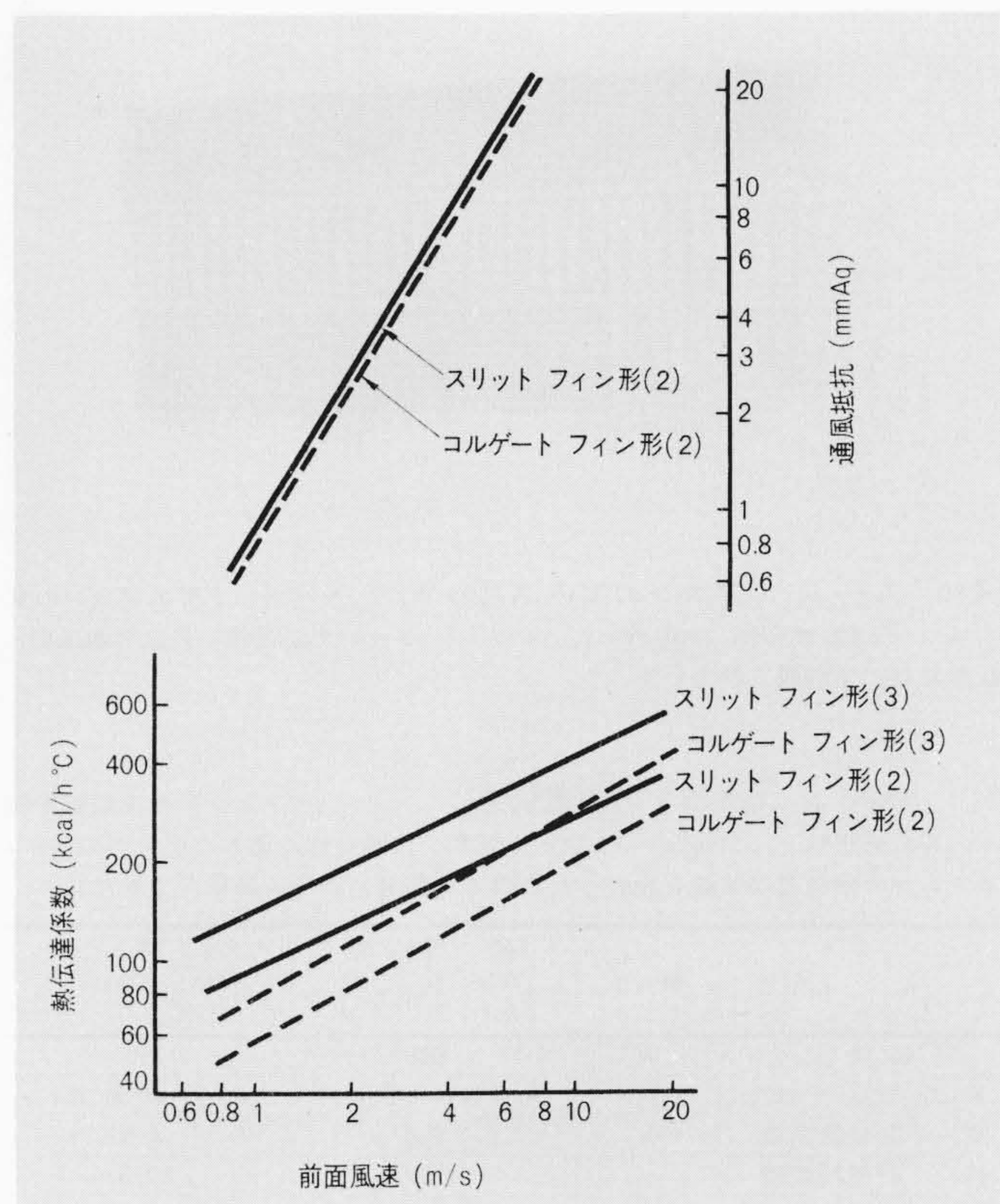


図8 熱交換器の性能比較 同一前面面積の熱交換器の空気側の熱伝達係数と通風抵抗を、内部に温水を通した実験から求めたものである。()は奥行方向の管の配列数を示す。熱貫流係数は、空気とチューブ表面との温度差を用いて計算した。

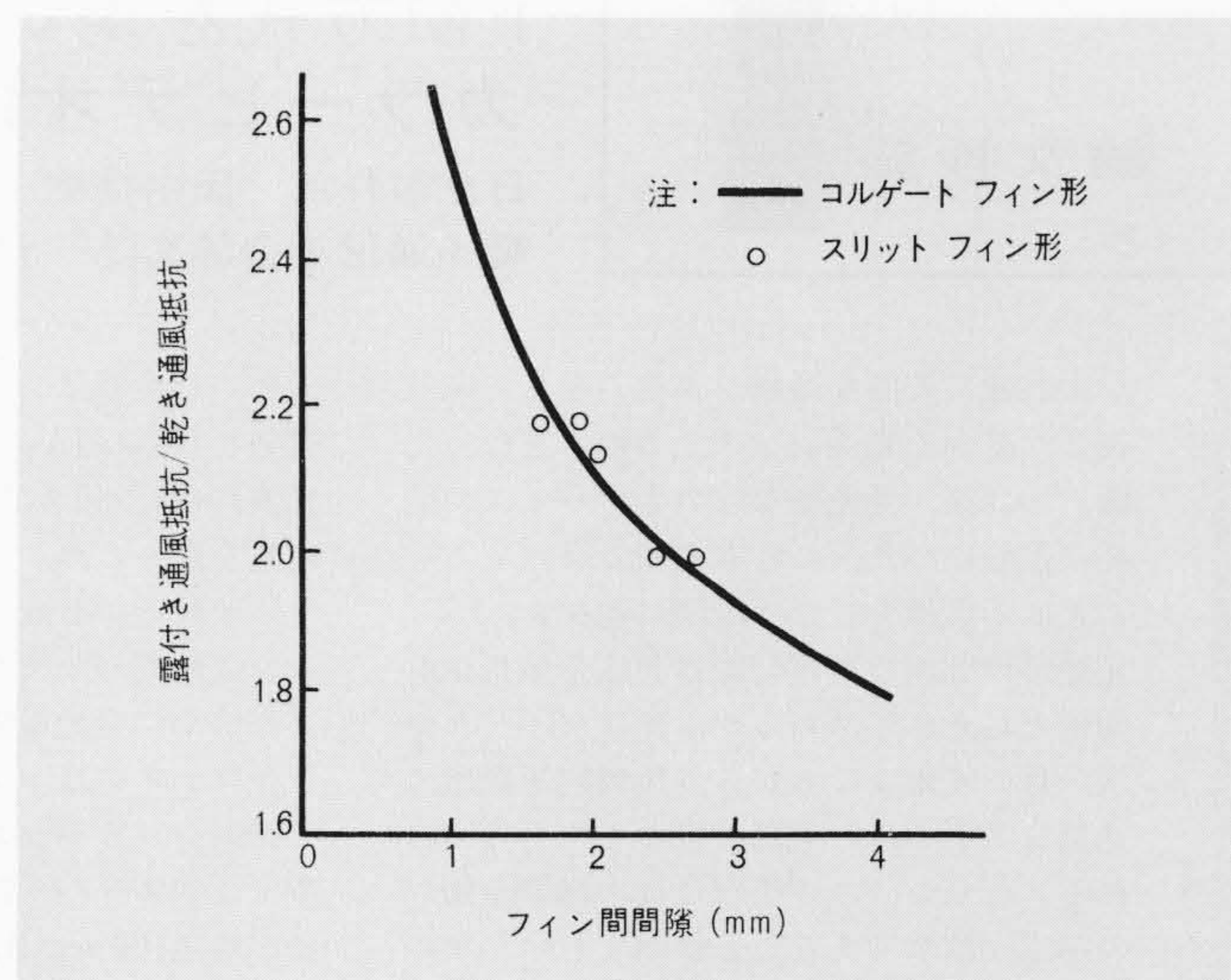


図9 露付き時の通風抵抗 露付き時の通風抵抗と乾き時の通風抵抗の比を測定したもので、スリット フィン形とコルゲート フィン形は同じである。

と、従来形のコルゲート フィン形熱交換器を使用した同出力のルーム エアコンであるRAS-229DY形、RAC-221形との仕様及び性能を比較した結果は、表1に示すとおりである。前者は後者に比較して、冷房能力、伝熱面積及び騒音はほとんど変わらないが、消費電力が20%少なく、成績係数が25%増大している。



図10 ルーム エアコンの室内ユニット セパレート形エアコンの室内ユニット(形式RAS-220IDY)で、スリット フィン形蒸発器、貫流形送風機、制御器などで構成されている。

表1 ルーム エアコンの節電効果 スリット フィン形熱交換器を組み込んだ節電形と、コルゲート フィン形熱交換器を組み込んだ従来形のルームエアコンの仕様及び性能を比較したもので、前者は20%の節電ができた。

項 目		単 位	節 電 形 (RAS-220IDY) (RAC-220I)	従 来 形 (RAS-229DY) (RAC-22I)
圧 縮 機 出 力		W	600	750
熱 交 換 器	形 式	—	スリット形フィン	コルゲート形フィン
	蒸発器面積	m ²	5.8	4.8
	凝縮器面積	m ²	11.2	10.0
	全伝熱面積	m ²	17.0	14.8
騒 音	室 内 側	dB	急50, 強44, 静35	急52, 強45, 静38
	室 外 側	dB	強52 静46	強49 静44
冷 房 能 力		kcal/h	2,240	2,240
消 費 電 力		W	985	1,230
成 積 係 数		kcal/h・W	2.28	1.82

注：電源＝100V 60Hz

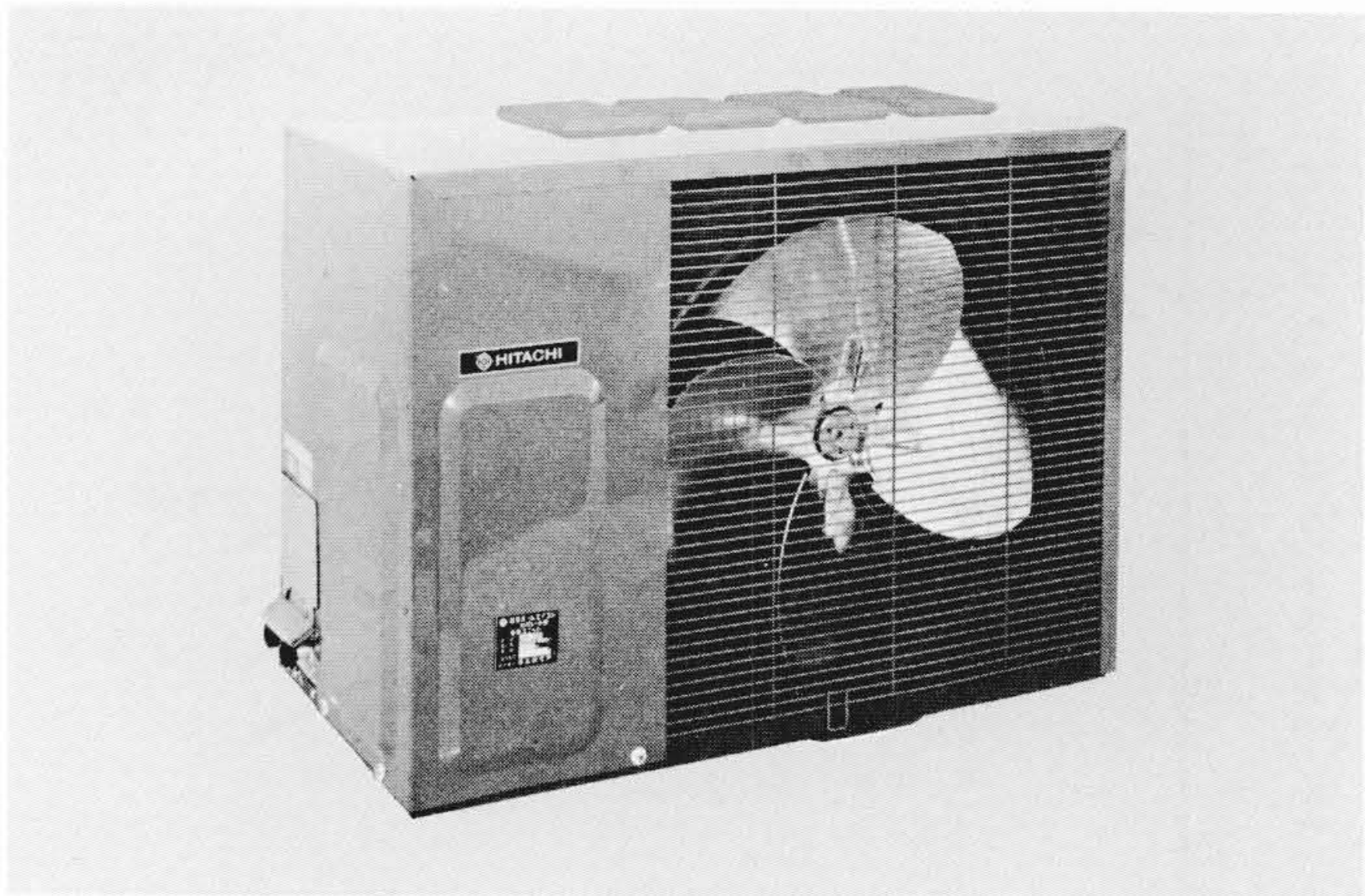


図11 ルーム エアコンの室外ユニット セパレート形エアコンの室外ユニット(形式RAC-220I)で、全密閉形圧縮機、スリット フィン形凝縮器、プロペラ形送風機などで構成されている。

5 結 言

空気調和機用熱交換器として開発したスリット フィン形熱交換器は、従来のコルゲート フィン形熱交換器に比較し、通風抵抗を上げずに、空気側の熱伝達係数が1.6倍に、冷媒と空気との熱貫流率が1.3倍に向上した(当社比)。

スリット フィン形熱交換器を使用した空気調和機は、コルゲート フィン形熱交換器を使用した空気調和機に比較して、冷房能力、伝熱面積及び騒音が同等で、消費電力を20%低減することができた。

論文抄録

FM方式を用いた光ファイバによる
カラービデオ信号の伝送実験

日立製作所 田中捷樹・長野克之、他4名
電子通信学会論文誌 57C-9, 327 (昭49-9)

大容量で安価な通信システムとして有望視されている光通信システムの研究は、光源、伝送路、受光器などの光デバイスの開発が進むにつれ、これらを組み合わせたシステムの実験を行なう段階に進みつつある。光通信の究極の適用分野は超広帯域長距離通信と目されてはいるが、光ファイバが軽量、且つ安価なことから、比較的短距離の通信システムにも適用し得るものと考えられる。しかし、この場合には中継器や端局の構成が簡単であることが望ましい。このような方式としてFM-IM方式を採用し、カラービデオ信号1チャンネルの光通信システム実験を行なった。

変調方式は双安定回路で発生させた16MHzの副搬送波にカラーテレビより取り出したNational Television System Committee(NTSC)方式のカラービデオ信号で周波数偏移4MHzのFMをかけ、このFM波により半導体レーザの出力光を直接強度変調するものである。

用いた半導体レーザは、連続発振用に開発されたGaAlAs半導体レーザで、中心発光波長は8,250Åである。変調の際の発光遅延を除くため、半導体レーザには発光しきい値付近の直流バイアスを流しておき、これに駆動パルスを重畳させている。このときの平均発光電力は3dBmであった。

光ファイバはコアに合成石英、クラッドに96%シリカガラスを用いたクラッド形の多モードファイバで、コア直径70μm、ファイバ外径100μm、8,250Åでの損失は35dB/km、伝送距離は200mである。

受光器は内部利得をもつSiアパランシェ光ダイオード(APD)を用いた。このAPDは超階段接合構造の採用により、低動作電圧化を図ったもので、受光面直径は300μm、8,250Åでの光電変換係数は0.39A/Wである。200m長の光ファイバ伝送後の平均受光電力は-27dBmで、このときのAPDの最適利得は14.3dBであった。

半導体レーザと光ファイバとの光学的結

合は、レーザ光出力端面と光ファイバ端面を空間対向させる方法によっているが、ファイバ端面に半球状レンズを装着して結合効率を改善している。

この実験における光系での損失は、半導体レーザと光ファイバとの結合損失が15dB、200m長の光ファイバの伝送損失(曲げによる損失も含む)が15dBで合計30dBであった。

平均受光電力-27dBmでの復調ビデオ信号のS/Nは3.58MHzで36dBであったが、副搬送波の周波数を高くし、周波数偏移を大きくとることによりS/Nの改善が可能である。

FM-IM方式は多中継向きではないが、変・復調器がPCMやPPM方式に比べ極めて簡単であることから、比較的短距離の画像伝送システムに有利であると考えられる。