

# 車 両 用 冷 房 装 置

## The Air Conditioning Unit of Railway Coaches

市 川 道 夫\* 出 水 芳 郎\*\*  
Michio Ichikawa Yoshirō Demizu

### 内 容 梗 概

最近の車両用冷房装置は、集中発電方式によるユニット式のものを採用してから急速な普及をとげた。本文は幾種類かの車両用ユニット式冷房装置の概要を紹介し、その性能試験結果について述べている。

### 1. 緒 言

車両空気調和装置として夏季の冷房は最近の優等車では必須の条件となり、冷房技術の進歩とともに信頼度の高い取扱い容易で低廉な方式が検討されている。

一方鉄道の電化、ディーゼル化にともない、冷房装置もディーゼル機関と発電機、電動発電機より得られる三相交流電源によって駆動されるようになり、急速な進歩をとげた。冷房装置は冷媒圧縮装置、凝縮装置、空気調和装置一式を一個のキャビネット、あるいは一つの機械室内に収めた集中発電駆動によるセルフコンテント式のものとして、車両の特性、構造、機器配置の状況に応じて、それぞれ床下、室内、天井に配置され、小形軽量化、簡易化に努めるとともに、車両の高速軽量化の要望にも応じている。以下その概要を紹介する。

### 2. 車両冷房装置の問題点

客室内の冷房状態の標準は一般に室温24~26°C、相対湿度55%、空気流0.1~0.25 m/s、換気量1人当たり17 m<sup>3</sup>/hといわれている。温度、湿度を調整し臭気じんあいを除くのみでなく室内の温度分布、気流の分布なども快適性と密接な関係がある。冷房負荷は壁(天井、床、側板、窓)から侵入する熱量、乗客発散熱量、換気により侵入する熱量などから決定される。走行区間が長距離になると時刻、天候、区間などにより刻々冷房負荷は変化する。壁を通して外部から侵入する熱量のうち太陽輻射によるものは大であるから車体の断熱材料は十分吟味せねばならない。最近の車両用材料の進歩は著しく、熱絶縁性の良好な軽くて吸音性もまた良いものが得られるようになった。窓ガラスも二重ガラスの間に乾燥空気を封入したいわゆるペアガラスの出現により、はめ込み固定窓とし、必要に応じては熱線吸収ガラスを採用している。車体設計に際しては鋼体の強度メンバと内張板の重なるところは断熱的に留意せねばならない。空気の循環回数は乗客人員数にもよるが、座席車では1時間当たり25~30回で、寝台車では15~18回が適当であろう。冷房車では室内に多少の風圧をもたせて、とびらそのほかのすき間から外気の侵入を防がねばならない。いま新鮮空気の循環空気に対する比を1/3として断熱十分な車両の冷房負荷を算定すると第1表のようになる。

冷凍技術の面からは、事故の原因となりやすい回転部分をもつ機械圧縮機式に代る画期的なものとして、熱電流の原理から異種金属間に直流電流を通じて温度差を生ぜしめ、冬期は逆に暖房への応用も考えられる電子冷房法、さらに吸収式冷房法としては冷媒としてアンモニアの代わりに臭化リチウム、塩化リチウム、トリエチレングリコールを使用して効率を上げることも研究されている。

急速に進みつつある鉄道の電化、車両の軽量高速化を考慮し、編成車両全体を冷房するには現状としていかなる方式が妥当である

第1表 車 両 冷 房 負 荷

定 員 (人)	50	60	70
循 環 空 気 量 (m <sup>3</sup> /min)	50	50	60
外部からの侵入熱量 (kcal/h)	9,200	9,200	9,200
乗 客 発 散 熱 量 (kcal/h)	5,500	6,600	7,700
新鮮空気による熱量 (kcal/h)	9,200	9,200	11,000
総 冷 房 負 荷 (kcal/h)	23,900	25,000	27,900

注：算定条件を下記する  
外 気 温度 32°C 湿度 80% 室 内 温度 26°C 湿度 60%

かを決定することは、きわめてむずかしい問題であるが、交流電源動力を集中し、各車両に適当な電圧で動力を送り密閉形圧縮機を使用する冷凍サイクルのユニット式冷房装置は次の点より良好な方法であるといえる。

- (1) 動力を集中することにより、車軸から動力をうる場合に必要な走行時、中間駅の短時間停車時、始発駅、客車区の長時間停車時の三つの場合を考慮した動力源が一つになり著しく簡易化される。
- (2) 従来外国はもとより国内でも採用されていた車軸直接駆動、車軸発電駆動の方式はけん引力を減少せしめるため、車両高速化に及ぼす影響が大である。
- (3) 交流電源利用の最大利点は密閉形圧縮機が採用できることである。密閉形とすることにより従来保守の難点となっていた走行振動による軸封部の冷媒漏えい事故がなくなることである。さらに電動機は冷媒ガスによって過負荷運転に耐えうる。また軸封部がないため回転を上げて小形軽量化することも可能である。

### 3. 冷房装置の種類と形式

ディーゼル機関と交流発電機、電動発電機などによって集中的に発電された三相交流電源によって駆動される車両用冷房装置のおもなるものとして次のものがあげられる。

#### (1) 床下ユニット式

車両の床下にパッケージ形ユニット式の冷房装置を取付ける方式で、国鉄の「あさかぜ」「さくら」「はやぶさ」などに採用されている。

#### (2) 室内機械室集中式

車両の室内の一部を仕切って機械室とし、そこに集中的に冷房装置を収めたもので、近畿日本鉄道の名阪特急電車がこの方式を採用している。

#### (3) 天井ユニット式

車両の天井、屋根にユニット式冷房装置を必要個数取付けたもので、国鉄の「つばめ」「こだま」がこの方式である。

これらの各形式の概要特色について述べる。

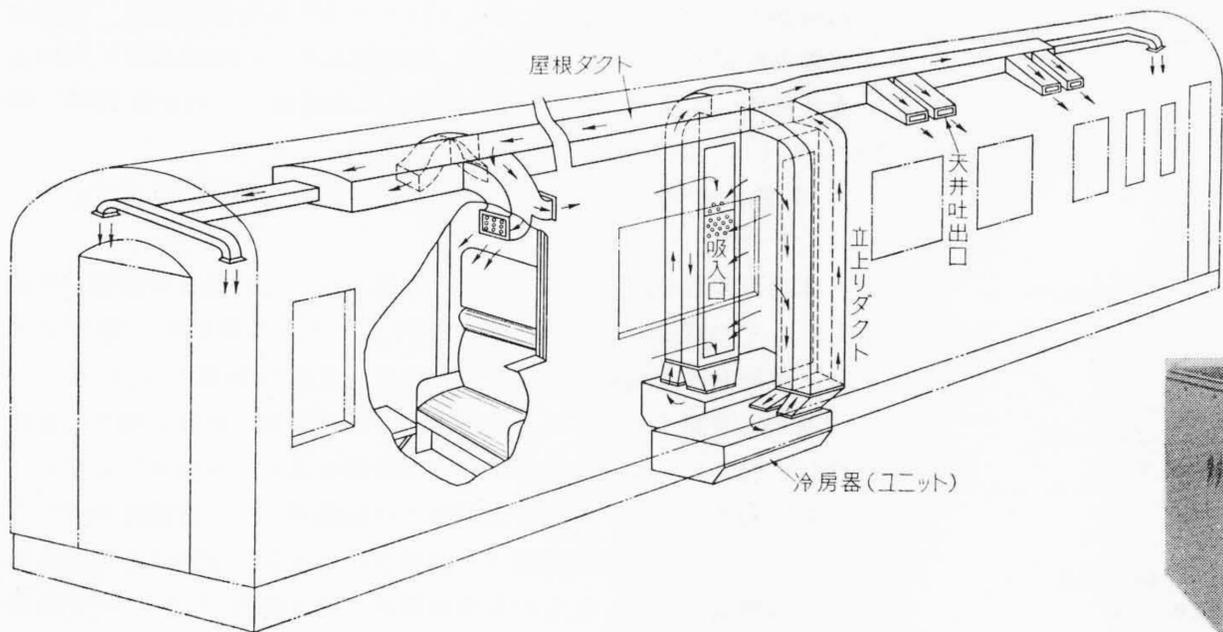
### 4. 床下ユニット式冷房装置

#### 4.1 特 色

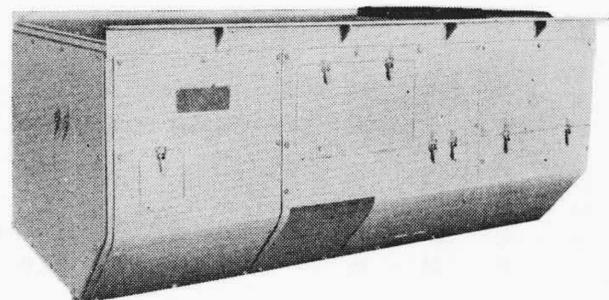
床下ユニット式冷房装置は第1図に示すように、ユニット式パッ

\* 日立製作所栃木工場

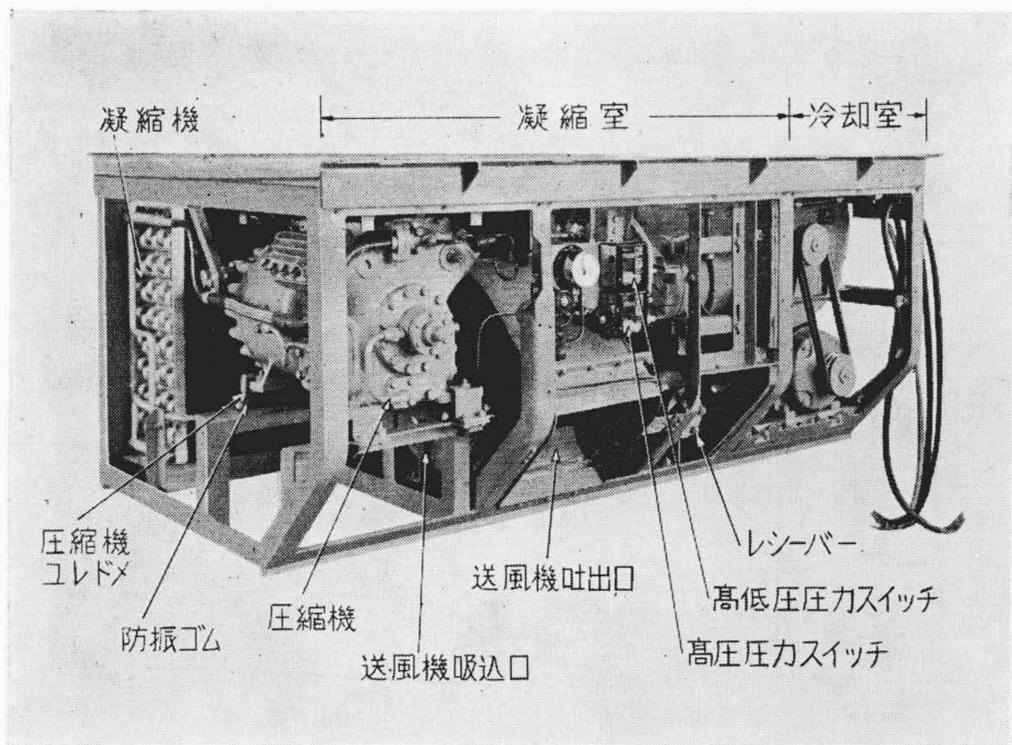
\*\* 日立製作所笠戸工場



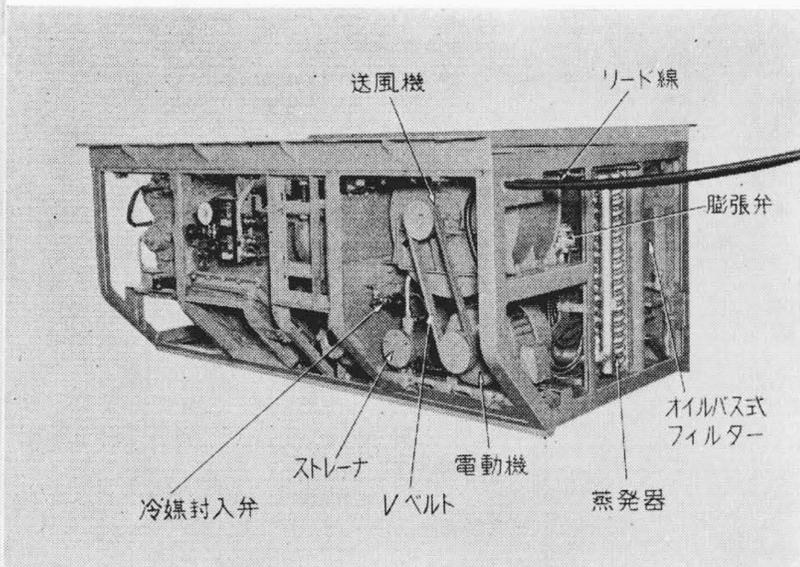
第1図 床下ユニット式取付車両概観図



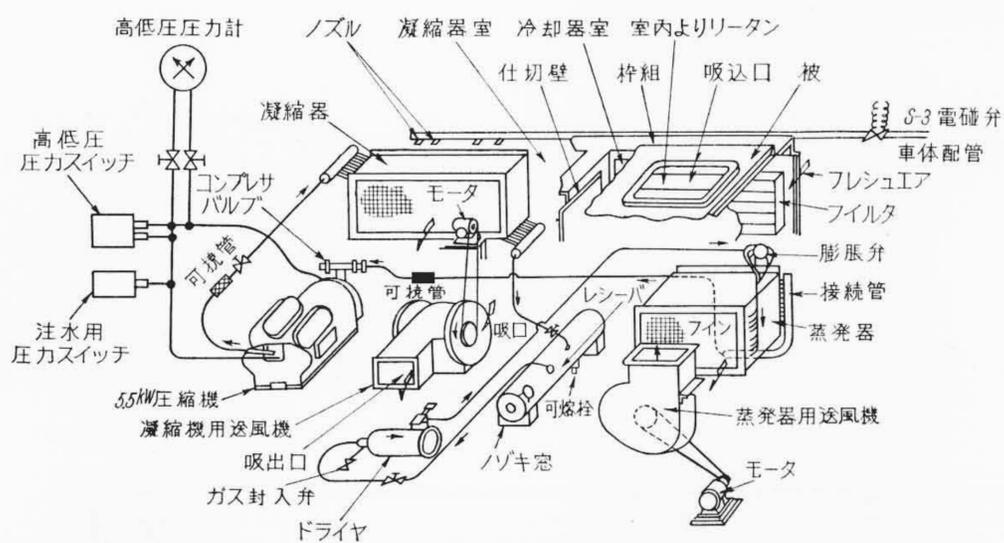
第2図 床下ユニット式冷房装置 (1)



第3図 床下ユニット式冷房装置 (2)



第4図 床下ユニット式冷房装置 (3)



第5図 冷凍サイクル系統図

ケージ形の冷房装置を車両の床下に取付け、送風機により車両内に装備されたダクトを通して調和された空気を室内に送り、リターン空気もダクトを通してユニット内に返す方式である。客車は一般にこの方式が採用されているが、電車、気動車でも床下配置に余裕のあるものに適用される。機器が床下にあるため振動騒音も少なく、各吐出口に適切なダンパをつければ風量調節も可能である。ユニット式であるから点検取扱いも容易であり、車体とはボルト締めで簡

単に取付け、取はずしが可能である。必要冷房負荷に応じて1~2台取付け、温度調節器によって自動運転制御して常に室内を快適な状態に保っている。

#### 4.2 構造と仕様

このユニット式冷房装置は強固に組み立てられた枠組に圧縮機、凝縮器、送風機、電動機などを取付けてカバーで包んだセルフコンテント式のもので、第2~4図は国鉄「あさかぜ」号に装備されているものの構造を示す。

各機器は車両の振動を考慮して強固に製作取付けられている。圧縮機は特に振動源となるので枠組に防振ゴムで支持され、さらに圧縮機の吐出、吸入管の一部にたわみ管を使用して耐振構造としている。冷房装置の冷媒はデイクロロ・デイフロロメタン(CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)を使用し、各機器は厳密な耐圧気密試験がしてある。第5図に冷凍サイ

クル系統図を示す。すなわち圧縮機で圧縮された高温過熱冷媒ガスは凝縮器にはいり、凝縮器内で送風機によって吸込まれた空気によって冷却されて凝縮し、レシーバ、ストレーナを通して膨張弁に達し、ここで絞られて膨張する。膨張弁を出た低圧低温の液状冷媒は蒸発器にはいり、客室よりのリターン空気とフィルタを通して吸込まれる新鮮外気との混合した空気と熱交換してその空気を冷却除湿するが、一方蒸発器内で蒸発した冷媒は、低圧飽和ガスまたは若干

第2表 床下ユニット式冷房装置の仕様

ユニット	形式 長さ×幅×高さ 電源 冷房容量	AU-22 1,850mm×1,230mm×800mm 3φ, A.C, 200V, 60c/s 12,800 kcal/h (凝縮温度 50°C, 蒸発温度 7°C)
圧縮機	形式 シリンダ 潤滑方式 冷媒 電動機	F S V V 4 4気筒 52mmφ×42mm 内接ギヤポンプによる強制潤滑 ディクロロ, ディフロロメタン (CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> ) 三相交流誘導電動機 5.5kw 4極
凝縮器	形式 材質 送風機 電動機	プレートフィン式 強制通風 銅管, 銅フィン 両吸込形 多翼式 80m <sup>3</sup> /min×10mmAq 三相交流誘導電動機 0.75kW 4極
蒸発器	形式 材質 送風機 電動機	プレートフィン式 強制通風 銅管, アルミフィン 片吸込形多翼式 30m <sup>3</sup> /min×40mmAq 三相交流誘導電動機 0.75kW 4極
膨張弁	形式 容量	外部イコライザ温度式 6冷凍トン
制御装置	収容機器 温度調節器	配線用遮断器, 電磁接触器, 切換開閉器, 押ボタン, 各種標示灯, 標示灯用抵抗器, ヒューズ端子盤, 温度調節器 形式 L6018D 2-stage
保安装置	高低圧圧力開閉器	形式 DPS 104 M 調整圧力 高圧側 15.0kg/cm <sup>2</sup> (g) 低圧側 0.5kg/cm <sup>2</sup> (g)
	凝縮器注水用圧力開閉器	形式 LPS 118 調整圧力 接 13.0kg/cm <sup>2</sup> (g) 断 11.0kg/cm <sup>2</sup> (g)
	その他	注水用電磁弁 各電動機用過負荷継電器 可溶栓

の過熱ガスとなり圧縮機に吸入されてサイクルを形成する。電源は電源車のディーゼル交流発電機で発電された三相交流 600V, 60 c/s を各車両へ送電し, 各車両に装備された変圧器で三相交流 200V, 60 c/s にして, 冷房装置へ供給している。

「あさかぜ」号に装備された冷房装置の仕様を第2表に示す。

### 4.3 性能

本冷房装置の試験を夏季と同じ状態で行うため恒温恒湿室を作成した。その構造配置は第6図に示す。すなわち機械室と客室に分け, 機械室は凝縮器よりダクトで導き出された加熱空気をダンパで適当に調節することにより, その一部は外気へ排出し残りは新鮮空気と混合して適当な温度にして加湿器を通して恒温室へもどし, さらに補助のヒータを温度調節器で自動制御して一定温度を保つことができる。湿度は凝縮器より排出された空気の室内にもどるものと新鮮空気の混合したものを加湿器内に導き温水スプレーで加湿し, 湿度調節器で温水スプレーを自動制御して一定に保持することができる。

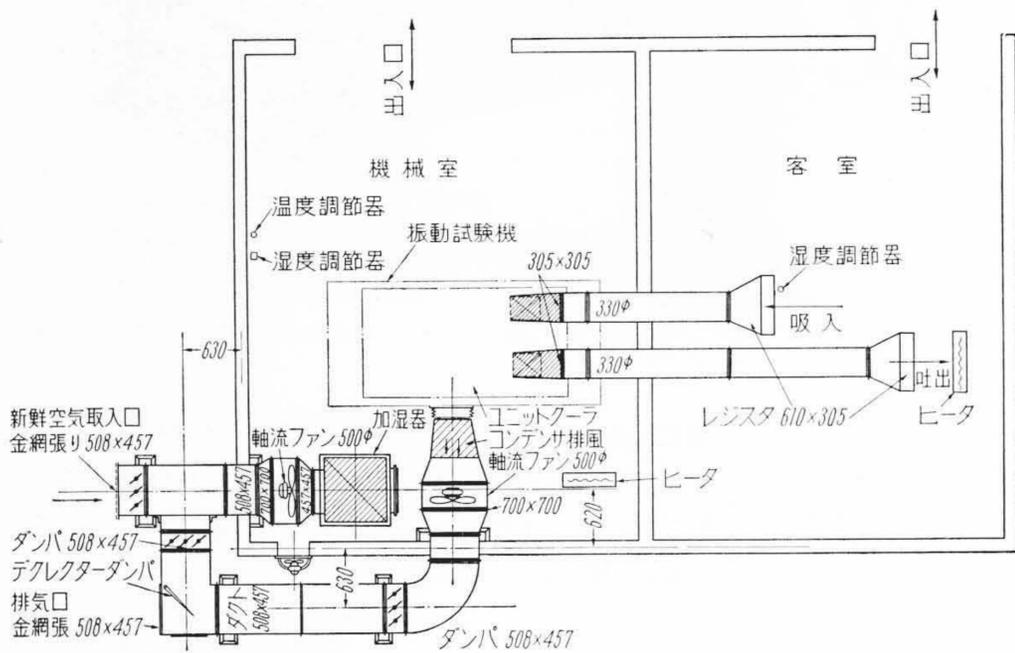
一方, 客室は冷房装置より吐出された調和空気で客室が冷却されるので, 車両の客室熱負荷に相当するヒータを置いて, 温度調節器によってリターン空気の温度を一定にしている。

冷房装置を恒温恒湿室内で正常運転し, 室内の温度を変化した場合の性能を示したものが第7図である。

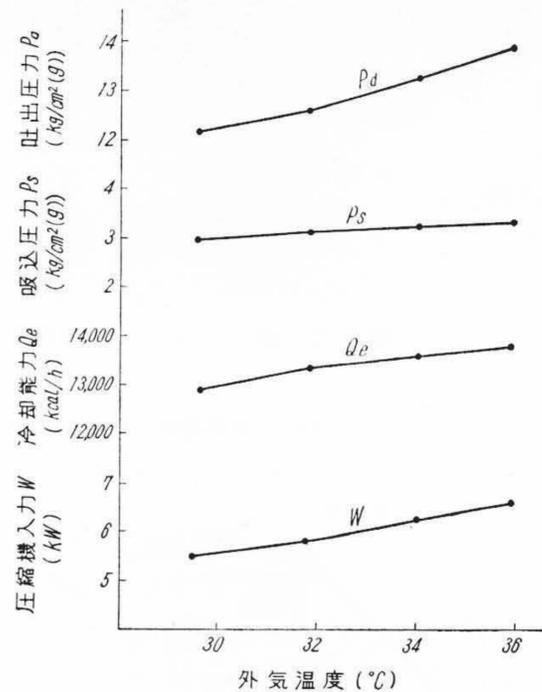
## 5. 機械室集中式冷房装置

### 5.1 特色

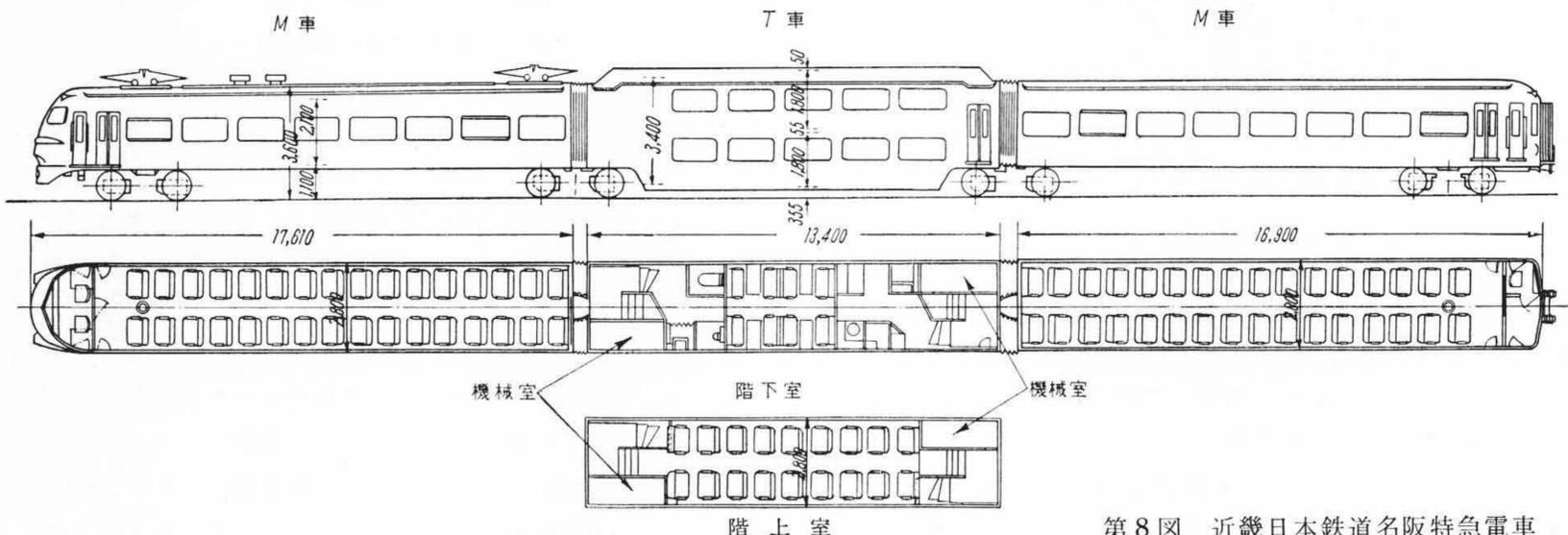
機械室集中式冷房装置は第8図に示すように, 車両内部の一部を



第6図 恒温恒湿室



第7図 外気温度変化に対する床下ユニット式冷房装置の性能



第8図 近畿日本鉄道名阪特急電車



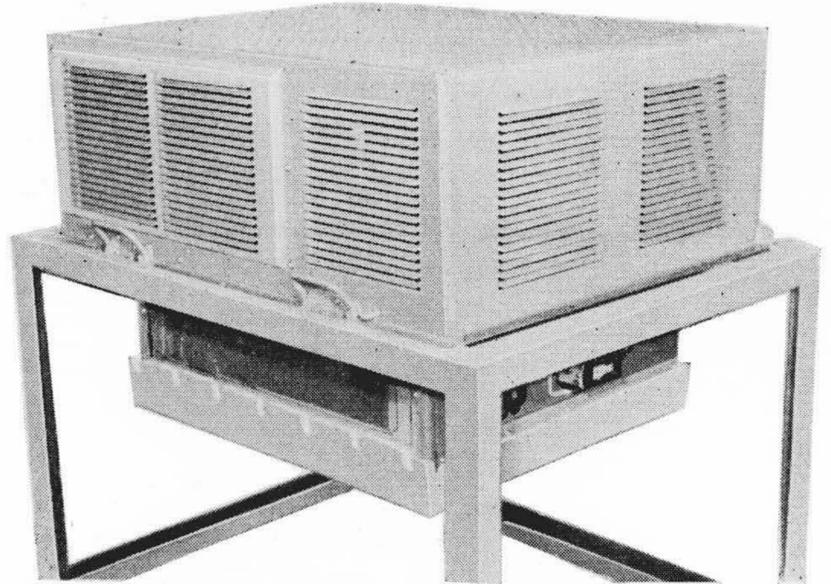
第3表 機械室集中式冷房装置仕様

電 冷 房 容 量	源 量	三相交流 200V 60c/s 1機械室に付 20,000kcal/h×2=40,000kcal/h (凝縮温度 50°C, 蒸発温度7°C)
圧 縮 機	形 式	FSVW 6
	シ リ ン ダ 冷 媒 潤 滑 方 式 電 動 機	6気筒 52mmφ×42mm デイクロロ, デイクロロメタン (CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> ) 内接ギヤーポンプによる強制潤滑 三相交流誘導電動機 7.5kW 4極
凝 縮 器	形 材 送 風 電 動 機	プレートフィン式 強制通風 銅管, 銅フィン 片吸込形多翼式 220m <sup>3</sup> /min×47mmAq 三相交流誘導電動機 5.5kW 4極
	形 材 送 風 電 動 機	プレートフィン式 強制通風 銅管, アルミフィン 片吸込形多翼式 150m <sup>3</sup> /min×51mmAq 三相交流誘導電動機 3.7kW 6極
膨 脹 弁	形 容 式 量	外部イコライザ温度式 8.5冷凍トン
制 御 装 置	収 容 機 器	配線用遮断器, 電磁接触器, 切換開閉器, 押ボタン, 電圧計, 表示灯, 表示灯用トランス, 補助接触器, ヒ ューズ, サイクルタイマ, 端子台
	温 度 調 節 器	形式 L6018D 2-stage
保 安 装 置	高 低 圧 圧 力 開 閉 器	形式 DPS 104 M 調整圧力 高圧 15.0kg/cm <sup>2</sup> (g) 低圧 0.5kg/cm <sup>2</sup> (g)
	注 水 用 圧 力 開 閉 器	形式 LPS 118 調整圧力 接 14.0kg/cm <sup>2</sup> (g) 断 12.0kg/cm <sup>2</sup> (g)
	そ の 他	注水用電磁弁, 冷媒用電磁弁, 可溶栓 各電動機用過負荷継電器

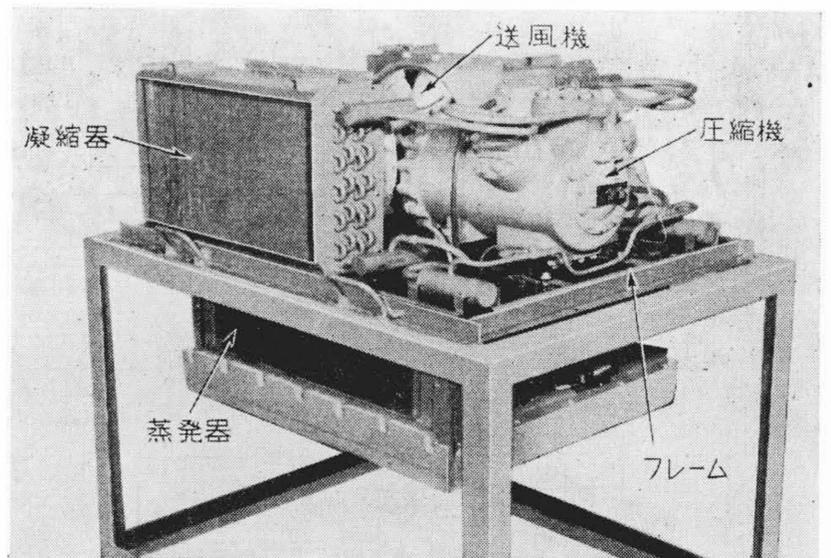
第4表 恒温恒湿室内の試験結果

		No. 1	No. 2
電 気	電 周 波 数	220V	220V
	圧 縮 機 電 動 機 電 流	60c/s	60c/s
	圧 縮 機 電 動 機 入 力	25.5A	25A
	凝 縮 器 電 動 機 電 流	8.36kW	8.25kW
	凝 縮 器 電 動 機 入 力	13.3A	
	蒸 発 器 電 動 機 電 流	4.16kW	
	蒸 発 器 電 動 機 入 力	9.2A	
	蒸 発 器 電 動 機 入 力	2.81kW	
圧 力	圧 縮 機 吐 出 圧 力	12.8 kg/cm <sup>2</sup> (g)	12.9 kg/cm <sup>2</sup> (g)
	圧 縮 機 吸 入 圧 力	2.8	2.7
冷 媒 温 度	圧 縮 機 出 口	79°C	79°C
	凝 縮 器 出 口	49	50
	膨 脹 弁 入 口	43	41
	蒸 発 器 入 口	11	11
	蒸 発 器 出 口	16	16
空 気 温 度	凝 縮 器 吸 込 乾 球	32 °C	
	凝 縮 器 吸 込 湿 球	26	
	凝 縮 器 吐 出 乾 球	49.5	
	①蒸 発 器 吸 込 乾 球	29	
	①蒸 発 器 吸 込 湿 球	23	
	②蒸 発 器 吸 込 乾 球	27.5	
	②蒸 発 器 吸 込 湿 球	21	
	③蒸 発 器 吸 込 乾 球	26.5	
	③蒸 発 器 吸 込 湿 球	21	
	蒸 発 器 吐 出 乾 球	14.3	
蒸 発 器 吐 出 湿 球	13.8		
風 量	凝 縮 器 吸 込	210m <sup>3</sup> /min	
	①蒸 発 器 吸 込	55	
	②蒸 発 器 吸 込	48	
	③蒸 発 器 吸 込	12	
	蒸 発 器 吐 出	105	
能 力	冷 却 能 力	46,400kcal/h	

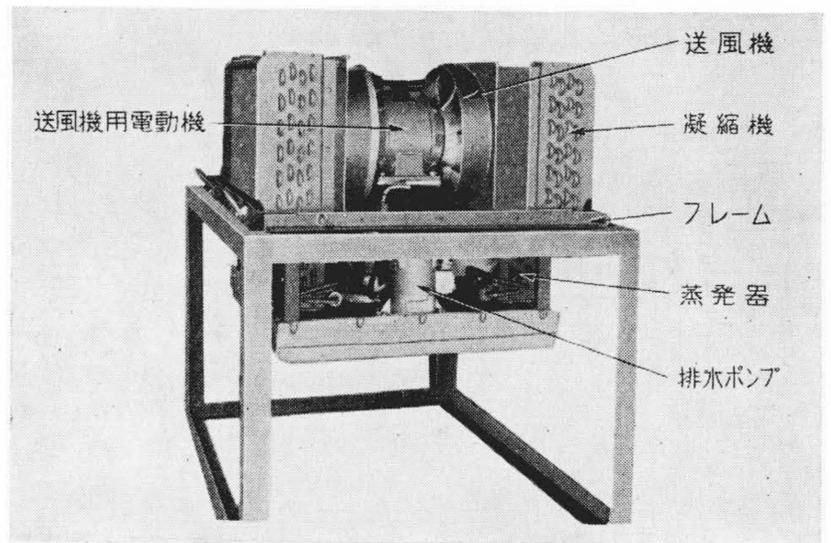
よりの低温吐出風をダンパ◎で適量調節混合して温度を保ち、湿度は蒸気噴射量で調節している。さらに余分の凝縮器排出風はダクトを通して試験室外へ排出する。冷房装置を恒温恒湿室内で正常運



第12図 ユニットクーラ外観写真



第13図 ユニットクーラ構造写真



第14図 ユニットクーラ構造写真

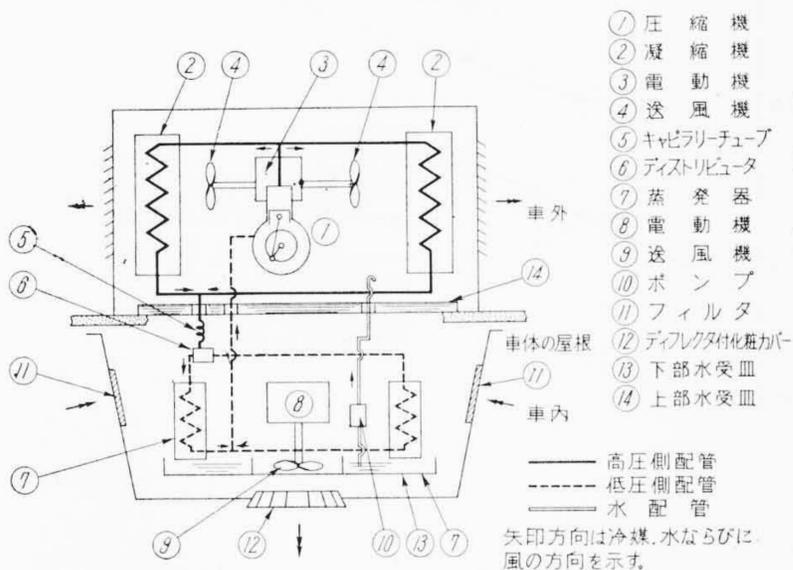
してから約2時間後の定常状態に達した時の測定した結果の一例を第4表に示す。

## 6. 天井ユニット式冷房装置

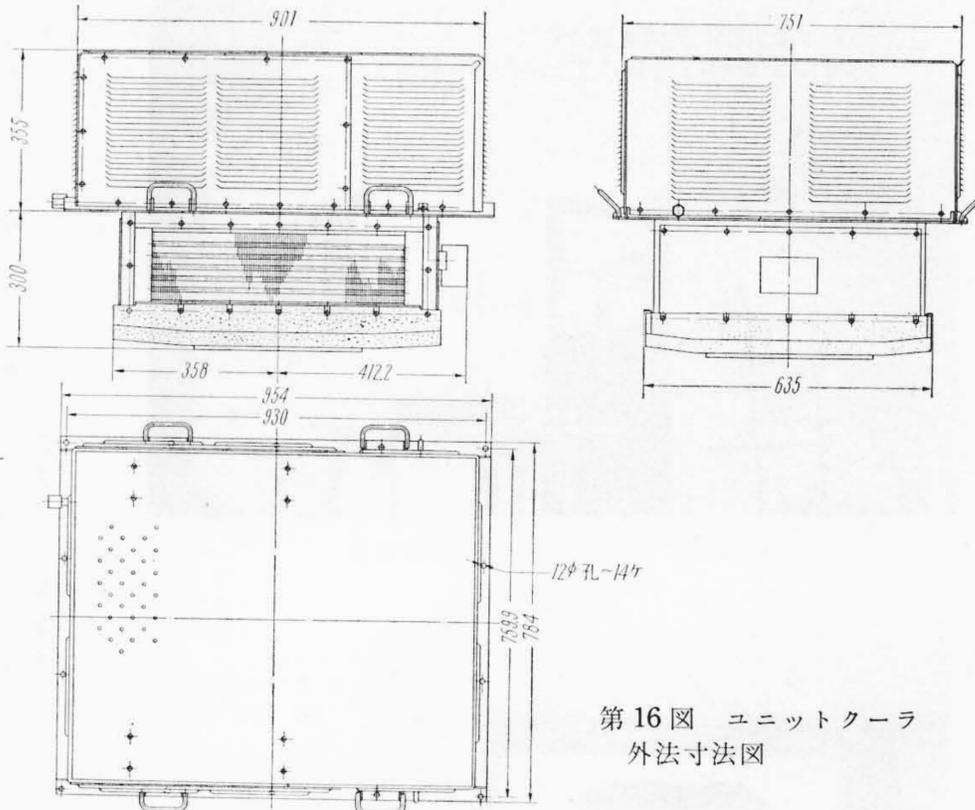
### 6.1 特 色

一般に標準形電車の冷房を行う場合には、車体の床下に電動機、制御器などの機器が多数配置されているため、客車の冷房のように大容量の冷房装置を床下に装備して、集中方式で車内を冷房することはむずかしい。

したがって、標準形の電車を冷房するためには、小容量のユニットクーラを車体天井に数個装備して、ユニットクーラより、直接車内に冷風を送ることが便利である。この方式が天井ユニット方式で



第15図 ユニットクーラの配管系統図



第16図 ユニットクーラ  
外法寸法図

ある。

天井ユニット方式においては、ユニットクーラを車体天井に装備したとき、車両限界内に納めるように、ユニットクーラの寸法を極力小さくし、かつ重量当りの冷房能力のすぐれたものを採用しなければならない。

天井ユニット方式においては、同一ユニットクーラを生産し、車体に装備する場合は、車両の冷房負荷に応じて、ユニットクーラの台数を加減すればよく、また車内の装飾は観客の要求により、ユニットクーラの化粧カバーの変更にとどめることができる。

したがって種々の車体にユニットクーラを装備する場合にも、ユニットクーラ本体にはほとんど変更する必要はない。ゆえに天井ユニット方式は、性能の安定、品質の統一などのできる量産性に富んだ車両の冷房方式といえる。

### 6.2 構造と仕様

第12図はユニットクーラの外観写真、第13、14図は構造を示す写真である。第15図はユニットクーラの構造を示す配管系統図である。第15図において圧縮機①から排出された高温高圧の冷媒ガスは、二通路に分れて凝縮器②にはいり、送風機④によって冷却されて液化する。液化した冷媒はふたたび一本のキャピラリーチューブ⑤にまとり、減圧してディストリビュータ⑥を通過し、蒸発器⑦に均一に分配される。ここで凝縮器②を冷却する空気は、走行中車体の周囲を流れる気流を排除して、ユニットクーラから放出される。

一方送風機⑨により、車内の暖かい空気を、エアフィルタ⑪を通してユニットクーラ内に吸込む。蒸発器⑦で熱交換し冷却除湿された空気は、デフレクタ⑫を経て車内へ均一に送られる。冷媒は空気より蒸発の潜熱を奪って気化し、圧縮機①に吸込まれる。蒸発器⑦で凝縮し水滴となった空気中の湿気は水受皿⑬にたまり、電動ポンプ⑩によって上部の水受皿⑭に送られる。この水分は送風機④の羽根の回転によって霧状になり、凝縮器②に吹付けられ気化して、凝縮効果を助長しながらユニットクーラの外に排出される。

ユニットクーラにおいては、車外部が屋根上に露出し、かつ一枚の水受皿兼仕切板によって、車内外の仕切りを行っているため、新鮮空気の取入口をユニットクーラ本体に設けることはむずかしい。したがって新鮮空気を車内に取入れるには、一般に車体に取付ける通風器を使用するか、またはユニットクーラに通風器を組合わせた方法による。このような構造を有するユニットクーラの標準仕様は

第5表 ユニットクーラの標準仕様

項目	単位		
外法寸法	幅	mm	960
	奥行き	mm	790
	高さ	mm	355+300 (車外+車内)
冷却装置	圧縮機	型式	F S V W s 密閉型
		電動機	1.5kW, 3φ, 220V, 60~, 4P
	凝縮器	種類	多通路クロスフィン式
		送風機	串型軸流送風機×2基
		送風機用電動機	120W, 3φ, 220V, 60~, 4P
	蒸発器	種類	多通路クロスフィン式
		送風機	軸流送風機
		送風機用電動機	50W, 3φ, 220V, 60~, 4P
	排水ポンプ	種類	遠心式
		揚程	水柱mm
揚水量		l/h	20
電動機			50W, 3φ, 220V, 60~, 2P
冷媒制御装置		キャピラリーチューブ	
冷媒		R-12	
空気ろ過装置		パーマネントウォッシュブルエアフィルタ	
保護装置		電磁開閉器(過負荷継電器付)および圧力開閉器	
冷却能力	kcal/h	※約 5,500	
除湿量	l/h	※約 4	
電源		220V, 3φ, 60~	
製品重量	kg	約 190	

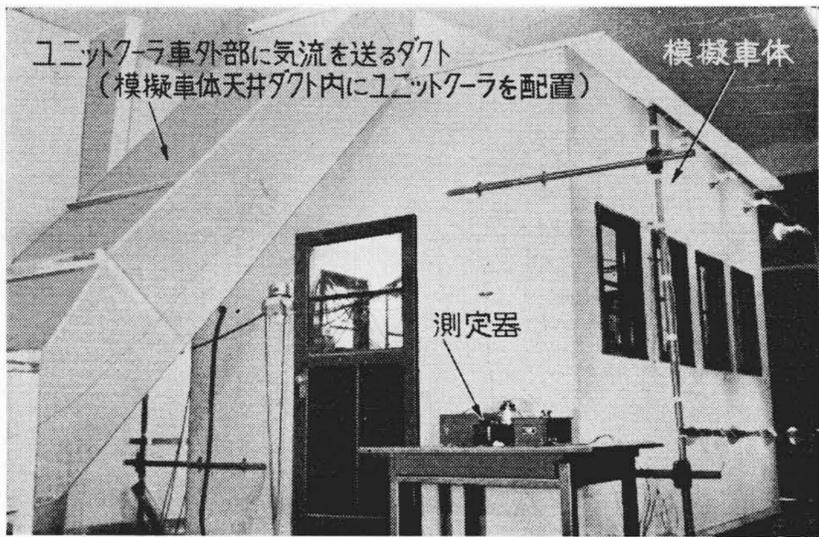
注：※印欄は下記温湿度条件における値を示します。

車外温度	35°C
車内乾球温度	28°C
車内相対湿度	65%

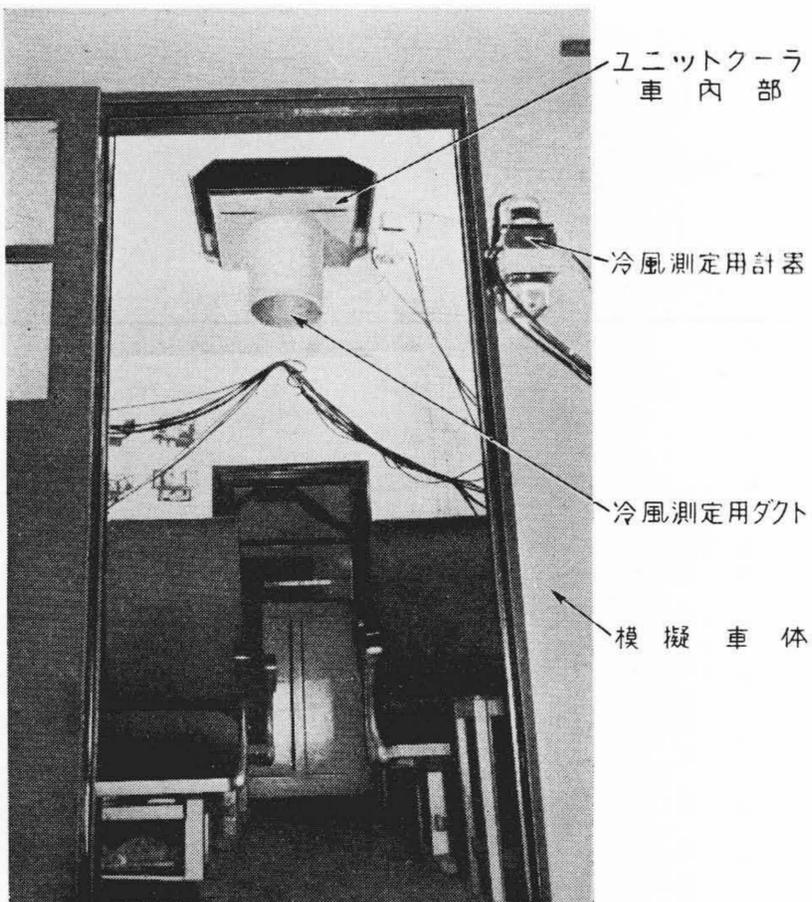
第5表に示すとおりである。第16図はユニットクーラの外法寸法図である。

### 6.3 性能

ユニットクーラの冷却性能を測定するための実験装置は第17、18図に示すとおりである。



第17図 ユニットクーラ実験装置



第18図 ユニットクーラ実験装置

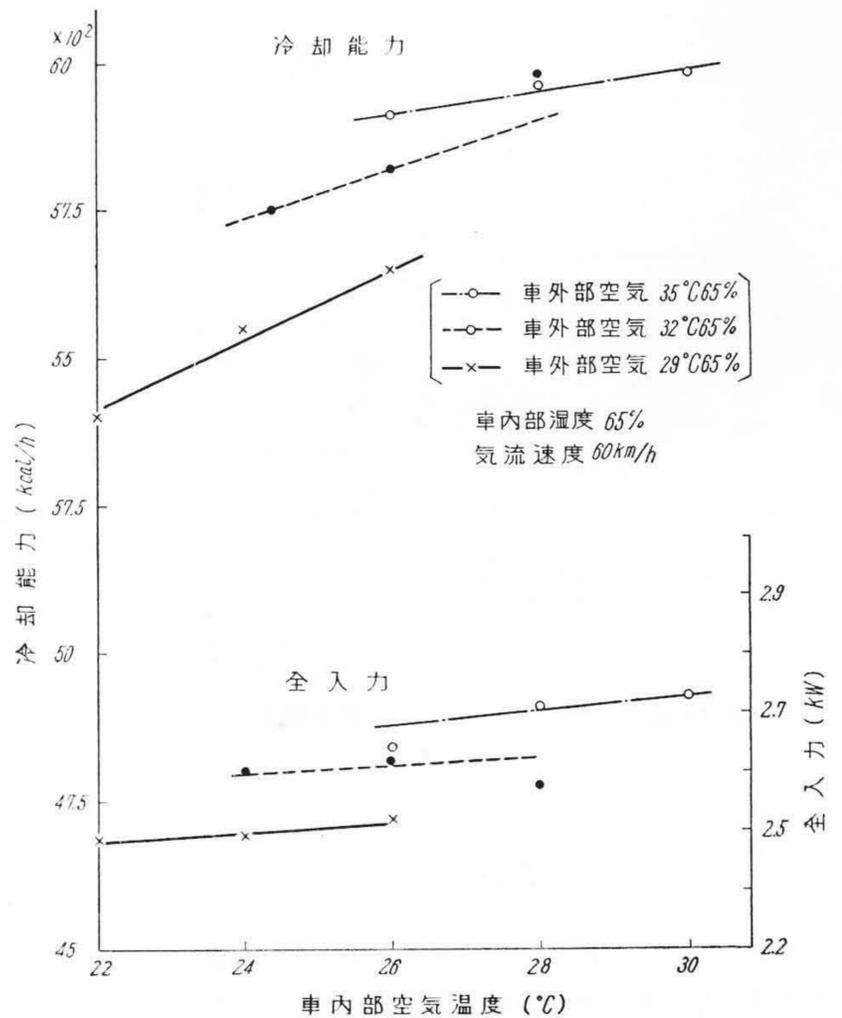
実験装置はユニットクーラを模擬車体の天井に取付け、ユニットクーラの車外部、すなわち凝縮器側をダクトにておおい、このダクトのうちに電気ヒータ、蒸気加湿器で一定の温度、湿度に保った空気を送る。車体内部に設けた電気ヒータ、蒸気加湿器により、蒸発器を循環する空気を一定に保つことができる。

以上のような実験装置において、車外部に流れる気流速度を60 km/hとし、車内外の湿度を65%に保ち、車内外の温度を変化させたときの冷却能力および全入力を線図で示したものが第19図である。また車外部を35°C、65%、車内部を28°C、65%の空気条件に保ち、車外部に流れる気流速度を変化させた時の冷却能力および全入力を線図で示したものが第20図である。

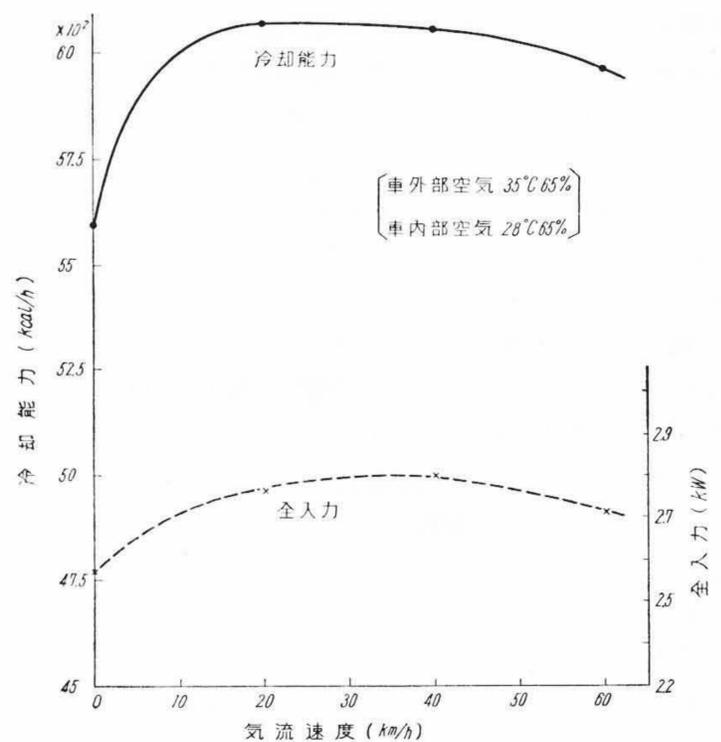
このユニットクーラは仕様ならびに特性曲線に示してあるように1台当りの冷却能力が大きいので、冷房負荷に応じて、車体に装備するユニットクーラの台数は少なく済み、特に乗車定員が多く、冷房負荷の大きい車両に装備する場合は有利である。

### 7. 結 言

(1) 冷房装置全体を1個のキャビネットまたは一室に収めたセルフコンテント式としたため、小形軽量で取扱い保守点検も容易



第19図 車内外空気条件の変化と冷却能力、全入力の関係



第20図 気流速度(車速)と冷却能力全入力の関係

となり、車両用として好適なものとなった。

(2) 床下ユニット式、機械室集中式、天井ユニット式には、それぞれ利害得失があるので、いずれを使用するかは、その車両の要求する構造性能より選定されるべきである。

(3) 車両走行振動による冷媒ガス漏えいは、従来の冷房装置においては、最も問題となる点であったが、密閉式圧縮機を使用したので軸封部がないこと、および振動試験機で車両走行時と同程度の振動を与えて確認しているため、その懸念のなくなったことは大きな進歩である。