

# 962形新幹線試作電車の車両構造

## Construction of Type 962 Experimental Cars for Shinkansen

このたび、日本国有鉄道で、最近の新しい技術を取り入れた962形新幹線試作電車が企画され、日立製作所では、1号車(制御電動車)1両の製作を担当した。

この電車は、騒音、振動などの環境保全対策、耐寒・耐雪対策、乗客サービスの向上、省力化などについて、各種の新しい試みが盛り込まれたもので、昭和54年2月の公式試運転で、所期の性能が確認された。

笠井靖夫\* Kasai Yasuo  
服部守成\* Hattori Morishige  
元永光一\* Motonaga Mitsukazu  
尾高憲二\*\* Odaka Kenji

### 1 緒言

日本国有鉄道では、既に951形及び961形新幹線試作電車による各種試験で、貴重なデータを得られているが、今回、これらの経験とその後の新しい技術を取り入れた6両1編成の962形新幹線試作電車が企画、製作された。

日立製作所では、当初からこの計画に参画し、このたび1号車(制御電動車)1両を完成し納入した。この電車は、騒音、振動などの環境保全の問題、乗客サービスの向上、耐寒・耐雪対策、省力化などについての施策が盛り込まれたものである。

この論文では、962形新幹線試作電車の車体構造、冷暖房換気、耐雪設備、高速台車、運転室及び床下機器室の構造について述べる。

### 2 962形新幹線試作電車の概要

962形新幹線試作電車の外観は、図1に示すように新幹線としての従来のイメージを保ちつつ、将来、寒冷地を走行することが予想されるため及び軽量化のために、いわゆるボディマウント車体となっている。客室の窓は現在営業中の東海道・山陽新幹線と一見同じようであるが、ガラスにはすべて強化ガラスを用いて一段と強化し、寒冷地走行での雪塊などの飛散に対する乗客への安全性が配慮されている。この電車の主な仕様を表1に示す。

表1 962形新幹線試作電車の主要仕様 出力増強、雪害対策などが考慮されており、目標自重を達成するために厳格な質量管理を行なった。

項目	仕様	
名称	962形新幹線試作電車	
自重	58.0t	
車体寸法	長さ	25,000mm
	幅	3,380mm
	高さ	4,000mm
台車間距離	17,500mm	
台車	台車形式	DT9019
	車輪径	910mm
	軸距	2,500mm
電気方式	架線電圧	AC 25kV 50Hz
	主電動機	230kW 4台(1両当たり)
制御方式	力行制御	サイリスタによる連続位相制御
	ブレーキ制御	チョップ連続制御、発電ブレーキ、電気指令空気圧ブレーキ
運転方式	自動列車制御(ATC)及び手動	
最高運転速度	210km/h	

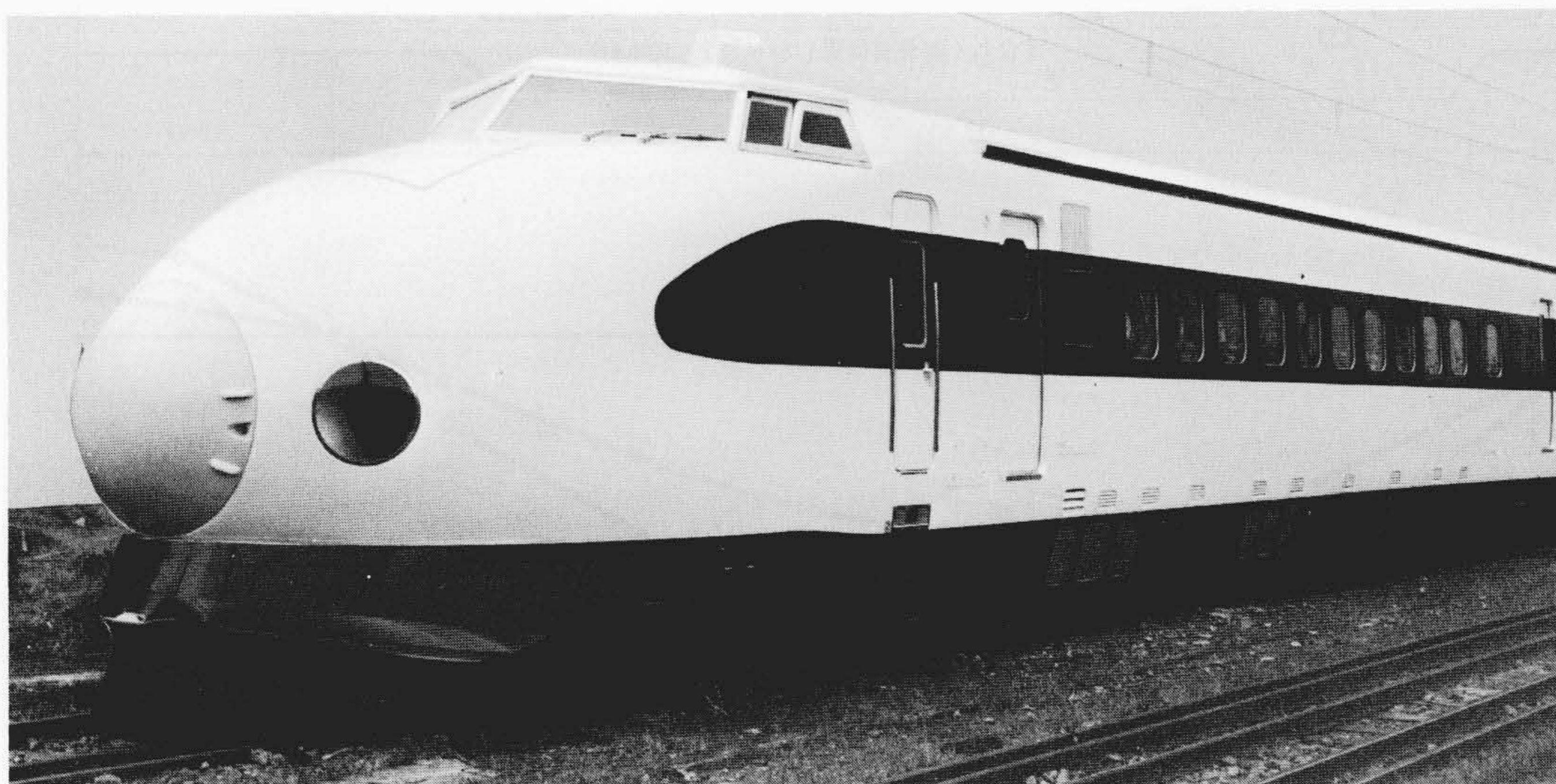


図1 962形新幹線試作電車の外観 レール面近くまで車体で覆ったいわゆるボディマウント車体とし、窓は1座席1窓の小窓としている。

\* 日立製作所笠戸工場 \*\* 日立製作所機械研究所

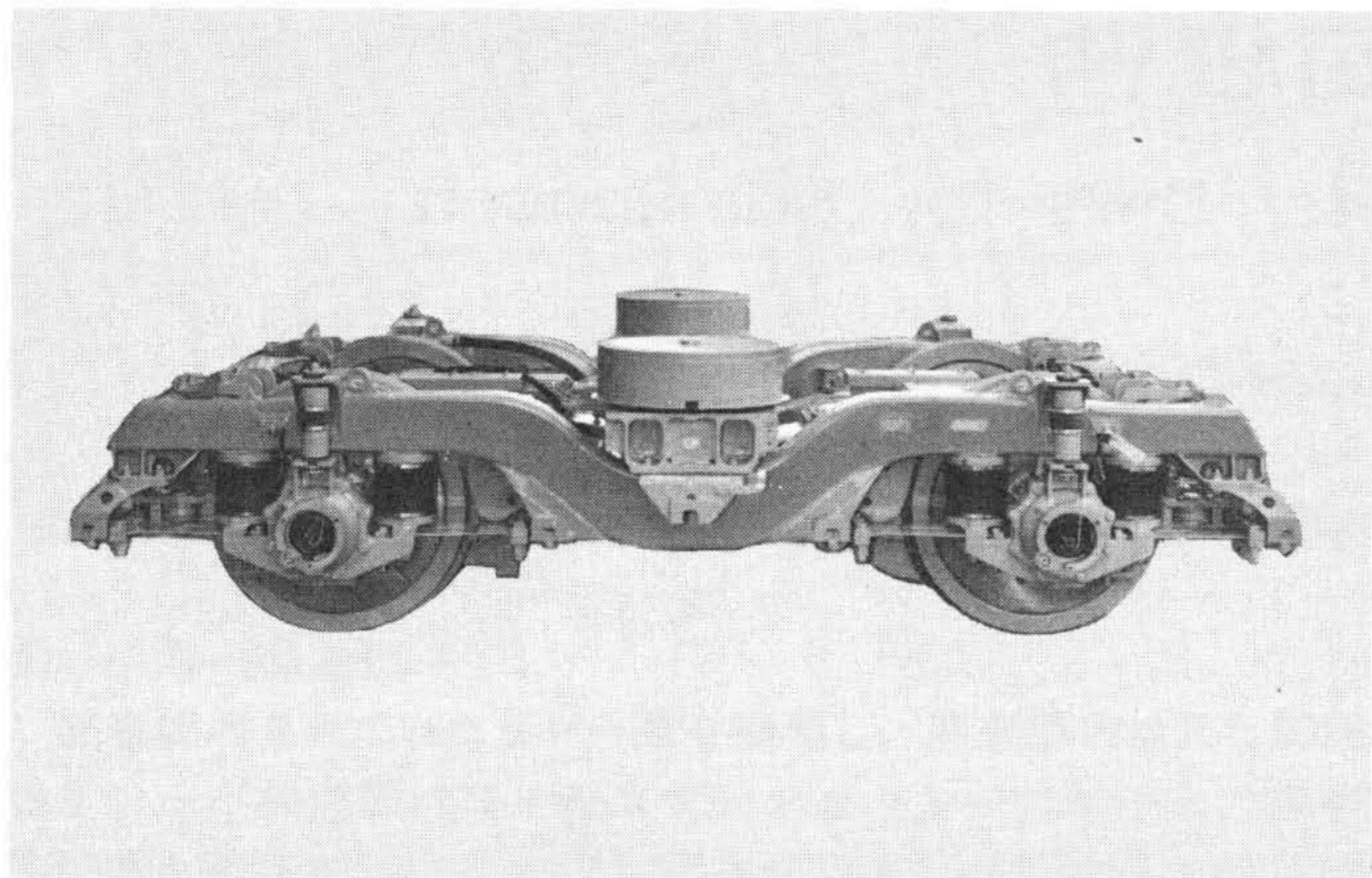


図2 形式DT9019台車 現在の東海道・山陽新幹線電車用の台車と似ているが、耐寒・耐雪や騒音低減について配慮されている。

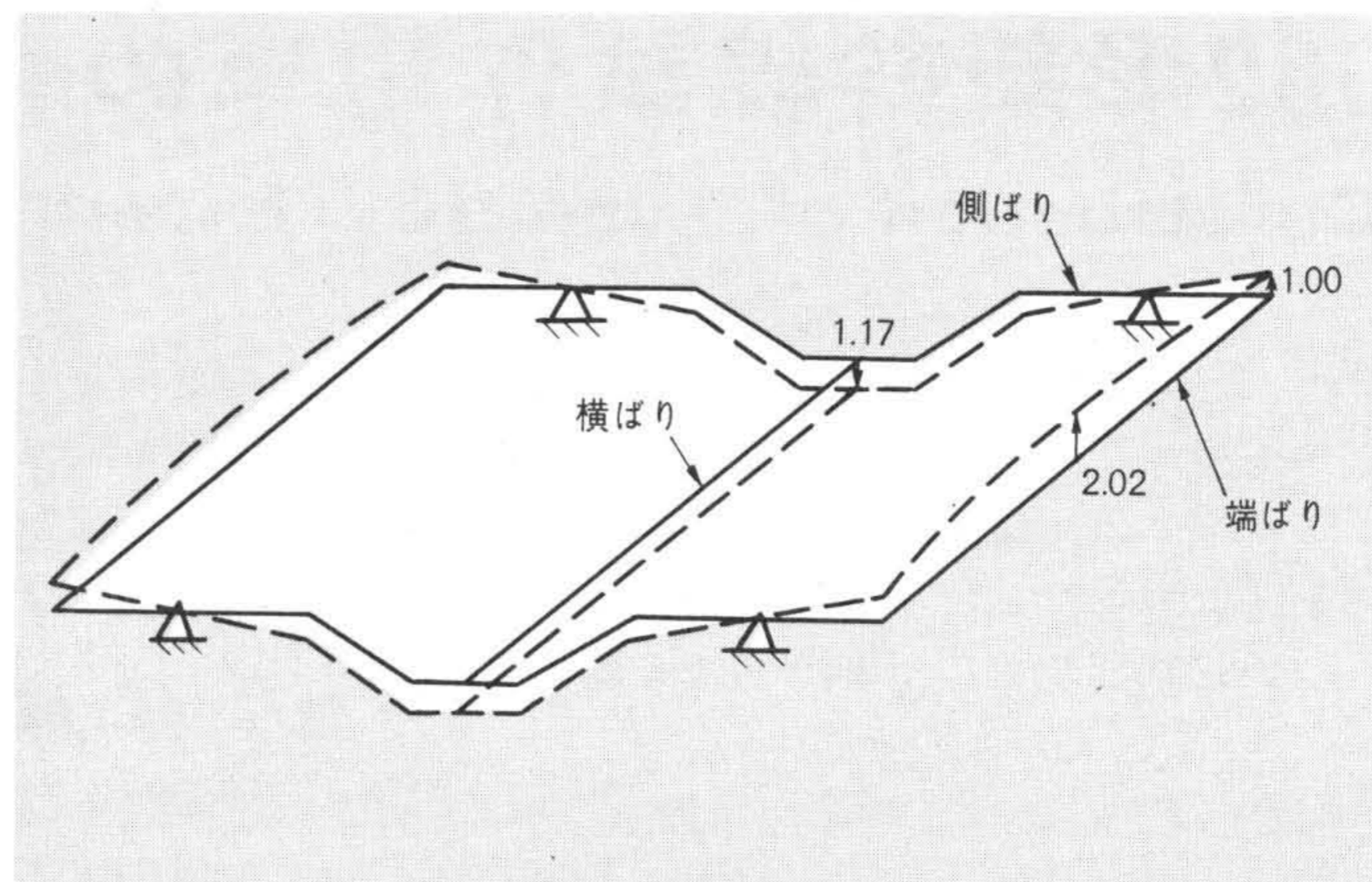


図3 台車わくの振動モード 端ばりと側ばりの接合部の変位を1としたときの、各部の変位を示す。

### 2.1 962形新幹線試作電車1号車

1号車は制御電動車で運転室、客室及び雪取装置を収納している機器室より構成されている。これらの車両は各種の試験が終了後、電気試験車に改造される予定になっており、1号車は計測監視室となるのでそれに必要な準備工事を施している。また将来、寒冷降雪地帯を走行することを考えて、東海道・山陽新幹線のブルーに対して暖みのある若草色とし、自力排雪走行ができるように前頭スカートにスノープラウ(排雪器)を取り付けている。連結面には車体外面の不連続部をなくし雪が付着しにくいようにするため、車体断面の最外周全面を覆う外ほろを取り付けている。また、このほろは車体の騒音を低減する効果も期待され、そのほかに屋根上機器に

もふさぎ板を取り付け平滑化を図っている。更に台車の走行騒音の拡散を防止するために、レール部近くまで下がったいわゆるロングスカートで覆う構造としている。

### 2.2 台車構造

962形新幹線試作電車の台車の特長としては、耐寒・耐雪の試みが数多く取り入れられていること、騒音を低減させるために防音車輪が採用されたことが挙げられるが、東海道・山陽新幹線用台車でのだ行動などの高速走行安定性についても実績を重視して今回の台車に反映させている。図2に、この台車の外観を示す。

耐寒・耐雪の試みとしては寒冷地での在来線電車の経験を基に対策が配慮されている。主なものとして、台車わくとま

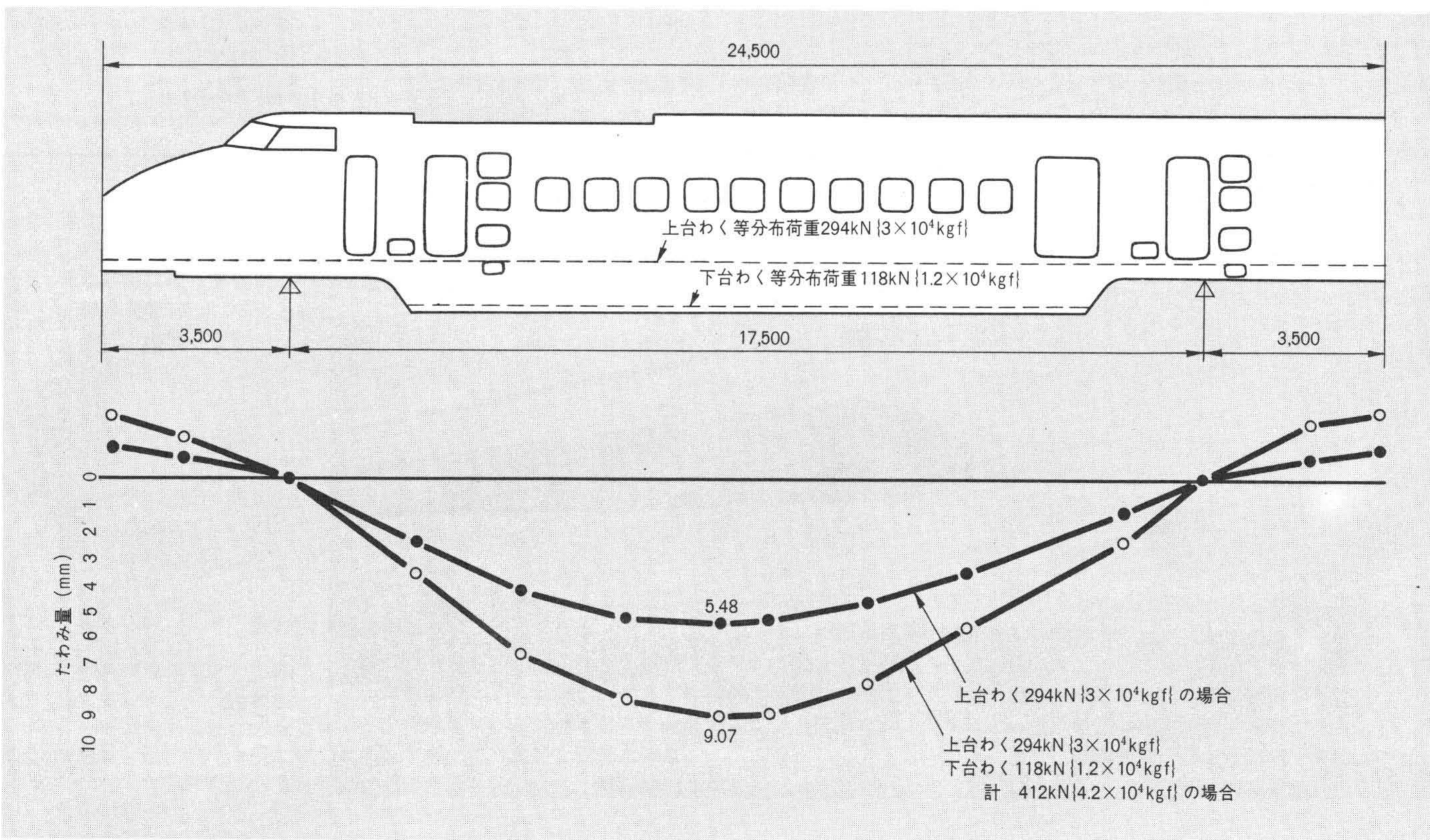


図4 構体のたわみ量 962形新幹線試作電車1号車の垂直曲げ試験での構体のたわみ量を示す。在来の鋼製構体を上回る剛性をもっている。

表2 構体特性値の比較 軽量化して、かつ従来の鋼製構体と遜色のない特性値を得ることができた。

特性値	アルミニウム合金製構体			鋼製構体		備考
	962形 1号車	961形 2号車	951形 1号車	21形式	25形式	
相当曲げ剛性 (GN - m <sup>2</sup> ) {kgf - mm <sup>2</sup> }	2.16 {2.20×10 <sup>14</sup> }	2.65 {2.70×10 <sup>14</sup> }	2.76 {2.82×10 <sup>14</sup> }	1.72 {1.75×10 <sup>14</sup> }	1.71 {1.74×10 <sup>14</sup> }	—
相当ねじり剛性 (GN - m <sup>2</sup> /rad) {kgf - mm <sup>2</sup> /rad}	—	0.51 {51.9×10 <sup>12</sup> }	0.57 {57.9×10 <sup>12</sup> }	0.53 {54.3×10 <sup>12</sup> }	0.45 {45.7×10 <sup>12</sup> }	—
曲げ固有振動数(Hz)	11.1	11.8	13.2	10.1	11.1	—
ねじり固有振動数(Hz)	—	5.0	11.0	4.5	4.1	—
構体の長さ(m)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	—
構体の自重(kg)	6,760	7,500	7,510	9,490	9,565	試験時の質量
備考	先頭車 上屋根、スカートを含めたボディマウント車体	中間車 同左	先頭車 同左	先頭車 上屋根方式、短スカート	中間車 同左	—

くらばり間、軸ばね及びまくらばねには走行風により巻き上げられた雪の侵入、その後の凍結による走行安定性の低下を防ぐために覆いを設けたこと、雪の付着を少なくし、雪塊となって飛散させないために配管や配線を台車わく内に通したこと、雪の付着・凍結による機能低下を防ぐためにブレーキシリンダの摺動部や緩めばねに覆いを設けたことなどがある。

台車わくとして重要な高速走行時の振動特性は、これを骨組構造物として計算を行なった。その結果、一次の固有振動数は49.6Hz(端ばりの曲げ)となり、最高速度での車輪回転による加振振動数は22.1Hzであるから台車わく部材の剛性は十分であるといえる。なお、台車わくの振動モードは図3の破線で示すようになっている。

台車わくとまくらばりは静的荷重試験によって強度的に問

題がないことを確認し、更に現車走行試験によって作用する応力値を求め、今後の設計に反映させることにしている。

### 3 構体構造と特性値

構体は軽量化のために、軽合金による溶接構造を採用し、床下機器への着雪防止及び構体の曲げ剛性の向上もねらって、側構体をレール面近くまで伸ばしたボディマウント構造としている。また、高速走行である新幹線電車特有のずい道突入時での車外の気圧変動に対して強度的に有利な形状とするため、側構体上部は大きな円弧で屋根構体とつなぐとともに、この円弧部分には軽合金大形薄肉押出型材を採用して構造の簡略化を図っている。このほか、側外板及び屋根板には約2m幅のコイル材を使用し、張力を与えた状態で骨組と結合する

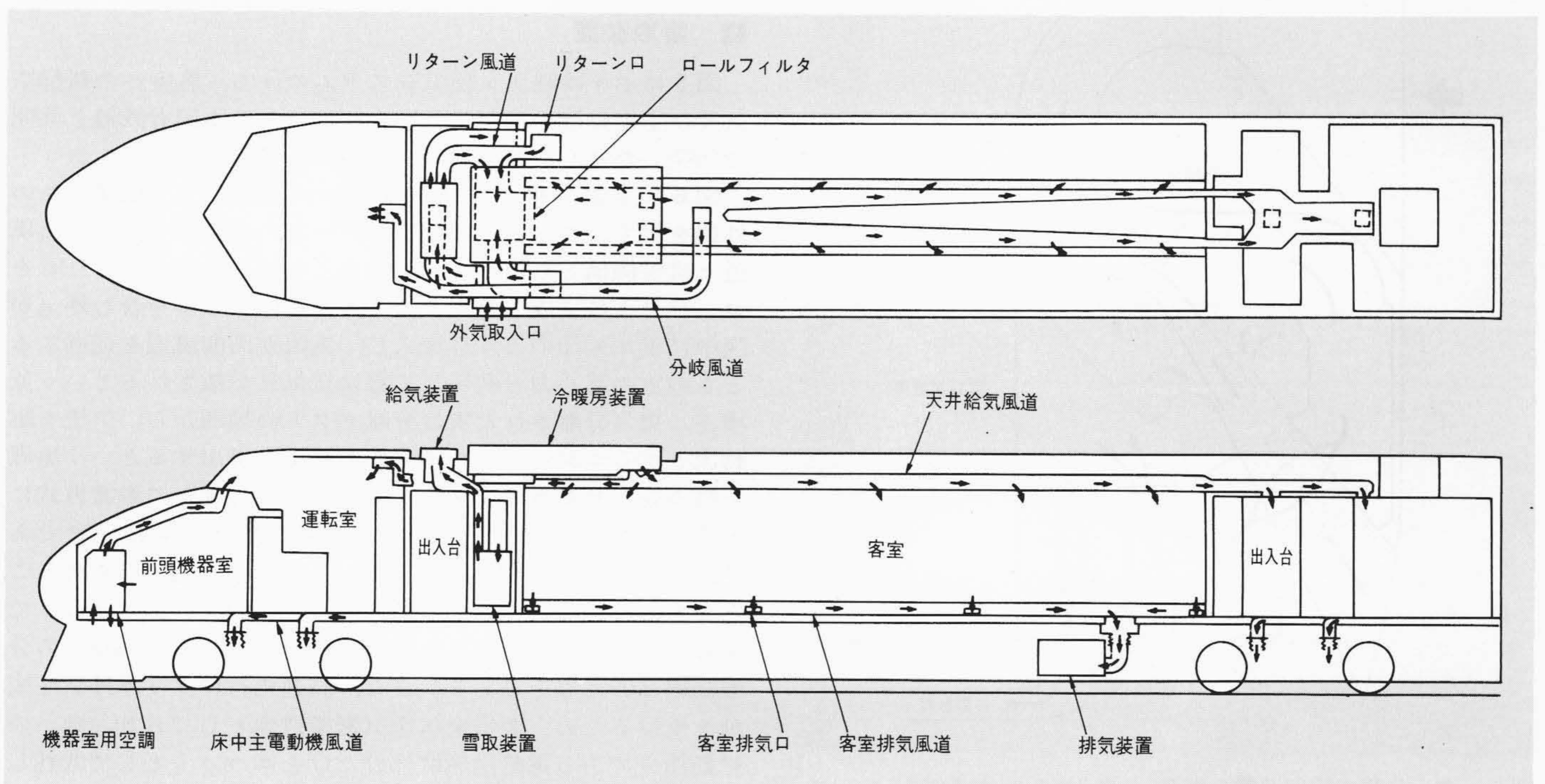


図5 冷暖房・換気システム 962形新幹線試作電車1号車の冷暖房・換気システムを示す。矢印の方向が風の流れを示している。

など、ひずみの発生防止と溶接量の減少などをねらった新しい工法も試みた。表2に構体特性値、図4に垂直荷重試験のたわみ量を示す。軽量化を行なったにもかかわらず、鋼製の新幹線電車と比較して遜色のない特性値を得ることができた。

#### 4 冷暖房・換気システム

962形新幹線試作電車1号車の冷暖房・換気システムの配置を図5に示す。

換気方式は東海道・山陽新幹線電車と同様に、ずい道突入時での車外の圧力変動に対して車内圧を一定に保つようにした連続換気方式で、いわゆる「耳ツン」を防ぐものである。

寒冷時には始業時の客室暖房予熱時間を短くするために、最初、給排気装置は運転を行なわないで、暖房器と循環空気用の送風機だけを運転するようにして、エネルギーの節約についても配慮が払われている。

冷暖房装置は、屋根上両端に2台搭載する予定であるが、今回の車両は将来電気試験車になる車両であるため、1台となっている。

新鮮空気は車端部の車体側面上部に設けた外気取入口から吸い込み、機器室に設けた雪取装置で雪を分離した後、屋根上の給気装置により加圧され、風道により冷暖房装置の還気口に至る。還気口下面には自動的に汜過体が移動し目詰まりしない巻取式のロールフィルタが取り付けられており、新鮮空気はこの部分で客室からの還気と混合され冷暖房装置に入る。冷暖房装置では夏季は冷房運転により冷風を、冬季は半

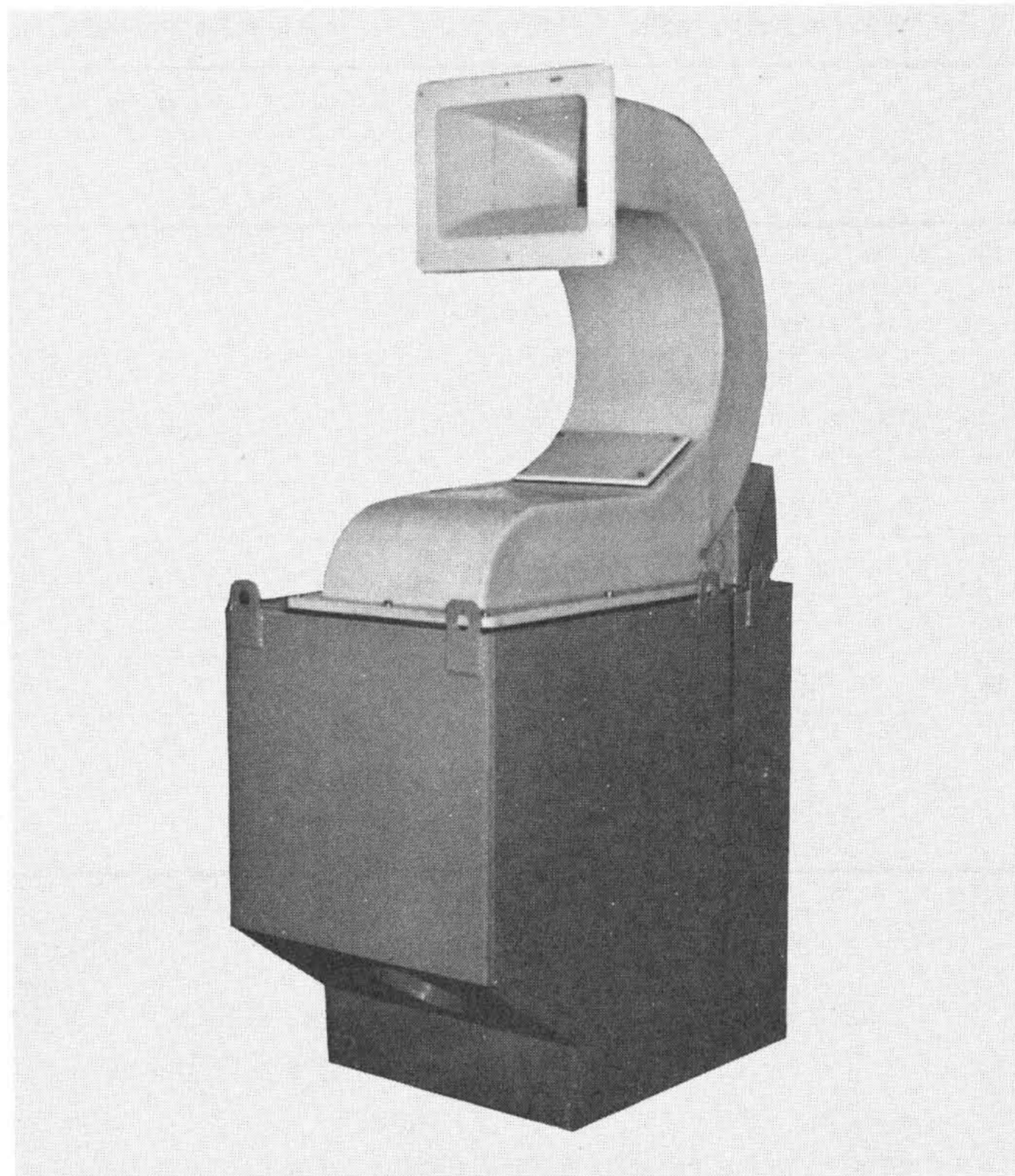


図7 遠心分離式雪取装置の外観 軽量・コンパクトな構造で、気密性能をもっている。

導体から成る発熱体により加熱して温風として天井の給気風道を経て、天井に設けた連続した細いスリットから客室内へ吹き出すいわゆるラインフロー方式が採用されている。また、排気は客室側面下部の排気風道から吸い込み、床下に設けた排気装置から車外へ放出する。排気装置には塵埃などの付着による性能低下の少ないターボ形送風機を使用して、保守の省力化を図っている。

#### 5 雪取装置

図5に示す冷暖房・換気システムのうち、客室への新鮮空気及び主電動機冷却用空気取入れには、日本国有鉄道と共同で開発した遠心分離方式の雪取装置が採用されている。

図6に主電動機用の雪取装置の内部構造を、図7にその外観を示す。この装置の特長は、一定の曲げ率で湾曲した風道と排雪機構としてのエジェクタとを組み合わせ、これらをコンパクトに構成した点である。その作用は雪を含む外気が図中に示す矢印のように流入し、気流が湾曲風道を通り過ぎる際の雪の遠心力を利用して雪は空気と分離されるという原理と、更に分離された雪は分離ダクトの周囲からの気流を駆動流とするエジェクタの誘引作用により排出するという原理を組み合わせたものである。この方式は、従来の融雪方式にあるような電熱器を必要としないので省エネルギー形であり、しかも雪の分離効率が高く、乾燥した空気が得られることなどの特長がある。この装置の特性は図8に示すとおりであるが、これから分かるように、仕様風量 $30\text{m}^3/\text{min}$ での分離効率は99%以上である。また、高速走行に伴う車外気圧変動を受けるため、装置全体を気密構造体としており、唯一の可動部分である電動送風機部分だけをユニットとして取外しができるようにして、保守点検作業を容易にする考慮が払われている。

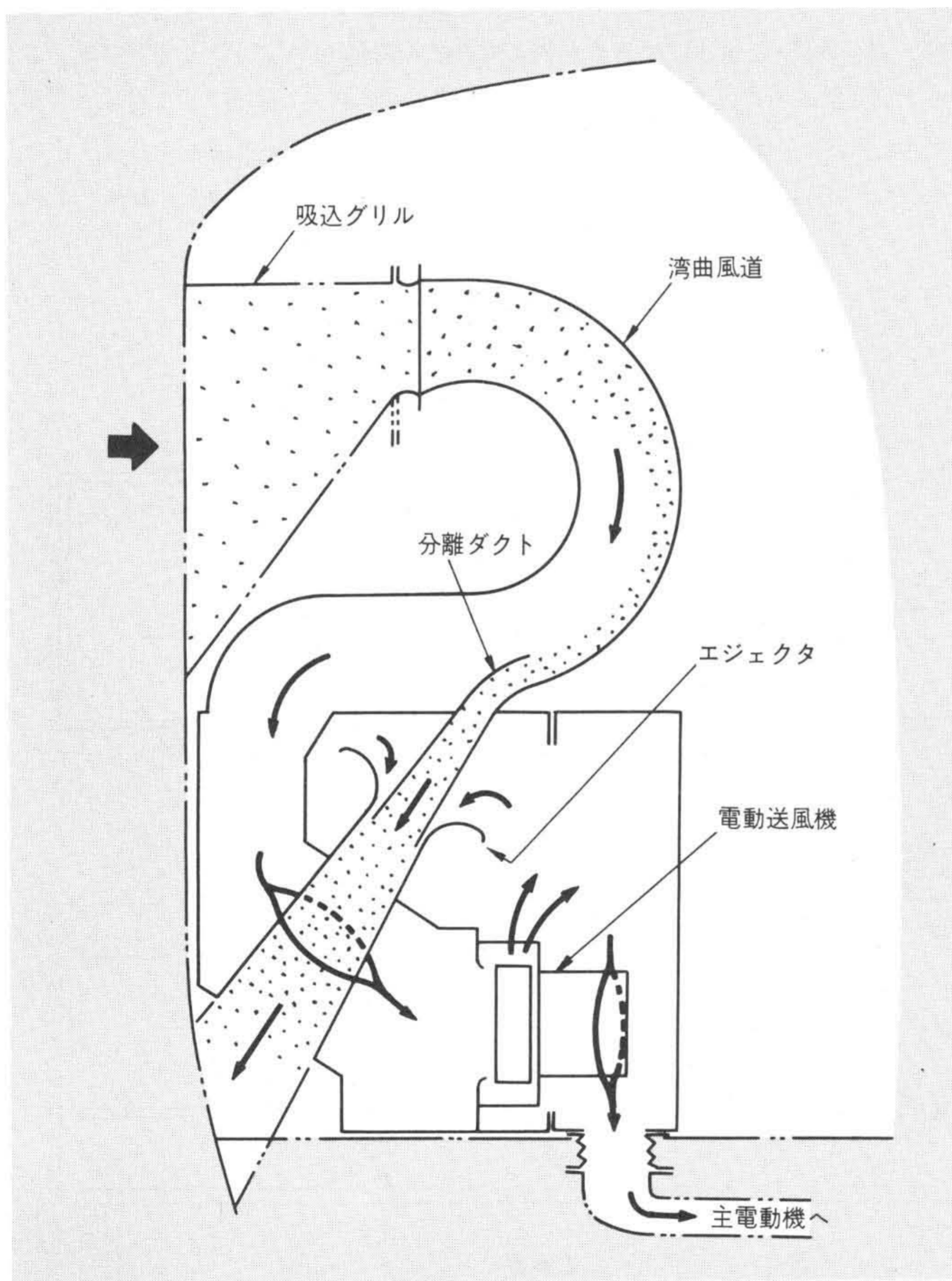


図6 遠心分離式雪取装置の構造 雪分離作用と排雪作用を表わしたもので、雪は遠心力作用により分離され、エジェクタの誘引作用で車外へ排出し、主電動機へは清浄空気だけが送風される。

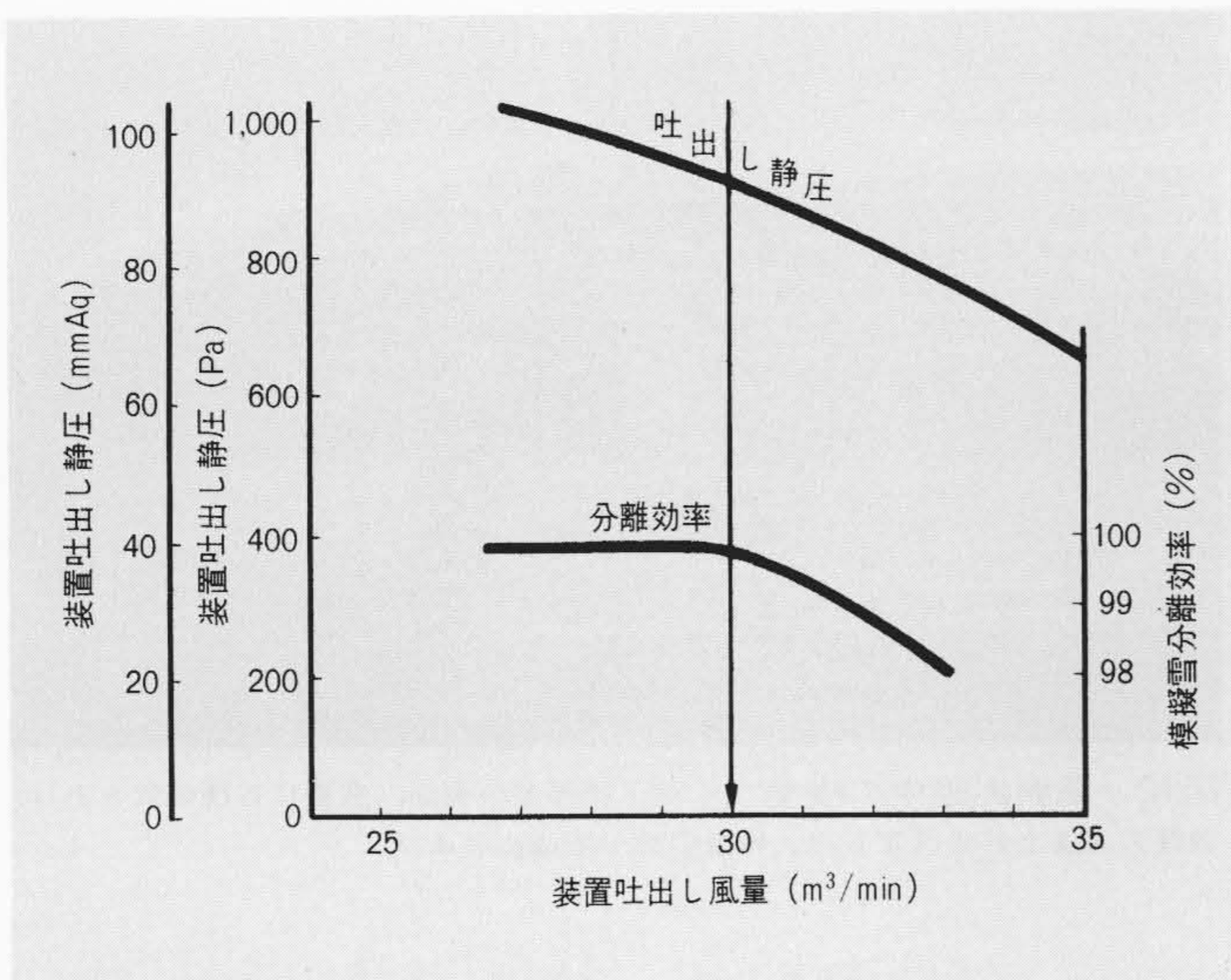


図8 雪取装置の特性 優れた雪の分離性能をもっている。



図9 運転台 計器板をトレイ構造にまとめて着脱を容易にし、保守及び製作の便を図っている。

## 6 運転室構造

運転室の全体構造は、現在営業中の東海道・山陽新幹線電車や961形新幹線試作電車と基本的には変わっていないが、前頭形状は現在の東海道・山陽新幹線電車よりボンネット内の装置が大形化したことにより、約600mm長くなっている。しかし、運転台床面高さ及び前面窓の下端の高さを上げた結果、前頭部の形状は従来に増して鼻高の優美な姿となった。

また、前面窓の後退角度を大きくし、窓下部のボンネット肩部の丸みを大きくすることにより、柔らかみを強調した。

表3に視線角速度などの運転室設計定数を示す。

運転台も主要機器の配置は、東海道・山陽新幹線電車と大きくは変わってはいないが、計器板と前面テーブルは全体を黒のつや消しとし、前面テーブルの面積を広くとり運転操作及び車掌業務が容易になるように配慮されている。計器類は機能ごとに区分した六つのユニットにまとめ、両端のユニットは固定とし運転士側へ計器面を向けることにより計器を見やすくしている。中間の四つのユニットは、保守及び製作の容易化を考慮してトレイ方式とし、トレイ内部配線と車体配線とは新しく開発されたコネクタで一括接続する方式とした。そのほか、これらのトレイを収納する上部ブロック及び運転

表3 各車種の視線角速度の比較 962形新幹線試作電車は961形新幹線試作電車に比べて、前頭部の伸延と最高速度の低下により、視線角速度が低減している。

車種	運転士の目の高さ (レール面上) (m)	前方可視距離 (m)	運転台床面高さ (レール面上) (m)	最高速度 (km/h)	視線角速度 (rad/s)
962形	3.51	29.97	2.30	210	0.23
961形	3.56	27.69	2.35	260	0.33
951形	3.56	25.17	2.35	250	0.38
東海道・山陽新幹線	3.30	16.89	2.09	210	0.65
在来線クハ481	3.61	14.80	2.33	120	0.52

士席と助手席の机部分もユニット化して、製作及び保守作業の容易化、信頼性の向上に配慮している。

図9に運転台を示す。

## 7 床下機器室と模型解析

車両が寒冷降雪地を走行したときに受ける障害、いわゆる雪害の最も大きなものは、機器などに付着した雪の塊が温暖な地区で一部が溶けて、車両の動揺などにより落下しその反動で跳ね上げた道床の碎石が機器などに当たり破損することであるといわれている。これを防止するためには、雪が付着しないようにするか、又は落下する雪塊を小さくしてその運動のエネルギーを小さくすればよいわけである。雪の付着を防止する方法として、機器群をすっぽり囲んでしまうボディマウント車体が951形及び961形新幹線試作電車に続いて962形新幹線試作電車についても採用された。機器の取付方式は、961形新幹線試作電車と同じく機器取付はりの上に機器を据え付けて、そのはりと側構体下部とをNUボルトにより締結する方法をとっている<sup>1)</sup>。図10に機器の取付状況を示す。

次に、機器への雪の付着を防止するために、機器取付はり

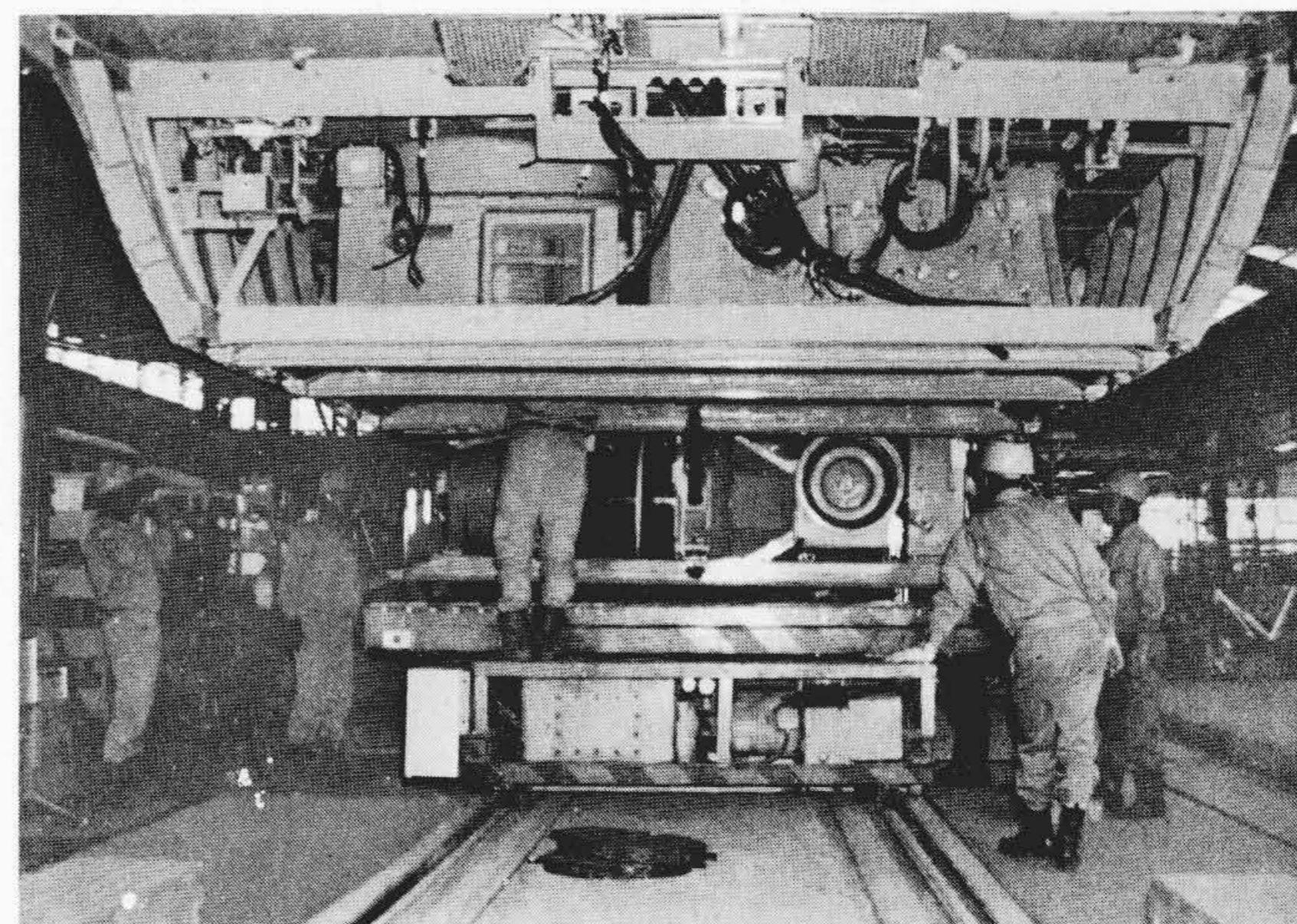


図10 床下機器の取付状況 側構体下部と機器はりを、NUボルトで締結している。

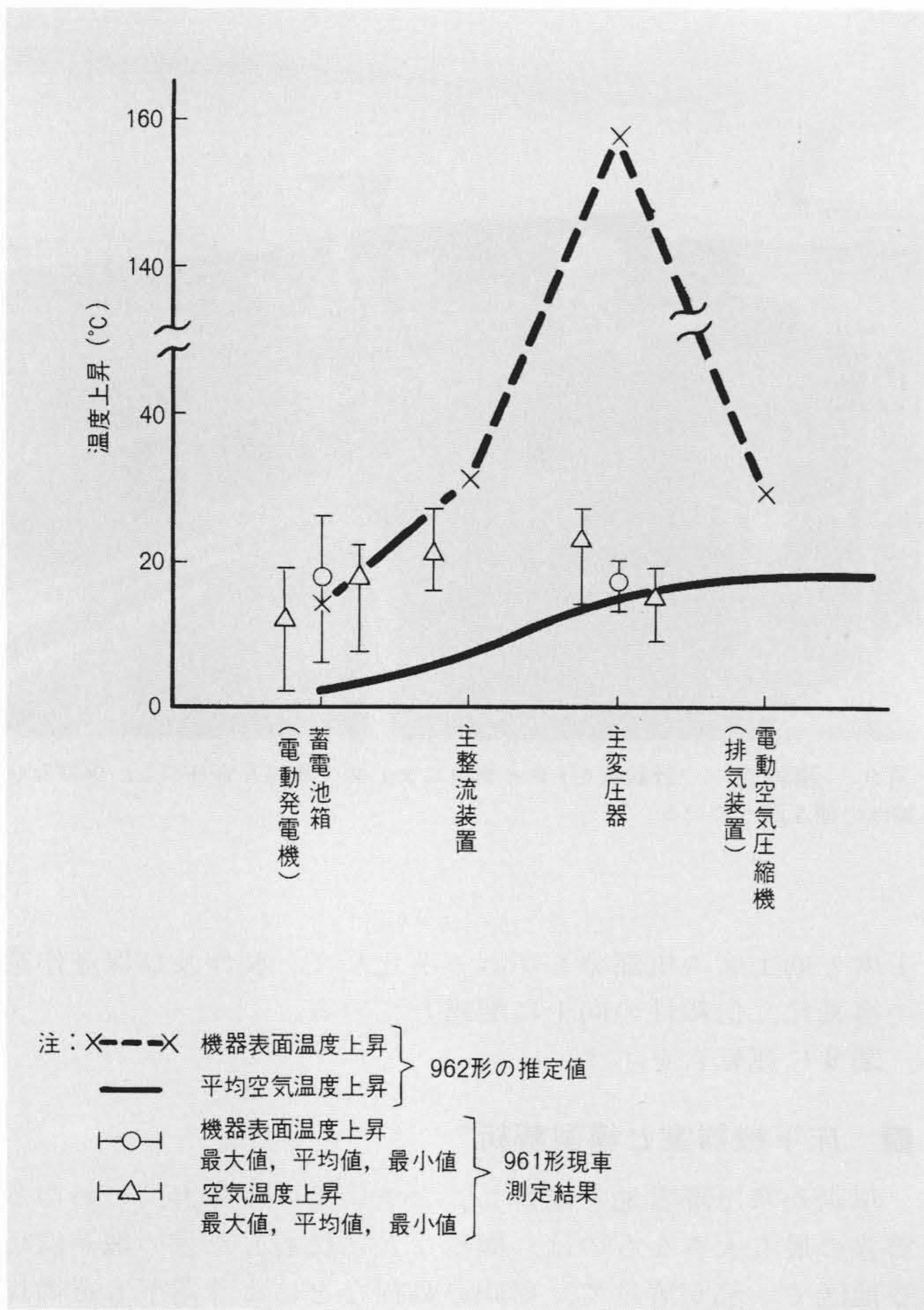


図11 機器表面と周囲空気の温度上昇 962形新幹線試作電車の主変圧器の温度上昇は、漏れ熱量一定として求めている。実際は強制冷却器との熱分配率が変わるため、100~120°C程度になると考えられる。961形新幹線試作電車の現車試験は走行距離が約30kmと短いため、温度上昇値は低くなっている。

間にふさぎ板を設けて床下を一つの部屋、いわゆる床下機器室にする方式で機器の表面から放熱してくる熱が床下機器室に蓄積され、夏季には電気品の温度がその許容値を超える恐れがある。これを防ぐためには、床下機器室を夏形と冬形とに分け、夏季にはふさぎ板を取り外すことも一方法であるが、将来の営業車両数の増大を考えると現実的ではない。そこで、日本国有鉄道の指導を得て夏季の温度上昇を許容値内に抑え、かつ冬季の雪の侵入に対して許容できるだけの通気穴を床下機器室に設け、夏形と冬形を共通化することを検討した。まず、夏季に必要なと思われる通気穴の位置と面積を風洞模型による実験解析と961形新幹線試作電車の走行試験の結果からこれを推定し、今回の962形新幹線試作電車に適用した。また、今後962形新幹線試作電車の夏季での走行試験結果と引き続き製作される925形新幹線試験電車の冬季での寒冷降雪地の走行試験の結果により、今後の車両の床下機器室のあるべき姿が決まってくるものと考えられる。図11に模型解析の結果から算出した962形新幹線試作電車の温度上昇値と961形新幹線試作電車の走行試験値とを示す。この結果から、変圧器の付近が熱的に最も問題であることが分かる。次に、図12に風洞実験中の模型を、図13に変圧器付近の床下機器室内の空気流を推測する可視化模型の流れの状態を示す。高压機器箱が流れを阻害し、主変圧器と高压機器箱の間で流れがよどんでいるのがよく分かる。

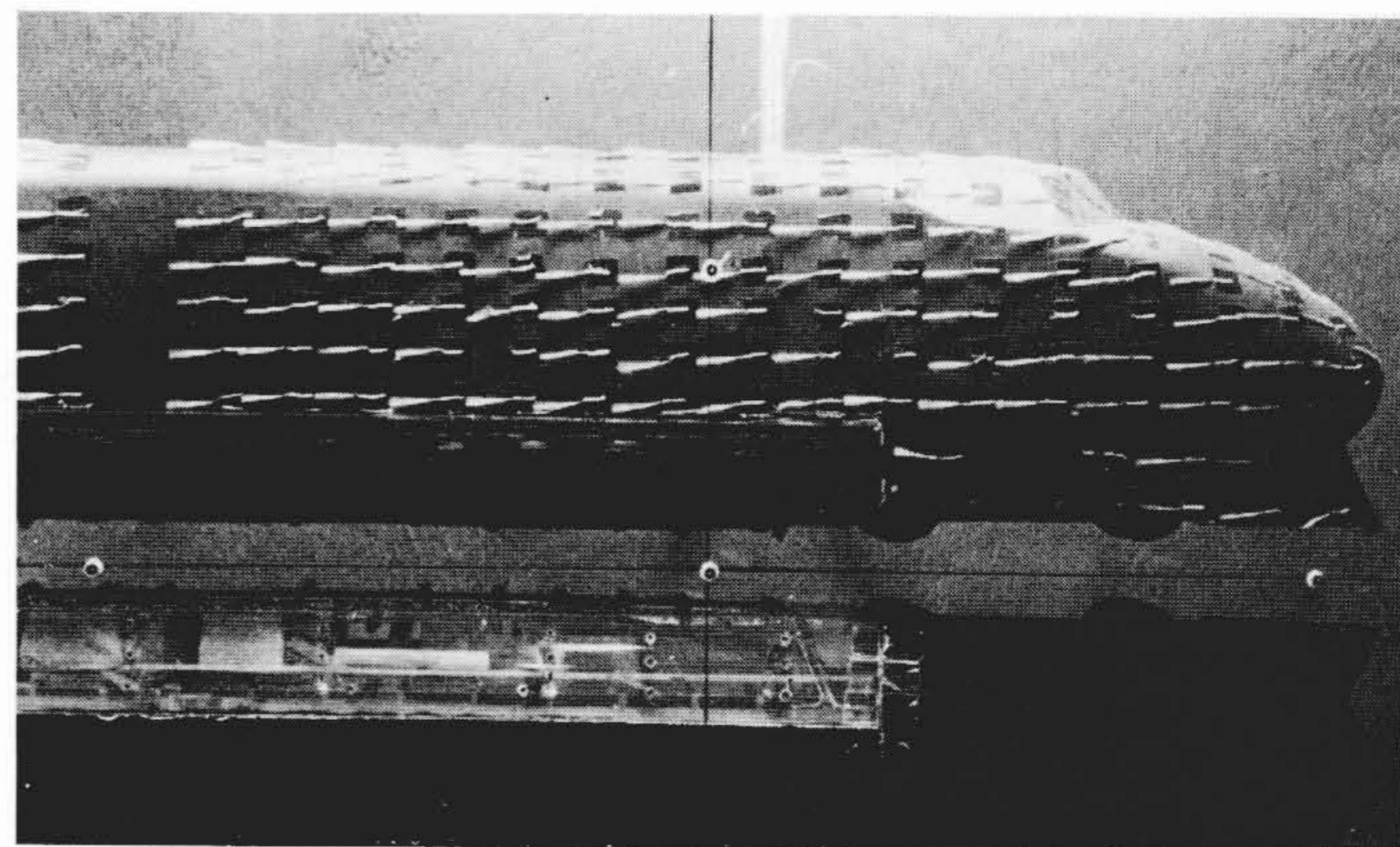


図12 風洞実験中の模型 床下機器室の側面、底面に各種の穴をあけ、機器の温度上昇を測定した。模型の縮小率は1/30である。

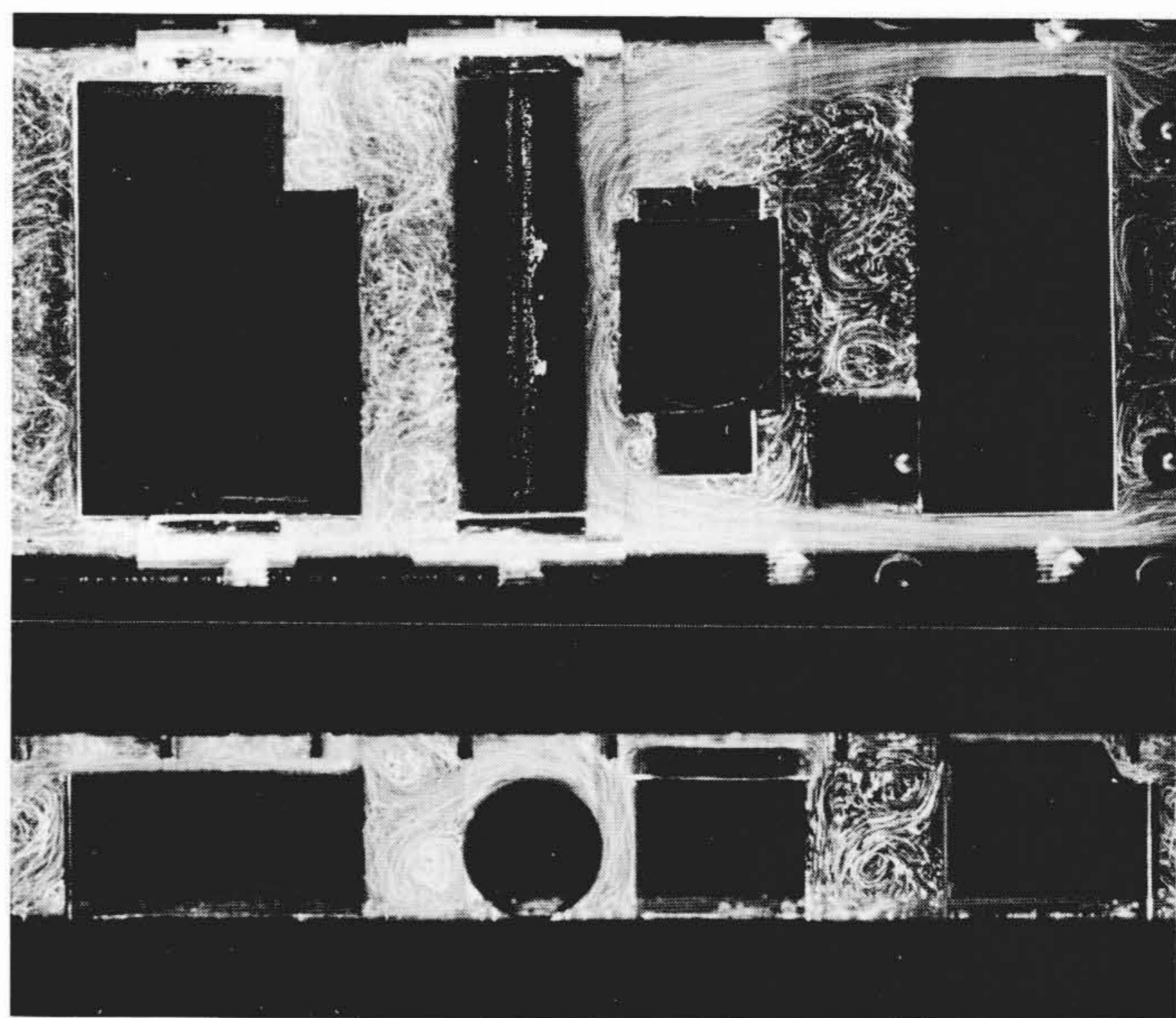


図13 主変圧器付近の流れの状態 上段は車両の平面を、下段は側面を示す。機器は左から主整流器、主変圧器冷却風道、主変圧器本体及び高压機器箱となっている。可視化の方法は空気のをトレーサとした懸濁法<sup>2)</sup>(油流)によった。主変圧器と高压機器箱の間で流れがよどんでいるのが分かる。

## 8 結 言

962形新幹線試作電車は、全軽合金製ボディマウント車体による軽量化、耐寒・耐雪や騒音低減の各施策を行なった台車、新しい雪取装置を含めた冷暖房・換気システム、床下機器室の熱的特性の解析などにより、いずれも当初の目的を達成することができ、将来の旅客電車実現への見通しを得ることができた。床下機器室の熱的特性の解析などの問題については、今後も検討を続行するとともに、更に改善を加えることにより、より良い車両が生まれてくるものと考えられる。

終わりに、この試作電車の製作に当たり終始懇切な御指導をいただいた日本国有鉄道車両設計事務所及び鉄道技術研究所の関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

## 参考文献

- 1) 木本, ほか 3 名: 全国新幹線網用961形試作電車の車両構造, 日立評論, 55, 1209~1214 (昭48-12)
- 2) 浅沼: 流れの可視化ハンドブック, 194, 朝倉書店 (1977)