

日本国有鉄道納め

781系特急形交流電車

Series 781 Limited-express AC Electric Cars for JNR

日本国有鉄道納め北海道向け特急列車用電車として、本格的に耐寒・耐雪対策を施した781系特急形交流電車の試作車2両が日立製作所で昭和53年秋に完成した。

この電車は、従来の北海道をはじめとする降雪地区での雪害対策の経験をもとに、主抵抗器の屋根上設置や断流器の床上設置など、電気機器の絶縁破壊や氷雪塊による破損防止を図るとともに、各種凍結防止や風雪水の浸入防止対策に新技術が採り入れられ、その成果は昭和53年11月から昭和54年の3月の間に行なわれた試験走行で十分に実証された。

本稿は、この電車の概要及び特に新しく採り入れた耐寒・耐雪対策について述べたものである。

甲斐孝一* Kai Kôichi
元永光一* Motonaga Mitsukazu
戸取征二郎* Todori Seijirô
三原玖珠夫* Mihara Kusuo

1 緒 言

日本国有鉄道の北海道地区で運転されている電車は、これまでに711系の交流電車と485系-1500代特急形交直流電車があった。このうち、485系-1500代電車は本州及び九州で活躍中であった485系電車の改良形として北海道に投入されたものであるため、耐寒・耐雪対策が十分とはいえず、北海道向けとして寒さや雪に強い特急電車が待望されていた。

昭和53年の秋、これに呼応して781系特急形交流電車が完成した。この電車は、車体構造と接客設備は従来の特急形と同じであるが、力行及びブレーキ方式の基本的な部分は在来の711系電車に合わせ保守の共通化を図るとともに、寒冷地北海道向けとして、更に耐寒・耐雪性能を向上させたものである。特に、711系電車にはなかった発電ブレーキを追加し、そのためのブレーキ抵抗器を屋根上に設置したことや、断流器の床上設置に見られる電気機器の保護及び窓戸の密閉化と保温、更に、強制押込通風による室内換気方式などによる各種凍結防止や風雪侵入防止対策に新方式が採り入れられている。また、711系電車に比べ機器や車体設備の点で質量が増加し、711系の1M(電動車)方式では車両構成上不利となったためMT(電動車と付随車)ユニット方式をとることにより、質量を分散、均等化し軸重の軽減を図った方式としている。

一方、客室の内部は、寒冷地向け車両であることを考慮して、暖色系を主体とした色調を強調し、地域に即した雰囲気をもたせるよう配慮してある。

2 車両の概要と特徴

今回試作した781系交流電車は、MTユニット方式でMc, TA-M, TA-M, TAc(Mc=制御電動車, TA=中間付随車, M=中間電動車, TAc=制御付随車)の6両編成である。その主要諸元を表1に、電車の外観を図1に示す。

この電車は、711系電車をはじめ¹⁾、従来の電車の寒冷地での経験を生かし、耐寒・耐雪性能の向上のために後述するような各種の対策を施したものであるが、この電車の主な特徴は下記のとおりである。

(1) 屋根上の冷房ユニットクーラは、従来の分散式に対して新形式のAU78X集中式ユニットクーラを採用した。また、天井冷房風道は、FRP(ガラス繊維強化プラスチック)成形

表1 主要諸元 781系特急形交流電車の主要諸元を示す。

項 目	仕 様
電 気 方 式	単 相 交 流 : 50Hz, 20kV
性 能	I 時間定格出力 : 600kW
	I 時間定格引張力 : 2,570kgf
	I 時間定格速度 : 85.7km/h
	最 高 許 容 速 度 : 120km/h
車 体 主 要 寸 法	連結面長さ Mc, TAc 車 : 21,250mm M, TA 車 : 20,500mm
	車 体 長 さ Mc, TAc 車 : 20,750mm M, TA 車 : 20,000mm
	車 体 幅 : 2,946mm
	屋 根 高 さ : 3,620mm
	パンタグラフ折たたみ高さ : 4,290mm
	床 面 高 さ : 1,300mm
台 車 及 び 動 力 伝 達 方 式	台 車 方 式 : 軸箱支持装置付 空気ばね台車
	固 定 軸 距 : 2,100mm
	車 輪 径 : 860mm
	歯 車 比 : 1 : 4.21
主 電 動 機	動力伝達方式 : 中空軸平行カルダン式
	方 式 : 直流直巻, 他力通風式
主 変 圧 整 流 装 置	I 時 間 定 格 : 150kV, 500V 330A, 2,275rpm
	主 変 圧 器 方 式 : 外鉄形無圧密封式シリコン油入 送油風冷式
	主 変 圧 器 連 続 定 格 : 863kVA
制 御 装 置	主 制 御 整 流 器 方 式 : サイリスタダイオード 混合ブリッジ4直列
	制 御 方 式 : サイリスタ連続移相制御方式 主サイリスタ位相制御
ブ レ ー キ 装 置	発電ブレーキ併用電磁直通空気ブレーキ装置及び手ブレーキ

* 日立製作所笠戸工場

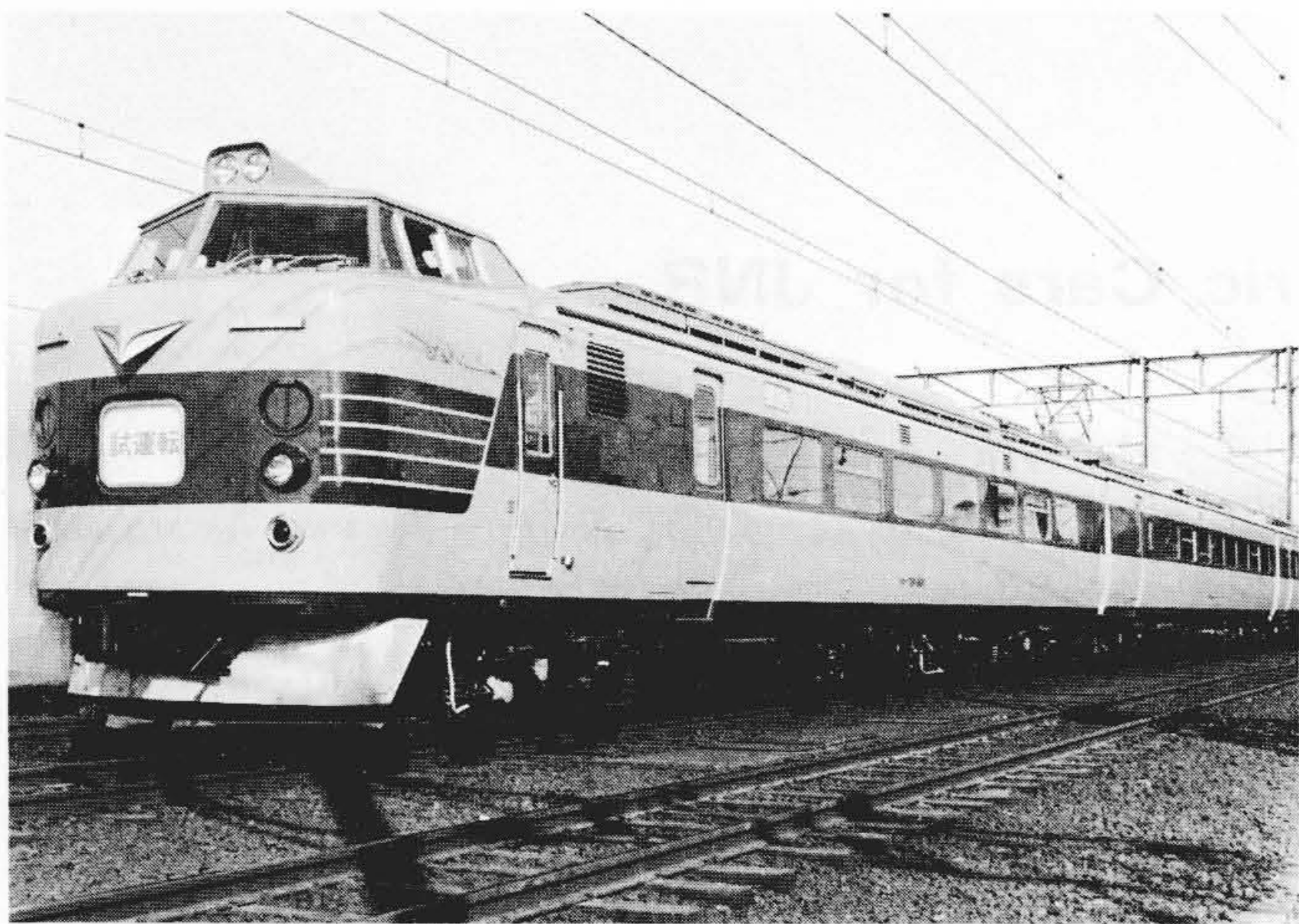


図1 781系特急形交流電車 Mc-TA-M-TA-M-TAc車の6両編成で運転される。



図2 781系特急形交流電車の客室内部 室内は暖色系でまとめられ、客室の仕切引戸は自動化されている。

品を用いてユニット構造を採った。

(2) 客室の仕切引戸は、マツスイッチを用いた自動引戸として、仕切引戸の開放によるむだな放熱を防止するとともに、乗客の出入りを容易にした。

(3) 床構造は、485系電車と同じ軽合金床板方式であるが、711系電車と同様に機器冷却用の風道を床の中に埋設するた

めに、床の厚さは145mmとし、その一部は床中配線のスペースとしても利用している。また、出入台には乗客出入時の雪切りのため、溝付の床敷物を使用した。

(4) 客室内にはできるだけねじ頭を露出させない内装材の処理を行なうとともに、暖色系でしかも全体に明るい感じの色彩(天井板：ベージュライン、内張板：クリーム9号、仕切

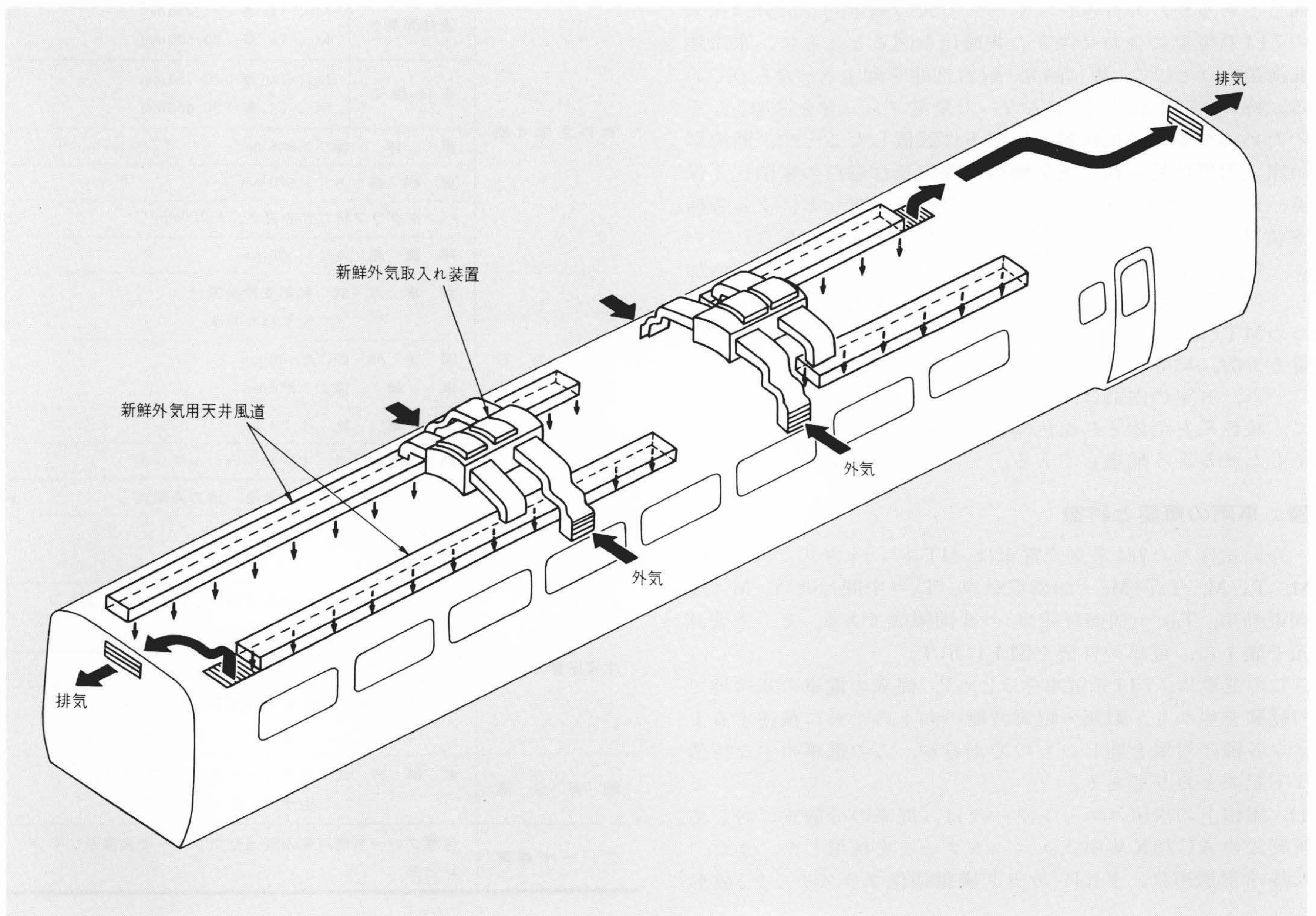


図3 客室内換気方式 客室内の換気は、融雪装置を設けた強制押込通風方式で、客室内の新鮮外気の吐出しはラインフロー方式を採用している。

板：茶皮絞り模様，カーテン：グリーン系の縦じま模様，腰掛モケット：ヘイゼルナット，床敷物：ブルー）を採用し，室内のイメージチェンジを図った。図2に客室内部を示す。

(5) ボンネットの先端の丸みを大きくして，雪が付着しにくくし，フロントガラス下辺の視界の障害を防いだ。

(6) 発電ブレーキを設け，そのための抵抗器を屋根上に設置した。

(7) 耐雪のために断流器を床上の機器室に収めた。

(8) 質量の等分化を図るため，T車(付随車)系にパンタグラフ，主変圧器，主整流器などを，M車系に主制御器，ブレーキ抵抗器，主電動機などを設けた。

(9) 台車は実績のある711系電車を基本にして設計されているが，高速化に対処するため，台車わくとまくらばりの主部材の一部を強化した。

3 耐寒・耐雪性能の向上

今回，781系特急形交流電車を設計するに当たり留意した点は，711系電車の経験を十分に生かし，485系-1500代電車で摘出された問題点の対策を行なうとともに，更に，最近確立された新技術を取り入れたことである。以下に今回，特に取り入れた諸対策の概要について説明する。なお，主電動機や電動発電機の冷却方式(雪切室を設けた循環方式)などに代表される711系電車で確立された技術は，そのまま応用した。

(1) 室内換気方式

従来の特急電車の換気方式は，屋根上の押込通風器で自然通風により外気を取り入れ，車端の排気送風機で吸い出して換気する方式であるが，この方式では室内は負圧になりがちで，外気が窓戸や通気口のすき間から侵入しやすく寒冷地では望ましくない。そこで，781系電車では，屋根上の集中式ユニットクーラの前後に，融雪ヒータ及び送風機を収納した

表2 新鮮外気取入れ装置の仕様 外気はヒータを介して室内に導入される。

名称	項目	仕様
送風機	形式	R M F - 19
	風量	11 m ³ /min
	静圧	1,200 Pa {1.2×10 ⁻² kg f/cm ² }
	回転数	1,400 rpm
	出力	120 W
	電圧	400 V
融雪ヒータ	形式	シーズ線式
	容量	2 kW
	電圧	400 V

新鮮外気取入れ装置を設けて，外気を強制的に客室内に押し込む押込換気を採用した。図3にその全体図を，図4に屋根上の新鮮外気取入れ装置を示す。また，表2にこの装置に使用している送風機及び融雪ヒータの仕様を示す。

このヒータ容量に対する取入れ外気の許容含雪量Wは，(1)式で表わされる。

$$W = \frac{6 \times 10^4 Q \cdot \eta}{G \cdot (\gamma + C \cdot \Delta t) \cdot \alpha} \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdots \cdots (1)$$

- ただし Q：ヒータ容量(kW)
η：ヒータ効率
G：外気取入れ量(m³/min)
γ：氷の融解潜熱(J/kg)
C：氷の比熱(J/kg℃)

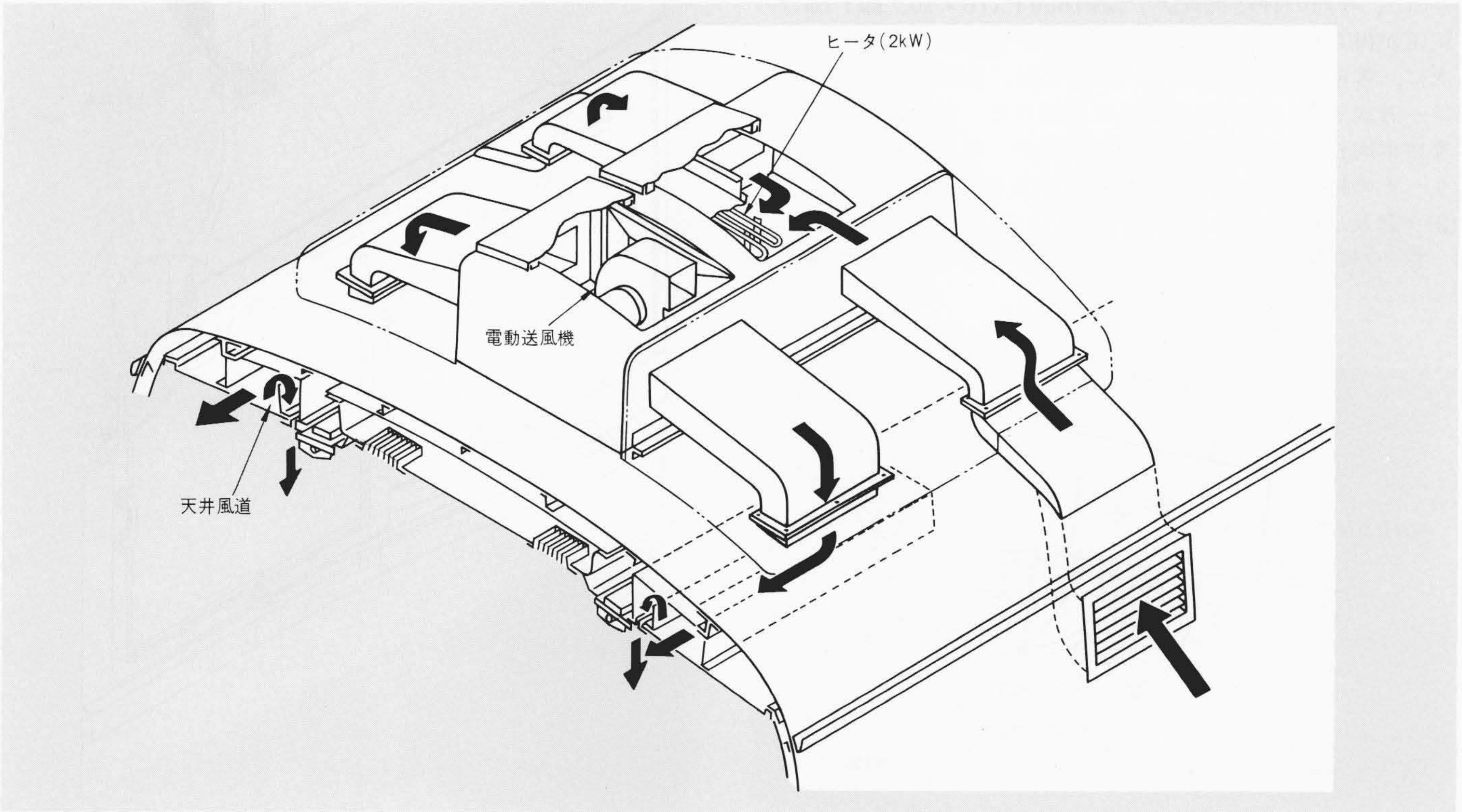


図4 新鮮外気取入れ装置 幕板部から取り入れられた外気はヒータで融雪され，電動送風機により天井風道に送られる。

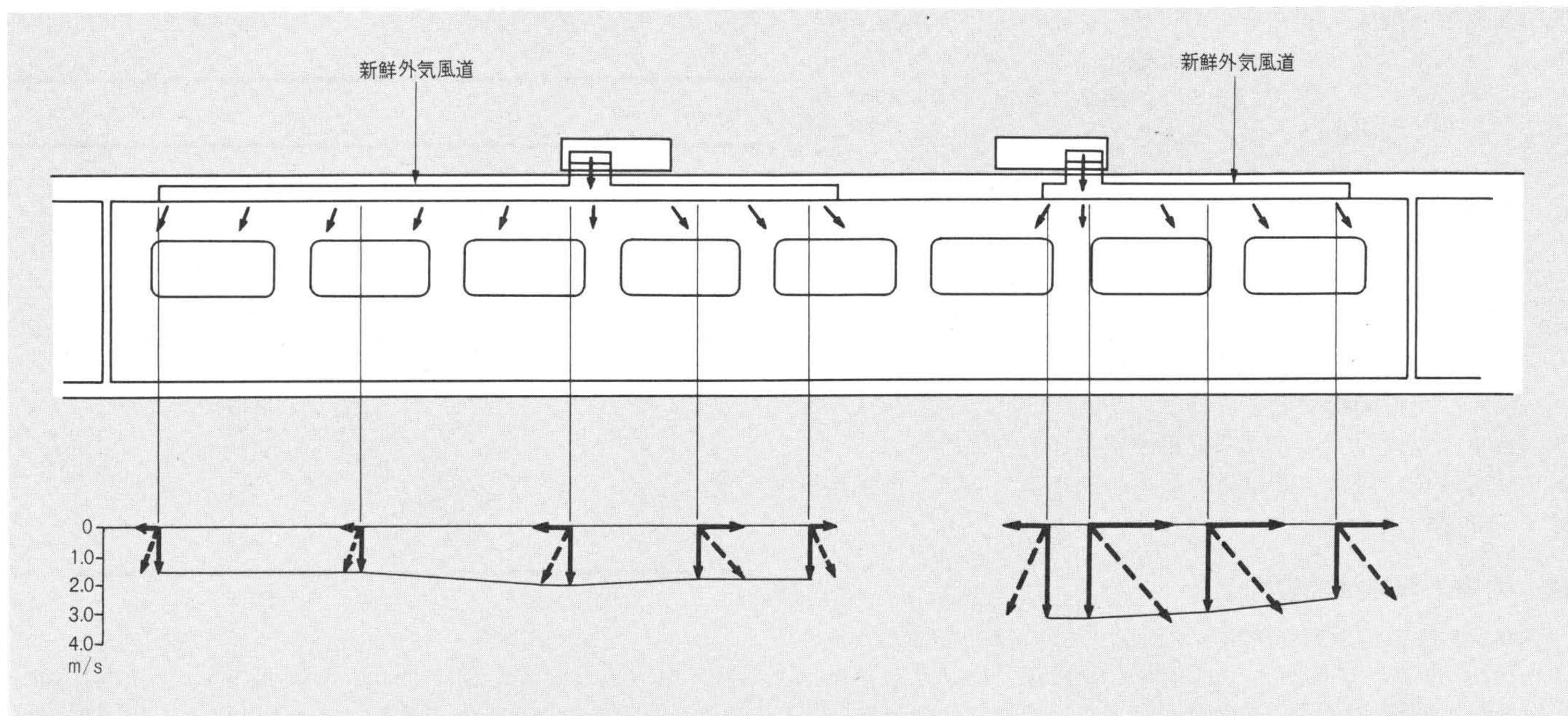


図5 新鮮外気吐出し風速分布 新鮮外気は車両長手方向にほぼ均等に吐き出される。

Δt : 氷の融点との温度差(°C)

α : バイパスファクタ

これによると、許容含雪量は約 $0.026\text{kg}/\text{m}^3$ となり、降雪量に換算すると1日当たり数メートルで、ヒータ能力としては十分である。

一方、この融雪ヒータによる取入れ外気の温度上昇は約 8deg 程度であり、厳冬季では十分な能力とはいえないが、後述するように客室への吹出風速の拡散が極めて良好であり、室内の暖房器によって補えるものと考えられる。また、従来の吹出換気法では室内空気圧が通常数百パスカル程度の負圧であったものが、今回の押込換気法では約 $600\text{Pa}\{6 \times 10^{-3}\text{kgf}/\text{cm}^2\}$ の正圧が得られ、外気の侵入防止には十分効果が期待できる。次に、客室内への新鮮外気の吐出しは、無調整式のラインフロー方式とし、天井面の煩雑さを避けた。図5に吐出し風速及び車両長手方向の風速分布を示すが、ほぼ均等化されており、その拡散の度合いも図6に示すように良好である。

(2) 窓及び戸

窓や戸に関しては、凍結防止による開閉不能及びすき間か

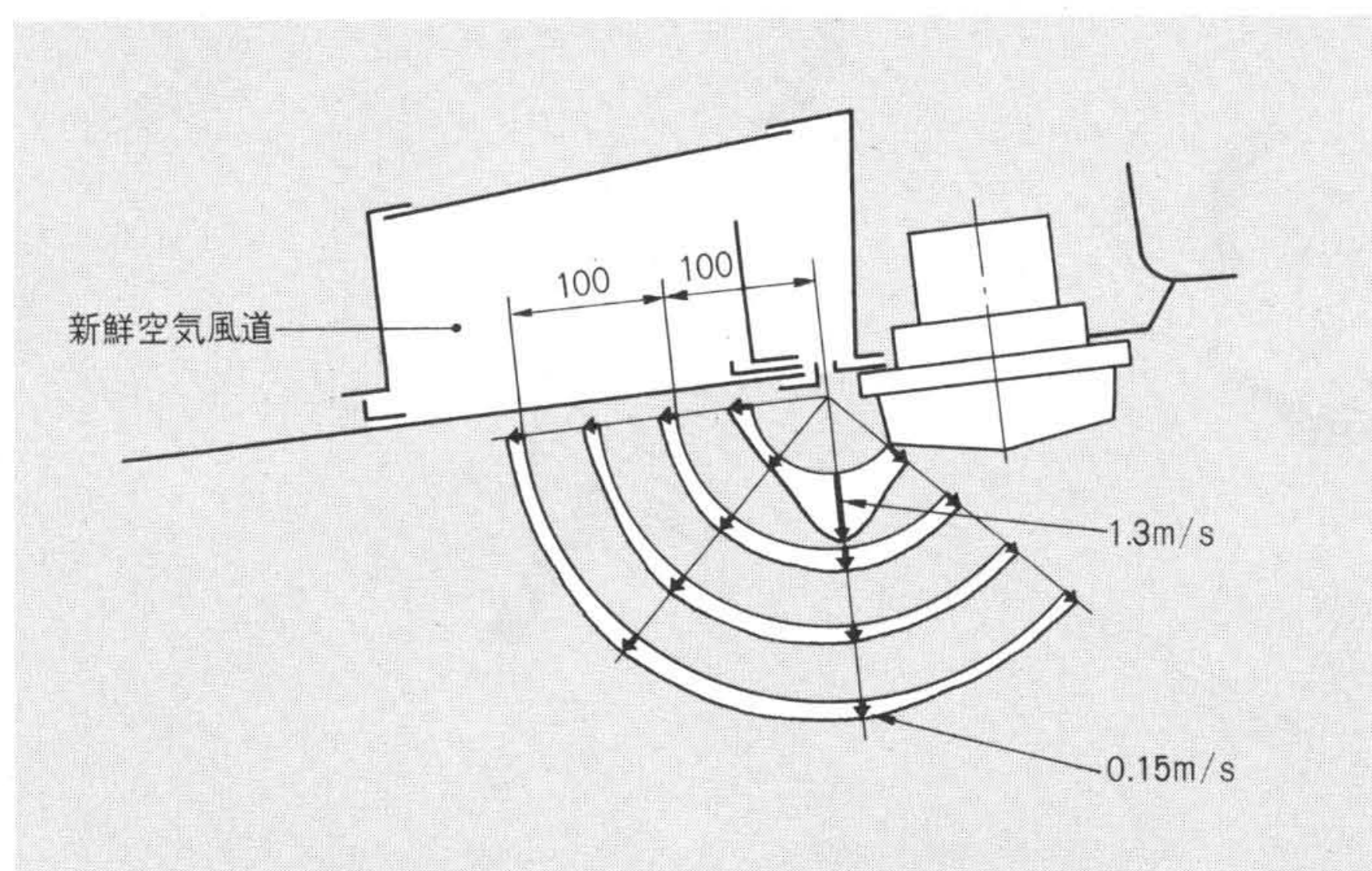


図6 新鮮外気吐出し風速の拡散状態 風速の拡散は良好で、人に与える風圧の心配はない。

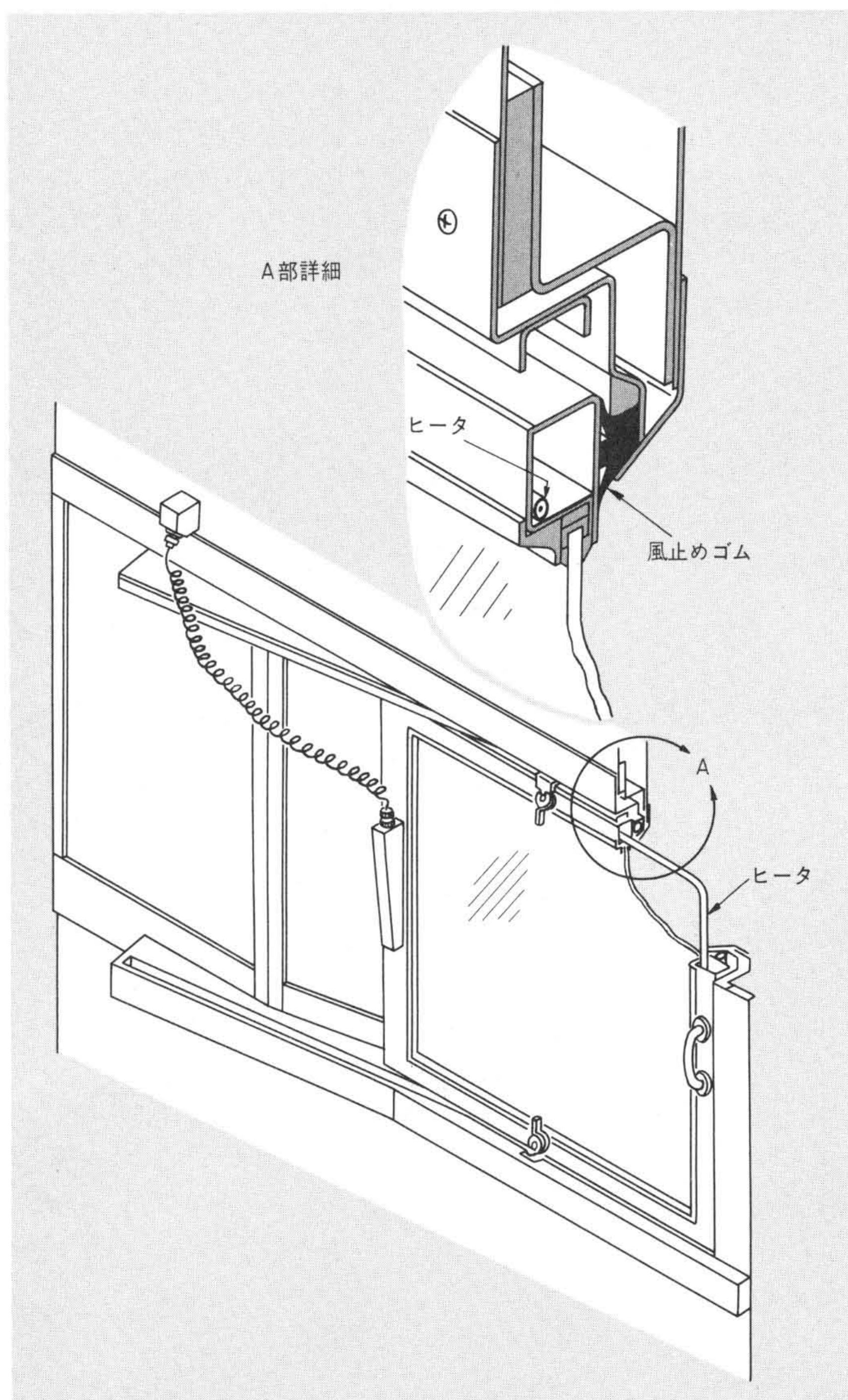


図7 乗務員室側窓構造 引窓構造で、凍結防止のため窓枠全周にヒータが入れている。

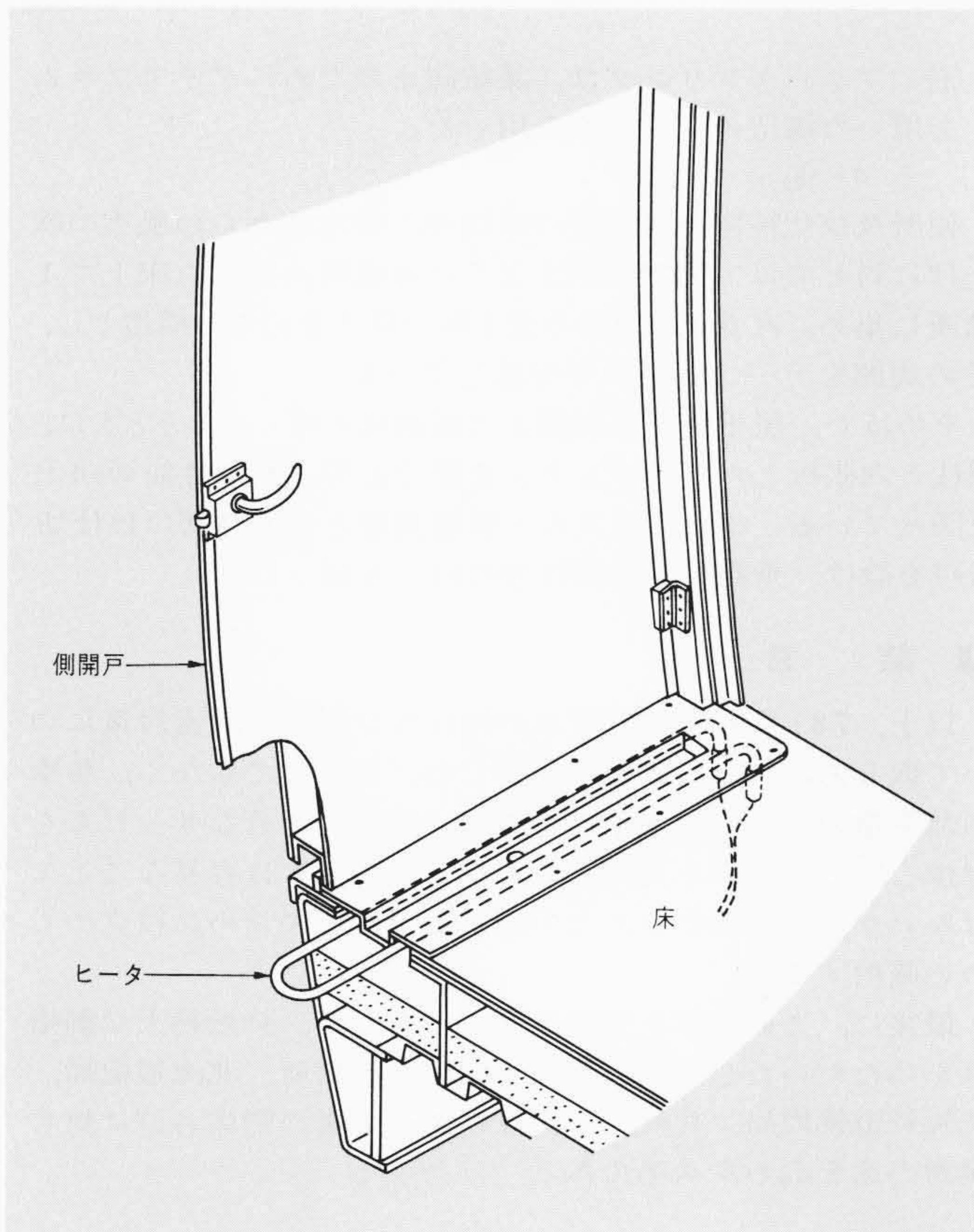


図8 運転室側開戸凍結防止対策 床中にヒーターを取り付け、床及び開戸の凍結を防止している。

らの風雪の侵入防止を考慮した構造としてある。特に、運転室及び乗務員室の側窓は、窓枠全周にヒーターを組み込み凍結防止を図るとともに、窓を閉めた状態で風止めゴムに窓枠を押しつける構造とし、風雪の侵入防止を図った(図7)。

また、側引戸にはたわみ代の大い戸当りゴム及び戸尻ゴムを採用するとともに、外妻引戸にも戸尻風止めゴムや、かも居部に溝モケットを取り付けて、密閉度の向上を図った。

運転室の側開戸の凍結による開閉不能を防ぐために、開戸のくつずりの裏側にヒーターを埋設し、これを加熱する方法を採った(図8)。

(3) ブレーキ抵抗器

発電ブレーキ用の抵抗器は雪害対策の上から自然冷却方式を採り、このために必要十分なスペースが確保され、かつ清

浄な雰囲気保証される屋根上に設ける方法を採用した。

従来の一般電車では、通常力行又は発電ブレーキ用の主抵抗器は車両の床下に搭載し、電動送風機により強制冷却されて小形・軽量化が図られてきたが、この方式では冷却風とともに雪や塵埃の侵入も多く、かつ限られた空間での絶縁強化にも限度があり、また低温・豪雪地域では電動送風機に氷雪が付着し回転不能、又は羽根折損などを生ずるおそれがあった。そこで強制冷却をやめて自然冷却方式とし、しかも氷雪の影響の少ない場所に抵抗器を取り付けることが必要となり、諸外国での自然冷却式抵抗器装備の実施例を調査分析し、抵抗器本体の構成、絶縁方法及び配線方法について多角的な検討を加え、屋根上搭載に適した構造を決めた。

更に、抵抗器を障害物から保護するために全体をカバーで覆う構造を採用した。カバーは、その目的からできるだけその開口部を少なくし、かつ抵抗器の放熱を良好に保ち温度上昇を低く抑えねばならないが、このために、数種類の模型について試験を行ない安全性を確かめた。また、カバーの開口部総面積は、カバーの総面積の20%以上確保されれば、それ以上の開口は放熱上にそれほど寄与しないことが分かった。

一方、屋根上面への輻射熱による熱影響については、ステンレス鋼板の防熱板を抵抗器と屋根上面との間にそう入し互いに空間をもたせて熱絶縁し、屋根板が加熱されるのを防止した。

図9に走行中の車両での温度測定の一例を示すが、屋根上面をはじめ各部の温度上昇は極めて低く、十分に安全なことが分かる。そして昭和53年度冬季中に行なわれた試験走行によって、積雪に対しても十分に安全なことが実証された。

更に、抵抗器素子の点検や支持がい子の清掃が、カバー全体を外さなくても可能なように、個々に開閉可能な小ぶたを設けて保守点検の便を図った。

(4) 断流器の取付け

断流器は、侵雪による接地事故や凍結による作動不良を防止するために、車両端部の床上に設けた機器室に収納した。

(5) 機器の冷却

主電動機の冷却は強制通風とし、冷却風は雪切室内の送風機により供給される循環冷却方式を採り、外気は小量だけ採り入れて、雪の侵入を抑えた。また、外気取入れ口には電熱を用いた融雪装置を設けて、雪の除去を図った。

(6) 台車

台車については、北海道で実績のある711系電車の台車を基本とし、485系電車などでの経験をもとに製作されたもので、次のような耐寒・耐雪対策が施してある。図10に台車の

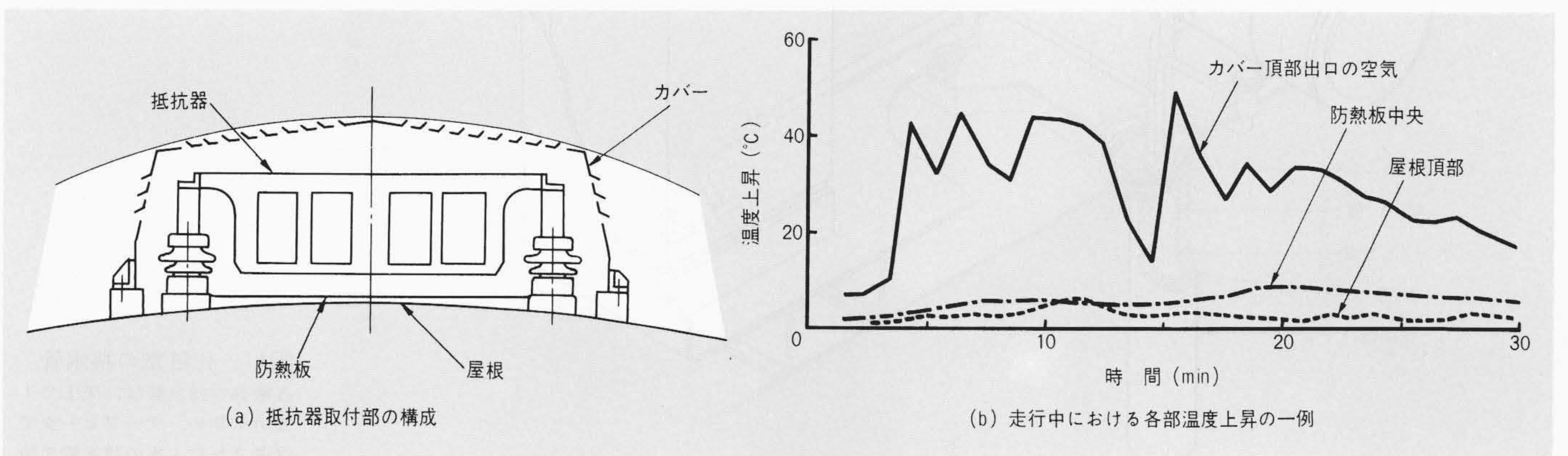


図9 走行車両の抵抗器による各部の温度上昇 車体に与える温度の影響は極めて少ない。

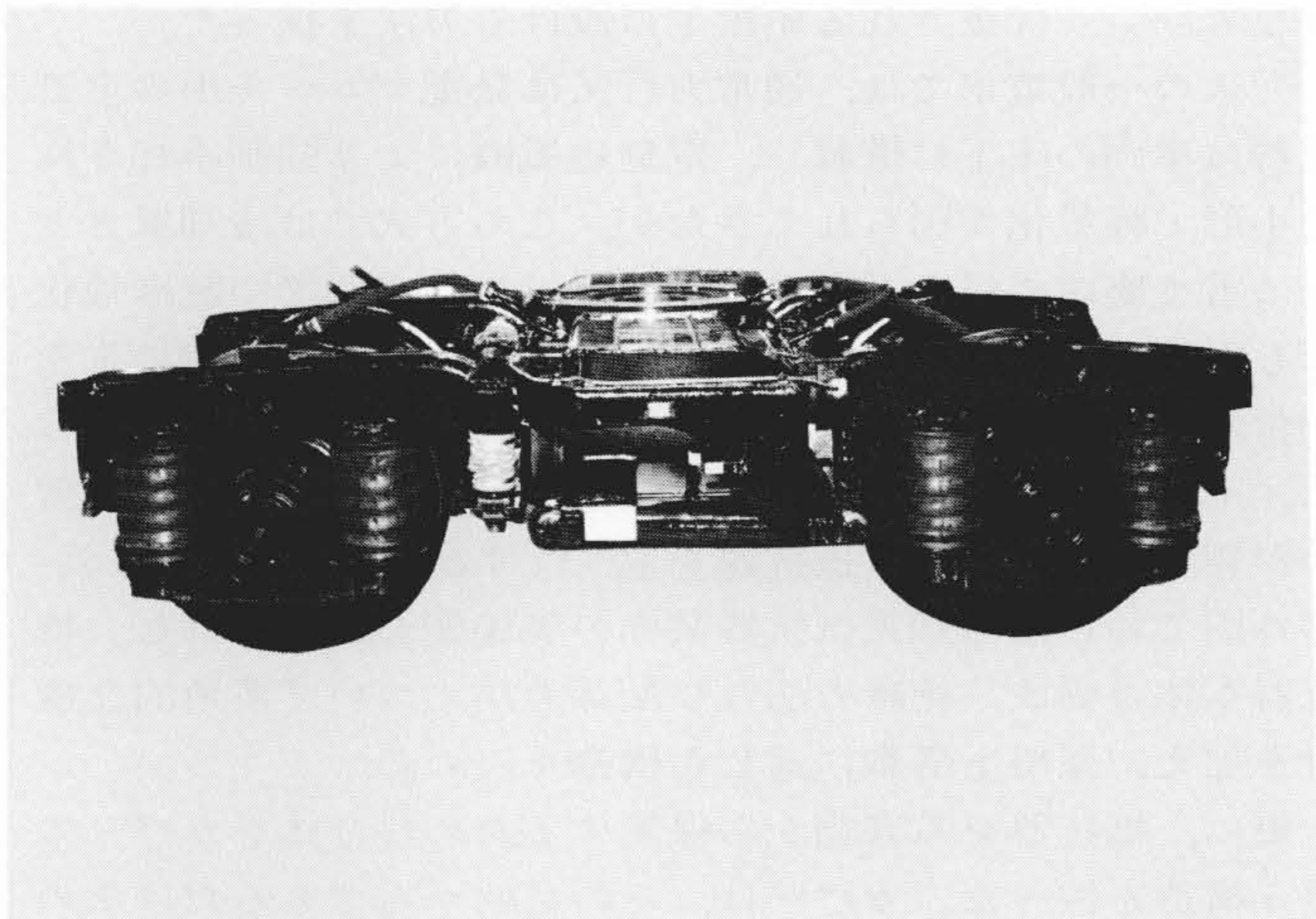


図10 781系特急形交流電車用台車 円筒案内式軸箱支持装置，H形の台車わく及びクランプ式空気ばねによってまとめられている。

外観を示す。

- (a) ジャーナル軸受は，水浸入防止を考慮して密封式にした。
- (b) 軸ばねは，氷雪によるばねの剛体化防止に効果のあるゴム被覆式のコイルばねとした。
- (c) まくらばねは，711系や485系-1500代と同様の1山ダイヤフラム式の空気ばねを使用し，氷雪食い込みによる空気漏れを防止するため，空気ばねに防雪カバーを設けた。
- (d) 電動台車の基礎ブレーキ装置は，踏面ブレーキ両抱き式で夏季には合成制輪子を使用し，冬季に铸铁制輪子が使用できるようになっている。また，水平てこ受部は，氷雪の侵入を防止するためじゃ腹式のカバーを取り付けた。
- (e) 付随台車は，ディスクブレーキ方式であり，ブレーキてこ間に侵入した氷雪を排除するため，刃形のとこを採用した。

(f) ブレーキシリンダは，凍結防止のためにダイヤフラムを用いた構造のシリンダを用いた。

(7) その他

便所及び化粧室の排水管の凍結や，排水管からの風雪の吹上げに対しては，図11に示すように各機器の排水を床上で1箇所に集め，直線化した排水管1本で排水を行なう構造とし，その周囲をテープヒータで保温している。

そのほか，屋根構えや側構えの断熱材を厚くするとともに，側柱と内張板との間のパッキンを厚くして，断熱性能の向上を図っている。また，出入台と乗務員室との通路部には仕切引戸を設け，乗務員室の居住性の向上を図った。

4 結 言

以上，781系交流特急電車の特長及び耐寒・耐雪対策について取りあげ，その概要を説明した。言うまでもなく，冬季の北海道の厳しい気象条件の下で，乗客に十分なサービスを提供し，かつ列車を支障なく運行させることは容易なことではないが，今回製作された781系電車はこのために役立つものと確信する。

最後に，この電車を完成させるに当たり，終始絶大な御指導をいただいた日本国有鉄道車両設計事務所，北海道総局，札幌鉄道管理局，札幌運転区及び苗穂工場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，藤井：北海道向け711系交流電車の概要と耐寒・耐雪装備，日立評論，49，1007～1012（昭42-10）
- 2) 谷：485系1000代特急形交直流電車，電気車の科学，Vol. 29，4，28～31（1976）
- 3) 吉田：115系1000代直流電車概説，電気車の科学，Vol. 31，3，19（1978）

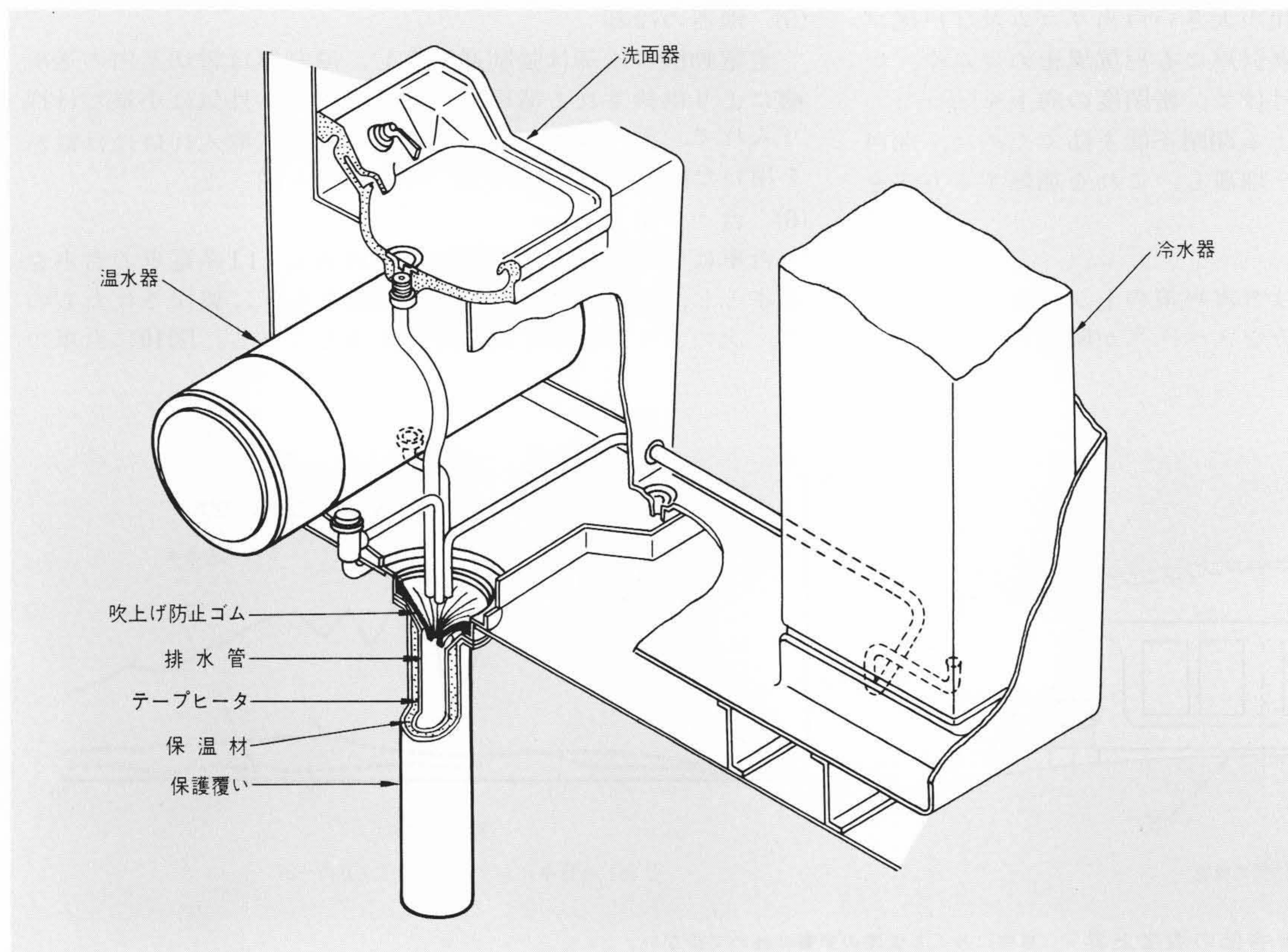


図11 化粧室の排水管
各機器の排水管は，床上で1箇所に集め，テープヒータで保温された1本の排水管で排水している。