北海道向け 711 系交流電車の概要と耐寒・耐雪装備

Outline of 711 Type AC Electric Cars for JNR Hokkaidô Service and Their Winterization

昭*

康*

Hideaki Kimoto

Hiroyasu Fujii

鉄道車両の電車化は急速に進展し北海道地区に初めて交流電車の投入が計画され、寒冷地向けとして耐寒・ 耐雪設備を備えた試作電車4両のうち2両が日立製作所で完成した。

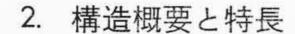
この電車は、広範囲にわたりサイリスタによる無接点化を採用しているが、とくに寒冷地向けとして、主電 動機の冷却方式、客室の暖房方式、床下ぎ装構造には画期的な新技術がとり入れられ、その成果が期待されて いる。本稿では電車の概要と、とくにこれらの寒冷地向けとして考慮した点について述べている。

1. 緒

鉄道近代化の一環として, 電化費が少なく車両性能のすぐれた商 用周波交流電化が日本国有鉄道で採用されて以来, 基礎技術の発展 にともない幾多の交直流電車が製作されたが,鉄道の電化区間は逐 次延長され, 寒冷降雪地域とくに北海道地区へと進展し, 特別な耐 寒耐雪構造の交流車両が要望されるようになった。また, サイリス タの製作およびその応用技術の著しい進歩に伴い,電車主回路,制 御回路, 補機制御回路の無接点化による車両保守の合理化が実現さ れるようになった。

今回試作した711系交流電車は、とくに寒冷地向けとして、電気 機器の冷却のための通風方式、客室暖房方式、床下機器に対する防 雪構造などサイリスタの採用と相まって新技術がとり入れられる一 方,設備品の耐久性を向上させるためプラスティックの活用が拡大

されるとともに,工作,保守の合理化の ため装置のユニット化, 集約化について も考慮され, 耐寒耐雪電車として十分な 機能をもった構造として設計製作された ものである。



この電車では, 主回路機器, 補助機器 の制御にサイリスタを駆使して機器の小 形軽量化が実現され、それらの機器はす べて1両の電動車に集中搭載されてい る。車種は2等交流制御電動車と2等交 流制御車であるが,将来の運用効率向上 のため電動車1両に対して付随車2両ま で編成することができるような電気機器

の容量としてある。図1に試作した電車の外観を、表1にその主要 要目を示す。

北海道地区に電車が投入されるのは初めてであるが、車両に関し てはすでに機関車, 客車, 気動車などの実績があり, その状況は十 分に調査され、かつ交流電車として各線区で運用されている交直流 電車,新幹線電車の実状も加味されて,この地域での運用に耐えら れる仕様について検討された。とくに、主電動機の冷却方式、客室 暖房装置,および床下ぎ装構造については、それぞれ特殊な方式を 考慮した構造としてある。このほか、この電車の特長とするおもな 点をあげるとつぎのとおりである。

(1) 車体の屋根板,外板,床波形鋼板には耐候性高張力鋼板を 使用し、前頭部には厚さ9mmの排障装置を設け雪塊を排除でき

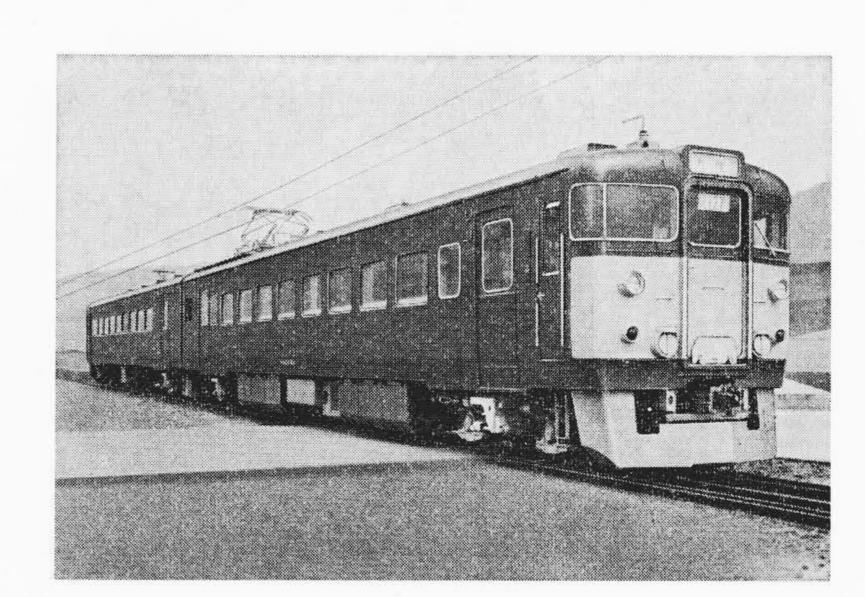


図 1 711 系交流電車外観

			表 1	主	3	是	3	夬	
交 流	50 c/s,	20 kV		主	電	動	機		
	1.016			William					

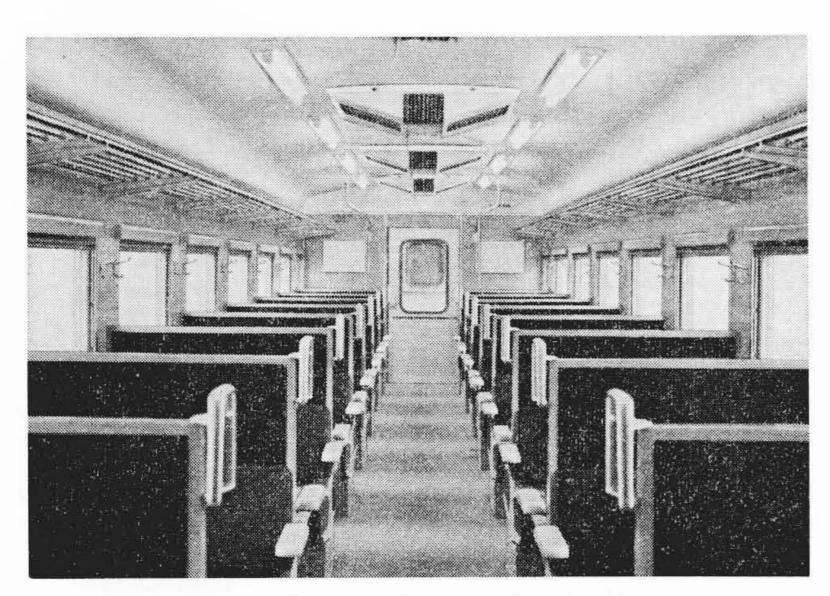
電気万式	交 流 50 c/s,	20 kV	主 電 動 機	方 式	強制通風,脈流直卷	
電動車性能	電動機個数1時間定格出力	4 個 600 kW		1時間定格	150 kW, 500 V 330 A, 2,275 rpm	
	1時間定格引張力1時間定格速度	2,950 kg 73 km/h	主変圧整流装置 (1) 主変圧器	方 式	外鉄形,不燃性油入	
最高許容速度		110 km/h		容量	送油風冷式 863 kVA	
車体主要寸法	連結面間長さ車体幅屋根高さ	20,000 mm 2,900 mm 3,690 mm	(2) シリコン制御 整流器	方 式	送油風冷式 サイリスタ・ダイオード ブリッジ 2 直列	
	パンタ折たたみ高さ 床 面 高 さ	4, 290 mm 1, 300 mm	制御装置	方 式	サイリスタによる 電圧制御	
台 車	固定軸距	2, 100 mm 860 mm		制御回路電圧	総括制御 直 流 100 V	
動力伝達方式	歯 車 比中空軸平行カルダン	1:4.82	ブレーキ装置	電磁直通ブレーキおよび手ブレーキ		

る構造とし安全運転を図っている。

- (2) 屋根は、交流電車であるため塩化ビニルの屋根布ははって なく,屋上器具にも絶縁台は使用せずに直接屋根に取り付けた構 造である。
- (3) 車両の断熱材として,屋根板裏面には25mm厚のビニルフ ィルム付きガラス綿保冷板,外板裏面には15mm厚の吹付石綿, 側内張り裏面には50mm厚のビニロックをそれぞれ設けて断熱 性の向上を図っている。なお電動車の床には主電動機用風道が設 けてあるため断熱の必要はないが、付随車では床用波形鋼板に 15 mm 厚の吹付石綿が施してある。
- (4) 車体の前後に設けられた側出入口は、圧縮空気操作による 戸ジメ機械で駆動する引戸構造であるが、引戸下部の案内レール に電熱器を設け凍結により開閉動作不能となることを防止してあ

^{*} 日立製作所笠戸工場

日



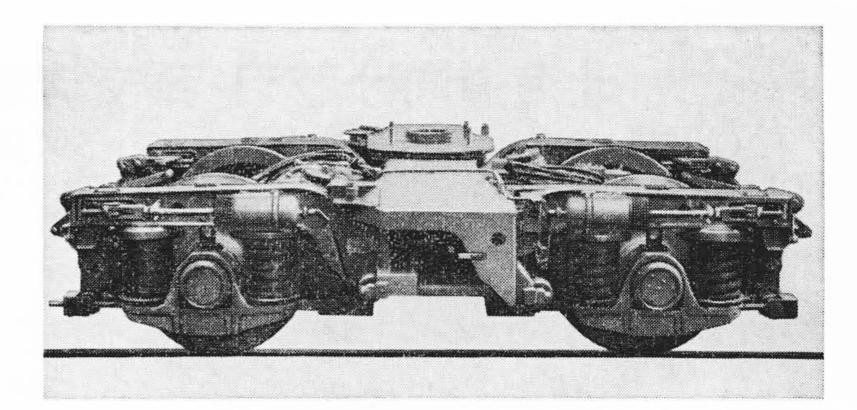
 $\boxtimes 2$ 付 随 車 客 室 内 部

る。また戸袋内にもすき間から侵入した雪が凍結しないよう電熱 器が設けてある。この引戸は防寒のため半自動方式とし、乗降客 が手動で開くことができる構造であるが, 万一凍結などにより手 動で開かない場合を考慮し、戸開きスイッチを設けてこのスイッ チを操作すれば戸ジメ機械で開けるような構造としてある。

- (5) 側窓は上昇式2重構造である。窓わくに軽合金を使用した 場合結露して乗客の衣服をぬらすことがあるので、とくに内側の 窓わくに FRP (ガラス繊維強化プラスティックス) を用いて,こ の欠点がないようにしてある。
- (6) 腰掛は人間工学的に検討された構造で、窓側のひじ掛は取 り付けず通路幅を広くとり、客室両端には2人掛の長手腰掛を配 置して近郊形電車の性格を出してある。
- (7) 通風器は従来の押込通風器であるが万一雪片または水滴が 侵入した場合, 客室内に落下するのを防止するため露受皿を天井 通風口下部に設けてある。とくに付随車には客室暖房との組み合 わせで後述の温風通風装置を試験的に取り付けてある。図2は温 風通風装置を取り付けた客室内部を示したものである。
- (8) 便所・化粧室は付随車に設けてあり、耐食性向上のため FRP を採用し、かつ工期短縮をはかるためユニット式としてあ り、しかもデザイン的に優美にまとめてある。
- (9) 運転台の機器は、運転士が常に操作および監視に便なるよ う前面に配置されている。また前面窓には室内側のくもり防止と 雪の付着凍結防止のため電熱線入りのガラスを使用してあり、警 笛は雪の侵入防止のためシャッタ装置付きとし、笛の吹鳴時だけ シャッタが開く構造としてある。
- (10) 速度制御には、サイリスタによる電圧制御を採用するとと もに、制御回路も広範囲にわたり無接点化し機器の軽量化、集約 化,保守の合理化,信頼度の向上が図られている。
- (11) 台車は、雪の付着・堆積により性能の低下を防止するため に、空気バネに1山の特殊ベローズ、軸バネにゴム被覆コイルバ ネ,ブレーキシリンダにゴムシリンダをそれぞれ使用した構造で ある。とくに、軸バネ部は円筒案内式でしゅう動部のスリ板はレ ジン製であり、かつ外筒の下側には2種類の防振ゴムを入れて前 後左右に適当な弾性を与える構造としてある。このほか軸箱部は 鞍に対して鞍つぎ材をボルト締め式とした分解容易な構造として ある。図3に電動車の台車を示す。

3. 耐雪•耐寒構造

北海道地区の雪は比較的乾燥しているので、あたかもゴミと同じ ように車両のすきま,あるいは開口部から侵入してくるといわれて いる。車両各部の防雪についてはこの点十分検討する必要がある。



耐雪形電動台車 図 3

表 2 保温機器一覧表

機器名称	保温用ヒータ容量 (W)	機	器 名	称	保温用ヒータ容量 (W)
空気遮断器	300	電動空	三気圧	縮 機	400
保護接地スイッチ	100	補助等	見気 圧	縮機	300
主 幹 制 御 器	20	ブレー	キ制御	装置	200
主 制 御 器 箱	200	アンド	1 - ダ	弁 箱	100
補助制御器箱	200	給 才	、 装	置	840
蓄 電 池 箱	500	空	気	笛	90
三相用ジャンパ連結器	100	外部電	源用セ	ン受	200
低圧ジャンパ連結器	100				

とくに機器の冷却方式についてはその良否により車両の性能に直接 影響するので根本的な構造の検討が必要である。電気機器のうち主 変圧器などの静止機器には従来から実施されている油循環冷却方式 を適用すれば十分な冷却効果が期待できるが、主電動機などの回転 機は風による冷却に期待するほかない。とくに多量の冷却風を必要 とする主電動機は従来車体の比較的高い位置に設けられた風取入 口からフィルタにより外気を取り入れ、風道に導いて冷却していた が、降雪地ではこの種の方式で完全に雪を阻止し、しかも冷却の目 的を達することはできない。

雪の侵入を阻止するためには主電動機の排風を風道に導き風道壁 面から放熱させ再びこれを吸気側に導いてくる循環方式とし,外気 の取り入れを皆無にすればよいと考えられる。しかし床下機器の防 雪上後述のパッケージを設けるため循環風道の放熱だけでは排風の 温度を確実に吸気側の温度まで低下できないと考えられ、しかもこ のパッケージ内に排風の一部を供給するので外気を取り入れて循環 風に混入する必要がある。したがって風取入口には特殊の雪取り装 置を設けておかなければならない。

このような見地からこの電車の主電動機冷却方式は循環風道と雪 取り装置を組み合わせた強制通風が採用されている。なお電動発電 機には循環風道の送気側から一部の風をとり冷却する構造としてあ る。

一方北海道地区での酷寒期には -30℃ の気温になることもあり うるので、とくに客室の暖房や、電気、空気機器の凍結防止につい ては万全の処置を施しておく必要があり, かつ床下ぎ装の耐寒性に は防雪構造も含めて十分考慮しておかなければならない。

客室の暖房については, 従来の電車に使用されている電気暖房器 の数量を単に増加すれば解決するが、厳寒期の車内換気・客室内温 度の均一化により居住性を向上し、最も合理的な暖房方式とするた め、この電車の付随車には試験的に電気暖房器に換気を組み合わせ た画期的な温風暖房方式が採用されている。

電気,空気機器には電熱器を組み込んで凍結を防止し厳寒期でも 円滑に動作することができる構造としてある。表2にこれらの機器 を示す。

また、電車の床下にはあらゆる部分に雪が堆積するので、従来か ら北海道地区では車両運用後蒸気または熱湯を噴射し融雪されてい る。したがって電気機器の口出部を完全防水とし、口出線には確実 な機械的保護が必要である。とくに電動車の床下に は機器側の防水処置に加えて床下機器を包含するパッケージを設け、主電動機排風の一部を送り込みつ ねに内部を正圧とし雪の侵入を防止している。

なお主電動機冷却方式と温風暖房装置について は,実際の車両により試験を実施し各機能が確認さ れている。

4. 主電動機の通風装置

雪の侵入防止と冷却の目的を果たすための主電動機の通風装置は循環式風道と雪取り装置を組み合わせた強制通風方式としてあるが、通風用の電動送風機と雪取り装置は車体の構造上後端に設けた機械室の中に設置し、また循環風道は床の中を利用し各主電動機に結合している。図4に通風系統を、図5に風道配置を示す。

4.1 床風道と機械室

床風道は図6に示すような構造であり、主電動機との接続部はたわみ風道でつながれ、夏期には還気側のたわみ風道をはずして直接外気に吐き出す方式である。床は気密構造とするために波形鋼板および床合板の接合部の処置を完全に施し、かつ風道仕切の根太と波形鋼板および床合板との組合せ部にもシール材を用いている。また吸湿防止のために床風道内各部には図6に示すような表面塗装処理が施されている。さらに床風道内部は床合板取付後に清掃することができないので、床合板取付作業時に切りくずなどの異物およびゴミがはいらないように構造上注意がはらわれている。

機械室内部の床上面に電動送風機を据えて送気風 道に接続し、還気風道を室内中ほどに開口させ、か つ雪取り装置を備えた外気取入口を側壁に設けてい る。還気風道には室内から操作できる還気ダンパと

排気ダンパを設け還気量を調節できるようにし、還気量の多少により外気取入口から外気が流入する方式としてある。

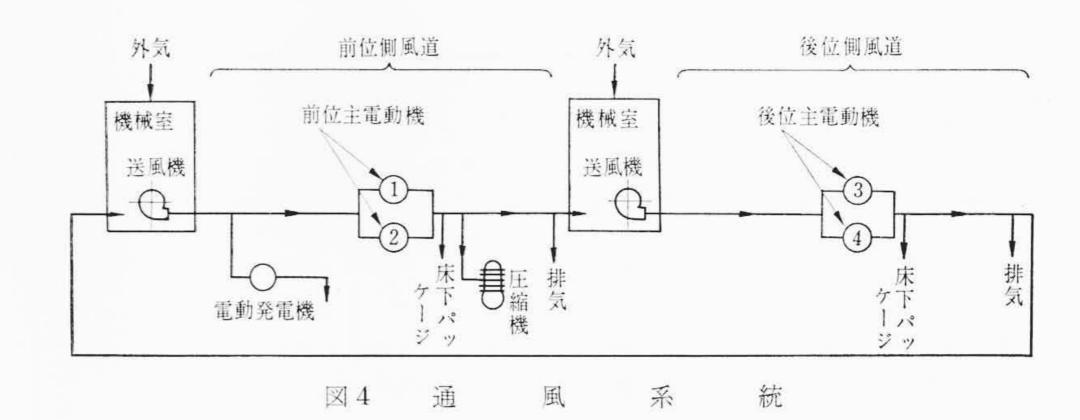
機械室は出入台に接しており乗客が近づくので、内部の騒音が漏れないようにするための内張りを1.6 mm 鋼板張りとし、外側の化粧板との間に25 mm 厚さの軟質ウレタンフォームを入れて吸音させている。またドアは1.2 mm 厚の鋼板を内外両面に張ってその間に軟質ウレタンフォームを詰め、戸当たり面にはゴムパッキンをはさんで騒音が漏れないようにしてある。騒音測定の結果走行中はまったく機械室内の騒音を感じない程度である。

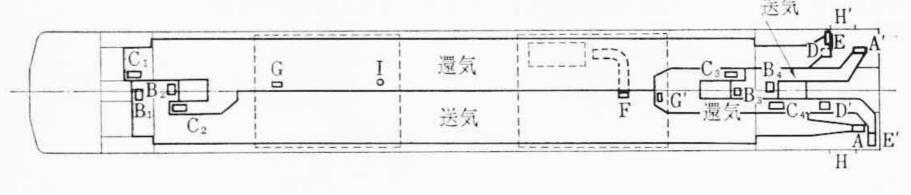
4.2 冷却風の温度と外気混入量

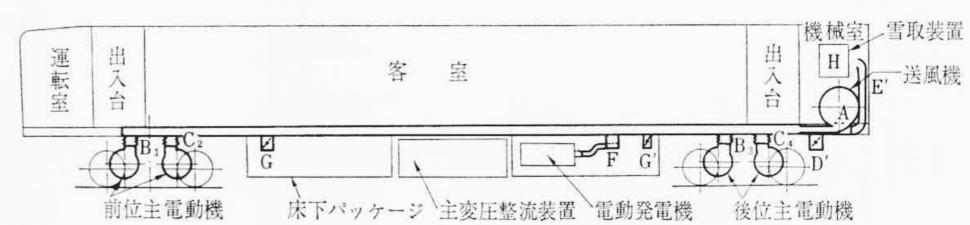
主電動機の冷却風の温度は夏期の外気温まで許せるが、つねにこのような高温にさらされていると主電動機絶縁材料の寿命が短くなるため、この電車では主電動機の風入口における冷却風の温度が25℃以下で、かつ1台当たり13 m³/min の冷却風量が要求されている。

冷却風中の外気取入量は風道の放熱量によって決まるが、いま表面積 $S(\mathbf{m}^2)$ 熱貫流率 $K(\mathbf{kcal/m}^2 \cdot \mathbf{h} \cdot \mathbb{C})$ なる風道に風量 $Q(\mathbf{m}^3/\mathbf{min})$ が流れているときの外気温度 $T_0(\mathbb{C})$ 入口温度 $T_1(\mathbb{C})$ 出口温度 $T_2(\mathbb{C})$ の関係は(1)式で与えられる。

図5の風道配置で機械室と後位主電動機間の風道は短いのでこの 間の放熱を無視し、機械室と前位主電動機間の風道の温度降下につ







 A A'
 送風機吐出口

 B₁ B₂ B₃ B₄
 主電動機給気口

 C₁ C₂ C₃ C₄
 主電動機排気口

D D' 還 気 排 気 ロ E E' 還 気 戻 り ロ F 電動発電機給気口

G G' 床下パッケージ給気口 H 外 気 取 入 口 I 空気圧縮機給気口

図5 主電動機風道配置

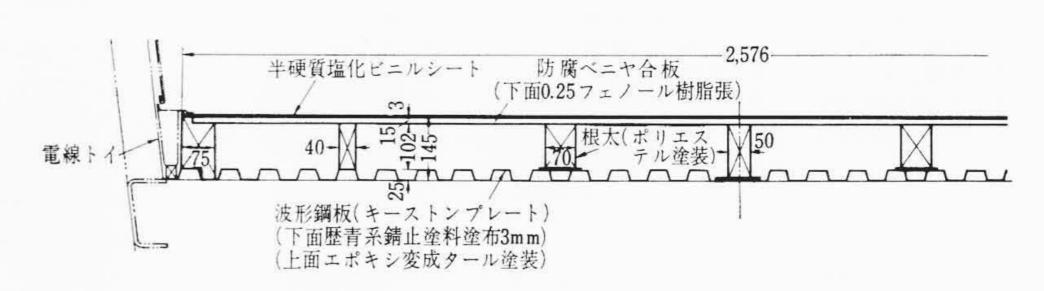


図6 床 風 道 構 造

いて考えると、(1)式の定数はつぎに掲げる数値で与えられる。

S: 床上面は厚い合板であるため、下面の放熱のみと考え、 その延面幅は $1.88 \, \mathrm{m}$ 、風道長さ $14 \, \mathrm{m}$ であるから S は $25 \, \mathrm{m}^2$ である。

 $Q: 26 \,\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$

る。

K: 床下にパッケージのある場合 5.0 kcal/m²•h•℃ 床下にパッケージのない場合 12.5 kcal/m²•h•℃ よって(1)式はパッケージの有無により(2)式,(3)式で表わされる。

 $T_2 = T_0 + 0.5 (T_1 - T_0) \dots (3)$

主電動機風入口の温度を前記要求値の25℃以下とし,2個所の機器室外気取入口から等量の外気を混入した場合の外気取入量を算出すると表3に示す値が得られる。ただしこの計算では電動発電機に供給する風は省略してある。表3から床下にパッケージを設けた場合かなり多量の外気を要するが、この計算は全負荷運転を長時間連続した場合のものであり、実際走行中の外気取入量は表3の値より少なくてよいと考えられるので、外気取入量を自由に調節できるようにし、実際の走行試験により決定されるようにしてある。

4.3 雪取り装置

外気取入口には従来単純なフィルタを設けてゴミなどの侵入を防

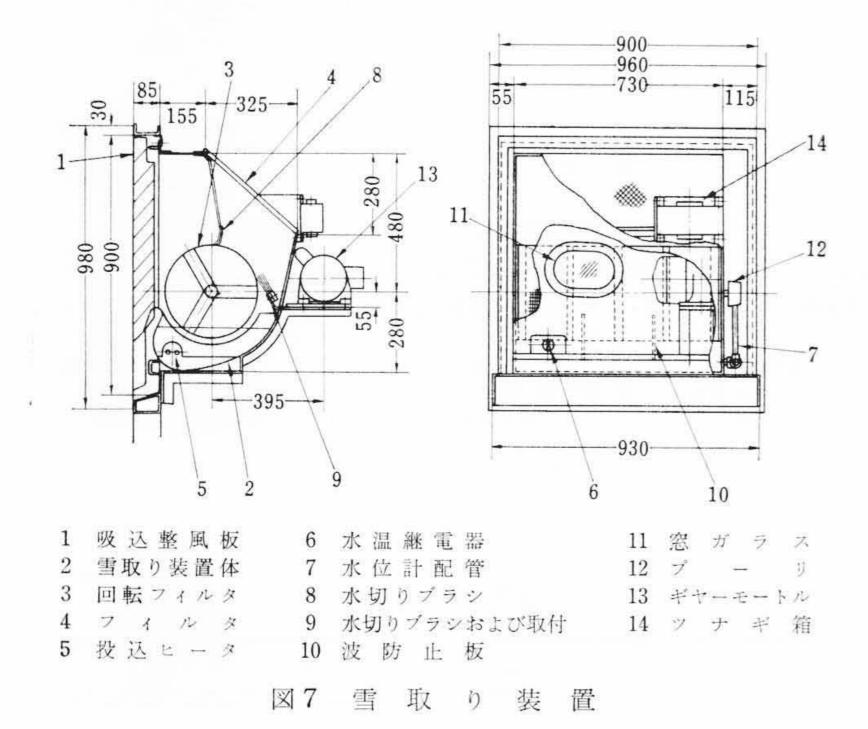
1

H

表3 外気の混入量

		外 5	礼 混	入	量	(m³/min)	
外気温度	床風道下面	D	末風 道下	面からの	放熱が	ある場	合
°C	からの放熱がないと仮	床下パッケージがある場合					床下パッケージがない
	定した場合	40℃*	30℃*	20℃*	10℃*	0°C*	場合
10	19.8	21.1	20.4	19.0		_	13.5
5	18.3	19.5	18.5	17.0	16.6		11.2
0	17.1	18.0	17.4	16.3	15.4	_	8.6
-10	15.0	15.7	_	14.1		12.6	4.6
-20	13.4	_				7 <u>-1-200</u> 2	1.6

表中*印温度は床下パッケージ内部の温度を示し、この温度が変化した場合の外気混入量の変動をそれぞれ算出してある。



止していたが、降雪地ではフィルタが目づまりしたり雪が透過したりして通風の目的を果たすことができない。完全に雪を除くにはフィルタに付着した雪を即座に融かし水にして分離させる方法が最も、効果的である。その方式については構造上種々考えられるが、この電車では図7のように回転式フィルタと温水槽を組み合わせ自動温度調節器つきの電熱器を備えた構造としてある。

装置の仕様決定に際し空気中の雪の量を推定する必要がある。北海道での冬期における降水量の実績($^{(1)}$ は1日約20mmで,連続的に降ったとすれば0.2g/m 2 ・sの水量となる。一方雪の落下速度は図 $^{(2)}$ に示すとおりであるとされており、これより1m/sとすると空気中の雪の量は0.2g/m 3 となる。また外気取入量は最大主電動機通風量の $^{2/3}$ と考えておけばよいので、雪取り装置にはいってくる雪の最大量は0.06g/sである。

回転式フィルタの大きさは、18 m³/min が通過したときの風速が一般のフィルタと同様に1.5 m/sになるように決定され、金網の枚数および回転数については別に試験され、金網はアルミデミスター枚張り、回転数は25、20、15 rpm の3段階として降雪の状況により選定できる構造としてある。

槽内の水温は融雪の目的からは高いほど良いが、一方温度を高くすると蒸発を促進して冷却風を加湿することになるので7 \mathbb{C} に選定し、温度調節器の調節範囲は ± 1.5 \mathbb{C} としてある。

雪の量,回転フィルタの構造,槽内の水温および外気温から決定される槽内の電熱器容量は,融雪に必要な熱量および外気温に冷えた回転式フィルタが槽内温度に暖められる熱量を算出し,このほか水面からの熱発散などを考慮して,1.8kWとしてある。また0.06g/sの雪が融雪すると水量が増すが,電車が1日10時間走行したと

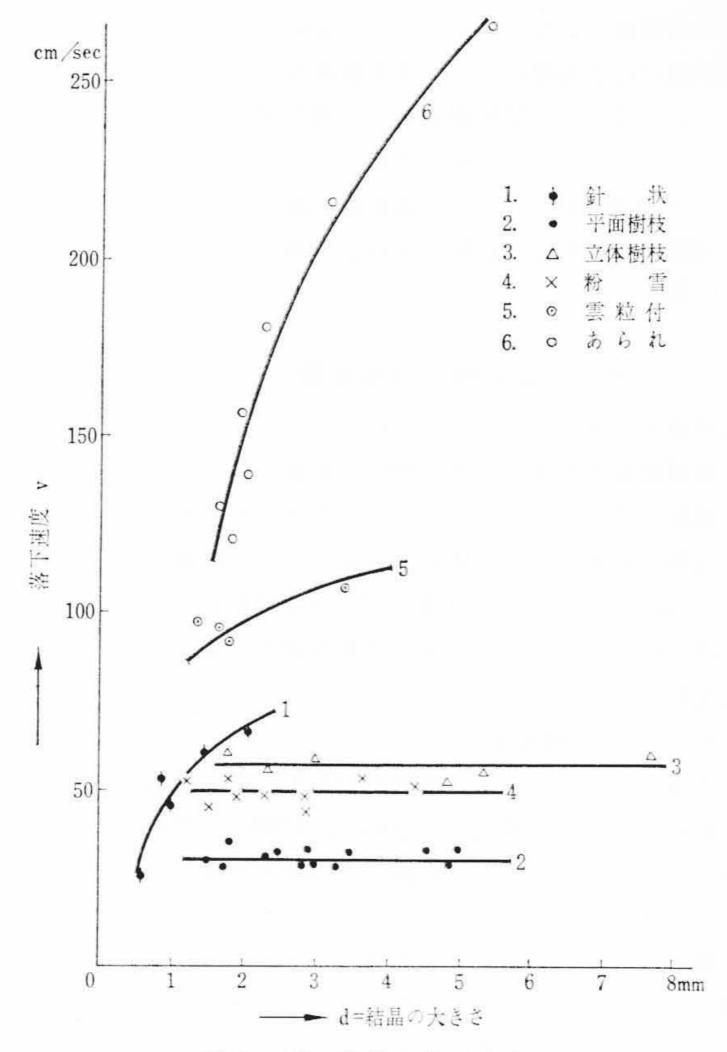


図8 雪の結晶の落下速度

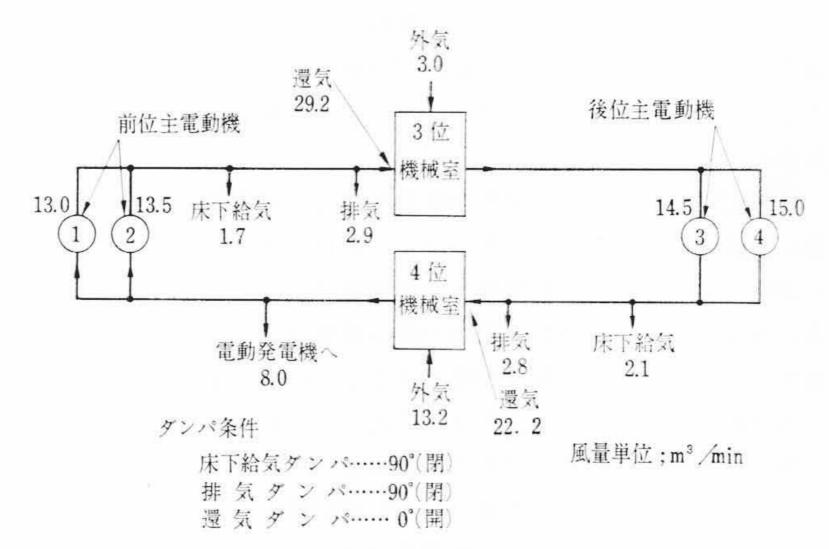


図9 風量測定結果の一例

して約 $2.2 \log 0$ 水が増加することになるので、温水槽としては約3 l の余裕を持たせておけば十分である。

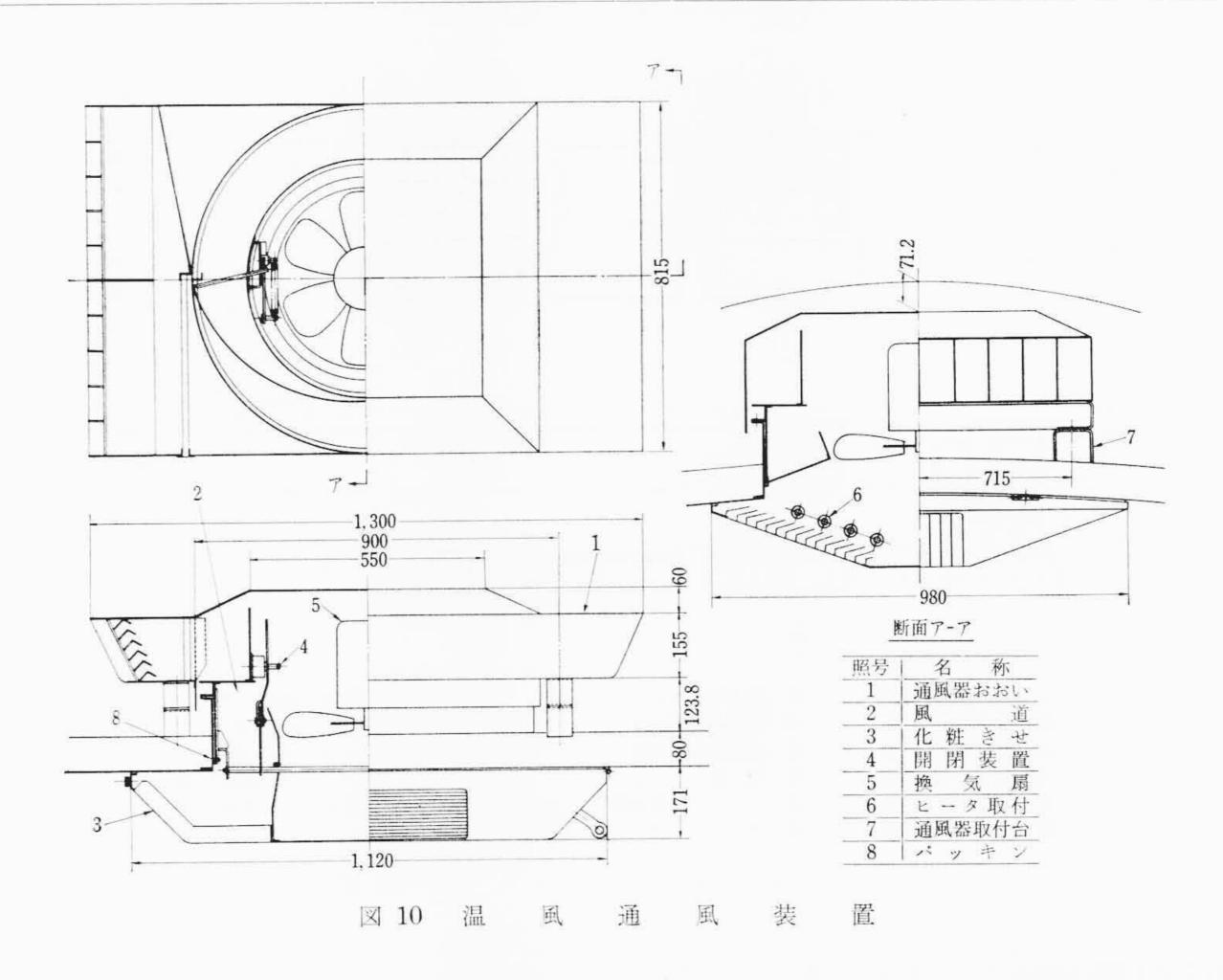
この雪取り装置は0℃以下の外気温で使用されるため、水が凍結してフィルタの目づまりや、回転軸の凍結固着を生じてはならないので、-14℃の低温室に入れて試験され動作が確認されている。

4.4 風量試験

試作電車の風道が完成後に雪取り装置も含めて風量,風圧の測定を行なった。風道抵抗はほぼ計算で予定していたとおりであり,機械室に設置した電動送風機(定格 110 mmAq, 26 m³/min)によって主電動機に必要な風量が得られることを確認した。図9は試験結果の一例を示したものである。排気ダンパと環気ダンパの操作角度と外気混合割合との関係を測定し、現地走行試験において外気混合割合がただちにわかるようにした。

5. 客室暖房装置

客室内暖房には従来腰掛下に1両当たり13kW程度の電気暖房



器を分散配置し、十分な暖房能力を発揮していたが、寒冷地では容量が不足するので暖房器の容量を増大する必要がある。単に腰掛下の暖房器個々の容量を増大したのでは直射熱による腰掛への悪影響があるため、この電車では不足分暖房器を側窓下部に配置し十分な暖房効果を得る方式としてある。また客室内の温度を常に一定に保持するために自動温度調節装置を備え最も合理的な暖房方式が採用されている。

さらに客室内空気の自然対流による暖房よりも温風を適当な風速で吹き付ける方式とすれば、窓付近および出入口付近の客席温度が比較的低温である欠陥を解消し客室内温度の均一化をはかるとともに、居住性を向上させることができるので、とくにこの電車の付随車には客室内天井に電気暖房器を分散配置しこれに換気扇を組み込んだ温風暖房装置を取り付け、前記客室内下部に設けた電気暖房器と双方で暖房するとともに換気を行ない、車内環境を改善した方式がとられている。また温風暖房装置は冬期の暖房のほか夏期には換気扇の回転数を変換できるようにし、暖房回路のみを開放し通風できる構造とし温風通風装置として天井に分散装備されている。

温風通風装置の屋上通風口は雨および雪などが侵入しないよう金網・水切り板・フィルタ・サイクロン式風道を組み合わせた構造とし小形にまとめられ、かつ車内から簡単に操作できる開閉装置を設け外気取入量を冬期・夏期で使い分けできる構造にしてある。なお通風口の構造については試験により十分その性能が確認されている。

天井から吹き出される風は吹出口から急速に拡散し、かつ風速を 均一なものとし客室内全般に等分布になるのが理想的であるので、 吹出口には整風板を設けるとともに吹出口付近の内部には風の吹出 方向と平行に案内板を3枚取り付け拡散させる構造としてある。

天井からの吹出風量については、立席者頭部の温風風速を 0.3m/s⁽³⁾以下とし、天井広さから吹出口の面積を決定して冬期では 1 台 あたり 15 m³/min としてある。前記通風口からの換気量を従来一般電車の通風器に準じて 5 m³/min と選定したので車内空気の循環量が 10 m³/min である。また夏期通風の場合は北海道地区の平均温度と湿度から露出肌への風速は 0.8 m/s⁽³⁾ 程度が適当であり風量は 40 m³/min としてある。また吹出口のヒータ容量は、立席者頭部の温度を 18.1℃ から 23.1℃⁽³⁾ の範囲内におさめるように吹出口の温度

表 4 温風通風装置の仕様

Ę	熱部		换	奥 気 扇
電気方式	交流 400V 単相 50c/ び 60 c/s	s およ 電気方	式	交流 100V 単相 60 c/s コン デンサ分相式
容 量	330 W×8 本半減可能	極	数	冬季 8 極 夏季 4 極
発 熱 量	2,270 kcal/h	羽根	径	40 cm
構造	放熱板付きシーズヒー	- タ 風	量:	冬季 15 m ³ /min 夏季 40 m ³ /min

を選定する必要があり、外気温によっても変化するので試験により 1台あたり 1.3kW 程度の電熱器を配置すれば十分であることを確認し、330 W のシーズヒータを 4 本整風板裏面に設けることにした。 なお予備ヒータを 4 本組み込み 1 台あたり 8 本のヒータを装備した構造としてある。図 10 に温風通風装置を示し、表 4 におもな仕様を示す。

この装置のヒータ回路のみに通電され換気扇回路が開放されるかまたは換気扇の事故で回転不能となったときは、天井板などの構造物を過熱するおそれがあるので、換気扇回路が開放したときは必ずヒータ回路も開放されるよう電気回路で関連をもたせ万全を期している。

6. 床下ぎ装構造

北海道地区での車両の床下ぎ装の構造については前にも述べたように過酷な条件を満足することが必要である。

電気機器を集中搭載した電動車の床下はパッケージで包まれるが 床下機器の点検の際には容易に開閉できる構造であり、かつ夏期に はパッケージは不要であるから容易に取りはずしできる構造とする 必要がある。この電車の床下に設けたパッケージは、図 11 に示すよ うに主変圧整流装置の前後に配置され、側ふたと底ふたとに分割さ れ、さらに底ふたは車体中心線付近で左右に 2 分割した構造である。 側ふたはバネを組み込んだ掛金式で、簡単に開閉できる構造であり、 底ふたは側ふたを開放すれば引き出せるようにしてある。また、こ れらのふたの骨子となる部材は車体にボルト付けされ、着脱操作の 容易な構造である。なお、付随車の床下は、簡単な補助機器箱、ブ

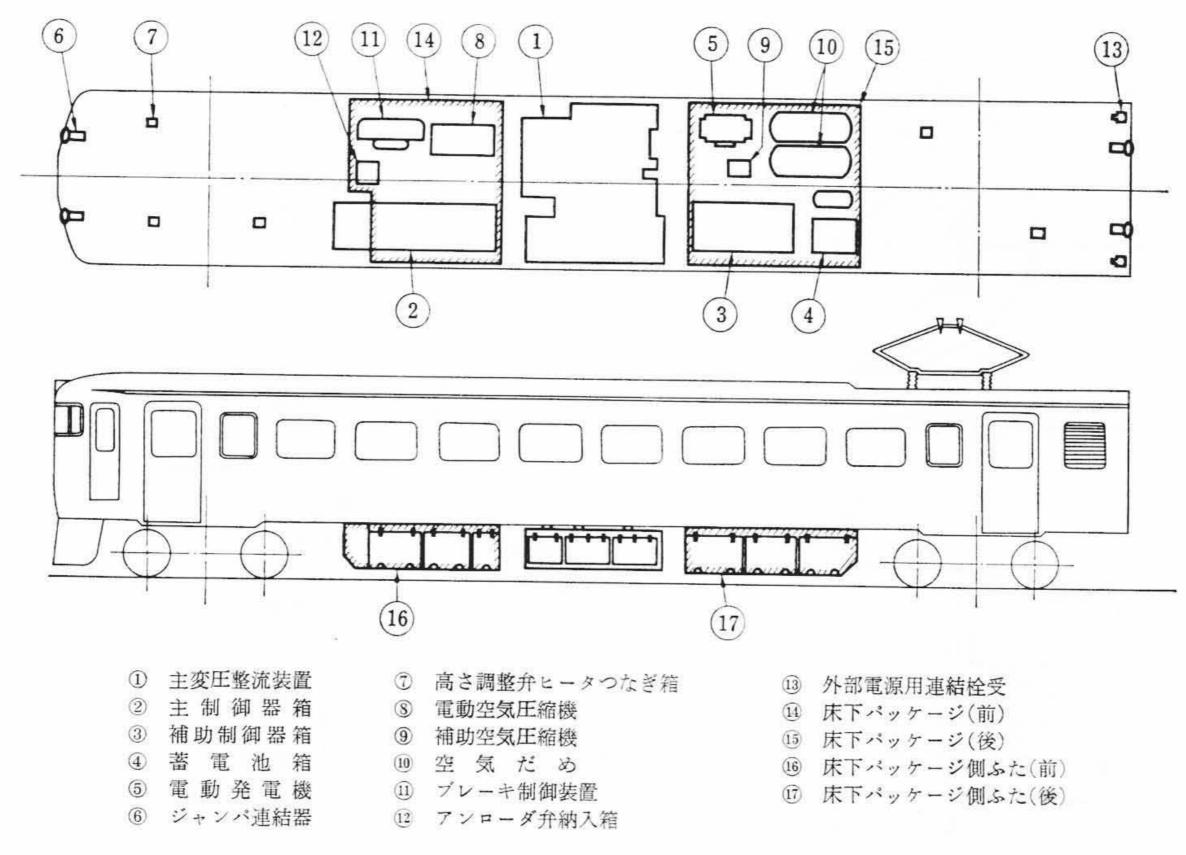


図11 床下機器とパッケージ配置

レーキ関係機器および FRP のサンドイッチ構造の水タンクを配置してあるのみで、主要機器がないのでパッケージは設けてない。

電車の配線には、従来低圧回路は主としてビニル絶縁電線(WV1電線)を使用し、配線保護用として硬質ビニル管を使用していたが、低温にさらされたうえに融雪作業のため蒸気または熱湯を噴射されることもあるので、この電車の床下配線材料としてはビニル絶縁電線に代わってブチルゴム絶縁クロロプレン電線(WB1電線)、または天然ゴム絶縁多心電線を使用し、かつ硬質ビニル管に代わっては薄鋼電線管を使用し耐寒性・耐熱性を向上してある。さらに機器の口出部は高圧・低圧回路とも、たわみ管または電線といなどにより直接電線に蒸気または熱湯がかからないような構造としてある。

床下機器の口出部には従来主として油処理した木製の電線押えを設け電線をたるませて水切りとする方式であったが、蒸気または熱湯噴射によるきびしい防水構造を必要とするため、この電車では船用口出金物(JIS-F-8801)を使用し、口出線は単線または多心ケーブルとして完全防水としてある。また機器の性質上、配線の都合上多心ケーブルが使用できない個所は束線とし、その口出部は薄鋼電線管を機器箱に直結した方式がとられている。

7. 結 言

電車の耐寒・耐雪構造については電気車両の課題としてとりあげられ多角的に研究され、実施にあたっては幾多の問題があったが、とくに主電動機通風装置、客室暖房装置、床下ぎ装構造に、サイリスタの活用と相まって画期的な新構想がとり入れられ、北海道向けの交流電車を完成することができた。

試作電車はすでに函館本線において諸種の試験が行なわれその性 能が確認され,今後の寒冷地向け交流電車の基本となるものである。

終わりにこの電車の設計製作にあたって絶大なるご指導を賜わった日本国有鉄道車両設計事務所の各位に深甚の謝意を表するとともに、本電車の設計製作を共同で行なわれた汽車製造株式会社東京製作所の各位に敬意を表するものである。

参考文献

- (1) 気象学ハンドブック編集委員会: 気象学ハンドブック (昭和 34年1月)
- (2) 中谷: 雪の研究(昭和24年3月)
- (3) 渡辺: 建築計画原論(昭和26年6月)