

200系新幹線電車の車両構造

Construction of Series 200 New Electric Cars for Shinkansen

日本国有鉄道では、東北・上越新幹線の開業に向けて準備を進めており、今回、雪対策試験車、乗務員訓練用車両が企画され、日立製作所では、それらのうち、それぞれ6両と12両の製作を担当した。引き続いて量産車を製作中である。

この電車は、東海道・山陽新幹線での0系新幹線電車の使用経験を基に、アコモデーションの改善、耐寒・耐雪対策、省力化、故障処置の迅速化などが盛り込まれており、昭和55年10月及び昭和56年2月の公式試運転で、所期の性能が確認された。

服部守成*
岡崎正人*
岡本誠一*

Morishige Hattori
Masato Okazaki
Seiichi Okamoto

1 緒 言

日本国有鉄道では、東北・上越新幹線の開業に向けて着々と準備を進めており、開業後は営業用車両に転用可能な雪対策試験車、乗務員訓練用車両及びそれらの試験、試用結果を反映した200系新幹線電車が企画されている。

日立製作所では、当初からこの計画に参画し、雪対策試験車6両、乗務員訓練用車両12両を納入し、引き続き量産車を製作中である。この電車は、東海道・山陽新幹線での0系新幹線電車の使用経験に加え、アコモデーションの改善、雪対策などを盛り込んで製作された新系列の車両である。

本論文では、その主要仕様、耐寒・耐雪構造、軽量構体、冷暖房・換気システムについて述べる。

2 200系新幹線電車の主要仕様

200系新幹線電車は、17年に及ぶ新幹線の使用経験、その間での数回にわたる試作電車を通じて得た試験結果、及びその確認を生かして完成した車両である。表1に各電車の主要仕様の変遷を示す。これらのうち、基本的なものは初期から採用されており、その内容は順次改良されて200系新幹線電車に引き継がれている。

車体側面をレール面近くまで伸ばした、いわゆるボディマウント構体は基本的な仕様の一つであり、軽量化と床下機器への着雪を防止するために採用されている¹⁾。また、新鮮な

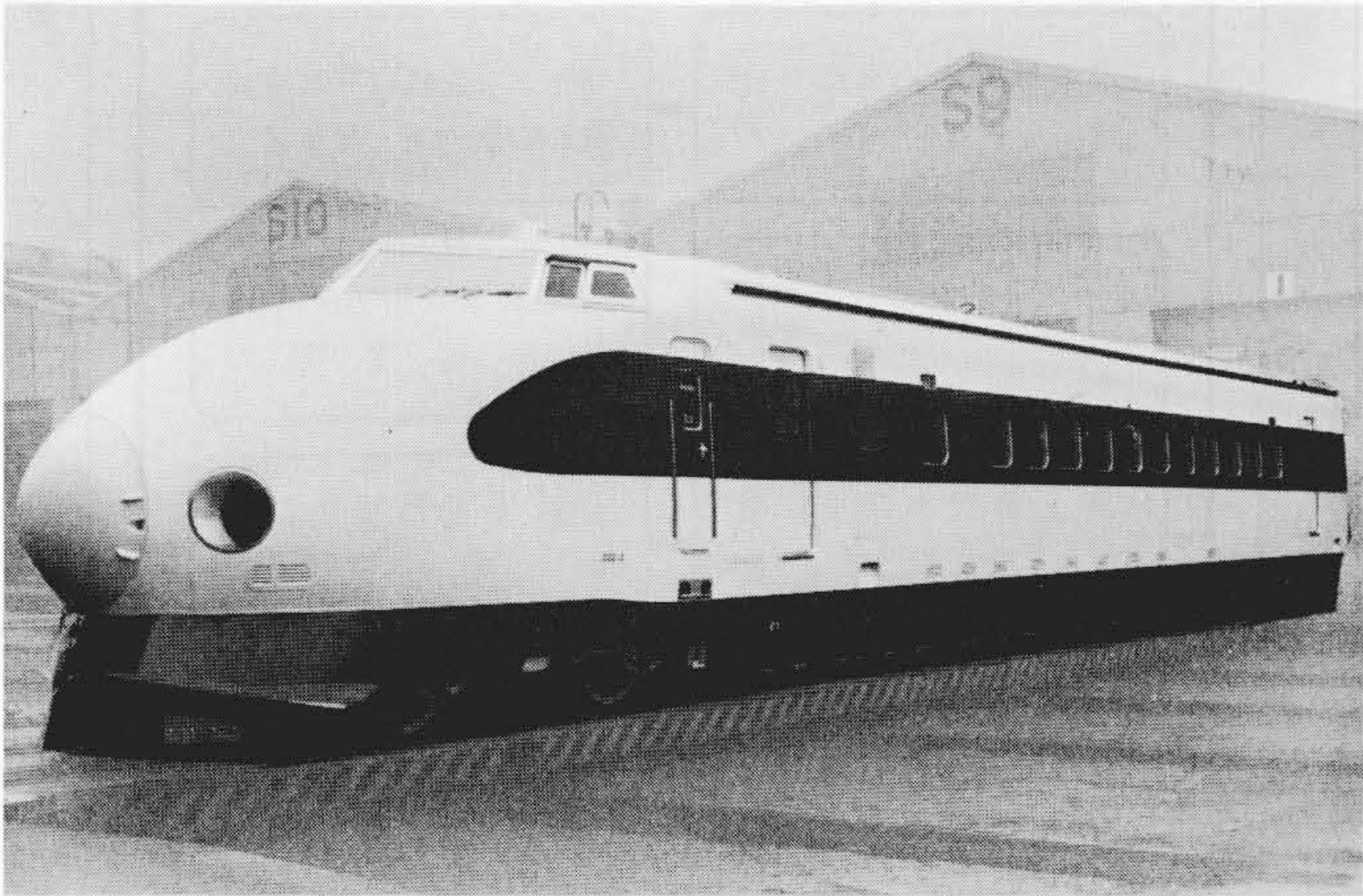


図1 200系新幹線電車の外観 雪の吹き込みによる台車機能阻害防止のため、台車部のスカート进行短くし、警笛の取付位置を床下から標識灯下部に移設している。

空気の入部部に空気中の雪を分離排除する雪分離装置を設けた換気システムは、200系新幹線電車のために試作と試験を積み重ねて完成された技術である^{2),3)}。図1に200系新幹線電車の外観を示す。

表1 主要仕様の変遷 主要仕様のうち、基本的なものは初期から採用されているが、内容は順次改良されて200系新幹線電車に引き継がれている。

項 目		名 称	0系新幹線電車	951形試験電車	961形試作電車	962形試作電車	200系新幹線電車
車 体 構 造	構 体		鋼製溶接構造	軽合金溶接構造	同 左	同 左	同 左
	床 下 ぎ 装		機器つり下げ方式	ボディマウント方式	同 左	同 左	同 左
台 車 構 造	形 式		DT200	DT9010	DT9013	DT9019	DT201
	車 体 結 合		空気ばね2軸ボギー	同 左	同 左	同 左	同 左
電 気 方 式	駆 動 方 式		歯車継手	同 左	中空軸たわみ板継手	歯車継手	同 左
	架 線 電 圧		AC25kV 60Hz	同 左	AC25kV 50/60Hz	AC25kV 50Hz	同 左
制 御 方 式	主 電 動 機		185kW×4/両	250kW×4/両	275kW×4/両	230kW×4/両	同 左
	力 行 制 御		低圧タップ切換	連続位相制御	同 左	同 左	同 左
	ブ レ ー キ 制 御		抵抗段制御DB, 電磁直通ブレーキ	チョップパ制御DB, 電磁油圧ブレーキ	同 左	同 左	同 左
				電気指令空気ブレーキ	同 左	同 左	同 左
運 転 方 式			ATC及び手動	ATC及び速度指令	ATC及びATO	ATC及び手動	同 左
最 高 運 転 速 度			210km/h	250km/h	260km/h	210km/h	同 左
製 作 年 月			昭和39年4月	昭和44年3月	昭和48年8月	昭和54年2月	昭和55年9月
主 な 開 発 検 討 項 目			鋼製車体による 210km/h運転	軽合金製車体 サイリスタ制御 電磁油圧ブレーキ	耐寒・耐雪 50/60Hz両用 ATOシステム	耐寒・耐雪 アコモデーション モニタリング装置	営業状態での 耐寒・耐雪 運転取扱いの確認

注：略語説明：ATC(列車自動制御)，ATO(列車自動運転)，DB(発電ブレーキ)

* 日立製作所笠戸工場

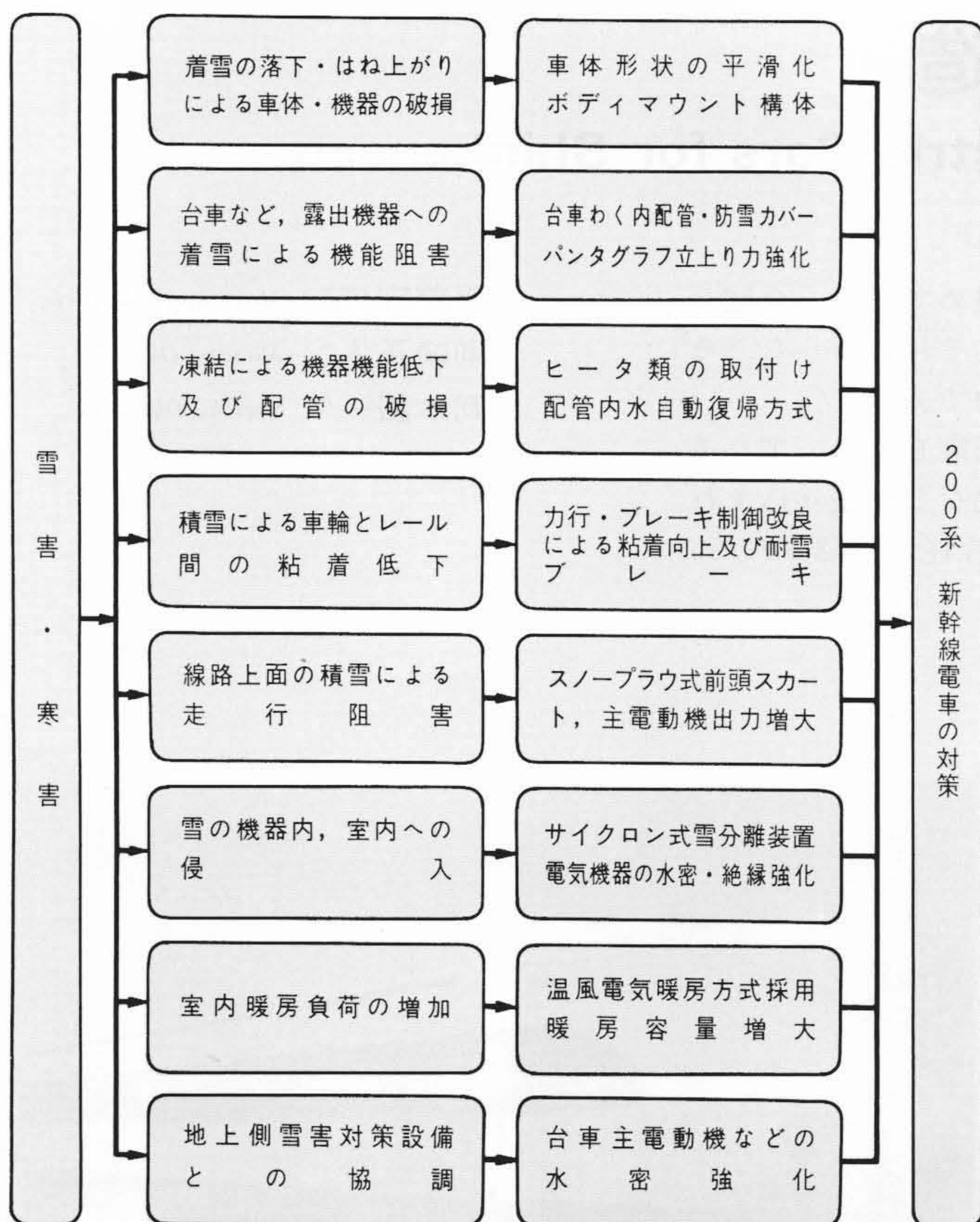


図2 200系新幹線電車での耐寒・耐雪対策 新幹線電車として初の本格的な寒冷降雪地域走行に備え、今までの運用経験と試験の結果から、200系新幹線電車への対策が決定されている。

3 耐寒・耐雪性能の向上

200系新幹線電車は、新幹線として初めて本格的な寒冷降雪地域を走行するため、今までの東海道・山陽新幹線の使用経験に加え、表1に掲げた各種試作電車による走行試験の結果と、東北・上越新幹線の路線検査用に使用されている電気軌道総合試験車の各種データを^{4),5)}含めて、耐寒・耐雪構造が検討されている。図2にその概要を示す。

車体関係の主な対策としてボディマウント構体のほかに、数多くの模型試験により形状を決めたスノーブラウを前頭スカート部に取り付けて、自力排雪走行を可能としている。

次に、床下ぎ装の主な対策として形状の平滑化を行っており、その検討経過を図3に、その構造を図4に示す。床下部分は形状を平滑にするために、側面をボディマウント構体で構成し、床面の機器取付はり間をふさぎ板でふさぎ、床下部分が機器室となるようにしてある。このような構造では、夏季での機器室内、及び電気機器の温度上昇が過大となるため、模型試験によりその対策方法を検討し²⁾開口面積が少なく冷却風量の取込みの多いふさぎ板を考案した。更に、夏季の温度上昇と冬季の雪侵入状況について試作電車を走行させて比較調査を行ない^{4),5)}、その結果から200系新幹線電車の構造が決定されている。

次に、台車は着雪による機能阻害を防止するため、配管や配線を台車わく内に通して着雪を少なくし、周囲への損傷を防ぐ構造にしてある。このわく内配管の信頼性を確認するた

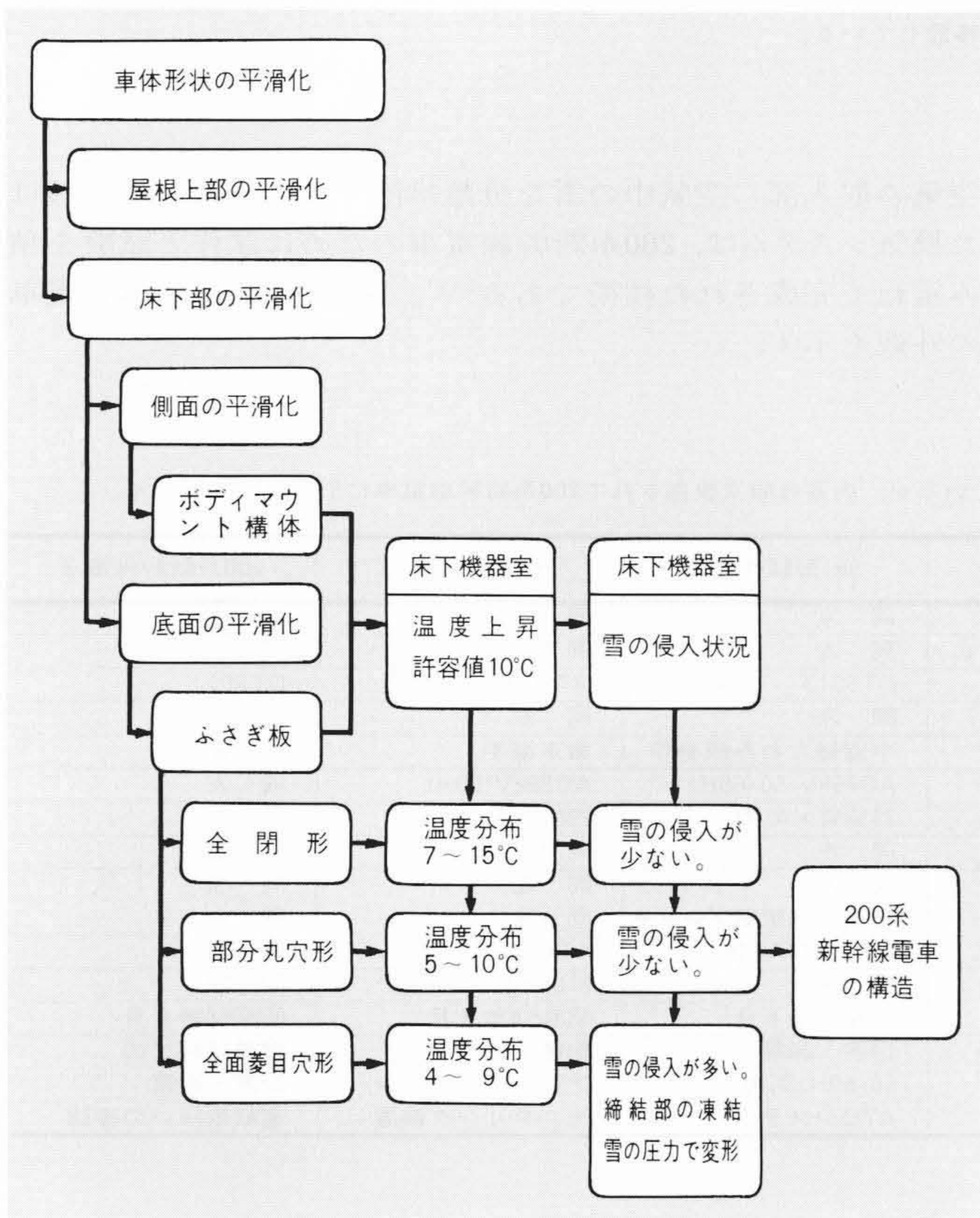


図3 床下ぎ装での耐雪構造の検討 床下機器室の夏季での温度上昇と冬季での雪の侵入状況は、試作電車の走行試験により確認している。

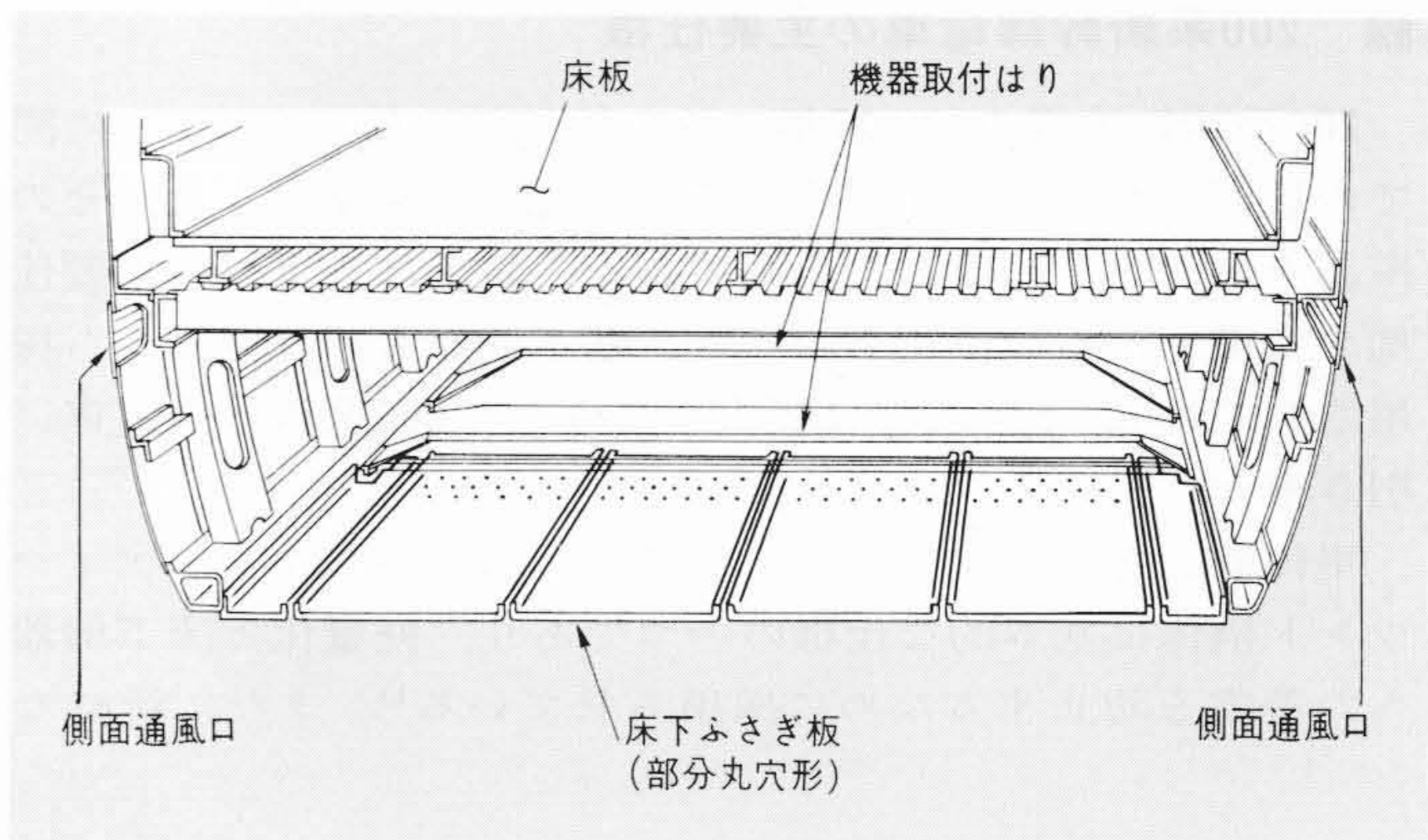


図4 200系新幹線電車の床下機器室の構造 走行試験の結果、ふさぎ板の構造としては、部分丸穴形が比較的冷却風量の取込みが多く、雪の侵入の少ない構造であることが判明している。

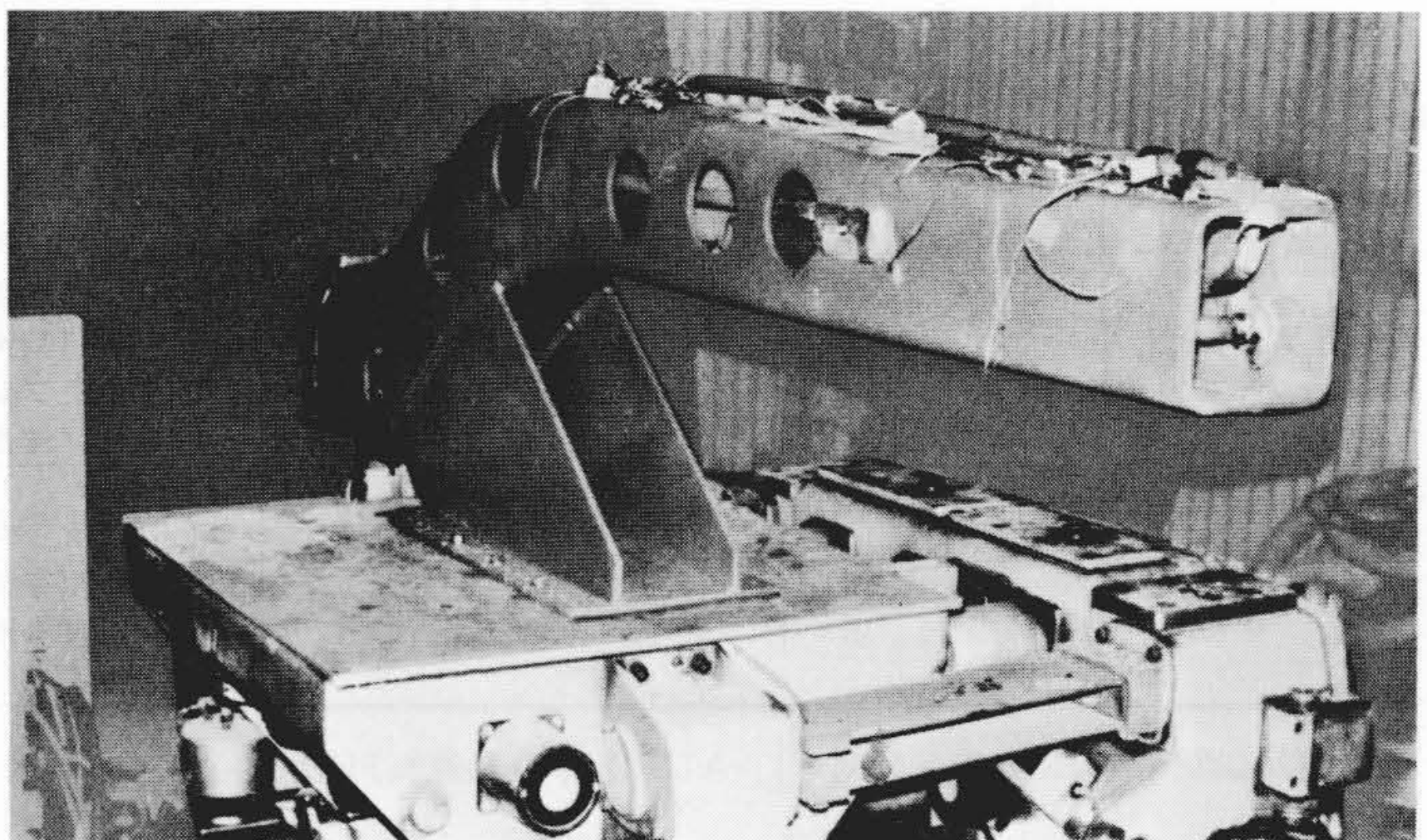


図5 台車わく内配管の振動試験 振動台により、従来の外部配管方式と内部配管方式の比較試験を実施している。

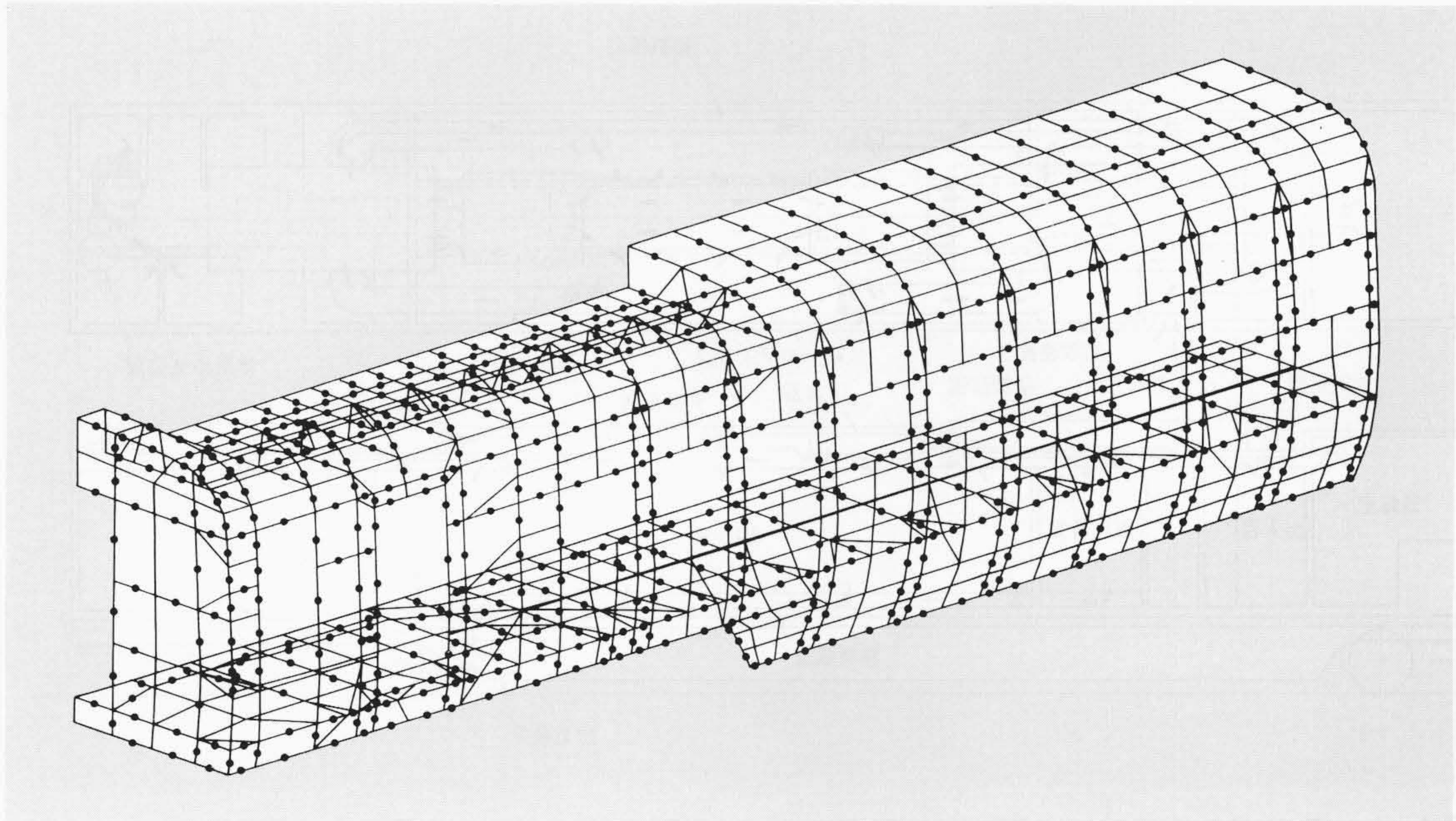


図6 200系新幹線電車構体要素分割図
外板は平板要素、主要な骨組ははり要素を使用し、構体の1/4をモデル化している。

表2 車体特性値の比較 構体の軽量化を達成し、従来の鋼製の0系新幹線電車に劣らない諸特性を得ている。

特性値		200系 新幹線電車			0系 新幹線電車			備 考
		形式221	形式226	形式215	形式21	形式25	形式16	
構 体	相 当 曲 げ 剛 性 (GN-m ²) {kgf-mm ² }	2.20 {2.24×10 ¹⁴ }	2.99 {3.06×10 ¹⁴ }	2.67 {2.72×10 ¹⁴ }	1.72 {1.75×10 ¹⁴ }	1.71 {1.74×10 ¹⁴ }	2.14 {2.18×10 ¹⁴ }	—
	相 当 ね じ り 剛 性 (GN-m ² /rad) {kgf-mm ² /rad}	0.59 {59.9×10 ¹² }	0.57 {57.8×10 ¹² }	0.56 {57.3×10 ¹² }	0.53 {54.3×10 ¹² }	0.45 {45.7×10 ¹² }	0.53 {53.6×10 ¹² }	—
	曲 げ 固 有 振 動 数 (Hz)	11.3	13.2	13.3	10.1	11.1	11.5	—
	ね じ り 固 有 振 動 数 (Hz)	4.2	5.7	5.3	4.5	4.2	5.2	—
	構 体 の 長 さ (m)	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	—
	構 体 の 自 重 (kg)	8,160	8,145	7,990	9,490	9,565	9,200	試験時の質量
完成車体	曲 げ 固 有 振 動 数 (Hz)	8.7	9.1	8.9	6.8	8.7	7.8	—
	重 心 高 さ (m)	1.74	1.73	1.64	1.75	1.56	1.71	レール面からの高さ
	車 体 の 自 重 (kg)	39,716	37,428	36,380	37,850	35,990	36,810	試験時の質量
備 考		先 頭 車	中 間 車	グリーン車	先 頭 車	中 間 車	グリーン車	—

め、はりの実物大の模型を製作し振動試験が行われた。その結果、配管の固有振動数は約100Hzであり、最高速度での車輪回転数による加振周波数22.1Hzに対し、支障のないことを確認している。図5に台車わく内配管の振動試験状況を示す。

4 軽量構体の開発

構体構造は軽量化と着雪防止のため、軽合金製ボディマウント構造としている。この構体は962形試作電車とほぼ同一形状であり、更に量産を考慮して各部の構造が改善されている。構造と骨組部材の配置決定に当たっては、対話形3次元構造解析システムを活用している。図6にその要素分割図を示す。962形試作電車に対して、側構体の骨組構成を縦方向の側柱部材を優先させる方式に変更し、工作性が向上されている。この変更についても3次元構造解析により、車端圧縮荷重1MN(10⁵kgf)の要求値に対して十分な強度をもっていることを確認して設計を行なっている。また、ずい道内でのすれ違い時の車外圧力変動に耐えるため、側構体と屋根構体の接続部の応力の高い部分には従来から入念な検討を実施しているが、今回も形状決定に当たっては有限要素法構造解析により、局部を拡大検討し十分な強度をもたせている。このような設計段階での詳細な応力解析に加えて、最終的には実車の構体で荷重試験を実施し、設計の妥当性の確認を行なっている。表2に車体特性値の比較を示す。従来の0系新幹線電車の鋼製

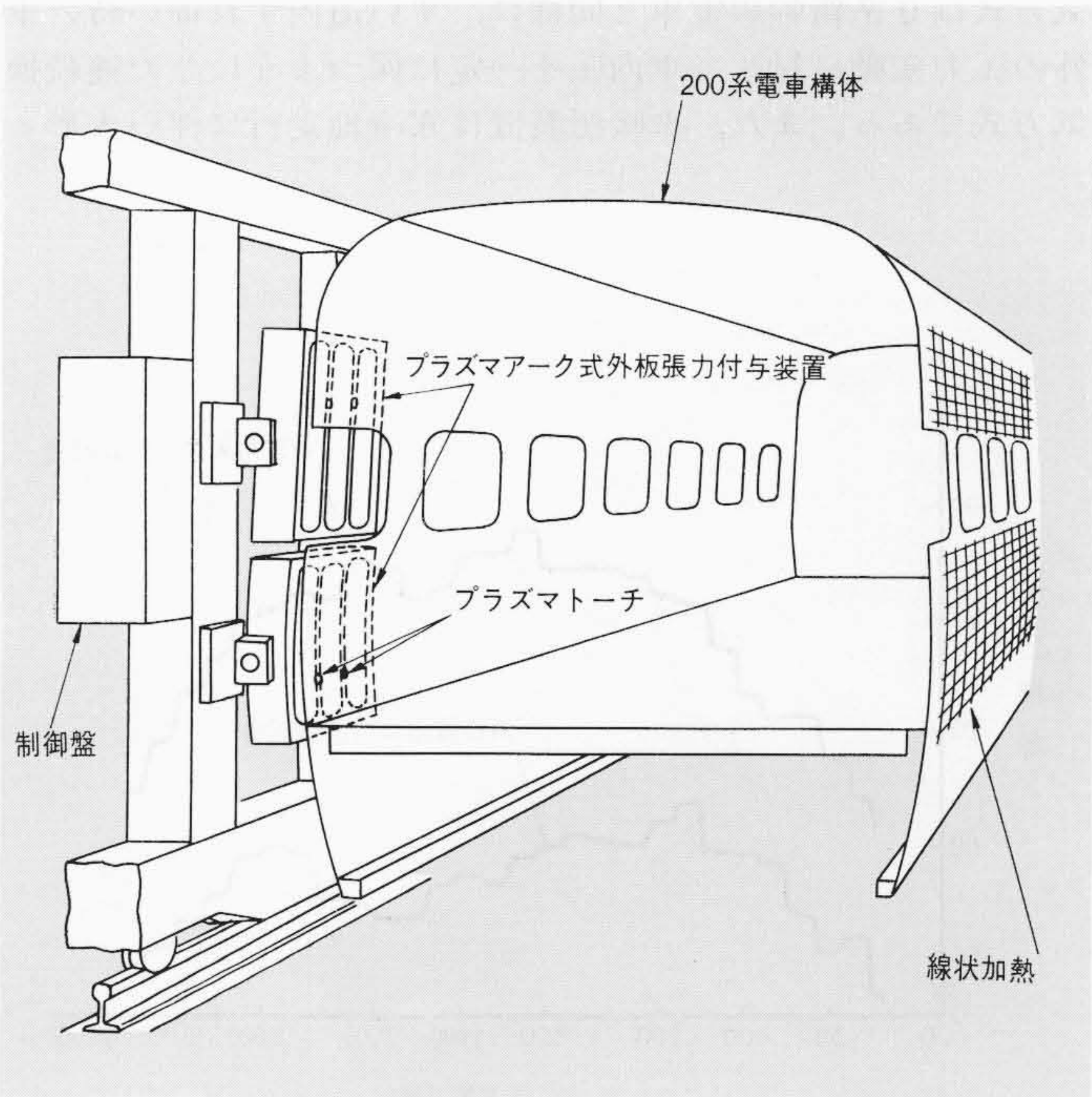


図7 外板張力自動付与装置の200系電車構体への適用 プラズマアーク式の外板張力自動付与装置の適用により、構体外板のひずみが低減し、冷却に水を使用しないので構体の腐食防止にも寄与している。

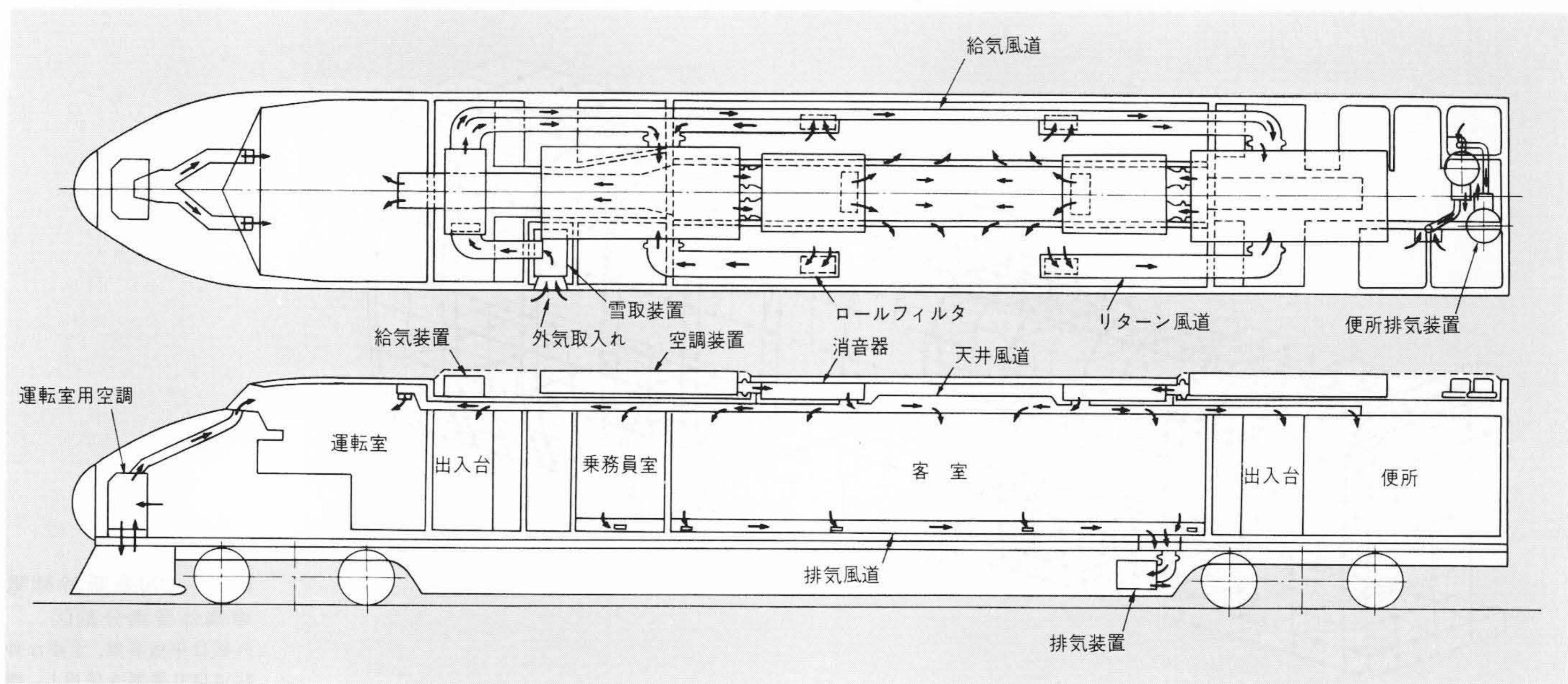


図8 冷暖房・換気システム 200系新幹線電車の上野寄り先頭車の冷暖房・換気システムを示す。図中矢印の方向が風の流れを示している。

構体に比較して1両当たり約3,000kgの軽量化を達成し、かつ劣らない特性値である。

構体の製作に当たっては、外板張力自動付与装置を使用し、品質と生産性の向上を図っている。本装置は熱源としてプラズマアークを使用しているため、均一で安定した局部線状加熱が可能で、自然放冷で加熱部が十分に急速冷却されることから、従来のように水を使用して加熱部を冷却する必要がないので、構体の腐食防止にも寄与する。使用状況を図7に示す。

また、軽合金溶接継手の信頼性向上のため、重要継手は模型試験により溶接作業条件の確立を図り万全を期している。

5 冷暖房・換気システム

200系新幹線電車の冷暖房・換気システムを図8に示す。換気方式は0系新幹線電車と同様に、ずい道内すれ違い時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ある。また、冷暖房装置は寒冷地走行に伴い大形と

なり、客室内への騒音が高くなることが予想されたので、風道内に消音器を設け音圧低下を図っている。その減音効果については、1,000Hz以下の周波数で実測値と比較的良く一致する下記のSabineの式で検討し、試作改良を積み重ねた結果、当初の目標を上回る効果が確認されている。

$$NR=1.05\alpha^{1.4}\frac{P}{A}L$$

ここに NR ：減音量(dB)

α ：吸音率

L ：吸音材長さ(m)

P ：吸音材周長(m)

A ：風道断面積(m²)

消音器の減音量実測値を図9に示す。

6 結 言

200系新幹線電車は0系新幹線電車の使用経験に加え、各種の試作車による試験と確認を経て確立された耐寒・耐雪対策、全軽合金製ボディマウント構造、新しく消音器を付加した冷暖房・換気システムなど、新たな改善と対策が加えられており、アコモデーションの改善とともに、東北・上越新幹線の厳しい自然条件に打ち勝って、快適な旅行を提供することができるものと確信している。

終わりに、この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，外：全国新幹線網用961形試作電車の車両構造，日立評論，55，12，1209～1214(昭48-12)
- 2) 笠井，外：962形新幹線試作電車の車両構造，日立評論，61，7，471～476(昭54-7)
- 3) 松田，外：鉄道車両用雪分離装置，日立評論，61，10，745～748(昭54-10)
- 4) 庄司：新幹線雪対策試験計画の概要，鉄道工場，30，11，9～11(昭54-11)
- 5) 丸島：東北新幹線雪対策試験，鉄道工場，31，5，20～23(昭55-5)

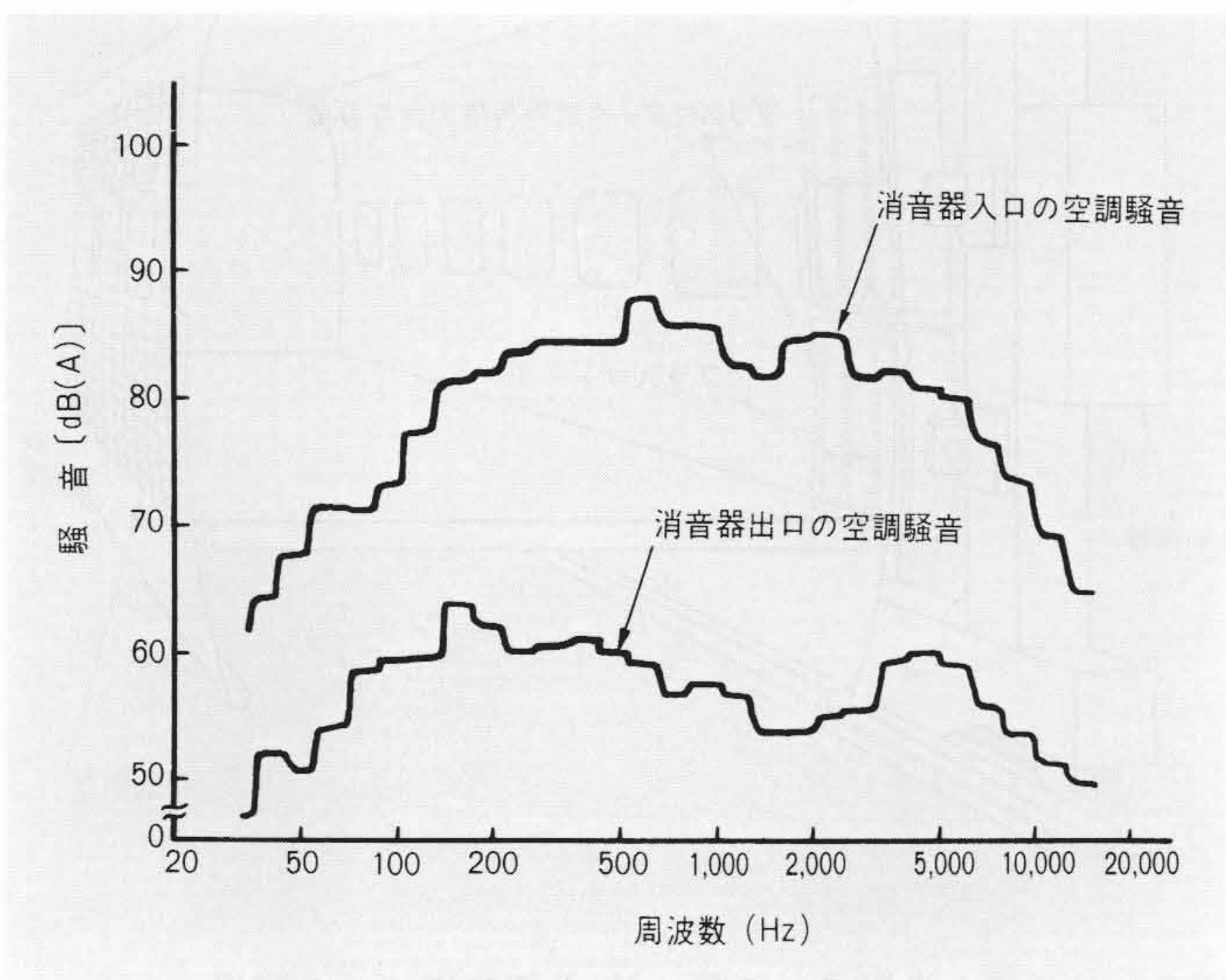


図9 消音器による減音量 消音器入口での空調騒音と、出口での空調騒音の周波数分析結果を比較して示す。その差が消音器による減音量である。