

南極観測用雪上車 (KD60) の基本設計について

宇宿行久*・細谷昌之*

DESIGN OF SNOW-CAR FOR JAPANESE ANTARCTIC RESEARCH EXPEDITION

Yukihisa USUKU* and Masayuki HOSOYA*

Abstract

This snow car is designed for the travel through the Antarctic inland. The main requirements for the design are as follows:

1. Performance of the engine at high altitudes must be improved so that the car can climb up to 4,000 m.
2. Durability of components and parts at extremely low temperatures (about -60°C) must be ensured.
3. The tractive force of the car must be strong enough to tow sleds which weigh more than 6 tons.
4. The cabin must be of the cabover type and perfectly protected from blizzards.

Since the car must be designed and constructed within a year, we decided to improve the Type 61 Snow Car currently in use by the Japan Ground Self Defence Force,

so as to satisfy the above requirements. Before designing, we have studied and tested the performances of engine and turbochargers, selection of materials, durability of track plates and suspension springs and other parts.

The car has about 8.5 tons gross weight, 0.20 kg/cm^2 ground contact pressure and accommodates a crew of 3 men. The body is of a cabover type, and the cabin is equipped with heating apparatus, ventilators, beds, cooking apparatus and others. The observation instruments and communication equipments also can be installed in it. The car has a 140 PS diesel engine and can cruise at a speed of about 5 km/h when towing 3 sleds weighing totally about 8 tons.

The construction of the car will be completed at the end of January 1965, and then the car will be tested in Hokkaido.

要旨：本南極観測用雪上車は、南極内陸調査旅行に使用する目的で設計されたものであり、短期間に試作を完了する必要があるため、現在陸上自衛隊に装備されている 61 式大型雪上車を母体とし、これに必要な改修を加えたものである。全備重量約 8.5 t, 接地圧 0.20 kg/cm^2 , 乗員数 3 名, 車体はキャブオーバー型で、車室内に暖房装置, 換気装置, 寝台, 炊事用具等をそなえ、また、観測に必要な機器を搭載できるようになっている。エン

* 防衛庁技術研究本部. Technical Research & Development Institute, Japan Defence Agency.

ジンは標準状態で 140 PS で、3 台のそり約 8 t をけん引する場合の常用速度は約 5 km/h である。設計にあたって最も配慮したものは、 -60°C に及ぶ低温下、低地から 4,000 m に至る高地で使用可能なこと、走行距離約 6,000 km、旅行期間 5 カ月の連続使用に耐えうること等の苛酷な条件についての対策である。

このため、機関過給機、車両使用材料等の選定、カタピラおよび懸架パネ等の耐久性、車体等の保温、暖房その他については、事情の許すかぎり試験研究を行ない、これらの資料および前回の観測時の実績等を基礎として、基本設計を行なった。なお、本雪上車は 1965 年 1 月末試作を終え、北海道において試験を行なう予定である。

1. ま え が き

南極観測再開決定にともない、極地内陸調査旅行に使用する雪上車 (KD60 と呼称) の基本設計を、防衛庁技術研究所研究本部が担当することになり、筆者もこれに参画したので、以下その概要を説明することにする。なお、本雪上車は 1965 年 1 月末に製作を完了し、北海道において試験を行なった後、必要な改修を行ない、同年末南極に発送される予定である。

2. 要 求 性 能

本雪上車は、昭和基地と極点の間の往復約 6,000 km、5 カ月に及ぶ調査旅行に使用される予定であり、この目的に沿うよう、基本設計にあたって要望された事項は次の通りである。

1) ディーゼル化

燃料経済と低温性能上ディーゼル機関を使用する。

2) 過給機

a. 高々度性能として、海拔 4,000 m の高度に堪えること。

b. 南極大陸の地勢と運航の状況から、低地から高地に至る間、いかなる高度 (4,000 m 以下) にも適応する性能を具備すること。

3) 耐寒性および耐震性

a. 高度 4,000 m に及ぶ南極大陸の氷帽上においては、 -60°C の酷寒も予想されるので、できる限りの耐寒性能を具備すること。

b. 南極大陸の氷帽の性状に堪えうる耐震性を持つこと。

4) けん引能力

従来の3t車でも3,000mの高度において、5tのけん引を実施したが、KD60においても、できるだけのけん引力を具備すること。

5) 居住性

5ヵ月に及ぶ調査旅行に耐える良好な居住性を必要とする。

a. 南極大陸の粉雪の侵入を防ぎ、車内の暖房に留意すること。

b. 機関の点検、整備等のためキャブオーバー型の堅牢な車室を備えること。

c. 後部座席に3名分の仮設寝台ならびに居住の設備をすること。

d. 容積1m³程度の観測機械を設置しうること。

6) 設備すべき機器

航行器として必要な無線電信機、ジャイロシン・コンパス、無線誘導装置等の取り付けを考慮する。

以上のほか、使用条件として、次の事項が決定された。

7) 常用速度 10 km/h 以下

8) けん引そり3台をけん引する。そりの全重量（積載品を含む）は約8t。

3. 基本設計の方針および試験研究

前記の要求性能、特に温度 -60°C 、高度4,000mで使用可能等の特殊性能に応じうる雪上車については、我が国ではまだ製作の経験がない上に、約1年で製作を完了しなければならぬので、基本設計の方針を策定するにあたっては、短期間に製作可能であることと、信頼性に重点を置き、現在陸上自衛隊に装備されている61式大型雪上車を母体とし、これを改修することにより、できる限り要求性能を満足するよう努めることとした。なお、基本設計に先立ち、設計に必要な基礎資料を得るために、状況の許す限り試験研究を行なうこととし、次の試験を実施した。

1) 機関過給機の試験

機関は61式大型雪上車に使用されている水冷4サイクル・ディーゼル・エンジン、(直列6気筒 156 PS)を使用することとしたが、過給機については、国産で適当なものがないので、米国のAiResearch社から適当と思われるターボ・チャージャーを購入し、次の試験を行なった。

- a. 過給機単体試験
- b. 機関マッチング試験
- c. 耐久試験
- d. 低圧状態（1.0～0.6 気圧，以下同様）における性能試験
- e. 低温（0°～-60°C，以下同様）低圧状態における始動試験

以上の試験の結果，過給機については，高地性能に関してなお改良を要する点があるが，使用上支障はないので，さしあたり本機を採用することとした。また，始動を容易にするため，エンジンの保温，始動時の加熱等について，特別の措置を講じる必要が認められた。

2) 交流発電機の試験

機関発電機には小型化の目的で支障のない限り交流発電機を使用することとし，2.5 KVA の容量のもの（整流器，電圧調整器を含む）について，低温・低圧状態における性能試験を行なった結果，低温・低圧下においても使用可能であることが認められた。

3) カタピラの試験研究

極地，特に内陸氷帽において遭遇する氷雪上を長距離旅行を行なう場合は，カタピラの耐久性が問題になり易いので，カタピラの設計については，特に重点をおき，次の試験研究を行なった。

a. カタピラ材料試験

入手可能な材料のうち，適当と思われる5種類（高張力鋼，不銹鋼等）のテストピースについて，引張，シャルピー衝撃，疲労等の試験を溶接の影響を含めて実施した。

b. カタピラ板の試験

上記の材料試験の結果，成績良好なもの2種類——高張力鋼（八幡 Welten 80 CP）および不銹鋼——について断面形状 T 型および \square 型の実物大模型を製作し，曲げ試験，落重試験を行なった結果，高張力鋼の \square 型を採用することとした。

4) 懸架バネの試験研究

61 式大型雪上車の懸架バネには，振りゴムバネが使用されているが，ゴムは酷寒時の使用に不安があるので，ゴムバネと金属バネの両方について比較試験を行ない，成績良好なものを採用することとし，次の試験を実施した結果，低温性能良好な金属バネを採用することとした。

a. ゴムバネの試験研究

天然ゴム、低温用天然ゴムおよび天然ゴムとポリブタジエンを適当に配合した試験片について、低温状態で引張、硬さ、圧縮永久歪等の試験を行ない、このうち成績良好なもの（天然ゴム 75%、ポリブタジエン 25%）について実物大の振りゴムバネ模型を製作し、台上でバネ特性、永久変形等の各試験を行なった。

b. 金属バネの試験研究

3種類のバネ鋼を選定し、その試験片についてシャルピー衝撃、引張、横弾性測定 of 各試験を行ない、最も成績良好なもの 1種類について模型を製作し、台上バネ特性、永久変形および衝撃の各試験を行なった。

5) 材料試験

61式大型雪上車に使用されている主要な金属材料およびその他適当と思われるもの 30余種類について、低温状態でシャルピー衝撃試験を行なったほか、非金属についてもできる限り低温性能試験を行ない、使用材料選定の基礎とした。

6) 61式大型雪上車による基礎試験

昭和 39 年 2 月から 3 月にわたり、北海道名寄において、南極の状態に近い雪質（しまり雪および氷雪）および地形（サスツルギ、氷板等）を造成し 61 式大型雪上車およびその改造型（転輪部を改造）、ならびに南極用そりを使用して、下記の試験を行ない、設計のための基礎資料を得た。

- a. 雪上車けん引力試験
- b. 雪上車走行抵抗試験
- c. そりのけん引抵抗試験
- d. カタピラ動応力測定
- e. 振動試験

4. 諸元、性能および構造

以上の研究の結果および過去の実績等を参考として、基本設計を行なったが、その主要な諸元、性能および構造は次の通りである。

1) 諸元、性能

Table 1 および Fig. 1, 2 参照.

Table 1. General data.

Classification by usage		Antarctic vehicle
Type		KD-60
Dimensions	Overall length	5,470 mm
	Overall width	2,500 mm
	Overall height (take off roof deck baggage rail)	2,660 mm
	Track width	700 mm
	Length of ground contact	3,000 mm
	Minimum road clearance	340 mm
	Angle of approach	30 deg
	Angle of departure	28 deg
	Length of pintlehook center	830 mm
Weights	Weight of vehicle	8,000 kg
	Standard pay load	500 kg (including crew 3)
	Gross weight	8,500 kg
	Ground pressure	0.20 kg/cm ² (pay load)
	Center of gravity (pay load)	
	Longitudinal (in front from center of length ground)	64 mm
	Above ground	781 mm
Transverse (to left center)	38 mm	
Performance	Maximum speed (paved road)	30 km/h
	◇ (on snow)	20 km/h
	◇ (on snow traction of sledge)	14 km/h
	◇ (on ice traction of sledge)	18 km/h
	Rate of fuel consumption	
	On snow traction of sledge	1.6 l/km
	On ice traction of sledge	1.4 l/km
	Hill climbing ability	
	On snow traction of sledge	7 deg
	On ice traction of sledge	5 deg
	Traction ability	
	Paved road	3,700 kg
	On snow	3,400 kg
	On ice	2,500 kg
Minimum turning radius	7,000 mm	
Width of trench	2,000 mm	
Vertical obstacle	300 mm	

Engine	Model	DA-120 (Isuzu)	
	Type	Diesel engine Water cooled Valve in head type	
	Type of combustion chamber	pre-chamber	
	Number of cylinders	6	
	Piston bore	100 mm	
	Piston stroke	130 mm	
	Piston displacement	6.126 l	
	Compression ratio	22 : 1	
	Governed speed, minimum/maximum	500 rpm/2,400 rpm.	
	Air cleaner	dry type	
	Supercharger	TO705-085 (AiResearch)	
	Overall length	1,156 mm	
	Overall width	698 mm	
	Overall height	1,140 mm	
	Gross weight	605 kg	
	Fuel systems	Rated output horsepower (normal ground)	
		Fuel set of normal ground	140 PS/2,400 rpm
Fuel set of high ground		105 PS/2,400 rpm	
Rated output torque (normal ground)			
Fuel set of normal ground		43 m kg/1,800 rpm	
Fuel set of high ground		34 m kg/1,800 rpm	
Cooling systems	Compression pressure	25 kg/cm ² at 200 rpm	
	Fuel tanks	Spilt type	
Batteries	Capacities of fuel tanks	150 l	
	Radiator	Fin-tubular type	
Clutch	Capacities of cooling water (at radiator)	15 l	
	Type	8 DS	
	Number of batteries	2	
	Voltage	12 V	
Clutch	Capacities	200 AH	
	Type	Dry single plate clutch	
	Clutch facing, inside dia × outside dia	260 × 410 mm	

Transmission	Type		Syncromesh type	
	Speed change ratio	1 st 2 nd 3 rd 4 th top rev	6.451 3.900 2.273 1.408 1.000 6.110	
Propeller shafts			1 st and 2 nd propeller shafts	
Auxiliary transmission	Type		Constant mesh gear	
	Speed change ratio	high low	1.000 1.331	
Final reduction gears	Type		Final driven bevel gear	
	Final driven ratio		4.86	
Differentials	Type		Double differentials	
	Number of planetary-pinion		3 set	
	Differential ratio		1.90	
Steering brake	Type		Wet-3 shoe type	
	Control system		Hand lever type	
	Brake lining, width×thickness		100×6 mm	
	Brake drum dia		320 mm	
Hand brake	Type		Dry single type	
	Control system		Hand lever type	
Drive system	Type		Full-track type	
	Type of drive		Rear drive	
	Sprocket drive	Type		Semi-floating
		Sprocket, number of teeth×pitch		18×60 mm
	Idler wheel	Type		Double wheel, solid tire
		Tire, outside dia		370 mm
Road wheel	Type		Double wheel, solid tire	
	Tire, outside dia		480 mm	
Upper wheel	Type		Double wheel, solid tire	
	Tire, outside dia		240 mm	
Track	Track		Channel type High tension steel made with two line single link chain, center guide	
	Track plate, width×length		700×104 mm	

Suspension system	Type Spring, dia × length	Torsion bar, independent suspension 38 × 1,020 mm
Frame		Semi closed type
Bodies	Type Front window Side window Rear window Entrance door Emergency exit door Driver seat Crew seat Berth Heating system Ventilator	Cab-over, skeleton construction body Fixed type, attached wind shield glass defroster Fixed wind glass, open type Fixed type Open type Open type Adjustable, folding, detachable type. Adjustable, folding, detachable type. Single crew seat : 1 Two crews seat : 1 Simplicity type Right : 1, Left : 2 Hot water heater, 10,000 kcal/h 250 m ³ /h
Traction system	Rear traction hook Fromt traction hook	Pintlehook type, attached spring Hook type
Winch	Capacities (refill) Wire rope, dia × length	2,500 kg 12 mm × 60 m
Else	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lighting system Head lamp, tail lamp, room lamp, pilot lamp. 2. Instruments Speed meter, ammeter, oil pressure gage, oil heat indicator, fuel gage, water heat indicator. 3. Accessories Wind shield wiper, back mirror, under mirror combination tools. 	

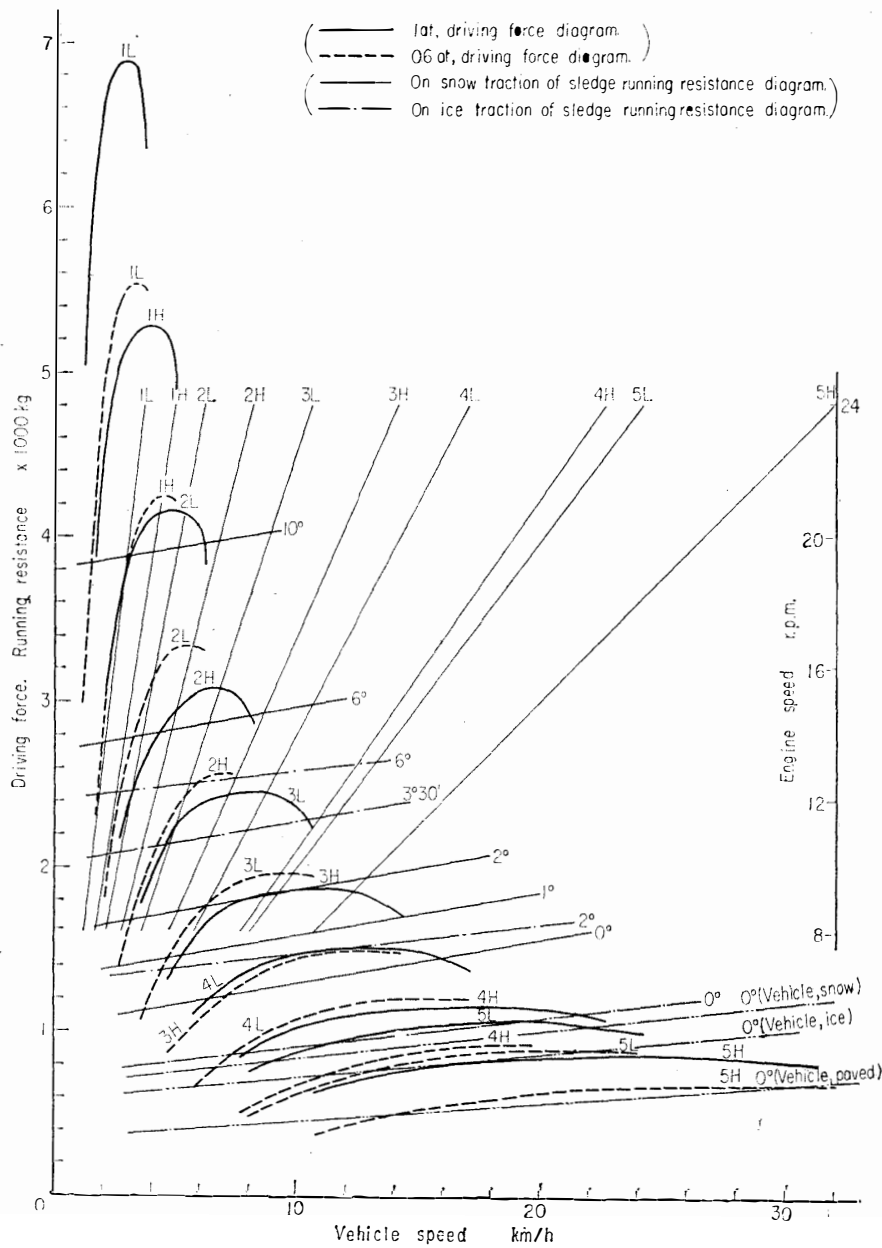


Fig. 2. Vehicle characteristic curve.

Gross weight (vehicle) 8,500 kg.

Gross weight (sledge) 8,550 kg.

2) 構造

a. 機関

61式大型雪上車の使用実績，および試験研究の結果に基づき，AiResearch社のターボチャージャー TO 705 を装着した「いすゞ DA 120」ディーゼル・エンジンを使用することとした。特に，高地における出力低下を最小限にするため，平地における性能を若干

低下させるよう配慮した。その性能曲線を Fig. 3 に示す。

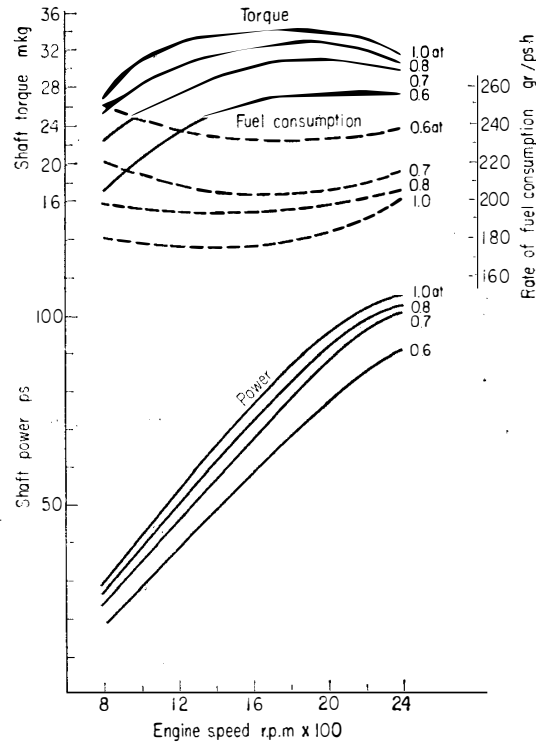


Fig. 3. Engine characteristic curve.

Suction temp. 20°C

Fuel set 1.45 gr/hr. rpm. l. (at 2,400 rpm)

b. 変速機および副変速機

新規に変速機を開発し、信頼性を得ることは開発期間の関係から見て困難であるので、使用実績があり、低速域の歯車の耐久性がすぐれている「いすゞ」8t 車用変速機を採用するとともに、変速域を拡大し、機関を経済的に有効に使用するため、常時かみ合せ式高低2段変速の副変速機を装着することとした。動力伝達系統については Fig. 4 参照のこと。

c. 終減速機および2重差動機

制動損失馬力が小さく、操向特性が良好で、信頼度が高いことから、61式大型雪上車に使用されている2重差動機を使用することにした。ただし、使用材料は低温性能良好なものに変更した。

d. 懸架装置

車体の安定性が良好で構造が簡単な独立懸架方式とし、懸架パネについては試験研究の結果に基づき、トーションバーを採用した。

e. 走行装置

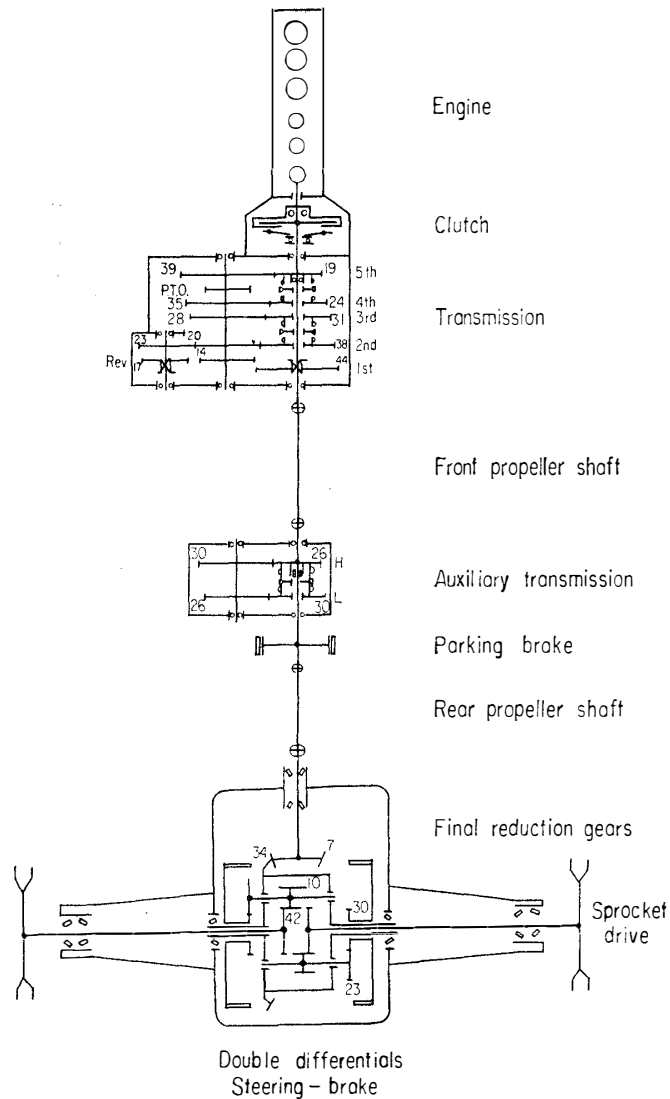


Fig. 4. Power transmission diagram.

61式大型雪上車による試験の結果に基づき、けん引力の増大、信頼性および整備性を考慮し、独立式片側5個の下部転輪および3個の上部転輪、第1下部転輪と連動するカタピラ累張装置を有する従動輪、ならびに中央駆動方式の駆動輪から成る構造を採用した。なお、使用材料については低温性能良好なものを使用するよう配慮した。

f. カタピラ

耐久性の向上、けん引力および防滑性の増大に重点をおき、2リンクチェーン連結ハードプレート駆動方式の断面□型カタピラを採用することにした。なお、南極内陸の雪質を対象とし、接地圧を0.20にとることにより、カタピラの幅を減じ、その強度の増大をはかった。

g. 車 体

フレーム：フレームは低温用鋼板の箱型構造とし、けん引衝撃に対する強度、不斉地走行時の耐久性等について留意するとともに、内蔵する機関、動力伝達装置等の保温のため、その内面に断熱材を吹き付ける等保温についても配慮した。また、分割輸送の場合を考慮して、フレームと車室はボルト連結とした。

車室：車室の設計に当っては、堅牢性と居住性に重点をおいた。車室はキャブオーバ型、肋骨構造で外内板はアルミ合金とし、その間に約 40 mm の厚さの断熱材を挿入し、保温性の向上をはかった。また、窓は 2 重ガラスとし、前窓には熱風ディフスターを設けている。座席は 3 名分を設け、いずれも前後調整、折りたたみ可能のリクライニング構造とし、寝台は簡易型のを右側に 1 段、左側に 2 段設け、使用しない時は側方に折りたたみできるようにした。暖房は温水式とし、機関運動時はその冷却水により、停止時は機関予熱機により加熱して、室内暖房を行なう。また、機関の始動時には予熱機によって機関冷却水の加熱を行なう。換気装置は強制通風式で、車室前方から吸入し、車室後方に排出するようにしてある。その他車室内に格納する無線機、ビーコン、トランシーバー、ジャイロソン、観測機材、個人携行品を格納する棚、調理台等を設けた。

5. あ と が き

本雪上車の設計に当っては、このような特殊の車両の設計の経験がまったくないこと、参考となる資料が少ないこと、試験研究を含めて約 6 カ月で完了しなければならないこと、低温・低圧状態の試験が困難なこと等の理由により、種々の困難に遭遇したが、幸い関係各方面の助言と協力により一応何とかまとめることができた。しかし、この雪上車を要求性能等を十分に満足するものに完成するためには、今後北海道において行なう試験結果による改善、更に極地における実地試験に基づく改良等を必要とする。

(1964年12月28日受理)