

H・2 高速ロータリ除雪車について

建設機械工作所 谷 脇 博
" 佐々木 哲也
" 小 嶋 一 義
" 山 口 芳 宏

ま え が き

従来、高速除雪はプラオ系除雪車が主力となつて施工を行つているが、しかし、条件によつては必ずしも十分な除雪が行なえない状態である。即ち多雪地帯に於いては数回の出勤によつて道路側端に除雪不可能な堆雪帯を作つてしまうからである。しかも、この過大堆雪は吹溜りの原因となり、いつそ除雪作業を困難にすると共に交通の遅滞の原因にもなつている。

一方、交通量の増加は除雪工法的高速化を必要とし、上述のような多雪地帯に於ける高速除雪工法の検討も盛んになつた。ここにロータリ系除雪車的高速化が進められる一因がある。

すでに高速ロータリ除雪車の開発は東北地方建設局等にて進められ、ワンステージ型ロータリ除雪車が使用されているが北海道の特殊条件を考慮し、ツーステージ型ロータリ除雪車を開発設計することにした。尚本機は新雪拵巾除雪を目的とし、設定条件(除雪深0.25m, 除雪巾2.75m, 雪密度0.25g/cm³, 除雪速度20km/h)で処理能力3,000 tons/hを有することを設計目標にしている。以下、本機能力及び高速域に於ける適応性等について性能試験を行つたので、その結果について報告するものである。

1 HTR-700型ロータリ除雪車について

1) 性能

最大除雪量	3,000 tons/h (除雪深0.25m, 雪密度0.25g/cm ³ , 投雪距離15m, 除雪速度20km/hにて)
最大除雪巾	2,750 mm
投雪距離	1段 11m, 2段 15m, 3段 30m
走行速度	1速 0~9.3km/h, 2速 0~29km/h, 3速 0~50km/h

2) 主要諸元

全長	9,450 mm
全巾	2,750 mm
全高	3,480 mm
車両総重量	22,130 kg
機関	三菱12DE20PTA型ディーゼルエンジン
連続定格出力	700 ps / 1,500 rpm
作業時最大出力	770 ps / 1,480 rpm
オ - ガ	コーン式リボンスクリュー形
巾	2,400 mm
外径(中心部)	1,500 mm φ
(両端部)	1,400 mm φ
条数	4
ピッチ	2,400 mm
送度段	1速132 rpm, 2速170 rpm, 3速214 rpm (エンジン1,500 rpm)

(に於いて)

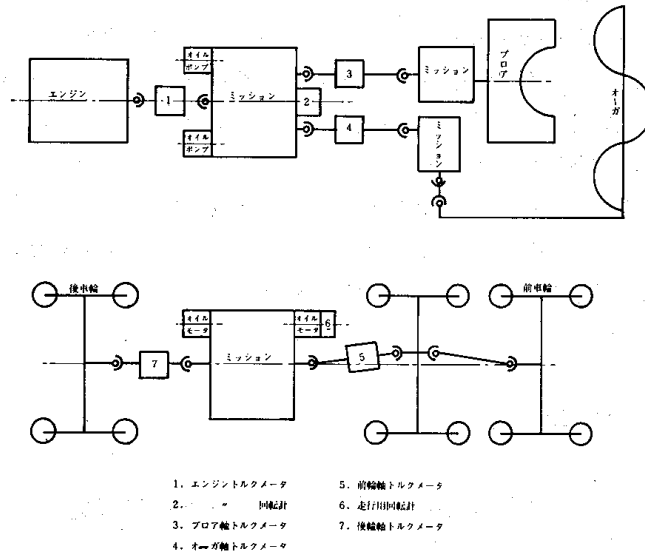
ブ ロ ア

- 外 径 1,480 mm ϕ
- 深 さ 650 mm
- 羽 根 数 5 枚
- 速 度 段 1 速 158 rpm, 2 速 192 rpm, 3 速 259 rpm (エンジン 1,500 rpm に於いて)

2 試験方法

1) 計 測

a) エンジン, オーガ, ブロア, 走行の各消費馬力 …… 電気計測 (ピックアップの箇所については図-1 参照)



トルク及び回転計、配電図

図 - 1

b) 車速, 投雪距離 …… ストップウオッチ, 巻尺

c) 除雪量, 雪質, 除雪断面 …… 巻尺, 雪密度計, 雪硬度計, 温度計

2) 試験組合せ

オーガ, ブロアの各速度段を適当にとり, 車速を 5 km/h, 10 km/h, 15 km/h, 20 km/h, 25 km/h の 5 段階に変え, 各部の動力配分及び除雪量の測定を行う。尚試験を行った各速度段及び車速は表-1 のとおりである。

- オーガ 1 速 10 回, 2 速 2 1 回,
- 3 速 4 回,
- ブロア 1 速 2 回, 2 速 2 5 回,
- 3 速 8 回,

表 - 1

車速 組合せ	km/h				
	5 \pm 0.25	10 \pm 0.25	15 \pm 0.25	20 \pm 0.25	25 \pm 0.25
01-B1					
01-B2		2	2	2	
01-B3		2	2		
02-B1	2				
02-B2		4	4	4	3
02-B3		2	2		
03-B1					
03-B2		2	2		
03-B3					

01-B1 とはオーガ1速, ブロア1速のことである。

3) 試験日時

昭和45年2月23日～45年2月28日

4) 試験場所

国道230号線定山溪道路改良事業所附近。尚試験区間は平均3%の登り勾配であつた。

3 試験データ

表-2-1 性能試験成績表

雪密度 0.35 g/cm³, 雪硬度 0.82~1.75 割, 雪温 -1.0℃~3℃

No	測定距離 (m)	断面 (m)	速度 (km/h)	除雪電 (kWh)	除雪量 (t/h)	エンジン馬力 (機械効率90%で算出)				投雪距離 (m)	除雪装置 レンジ	回転数 (r.p.m)			除雪効率 (t/ps·h)	平坦路に換算した走行馬力
						オーガ (ps)	プロア (ps)	走行 (ps)	計 (ps)			オーガ	プロア	エンジン		
1	20	0.90	6.10	5,490	1,920					(10.7)	B1~01					
2	"	0.74	5.76	4,260	1,490					10.7	"					
3	"	0.74	5.45	4,030	1,410					(10.7)	"					
4	"	0.69	6.05	4,170	1,460					(10.7)	"					
5	"	0.69	5.50	3,800	1,330					(10.7)	"					
6	"	0.71	5.85	4,150	1,450	16.57	8.80	11.22	365.9	15.1	B1~02	170	158	1,500	3.96	8.76
7	"	0.69	5.71	3,940	1,380	14.23	9.63	12.22	360.8	(15.0)	"	170	158	1,500	3.82	9.82
8	"	0.69	9.00	6,210	2,170	11.31	20.42	180.1	49.74	17.9	B2~01	128	187	1,458	4.36	14.23
9	"	0.61	8.78	5,360	1,880	13.41	22.89	154.6	51.76	17.9	"	125	181	1,417	3.63	11.77
10	"	0.61	10.29	6,280	2,200	20.49	25.70	114.6	57.65	(18.0)	B2~02	170	192	1,500	3.82	7.14
11	"	0.69	10.00	6,900	2,420	23.89	30.51	117.8	66.18	(18.0)	"	170	192	1,500	3.66	7.58
12	"	0.55	9.00	4,950	1,730	17.22	18.63	119.7	47.82	(18.0)	B2~03	249	197	1,526	3.62	8.19
13	"		9.86						145.8					1,458		
14	"		10.00						82.7					750		
15	"	0.64	9.60	6,140	2,150	23.05	16.09	88.8	480.2	(18.0)	B2~03	243	197	1,500	4.48	4.85
16	"	0.60	15.65	9,390	3,290	18.89	33.99	20.80	73.78	(18.0)	B2~01	125	188	1,412	4.46	14.23
17	"	0.40	13.86	5,540	1,940	9.40	21.00	284.0	588.0	(18.0)	"	121	176	1,403	3.30	22.58
18	"	0.25	13.58	3,400	1,190	11.75	10.56	180.5	40.36	18.9	B2~02	175	197	1,541	2.95	12.35
19	"	0.37	14.12	5,220	1,830	12.53	12.92	14.74	40.19	(18.0)	"	171	194	1,514	4.55	8.81
20	"	0.38	14.12	5,370	1,880	19.98	14.83	19.48	54.29	(18.0)	B2~03	208	187	1,458	3.46	13.55
21	"	0.26	14.12	3,670	1,290	18.08	11.80	17.71	47.59	(18.0)	"	208	187	1,458	2.71	11.78
22	40	0.47	19.28	9,020	3,160	8.12	18.26	376.1	63.99	(10.0)	B2~01	101	148	1,160	4.94	29.55
23	"	0.55	18.46	10,150	3,550	6.89	22.34	35.73	64.96	(10.0)	"	104	151	1,181	5.46	27.98
24	"	0.55	19.20	10,560	3,700	12.81	16.72	38.95	68.48	(10.0)	B2~02	142	160	1,249	5.40	30.89
25	"	0.69	17.35	11,970	4,190	13.78	17.21	18.27	49.26	(10.0)	"	121	137	1,069	8.51	10.98

表-2-2

No	測定距離 (m)	断面 (m)	速度 (km/h)	除雪電 (kWh)	除雪量 (t/h)	エンジン馬力 (機械効率90%で算出)				投雪距離 (m)	除雪装置 レンジ	回転数 (r.p.m)			除雪効率 (t/ps·h)	平坦路に換算した走行馬力
						オーガ	プロア	走行	計			オーガ	プロア	エンジン		
26	40		14.26											1,583		
27	"		18.00											1,500		
28	"										B2~03					
29	30	0.55	10.49	5,770	2,020	13.41	29.26	18.83	61.50	(30.0)	B3~02	148	225	1,303	3.28	14.42
30	"	0.55	10.19	5,600	1,960	16.82	37.75	11.66	66.23	28.0	"	155	259	1,500	2.96	7.38
31	"	0.55	9.91	5,450	1,910	12.08	39.96	11.70	63.74	35.3	B3~01	129	253	1,467	3.00	7.54
32	"	0.55	10.29	5,660	1,980	9.57	25.67	2.25.1	57.75	(30.0)	"	126	249	1,440	3.43	18.19
33	"	0.44	10.38	4,570	1,600	8.84	15.34	13.73	35.31	(18.0)	B2~02	163	184	1,440	4.46	9.37
34	"	0.39	10.38	4,050	1,420	7.88	11.08	13.86	32.82	(18.0)	"	167	189	1,476	4.33	9.50
35	"		10.38						12.71					1,500		
36	"		10.49						15.38					1,540		
37	"	0.41	13.85	5,680	1,990	10.34	17.39	21.91	49.64	(18.0)	B2~02	170	192	1,500	4.01	16.09
38	"	0.55	14.21	7,820	2,740	21.41	30.76	18.54	70.71	17.8	"	164	185	1,446	3.87	12.57
39	"	0.50	14.00	7,000	2,450	14.11	34.66	17.75	66.52	(30.0)	B3~02	161	245	1,419	3.68	11.87
40	"	0.41	14.03	5,750	2,010	10.67	31.13	17.84	59.64	(30.0)	"	161	245	1,419	3.37	11.95
41	"	0.39	14.20	5,540	1,940	6.00	26.20	21.11	55.31	(30.0)	B3~01	124	245	1,419	3.64	15.15
42	"	0.41	14.20	5,820	2,040	80.7	34.09	13.90	56.06	(30.0)	"	125	246	1,422	3.64	7.94
43	"	0.39	18.95	7,390	2,590	10.46	18.93	35.08	64.47	(18.6)	B3~02	159	179	1,405	4.02	27.12
44	"	0.41	20.38	8,360	2,930	87.8	20.01	38.10	66.89	25.7	"	167	189	1,473	4.38	29.54
45	"	0.33	23.48	7,750	2,710	10.11	18.10	38.31	66.52	2.25	"	156	176	1,374	4.07	28.45
46	"	0.41	25.12	10,300	3,610	71.0	18.31	45.35	70.76	(20.0)	"	156	176	1,374	5.10	34.80
47	"	0.39	27.00	10,530	3,690	92.6	22.86	39.29	71.41	(20.0)	"	163	184	1,438	5.17	27.95
48	"		30.00						41.14					1,521		
49	"		25.00						30.17					1,459		
50	"		20.00						28.03					1,520		
51	"		15.00						17.87					1,490		

4 考察

1) オーガについて

図-2はオーガの消費馬力と除雪量 (t/h) について車速 (区間値) をパラメートとして作図したものである。一般には除雪量が増加するに従い消費馬力が増加し、この間に有意な相関が考えられる。しかし、この図によると相関性が認められない。又、ある馬力に対して、除雪量の増加は車速の増加と一致しているということである。即ちオーガの消費動力の一つである雪の運搬に要する動力が、車速によつて影響を受け、この試験の範囲では運搬力が車速の増加に伴つて減少したものと推定される。さて、前述の矛盾について検討するため図-2をさらにエンジンの負荷状況及び速度段について作図したものが図-3である。これによるとエンジン馬力に余裕がある場合は (図では下方に位置している) 除雪量を Q 、オーガ消費動力を p 。とすると図のように比例関係になつている。しかも高い速度段になるに従い直線は右に移動している。即ちオーガ周速を必要以上に大きくすることは効率を悪くすることが分る。次に車速と除雪量当り消費馬力については作図すると (図-4) 図のような曲線関係が認められた。これは次のようなことが考えられる。即ち、車速; V_c (m/s), 除雪量当り消費馬力; Q_m (ps/t/h), オーガ周速; V_o (m/s), 除雪深; h (m), オーガ回転数; N_o (rpm), オーガ外径; D_1 (m), ピッチ; P_i (m) とすると、(図-5, 6 参照)

$$V_y = \frac{P_i \cdot N_o}{60} = \frac{P_i \cdot V_o}{\pi \cdot D_1} \quad (m/s) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot N_o}{60} \quad (m/s) \quad \dots\dots\dots (2)$$

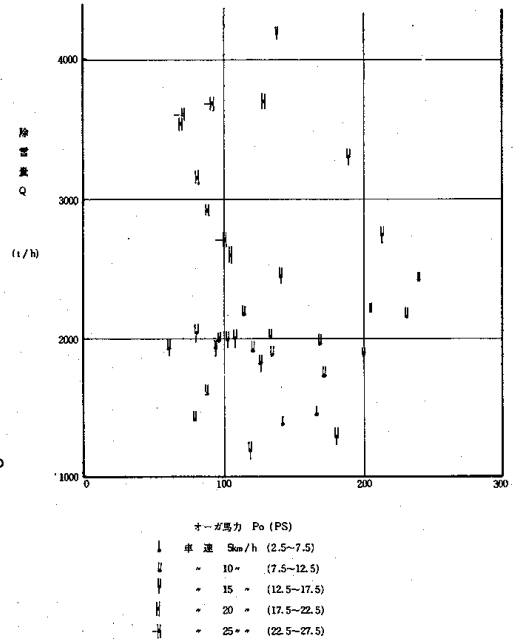


図-2

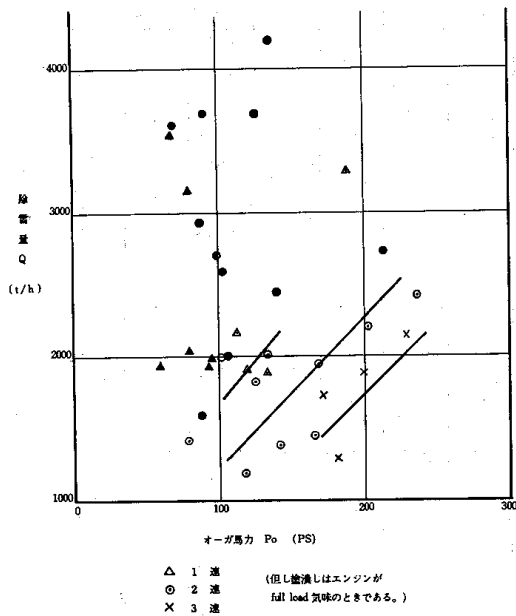


図-3

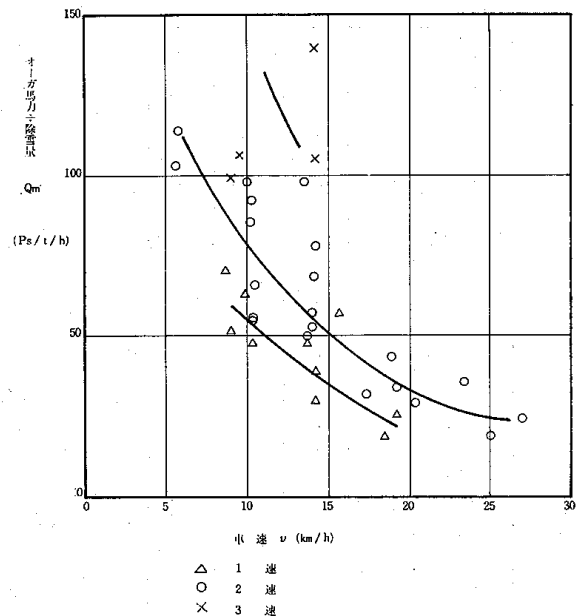


図-4

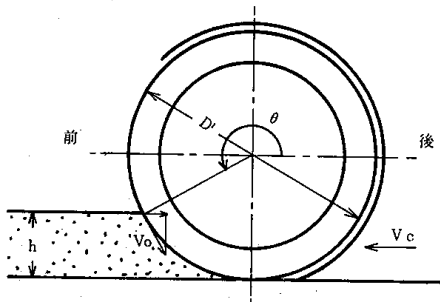


図 - 5

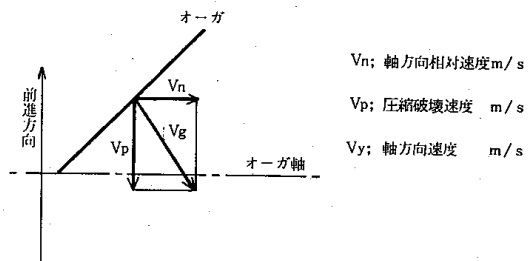


図 - 6

となり、

オーガの地面に対する速度； V_g は（雪に対する相対速度とも考えられる。但し、オーガ周速は進行方向を正とする。）

$$V_g = V_c + V_o \cdot \sin \theta = V_c + \frac{\pi \cdot D_1 \cdot N_o}{60} \cdot \sin \theta \quad (m/s) \quad \text{----- (3)}$$

となる。

そしてオーガによる雪圧縮破壊動力； P_{o1} が

$$P_{o1} = \frac{F \cdot V_p}{75} \quad (ps) \quad \text{----- (4)} \quad (F ; \text{雪の圧縮破壊抵抗} kg)$$

で表わされ、 V_p は図-6から、

$$\vec{V}_p = \vec{V}_o + \vec{V}_g \quad \text{----- (5)}$$

であるから V_g の関数になっている。即ち P_{o1} も V_g の関数と考えられ、(3)式に於いて除雪をオーガの下半分で考え ($\theta = \pi \sim \frac{3}{2}\pi$ の範囲)、 $V_o > V_c$ とすると、 V_c が増加するに従つて V_g の絶対値は小さくなり（但し V_o 、 θ は一定とする）故に(5)式、(4)式から P_{o1} が減少し、オーガ消費動力が少なくなることが分る。又、図-7は除雪量当り消費動力； Q_m と速度比； V_o/V_c との関係を作図したものである。 Q_m と V_o/V_c を直線で回帰すると（但し曲線回帰も考えられる。）

$$Q_m = 13.67 \left(\frac{V_o}{V_c} \right) + 11.356$$

相関係数 $r = 0.818$

となり、高速域に於いて V_o/V_c が小さくなるとオーガ効率は良くなっている。即ち高速域でオーガ自体が何らかの抵抗を生じ著しく損失動力が増加するのではないかと懸念されたのであるが、本試験の結果では問題がないことが明らかになった。図-8は Q_m と

$$C_k = \left(60^2 \cdot S \cdot V_g \cdot \frac{V_o}{V_o - V_c} \right) \cdot \frac{1}{Q} \quad \text{との関係を調べたもの}$$

である。これを直線回帰すると、

$$Q_m = 46.41 \cdot C_k - 12.935 \quad (1.0 < C_k < 3.0) \quad \text{----- (6)}$$

相関係数 $r = 0.700$

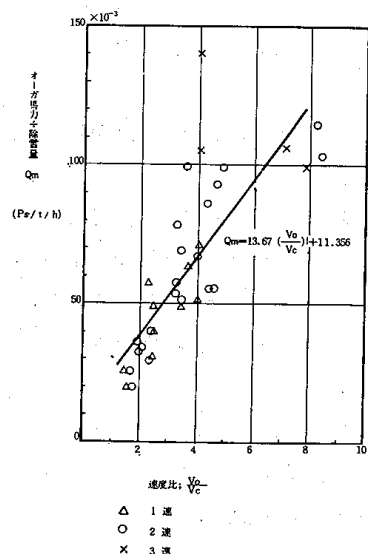


図 - 7

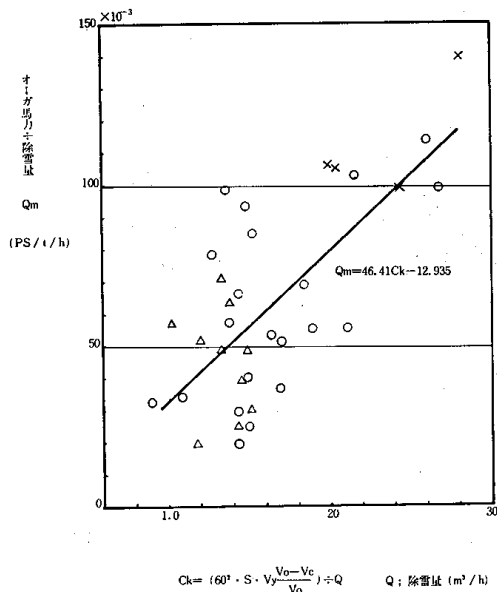


図 - 8

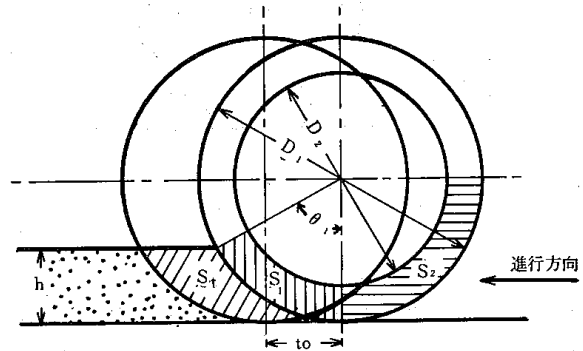


図 - 9

となる。尚 C_k が 1.0 以下になると除雪量が過多になり、オーガ内つまり又は過負荷によるシャープピン切断、或はエンストという事態が予想されるが、今回の実験では $C_k < 1$ のデータは 1 点しかなく、この点の確認は出来なかつた。又、 C_k は雪の密度変化によつて変ると思われるが、変化率について推論が困難だつたので C_k の中には入れていない。次に図 - 9 について

$$S = S_1 + S_2$$

$$S_1 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot \frac{\theta_1}{360}$$

$$\cos \theta_1 = \frac{D_1 - 2h}{D_1}$$

とすると

$$Q_m = 46.41 \times \left(60^2 \times S \times V_y \times \frac{V_o}{V_o - V_c} \times \frac{1}{Q} \right) - 12.935 \quad \text{----- (7)}$$

但し () 内は 1.0 ~ 3.0 の範囲である。

$$Q_m = 8.6285 \times 10^4 \times S \times \frac{V_o^2}{V_o - V_c} \times \frac{1}{Q} - 12.935 \quad \text{----- (7')}$$

となり動力、除雪量、オーガ周速、車速、オーガ歯巾の関係を表わすことが出来る。

又、歯巾； $t(m)$ の設計については (図 - 10 参照)

$2 \times t_0 \cdot h \leq S$ を十分に満足すれば問題はないと思われるが、試験結果より、 $t_0 \cdot h = S_1$ を用いて設計しても良いと思われる。即ち、オーガと雪との接触断面をオーガ軸方向から投影したものを S_t とすると、

$$S_t = t_0 \cdot h \text{ となり}$$

試験データによると、 $S_t \doteq S_1$ の場合も除雪が行なわれているので、雪の切削破壊は S_1 にて行なわれ切削された雪の運搬は S_2 にて行なわれると仮定することが出来、

$$S_t = t_0 \cdot h = S_1 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot \frac{\theta_1}{360}$$

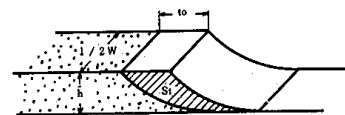


図 - 10

を得ることが出来る。

注；上記の切削断面について，実際はスクリーオーガーは軸に対して β の角度を持つており，

$$\frac{S_t}{\sin \beta} = \frac{S_1}{\sin \beta} \quad \text{となる。したがって，} S_t = S_1 \text{とした。}$$

表-3-1，表-3-2はオーガーについての計算表である。尚設計に用いたオーガーの送り量計算式は車速の関係が考慮されてなかつたので表中(B)の式に修正した。

表-3-1 オーガーについての計算表

No	除雪量Q (m^3/h)	車 速		オ - ガ		除雪深 h (m)	オ-ガ投影断面積		$t_o \times h$ (m^2)	オ - ガ $P^2/kg/h \times 10^6$	設計除雪量(m^3/h) $S \times V_r \times 60^2 \times 2 \times \varphi$	設計除雪量(m^3/h) $S \times V_r \times 60^2 \times \frac{V_o}{V_o - V_c}$	(A) ÷ Q	(B) ÷ Q
		(km/h)	V_c (m/s)	(rpm)	V_o (m/s)		S_1 (m^2)	S (m^2)						
1														
2														
3														
4														
5														
6	4.150	5.85	1.625	170	13.345	0.26	0.1092	0.3090	0.3373	11.428	12.103	10.871	2.92	2.62
7	3.940	5.71	1.586	170	13.345	0.25	0.1065	0.3063	0.3350	10.312	11.997	8.510	3.04	2.16
8	6.210	9.00	2.50	128	10.048	0.25	0.1065	0.3063	0.733	5.212	9.033	7.516	1.45	1.21
9	5.360	8.78	2.439	125	9.813	0.22	0.0999	0.2997	0.644	7.153	8.631	7.179	1.61	1.34
10	6.280	10.29	2.858	170	13.345	0.22	0.0999	0.2997	0.555	9.314	11.759	9.336	1.87	1.49
11	4.900	10.00	2.778	170	13.345	0.25	0.1065	0.3063	0.613	9.872	11.997	9.470	1.74	1.37
12	4.950	9.00	2.50	249	19.547	0.20	0.0951	0.2949	0.301	9.954	16.918	12.125	3.42	2.45
13														
14														
15	6.140	9.60	2.667	243	19.076	0.23	0.1023	0.3021	0.379	10.721	16.914	12.289	2.75	2.00
16	9.390	15.65	4.347	125	9.813	0.22	0.0999	0.2997	0.1148	5.742	8.631	9.685	0.92	1.03
17	5.540	13.86	3.85	121	9.499	0.15	0.0817	0.2815	0.716	4.845	7.848	8.248	1.42	1.49
18	3.400	13.58	3.772	175	13.738	0.09	0.0628	0.2626	0.291	9.874	10.588	9.122	3.11	2.68
19	5.220	14.12	3.922	171	13.424	0.13	0.0760	0.2758	0.447	6.847	10.866	9.595	2.08	1.84
20	5.370	14.12	3.922	208	16.328	0.14	0.0790	0.2788	0.396	10.628	13.361	10.990	2.49	2.05
21	3.670	14.12	3.922	208	16.328	0.09	0.0628	0.2626	0.255	14.016	12.585	10.352	3.43	2.82
22	9.020	19.20	5.353	101	7.929	0.17	0.0899	0.2897	0.1346	2.570	6.741	12.869	0.75	1.43
23	10.150	18.46	5.128	104	8.164	0.20	0.0951	0.2939	0.1479	1.941	7.042	11.836	0.69	1.17
24	10.560	19.20	5.353	142	11.147	0.20	0.0951	0.2949	0.1127	3.462	9.648	11.562	0.91	1.09
25	11.970	17.35	4.819	121	9.499	0.25	0.1065	0.3063	0.1494	3.289	8.539	10.832	0.71	0.90

表-3-2

No	除雪量Q (m^3/h)	車 速		オ - ガ		除雪深 h (m)	オ-ガ投影断面積		$t_o \times h$ (m^2)	オ - ガ $P^2/kg/h \times 10^6$	設計除雪量(m^3/h) $S \times V_r \times 60^2 \times 2 \times \varphi$	設計除雪量(m^3/h) $S \times V_r \times 60^2 \times \frac{V_o}{V_o - V_c}$	(A) ÷ Q	(B) ÷ Q
		(km/h)	V_c (m/s)	(rpm)	V_o (m/s)		S_1 (m^2)	S (m^2)						
26														
27														
28														
29	5.770	10.49	2.914	148	11.618	0.20	0.0951	0.2949	0.0591	6.639	10.056	8.389	1.74	1.45
30	5.600	10.19	2.831	155	12.168	0.20	0.0951	0.2949	0.0548	8.582	10.531	8.578	1.88	1.53
31	5.450	9.91	2.753	129	10.127	0.20	0.0951	0.2949	0.0640	6.325	8.765	7.523	1.61	1.38
32	5.660	10.29	2.858	126	9.891	0.20	0.0951	0.2949	0.0680	4.833	8.561	7.525	1.51	1.33
33	4.570	10.38	2.883	163	12.796	0.16	0.0847	0.2845	0.0424	5.525	10.684	8.620	2.34	1.89
34	4.050	10.38	2.883	167	13.110	0.14	0.0793	0.2791	0.0363	5.549	10.739	8.604	2.65	2.12
35														
36														
37	5.680	13.85	3.847	170	13.345	0.15	0.0817	0.2815	0.0509	5.196	11.026	9.682	1.94	1.70
38	7.820	14.21	3.947	164	12.874	0.20	0.0951	0.2949	0.0722	7.814	11.143	10.043	1.42	1.28
39	7.000	14.00	3.889	161	12.639	0.18	0.0899	0.2897	0.0652	5.759	10.746	9.702	1.54	1.39
40	5.750	14.03	3.897	161	12.639	0.15	0.0817	0.2815	0.0545	5.308	10.442	9.436	1.82	1.64
41	5.540	14.20	3.944	124	9.734	0.14	0.0793	0.2791	0.0668	3.093	7.974	8.378	1.44	1.51
42	5.820	14.20	3.944	125	9.813	0.15	0.0817	0.2815	0.0710	3.936	8.107	8.472	1.39	1.46
43	7.390	18.95	5.264	159	12.482	0.14	0.0793	0.2791	0.0695	4.039	10.224	11.051	1.38	1.50
44	8.360	20.38	5.661	167	13.110	0.15	0.0817	0.2815	0.0763	2.997	10.831	11.914	1.30	1.43
45	7.750	23.48	6.522	156	12.246	0.12	0.0729	0.2727	0.0753	3.731	9.801	13.106	1.26	1.69
46	10.300	25.12	6.978	156	12.246	0.15	0.0817	0.2815	0.1007	1.967	10.118	14.700	0.98	1.43
47	10.530	27.00	7.500	163	12.796	0.14	0.0793	0.2791	0.0966	2.509	10.482	15.829	1.00	1.50

2) ブロアについて

図-11は除雪量当り消費馬力; B_m と車速との関係をブロア速度段をパラメートにして調べたものである。又、図-12はブロア飲込み率; μ_b (除雪量とブロア体積の比をブロア飲込み率と定義した) と、車速との関係を調べたものである。 μ_b の計算式は、

$$\mu_b = \frac{Q}{Q_b \times N_b \times 60} = \frac{Q}{0.9833 \times 60 \times N_b} \quad (8)$$

Q ; 除雪量 (m^3/h) Q_b ; ブロア体積 (m^3)

である。

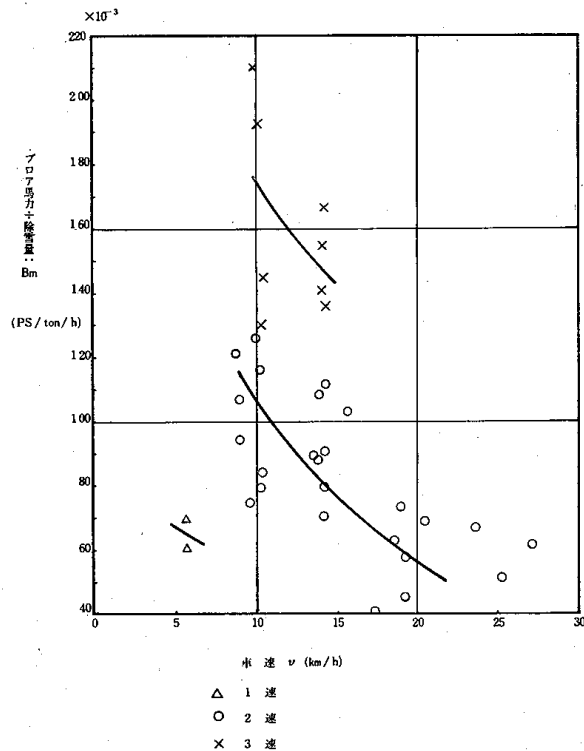


図-11

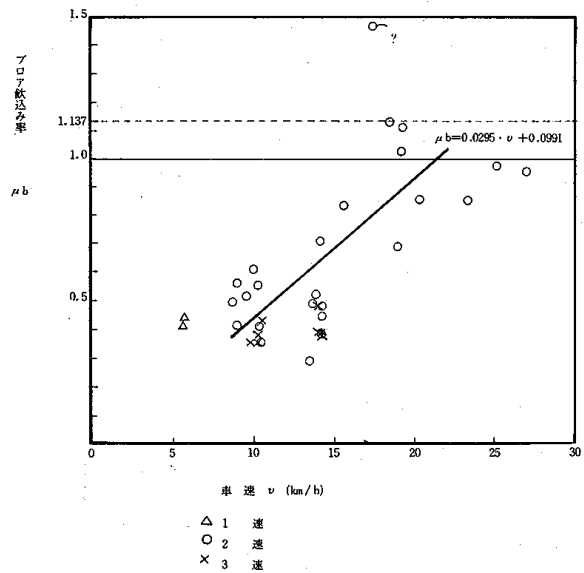


図-12

図-11によると B_m は車速が増加するに従つて小さくなり、この関係については図の曲線のようになるが、これについては理論的なものがなく、図-12の結果から飲込み率の変化によるものと考えることが出来る。即ち μ_b が実験の範囲内では車速に比例し増加しており、ブロアの除雪効率が良くなるので B_m は減少するものと思われる。このことによりブロア消費馬力は除雪以外に消費される動力例えば空気動力等の影響が μ_b が小さな時は現われ、ブロア効率を悪くするものと考えられる。又、 μ_b はデータによると最大値が1.137になつており、これは密度変化によると考えられるのでブロア内の密度として計算すると、路上の雪密度が 0.35 g/cm^3 であつたので、

$$0.35 \times \mu_b = 0.35 \times 1.137 = 0.398 \div 0.4 \text{ g/cm}^3$$

になる。これはブロアで圧縮される雪の最大値にほぼ等しいものと思われる。

図-13はブロアトルク; T_B と μ_b の関係を図示したものである。これによると $\mu_b \leq 0.7$ では T_B は急激に増加し、その後は援やかに増加している。これはブロア軸近辺の雪は投雪速度が充分に与えられず、消費動力が少なくなるからだと思われる。又図-14は Q とブロア消費動力; P_b について

速度段をパラメートにして作図したものである。これをさらにエンジンの状況と対比して見ると、概ね、プロア3速では2,000 t/h, 2速では2,400 t/h以上でfull loadと一致している。以上のことからプロア効率を良くするには μ_b を1に近づけ、プロア周速を低くすることであるが、プロア周速は必要とする投雪距離で決められるため μ_b を1に近づけるようなプロア形状、大きさを設計することが望ましい。図-15は P_b と K_b （これは次の式から計算した）

$$K_b = Q \left(\frac{t}{h} \right) \times V_b \left(\frac{m}{s} \right) \times \frac{1}{3,600}$$

の関係について図示したものである。

これにより $Q = 3,000 \text{ t/h}$, 2速192rpm(投雪距離15m)の場合を計算すると、 $K_b \div 12.4$ となり、約300ps必要であると推定される。(エンジン動力として)尚、この関係についてはさらに多くのデータによつて解析しなければならぬと思われる。

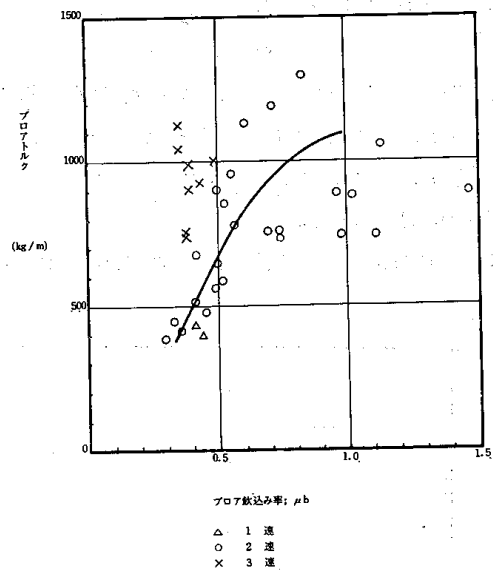


図-13

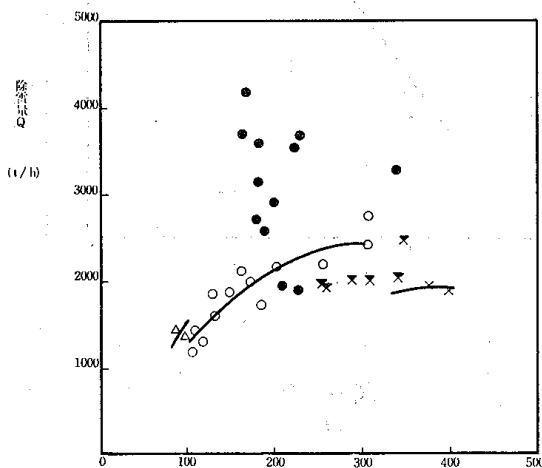


図-14

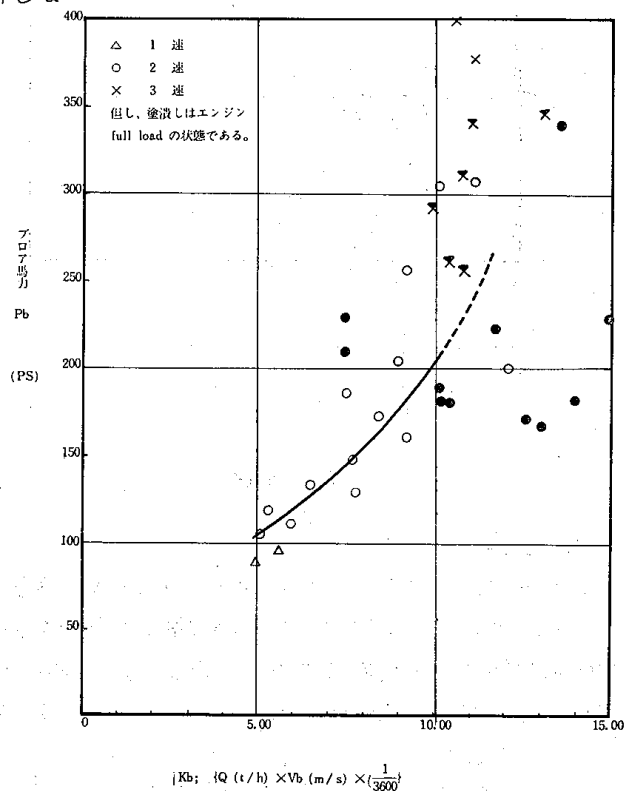


図-15

3) 走行について

走行馬力は機械の運搬に要する動力、除雪抵抗(雪がオーガ内、プロア内で進行方向に移動する動力)、走行抵抗、勾配抵抗、風圧抵抗等に要する動力が考えられる。図-16は除雪量; Q と走行馬力; P_r の関係を車速をパラメートにして作図したものである。この図では Q と P_r の間には相関性が見られないので、車速と P_r について見た(図-17)。(但し、実験が平均3%の登り勾配で行われたので、その分の勾配抵抗を引いて平坦部のデータに修正してある)。これを直線回帰すると、

$$P_r = 13,728 \cdot v - 36.10 \quad (\text{ps}) \quad \text{---} \quad (10)$$

相関係数 $r = 0.82$

となる。これは設計に用いた。

$$P_r = 11 \cdot v \quad (\text{ps}) \quad \text{----- (11)}$$

の係数について比較すると大きくなっているが $v = 20 \text{ km/h}$ にて計算すると、

$$(10) \text{式より } P_r = 13,728 \times 20 - 36,100 \div 238.46 \quad (\text{ps})$$

$$(11) \text{式より } P_r = 11 \times 20 = 220 \quad (\text{ps})$$

となり近い値になる。

走行出力については、オーガの項で述べたように実験の範囲内ではオーガによる損失は現われていない。

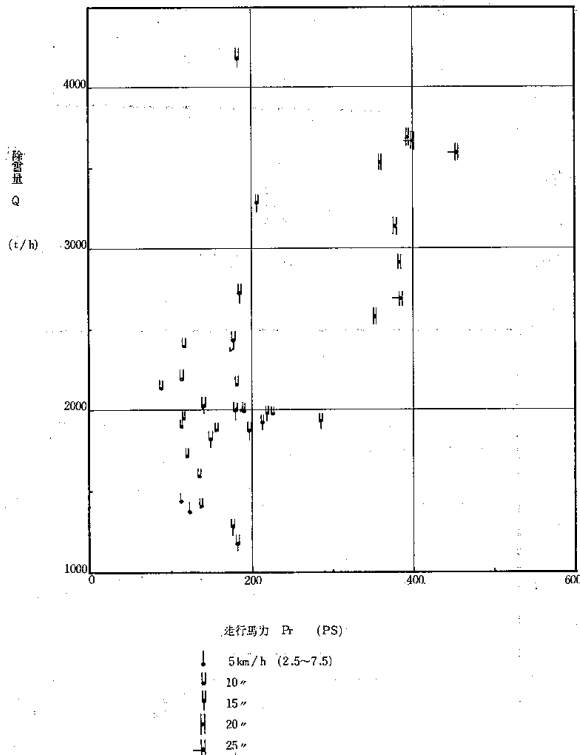


図-16

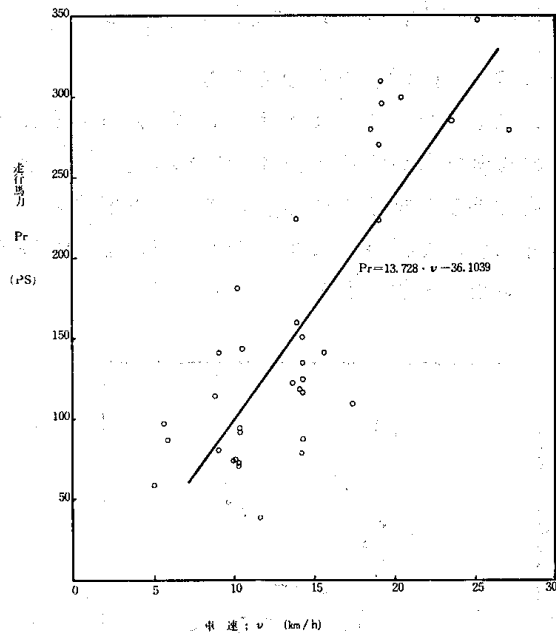


図-17

4) 全体について

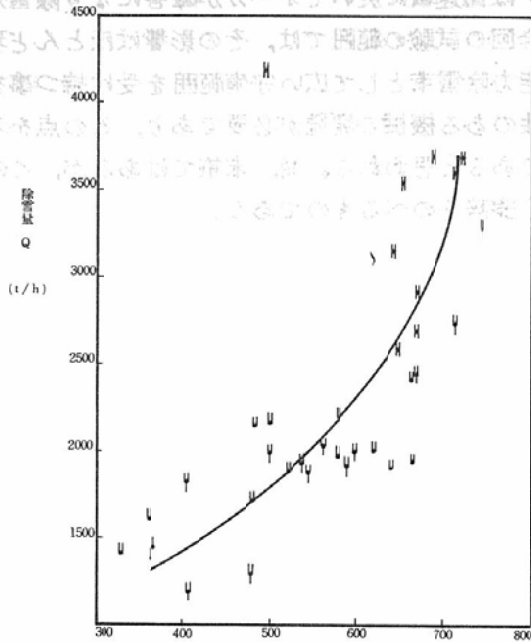
オーガ、プロア、走行についての除雪量と消費馬力の関係を調べたのが図-3, 図-13, 図-16, である。これらの全出力; Pと除雪量; Qとの関係を作図すると図-18のようになった。(但し走行馬力については平坦部に修正していない。)個々の関係ではバラツキが大きく相関性が見られなかつたが全体としては相関性が認められ、 $y = ax^2 + bx + c$ の式に回帰すると、

$$\frac{Q}{10} = 4.27 \left(\frac{P}{100} \right)^2 + 36.97 \left(\frac{P}{100} \right) - 138.55 \quad (\text{t/h}) \quad \text{----- (13)}$$

となる。これは動力消費が除雪量及び除雪条件に対して能率良く行なわれ、適応性が良好な為と思われる。

次に設計値(除雪量 $3,000 \text{ t/h}$, 除雪速度 20 km/h , 除雪深 0.25 m に於いて 700 ps 消費)について検討すると、回帰式より $3,000 \text{ t/h}$ で約 680 (ps) となり、 700 (ps) では約 $3,500 \text{ t/h}$ になっている。但しこの数値は投雪距離の関係が入っていないのでむしろ大きくなっていると思われる。又、この図を2次式で回帰したのは、図-19で示めされるように除雪効率 ($\text{ton/ps} \cdot \text{h}$) が実験の範囲内で車速の増加に伴って良くなっているからである。図-20はプロア馬力に対するオーガ馬力; P_o/P_B と車速との関係を図示したものである。これによると例えばオーガ2速, プロア2速の組合せについて見ると

11 km/h 附近で 1.00 であるが、21 km/h 附近では 0.5 になつており、前述したように動力消費が適正に行われていることが確かめられる。



全消費馬力: P (PS)

- 車速 5 km/h (2.5~7.5)
- ~ 10 ~ (7.5~12.5)
- ~ 15 ~ (12.5~17.5)
- ~ 20 ~ (17.5~22.5)
- ~ 25 ~ (22.5~27.5)

図-18

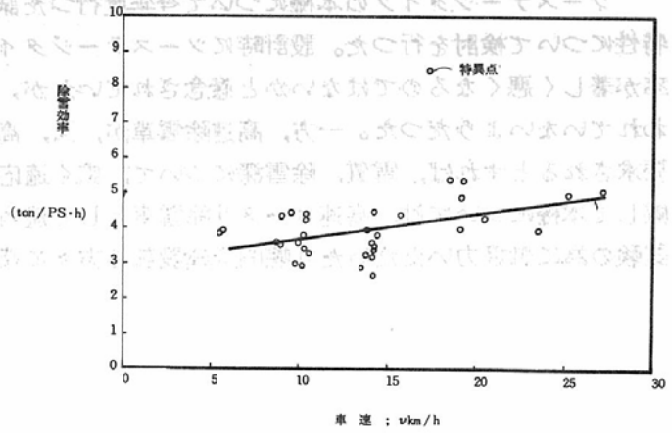
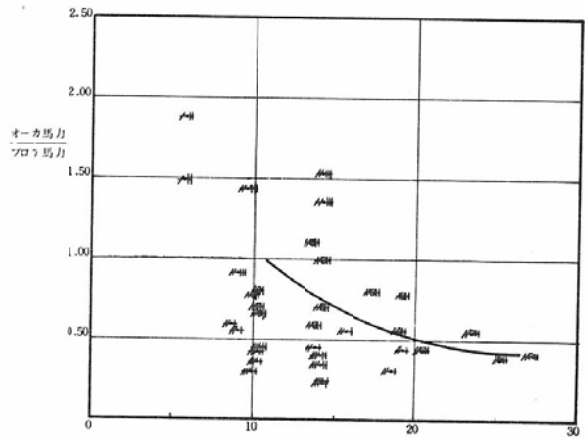


図-19



プロペラ速度・ローガ速度
曲線はローガ2速、プロペラ2速について求めた。

図-20



写真-1

HTR-700 型 ロータリ除雪車



写真-2

性能試験状況

あ　と　が　き

ツーステージタイプの本機について今年度行つた試験データから、高速除雪に於ける除雪性能及び特性について検討を行つた。設計時にツーステージタイプは高速域に於いてオーガが障害になり除雪効率が著しく悪くなるのではないかと懸念されていたが、今回の試験の範囲では、その影響はほとんど現われていないようだつた。一方、高速除雪車が、又、高能力除雪車として広い守備範囲を受け持つ事を要求されるとすれば、雪質、除雪深について、広く適応性のある機械の開発が必要であり、この点を考慮して本機については、高速ロータリ除雪車として適当であると思われる。尚、末筆ではあるが、この試験の為に御協力いただいた札幌開発建設部の方々に深く謝辞をのべるものである。