

放物型除雪プラウの試作

中村 勉*・中村秀臣*・東浦将夫*・阿部 修*

国立防災科学技術センター新庄支所

Test on a Snow Plough of New Type

By

Tsutomu Nakamura, Hideomi Nakamura,
Masao Higashiura and Osamu Abe

*Shinjo Branch, National Research Center for Disaster Prevention
No. 1400, Takadan, Tokamachi, Shinjo-shi, Yamagata-ken 996, Japan*

Abstract

For the purpose of the low energy snow removal, a new type of snow plough for fresh snow removal was designed, made and tested.

The basic idea of this plough is to remove the snow on roads by scooping and throwing without giving any compression to snow cover. The shape of the plough, therefore, was designed as shown in Plates I and II (photos A to F).

Two among 16 runs were successful in snow removal; namely, snow on the road was thrown away by the plough as shown in Plate III. In this case, the speed of the snow remover was 40 km/h and the thickness of the snow cover was 13 cm. Plate IV shows another example where snow on the plough was blocked by the resistance owing to the shrinkage of the plough. In the former case, the plough caught the snow cover with half the width of its blade, and in the latter case, with the whole width of its blade.

The movement of the snow on the plough was photographed by two movie cameras and the sequence of the movement of the snow on the plough was revealed by analyzing the movie films as shown in Fig. 1. Figure 2 shows the vertical profile of the snow cover during the 4th run of the experiment.

The results of the whole test were compiled in Table 1. Comparison of the ability of the plough with that of other snow removers is shown in Table 2, and the plough of the present experiment is situated in the middle position between the small snow remover and the large one from the viewpoint of the ability.

はじめに

現用の除雪プラウ面上およびプラウ前方の雪の運動を観察していると、その雪塊のすべては、除雪という観点からは、必ずしも合理的な運動をしていない。即ち、斜め外側上方に持ち上げられた雪塊がすぐには除雪されないで、一旦前方に落下する。次いで又斜め外側上方に持ち上げられ落下するといった運動を何回か行った後、やっと除雪されている。雪に、こ

* 雪害防災研究室

のような運動を許す形状のプラウが使用されている際には、次のような事情があるに違いない。即ち、道路上および路側の積雪はその性質が気象変化と共に変わるけれども、除雪機械の方は、変化したそれぞれの雪質に応じて、その性能や強度等を急には変える訳にはいかないから、最も除雪しづらい雪を対象として設計・製作され、運用に供されているということである。雪密度でいえば $0.3 \text{ gr} \cdot \text{cm}^{-3}$ 位までのものが、容易に除雪できるように設計されているに違いない。

しかし、① 住宅周辺の除雪を考えた場合、ほぼ毎日の除雪が可能であろうから、新雪のみを対象とした除雪作業で済みはしまいか（鉄道線路上の除雪も、吹き溜りを除けば、ほとんどが自然の新雪である）。② もしこの新雪が乾き新雪であれば、経験および圧縮実験が示すように、圧縮抵抗は、しまり雪やざらめ雪に比べて断然小さい。③ これだけ多くの自家用車が普及してきている現在、この自動車の動力を用いて、簡単に除雪はできないものであろうか。

1. “除雪”とは何か

今、「除雪とはどういう事象であるか」という点について、原点に立ち返って考えてみることにする。それ故除雪のうちでも、最も基本となる線路除雪を考える。これには道路および鉄道線路が範疇に入る。

この場合には、除雪とは、線路上の自然積雪を移動させることであり、それが必要かつ十分条件である。これを雪の立場から考察してみると、雪がその位置を変えることである。この時、雪が変形せずにそっくりそのまま脇へ最短距離だけ移動すれば、除雪に要するエネルギーも最小ですむ（もし路側に堆雪余裕幅があれば一番簡単である）。

ところが、実際には、雪をそっくりそのまま移動させることは、それほど容易ではない。それは、除雪車から雪にエネルギーが与えられる際にその一部が、除雪とは直接無関係な雪の変形に費やされるからである。即ちこの一部のエネルギーは雪の弾性変形や塑性変形、そして究極的には破壊変形に費やされる。それ故効率の良い除雪を考える際にはこのエネルギーを最小にすることが肝要となる。

ところで、雪を線路の脇へどけるためには、雪塊の大きさがどうであれ、その雪を切り出してそれを移動させねばならぬから、雪の切断にエネルギーの一部が費やされることは止むを得ない。

即ち上記を要約すれば、除雪車から雪に与えられるエネルギーの大半が、雪を切断することとそれの運搬に用いられることが肝要で、除雪に無駄な弾・塑性変形や破壊変形にこのエネルギーが費やされることが無いようにする事が重要である。

実際の除雪事象を考えてみると、この弾・塑性変形や破壊変形は、巨視的には雪の圧縮変形という形となって現われてくる。それ故できるだけ雪に圧縮変形を起こさせないようにす

るか、あるいはたとえこれが起きたとしても圧縮変形になるべくエネルギーが費やされない方法が効率の良い除雪作業ということになる。上述した事を簡略化して、付図に示した。

2. 新雪除雪の利点

今、乾き新雪の除雪ということを考えると、それは、上記の雪の切断エネルギーおよび圧縮変形に要するエネルギーが小であるから、より容易に除雪ができよう。

上に述べたような考えに基づき考察を進めた結果放物型除雪プラウというものが一番良いのではないかという考えに到達した。即ち、雪になるべく擾乱を与えずにすくって投げ飛ばそうという考えである。この考えに基づいて次のようなプラウを設計し、実験をしたので報告する。

3. 設計基準

設計の基準として考慮した点は次の5点である。

(イ) 除雪深

初期除雪(しまり雪になる前に)の立場をとるとして、除雪対象の新雪深は大凡 20 cm 以下と考えた。

(ロ) 除雪車の走行速度とプラウの高さとの関係

除雪車から雪に与えられるエネルギー E_0 をエネルギー保存則に照らして考えると次式が成り立つ。

$$E_0 = E_p + E_c + E_s + E_{cf} + E_h \quad (1)$$

但し、

E_0 : 除雪車から雪に与えられるエネルギー

E_p : 地上の雪を除雪プラウ面の最上部に運ぶために用いられるエネルギー

E_c : 雪を圧縮するのに費やされるエネルギー

E_s : いくつかの積雪層に剪断破壊を起こすために費やされるエネルギー

E_{cf} : 雪を圧縮破壊するのに用いられるエネルギー

E_h : 摩擦熱として失われるエネルギー

ここでもし

$$E_c = E_s = E_{cf} = E_h = 0 \quad (2)$$

ならば、

$$E_0 = E_p = Mgh \quad (3)$$

となる。

但し、 M は除雪される雪塊の質量、 g は重力の加速度、 h はプラウ面の最上部までの高さ。

一方、雪はある速度をもって上方に昇ってゆくが、高さ h までに昇るために必要な初速度を V とすれば、次式が成り立つ。

$$\frac{1}{2}MV^2 = Mgh \quad (4)$$

この速度 V は、除雪車との相対速度であるから、上式から高さ h までに昇るために必要な最低速度が見積られる。今、この速度を除雪速度 20 km/h とすれば、昇りうる高さは 154 cm となる。もっとも、この値は、式 (2) が成り立つと仮定したものであるから、実際にはこの値よりも小さくなるはずであるが、ここでは、この値をプラウ設計時の一つの目安とした。

(ハ) 路側の雪堤深とプラウの排雪高との関係

ジープのボンネット高 110 cm、およびこのボンネット上にプラウをもってくる事、更に (ロ) で考察したプラウの最大高 154 cm の三者のバランスを考えた結果、プラウの出口高は 1 m に落ちついた。この事は、雪堤深と除雪車の走行雪面高との差が 1 m 未満までは除雪できることを意味する。

(ニ) プラウの長さとしくい角について

将来、このプラウは自家用車に取り付けたいという構想をもっているので、大型トラックではなく、ジープに取り付けることにし、前記の式 (4) で求めたプラウ面の最大の高さ 1.5 m 位と車の操縦性を考慮しつつ、長さとしくい角を図版 I のように決定した。

(ホ) プラウの幅について

乾き新雪を対象とするので、横方向の圧縮率が略 2 ぐらいでも圧縮抵抗はそれ程大にならぬであろうと考えて、プラウの出口幅を入口幅の 0.65 倍とした。

4. 完成図とその写真

図版 I および II にプラウの完成図と種々の方角から見たプラウの写真をそれぞれ示す。プラウの全長はジープの車長と略同じ 4.2 m で、幅は 1.9 m、高さはプラウ面の最大高の所で 1.55 m である。プラウ面の頂部を破線 (平面図中、記号 R) で、プラウ出口側のプラウ面の谷部を一点鎖線 (記号 V) で示してある。

4.1 プラウの材質と力の伝達機構および滑走

プラウの材質は全て軟鉄である。プラウ面は厚さ 3.2 mm の鉄板であり、これの架台とトラスには 6×75×75 mm の L 型アングルを用いた。プラウの刃の部分は厚さ 9 mm の鉄板で裏打ちしてある (図版 I の記号 A)。これ以外の部材の詳細については図版 I 中に説明してある。プラウへのジープからの力の伝達は、図版 I の記号 B および図版 II の写真 G (矢印) に示すようにプラウ面の端部をジープの前輪軸体の前方に取りつけた特別のフレームに、太さ 15 mm のピンを介して取り付けて行った。図版 II の写真 G 中の a, b, c の 3 本のアームはプラウ面のブレ防止用である。

プラウ面の滑走を容易にするために、4本のスキーをプラウに取り付けた(図版IとIIの写真E中の記号S)。

プラウのジープからの取りはずしが簡便になるように、手動の上下調整用ジャッキ(図版I中の記号J)を1個プラウに取り付けた。

プラウ面上には錆止め塗装をした後ワックスをかけて、雪との滑りが良くなるようにした。他の部分は錆止め塗装仕上げのみである。

4.2 操縦性

プラウにより、運転手の視界がさえぎられたため、プラウの入口を見れるように凸面鏡(図版II中の写真A中のM、大きさ30cm×15cm)を1個取り付けた。除雪車を運転する時には、運転手が窓から右手前方を見、運転助手が左前方を見た。

走行中にハンドルはそれ程とられなかったが、悪路の場合には、多少腰をふった。

使用動力車(ジープ)の仕様は付表に示した。

5. 除雪実験結果

5.1 成功例と失敗例

合計16回の実験を行った(実験の様子は映画に収めた)。その結果の一覧を表1に示す。

全実験中、除雪に成功したのは第12回目と16回目の2回の実験のみで、他の場合にはうまく除雪できなかった(成功例をAグループとした)。除雪試験時の対象雪は、新雪もしくは一部こしまり雪層を含む積雪のいずれかであった。

成功したのは、① 走行速度が約40km/h、② 除雪された雪の厚さが十数cm、③ 除雪中のプラウ幅の半分または1/3のみを用いて除雪が行われた場合、即ち、プラウ幅の半分上のみを雪がすべり上った場合のこれら三つの条件が同時に満たされた場合である。

成功しなかったのは、除雪されるべき雪のない所を走ってしまった場合(実験番号8, 13, 15番, Bグループ)を除くと次のような場合であった。

① まず、走行速度が不十分の時(この除雪車の原理から当然ではあるが、実験番号1, 2, 3番, Cグループ)。

② たとえ、走行速度が30km/hであってもプラウ全幅に雪が入った場合。この時には、プラウ面中での雪のつかえ抵抗が大で、除雪車が停止した(第4, 5, 11番目の実験, Dグループ)。

③ 厚さ20~60cm位の雪堤が、たとえ部分的にせよ在り、かつプラウ幅の半分だけで除雪しても、走行速度が20km/h未満の場合(第6, 7, 9, 10, 14番目の実験, Eグループ)。

走行不能になって除雪車が停止した時のプラウ上の雪の様子の一例を図版IIの写真Hに示す。

表1 除雪実験
Table 1 Results of

| 実験番号 | 実験日 | 除雪対象雪の厚さ (cm) | 乾(D) 湿(W) の別 | 雪の密度 (g・cm ⁻³) | 駆動形式と走行の様子 |
|------|---------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---|
| 1 | 1977.1. 6 | 10 | W** | (0.2) | 低速度で走行 |
| 2 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 3 | 〃 | 数 cm | 〃 | 〃 | 〃 |
| 4 | 1977.1.18 14時10分 | 28 | D | 平均密度 0.14 | 高速4輪, 1速発進→2速→3速 でまもなく走行不能になり停止した. 最大速度 30 km/h |
| 5 | 1977.1.18 14時45分 | 28 | D | 0.14 | 高速4輪, 2速で発進・走行 (30→15→28 km/h で走行した.) |
| 6 | 1977.1.18 15時08分 | 一部 40 cm の雪堤 | D | (0.2) | 低速4輪 |
| 7 | 1977.1.18 15時20分 | 一部 60 cm の雪堤 | D | (0.2) | 低速4輪 |
| 8 | 1977.1.18 15時23分 | 数 cm, 一部 20~30 cm の雪堤 | D | (0.2) | 低速4輪, 2速発進, 21 km/h |
| 9 | 1977.1.18 15時28分 | 30~40 cm の雪堤 | D | (0.2) | 22 km/h |
| 10 | 〃 | | D | (0.2) | 18 km/h 位 |
| 11 | 1977.1.22 11時10分 | 13 | W | 0.11~0.12 | 高速4輪, 3速走行に変速すると 力なくなった. |
| ⑫ | 1977.1.22 12時15分 | 13 | W | (0.15) | 高速4輪, 2速で走行, 40 km/h |
| 13 | 同日 | 数 cm | W | (0.15) | 高速4輪, 35 km/h 位 |
| 14 | 〃 | 0~30 | W | (0.15) | 〃, 10 〃 |
| 15 | 〃 | 数 cm | W | (0.15) | 〃, 40 〃 |
| ⑬ | 〃 | 15 | W | (0.15) | 〃, 40 〃 |

(): 推定値

結果の一覧
the tests

| 実験開始時の除雪幅 | 映画(駒/秒) | | 雪の動き | 運転手 | グループ |
|-----------|---------|-------|--|-------|------|
| | 8 mm | 16 mm | | | |
| 全幅 | 18 | 24 | 雪は飛ばず、プラウの入口部分(前縁)での単純圧縮のみ。 **雪玉を容易に握れた。 | S. T. | C |
| 半幅 | 18 | 24 | 雪は飛ばず。降雪中。 | S. T. | C |
| 全幅 | 18 | 24 | 除雪開始直後、雪はプラウの頂部まで昇ったが、ずり落ちて、そのまま前方に落下し、圧縮された。 | S. T. | C |
| 全幅 | 54 | 24 | プラウ面上で、つまり発生。即ち雪はせり上ったが、プラウ頂部近くでの圧縮が発生し、雪はずり落ち、より前方の雪がプラウ面上の雪へのし上った。このためプラウ面上にあった雪は下方から押し上げられることなくずり落ちた。そこでプラウ前縁での堆積が起り、前縁での圧縮と共に雪煙が上がった。プラウ前方 1.7 m まで雪は圧縮された。走行できた距離は 17 m、プラウ面上(中央部と下方部の側面から 0.5 m 地点の双方)での雪の厚さは 36 cm。 | T. N. | D |
| 全幅 | 54 | 24 | プラウ面上での一部せり上りとプラウ面上での圧縮有。もう少しで成功という所(即ちプラウの頂部まで雪は上った)。プラウ前縁での圧縮域 1.7 m、走行距離: 18.9 m、プラウ面上の雪の厚さ 80~90 cm。 | T. N. | D |
| 半幅 | 54 | 24 | プラウ面上およびプラウ前縁での圧縮顕著。少しだけ放雪した。 | T. N. | E |
| 半幅 | 54 | 24 | 第4番目の実験結果と似ている。一部の雪がプラウを乗り越えてきて、ジープのフロントガラスにぶつかった。一時雪煙型除雪。 | T. N. | E |
| 半幅 | 18 | 24 | プラウの片側だけでの実験となったが、プラウ前方に雪が十分なかったためにうまくプラウ上に雪昇らず、スピード上らず不成功。 | T. N. | B |
| 半幅 | 18 | 24 | 少しだけ放雪できた。雪が途中でつかえている感じ。 | T. N. | E |
| 半幅 | ナシ | 24 | 雪は一部せり上っただけで、この雪は横へ移動したのちずり落ちて、堆雪した。 | T. N. | E |
| 全幅 | 54 | 24 | 朝には雪は乾いていたが、実験時には湿っていた。 | O. A. | D |
| 半幅 | 54 | 24 | 成功した。除雪深 13 cm、残雪深 5 cm。 実験後の雪密度: プラウ入口で 0.212、出口で 0.144 (この値が入口での値よりも小さいのはプラウ入口へ入って来た雪の一部はプラウ面に沿って出口へは行かず、プラウ面頂部から更に遠方へ飛ばされたためである。) | O. A. | A |
| — | 54 | 24 | 除雪されるべき雪の無い所を走った。 | O. A. | B |
| 半幅 | ナシ | 24 | 初期に雪堤に突っこんでしまって、速度上らず。 | O. A. | E |
| — | ナシ | 24 | 除雪されるべき雪の無い所を走った。 | T. N. | B |
| 1/3幅 | ナシ | 24 | 除雪できた。 | T. N. | A |

除雪のしずらさは、雪の乾・湿（含水率数%程度）には当初考えていた程大きくは左右されなかった。

除雪車の走行速度の測定は、試験道路脇に立てた4本のポール間を通過するのに要した時間から求めるか、あるいは直接、除雪車の速度計を読みとるかのいずれかによった。

5.2 プラウ面上の雪の動き

うまく除雪できた場合(実験番号12番)の雪の動きを図版Ⅲ-a, -bに、うまく除雪できなかった場合のプラウ面上の雪の動きを図版Ⅳにそれぞれ示した。

除雪が円滑に行われた場合のプラウ面上の雪をみると、除雪初期には、プラウ面上で雪煙が多少あがっているが(図版ⅢのNo.1~3)、次の時期には、雪が段階的にせり上っているのが見られる(No.5~7)。この状態が過ぎると、プラウ面上の雪は、一つの特異な形態をとって運動し(No.12~15)、過渡状態(No.16~22)を経て、次に、いたってなめらかに雪がせり上っていく状態となる(No.23~36)。この時には、プラウの刃の前部(雪がプラウの刃ですくわれる直前)での雪の圧縮は、映画を観察している限りでは認められなかった。

映画に撮影されたプラウ上の雪の運動を解析することにより、除雪がうまくいかなかった時、特に、雪がプラウ全幅に入ってうまくいかなかった場合の原因が明らかにされた。そのプラウ面上での雪の運動とその順序は次の通り(図版Ⅳと図1を参照)。

1. せり上り(図版Ⅳの写真上 No.1~4)。
2. プラウ面のわん曲した最高部でのつかえ(No.5,6)。
3. 横方向への圧縮(No.5,6,7)と②によるわん曲面最低部での雪の停滞(No.7)。
4. ③後の雪のずり落ち(No.7~12)。

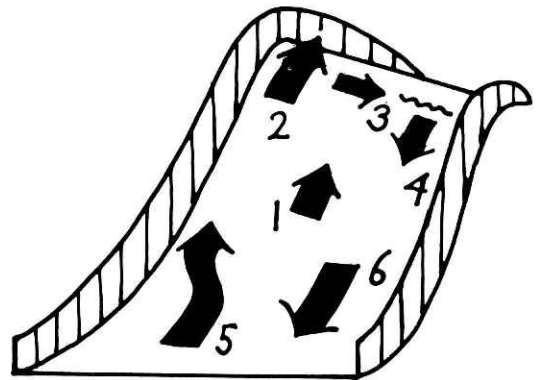


図1 放物型除雪プラウ面上での雪の運動(プラウ全幅に雪が入った場合)

1. せり上り(図版Ⅳの写真上 No.1~4)
2. プラウ面のわん曲した最高部でのつかえ(No.5,6)
3. 横方向への圧縮(No.5,6,7)と②によるわん曲面最低部での雪の停滞(No.7)
4. ③後の雪のずり落ち(No.7~12)
5. プラウ前縁部での雪ののり上り(No.7~10)
6. 前縁部での圧縮・堆積(雪煙の発生)(No.11~18)

Fig. 1 Sequence of the snow movement on the plough when the plough caught the snow with its whole blade

- 1) Gliding-up of snow
- 2) Blocking of the snow near the peak of the plough
- 3) Lateral compaction of the snow and stagnation of the snow at the lower portion of the peak
- 4) Sliding down of the snow
- 5) Gliding-up of snow on the plough near its inlet
- 6) Compaction and deposition of the snow in front of the blade (beginning of snow powder)

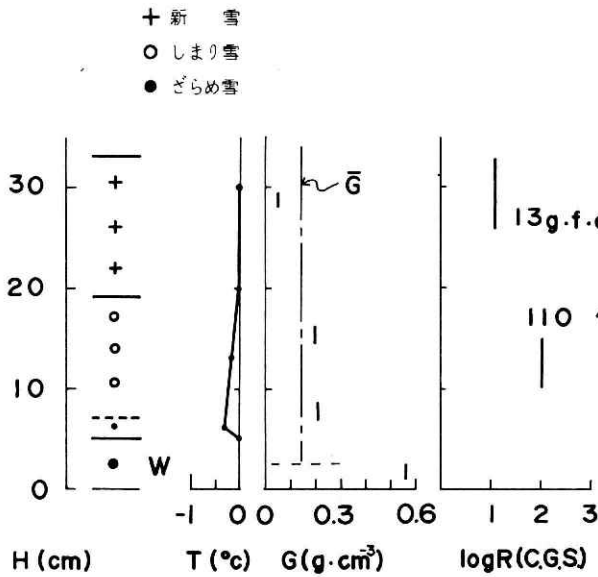


図 2 路面上の積雪内部の様子
(1977年1月18日13時)
H: 雪の厚さ, T: 雪温,
G: 密度, R: 硬度
Fig. 2 Vertical profile of snow
cover (1300, Jan. 18, 1977)
H: thickness of the snow
T: temperature
G: density
R: hardness (Kinoshita's
hardness meter)

5. プラウ前縁部での雪ののし上り (No. 7~10).
6. 前縁部での圧縮・堆積 (雪煙の発生) (No. 11~18).

この例は、第4番目の実験例であるが、雪の厚さは約30cmで、雪層の一部はしまり雪であった。この時の積雪の内部の様子を図2に示す。この図から判明するように除雪試験の対象となった雪(地上5cm以上)は大半が新雪とこしまり雪であり、新雪は多少湿っていたが、こしまり雪は乾いていた。木下式硬度も、しまり雪で110 gf/cm²、新雪で13 gf/cm²と小さかった。

成功した場合、即ちプラウの入口幅の半分にだけ雪が入った場合には、上記の6段階の運動のうちの②と③と④が無かったのでうまく除雪がされたのである。

6. 放物型除雪プラウの除雪能力

除雪がうまくいった場合(実験番号12番)の除雪能力を計算してみると、表2のようになる。併記した小型および大型除雪車の性能と比較してみると、この放物型除雪プラウは略その中間に位置している。

他の除雪車と特に異なる点は作業速度が大きいことである。

表 2 放物型除雪プラウの除雪能力と他の除雪車との能力比較
 Table 2 Ability of the snow plough and the comparison
 with different types of snow plough

| 型 式 | 除雪幅 m | 除雪高 m | 除 雪 量 m ³ /h | 密 度 g/cm ³ | 除 雪 量 ton/h | 除雪能率 t/PS ^h | 作業速度 km/h | 残雪厚 cm | 機 関 PS/rpm |
|---------------------|-------------|----------|----------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|--------------|-----------|---------------|
| 放 物 型 プ ラ ウ | 1 | 0.13 | 5,200 | 0.15 | 780 | 7 | 40 | 5 | 110/5,000 |
| 小型除雪 機械 (塔乗式) | 1~1.8 | (0.5) | 1,000~ 2,000 | — | 80~700 | 2~9 | (6~35) | — | 33~133 |
| 大型除雪 機械†† | 2~2.5* | 0.7* | 1,000~ 15,000 | 0.2~ 0.3 | 300~ 4,500† | 2.7~40† | 1~11 | 0~12 | 65~200 |
| 大型ロー タリー除 雪車 | 2.3~ 3.1 | 1.6~3 | 4,000~ 15,000† | 0.3* | 1,200~ 4,500 | 4~22† | 1.4~25 | — | 137~770 |

* 推定値

† 著者の計算値

†† 尖頭プラウまたは斜めブレード付き大型車をいう。

7. 結論と考察

最も少ない仕事量で雪を移動させること、即ちできるだけ雪に不必要なエネルギーを与えずに、換言すれば雪をできるだけ変形させずにそっくりそのまま、その雪を他所へ移動させることを目的として、一つの放物型プラウを試作し試験した。

除雪速度が 40 km/h でかつ積雪深が十数 cm で、プラウ面の左半分位の雪を除雪するときには、雪が多少湿っていても、この目的は達成された。

しかし、プラウの全幅に雪が入った場合には、つまりを発生して、うまく除雪できなかった。

雪がうまく除雪された場合の雪の運動を、吉田 (1974) の分類にあてはめると、それは流動型である。

雪がせり上りうるプラウの最高部の高さとして、エネルギー保存則を用いて、走行速度 20 km/h のときに 1.54 m という値を得ていたが、実際にはこの値よりも小さかった。除雪が円滑に行われた時の雪の飛び上った最大高さは 2.2 m 位であり、この時の除雪車の実走行速度は 40 km/h であったので、これらの値を用いて、臨界除雪速度 (除雪ができる最小速度 V_c) を求めてみよう。

エネルギー保存則を適用すれば、次式が成り立つ。

$$\frac{1}{2}MV^2 = Mgh + A \quad (5)$$

但し、 A は運動エネルギーのうち、位置のエネルギーに交換されなかった部分、即ちプラウ面上で雪に与えられたエネルギー (除雪をするという観点からは損失エネルギー) である。

今、 V は 40 km/h、 h は 2.2 m であるからこれらの値を上 (5) 式に代入すると、

$$62 M = 22 M + A = 22 M + 40 M$$

となり、65%もの損失があることがはっきりした〔この40M相当のエネルギーを運動エネルギーに換算すると、それは $\frac{1}{2}M(8.9\text{ m/s})^2$ である〕。これで(5)式中のAの具体的な値が求まったので、 V_c を求めることができる。(5)式の h に1.5mを代入すると V_c は38km/hとなる。これが臨界除雪速度であり、このプラウで除雪するにはこれ以上の速度が必要であることになる。

実走行速度40km/hの時の、雪の飛ばされる方向、即ちすくい角 25° 方向の速度成分を計算してみると、それは10m/sとなる。この値はプロワ型除雪車のシュート中を雪がつまらずにスムーズに飛ぶのに必要な速度10m/s(磯部, 1977)と一致する。

8. 今後の問題点

この型の実用車を目指す時には、プラウの全幅に雪が入った場合(これが通常の場合であるが)にもスムーズに除雪ができるように、つまりの発生を押える形を求めねばなるまい。プラウ幅を後方に行くにつれて狭め、その狭め率をほぼ1/2とした(即ち、雪は横方向に略2倍に圧縮されることになる)が、この狭め方の度合はたとえ新雪を対象とした除雪でも大きすぎ、この値は不適當と思われる。

プラウの右手前方を 20° の角度をもたせてとがらせ、かつプラウ面の頂部の方向を図(図版Iの平面図参照)のように採用したのは良いとはいえないようである。何故ならば、たとえ車の走行速度が40km/h位でもこの部分に入ってきた雪をプラウの進行方向に向かって左側部分に巻きながら投雪するために、プラウの左半面に堆雪現象を起こさせてしまうからである(特に除雪の初期)。

運転手の視界が良くないので、もしプラウの高さをこのままにするのであれば、運転席を上部に移して、遠隔操縦をするといったような方策を考える必要がある。

この種の除雪プラウには避けられない初期の低速度除雪の問題をいかに解くか。換言すれば、プラウの最大の高さまでに雪を上昇させるために必要な助走区間をどう考えるか。

路側の堆雪高が或程度高くとも除雪できるようにプラウの排雪口(出口)の高さを1mとしたが、これを余り高くするとプラウの頂部の高さが更に高くなるから、この高さは運転席の高さとの兼ね合いで決められねばならない。

この研究は科学技術庁試験研究所経常研究費による。

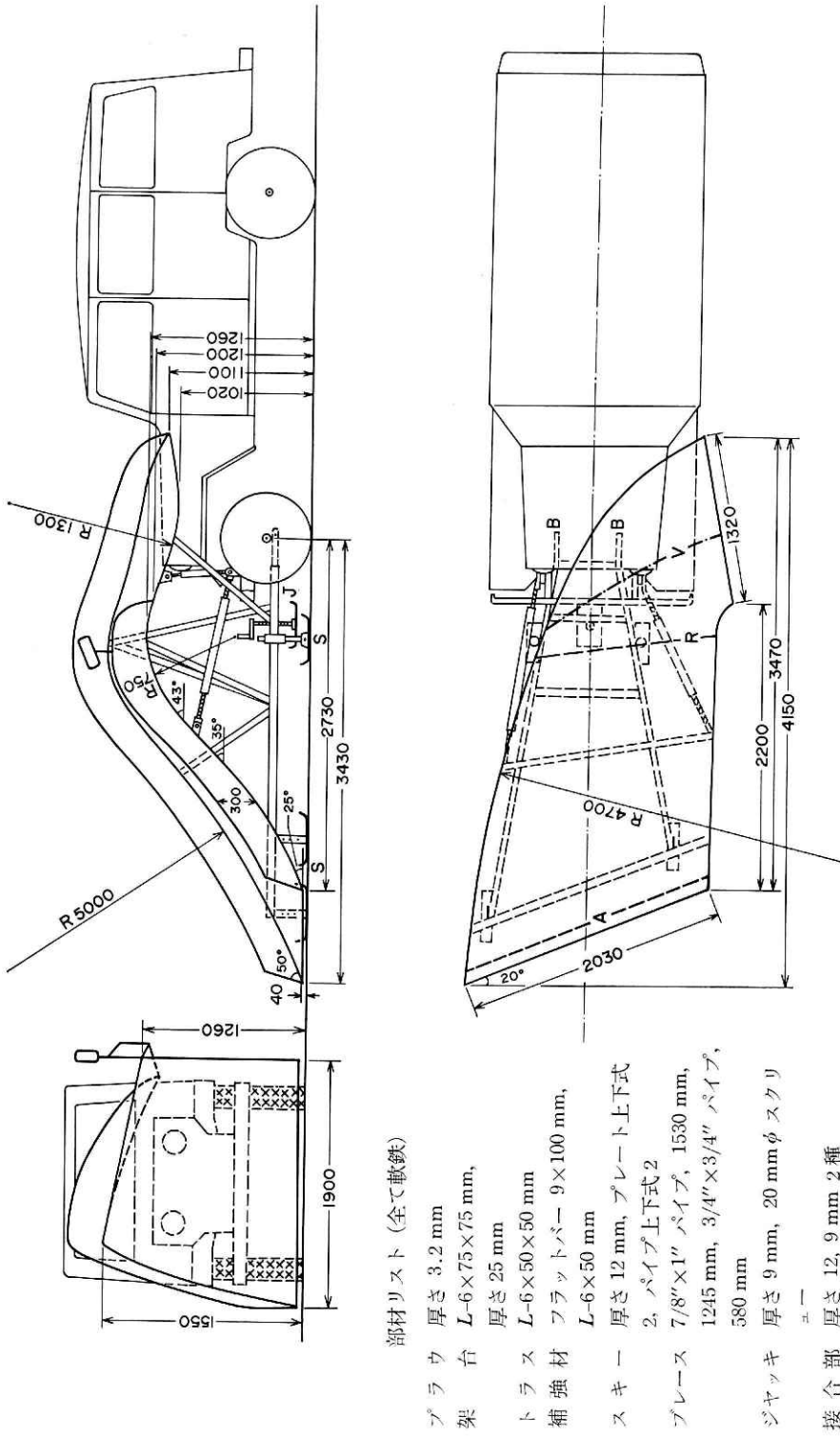
謝 辞

この論文は、除雪プラウによる積雪の塑性変形の研究の一環であり、この塑性変形の仕事の継続をお勧め下さった北海道大学名誉教授吉田順五博士に深く感謝の意を表わすものである。また蔭ながら御支援下さった前新庄支所長鹿野忠雄氏に厚く感謝するものである。

参 考 文 献

- 1) 磯部金治 (1977): ローター除雪車の性能評価と構造特質. 建設機械, **11**, 86—97.
- 2) 建設省東北地方建設局東北技術事務所 (1977): 道路維持に関する調査試験報告書. 75頁, 67頁参照.
- 3) 日本建設機械化協会 (1972): 道路除雪ハンドブック. 改訂版, 219頁, 214頁参照.
- 4) 日本道路公団 (1966): 雪氷資料. 第1集, 96頁, 16—18頁参照.
- 5) 古田順五 (1974): プラウ除雪の理論 I. 低温科学, 物理篇, 第32輯, 38—53.

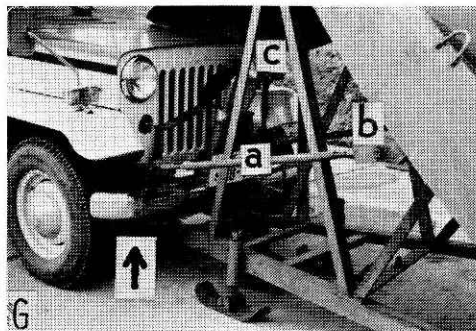
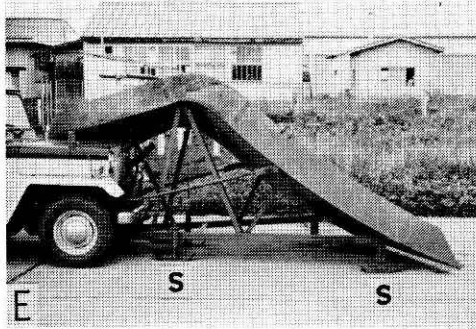
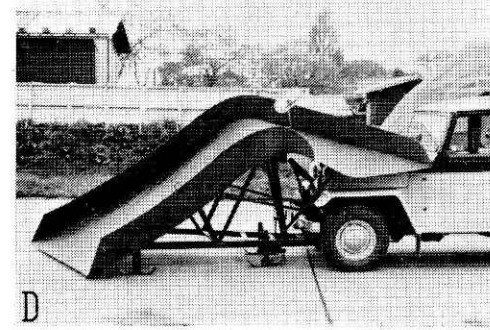
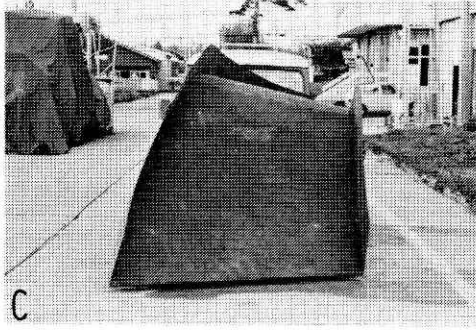
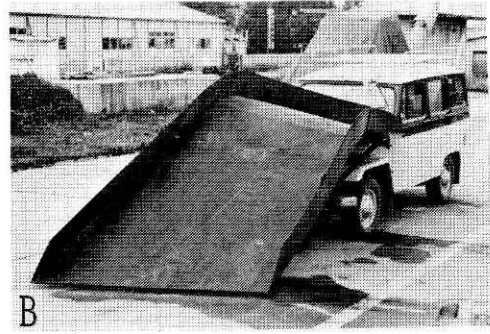
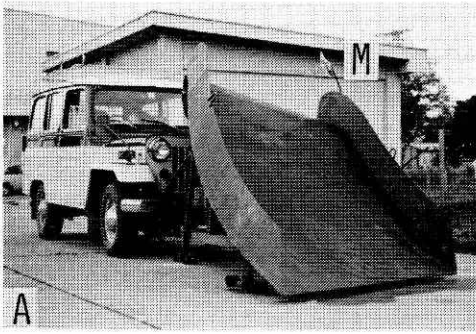
(1977年12月1日原稿受理)



図版 I 放物型除雪プラウの完成図 (単位は mm)
Plate I Diagram of the plough

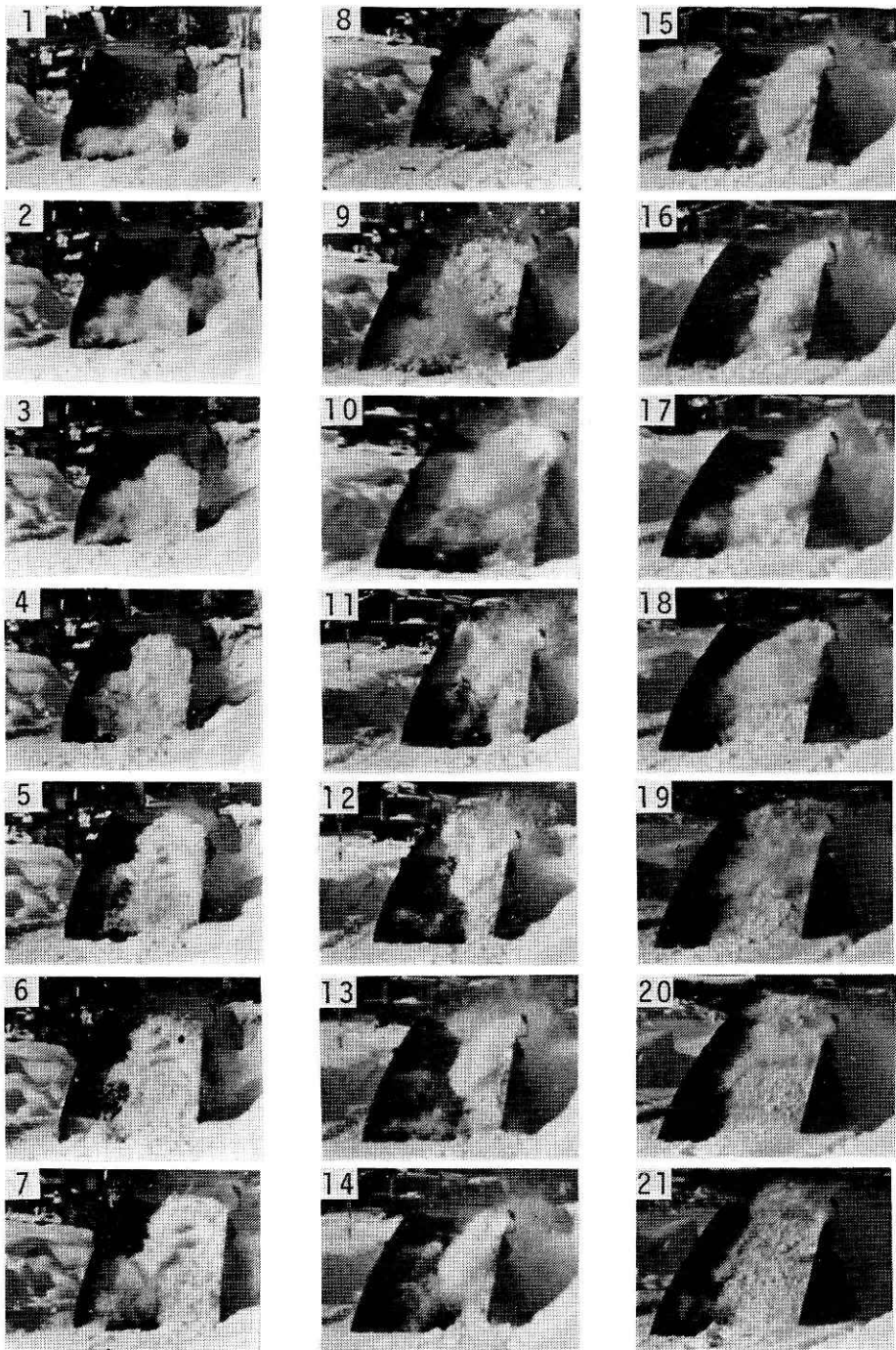
部材リスト (全て軟鉄)

- プラウ台 厚さ 3.2 mm
- 架 L-6×75×75 mm,
- トラス 厚さ 25 mm
- 補強材 L-6×50×50 mm
- スキー フラットバー 9×100 mm,
- スキー L-6×50 mm
- プレート上下式 厚さ 12 mm, プレート上下式
- プレート 2, パイプ上下式 2
- プレート 7/8"×1" パイプ, 1530 mm,
- プレート 1245 mm, 3/4"×3/4" パイプ,
- プレート 580 mm
- ジャッキ 厚さ 9 mm, 20 mm φ スクリュー
- 接合部 厚さ 12, 9 mm 2種



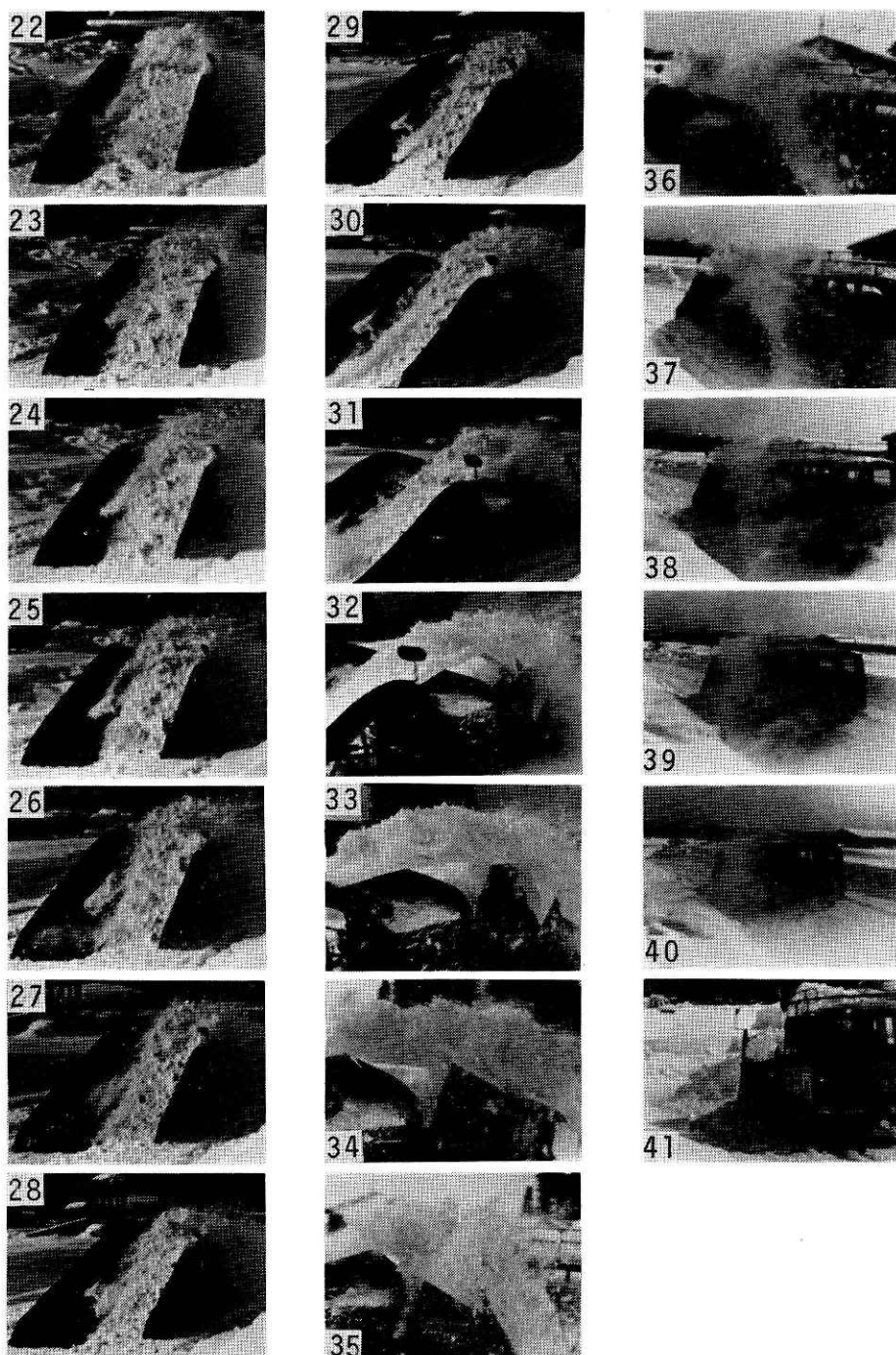
図版 II 放物型除雪プラウ

Plate II Pictures of the plough taken from different angles (A to F) and one picture of the plough which was stuck by snow(H)

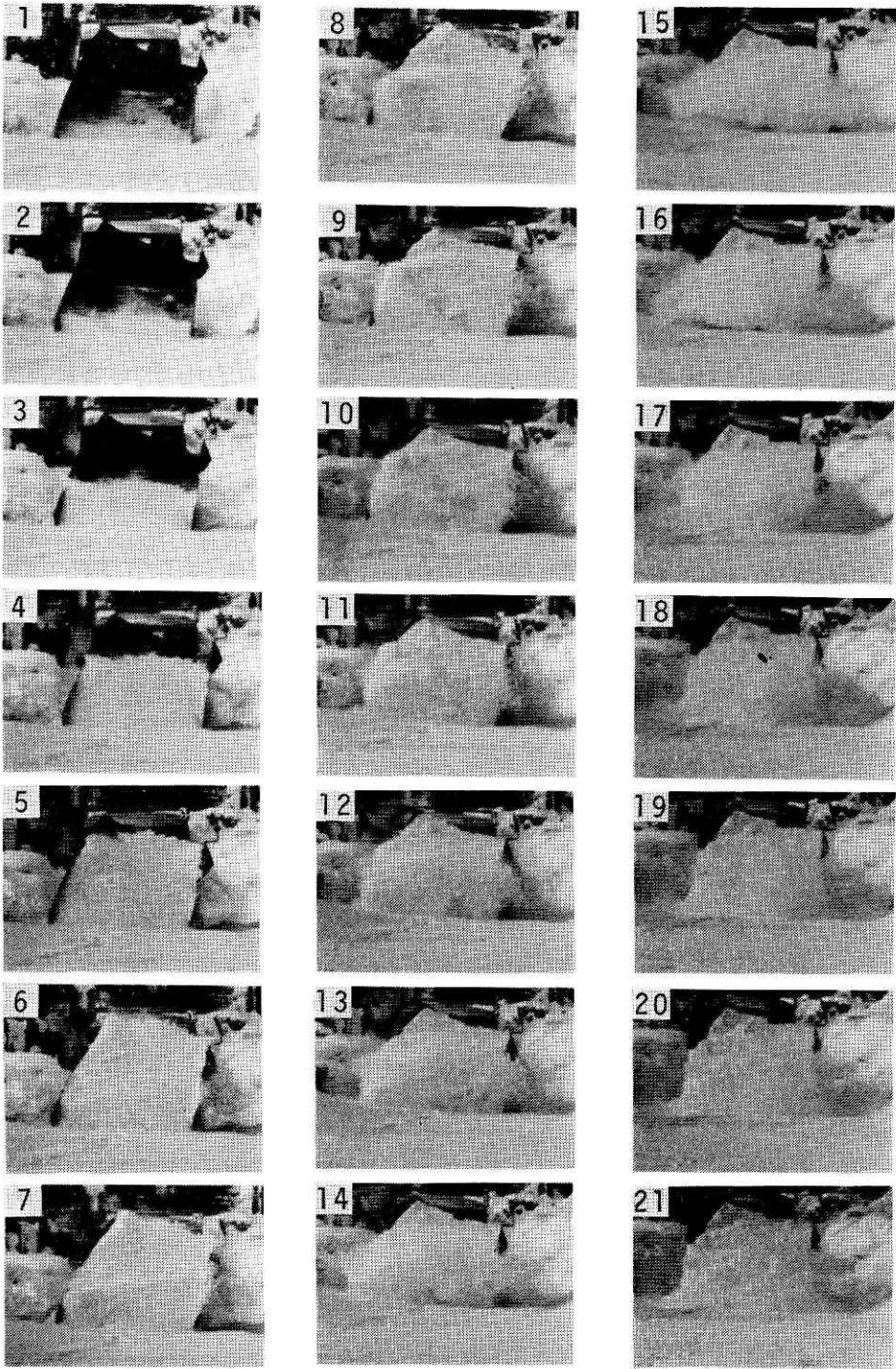


図版 III-a プラウ面上での雪の運動 (雪が円滑に流れた場合, 走行速度:
40 km/h, 実験番号 12 番のもの, 0.185 秒おき)

Plate III-a Smooth movement of snow on the plough (12th run; time
interval between pictures: 0.185 seconds)



図版 III-b 図版 III-a の続き, 第 41 番目は停止後
Plate III-b Continued from the above. The plough stopped (No. 41)



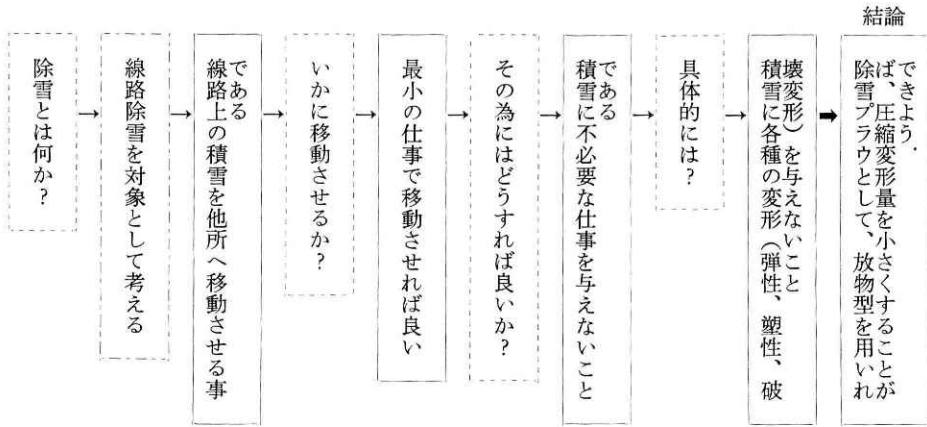
図版 IV プラウ面上での雪の運動(プラウ全幅に雪が入って、つまりが発生した場合、
実験番号4番のもの、0.167秒おき)

Plate IV Movement of the snow which was stuck owing to the shrinkage of the
plough width (4th run; time interval between pictures: 0.167 seconds)

Appendices

付図 放物型除雪プラウ設計時の基本概念

Figure: Block diagram of the basic idea for the design of the snow plough



付表 使用車の仕様

名称: 三菱ジープ (J38)

Table: Specifications of the Jeep

| 仕 様 | | | | 仕 様 | | | |
|------|-----------|---------|------------|---------------|-------------|-------------------|----------------------------|
| 車両仕様 | 全長 | mm | 4 290 | トランス ミッション | 型式 | 常時噛合式 | |
| | 全幅 | mm | 1 620 | | 変速比 | 1速 | 2.971 |
| | 全高 | mm | 1 890 | | | 2速 | 1.795 |
| | 軸距 | mm | 2 640 | | | 3速 | 1.354 |
| | 輪距前 | mm | 1 295 | | | 4速 | 1.000 |
| | 輪距後 | mm | 1 295 | トランス ファ | 型式 | 高速 低速 | 常時噛合式 選択摺動式 |
| | 最低地上高 | mm | 210 | | 変速比 | 高速 低速 | 1.000 2.465 |
| | 乗車定員 | 人 | 3 (6) | | | | |
| 性能 | 登坂能力 | tan θ | 0.7 | バッテリー | 型式、数 | N50, 1 | |
| | 最小回転半径 | m | 6.7 | デифァ レンシャル | ギヤ型式 減速比 | ハイポイド 5.375 | |
| エンジン | 型式 | | 4G53 | かじ取り 装置 | ギヤ型式 | ボールナット 式 | |
| | 総排気量 | c.c. | 2 384 | 懸架装置 | 型式 | 前後 | 半楕円板バネ " |
| | 圧縮比 | | 8.0 | | | | |
| | 最高出力 | PS/rpm | 110/5 000 | 主ブレーキ | 型式 | 前後 | 2リーディング デュアル2リー ディング |
| | 最大トルク | kgm/rpm | 20.0/3 000 | | | | |
| | 点火または着火順序 | | 1-3-4-2 | 補助 ブレーキ | 型式 | | 機械式推進軸 制動 |
| | 点火プラグ | | B P-6E S | | | | |
| | 使用燃料 | | ガソリン | タイヤ | サイズ | 7.00- 15-6 P R | |