

土 木 研 究 所 資 料

第 3 1 0 号

高 速 除 雪 方 法 に 関 す る 研 究

プ ラ ウ 除 雪 実 験 〔 第 2 報 〕

昭 和 4 2 年 8 月

建 設 省 土 木 研 究 所

高速除雪方法に関する研究

ブラウ除雪実験(第2報)

機 械 研 究 室

長 田 忠 良
沢 田 茂 良
岩 崎 政 明

目 次

1.	まえがき	1
2.	実験の概要	2
2.1	試験機械	2
2.2	実験方法	3
2.3	実験場所および日程	4
3.	実験結果および考察	4
3.1	アングリングブラウ、ワンウェイブラウについて	4
(1)	腕荷重	4
(2)	除雪能率	6
(3)	ブラウ効率	6
(4)	切削雪の形状	7
3.2	圧着式ブラウについて	7
(1)	ブラウ押付力と除雪量	8
(2)	腕荷重	8
4.	今後の実験研究について	9
5.	あとがき	9

高速除雪方法に関する研究 正誤表

ブラウ除雪実験〔第2報〕

ページ	行	誤	正
1	25	比較差が小さい。	比較的差が小さい。
2	27	ブラウは円錐の	ブラウはブラウ曲面に円錐の
"	27	円筒曲面に使用	円筒曲面を使用
3	2	製動用	制動用
9	4	約4.6~6.0 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ を非常に	約4.6~6.0 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ と非常に
10	4	追 加	文献
"	5	"	1)「雪切削力第1報」 鉄道技術研究 報告No425
"	6	"	2)「フロア型ロータリ除雪車の研究」 土木研究所 機械39-11

1 ま え が き

わが国の経済社会活動が活発化し道路交通需要が伸びるにつれて、積雪地域における道路交通を確保し、これらの地域の民生安定と経済活動を維持する必要が増大し、このため交通路の選定、高速除雪方法等新技術開発の要望が強くなってきた。

わが国でも、戦前において道路除雪に一部機械が使用されていたようであるが、スピードの点から高速除雪に遠い。

また、研究面においても雪質、降雪、積雪等については多少研究がなされ発表もされてきたが、機械除雪については最近になり国鉄、北海道開発局等の一部で研究されているのが現状であり、機械除雪に必要な雪の動的特性についての研究実績が少ない。とくに、本州の湿った雪を対象とした高速除雪についてはほとんど研究がなされていない。

機械研究室では、昭和36年より除雪機械について調査研究を行なってきた。一方、雪害防災研究は、わが国にとって重要研究課題の一つであり、その重要性を考え、昭和40年度から3ヶ年計画で科学技術庁の推進する雪害防災総合研究の一部を機械研究室が分担し「高速除雪方法に関する研究」を実施することになった。

なお、この研究は機械研究室が実機により実験的に問題点を究明し、科学技術庁国立防災科学技術センター雪害実験研究所が行なう模型ブラウによる実験結果と合せて所期の目的を達成しようとするものである。

この研究の目的は、高速除雪用スノーブラウおよびブラウ装着用トラクタについてブラウ形状の除雪性能におよぼす影響およびトラクタに要求される諸性能を研究しブラウ除雪車改良の資料を入手し、さらに、積雪地域の冬期交通の雪害防止施策に役立てようとするものである。

この報告書は、昭和41年度に実施した実機実験結果をとりまとめたものであり概略は次のとおりである。

- (a) 除雪比抵抗は、除雪速度が速くなるにしたがい増大しブラウ進行角度50°~60°では比較差が小さい。
- (b) 除雪能率(t_{fs}/h)は除雪速度が速くなるにしたがって減少し、密度0.4~0.7g/cm³の湿った雪を対象とした場合、除雪速度が約30km/h以上ではブラウ進行角による差は小さいが、密度の小さい新雪を対象とした場合は、進行角度による差は、大きいもの

と思われる。また、投雪距離を考慮したブラウ効率は、ブラウ進行角 60 度の場合が一番良さそうである。

(c) 圧雪を対象とした圧着式ブラウによる高速除雪は、除雪抵抗が非常に大きくトラクタの出力不足、操縦性の低下等のため高速除雪は難しい。

2 実験の概要

40 年度 ブラウ押腕荷重、トラクタの走行所要馬力の測定方法を検討し、それにもとづきアングリングブラウ、ワンウェイブラウの 2 種類について予備実験を実施した。

その結果

- ① ブラウ進行角度が小さくなるにしたがい、また、除雪速度が速くなるにしたがい横荷重は大きくなる。
- ② ワンウェイブラウ（円スイ曲面）の方が雪の反力が小さい。
- ③ 除雪速度が速くなるにしたがいブラウに作用する力の作用点が左後方に移動する。

ことが分った。

41 年度 40 年度に確立した実験方法により、アングリングブラウ、ワンウェイブラウおよび圧着式ブラウの 3 種類について実験範囲を拡げ 10km/h 以下および 30km/h 以上の車速についても実験を実施した。

また、ブラウ効率を算出するため投雪距離の測定を実施した。

圧着式ブラウについてはブラウ押付力と除雪量の関係について実験した。

42 年度(計画) 40 年度、41 年度の実験結果にもとづいて改良形ブラウを試作し実験を実施するとともに、高速化についての問題点を追求する。

2. 1 試験機械

実験は、40 年度に使用した 2 種類のブラウのほかに、道路の完全除雪を考慮して、ブラウ自重以外に除雪車重量をブラウに加重できる機構となっている新明和工業株式会社川西モーターサービス製のアングリング形圧着式ブラウについて実験した。ワンウェイブラウは円スイの 1 部を、アングリングブラウおよび圧着式ブラウは円筒曲面に使用

し、鋼製枠により試験車シャーシフレームにピンで取付られている。

圧着式ブラウは、試験車の製動用空気圧縮機を利用して空気シリンダによりブラウを路面に押付ける。ブラウおよびトラクタ本体の相対的な変位によってブラウ押付力が変動するのを防ぐため、加圧側空気回路にリリーフバルブをとりつけ、常時一定圧力で押付ける構造にした。

試験車には日野 ZH10 形 4 輪駆動トラクタを使用した。

ブラウおよび試験車の仕様を表-1、-2 に、圧着式ブラウの組立図および動力伝達系統およびピクアップ配置説明図を図-1、-2 に示す。

2. 2 実験方法

(1) 実験コースの設定

アングリングブラウ、ワンウェイブラウについて、41年度も実験期間中の降雪回数が少く、かつ、広い実験場所を得ることが難しく、大半は40年度同様路肩に堆積した雪を路上に搬出し、幅1.0~1.5m、深さ0.2m以下の雪畝をつくり全測定区間を一定速度で走行し、2.2(4)の各項目について計測した。

圧着式ブラウについて、一般路上に長さ20mで3~4区間連続した測定区間を設け、ブラウ押付力を一定にして各区間毎に車速が変わるように途中変速して実験を実施した。

(2) 雪 質

アングリングブラウ、ワンウェイブラウについて 実験番号21、22、29、30、31以外は路肩に堆積した雪を路上に搬出して実験コースを設定したため測定密度は約0.4~0.7 g/cm³と一般のブラウ除雪で対象としている0.2 g/cm³程度の雪よりかなり重く、雪質はザラメ雪またはヌレザラメ雪であった。

圧着式ブラウについて、一般路上で通交車両により踏み固められた密度0.58~0.74 g/cm³、厚さ6~11cmの硬い圧雪層が実験対象となり、気温によっては表面がやわらかく含水率の大きいと思われるものもあった。

各実験ごとの気温については表-4、-5に、密度については表-6、-7に示す。

(3) 試験機械の条件

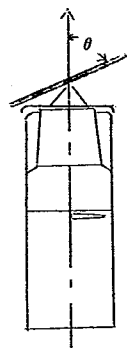
(a) ブラウ進行角度 ワンウェイブラウは構造上58度のみであり、アングリングブラウは50、55、60 および70度の4種類を選んで、圧着式ブラウは一般的と考えられる60度のみについて実験を実施した。なお、ブラウ進行角度は、右図に示す

とあり車進行方向とブラウとの角度 θ を採用した。

(b) 除雪速度 上記ブラウ進行角度のそれぞれにつ

いて最高 50km/h を目標としたが、試験車の出力不足等の問題もあり、アングリングブラウで約 40km/h、圧着式ブラウの鋼製切刃で 20km/h が最高であった。ワンウェイブラウについては種々の事情から 73、134、169 および 225km/h の 4 回の実験で終わってしまった。

(c) ブラウ押付力 アングリングブラウおよびワンウェイブラウは自重のみであるが、圧着式ブラウについては切刃線圧 28 (自重のみ)、40、50、80 および 98kg/cm の 5 種類について実験を実施した。



ブラウ進行角度

(4) 測定項目および測定方法

測定項目、測定方法および実験に使用した計器類を表 3 に示す。

2. 3 実験場所および日程

実験は昭和 42 年 1 月 20 日から 2 月 27 日まで 3 回に分けて、アングリングブラウおよびワンウェイブラウは科学技術庁国立防災科学技術センター雪害実験研究所 (新潟県長岡市) 構内の試験路上およびその周辺で、圧着式ブラウは新潟県越後湯沢町附近の国道 17 号線で実施した。実験日程を表 4、5 に示す。

3 実験結果および考察

3. 1 アングリングブラウ、ワンウェイブラウについて

(1) 腕荷重

除雪断面積によりブラウ押腕にかかる力は異なるため、腕荷重を除雪断面積で除した除雪比抵抗 (kg/cm^2) を算出し、除雪速度との関係を図 3 に示す。なお、腕荷重として左右押腕荷重の和をとった。

ブラウ除雪に必要な力 (F) は

$$F = F_c + F_a \quad F_c: \text{雪の切削抵抗} \quad F_a: \text{雪の加速抵抗}$$

に大別して考えることができ、切削抵抗は更に(a)雪の圧縮抵抗と(b)雪とブラウとの摩擦抵抗に分けられる。圧縮抵抗は速度が遅くなると増大すると云われているが、¹⁾ 雪の切削抵抗そのものについての研究が不十分であり不明な点が多い。加速抵抗は、質量 m の雪を速度 v まで加速するために必要なエネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ で示されることから速度の自乗で増加するものと考えられる。また、ブラウから排出される雪の速度 (v) は車速を (V) とすると $2V > v > V$ であるので除雪比抵抗は $(n \times V)^2$ (ここで $2 > n > 1$) で示されるものと推察される。ブラウ進行角 50° 、 70° の場合について、除雪速度 10km/h 以上のデータを使用し、分割階差表を作成しその傾向を検討した結果、第2分割階差 δ^2 がほぼ一定となることから除雪比抵抗は車速の自乗で増加すると考えて良いことがこの実験からも分った。

実験結果では、除雪速度が速くなるにしたがい除雪比抵抗は増加するが、約 10km/h 以下の速度では逆に減少している。これは速度の速い場合は加速抵抗の値が大きく、その影響が大きく現れ、逆に、速度 10km/h 以下では切削抵抗の影響が大きく現れたものと考えられる。これより切削抵抗は速度が速くなると減少するものと推察される。

ブラウ進行角度による影響は、 50° 、 60° 度ではその差が少ないが 50° 度と 70° 度ではかなり差が大きい。

ブラウ曲面については円錐曲面のワンウェイブラウの方が円筒曲面のアングリングブラウに比べ速度の変化による影響が少ない。

横荷重についても横除雪比抵抗 (横荷重を除雪断面積で除した値) を算出しその結果を図-4に示す。実験では速度が速くなるにしたがい比抵抗も増加するが、その割合は次第に減少し 25km/h 以上ではほぼ一定となり頭打ちの現象を示した。これは、とくに意味のある現象ではなく、車速が上り横荷重が大きくなり、横荷重測定部の変位が大きくなると変換器を取付けてある鋼製棒が横荷重に抵抗するために生ずる現象であり、速度の速いところでは実際の荷重よりも小さい値が検出される結果となった。

新雪と湿った重い雪を比較すると速度が速くなるとその差は次第に大きくなる。速度が速くなると雪の加速抵抗の影響が大きくなることから当然予想される結果である。

試験車を使用し一般的な密度 0.2g/cm^3 、除雪深さ約 10cm の全幅除雪 (294cm) について検討すると、連続除雪作業に使用できる出力を機関最大出力の 80% (120PS)、除雪比抵抗を図より $0.2 \sim 0.25\text{kg/cm}^2$ 、車両の走行のための抵抗を自重の 5% と仮定し、この

時に発揮し得る最大速度を計算すると $296 \sim 26 \text{ km/h}$ となりこの辺が最も多く使用されている 7 t 級トラックに円筒曲面ブラウを装着した場合の限界と思われる。

(2) 除雪能率

除雪能率の表示にはいろいろな方法があり、その採用にも議論が多いがここでは t/PSh を採用する。

今回の実験では測定密度が $0.38 \sim 0.74 \text{ g/cm}^3$ と範囲が大きく、また、同一実験日でもかなりバラツキがみられ密度測定の際のサンプリング方法等にも多少問題があったものと推察される。ここで、除雪能率として m^3/PSh を採用し検討する方法もあるが、湿った重たい雪の場合には重さを考慮した t/h 、 t/PSh について検討するのが適切と考え、各測定値の m^3/h に 50、55、60 および 70 度の進行角毎に平均した密度を乗じて算出し、 t/PSh と車速との関係を図-5 に示す。ブラウ進行角 70 度の場合には雪を前方に押出すことが多く、あまり能率は良くない。ブラウ進行角 50～60 度ではその差が少く除雪速度 20 km/h で $40 \sim 50 t/PSh$ となる。除雪速度 30 km/h 以上ではブラウ進行角度による差は少く $20 \sim 25 t/PSh$ となる。

軽い新雪の場合、除雪速度の変化による能率 (t/PSh) の変化は少なく、除雪速度 20 km/h では $15 \sim 20 t/PSh$ と湿った雪との差は大きく高速になると湿った重い雪との差が少くなり速度 30 km/h で $10 \sim 15 t/PSh$ である。

(3) ブラウ効率

上述の除雪能率には雪の投雪移動距離が考慮されていない。ロータリ除雪車の場合この欠点を補う式²⁾が提案されている。雪の移動距離の測定には排出前後の雪の分布状況すなわち雪の重心位置、2 度ばね、現場的にはコース両側の雪堤の存在等いろいろ問題となることが多いが、今回の実験では雪畝にインクで着色し、大まかではあるが雪の移動距離 (ブラウ進行方向と直角な横方向の距離) を測定した。

実験ブラウはブラウ上端からほど 45 度で雪が排出される曲面になっているため雪堤の障害も少く、比較的問題が少いと思われるものについて前述のロータリ除雪車の式を使用し下記の式によりブラウ効率を算出し、その結果を図-6 に示す。なお、この式は速度が速い場合に観測される流れ形の排雪の場合に適用できるもので速度の遅いせん断形の排雪に適用することはできない。

$$\eta_r = \frac{G \cdot l}{PS_s \times 150} \times 100$$

η_p	ブラウ効率	(%)
G	除雪量	(kg/sec)
L	雪重心の移動距離	(m)
PS	ブラウ作用馬力	(PS)

ただしPSは押腕荷重および車速より算出したものであって、トラクタ自体の走行抵抗分は含まれていない。したがって走行用機関出力よりみた除雪効率は、この式で算出したものよりも小さい値となる。

図-6の点の上限下限を線で囲むと、上限の線にはブラウ進行角60度の場合の値が、下限の線には70度の場合の値が近接し、60度の場合が一番効率が良さそうである。

42年度は、ブラウから排出される雪の速度を測定し、雪のエネルギーからブラウ効率の算出を試みたい。

(4) 切削雪の形状

ブラウにより排出される雪の形状を写真-2、-3、-4、-5に示す。

ブラウより排出される雪の流れの形状には、(a)切刃から連続的に雪がすくい上げられブラウ上端からある速度でもって斜め前方に排雪される流れ形、(b)切刃からすくい上げられた雪がブラウ曲面に沿ってそのまま側方に押出されるせん断形に大別される。一般的には速度が速くなるにしたがい排出される雪は(b)から(a)に変わりブラウ進行角度が小さい方が遅い速度で流れ形が観測された。今回の実験について、実験記録および16mm撮影フィルムより下のことが分った。

ブラウ進行角50度の場合、除雪速度20km/hで流れ形が観測され、この場合約80%は一度でブラウ外側に排雪され、除雪速度235km/hでは100%ブラウ外側に排雪されている。

ブラウ進行角60度の場合 除雪速度28km/hでは80%の雪がブラウ外側に排雪され、20km/hでは流れ形が観測されるが2度ばねされる雪がかなり多い。

ブラウ進行角70度の場合 除雪速度20km/hでは、まだせん断形の流れを示し、約28km/hになると流れ形が観測されたが2度ばねされる雪が多い。

3.2 圧着式ブラウについて

路上に形成された圧雪は、気温が上昇してくると交通車両により表面が破壊されやわらかい雪が堆積し、これが車両の走行性を妨げ交通事故の原因の一つとなっている。圧

着式ブラウは路上に堆積されたある程度の硬さの雪を完全に取り除くことを目標として製作されたが、今回の実験では当初想定したものより条件の悪い圧雪試験となった。実験および計算結果を表-7に示す。

(1) ブラウ押付力と除雪量

硬質ゴム切刃の場合、実験番号1、2のように前日の夕刻に融雪剤を散布し、その後通交車両により圧雪が破壊されやわらかくなった場合は一般のブラウ除雪と何等変らない。ブラウ押付力と除雪量の関係を図-7に示す。密度 0.64 g/cm^3 の圧雪に対して切刃線圧（ブラウ刃先荷重をブラウ幅で除した値）をブラウ自重のみの 28 kg/cm から 78 kg/cm までブラウを加圧したが除雪深さは 2 mm 程度で、ブラウ加圧の効果は判明しない。切刃線圧が 98 kg/cm になると 6 mm 程度の切削深さが期待でき、ほぼ同じ密度でも表面含水率が大きいと思われる圧雪に対しては深さ 10 mm まで除雪することができた。ただし、試験番号3~7のとおり気温がマイナスの場合には切刃線圧 98 kg/cm にブラウを加圧しても圧雪をほとんど切削することができなかった。

鋼製切刃の場合 密度約 0.6 g/cm^3 の圧雪に対してブラウ切刃線圧 78 kg/cm までは除雪深さ $5 \sim 6 \text{ mm}$ で硬質ゴム切刃同様切刃線圧を増大したことによる除雪深さの増大はみられなかったが、切刃線圧が 92 kg/cm まで加圧されると除雪深さは約 10 mm と急に増大した。同一場所の圧雪に対して第1回の除雪後塩化カルシューム（約 100 g/m^2 、手撒き）を散布し約1時間後第2回目の除雪を実施した場合（密度は 0.59 から 0.67 g/cm^3 に増加）、除雪深さは線圧 28 kg/cm で 14 mm 、 50 kg/cm 以上では約 17 mm と1定の値を示した。この関係を図-7に示す。以上より圧雪除雪については密度よりも硬度、粘性（抗剪力等）との関係が大きいものと考えられる。今後検討すべき問題は多いが（例えば下に述べる機関出力との関係）融雪剤の使用は圧雪除去に有効な方法の1つであることが確認できた。

(2) 腕荷重

圧雪除雪は、雪がブラウ切刃で円滑にすくい上げられず、切刃により雪が圧縮され、ついにせん断分離する金属切削機構と同様に考えることができ、この間の急激な圧縮抵抗の増大、分離による抵抗の減少がブラウの取付状態によっては外部に振動となり、路面不陸の発生まで発展する。今回の実験でも、(a)ブラウの加圧が空気シリンダ式である。(b)ブラウの取付けがピンジョイントである等の試験装置の原因により試験番号22、24

25、26、27、28では路面の不陸が観測されとくに25、26でピッチ約130cm、深さ4～5cmに及ぶ凹凸が測定された。このため測定値も周期的に変動しており、その1例として試験番号26のオンログラフを図-8に示す。

除雪比抵抗は約4.6～6.0kg/cm²を非常に大きく、塩化カルシューム散布後は2.4～3.4kg/cm²と約半分に下ってはいるが、一般に実施されているブラウ除雪の場合より1桁大きな値を示す。

融雪剤を併用した場合の除雪速度について検討すると、融雪剤を散布すると、除雪深さはブラウ自重のみで(切刃線圧約2.8kg/cm) 14mmとなり、使用可能な機関出力を最大出力の80% (120PS)、車両の走行抵抗を自重の5%、除雪比抵抗を3.4kg/cm²とすると最大作業速度は17km/hとなる。したがって7t級のトラクタを圧雪除去に使用した場合、機関出力不足、操縦性の低下より高速除雪はむずかしい。

今回の実験では、雪質の測定は密度のみであったが、圧雪試験の場合、これのみでは不十分であり雪の硬度、雪温、粘性(抗剪力)等の測定の必要性が感じられた。

4 今後の実験研究

40、41年度の実験結果を参考にして、一度でブラウ左外側に排出できるような形状のブラウを試作し、実験を行なって、形状による除雪効率の変化を追究するとともに、ブラウ系除雪車の作業限界について検討を行なう予定である。

5 あとがき

41年度も実験対象となった雪は、一般のブラウ除雪の場合と異なるものとなったが、一般的な傾向は把握することができた。42年度は、これらの結果をもとにし、さらに雪質等の条件の把握を適確に行ない、でき得れば一般のブラウ除雪で対象となるような雪質についての資料を多く採取したいと思っている。

実験は、機械研究室磯辺金治、渡辺勝男、吉田六三各技官の参加を得て実施したものである。

科学技術庁国防防災科学技術センター雪害実験研究所には、試験車および実験場の提供

など格別の便宜をはかっていただいたほか、田中室長、高橋、小林各技官の協力を仰いだ。
また、北陸地建上越国道工事事務所、長岡工事事務所、新明和工業株式会社に多大の協力を
いただいたことを記して謝意を表する次第である。

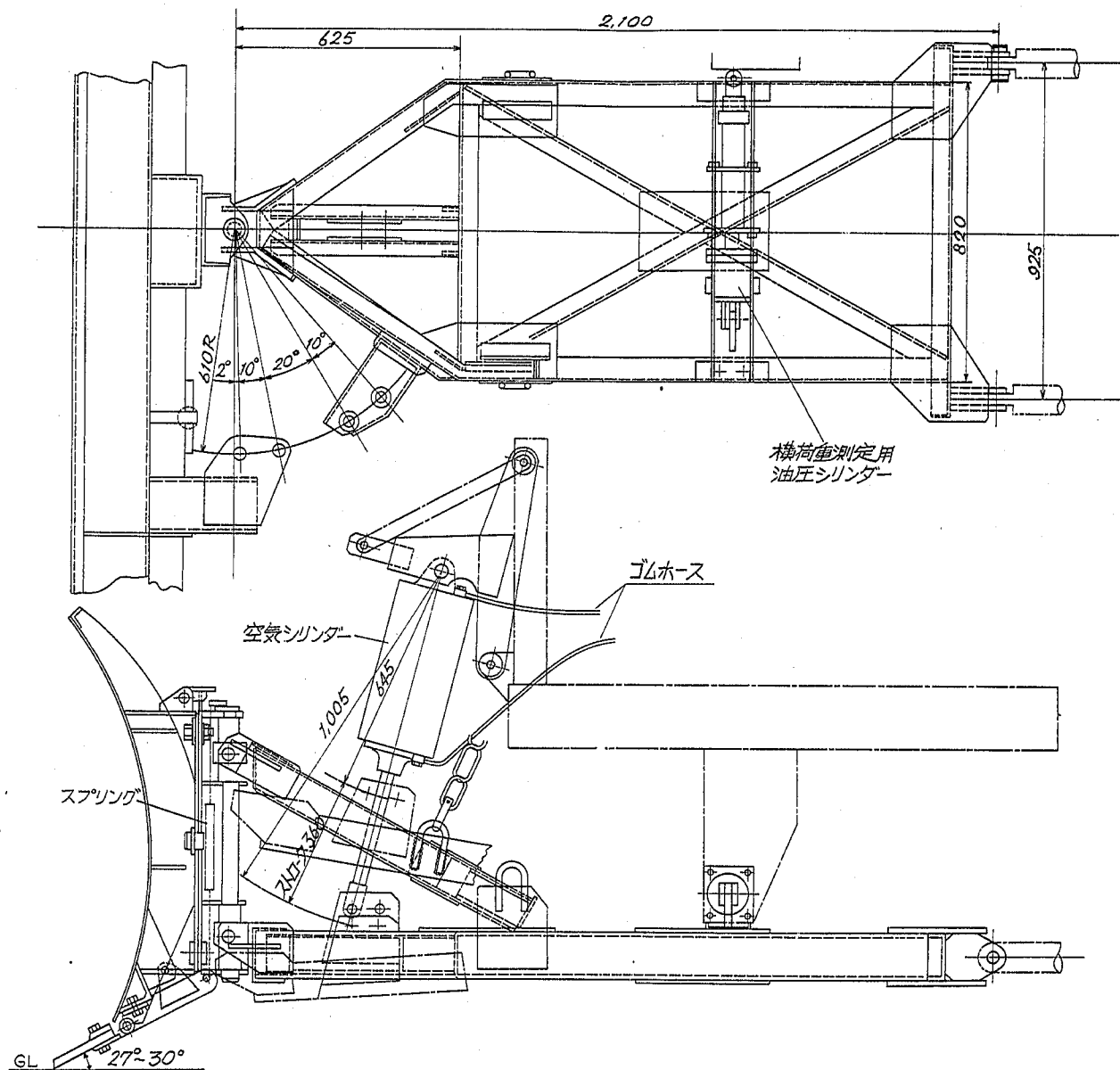
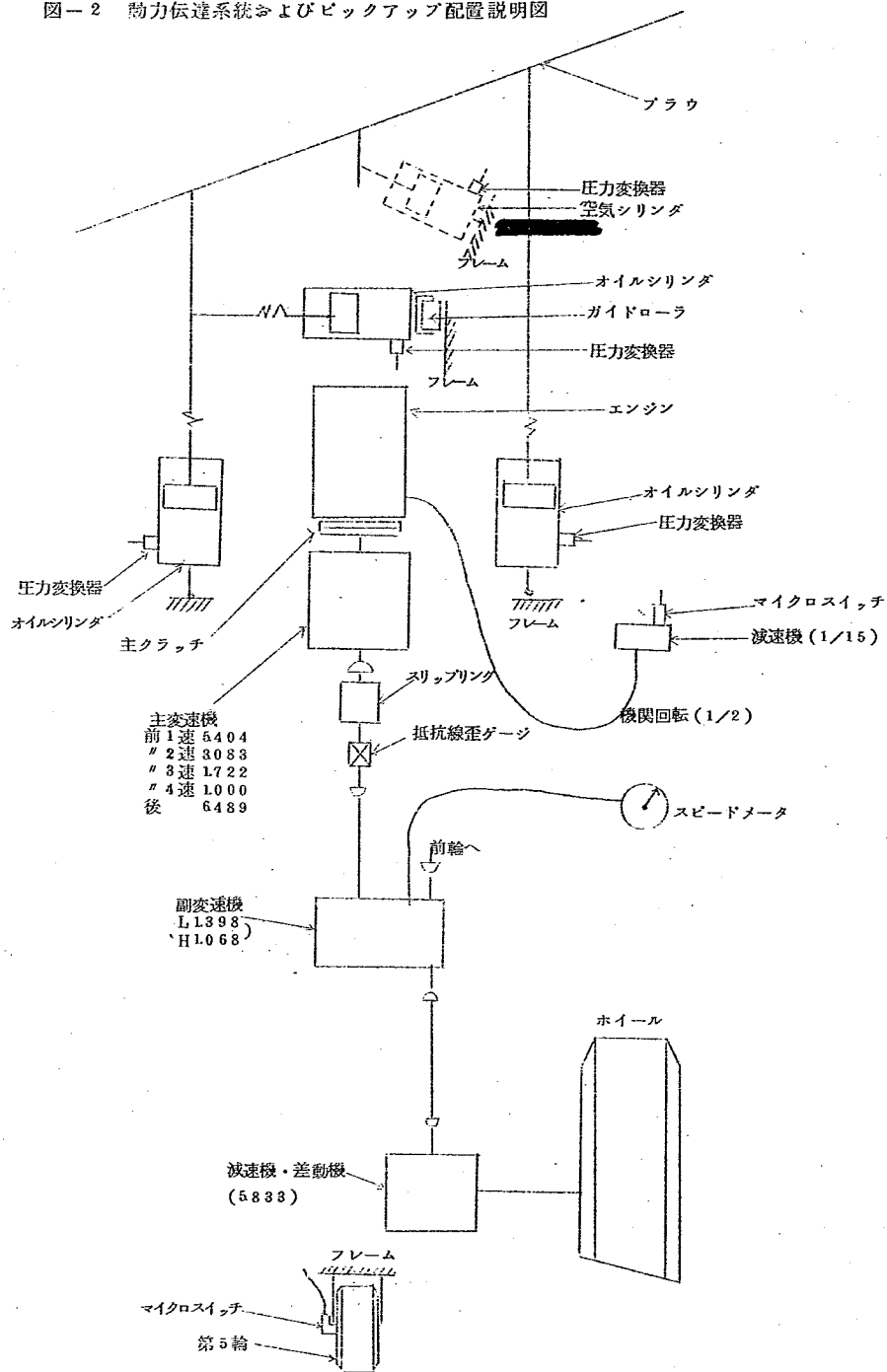


図-1 圧着式ブラウ組立図

図-2 動力伝達系統およびピックアップ配置説明図



()内は減速比

図-3 除雪速度と除雪比抵抗

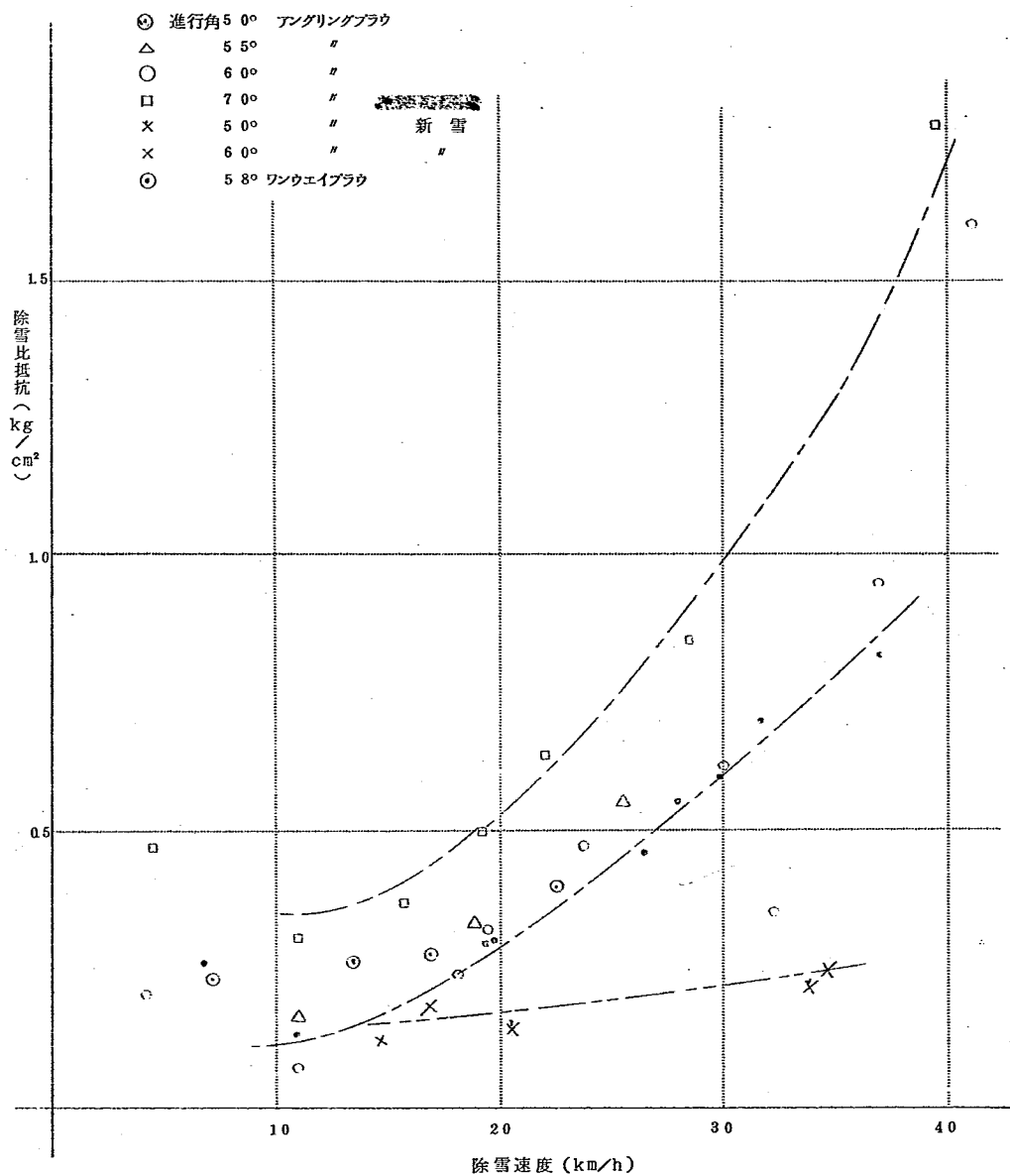


図-4 除雪速度と横除雪比抵抗

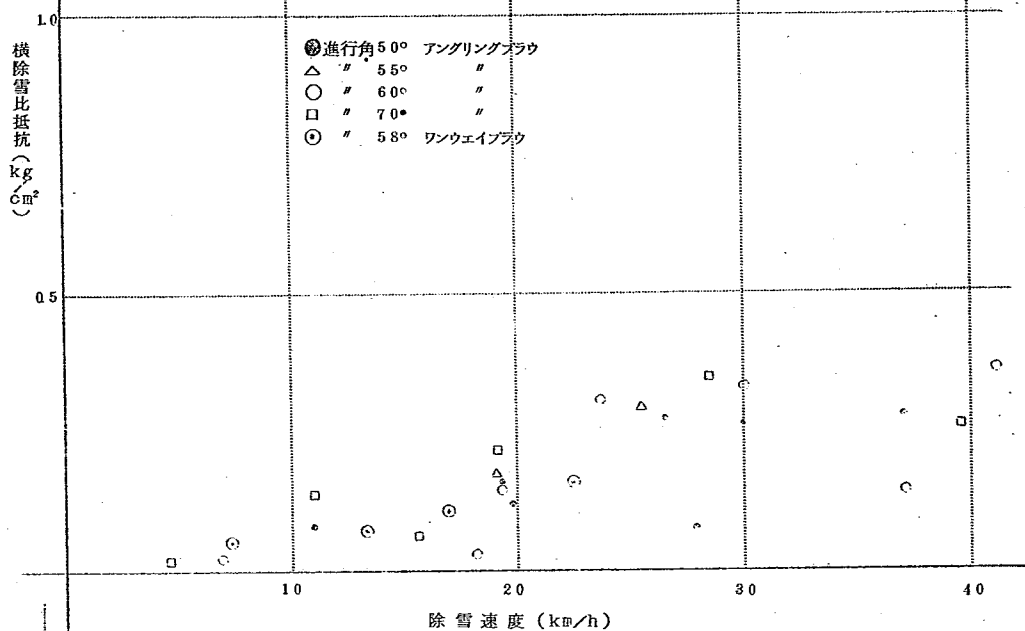


図-5 除雪速度と除雪能率

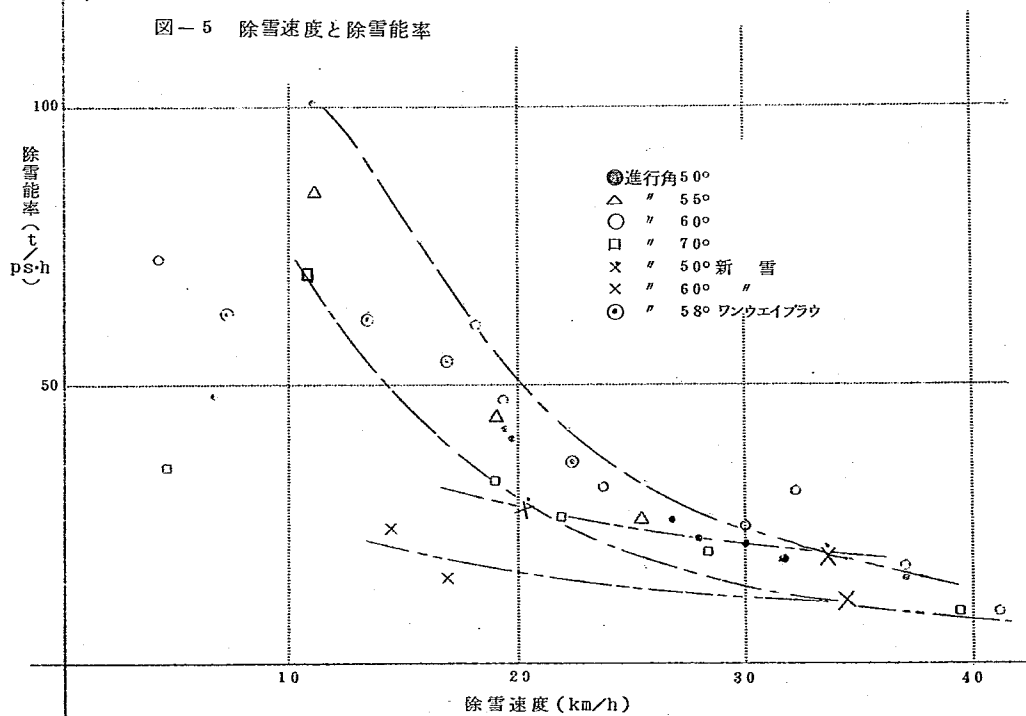


図-6 除雪速度とブラウ効率

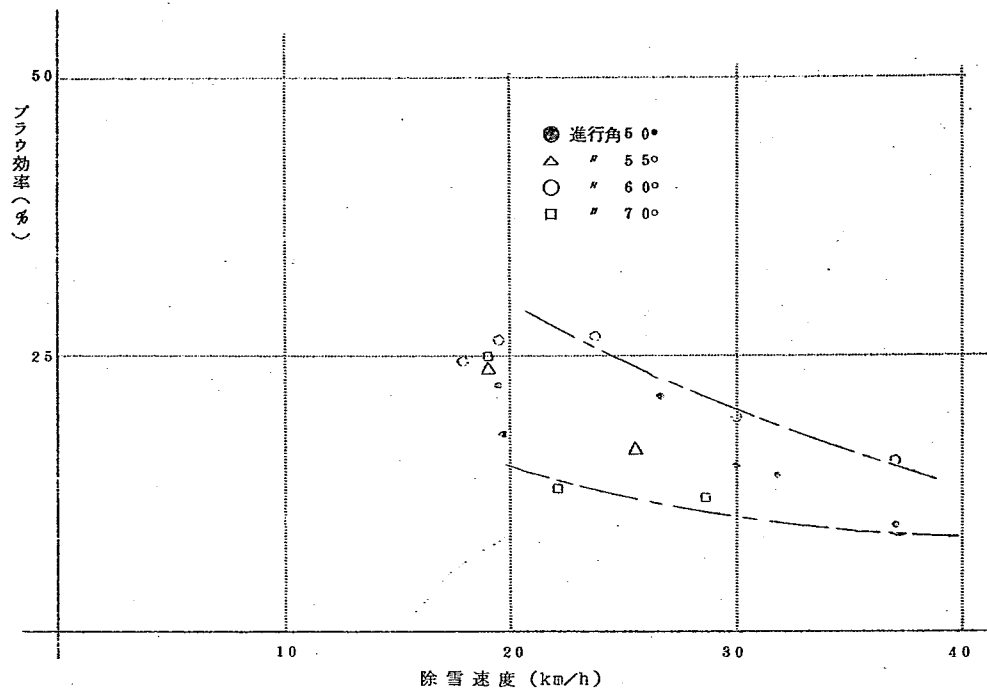


図-7 ブラウ切刃線圧と除雪深さ

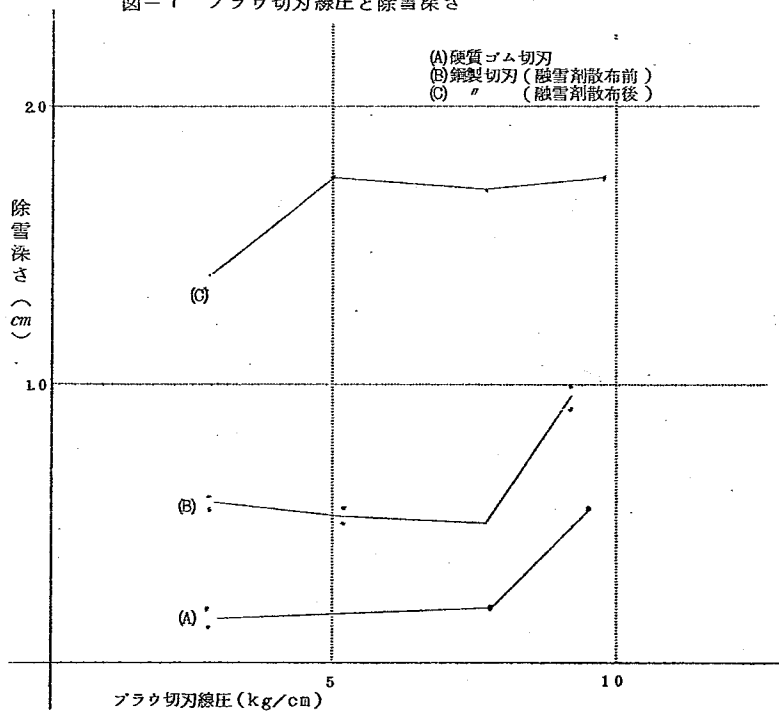


図-8 オシログラフの1例

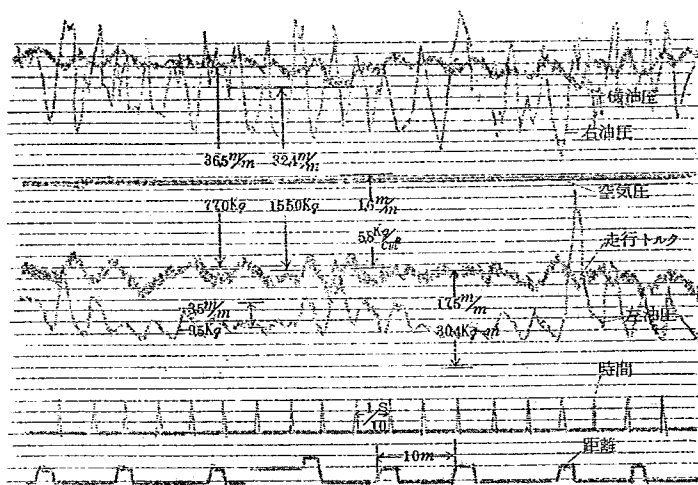


表-1 試験用ブラウ仕様

形 式	アングリングブラウ	ワンウェイブラウ	アングリング形圧着式ブラウ
除 雪 幅	3350mm(進行角80°)		3200mm(進行角70°)
	3190mm(// 70°)	2550mm(進行角58°)	2950mm(// 60°)
	2940mm(// 60°)		2600mm(// 50°)
	2600mm(// 50°)		
ブラウ右端高サ	1080mm	600mm	1260mm
ブラウ左端高サ	1080mm	1150mm	1260mm
ブラウ切削角	30°~70°の間で5段階に可変	50°	27°~30°
ブラウ切刃	硬着剤付鋼板	鋼着剤付鋼板	硬質ゴム(ウレタンゴム)
ブラウ重量	638kg	450kg	700kg
ブラウ曲面	円筒曲面	円スイ曲面	円筒曲面
ブラウ昇降形式	油圧シリンダによるチエン吊下げ式		空気シリンダ式

表-2 ブラウ試験車本体仕様

項 目	諸 元	項 目	諸 元
形 式	日野 ZH10D (1tグリーン付)	機 関 形 式	日野 DS30 形水冷ディーゼル機関
全 長	8010mm	総排気量	7982ℓ
全 幅	2450mm	最高出力	150PS/2400rpm
全 高	3200mm	最大トルク	50 ^{kg-m} /1600rpm
軸 距	4250mm		
車両重量	8330kg	変 速 機	前進4段後進1段
車両総重量	10440kg	副変速機	高低2段
最大積載量	2000kg	駆動方式	全輪駆動
乗車定員	2名	タイヤ	1000-20-14 PL
最高速度	69km/h		後 複 輪
最小回転半径	97m		

表-3 測定項目および使用計測器

測定項目	使用計測器	備 考
押腕荷重 (kg)	圧力変換器 (共和 PHA・1A)	※ 各荷重をシリンダによって油圧に変換し、圧力の変化を圧力変換器で検出する機構としたい
" (kg)	"	
横方向荷重	"	
※	"	
ブラウ押付荷重	"	
試験車走行用トルク	(共和 PHA2A)	主変速機と副変速機間の推進軸に装着した。
	抵抗線式トルクメータ (新興スプリング SR3)	
機関回転速度	カム・マイクロスイッチ	速度計用回転取出軸より $\frac{1}{15}$ の減速機を介してマイクロスイッチを作動させパルスが発生させた。 予め距離が測定された各標点ごとに手動でパルスが発生させる方法と第5輪方式の2方法を実施したが計算には後者を使用した。
除雪速度	マイクロスイッチ	
除雪深	竹 尺	
除雪幅	巻 尺	雪敵に3ヶ所インクで着色し除雪後の中心部の着色された雪の移動距離を巻尺で測定した。
投雪距離	巻 尺	
雪 密 度	100cc, 1000cc サンプラ、台秤(最小目盛とす) 側刃付円筒サンプラ(雪害実験研究所試作)	
気 温	アルコール寒暖計	

※圧着式ブラウ試験の場合 各荷重測定用の圧力変換器は共和 PHA2A を使用。
ブラウ押付荷重は空気圧。

表-4 アングリングブラウおよびワンウェイブラウ実験日程表

実験 番号	実験日時	実験場所	ブラウ種類	進行角 (度)	路面 状況	天候	気温 (℃)	備考
1	42年 1月20日 時 分	雪害実験研究所 除雪試験道路	ワンウェイ	58	C。	曇	+2.8	
2	12-50	"	"	58	"	"	+3.0	
3	13-35	"	"	58	"	小雪	+2.0	
4	14-10	"	"	58	"	曇	+1.4	
5	21日 14-45	"	アングリング	50	"	薄曇	+5.4	
6	15-15	"	"	55	"	"	+6.2	
7	15-45	"	"	60	"	"	+5.9	
8	17-10	"	"	50	"	雪	-	
9	17-20	"	"	55	"	"	0	
10	24日 10-00	"	"	55	"	曇	-	
11	11-05	"	"	60	"	薄曇	+6.0	
12	11-50	"	"	70	"	曇	+5.2	
13	12-15	"	"	70	"	"	+5.2	
14	14-20	"	"	50	"	雨	+1.6	
15	15-45	"	"	60	"	曇	-	
16	16-20	"	"	70	"	"	+2.0	
17	16-45	"	"	55	"	"	-	
18	25日 10-15	"	"	50	"	晴	+6.0	
19	10-55	"	"	60	"	"	-	
20	11-25	"	"	70	"	"	+6.2	
21	2月10日 14-50	"	"	50	"	曇	-	新雪
22	15-20	"	"	50	"	"	-	新雪
23	24日 11-15	"	"	50	"	曇	+2.5	
24	11-50	"	"	50	"	"	+3.4	
25	15-10	"	"	60	"	"	+2.4	
26	15-25	"	"	60	"	"	+2.5	
27	16-00	"	"	70	"	"	+2.4	
28	16-40	"	"	70	"	"	+1.4	
29	25日 10-20	"	"	60	"	小雪	+2.8	
30	10-40	"	"	60	"	"	+2.6	
31	11-00	"	"	60	"	"	+2.0	
32	15-20	"	"	50	"	みぞれ	+2.4	
33	15-45	"	"	50	"	小雨	+2.0	
34	16-30	"	"	60	"	"	+1.4	
35	27日 14-45	国道17号線 妙見地区	"	60	As	雪	+2.5	下り勾配利用
36	15-20	"	"	50	"	"	+2.3	"
37	15-45	"	"	60	"	"	+1.4	"
38	16-35	"	"	70	"	みぞれ	+1.6	"

表-5 圧着式ブラウ実験日程表

実験 番号	実験日時	実験場所	ブラウ種類	路面状況	天候	気温	除雪 回数	備考
1	1月31日 15-40	国道17号線越後湯 沢町湯沢出張所近辺	硬質ゴム切刃	As 圧雪盤有り	曇小雪			
2	2月 1日 10-45	"	"	"	晴			
3	15-40	国道17号線越後湯 沢町芝原地区	"	As 圧雪盤有り	曇	-2.6		勾配6% (下り)
4	16-05	"	"	"	小雪			"
5	16-45	"	"	"	"	-2.8		"
6	16-50	"	"	"	"			"
7	17-00	"	"	"	"	-3.2		"
8	2日 13-25	国道17号線塩沢町 六日町境	"	As 圧雪盤有り	小雪			勾配07% (上り)
9	13-40	"	"	"	"	+2.8		"
10	13-40	"	"	"	"			"
11	14-20	"	"	"	"			"
12	14-20	"	"	"	"			"
13	14-35	"	"	"	"	+2.8		"
14	14-35	"	"	"	"			"
15	3日 10-45	国道17号線越後湯 沢町三俣地区	鋼製切刃	As 圧雪盤有り	晴		1	勾配21 (上り)
16	10-45	"	"	"	"		1	" (")
17	10-55	"	"	"	"		1	" (")
18	10-55	"	"	"	"		1	" (")
19	11-45	"	"	"	"		1	" (下り)
20	11-45	"	"	"	"		1	" (")
21	11-55	"	"	"	"	+1.4	1	" (")
22	11-55	"	"	"	"		1	" (")
23	13-10	"	"	"	"		2	" (上り)
24	13-15	"	"	"	"		2	" (")
25	14-05	"	"	"	"		2	" (下り)
26	14-10	"	"	"	"		2	" (")
27	15-20	"	"	"	"	+2.0	3	" (上り)
28	15-50	"	"	"	"		3	" (下り)

表一 6 アングリングブラウおよびワンウェイブラウ実験結果および計算結果

実験 番号	ブラ ウ種 類	進 行 角 (度)	変速段		密 度 (g/cm^3)	除 雪 速 度 (km/h)	機 速 回 転 度 (rpm)	機 関 トル ク (kg-m)	機 関 出 力 (PS)	ホ ル ン グ 駆 動 (kg)	左 荷 押 腕 重 (kg)	右 荷 押 腕 重 (kg)	横 荷 重 (kg)	時 間 除 雪 量 (t/h)	備 考
			主 変速機	副 変速機											
1	ワンウェイ	58	2	L	050	73	1,679	1165	738	1028	2767	4768	1726	1160	
2	"	"	2	L	053	169	2,248	2048	445	1030	1822	5909	2898	2500	
3	"	"	2	H	061	225	2,329	3083	005	1180	2472	9515	5021	4068	
4	"	"	2	L	060	134	1,780	1769	448	8894	1541	5445	1866	2026	
5	アングリ	50	2	L	050	196	2,553	2270	811	1141	217	7523	4146	2489	
6	"	55	2	L	053	191	2,547	2096	747	1054	0	7258	3865	2260	
7	"	60	2	L	060	194	2,574	2050	811	1132	1324	5544	3063	2512	
8	"	50	1	L	050	108	2,505	968	366	8535	0	4294	3055	2067	
9	"	55	1	L	047	110	2,545	1120	399	9876	0	5987	2871	1810	
10	"	55	3	H	021	212	1,218	3576	610	7640	0	1049	832	434	
11	"	60	1	L	050	107	2,477	806	279	7108	0	1539	3055	1307	
12	"	70	1	L	068	110	2,545	1179	420	1040	682	6023	2914	2371	
13	"	70	2	L	074	191	2,566	2392	859	1210	898	9031	4277	2748	
14	"	50	3	H	056	267	1,579	3940	870	850	0	8110	4880	2620	
15	"	60	3	H	068	237	1,305	4230	593	906	0	9235	6000	3480	
16	"	70	3	H	073	221	1,377	3970	762	850	1330	9970	5230	2820	
17	"	55	3	H	063	255	1,417	4230	839	904	0	1045	5600	3020	
18	"	50	3	H	045	300	1,695	4219	1001	901	0	8186	3666	1839	
19	"	60	3	H	058	300	1,680	3934	925	8408	0	7431	3912	2103	
20	"	70	3	H	066	286	1,600	4534	1016	9070	1110	8819	4165	2203	
21	"	50	2	L	015	204	2,610	1640	600	826	2590	1170	—	789	
22	"	50	3	L	015	337	2,420	3660	1240	1030	1340	4330	1310	1800	
23	"	50	2	L	038	198	2,590	1550	562	780	870	4710	2200	1867	
24	"	50	1	H	046	68	1,220	894	153	600	1070	3060	310	480	
25	"	60	2	L	064	182	2,390	1270	425	692	2210	1610	420	1790	
26	"	60	1	L	051	43	930	655	85	578	3190	620	0	597	
27	"	70	2	L	048	157	1,945	1640	446	824	3600	3650	1100	1480	
28	"	70	1	L	058	46	1,030	915	132	806	3290	4040	820	400	
29	"	60	3	L	009	222	1,610	4000	800	1122	4700	3340	410	605	
30	"	60	3	L	011	146	1,030	2460	354	690	1510	1630	200	438	
31	"	60	3	L	011	346	2,470	3850	1330	1080	1830	4440	410	1083	
32	"	50	3	H	049	279	1,520	402	855	860	101	7660	112	2,092	
33	"	50	3	H	044	317	1,720	463	1120	990	61	1256	—	2,643	
34	"	60	3	H	055	322	1,780	399	995	852	119	1930	—	1,340	
35	"	60	4	L	061	371	—	—	—	—	483	828	118	3,121	
36	"	50	4	L	052	371	—	—	—	—	115	1167	434	3,038	
37	"	60	4	H	056	412	—	—	—	—	850	1450	516	3,316	
38	"	70	4	L	053	395	—	—	—	—	658	2012	389	3,110	

実験番号 10 21 22 29 30 31 はブラウ全幅除雪実験

表-7 圧着式ブラウ実験結果および計算結果

実験 番号	切 刃 線 圧 (kg/cm)	主 速 機	副 速 機	密 度 (g/cm ³)	除 雪 速 度 (km/h)	機 回 轉 速 度 (rpm)	機 関 ト ル ク (kg-m)	機 関 出 力 (PS)	ホ イ ル 駆 動 力 (kg)	左 荷 押 腕 重 (kg)	右 荷 押 腕 重 (kg)	横 荷 重 (kg)	除 雪 深 さ (cm)
1	4.0	2	L	0.49	185	2520	237	835	596	201	491	250	25
2	2.8	2	L	0.40	184	2570	222	794	516	219	339	273	35
3	4.0	3	L	0.72	124	955	—	—	—	502	974	00	0
4	5.2	3	L	0.72	116	825	—	—	—	801	130	00	0
5	9.8	3	L	0.74	330	2430	—	—	—	447	149	232	0
6	9.8	3	L	0.74	191	1529	—	—	—	447	86	108	0
7	9.8	3	L	0.74	110	860	—	—	—	447	80	108	0
8	9.5	3	L	0.54	200	1480	424	879	1,192	236	452	126	1.0
9	7.8	3	L	0.64	218	1570	411	903	1,154	879	366	675	0.2
10	7.8	3	L	0.64	116	840	321	379	902	707	336	173	0.2
11	2.8	3	L	0.64	196	1,420	361	600	1,016	565	259	204	0.18
12	2.8	3	L	0.64	136	990	326	490	914	377	267	0	0.13
13	9.5	3	L	0.64	200	2,600	171	624	853	691	374	691	0.55
14	9.5	2	L	0.64	113	1,490	181	363	853	691	342	487	0.60
15	2.8	2	L	0.59	187	2,460	192	651	966	-471	874	—	0.55
16	2.8	2	L	0.59	105	1,360	167	321	838	157	848	471	0.60
23	2.8	2	L	0.66	189	2,560	340	121	1,708	-534	※1346	831	1.4
17	5.2	2	L	0.59	175	2,200	267	691	1,344	-392	928	445	0.50
18	5.2	2	L	0.59	190	2,460	275	949	1,385	-392	1461	839	0.55
24	5.0	1	L	0.66	105	2,520	254	396	2,340	0	※1346	858	1.75
27	5.2	2	L	0.67	190	2,520	337	121	1,646	587	962	305	2.15
19	7.7	2	L	0.59	199	2,590	288	104	1,448	0	※1445	884	0.50
20	7.7	2	L	0.59	138	1,850	268	694	1,346	0	※1445	862	0.50
25	7.7	2	L	0.66	190	2,520	328	117	1,648	659	1838	982	1.7
28	7.4	2	L	0.67	192	2,590	198	720	1,000	259	1020	536	1.6
21	9.2	2	L	0.59	192	2,580	268	968	1,344	-157	※1445	862	0.9
22	9.2	2	L	0.59	109	1,310	247	453	1,242	-236	※1445	842	1.0
26	9.8	2	L	0.66	173	2,400	304	940	1,530		1550	770	1.75

1) 実験番号 1~14 は硬質ゴム切刃 15~28 は鋼製切刃使用 2)

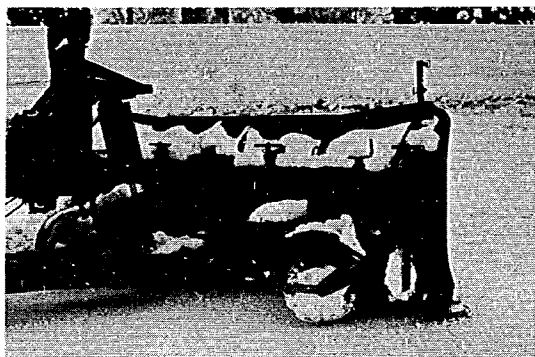


写真-1 圧着式ブラウ

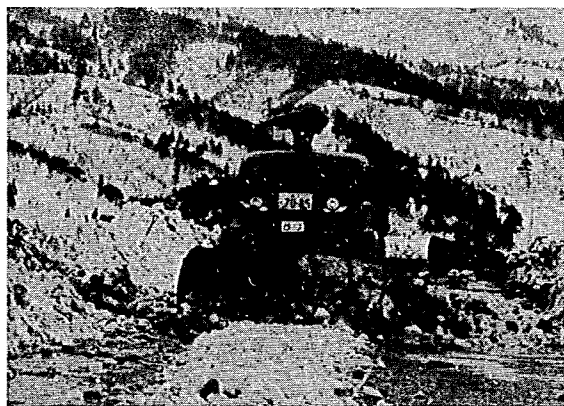


写真-2 アングリングブラウ(試験番号7)60°除雪速度19.4 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$



写真一 3 アングリングブラウ(実験番号28)70°除雪速度 4.6 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$



写真一 4 アングリングブラウ(実験番号17)55°除雪速度 25.5 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

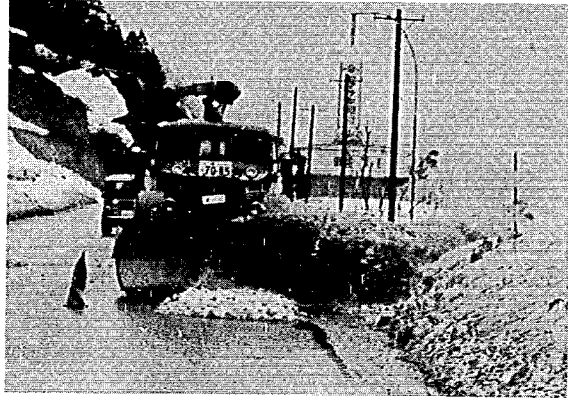


写真 - 5 アングリングブラウ (実験番号 36) 56° 除雪速度 $37.1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

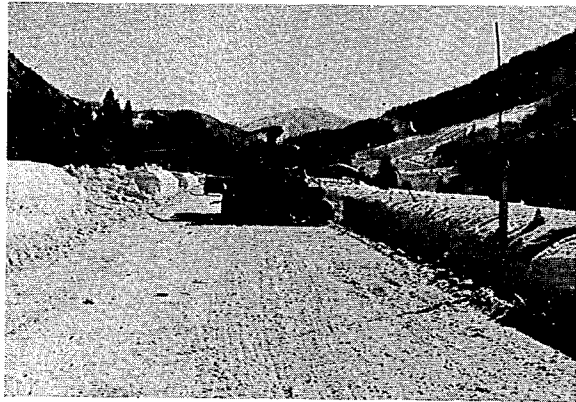


写真 - 6 圧着式ブラウ (実験番号 21) 除雪速度 $19.2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$



写真-7 圧着式ブラウ実験番号26
除雪後