

調査室長

受入ID-1519990903B00014

林業機械の振動・騒音の 防止に関する研究

(中間報告)

—チェンソーの振動について—

昭和41年7月



02000-00044293-7

林業試験場機械化部

まえがき

最近林業労働力の不足にともない、林業機械の普及はむしろ
じりしいものがあるが、その中でもチェーンソー、刈払機、植
穴掘機などの小型可搬式機械は、わが国の急峻な山岳林に適
合した機械として圧倒的台数を占め、なお毎年増加を続けて
いる。しかしこれらの小型可搬式機械はその使用地の条件か
ら極めて軽重小型であることが要望される一方、作業能力の
点からは相当の高出力が要望せられ、この矛盾する要望に応
ずるために、作業性能に直接影響のない部分を極力簡易化す
るとともに、現在の機械工学上採りうるあらゆる重量軽減策
を採用し、このため機械の振動・騒音を防止する装置につい
て欠けるものが多い。このうち特に出力の高いチェーンソーに
ついて、就業者の中に振動・騒音に起因すると思われる症状
を呈するものがあらわれはじめ、社会問題ともなって、早急
な科学的対策を樹立する必要に迫られている。

この問題については、この種の林業機械の使用経験の長い
欧米諸国では、いままでほとんど問題とされたことがなく、
わが国における使用状態を科学的に分析究明するとともに、

人体に有害な障害を防止する人間工学的研究と、根本的に機械そのものの騒音を除却するような機械工学的研究とを平行して進める目的をもって、昭和41年度より農林水産技術会議の特別研究として、林業試験場機械化部が開始した研究である。

昭和41年度は、これらのうち最も対策を急がれていたチェーンソーの振動を中心にして研究を進めたのであるが、ぼう大な調査資料の中で、比較的取纏めの進んだ部分について、取敢えず中間報告として、この問題に関心を持たれる諸賢に報告することとした。なお、この報告はあくまでも中間報告であって、最終的な結論でないことを御了承願いたい。

1 チェンソーの振動と機械的防除法

機械科機械第2研究室

(山脇三平 · 三村和男)
(平松 修 · 猪内正雄)

は　じ　め　に

林業労働者の白ろう病と称して、もっともやかましく巷間でとりあげられた林業機械はチェーンソーであった。よってまずそのチェーンソーの振動発生および伝播について測定を開始するとともに、とくに緊急を要する課題として与えられた国産・外国産をとわず防振ハンドルの装着による操縦者指先につたわる振動そのものの軽減という応急対策を確立すべく、この研究を開始した。

チェーンソーの振動発生および伝播の実態について、これをできるだけ正確に把握するため、その測定装置および測定方法の選択に苦心したが、測定装置としては、振動周波数自動分析装置および三成分振動計・全記録装置としてのオシログラフを採用し、さらに各種運転条件を系統的に変化させての測定を可能ならしめる試験室として、かねて当场で準備せる

防音室を採用した。これらの測定および試験実行上不可欠な装置および施設を活用することにより、各種チェンソーおよび金ハンドルについて、その振動伝播の様相を明確ならしめるべくつとめ、あわせて防振ハンドルの防振効果につき、とくに突出せる防振ハンドル部振動抽出法を適用することにより、できるだけ公正な、海外メーカーからの批判にも耐える比較測定を可能ならしめるようにつとめた。

測定装置および測定方法

振動周波数の測定に使用せる装置は、国産N社製の高感度加速度ピックアップ、全検定器、振動積分増巾器、計測用増巾器、 $\frac{1}{s}$ オフターブフィルターセット、超低周波フィルターセット、周波数分析器、高速度レベル記録器等をノセットとして組み合わせた振動周波数自動分析装置で、これを防音室隣り計測室に定置させて、常時同一状態同一感度で、約15mのリード線を使用して防音室内で運転されるチェンソーの振動を遠隔測定できるように使用した。三成分振動計およびオシログラフもおなじく計測室に定置させ、振動周波数自動分析装置と併行して同時測定できるようにし、もちろん防音

室内にて運転されるチェンソーの振動波形を遠隔式に計測できるように使用した。

防音室内で運転されるチェンソーは、木材鋸断時は、室内に横置させた40cm 角のケヤキ材を玉切姿勢で鋸断させることとし、さらにその基礎として、木材を鋸断させずにチェンソーの振動発生および伝播の実態をできるだけ正確に測定するため、ハンドル部を人力により強く把握するような普通の操縦姿勢では、その部分より振動伝播の様相が指先より人体に伝播吸収され、ハンドル部位におけるありのままの振動伝播の様相が変化することもおかんがえられたので、防音室内天井より吊り下げた綿ロープ2本により、被試験機たるチェンソーを水平に吊り下げ、運転者はかるくスロットルをおさえることのみで、自由に回転数を調節できるように工夫した。すなわち、前述し来れる測定装置および試験施設およびそれらの配置と、このような運転装置の工夫により、各種チェンソーの機種・性能が変化しても、たえず同一状態同一運転条件で、公正な比較測定をおこなうことに成功した。

なお、チェンソー回転数の調節は、2000～7500rpmの低高速運転の範囲で、誤差±100rpm程度に電気回転計でた

たえず回転数を監視し、500rpmおきの一定回転数、すなわち
2,000, 2,500, 3,000, 3,500, 4,000, 4,500, 5,000,
5,500, 6,000, 6,500, 7,000, 7,500と運転条件を変
化させて、そのときの周波数分析および振動測定を実施した。

また、防振ハンドルの防振効果の比較測定にあたっては、
振動ピックアップのハンドルゴム被覆部へのとりつけに苦心
し、指先頭部ほどの小さな振動ピックアップを各種大きさの
ハンドルの外径近似の r のついた弧状鋼板にねじこみ、この
ピックアップのとりついた各種大きさの弧状鋼板を防振ハン
ドル被覆ゴム上に紐あるいはテープにて防振ハンドルと一体
となる様緊縛した状態でたえず一定圧の下にとりつけ、防振
ハンドル把握部の振動ができるだけ正確に測定できるように
検討をくわえた。この結果弧状鋼板の大きさを、余り大き
くない適当な形状のもうとする必要を確認し、たえず同一形状
の弧状鋼板にピックアップをねじこみ、これを防振ハンドル
各部に一体となるよう緊縛することで、防振ハンドルの防振
効果の比較的公正な測定を可能ならしめることができた。

なおこの方法は、測定実施中、西独某社の技師が、当該測
定装置につき説明をもとめ、上述の装置および測定法を実際

に見聞して、同社でも防振ハンドル把握部の振動抽出につい
ては当該と同じ方法によっていることをうべ、納得したとい
うことがあった。

また某大農学部教授は、チェンソーの振動測定開始にあた
り、当該の上述の装置および測定方法を見学し、同一方法で
研究を開始したい旨了解をまとめてきた事例もあった。

いすれにしても、いままで、当該がとくに防振ハンドルの
防振効果につき測定を開始するまで、他の機関や大学等で
この種の測定をおこなった²、3の例があったが、チェンソ
ーのような高速回転するエンジンの発生する振動伝播の測定
については、ハンドルゴム被覆部の振動ピックアップ取付に、
いかなる方法を採用していたかが大変大きな問題とおもわれ、
単なる手持ち式に支持するなどの方法では、その測定値に信
頼をおきがたいものがあり、そのような測定結果をもとにし
た議論は、あまり意味のないものであるといわなければなら
ない。

測定結果

上述のような装置と方法によりえられた測定値については、

鋭意検討をくりえつつあり、さらに検討を要するものについては再測定を実施しているが、いままでにえられた測定結果の概要はつぎのとおりである。

(1) チェンソーの発生し伝播された振動は、もちろん、機種によってことなり、構造部位、ハンドル部位によってことなるが、いずれの部位でも、大体、チェンソーエンジン回転数が増加するにつれ大きくなるといってさしつかえない（図-1、2）。

(2) 一般にチェンソーは加速運転をすることが多いが、加速運転時の振動は等速運転時の振動より数割大きい。したがってチェンソーの振動を比較測定する場合、通常の測定では、等速回転時の振動測定をおこなう必要がある。

(3) 各種チェンソーの普通ハンドルに伝播された振動は、もちろん機種によってその大きさにちがいがあり、周波数別の振動成分の構成にちがいがあある。しかし概して、エンジンの回転数と同一周波数域にまず第一のピークがあり、ついで、その2倍、数倍、10数倍、数10倍等の高周波数域にもそれぞれピークがあるのが普通で、とくに数10倍の高周波数域などのピークがほかより大きくなっている。

（図-3）

図-1 場所別による振動（ホースミ）

87CC 前後方向（ピストン平行） 6000 rpm

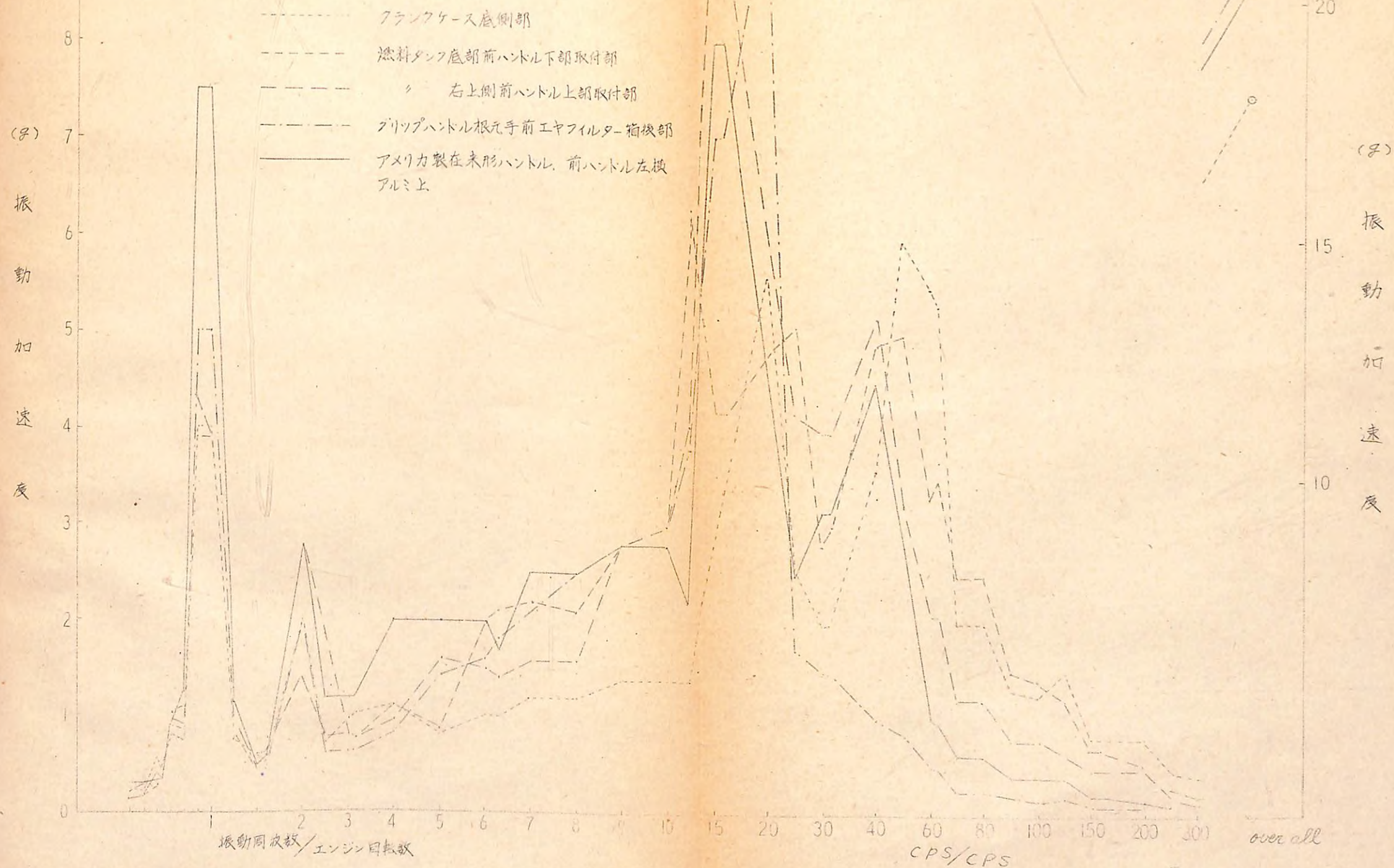
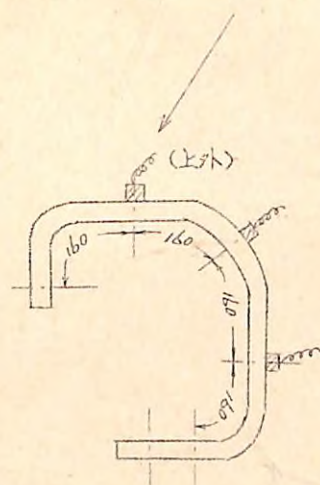


図-2 80CCハンドルアルミ上外

ピストン平行 フランフ軸直角



(No. 1056 ~ 1064)

—————	6,500 rpm (1056)
-----	6,000 " (1057)
- - - - -	5,500 " (1058)
- - - - -	5,000 " (1059)
- - - - -	4,500 " (1060)
- - - - -	4,000 " (1061)
—————	3,500 " (1062)
-----	3,000 " (1063)
- - - - -	2,500 " (1064)

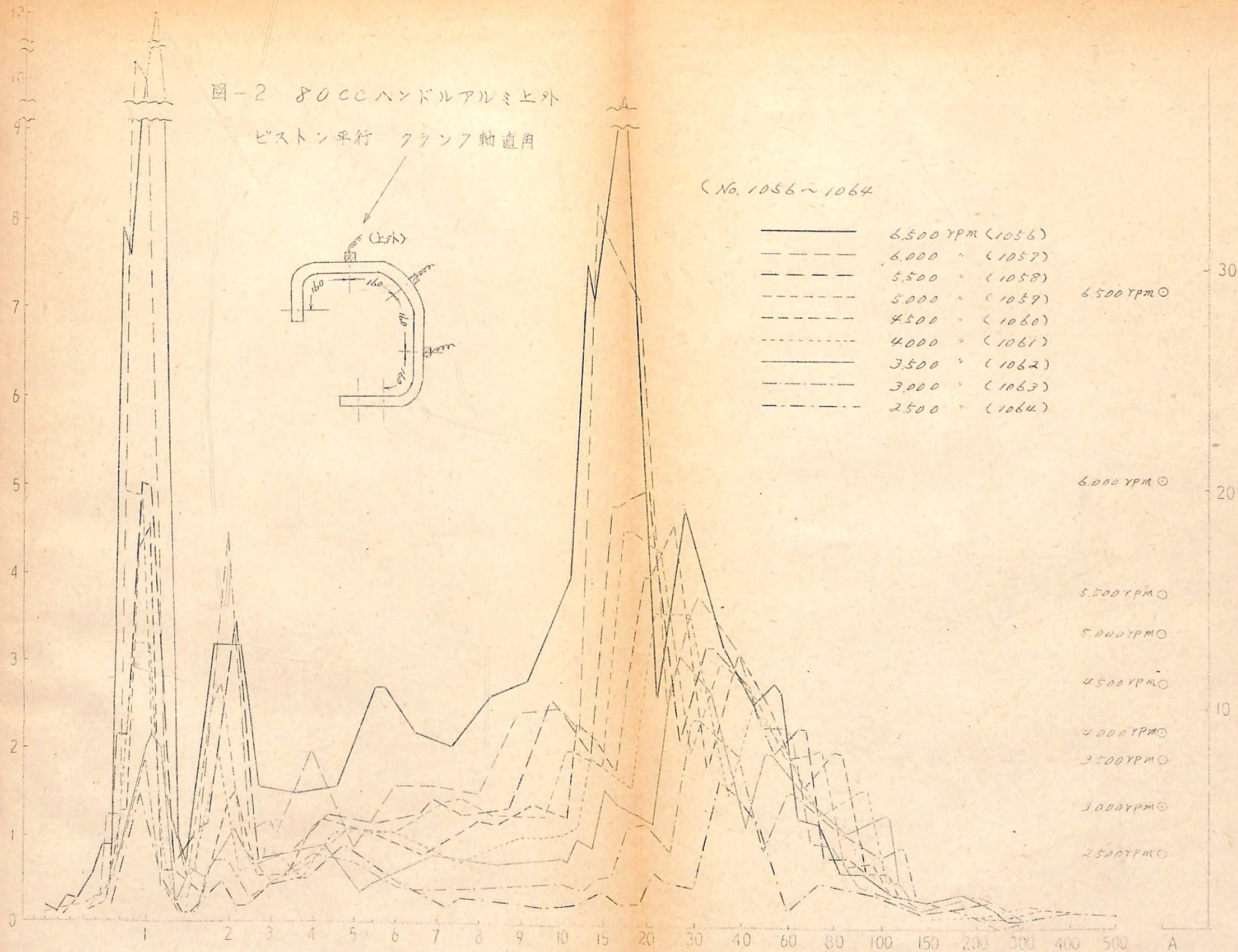


図-3 80CC. 6500rpm

普通ハンドル（アルミ）

前後方向くピストン直角

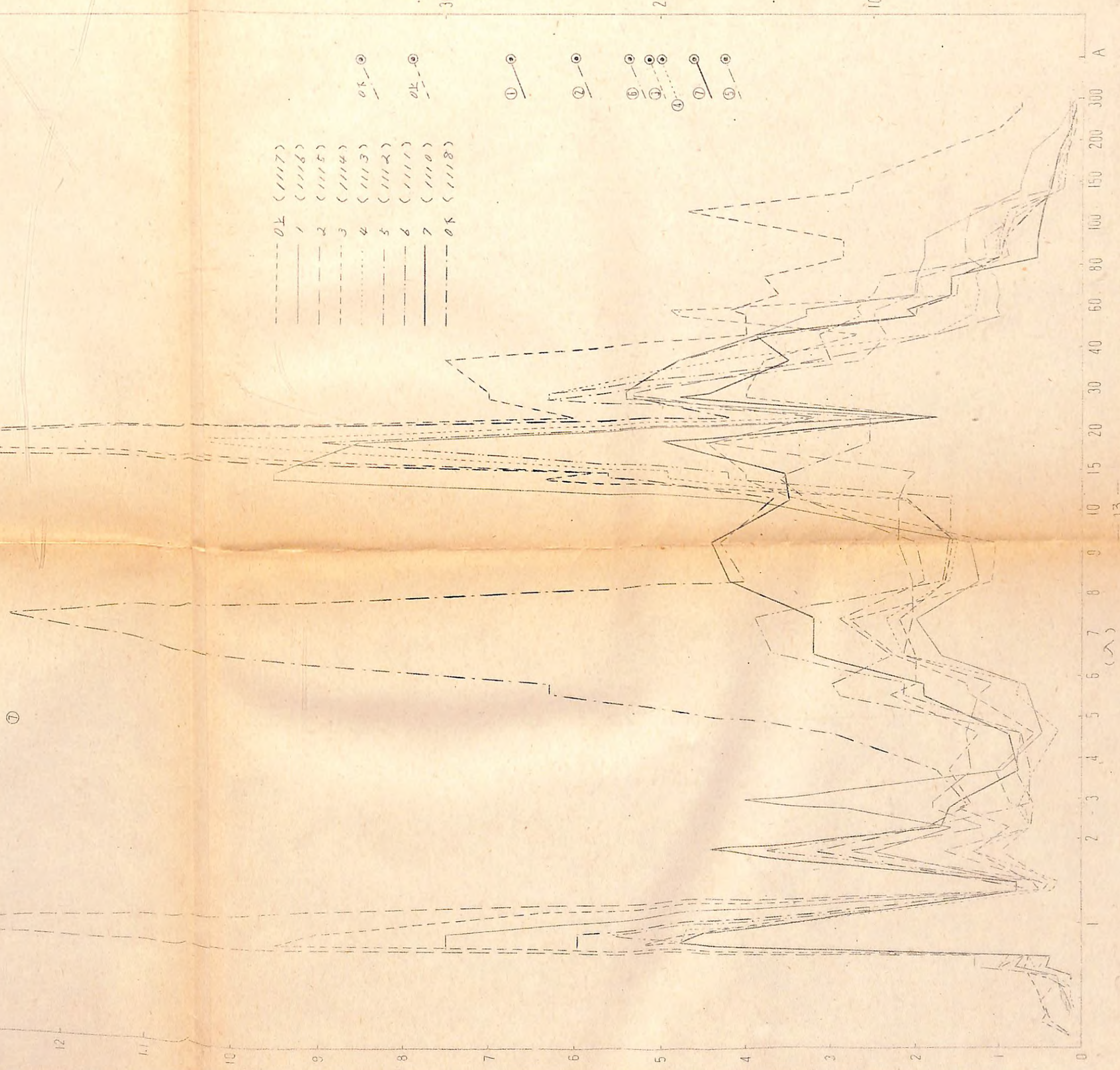
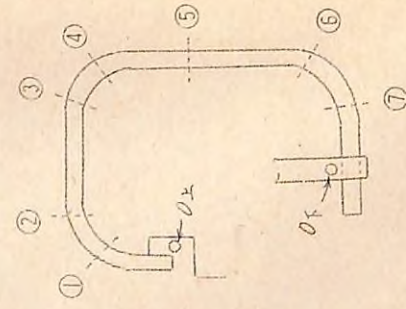


図-42 8000 ハンドル上取付部ねじ込み

ピストン平行、フランク軸直角

(No. 1028 ~ 1038)

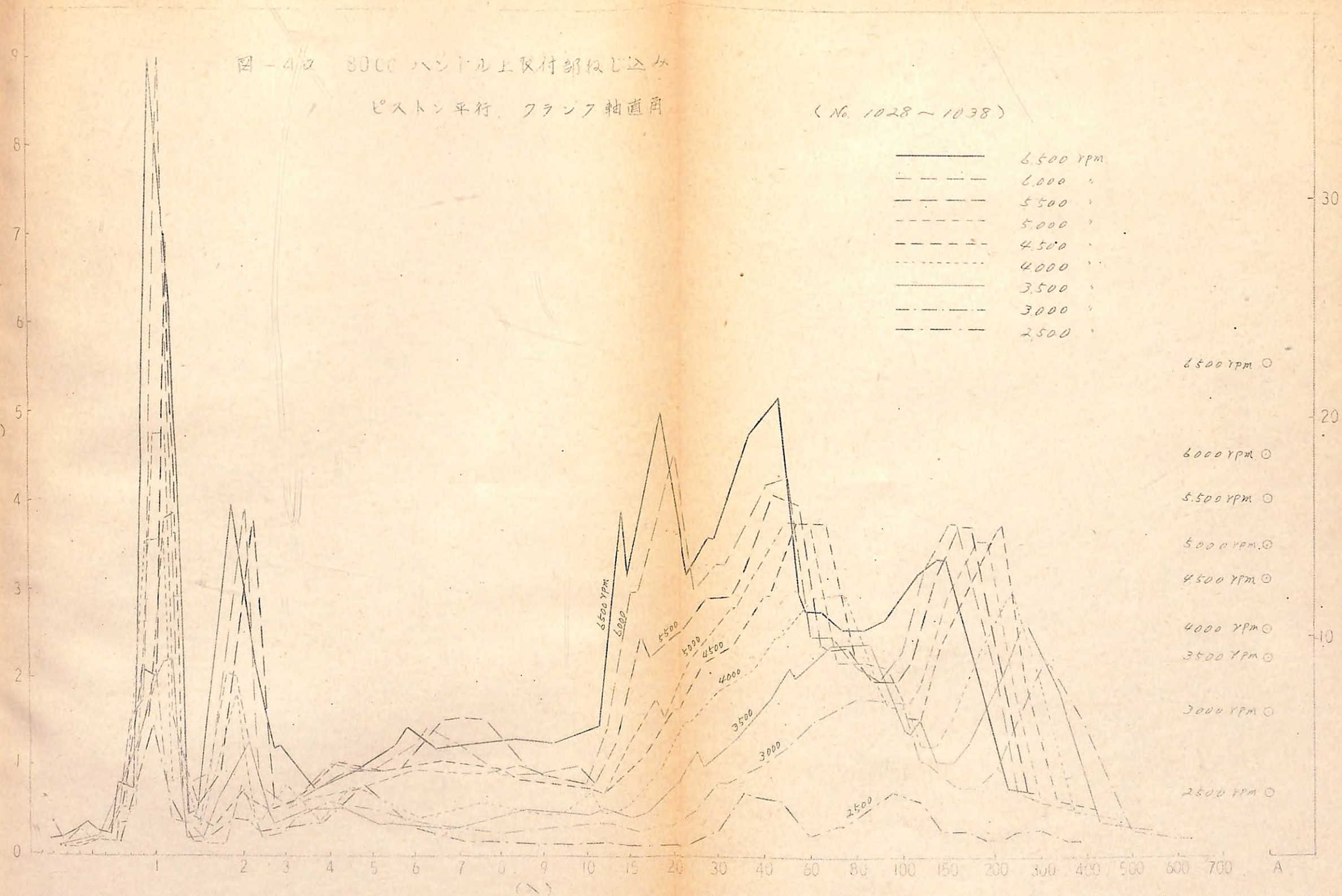


図-4b 80CC ハンドル上取付部ねじ込み

ピストン直角

フランク軸平行

—————	6,500rpm (1038)
-----	6,000 " (1039)
- - - - -	5,500 " (1040)
.....	5,000 " (1041)
.....	4,500 " (1042)
.....	4,000 " (1043)
.....	3,500 " (1044)
.....	3,000 " (1045)
.....	2,500 " (1046)

6,500rpm ◎

6,000rpm ◎

5,500rpm ◎

4,500rpm ◎

5,000rpm ◎

4,000rpm ◎

3,500rpm ◎

3,000rpm ◎

2,500rpm ◎

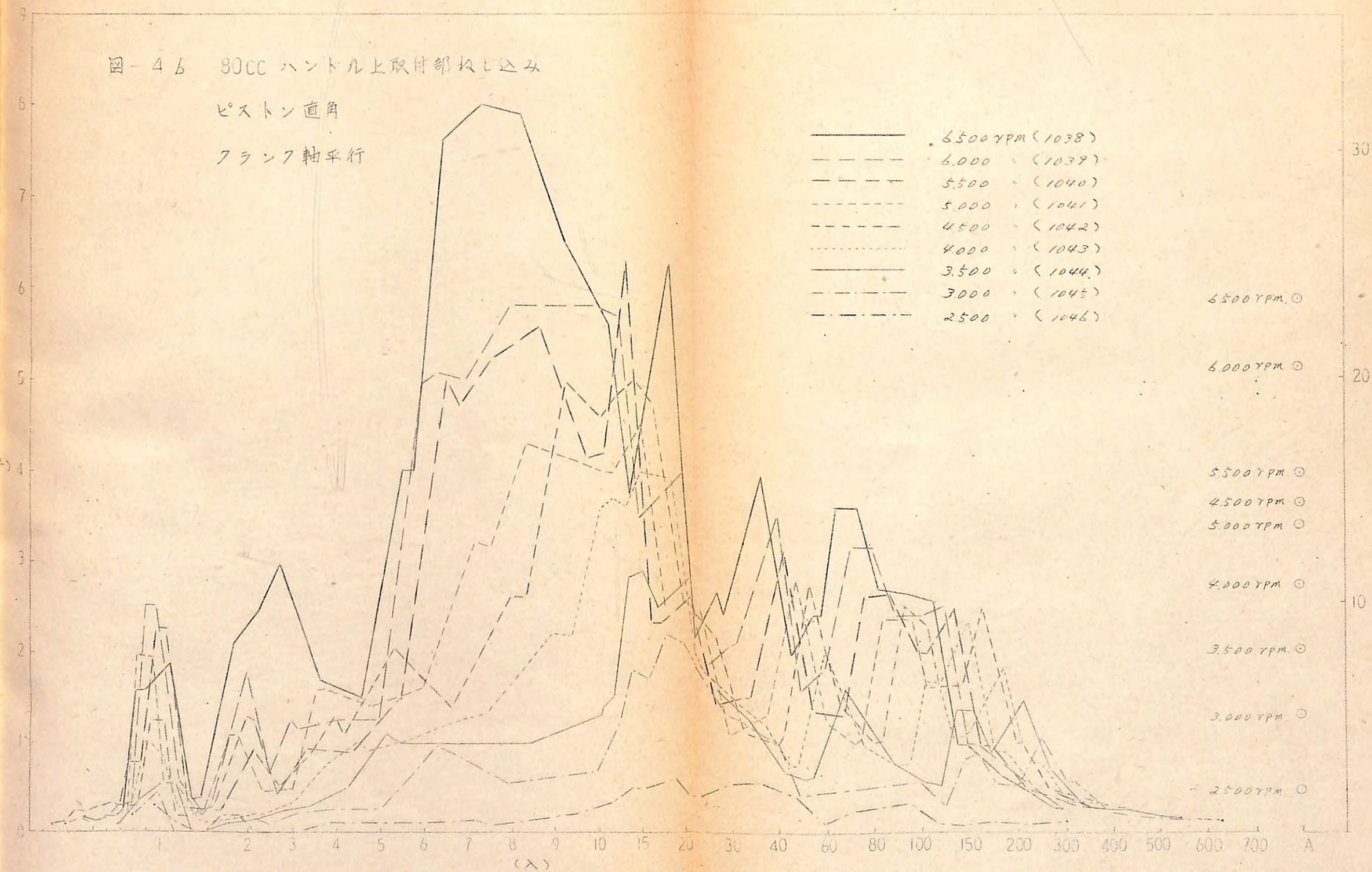


図-5a 80cc ハンドル下取付部ねじ込み

ピストン平行 フランク軸直角

(No. 1019 ~ 1027)

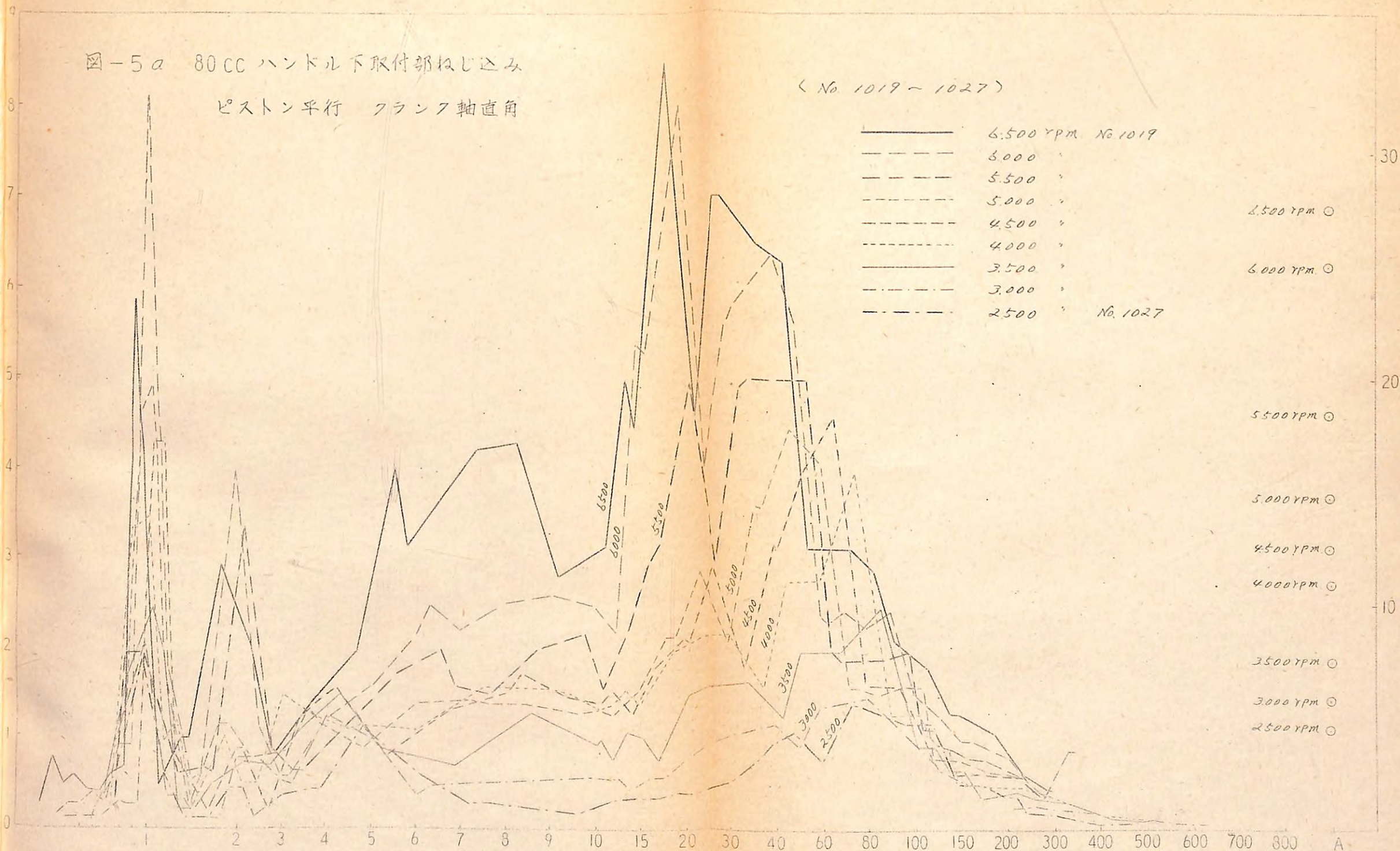
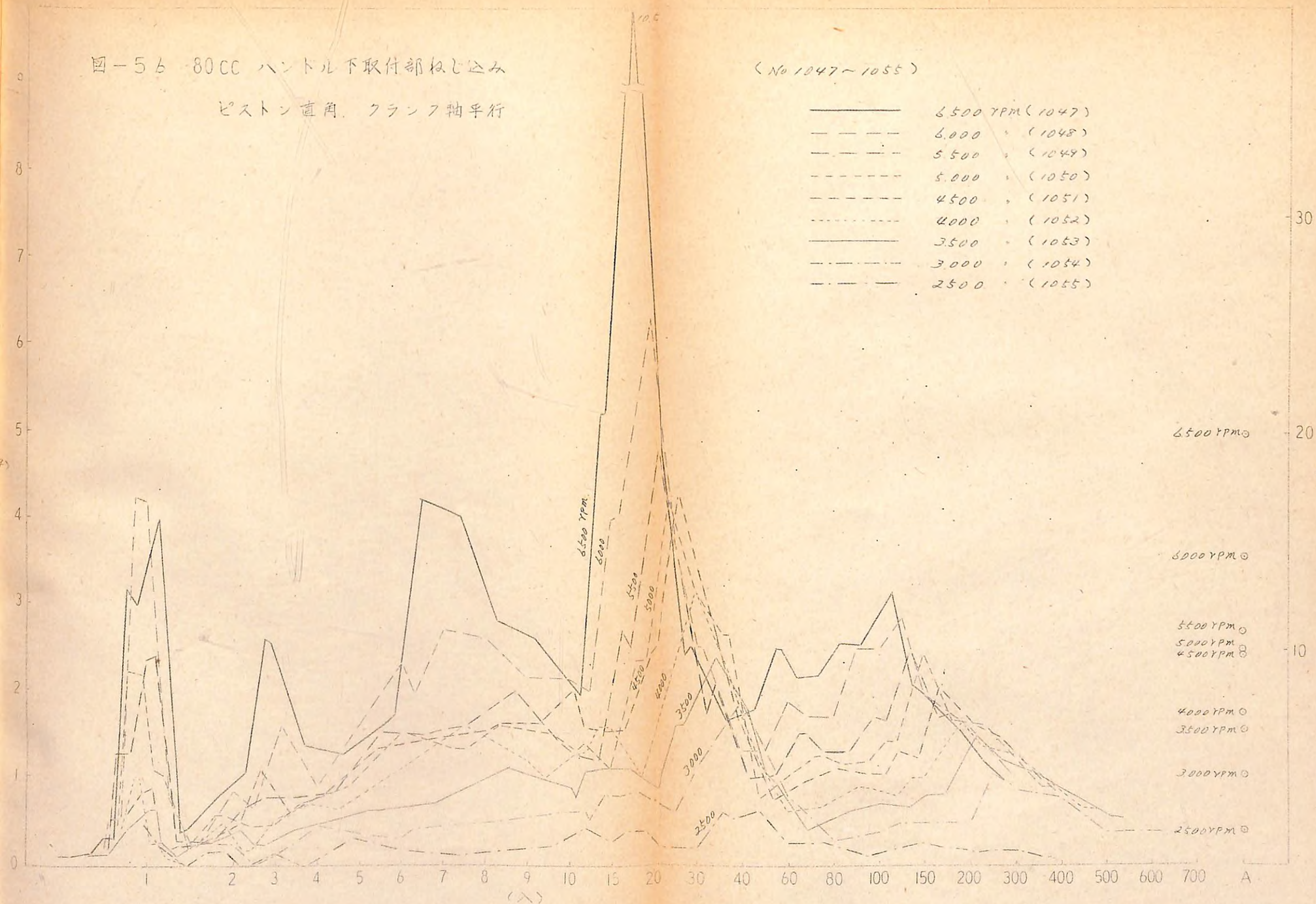


図-56 80CC ハンドル下取付部ねじ込み

ピストン直角 クランク軸平行

(No 1047~1055)

—————	6500 RPM (1047)
-----	6000 " (1048)
-----	5500 " (1049)
-----	5000 " (1050)
-----	4500 " (1051)
-----	4000 " (1052)
-----	3500 " (1053)
-----	3000 " (1054)
-----	2500 " (1055)



(4) 普通ハンドルの振動は、そのハンドル部位によって振動の大きさがことなり、また前後方向、上下あるいは左右方向など、その軸心に対しておなじ直角方向でもその方向成分のちがいによって振動の大きさがことなっている(図4-a, b, 図5-a, b)。

(5) 普通ハンドルの振動は、上述のように把持部の位置、方向成分などによってことなるが、チェーンソーエンジンが常用回転数 6,000~7,000 rpm のとき、各機種を通じて、大体 *Over all* で最大値は 20~30g 前後にもなるといってよいようである。

(6) さらに、一般にグリップハンドルでは、前ハンドルにくらべるとより大きな振動を伝播しているものが多い。

(7) 防振ハンドルの構造については、各種のものが検討を加えられ、丸形防振ゴムを絶縁部に採用したもの、円筒形防振ゴムや硬質ウレタンを採用したものなどが検討を加えられ、いままでに防振効果をみとめられた形状のものはつぎのようなものである。

(a) アルミニウムハンドル取付部に、硬度 50 前後の耐油耐寒性丸形防振ゴムを片持ハンドルでは2個、全周ハン

トルでは3個挿入し、さらに把持部のアルミニウムパイプ上にゴム被覆したもの(図-6a)。

(b) 前者同様のハンドル取付部に円筒形防振ゴムの一層を採用したもの(図-6b)。

(c) 半月形状のかたちをとりながら数箇所切断されたアルミニウムパイプ内部に、硬度70程度の硬質ポリウレタンを注入し、さらにパイプ上を複数のコード布層入りゴムで被覆した特殊多層丸棒を採用したもの(図6-c)。

このほか、丸形防振ゴム取付部付近に、ヒンジを利用した弾性支持方式を併用したもの、海外メーカーの手で製作されたもの等々についても防振効果の比較測定を実施し、合計数十種の防振ハンドルについて比較検討をくわえた。

図-6 a 80cc防振1形 Scale 1/2

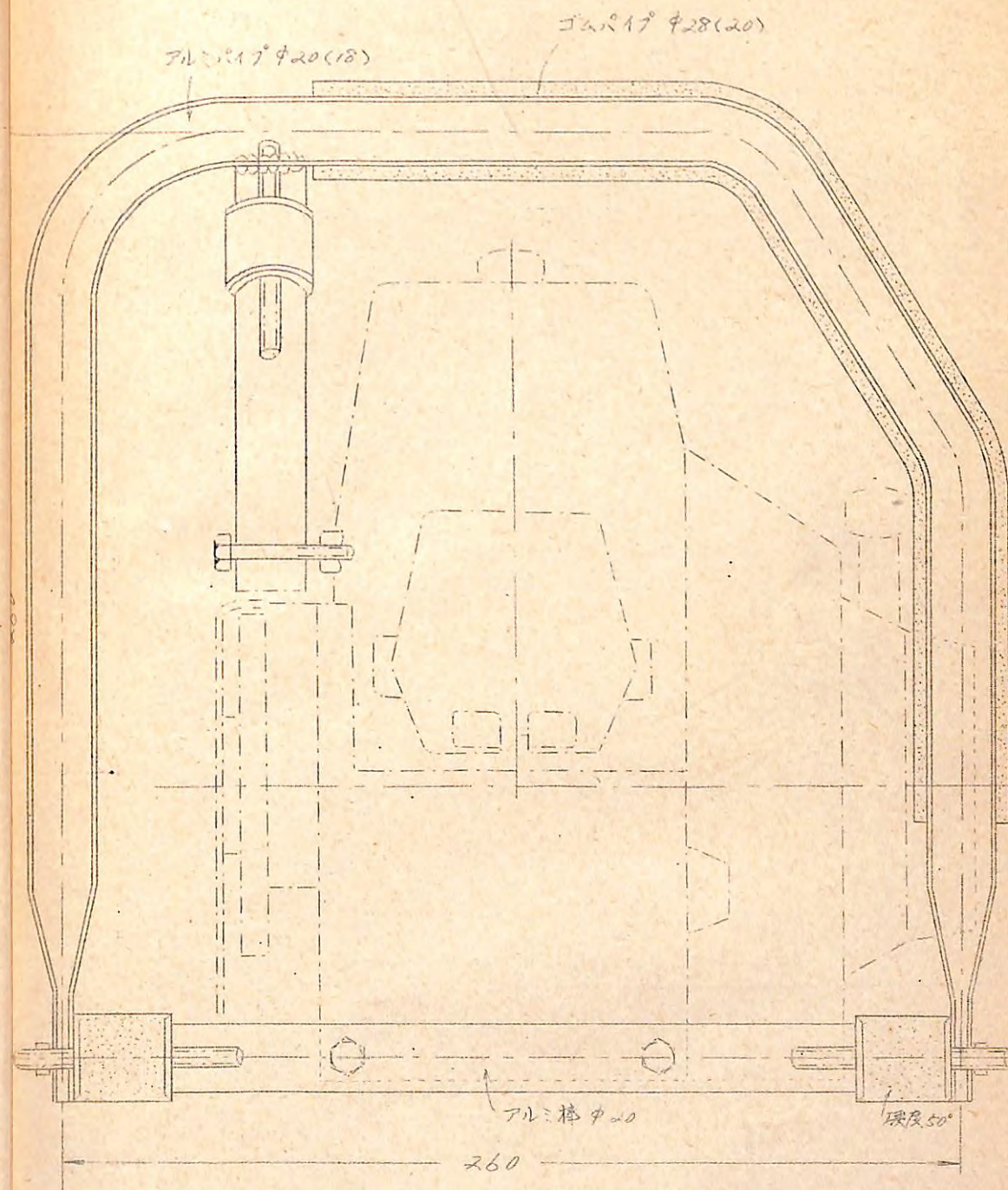


図-6b 54cc 防振2形 Scale 1/2

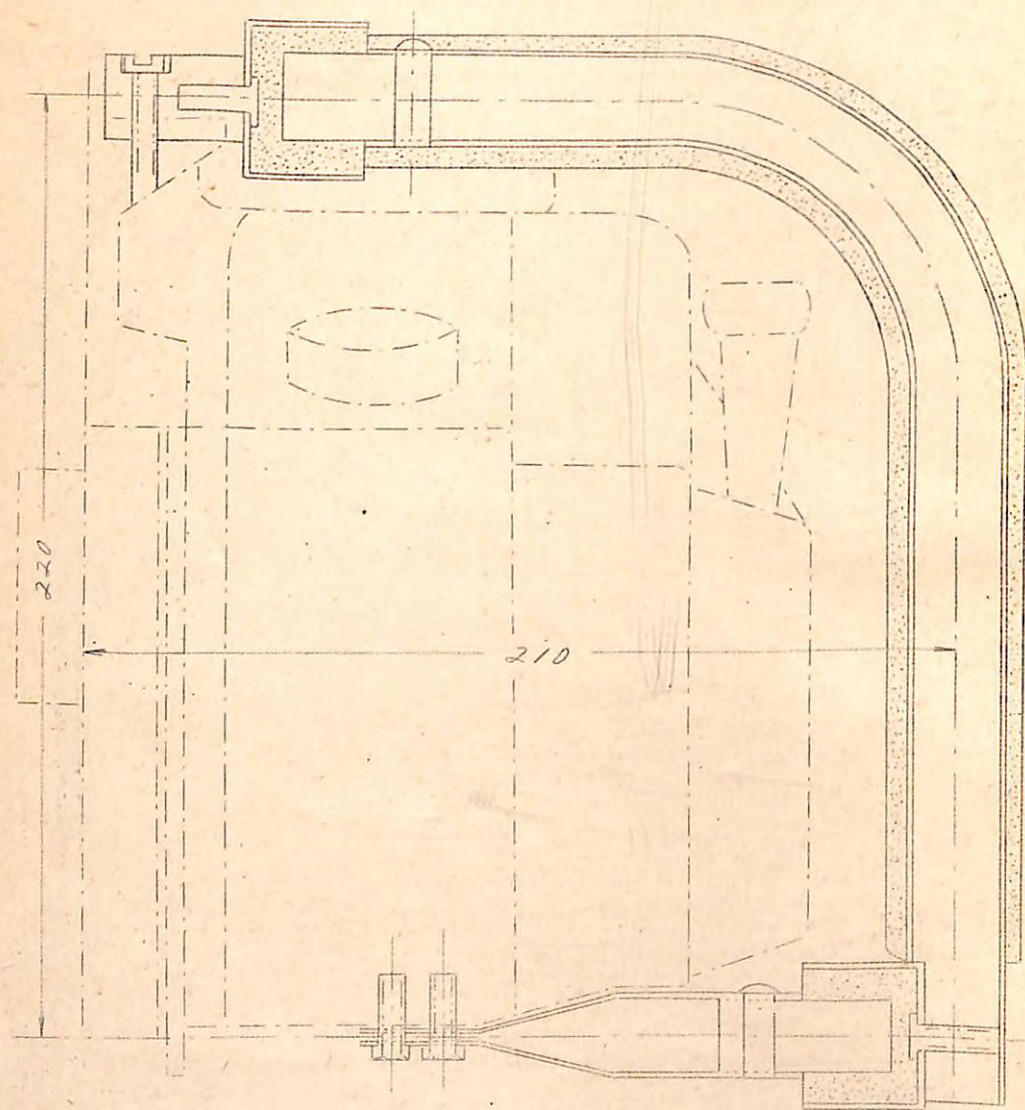
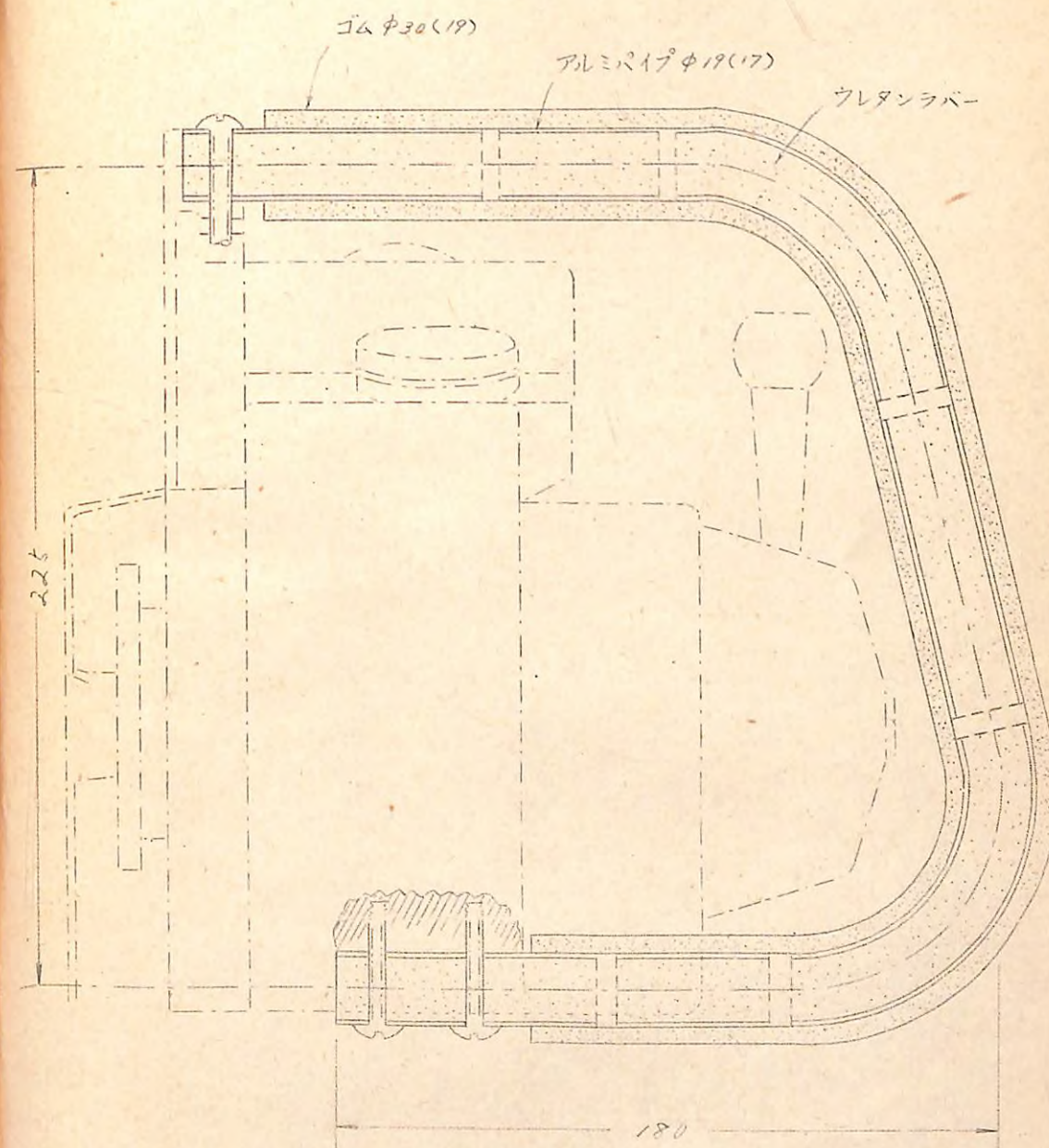


図-6c 60cc 防振5形 Scale 1/2



(8) 上述のような効果のみとめられた防振ハンドルの特性は、普通ハンドルとくらべて、その周波数分析結果は、エンジン回転数と同一周波数域にのみ少し大きめの振動がのこり、ほかのその2倍、数倍、10数倍、数10倍等の高周波数域の振動はよく吸収消散させることができるということである。これは各種防振ハンドルについて充分に確かめることができた(図-7、8、9)。

(9) したがって、これからのチェンソーは、いままでのチェンソーが、その設計にあたって、防振ハンドルの取付などがしやすいように基本設計がされてなかったのに対して、これからはチェンソーエンジンの設計の段階から、エンジンバランシングのとれた設計をおこなうのみならず、前ハンドルおよびグリップハンドルへの振動伝播の絶縁を可能ならしめる防振ゴムの挿入等のしやすいような設計をおこなない、チェンソー本体各部の鑄造時にすでにそのような形がとられてき、防振チェンソーとして製作されていくことがのぞましい。

図-7. 6000 r.p.m. 87cc.

前ハンドル左横ピストン方向

- { $\triangle$ — $\triangle$ 普通ハンドル アルミ上
 { $\square$ - - $\square$ 防振ハンドル ポーラスビニール上

振動加速度 (Vibro-acceleration)

振動加速度

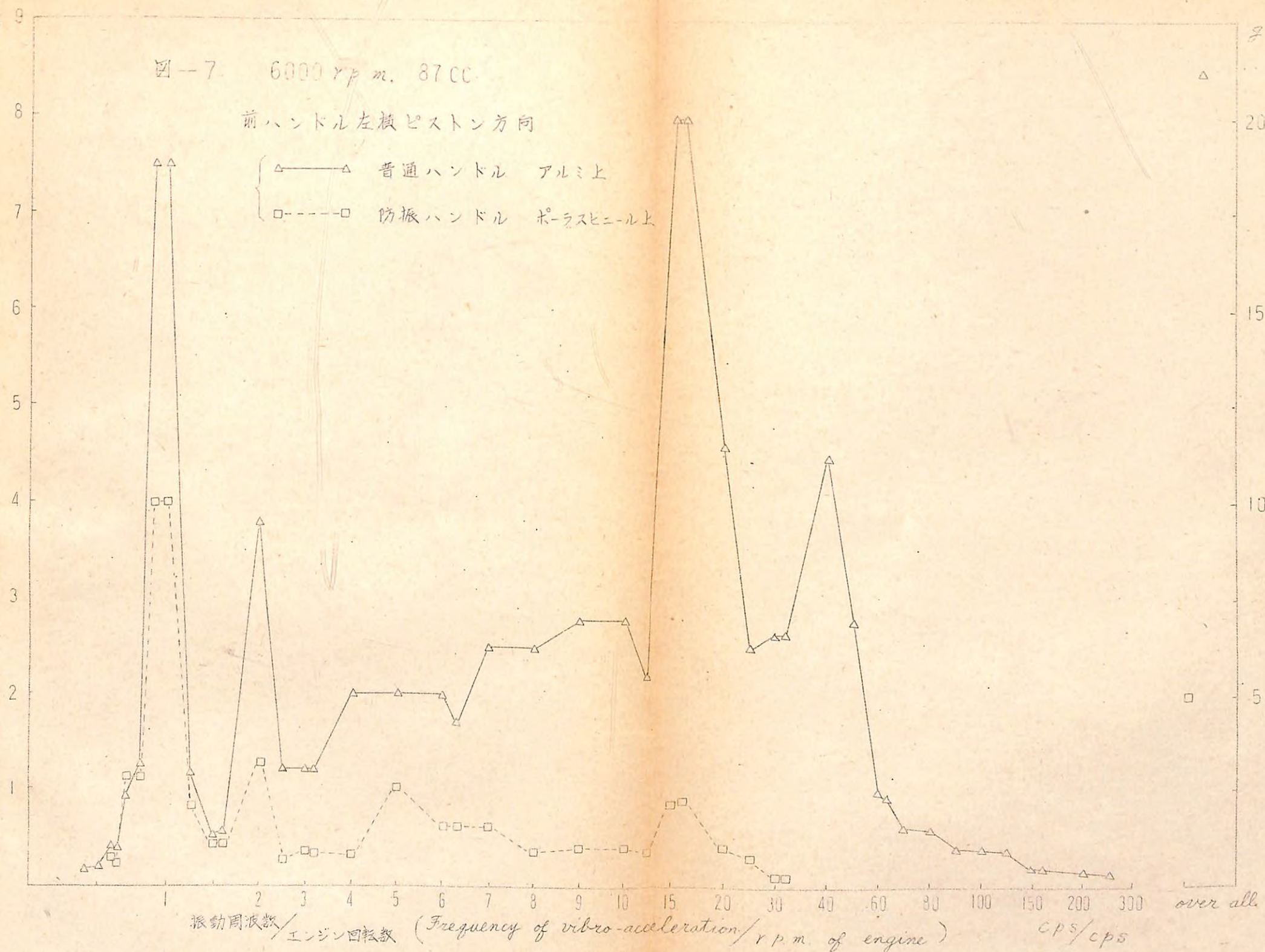
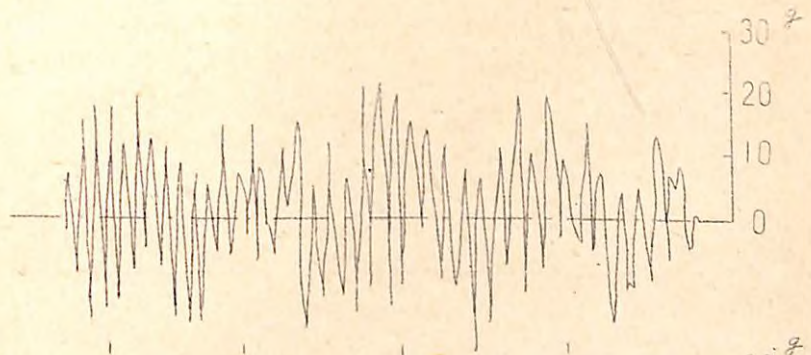


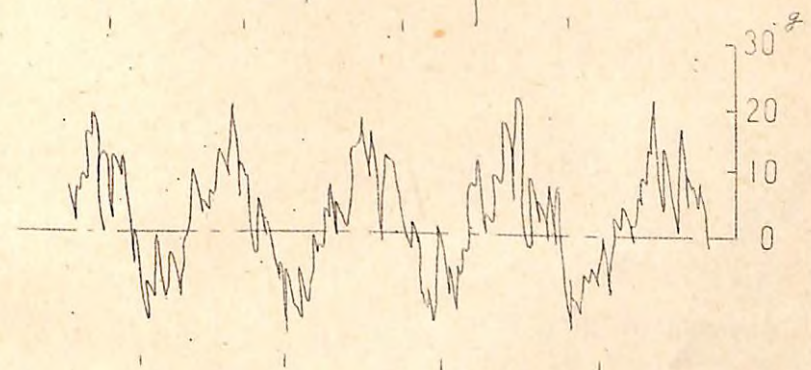
図 8

普通
ハンド
ル

上下

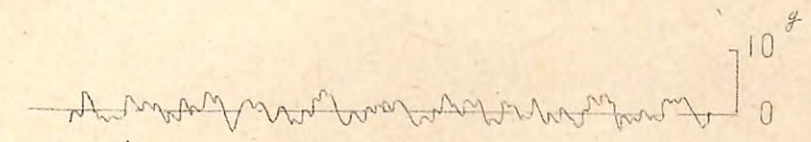


前後



防振
ハンド
ル

上下



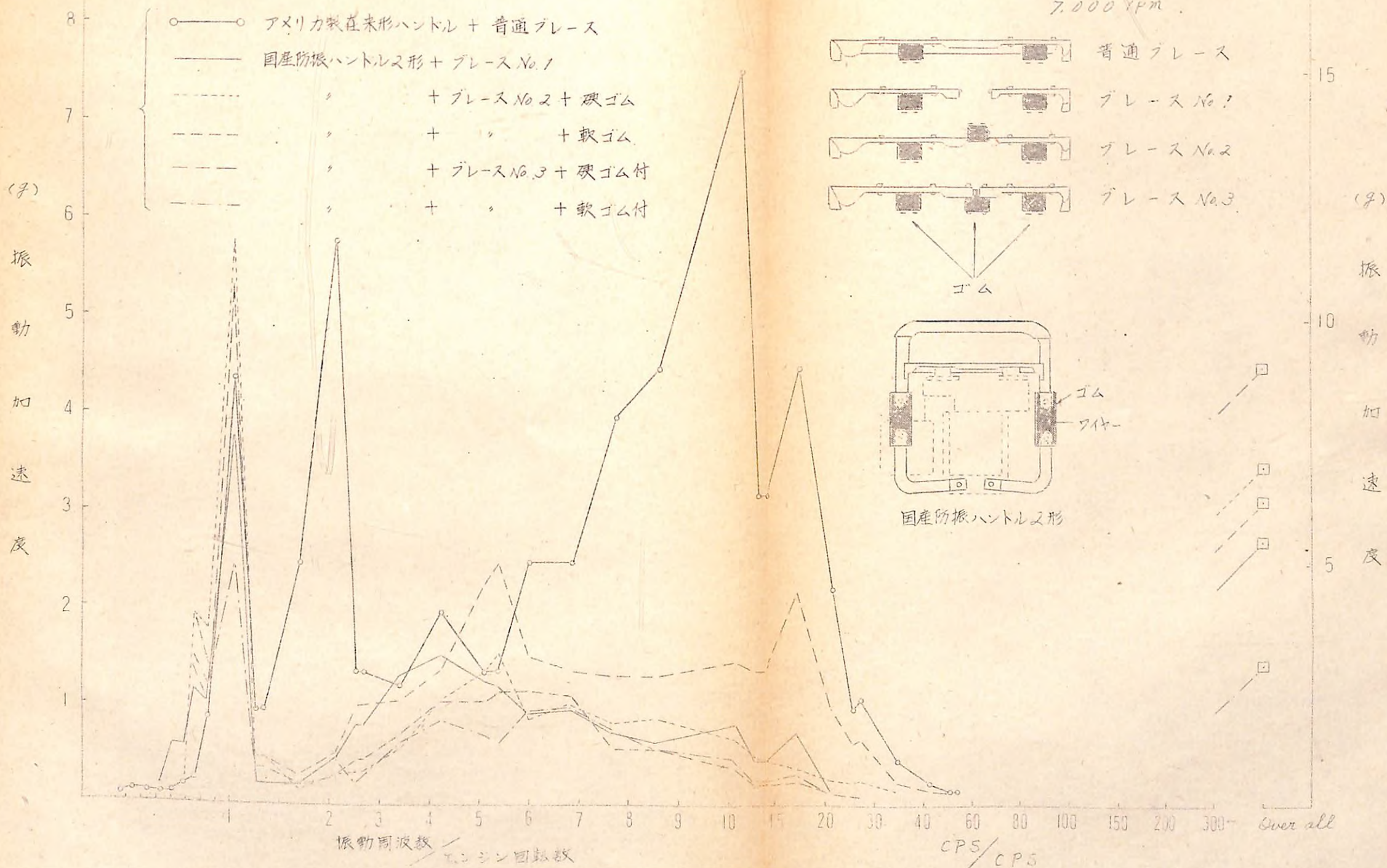
前後



図-9 全周ハンドルのブレースによる振動の伝播

87 CC. 上下方向(ピストン直角)

7,000 RPM



2 チェンソー作業の実態

作業科作業第1研究室

(辻 隆道・渡部庄三郎)
石井邦彦

はじめに

機械改良によって幾分なりとも防振が出来たとしても、それを使用する作業員の機械取扱い方如何によっては折角の振動防止の効果も薄らぎ、意味がなくなる。また使用する作業の姿勢、動作によって受ける振動も異なるといわれている。我々の研究室においては、主に使用者の面から人間工学的な手法によって防振対策の検討を始めた。先に使用実態、特に機械整備についてはその実態を分析し、「ソーチェン目立要領」を作り、現地において作業員の講習に、また再教育に役立っている。

引続きチェンソー作業について人間工学的な検討を行ない、資料としては未だ不十分な点も多々あるが、次にまとめて報告する。

作業員の体格、機能について

チェーンソーが外国で製作されたものであり、導入当初は重量の点で日本人には無理ではないかなど論議が出され、その後も現場においては一時的ではあったが高馬力のチェーンソーの要望も多く、重量増加の傾向が見られたが、現在では小型、軽量のチェーンソーが多く出廻り、特に全幹集材における盤台上の玉切り、枝払い作業、人工林の伐倒作業などは小型、軽量のものが要望され出した。

欧州においてもチェーンソーの重量は問題があったかは明らかではないが、重量に対する研究が見られる（重量については後述する）。その成果も発表されている。

ここで我々の現場における作業員が外国の作業員に比してどのような体格をもっているかを検討することは、今後の機械作業について一つの基礎となると考えられる。

我が国の林業作業者の体格に関する調査については、少し資料が古いが、1955年の石井の研究がある。林業労働者の体各部を測定し、工場労働者と比較して「林業労働者は長育が劣り、幅厚育とくに上体部の発達の顕著なことがみられ、しかし、その割には四肢周囲径は必ずしも良好とはいえない

機能的方面では肺活量や一時的筋力はすぐれているが、跳力や敏捷性を意味する瞬発反応は劣り、機能方面でも重筋労働の特徴を示している」と述べている。



山林労働者と工場労働者の体力比較（工場労働者に対する偏倚図）（石井原図）

石井の測定値とスエーデン人の林業労働者の測定値とを比べると表のごとくである。

山林労働者の体格、機能の比較

	日本人	スウェーデン人	スウェーデン/日本
身長 cm	157.3	175.0	1.10
体重 kg	54.7	65.3	1.19
胸囲 cm	87.9	106.8	1.22
上膊囲 cm	22.6	27.8	1.23
背筋力 kg	149.8	200.0	1.33
握力 kg	49.0	50.0	1.02
ベルベツフ指数	0.895	0.986	1.10

また大島によれば、米国人と日本人との比較において、

- 1 一般に米人の場合は日本人に比して長育に対する巾育の比が大きい。
- 2 米人の場合には身長に対する下肢長の比が日本人に比して大きい。
- 3 米人は日本人に比して一般に肥満傾向がみられる。
- 4 日本人は米人に比して一般に胴長の傾向にある。
- 5 日本人は一般に頭が大きい。

などがあげられているが、林業労働者について特に比較した

ものはないが、前表から見て体格的に差があることは明らかで、特に差が大きいのは胸囲、上膊囲であり、機能的には背筋力が特に大きく、握力はほぼ同じである。

特に上膊囲、ベルベツフ指数は栄養状態の良否判定の目安によく使われるのであるが、何れも10%以上の差があり、上膊囲では20%以上もの差があることは栄養的にもすくれているといえよう。

Strehlke は第7回世界林業大会の席上、「標準的な食事のカロリーと食物の基礎的要素が不足している国々では作業能率がいちじるしく低下する」とのべているが、我が国ではこれ程でもあるまいが一応栄養摂取について比較して見ると表のごとくである。

1人/日当りカロリー摂取量 (Statistical year book 1952)

	1934~ 1938	1946~ 1947	1947~ 1948	1948~ 1949	1949~ 1950	1950~ 1951	1960 計画
日本	2180	1600	1680	2050	2097	2098	2210
西ドイツ	3070	-	-	2540	2700	2810	2690
スウェーデン	3120	3190	3000	3030	3210	3240	3120
アメリカ	3150	3340	3340	3140	3170	3210	3110

1人1日当り栄養摂取量 (Statistical year book 1952)

区 分		蛋 白 質		脂 肪 (g)	含水炭素 (g)
		総重(g)	動物性		
日 本	1934 ~ 38	72.7	12.0	24.5	429.7
	1946 ~ 47	50.1	10.5	12.8	321.6
	1949 ~ 50	65.0	14.0	16.0	423.0
ド イ ツ	1934 ~ 38	80.4	37.3	111.4	399.0
	1946 ~ 47	67.6	23.2	38.9	328.0
	1949 ~ 50 (西ドイツ)	78.0	30.0		
ス エー デ ン	1934 ~ 38	97.5	61.6	116.6	430.9
	1946 ~ 47	104.1	59.9	115.1	433.2
	1949 ~ 50	93.0	58.0		
ア メ リ カ	1934 ~ 38	88.2	49.7	126.9	414.3
	1946 ~ 47	101.9	62.8	137.3	423.4
	1949 ~ 50	95.0	60.3		

この表は国民平均であるが、ドイツの Kaminsky の調査においても我が国の高木の調査においても、林業労働者の栄養摂取量は一般国民平均より多いということである。この表の

比較については、林業労働の中でも特に作業強度の強い伐木造材作業を取り上げた場合では最低の摂取量ぐらゐに考えても良いのではないかと考え、あえて比較のためにのせたものである。

表から見ても摂取量およびその内容も差があることが知れる。資料は古いが、作業中の消費カロリーについて比較しても我が国の作業員に比べて多くなっていることが知れる。これらは基礎代謝量について見ると、ドイツ人の平均体格者で1日 1,700 cal. 日本人の平均体格者で 1,400 cal. となっており、差は 300 cal. 位ではあるが、それだけに消費カロリーも多くなることは当然かも知れない。それ故に摂取カロリーも多く、日本人とドイツ人では 700 cal. スウェーデン人では 1,100 cal. と大きな差がある。

林業労働における1日のエネルギー消費量

発表者	作業内容	1時間のエネルギー消費 (Kcal/min)	1日の全エネルギー消費 (Kcal/24h)
Lundgren, Zotterman (1943)	伐木造材全作業		5700
Legendecker (1943)	伐倒作業	2500(480分)	
Gläser (1954)	伐木造材全作業	2100~ 3000(480分)	
Irmscher (1955)	"	1200~ 2500(480分)	
楠 (1956)	"		3600~ 4000
Cermak (1958)	"	2560(480分)	
Zelesky, Kozak (1959)	"	1200~ 2300(480分)	
Streef, Gerritsen, Bol (1959)	"	3200(480分)	5500
Van Loon (1964)	"	3200(540分)	5600

チェーンソーの重量について

我が国の伐木造材手が体格、機能、栄養などの面で外国人と異なる点は先にのべたごとくで、この差異は毎日の作業において一番大きく影響することはチェーンソーを持ち歩行、あるいは保持して作業するに当たってのチェーンソーの重量である。

う。

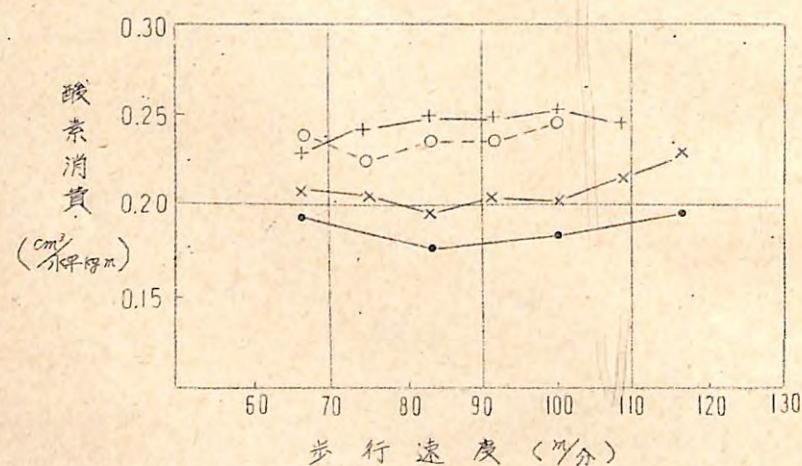
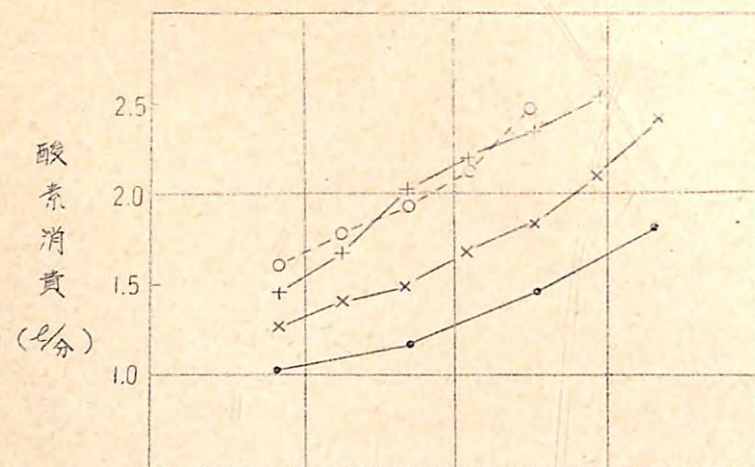
チェーンソーの重量について我が国では見るべき研究もないが、欧州においては早くから研究されておいた。

スエーデンの Sundberg はチェーンソーの重量を 11 kg, 15.8 kg, 19.5 kg の3種類と、チェーンソーを持たないときの歩行速度と酸素消費量との関係を室内の歩行盤上で行なった。

その結果は図のごとくで、同一酸素消費量(毎分2.2ℓ)の場合の歩行速度は、次のようである。

	m/分	%
無負荷歩行	130 ~ 135	100
11kgチェーンソー片手持歩行	111	84
15.8kg "	93	70
19.5kgチェーンソー両手持歩行	93	70

生理学的な能率から見ると、チェーンソー重量が増すにつれて悪くなる傾向にある。なお結氷上、雪積上についても行ない、その結論として「2つの重いチェーンソーを手く運搬することは活動的な見地から不経済であるのみならず、また指や腕や手背の静筋肉を緊張させるために非常に過労の結果とな



酸素消費と歩行速度の関係 (Sundberg 原図)

- 無負荷
- × 11kg チェンソー (片手)
- + 15.8kg チェンソー (片手)
- 19.5kg チェンソー (両手)

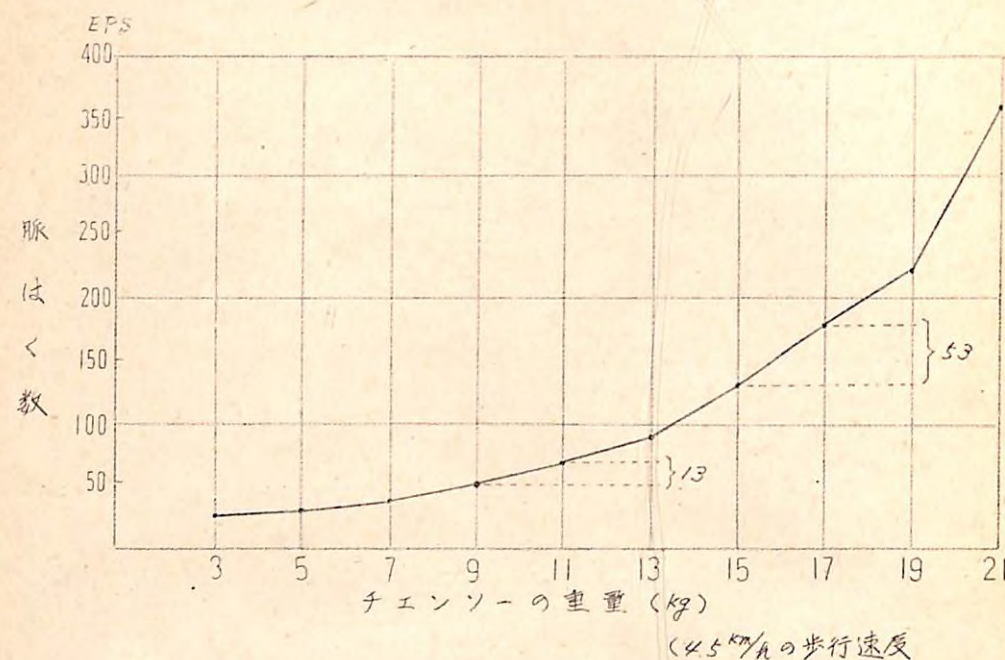
る」そこでチェンソー移動用として肩から吊す簡単な帯をつくり、それを使用するの歩行では酸素消費量が約20%少なくなった。

実験中の水平・kg・m 当りの酸素消費量 (cm³) を示すと表のごとくで、無負荷歩行と比較して 11.0kg, 15.8kg, 19.5kg のチェンソー運搬で、手によって運ぶときは、酸素消費量の増加率では 11%, 35%, 30% に達したが、重いチェンソーを肩から吊す帯を使用することによる増加率は4%にすぎなかった。この増加率は重い機械を保持したときの「特有な緊張」の簡単な指数と見なすことが出来る。

チェンソー重量	歩行の種類	酸素消費量 cm³/kg·m	無負荷よりの 増加率 %
—	無負荷歩行	0.176	—
11.0	片手での持歩行	0.196	11
15.8	片手での持歩行	0.237	35
19.5	両手での持歩行	0.228	30
19.5	肩より吊っての歩行	0.183	4

なおドイツの Kaminsky の 1965 年の調査では、伐木造材作業がチェンソーを使用することによって手据と比較して労働負荷は少なくなったが、チェンソーの重量物を持った歩行において労働負荷が多くなった。なおかつ時間分析では歩行が多くを占めるので、それだけ歩行の合理化が必要である

ことを強調し、チェーンソーの重量と歩行との関係を求めた。



チェーンソーの重量と脈はく数 (Kaminsky 原図)

図から見ても明らかなごとく、チェーンソーの重量が9kgから11kgに増すと脈はく数で13の増加が見られるが、これが15kgから17kgと同じ2kgの増加ではあるが脈はく数で53の増加となり、1日の作業から見るとチェーンソーの運搬エネルギーの占める比率が非常にちがってくるので、チェーンソーの重量を軽減する必要性をのべており、ドイツ人でも11～13kg以上のチェーンソーでは、労働負担の面から見ても1日の作業を考えた場合には問題があることを述べている。

今、ドイツにおける脈はく数による労働等級の分類を示すと表のごとくである。参考までに我が国の労働分類及び脈はく増加率が5の推定R.M.R.について併記しておく。

ド イ ツ			日 本	
脈はく数	増加率 %	労働分類	労働分類	R. M. R.*
75以下	100	たいへん低い	極 軽	～ 2.5
75～100	100～133	低 い	軽	2.5～4.8
100～125	133～167	適当である	中 等	4.8～6.8
125～150	167～200	高 い	強	6.8～10.0
150～175	200～233	たいへん高い	重	10.0～12.0
175以上	233～	極度に高い	激	12.0～

* 脈はく数の増加率よりR.M.R.を推定したので、R.M.R.を基準とした労働分類とに差がある。

我々の調査では肩から吊る刈払機作業について脈はく増加および作業量から見て日本人としての刈払機重量を13kgとしているが、スウェーデンの調査ではチェーンソーを肩から吊ることによって消費カロリーで20%少なくなっており、またドイツ人の労働状態から見てもチェーンソーは13kg以下が望ましいとしているのである。これらのことから見ると、日本

人が肩から吊って 13kg のものが作業するに望ましい限界であるならば、これと同じ労働負担をもつて片手あるいは両手で持ち歩行したり作業するには、 $13\text{kg} \times 0.8 = 10.4\text{kg}$ が今までの調査結果から見て、チェーンソーとしての一応妥当な重量かともいえよう。

しかし、ドイツ人、スウェーデン人と日本人との体格、機能の差は先に述べた通りで、特にドイツ人と日本人との基礎代謝量の比を見ると 1700 cal. と 1400 cal. で、約 80% となっている。

この辺を考慮に入れると、日本人においては $10.4\text{kg} \times 0.8 = 8.3\text{kg}$ がチェーンソーとして許容出来る重量ではないかと考える。先のスウェーデンの研究においても「スウェーデンの森林は樹の直径がむしろ小さいのが多い。このような条件で、若し重さが軽いチェーンソーの操作が少ない労力でなされると想定されるならば、小型で低馬力エンジンのチェーンソーがよく、従って造材時間は若干増加することを容認しなければならない」と述べており、この研究では 11kg のチェーンソーも調査対象となっていたことから考えても、我々の使用するチェーンソーが小型で軽いのが、特に人工林の伐倒、玉切が多く

なりつつあり、また全幹集材における盤台上での玉切、枝払いが多くなりつつある状態では、上述の点もうなづけることであらう。

我が国のこのようなチェーンソーの使用状況から見ると、森林はチェーンソーのエネルギー代謝率 ($R.M.R.$) 測定において、チェーンソーの $R.M.R.$ は、

$$Y = 2011.2V + 2031.73G + 0.52237W - 5.54857$$

$$Y = R.M.R.$$

$$V = \text{切削速度 (cm/分)}$$

$$G = \text{足場の傾斜}$$

$$W = \text{チェーンソーの重量 (kg)}$$

なる式を求め、「この重回帰方程式は $R.M.R.$ の推定のみならず、 $R.M.R.$ を一つの指数と考えれば、正式より推定された数値は作業者のチェーンソーを使用する場合の効率とチェーンソー自体の効率が一緒になってあらわれた効率を示す数値として、チェーンソーの機械的、人為的に結合された優劣を見当づける指数ともなる。よって Y 値の少ないほど機械的、人為的に優ることをあらわす」と述べており、さらに切削速度の速いものよりも、チェーンソーの重量の軽い方が総合的な効果と

しくは長く、重量の軽いほどY値の推定値が低い結果となり、切削速度にはあまり影響されておらないようである」と述べている。

以上のことから、現実に使っているチェーンソーについて重回帰方程式によりY値を求め、同一の排気量でバーの長さを異にした場合のY値がどの程度の違いがあるかを見ると、表のごとくである。

バー長の違いによるY値の表

バー長(m)		18	24	24	24	24	26	26	26	26	26	31
重	バー	1.60	2.05	2.05	2.05	2.05	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.73
重	チェーン	0.45	0.54	0.54	0.54	0.54	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.85
重	本機	9.0	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	11.3	11.3	9.5
(kg)	計	11.1	12.1	12.1	12.1	12.4	12.4	12.4	12.4	14.2	14.2	12.9
能	率	112.4	94.3	57.6	75.0	61.0	57.9	60.4	53.4	67.1	67.8	63.3
傾	斜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y	値	1.57	1.82	1.41	1.61	1.45	1.57	1.60	1.52	2.61	2.62	2.12
機	種	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC
		1-53	1-72	1-72	300	1-72	1-72	1-72	300	1-82	1-82	380

同じ排気量のチェーンソーでバーが長くなるとその分だけ重

量が重くなりY値は増加する傾向にあり、13kgを超えるとその増加も顕著である。また同じ排気量で同一切断径を切断するとき能率は変わらないと仮定し、重量別にY値を求めると次表の通りで、これらの関係が一層明らかとなり、前述したことと一致する。

同一排気量で同一能率とした場合の重量変化によるY値

重	重	11.1	12.1	12.4	12.9	14.2
能	率	80	80	80	80	80
傾	斜	0	0	0	0	0
Y	値	1.13	1.56	1.71	2.08	2.75

次に求められたY値を用いて、実際の伐木作業に消費されるカロリーの計算をしてみると次表の通りでY値は作業地

重量の違いによる消費カロリーの増加

作業名	作業時間	重 量				
		11.1 ^{kg}	12.1 ^{kg}	12.4 ^{kg}	12.9 ^{kg}	14.2 ^{kg}
伐倒	44.67	103.1	126.5	128.7	145.0	175.1
玉切	81.30	187.5	230.1	234.2	264.0	318.1
枝払	49.59	114.3	140.4	142.8	160.9	194.4
計	176.06	404.9	497.0	505.7	569.9	688.2
増加率		100	122.6	124.7	140.8	170.0

の状態また伐倒・玉切のように材を支えとして切る場合と、枝切のように歩行作業の場合などによって違ってくるが、重量差の比較の意味でそのまま用いることにした）、即ち 11kg を 100 とした場合、3kg も重くなると消費カロリーは 70% も増加することになる。同一径を切断するのに重量の重いチェーンソーでの作業は、カロリーがよけい消費されるだけ大きな損失といえる。

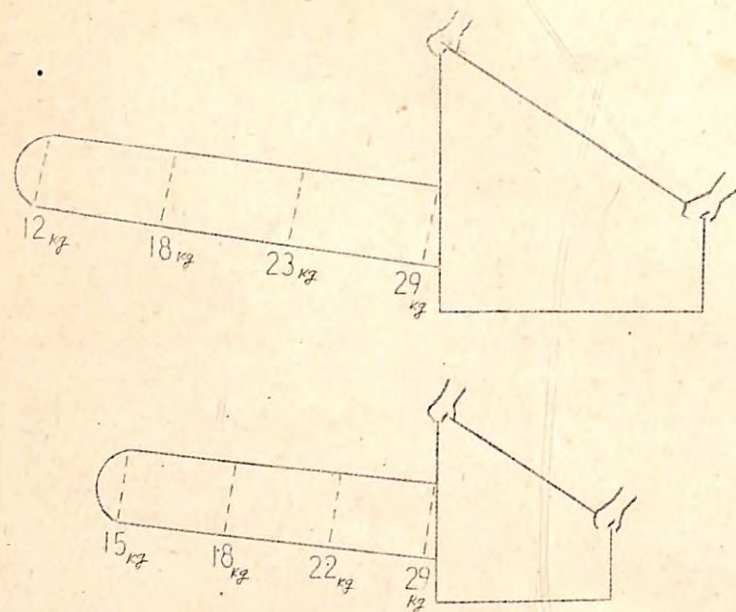
チェーンソーの重心と握り

チェーンソーの重量とともに、その重心の位置が非常に大切である。FAO の資料においても防振対策の一部として“ハンドルがチェーンソーの重心に接続するようにフレームの補強を行なう”としており、重心の位置如何によっては振動も多くなり、なおかつチェーンソー操作の良否に影響する所が多い。石崎は切断に当って「なるべく重心に近い所を持つこと」を推奨している。即ち、重心を持つことによって手首に力を入れずに済み、従ってハンドルを指で強く握らなくても支持出来るので、振動の面からも良い。

Kaminsky は「チェーンソー切断時におけるエネルギー的負

荷の観点からは、エンジンの出力に応じたバーの配置と重量分布が大切であり、作業技術は常に不必要な静的保持の仕事（チェーンソーを保持するためのエネルギー……筆者注）を軽減する。なお、振動作用の観点からチェーンソーの重心位置の偏差が、この場合には消費された静的な力に有利な作用をさせることになり、また回転数の制限が加速度を小さくしていることになる」としている。また Priest は“同じ圧着力でも切削速度に個人差がある”と述べているが、多分に作業姿勢および個人技術の差が影響するかも知れないが、圧着力がどの程度出せるものかは、ハンドルとグリップとの関係位置からくる重心の問題、あるいは握りの太さの問題などが含まれている。我々の所でこの圧着力について測定した結果は次回のごとくで、機械の大小、即ち左右の握り間隔の大小と重量とは余り関係はなく、それぞれ同じ程度に圧着力が得られるように設計されているものと考えられる。

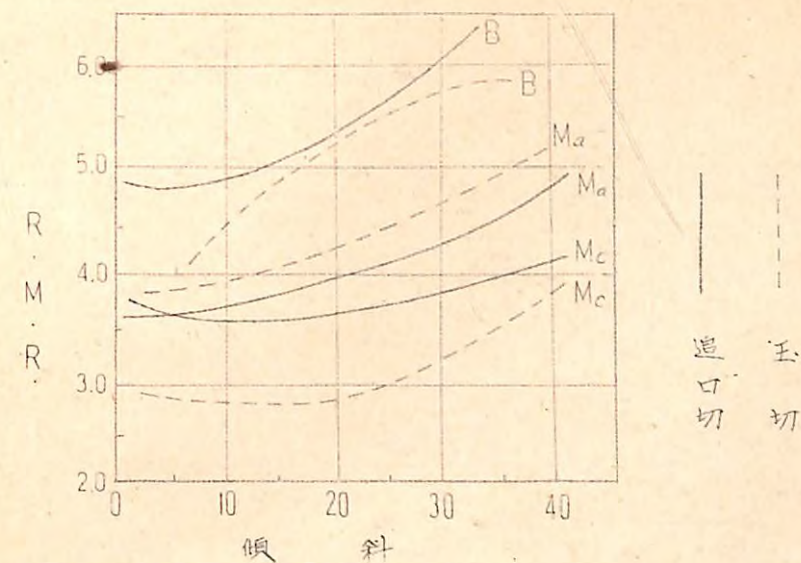
図は正常なチェーンソーの構え方であるが、チェーンソーは玉切、伐倒、枝払いによってその方向、構え方が異なり、これらの場合にはそれぞれ重心位置が変化してくることがある。



チェーンソーの圧着力の分布
(上下とも縮尺は同じ) (辻原図)

我々の R.M.R の測定においても、Kaminsky と同じようなことが明らかとなっている。即ち玉切りおよび伐倒作業においては同じ機械でもチェーンソーの保持する箇所が異なり、その折の R.M.R を測定して見ると次図のごとくで、それぞれ異なった値が得られる。追口切り、玉切りの R.M.R. の曲線が同じようであれば、バランスの良くとれた機械といえよう。欲をいえば、同一線上に一致することがチェーンソーとしては望ましい機械であるといえよう。

重心の位置が良くても、手で握る所の太さによって作業中

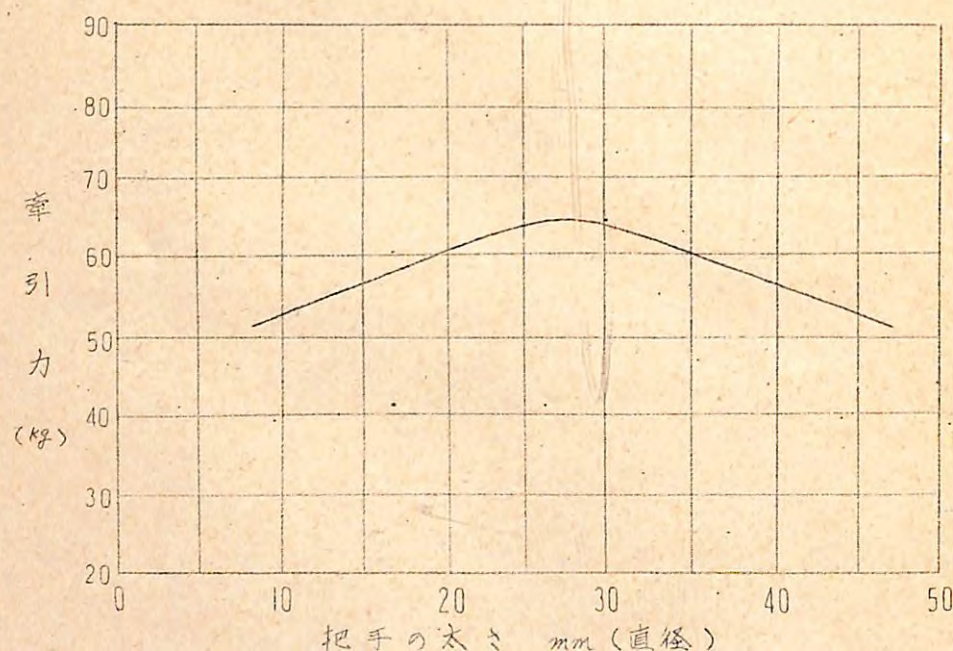


チェーンソーによる切断の R.M.R. と傾斜 (辻原図)

の力の入り方が異なってくるのである。例えば握りが細ければ、皮膚の一局部に疼痛を感じ、それが障害となり、また握りが太ければ握っている手から外れることになり、いよいよ力を入れてしっかりと握らなければならない。力を入れて握ることは振動面からも思わしくない。

今回の調査において、現地では防振ハンドルについて太すぎる、細すぎると色々と声があり、機種によって防振ハンドルの構造が異なり、特にハンドルに巻付けたゴムの厚さ、材質がまちまちでもあり、多くの苦情が出たものと考えられる。大島が日本人の握りとしての太さの研究において、28mm 径

が最も具合が良いのではないかとしるが、日本人の平均体格に比べると伐木造材手は幾分劣っているようであるので、28mm径より幾分細い所が妥当な握りといえよう。現地調査でも実際に握り良いものとしては25mm径であったが、我々のチェーンソーの握りとして25~28mm径が一つの基準として妥当な太さであろう。



把手の太さと牽引力との関係(大島原図)

チェーンソー作業の姿勢について

チェーンソーによる作業は、ほとんどが立位か歩行をともな

う作業であり、なおかつ重量のあるチェーンソーを持った作業といえる。

このような作業についての人間工学的な点検、改善のポイントとしての事項について記すと、次のごとくである。

- 出来るだけ体軸に近くもつてくること。
- 左右ほぼ同じ重量に配分してもつこと。
- もっと負担の少ない運搬方法を採用すること。
- 履物と地面との摩擦係数が関係する。
- /日の平均歩行距離
- 平均の/日の運搬回数
- 生体の平衡からくる条件
無理な姿勢からくる筋肉の負担をなくす。
- 作業点と生体との関係
筋力を必要とする場合は距離を調節すること(高さおよび身体の作業点との距離について)
- 必要最少限度の筋肉にとどめること。
(筋力は生理学的横断面に比例する。)
- 大きな筋力を必要としない作業方法を考えること。
- 静的な持続的筋肉収縮ないし緊張のおこる部分のない

ようにすること。

なお、*Strehlke* は「森林における手作業の大部分は、大きなエネルギーを必要とし、長期の許容範囲を超えることがあるため、また重労働は全身の大きな疲労の原因となるため、次の原則を守ることによって肉体的労働を出来るだけ節減しなくてはならない。

a 工具を最大限に活用し、適切な保存を行なうこと。

b 不必要な歩行および動作をさけること。

c 出来るだけ手で物を持ち上げたり、運搬することを止めるか、または少なくする。

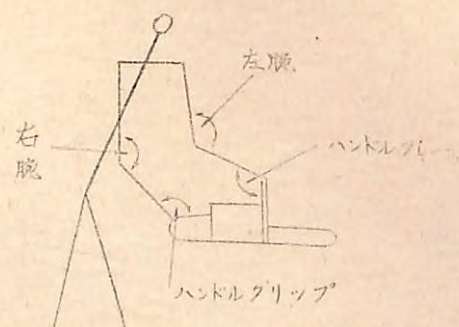
d 常に動作を律動的な流れの中に置き、身体でもっと強い筋肉を使って作業し、適切な作業動作、工具などによって静的作業およびかがんだ姿勢での作業を避けること。

以上のようなことを考慮しなければならないが、始めの運搬関係についてはチェーンソーの重量あるいは重心の項で述べたので、それ以下について述べる。

チェーンソーを使用する玉切作業中の体各部のなす角度についてその頻度を見ると表のごとくである。測定した部位は表下の図に示したごとくで、先づ右腕について上膊と下膊と

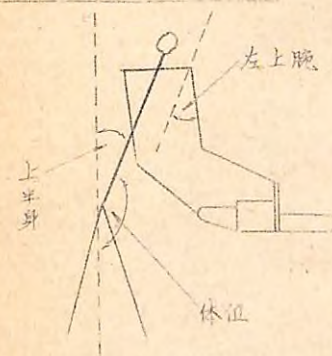
玉切作系における腕・握りの文え角度

角 度	右 腕	ハンドル グリップ	左 腕	ハンドル フレーム
55	1.14%	%	%	%
60				
65	2.30			
70	1.15			
75	2.30			
80		0.61		1.96
85		0.61		0.39
90	6.90	3.07	0.88	4.70
95	3.45	2.45		1.57
100	2.30	3.68		2.36
105	4.89	4.91	0.88	1.96
110	5.75	17.79		5.88
115	4.60	8.59		1.96
120	3.44	20.25	2.65	7.84
125	8.05	3.68		5.49
130	5.75	11.66	1.77	13.34
135	6.89	3.68	3.54	10.58
140	8.05	6.13	1.77	20.79
145	6.90	0.62	4.42	4.31
150	4.59	3.68	3.54	6.67
155	4.60	1.84	1.77	2.35
160	5.75	1.84	2.66	3.92
165	3.45	1.22	1.77	1.57
170	3.45	1.23	10.62	0.79
175	1.15		7.08	0.78
180	1.15	2.46	56.65	0.79



玉切作系における腕・体位の角度

角 度	体 位	上半身	左上腕	角 度	体 位	上半身	左上腕
0	%	18.80%	4.83%	130	2.75%	%	1.94%
5		4.59	0.96	135	5.51		
10		1.83	1.45	140	4.59		
15		4.13	1.93	145	8.26		
20		7.80	3.39	150	4.59		
25		2.75	1.44	155	8.26		
30		9.64	6.77	160	7.34		
35		5.50	5.31	165	7.34		
40		12.84	9.18	170	11.01		
45		3.22	4.35	175	11.93		
50		5.50	5.31	180	10.09		
55		1.38	1.93	185	3.67		
60		4.58	7.25	190	2.75		
65		1.38	2.90				
70		4.13	9.18				
75		0.92	1.93				
80		4.58	4.35				
85		1.84	1.93				
90	0.91	4.59	10.15				
95	0.91		2.41				
100	0.91		3.87				
105			0.48				
110	1.84		2.90				
115	1.84		2.90				
120	0.91		0.96				
125	4.59						



のなす角、およびハンドルブリップと下脗とのなす角、同じく左腕についても測定した。

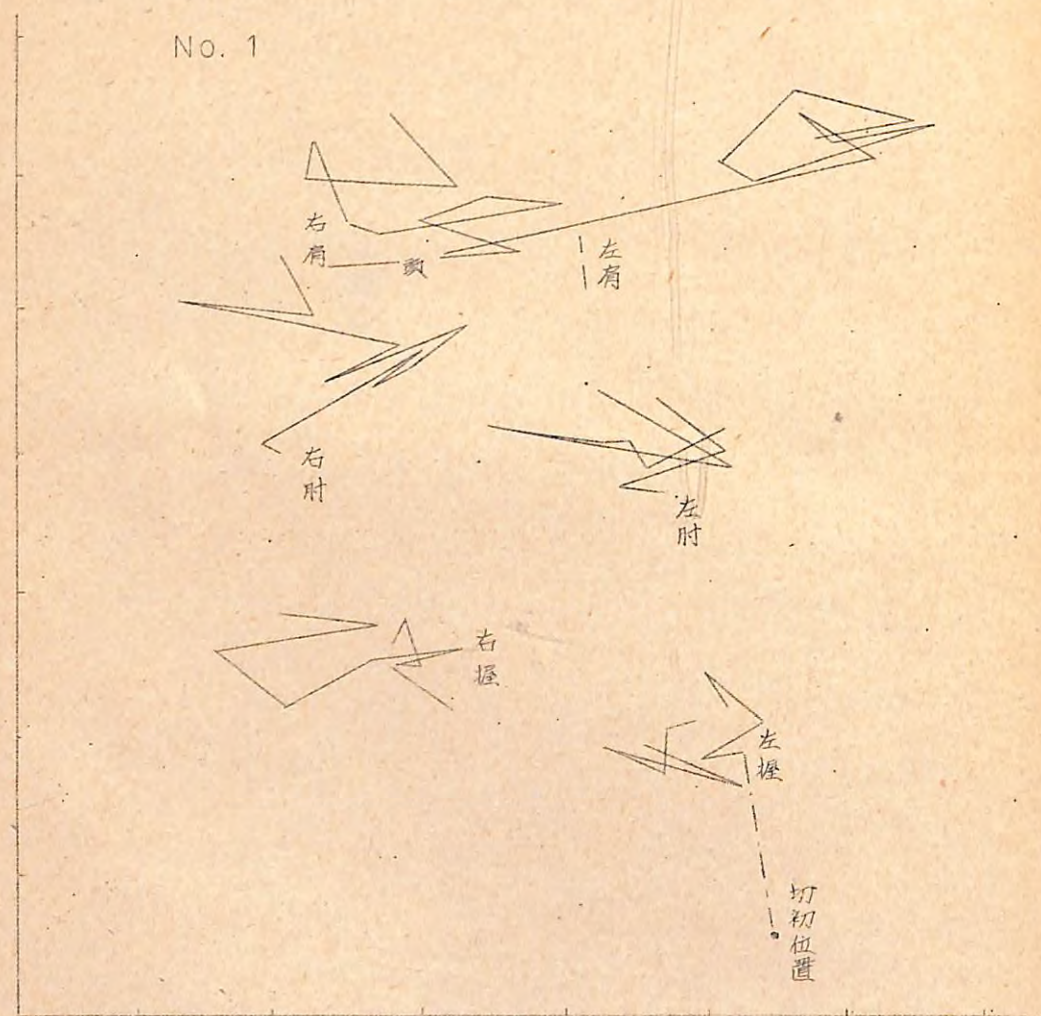
上半身については垂直姿勢（直立した状態から見て）から作業中に前屈した角度、上半身と下半身とのなす角度、および右上脗と上半身体軸とのなす角度についてそれぞれ測定した。

右腕の角度としては $125 \sim 160$ 度位が多く、ブリップの握りでは $110 \sim 130$ 度の辺りとなっている。これらの構えからハンドルフレームの方は腕を真すく伸した状態が多い。フレームとの角度では 135 度前後である。体位としては 175 度前後で上半身が直立か、 40 度前後が多いことになる。なお左手は体軸より 35 度前後、 60 度前後、 90 度前後になっているのが多い。

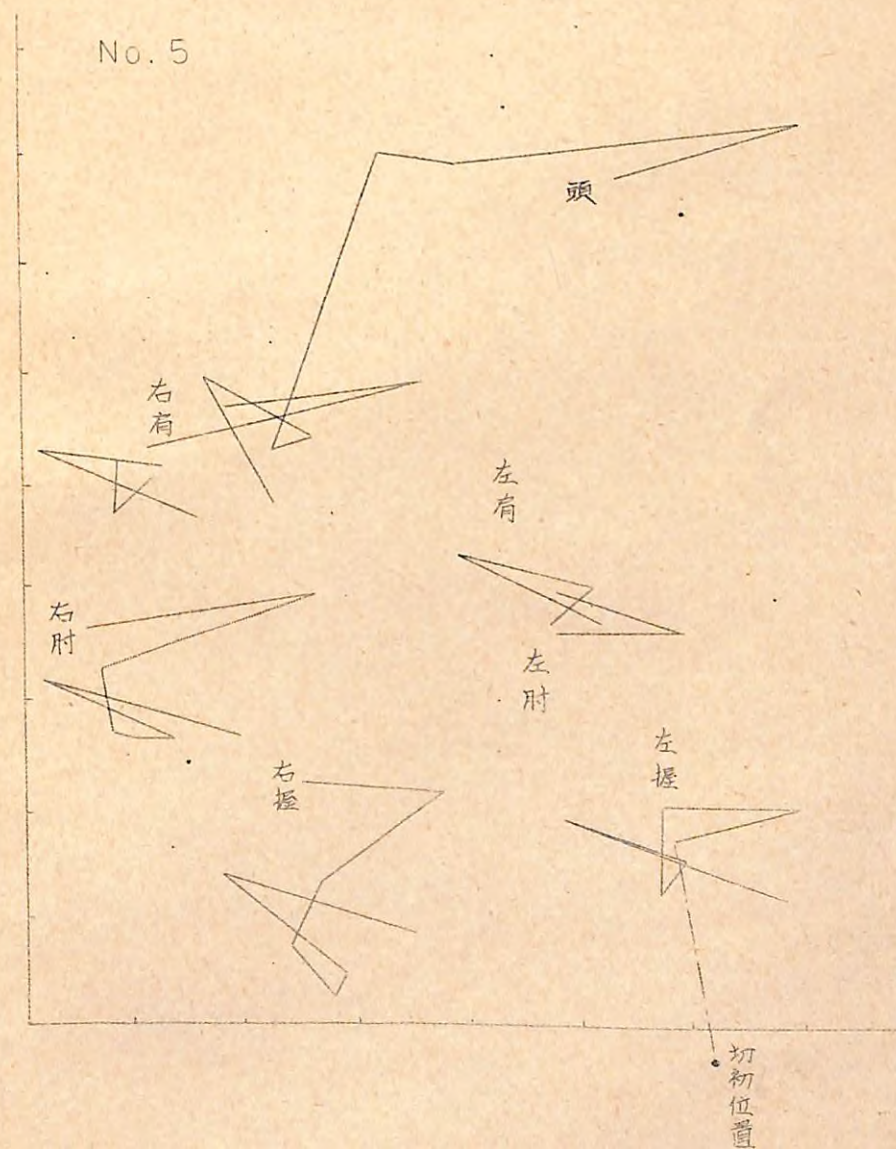
上腕の体軸からの角度とか、上半身の角度などにおいて非常に巾が広がっていることは、対象となる作業位置、即ち切断箇所の高さがまちまちであるという一つの林業現場における自然条件の複雑さを物語っているといえよう。

今、実際に切っている所の動作について頭頂、左右肩、左右肘、左右握の点について5秒間隔でその動きを見ると、図

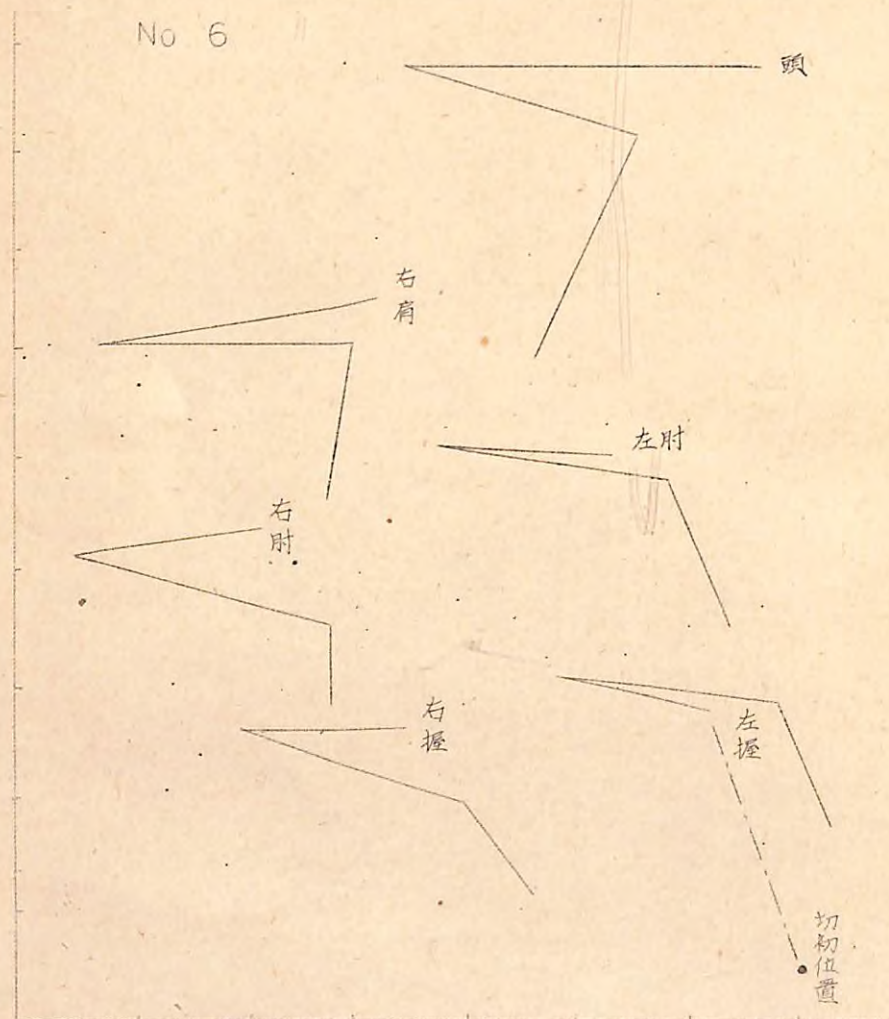
のごとくである。図中の切り初め位置は、作業姿勢をかまえてチェーンが材を切るときに一番先に接した位置を示している。この高低によつて体各部の動きは相當に異なっていることが知れる。



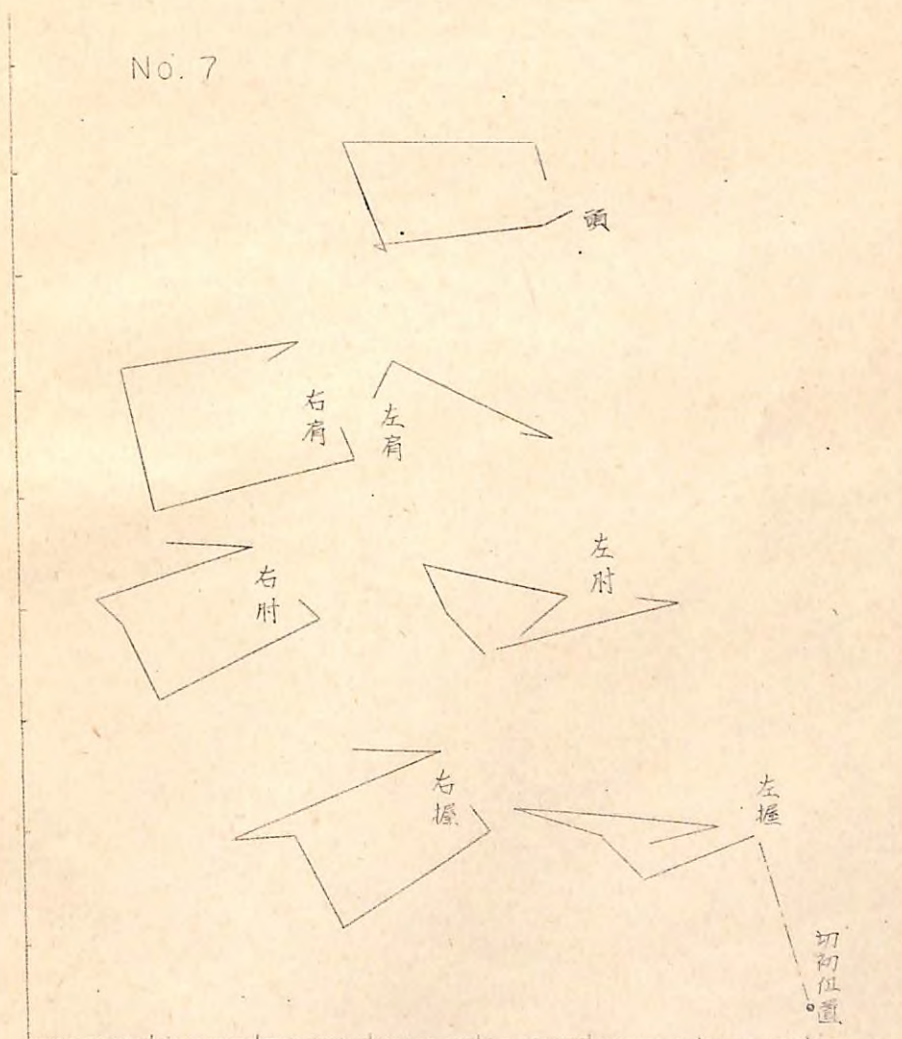
切断位置によつて体の重さも異なるが、これもまた作業員の技能如何によつて刻々の動きは変化している。同一の材を技能上、中、下の作業員に玉切りさせたときの動きを見てもそれぞれ体の動かし方も異なるし、またスパイクの使用など



も異なっている。即ち上の者はその動きから見ても無駄はなく、俗にいう「腰を入れる」という感じの動き方、具体的には切断ヶ所に対してチェーンソーとともに腰を近づける

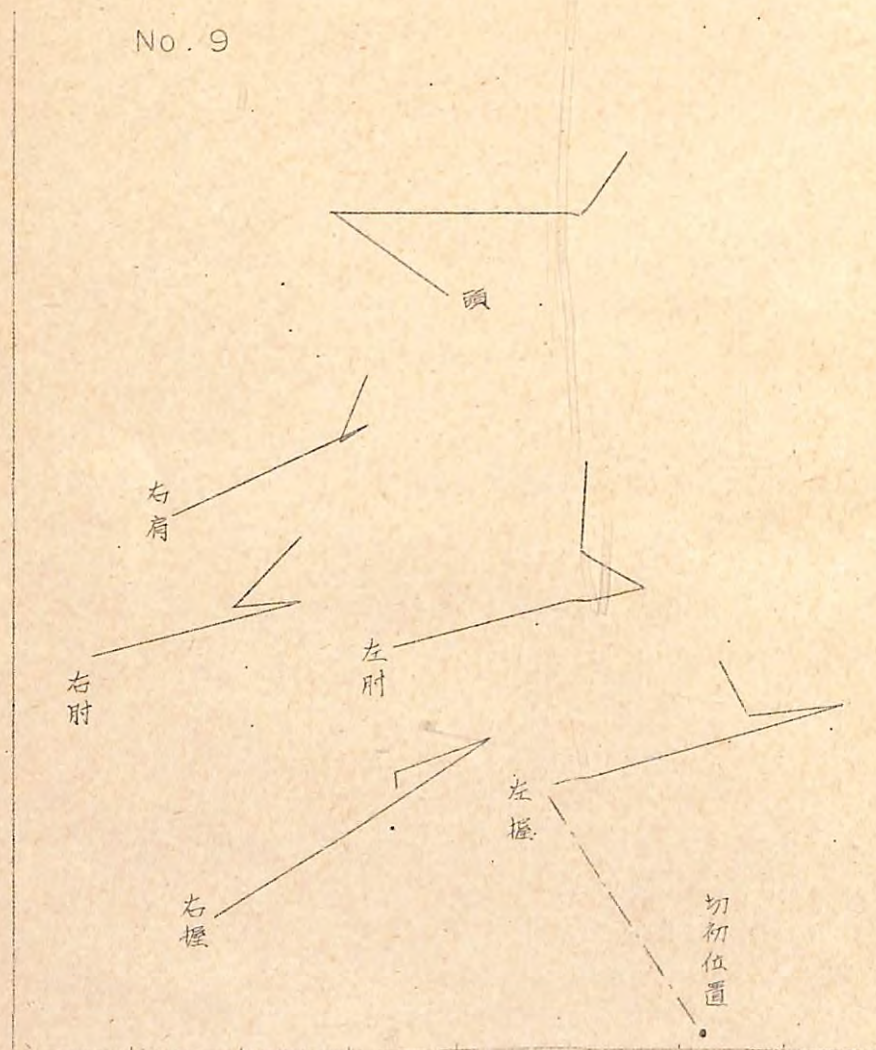


ようとする動きが見られる。これは、先に述べた「重量物をできるかぎり、体軸に近くもつこと」の注意事項を自然のうちに会得しているといえよう。それに比べて技能下の

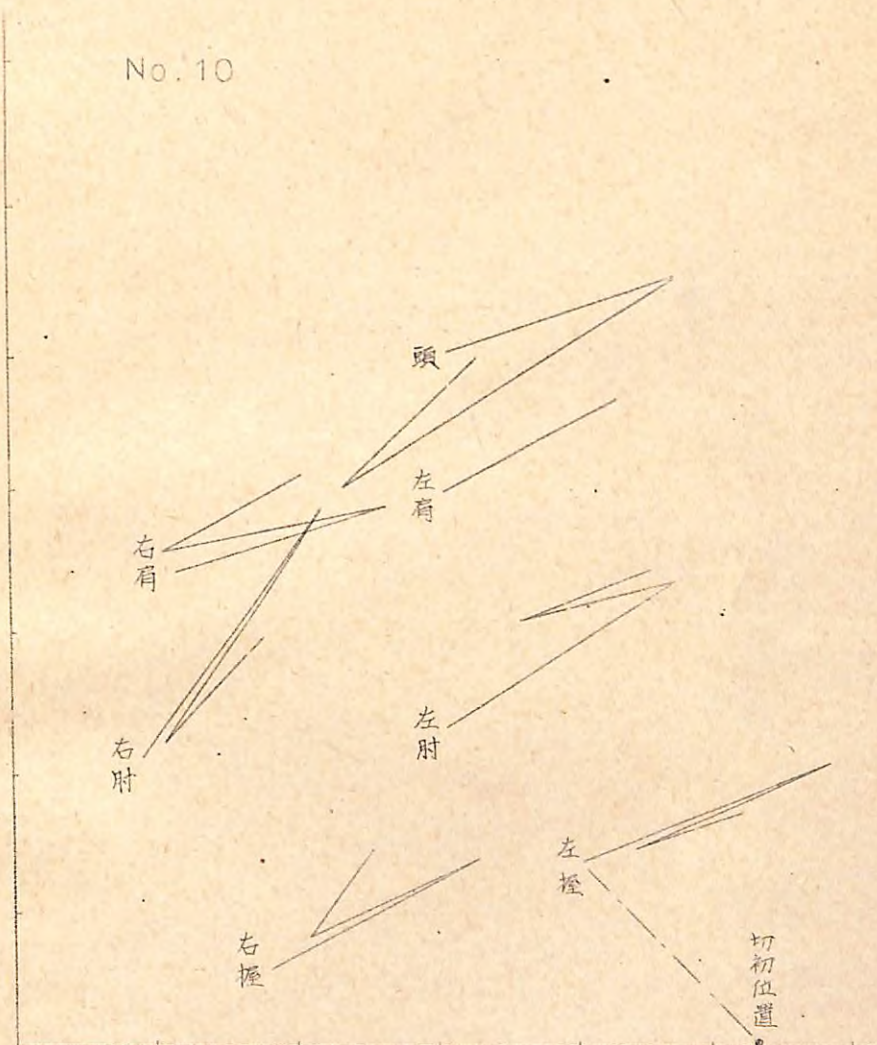


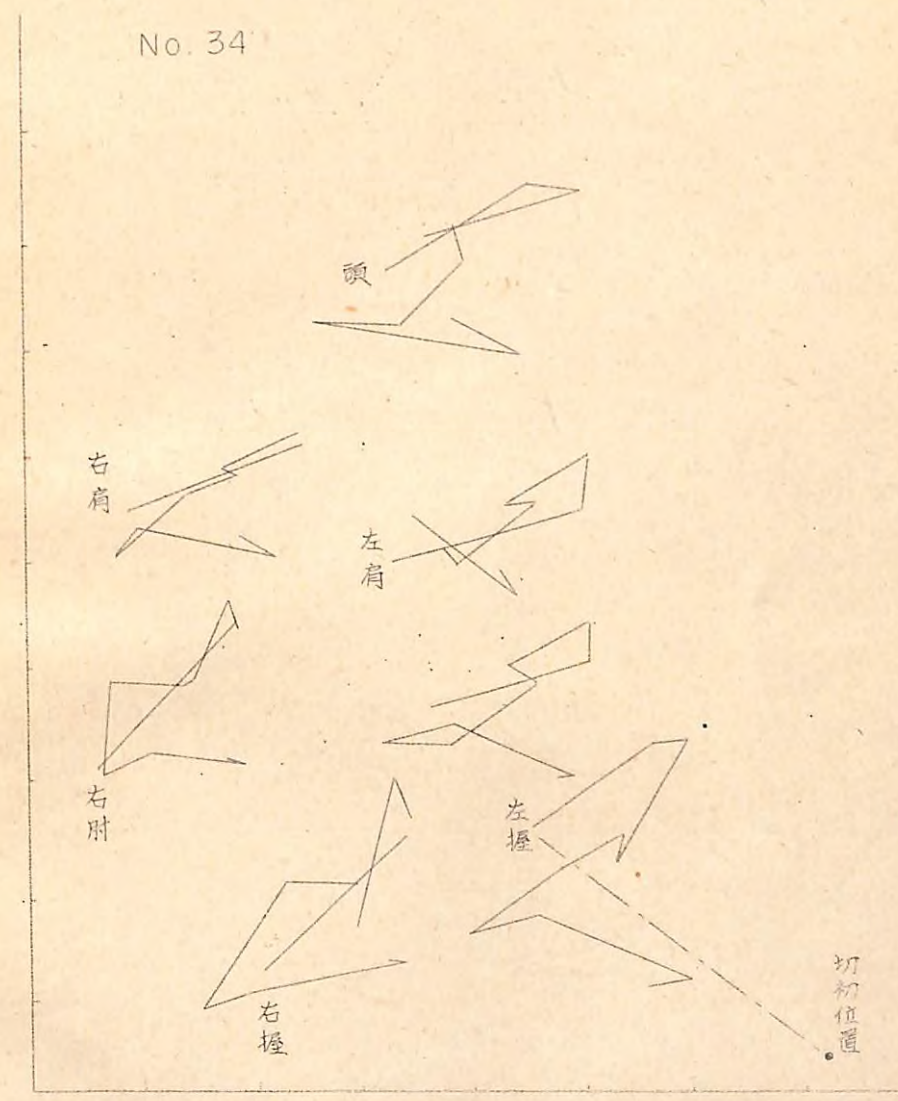
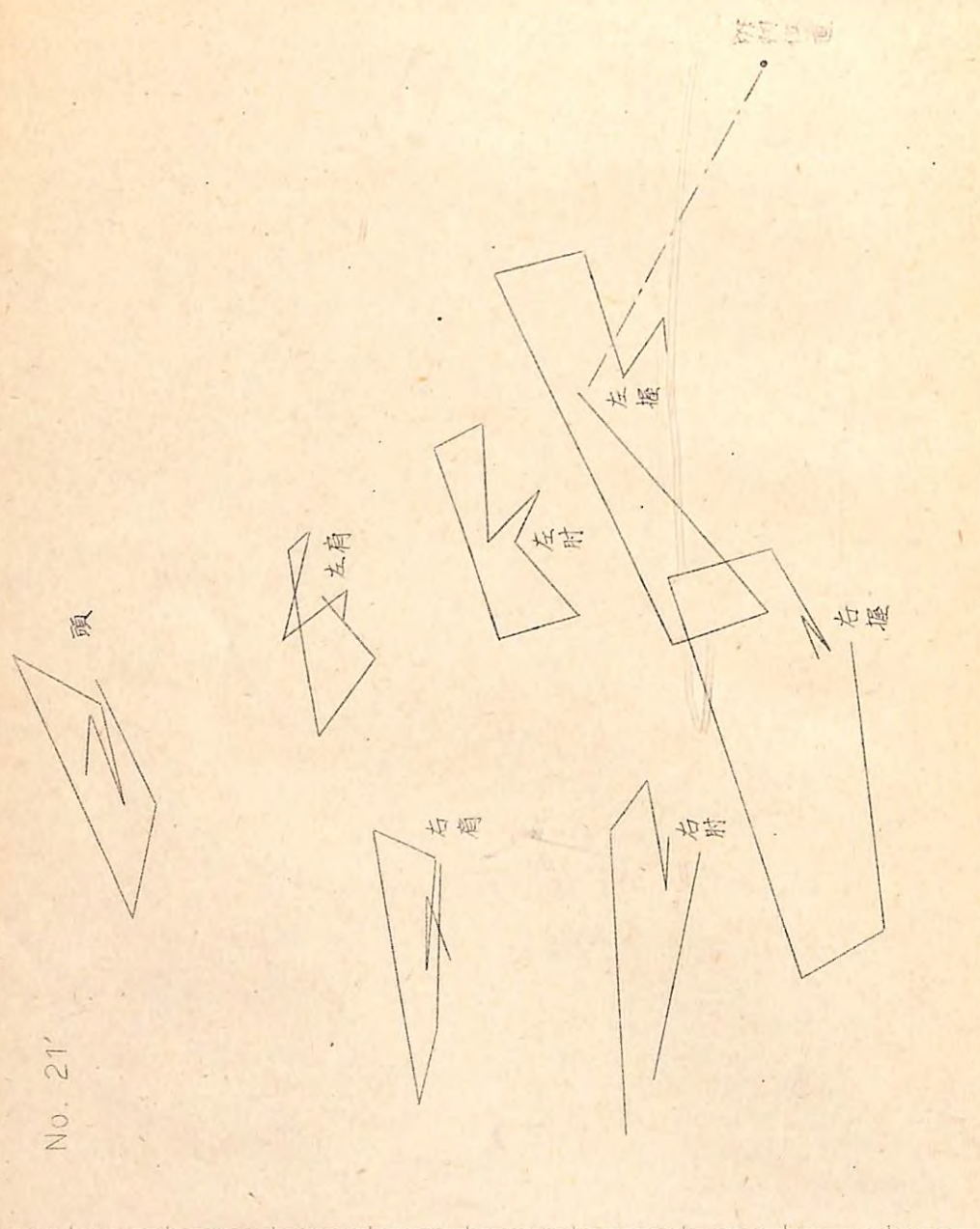
人は腰が切断ヶ所から遠さかるようになってくる。このことは、それだけ体位も深くなり、体各部の動きも大きく、いわゆる不自然な姿勢となる。

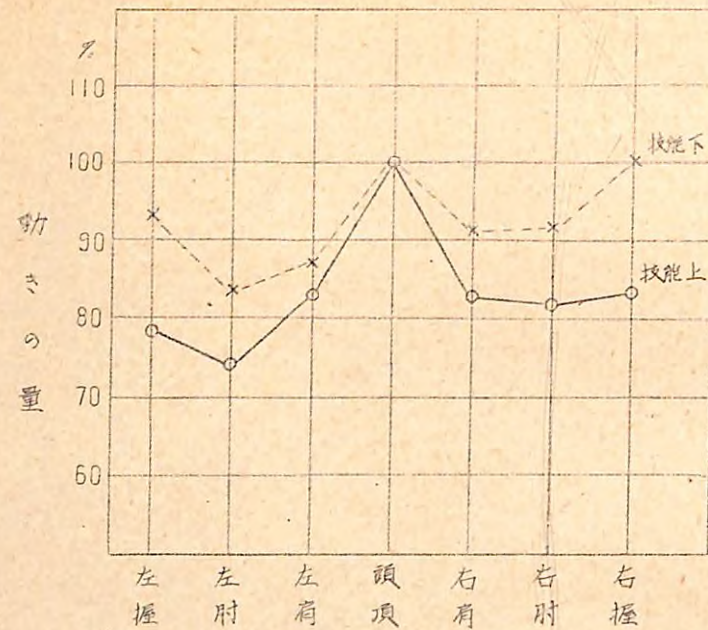
No. 9



No. 10





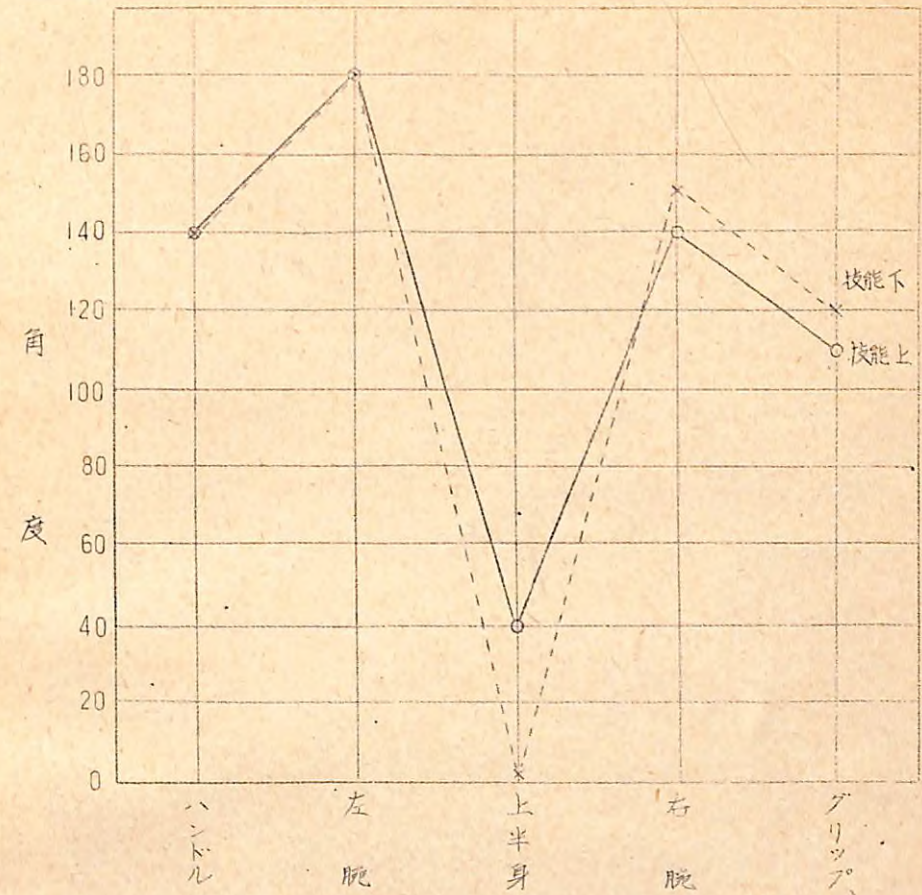


体各部の動き重 (辻原図)

(頭頂の動きを100%とした)

北村の研究によれば、下圧力は身体の周辺とくに肩峯点直下附近およびその前方の部位で大きい。以上の関係は、ことに作業面高が低い場合に著明であるとしておる。このことは体軸に近くチェーンソーをかまえることにもなり、また前表で見ると左上腕の角度が小さいほどよいことになる。

作業面の高さには相当影響があるようだが、この作業面について大勢は立位時の肘関節高は88~100 cmの間に分布しているようで、作業高もこの高さを中心にするのが望ましい。



体各部の角度 (辻原図)

また田中は両手で押下げる静的作業は、手が腰背の上端にある場合、力が最大であると報告している。何れの報告を見ても作業面の高さはほぼ同じであり、およそ90 cm位となるが、我々の所ではチェーンソーを使用しているので、その高さだけ低い所が最適な作業位置といえよう。

北村は作業面の高い場合は肘関節を強く曲げた位置の場

合 下圧力は大きいとしてすることからしても、右腕の角度が90度以下も往々にして見られることである。

作業時における姿勢の変動および腰の動揺振幅は作業面高の低いほど大きく、時間の経過とともに増大する傾向があるが、著しい個人差が認められるとしているが、これらについても前の図および技能上下の比較図からも明らかであろう。

直立し、肘関節を90～130度の範囲に曲げた姿勢は、腰の動揺振幅および振幅較差が小さく、長時間作業が可能であるが、股関節をまげて(130～150度)(短身者は肘関節を曲げ、長身者は股関節を曲げて調節が行なわれる可能性がある)、腕をのばしたく(130～170度)姿勢は腰痛を伴い、動揺振幅、振幅較差も大きく、この姿勢を要求する作業面高は不適当であるとしている。

チェーンソーの使用状況から見ると、肘関節が90～130度にあるのが右で47%、左で60%となっている。これから見るともっと切断位置に体を接近させるようにしてハンドルフレームの方に身を近づけるようにすべきであろう。

岡田によれば、振動の伝播が振動方向との角度によって非常に違うことを発表しておるが、これらから見るとグリップ

と手の握り、および下押との角度、またフレームとの関係も大切であろう。

肘部の振動伝播と振動方向

	手 背	肘部の振動方向となす角			
		0°	30°	60°	90°
伝達率	0.90	1.07	0.43	0.17	0.001

表のごとく、その角度によって伝播の状況が1/1000にでもなるが、チェーンソーの振動について見ると、エンジンが水平方向にあるものは水平方向の振動が縦方向の振動よりも大きくなっており、またこれが防振ハンドルを使用すると水平方向の振動は非常に良く吸収されるが、縦方向については時によっては普通ハンドルより多くなる場合もあるなどしている。このような状況から見ると、それぞれ130～150度位の角度で握ることが振動の面から見ても良い角度といえよう。そしてその振動を肘で受けて減衰が考えられるが、これなども腕を180度、即ち真直に保つよりは、幾分でも曲げた方がその効果はあると思われる。このようなことから考えると、北村の言う腕の角度などはチェーンソー作業では大いに振動の

面からも、力の面からも低位の面からも推奨出来るのぐはないかと考える。

参 考 文 献

- 米田幸武・他；チェーンソー作業の振動障害に対する作業基準に関する研究，昭和41年5月
- 林野庁；ソーチェーンの取扱い要領，昭和41年8月6日施行
- 石井雄二；労働者の体格体力に関する研究（第4報）
山林労働者における作業能力と体力 労働科学 Vol.3, No.8, 昭和30年8月
- J. Hansson : *The Relationship between Individual characteristics worker and Out put of work in Logging Operations* 1965
- 知久篤編；人間工学 昭和37年5月
- B. Strehlke ; *Safety and Health of forest workers* 1966
- J. H. Loon ; *Het Calorieënverbruik Van Bosarbeiders* 1964
- U. Sundberg ; N. Lundgren; *A study of the heaviness of work in using power saws in timber cutting.* 1945

- G Kaminsky : Zur Beurteilung Hörpecker
Belastung bei Motorsägenarbeit 1956
- 藤林誠・他 ; 林業労働の作業強度に関する研究, 林試報
No. 86. 1956
- 石崎幹・他 ; チェンソーの上手な使い方 昭和41年
- H H Pielt : Untersuchungen über die Umbaufgeschu-
ndigkeit von Motorsägenketten.
- 北村君 ; 把手を下に押す作業について 産業衛生
Vol 2, No. 3 昭和36年
- 大島正光 ; 運搬関係の人間工学 1959年
- 田中作次郎 ; 労働能率の力学的研究 鳥取高農学術報
告 1934年
- 岡田晃・他 ; 振動工具の振動伝播について 北方産業
衛生 No. 28 昭和37年