

新らしい森林施業と直営生産

(ロープ発射器の使用結果について)

久々野営林署 山下 信雄 西先 貞治
牧原 清春 守口 典行

1 はじめに(使用目的)

集材作業は集材機、クレーン等機械の導入及び関係器具器材の改良、全幹集材の導入、セットの導入、索張方式の改善等により、その生産性を向上させてきました。しかし、集材線架設作業に関しては主に人力に頼る作業が多く、なかでもリードロープ(ナイロンロープ)の運搬、引き回しはその主たる部分でありながら労力消耗度が激しく、地形によっては、危険な作業であるといえましょう。

一方、公益的機能重視の世論の中で、昭和48年「国有林野に於ける新たな森林施業」が出され、製品生産部門だけに関していうならば、小面積分散材区の採用は、従来と比較して、かなりの施業制約となりました。

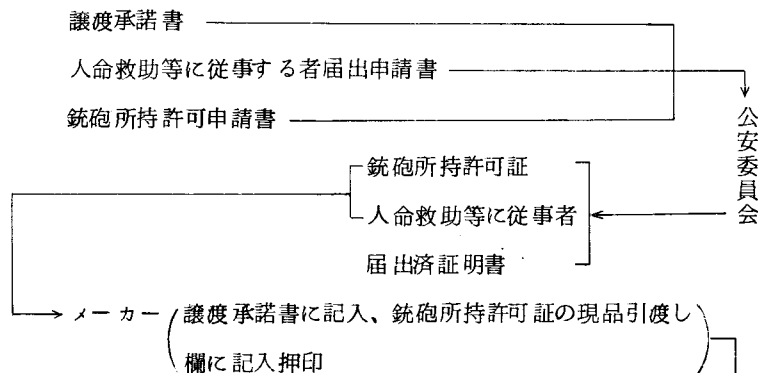
例えば、従来の画一的架線方式がとれなくなり林道の関係もあって保残帯においては、必然的に架線支障木を生み(この事だけでいうならば)新たな森林施業の基本方針に逆行状態となっているのが現状です。(保残帯の価値判断については後述)

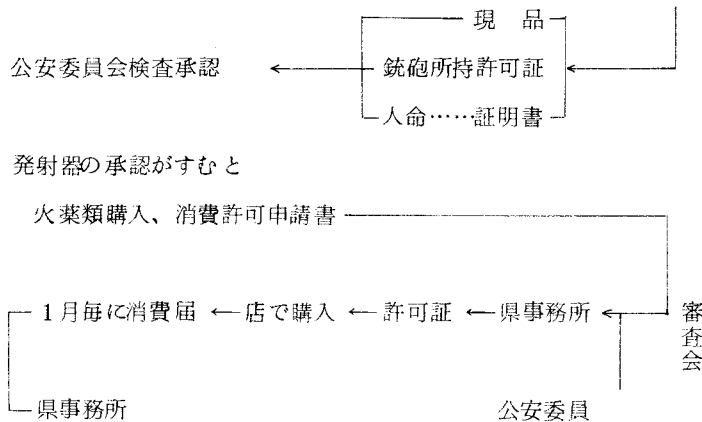
以上の事から第1に、新たな森林施業の主旨を生かし保残帯を満度に残すため。第2に新たな森林施業サイドよりの施業制約のため副作業の能率向上が重要視されている昨今、結果的には、生産コストの低下、省力化のため。第3に労力消耗度の軽減、安全作業実施など労働安全衛生を期するため。以上の3点を解決するため、ロープ発射器を使用した次第です。

2 ロープ発射器の概要

a) 取得手続きについて

ロープ発射器(認可名:綱索発射銃)は銃砲類に属するので当然ながら関係官署の許可が必要となります。その概要については、下記の通りです。





b) 発射器の仕様及び内容について

射距離	270 m～300 m
銃口直径	19%
銃身長さ	540%
発射体重量	2.8 kg
発射器重量	1.8 kg
装薬量	黒色火薬 16 g
先導ロープ	1.7 kg (ポリエチレン製)
	(3.2%×350 m) 2.2 kg (ナイロン製)

(c) 使用方法について (Fig1 参照)

当署では、ロープ発射器の使用を安全にかつ能率よく実行するため、作業要領を制定しました。

以下それに従って簡単に述べます。

- ① 実包の作成：薬きょうに雷管を詰め、火薬、火薬押え、おくり、おくり押えを所定の道具でつめ込みろう滅封します。
- ② 火薬、雷管の数量確認：火薬、雷管の受払簿を備えつけ数量を突合せます。
- ③ ロープ巻き：発射体につける先導ロープ (3.2%) を巻きわくを使って巻き、箱に移しかえます。
- ④ 据付：まず地面をならし、目標に銃身を向けて、本体を据え、杭で固定します。
- ⑤ 目標正視：ポケットコンパス等を用いて正確に目標に銃身を向けます。
- ⑥ 発射角決定：到達距離を考慮に入れ、発射角を決めます。
- ⑦ 発射体に先導ロープを2重結びし、片方を何かに固定します。
- ⑧ 安全装置：撃発とっ手を押し上げ、安全ピンを発射位置の反対側からそう入します。
- ⑨ 銃身固定とっ手を回し、銃身を開き、実包を薬室に装填し、すき間のないように銃身を閉じま

す。

⑩ ロープを取り付けた発射体をそう入します。この時、あまり強くそう入すると暴発の危険があります。

⑪ 発 射：安全装置を解き、耳栓をして呼笛をふいて、安全を確認してから引鉄ひもを引きます。

⑫ 発 射 後：発射後は洗矢で銃身内部をよく拭き、収納します。

以上簡単に述べました。次に使用結果について述べます。

3 使用結果

(a) ロープ発射器使用の索張方法

現在まで実施した索張方法は、大きく分けて次の2つです。

① 保残帯越え、あるいは保残帯なしに線下又はホールバックラインの直線部を飛ばす場合、

発射地点(元柱あるいは先柱又は長スパンの場合はその中間)にリードロープを置いて片方の柱方向から先導ロープを引っ張り、柱のサドルブロックを通す方法、あるいは反対に目標地点に柱のサドルブロックを通したリードロープを置いて、発射地点より引っ張る方法(以上 Fig2 参照)があります。

実施例としては胡桃島国有林 235 林班があります。(以下 Fig5 参照)本現場は豪雪地であるため先行伐倒は最小限にとどめなければなりません。本現場は緩傾斜ですから発射器本体及びリードロープは先柱まで上げ元柱に向かって発射し、下方より先導ロープを引き取ります。林内からの発射なので発射角 50° 、火薬量 18g としました。

この方法はリードロープを引き回すための先導ロープ発射と言うよりはむしろ、ナイロンロープを運搬するのに適さない急峻な地形、保残帯及び障害物を越えたい時に使用する方法で索張作業の省力化はあまり望めません。

② 先柱方向だけ、あるいは逃がし方向の両方にロープ発射を行い、ホール逃がし線、引回しと線下引き回しを同時にやる方法。

②aの方法は(Fig3参照)まず逃がし線方向と先柱方向にロープ発射を行う。次に逃がし線方向に落下した先導ロープを引き、ナイロンロープをためる。ナイロンロープを逃がし線曲線部先柱を通したのち線下上に落下したもう1つの先導ロープと結束、その先導ロープを発射地点より引き取る事によって引き回す。

②bの方法は(Fig4参照)まずロープ発射を行い、先柱方向に上げていたナイロンロープの一端を線下方向に、もう一端を逃がし方向に引き回す。先導ロープ落下地点で先導ロープと結束し、発射地点より両ロープを引き取り引き回す。この方法の実施例としては、鈍引沢国有林 273 林班(Fig6参照)があります。本現場も冬山ですので先行伐倒を少なくしました。土場の関係より

線下は保残帯部分が多く到達距離を必要とするので発射角 37° 火薬量 18g としました。

b) 使用結果

本文のはじめに使用目的を述べましたが、その目的に対し、使用結果はどうであったかを述べていきます。

① 保残帯の保護の効果

保護樹帯は、新生林分の保護、土砂流出防備自然景観の維持等のため必要な尾根、溪流沿い、林道沿線上に巾 30～40m で残すとされ、保残帯は、小面積分散伐区の場合、幾可学的に残る部分をさしていると理解しています。このことから考えれば、保残帯と保護地帯は全く異質のものであり、保残帯に若干の架線支障木を出す事は、さして公益的、あるいは風致的な機能に影響ないと思われまます。

しかし、小面積分散伐区を採用した経緯を考えると二次的にせよ、保残帯にも新生林分の保護、公益的機能の維持という役割のあることを忘れてはならないと思います。

小尾根又は、沢沿いにある縦の保残帯は、隣地新生林分が成長して 10 年後には伐採できるので、ある程度の新生林分保護機能を有していると言えます。

次いで、横の保残帯、すなわち尾根沿いの保残帯は、風衝の関係もあって縦の保残帯よりも、高度の新生林分保護育成機能、あるいは公益的機能を有していると思われまます。

最後に林道沿線上の保残帯は、風致土砂流出防備等の公益的機能をまさに有していると言えます。

以上のように保残帯の位置、地形等によって二次的である公益的機能も前面に出てくる度合いが違います。保残帯といっても、公益面が強く、今後将来とも伐採を控えるような箇所は保護樹帯と何ら変わりないと理解したいと思います。

保残帯の保残状態は、発射器の使用によってほぼ満度に達成できました。

② 索張作業の省力化

50 年度夏山での発射器使用、非使用又は、49 年度冬山との比較での人工数については表 I の通りです。作業条件、気象等の違い、又は、使用間もないため、資料としての価値が低く、細かく述べることは避けまますが、冬山については、今後一層の効果が期待できると思われまます。

火薬及び、雷管を合わせ 1 回に使用する金額は、100 円以下です。又、発射器についてはメーカーに尋ねたところ耐用年数は、7 年（普及して日も浅いので一応の目安だが）とされています。7 年目に購入価値の一割程度残存させるとして、償却率は 0.2803 で最初の 1 年が 4 万 6 千円となります。又、等分に償却するとして 2 万 4 千円です。年に 20 回発射させるとして約 4 分の 1 ないし、2 分の 1 人工の経費となります。購入初年の本年でさえ（表 I）によると、人工数の低減があり、経費の節減に貢献するものと確信しています。

③ 安全衛生面での効果

最後に、安全衛生面での効果を述べます。アンケートによる調査をもとにします。対象者は、本年冬山で発射器を使用した2セット12人と他のセットの兼任作業主任者4人と指導員3名の19名です。「リードロープの運搬引き回しの手間が省け、疲労が従来より少なくなったと思うか」の質問に対し、大部分の人が(80%)疲労が少なくなったと答えています。次のような意見も附記されています。

- 保残帯越え、あるいは、地形急峻地越えの架設作業は有効であるが、その他の場合はあまり効果がない。
- リードロープ引き回し用として、先導ロープを引き回すには、技術的あるいは破弾強度の点で不安があり、リードロープを先山へ運搬することには突わりない。
- 冬山等で先行伐倒ができない時は、有効であるが、夏山でははたしてどうであろうか。まとめると以上3点ですが、要すれば、障害物を越えるだけでなく、一連の架設作業の中に組み入れていくためには、技術的裏付けのもとに先導ロープを二次的リードロープとして活用していく事をさしているのではないのでしょうか。

4 弾道曲線について

次に、弾道曲線自体あるいは、他の因子との関係を知る事は、目標地点が限定された場合有効ですので以下述べて行きます。

空気中(流体内)を運動する物体には、粘性抵抗と慣性抵抗とが物体の速度に応じて、からみ合っています。一応Fig7のようにいわれています。しかしながらロープ発射器の砲弾には先導ロープがついており、空気による抵抗の大きさ、方向、又、ロープの自重による砲弾を下げようとする力の大きさ、方向が様々であり、手に負えません。

そこで抵抗は速度に比例すると仮定して、運動方程式より独立した式をつくってみるとFig8のようになります。次にA式を微分し、頂点即ち、最高高度を出すとB式になります。Fig9(メーカー実験による弾道曲線)より、最高高度に達する x の値と初速を代入し⑧'式より定数 θ を求め。初速については、メーカー側実験では100%となりますが、100%ではうまく行きませんので(Fig10)、150%としました。メーカー側実験の内容がどのようなものかは解りませんが、凡そ真空状態の中での実験でない限り正確には出ませんので、戸外実験であれば $VO > 100\%$ と思います。最高高度については、関数の性格上どうしても右よりとなります。

角度について θ を出し、A式に代入すると距離が出ます。ちなみに、 60° 、 70° の距離を出すと176mと115mとなります。

次に、他の因子との関係です。まず、初速と火薬量の関係ですが、メーカー側実験では火薬量が10%増す毎に初速は2%増加するとの事です。射距離について試算してみると、2%~3%の増加率で

した。

先導ロープとの関係ですが、1.7 kgのポリエチレン製の先導ロープから2.2 kgのナイロン製の先導ロープにかえると、射距離が25 m減少します。先導ロープの自重が予想外に影響する事が解ります。

最後に温度との関係ですが、抵抗は、空気の温度が上がると下がります。よって射距離は、温度に比例して変化します。

A式

$$y = \frac{m^2}{k^2} g \log \left(1 - \frac{kx}{mv \cos \alpha} \right) + \frac{mg}{k} \frac{x}{v \cos \alpha} + x \tan \alpha$$

B式

$$x = \frac{mVO^2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{VO \sin \alpha k + mg}$$

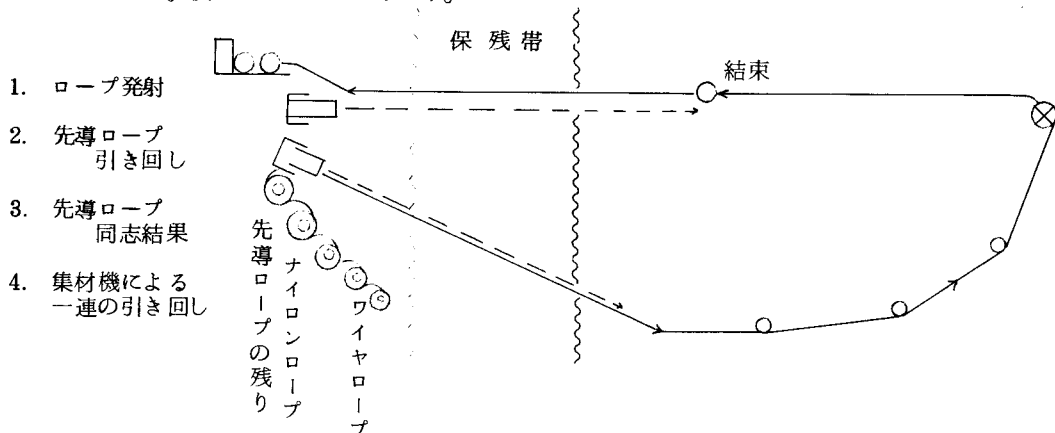
B式

$$k = \frac{mVO^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha - mgx}{VO \sin \alpha x}$$

5 問題点及び課題

(a) 索張上の問題と今後

前述した索張方法は、使用結果でも述べたように保残帯の保護には満足な結果が得られるが、リードロープの引き回しという架設作業として考えると、工程の流れに連続性を欠いているといえましょう。そこで、発射体落下後、先導ロープをいかに利用するかが問題となります。結局は、先導ロープをリードロープ(ナイロンロープ)を引き回すための2次的リードロープとして活用し、集材機を使って引き回し、先導ロープ→ナイロンロープ→ワイヤーロープと連続した引き回しが理想と考えます。模様図は下記の通りです。



技術的な問題としては、第一に現状のガイド及び、サドルブロックのままで先導ロープが引き回せるかどうか。又は、耐久性はどうか。第二に集材機の現状のキャプスタンで引き込みができるかどうか。第三に先導ロープがリードロープを（ナイロンロープ）引き回すだけの張力に耐え得るかどうかです。

第一、第三については、ポリエチレン性、140 kg、ナイロン製、180 kg（先導ロープ）の切断荷重を有し、ナイロンロープ10 mm、12 mm、の重量60.5 kg、88.5 kg（東京製鋼製）を引き回すには充分耐え得ると考えます。

西日本の人工林では、実施されており、問題はありませんが、天然林となると、ブロックも大きく、枝も張り、地形も悪いので、人工林のようにはいかないと思われまます。

第二については、キャプスタンの外径、溝底径が先導ロープ径とどのような関係にあるかを知る必要があると思います。

(b) 発射器自体の問題点

発射の方向は、落下地点の範囲が限定される。すなわち、先行伐倒ができない冬山の場合は、特に重要であります。現在は、ポケットコンパスを用いていますが、いちいち不便であり、将来はスコープのような物を取り付けたいと考えています。

発射角度については、台座を水平にした時でないとも本器付属の角度計は使用できません。林内及び、ガレ地からの発射は、本体の固定がむずかしく台座を傾けて、地盤にも発射抵抗を持たせているので、実際には使えません。前述のスコープとも関連して考えたいと思っています。

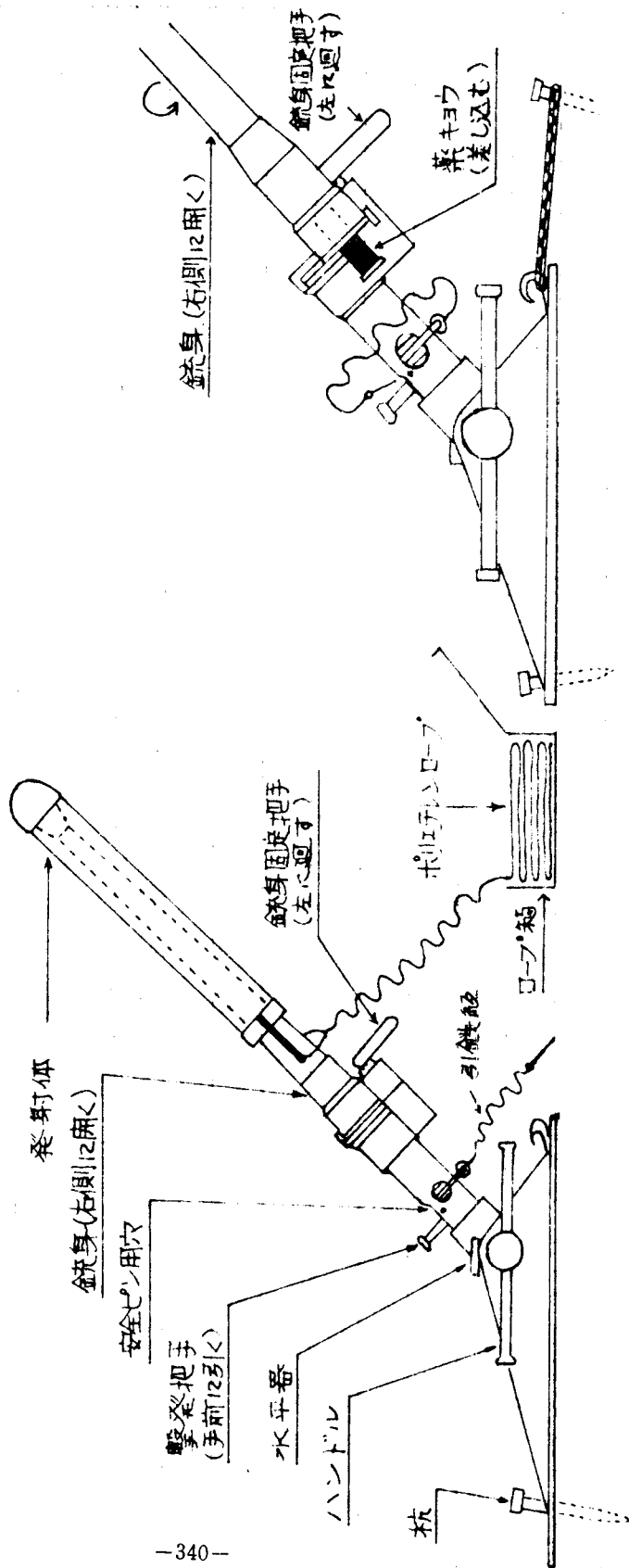
6 抱負、提言

林業に於ける機械化は、次の三つに類別できると思います。

- a) 非常に省力的にも、経済的にも効果がある。
- b) 省力的、若しくは経済的の片方だけに効果がある。
- c) 省力的、経済的に効果はないが、その他、何らかの効果がある場合、現在のところは、購入早々であり、中間発表段階ですが、bからaの中間くらいだろうと思います。

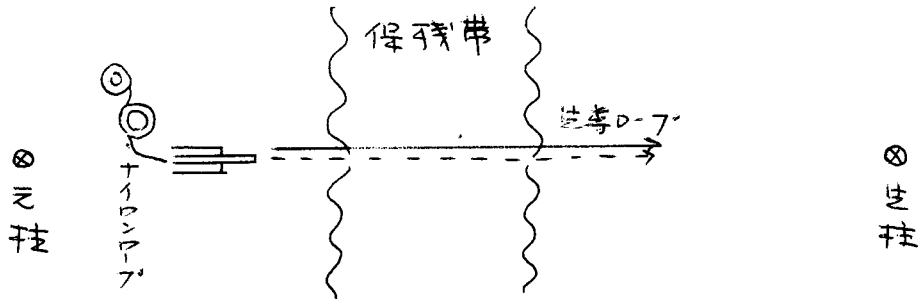
そこで、来年度は、aの段階へ、もっと近づくために、前述の索張方法の実施、成功へ期したいと思っています。

(Fig 1)



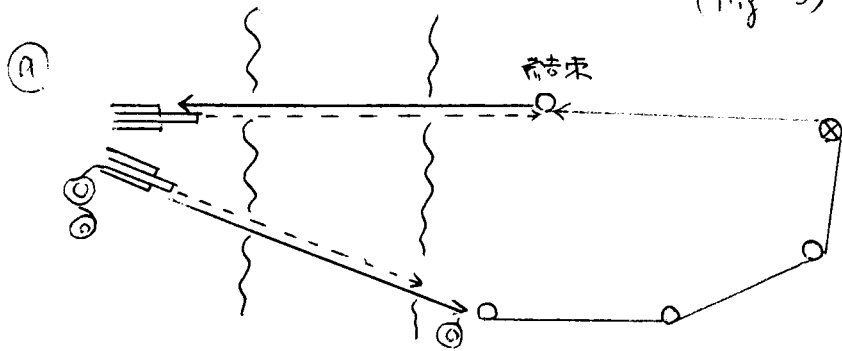
① の方法

(Fig. 2)



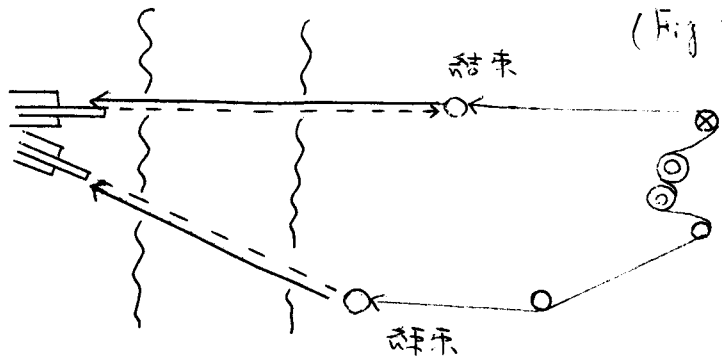
② の方法

(Fig. 3)



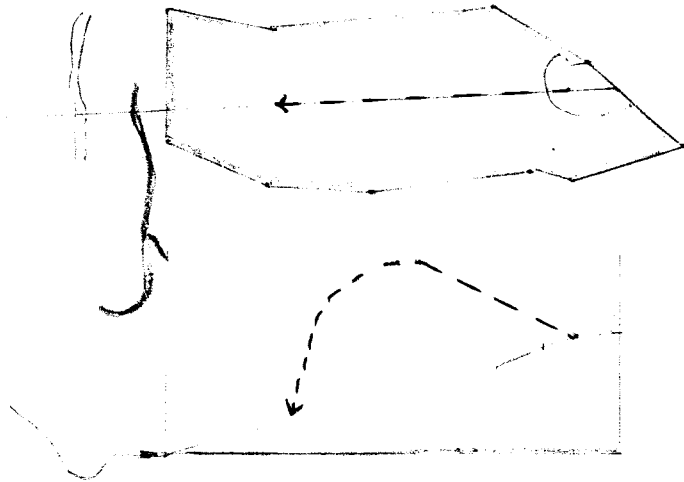
(A)

(Fig. 4)

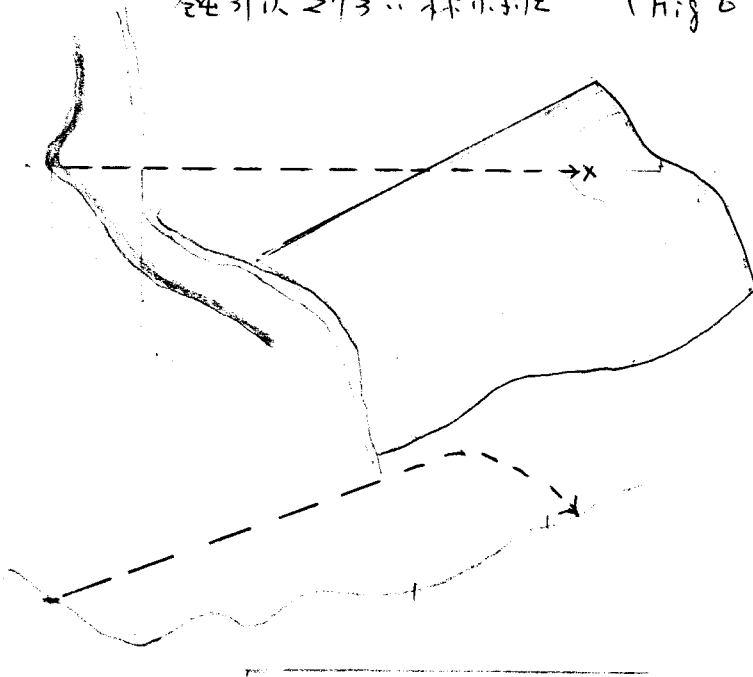


— 送停ロープ
 - - - 飛行
 — 送停ロープ

胡椒島 235 ... 林小班 (Fig 5)

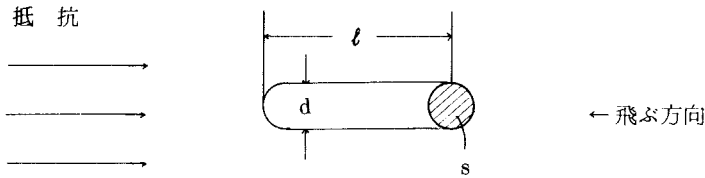


鍾引沢 273 ... 林小班 (Fig 6)



$\frac{1}{5000}$

- 伐区
- 伐区帯
- 伐区内の立木
- 伐区内の伐採木
- 川
- 干道



抵抗係数

$$CD = R / \left(\frac{1}{2} r v^2 s \right)$$

$$\therefore R = \frac{1}{2} CD r v^2 s$$

l : 物体の長さ

d : " の径

s : " 断面積

r : 空気密度

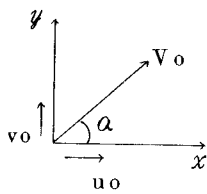
v : 速度

R : 抵抗

(CD、S は物体毎に固定の数値)

$$\therefore R \propto V^2 \quad (\text{抵抗は速度の2乗に比例する。})$$

(Fig 7)



m : 物体の重さ

g : 9.8 m/s²

u₀ : V₀ cos α

v₀ : V₀ sin α

V₀ : 初速

$$\begin{cases} m \dot{x} = -kx \\ m \dot{y} = -mg - ky \end{cases}$$

積分して

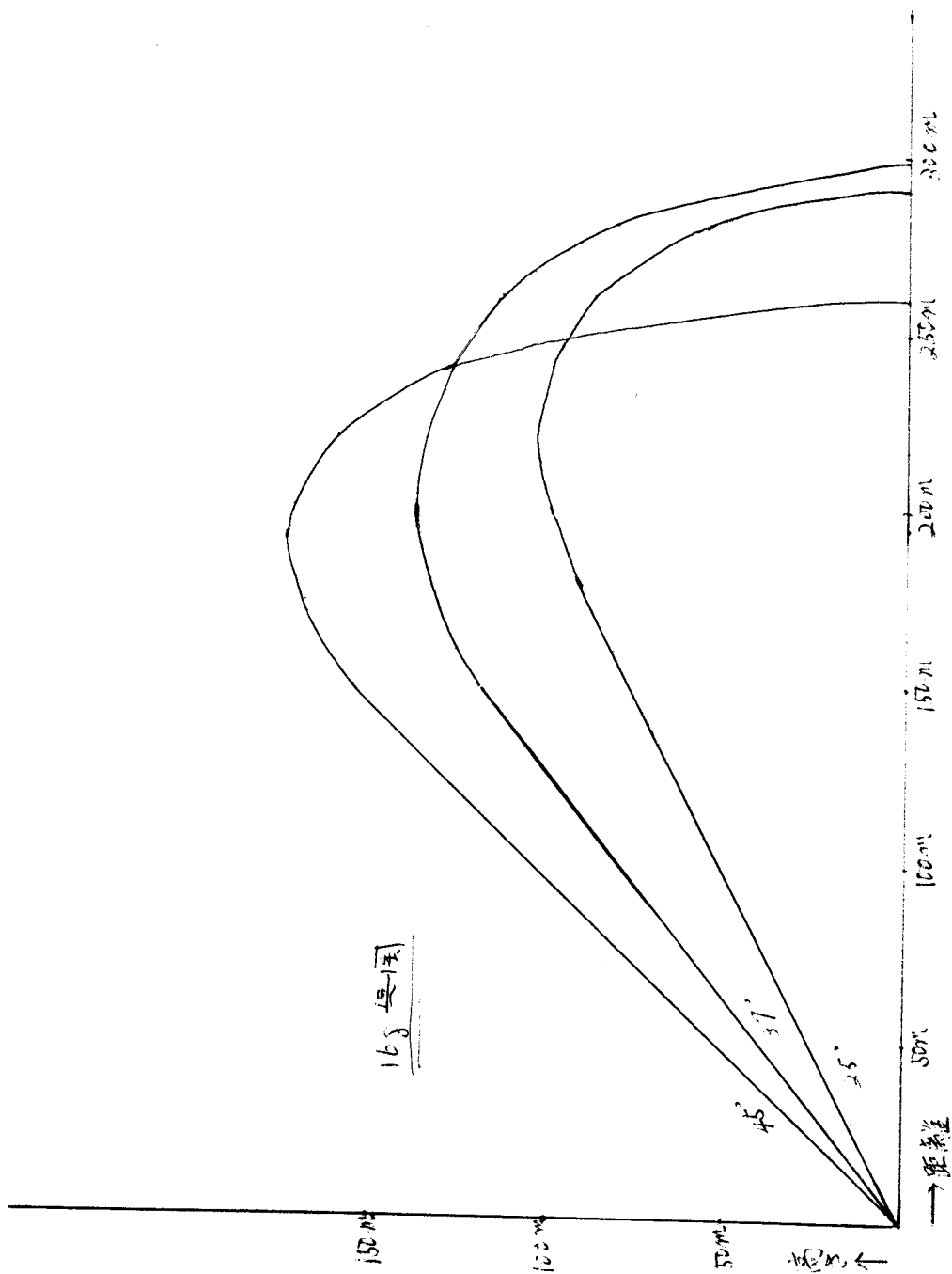
$$\begin{cases} x = \frac{m}{k} u_0 \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right) \\ y = \frac{m}{k} g t + \frac{m}{k} \left(v_0 + \frac{mg}{k} \right) \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right) \end{cases}$$

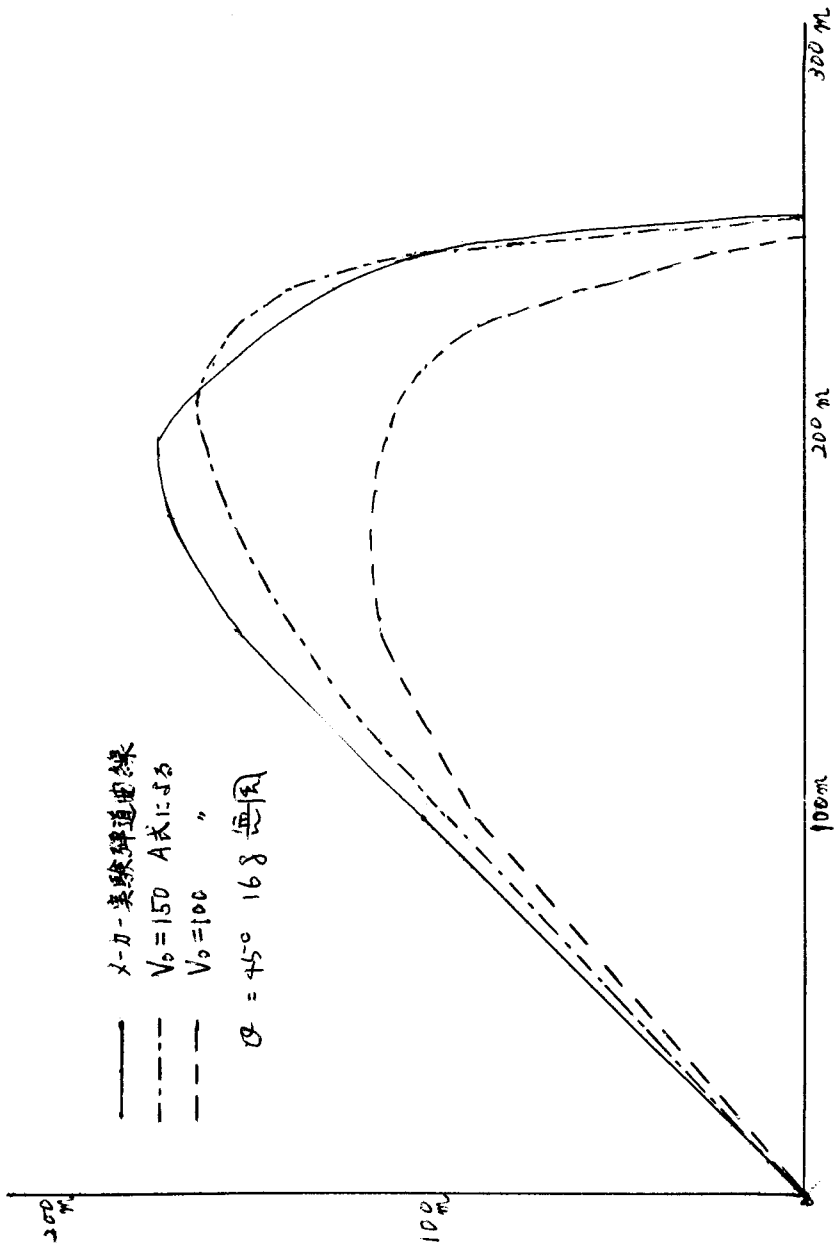
t を消去

(Fig 8)

$$y = \frac{m^2 g}{k^2} \log \left(1 - \frac{kx}{mV_0 \cos \alpha} \right) + \frac{mg}{k} \frac{x}{V_0 \cos \alpha} + x \tan \alpha$$

A式





x-カ-美球彈道曲線
 $V_0 = 150$ A式に於て
 $V_0 = 100$ " "
 $\theta = 45^\circ$ 168 毎分

(Fig 10.)

表 1

	胡桃島 235 1号線	鈍引沢 273 1号線	鈍引沢 273 2号線	鈍引沢 274 1号線	丁子口 1-2号線	丁子口 1-4号線	丁子口 5号線	丁子口 7号線	丁子口 8号線	丁子口 12号線
A 架 設 人 区 数	375	59.0	7775	71.75	31.5	17.0	43.0	38.0	32.5	32.0
B 盤 ・ 作 "	0	0	22.0	0	0	0	18.0	100	14.5	0
C 小 屋 掛 "	4.0	12.0	13.75	11.75	0	0	0	0	0	5.0
D そ の 他 "	0	7.0	0	7.0	0	0	2.0	0	0	0
A-(B+C+D)	335	40.0	42.0	53.0	31.5	17.0	23.0	28.0	18.0	27.0
集 材 距 離 (m)	300	260	140	250	180	250	280	380	160	140
横 取 "	30	40	30	35	40	50	40	60	40	35
索 張 方 式	ホーリング	三胴 タイラー	ホーリング	タイラー	ホーリング	ホーリング	三胴 タイラー	三胴 タイラー	三胴 タイラー	タイラー
ス パ ン	400	450	430	650	325	350	475	550	400	450
林 地 平 均 斜 度	14	32	35	32	21	14	18	17	17	13
積 雪 の 有 無 (m)	86	10	20	20	0	0	0	0	0	0
索 張 期 間	12/11~12/18	12/11~12/27	12/11~12/27	12/11~1/10	4/18~4/29	6/25~6/30	5/16~6/5	8/21~8/26	7/23~8/3	9/25~10/6
人 ・ 天 別	人	人	人	人	天	天	天	天	天	天
ロープ発射器の使用の有無	有	有	無	無	無	無	無	無	無	有
" 上のトラブル	無	多少あり								トラブル有
備 考	S50実行 冬山	S50実行 冬山	S49実行 冬山	S49実行 冬山	S50実行 夏山	S50実行 夏山	S50実行 夏山	S50実行 夏山	S50実行 夏山	S5実行 夏山