

造林機械に関する研究 (I)

植 穴 掘 機

山 脇 三 平⁽¹⁾ ・ 富 永 貢⁽²⁾
三 村 和 男⁽³⁾ ・ 平 松 修⁽⁴⁾

目 次

1. は じ め に.....	84
2. 内外の植穴掘機.....	84
2.1 原動機による大別	85
2.2 植穴掘刃による大別	87
3. 実験装置と方法.....	88
3.1 被試験土壌の固定	88
3.2 実 験 装 置	88
4. 実 験 結 果.....	93
4.1 総合穴掘トルク	93
4.2 植穴掘刃試験装置の無負荷時駆動トルク	94
4.3 貫入速度と穴掘トルク	95
4.4 土壌硬度と穴掘トルク	95
4.5 土壌含水率と穴掘トルク	96
4.6 植穴掘刃回転数と穴掘トルク	97
4.7 植穴掘刃周速と穴掘トルク	100
4.8 土壌採取刃の回転数および周速と穴掘トルク	102
5. 1 人用植穴掘機の試作.....	103
5.1 エンジンの選択	103
5.2 植穴掘刃の形式の選択設計	104
5.3 植穴掘刃回転数と直径の選択設計	105
5.4 動力伝達方式の選択設計	105
5.5 ハンドル形式その他の選択設計	109
5.6 林試式DR III形およびDR IV形 1 人用植穴掘機の性能仕様.....	112
6. お わ り に.....	119
文 献.....	119
参 考.....	120
Résumé	121

(1)~(4) 経営部作業科機械研究室員

1. は じ め に

昨今のわが国一般産業界好況の波は、林業界では林業労務者とりわけ造林労務者の不足という余波をひきおこし、各林業地で事業実行の困難をうったえる声が大きくなり、いわゆる造林作業の機械化の必要が力説されている。換言すれば、第2次大戦後産業界をおそつた機械化あるいは生産性向上運動の波が、林業界では伐木集運材および林道建設の分野をひとわりして、最近ようやく造林の分野におしよせてきているといえることができるようである。この辺の事情は、内外に眼を転ずれば、ただわが国林業界だけの現象ではなく、海外先進諸国の林業界にも共通した現象とみられ、いずれの先進国も、まずあたらしい造林機械の開発研究に期待をかけているといった感が深い。

もつとも、造林機械は、保護関係を含めて一般に育苗関係（苗畑）機械、育林関係機械に大別され、前者はその国に普及している農業機械の応用すなわち海外先進国では4輪ホイールトラクタの利用、わが国では2輪耕うん機の利用（これも農業政策の転換から海外と同様にホイールトラクタの利用にかわりかけてきていて、機械化思想からいえば必然的な現象で、苗畑機械もこれを見越した対策をもつことが必要だろう）というかたちを主力として、比較的容易に相当程度の機械化がはかられてきている。これに対し、後者は故藤林誠東大教授（元・林業試験場技師）の多年の改良考案になるブッシュクリーナを中心とする地ごしらえ・下刈作業用の刈払機が、ようやくひろく普及しはじめたところで、植穴掘り、植付けその他育林作業全般の機械化は今後の課題として残され、従来の人力作業のみに依存した造林方法にいちじるしい変革をもたらさずにはおかぬような独創的機械あるいは機械化作業法の開発に夢が托されているといつても過言でないようである。

ここに報告する植穴掘機は、この1、2年の間に、海外でもようやく林業専用機として開発の必要がみとめられてきてはいるものの、動力鋸、刈払機につぐ山岳林での使用にたえる1人用機としては、まだほとんどみるべき機種がない。よつて、われわれとしては、この種の機械の考案設計および使用の上で必要とされる林地土壌に対する植穴掘刃の植穴掘特性をあきらかにする実物実験をおこなうとともに、それらの実験結果にもとづいてとくに、国産1人用植穴掘機を考案試作し、数回の現地立会試験のうえ、その実用性にも検討をくわえ、林業機械国産化の技術資料の獲得につとめたものである。

これまで、いろいろとご配意を賜わった齋藤場長、小幡経営部長、米田作業科長、それぞれ専門の見地から率直な要望とご意見を賜わった坂口造林部長、加藤造林科長、土井技官、岸技官、宮崎土壌調査部長、黒鳥地質研究室長、川口防災部長、渡辺治山第二研究室長、岩川技官、現地試験に多大の便宜を与えられた林野庁業務課高桑機械班長、牛山造林班長、研究普及課宮川機械化企画官、東京営林局三宅経営部長、治山課横山技官、小川技官、木村平塚営林署長、相馬経営課長、市川係長、齋藤担当区主任、東京都林務課坂口技師、伊藤技師、東京都水源林事務所立石技師、木村技師をはじめ各現場係官各位に対し、心から厚くお礼申しあげたい。

2. 内外の植穴掘機

海外の製品を通じていえることは、とくに造林用植穴掘機としてつくられたものはほとんどなく、土建作業の杭打ちにつかう杭穴掘機としてつくられたものがすべてといつてよいくらいで、それをそのまま植

穴掘りに転用するか、まれに2, 3のものはその刃先を植穴掘専用刃と交換して使用するもので、その作用は、いずれも、原動機の回転を減速して回転式作用刃につたえるドリル式の機構を採用している。したがって、原動機から作用刃への動力伝達方式にはいろいろな方式が考えられるが、原動機および植穴掘刃の形式から大別すると次の種類にわけられる。

2.1 原動機による大別

a. トラクタ塔載形……………農耕用ホイールトラクタあるいは小～中形クローラトラクタを原動機に採用、後部 PTO 軸から動力を取り出し垂直方向に動力伝達軸の方向をかえて作用刃をとりつけ、3点支持装置のような特別な作用刃上下移動用支持枠を装備している (Photo. 1, 2)。

b. ハンドトラクタ塔載形……………農耕用2輪小形トラクタあるいはそれに類似したものを原動機に採用、後方に動力を取り出し、歩行操縦用ハンドル下方で垂直方向に動力伝達軸の方向をかえて作用刃をとりつけ、前方駆動輪を支点としたハンドルの上げ下げにより、作用刃の上下操作をおこなえるようにしている (Photo. 3)。

c. 手持可搬形……………2サイクルの軽量可搬形エンジンに減速機構を付置して作用軸を取り出しその先に作用刃を取り付けられるようにしたもので、1～2人用の手持ちハンドルでエンジン部をささえ、持ち運びおよび穴掘り作業をできるようにしている (Photo. 4～7)。

原動機的能力からいえば、トラクタ形が十数馬力以上、ハンドトラクタ形が数馬力～10馬力前後、手持式が2, 3馬力～数馬力というところで、平地での植穴掘りあるいはポプラのように大きな苗木の数十 cm 以上の直径と深さを必要とする植穴掘りには、トラクタあるいはハンドトラクタ塔載形の植穴掘機が望ましい。もつともトラクタ塔載形は操縦者は乗車したまま運転すればよいわけだから、

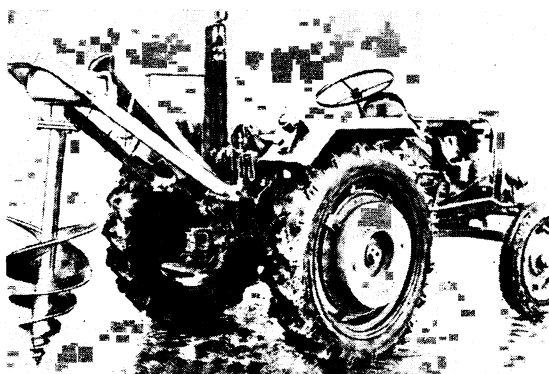


Photo. 1 トラクタ (ホイール) 塔載形穴掘機⁵⁾
Four wheel tractor mounted type earth drill.
Holder-Diesel-Vierradschlepper B 10/D
エンジン10PS, 刃径 300 mmφ, 機体重量 700 kg

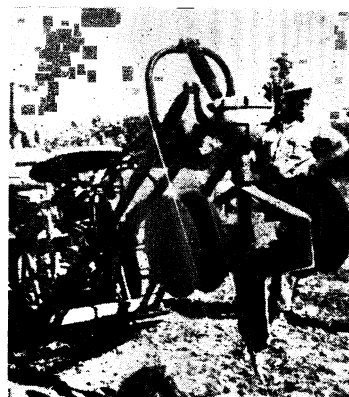
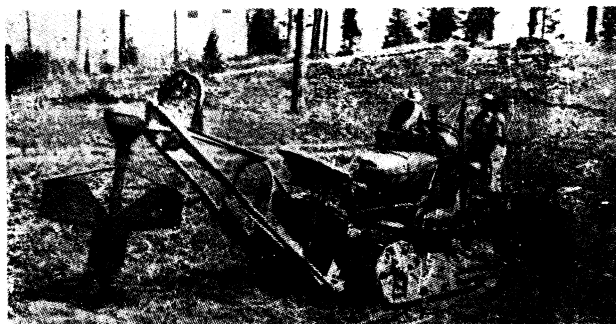


Photo. 2 トラクタ (クローラ) 塔載形植穴掘機²⁾ Crawler tractor mounted type earth drill.

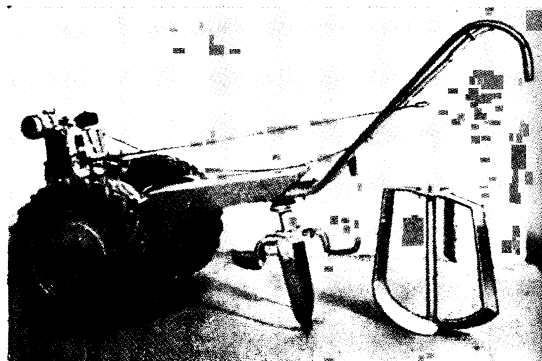


Photo. 3 ハンドトラクタ塔載形植穴掘機⁴⁾
Hand-tractor mounted type earth drill.
Hako-Fräse エンジン 4 PS, 刃径 400~600 mmφ



Photo. 4 2人用植穴掘機¹⁾
Two-man earth drill.
H. Griot Maschinenbau 製 (スイス)
エンジン 5 PS, 自重 25 kg, 刃径
~300 mmφ, 刃回転数 60 rpm

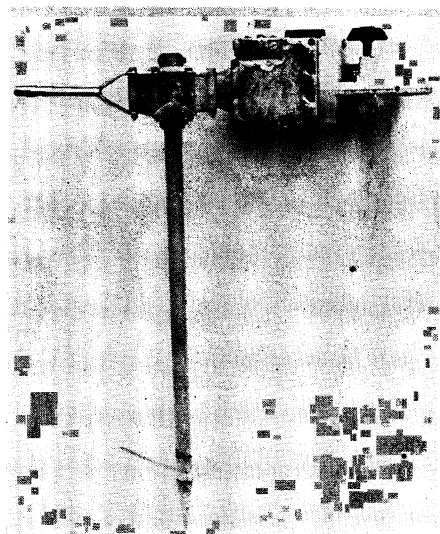
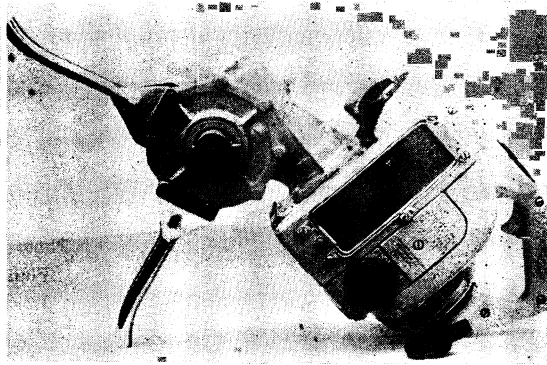


Photo. 5 手持式 1~2人用植穴掘機 One or two-man portable earth drill.
新宮商行製 エンジン 2.6 PS, 自重 4 kg 刃径 250 mmφ, 刃回転数 100 rpm



機械化形式としてはいちばん進んでいるが、海外では杭穴掘機につかわれているのが主で、植穴掘機としてはアメリカおよびドイツの平地林で試用されているにとどまる。ハンドトラクタ塔載形はおもにドイツの平地林で、植穴掘専用機としてにつかわれている模様で、後述のフォーク形植穴掘刃を取り付け、数十 cm 径の植穴掘りをおこなわせている。手持可搬形は海外では 2 人用が主で、杭穴掘り兼植穴掘りにつかっているが、重量は少なくとも二十数 kg 以上で平地での使用にとどまっている。1 人用機はアメリカ、ソビエトなどに最近現われているが、チェーンソーエンジンを利用した植穴掘専用機が 1, 2 種みられるけれど、あまりにつかわれている様子はない。どちらかといえば小形のアウトボード・エンジン（船外機）を利用した手持式およびフレキシブルシャフトを利用した背負式の杭穴掘兼植穴掘機に興味をひくものがある (Photo. 6, 8)。

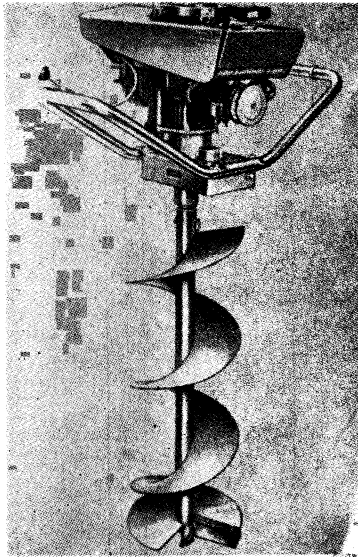


Photo. 6 手持式1～2人用穴掘機
One or two-man portable earth drill.
エンジン 2.5 PS, 自重 20 kg

2.2 植穴掘刃による大別

a. スパイラル形………スクリュー形 (screw)

あるいはグルーブ形 (groove) ともいわれるもので、地中へドリルするとともに、いわゆるスクリュー・コンベヤともいえる作用で、掘さくした土を地上に排出する形式である。軸に対する鉄板のまきつけが一重のもの (シングル・スパイラル)、二重のもの (ダブル・スパイラル— Photo. 1), 先端だけ二重のもの (Photo. 6) など各種のものがあり、杭穴掘刃としてはもつとも普通のもので、植穴掘刃もこの形あるいはその変形を採用したものが多い。

b. プロペラ形………いわゆるプロペラの形をしたもので、ダブル・スパイラルの二重まきらせん面を軸の1点で左右対象に切り残した構造ともいえ、地中へドリルするというよりもミックスするといった方がふさわしい作用のもので、植穴掘専用刃である (Photo. 5)。

c. フォーク形………ドイツ、オーストリアで採用されている植穴掘専用刃で、植穴掘軸の先端でそれと直交し植穴掘半径に相当する腕をもった鉄板の端末から軸と平行に、普通は対称に2本、ときに放射状に3本植穴深さに相当する長さだけつき出し、ふたたび先端が内方に折れ曲がつた鈍刃、いわゆるフォーク状 (筆者仮称) に取り付



Photo. 7 手持式1人用植穴掘機
One-man portable earth drill.
Mc Culloch Co. 製 (アメリカ)
エンジン 3 PS, 自重 12 kg,
刃回転数 480 rpm

“参考”

MB-1 型 植穴掘機 (ソビエト製)
自重 14.2 kg, 刃径 50~80 mmφ
(スパイラル)²⁾



Photo. 8 背負式1人用穴掘機¹⁾
Knapsack type one-man earth drill.
Hyaes Mfg. Co. 製 (アメリカ)
エンジン 2.5 PS, 自重 15 kg,
刃径 120~150 mmφ

けたかたちをしていて、前者とおなじように地中で土をミックスすると同時に、植穴周辺の根切りをおもにおこなわせる作用のものである。

このほか、乾燥地帯の特別な植穴掘り（地表の直径約 91 cm）につかうトラクタ塔載形の特大植穴掘刃がアメリカでつくられている（Photo. 2）。

以上のように大別される植穴掘刃も、林業機械としてどのような作用特性をもっているか発表された資料はない。土壌の硬軟あるいは砂礫の混合さらには地表に蔓草類が繁茂する林地で植穴掘りする機能は、一見してきわめて複雑というほかはない。しかし、山岳林での携行使用が可能な機種を標榜するわれわれとしては、物理的に条件標示の可能な土壌硬度あるいは土壌含水率別の上記代表的植穴掘刃の回転数別植穴掘特性などは、基礎資料として少なくとも獲得しておく必要のあるもので、この種の林業機械改良の議論をすすめる重要な足がかりになるものといつてよい。

3. 実験装置と方法

回転式植穴掘刃が林地土壌に掘さくをすすめる場合、植穴掘刃回転力に直接影響を与える因子は、土壌条件の面では土質、土壌の硬軟、水分の多少、礫および根の大小・硬軟・多少などであり、機械の面では植穴掘刃の形状、回転速度、貫入速度などがおもなものと考えられる。

3.1 被試験土壌の固定

土壌条件のなかでも、礫および根の大小・硬軟・多少等土壌中にふくまれる条件はきわめて複雑で、人為的に再現することがむずかしいので、これ以外のいわゆる土壌条件の基本になる土質、土壌の硬軟、水分の多少を2、3えらんで、約 65cm×65cm×65cm の大きさの木箱の中に被試験土壌をつくることにした。土質には、黒土、赤土、砂をえらび、含水量は飽和直前の状態までを適当にえらんだが、土壌の硬軟を一定の深さにわたって一様にするのはなかなかむずかしかった。木箱に供試土壌を底から約 5 cm厚さずつ入れ、それに一定の重さの重錘を、所要の硬さに応じて落下高さと一定の箇所におとす回数を加減しながら圧させ、これを木箱いつぱいの深さになるまでくりかえして、容量 100 kg のコーン・ペネトロメータ（貫入硬度計、cone penetrometer）で深さ別の土壌硬度をチェックしつつ被試験土壌をつくった。なれるまでは表面よりも深いところほど硬くしめ固められがちだったが、コツを覚えてからは正味の試験深さ、すなわち表面から 5~30 cm の深さをほぼ一様の土壌硬度に保つことができた。

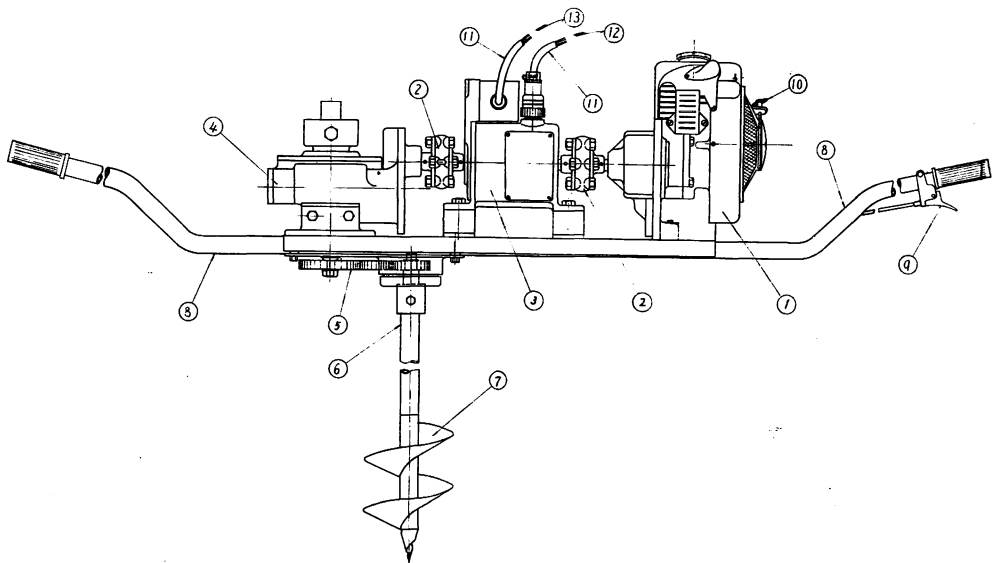
3.2 実験装置

いろいろな条件での植穴掘刃の回転掘さく中の所要抵抗をはかるには、植穴掘刃作用軸の回転力を直接測定するのがいちばんよい。しかも原動機に回転数の調節可能な可変モータをつかえば、ガソリンエンジンより回転中のトルク変動も少なく、また変速装置を特別つける必要もないから実験装置としてはいちばん望ましくなる。しかし、われわれが現在山岳林で1人用植穴掘機につかえる2サイクルの小型ガソリンエンジンは、少なくとも2、3PSは必要で、最大トルク0.3~0.5 m・kgのものになる。したがって、エンジンのクランクシャフトのトルクは、たいへん小さなものだが、これが植穴掘刃作用軸へは数十分の一に減速されてつたえなければならぬから、作用軸のトルクは相当大きなものになる。また2、3PSの可変モータを原動機に採用すれば、同馬力のガソリンエンジンよりはかなり重いものをつかわなければならず、実験装置だけにかなりの予算を必要とすることになる。よってここでは、原動機には実験後に試作機のエンジンとしても共通につかうことのできる、国産のガソリン・チェーンソーのエンジンをつかい、

トルクの測定は植穴掘刃の回転を減速してからエンジン・シャフトに接続する箇所に、ひろくチェーン系統のエンジントルク測定用につかえる小容量の抵抗線ひずみ計を応用したトルク・ピックアップを挿入して、いわゆるエンジン・トルクをはかり、植穴掘刃作用軸の回転力の比較にかえることにした。

3.2.1 装置本体 (Fig. 1 参照)

植穴掘刃の被試験土壌への貫入速度を、所定の速度に調節できる機構をもった、せめて手動式の装置本体昇降用支持台つきのものとする必要があつたが、不本意ながらこの速度調節も人力にたよることにして、Fig. 1 のような2人持形植穴掘刃試験装置本体を製作した。すなわち、国産ふじらビット・チェーン用 TL22 形単気筒空冷2サイクルガソリン・エンジン (最大トルク $0.5 \text{ m} \cdot \text{kg}$, 最大出力 3.2 PS —後出) を原動機①とし、ゴムカップリング②を経て、トルクピックアップ③に接続、ふたたびゴムカップリング②を経て、主減速歯車である1対の平歯車 ($Z_2/Z_1=59/21=2.8$) およびウォーム & ウォーム歯車 ($Z_3/n=40/2=20$) の組合わせ④で大きく減速すると同時に直角方向に動力を伝達させ、さらに1枚を中間歯車とした2枚ずつの平歯車の組合わせで変速できるようにした変速歯車 ($Z_6/Z_7=30/42=0.72 \cdots 60 \text{ rpm}$, $Z_7/Z_8=42/30=1.4 \cdots 120 \text{ rpm}$, $Z_8/Z_5=49/23=2.1 \cdots 18 \text{ rpm}$, $Z_9/Z_4=53/16=2.8 \cdots 240 \text{ rpm}$, $Z_{10}/Z_4=56/16=3.5 \cdots 300 \text{ rpm}$, $Z_{11}/Z_4=96/16=6 \cdots 510 \text{ rpm}$, これはあまりはやすぎて実用性にとぼしく、ほとんどつかわなかつた) ⑤をとりつけられるようにし、その終段歯車からでた作用軸⑥の下端に、任意の植穴掘刃⑦をとりつけできるようにした。ここで平歯車のとりかえ組合わせによる変速で、植穴掘刃の実測回転数は上記 () 内に示した60, 120, 180, 240, 300, 510 rpmの各種にかえることができた。なお、これ



- | | |
|---|------------------------------|
| ① 原動機 (空冷2サイクルガソリン 3.2 PS) Engine (2-cycle, aircooling, gasoline, 3.2 PS) | ③ トルクピックアップ Torque pickup |
| ② ゴムカップリング Gum coupling | ⑤ 変速歯車 Variable speed gear |
| ④ ウォーム & ウォーム歯車 Worm and worm wheel | ⑦ 植穴掘刃 Auger |
| ⑥ 植穴掘軸 Hole-digging shaft | ⑧ ハンドル Handle |
| ⑧ ハンドル Handle | ⑨ スロットル Throttle |
| ⑩ スタータ Starter | ⑪ リード線 Lead wire |
| ⑫ トルク指示計 Torque indicator | ⑬ 馬力指示計 Horsepower indicator |

Fig. 1 実験装置本体 Experimental device.

ら一連の装置は梯子形支持枠⑨上に載荷され、両端のハンドルを2人の作業者がもつて、呼吸を合わせて被試験土壌に貫入操作することになる。Fig. 2 は変速歯車の組合わせ例である。

3.2.2 測定計器 (Fig. 3 参照)

前記の装置本体にとりつけたトルクピックアップおよびこれとリード線で遠隔式に連動するトルクおよ

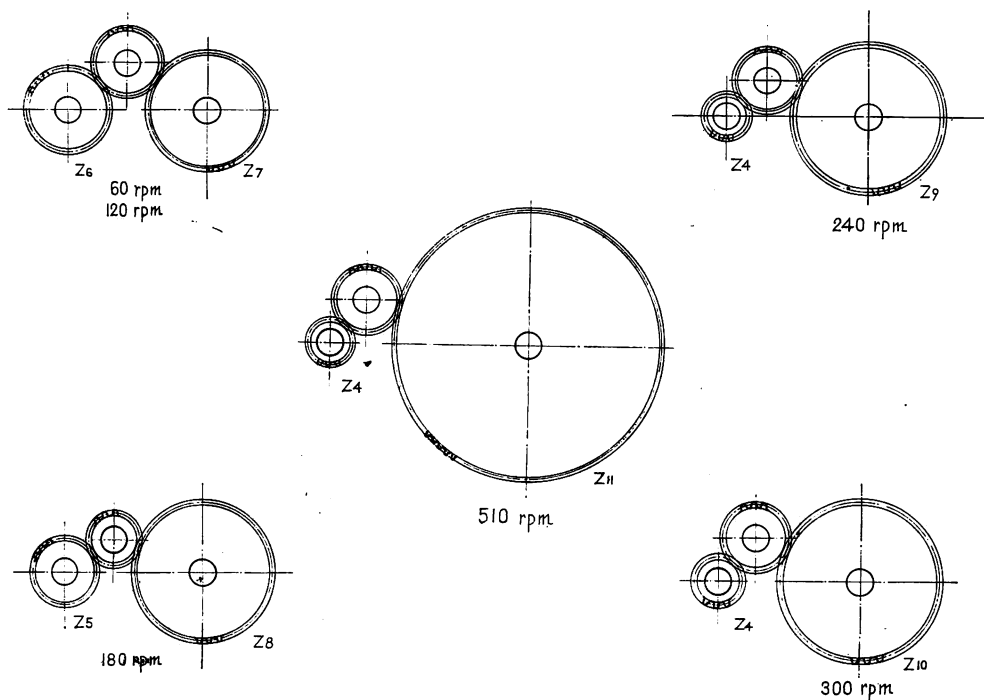
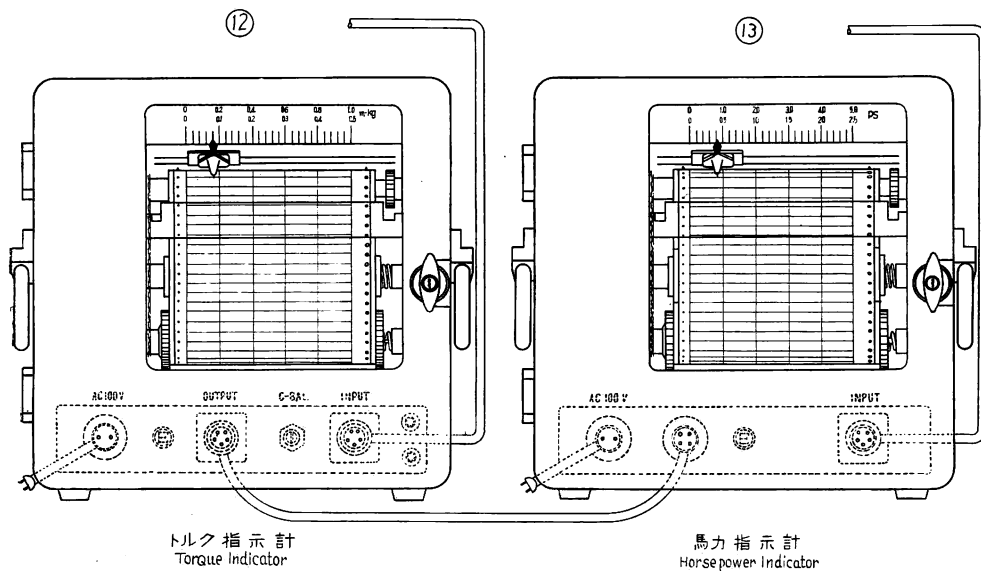


Fig. 2. 変速歯車の組合わせ Combination of variable speed gear



トルク指示計
Torque Indicator

馬力指示計
Horsepower Indicator

Fig. 3 トルクおよび馬力指示計 Torque and horsepower indicator.

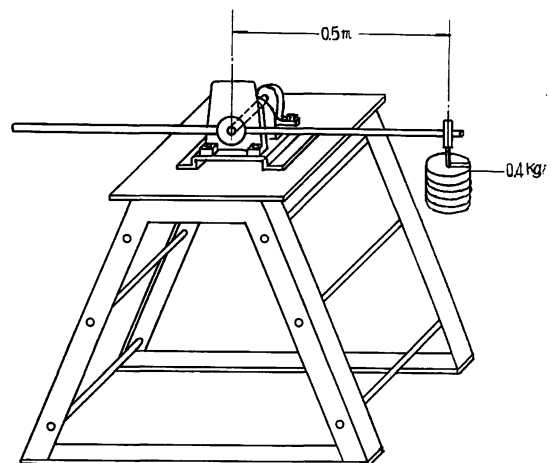
Table 1. 測定計器の性能概要

	性 能 要 目
トルクピックアップ	K社製 TP-01 C形 (回転計付) トルク容量 $1\text{ m} \cdot \text{kg}$ 最高回転数 9,000 rpm 直線性 定格の 0.3 %以内 ゲージ抵抗 $120\ \Omega$ 過負荷耐量 120 % 全長×全幅×全高 $230\text{mm} \times 150\text{mm} \times 215\text{mm}$
トルク指示計	K社製 SR-170 H形 目 盛 $0 \sim 0.5, 0 \sim 10\text{ m} \cdot \text{kg}$ 2段切替え, なお将来 $30\text{ m} \cdot \text{kg}$ の測定もできるようにその目盛もいれてある。 応答速度 0.3 sec. 直線性 0.2 %以内 記録紙 幅 120mm , 送り速度最高 4 mm/sec . 6段変速。 電 源 $100\text{ V}, 50\text{c/s}$
馬力指示計	K社製 SR-180 H形 目 盛 $0 \sim 2.5, 0 \sim 5.0\text{ PS}$ 2段切替え, なお将来50, 100 PSの測定もできるように, その目盛もいれてある。 応答速度 0.3 sec. 直線性 0.2 %以内 記録紙 トルク指示計におなじ 電 源 同 上

び馬力指示計が, この実験に応用した測定計器で, いわゆる電子管自動平衡式のインク書き記録のできる機構をもち, 作動軸のトルクおよび馬力を, 実験場所から50m程度まで離れた任意の場所で測定記録できる点に特徴をもたせてある。これら測定計器のおもな性能はTable 1のとおりである。なお, この測定の基本をなすトルク指示を静的に検定し, 記録値を随時校正することのできる Fig. 4のようなトルク検定器を自作した。

3.2.3 試験用植穴掘り (Fig. 5-a~f, Table 2 参照)

前項にあげた内外の代表的植穴掘りのなかから, 1人用植穴掘機としてつかえそうな大きさのものとして, Fig. 5-a~fのようなシングル・スパイラル形2種, ペロペラ形4種, フォーク形1種の計7種を試験用植穴掘りとし, さらに参考として, ソイルサンプラー用土壌採取刃3種も試験に供した。試験用植穴掘りには, 形別に直径 150, 200, 250 mm の

Fig. 4 トルク検定器
Torque tester.

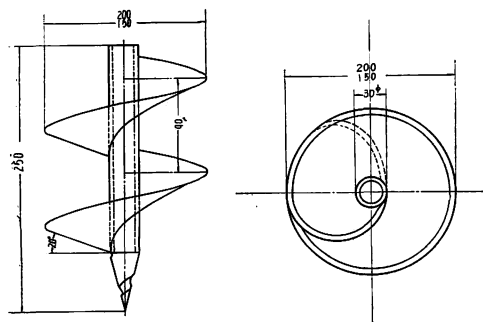


Fig. 5-a シングルスパイラル形
Single spiral type.

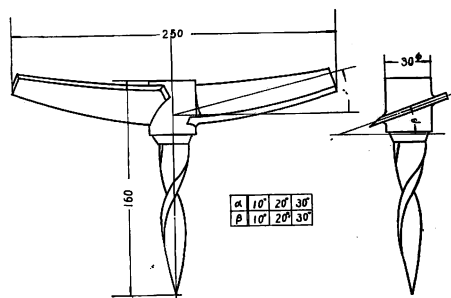


Fig. 5-b プロペラ形
Propeller type.

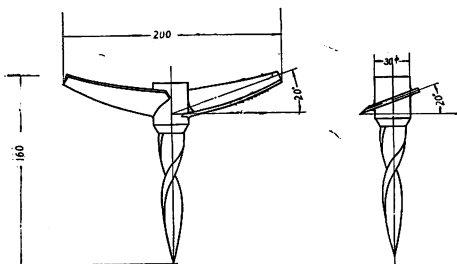


Fig. 5-c プロペラ形
Propeller type.

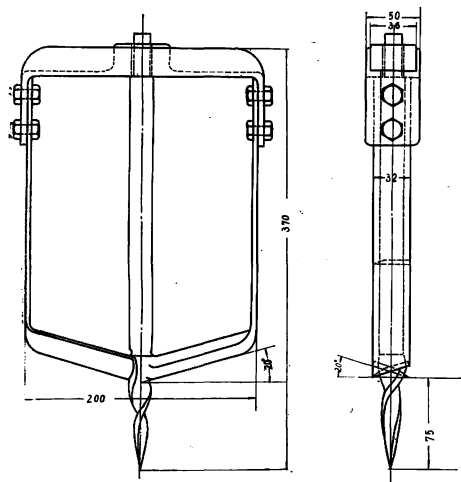


Fig. 5-d フォーク形
Fork type.

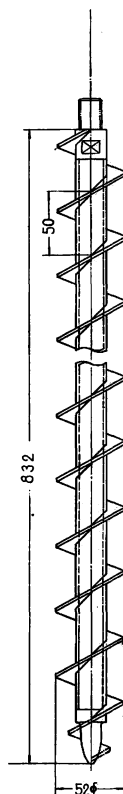


Fig. 5-e スモール
スパイラル形
Small spiral type.

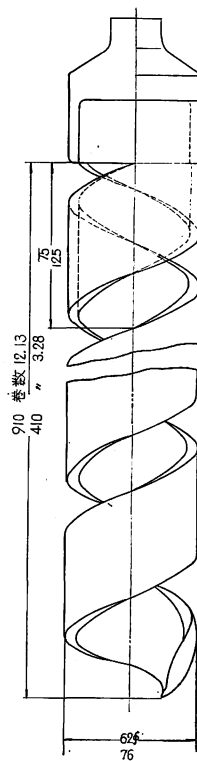


Fig. 5-f コイル形
Coil type.

Fig. 5 試験用植穴掘り Augers for test.

各径のものをそれぞれ供試するのが望ましかつたが、製作の都合から Table 2 にしめす種類にとどまつた。プロペラ形のみ角 α , β をひとしく 10°, 20°, 30° の 3 種にかえたものを供試した。

Table 2. 試験用植穴掘刃および土壌採取刃
Augers for tree-planting and soil-sampling used for experiment.

	形 式 Type	直 径 Diameter	刃 部 の 形 状 Shape	符 号 Mark	参 照 図 Reference Fig.
植 穴 掘 刃 Auger for Tree-planting	シングル・スパイラル形 Single spiral	150 mm	$\alpha=20^\circ$	○	Fig. 5, a
		200	$\alpha=20^\circ$	◎	〃
	プロペラ形 Propeller	200	$\alpha=20^\circ, \beta=20^\circ$	△	Fig. 5, b
		250	$\alpha=10^\circ, \beta=10^\circ$	◁	Fig. 5, c
		250	$\alpha=20^\circ, \beta=20^\circ$	△	〃
		250	$\alpha=30^\circ, \beta=30^\circ$	▽	〃
	フーク形 Fork	200	$\alpha=20^\circ, \beta=20^\circ$	□	Fig. 5, d
土 壌 採 取 刃 Auger for soil-sampling	スモール・スパイラル形 Small spiral	52	長さ Length 832mm	巻数 Pitch 16+1	Fig. 5, e
	コイル A 形 Coil-A	62	910	12.13	Fig. 5, f
	コイル B 形 Coil-B	76	410	3.28	〃

4. 実 験 結 果

4.1 総合穴掘トルク

回転式植穴掘刃を土壌に貫入させて、穴掘作業をさせるとき、植穴掘刃作用軸の回転が減速歯車をかいてエンジン駆動軸に作用する総合トルクは、土壌と機械の各種の条件が影響をおよぼすもののうちおもなものを取りだせば、ある土質については、ほぼ次式のような、各影響因子の加算されたものが作用すると考えてさしつかえなかろう。

$$T = T_o + T_{vp} + T_h + T_w + T_{vc} + T_r \cdot g \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで

T = 総合穴掘トルク $m \cdot kg$

T_o = 植穴掘機自身の駆動トルク $m \cdot kg$

T_{vp} = 植穴掘刃貫入速度のおよぼす影響 $m \cdot kg$

T_h = 土壌硬度のおよぼす影響 $m \cdot kg$

T_w = 土壌含水率のおよぼす影響 $m \cdot kg$

T_{vc} = 植穴掘刃周速（回転速度）のおよぼす影響 $m \cdot kg$

$T_r \cdot g$ = 土壌中の根や石礫などのおよぼす影響 $m \cdot kg$

もつとも、この(1)式にあらわされるもののうち、土壌中に含まれる根や石礫などの影響は、それらの硬軟、大小、多少などのさらに分析された要因が大きく影響してくるはずだが、これらの影響をくわしく実験的にしらべることはかなりむずかしく、またわずらわしい。したがって、われわれの実験ではこれらの影響についてはとくに傾向をみだす実験をしなかつた。しかし、ほかのすべての因子については、前述の実験装置について、ひとつおりの傾向を実物実験としてたしかめることができた。つまり、われわれが植穴掘機をあたらしく設計するとか、あるいは林地で実際に使用する場合、(1)式に示される総合穴掘

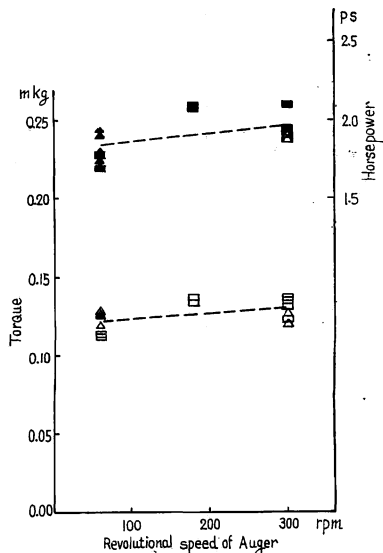


Fig. 6 実験装置の無負荷時駆動トルク
Driving torque of experimental device on no load.

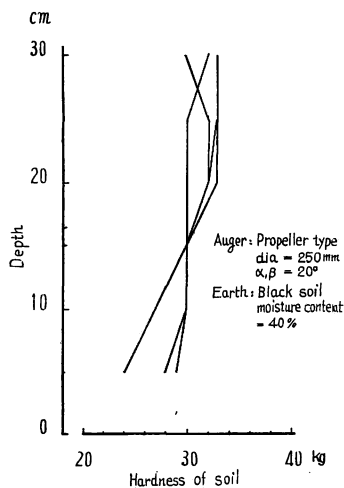


Fig. 7 深さ別土壌硬度 (貫入速度別試験)
Hardness of soil at any depth.

トルク T のうち $Tr \cdot g$ がわかつていなくても、その他の To , Tvp , Tve , Tw , Th などの傾向をつかんでおけば、これらの加算され総合穴掘トルク T_1 ($T_1 = T - Tr \cdot g$) を植穴掘機に装備されるエンジンのもつ最大トルク T_{max} より相当小さくしておきさえすれば ($T_{max} > T_1$), その差 $T_{max} - T_1$ で、 $Tr \cdot g$ に相当する根切りあるいは石礫のかきまぜ作用をおこなわせることができると考えればよいわけである。

4.2 植穴掘り試験装置の無負荷時駆動トルク

(1)式の右辺第1項 To に相当するこの植穴掘り試験装置自身の駆動トルク $T'o$ は、無負荷状態で、回転数別に駆動させ、そのときの測定値から平均トルクを求めればよい。この試験装置はきびしくいうと、平歯車の組合わせをかえて変速をおこなわせているから、回転数別に動力伝達効率はいわゆる実用機よりも機械効率が劣るものと想像されるが、実験につかつた変速の範囲では、Fig. 6 にしめすような値で、植穴掘り回転数との関係は次式であらわされるようだ。

$$T'o = 0.12 + 0.00003 Vr \dots \dots \dots (2)$$

$$P'o = 1.81 + 0.00051 Vr \dots \dots \dots (2)'$$

ここで、 $T'o$ = 植穴掘り試験装置の無負荷時駆動トルク

$m \cdot kg$

$P'o$ = 同上馬力 PS

Vr = 植穴掘り回転数 rpm

したがって、下記に報告する各実験結果は、いずれもこの $T'o$ あるいは $P'o$ の値をふくんだもので、回転数別の動力伝達効率の差は、この実験につかつた回転数の範囲ではほとんどなく、しいていえば回転数がふえると一次的にくわずに駆動トルクがふえる程度で、ほとんど無視してさ

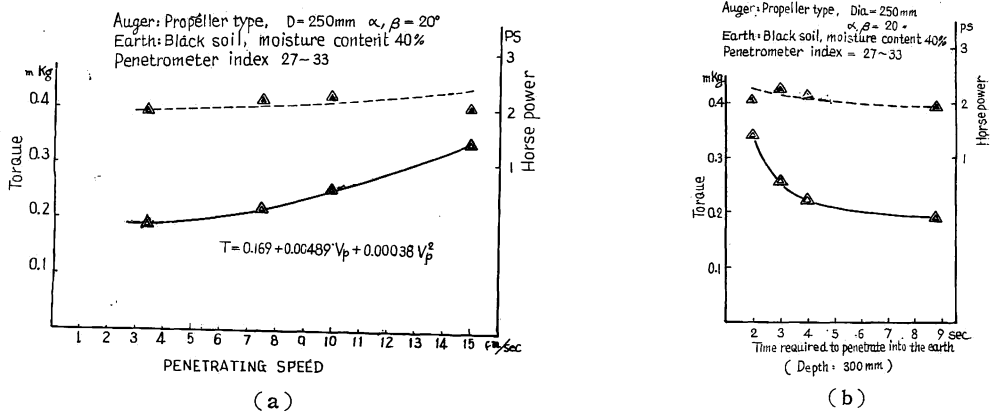


Fig. 8 貫入速度のおよぼす影響

Torque of earth drill influenced by the penetrating speed of auger.

かえない程度のものである。しかし、この試験装置自身の駆動トルクの絶対値は予想どおりかなり大きく $0.12 \text{ m} \cdot \text{kg}$ 程度であつた。

4.3 貫入速度と穴掘トルク

植穴掘刃を回転させながら土壤中へ貫入させる場合、普通はその押し込み力が、穴掘トルクに大きく影響するはずである。われわれの実験では、試験装置が2人持形であるためかなり重く(自重約40 kg)、とくにこの押し込み力をはかれなかつたので、それにかわるものとして、植穴掘刃貫入速度のおよぼす影響をしらべた。すなわち、被試験土壌(黒土)の含水率(40%)および硬度をほぼ一定の状態にして(Fig. 7)、一定の深さ(30 cm)を穴掘りするに要する時間を秒時計ではかることによつて、貫入速度をいろいろとかえた実験をこころみた。その結果は Fig. 8-a, b のとおりで、貫入速度がおそいすなわち押し込み力が小さいときは、穴掘トルクは小さくて多少の速度変化ではあまり影響しないが、貫入速度がはやくなるすなわち押し込み力が大きくなると、次式のように二次曲線的に穴掘トルクが増大する傾向をしめしている。

$$T'v_p = 0.169 + 0.00489V_p + 0.00038V_p^2 \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $T'v_p$ = 植穴掘刃貫入速度の影響をうけた穴掘トルク $\text{m} \cdot \text{kg}$

V_p = 植穴掘刃貫入速度 m/sec

したがつて、下記の各影響因子をしらべる実験では、貫入速度を、その多少が穴掘トルクにはほとんど影響を与えない5, 6 cm/sec 程度に、とくにえらんで実験をすすめ、毎回貫入速度がかわることにより、その影響をうけるのを避けるようにつとめた。

4.4 土壌硬度と穴掘トルク

被試験土壌(黒土)を供試箱にいれ、箱の底から約5 cm厚さずつつきかためながら、表面から10~30 cmの間がとくにほぼおなじような土壌硬度となるように、所定の力でしめ固めた。もつとも土壌硬度はペネトロメータの指針の5~50 kgの範囲で数種の段階にわけ、それぞれの硬度になるように、しめ固め強さあるいは回数を加減するのにとくに工夫をこらした。

このようにしてつくつた各硬度別の含水率一定(40%)の被試験土壌に、1, 2の植穴掘刃を回転数および貫入速度を一定にして貫入させ、土壌硬度がほぼ一定にたもたれた深さ10~30 cmの間の平均穴掘ト

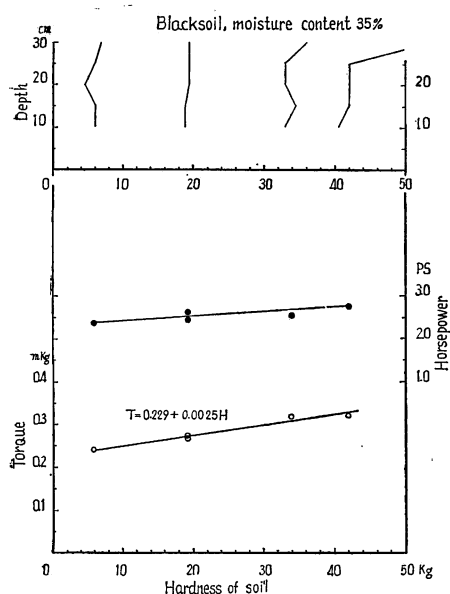


Fig. 9-a 土壤硬度のおよぼす影響
(スパイラル刃形)

Torque of earth drill influenced by the hardness of soil (single spiral type).

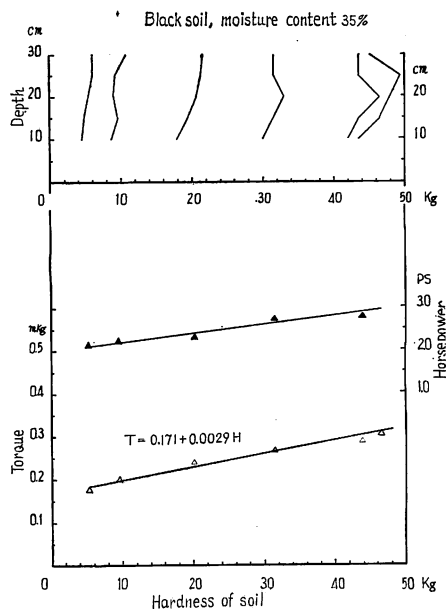


Fig. 9-b 土壤硬度のおよぼす影響
(プロペラ刃形)

Torque of earth drill influenced by the hardness of soil (propeller type).

ルクを測定し、穴掘トルクにおよぼす土壤硬度の影響をしらべた。

これらの実験結果は、Fig. 9-a, b および次式のとおりでである。

$$T'h = 0.229 + 0.0025 H \quad \left(\begin{array}{l} \text{シングルスパイラル形} \\ \text{直径 150 mm} \end{array} \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$T'h = 0.171 + 0.0029 H \quad \left(\begin{array}{l} \text{プロペラ形} \\ \text{直径 200 mm} \end{array} \right) \dots\dots\dots (4')$$

ここで、 $T'h$ = 土壤硬度の影響を受けた穴掘トルク $m \cdot kg$

H = 土壤硬度 kg

上式から、一定の含水量をもつた黒土では、土壤硬度が大きくなると、それに一次的に比例して穴掘トルクも大きくなるといつてさしつかえないようだ。もつともその増加率は、シングルスパイラル形の方がプロペラ形よりいくらか小さいが大差はない。

4.5 土壤含水率と穴掘トルク

被試験土壤（黒土）を供試箱にいれ、土壤硬度をほぼ一定にたもつようにし（後述と同条件）、含水率を32, 37, 40%の3種にかえ、各種穴掘刃につき、貫入速度をほぼ一定にたもちながら、回転数60, 180, 300 rpm の3種について穴掘トルクを測定した結果は、Fig. 10-a のとおりである。

Fig. 10-a 図からわかるように、植穴掘刃の刃形によつて、測定値にかなりのバラツキがある。しかし、黒土の含有水分が飽和状態に達するまでの含水率 32~40% の範囲では、各刃形をひとまとめにしてみると、土壤含水率の穴掘トルクにおよぼす影響は、回転数 60 rpm では含水率がふえても穴掘トルクがふえるというほどのこともないが、180, 300 rpm と回転数がふえるにつれ、含水率の増加にともない穴掘トルクも増加するようで、その関係は、ほぼ一次的な関係にあるといつてさしつかえないようだ。

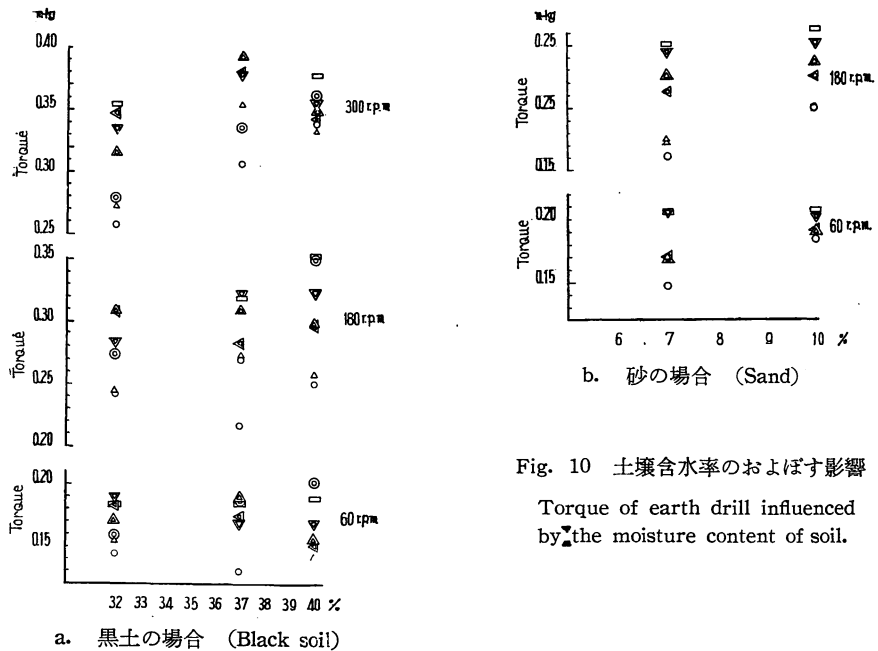


Fig. 10 土壌含水率のおよぼす影響

Torque of earth drill influenced by the moisture content of soil.

なお、まったくおなじような実験を砂について、含水率を7, 10% とかえておこなった結果は、Fig. 10-bに示したとおりで、上述の結果とはほぼ同一の傾向をしめしているといつてよい。

4.6 植穴掘削回転数と穴掘トルク

4.6.1 黒土の場合

黒土の含水率32, 37, 40%の3種について、深さ別土壌硬度ができるだけ均等、すなわち平均 29~30 kg の範囲になるようにしめ固め (Fig. 11-a, b, c 参照), 貫入速度をほぼ一定にたちながら、深さ 30 cm を穴掘りするときの各種植穴掘削の回転数別 (60, 120, 180, 240, 300 rpm) 平均穴掘トルクを測定した。

この実験結果は Fig. 12 のとおりで、いずれの刃形も、どちらかといえば、回転数の増加につれて、

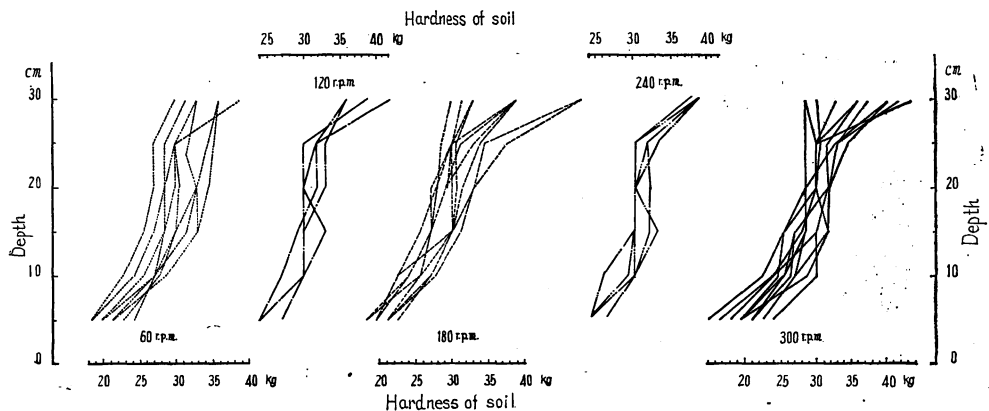


Fig. 11-a 黒土 (含水率 32%) の深さ別土壌硬度
Hardness of soil at any depth of black soil (moisture content = 32%).

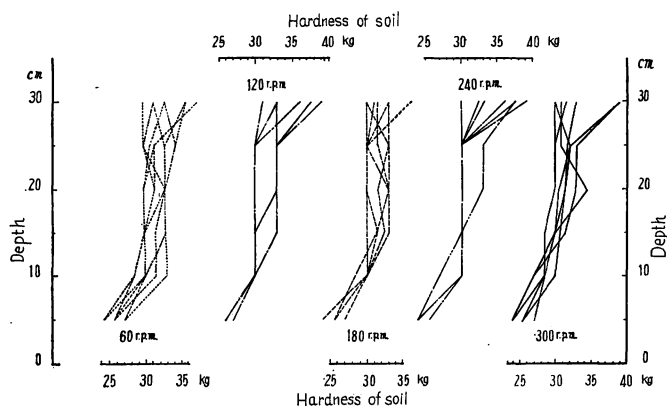


Fig. 11-b 黒土 (含水率 37%) の深さ別土壌硬度
Hardness of soil at any depth of black soil
(moisture content = 37%).

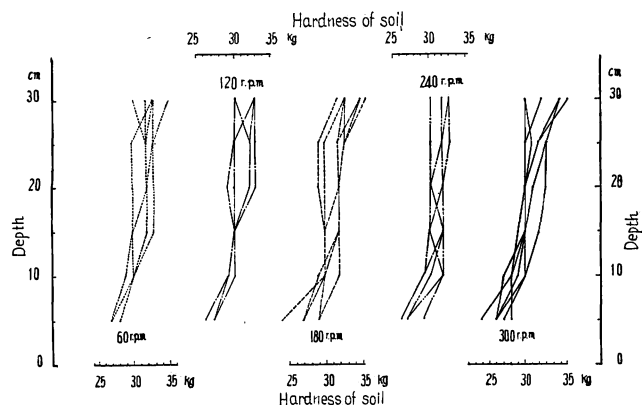


Fig. 11-c 黒土 (含水率 40%) の深さ別土壌硬度
Hardness of soil at any depth of black soil
(moisture content = 40%).

直線にちかかわず上に凸の放物線をなして、穴掘トルクは増大している。また各種刃形別穴掘トルクの大きさを比較すると、フォーク形 (直径 200 mm) が最も大きく、シングル・スパイラル形 (直径 150 mm) が最も小さく、プロペラ形 (直径 250 mm, 200 mm) はいずれもこの間の値をしめしている。なお、プロペラ形 (直径 250 mm) の刃角 α , β を 10° , 20° , 30° にかえたものの差は、この実験ではつきりあらわれなかったが、しいていえば、 α , $\beta = 20^\circ$ 程度の刃角をもつたものが穴掘トルクが少なくてすむようである。

4.6.2 赤土の場合

赤土 (含水率 42%) について、Fig. 13 のような深さ別土壌硬度のものについて、回転数別 (60, 180, 300 rpm) の上述同様の実験をおこなった結果は Fig. 14 のとおりである。赤土については、含水率をかえた実験はできなかつたが、ほぼ黒土の場合とおなじ傾向をしめしているといつてよからう。

4.6.3 砂の場合

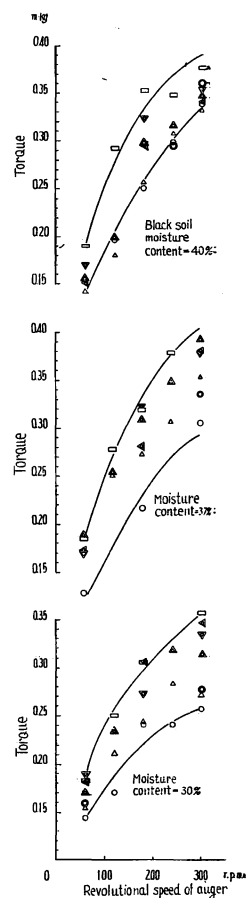


Fig. 12 植穴掘り回転数のおよぼす影響
(黒土の場合)

Torque of earth drill
influenced by the
revolutional speed of
auger (Black soil).

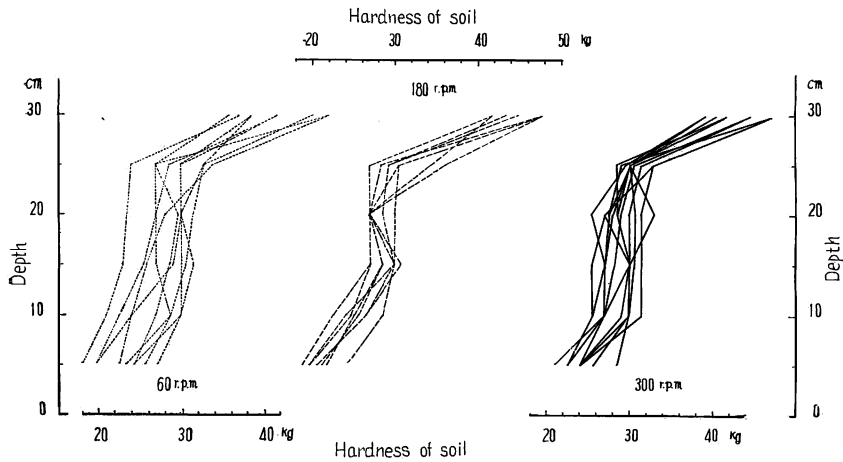


Fig. 13 赤土 (含水率 42 %) の深さ別土壌硬度
Hardness of soil at any depth of red soil (moisture content = 42%).

Fig. 15-a 砂 (含水率 7 %) の深さ別土壌硬度
Hardness of soil at any depth of sand (moisture content = 7 %).

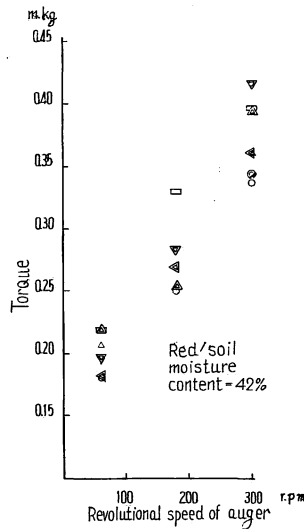
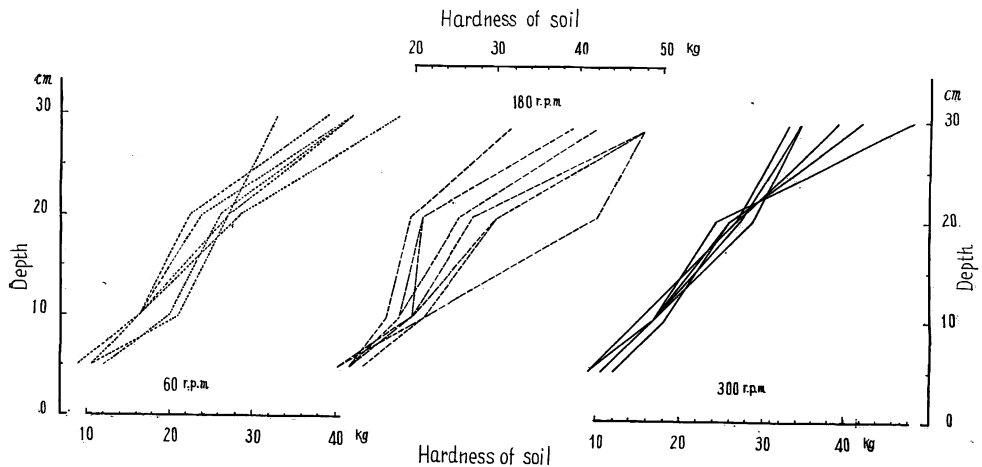


Fig. 14 植穴掘り回転数のおよぼす影響 (赤土の場合)
Torque of earth drill influenced by the revolutionary speed of auger (Red soil).

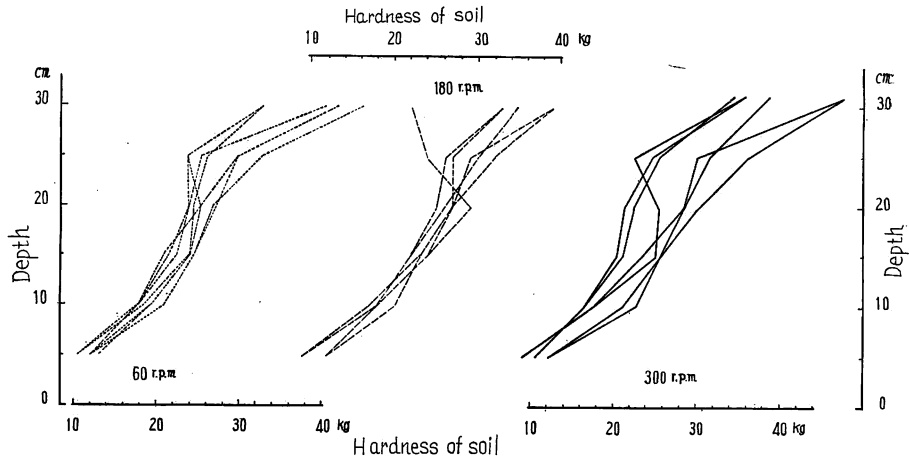


Fig. 15-b 砂 (含水率10%) の深さ別土壌硬度
Hardness of soil at any depth of sand (moisture content=10%).

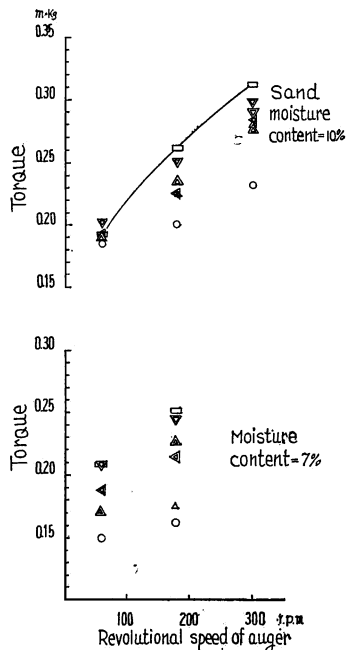


Fig. 16 植穴掘刃回転数のおよ
ぼす影響 (砂の場合)

Torque of earth drill influenced
by the revolutional speed of
auger (Sand).

砂 (含水率 7, 10%) について, Fig. 15 のような深さ別土
壌硬度のものについて, 上述 2 者と同様の実験をおこなつた結
果は Fig. 16 のとおりで, 前 2 者の土のように, 回転数の増
加につれ穴掘トルクが増大する増加率は大きくはないが, ど
ちらかといえば直線にちかい傾きで, 穴掘トルクがふえ, 刃形別
の穴掘トルクの差は前 2 者の場合とほぼ同様な傾向にある。

以上の黒土, 赤土, 砂の各土質における回転数別穴掘トルク
試験から, いずれの場合も, 各刃形別に, しかも直径の大小に
応じて穴掘トルクに差があるわけである。したがつて, これら
の結果をさらに一般化しようとすれば, 植穴掘刃の穴掘トルク
は, 刃形別に刃の周速の影響をうけているはずである。よつて
上述の実験結果を周速との関係であらわせばつぎのようにな
る。

4.7 植穴掘刃周速と穴掘トルク

この関係を土質別に図示すれば, Fig. 17-a, b, c のようにな
り, 刃形別に次式および Table 3 のような放物線的な関係
式で表示されるようだ。

$$T'v_c = a V_c^b \dots\dots\dots (5)$$

ここで, $T'v_c$ = 周速の影響をうけた穴掘トルク $m \cdot kg$

V_c = 植穴掘刃の周速 m/sec

a, b = 常数

上述の結果から, 同一直径のものを比較した場合, 刃形別にはフォーク形が他の 2 つの形よりは大きな
穴掘トルクを必要とし, それも回転数がふえる, すなわち周速がはやくなるにつれ, いくぶん差が大き

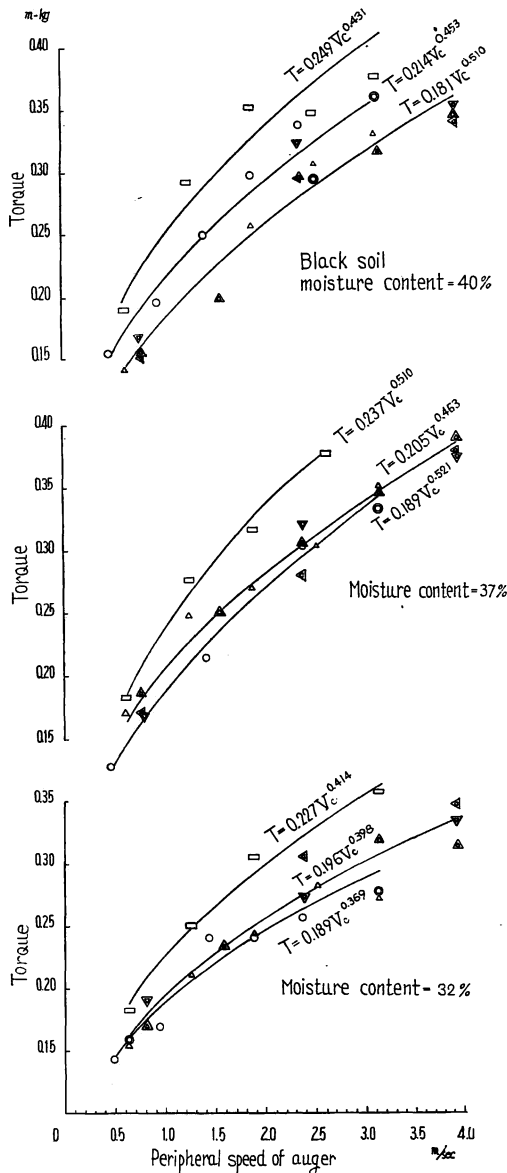


Fig. 17-a 植穴掘り周速のおよぼす影響 (黒土の場合)
Torque of earth drill influenced by the peripheral speed of auger (Black soil).

なる。シングル・スパイラル形とプロペラ形は、どちらかといえば前者の方が小さな穴掘トルクですむようだが、いろいろな土質を平均すると、あまり大差はなく、フォーク形に対してそれより少ない穴掘トルクですむものとして、これらの両形で1つのグループをつくつていともいえるようだ。フォーク形が他の2者よりとくに大きな穴掘トルクを必要とするのは、この形の構造がプロペラ形の水平2枚刃の両端に、さら

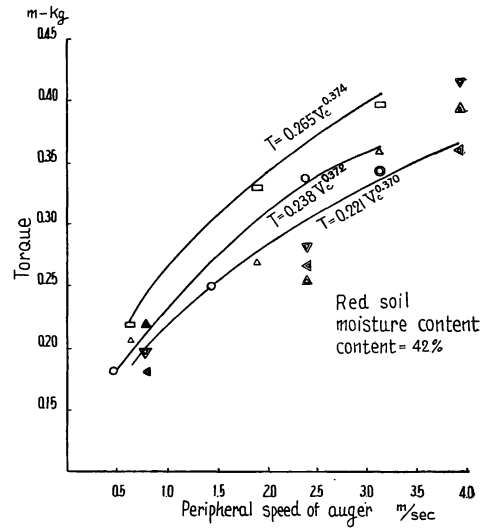


Fig. 17-b 植穴掘り周速のおよぼす影響 (赤土の場合 Red soil)
Torque of earth drill influenced by the peripheral speed of auger (Red soil).

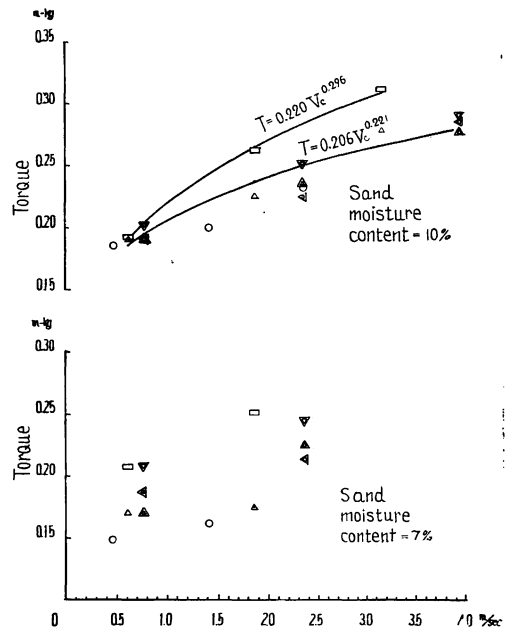


Fig. 17-c 植穴掘り周速のおよぼす影響 (砂の場合 Sand)
Torque of earth drill influenced by the peripheral speed of auger (Sand).

Table 3. (5) 式 の 実 例
Values of constant at formula (5).

	含 水 率 Moisture content	シングル・スパイラル形 Single spiral type	プロペラ形 Propeller type	フ ェ ー ク 形 Fork type
黒 土 Black soil	32 %	$T' = 0.189 Vc^{0.369}$	$T' = 0.196 Vc^{0.398}$	$T' = 0.227 Vc^{0.414}$
	37 %	$T' = 0.189 Vc^{0.521}$	$T' = 0.205 Vc^{0.468}$	$T' = 0.237 Vc^{0.510}$
	40 %	$T' = 0.214 Vc^{0.453}$	$T' = 0.181 Vc^{0.510}$	$T' = 0.249 Vc^{0.481}$
赤 土 Red soil	42 %	$T' = 0.238 Vc^{0.372}$	$T' = 0.221 Vc^{0.370}$	$T' = 0.265 Vc^{0.374}$
砂 Sand	10 %	—	$T' = 0.206 Vc^{0.221}$	$T' = 0.220 Vc^{0.296}$

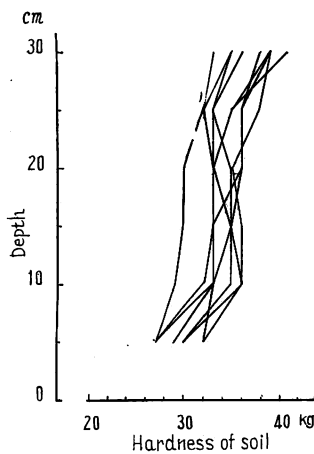
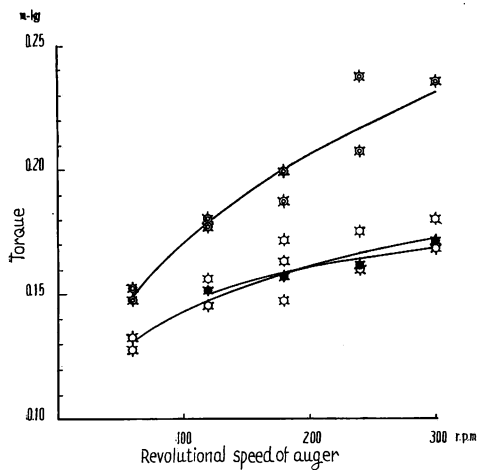


Fig. 18 深さ別土壌硬度
(黒土40%,
ソイルサンブラ試験)
Hardness of soil at any depth.

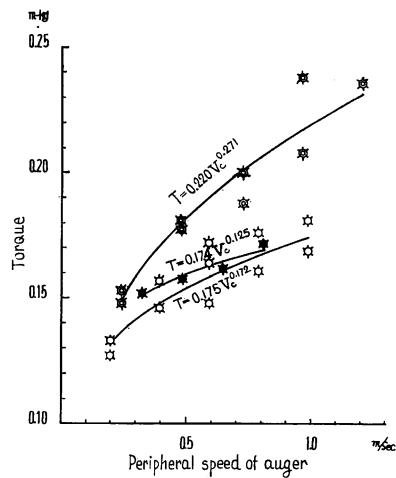
に 2 枚の垂直根切刃をつけているから、この垂直刃の分だけはずり
りとトルクがふえていると考えてさしつかえないものと思われる。

4.8 土壌採取刃の回転数および周速と穴掘トルク

植穴掘機を設計しようとする場合、ただ単に植穴掘りのみにつかえ
るだけでなく、その刃先をとりかえることにより、前述の海外機種
のように杭穴掘りとか土木工事の土質調査の土壌採取などにもつか
えるように考えておくことは、メーカーの立場にたてば、植穴掘機本
体の利用価値をたかめることにもなり、ひいては植穴掘機本体の製
造価格を低くすることに役だつことにもなろう。ところで、杭穴掘
りは、前述の植穴掘刃のうちで、スパイラル形の杭穴掘り深さに応
じたピッチの長いものをとりつけられるようにすれば、それで十分
つかえることになるはずだから、前述のシングル・スパイラル刃形
の実験結果を利用することができよう。しかし土壌採取刃は、前掲



(a)



(b)

Fig. 19 ソイルサンブラ用刃形の回転数および周速と穴掘トルク
Torque of earth drill with coil & small single spiral type auger influenced by
the revolutionary speed and peripheral speed of them.

Table 4.

	含 水 率 Moisture content	スモール・スパイラル形 Small spiral type	コイル形 A Coil type (A)	コイル形 B Coil type (B)
黒 土 Black soil	40 %	$T'_{ve}=0.174 Vc^{0.125}$	$T'_{ve}=0.175 Vc^{0.172}$	$T'_{ve}=0.220 Vc^{0.271}$

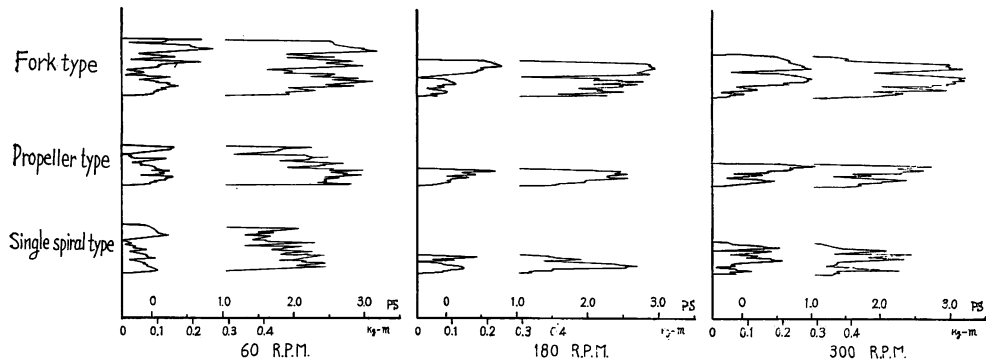


Fig. 20 刃形別、穴掘トルクおよび馬力の記録例

Examples of recording Torques and Horsepowers of earth drill with various type augers.

の Fig. 5-e, f でわかるように、またすこしちがつた構造の刃形をしているのが普通である。

よつて、植穴掘り実験の参考として、これらの土壌採取刃について、黒土含水率 40% の土壌硬度 Fig. 18 のような被試験土壌で、前項と同様の実験をおこない、回転数および周速と穴掘トルクの間係をしらべたところ、Fig. 19-a, b のような結果をえた。

このうち刃形別の周速と穴掘トルクの間係を数式化してみると、いずれも植穴掘りの場合とおなじように (5) 式であらわされる放物線的な関係にあり、形別に Table 4 のような常数で表示される。

5. 1 人用植穴掘機の試作

5.1 エンジンの選択

1 人用植穴掘機を試作する場合、まず最初にエンジンをどれにするか選択しなければならない。林業用可搬式機械として、わが国山岳林でつかわれている機種の実況から考えると、どのエンジンよりも軽量で高出力な動力鋸用エンジンなら、性能の点ではもつとも適しており、ついで刈払機用エンジンが出力の点で前者よりは劣つてはくるが、おなじ造林作業につかうものだから、できればつかえるようにしたいと考えるのが自然である。すなわち、動力鋸用エンジンは、単気筒 2 サイクル空冷小形エンジンのなかでは、単位出力あたりの重量はもつとも少ないものといつてよく、さらにダイヤフラム式気化器をそなえ、横転倒立時の使用を可能にもしていることなどからは、1 人用植穴掘機用としても好ましいといえる。しかし高級エンジンであるだけに、価格はどのエンジンよりも割高になることが、将来普及をはかる観点から考えると、大きな欠点となつてくる。この点、刈払機用のエンジンは、その出力が植穴掘り作業に間に合うものであれば、価格は前者の約 1/3 程度ですむことから、普及上は大変好ましいといえることができる。

以上のような考え方から、前述の各種の実物実験の結果から、どうしても最低の性能として必要になると考えられる最高出力 2.5 PS, 最大トルク 0.35 $m \cdot kg$ 以上のもので、エンジン単体重重量少なくとも

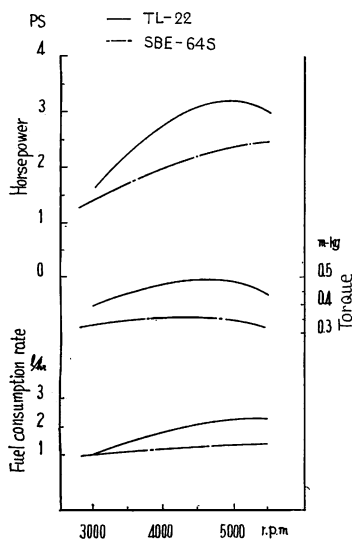


Fig. 21 エンジンの性能曲線
Performance of engine for
earth drill.

7 kg 以下という条件にはいる国産エンジンのなかから、Fig-21 のような性能曲線をもつ、TL-22 形動力鋤用エンジン（実験につかつた手持品）および SBE 64 S 形刈払機用エンジンをえらび、試作をすすめることにした。

5.2 植穴掘刃の形式の選択設計

造林地で植穴掘りする場合、よほどいいに地拵えした直後の場所は別として、普通は、地表にある程度の雑草や蔓草類がのこっているものと予想しなければならないだろう。したがって、こういう場所でシングルスパイラル、プロペラ、フォークの形式の植穴掘刃をつかつて、実際の植穴掘りテストを試みたところ、プロペラ、フォークの両形は、どちらも軸に対してシムメトリカルに1対の刃をもっているため、雑草や蔓草の葉茎部が刃の尖端のコーンのところで、1対の刃に、たすき掛け状にからみつき、土中への刃の貫入を困難にしがちなのがわかつた（フォーク形のうち、西ドイツにみられる1対の刃の両先端がたがいに内側へ曲がついていながら、その両先端は数

十 mm はなれているもの——われわれの試験刃形のように刃軸をもたないもの——では、この欠点は少ないかもしれない。この両形にくらべると、シングル・スパイラル形は、いわゆる単一らせんのため、雑草や蔓草の葉茎部がコーンのところからまきついてきても、そのまま植穴掘刃軸上方に逃がされるから、ほかの2形のように、草の茎や根が刃にからみついてしまつて、土中への刃の貫入を困難にすることが少なかった。

よつて、このような各刃形の使用性能と、前述の実物実験による各種トルク測定結果を考えあわせ、どの土壤でも比較的穴掘トルクが少なくすむと思われるシングル・スパイラル形を、植穴掘刃として選択採用することにした。

また、造林技術面からのかなり強い要望として、普通の林地の地表にある腐植土は、天然に落葉が堆積腐植してできた肥料分をもつた土だから、植穴掘り地点から、できれば飛散させないことが望ましいとされている。この解決策としては、後述の、引抜き時の植穴掘刃逆転機構を採用することにより、刃の逆回転を利用して労せず、また腐植土をすつかり排出してしまわずに、刃の引抜きをおこなわせることができるようにすると同時に、これに見合つたシングル・スパイラル刃形の設計をすることによつて、解決することができた（プロペラ形の刃をつけたものでも、上述と同じ理由で、逆転機構があるとつかいやすくなる）。

すなわち、この植穴掘刃の直径は、後述のように 150~200 mm の範囲を標準にしたが、らせん面の素線の軸心とのなす角 α は 10~20° 程度とし、右らせんの形でらせん面をつくり、ピッチは石礫の大きさを考慮にいれて 80~90 mm とし、ピッチ数はできるだけ少なく約 1.5 ピッチにとどめ、さらにらせん面の上下端末はとくに直線をさけて、下端は貫入時、上端は引抜き時の土中における抵抗その他根などへのひつかりを少なくするため、軸心かららせん面外周にひろがる同心円周速の2乗に比例した放物線形^{注1)}の端末をもたせることとし、外周全面の下縁にエッジをつけ、根切り効果をよくするように設計した。

5.3 植穴掘刃回転数と直径の選択設計

腐植土を飛散させないようにすることに関係する因子として、当然のことながら植穴掘刃の周速の問題がある。これは植穴掘刃の直径と回転数の問題に帰着するが、腐植土を飛散させないようにすることおよび穴掘トルクもまた少なくすませるということからいえば、前述の実験結果からもわかるように、刃の周速は小さい方がよい。

しかし実際に、回転式植穴掘刃で植穴掘りする場合、刃の土、石礫および根に対する作用を考えると、土や石礫に対しては回転数が少ないすなわち周速の小さいほど、刃は土中に貫入しやすいが、土を破碎して石礫などと一緒にかきまぜること、さらに根をも切断するというためには、逆に回転数が多いすなわち周速の大きい方が望ましいと考えられる。

また1人用植穴掘機を考えた場合、前項のように採用できるエンジンの能力は限定されてき、それに見合った機種は、一般機械工業界の現状ではいわゆる軽量高出力の単気筒空冷2サイクル小形ガソリンエンジンといわれる部類のものとなる。したがって、エンジン常用回転数 5,000~5,500rpm 程度のものを、後述するような減速機構をつかつて、前述実物実験につかつた植穴掘刃回転数 60~300rpm の範囲内において、植穴掘刃を回転させなければならない。すなわち減速比は 1/20 前後から 1/90 の範囲内で選択して植穴掘刃の回転数をきめなければならない。ここで、エンジン・トルクは、5.1 項で選択した機種では、最大 0.35あるいは $0.5\text{ m}\cdot\text{kg}$ 程度しかなくても、植穴掘軸自体にはたらく最大トルクは、機械効率および70%と低くみても、約 5~80 $\text{m}\cdot\text{kg}$ 範囲となり、減速比の大きい場合は、きわめて大きなトルクを、1人用機のハンドルを通して作業者の両手にはたらく偶力で^{注2)}、ささえなければならない。つまり1人把持という目的からいえば、減速比は使用可能な範囲でできるだけ小さくすればよい、いいかえると植穴掘刃回転数をできるだけ大きくすればよいことになり、それによつて、植穴掘刃が土中で硬いものにひつかかつて、その反力で、作業者の両手が植穴掘機自体をささえきれなくなるという危険は少なくなるわけである。

なお、われわれが実際に、石礫や根のいりまじつた状態の条件のわるい現場で試用した経験では、1人把持に都合よきような植穴掘軸の最大トルクは、せいぜい 15 $\text{m}\cdot\text{kg}$ あまりにとどめた方がよさそうに思われた。

よつて、海外の穴掘機では、穴掘刃回転数 5, 60 rpm 程度を採用しているのに対して、われわれの植穴掘機では、後述の DR III 形 (TL-22 形 エンジン, 最大トルク 0.5 $\text{m}\cdot\text{kg}$) および DR IV 形 (SBE-64S 形 エンジン, 最大トルク 0.35 $\text{m}\cdot\text{kg}$) のいずれも、植穴掘刃回転数 200~300 rpm の範囲におさまる程度に減速比を選択し、刃の周速は約 3.0 m/sec 程度にとどまるように、刃の直径はすこし小さめになるが、大きな植穴を掘るときは穴掘回数をふやすことにして、180~250 mm 程度を採用することにした。

このように、植穴掘刃回転数を海外機種よりかなり高目に採用したことは、後述の動力伝達方式の設計上、その減速比を少なくすることができ、この植穴掘機の特徴の一つである逆転機構を、減速機構に加えて、1人用機にふさわしくいわゆるコンパクトに設計するのに役だつことになるわけである。

5.4 動力伝達方式の選択設計

林業機械は、一般に作業対象となるものに均質性をひどく欠く場合が多いから、エンジンに過負荷を生じがちな傾向が多い。植穴掘機も作業対象となる土壌条件は千差万別といつてよく、エンジンに過負荷を生じがちであることは一般の例にもれない。作用軸に過負荷を生じると、作用軸の回転は急速に低下し、

高速に回転しているエンジン・シャフトをムリにも停止させようとする負の回転力がはたらいて、エンジンを破損してしまうことになる。この解決策として、ごく普通につかわれる機構であるいわゆる遠心クラッチ³⁾を、われわれの植穴掘機のエンジン・シャフトの出力側にまずとりつけ、その先に減速および逆転歯車を装備するようにした。

減速機構の設計にあたっては、作業対象となる土壌条件が硬軟いろいろと変化する植穴掘機として、最も好ましいことは、前述の実験結果から容易に類推されるように、いわゆる可変速の機能をもたせることである。すなわち、たとえば土壌の軟らかいところでつかうときは植穴掘機の回転数を大きくし、土壌の硬いところでつかうときは刃の回転数を小さくしてつかえるようにすれば（つまり、同一エンジン・トルクからつたわる植穴掘軸トルクを、土壌の軟らかいときは小さくし、硬いときは大きくしてつたえることにすれば）、最も合理的な機能をもった植穴掘機にすることができるわけである。したがって、われわれとしては、1人用植穴掘機に装着できるような、軽量小形のいわゆる無段変速機構を創案すべく、調査検討をくわえたが、わが国のこの方面の機械加工技術の水準では、いろいろの点でむずかしいことがわかり、不本意ながら断念せざるをえなかつた。またこの無段変速にかわつて、2～3段のごく普通的方式である平歯車選択摺動方式の変速機構を考えることができるが、1人用機としては、その重量をできるだけ軽く、すなわちいくら重くても15kg以下にしなければならないという条件を考えると、われわれの1人用植穴掘機の特徴の一つである逆転機構のほか、変速歯車少なくとも数枚をふやさなければならなくなり、それだけ重量もふえることになるので、今回は、軽量化1人用機という目標のために、変速機構の装着は断念して、実用機の設計をすすめざるをえなかつた。

減速比は、前項のような植穴掘機回転数の選択から、DRⅢ形で正転1:25.6、逆転1:18^{注4)}、DRⅣ形で正逆転とも1:27.6^{注5)}（ウォームの口数を一重にすることにより1:55にすることも可能^{*}）となり、かなり大きな減速比となるので、主減速歯車にはウォーム & ウォーム歯車を採用して大部分の減速をおこなわせ、残余の減速は逆転機構の併置のために組み合わせる歯車にも分担させることにして、主減速歯車および正逆転歯車の組み合わせを、できるだけコンパクトな形におさめることに工夫をこらした。なお、これら歯車機構をとおして動力伝達される植穴掘機軸は、1人用植穴掘機の自重約3/4をしめることになるエンジンおよび減速兼正逆転歯車部すなわち植穴掘機本体の重量を、その軸心線上にうけることが必要になる。すなわち、植穴掘機全体としての重心の安定をはかることが必要で、それによつて1人把持のしやすさ、あるいは植穴掘機貫入に本体重量を活用することなども可能になつてくる。したがってこの減速兼正逆転の動力伝達機構の設計にあたっては、これらの点にとくに留意して、エンジンからの動力取出軸および植穴掘機軸相互の位置を決定し、その間に、各種歯車の組み合わせが、できるだけエンジン部と一体化するようなギヤケースにおさまるように、工夫をこらしたわけである。

もつともここで、1人用植穴掘機のエンジン把持方式として、エンジン部のみを背負架に搭載して、作業者の背中に背負えるようにし、遠心クラッチから1m前後のフレキシブルシャフトで動力を取り出し、その先に、減速兼正逆転部および植穴掘機軸、植穴掘機をハンドルで把持できるようにとりつける形式（いわゆる背負式^{**}1人用植穴掘機）が考えられる。この場合、どちらかといえば耐用性に疑問のもたれる

* ウォームの歯切加工を考えると、口数一重の方が製作上安上がりになる。また、減速比の小さい方だけをつかうことにふみきれば、歯車およびギヤケースが小さくなり、植穴掘機の重量軽減をはかることもできる。したがって、この見地からの改良形をその後試作し、より軽量化することができた。

フレキシブルシャフトをつかわざるをえなくなることから、われわれの設計としては、上述のような、エンジンおよび動力伝達部を一体化した手持可搬形式の1人用植穴掘機とする前提で、設計をすすめたわけである。

DRⅢ 形植穴掘機では、正逆転機構に平歯車選択摺動式を採用し、クラッチの切り替えは、正中立逆と、ロッドの押し込みあるいは引き抜きで、シフトを操作できるようにしたが、主減速歯車を含めた歯車配列は Fig. 22 のとおりである。

DRⅣ 形植穴掘機では、正逆転機構にかさ歯車の常時噛み合いによるクラッチ切替方式を採用したが、

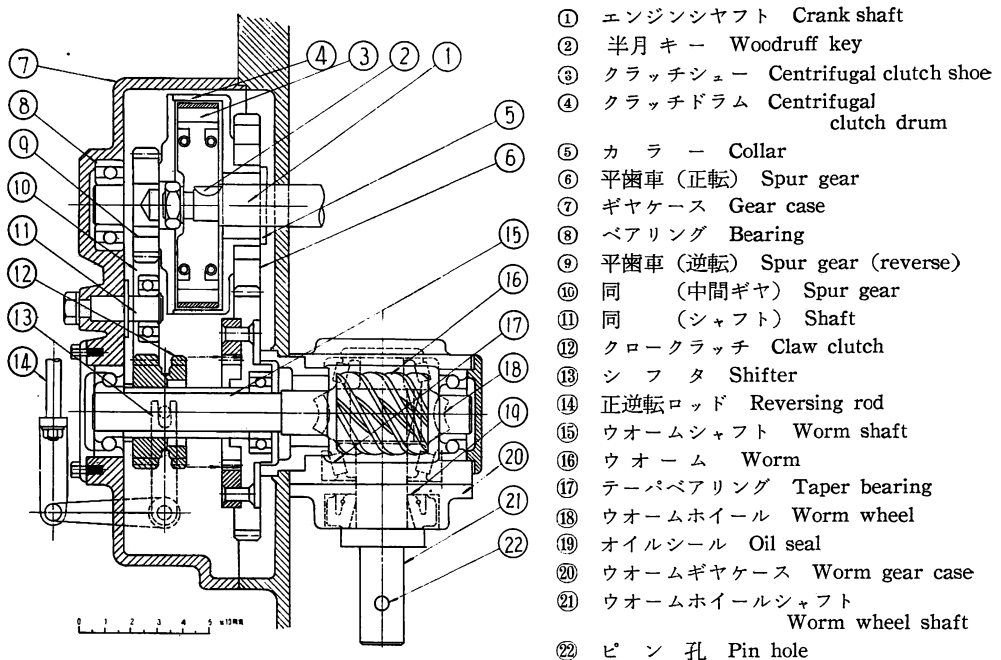


Fig. 22 DR Ⅲ 形用正逆転機構

Transmission for DR Ⅲ type.

*** 手持可搬形林業機械のエンジン部を背負式とし、作動部とフレキシブルシャフトでむすぶという考えは、現在ひろく普及している故藤林誠東大教授(元林業試験場技師)の考案になる藤林式ブッシュクリーナの試作過程においても採用されたことがある。しかし当時の国産フレキシブルシャフトは、性能上おもわしくない点が多くて実用に適せず、現在の肩掛式(フレキシブルシャフトをつかわずに長い中空丸軸でエンジンと丸鋸軸をむすぶ動力伝達形式を採用したもので、海外機も、ほぼ同時にこの形式を採用したものが多い。)の創案で、ようやく実用化に成功することができたいきさつがある。もつとも昨年から国内で、草や小径灌木の刈り払いを目的とした刈払機に、国産フレキシブルシャフトをつかった背負式実用機が、かなり普及してつかわれるようになってきているが、この背負式エンジンを利用して、おなじくフレキシブルシャフトで穴掘刃を回転させる背負式国産穴掘機も、最近試作品ができ上り、メーカーから筆者に性能判定を依頼してきたりしてきている。この形式は前述のように、海外にも1機種みられるもので、耐用性にあつて軽量でしかも撻み性の大きいフレキシブルシャフトをつかうことができれば、技術的には実用化に成功するのも容易なこととおもわれる。

クラッチの切り替えは、スプリングとワイヤでシフトに連動するレバーのにぎり具合で、正中立逆と操作できるようにしたが、主減速歯車も含めた歯車配列は Fig. 23 のとおりである。

なお、これら動力伝達系統の要素をなす個々の歯車および軸注の設計にあつては、上述の方針から当然のことながら、その重量軽減に苦心しなければならなかつたが、これは強度計算のゆるすかぎり、歯幅および肉厚の軽減、さらには部分的に中空丸軸を採用することなどにつとめるとともに、実地使用による

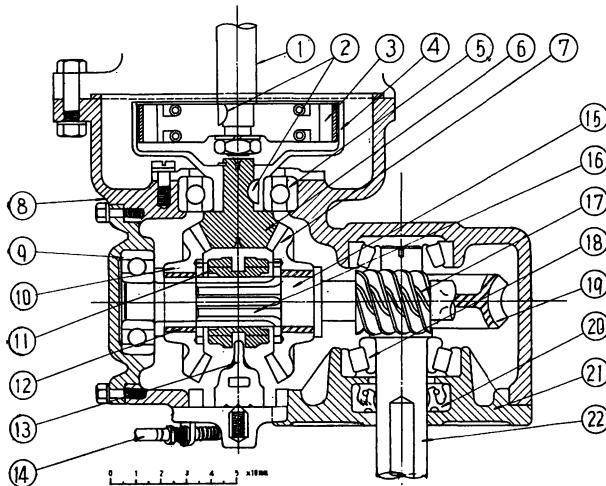


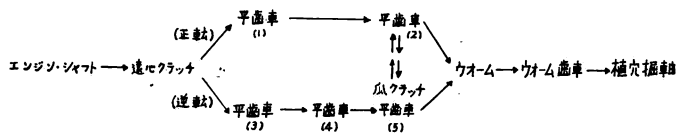
Fig. 23 DR IV形用正逆転機構

Transmission for
DR IV type.

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ① エンジンシャフト Crank shaft | ② 半月キー Woodruff key |
| ③ クラッチシュー Centrifugal clutch shoe | ④ クラッチドラム Centrifugal clutch drum |
| ⑤ ベアリング Bearing | ⑥ かさ歯車 Bevel gear |
| ⑦ かさ歯車 (正転) Bevel gear | ⑧ ギヤケース Gear case |
| ⑨ ベアリング Bearing | ⑩ かさ歯車 (逆転) Bevel gear (reverse) |
| ⑪ クロークラッチ Claw clutch | ⑫ ブッシュ Bush |
| ⑬ シフト Shifter | ⑭ 正逆転ワイヤ Reversing wire |
| ⑮ ウォームシャフト Worm shaft | ⑯ スプライン Spline |
| ⑰ ウォーム Worm | ⑲ テーパーベアリング Taper bearing |
| ⑱ ウォームホイール Worm wheel | ⑳ オイルシール Oil seal |
| ㉑ ベアリングカバー Bearing cover | ㉒ ウォームホイールシャフト Worm wheel shaft |

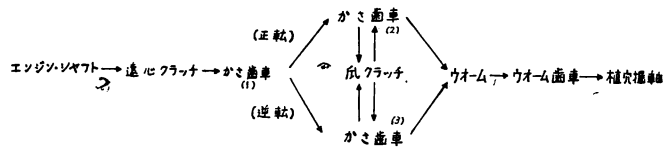
動力伝達方式

DR III 形



	平 歯 車					ウ ォ ー ム	ウ ォ ー ム 歯 車
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
歯 数 Z	33	47	19				18
モジュール m	66	94	42.75			29	45
圧入力角 α°	2	2	2.25			2.5	2.5
歯幅 b mm	20°	20°	20°				20
歯数 n	9	9	9				
巻き角 λ°'						1° 10' 30" 右	1° 10' 30" 右

DR IV 形

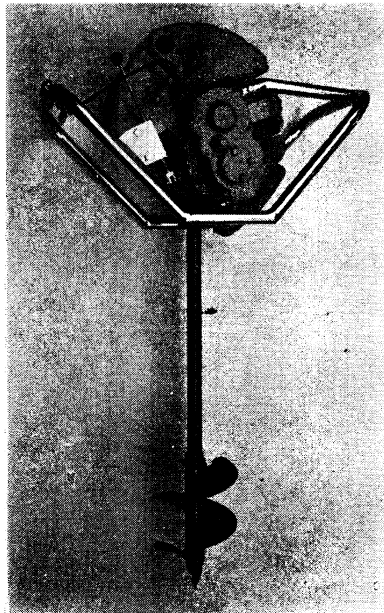


	か さ 歯 車			ウ オ ー ム	ウ オ ー ム 歯 車
	(1)	(2)	(3)		
歯 ビ ッ チ 円 直 径 ル 角 幅 数 角 同	18 36 2 20° 12	31 62 2 20° 12		2.5 20° 2 12° 22' 左	32 80 2.5 20° 22 12° 22' 左

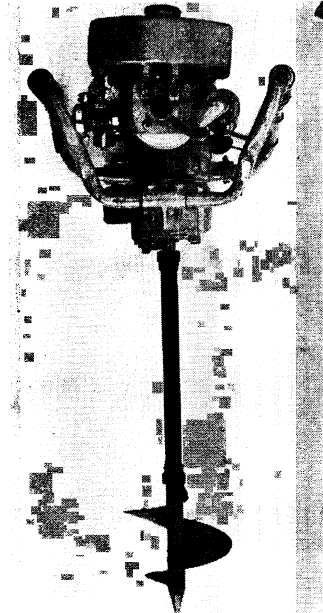
検討の上、設計変更、加工のやりなおしをころもみた。

5.5 ハンドル形式その他の選択設計

手持可搬形1人用植穴掘機の、直接のとりあつかいやすさは、ハンドルの形式にも大きく左右される。試作当初は、TL-22 形および SBE-64S 形いずれのエンジンをつかつたものも、Photo. 9-a, b にしめされるような、いわゆる囲み形のハンドル形式を採用してみた。しかし、土木、治山関係のさく岩機をつかつた経験のある技術者をまじえた実地テストの結果、植穴掘軸に生ずる大きなトルクを、1人の作業者の両手に生ずる偶力を反力としてささえるには、左右に把手のつきでた、いわゆるさく岩機形のハンド

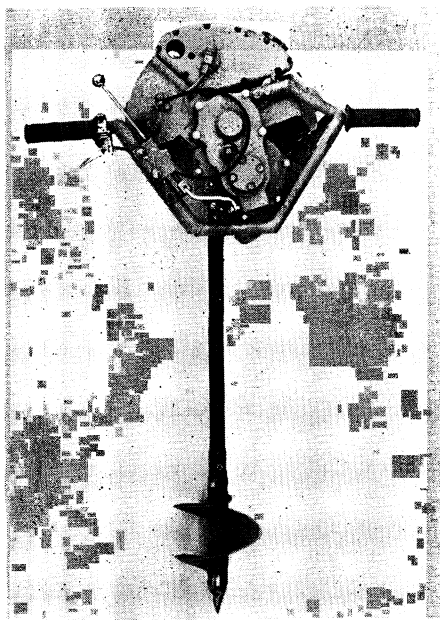


a. DR II 形

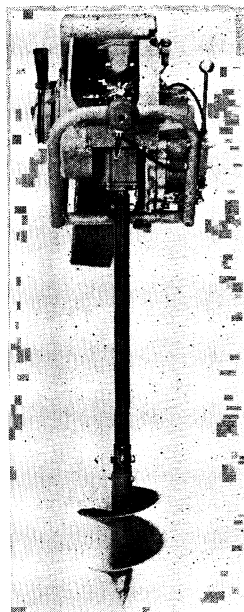


b. DR IV 形

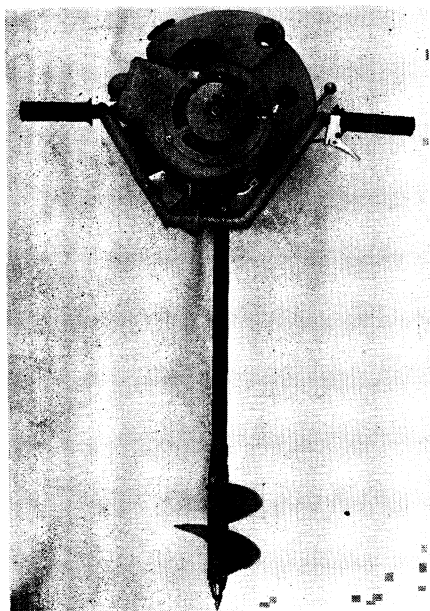
Photo. 9 林試式DR II, IV 形植穴掘機
DR II, IV type earth drill for tree-planting.



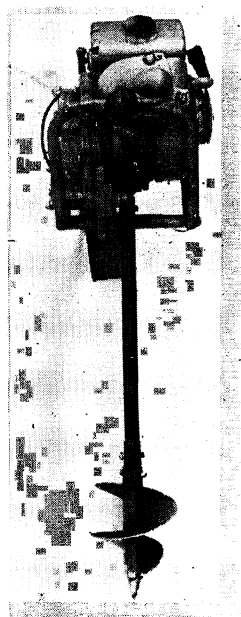
a. 正 面



c. 右 側 面



b. 背 面



d. 左 側 面

Photc. 10 林試式DR III 形植穴掘機
DR III type earth drill for tree-planting.

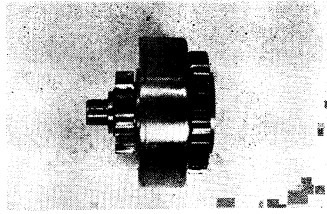


Photo. 11-a 遠心クラッチと正逆転ギヤ
Centrifugal clutch and reverse gear.

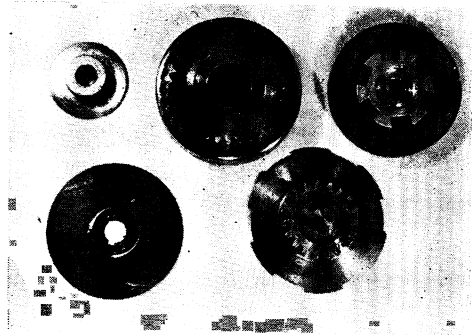


Photo. 11-b 遠心クラッチ部品
Centrifugal clutch.

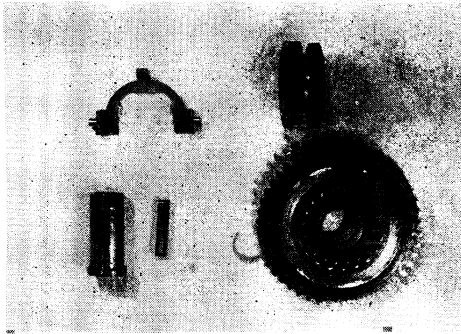
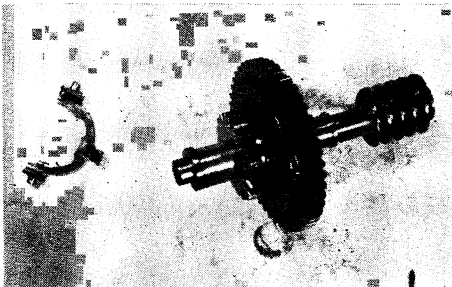
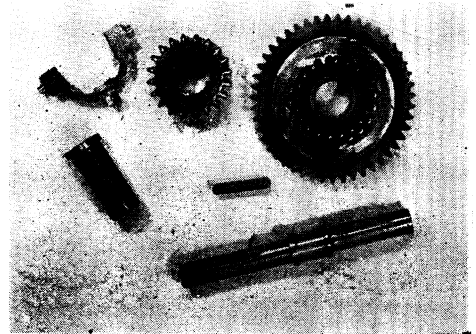


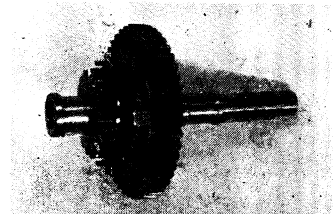
Photo. 11-c 正逆転クラッチ
Clutch for reverse gear.



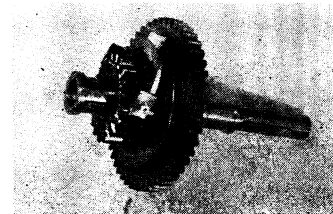
d-1

Photo. 11-d ウォーム, ウォームシャフト, 正逆転ギヤ, クラッチ, シフタ

Worm, worm shaft, reverse gear, clutch and shifter.



d-2



d-3

ル形式の方が、大きな力をささえるには好ましいという結論をえた。したがって、われわれの試作機は両形ともなんとか改良をかさねて、クランクケースあるいはギヤケースに取付部をもち、強度にたえるかぎり肉薄の鋼管を曲げあるいは溶接して、植穴掘機本体を囲み、かつ吊るし上げるかたちとした Photo. 10, 12 にしめされるような、いわゆるさく岩機形のハンドル形式を設計した。左右の把手はゴムカバーをかぶせて把持しやすいようにし、スロットルレバーあるいは正逆転レバーがとりつけられるようになってい

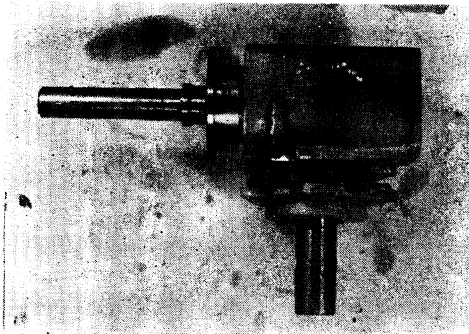


Photo. 11-e ウォームホイールケース
Worm wheel case.



Photo 11-f ウォームとウォームホイール
Worm and worm wheel.

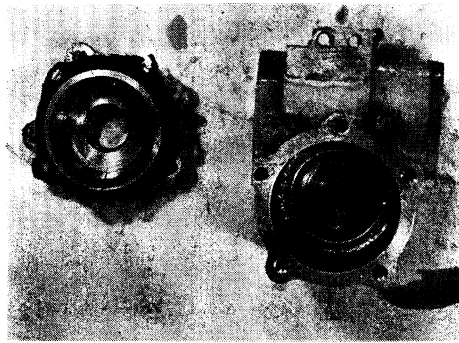


Photo. 11-g ウォームホイールケース
Worm wheel case.

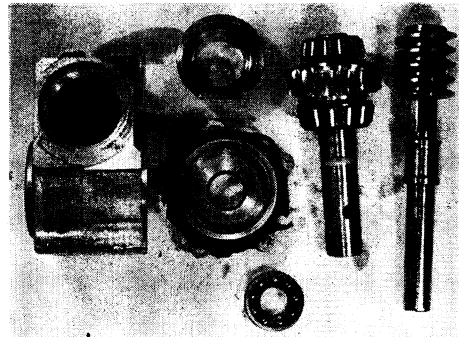


Photo. 11-h ウォーム, ウォームホイール,
同各シャフト, 同ケース
Worm, worm wheel and their shafts
and case.

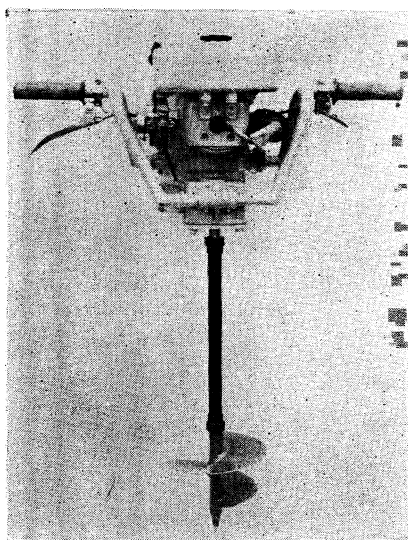
Photo. 11 減速, 逆転機構部品 (DRII 型)
Parts of reduction and reverse gear (DRII type).

ることはいうまでもない。

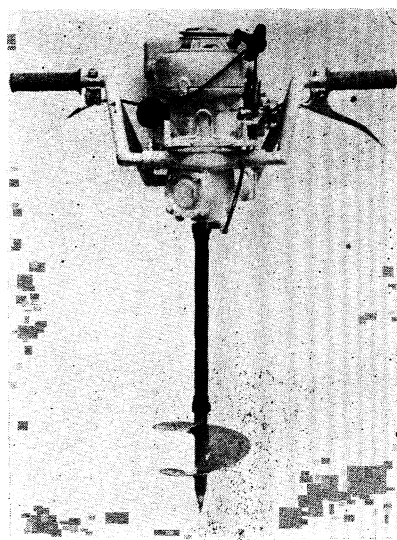
植穴掘軸は、軽量化の線からは、当然鋼管をつかわざるをえないが、この強度は、前述のようなかなり大きいトルクにたえるとともに、植穴掘り作業中ともすればおこりがちな、植穴掘刃部を支点として曲げられる、くり返し曲げモーメントおよび植穴掘刃の正逆転によつて与えられる引張りあるいは圧縮力も検討しておくことが必要である^{注2)}。もつとも使用条件を考えると、より厳密には、ねじり曲げ振動応力がはたらくことになるが、植穴掘刃軸の回転はきわめて低速だから、ここでは、植穴掘機本体の重量と操縦者の両手を通してくわわる、いわゆるこじる力によつておこる最大曲げモーメントの検討に主点をおいた。なお植穴掘軸の長さは、普通植えで要求される植穴の深さが 30 cm 程度であるため、この機械をつかつた場合には、一応 5, 60 cm 程度までの深さを穴掘りできることとし、植穴掘の長さ（コーンとも約 200 mm）を除いて 300~400 mm を標準に採用することとした。もちろん、必要に応じて、さらに長い軸長の植穴掘軸をとりつけることは容易なことである。

5.6 林試式 DR III 形および DR IV 形 1 人用植穴掘機の性能仕様

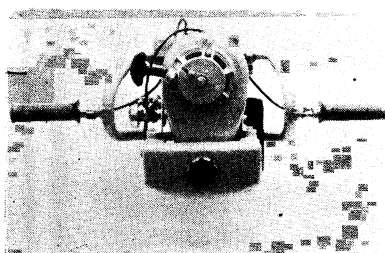
上述してきた設計上の考えおよび手順を重点として総合し、Table 5 の性能仕様、Fig. 24-a, b; 25-a, b, Photo. 10, 11-a~h のような構造形態をもつ林試式 1 人用植穴掘機 DR III 形および DR IV 形を考案試作した。DR III 形は前述のように TL-22 形エンジン、DR IV 形は SBE-64S 形エンジンをそれぞれ搭



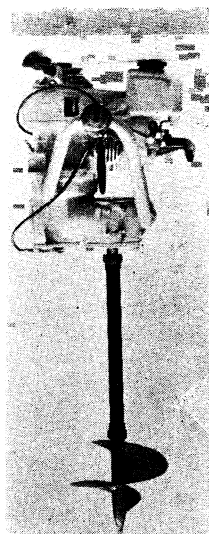
a. 正面



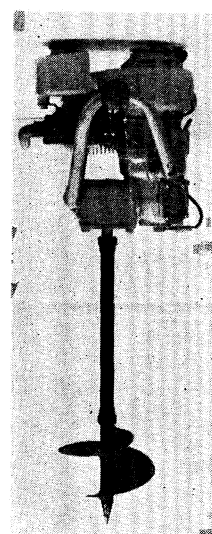
b. 背面



e. 上面



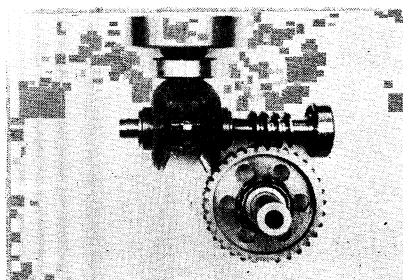
c. 右側面



d. 左側面

Photo. 12 林試式DR IV形植穴掘機

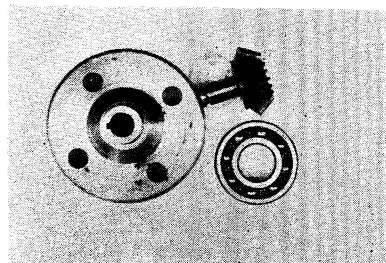
DR IV type, earth drill for tree-planting.



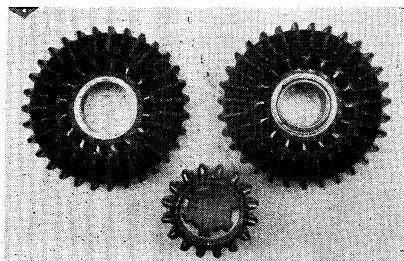
a. 減速・逆転各部品
Reduction and reverse gear.

Photo. 13 減速, 逆転機構部品
(DR IV形)

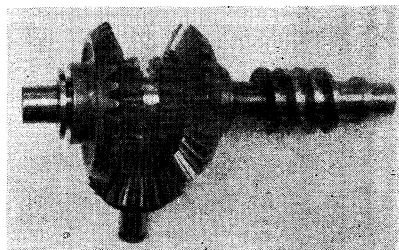
Parts of reduction and reverse gear
(DR IV type).



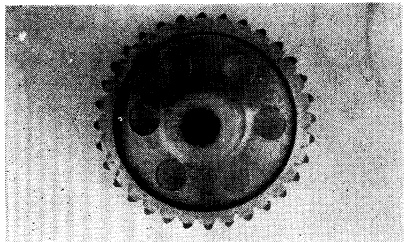
b. 遠心クラッチドラム, ピニオンギヤ(すくばかき歯車), 軸受
Centrifugal clutch drum, bevel gear and ball bearing.



c. 正逆転用すくばかき歯車, クラッチ
Bevel gear and clutch.

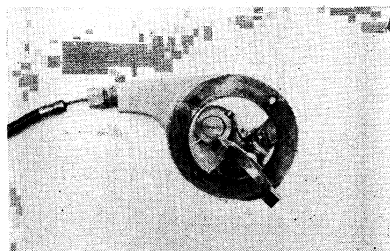
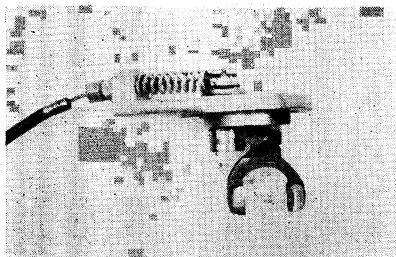
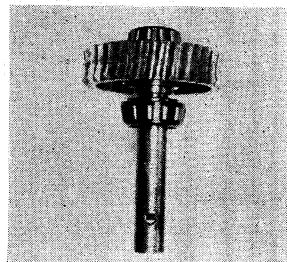


d. 正逆転用すくばかき歯車とウォーム
Bevel gear and worm.

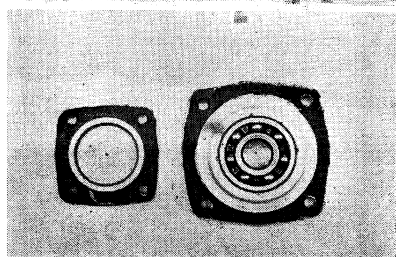
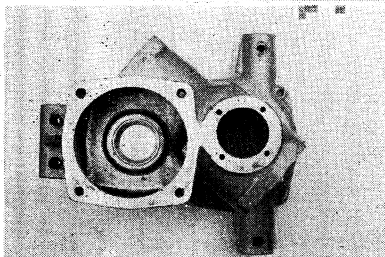
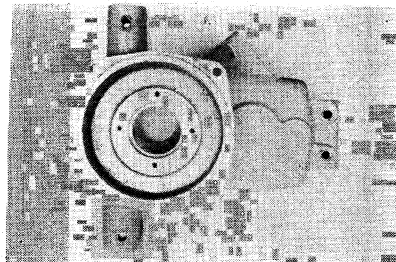
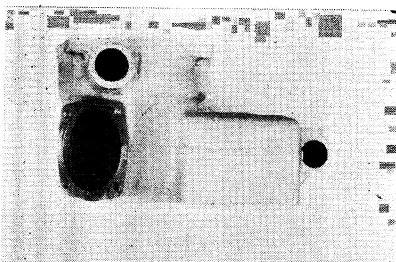


e. ウォームホイール
Worm wheel.

f. ウォームホイール
とシャフト, 軸受
Worm wheel, its shaft
and roller bearing.



g. シフタ Shifter



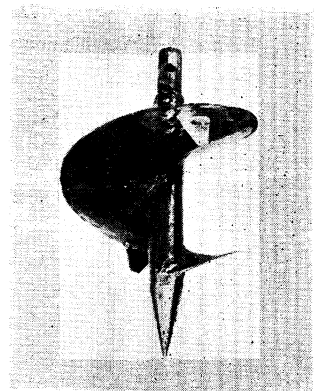
h. 減速, 逆転ギヤケース
Reduction and reverse gear case.



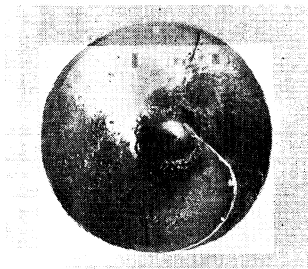
a. 普通刃
Ordinary type.



b. 根切用刃 (I)
Root-cutting use type (I).



c. 植穴掘刃 (II)
Root-cutting use type (II).



d. 硬土用刃
Hard soil use type.



Photo. 14 植穴掘刃
Augers for tree-planting.

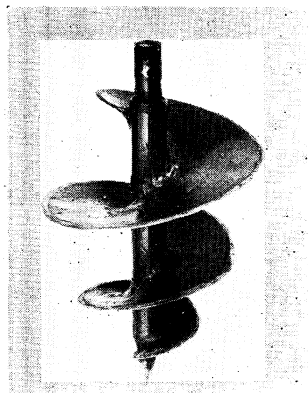
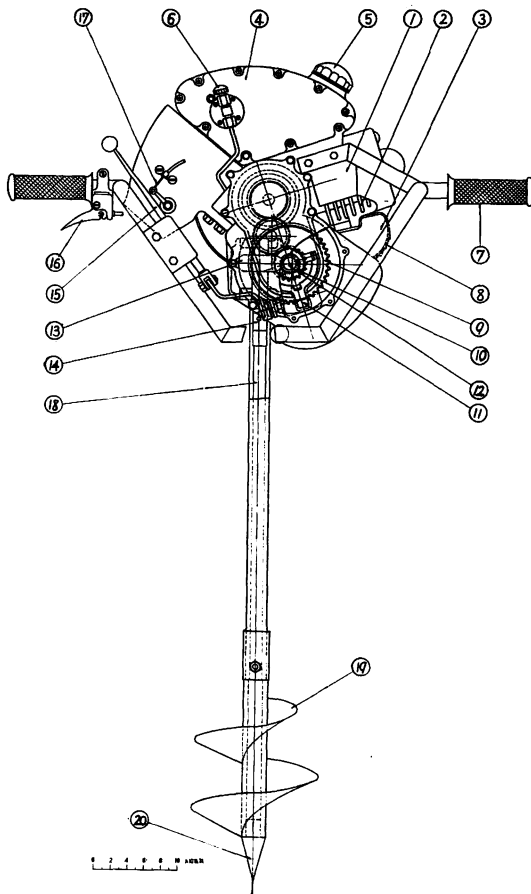


Photo. 15 DR III 形機による植穴掘り 於東京都下
奥多摩古里, ヒノキ伐採跡 35° 斜面 (Mar. 24/1961)
Digging of holes for tree-planting by using
DR III type earth drill.

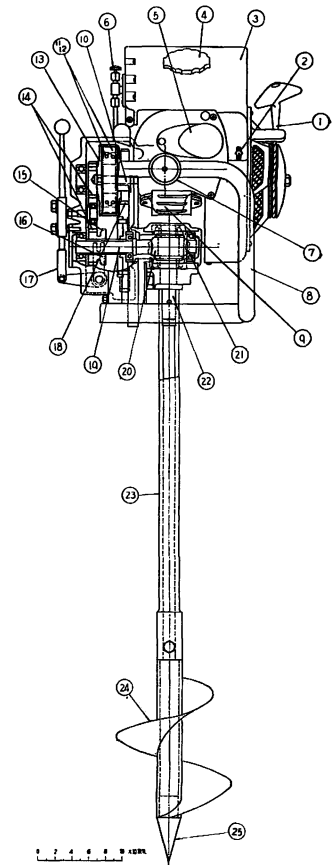
Table. 5 林試式DR III, IV形植穴掘機仕様
Specification of DR III & IV type earth drill for tree planting.

形 式 重 量 寸 法	Type Weight Dimension	DR III 形 1 人手持用 One-man portable 14 kg 996×270×647 mm	DR IV 形 1 人手持用 One-man portable 14 kg 892×292×656 mm
エンジン Engine	形 式 Type 行程容積 Piston displacement 最大出力 Max. horsepower 最大トルク Max. torque 冷却方式 Cooling system 始動方式 Starting 点火装置 Ignition 调速装置 Governor 気化器 Carburetor 燃料タンク Fuel tank	TL-22形単気筒空冷ガソリンエンジン One cylinder, air cooling, gasoline engine 76.5 cc 3.2 PS/4,800 rpm 0.49 m·kg/4,700 rpm 強制空冷 Forced air cooling 自動巻込 Automatic rewinding フライホイールマグネット Flywheel magneto 風圧式 Wind pressure type ダイヤフラム式 Diaphragm type 1.5 l (15:1 混合燃料) Mixture	SBE-64S 形単気筒空冷ガソリンエンジン One cylinder, air cooling, gasoline engine 50 cc 2.5 PS/5,500 rpm 0.35 m·kg/4,500 rpm 強制空冷 Forced air cooling 自動巻込 Automatic rewinding フライホイールマグネット Flywheel magneto なし フロート式 Float type 0.8 l (15:1 混合燃料) Mixture
動力伝達部 Transmission	クラッチ Clutch 主減速装置 Reduction 正逆転装置 Reverse シフター Shifter ハンドル Handle	自動遠心式 Centrifugal clutch ウォーム&ウォームホイール (減速比 1:18) Worm & worm wheel (reduction ratio) 平歯車選択摺動 (正転減速比 1:1.425) (逆転 1:1) Selective spur gear (reduction ratio) ロッド操作 Operated by rod 左右つき出し Like a rock drill	自動遠心式 Centrifugal clutch ウォーム&ウォームホイール (減速比 1:16.32) Worm & worm wheel (reduction ratio) かさ歯車常時かみ合い (正逆転減速比 1:1.72) Constant-mesh bevel gear (reduction ratio) ワイヤグリップ操作 Operated by wire-grip 左右つき出し Like a rock drill
植穴掘刃 Auger	刃 形 Shape 最大刃径 Max. diameter 着脱 Exchange	シングルスパイラル 直径漸増減特殊刃形 硬・軟土質別にとりかえ Single spiral type 150 ~ 250 mm 可 Possible	シングルスパイラル 直径漸増減特殊刃形 硬・軟土質別にとりかえ Single spiral type 150 ~ 250 mm 可 Possible



- ① シリンダカバー Cylinder cover
- ② シリンダフィン Cylinder fin
- ③ マ フ ラ Muffler
- ④ 燃料タンク Fuel tank
- ⑤ 燃 料 口 Inlet for fuel
- ⑥ 燃料コック Fuel cock
- ⑦ ハンドル Handle
- ⑧ ハンドル枠 Handle frame
- ⑨ 正 転 ギ ヤ Spur gear
- ⑩ 逆 転 ギ ヤ Reverse gear
- ⑪ シ フ タ Shifter
- ⑫ ウォームホイールシャフト Worm wheel shaft
- ⑬ ウォーム Worm
- ⑭ ウォームシャフト Worm shaft
- ⑮ 正逆転ロッド Reversing rod
- ⑯ スロットルレバー Throttle
- ⑰ スロットルワイヤ Throttle wire
- ⑱ 植穴掘軸 Digging shaft
- ⑲ 植穴掘刃 Auger
- ⑳ コ ー ン Cone

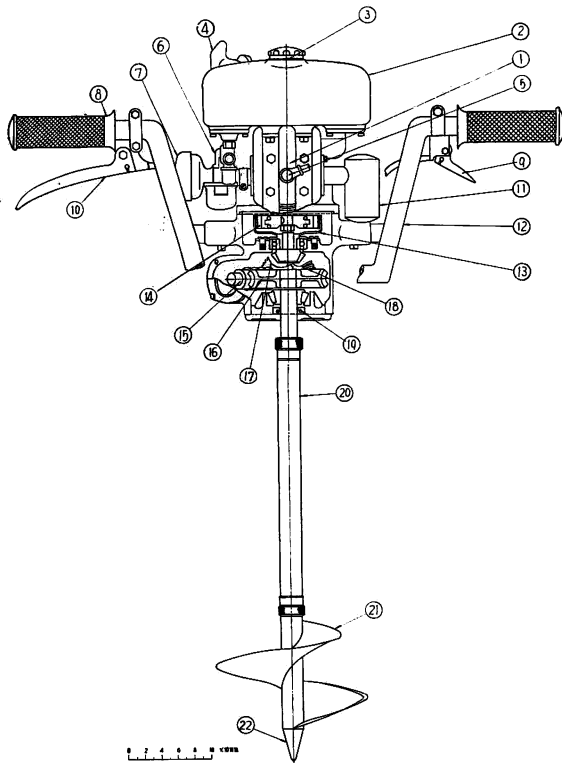
a. 正 面 In plan



- ① ス タ ー タ Starter
- ② スタータスイッチ Switch
- ③ 燃料タンク Fuel tank
- ④ 燃料口 Inlet for fuel
- ⑤ プラグカバー Plug cover
- ⑥ 燃料コック Fuel cock
- ⑦ ハンドル Handle
- ⑧ ハンドル枠 Handle frame
- ⑨ マフラ Muffler
- ⑩ クランクシャフト Crank shaft
- ⑪ クラッチシュー Centrifugal clutch shoe
- ⑫ クラッチスプリング Centrifugal clutch spring
- ⑬ クラッチドラム Centrifugal clutch drum
- ⑭ 逆転ギヤ Reverse gear
- ⑮ クラッチ Claw clutch
- ⑯ シフタ Shifter
- ⑰ 正逆転ロッド Reversing rod
- ⑱ 正転ギヤ Spur gear
- ⑲ ウォームシャフト Worm shaft
- ⑳ ウォーム Worm
- ㉑ ウォームホイール Worm wheel
- ㉒ ウォームホイールシャフト Worm wheel shaft
- ㉓ 植穴掘軸 Digging shaft
- ㉔ 植穴掘刃 Auger
- ㉕ コー ン Cone

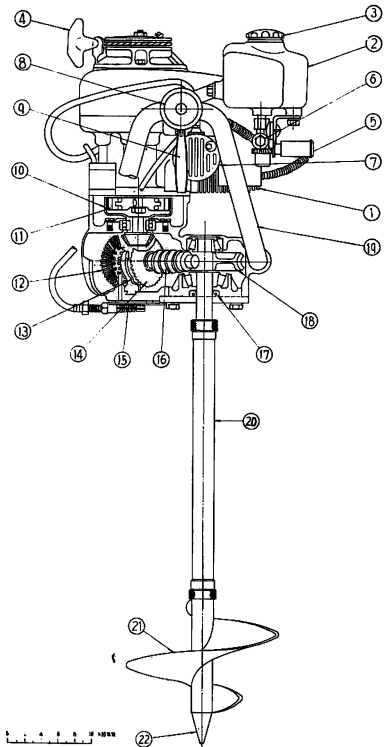
b. 側 面 In profile

Fig. 24 DR III 形 植 穴 掘 機
DR III type earth drill for tree-planting.



- ① シリンダカバー Cylinder cover
- ② 燃料タンク Fuel tank
- ③ 燃料口 Inlet for fuel
- ④ スタータ Starter
- ⑤ プラグ Ignition plug
- ⑥ 燃料コック Fuel cock
- ⑦ エヤクリーナ Air cleaner
- ⑧ ハンドル Handle
- ⑨ スロットルレバー Throttle lever
- ⑩ 正逆転レバー Reversing lever
- ⑪ マフラー Muffler
- ⑫ ハンドル枠 Handle frame
- ⑬ 遠心クラッチドラム Centrifugal clutch drum
- ⑭ クラッチシュー Centrifugal clutch shoe
- ⑮ ウォームシャフト Worm shaft
- ⑯ ウォームホイール Worm wheel
- ⑰ 逆転ベベルギヤ Bevel gear (reverse)
- ⑱ 正転ベベルギヤ Bevel gear
- ⑲ オイルシール Oil seal
- ⑳ 植穴掘軸 Digging shaft
- ㉑ 植穴掘刃 Auger
- ㉒ コーン Cone

a. 側面 In plan



- ① シリンダフィン Cylinder fin
- ② 燃料タンク Fuel tank
- ③ 燃料口 Inlet for fuel
- ④ スタータ Starter
- ⑤ プラグ Ignition plug
- ⑥ 燃料コック Fuel cock
- ⑦ エヤクリーナ Air cleaner
- ⑧ ハンドル Handle
- ⑨ 正逆転レバー Reversing lever
- ⑩ 遠心クラッチドラム Centrifugal clutch drum
- ⑪ クラッチシュー Centrifugal clutch shoe
- ⑫ 正転ベベルギヤ Bevel gear
- ⑬ シフタ Shifter
- ⑭ 逆転ベベルギヤ Bevel gear (reverse)
- ⑮ 正逆転ワイヤとスプリング Reversing wire & spring
- ⑯ ウォーム Worm
- ⑰ オイルシール Oil seal
- ⑱ ウォームホイール Worm wheel
- ⑲ ハンドル枠 Handle frame
- ⑳ 植穴掘軸 Digging shaft
- ㉑ 植穴掘刃 Auger
- ㉒ コーン Cone

b. 側面 In profile

Fig. 25 DR IV 型植穴掘機
DR IV type earth drill for tree-planting.

載するもので、試作順に形式名称をあたえてある。

なお、植穴掘削については、林地の条件がいろいろ変化することが予想されるので、前述してきたシンダルスパイラル形の標準刃のほかに、Photo. 14-a~d にしめすような、根切効果に重点をおいたもの、あるいは硬土の掘さくに重点をおいたものなどの考案試作をすすめ、林地の条件に応じて選択使用することができるようにつとめた。

6. お わ り に

この実験と試作をすすめている間に、現場あるいはメーカーの方々から、いろいろな注文あるいは質問を受けた。現場の方からは、最近の労務事情の悪化からこの種の機械の早急なる完成を督促されたものであり、メーカーの方からはどうつくつたらよいかという問いを主とするものであつた。われわれの実験と試作品は、このような要望に、すべての点で満足すべき答えを与えているとは思わないが、林業機械研究としてわれわれのできる範囲での答えは出すように努力したつもりである。

この種の林業機械が製品となつて、林業の生産性向上に一役をになつて全面的に普及するようになるには、いままでの林業機械発展の過程から推察すると、最近の一般機械工業の分野の進歩がいちじるしく加速化されているのにくらべると、すくなくとも数年の日子を必要としているようで、いささか加速度が低いきらいがある。林業機械を製品化する上には需要の問題をはじめいろいろむずかしい条件があるけれども、パイオニアとしてのわれわれのこの試作機が、使用者側の批判にたえて（われわれの試作機と同構造のものは、この秋でようやく百数十台、使用者側の手にわたつたときいている）、よりいつそう、製品として改良高性能化され、同種の林業機械の開発、普及に役だつことができれば、筆者の喜びこれにすぐるものはない。

なお、最近民有林でとくに関心をもたれている、山村でのポプラその他早成樹種の植栽に、50 cm 以上の直径および深さをもつた植穴掘りを可能とするような植穴掘機の出現を必要とされているが、われわれの研究室でも、国産動力耕うん機を利用し、土質の硬軟に応じて自由に刃先の回転速度をかえることのできる植穴掘機を、昭和36年度中に試作終了する予定であることを付言して、この報告をおわりたい。

文 献

- 1) FAO: Equipment for setting out Fence Posts, Forestry Equipment Notes A. 16. 59, (Apr., 1959) Rome, pp. 7
- 2) FAO: Oversize Hole Digger for Arid Zone planting. F. E. N. A. 17, 59, (Jun., 1959) Rome, pp. 4
- 3) 早坂不二雄: ソ連の林業(6)—MB-1型植穴掘機, 林業機械化情報, No. 90, (May, 1951) p. 94~95
- 4) KAMINSKY, G.: Forsttechnische Umschau—Pflanzlochbohrer, Forstarchiv, 27, (Jan., 1956) p. 24
- 5) LOYCKE, H. J.: Forsttechnische Umschau—Forstliche Kleinschlepper, Forstarchiv, 28, (Jan., 1957) p. 21~24
- 6) MEYER, R.: Möglichkeiten der mechanisierten Bodenbearbeitung zur Vorbereitung der natürlichen Verjüngung und Aufforstung, Allgemeine Forstzeitung, 70, (Apr., 1959) Wien, p. 79~84
- 7) 山脇三平・富永 貢・三村和男: 1人用植穴掘機, 71回日林大会講, (Apr., 1961) p. 335~337

参 考

$$\text{注 1)} \quad V_{cn} = \frac{\pi DN}{60 \times 1,000}$$

ここで V_{cn} : 刃の同心円各周速 m/sec , D : 刃の同心円各直径 mm
 N : 植穴掘軸回転数 rpm

$$\text{注 2)} \quad F = Pl$$

ここで F : 両手にはたらく偶力 $m \cdot kg$, P : 片手の最大把持力 kg
 L : 両手の把持間隔 m

$$\text{注 3)} \quad F_0 = \mu P_0$$

ここで F_0 : 遠心クラッチのシュ-1 個がドラムを回転させようとする力 kg
 P_0 : 遠心クラッチのシュ-1 個が遠心力の作用でドラムに押しつける力 kg
 μ : ドラム内面とシュ-外周の摩擦係数

$$T_0 = \frac{D_0 \cdot F_0 \cdot n}{2} = \frac{D_0 \cdot \mu P_0 \cdot n}{2}$$

ここで T_0 : 遠心クラッチの伝達トルク $m \cdot kg$ D_0 : 遠心クラッチドラムの内径 m
 n : 遠心クラッチシュ-の数

$$\text{注 4)} \quad R_{III} = \frac{Z_6}{n} \cdot \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$R_{IIIr} = \frac{Z_6}{n} \cdot \frac{Z_3}{Z_3}$$

ここで R_{III}, R_{IIIr} : 正転および逆転減速比, n : ウォームの口数
 Z_6 : ウォームホイールの歯数, Z_1, Z_2 : 正転平歯車の歯数
 Z_3, Z_4, Z_5 : 逆転平歯車の歯数

$$\text{注 5)} \quad R_V = \frac{Z_4}{n} \cdot \frac{Z_2}{Z_1}$$

ここで R_V : 正逆転減速比, n : ウォームの口数
 Z_4 : ウォームホイールの歯数, Z_1, Z_2, Z_3 : 正逆転かさ歯車の歯数

$$\text{注 6)} \quad \tau = 16 T / \pi d^3$$

ここで τ : 中空丸軸に生ずるねじり応力 kg/cm^2 , T : 伝達トルク $cm \cdot kg$
 d : 軸 径 cm

$$\tau' = 16 TD / \tau (D^4 - d^4)$$

ここで τ' : 中空丸軸に生ずるねじり応力 kg/cm^2 , D : 中空丸軸の外径 cm
 d : 中空丸軸の内径 cm

$$\beta = 1 + \frac{C_1 \sigma}{C_2 + \rho/d} (1 - e^{-C_3 d}) \left\{ 1 - e^{-C_4 (1-d/D)} \right\}$$

ここで β : 段付軸の切欠係数, D : 段付軸の太い方の軸径 mm
 d : 段付軸の細い方の軸径 mm , ρ : 段の丸味半径 mm
 σ : 材料の引張強さ kg/mm^2 , $c_1 \sim c_4$: 定数, 0.00075, 0.035, 0.1, 5.75

$$k = 1.0 - 0.2 \quad b/d - 1.1 \quad h/d$$

ここで k : キーみぞつきの軸とない軸との強度比, b : キーみぞの幅 mm
 h : キーみぞの深さ mm , d : 軸 径 mm

$$P_B = \frac{n}{5} k d l$$

ここで P_B : 心向きころ軸受の許容荷重 kg , n : ころの数
 d : ころの直径 cm , l : ころの長さ cm , k : 係数 (低速 $60 kg/cm^2$)

$$P_B = \frac{1}{5} n k d^2 \text{ (心向き)} = n k d^2 \text{ (スラスト)}$$

ここで P_B' : (心向き, スラスト) 玉軸受の許容荷重 kg
 n : 玉の数, d : 玉の直径 cm , k : 係数

$$\text{注 7) } \tau_{max} = (16/\pi D^3) \sqrt{[M + PD\{1 + (d/D)^2\}/8]^2 + T^2} / \{1 - (d/D)^4\}$$

$$\sigma_{max} = (16/\pi D^3) \left\{ M + PD\{1 + (d/D)^2\}/8 \right. \\ \left. + \sqrt{[M + PD\{1 + (d/D)^2\}/8]^2 + T^2} \right\} / \{1 - (d/D)^4\}$$

ここで τ_{max} : 最大せん断応力 kg/cm^2 , σ_{max} : 最大主応力 kg/cm^2 ,

M : 曲げモーメント $cm \cdot kg$, T : ねじりモーメント $cm \cdot kg$,

P : 軸力 kg , D : 中空丸軸の外径 cm ,

d : 中空丸軸の内径 cm

Studies on Silvicultural Machines. Report No.1

Earth drill for tree-planting.

Sampei YAMAWAKI, Mitsugu TOMINAGA, Kazuo MIMURA and Osamu HIRAMATSU

(Résumé)

The demand of machinery for land preparation and forest establishment has accelerated steadily for these few years, not only in Japan but also in other advanced countries. One-man portable brush cutting machines are now broadly used throughout this country and have become essential in land preparation for tree-planting, because the shortage of forest workers is now conspicuous so the labor productivity in our forests must be improved by means of forest mechanization.

Tree-planting operations in the steep mountain forest of this country are still done almost entirely manually, and the workers' labor productivity and quality of operation seemed to be very low. Accordingly, many foresters have now recognized that the original forest machinery for tree-planting suitable for operating in these steep mountain forests, must be developed as soon as possible.

This being so, the authors have conducted some experiments touching upon the capacity

of earth drilling by useful augers for planting operation, after inquiring into overseas materials about them. From these results, we have a new one-man portable earth drill for tree-planting and have manufactured DR-III & IV type earth drills on trial which are actually used in our forests.

Most of the earth drills made abroad are served for setting out poles, firstly, and planting trees, secondly. They are broadly divided into three groups: from one to two-man carrying portable type, hand-tractor mounted type, and tractor mounted type. Their shapes of augers are roughly divided into four groups: spiral type (single & double), propeller type, fork type (tentatively named by us) and the other special type (see Photo. 1~8). Among them, earth drills used for tree-planting are now mainly limited to portable type and hand-tractor mounted type throughout the world. However, one-man portable type earth drill for tree-planting weighing less than 15 *kgs* are now required in this country to make good the shortage of forest workers, because our mountain forests have very steep slopes.

Some results from our earth-drilling tests by means of a new experimental device, equipped with a torque pick-up with electric wire resistance strain gauge, connected to a torque indicator and a horsepower indicator (see Fig. 1, 2), are as follow:

a) Total earth-drilling torque to dig the hole for tree-planting, may be considered to be expressed by the following formula:

$$T = T_o + T_{vp} + T_h + T_w + T_{vc} + T_{r.g}$$

provided

T = total earth-drilling torque, *m.kg*

T_o = driving torque of earth drill itself on no load, *m.kg*

T_{vp} = torque influenced by the penetrating speed of earth auger, *m.kg*

T_h = torque influenced by the hardness of soil, *m.kg*

T_w = torque influenced by the moisture content of soil, *m.kg*

T_{vc} = torque influenced by the peripheral speed of earth auger, *m.kg*

$T_{r.g}$ = torque influenced by roots, gravel and the others under the ground, *m.kg*

b) The torque of earth drill influenced by the penetrating speed of auger V_p is:

$$T_{vp} = a + bV_p + cV_p^2$$

where a , b & c are constant depending on the soil condition and the shape of auger (see Fig. 8).

c) The torque of earth drill influenced by the hardness of soil H is:

$$T_h = a' + b'H$$

where a' & b' are constant (see Fig. 9).

d) The torque of earth drill increases as the moisture content of soil does under the saturation point (see Fig. 10).

e) The torque of earth drill influenced by the peripheral speed of auger V_c is:

$$T_{vc} = a''V_c^{b''}$$

where a'' & b'' are constant (See Fig. 17, Table 3).

f) The torque requirements for earth-drilling are different depending upon the shape of auger:

Single spiral $\leq$ Propeller $<$ Fork

g) The propeller, double spiral, and fork type augers are easy to be caught by fine roots of grass, creeper and brush over the forest land. And so they can not often dig the hole easier than the single spiral type auger can.

h) The combined force on both hands holding the handle of a one-man portable earth drill

is desired to be smaller than $15\text{ m}\cdot\text{kg}$ or so, at its maximum to hold it safely, when the shock load is given to the auger which cuts roots of brush or push gravel under the ground,

In the case of digging holes for tree-planting in this country, we need not make the hole in the forest land, but to mix both top and subsoil from 30 to 40 *cm* deep under the ground, without scattering the humus soil covered on the ground. We need rather to cut roots of brush, creeper and grass which spread deep into the soil, as much as possible.

From results obtained at both experimental and field tests, therefore, one-man portable earth drill suitable for tree-planting in this country is desired to have about 3.0 *m/sec* peripheral speed of auger i.e. from 200 to 300 rpm of auger with 180 to 250 *mm* diameter, in the author's opinion. It is just these things that determine many problems faced by the user; in other words, they lead to the possibility of the manufacturer producing a lighter earth drill, for the reduction gear-ratio takes from 1 : 20 to 1 : 25.

Thereupon, the author designed two new one-man portable earth drills, DR-III & IV types having the following characteristics of performance (see Fig. 24, 25 ; Photo. 10~13 ; Table 5):

- a) The auger has a special single spiral type with one and a half pitches, both upper and lower parabolic edge in proportion to the peripheral speed of each point on the radius of it, and more teeth having underside knife edge for cutting roots when occasion demands (see Photo. 14).
- b) The transmission gear is constituted of both reduction and reverse gear which is compactly designed: DR-III type has selective spur gear and DR-IV type has constant-mesh bevel gear for reversing. The operator can easily pull the auger out of the soil by means of the reversing gear after digging a hole, without scattering the humus soil away from the planting-hole, which can be a fertilizer for nursery trees.
- c) The engine of DR-III type is a 2-cycle, air-cooled, gasoline engine with one cylinder (76.5 *cc* piston displacement) which is now used for chain saws made in Japan. The one of DR-IV type is the same type gasoline engine with one cylinder (50 *cc* piston displacement) which is now used for brush cutters made in Japan. Accordingly, the former engine can also be used as a chain saw and brush cutter by the exchange of its attachment. The latter engine can also be used as a brush cutter by the exchange of its attachment.