林試研報 Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. No. 324, 1983　　141～188

自動制御形集材機の開発（第2報）

兵　頭　正　寛[1]

Masahiro HYODO : On the Yarder based on Automatic Control II

要　旨：非皆伐施業に適した集材機を開発するため，普通形集材機の機構を対象として，電圧と電流，原動機と制御，油圧回路と電気制御，有線あるいは無線による遠隔制御，集材機の作動とパルス数などに検討を加え，2～3胴形集材機に自動制御回路を組込み，クローラ形足回りをもたせ，有線あるいは無線による遠隔制御ならびに自走の可能な，自走式自動制御形集材機の考案試作を実施した。

開発試作した機種は，一般間伐材搬出用として動力源および動力伝達部ともに油圧式を採用した全油圧式の17PS自走式自動制御形集材機（中荷重用），択伐材の搬出あるは気球集材用として，動力伝達部のみに油圧式を採用した半油圧式の100PS自走式自動制御形集材機（重荷重用）および小径間伐材搬出用として動力伝達部のうち巻胴の正逆転および変速部は機械式で制動およびクラッチのみに油圧式を採用した8PS自走式自動制御形集材機（軽荷重用）の3機種である。

これらの機種は，いずれも動力伝達部に油圧電磁弁を採用し，この電磁弁を電気的に制御し，且つ各種の安全を保持する回路を考案することにより，有線あるいは無線で，数種の索張り方式による集材機集材に使用することができる。モノケーブル式索張りの場合，荷掛終了後にスイッチを1回押すだけで荷は上昇・移動し，自動的，且つ安全に荷卸場に到着することができる。また制御盤スイッチを切換え，ある索張り方式専用のスイッチボックスと取換えることによって，専属の運転手なしに荷掛手あるいは荷卸手の手によって数種の索張り方式による集材機集材作業を能率的に行うことができる。なおこれら各機の作業性能については，現地試験によりその実用性を確かめることができた。

目　次

はしがき…… 142
1. 集材機の作動と自動制御に対する検討…… 143
（1） 電圧および電流…… 143
（2） 原動機と制御…… 143
（3） 油圧回路と制御…… 144
（4） 有線による遠隔制御…… 144
（5） 無線による遠隔制御…… 146
（6） パルス数と集材機の作動…… 146
2. 17PS自走式自動制御形集材機の開発…… 148
（1） 試作機の機構と回路…… 149
（2） 栃木県下における現地試験…… 162
（3） 岐阜県下における現地試験…… 168
3. 100PS自走式自動制御形集材機の開発…… 172
（1） 試作機の機構と回路…… 172
（2） 茨城県下における現地試験…… 179
（3） 群馬県下における現地試験…… 180
4. 8PS自走式自動制御形集材機の開発…… 181
（1） 試作機の機構と回路…… 181

1983年1月19日受理　　機　械—10　For. Mechanization—10
(1) 機械化部

（2）長野県下における現地試験…… 186
あとがき…… 186
引用文献…… 187
Summary …… 188

はしがき

従来より使用されてきた集材機は，ペダル・レバーでクラッチとブレーキを操作して各巻胴を総合的に作動させている。人間が操作するので精妙な操作ができるが，難聴や腰痛障害のおそれがいわれだしている。この対策として，運転席を囲ったり，座り心地の秀れたシートに換えたりする予防対策が講じられているが，基本的な対策として無人化を目標として集材機の性能を抜本的に向上する方策がある。最近若年層の職業選択にハードなものからソフトなものへと移行する傾向がみられ，操作に腕力を必要とする機械は嫌われ[1]，比較的容易に操作できる機械が望まれている。また，50歳以上の林業労務者の占める割合は昭和35年以降の20年間に約半数近くにまで増加してきていることからも，比較的容易に運転操作のできる集材機の出現が望まれている。これらのことから，自動化技術を集材機の開発に導入する素地は熟していると考えられ，先に集材機模型によって自動制御の回路に関する研究を行い報告した[2]。

素材生産面ではその後，自然保護や環境保全の見地から，小面積あるいは帯状の皆伐方式または択伐方式をとらざるを得なくなったほか，戦後の造林地のいちじるしい拡大に伴ない，間伐対象林分が増加し，さらに経済的不採算のための間伐手おくれ林分も増加し，そのため間伐木の経済的搬出技術の開発が強く要請されるに至っている。51～54年度に行われた「非皆伐施業に適した伐出技術に関する研究[3]」（特別研究）および「林業機械のリモコン自動制御に関する研究」（技術開発研究）において，自動制御技術を導入した自走式リモコン集材機の開発試作が行われた。

すなわち，原動力・伝動部ともに油圧を使用し，これを電気的に制御する全油圧式集材機である一般間伐材の搬出専用の17 PS自走式自動制御形集材機，大径択伐材・間伐材の搬出のみならず気球集材用にも使用可能な100 PS自走式自動制御形集材機およびモノケーブル式索張りによる間伐材搬出専用の8 PS自走式自動制御形集材機の開発試作を実施した。これら集材機の機構は，いずれも油圧電磁方向切換弁で作動する各伝動部を電気的に制御して，各巻胴の総合作動を行うものである。集材機の性能は，電気制御部の内容により左右されるので，本研究ではこの点に主力をおいて検討を加えた。回路図は代表的な回路を持つ17 PS自走式自動制御形集材機についてのみ記載した。

本研究の実施に当りご高配をえた国立林業試験場前場長　松井光瑶，同機械化部長　山脇三平，同前機械科長　上田　實，同作業第一研究室長　奥田吉春，同作業第二研究室長　辻井辰雄，機械第一研究室長　柴田順一，主任研究官　富永　貢，広部伸二はじめ機械化部員各位，栃木県林業センター　橋本洋一，元岐阜県林業センター場長現岐阜県寒冷地林業試験場長　竹下純一郎，試験地を提供して頂いた　福田弘之（栃木県），石原林材社長　石原猛志（岐阜県），茨城県林業専門技術員（林業機械）河野四男，林野庁業務部長　田中恒壽，前業務課長現秋田営林局長　高野国夫，元業務課課長補佐現徳島県農林水産部次長　高橋　勲，前橋営林局前技術開発室長　酒井健一，前沼田営林署長現林野庁治山課長補佐　郡　完治，前沼田技術開発センター所長　仙田和二の諸氏を始め，現地試験協力者各位に対し，衷心より深謝の意を表する。

1. 集材機の作動と自動制御に対する検討

従来の集材機はペダル・レバーでクラッチとブレーキを操作して各巻胴を作動させているが，自動制御技術を利用してこの操作をなくし，スイッチを押すだけで作動するように検討を加えた。すなわち，普通形集材機の機構は，ディーゼル機関またはガソリン機関から伝動部への動力の伝達および遮断はエンジンクラッチのペダルの踏み下げ・戻しにより，正逆転と変速はそれぞれレバーの操作で行っている。また，ドラムクラッチを用いて各巻胴への動力の伝達・遮断を行っているが，ドラムクラッチを入れるには巻胴の操作用レバーを手前に引き，ドラムクラッチをはずすにはラチェットトリガを握りながらレバーを戻し，各巻胴を制動するには，ドラムブレーキ操作用レバーを手前に引き，ドラムブレーキをはずすにはレバーを戻せばよいようになっている。また，ラチェットの操作により一時止めができる。集材機の多くはスレッドが取り付けられ，自走機能を持っていない。

よってこれらの諸事項のうち，自動制御形集材機の開発上問題となる主な事項として，**a.** 原動機の回転エネルギの大きさ・速さを変え得ること，**b.** 各巻胴の動きは正転・逆転・空転・停止であること，**c.** クローラ形あるいはホイール形の走行機能を持たせ移動しやすくさせることなどをあげることができる。

（1） 電圧および電流

林地では電力が得にくいので，電力は集材機駆動用の動力には使用せず，制御用だけに利用するのが実際的であると考えられる。対地電圧が 50 V 以下で感電による危害の生ずるおそれのないものは特別教育を必要とする業務から除外されている（昭 47. 9. 30 労令 32 第 4 章安全衛生教育）ので，開発試作機の制御電力は集材機の蓄電池（DC 12 V または DC 24 V）からとるのが実際的である。電圧を自由に選ぶことができれば，DC 24 V の方が消費電流が少なく，したがって発熱量・電圧降下量もともに少なく，関連部品の選択範囲も広いこと等からも有利と考えられる。

（2） 原動機と制御

① 電　動　機　集材機の駆動源も制御も電気で統一できるので，構造が簡単となり，集材機巻胴の複雑な制御が可能となるが，山間の現場では大電力が得にくく，高電圧による感電の危険があり，電気の取り扱いに特別の技術を要し，且つ移動の際の重量を考慮すると，林地作業には採用しがたい。

② 油圧モータ　機械的エネルギを油圧エネルギに変換して使用するので，エネルギの損失が①の場合より大きくなる反面，油圧電磁方向切換弁に通電するだけで，集材機の変速・正逆転・停止・空転が可能となり，電気制御が容易となる。また，木材の搬出作業中に発生する衝撃荷重を吸収することができる。過負荷を防止し，緩速で大きなトルクを出すことができること，走行と巻胴駆動との切換が容易であること，なども利点である。

③ ディーゼル機関とガソリン機関　原理的には，ディーゼル機関かガソリン機関を原動力とする普通形集材機のペダル・レバーを手足で動かす代りに，油（空）圧電磁方向切換弁への電流の入断により，油（空）圧ピストンの直線往復運動を利用してペダル・レバーを操作できる機構にすれば，制御回路を付加することで自動制御形の集材機としての設計を行うことができる。この場合，クラッチおよびブレーキを摩擦式にすれば，その入断は油（空）圧電磁方向切換弁への電流の ON・OFF によって可能となる。かみあいクラッチは大出力の伝動に利用されるが，確実につめをかみあわせるには，単純な直線的な押す・引くのみでは作動の信頼度は低いが，シーケンス制御を組むことによって伝動を確実にすることができる。

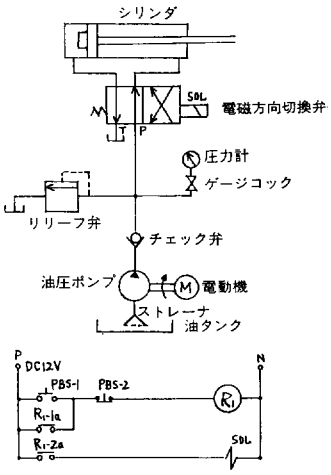


図1.　シングルソレノイド弁を使った電気制御

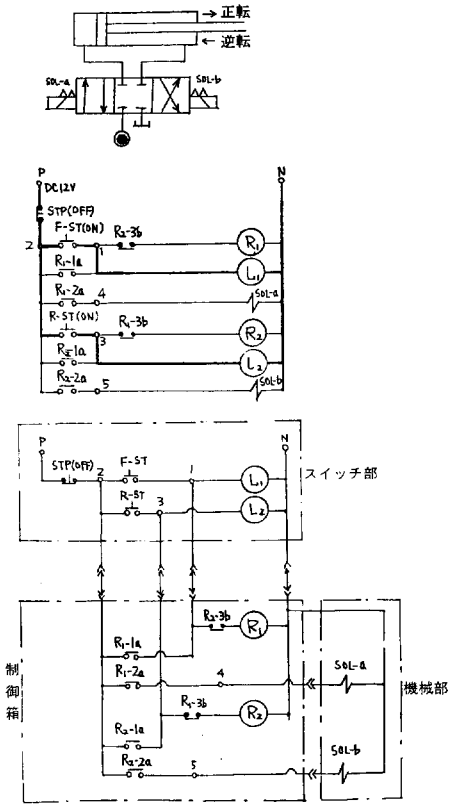


図2.　ダブルソレノイド弁を使った電気制御（上図）とその遠隔制御（下図）

（3）　油圧回路と制御

①　シングルソレノイド2位置電磁方向切換弁による制御　この回路は集材機の巻胴を負荷回転・停止・無負荷回転させるためのクラッチ・ブレーキの操作の制御に利用することができる。図1上は油圧回路で，下はこの油圧回路の電気制御図である。電動機に通電して油圧ポンプを運転すると油タンク内の作動油はストレーナから吸いあげられ，チェック弁を通ってリリーフ弁に至る。圧油は図のシリンダ位置の場合は油圧ポンプから送り出された作動油は行き場所がないので圧力が上昇し，ある設定した圧力以上になるとリリーフ弁が作動し，戻り管から不要の作動油はすべて油タンク中に戻る。いま，押しボタンスイッチ PBS-1 を押すと，リレー R_1 に通電して自己保持され，ソレノイドに引き続き電流は流れ，電磁方向切換弁の左方のばねは圧縮され，ピストンは右方に移動して停止する。そして戻り管から不要の作動油はすべて油タンク中に戻る。PBS-2 を押すとソレノイドへの通電は断たれ，ばねの力で弁中の圧油の流れは図の位置に復帰し，したがってピストンは図の位置に復帰する。

②　ダブルソレノイド3位置電磁方向切換弁による制御　図2に示すように電磁方向切換弁の両側にばねとソレノイドがあり，ソレノイドへの電流が断たれたときはばねの力で中央位置に復帰する。この回路で正転スタート用押しボタンスイッチ F-ST を押すと，表示灯 L_1 は点灯し電磁方向切換弁のソレノイド SOL-a が作動して，ピストンは右方に進み集材機の正逆転装置に作動して巻胴は正転する。逆転させるには，停止用押しボタンスイッチ STP を押して自己保持回路を解除したのちに，逆転スタート用押しボタンスイッチ R-ST を押すと，L_2 は点灯し電磁方向切換弁のソレノイド SOL-b が作動して巻胴は逆転する。

（4）　有線による遠隔制御

この方式は，スイッチボックスと制御箱のレセプタクルをケーブルで連結したのちスイッチを押すと，信号電流がケーブルを通じて制御回路に入り，そこで変換された電流が油（空）圧電磁方向切換弁を作動させて，集材機の各巻胴を駆動させることができる。すなわち，図2上の回路を有線により遠隔制御するに

は太線で示したスイッチ部に関する配線を図2下のように延長すれば好都合である。有線による信号伝達は無線の場合と異なり，回路の混信による誤作動は全くないので，信頼度は極めて高いが，機動性の点について一般に無線に比べて劣る。しかし，使途によっては実用上問題にするほどのことではない。例えばモノケーブル式索張りで有線による遠隔操作を行う場合，ふつう集材機と荷卸場の距離は約 100 m 以内で，しかも荷卸手の行動範囲は狭いから，スイッチボックスを荷卸場に置いて，荷卸手が運転手を兼務しても労働過重とならずに集材機の遠隔操作を行うことができる。

ケーブルによる実用的な情報伝達方法としては，つぎの諸点について検討した。**a.** 情報の切換：幾通りかの索張り方式に適用して集材機の巻胴を駆動するには，スイッチボックスからケーブルを通って制御箱に流れる電流を切り換えねばならない。このためスイッチボックスを取り換え，且つ制御盤上のロータリスイッチを切り換える方法とその回路を考案した（図 11 参照）。この方法によれば，ロータリスイッチの接点数だけの索張りに対応させることができる。現在市販のロータリスイッチは 12 接点（特殊のものは 24 接点）あり，さらにロータリスイッチを直列に接続して，利用可能の接点数を増加させることができる。**b.** ケーブルの心線以上の情報を送る方法[4]：信号電流でリレーの電磁コイルを付勢させ，このリレー接点をロータリスイッチで切り換える方法を図3左および右上に示す。索張りⅠに使用する場合につき説明すれば，索張りⅠ用のスイッチボックス（図3左）と制御盤（図3右上）をケーブル（図3中）で連結し，ロータリスイッチを索張りⅠに切り換え，押しボタンスイッチ PBS-1 を押すとリレー R_1 に通電し，接点 R_1-1 a と R_1-2 a が閉じるが，プラス電源はロータリスイッチの索張りⅠ用端子だけに通電するので，5個の端子のうち端子1だけに通電する。PBS-2 を押すと端子2だけに通電することができる。信号電流とリレーの接点を結線し，ロータリスイッチでリレーの電磁コイルへの付勢を切り換える方法を図3左および右下に示す。索張りⅡに使用する場合につき説明すれば，索張りⅡのスイッチボックスと制御

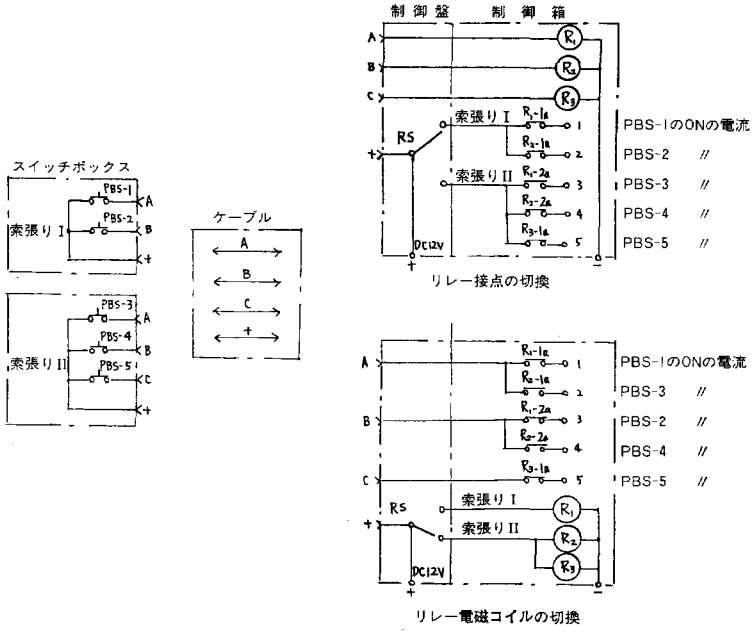


図3. ロータリスイッチとリレーを使用した回路の切り換え

盤をケーブルで連結したのち，ロータリスイッチを索張りⅡに切り換えるとリレー R_2 と R_3 を付勢し，接点 R_2-1 a，R_2-2 a，R_3-1 a は閉じるので，PBS-3 を押せば端子 2 に通電し，PBS-5 を押せば端子 5 に通電することができる。実用的なケーブルとして，0.4 mm 直径の被覆線 20 本が収納されている外径 8.5 mm，重量 65 kg/km の市販の 20 心ケーブル（S 社製）が線数・取り扱いのよさ，価格の点より適していると考えられる。

（5） **無線による遠隔制御（2-(1)-③-e 参照）**

無線による遠隔制御を集材機に利用するときは，小形の送信機を操作して信号電波を送り，集材機の機体上の受信機で，あるいは上記（4）のスイッチボックスに連結した受信機でこの電波信号を受け，増幅して制御回路を作動させ，油（空）圧電磁方向切換弁に通電して集材機を駆動する仕組である。パルスの送受信が確実にできれば，あとの回路は有線の場合と同様に設計できるのであるから，無線による遠隔操作の成否は信頼できる無線機の選択にかかっているということができる。

① 周 波 数* 同一周波数の信号を複数の箇所から送信すれば，混信して集材機の制御が不安定になる。したがって不用意に無線機を使用すると，集材機の巻胴が不意に動きだしたり，指令と異なる作動をして危険であるので，とくに混信障害の除去に留意して設計された無線機の使用が必須の条件である。

② チャンネル数　チャンネル数を多くするほど回路が複雑となり，送信機が大形となり取り扱いに不便となる。したがってできるだけ少ないチャンネル数で目的にあった遠隔操作のできる設計がのぞましい。胸ポケットに入る程度の大きさの 1 チャンネルの送信機でも制御回路の方を工夫すれば，荷掛場から荷卸場までの全集材作業の集材機の運転を遠隔操作することができる。

③ 混信のおそれのない送受信機　例えば H 社製 H-IC-C，Z-IC の送受信機は，発振周波数に 5 バンド（17，22，25，27，30 MHz 帯）と変調周波数に 1,400～20,500 Hz の間で 12 種類をとり，さらに変調周波数を 30，80 パルスの 2 種類のパルスにするカウンタ回路を設けているので，組みあわせは最大 120 コードがとれ，特定の電波以外では絶対誤動作のないようになっている。実験結果によれば，この送受信信機の作動距離は遮へい物および強力な雑音電波のない平坦地で約 100 m である。この種の送信機は携帯に便利なため利用価値が大きい（この送受信機と制御回路の総合利用については 2-(1)-③-e 参照）。

④ 安 全 管 理　無線利用は混信さえなければ有線利用と同程度に信頼度が高く，機動性の点では有線に勝っている。しかし手法が有線より複雑になる分だけ故障の機会は増加する。モノケーブル式索張りにおける無線遠隔操作を使用したところでは，故障時の対応に不安がないように，有線遠隔制御の併用を考慮しておくとよいと思われる。

（6） **パルス数と集材機の作動**

① 集材機を作動させるのに，1 個のパルスを有線あるいは無線で制御回路に送り，これで集材機に一通りの作動をさせるのがもっとも普通の方法である。例えばモノケーブル式索張りにおいて，上昇の押しボタンスイッチを押すと荷は上昇を開始し，移動の押しボタンスイッチを押すと荷は移動を開始する（2-(1)-③-f 参照）。

② 1～2 個のパルスで数通り（パルス数以上の）の作動をさせる方法　これは，例えばモノケーブル式索張りにおいて，荷の 1 サイクルの動きは，上昇—停止—移動—停止—下降—停止であるが，この全工程

* 電波の使用については，電波監理局から厳重に監視され許可が要る。一般に無許可で使用できる電波は 42 MHz，27 MHz および微弱電波である。

を1個のパルスで制御するものである。いま全工程を，ⓐ 上昇—停止—移動，ⓑ 停止—下降—停止の2グループに分け，ⓐグループはスイッチを押すと張力調整索用巻胴の正転に伴ない循環索に吊られた荷は上昇し，やがて張力調整索が一定張力となると停止し，その後1～2秒後にパルスが出て荷は移動を開始する。ⓑグループはスイッチを押すと停止し，1～2秒後にパルスが出て下降を開始し，設定時間後自動的に停止する。このようなⓐⓑ2回路をまず完成する。次いで，同じスイッチを押して，1回目の押しと2回目の押しで違う端子に電流の流れるラチェット回路を利用して，1回の押しでⓐ回路に通電し，2回目の押しでⓑ回路に通電する回路を作る。最後に，荷が荷卸場の近くに来たとき，近接報知用スイッチ付滑車（写真8，9）を通過後，予め設定した時間が経過するとパルスの出る回路を作り，これを上記中者の押しに利用する。

要するに，1回だけ押しボタンスイッチを押すと，荷は上昇・停止・移動を開始し，やがて近接報知用スイッチ付滑車を通過後，設定時間後にパルスが出て，このパルスで荷は停止・下降する。停止・下降の場所を荷卸場に設定すれば，一切の搬出作業を自動的に行うことができる（2-(1)-③-e 参照）。

③　連続したパルスで数通りの作動をさせる方法　この方法は数組の数の異なるパルスを2心コードを利用して送信し，受信側でちがった端子にパルスを与える変換回路を作り，集材機にちがった作動をさせる仕組である。例えば，1箇のパルスで荷は上昇し，2個のパルスで荷は移動する。**a.** 原理：復帰機構を備えたステッピングリレーのカウントコイル（CC）にパルスを与えると各接点が切り換え動作を行い，リセットコイル（RC）に通電すると瞬時に復帰するので，これを利用して各接点から異なる操作指令を発することができるが，目的のノッチに達するまでの途中のノッチからは指令が出ないような回路を組まないと実用にならない。この解決法として，切り換えたのち若干遅れて指令の出る回路を作れば，スイッチを押したのち，その指令の出ないうちに次回のスイッチを押せば次回のスイッチの指令だけが出る。**b.** 回路（図4）：押しボタンスイッチ PBS を押すごとに7回路ステッピングリレーの各接点部は切り換えられていくが，各接点のタイマ TLR のために遅れて機械制御電流が流れるので，この遅れの時間内に割り当てられた回数（例えば1回は停止，2回は正転）だけ PBS を押せば，その各回数の最終の押しのパルスだけ端子から電流が流れる。接触片が1番目のノッチに接触すると TLR_1 時間後に停止 STP 用端子1に通電するが，比較的時間の長いパルスで適確に停止作動をさせるために TLR_2 に設定した時間幅をとれるように工夫した。また，この2回目の PBS 押しで作動しないように PBS 回路を R_1-2b の開でロックするように工夫した。2，3回目 RC の ON 用パルスは100Ωと470uF を利用できるように工夫した。なお，TLR の調整は TLR_1，TLR_3，TLR_4 は同一時間幅で，TLR_2 は最多回数を押すに要する時間より若干長く設定する。使用実験の結果では最多押し回数は5回程度までが実用的であると考えられる。

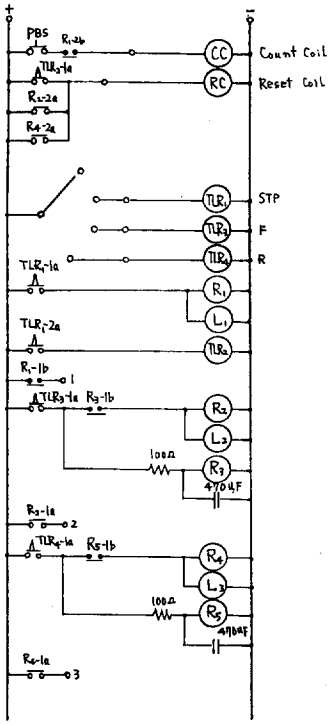


図4.　2心コードを使用して数通りの情報を送る回路

2. 17SP 自走式自動制御形集材機の開発

本機は一般間伐材の搬出用として開発試作したものである。各種の索張り方式で使用できるように3軸3胴集材機とし，使用頻度の高い数種類の索張り方式に適用して遠隔制御運転することができるように回路を設計製作した。現地試験の時の索張り方式は，普通形集材機による搬出作業と比較することができるように，下記の理由でモノケーブル式索張りを採用した。すなわち，**a.** 残存木の間を縫って搬出することが可能で，残存木に与える損傷が少ない。**b.** 連続的な搬出が可能であるから，予め木寄せが終了していれば搬出量が多くなる。**c.** エンドレス巻胴の駆動と，張力調整のための巻胴の駆動だけでよいので巻胴上で乱巻きになるおそれが少なく，無人状態での集材機の作業に好都合である。**d.** 循環索の速度は定速

表1. 17PS 自走式自動制御形集材機の諸元概要

総重量および寸法	重　　量：2,900kg（エンドレス巻胴なし） 全　　長：2,300mm 全　　幅：1,500mm 全　　高：1,460mm
エンジン	水冷2気筒ディーゼル機関 定格出力/回転数：17.4PS 以上/1,900rpm 燃　　料：軽　油 蓄 電 池：DC 12V，100 AH×1
走行装置	履帯中心距離：1,100mm 履 帯 幅：320mm 接 地 長：1,550mm 最低地上高：230mm 走行速度：2km/hr（前後進とも，平坦地において） 登坂能力：30° 接 地 圧：0.29kg/cm² 最小旋回半径：1,050mm，履帯外側半径
ウインチ	

巻胴寸法（mm）		直　径	幅	フランジ直径
巻胴	普通形	280	420	460
	エンドレス形	443	158	—

ワイヤロープ直径（mm）	10	12
巻込容量（m）	400	280

巻上能力/速度毎分

巻胴	普通形	300 kg/100 m～1,000 kg/36 m
	エンドレス形	240 kg/120 m～820 kg/44 m

駆動装置	走行装置：油圧式 ウインチ：油圧式
操縦装置	走　　行：座席に座って操縦。 ウインチ：遠隔制御（有線・無線）
タンク容量	作動油タンク容量：150 liter 燃料タンク容量：24 liter

で，荷の動きのパターンは単純である。

（1） 試作機の機構と回路

① 機　構[5)6)7)]　本機はクローラ形足回りの付いた全油圧式集材機で，遠隔操作および手動の両方式で運転操作が可能である（図5，表1，写真1，写真2，写真3，写真4）。**a.** 原動力：17PS ディーゼル機関でまず油圧装置を駆動し，次いでその油圧力で巻胴の駆動および足回りの走行を行う。制御部の電源には蓄電池 DC 12 V を利用している。**b.** 巻胴の性能各巻胴とも正転・逆転・空転・停止を個々に制御することが可能である。また，3個以内の巻胴数で多くの索張り方式に対応できるので，巻胴数3個を採用した。1 m/sec 前後の緩速度であれば，モノケーブル式索張りの場合，移動時の動揺が少なくてすみ，地引き式の場合にも支障物に衝突しても対策がとりやすいので，巻胴の周速度は1 m/sec 程度の速度および3割程度遅い速度を設定できるように工夫した（モノケーブル式索張りの場合にこれ以上の速度になると，荷の動揺のため立木の損傷を生ずるほか，荷卸手の仕事が荷移動の早さに追随できなくなるなど，集材作業上不都合を生じがちとなる）。**c.** 手元操作盤（写真5，座席の前方に配置）：集材機を遠隔制御で運転する以外に，各巻胴の動きの組みあわせを変えて作業索の動きを検討したり，荷掛・荷卸用スイッチボックスが手元にないときや制御部が故障のときなどに手元で操作する必要が生じたときに使用するものである。**d.** 自走装置：大面積の林地から少量ずつ間伐材を搬出する場合には自走装置を持つことはとくに有利である。据付時の微調整も極めて容易にできるほか，資材の軽運搬にも利用できるものである。

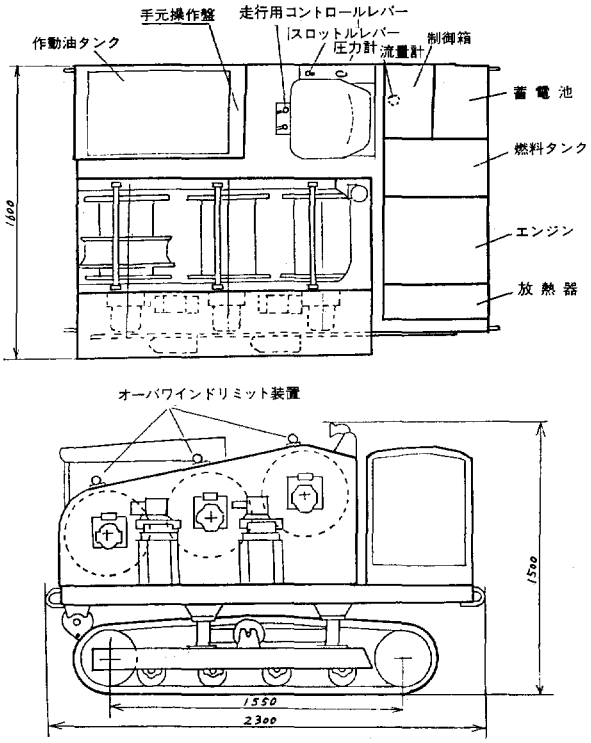


図5. 17PS 自走式自動制御形集材機

② 油圧回路（図6） **a.** 始動：原動機のディーゼル機関 2AB1 が始動すると，これによって駆動される可変容量形油圧ポンプ P によって，圧油

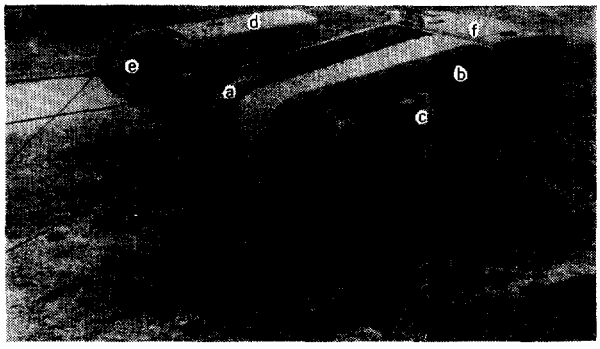


写真1. 17PS 自走式自動制御形集材機（前部左）
a：巻　胴，b：油圧モータ，c：電磁方向切換弁，d：作動油タンク，e：ケーブル巻き枠，f：ディーゼル機関

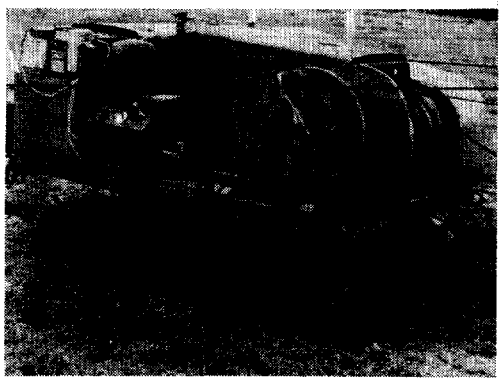


写真2. 前　部　右

写真3. 後　部　左
a：手元操作盤

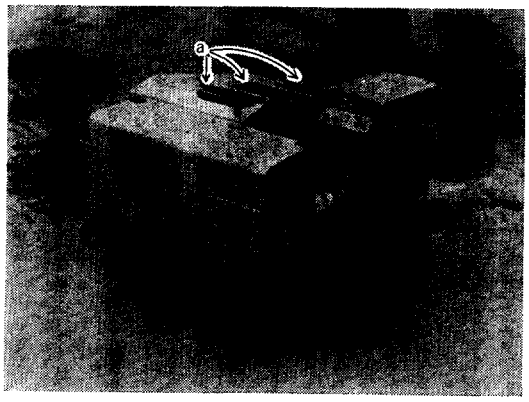


写真4. 後　部　右
a：オーバワインドリミット装置

が油タンクTよりストレーナSを経て流れ始め，圧油は流量計F，圧力計Pgを通って，$V_3 \rightarrow V_2 \rightarrow V_1 \rightarrow V_8 \rightarrow V_9$ の各電磁方向切換弁を素通りして油タンク中に戻る。これらの切換弁のソレノイドが励磁されると管中の圧力は上昇し，V_1，V_2，V_3 中には 150 kg/cm² の圧油が，また V_8，V_9 中には 105 kg/cm² の圧油が通過して，それぞれ M_1，M_2，M_3，M_4，M_5 の油圧モータの正転・逆転・停止を単独に，あるいは同時に作動させて巻胴および足回りの両者に必要な動きを得ることができる。Pと同時にP′が回転を始め，管中の圧力が上昇し，8 kg/cm² になるとメカニカルブレーキがはずれる。また，この圧油はリリーフ弁により 30 kg/cm² 以上の圧力には上昇しないように調節することが可能である。**b**：停止：油圧ポンプPからの圧油は導管 P_0 からチェック弁 N_{10}，N_{20}，N_{30} を通って V_1，V_2，V_3 に導かれる。V_1，V_2，V_3 がともに停止位置にあるときは M_1，M_2，M_3 は停止して，P_0 からの圧油は V_1，V_2，V_3 を素通りして油タンクTへの戻り管 P_T を通って油タンクTへ戻る。M_1，M_2，M_3 の停止は，それぞれ単独に，あるいは同時に行うことができる。油圧モータへの油の入口および出口パイプの間にチェック弁 N_{11}，N_{12}，N_{21}，N_{22}，N_{31}，N_{32} が結合されている。なんとなれば，V_1，V_2，V_3 が停止位置におかれているときに，油圧モータとか切換弁での油漏れのために，わずかずつ油圧モータは回転されるのでポンプとして作動し，このために吸込側に油がなくなり，油圧モータを回すのに回転の抵抗がなくなって危険となる。そこでこの現象を防ぐために，吸込側に油を補給して常に油があるように配慮している。**c.** 正転および逆転：いま V_1 を右方に動かすと P_0 の圧油は $N_{10} \rightarrow P_{M11} \rightarrow M_1 \rightarrow P_{M12}$ を

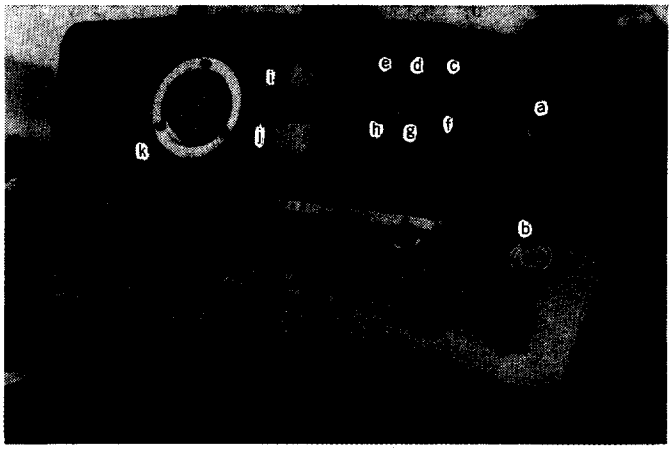


写真5.　17 PS 自走式自動制御形集材機の手元操作盤

a：スタータスイッチ，b：コントロールレジスタ口正面6個のレバー形トグルスイッチは巻胴駆動用で右から順に第1，第2，第3の各巻胴用である。上段の3個(c・d・e)は3個の巻胴の正転（上方に倒すF）・停止（ニュートラルN）・逆転（下方に倒すR）用。下段の3個（f・g・h）は上段スイッチをN（停止）にしておき，ONにする（上方に倒す）と荷下降（低索速度時にフリー，高索速度時にエンジンブレーキがかかる）し，OFFにする（ニュートラル）と停止である。波形スイッチはエンジン停止スイッチ，jは電源スイッチである（表示M：手元コントロール，N：断，R：リモートコントロール）。kはアワーメータ，あとは警告灯，ヒューズ等。

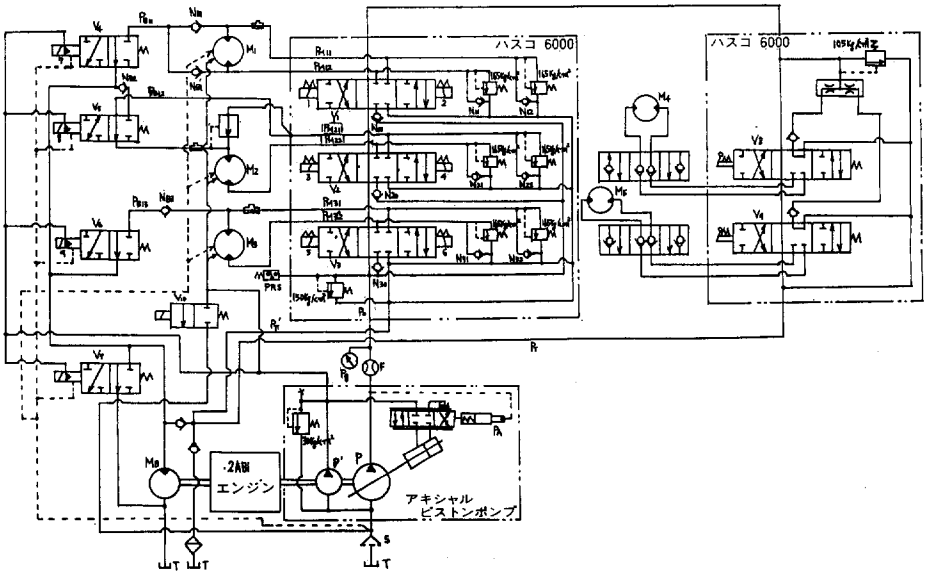


図6.　油　圧　回　路

通って戻り管 P_T' に入り，M_1 は回転する（この回転方向を仮りに正回転とする）。V_1 を左方に動かすと，圧油の流れは逆方向となり，M_1 は逆転する。同時に2個の油圧モータを動かす目的で2個の切換弁を同時に操作すると，まず負荷の小さい方へ圧油は流れる。この間，負荷の大きい方は，N_{10}，N_{20}，N_{30} により逆流することなく，止ったままでいる。この後，負荷が同じくらいになると，2個の油圧モータは

同時に駆動されるようになっている。**d.** 空転：巻胴を空転させるには，例えば M_1 についてみると，V_1 を中位にして V_4 を右方に動かすと，M_1 の圧油は M_B を通り油タンク T 中に流入し，M_1 は空転する。M_2，M_3 についても同様にして，それぞれ V_5 と V_6 を右方に動かせば空転させることができるように設計した。**e.** ブレーキ回路：集材機を設計するに当って安全の立場から巻胴のブレーキについてはとくに留意する必要がある。本機の場合，3通りの方法でブレーキを設計した。ブレーキユニットについて，M_1，M_2，M_3 を停止させるためにブロックセンタ方式の切換弁を使用しているので，油圧ポンプからの送油が遮断されると同時に，油圧モータから油タンクへ戻る油も遮断され，油圧モータはすぐ停止する。しかし，回転体の慣性モーメントのために，油圧モータ出口側の油は逃げ場がないので異状に高い圧力が発生して，配管や油圧モータが損傷をうけることになりかねない。そこで，正転・逆転のいずれの場合にも，回転体が停止するまでに異状圧力を逃がすとともに，油圧モータ出口の油をセットされた圧力に保ちながら巻胴にブレーキをかける働らきをさせるのに，リリーフ弁とチェック弁を組みあわせたブレーキユニットを採用した。メカニカルブレーキについては巻胴が外力によって回されないように，停止時には自動的にラチェット式のブレーキがかかるほか，このブレーキは巻胴が回るときには自動的にはずれるように設計した。エンジンブレーキについては，巻胴を駆動する油圧モータへの油の出入管 P_{M11}，P_{M12}，P_{M21}，P_{M22}，P_{M31}，P_{M32} よりそれぞれチェック弁 N_{B1}，N_{B1}'，N_{B2}，N_{B3} を通り，パイプ P_{B11}，P_{B12}，P_{B13} を通じて，エンジンブレーキ作動用の電磁方向切換弁 V_4，V_5，V_6 へつなぎ，油圧モータの出入管の一方だけにチェック弁のある M_2 および M_3 は一方向の回転時に限り作用する。また，油圧モータの出入管の両端にある M_1 の場合は，両方向の回転時に作用する。常時は原動機出力軸に結合された油圧モータ M_B への油路は閉じている（V_4 に無通電の状態）が，V_4 通電すると油路が開き，M_B へ圧油を導く。V_5，V_6 も V_4 と同様，常時油路を閉じて，通電すると開となる。V_4，V_5，V_6 に通電しないとき（図の位置）は，油圧モータ M_B は原動機 M によって駆動されるポンプの形となって油を吸い込み，無負荷で回転している。こんな状態のとき，V_1 を正転の位置において，M_1 を回転させて荷を巻きあげたのち，V_1 を中立位置にして，V_4 を開に切り換えると，圧油は無負荷で油タンク中に入り，巻胴は空転状態となる。ただし，減速歯車および油圧モータ M_B を回転するため，ある程度の抵抗を生ずる。同時に M_1 は荷の重さにより逆転を始めるのでポンプとして作動し，その吐出量で油圧モータ M_B を駆動するようになる。その結果，M_B によってエンジンの軸は回転されるのでブレーキがかかることとなる。もっとも，巻胴が

写真6.　制　御　回　路

負荷によってゆっくり回転されるときは，エンジンブレーキはかからずフリーとなる。**f.** 走行：V_1, V_2, V_3 を中立にして，V_6, V_9 の手動レバーを前後に操作すると M_4, M_5 はそれぞれ別個に正転・逆転させることができるので，この組みあわせで，前進・後進・左旋回・右旋回させることができる。

③ 油圧回路の電気制御[8)~18)] 油圧回路を電気的に制御すれば自動制御形集材機の制御回路を完成させることができる。電気制御回路* はプリント基板に制御部品の取り付けと配線はんだ付けを行い，これをプリント板用コネクタに差し込み，コネクタ端子間を配線はんだ付けして完成するが，完成した回路はプリント板の5組のユニットからできている（写真6）が，これを制御箱に収納した。制御盤は集材機の機体のスペースの都合上，別のケースに収納した（図7，写真7）。**a.** 電源回路（図8）：制御盤のスナップスイッチ S-1 を上に倒すと表示灯 L-1 が点灯し，プリント板 [1]~[5] に通電するように設計した。**b.** 巻胴別操作およびホーン回路（図9）：3個の巻胴を個別に正転・逆転・空転・停止させる回路は各巻胴とも同一であるので第1巻胴を例にとり説明すれば，端子17にパルスを与えると，ソレノイド弁 V_1-SOL-1 への通電により第1巻胴は正転を開始し，制御箱前面の L-2 は点灯する。また，逆転回路および空転回

* 回路図は JISC・0301「電気用図記号」によるほか，内容の理解を容易にするために表2に示す文字・図記号を用いた。

表2. 回路図に用いた文字・図記号

文字・図記号	摘　　要
1, 2, ……	各プリント板および同コネクタの端子番号
[1], [2], ……	プリント板の番号
①, ②, ……	端子台の端子番号
〔 〕	・その部品の所在箇所を示す。例えば PBS-1〔CBd〕は押しボタンスイッチの1番は制御盤上にあることを示す。 ・端子番号に付したのは，はんだ付けする相手側のプリント板コネクタの端子番号である。例えばプリント板 [2] に 13〔[1]-41〕〔[5]-15〕とあるのはプリント板 [2] のコネクタの13番は [1] の41および [5] の15にはんだ付けしてあることを示す。
A, B, ……	ケーブルのコネクタの端子記号。
CBd	制御盤 Control Board
CBx	制御箱 Control Box
CON-1, CON-2, …	コネクタ Connector の番号。回路の連結器具にプラグ Plug，コンセント (Plug Socket) と レセプタクル (Receptacle) があるが便宜上一括してコネクタ (CONNECTOR) として略称 CON を用いた。
⟶ >—	左はコネクタのオス，右はメス。
R_1, R_2, ……	リレー（高見沢 Rz-12，信号用）
R_{I}, R_{II}, ……	リレー（オムロン LY-1，LY-2 およびナショナル HC4，電力用）
S	スナップスイッチ Snap Switch
SBx	スイッチボックス Switch Box
TLR_1, TLR_2, ……	タイマ Time-Lag Relay（オムロン MY2Y-O）
RS	回転スイッチ Rotary Switch
SL	表示灯（信号ランプ）Signal Lamp
C	コンデンサ Condenser
R	抵抗 Resistance
COS	切換スイッチ Change-Over Switch

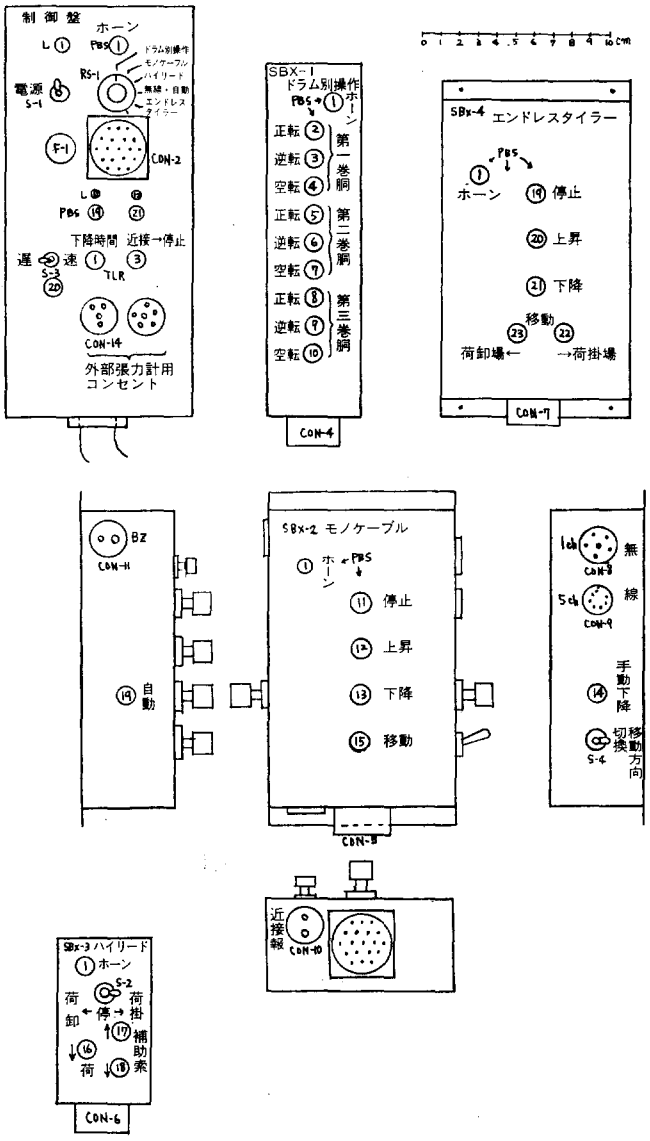


図 7.　制御盤とスイッチボックス

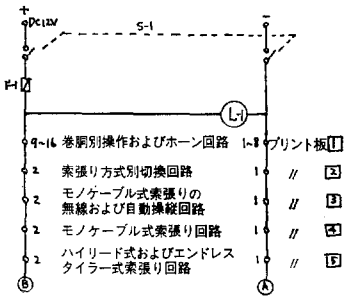


図 8.　電　源　回　路

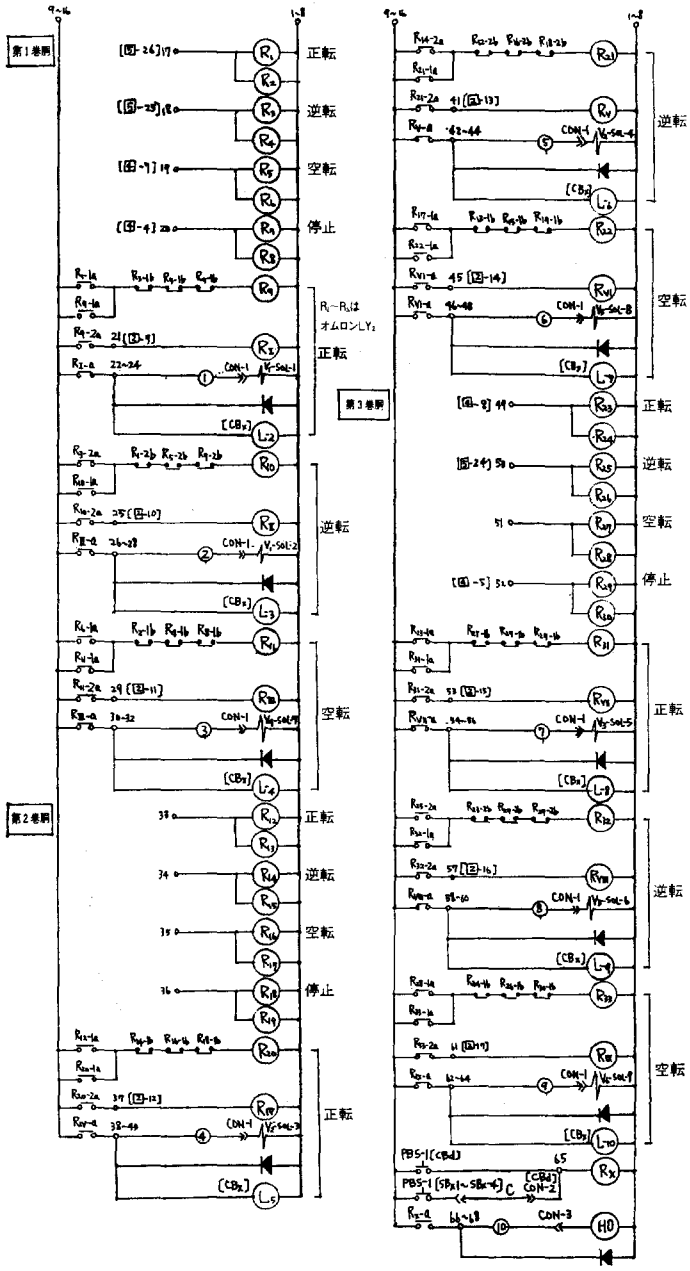


図 9.　プリント板 [1]　巻胴別操作およびホーン

路の自己保持を解除する。逆転・空転回路は正転回路に準ずる。停止回路は正転・逆転・空転の各自己保持回路を解除したものである。以上の各回路はパルスを与えると自己保持して引続き作動を継続するが，スイッチを押している間だけ巻胴を作動させるには，端子 21，25，29 のいずれかに通電する。制御盤上かスイッチボックス 1～4 上の押しボタンスイッチ PBS-1 を押せばホーンが鳴るように設計した。**c.** 手元操作回路（図 10，写真 5）：手元操作盤のスイッチを倒すと，倒している間だけ各巻胴は正転・逆転・

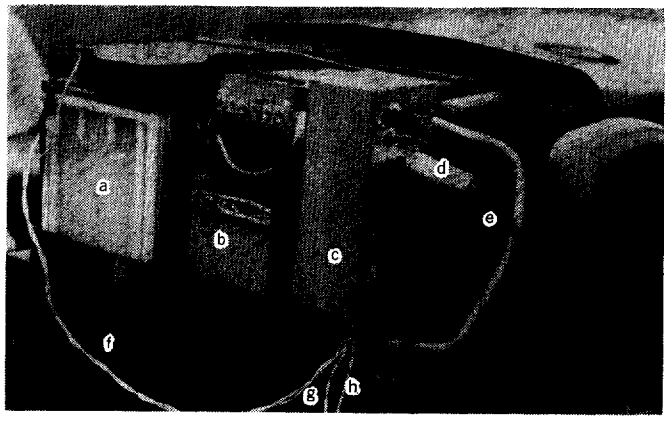


写真7.　シート後部の電気制御部

a：電源用蓄電池，b：制御箱，c：制御盤，d：コネクタ，e：ケーブル，f：電源コード，g：過巻停止用コード，h：圧力スイッチ用コード

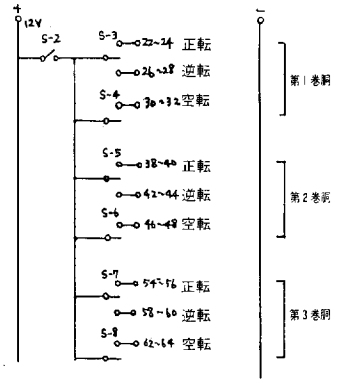


図10.　手　元　操　作

空転するように設計した。**d.** 索張り方式切換回路（図11，原理は1-(4) 参照）：例えばモノケーブル式索張りで集材機集材を行うとき*は，コネクタ CON-2 および CON-5（図7，図12）を結合して，ロータリスイッチ RS をモノケーブルに切り換える（図7，図11）と，電流は②-4（図11右）に流れる。上昇用 PBS-12（図7，図12）を押すと，電流はケーブル E に通電して R_5-1a（図11）は閉じ，その結果 R_6-2a は閉じて AND 回路が成立して端子19に通電して荷は上昇するように設計した。**e.** モノケーブル式索張りの無線および自動操縦（図13）：1チャンネル送信機のスイッチまたはスイッチボックスの1回の押しで搬出の全工程を行う方法についての原理は1-(6) で述べた。1チャンネルの受信機のプラグをモノケーブル式索張り用スイッチボックス SBx-2 のコンセント CON-8 に差し込み，RS の指針を無線および自動操縦回路に切り換えると，リレー R_{14}（図13）が付勢されてモノケーブル回路（図11）に通電する。PBS-19（図7）を押すと R_{15} は付勢され，接点 R_2-1a より1回目のパルスが0.06秒間出て張力調整索用巻胴の正転が始まり荷は上昇を開始するが，設定張力1ton に達すると圧力スイッチ PRS の接点が閉じ（図14），これにより上昇が確認され循環索用巻胴が正転を開始し，荷が移動を始める。その後**荷が近接報知用スイッチ付滑車（写真8，写真9）を通過後ある時間（可変，図14）経過し，また

* 各スイッチボックス操作の共通事項：索張り方式別のスイッチボックスと制御盤のレセプタクルをケーブルで連結するため，ケーブルのプラグをスイッチボックスと制御盤のレセプタクルに入れて音がするまで静かに押し込む。抜くにはプラグ側の円環を手前に引いたまま静かに引っ張る。制御盤のロータリスイッチの指針を各使途に切り換える。オーバワインドリミット装置のバーをはずしてあるときは過巻停止用コネクタ CON-12 は連結しない。圧力スイッチ用コード CON-13 はモノケーブル式索張りの場合に限り連結する。押しボタンスイッチ PBS-1 を押すとホーンが鳴る。

** 最初のスイッチの押しで R_1-1a が閉じて R_5 が自己保持され R_5-2a が閉じるが，R_3-2b が開き R_6 は自己保持されず，したがって R_8 は自己保持されない。1回目のパルスが終る（リレー R_1 が付勢から消勢となる）と開いていた R_3-2b が閉じて R_6 は自己保持されて R_7-1b は開き，2回目に端子3にパルスを与えたときは，R_2-1a は閉じず端子4からはパルスが出ない。2回目にスイッチを押すか，近接報知用スイッチを荷が通過すると R_8 は自己保持され，繰り返し回路が働くと同時に R_{10}-1a が閉じて停止パルスが出る。

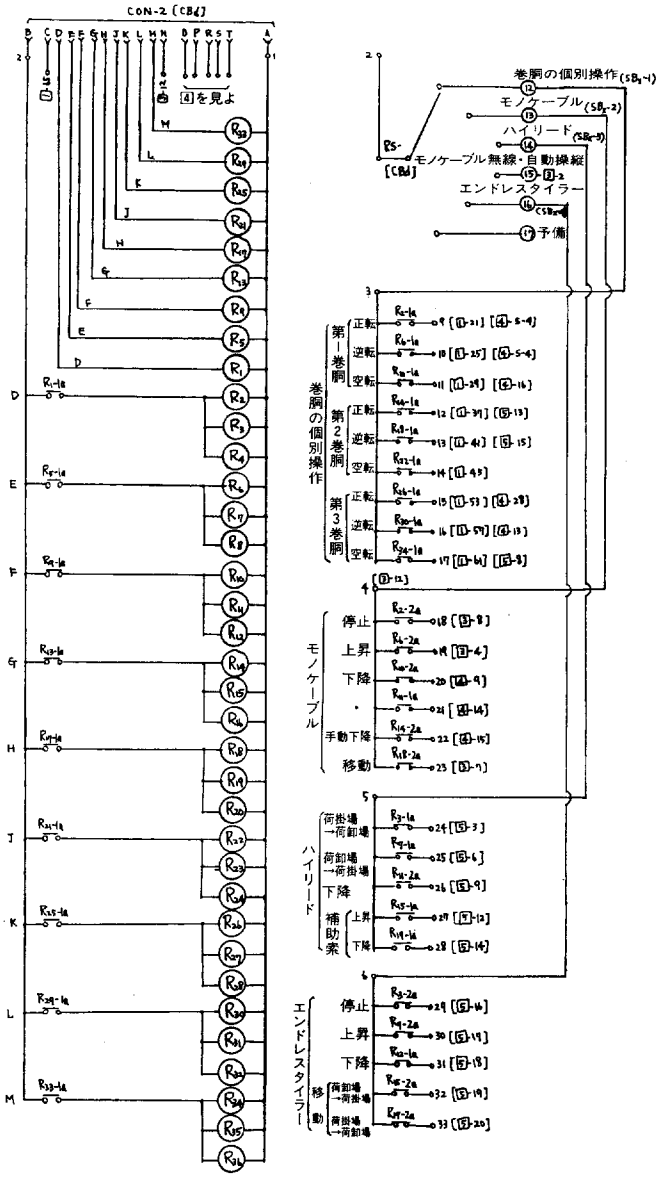


図 11.　プリント板 [2]　索張り方式別切換

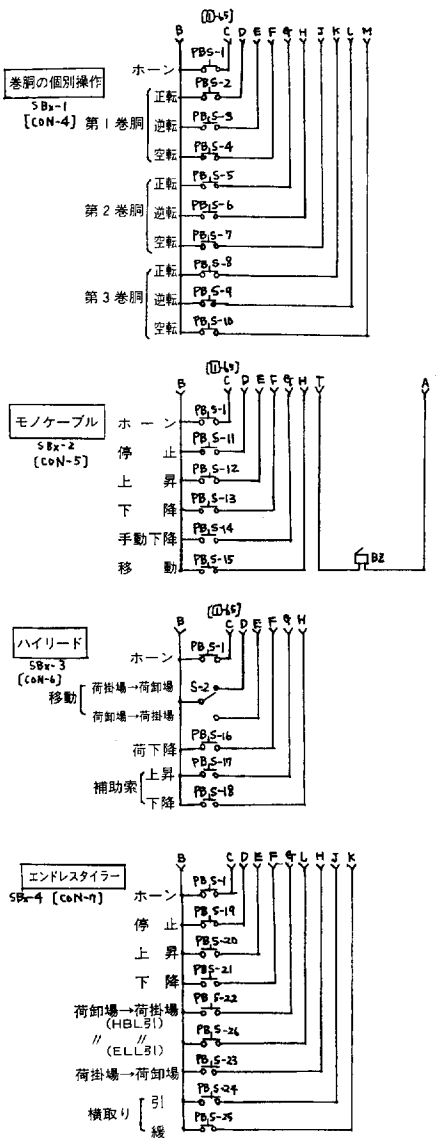


図 12.　索張り方式別スイッチボックス内回路

は2回目のパルスが端子3に入ると，2個の巻胴が停止する。その後，TLR_4 に設定した1秒後に荷は下降し，設定時間（図14）後に停止する。5チャンネルの送信機での操作については，送信機の各スイッチを押すことで，各チャンネルごとの回路が作動するように設計した。**f.** モノケーブル式索張り（図14，図15）：第1巻胴を循環索用，第3巻胴を張力調整索用として使用する2巻胴方式として回路を設計した。まず RS の切換および専用スイッチボックス SBx-2[14] の取り換え後，停止用 PBS-11（図7）を押すと2個の巻胴は停止する。また荷の下降途上でもそのときの張力状態で停止する。上昇用 PBS-12 を押すと第1巻胴は空転し，第3巻胴は正転して荷は上昇する。その後設定張力 1 ton（可変）に達すると PRS の接点が閉じて両巻胴とも停止する。循環索の移動中に PRS の接点が閉じてもその都度停止しな

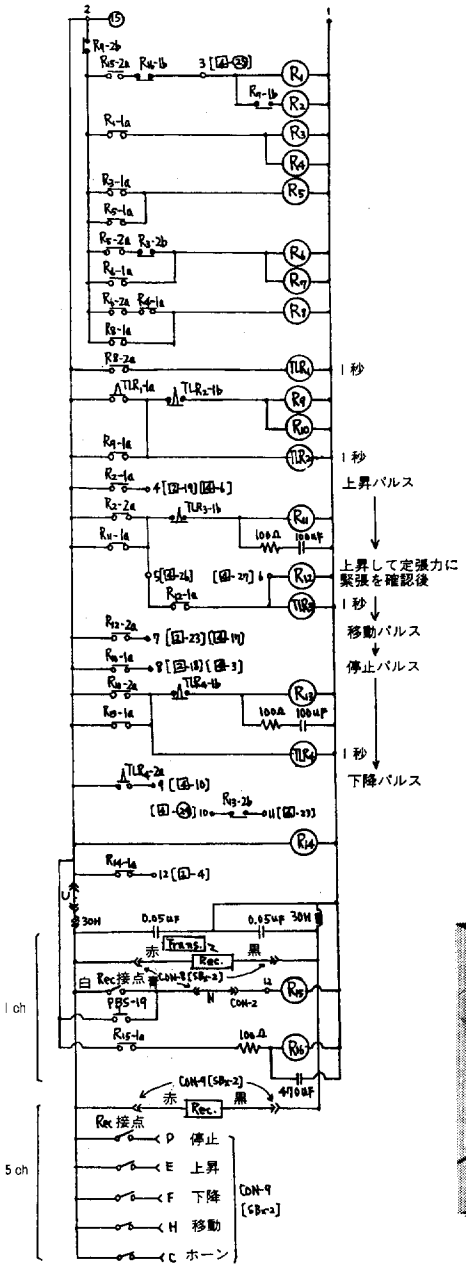


図 13.　プリント板 3　モノケーブル式索張りの無線自動操縦

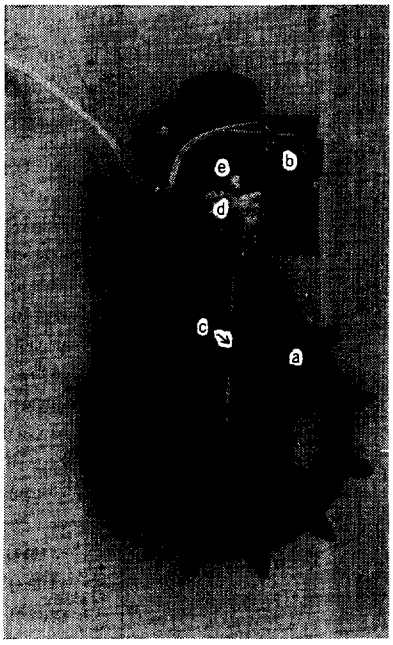


写真 8.　近接報知用スイッチ付滑車

モノケーブル方式索張り用片持滑車 a のフレーム部に警報用のリミットスイッチ b を取りつけてある。移動してきた荷の荷吊り索がバー c に触れて，バーが左（右）に動くとこれと固定した主動子のカム d の働きで従動子のリミットスイッチのレバー e が上下してリレーの接点が閉じ，警報を発する。

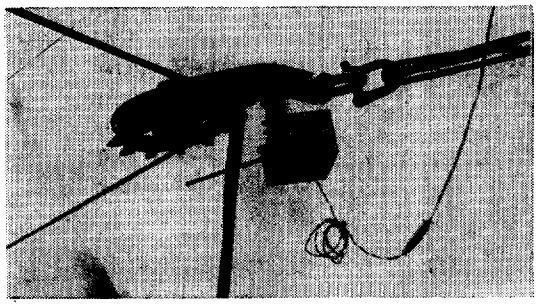


写真 9.　荷吊り索が近接報知用スイッチ付滑車のバーに触れると警報ブザーが鳴る。

いように，PRS の作動 0.06 秒後に R_6 の自己保持回路を解除する。したがって再び PBS-12 を押した後でないと，PRS が作動しても停止のパルスは出ない。下降用 PBS-13 を押すと第 1 巻胴は空転し，第 3 巻胴は設定時間だけ逆転して荷が下降し着地して後停止する。2 回続けて押したときにこの回路が作動すると巻胴周辺部でワイヤロープが膨らみ，巻胴のフランジと機体の間に食い込むとか乱巻きになるおそれ

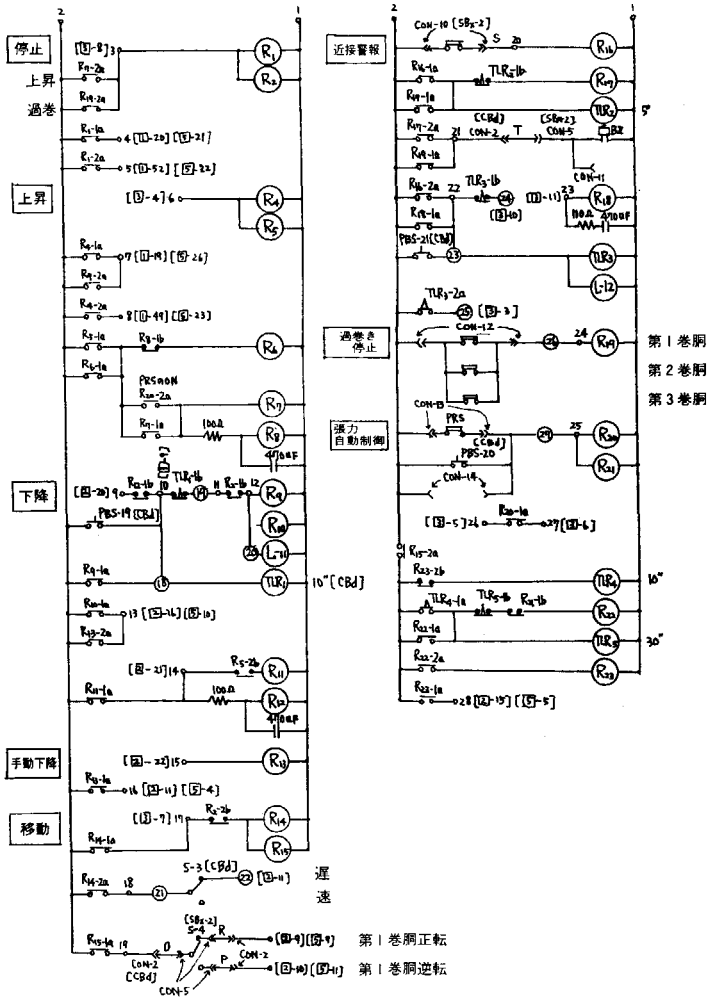


図 14.　プリント板 4　モノケーブル式索張り

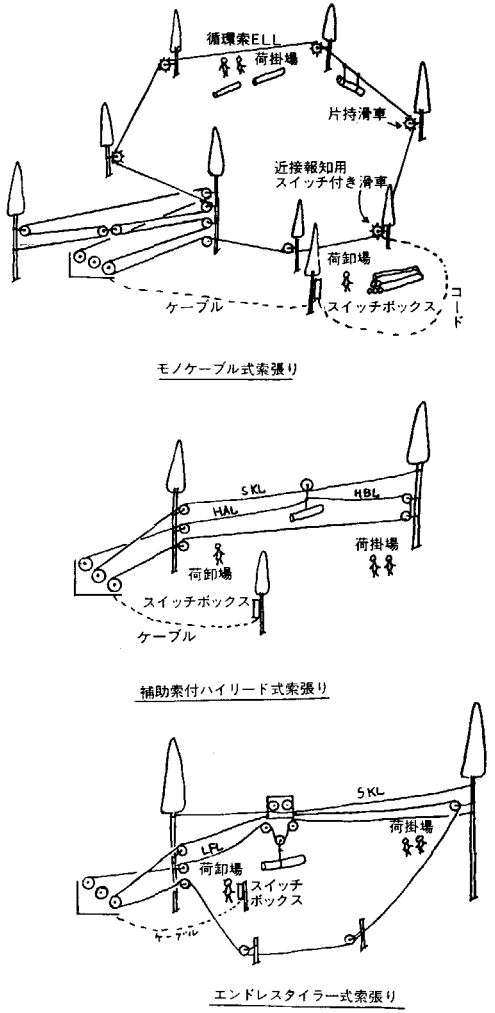


図 15.　専用のスイッチボックスで操作する索張りの各方式

があるので，1回目の押しで回路を開き，上昇用 PBS-12 を押したときに再び回路が作動可能となるように設計した。制御盤の PBS-19 は下降時間の設定用で，タイマ TLR_1 の頭部のねじを回して L-11 の点灯時間を指標として適当な時間に調節する。手動下降 PBS-14（図7）を押すと押している間だけ第1巻胴は空転し，第3巻胴は逆転する。移動用 PBS-15 を押すと左右いずれかの方向に移動を開始する。方向の切換は S-4 をいずれかの方向に倒して行う。制御盤上の S-3（図7）を「遅」側に倒すと，第1巻胴の空転回路にも圧油が流れ，移動速度は低速（0.7 m/sec 程度）になる。CON-10 に近接報知用スイッチ付滑車のプラグを差し込むと，荷がこの滑車を通過後設定した時間後に5秒以内の設定時間だけブザ BZ が鳴り，荷の近接を荷卸手に知らせる。また，近接警報後 TLR_3 に設定した時間経過後に接点 TLR_3-2a が閉じてパルスが端子3（図13）に入ると荷は停止して下降する。したがって，TLR_3 の設定時間を荷が近接報知用スイッチ付滑車を通過して荷卸場に到着するまでの時間と一致させれば，荷は荷卸場で停止して下降する。時間を若干長く設定すれば荷が荷卸場を通過後に自動的に停止するので，安全回路として利用できる。時間の調整は制御盤上の TLR_3 頭部のつまみを回して行う。この回路は停止・下降回路（図13）が作動したら解除される。過巻停止の回路は，巻胴のワイヤロープが膨らんで巻胴のフランジを超えるとスイッチが閉じて作動を開始し，ブザが鳴り停止する（写真10）。張力自動制御の回路は PRS が閉じたとき，および制御盤上の PBS-20（図7）を押したとき，作動を開始する。荷の移動開始とともに TLR_4 および TLR_5 による繰り返し回路が作動を開始するが，定張力に達すると繰り返し回路の途上でも解除される。そして改めて繰り返し回路が作動を開始できるようになっている。**g.** ハイリード式およびエンドレスタイラー式索張り（図16）：ハイリード式索張り（SBx-3）の場合には補助索上昇用 PBS-17 を押している間補助索は緊張して荷は上昇し，手を離すと荷は停止する。補助索下降用 PBS-18 を押すと押している間だけ補助索は下降するので，同時に荷下降用 PBS-16 を押すと押している間だけ荷は下降する。荷掛（卸）場へ移動するには，PBS-17 を押して補助索を上昇させた後，S-2 を右（左）に倒し，荷が荷掛（卸）場に移動して

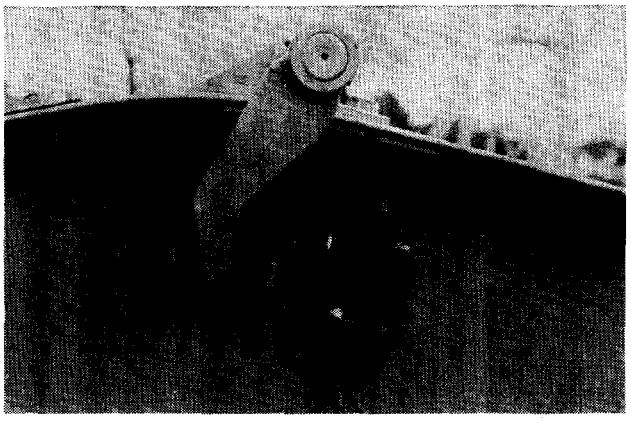


写真10.　ワイヤロープが巻胴のフランジを超えて多く巻かれるとアームが左方に動き，いままでアームで押えて開いていたリミットスイッチが閉じて巻胴は停止し，警報のブザが鳴る。

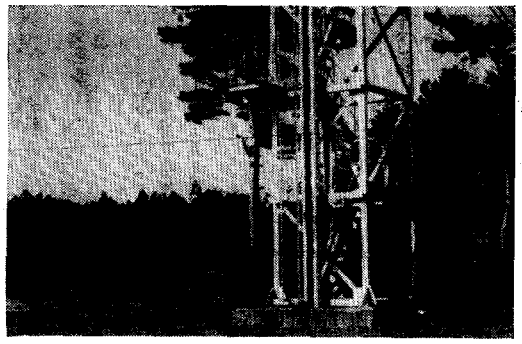
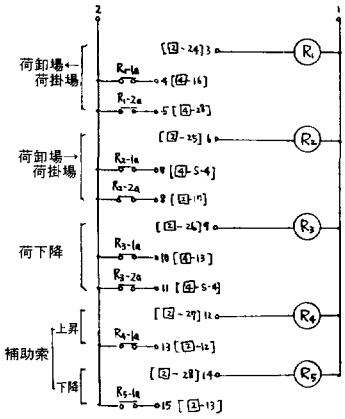
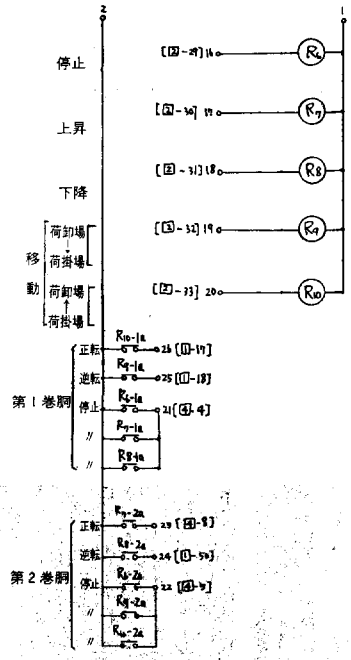


写真11.　エンドレスタイラー式索張り試験（荷上昇）



プリント板 5-1
ハイリード式索張り



プリント板 5-2
エンドレスタイラー式索張り

図 16.　ハイリード式およびエンドレスタイラー式索張り

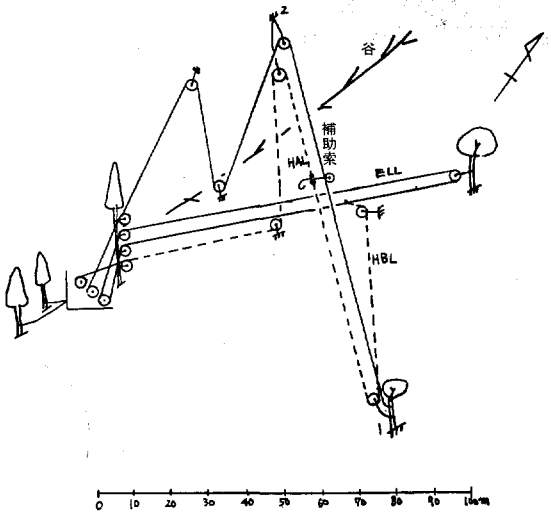


図 17.　補助索付ハイリード式およびエンドレス式による搬出

きたら S-2 をニュートラルにすると荷は停止する。エンドレスタイラー式索張り（SBx-4）の場合には，各スイッチを押すと荷はスイッチボックスに記載してあるとおりの作動を行う。これらの回路については，現地および構内試験により，実用に適することを確かめることができた（図 17*，写真 11）。

（2） 栃木県下における現地試験[15]

① 試験実施の概要　**a.** 試験期間：昭和 52 年 10 月 17～22 日の間。**b.** 地況と林況：栃木県鹿沼市板荷洛穴前沢 5830，19 林班イの 35 小班福田弘之氏所有の山林において間伐材の搬出試験を実施した（表 3[16]，写真 12）。**c**：架設用資材：表 4 にかかげる架設用資材を集材機とともに現地に搬入した。**d.** 索張り（図 18，写真 14）：モノケーブル式索張り*は，全長 401.2 m（No. 0～No. 28），高低差 38.1 m である。No. 1～No. 4，No. 11～No. 27 にジグザグ滑車を，また No. 5～No. 10，No. 28 にスイッチブロックを取り付けた。集材作業能率をあげるために架線予定個所に前以て木寄せがなされた。なお，比較試験に用いた 8PS 自走式普通形集材機（写真 14）は小馬力なので，ヒールブロックを利用して索張力を増大して使用した。

写真 12.　搬送中の間伐材　地上には列状に木寄せした材が見える。

② 試験結果と考察　**a.** 索張力（図 19）：上昇用の押しボタンスイッチを押すと（図の a 点），循環索用の第 1 巻胴は空転し，張力調整索用の第 3 巻胴は正転を開始し，循環索の緊張側 A・緩み側 B・張力調整索 C ともに張力が増加し，やがて循環索は地面を離れ約 1 ton の張力になると自動的に第 3 巻胴は停止し，第 1 巻胴は空転するので A，B はほぼ同一張力を示した（図の b 点）。使用

表 3.　地　況　と　林　況　（栃木県下）

地況			林況								
面積 (ha)	傾斜 (°)	山腹の向き	樹種	林齢 (年)	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	立木 1 ha 当り 本数 (本)	立木 1 ha 当り 材積 (m^3)	間伐率 本数 (本)	間伐率 材積 (m^3)	1 本当り材積 (m^3)
0.77	5～25	東	スギ ヒノキ	34	22 28	21 17	1,250	439	272 (28)	45 (13)	0.17

* 昭和 57 年 2 月に林業試験場千代田試験地において造林地の全面地ごしらえ作業に使用した。北高南低，傾斜 20° の地形である。No. 1 から No. 2 に向けてハイリード式索張りで末木枝条を搬出して谷に堆積した。この際，第 1 巻胴の結線を臨機に正逆反対にして，スイッチボックス（図 7）の記載どおりに操作した。また，第 1 巻胴だけを使用してエンドレス式で材を搬出し，集材機の近くに極積した。なお，搬出前の木寄せ作業には両方式を併用した。

** 栃木県林業センターの橋本洋一技師指導の下に架設した。

表4. 架　設　用　器　材　（栃木県下）

品　名	規　格	数　量	単位	単　価	金　額	備　考
集　材　機		1	台	円	円	17PS自走式自動制御形
		1	〃			8PS自走式普通形*
特殊滑車	ZB-9	23	個	11,500	264,500	循環索支持用。29か所中ZB使用21個
普通滑車	BS-5	10	〃	3,900	39,000	循環索支持用14個
	BS-6	22	〃	6,000	132,000	張力調整用3個 荷卸・荷掛引締用5個
張力調整索支持用滑車	BS-4 BS-9	1	組		29,400	BS-4（1個3,900円）2個および BS-9(1個10,800円）2個が1組
張　力　計	直接読取式	1	個			1.5t
トランシーバ		3	台			S社製ICB-600, N社製RJ-16 S社製ICB-170
ワイヤロープ	6×19 A種 10mm	1,200	m	135	162,000	循環索450m。張力調整索の引回し250m。張力調整索250m。
	6×19 A種 6mm	200	〃	98	19,600	控え索
台付ワイヤロープ	9mm, 2m	200	本	910	18,200	
	〃 ,2.5m	30	〃	1,020	30,600	
クレモナロープ	9mm	200	m		15,300	荷吊索2.5m×50＝125m
シャックル	16mm	50	個	370～500	20,000	
ワイヤクリップ	6～8mm	80	〃	90	7,200	
	10mm	10	〃	220	2,200	
特殊クリップ	〃	2	〃	2,500	5,000	
鉄　線	14#	5	kg	150	750	
当　て　木		50	組	400	20,000	たる木（長3800mm，幅40mm，厚36mm）を30cm長に切り，中央に直径6mmの穴をあけたもの10本を1組とし，各組の穴に直径4mm，3m長のクレモナロープを通して，1組の当て木とした。
リードロープ	9mm	4	丸	15,000	60,000	1丸200m
梯　子		1	台		5,000	

* このウィンチは自走式草刈機（N社製，HMC-100形）の足回りを利用して，集材機（N社製，K-O形）を搭載したもので，諸元はつぎのとおりである。

ウィンチ	巻　胴	1軸2胴
	変　速	正転2段，逆転2段
	捲上速度	38～76 m/min
	捲上能力	エンドレス形 700～360kg，普通形 750～380kg
	捲取量	8mmで185m
本　体	寸　法	全長 2,390mm，全幅 1,180mm，全高 1,000mm
	エンジン	8PS/1,700rpm，MAX 11PS，ガソリンエンジン
	変　速	前進6段，後進2段
	速　度	前進 0.5～6.2km/hr，後進 0.4～1.9km/hr
	クラッチ	ベルトテンション式
	ミッション	オールギヤ式，クラッチおよび内部拡張式ブレーキ付
	クローラ	ゴム焼付式 35×2個
	総重量	本体およびウインチ 750kg

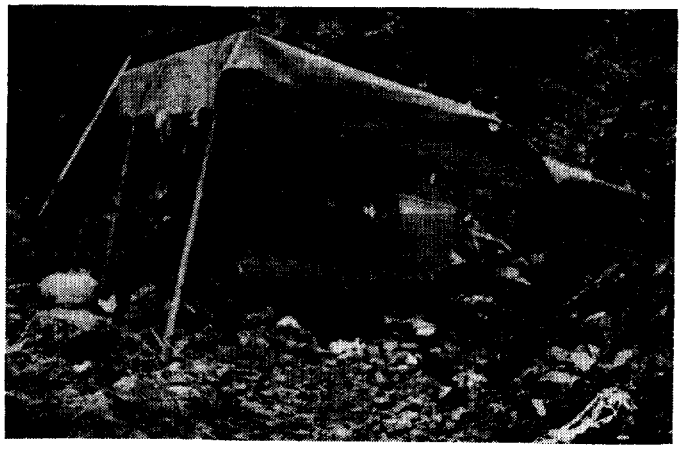


写真 13.　据えつけて稼動中の 17 PS 自走式自動制御形集材機

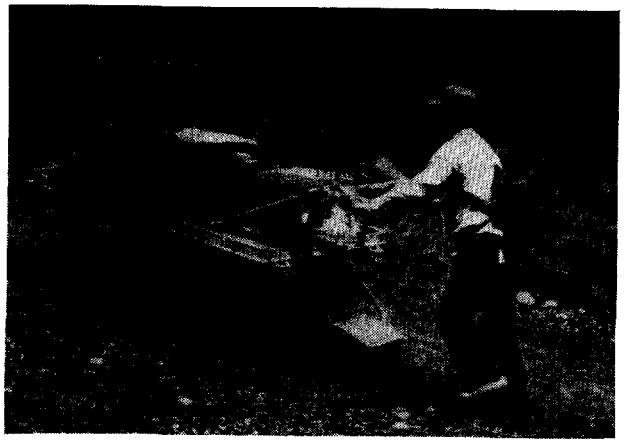


写真 14.　8 PS 自走式普通形集材機の走行テスト中

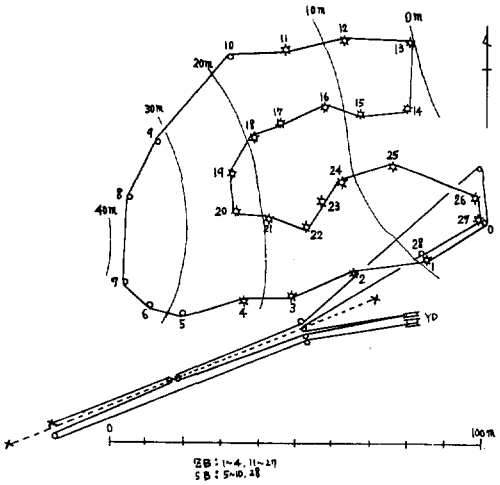


図 18.　栃木県下のモノケーブル式による現地試験の索張り（栃木県林試：橋本技師原図）等高線は滑車 No. 13 の地点を 0 m としたときの地形表示である。

したワイヤロープは直径 10 mm，切断荷重 5,500 kg であるので安全率は 5.5 と推定された。停止と同時に油漏れが始まるため，循環索・張力調整索ともしだいに張力が緩むが，間断的に緊張した。移動用の押しボタンスイッチを押すと張力 A は急激に上昇し張力 B は急激に下降して以後ほぼ同一値を持続した。移動途上で張力調整索用巻胴の油圧モータに間断的に圧油を補給するので循環索の張力はほぼ一定に維持された。移動に要する動力は 5～6 PS 程度であった*。下降用の

* 移動中の引張側と緩み側の差 350 kg，巻胴の直径 443 mm，速度 1.1～1.4 m/sec

$$\therefore\ 動力 = 350 \times 0.221 \times \frac{(1.1 \sim 1.4) \times 60}{\pi \times 0.443}$$

$$= 3668 \sim 4668\ \mathrm{w} \fallingdotseq 5 \sim 6\ \mathrm{PS}$$

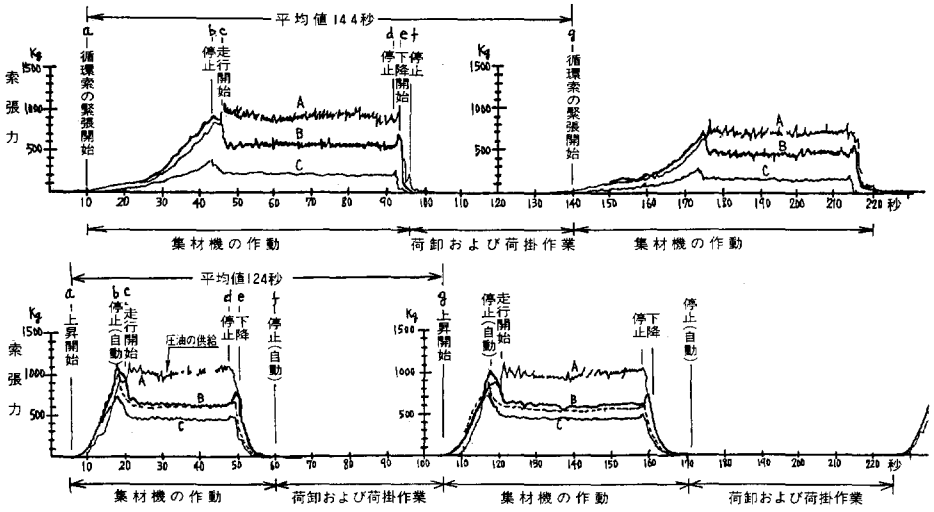


図19. 索　張　力　の　推　移
（上図：8PS 自走式普通形集材機，下図：17PS 自走式自動制御形集材機）

押しボタンスイッチを押すと，設定した時間（この場合10秒）後に各索の張力は無負荷に近くなった。比較に使用した8PS 自走式普通形集材機は17PS 自走式自動制御形集材機とほぼ同じ張力推移をたどったが，つぎの2点でやや異なっていた。索張力の推移については，17PS 自走式自動制御形集材機は循環索の張力が1ton になったら張力調整索用巻胴回転制御に使用する油圧電磁方向切換弁をニュートラルにするが，油漏れのために張力調整索用巻胴は少しずつ逆転し，循環索は緩んでくるので，ときどき圧油を補給して張力調整索用巻胴を正転させて循環索を緊張させる方法を採用している。このため循環索はある範囲で緊張と弛緩を繰り返す。また，過大張力が発生したら，圧油がリリーフ弁から油タンクに逃げ返送されるので，自動的に安全対策の役割が果される。8PS 自走式普通形集材機は循環索が緊張したら張力調整索用巻胴を制動することで循環索張力を維持するのであるから，循環索の移動中に緩むことはないが，異状張力を生じたときの対策は，17PS 自走式自動制御形集材機の場合のように容易でない。循環索の下降については，17PS 自走式自動制御形集材機は張力調整索用巻胴を逆転して循環索を緩めるのに平均約10秒を要し，循環索を緊張させるのに約12秒を要した。この2秒の差は荷掛作業のためにワイヤロープが若干くり出されるためである。8PS 自走式普通形集材機では張力調整索用巻胴を空転させるので一挙に循環索は緩み数秒後に張力は0に近くなり，循環索の着地が容易となり荷掛作業に好都合であるが，循環索の激しい動揺のために脱索することがあった。**b.** 索速度と連送数：17PS 自走式自動制御形集材機の場合は，荷が順調に連送されているときの荷間隔は約 33 sec × (1.1～1.4 m/sec) = 36～46 m であったが，8PS 自走式普通形集材機の場合は約 36 sec × (0.7～1.3 sec) = 25～47 m であったのでほぼ一致する。この現地試験の例では多いときは7荷が連送されているが，これは索長にして 216～217 m に相当する（荷卸場 No. 27 からもっとも遠い荷掛場 No. 11 間 216.7 m）。**c.** 搬出量：搬出前に，木寄せした木材を仕訳してほぼ同じ条件下で搬出作業を行うことができるように配慮して，両集材機を使って比較試験を実施した。搬出試験の結果をみると（表5），17PS 自走式自動制御形集材機の場合は約5時間に 18 m^3 を搬出している。8PS 自走式普通形集材機の場合にはほぼ同じ時間に 13 m^3 であり，17PS 自走式自動制

表5.　搬　出　量　(栃木県下)

集材機	搬出量				1荷当り			
	時間 (hr)	荷数 (個)	材積 (m^3)	重量 (kg)	材積 (m^3)	重量 (kg)	本数 (本)	材長 (m)
17PS自走式自動制御形集材機	4.8	83	18.2	15,040	0.22 (0.09～0.29)	181 (77～247)	4.5 (2～8)	3.1 (0.5～9.0)
8PS自走式普通形集材機	4.8	78	13.6	11,600	0.17 (0.09～0.25)	149 (77～213)	3.1 (1～6)	3.5 (1～4)

表6.　待　ち　時　間　(栃木県下)

集材機	① 1サイクルの*作業所要時間 (min)	搬出 ② 回数	搬出 ③時間 ①×② (hr)	④ 実際に要した時間 (hr)	待ち時間 ④－③ (hr)
17PS自走式自動制御形集材機	2.1	83	2.9	4.8	1.9
8PS自走式普通形集材機	2.4	78	3.1	4.6	1.5

* 緩んでいる循環索が緊張して搬出材の移動が始まり，停止したのち循環索が緩むまで。

御形集材機の方が約30%多い搬出量であった。この結果は，両集材機に対する運転手の馴れの問題もあり，一概に単純比較はできないが，出力の差のために1荷当り搬出量に差を生じたためであると考えられる。**d**：待ち時間（表6）：作業内容をみると，荷が脱落したり荷吊り索の切断など待ち時間が含まれているので，これらの時間と正味の搬出時間について比較検討を行った。すなわち順調に荷を連送している時の時間分析結果を検討すると，17PS自走式自動制御形集材機の場合，待ち時間は総作業時間（作業開始から終了まで，ただし昼食時間を除く）の約40%であった。1日実働5時間で待ち時間0と仮定すると32 m^3(＝146回×0.22 m^3) が搬出可能となる。8PS自走式普通形集材機では待ち時間は約33%で，待ち時間0，1日実働5時間と仮定した搬出量は21 m^3(＝125回×0.17 m^3) となる。待ち時間の内，滑車の手直しについては，架設後におけるZB滑車の追加，取りつけ位置の変更，取りつけ方法の手直し，スナッチブロックとZB滑車の取り換え等であって，実際問題として若干の手直しは止むを得ないし，当初から予定していた手直しもあり，これらの改善による待ち時間の短縮は困難であると考えられる。17PS自走式自動制御形集材機の場合，張力調整索用巻胴を逆転させる方法を採用したので荷の下降のときに脱索は生じなかったが，8PS自走式普通形集材機の場合は張力調整索用巻胴を空転して荷を下降させるので，荷掛作業が容易になる反面衝撃のために脱索することが1～2回あった。荷吊り索に関する故障として，荷の移動中に荷吊り索が抜け落ちる，ZB滑車を通過直後に荷吊り索が切れる，荷吊り索から荷が抜け落ちる，荷吊り索がほどける，荷吊り索が長すぎて吊り荷が動揺し立木に衝突する，等がある。対策として，循環索に衝撃的な力を与えない，荷吊り索を早目に取り換える，荷しばりを確実にするほか，循環索の速度を遅くすることが考えられる。**e**. 機械系統の作動：電気的制御部以外の機械的作動をする部分は試験期間中故障なく作動した。油圧力と流量については，圧力は圧力計で，流量は流量計で記録した結果をみると（表7），アイドリング中は低圧力で多量の圧油が流れるが，負荷をかけて油圧電磁方向切換弁を切り換え油圧モータを回転すると圧力が高くなり流量は若干減少する。入力を推定するとアイドリング

表7. 17PS自走式自動制御形集材機の作動中の油圧力と流量（栃木県下）

	圧力 (kg/cm²)	流量 (LPM)	推定入力* (kw)
アイドリング時	10	70	1.14
材の搬出時	130	40	8.48

* 入力 (kw) = 圧力 (kg/cm²) × 流量 (liter/min) × 0.00163

表8. 走行性能（栃木県下）

集材機	登坂時				降坂時		備考
	0～5° (km/hr)	6～11° (km/hr)	0～11° (km/hr)	所要時間 (min)	0～11° (km/hr)	所要時間 (min)	
17PS自走式制御形集材機	2.1	1.7	1.8	43.4	2.2	36.3	走行距離 0～5° 354.3m 6～11° 945.4 計 1,299.7
8PS自走式普通形集材機	2.5	2.0	2.1	37.3	2.4	32.5	

表9. 軽油消費量（栃木県下）

作業内容	集材機	登坂時			降坂時			備考
		総量 liter	m/liter	liter/hr	総量 liter	m/liter	liter/hr	
走行	17PS自走式制御形集材機	3.1	419	4.3	2.6	500	3.6	スロットルはほぼ全開にして走行
	8PS自走式普通形集材機	1.6	812	2.6	1.4	928	2.3	

作業内容	集材機	材積 (m³)	時間 (hr)	軽油消費量 (liter)	liter/m³	liter/hr
集材	17PS自走式自動制御形集材機	18.2	4.8	13.7	0.8	2.9
	8PS自走式普通形集材機	13.6	4.8	8.7	0.6	1.8

中は1kw程度だが，荷の搬出時には8.48kw（≒11.36PS）の入力を必要としている。油温の上昇については，油温は60℃以上になると作動油の酸化が促進され，寿命が短くなるばかりでなく，油圧機器各部の油漏れ量が増大し，高圧下の回転接続部では摩耗・焼付が起こることがあるが，17PS自走式自動制御形集材機の場合，仕事始め（10月20日午前9時40分）に15℃で，終了時（同日午後3時50分）に54℃を

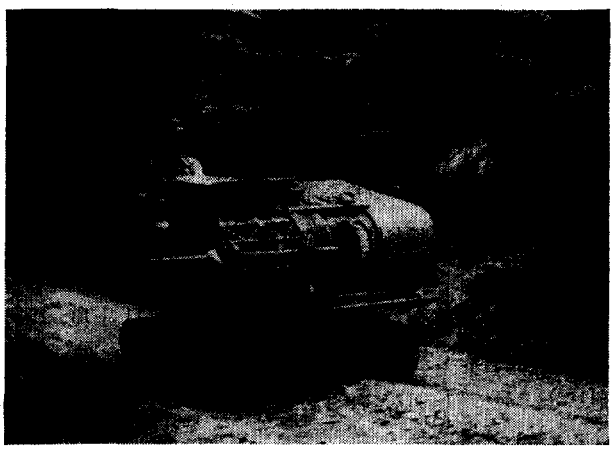


写真15. 17PS自走式自動制御形集材機の走行テスト中

示し，実用的には支障がないものと思われる。走行性能については，林道・作業道を経て現地に至る約1,300 m の登坂走行ならびに降坂走行を観察し記録した*（表8，写真14，15）。登坂時には約2 km/hr の速度で，降坂時には約20% 早い速度を示した。走行状況は路面により異なるが，勾配8～10° 付近から喘登した。この程度の速度が限界と思われる。8 PS 自走式普通形集材機もほぼ同様の性能を示したが，片側の履帯が小岩等の硬い突起物に乗りあげた場合にスリップやスピンターン現象を起こし，運転操作が不安定となった。軽油消費量について（表9）：走行時にスロットルをほぼ全開にして 4.3 liter/hr を消費した。集材時には 2.9 liter/hr を消費した。走行時と比較してアイドリングの時間が長いので消費量は少ない。8 PS 自走式普通形集材機の消費量は比較的少なかった。**f.** 17 PS 自走式自動制御形集材機の電気回路の改良[17]：2-(1)-③ で述べた回路は現地試験の都度改良を重ねたものである。したがって回路は現地試験の前後で若干異なっているが，その作動に根本的な改変はない。改良はスイッチボックスと索速度についてである。前者については，押しボタンスイッチの間隔は当初 20 mm × 15 mm に設計したが，これでは中高年の作業者には見づらく，また手袋をして押すには間隔が狭すぎて誤操作のおそれがあったので，間隔を 25 mm × 25 mm に改良した。この結果，同時に相隣る2個の押しボタンスイッチを誤まって押す可能性はなくなったので，当初に作った安全回路は後日除去した。スイッチボックスの数については，1台の集材機を操縦する場合，荷卸場で1箇のスイッチボックスを使用するだけの場合は，回路は簡単なものとなり，スイッチの操作を誤まるおそれは少なく，ひろく一般に使われている。当初は荷掛場・荷卸場の両場所でそれぞれスイッチボックスを所持し，1台の集材機を両場所から2個のスイッチボックスで操作できる回路を試作したが，この方法では両場所で全く独立して荷の動きを目で確かめながら集材機を操作することができる反面，有線遠隔操作方式ではケーブルを両場所まで延長しなければならないほか操作が若干複雑となるので，1個のスイッチボックスで操作する方式に改良した。索速度については，17 PS 自走式自動制御形集材機は自動変速機構を持っていて，荷が軽いと速度が早くなり（1.4 m/sec），重いと遅くなる（1.1 m/sec）が，荷の動揺により立木を傷つけたり，荷くずれをおこすことが認められた。これに反し，速度の遅い 8 PS 自走式普通形集材機の場合（0.7 m/sec）には，荷の動揺による立木の損傷はみられなかった。立木の損傷を防ぐには，荷吊り索の長さを短くして荷の動揺を少なくするとか，循環索の索張りをできるだけ立木から離すなどの方法があるが，循環索の移動速度を遅くするのも一方法である。とくにモノケーブル式集材作業の能率は，荷掛・荷卸作業時間に制約をうけることが多いので，この時間を短縮しない限り，索速度を早くしても効果は少ない。したがって，荷掛・荷卸側の作業中の余剰時間を少なくし，しかも立木を傷つけない程度の索速度にするのが合理的となろう。現地では経験的に 40 m/min 程度が適当と考えられている。したがって，現行速度ならびにその70% 程度の速度の2通りの速度に設定できるように改良を加えた。

（3） 岐阜県下における現地試験[18]

改良した 17 PS 自走式自動制御形集材機により，岐阜県下において現地試験を実施した。

① 試験実施の概要　**a.** 試験期間：昭和53年11月13～15日の間。**b.** 地況と林況：岐阜県郡上郡明方村石原林材 K. K. 社有林における下木植栽のしてあるスギ複層林（表10[16]，写真16）。**c.** 伐採方法：択伐率は本数で31% 120本，幹材積で37% 64 m³ の伐採を実施した（表10）。**d.** 索張り：集材区域 A・B・C と D とで索を張り換えて試験を実施した（図20）。循環索は 6×7 A 種直径 9 mm を使用し，A・B

* 記録者は栃木県林業センター橋本洋一技師。

表10. 地　況　と　林　況（岐阜県下）

地況			林況									
面積 (ha)	傾斜 (°)	山腹の向き	樹種	上木下木の別	林齢 (年)	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	立木1ha当り 本数 (本)	立木1ha当り 材積 (m^3)	択伐（率） 本数 (本)	択伐（率） 材積 (m^3)	1本当り材積 (m^3)
0.43	0～40	東	スギ	上木	38	24	20	932	412	120	64	0.53
				下木	3		0.4	5,775		(31)	(37)	

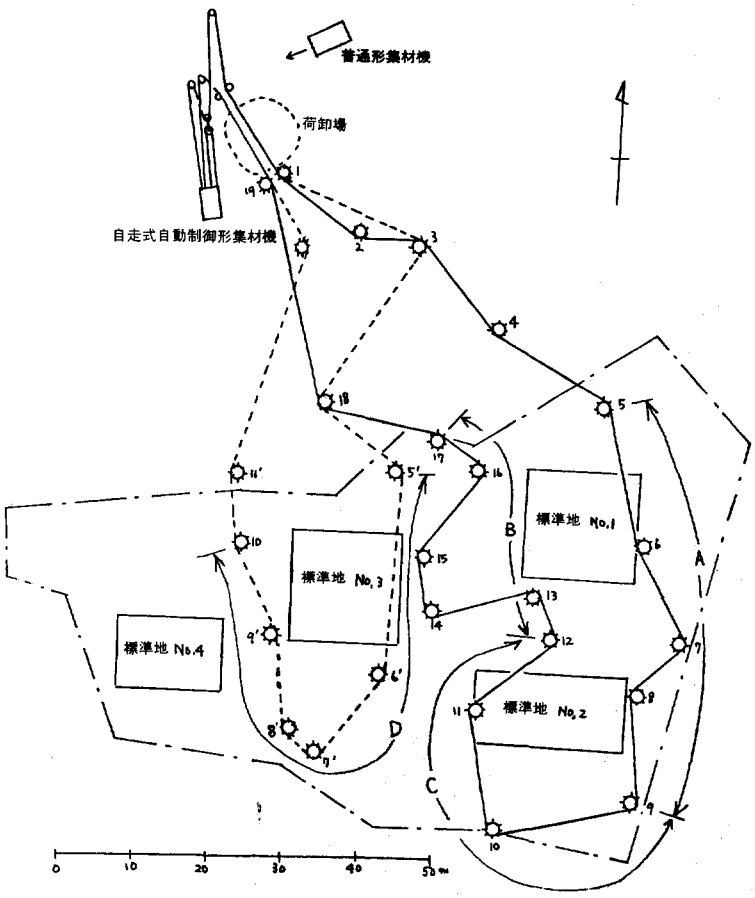


図20. モノケーブル式索張り（岐阜県下）

・C区の索長287m，D区220mであった。使用したZB滑車は有効直径9inchで，A・B・C区が19個，D区が12個。両区に共通して有効直径6inchのスナッチブロック7個を使用した。e. 集材機：17PS自走式自動制御形集材機と比較対照に用いた集材機は二胴普通形(N社製KK-120形，35PS)で，この集材機は3.5tonトラック（H社製）に搭載して移動できるように工夫されていた（写真17)。

② 試験結果と考察　a. 索張力：17PS自走式自動制御形集材機は常時自動的に1ton程度の定張力が保持されるように回路が組み込まれているが，実用的にはこの方式で十分であり，このための不利な点

写真 16.　岐阜県下における現地試験地の林況

写真 17.　35 PS 普通形集材機を小形トラックに搭載して使用している

写真 18.　荷掛場と連絡して集材機を操作し，荷卸し作業を行う。右手で押しボタンスイッチを押し，左手に連絡用のトランシーバを持っている。

は見出せなかった（なお，手動操作による任意張力の設定も可能である）。普通形集材機による搬出のときは自由に張力を変えることができるので，障害物のあるときに一時的に循環索を強く張って荷を通過させたり，荷が重いときは垂下量を多くしたり加減することができる。**b.** 索速度：17 PS 自走式自動制御形集材機では，索速度は 1.1～1.4 m/sec あるいは 0.7～1.0 m/sec のいずれかを選択設定できるように改良した。両索速度の実用性について試験した結果，早い速度では前回の栃木県下における現地試験同様立木に突き当る機会が増えるのに対し，速度の遅い方に切り換えた場合では円滑に搬出作業を行うことができた（写真 18）。**c.** 搬出量（表 11）：栃木県の試験の場合と同じように，集材機の出方の差，作業員の習熟度の差（17 PS 自走式自動制御形集材機については現行の普通形集材機の取り扱いに熟達している運転手に試験直前に使用方法を指導した）等があるので，両集材機の搬出量の差をそのまま作業性能の差とすることは困難であった。1 時間当りの搬出量については，栃木県における試験の場合，17 PS 自走式自動制御形集材機で 3.8 m^3，8 PS 自走式普通形集材機で 2.8 m^3 であったのに対して，今回の試験の場合，17 PS 自走式自動制御形集材機で 2.6～3.0

表 11.　搬　出　量（岐阜県下）

集材機	集材区域	搬出時間 (hr)	搬出量 荷数(荷)	搬出量 本数(本)	搬出量 材積(m³)	1荷当たり 本数(本)	1荷当たり 材積(m³)	1日（実働5時間として）当り搬出量(m³)	組人員	1人1日当たり搬出量(m³)
17PS自走式自動制御形集材機	A*	5.0	79	98	13,224	1.2	0.167 (最大 0.360)	13,224	5人(運転兼荷卸1人*荷掛3人，荷卸1人)	2,645
	B*	3.0	57	82	8.938	1.4	0.157 (最大 0.270)	14,900	3人(運転兼荷卸1人，荷掛2人)	4,967
35PS普通形集材機	C*	1.8	34	55	5,804	1.6	0.171 (最大 0.314)	16,122	4人（運転1人，荷卸1人，荷掛2人）	4,031
	D*	6.2	150	256	21,992	1.7	0.147 (最大 0.270)	17,735	5人（運転1人，荷掛2人，荷卸2人）	3,947

注）集材区域A：試験区Z5～Z9間の集材，集材距離 $\frac{75\sim113}{95}$ m

〃　B：〃　Z12～Z17　〃，〃 $\frac{61\sim96}{83}$ m

〃　C：〃　Z9～Z12　〃，〃 $\frac{96\sim136}{120}$ m

〃　D：〃　Z′5～Z′10　〃，〃 $\frac{57\sim96}{71}$ m

運転兼荷卸し：写真28

表 12.　17PS自走式自動制御形集材機の油圧力と流量（岐阜県下）

	圧力 (kg/cm²)	流量 (LPM)	推定入力 (kw)
アイドリング時	10	30	0.49
材の搬出時	60～70	40～50	3.91～5.71

m³，35PS普通形集材機で3.2～3.6 m³であった。栃木県の場合，両集材機の出力の差がそのまま搬出量の差となってはっきりあらわれたが，今回の試験では，集材機の出力に約3倍の差があるのに搬出量にはほとんど差が認められなかった。この理由は，限られた人力で安全に操業するには1回に荷吊りできる量に自ずから限界があることと，この程度の搬出ではとくに大出力を必要とせず10PSもあれば十分であるからだと考えられる。1人1日当りの搬出量については，B・C両調査区は隣接して条件が似ており，両集材機の特徴を生かした人員配置であると思われたが，1日当りの搬出量は17PS自走式自動制御形集材機の場合の方が少ないが，1人1日当りの搬出量は17PS自走式自動制御形集材機の場合約5 m³であるのに対して35PS普通形集材機の場合は約4 m³であった。**d.** 機械系統の作動：作業期間中，17PS自走式自動制御形集材機は支障なく作動したが，一部若干の油漏れを生じた。また，スロットル開度調整用の留金のはずれがあった。油圧力と流量については，推定入力は3.91～5.71 kw（表12）であるが，この値は栃木県下での現地試験の推定入力8.48 kw（表7）を100としたときに46～67に当る。この比は両試験地の索長比*100：55～72にほぼ一致している。油温の上昇については，試験期間中の11月14日の始業時（午前9時15分）に15℃，正午に55℃を示した。翌15日始業時（午前9時15分）に15℃，12時30分に53℃を示したので，栃木県下での現地試験同様実用的には支障がないと思われる。軽油の消費量については，実働8時間で約8 liter (1 liter/hr) であった（栃木県下での試験結果は1.3 liter/hr)。

* 栃木県下の場合401.2 m，岐阜県下の場合220～287 m。

表13. 直挿し造林木の損傷*（岐阜県下）

面積	健全木	原因別損傷木								総本数
		伐木造材		木寄せ		集材		合計		
(m²)	(本)	倒伏(本)	折損(本)	倒伏(本)	折損(本)	倒伏(本)	折損(本)	倒伏(本)	折損(本)	(本)
750	331	4	7	36	59	13	17	53	83	467

* 岐阜県林業センター調べ
面積は4か所の標準地（図20）の合計

写真19. 連送式で搬出すると荷卸場に到着するまでに数回着地するので，3～5％の下層植栽木が折損害をうける。

e. 電気回路の改良：栃木県下における現地試験にもとづく検討により電気回路に関する改良をほとんど終えていたので，岐阜県における現地試験では要改良か所は認められなかった。f. 残存立木に与える損傷：索張り水平屈曲角度の急なか所において立木5本の樹皮が若干剥離したほか，索張り支柱の立木1本が傾斜した。また立木の下層植生として樹高約40cmの直挿しした稚樹がha当り4,600～8,000本成立している（図20の4か所の標準地での調査）が，搬出作業中に循環索が上下に弛緩と緊張をくりかえすので索下にある稚樹に若干の損害を生じた（表13，写真19）。総本数にたいする損傷は内容別にみると，倒伏11％，折損18％，合計29％であった。荷が落下するのであるから循環索の直下にある稚樹は折損害が多かった。工程別の損傷内容は，伐木造材による損傷がもっとも少なくて2％，木寄作業はもっとも損傷を与える程度が大きく20％，荷掛・卸しの度毎に循環索の弛緩と緊張をくりかえす17PS自走式自動制御形集材機によるモノケーブル式索張りを採用した集材作業による損傷は6％であった。このうち，将来の成林に影響すると考えられる折損害は4％程度と推定された。

3. 100PS自走式自動制御形集材機の開発[19)20)]

本集材機は間・択伐材の搬出用ならびに気球集材用として開発試作を行った。したがって，性能的には，自走でき各種の索張り方式について遠隔制御できる点は17PS自走式自動制御形集材機と同じであるが，大出力でその制御はやや複雑となっている。

（1） 試作機の機構と回路

① 機構　図21，写真20，21にみられるように，クローラ形の足回りの付いた自走式自動制御形集材機である。ブロック図と主要仕様は，図22・表14のとおりである。本機の原動機は100PSのディーゼ

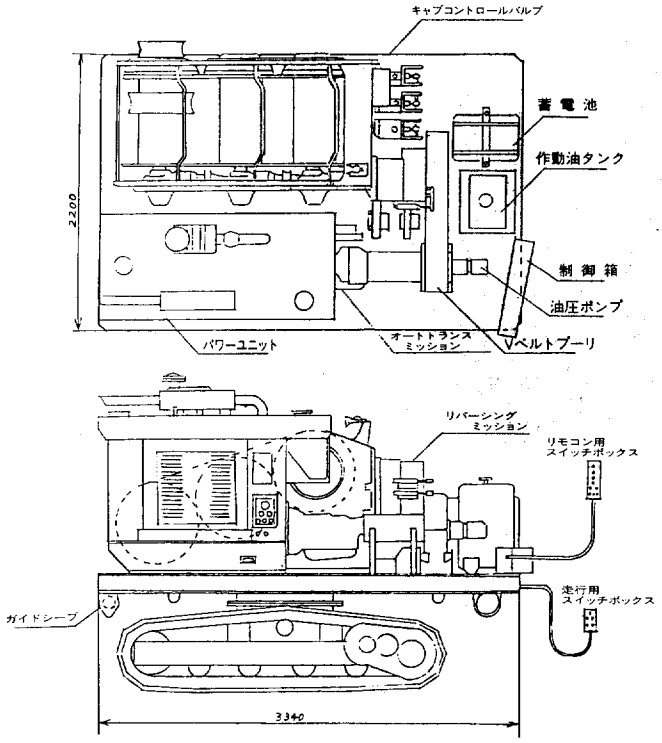


図 21.　100 PS 自走式自動制御形集材機の正面図と平面図

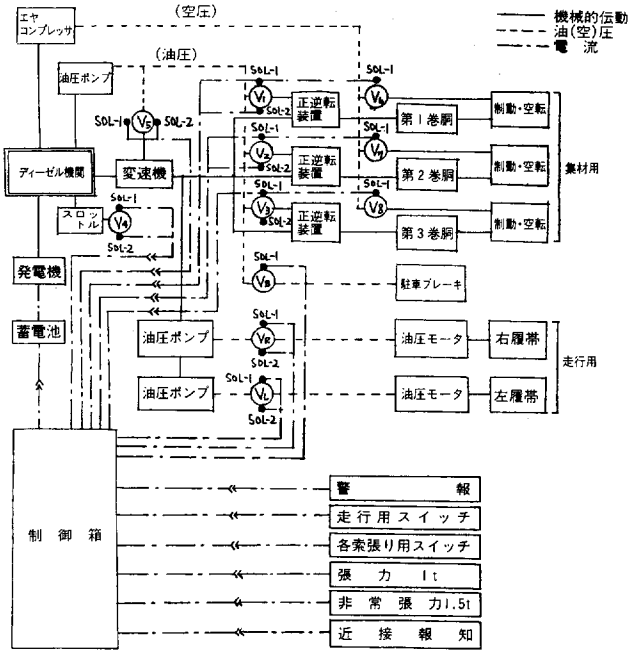


図 22.　100 PS 自走式自動制御形集材機の油（空）圧制御と電気制御

電磁弁 V に付いているソレノイド SOL に通電して圧油の方向を変え，また，空圧を利用して制動空転を行って巻胴の正逆転・空転・停止を行う。

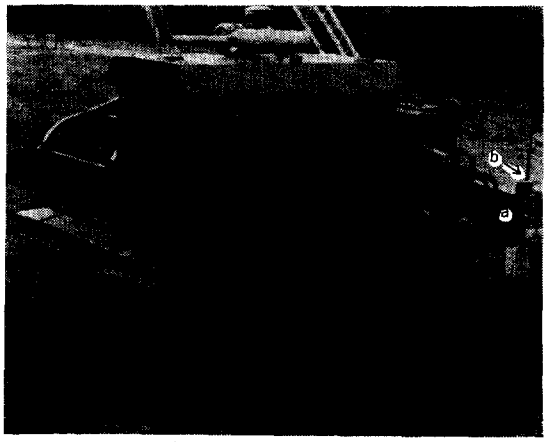


写真 20.　100 PS 自走式自動制御形集材機の左側面
a：制　御　箱
b：スイッチボックス SBx-2

表 14.　100 P S 自走式自動制御形集材機の諸元概要

総重量および寸法	重　　量：6,500kg 全　　長：3,340mm 全　　幅：2,300mm 全　　高：2,580mm
エ ン ジ ン	水冷 6 気筒ディーゼル機関 定格出力/回転数：104 PS/約 2,600 rpm 蓄 電 池：DC 12 V, 120 AH×2
走行装置とその性能	履帯中心距離：1,650mm 履 帯 幅：430mm 接 地 長：2,180mm 最低地上高：309mm 走 行 速 度：0～2 km/hr（前後進とも，平坦地において） 登 坂 能 力：20° 接 地 圧：0.35 kg/cm^2 最小旋回半径：ピボット旋回可能，履帯外側半径 1,040 mm
ウインチとその性能（平均巻込直径時，エンジン 2,000 rpm 時を示す）	巻 胴 数：3

巻胴寸法 (mm)		直　径	幅	フランジ直径
巻胴	普 通 形	320	666	630
	エンドレス形	443	158	—

ワイヤロープ直径 (mm)	10	12	14	16
巻 込 容 量 (m)	1,440	1,000	740	560

	巻 上 能 力：900～3,100kg 巻 上 速 度：300～60 m/min
駆 動 装 置	走 行 装 置：油圧式 ウ ィ ン チ：機械式
操 縦 装 置	走 行 装 置：有線式遠隔制御 ウ ィ ン チ：　同　　上
タ ン ク 容 量	作動油タンク容量：95 liter 燃料タンク容量：95 liter

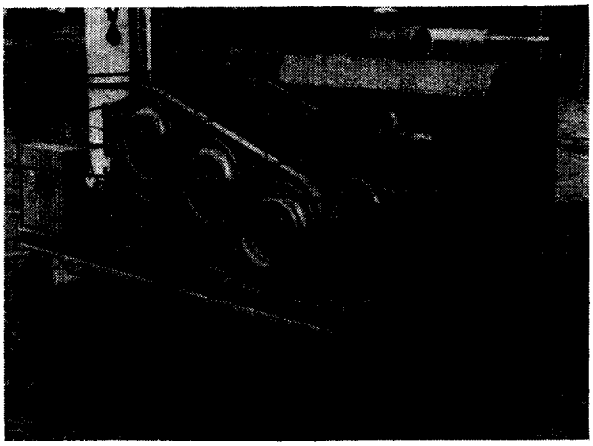


写真 21.　集材機の右側面
ワイヤロープの巻取りはモノケーブル式索張り用。第1巻胴を循環索用に，第3巻胴を張力調整索用に使っている。

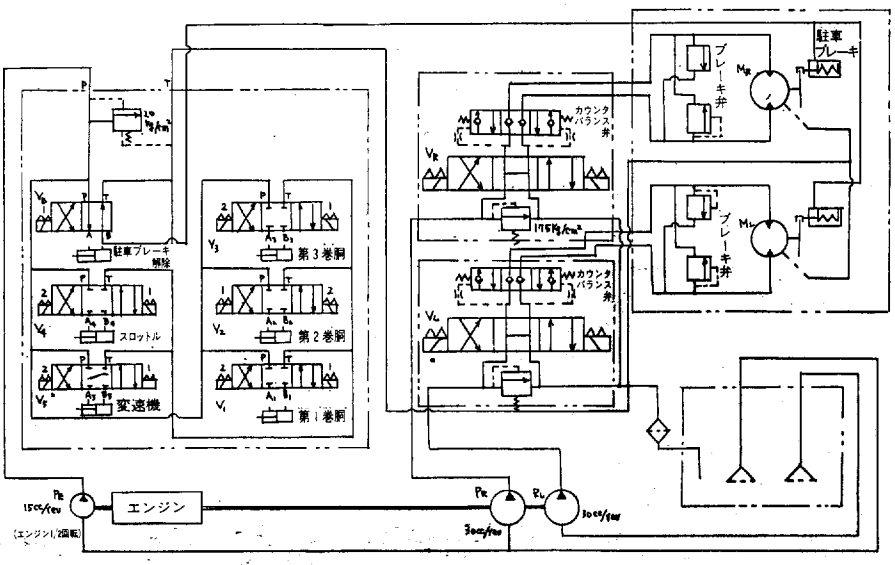
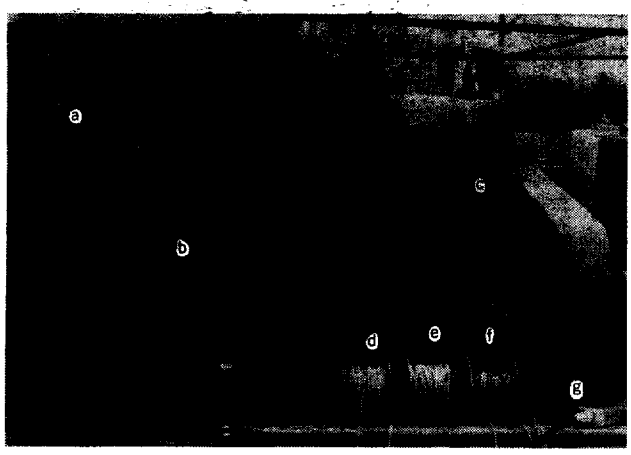


図 23.　100 PS 自走式自動制御形集材機の油圧回路図



a：スロットルの開閉
b：変速機の制御部
c：正逆転装置の制御
d：非常用張力計コード
e：常用張力計コード
f：近接警報用コード
g：モノケーブル式索張り用スイッチボックス

写真 22.　各伝動部を制御する油圧シリンダとリミットスイッチ

ル機関で，機械的に変換して巻胴に動力を伝える設計となっている*。機械的変換の方法として油圧電磁方向切換弁を利用して，これを電気的に制御する方法を採用した。

② 油（空）圧回路　**a.** 油圧装置（図 23，写真 22）：各部装置駆動用については，エンジンのタイミングギヤ前面に直結された油圧ポンプ P_E による圧油を $V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot V_4 \cdot V_5 \cdot V_B$ の油圧電磁方向切換弁の操作によって各部作動部に送り，それぞれつぎの作動を行わせている。$V_1 \cdot V_2 \cdot V_3$ はそれぞれ第 1 巻胴，第 2 巻胴，第 3 巻胴の正転⇄中立（停止）⇄逆転用，V_4 はエンジンのスロットルコントロール（回転速度調整）用，V_5 はオートトランスミッションの速度レンジの切換（N，1～4 速）用，V_B は走行時の駐車ブレーキ解除用である。走行装置駆動用については，作動油は油タンクからストレーナを経てエンジンに直結されたオートトランスミッションの出力軸によって駆動される 2 連の同吐出量の油圧ポンプ $P_R \cdot P_L$ に送られ，それよりそれぞれ $V_R \cdot V_L$ の電磁方向切換弁を経て油タンク回路に戻り，フィルタを通って油タンクに還流するようになっている。走行はこの $V_R \cdot V_L$ 電磁方向切換弁を操作して左右の起動輪をそれぞれ単独に正転・中立（停止）・逆転させて，前進・後進・左旋回・右旋回を行うことができる。**b.** 空圧装置：ブレーキ装置には空圧および油圧が使用されている（図 24，写真 23）。エンジン後部に直結されたエアコンプレッサにより圧縮された空気を空気タンクに貯えて一定圧に保持し，この空気を電磁方向切換弁によってマキシブレーキを介してマスタシリンダに導き，ここでブレーキ液圧に変換して，各巻胴内の内部拡張式ブレーキのホイールシリンダを作動させることができる。

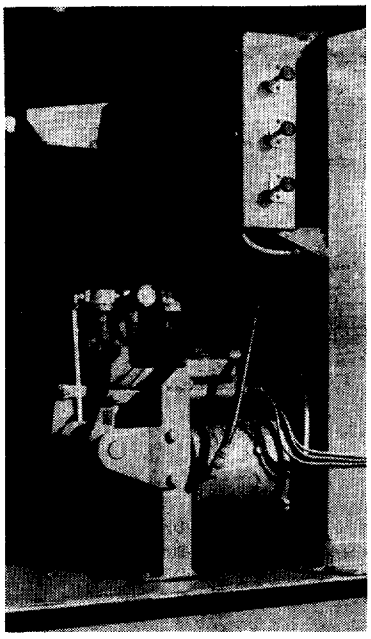


写真 23.　3 個の巻胴のブレーキ装置を制御する空圧シリンダ

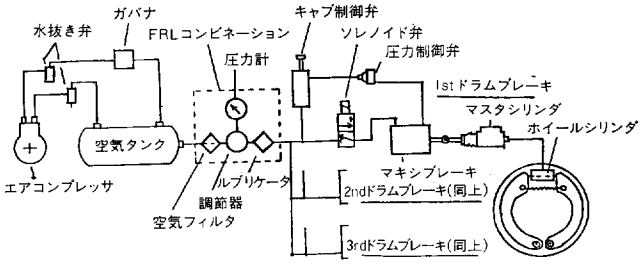


図 24.　ブ　レ　ー　キ　装　置

写真 24.　制御箱から取り出した制御回路
この回路で全制御を行う（回路図省略）

* 17 PS 自走式自動制御形集材機のように動力を油圧力に変換すると部品が特注となり高額になるので，いわゆる半油圧方式を採用した。

③ 油（空）圧回路の電気制御（写真24）：各電磁方向切換弁への電流を総合的に制御してつぎの作動が可能となる。**a.** スイッチの操作（図25）：走行用スイッチ SBx-1 については，機体の前方と後方の2か所にソケットを設置してあるので，いずれか都合のいい方にスイッチボックス接続コードのプラグを差し込み，スイッチボックスの S-1 を前に倒したのち，4個の押しボタンスイッチを適当に押している間だけ作動し，手を離すと停止するようになっている。巻胴別操作用スイッチ SBx-3 については，各巻胴

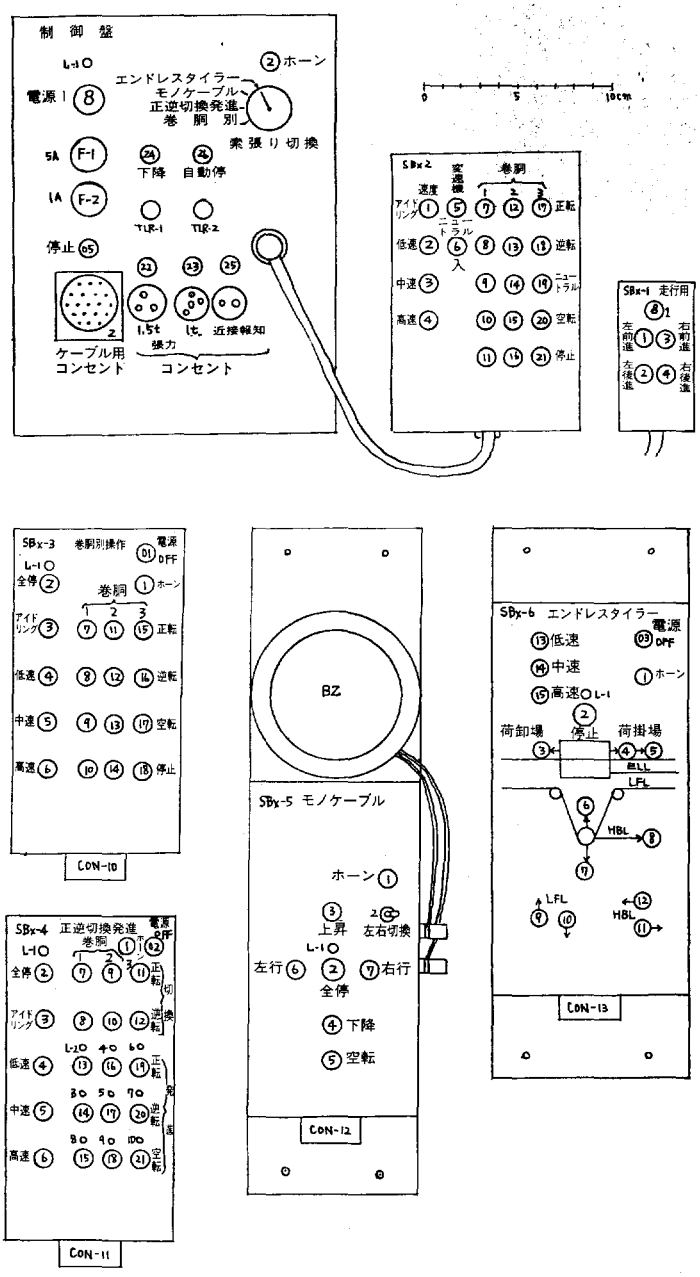


図25. 100PS 自動制御形集材機の制御盤とスイッチボックス

写真 25.　エンドレスタイラー式索張りテスト中
（林業試験場構内）

写真 26.　エンドレスタイラー式索張り用スイッチボックスを持って「下降」の押しボタンスイッチを押している。

を単独に正転・逆転・空転・停止させるには，エンジン始動後にスイッチボックス SBx-3 のプラグを制御盤のケーブル用コンセントに差し込み，全停用押しボタンスイッチ PBS-05 を押してライトのつくのを確かめて後各巻胴の各 PBS を押すと作動を開始する。PBS-2 を押すと停止する。正逆転切換発進用スイッチ SBx-4 については，切換用の押しボタンスイッチ 1 個を押すと正（逆）転が完了する。つぎに発進用押しボタンスイッチを押すと押している間だけ作動する。モノケーブル式索張り用スイッチ SBx-5 については，スイッチボックスをケーブルで，また張力計・近接報知用のコードを，それぞれ制御盤に連結したのち，スイッチボックスの押しボタンスイッチを必要に応じて押せばよいようになっている。エンドレスタイラー式索張り用スイッチ SBx-6 については，まずスイッチボックスと制御盤をケーブルで連結したのち，押しボタンスイッチを必要に応じて押せばよいが，スイッチボックスには搬器とロージングブロックを図示して各押しボタンスイッチを配置し，実際の作業時に判断しやすいように工夫した（写真 25・写真 26）。**b.** 安全機構：普通形集材機のように手動式であれば，機械の作動を直接手足で行うので，機械の動きを操縦者の肌に感じとることができるが，自動化すると操縦者の仕事は押しボタンスイッチを押すだけとなり，あとは回路別に作動が行われるので，回路のなかに安全対策をできるだけ講じなければならない。空気圧が低下した場合の安全機構については，空気圧がある程度以下に低下すると，制動・空転の機能が不可能となるので，この場合に警報を発して，機械を停止させる安全機構を考案した。カムがリミットスイッチの間に位置したときの安全機構については，スロットルおよび変速回路は，カムがリミットスイッチを押している状態のときにつぎの作動をすることができるが，油漏れのためにカムが移動してリミットスイッチを押していない状態になると回路が作動しなくなり危険である。この場合，カムが自動的に移動してリミットスイッチを押える状態に復帰できる機構を採用した。モノケーブル式索張りの場合の安全機構については，過大張力が各索にかかると危険となるのでこの場合は集材機は停止させ，ホーンが鳴るようになっている。循環索が上昇して停止したときに，さらに上昇用

の押しボタンスイッチを押して上昇すると危険であるので，2度続けて押しても作動しないように工夫した。この回路は下降の押しボタンスイッチを押したときに解除される。荷下降用押しボタンスイッチを押すと設定した時間後に自動的に停止する。循環索の緊張時に空転回路が作動すると危険であるので，下降用押しボタンスイッチを押して停止した後にある設定した時間に限り空転の押しボタンスイッチを押せば作動する。循環索が上昇中・下降中・走行中のいずれの状態にあっても停止させることができる。荷卸場近くの滑車にスイッチを取りつけ，荷がこの警報装置のバーを押して通過するときに警報を約5秒鳴らすことができる。荷は荷卸場を通りすぎてから自動的に停止することができるように設計されている。

（2） 茨城県下における現地試験

表15. 地　況　と　林　況（茨城県下）

地況		林況								
面積 (ha)	傾斜 (°)	樹種	林齢 (年)	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	立木1ha当り 本数 (本)	立木1ha当り 材積 (m^3)	間伐 本数 (本)	間伐 材積 (m^3)	1本当り材積 (m^3)
10.99	5～30	スギ・ヒノキ	56	20	16	1,650	347	3,063	460	0.15

写真27. 茨城県下現地試験地の地況と林況

写真28. 荷が荷卸場に到着したら，スイッチボックスのスイッチを押して停止させたのち，下降させる。スイッチボックスの下に荷掛場と連絡用のトランシーバが見える。

① 試験実施の概要　昭和54年11月，茨城県久慈郡里見村の横入川国有林43林班り・ぬ小班の56年生スギ・ヒノキ人工林（表15[16]，写真27）において，モノケーブル式索張りによる集材を実施した（写真28）。集材距離は約800 m，帰り線は約600 m，作業索総延長約1,400 mであった。

② 試験結果と考察　**a.** 搬出時間：搬出作業の1サイクル（表6の注参照）の所要時間は平地6.4分（4.3～8.5分）であった。**b.** 搬出量：1日当りの搬出量は，人員配置・木寄せの程度・余裕時間・就業時間等の条件次第で変化し，2.131～8.422 m^3 の広い範囲を示した。いま実働5時間で，第1回目から荷卸場に着荷できる状態の下で故障なく搬出作業が行われたと仮定して総搬出量を推定すれば，1回当りの搬出量は約0.2 m^3 であるから1日当り10 m^3（=0.2 m^3×50回）程度となる。**c.** 機械系統の作動：試験期間中おおむね異状なく作動したが，滑車1個の破損，油圧シリンダのピストン部のピン1本脱落，張力計用コードの野うさぎによる喰い切り等の若干の事故があった。また，燃料油の消費量はアイドリングの時間によって大いに異なり，1日5～25 liter（平均11.4 liter）であった。**d.** 残存立木に与えた損害：支柱の損傷木は当て木のずれによるもの1本，吊り荷の打撃による表皮の剥皮1本，やや傾いたもの1本であった。支柱以外の損傷木は吊り荷の落下により生じたもの1本で，林床の攪乱は全く見られなかった。

（3） 群馬県下における現地試験

① 試験実施の概要　昭和54年7月24日から8月7日までの15日間，群馬県下の沼田営林署管内において気球集材試験が実施された。これは，容積1,400 m^3 の集材用気球を森林上空約200 mの高所に浮上させて，これを3本の作業索で引き回して，約18 haに及ぶ伐区内から単木間伐された全木材を搬出する試験で，気球基地から現地までの気球の係留移動（写真29）および作業の開始・終了時における気球の上昇・下降（写真30）に本機を試用した。

② 試験結果と考察　**a.** 試験結果：気球は浮揚力約800 kgでしかも繊細な化繊膜からできているので，できるだけ衝撃を与えないよう低速でしかも微動調整を行いながら上昇・下降操作を行う必要があった。そこでSBx-4

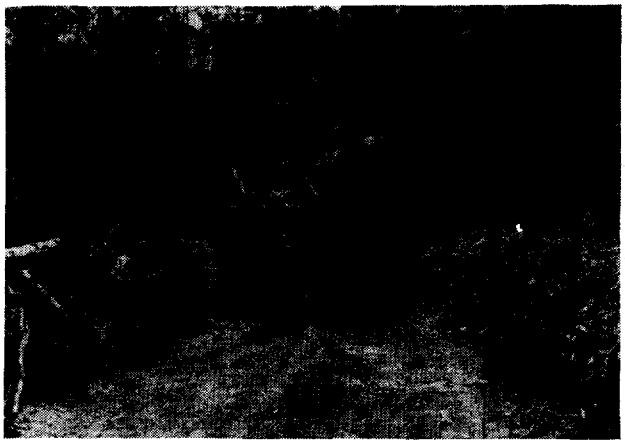


写真29.　気球集材のため，集材機の移動中

写真30.　気球の係留作業中

を使って気球の緩速上昇・下降を行った。すなわち，上昇時にはスロットルをアイドリング状態にして使用したところ 0.3 m/sec の速度で 200 m 上昇に約 10 分を要し，下降時にはスロットルを緩速にして使用したところ 0.1～0.2 m/sec の速度で 200 m 下降するのに約 20 分を要した。**b.** 考察：試験期間中事故なく作動し，係留移動作業を含め，とくに改良を要する点は見当らなかった。

4. 8 PS 自走式自動制御形集材機の開発[21)～23)]

本集材機は，小径間伐材の搬出に多く利用されるモノケーブル式索張りについて，4通りの動き，すなわち上昇・下降・移動・停止を無線あるいは有線により遠隔操作ができるものである。また，荷掛作業後，押しボタンスイッチを1回押せば荷は上昇し，移動し，荷卸場で停止して下降するという全自動運転も行うことができる。なお，2個の巻胴を個別に操作して，手動による2二胴普通形集材機としての操作もできるように考案した。運転操作は極力単純化して，取り扱いは容易且つ安全で，省力効果を期待することができるものである。

（1） 試作機の機構と回路

① 機構　本機は図 26，写真 31，32 に見られるように，クローラ形の足回りを装備した1軸2巻胴形

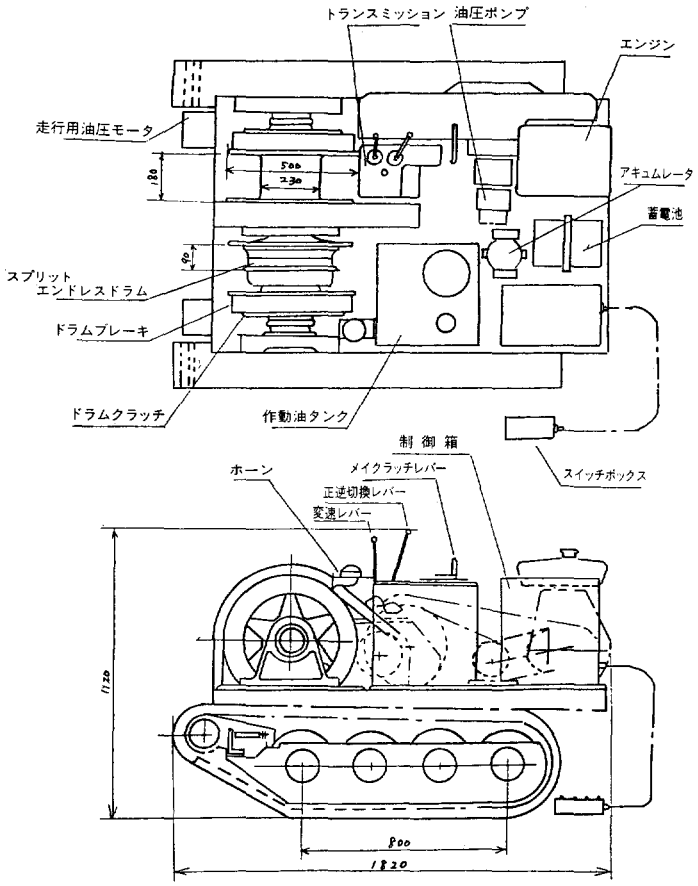


図 26.　8 PS 自走式自動制御形集材機

表 16.　8 P S 自走式自動制御形集材機の諸元概要

総重量および寸法	重　　量：1,300kg 全　　長：1,820mm 全　　幅：1,290mm 全　　高：1,120mm
エ ン ジ ン	空冷 4 サイクル単気筒ガソリンエンジン 定格出力/回転数：8 PS/1,800 rpm
走行装置とその性能	履帯中心距離：1,110mm 履 帯 幅：180mm 接 地 長：800mm 最低地上高：280mm 走 行 速 度：約 1 km/hr 登 坂 能 力：30° 接 地 圧：約 0.45 kg/cm² 最小旋回半径：700mm 履帯外側半径
ウィンチとその性能（平均巻込直径時，エンジン 1,800 rpm 時を示す）	巻 胴 数：2+(スプリットエンドレスドラム)

巻胴寸法 (mm)		直　径	幅	フランジ直径
巻胴	普 通 形	230	180	500
	エンドレス形	320	90	—

巻込容量：320m/9mm ワイヤロープ

巻上能力 (kg)		1　速	2　速	3　速
巻胴	普 通 形	880	495	285
	エンドレス形	1,000	560	320

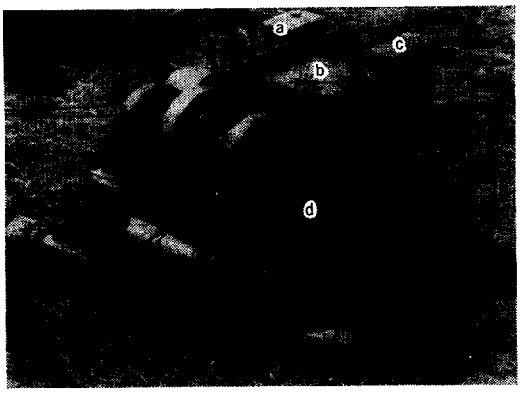
巻込速度 (m/min)		1　速	2　速	3　速
巻胴	普 通 形	41	73	126
	エンドレス形	36	64	110

	クラッチ：メインは乾燥単板式摩擦クラッチ（手動），巻胴はコーン形摩擦クラッチ ブレーキ：バンドブレーキ
駆 動 装 置	走行装置：油圧式 ウィンチ：機械式
操 縦 装 置	走行装置：有線式遠隔制御 ウィンチ：有線あるいは無線遠隔制御
タ ン ク 容 量	作動油タンク容量：60 liter

自走式自動制御形集材機である。図 27，表 15 にブロック図および主要仕様を示した。

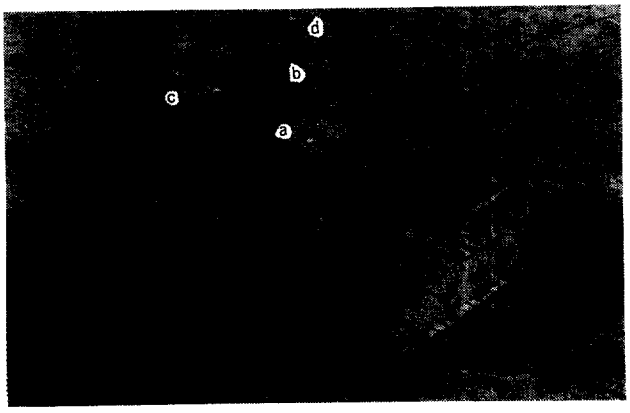
② 油圧回路　走行および 2 個の巻胴のクラッチ・ブレーキの制御に油圧シリンダを使う単純な方式である（図 28)。

③ 油圧回路の電気制御　制御回路は省略し，制御結果の作動について述べる（写真 33)。**a.** 走行：制御盤（図 29）と走行用スイッチボックス（図 30）を連結したのち，スイッチボックスに記載の指示文字どおりに押しボタンスイッチを押せばよいように設計した。前進・後進用を同時に押せば巻胴は停止す



a：エンジン
b：作動油タンク
c：制　御　箱
d：張力計用コード

写真 31.　8 PS 自走式自動制御形集材機（前部）



a：エンジン
b：作動油タンク
c：制　御　箱
d：巻胴別作動用スイッチボックス

写真 32.　後　部

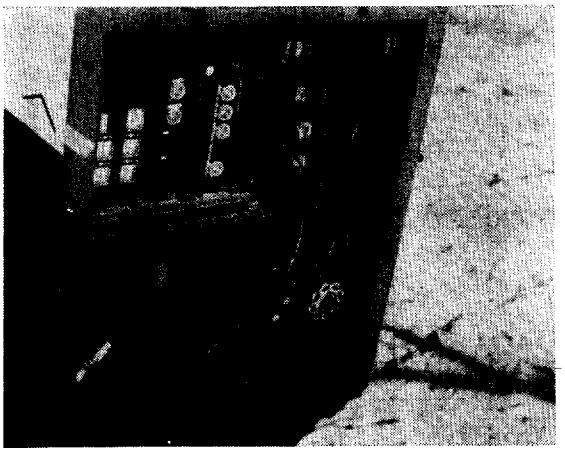


写真 33.　制御箱内部

る。方向転換時を除き，片手で操作することができる。**b.** 巻胴別操作：巻胴別操作用スイッチボックス（SBx-1，図 31）は 2 巻胴使用の各索張り方式用汎用スイッチとして，レバー操作（メインクラッチ，変速，正逆転）と併用して使用できる。また，索張り作業などの付帯作業用に使用できる。これらを使用するときは，制御盤とスイッチボックスをケーブルで連結して後，巻胴とワイヤロープの動きを観察しながらスイッチボックスの記載どおりに片手で押しボタンスイッチ PBS を押せばよいように設計した。各巻

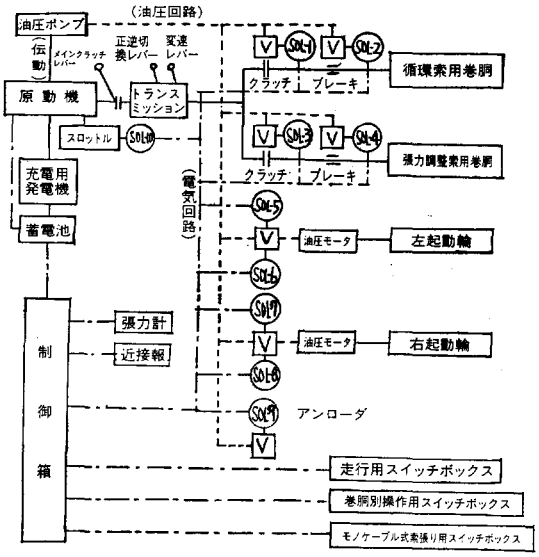


図 27.　8 PS 自走式自動制御形集材機のブロック図

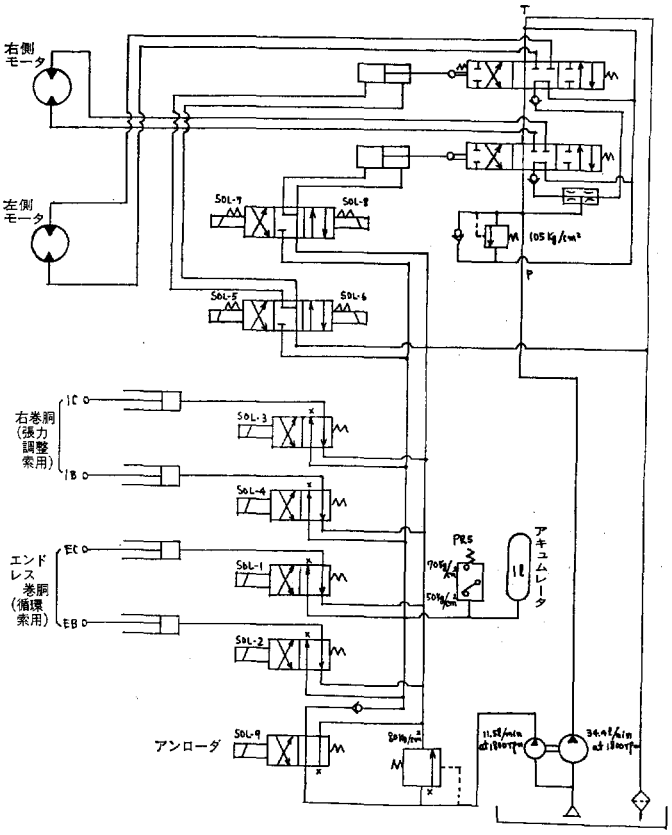


図 28.　油　圧　回　路

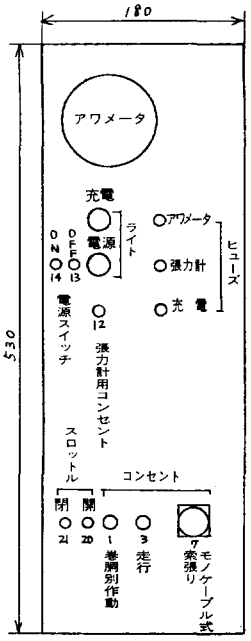


図 29. 制御盤

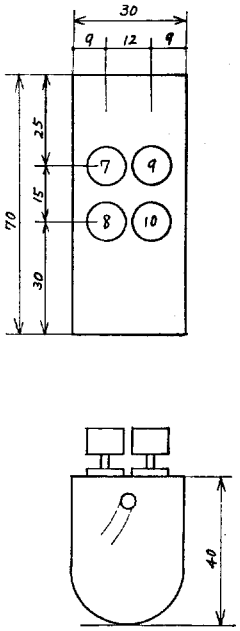


図 30. 走行用スイッチボックス

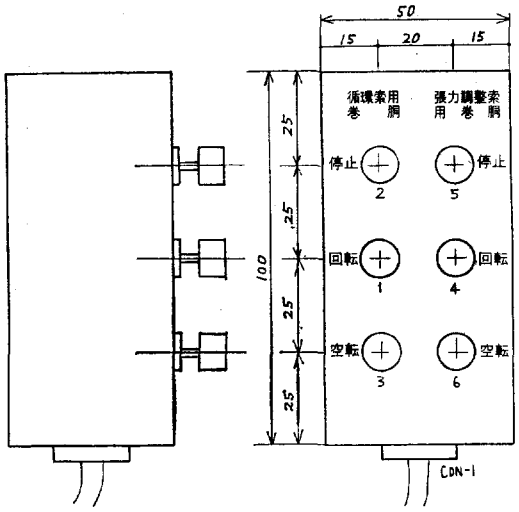


図 31. 巻胴別操作用スイッチボックス (SBx-1)

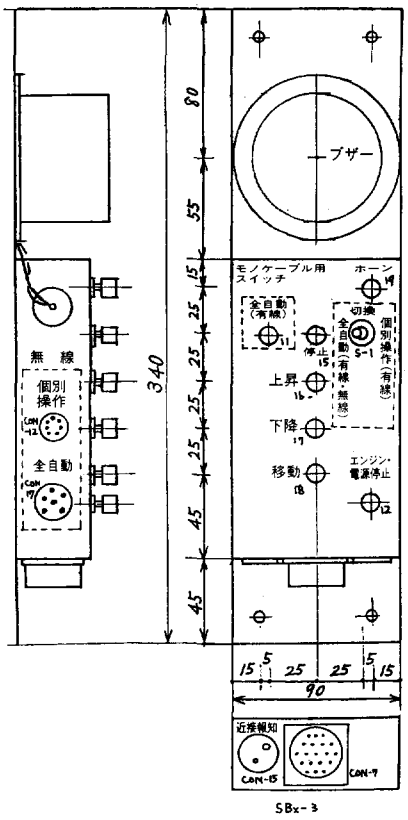


図 32. モノケーブル式索張り用スイッチボックス（SBx-3）
（破線部を除くと，荷の停止・上昇・下降・移動ごとに押しボタンスイッチを押して操作する個別操作用スイッチボックスとなる）

胴の PBS を2個以上同時に押すと停止する。**c.** ケーブル使用のモノケーブル式索張り：荷を搬出するには，制御盤とモノケーブル式索張り用スイッチボックス（図 32）を連結した後，スイッチボックスに記載どおり PBS を押せばよいように設計した。上昇用 PBS を押せば荷は上昇して定張力で停止する。その後さらに PBS を押して引続き張力調整索用巻胴が回転すると循環索に過張力がかかり危険であるので，2度続けて押しても上昇回路は作動しないように，また下降用の PBS を押したのち作動するように設計した。移動用 PBS を押せば荷は移動を開始する。停止用 PBS を押すと荷はどの位置にあっても停止する。なお，荷が荷卸場に到着する前に近接報知用のブザが鳴って予告するので，予告音を聞いてのち，荷の動きを目視して荷卸場まで移動してきたら停止用 PBS を押せばよいように工夫した。非常の場合は「電源・エンジン停」の PBS を押すとエンジンが停止するように設計した。下降用 PBS を押すと短時間の停止・空転を繰

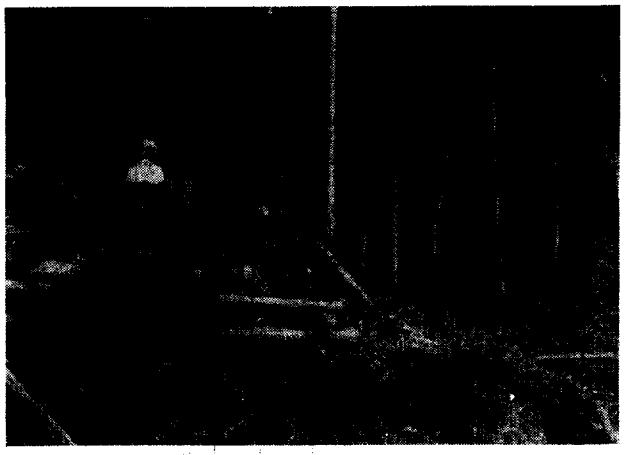


写真34.　長野営林局坂下営林署管内における搬出作業中

り返して荷は緩やかに下降する。荷卸場で停止用 PBS を押し忘れても，予め設定した若干行きすぎた箇所で停止する。以上の方法のほかに，荷卸手が荷掛終了後に1回だけ PBS を押すだけで荷は上昇—停止—移動—停止—下降の1サイクル作業を行うこともできる。**d.** 無線使用のモノケーブル式索張り：受信機をスイッチボックスに連結して遠隔地から送信機の PBS を押すと上記と同じように，押しボタンスイッチを1回押すだけで，1サイクルを終了する作動を行うことができる。

（2）**長野県下における現地試験**（写真34）

昭和54年春季に，長野営林局管内坂下営林署管内において，60年生のヒノキ・イチイの混交林において，全長500 m のモノケーブル式索張りを行い，荷掛手2人，荷卸手兼集材機の運転手1人計3人で，胸高直径10～20 cm，樹高10 m のイチイ間伐材を1日6～10 m^3 集材することができた。

あ　と　が　き

開発試作した自走式自動制御形集材機3機種に共通した主な特徴を要約すればつぎのとおりである：集材機作業を実行するには，集材地の条件に応じて，多くの索張り方式のなかから最適なものを選択し，適用するのが合理的である。しかし，従来の普通形集材機では索張り方式別に運転操作の方法が異なるので，この方法の習得・熟練に時間を要し，実際には最適の索張り方式を採用することがなかなか難かしいのが実情である。そこでこのような問題点を集材機の側から解決すべく，開発試作機は，①ある索張り方式専用の集材機として作動させるためには，スイッチを切り換え，その索張り方式専用のスイッチボックスに取り換えるだけで，その索張り方式専用の集材機として自動遠隔操縦することができるように考案設計したものである。②上昇・下降・移動・停止等の荷の動きで表示されたスイッチを押しさえすれば，自走式自動制御形集材機の各巻胴を複合作動させることができるように設計されている。③多くの安全回路を組み込む設計をしてあるので，安心して操作することができ，運転手の精神的，肉体的疲労を軽減する効果を期待することができる。

本機に残された主な問題点を要約すれば：①未開発の索張り方式用回路の作製については，さらに使用頻度の高い数種の索張り方式に関する回路を考案する必要がある。②回路の信頼度を高め，コンパクトにするために，マイコンの導入を検討する必要がある。③周辺技術の総合開発として，集材機の自動化と木寄せ・荷掛・荷卸等に関する周辺技術の自動化を連動させ，集材作業全体の自動化の可能性について追求していくことも肝要である。すなわち，自動荷卸，自動椪積の機械化研究が完成すれば，本機のような自動制御形集材機を使用することによって，荷掛作業のみを人力で行えば，あとはすべて自動化された作業となり，いわゆるロボット化を集材機作業にも導入することができるものと推察される。

引 用 文 献

1) 兵頭正寛：労力ゼロへの挑戦，全国林業改良普及協会，p. 12，(1972)
2) 兵頭正寛：自動制御型集材機の開発（第1報），林試研報，284，35～56，(1976)
3) 農林水産技術会議：非皆伐施業に適した伐出技術に関する研究，昭和51年度特別研究，推進会議資料，40 pp.，(1977)
4) 兵頭正寛：集材機の遠隔制御，昭和56年度研究業務報告要旨集，3～8，(1982)
5) 兵頭正寛：自動制御型集材機の開発（II），日林講，433～434，(1977)
6) 兵頭正寛：自走式リモコン集材機の開発（1），機械化林業，298，9～16，(1978)
7) 兵頭正寛：自走式リモコン集材機とこれによる間伐材の搬出，山林，1135，44～52，(1978)
8) 杉田　稔：自動化機器の設計と製作，日刊工業新聞社，338 pp.，(1968)
9) 兵頭正寛：自走式リモコン集材機の開発，昭和51年度業務報告会講演要旨集，17～20，(1977)
10) 兵頭正寛：自走式リモコン集材機の開発（2），機械化林業，299，11～19，(1978)
11) 農林水産技術会議：非皆伐施業に適した伐出技術に関する研究，昭和52年度特別研究，推進会議資料，67 pp.，(1978)
12) 兵頭正寛：間伐施業に用いる搬出集材装置，日本国特許庁実用新案出願公告，131～133，(1979)
13) 兵頭正寛：間伐施業に用いる搬出集材装置（実用新案第1301345号），林試場報，187，p. 9，(1980)
14) 兵頭正寛：自走式リモコン集材機の開発，新しい技術（第7集），農林水産技術会議，246～250，(1979)
15) 兵頭正寛：自走式リモコン集材機の現地適応試験とその改良，昭和52年度業務報告会講演要旨集，5～11，(1978)
16) 農林水産技術会議：非皆伐施業に適した伐出技術に関する研究，研究成果 141，農林水産省農林水産技術会議，p. 40，(1982)
17) 兵頭正寛：自走式リモコン集材機の作業性能の改良，第90回日林講，p. 165，(1979)
18) 農林水産技術会議：非皆伐施業に適した伐出技術に関する研究，昭和53年度特別研究，推進会議資料，59 pp.，(1979)
19) 農林水産技術会議：非皆伐施業に適した伐出技術に関する研究，昭和54年度特別研究，推進会議資料，47 pp.，(1980)
20) 兵頭正寛：自走式自動制御形集材機の開発，昭和53年度業務報告会講演要旨集，10～21，(1979)
21) 兵頭正寛：間伐材の搬出に有利な自走式リモコン集材機，林野通信，338，p. 21，(1979)
22) 兵頭正寛：リモコン自動制御，昭和54年度業務報告会要旨集，11～12，(1980)
23) 兵頭正寛：集材機の遠隔制御，昭和55年度業務報告会要旨集，8～9，(1981)

On the Yarder based on Automatic Control II

Masahiro HYODO[1]

Summary

After investigating mechanized techniques such as mechanism of ordinary yarder, electric current and voltage for automatic control, electric control of hydraulically operated mechanism, wire or wireless remote control system and others, three automatic controlled yarders (17 PS, 100 PS and 8 PS output) with self-propelled mechanism have been developed for yarding thinned logs or selective cut logs with the use of overhead cable systems, with less laborers and easier operations than usual. One of these, 100 PS yarder can be used for balloon loggings, too.

17 and 100 PS automatic controlled yarders are equipped with three drums, powered by a diesel engine respectively. An 8 automatic controlled yarder is equipped with two drums on a shaft, powered by a gasoline engine. These three yarders can travel easily in the speed of one or two kilometers per an hour respectively, with the use of caterpillar track shoes. Though electric control systems of these yarders are fairly different each other, each drums of three yarders can be driven by electric controls with the use of hydraulic control valves. That is, by only pressing one push button switch on the switch box operated by wire or wireless momentarilly, these yarders can be driven and then logs can be hauled to the landing place with the help of overhead cable system automatically. Yarder logging operations can be practiced by a crew of two or three workers in the mono-cable system using these automatic controlled yarders, because a chaser can operate these yarders besides his own jobs, in place of a yarder operator. And then, these yarders can be easily and safely operated by the chaser, whether skilled or not, after a short time training, with the help of automatic control systems.

It can be said that harvesting systems with the use of these yarders have more practical advantages than the other systems without the use of ones.

Received January 19, 1983

(1) Forest Mechanization Division