

200kW ドラムカッタローダ
200 kW Drum Type Cutter-loader

上 津 原 常 男* 青 木 勝**
Tsuneo Uetsuhara Masaru Aoki

要 旨

三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所に納入した 200 kW ドラムカッタローダは出力・使用電圧ならびに電動機による定出力自動制御装置などにおいて国内記録品である。採炭切羽において 200 kW, 1,100 V という大容量・高電圧機器の使用は、国内にてはもちろん最初の試みである。
本報は、古賀山鉱業所に納入し稼動している 200 kW ドラムカッタローダの構造機能ならびに電気設備およびその使用実績について述べたものである。

1. 緒 言

石炭鉱業界は、その危機が叫ばれて以来、炭鉱合理化の一方策として採炭の機械化への努力がなされてきた。石炭の水力採炭や石炭の地下ガス化採掘は今後の採炭方法として注目されているが、当面採炭作業の合理化はホーベルまたはドラムカッタローダを用いて一切羽からの大量出炭を行ない切羽を集約する方向にある。
日産 500 t 以上の長壁切羽について、昭和 36 年以降の推移を示すと表 1 (4) のようになっている。
本表より、高出炭切羽の占める出炭は年々増加して、39 年 3 月では 36 年 3 月に比べ 183% に増加している。かつその平均精炭能率も 6.36 t/日/人と 148% に向上している。
採炭方式別で見ると 38 年に比べ 39 年度でその切羽数および出炭構成比で減じたものは、発破・ピック・カッタ採炭法で、増加したものはホーベルとドラムカッタ採炭法である。特にドラムカッタローダの増加率は大きく、今後ドラムカッタローダ採炭の比重はより高まると考えられる。
日立製作所においては、昭和 34 年 7 月に 75 kW ドラムカッタローダを第 1 号機として、三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所へ納入した。以来 90 kW に容量増大を行なうとともに機械性能の改善に努力し、昭和 40 年には負荷電流変動による炭層切截送り速度の自動制御方式を採用したオートフィードを完成し、同所にて 90 kW ドラムカッタローダに採用、鉱業所の採炭方式の研究とあいまち昭和 40 年 9 月ならびに 10 月には、同鉱業所左一片払において 1 切羽大量出炭の

日本記録(2)として、9 月には原炭 66,440 t/月、精炭 32,290 t/月、10 月には原炭 73,620 t/月、精炭 36,810 t/月(精炭能率 9.84 t), を樹立する実績を収めた。
しかしながら 90 kW ドラムカッタの使用実績を長期的に検討すれば、炭壁硬度の変化を主として炭層賦存状況の劣化による磐硬切削を余儀なくされ、そのため電動機は過負荷をきたし、カッタ切截、積込速度の制限をやむなくされる要因をなしている。よってかかる問題点を解決しさらに出炭能率の向上を図るため、カッタ容量を一挙に 200 kW に増強することにした。これに伴う電氣的諸問題は試験研究のため保安監督局の特別許可を得て、保安法による切羽使用電圧制限値 600 V を越えた 1,100 V を採用することに決定し、単一モータ出力では世界でも最大出力である 200 kW ドラムカッタローダを完成し、40 年 12 月より古賀山鉱業所右零半片払にて使用を開始した。
採炭切羽にて、かかる大容量高電圧機器の使用は国内にてはもちろん最初の試みであり、外国においてはフランスに 1,000 V の例(3)があると報ぜられているが設備仕様は不詳である。
以下に古賀山鉱業所に納入した 200 kW ドラムカッタローダの構造と機能ならびに電気設備およびその使用実績につき報告する。

2. 出力 200 kW およびオートフィードの必要性

切羽の出炭は採炭機械の運転時間に左右されるので、現場では作業改善に努力をしてきたが、自然条件よりみてさらに出炭能率の向上をはかるには、機械自体の高馬力高能率化が必要である(4)。

表 1 高 出 炭 切 羽 (500 t / 日 以 上) の 趨 勢

Table with 10 columns: Year, Method, Number of cuts, Average cut length, Average cut progress, Cut output (Refined/Original), Refined coal rate, Production ratio by method, Output increase rate. Rows show data for years 36, 37, 38, and 39, categorized by method (Pick/Cutter, Drum Cutter, Hoeber, Total).

* 三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所
** 日立製作所亀有工場

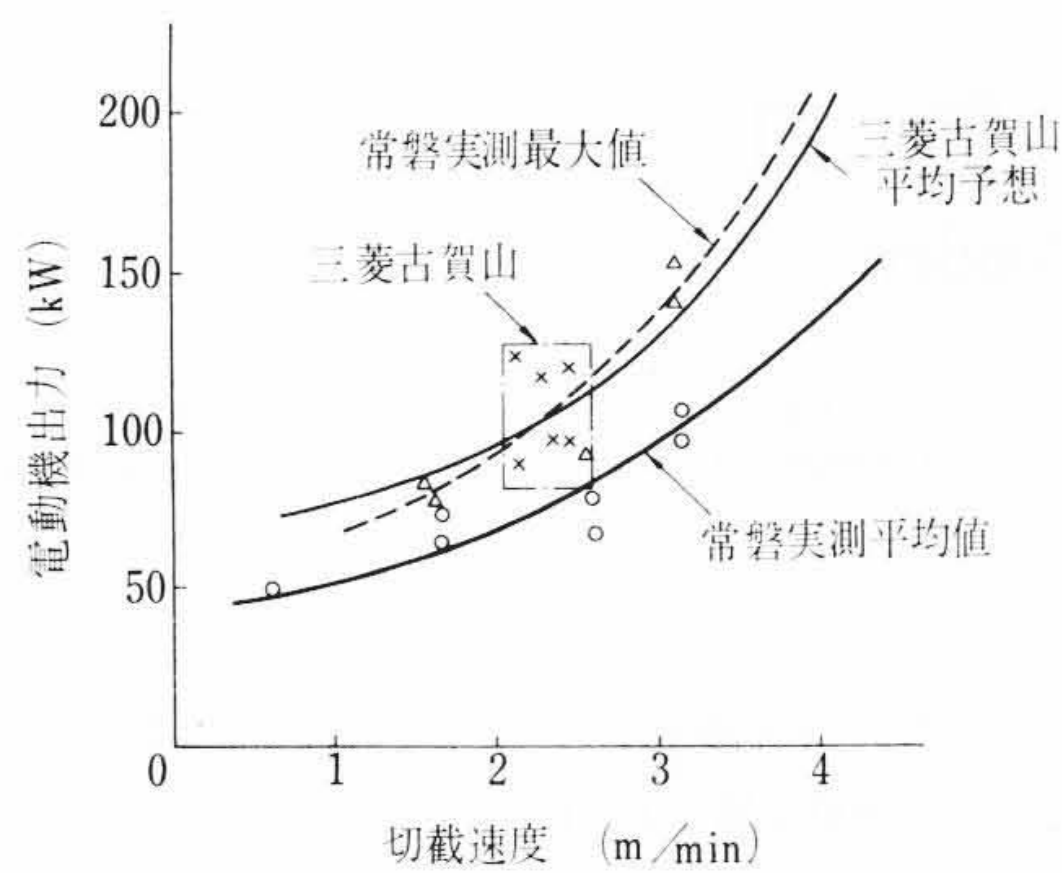


図 1 90 kW ドラムカッターローダの切截速度と動力の実測例

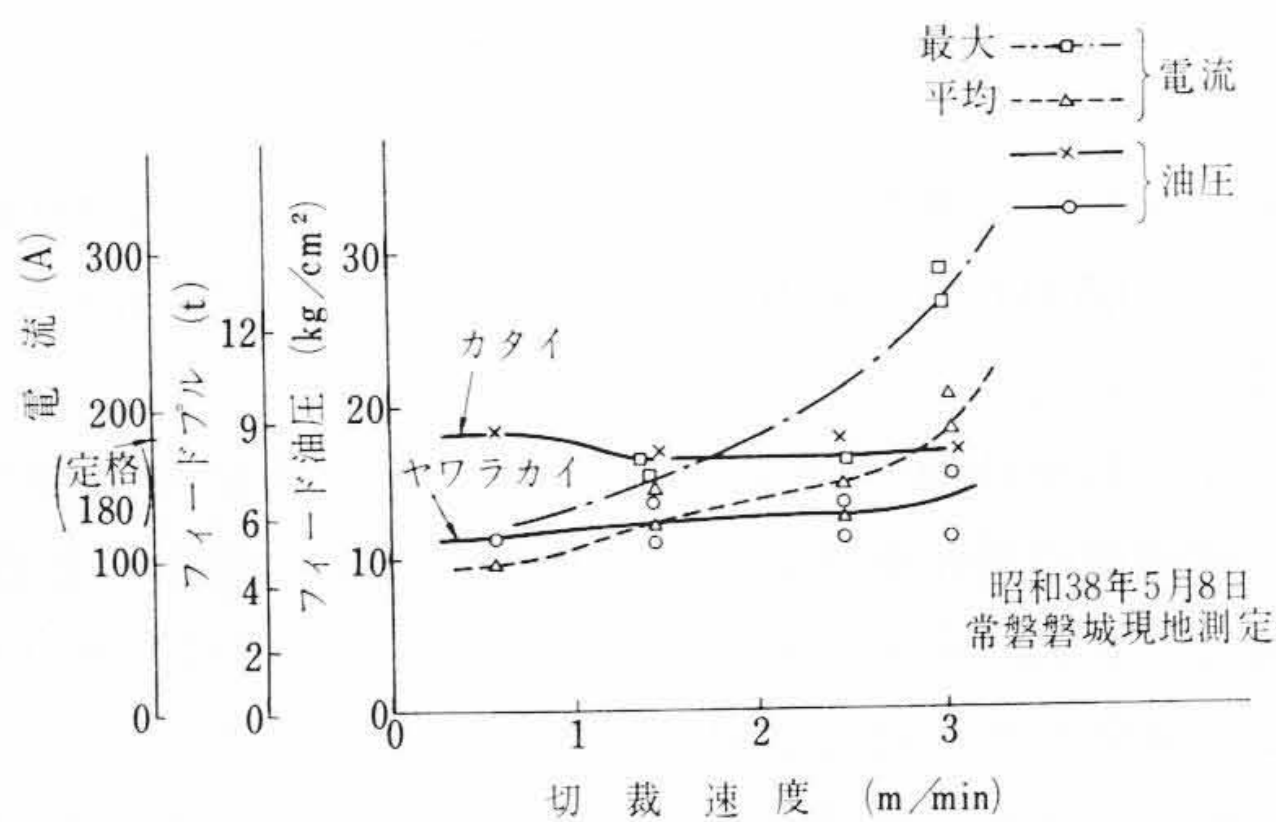


図 2 90 kW ドラムカッターローダの負荷特性

実際の切羽の負荷特性について、従来の 90 kW ドラムカッターローダでオシログラフによる精密測定を三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所および常磐炭田株式会社磐城鉱業所にて行なった結果を図 1, 2 に示す。図 1 は切截速度と動力の関係を示し、古賀山鉱業所では電動機出力を 200 kW にすれば同じ炭層で 4 m/分のフィードスピード切截速度が得られ、40% の出炭増加が見込まれた。図 2 ではフィードプルの変化は切截速度の変化に対してきわめてわずかであるが、一方電動機入力電流はフィードスピードの上昇とともに急速に増加する傾向を示している。入力電流はかなり定格値を越えることがあり、またフィードプルについても状況によっては定格値以上になることが十分予想される。したがってこうした実情に即した採炭機としては、激しい負荷変動によるオーバロードおよびパーシャルロード時の能率低下を防止するために自動制御の採用が非常に重要で、それをオートフィード方式と呼ぶ。これらの理由から 200 kW ドラムカッターローダを開発するとともにその送りにはオートフィード方式を取り入れることになった。

3. 200 kW ドラムカッターローダの仕様と構造

3.1 仕様

図 3 に 200 kW ドラムカッターローダの外形寸法図を、図 4 にその外観を示す。ドラムカッターローダはカッター部・フィード部とそれらの原動機となる電動機部から構成される。

カッター部にはカッタードラムおよびプラウが取り付けられており、ドラムの外周に取り付けたピックにより石炭を切截し、プラウにてコンベヤ上に積込む。

フィード部は切羽面に張られた一本のチェーンにかみ合うスプロケットホイールを駆動し、ドラムカッターローダを切羽コンベヤ上で走行させる。電動機部はフィード部とカッター部の駆動を同時に行なう。これらの独立した各部はそれぞれボルトナットで連結構成される。200 kW ドラムカッターローダの仕様を従来の 90 kW と比較して示したのが表 2 である。

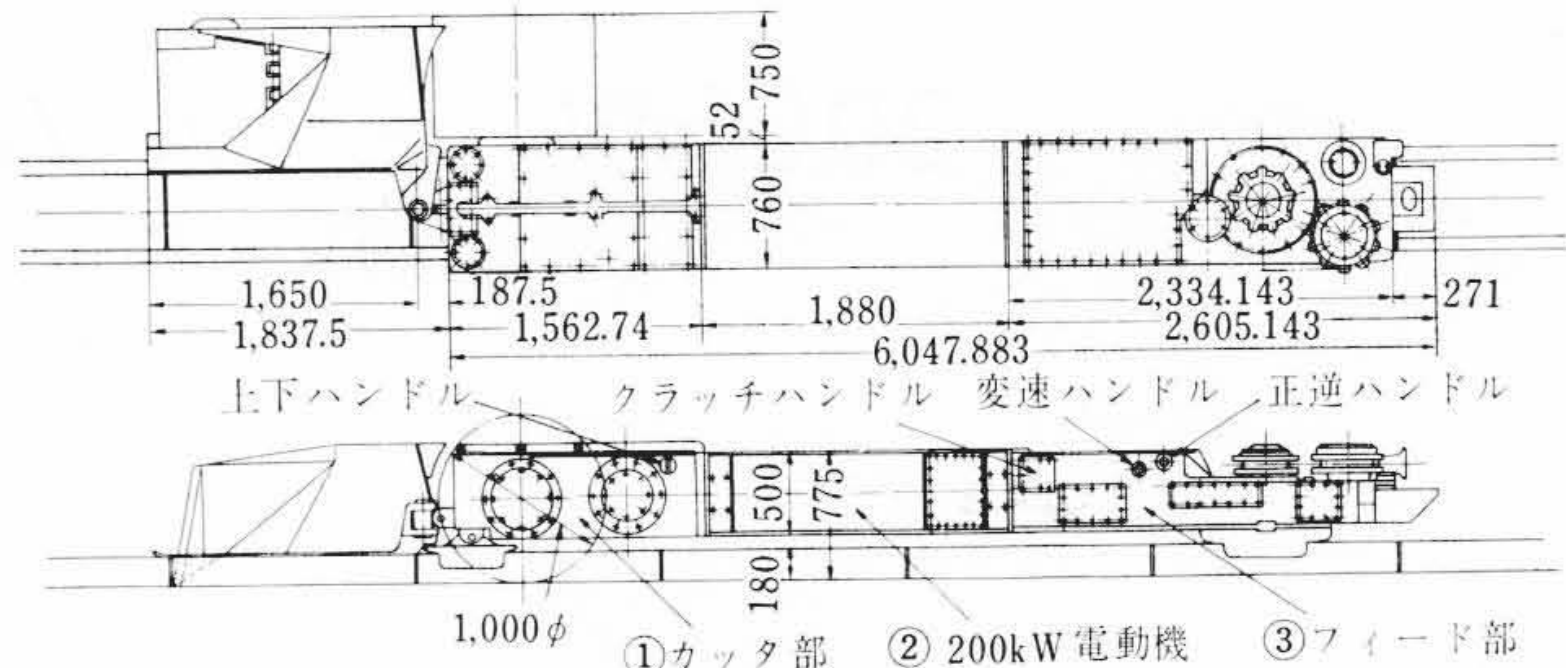


図 3 200 kW ドラムカッターローダ外形図

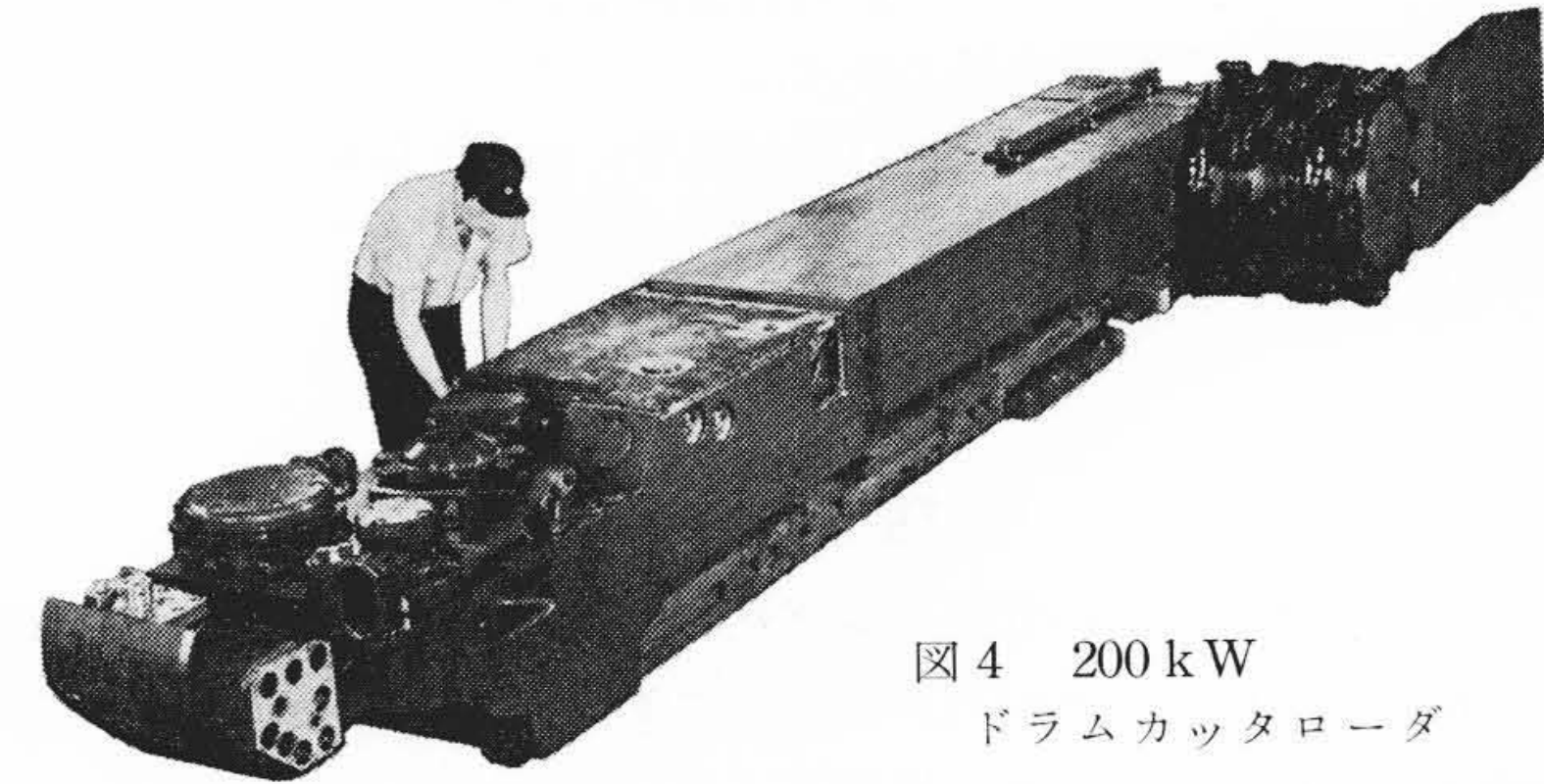


図 4 200 kW
ドラムカッターローダ

表 2 ドラムカッターローダ仕様の比較

名 称		90 kW ドラム カッターローダ	200 kW ドラム カッターローダ
形 式		HCDF-OME 120	HCDF-OME 270
最大けん引力	低速(切截積込用)	10,000 kg	15,000 kg
	高速(積込運搬用)	6,800 kg	
速 度	低 速 時	(60〜) 0〜3.7 m/分	(60〜) 0〜6 m/分
	高 速 時	(60〜) 0〜5.7 m/分	
カッタードラム径		870 mmφ	1,000 mmφ
切 込 深 さ		750 mm	750 mm
電動機	形 式	TFOXX-KK 3φ IMF 種	TWOXX-KK 3φ IMF 種
	出 力	90 kW	200 kW
	電 圧	440 V 60〜	1,100 V 66〜
重 量		7,700 kg	10,000 kg
操 作	起 動 停 止 号	操 作 線 押ボタン 操 作 線 押ボタン	動力線搬送 引ボタン 動力線搬送 押ボタン
	速 度 変 更	無 段 変 速 ハ ン ド ル	無 段 変 速 ツ マ ミ ハ ン ド ル
	正 逆 転	主 切 換 弁 ハ ン ド ル	無 段 変 速 ツ マ ミ ハ ン ド ル
	冷 却	電 動 機 空 冷 方 式	電 動 機, フ ィ ー ド 部 水 冷 50 l/分
外 形 寸 法	幅	760 mm	760 mm
	高 さ	430 mm+スキッド75 mm	500 mm+スキッド95 mm
	長 さ	6,510 mm+ケーブル台車 2,600 mm	8,487 mm+ケーブル台車 4,000 mm
そ の 他		1. 油圧計付	1. 定出力自動制御付 2. けん引力自動制御付 3. フローリレー付 (冷却水圧 0.2 kg/mm ² 以下モータコイル 120℃ 以上にて消灯) 4. 負 荷 標 示 付 (速度, 電流, けん引力, 標示)

3.2 カッター部

カッター部は石炭層を切截するカッタードラムの駆動歯車箱で、電動機の回転は 4 組の歯車列を経てドラム軸に減速伝達される。注油は各歯車・コロ軸受ともすべてオイルバス給油方式である。このようにカッター部の主要機構は標準 90 kW ドラムカッターローダと同一であるが、本機では本カッター部前端に油圧ジャッキを設け、下磐調整のためカッタードラムをトラフ下面基準にて±50 mm 上下できるようにした。その押上力は 7.5 t で操作はカッター部側面の操作ノブで行なわれる。

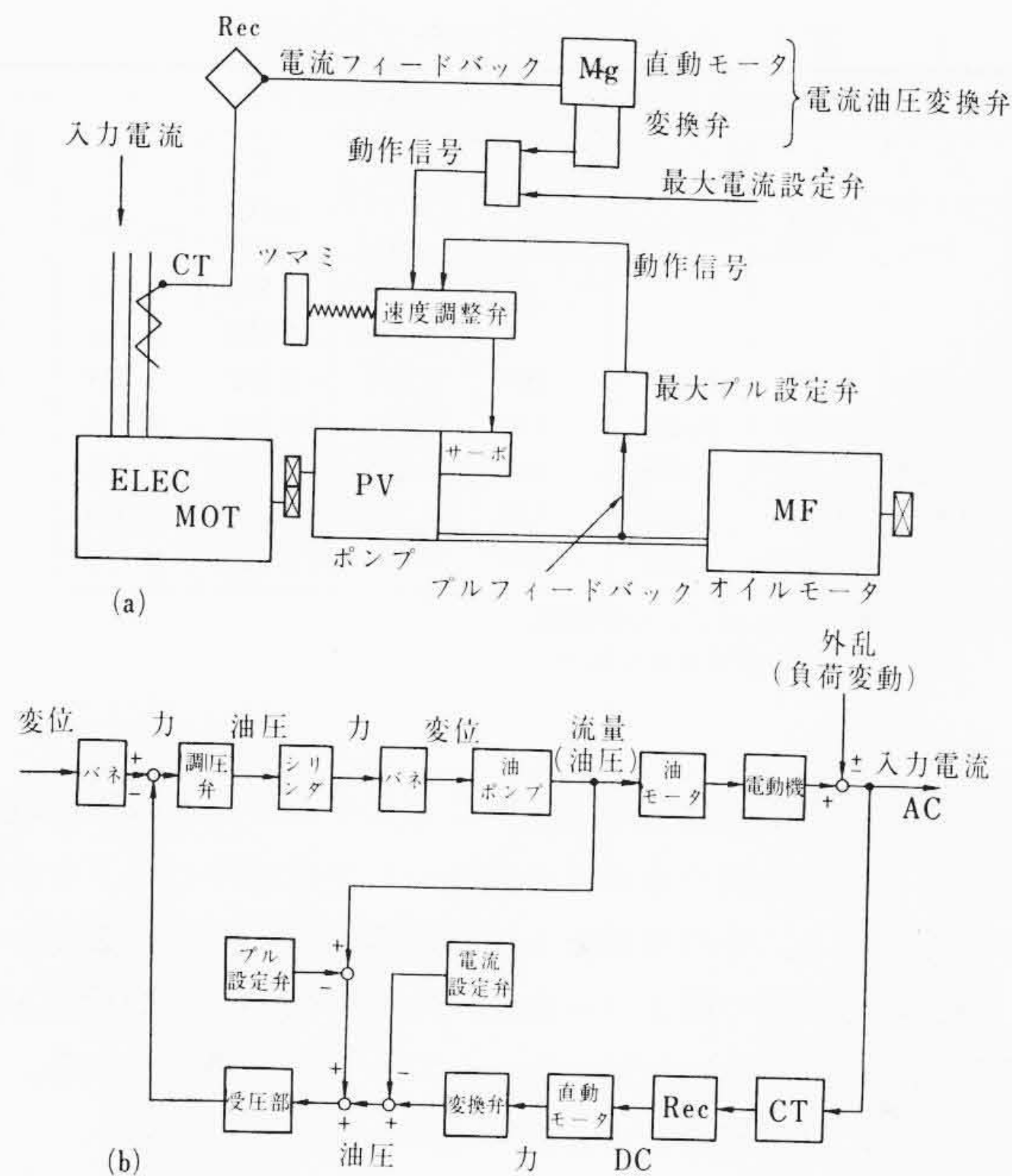


図5 日立オートフィードの構造

カッタードラムは炭層が硬質で切截上部はつり炭となるので従来形のリングドラムと積込プラウを採用した。ドラムは1,000 mm 径×750 mm 幅で、ピック総本数は90本、ピック速度305 m/minである。

3.3 フィード部

フィード部は現標準機種90 kW ドラムカッターロードのフィード部と着脱互換して使用できるように設計されている。本部に油圧変速装置を採用したのは従来形と同じであるが、油圧ポンプモータは、従来のベン形にかわりプランジャ形を採用、油圧を100 kg/cm²と高め、本部フレームで形成される油タンク容量に対する作動油量の割合を低めた。そのほか電動機の冷却水を利用して水冷式として油圧変速装置の効果を高めた。

油圧駆動の正逆指示と変速操作を機体側面の操作ノブで操作できるようにしたほか、電動機電流のフィードバックによる定出力自動制御と、フィードプルのフィードバックによるけん引力制御を取り入れた。そのため電動機入力電流およびフィードプルのいずれがオーバーロードしても、ともに送り速度を低下させ、オーバーロードを防止し適切な送り速度で稼動するものである。送り速度は0~6 m/minの無段変速で最大けん引力は15 tと大容量化されている。

本部のオートフィード方式を図5に示す。図5(a)にてフィード部は1組のプランジャ形オイルポンプモータによって駆動されており、送り速度は速度調整弁とサーボの組合せによって、油圧ポンプの吐出量をコントロールし、油圧モータを介して送り速度を制御する。

運転中電動機電流がオーバーロードすると、

CT → Rec → 電流油圧変換弁 → 最大電流設定弁
→ 速度調整弁

の経路で動作信号が送られ

フィードプルが定格オーバのときは

フィード油圧 → 最大プル設定弁 → 速度調整弁

の経路で動作信号が送られ、これによって油圧ポンプの吐出量が制御され送り速度が低下する。図5(b)はこれをブロックダイアグラムで示したものである。本部は90 kW ドラムカッターのモータおよびカッター部と組合せ使用でき、90 kW ドラムカッターと組み合わせただけでも相当の能率向上を示している⁽²⁾。

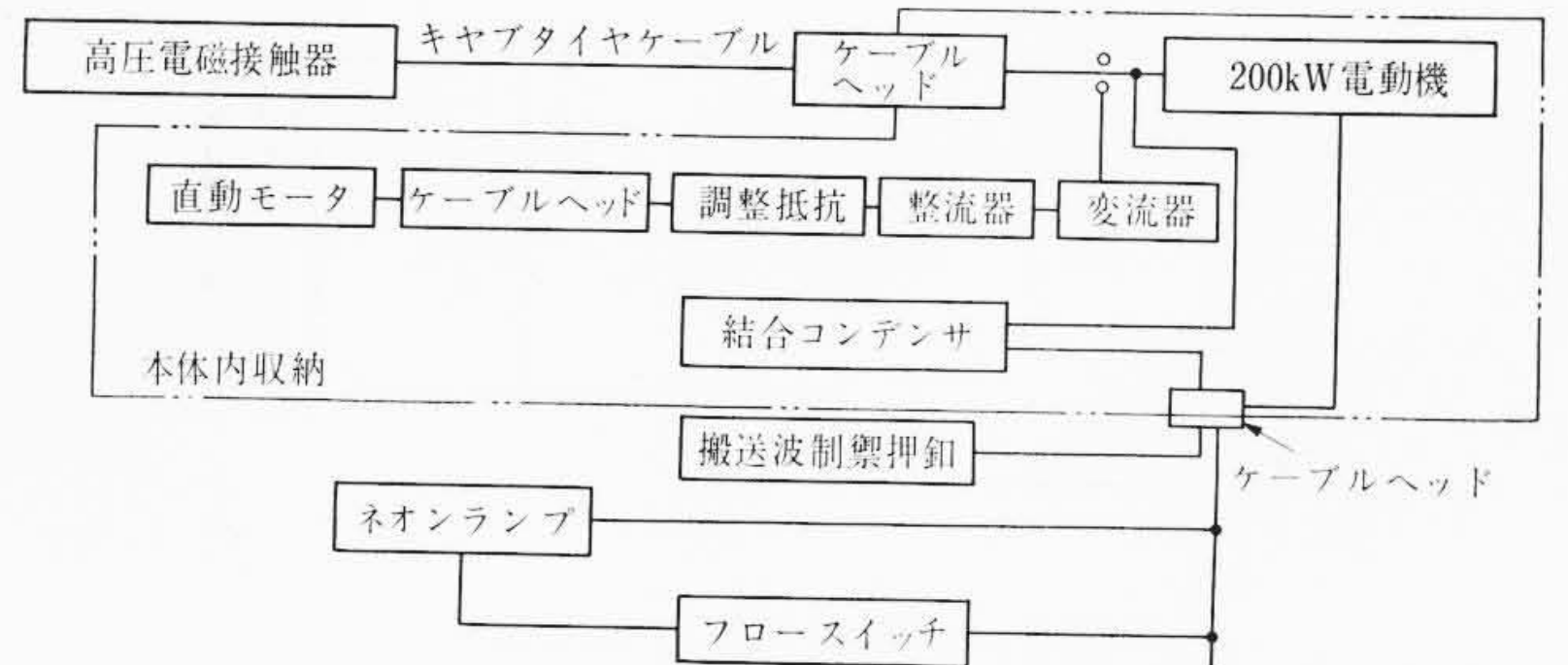


図6 200 kW ドラムカッターロード用電気品

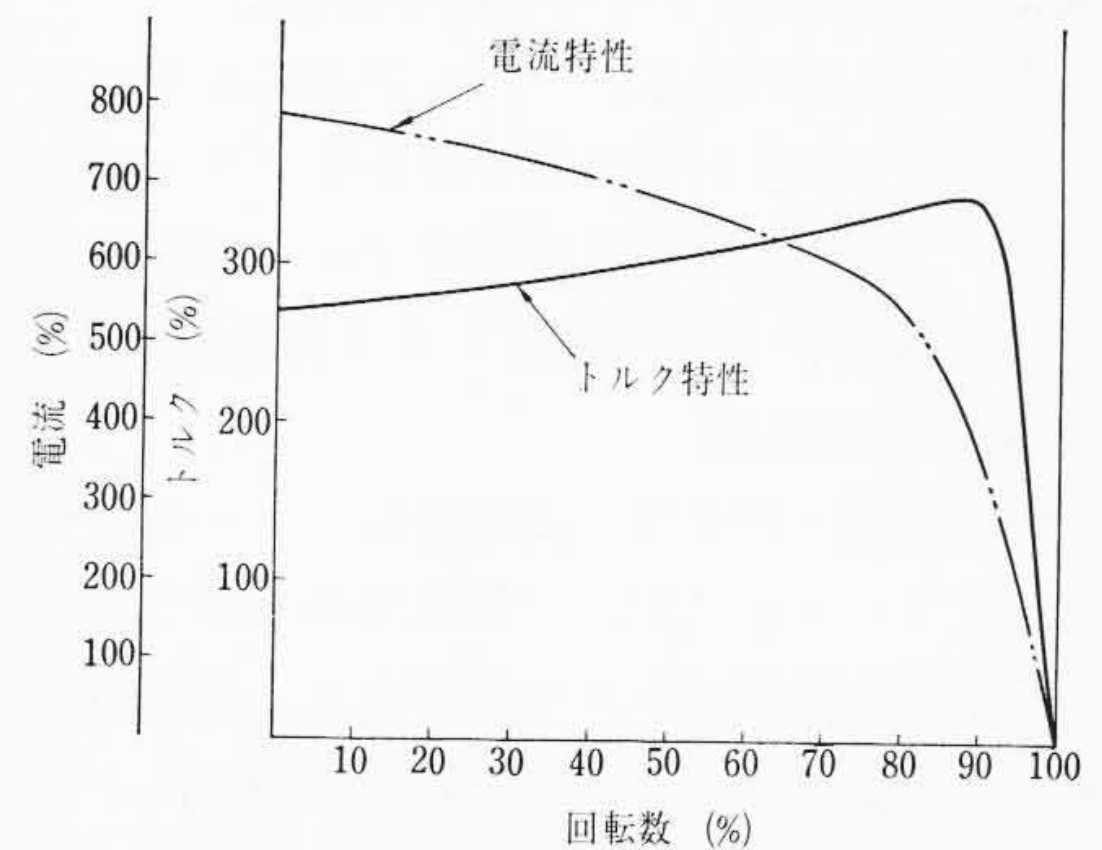


図7 200 kW ドラムカッターロード用電動機特性

3.4 電気品

200 kW ドラムカッターロード本体には電動機部を構成する200 kW 電動機のほか、図6に示す機器電気品を内蔵している。

3.4.1 電動機部

本部は、全閉水冷形耐圧防爆構造でF種絶縁が採用されている。外箱は溶接構造で、外被に水を通す水冷方式を採用し小形に設計製作されている。冷却水はフィード部上方より給水、フィード部を冷却するとともに本部の冷却を行ない、冷却後の水はドラム駆動部を経てドラムの粉塵抑制用として散水に利用されている。

また本部は1,100 V 60 c/s 電源にて使用されるため絶縁関係には特に考慮が払われている。

- (1) コイル導体は耐熱特性を大幅に向上するために、ポリイミド絶縁電線を使用した。
- (2) スロットライナにはガラス基材を主体とした絶縁材を採用、これに耐油性のすぐれた耐熱合成ワニス処理を完全に施こして、耐油耐湿耐熱性の強化を図った。
- (3) コイルエンドにはガラステープによる強固な絶縁巻を行ない、耐振動強度を増加するため補強リングを取り付けた。さらに熱感応性の高いサーミスタをコイルエンドに埋め込んで、コイル自身の温度を直接検知して、ランプで警報表示する温度検出装置を本部に内蔵させ、異状時のコイル保護をする方式をとった。
- (4) 口出線には3,000 V 級まで使用できる耐熱耐コロナ耐電耐摩耗性のすぐれたブチルゴム絶縁線を用い、さらにシリコンゴム粘着テープにより補強した。
- (5) 端子部にはスタッド接続方式を採用、その絶縁には電気的機械的強度のすぐれたガラス基材入合成樹脂成品を使用し、スタッドと一体化した。
- (6) 電動機回転子は、負荷変動が大きく、切截時炭層内でドラムを押しつけたまま起動されるなどのこともあり得るので、電圧変動時にも十分なトルクを出すことが必要である。よって上バーには特殊銅合金、下バーには良質の銅材を採用した特殊かご形として起動運転特性の向上を図った。図7はその特性曲線

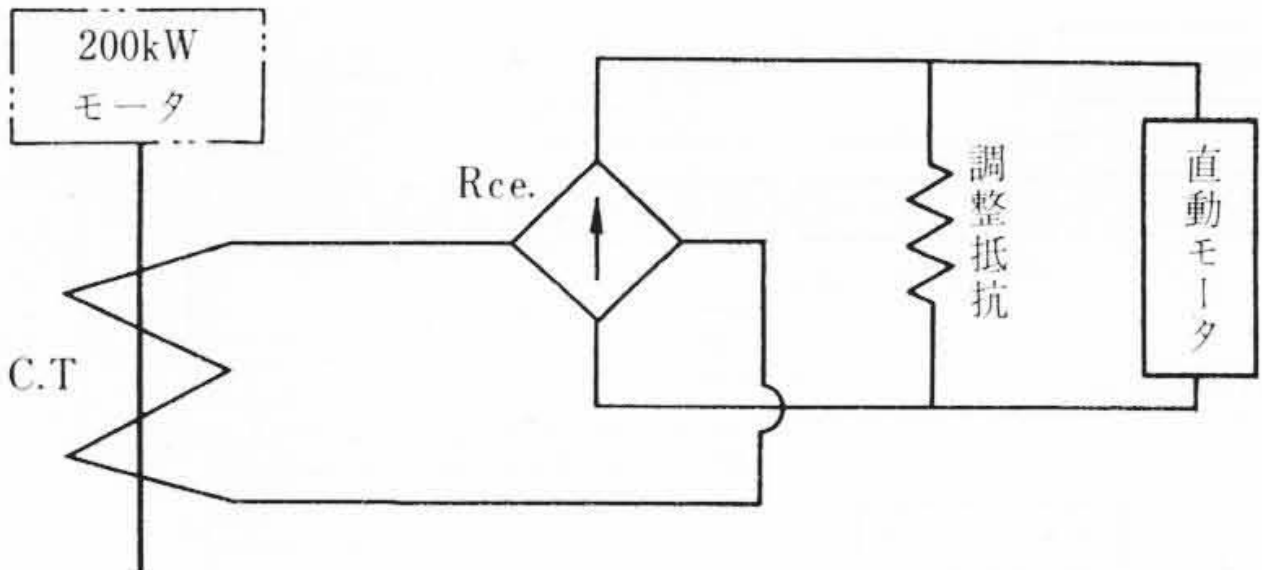


図 8 自動制御用電気回路

である。

3.4.2 巻線温度警報および冷却水断水警報器

電動機コイル内に埋め込んだサーミスタにより、コイル内温度を検知し、温度約 120℃ 付近で図 6 のネオンランプは消灯する。またネオンランプの表示は図 6 に示すフロッスイッチと併用されて断水時は 0.2kg/cm² 以下で消灯し水压警報器にもなっている。

3.4.3 自動制御用電気品

図 6 に示す変流器、整流器、調整抵抗、ケーブルヘッド、直動モータの系はフィード部の定出力制御用のもので、電動機電流を変流器にて検出して直動モータを動作させ、速度制御油圧を変化させ送り速度の制御を行なう。調整抵抗の設定により電動機定格電流に対し制御のききはじめる電流値を決定する。図 8 は自動制御用電気回路を示したものである。

3.4.4 搬送波制御押ボタンスイッチ

電動機の起動停止信号および連絡用信号は電源ケーブルに搬送させる搬送波制御方式をとっている。図 6 の押ボタンに信号発信器があり機体内にある結合コンデンサを通してケーブル中を搬送される。

4. 200 kW ドラムカッタローダの電気設備

4.1 電源電圧 1,100 V 採用の理由

三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所における 90 kW ドラムカッタローダ使用実績の結論としては、炭壁硬度の硬化（主として炭層賦存

表 3 カ ッ タ ケ ー ブ ル 構 造 表

項 目		単 位	日立複合ブチルゴム CR ケーブル (CR-2B)			日立ブチルゴム HCK ケーブル		
			600 V 4 種			1,500 V 4 種相当		
線 種			電力線	接地線	操作線	電力線	警報線	接地線
線 心 数			3	1	4	2	1	1
導 体	公称断面積	(mm ²)	38	22	3.5 (1.75×2)	38	38	22
	構 成	(mm)	19/39/0.26	19/23/0.26	37/0.26	7/34/0.45	7/34/0.45	7/20/0.45
	外 径	(mm)	9.4	7.2	1.8	9.1	9.1	7.0
テ ー プ 巻 厚 さ		(mm)	0.1	0.25	0.05	—	0.1	0.25
絶 縁 体 厚 さ		(mm)	1.8	3.0	0.8	0.4	—	—
ブチルゴム絶縁体厚さ		(mm)				3.0	3.0	4.1
ゴム引布テープ巻厚さ		(mm)	0.25	—	0.1	0.25	0.25	—
ゴ ム 座 床 厚 さ		(mm)	3.5			3.0		
全線心より合わせ径(約)		(mm)	38			43.2		
キャブタイヤシース厚さ		(mm)	5.8			6.2		
補強帆布巻厚さ		(mm)	1.0			1.0		
仕 上 外 径 (約)		(mm)	50			58		
最大仕上外径		(mm)	52.1			60.5		
導 体 抵 抗 (20℃)		(Ω/km)	0.5192	0.8827	5.325	0.5192	0.5192	0.8827
試 験 電 圧		(V/1分)	3,000	—	3,000	5,500	5,500	—
絶 縁 抵 抗		(MΩ-km)	800	—	800	800	800	—
概 算 重 量		(kg/m)	4.07			4.91		

表 4 キャブタイヤケーブル特性表

サイズ (mm ²)	4 心ブチルゴム絶縁 HCR ケーブル				4 種 4 心クロロブレンキャブタイヤ			
	C (μF/km)	L (mH/km)	R (Ω/km)	許 電 容 流 (A)	C _n (μF/km)	L (mH/km)	R (Ω/km)	許 電 容 流 (A)
100					0.279	0.275	0.212	215
80					0.260	0.282	0.256	185
60	0.515	0.292	0.339	200	0.251	0.292	0.339	160
50	0.468	0.300	0.418	175	0.241	0.300	0.418	140
38	0.512	0.296	0.528	150	0.245	0.296	0.528	115
30	0.462	0.298	0.660	130	0.235	0.298	0.660	100
22	0.411	0.317	0.888	105	0.221	0.317	0.888	85

(註) C、L、R は各心線ごとの計算値。
C_n は対中性点静電容量を示す。

状況の劣化による下磐切截の増大による)により、その切截能力には限界があり、電動機の過負荷事故ないし生産能率の低下をきたすことは明瞭であり、その対策として電動機容量の強化を必要としてきた。他方電気設備の面よりみれば、従来の 440V の電圧では 90～100 kW が、カット用ケーブルのサイズおよび重量の点から、また運転用接触器、電源遮断器の性能の点からも限度である。

採炭切羽内におけるカット用ケーブルの移動処理については、機械設備によるハンドリング方式についても検討したが、現状では種々問題点があり当面炭鉱出炭の死命を制する第 1 線切羽としては、従来の 90 kW ドラムカッタ使用時の方式すなわちケーブル台車に人力による積卸しをせざるを得ない。

切羽内のケーブルの人力処理の限界は表 3 に示すケーブルの単位長重量およびたわみ性よりみて、また従来の実績よりしても 4 BNCT 4 C×38 mm² ケーブルが限度と考えられる。他方坑内での電気使用に関する安全性からしては極力低電圧にするのが望ましいことは明瞭であり、この観点より石炭鉱山保安規則においても切羽使用電圧を 600V 以下に制限している。

以上の観点より、安全性の点については後述の各種の安全性向上対策即安全率の向上保護装置の完備などの手段を講ずることとし、1,100V、200 kW ドラムカッタローダモータの定格電流 132A と、

表 4 キャブタイヤケーブルの特性表よりして、使用電圧を 1,100V と決定した。

4.2 坑内電気設備の安全性

坑内に電気を使用することに対する安全性の問題については、従来より種々の研究が発表されている。

人間の安全性については、商用周波数交流で約 10 mA 以上の電流が人体を通じて流れるときは、まだ一般に後遺的な障害は起こらないとしても接触した電気設備を遮断する必要がある。また心臓障害を起こす限界電流については、体重と作用時間に関連し、統計的変動もあるが、100 mA で 3 秒を危険限界とみるのが一般の見解である。

Dalyiel⁽⁵⁾氏は、0.5% の確率を限界とみて、電流限界を

$$\int i^2 dt = 0.027$$

で示し、確証された基本式と考えられている。

ただし、限界電流値検討の場合における人体抵抗は、200～1,000V の電圧範囲では、上限 1,500～2,500Ω、下限は 800～1,500Ω である (小さいほうの値が高電圧の場合)。

よって人間の安全性にとって重要なこと

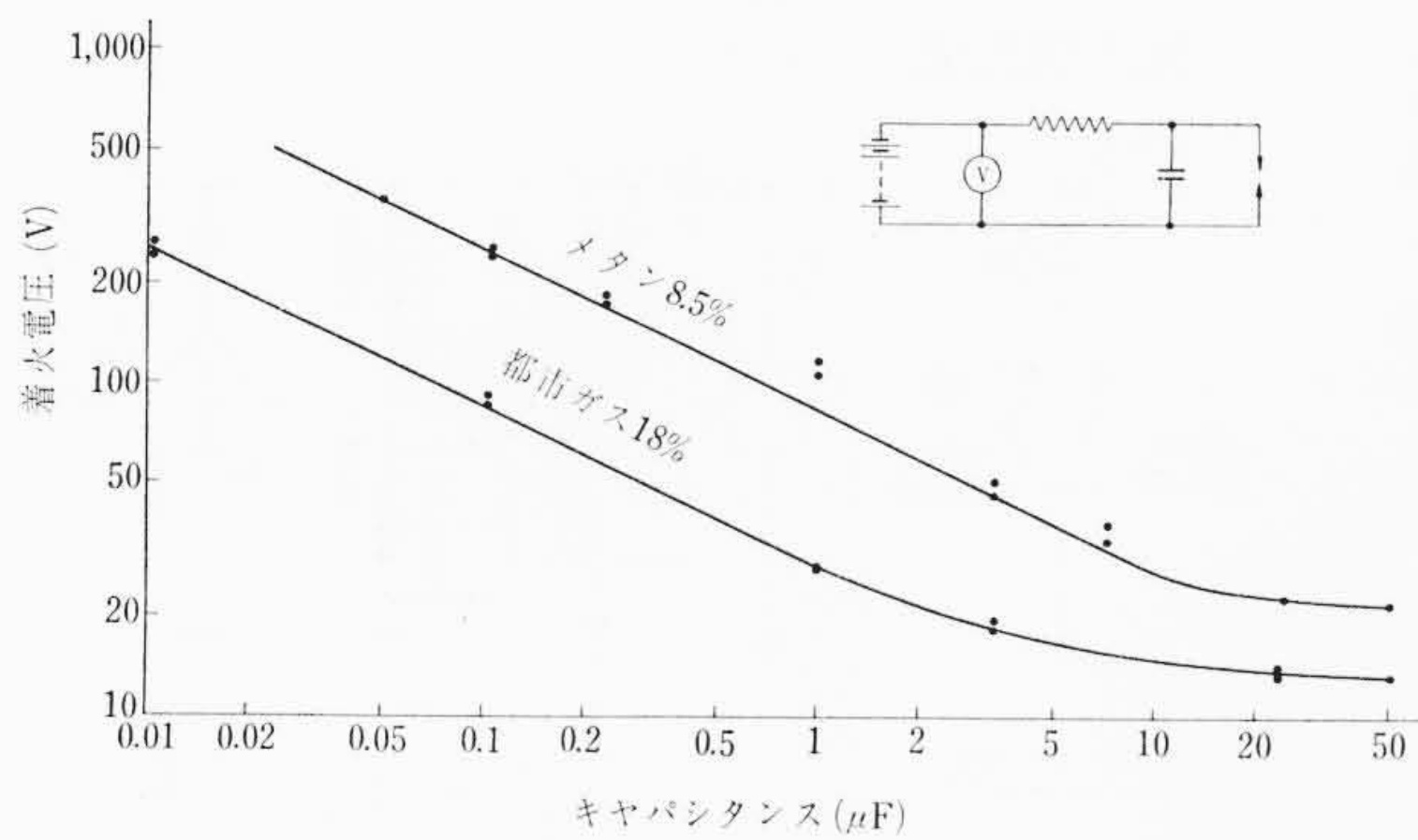


図9 ガス空気混合体に対する着火電圧とキャパシタンスの関係

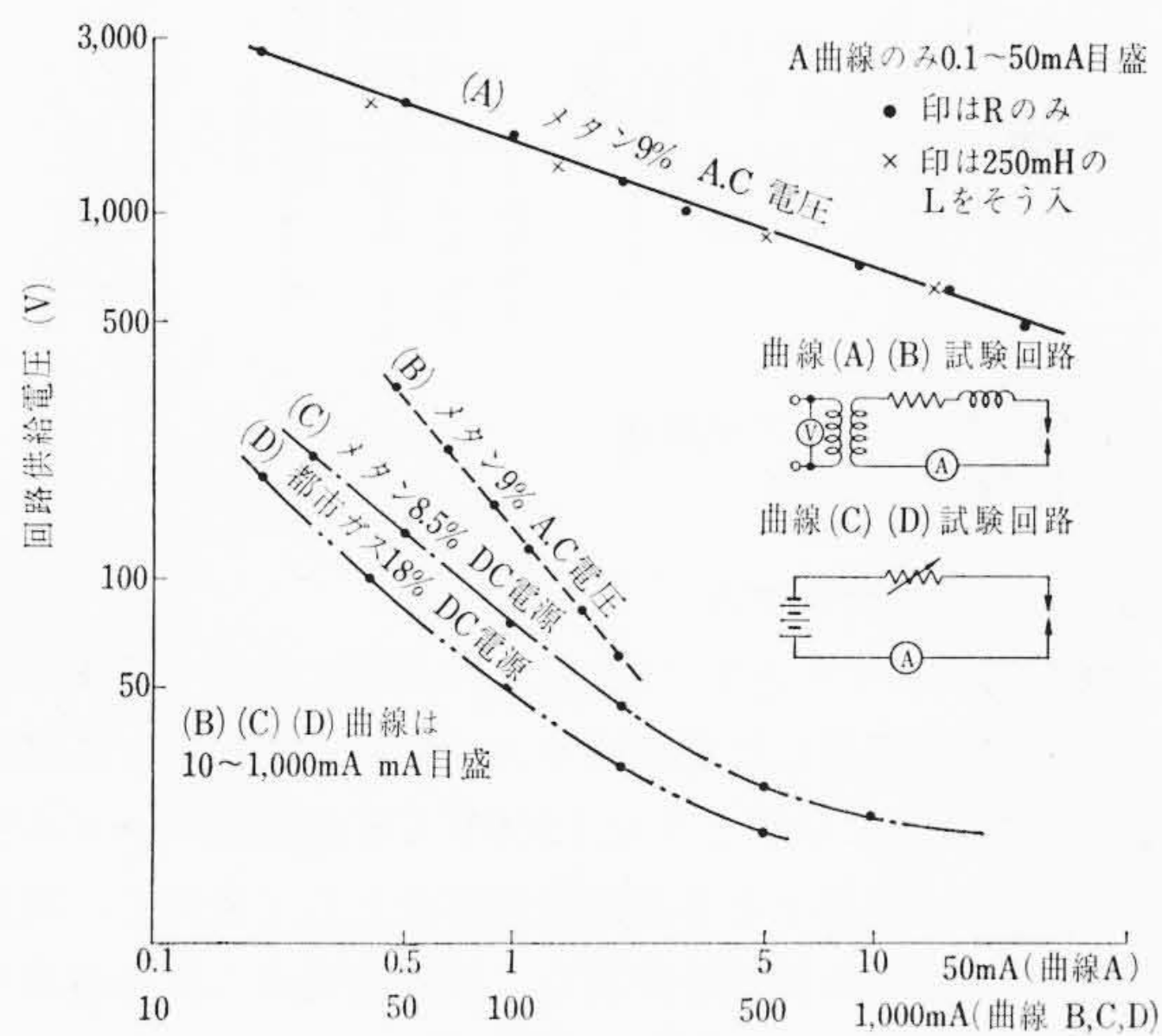


図10 ガス混合気体の着火電圧電流実験値

は、単に人体を貫通する電流値のみが問題ではなく、起こりうべき人体電流に適応した最大許容時間以内に電源を遮断することが問題となる。

次に炭鉱特有の爆発性混合ガスに対する電気点火の限界については図9⁽⁶⁾、10⁽⁷⁾が参考になる。すなわち坑内配電線の完全な金属的接地事故では、必ずメタンガス混合空気に着火可能な電気火花を発生する。ただし直流電圧では、回路の静電容量0.7 μFまでは100V、3 μFまでは50Vの電圧まで金属接点時でも着火限界を越えない。

漏えい電流または線路絶縁破損によるオーム抵抗を通じての電流

表5 ケーブル地絡電流値
440 V 60～ ケーブル地絡電流値

ケーブル心線1本当りキャパシタンス (kΩ)	0.1 μF	0.2 μF	0.3 μF	0.5 μF	1 μF	2 μF	3 μF	5 μF
地絡抵抗値 (kΩ)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)
1	28.6	57.0	82.2	127.0	192.0	233.0	244.0	252.0
2	27.9	53.0	71.2	95.3	117.0	124.0	126.0	127.0
5	25.0	38.4	43.9	48.0	500.0	510.0	510.0	510.0
10	19.6	23.3	24.4	25.0	25.2	25.4	25.4	25.4
20	11.6	12.2	12.5	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
30	8.1	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5

1,100 V 60～ ケーブル地絡電流値

ケーブル心線1本当りキャパシタンス (kΩ)	0.1 μF	0.2 μF	0.3 μF	0.5 μF	1 μF	2 μF	3 μF	5 μF
地絡抵抗値 (kΩ)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)
1	71.5	142.5	205.5	317.5	480.0	583.0	610.0	630.0
2	69.8	132.5	178.0	238.2	292.5	310.0	315.0	317.5
5	62.5	96.0	109.8	120.0	125.0	127.5	127.5	127.5
10	49.0	58.3	61.0	62.5	63.0	63.5	63.5	63.5
20	29.0	30.5	31.3	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8
30	20.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3

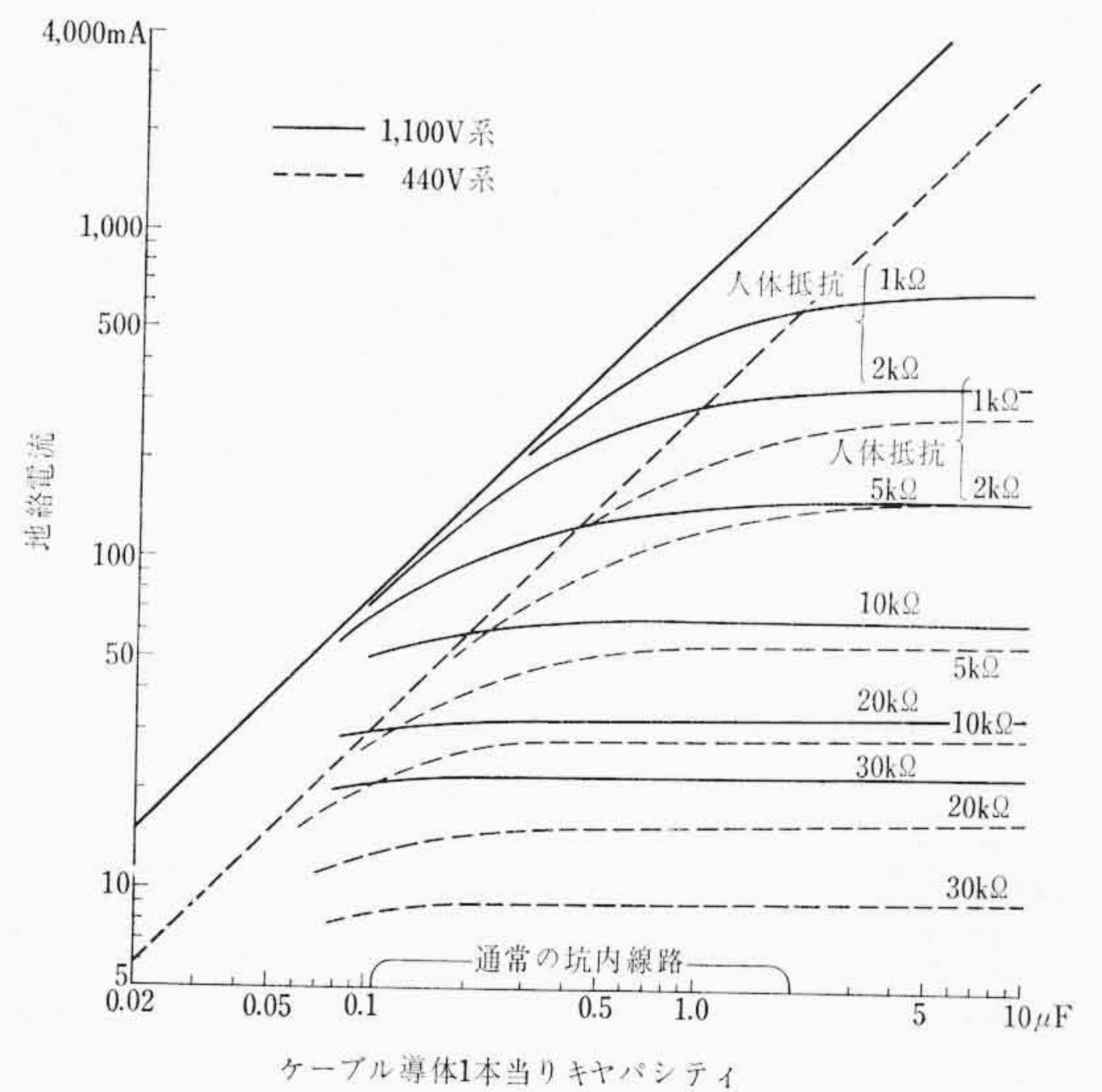


図11 ケーブル絶縁抵抗欠陥に伴う地絡電流の変化

では、商用周波数において、220V で60 mA、440V で30 mA、550V で15 mA、1,100V で2 mA、3,300V では0.14 mA と考えられる。

しかし実際の坑内配電線は、それを構成する電源変圧器、配電用ケーブルおよび電動機など大地に対しかなりの大きさの静電容量をもっている。通常坑内配電線は、変圧器容量100～300 kVA、配電線全長数百ないし数千mと考えられ、この場合の静電容量は0.2～2 μF程度と考えて支障がない。したがって通常坑内用中性点無接地方式配電線の接地電流は、

R_E = 絶縁破損または漏えい抵抗

I_E = 漏えい電流

C = 線路1線当たりの総合静電容量

E = 線間線路電圧

とすれば

$$I_E = \frac{E}{\sqrt{3} \left(\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{3 \cdot \omega \cdot C} \right)^2} \right)}$$

1,100V および440V 配電電圧において、種々のオーミック抵抗による接地電流値の種々の静電容量に対する変化を表5および図11に示す。

現在使用されている非接地系ケーブル配電方式においてすら、前記検討結果に示すように、電気火花によるガス着火の問題は440V 1,100V を問わず危険な状態を示しており、充電部に対する人体接触については、440V 系で300 mA、1,100V 系では700 mAの電流が流れるためこれまで述べた考え方では、440V 系で300 ms以内、1,100V 系では50 ms以内に、電源を遮断する必要がある。

そのほか坑内において電気を使用するに際して考慮すべき問題点として下記をも考慮せねばならない。

(1) 接地電流により、接地線内に高い電圧降下を発生し、電気機器外箱に危険な電圧が現われうること。

(2) 電気機器内事故時に発生するアークにより、大きな圧力の発生または外箱を短時間内に溶解し穴をあける可能性がある。

(3) ケーブル心線の断線または短絡により危険な大アークを発生する可能性が

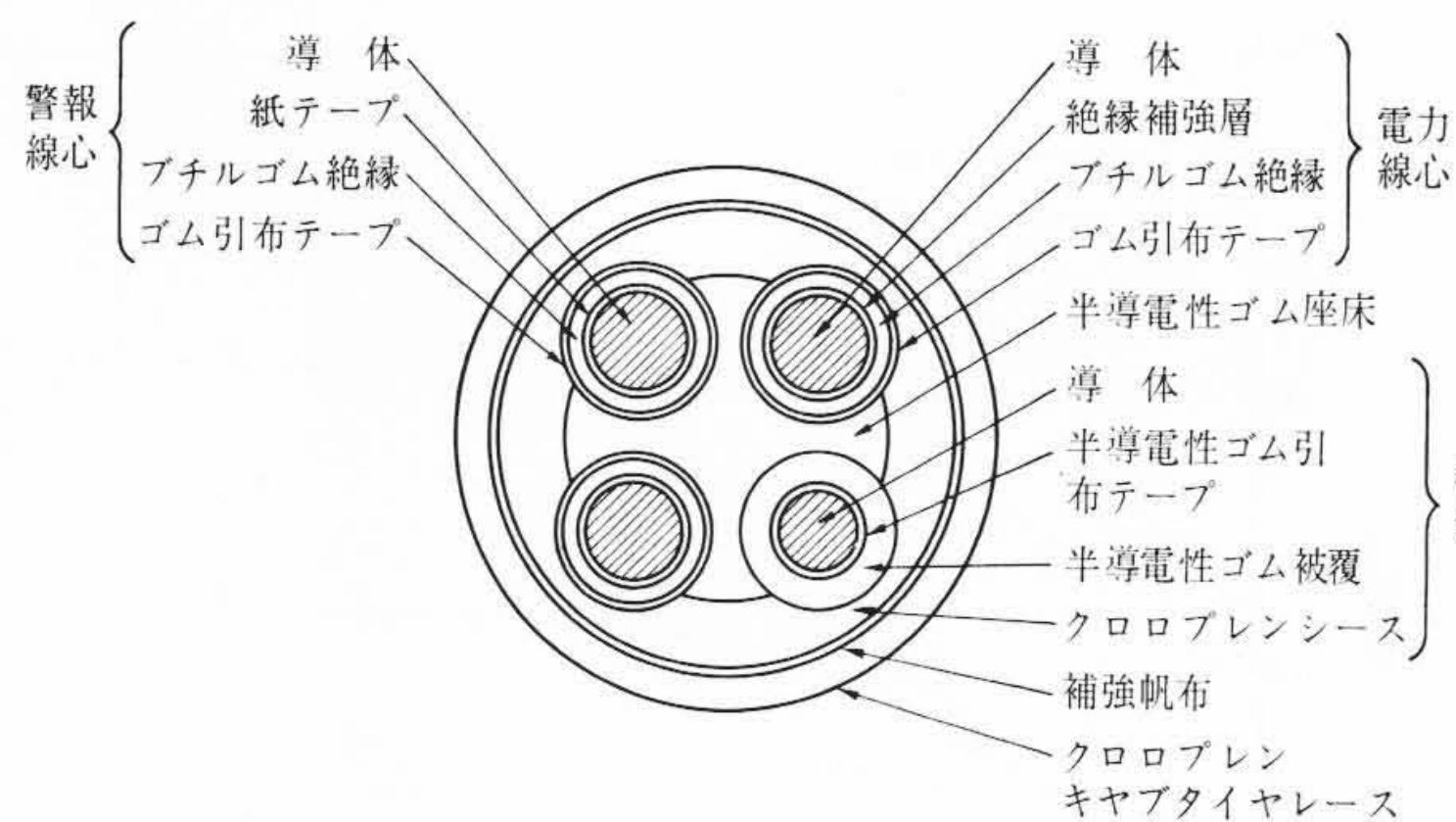


図12 1,500V日立ブチルゴムHCRケーブル(4種相当)断面図

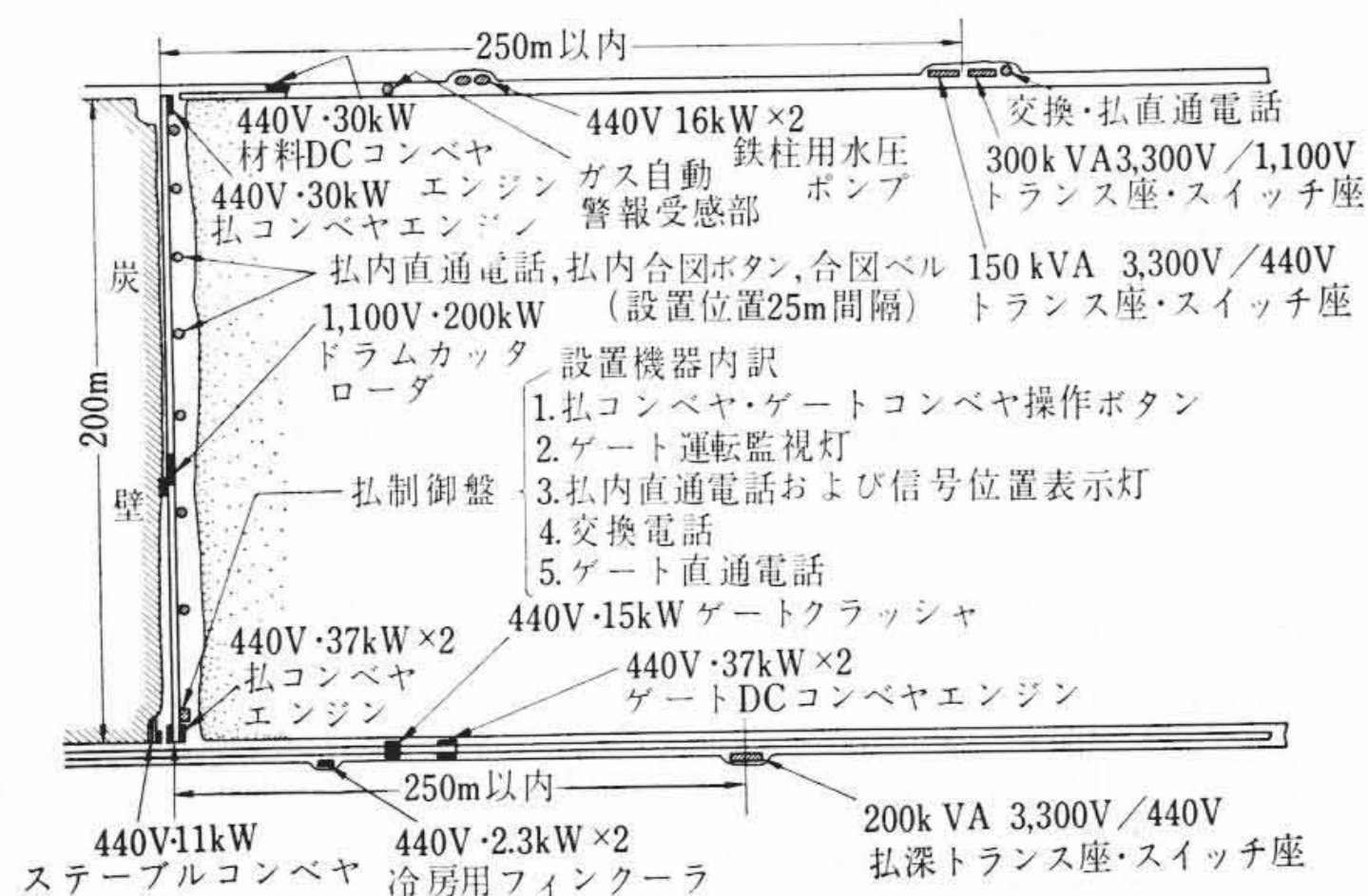


図13 払付近機器配置図

ある。

これら諸点に対しては、現行の過電流保護継電器、接地継電器などを設置して一応保護可能であるが、(3)の断線、短絡保護についてはガス着火と感電の点で問題点を残している。

4.3 1,100V計画の技術的問題点

前記のように、1,100V、200kWドラムカッタローダ用電気設備の計画時、最も大きな問題点は保安上の安全性の確保にあった。

記録的な試みであり、関係資料も乏しかったが、関係監督官庁の積極的な教示と支持、関係者の努力により、技術的な新工夫の採用と設備管理態勢の向上確立を期することにより、1,100V実施可能の自信を得た。

その設備計画に特に留意した諸点について以下に述べる。

4.3.1 遮断容量

古賀山鉱業所受電変電所(22kV/3.3kV、2,000kVA×3台)の坑内幹線用フィーダに100MVAの油入遮断器を設けて短絡保護を実施しているが、坑内3.3kV配電はRTAケーブルを採用受電変電所より約4kmの距離にある。また200kWドラムカッタローダ使用の採炭切羽用変圧器座の3.3kV側でも短絡保護のためには40MVA以上の遮断容量を必要とする。しかし現在25MVA程度以上のものは製作されていないため、最近発達の著しい限流形電力ヒューズを採用し、耐圧防爆形分区開閉器に組み込み非対称3相遮断容量400MVA、対称3相遮断容量250MVAの特性をもたせることとした。

4.3.2 運転用電磁接触器

3.3kV用防爆形を使用することとし、特に440V、90kWドラムカッタローダの使用実績よりして最大操作回数1,000回/日を予想しA級1種1号規格品を採用した。

また耐圧防爆形電磁接触器に発生する特異現象として、耐爆室内の密閉された高湿分空気が大電流アークにより硝酸イオン化し、絶縁低下や金属部を腐食させる事例に対しては、耐爆室内にスペースヒータを設け、腐食しやすい金属部はこれをメッキ加工することにした。

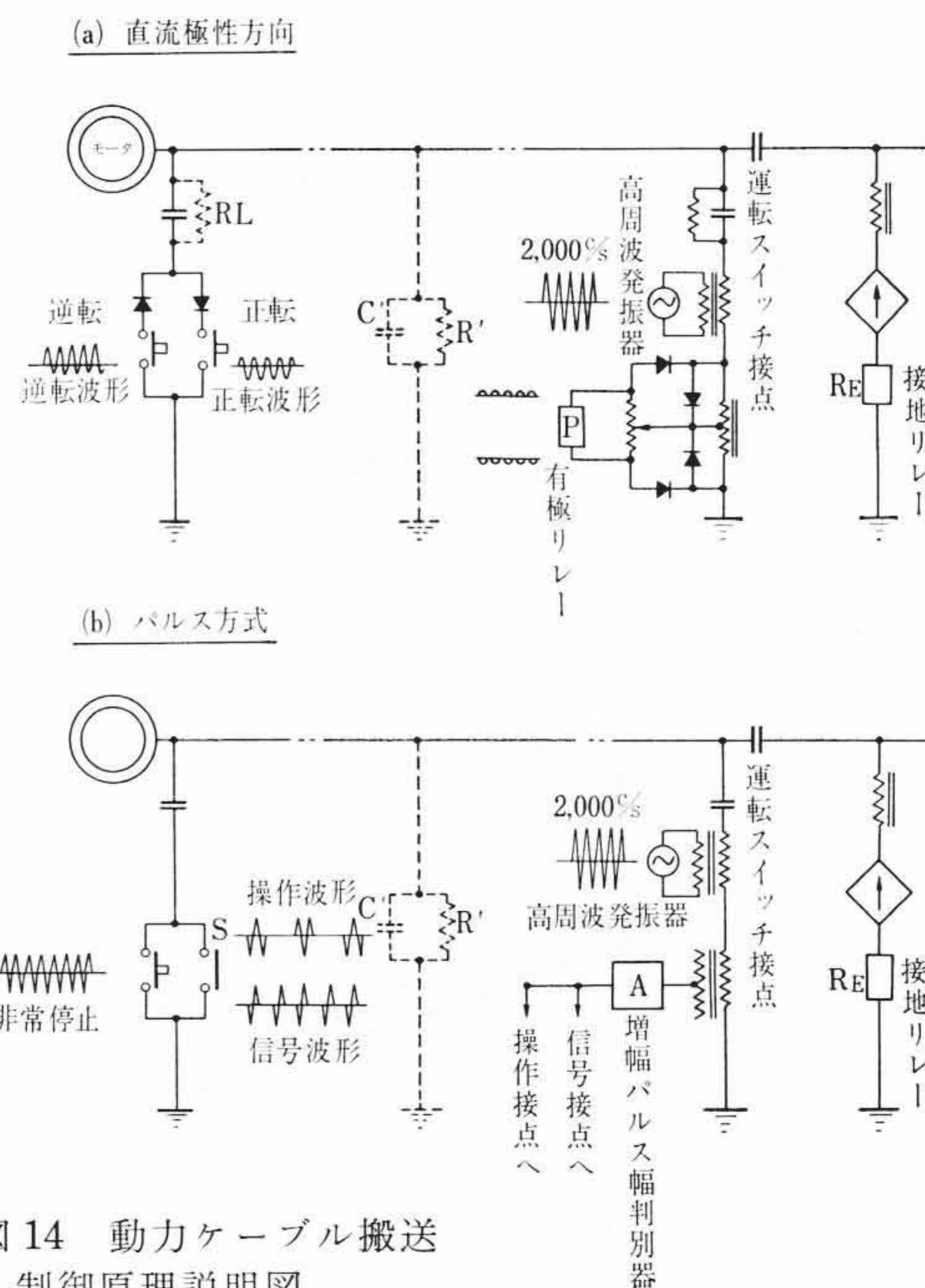


図14 動力ケーブル搬送制御原理説明図

4.3.3 カッタ用ケーブル

1,100V用ケーブルとしては、前記のように保安上種々の問題点があるが、最近発達した導電性ゴムにより各心線ごとに被覆した図12および表3に示すような1,500V CR形防爆ケーブルを採用し、短絡事故に発展する事前に接地事故として検出し、高感度接地保護リレーにより線路を保護し、接地電流はこれを導電性ゴムより接地線に流し、ケーブル外部に流出させないことにより、感電およびガス混合空気に対する着火の災害防止を図ることとした。

4.3.4 搬送制御装置

古賀山鉱業所のカッタ採炭方式においては、図13に示す機器配置を標準とし、切羽内ダブルチェンコンベヤの深エンジンの位置に払制御盤を設け、エンジンマン1名を常駐させ、切羽内ダブルチェンコンベヤの制御とゲード関係コンベヤの運転監視や作業連絡、切羽コンベヤ落口での塊割りなどの作業を実施させている。そのほかカッタマンその他の切羽内作業人員は、切羽内コンベヤに沿って25mの間隔に設けた信号ベル、押ボタンおよび電話設備によりエンジンマンと切羽内コンベヤの操作やその他の作業連絡を相互に行なうことにしている。そのためドラムカッタローダには、カッタ本体の運転用押ボタン装置のほか、エンジンマンやその他に対する信号用押ボタンが必要であり、従来の440V、90kWドラムカッタローダ時には、表3に示した操作心線入複合ケーブルを採用し目的を果たしている。

それは現在各炭鉱において使用されているカッタ用の動力線搬送制御方式が、図14(a)に示す直流極性利用方式であり、原理上抵抗 R_e および漏えい抵抗 R_L の存在が必要で、これは動力配電線の対地絶縁抵抗の減少をまねき、それが前記の検討理由により保安上あまり望ましくない効果を発生する。特に分布漏えい抵抗 R' およびキャパシタンス C の影響もあり、有極リレー P には2,000c/s高周波エネルギーのごく微小部分しか利用できず、感度増大のため抵抗 R_e 、 R_L の値を減少させることも限度があり、古賀山鉱業所における使用実績よりしては、配電容量・配電線路長および使用電動機容量など C' および R' の増加変動が原因となり操作性が不安定であった。また原理上運転、停止の1チャンネルのみしか利用できず、接地リレー R_E の動作設定に悪影響を及ぼすので、前記のように複合ケーブルを使用していた。

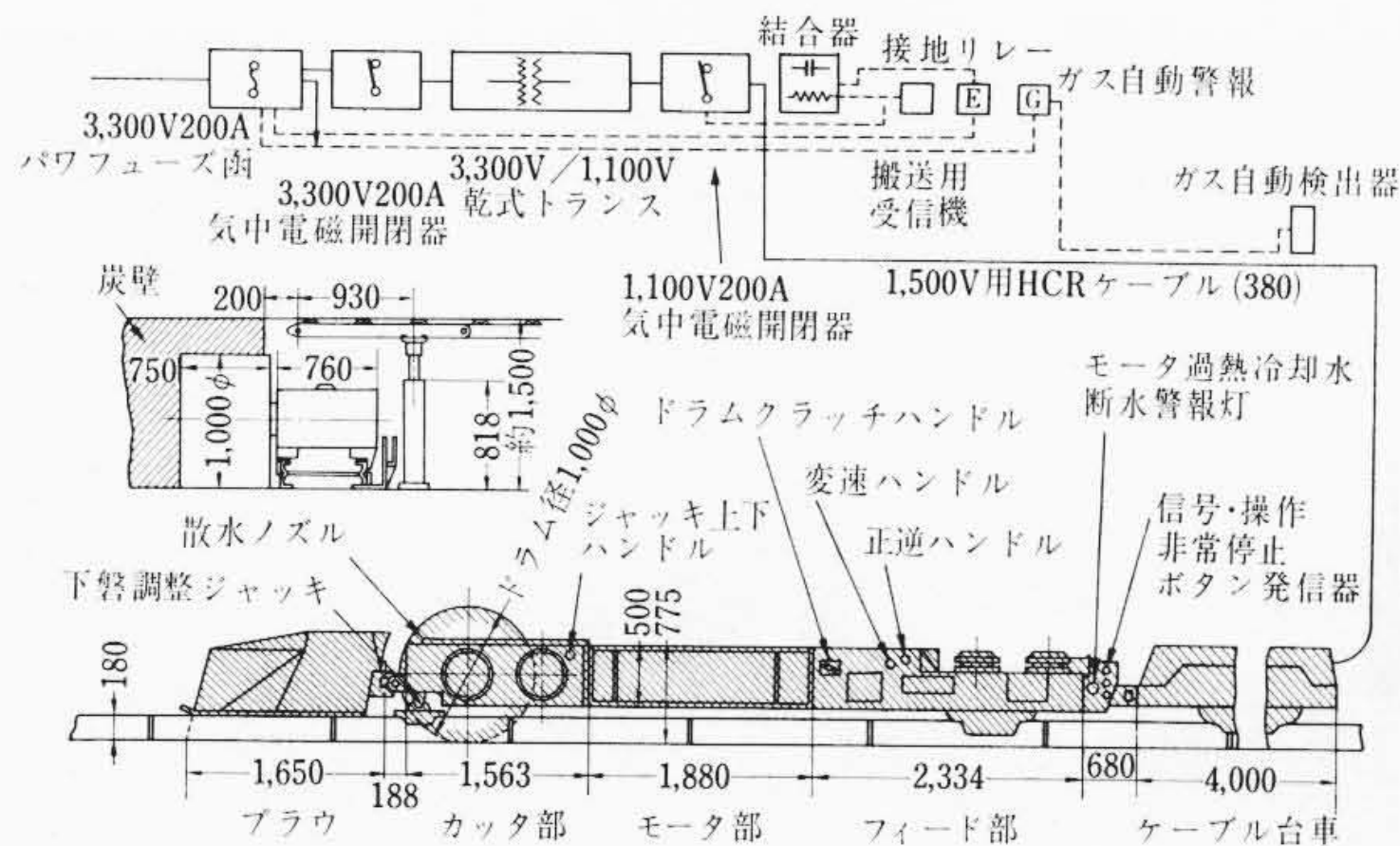


図 15 1,100 V 200 kW ドラムカッターローダ用機器配置図

しかし今度の 1,100 V 系においては、カッターケーブルの払内人力操作の点や、ケーブル内における高電圧混触防止の目的、ならびに操作、信号の 2 チャンネル利用を達成するために、河野電機株式会社の協力を得て図 14 (b) に示すパルス方式動力線搬送制御方式を採用した。本方式は 2,000 c/s の搬送波を水銀電池の電源により駆動断続される接点 S により、20 c/s で 3~5 回断続すれば運転停止の操作、200 c/s で断続すれば信号、非常停止ボタンで短絡すれば非常停止を行なうことができる。なお水銀電池は常時搬送波により充電される構造である。

4.3.5 接地保護継電器（河野電機株式会社製）

従来炭鉱の 440 V 系に採用されている中性点非接地配電線の直流重畳接地保護方式を 1,100 V 用に改良して、さらに漏えい抵抗 40 kΩ で警報し、15 kΩ で遮断の二重作動形式として確実を期した。

4.3.6 ガス自動警報器（理研計器株式会社製）

ガス自動警報器を設置し、3.3 kV 側電源スイッチにインタロックし、メタンガスの 1.5% に設定、その 2% 増しで電源遮断を行なうこととした。

4.4 構成電気設備

上記の技術的諸問題点に考慮を払い図 13, 15 に示すような電気設備とした。

5. 坑内使用実績

5.1 200 kW ドラムカッターローダ導入の切羽状況

40 年 12 月 23 日、古賀山鉱業所右零半片払で、わが国最初の

表 6 切羽人員配置表（方当たり）

区 分	切 截 時	積 込 時
エンジン	1	
カッター	2	
肩ステープル	5	
充てん夫	3	
穿孔	3	—
トラフ	2	—
材料	3	—
カッベ	15	—
残炭	—	6
トラフ	—	2
立	—	15
抜	4	
計	40人	

1,100 V 200 kW ドラムカッターローダの稼動を開始した。同払の稼行炭層は山たけ約 1.5 m、炭たけ 0.8 m、フライヤビリティ 15 程度、傾斜 0~2 度である。天磐下磐とも比較的堅い頁岩で松岩はほとんどなく、払長 200 m の前進払でゲートおよび肩磐坑道あわせ約 700 m ありダブルチェーンコンベヤ 4 台およびベルトコンベヤ 5 台を使用して坑内ポケットに搬出する。支保にはカップとフェロタイプの水圧鉄柱を使用している。

5.2 作業方式

作業は 3 方連続採炭である。切羽は前記のように前進払で、肩ステープル 12 m、深ステープルは 5 m である。施わくには千鳥形立柱を行ない、わく間 0.5 m、肩深ステープルはわく間 1.0 m の格子形立柱である。払内人員は、肩深ステープルと充てんを除いてはカッターについて行く追従方式である。したがって切截を始めるとただちにつり炭打ち落としを行ないカッベ延長する。

カッター切截終了後カッベ延長が終わればただちに積込を開始し、残炭流し、トラフ移設、立柱がこれに追従することになる。

カッターケーブルは払中央で折返し操作する方式で、図 15 のように後続するケーブル台車に逐次積込みまたは繰り出しを行なう。

材料方はカッターに先行して肩より材料を流して適当に坑内に配置しておく。

人員構成は計画人員で表 6 に示すとおりである。

5.3 運転成績

使用開始当初の 40 年 12 月 28 日の 1 サイクルの切截積込記録を示したのが表 7 である。この表をみると、山たけは同一払内で 1.15

表 7 1 サイクルの切截積込記録（40. 12. 28 測定）

			切				截			積			込				
位 置	山 た け	ぼた厚さ	速 度 定 額	速 度	プル表示	電 流	時 間	備 考	速 度 定 額	プル表示	備 考	速 度 定 額	プル表示	備 考			
(m)	(mm)	(mm)	(%)	(m/min)	(t)	(定格 132A)	(分)		(%)	(t)		(%)	(t)				
10	1,750	500	25	1.8	11	87~130	0	切截開始 ↓	50	11~12	47 分積込終了	50	11~12	47 分積込終了			
20	1,750	500	40	2.5	11~13	—	9		50			積込時電流は速度、プルに関係なく 60A 一定である。	50				
30	1,600	500	50	0.6~3.0	13.5	—	13		50				50				
40	1,480	550	50	4.5	13.5	—	29		50				50				
50	1,300	500	60	3.0	11~13	120~200	34		50				50				
60	1,450	400	25	3.0	11~13	100~130	37		50			50					
70	1,400	350	50	2.5	11~13	130~150	46		50	11~12	35		50	11~12	35		
80	1,200	100	60	5.2	11~13	120~167	48	切截終了 ↑ 停止時間は含まず	50			50					
90	1,150	50	60	5.2	11~13	—	53		50				50				
100	1,250	200	—	—	—	—			50				50				
110	1,350	300	—	—	—	120~150	63		50	11~12	21		50	11~12	21		
120	1,420	350	40	3.0	13.5	—	68		50				50				
130	1,500	350	50	3.6	13.5	—	71		50				50				
140	1,500	400	50	2.6	13.5	—	75		50				50				
150	1,350	250	50	2.6~3.0	13.5	127~132	77		50	11~12	10		50	11~12	10		
160	1,350	250	—	—	—	—	85		50				50				
170	1,700	410	40	1.3	12	127~153	102		50				50				
180	1,600	340	40	2.8	12	120~133	108		50	11~12	0 積込開始		50	11~12	0 積込開始		
190	1,600	410	—	—	—	—			50				50				
			切 截 平 均 速 度						1.7 m/min		積 込 平 均 速 度					4 m/min	

m から 1.75 m まで変化し、切截した下磐切削ボタも 0.5 ~ 0.7 m と変化し、切截条件は同一払内で刻々に変わっている。本表によると下磐側の硬質切截ボタ厚さが 500 mm 程度でも切截速度は 2~3 m/min に達する。

切截中の電流記録の例を図 16, 17 に示す。電動機の定格負荷電流は 132A であるが図 16 のように電流値は 150 ~ 180A と定格に対し 15~40% の過負荷となっている。図 16 は電動機所要電流が定格値の 100% に達したとき、自動制御が動作してカッタの送り速度を落とす自動制御の電流設定になっている。このままの状態では自動制御を働かしていても過負荷状態が続き電動機焼損のおそれがあるので、自動制御の電流設定を 90% に落とした。その調整は図 8 の調整抵抗によって行なわれる。

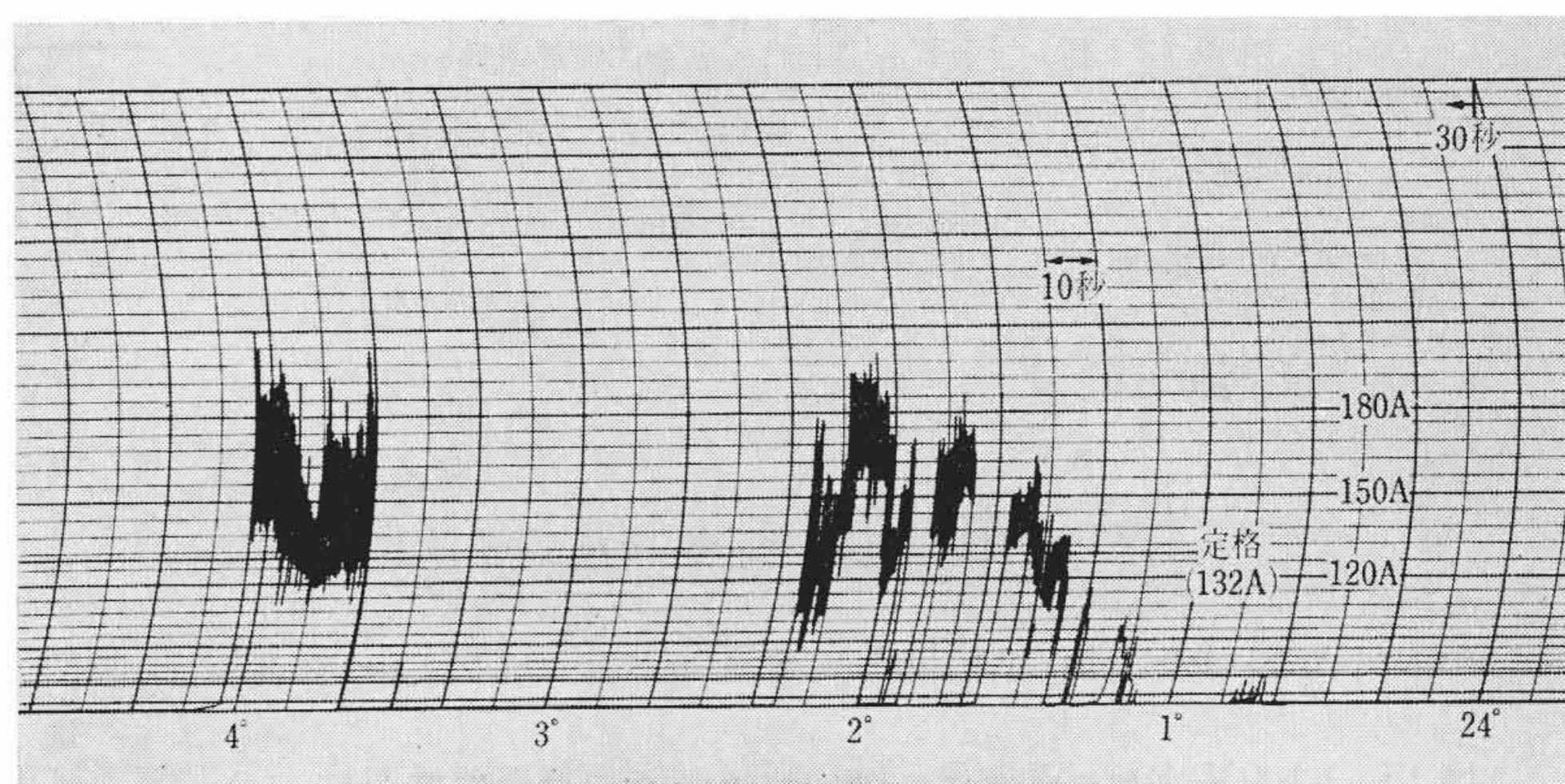
設定変更の結果図 17 に示すように電動機の負荷電流はほぼ定格値の 132A におさまった。200 kW ドラムカッタ稼動中の状況は図 18~20 に示すとおりである。

5.4 作業成績による 90 kW と 200 kW の比較

作業成績による 90 kW 標準カッタ、90 kW オートフールド部付および 200 kW の対比をまとめて表 8 に示す。

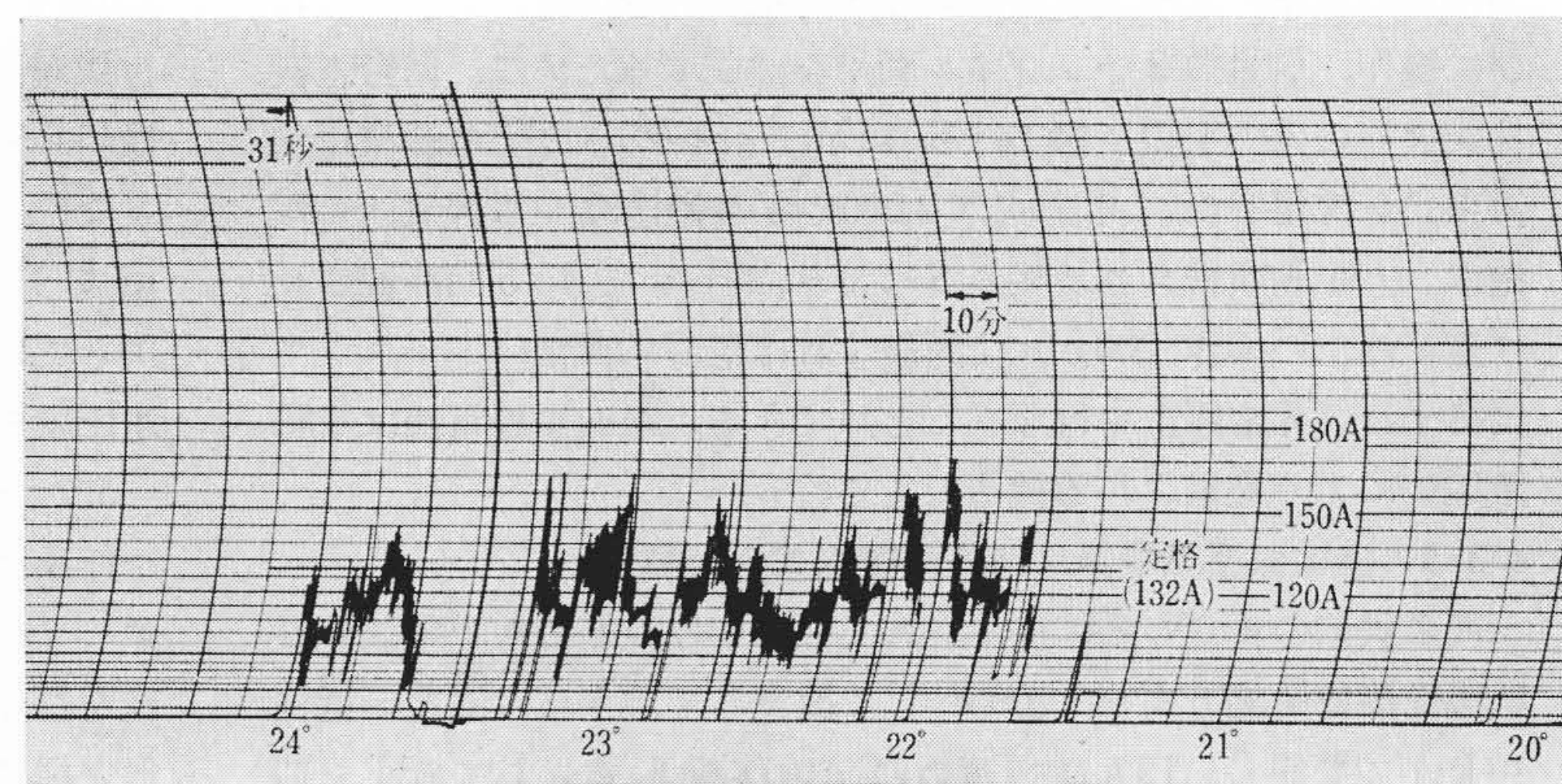
なおその使用払における代表的炭柱図と切截部位を対比して図 21 に示す。

表 8 に関連して作業分析からの対比をまとめると表 9 のようになる。また前出の表 7 より切截ボタ厚さと切截速度の関係を示すと図 22 のようになる。本図には左 1 片払でオートフールド付 90 kW のものの記録をも参考のために併記してある。



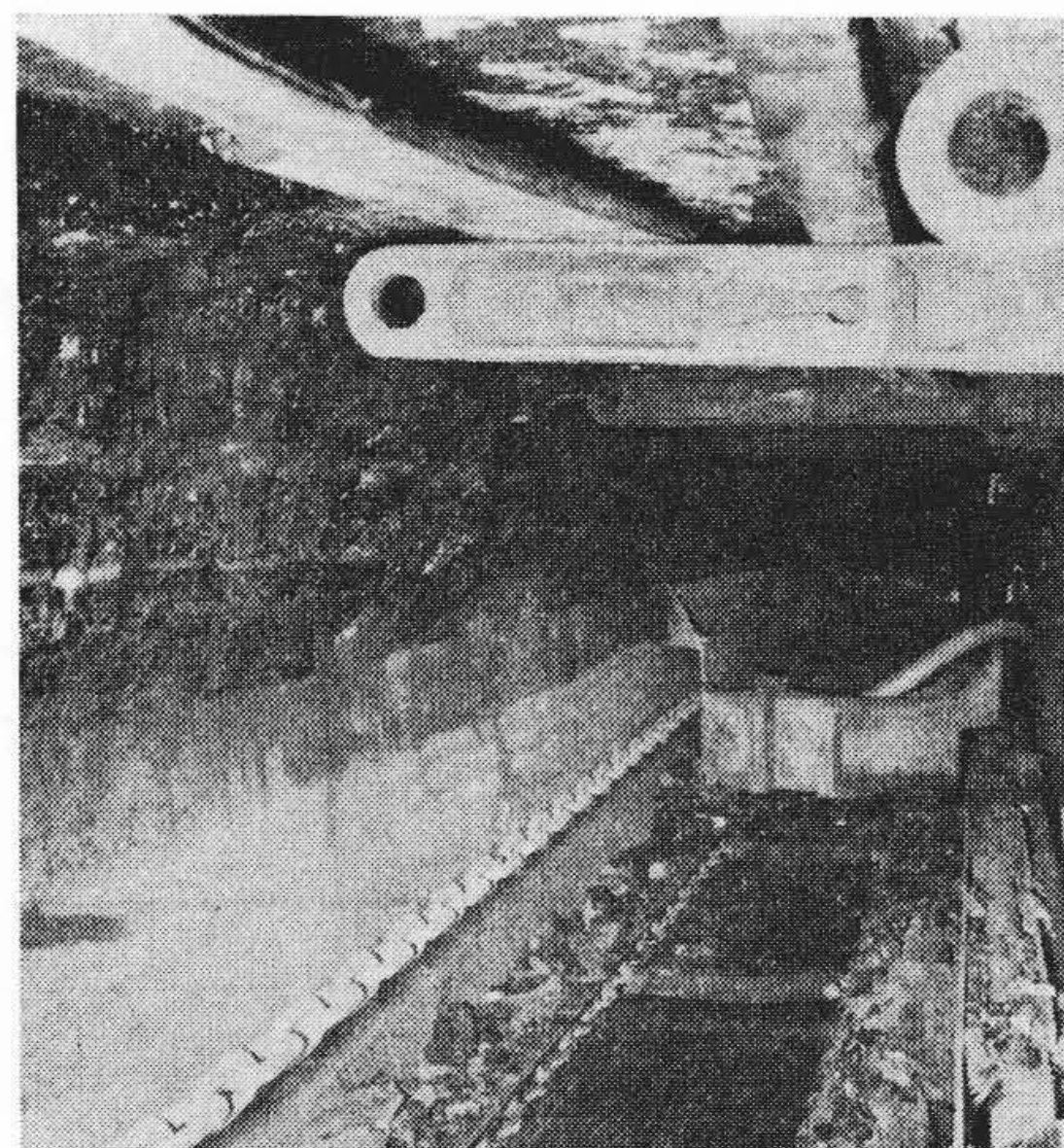
(40-12-30 自動制御電流制限 100% 時)

図 16 200 kW ドラムカッタロード電流記録



(40-12-30~31 自動制御電流制限 90% 時)

図 17 200 kW ドラムカッタロード電流記録



(下方にボタ多く、ピック回転の跡が残っている)

図 18 切截開始前の状況

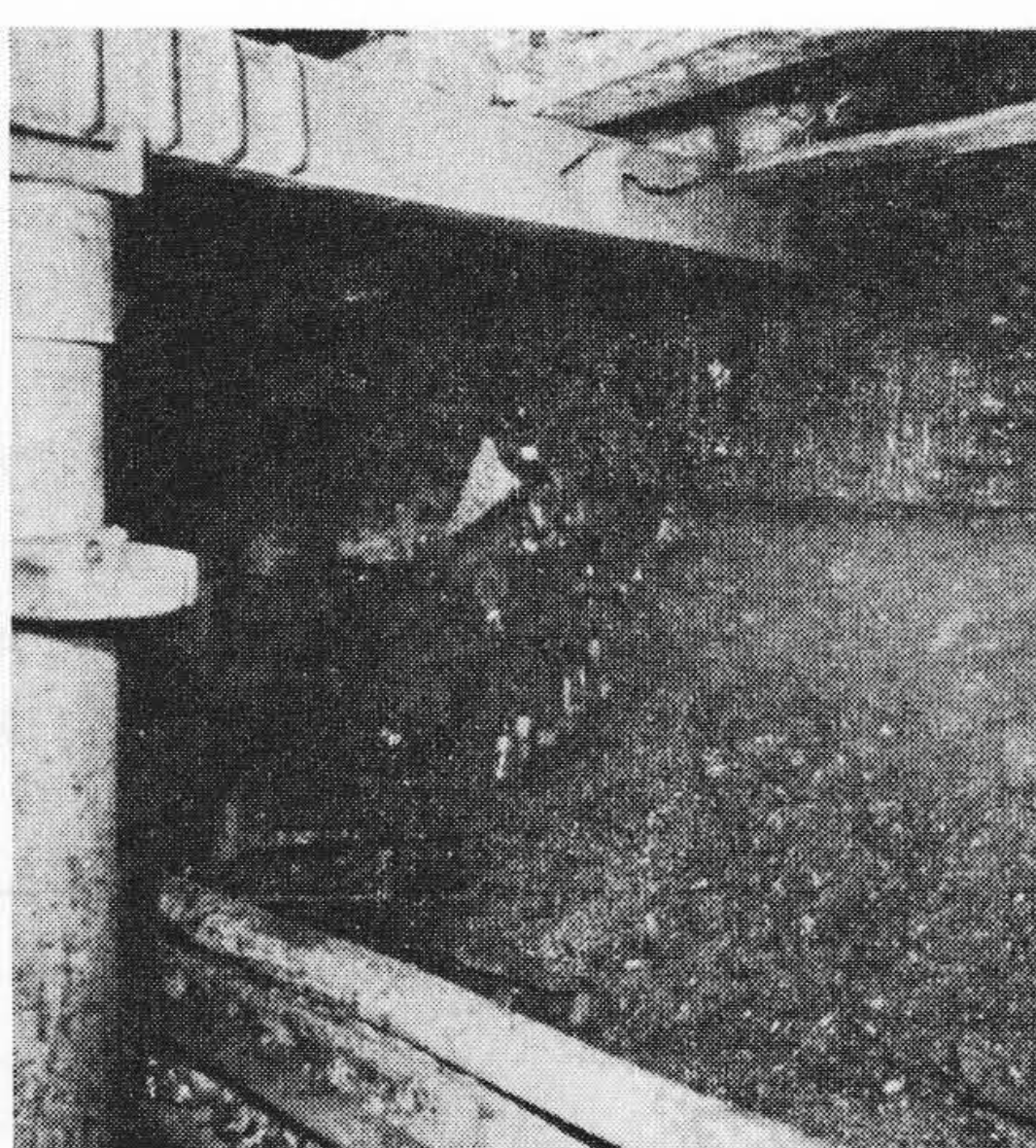
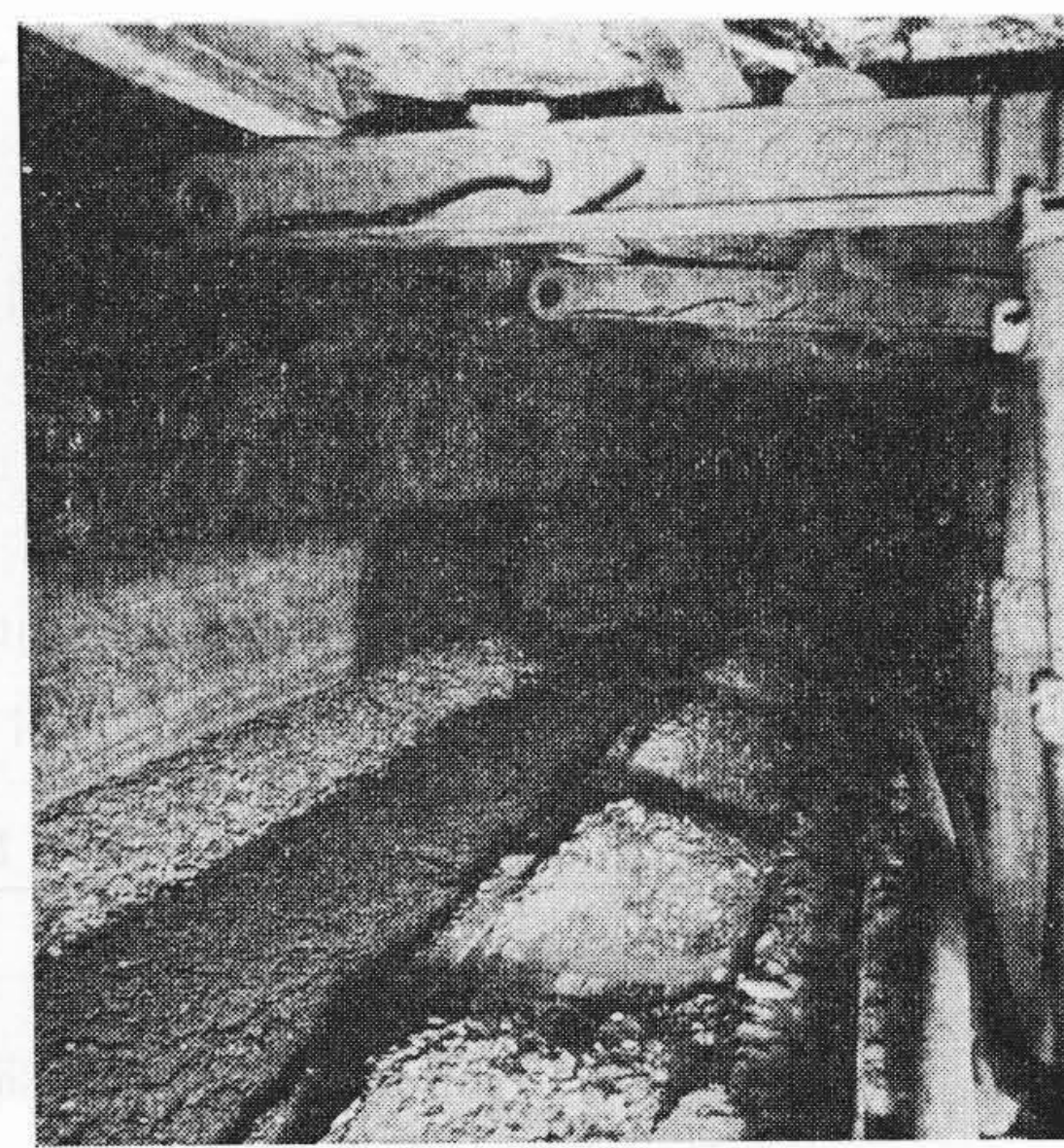


図 19 切 截 中



(吊炭が崩落しないで残っている)

図 20 切 截 後 の 状 況

表 8 作業成績による対比

		90 kW 標準	90 kW + オートフールド部	200 kW
年	月	40.3	40.10	40.12
払	長	左 1 片 250	左 1 片 250	右 0 半片 200
稼働人員	人/方	40.6	48	40.8
出炭	t/方	305	472	99
払総員能率	t/人方	6.65	9.84	1.97
1時サイクル間	所要時間 分/C	300		330
	休止時間 分/C	19		172*
	計 分/C	319	212	502
進行	切羽進行 m/方	0.84	1.18	0.45
行	サイクル C/方	1.20	1.67	0.64

(註) * 休止時間はコンベヤ停止による

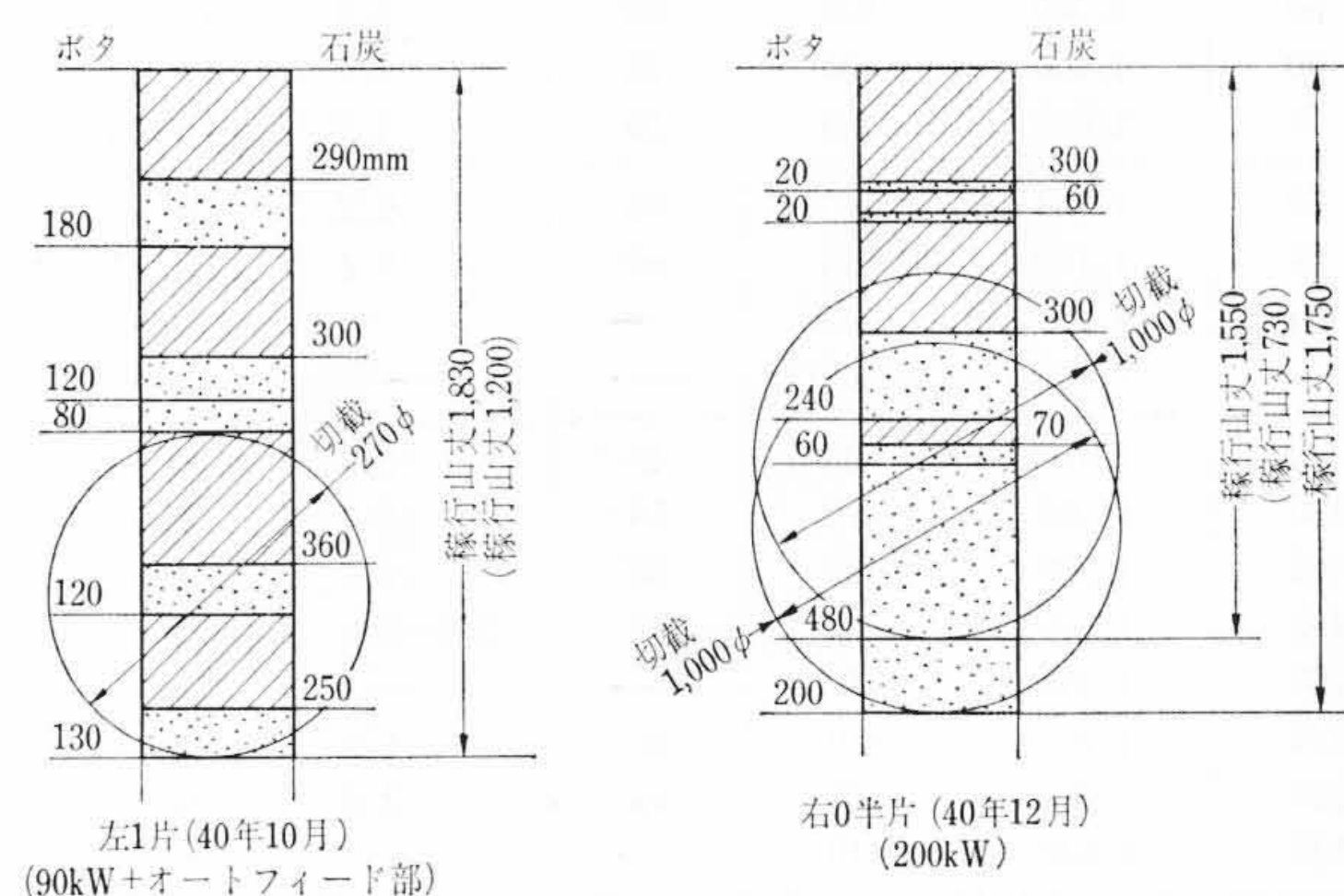


図 21 切截炭層の比較

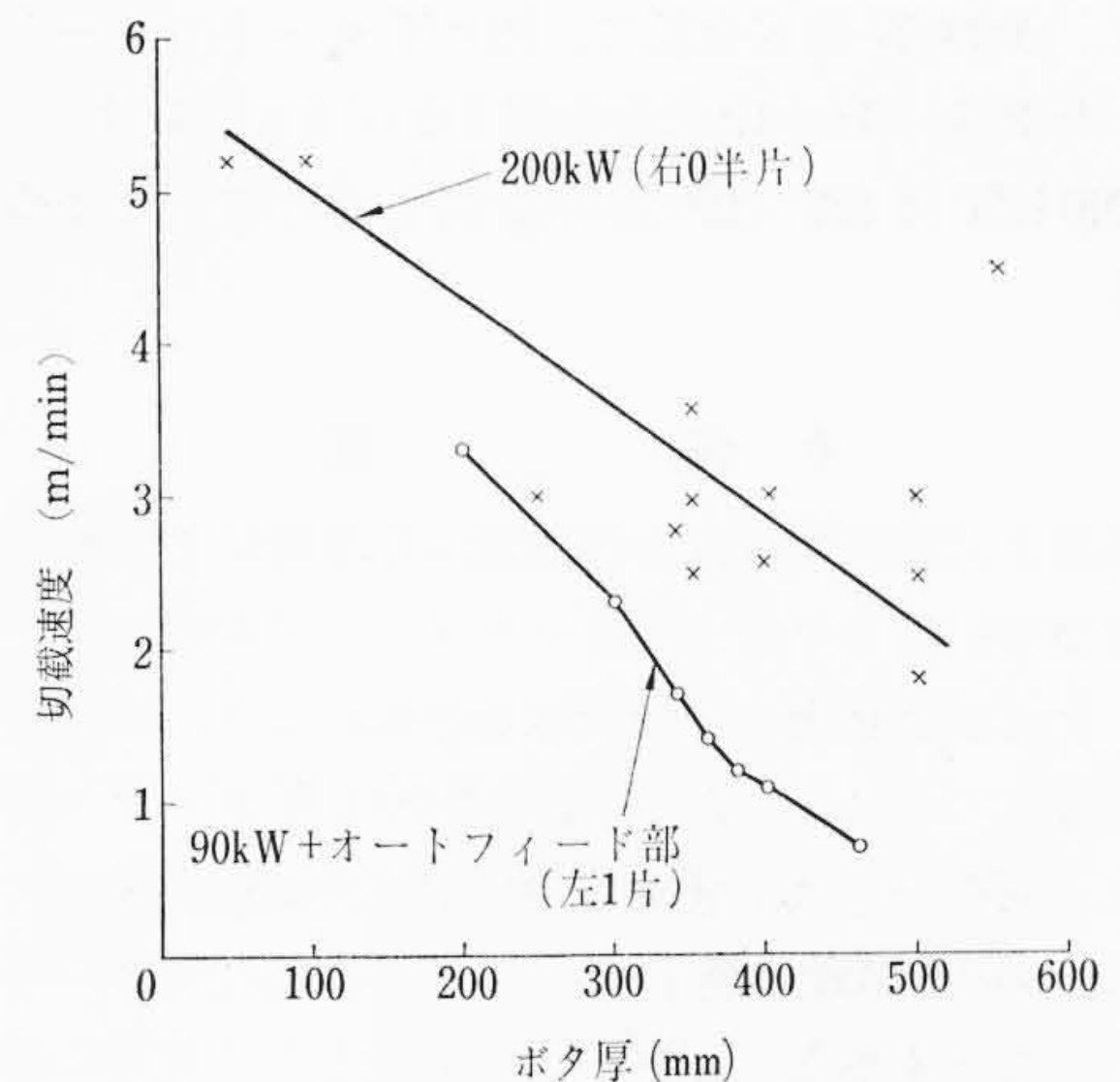
表9 作業分析による対比

		90 kW 標準 (40.3)	90 kW+オート フィード部 (40.10)	200 kW (40.12)	備 考
速度	切 裁 m/分	1.74	3.5	0.7 (1.8)	() は停止 時間を除く
	積 込 m/分	2.75	4.7	2.4 (4.6)	
運転 状況	負荷電流 A	200~250	150	130~140	200kW の温 度は外周部 の温度を示 す
	温 度 ℃	過 負 荷 110 (油温)	50 (油温)	70 カッタ部 70 フィード部 50 モータ部 50	
1所 サ要 イ時 ク時 ル間	切 裁 分	148	70	293*	注* 200kW はコンベヤ 停止による 停止時間が 172 分ある
	肩 待 ち 分	43	45	41	
	積 込 分	78	50	84	
	深 待 ち 分	50	47	84	
	計 分	319	212	502*	
電動機起動停止 回 数 回/日		600	200	150	200kW は 41.1 の記録で ある

古賀山鉱業所にては表8に示すように、900 kW 標準ドラムカッターロードから、そのフィード部のみをオートフィード部にかえて稼動した結果、1 個月間単一切羽よりの大量出炭の日本記録を 40 年 9 月に達成、さらに同年 10 月にこれを更新した。表8に示すように 1 方当たり出炭は、90 kW 305t/方に対しオートフィード付 90 kW は 472t/方と 155% に出炭が増大している。しかるに 200 kW 導入結果は 99t/方 (40 年 12 月) と 90 kW の 1/3 に減少している。また 40 年 12 月以降の稼動実績をオートフィード付 90 kW を使用した左 2 片払のものと併記して示したのが表 10 である。12 月に比べ成績は向上したものの他の左 1 片、左 2 片に比べては減少している。

この結果を検討する前に出炭の悪い原因を考えてみると以下のことが考えられる。

- (1) 表7および図21で判明するように、200 kW はその導入切羽の炭層賦存状況が悪化しかたい多量の下磐ボタ切截を余儀なくされている。
- (2) 表8に示すように故障時間が 172 分と多い。この故障時間は 200 kW ドラムカッターそのものではなく、ゲート片磐坑道が長くそれに設置されているダブルチェーンコンベヤ 4 台、ベルトコンベヤ 5 台と多段運搬されているため、その積替部分の炭づまりなどコンベヤの故障によるものが大部でその改善が必要である。
- (3) 200 kW, 1,100 V 用ケーブルに対しては搬送制御を行なうなどその小径化につとめたが、それでも仕上外形 58φ のためケーブル台車に巻込むことが容易でなく、カッター速度を押える原因となっている。またケーブル積込作業のため切羽の山たけを低くすることができず、下磐ボタ切截を余儀なくされる。
- (4) ボタ切截は切粉が小さくなり、プラウ上での流れが悪く切



(三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所にて)

図22 切截ボタ厚さと切截送り速度との関係

粉づまりの現象を生じ抵抗を大とし、切截時の冠炭が崩落しないことはこれをいっそう助長した。

(5) ボタ切截のため粉じん発生量は多く、これを押えるため 45 l/min の散水を行なっているが、それでもやや不足気味である。これを多くすると切粉が粘って切粉排出の抵抗を高める。ために作業環境は悪く作業者の作業能率を落とす原因ともなる。

以上が原因して出炭減少を示しており、特に(1)、(2)、(4)が主要因である。

200 kW ドラムカッターロードの効果をもと結果から考えてみると、表7および図21のような下磐ボタ切截を行なってもなお 2~3 m/min の切截を行なっている。図22で 90 kW オートフィード付と比較すれば、ボタ厚さ 400 の所で 200 kW は 2.8 m/min, 90 kW オートフィード付は 1.1 m/min となり、200 kW は 90 kW に比し、254% の値を示している。

また表9に示すように電動機の起動回数は切截物の硬化にかかわらず非常な減少を示し、オートフィード部使用だけで従来の 90 kW の 1/3 に減少し、200 kW 採用によりさらに 3/4 減少した。これは出力が増大したために電動機に余裕ができ、電動機がストールすることがなくなったことと、オートフィード部の自動制御効果が現われてストールするような過負荷状態にならないことを示している。そのため機体温度も油温も高くならず 50℃ 程度で、有効に作動していることを示している。

これらより 200 kW の効果は十分にみとめられる。また表 10 に

表10 払・月別・日平均ドラムカッターロード稼働実績表

項目		人 員	進 行	出 炭	能 率	カッティング	ローディング	走 行 計	D. C. 運	H. C. 運	カッタ平均速度
払 別	月例	(人)	(～)	(t)	(本/人)	(m)	(m)	(m)	転 時 間	転 時 間	(m/min)
左 1 片払	40/9	148	4.67	1,257	8.51	1,164	1,168	2,333	9.8	13.1	3.97
	40/10	144	5.19	1,494	9.95	1,303	1,296	2,599	10.1	14.0	4.03
左 2 片払	41/1	97	3.26	534	5.46	716	710	1,426	9.0	11.8	2.64
	41/2	94	5.33	655	7.40	802	796	1,598	8.5	12.8	3.12
右 0 半片払	41/1	112	2.21	417	3.71	643	644	1,287	7.6	10.0	2.94
	41/2	110	3.22	385	3.51	641	644	1,285	7.9	10.7	2.72
	*	116	1.73	219	1.89	358	333	691	8.0	9.8	1.44
	41/3	119	2.80	282	2.36	559	561	1,119	7.9	11.5	

(注) 1. 各払条件は下記比較表とおり

	山 丈 (m)	炭 丈 (m)	払 長 (m)	備 考
左 1 片 払	1,830~1,870	1,200~1,230	250	後退払, ゲート坑道, 運搬設備良好
左 2 片 払	1,620~1,600	1,010~0.840	200	後退払, ゲート坑道, 払跡にて悪化コンベヤ多段運搬
右 0 半片 払	1,450~1,560	0.590~0.870	200	前進払, ゲート坑道不良, 長大, コンベヤ多段運搬

2. 使用カッターは左1, 左2は 90 kW オートフィード部, 右0半片払は, 200 kW。ただし * 印は 2 月 16 日より 2 月 19 日までの 4 日間 200 kW 故障のため 90 kW + オートフィード部を使用した実績を示す。

示すように、200 kW 導入の払で、90 kW オートフィード付を余儀なく使用した2月、16～19日の出炭219 t/日と比較すれば、それと同一払で200 kWは129～190%の出炭を示している実績からも明らかである。

6. 結 言

本機は引続き三菱鉱業株式会社古賀山鉱業所にて稼動中であり、稼動結果は200 kW ドラムカッターローダとしての能力を十分に発揮している。ただ炭層状況の予期せざる悪化により、出炭の面では所期の目標を達成できなかったが、従来の90 kW ドムラカッターローダではほとんど切截できない悪条件の炭層での切截が可能で、従来の90 kW に比べ切截困難の発生やその補助作業ならびにそれによる工程のみだれなども少なく記録的大容量機として高速に稼動し著しい出炭増加を行ない得る見通しは十分に確認できた。

また高電圧の問題は、保安監督局の特別な許可を得ているが、本実績により今後採炭機は大容量化への方向をとり機械性能向上に大きく寄与するものと考ええる。

なお今後の問題として、採炭機運行速度の上昇に伴い、それに応じる付帯機器や作業、たとえばケーブル操作の機械化やコンベヤ容量の増大や、本機を含めたその移設作業、支保やステーブル作業の改善あるいはその機械化などわれわれに課された問題は多々あるがこれらと取り組んでいっそうの採炭能率の向上を図らねばならない。

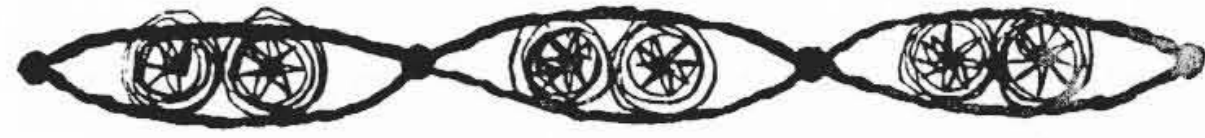
終わりに本設備の実用化について示された関係各位の熱意と努力に対し感謝の意を表すとともに、積極的ご支援を賜った通産省鉱山保安監督局、資源技術試験所に対し深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 日本石炭協会生産部：採炭切羽調査表，39年3月
- (2) 炭鉱技術：21巻6号，41年6月
- (3) 国際石炭大会：講演7，1963年(38年)10月
- (4) 浜田：九州炭鉱技術連盟会誌，18巻8号，40年8月
- (5) Dalziel：Trans. AIEE, 65. (1946)
- (6) グリュックアウフ(日本版)：11巻5号，37年7月
- (7) 斎藤：資源技術試験所北海道支所実験



新 案 の 紹 介



登録実用新案 第753794号 (特公昭39-15977)

菊 地 誠 一

油 面 計

変圧器などの油入電器に用いるコンサベータの高さの制限に伴い油面計のフロート変動範囲が制限され、指示範囲が狭くなる場合には、遠方から確実な指示量の判読が困難になることが多い。

この考案は、特別な拡大装置を用いることなく指示範囲を大きくするため図1に示すように、一端へコンサベータ1内の油面に応動するフロート4を連杆5を介して取り付けしたフロート軸3の他端側にマグネット6を取り付けて油面計ケース2の外面对應するように配置して軸受7, 8により支持し、ケース2内面に指針10の軸11をフロート軸4とLだけはずれた位置に対応させて目盛板9や軸受12にて支持するようにするとともに指針軸11に設けるマグネット13にフロート軸3側のマグネット6より磁極端面が短く形成したものをを用い、これら各マグネットの一磁極端面を互いに対応させ、対応

しない各マグネットの磁極端面へ各軸3, 11の変位を防ぐ平衡用マグネット14, 15を設けて油面計を構成したものである。

この考案によれば、図2に示すようにコンサベータ1内の油面の変動範囲をhとした場合、フロート4を設ける軸3とともに動くマグネット6の動作範囲は α° であるが、フロート軸3よりもLだけはずれた位置に設定してある指針軸11に設けたマグネット13のストロークは拡大され変動範囲は β° になるから、それだけ指針10の指示範囲を拡大して遠方からの判読を容易にすることができる。

(白土)

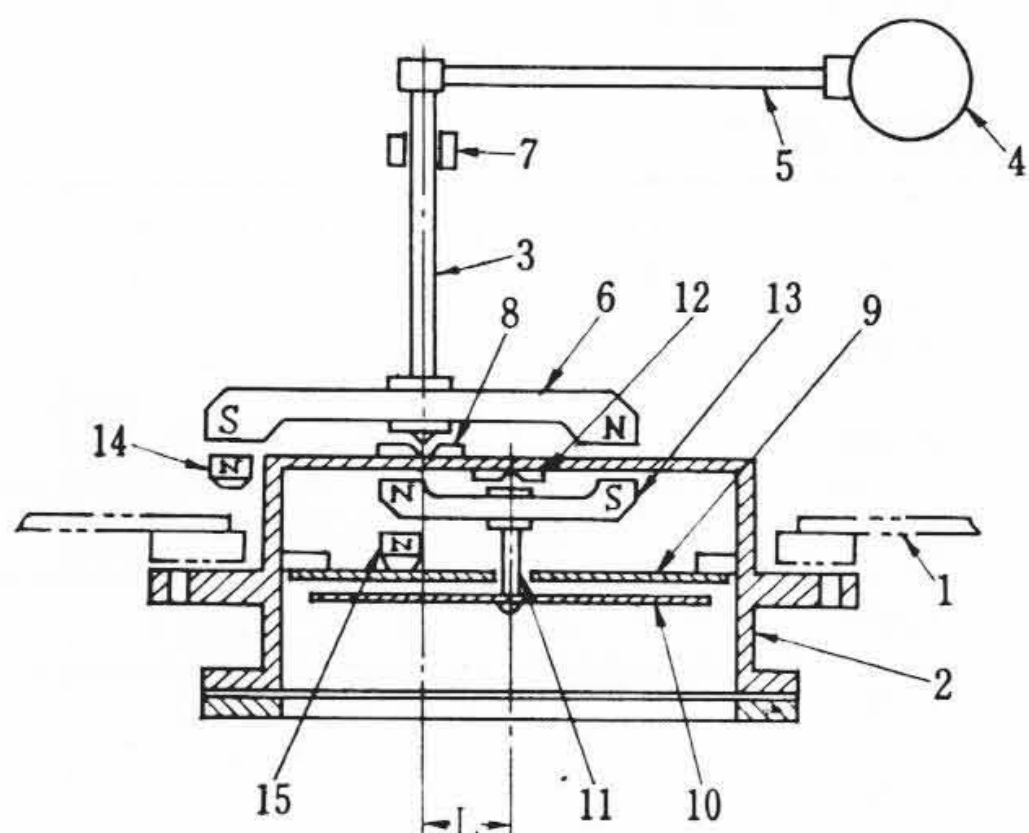


図 1

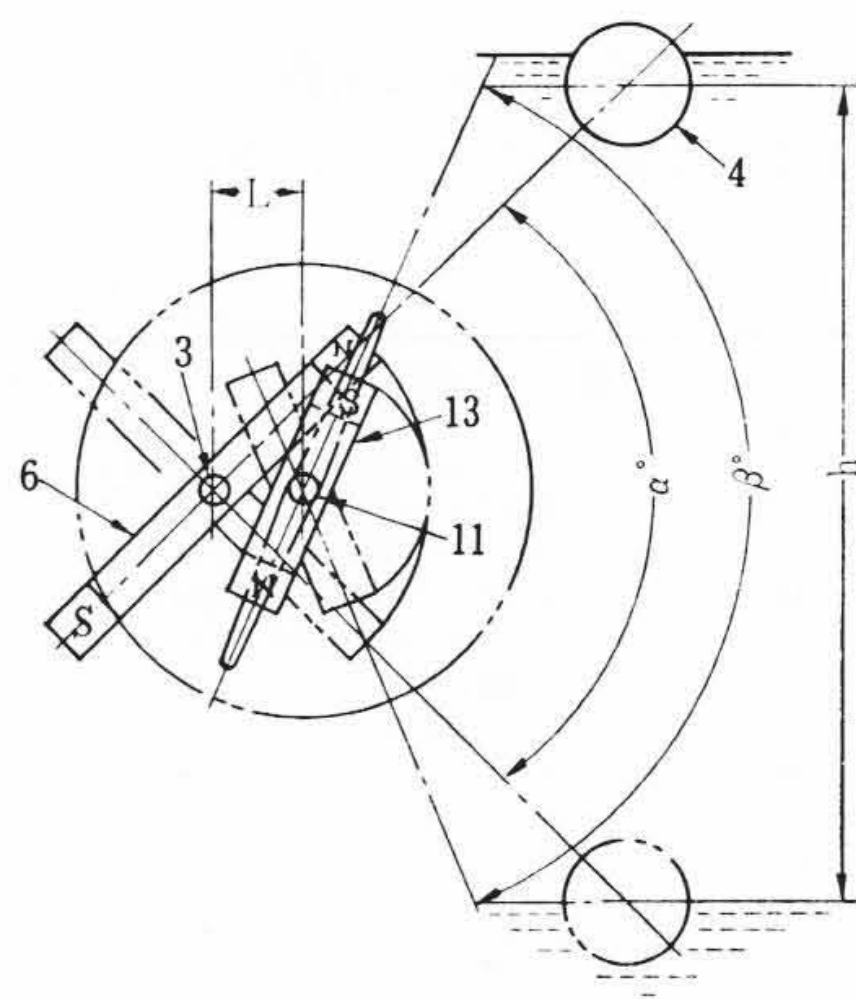


図 2