

表7 爆薬の国内生産並びに輸入状況

年	昭和																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	2	3	4
輸入 (トン)	970	900	560	1,268	642	1,185	618	730	377	902	1,409	900	1,181	1,208	987	787	571
陸軍 (トン)	1,000	1,120	1,360	1,950	1,927	1,897	1,873	1,211	1,213	1,221	1,000	1,005	1,410	1,600	1,700	1,750	1,817
日本火薬 (トン)	107	478	533	703	766	1,236	1,411	1,607	1,804	2,110	2,260	2,709	2,992				
日本カーリット (トン)						2	60	120	180	240	300	300	300	400	500	749	
帝國火薬工業 (トン)													300	800	1,200	1,350	1,463
計 (トン)	1,970	2,020	1,920	3,218	2,676	3,560	3,026	2,704	2,476	3,539	4,060	3,752	4,995	6,018	6,547	7,096	7,592

表8 爆薬の消費別使用状況

	ダイナマイト (トン)				黒色火薬 (トン)				その他 (トン)		合計 (トン)
	金鉱山		非金鉱山		金鉱山		非金鉱山		計	計	
	石炭	計	石炭	計	石炭	計	石炭	計			
大正12年	870.61	763.48	11.26	1,645.35	9.26	105.52	0.55	115.33	143.02	1,903.70	
昭和3年	1,589.56	645.73	51.94	2,296.23	14.18	23.99	0.13	38.30	2,097.95	4,432.48	

坑内霹靂轟然トシテ多少磐石ヲ毀碎スルナリ」とある⁷⁾。このさく岩機の能力は「加背縦5尺横5尺ノ坑道ヲ昼夜掘進スルコト實際1尺ヲ出デズ」である。そして明治13年1月から翌年6月まで18ヶ月稼働350尺(106m)を掘進したが、その後は岩質が変化したため中止したという。蒸気罐の燃料としては尾去沢鉱山で発見採掘した石炭を使用した⁷⁾。明治19年(1886)足尾銅山でシュラム式、22年生野鉱山でドイツ製エーガー式、23年佐渡鉱山でインガソルエクリップ式、25年別子鉱山でシュラム式さく岩機を採用した³⁵⁾。

明治29年(1896)開坑の北炭焼内鉱では当初手掘りで発破には黒色火薬を使用した。それでも当時一般に用いられたこそく鑿とやっとう槌(せつとう槌という文献もある)だけのこそく掘に比してすぐれていたが、間もなく圧縮空気動のフロットマン製小型さく岩機を、32年には同社夕張鉱と空知鉱でインガソル製ウォーターライナーさく岩機を使用した。さく岩機は昭和2年209台、12年251台、24年509台に達した³⁵⁾。当初は手掘も並用した。手掘りは岩壁に2尺から6尺の鋼製鑿をやっとう槌でコツコツ掘って発破孔を作る。

炭層の場合は図9の如く先づ炭壁と下盤の間にすかしを入れる。せん孔は3尺で1本あけるのに約20分これを6~7本あける。この外に発破孔としてあげ孔、もく孔、おとし孔をあける。その種類によってやっとうの振上げ方、鑿の握り方もちがひ技術を要する。発破孔をあけると発破小頭に発破をかけてもらう、発破小頭は渦巻線香を持ち歩いて発破をかけた。ガスがあると着ていたはんてんを脱いでバタバタおあってガスを払ったという。手掘りがなくなったのは昭和5年(1930)頃であった³⁶⁾。

4.6.2 運搬

鉱石の運搬を人の肩を用いなくて馬により運搬するようになったのはイギリスでは1763年である。1789年には炭鉱用に車輛付トロッコが実用化され、1843年には女子の背中で石炭を運搬することが禁止された³⁹⁾。日本においては明治3年

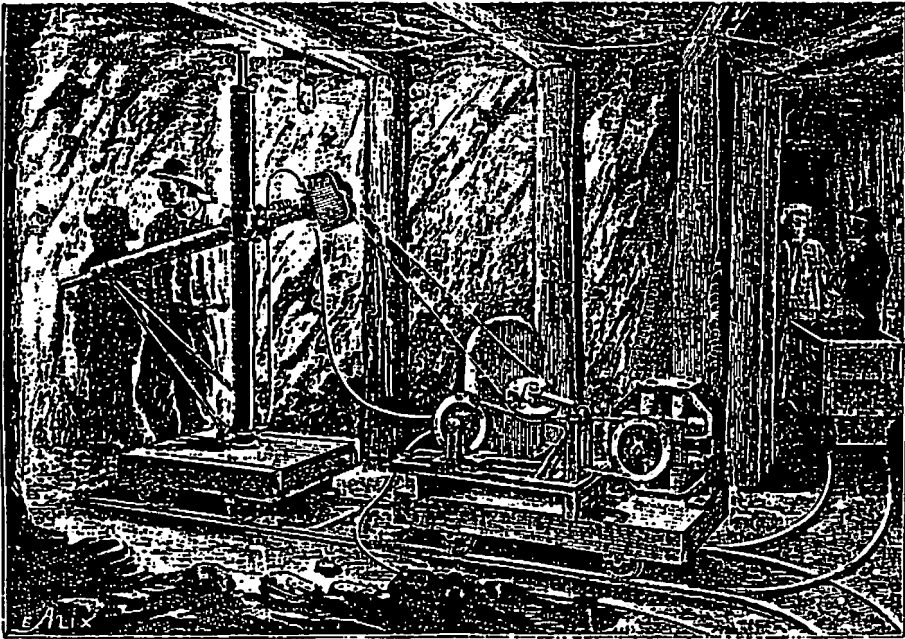


図 8 1880年代のさく岩機の一例
T. C. Martin & J. Wetzler : The Electric Motor and its application (1888) より

(1870)佐渡で英人ガワーにより縦横の坑道が開かれ水平坑道には軌道が敷設された。

この軌道は鉄面皮と呼ばれ、三寸角の松材を表幅3"側高3"の角鉄で掩ったものを用い、鉱車は木製の箱に鑄鉄製の車輪を、運搬動力は人力または馬によったという⁵¹⁾。三井三池大浦鉱では明治11年(1878)ざると天秤棒に代って坑内運搬を炭車に代えた。尾去沢では明治12年から鉱車を使用しているから、その頃から人力による運搬は次第に影を潜めたものと思われるが、機械による運搬といっても全くお粗末なものであった⁹⁾。北海道の炭鉱では初期には水平坑道は馬、斜坑は自動昇降器が使用された。これは石炭を積んだ実車の下降する力を利用して空車を引上げる動力を持たない運搬具である。

石炭を5分トロ(0.5トン入りの炭車)に積んだものを実車という。従って自動昇降器はブレーキがあってもとめる力はない。掉取りが一車一車に飛乗りわらじで車輪を摩擦して止めるから、目測を誤ると先の実車に衝突脱線転覆する。このように掉取りの技術はむつかしいので「掉取様か神様か」といわれたという⁵⁶⁾。大正7年(1918)までに三菱美唄には30~35馬力の蒸気捲揚機、15~50馬力の電気捲揚機が導入された。昭和5~7年に切羽運搬に直結コンベア、チェーンコンベアが入り運搬機械ではテール捲が加わった。30馬力のテール捲の出現により昼夜今まで10頭の馬による坑内運搬は全くなかった。昭和10年代になり切羽運搬に

チェーンコンベア、片盤運搬にベルトコンベアが使用されるようになった。切羽運搬機械の出現によりせいぜい10~15人位の切羽を30~35人もはいる長壁式払採炭を可能にした⁵⁶⁾。

4.6.3 電気発破

(1) 電気雷管

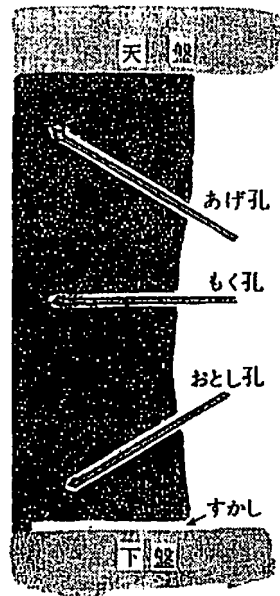
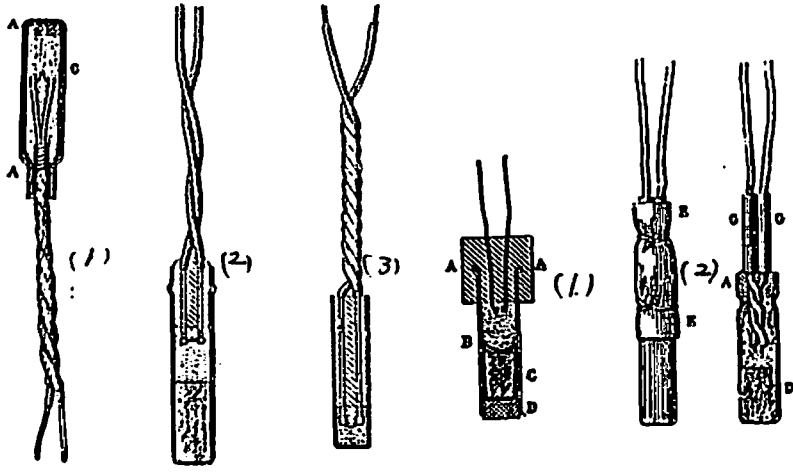


図 9 炭鉱におけるせん孔



- 〔電橋式〕
- (1) Gerard
 (2) Rand Powder Co
 (3) Siemens
- 〔スパークギャップ式〕
- (1) Dynamite Nobel Soc. (Hamburg)
 (2) French Soc. of Dynamite Nobel

図 10 1880年頃の電気雷管の構造
 P. F. Chalon Tirage des Mines(1888) より

現在わが国で電気発破は全発破の95%以上を占めるがそれは戦後しばらくたってからのことで、それまでは殆んど導火線発破であった。導火線発破には次の欠

点がある。
 (a) 斉発発破ができない
 導火線が燃焼する時間は使用する黒色火薬のロット

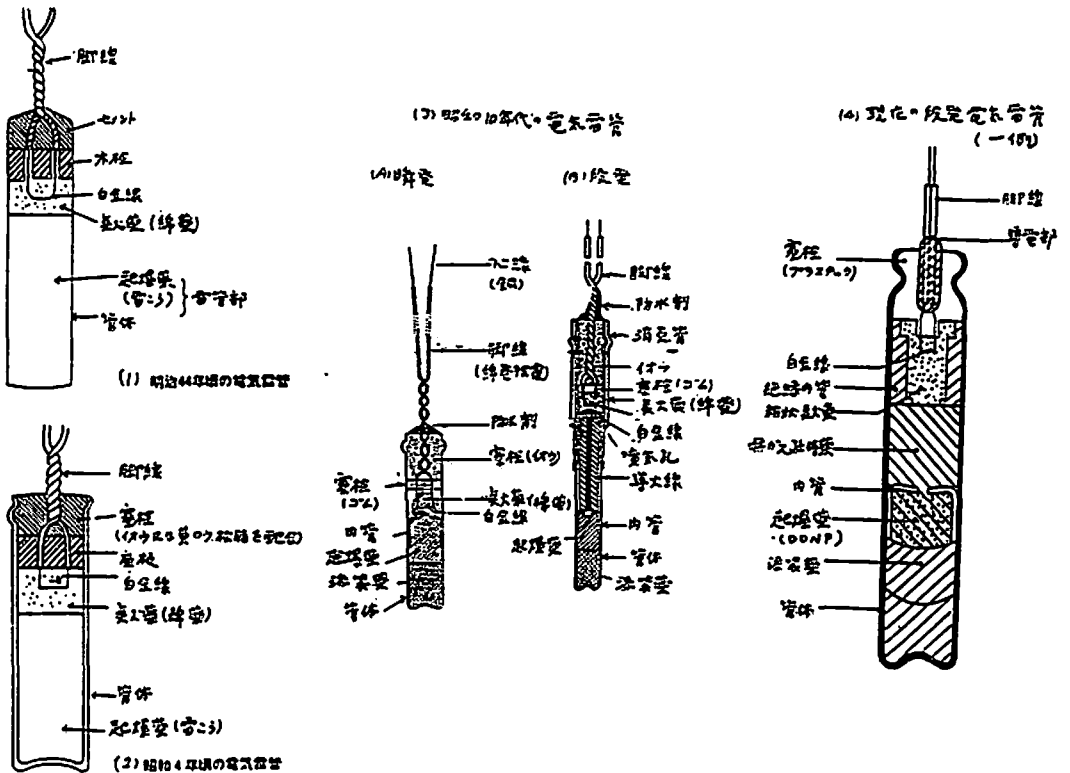


図 11 電気雷管の変遷

により、また同じロットの火薬を使っても燃焼する時間にばらつきがあり、段々破はできるが斉発々破はできない。これは発破によって非常に不利なことがある。これに対し電気発破では斉発々破も段々破も可能である。

(b) 導火線は一般に鋸夫が線香で点火するので、作業員は点火し終るまで発破現場に留まっていなければならない。

作業員が点火終って安全な個所に退避するまでの時間の余裕を考えて、導火線を適当な長さに切断して使用する。しかし時としては点火に手間どったり導火線が予定の時間より早く燃えることにより、作業員が安全な個所に退避しない内に導火線が燃え終って爆薬が爆発して点火手が死傷することがある。Bickford 導火線を使用して以来この種の事故は大巾に減少したが今なお跡をたたない。電気発破では発破現場から遠く離れた安全な場所でスイッチを入れるので安全な作業ができる。

(c) 発破現場には水が多いので導火線を雷管に十分に締付け、かつ締付部に防水剤を塗布しても締付部から水がはいり不発になることがある。

(d) メタンや炭じんの多い炭鉱では点火時の導火線の始発火災によりメタンや炭じんに着火して爆発事故を起すことがある。

これに対し戦前の電気発破には次の欠点があった。

(a) 締付部や脚線の被覆が不完全で没水し不発になり易い。

(b) 電気発破器その他の付属機器の性能が悪く、多数斉発ができずまた不発を起し易い。

(c) 電気に対する作業員の知識が低く取扱上のミスにより事故を起し易い。

従って従来使い馴れている導火線発破を欠点を承知の上で採用していた。

電気雷管には種々の形式があるが、わが国では内部

に取付けた電橋(白金線)に電流を流すことにより電橋を灼熱させて、その熱により点火薬を燃焼させる電橋形式が古くから採用されていた。この電橋型は1832年イギリスのHairが発明したものである。外国では現在はマッチヘッド方式が多く用いられる⁵⁰⁾が以前は図10の如く電橋式又はスパークギャップ式が用いられた⁵¹⁾。戦前の電気雷管は図11(1)~(3)のように⁵²⁾脚線を電気雷管に固定するために固定部(塞栓)にイオウやセメントを流し込み、その下の板(木栓やゴム)を抑えた上に防水剤を塗布した。塞栓は図11(1)から(3)のように逐次改良されたが、それでも水のある個所で使用する時には没水しやすい上に、脚線は当時綿糸被覆だったので耐水性が乏しかった(現在はビニール被覆)。また通電後瞬間的に雷管部が爆発する瞬発電気雷管と、一定時間後に爆発する段発電気雷管があるが、戦前の段発電気雷管は図11(3)Bのように点火薬と雷管部の間に適当に切断した導火線を取付けたものである。しかし導火線を電気雷管に内蔵させると、導火線の燃焼時発生するガス圧により段発電気雷管は所定の燃焼時間より早く爆発する。そこで図のように導火線の燃焼ガスを外に出すガス抜き用噴気孔がある。この部分からも没水し易い。これに対し現在の段発電気雷管は図11(4)のように無ガス延時薬を使用するので噴気孔はない。戦前戦後の電気雷管の構造を第9表に示す。

(2) 発破付属品

(a) 発破器

電気雷管を発火させる電源は現在は電気発破器(通常発破器という)が用いられるが、戦前は乾電池、蓄電池または電灯線、電力線などを利用する方法も採用された。しかし電池式は乾電池1個で起電力1.5ボルト程度であるから電池1個では電気雷管は発火せず、2個用いて初めて1個の電気雷管が起爆できるように斉発数ごく少数に限られる。また交流電源を利用する後二者は取扱が不便の上に均一な電流を供給できな

表9 戦前戦後の電気雷管の構造比較

	戦前の電気雷管	戦後の電気雷管
脚線部	錫メッキした銅線または鉄線を綿糸で被覆または裸線のまま	銅線をビニールで被覆、静電気による暴発防止のための機構を内蔵
塞栓部	セメントと木栓を使用、またはゴムにイオウを流し込む	プラスチック
点火薬	繊維状綿薬を挿入	点火薬を白金線に塗布するか白金線周辺に粉状の点火薬を挿入
延時装置	導火線を締め付けて外部に露出	無ガス延時薬を内部に挿入(噴気孔なし)
雷管部	当初は起爆薬(雷こう)のみであったがその後起爆薬の下に添装薬を圧入	起爆薬はDDNPに代わった

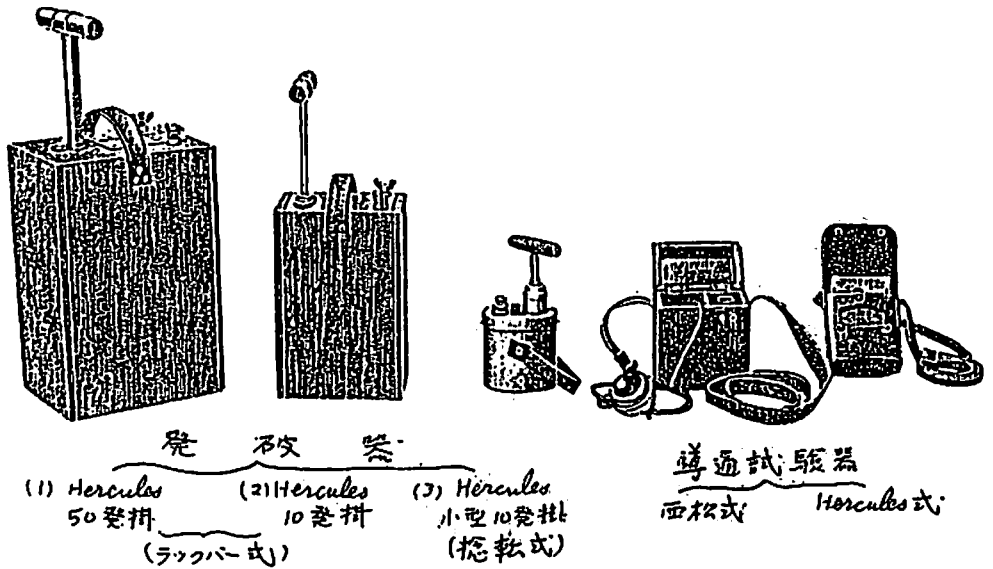


写真 2 戦前の発破器と導通試験器

いため、斉発性の信頼が不十分なので戦前でも一般に発破器が用いられた。明治時代から戦後昭和27年頃まで一貫して次の型の発破器が用いられてきた⁵²⁾。

(i) マグネット式

永久磁石の磁極の中で発電子を回転し電流を発生させるもので、その誘発される電気は交流である。発電電力が少量なので主として単発または6発以下の発破に用いる。

(ii) ダイナモ式

マグネットコイルによって励磁させる電気磁石を利用した磁極内で発電子を回転し電流を発生させるもので、電気は直流または脈流である、小容量の直巻式(シリーズ)と大容量の分巻式(シャント)とがある。

また操作方法により、分類すると次の如くである。

(1) ハンドル回転式

ハンドルを急速回転させ最大速度に達した時キーを押して発破回路に電流を通ずる。

(ii) ハンドル捻転式

ハンドルを半回転捻転し発電子を回転させると共に、ハンドルの停止位置で発電子は最大速度に達し、同時に短絡装置を開き発破回路に電流を通じる。この方法は最も多く用いられたが熟練を要し、手拭を絞るように廻せと我々は教えられた。

(iii) ラックバー式

ラックバーを急速に押下げ、または引上げる方法で、何れもその停止位置に達した時全部の発破回路に電流を通じる。

(iv) プルオーバー式

左または右に急速に動かして発電子を回転させ停止位置において電流を通じる。

(v) センマイ式

主軸にセンマイを取付けハンドルで十分捲上げた後ハンドルを抜きクラッチ軸に挿入し、クラッチを外すと主軸が回転し発電子を回転させる。

しかしこれらの発破器の操作には熟練と技術を要し、誰がやっても同じ能力がでるとは限らないし、当時の綿薬を点火薬とする電気雷管は電流が大きすぎると電橋が瞬間的に切れて、赤熱の持続時間が短かく綿薬に点火しない場合があるので、電橋が瞬間的に切れないで赤熱している間に綿薬に引火する程度の電流を流さなければならない。すなわち斉発する電気雷管数に応じて、発破器のハンドル操作を加減して電圧を調整し、適当な電流が流れるようにしなければならなかった。また戦争が激化するにつれて銅の統制が強化され、鉄脚線を使用しなければならなくなった。鉄脚線は銅脚線に比して電気抵抗値が大きいため、電気発破はやりたくてもできなくなった。

(b) 導通試験器その他

電気雷管は戦前戦後の製品を問わず電橋として細い白金線を用いるので製造中、運搬中に切れ易い。切れれば電流を流しても爆発しない。また湧水の発破現場では電気雷管の脚線と発破母線の結合部が水につかると電気抵抗値が増加して、所定の電流を流しても不発を生ずることがある。従って使用前に白金線断線の有無および発破回路の電気抵抗値を測定する必要がある。この測定器を導通試験器という。導通試験器は戦前か

ら使用するよう指導されていたが、現場では必ずしも実施していなかったようである。その他に坑内では敷設されたレールなどから電流が漏洩するが、漏洩電流によって電気雷管が暴発することがある。しかし戦前においてはこうした危険防止については全く無関心に作業が続けられた。戦前の発破器と導通試験器の一例を写真第2に示す⁵⁷⁾。

文 献

54) 日本化薬編:明日への挑戦(日本化薬70年のあゆ

み)

55) R. B. Hopler, Explosives 100 years ago, The Journal of Explosives Engineering.

56) 三菱美唄炭鉱労働組合編:炭鉱に生きる(岩波新書)(昭35)

57) 日本火薬製造網カタログ:爆薬と発破

58) 木村 真:カタログよりみた各国の工業雷管電気雷管について、火薬と保安 Vol 12. No4 (1980)

