

タイトル	戦間期石炭鉱業に於ける寡占構造の形成と資本蓄積 (三)
著者	大場, 四千男; 児玉, 清臣; OHBA, Yoshio; KODAMA, Kiyhomi
引用	開発論集(96): 147-195
発行日	2015-09-30

戦間期石炭鉱業に於ける寡占構造の形成と 資本蓄積 (三)

大 場 四千男*・児 玉 清 臣**

目 次

- 1 編 明治期鉄道輸送と石炭企業の経営史
 - 1 章 九州筑豊炭田と小規模企業の経営史
 - (1) 小規模炭鉱の乱立と選定炭田
 - (2) 財閥系大手炭鉱企業の形成
 - 2 章 石炭輸送技術の発達
 - (1) 石炭輸送の梗概
 - (2) 水路運搬技術の発達
 - (3) 鉄道輸送技術の発達
 - (4) 石炭積出港の建設

- 2 編 大正・昭和期カルテル協定と石炭企業の経営史
 - 1 章 大正期経済変動と炭鉱界の発達
 - (1) 第1次大戦期炭鉱界の好況
 - (2) 大戦後の炭鉱界の不況とカルテル協定の形成 (第94号)
 - 2 章 昭和期帝国主義政策と日満カルテル政策
 - 3 章 第2次大戦期産軍複合体制の形成と日満支石炭資本の確立
 - (1) 資材欠乏
 - (2) 人員不足と特異な戦時労働力
 - (一) 朝鮮人労働者の充足
 - (二) 勤労報国隊
 - (三) 女子の協力
 - (四) 華人、俘虜の就労
 - (五) 熟練技術者と技能者の不足

- 3 編 戦間期資本蓄積の形成回路と二つの技術革新
—— 電気動力と火薬を中心に ——
 - 1 章 技術革新の形成回路 —— 電気動力を中心に
 - (1) 電気動力のケースとエネルギー革命の展開
 - (一) 蒸気動力から電気動力への転換
 - (二) 電灯照明
 - (三) 一般電力利用

* (おおば よしお) 北海学園大学開発研究所特別研究員

** (こだま きよおみ) 鉱山研究者

- (四) 鉱山の電化
 - (五) 電信，電話の情報通信産業
- 2章 技術革新の形成回路——火薬類を中心に
- (2) 火薬類のケース
 - (一) 手掘技術から発破技術への転換
 - (二) 初期の火薬類——黒色火薬・導火線
 - (三) 産業用爆薬——ダイナマイト
 - (四) 炭鉱の安全発破——検定爆薬
- (第95号)
- 3章 技術革新の形成回路——さく岩機を中心に
- (3) さく孔機のケース
 - (一) 手掘技術から機械技術への転換
 - (二) さく孔機械——穿孔技術の機械化
 - 1. 手掘り穿孔
 - (1) 片手打ち
 - (2) 両手打ち
 - (3) 突きたがね
 - (三) さく岩機——さく岩技術の機械化
 - 2. 蒸気動衝撃式さく岩機
 - 3. 圧気動衝撃式さく岩機
 - 4. 打撃式さく岩機
 - (1) 回転機構
 - (2) インガーソルのエクリップ型
 - (3) サイドロッド結合方式(ランド式リトルジャイアントドリル)
 - 5. 電動さく岩機
 - 6. 回転式穿孔機
 - (1) 手動オーガー
 - (2) 蒸気動回転式穿孔機
 - (3) 電動回転式穿孔機
 - (4) 圧気動回転式穿孔機
 - (四) さく岩機の歴史的意義——鉱山業に於ける寡占構造の回路形成
 - 1. 明治期わが国への外国さく岩機輸入と鉱山業に於ける産業革命への回路形成
 - (1) 金属鉱山のケース
 - (2) 炭鉱のケース
 - (3) 鉱山業に於ける大量生産体制と大手企業の勃興
 - 2. 大正期にわが国に於けるさく岩機の発達と国産化による技術的自立過程
 - (1) 外国に於けるさく岩機および周辺の技術
 - (2) 大正期わが国に於けるさく岩機械の普及と合理化
 - (3) わが国に於けるさく岩機の国産化と生産の集中・集積
 - 3. 昭和期わが国に於けるさく岩機と標準型の発達
 - 4. 終戦後のさく岩技術の発達と大手企業の寡占化
 - (1) ビットの進歩——ハードメタルつきデタッチアブルビット
 - (2) 1人操作——軽量コラム，レッグハンマー
 - (3) 細孔径化
 - 5. さく岩機の大型指向と鉱山業に於ける産業基盤の自立過程
 - (1) 長孔さく孔と長孔発破採鉱法の普及

- (2) さく岩車の導入
- (3) 大口径さく孔機
- (4) 油圧さく岩機
- (五) さく孔機とさく岩機年表
- (六) さく岩機と採炭機械の重層的発達と寡占化への回路
 - 1. さく岩機と発破採炭——産業革命への回路
 - 2. さく岩機とコールピック採炭——寡占化への回路
 - 3. 鉄柱自走杵とドラム・カッタ採炭——現代大手炭鉱の技術基盤形成への回路
- (七) さく岩機と採炭の機械化類年表

(以上迄本号)

3章 技術革新の形成回路——さく岩機を中心に

(3) さく孔機のケース

(一) 手掘技術から機械技術への転換

硬い岩石・石炭の破碎に火薬が用いられ始めたのは17世紀からであるが^{注(1)}、その発破孔を穿つ作業は初め、たがねとハンマーによる手掘りであった。この作業を動力機械によって置き換えようとする試みは19世紀に入ってからであり、特にその後半は種々の改良工夫がなされた時期であり、バーレーのさく岩機(1866)はその代表的なものであった。

之がわが国の鉱山に導入されたのは明治14年(1881)、吉岡鉱山が初めて、以来20年代にかけて各鉱山に普及するが、機種としてはバーレーの他シュラム式などが好んで用いられた。いずれもたがねとピストンが連結している打撃数の少い圧気動さく岩機であった。

炭鉱はその扱う岩石・石炭が金属鉱山に比して軟岩であるから、その必要性は金属鉱山より乏しく、従って導入時期も遅い。炭鉱が初めてさく岩機を使用するのは明治31年(1898)、三池、夕張炭鉱で、いずれも立坑開さくと言った特殊用途からであった。

たがねとピストンを分離し、ピストンを早く往復させ、たがねの頭を叩く方式とし、中空たがねにより、エアブローのちウオーターブローとすると共に回転機構を組みこんだウオーターライナーさく岩機(1898)の開発によって、今日のさく岩機の原形ができ上がるが、之は直ちに輸入され、各所で好評を受け、機種の入れ替えとともに、この種の機械化をはかる鉱山も増えていった。

しかし未ださく岩機は重量も重く反動の激しい機械で、コラムに乗駕して用いるのが本流で、使用箇所も大型通洞や立坑開さくに限定されていたが、1904年フロットマンが手持さく岩機を開発してから、機動性に富んでいるため適用箇所が拡大し、特に体力の劣るわが国の諸鉱山では歓迎されることになる。小型手持さく岩機のわが国への導入は明治39年(1906)三池、田川

注(1)

1689, コーンウォール鉱山初めて黒色火薬を使用する。その前1627ハンガリー鉱山の説あり
1863, 遊楽部鉱山(鉛山)でわが国初めて黒色火薬を使用する。
続いて茅沼炭坑で使用する。

のリトルウオンダーが初めてであるが、相ついで金属・石炭を問わず諸鉱山に採用されるようになる。

このようにして、さく岩機は明治14年以来まず金属鉱山で試用され、遅れて31年、炭鉱に、それも立坑開さを動機として導入され、やがて小型手持さく岩機の開発によって普及の度を高めるのであるが、明治後期はすべて輸入機械であり、慣熟度も低かったので、コスト的には高くつき、未だ手掘りが幅をきかしている、言わば模索期とすることができる。

1914年(大正2年)はライナー社の特許期限の切れた年であるが、以来世界的に多くのさく岩機メーカーが族生し、多彩な機種種の輸入合戦が始まるとともに、翌大正3年、足尾、日立の鉱山附属工場が国産化を始める。勿論材質や加工精度に難があつて、国産化は伸びたわけではなかったが日本人の体格に適した、作業性の良いさく岩機の開発も試みられ、折からの不況期、経費節減と、手掘り鉱員の老齢化とによって、急速に普及をみる。

また、電化の波に乗って効率の良い電動さく岩機が特に日本人の開発(大正7~13年)により、殊に金属鉱山で一時流行する。

炭鉱の石炭破碎に爆薬を用いることは、塊炭率の減少もあつて、多くの試みがなされ乍ら、必ずしも普及しなかった。後述するコールカットによる透し掘りが常用されるころから、打ち落としにも発破が多用されるようになり、それも当初は手掘りであつたが、さく孔機を用いるようになる。

採炭にさく岩機を用いた初めは明治40年(1907)方城炭鉱であるが、以下多くの炭鉱で試用され、大正期に入って常用されるようになる。電動オーガードリルは、シーメンス社により1912年(明治45年)開発されたが、わが国の輸入使用の初めは大正10年(1921)田川であり、以後急速に普及し、国産品も使用される。昭和7年(1932)の統計によれば石炭鉱山のさく岩機保有台数2100台に対し電動ドリル1000台となっており、その国産化率はさく岩機の11%に対し、電動ドリルのそれは58%にも及んでいる。

さく岩機と同じ機構を簡略化したコールピックはフロットマン社により、小型のハンドハンマーが開発されて(1904)間もなくのことであつた。わが国で初めて試用されたのは昭和3年(1928)、山野、大之浦炭鉱等であるが、日本人には重すぎることに、振動が嫌われてはじめは不評であつた。

当初このコールピックの実用化を熱心に進めたのは、大之浦、田川、夕張、等の炭鉱であつたが、やがてその効果が認められて普及をみ、特に昭和10年代に入ると、コールカットの部品補給が思うにまかせないようになり、爆薬の入取難もあつて、コールピックによる無発破採炭が試みられ(昭和12年、山野)、之が奨励されるようになる。

大正から、昭和20年迄はようやくさく岩機類の国産化とともに省力化、機械化が進み、更には機材欠乏の10年代に於いて機種種の統一規格化が進められて、増産のため多用された時期とみることができる。

以下順を追ってさく孔技術の変遷を辿ってみよう。

(二) さく孔機械——穿孔技術の機械化

1. 手掘り穿孔

岩石・石炭に発破をかけるには発破孔を穿たなければならない。はじめ発破孔の穿孔は人力によったが、この手掘り作業も経験にもとづき、種々の工夫と熟練した技法が積み重ねられ、初期のさく岩機的能力以上のよい成績を示したものである。その方法には、大きく別けて、片手打ち、両手打ち、特殊な場合の突きのみに区分することができる。

(1) 片手打ち (図-1)

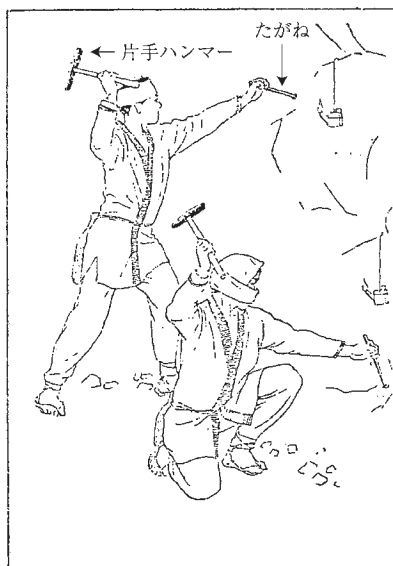
図-1のように1人でこなす穿孔作業で、刃のついた適当な長さのたがねと片手持ちのハンマーが使われる。たがねは円形、のちに4～8角形断面、径は16～19 mm、刃幅は19～25 mm程度の棒鋼で、刃の形は一文字（1枚刃）であった（図-2(a)(b)(c)(d)）。

円形の孔を穿つために、打撃のたびに少しずつ（8/1回転、45°位）ひねって回転し、菊花状に刻んでゆく。次の図-2のように、中心がずれて孔曲りすることを防ぐためには、中央を少し突き出した方がよいので、同図平型(a)に代って、はまぐり型(b)、けん先型(c)に改良される。そして石炭の場合らっぱたがね(d)が用いられた。

刃先は打撃エネルギーが集中して破碎仕事をする重要な部分で十分な硬度と靱性が必要であり、焼入れ技術も進歩するのであるが、その刃角(α) (図-2)は、硬岩の場合80°、軟岩、石炭でも50°程度とする。亀裂によって孔曲りすることも防げる。

しかし、穿孔中、刃先は次第に摩耗して鋭さを失ない、切れ味が悪くなって、新しいものと取り替えなければならない。打撃エネルギーは孔の外周上で多く消費され、刃幅も減ってくる。

図-1 片手ハンマーとたがね



(「鉱山の開発と経営」山田復之助著, P.208)

孔径は深さを増すに従い僅ながら細くなるので、同径の新しいたがねは孔底迄達しなくなる。従って2番目に用いるたがねは、長さを増すと共に刃幅は若干短かくする。こうして、1孔を穿つために、1番たがね(口切り)は短い代りに刃幅を大とし、2、3番たがねと進むに従い、長くするとともに刃幅のせまいものを用意した。

打撃によって生じた岩石の破砕屑(線粉)は、上げ孔の場合は自然に落下するが、横向き、或いは下げ孔では孔底にたまり、穿孔速度(のみ下り)を減殺する原因となるので屢々耳掻き状のキューレンで掻き出す必要がある。殊に下げ孔では掻き上げ難いので少量の水をたらし、団子状にして取り出す。なお、片手ハンマーは古くから金属鉱山でセットウと一組で手掘用として用いられ、図-3の型と種類とから成る。

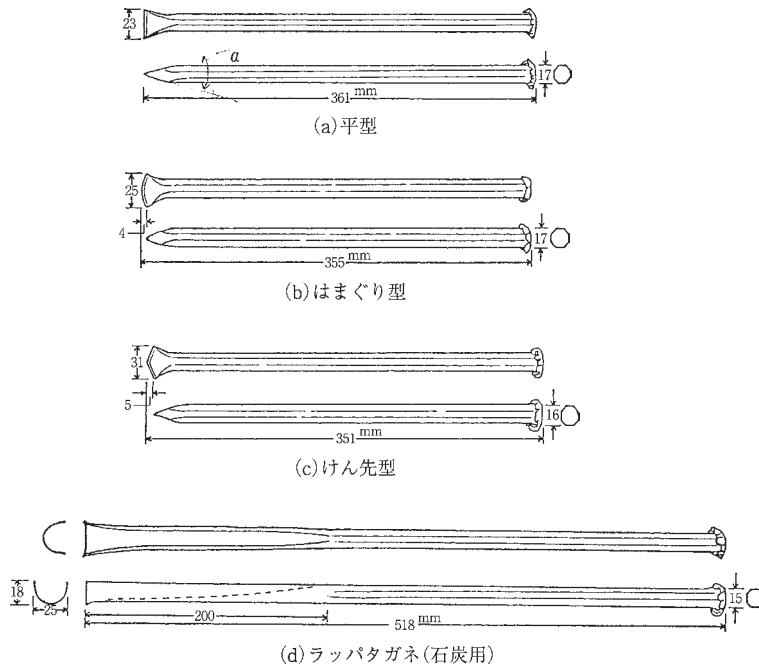
北海道の炭鉱で用いられたセットウを調査した丹治輝一によれば(北海道開拓記念館研究年報第7号, 1979, 3月), 片手ハンマーは型式として櫛型, 鉄砲型, 鼓型に分類されるが, 櫛型が古く, 鉄砲型は東北地方の金属鉱山から鉱夫の流入とともに齎され, また鼓型は空知地方の1部の炭坑で利用されたと言う(図-3)。

炭鉱周辺の鍛冶職に注文して作らせることが多く, 希望の重量の鋼塊から整形加工した。重量は320~400匁で力のある鉱員は重いもの, また岩石用の場合に重いものが用いられた。

ハンマーの材質は, はじめ両口に3~5分(0.9~1.5cm)厚さの良質の鋼を鍛接(だんごづけ)したものが用いられたが, 後には加工工程を省略して総鋼のものが一般化した。

たがねに当る部分は「かがみ」と言い径約2cmの円形状平面に仕上げるが, 狭いほど打撃力

図-2 手掘り用たがね



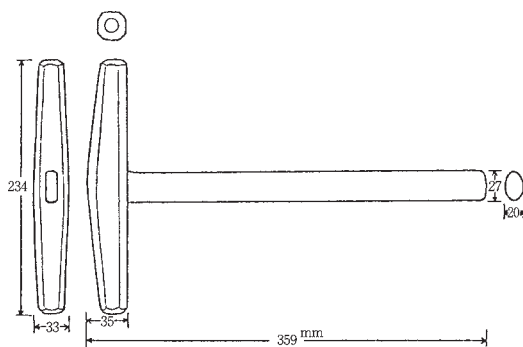
の伝達がよいので熟練鉱員はその平面を小さくすることを好んだ。初心者はたがねの中心に当てるのが難しくかがみのふちが潰れて円弧となり、尚更当りが悪くなる嫌いがあった。

ハンマーの柄の長さは、柄の根元を握って腕を伸ばした時、柄の末端が肘に当る程度が標準とされ、材質は粘りのある青ダモ等が好まれ、熟練鉱員は稍細目のものを用い、ロフトを効かせて力一杯たがねを打撃するのである。

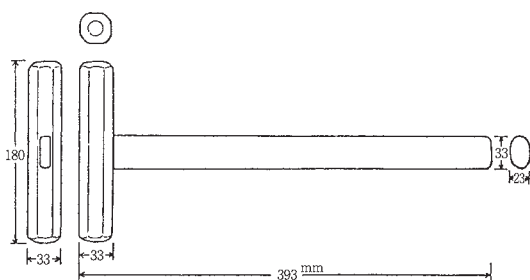
柄は各自でハンマーに取りつけた柄の先端がハンマーの孔口より稍ひっこんだ位置で楔止めした。この方が響が良いと言う。手掘りの技術はその打撃音によって優劣が判ると言い、この響には、いろいろ気を使ったようである。

片手ハンマーはセットウと呼ばれるが、語源はフランス語の槌を意味することから転化した

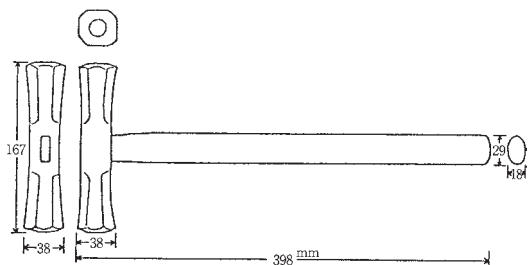
図-3 片手ハンマー



(a) 櫛型



(b) 鉄砲型



(c) 鼓型

ものと言われる。柄の長さ約 40 cm ハンマーの重さは通常 1.2~1.5 kg, 図-3 に示すように 2~3 の型がある⁽¹⁾。

装填する薬包径は 19 mm が基準であり, 余猶 3 mm をとって, 孔径は 22 mm となる。口切りは之より広がるが手掘り孔は, 現在からすれば細い孔であった。それでも片手打ちの限度は硬岩で 60 cm, 軟岩・石炭で 90 cm が普通であり, 1.2 m は相当の力持ちの仕事であった。之以上の孔深を要する所は 2 人作業で両手ハンマーを用いることになる。

(2) 両手打ち

両手ハンマーの重量は 3~4 kg, 1 人がたがねを支えて回転させ, 1 人がハンマーを扱う。薬包径も 32 mm に及ぶものがあり孔径も之に応じて大きく, たがねも太いものを用いた。孔深は 1.8~2.4 m に達することができた。

(3) 突きたがね

下げ孔の場合は重力を利用し, たがねの自重で孔底に衝撃を与えることができる。ハンマーで打撃するとき, そのエネルギーの 1 部はたがねの振動摩擦によって消費され, 刃先に伝達される力は減殺されるが, 突きたがねの場合は, たがねの重量全体の落下エネルギーが有効に利用されるので効率は悪くなく, 穿孔速度も早い。

口切りや, 2 番たがね等, たがねが短いときは, 重量が不足するので, 握る部分の下に重錘を取りつける。

(三) さく岩機——さく岩技術の機械化

2. 蒸気動衝撃式さく岩機

中国からヨーロッパへ齎らされた火薬(黒色火薬)は, ヨーロッパで改良進歩する。岩石破砕のため火薬がはじめて用いられたのは, 1627 年ハンガリーの鉱山であるが, 発破孔は勿論手掘りであった。この穿孔作業を能率化しようとして軟岩に対し, 手動の穿孔機が作られたのは 1683 年のことである。

19 世紀にはいり, 手掘り穿孔の作業を機械化しようとする試みがヨーロッパで始まった。イギリスコーンウォールのトレビシック (Richard Trevithick) が, 1813 年, 発明した穿孔機が最初のもと言われるが, 之は, 蒸気力を動力とした回転式穿孔機で, 石灰岩の発破孔に試用された。ジェームスワットが蒸気機関を改良 (1765) して実用化したあと, 未だスチブンスンの蒸気車 (1825) が世に出る前のことである。

手掘り機構をそのままに機械化したのはアメリカのコーチ (J. J. Couch) で 1849 年, 図-4 のような蒸気動衝撃式のさく岩機を発明して特許をとった。これは蒸気シリンダ内を前後進するピストンに桿をつけ, それにたがねを固定したもので, 孔内のたがねはピストンのストロークに合わせて前後する。これは線粉の排除には好都合であった。

さく岩機の実用性が認められ, ヨーロッパ, アメリカ各所の鉱山やトンネル工事に普及されるに伴ない, 種々の改良機や, 新機構が競って発表されるようになったが, 特に動力の伝達,

蒸気が配管鋼の途中で放熱し減圧されて用をなさなくなることに問題があった。

3. 圧気動衝撃式さく岩機

蒸気に変えて圧縮した高压空気はそのような欠点がないので、ブルントン(Brunton)は、1844年、圧気動のウインドハンマードリルの構想を提案したが、数年後の1851年、アメリカのフォウル(Fowle)が、圧気動衝撃式のさく岩機を発明した。

4. 打撃式さく岩機

衝撃式さく岩機は、ピストンがたがねと共に前後進するので打撃数はそう多くを望むことはできない。アメリカのバーレー(C. Burleigh)は1866年以来、さく岩機工場を設けて製造販売に当たっていたが、ピストン桿からたがねを外し、たがねは孔底に押しつけたままにしておき、ピストンのみ往復させて、図-5のようなたがねのシャンクの頭を打撃する方式を思いついた。こうするとピストンの打撃数は著るしく増加させることができ、1回の打撃力は衝撃式に及ばないが仕事量に於いては遙に勝るものであった。1868年、バーレーのさく岩機は世に出ることになったが、之が現行打撃式さく岩機の祖型と言える。丁度明治維新の年であった。

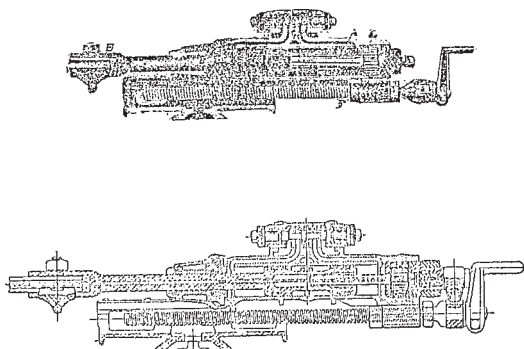
(1) 回転機構

図-6のようにたがねは孔底にたえず押しつけられているので線粉の排除ができない。之を圧縮空気のシリンダ内残圧を利用し、たがねを中空にしてビット先を送り、吹き飛ばす機構が併せて開発され、また、ジョルダン(Jordan)、ダーリントン(Darlington)により、ライフルバーとラチェットホイールとによってピストンの往復運動から、図-7の如くたがねに回転運動(100~250回/分)を与える機構が開発された。

(2) インガーソルのエクリップ型

1871年、インガーソル(Simon Ingersol)は之年の特許を買取して、インガーソル社を設立し、エクリップ型を発表した(1873)。打撃式さく岩機は打撃数が大きい(1500~2000回/分)ので、その機能はバルブの軽快な動作にかかっている。このため多くのバルブが開発され、それぞれ多くのメーカーから種々の型式のさく岩機が発表される。

図-4 衝撃式さく岩機 (アメリカのコーチ発明)



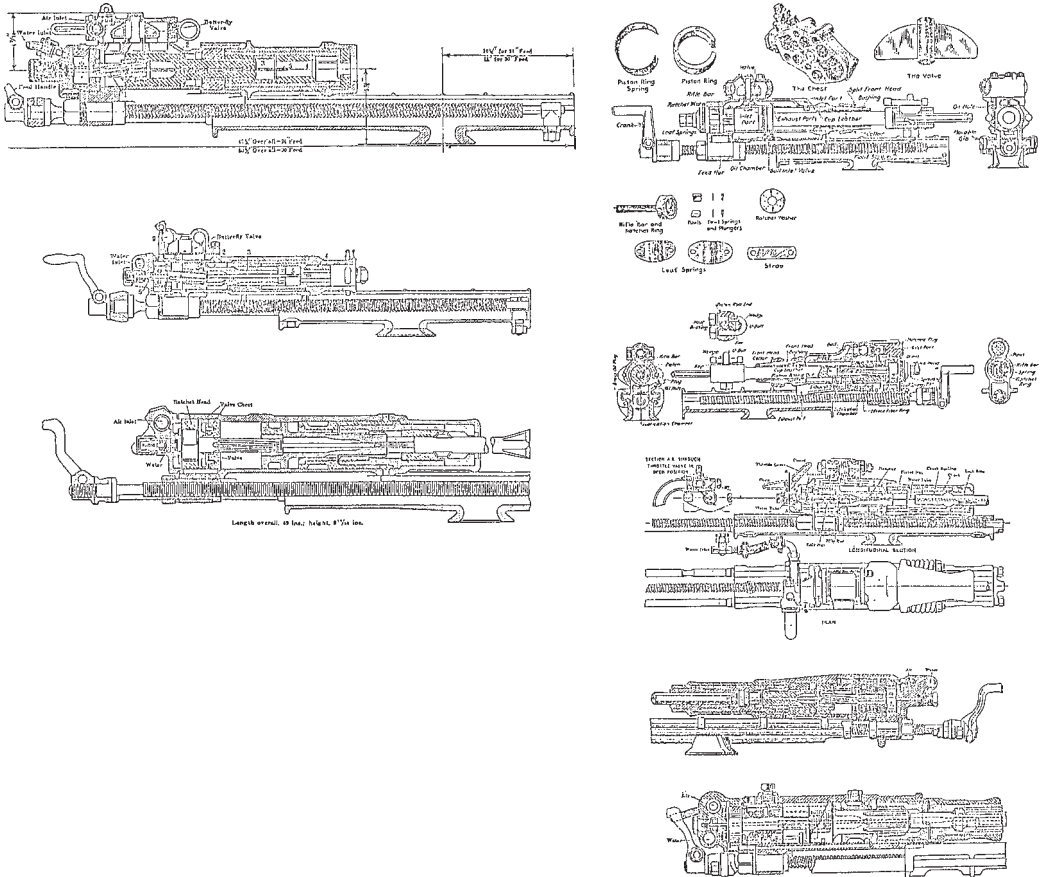
(3) サイドロッド結合方式 (ランド式リトルジャイアンツドリル)

機体上部のバルブ室を、機体の後部に移して障害を除いたり、各部分の組立を容易にしたサイドロッド結合方式 (ランド式リトルジャイアンツドリル) などの改良も行なわれた (図-7)。

5. 電動さく岩機

圧気動さく岩機の効率^{注(2)}は他の一般空気機械と同様に、低いのが泣き所である。通常 10% 内

図-5 打撃式さく岩機 (アメリカのバーレー発明)



注(2) 圧気動さく岩機の効率

$$L = PS = \frac{\pi}{4} d^2 P m S$$

L: ピストンに対する仕事 m-kg P: ピストンを押す力 kg/cm²
 d: ピストンの直径 cm² pm: シリンダ内平均圧力 kg/cm²
 S: 衝程 cm

$$Le = \alpha L$$

Le: 打撃効果 m-kg α: 係数 < 1

$$Ne = n Le / 75 \times 60$$

Ne: さく岩機の実仕事量 HP n: 打撃数 回/分

図-6 たがねの構造

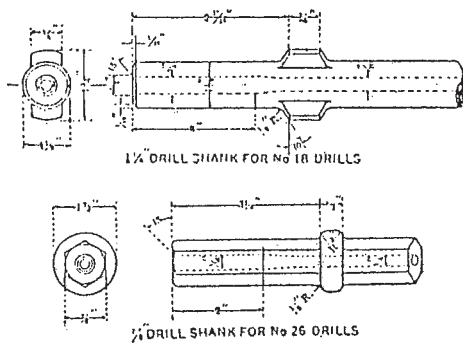
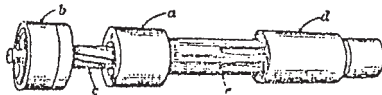
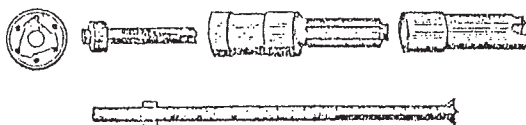
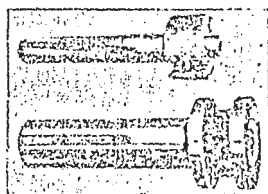
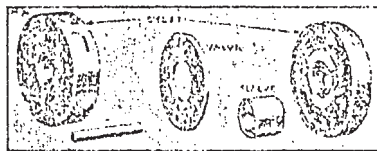


図-7 回転機構の交換性部品



回転は硬岩は少く軟岩は早くする



$$N_o = \frac{10000}{4500} \frac{p \cdot p_a}{p + p_a} Q$$

N_o : さく岩機の理論仕事量 HP Q : 空気消費量 $m^3/分$ 常圧換算
 p : 空気圧力 kg/cm^2 P_a : 大気圧 kg/cm^2

$$\eta_d = \frac{N_e}{N_o} \times 100$$

η_d : さく岩機効率 %

$$\frac{\eta_T}{100} = \frac{\eta_d}{100} \times \frac{\eta_l}{100} \times \frac{\eta_c}{100}$$

η_l : 配管系の効率 % η_c : 空気圧縮機の効率 %

外で、2 HPの仕事量をする圧気動さく岩機に必要な空気圧縮機の動力は 20 HP、或いはそれ以上を要する。

もし之を電動とすれば、空気圧縮機の設備を要せず、切羽に配線するだけでさく岩機を駆動することができる。唯々回転機であるモーターから、衝撃的な打撃力を得るために種々の工夫が必要となる。

次の図-8 に示される電動さく岩機は、1891 年(明治 24 年)、ドイツのジーメンス(Siemens)とハルスケ(Halske)により開発された。1 HP 直流のものでモーターから減速ギアを介してフライホイールを持つクランクシャフトを回転し、クランクピンがスパイラルスプリングを伸ばして爪が外れたときスプリングについているピストンをたがねに打撃させるものであった(図-8)。

之は数年後明治 30 年には足尾鉾山に輸入試用され別のものが 34 年小坂鉾山にも使用された。炭鉾では明治 44 年三池にシーメンス電動さく岩機の導入をみている。そして、電動のさく岩機は、衝撃機構に種々の方法があったため、国内に於いて開発が盛んになる。大正 7 年中井式、8 年山勇式、森本式、10 年山内式、12 年泉式、13 年中山式などがそれであり、丁度、圧気動さく岩機の初期の国産化の頃、圧気式の導入にふみ切れなかった鉾山を主体に多少の普及をみた。

山内式は商標を勲式と言いモーターの回転の遠心力でアンビルを打撃するもの、図-9 のように泉式はモーターにより圧縮空気を作ってピストンを動かす鼓動式のもの、また中山式は偏心球状のロッド機構により回転によって、往復運動を生ずる機構のもの(図-10、図-11)で、中でも中山式は性能がよかった。

しかし、高速回転のモーターおよび之に連動する減速機構が振動機と 1 体化した構造には稍難があり、重量が重く寸法も大きいので操作に難があり、圧気動さく岩機の小型機が登場する頃には次第に下火となる運命にあった。

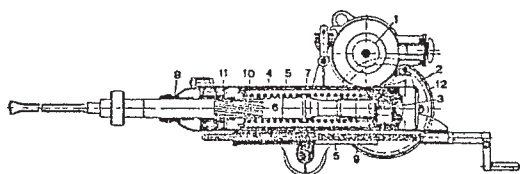
6. 回転式穿孔機

硬岩に対し打撃式さく岩機が発達したのと平行して、軟岩や石炭に対して回転錐をもみ込んで穿孔する方法の機械化もまた進歩していった。

(1) 手動オーガー

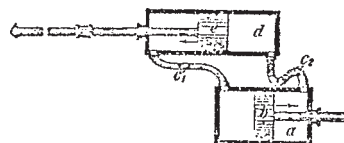
もともこの回転穿孔は図-12 のように手動のオーガーから出発し、それは木材加工の技術

図-8 電動さく岩機



シーメンス電気鑿岩機型

図-9 泉式鼓動式鑿岩機



の延長上にあつて、古い時代からの手法であつた。そして、オーガービットは軟炭用には爪の細い粗く砕くものが用いられ(図-12(a))、硬炭用には爪の幅の広いものが用いられた(同図-12(b))。回転の方法もT型の柄(同図-12(c))から当て枝をつけたクランク型(同図-12(d))のものが用いられたのも木工機械と同様である。

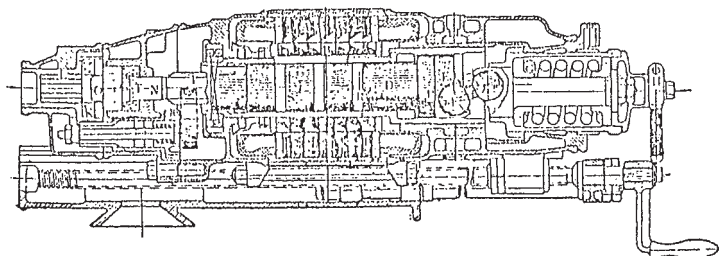
(2) 蒸気動回転式穿孔機

動力を用いた回転式穿孔機のはじめは始めに述べた通りトレビシクの蒸気動のもので1813年のことである。その後1861年にリスパーの考案したボーリング機械を軟岩に試用しているが、発破孔のさく孔の主流は衝撃式乃至打撃式に於いて発展し、回転式は暫く空白のまま推移する。

(3) 電動回転式穿孔機

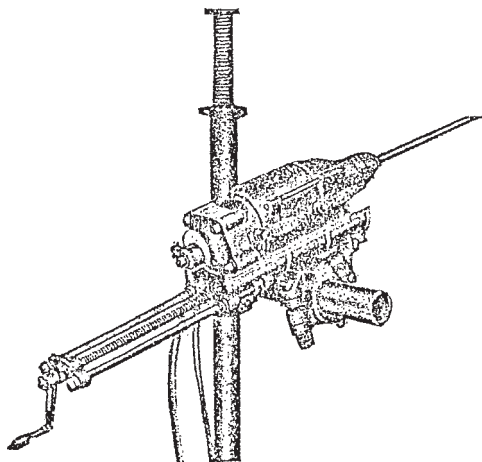
1912年(明治45年)ジューメンスは電動の回転式穿孔機E 417型(35 lbs)を発表する。やがて之は改良されてジューメンス・シュッケルト社(Siemens-Schuckert)の電気ドリル(図13A-

図-10 中山式電動さく岩機



A電動機誘導磁極, Bローター, Dハンマー, E偏心球状軸承, F球状コンネクティング・ロッド, Bの廻転に依つてDも廻転し従つて以上の機構に依りDは往復動作をなすこの動作はスプリングGを介して鑽頭に衝撃を与う。H衝程調節装置, 鑽の廻転はI. J. Kの歯車に依りチャックLに伝えらる。

図-11 中山式電気鑿岩機



B) として、わが国の多くの炭鉱で賞用されることになる。

わが国で最初に導入されたのは大正12年高島崎戸炭鉱のハウエル式(45 lbs), 続いて13年田川炭鉱, 以下14年新原, 相知炭鉱, 15年, 三菱美唄, 釧路炭鉱, 昭和3年, 赤池, 砂川, 雄別炭鉱等が続く。

電動穿孔機は動力費が経済であるうえ, 炭層に対しては穿孔速度が早く, 炭じんの発生も少ないので急速に普及されていった。国産機としては西部電気, 三井三池等がメーカーとして製造し, 昭和7年には石炭鉱山ではさく岩機の2138台に対し, 電動穿孔機は1012台にも達し,

図-12 手動オーガー

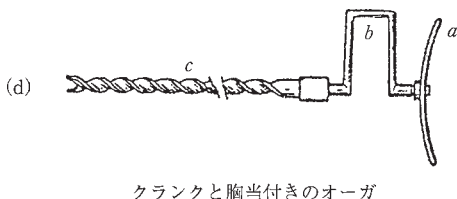
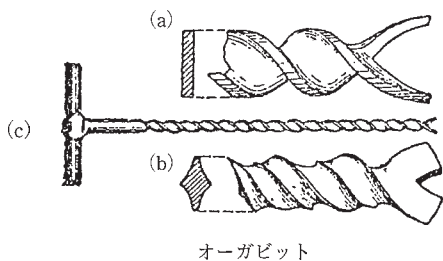
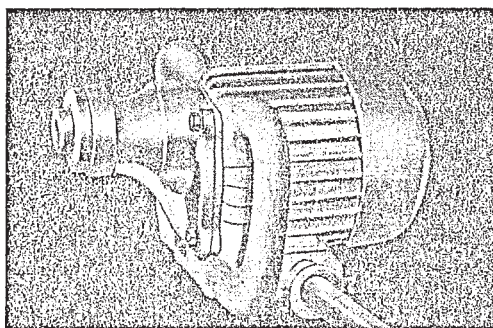
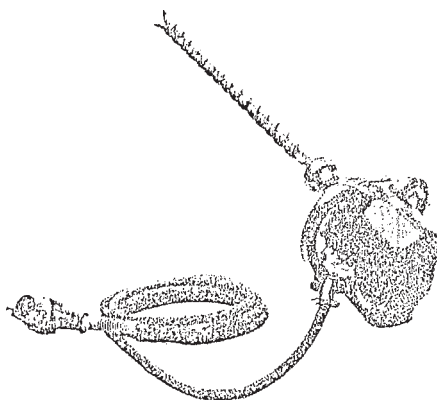


図-13A 電動オーガードリル (1例)



(ジーメンス・シュッケルト社の電動回転式ハンドドリル)

図-13B 電気ドリル



ジーメンス・シュッケルト会社製電気石炭穿孔機
重量12.7 匁, 電圧125v 3相50サイクルのモーターを利用す。

国産化率も半ばをこえて58%になっている。

(4) 圧気動回転式穿孔機

圧気を用いる回転穿孔機は電気モーターと違って回転機構が難しく打撃式さく岩機より誕生は遅い。クリーブランド社 (Cleveland) が、偏心ベーン型の圧気モータを用いて A-1 型圧気式オーガードリルを発表したのは1921年 (大正10年) のことであった (図14)。

当時わが国の炭鉱界は、丁度電動穿孔機を導入しはじめた頃であり、あまり注目されなかった。電気火花が坑内可燃性ガスの着火源として重視されて以来、電気ドリルの本体ケースは図-15のような防爆型となったものの、配電ケーブル、特に本体とのつけ根が作業のため屈曲を受けて破損し易く、爆発災害防止上、電気ドリルの使用そのものが問題となり出したのは昭和10年代であり、圧気式オーガードリルが電気ドリルに取って代わったのは太平洋戦争後の20年代に入ってからである。

(四) さく岩機の歴史的意義 —— 鉱山業に於ける寡占構造の回路形成

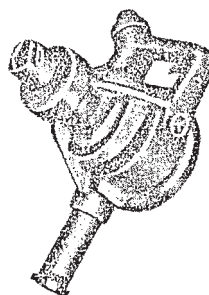
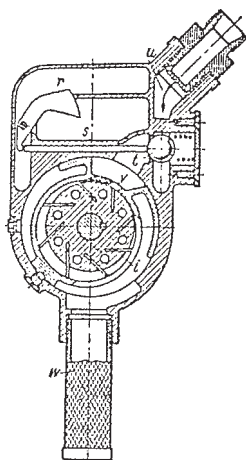
1. 明治期わが国への外国さく岩機輸入と鉱山業に於ける産業革命への回路形成

(1) 金属鉱山のケース

硬岩で悩む金属鉱山がまずさく岩機に注目し、導入をはかったのは自然の成り行きであるが、わが国で始めて使用されたのは吉岡鉱山であった。吉岡鉱山は古い歴史を持つ銅山であるが明治6年三菱社が手に入れ、再開発するに当って、生野鉱山のコワニエの指導を受け、新に疎水坑道を開きやすることとなり、坑口に蒸気缶蒸気機関、空気圧縮機を据え、バーレー式さく岩機を試用した。明治14年 (1881) のことである。

また同じ年、官営赤羽工作分局は無弁式ダーリントン式さく岩機を輸入模作して官営佐渡鉱

図-14 圧気動オーガードリル



フロットマン社のハンドドリルの外観

フロットマン社の回転式
ハンドドリルの断面

山に試用した。之は工作不良のため、使用に耐えなかったと言う。

翌15年官営阿仁鉱山は、水車駆動により空気圧縮機を駆動し、ドイツのシュラム型さく岩機を導入し、通洞の開さくに用いたが、之は順調に稼動したと言われるが実用化の始めと見てよい。阿仁鉱山は程なく古河に払い下げられ、シュラム型さく岩機の1部は足尾に導入され、20年には佐渡鉱山にインガーソル式、ランド式等、20台が輸入され、主として立坑の掘下げに使用された。

こうして明治10年代後半から金属鉱山に、それも通洞、疎水坑、立坑等の基幹坑道開さくに使用されはじめ20年代には更に多くの鉱山に普及していった。

その頃の圧気動打撃式さく岩機は、線粉をエアブローで排除する乾式であったから、強力高性能になればなる程、切羽の粉じん問題が泣き所であった。その要請に応じて、アメリカのライナー(Leyner)は、エアブローをウォーターブローにすることを考え、1898年ピストンを貫通して、たがねのシャンク内迄ウォーターチューブを通す図-16のような湿式さく岩機を開発した。このウォーターライナー式は好評で、明治35年(1902)以来わが国にも多数導入され、通気の悪い探鉱切羽にも利用されるようになった。

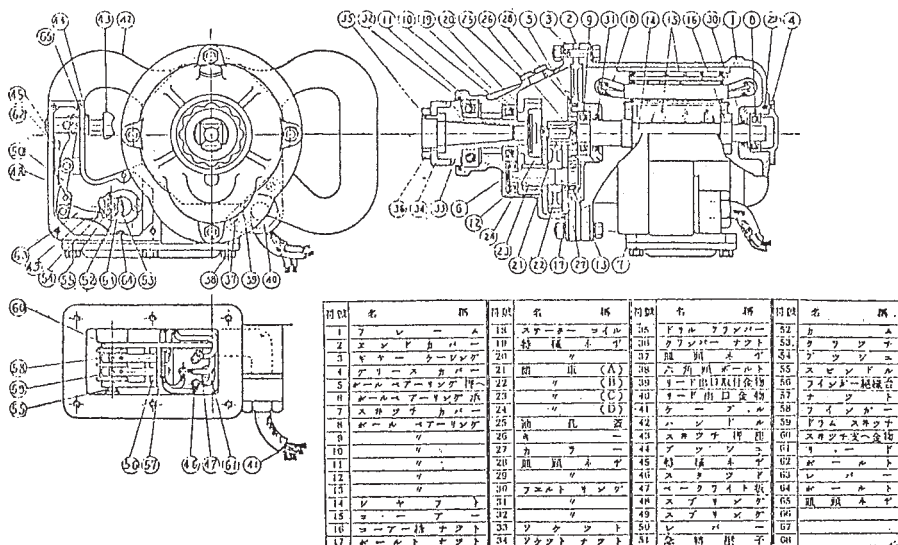
(2) 炭鉱のケース

炭鉱に於けるさく岩機の導入は岩石掘りが少ないこと、その岩石もそれ程堅くはないことによって、金属鉱山よりかなり遅れるが、明治33年(1900)、高島炭鉱・蠣瀬立坑にインガーソル式が導入されたのを始めとして、35、6年、方城炭鉱の立坑開さくにインガーソルエクリップス式、ウォーターライナー式、夕張炭鉱の立坑開さくにもウォーターライナー式、インガー

図-15 防爆型電気ドリル(昭和製)

Showa coal drill type CE-3B

実用新案 No.121375 No.125309 No.125310



ソルリトルジャブ式が導入され、三井鉱山では39年(1906)田川炭鉱の伊田立坑開さくを期に、三池炭鉱とともに、インガースルリトルワンダー式が始めて導入された。そして之等を契機として、40年以降、主として筑豊の諸炭鉱に続々採用をみるようになる。

(3) 鉱山業に於ける大量生産体制と大手企業の勃興

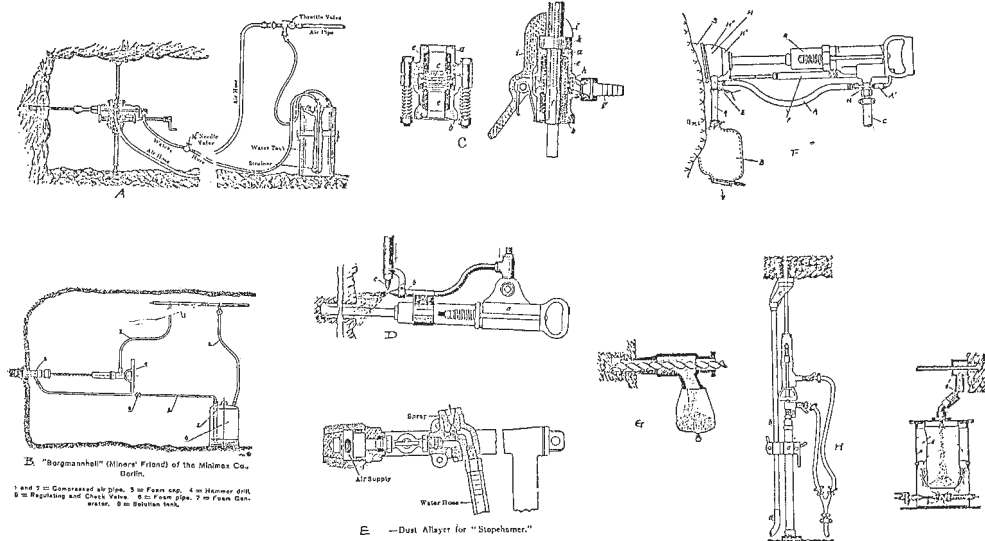
こうして明治14年、わが国にさく岩機が齎されて以来、暫くは金属鉱山に於ける模索時代が続き、外国に於ける改良進歩に伴ない次々と新機種を消化し、30年代以来、明治末年には、多くの炭鉱でも使用されるようになって来た。

さく岩機の穿孔能力は、手掘りのそれをはるかに凌駕するものであったが、之を切羽に用いるためには、空気圧縮機の坑外設備、切羽へ至る圧気管設備を要し、作業に当っては機械の据付け、孔移しに労力と時間を要し、さく孔中は騒音粉じんに悩まされる嫌いがある。

之に反し、手掘りは時と所とをいとわず手軽にさく孔できるので依然強い支持を得ており、特に熟練鉱員を多く持っている歴史のある鉱山は、さく岩機に対する根強い抵抗があった。それに、高価なさく岩設備一式の償却費に加え、新鋭機と雖も故障の頻度は高かったから、維持修理費も少なからざるものがあり、経済性は未だいづれが良いとも言いきれない状態であった。

従って、全般的には、熟練手掘り鉱員を集めることが難しく、かつ、急いで工事を完成したい特定の大型起業工事や、新規開発の鉱山に於いて、むしろ積極的なさく岩機の導入をみる傾向にあった。さく岩機の普及は生産の集中・集積を生み、大量生産の大手企業を形成する回路

図-16 ウォーターライナー式(湿式)さく岩機
線粉除去法の各種



- (A) 鑿岩機の注水装置
- (B) 泡沫捕塵法
- (D) 噴霧防塵法
- (E)(F)(G)(H)(I) 粉塵捕集法

となる。

2. 大正期にわが国に於けるさく岩機の発達と国産化による技術的自立過程

(1) 外国に於けるさく岩機および周辺の技術

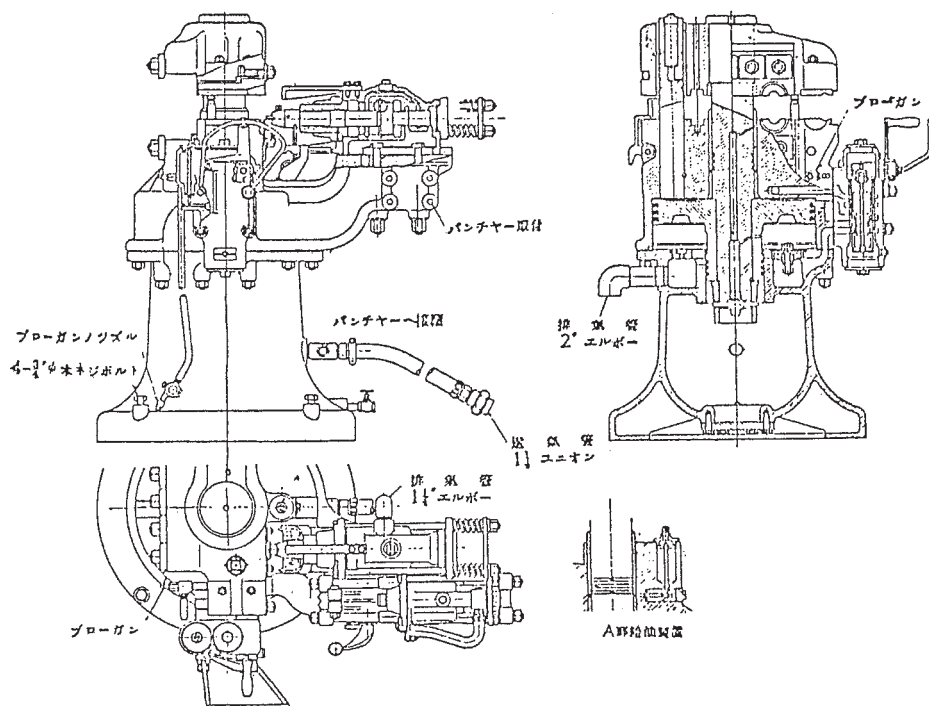
1871年創立のインガーソル社は斯界でのトップメーカーでエクリップシリーズ（1873エクリップC4, C6, エヤースローンバルブ）を売り出していたが、ランド（A. C. Rand）のリトルジャイアント式もまた好評であった。両社は1905年（明治38年）合併してインガーソルランド社となったが、次いでライナー社のウォーターライナーが歓迎されるに及んで、ライナー社の製品も委託製造する契約を結び（1911）、ライナーインガーソル18[#]、26[#]を開発して益々その地保を固めていった（図-5）。

1914年（大正3年）、ライナー社の特許期限が切れるとともに、それ迄の独占体制は変貌を来たし、世界的にさく岩機メーカーの族生を呼ぶことになり、様々の新機種が登場する。之等多機種のパフォーマンスを判断するためには、打撃数、打撃力を指示記録できる試験機が必要で、ペインターさく岩機試験機（Paynter Drillometer）（1913開発）が活用されるようになった。

また、たがねの素材である中空六角鋼や、その刃先の整形鍛練を同形かつ迅速に行なうことのできる図-17のようなシャープナー（ライナー社1913以降）更にはその加熱のための油炉などの周辺機器の開発が活発になる。

さく岩機の精密加工部分には潤滑油が欠かせないが、之もさく岩機自体の油壺に注油する方

図-17 日立ドリルシャープナー



法のほか、圧縮空気パイプ系の途中に挿入して圧気の流動に伴なって少量づつ油滴として供給される図-18のラインオイラーも開発された。

さて、次の図-19 ㊶さく岩機はもともと激しい振動を伴う㊸機械なので堅牢^{注(3)}でなければならず、勢い重量も重く、乗駕固定装置が必要であった。之にはジャッキのついたポストと之に取りつけたアームがあり、方向傾斜を微動できるクランプを介してガイドセルを付け、之にさく岩機を乗せ、手廻しスクリューによりさく岩機の送りをするようにしなければならない。

之等の乗駕装置のいらない軽量小型で2人程度で扱えるさく岩機が望まれた。1904年(明治37年)、ドイツのプロットマン社が始めてこの種のさく岩機を発表し、以後他のメーカーも軽量(12~20 kg)の手持さく岩機の開発を指向するようになる(図-19A)。

図-18 ラインオイラーの仕組

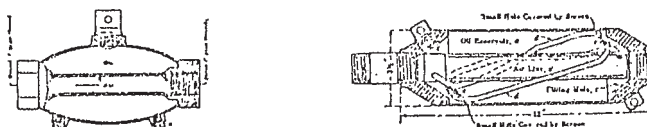
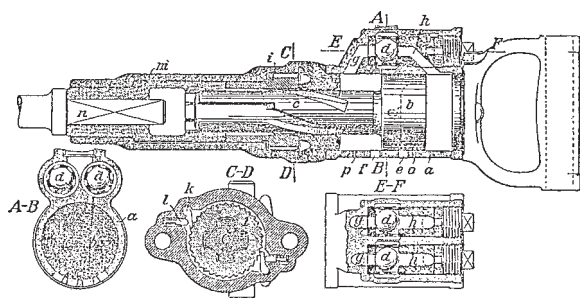
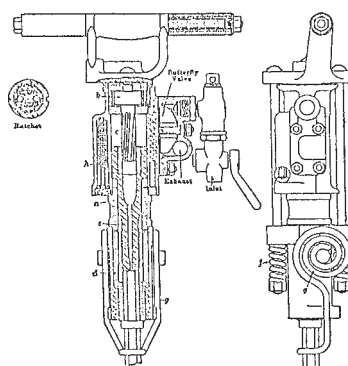


図-19 フロットマン社製手持式さく岩機(1例)

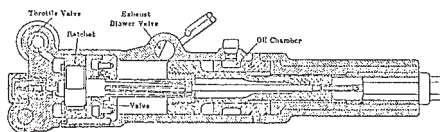
A フロットマン社製



B インガーソル社ジャックハンマー



C インガーソル社ジャックハンマー



注(3)

㊶打撃式さく岩機は岩石に強い衝撃を加えて破碎するものであるから同時に反動も激しくなる㊸

さく岩機の種類

ヘビードリフタ

ライトドリフタ

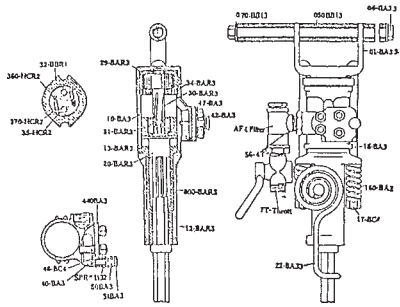
シンカープラグガー 30 kg

ジャックハンマー 12~20

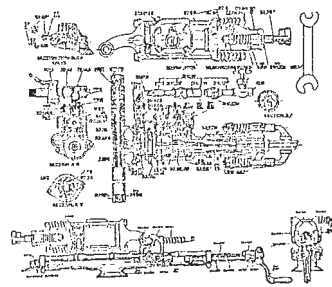
ストーパー

図-19 D 関連手持式さく岩機

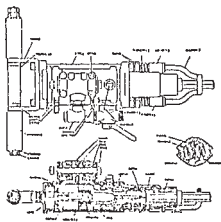
D-1 BAR-33 型



D-5 モデル No.90-93-95 型

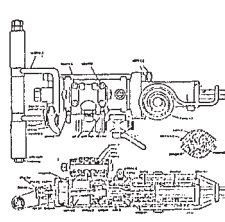


R-12 型
(乾式)



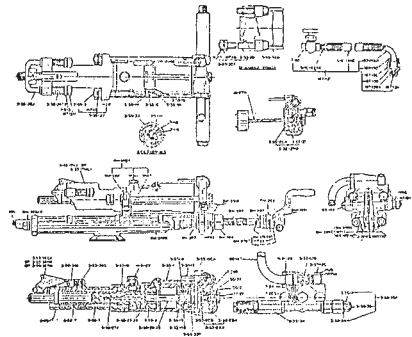
D-2

RA-12 型
(注水式)

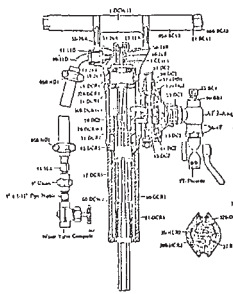


D-6 (a) S-55 型

(a) S-55 型

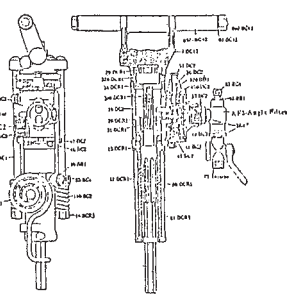


DCRW-23 型
(注水式)

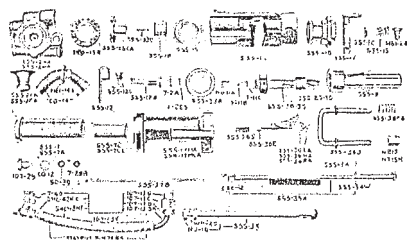


D-3

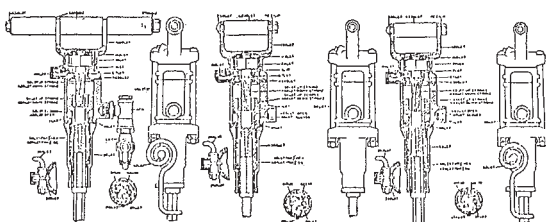
DCQ-23 型
(乾式)



D-7 S-55 型分解図



D-4 L 67 型



ダブル グリップ式
(スタンダードモデル)
(ダブルヘッド付)

センター グリップ式
(プレインフロントヘッド付)

センター グリップ式
(ラジアンモデル付)
(ラジアンヘッド付)

特にインガーソランド社のジャックハンマー BCR430 が 1912(明治 45 年)に発表されて之がフロットマンとともに手持さく岩機の代表機種となった。

本来の穿孔機械は、フロットマン社のさく岩機(図-19A)の例が示すように、作動シリンダ *a*、打撃ピストン *b*、ハンマ頭となっているピストン棒 *c*、弁装置 *d*、回転装置 *i*、*k*、*l* およびシャンク *n* を入れるチャック *m* よりなっている。シャンクはシリンダ中に突き出ており、ピストンの打撃を受ける。すなわちこれは、手ハンマを用いての作孔作業を模倣したものである。刃先は常にボアホール底に接触しており、打撃ピストンによって、非常に数多くの打撃(1分間当たり 1000~2000 回)を受ける。

図-19D のように普通に手持さく岩機と言われるものはハンドルを備え、作業を行う場合には、時として送り装置を使うことが全く無い訳ではないが、普通は手で宙にささえ、穴が深くなるに従って後から押し付けるような機械を言う。これに対して、機械にはハンドルがなくて常に送り装置を取り付けて使用する機械を、送り装置付きさく岩機と呼ぶ。軟質岩石用の軽量の機械は通常手持ハンマさく岩機として作られ、堅い岩石に適する大形の重い機械は送り装置付きさく岩機として作られる。作動方法は両者とも同様である。注水法については、図-19D の DCR 23 型を参照されたい。

(2) 大正期わが国に於けるさく岩機械の普及と合理化

小型手持式のさく岩機は明治末年にわが国にも導入されたが、之は 12~20 kg と、重量が軽く、架台を必要とせず、手軽に扱えて日本人の体格性向にも適していたため、第 1 次世界大戦中の鉱業好盛期の人手不足と相まって急速に導入され、金属鉱山の鉱石採掘用のほか、炭鉱の断層切り石目抜など採炭部内の石切りにも普及をみるようになった。

大正年間農商務省鉱山局は、大正 2、6、14 年の 3 回、年産額 3 万円以上の鉱山を重要鉱山として、広汎な調査を実施しているが、之によって(表-1)当時のさく岩機普及の推移を知ることができる。大正 6 年は大戦好況期に当り、また 14 年はその反動不況期に該当するため母数の重要鉱山数に大きな変動があり、特に後者は機械化を進めた鉱山が多く生き残っている事情もあるが、その導入率はこの期に大きく伸び 50.5%となっている。

逆に言えば、反動不況期は、経理的要請から、労働者を節し生産性を上げることを強く求められたので、省人対策として、否応なく、さく岩機の導入が必要となっていたのである。

多くの鉱山会社は、この不況期に、現地検討会を開き、精細な比較調査を行なって、性能の把握、機種種の優劣、故障の頻度、予備機の常備所要数、故障の部位、性能劣化寿命の判断、再生の技術等、広汎な検討が行なわれており、会社の枠を越えた技術会の発表も屢々行なわれた。

表-1 さく岩機の普及率推移

年次	重要鉱山数	さく岩機使用鉱山数	普及率
大正 2 年	144	18	12.5
大正 6 年	207	31	15.0
大正 14 年	97	49	50.5

之等の中で、大正7年、総括的にまとめた青山秀三郎の報告によれば、機械掘りは手掘りに比較して2倍以上の採鉱量を示しているものの、コスト面では手掘りより割高であるとされ、その原因として、故障頻発による実働率の低下と修理費の増高が指摘されている。

普通シリンダー内面とピストンとの遊隙は35~40 μ とされているが、激しい使用の摩耗によって、遊隙は300 μ にも達し、性能は落ちる。之を再生するにはシリンダー内面を再研磨し、之に適合した若干径の大きいピストンを製作して嵌合しなければならない。

之等に附随する材料の質、研磨作業の精度、表面処理の技術等は、当時のわが国の機械工業の先端技術に当るものであり、修理工の技能教育もまた重要課題であった。

(3) わが国に於けるさく岩機の国産化と生産の集中・集積

大正3年は、前述のようにさく岩機の特許切れの年であった。既に輸入さく岩機を導入して久しい足尾鉱山、別子鉱山、日立鉱山等は、山元の修理工場の技術経験は相当のレベルに達していたので、この機に国産機の開発へ乗り出した。

足尾製作所はインガーソル BCR-430 ジャックハンマーに近い ASD-10 型を大正10年に、また翌年之を改良して図-20の ASD-11 を製造発売し、また同じ頃住友別子工場は図-21のような別子式ストーパ、日立工場はH式さく岩機をそれぞれ発表したが、之等は、国産さく岩機のさきがけをなすものである。

輸入各機種を導入していた足尾鉱山、住友別子鉱山は、山元で製造している手前もあり、率さく岩機の国産化を進め、大正末年にはほぼ自社製品に統一するところ迄来る。

しかし、材質、精度に於いて、外国品に1歩を譲っていた国産機は、世界的不況期に活路を探していた外国のメーカーの売りこみ攻勢に会って、必らずしも順調には伸びてゆかなかった。

昭和7年の全国統計(表-2)をみても金属鉱山で2951台中、国産機は1376台46.6%と半数に満たず、石炭鉱山では2138台中、243台11.4%に過ぎない。

外国メーカーは引き続き改良を加えて、インガーソルランド社はL-74、N-75、N-38、R-39、

図-20 足尾製作所型 A.S.D. No.11
片手持鋳岩機

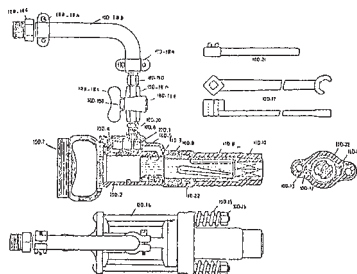


図-21 住友別子式手持鋳岩機

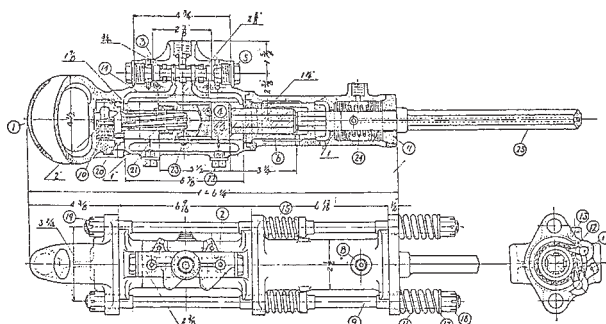


図	部 分 名 稱	材 質	部 分 名 稱	材 質	部 分 名 稱	材 質	部 分 名 稱	材 質
1	シリンダー	鋼	ピストン	鋼	スプリング	鋼	ベアリング	鋼
2	ピストン	鋼	スプリング	鋼	ベアリング	鋼	シリンダー	鋼
3	スプリング	鋼	ベアリング	鋼	シリンダー	鋼	ピストン	鋼
4	ベアリング	鋼	シリンダー	鋼	ピストン	鋼	スプリング	鋼
5	シリンダー	鋼	ピストン	鋼	スプリング	鋼	ベアリング	鋼
6	ピストン	鋼	スプリング	鋼	ベアリング	鋼	シリンダー	鋼
7	スプリング	鋼	ベアリング	鋼	シリンダー	鋼	ピストン	鋼
8	ベアリング	鋼	シリンダー	鋼	ピストン	鋼	スプリング	鋼
9	シリンダー	鋼	ピストン	鋼	スプリング	鋼	ベアリング	鋼
10	ピストン	鋼	スプリング	鋼	ベアリング	鋼	シリンダー	鋼

S-49, クリーブランド社はD-8, ガードナデンバー社は107#, サリバン社はT-6, T-7等, それぞれ改良点に特許権を留保しつつ新機種を発表する。国産メーカーもまた足尾はASD-18, -25, -26, 日立はH-3, -35, -55等を開発して之に応ずると言った競争が展開された。

3. 昭和期わが国に於けるさく岩機と標準型の発達

こうして、さく岩機的能力、耐久性が向上するとともに、一方鉱山では代替りによって熟練手掘り鉱員が影をひそめたこともあって、昭和に入る頃には、手掘り、さく岩機掘りの経済比較をする時代は去り、さく孔にさく岩機を用いることは常識化し、如何によい機種を選び、之をよく管理するかに重点が絞られるようになった。

昭和不況のあと、軍需経済に支えられて鉱業界が再び活況を呈する頃、昭和8年、東洋工業はインガーソルランド社と技術提携して、名機と言われたL-74, S-49, R-39などの製造を開始した。即ち準国産機が誕生することになる。

また名古屋を中心に東京、大阪に工場を持つ部品メーカー、修理再生メーカーもそれぞれ独自でさく岩機を製造発表する所迄育って来、折からの需要増加、戦争突入による外国品の輸入途絶の穴を埋めてゆくのである。

昭和12年、石炭鉱業連合会は当局の指示にもとづき石炭増産計画の作成に入るが、国の統制、助成の色彩を強めるとともに、重要な機械化種目であった、さく岩機および附属機材には規格

表-2 さく岩機使用台数 (S.7)

機 種		金 属 山	石 炭 山
空 気 さ く 孔 機	Ingesroll-Rand 式 (アメリカ)	1,241 (42.1)	520 (24.3)
	Gardner-Denver 式 (アメリカ)	202 (6.8)	788 (36.8)
	Flottman 式 (ドイツ)	—	423 (19.8)
	Holman 式 (イギリス)	—	85 (4.0)
	Sullivan 式 (アメリカ)	34 (1.2)	—
	そ の 他	98 (3.3)	79 (3.7)
	小 計	1,575 (53.4)	1,895 (88.6)
	足 尾 式	721 (24.5)	207 (9.7)
	別 子 式	293 (9.9)	—
	日 立 式	259 (8.8)	—
	そ の 他	103 (3.4)	36 (1.7)
	小 計	1,376 (46.6)	243 (11.4)
	計	2,951 (100.0)	2,138 (100.0)
電 気 さ く 孔 機	Siemens-Schuckert 式 (ドイツ)	—	287 (28.4)
	Chicago Pneumatic Tools 式 (アメリカ)	—	112 (11.1)
	その他	—	29 (2.8)
	小 計	—	428 (42.3)
	福岡西部電気工業所	—	255 (25.4)
	三池製作所	—	206 (20.3)
	大阪特機精作廠	—	56 (5.5)
	そ の 他	—	67 (6.5)
	小 計	—	584 (57.7)
	計	—	1,012 (100.0)
合 計	2,951	3,150	

統一が必要となり、17年産業機械統制会が臨時日本標準規格を作成、19年にJESの制定をみる
が、標準規格制度の中で鉱山機械は早くからその中心となって言わば試験台的な役割りも果
したのであった。

4. 終戦後のさく岩技術の発達と大手企業の寡占化

終戦後再び欧米との交流ができるようになって、この分野に於ける海外技術が紹介された
とき、戦争期の技術的空白の大きかったことを知らされることになる。その1つはハードメタル
を用いたビットの進歩であり、他の1つはさく岩機の1人操作による省人化の技術であった。

(1) ビットの進歩——ハードメタルつきデタッチアブルビット

もともとたがねの刃先は岩石破碎の仕事のため、衝撃エネルギーの集中するところなので、
摩耗が激しく、時には刃こぼれもする。さく岩機の打撃力が向上するにつれ、益々刃先の条件
は過酷にならざるをえなかった(図-22a)。

一方、たがね本体は打撃力を伝える細い棒鋼であり、折損を防ぐため、比較的粘りのある鋼
材が選ばれるので、硬度を要求する刃先の条件と異なり、このためたがねの先端は赤熱して
シャープナーにかけ、十文字(図-22b)その他必要な形に整形するとともに、熱処理して靱性
を保ち乍ら、硬度を高める方法がとられていた。

この異った材質の要求を満たすために、次にとられた対策は、刃先に適した硬い合金鋼をた
がね材の先端に溶接して用いることであった。之によって、刃先の摩耗は減り、さく孔能力が
向上して、1作業時間に使用するたがねの数は減少することができたが、それでも摩耗した使
用済みたがねは再び坑外に出して再整形する必要があり、その搬出入は扱う本数が多いだけに、
毎日の作業の中で少なからぬ運搬労力を必要とするものであった。

ビットに別の合金鋼を用いるならば、たがねに溶接せず、着脱式にしてこの部分のみを持ち
出せばよい。しかし激しい打撃力を伝達し、しかも取り外しを容易にする機構にはそれなりの
工夫が必要であった。このデタッチアブルビットの構造にはねじ型、テーパ型(図-22c, c',
d, d', e)などが案出され、1部は戦前から試みられていた差し込式である(図-22d)。

タングステンカーバイドを焼結整形したチップは硬度が合金鋼より遙かに高く、工作工具に
用いられていたが、これをビット先に鑢づけして用いることにより、さく孔による摩耗を著
しく減少し、穿孔能力の維持に効果を齎すことができるようになった。

この考え方を追求したのがワンユースビットで研磨することを考えず、浅いチップの寿命一
杯現場で使用して廃棄する型のものであった。しかし、本流としては稍深目のチップをビット
溝に鑢づけして、台座の摩耗に応じ、ハードメタル入りのグラインダで再研磨し何回も使用で
きる寿命の長い型のもので残り、現在に至っている(図-23(1), (2))。

ハードメタルをつけたデタッチアブルビットの性能については、昭和24年頃、GHQのNRS
の肝入りもあって、金属鉱業部門で熱心に検討され、やがてその優秀性が認められて普及段階
に入った。しかし、打撃力の強いヘビードリフター級には無理であったので、逆にハードメタル
つきデタッチアブルビットの使用ができるライトドリフターとして、ASD-31, TY-44など

が開発されるようになった (昭和 26 年)。

石炭鉱業部門では、金属部門の例に倣って同時に普及をみるほか、回転穿孔機のオーガービットにもハードメタルの鑢づけが行なわれ、そのデタッチャブルビットが復興期頃から試用され、引き続き普及の段階に入っていた。

刃先の強化は別の波及効果を齎した。さく岩機の性能は、使用圧気圧に左右されることは当

図-22 ビットの進歩 a・b・c・d・e

図-22a たがねの刃先

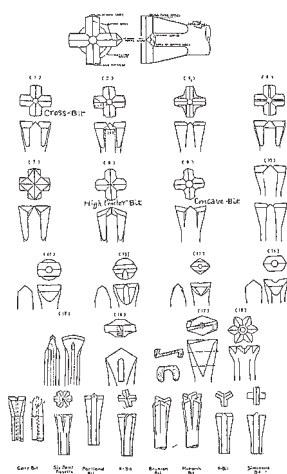


図-22b 十文字刃の摩耗状態

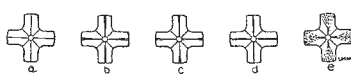


図-22c ビットのねじ型

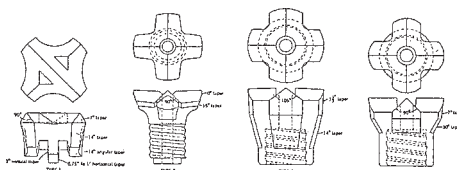


図-22c' ビットのテーパ型

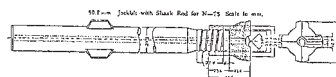
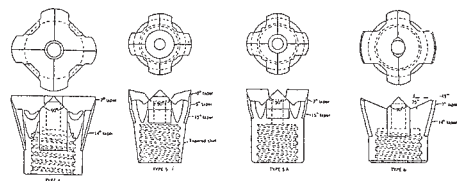


図-22d
差込み式超硬
合金ビット



図-22d'
超硬合金十
文字ビット



図-22e 回転穿孔用ウイ
ディヤビット



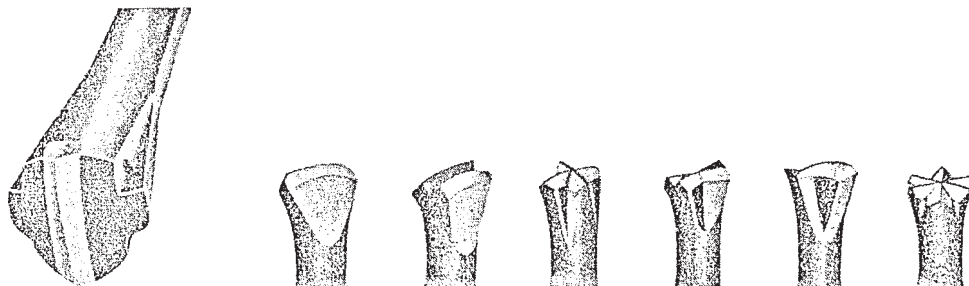
然であるが、従来は、たがねの弱いこともあって、ともすれば低圧に甘んじていたのであるが、このビットの比較試験により、充分圧気圧を高めても使用に耐え、またさく孔成績が格段に良いことが判り、圧気圧に関心と呼ぶようになった。

之には空気圧縮機の元圧を高めることも必要であったが、中には或る切羽のみ昇圧するためのブースターの採用がはかられ、それにも増して圧気管の強化による配管抵抗の損失減少、配管系の管理を強化して漏風防止等、一連の維持面の対策がはかられ、切羽重圧を高めることによって、動力費の経済と相まって総合的なさく孔成績の向上を追求するようになったのである。

(2) 1人操作——軽量コラム、レッグハンマー

乗駕装置付きの大型さく岩機（ドリフター）の場合、その据付け、孔移しに当っては各部の重量が大きいため1人で操作することができず、勢い2～3人を配置することになるが、その

図-23 デタッチャブルビット
打撃さく岩機用ビット刃



(1) 打撃作孔用超硬合金刃

(2) 打撃作孔用たがねの刃先

表-3 ドリフター重量の変せん

	従来のドリフター 以 前		ライトドリフター導入 S.27 年頃以後		軽量乗駕装置 S.30 年頃以後	
		kg		kg		kg
① さく岩機	7L	41.5	ASD 31	25.4	ASD 31	25.4
② ガイドシエル	鋼製	25.0	鋼製	23.6	軽合金製	18.6
③ メーンクランプ	〃	14.5	〃	12.8	〃	6.1
④ アーム	〃	25.5	〃	17.5	〃	7.8
⑤ コラム	〃	45.5	〃	32.5	〃	18.6
乗駕装置計		110.5		86.4		51.1
合 計		152.0		111.8		76.5
スタンド運搬						
③+④+⑤	×	85.5	×	62.8	○	32.5
機械取付						
①+②	×	66.5	○	49.0	○	44.0
水平移動						
①+②+③	×	81.0	×	61.8	○	50.1
アーム上下						
①+②+③+④	×	106.5	×	79.3	○	57.9

○印 60 kg 以下1人操作可能

×印 60 kg 超1人操作無理

主なさく岩作業中は手待ちになる。之を乗駕装置の各部材を軽合金化し、かつさく岩機も軽量化することによって、全体を1人で操作できるようにする努力が進められたが、これは次の表-3に示される。

一方手持さく岩機に於ても反動衝撃の激しい機体を支え、かつ推力を支えるためには2～3人の共同作業となるのが普通であった。この機体を何等かの支えによって保持し、労力を省こうとする工夫は早くから行われており、はじめは手頃な板材などを用い、後には数段に伸縮できる支持具などが案出されたが、これは図-24の手持さく岩機の支板となる。

昭和6年頃、三井美唄炭鉱の通洞掘さくに使用された支持桿は1.5吋の鉄管を2吋の中へ通し、孔をあけピンを通すことによって長さを調節するもので、当時好評を博したと言う。

ストーパーは上向き専用のさく岩機であるが、之を支え、また上方へ推力を与える機構を併せ持っていなければならない。この機構として、さく岩機の後に圧気シリンダーを備えたさく岩機は、1890年(明治23年)ショウ(Show)によって発明され、わが国にも明治38年、足尾鉱山に輸入されて以来金属鉱山で広く使われていた(図-24A・B)

この機構を手持ちさく岩機の支持具として製品化されたのはずっと下って1930年(昭和5年)発表されたフロットマンのエアサポータが始めであり、それも戦前はあまり普及しなかった(図-25)。実際に各所で検討されたのは、戦後未熟練労働者が多数就業し、さく岩機の不快な振動を軽減し、併せて省人化を進めなければならなかった昭和23～4年頃からである。芦別炭鉱で試みた山部式レッグ(図-26)もその1例で、開発成果は金城サポータとして商品化された。

呼応してさく岩機メーカーもASD-25, 26, TY-24に装着できるレッグを発表し、後はこの

図-24 手持鑿岩機の支板

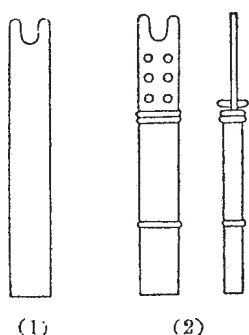
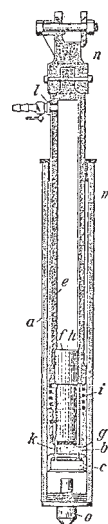


図-24A 圧気を用いるスタンドタイプ型さく岩機送り装置



レッグつきが標準化して、ハンマー本体の後部に直接レッグを取りつけ、エアシリンダへの圧気出入りの流路も之に組みこみ、ホース配管を省略するとともに、さく岩機後部の運転操作部で、伸縮もできるような改良された ASD 322D, 312 D, TY24LD が昭和 30 年に発表されて、完全にワンマン操作のレッグハンマー時代が始まったのである。

図-24B ストッパー・ドリルの種類 a~b

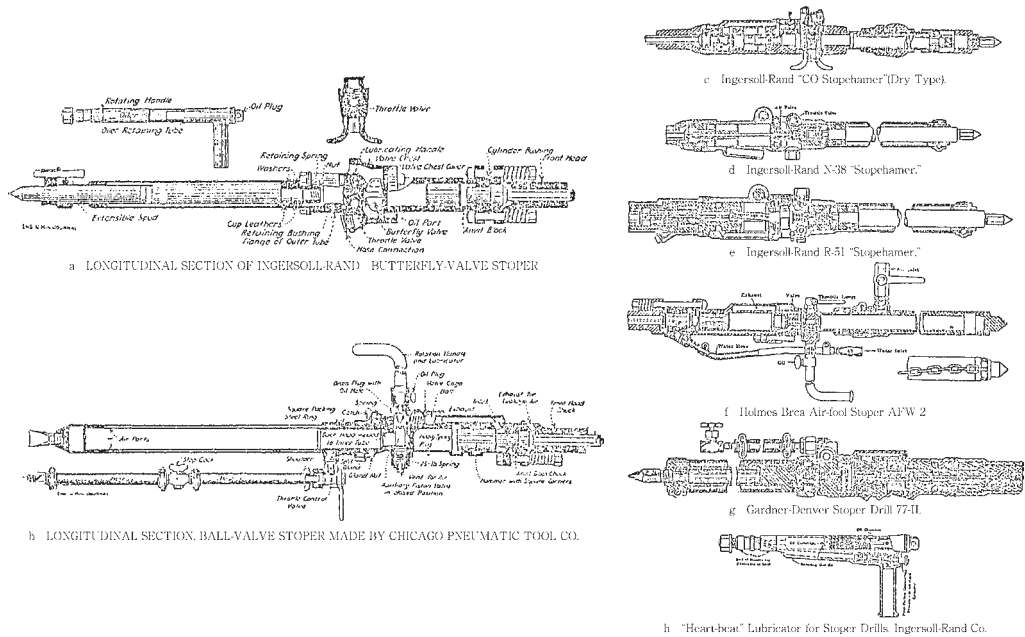


図-25 フロットマン社のさく岩機サポータ

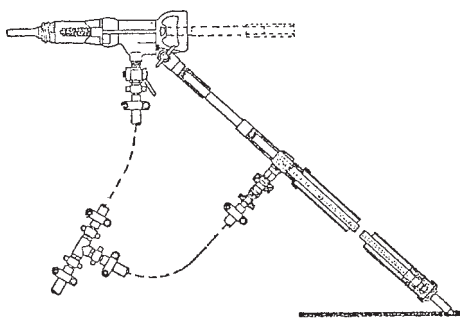
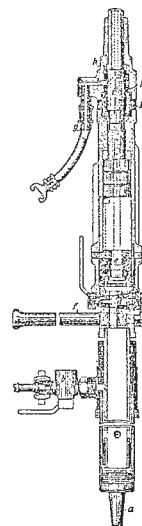


図-26 圧気送り装置付きのデマーク社製さく岩機



(3) 細孔径化

ハードメタルによる切れ味の良さ、線粉の粒度揃いに加えて、たがねの材質も之に適した合金鋼の採用 (昭和 30 年) 等により、細いたがねも実用に供せられるようになり、一方ではレッグハンマーにより、穿孔方向の安定性が得られるようになったので、比較的深い孔も細孔径でさく孔できるようになった。

孔径が小さければエネルギーも少なくてすみ、さく孔速度が上るので、弱い装薬で間に合う軟岩に対しては小孔径化と、之に適した細い爆薬が用いられるようになった。昭和 28 年頃からその研究が行なわれ、33 年頃には小径のインサートビットが定着する。

5. さく岩機の大型指向と鉱山業に於ける産業基盤の自立過程

(1) 長孔さく孔と長孔発破採鉱法の普及

昭和 25～6 年頃芦別炭鉱で 40～60° の厚い炭層の 15～20 m 離れた上下中段坑道の間、切羽に平行に長孔を穿孔し、一斉発破して一度に産炭する長孔発破採炭が開発された。またこの頃、砂川炭鉱で 30～40° の厚い炭層の昇坑道から、放射状に穿孔して後退式に扇状発破する半長孔発破採炭が開発された。いずれも穿孔は手持ちエアオーガードリルでつなぎオーガーを伸ばして長孔を穿孔するもので、産炭能率は非常に高い方法であった。

しかし、之等は切羽に人が入らない無人採炭で、採掘跡の処理は行なわない方式であったから、上ばんの性質に支配されるところが大きく、適用箇所の変遷を受け易かった。之等の採掘構想はかえって跡山空洞の維持に問題の少ない金属鉱山で研究され (昭和 27 年、神岡・釜石)、30 年代に入って各所に普及し、長孔発破採鉱法は定着する。

長孔さく孔には方向を正しく位置づけする必要があるが、レッグの操作熟練によって之は解決し、より強力なさく岩機として、長孔用を意図した機種が開発される。古河は ASD312D (24.8 kg), 317 D (32.1 kg), 322 D (38.5 kg) に代えて F-7 (38.1 kg), F-8 (41.2 kg), F-10 (42.1 kg), また東洋は、TY16LD (27.5 kg), TY24LD (37.5 kg) に代えて TY76LD (36.5 kg), TY85LD (40 kg) を発表する。また AN-FO 爆薬が、昭和 33 年頃わが国に知られ、36 年頃欧米で実用化し始めたころから、37 年に神岡、細倉、河山鉱山等で試験され、長孔に適していることが実証されてから急速に利用される。之等の技術が長孔発破採掘法の発展に寄与したとみることができる。

(2) さく岩車の導入

昭和 30 年代金属鉱山は貿易の自由化 (銅 38 年、鉛・亜鉛 39 年) を前にして、経営自立化のためきびしい立場に立たされた。また石炭鉱業もエネルギーの流体化革命の前に斜陽化を余儀なくされた。こうした外部環境の険悪化の中で、鉱山が自立し、安定した操業を続けるためには、基幹坑道の構造を改めて若返りをはからなければならず、そのためにも経済性のある急速掘進が必要となった。

こうして 1 部にはレッグつきさく岩機の普及、発破孔の小孔径化がはかれるのとは別に再び大型さく岩機、および移動可能な乗駕装置としてさく岩車の開発が行われる。

さく岩車は1926年(大正15年)、インガーソルランド社でN-72ワゴンドリルが発表されたのを始めとするが、わが国では戦後試作されたあと昭和26、7年頃(羽鶴(石灰石)、神岡、釜石)、長孔発破に関連して自家製で開発使用されている。

30年代後半になるとクローラ台車に上下、左右に開きの変えられるブームを備え、さく岩機を搭載したブームジャンボが開発され、操作もワンマンコントロールからワンマン2ドリルへと省人化が進展する。

こうした強力なさく岩機を多連装したジャンボは、戦後急速に発達した油圧シリンダの技術、車両系土木機械の周辺技術に支えられて多機種の紹介、導入をみるようになるが、之等は鉱山の坑道掘さくのみならず、石灰石鉱山の階段式露天掘りに於ける重機械の導入、鉄道、道路用の多数のトンネル工事等、適用現場が多様化したことも刺激となっている。

自走車両にさく岩機を乗せるとなればさく岩機の重量に対する制限は薄くなり、より強力なさく岩機へと指向される。その1つは回転機構を別の動力からとって、打撃数と関係なく岩石の種類に応じて回転数を設定でき、推力とも関連させて最適さく孔速度の得られる方向へ進む。

他の1つは、長孔の場合エネルギーの伝達損失を重視して、打撃機構をロッドの先につけ、さく孔と共に自ら孔内へ入ってゆくダウンザホールドリルの開発となる。勿論之は機構上大口径(100~150mm)となるが、AN-FDを用いる石灰石鉱山の露天発破では特に障害となることはない。

大断面の坑道の全面発破にからみ、全断面をカバーする組立てジャンボも、高い位置の足場を支え、多連装のさく岩機を装備できるので、特定の長大トンネルをはじめ、鉱山の大型坑道でも採用されるようになり、特種な掘さく現場にも之に適したさく岩機支持台が活用される。例えば垂直の掘り上りにはアリマックレイズクライマ(34年、別子、柵原)、立坑掘り下りにはアンブレラシャットジャンボ(35年、赤金、40年、花岡松峰)などが採用された。

(3) 大口径さく孔機

回転穿孔機のオーガービットを多段にしてより大口径の穿孔を試みる技術は戦前、ドリフターの乗駕装置を利用した大型穿孔機として紹介されたが、大空P-P穿孔機なども炭層の探査、ガス抜き用の長尺孔に用いられた。

この目的の穿孔機としては、戦後紹介されたニュッセグレーファ社の大口径穿孔機が手頃な重量と信頼性によって歓迎され広く炭鉱に普及する。その強化型が開発されてより大口径、より長尺へと進歩し、炭鉱の岩石にも広く利用されてガス抜き技術の発達を支えた。

この技術の延長として、1~2mの大口径孔を岩座でも開さくできる穿孔機が開発され、簡単な通気孔、炭・研流し、更には目抜坑道すら全断面で開さくできるようになった。砂川に昭和43年導入したトルマーク社製をはじめ、ヒューズ社のレーズボラ、ビッグマン等もその例である。

(4) 油圧さく岩機

軌道や特設レールに乗る台車形式にせよ、クローラやタイヤを用いるワゴン形式にせよ、す

べて自走し、強力なブーム機構によって任意の位置に方向、傾斜を定めて穿孔でき、かつ大型強力なさく岩機を搭載できるようになると動力消費はどうしても大きくなる。

主体となるさく岩機動力は長い伝統をもって、圧縮空気が用いられて来たので、ブーム機構には圧気シリンダ、自走機構には圧気モーターが使われたが、動力の経済から電動が目され、引き回される圧気ホースは1部を電力ケーブルにおきかえられ、台車に設備した油圧ポンプにより、電動油圧により、ブームを操作し、油圧モーターによって自走するようになって来た。

最後にとり残された圧気動さく岩機も油圧さく岩機の開発によって、電動、油圧により駆動されるようになって、遂に圧縮空気は不要となる。電力伝達の面に於ける大きな変化が昭和50年代になって現実のものとなって来た。

またディーゼル機関を搭載した車両系さく岩車によって、引きずる電力ケーブルさえ消えてゆくようになる。之等の技術は勿論、土木工用重機、自動車の技術や、坑道、トンネル掘さくその他の装置、例えば後方運搬機、コンクリート打込機、自走型枠などの技術とともに進んだ成果であるが、とりわけ、石灰石鉱山^{注(4)}に於ける新機種^{注(4)}の導入が刺激となって前進し、坑内環境に対する新たな対応、例えば排ガスに対する通気量、可燃性ガスの存在に対する防爆機構の技術的進展を促しつつ実用に供せられるようになるのである。

さく岩車が全油圧方式になると、制御の精度も著るしく向上を見るようになる。こうしてさく岩車に記憶装置を組みこんだ制御装置を搭載することにより、切羽面の全穿孔をスタートの信号1つで、定められたプログラムにより、位置決め、さく孔、引き抜き、移動を自動的に繰り返す無人運転をさせることができるようになった。それは手動目測でさく孔配置するより、より正確な理想的発破孔配列を反覆することを可能にしたのである。

昭和53年(1978)に太平洋炭鉱(釧路)は「230 m面長のSD(シールド枠+ドラムカッターの組合方式)切羽を南益浦上層西3片1号SDに設定し、機械化採炭を成功させ」(「60年のあゆみ」

注(4) 石灰石鉱山の技術

石灰石の鉱床は、海生さんごの遺骸の堆積した礁に由来するから、層状を呈するが、非常に厚く、多くは、塊状鉱床として発達する。従って石灰石鉱山は殆ど例外なく石灰石山の露天採掘である。

以前は採石山と同様、山の斜面を発破で崩し、裾に堆積させて積み取る方法であったが、昭和22年頃、グローリーホール法がわが国に導入された。これは、採掘区域の中央に立坑を設け、之を中心にすり鉢状に採掘し、破碎岩石は立坑底のビンから抜き出すもので、積み出しの合理化がはかられたものであった。

しかし、さく孔発破は足場の悪い急斜面で行なわなければならない、さく岩機は小型の手持さく岩機しか用いることができず、多大の労力を費やすことについては従前の斜面剥ぎ取りと変わらず、かつ転落したときの危険は以前にもまさるものであった。

昭和26年羽鶴鉱山のワゴンドリル試用の頃から、階段式採鉱法が検討され、30年からは、完全に階段式を採用する鉱山が現れ、当局の指導もあって、殆どこの方式に切り替わっていった。

階段式は鉱床の上部から、平面に切り取ることになるので、その上段には、さく岩車を配置して下向きに穿孔し、発破後、下段に配置したショベル、トラックにより積み取る作業形態で、強力、大型の車両系作業機により能率的な操業ができるうえ、安全な方法である。

石灰石鉱山は年産800~1000万トン級の規模に達し、高性能のさく岩車が導入され、之等の技術開発は、坑内のそれに対する格好の索源地となるのである。

53 頁), と同時に「沿層掘進は古くからコンティニュースマイナーとシャトルカーによる機械化掘進をし」, さらに坑道支保にボルターマイナーを導入し(「平成 12 年度太平洋炭礦概要」7 頁)で全面機械化生産を行い, 現在の炭鉱におけるイノベーション好循環のモデルとなっている。

(五) さく孔機とさく岩機年表

1813 年にリチャード・トレビスチックが蒸気動回転式穿孔機を開発し, 火薬発破の普及を鉱山業に持たらし, 産業革命への回路を形成してから鉱山業の発達は一挙に大量生産体制の時代へ向かい, 日本では第二次世界大戦中, 統制型さく岩機を JES 制定に基づいて採用し, 機械化の一里塚となる。こうした 2 世紀にわたるさく岩機とさく孔機の発展は次の年表 (表-4) に体系的時系列的に要約される。

表-4 さく孔機とさく岩機の年表

西暦	年号	年	項目	外国	金属山	炭鉱	コールピック
*	1813		イギリス コーンウォール(鉱山地帯)のトレビスチック(Richard Trevithick (1771~1833)), 蒸気動回転式穿孔機開発(スチブソンの蒸気機関車発明は 1812) 石灰岩発破孔に試用	○△			
	1838		シンガー(Singer ミシンの発明者)兄弟, 蒸気で錘を巻上げ自由落下する下向きさく孔機を発明, 米国の運河開さくに使用, ㉞	○△			
	1840		ランクオーリー(Lankowily) 回転式さく岩機を使用, ㉞	○△			
	1841		スミス(J. Smith) (スチームハンマ発明者) 3 年がかりでさく岩機を試作, ㉞ パリで公開 ㉞	○			
*	1844		ブラントン(Brunton) 圧縮空気を用いたさく岩機 ウインドハンマー ドリルを考案	○			
	1845		フライベルグで鋳鋼製さく岩機を試験, ㉞	△			
*	1849		アメリカ カウチ(J. J. Couch) 衝撃式さく岩機発明特許, ピストンは中空で中にロッドが貫通している, 米国ではじめて。	○			
*	1851		アメリカ ファウル(Fowle) 機構上の特許 No.7972, ピストンとロッドは連結し, 一体となって前後する(回転機構ラチェット ボール 組みこみ?) 送りをスクリュウチェンで駆動。はじめ蒸気動のち圧気動, カウチと協力して両者の長所を生かす, ㉞	○			
	1851		フランス Cavé さく岩機特許	○			
	1852		スミスのさく岩機 パリ郊外 石膏山で公開試験	●			
	1853		William Pidding さく岩機考案 蒸気動 ㉞	○			
	1854		バートレー(Bartlett) モンスニートンネルの開さくに実用 ㉞	●			
	1854		フーザック(Hoosac) トンネルの開さくに実用 1876, 開通完成	●			
	1854		シューマン(Schumann) さく岩機考案 衝撃式, ㉞	○			
	1857		シューマン さく岩機をフライベルク鉱山で使用	●			
	1857		ソンマイラー(Sommeiller) さく岩機をモンスニートンネルの開さくに実用	●			
	1857		シュワルトコッフ(Schwarg kopt) さく岩機考案 ビンゲンで試用㉞	○△			
	1861		ソンマイラー さく岩機, モンスニートンネルで使用 ㉞	●			
	1861		リスパー 考案のボーリング機を軟岩に試用 回転式? ㉞	○△			

西暦	年号 年	項 目	外国	金属山	炭鉱	コール ピック
1863		エドワード クリーズ (Edward Crease) 考案のさく岩機をクロウガン鉱山で使用 ③	○△			
1864		ザックのさく岩機 アルテンベルク鉱山で使用 ③	△			
1865		圧気式さく岩機ルール地方立坑開さくに使用 ③	△			
1865		この頃迄さく岩機の発明盛ん、特許数アメリカ 110 件、ヨーロッパ 86 件、うちイギリス 64 件				
* 1866		アメリカのバーレー (Charis Burleigh) 数件の特許を得、競合するファウルの特許を買収、さく岩機製作工場建設して生産	● ●	○		
* 1866		ジョーダン (Jordan), ダーリントン (Darlington) 線粉排除の効率向上、ライフルバーとラチェットホイールにより、打撃とともに回転する機構を発明 ③	● ●	○		
1867		Dubois, Francois さく岩機考案 ③	● ●	○		
1867		バーレーさく岩機 フーザックトンネルで好成績	● ●	△		
* 1868	M.1	バーレー、ファウルの特許を入れ、圧気式ピストン式 (現行の原形) を完成	● ●	○		
* 1871		アメリカ インガーソル (Simon Ingersoll), ファウル、バーレーの特許を買ひバーレー社を吸収合併してインガーソル社 (以下 I 社) を設立	● ●	○		
1873		ダーリントン、イギリス フェロー (Ferroux) の考案した無弁式さく岩機を製造	● ●	○		
* 1873		サージャント (H. C. Sargeant) (Herry Sargnet?) 隣のポンプ工場のバルブにヒントを得てエヤースローンバルブを開発、I 社と提携してインガーソルエクリップ C 4, C 6 を開発、③, ⑥, ⑦ 1878 完成、③	● ●	○		
1873		ランド (A. C. Rand) 社設立	● ●			
* 1875		ランド、ギスズ (G. Githens) タベット型バルブ、サイドロッドつきさく岩機リトルジャイアントドリルを開発、1877 完成、好評	● ●	○		
* 1879		ドイツ、シーメンス (W. Siemens) ソレノイド型電気さく岩機特許、キャンボーン工場で製作、電さくの初め	● ●			
1881	M.14	赤羽工作分局でダーリントン無弁式さく岩機を模造、官営佐渡鉱山で使用、構造簡単だが操作上故障多く実用にならず、機種も主流でなく性能劣っていた。	● ●	○△		
1881	M.14	三菱吉岡 (岡山県) 泉屋住友も手がけたが M.6.12.- 三菱が休山のところ買収して再開、F. コワニエの指導により、疎水坑 1000m の開さくに踏み切り、第 3 通洞の開さくを計画 (M.13.6), 設備して実働に入った (M.14.12) 蒸気機関-空気圧縮機-配管-バーレーさく岩機 2 台使用、穿孔速度 12-3 尺/時通洞とは日本坑法により 6'×9' 以上のもの既掘 (1790 寛政 2 年開坑のあと) 610 間 残 300 間を開さく、立坑 12 HP ボイラー、ドンキポンプ (注水用、圧縮機シール用 2 台)、ダブルアクチング 30cmφ×60cmst, エアタンク 3 尺φ×5.3 尺 H, 圧気圧 60~70 ポンド/分 圧気管 3.5 呎φ 空気溜 2 尺φ×4 尺高 之よりパイプ細くし最終は 8 分 (26mm)φ のゴム管、バーレーさく岩機 120 st/分 5 寸ストローク のみ 8 角径 1.6 寸 (53mmφ~9 分 (30mmφ) 迄 5 厘 (1.7mm) 落し、14 段、ビットは十文字、(明治工業史シュラムさく岩機は誤) [M.17.7 桑原政 (M.13.5 工部大学校 2 回生) 報告 工学会誌 No.31.]	● ●	△		

西暦	年号 年	項 目	外国	金属山	炭鉄	コール ピック
1883	M.16	官宮阿仁 2部内の坑内連絡集約の坑道未掘部 460 ^m (計画時 760 ^m) 手掘では 20 m/月 (向掘り) でも 3, 2 年を要する。設備 M.15.7 着工, M.16.3 竣工試運転, M.16.7.1 より実用。手掘り 160 ^m , 機械掘 300 ^m , M.17.11.23 貫通, 設備 15 ^尺 φ×7.5 ^尺 幅水車—増速ギヤー減速ベルト—圧縮機—シュラム式さく岩機 2 台		△		
* 1883		ハルゼー (Halsey) スラッグドリル考案, ランド社で発表③, 後方にバックヘッドをもちバルブはスプール型ピストンの作動確実, 後の基礎となる。	○			
1884		サージャント auxiliary valve 考案 シリンダ内圧により作動する三日月型副弁によってスプールバルブを動かす。レリーズローテーション機構, 好評でリトルジャイアントを駆逐する。⑦⑧, 5 大湖方面で活用 ③	○△			
1886	M.19	古河足尾 M.19.1, 有木坑の引立に使用, 古河は M.18 阿仁の払下げをうけ, このシュラム式さく岩機の 1 部を転用, 以後シュラム式を増加し, 3.3 ^{km} の大通洞開さく 3 尺孔 7 本/方, 26 m/月手掘 (22~33 尺/月)		△		
1887	M.20	官宮佐渡, 新立坑開さく (M.20.4.8 起工式) に使用 460 ^尺 (152 m) (M.21, 夏) ランド式を採用, 大島高任にちなみ高任坑と命名, ハンマー操作 2 名の他給水方 1 名 (ヒシヤクで孔中に注水し線粉を排除する), このとき購入さく岩機④ランドスラッグ 12 [#] , ランドジャイアント 2 [#] , インガーソルエクリップス C 4, C 6, 計 20 台		△		
1887		サージャント社 (1878 設立) I 社に吸収合併, インガーソルサージャント社となる	○			
1889	M.22	官宮生野, ドイツのエーガー式を丸山疎水道開さくに使用, 好調, ③, ⑥⑤, ⑦⑧		△		
1890	M.23	官宮佐渡, インガーソルエクリップス C 4, C 6, ランドスラッグ 12 [#] ジャイアント 2 [#] 購入④のことか				
* 1890		ショウ (Shaw) 圧気式シリンダでフィードするストーパを發明, このさく機はたがねとピストンとを離した。ハンマー式のはじめ。	○			
1891		シーメンス, ハルスケ (Halske) と共同で直流電動さく岩機 (1 HP) を發明 ③, ⑦⑧	○			
1892	M.25	別子, シュラム式 4 台購入 5 番坑第 2 通洞に初めて使用, のち, M 27~35, 第 3 鑿道で成果上げる ③, ⑥⑤, ⑦⑧		△		
1894		ライナー (J. G. Leyner) デンバー郊外にさく岩機製造工場建設 ③				
1896	M.29	北陸線木の芽峠第 2 トンネルにシュラム式採用, 鉄道トンネル初めて		△		
1897		ライナー ピストンにアンビルを介したハンマー式の乾式さく岩機を考案, たがねに中空鋼を用い線粉はエアブローとする。75 台製作使用したところ, 粉じんを嫌われてすべて返品となり破算寸前となる。之より注水パイプ機構を考案	○			
1897	M.30	足尾, シーメンスの電動さく岩機を導入, 重量大の割に弱く, 坑内湿気のため漏電あり, 不良, M.34, シュラム型に戻る。		△		
1897	M.30	別子 蒸気駆動空気圧縮機を強化する。80 HP		△		
* 1898	M.31	三池 宮の原立坑開さくにさく岩機使用			△	
1898	M.31	夕張 奥部立坑開さくにウォータライナー 2 [#] 導入 18 ^尺 φ 560 ^尺 シーメンスモータ, インガソル R 型 空気圧縮機 (2 段式) 使用, のち, リトルジャブ 4 台も導入, ⑩⑪, ⑫⑬			△	
* 1898		ライナー 湿式ハンマー型のウォータライナ発表, 湿式さく岩機の初め	○			

戦間期石炭鉱業に於ける寡占構造の形成と資本蓄積 (三)

西暦	年号 年	項 目	外国	金属山	炭鉄	コール ピック
1899	M.32	高島二子 M.32.2.- 長崎造船所より借用してバーレーさく岩機を使用			△	
1900	M.33	高島瀨立坑にインガソル リトルウオンダを導入 ⑬			△	
1901	M.34	別子 インガソル導入するもシュラム式に及ばない, ③		△		
1901	M.34	小坂 ダーキー式 ボックス式 電さく導入 ③		△		
1901	M.34	三池 ポンチャ式 打撃式 すかし掘り機 本邦初めて使用			△	
1902	M.35	小坂, ウォーターライナー 2#, 足尾同 3# 喪同 1# 導入 好成績 喪 3# とも ㉗ 打撃数 700~1000 st/分で従来の 300~400 st/分に優り (ハンマー式の長所) 強力かつ湿式, 3 尺孔 20 本/方 300 尺 3 /方 シュラム式の 6.6 倍, 手掘りの 10 倍		△		
1902	M.35	三菱方城 インガソルエクリップス導入 ②, ③			△	
1903		ウォータライナー 5# 発表 ③ 5# でなくモデル 5 A のことか。	○			
1903	M.36	田川, さく岩機導入 試用			△	
1903	M.36	三菱方城 ウォータライナー導入 ⑬			△	
* 1904		ドイツ フロットマン ハンドハンマー開発 ●	○			
1904	M.37	別子 ウォータライナー 5# 導入 日立, 不老倉も同様 ③, ㉖		△		
1905		インガソル社 ランド社 (1873 設立) を合併, インガソルランド (以下 IR 社) となる	○			
1905		ライナー社 リットルトンに工場建設	○			
1905	M.38	足尾 ショウ式 スーパー 導入 ③, ㉗		△		
1905	M.38	田川, ウォータライナー導入			△	
1906		ライナー社, ウォータライナ 6# 発表 ③ ビット取付け部を改良	○			
1906	M.39	日立, ウォータライナー 5# 2 台導入 35 HP 空気圧縮機増強 ③		△		
1906	M.39	尾去沢 新坑開さくにインガソル導入 ③		△		
1906	M.39	足尾 光立坑開さくにウォータライナー導入好成績 (8# とある?) ③ 6#		△		
1906	M.39	三池 インガソル リトルウオンダ導入 小型で好評 ⑬		△	△	
1906	M.39	田川 伊田立坑開さくにリトルウオンダ導入 ③			△	
1907		ライナー社 ウォータライナー 7# 発表, 自動給油装置組込会社シャープナー発表	○			
1907	M.40	別子, シュラム式を斜坑開さくに使用 ③				
1907	M.40	足尾 ライナー 5# C 型 10 台, リトルウオンダー 1 台購入 ③		△		
1907	M.40	三菱方城 リトルハーデー 採炭発破に試用 ③ ●			△	
1907	M.40	大之浦 リトルウオンダー 5 台導入 ③			△	
1907	M.40	新原 フロットマン ハンドハンマー 8 台使用 ④ ●			△	
1908	M.41	別子 リトルウオンダー使用		△		
1908	M.41	二瀬 リトルウオンダー使用			△	
1908	M.41	常磐 三星炭鉱縦立坑開さくにリトルウオンダー導入 常ばんで始めて ⑬			△	
1909	M.42	日立, 小坂, サリバン D 21 スーパー使用		△		
1909	M.42	小坂, 日本で初めてシャープナー導入		△		
1909	M.42	豊国 リトルウオンダ ウォータライナー導入 ⑬			△	
1909	M.42	山野, ウォータライナー 5# 導入 ③			△	
1909	M.42	本洞 リトルウオンダー導入 ③			△	
1909	M.42	崎戸 フロットマン ハンドハンマー 15 台使用 ●			△	
1909	M.42	新入 南立坑開さくに L 社, IR 社のもの導入			△	
1910	M.43	別子 ウォータライナー 9# を使用, 45 HP 空気圧縮機を電動とする 150 m/月 掘進記録		△		

西暦	年号	年	項 目	外国	金属山	炭鉄	コール ピック
*	1911		L社の製品をIR社で委託製作, ライナーインガソル 18#, 26# 発表 ③, ⑥	○			
	1911		L社, シャープナー 5# 発表 ③ ラインオイラー日本特許 ③	○			
	1911	M.44	別子, リトルハーデイ手持さく岩機を使用		△		
	1911	M.44	三池, シーメンス電さく導入, 一般に普及せず			△	
	1911	M.44	久根 ライナーインガソル 18# 導入 ③		△		
*	1912		IR社 手持さく岩機, BCR 430 ジャックハンマー発表 好評で後, リトルジャブ, リトルハーデイ, フロットマンを 駆逐する, ②	○			
*	1912		シーメンス 電動オーガードリル E 417 発表, ③	○			
	1912	M.45	足尾, 日立, 小坂, フロットマン ハンドハンマー導入 小 型で体格に合い好評		△		
	1913		L社 シャープナー 4# 発表 ③	○			
	1913		ペインター さく岩機試験機 (Paynter Drillometer) 発表 ③	○			
	1913	T. 2	明延 さく岩機使用開始		△		
*	1914		L社 さく岩機の特許期限切れる。之より世界的にさく岩 機メーカー簇出する。イギリス, Climax, Hardy, Holman, アメリカ Sullivan Gardner-Denver New York Eng, ド イツ Flottmann, Siemens Schuckert, スウェーデン Atlas-Diesel 等	○			
	1914		IR社, 18#, 26# 完成	○			
*	1914	T. 3	足尾, 足尾式さく岩機製作, 別子も同様, さく岩機の国産 化始まる		○		
	1914	T. 3	貝島大之浦 400 HP 空気圧縮機据付			△	
	1915		IR社, ライナー社(1897 設立) 吸収合併, ライナーインガ ソル 18#, 26# 発表	○			
	1915		IR社 シャープナー 33# 発表 ③	○			
	1915	T. 4	別子式ストーパー完成		○		
	1916		IR社 インガソル 248# 発表	○			
	1916	T. 5	明延 ライナーインガソル 26# 使用		△		
	1916	T. 5	滝根 (石灰) さく岩機導入, 石灰石鉄山の機械化の初め		△		
	1916	T. 5. - . -	三井三池 万田坑 ハンマーロックドリルはじめて使用 機種?			△	
	1916	T. 5. - . -	住友忠隈 3坑, フロットマンさく岩機使用			△	
	1917		デンバー社 タープロー21# 発表 ③, ⑥	○			
	1917	T. 6	神岡 ライナーインガソル 18# 使用		△		
	1917	T. 6	幌内 布引立坑 IR社 BAR-33 使用			△	
	1917	T. 6. 3. -	新夕張第2坑 インガソルさく岩機×2 1235 尺の掘 進を行なう			△	
	1917	T. 6. 6. -	三菱美唄 ハイδροマックス サイクロップ ジャックハ ンマーおよび足尾式 750 尺掘進			△	
*	1918	T. 7	中井式 電動さく岩機発表, ③		○		
	1918	T. 7. 4. -	三池 四山立坑開さくにはじめてデンバー型さく岩機使 用, のちジャックハンマーも			△	
	1919		ライナーシャープナー 50# 発表, ③	○			
	1919	T. 8	佐渡 鴻之舞さく岩機使用開始		△		
	1919	T. 8	山勇式, 森本式電さく発表, ③		○		
	1920	T. 9	尾小屋, さく岩機使用開始, ⑦		△		
	1920	T. 9	上山田 サリバン空気圧縮機導入, ③			△	
	1920	T. 9	二瀬高雄 2坑 インガソル空気圧縮機 464 呎 3/分× 1 増設			△	

戦間期石炭鉱業に於ける寡占構造の形成と資本蓄積 (三)

西暦	年号	年	項目	外国	金属山	炭鉱	コール ピック
1920	T. 9.	-	麻生綱分3坑 さく岩機試用 2年で中絶			△	
1920	T. 9.	-	三井山野漆生4坑人道卸掘さくに足尾式さく岩機使用, 空気圧縮機 9 ^{Bφ} ×14 ^{Bφ} ×11 ^{Bst}			△	
1921			クリーブランド A-1 シンカー発表, ③, ⑥	○			
1921	T.10		高玉, さく岩機使用開始, ⑦		△		
1921	T.10		足尾 ASD-10 発表, ② インガーソル BCR 430 とほぼ同型 バルブはボールバルブ		○		
1921	T.10		別子式ストーバ発表 日立H式さく岩機発表		○		
1921	T.10		国産品未だ故障多く輸入品の方が信頼される。部品の常備, 修理技能の向上が痛感される。予備台数多く必要, デンバー式輸入される②, ③では T.11		△		
1921	T.10		穿孔能力は手掘りに優るが, コスト高で熟練手掘りが未だ幅をきかす		△		
1921	T.10.	-	田川, インガーソル BAR 33 空気圧縮機×6 購入 採炭にコールドリル, 岩石はハンドハンマー活用			△	
1922	T.11		日立, 別子デンバータープロ-21 [#] 導入		△		
1922	T.11		足尾, ASD-11 発表 重量 5.6 kg		○		
1922	T.11		榎峰さく岩機使用開始		△		
1922	T.11.	-	筑豊各炭坑ジャックハンマー デンバー 95 [#] など使用普及し, 手掘 30 k/月が 100 k/月以上			△	
1922	T.11.	-	山野3坑, 5坑 足尾式さく岩機 サリバン空気圧縮機, ポータブル 30 IP×2 断層 掘進に使用			△	
1923	T.12		泉式電さく発表 モーターにより圧気を作りピストンを動かす, ③		△		
1923	T.12		崎戸, ハウエル式電動オーガドリル使用 ●			△	
1923	T.12.	-	田川, シカゴニューマチック社, リトルジャイアント電動さく岩機購入 (大1, 小5)			△	
1924			IR 社 R 72 完成	○			
※ 1924	T.13		中山式電さく発表, モーター偏心クランク, スプリングで打撃, よく使われた, 山内式も		○		
1924	T.13		三菱鉱業, さく岩機研究会実施, 生野, 明延, 尾去沢, 佐渡, 吉岡参加, 他に荒川, 美唄, 古賀でも実施, ⑥, p.6		△		
1924	T.13		新原, 足尾 ASD-12 使用			△	
1924	T.13		田川リトルジャイアント電動オーガドリル採炭に使用 ●			△	
1924	T.13.	-	豊国, 多久, 空気圧縮機導入さく岩機の使用を始める。デンバーのさく岩機とコールピック? 明治で初めて			△	
1925			IR 社 R-51 ストーバ発表 ③, ⑥	○			
1925	T.14		大正後期, 不況期, 熟練手掘夫不足, 居ても高齢化, 加えて合理化, 省人化のため機械化進み, さく岩機の普及進む。機械の性能向上についてもユーザー側の検討進む		△		
1925	T.14.11.	-	新原, リトルジャイアントハウエル, 電動さく岩機初めて使用			△	
1925	T.14.	3.	三池宮ノ浦, 手動オーガーで穿孔, 発破産炭始める			△	
1926			IR 社, N-72 ドリフタ発表, 台車に乗せた N-72 ワゴン型発表	○			
1926			IR 社, シャープナー 34 [#] 発表	○			
1926	T.15		この頃, 足尾, 別子はほぼ自社製品に統一		△		
1926	T.15.	-	赤池さく岩機使用			△	
1926	T.15.	4.16	三池宮ノ浦 電気ドリル使用			△	
1926	T.15.	-	明治, さく岩機使用のうち, 電気ドリル採用			△	
1926	T.15.	-	山野, コールドリル電動か? 試用成功 15 台購入普及			△	
1926	T.15.	-	稲築, フロットマンコールドリル使用			△	
1926	T.15		三菱美唄, 電動オーガドリル使用			△	
1926	T.15		太平洋釧路電動オーガドリル使用 ラジアラックスも			△	

西暦	年号 年	項 目	外国	金属山	炭鉄	コール ピック
1926	T.15. 6.-	夕張, BAR-33 使用			△	
1926	T.15	雄別, BCR-430 使用			△	
1927		クリーブランド社 D-8, デンバー社 107# 開発	○			
1927	S. 2	IR 社 N-72 CA-31, クリーブランド D-8, デンバー 107 輸入 さる		△		
1927	S. 2.11.-	住友忠限 50 HP 空気圧縮機, デンバーウオータハンマーさく岩 機 4 台試用			△	
1927	S. 2.-.-	明治 2 坑, 豊国, 高田, オーガドリル試用のち採用			△	
1927	S. 2.-.-	田川, リトルジャイアント NP 472 三作改良型, 回転数を変 化する			△	
1927	S. 2.-.-	杵島 3 坑, 柱房式を前進式長壁切羽に改め, ハウエル型 10 台, シカゴニウマチック, リトルジャイアント 6 台, シーメンス型 2 台, 泉式 20 台, 他エアオーガドリル等を採用し火薬掘りを普 及する			△	
1927	S. 2	砂川, 電動オーガドリル使用			△	
1927	S. 2	雄別, シーメンス電動オーガドリル使用			△	
1928		IR 社, L-74, N-75 発表, 直ちに輸入される, ③, ⑥	○	△		
1928	S. 3.-.-	赤池, デンバ, オーガドリル採用			△	
1928	S. 3.-.-	貝島大之浦, インガーソル 200 HP 空気圧縮機 1 台増設, ムード ンピック導入				△
1928	S. 3. 1. 3	山野, 三作製電動オーガドリル MDE-1, 0.8 HP×2, 試用のち 42 台採用, 鴨生 13, 漆生 22, 平 7 光陽さく岩機採用 ③			△	
1928	S. 3.-.-	山野, フロットマンピック×3 台, S.4 ムードンピック 3 台購入 試用不成功				△
	S. 3	三井美唄 さく岩機使用			△	
1929		IR 社 N-38, R-39 (ジャックハンマー) S.49 (シンカー) 発表 6 F, 26 F 油炉発表	○			
1929	S. 4. 2.-	内郷, シーメンス電動ドリル 3 購入, 機械採炭開始			△	
1929	S. 4.-.-	麻生豆田昭和式 0.5 HP 電動オーガドリル 1 台導入			△	
1929	S. 4.-.-	電動オーガドリル全盛, 筑豊 1030 台, デンバー, フロットマン, ペンシルベニア, インガソル, が主, 他にエアオーガ 135 台			△	
1929	S. 4	三井美唄, 電動オーガドリル採用			△	
1930		サリバン社, T.6, T.7 完成, 直ちに輸入	○	△		
1930		フロットマン社, エアーレッグ発表, 戦前は普及せず	○			
1930	S. 5	日立, ジャックハンマー, H.3, H.5, H-20, 発表		○		
1930	S. 5	日本特殊鋼(株)中空鋼の国産始める		○		
1930	S. 5	槇峰, S.49, 使用		△		
1930	S. 5.-.-	大嶺, 長壁採炭採用 フロットマンピック 2 台試用, サリバン 空気圧縮機 1 台				△
1930	S. 5.-.-	北炭幌内, アトラスコールピック 10 台				△
1930	S. 5.-.-	三菱美唄, フロットマン-シーメンス変動オーガドリル 10 台増 設			△	
1930	S. 5.-.-	山野, 電動ドリル 50 台使用			△	
1930	S. 5. 9.-	山野漆生, エヤオーガドリル, 電動オーガドリル, コールピッ ク活用			△	△
1930	S. 5. 8.初	池野, 泉式オーガドリル 5 台掘進に使用			△	
1931	S. 6.10.-	大之浦, さく岩機 46 台, ピック 70 台, 発注			△	△
1931	S. 6.-.-	嘉穂, ピック, アトラス KR 4, 9 台, ボーレル BA 7, 10 台購 入				△
1932	S. 7.-.-	方城, ピック採用, S.10 より普及, 効果発揮する				△
1932	S. 7. 7.-	田川, さく岩機国産品に切かえ			△	
1932	S. 7.-.-	全国統計, 金属山, さく岩機 3000 台(内国産 47%) 電動ドリル - (-)		△		

西暦	年号	年	項目	外国	金属山	炭鉱	コール ピック
			㊦ P.9, 石炭山, さく岩機 2100 台(内国産 11%) 電動ドリル 1000 台 (内国産 58%)			△	
1933	S. 8		東洋工業, IR 社, L-74, S-49, R-39, 技術提携して製造開始, S.10 発表のち JA-55 シンカー発表		○		
1933	S. 8. - . -		山野 2 坑 5 尺坑, オールピック採炭, 爆薬使用せず			△	
* 1934	S. 9		日鉱誌 S.9. 3 月, No.587, 1 鉱山多機種を集約する機運			△	
	S. 9		内郷, 空気圧縮機×1, さく岩機×30, ピック×30 導入			△	△
1935	S.10?		足尾 ASD-25 (18# より強力) ㊦ P.185) ASD-26, ASD-41 (ストーパ) ASD-31 (ドリフタ) 発表		○		
* 1935	S.10?		日立, H-3, H-35, H-55 を東亜さく岩機に製作させる。中小製作工場系列的に育成される。もと部品メーカー修理メーカーから出発し完成品製造に移る。		○		
			名古屋が中心, 帝国さく岩機 D 55, SR 40, TK 87, 金城さく岩機 S 55, 大成製作所 H-140, 広島山本鉄工所		○		
			大阪, 瓜生, 東京, 日本空気, 太陽空気, 三栄, 日本さく岩機オーガードリルメーカー, 福岡, 西部電気, 三井三池, 大阪, 大阪特機, 中山工業所		○	○	
1935	S.10. 3. -		方城, ピック払, S.10.11 より全面使用, 災害後				△
1935	S.10. - . -		山野, 日立 200 HP 回転式空気圧縮機を据え, 電気ドリルを圧気ドリルに逐次切替え			△	
1935	S.10. - . -		飯塚, カッター使用に続き, ピック産炭が普及				△
1936	S.11		足尾, ASD-18, ASD-25, 改良発表		○		
1936	S.11. - . -		嘉穂, カッター故障目立ち, フロットマン CA-7 同型機 11 台購入				△
1936	S.11. - . -		山野, 3 坑切下りばんだ下層, ピック好成績, 15 台増加				△
1937	S.12		さく岩機用のみの規格統一気運		○	○	
1937	S.12		石炭鉱業連合会, 石炭増産計画を作成 (当局指示) 規格統一促進される			○	
1937	S.12. - . -		嘉穂, カッター輸入品で部品補給つかず, 8 台年末使用不能, ピック, フロットマン CA-7, 27 台増加する				△
1937	S.12. - . -		山野, ピック使用無発破採炭				△
* 1938	S.13		重要鉱物増産法公布, さく岩機貸与制度, 品目(機種)として S.49, L.74, 電さく? が指定, 輸入不円滑となり, 国産模造品増加		○	○	
1941	S.16		鉱山機械優良化研究会さく岩機メーカー中心に設立, 機種統計 ㊦, P.16~17		○		
1942	S.17		産業機械統制会, 臨時日本標準規格原案作製		○		
* 1944	S.19		さく岩機, JES 制定		○		

注(1) 特記ないものは●㊦ 特記あるもの㊦ さく岩機㊦

注(2) ○△について

- 発明 製作 販売
- △ 使用

(六) さく岩機と採炭機械の重層的発達と寡占化への回路

1. さく岩機と発破採炭——産業革命への回路

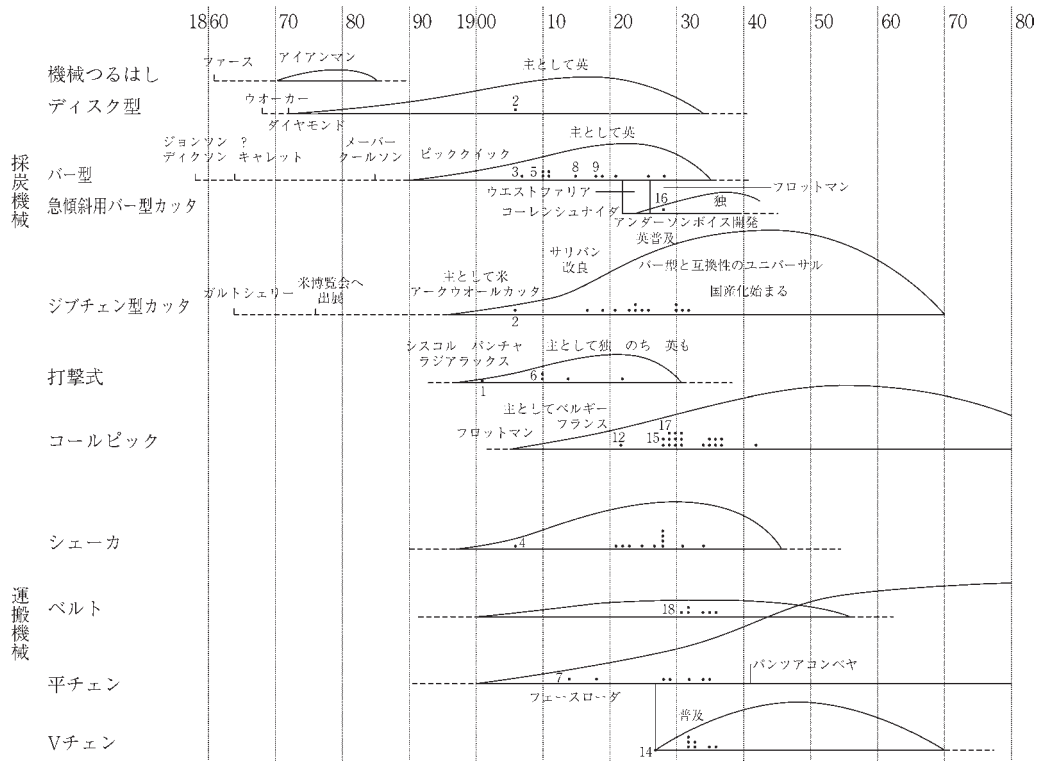
採炭作業は炭壁の掘り崩しと切羽からその産炭を運び出す作業に大別される。手掘り担送に始まる採炭法のうち、機械化はまず、切羽に軌道を敷き炭車を入れて運び出すことから始まった。炭壁の掘り崩し作業では、透しを入れることが肉体的労苦の大半であったから、初めは透し発破が用いられ、長壁切羽に於ける透し発破の発破孔にさく岩機が用いられたのは明治 40 年

頃からである^{注(5)}。

この透し作業を機械に行なわせることを初めて試みたのは19世紀中葉産業革命華やかなイギリスの炭鉱で、それは蒸気駆動でツルハシを打ちこむ愛称「アイアンマン」であった。次の図-27はそれ以後の採炭機械の発展消長の過程を概念的に画いたものであるが、本格的な実用機としては、まずダイヤモンドディスクカッタが普及し、次いでピッククイックに代表されるバーカッタであった。1900年(明治33年)頃イギリスの採炭機は600台が稼動しており、大部分はディスクカッタで、バーカッタが台頭しつつある状態であった。

わが国の長壁切羽に初めて採炭機械が導入されたのは、明治39年(1906)の相知炭鉱で、このディスクカッタを導入し苦心の末実用に供している。続く各山は殆んどピッククイックバーカッタで之等も機械の取扱いに慣れていないこと、切羽の条件に合わないこともあって、当初は難渋する。

図-27 採炭機械消長概念図



①を主体に作製
 高さは定量的なものではない。
 ・印は主な国内導入，数字は注番号

注(5)
 M.40 方城 リトルハーデーさく岩機で。

大正4年（1915）導入した田川炭鉱も、その例にもれなかったが執拗に現場適用化の努力を積み、シェーカーコンベヤとの組み合わせによって、本来の能力を発揮できる迄になった（大正12年頃）。

ジブチェン型のカッタは、初め英国で試作されたが、ピックの衝撃に耐えられるチェン等の材質が得られず長い間実用の域に達しなかった。1876年、米国で開催された万国博覧会のあと、この型は米国で試作が繰り返され、アークウオールカッタとして柱房式切羽の透截機として普及し始め、1913年、サリバン社の改良を経て急速に信頼性を増し、わが国にも輸入され、やがてパーカッタを駆逐する。

この系譜とは別に、さく岩機のがねを変えて透し掘りする機構の打撃式透截機がドイツで開発され、シスコル、パンチャ、ラジアラックスの名でその手軽さが受けて、ドイツ、イギリスで普及する。わが国ではディスクカッタより早く、明治34年（1901）三池に導入され、残柱式採炭の透しとして試用された。

材質の向上、衝撃力の吸収装置の発達により、ジブチェン型は信頼性ととも、能力も強大になったので、ディスク型、パー型、打撃型は姿を消してゆく。

運搬機はシェーカーコンベヤが一世を風靡したあとベルトコンベヤ、チェンコンベヤに移ってゆくが、切羽運搬機として、スコップ積みに対してはチェンコンベヤの方が傷みが少ないので好まれた。欧米に於ては平型トラフ、複鎖式のスクレーパ型が伸びて行ったのに対し、わが国では、単鎖小容量でも安価なものが望まれ、昭和2年（1927）、山野式、V型チェンコンベヤが開発される。これは、小型軽量で解体移設が容易であることから、非力な日本人の体格に合っており、急速に各山に普及していった。

2. さく岩機とコールピック採炭——寡占化への回路

コールピックは、1900年すぎ、ドイツのプロットマン手持小型さく岩機から派生して開発されたが、急傾斜膨縮の多いフランス、ベルギーで普及し、20年代にはドイツでも普及をみるが、その頃わが国にも輸入されて30年代にかけ、打ち落しの作業を主体に多用されるようになる。

やがて昭和10年代（1935～44）になると、山野炭鉱（昭和12年）はじめ各山で発破を用いないコールピック採炭が試みられ、カッタの部品補給が不円滑になると尚更これが加速されて、太平洋戦争末期は人海戦術によるコールピック採炭が主力の形となった。他方、大戦で痛めつけられたとは言えイギリスのその頃の採炭の機械化率は70%を越していたことは全く対照的と言わざるをえない。

3. 鉄柱自走枠とドラム・カッタ採炭——現代大手炭鉱の技術基盤形成への回路

産炭を積みこむ作業は長い間人力のショベリングに依存されていた。この積込を機械化しようとする試みは1934年（昭和9年）のメコモアカッタローダ以来模索され、41、42年には半ば実用の域に達しつつあった。同時に鉄柱カッペにより切羽街道を無支柱化して、コンベヤを強化（パンツアコンベヤ41年）して、カッタを乗せ、ガイドにすることができるようになる等、全機械化への素地は充分固まりつつあった。しかし之等は第2次大戦後に開花する。

次の表-5 は明治～昭和期に於ける採炭と運搬の相互関連機械化年表である。

表-5 採炭・運搬の相互関連機械化年表

記号	西暦	
1	1901	M.34. 三池, シスコルパンチャ載炭機試用
2	1906	M.39. 相知, ダイアモンド社, ディスクカッタ 3 台試用, 他にチェンカッタ 1 台
3	1907	M.40. 芳谷, ピッククイックバーカッタ試用
4	1907	M.40. 田川, シェーカコンベヤ試用
5	1910	M.43. 芳谷, 茨城, バーカッタ試用
6	1910	M.43. 三池, ラジアラックス, 二瀬, シスコルパンチャ導入
7	1914	T.3. 三池, フェースコンベヤ (柱房用) 試用
8	1915	T.4. 田川, メーバークールソンピッククイックバーカッタ 6 台本格導入, T.12 成果上がる
9	1918	T.7. 三菱美唄, ピッククイック本格導入のち成功
10	1919	T.8. 三池, 柱房用サリバンカッタ導入
11	1921	T.10. 山野, ハンギングシェーカコンベヤ試用
12	1922	T.11. 夕張, コールピック試用
13	1923	T.12. 田川, チェンカッタ導入好評, パー型よりジブチェン型に変わる
14	1927	S.2. 山野式V型単鎖チェンコンベヤ開発
15	1928	S.3. 山野, コールピック試用
16	1928	S.3. 美流渡, 急傾斜層にコーレンシュナイダ導入
17	1929	S.4. 大之浦, 二瀬, 大夕張, コールピックの普及に努める
18	1931	S.6. 田川, 払にベルトコンベヤ導入
19	1935	S.10. 方城, 災害のあと全面ピック払とする
20	1937	S.12. 山野, 無発破採炭

(七) さく岩機と採炭の機械化類年表

イギリスの産業革命は蒸気機関の動力で作業機を働かせる機械制生産（動力機・作業機・伝導機の三位一体システム）によって綿工業に於いて開始され、イギリスを経済大国へ導くのである。と同時に、これら機械制生産は蒸気機関のエネルギー源として石炭の大量供給によって本格的な拡大再生産へのレールを確立することとなり、同時併存的に石炭鉱業での大量出炭体制の確立を育み、せん孔機、さく岩機、火薬発破、ベルトコンベヤー等への開発とイノベーションの歴史を持続的に展開させる契機となる。

こうした石炭鉱業に於ける機械制生産は殊に坑道掘削を先行させ、切羽採炭の安定的出炭体制確立の好循環を持続的に展開するため長壁式採炭様式と鉄柱自走枠の組合せをイノベーションとして生み出し、生産の集中・集積を推進して現代大企業の寡占構造への回路を形成することになるのである。

また、産業革命での産業資本、さらに大企業体制での寡占資本の発達とその企業形態が経営組織を単一事業体 Single Unite から垂直的一貫体制 Integrated Unite へ発展する技術基盤となったのは技術革新による連続の流れ生産と科学的管理法とによる効率経営の発達によるのである。

結論づけるなら、産業革命から現代の寡占革命への推進力となったのは技術のイノベーションによる好循環であり、とりわけ鉱山業に於けるさく岩機とさく孔機の累進的イノベーションへの歴史となり、次の表-6「さく岩機と採炭の機械下類年表」として要約される。

表-6 さく岩機と採炭の機械化類年表

西 暦	年号年		透し	ディスク	バー	チェン
1858		ジョンソン、ディクソン (Johnson & Dixon) の棒状鋸切削機 (Stangenschrämmaschine) 約 5 PS			○	
1861		ファースの透し掘り機 (Firth Schramhanmaschine) 2 PS	○			
1862		ファースの透し掘り機 2 台, 坑内で使用	○			
1862		ジョーンズの縦透し掘り機 5 PS	○			
1864		キャレットの切削機 (Carrett Schrämmaschine) 7 PS			○?	
1864		ガルトシェリー (Gartsherrie) のチェン式切削機 約 7 PS				○
1868		ウォーカー (Walker) のディスクカッタ (Radschrämmaschine) 約 9 PS 翌年ドイツへ輸出		○		
1870		ファースの透し掘り機, 改良機, 鉄人, Iron-Man 発表, 5 PS	○			
1870 頃		ガルトシェリーのチェン式切削機実用となるも不充分				○
1872		Garforth-Radschrämmaschine の "Diamond" 押込可能の? ディスクカッタ, 10 PS		○		
1872		ウインスタンレイ (Winstanley) のディスクカッタ, 約 10 PS		○		
1870 年代		中頃, ディスクカッタ突込 1 m, 36 m/H の切削能力にまで向上, スコットランドで普及, この頃圧気動		○		
1876		米, フィラデルフィアの博覧会にチェン式カッタ出展され, きっかけとなり, 米国で発達				○
1879		(参考) トーマス炉により鋼の大量生産可能となる。それ迄鍊鉄の時代				
1885		英, バーカッタのプロタイプできる, 10 PS, メーカークルソン社			○	

西 暦	年号 年		コンベヤ	打撃式	ディスク	バー	チェン
1890		ハード (Hurd) のバーカッタ, ピッククイック (Pick Quick) 発表, 15 PS, 電動				○	
1895		バーカッタにらせん溝を入れ切粉の排出を改善				○	
1900 前		打撃式透し掘り機開発され, 独, 自国産で普及しはじめる		○			
1900 頃		電動機坑内使用増加, 災害原因ともなる, ガスの少いスコットランドで普及する					
1900 頃		シェーカーコンベヤ普及し出す	sh				
1900 頃		英, カッタ 600 台, 殆どディスクカッタ, バーカッタ普及し出す, しかし総出炭の 1%			○	○	
1900 頃		~10 年にかけてチェンカッタを台車に乗せ, アークウォールカッタとして柱房式に普及					○
1900		~10 年にかけて, ラジアラックス, シスコルパンチャ開発, 台車搭載		○			
1901	M.34	三池, シスコル, パンチャ導入		○			
1905		独, 英より採炭機の輸入始まる, それ迄自国産打撃式採炭機が主だが之も少い。		○			
1905		英の採炭機 1000 台弱, バー, 打撃式増え出す		○		○	
1905		~10 年にかけて, コールピック開発, フロットマン小型ハンマ (1904) のあと		p			
1900 後		1 桁の後半, ピック, 仏, 白で普及はじめる		p			
1906	M.39	唐津, 相知, 英国製ダイヤモンド社, ディスクカッタ×3, チェンカッタ×1, 輸入試用不調			○		
1907		Crescent 社, デスクカッター, 電動改良機			○		

西 暦	年号 年		コンベヤ	打撃式	ディスク	バー	チェン
1900代		～10 にかけて、シェーカーコンベヤの他ベルトコンベヤも普及	BI				
1907	M.40	芳谷，ピッククイックバーカッタ使用				○	
1907	M.40頃	田川，シェーカーコンベヤ導入	sh				
1910代		～20 にかけてイギリス，バーカッタ優勢となる				○	
1910代		～20 にかけてジブカッタも普及し始める。米はジブカッタ優勢，英ではバーカッタと互換式ユニバーサル型					○
1910頃	M.43	芳谷，茨城へバーカッタ導入不調				○	
1910	M.43	三池，ラジアラックス導入		○			
1910	M.43	二瀬，シスコル，パンチャ導入		○			
1911	M.44	相知，ピッククイックバーカッタ導入，不調のちディスクのみ使用				○	
1911	M.44	芳谷，バーカッタ7台導入，不調のち使用せず				○	
1913		Sullivan 社，タービン式エアモータ駆動のチェンカッタ開発，チェン切れ少くなる					
1913		英，採炭機3000台，ディスク1200強，パークッション900強，バー600弱，チェン300弱，ピックは補助的で普及せず					
1913		独，ルール，カッタ280台（ロング用50台），ピック217台，機械化進まず		○			
1914	T. 3. 1	麻生芳雄，上三緒坑，山内坑各々シスコル載炭機使用		○			
1914	T. 3. 3	三池，宮浦坑，15HP フェースコンベヤ試用	FL				
1915	T. 4.10.-	三井田川，ピッククイックバーカッタC型×3，B型×3（メーバーコールソン）購入				○	
1915	T. 4. 9.-	海軍新原，残柱式から長壁式とする。新展開部分は総払いとする					
1916		ベルギーのピック2500台					
	T. 5. 4.-	田川，バーカッタを1坑左10片3尺層で使用，取扱い悪く故障続出，訓練を重ねて，T.12頃真価を発揮するようになる。切羽運搬が炭車人力のため搬出がネックとなる			p		
1916	T. 5.-.-	三井田川，伊田坑，ハンギングコンベヤ，1坑，ローラーコンベヤ（いずれもシェーカーコンベヤ）設置，この原動機は電動で，田川式に改造する。積込はエブ搔板（カッチャ）からスコップに変る。	sh				
	T. 6. 4.18	三井田川，3坑，4尺左斜1号払，(CV)初めて使用					
	T. 6.-.-	北炭夕張，本坑，丁末坑，チェン式カッター試用，好成績					○
	T. 6.-.-	峰地，1部長壁式採炭法				○	
	T. 7.-.-	三菱美唄，ピッククイックカッター使用開始，好成績					
	T. 7.-.-	主要炭山の長壁式22坑，残柱式採炭20坑をこえる。					
	T. 7.10.-	三井田川，第3坑，はじめてフェースロード×2使用	FL				
	T. 8. 4.中	三菱新入右11片～17片長壁式開始6000トン/月					
	T. 8.11.-	三池，万田坑，サリバンコールカッタ使用					○
	T. 8.-.-	亀山，新入，佐賀，古賀山各炭坑，1部に長壁式を採用					
	T. 8.10.-	三井田川，3坑，4尺層，カッター使用するも松岩に当り，ピック損耗ひどし					

戦間期石炭鉱業に於ける寡占構造の形成と資本蓄積 (三)

西 暦	年号 年		コンベヤ	打撃式	ディスク	バー	チェン
1920 1921	T. 8. . .	宇美炭坑, 上り払い(残柱式)を片ばん払いに改める。5尺層にピッククイックカッター使用 ヒンゼルマン圧気つるはし6kg柄つきピック 第1次大戦後, 英機械化進む, 6000台, うちパークッション2000弱, チェン1300台, 主力はパークッタ, 米, 機械化出炭48%に達する		p ○		○	◎
1921	T.10.12.中	春採, 斜坑上層に使用, 23HPピッククイックパークッタ				○	
1921	T.10. . .	磐城, 広畑, 始めてサリバン社ショートウォールカッタ採用					○
1921	T.10. . .	山野, 3, 4坑, ハンギングシェーカコンベヤ試用, 成績あがらず中止	sh				
1921	T.10. . .	明治1坑, 各曲片で運搬する片ばん向き, 長壁式採炭法近曲片式採炭法採用, 林秀観係長考案, 赤池1坑でも採用, 能率良好					
1921 1922	T.10. . .	三物, 米国よりダックビル2台, 始めて購入 ウエストファリア社, 小型急傾斜用パークッタ Kohlenschneider 開発, 之より普及はじむ	DB			○	
1922	T.11	三菱美唄, 米 Goodman ラジアラックス 12-C.G.B. 輸入		○			
1922	T.11	~12年, 田川, 夕張コールピック導入		p			
1922	T.11. 4. .	貝島大之浦, ハンギングシェーカコンベヤ使用	sh				
1922	T.11. . .	貝島大之浦, シーメンス社, ローラーシェーカコンベヤ購入	sh				
1923	T.12. 2. .	大之浦, 菅牟田3坑に3台, 同5坑に1台, シェーカコンベヤ導入, 払で使用	sh				
1923	T.12.10. 4	北炭各所コールピック使用					
1923	T.12.12. .	田川, 伊田斜坑, 8尺層にチェン型コールカッタ4台始めて使用のうちチェン型となる					○
1923	T.12. . .	古河, 新目尾, 1部に炭柱付き長壁式を採用					
1923	T.12. . .	大谷, 採炭費軽減のためカッターを採用					
1923	T.12. . .	貝島, 菅牟田3坑シェーカコンベヤ×3導入	sh				
1924		独, ピック普及23077台, このときカッタ1163台		p			
1924		英, 総出炭の17% 44.500千トンが機械化出炭うちスコットランドは47%					
1924	T.13. 8. .	崎戸, 始めてカッターを導入					
1924	T.13. . .	不況乗り切りのため集中(集約)採炭大型切羽指向, 切羽運搬機, オーガードリル, 電化					
1924	T.13. . .	沖ノ山, グッドマンショートウォールカッタ導入					○
1924	T.13. . .	山野, 3, 4, 5坑, 30HPサリバンGH-8, コールカッタ試用, 不慣れで成績不十分					○
1924	T.13. 1.15	田川, 電動ドリル始めて使用		An			
1924	T.13.10. .	貝島大之浦, シーメンス電動ドリル採用		An			
1925前		米 Jeffrey Combination long wall arc wall cutter 長壁柱房両用台車付開発					○
1925		フランスカッター20台, ベルギー200台いずれもロング用だがイギリスに比して少い					
1925	T.14. 2. .	貝島大之浦, シーメンスローラーシェーカコンベヤを購入, 3, 5坑で使用	sh				
1925	T.14.11. .	田川, カッタピックのシャープナーを工作工場内に設け集中して焼直し製作に当る					
1925	T.14. . .	重要炭山105坑の採掘法, ツルハシ72, 発破7, カッター20, ピック6坑					

西 暦	年号 年		コンベヤ	打撃式	ディスク	バー	チェン
1925	T.14	三菱美唄, 退却式ロングにサリバチェンカッタ×2 (その前にショートウォールカッタ×3)					○
1925	T.14. ー. ー	大日本勿末, 新に長壁式採炭始める					
1925		英, アンダーソンボイス, ジブ型チェンカッタ開発					○
1926	T.15. ー. ー	三菱美唄, 無充填退却式長壁払を始める					
1926	T.15. ー. ー	山野, 切羽崩落防止のため帯状充てんを採用, 45%, 1坑合ばんで自給, 2, 3坑は自給硬不足のため採掘跡岩巻間のばん打硬を切羽運搬機で送って使用する。					
1926	T.15. ー. ー	田川, 伊田斜坑, 硬巻を廃し帯状充填を開始, 普及する					
1926	T.15. 3. 6	田川, 2坑, 8尺層初めてピックイックバーカッタ使用				○	
1920代		太平洋釧路, チェンカッタ導入					○
1920後		ジブ型チェンカッタ普及, ディスク, バー姿消す, 1926頃より					○
1920代		切羽用, スクレーパコンベヤ, 金網コンベヤ導入される	Sc				
1926		フロットマン, 急傾斜用バーカッタ開発, 之よりルール地方にカッタ普及				○	
1927	S. 2	チェンコンベヤ国産化	ch				
1927	S. 2.10. ー	山野, ローラーシェーカコンベヤ(2坑), アイコフコンベヤ(5坑)に採用, 切羽運搬	sh				
1927	S. 2. 6. ー	山野, 鉱務技師, 加藤要一郎, 山野式単鎖チェンコンベヤ考案, 3坑鴨生坑試用	ch				
1927	S. 2. 9. ー	新原, 自家製ローラシェーカコンベヤ採用, のち, 日立, アイコフ, チェン式を順次採用	sh				
1927	S. 2. ー. ー	峰地1坑, シェーカコンベヤ3台新設	sh				
1928	S. 3. 1.21	美流渡, コーレンシュナイダ使用		k sch			
1928	S. 3. 1. ー	山野, 山野式チェンコンベヤ3坑×3, 4坑×3以後普及	ch				
1928	S. 3. 8. ー	鯉田3坑, バーカッタ4坑, アイコフセーカコンベヤ使用良好で各坑へ普及	sh			○	
1928	S. 3. 8. ー	貝島大辻, チェンコンベヤの他, ベルトコンベヤの使用開始	ch Bl				
1928	S. 3.10.20	北炭夕張, V型チェンコンベヤ使用	ch				
1928	S. 3.11. ー	方城, サリバチェンカッタ, アイコフ, ボール, シェーカコンベヤ採用	sh				○
1928	S. 3. ー. ー	明治, カッタコンベヤ採用					
1928	S. 3. ー. ー	古河, 好間, 新斜坑部内, カッタ集約採炭					
1928	S. 3. ー. ー	山野, 切羽コンベヤを設けてから前進式総払長壁式とする	○				
1928	S. 3. ー. ー	貝島大之浦, インガーソル 200 HP 空気圧縮機 1台増設, ムードンピック導入		p			
1928	S. 3. ー. ー	山野, フロットマンピック×3台, S.4 ムードンピック3台購入試用不成功		p			
1929	S. 4. ー. ー	湯本, チェンコンベヤ新設	ch				
1929	S. 4. ー. ー	筑豊の切羽運搬機計 91 台, 田川 25, 大之浦 17, 山野 15, 三菱 12, 蔵内 11, 他シェーカ型 74 台, チェン型 15 台, ベルト型 2 台					
1929	S. 4. ー. ー	飯塚, 女坑夫全廃により切羽運搬機導入盛, 積込はスコップに変わる, 掘進箇所には仮車道, 金板の励行をはかる	○				

戦間期石炭鉱業に於ける寡占構造の形成と資本蓄積 (三)

西 暦	年号 年		コンベヤ	打撃式	ディスク	パー	チェン
1929	S. 4.10.-	麻生豆田, 切羽運搬に金桶 40 k を導入					
1929	S. 4.-.-	筑豊, カッタ 51 台, コールピック 325 台		p			
1929	S. 4	筑豊のピック 221 台, 大之浦 (115) 二瀬 (98) 他は試験的導入		p			
1929	S. 4	大夕張のピック 106 台		p			
1930	S. 5. 2.-	三菱飯塚, 機械化のため美唄へ研修に派遣					
1930	S. 5. 3.-	貝島大辻, サリバンチェンカッタ 30 HP 1 台購入					○
1930	S. 5.10.-	鯉田 1 坑新坑に電動コンベヤ 2 台新設	○				
1930	S. 5.-.-	大嶺, カッター導入 1 台					
1930	S. 5.-.-	三菱美唄, サリバン型カッタ 2 台導入					○
1930	S. 5.-.-	大谷, 傾斜 20° 以上なので, 1 分鉄板のトラフ流し, それ迄スラを使用					
1930	S. 5.-.-	貝島大之浦, 切羽コンベヤ 37 台	○				
1930	S. 5. 9.-	山野漆生, カッター本格使用, チェンコンベヤ改良使用	ch				
1930	S. 5.-.-	大嶺, 長壁採炭採用, フロットマンピック 2 台試用, サリバン空気圧縮機 1 台		p			
1930	S. 5.-.-	北炭幌内, アトラスコールピック 10 台		p			
1930	S. 5. 9.-	山野漆生, エヤオーガドリル, 電動オーガドリル, コールピック活用		p			
1931	S. 6. 6.-	田川, 2 坑, 8 尺層払にベルトコンベヤ導入	Bl				
1931	S. 6.10.-	大之浦, カッター 6 台 (サムソ H 型 4 台, サリバン CLE 2 台), シェーカコンベヤ 10 台発注	sh				○
1931	S. 6.10.-	大之浦, さく岩機 46 台, ピック 70 台発注		p			
1931	S. 6.-.-	豊国 3 坑, 赤池 3 坑, 近曲片式を廃し, 長壁払とする, チェンコンベヤ利用片ばん向き前進式	ch				
1931	S. 6.-.-	三菱, 新入, 方城, 美唄, 機械化充実させる					
1931	S. 6.-.-	嘉穂, ピック, アトラス KR 4, 9 台, ボーレル BA 7, 10 台購入		p			
1931	S. 6	夕張のピック 168 台, 好間 54 台, 基隆 78 台		p			
1930 代		日立, 三作, ジブカッタ国産化開始					○
1930 代		ピックの刃先にハードチップをつけ, 寿命のびる, ウィディア					○
1932	S. 7. 6.-	大谷, チェンコンベヤ 1 台導入, 手掘に比し 40% 能率上る	ch				
1932	S. 7.10.-	三菱飯塚 S.3 以来のアイコフコンベヤの他にチェンコンベヤ採用	ch				
1932	S. 7.10.-	田川, ベルトコンベヤ増設, チェンコンベヤ改良, 昇降両方向の運搬を可能にする	ch Bl				
1932	S. 7.10.-	大夕張, 両翼式 V 型採炭法					
1932	S. 7.-.-	沖の山, メーバーコールソン, サムソン耐爆型カッター 1 台導入					○
1932	S. 7.-.-	二瀬, アイコフセーカコンベヤをチェンコンベヤに変える, ベルトコンベヤも利用, S.9 普及	ch Bl				
1932	S. 7.-.-	平山, カッター採炭, 200 人の 3 交代作業サイクル能率向上					
1932	S. 7.-.-	貝島大辻, カッタ導入により能率上る。3.22 t/人 (採) 日, 台数増加, 平均採炭能率の up					
1932	S. 7. 2.-	三池四山坑, 三作製スクレーパコンベヤ 3 台使用開始	Sc				
1932	S. 7.-.-	方城, ピック採用, S.10 より普及, 効果発揮する		p			
1933	S. 8.10.-	貝島岩屋, カッタ, コンベヤ, ドリル等を投入, 2 トン/人, 日					

西 曆	年号 年		コンベヤ	打撃式	ディスク	バー	チェン
1933	S. 8. 9. -	深坂, チェンコンベヤ据付	ch				
1933	S. 8. - -	崎戸, 集約採炭成果上がる 1100 t/日					
1933	S. 8. - -	嘉穂, シェーカコンベヤをチェンコンベヤに改める	ch				
1933	S. 8. - -	田川 1 坑 3 尺層にチェンカッター, 2 坑にバーカッター 導入, 成績良く各坑各層共カッター				○	○
1934	S. 9. 4. 6	山野, 第 1 回シヨベリング競技会					
1934	S. 9. 7. 3	三池宮の浦, ベルトコンベヤ, S.9.10.12, チェンコン ベヤ使用開始	Bl ch				
1934	S. 9.10. -	田川, 3 坑 8 尺層, アイコフポールセーカコンベヤ の動力に圧気動のもの初めて用いる	sh				
1934		メコモア, カッターローダ, 英国で試験, Meco More					○
1934	S. 9	内郷, 空気圧縮機×1, さく岩機×30, ピック×30 導入		p			
1934	S. 9. - -	大夕張, V 型払を片ばん向き同時払に改良					
1934	S. 9. - -	大之浦, チェンコンベヤにギヤードモータを初めて 使用	ch				
1935	S.10. 4.1	北炭夕張, 払にベルトコンベヤ使用	Bl				
1935	S.10. 6. -	住友忠隈, 3 尺払でチェンコンベヤを廃しスクレー パコンベヤとする	Sc				
1935	S.10. 9. -	中鶴炭坑, 第 1 坑 5 尺左卸, 後退式長壁法を採用					
1935	S.10. - -	夕張, ロングにベルトコンベヤ導入	Bl				
1935	S.10. - -	方城, 初めてチェンコンベヤ導入, 逐次普及	ch				
1935	S.10. 3. -	方城, ピック払, S.10.11 より全面使用, 災害後		p			
1935	S.10. - -	飯塚, カッター使用に続きピック産炭が普及		p			
1935	S.10. - -	二瀬, 後退式長壁払採用, 面長従来 30~50 ^m から 60~150 ^m に拡大					
1936	S.11. - -	三菱飯塚, チェンコンベヤ, ベルトコンベヤ普及	ch Bl				
1936	S.11. - -	嘉穂, カッター故障目立ち, フロットマン CA-7 同 型機 11 台購入		p			
1936	S.11. - -	山野, 3 坑切下りばん下層, ピック好成绩, 15 台増 加		p			
1937	S.12. - -	嘉穂, カッター輸入品で部品補給つかず, 8 台年末 使用不能, ピックフロットマン CA-7, 27 台		p			
1937	S.12. - -	山野, ピック使用, 無発破採炭		p			
1938	S.13. 9. -	山野 1 坑, 切羽コンベヤ, 540 呎据付	○				
1941	S.16. - -	遠賀 (日炭) 3 相誘導モータ (安川) 駆動タンデム ドライブのベルトコンベヤ納入	Bl				
1941		Huwood ローダ羽根で掻きこむ機械を追従させる					○
1942		Shelton ピックをかき板にかえ, 逆転して戻りにつ むカッターローダ					○
1942	S.17. - -	日炭高松, 無発破, ピック採炭		p			
1943	S.18. 6 上	石炭統制会, 退却式長壁採炭を奨励					
1943	S.18.12. -	明治, 3 尺層, 上 5 尺層, 下 5 尺層, 4 枚層の 4 段 払いに成功					
1945		英, 機械化採炭, 72%に向上					

1945 年イギリスが機械化採炭を 72%へ上昇させたが, その 54 年後の 1999 年 (平成 11 年) に太平洋炭鉱は技術革新の好循環 (SD 採炭・沿層掘進のコンティニューアスマイナーとシャトルカー・岩盤掘進のロードヘッダー, 坑道支保のボルターマイナー) により, 世界水準の生産性向上を達成する。太平洋炭鉱は昭和 61 年 (1986) 能率 (大/人/月) 94.4 トンを平成 11 年 (1999)

に191.5トンと倍増させ、逆に在籍人員を2445人から1159人へと半減させる効率経営を達成し、世界水準を上廻る機械化炭鉱として発達する（「平成12年度太平洋炭礦概要」3頁）。ここに現代企業の寡占構造とイノベーションにおける好循環の歴史は太平洋炭鉱の機械化生産の中に見出されるのである。