

交流のひろば/agora—crosstalking—



足尾式さく岩機と 清水三兄弟トンネル工事

落 合 望

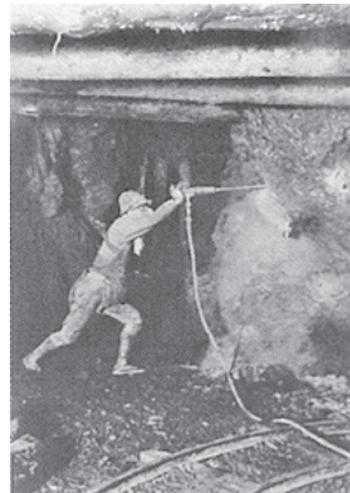
かつて日本一の銅産出量を誇った栃木県足尾銅山はまた国産さく岩機発祥の地でもある。

足尾で製作された空圧さく岩機は油圧さく岩機に主役の座を譲るまで、国内外の鉱山やトンネル工事現場で活躍した。足尾製空圧さく岩機と、群馬、新潟県境を抜ける清水、新清水、大清水の清水三兄弟トンネル工事との関わりを振り返って見る。

キーワード：さく岩機、トンネル、ドリフタ、ジャンボ、足尾

1. はじめに

空圧さく岩機は高圧空気力で打撃を与えながらタガネ（以下「ロッド」）を回転させて岩を砕き、岩盤に爆薬装填孔をせん孔する。手持ちで使用する重量10 kg未満の小型から架台に載せて使用する重量50 kgを超える大型まで多くの種類があるが、せん孔時には大きな振動が発生するためしっかりと保持しないとせん孔できないだけで無く、さく岩機自体が破損する事もある。ここではトンネル工事で主に使用された大型さく岩機（以下「ドリフタ」）の位置決め・保持方法の変遷を中心に紹介したいと思う。



写真—1 国産第一号小型さく岩機 ASD11

2. 国産さく岩機の開発と実用化（1910年代～1940年代）

古河鉱業足尾銅山で国産第一号さく岩機（写真—1）が開発されたのは大正3年（1914年）であり、大正5年（1916年）にはさく岩機工場を設置して本格的にさく岩機の製造、販売に乗り出した。以後昭和38年（1963年）までは古河鉱業で製作された空圧さく岩機は「足尾式さく岩機」と呼ばれ、ASD（ASIO-SIKI-DRILL）の型番で親しまれた。

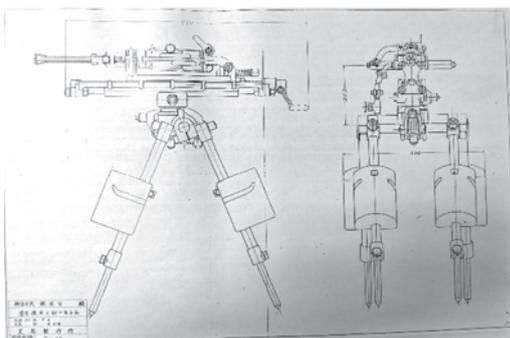
戦前の我が国の技術力で独自開発できたのは、中型の手持ちさく岩機（重量約20 kg）までで、出力の大きなドリフタの開発は手に余り、終戦（1945年）までドリフタは主に米国製品に範を取った物を製作した（写真—2）。

この時代のドリフタの据え付け・位置決めは人力に頼



写真—2 鉄道省納品さく岩（1920年代 足尾銅山さく岩機工場）

り、せん孔作業時のさく岩機保持は次の方法によった。
① 錘を取り付けた三脚または四脚架台に搭載して自重で保持する（写真—3）。



写真—3 錘付き四脚架台に搭載されたドリフタ (大正12年：1923年 鉄道省向け)



写真—4 岩盤上下面に突っ張り固定したスタンドに搭載されたドリフタ (足尾銅山)

②伸縮するねじで坑道の上下面に突っ張り固定したパイプスタンド架台に搭載して保持する (写真—4)。架台を含めたドリフター式の重量は150kgを超えるため、どちらの方式によっても1孔毎のせん孔位置の変更は数人掛かりの重労働であった。

(1) 清水トンネル (狭軌単線トンネル) 工事
全長 9,702m (大正11年：1922年～昭和6年：1931年)

清水トンネル工事は導坑先進方式で進められ、導坑部分は外国製ドリフタ、導坑の拡大は足尾式さく岩機 ASD11 が使用された^{1), 2)}。

ドリフタの保持はパイプスタンド架台式で行われ、作業者はせん孔位置に合わせて屈んだり、踏み台を利用したりした (写真—5)。



写真—5 清水トンネル導坑工事で使用されるドリフタ (土合口坑門)

表—1 清水トンネル年度別掘鑿距離

年度	大正11年度	大正12年度	大正13年度	大正14年度	大正15年度
進行	104.615 m	90.585 m	459.635 m	1,052.250 m	422.120 m

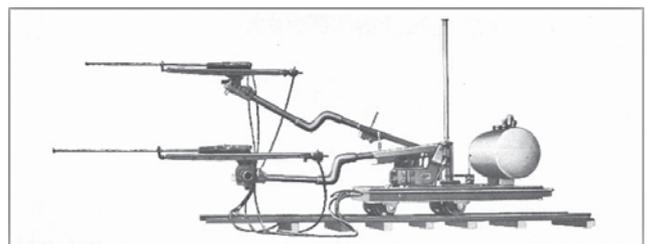
当時のロッドの材質は炭素鋼であり、刃先に焼き入れを施して硬度を上げて使用した。清水トンネルでは導坑貫通まで7年以上 (1922年～1929年) かかっている (表—1)。

3. 大型ドリフタと大型ジャンボの実用化 (1950年代～1970年代)

第二次大戦後、アメリカでタングステンカーバイド焼結の摩耗に強い超硬チップが実用化されてロッドの刃先に使用されるようになると、打撃力を強化した大型ドリフタが開発された。新しいドリフタは高出力な反面、せん孔時の振動と反動も増大したため、アメリカではドリフタを頑丈なブームに載せて油圧などで運動させるドリルジャンボ (以下「ジャンボ」) が開発され (図—1)、ジャンボや大型のショベル、ブリ運搬車などを使用する大断面工法はアメリカ工法と呼ばれた。

国内でのジャンボの本格採用は佐久間ダム工事 (昭和28年：1953年) から始まる。この工事で足尾は旧型ドリフタを改良した ASD33 ドリフタ搭載ジャンボで入札に臨んだが、米国製新型ドリフタを搭載したジャンボに失注した。そこで足尾は全く新しいさく岩機の開発に取り組み、昭和29年 (1954年) に新型バルブを採用した大型ドリフタ ASD35 を開発した。

ASD35 はまずは奥只見ダム工事 (昭和30年：1955年) のジャンボに採用されたが、この時、奥只見ダム工事現場で黒部ダム工事 (昭和31年：1956年) に使用するドリフタ選定のため、ゼネコン立ち会いの下に ASD35 と米国製ドリフタの性能試験が昼夜一週間連続で実施された。ここで ASD35 は米国製ドリフタより高い掘進速度を示した事から、黒部ダムの第四工区、第五工区工事では ASD35 を搭載したジャンボが採用された。



図—1 初期の2ブームジャンボ

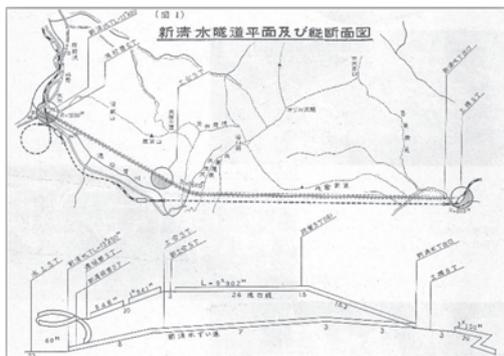
(1) 新清水トンネル（狭軌単線トンネル）工事
全長 13,490 m（図—2）

（昭和 38 年：1963 年～昭和 42 年：1967 年）

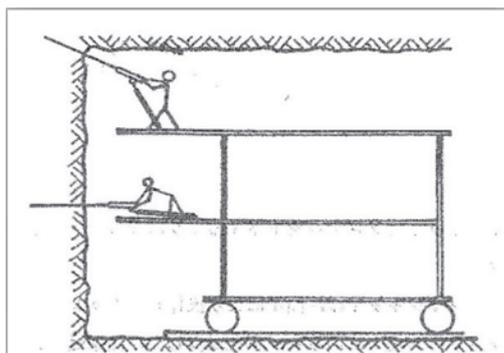
新清水トンネル工事ではトンネル断面（W5.4 m × H6.0 m）を全断面工法により月進 200 m での掘進が目標とされた。計画当時はまだジャンボなどの大型機械はアメリカからの輸入に頼る部分も大きかったため、地質の変化が激しく人件費が安い我が国では設備費のかかるアメリカ工法より、地質の変化に柔軟に対応できる軽量な手持ち空圧さく岩機（レッグドリル）を駆使するスウェーデン工法（図—3）の方が国情に合っているなどと相当意見が分かれた。両工法の得失について慎重に検討が加えられ、最終的に設備費が多くなっても作業の能率化を図れるアメリカ工法が有利とされジャンボが採用された（表—2）。

新清水トンネルでは ASD35 搭載の大型ガントリージャンボが第一工区（湯檜曾工区）（写真—6）、第二工区（土合工区）、第三工区（土樽工区）に納入され、本格的にバーンカット工法が取り入れられた。

第一工区は地熱による高温、第二工区は湧水、第三工区は断層に悩みながらも関係者の尽力で目標通り四年で工事を完了したことで改めてアメリカ工法の有利性が確認され、以降のトンネル工事はジャンボによる大断面施工が普通となり、新幹線、高速道路建設で多数のジャンボが使用された（表—3）。



図—2 新清水トンネル 平面・断面図



図—3 手持ちさく岩機を使用するスウェーデン工法

表—2 さく岩機方式の比較

	工法	
	アメリカ工法	スウェーデン工法
設備購入費	大きい	小さい
さく岩機経費	大きい	小さい
岩質によるさく岩機の増減	不可	可
作業者の人数	少ない	多い
作業者の固定化	容易	困難
作業者の疲労度	小さい	大きい
せん孔能率	高い	低い
余掘り	少ない	多い
進行	速い	遅い



写真—6 新清水トンネル 11 ブームガントリージャンボ（湯檜曾工区）

表—3 古河鋳業が国内納入した大型ジャンボ台数

1955 年 10 月～1960 年 5 月	28 台
1961 年 4 月～1965 年 12 月	7 台
1966 年 5 月～1970 年 8 月	46 台
1970 年 9 月～1971 年 12 月	31 台
1972 年 1 月～1973 年 12 月	58 台

4. 自走式ジャンボの実用化（1970 年代～）

(1) 大清水トンネル（標準軌複線トンネル）工事
全長 22,280 m（図—4）

（昭和 46 年：1971 年～昭和 57 年：1982 年）

開通当時は世界最長となった大清水トンネル工事では工期短縮のため作業用斜坑を 5 本掘り、6 工区に分割して施工されたが、本坑用大型ジャンボ搬入のため斜坑の早期完成が求められた。従来のスキッド式斜坑ジャンボでは、傾斜面の引き上げ引き下げに必要な大型巻き上げ機がズリ積み等の作業では邪魔になり急速施工が困難になる。そこで斜坑ジャンボに代わり、ブー

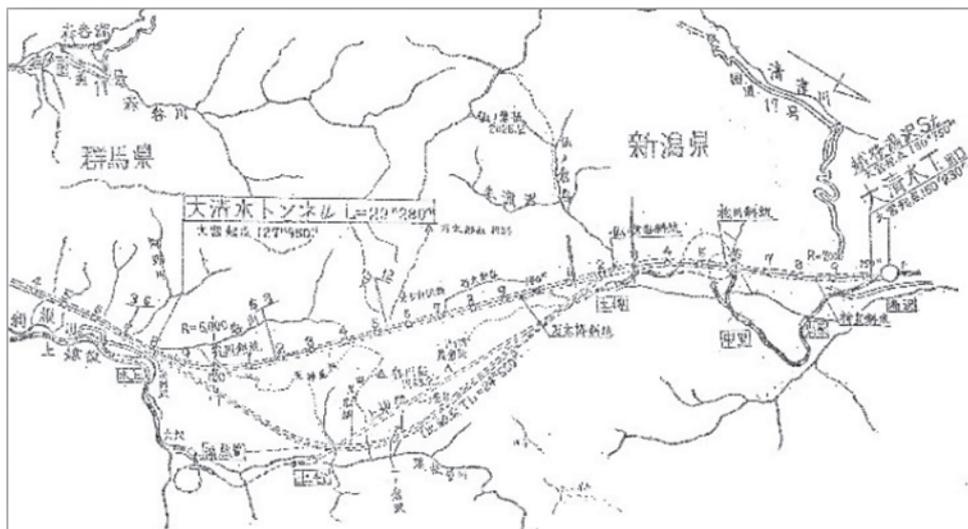


図-4 大清水トンネル 平面図

ム2本をクローラ台車に搭載したクローラジャンボ「トンネルエース」(写真-7)を提案し、各斜坑に2台ずつ納入した(D95空圧ドリフタ搭載)。

当初は実績の無いクローラ式ジャンボという事で足回りの事故が懸念されたが、走行に全く問題は発生せず、スキッド式と違い傾斜を自在に登降してズリ積み機との入れ替えが簡単に行える事や、一人で1ブームしか操作できないそれまでのジャンボと異なり、運転台にドリフタ操作機能が集中しているトンネルエースでは一人で2台のドリフタを操作して効率良くせん孔作業ができる事から非常に好評となった。

同時に現場からはチャージングゲージやオペレータ保護キャビンなど後に採用されるジャンボ用装備の要望が上がり、トンネルエースは現在に続く自走式ジャンボの草分けとなった。

大清水トンネル本坑の切羽断面はW10.6m×H8.6mと大型な事から、6工区中5工区は上部半断面先導工法で施工されたが、万太郎谷工区は19ブームガントリージャンボ(写真-8)により全断面工法で行われた。このジャンボは長さ17.2m、重量約130トンと当時世界最大級の大きさであり、空圧ドリフタ搭載大型ジャンボの一つの頂点となった。

5. おわりに

昭和51年(1976年)にジャンボ用油圧ドリフタが製品化され、清水3兄弟トンネルの弟に当たる関越トンネル下り線工事(全長10,926m)は油圧ドリフタ搭載9ブームガントリージャンボが使用された(昭和53年:1978年)。油圧ドリフタは空圧ドリフタの約3倍の能力を発揮して工期、工費の大幅な削減を実現し



写真-7 大清水トンネル斜坑工事現場のトンネルエース

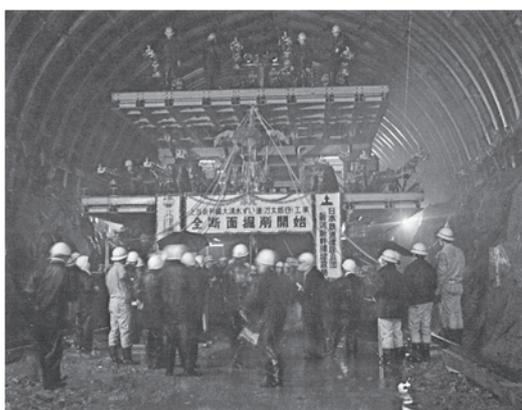


写真-8 大清水トンネル19ブームガントリージャンボ(万太郎谷工区)

た事からトンネル工事で使用されるドリフタは急速に油圧ドリフタに置き換えられていった。現在のトンネル工事現場ではさらに強力な最新式油圧ドリフタを搭載しコンピュータで自動化された大型自走式ジャンボ(写真-9)³⁾が活躍している。

2024年は足尾で国産第一号さく岩機が開発されてから110周年となる。弊社では足尾式さく岩機の歴史を知っていただきたく、第一号さく岩機 ASD11 ほか



写真—9 全自動ドリルジャンボ

過去に製造した各種の手持ち空圧さく岩機を整備して古河足尾歴史館などで展示しているのをご覧いただければ幸いです。

JCMA

《参考文献》

- 1) 黒河内四郎「上越線建設工事に就いて（其二）」土木建築工事画報 昭和七年一月号 P43
- 2) 黒河内四郎「上越線建設工事に就いて（其三）」土木建築工事画報 昭和七年二月号 P29
- 3) 古河ロックドリル(株)ホームページ <http://www.furukawarockdrill.co.jp/index.htm>
- 4) 足尾さく岩機(株)ホームページ <http://www.furukawarockdrill.co.jp/ashio/index.html>



協力 古河足尾歴史館

【筆者紹介】

落合 望（おちあい のぞむ）
足尾さく岩機(株)
代表取締役社長

