

タイトル	戦前期石炭鉱業の資本蓄積と技術革新(二)
著者	大場，四千男；児玉，清臣；OHBA, Yoshio; KODAMA, Kiyoomi
引用	北海学園大学学園論集(159)：99-163
発行日	2014-03-25

戦前期石炭鉱業の資本蓄積と技術革新（二）

大 場 四 千 男
児 玉 清 臣

目 次

1 編 封建制から資本主義への移行

はじめに

1 章 江戸時代石炭鉱業の資本蓄積と技術

(1) 江戸時代の石炭鉱業と三池鉱山

(2) 石炭仕組法 — 藩営マニュの炭鉱技術と労働市場

(一) 平野山 — 柳川藩小野家の仕組法

(二) 稻荷山 — 三池藩の仕組法

(三) 壹部山

(四) 生 山

(3) 三池藩の仕組法 — 藩営マニュの経営構造と労働市場

2 章 本源的蓄積期石炭鉱業の資本蓄積と技術革新

はじめに

(1) 殖産興業政策と長州藩洋行 5 人組

(2) 本源的蓄積過程と工部省

3 章 工部省の殖産興業政策と技術者育成政策

はじめに

(1) 工部省の技術者育成政策

(2) 官営三池鉱山の技術者育成政策

2 編 産業資本主義成立期石炭鉱業の資本蓄積と技術革新

はじめに

1 章 官営払下げと資本主義的石炭企業の成立

(1) 官営三池鉱山の払下げと三井組

(2) 官営幌内炭鉱鉄道の払下げと北海道炭鉱鉄道会社の設立（以上 150 号）

3 編 資本主義石炭会社の技術革新と機械化

- 1 章 開坑と運搬技術の発達
 - (1) 明治期開坑技術 ― 立坑と斜坑
 - (2) 明治期の坑内外水平運搬技術の発達
 - (3) 大正期の開坑技術の発達 ― 立坑と斜坑
 - (4) 大正期の坑内外水平運搬技術の発達
 - (5) 昭和期の坑内外水平運搬技術の発達
- 2 章 採炭方法と採炭機技術の発達
 - (1) ハンマーとつるはし
 - (2) 円ばん型・棒型カッタ
 - (3) チェーン型カッタ
 - (4) 衝撃式採炭機
 - (5) コールピック
 - (6) 切羽運搬機技術の発達
 - (7) わが国の採炭機技術の発達
- 3 章 選炭機技術の発達
 - (1) 初期の選炭技術の発達
 - (2) 大正・昭和期の選炭機技術の発達
- 4 章 保安・安全対策の発達
 - (1) 保安・災害の梗概
 - (2) 炭鉱災害の傾向
 - (3) 炭鉱爆発の災害
 - (4) 保安・安全対策

3 編 資本主義石炭会社の技術革新と機械化

1 章 開坑と運搬技術の発達

(1) 明治期開坑技術 ― 立坑と斜坑

イ. 立坑開発

明治期に於ける採炭技術の進歩は、1口に於いて旧来の人力採掘法に対し、西洋先進技術の吸収同化にひたむきな努力を傾けた時期であった。

その最初の試みは、明治2年高島炭鉱、茅沼炭鉱と、奇しくも当時日本の最西端、最北端の炭

このときは、坑内の深部化に対しそれなりの長尺立坑開さくの技術や、大型設備の供給される裏付けもあって、表-1のように立坑深度は100mを超え、32～3年にかけて、離島の端島、高島、山地急傾斜の幌内各炭鉱では、それぞれの条件に従い、200mに達し、巻上機の動力も200～400HPと大型化する。

表-1 立坑年表

完工()内は着工で完工不明

名 称	完 工	深 さ	
高島 北溪井	M. 2. 4.17	150 尺	45 m
高島 南洋井	4. 3. -	138 尺	42
梅の木	(7. - -)		
台湾	9. - -	295 呎	89.9
台湾	9. - -	88 呎	26.8
三池 三つ山	10.12. -	164 尺	49.7
直方 切貫	10. - -		
三池 七浦1	15. 6.18	224 尺	68.3
三池 七浦2	16. 6. -	194.5 尺	58.9
● 新入	18. - -	130 尺	39.4
茨城 車置	(18. 6. -)	5 k	9.1
豊国 第1	(18. - -)		
三池 早鐘	20. 8.10	276 尺	83.6
● 大之浦	20. - -	125 尺	37.9
脱漏-目尾坑	?	120 尺	
明治 第1	(20.10. -)	129 尺	39.1
端島 第1	20. - -	44	
三池 宮浦1	21. 3. 2	158.2 尺	47.9
● 明治 第1	21. - -	192 尺	582.2
● 藤原	21. - -	120 尺	36.4
大之浦 菅牟田	21. - -		
× 端島 第1	(20. - -)	90 尺	27.3
高島 中の島1			
高島 中の島2			
● 新原 第1	(22. - -)	72 尺	21.8
新原 第2	?	385 尺	116.7
赤池	23. 6. -	250 尺	75.8
三池 勝立1	27. 3. -	391	118.5
三池 勝立2	28.10.4		106.6
端島 第2	(28. 8. -)	531 尺	160.9
空知 ベンケ	(28. - -)	283 尺	85.7
空知 舞鶴	(28. - -)	300 尺	90.9
小野田	28. 5. -	220 尺	66.7
端島 第3	29. 9. -	655 尺	16.1
相知 第1	30. - -	220 尺	66.7
第2	40. - -		79
三池 宮の原1	31. 3. -	468 尺	141.8
三池 宮の原2	34.11. -	468 尺	141.8
幌内 養老	32.11. -	677 尺	205.1
沢野	32. - -	461 尺	139.7
新入 北	33. 3. -	705 尺	213.6
南	42. 6. -		212.
内郷 町田	34. 5. -	420	127.3
高島 蛸瀬1	34. - -	555	169
高島 蛸瀬2	34. - -	637	193.0
端島 第3	(29. - -)	655	198.5
○ 三池万田第1	35. 2.21	896	271.5
入山 第3	37. - -	381	115.4
○ 方城 第2	38. 8. -	898	272.1
小野田梅が平	38. - -	270	81.8

戦前期石炭鉱業の資本蓄積と技術革新（二）（大場四千男・児玉清臣）

	方城 第1	41. 1. - 41. 3. 完成	901 273.0	285 ③	⑦ (35.319) 14.6 尺 ϕ (4.42 ϕ) ③では896 呎 1.2 坑泊層出炭 2,310 t/日 <u>△ 600 HP</u> ④ 600 HP
	三池 万田 第2	37. 2.26	896 尺	271.5	(31.8.24) ③ 868 呎 (264.6m) 排気, 人員, 材料 22 B <u>△ 368 HP</u>
	入山 第3	42. -.-	370 尺	12.1	(41. -.-) 15 尺×8 尺 (4.5×2.4)
	西方立坑				
	入山 第4		400 尺	121.2	(41. -.-) 14 尺×11.7 尺 (4.2×3.5) 初めて鉄骨構 人車専用巻
	茨城無煙山下	42. -.-	300 尺	90.9	(41. -.-) 13.6 尺×13 尺 (4.1×3.9)
	岩城 長倉	(41. -.-)	220 尺	66.7	24.8 尺×7.8 尺 (7.5×2.4) (小野田) 磐城炭鉱
	柚木原	(40. -.-)	216 尺	65.4	20 尺×8 尺 (6.1×2.4)
	真谷地 本沢	(41. -.-)	600 尺	181.8	(41. -.-) 16 尺×13 尺 (4.8×3.9) 1 段2 車 <u>△</u>
○	田川 伊田 8 尺	43.10.22	1,194.28 尺	358.3	(38. 8. 9) 18 呎 ϕ (5.4 ϕ) 41.3 水管式ボイラー12 台 煙突 150 呎2 本 42.2 巻据付 43.6.16 営業運転 煉瓦・コンクリート <u>1,140 HP</u> 29 B ϕ 60 t/H 1,900 t/日 (両坑) 8 尺層対称 入気 坑底④吸込 S.6.5.アキムレータ利用 (排気利用) ロープガイド (38.11.中) 18 呎 ϕ 4 尺層対称 排気, 排水 坑底④吹上 蒸気巻 26 B ϕ (660 ϕ)×1,000 mmst 378 HP 1 段2 車 常ばんで始めてさく岩機使用 リトルジャップ () 18 尺 ϕ (5.45 ϕ) ③ 549 尺 電動巻2 段2 車 ロープガイド 煉瓦⑧P.685 さく岩キ () 17 尺×14 尺 (5.2×4.2) 蒸気巻1 段2 車 ⑧ 345 尺③ 45 t/H ⑧ 2,500 HP 65 t/H
○	田川 伊田 4 尺	43. 8.30	1,196.2 尺	358.9	(39. 9. 5) 18.2 尺 ϕ (5.5 ϕ) ⑧ 1,130 尺 蒸気巻 600 ϕ ×1,000 st×2 <u>450 HP</u> 1 段2 車 T.5.8 巻増設複式 ⑧ 煉瓦 ③ 43 完成
	相知 第2	42. -.-	580 尺	175.7	(44. 9.-) 18 尺 ϕ
	常磐三星綴	(41. -.-)	560 尺	169.7	21 呎 ϕ (6.4 ϕ)
	夕張	(41. -.-)	332.42	344.2	24.4 B ϕ とも④ 12 呎 ϕ
	幌内 第2	45. -.-	340 尺	103.0	(M.45. 1. 5) 16 尺 ϕ (4.85 ϕ) 蒸気巻 24 B ϕ ×40 B (610×1,016) <u>800 HP</u> 巻胴 12.7 呎 ϕ (3.87 ϕ) 1 段2 車 1,097 呎 334.4 1,136 尺 344.2
○	二瀬 中央	44. 3.25	1,136 尺	344.2	45 t/H ⑧ 2,500 HP 65 t/H
	鋼路 安田	T. 3. 中止	336 尺	101.8	(M.45. 6.-) 5.65 ϕ 煉瓦 蒸気巻 540 HP 後電気 S.43.3 閉山 (浅浦) (M.45. 6.-) 4.33 ϕ 煉瓦 S.43.3 閉山 (浅浦)
○	大之浦管牟田南	T. 4. 2.27	885 呎	269.7	(T. 4. 1.19) 16 尺 ϕ 排気 両坑合計 2,750 t/日
	大之浦管牟田北	6. 6.-	780 尺	236.3	17 尺 ϕ ③
○	松島 外浦 1	5.10. 4	449 尺	136.0	(T. 3. 4. 9) 439 尺とも⑧ 5.13 ϕ 煉瓦コンクリート 50 t/H 鼓胴ドラム 10 呎 <u>△ 24 B ϕ 160 HP</u>
○	松島 外浦 2	8.-.-③	441 尺	133.6	(T. 4. 2.25) 428 尺とも⑧
	大辻	12.26	610	184.8	コンクリート巻
	崎戸 2 坑 東	4. 9.-	610	211	⑦
	排気	5. 1.-	209.1	199.1	(M.45. 6.-) 5.65 ϕ 煉瓦 蒸気巻 540 HP 後電気 S.43.3 閉山 (浅浦) (M.45. 6.-) 4.33 ϕ 煉瓦 S.43.3 閉山 (浅浦)
	新夕張				
	真谷地 柱1	7.-.-	483	146.4	(T. 5.-.-) 16 尺 ϕ (4.8 ϕ)
	真谷地 柱2	7.-.-	901	273.0	(T. 5.-.-) 16 尺 ϕ
	上歌志内 第2		400	121.2	(T. 5.-.-) 19 尺×17 尺 (5.8×5.2)
○	幌内 布引	14.3.27	960	290.9	(T. 6.-.-) 16 尺 ϕ 650 尺とも⑧ ③ 煉瓦巻 986 呎 (300.5) とも③ P.260 <u>500 HP</u> ケーベ⑧イलगナー 96 t/H
	平和	8.-.-	298.8	287	⑧ (4.85 ϕ) 中島立坑もこの頃③ P.256
	古賀山	8.-.-	287	287	(T. 6.-.-) ⑦
○	好間	8.11.-	1,150	348.5	(T. 6. 3.-) ④では T.5 とも 18 尺 ϕ (5.5 ϕ) ケーベイルグナー 複式巻 44.8 t/H, 80 t/H 煉瓦
○	三池 四山 1	9. 9.23	1,350	409.5	(T. 7. 4. 2) 21 尺 ϕ (6.36 ϕ) 煉瓦 ケーベ塔上巻イलगナー680 HP×2 <u>120 t/H</u> 19 呎 ϕ (5.8 m ϕ) ケーベ T.12 完成 ② P.286 2,830 t/日
	三池 四山 2	13.10.-	1,350	409.5	(T.11.-.-) 21 尺 ϕ
	排 1 坑	10 ⑦	170	161.5	⑧ ⑦ 6 ϕ ⑦
	三菱美唄 1 の沢	12.12.-	533	170	(T.10. 7.-) 18 尺 ϕ (5.5 ϕ) 煉瓦巻 1,380 t/日 ⑧ 300 HP S.47.4 閉山 ⑧ 675 HP //
	入, 2 坑				
	端島 第3	T.14	1,066		(T. 8. 1. 1) 20 尺 ϕ
○	上山田	T.13. 6.24	1,360	416.5	⑦
	沖の山	T.13 ③	412.1	410.9	⑦ 2 5.4 ϕ 始⑧ 600 HP S.37.5 閉山
	幾春別 錦	T.12.10.-	325 尺	87.27	(T.10. 3.25) 18 尺 ϕ (5.5 ϕ) 煉瓦 S.2.7 巻設備完成 1,200 HP ⑧ イलगナー制御 150 t/H 16 呎 ϕ (4.9 ϕ) ドラム
	夕張 大井	14.-.-	708 尺	214.5	18 尺 ϕ 2,720 t/日 1,490 t/日
	端島 新2 坑	S. 9.12.10	350 尺	106.1	(T.11. 6.-) 埋立地 井筒沈下 5.45 ϕ 5 段立坑 大型立坑
	崎戸 小田排気	S.13. 8.-	2,099	636.0	(6.10.-) 16 尺 ϕ 650 尺とも 煉瓦
	三池 万田排気	S.13.-.-	957	293	(6.-.-) 15 尺×8 尺 (4.5×2.4)
	勝田 宇美	14. 8.-⑦	290.0	392	(S. 5. 7.10) 20 尺 ϕ (6.06 ϕ) コンクリートブロック 2,100 t/日 旧2 坑の追さく
	撫順 龍鳳	S.13.4.1	933	282.7	⑦ (S.11. 6.-) 2.15 尺 ϕ (6.5 ϕ) コンクリートブロック S.39.3 閉山
	入山	S.10.7.12			(S.11.-.-) 23 尺 ϕ (6.97 ϕ) コンクリートブロック 圧気シールド工法 26 m 7 M ϕ は当時最大 ② P.157 ② P.161 1 呎 ϕ 孔硬落下 ② P.158
	崎戸 2 坑 西	S. 5.10.-			S.16.8
	東見切 東	T. 9. 4.-			(S.13. 4.-) S.16.11 揚炭開始 7.5 ϕ ⑧ 1,550 HP コンクリート流下法
	高島 蛸瀬	S.17. 4.-			(S. 9. 6.27) 5.15 ϕ
	端島 第4	T.12. 3.-			(S. 3. 7.-) 5.67 ϕ 1,100 t/日 ⑧ 740 HP
	夕張奥部排水	S.20.10.27			(T. 7.10.-) 4.55 ϕ 2,000 t/日
	好間	S.19	329		(S.14. 1.-) 6 ϕ 旧新瀬 2 坑追さく
	三池 横須充てん				(T 8. 2.-) 6 ϕ 煉瓦 ④ 400 HP T.14 設置
					(S.15. 1. 1) 試雑着手 S.16.8.7 300 HP 掘巻据付 16.9.8 着手 17.8.19 250 HP 巻 19.2.28 掘完
					5.45 ϕ 5 トンスキップ 4,000 t/日 立坑スキップのはじめ
					ビット 軟弱土層 ② P.157

次いで明治35年、完成した三池万田立坑は、その深さが272mと当時の最深であることもさること乍ら、大量揚炭のため、1立坑に2巻揚機を設け(複式立坑)、之に応じて坑外は勿論、坑内にも電車を通じ、炭車も大型化し、総合した設備の調和を計った面で注目され、以後立坑は単体の揚炭設備と言うより、総合開発の核としての機能を発揮するよう配慮されるようになる。

この考え方は、筑豊炭田中の露頭地域から稍離れた深部区域に独立した開発を試みた方城炭鉱の第1、第2立坑(明治38、41年、285m)、田川炭鉱伊田地区8尺、4尺立坑(明治43年、359m)、二瀬炭鉱中央立坑(明治44年、344m)等に生かされてゆく。

このことは、また当時の立坑開さくの多くが双方方式(twin shafts)であることによっても理解されよう。下風(入気)、上風(排気)立坑とも言い、中央式通気として1対をなすものであった。

明治40年代は、前に掲げた図-1によると、浅い立坑も含め多くの立坑が完成する第3のブームと見ることができるが、同時にこの頃は深部化に対応して、集約と高性能の機械化をはかり、大量出炭による経済性の実現を試みようとする時期でもあった。

ロ. 立坑設備

立坑の断面形状は高島北溪井立坑の $2.1\text{m} \times 1.6\text{m}$ (表-1)に始まり、三池三ツ山立坑の $3.9\text{m} \times 3\text{m}$ に代表される程度の長方形が平均的で、三池宮浦立坑の $5.5\text{m} \times 3.6\text{m}$ 、同じく万田第1立坑の $12.4\text{m} \times 3.6\text{m}$ などは大型に属する例である。支保は杉角材の四つ組が主流であった。

もともと炭鉱の岩石は金属鉱山のそれよりも軟質で、掘さく技術の導入も遅いのであるが、その中であって、立坑の開さくは岩石の下向き掘さくであり、炭鉱の中では最も早く之等の技術が必要とした作業である。最初の北溪井立坑以来、多くの立坑で手掘りさく孔による黒色火薬の発破が利用されているが、それぞれの炭鉱では概ね立坑開さくを機に発破が採用され始めている。

同様に炭鉱に於けるさく岩機の最初の導入も立坑開さく上の必要から採用された例が多く、明治31年、三池宮の原立坑、夕張立坑(ウオータライナ)、同32年、高島蛸瀬立坑(インガソルトルウオンダ)35年、方城立坑(インガソルエクリップスのうちウオータライナ)、38年、田川伊田立坑(ウオータライナのちリトルウオンダ)等があげられる。

点火の方法として、通常の導火線では、立坑底からの退避に安全を欠き、水孔や雨垂れによって立ち消えることもあって、失敗が多かったが、明治28年三池宮の原立坑で電気導火線を採用、能率をあげた。

円形断面の立坑は明治9年、台湾八斗仔立坑に径3.8m石積築壁の例があるが、わが国では、明治13年頃三池七浦立坑(径4.2m)が最初で、上述三池宮の原立坑(径7m)の例もあるが、当初は仮枠が施し難いため稀であり、レール材によるリング施枠が使えるようになった30年代後半以後、方城立坑(径5.5m、4.4m)、田川立坑(5.4m 2本)、二瀬中央立坑(5.5m)などから、円形断面が優勢となり、築壁は殆ど煉瓦積みとなって、角材支保より強固、かつ維持がよく

なった。尚、田川伊田立坑は1部にコンクリート打設も行なわれている。

揚炭設備は大部分蒸気動巻上機で最初の高島北溪井立坑のものは気筒径12.5吋（318mm）と言われ、筑豊初期のものもほぼ之に類するものであった。明治21年、宮浦立坑の蒸気機関は、径15吋衝程30吋（381mm, 762mm）200HP、33年、新入北立坑のものは、径28吋、衝程54吋（711mm, 1,372mm）400HP、35年、三池万田径24吋衝程60吋（610mm, 1,524mm）774HP、38年方城800HPと年を追って強力になり、43年、田川のものは径29吋（737mm）1,140HPと、1,000HPを越すように発達した。之に伴ない揚炭能力も大きくなり、対立坑の総合能力として、運転時間の算定によっても異なるが、田川の1,900トン/日、万田の3,500トン/日と、明治の末には、導入初期とは比較にならない躍進ぶりを示す。

揚炭方式はすべてケージによるもので、始めは1床1車（0.5トン車程度）であったがのち1床2車の1段ケージが主流を占め、稀にその2段ケージ（4車）を試みた夕張立坑（明治41年）がある。この立坑はその巻揚原動機に電動モータを用いた最初で、以来明治末から大正期にかけて電動巻揚機が普及し始める。

ケージのすらせは大部分が木ガイドであり、之は木材四つ枠の支保には取りつけ易く、取替も容易で好まれた。初期のワイヤロープは材質に自信がなかった故もあって、ロープの切断、ケージの落下防止のためケージには木ガイドに爪をかみこませるセイフティキャッチが具備条件として規制されていた。のち、ロープの信頼性が向上する一方、キャッチの作動が必ずしも確実でないことから、この規制は外された。

従って、明治末年には、木ガイドの他、レールガイドも採用され、また櫓から立坑内に垂下したロープをガイドとする方式は明治38年、方城立坑を初めとして深尺の田川、夕張等主として田形立坑に導入される。

他にもう1つの安全装置が蒸気巻には必要であった。それは過巻対策である。電動の場合、ケージを異常に巻上げた場合にはリミットスイッチにより電源を断って急制動をかけることができるが、蒸気巻の場合には遅滞時間が長く暴走して立坑櫓のシーブに達し、ワイヤロープや吊金具の切断事故をおこす。ケージの吊金物にデタッチングフックをとりつけ、異常な高さに過巻されたとき、櫓の横梁にフックがかかるとともにワイヤロープを離してケージは宙吊りに固定される機構である。蒸気巻の間はこの装置がついていた。

蒸気巻のロープ最高速度は600～1,200尺/分（182～364m/分、3～6m/秒）であった。

ハ. 斜坑開発、設備

明治期の機械技術は多くの立坑設備に結実したのであるが、明治末年の全国重要鉱山の出炭坑口数をみると、総計305坑中、斜坑177坑（58%）、立坑38坑（12%）、水平坑90坑（30%）で、総体的には斜坑が過半数を占めており、揚炭量の割合をみると、斜坑は更に比重を高めて67%、立坑25%、水平坑8%となっている。1坑当りの搬出量としては立坑が大きく、斜坑が之に次ぎ、

水平坑は零細なものが多いことが判る。

明治11年、三池大浦坑で初めて斜坑巻上げが行なわれたのが、その巻は曳導機関と呼ばれるものであった。表-2のように斜坑巻上げ設備は立坑設備に比し、巻機の他には単に軌道を用意すれば足りる簡単なもので設備費も安価だったので、条件に合う緩傾斜層の多い筑豊では広く普及をみるようになる。明治末年全国の揚炭斜坑177坑中、118坑(67%)は筑豊のものであった。

之等の炭鉱では露頭附近の旧採掘跡を避けて、或いは之を突破して新に沿層の直線斜坑を真傾斜に掘り進み、坑外に蒸気巻を据え、ロープの傷みを防ぐため、車道内に矢間車(あんどん車、ローラ)を配し、ドラムにワイヤロープを巻きこんで揚炭した。ロープを伸ばすには空車を連結

表-2 炭田別揚炭坑口数

百 分 比	合 計	本 州	北 海 道	九 州	区 域		
		大 宇 茨 磐 嶺 部 城 城 計 炭 炭 炭 炭 田 田 田 田	石 狩 計 炭 田	北 西 唐 糟 三 筑 松 彼 津 屋 池 豊 計 浦 杵 炭 早 炭 炭 田 田 田 炭 炭 炭 田 田 田 田 田 田	炭 田 名 称		
	九〇	一五 一 三 四 七	一 一 二 二	六 三 二 三 六 七 一	炭 砒 数	捲 揚 及 運 搬 用 坑 口 数	明 治 四 十 五 年 末 現 在
二二・五	三八	一五 〇 三 一 一	三 三	二 〇 〇 三 二 一 五 九	豎 坑		
五八・〇	一七七	二 三 三 六 五 九	八 八	一 四 六 一 六 八 一 二 八	斜 坑		
二九・五	九〇	九 〇 〇 〇 九	七 〇 七 〇	一 一 四 〇 〇 〇 〇 七	水 平 坑		
一〇〇	三〇五	四 七 三 九 六 二 九	八 一 一	一 七 七 五 九 〇 二 七 四	合 計	捲 揚 及 運 搬 用 坑 口 数	大 正 十 四 年 末 現 在
	一〇五	一 九 二 四 五 八	二 三 二 三	六 三 三 四 四 七 一	炭 砒 数		
一一・二	四七	一 四 〇 九 一 四	一 一 一	二 二 六 〇 〇 〇 五 一	豎 坑		
七八・六	三三一	五 〇 四 五 二 二 九	五 二 五 二	二 二 九 五 五 九 〇 一 七 九	斜 坑		
一〇・二	四三	〇 〇 〇 〇 〇	三 八 三 八	五 一 四 〇 〇 〇 〇	水 平 坑	合 計	
一〇〇	四二一	六 四 四 四 三 三	一 〇 一 一	二 五 六 一 九 九 〇 六 〇	合 計		

備考 本表は本邦重要鉱山一覧表により作成。

し、その下降自重によりドラムからほどいてゆく仕組みである。従って余り緩い傾斜ではロープの伸びが悪く、通常 $6 \sim 7^\circ$ 以上を要し、一方余り急になると、炭車の振動によるこぼれ炭で車道を埋めることになるので上限は局部的に 30° 、通常は 25° で抑えられた。平均傾斜は 20° 以下のものが多く、炭層傾斜の急な所では斜坑の方向を偽傾斜にとった。時には 1 箇の斜坑を途中で変針することもあり、この場合は列車が内側に引き倒され易いので逆カントを設けた。またロープが側壁に当るので立ローラを備え、斜坑勾配の変化するところではロープを伸張すると天井にも当るので、笠木下にローラをつけて支保を保護した。

炭車は 600～800 斤 (0.36～0.48 トン) 積みの小型の木製炭車で、半コロと愛称された 0.5 トン積みは大きい部類であった。斜坑巻上機は通常之等の炭車 10～20 両を 1 編成として上下させた。

炭車は立坑部門に於いても同じものが用いられたが斜坑にかける場合は張力がかかるので台車両端のカップラーの間はドローバーとして、強固な帯鉄で結ばれている必要があった。使用ロープの径は当時周長で表示されたが $2 \sim 4.5$ 吋 ($16 \sim 36 \text{ mm}\phi$) のものが用いられた。

坑外で積荷を卸すとき容易なように、当時の炭車は横扉の開くものが多く用いられた。しかし之は激しい取扱いに対し破損しやすく維持費が高くつくので、炭車毎傾斜転回して積荷を卸すチプラーが広く使われるようになり、扉は廃され構造は簡単となる。

斜道を卸す装置に自転巻がある。之は斜面頂部にシープをおきロープを通したつるべで上部のコース元に実車、下部のコース元に空車を吊して、シープの制動を緩めると積荷重量により実車は下降し逆に空車は上部に届けられるもので、特に動力を必要としない。

これは明治 2 年、茅沼炭鉱、4 年、高島炭鉱、11 年、三池大浦坑 15 年幌内炭鉱等のそれぞれ落差のある坑外運搬に用いられ、後程なく幌内炭鉱傾斜層の坑内にもスキップとして採用されて以来広く利用された。

次頁の表-3 のように斜坑はこのようにして、揚炭方式の主座を占めるのであるが、明治末年頃の主要斜坑の長さは 600～800 間 (1,091～1,454 m) のものが多く、中には忠隈 2 坑 1,147 間 (2,085 m)、三池大浦坑 1,410 間 (2,563 m)、唐津地方の芳谷 1,460 間 (2,654 m) と言った長大斜坑もあり、巻上機動力も 360 HP 級が記録されている。

(2) 明治期の坑内外水平運搬技術の発達

炭層が山地に賦存する北海道石狩炭田や、初期の常磐、北松浦炭田などでは、適当な坑口地並から水平岩石の立入坑道を切りこんで炭層に着炭させ、或いは直接露頭口から水平沿層坑道によって展開し上部の採掘を行った。この開坑法では、排水は自然流下でよく、産出炭の運搬も炭車の手押し、自走で間に合うコストの安い採掘法である。

明治 12 年末、開拓使の官営で開坑された幌内炭鉱の立入坑道は加背 $9' \times 7'$ であるが、岩ばん掘進に不慣れの故か難航して、272 m 先の炭層に着炭したのは 15 年 3 月で 2 年 3 か月を要している。その併運搬は、はじめ 1 輪車、のち炭車を用いているが、大型の立入坑道の最初である。

唐津, 常磐地方は水準上炭量が少いので明治20年代から, 斜坑立坑による水準下の採掘に入り, 水平坑は比率を減らしてゆく。一方石狩炭田は開発期が遅い上に, 水準上炭量が豊富なため, 明治末年でも計81坑中70坑が水平坑より搬出している。水準下への移行は大正期で, 大正末年では101坑中水平坑は38坑, 斜坑52坑, 立坑11坑と移ってゆく。

炭車導入のあと, 水平坑道の手押しは比較的容易なので人力が主流であった。唯一坑口から先は定まったコースの大量運搬を必要としたので省力化がはかられる。その最初は明治11年三池大浦坑口ー横須浜間2,678mで, 馬車鉄道と, 1部急斜面に自転巻が採用された。続いて明治12年(芽沼炭鉱)以来, 坑内でも馬曳運搬が行なわれるようになる。

水平運搬機として蒸気巻を用いることは, 移動性に乏しく, 蒸気配管の放熱減圧に難があるのであまり普及しなかったが, 取扱車数が多い坑外では採用される。斜坑, 立坑のようにドラムからワイヤロープを引き出すことが, 水平の場合にはできないので, 運搬区間の両端に巻機を据えて, メーンアンドテールロープの両曳き方式とし, この中に列車をはさむ方法(明治32年二瀬炭鉱が最初), 他端の巻機を廃し, エンドシープをおいてテールロープを戻し, 複胴巻1機で同じ操

表-3 明治時代末の炭鉱別 主要斜坑 ③

大辻 大辻	11°	732 k	△	
大之浦 満之浦 1	15°	600 k	〃	
大之浦 菅牟田 1	12°	820 k	〃	
三井本洞 1	15°	800 k	〃	
新入 1	17°	773 k	〃	
新入 4	11°	802 k	〃	
金田	11°30'	720 k	〃	
田川 本坑	13°	771 k	〃	
田川 斜坑	10°	804 k	〃	
豊国 2 斜	8°	926 k	〃	
忠隈 2	14°	1,147 k	〃	M.33 360 HP
豆田 1	15°	513 k	〃	M.34
山野 1	8°	695 k	〃	M.32 214 HP
山野 2	12°	625 k	〃	
二瀬 高尾 2	15°	640 k	〃	
潤野	18°	520 k	〃	
新原	10°	400 k	〃	
杵島 2 坑		1,460 k	〃	
崎戸	20°	275 k	岩ばん区間 △	M.43
高島二子 1	25°	460 k	この先水平 470 k △	M.40
二子 2	25°	460 k	△	
夕張 1 坑 2		540 k	〃	
夕張 1 坑 1		260 k	〃	
夕張 1 坑 3		400 k	〃	
夕張 2 坑				
新夕張				
若菜辺				
大夕張				
好間	10°	636 k		
松島				M.30
松島内浦				M.39

作をする方法などが採用される。

キャプスタンの原理により、稍テーパーしたフリクションホイールにワイヤロープを2～3回巻きつけて回転すると、ロープは横へずり下り^{なが}乍らたえず一方から巻き入れられ、他方から送り出されてゆく。このように一定方向にエンドレスに運転されるロープにクリップをかませて炭車をつなげば随時、連続的に運搬することができ、多少の上下勾配があっても差支えなく運搬能力も大きい。

このエンドレス機は明治23年、鯉田炭鉱坑外（坑口―船積場間）で初めて用いられたが、続いて24年、前述の三池大浦斜坑に従来の蒸気巻揚機に代って据えられ、斜坑巻上用として利用され、揚炭能力も向上することができた。このフリクションホイールは径1.8m、動力は蒸気動48HPであった。この運搬機はその後多くの炭鉱に普及し、坑外は勿論坑内の主要運搬に好んで用いられる。

同じ理論の延長上に架空索道がある。これは今で言うリフトで交通不便な山間の運搬機として使用されているが、炭鉱では明治30年代空知炭鉱西山坑の石炭搬出に用いられてから、万字一タ張間、大嶺炭鉱等に利用された。リフトと同様、多数の支柱を建て、溪間をまたいでエンドレスのロープを渡し、一定間隔毎に搬器をクランプして送り出すもので、輸送力はさほど多くを望めないが、道路・鉄道の敷設にコストのかかる山間地では割安な運搬方法であった。

機関車による車両の運搬は、当時全国的に盛んに伸展を見つつあった鉄道の専用線として、明治24年、三池七浦坑―横須浜3kmの開通が最初であるが、のち、鉄道輸送に依存する諸炭鉱はいずれも引込線、あるいは独自経営の専用鉄道、地方鉄道をもつようになる。その代表は北海道の幌内炭鉱鉄道である。

坑内では、蒸気機関車が使えないので機関車運搬はロープ運搬より大分遅れることになるが、その初めは明治33年夕張炭鉱での圧縮空気機関車である。これは行動距離が短く、チャージに手間を要したのであまり普及せず、明治30年代、坑内の小型動力が電化されたあと、明治41年初めて三池万田坑底0番坑道に4トン架空線式電気機関車が採用され、明治末年には鯉田、空知、新夕張各炭鉱に普及をみた。

（3）大正期の開坑技術の発達 ― 立坑と斜坑

イ. 立坑

明治末から大正初めにかけて開発起業工事は低迷していたが、第1次大戦の継続に伴ない未曾有の好況期を迎える。急ぎの増産に間に合わせるために多くの小坑が簇生するが之には、技術的に特記すべきものはない。しかし、この好景による資金的余力は技術上注目される幾つかの試みを結実させる。

前に掲げた図-1と表-1によると大正4年以降大之浦の菅牟田、松島の外浦、真谷地の桂、更に好間、古賀山、幌内の布引などの各立坑が完成する。遂次深部に進んで海岸線直下に迫った三池

鉾山は海底下採掘に入る拠点として、水際に露岩のある四山に立坑を開さくした。これは深度410mと当時最深の立坑であった他、イルグナー制御1,360HPの塔上ケーベ巻揚機で、揚炭能力も2,800トン/日と大容量のものであった。

立坑が長尺になるとそのロープを巻きとるためのドラムは広幅となり、軸受間隔が開いて機械設計上に難がある。一方テールロープをつけて重量バランスをとると長尺になるに従い巻上げ重量の割合が少なくなって、ケーベプーリでもスリップの懸念が少なくなる。補助シーブを設けてドライプーリのロープ接触角を180°より多くする方法もとられた。このケーベ方式は大正中期の長尺立坑から採用され（幌内布引、好間、四山）普及してゆく。

明治期の大型巻上機は殆ど蒸気巻であったが、電動機の技術が向上するに伴ない、この分野にも電気駆動の巻上機が増える。立坑巻上機の電化は明治42年、新入南立坑(450HP)、夕張立坑が初めて、大正期に普及するとともに大型化する。前記四山立坑のものは、680HP直流電動機2台で駆動した。また立坑巻上機はケージの着床位置に正確を要することから、速度制御がむずかしく、直流イルグナー制御が主流を占めた。

大正12年沖の山立坑は深さこそ短い(87m)が、海岸埋立地の軟弱地盤に井筒沈下法(径5.45m)を採用した点で特記される。同様に軟弱地盤の工法としては昭和11年着工の三池万田排気立坑が空気潜函(圧気シールド)法を採用し、成功した。

大正末から昭和初期は経済不況で開発起業は再び影を潜めるが、端島炭鉱では、旧2坑(深度199m 4m×3m)を拡大(6mφ)するとともに追さくして深度636mの戦前最深の立坑を作り、揚炭能力2,100トン/日の大型立坑として軍艦島の中核となった。この立坑は初めてコンクリートブロック築壁法を採用したが、この工法は之に続く崎戸小田立坑、三池万田排気立坑でも用いられる。坑壁補修の困難な立坑築壁は、木枠四つ組が廃され、その頃は殆ど円形煉瓦積みであったが、その築壁労力の軽減ひいては工程の短縮をねらって、より大きなコンクリートブロックに替えたものである。更に昭和13年着工の勝田立坑は、コンクリート場所打ち、しかも坑口からのパイプ流下打設法を試みて、戦後技術の先駆となっている。

ロ. 斜坑の開発

当期になると炭鉱の深部化は益々進んで主要な揚炭斜坑は表-4のように1,200～1,800mが普通とみられるように長大化し、大正末年の調査(表-4)では杵島本坑8,250尺(2,500m)、田川2坑8,130尺(2,463m)、大隈7,200尺(2,182m)、美唄3坑6,972尺(2,113m)、松浦本坑6,600尺(2,000m)など2,000mを超える斜坑が現れた。

(4) 大正期の坑内外水平運搬技術の発達

イ. 人車

こうした深部化によって、入坑者の道中歩行時間や、疲労が問題となり当期の間に多くの炭鉱

が人車の運行をはじめ、1つの流行となる。その多くは揚炭能力を阻害しないよう、本卸に平行に開さくされた排気の連卸に大型巻を据えて人車運転をし、時には表-5のように別途3本目の人車専用斜坑を開さくしたところもある。

この人車のロープ切断による逸走を防ぐため、ロープの張力が失われたときに爪が落下して道床にかみこむ救急車が考案され、昭和16年大之浦炭鉱5坑に設けられてから、各所に普及して

表-4 大正期立坑と斜坑の開発と深度

九州								常磐			道北海							別地方							
山野	二瀬		新入	大之浦	岩崎	大隈	大辻		久原	千代田	茨城無煙	小田	勿來	萬字	空知	美唄			登川	夕張	炭鉱名				
第四坑	第三坑	坑高雄第二	坑高雄第一	六坑	滿之浦第一坑	第三坑	本卸	新坑	二坑	本坑	本卸	第一斜坑	二坑	本卸	神壽	神威	第三坑	第二坑	卸第一坑新	卸第一坑本	登別	千歳	坑名		
一〇×六	一〇×六	八二×二〇 アーチ	八×八 一〇×九 アーチ	八×八 一〇×八	一一×一 三	七×七・五 半圓	七×八	六×一二	六×九	六×九	七×〇×三五	七×七	七×一一	一二×八	一二×八	一五×六	一四×六	一二×六	一二×六	一〇×八	一〇×八	尺	大さ		
同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	斜坑	同	水平	同	同	同	斜坑	同	水平		傾斜		
五、一五〇	六、四二〇	四、四〇〇	四、五〇〇	四、二〇〇	四、九八〇	五、四〇〇	七、二〇〇	六、四一四	四、五五四	五、四六八	四、二〇〇	四、〇八〇	四、〇〇〇	四、〇二〇	六、三〇〇	五、五〇〇	六、九七二	五、〇〇〇	五、八六〇	六、四五〇	七、五〇〇	六、〇〇〇	延長尺		
同	曳揚機	無極綱索道機	同	同	同	同	同	同	曳揚機	無極綱索道機	曳揚機	無極綱索道機	同	曳揚機	同	電車	無極綱索道機	同	同	曳揚機	電車	機関車	運搬法		
九州																						別地方			
大瀬	松浦		佐賀	杵島	相知	大峰		赤池	豊国	田川	神之浦	下山田	綱分	芳雄	漆生		忠限		飯塚	炭鉱名					
五尺坑	本坑	坑中央水平	新坑	第二坑	本坑道	二坑	本坑	第一坑	新坑	第二坑	第三坑	伊田斜坑	第二坑	第一坑	第二坑	三尺坑	五尺坑	第四坑	第三坑	二坑	坑名				
七×七	同	同	一〇×五・五	八×九	六×一三	六×一三	七×一二	一一×三六	一二×三九	二三×八	二六×五	八×二一六	九×一〇	八五平方尺	九×八	一一×六	一三×七	八×七	八×七	一〇×八	一二×七	六六平方尺	尺	大さ	
斜坑	同	同	水平	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	斜坑	傾斜			
四、三二〇	六、六〇〇	四、八〇〇	六、〇〇〇	四、〇八〇	八、二五〇	四、九八〇	六、四四〇	五、〇一〇	五、八七〇	五、七〇八	五、七九〇	四、二〇〇	五、九四〇	六、五八〇	八、一三〇	四、二〇〇	四、一六〇	四、二〇〇	四、五〇〇	四、八〇〇	四、六八〇	四、二三〇	五、〇九〇	四、三七〇	延長尺
曳揚機	同	馬匹	無極綱索道機	同	曳揚機	同	無極綱索道機	同	同	同	同	曳揚機	同	無極綱索道機	同	同	同	同	同	同	同	曳揚機	運搬法		

表-5 斜坑と通洞の年表

*印は改良年月

名 称	長 さ	着 工	完 工	寸 法	傾 斜	設 備
忠隈 貝島 菅牟田5坑	*	T. 3.11 * T. 3				曳揚機をテールロープに改修 45 HP アリスチャーマー④増設
貝島 菅牟田3坑	k 432.43	T. 4. 2.11	T.10. 4.30			○ 人造斜坑
常磐内郷 部内	*	T. 4. -.-	T. 4. -.-			第1斜坑北第3坑道(水平?) 4 HP エンドレスロープ④据付
三井本洞 部内	350 k	T. 4. -.-	T. 4. -.-			○ 15 B 双筒150 HP 人車巻 6人/台×8台 運転開始 △ 坑口～10片
製鉄二瀬 部内	*		T. 4. 3.-			B 30トン加減付ボケット 72 尺ベルトコンベヤ 風坑炭の粉炭輸送
三菱美唄 斜坑	*					6 時 ダブルドラム△
貝島大之浦桐野	*	T. 4. 1.-	T. 4.12.-			○ 扉付炭車をやめ 鋼車とする 1,000 車投入
三菱方城	*		T. 5. 7.-			○ 曳馬運搬を廃し, 50 HP ④ 下綱式
茨城無煙小豆畑1坑	*		T. 5. -.-			130 HP ④
三井田川 伊田斜坑		T. 6.11. 1				左斜卸, 開坑 T.10.2.11 不況中止 T.12.上-再開 S.6.9.- 終掘
大正中鶴 新坑		T. 6. 4.-				○ 本卸 人車卸開さく 掘さく用巻△ 16 Bφ×24 Bst×ダブルドラム 1台
古河新目尾	*	T. 6. 7.-				○ 曳馬運搬を廃し ④
粕屋	*	T. 6. 7.-				荷電運搬を廃し △ 10 Bφ 炭車曳揚
三井田川 大蔵又卸	*	T. 7. 1.-				● △を④に改造 220 HP 羽子板ベル 6 V 単線式信号
三菱古賀山	*		T. 7. 6.-			● ④ 200 HP 据付
住友忠隈			T. 7. -.-			○ ④ 600 HP 使用
明治赤池新坑	975 m	T. 7. 8.-				本格岩石斜坑 手繰り のち赤池第3坑と命名
三井山野漆生4坑	*		T. 9.10. 2			○ 本卸-13片迄 人車運転, のち, 3, 5坑にも
目島桐野2坑人車卸	*		T. 9.10.22			○ 20 Bφ △ 人車運転
貝島菅牟田3坑人車卸	*		T. 9.11.12			○ T.10.6.2 人車運転
新原4坑	*		T. 9. -.-			16 Bφ 胴△を復胴コース巻④に変更
北炭美流渡	*		T. 9. 7.上			25 HP △ 複汽筒
二瀬	*		T. 9. 3.下			(L ₁)×1 据付
貝島菅牟田3坑	k 432.43		T.10. 4.30			○ 人車斜坑 蒸気動 100 m/分 T.10.6.2, 使用開始
明治赤池2坑	*		T.10. 8.-			○ 始めて人車巻設備 T.12 か?
山野4坑人道	*		T.11. -.-			200 HP 複胴巻
明治赤池2坑	*		T.12.8.8?			○ 人車巻電化 346 kw 121 m/分 T.10 か?
山野鴨生3坑	*		T.12.11.-			○ 人車巻ロープ 22～26 mmφ のものを 28 mmφ 中に強化
三池宮浦斜坑	3,329 尺		T.13. 7.-	18 尺×7 尺	13～16.5°	○ 複線巻 3,000 トン/日 記録 人車巻併設
麻生綱分3坑	*		T.13.10-			● 14 B △の他に 200 HP ④を増設
住友 忠隈 スキップ	1,320 尺	T. 4. 3.- ③ T.13. 3.-	T.15.10.-	15.8 尺×11.2 尺 5 尺11 寸×11 尺2 寸	43°	22.5 kg/m レール イルグナ 530 HP 18.5 尺/sec 坑口 その後スキップ④据付 大焼層採掘のため S.4.6 巻上 煉瓦及アーチ
住友 忠隈 人車	1,980 尺	T.13. 3.-		12.5 尺×11 尺	28°	坑口 煉瓦及アーチ 25 ボンド/ヤード レール 450 HP,300 HP 誘導キ 10 尺/秒, 6.7 尺/秒
製鉄稲架, 排気卸	*		T.15. -.-			○ 人車巻 蒸気 204 kw 90 m/分
新入 北卸	*		T.15. 9.-			100 HP ④を 200 HP に強化
明治赤池	*		T.15. -.-			単胴式 200 HP 新設
大峰 2坑	*		S. 2. 2.26			○ 人車運転
古河下山田新1坑	140 k		S. 2. 2.-			新斜坑開さく
住友 忠隈 7坑	*		S. 2. 3. 8			○ 人道巻完成 炭車 100 台製作 6,693 円
新入 6坑	*		S. 2. 8.-			○ 人車巻
車見初	*		S. 2.11.-			○ △を上綱式④に改め巻上能力 2 倍となる
麻生芳雄	*		S. 2. -.-			● 単胴④ 300 HP×1 200 HP×1 新設
大之浦 2, 3坑	*		S. 2. -.-			△ 初めてスキップ巻を使用
三池宮浦斜坑	*		S. 2.11. 1			○ 220 HP ④据付 人車運転開始
雄別第一斜坑	*		S. 3. 4.-			● 斜坑に 300 HP ④設置
雄別第二斜坑	*		S. 3. 4			△ 400 HP 単胴式
大峰 3坑	*		S. 3. -.-			○ 初めて人車巻
茂尻 万慶	*		S. 4. 2.16			○ 18 Bφ 横置双汽筒復胴式△ 人車巻新設
高松	*		S. 4. 4.-			△ 設備完了, 巻上開始
住友 忠隈 スキップ	*		S. 4. 6.-			○ 2 重速度曳揚機初めて使用, コニカルドラムか前は複胴
山野 4坑 人道	*		S. 4.11.-			○ 専用人車斜坑開さく
古河 下山田 2,3坑	*		S. 4.11.-			● ④新設
湯本	*		S. 4. -.-			● 226 HP △を廃し, 220 HP ④上綱式(ロープ長 4,000 m) 採用
山野漆生本卸	*		S. 5. 9.-			● △を廃し④を採用
明治	1,463 m		S. 5.			○ 人車巻
明治豊国 2坑	*		S. 5. 2. 7			○ 排気人車巻
古河大峰 2坑	*		S. 5. 7.23			508 mmφ △据付 本卸, 坑内卸
昭和	*		S. 5. 8.-			● 坑内斜坑 ウインチ 11.2 kw 使用
中津原(田川郡)	*		S. 5. 8.-			● 186 kw ④
高松 5 尺層部内	*		S. 8. 7.-			○ 入出坑時間節約のため人車巻
田川 副卸	S. 8.12. 2		S.10. 末-			箱×16 台使用
内卸			S.11. 5.13			● 集団ベルトコンベヤ 5,056 m 239 mH S.11 1 期工事完成
夕張第2斜坑	*		S.12. 3.-			三作製 500 HP 複胴④ 自動制動機付 32 mmφ ワイヤロープ
山野 杉谷本卸	*		S.12. 4.-			300 HP ④
貝島 大之浦 3坑	*					

斜坑

S.13. 3. 3	田川 平原斜坑口 600 kw ④
S.15. 7.-	嘉穂 上穂波坑 400 HP ④ 運転開始
○ S.16. 6.-	貝島大之浦5坑 斜坑人車に救急車付き人車を用いる
● S.17. 5.-	三菱飯塚 集団ベルトコンベヤ設備1部完成 1,700 m 100 HP ×9台 S.18 残工事完了 坑内ボケットー坑底間
○ S.17.12.-	三菱飯塚 第2斜坑 人車兼用とする
S.12. 5.13	夕張 集団 BC 第2期完成 S.12.7.15 には1,000 トン/日切羽達成
S.18.10.21	夕張2坑 中央 BC 完成
S.18. 2.-	大夕張 スキップ斜坑 25' ④ ⑦ P.740

いった。

ロ. 電化

斜坑の巻上機も立坑と同様、この期に大型電動機が実用になったため、老朽蒸気巻の更新を含めて次々と電化されていった。蒸気巻は、当期末には殆ど第1線を退いている。

明治期に記したエンドレスロープは、この期も盛んに用いられ、水平主要巻上げ、斜坑巻上げの両用に普及するが、その原動機も蒸気動から電動に切替えられ（大正7年忠隈、昭和2年東見初、昭和5年山野漆生）、その動力も600 HP（忠隈）と大型のものが出現する。

ハ. コニカルドラム

電動巻上機の手速度制御は斜坑の場合立坑程微細なコントロールは必要ない。従ってイルグナー制御のような高価なものによらず三相誘導機による場合が多かった。しかし、斜坑の上下端は列車の分岐器通過や、操車を行なう所であり、低速にする必要がある。之を水抵抗器などで処理すると過熱の不具合がある。ドラムの回転数を変えずにロープ速度を遅くすれば解決するので、ドラムの両端部は径を小さくし、途中は円錐面で結んだコニカルドラムが用いられるようになった。之は昭和4年、山野で採用され幾つかの斜坑巻に導入されていった。

二. 鉄車

炭車は函廻りの管理もあるが、出炭の増加につれて台数も増しその維持費も莫大なものとなる。

追浦 斜・水平坑口の推移

M. 1. -	高島	坑内 軌道 炭車
M. 2. -	茅沼	1 輪車 ④ P.68
M. 9. -	高島	斜坑開さく ④ P.106
M. 9. -	高赤池	孤輪車 ④ P.107
M.20. -	新入	鮫田、明治 炭車導入 レール敷設 ゲージ 18 B (457 mm) 炭車 750 斤 (450 kg)
M.20. -	大蔵坑	タガヤサン巻 (ろくろ なんばか)
M.22. -	松浜 (宇部)	レール台車導入 ④ P.152
M.25. -	鮫田	斜坑△ 複気筒 60 HP M.25 現在 据付けは前
M.22. -	高島	仲山斜坑 (1 坑), 百間崎斜坑 (2 坑) で採掘 立坑不要 巻は筑豊へ転用
M.13. -	佐渡	巻上ワイヤロープ使用のはじめ, ② P.275 ミス, M.11 三池大浦あり M.2 高島立坑もそうではないか
M.30. -	足尾	④の初め ② P.275
M.32. -	夕張	エアロコ購入 33 使用
M.45. 3. -	高島二子斜坑	870 m △ ⑦ P.740
M.45. -	飯塚三尺 1 坑	1,218 m ⑦ P.740
T. 14. -	新入	第 1 巻 (坑か) 1,450 m 400 HP ④ ⑦ P.740
M.23. -	鮫田	坑外エンドレス 今井
M.42. -	鮫田	電車運転 坑外
M.20. -	足尾	電気機関車 ② P.275
T. 末	BL	のはじめ ③ P.275
S. 11. 5. -	宮浦	ベルト cv ② P.284

追加 斜・水平坑口の推移

名 称	長 さ				
空知 佐久志 夕張, 斜坑 夕張 夕張 夕張 万字 登川 神威 夕張 夕張	629 尺	M.28.6 M.	M.30. 8 M.26. 9.15 M.27. 6.30 M.33. 9.10 T. 9. - T. 9. - T. 9. - S. 3. 7.20 S. 7. 7.25	68°	札串立坑とも 5 尺×4 尺 ⑧ M.30.4.9 △ 据付 ② ウオーカブラザー社△ 据付 下綱式エンドレス ボーター 圧気動機開車 T.9.6.4 とも坑内 TL 坑内 TL 坑内 TL 坑内 TL, 4 トン グートに BC 導入 S. 1

不況期諸費切りつめの段階で大きく取り上げられるようになり、より耐久性の高い全鋼製の所謂鉄車が登場する。之は大正4年大之浦桐野坑の1,000台切替えを皮切りに普及してゆくが、木製と異り鉄製であると強度の向上が容易となるので、鉄車の容量は比較的短期間に0.5, 0.75, 1.0, 1.5 m³と大型化し、昭和10年代には2 m³炭車が標準となる。

オ. スキップ斜坑

斜坑に炭車を運行することを前提にすると傾斜は自ら制限される。このため採掘部内の深部化に伴ない、折返ししの又卸しを設けなければならなくなる。この傾向は当期に目立って来るのであるが、中継点の操車その他で運搬人員は多数を要することになり、立坑のような骨格構造の単純化が問題となって来た。

急傾斜の斜坑で解決しようとすれば炭こぼれのない専用の箱型車両即ちスキップを用いればよいことになる。スキップ斜坑の前例としては、明治30年、空知炭鉱の急傾斜部内に試みられたことがある(札串(さっくし)立坑, 68°629尺(181 m) 5尺×4尺)が、立坑並の大量出炭を目ざした忠隈のスキップ斜坑は異色のものとして注目される。

これは昭和4年完成したもので、同鉱の大焼層採掘を目的としたものであった。同じ考えに従ったものが大之浦鉱でも作られた(昭和2年)。

ヘ. ベルトコンベヤ

ベルトコンベヤは大正4年、二瀬炭鉱坑内の部内ポケットからの粉炭輸送に初めて用いられ、以来片ばん運搬、切羽運搬に普及をみるが、下ベルトやプーリーの管理面から、切羽運搬機はチェーンコンベヤに駆逐され、ベルトコンベヤは定置式の立入坑道や、主要坑道運搬に実用されるようになる。ベルトコンベヤは傾斜16°迄は炭こぼれもおこさないで緩い斜坑の揚炭用としても採用されていった。

(5) 昭和期の坑内外水平運搬技術の発達

運搬階程は単純化することによって人件費が削減されるが、特にベルトコンベヤは省人化に効果があったので、坑外—斜坑—坑底ポケット、或いは更に採掘部内に迫って、斜坑—主要坑道—部内坑道—切羽ポケット迄を一貫してベルトコンベヤ運搬に統一する方法が研究された。揚炭に炭車を用いない所謂トラックレス運搬のシステムである。

この方式はまず昭和11年、夕張炭鉱で試みられ(第1期工事坑外と斜坑部5,056 m, 垂直距離239 m)のち、切羽迄延長して集団ベルトコンベヤシステムとして完成した。之は昭和18年飯塚でも行なわれた。

三池三川坑の集団ベルトコンベヤは、坑底ポケットから坑外原炭槽に至るものであるが、大型のものであった。

2 章 採炭方法と採炭機技術の発達

(1) ハンマーとつるはし

地図の記号としても、馴じみの深い鉱山のマークは、図-2 のように左手に持つのみと、右手に握るハンマーとを十字に交差させたものであり、まさに手掘りの象徴である。ヨーロッパ特にドイツでは市章などにもとり入れられ、郷土の栄光を讃えるシンボルとなっている。

鋭利なのみ先を石炭の亀裂に当てハンマーで衝撃を与えて楔作用で採掘する（図-2 の a）のであるが、軟岩に属する石炭の場合、この2つの工具を合わせ、ハンマーの先を尖がらしてのみ先の機能を与えた図-2 の b~f のようにツルハシが、洋の東西を問わず使用される。

石炭利用の初期は主としてボイラーに焚く燃料であったから、ロストルの目から落ちこぼれる粉炭は用をなさず、専ら塊炭が用いられた。その塊炭を多く採り、かつ能率を高めるためには、

図-2 ヨーロッパの鉱山のマーク

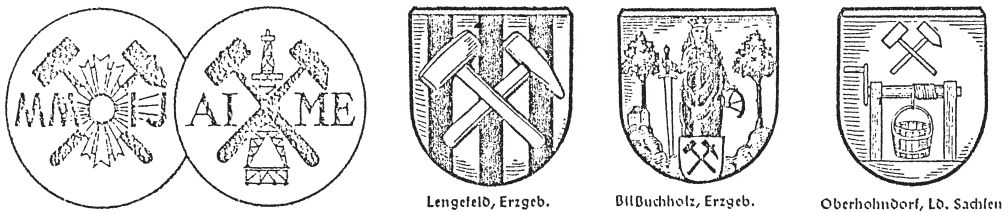
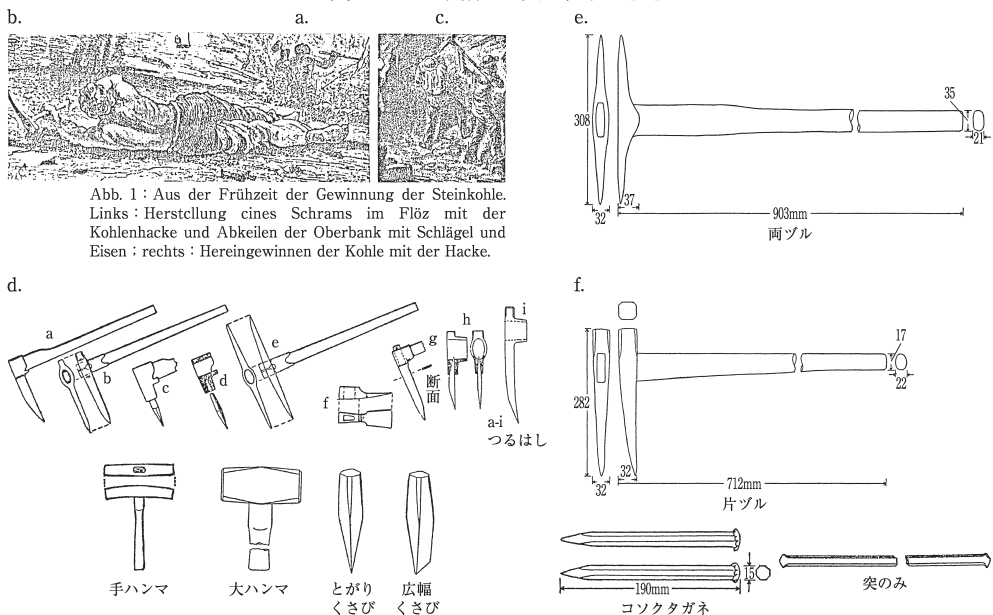


図-2 a~f 手掘り工具の種類と形態



始め炭層の下部に透しを入れて、自由面を増やし、そのあと自重を利用して打ち落す方法が良く、腕効きの鉱員の作業のコツでもあった。しかし緩急斜層の硬炭の場合、この透し掘りは容易なことではなかった。(図-3, b) 採炭の機械化もまずこの作業を人力から解放しようとする試みから始るのである。

こうした試みは1858年頃から、主に英国に於いて始まる。特にファース (Firth) の「ピック」(1861) (図-3, a) は単気筒の圧気ピストンで水平に支えたツルハシを炭壁に打ちこんで透し掘りしようとするもので、翌62年2台が坑内で使用され、のち改良を加え「アイアンマン—鉄人」(Iron man) (図-3, b) として英国特に硬炭のスコットランドで普及し、1部はヨーロッパ本土などに輸出されるようになる。

(2) 円ばん型・棒型カッタ

その頃の英国炭鉱の採炭方式は他のヨーロッパ諸国と同様、柱房式が主体であったが、薄層には長壁式採炭(手掘・発破)が行なわれており、その生産性を高め、火薬使用量を節し、塊炭率を上げるためにはロングの下透しが不可欠であったので、引き続き種々の構想にもとづいて採炭機の開発が試みられた。

チェーンカッタの祖型とみられるガートシェリー (Gart sherrie) (1864) 型なども模索されたが、ウォーカー (J. S. Walker) のディスクカッタ (1868) は構造が簡単かつ堅牢であったので実用の域に達し、性能を向上して、ダイヤモンド (Diamond) 型、ウインスタンレイ (Winstanley) 型 (いずれも1872) 等に改良されていった。

1870年代中頃には、透しの深さ1m、切削速さも36m/時と能力はアイアンマン等の透し掘り機をはるかに上廻り、之に代って図-4のようにイギリスの採炭機の代表機種となった。

しかし図-4で判るように、直径2mに近い円盤の鋸をもつ大型機なので、切羽内の操作は容易でなく、切削の始め切羽炭壁にディスクを入れる下透しをあらかじめ作っておかなければならず、また透した上の塊炭が崩れてディスクに乗ると動けなくなるという短所がある。

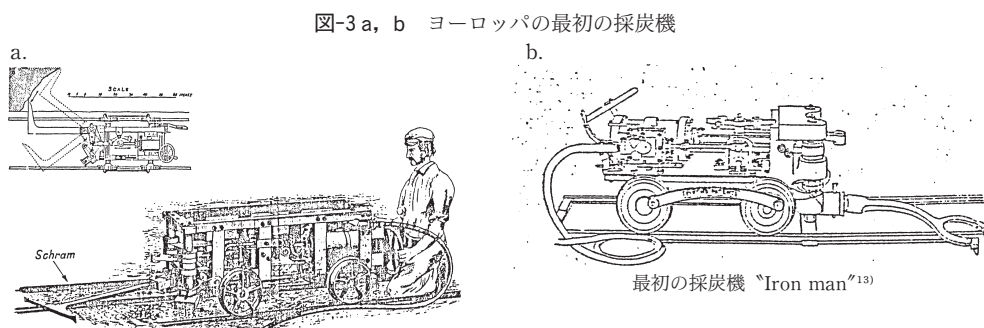


Abb. 7: “Pick”-Maschine von Firth (1861). Die obere schematische Zeichnung zeigt

之を乗り切る発想として、回転する棒にピックを植えて透してゆく型が考えられた。ディスク型から17年後の1885年、グラスゴーのメーバークールソン社のピックイックバーカッタがそれで、透しの上から落ちた塊炭も、自ら削ってぐり抜けて行くことができる。

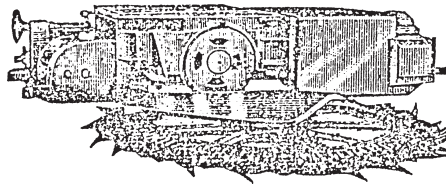
唯々初期のものは切粉が透し内に残って不具合であったので棒にU字型のらせん溝を設けて排出を助けることとした(1895)。また切削部は本体の先端で水平に左右に旋回(180~200°)できるようになっていて、切羽面に自分で透しの掘りこみをすることができる(図-5a, b, e, f)。このため沿層掘進の切詰にも利用の道が拓けた(図-5c)

大きなディスクと違い棒状の切削部であるから、下ばんが波打っているとき、之に順応し易く、松岩や断層に当たったときは之を避けてゆくこともできる。松岩はカッタのピックにとって難物であるが、ディスクの場合は1度に全部のピックを傷めてしまうのに反し、バーカッタの場合は、その部分のピックさえ取り替えればよかった。

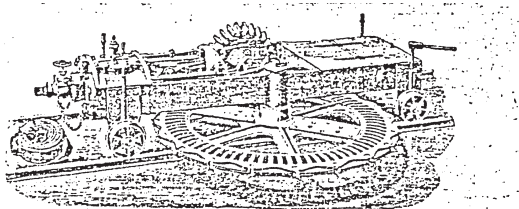
また、従来のカッタがすべて圧気動でその減圧による能力低下に悩んだのに対し、メーバークールソンのバーカッタは始めから電動(10 HP)であったのも新機軸で、動力費の軽減、切羽への設備段取りが容易となり、ディスクカッタより能力は低かったが、小廻りの効く汎用機としてディスク型を導入し難い条件の炭層へ普及していった。

駆動部の電化は早速ディスクカッタにも応用され、採炭機の電化は急速に進む。しかし、初期の電気品は、採炭切羽の手荒い取扱いには過酷であった。このため電気火花やアークは時に爆発

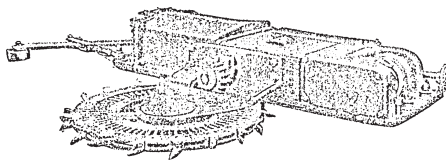
図-4 イギリス製ディスクカッタ a, b, c



4-a ディスク・コールカッタ



4-b 初期のディスクカッタ (1869)¹³⁾



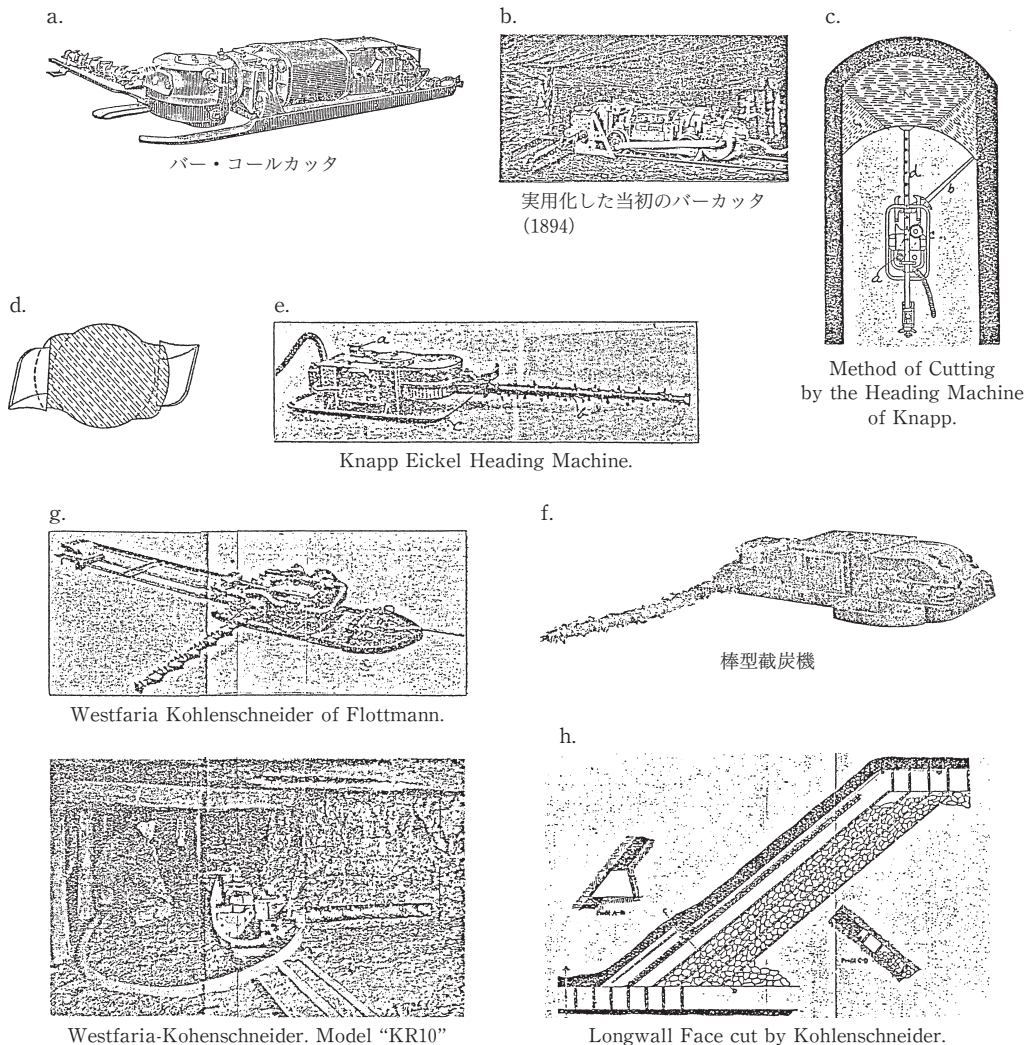
4-c 円盤型截炭機

災害や火災の原因として指摘されるようになる。

1907年、発表されたクレセント社(Crescent)の電動ディスクカッタはモーターを鋳鋼製のケースにおさめて全密閉の防爆型として対策された。これは防爆型電気品のはじめをなすものである。また同機は、減速ギアボックスを油入りとし、ギヤの摩耗を減ずるとともに伝達効率の向上をはかった。

採炭機の開発で先駆的であった英国は、1860年代の機械つるはしから80年代にはディスクカッタを常用するようになり、20世紀にはいる1900年には採炭機の保有台数は600台、その大部分がディスク型となった。しかし機械化採炭の比率は未だ総出炭の1%にすぎなかった。その後バーカッタの実用化が加わって、第1次大戦期には、ディスク型1,200台(以後漸減)、バー型600

図-5a～h バー(棒型)カッタの種類a～h



台、更に後述のチェーン型を加えて2,000台を大きく越える盛況振りで、機械化率も10数%になる。

之に対し、ヨーロッパ大陸の各炭田は、自然条件の相違もあって1部の試用のあと、普及段階には仲々入らなかった。例えばベルギー、フランスはむしろコールピックの発達が著るしく、ドイツでは打撃式採炭機が主力であった。

この種のカッタをドイツが導入し始めたのは1905年からで、第1次大戦の初期1914年頃でさえ、ルール炭田に於けるカッターは280台（うち長壁払用50台）にすぎなかった。第1次大戦終了後、ドイツは急傾斜で変動の多い炭層条件に適するバーカッタに注目し、自国でもウエストファリア社（Kohlenschneider（1922））、フロットマン社（1926）が改良機種を開発した。

特にウエストファリアの小型バーカッタ（図5g）は偽傾斜全充填の急傾斜炭層用に開発したもので、ホーレイジ部を除いて肩のホイストで吊し、打柱列に添って切り上がる（図5h）ことのできるものであった。

またバーカッタのピックについても図5dに示すようにへら型とし、刃先はナイフエッジにして押し切るタイプを開発したりして、1920年代にはバー型はドイツに於いて多彩な展開を示すようになった。

（3）チェーン型カッタ

1864年、ガートシェリーの開発したチェーン型のカッター（図-6a）は、ジブの周囲を爪のつけたチェーンが廻り、炭壁を切ろうとするもので、未だ鋼が作れない（トーマス鋼出現は1879年）錬鉄の時代では、実用化は無理であった。従ってこの種のは種々の改造が行なわれたに拘わらず、暫くの間発展をみない。そして之は後、1876年、米国フィラデルフィアの博覧会に出展されたのを契機として米国で発達する。

米国は緩傾斜厚層の炭層に恵まれているので柱房式採炭が殆んどを占めていた。その広幅掘進の透し掘りに適しているところから台車に乗せた図-6a～hのようにチェーンカッタが、ジェフリー（Jeffrey）社で開発され、そして英国のアンダーソンボイス（Anderson Boyes）社も製造した。

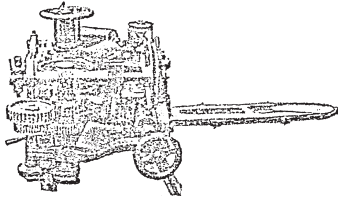
之等初期のものはアークウォールカッタ（arc wall cutter）と呼ばれ、坑道切詰迄延長されている軌道の上に乗って台車を固定しジブを旋回し乍ら左から右へ、また右から左へと透してゆく（図6d）。このためチェーンは正逆転するのでピックは両刃になっている（同図-6e）。之により、幅12呎、突込5呎の透しを6～7分で切りこむ（旋回220°）ことができ、作業を終ったあとは直ちに隣接する切羽へ移動することができ、1作業時間内に8～12箇所の透しを行なうことができた。

アークウォールの方法だと同図6dの※に見られるような突起部が透せないで残ることになるが、機体を台車から卸し、櫓に乗せ、ステーを張って前後させると坑道側壁を直線化（同図-6g）

することができる。また、横透しのみならず、縦透しを入れて打ち落とし迄機械でやらせるため、機体頭部にジブの向きを変える機向を組みこんだユニバーサルタイプ(同図-6h, i)も現れた。また、広幅掘進の坑道幅が広く、ジブの旋回では届かない切羽のために、ショートウォールカット(図-7a)も開発された。之はジブの長さを短くする変り、バーカットのようにホーレージ機構を

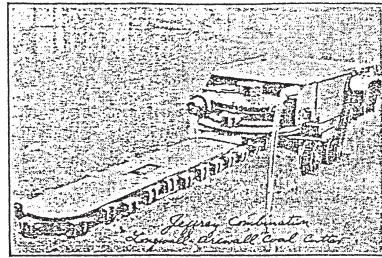
図-6 a~h チェーンカットの種類 a~h (-)

a.



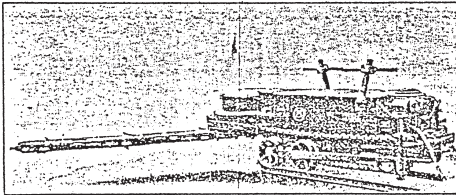
チェーンカットの原型のひとつ (1870 年ごろ)¹³⁾

b.



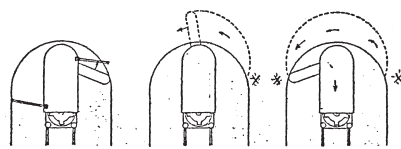
Jeffrey combination "Longwall-Arc-wall" Coal Cutter.

c.



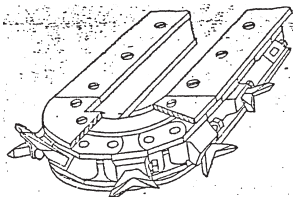
Anderson Boyes Arc-wall Coal Cutter.

d.



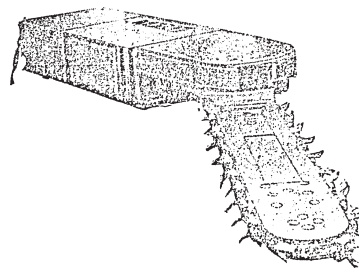
Method of Cutting by the Arc-wall Coal Cutter.

e.



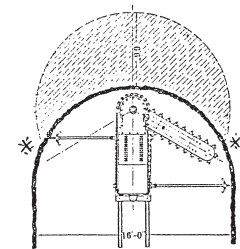
Duplex Picks.

f.



鎖型截炭機

d'



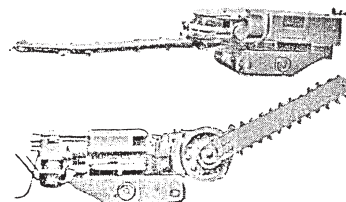
弧壁式掘進法

g.



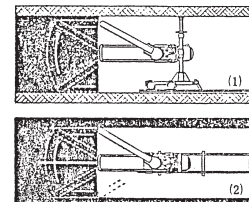
進退式掘進法

h.



ユニバーサル・カッタ

i.



i 縦横両用カッタ

持ったものである。

チェーンカッターの唯一の欠点はピックの衝撃によってリンクが切れ易く、そのため軟炭にし
か使えないことにあった。此のショックを防ぐ緩衝装置としてフリクションラッチも用いら
れたが、1913年サリバン社の開発した圧気動のものは、始めてタービン式エアモータを組みこんだ
もので、チェーン切れ防止に与って力があつた。またそれ迄の圧気動はピストン型で形が大きく
採炭機には不向きであつたが新機構のエアモータにより採炭機に組みこむことができるよう
になったのである。

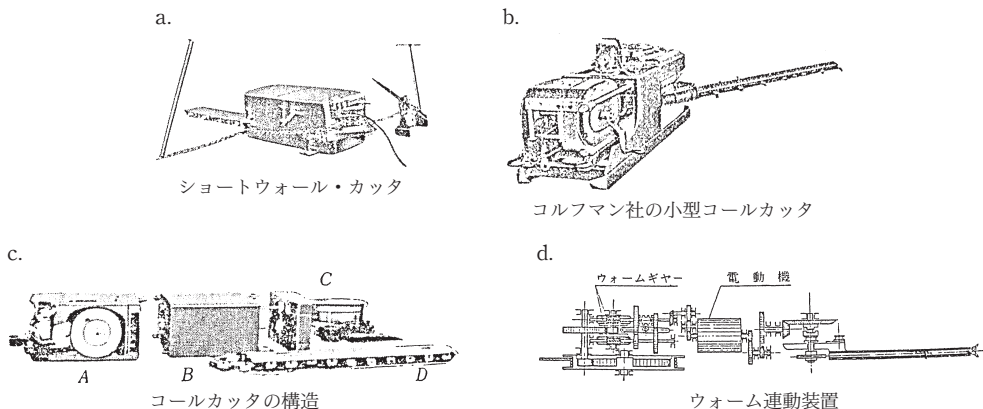
これを契機にチェーン切れは少くなり、硬炭にも耐えられるという認識が高まり、チェーンカ
ッターの普及は加速される。

英国から米国に渡って育まれたチェーンカッターは一人前になって、再び母国へ戻って来た。し
かし、英国ではバーカッターが優勢であつたので、下ばんの起伏や松岩に悩むところはバーを用い、
然らざるところは、より能力の高いジブを用いると言つた、条件に応じてヘッドを交換できる両
様型のものも開発された。またジブ幅をせまくして、バーに近い運動性を求めたチェーンカッター
も、その要求の強いドイツに於いて開発された（図-7b）。

いずれにしても 1910 年代は在来機とチェーン型とが交錯した過渡期であつたとみることがで
きるが、第 1 次大戦後 20 年代にはいとジブ型のチェーンカッターは細部に至る改良が行なわ
れ、その能力に於いても信頼性に於いても優位にたち、30 年代にはディスク、バーの両型式は姿
を消すことになる。

この型の構造は図-7cd に見るように中央に原動部 B を置き、頭部 C はジブ D を駆動し旋回する
機構、後部 A は、機体を摺動させるためのロープをかけるホーレージと、その減速機構が組みこ
まれる。そして動力も次第に向上して、30 年代は圧気動 30 HP から、40 年代には電動が主となり、
出力も 45 kw 級が常識となった。之には防爆構造の信頼性の向上がその支えとなつたのである
が、例えば修理のため防爆ケースを開く場合、電流を絶たないと開錠できない機構などもとり入

図-7 チェーンカッターの種類 a～d



れられている。

またピックについてもその摩耗が能力を大きく支配するので1回の切削寿命の長いものが要求され、30年代にはピックの先端にハードメタルをハンダづけしたドイツのウィディアピックなども現れて、益々カッタの性能を高め、利用範囲は拡大してゆく。

もともと薄層の透し掘り用として開発された採炭機の中で、むしろ遅れて米国で育っていったこのチェーン型カッタは、柱房式採炭の坑道切羽の透し掘りで種々のタイプに改良され、英国に戻って同じ柱房式に導入される他、バーカッタとの混用、次いでそれを駆逐して長壁式切羽の採炭機の主座につき、更に厚層へも普及してゆく。

カッタによる透截のあと発破もしくはピックで打ち落す採炭方式は薄層、厚層を問わず、英国の採炭方式として定着し、第2次大戦末期の1945年(昭和20年)には72%に達した。

そしてチェーン型カッタの使用に慣れるに従い打ち落しもこのジブにさせようとする試み、例えばカッタを重ねて多段にしたり、ジブを曲げて奥の切りこみをする試みが始まり、また、最後に残る積込作業も機械化する。所謂完全機械化への動きが始まる。之等についてはその成果が第2次大戦後に花開くので次の課題としよう。

(4) 衝撃式採炭機

さく岩機の打撃力を利用して、孔径の大きい(60~90 mm)孔を口付けし、掘りこまずに横へ旋回すると溝が切れる。之を反覆して左右に振れば逐次透しを深くしてゆくことができる。さく岩機の発達の歴史は古いがこのような利用法は、かえってバーカッタによる坑道透しが行なわれたあと、1900年の当初になってから現れた。

この採炭機(図-8a, b)はドリフタ級のさく岩機と同様で唯々水平に旋回させるため、さく岩機とガイドシェルは横向きとし、クランプの代りに水平旋回機構をつけて、坑道中心に打柱したコラムを中心に首振りするようにしたものである。放射式截炭機とも呼ばれ、ラジアラックス型はその代表機種であった。

20世紀始めの10年間は丁度チェーンカッタが台車付きでアークウォールカッタとして普及されていた頃であるが、この衝撃式採炭機も機動性を持たせるため、コラムごと台車に乗せたシスcol(Siscol)パンチャが開発される(図-8c, d, e)。

之等は前述の各種コールカッタに比し軽重小型で透しの位置も自由に選定できるので、英国、ドイツ特に急傾斜での褶曲も多いドイツの坑道掘進や広幅坑道採炭の条件に適しており、機械化の遅れていたドイツの採炭機の中では異彩を放って普及し、自国産の機械が之を支えたのであった。英国も之に次いで普及をみたが、米国では水平厚層の炭層条件にむしろチェーンカッタが優っており、普及をみずに終る。

この衝撃式採炭機によって作られた透しに、その幅より(図-8f)大きい楔型のたがねに取りかえて打ちこむと、打ち落しもでき、炭質によっては発破やピック作業を省く利点もあったが、総

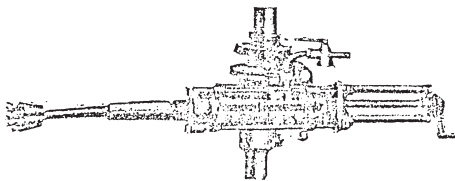
じて生産性は余り高くを望むことができず、カッタの発達を主流とみればあくまで側流の座に甘んじつつ終には姿を消していった。

(5) コールピック

現在も愛用されている掘り崩し工具のコールピックもさく岩機の系譜に属する。さく岩機の小型化に成功したフロットマンの小型ハンマー（1904）から、回転機構を抜いてより小型にし、短いたがねをつけて打撃式の掘り崩し機を開発したのはそれから間もなくのことである。

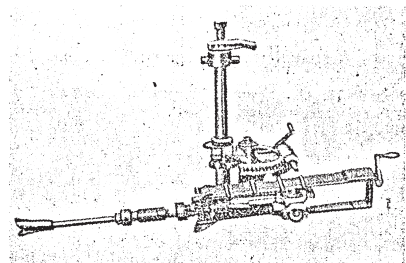
図-8a～f 衝撃式採炭機の種類

a.



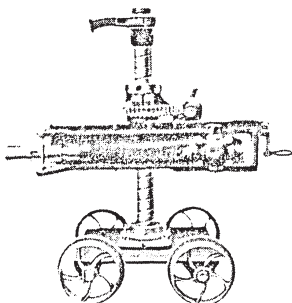
衝撃式截炭機

b.



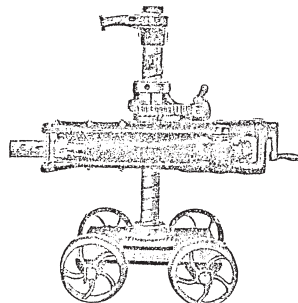
衝撃式柱付きコールカッタ；デマーク社の製品

c.



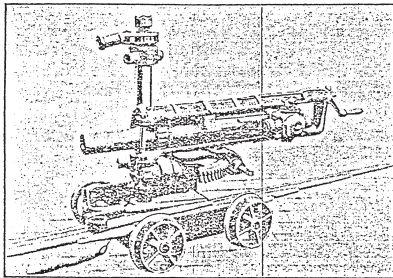
シスコル・パンチャ

d.



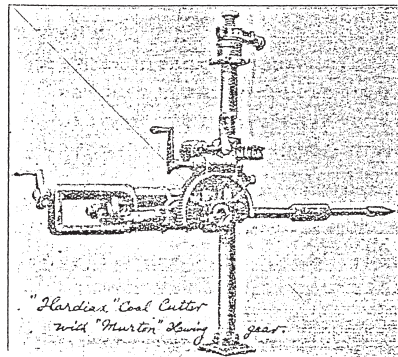
坑道掘進用衝撃式截炭機

e.



"Sisco" Coal Cutter with a Eogie.

f.



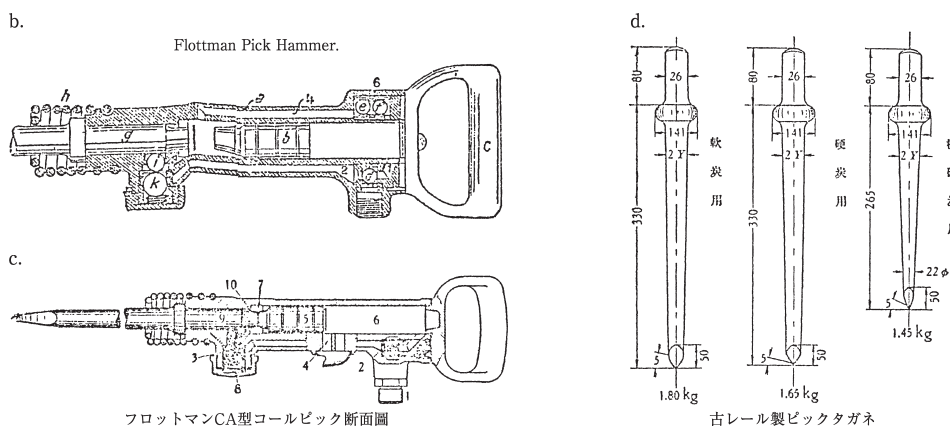
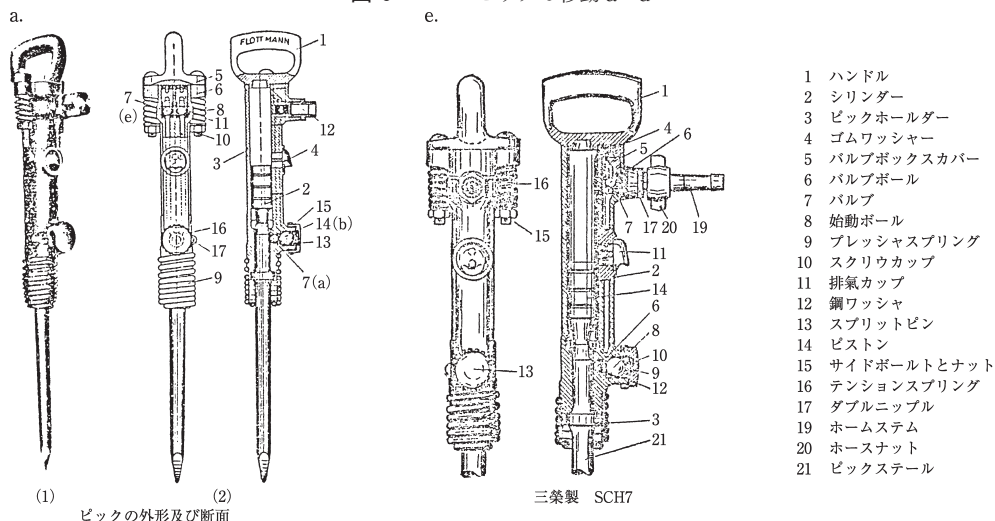
"Hardie" Coal Cutter
with "Morton" design
gear

このコールピック(図-9a)は炭層が膨縮して採炭機の導入し難い条件、また急傾斜層で手持ち機械を下向きに操作でき、かつ炭理の発達している条件に向いているので、こうした条件の炭層を多く持つフランス、ベルギーの炭田で歓迎された。

ピックと手掘りの1人当たり作業量を比較しても、ルールでは1.2~1.3倍に過ぎないのが、フランス、ベルギーでは2倍にも達したので、例えばベルギーでは、1916年で既に2,500台も使用したと言われる。それから約10年を経過した第1次大戦後のカッタの発展期でさえ、カッタはベルギーで200台、フランスで20台程度しか用いられなかったことからみても、ピックは両国採炭の主力機械であったとみる事ができる。

ドイツのフロットマンは従来のコールピックの始動停止コックが、ハンドルについていて、握ると始動する機構であったものを図-9bのように、たがねのシャンク部に接する2箇のボールに

図-9 コールピックの移動 a~d



よって、たがねの炭壁に当てると始動し、放すと停止する機構に改良した。この新型は、操作する人にとって、機体を保持し易くし、不要時の振動から解放することができたので好評を博し、第1次大戦後にドイツは勿論、各国に広まることとなる。CA-7の名は世界中を風びした。

中にはこのピックの横に柄をつけて、つるはしのように扱うものも現れたし、より強力な型として、コンクリートブレーカのようなものも開発された。

（6）切羽運搬機技術の発達

切羽の採炭作業が主として透し機械の発達により効率化し、1切羽1作業時間の出炭量が増して来ると産出炭の運び出し、即ち切羽運搬の能力向上が必要となる。

柱房式採炭では勿論、長壁式採炭でもはじめは軌道を敷いて炭車が運びこまれスコップによる掬いこみが行なわれた。しかし長壁式の切羽では炭車方式に従う限り、切羽長を長くすることができず、入れ替えに手間どって積出し量も多くは望めなかった。即ち連続的な運搬機が望まれたのである。

イ. シェーカコンベヤ

多少傾斜のある切羽に鉄板製の桶（トラフ）を敷いて自走させ、もしくはスコップで掻き流すことは、機械以前にも行なわれていた。そのトラフを切羽支柱から吊して下ばんから少し浮かし、石炭を運ぶ方向にゆっくり振ったあと、早目に引き戻すと、トラフに乗っている石炭は慣性によって前方へ放擲される（図-10a）。この機構を機械的に行なったものがシェーカコンベアの祖形で、1900年初頭に現れた。圧気動ピストンはその原動機（同図-10b）として適当であったから比較的容易に実用の域に達し、その助けをえて切羽の長さも増すことができ、採炭機の稼働率も高まるようになった。

天井から吊す方法は、そのロープが石炭の積み込みに邪魔となるし、薄層の場合は能率が悪い。そこで天井から吊さず、下ばんにローラを置いて、その上でトラフを前後することが案出された。このローラー式シェーカコンベヤ（図-10d）は上記の欠点を省いたうえ、ローラーの台を変形することによって、上下に揺動させ放擲力を増してより早く運ぶことができる（同図-10c, e, f, g）。

この車輪部分は石炭によって埋り易いので、之を防いだボール式（図-10a, b）が現れ、途中で方向を変える装置（同図-10c）、向きを変えて排出する装置（同図-10d）等も考案され益々利用範囲を広めてゆく。

定速回転の電動機から、揺動モーションを得るため楕円ギヤを用いた駆動部（同図-10e, f, g）が開発されてから、電動のものも利用されるようになり、それはパワーアップを可能にしてより強力なものが実用化されるようになった。

石炭の流れの上手即ち積荷側は早いモーションとなる。このコンベアの先端をスコップ状（図-

11a, b, c)にすると石炭の掬いこみができる。それは、柱房式採炭のように運搬ラインの先端で積みこむときあつらえ向きである。その掬い口が家鴨のくちばしに似ている所から之はダックビルローダと言われた。

ロ. スクレーパーコンベヤ

1920年代迄一般の坑内運搬は例外なく軌道による炭車運搬であった。従って、シェーカコンベヤの排出口は、直接ポケットに入る場合以外は炭車へ積み込まなければならない。

低い位置のシェーカコンベヤから炭車の上迄の高低差を解決する中継の運搬機としてカーローダ(図-12a, b)が開発された。之は平型トラフの両側にチャンネルを設け、之に案内されて複鎮型のスクレーパーが循環するものである。これはシェーカコンベヤの附属設備として、同時代に普及した。

この複鎮型コンベヤの技術は切羽内に応用することができる。高低の屈曲がない変り、長さが長くなるわけであるが技術はカーローダの延長上にある。その実用された初期のものが図-13aの

図-10a~g シェーカコンベヤの種類(-)

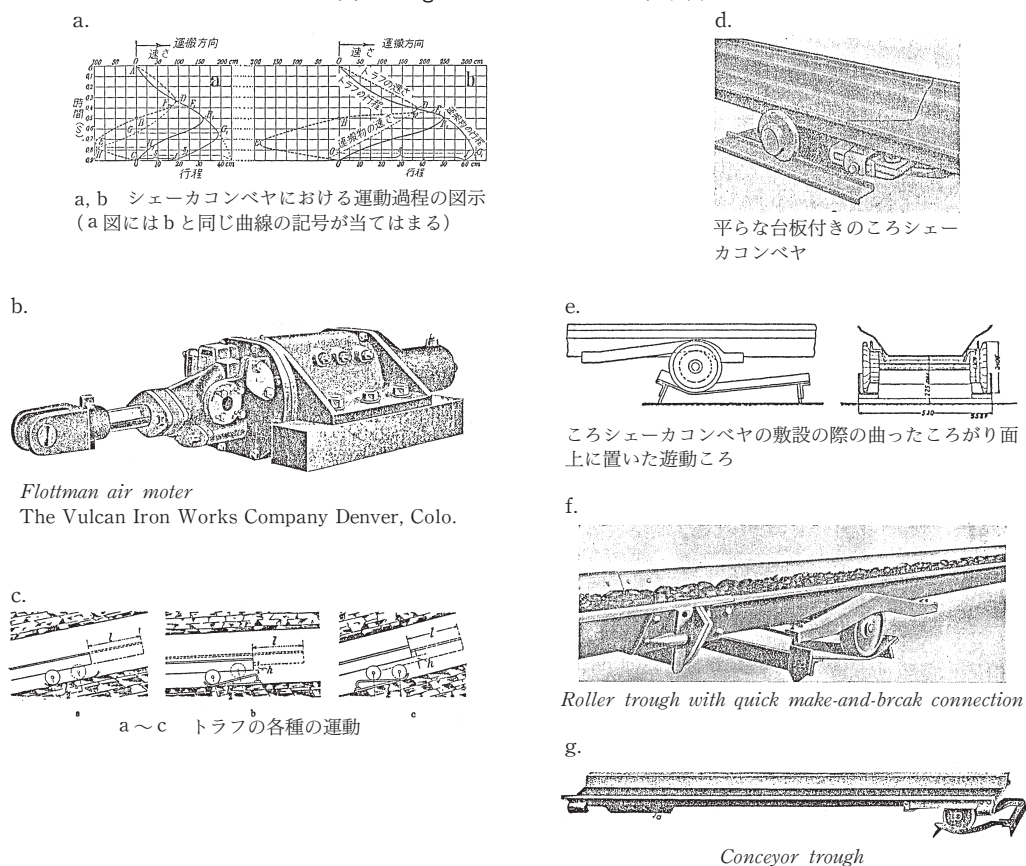


図-11 シェーカコンベヤの種類(二)

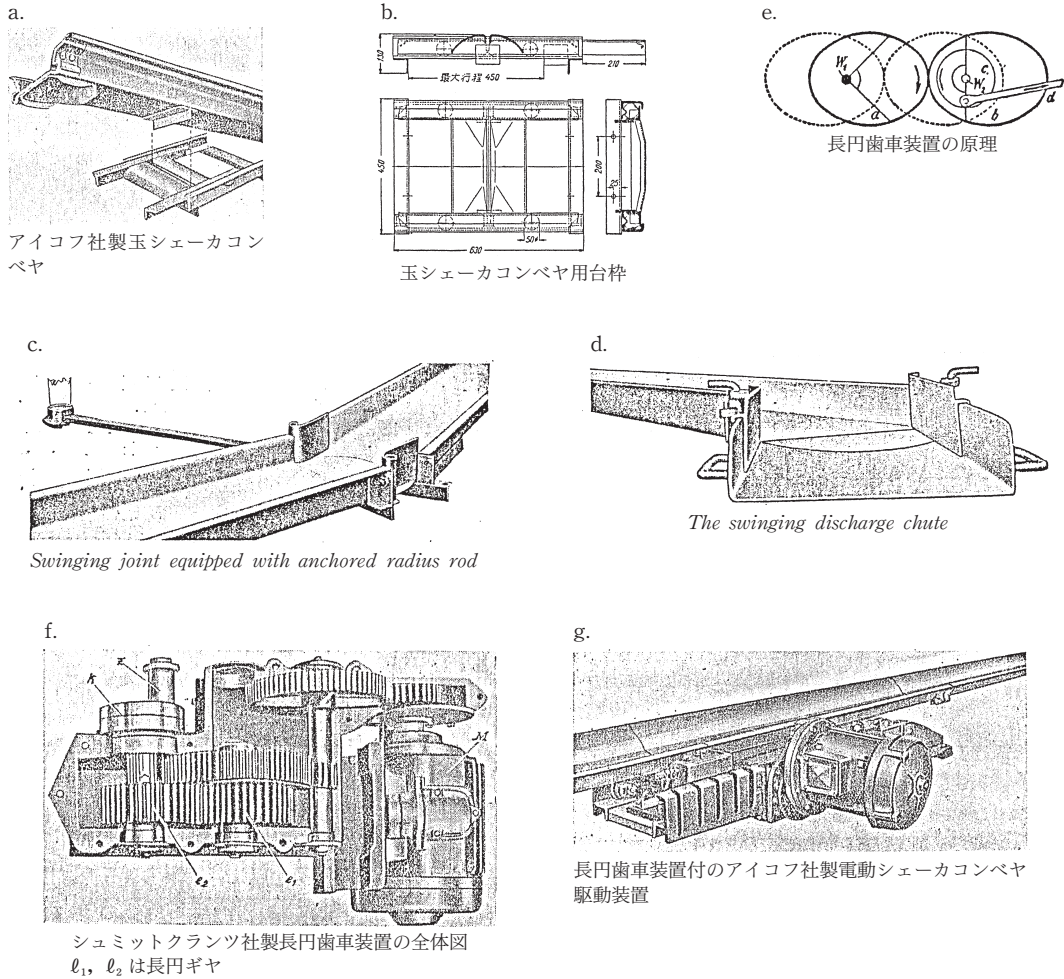
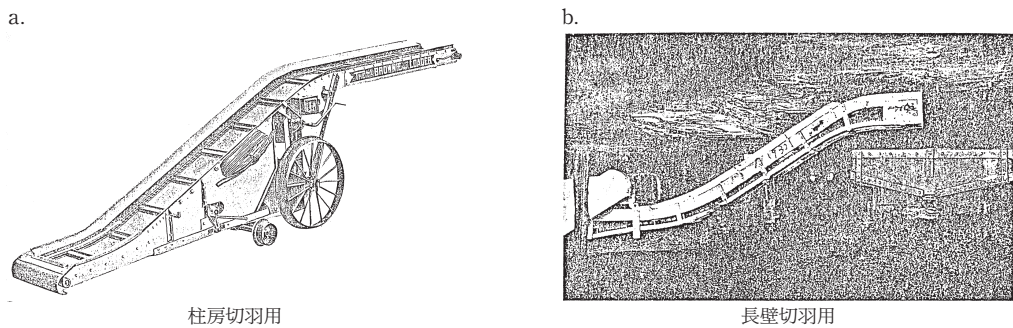


図-12 カーローダの種類



スクレーパコンベヤである。長い切羽のより負荷の大きい運搬に耐えられる大型強固なものが作られてゆく(同図-13b, c, d)。やがて之はパンツァコンベヤとなり、大型のカッタ、自走枠の導入の要となる。

ハ. 環帯式コンベヤ

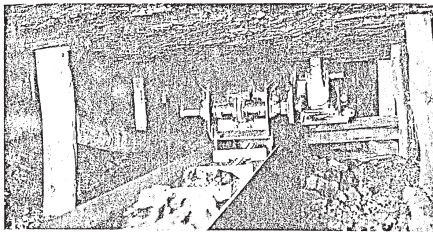
シェーカコンベヤは石炭を揺動放擲して前方へ送る。スクレーパコンベヤは掻板によって引きずってゆく。いずれも塊の大きさ、湿分などによって時に輸送の渋滞を生ずることがある。もっと確実に、載せたものをそのまま運ぶことのできる機構を欲するようになる。

スクレーパコンベヤの発達により、リンクチェーンの循環駆動の機構は実用の域に達していたので、この各リンク間に板子を渡すことにより、連続した移動台ができ、終端のスプロケットホイールによって、反転循環させることが考えられた。之はプレートコンベヤと呼ばれはじめ、坑外の選炭工場に於ける手選帯(ピッキングバンド)に使用されたが、坑内の要求によって、幅をせばめ、板子の両端に縁を設けて積載量を増すとともに、速度も早めて、プレートコンベヤと称する坑内運搬機が開発されるようになる(図-14)。

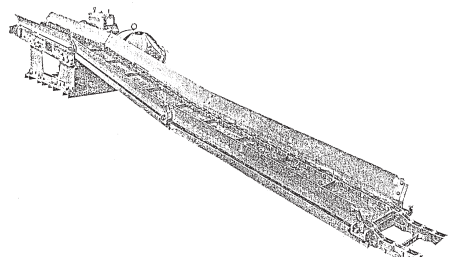
しかし之は運搬が確実で、運搬量が大きい利点はあるが、設計上高さが高く、設置撤去に時間がかかるので、柱房式採炭の後方運搬、固定的な主要運搬の方に利用され、切羽の進行とともに分断移設をしなければならない長壁式採炭切羽には用いられなかった。

図-13 スクレーパコンベヤの種類

a.

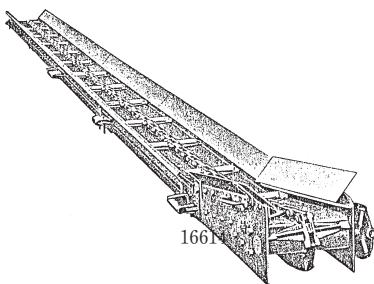


c.



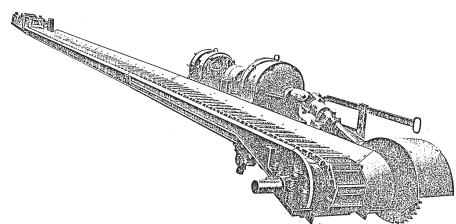
The Koalveyor

b.



単鎖型

d.



The United long face conceyor

プレートコンベヤの重量過大、分解移動の作業軽減をねらった別の循環コンベヤとして、連続した可燃性の帯を用いることが考えられた。之は他産業の小負荷輸送で試みられ、次第に大荷重の過酷な条件に適する（ヘビーデューティ）ものが開発され、坑内切羽作業にも適用されるようになる。初期のものとして金網コンベヤ（図-15）などがそれである。

木綿または人造繊維の布に張力をもたせ、之にゴム等の可燃性物質を被覆した帯を循環させるゴムベルトコンベヤも、その布の数（プライ）を増すことによって、強い張力を発揮するようになり、坑内運搬機に使用されるようになった。（図-16a）

この駆動はドライブプーリーに巻きついたゴムベルトの接触摩擦によるのでパワーの増加と共

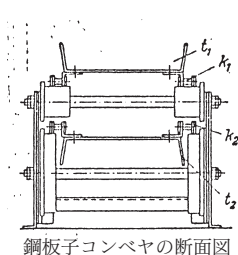
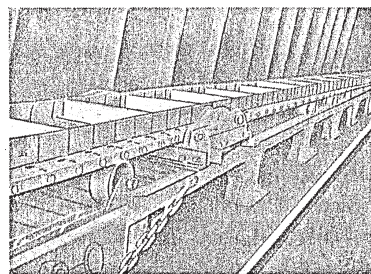
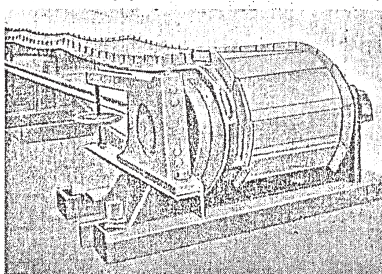


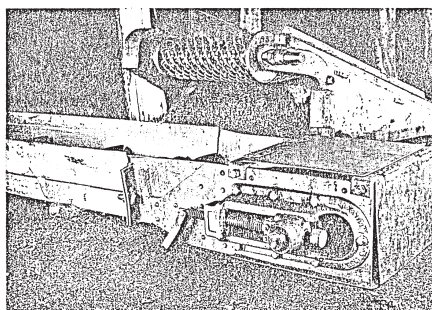
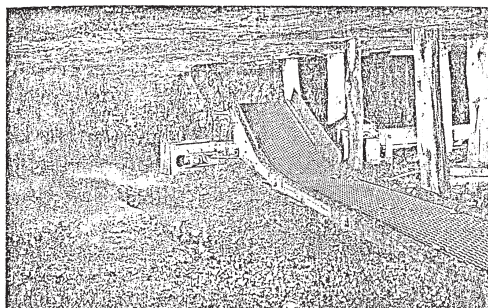
図-14 プレートコンベヤの種類



ハウシンコ社の電動原動車

仕切板と引止装置を付けた鋼板子コンベヤ

図-15 金網コンベヤ



The Gellatly, Type "M," mat face conveyor
Gellatly and Company, Inc. Pittsburgh, Pa.

に種々の工夫がこらされる(同図-16b)。またベルトが緩むとスリップするので、一定の張力を与えるためのテンションプーリーなども附属するようになる。

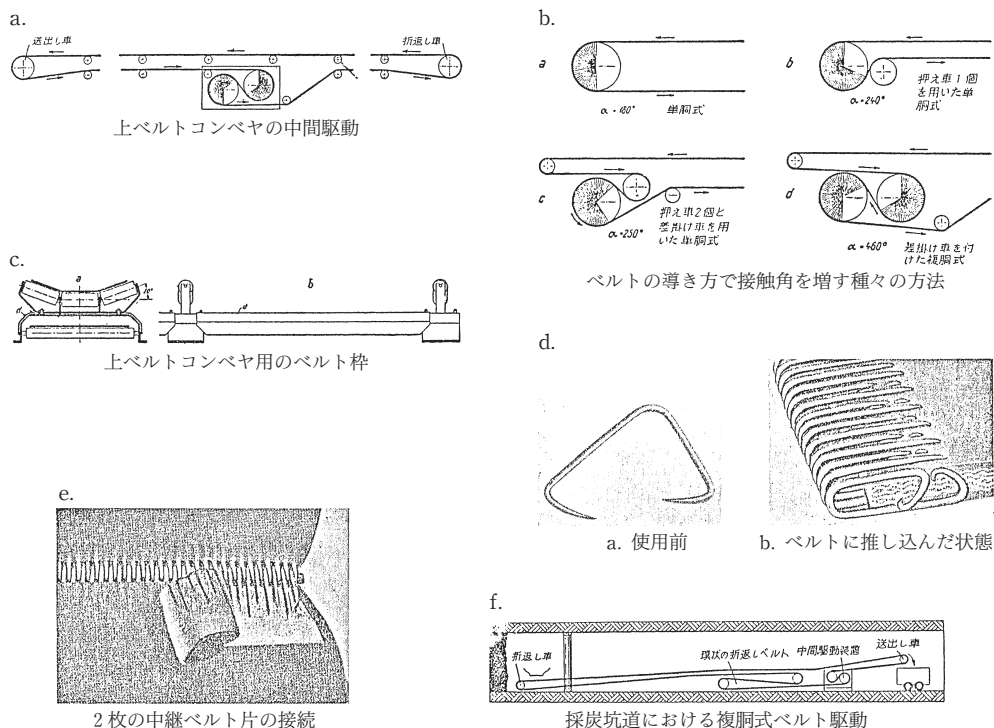
プレートコンベヤのように縁を高くすることができないので、中間のベルトを受けるローラーは分割して中凹みに弯曲させる(同図-16c)ようになった。ベルトは環状に継がねばならないが、張力に耐えかつ可曲性をもった接続法として継針(同図-16d)が用いられ、次いでこの部分にゴムシートを張りつけて加硫接着(同図-16e)させ、永持ちさせることができるようになった。

この運搬機も機高が高いのでプレートコンベヤと同様、柱房式採炭の後方運搬、主要運搬に利用されたが、プレートコンベヤよりも容易に伸縮できる(同図-16f)ので長壁式切羽の採炭坑道(片ばん坑道)にも利用され、また、ベルトを切り外して巻きとれば、切羽内の移設も比較的容易に行なえ、その取扱重量もシェーカ、スクレーパコンベヤより軽量なので、長壁切羽の運搬機の分野にも進出するようになった。

切羽に於ける積込作業は依然人力であり、その掬い上げ高さが労力に大きく影響するので、返りベルトを天井に吊した下ベルト方式(図-17a, b) 1部には採用され、こうした技術の延長応用として、ベルトコンベヤ全部を坑道天井から吊して、下部の空間を他の余積に利用する(同図-17c) ことも考案された。

駆動装置についても種々の改良が加えられた。例えば、同図-17d の電動駆動装置では、(1). 過

図-16 ベルトコンベヤの運転動作と種類(-)



負荷によるベルト切断を防ぐための摩擦継手として継針の使用、或いは(2). 停止時に傾斜方向へ自走することを防ぐ停止時の制動装置の設定、そして(3). 始動時の静かな速度増加をさせる遊星ギヤの追加、などがそれである。

また、ベルトのドライブプーリーの中に原動機、減速機を組みこんだプーリーモーター(同図-17e, f)の方式は小型機であるが、別に駆動部を設ける必要がなく、狭い校内に愛用される。この種のものは、切羽コンベヤから採炭坑道の炭車に積みこむ中継コンベヤ、或いは柱房式採炭の石炭積み込み用に用いる前述のカーローダのスクレーパチェーンに代って用いられるようになった。

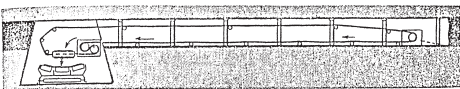
(7) わが国の採炭機技術の発達

イ. 残柱式採炭

石炭の掘り取り運搬を専ら人力で行なっていた頃の採炭方式は、炭柱を残し乍ら採掘し易い

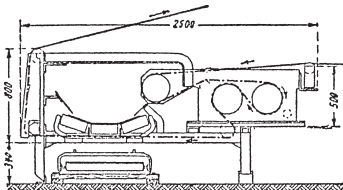
図-17 ベルトコンベヤの運轉動作と種類(二)

a.



下ベルトコンベヤからの積換個所の構造

b.

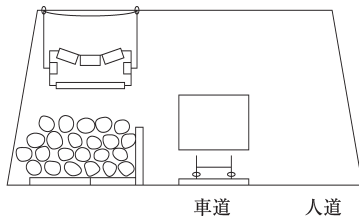


下ベルトコンベヤから坑道のコンベヤへの積換え

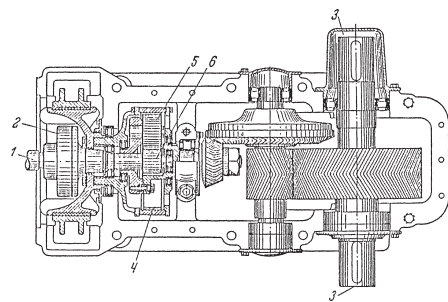
c.

吊しベルト
コンベヤ

坎木置場

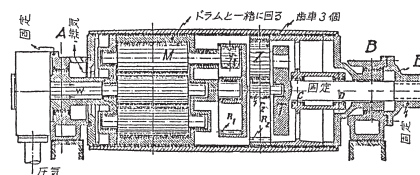


d.



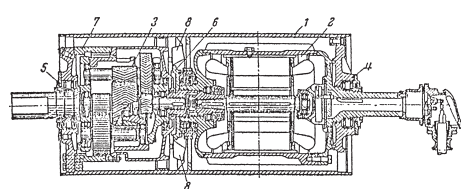
ジーメンス社の遊星歯車と摩擦継手付きの制動式伝動装置

e.



西ドイツ伝動装置製造会社の圧気動ドラム

f.



ジーメンス社の電動ドラム

所を選んで掘り進む坑道掘りであったから、坑道の配置にも何等規則性をもたない狸掘りであった。

しかし、坑道運搬に炭車を用い、軌道を敷設するようになると坑道はなるべく直線に配置する必要があり、同じ残柱式でも整然とした碁盤目の方形に坑道掘りするようになる。

この残柱は時日の経過とともに盤圧により圧迫を受け、天ばんの支持力を失ってゆくから、坑道の随所で崩落を生じ、埋没して通路の用をなさなくなる。残柱式の場合坑道は四通しているの迂回路がないわけではないが、無秩序に各方向へ広がってゆく方式は反省され、区画毎に採掘した後放棄して次へ移る計画的な採掘法をとるようになる。そして之等の区画を結んで坑口へ至る主要坑道は充分の炭柱をおいて維持につとめ、運搬径路も集約し、重点的に整備するようになる。

また区画の中の採炭坑道も、必要な通気を確保するため、通気道を定め、他の不要な所へ通気させないために遮断の板張、通気戸、調量門などが施され、このためにも区画内の運搬坑道は一定の所に集約され、またその方が経済的であるとの考え方が一般化していた。

わが国の炭鉱が西洋式技術を採用し始めた明治初年の頃、先進の西洋諸国の採掘法はおおむね上記のような状態であったから、わが国の在来行なわれていた不規則な残柱式坑道掘も、先ず整一方形の残柱掘りに改められ、炭車、軌道の導入から始められた。之が機械化のはじまりとみて差支えあるまい。同時に基幹坑道の設定、順序を定めた区画採炭が採用される。官営三池炭鉱がポッターの指導により、明治11年炭車揚炭方式で採掘方法を一変して出発したのはその好例とみられる。

三池の場合は厚層が幸して、この方式は長く踏襲され、改良をみてゆくのであるが、筑豊の諸炭鉱は必ずしもこれに適した厚さの炭層ばかりではなく、唐津方面の炭鉱では更に薄層が多いため、炭車導入の採炭法には未だ問題が残されていた。

ロ. 長壁式採炭方法

炭車を通し積込作業をするのに十分な高さを持ち得ない薄層の緩傾斜炭層では、高さを低く、幅を広げた炭車を用いるほか、下ばんを掘り下げ、或いは天ばんを切り広めて採掘を進めなければならず、その廃石は炭壁を切りこんでそこへ充填する手間が必要であった。

炭車坑道を縦横に張り廻らすことを節して一方向のみとし、之に直交する坑道採掘は上下ばんを切らず炭層のみを掘る目抜坑道とし、その産炭はスラ箱で引き出すことが考えられる。この目抜坑道は高さが低いので、作業に必要な空間を維持するため自然広幅となる。

掘り終って放棄されたこの広幅坑道は、やがて天ばんの崩落を来すが、採掘高さが低いため崩落硬はたちまち坑道に充滿し、炭層上部の天ばんに対し、早目に支持力をもつようになり、かえって残柱にかかる荷重は少なく傷みも少ない傾向がある。

従って採掘実収率を上げるために残炭柱に中割り坑道をいれ、更には目抜坑道の間隔をせばめ

ることが試みられ、更に炭柱を払って隣の目拔と貫通させても、暫くは天ばんが維持されており、それが崩落するときも、崩落欠口から順次剥落してくる傾向があり、それも支持力を持つので炭柱引きする作業空間は意外に安全であることが確められて来た。

こうなると目拔掘進をするより常時炭壁を面払いした方が経済的であるので遂に目拔を廃し、一定方向へ面払いするシステム、即ち長壁式の採炭方式が確立する。これは緩傾斜で比較的薄層の多いイギリスで開発され改良されてゆく。

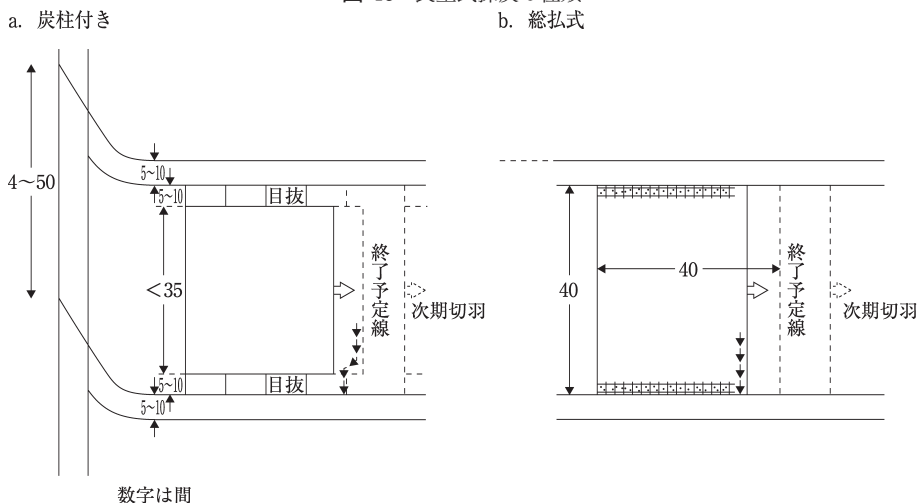
わが国にもこの採炭法が紹介され、特に薄層のため、炭車方式の導入に難のある炭層を抱えた炭鉱の注目するところとなる。わが国で最初にこの方式を試みたのは、三菱が買収（明治 22 年）して間もない鯉田炭鉱の大木良直で、明治 24 年のことであった。

採炭法の移入は図面を見て簡単に之に倣って成果をあげうような生易しいものではないから、自然条件に応じて、種々の作業経験を積み重ね乍ら、最も適当した採炭法を模索してゆくことになるが、当時の長壁法は、片ばん坑道の下上に炭柱を残し、その中間を面払いする炭柱付き長壁法とも称すべきものであった（図-18a）。

これは、炭車方式の残柱式坑道掘りをやり難い薄層をもつ他の炭鉱でも試みられ、次第に普及するのであるが、切羽の進行に応じてばん圧が増加すると、かえってこの炭柱に荷重がかかり、之に沿った炭車坑道にばん膨れをおこし、唯でさえ薄層の坑道を圧迫して炭車の運行を阻害する欠点が目立つようになった。

採掘跡と坑道との間を実木積の列で境し、炭柱を残さない総払い長壁式（図-18b）はこのような作業経験から生まれたが日本でこの試みを行なつて、始めて成功を見たのは、明治 34 年、唐津炭田炭鉱の日下部義太郎によってであった。最初の炭柱付き長壁式の試みから 10 年を経過している。

図-18 長壁式採炭の種類



以来長壁式は薄層緩傾斜層の信頼性ある採炭法として、安定的に普及をみる。40年の田川、41年の新入、42年の本洞、鯉田、金田、豊国、43年の山野と、筑豊の諸炭鉱はこぞって採用してゆくのである。

ハ. 採炭機械の導入

欧米で盛んに開発普及されつつあった採炭機械はわが国にも紹介され、主だった炭鉱がそれぞれの条件に適した機械の導入をはかるようになる。始めて輸入試用されたのは、明治34年(1901)、三池鉱山のシスマル社のパンチャ採炭機であった。三池は当時、専ら炭柱式採炭であったから、その坑道採炭に於ける透し作業を機械化するために、この打撃式透し掘り機を採用したものである。台車に乗ったこのシスマルパンチャは任意の高さに透しを入れ、隣接する各坑道切羽を共通して受け持つことのできるものであったが、未だ充分の成果をあげるには至らなかった。下って43年(1910)同型の新鋭機ラディアラックス型も導入されている。

長壁式切羽用の採炭機械としては、前述のイギリスに於ける発展過程と同様、薄層緩傾斜炭層でまず着目され、総払い長壁式に踏み切った相知炭鉱が、その透し掘りのために、明治39年(1906)、当時イギリスで全盛であったディスク型のダイヤモンドカッタ3台、また開発期にあったチェーンカッタ1台を輸入して試用したのが始めである。

次いでディスク型より炭層の変化に順応し易いバー型のメーバークールソン社製ピックイクカッターが注目され、40年、芳谷炭鉱に導入されたあと、明治末年迄この型のものが、筑豊の金田、田川、大辻、鯉田、二瀬、常ばんの茨城無煙各炭鉱に導入されている。

多くは海外炭鉱を視察した人が購入し持ち帰ったものであったが、受入れの炭鉱では余り関心なかったようで、切羽では「牛がやって来た」と罵られることもあり、事実透截能力も100尺/方程度のはかばかしくないものであった。従って、条件に合わないとか、破損の修理ができないなどの理由で坑外倉庫に眠ってしまったものが多いと言う。

この中で田川炭鉱は之に飽くことなくバーカッタの使用経験を積み、その欠点と、その頃アメリカで声価の上りつつあったチェーンカッタの能力とを対比してサリバン社のジブカッタを導入し、両者の比較試験を行なって普及化への緒を掴むに至るのである。

長壁式切羽のカッタが導入されてから、20年近くを経てもその実績は余り振わず、ともすれば在来の手掘り、発破採炭に劣ることもあったので、他の炭鉱も敢て機械採炭に切り替えることを躊躇させられるのであるが、その理由としては、

- (1) 一般に天井が軟弱で切羽の崩落が再々おこり、能率的な稼働をさまたげたこと。之は当時、長壁式切羽の操業の初期であり、これ自体が未だ定着していなかったためもあろう。
- (2) 炭層に起伏があり局部的に傾斜が急になったり、松岩が介在してカッタの操作に困難したと。
- (3) 機械の運転維持の技術が未熟で、充分に能力を発揮し得なかったこと。

- (4) 労働者の賃金が欧米のそれに比して割安であり、省人化による経済効果が少なかったこと。
 (5) 輸入品の購入費、修繕部品費が高価であったこと。

等があげられる。

田川炭鉱は自山の使用経験に照らし、サリバン型類似のものを三池の製作工場で製作して貰い使い易い国産機を使用するに至り、いよいよ実用期へ入ることができた。

国産機は日立製作所も製造し、いずれも外国品に比して割安であったうえ、労働者の賃金も次第に高騰して経済計算がはじけるようになったし、昭和の代に入り、坑内労働の時間規制も行なわれるようになって、単なる人海戦術は通用しなくなって、表-6のようにカッタの使用台数は急激に増加し、普及をみるようになる。この間の経緯を示す表-6によると、総使用台数は不況のきびしい昭和4年頃から増加しているし、使用機種としてはバー型、その他（主として衝撃型）は減少し、代って、チェーン型が増加、うち国産品は昭和8年頃から実用機としての比率を高めてゆく。

昭和4、5年頃の調査によると、使用炭鉱の大部分は筑豊および北海道で、使用機種はバー型

表-6 截炭機使用数の推移

年次	バーカッタ		チェーンカッタ		その他		合計
	電動	圧気動	電動（内国産）	圧気動	電動	圧気動	
T.14							10
S. 2							12
S. 4	(1) <26>	—	<18>	—			139
S. 5	(2) < 9>	<3>	<46>	<1>			187
S. 7	33	7	146	2	—	37	225
S. 8	41	4	163 (17)	—	1	25	234
S. 9	20	—	159 (26)	—	11	26	216
S.10	15	—	176 (51)	—	10	22	223

(1) S.4, 6月調筑豊のみ
 (2) S.5, 3月調北海道のみ

表-7 国産カッタ仕様（初期）

速さは60 Hzの場合

機 種		MCE-11		MCE-21		HCE-30		HCE-40		HCE-50	
型	フィード方式	チェーン型		ロープ		全 左		全 左		全 左	
全重量	kg	2,100		3,900				2,000		2,900	
動力	HP	40		50				40		50	
電圧	V	200 470		220 440				200		200	
機体幅	mm	773									
機体高	mm	313				325		350		400	
全長ジブ直伸	mm	4,540				4,300		4,300		4,395	
ジブ幅厚	mm	550 127		600 130		550 140		530 145		530 145	
ジブ長（機外）	mm	1,910 1,630 1,440		2,100 1,800		1,730		1,970 1,670 1,370		2,000 1,700 1,400	
チェーン速さ	m/分	135		140		120		120		115	
チェーンピッチピック	mm			110 37 コ				23 コ		27 コ	
ジブ旋回	分			5.5 11/180°							
牽引力常用最大	kg	3,200 4,300		3,750 5,000		2,760 3,620		2,760 3,620		4,200 5,000	
ロープ径長	mm/m					40 22		14 25		16 25	
移動速さ 切削	m/分	0.43~0.72 (6段)		0.25~1.0 (4段)		0.375 0.780		0.425 0.750		0.101~0.630 (8段)	
〃 移動	m/分	10.0		10.0		7.8		8.8		10.0	

ではメーバークールソンピッククイック 3BH, 同ユニバーサル 23, フロットマンコーレンシュナイダー, チェーン型外国品では, サリバン CH-8, -9, CLE, CLE-2 が多く使われている。

表-7 のように国産機としては, 三井三池 MCE-11, -12(40 HP), -21(50 HP), 日立 HCE-30, -40, -50 (邦字はそれぞれ馬力数を示す) などであった。

カッターは急傾斜 (40°以上) の炭層にも導入された。砂川炭鉱の場合, 帯状充填の片ばん向き長壁切羽を稍片追いこみとし之にカッターを吊して下から上部へ透截した。滑落防止と牽引力増加のため片坑道に別のウインチを設けてロープは2本とし, 自動安全装置のクリップを考案して急落の場合制動のかかるようにした。また潤滑油の注入口を吊下げた姿勢の上位につけ替え, 所によってはグリース潤滑にする等の配慮を行なった。機体はサリバン-CLE-2 型であるが, 同機はまた川上炭鉱の急傾斜炭層でもほぼ同様の工夫によって使用された。

二. ドリル, ピックの導入

炭壁の掘り崩しは始め手掘り, ついで発破が用いられるようになったが, その発破孔は手掘りであった。岩石と違って炭層の発破孔は手掘りでも容易に穿つことができたから, 重量のあるスタンドつきのさく岩機を持ちこむことは殆どなかった。さく岩機が炭層の発破孔に使用されるようになったのは, 1904 年 (明治 37 年) フロットマンの手持さく岩機が開発されてからで, 類似のリトルワンダーを三池が試用したのが明治 39 年, リトルハーディーを方城, 大之浦が試用したのが 40 年以下明治の末にかけて多くの炭鉱に採用されてゆく。

回転式のオーガードリルの電動のものがシーメンス社によって, 開発されたのは 1912 年 (明治 45 年), この型式のものがわが国で採用されたのは, 第 1 次大戦後の大正 12 年 崎戸炭鉱 (ハウエル式), 13 年 田川炭鉱 (リトルジャイアント) などが始めて以下大正末期から昭和の始めに各炭鉱に導入された。

打撃式さく岩機と異り, 振動騒音また炭じん飛散が少いことが好まれて, 炭層の穿孔用としてはこの回転オーガー式が急速に普及して, 打撃式さく岩機を駆逐するようになる。

三池製作所は早々にその国産化をはかり, 三井系各山の使用経験によって改良を重ね, MDE-21, 32, 111 を開発した (表-8)。動力 1 HP 級の重量は約 20 kg あり, リトルジャイアントと同

表-8 国産電気ドリル仕様

機 種		MDE-21	MDE-32	MDE-111	昭和 CE-13	泉式 600
動 力	HP	1	1	0.75	0.75	0.75
電 圧	V	50 220	50 220	50 220		
回転数		300				
回転方向		正 逆	正 逆			
重 量 機体	kg	20	22	14		
ケーブル	kg	1.56/5 m				
オーガーチャック		0.90				
防 爆		全密閉	全密閉	全密閉	耐圧 1 部狭隙	
バーハンドル		有	有	無		

表-9 電動オーガードリルの導入

年次	電動オーガードリル		
	外国品	国産品	計
T.14			153
S. 2			495
S. 4			720
S. 5			
S. 7	428	584	1,012
S. 8			954
S. 9	351	790	1,141
S.10	266	830	1,096

様バーハンドルを有し通常2人で操作する。之を1人操作の可能な程度に小型化したのが3/4 HP の MDE-111 で重量 14 kg, 両手ハンドル式である。

電動オーガドリルは工具に近い簡単な機械なので価格もそう高いものではなく、産炭の能率向上にも目に見えて効果があったから急速に普及し（表-9）、昭和7年には既に1,000台を突破し、かつ国産品が過半を占めるに至った。

採炭切羽や掘進切羽に持ちこまれる電気オーガドリルは特にその操作上頻繁に電気ケーブルを動かすため、傷みやすく、ガス爆発火源として問題にされるようになった。この対策として、動力費はかゝるが、圧気動による他ないとして、圧気動オーガドリルが注目された。

之は、1921年（大正10年）クリーブランド社のA-1型圧気動オーガドリルが最初であるが、その使用が特にガスの多い炭鉱から用いられるようになった。しかし電気ドリルを駆逐して圧気動ドリルが主座を占めるのは昭和20年代のことである。

ドイツで生まれ、1910年代フランス、ベルギーの炭鉱で普及したコールピックは20年代に入つてわが国に齎られた。大正11年（1922）に田川、夕張炭鉱で用いられたのが始めであるが、第1次大戦後、ドイツで大いに広まりかつ改良され、日本人の体格にも適した扱いやすい機種、フロットマンCA-7は、昭和の初めからわが国の実用機種となつてゆく。

当初、ピック採炭を重点的に採用したのは、筑豊の大之浦、二瀬、北海道の大夕張、夕張、常盤の好間、台湾の基隆炭鉱などであり、いずれもガスの発生が多く、発破採炭から脱却したい硬炭でない炭層から出発していることが窺える。

ピックを主体とする採炭は多くの炭鉱で採用され、特に上向きに扱うことの少い急傾斜階段掘りなどの条件で好んで採用されたほか、カット透載や発破透しのあとの打ち落し作業として、カット・ピック、発破・ピックの併用方式も普及したので、ツルハシに代る機械化工具として広く愛用され、それは現在にも至っているのである。

中にはピックの力では飽き足らない剛の者もいた。手持さく岩機、例えばS-55シンカの回転機構を外し、たがねの先端をピックのそれのように尖がらして使うことも試みられ、ピック採炭競技会などには、こうした強力機が注目されたものである。

ホ. 切羽運搬機

炭壁の透しに截炭機械、打ち落しに発破・コールピックが用いられるようになった採炭切羽の残る作業はその産炭の運び出しである。

残柱式坑道の手掘りの頃は人の肩や背によって担送されたのであるが、少しでも傾斜があればすら箱が能率的であった。傾斜のない所では、すら箱に帯鉄の轡をはかせても労力がきびしく、明治初期西洋技術の導入の第1弾として、軌道・炭車方式が採用され、この方式はその後長いこと残柱式・柱房式採炭切羽で踏襲される。

長壁式切羽が稍山丈の高い切羽に応用されたときもこの軌道炭車方式は切羽内へ持ちこまれ、

産炭は直接炭車に積みこまれた。

之等のスコップ作業を容易にするため、石炭を打ち落す前に下ばんに木板、のち鉄材が潤沢に使えるようになると鉄板が敷きつめられるようになる。沿層の坑道掘進や、残柱式柱房式採炭では、この鉄板敷きは積み込みの常識となるのである。

傾斜のある切羽では産炭は下ばんの上を自走して、下の坑道に達する。流れない迄もスコップで押せばずり下がる。これを省力化するために、さきの鉄板敷きの着想が切羽にもちこまれ、鉄板の上を流すようになり、これが外へこぼれないために鉄板を折に曲げて縁を作る。こうして鉄トラフ（鉄樋）が緩傾斜の切羽に愛用されるようになった。

これを人力で押さず機械力で揺すってやろうと言う着想からシェーカコンベヤが生れたのは前述のように1900年（明治33年）代始めの頃であるが、明治の終頃には採炭機械と平行して輸入されるようになり、大正2年には田川炭鉱の依頼で、三池製作所が国産するようになった。

はじめは振子式、のちにローラー式になったのは前述の通りである。循環式のチェンスクレーパーコンベヤは、平型トラフに複鎖式掻き板つけたものとして、1920年代に開発され、わが国にも齎らされたが、高価であり、重量も重かった。

之を簡略化して、循環するリンクチェーンは1本とし、之に応じてトラフの形を三角形にしたものは炭鉱で考案された。之は複鎖式のスクレーパーコンベヤに比し運搬能力は落ちるが、単位重量が軽く、移設容易で、価格も安かったから、比較的早く、全国の諸炭鉱に普及していった。

へ．支保充填方式

採炭切羽に機械を導入し、生産能力を上げる過程に於いて、その切羽空間を継続的に安全に維持することは重要な問題であり、導入される採炭、運搬機械はそれぞれ切羽支保に適合したものでなければならず、また一方では之等の機械の操作し易いように支保も改良されてゆく。

(一) 炭柱

残柱式も柱房式も、切羽空間の天ばんを支える主体は其処に残された炭柱である。坑道掘りで掘り残す炭柱の大きさは、例えば三池の場合、はじめ1間角から深度が増加すると2間角、更に3間角と増加してばん圧の増大に対応させた。そして切羽内の打柱は局所の浮石の剝落を防ぐ程度の弱いものであった。

この思想は緩傾斜の薄層に於いて採用された長壁式の場合にも受けつがれ、炭柱付きの長壁式であったし、或る程度切羽が進行して盤圧が襲来する頃、作業を打ち切り、或る幅の炭柱を置いて、再び切羽作りして進めるのも結局は炭柱に支持力を依存した採炭法であった。

(二) 緩傾斜層の総払長壁式

坑道に沿った炭柱が切羽に沿った坑道（片ばん坑道）の維持、特にばん膨れ防止のため取り除かれて総払い（総ばらしではない）長壁式になった頃、切羽の支柱は為荷杵（になわせわく）、坑道との境は実木積であった。

炭柱付き切羽の産出炭は目拔を通して坑道に出すため屈曲した径路を経なければならなかったが、総払い長壁法を採用すれば、切羽から直接、直線的に坑道に出すことができる（図 17-b）。このことは切羽運搬機の導入を可能としたし、逆に機械化するための必須条件でもあったのである。

当時の機械化採炭はまずカッタが為荷枠と炭壁面との間の下ばん上にじかに置かれて透載移動をし、発破またはピックによって打ち落された石炭は、裸天井の下でスコップ作業により、為荷枠の中間に布設された運搬機に積みこまれ搬出される。

切羽が 1 仏分前進すると為荷枠が建てつけられ、カッタは炭壁との間に、運搬機は枠の中に移動する。このためシェーカコンベヤの場合もチェーンコンベヤの場合も、トラフチェーン類は随所で切断し、枠足の間をかわして街道へ布設替えしなければならない。切羽運搬機としては、その解体組立が容易なもの、手頃な重量に分割されるものが好まれたが、その点わが国で開発された三角チェーンコンベヤは適していた。

そうは言っても移設作業には長時間を要し、その間採炭作業はできないわけで、このため当時の切羽作業サイクルは採炭、移設準備の交互反覆方式となり、採炭できる作業方は、1 日のうち多くて 2 方、時には 1 方に過ぎなかった。

切羽の木柱が為荷枠は切羽の進行につれて後方へ取り残されてゆく。採掘跡巖洞の天ばんは、ばん圧により沈下弯曲するが奥の方から次々と破断崩落してくれれば、切羽の作業空間に異常なばん圧がかかったり、切羽迄全面崩落する難をさけることができる。このためには払跡に残った枠はかえって逆効果となるので鋸目を入れて折損し易くしたり、柱引きすることもあった。

いずれにしても天ばんの制御は、切羽長が長くなるにつれて困難となる。之を防ぐ方法として、坑道との境に施した木積列にならって切羽の中間にも木積列を配置し、部分的に支持することによって、天ばんの崩落を小刻みにさせることが工夫された。

この木積には崩落した天ばんの岩石をつめこんだ実木積とし、その充填帯の幅と、隣接充填帯との距離などについて種々検討が重ねられ、天ばんの特質に応じて最適の規格を求める努力がなされた。この充填比が大きくなると自然崩落の硬では不足するし、運搬も容易でないので、むしろ積極的に採掘跡天ばんを発破で打ち落とし、天ばん沈下の荷重を減らすとともに充填材料の現地取得を充分にし、充填比の向上に資することができるようになる。

帯状充填帯を省いた総ばらしによる天ばん制御には、破断線に於いて確実に切り落とすことのできる強固な支保の出現をまたねばならず、木柱に代る鉄柱の採用が試みられるが、わが国に於いてはその普及は、延長カッペによる切羽街道無支柱方式とともに第 2 次大戦後の技術になる。

3 章 選炭機技術の発達

石炭を市場へ流通するには、その用途に応ずる商品に仕上げなければならない。特に市況が軟化したときには、数量よりも質が問題となる。坑外へ搬出された原炭を規格に合った商品にする

のが選炭工程であるが、選炭技術もまた時代の要求、市場の変化に従い乍ら発展していく。勿論この分野も、明治期から洋式技術を採用入れる経過があるのであるが主要な発展は大正期以後にみられるので、ここで一括それ迄の変遷をみることにする。

(1) 初期の選炭技術の発達

イ. 竹万解（たけまんげ）・パースクリーン

切羽の炭層を切り崩したとき、その産炭は塊、粉混合してサイズはまちまちであり、合ばんの夾みも含まれている。

手掘りの時代、産炭は人力の担送で坑外へ運び出されたが、省力のため、できるだけ無用のものは取り除くように心掛けられた。当時の石炭の用途は塩浜はじめ、汽船・工場ボイラ等の燃料が主であり、その火炉もロストルを置いて下から空気を通すやり方であったから、粉炭であると直にロストルの下へ抜けて用をなさず、また火炉の通気を阻害するので嫌われて、専ら塊炭が取引されていた。

従って、採掘された石炭は直ちに切羽で合ばんを除き、塊炭のみが選りわけられ、粉炭や廃石は現地に取り残された。これが所謂「切羽選炭」である。

昭和30年代、白糠地方水害のあと、表土が流出して旧白糠炭鉱の古洞が現れたことがある。天ばんが良好で明治期の採掘跡がそのまゝに残っていたのであるが、奥を調べたところ、当時使用して捨てられた工具類とともに残柱式坑道の諸処に、残された粉炭がうず高く積まれていたのが見られたという。これなど切羽選炭の模様を如実に物語っている証左と言えよう。

坑外に搬出された塊炭もその取扱いの過程で粉化する。需給が緩んで品質に対する注文のきびしいときにはその粉炭混入も嫌われたので、坑外での塊粉選別が必要となる。細竹を細かい隙間を置いて並べて斜に置き、原炭を滑らせて、塊粉にわたる竹万解（まんげ）は今のパースクリーンであるが、坑外に於ける選炭設備のはじまりと言うことができよう。

明治期も中葉に入って炭車に積み、蒸気力によって大量に揚炭されだしてからは、坑内外作業は分業化され、坑内の仕事量は炭車数で出来高が測られるようになった。自然、切羽選炭の手間は省かれ勝ちになる。従って、塊粉の選別、塊炭中の廃石除去が、坑外に於ける特定の作業としてクローズアップされて来た。三池鉱山官営時代にムーセ撰、ゴッドフレー撰などがおかれたのも鉄製棒を並べたパースクリーンを主体としたものであった。

ロ. 動力篩、手選帯

固定篩に原炭を通すと、網目より小さい粉炭は下へ落ち、大きい塊はスクリーンの上を滑って別の槽へ入るわけであるが、実技的には、その中間に網目に食いこんで引っかかるものが多くある。この目づまりによって、以後の粉炭はそこに滞り、或いは塊の方へ流れて選別の役をなさなくなる。

こうして網の枠組に跳躍的な振動を与える必要が生ずる。之を蒸気機関によって駆動する汽力振動篩は、わが国では明治 24、5 両年、三池鉱山七浦坑の選炭工場に初めて採用された。コックス型ジャイレーチングスクリーン、すなわち可動鉄条篩がそれである。

三池の石炭は夾みが少ないので之でよかったが、筑豊炭は合はんが多いので、塊炭中の廃石除去もまた重要な仕事であった。プレートコンベヤの上に塊炭を広げて通し、廃石を手で拾って選別する手選帯は、翌 26 年、鯉田炭鉱で初めて採用された。

之等汽力駆動の振動篩と、手選帯（ピッキングバンド）は以来、急速に各炭鉱へ普及してゆく。

可動バースクリーン（鉄棒を並べた枠組）を、恰もシェーキングコンベヤのように上から吊したり、鉄製シューの上で褶動させるようにし、蒸気機関の往復動によって振動させるものであったが、のち、枠組にローラをつけるように改良され、後述の他機種が普及した頃でも、構造簡単のため大磐抜きなどに併用された。

また手選帯は広幅のプレートコンベヤで、篩分けられた塊炭をほぼ 1 列になる厚さで流してゆき、コンベヤの両側に並んだ手選婦がこの中から廃石を拾い出して手前のシュートへ投入するものであったが、このプレートの中央近くに 2 枚のリブを立て、原炭は両翼に供給し、縞炭（石炭と合はんがついている未分離の塊炭）をリブの間の中央に投入することによって、精炭・縞炭・廃石の 3 種に選別するように改良された。この縞炭は小割りして再び原炭に加えられる。

可動バースクリーンにより、粉炭を除き、塊炭をピッキングバンドに乗せて、廃石と精炭に手選する所謂乾式選炭は、明治 30 年代から急速に普及していった。そして、明治末年頃になると、操業経験に照らし、精炭品位をより向上させるために、コンベヤ速度を落したり、之による能力低下を嫌うところ、更には増産体制に即応するため、バンドの延長、手選系統の複数化等、改良工事を行なう炭鉱が多くなった。

ハ. 樋流し

石炭の用途は塊炭を軸とするボイラ用燃料から、製鉄、冶金用コークス、家庭ならびに一部艦船燃料として煉炭などに拡大して来た。コークスや煉炭の原料とする石炭はサイズの制約がなく、粉炭でも差支えはなかった。またボイラの焚焼技術も進んで、それ迄顧みられることもなく、従って格安であった粉炭が市場で注目され始めて来た。

しかし、燃料である以上、発熱量即ち灰分の多寡は問題にならない筈はなく、小塊や粉炭中に混在する廃石の除去が必要になった。しかし、これはとても人力で拾いあげられるものではない。

水中で揺動し、比重の差で有用鉱物と廃石とを選別することは、例えば金銀鉱のねこ流しなどで古くから知られている。此の場合鉱石は重く、廃石が軽いのであるが、炭鉱の場合では、精炭が軽く（比重 1.4）、廃石が重い（2.7）ことになる。しかし分離の原理に変わりはない。

分離性は、両者の比重差が大きい程良い。水中では浮力が働くので、石炭：廃石は 0.4：1.7 と、比重差は 4 倍強になり、鉱石の分離と同等以上の効果を期待できる。

金属鉱山の要領でわが国の炭鉱でも極く少量の場合は箆揚げ(ざるあげ)、樋流しなどが古くから行なわれていたようだ。西洋に於いても事情は同様で、まず樋流し(Trough Washer)によって、水中比重選別が行なわれた。初め、1840年頃、フランス、ベルギー、ドイツなどの炭鉱で普及し、イギリスでは1857年、コークス用原料粉炭の選炭に試用して成功し、のち大いに広まったと言う。

明治の末には、既に多くの機械産業が定着し、しかも不況であったから、工場ボイラーの燃料費節減の1環として、粉炭の活用を試み、炭鉱もまた苦しい経営の中からより収入を増加させるための対策として、粉炭の精選が必要であった。

こうして洋式の単純樋流しは、筑豊、北海道の諸炭鉱で広く採用された。しかし、筑豊は後述の動力つき水洗機に比較的早く移行してゆき、間もなく棄たれた。之に反し北海道は、急傾斜の炭層が多く、坑内運搬の過程で粉化する率が多いこと、山間で水流に恵まれていたこともあって、小炭鉱ではのち、大正期にかけても存続し使用される。選炭技術の採用が遅れていた常磐地方もまた同様であった。

こうして網板の改良が加えられたうえ、常時振動しつつ重量物が流れてゆくその磨耗と破損とに耐えられるよう構造的にも、例えば、固定台と振動する篩枠との間にバネを用いるなどの改良が行なわれた。之等の新機種シェーキングスクリーン、ジンマスクリーンは、わが国では明治40年から採用され、バースクリーンを駆逐した。特にジンマスクリーン⁽¹⁾は、篩分け精度が高く、容量も大きかったので大正期以後も広く普及し、篩分け工程の代表機種となった。

塊のサイズが大、中、小と区分けする必要があると、篩機もまた増加して、広い床面積をとるようになる。之を合理的に狭い面積で処理させる多段式のスクリーンも現れた。大正9年、山野炭鉱に据えられたのが、この種わが国初めてのもので、上段の篩目は大きく大塊を分け、中段が之に次いで中塊をとり、下段の目は細小で小塊を取り、網下が粉となる。

また篩網を水平に近くおき、分級するとともに、その場で廃石をピッキングできる篩と手選の両工程を1機で併用するマークス式振動手選機も大正4年の登川炭鉱を初として数箇の選炭工場で採用された。これも限られた床面積で能力を高めることのできる一方法であったが、原炭が跳ってちらつき、目が疲れるのと、騒音が多いことから、早く棄れてしまった。

この期の手選帯は中間物の縞炭を拾う、3分類方式が主であったが、ようやく稼行中期に入った筑豊はじめ多くの地域の炭鉱は、合磐の多い炭層を稼行対象とし、従って縞炭の混入率が多くなって来る。この中間物から良炭をとるためには更に細く砕き、廃石と石炭粒とに別ける必要があり、こうして粉化しても一般粉炭の需要ができ、その洗炭技術も進んだことに裏付けられて、クラッシャが導入され、その後方処理としてまたジンマスクリーンが増設されるようになった。

如何に価値を高め、之を回収するかの懸命な努力が続けられるのである。

（2）大正・昭和期の選炭機技術の発達

イ．振動篩

次頁の図-19 及び図-20 のように明治中葉迄、流通の主体であった塊炭もそのサイズの規格と言ったものはなく、各山元の篩分け機械の状態によってまちまちであった。しかし、粉炭も注目され、その中間物として小塊などが現れると、炭価の設定上その区切りとなるサイズは決められなくてはならない。各炭鉱によってそれはまちまちであったが、塊粉 2 種区分の場合、明治 45 年の調によると、36～12 mm が篩目幅で、それより粗粒を塊、細粒を粒と言ひ、多くは 21 mm であった。

塊炭が更に区分されて、大塊、塊、粉の 3 種区分、更に、大、中、小塊、粉の 4 種区分になると、それぞれ中間的な篩目がおかれ、応分の炭価が設定されたが、之等はあくまで炭鉱別に異なっていたのが実情であった。

こうした需要面の要求は、勢いバースクリーンのような 1 方向の幅だけを規正する篩では不十分であって、金網式に方形の網目を必要とするようになり、更に篩目寸法を直径とする孔明き鉄板によって、サイズを正しくすることが求められるようになった。

ロ．樋流し方式水洗機

単純な樋流しから脱皮して、機械力を採りいれ、効率的に粉炭を選別しようとする試みは、19 世紀後半、頂度わが国の炭鉱が維新後、盛んに洋式技術の摂取に努めていた頃、ヨーロッパで模索されていた。選炭機械の方式別分類とその開発過程、わが国への導入推移をまとめたものが図-18 である。そして図-19 は各炭鉱への選炭機の普及推移である。

水洗機については、樋流し式が源流でエリオット式は沈む廃石の流れに抗して上手に循環する搔板で除去する形式のものであった。

このエリオット式は 31 年、大阪舎密会社に採用され、コークス原料として購入された石炭の精選に用いられたほか、大正初期にかけて、2、3 の炭鉱、工場にも導入されている。

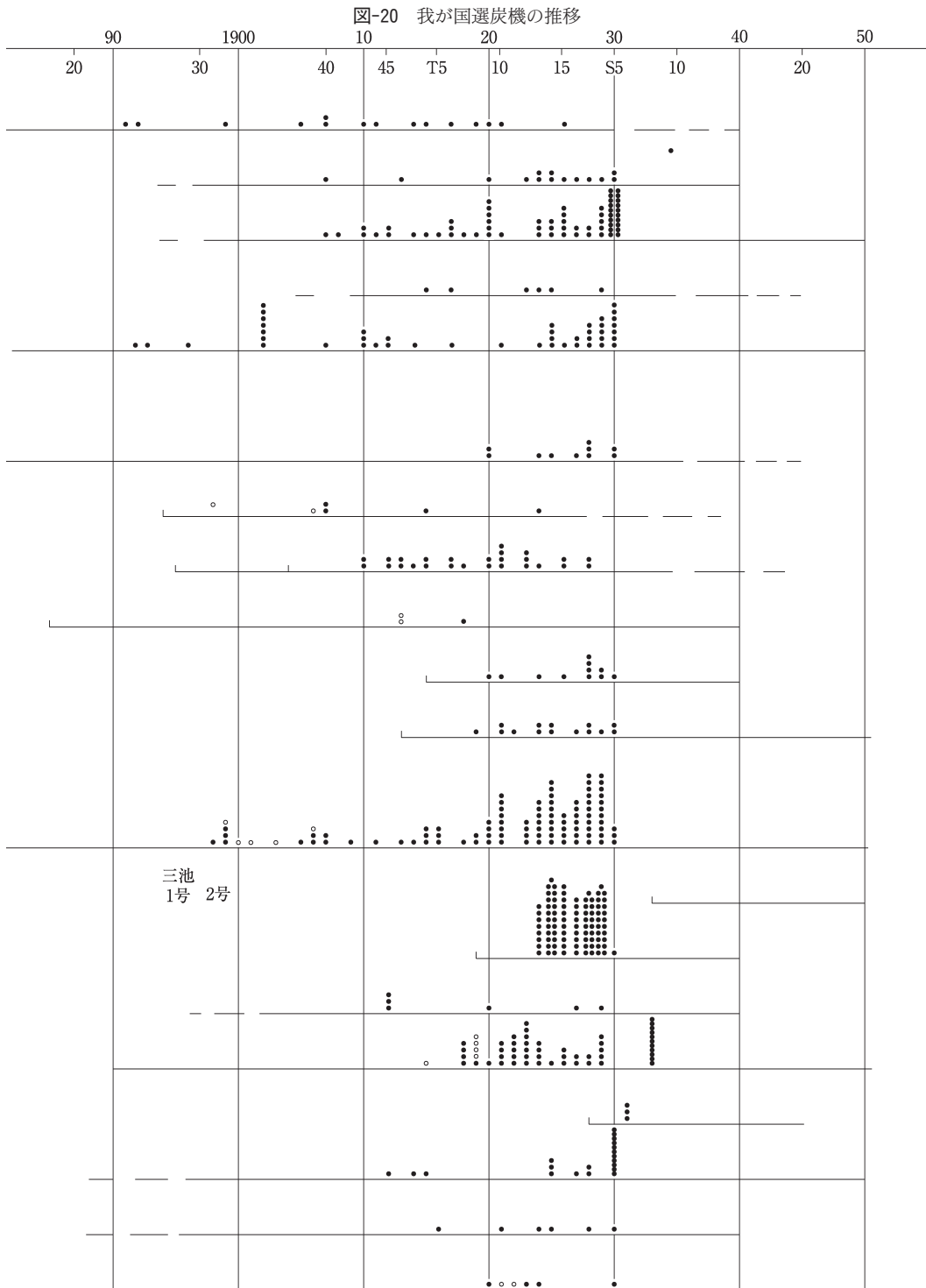
同じ樋流し方式であるが、より選別性の良い型式のものとして、回転ドラム型のブラケット式があり、開発されたのはエリオットとほぼ同じ時期であったが、わが国に入ってきたのは、明治の末、崎戸炭鉱をはじめとして多数の炭鉱で用いられた。

ハ．跳汰式水洗機－ 1 ジグ

三池鉱山は、①エルスパー型粉炭用ジグを導入し、② 32 年、同工場内に小塊選別用としてリュエリッヒ水洗機^①を採用した。ジギングウオッシャーが考案されたのは早く、1867 年（慶応 3 年）のことで、もともと粉炭用として開発されたあと、評判がよく、小塊用にも適用できるように改良され適用範囲を拡大してきた。

図-19 選炭設備の変遷

			40	50	60	70	80
							M10
篩	可動バースクリーン他						
	シェーキングスクリーン						
	ジンマースクリーン						
手選	シェーキングバンド						
	ピッキングバンド						
水洗	樋流式	樋流	フランス ベルギー ドイツ		イギリス		
		エリオット					
		ブラケット					
	上昇流式	ロビンソン					
		ドレーパ					
	樋流上昇流式	レオラボール					
		千々和					
	跳汰式	ピストン (リュウリッヒ, コッペ)					
		遊槽式					
		共益式					
		センチュリー					
		バウム					
		補遺	千々和				
		破碎	クラッシャ				
		微粉	テーブル				
	浮選機						



この式の原理は、水槽の片側にあるプランジャのピストンを上下することにより、水を上下させ、他側の多孔板上の処理炭を跳躍させ、比重差による落下速度の相違によって、逐次精炭（上部）と廃石（下部）の2層に分離させつつ、下手に移動してゆくものである。

槽内に堆積している原炭を跳り上らせるためには、強い上昇流が必要であり、一方自由沈下させるためには下降流は遅く、かつ時間をかけた方が有利である。このためピストン運動は偏心軸を用いて押すときは早く、戻すときは遅くするように工夫された。

この方式は、水洗に必要な処理炭1トン当りの水量が、(1)単純樋流しの2～3.4 m³、(2)固定樋搔板方式エリオット、(3)回転ドラム樋流しブラケットの2.7 m³に対し0.5～0.6 m³と少なく、選別性も良好であり、床面積も少なくすむので、明治末年頃には折から必要を迫られていた小塊の精選用として、先駆的に水洗を始めた幾つかの炭鉱に採用された。その導入過程は、樋流し式のエリオットとほぼ歩調を揃えて導入され、ブラケットよりは早い。

大正期前半、第1次大戦による好況期は、質より量の時期であって、炭鉱の新規開発による設備増加に止まったが、之に続く長期の反落不況の時期は、選炭技術として特に水洗設備について多彩な発展をみる時となった。

即ち、需要は極端に軟化して品質に対する要求は殊の外厳しく、一方、炭鉱側は産出された原炭を如何に遺棄を少なく商品に仕上げ、顧客にサービスして販路を確保するかに懸命な努力をしなければならなかったのである。

燃料用一般炭について粉炭が注目され、その燃料技術が進み、1等粉、2等粉と言った粉炭銘柄が市場に定着したのもまさにこの時期であり、その粉炭水洗もこの時期に急速に普及する。

ピストンジグは明治期、大正前期の小塊選別用（1部原料用粉炭）から、更に用途を広げて粉炭用としても多く使用されていった。

大正8年、八幡製鉄所の梅田技師は更に工夫を積み、ピストンに弁を設け、補給水をこのピストンの上部に入れる方法を採用した。即ち、ピストンを押すときは弁が閉じて急上昇の水流を作り、逆にピストンを戻すときには弁が開いてピストン上部の水が槽内へ入り、この分だけプランジャの吸込量は減り、下降流は緩やかになる。この梅田式はのち共益社が製造し、共益式と呼ばれる。

分離性はこの脈動水流の様子でデリケートに変るが、プランジャ室と原炭の入る網板室との間に1区間を作り、水面上を気密にして、エアクションを与え、脈動を調整したものも現れた。遊槽式ジグと呼ばれるもので、昭和7年東邦炭硯(株)で考案され、のち杵島炭鉱にも用いられてから、多くの炭鉱に普及した。

大正12年以降、共益式、また昭和9年以降遊槽式と、わが国の技術的改良機が国産され多用されるが、共益式は、炭鉱側が、一般粉炭の水洗を考慮して機種を検討していた時流に乗って、その設備費の安価なためまさに爆発的な普及をみるのである。

二. 跳汰式水洗機－ 2 バウム

水槽の水を脈動させる方法として、ジグはプランジャのピストンを用い、ハッチの水を急上昇、緩降下させるために偏心軸クランクを用いたほか、共益式の例にみられるように戻りの水量を減らしたり、エアクッションを設けたり種々工夫がこらされた。

この動作を圧縮空気によって行ない、急激に押しこんで水を急上昇させたあと、気孔を調整して緩徐に排気するようにしたものとしてバウム式がある。これは 1890 年（明治 23 年）、バウム (Erig Baum) により考案されたが、ピストン式に比して上昇、下降流のサイクルを望むように調節できるので分離性もよく、ジグを風びして世界的に普及するようになった。

このバウム洗炭機は、大正 4 年、八幡製鉄所コークス炉前処理用の選炭工場に導入されたあと、7 年頃から各工場、炭鉱に採用されてゆき、従前のジグを駆逐して水洗工程の代表機種となった。

ハッチ内に供給された原炭は精炭、廃石の 2 層に成層するが、その境界は漸移的にならざるを得ない。そこでまず大型機の下層から廃石を除き、最上層の精炭を選びとったあと、中間層を次の小型機に導き、更に跳汰を行って上下 2 層にわけ、廃石を除いたうえ 2 号炭を得る操業工程、所謂再選処理が、不況期の大正 10 年以後、各所で行なわれるようになった。大正末期の選炭工程の要は、殆んど炭鉱でフローシートのようになっており、まず、原炭をジンマースクリーンによって塊粉にわけ、塊はピッキングバンドで廃石を除く。粉はジグ（リユーリッヒ、共益、バウム）の主洗によりまず精粉、中間物、廃石にわけ、中間物を再洗して、2 号粉と廃石とに分ける方式である。

ホ. 上昇流式水洗機

跳汰式の脈動水流とは別に定常的な上昇流を与え、比重差にもとづく沈降速度の差によって、軽い石炭は押し上げ、重い廃石は槽の下底へ集める原理も実用化された。

この種の型のうちロビンソン水洗機は 1885 年（明治 18 年）の開発にかゝるがわが国で採用されたのはエリオット、リユーリッヒより遅く、バウム水洗機と同じ頃の大正 7 年であった。

同じ原理のドレーバ水洗機は微粉、細粉用に設計されたが、小塊級に迄適用範囲を広げ、容量は少いが、構造が簡単で、設備費も割安なため、小炭鉱に導入される。

樋流しにより攪乱された水流中で成層する原理と、上昇流による分離成層とを併用したものにレオボール水洗機がある。これは 1913 年（大正 2 年）開発されたもので、樋流しにより下底を流れる廃石層をレオ室に抜きとり、この中で上昇流を与え、そこで廃石層に混在している精炭を上部へ追い返し、廃石のみ抜きとるもので、更に下流のレオ室では 2 号炭が回収される。唯、樋流しの原理を用いるので処理トン当り使用水量は 3（粉炭）～5.5（塊炭） m^3 と大量である。

レオ型水洗機は可動部分がない点、維持管理に長所があるが、一方、分離性に多少の不満があるところから、このレオ箱の口に当たるところに振動子をおき、更に下底の排石を星型弁の回転によって自動的に行なうようにしたミニキン水洗機がある。昭和 3 年、茂尻炭鉱ほか数炭鉱に採用

された。

形態は異なるが、樋流しさせつつ上昇流を与える他の水洗機として、昭和 3 年、千々和寿により考案された千々和式水洗機がある。折からの不況時、設備費を安価に抑えつつ、高い分離性をねらった苦心の作で、一時多くの炭鉱に採用された。

へ。微粉炭処理

石炭の水洗いが行なわれるようになると、仮にそれが小、中塊であっても塊粒にまぶされている微粉分が洗い取られるし、水洗の操作中に粉化もする。水洗した排液は黒く濁り、それは時代が下って、粉炭を水洗するようになると加速度的に多くなった。

洗炭廃水はやがて附近の水系に放流されるが、その汚濁が問題となるし、何よりも有用鉱物の逸出について処置がとられねばならなかった。水選工場附近に沈殿池数面を設けて廃水を其処へ導き、清澄水を放流したうえ、沈殿粉炭を回収した記録は大正 10 年以来見ることができる。

この回収微粉炭もはじめは商品とならなかったもので、例えば大之浦炭鉱では、山元の炉で蒸し焼きして半成コークス（微粉ガラ）として、従業員家庭に山焚炭として配炭したと言う（大正 15 年）。

この微粉炭は、廃石粉を多く含むので品位は高くないが、之から精炭を分離する試みも行なわれる。それは、金属鉱山選鉱技術の移転として、まず淘汰盤に現れる。

緩い傾斜面に多くの棧を設けた盤を振動させつつ原液を流すと樋流しと同じ理論で重い粒子は棧に引っかかり、その方向に導かれ、軽い粒子は棧をこえて、他端から排出される。

実用機としてはウィルフレー淘汰盤が選鉱部門で広く普及していたが、これを微粉炭用として改良したものがダイスターオーバーストローム淘汰盤である。わが国では、微粉精炭に用途の拓けたコークス用原料炭の炭鉱で、広く採用された。

同様に金属鉱山で採用された浮游選鉱の技術も移転され、石炭粒子に対し選択的に親和性の高い界面活性剤、ならびに起泡捕捉の適当な条件を探る研究がなされた。

これはまず 1915 年頃アメリカの研究室ではじめられ、1919 年頃から実用化してゆくが、わが国でも之と機を一にして、早くも大正 9 年（1920）鯉田炭鉱で浮游選炭が試みられ、大正 12 年、八幡製鉄所選炭工場に 50 トン/H の設備が実働に入った。

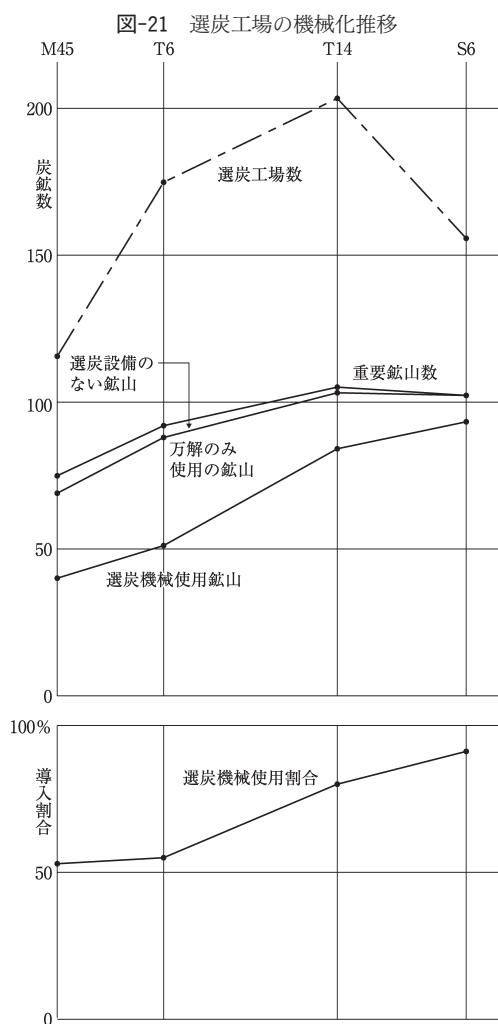
昭和に入ると各炭鉱に広く採用されるようになったが、その主な機種は機械攪拌式として、MS 式、クラインベンチング式、KK 式（崎戸炭鉱考案）、空気攪拌式として、エコッフ式、併用式として八幡製鉄所式などがある。

浮游選鉱を行なうには、廃水の濃縮工程（シックナ）、補足微粉スラッジの脱水（オリバフィルター）など周辺技術も平行して進められた。

ト．選炭機技術の発達と選炭設備の動向

はじめ、人力で運搬されていた頃は、廃石および粉炭は切羽に遺棄し、商品となる塊炭のみを担送した。所謂切羽選炭である。次いで車輛運搬により大量の機械力搬出となると、切羽に於ける選別の暇もなく、非能率でもあったから、粉炭、廃石の多くはそのまま揚炭され、坑口附近に選炭工場を設けて分業化されるようになった。しかし、その設備もはじめは塊粉選別用の固定篩（竹、鉄万解）が主体であった。

下の図-21 のように選炭設備に蒸気動力を用いた機械選炭が、わが国で初めて用いられたのは、明治 24 年、三池鉱山のコックススクリーンであるが、続いて 26 年、鯉田炭鉱にプレートコンベヤによる手選機が据えられて廃石除去の能率化がはかられ、以来、選炭婦の手選作業は選炭場の花として欠かせないものとなった。

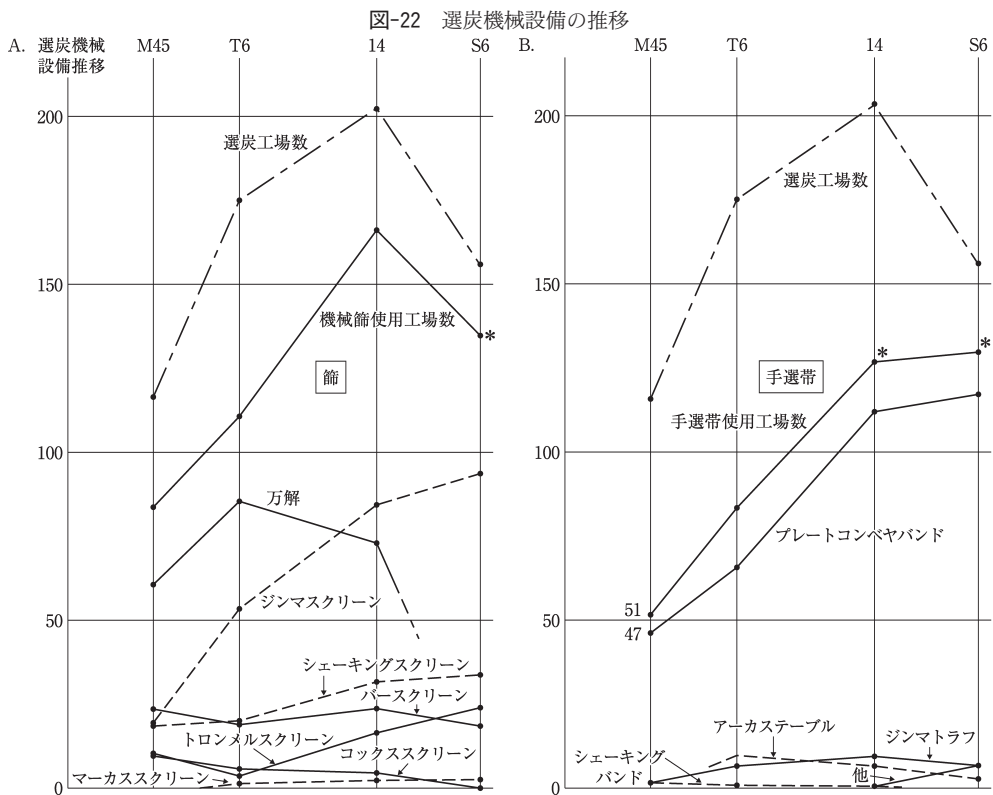


しかし選炭設備が直ちに全炭鉱に普及したわけではない。重要炭山として格付けされた年産額以上の炭鉱の数年毎の統計から、その推移を追ってみると、下の図-22 になる。

明治末に於いても、鉱山数 75 に対し、機械選炭を行っていたのは 40 鉱山で、53%に過ぎず、他は選炭設備と言っても固定篩を設けただけの簡単なものであったし、全く設備のない切込炭のまゝ市場へ出す炭鉱も、重要鉱山中ですら 6 鉱 (8%) もあった。統計に乗らない小規模鉱を加えれば、この比率は更に大きなものとなるような状態であった。

第1次大戦による好況は石炭産業を大きく飛躍させ、重要鉱山だけをみても 100 鉱を超すに至り、坑口数は更に増え、坑口附属の選炭工場数は 200 を超した。しかし選炭機械の充実は、はじめそれ程には伸びない。明治末の 40 から大正 6 年 51 と増加はしているものの、機械使用割合としては 53%から 55%へと 2%の増に過ぎない。市況が堅調な時は品質より量がものを言うからであり、また、主として海外製品に依存していた選炭諸設備の輸入途絶にも原因していた。

大戦後の不況が訪れると情勢は一変する。市況の軟化によって、品質の劣るものは取り残され、換金したければ品質を良くすることが前提で、このため選炭設備に力を注がなければならぬ。従って昭和 6 年では、選炭設備のない鉱山は影をひそめ、選炭機械の使用割合は 50%台から一挙に 80~90%と伸び、坑口は集約されて、附属の選炭工場も淘汰され、もしくは総合選炭工場



に統合されて、鉱山数が横這いであるに拘わらず、工場数は 203 から 156 とドラスティックな減少をみるのである。

選炭機械のうち篩の機種は、明治末では万解の流れを受けて、ブリアルトあるいはフンボルト式を主とする動力バースクリーンが最も多く採用され、それも大部分が福岡県地方で用いられていた。（図-22A）明治 40 年に導入されたジンスクリーンは選別性がよく、保守も容易なため、採用した工場数は、明治末の 20 から、大正 6 年 54、14 年 85 と大きく伸びて、昭和 6 年には 94 工場（70%）と篩の代表機種になる。一方、シェーキングスクリーンは余り伸びない点が対照的であった。

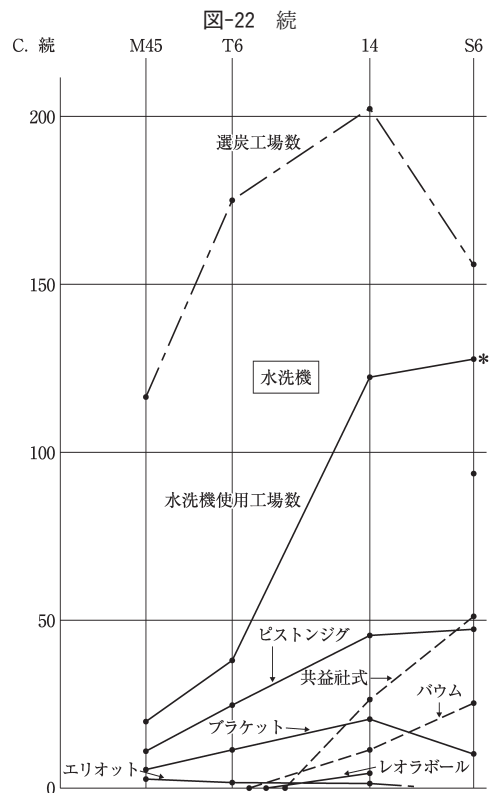
不況の大正 14～昭和 6 年に於いては、塊炭のサイズの上、下限についての注文もきびしく、大、中、小塊と区分けされ、之に従って、篩目の異なる多段式のスクリーンが現れる（大正 9 年山野炭鉱）のもこの頃であった。

手選作業は、明治末プレートコンベヤのピッキングバンドが、51 工場中、47 工場（92%）を占めたが、その後も手選機の主流として続いている。（図-22B）大正期に入り、振動篩と併用式のマーカステーブル、ジンストラフ等が一部の炭鉱に導入された。しかし、使い難いことと、保守に費用がかかることから永続せず、やがて棄れて殆んどプレートコンベヤ 1 機種に統一された感がある。

水洗機は明治 31 年、三池鉱山のエリオット式が初めてであるが、翌 32 年、三池、幌内、相田炭鉱に相ついで採用されたリュウリッヒ型のジグが好評で、明治末には之等のピストンジグ 11 工場、ブラケット式 6 工場、エリオット式 3 工場、計 20 工場で水洗が行なわれた。機械選炭を行なった 84 工場中 24%に過ぎない。

好況時の大正 6 年に於ては、品薄のため、粉炭、切込炭も飛ぶように売れ、水洗機の必要性も乏しく、従って増加は少なく、39 工場（35%）に止まったが、反動不況のあと、水洗設備は大幅に伸びて、大正 14 年には 123 工場（74%）、昭和 6 年には 128 工場（95%）と、殆んどの選炭工場が之を備えるようになった。また収率を向上させるため再選設備をおくようになり、設備台数は大幅に増えることとなる。（図-22C）

採用機種は従来のピストンジグに対し、不況時に於ける是非ない設備投資であったから、価格低



廉な国産の共益式ジグが特に九州地方に於いて大きく伸びた。唯、大容量を指向する場合にはバウム式が優っており、数は多くはないが着実に伸びるようになる。プラケット式も僅年ら大正期に特に北海道に於いて増加普及をみるが、やがてピストンジグに駆逐されるが、総じて昭和10年台にはバウムが主流となる。

また選炭設備の動力は、明治中期は勿論すべてが蒸気力であったが、明治後期普及し始めた電力は、比較的小容量でよいこと、坑外であること等により、さほどの困難もなく電化され始め、明治末には33%(うち、北海道は新興の炭鉱が多く56%)、大正6年44%(78%)、大正14年67%(89%)、昭和6年には殆ど大部分が電化を完了している。

選炭工場に附属する諸設備として、揚炭される多数の炭車の炭明け作業を機械化するチップラは、大正10年以後の不況期に省人化のため急速に普及し、大正14年には98工場(機械設備工場の59%)、昭和6年には114工場(84%)と増加した。更にチップラ前のカーブシヤ、クリーパなど操車の省人化を進める炭鉱も見られた。

篩、手選帯、水洗機など、いずれもその供給量は一定量に制御する必要があるが、之もフィーダなどの機械化により、人員の節約と併せ、ムラのないようにすることができるようになったのもこの頃である。

内陸の炭鉱は市場への送炭を大部分鉄道に依存するが、その貨車の配車が不円滑になると選炭は勿論、坑内の操業にも支障を来す。従って若干のストックを考慮し、かつ、積込みの手数を省くように鉄道引込線の上にシュートを備えた大型の貯炭槽が必要となるが、これは、降雪により不通となり易い北海道の炭鉱で早くから用いられた。また選炭機械の故障により操業が1時停止したとき、之を坑内作業に影響させないためには、チップラと篩機との間に大容量のクッションとして原炭槽を設けるのがよい。之等も大正末期、昭和初期から多くの炭鉱で選炭工場レイアウトの中に組みこまれるようになった。

特に、女子、未成年の深夜業を禁止することに伴ない、選炭工場の運転時間が短縮されるようになり、1方では選炭能力の増強を図るとともに、2、3番方の坑内出炭を原炭として貯えるだけの容量のあるポケットを、いずれの炭鉱も備えなければならなくなった。

原炭槽、精炭槽ともにコンクリート製大容量のものが出現し、之に伴って、ベルトコンベヤから槽内各所にまんべんなく排出できる装置やその下底の抜出口から、アーチアクションによって生ずる棚吊りを防止するための設計上の配慮が行なわれたのもまたその頃からであった。

4章 保安・安全対策の発達

(1) 保安・災害の梗概

災害は、いまわしいことであるが、常に生産事業につきまとして来る。炭鉱数が増え、坑内規

模が拡大し、同時入坑者が増加するに従い、人災は増加し、特に採掘区域の深部化、機械設備の導入に伴って、災害の種類も多様化する。

災害の態様に応じて種々の対策が案出され、何度も模索を繰り返えし、試行錯誤の積み重ねの中から、防災技術は蓄積されて来た。

現在、定着している諸対策を、我々は特に深く考えることもなく適用しているが、その樹立過程を知ることによって、より重みをもって感じとることができるであろう。

明治期の後半から、大正始めにかけて、日本の炭鉱界は安全管理の面から、1つの大きな難関に立たされた。災害が全坑内に波及し一山の命運を左右する。所謂、全損災害が幾つも連続的に発生したのである。このため本章については、明治期に止めず、大正期を含めて記すこととする。

(2) 炭鉱災害の傾向

災害の傾向を一瞥するには、統一した単位による統計資料が必要であるが、之が全国的に整備されたのは、鉱業条例の公布施行によって、制定された鉱業警察規則⁽¹⁾の発足以来であり、具体的には明治25年以来である。

次頁の図-23は、明治後半、大正期の災害の推移を死亡者と負傷者を含めた死傷者合計について、その実数と稼働延100万人当りの率で示したもので、参考にその年度の鉱員数の推移を併記した。

死亡者数については、明治30年代は概ね年間1～200人、率にして6～10人(稼働延100万人当り)であったものが、39年以降増加をはじめて500人を超える年が現れ、大正期は3年の1,500

註(1) 鉱業条例

明治6年、初めての鉱業法として制定された日本坑法（8章33款）の中の保安関係条項は「廃止立坑口には柵囲をすること」の唯一条のみであった。

鉱業条例は、プロイセン鉱業法等に準據して起草され、日本坑法の不備を改めて面目を一新し、現鉱業法の原形となったものである。明治23年9月公布されたが、実施にはその体制整備のため長期を要し、25年2月1日施行予定のものが延期されて、実際は6月1日施行となった。9章92条よりなる。

保安関係は1章を設け、第5章鉱業警察とし、

58条 鉱業ニ関スル警察事務ニシテ左ニ掲グルモノハ、農商務大臣之ヲ監督シ、鉱山監督署長之ヲ行フ。

1. 坑内及鉱業ニ関スル建築物ノ保安

1. 鉱夫ノ生命及衛生上ノ保護

1. 地表ノ安全及公益ノ保護

(保安、安全、衛生の用語が法令に現れた始め)

59条 予防命令、停止命令に關する事項

63条 鉱業警察規則の省令委任

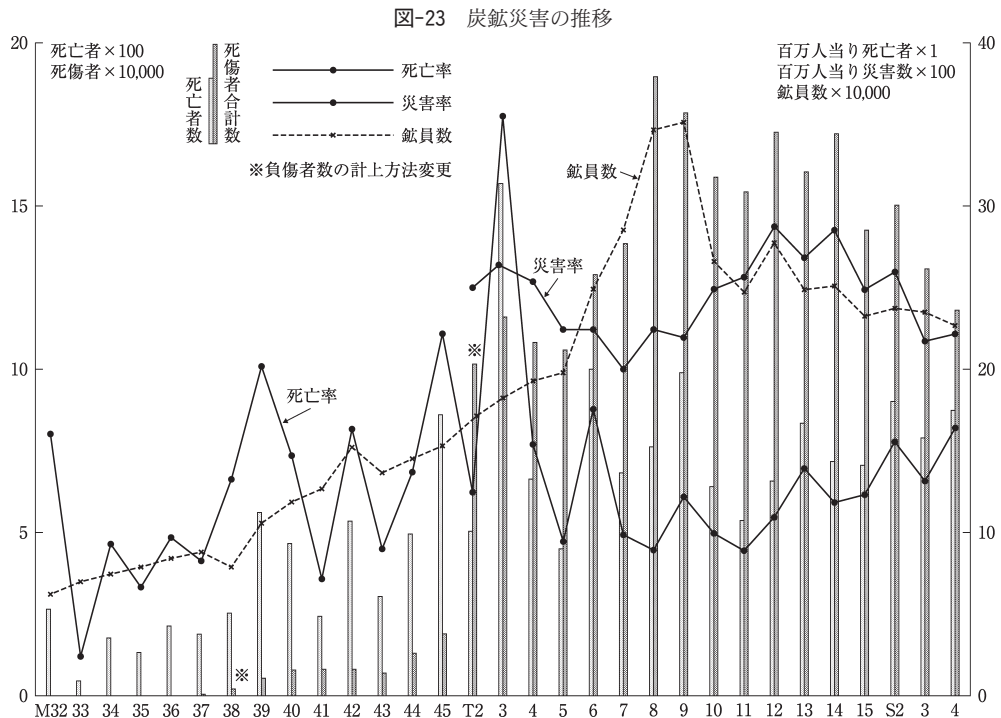
この鉱業条例63条による省令委任によって制定された鉱業警察規則は、明治25年3月公布、同年6月条例と同時に施行された。この規則の20条によって、始めて災害報告が義務づけられた。

20条 鉱山ニオイテ不時、変災アリタルトキハ、鉱業人ハ直チニ所轄鉱山監督署ニ、其ノ事由ヲ届出ツベシ

従って、次の改正(37年)に至る間の統計は、現行石炭鉱山保安規則68条の報告災害にはゞ該当するものであった。

この条例施行と共に、全国に東京、秋田、大阪、広島、福岡、札幌の6鉱山監督署と、金沢、鹿児島島の2支署が設けられた。

人突破を最悪として、尚6～700人或いはそれ以上の多数に及んでいる。勿論鉱員数も増えてはいるが、死亡率としても、10～20（大正3年は例外）と悪化している。



註(2) 鉱業法

明治38年3月8日公布、同年7月1日施行、8章120条。

保安は、第4章鉱業警察として71条の規定がある。

71条 鉱業ニ関スル左ノ警察事務ハ命令ノ定ムルトコロニヨリ、主務大臣及、鉱山監督局長之ヲ行フ。

1. 建設物及工作物ノ保安
1. 生命及衛生ノ保護
1. 危害ノ予防其ノ他公益ノ保護

第2号は従前の規定によれば「鉱夫ノ生命、衛生」となっていたが、新法では鉱夫に限らず、附近の被害住民等をも含めた一般とした。32年10月1日藤棚炭坑、坑内火災の際、注水消火の影響として地表五田浦に悪性ガスが湧出し、住民109人がガス中毒にかかった前例等を考慮したものであろう。

72条 鉱業上危険のおそれがあり、公益を害するおそれがあると認めたときの予防・停止命令。

73条 主務大臣ハ採掘権者ニ技術ニ関スル管理者ノ選任又ハ解任ヲ命ズルコトヲ得。

ここで始めて技術管理者の用語が現れる。

74条 鉱業権消滅後1か年は鉱業権者であったものに、72条を適用できることとしている。

以上法の制行に伴い、鉱業警察規則も全文改正された。

註(3) 災害報告の規則改正

大正5年規則改正によると、

64条 災害急報

65条 月報届出 様式改正

この様式によると、男女別、年令別（15才未満、20才未満、20才以上）の他、程度別は、軽傷3日以上医療の

生命に別条ない負傷者数は、当然死亡者数よりはるかに多い筈であるが、規則制定の当初（明治26～37年）は、報告された死傷者数が“変災”と称する、所謂死亡者を伴う大災害に限られていたため、負傷者数はかえって死亡者数を下廻る数しか計上されていない。明治38年、鉱業法⁽²⁾施行を機として、報告される負傷者の範囲を広げたが、未だ全数を示しているものではなく、大正2年の改正⁽³⁾以後、現在とほぼ同じ全容を知るに足るものとなった。

表-10によると負傷者の全数は、例えば大正2年で、101千人。この年の鉱員数172千人、延工数40百万人であるから、100万人当り災害率は2,500見当となっている。当今の災害率は死亡率

表-10 炭鉱災害の統計

年次	件 数	死亡数	重 傷	軽 傷	重軽傷計	災害計	鉱員数	延工数	稼働延 100 万人当り		
									死 亡	負 傷	計
M.32	45	265	27	25	52	317	60,964	16,539,887	16.02	3.14	19.17
33	125	43	78	80	158	201	70,508	16,992,102	2.53	9.30	11.83
34	246	180	191	78	269	449	75,230	19,414,676	9.27	13.86	23.13
35	375	135	172	219	391	526	78,894	19,987,640	6.75	19.56	26.32
36	388	215	279	180	459	674	84,941	22,258,368	9.66	20.62	30.28
37	725	189	224	512	736	925	88,330	22,663,190	8.34	32.48	40.82
38	2,556	256	190	2,334	2,524	2,780	79,505	19,320,736	13.25	130.64	143.89
39	5,022	560	298	4,654	4,952	5,512	106,589	27,742,863	20.19	178.50	198.68
40	7,388	468	531	7,012	7,543	8,011	118,772	31,714,707	14.76	237.84	252.60
41	8,257	245	431	7,884	8,315	8,560	126,999	34,068,849	7.19	244.06	251.26
42	8,188	535	410	7,712	8,122	8,657	152,515	32,760,506	16.33	247.92	264.25
43	7,170	307	439	6,549	6,988	7,295	137,467	33,711,976	9.11	207.29	216.39
44	13,361	497	840	12,297	13,137	13,634	145,412	36,106,127	13.76	363.84	377.61
45	18,635	860	1,389	17,046	18,435	19,295	152,429	38,682,092	22.23	476.57	498.81
T. 2	100,580	507	822	99,945	100,767	101,274	172,446	40,356,959	12.56	2,496.89	2,509.46
3	114,766	1,572	460	114,632	115,092	116,664	182,637	44,106,992	35.64	2,609.38	2,645.02
4	107,272	654	374	107,189	107,563	108,217	193,142	42,386,897	15.43	2,537.65	2,553.08
5	107,477	449	1,385	104,785	106,170	106,619	197,907	47,228,338	9.51	2,248.01	2,257.52
6	127,040	1,008	3,824	125,003	128,827	129,835	250,144	57,679,769	17.48	2,233.49	2,250.96
7	137,013	682	4,508	134,062	138,570	139,252	287,159	69,193,103	9.86	2,002.66	2,012.51
8	181,282	765	5,505	184,537	190,042	190,807	348,240	84,514,005	9.05	2,248.65	2,257.70
9	168,710	992	5,006	173,234	178,240	179,232	352,873	81,129,349	12.23	2,196.99	2,209.21
10	158,834	643	5,301	154,299	159,600	160,243	267,614	63,751,499	10.09	2,503.47	2,513.56
11	153,770	547	5,887	148,669	154,556	155,103	249,022	60,121,505	9.10	2,570.73	2,579.83
12	172,312	663	5,902	167,228	173,130	173,793	278,771	60,063,425	11.04	2,882.45	2,893.49
13	160,178	839	6,114	154,585	160,699	161,538	251,069	59,720,700	14.05	2,690.84	2,704.89
14	171,024	721	5,552	166,916	172,468	173,189	252,898	60,368,322	11.94	2,856.93	2,868.87
15	143,030	712	3,364	139,765	143,129	143,841	235,044	57,444,472	12.39	2,491.61	2,504.00
S. 2	150,252	909	3,027	147,726	150,753	151,662	239,167	57,961,079	15.68	2,600.94	2,616.62
3	130,955	799	2,726	128,252	130,978	131,777	237,890	60,115,240	13.29	2,178.78	2,192.07
4	118,870	881	3,026	115,666	118,692	119,573	228,761	53,619,858	16.43	2,213.58	2,230.01

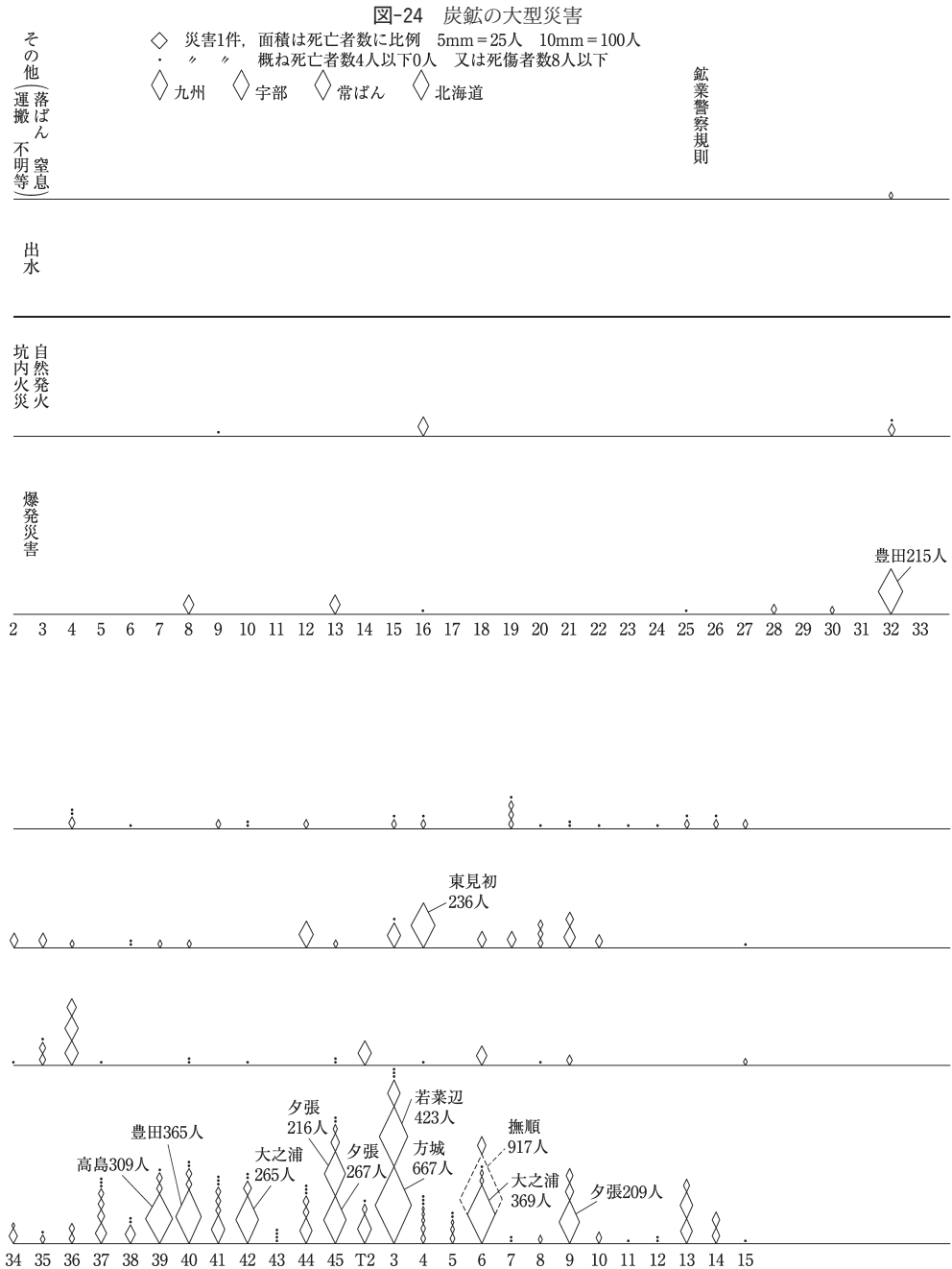
ため休業したもの、上限重傷を除く。重傷、従前の労役に復帰できないもの。30日以上医療のため休業し、またはその見込みのもの、と定義された。

鉱夫員数欄はあるが、稼働延人員欄はなく、当時の千人当り災害率と云うのは $\frac{\text{負傷者数}}{\text{月末在籍人員数}} \times 1000$ で現す。

尚この重傷のランクは、昭和4年12月の改正で2週間以上の休業と改正され、鉱夫と係員その他の職員の2区分で内訳の報告を求められることになった。

で 3～6, 負傷を含めた全数で 200 前後であるから, 当時の保安状況は格段に不良であったわけである。

さて, その内容を掴むために, 統計発足以前からの古記録を含め, 大型の災害を拾い出し, 種類別にプロットしたのが下の図-24 である。この図-24 から一見されることは,



1. 大型災害の筆頭は爆発災害であり、明治末期から大正初期にかけて、方城炭鉱の死亡 667 人の他、1 件 200 人以上の大災害 9 件が集中的に発生し、同じ頃、旧満洲の撫順炭鉱で 900 人を越す大災害もみられること。
 2. この頃軌を一にするように、坑内火災事故が多発していること。
 3. 稍遅れて坑内出水、水没事故が多発し、東見初炭鉱の死亡 236 人をはじめ、宇部海底炭田の海水浸入の他、筑豊地区でも採掘跡水没区域が多くなったために、之に掘り当てて旧坑出水を招く例が多くなったこと。
 4. 筑豊のように多数の炭坑が開採されてはいないにも拘わらず、ガスの多い北海道石狩炭田で爆発災害が多発していること。
- 等を読みとることができる。

(3) 炭鉱爆発の災害

イ. 災害の多発

爆発災害の記録を過去に遡ると、明治 8 年 12 月高島炭坑で死亡者 40 人、負傷者 31 人の記録に当る。本邦初の大災害と言われ、高島は僅な官営期間を経て、後藤象二郎の経営に移って 1 年後のことである。

翌 9 年、官営三池炭山で、ジョンウェート商会を通じ、安全灯 100 個を注文し、翌年入荷しているのも、上記災害に対処したもので、察する所火源は照明用の裸火であったとみられる。

13 年に再び、高島炭坑は死亡者 47 人の爆発災害、続いて 16 年にも記録されていて、爆発は高島に偏っている。これは、当時の筑豊諸炭坑がいずれも坑内浅く、可燃性ガスは放散されていて、坑内の湧出、停滞が問題にならなかったのに対し、高島は海底下に続く炭層に、緻密な被覆岩層があり、之が海水の浸入を防ぐ代り、他方では、石炭と共に埋蔵されている可燃性ガスの鬱積を齎したためとみられる。

爆発の要因の 1 つ着火源と思われた照明用裸火の使用は、両者異るところはないのであるが、他の要因、即ち、可燃性ガスの存在が高島に限って禍いしたのであろう。

明治 15 年採炭開始した北海道の幌内炭坑が、ようやく深部に入りかけた 25 年に、また、23 年開坑した夕張炭坑が、29、30、34、37 年に、空知神威炭坑も 37 年に爆発災害を起しているが、北海道の数少い開採坑口が軒並みこの種災害に見舞われているのも、ガス湧出の多い石狩炭田の特性を反映しており、高島の例と軌を一にしている。

ガスの少いとされた筑豊は、小爆発の前例がないうちに、明治 32 年 6 月、豊国炭坑八尺層で死亡者 215 人に達する大爆発事故を惹起した。時の坑長、石渡信太郎はその調査に当り、乾燥炭じんによる連鎖的な爆発であることを発見した。炭じんが爆発に関与し、規模を大きくすることは、之より先 1878 年(明治 11 年)、ガロウエーによって指摘されていたが、之が豊国炭坑で実証されたことになった。

いずれにしても火源は照明用カンテラの裸火とみられたので、安全灯の導入が緊急の対策であり、当時大部分は輸入に頼らねばならず、高価でもあったが、前期明治10年の三池をはじめとして、高島は勿論、明治(21年)、鯉田(26年)、田川(三井着業の33年)、新原、新入、芳雄、災害後の豊国(35年)等、大型炭坑は、続々と安全灯の導入をはかった。

しかし災害は止まなかった。39年3月、高島で307人、40年7月、再び豊国で365人死亡と爆発災害はエスカレートする。豊国の此の災害は他に負傷者64人を数え、爆発後坑内火災となり、水没消火を余儀なくされ、経営者は安川に交代することとなる。

続いて41年、北海道新夕張で91人、42年、大之浦で265人、44年、忠隈で73人の死亡者を出す災害がおこり、この忠隈の場合、ガス停滞の禁柵内へ入った者の安全灯から引火しており、当時の安全灯が必ずしも安全でないことを知らされた。

更に、45年4月、夕張1坑で267人、改之後の大正1年12月、同じ夕張の2坑で216人の死亡者を出す、坑こそ違え、同一炭坑で近々8か月の間に2件の大災害を発生し、このため北炭社は経営に打撃をうけることになる。この災害で北炭社は三井銀行の借入金を返済できず、三井財閥の系列企業に編入された。この結果、北炭社の経営者は井上角五郎から団琢磨、磯村豊太郎に替った。

翌大正2年、二瀬で101人死亡の災害のあと、大正3年は最悪の年で、6月に金田(田川郡)63人、11月若菜辺(北海道)423人、12月方城炭鉱で、入坑者687人中、救出されたもの22人、うち2人は重傷後死亡して、計667人の死亡者を出すと言う、全坑爆発を発生し、災害はここに極まったの観を呈した。

この災害も火源は安全灯とみられ、筑豊石炭業組合は、大正4年、直方町に安全灯試験場を開設し、安全灯の着火性、安全性を根本的に考究し、改良することとした。現在の公害資源研究所、九州炭鉱技術センターの前身である。

農商務省は、石炭坑爆発取締規則⁽⁴⁾を大正4年12月2日に公布、(5年9月1日施行)、警察規

註(4) 鉱業警察規則改正、石炭坑爆発取締規則制定

T. 2. 6. ー 各地鉱務監督署を鉱務署と改称

T. 2. ー. ー 鉱務署は爆発予防対策、注意事項を示達

T. 2. ー. ー 筑豊石炭業組合はドイツ留学中の佐野教授に予防対策の調査を依頼

T. 4. 1. ー 組合は署の指導のもと、直方町御館山に安全灯試験場を建設

T. 4. 5. ー 同上言成開所、T. 4.10.22、安全灯試験開始

T. 4. 6.14~16 石炭坑爆発取締規則諮問会を福岡で開催

T. 4.12. 2 石炭坑爆発取締規則公布

T. 5. 8. 3 農商務省鉱業警察規則改正公布

T. 5. 9. 1 2 規則施行

T. 5. ー. ー 安全灯試験場を農商務省に移管

T. 6. 2. ー 同上を石炭坑爆発予防調査所と改称、ドイツのビスマルク試験所に倣い試験坑道を設ける

T. 7. 1.22 同試験坑道を用い実演、安全爆薬の講習会実施

T.13. ー. ー 地方鉱務署を鉱山監督局と改称

石炭坑爆発予防調査所を予防試験所と改称

則⁽⁴⁾の改正も行なって、防爆対策の他、技術管理者、保安係員の選任等、管理体制の強化にも努めるのである。大正6年には安全灯試験場を農商務省所管とし、石炭坑爆発予防調査所とし、ドイツのビスマーク試験所に倣って、試験坑道を設け、爆発混合気雰囲気内で各種の防爆試験、安全性の追究をすることになった。

火源とみられた安全灯の他、爆薬の火焰、ようやく普及をみつつあった電気品のスパーク等も、研究対象とされ、後には電気品の安全検定⁽⁵⁾に従事するのである。

災害は尚、大正6年1月、撫順で世界的規模の917人死亡の大災害、その収容作業中2月に再爆発して33人死亡の2次災害、その他同年12月、大之浦桐野2坑で369人死亡の災害と続く。

ようやく下火になったとは云え、大正9年、北海道夕張209人の他、若菜辺・空知、13年には北海道上歌志内77人、常磐地方入山炭鉱で75人の災害と、余燼は続いたのである。

（4）保安・安全対策

イ. 安全灯の改良

ヨーロッパの炭坑も、地表に近い浅部から、ようやく深部に達するに及んで可燃性ガスの湧出が増加し、裸火による爆発災害が多発した時期があった。18世紀の末で、日本では天明、寛政の頃である。

裸火を防護しなければならないと言うことで、最初に考案されたのは、1813年、クラニー(Dr. R. Clanny)水封燈である。之は灯室に入る空気も、出る空気も一度水槽内を通るようにし、灯室が仮に小爆発しても外部には伝播しないようにしたものである。しかし、灯室の空気は間歇的に韃(ふいご)で送気しなければならず、坑内の実用に適するものではなかった。

次で1815年、デヴィー(Sir H. Davy)は、裸火を金網で覆うことにより、たとえ筒内で長焰化し、または小爆発しても、金網の熱分散効果により、外部に伝播しない安全灯を発明した。此の構想は画期的でその後の安全灯はすべて之を踏襲しているし、現在の防爆アレスターの基礎にも連なるものである。

しかし、このデヴィー灯は金網を透す光なので暗く(30%)灯を急動したり、爆発混合気流の風速が、1.7 m/秒以上の場合には、防爆性が保てない弱点があった。

クラニーは、デヴィー灯の灯芯部を厚いガラス筒として明るくし、上部のみ金網筒をかけるように改良した。之がクラニー灯である。前節に述べた明治前期に輸入された安全灯は主として、

註(5) 安全検定

昭和13年、石炭坑爆発予防試験所を札幌郊外白石に設立。昭和15年、石炭坑用爆薬類及び機械器具取締規則、同検定規則を制定施行。試験所はその検定業務に当る。

昭和19年、地方鉱山監督局を地方鉱山局と改称。

昭和24年5月16日、鉱山保安法公布、1部即日施行。

石炭坑爆発取締規則、石炭坑用爆薬類及び機械器具取締規則、同検定規則は、鉱業警察規則と共に廃止され、保安規則、鉱山坑内用品検定規則と法の大部分は24年8月12日施行。

このデヴィー灯か、その改良型のクラニー灯であった。しかし、之は田川の例にみられるように1個4円もする高価なものであったから、工部省は明治17年、官営工場で国産化を試みている。

我国のその後の災害多発によって解るように、上記の2灯は充分に安全とは言えず、ヨーロッパでも次々に改良工夫されている。安全を増すため金網筒を2重にしたマルソウ (M. J. B. Marcet) 灯、焰を安定させるため煙突を設けたミュゼラー (L. Mueseler) 灯、横風を防ぐためボンネットで覆ったミュゼラー改良型の灯、等が考案された。之は風速15m/秒迄安全と言われた。

之等の安全灯の燃料は、通常の石油ランプと同じものか、種油、もしくは之等の混合油を用いており、光力は1燭光以下の暗いものであり、一度消えと、安全な所に戻って蓋を開き、点火し直さなければならなかった。

1883年(明治16年)、ウルフ (C. Wolf) は、この欠点を排除するため燃料として、より着火し易い揮発油を用い、灯室内に発火石を用いた点火器を設け、蓋を開かないでも再点火できる工夫をした。之がウルフ安全灯で、更に金網を2重にし、ボンネットに鎧型のものを用い、坑内でみだりに開くことができないよう、磁石式の鎖錠装置を附属する等、安全性を増すと共に、光力も著るしく明るくなった。

我国では、爆発事故を頻発した夕張炭鉱が、明治37年に導入したのが初めて、翌年には北炭社の全坑に普及し、41年、大災害後復旧に入った豊国炭鉱の他、田川も自主的に本機の採用に踏み切っている。こうして、今や欠陥品と見られたデヴィー灯、クラニー灯は駆逐され、ウルフ灯に代り、国産同形品が出廻るようになって、全国的に普及統一された。

電気安全灯は、たとえ金網で防護されたとは言え、裸火である安全灯よりはるかに安全と見られた。ドイツコルデカ社のシーグ (Ceag) 安全灯が特に二瀬炭鉱に試用されている(大正3~5年)、しかし之は取扱の乱雑さと不慣れのため普及せず、エジソンの帽上電気安全灯が導入される。光力と云い、取扱の簡便さと云い、油安全灯の比ではなかったもので、高島(大正10年)を皮切りに、三池(12年)、方城豊国(14年)、鯉田(15年)と、各炭鉱に普及していった。

初期の電気安全灯は、米国エジソン社、独国ウルフ社製のもので、いずれもアルカリ蓄電池を用い、その電池の蓋は、坑内で開くことのできないよう磁気錠締めとし、コードの先の灯具を帽子の前面に装着し、その保護ガラスや、電球が破損した時は、電球ソケットが飛び出して回路が絶たれるようになっている。

現在、炭坑マンのスタイルとして定着しているこの帽上灯は、こうして大正末期から急速に普及し、蓄電池として鉛電池も使われるようになった。

尚、爆発災害防止の火源対策として、2番目にあげられる火薬類の安全化については、次の研究課題とす。また、ガスの停滞を防ぐための通気については、この期以来機力通気が始まるが、扇風機の発達過程からみて、別稿にまとめて記すこととする。

ロ．炭じんの沈静対策

可燃性ガスが爆発する濃度に満たなくても、其処に炭じん雲が発生していると、爆発をおこす。一度爆発がおこるとその圧風で乾燥炭じんが舞い上り、次々に爆発を伝播する。初動がガス爆発であっても同じことである。一般にガス爆発はそのガスが停滞している区域で終熄するが、炭じんによる爆発は、坑内各所に堆積している炭じンを舞い上らせて伝播し、はては全坑爆発のような大規模なものになって被害を拡大する。前述の大型爆発災害は、大なり小なりこの炭じんが爆発機構に関与しているのである。

このことは明治 32 年、豊国炭鉱、第 1 回目の災害で指摘され、以後数次の爆発災害に於ても、災害後の調査によって裏付けられた。この炭じんの爆発性は、炭質によって異なる。即ち、石炭粉に含まれる灰分が多いときには着火性が弱まり、遂には爆発性を失うことが判った。

従って対策として、あらかじめ乾燥炭じんが堆積している箇所には、不活性の岩粉を散布して、炭じん雲となっても着火伝播しないようにすることが奨励された。

此の岩粉は充分細いものでなければならず、一方多量に必要であったので、大正 2 年、田川炭鉱は、坑外にフレットミルを設備して廃石を粉碎し、製粉して岩粉を作り、之を坑内の炭じん堆積箇所には散布した。そして 4 年には、坑内の堆積物の資料を採取して、可燃分の分析を行ない、基準（不燃物質 50%以上）を設けて管理し、不足の箇所には散粉の強化をはかることとした。之は程なく他山にも普及し、後には法の規制に採用されるようになった。

また万一、爆発を生じた場合、その災害の拡大を防ぎ、局部に限定させるため、部分的に多量の岩粉を散布し、或いは天井から吊した岩粉棚を盛っておいて、圧風により岩粉雲を作り、火焰の伝播を防ぐこともこの頃から始まった。この場合岩粉として石灰質のものをを用いれば、熱によって分解して 2 酸化炭素を発生する。分解吸熱によって火焰の温度を下げると共に、不活性ガスによって窒息させる効果がある。現在の岩粉は殆んど炭酸カルシウムであるが、之等のことも、その頃から注目され出したことである。

他方、炭じんは乾燥しているから舞い上って危険物となるのであって、之が充分に湿潤な場合は、爆発の伝播にあたり、危険は大幅に抑制される。従って、炭じんの発生を防ぐことのできない所では、水を噴霧して、浮游炭じんを捕捉し、また堆積炭じんには充分散水して不活性にすることが励行された。

坑内散水の記録は、大正 3 年田川、二瀬をはじめとして、各所に散見されるので、大正前期に普及したものとみられるが、散水管を坑内各所に新に張り廻らすのは大工事であったと思われる。

ハ．坑内火災 ― 救命器の発達

網の目のような地下の坑道で、火災を発生することは煙や悪性ガスの充満により、多数の罹災者を発生する他、消火活動も充分にはできず、その火焰が更にガス爆発の誘因になることもあり、何よりも坑壁が石炭であることは無限に蔓延することであり、まことに恐ろしい災害であると言

わねばならない。

明治の初期にも、9年、高島炭鉱で怪火による火災、16年には三池で囚人労働者の放火による46人死亡、後水没消火の記録がある。爆発災害の頻発し出した32年以降、坑内火災も数多く発生し、36年には二瀬64人、大任65人、赤池36人と当時の大型炭鉱で、多数の死亡者を出す災害が連続的に発生した。

之等坑内火災の原因は、放火、失火は別として、不明のものもあるが、多くは自然発火によるものとみられる。採掘規模が大型化すると、1部内の採掘期間も長くなり、採掘跡、放棄された炭柱、崩落箇所等、未然防止策の行き届いていなかった当時として、発火源はいくらでもあったのである。中には爆発災害のあと、その残り火から2次災害として火災となったものもあった。

いずれにしても、火災が小部分に限定されていれば、直接水をかけて消火することもできるが、多少拡大すると充満する煙のため、接近不可能となり、密閉で押さえこむか、之も困難になれば、その区域を水没して消火し、後に排水取明けと言う、長い時間の休止を余儀なくされる。人災もさること乍ら、炭鉱経営の存立を左右する大椿事である。

之等の災害で多数の人が煙にまかれ、今で言うCO中毒(一酸化炭素中毒)によって倒れ、救出に行ったものがまた倒れると言う事態が重ってその解決法が喫緊時として叫ばれていた。明治40年、忠隈炭鉱第3坑で坑内火災が発生したとき、たまたま東京で開催されていた勸業博覧会にドレーガー式救命器が出品展示されていたので、早速之を実戦に用い、悪性ガスの停滞している坑内の探検、救護に当たった。之が我国に於ける救命器の紹介、および使用の始めである。

これは、自己の携帯する酸素ボンベから、マスクの中に酸素を補給し、周囲の悪性ガスに関係なく行動できる装置であって、当時の要望に応えうる有力な武器であった。三池炭山はその翌年、早速ニューマトーゼン式3台、更にサイビーゴールマン型12台を追加して、自山で常備し、不時の災害に対処することにした。

しかし、当時この輸入救命器は高価であり、使用頻度は稀な装置であったから、各炭鉱に急に普及するというものではなかった。多数の炭鉱が集っている筑豊地区では、筑豊石炭炭業組合が購入し、必要の都度、貸出す方法を採用した。

折から、爆発災害、坑内火災の多発した頃であったから、明治45年には、組合は救命隊本部を組織し、救命器取扱いの専門技術者をおき、操作着装の説明講習会を始めた。

翌大正2年、前の年に爆発災害を惹起した夕張1坑は、不良空気の中で密閉を築造しなければならなくなり、救命隊本部の指導員が派遣され、救命隊を組織し、実戦を兼ねて教育訓練をした。

その年、大正2年の記録によると筑豊地区に於ける救命器、即ち酸素呼吸器の在籍台数は、救命隊本部のフロイス式、ウェストファリア式、ドレーガー式計6台の他、新型ドレーガー式(11年式)4台、他に豊国炭鉱4台、目尾炭鉱1台、監督署2台の都合17台程度の保有数であったと言う。

その代り、着装できる救護隊員を多数養成するために、山元から派遣された訓練生に対し、煙

室を設け、フロイス式、ドレーガー式を中心に、毎月2回の講習会を開き、精力的に訓練を行なった。之が後、大正12年、救護練習所の常置となり、救護隊員の資格付与教育に当り、今日に及んでいるのである。

大正4年2月には、田川も自山でフロイス式5台を常備し、救護隊を編成したが、その年12月、採掘跡に立入りガスのために昏倒した者を救助蘇生させた。田川としての初陣であり、初の人命救助であった。

二．出水災害対策

大型の出水災害は、明治34年頃から現れる。海底下の採掘に入った宇部炭田で発生件数が目立つが、海底下余り深くない採掘場の掘り跡亀裂からの海水浸入が多い。その最大のものは、大正4年、236人の死亡者を出した東見初炭鉱のものであった。

九州の場合、海底採掘の松島炭鉱（大正9年）の例もあるが、大部分は筑豊地区でようやく採掘が進展し、各所に水没した旧坑を生じたところ、互の鉱区が錯雑していることもあって、採掘中に隣接の水坑に掘り当てるケースが多い。また、豪雨出水により、浸透水が激しくなり、水路（みち）を作って地表陥没、地表水の浸入を受けるケースもある。

水脈、含水層、断層破碎帯等に逢着して異状出水するケースは、三池炭山、松島炭鉱にみられる。松島炭鉱は、大正3年、第4立坑の開さくに当り、湧水防止のため、掘さく予定区域に対し、ボーリングしてセメント注入を施行したが、我国炭鉱のセメント注入工法の最初のものであった。