

石原 舜三

モリブデン と聞くと すぐにタングステンなどと共に「戦争元素」として頭に浮かぶことと思う。 事実モリブデン鉱業はそのような歴史的背景の中で育ってきた。 しかし 近年冶金学の進歩などと共に 新しい需要が開け 平時でもその需要が急速にのびている。

モリブデンの名称はローマ時代に 黒鉛 硫化鉛 現在の輝水鉛鉱などの似たような鉱物が Molybdena と呼ばれていたことに由来しているといわれる。

1720年 P. J. Hjelm によって 初めてモリブデン元素が 酸化物を還元してとり出された。

分 布

地殻中に存在する割合 (Clark数) は 1.3×10^{-3} で鉛とほぼ同じ量である。 モリブデンはまた大気中および海水中にも存在することが確認されている。

球隕隕石中の含有量は比較的均一で 1.2~2.0 ppm 平均 1.6 ppm (14試料) である。 堆積岩中に含まれるモリブデン量は 頁岩中のそれが 一定でないために平均値として表わしにくい。 有機物質にとほしい頁岩は 1 ppm 炭質物や黄鉄鉱を含むものは 100 ppm またはそれ以上のものもある。 砂岩は 1ppm 以下 石灰岩および苦灰岩は有機物質を含まねば 常に 0.5 ppm 以下である。 変成岩は数種類のものについて平均 0.5 ppm の値が知られている。

火成岩は一般に岩漿分化の進んだものほど高い。 蛇紋岩などを含む超塩基性岩は 0.4 ppm (23試料) 斑れい岩は 0.6 ppm (21試料)

玄武岩および輝緑岩は 1.1 ppm (38試料) 花崗岩類は 1.1 ppm (135試料) である。 しかし特殊な花崗岩株には非常に高いものがある。 本邦産試料の分析数は少ないがほぼ上記の値と一致するなかにはたとえば 島根県東部のモリブデン 鉱床の母岩のように 半花崗岩 13 ppm (7試料) 基性混成岩 4.6 ppm (5試料) などモリブデン含有量の高いものがある。

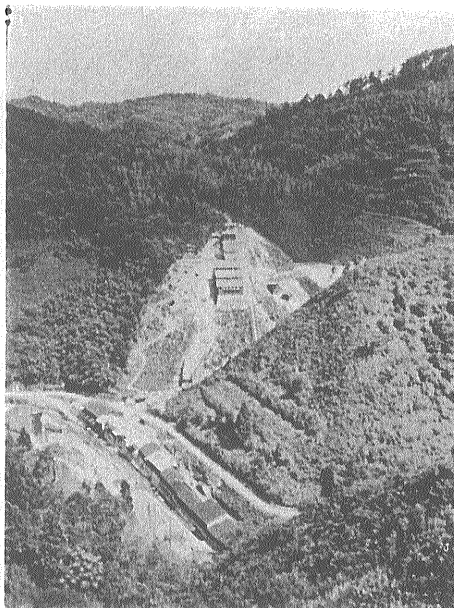
鉱 物 と 鉱 石

モリブデンを含む鉱物は比較的少なく 硫化物 モリブデン 酸塩である (第1表)。 輝水鉛鉱を除いてそれらの産出はまれで 初生鉱物は輝水鉛鉱 Jordsite のみである。 そのほかの鉱物は露頭付近の酸化帯にみられる。

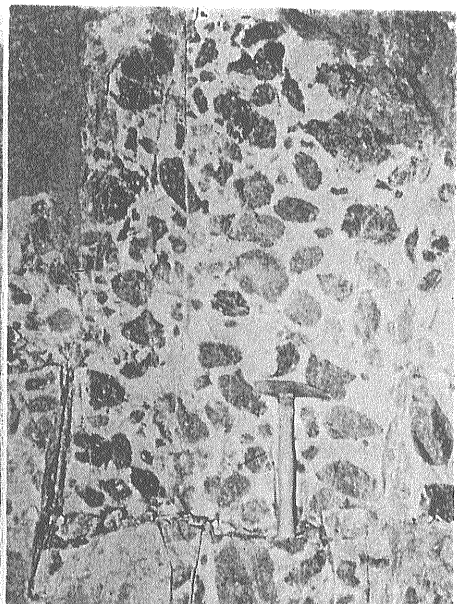
輝水鉛鉱は鉛灰色 金属光沢で鱗片状の結晶として産することが多い。 わが国のモリブデン 鉱床は すべて輝水鉛鉱を対象とし それらの露頭部には 黄色の水鉛華をしばしば伴っている。 なお 外国には2次鉱物の黄鉛鉱 藍水鉛鉱を対象とした例がある。

鉱 床

輝水鉛鉱はおもに酸性深成岩~半深成岩に由来するので 主要なモリブデン 鉱床は これらの岩石自体の周辺相か 周辺の被進入岩体に胚胎されることが多い。 ペグマタイトから熱水期にわたって 各種の産状のものがある一方 共生する鉱石鉱物は比較的単純で 少量の鉄マンガン重石 黄鉄鉱 黄銅鉱および閃亜鉛鉱を伴うか単独に産する場合が普通である。 わが国のモリブデン 鉱床の分類には いろいろな観点があるが 次のように大別するのがよいと思う。



島根県東部のモリブデン 鉱床はなだらかな老牛形地形の山間にある 山腹や谷間に建てられた清久・東山 鉱山の施設



この地方の 鉱床は 細粒基性混成岩と半花崗岩をおもに母岩とする 時には前者がとり込まれ礫岩状を呈することがある清久 鉱山一帯 遊覧

第2表 世界のモリブデン（精鉱）生産量

(単位:1000 lbs)

国名	1946-50 (平均)	1956	1957	1958
オーストラリア	7	— ³⁾	2	
オーストリア	22	2		
カナダ	220	842	785	567
チリ	1,343	3,122	2,998	2,972
フィンランド	75			
フランス領モロッコ	31			
ホンコン	— ³⁾			
日本	37	534	600	683
韓国	9	31	31	68
メキシコ	421	33	29	57
ノルウェー	143	366	397	481
ペルー	4			— ³⁾
ポルトガル		11	18	18 ⁴⁾
スエーデン	4			
南アフリカ連邦			13	9
ソ連		— ⁵⁾	9,300	9,300 ⁴⁾
アメリカ合衆国	24,596	57,462	60,753	41,069
ユーゴスラビア	216	— ⁵⁾		
総計	28,300 ¹⁾	70,300 ²⁾	76,200 ²⁾	56,500 ²⁾

- 1) 中国 北鮮 ルーマニア スペイン ソ連邦の推定生産量も含む
- 2) 中国 北鮮 ルーマニア スペインの推定生産量を含む
- 3) 500 lbs 以下
- 4) 推定
- 5) 資料なし ただし推定生産量を総計に含む

その他

黄鉛鉱の産出は わが国では比較的珍しい。その鉱床がドイツ オーストリアで知られている。わが国では数カ所でその産出が知られているのみの藍水鉛鉱の鉱床が ユタ洲(米国) で知られている。

現在日本のモリブデンはその産額の大部分 たとえば 1959年には精鉱で87%が高根県東部地域の鉱床から生産されている。これらの鉱床は ある限られた地域に分布する斑れい岩 基性混成岩 花崗岩 半花崗岩中に胚胎され ペグマタイト性から熱水性鉱床にわたる各種のものがある。それらは共通の特徴 すなわち

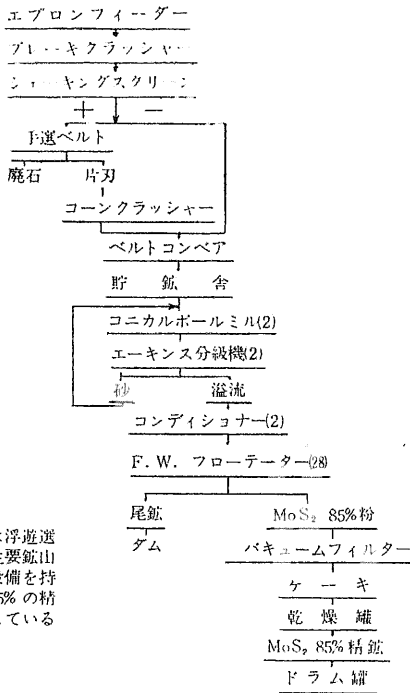
- a) 鉱脈がすべて傾斜 20° 前後の層状をなし
- b) 母岩の変質は珪化 絹雲母化 炭酸塩化が著しく 緑泥石化が弱い
- c) 輝水鉛鉱は 細粒の結晶で タングステン 蒼鉛 錫 砒素などの鉱物と共生しない などをもち 独特の鉱床区を示し興味深い。

鉱業のすう勢

世界におけるモリブデンの需要は 20世紀初頭に始まった。その初期においてはオーストラリアがおもに生産し ノルウェーが続いていたが 1915年ごろから米国 カナダの生産が増加した。とくに現在世界一のモリブデン鉱山である Climax (米国) が開発されてからは 米国のみならず世界の産額の大部分をこの鉱山が産出し

1925年ごろより米国がずばぬけた生産量を示し続けている。日本のモリブデン生産量は 1958年の統計によると米国 ソ連 チリについて第4位である。しかし その産額は世界の1.2%にすぎない。ちなみに米国は72.7%を示している。(第2表)

わが国におけるモリブデン 鉱業の第1期需要期は1909年(明治42)~1920年(大正9)であった。(第2図)そして山佐(島根)および小黒部(富山)の両鉱山がその大部分を生産した。当時は採鉱 選鉱技術も幼稚であり加えて戦後の価格の暴落もあって 1920年で全鉱山が休山した。1934年(昭和9)再び生産が開始され 第2期の需要期が始まった。需要の増加と共に生産が急増し とくに1940年(昭和15)からは年々その生産量は倍増し 1944年にはついに381トンを記録した。そのため 稼行鉱山も1941年の6鉱山が 1944年には20鉱山以上に増加した。しかし 終戦に伴う社会状況の悪化 需要の激減などの悪環境下に モリブデン 鉱業も衰微し 1948年(昭和23)をもって再び出鉱が中止された。この期間を通じてのチャンピオンは平瀬(岐阜)であり



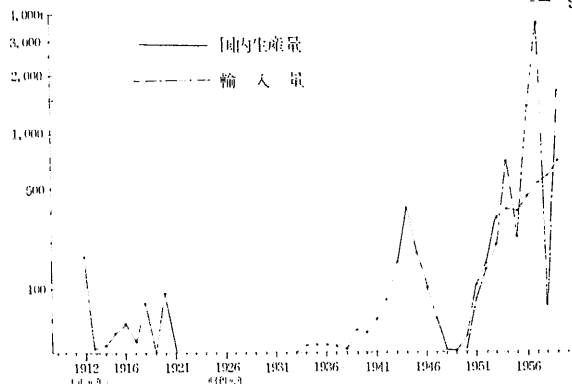
選鉱は現在では浮遊選鉱のみであり主要鉱山はすべてその設備を持ち MoS₂ 85~95%の精鉱として出鉱している

東山 鉱山 選鉱 系統 図

これに続くものとして大川目 北頭(岩手) 仏性寺(京都) 小馬木 清久 山佐 大東 佐世(島根)などの鉱山があった。

第3期需要期は1年後の1950年に始まる。この期のモリブデン鉱業は1952年初頭の精鉱 フェロモリブデンの輸入などの悪条件にみまわれたにもかかわらず輸入制限の保護政策もあってわが国工業界の躍進と共に急速に発展した。そして1959年には最高年産額の719トン进行録している。この期の特色は島根県東部の鉱床への比重が大きくなったこと 中小鉱山は休山あるいは合併され大鉱山への依存度が大きくなったことなどである。とくに1955年以降は平瀬(岐阜) 清久 大東東山(島根)がその生産量のほとんどを占め そのうち島根県勢が82~89%を生産している。(第3表)

わが国のモリブデンは大正初期に若干輸出されたがその後は輸入のみであり 不足資源の1つである。第2次大戦中は揚家杖子(満洲) および長水(朝鮮)などが消費量の大部分を供給した。戦後は1951年輸入が再開



註：第2次大戦中(満洲、朝鮮)および1951年以前の輸入量は資料不足で不明。

モリブデン生産量と輸入量

されて年々その量は増加し 1957年には国内生産量の6倍近い3,044トン进行録している。国別の輸入量は米国からのものが群を抜き ついでカナダ 西ドイツ 韓国 ベルギー このほかフィリピン オーストラリア 香港 ポルトガルである。

用 途

モリブデンは合金鋼として最も多量に用いられている。一般に鋼にモリブデンを加えると 焼戻しても

第3表

鉱 山 別 生 産 量

鉱山名	県名	1941(16)		1944(19)		1945(20)		1946(21)		1952(27)		1953(28)		1957(32)		1958(33)		1959(34)			
		産出精鉱 品位	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %			
大川目	岩手	12,600	0.16	25,720	62	15,830	62														
北頭	〃			40,204	78	10,309	83	3,514	77	9,851	91	28,434	84								
三根	〃			983*	0.19	379*	0.19														
日興	宮城																				
念珠ヶ関	山形			35	70	300	70	437	70												
福栄	郡			122	70	36	70	86	81												
日豊水	鉛			2,457	85	1,130	85	1,305	80												
鷺沢	〃									87	80	121	80								
塩野	町									16	70	188	42								
平瀬	岐阜	384	95	110,590	96	52,870	94	47,205	95	37,769	92	58,629	95	88,306	96.2	102,559	96.0	95,906	96.1		
内山	富山			7,560	63	370	63														
小黒	部			7,192	95	745	95	489	85												
仏性	寺			7,089	70	2,402	70	12,971	81												
山佐	島根	20,064	73	27,964	80	19,233	79	9,123	75									7,038	82.4		
清久	〃	1,152	0.4	4,774	0.4	18	65	2,837	61	31,410	85	54,908	85	200,258	81.6	185,889	83.8	269,490	85.7		
										8,942	85	17,218	85	48,459	75.9	24,917	86.9	70,323			
大東	〃			14,471	85	13,596	85	9,680	85	77,184	90	161,846	90	161,361	90.0	173,350	90.0	217,242	90.0		
														21,906	63.921	53,960		53,960			
大佐	〃			19,240	66	7,230	66	1,023	67												
大東	山			11,841	72	2,241	72	997	70									7,660	1.3		
小馬	木	4,255	60	16,571	90	10,883	90	4,912	83	1,233	90	15,674	90	3,525	95.5	7,690	97.5	4,791	98.0		
三根	〃			12,047	80	467	80	114	64												
佐世	〃			14,400	90	16,360	90	4,372	69												
沖谷	〃			18,506	80	770	80												141	1.8	
加茂	岡山	12,600	88	2,100	88																
福岡	福岡			3,711	70	7,303	70														
大東運	鉱場			22,800	65	18,000	65			関金160	70										
大東大川	目			14,470	85	13,600	85														
				40,759	78	381,090	82	193,643	82	99,112	86	166,651	89	337,018	89.4	523,818	86.5	590,723	88.6	718,750	89.0

註一 は資料不明なるもの

* は粗鉱量(トン)

* は買鉱分(おもに東山鉱山より)

ろくならず 熱処理に便利であり 展性をそこなわず強さが増し さらに張力や圧縮に対する抵抗力がふえる。それらの有利な性質からモリブデン鋼は いろんな機械の高温 高圧にさらされる部分に用いられ 高速度鋼 Cr—Mo鋼 Ni—Cr—Mo鋼 などがこれである。このほか 耐摩耗性 耐熱性 耐食性にすぐれた非鉄合金にも用いられる。またモリブデンを鋼その他の金属に吹きつけると強固な被覆となり その被覆面はさらに他の金属で被覆しやすくなる。

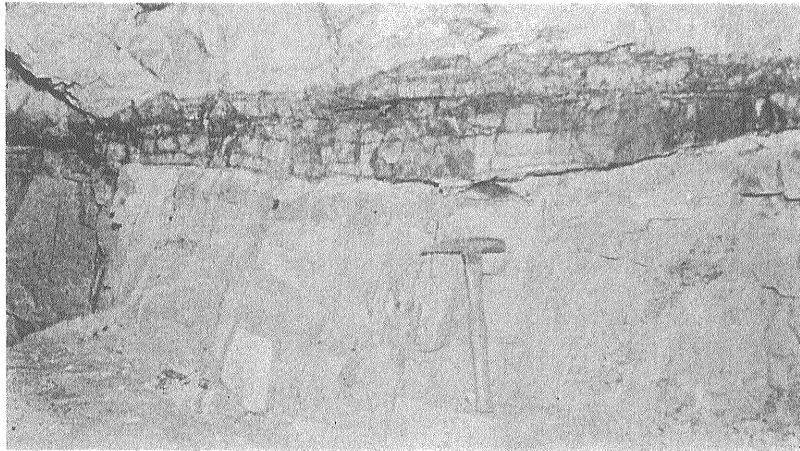
モリブデンは融点が高く 電極消耗が少なく 電気伝導度がよいなどの性質から 次のような用途がある。

タングステンの代りに電気接点として あるいは ガラス溶融炉の電極として用いられる。 純度の高いものは電子管のアノード グリッド および支持部分に使われる。

モリブデン線は 普通の抵抗材料以上の温度を必要とする時に 工業用炉 実験炉の加熱線として使用されるモリブデンの継目無し管は 水で冷却しながらアークで堅い金属に穴をあける放電加工機の電極に用いられる。

モリブデンの化合物は 薬品類や皮革の染料として用いられ 硫化モリブデンは最近自動車や工業用潤滑剤として用いられ始めている。

(筆者は鉱床部核原料資源課)

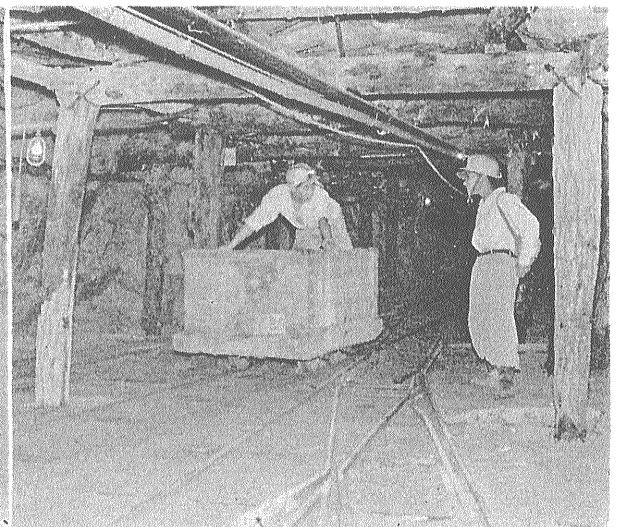


この地方の鉱脈はすべて緩傾斜である 東山鉱山三号鉱を1例にして説明する

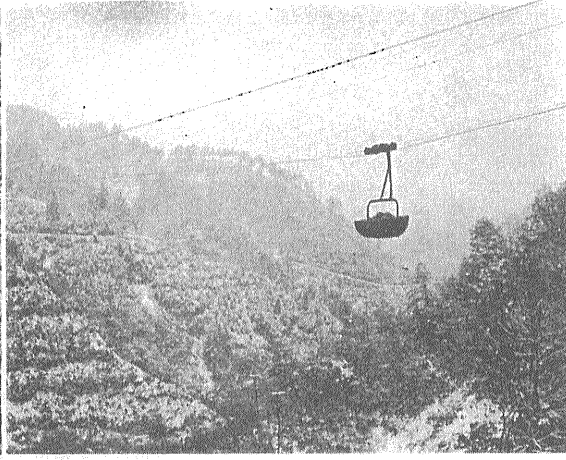
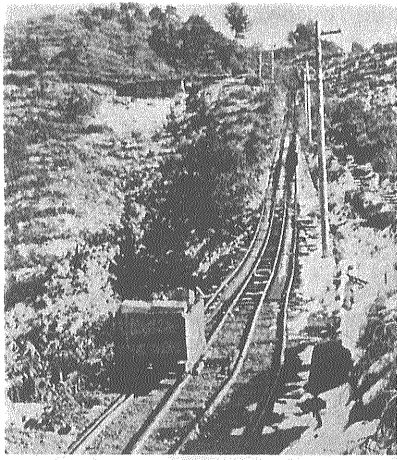
← 透明でない石英が 細粒の輝水鉛鉱 (黒色) を含んでいる傾斜は手前に 15° 脈幅 20~50cm 脈幅品位 10~20 % MoS₂で富鉱部の1部である



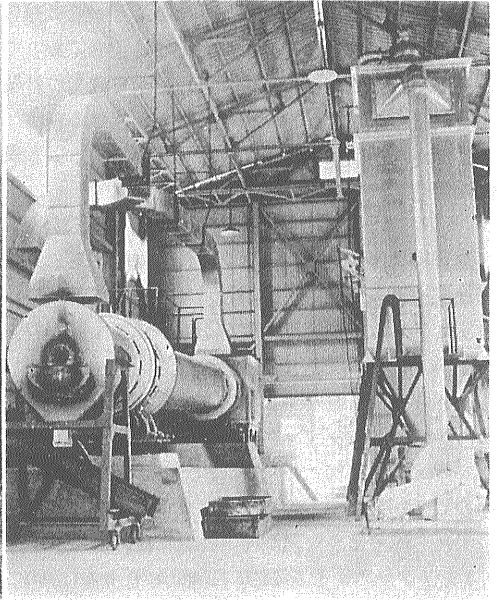
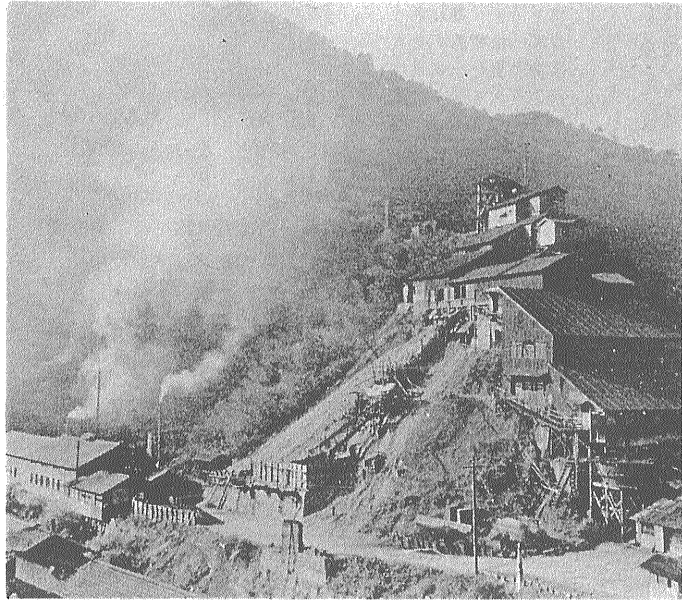
緩傾斜なので一般の金属鉱山でみられるような切上り 切下りはなく採鉱条件は良い



したがって整坑もなく もっぱら親採し斜坑が発達している



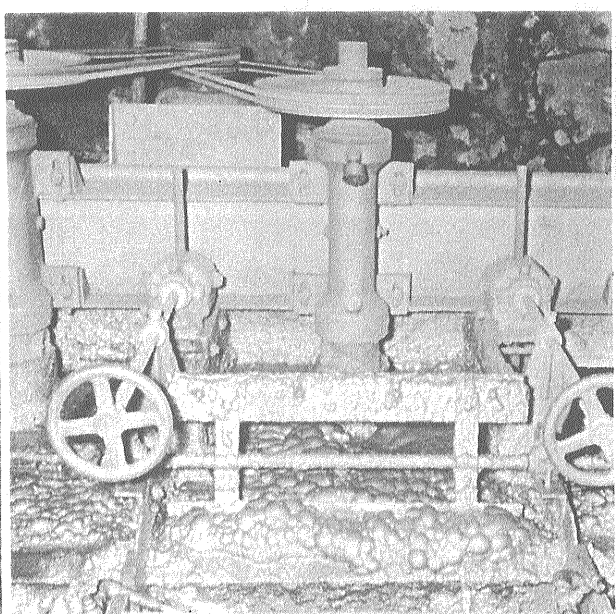
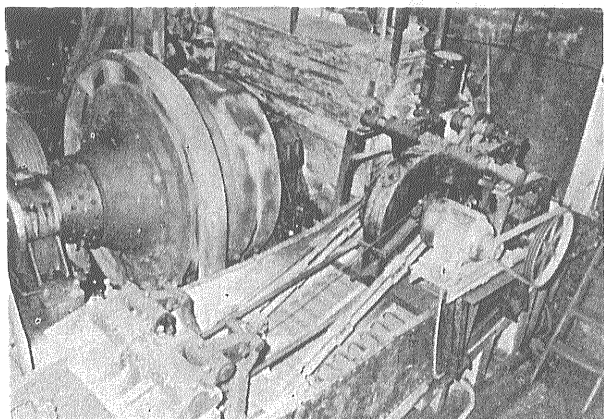
← 左 2 葉の説明
 運搬はインクラインが発達しているが清久鉱山では索道なども使用している
 最大規模であった「清久本鉱」は右写真の左の建物付近から右の左はしにかけて清久山(565.4m)の山脈をとりまいた



旧 運 鉱 場 と 焙 焼 工 場

新焙焼工場の中核をなすロータリーキルン(左)とコットレル(右)

この地方の三大鉱山である大東・清久・東山の各鉱山はそれぞれ自山で選鉱し二硫化あるいは三酸化モリブデンとして販売している 浮遊選鉱で得られた精鉱の一部は焙焼して三酸化モリブデンにして販売される 焙焼法にはいろいろあるが この新流動焙焼法は焙焼後の残存硫黄の少ないことと実収率がよいなどの長所がある



ボ ー ル ミ ル と ド ル 型 分 級 機

フ ロ ー テ ー タ ー