

邦 訳 地下空間への破碎機設置について^{※)}

著者：King Lim氏^{※※)}

鷲見明彦^{※※※)} (翻訳)

地下採掘（アンダーグラウンドマイニング）では機械の設置のみならず、安全や保守に関して独特の要求が求められます（写真1）。地下空間への1次破碎機の設置や掘削は複雑で大きなコストが必要となり、注意深い計

画が成功の鍵となります。地下空間への1次ジョークラッシャー設置計画で何が最大のポイントになるでしょう？



写真1 地下採掘（アンダーグラウンドマイニング）では機械の設置のみならず、安全や保守に関して独特の要求が求められます。

※) results 2014 No.1 pp38～pp43

※※) メッツォ・ミネラルズ社 鉱山用破碎機事業部 副社長

※※※) 特別正会員 宇部興産機械(株)大宮サービスセンター 編集委員

1. プラントのサイジング

地下鉱山における1次破碎プラントの設置には通常の地上プラントと比べ多くの制約事項があり、地上プラントと比べ、決して安いものではありません。

1次破碎設備能力と鉱物の地上への搬送設備の能力は、そのままその鉱山の生産能力に直結します。

鉱山の要求される能力は、破碎機の種類とサイズ・台数が決定要素となります。ほとんどの機器供給メーカーやEPCMプロバイダーは、この要求に対応する機器選定のシミュレーション・計算ツールを持っています。

2. ジョークラッシャーにするかプライマリージャイラトリーにするか？

ジョークラッシャーは、時間当たりの通過量が1,000トン/時以下の場合、ズリ抜き対応も含め最も多く選択される機種です（イラスト1）。又、1,000トン/時を超

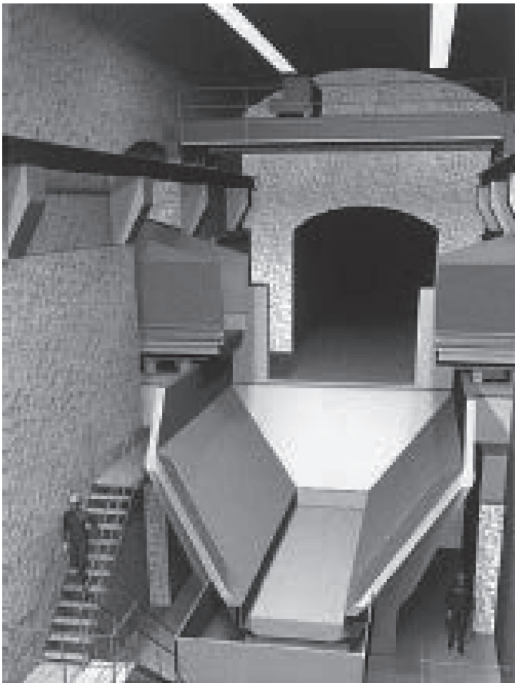


イラスト1 インメット鉱山社のフィアサルミ鉱山の地下破碎設備。

プラントは、1.4キロ上の地上操作室より自動運転されている。フィーダーは、プッシュフィーダーが使用され、ズリ抜きはしていない。

える能力要求になると、ジャイラトリークラッシャーを選定するケースが増え、2,000トン/時程度となると、ジョークラッシャーが選定される事は並列設置以外ほとんど稀になります。能力は原石サイズや原石の性情、さらには破碎後の製品粒度の要求内容によって変わってきます。ほとんどの場合、1次破碎は次の2つの事を求められます。1つは、原石を運搬できるサイズまで十分に細かいサイズにする事。もう一つは、次工程の破碎に適する破碎粒度にする事です。どちらの機器を選定としても、破碎後の製品のサイズは一般的に200-350mmのトップサイズとなります。このサイズは、コンベヤー搬送上やほとんどの2次破碎機の投入原石として問題になる事はありません。このトップサイズにするために、原石の性情にもよりますが破碎機の閉じ側セット値は200mm以下に設定する必要があります。鉱山の地下空間から地上までの運搬にコンベヤーを使わない場合、他の方法としてスキップホイスト方式があります。スキップホイストのサイズにもよりますが、一般的にスキップホイストを使用する場合、原石はより細かくする必要があります。

原石の中の非破碎物を1次破碎機の部分で除去する事は、極めて難しい事です。破碎機の下流にコンベヤーがある場合、磁選器などを使って取り除く方が一般的です。このような方法で、非破碎物を少なくとも次工程に送り込まないことが必要です。地下鉱山での原石は一般的に露天掘り採掘での原石より細かい原石です。したがって、破碎機通過能力は露天掘りの能力より大きくなります。しかしながら、オーバーサイズの原因が来たときの処理方法を準備しておく必要があります。

インメット鉱山社のフィアサルミ鉱山の地下破碎プラント。プラントは、破碎機の1.4km上の地上の操作室から自動運転されています。プッシュフィーダーから直接破碎機に投入しており、スカルピング処理はしていません。

3. ズリ抜きをするか、ズリ抜きをしないか？

ジョークラッシャーの場合、一般的にスカルピング処理をすることをお勧めいたします。一方ジャイラトリークラッシャーでは、原石をそのまま投入することが一般的です。その理由として、ジャイラトリークラッシャー

は破碎室が大きくライナーが急角度で、偏芯量がセット値に比べ小さい為、細粒分が抜けやすいため、細粒分に対して敏感でない機械だからです。1次ジャイラトリークラッシャーはその運動が直線的でシングルトルジョークラッシャーに見られるような粉碎作用の動作をせず、単純に圧縮破碎であり、ライナーの消耗も破碎量に比し少ない傾向にあります。

a) ジョークラッシャーで、スカルピングが推奨される3つの理由

- ・クラッシャーのセット値以下の細粒分をバイパスさせる事により、プラントの能力を上げ、エネルギー消費を抑える事ができます(図1)
- ・ジョークラッシャーは、ジャイラトリークラッシャーに比ベトン当たりのマンガン鋼の消耗は早くライナーの寿命は短いですが、細粒分をバイパスさせる事消耗品の寿命を延ばすことが出来ます。
- ・細粒分をジョークラッシャーに投入するとパッキングにより、ピークのスレス加重が大きくなります。原石が圧縮される時起こる現象で、鉱山では、水分によりこのパッキングはより顕著に発生します。

このスカルピングは最もコンパクトに行う場合は、振動グリズリーが採用されます。効果的なスカルパー作業をする場合、フィーダーと別置きスカルパーで対応する事もできます。

b) スカルピングのポイント

- ・スカルパー目的の為にグリズリーを付ける事は、コストアップになりますし、保守作業も増えます。このグリズリー機能をつけることにより、付属のシュートやバイパス機能も作らなければなりません。このことによる作業性への妨げを作る事になるかもしれません。
- ・地下鉱山の場合、地上採掘の場合以上にロックボルト・金網・ワイヤーケーブル・木片など異物の混入の可能性が高く、グリズリーへの詰まり原因が多くなります。
- ・クラッシャーが遠隔操作され、なおかつ自動運転になればなるほど、グリズリーでの予期せぬ詰まりの発生件数は増えます。この時、誰かが詰まりの箇所に行って掃除する必要があり、それにかかる時間が無駄になります。このことにより長期的な観点から、稼働率は下がり、プラントプロセスの信頼性は低くなります。

・現実的にこのような問題は、上述の理論的に計算された破碎機のサイズより大き目の破碎機を選定する事で、プロセスの変動に柔軟に対応できる様になります。

【プロセスフロー】

- ・グリズリー有：800mm金鉱石の平均的粒度
- ・グリズリー無し：800mm金鉱石の平均的粒度(1次破碎プラントにおける、スカルピング有となしの場合の能力試算)

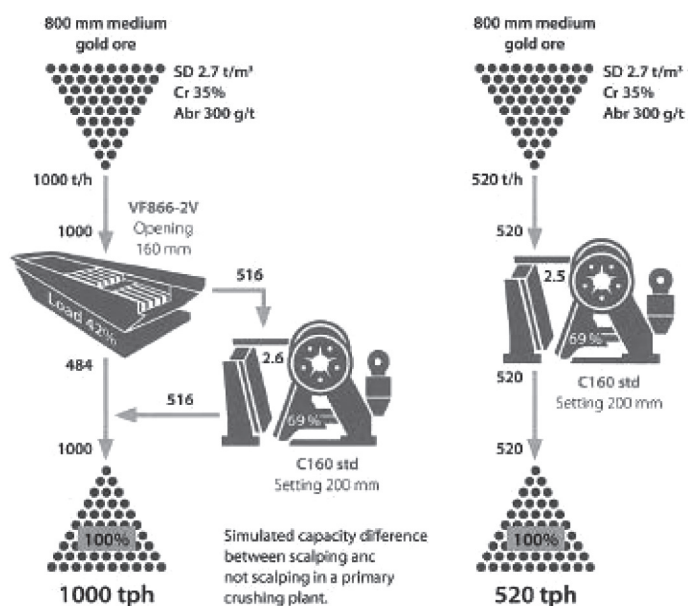


図1 能力試算。左はズリ抜き処理。右はズリ抜き処理なし。
ズリ抜きにより能力アップが期待できる。

4. 将来の必要な能力への考慮を忘れてはいけません

機械の設置確認は、1次破碎機は鉱山の中で最も深い場所での設置になる為、そう簡単な作業ではありません。ほとんどの機材は縦坑からつり下ろされますが、斜坑のアクセス道路は設置時に柔軟である必要があります。危機の中で最も重要な機器はクラッシャーそのものです。フィーダー・ビンやそのサイズや重量から見ても取り扱いは難しいものではありません。その観点からもボルト締結構造のクラッシャーは有利といえます。1部のジョークラッシャーはその様なボルト締結構造になっており、ジャイラトリークラッシャーはほぼ全て、ボルト締結構造になっております。ボルト締結構造になっているとはいえジャイラトリークラッシャーの場合、54インチのクラッシャーでは上部シェルの重量は85トンもあり、吊り下げ能力とそのサイズの面々に大きな問題が生じます。最も大きなメッツォ社のC200(写真2)の最大の重量物であるピットマンアッセイでも、重量は40トンで保守

時の吊り上げに必要な高さは5mプラス釣上げ余裕分です。

メッツォ社のクラッシャーの吊り下げ用クレーンは、本来保守作業用のものですが、実際では組立て用に使用可能です。天井門形クレーンは、地下空間1次破碎設備用としては一般的に使用されており、そのエリアでの作業をするには十分な能力を持っています。吊下げ機器を選定し吊下げに十分なスペース(高さ)を確保する時、将来の需要に見合う能力を充分吟味し、キーになる部品の重量対応を考慮しておく必要があります。現状の機械の置き換えを検討する場合、実際選定する機械のクラス大きい機械での設置検討をすることにより、更なる掘削作業や大掛かりな改造を防ぐことが出来ます。

クラッシャーはしばしば地下空間の下部の破碎設備の上部に取り付けられ、設置時に実用面・安全面・保守面が検討されます。安全且つ速やかな作業員の上部・下部へのアクセスや吊下げについても検討する必要があります。

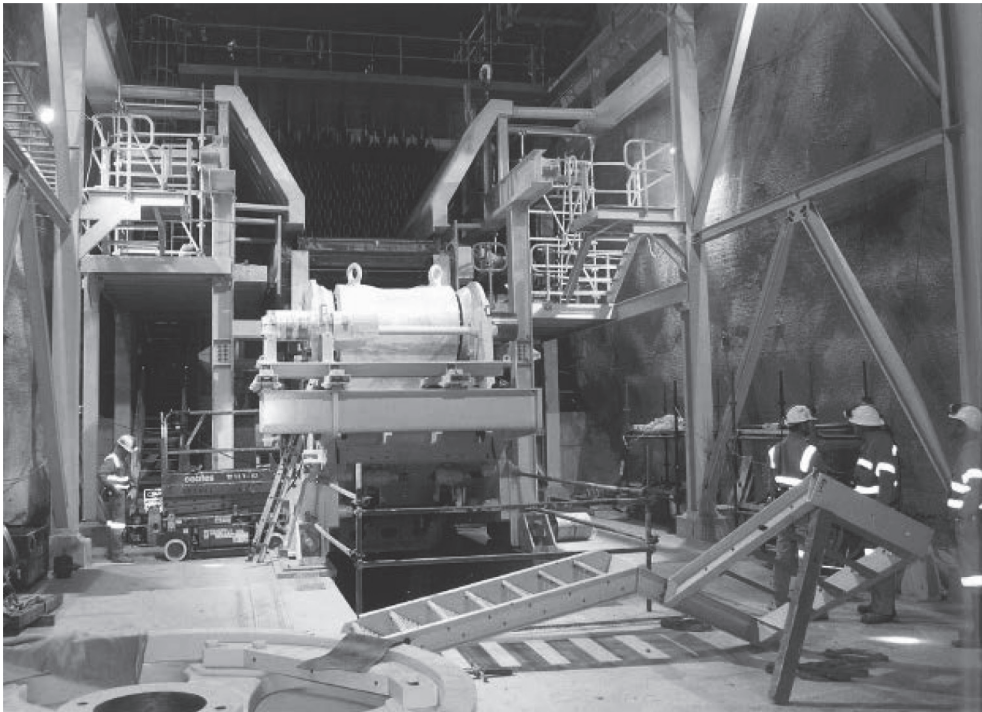


写真2 ニュークレスト鉱山社カディアバレイ金鉱山に設置のメッツォ社C200ジョークラッシャー。

5. 保守性を十分考慮し、機械の稼働率を最大に保つことが重要です

プラントの信頼性と高い稼働率を達成する為に、設置計画時点で将来の保守点検に必要とされる事を前もって考慮しておく必要があります。通常保守で必要な消耗品や予備品の吊下げの適切な位置へのジブクレーンやモノレールの設置がひとつの回答となります。大型のクラッシャーになれば、工具や取付ボルト類などでさえ吊下げ機器の使用が便利です。

良く質問される内容に“クラッシャーから吊り上げた部品類はどこに置けば良いのですか？”というものがありますが、十分な置場スペースや上部空間の確保は基本となります。スペースの有効利用の方法として、主軸用の穴を開けておくという方法があります。ジョークラッシャーの場合その穴の脇にピットマンを寝かせ、穴を利用してベアリング交換を行うときに利用したり、ジャイラトリークラッシャーのシャフトを垂直にたて置きた

りできます。この作業穴を使用しないときは、カバーして平坦利用することも出来ます。予防保全や予防点検などはその前もっての計画や視覚検査・潤滑計画などのしっかり取り決めをすることが重要となります。もし、点検・サービスポイントが近づけない場所にあると、との部分は見逃されがちとなります。現在使用されている3Dキヤドを使用すれば、建設・設置前にサービスポイントへのアクセス状況など簡単に調べられます。

自動化や集中給油システムの導入などは費用対効果が高く、保守性を多に改善致します。地下空間でのプラント監視は、無人運転が一般的ですので、運転の自動化、故障診断システムや重要地点のカメラ監視などの利用が有効です。

6. 安全を最優先事項として計画します

プラント設計は安全を最重要ポイントとしてスタートいたします(図2)。

サービスのほとんどは、地面から行う場合でも適切な

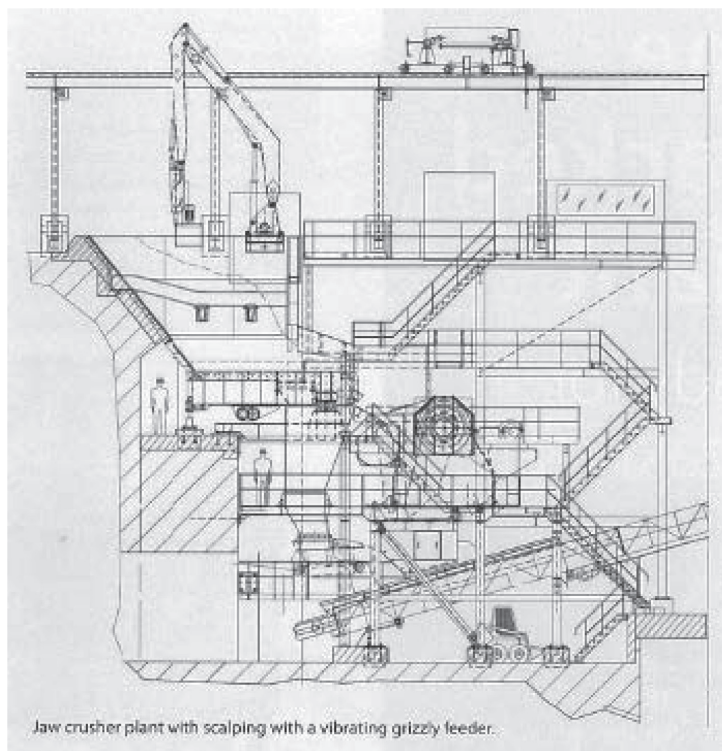


図2 ズリ抜きスカルパーと振動グリズリー1次ジョープラント概要図

サービストラットホームから行う場合でも、水浸しの足元や埃の積もった足元になら無い様にする事は可能です。クラッシャーの中に物や人が落ちる事を防ぐ事は、極めて重要です。特に、ジョークラッシャーは頻繁に消耗品交換作業があり、その対策は重要です。

驚く事に、吊下げ事故は中ぐらいのサイズの物が一番危険です。大きな部品は慎重に注意深く扱う為事故になりにくく、小さいものは報告するほどの事故にはなりません。通常の点検はしばしば限られた時間内に行わなければならない、日課となった保守作業は注意を払わないで行ってしまう場合があります。代表的な事故としては吊具による物があります。正しくない吊具の使用・使い方問題などで、手足の怪我につながり、時として重大事故につながる場合もあります。指導・教育・訓練や注意表示などは、事故防止に役立ちます。

1次クラッシャーの投入側の粉塵保護は、簡単ではありません。一般的にどこでも行われている方法は、霧状の散水です。最も制約の多いクラッシャー下などの空間では、空気の制御による局所的な集塵が簡単な方法です。

埃などの蓄積する地面などは、水洗浄が効果的です。

その場合、フローアに傾斜を付け、排出口と汚水溜めとポンプを持つことが有効です。もし、コンベヤー下などに多くの堆積物がたまる恐れがある場合、スキッド・ステアー・ローダーなどが有効です。火災制圧や火災における安全手順については、十分に検討する必要があります。破砕機プラントの火災はめったに起こりませんが、起こった時の被害が甚大だからです。

7. 1次破砕プラントにおける。リスクになる要素

最後に1次破砕プラントにおける、リスクになる要素を下記の通り取り上げます。

- ・消耗品／パーツ類の吊下げ作業時
- ・機械の中、又は外部への転落
- ・破砕室での原石詰まり時
- ・フィーダー、グリズリーやクラッシャーからの不純物除去時
- ・回転物や摺動部
- ・粉塵