

HPGR（ダブルロール破碎機）の導入成果及び新しい活用方法のご紹介

UBEマシナリー株式会社
産機事業本部 破碎機グループ
宇部サービスセンター
主任 加納 篤

1. はじめに

2023 年より販売開始した Metso 社製ダブルロールクラッシャ HPGR (High Performance Grinding Roll) (図 1 に HPGR8 の構造図を示す。) は、優れた省エネ性能、省メンテナンス性、省スペース性が評価され短期間のうちに国内で砕砂製造用として 7 台を受注し、その多くが現在、稼働している。本稿では、稼働中の砕砂製造用 HPGR の実績（導入成果）及び砕砂専用以外の HPGR の新しい活用方法を紹介する。

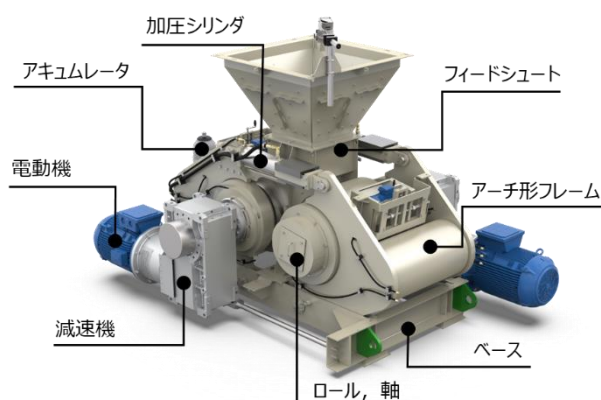


図 1. HPGR8 の構造

2. HPGR8の特長

まずは HPGR の特長について説明する。

HPGR は 2 つのロールで構成され、ロールは減速機を経由して電動機により回転する。HPGR に投入された原料は一定の隙間に設定され且つ双方油圧シリンダーで加圧された状態の 2 つのロール間で破碎される。ロール隙間、ロール圧力は遠隔で任意に設定が可能であり、破碎粒度を自由に変更する事が出来る。HPGR 破碎室においては原料レベルが一定に保たれるように自動制御され、ロール間においては粒子同士での粒子間破碎が促進され、効率的な破碎が行われる。これにより立方体形状の製品を安定的に生産する事ができる。

(1) ロール間に於ける破碎の流れ

予備圧縮破碎ゾーン

ロールに噛み込まれた時点から加圧力が働き始め徐々に原料間の空隙を削減する。

圧縮破碎ゾーン

ロール間での最大の加圧力が働き、空隙はほぼ無くなり、圧縮破碎、粒子間破碎が起きる。

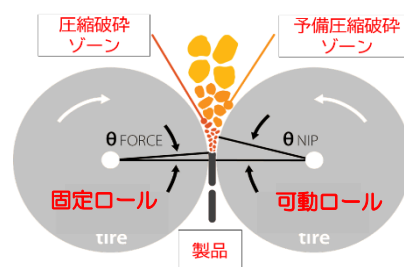


図 2. 破碎の流れ

(2) 空隙が製品形状へ与える影響

空隙が多い場合、単位原石あたりで破碎力を受ける作用点数が少ない為、「圧縮破碎」の割合が増え、得られる製品は扁平な形状が多くなる傾向がある。

一方で、空隙が少ない場合、作用点数が増加することで圧縮力のみならず剪断力も働き「粒子間破碎」の割合が増え、扁平な原石は全方位から作用する圧縮・剪断荷重により弱い箇所（原石の断面係数が小さい箇所）から優先的に破碎され、その結果排出される製品は立方体に近い形状となり、製品の粒形判定実積率の高い製品が生産される。

(3) 多彩な粒度調整項目

砕砂生産用として多く稼働しているロッドミル、ボールミルは粒度を調整する方法としては水量の増減が採用されている。HPGR の場合は粒度を調整する方法としてロール圧力とロール隙間の 2 つがある。両方とも遠隔から調整が可能であり且つ設定変更後に即座に排出粒度が変化す

るため、応答性が極めて良い。

3. HPGRの国内での砕砂製造実績の紹介

現在砕砂用として稼働中のHPGR8の内、代表的な2台の稼働実績を紹介する。

3.1 A社の納入事例（2024年8月納入）

（1）概要

本客先は、乾式砕砂生産設備の増産用として余剰品原料から砕砂を生産するためにHPGR8の導入を計画し、2回の破碎試験を実施したのちに2024年8月にHPGR8が導入された。（写真1．写真2．）



写真1．HPGR8設置状況



写真2．プラント全体

（2）導入経緯

HPGR8を導入するにあたり下記の客先の要求を満足する必要があった。

コンクリート用砕砂の品質基準のひとつとして、微粒子分（ $-75\mu\text{m}$ ）の量は9.0%以下であることが求められる。一般的に破碎機を用いて砕砂を生産する場合、微粒子分量はこの数値を超えてしまう事が多い。そのため、乾式もしくは湿式分級機を用いて砕砂中の微粒子分を取り除く必要がある。客先も既存設備においては、エアセパレ

ータ（乾式分級機）を用いて砕砂と微粒子分を分離していたが、今回のHPGR8の導入条件として、HPGR8で生産した砕砂の微粒子分量が9.0%以下であること、すなわちエアセパレータを使用しないことを要求された。

（3）導入成果（砕砂粒度及び微粒子分量）

導入後の運転データよりHPGR8の砕砂の微粒子分量は6.0%と品質基準を満たす製品を生産できることが確認された。また、事前に実施した破碎試験での微粒子分量は5.8%であり、破碎試験の再現性、信頼性も実証出来た。（図3．参照）

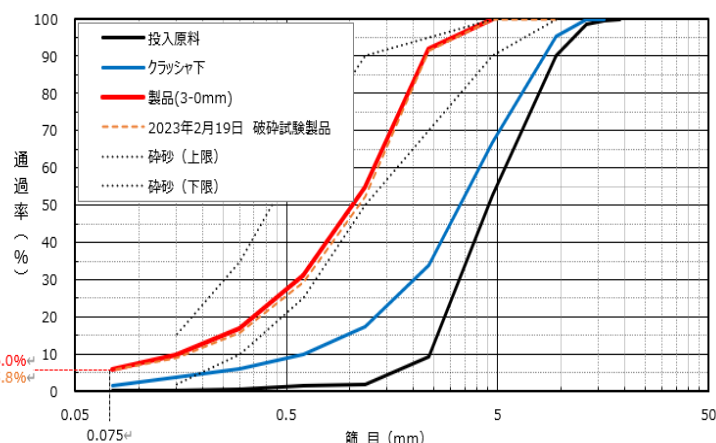


図3 HPGR8 粒度分布データ

3.2 B社の納入事例（2023年12月納入）

（1）概要

本客先は、ロッドミルにて湿式砕砂を生産していたが、ランニングコスト（高額な消耗品コスト、電気代）に課題を抱えていた。その課題を解決する手段としてHPGR8での導入検討が始まり、破碎試験を経て2023年12月にHPGR8を導入された。（写真3．）

（2）導入経緯

ロッドミルは数か月毎に消耗部品であるロッドを交換する必要があり、部品代および交換コストが高くなる傾向にある。また、定格動力も220kWを使用しており、生産コストは電力代、消耗品代の合計で約450円/t（ロッドミル）と算出されている。

HPGR8においては、事前の破碎試験結果をふまえて推定生産コストは約380円/tと算出されており、生産コストの削減と運転調整の容易さが導入の決め手となった。



写真3. HPGR8設置状況

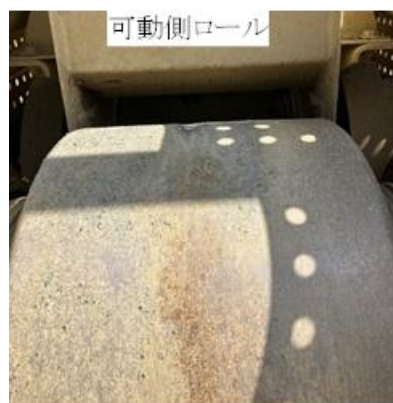


写真5. 可動側ロール摩耗状況（1800 時間経過後）

(3) 導入成果（運転コスト）

納入時の負荷試運転結果とその後の経過観察結果については下記のとおりである。

① ロール寿命

2025年5月時点で運転時間は1,800時間を超えており、ロールの摩耗率は45%である。これにより推定ロール寿命は約4,000時間を超えると見込まれている。（主要消耗品の取り換えは約3年間不要）

その結果、現段階での推定生産コストは消耗品と電力代を合わせて約300円/tとなり、ロッドミルと比較して約33%コスト削減が達成された。

固定側、可動側ロール共に偏摩耗することなくほぼ均等に摩耗が進行している。これはMetso独自のフランジ付きロールと原料レベル制御効果によるものと考察している。均等にロールの摩耗が進行することはロールの長寿命化、生産能力、破碎製品粒度、粒径の安定化等多くのメリットがある。



写真4. 固定側ロール摩耗状況（1800 時間経過後）

4. HPGRの砕砂専用用途以外での活用方法

4.1 C社の提案例砕砂と炭酸カルシウムの同時生産

セメント工場向けに、老朽化した2台のボールミルの更新案として提案したものを下記に紹介する。C社は現在砕砂及び炭酸カルシウムを湿式ボールミルと乾式ボールミルの2台で別々に生産している。当社の提案は2台のボールミルを撤去しHPGR1台で砕砂と炭酸カルシウムを同時に生産するものである。（図4.5.参照）

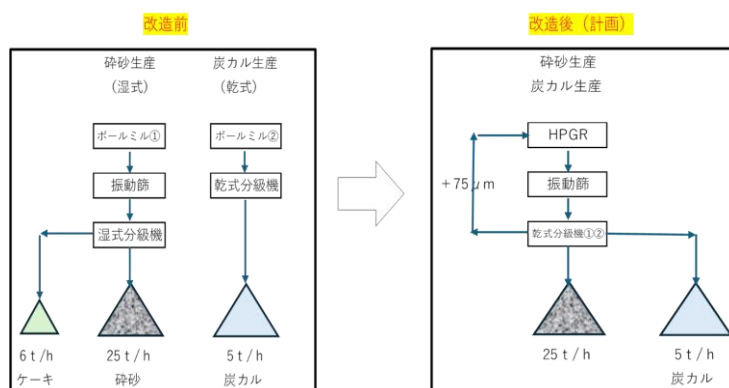


図4. 砕砂と炭酸カルシウム同時生産提案フロー例

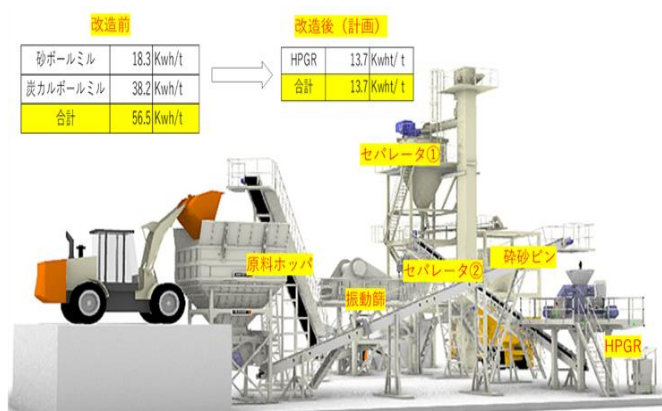


図5. 砕砂と炭酸カルシウム同時生産提案配置図

本提案の採用メリットは以下のとおり

- ① 動力原単位的大幅削減（▲75%削減）
- ② 湿式ボールミルから排出されていた脱水ケーキ（廃棄物処理）を炭酸カルシウムとして有価販売が可能となる
- ③ ボールミル撤去によるプラント敷地の確保及びメンテナンスコストの大幅削減

本提案は湿式ボールミルから排出される脱水ケーキの処理に困っている砕石業者様にも参考になると考える。脱水ケーキは自然由来の原石の湿式ダスト（通常 $150\mu\text{m}$ 以下）の集合体であり、人体に害があるものではない。石灰石の場合の例ではあるが、図6. に示すように粒度毎にダストには用途があり活発に国内で売買がなされている。砕石用の一般岩石でも所定の粒度で分級した乾式ダストであれば同様な用途での活用の可能性はあると考えられる。その場合は、従来は処理費用がかかっていた脱水ケーキが有価物として再利用できる可能性も出てくる。

図6. 石灰ダストの粒度毎の活用事例

粒度	主な用途	参考価格（円/t）	国内年間消費量
$150\mu\text{m}$ 以下	舗装材、製鋼用、鋳物用粗粉体	2,000~3,000	約1億t以上
$75\mu\text{m}$ 以下	アスファルトフィラー、排煙脱硫材	3,000~4,000	数百万t規模
$45\mu\text{m}$ 以下	ゴム・プラスチック充填材、塗料、紙	4,000~8,000	数十万t規模
$32\mu\text{m}$ 以下	医薬品、食品添加物、電子材料	10,000以上	数万t規模

5. 終わりに

以上、HPGR砕砂製造の実績（導入成果）及びHPGRの新しい活用方法の紹介を行った。

ダブルロールクラッシャーでの砕砂製造は従来から取り組まれているが、ロールの偏摩耗に起因する消耗品コストが高額となる課題があり、広範な普及には至っていなかった。

Metso製HPGRはこの偏摩耗の問題を解決し消耗品の長寿命化が実現出来たことで、メンテナンスコストの低減に寄与する砕砂機として、その有効性が実証されつつある点は非常に意義深い。

また、本稿では砕砂製造用途以外でのHPGRの活用提案事例を紹介させて頂いた。C社の事例ではHPGRはロール型粉碎機として、微粉の製造にも適応可能という特性を活かし、脱水ケーキを排煙脱硫用炭酸カルシウムに代替える提案を行った。脱水ケーキ（湿式、 $-150\mu\text{m}$ ）の有効利用の一例として参考になる事例になると考える。

さらにMetsoがHPGR8をトレーラー上に搭載したNWHPGR8を発売したので補足として紹介する。（写真8.図10.参照）



写真8 NWHPGR8外観写真

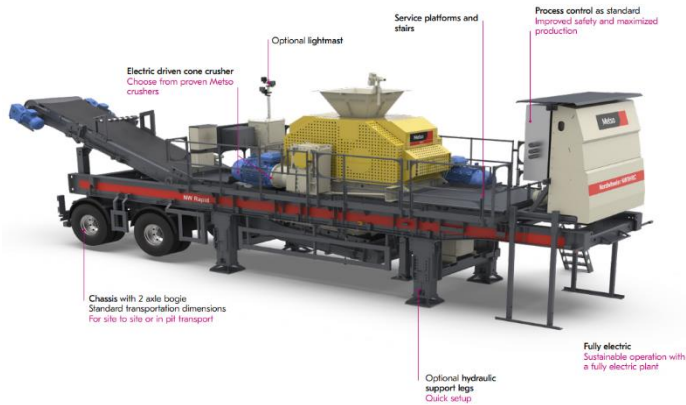


図10 NWHPGR8 外観図

NWHPGR8はHPGR8、排出コンベヤ、制御装置等が普通トレーラー上に搭載されており、複数の現場を簡単に移動することが出来る。ロッドミル、ボールミルのような重厚な基礎や架台は不要であり、投入コンベヤとエンジン発電機を準備すれば即砕砂他の生産が可能である。欧州では複数の砕石工場を所有しておられる砕石業者様が各工場に夫々固定式砕砂設備を設置するのではなく、需要に合わせてNWHP8をその工場に持ち込み必要な量の砕砂を必要な時期に要求された品質で生産する手法により電気の基本料金、固定資産税、メンテナンスコストの削減、従業員の休日増、残業削減で大きな成果をあげておられる。

当社はパートナーであるMetsoと更に連携を深め、今後とも日本の顧客様の省エネ、省力化に貢献できる商品とサービスを提供していく所存である。

以上