

HPGR（ダブルロール破砕機）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 破砕機グループ
大阪サービスセンター
作野 翔平

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。

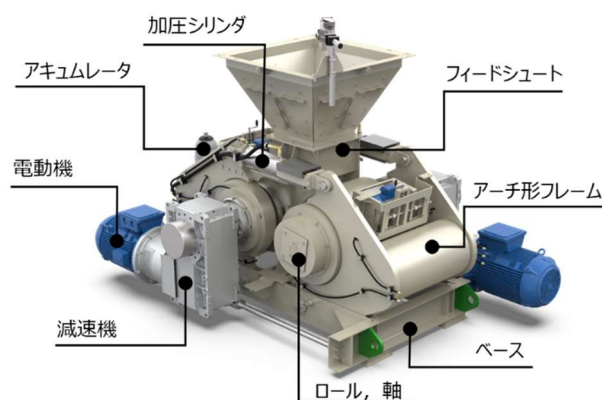


図 1. HPGR8 の構造

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 つのロール間で破砕される。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、破砕粒度を自由に変更する事が出来る。HPGR 破砕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砕が促進され、効率的な破砕が行われる。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砕の流れ

予備圧縮破砕ゾーン

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。

圧縮破砕ゾーン

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

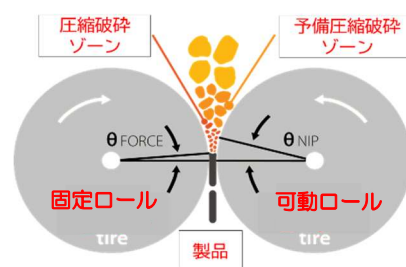


図 2. 破砕の流れ

(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砕力を受ける作用点数が少ない為、「圧縮破砕」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「粒子間破砕」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）から優先的に破砕され、その結果排出される製品は立方体に近い形状となり、製品の粒形判定実績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）

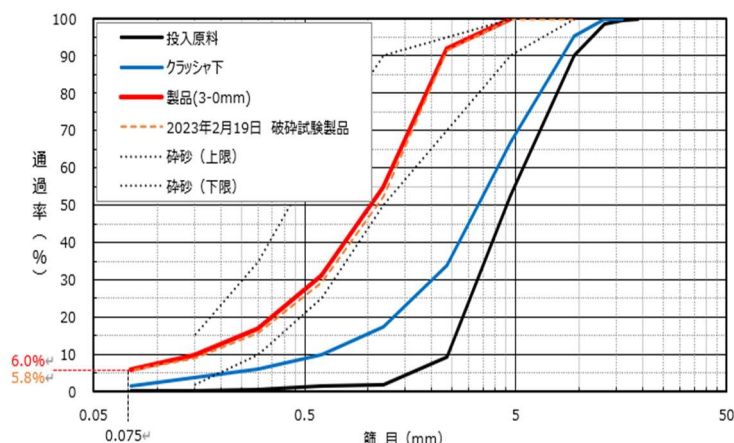


図3 HPGR8 粒度分布データ

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）

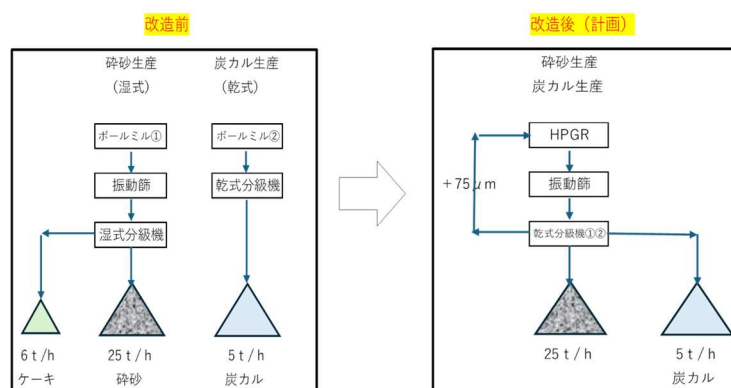


図4. 砕砂と炭酸カルシウム同時生産提案フロー例

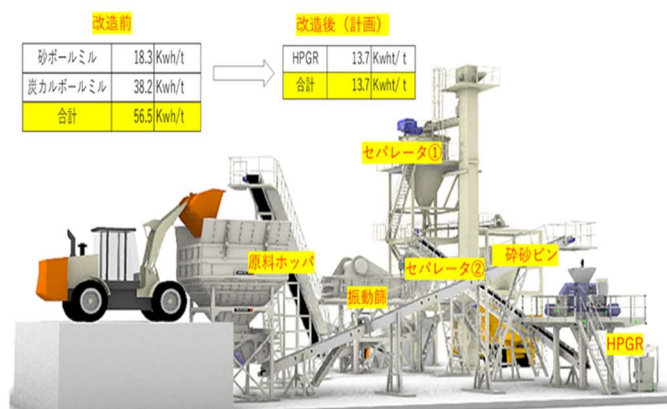


図5. 砕砂と炭酸カルシウム同時生産提案配置図

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. に示すように各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 μm 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 μm 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 μm 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 μm 以下	医薬品、食品添加物、電子材料	10,000以上	数万t規模

4.2 D社の提案例 バーマックに変わってHPGRを活用

多くの砕石場では骨材の整粒用でバーマックが稼働している。バーマックも優れた破碎機ではあるが以下の課題がある

- ① 消費動力原単位が高い
- ② 整粒効果の調整ができない

上記2つの課題を解決する為に2次コーンクラッシャ下流に設置したバーマック B7150SE（写真6.）をHPGR8に取り換える提案について紹介する。



写真6. バーマック B7150SE 外観写真

図7.は現状の B7150SE でのフロー、図8.は HPGR 8を整粒機で使用した場合のフロー及び図9.に運転データ比較一覧表を示す。原石は硬質砂岩である。

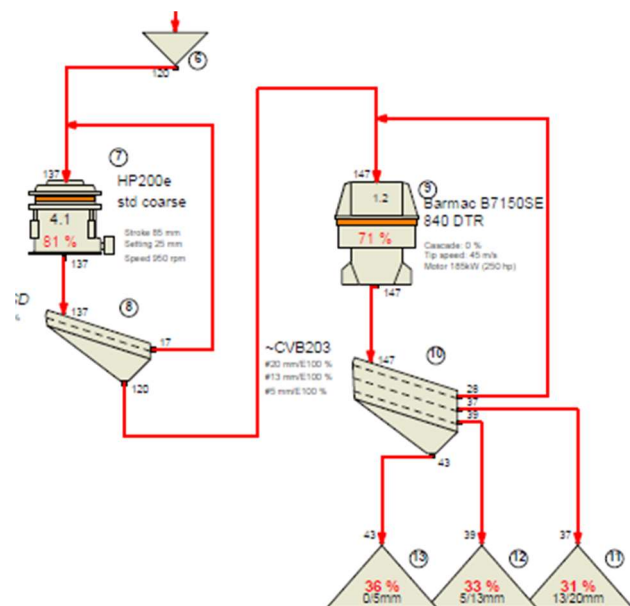


図7. 既設 B7150SE のフロー

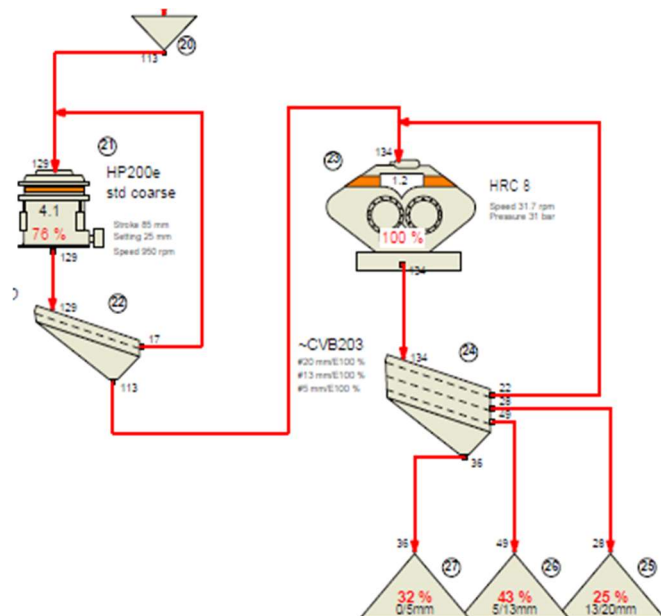


図8. 整粒機 HPGR8 のフロー



写真7 HPGR8外観写真

	単位	バーマック従来	HPGR 8 (Data1)	HPGR 8 (Date 2)
整粒破碎機		バーマック	ダブルロール	ダブルロール
型番		B7150SE	HPGR8	HPGR8
電動機 (定格)	Kw	185	150 (75 * 2)	150 (75 * 2)
ロール加圧力	bar	-	31	57
ロータ周速	m/s	45	-	-
ロール回転数	rpm	-	31.7	31.7
ロール隙間	mm	-	30	28
比較検討能力	t / h	120	113	120
原石名称		硬質砂岩	硬質砂岩	硬質砂岩
対象破碎機通過量	t / h	147	134	129
対象破碎機消費動力	Kw	131.1	28.5	41.7
20-13生産量	t / h	37	26	24
13-5生産量	t / h	39	49	45
-5mm生産量	t / h	43	36	52
20-5mm生産量	t / h	76	75	69
実績率 (20-05)	%	62	61.2	62
動力原単位 (20-05mm)	Kwh/ t	1.73	0.38	0.60
動力原単位 (-5mm)	Kwh/ t	3.05	0.79	1.25

図9 B7150SE と HPGR8 との運転データ比較一覧表

B7150SE と HPGR8 での運転データ比較に基づく考察は以下のとおり。

- ① -20mmの生産量を同じ120 t / hに設定したした場合、【バーマック従来】と【HPGR8 (Data2)】の比較において HPGR8 は B7150SE に比べ20-05 で動力原単位が▲65%低減出来る。
-5mm での動力原単位の比較では▲59%の削減が可能である。
- ② HPGR8 の整粒効果はロール加圧力とロール隙間の組み合わせにより変わってくるが、Data2 では20-05の実績率は62%となりほぼB7150SE同等の実績率の製品が生産出来る事が確認された。
- ③ HPGR8の場合ロール加圧力、ロール隙間の調整により20-05の5号・6号の割合を柔軟に調整できるため、受注割合に応じた運転が可能となる。

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 2 例紹介させて頂いた。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 μ 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。

D 社の提案事例では、骨材用整粒機とした高い市場シェアを有するバーマックに代わる選択肢として HPGR を提案した。HPGR は整粒効果の調整が可能であり、動力原単位も大幅にバーマックに比べ低減できることから今後の整粒機選定時の有力な代替え技術となる可能性がある。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

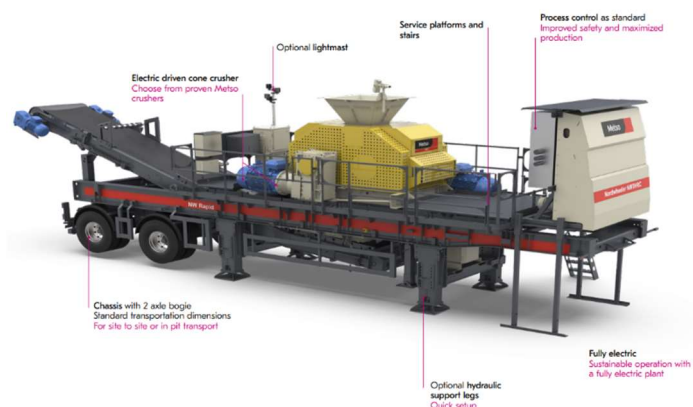


図10 NWHPGR8 外観図

NWHPGR8はHPGR8、排出コンベヤ、制御装置等が普通トレーラー上にすべて搭載されており、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