

各プロセスで違いが分かる高性能。だからプラント全体で大きな差！

破碎プロセスで見る ジョークラッシャ&コーンクラッシャ

●執筆者●
ノードバーク日本(株)
セールスサポート マネージャー
ミカ・マキネン

岩石の破碎プロセスは一般的なプロセス産業とは異なり、各処理段階中に全く性状の異なる原料が混在し、そもそも供給される原料の段階で粒度分布が同一であることが希です。粒度の変動、製品ニーズの変化により、破碎方法は、いよいよ複雑さを増すことになります。

碎石製品のニーズは、基本的に破碎量と品質の2つ。さらに品質は粒度分布と粒形の2要素で決定されます。破碎プロセスを設定する場合、量か質か、粒度か粒形か、2つのうちどちらかを優先することになります。しかし2つを両立する方法、つまり優れた粒形の製品を大量生産する方法論や、トン当たりのコストの低減法（プラントへの初期投資金額や稼働後のメンテナンスコストを最小にし、コストパフォーマンスを最大にする）についても、現在、研究が進んでいます。

質・量・価格の厳しいニーズに対するノードバークの対応を、プラントフロー設計や製品性能を通してご紹介しましょう。

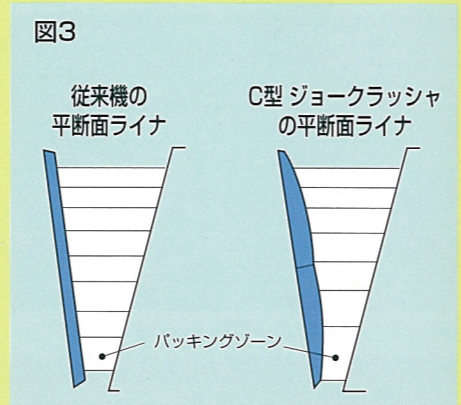
●原石
すべてのプロセスは原石の投入から始まりますが、この原石の性状、つまり破碎性、粒度分布、含水量、比重等の違いが、プラントの能力や製品の品質に直接影響を及ぼすのです。通常、メーカーがプラント・フローや破碎能力を計算する場合、

各国・地域の標準的な岩石のデータに基づいて行いますが、岩石の破碎性は、破碎機の処理能力、破碎後の粒度分布を左右するので、メーカーカタログの数値を比較する場合でも、標準岩と能力データを吟味する必要があります。一例では、石灰石の破碎は中硬度の花崗岩と比較して、約5～15%程度能力値が高まるとの報告もあります。（ノードバーク社の破碎能力表の標準岩は1500kg/cm²程度の花崗岩）

また投入原石の量は、フィーダを含む1次破碎ユニットの能力で制限されます。原石に細粒分が少ない場合、バイパス機能が働かないので1次破碎ユニットの能力が発揮されず、プラント全体の能力低下や下流破碎ユニットが適正運転できなくなる等の状態を引き起こし、最終製品の品質低下を招くわけです。

1次破碎用 C型ジョークラッシャ

1980年の発表以来、世界60カ国に1500台以上が輸出され、その実績が認められているC型ジョークラッシャ。高性能シングルトルジョークラッシャで、高硬度岩石からリサイクル材まであらゆる原材料を破碎でき、数々の特長を備えています。（図1参照）



シャフト回転数：クラッシャの回転数は、限界回転数以下か以上に分けられます。限界回転数とは、破碎室内の岩石がストロークごとに自然落下する速度とライナ後退速度が一致する回転数のこと。限界回転数より低すぎれば岩石がライナに密着して破碎能力が低下し、高すぎれば岩石とライナの間に隙間ができしまいます。C型ジョークラッシャの場合、限界回転数よりやや高めで回転するため、岩石はゆっくり丁寧に破碎されて、細粒分の多い優れた粒形の製品を生産できます。つまり優れた粒形をキープしながら大きい破碎比を確保できるわけです。（図2参照）
ライナの軌跡：この機種の開発では、破碎室内でのライナの動きについてもっとも時間をかけています。破碎室上部のライナはほぼ円を描いて動き、その直径は

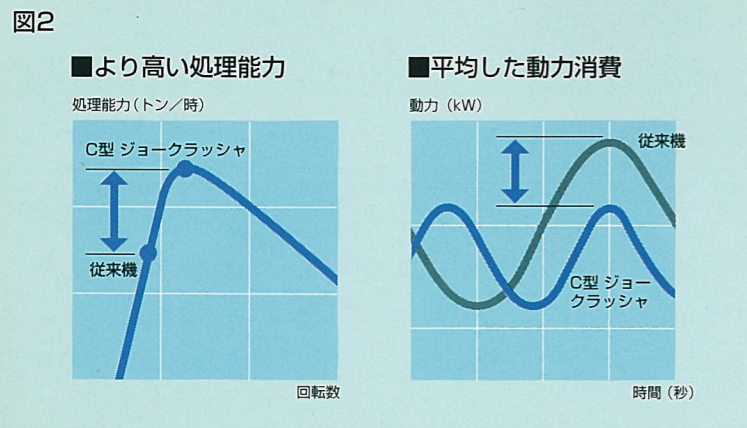
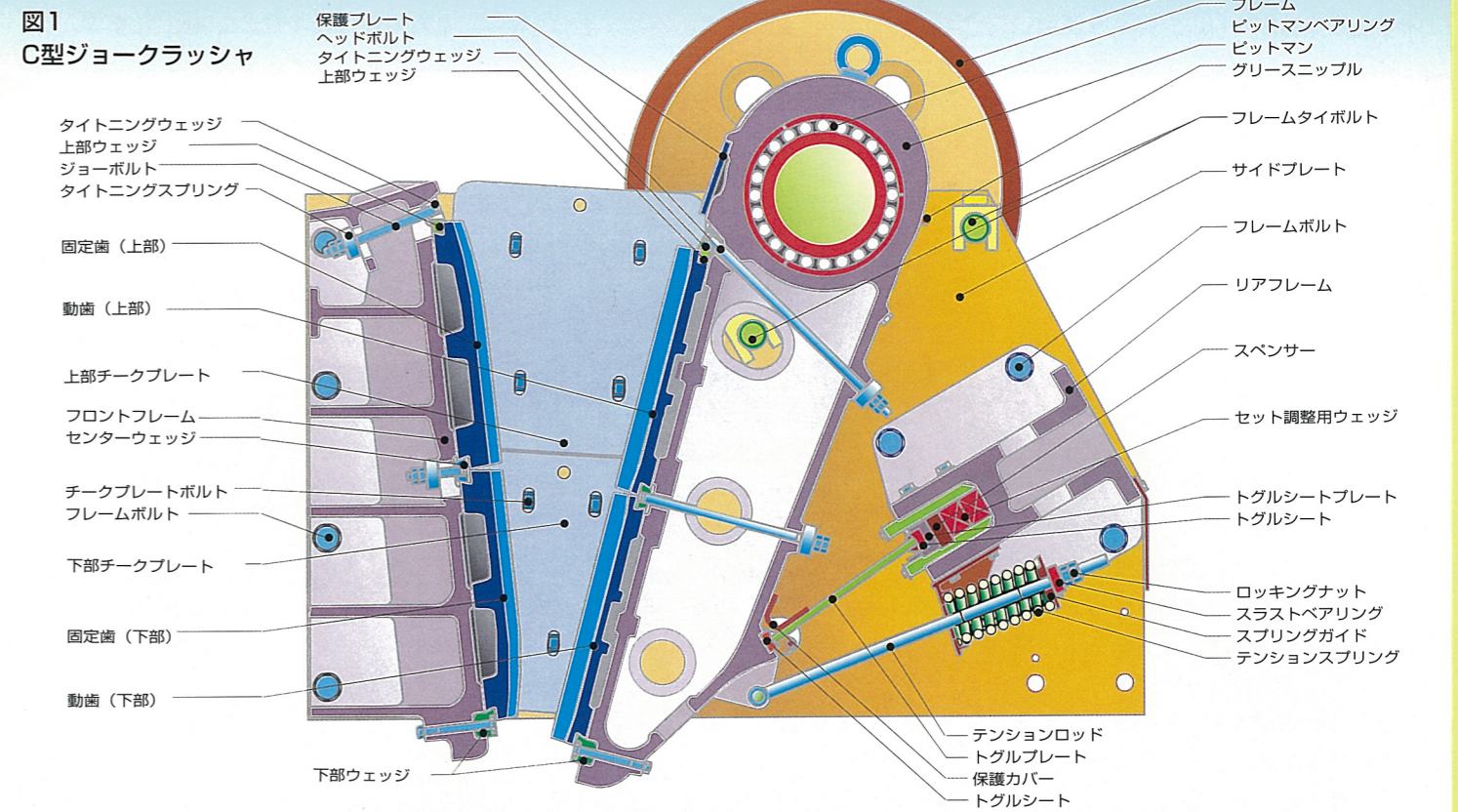
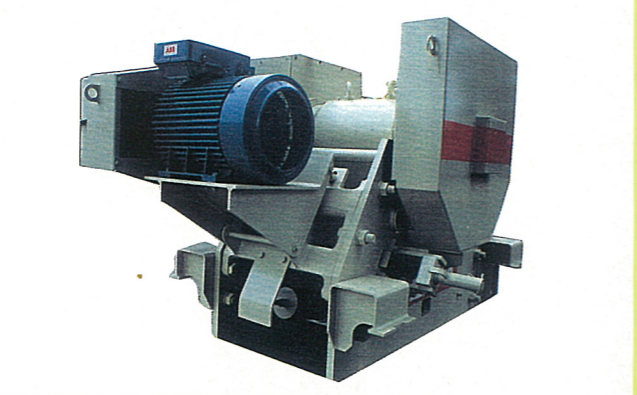


図4 モーターは本体へのダイレクトマウント方式



定格ストロークに一致しています。破碎室上部でストロークが十分であれば、入り口付近でも効率よく破碎が行われ、投入された原石が破碎室下方にスムーズに送り込まれることになります。またライナの円周運動は、破碎室下方に向けて次第に楕円形になり、往復運動による破碎が活発になります。

ニップアングル：2枚のライナで形成される角度のこと。C型ジョークラッシャでは比較的狭く、高硬度岩石の破碎でも岩石が破碎室から飛び出さないように、確実に岩を噛み込むように設計されています。投入口を大きくするためにニップアングルを大きく取ると、破碎室内で岩石が上下動して通過時間が長くなり、クラッシャの破碎能力が低下するので、実利的とはいえません。

チョーク運転：クラッシャの破碎能力と破碎比をフルに発揮するには、破碎室に原石が常に充満していなければなりません。しかし通常の破碎室形状で充満状態を保てば、細粒分で出口付近のパッキング（目詰まり）が起きやすくなります。パッキングの反発力は鉄の塊に匹敵するほどで、破碎機自体を破壊する恐れもあるので要注意です。C型ジョークラッシャは出口付近の形状を工夫し、パッキン

グを防ぐと同時に原石の通加速度を上げて高い破碎能力を確保しています。（図3参照）

ゼロ溶接構造：ボルトによる組立構造を採用していますから、クラック発生の原因となる溶接部分は一切ありません。また鋳造部品には全てノードバーク独自の特殊鋳鋼「バキューロック鋼」を使用。一般鋳鋼より耐衝撃性が30～70%高く、本体の耐久性向上と軽量化を支えています。

コンパクトなバランス構造：C型ジョークラッシャはアンカーボルト等が不要なバランス構造。衝撃吸収用ゴムマット敷フレームに置くだけで稼働を開始できます。またモーター台座をクラッシャ本体に取付けられるので限られたスペースにもラクに設置できます。（図4参照）

各種プロセスへの応用：1次破碎で大量の細粒分が必要なプロセスの場合、ライナ裏側に中間プレートを挟めば、ニップアングルを広げなくても破碎できます。またトルプレートシート側にスペーサーを出し入れしてセット範囲を広げたり（注：型式により異なる）、運転中でも楔型のウェッジを出し入れしてセット調整が可能です。油圧装置を使ったワンタッチボタン操作での調整、さらにプラントFA化も可能です。

2次・3次破碎用 G型コーンクラッシャ

高性能で耐久性に優れたジャイレトリータイプ（2点支持方式シャフト）。コーンサイズは4種類で、それぞれに2次用、3次用、ファイン（細割り）用があり、碎石の全用途に対応しています。初代モデルは1960年に発表され、現在は三代目。総生産台数は1300台を超え、世界中で稼働中です。（図5参照）

●優れた粒形のための高度な設計
優れた粒形の製品を作る決定的な要素は、粒子間破碎（破碎室内で岩同士がぶつかり合い互いの角を削り合う現象）です。G型コーンクラッシャは、原石に細粒分が少なく粒子間破碎を促進できない場合にも、ストロークを大きくして自ら細粒分を作り出す機能を備えています。（図6参照）

G型コーンクラッシャは、シャフトを上下2カ所でベアリング支持した、水平方向の負荷に強く破碎の応力を分散できる構造です。そのため破碎室形状を縦に長く設定でき、岩の落下距離と実破碎ストロークが長くなって、高い破碎能力を発揮。さらに粒子間破碎を促進しますから、優れた粒形が得られます。またノードバ

一貫独自の「バキューロック鋼」を使用した、軽量コンパクトで耐久性に優れた設計。部品数を低減したシンプルな構造で、メンテナンスや補修も容易に行えます。破碎機にはさまざまなプロセスに対応できる柔軟性が求められます。G型コーンクラッシャは、数種類のライナ形状と数段階のストロークをご用意していますから、多様なプロセスとニーズに合わせてお選びいただけます。(図7参照)

●3次・4次(ファイン) 破碎の場合

G型コーンクラッシャには油圧出口セット調整装置が装備されていますが、フローの変化に対してより的確でスピーディに反応するためには、ロコセットS型の使用が有効です。ロコセットS型は、原石の供給状態に変化が生じて、破碎機本体や出口部の負荷を一定に保ち、安全装置として機能します。またライナとコーンの接触面にはバック材は不要ですから、ライナ交換作業も短時間で済みます。2次破碎用のライナは、消耗した部分だけを交換して経済的に使用できる、上下2分割式です。

破碎プロセスの最適化

たとえば粒形・粒度が重要なコンクリート/アスファルトの骨材を生産する場合、プロセス中で処理能力を犠牲にする個所が出てきます(図8参照)。反対に、品質を優先しない路盤材などの場合は、各プロセスで発生する細粒分を全て製品に直接流すなど、破碎プロセスに徹底的に処理能力を追求することができます。(図9参照)

目標とする粒度分布を達成するには、プラントの構成機器が正しく設定され、破碎機がそれぞれの粒度について要求される量の製品を生産できなければなりません。一般的に粒度分布は、スクリーンによって分級され、目標値より大きいものを還流して再破碎することで、目標値に近づいていきます。(図10参照)

優れた粒形を得る方法論については、前号掲載のエロランタ博士の論文に述べられています。要点は第1に、投入原石の粒度分布が製品の粒形にもっとも影響を

与える要素であること(図11参照)と、第2にストロークが大きいほど優れた粒形を生む、ということ。ただ注意すべきなのは、単にストロークが大きければ良いのではなく、実破碎ストロークが大きくなければならないということです。これらは、破碎室内に細粒分を多く入れることで粒子間破碎が促進され、粒形が向上することにつながります。破碎機の運転状態は、チョーク運転が基本ですから、通常のプラントでは、破碎の最終段階でチョーク運転を保つために、バッファ用サイロを設けるケースが多くなっています。

図6 活発に粒子間破碎が行われている状態

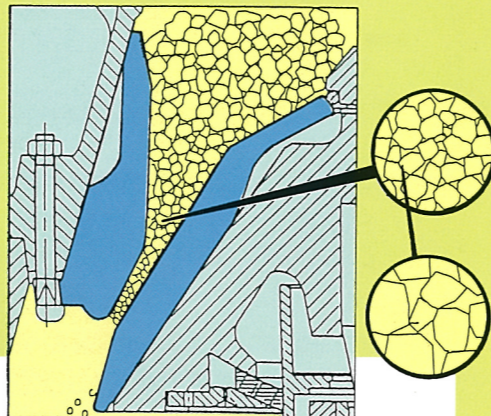


図5 Gコーンクラッシャ

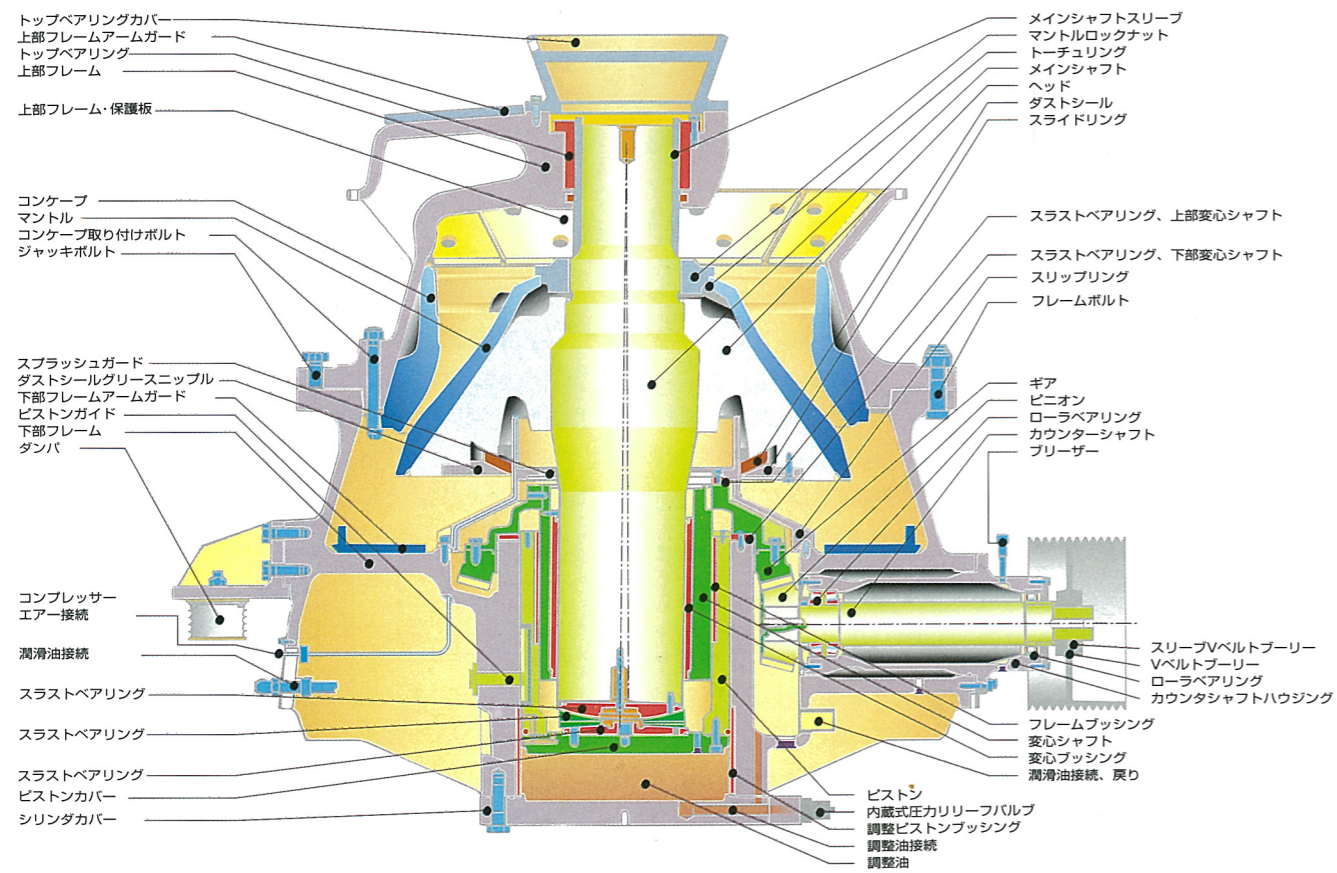


図7 ライナ形状

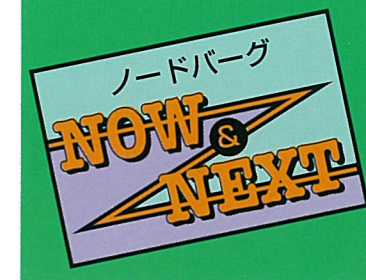
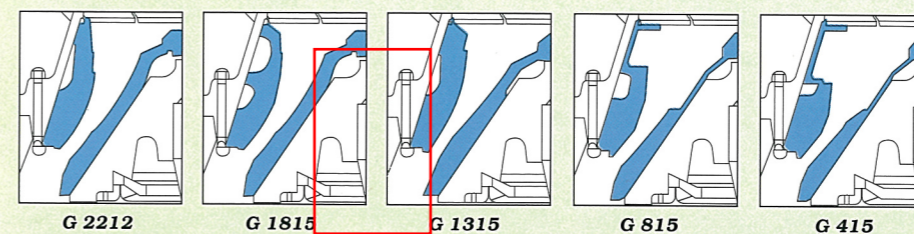


図8 粒形優先のフロー

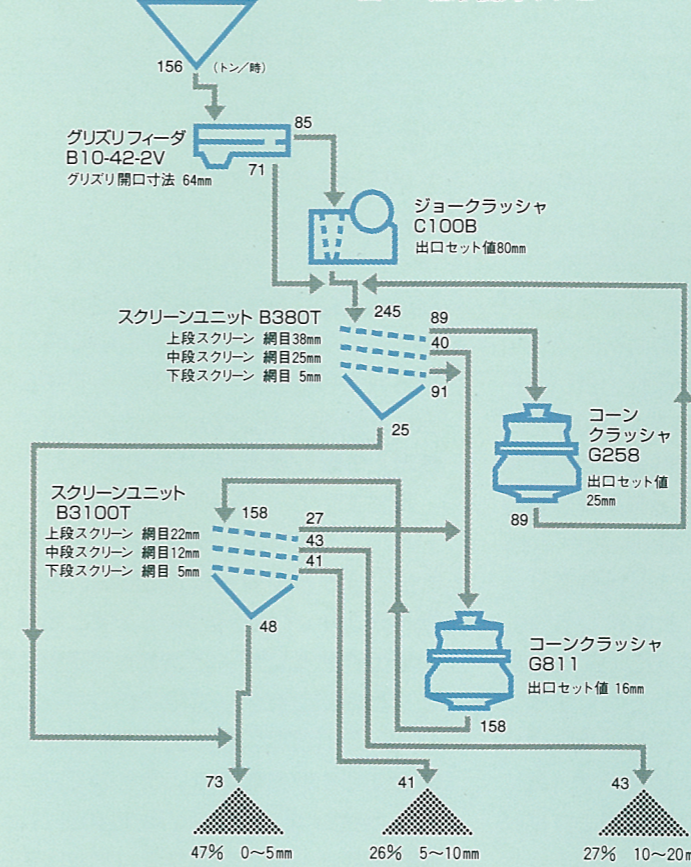


図9 処理能力優先のフロー

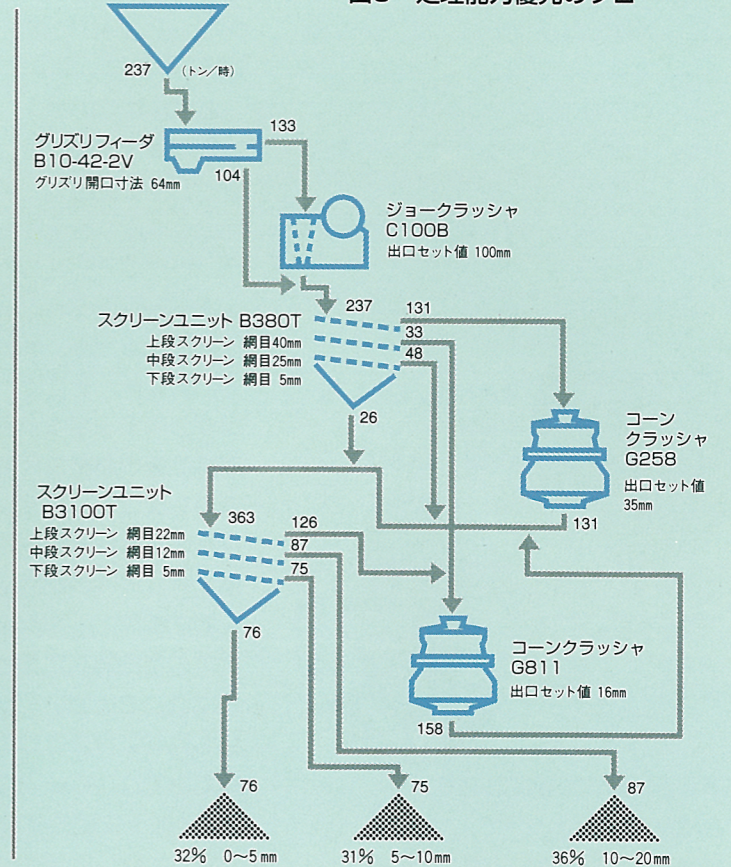


図10 代表的な複数製品をつくるプラント

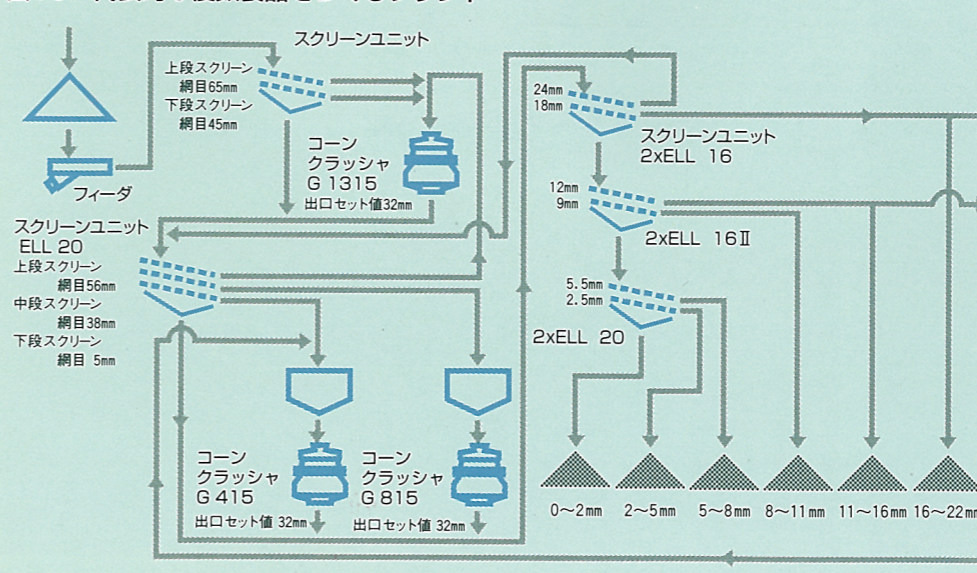


図11 投入原石の違いによる粒形比較

