

高エネルギーボールミル Emax —
超微粉碎の革命

Retsch[®]
Solutions in Milling & Sieving

Emax



part of **VERDER**
scientific



RETSCH – レッチェは粉砕と粒度測定における世界のリーディングカンパニーです。2015年、創業100周年を迎えました。そして、次の100年に向けて、新たなイノベーションに踏み出しました。

www.retsch.jp



レッチェ 100年続けてきたイノベーション プレミアムクオリティ “made in Germany”

レッチェは粉砕と粒度測定における世界のリーディングカンパニーです。日本、アメリカ、イギリス、中国、インド、フランス、イタリア、ベネルクス三国、ロシア、タイに支店を持ちます。レッチェは1915年、F. Kurt Retsch がドイツのデュッセルドルフで創業しました。その数年後に、世界中でレッチェミルの名前で親しまれるモルターグラインダ（自動乳鉢）で最初の特許を取得します。この発明は、乳棒と乳鉢を使って試料をすり潰すという骨の折れる手作業にとって代わり、研究室コミュニティの間でレッチェの評判が広まりました。

レッチェの哲学は、お客様の御意向に沿った、最先端の技術を持つ会社であることです。この思想に基づき、レッチェの製品は、単に高品質の部品を集めるだけでなく、部品相互の調和を重視し、美しいフォルムを追求して設計されています。レッチェの製品は再現性の高い粉砕結果と粒度測定だけでなく、扱い易さも兼ね備えています。

- ▶ 最先端の設備により製造されるファーストクラス品質
- ▶ 蓄積された経験に基づくトータルサポート
- ▶ 世界に広がる販売/サービスネットワーク

PREMIUM QUALITY



MADE IN GERMANY

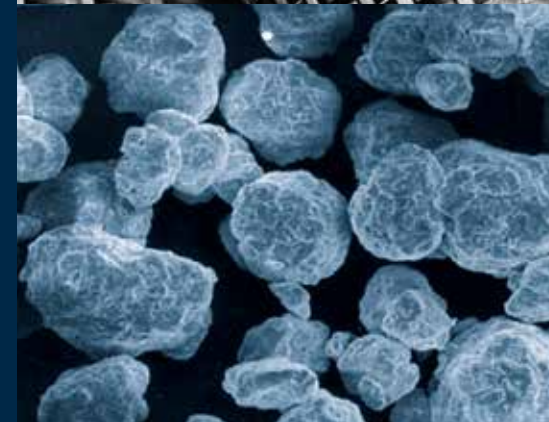
高エネルギー粉砕

粉砕力と温度制御により実現した短時間での粉砕

新しい技術が生まれると、それに伴い科学・研究が促進され、使用される実験装置にも新しい技術が求められます。「ナノテクノロジー」はその典型的な例です。ナノテクノロジーは、多様な特性をもった1~100nm領域の微細な試料を制御する、日々進化を続けている技術です。また、材料科学においては、新素材開発に用いられる「メカニカルアロイング」も現在注目されている技術です。

ナノメートル領域の粉砕とメカニカルアロイングは非常に大きな粉砕力を必要とされます。しかし、従来の粉砕機ではパワー不足や、熱の蓄積などの問題があり、粉砕力があり温度制御ができる粉砕機が求められていました。

レッチェの高エネルギーボールミル Emax は、これらの要求を備えた全く新しいタイプの粉砕機です。独自の粉砕方式と2,000rpmの高い粉砕エネルギーにより、試料を短時間で処理し、革新的な水冷システムにより、熱の問題も解決しました。Emax はナノメートル領域の粉砕やメカニカルアロイングなど、高い粉砕エネルギーを必要とする試料の粉砕に最適です。





Emax – 超微粉碎の革命

ナノメートル領域の粉碎から、分散、メカニカルアロイング、メカノケミカルまで

Emax は極めて高い粉碎エネルギーを持つ、全く新しいタイプのボールミルです。強力な摩擦力と衝撃力の両方を兼ね備えたことで、短時間で超微粉碎を可能にしました。最高回転数は、ボールミルとして比類のない 2,000rpm です。

発熱を抑制する水冷システムによる温度コントロールは既存のボールミルにはない、非常に大きな利点です。Emax は高エネルギー下での粉碎を最大限に活用する為、独自の水冷システムを内蔵しています。循環する冷却水により、粉碎に伴う発熱を抑制することが出来ます。また、4つの偏心ドライブにより、粉碎ジャーは正確に反同期運動を行います。この運動と独自の形状を持つ粉碎ジャーの相互作用により、試料は完全に混合粉碎されます。この効果により、既存のボールミルと比較すると短時間で狭範囲の粒度分布を持った試料を作製できます。Emax は高い粉碎エネルギーを最大限に引き出

すことで、ナノメートル領域の粉碎だけでなく、メカニカルアロイング、メカノケミカルなど他の研究用途にも広く活用できます。

Emax はその強力なパワーだけではなく、随所に配慮が行き届いています。まず、安全性を第一に考えて、Emax の粉碎ジャーの蓋は密閉式クランプを採用しています。温度を気にする試料には、温度の上下限を設定することで、決められた温度範囲内での運転が可能です。温度が上限に達すると機器が感知して、自動的にジャーの回転を減速、停止させます。又、バランスセンサを搭載しているため、実験台の上でも安定して使用できます。



高エネルギーボールミルEmax

- ▶ 既存の、どのボールミルよりも、より早く、より細かく粉砕
- ▶ 最高回転数は2,000rpm
- ▶ 水冷方式を採用：空冷のための中断を伴わない連続運転が可能。
- ▶ 温度の上限値を設定可能
- ▶ 狭範囲サイズの整ったシャープな粒度分布
- ▶ ナノメートル領域の粉砕が可能

PREMIUM QUALITY



MADE IN GERMANY

Emaxの優位点



ADVANTAGE Emax

独自の粉碎メカニズムにより
試料全体を均質に粉碎し、
狭範囲の粒度分布を持つ
材料を作製可能

ADVANTAGE Emax

人間工学に基づいた
クランプ方式により
粉碎ジャーを安全、
簡単に装着可能

ADVANTAGE Emax

特許取得のドライブ方式により
最高 2,000rpm の粉碎が可能



ADVANTAGE Emax

革新的な水冷システム
発熱から試料を保護。
チラーの併用で更に冷却効果 UP

ADVANTAGE Emax

大画面のカラータッチパネル
粉碎条件を簡単入力

ADVANTAGE Emax

温度コントロール
熱に敏感な試料に対しては
上限温度を設定可能

1



直観的な操作

1. 粉碎ジャーのセット
2. 粉碎ジャーの固定
3. タッチパネルによる条件登録

2



3





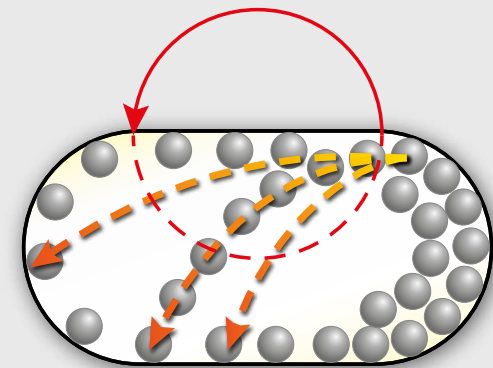
Emax の粉砕原理

衝撃力と摩擦力を最大限に生かした、これまでのボールミルにはない独自の粉砕メカニズム

高エネルギーボールミル Emax は、異なる種類の粉砕機が持つ利点を統合した、これまでのボールミルにはない粉砕メカニズムを採用しています。高振幅が生む衝撃力（ミキサーミル）、集中的な摩擦力（振動ディスクミル）、そしてコントロールされた円運動（遊星ボールミル）、これらの利点を融合し、最強の粉砕能力を発揮します。

このユニークな組合せによる運動は、楕円形にデザインされた粉砕ジャーと独自の粉砕メカニズムにより生まれます。粉砕ジャーホルダーは、それぞれ、同じ方向に回転する2つのディスク上に設けられています。そのため、各ジャーは方向を変えることなく、円形軌道を辿ります。独自の形状を持つ粉砕ジャーと、この粉砕メカニズムの相互作用により、ボール、

試料、そしてジャーの内壁の間に強力な摩擦力を引き起こします。同様に急速な加速力により、ボールの衝撃力は更に高まり、試料を強力な力で粉砕します。その結果、試料の混合粉砕は劇的に促進され、これまでのボールミルでは到達できない様な微粒子を、シャープな粒度分布で作製できるのです。



操作性と安全性を重視しました。

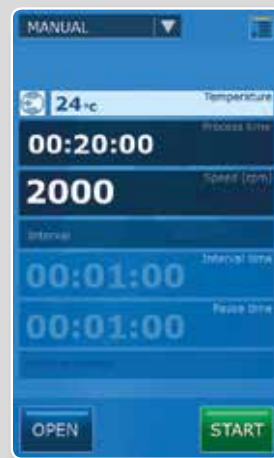
最大限の安全性

Emaxは粉碎力だけではなく、操作性と安全性も重視して設計されました。粉碎ジャーはラチェット固定式のホルダーにワンタッチでセットできます。回転数、粉碎時間、インターバル運転、及び温度コントロールなどの粉碎条件はカラーの大画面タッチパネルで簡単に入力できます。設定温度と現在の温度はディスプレイに常に表示されます。粉碎条件を最大10件登録することも可能です。

安全面も充実しています。始動時はセンサにより粉碎ジャーが正しい位置にあるのかを感知してから運転を開始します。運転時、回転バランスは常に監視されており、バランスエラーにより振動が大きくなり生じた場合は自動停止し、残りの粉碎時間がディスプレイに表示、保持されます。湿式粉碎の際の試料の漏れ、また内圧変化による試料の飛散などを防止する為に、粉碎ジャーの蓋は、密閉式クランプが標準仕様になっています。ジャーホルダーから粉碎ジャーを取り外しても、密閉性が保たれているので安全です。



カラーの大画面タッチパネル



スタート画面
現在温度も表示されます。



回転数の設定



温度の上限、下限設定

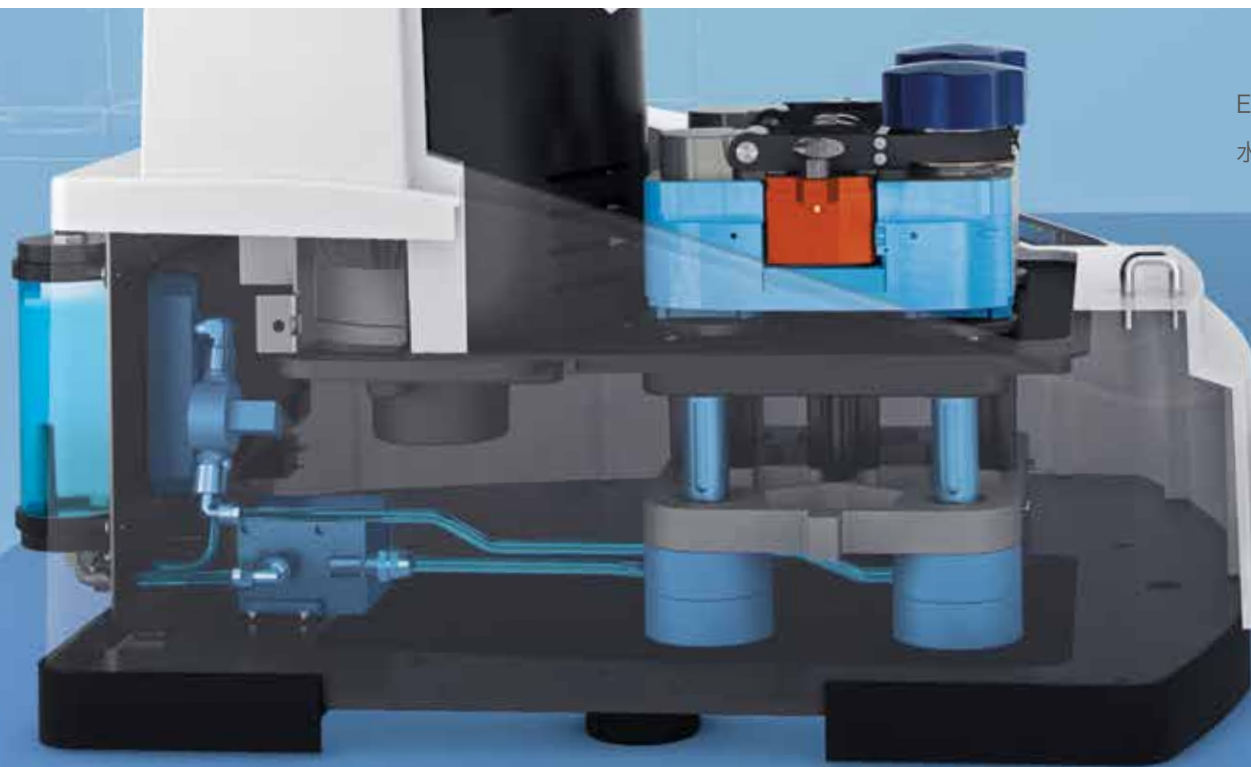
発熱を気にする必要はありません。 Emax の水冷式冷却システム

休止時間を大幅に削減

強力な粉碎力と温度制御の両立。それは高エネルギーボールミル Emax の開発の際の大きな課題でした。レッチェは従来のボールミルでの問題点である連続運転によって生じる発熱の問題を革新的な水冷システムにより解決しました。これにより Emax は、空冷の為の中断を伴わない連続運転が可能

になり、粉碎にかかる時間を大幅に削減することに成功しました。Emax の冷却システムは理にかなっています。タンクから循環する水は粉碎ジャーブラケットを介し、間接的に粉碎ジャーを水冷します。水冷は空冷に比べると冷却効果が高いので、より効果的に熱を放出します。使用条件に応じて、内

蔵式的水冷システム単体での使用の他に、回転数を高めに設定されたい場合や、温度コントロールをより効果的に行いたい場合は、チラーや水道水を併用し冷却効果を更に高めることが可能です。



Emaxの水冷システム

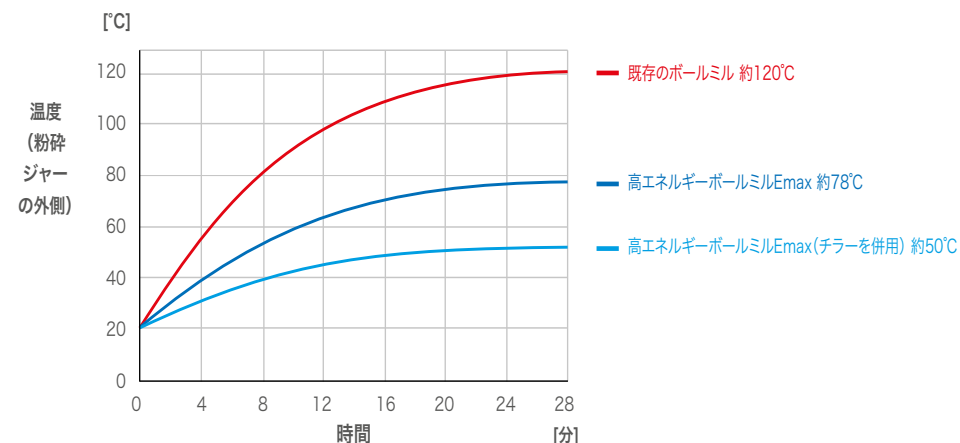
水が循環し、粉碎ジャーを冷却します。

Emax の冷却方法

1. 内蔵の水冷システム
2. チラーで内蔵の水冷システムを間接冷却
3. 水道水で内蔵の水冷システムを間接冷却



水冷方式の効果*



*温度は試料の性質、機器の設定値、温度などにより異なります。

温度コントロールモード

熱に敏感な試料の粉碎に

熱に敏感な試料の粉碎は、温度制御に注意を払う必要があります。既存のボールミルで温度制御を行う場合、粉碎時間と休止（空冷）のタイミングやサイクルを、経験値をもとに考えなければいけません。Emax は自動で温度コントロールを行えます。最新のソフトウェアにより粉碎中の温度の上限と下限を設定できます。設定した上限温度に達すると自動的に休止

(0rpm)、又は 300rpm の低速運転（試料の沈殿防止）に切り替わり、温度が設定の下限温度にまで下がるのと同時に再び始動します。

Emax は水冷方式を用いているので、温度が下がる時間も空冷に比べると短いため、より短い時間で一連の粉碎作業を終え

ることが可能です。温度設定が行えることで、一連の作業が効率的になります。

アプリケーション(粉碎例)

乾式粉碎／湿式粉碎からメカニカルアロイングまで多様な用途に



代表的な対象試料

(例) カーボンファイバー、合金、金属酸化物、触媒、顔料、
 鉱物、鉱石、石英、ガラス、セラミックス、石膏、化成品、植物、
 木、医薬品、土壌、石灰、コンクリート、セメントクリンカー、
 スラッグ、骨、たばこ、茶など

高エネルギーボールミル Emax は、短時間での粉碎、超微粉末試料の作製、熱に敏感な試料の粉碎、再現性や狭範囲の粒度分布などを重視する方に最適のボールミルです。Emax は中硬質～硬質試料、脆性試料、繊維質試料などの粉碎に適しており、乾式、湿式の両方の粉碎に対応します。強力な粉碎力で試料全体を均一に粉碎し、ナノメートル領域までの粉碎も可能です。

汎用性が高いので、医薬品原料の粉碎から、新素材開発のメカニカルアロイング、メカノケミカルまで幅広い用途にお使い頂けます。

試料	投入量	粉碎時間	回転数	最終粒度 (d ₉₀)	注記
キチン	10 g	8時間	1,300 rpm	<164 μm	水冷システムにより発熱による変色を抑制 既存のボールミルより40℃低い温度下で粉碎可能
ポリサッカロイド	10 g	2時間	1,800 rpm	<8.9 μm	設定上限値の80℃以下で粉碎
木	3 g	10分	1,300 rpm	<64 μm	設定上限値の30℃以下で粉碎
酸化チタン	10 g	30分	2,000 rpm	<80 nm	<100nmのナノ粉碎が可能 既存のボールミルより5倍細かく粉碎
チタン酸バリウム	12 g	2時間	1,800 rpm	<83 nm	<100nmのナノ粉碎が可能 既存のボールミルより3時間速く粉碎
グラファイト	5 g	8時間	2,000 rpm	<1.7 μm	既存のボールミルより24倍速く粉碎、7倍細かく粉碎
コルチゾン誘導体	2.5 g	5分	1,000 rpm	<280 nm	温度を45℃以下で保持し、既存のボールミルと見ると比較すると3時間速く粉碎
シリコンと ゲルマニウム	3.63 g Si 2.36 g Ge	20分予備粉碎 4時間 MA	1,200 rpm	-	メカニカルアロイング 既存のボールミルより4時間～5時間速く処理

 * 粉碎する試料と使用する粉碎セットの組み合わせにより異なります。

Faster – Finer – Cooler



⇒ Faster - より速く!

短時間粉砕

2,000rpm の高速回転による驚異的な粉砕力、そして内蔵の水冷システムが可能にした空冷の為の中断時間を伴わない連続運転により、Emax は既存のボールミルと比べると最大で 90%、作業時間を短縮できます。また、衝撃力と摩擦力が最大限に発揮される粉砕メカニズム、粉砕を最適化する粉砕ジャーのデザインなど隅々にまで配慮された設計思想が Emax の速さの理由です。



粉砕に要する時間を大幅に削減 — 医薬品研究

経口投与によるバイオアベイラビリティ（投与された薬物がどれだけ全身循環血中に到達し、作用するか）の指標は、溶解度に依存する為、薬剤の微粉化が非常に大切になります。Emax は医薬品や医薬品原料も、非常に短い時間でサブミクロンからナノメートル領域まで短時間の内に粉砕します。Emax の優位性は時間短縮だけではありません。熱に敏感な試料に対しては水冷システムにより上限温度を設けることができるので、温度を気にせずこれまでのボールミルでは出来なかった新たな実験を行うことも可能です。

例：

- ・ コルチゾン誘導体を 45°C 以下で粉砕し、5 分で 300nm 以下の試料を作製。
- ・ 既存の遊星ボールミルの場合。正味 30 分の粉砕時間にプラスして 45°C 以下に保つため、150 分の空冷時間が必要
- ・ より効果的な摩擦力が試料に作用する Emax は、ほぼ 3 時間の時間短縮が可能

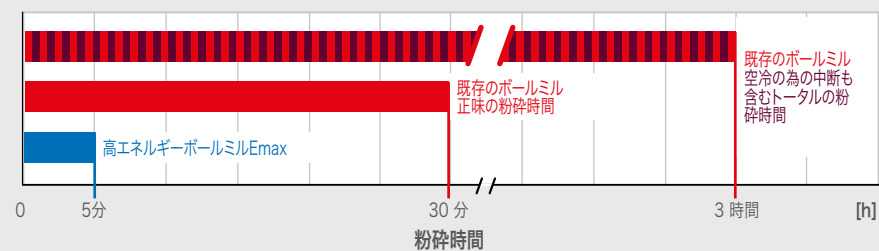
チタン酸バリウムのナノ粉砕

チタン酸バリウムは強誘電材料として、エレクトロニクスやセンサ技術の様な分野で広く使われる電子材料の 1 つです。この材料を出来るだけ早い時間で 90nm 以下に粉砕したいとの要望に基づいて、Emax でテストした結果を下記に示します。Emax の強力な粉砕力と粉砕メカニズムにより、試料は僅か 2 時間で目的の粒度に粉砕されました。既存のボールミルでは粉砕に 5 時間を要しました。

チタン酸バリウムの粉砕



コルチゾン誘導体の粉砕

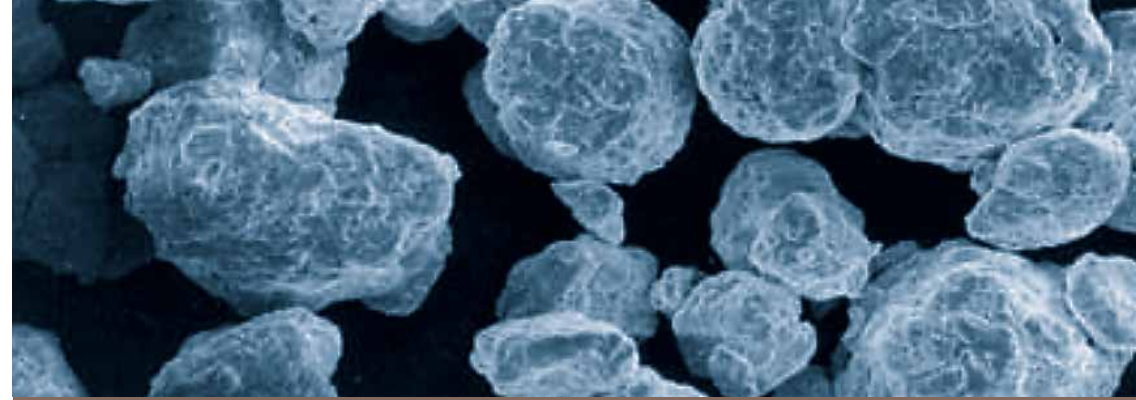


Finer - より細かく!

ナノメートル領域までの粉碎

Emax は極めて高い粉碎エネルギーと効率的な粉碎方式により、粉碎が難しい試料でもナノメートル領域のサイズにまで粉碎することが可能です。

更にもう一つの特長として挙げられるのは、試料全体を効果的に混合粉碎できるので、狭範囲の粒度分布を有する均一な試料を作製できることです。



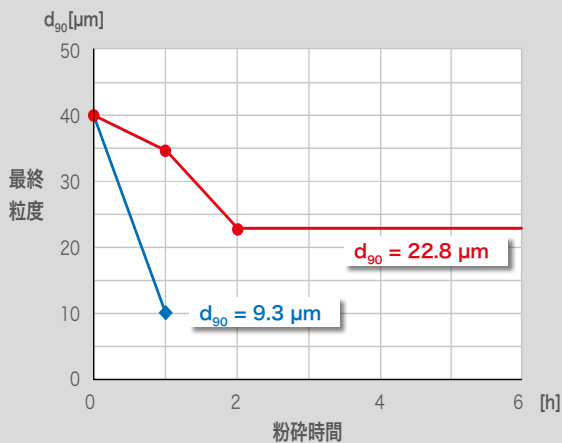
粒度の整った均一な試料を作製できます。

酸化チタンは、紫外線から肌を守る日焼け止めなどに使われる顔料です。日焼け止めは、粒子径がナノメートル領域で揃っていると非常に効果的に働きます。

- ・ Emax は酸化チタンを僅か 30 分で <90nm にまで粉碎。
- ・ 既存のボールミルと比べると 5 倍細かく粉碎され、非常に範囲の狭いシャープな粒度分布。

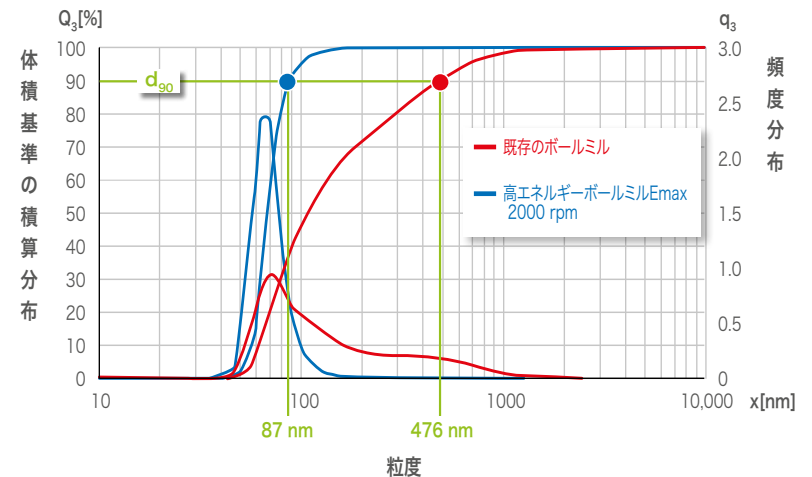
粉碎が困難な試料の一例 グラファイト

グラファイトの粉碎



グラファイトは高い潤滑性を持つので、粉碎する際は高いエネルギーを要する試料です。Emax による粉碎結果をご覧ください。僅か 1 時間で 90% が 10 μm 以下にまで粉碎されました。既存のボールミルは > 20 μm には粉碎されませんでした。

酸化チタンの粉碎



⇨ Cooler - もう熱を気にする必要はありません!

空冷の為の休止時間が必要ありません

内蔵の水冷システムが、粉碎ジャー、及び駆動部を連続的に冷却するので、粉碎時に発生する発熱を抑制し、空冷の為の休止を伴わない連続粉碎が可能になりました。これにより熱の影響を抑えたい試料の粉碎は勿論、粉碎ジャー内の内圧も抑えることができます。チラーの併用で、冷却効果は一層高まります。熱による影響を抑えたい試料の粉碎には温度コントロールモードを使います。温度の条件を予め設定すると、その設定温度範囲内で自動的に運転します。温度確認の為に空冷間隔、停止時間などを予測する必要はありません。



熱による変色を防止できます。

バイオマス資源の1つであるキチンは熱による影響を受けやすく、変色を防ぐ為には60°C以下で粉碎しなければいけません。Emaxの温度コントロールモードを使うことで、変色を抑えて200 μm以下の粉末を作製できます。

定められた温度範囲で粉碎 — 温度コントロールモード

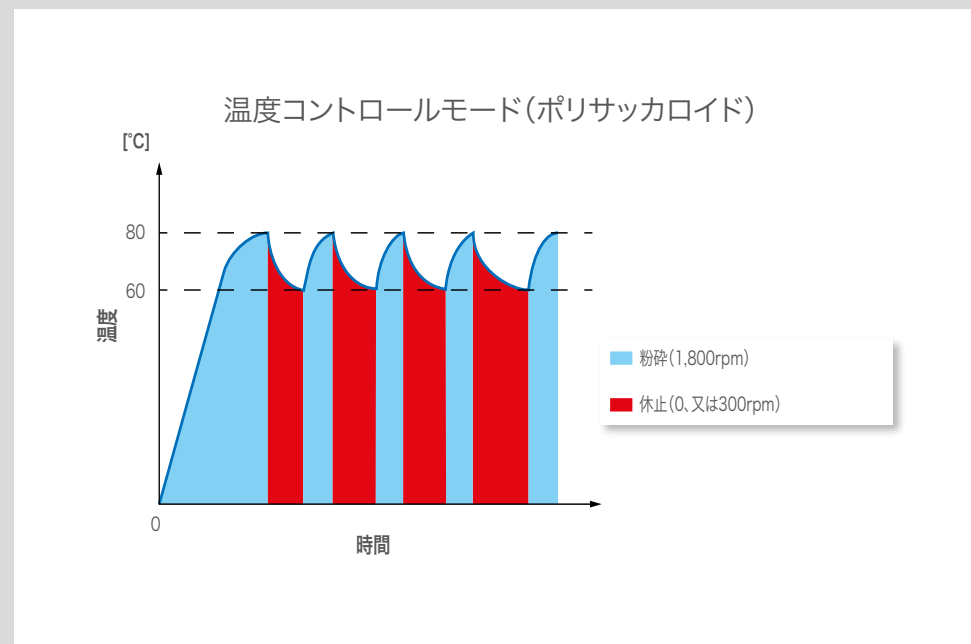
Emaxは定められた温度範囲内での粉碎を行うことができます。多糖類の様に熱に敏感な試料の粉碎には最適です。下記はその一例です。

試料：ポリサッカロイド

粉碎粒度：10 μm以下

試料に影響を与える温度の上限：80°C

- ・ 温度範囲を60°Cから80°Cに設定
- ・ ブレイクタイムは自動的に調整、80°Cを超えない様に調整
- ・ 3時間の粉碎で目的とされる< 10 μmの粉末を作製。不要なブレイクタイムを避けることが出来る。

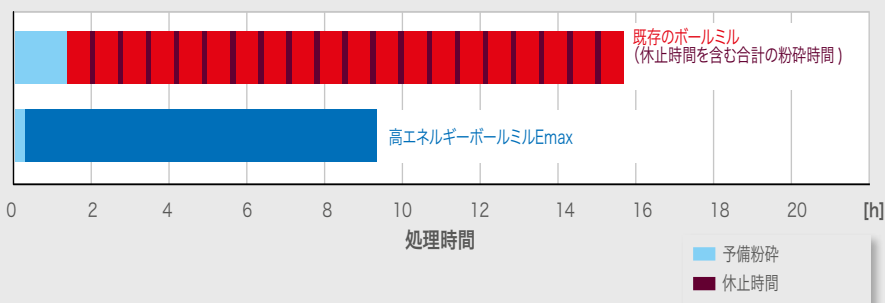


メカニカルアロイング

合金化時間の短縮

溶融による合金化が行えない物質には、高い衝撃と摩擦を繰り返し与えることで機械的合金化（メカニカルアロイング）が可能になります。その為には、高い粉碎エネルギーを持ったボールミルが使われます。高エネルギーボールミル Emax はメカニカルアロイングにおいてもその真価を発揮します。強力な粉碎力と水冷による温度コントロールにより、同様に高い粉碎エネルギーを持つ既存のボールミルと比較すると極めて短時間で処理が行えます。構造変化が速く、アモルファスの形成が少ないこと、及びボールとジャーへの試料のケーキング（固着）が少ないことも大きな特長です。

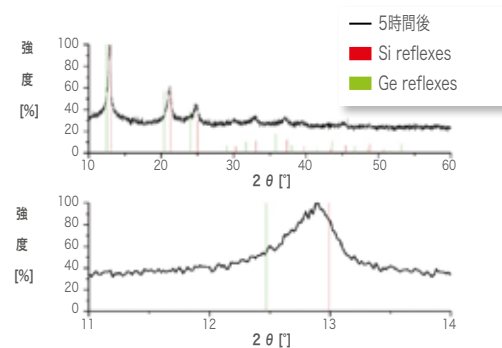
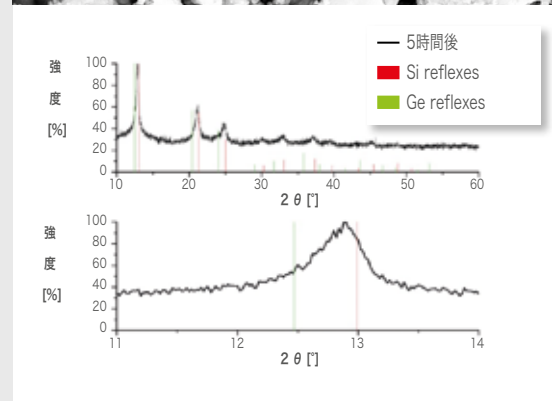
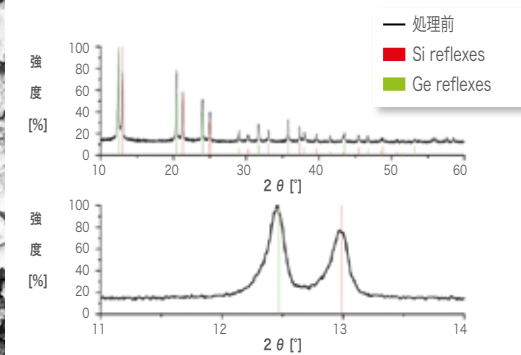
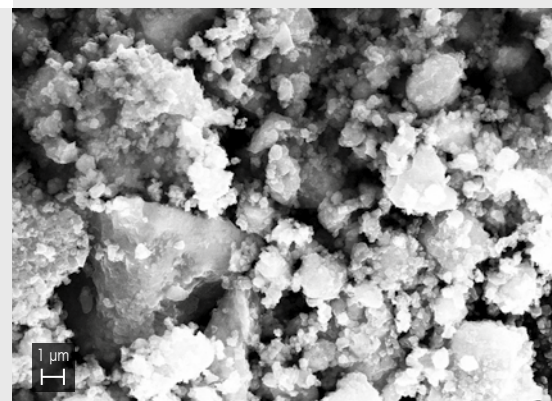
Si(シリコン)とGe(ゲルマニウム)のメカニカルアロイング



既存のボールミルと比べるとメカニカルアロイングに要した処理時間は極めて短く、最大で50%も処理時間を短縮できます。

Si-Ge（シリコン-ゲルマニウム合金）の作製

まず始めに、予備粉碎を行います。3.63gのシリコン（約0.1~2.5cm）と2.36gのゲルマニウム（約4mm）を50mLのタングステンカーバイド製の粉碎ジャーに入れ、φ10mmのタングステンカーバイド製粉碎ボールを10個入れます。1,000 rpmで20分間粉碎すると、これらの試料は粗粉碎されます。次に試料とボールの充填率を1:10に変えて、1,200 rpmで5時間運転します。試料のケーキング（固着）を抑制する為に、1時間ごとに1分休止し、逆回転するモードに設定します。X線の回折パターンを見るとシリコンにゲルマニウムが取り込まれていることが確認できます。8時間から9時間後には多少の変化のみが確認されました。





1



2



3

アクセサリ

安全で効果的な粉碎を行う為に

高エネルギーボールミル Emax はアクセサリを多彩に取り揃えています。試料の特性と避けたいコンタミネーションを考え、粉碎ジャーはステンレス、タングステンカーバイド、ジルコニアの3種類の材質から選択できます。容量は50mLと125mLがあります。粉碎ジャーの蓋はネジ式の密閉クランプを採用しているため、試料の漏れもなく、安全に使用できます。

雰囲気下で粉碎を行いたい場合には通気カバーをお選び頂けます。

粉碎ボールは粉碎ジャーと同様、ステンレス、タングステンカーバイド、ジルコニアの3種類の材質があります。サイズは0.1mm～15mmです。(材質により異なります) ボールの数量やサイズについてはアプリケーションにより異なりますので、お問合せ下さい。

圧力・温度計測システム

粉碎ジャー内の圧力と温度を連続的に計測することにより、ミリング中のプロセスと反応を計測・記録できます。

1. 粉碎ジャーは3種類の材質から選択
2. ガス置換が可能な通気カバー
3. サイズが豊富なジルコニア製粉碎ジャー

仕様

仕様	
高エネルギーボールミル Emax	
アプリケーション	ナノ粉碎、粉碎、ホモジナイズ、メカニカルアロイング、コロイド粉碎、メカノケミカル
分野	化学、工学、電子、リサイクル、セラミックス、金属、ガラス、建築、地質、製薬、農業、バイオなど
対象試料	中硬質、硬質、脆性試料、繊維質試料 - 乾式/湿式
粉碎原理	衝撃力、摩擦力
投入粒度*	<5 mm
粉碎粒度*	<80 nm
バッチサイズ/処理量*	最大45mLx2
回転数	300 rpm ~ 2,000 rpm
冷却方法	内蔵式水冷コントロールシステム/オプション:チラー
温度コントロール	可能(最低温度と最高温度を設定可能)
搭載できる粉碎ジャーの数	2
粉碎ジャーの種類	ネジ式の密閉クランプ
粉碎ジャー/ボールの材質	ステンレス、タングステンカーバイド、ジルコニア
粉碎ジャーの容量	50 mL / 125 mL
時間設定(時間:分:秒)	00:01:00 から 99:59:59
インターバル運転	可能 (方向転換)
粉碎条件登録(SOP)	10
インターフェイス	USB / LAN (RJ45)
モータドライブ	三相同期モータ(周波数変換機)
ドライブパワー	2600 W
消費電力	~ 3100 W (VA)
保護等級	IP 30
寸法(WxHxD)	625 x 525 x 645 mm
重量	120 kg
規格	CE

* 試料と粉碎条件により異なります。

オーダーデータ						
高エネルギーボールミル Emax						製品番号
高エネルギーボールミル Emax 200-240V 50/60Hz						20.510.0001
粉碎ジャー						
製品番号						
粉碎ジャー		50 mL	125 mL			
ステンレス		01.462.0305	01.462.0313			
タングステンカーバイド		01.462.0317	-			
ジルコニア		01.462.0312	01.462.0307			
雰囲気下での粉碎						
製品番号						
通気カバー		50 mL	125 mL			
ステンレス		01.107.0568	01.107.0567			
ジルコニア		01.107.0569	01.107.0564			
消耗品						
製品番号						
Oリング 50mLジャー用						05.114.0057
Oリング 125mLジャー用						05.114.0122
粉碎ボール						
製品番号						
粉碎ボール	Ø 0.1 mm	Ø 0.5 mm	Ø 1 mm	Ø 2 mm	Ø 3 mm	Ø 4 mm
ステンレス ²⁾	-	-	-	-	22.455.0002	22.455.0001
ステンレス ³⁾	-	-	-	22.455.0010	22.455.0011	-
タングステンカーバイド ²⁾	-	-	-	-	22.455.0006	22.455.0005
ジルコニア ³⁾	32.368.0005	32.368.0003	32.368.0004	05.368.0089	05.368.0090	-
粉碎ボール						
製品番号		Ø 5 mm	Ø 7 mm	Ø 10 mm	Ø 12 mm	Ø 15 mm
ステンレス ¹⁾		05.368.0034	05.368.0035	05.368.0063	05.368.0037	05.368.0109
ステンレス ²⁾		22.455.0003	-	-	-	-
タングステンカーバイド ¹⁾		05.368.0038	05.368.0039	05.368.0071	05.368.0041	-
タングステンカーバイド ²⁾		22.455.0004	-	-	-	-
ジルコニア ¹⁾		-	-	05.368.0094	05.368.0096	05.368.0113
ジルコニア ²⁾		22.455.0009	-	05.368.0094	05.368.0096	05.368.0113

¹⁾ 粉碎ボール1個 ²⁾ 約200個組 ³⁾ 約500g



part of **VERDER**
scientific

PREMIUM QUALITY
MADE IN GERMANY