

# クリモト衝撃式粉砕機 (K-VIXミル<sup>®</sup>) の開発

## Development for KURIMOTO's Impact Grinding Mill (K-VIX Mill)

赤瀬幸助\*

河島睦泰\*\*

山口和也\*

Kosuke Akase

Mutsuhiro Kawashima Kazuya Yamaguchi

当社機械事業部はこれまで、砕石プラント、選鉱プラントなど多くのプラントを納入してきた。しかしながら樹脂の分野においては最適な粉砕機がなく、混合機、混練機、反応機などの単体納入に終わっている。そこで、樹脂の分野においても、反応、乾燥、粉砕を含めたプラント納入を目指し樹脂粉砕に最適なクリモト衝撃式粉砕機 (K-VIX ミル) を開発した。

本報告書では K-VIX ミルの粉砕・分級機構の説明と最大の特長である凍結・冷却粉砕における事例を紹介する。

Our plant's engineering and machinery division has had many experiences and accomplishments working with quarrying plants, mining plants, and other plants. On the other hand, we have been looking for opportunities to go into the resin field with our grinding mills, since our mixers, kneaders, and reactors are being utilized as individual processing machines in this field. So, we developed appropriate grinding mills (Kurimoto's impact grinding mills) for resin grinding to offer plant systems that include our reactors, dryers, and grinding mills. In this report we explain the grinding and classifying mechanisms of the K-VIX mill and introduce examples of frozen and cooled grinding, which are the most notable capabilities of the K-VIX.

### 1 はじめに

一般に、樹脂は、融点・軟化点が低いなど、熱に弱い物質が多く、粉砕熱により溶融して粉砕できないものや、数十 $\mu\text{m}$ 以下の微粉領域まで粉砕する場合は、凍結粉砕が必要となるケースが多い。また、凍結粉砕時にシャープな粒度分布や微粉砕を必要とする場合は、外部分級が必要となり、設備費の増加や凍結するためのエネルギーのロスにもつながる。

これらの問題を解決するため、新機構を採用した K-VIX ミルを開発したので、その処理事例を中心に紹介する。

分級後の粗粉を効率よく再凍結させることができ、樹脂などの微粉化が困難な原料においても、外部分級を必要とせずシャープな粒度分布の微粉砕が可能となった。

図3は冷却粉砕仕様の構造図を示す。粉砕テーブル軸を冷却することにより、軸受からの発熱が原料に影響を与えないように考慮している。また、ライナ周りおよび胴体を広範囲に冷却することで、粉砕熱を効率よく除去することが可能となった。さらに、導入空気を冷却することにより、粉砕室の温度コントロールができ、樹脂などの熱影響を受けやすい原料においても、液体窒素を使用せず、安定かつ高品質な粉砕処理が可能となった。

### 2 装置の説明

本装置の構造を図1に示す。原料は側面の投入口より投入し、テーブル中央部に供給される。テーブル中央に供給された原料は、遠心力によりテーブルの外側まで飛ばされ、テーブル外周部に取付けているハンマからの衝撃と、テーブル外周部にあるライナへの衝突により粉砕される。粉砕された処理物はミル内の上昇気流により上部へと運ばれ、分級機により分級される。分級された微粉は製品として回収され、粗粉は再びテーブルへと戻り、再粉砕される。以下に、凍結粉砕および冷却粉砕の装置の特長を紹介する。

図2は凍結粉砕仕様の構造図を示す。粉砕機内部に液体窒素を貯留するゾーンを設けることで、前段での原料凍結装置を省略できる。また、本システムの場合、凍結された原料は瞬時に粉砕ゾーンへ落下するため、エネルギーをロスすることなく粉砕することができる。また、

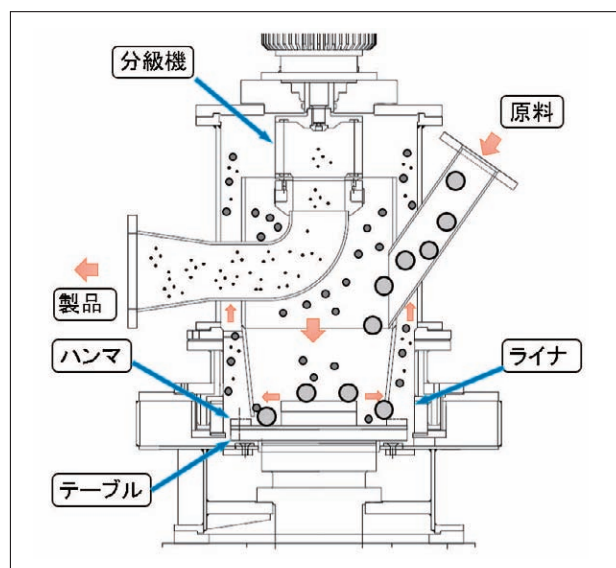


図1 K-VIXミル 構造図

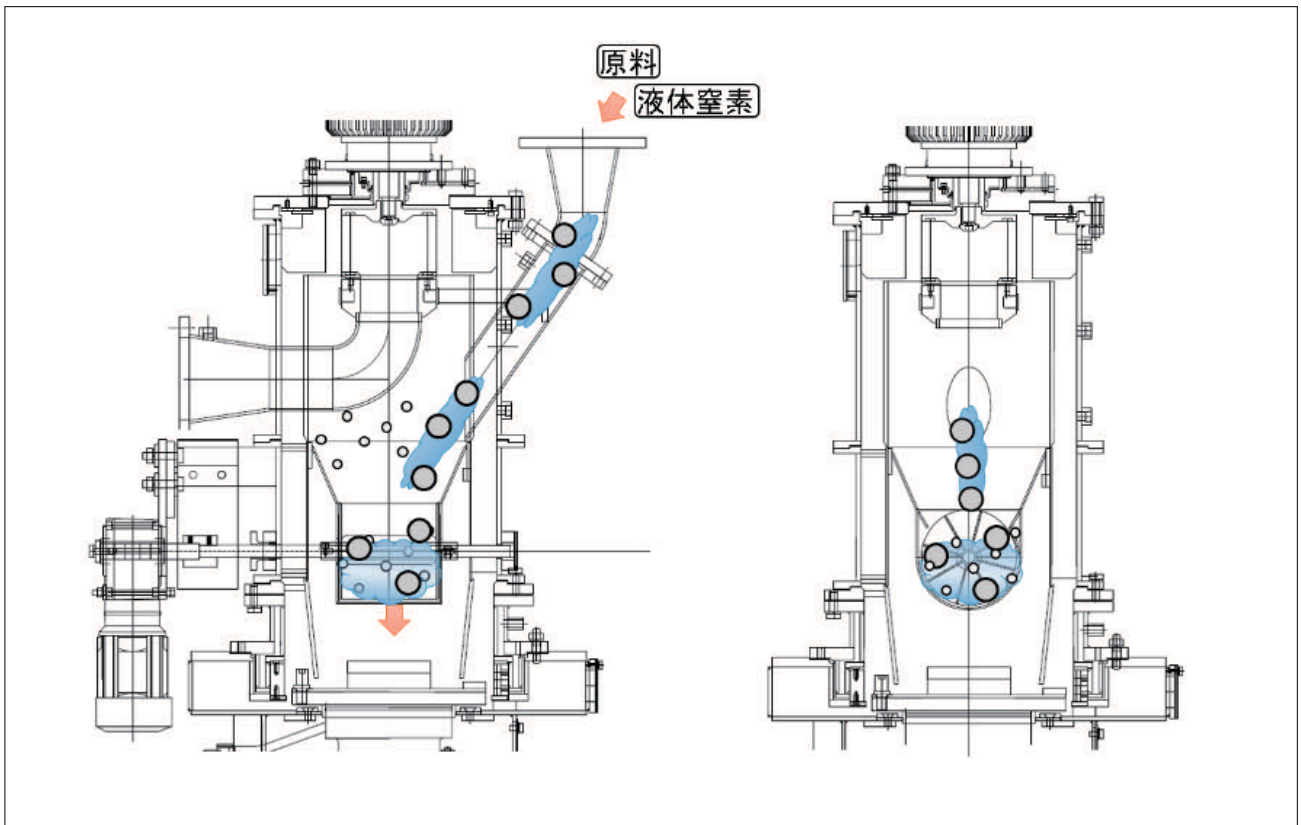


図2 凍結粉碎仕様 構造図

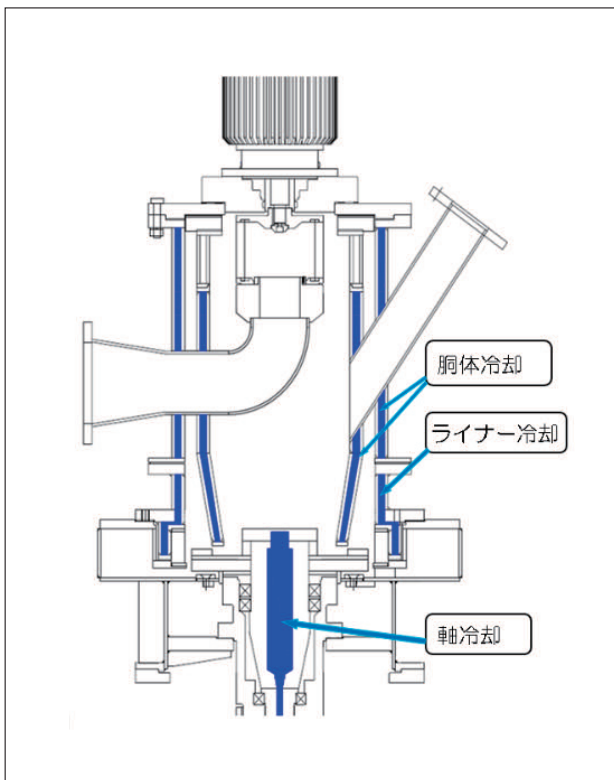


図3 冷却粉碎仕様 構造図

### 3 樹脂の粉碎例

#### 3.1 凍結粉碎例

凍結粉碎で最も重要なことは、液体窒素の使用量を極力低減し、いかにランニングコストを低減するかである。

一般的な凍結粉碎では、粉碎机の前段に原料を凍結させる装置があり、凍結させた原料を粉碎机に投入する。粉碎机内部は、直接液体窒素を投入することにより、極低温を維持している。液体窒素の使用量としては、原料凍結に必要な液体窒素量および粉碎机内部を極低温に保持するための液体窒素量となる。粉碎机内部を極低温に保持するための液体窒素は、粉碎操作時の発熱に対する冷却に多く使用され、その量は粉碎机のモータ動力により決定される。また、粉碎机内部を保持する温度にも大きく影響する。そのため、液体窒素使用量削減のポイントは、最適な粉碎机内部温度の決定と動力原単位〔kg/kWh〕の向上である。

K-VIX ミルは、粉碎机内部に液体窒素の貯留機構を設けているため、原料凍結に必要な液体窒素量は、粉碎机内部を極低温に保持するための液体窒素量と兼ねることができる。また、原料の凍結機構が粉碎ゾーンの真上にあるため、搬送によるエネルギーのロスが少なく、液体窒素使用量を最小にすることができる。

以下に、K-VIX ミルを用いたポリプロピレンの凍結粉碎例を紹介する。

### 3.1.1 実験設備

図4に凍結粉砕の設備フローを示す。設備はフィーダ、K-VIX ミル、バグフィルタ、ファンおよび液体窒素供給設備から構成されている。液体窒素は粉砕機の原料投入部より直接投入される。

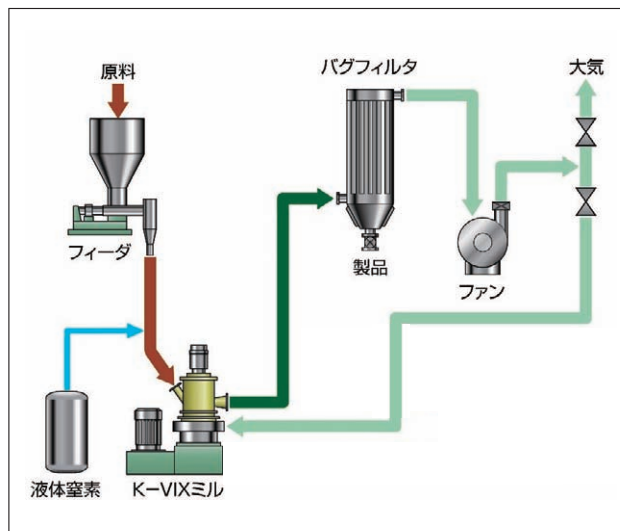


図4 凍結粉砕設備フロー

### 3.1.2 粉砕結果

試験に用いた原料はペレット状のポリプロピレンである。表1に粉砕例のデータ、図5に粒度分布を示す。

表1 ポリプロピレン 凍結粉砕例

動力原単位 [kg/kWh]	0.216
液体窒素使用量 [kg-LN2/kg-原料]	53.7
粉砕機出口温度 [°C]	-10
平均粒子径 [μm]	77.75

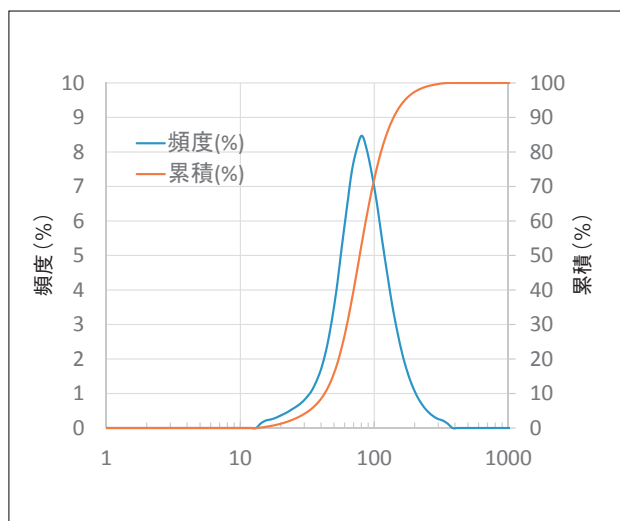


図5 凍結粉砕粒度分布

### 3.2 冷却粉砕例

ポリ乳酸のガラス転移点は60°C付近にあり、この温度に達すると軟化する。そのため、ポリ乳酸の微粉砕は、粉砕熱により粉砕機内部に熔融付着するリスクが高く、微粉砕する場合は液体窒素による凍結粉砕が選択されていた。しかし、凍結粉砕は非常に多くの液体窒素を使用するため、ランニングコストの高さが問題となっている。

K-VIX ミルは冷却範囲の拡大に併せ、粉砕ゾーンの構造を特殊形状とすることにより、粉砕熱による蓄熱を軽減している。そのため、軟化点の低い原料においても、熔融付着するリスクを大幅に軽減することができ、液体窒素を使用せず、ポリ乳酸の微粉砕が可能となった。以下にK-VIX ミルを用いたポリ乳酸の冷却粉砕例を紹介する。

#### 3.2.1 実験設備

図6に冷却粉砕の設備フローを示す。設備はフィーダ、K-VIX ミル、バグフィルタ、ファン、熱交換器およびチラーから構成されている。チラーの冷却水 (3°C) により、粉砕機本体のテーブル軸、ライナ周りおよび胴体を冷却している。さらに熱交換器にて導入空気を5°C~10°Cまで冷却している。

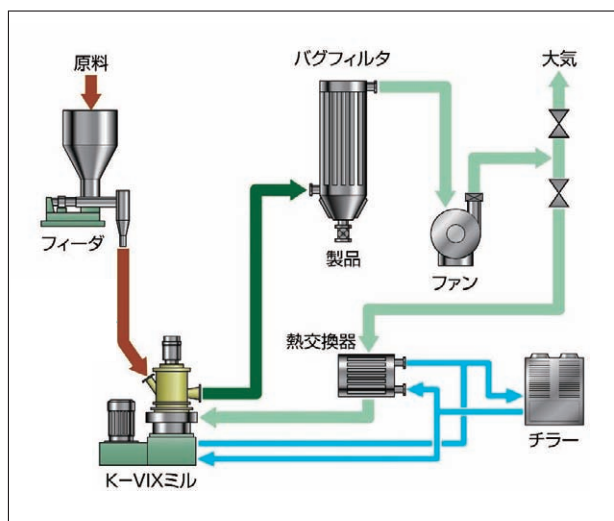


図6 冷却粉砕設備フロー

#### 3.2.2 粉砕結果

試験に用いた原料はペレット状のポリ乳酸である。表2に粉砕例のデータ、図7に粒度分布を示す。液体窒素を使用することなく平均粒子径 60 μm の粉砕が可能となる。

表2 ポリ乳酸 冷却粉砕例

動力原単位 [kg/kWh]	0.098
冷却水温度 [°C]	3
平均粒子径 [μm]	59.26

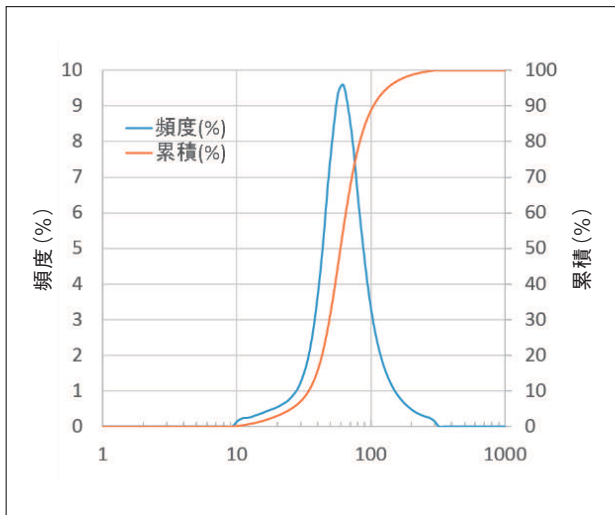


図7 冷却粉碎粒度分布

#### 4 おわりに

K-VIX ミルは、樹脂等の冷却・凍結粉碎に優れていることを紹介したが、冷却・凍結粉碎に限らず、熱風の導入による乾燥粉碎など、幅広い温度制御下においての粉碎が可能となっている。また、近年では、粉碎製品に対する要求も平均径、最大径、粒度分布の要求だけではなく粒子形状を指定した粒子の球状化の要求も増加してきている。K-VIX ミルでは、粉碎部分の構造を変更することにより、粒子の球状化への対応も可能としている。今後、さらなる新用途に応じた対応を推進し、K-VIX ミルが顧客の幅広い要求に応えていけることを期待する。

執筆者：

**赤瀬幸助**  
1998年入社  
産業機械の開発に従事



**河島睦泰**  
1988年入社  
産業機械の設計に従事



**山口和也**  
1997年入社  
産業機械の開発に従事

