

充分な粉砕、混合効果を可能とした3次元ボールミル(3次元リアクター)のご提案  
To provide the 3D ball mill(3D Reactor) provided with the  
sufficient pulverization and mixture effect.

July, 7, 2017

NAGAO SYSTEM INC.

【会社概要】 当社は、自社独自の3次元ボールミル(3次元リアクター)の活用により、従来不可能とされた粉碎、混合、分散を解決するプロフェッショナル集団です。ターゲットは、mm以下の素材をナノ、ミクロンまで粉碎、混合、分散するR&D企業、研究機関、大学。

### 会社概要

Company Name (社名)	株式会社ナガオシステム
Established (設立)	1994年10月
Location (所在地)	<ul style="list-style-type: none"> <li>本社: 神奈川県川崎市</li> <li>実験室: 神奈川県川崎市</li> <li>バンコク事務所: BTSアソーク駅</li> <li>ホーチミン事務所</li> </ul>
Business Domain (事業領域)	設計・製造・販売・修理
Employees (従業員数)	3
Annual Sales (年間売上)	5,000万円

### Products

- 中型3次元ボールミル(3次元リアクター)
  - 3D-210-D2
  - 容器直径 210mm
  - 容量 約100g(ml)~1,200g(ml)
- 小型3次元ボールミル(3次元リアクター)
  - 3D-80
  - 容器直径 80mm
  - 容量 約2g(ml)~100g(ml)
- 小型3次元ボールミル(3次元リアクター)(分離型)
  - 3DB-80 (分離型)
  - 容器直径 80mm
  - 容量 約2g(ml)~100g(ml)
- 傾斜型遊星ボールミル
  - Planet M2-3F
  - 容量 80ml × 2個



独自の混合/粉碎装置「3次元ボールミル(3次元リアクター)」など研究機器の開発で貢献

# 超微粉碎が必要な理由

粒子バルク

ナノ粒子化

新機能の創成

熱伝導性

カーボンナノチューブ、ダイヤモンド、金等の熱伝導性向上。

導電性

バッテリー、磁気テープ、コンデンサー等の導電性向上。

合成強度

金属・化学・繊維製品等の合成強度向上。

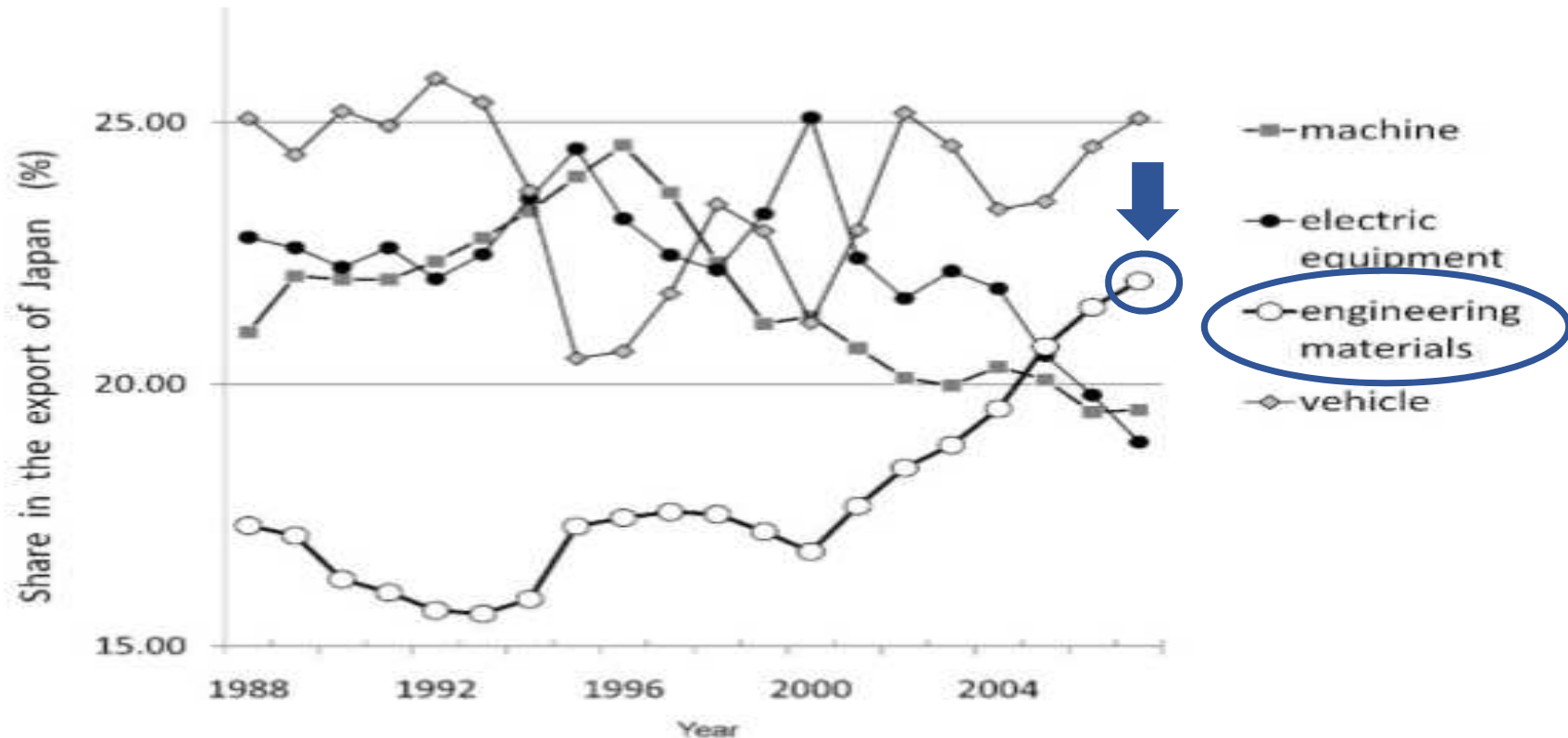
反応性

医薬品、化粧品等の微細粉末は浸透性、即効性等の反応性向上。インクは発色性効果向上。

【事業環境】

日本の輸出に占める工業素材の増加傾向は顕著、昨今海外ニーズは極めて高い。  
超微粒子は主に工業素材に使用。近年はエレクトロニクス素材等が高需要。

Share Rate of the Export in Japan



## 【今回の提案内容】

工業素材の製造開発にて従来不可能とされた粉碎、混合、分散を実現し貴社製品力を強化。

### 商品ソリューション

1



- 中型3次元ボールミル
- (3次元リアクター)
- 3D-210-D2
- 容器直径210mm

2



- 小型3次元ボールミル
- (3次元リアクター)
- 3D-80
- 容器直径80mm

3



- 小型3次元ボールミル  
(3次元リアクター)
- セパレートモデル 3DB-80
- 容器直径80mm

### 活用シーン



• 自動車材料



• 自動車部品材料



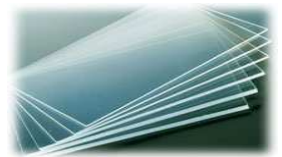
• 電機、半導体、  
電池材料



• フィルム素材



• 塗料、プリンターインク



• ガラス材料



• 化学、繊維材料



• 化粧品原料



• 医薬品原料

ナノ、ミクロンレベルの微粒子を使った新素材を製造する研究機関、企業、大学に最適。

# 【工業素材の開発・製造時の課題】

粉碎時の固形化、発熱、ばらつき、混合時のムラが慢性的に発生し、収益にも影響。

## 工業素材開発・製造時の課題と解決策


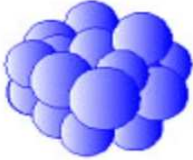
課題

- 乾式粉碎、混合時の凝集化。
- 粉碎、混合時の発熱問題。
- 粉碎、混合時に粒度のバラつき。
- 比重や粘度の異なる物質は、混合時にムラが発生し困難である。



自社解決策

- 3次元ボールミル(3次元リアクター)
  - 非凝集を実現
  - シングルピーク粉碎を実現
  - 不均一素材の均一混合を実現


- 2次元運動の粉碎、混合後の微粒子は底部凝集
- 1点の強衝撃力は、高温発生の原因に




- 粉碎、混合時の粒度のバラツキが課題
- 2次元運動の混合はムラが発生が課題

売上

- 新製品開発や製品改良ができず売上の拡大が見込めない。

コスト

- イレギュラーな材料費や人件費の発生がコストを圧迫している。



## 【自社ソリューション】

高速3次元運動を取り入れ、従来困難とされていた粉碎、混合、分散が可能となりました。

### 商品スペック



- 乾式粉碎の非凝集化
- 全球面運動による低発熱
- 均一的な粉碎、混合分散
- 高速3次元運動による非臨界
- ペラ、羽根を使わない均一混合
- 摩擦力を生かした粒子形を崩さない粉碎

### 特長

- 1 ■ 2次元運動の乾式粉碎時の固形化
  - Solution: 高速3次元運動により、乾式粉碎時の非凝集化を実現。
- 2 ■ 2次元運動の粉碎時の発熱問題
  - Solution: 容器全体面を利用し、摩擦熱が容器全面に分散。よって摩擦熱が発生しにくい。有・無機物に有効。
- 3 ■ 2次元運動の粉碎時の粒度のバラつき
  - Solution: 高速3次元運動の摩擦力を生かしたバッチ式粉碎。粒径が丸く、均一的な粒度を実現。
- 4 ■ 2次元運動の混合ムラ。(1方向のみでは、ムラが発生)
  - Solution: ペラ、羽を不使用。高速3次元運動は容器全体面を高効率使用。低発熱、均一混合を達成。

### エンドユーザーのベネフィット

- 過去において不可能とされていたことが出来る可能性が高まる。
- これまで必要な材料が不要。(少量で済む)
- 微粒子は発色効果を向上させる。
- 微粒子は熱伝導性、導電性、合成強度、反応性の強化に使用可能。

### 販売代理店のベネフィット

- 弊社製品は、特許を取得した競合のないスマイルカーブ商品。販売後、オプションパーツ、修理があり、販売したら顧客との関係は永続する。(ストックビジネスモデル)
- 他社製品のユーザーが、実現出来なかったことが、弊社製品は解決出来る可能性があるため、他社よりも競争優位性を高めることが可能。

【特長：2次元ボールミル(転動ミル、遊星ボール)VS 3次元ボールミル(3次元リアクター)】  
 高速2次元運動では解決出来なかったムラ。  
 高速3次元運動により、混合、分散、粉碎時の非凝集化を実現。



NAGAO SYSTEM

## 【比較】2次元ボールミル VS 3次元ボールミル(3次元リアクター)

	有機物の 混合・粉碎	無機物の 混合・粉碎	混合熱、粉碎熱 の影響	ムラの解決	混合、粉碎時 の非凝集化
2次元ボールミル (他社製品)	✗	△	✗	✗	✗
3次元ボールミル (3次元リアクター) (自社製品)	○	○	○	○	○

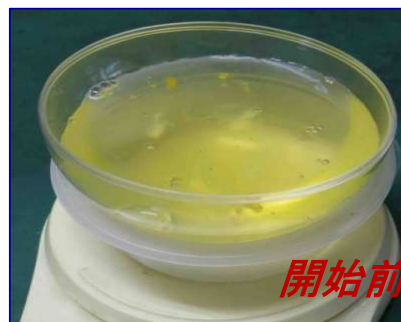


【特長の詳細①有機物の混合】 卵白混合実験

- ・高速2次元運動は一方向のみの運動。
- ・高速3次元運動は、容器全体面を利用し、高効率運動を実現。
- ・高速3次元運動は、従来は出来なかったことが実現可能。

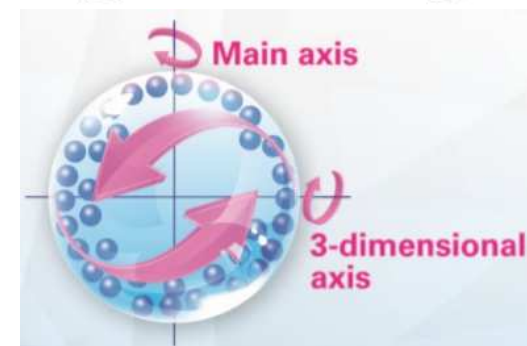
運転時間(混合)=3分

## 2D 混合⇒3D 混合



**2D 混合**  
混合の際にムラが残存。

**3D 混合**  
ムラが未発生。しかも均一。



### 【特長の詳細①有機物の混合】

市販の「塩」と「炒り胡麻」の**機械的混合**。

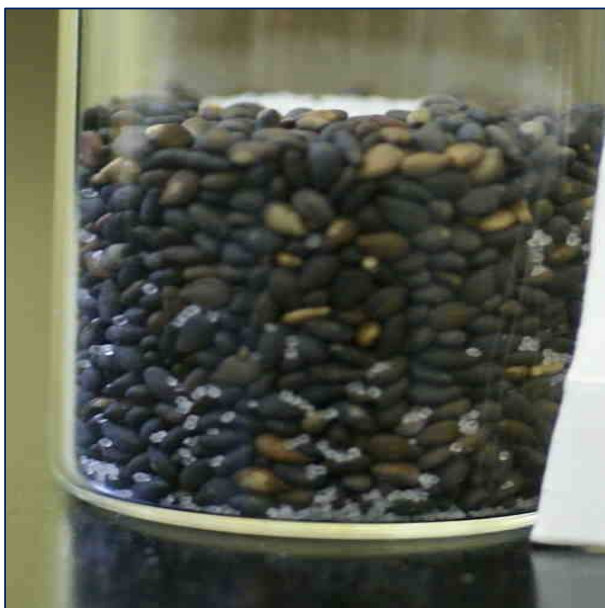
市販の「胡麻塩」は、均一に混合させるため「粗い塩」「胡麻」を使用。

### 【通常】

- ・軽比重の「胡麻」が上部へ。
- ・高比重の「塩」が下部へ。

運転時間(混合)=2分

### 2次元ボールミル



- ・軽比重の胡麻が外側へ
- ・高比重の塩が内部へ

### 3次元ボールミル (3次元リアクター)



- ・全体が均一に混合

## 【特長の詳細②無機物の粉碎】

- ・高速2次元運動は、**衝撃力**を生かし、粒子が一度潰れ、伸びてちぎれる為、粒子がシャープ。
- ・高速3次元運動は、**摩擦力**を生かした丸粒子。粒子のムラも少ない。

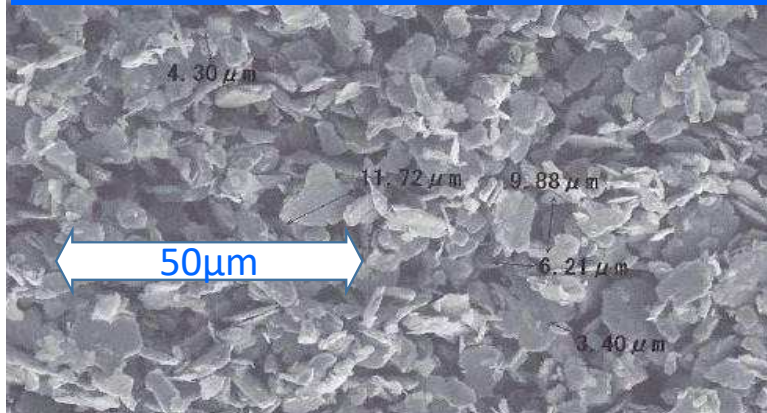
### 湿式粉碎 SEM比較画像

#### 2次元ボールミルと3次元ボールミル(3次元リアクター)

湿式粉碎

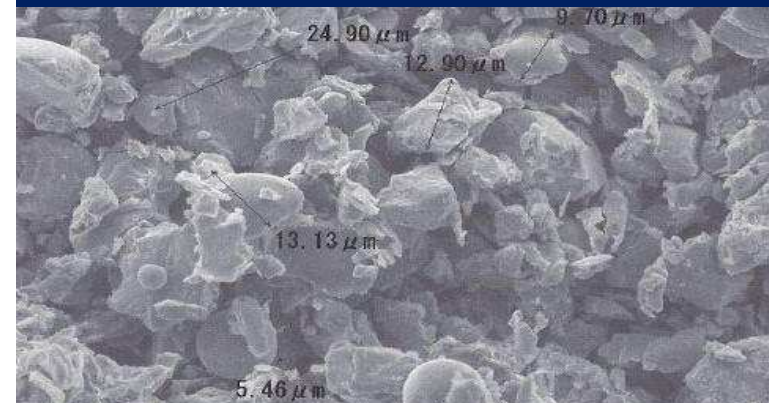
サンプル ⇒ Fe-V-Al-Si Alloy

2次元ボールミル 48時間後



粒径に角が残存。衝撃力を加えて伸びてちぎれるイメージ。つまり**強衝撃力**。

3次元ボールミル 90分後



粒径が丸みを帯びている。つまり**強摩擦力**。

## 【特長の詳細②無機物の混合】

ウルトラファインバブルの確認

水を、装置にて混合。

- ・高速2次元ボールミルは無変化。
- ・高速3次元ボールミル(3次元リアクター)は液内に、均一で大量のナノバブルを発生。

運転時間(混合)=15分

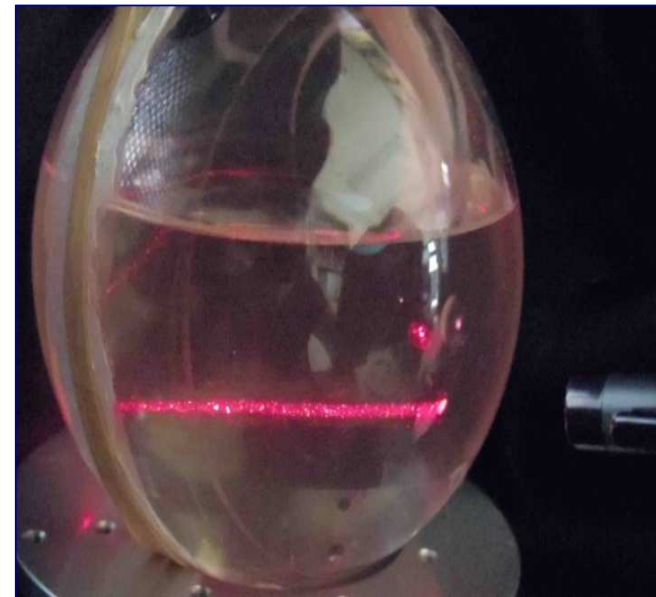


### 2次元ボールミル



- 2次元運動後、コップに入れた水ではレーザー軌跡は未発生。つまり水中に空気は無い状態。2次元運動では液中に空気は取り込めない。

### 3次元ボールミル(3次元リアクター)



- レーザー軌跡を確認。つまり液中に大量空気が取り込まれた。レーザー軌跡は細かいためナノバブルが発生したと考える。30日間保管した処理水でも同じレーザー軌跡を確認済。



【特長の詳細①有機物の粉碎】 胡麻 乾式粉碎

運転時間(乾式粉碎)=5分

【特長の詳細③粉碎熱の影響】

高速2次元ボールミルは、粉碎熱でペースト状に変化し、粉碎は失敗。

高速3次元ボールミル(3次元リアクター)は、粉碎、混合熱をほとんど出さずに粉碎に成功した。

## 2次元ボールミル



- 公転: 600rpm、自転: 1500rpm
- 負荷電流: 2.5A
- 温度: 42°C (室温23°C)

## 3次元ボールミル(3次元リアクター)

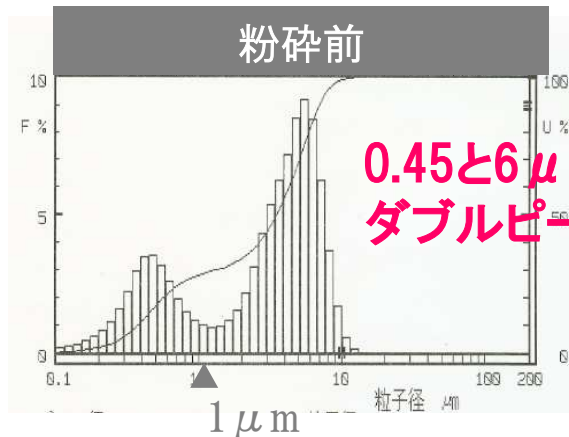


- 主軸: 400rpm、3次元回転数: 400+400=800rpm
- 負荷電流: 0.2A
- 温度: 26°C (室温23°C)

【特長の詳細④ムラの解決】

【特長の詳細⑤乾式粉碎時の非固形化】

- 高速2次元運動は粒子が凝集し、固形化が発生。
- 高速3次元運動は、粒子の非凝集、非固形化。



乾式粉碎 粒度分布図

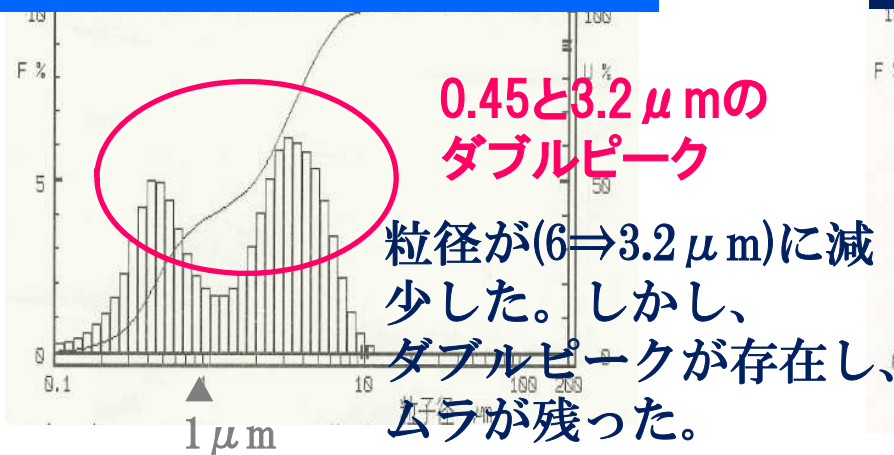
3次元ボールミル(3次元リアクター)と2次元ボールミルの比較

乾式粉碎

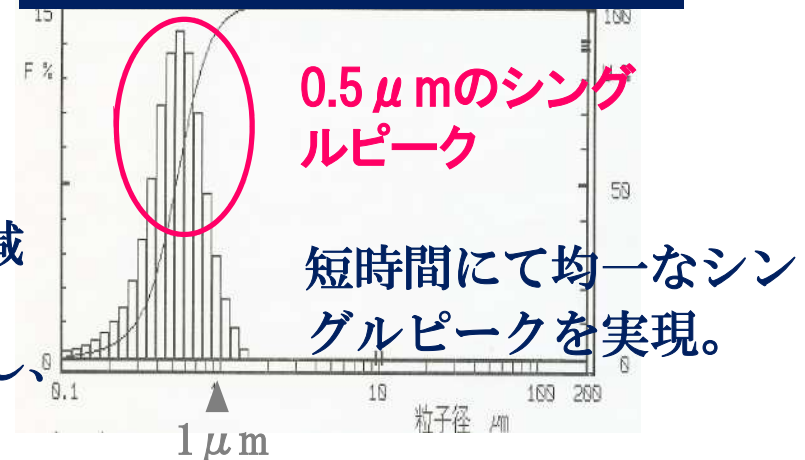
サンプル⇒酸化ニッケル (NiO)

縦軸：体積基準の%  
横軸：粒子径

2次元ボールミル 30分後



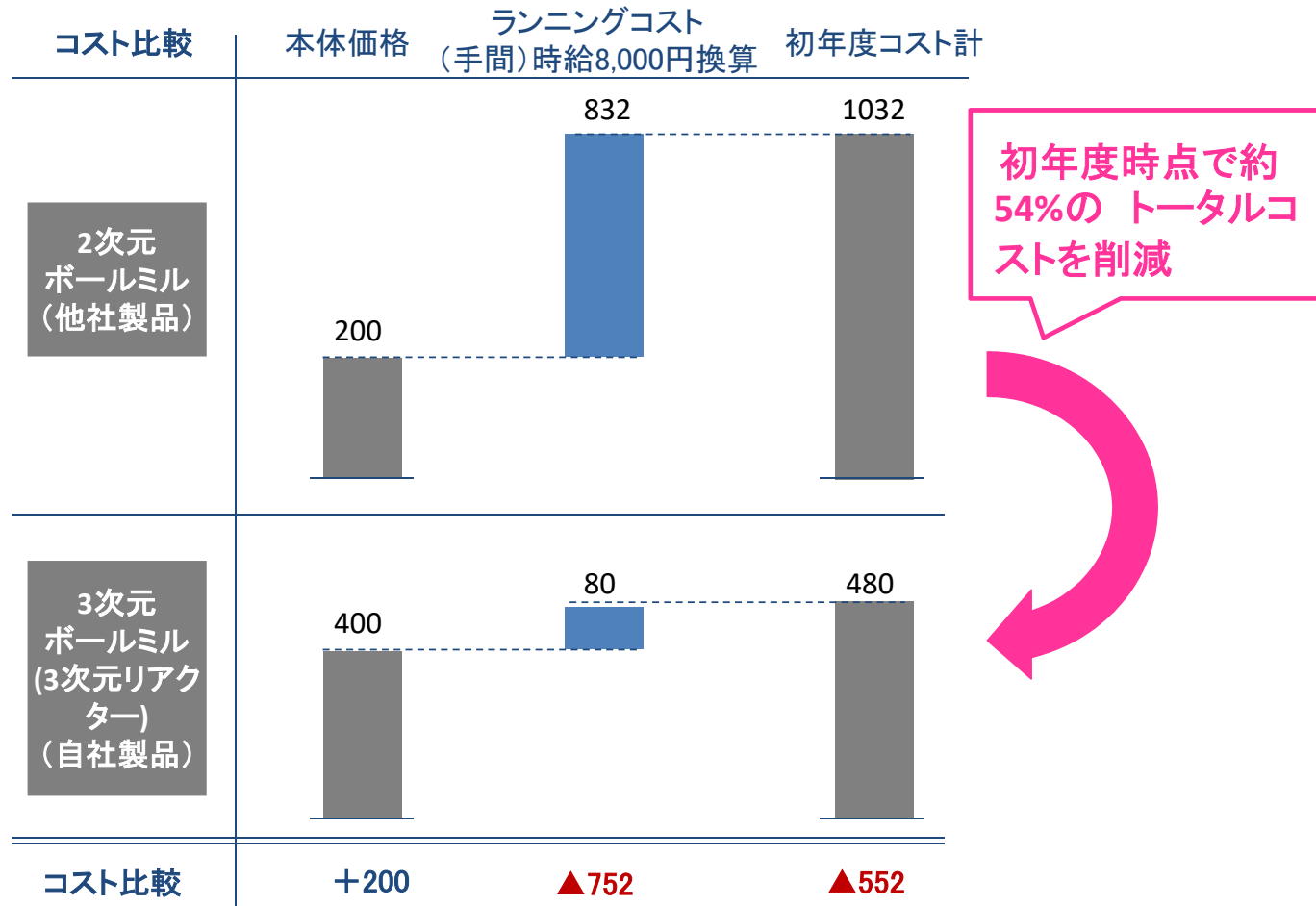
3次元ボールミル 30分後



### 【トータルコスト】

高速2次元運動は、粉碎、混合時に微粒子は底部に推移。そして凝集する問題がある。  
 その為、凝集後、物質を解す作業が発生する。(研究者の人件費は高額。)

高速3次元運動は、粉碎時に微粒子が容器内部を常に動き回り、凝集の時間を与えず無駄がない。





【実績】実験の結果、3次元ボールミル(3次元リアクター)の効果が判明。  
納入先も官民間問わず多数実績あり。



### 顧客の声

- “微粉碎後、素材が凝集し困っていたのが、  
3次元ボールミルを使い解決した。”  
大手自動車メーカーA社
- 非臨界運動の実現は画期的だ。  
NIMS 原田センター長
- “比重や粘度の異なる素材の均一混合に最適。  
複数のシリコン合成に成功。”  
信州大学 M教授
- “熱変化が多い、有機物の粉碎に成功。”  
大手化学メーカーB社
- “発熱の少ない粉碎機を探していたので助かった。”  
大手食品メーカーC社

### 納入実績

- 行政
  - ✓ 東京大学
  - ✓ 京都大学
  - ✓ 北海道大学
  - ✓ 九州大学
  - ✓ 東北大学
  - ✓ 産総研
  - ✓ NIMS
- 民間企業(秘密保持の為、非掲載)
  - ✓ 大手自動車メーカー
  - ✓ 大手電機メーカー
  - ✓ 大手ガラスメーカー
  - ✓ 大手化学メーカー
  - ✓ 大手医薬品メーカー
  - ✓ 大手塗料メーカー

他多数

### メディア実績



テレビ東京 WBS 2010.1



J-GoodTech 2015.2

### 【他社比較】

現在、直交する2軸が回転する3次元装置はクリノスタッド(宇宙訓練回転機や宇宙動植物観察実験用の疑似無重量装置)が存在する。

しかし、他社クリノスタッドは1分間に20rpm以下の低回転である。(重力で、下に落ちてしまうから意味がない)

・弊社装置回転スピードは300rpm以上が可能。構造特許(特許第5666220)3次元ボールミル(3次元リアクター)も取得し、他社は追随出来ない。(300rpmのスピードは重力で落ちようとする力より、回転力で上に持ちあがり容器内部面を無駄なく使用可能。)

### 3次元ボールミル(3次元リアクター)における他社比較

	回転数	操作性	メンテナンス 容易性	用途 多様性	価格 (ROI)	ブランド
A社製品 (低速型20rpm以下)	×	×	×	×	×	○
当社製品 (高速型300rpm以上)	○	○	○	○	○	×

# END

## Contact

- NAGAO SYSTEM INC.  
DAISUKE NAGAO
- E-mail: [dnagao@giga.ocn.ne.jp](mailto:dnagao@giga.ocn.ne.jp)
- Tel: +81-44-954-4486
- Address: 1-9-30, Katahira, Asao-ward Kawasaki-city Kanagawa Prefecture , Japan
- URL: <http://www.nagaosystem.co.jp/>
- URL: <https://www.nagaosystem.com/>