粉体を溶媒中にナノレベルで分散させる場合、粒度分布計では検出されない粗大粒子に悩まされる場合が多い。分散装置専門に手掛けるアイメックスは、この粗大粒子を大幅に減らすナノ分散専用ビーズミル「Neo -Alpha mill」を開発した。このビーズミルは、幅広い分野で求められているナノ粒子の高品質化、コスト低減などに貢献する。

企 業 名	AIMEX アイメックス株式会社		
主力事業	湿式超微粒粉砕・分散装置、 プラスチック押出成形システム装置の製造販売		
所 在 地	〒131-0045 東京都墨田区押上 1 丁目 38 番 4 号		
T E L	03-3624-5327	U R L	https://www.aimex-pema.co.jp/
資 本 金	4,500 万円（払い込み済）	在籍者数	44 名

【本技術の概要】

インクジェット用インクや積層セラミックコンデンサ（MLCC）などに用いられる素材には、粗大粒子を含まない高品質ナノ分散技術が不可欠となっている。アイメックスは、その粗大粒子を削減する新しいビーズミル「Neo-Alpha mill（Neo-アルファミル、NAM）」を開発・商品化した。本装置は粉砕室内のビーズ高密集層と高効率分散層によって、品質の悪化を招く”残留粗大粒子”を逃すことなく処理する生産用のナノ分散専用ビーズミルで、ビーズの高密集層と Delta-V ディスクが生み出す高効率分散層によって高品質なナノ粒子を生成する装置である。粗大粒子がフィルタに詰まることによる稼働率の低下を防止し、塗装・塗膜工程で得られる塗膜の平滑性の向上、品質改善に大きく貢献すると期待される。

Neo－Alpha mill

【基本原理】

ビーズミルは、ビーズ（media）を使って粉体を分散・微粉砕する湿式の媒体撹拌粉砕機で、粉砕室（ベッセル）の中に粉体と液体の混合物であるスラリーとビーズを入れて撹拌する装置である。撹拌機構（アジテータ）を高速回転させることで発生した遠心力によって、エネルギーを与えられたビーズは砕料粒子に作用して粉砕する原理である。同社の Neo=Alpha mill は粗大粒子を削減するため、①ビーズ高密集層、②高効率分散層で構成される。ビーズ高密集層は、ビーズの流れが遅く過度なエネルギーが加わらず、過分散しにくい。処理液は必ずこの層を通過するため粗大粒子を確実にキャッチする。分散層には同社の Delta-V ディスク（特許出願）を搭載し、遠心力、収縮量、循

Neo－Alpha mill の
内部構造

環流を生み出し高効率な分散を実現した。品質不良と相関のある粗大粒子をなくし、製品の品質向上と信頼性を高めることに貢献している。

・湿式超微粒粉砕と分散装置の原理

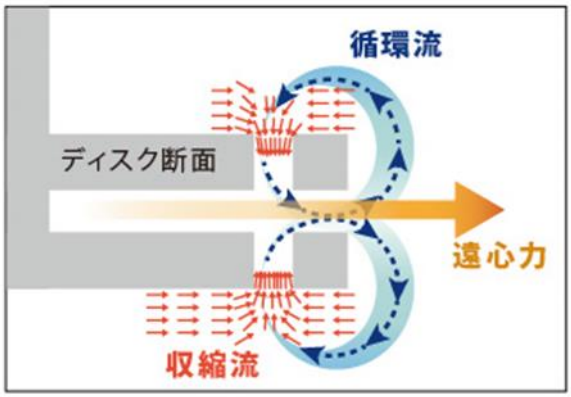
湿式超微粒粉砕は主に以下の３工程で構成される。

① 粉砕：エネルギーを与えられたビーズが粗粒子に作用し、ずり応力、せん断応力、摩擦力、衝撃力によって粉砕される。一般的に大きいビーズ（Φ0.5～2.0mm 程度）を使用して、処理する場合が多い。

② 解砕：凝集粒子を機械的なエネルギーでほぐす。粉体は小さくなればなるほど、凝集する傾向があるため小さいビーズ（Φ0.015～Φ0.5mm 程度）を使った処理（ソフト分散）を行う場合もある。

③ 安定分散：粉砕、解砕した粒子を溶媒中にムラなく均一に拡げ、安定化させる。

同社のビーズミルの拡販機構には独自の Delta-V ディスク方式が採用されている。ビーズミルの高効率・高性能化には、ビーズ間の速度差が重要なポイントとして考案された。下図に示したように流量を急激に狭めて発生するオリフィス収縮流によりビーズ間の速度差を増大させ分散効率を高めている。また、循環量がビーズを滞留させないため、処理の均一化に寄与する。ディスク周辺には突起物が少ないため、抵抗・摩擦共に少ない構造としているのが特徴である。

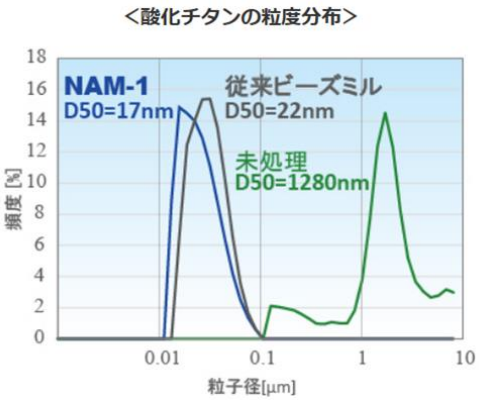


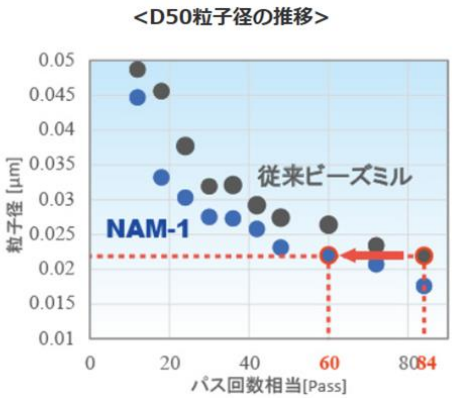
Delta-V ディスク

【特徴】

① 高品質ナノ分散を効率良く実現

同社が開発したビーズミル(NAM－１ D50)は、従来品に比べシャープな粒度分布で処理効率が 30%向上した。





② 粒度分布計では検出されない残留粗大粒子が激減（従来のビーズミル比較）

粒子径は同等だが、粒子分布計では検出されない粗大粒子の数は、Neo-アルファミルの方が 1/20 少ない結果を得た。

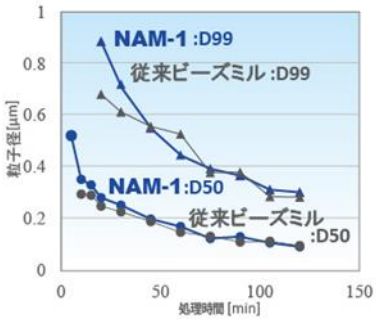
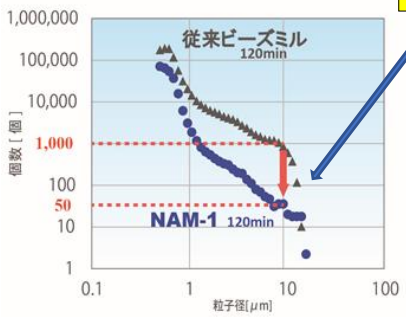


図１．粒子径の比較（D55 と D９９）



粗大粒子が 1/20 に減少

機種	NAM-1	従来ビーズミル
ミル容量	1．0.8 L	0.7 L
ビーズ	ZrO2 Φ0.1 mm	
流量	0.8 L/min	
周速	8.5 m/s	
スラリー	重質炭酸カルシウム (水系)20wt%	

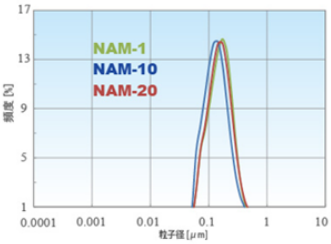
図２．パーティクルカウンターによる粗大粒子評価

③ スケールアップが容易にできる

D50＝150mm に到達するまでの生産量を比較した結果。スケールアップをしても粉砕能力を維持したまま、ミル容量比と同等倍の生産能力をあげることができた。

Neo-アルファミル３つのスケール（NAM-1,10,20）で炭酸カルシウム20%を処理

<粒度分布の比較>

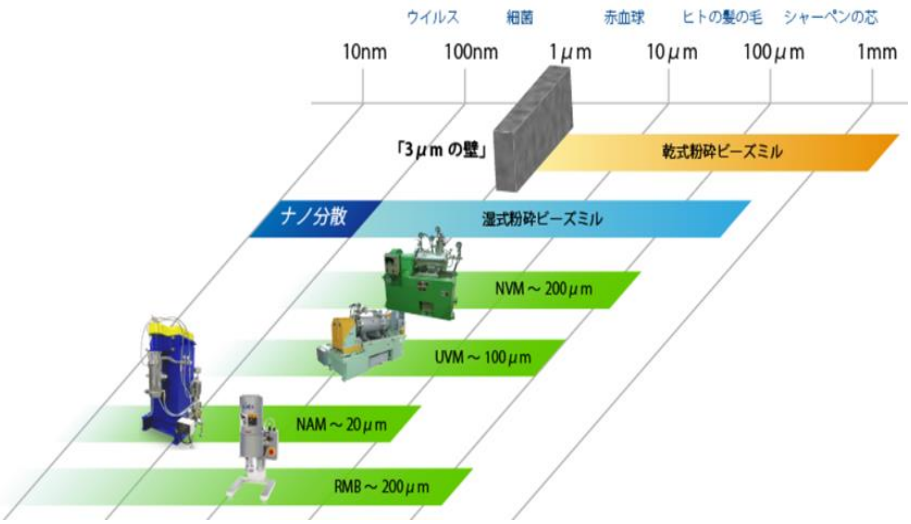


機種	ミル容量比	生産量[kg/h]	生産量比核
NAM-1	1	1.6	―
NAM-10	12	18	11倍
NAM-20	24	41	25倍

【本技術の応用事例・想定用途】

・ビーズミルの対応粒子径

湿式粉砕のビーズミルは処理前の粒子径 D99=数百 μm のものを、D50=数十 nm 台まで処理する装置。乾式はもっと大きいレンジで、ミリオーダーのものでもミクロンサイズまで粉砕する。一般に乾式粉砕というのは「３μm の壁」があり、サブミクロン台まで粉砕するのが難しいとされている。１次粒子がナノ、サブミクロンまで粉砕できている可能性があるかもしれないが、乾式は粉が凝集しやすいため凝集体として存在し、３μm 前後で停

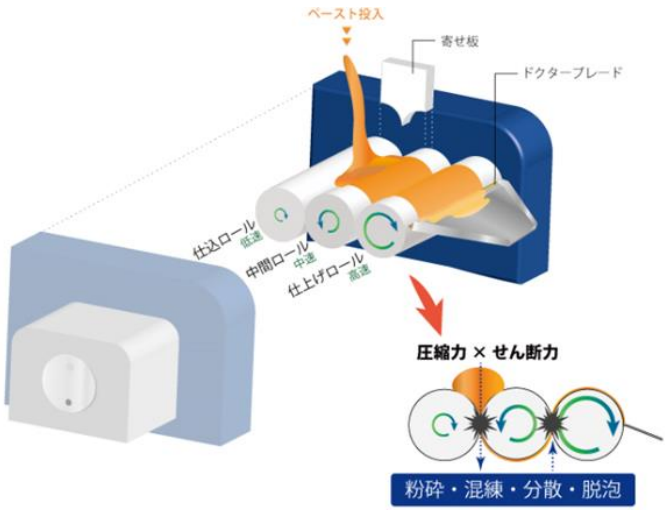


滞してしまうと考えられている。乾式に比べると湿式粉砕のビーズミルは、ナノ領域からサブミクロン領域の分散・解砕に威力を発揮する装置といえる。

・高粘度ペーストの混錬・分散「３本ロールミル」

３本ロールミルとは、狭いロール間に押し込まれることによる圧縮と混錬・分散などを行う装置のこと。高粘度ペーストなどの用途に最適である。

３本のロールはそれぞれ低速・中速・高速で回転しており、仕込ロール・中間ロール・仕上げロールと呼ばれる。基本回転比は１：３：９で、ペーストが仕込ロールと中間ロールの隙間を通ることで圧縮とせん断がされ、均一に粉砕・混練・分散・脱泡などが行われる。仕込ロールと中間ロールの間を通ったペーストは速度の速い仕上ロールに転写されドクターブレードにより掻き取り回収される仕組みである。



【沿革】

・1950 年：五十嵐製作所として創業。
・1963 年：米国デュポン社の技術をもとにビーズミル１号機サンドグラインダーを完成。
・1966 年：サンドグラインダーが繊維関連に採用された。
・1979 年：600L サンドグラインダー販売開始。
・1990 年：アイメックス株式会社へ社名変更。
・2017 年：「低温・凍結粉砕ビーズミル LNM」が、第７回渋沢栄一ビジネス大賞テクノロジー部門特別賞受賞。
・2018 年：「低温・凍結粉砕ビーズミル LNM」が、世界発信コンペティション製品・技術（ベンチャー技術）部門特別賞受賞。

専門家による目利きコメント
粒子径は同等だが、粒度分布計では検出されない残留粗大粒子を 1/20 まで減少することで、高品質ナノ分散を効率良く実現することができる。少量の研究用から量産まで対応する「Neo-アルファミル」は、ナノ分散専用の高品質ナノ粒子を生成でき、自動車、医療、建材など幅広い業界でのモノづくりに貢献が期待される。

お問い合わせ	アイメックス株式会社 東京営業部 TEL： 048-930-6140 E-mail：tokyocenter@aimex-apema.co.jp