

かながわ
産業Navi大賞 2019

大賞



出身は日本三模範村の農家

かながわ産業Navi大賞2019の大賞事業を考案した株式会社ナガオシステム代表取締役・長尾文喜氏は、これまでまさにモノを回し続けてきた。

長尾氏は1946年（昭和21）、宮城県名取郡北部の生田村（現在の仙台市太白区）で生まれた。近隣にそびえる300メートル超の山々は、港に帰る漁師らの目印である。

明治時代の生田村は、製糸工場を設立して外貨を獲得し、一方で針葉樹の植林事業を展開するなど千葉県山武郡源村、静岡県賀茂郡稲取村とともに日本三模範村として世に広く喧伝された。

長尾氏は2人兄弟の末っ子。父は地元の中学の先生で、長尾氏も父の授業を受けることがあった。

父は農業系の高校に進学するよう勧めたが、長尾氏は自身が興味を持つ工業高校の電子通信科に入学した。電子通信科は新規の学科で、当時としては珍しく、北海道や東北の他県からも生徒が集まった。

学科が創立して2年目であることから教師が揃わず、東北大学の大学院生が講師として派遣されてきていた。長尾氏は、自動制御を教える学生講師と仲良くなり、下宿先



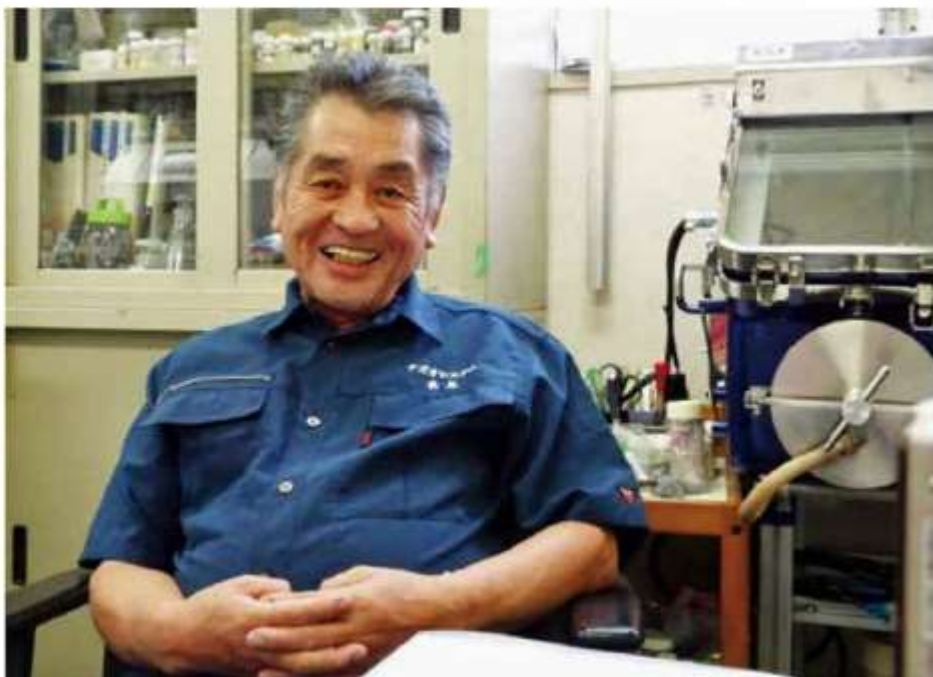
小型3次元ボールミル(3次元リアクター)

株式会社 ナガオシステム

代表取締役 長尾 文喜

〒215-0023 川崎市麻生区片平1-9-30
Tel.044-954-4486 Fax.044-954-8258
設立:1994年10月 従業員数:3名 資本金:1,000万円
<http://www.nagaosystem.co.jp>

3次元ボールミル(3次元リアクター)を活用した 有機物と無機物のイノベティブ素材の創製



第五の産業革命 になり得る技術

に遊びに行ったりした。講師のほうも実家に泊まりにくるなど親交を結んだ。

モーターと出会い

仙台の工業大学を卒業後、山形のマイクロモーターを製造する会社に就職した。ビニール製の薄手のやわらかいレコードを再生するプレーヤーの、ターンテーブルを回すモーターだ。いよいよ長尾氏のモノを回す人生が本格的にスタートしたのだ。

遠心力の働きにより多くなる回転数を制御するため、モーターの電流を切るシステムが必要になる。設計を学ぶために、半年間の講習を東京で受けた。この時の指導員は、のちに長尾氏に影響を及ぼすことになる。

その後、大型のモーターを扱いたくなった長尾氏は福島の方に転職する。そこで、T社の府中工場に出向になった。

遊星ボールミル

「あれは、あさま山荘事件が起こった頃だったかなあ」と長尾氏が述懐する。1972年（昭和47）冬、最初の就職先でマイクロモーターの講習を受けた指導員が起業することになり、長尾氏も誘われた。

神奈川県川崎市で、電動リールや歯科医が使う回転研磨装置、コンピューターのアクチュエーターなどを扱う4~5人規模の会社だった。ここでも、いろいろなモノを回していた長尾氏は、1994年（平成6）つい

に独立する。株式会社ナガオシステムを設立したのだ。

自社で最初に行なったのは理科学用のミキサーをつくることだった。横浜の検疫所で、輸入されてきた野菜や肉を砕いて、成分分析する際に用いられる。

血液等の比重を調べる、研究所用の遠心分離機もつくった。

そうした中、自社開発製品として、遊星ボールミルの研究開発に着手する。

セラミックの筒型容器を傾斜した角度で、自転しながら公転させる装置である。

傾斜させていることで違う方向からの力が加わる。

歯科で歯の型を取るアルニン酸の混練りや、プリント基板のはんだペーストを混ぜ合わせるのに使われた。

開発中は発見の連続

長尾氏はさらなる回転に挑んだ。

筒型容器を横回転させる転動ミル等の回転体では、回転数を高くすると容器内の物質が容器の壁に張り付いて混ざらない（共回り）といった問題があった。回転数をある程度上昇させると、遠心力で媒体ボールと粉の試料が容器に貼り付いて共に回転し、まったく運動効果がなくなってしまうのだ。これが回転数の上昇限界点である。人が壁によりかかって回転する遊園地の遊具や、洗濯ものを入れて回転させる洗濯機の脱水機の状態と同じである。

また、細くなった物質が底に溜まって固まってしまう（固化）という問題もある。

これらを解決するために、長尾氏はもうひとつの回転軸を加えた。それが3次元ボールミルである。

この装置は、ジャイロ独楽のように、縦横ふたつの回転軸を有する。直交するふたつの軸の回転で球状容器内の粉碎用ボールや試料が全球面を重力方向を変えなが

ら運動するため、球状容器全体がまんべんなく利用され、高効率の破碎を実現する。

2009年（平成21）に発表した当初は、金属や酸化物の無機物の粉碎機として開発・販売されていたため、用途やユーザーが限られていた。ところが発熱が桁違いに少ないので有機物の微粉碎や特に有機物と無機物を均一に混ぜ合わせる用途に最適であることが判明し、化学メーカーやエレクトロニクスメーカーなどへの導入事例が増加している。

既存のクリノスタット（擬似無重力発生装置）の3次元回転体は超低速で、内容物が重力で落下するより早く回転するものはなかった。

これまでは「面白いものだけれど、なにに使えるの？」という話で終わっていたものが、最近になって具体的な用例が見つかり始めている。すなわち、自動車用の電池材料としてポリマー（コーティング剤）と金属を均一に混合する。バッテリー材料の正極材と負極材の混合、分散。プリンターなどの特殊インクの混合、分散などである。

3次元ボールミルの消費電力は従来装置の半分以下程度で、熱の発生が極端に少ないことから、熱変化に弱い医薬品、化粧品などの混合、分散、乳化にも適している。

主な納入先としては、研究機関のほか自動車メーカー、電気機器メーカー、ガラス製品メーカー、化学品メーカーなど、名だたる大企業が社名を連ね、3次元ボールミルの実力が本物であることを示す。

ナガオシステムの

ショールームで、3次元ボールミルに水を入れ、回転する実験を取材した。

球状の容器を縦軸と横軸の2軸で高速回転させる。軸の交点を中心に固定しているため、安定して高速回転をかけることができるのだ。

レーザーポインターの光を当てたところ、通常の水は光が屈折するが、3次元ボールミルで攪拌した水は光が真っ直ぐに伸びた。水圧を強くし泡を立てる、ナノバブル発生装置と違って熱が生じない。

「これは、水の中の成分がすべて均等になっているからです」と長尾氏は語る。そして、この均等は半永久的に続くのだ。「縦軸と横軸の回転が掛け合わせられることで、奥行きが生まれる。これが3次元運動です」

今回の審査会でも、「第五の産業革命になり得る技術」と非常に評価が高かった。

「こんなことができるんだと、その都度その都度が発見の連続」と開発期間を楽しげに振り返っていた長尾氏だが、「高速3次元運動を新たな産業に役立てたい」と今度はキリッと未来を見据えた。

使用例① 有機物の混合

市販の「塩」と「炒り胡麻」を機械的混合（混合時間2分）

2次元ボールミル



・軽比重の胡麻が外側へ
・重比重の塩が内側へ

3次元ボールミル （3次元リタクター）



・全体が均一に混合

使用例② 有機物の粉碎

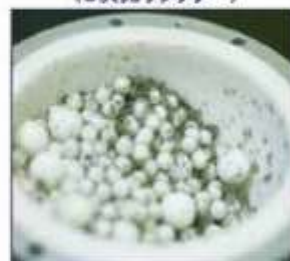
「胡麻」を乾式粉碎（粉碎時間5分）

2次元ボールミル



・回転：900rpm、自転：1500rpm
・消費電力：2.5A
・温度43℃（室温23℃）
・粉砕の衝撃熱で温度から水分が出て、試料はペースト状に硬化し、粉碎ボールに付着。粉碎失敗。

3次元ボールミル （3次元リタクター）



・主軸400rpm
・3次元回転数：400+400=800rpm
・消費電力0.3A
・温度34℃（室温23℃）
・粉碎熱がほぼ発生せず粉碎に成功。

3次元ボールミル（3次元リアクター）：高速3次元回転と高速2次元回転の違い

- ✓ 高速3次元回転は、非臨界。粒子の非凝集、非固化を実現。
- ✓ ブレード未使用で比重、粘度差のある物質の混合、分散を実現。

高速3次元回転（非臨界）



容器全体を活用した球面摩擦運動。

高速2次元回転（臨界）



高速2次元回転は臨界が発生。