

クリモトROAD

— 変わり続けるための挑戦 —

EPISODE 1

二軸連続式混練機 (KRCニーダ) 及び 関連技術の進化

KRC ニーダとは、Kurimoto Readco Continuous Kneader の略称です。1971年に、TELEDYNE-READCO社（米国）より技術導入を実施し、国産化へ向けたカスタマイズを行いました。現在は納入実績が1300台を越え、実験件数も5000回以上になりました。50年にわたる歴史の中から、改良された技術の紹介や、新たに開発された機種種の紹介など、二軸連続式混練機の進化と、今後の市場や戦略について紹介させていただきます。

1. 混練機 (KRC ニーダ) とは

混練機 (KRC ニーダ) は、ケミカル分野を中心に、ライフサイエンス、情報・ネットワーク、サステナビリティ、エネルギーなど、様々な分野の主要設備として使用されています。密閉バレル内に、小さなクリアランスを維持しながら回転する、パドルのせん断作用により、短時間で均一な混練効果を与えることが可能で、投入から排出までの滞留時間を、15秒～15分程度の範囲で調整できる能力を持っています。スクリュおよびパドルは、自由に組替えが可能で、その組合せにより液状の原料から高粘度原料まで様々な製品に対応することが可能です。液体や固体で投入された原材料が、途中で相変化をしながら、排出時は固体に変わるエンジニアリングプラスチックなどの反応用途で、大型の設備が使用されています。

2. 技術力への高い評価

ニーズに合わせ改良された技術の中で、高い評価を受けている事例を紹介します。一つ目は耐熱性と気密性です。

350℃前後の加熱温度において、到達真空度 1.0 torr (133 Pa) を到達できるよう、軸シール構造と、本体シール構造を、隔壁型や冷却機能を有した構造に改良しました。さらに真空断熱技術の開発を行い耐熱性や気密性において、独自の技術を確認することができました。二つ目の耐摩耗では、タングステンカーバイド (超硬) やセラミックス製材料の試験研究により、耐久性、耐摩耗性の評価を実施し装置に搭載することが可能になりました。ランニングコストの低減や、コンタミネーションの低減において、半導体や二次電池など、付加価値の高い製品を混練する用途に対し貢献できるようにさらなる改良を行っていきたくと考えています。

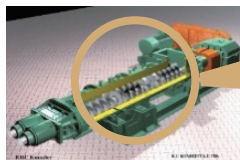


図1 KRCニーダ

拡大図

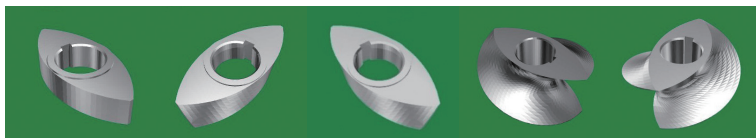
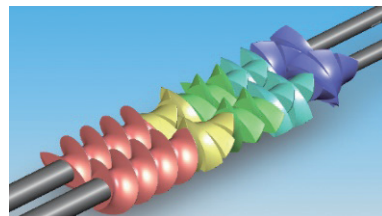


図2 パドルの種類とその配列

クリモトを支える技術や製品は、時代の流れやお客様のご要望に合わせて日々進化を続けています。「クリモト ROAD」では過去のクリモト技報に掲載した技術や製品にスポットライトを当ててみました。それらがどのように進化を遂げてきたのか、「クリモトが過去から現在まで歩んできた道のり」を感じていただけるよう、実際に製品をご使用いただいたお客様の声や、開発秘話や技術者の意気込みなどをご紹介します。

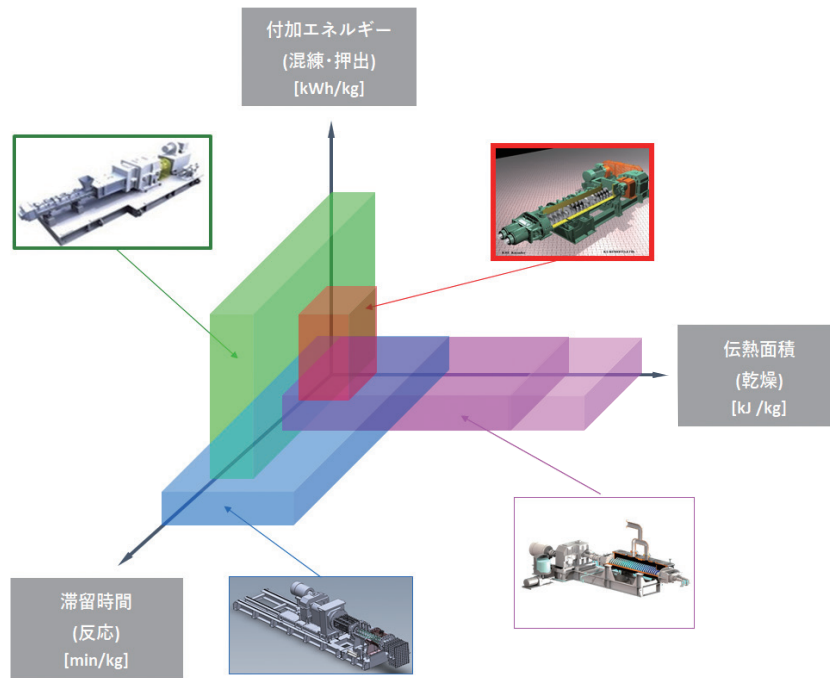


図3 粉体機器に求められる3要素と装置パドルの種類とその配列

3. 進化により生まれた3種類の装置

次に、KRC ニーダの技術を応用し、ニーズに合わせ開発され、主力として活躍している3機種を紹介します。

これらは、「伝熱面積、滞留時間、エネルギー」の、3要素に対する特徴を有した装置で、KRC ニーダ同様に、様々な分野で活用されています。その概略を図3に示します。

(1) SC プロセッサー

SC プロセッサーは、胴体ジャケットからの伝熱以外に、2軸のスクリュウ内にも加熱や冷却媒体が通ることを特徴とし、水や有機溶剤などの乾燥、食品などの冷却用途で多数の実績があります。同じスクリュウ口径のKRC ニーダに対し、約3倍の伝熱面積を有し、最大250°Cの加熱温度で、100 torr (13.3kPa) 前後の減圧下で使用可能な装置です。先に紹介した耐熱性や気密性能の技術改良のほか、構造面では伝熱面積を拡大するための製作方法などの改良を行ってきました。溶剤回収やリサイクルなどの環境負荷低減用途で、サステナビリティ関連の分野で貢献しています。

(2) ハイブリッドリアクタ

ハイブリッドリアクタは、350°Cを超える高温条件や、1.0 torr (133 Pa) 前後の厳しい真空条件下で、約1時間の長い滞留時間を確保することが可能な装置です。エンジニアリングプラスチックや、スーパーエンブラと呼ばれる高機能・高性能プラスチックの反応機として活用されています。軸シール構造と、本体シール構造を、隔壁型や冷却機能を有した構造に改良し、耐熱性や気密性能を大幅に改善できました。独自の技術を確立し、ケミカルやサステナビリティの分野で貢献しています。

(3) エクストルーダ (深溝形)

エクストルーダ (深溝形) は、軸材質や軸形状などの構造を改良することで応力集中を避け、従来型の2倍から2.5倍のトルクを有する装置です。また1000 min⁻¹以上の高速回転で運転することも可能で、高いせん断力と高い搬送量を両立した装置です。またL/D (スクリュウ口径に対する組込み長さの比) がKRC ニーダに比べ長いことも特徴で、20～最大80まで実績があります。競合他社が多い装置ですが、メンテナンス性能の改良でも差別化を図り、情報・ネットワークなどの分野を中心に貢献しています。

4. 検証技術も進化

(1) 実験や検証に関する進化

粉体プロセス本部内では、KRC ニーダやハイブリッドリアクタを中心に、装置の改良や開発、実験の効率化などを目的に、図4に示すようなシミュレーションによる解析と、可視化による検証を実施しています。新しいパドル形状の検討や、パドルの組合せの違いによる混練効果や滞留時間の変化などを確認する目的で活用しています。今年度は、新たに粘性液などの解析にもチャレンジし、機内の製品温度の変化を確認するなど新たな検証にも取り組んでいます。

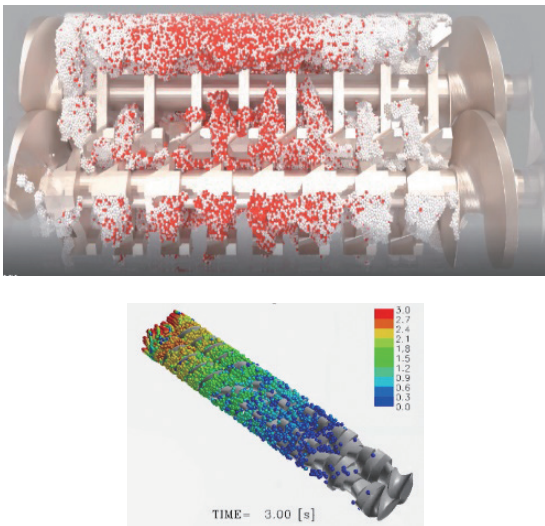


図4 シミュレーション事例紹介（パドルの組合せによる混練結果）

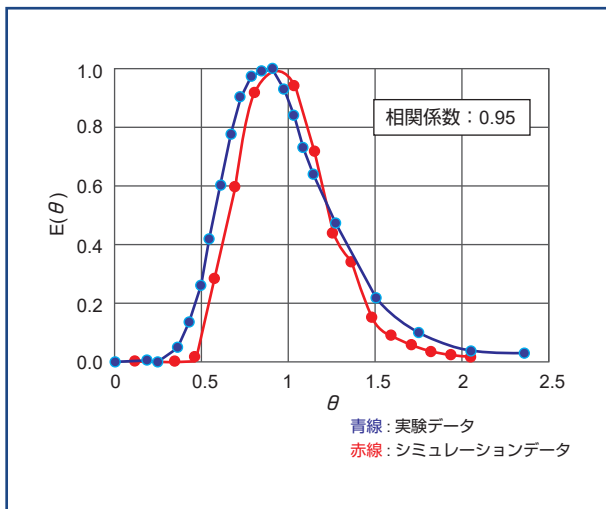


図5 実験データとシミュレーションの比較

(2) 検証設備の充実

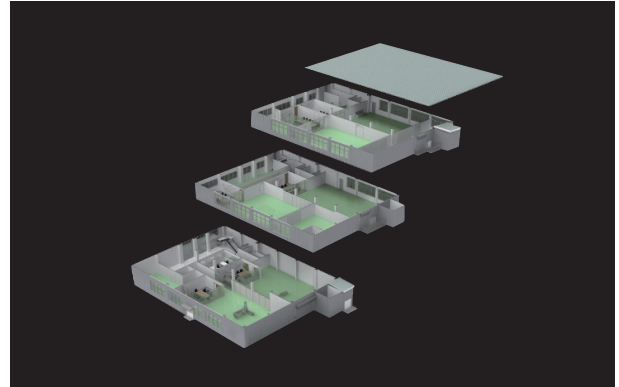


図6 新技術センター

技術センターは、2018年から、「技術センター改革プロジェクト」による設備投資を行い、大きく生まれ変わりました。1F～3Fに設置された実験エリアは、ガラス張りの応接室が全てに隣接し、室内から実験の進捗状況の確認ができ、来場されたお客様がリラックスした状態で、クリモトメンバーと一体感を持ちながら実験に参加していただける環境となっています。また応接室や実験室の壁は、全体がホワイトボードになっていますので、貴重なデータや情報を、どこにでも書き留めることや写すことが可能です。またコロナ禍において、いち早くリモート実験をライブで届けることができる環境整備も実施し、実験件数が大幅に減少することなく、お客様の開発テーマの進捗に貢献することができました。

また、昨年度からは実験データをリアルタイムに通信できるSCADAシステムも導入し、年間で、120件を超える実験に対応しながら、ニーズに合った商品の開発や改良につなげています。



図7 新技術センター各フロアの紹介

5. 戦略的に攻めるドメインと市場将来の展望

戦略的に攻めるドメインと市場、将来の展望について紹介します。粉体プロセス本部では、「ケミカル、エネルギー、情報・ネットワーク、ライフサイエンス、サステナビリティ、その他」を含めた、7種類のドメインをターゲットに、CSRやSDGsに関連した取組を継続する方針を立てています。現実績の60%以上は、アジアを中心にした海外市場ですが、今後はエネルギーの分野で、EV車に搭載する二次電池などのアプリケーションが、欧米を中心に拡大すると予測されます。機械システム事業部の方針でもある、総合的なソリューションの提案を目指し、前後設備を含めたシステムとして価値を提供できるよう、技術課題の解決に向け、新規開発や改良を継続的に取り組みたいと考えています。

将来は、日本、欧州、北米をつなぐ、24時間連携できる体制を目標として、変化の速い市場に追従できるような組織を目指したいと思います。

部内には、中国や韓国の市場にいち早く対応できるネイティブ人材が所属しています。今後は、欧州にも展開を進め、さらなるグローバル体制を確立するなど、海外戦略を進めたいと考えています。

参考に、2030年の粉体プロセス本部の市場予測を図9に示します。エネルギー分野を中心として、CSRやSDGsに対応した分野への投資にシフトすると予測されます。

引き続き、技術の革新に努め、品質の向上とソリューションの提案を行い、社会に貢献できるモノづくりを継続したいと思います。

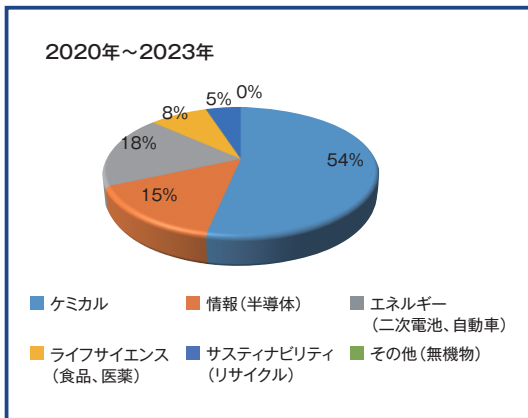


図8 2023年の混練機ドメイン別実績

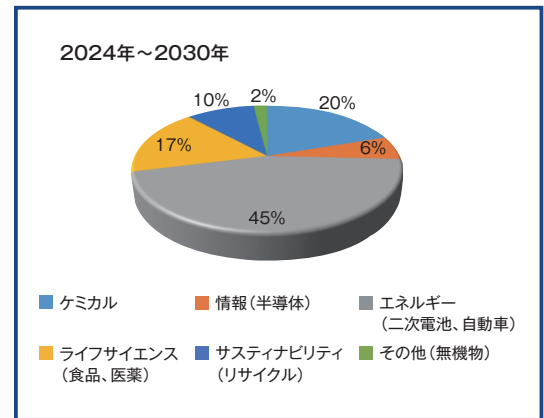


図9 2030年の混練機ドメイン別実績予測

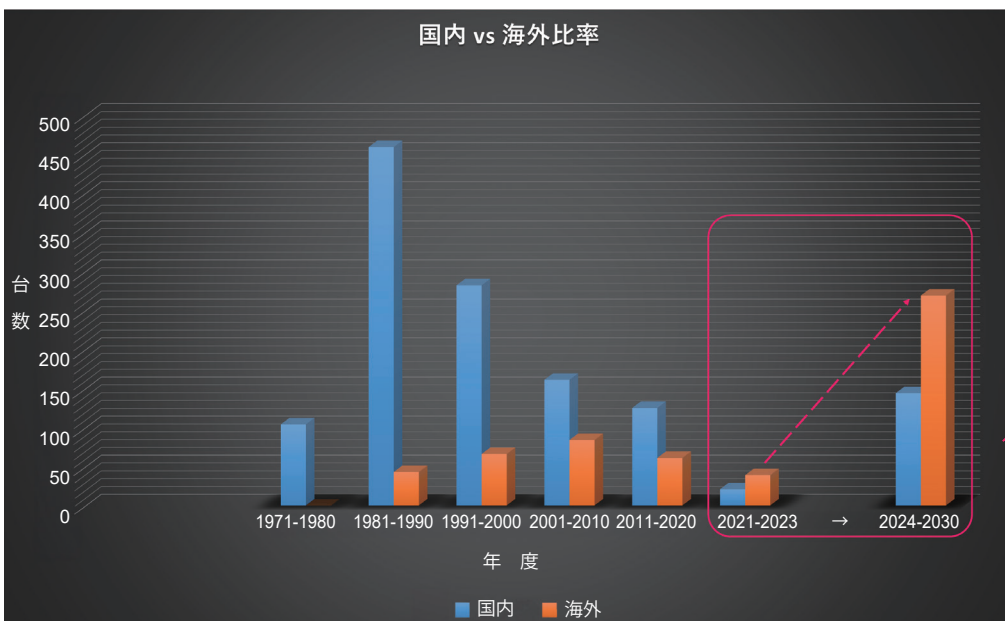


図10 混練機の国内と海外実績比率

赤字内の解説

二次電池などのエネルギー分野が欧米を中心に拡大する計画

縦軸…台数
横軸…年度

6. グローバル化を目指した挑戦

(1) さらなる進化へ向けて

KRC ニーダやハイブリッドリアクタにおいて、装置の改良や実験の効率化を目的に、シミュレーションによる解析と可視化による検証を実施しています。第1ステップとして付着性を有する粉体の原料を計算対象とし、パドル形状検討や新規パドルの試作やパドル組合せによる混合・混練効果を確認し



機械システム事業部
粉体プロセス技術営業部
グローバル営業課
韓 昌和

ました。シミュレーションによる解析結果の妥当性を確認するため、可視化による検証も並行して行いました。学生時代にはシミュレーションによる解析を主に行いましたが、可視化テストは初めての試みで、測定・評価方法の確立までには試行錯誤を繰り返しました。この時に得た経験や知見を、他の装置の可視化にも生かすことができたため有益な時間だったと思います。今年度は第2ステップとして、お客様から要求が多かった液状の原料を計算対象とし、温度-粘度の相互作用を考慮した解析に取り組んでおり、上述した目的以外にPR資料、お客様との共同研究の素材として、様々な分野で活用していく予定です。

■ 50年間の混練機に関する歴史と今後の展望 ■



図11 2軸連続式混練機の変遷

(2) 国際競争力向上のために

現在、二軸連続混練機における中国市場は、主に4種類のポイントがあると考えられます。

1. 需要の増加
2. 自動化と技術革新
3. 環境への配慮
4. 国際競争力向上

中国では食品の安全性確保や、自動車産業用電池製造など、高性能・高精度の混練機に対する需要が日々高まっています。

「中国製造 2025」における国の戦略では、製造業の自動化と技術革新が求められ、二軸連続式混練機にもスマート自動化機能 (IoT、AI) の導入が期待されています。さらに、日本国内と同様にSDGsや環境配慮への取り組みも各地方政府から強く指示され、混練プロセスにも省エネルギーの



機械システム事業部
粉体プロセス技術営業部
グローバル営業課
孫 沐紫

考慮や廃棄物の削減と再利用など、環境負荷の低減に貢献できる機能や提案が求められています。その中でも、特にデジタル複製や、シミュレーションなどによる開発費用の低減や、時間の短縮に関する技術が注目されています。一方で、中国ではネイティブ企業の国際競争力を高めるため、国から特定の企業に対し条件付けで補助金などの支援をすることが多くの産業で見られます。海外の企業が本格的に中国市場へ進出する場合、アライアンスやM&A、ネイティブ人材の活用によるコミュニケーションの促進など、事業成長戦略の策定が重要なテーマの一つになると思われます。

長期間、他社が真似できない高い技術や、高い品質の製品を開発し、継続して提供すること、優秀なローカルパートナー企業を探し、中国市場に合うビジネスモデル構築することなど、混練機の需要が最も高いクラスター地域で、クリモトの知名度をより向上させる取り組みが必要と思われます。微力ながら、粉体プロセス本部の中国ビジネス拡大に向け、貢献していきたいと思えます。

(混練機における開発や技術改良の経緯)

1. 現在、二軸連続式の装置は、4種類 (KRC ニーダ、エクストルーダ、ハイブリッドリアクター、SC プロセッサ)
2. 技術改良された内容は5種類 (混練性能、耐食性能、気密性能、耐熱性能、耐磨耗性能)
3. 出願された特許は、46件で継続中の特許は21件、申請中の特許は8件
4. 年代別の市場の動向は円グラフに表記…2020年からも10年でドメインのバランスが変わる予測
5. クリモトの実績は1322台 Readco Kurimoto, LLC.の実績は、約850台 (全世界での実績は合わせて、2000台を超える)

Readco Kurimoto LLC
設立

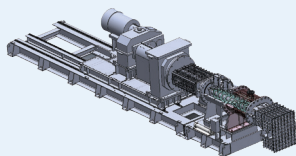
READCO
KURIMOTO

アメリカ

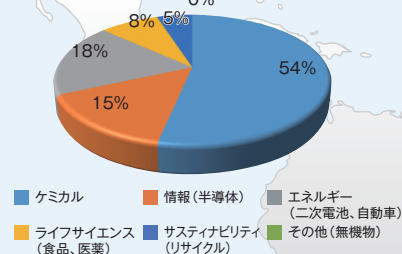
メキシコ

実績のある
地域

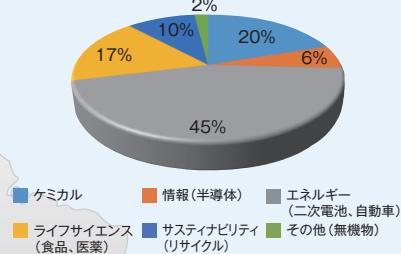
2軸連続式反応装置 ハイブリッドリアクター開発



2020年~2023年



2024年~2030年



2019

2022

2030