

粉体技術

FUNTAI GIJUTSU

3

March

Vol.15, No.3, 2023

〈特集〉アミューズメントと粉

流動床インターフェースとエンターテインメント
鉄ナノ粒子を用いたMR流体のハプティクス分野への応用
粉末菓子アミューズメントの新たな可能性
不思議な砂との出会い
鳥取砂丘の魅力と保全について
仁摩サンドミュージアム1年計砂時計—砂暦


POWTEX[®] 2023
The 15th International Powder Technology Exhibition Osaka

未来を
つくる **PX**
Powder-technology Transformation

リアルとオンラインのハイブリッド開催
国際粉体工業展大阪 2023

2023年10月11日(水)～13日(金)
インテックス大阪(南港) 4・5号館

オンライン 2023年9月27日(水)10:00～11月10日(金)17:00

主催:  APPIE 日本粉体工業技術協会

<https://www.appie.or.jp>

未来の環境のために
いま、できることから。

ゴア® ロー・ドラッグ フィルターバッグ



高い処理能力と環境保全を両立

- 排出量の低減
- 生産工程の最適化
- フィルターバッグの長寿命化を実現
- 圧力損出の低減
- トータルコストを削減

www.gore.co.jp

GORE、ゴア、Together, improving life、ロー・ドラッグ、および記載のデザイン(ロゴ)は、W. L. Gore & Associatesの商標です。
© 2023 W. L. Gore & Associates, Inc. / 日本ゴア合同会社



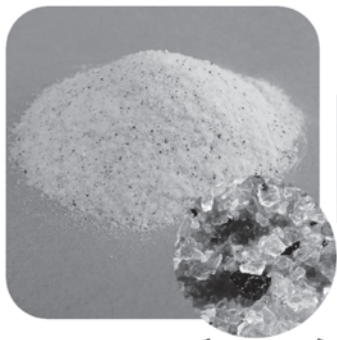
ゴア ロー・ドラッグ



Together, improving life

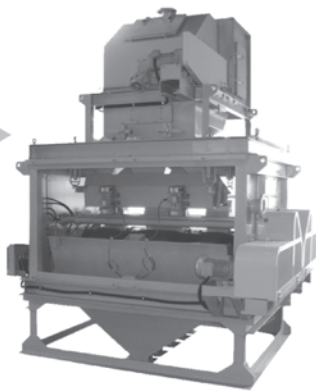


細かな粒子

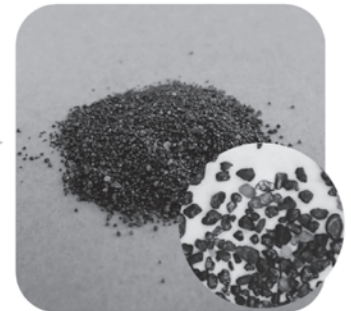


1mm

- #シリカ粉
- #アルミナ粉
- #SUS粉
- #パウダー



1mm



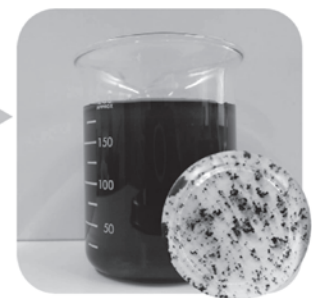
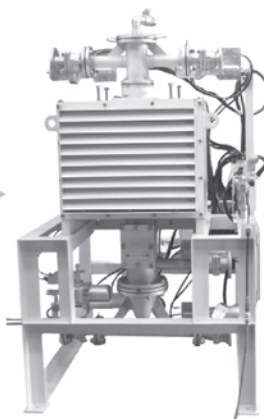
1mm

最大2.8テスラの世界 強力磁力で選別

液体



- #アルカリ洗浄液
- #処理水
- #圧延油
- #泥しょう



4mm

無料でサンプルテストを行います。
お気軽にお問い合わせください。



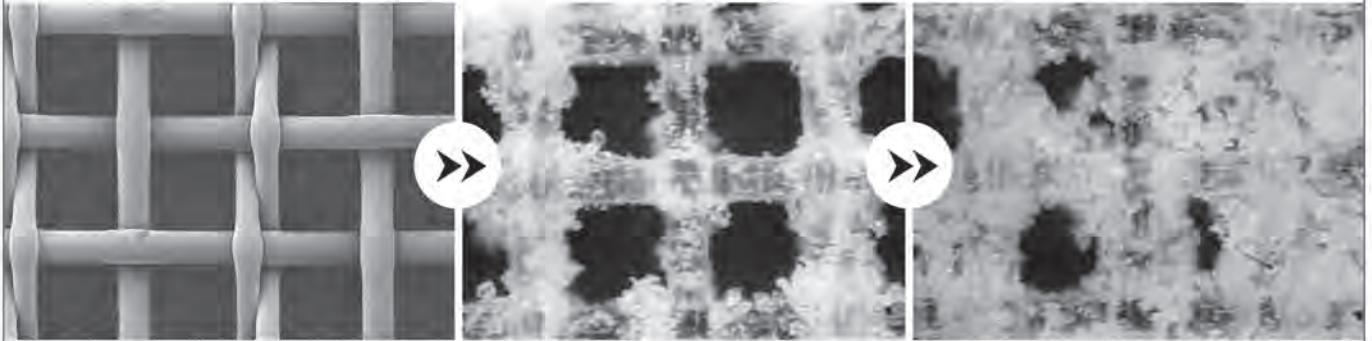
限りある資源に、揺るぎない技術を。
日本磁力選鉱株式会社
NIPPON MAGNETIC DRESSING CO., LTD.

エンジニアリング事業部
TEL 093-521-4481
詳しくはホームページへ

<http://www.nmd.co.jp>



ふるい工程の
目詰まりに起因する問題
抱えていませんか？



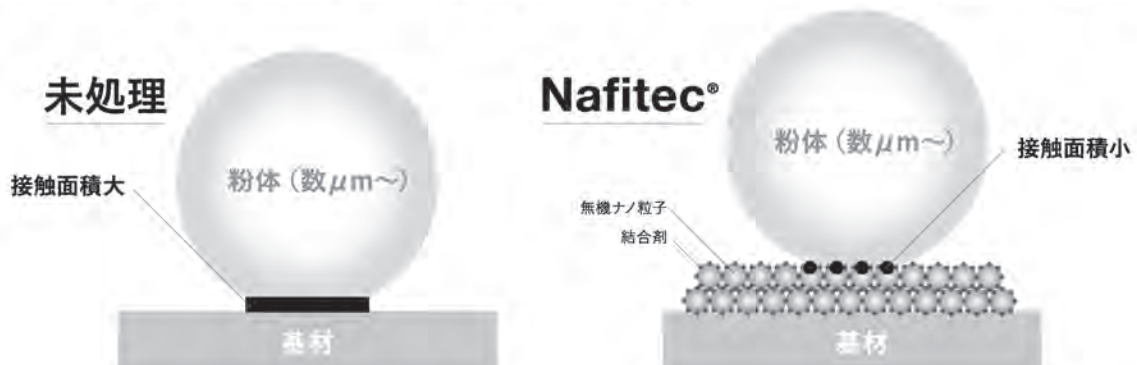
ふるい網の正常な状態

未加工網目詰まり状態①

未加工網目詰まり状態②

Nafitec® ふるい網

ナノ粒子と粉体との接点の最小化により目詰まりしにくいふるい網



NBCメッシュテックは織物総合メーカーです。
織物の製造から一次加工・二次加工までの一貫製造によって幅広い提案が可能です。
お問合せお待ちしております。

株式会社NBCメッシュテック

〒191-0053 東京都日野市豊田2-50-3 担当:産資営業部 TEL:042-582-2619

詳しい情報はこちら



粉体圧縮の次は 工程圧縮

KIKUSUI

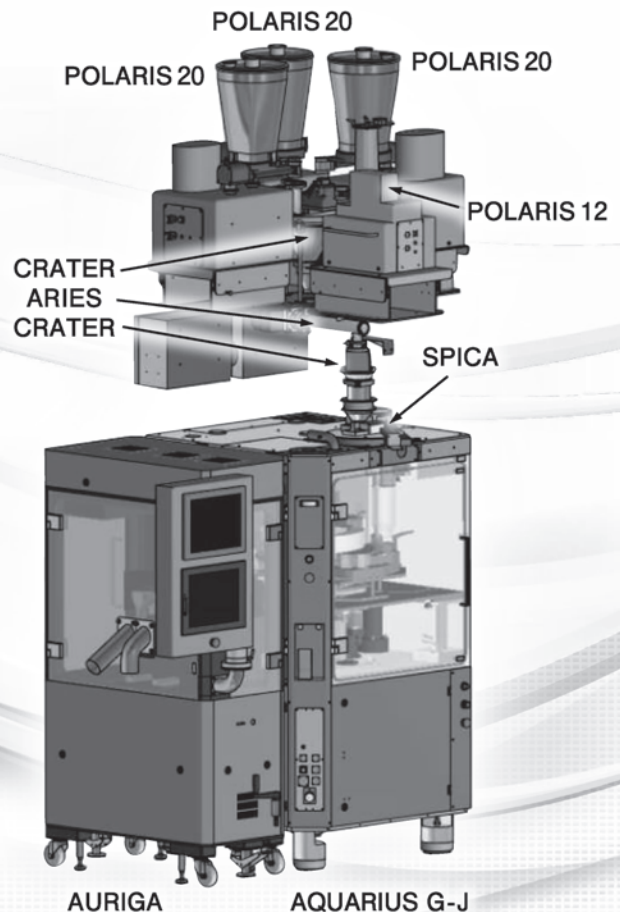
PTOLEMY SYSTEM

連続生産システム

長年「粉体圧縮技術」を培ってきた菊水製作所は、次のステージとして、確実なく「工程圧縮」が可能となり、生産時間短縮・コスト削減などを実現する、経営者目線から考えられた次世代連続生産システム「PTOLEMY SYSTEM (トレミーシステム)」を構築しました。PTOLEMY SYSTEMは、原料の秤量・混合から、打錠、粉取り、検査までを連続して行えるシステムです。

PTOLEMY SYSTEM 機器構成

- ◆ **定量フィーダ(POLARIS)**
：各粉末を安定供給する。
- ◆ **連続混合装置(CRATER・ARIES)**
：垂直混合と水平混合により、主薬の混合度を良くする。
混合する粉末に合わせた混合機の自由な組み
合わせにより省スペース化を実現。
- ◆ **NIR測定排除ユニット(SPICA)**
：連続的な全数モニタリングを行い、20g程度の混合粉末毎
の少量排除が可能。
※ POLARIS、CRATER・ARIES、SPICAは全て連動して
おり、最終混合末量に合わせての打錠が可能(回転盤回転
数の自動調整等)。
- ◆ **錠剤機(AQUG-Jなど)**
- ◆ **錠剤整列搬送装置(AURIGA)**
：錠剤機と連結し、同期して、1錠ずつ順番・表裏・位置関係
を維持したまま搬送し、整列状態の搬送錠剤を連続的に
検査できる。



従来粉碎不可能だった材料も均一に超微粉まで粉碎可能

超微粉碎機

サイクロンミル

CYCLONE MILL



150BMS型

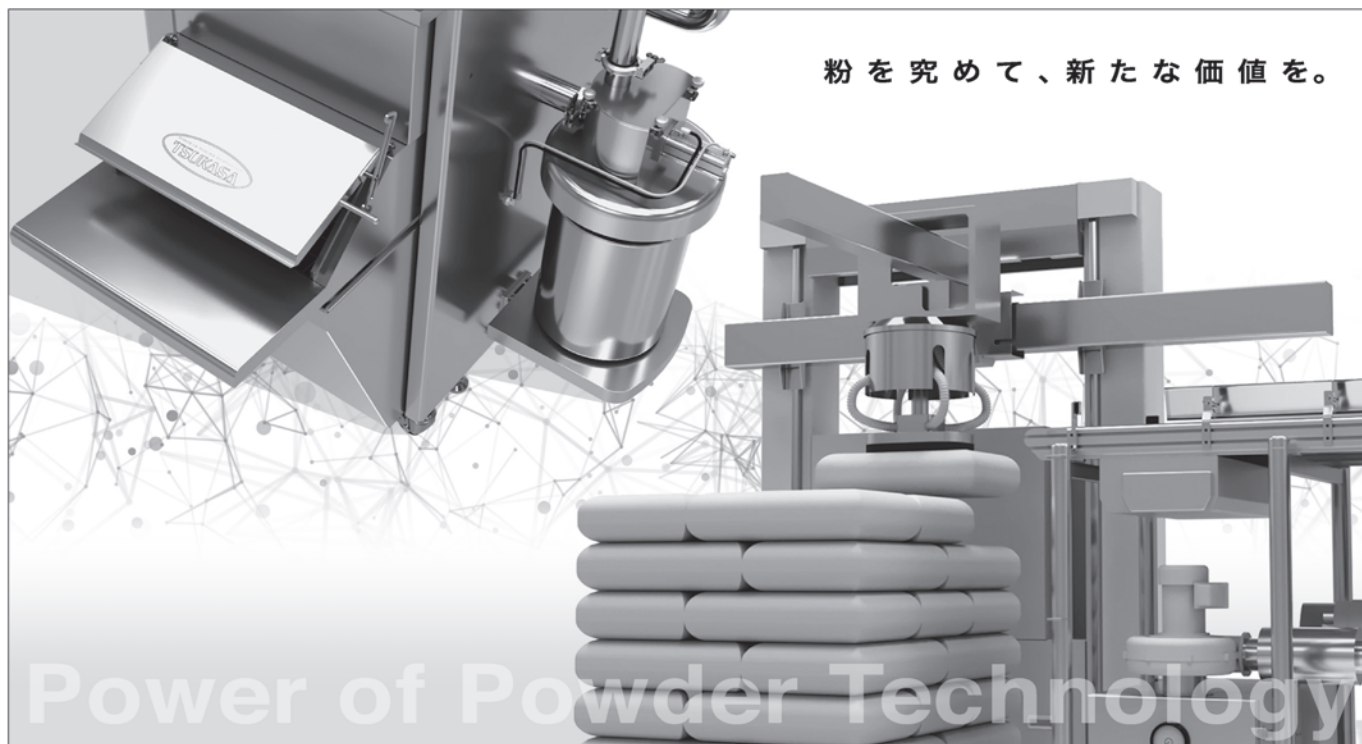
特徴

1. 機械的磨耗、コンタミが少ない
食品向け、高純度を要求される化学粉体に最適です。
2. 幅広い材料に対応
硬い材料(カーボン)や柔らかい材料(茶葉)まで。
水分や油分の多い原料(大豆、コーヒー豆)も対応できます。
3. 極めて均一な粒度分布
高速気流の遠心力で自動分級します。
原料の分級ロスを低減します。
4. 材料の発熱が少ない
高温での品質劣化を防ぎます。(食品向け)
5. 設備費、ランニングコストが抑えられる
分級機、高圧空気源が不要で、運転動力が少ない。
6. 運転が容易
シンプルな構造で、内部洗浄、清掃が容易です。

Shizuoka Plant
株式会社 静岡プラント

本社工場 〒421-0304 静岡県榛原郡吉田町神戸2841-2
TEL.0548-23-9090 FAX.0548-23-9091
URL <http://shizuoka-plant.com>

粉を究めて、新たな価値を。



Power of Powder Technology

私たちは「粉体」と「テクノロジー」を融合させてお客様と社会に貢献する「新しい価値」を創造します。

POWER OF POWDER TECHNOLOGY

TSUKASA

ツカサ工業株式会社 〒475-8550 愛知県半田市中午町178番地 TEL.0569-22-5111 FAX.0569-21-1001

粉碎研究のエキスパート

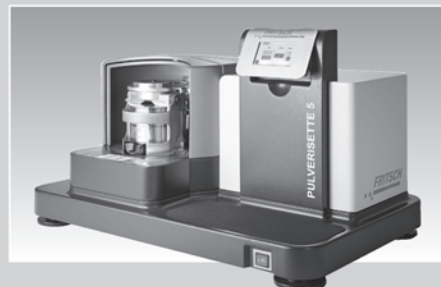
ドイツ フリッチュ社製

遊星型ボールミルシリーズ

“NANO領域” プレミアムラインシリーズ

Premium Line PL-5

- Premium Line PL-7、クラシックラインシリーズをさらにスケールアップ。搭載容器は500、250ccは2個、150ccは4個搭載可能。
- 容器の材質は、メノー、ジルコニア、高硬度ステンレス、WCCOの4種。
- 台盤回転数は100-800rpm、容器回転数は200-1、600rpm
- 弊社遊星型ボールミルシリーズの中でも最大級の安全性を配慮。



Premium Line PL-7

- 弊社Classic Line P-7と比べて250%の粉碎パワーUP
自転：公転比率：1：-2。 MAX 1,100/2,200rpm
粉碎エネルギー：MAX 94G (Classic Line P-7では46G)
- 容器を本体に内蔵。外部に飛び出す危険性は皆無に。
- 容器のサイズは20, 45, 80ccの3種類。雰囲気制御容器も多数用意。
- 容器のセット、取り出しも極めて容易に。

クラシックラインシリーズ

Classic Line P-5, P-6, P-7

プレミアムラインと並んで従来どおりの遊星型ボールミルトリオも併せてご提供いたします。

遊星型ボールミルの
パイオニア



フリッチュ社の技術で
容器1個で遊星型に



微量の試料を
対象に



- 通常の容器、雰囲気制御容器ともボールも含めて次の材質を御使用いただけます。
メノー、アルミナ、ジルコニア、チッカ珪素、高硬度ステンレス、タングステンカーバイト、プラスチックポリアミド
- 容器のサイズ。
500, 250, 80, 45, 12cc。
- 乾式のみならず湿式での粉碎が可能。
またISO9001, TUEV, CE等の国際安全基準をクリアー

カタログおよび価格表は弊社にお問い合わせください

フリッチュ・ジャパン株式会社

本社 〒231-0023 横浜市中区山下町252
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島7-2-7
福岡営業所 〒819-0022 福岡市西区福重5-4-2

info@fritsch.co.jp <http://www.fritsch.co.jp>

Tel (045)641-8550 Fax (045)641-8364

Tel (06)6390-0520 Fax (06)6390-0521

Tel (092)707-6131 Fax (092)707-6131

粉体ハンドリングの幅広いニーズに 技術と総合力でお応えします

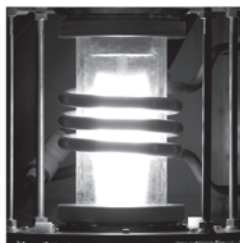
旋回気流式分級機
エアロファイン・クラシファイア



マトコン IBC システム



受託加工業務
分級・粉碎・ナノ粒子



プラントエンジニアリング
食品・化学・医薬プラント



日清エンジニアリング株式会社 <https://www.nisshineng.co.jp>



- 本 社 / 〒103-8544 東京都中央区日本橋小網町 14-1 住生日本橋小網町ビル 5 階
- 粉体事業部 / 〒356-0045 埼玉県ふじみ野市鶴ヶ岡 5-3-77
- 大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー

- TEL 03-3660-3400 FAX 03-3660-3085
- TEL 049-264-3049 FAX 049-264-9367
- TEL 06-6350-6011 FAX 06-6350-6025

原材料をやさしく長距離輸送

〈プラグ圧送式 空気輸送システム〉

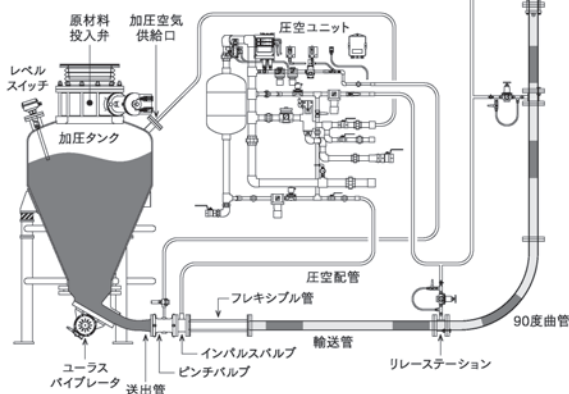
STEP FLOW

ステップフロー®

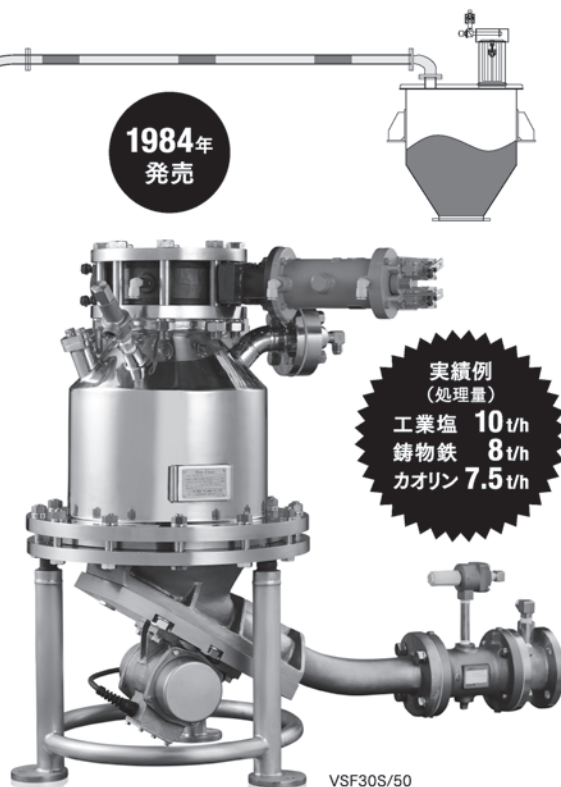
- 最長輸送可能距離

水平 **200m**

垂直 **60m**



1984年
発売



実績例
(処理量)
工業塩 10 t/h
鋳物鉄 8 t/h
カオリン 7.5 t/h

VSF30S/50

《ステップフローの特長》

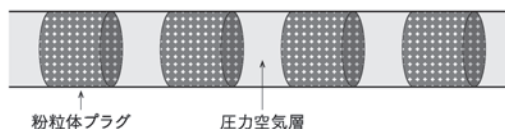
- 既設のスペースを生かせる自由設計
- 輸送物が壊れにくい高濃度プラグ輸送
- 配管の摩耗が少なくメンテナンスフリー
- 完全密閉でこぼれなし
- 2つの閉塞防止機構*を装備
- 停電や非常停止後の復帰運転がスムーズ
- 空気消費量が少なく省エネルギー
- 分岐弁により複数タンクへ輸送可能
- 計量機付きタイプは生産管理も可能
- 含水率1.05%の食塩を輸送した実績あり

*: ユーラスバイブレータとリリーステーション

■ プラグ輸送とは

プラグ輸送とは、輸送管内の連続粉粒体層を一定の長さで切断し粉粒体プラグ（粉粒体層による栓のような状態）を形成すると同時に、分割された粉粒体プラグ間に圧力空気層を介在させ、粉粒体群を移動・輸送することを原理とした空気輸送方式です。

■ プラグ輸送での輸送状態（配管内部）



■ お問い合わせ先

ユーラステクノ株式会社 <https://www.uras-techno.co.jp>

東京営業所 〒101-0047 東京都千代田区内神田2-16-9 センボービル2F TEL: 03-3254-6101

本社・九州営業所 TEL: 093-693-8301

仙台営業所 TEL: 022-206-6948 名古屋営業所 TEL: 052-219-5580 大阪営業所 TEL: 06-6390-0834

ユーラステクノ ステップフロー





JIS Z 8801 試験用ふるい

《網ふるい》フラットトップ織・平織・綾織

目開き…125mm~3.35mm、2.80mm~1.00mm、
850 μ m~53 μ m、45 μ m~20 μ m、
規格外 13 μ m・16 μ m

枠寸法… ϕ 300×100mmH・60mmH
 ϕ 150×60mmH・45mmH・25mmH
 ϕ 200×100mmH・60mmH・50mmH
45mmH・25mmH
 ϕ 75×20mmH

網材質…ステンレス(SUS304・SUS316)
その他規格外の枠あり

《電成ふるい》※要相談



ISO/IEC17025校正機関

規格に準じた精度保証ができるISO/IEC17025の国際規格の要求事項を満たす試験機関として、登録認証機関の認定を取得し、技術的に適正な試験結果を提供する能力を有する試験機関として公的に認められ、JIS Z 8801-1 試験用ふるいに関して、ilac/MRAのシンボルマークの付いた校正証明書を発行することが可能です。

超音波ふるい分け器 TSK-PNS型

- 周波数：スイープ発信 30kHz \pm 38kHz
- 最大出力/電源：50W / 単相 110V \pm 10%
- 寸法：280×190×170mm
(コンバーター部を除く本体)

- 使用ふるい径： ϕ 75~ ϕ 300mm (JIS Z 8801)・
約 ϕ 600以下
- 安全規格：[発振機]IP65,CE,防塵・防爆構造
[コンバーター]IP67 防水・ATEX22 防爆

TOKYO SCREEN CO., LTD.

東京スクリーン株式会社

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1-6-16 神田渡辺ビル1階
TEL.03-3256-7457(代) FAX.03-3256-7460
URL: <http://www.tokyo-screen.com> E-mail: info@tokyo-screen.com

正確さと信頼で結ぶ

- JIS試験用ふるい ■ 金属製金網
- ステンレス製品 ■ 合成繊維網



ISO/IEC 17025:2017 ISO 9001:2015

「粉体技術」は日本粉体工業技術協会が編集・発行する技術情報誌です。

粉体技術

FUNTAI GIJUTSU

毎月1日発行・定価1,500円(税別)

粉体関連産業総合情報誌を 購読しませんか？



粉体に関する技術情報を独自の視点で取り上げた企画や、経営・営業、製品開発や生産技術に役立つ情報が盛りだくさん。

第一線で活躍する技術者・研究者をはじめ、経営・営業に携わる方々にもわかりやすく解説しています。

掲載内容例 (2020年5月号)

巻頭言

インクルーシブ社会について

羽倉義雄

書評

Powder Technology Handbook (第4版)

山田幸良

粉の最前線

石炭エネルギーのクリーン利用に向けた将来展望

野田直希

連載

海外市場情報

米国のコロナウイルス -52-

石戸克典

京都漫遊 再び (Vol.14)

篤史庵

特集「日ごろ目にしないセラミック製品と製造プロセス」

セラミックス開発における近年の成果

目 義雄

高純度アルミナの製法と用途展開

酒谷能彰

粉碎・分散用メディアの製造プロセスとメディア特性

日下健太郎

次世代キャパシタと電極材料

武田積洋

積層セラミックコンデンサー (MLCC) と粉体プロセス

三好利幸

スパークプラグと排気ガスセンサーおよびそのプロセス

小寺英司

粉体成型って難解なこと多いよね！

菅原尚也

管理のための目のつけどころ

銀行の提供機能の表向きと実態 その⑤

「新型コロナウイルスへの対峙姿勢」

佐々木城彦

いずみ

「粉惚最新」終了を惜しむ

協会からのお知らせ

粉体工学会誌5号内容予告

掲示板

「プラントエンジニアリングコース」

「安全エンジニアリングコース」のご案内

〈対談〉先達の言葉

金沢大学名誉教授、石川工業高等専門学校名誉教授

金岡千嘉男 氏



一般社団法人 日本粉体工業技術協会

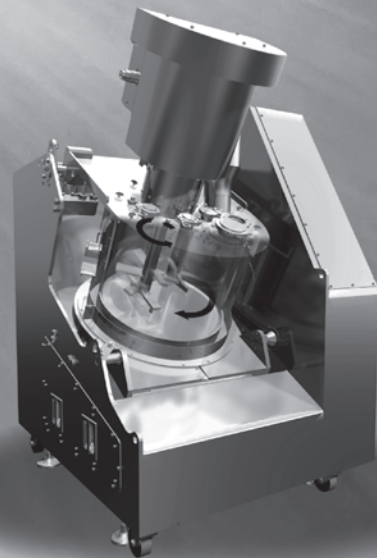
購読のお申し込み：<https://www.appie.or.jp>

アイリッヒ だからできること

混合・解砕・分散などの
単一工程で高い再現性

顆粒化・粒状化・ペースト化などの
複合化工程を一台で実現

処理時間の短縮・収率向上などの
プロセス改善



テストのご相談は
こちらへ

☎ 0476-73-5220

✉ eigyo@nippon-eirich.co.jp
〒287-0225 千葉県成田市吉岡 1210

日本アイリッヒ株式会社

〒451-0045 愛知県名古屋市西区名駅 3-9-37 合人社名駅 3 ビル
<http://www.nippon-eirich.co.jp/>

目 次

巻 頭 言

金属粉末と私..... 飯田 一彦 12 (188)

粉の最前線

身の回りの「粉」事情..... 稲田 幹 13 (189)

特 集

アミューズメントと粉

特集「アミューズメントと粉」を企画して

..... 井上 義之、大矢 仁史、黒川 卓、池田 純子 14 (190)

流動床インターフェースとエンターテインメント..... 的場 やすし 15 (191)

鉄ナノ粒子を用いたMR流体のハプティクス分野への応用 橋田 真一郎 24 (200)

粉末菓子アミューズメントの新たな可能性

..... 中村 秀男、有賀 文威、大谷 泰史、小林 由奈 29 (205)

不思議な砂との出会い..... 小林 美紀 38 (214)

鳥取砂丘の魅力と保全について..... 松原 雄平 40 (216)

仁摩サンドミュージアム1年計砂時計 — 砂暦 谷本 友秀 46 (222)

わたしたちの自由研究・課題研究

第4回 気仙沼 鳴き砂の秘密を解き明かせ！..... 「粉体技術」編集委員会 50 (226)

連 載

海外市場情報 ネズミとネコ -68-..... 鍋島 壮輔 62 (238)

トレンドを掴む

注目される話題の動向を数値面からごく簡単に理解できるように その②

「ホテル・旅館を巡る動向」..... 佐々木 城彦 60 (236)

粉体カルテットのティータイム

31. だから..... 粉体カルテット 64 (240)

協会からのお知らせ..... 65 (241)

粉体工学会誌3号内容予告 2022年度春期研究発表会特集..... 59 (235)



金属粉末と私

JX金属株式会社 飯田 一彦

私と金属系粉末の出会いは、私が日本鋳業（現 JX金属株）に入社した30年以上前にさかのぼる。化学工学を専攻後、新入社員として入社した最初の配属先は、モーターの軸受けなど焼結部品の原料として使用される電解銅粉を製造している工場であった。そこで、生産性改善を主業務とする技術スタッフとしてサラリーマン人生のスタートを切った。ご存知の方も多いと思うが、電解銅粉は精製電解と比較し、より高い電流密度で運転し電解を行う。カソード側に析出した銅を粉として回収し、その後、洗浄、乾燥、篩別、混合を経て製品となる。当時の私の担当業務は銅粉の粉体特性のばらつき低減であった。電解銅粉はご存知の通り、デンドライト状の形状をしており、乾燥の条件や方法を変えただけで、その壊れ方が変化し、粉体特性が変わるため、新入社員としては、相当難易度の高いテーマであった。上司、先輩の指導の下、学生時代の知識を総動員して、自分なりに奮闘したと思うが、結局、たいした成果も出せないまま2年が過ぎたところで、こいつはモノにならんと判断されたのか、米国への異動を言い渡され、電解銅粉とはまったく異なるリードフレーム事業に携わることになった。電解銅粉工場を後にする際、工場を遠目に見ながら改めて感じた、粉末はちょっとしたことで特性が変わる、微妙なものだ、難しいテーマだったという、悔しい思いは、工場のシルエットとともに今でも記憶に残っている。その後、米国でのリードフレーム事業も約3年で事業撤退となり、日本に戻った。帰国後、種々の電子材料の製品に携わったが、粉末をお客様にお届けする事業に携わることはなかった。

時は過ぎて、2018年、旧 H.C.Starck のタンタル・ニオブ事業部門（現 TANI OBIS）を当社が M&A したというニュースが社内外に発表された。当時、私は、主に回路基板配線材として使用される銅箔関連の仕事に従事しており、当社も新たな分野に進出していくのだと、どこか他人事に捉えていた。それが、2019年4月に TANI OBIS と共に事業を推進すべく本社に設置されたタンタル・ニオブ事業部に異動だと告げられた。久しく、製品としての粉体を扱っていなかったもので、それは、それは、驚き、同時に、やって行けるのだろうかという大きな不安を感じた。タンタルやニオブの精錬方法含め、この業界の技術のバックグラウンドもよく理解できておらず、何が出来るだろうかという不安を抱いたまま、TANI OBIS の拠点であるドイツに行かせてもらった。彼らは極東 (Far East) からよく来てくれたと、歓迎してくれ、技術的なことも丁寧かつ親切に教えてくれた。取り扱って

いる粉末は多岐にわたり、タンタル粉、タンタルやニオブの酸化物粉など20種類を超える。主力製品であるタンタル粉の主な用途は、スパッタリングターゲットに使用されるスパッタ粉と、コンデンサー（以下 Cap と表現）用途に使用される Cap 粉である。スパッタ粉については、一旦溶解されインゴットとされるが、Cap 粉は TANI OBIS の顧客にて、粉体をそのまま使用されるので、求められる特性も多岐にわたる。TANI OBIS の技術担当から、Cap 粉の説明を受け、SEM 写真、粉体特性のデータなどを使用しながら、求められる特性、そして、そのための作り込みの方法を聞いた際には、相当な技術の積み重ねがあることに衝撃を受けた。現在は現場がそばにあるわけではないが、TANI OBIS の技術者との議論は、さまざまな気づきを得られる場でもあり、今でも時間を作ってでも参加したい、数少ない打合せの一つだ。



写真-1 2019年に資本参加した Alloyed 社による造形物

最近では、金属3Dプリンター向けの合金設計などのユニークな技術をもつオックスフォード大学発スタートアップである Alloyed 社とともに高温に耐えられる構造材に使用される合金である C103 合金、FS85合金などの3Dプリンター用合金粉末の開発、試作を進めている。3Dプリンターを使用することで、今までにない複雑形状の実現が期待され、さまざまな企業、研究機関で評価していただいている。発想としては、面白いものがあると思うし、事業としても将来を期待している。さらには、ハイエントロピー合金粉末にも TANI OBIS は対応している。粉末の持つ未来は、3Dプリンターの登場もあり、社会貢献の機会が増えてきたと感じている。金属粉末のメーカーの一つである TANI OBIS が社会発展に貢献できるよう、これからも微力ながら、尽力していきたい。

い い だ か ず ひ こ
飯田 一彦

JX 金属株 常務執行役員 タンタル・ニオブ事業部長
(兼)タンタル・ニオブ事業部 管理部長
技術本部 審議役



身の回りの「粉」事情

九州大学 稲田 幹

「ねえ、今度、粉についての記事を書くことになったっちゃけど、あんたたちは『粉』って聞いて何を思い浮かべる？」と問うてみた。

大学院生 A 「パウダーですかね」

「いや、それ、英語に直しただけやん！」

どうやらふわふわしたベビーパウダー（子どものころは天花粉と言っていた、というと世代がわかる）のような粉のことを言いたかったようだ。語彙力のなさなのか、感性の違いなのか。

その他の大学院生「小麦粉、片栗粉」

「仮にもセラミックス粉体を合成している研究室の学生なのに、一般的な回答しかないんかーい」と返したところ、「ちゃんとセラミックス粉体と答えたことにしておいてください」とのこと。

高1長男「パウダー」

「おまえもか！（笑）」

そういう表現をする世代なのか？

小6次男「小麦粉」、小4三男「きな粉」

割と普通の答えだった。子どもたちはきな粉もちが大好きである。

そのほか、さまざまな年代の大人たちにも尋ねてみたが、圧倒的に小麦粉（薄力粉）が多く、片栗粉、パン粉、蕎麦粉も挙がった。粉物という意味で「お好み焼き」もあったが、「ラーメンの麺（の表面に付いている粉）」という答えは福岡ならではと思う。「白」との回答もあった。確かに身近な粉はだいたい白い。

警察官（夫）「覚醒剤」。ある意味で予想通りの答えであった。メディア関係など情報に敏感な人たちも「ドラッグ」と答えたので、生活からそんなに遠くないところに存在する粉なのかもしれない。

さて、私が意見を求めた人たちは誰もファンデーションやおしろい（化粧品）と回答しなかった。私は常々、ファンデーション類を粉としてとても優れていると思っている。小さなパッケージの中にたくさんの化学（科学）が詰まっており、粒子の粒子径・形態制御、表面修飾、粉の混合、美容成分配合（担持）、成形など、すべてが揃って初めて完成する美しさがある。

先日、ファンデーションを変えた。20代まではパウダーファンデを使って化粧をきちんとしている（つもり）の日も多かったが、気を抜くと厚塗りになったり、夕方に塗り直しが必要だったりと、

手がかかる印象だった。30代は時間の節約という名目で化粧を簡素化（手抜き）し、ゲルファンデに行き着いた。塗りのテクニックが不要で肌の乾燥や粉浮きがなく重宝していたが入手しにくくなってきたため、40代半ばで改めてファンデーション探しを行った次第である。リキッドファンデは私には扱いが難しかったのでパウダーファンデに戻るか、とネットで検索していたら“クッションファンデ”という（少なくとも私にとっては）新しいものを見つけた。その中でも某メーカーの「リキッドファンデを丸ごと固めた」という表現に惹かれて購入したところ、中身を見て大変驚いた。どこがリキッドだったの？と思うくらい見た目は粉の成形体であり、パフへの伸びが良く肌付きも良好で塗りやすい。パッケージには「割れやすいので丁寧に扱って」という趣旨のことが書いてあったが割れやすいということもなく、ファンデは表面、内部ともにいつもしっとりしている。粒子の作り込みから混合、成形に至るすべてに高い技術が感じられ、使うたびに（化粧という行為ではなく、高い技術を毎日体験できるという点に対して）テンションが上がる毎日である。

本記事の執筆にあたって粉について聞き込みを行ったが、やはり生活に直結するものの印象が大きいことに改めて気付かされた。第6期科学技術・イノベーション基本計画では、市民参画による社会問題の解決やシチズンサイエンスの活性化が述べられており、そのためにも小麦粉（食べ物）以外の粉の存在とその重要性を世間に広く理解してもらう必要があると強く感じた。

私はセラミックス材料の開発に関わる研究者であり、主に液相反応による粉作りを行っている。セラミックスにおいてはバルクや膜の原料として使われることが多い『粉』であるが、化粧品のように粉そのものとして使える“パウダー”（！）の開発を目指してこれからも研究に邁進する所存である。

いなだ 幹

九州大学 中央分析センター 准教授

特集「アミューズメントと粉」を企画して

特集担当編集委員 井上 義之、大矢 仁史、黒川 卓、池田 純子

粒子の集合体である粉体は固体でありながら、押せば固まる、傾けると流れる、空気などの流体を流すと舞う、など特異な挙動を示す。そのとき粉体は、心や感覚に訴えかけるような振る舞いを見せることがある。例えば自然界では、砂の動きとそれが作るパターンなどを美しく感じる。また粉体の特異な振る舞いを利用した、さまざまなアートや製品が存在する。本特集では、粉体を心に安らぎを与える娯楽（アミューズメント）の源としてとらえることにした。粉体そのものでの楽しみ、一部として利用されている製品やアート作品、粉体が作り出す自然の形など、さまざまな分野からご執筆いただいた。

学校法人ものづくり大学の的場やすし氏には「流動床インターフェースとエンターテインメント」と題して、化学反応・造粒・乾燥などに用いられる流動層の工業的な利用方法以外の側面について紹介いただいた。粉体工学では広く知られている現象であるが、これをアートやエンターテインメント、ヒトとのコミュニケーションのインターフェースとして捉えるという、全く新しい試みに取り組まれている。この現象を用いたエンターテインメント・インターフェースの新しい形を多数、紹介いただいた。

株栗本鐵工所の橋田真一朗氏には「鉄ナノ粒子を用いたMR流体のハプティクス分野への応用」と題して、利用者に力、振動、動きなどを与えることで皮膚感覚フィードバックを得ることができる、ハプティクスというテクノロジーを実現するツールとして、MR（磁性）流体を利用する事例を説明いただいた。本文ではMR流体を使用することの特徴・利点、そして磁性を有していることによる課題と、その克服手段、ならびにデバイスへの応用例を紹介いただいた。

元 クラシエフーズ(株)の中村秀男氏、クラシエフーズ(株)の有賀文威氏、大谷泰史氏、小林由奈氏には「粉末菓子アミューズメントの新たな可能性」と題して、「ねるねるねるね」に代表される粉体を利用した菓子について、子どもたちに興味をもたせ、知育に役立つ製品について解説いただいた。粉末と添加液体との化学反応の利用、さまざまな知育菓子®の製造や開発の背景や狙い、そして、それらに携わられてきた研究者らの思いを、多数の事例とともに紹介いただいた。

株ラングスジャパンの小林美紀氏には「不思議な砂との出会い」と題して、命が吹き込まれたかのような不思議な挙動や触感を示す、独自の砂遊び用の粉について紹介いただいた。もともと東北の震災をきっかけに室内でしか遊ばなくなった子どもたちに向けて、今までになかった遊び道具を探していたところ、不思議な砂「キネテックサンド」に出会われ、それを国内で広げていかれることになったことなど、この技術に対する思いを語っていただいた。

株鳥取クリエイティブ研究所の松原雄平氏には「鳥取砂丘の魅力と保全について」と題して、粉の巨大な集合体ともいえる砂丘について、多方面から解説いただいた。本文では、そもそも鳥取砂丘がどのような場所で、どのようにしてできているのか、ヒトの目を楽しませる風紋や、砂丘自体の保全活動などについて紹介いただいた。

株徳寿工作所の谷本友秀氏には「仁摩サンドミュージアム1年計砂時計 — 砂暦」と題して、世界一大きな砂時計が有名なサンドミュージアムについて、砂を使ったアートや、1年といった暦を表すために作られた1年計砂時計の設計にかかわる経緯や苦労話などを紹介いただいた。また砂暦の形状や、使用する砂の特徴、あるいは加工の必要性などの技術的な面にも踏み込んで解説いただいた。

さてナノ粒子が集合体として整列すると、構造色が現れる場合があるなど、粉体が人の心に訴える現象には他にもさまざまなものがある。本特集で粉体の持つ可能性の一端を示すことができているのであれば幸いである。

なお製品の動きなど、写真だけでは伝わりにくいものも多く、ほとんどの記事で動画へのリンクを紹介しているので、是非ご覧いただきたい。

流動床インターフェースとエンターテインメント

学校法人ものづくり大学 的場 やすし
Yasushi MATOBA

Key Words: 流動床、インターフェース、砂、メディアアート、エンターテインメント

1. はじめに

ある分野では見慣れた現象が、違う分野の人間からは新鮮で驚くような現象に見えることがある。

砂が液体のように振る舞う「流動床」という現象は、筆者にとってまさに驚きそのものだった。

「流動床」とは、粉粒体の入った容器の底から流体を適度な速度で上向きに流すことで、粉粒体が浮遊懸濁して流動化する現象である（図-1）。

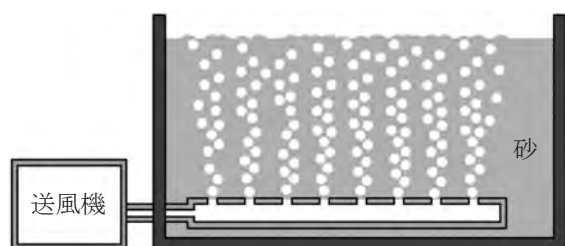


図-1 砂と空気を用いた流動床の構成

筆者は「HCI」（ヒューマンコンピュータインタラクション）分野の研究者であり、HCI技術を活用したシステムやメディアアート作品の制作を行ってきた^{1)~4)}。

2016年に「流動床」という興味深い現象に出会って以降、人間が流動床に直接接触れる形態の装置「流動床インターフェース」を制作し、主にアートおよびエンターテインメント用途に展開している^{5), 6)}。

「流動床インターフェース」では、粉粒体として砂を、流体として空気を用いている。「インターフェース」という単語は、通常の流動床が人体との接点を直接持たない形で運用されるのに対して、「流動床インターフェース」が視覚や触覚を通じて積極的に人体と関わる考え方であることを示すために使用している。

2. 流動床インターフェース以前に行った制作

筆者が「流動床インターフェース」の開発以前に制作したHCIの研究成果を応用したメディアアート作品の中から「流動床インターフェース」に関連のある作品として、「SplashDisplay」と「AquaTop Display」を説明する。

2-1 SplashDisplay

通常のテレビや映画で爆発のシーンが映っても実際に画面上で物理的に物体が飛び散る現象が起きるわけではない。それに対して2011年に制作した「SplashDisplay」⁷⁾（写真-1）は、物理的な物体の移動を伴うことで、「リアルに爆発したように見えるディスプレイ」を実現した。



写真-1 SplashDisplay

底面120 cm×90 cm、深さ30 cm程度の容器を発泡ビーズ（ビーズクッションで使用される物と同じ）で満たし、上方に設置したプロジェクターからビーズの表面へ映像を投影して水平型のディスプレイを構成する。容器の底は網状になっており、その下に多数の送風機または移動する送風機を設置して、投影される爆発の映像に合わせて送風機を作動させ、風によってビーズを上方に吹き飛ばす。このため、ユーザーからはディスプレイ

表面に爆発が発生したように見える。

この作品は、2012年の SIGGRAPH (北米で行われるCGやインタラクション技術などを扱う世界最大の学会)における発表、2012年の Laval Virtual Award (フランスで行われる世界最大のVR・3Dなどのコンテスト)における「3D Games and Entertainment 賞」の受賞、アジアデジタルアート大賞展優秀賞受賞などでの発表の機会に加えて、国内外40か所以上の美術館などでの展示を行い、好評を博してきた。

この作品の、容器の中に入れた粉体(発泡ビーズ)に対して容器の底から流体(空気)を送り込むという構造はまさに「流動床」と同じであった。発泡ビーズが軽量だったため、流動化前後で大きな挙動の変化が生じることはなかったが、作品の制作中、風を送り込んだ状態の発泡ビーズを手で触った際に、まるで液体のような感触になることが確認できていた。ただ、これが「流動床」という現象であることは、当時は気づかなかった。

2-2 AquaTop Display

次に開発した2012年制作の「AquaTop Display」は風呂の水面を、スマートフォンやタブレットのようなマルチタッチディスプレイ化する作品である。

浴槽の湯の中に入浴剤を入れることで白濁させた水面に対して、上方に設置したプロジェクターから映像を投影する。さらにデプスカメラという、物体までの距離を測れるカメラを用いて、水面をタッチしている水面上の手や、水面の下から水面上に突き出した指など、身体の位置を検出して、ユーザーが水面に対して行うインタラクションを解析することで、水面をマルチタッチディスプレイとして機能させることができる。さらに「お湯を両手ですくい取る」といった液体に対して特有の操作も、インタラクションに活用することができる。この浴槽のサイズを拡大してプールの規模で実現することも可能であり、アートやテレビゲーム的な映像の世界に人間が入り込み、身体全体を使って遊ぶエンターテインメントも実現できる。

「AquaTop Display」も Laval Virtual 2013、SIGGRAPH 2013での発表をはじめとして、国内外で展示を行い、メディアアート系の賞の受賞やテレビ番組での実演も多かった。写真-2は Laval Virtual 2013での展示の様子である(Laval Virtual Award 2013グランプリを受賞)。来場者は、両手を使ったジェスチャにより、水面上に光る玉を作



写真-2 AquaTop Display



https://youtu.be/ivpp_yU4U8g

り出し発射できるシューティングゲーム的な体験を楽しんでいる。

3. 流動床インターフェースの開発

2016年に、YouTubeで公開されていた高温の砂と空気を使った流動床型焼却炉の動画を発見し、「砂が液体のように振る舞う」という現象に驚き、「流動床」という言葉をインターネットで調べることでこの現象について理解することができた。そして、「AquaTop Displayでは白濁した水を利用したが、流動床を使えば砂を使って濡れずに同じことができる。さらにスイッチのオン・オフによって、砂の振る舞いを固体のような状態と液体のような状態の間で切り替えることができる。砂を触る人、砂の上に立つ人、あるいは砂の上の舟に乗る人に対して、これまでになかった体験を提供できる」と思い至った。

調査した結果、2016年当時は洗面器程度の大きさの装置で流動床を説明している事例がYouTubeなどで発見できたが、この現象を人とコンピューターの間インターフェースに応用した例や、人が中に入って遊ぶための装置を作った例を見つけることはできなかったため、流動床を応用して人が入れる大きさのインターフェース装置を制作することにした。

人が中に入る、あるいは人が乗れる小型の舟を浮かべるためには、砂を入れる容器の大きさが、底

面は畳1帖以上、高さは40 cm 以上、また砂の重量が1 t 以上は必要になる。本装置の開発に関して（現在筆者が客員教授として勤務している）ものづくり大学情報メカトロニクス学科の菅谷諭教授に協力していただき、ものづくり大学内に研究のためのスペースを確保して開発を本格的にスタートさせた。

2016年に、畳1帖ほどの大きさの流動床インターフェースの装置を完成させた。その装置を使って、液状化した砂の上に小型の舟の形状の容器を浮かべ、この舟に乗った体験者がヘッドマウントディスプレイ（以下 HMD）を装着して川下りの3D 映像を見ることで、リアルな川下りの VR 体験ができるシミュレーター装置を実現した。

砂を入れる容器の大きさは175 cm×110 cm 深さ60 cm、舟は市販の容量120 L の角型樹脂製タライを使用した。砂として、当初はホームセンターで購入した珪砂を1 t 使用したが、舞い上がる珪砂の粉じんを長期間吸い込むと健康を害する恐れがあることから、現在では人工的に作られたムライト（アルミノケイ酸塩）の砂（伊藤忠セラテック製セラビーズ、粒子径約0.1 mm）を使用している。

カヌーの川下り体験をリアルに再現するには、岩にぶつかったり、水の流れの影響を受けてカヌーがふらついたり、水しぶきや風が顔に当たったり、といった川下りを構成するさまざまな要素を考慮する必要がある。これらは、HMD に映る映像に合わせてカヌーを動かすための油圧シリンダーやエアシリンダーの設置や、水を噴射するスプレーや送風機の設置によって実現することができる。しかし今回の制作では、これらの機能を機械的な方法で実装することは行わず、カヌーの周りに配した人間が外部モニターに映る、HMD と同じ映像に合わせて手でカヌーを押したり、手に持ったスプレーで水をかけたり、うちわを使って風を当てたりなど、極めてアナログ的な対応を行うことにした。予算と制作時間が充分ではなかったことが主な理由になるが、今回の制作では流動床インターフェースの技術的な可能性を示すことを主眼として、砂の液状化を実際に体感できる装置を制作することを重要と考えたからである（写真-3）。

飛行機や自動車のシミュレーターは古くから実用化されているが、小型の舟のシミュレーターは製作が困難である。現実の飛行機や車は人間に対して質量が大きいため、運転中に人間が体を動かしたとしてもそれを飛行機や車のボディの動きに



写真-3 小型ボート VR シミュレーター

反映させる必要はない。しかし小型の舟、例えばカヌーの場合、人間が体を動かせば、同時にカヌーも反動で動く。このカヌーが人間の動きに反応する際の自然な動きをタイムラグなしに、なめらかに実現することは、モーターや油圧駆動などの機械的な方法では難しい。しかし流動化した砂の上にカヌーを浮かべた構造にすれば、実際に近いなめらかな反応が得られる。もちろん水や油などの液体にカヌーを浮かべても同じことが可能となるが、水や油は長期的な使用で汚れたり、穴や隙間から漏れる危険性がある。その点、砂は長期的な利用でも劣化せず、たとえ装置に穴や隙間が生じてもガムテープなどで簡単に漏れを防ぐことができる。もし大量に漏れたとしても、液体と異なりその場に留まるため回収が容易である。また流動床の流動化した砂は、送り込む空気を止めることで瞬時にシミュレーターの動きを停止させることができるというメリットもある。例えばカヌーが転覆しそうになった時に流動化を止めることが可能なため、安全な運用ができる。

さらに流動床は、送り込む空気の量を調節することで流動化の程度を調節することができるという利点もある。きれいなサラサラの水の状態だけでなく、例えば泥を含んだドロドロとした泥水の状態などを流動化の調節で表現することが可能である（ただし泥水のように粘性が増すのではなく動きにくさが増す）。また、初心者の場合は流動化の度合いを抑えてカヌーを転覆しにくくすることができる。また、オールを漕ぐ筋肉のトレーニングのための装置として使用する際には、使用者の筋力やトレーニングの目標に応じて、流動化の度合いを調整して、漕ぐ動作の負荷を変化させることもできる。

なお、砂を使う場合のデメリットとしては、機械部品との相性の悪さがあげられる。モーターやギヤ、軸受け部分に砂が入り込むと異音の発生や、摩耗、故障の原因となるため装置の設計時には注

意が必要である。

2016年に開発した本装置を用いて、さまざまな機会に発表を行った。最も早い発表は、2017年3月3日明治大学で行われた、情報処理学会主催のシンポジウム「インタラクション2017」の論文投稿と、小型の容器を使用したデモである。このシンポジウムには多数のHCI研究者が参加していたが、流動床について知識を持っている来場者はほとんど居ないことが分かった。デモ発表では、HCI研究者から大きな驚きと興味を持って迎えられ、一般参加者の投票で選ばれる賞とプログラム委員で決定する賞の2つのデモ賞を受賞することができた。

テレビ番組としては、2017年3月17日テレビ東京のワールドビジネスサテライトというニュース番組の「トレンドたまご」コーナーで、最初に取り上げられた。スタジオの方々には「流動床による砂の液状化やHMDを使ったVR」のハイテクな要素と「人間の手を介して実現されるアナログな演出」のローテクの要素のギャップに、ユニークな印象を持っていただけたようである。その後同年12月に「2017トレンドたまご年間大賞」を受賞している(2013年にも AquaTop Display で同賞を受賞している)。

これまでに行ったイベントや展示会などの一般公開において、体験者の中に「流動床」という現象を知っていた人は、ほぼ居ない印象であった。ほとんどの人が、水のように変化する砂に初めて接することで、驚き、歓声を上げていた。

また流動化した砂に腕を入れてかき混ぜる体験は、水のようになめらかではあるが濡れることがない何とも言えない不思議な感覚で、「気持ちが良い」「目を閉じれば水」「癒される」「家に欲しい」という意見が多く聞かれた。

4. さまざまな実装と運用

2017年の発表以来、数々の発表の機会を得たが、多くの場合は、2016年に開発した基本構造を使っている。一方で、展示の目的や諸条件の違いから、独自の実装や運用を行った場合もある。それらの中から特徴的と思える事例を選び、説明を行う。

4-1 「SUMMER SONIC 2017」企業ブース展示

2017年8月19～20日 幕張メッセおよびZOZOマリンスタジアムで開催されたロックフェスティバル「SUMMER SONIC 2017」にて、江崎グリコ社

ブース内の体験型アトラクション「なめらかヌー」の流動床部分を制作し展示を行った(写真-4)。



写真-4 なめらかヌー

江崎グリコ社は毎年、同社のアイス製品「パピコ」の「なめらかさ」を表現する趣旨のアトラクションを展示している。2017年は「なめらかに流動化した砂の上で「パピコ」の形をしたカヌーに乗り、複数の小型バスケットゴールにボールを投げ入れる」という競技の要素を持った展示を行うことになった。容器の大きさは4m×3m、深さ30cmとなるこれまでにない大規模な装置を製作し、砂を約5t使用した。

カヌーは「パピコ」をそのまま大きくした形状にしたため、胴体が円筒状となり、底が丸く非常に不安定で転覆しやすい状態になってしまった。このため、砂の中に隠れて見えないように、底からワイヤーを伸ばしてカヌーに繋げ、カヌーが傾く角度に制限をつけて転覆しない構造にした。来場者は、乗り込むまでは安定しているが、その後のスイッチ操作で砂が突如液状化し、不安定な状態になるカヌーのアトラクションに、新鮮な驚きを感じて楽しんでいた。

4-2 DCEXPO 2017展示

2017年9月経済産業省「Innovative Technologies+2017」に採択され、2017年10月27～29日に日本科学未来館にて開催された「DCEXPO(デジタルコンテンツエキスポ)2017」にて展示を行った。

この展示では、東京工業大学 小池英樹教授の研究室の協力で、通常の流動床インターフェースの構成に対して、プロジェクターによる砂面への映像投影と、デプスカメラによる砂面をタッチパネル化する機能を加え、体験者が砂面をタッチしたことをデプスカメラから認識して、プロジェクターによって砂面に魔法陣を投影し、同時に砂の中から3体の地底人の人形が出現・消失するという演出を行った(写真-5、6)。



写真-5 魔法陣の投影

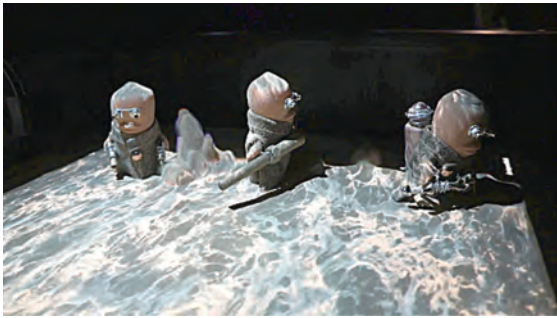


写真-6 人形（地底人）の出現



<https://youtu.be/zT3fj8GHIhs>

地底人の上下動は、容器の底に取り付けたエアシリンダーの伸縮で実現している。なお、流動化していない砂の場合は、パワーの強いエアシリンダーを使って人形を砂の中から砂の上に出現させることは可能だが、砂の中に戻す方向の動きは困難であり、砂の流動化によって初めて可能となる演出と言える。この展示では、Innovative Technologies+ 2017特別賞「Creation」を受賞した。

4-3 防災訓練用洪水体験装置

2019年3月1日 東京ミッドタウン日比谷にて開催された「日比谷体験型防災訓練」に洪水を疑似体験できる装置として展示した。この際の容器は、体験者がある程度の距離を歩く必要があるために、これまでにはない細長い形状（底面200 cm×80 cm、深さ60 cm）で装置を製作した（写真-7）。

この展示では流動床インターフェースと、神奈川歯科大学 板宮朋基教授が開発した、自分の周りの風景に洪水の映像を重畳表示できる HMD 用の AR アプリ「Disaster Scope2」⁸⁾を組み合わせ、洪水の中を歩く体験ができる装置として運用した。HMD によって足元を洪水の泥水で覆われた風景を見ながら、実際には砂の中を歩く体験を行うが、送風機の風量を通常の運用よりも低く抑えること

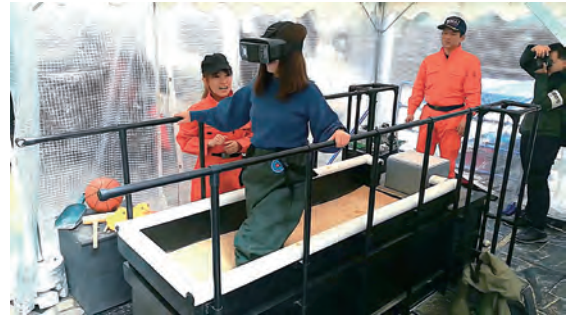


写真-7 洪水体験装置

により、砂の中がただの水よりも泥水に近い、歩きにくい状態になっている。体験者からは「怖い」という声が多く聞かれたが、防災訓練においてあらかじめ実際に近い「怖さ」を体験しておくことは、災害発生時に早期の避難の動機づけにつながると考えられる。

4-4 静岡市文化振興財団「新文化島」のイベント

2022年2月26～27日、静岡市文化振興財団 主催「新文化島」というイベントで、タライ型の舟に乗るアトラクションを展示した。容器の大きさは、240 cm×140 cm、深さ30 cm、砂を約1.7 t 使用した。舟として、容量100Lの樹脂製の丸型タライの周囲にフロートを付けて浮力を増した物を製作した。この容器の浮力はこれまでの運用の中で最大のものであり、子どもなら3人、大人は2人まで同時に乗ることができる。

この展示は子どもから大人まで好評で、展示期間中何度も繰り返し体験に訪れる親子が多数見受けられた（写真-8）。



写真-8 新文化島での展示



<https://youtu.be/z8vGn1Fcp0s>

4-5 「ドッキリ企画」的テレビ番組での使用

「流動床インターフェース」はこれまでにテレビのニュース番組やクイズ番組、バラエティ番組などで紹介されているが、いわゆる「ドッキリ企画」

的な演出で、芸能人を起用して流動床インターフェースを体験させる形で特に多く使用されている。

番組からの依頼で、胸まで沈む深さの装置を制作し、地面や砂浜に埋めて落とし穴として設置したこともあった。この場合は、通常は容器の外側に並置していた送風装置を地面の中に完全に埋めて、送風機のスイッチを入れた時の送風音で、仕掛けが出演者に気づかれないように、ほぼ無音で装置を稼働させた。

写真-9に砂浜に設置した際のテストの様子を示す。



写真-9 流動床による落とし穴
左：流動化前、右：流動化後



<https://youtu.be/KDi2TNH62kU>

流動床を利用した落とし穴の利点は、空気を送るまでは通常の砂浜と同じ状態なので全く気付かれない、ということである。砂の上を歩く、砂の上で跳ねる、砂を掘るなどの行為を行っても、砂の下に仕掛けがあるということは分からない。また、通常の落とし穴は足の下に落下する空間があるため、落とし穴に落ちて着地した際に身体に衝撃が加わってしまう。そのため通常の落とし穴の底にはスポンジのような柔らかいクッションが置かれるが、それでも衝撃を吸収しきれずに事故が起きることがある。それに対して流動床の落とし穴は水の中に落下する場合と同じように、液状化した砂の中で落下する際に体に接する砂全体で体重を受け止め浮力でブレーキがかかるため、衝撃が非常に少なく安全である。

また、流動床の落とし穴では送風機を止めれば砂は元の状態に戻るため、落ちた人をその場で動けないように拘束することができる。数件の番組において、出演者が落とし穴に落ちた後に送風機を止めることで身動きできなくなり、何が起こっ

ているのか理解できずに困惑する、という演出が行われた。

5. 今後の展望

流動床インターフェースの応用の可能性を検証するために、予備的な実験を行った。本節では、2016年から2021年にかけて実施したこれらの実験の内容と得られた知見について説明する。

5-1 舞台演出への応用

流動床を利用すると「人が立っている地面の色を一瞬で変化させる」という演出が可能となる。

写真-10の(a)～(d)は黒色の表面が約1秒で白色の表面に変化する様子である。内部構造を図-2に示す。

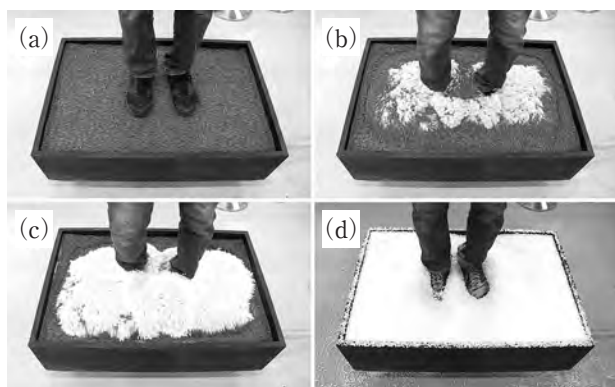


写真-10 表面の色を変える



<https://youtu.be/fefeUYkXwzw>

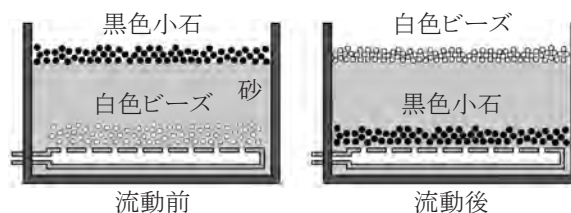


図-2 地面の色を変える装置の内部構造

砂の下に白い発泡ビーズを埋めておき、砂の上に黒色の小石を敷き詰めておく。砂の流動化と同時に比重の重い黒色の小石は砂の中に沈み、砂の下の軽い発泡ビーズが表面に浮かび上がるため、地面の色が突然黒から白へ変化したように見える。

発泡ビーズの代わりに蓄光樹脂ビーズを使えば地面が突然光り出す演出も可能である。

コンサートのステージや演劇の舞台などで利用できると考えている。

5-2 物体の出現と消失

通常の砂の場合、砂の内部と砂の上の間に物体を移動させることは容易ではないが、流動床によって液状化した砂は、液体の場合と同じように、物体の出し入れが容易になる。4-2で述べたように、物体の移動には、油圧シリンダーやエアシリンダーなどの物理的な機構を利用することができる。

写真-11はストローク量850 mmのエアシリンダーを砂の中に設置することで、高さ700 mmのガイコツの人形を砂の中と砂の上の間で昇降させている様子である。このように壊れやすい物体や、ぬいぐるみのような柔らかい物体、重い物体なども出現・消失が可能となる。



写真-11 ガイコツ人形の昇降

人間が上を歩くことができる地面から突然大型の物体を出現・消失させることが可能であるため、お化け屋敷や舞台の演出などでの利用を考えている。

写真-12はビニール製のサメの人形3匹を砂の底に設置しておき、砂の流動化と同時に人形の中に空気を入れて膨らませた様子である。このように容



写真-12 容器より大きいサメ人形の出現



<https://youtu.be/HzUEAYIBWRA>

器よりも大きい物体を出現させることもできる。

人形の空気を抜くための機構を備えれば、砂の中に戻すことも可能である。

5-3 砂面のタッチパネルディスプレイ化

流動床インターフェースで使用している砂は粒子径が約0.1 mmと小さいため、プロジェクターを上方に設置して、映像を投影するスクリーンとして使用することが可能であり、細かい文字を投影しても判読することができる。ただし現在使用している砂は白色ではなく薄茶色であるため、白色のスクリーンに対して色の再現性は劣る。

さらに、容器上部の縁に赤外線走査式のタッチフレームを設置することで、砂面をタッチパネルとして機能させることができる。砂面を上からタッチする、あるいは指や腕を貫入させるなどの方法で、パソコンやゲームの操作が可能となり、2-2で紹介した AquaTop Display と同様に、人間の身体が映像の中に入り込んだ状態で操作するインターフェースを実現できる（写真-13）。

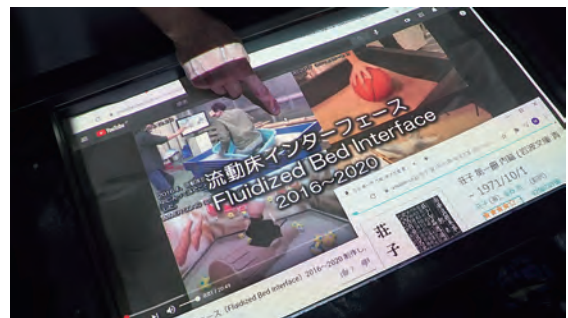


写真-13 パソコン画面の投影

写真-14は、指の代わりに刀の模型を砂面に突き刺して砂をかき混ぜている様子である。刀の動きに合わせて、プロジェクターによって、流れる



写真-14 流体シミュレーションの操作



<https://youtu.be/ysjUmcFQ5 ys>

カラフルな流体シミュレーション映像を投影している。

5-4 砂風呂への応用

指宿温泉や別府温泉で有名な砂風呂に入浴する際は、砂の上に横になり、体の上に砂をかけてもらう必要があるが、流動床で砂風呂を作れば送風機を稼働するだけで砂の中に体を沈めることができる。流動床が広く使われている流動床型焼却炉の、規模と温度を下げた実装とも言える。

砂風呂の規模で砂を温める実験はまだ行っていないが、足湯の規模では、実際に砂を温めて実験を行っている（写真-15）。砂が流動している状態では通常の湯に浸かった状態と同じように足を自由に動かすことができ、実際の足湯と同じように暖かく快適な感覚を得ることができた。容器の底から発生する気泡が足の裏に当たり、ジャグジーに近い感覚が得られた。送風機を停止した状態では足が暖かい砂の中で圧迫・固定され、通常の湯とは異なる、暖かさに包み込まれるような快適さを感じられた。



写真-15 流動床を用いた足湯

なお、流動床を活用すれば、実際の砂風呂では困難だった「直立」の姿勢で砂の中に沈む体勢を取ることも可能となる。

実際に直立の姿勢で胸まで砂の中に沈み送風機を停止する体験を行ったところ、砂に深く埋まった位置にある足の部分に強い圧迫を感じたが、不快な感覚ではなく、呼吸なども問題なくできた。全身の筋肉を脱力しても直立の姿勢を保っていられるという、これまでに経験したことのない不思議な感覚を味わうことができた。

6. おわりに

筆者の専門分野の一つのメディアアートは、現代の技術を活用して新しい表現や体験を実現することを主眼にしている。流動床という現象は古くからさまざまな産業で使われてきたが、一般にはほとんど知られていなかった。直接の接点を持たなかった筆者が、偶然に流動床と出会えたことはとても幸運だったと感じている。

「流動床インターフェース」の発表によって、流動床現象に関する情報を、多くの人にわかりやすい形で伝えることができたと思う。本稿で述べた国内の事例だけでなく、海外においても情報の広がりを見ることができている。「流動床インターフェース」は、2017年3月15日 YouTube に最初の動画¹⁾を投稿した。その年の11月29日に、元 NASA のエンジニアでユーチューバーの Mark Rober 氏が、バスタブを使った流動床装置を製作し、液状化した砂の中に入って遊ぶ動画を「Liquid Sand Hot Tub-Fluidized air bed」というタイトルで公開している（この動画の再生回数は2022年12月現在、1億回を超えている）。またこの件以降も、海外で同様な流動床の装置を製作した動画が YouTube に多数公開されている。「流動床と人間の間の直接のインターフェースを作る」という考え方が国際的にも新規性があったことがわかる。

メディアアートは一般的に「技術がアートに寄与する」側面が強いが、「流動床インターフェース」の展示などの経験からは、一般の方が作品を通じて粉体・流体の不思議な振る舞いに気付き、科学や工学への興味を持つ効果があることを充分に感じることができた。

粉体・流体は、さらに多くの可能性を秘めた分野だと思われる。今後も新しい現象・素材を探しながら、工学の分野とアートの分野の交流によってもたらされる新しい世界を開拓していきたいと考えている。

参考サイト

- 1) ClaytricSurface
https://youtu.be/L_9yHoySlzY



(参照2022-12-9)

2) Yasushi Matoba, Haruna Eto, Toshiki Sato, Kentaro Fukuchi, Hideki Koike: "Biri-biri: pressure-sensitive touch interface with electrical stimulation" Proceedings of Laval Virtual VRIC 2011

3) ChatFish
<https://youtu.be/00lG8I3 T9UY>



(参照2022-12-9)

4) AquaFall Display (アクアフォール ディスプレイ)
<https://youtu.be/eQZ0-xftG6o>



(参照2022-12-9)

5) 流動床インターフェース (Fluidized Bed Interface)
2016~2020制作した装置・展示まとめ
<https://youtu.be/UKTyXc6qeAU>



(参照2022-12-9)

6) 的場やすし、菅谷論：“流動床インターフェース：液体のようにふるまう砂を用いたインタラクションシステム”、情報処理学会インタラクション2017、2-510-28、p. 476-479 (2017)

7) 的場やすし、徳井太郎、佐藤遼、佐藤俊樹、小池英樹：“SplashDisplay：物理的な空間的表現を伴うインタラクティブな映像エンタテインメントシステムの構築”、ヒューマンインタフェース学会論文誌、14(4)、(2012)

8) 板宮朋基・吉村達之：“複合現実による災害想定没入体験アプリ Disaster Scope の開発と避難訓練における活用”、災害情報、16、p. 191-198 (2018)

9) 流動床インターフェース：液体のようにふるまう砂を用いたインタラクションシステム (Fluidized Bed Interface)
<https://youtu.be/9MjOrrjml-I>



(参照2022-12-9)



ま と ぼ
的場 やすし
学校法人ものづくり大学
技能工芸学部 情報メカトロニクス学科
客員教授

鉄ナノ粒子を用いた MR 流体の ハプティクス分野への応用

株式会社栗本鐵工所 橋田 真一郎
Shinichiro HASHIDA

Key Words: ハプティクス、SoftMRF[®]、MR 流体、ナノ粒子、メタバース

1. はじめに

2019年から世界的に感染が拡大している新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は、社会のシステム、人々の生活に今も大きな影響を及ぼし続けている。with コロナが当たり前となった今、接触感染を防止するための対策として実際に触れずにセンサーや通信技術を駆使して機器を操作する非接触技術が重要になっている。そのような状況のなか、Zoomなどに代表されるようなWeb会議やイベントを行うためのオンラインツールやメタバース（「超（メタ）」と「宇宙（ユニバース）」を組み合わせた造語）、VR（ヴァーチャル・リアリティ）といった仮想空間にあたかも現実であるかのような世界を構築する技術が注目されている。実際に、2025年日本国際博覧会、世界の最先端テクノロジーが集結する最大級のイベントであるCES（Consumer Electronics Show）では、多くのVR技術が取り上げられているなど今後飛躍的に市場規模を広げていくことが予想されている。

また、メタバースやVRで構築される仮想現実世界において、体験の質・臨場感を向上させるためには、その世界にある物体の触り心地や材質感を体験者に提示することが必要不可欠であると考えられているため、メタバースやVRとともに触覚提示技術が同時に注目されている。触覚提示技術はハプティクス技術とも呼ばれており、体験者もしくは操作者に力や振動、動きなどを与えることで「実際にモノを触っているような感触」をフィードバックする技術である。身近な例として、ゲームのコントローラーを通じてゲーム中の衝撃を振動で感じることや携帯のバイブレーションなどもハプティクスの活用事例として挙げられる。

他にもグローブを装着することにより指の位置をリアルタイムで認識し、指の位置に応じて物体の形状や表面のざらざら感を再現するものもある。

メタバースやVRといった仮想空間を構築する技術とハプティクスを組み合わせることで、仮想空間を「触る」という新体験をつくりだすことができ、オンラインコミュニケーションやゲーム、e-sportsなどのアミューズメント・エンターテインメント分野への広がりだけでなく、オンライン診療などの遠隔医療といった医療福祉分野や、逆にロボットがつかんでいる物の感触をユーザーに伝えられるようになるロボティクス・メカトロニクス分野などあらゆる分野で活用することができる。このようにハプティクスは将来、メタバースやVRと共に私たちの生活に欠かせないものになることが予想される。

2. ハプティクスデバイス

ハプティクス技術を体験するためのツールをハプティクスデバイスという。先に例を挙げた振動するゲームのコントローラーなどがハプティクスデバイスにあたる。ハプティクスデバイスは、ユーザーである操作する人間と操作される機器のインタフェースであり、ハプティクス分野においては、より現実に近い力覚を提示することが必要となってくるが、提示された刺激をどう感じるかについては操作する人間の感覚によるため、人間が感じやすい力をどのように提示するかが重要になっている。ハプティクスに活用される技術にもさまざまな種類があり、モーター、超音波、電気信号といったものをハプティクスに活用しようと、各分野で研究開発が盛んに行われている。本稿では当

社が研究開発している鉄ナノ粒子を用いたMR流体をハプティクス技術に活用した事例について紹介する。

当社は事業領域である“粉体製造機器”の知見と鋼構造物製造で培った“溶接技術”から、アークプラズマ法により製造した鉄ナノ粒子を含むMR流体（SoftMRF[®]）を開発している¹⁾。現在は、SoftMRF[®]特有の粘性変化を応用することで、ダイナミックな力覚表現を可能にするハプティクスデバイスの開発も行っている。当社のハプティクスデバイスには写真-1に示すような直径約20 mm程度のデバイスがあり、小型でありながらも高出力な力覚のフィードバックが可能である。このハプティクスデバイスのコアである鉄ナノ粒子ならではのユニークな特性を有しているSoftMRF[®]について、次節以降にて詳細を示す。



写真-1 小型ハプティクスデバイス²⁾

3. MR 流体とその特性

MR 流体とは鉄粒子などの強磁性金属微粒子を鉱油やシリコン油（溶媒）中に分散させた流体（スラリー）のことで、磁気粘性流体（Magneto-Rheological Fluid）の略称である。MR 流体は、図-1に示すように外部から磁場を加えることによって粒子が鎖状のクラスターを形成し、みかけ粘度が変化する特徴があり、加える磁場の値に応じて自在にせん断応力を制御することができる機能性流体である³⁾。ダイナミックな感触の変化を表現するためには、無磁場下においてはせん断応力が低い液体の状態に近いもの、磁場下においては磁場に反応し、せん断応力を高く示す性能のものが求められている。

MR 流体の性能を向上するために欠かせないものが鉄粒子の物性である。MR 流体では通常、カルボニル鉄粉（鉄カーボニル Fe(Co)₅熱分解より

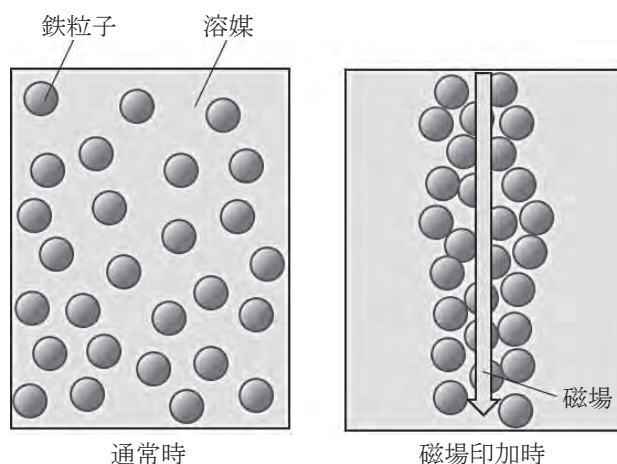


図-1 鉄粒子の磁場への反応

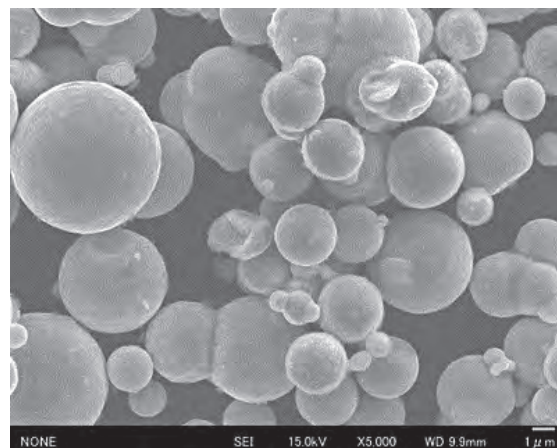


図-2 鉄粒子 SEM 像

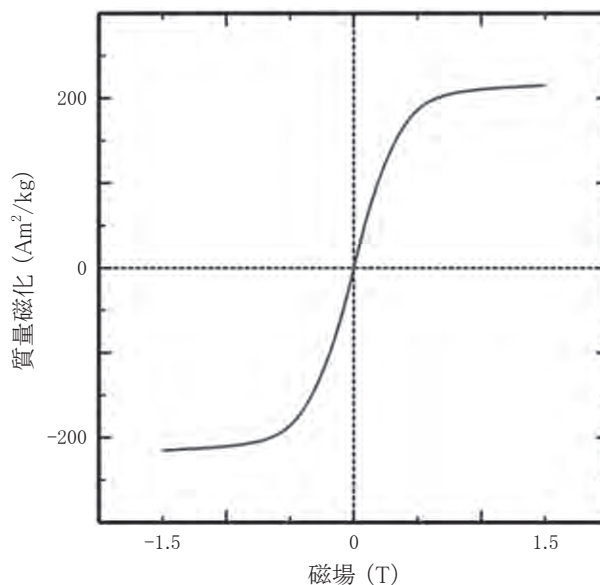


図-3 鉄粒子磁気ヒステリシス曲線

得られる粒子) が使用される。図-2、図-3に MR 流体に一般的に用いられるカルボニル鉄粉の SEM 画像、磁気ヒステリシス曲線を示す。図に示すように粒子径は数μm～数十μm、形状は球形のものがよく用いられる。また、磁気ヒステリシス曲線

とは外部磁場に対する磁性体の磁化過程を示す曲線のことであり、磁性体の磁気特性（磁場への反応性）を示すものである。鉄は単体金属の中でも特に飽和磁化が高く、飽和磁化が高いほどMR流体に用いた際の磁場への反応性が良くなり、高磁場下においては高いせん断応力を示す特徴を持つ。

図-4にMR流体に与えた磁場（印加磁場）とせん断応力との関係の一例を示す。磁場を印加していない状態ではせん断応力が低く、磁場の強度を上げるにつれてせん断応力が高くなっていることが確認できる。磁場を印加していない0 Tにおけるせん断応力は0.03 kPaであり、0.5 Tの磁場を印加した場合に33.12 kPaのせん断応力を示した。このようにMR流体は磁場を印加することによって、せん断応力が数百～数千倍程度の変化を示す特性を持つことが確認できる。このせん断応力の差がダイナミックな感触の変化を引き起こすメカニズムである⁴⁾。

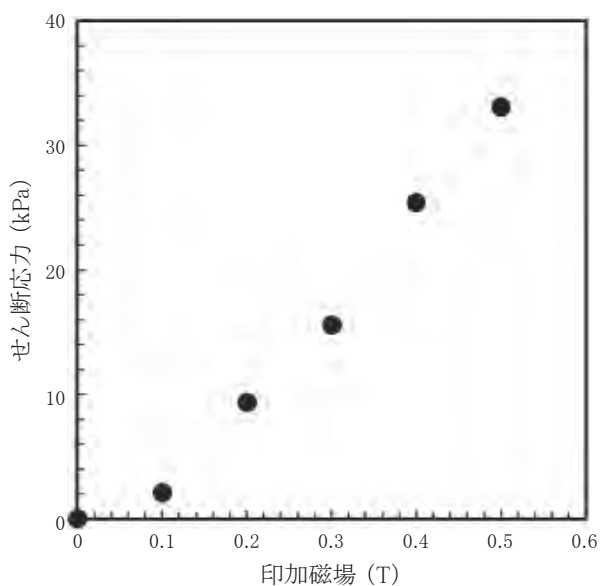


図-4 印加磁場と降伏せん断応力の関係

当社では、このMR流体の特性を自在かつ高出力で制御するために、回転型トルクデバイスを開発した。図-5に、回転型トルクデバイスの一例を示す。円盤状のディスクを積層することによって、流体層を6層とした回転型トルクデバイスを模式的に示したものである。図に示すように、コイルを用いてディスク間に充填した流体層に磁場を印加することによってMR流体の粘性を変化させ、トルクを伝達させる。さらに、印加する磁場をコイルに流す電流に応じて変化させて伝達するトルクを自在に制御することができる。この回転型トルクデバイスは電流とトルクが比較的に線形な関係

を示しており、また、電流に対してのデバイスの応答速度は数msと非常に優れている。MR流体を用いたデバイスは連続的かつ高精度にトルクを制御することができる点で他技術を用いたデバイスと比較して優位性があると思われる⁴⁾。

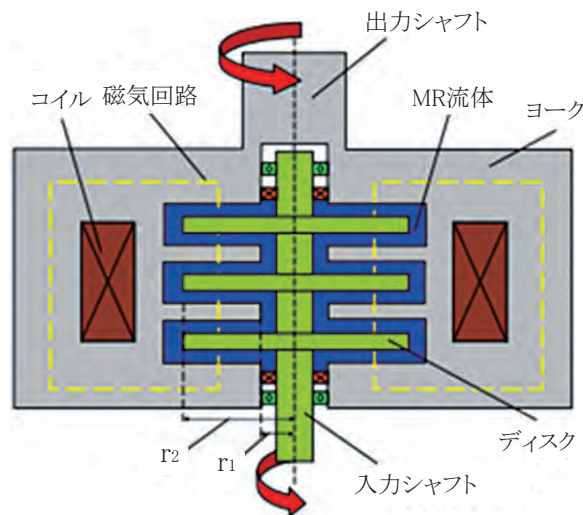


図-5 回転型トルクデバイス

4. MR流体の課題

しかし、MR流体に用いる鉄粒子は μm 単位の大きさと比較的大きいため、写真-2に示すように長期保存すると容易に粒子が溶媒中で沈降することにより強固なケーキ層を形成し、再分散性が悪くなることが課題としてしばしばあげられる。MR流体に見られる粒子の沈降現象は、鉄粒子の濃度分布を引き起こし、MR流体の性能を変化させる要因となり得る。沈降防止剤の添加、溶媒の粘性を上げることで対策を行うことができるが、粒子の大きさは同じままであり、無磁場下における粘性増加をさせずに粒子沈降を抑制することは難しい。MR流体の性能安定を確保するためには、この鉄粒子の沈降による分散安定性および再分散性の問題の解決をはじめとする諸性能を向上させたMR流体の開発が必要である。

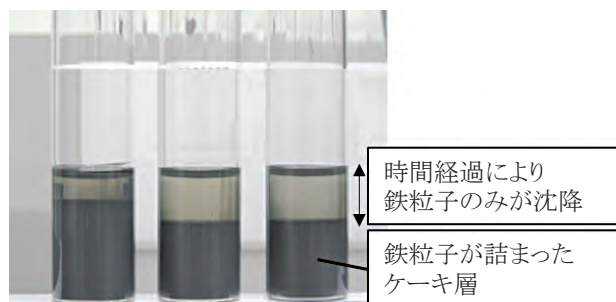


写真-2 沈降後のMR流体の様子

4-1 課題解決への当社の取り組み

このような課題に対し、当社では大阪大学との共同研究によって、ナノサイズの強磁性粒子を用いたナノ粒子分散MR流体（以下、SoftMRF[®]）の開発を行ってきた。鉄ナノ粒子の製造にはアークプラズマ法を用いており、独自の量産技術により比較的安価な製造が可能となっている。開発したSoftMRF[®]は、当社で生成した粒子径が数十～数百nm程度の鉄ナノ粒子を用いているため、粒子の沈降特性や再分散性に優れている。図-6にSoftMRF[®]の沈降試験結果を示す。沈降率は以下の式を用いて算出しており、沈降率100%が沈降していない初期状態であり、数字が小さくなるほど沈降していることを表している。

$$\text{沈降率(\%)} = \frac{\text{上澄みを除いた流体高さ}}{\text{元の流体高さ}} \times 100 \quad (1)$$

図に示すように4000時間近く経過した場合でも、SoftMRF[®]では、鉄粒子の沈降がほとんど見られず、沈降した粒子は強固なケーキ層を形成することなく、容易に再分散させることができた⁴⁾。また、SoftMRF[®]は長期安定性に優れているだけでなく、トルクの安定性にも優れており、特に低せん断速度領域においては従来のMR流体より安定した力制御が可能であるため、SoftMRF[®]は人が操作することを前提としたハプティクスデバイスにより適しているといえる。

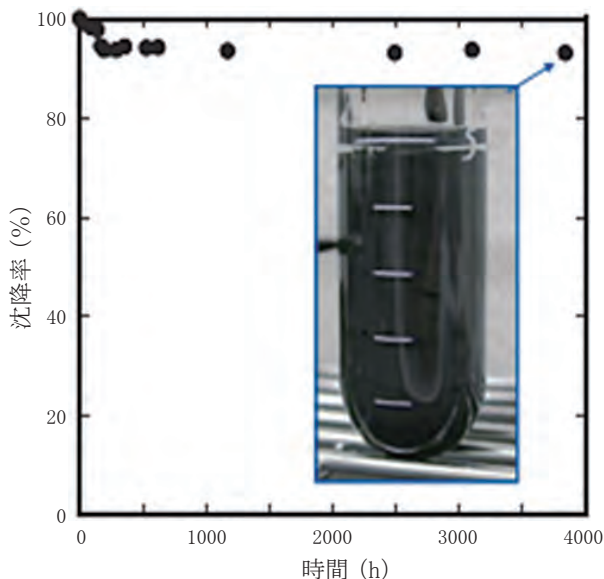


図-6 SoftMRF[®]の沈降試験結果

5. MR流体のハプティクス分野への応用

人が感じる感触には、皮膚の受容器に与えられる刺激によって生じる触覚や筋肉感覚などさまざまなものがある。MR流体は、その優れた応答性、高精度の制御が可能な点から皮膚表面の触覚と筋肉感覚の両方を提示することが可能だと考えられる。

実際に写真-3に示すようなハプティクスデバイスを作成し、人に作用する力学的な刺激、人が物を把持する動作の全体像を評価した。写真に示した把持型ハプティクスデバイスでは、パソコンに映っている画面と手で把持しているボールがリンクしており、画面上に表示されている物体を実際に掴んでいるような体験をすることができる。評価の結果、MR流体を用いることでさまざまな感触を提示することが可能であることが確認できている。



写真-3 把持型ハプティクスデバイス

一口に感触といっても、「ざらざら」や「すべすべ」といった質感、「ふにぶに」や「さくさく」といった力感、または温感などというように、感触を構成する要素は多種多様である。MR流体が得意としているものは「ふにぶに」や「さくさく」といった力感の再現であり、ユーザーによりリアルな感触を提示するためには、他技術を取り入れたハイブリッドデバイスといったように、さまざまな感触を提示するための開発が今後は重要となってくる。

また、現実に近いリアルな感触を忠実に表現することは、ハプティクス分野において非常に重要ではあるが、実際にユーザーがモノを触る際には、視覚や聴覚といった他の感覚からも情報を得ているため、感触のみを忠実に表現するだけでは不十分であると考えられる。

当社では、南国アールスタジオ(株)と共同で触覚

技術と Mixed Reality (複合現実) 技術を組み合わせた製品の研究・開発を行っており、冒頭に述べた、仮想空間内で「触る」という新体験を生み出す、触覚複合現実「ほろふれる」を2019年に共同で発表している⁵⁾。「ほろふれる」については一般ユーザーへの展示を実施し、各種メディアへも掲載いただいた。その反響はアミューズメントへも普及し、現在までにアミューズメント機器への採用実績もある。現在、市場の反響を参考に、よりリアルな体験を生み出せるデバイスへと改良を進めている。

6. おわりに

本稿では、需要の増加や技術革新が進んでいるハプティクス分野への新しい提案として、当社で開発した SoftMRF[®]とその特性およびデバイスの活用事例を紹介した。また、その中でも SoftMRF[®]を用いたデバイスはハプティクスデバイスとしての性能を向上するだけでなく、デバイスの小型化も可能である。そのため幅広い分野への適用が期待される。筆者らはハプティクスデバイスに MR 流体を用いて、トルク安定性と流体特有の粘弾性を利用することによって、ハプティクス分野に新しい感触を生み出せると考えている。今後は、MR 流体の諸特性の向上と共に、益々の発展が予想されるハプティクス分野への応用を目指す所存である。本稿にて当社の開発事例を簡単に紹介したが、より詳細な情報については当社 YouTube チャンネル、ホームページにて発信しているため、そちらを参照願う。

参考文献

- 1) 野間淳一：“ナノ粒子分散制御による磁気粘性流体の作製とその基礎的特性に関する研究”、大阪大学博士論文、p.12-40 (2012)
- 2) (株)栗本鐵工所：“SoftMRF[®]を分解せよ”、<https://www.01.kurimoto.co.jp/SoftMRF/> (2022年12月2日)



- 3) 中野政身：“MR 流体とその工学的応用”、伝熱、43 (179)、p. 26 (2004)
- 4) 上嶋優矢、野間淳一、赤岩修一、永山敏郎、山室成樹：“ナノ粒子分散 MR 流体を用いたトルク制御 MRF デバイスの開発”、クリモト技報、61、p. 33-34 (2012)
- 5) 南国アールスタジオ(株)：“共生社会における Mixed Reality (複合現実) 製品の開発”、<https://nangokrstudios.jp/2020/02/20/post-915/> (2022年12月2日)
- 6) (株)栗本鐵工所：“kurimoto_SoftMRF[®]”、https://www.youtube.com/channel/UCgHq8E_vR0IEMyoqLVgggnQ



はしだ しんいちろう
橋田 真一郎
(株)栗本鐵工所
技術開発室 MRF プロジェクト

粉末菓子アミューズメントの新たな可能性

元 クラシエフーズ株式会社 中村 秀男
クラシエフーズ株式会社 有賀 文威、大谷 泰史、小林 由奈
Hideo NAKAMURA
Fumitake ARIGA, Yasushi OTANI, Yukina KOBAYASHI

Key Words: 知育菓子[®]、ねるねるねるね、手作り菓子、事業再生、海外進出

1. はじめに

クラシエフーズ(株)の前身であるカネボウ(株)の食品事業は、4つの製菓会社のM&Aで出発しており、その内の渡辺製菓は国内最大の粉末菓子・飲料メーカーであった。渡辺製菓を吸収合併したのは1972年のことである。本稿のタイトルには粉末菓子とあるが、もともとの当社粉末製品群は菓子ではなく、「飲料」からのスタートだったのである。合併前の1950～60年代前半、粉末飲料は家庭用の安価な飲み物として、大きな市場を築いていたが高度成長期に入り1970年以降に瓶飲料や缶飲料が次々に発売され、「渡辺のジュースの素」(写真-1(左))に代表された『粉末タイプの飲料』は衰退の一途を辿ることになる。そして「カップしるこ」(写真-1(右))やその後に開発された「しょうが湯」「ほっとレモン」なども販売時期が限定され、かつ気温に左右される不安定な事業で後々も収益面で課題を抱えながら事業運営が続くことになる。

粉末飲料が衰退の一途をたどる中で、子ども向けの粉末飲料「プカポン」(写真-2)を1979年に発売、その後「ムクムク」(写真-3)を1984年、続

けざまに1985年に「ツブポン」と、楽しさや不思議さを持った商品を開発上市し、好評を得た。第一弾の「プカポン」はジュースの中でカラフルなタブレットが浮いたり沈んだりする不思議な飲料、第三弾の「ツブポン」(写真-4)はジュースに液体を垂らすとその液体が瞬時にゼリー化する飲料であった。何れもヒットしたもののライフサイクルが短く、粉末飲料の開発には限界を感じ、粉末を使った新しい菓子の開発を志向したのである。先の三つの商品の中では粉末を水に溶かすとビールの様な泡になる第二弾の「ムクムク」が子ども達には圧倒的に人気があり、その後、「ムクムク」をヒントに泡状になるような手作り菓子を、しかも作る工程で面白さや不思議性を持った商品の開発を目標としたのである。当時の開発担当者は、『当初は暗中模索の状態であったが、丁度その頃、5歳



(北名古屋市歴史民俗資料館写真提供)

写真-1 渡辺製菓「ジュースの素」(左)
カネボウ(株)「カップしるこ」(右)



写真-2 「プカポン」



写真-3 「ムクムク」



写真-4 「ツブポン」



写真-5 「ねるねるねるね」

になる息子の行動を見ていると砂に水を入れ練って泥団子を楽しそうに作っており、それがヒントになり練って捏ねる動作のある菓子の可能性を感じた』と語っている。その後、開発を粘り強く検討し、最終的に「ねるねるねるね」(写真-5)の原型を思いつくことになる。また当時、pHの変化で不安定という欠点を持った紫キャベツの色素を利用することで、欠点を逆に生かし色変わりという機能を加えたのである。発泡や色変わりという中身は研究所独自で、トレーを使った商品仕様は本社の企画部で開発し、最終的に「ねるねるねるね」というユニークなネーミングでデザインも完成し発売したのである。発売後36年を超えて売れ続ける要因は、子ども達がいつの時代も豊かな感受性を持ち好奇心も旺盛であり、その不思議性や楽しさがおおいに受け入れられたためと思われる。

この様に37年前に開発された『ねるねるねるね』を中心としたクラシエフーズ(株)の『粉末』を基剤とする商品群は2007年以降「知育菓子®」の商標を取得。現在は24品まで商品アイテムを拡充し子ども達のさまざまな興味、関心、嗜好を掴んでいる。

一見すると地味で、ともすると手が掛かり、散らかるなど面倒臭いイメージのある「粉末」が何故ここまで、子ども達の支持を得ているのか。ここからは研究担当者からの視点でクラシエフーズ(株)「粉末基剤」の商品開発の変遷、振り返り、将来への展望などについて述べることにする。

2. アミューズメントとしての知育菓子®の変遷

大谷 泰史

ここでは、知育菓子®の変遷をアミューズメントの視点で説明していく。この視点で知育菓子®の事業をとらえると、4つの期間に分けることができる(図-1)。「ねるねるねるね」の誕生と「子ども粉末菓子」と称されるカテゴリー商品の発展期、そして子どもの人口減などでそれまでの方法論が通じなくなった低迷期、さらに新ブランド「ポップピンクッキン」による再生期、令和以降の知育菓子®の4つのPHASEである。PHASE 1・2にて、カ

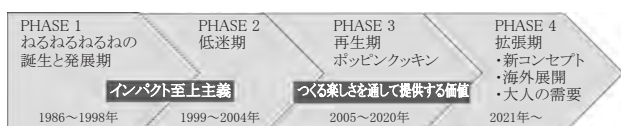


図-1 知育菓子®の変遷

テゴリーの創出と低迷について振り返り、PHASE 3でどのようにアミューズメントの視点を変容させてきたかについて語り、最後のPHASE 4で、最近の知育菓子®の取り組みを紹介する。

2-1 「ねるねるねるね」の誕生と発展期

「ねるねるねるね」(以降「ねるねる」)の誕生については、はじめに紹介した通りであるが、それ以降の商品について説明していきたい。「ねるねる」が大ヒットすると、粉末による手作り菓子というカテゴリー商品が一挙に拡張していった。当社では、「ねるねる」以外にもさまざまな商品が開発されていった。研究所の大きな役割として、食品素材を用いて、「ねるねる」に続く新しい反応を商品に実用していくことであった。下記に「ねるねる」も含めた食品素材の反応の一例を紹介する。

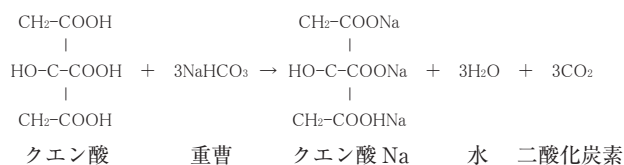
1) pHによって変化する天然色素の利用

アントシアニン系色素(紫キャベツなど)はpHによって下記の色変化をする。

アルカリ性：青色 ↔ 中性：紫色 ↔ 酸性：赤色

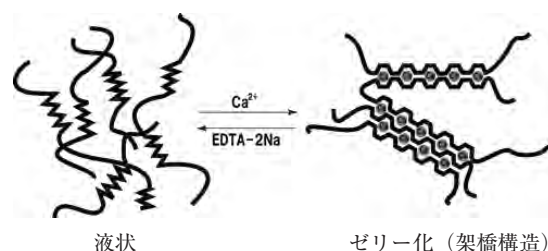
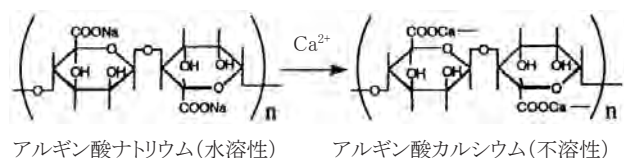
2) 酸と重曹(炭酸水素ナトリウム)による発泡の利用

重曹は酸と反応を起こし、二酸化炭素のガスを発生させる。



3) アルギン酸のゼリー化反応の利用

アルギン酸ナトリウムはCaイオンの存在下で分子間で架橋構造をとり、液状からゲル化してゼリーに変化する。



4) 水溶性増粘剤の利用

キサントガム、グアーガム、タラガム、プルラン、 α 化でん粉、水溶性ゼラチンなどの冷水可溶の増粘剤やゲル化剤による物性変化を利用したもの（詳細は企業秘密）。

次に前記の反応を利用した過去の商品を例に紹介していく。

①「すらすらキャンパス」

トレーに入れた、粉にスポイトで水を垂らして、絵をかくと、グミのようなお菓子がすぐにできる。水溶性増粘剤を応用した商品（写真-6）。



写真-6 「すらすらキャンパス」

②「どこまででるでる」

容器に粉と水を入れ、ストローをさすと、先から泡がどんどん出てくる不思議なお菓子。

発泡顆粒と容器の設計により、ストローの先から泡が吐出する（写真-7）。

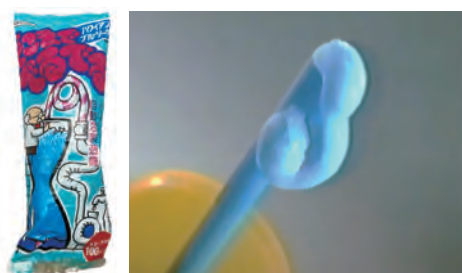


写真-7 「どこまででるでる」

③「トンビューン」

2つの液体から箸でつまんで、ゼリーを引っ張ってつりあげるお菓子。アルギン酸のゼリー反応を利用している（写真-8）。

以上のように、さまざまな食品原料の反応を応用し、トレーや治具なども活用して、面白い現象



写真-8 「トンビューン」

を実験のように見せることを価値として商品は開発されていった。アミューズメントの価値としては変化の大きさであり、当時の開発思想としては「インパクト」が最優先事項であった。この「インパクト思考」は商品だけでなく、TVCMや販売方法にも影響されていく。CMでは商品の反応変化を演出で最大限にみせることで、当時の子どもたちへ視覚的な訴求を行った。そして、販売は短期間で一気に店頭に並べて子どもたちに購入してもらい、4~6か月後に、次の新商品を導入し、展開していくものであった。

そのため、研究員には、新しい反応の商品開発が要求されていた。当時の研究所はインスタントラーメン、アイスクリーム、ガム・キャンディ、飲料などの多様な事業の開発が同じ場所で行われていたため、いろいろな原料や情報などが共有されやすい環境にあった。「ねるねる」誕生以降の10年間はさまざまな新反応の発見や容器の工夫によって、「インパクト」のある商品が生み出され売上の伸びも伸長した期間であった。

2-2 インパクト型の低迷期

しかし、1999年頃から売り上げが減少し、2004年の売り上げはピーク時の3分の1程度まで低迷してしまう。これには外的、内的な要因があげられる。外的な要因としては、子どもの人口の減少があげられる。

図-2に示すように、80年代の3~12歳の子ども人口は19百万人に対して、2000年の人口は12百万人となり、約60%程度まで落ち込んでしまう。80年代の団塊ジュニア世代の圧倒的なボリュームに対して、2000年以降はターゲットの規模の減少により、それまでのビジネスモデルによる収益が得られなくなったのが大きな原因であった。

内的な要因としては、会社の方針があげられる。食品事業部の優先順位は大人向けの健康食品や美容食品などが高くなり、少子化のなかでの知育菓子[®]は低くなってしまった。そして、開発部の担

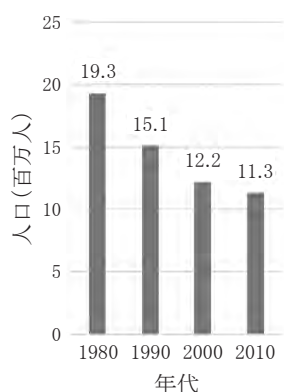


図-2 子ども(3~12歳)の人口
(出所:総務省 人口統計より抽出)

当の間では、「インパクト至上主義」の思想の中で、売上低迷の理由は「インパクトの不足」として捉えられてしまう。そして、開発の方針として①毎回新規の反応を用いた商品開発、②発売スケジュールの短期化が打ち出されていく。

①については、不完全な品質での発売による商品力の低下につながり、②については、生産や営業への負担が増加してしまい、仕掛品や在庫の増加や発売日の商品の入れ替えなどのオペレーションが困難になるという事態が起こった。また短期サイクルで商品を開発していく中で、明らかに開発員のマインドや体力の疲弊は大きく、モチベーションも下がっていった。

また、売上不振により、CM費用などの予算削減や原価の圧迫などによる低コスト開発などが強いられ、年々売上は低下するという負のスパイラルに陥ってしまう。さらに、2004年に当時の母体であったカネボウ(株)は債務超過に陥り、産業再生機構の支援のもとで、事業改革を行うことになった。知育菓子®に関しても同様に改革が必要であり、「インパクト型」からの脱却をする必要に迫られた。

2-3 再生期「ポップンクッキン」の誕生

「インパクト型」の大きな問題点としては、やはり短期の需要創出と商品のライフサイクルが短くなったことであった。またターゲット人口が減少しているため、付加価値をつけて商品の価格をあげることも重要であった。2005~2006年において、いわゆるそれまでの「インパクト型」の新商品も開発されていたが、とある商品が思いのほか安定した販売実績を残した…それが「ポップンクッキン」(写真-9)である。この商品は小さいコーンのお菓子に、水と粉でつくったクリームを絞って、小さなソフトクリームをつくるという商品であっ

た。かわいらしい商品ではあったが、これまでの変化や反応といった「インパクト」は存在しなかった。しかし、ここに新しいアミューズメント菓子の視点を見出した。この商品はいわゆるお店屋さんごっこという、世代を超えた普遍的な子どもの遊びを体現する商品であった(しかも、食べられる!)。それまでのように「インパクト」で子どもたちに興味を持たせるのではなく、子どもたちが作りたいモチーフや遊びにコンセプトを変容させていった。



写真-9 ポップンクッキン「たのしいケーキやさん」

開発の思想が変わったエピソードとして、次のようなものがある。この商品の開発担当は、クリームの絞りやすさや先端の角の保形性、また風味についても深く検討したという。しかし、インパクト型の商品開発を行ってきた上司からは、「この商品は、膨らんだり、色が変わったり、反応しないのか…面白くないが、大丈夫か?」というような意見があった。それを踏まえて、現場の開発者らの中では、「当面の間、膨らむなどインパクト型反応の利用の禁止」が非公式にルール化されたという。

この商品からの開発の思想は、数回のディスカッションを踏まえて、子どもの普遍的な遊びを取り入れた「つくる楽しさを通して「なぜ?」「どうやって?」を提供する菓子~ずっとドキドキ・いっぱいワクワク」となった。普遍的なテーマを取り入れることで、商品のライフサイクルが伸び、また作る時間を価値にすることで、高価格の商品展開をすることができた。

技術開発的には、これまでとは違う切り口のアプローチがなされた。その一つが、外観のリアリティの追求である。「たのしいおすしやさん」という商品では、本物そっくりのお寿司のお菓子をつくるコンセプトであるが、写真-10に示すように、外観の質感にこだわった開発がなされた。シャリの粒感、マグロの切り身の色や細胞のような表現など、それまでの模倣お菓子にはないクオリティーで発売された。

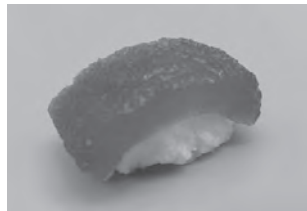


写真-10 「たのしいおすし屋さん」のマグロ握りずし (菓子)

風味についてもリアリティを求めた。「ハンバーガー」(写真-11) という商品では、ポテトやパン、ハンバーグ、ケチャップなどが水と粉を混ぜて、レンジ加熱することで、本物そっくりの味を表現した。



写真-11 「ハンバーガー」

開発思想は変革が行われたが、「インパクト」を創出した技術については一体どうなってしまったのだろうか。実はつくる楽しさ・時間の一部にしっかりと活用されている。再び「たのしいおすし屋さん」の商品にもどるが、このイクラをつくるパーツには「インパクト」で培った技術が生かされている。写真-12に示すように、イクラはスポイトで液体を滴下すると瞬間ゼリーの反応で固まり、「インパクト」の高い作業になっている。長い時間のかかるお菓子を作る商品に驚きのある反応を取り入れることで、子どもたちに飽きることなく最後まで楽しんでもらう作業の設計になっている。

ハンバーガーでは、コップに粉と水をいれると発泡して、コップのふちギリギリに膨らむようなコーラを作ることができる(写真-13)。「ねるねる」の原型である粉末飲料の配合技術が、発泡反

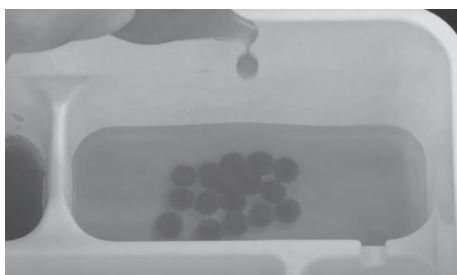


写真-12 イクラの作り方

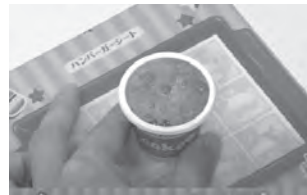


写真-13 コーラの作り方とセット感

応の驚きとファーストフードのセットメニューを演出するように機能している。

また、「インパクト型」の商品に、普遍的な遊びを進化させることによって、成功した事例もある。写真-14の「おえかきグミランド」は「すらすらキャンバス」(写真-6)が進化した商品に当たる。「すらすらキャンバス」もおえかきをテーマにしていたが、スポイトではっきりとした形状を作るとは難しく、単色の単純な線や歪な幾何学模様のお菓子しか作ることができなかった、しかし、「おえかきグミランド」は①パレットを模したトレイで自由に色が作ることができる、②動物などの枠の中で作成することで、明確なモチーフを作ることができるようになった商品である。いわば、おえかきというよりは、塗り絵の遊びを導入したような商品であるが、2000年以降の商品の中では最大の売り上げを記録した。



写真-14 「おえかきグミランド」

以上のように「インパクト型」から「子どもの普遍的な遊びを取り入れた、作る楽しさ」にアミューズメントの視点を変容させ、商品を展開させた結果2004年に底であった売り上げは2012年にその倍に、そして2014年に過去最高の売り上げとなった。

2-4 拡張期～今後の展開

最後に、知育菓子®の今後の展開について簡単に説明を行う。ここでは、新しいコンセプトでの

商品展開、また新たなターゲットとしての海外進出や大人の需要について、軽く紹介していく。

①新しいコンセプト

2021年より知育菓子®はその提供価値を見直し、写真-15にもあるように「らしく、のびていく。」をキャッチコピーに新たな展開を見せている。お菓子を作る楽しさや美味しさを通して、「個性を伸ばす」、「失敗を楽しむ」、「違いを尊重する」、3つの価値を提供し、子どもの自信を育むことを新たなコンセプトとして、新商品を開発している。

たとえば、「たべる図鑑 海の生き物編」(写真-15)は、本物そっくりなザトウクジラ、ジンベエザメなどの形のグミをつくり、パッケージやミニ図鑑を用いて観察することで、海の生き物の生態を学べる、子どもの「好き」を探求する知育菓子®である。東海大学海洋学部・東海大学海洋科学博物館が監修したリアルで立体的な海の生き物のトレーを用いて精巧な形のグミを作ることができる。さらに、2次元コードからアクセス可能なWeb図鑑で詳細に海の生き物について学ぶことができ、それまでの「子どもの普遍的な遊びを取り入れた、作る楽しさ」に加えて、「子どもの探究心・学びへの入り口」を付与させた新しいタイプの商品となっている。



写真-15 「たべる図鑑 海の生き物編」

②海外展開

2010年代のSNSの誕生、特にYouTubeのような無料動画プラットフォームの登場によって、知

育菓子®は国内外問わず、海外の方にも広く認知されることとなった。前述したように、作るモチーフの普遍性や作る楽しさの視覚的訴求によって、外国人の方にも需要が高まった。その後、外国人旅行者の爆買いがニュースになった時、いわゆるインバウンドの販売が知育菓子®でも非常に好調であった。そこで現在は、「ポップンクッキン」を海外10か国以上に向けた輸出事業を展開している(写真-16)。国内だけでなく、海外の子どもたちへ向けても「作る楽しさ」の提供ができることは、開発者として感慨深い展開であった。



写真-16 アメリカ版「ポップンクッキン」

③大人需要

最近では、子どもたちだけではなく、大人の需要についても、挑戦をおこなっている。これについては、①ショートムービーSNSでの拡散、②レトロブームで、取り組みを行っている。

①ショートムービーSNSでの拡散

最近では若い世代を中心に、TikTokのようなSNSでショートムービーの発信や交流が増えてきている。約15~60秒程度の短時間の動画であるため、キャッチーなビジュアル訴求のものが好まれ

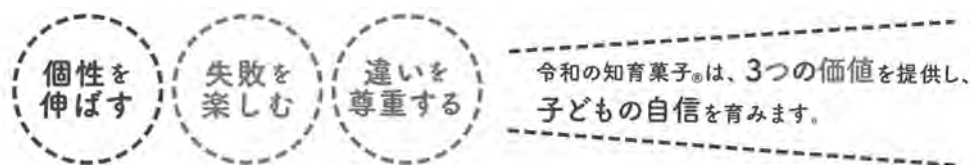


図-3 知育菓子®の新コンセプト



【コラム】

知育菓子[®]に魅了されて消費者から研究員へ

小林 由奈

若手研究員という立場から粉末との出会いについて述べさせていただく。このパートはコーヒープレイクとして気楽に読んでいただきたい。

まずは、消費者時代について紹介する。私は、子どものころから知育菓子[®]が好きで、よく両親や祖父母にねだって買ってもらっていた。価格は他の駄菓子よりは少し高かったのが毎回買ってもらえるというわけにはいかなかったが、それが逆に特別感があってよかった。私の記憶に残っている商品は「ねるねるねるね」、「なるなる実になる」、「どどどとつぶびょん」、「むにゅとでるで〜」、「たのしいケーキやさん」である。どれもおいしかった、楽しかったという記憶がある。幼稚園、小学低学年頃にやった「なるなる実になる」、「どどどとつぶびょん」、「むにゅとでるで〜」は食べ終わった後は治具を砂場や風呂に持って行ってよく遊んでいた。当時は、知育菓子[®]の粉も砂場の砂も同じ粉としての認識だったのかもしれない。これは「ねるねるねるね」の誕生で子どもが砂場で泥遊びをしているところから発想を得たと前述にあったのと共通しているように思う。小中学年頃になって作った「たのしいケーキやさん」は見た目が可愛くて、味がとにかくおいしかった。他社商品に発泡させた泡をコーンに盛り付けるといった類似品があったが、それよりも断然おいしかった。泡のようにすかすかしていないずっしりとした食べ応えのあるクリームのかじりや、作業性の良い強い生地を自分でソフトクリームのように絞れるのが魅力的であった。この頃になると、食品の粉と砂は違うものと認識していて、「ただ粉と水を混ぜるのが楽しい」という「行為を楽しむ」ことから、「粉に水をいれて香りが出てくる、発色する、粘度が出てくるのが楽しい」といった“過程に驚きを感じて”楽しんでいた。時代は少し飛んで高校生や大学生になってからもたまに「ねるねるねるね」や「なるなる実になる」、「グミつれた」で遊んでいた。楽しい時間を共有したい、おいしいものを作りたい（私は知育菓子[®]のファンシーな味やでん粉の味が好き！）という気持ちで作っていた。よりアミューズメントとしての楽しみ方をするようになっていった。

自分で作るという他にない特徴をもつ知育菓子[®]は即食のお菓子と比べて特別であり、高校2年生くらいにはねるねるを作る人になるのが将来の夢になっていた。知

育菓子[®]好きが高じて、あの楽しい時間、理科や実験の楽しさを子どもたちに広げたいと思い、当社の採用試験を受けたところ、運よく入社することができた。（私のアピールがマニアックで面接官が引いたというのを知るのはいぶかってからである。）夢を叶えるスタート地点に立てたというわけである。

次に研究員になってからの話をする。反応原理について知ったり、原料や配合について知ったりすることは何回も見てきたマジックの種明かしの様で刺激であった。中身を知った今、何でもできるのだという感覚と、先人方が数々の商品を生みだしてきた今、私には何ができるのだろうかという感覚が交錯している。過去のアイデア集を調べているとどれも驚きと謎に満ちている。「ぶっ飛んでいる」という表現が最もわかりやすいように思う。

話は変わって原料の話をしていただく。知育菓子[®]は粉末と少量の水で作る製品が多いのだが、原料のほとんどが「白い粉」であり、何が何なのか理解するのになかなか苦しんだ。粒子径や流動性、水に溶いた時の挙動、白の中でもどんな白なのかなど性質をひとつひとつ学んだ。粉を触ったり、水に溶いたり、配合で増減や置換をしたりしてそのものについてと配合における役割について知った。まだまだ扱ったことがない原料はたくさんあるので永遠の課題のように感じている。

最後に、中身の技術を知って個人的に面白いと思った知育菓子[®]ランキングをさせていただく。技術の話は詳しくはできないが、もし、気になるものがあればお手に取っていただきその面白さを少しでも体感していただけたら幸いである。

第三位は「ミルクラボ」である（写真-19）。技術的に面白い点は、牛乳からクリームとソーダが作れる点と知育菓子[®]では初めて酸による乳タンパクの凝集作用を使っている点である。カード凝乳とホエー乳清を余すことなく使っているところ、3色ある粉の組み合わせ次第でいろいろな色のクリームとソーダが作れるのが面白い。これは直属の上司の担当商品でアイデアから商品化までの一連を勉強させてもらった。「子どもたちにもっと牛乳を摂取する機会を増やすお菓子を作りたい」という親目線での開発という心温まるストーリーもある。



牛乳に酸を混ぜ濾過
をするとミルクが透
明に
カードとホエーそれ
ぞれに粉を混ぜク
リームソーダが完成

写真-19 「ミルクラボ」

第二位は「ねるねるねるね」である(写真-20)。技術的に面白い点は、やはり色変わりである。「ねるねるねるね」は前述のとおりアントシアニンによる色変わりをを使ってぶどう味は1ばんの粉では青色、2ばんの粉をいれて赤色になるという基本の色変わり反応を楽しむ。他のフレーバーでは、アントシアニンの反応にさらに色素を加えて青～紫～赤以外の色も作っていたり、いなかったりしている。「ねるねるねるね」の色変わり、色作りはパズルのようでなかなか面白い。



少量の水で粉を溶かすと色変化し、
膨らむ仕組み

写真-20 「ねるねるねるね」

第一位は「ポッピングッキン ふわふわパンケーキやさん」である(写真-21)。技術的に面白い点は、パンケーキの材料といえば第一に思いつくのが小麦粉であるが、この商品はそれを使っておらず、デンプンの膨化反応を使用している点である。水を混ぜてレンジで温めるという知育菓子®の中ではシンプルな作りであるが、選定するでん粉、風味付けなどさまざまな工夫がしてあり、甘く、ふわふわでおいしいパンケーキになっている。私はアレルギーがなく、消費者時代はあまり気にしていなかったが、これでパンケーキを食べられる子どもが増えたらいいなと思った。また、生小麦を使用していないので生地そのまま口にしてもおなかを壊す可能性は低く、安全である。この商品は残念ながら終売してしまっているが、同じ技術を使っている商品は「ハンバーガー(バンズ)」、「チョコフォンデュパーティー(ケーキ)」、「くるくるたこやき(生地)」などがある。



動物のカタチのパンケーキに
クリームで飾り付け

写真-21 「ポッピングッキン ふわふわパンケーキやさん」

以上、消費者時代と研究員時代について述べさせていただいた。まだ研究員としての歴が浅く、見てわかるように消費者時代の話の方が分量が多くなっている。これからは研究員として厚く熱く経験を積み、研究員の立場から知育菓子®の良さを商品に乗せて発信できるよう精進していきたい。



みんなの知育ひろばのチャンネル
[https://www.youtube.com/
@nerunelaboKracie](https://www.youtube.com/@nerunelaboKracie)



知育菓子 ねるねるねるね
「ふくらむ帽子」篇 (DX ねるねる)
<https://youtu.be/4dagnSGbDYo>

なかむら ひでお
中村 秀男
元 クラシエフーズ(株)
食品研究所長

ありが ふみたけ
有賀 文威
クラシエフーズ(株)
事業企画室 部長

おおたに やすし
大谷 泰史
クラシエフーズ(株)
食品研究所 知育菓子チーム 主任研究員

こばやし ゆきな
小林 由奈
クラシエフーズ(株)
食品研究所 知育菓子チーム 研究員

不思議な砂との出会い

株式会社ラングスジャパン 小林 美紀
Miki KOBAYASHI

Key Words: 室内用お砂遊び、不思議な手触り、不思議な砂

1. はじめに～キネティックサンドとの出会い

キネティックサンドとは2013年2月ヨーロッパの展示会で出会う。展示会への出向は2011年の東北の震災が心を動かしたからである。

家も流され幼稚園も震災で崩壊し、おもちゃもすべてなくなった子どもたちの、外では遊べないという現実を知り、今まで扱ってきた、ローラー系の遊具以外に何か探さなくてはという思いに駆られた。

ヨーロッパの展示会場を3日間回ってもこれという商品には出会えなかった。そして4日目のこと、砂のような不思議な手触りの物体に遭遇した。

それがキネティックサンドだった（写真-1）¹⁾。

「キネティックサンド」と呼ばれる魅惑的な素材は、粘土のように成形できるが、何となく絹のように感じられ、子どもから大人まで楽しめる、新しい材料である。98%が純粋な砂で出来ており、その動きの秘密は、2%の中に隠された特許技術にある。

小さな会社の小さなブースに大人5、6人が楽しそうにその砂を触っていたので私も加わり触った（写真-2）。

今までにない感触にいつまでも触っている大人に混じり私も、その手触りに驚きと感動。最終日、すべてを見終わって、心に響いたものはキネティックサンドだけだった。その砂の感触が頭から消えず、展示会終了1時間前ぐらい前に、再び本格的に商談した。これがキネティックサンドとの出会いだった（写真-3）。

さあここで輸入総代理店を獲得して帰らないと、この商品はどこかの会社のものになってしまうと思った私はコンテナにして6本分約15万個ほどの注文をその場で入れた。



写真-1 キネティックサンド（左）とキネティックサンドテーブル（右）



写真-2 子どもたちと遊ぶ(株)ラングスジャパン代表小林美紀



写真-3 2013年ヨーロッパでのキネティックサンドとの出会い

2. 販売開始

2月に出会い生産スタートし、ヨーロッパからの長い船での輸送。入荷は9月。大量に購入したものの2月から9月まで営業してもどこの店舗にも導

入は決まらず。時は過ぎていき、入荷だけは完了。このよい商品は、どこの誰にも認めてもらえず倉庫に眠ることになる。

しかし、相変わらず商品に対する自信があり、代表取締役である筆者自身が直接一人でキネティックサンドの担当者となり、動き出した。砂の売り場がトイのカテゴリの中にないので、担当者は全く反応しない。新しい商品で前例がないものには手が出せないというわけである。仕方なく(株)ラングスジャパンの通販ページと、DCM オンラインだけで販売。DCM はホームセンターでオンラインはいい暮らしという名前のページで24個だけおいていただいた。店頭販売はしていただけてはいない状況で初めての販売がスタートを切った。

12月20日ごろ、テレビの取材の話が別アイテムに入ったがキネティックサンドに強引に変えていただき、「めざましテレビ」で取り上げられた。この砂の不思議な動きが映像で伝われば絶対いけると思ったからだ。

驚くことに朝から10時ごろまでにラングスオンラインと DCM オンラインで各5000個の注文が入った。注文ページを見ていると、ひっきりなしに注文メールが涌くように増えてくる。DCM から電話が入り24個しか在庫がないのに5000個以上の注文が入りオーダーストップしたという。(株)ラングスジャパンに在庫がなければ5000件以上のお客様に謝罪の電話をしなければいけないという事態に陥るといった内容だった。

同時にラングス通販ページにも5000個以上の注文が入った。数時間でこの数ということは、バイヤーを説得するよりエンドユーザーに直接見せる方が効果的だとその時感じた。私がヨーロッパで感じた感動がテレビを通しそのまま伝わったのだ。その後、店は増えたわけではないが導入した店舗では恐ろしい売れ行きでコンテナ6本分はあっという間になくなった。

3. キネティックサンドの今

主要取引銀行からキネティックサンドのためだけに9億円の借入れを起こしたが半年で返済。問屋や店舗がこの商品の良さに気づかないから直接販売という手段が利益率を上げて、借入れは返済できた。あの時、私を信じてくださった銀行はすでに(株)ラングスジャパンの財務担当のように輸入、注文、出荷、入金をともに見てくれた。銀行

の英断に感謝している。後追いと言えども、トイザらスやイオンの店舗で販売した数の力は大きく、さらに加速がついた。

あのヨーロッパで見つけた小さな会社はその後、カナダの大きな会社にキネティックサンドの販売権を売ったためその会社から仕入れないといけなくなった。そこはキネティックサンドを開発したわけでもなくただ小さな会社を飲み込んでしまった会社だったので、商品に対する愛情はうすれた。

でも、この商品自体非常に素晴らしいものなので、今も変わらず販売を継続している。

4. おわりに～キネティックサンドから学んだこと

Instagramなどで「#キネティックサンド」を検索しこの商品で遊ぶ子どもたちの姿を見、あの時、ヨーロッパの展示会での出会いを懐かしく思い出し、自分の仕事の意義をひしひしと感じている。

キネティックサンドという商品から筆者は多くを学んだ。魔法の砂というキャッチコピーで発売スタートした商品で本当に魔法をかけられたかのように筆者の仕事人生も変わった。

あの時支援してくれた銀行の頭取の推薦で2022年には上場もしていない小さな会社である(株)ラングスジャパンが経団連に入会し会員となった。そこで活動の幅を広げていけるのもキネティックサンドという不思議な砂の力によるものは大きい。そして『粉体技術』誌との出会いもしかり。不思議な砂はこれからも多くの素敵な出会いをもたらしてくれることと思う。

参考動画

- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=3m6sHwDyCq0>



こばし みき
小林 美紀
(株)ラングスジャパン
代表取締役

鳥取砂丘の魅力と保全について

株式会社鳥取クリエイティブ研究所 松原 雄平
Yuhei MATSUBARA

Key Words: 海岸砂丘、風紋、飛砂、海岸保全、砂粒子

1. はじめに

周囲を海に囲まれた日本列島には、多くの海岸砂丘が存在する。特に日本海沿海部には、規模の異なる海岸砂丘が存在しているが、どの砂丘地も開発と利用の手が入り、かつての面影を失いつつある。鳥取砂丘（浜坂砂丘）も、その一つであるが、世界ジオパークや山陰海岸国立公園特別保護地区および国指定天然記念物に認定・指定されており、鳥取県、鳥取市では、産学官一体となった「鳥取砂丘未来会議」を設置し、調査研究による保全や、企業やNPOなどの団体が提案する利用策など、新たな砂丘観光を創造しようとしている。

例えば、鳥取県では、過去11年にわたって「鳥取県に関するイメージ調査」（鳥取県¹⁾）を実施している。これは首都圏など12都府県在住者5400人を対象に、鳥取県のイメージや地域資源の認知度、観光・余暇などをインターネットを通して多角的に把握しようとするものである。

調査結果によれば、「鳥取県」というワードで連想されるもの（自由回答）に対して約8割（80.1%）が「鳥取砂丘」と回答し、さらに「観光地として訪問したい場所」については、約9割（89.5%）が「鳥取砂丘」と回答している。鳥取県には、県西部の霊峰大山や境港の「水木しげるロード」あるいは海浜の温泉地などがあるが、調査開始以来11年にわたって「鳥取砂丘」は、県外者にとって最も訪れたい場所となっており、鳥取県にとってかけがえのない自然資産であり、魅力に溢れる観光資源であることを示している。

以下では、世界ジオパーク山陰海岸国立公園の中で中核的な鳥取砂丘のあり様とその魅力などについて紹介する。

2. 変わりゆく鳥取砂丘

写真-1は終戦直後の1945（昭和20）年に米軍によって撮影された鳥取砂丘である。千代川河口から岩戸漁港まで東西方向に約8 km、南北方向に約1 kmの範囲で砂丘が広がっており、内陸方向の砂丘の先端は、多稔ヶ池に沈み込んでいることがわかる。現在のように観光や農地などと開発利用の手が入っていない自然のままの海岸砂丘が広がっており、現在と比較にならない広大な沿岸砂丘地形が広がっていたことを示している。

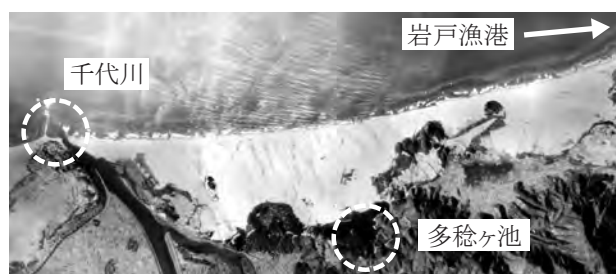


写真-1 1945（昭和20）年撮影の鳥取砂丘
（出典：鳥取県立図書館資料）

1923（大正12）年、当時「浜坂砂丘」と呼ばれていた鳥取砂丘を訪れた有島武郎は、「浜坂の遠き砂丘の中において寂しき我を見出できるかも」という句を遺しているが、有島が見た砂丘は、写真-1のように一面に黄褐色の砂堆が広がる壮大な砂浜であったろう。赤木²⁾は著書「砂丘のひみつ」のなかで、有島の短歌が世に出たことで、「砂丘」という言葉が世に定着したと述べている。

一方、写真-2は、写真-1から63年後の2008（平成20）年に撮影された鳥取砂丘である。砂丘地内では飛砂防備林整備や区画整理された農地利用が進んでいる。また周辺部では宅地利用も進んでおり、写真中央部に残された裸地の砂丘部分が、天

然記念物に指定され、多くの人が訪れる現在の鳥取砂丘である。環境省は、この観光砂丘地域を特別保護区に指定しており、「一木一草」の採取を禁じているエリアとなっている。

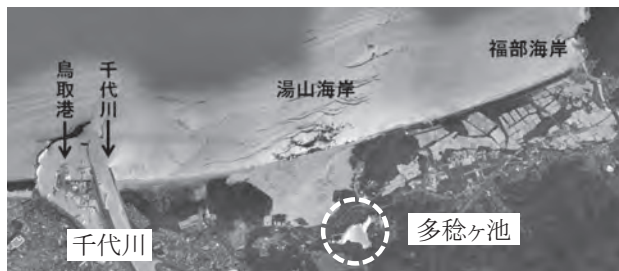


写真-2 2008年撮影の鳥取砂丘
(出典：鳥取県立図書館資料)

鳥取砂丘への観光客の推移をみると、1950年当初20万人程度であったが、徐々に増加し始め1960年にツーリズムの到来とともに観光客の爆発があり1965年に100万人を突破、1972年には228万人まで増加している。それ以後、来場者は減少したもののエコツーリズムの浸透もあり130万人前度で推移している³⁾。写真-3は、2014年に撮影された観光砂丘の全景であるが、海岸線から40 m 以上に吹き上げられた「馬の背（大スリバチ）」が中央に広がり、多くの観光客が日本海を見下ろすビューポイントとなっている。

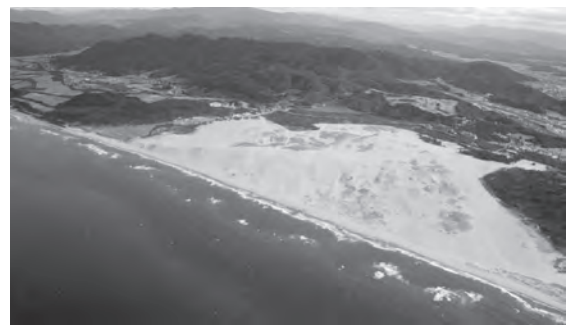


写真-3 鳥取砂丘全景
(2014年撮影 鳥取県より)

(出典：鳥取県土整備部河川課鳥取県東部土砂管理協議会資料)

3. 鳥取砂丘の砂の供給源

鳥取砂丘を形成する大量の砂は、どこから供給されたのであろうか？ 鳥取砂丘の砂の大半が千代川河口から海域に供給された砂とすれば、当然、その上流部の中国山地が供給源であると想定される。石原は、図-1に示すような中国地域の花崗岩類（真砂土（まさど）とも呼ばれる。以下では真砂土と表記）の分布域を明らかにしており、広島県から島根、鳥取県域に係る中国山地に真砂土が広域に分布していることを調査で明らかにしている⁴⁾。長年月にわたり雨水で削られた真砂土は、千代川河川流によって下流域に流送され、鳥取平野を形成し、やがて日本海まで運ばれる。中国山地の分水嶺から日本海まで約50 kmを一気に流送される過程で、真砂土粒子がお互いに衝突し合って細粒化が進んで日本海に流入した砂は、やがて強い冬季風浪によって分級化されて海岸に打ち上げ

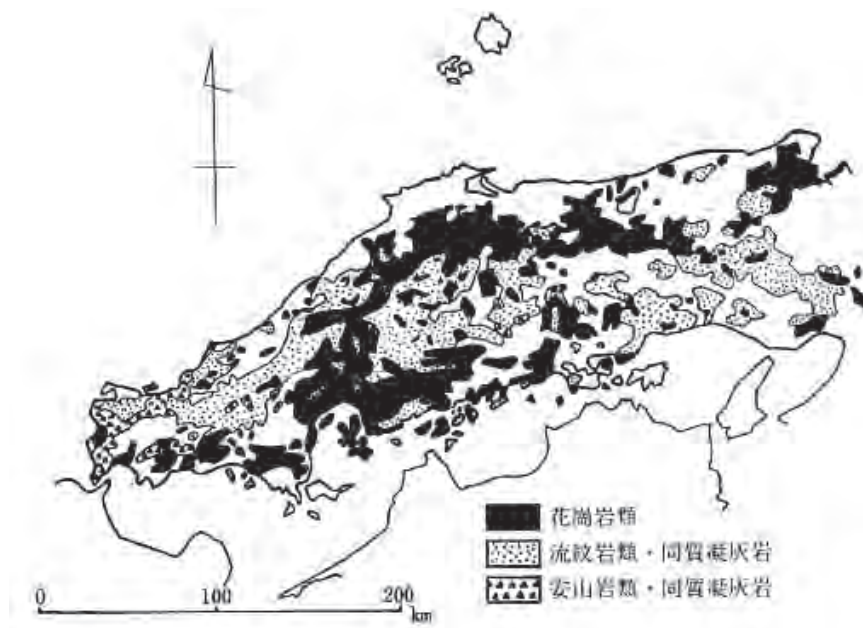


図-1 中国地方の花崗岩と中生代後期火山岩類の分布
(石原舜三、1974による)

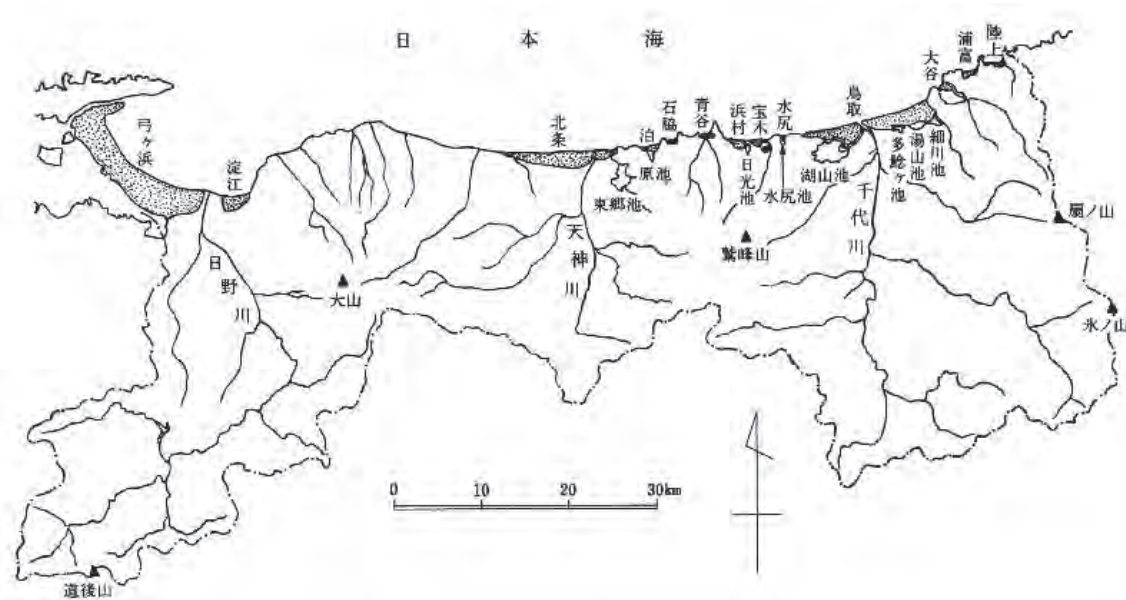


図-2 鳥取県に分布する砂丘と河川
(赤木三郎、砂丘のひみつ、1991による)

られる。その後、さらに北西の強い季節風などで内陸方向に吹き上げられて砂丘が形成されている。特に、40数メートルの高低差で砂が堆積する大スリバチといわれる砂丘列は国内に例を見ない。結局、中国山地の真砂土が細粒化されて海浜砂丘を構成したものが鳥取砂丘であり、鳥取県東部の砂浜海岸を形成しているのである。

ちなみに、鳥取県と島根県の県境では、真砂土を流水で分級し砂鉄を抽出して玉鋼^{たまはがね}を作る「たたら製鉄」が古墳時代から明治期まで鳥取・島根県境域で活発に行われた。中国山地の真砂土は、古代から我が国の製鉄文化を支えると同時に、その砂鉄の抽出過程で大量に生じる土砂は、鳥取県西部の日野川あるいは島根県東部の斐伊川を通して日本海に流送され、弓ヶ浜半島や大社砂丘を形成した。このように真砂土は、我が国の海岸地形に大きく関わっている。

の砂丘の砂粒は、重量も小さいことから、砂面上を風が吹くと、たやすく移動し砂面形状を変える。その移動は、砂丘の魅力となる造形美を創り出す。そのいくつかの例を示そう。

4-1 大スリバチ（第2砂丘列）の罨

鳥取砂丘の魅力の一つは、左右一面に広がる砂の景観にある。駐車場から階段を上がり砂丘入口に着くと、写真-4のように、日本海に向かって、緩やかに下り勾配で続く砂丘景観が左右に広がる。遠景には、海風で高さ40 mまで吹き上げられた大スリバチが見える。頬を撫でる海風も気持ちいい、遠くからの大スリバチも、ここまでお出で、と誘っているようだ、遠いようで近そうに見える、歩こう…と、これが多くの観光客が落ちる大スリバチの罨である。引き込まれるように大スリバチに向かって歩き出し、一歩、砂丘に足を踏み入れると、

4. 砂粒子がつくる造形美

地形学では砂丘を「風によって運搬される砂（風成砂）が堆積してつくった小高い砂の丘や堤状の砂の高まり」と定義している。この定義によれば、砂丘は「砂粒子」の集合体となる。

鳥取県の調査によれば、砂丘の砂の粒径は場所に関わらず0.125~1.0 mmの範囲に含まれるとされている⁵⁾。かつて筆者も砂丘の細粒砂を使って水理実験を行ったが、平均粒径0.18 mmで、均一な粒径の揃った細粒砂であった。こうした粒揃い



写真-4 大スリバチ遠景
(鳥取県商工観光課)

(https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1142208/55DSC_7249.jpg)

乾いた砂は、意外に柔らかく、足が潜り込み、ややもすると足を取られる、が、心地良く緩斜面を下り、写真-5の大スリバチ下までは辿り着ける。しかし、大スリバチの最後の上りは急斜面となつて、足を取られ、靴は砂に埋もれ、息が上がリ、やっぱり来なければよかったかな、ということになる。また大スリバチを降りてからの復路も、数百メートルの上り勾配の歩行で、砂面に再び足を取られ、砂が入り込んだ靴を脱いで、もはや砂面を裸足で歩く観光客も出る。息が上がる中でようやく砂丘の入り口に戻り振り返ると、そこに大スリバチの景観がほくそえんでいるように見える。



写真-5 大スリバチ
(鳥取県緑豊かな自然課提供)

そこで、大スリバチの罨に気づくのだが、しかし、大スリバチ頂上から眺めた山陰海岸の絶景を背景にして記念写真を撮れたことを思い返すと、やっぱり歩いてよかったとなるのである。

4-2 風紋

好天が続いた砂丘では、砂が乾燥して粒子間の粘着力がなくなり砂面の支持力がなくなる。この粉体の砂の状態を、石川啄木は、歌集「一握の砂」の中で、「いのちなき 砂のかなしさよ ささらと 握れば指の あひだより落つ」と残している。

啄木の歌のように、さらさらの乾燥状態の砂面上を毎秒5 m 前後の風が吹くと、空気の摩擦力によって砂粒子が移動（滑動）を始める。風速の増大とともに滑動は転動に変わるが、粒子径が均一な場合、風紋とよばれる規則的な波状の縞模様が現れる。写真-6は、砂丘表面を広くカバーして現れた風紋である。この砂丘表面に形成される風紋は、砂丘を紹介する観光案内資料には必ず掲載されるもので、この風紋を目当てに砂丘を訪問する観光客も多い。砂丘の魅力の一つとなっているが、



写真-6 鳥取砂丘の風紋
(鳥取県観光戦略課提供)

秋から初冬の砂丘で好天が続くと現れる。

4-2 飛砂（ひさ）

さらに風が強くなると、砂粒子の移動が転動から短距離の躍動に変わる。砂堆などの地表面の不連続部から浮遊した砂粒子は、地表面付近の渦流によって空気中に舞い上がり、強風とともに浮遊移動する。こうした浮遊砂層が地表面から1 m～数mの高さで発生し、砂丘全域にひろがる状態を飛砂ひさという。写真-7は、風速16 m/sを超えた状況で発生した飛砂の例であり、大スリバチの頂上から強風とともに舞い上がり、観光客のうえに降り注ぐ飛砂の状況を捉えている。まさに鳥取砂丘が粉体の集合体である振る舞いを確認できる。この状況で風に向かって砂丘地を歩くと、顔面に砂つぶてをうける状況となり歩行困難となることもある。



写真-7 砂丘レンジャー日記から
(2017年11月17日の飛砂、鳥取県緑豊かな自然課提供)
(<https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1100168/RIMG0059-1.jpg>
<http://www.tottorisakyusaisei.jp/html/kyou/jiten/img/tottori-sakyu.jpg>)

5. サンドリサイクル事業と鳥取砂丘の保全

5-1 サンドリサイクル事業

前出の写真-1を注意深く見ると、千代川河口右岸から沖方向に突堤が設置されていることがわかる。この突堤は、上流部から流出した土砂を沖合

に流送する目的であり、河口の賀露漁港への土砂の堆積を防ぐものであった。この突堤で沖合まで土砂が運ばれテラス状の堆積部が形成され、やがて波浪によって鳥取砂丘方向に沿岸流で土砂が移送され、鳥取砂丘海岸を形成していたと考えられる。一方、写真-2あるいは図-3の千代川河口部を見ると、流路が東側が変わっており河川の付け替えという大事業が行われ、同時に鳥取港の拡充、防波堤の延伸や導流堤整備が行われたことが確認される。特に河口突堤が両岸に整備され沖方向に延伸されている。これらの大規模な河川・港湾整備事業は、千代川の治水や鳥取市の産業活性化に貢献したことは間違いがないが、鳥取砂丘海岸への土砂移動にも大きな影響を与えた。すなわち改修後、延伸された防波堤によって沿岸流が西向きとなり鳥取砂丘海岸の土砂は、徐々に西側に移動することで、海岸線が後退し鳥取砂丘が深刻な侵食傾向を示した。このため、鳥取県は、護岸や人工リーフなどの海岸保全施設を整備するとともに、2005年6月に鳥取の沿岸域を総合的に管理する「鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン」を策定した。これは、海岸侵食に対して構造物を設置して海岸を防護するハード対策でなく、堆積域で浚渫した土砂を侵食域に運び土砂を投入する「養浜工法」を優先して導入するというものであった。これを鳥取県では「サンドリサイクル事業」として、「ソフト対策」によって海岸を守る事業を位置づけた。この事業方針は鳥取県の海岸保全の中核となる思想であり、このコンセプトにもとづいて、鳥取砂

丘海岸を保全することが、鳥取砂丘の保全に寄与することとして、大量の浚渫土砂を砂丘海岸の前面に投入するサンドリサイクル事業が実施されている。この事業に使用される土砂は、港湾や河口域に堆積した土砂であり、人為的に侵食域の海浜に搬送するものである。ガイドライン策定以降、港湾域や河口域から一旦浚渫された土砂は、すべて海域に戻すことが厳格に守られている。⁶⁾策定された土砂管理ガイドラインによれば、砂丘海岸には、保全のために年間4.5万 m^3 規模の土砂を鳥取港および岩戸漁港域から砂丘前面海岸に投入することになっており、ハードな施設に依らない海岸保全が実施されている。

図-4は、2020年（令和2年度）にサンドリサイクル事業によって砂丘海岸への土砂投入状況を模式的に示したもので、図中、鳥取港から8万9千 m^3 および岩戸漁港から1万 m^3 の海域投入が行われている。また陸域土砂投入が、岩戸漁港区域から約4千 m^3 あったことを示している。土砂管理ガイドラインの年間4.5万 m^3 目標値を超える数値となっているが、これは、鳥取港、岩戸漁港の土砂堆積状況が年によって異なることによるものである。例えば、2009（平成21）年からの数年間は、砂丘海岸に隣接する区域で自動車専用道路工事が進められ、その間は、毎年、掘削土砂数万 m^3 が付加的に陸域から投入され、海浜幅が大きく広がったことが報告されている。



図-3 千代川河口地形図
（電子国土基本図（国土地理院）から）

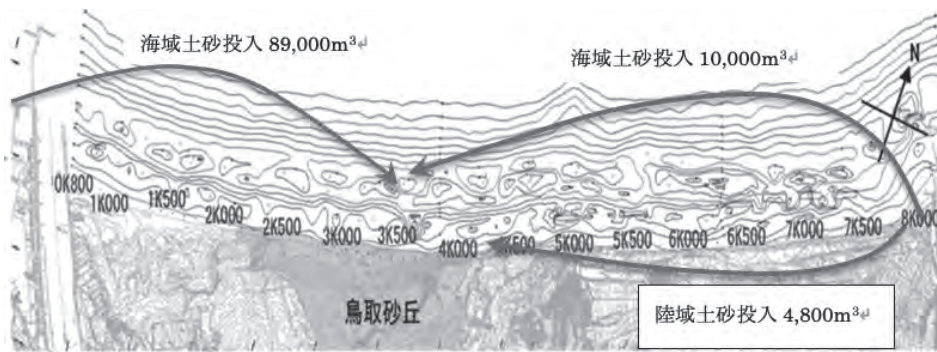


図-4 鳥取砂丘海岸への土砂投入量
(鳥取県県土整備部河川課資料から)

5-2 砂丘海岸の保全効果

以上のように、2005年の土砂管理計画策定以降、毎年、海域および陸域の土砂投入が実施され累積では、107万 m^3 となっている。この結果、ガイドラインに示す計画土砂投入量（4万5千 m^3 /年）に対し実績の年平均は約6万7千 m^3 /年となっており、計画以上の土砂投入実績となっている。

最終的に、砂丘海岸は、堆積状況や砂浜幅のデータから、全体として鳥取港方向への漂砂が生じ、部分的に侵食は見られるが、狭い範囲にとどまっており、砂丘海岸全体の土砂の堆積、侵食の収支はバランスしており安定傾向であることが報告されている。これは17年間続けられてきた海上養浜および陸上養浜の成果であり、砂丘海岸の安定を目的としたガイドラインが寄与していると考えられる。

今後も、観光ポイントである鳥取砂丘の大スリバチや風紋など鳥取砂丘の保全にむけて、県民、市民あげて保全活動が必要であろう。

6. おわりに

赤木三郎先生は著書「砂丘のひみつ」の中で、「海岸砂丘にとって海はまさに生みの親です。すべての生物にとって海は生命の源でしたが、海岸砂丘の砂も海からもたらされたものです。」と記し、砂丘と海の関係の重要性を述べている。

海域の土砂を有効に利用するサンドリサイクル事業は、鳥取砂丘海岸を保全するものであるが、同時に鳥取砂丘も保全することになっている。この他にも、さまざまな取り組みで、鳥取県は、かけがえない観光資源を残す取り組みを実施している。なかでも、鳥取砂丘未来会議は、「100年後も砂が

動く、生きている砂丘を目指し、鳥取砂丘の優れた環境を次世代に確実に引き継いで行く」と謳っている。

前述のように、砂丘を吹き渡る風によって、鳥取砂丘全域に風紋が現れたり、時には飛砂が発生したりなど、季節、天候とともにその装いを変えるが、息をのむような砂丘景観を日々、見ることができる。一人でも多くの人に、鳥取砂丘を体験いただきたい。鳥取砂丘未来会議を預かる者の一人として筆者もまた、鳥取砂丘の保全と魅力を広く訴えていきたい。

参考文献

- 1) 鳥取県令和新时代創造本部広報課：“令和3年度鳥取県に関するイメージ調査”
- 2) 赤城三郎：“砂丘のひみつ”（1991）
- 3) 松田真由美：“鳥取砂丘観光の課題と方向性－砂丘政策の歴史的な分析から”
- 4) 石原舜三：“地質ニュース中国地方の花崗岩をめぐる最近の話題”（1974）
- 5) 財自然公園美化管理財団：“鳥取砂丘辞典～砂丘のひみつ～”
- 6) 鳥取県県土整備部河川課：“鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン”



まつばら ゆうへい
松原 雄平
(株)鳥取クリエイティブ研究所
代表取締役
工学博士
鳥取大学名誉教授

仁摩サンドミュージアム1年計砂時計 — 砂暦

株式会社徳寿工作所 谷本 友秀
Tomohide TANIMOTO

Key Words: 仁摩サンドミュージアム、1年計砂時計、砂暦、鳴き砂

1. はじめに

1991年1月1日世界で一番大きな1年計砂時計が「仁摩サンドミュージアム」において時を刻み始めた。1tの砂が0.84mmのオリフィスから落下し始め、今年で31年間流れ続けている。

1年計砂時計の企画が発案された年代は昭和から平成になる1980年後半で、今では想像できないバブル経済の状況下にあった。内閣総理大臣竹下登が発案した地域振興として全国各市町村に「ふるさと創生事業1億円」が交付された。

1年計砂時計は鳴き砂がある旧仁摩町の泉町長により村おこしのシンボルタワーにしたいとの思いにより発案された。一方同志社大学故三輪茂雄名誉教授はなくなりつつある「鳴き砂」の研究を通じて自然保護の大切さを発信されていた。それらの思いが一致して仁摩町の鳴き砂を守るシンボルにするために1年計砂時計の企画がスタートした。**写真-1**がサンドミュージアムに設置された1年計砂時計である。直径6mの2つのリングにより固定されそれは設置されている。この砂時計は2015年



写真-1 サンドミュージアム内の1年計砂時計

発行の「ギネス世界記録2016」に掲載された。

2. 仁摩サンドミュージアム

仁摩サンドミュージアムは国道9号線近くの小高い丘にある。**写真-2**は仁摩サンドミュージアムの外観である。



写真-2 仁摩サンドミュージアムの外観

建物は仁摩町出身の高松伸氏により設計され、大小6棟のガラスのピラミッドが目目を引く。その中央の一番大きなピラミッドの中に1年計砂時計が設置されている。毎年大晦日には地元の年男男女女108人により砂時計を180度回転させ、カウントダウンに合わせて上部ガラス容器から砂が落ちはじめ新年を迎える¹⁾。砂時計は地上から約10m以上の高さに設置されている。下から見上げる状況となりかすかな砂の流れを見ることができる。オリフィス（くびれ部）からの砂の落下はモニターに映しだされている。1分間で約2g（約114g/時）の絶え間なく落下する砂に時の流れを感じていただくのも一興と思う。

砂時計の発案者の意図は砂時計ではなく「砂暦、

すなごよみ」を作ることであった。下部の砂の山は豊かな過去の時間を表し、上部は残された時間を知り、オリフィス部はせめぎ合う現在を表している。忙しくデジタル化した社会に対しゆったりとした「悠久の時の流れ」を砂時計が表現している。

ミュージアム内には砂に関する特別コーナー、砂時計ショップ、ガラス工芸コーナー、鳴き砂体験コーナーなどが常設されている。

写真-3は砂を使った故渡辺明節氏の作品「砂の記憶」で、円盤を半回転させることにより砂の安息角がたがたに形成されていき、砂のながれに心が洗われる感じがする。

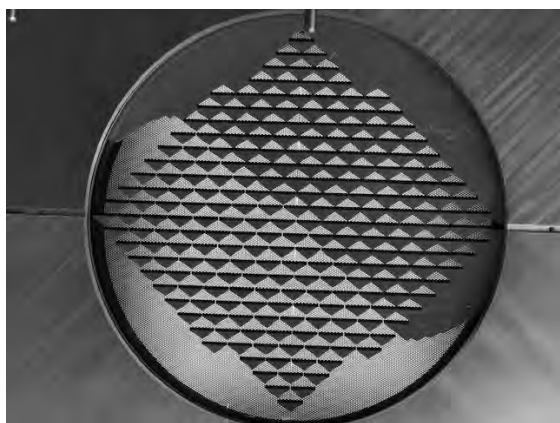


写真-3 砂の記憶



<https://www.youtube.com/watch?v=PTCBIjFkbDI>

このサンドミュージアムは芦原妃名子の少女マンガ「砂時計」が人気となり、ドラマ・映画化された舞台ともなり一躍有名になった。

サンドミュージアムの近くには日本有数の鳴き

砂の海岸である琴ヶ浜がある。日本海の荒波により長い歳月をかけ洗われた砂は、泥やごみに汚染されていない環境下で鳴き砂として保存されている。写真-4は全長14 km ある琴ヶ浜の全景である。



写真-4 琴ヶ浜

サンドミュージアムから車で15分位の距離にあり、貴重な鳴き砂を体験してもらいたい。Webで琴ヶ浜を検索すると鳴き砂の画像やアクセスマップカメラなどを見ることができる。

サンドミュージアムへのアクセスは図-1のマップにあるように国道9号線の沿道の JR 山陰線「仁万駅」から徒歩10分の場所にある。JR 出雲駅から山陰線増田行11駅目にあり、約1時間で仁万駅に着く。島根は出雲大社、玉造温泉、宍道湖などが有名であるが、旅のついでにサンドミュージアムに立ち寄っていただければ、その近くには世界遺産「石見銀山遺跡」、国立公園「三瓶山」「温泉津温泉」などもあり、山陰の穏やかな風光明媚を楽しむことができる



図-1 サンドミュージアムへのアクセスマップ

3. 1年計砂時計の設計

1年計はよく見かける3分計の175,200倍の大きさとなる。3分計の砂時計をそのまま1年計にスケールアップすると10t以上の粒子が必要となり、砂時計の容器も膨大な大きさになる。

このようなことから安定して流れる最小のオリフィス径と砂の研究がスタートした。

完成までの5年間、砂時計の基本設計とスケールアップ、砂の選択と精製、長時間安定して砂が流れるための障害とその除去方法の確立、上下の温度差による流量の変化の検討など未知の粉体技術への挑戦であった。

3-1 自然落下する最小のオリフィス径と粉体の平均粒子径とその分布、表面状況仕様の決定

砂時計のコンセプトを重視し、砂は天然の砂を使用した。

粉体の場合は層高に無関係に次の式で流出速度が表わされる。

$$W = k \cdot D^n \quad (1)$$

W は流出速度 (t/h)、 D はオリフィス直径 (mm) で k は粉体物性 (粒子密度、粒子径、内部摩擦係数) に依存する。 n は2.5から3.0の定数となる。粉体の場合オリフィスの上部で粉体どうしが動的アーチを形成しながら上部の圧力を支え通過する。この動的アーチがオリフィスの流れに影響し、動的アーチが上部の粉体圧より強い場合はオリフィスからの粒体の流れを閉塞させる。オリフィス径と動的アーチの関係は粒子径の6倍以上のオリフィスの径であれば閉塞はなく、また重量流出速度はオリフィス径の2.5乗近辺になることがわかっている。このように砂時計をオリフィスからの砂の落下ととらえ、オリフィス径の異なるオリフィスを数個制作し、粉体の平均粒子径の異なる砂を落下させ手探りの実験から始めた。その後1年計の砂時計の砂の量を1tとして、最適なオリフィス径と粉体の平均粒子径の検討を行った。

それらの基礎研究の過程で、長時間安定して落下する砂の仕様として粉体の平均粒子径以外に粒子径分布、表面形状なども重要な粉体仕様であることが明らかになった。オリフィスの形状、オリフィス径、粉体仕様を種々組み合わせ最適な条件検討を行った。

3-2 1年計基本仕様として

基礎的な研究を通じて、1年計の基本仕様を決定した。図-2は1年計砂時計の外形図面である。

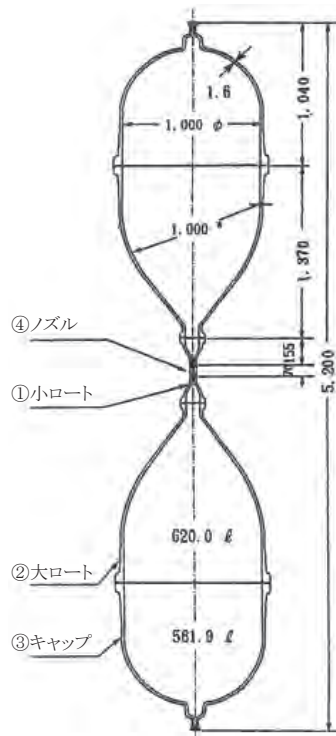


図-2 砂時計の外形図

この時の設計条件は以下の4つである。

- (1) 可能な限り小さな砂時計を作るためにオリフィス径は0.85 mm とする。それ以下では閉塞の可能性が大となる。
- (2) 砂の平均粒子径は110 μm とする。容器内での偏析を防止するために最大150 μm 、最小65 μm とした。閉塞が生じないためにオリフィス径の約1/8の粒子径とした。平均粒子径をこれ以上大きくすると閉塞の危険性があり、小さくすると1年間流す砂の量が多くなる。
- (3) オリフィス径と砂の平均粒子径を決定したことにより1年間の砂の量は1tとする。流出量は114.16 g/hとなる。
- (4) オリフィスから閉塞なく安定して流れ落ちること。

4. 1年間砂が安定して流れるための研究

実験装置として砂時計の30分、90分、12時間計を作成し基礎データを取得した。

4-1 環境温度の影響

室内環境温度を-7~55度に変化させて砂の流れ

る時間を比較すると温度が低い方が5%近く速く流れることが確認された。1年計になると上下の砂時計の温度差が30度近くになり、その温度差は砂の流量に大きく影響することは明らかである。大きな砂時計の環境温度のコントロールは建物の構造上不可能である。そこで上下の容器の圧力差をコントロールすることにより安定した砂の流れを得られることは実験により確認できた。上部の容器の圧力を大気より-24.9 Pa とし、0.098の範囲で制御することにした。写真-5はオリフィス部であり、細いチューブを通じて、上下容器内の圧力をコントロールしている。



写真-5 オリフィス部

4-2 砂の洗浄

砂の表面に付いた汚れや微粉を除去することは砂時計の微粉による容器の汚れの防止や安定した砂の流出を得るために必要である。砂の洗浄には日本海の冬の荒波を想定した洗浄装置を開発し、長時間の洗浄を行った。試験的に各地の海岸の砂を長時間洗浄すると大半が鳴き砂になった。一方長時間洗浄を行うと砂の安息角が大きくなり、オリフィスからの流れが悪くなる現象がみられた。これは粉体の摩擦係数が大きくなっていると推定する。洗浄時間の設定も砂時計の安定的な流れに重要要素となることが分かった。写真-6は洗浄した砂の表面である。洗浄することにより砂表面の微

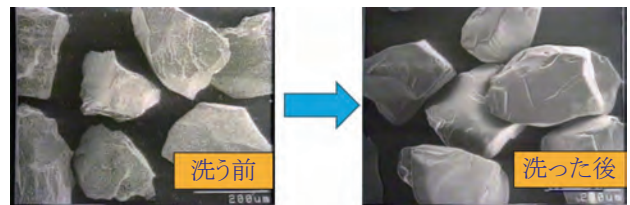


写真-6 砂の表面

粉がなくなり、角が取れている。このことにより砂時計が長期間安定して流れる要因となる。

4-3 砂時計の設置と砂の投入

完成されたガラスのピラミッド型建造物の中に、巨大砂時計とそれを支える構造物を設置する作業は大変な困難を伴った。設置場所は地上約15 mにあり、クレーンなどの重機を使用することができないため、3本の丸太とチェーンブロックを使い、鳶職人により1週間かけて設置された。その後あらかじめガラス内部を界面活性剤と精製水で洗浄した砂時計に1 tの砂の投入を行った。

砂の投入に際し、オリフィス部閉塞の要因を除去するため以下の策を用いた。

1. 粗大粒子の混入をゼロとする。
2. 糸くずの除去と侵入の防止。
3. 清浄な空気を使用し、ふるい分け、空気分級を行う。

5. おわりに

世界一の砂時計は発案されてから、多くの人たちの協力のもとに5年間の歳月をかけ基礎実験を繰り返して完成した。その後31年経った今も流れ続けている。小さな穴から粒子を落下させる単純な操作ではあるが、1年間砂が流れ、また何年も繰り返し流れ続けるためには粉体技術が大いに貢献したと確信している。

たにもと ともひで
谷本 友秀
（株）徳寿工作所
取締役会長



わたしたちの

自由研究・課題研究

第4回 気仙沼 鳴き砂の秘密を解き明かせ！
「粉体技術」編集委員会



1. はじめに

宮城県気仙沼高等学校（写真-1）は、2005年4月に宮城県気仙沼高等学校（77年の歴史を有する全日制男子校）と女子校の宮城県^{かなえ}浦^{うら}高等学校（81年の歴史を有する全日制女子校、定時制共学校）が統合され共学校の気仙沼高等学校となり、さらに2018年4月に宮城県気仙沼西高等学校（33年の歴史を有する共学校）と統合され、現在に至る伝統校である。2016年度から2020年度までの5年間、文部科学省「スーパーグローバルハイスクール（SGH）」に指定され、「海」をテーマとした探究的な活動を行ってきた。当時の様子は校内のいたるところに展示されたポスターなどからその成果を知ることができる。その中には、12年前の東日本大震災に関わるテーマも多く見られ、高校生が震災の教訓を学び、未来へ残すことに対し意欲的に取り組んでいることが感じられる。



写真-1 宮城県気仙沼高等学校。入り口にはスーパーグローバルハイスクール（SGH）～世界を舞台に活躍するスケールの大きな人材をめざして～と掲げている。

同校の自然科学部は、1年生7名、2年生1名、3年生2名の計10名からなり、地区の支部総合文化祭、生徒科学研究発表会、県の生徒理科研究発表会など研究発表会での発表を目標に研究活動に勤しむ。顧問は久野先生が務めている。

地元の「鳴き砂海岸」では、歩くと「きゅっ」と砂が鳴る現象が起こることで知られている。一般的に石英を多く含む砂が、急激な砂層の動きによ

り音を出す。砂が発する音についての議論は19世紀末から行われているが、いまだに研究が続いている興味深い対象である。気仙沼高校の生徒も、身近にあるこの鳴き砂に着目した。自ら疑問を持ち、それを解明する努力を続ける姿勢は、非常に印象的である。

2. まずは男子グループのテーマから

高井：私は岐阜大学の工学部で粉の研究をしています。自然科学部でも粉の研究をされていると聞いたので、興味を持ってお話を聞きたいなと思いました。グループで一つのテーマでしょうか。

齊藤：女子と男子の二つのグループでやっています（写真-2）。



写真-2 男子グループと女子グループに分かれて、二つのテーマについて頑張っています！

熊谷：今日いるのは女子3人と男子5人ですね。

高井：では、まず男子グループのテーマを教えてください（写真-3）。

齊藤：大島に三つの砂浜（十八鳴浜、小田の浜、田中浜）があるんですけど、それぞれの砂浜の比較をしています（図-1：地図）。

高井：砂浜から砂を取ってきて、どんな比較をしていますか。

齊藤：例えば、それぞれの砂浜の砂に含まれる石英の大きさを比べたり、鉱物組成を調べたりしています。

高井：石英の大きさはどうやって調べていま



写真-3 男子グループの研究テーマを聞いてアドバイスする加納先生。話を聞いていると楽しくなってきました！

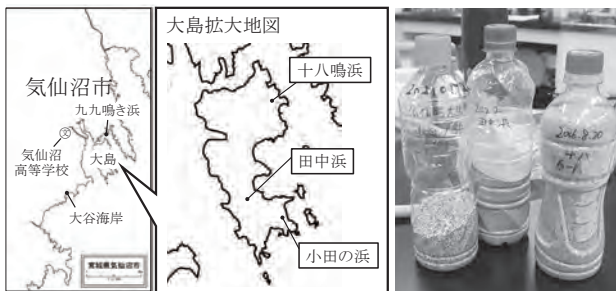


図-1 左：気仙沼市大島には三つの砂浜がある。右：左から小田の浜、田中浜、十八鳴浜からとってきた砂。どんな違いがあるのかな？

すか。

齊藤：顕微鏡を使っています。

高井：成分はどんなふう調べていますか。

久野：砂を砕いて粉末にして、X線回折(XRD)を取りまして、RockJockという解析ソフトを使って解析しています(アメリカ地質調査所のEberl(2003)により開発された粉末X線回折パターンを利用した定量分析ソフトウェア。<https://www.iucr.org/resources/other-directories/software/rockjock>)。

高井：X線回折は気仙沼高校でお持ちなんですか？

久野：いえ、東北大学の地学の研究室で、装置をお借りしてやっています。

高井：もともと地学の研究室とのつながりがあったんですか。

久野：私が個人的につながりがあって、貸してくださいとお願いして去年からお借りしています。

高井：生徒さんは装置を見学に行ったりしましたか？

久野：われわれで粉にしたものを持って東北大学に行って、大学生に測定してもらいま

した。私たちも、ちょっとだけ手伝わせてもらいました。

高井：きちんとデータがまとめてありますよね。どこかで発表されるんですか。

久野：直近で11月4日に、自然科学部系や、SSH(スーパーサイエンスハイスクール)関係の団体が発表する宮城県内の発表会(宮城県高等学校生徒理科研究発表会)があるんです。そこで出すのが一つですね。男子と女子で二つのテーマを発表する予定です(写真-4)。

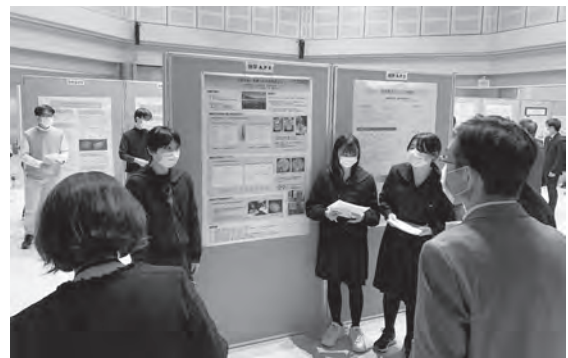


写真-4 宮城県高等学校生徒理科研究発表会(2022年11月4日)

高井：発表はポスターのみですか？

久野：ポスターと口頭発表です。

高井：毎年一年に1回、11月くらいにやるんですか。

久野：そうですね。実はもう一回、分野ごとに優秀な発表だけやるんです。そこで優勝したところが全国総文(全国高等学校総合文化祭)っていう、インターハイみたいなものに出ます。

高井：11月の発表に向けて、いつぐらいから取り組みをされているのですか。

久野：夏休みが明けて、砂を取り行ってぐらいいからかな？

齊藤：そうです。

高井：大島の砂を調べてみようって思ったきっ

かけは何でしょうか。

齊藤：鳴き砂って、ご存じですか。

高井：はい。

齊藤：まず先輩が鳴き砂について研究していて、僕たちもそれを引き継いでやっていこうということで、大島の砂浜に着目しました。

高井：なるほど。

3. 450回で鳴き砂は鳴らなくなる

高井：今度は女子グループで取り組まれているテーマを教えてください。

熊谷：鳴き砂を保つための要素について研究しています。

小野寺：昨年度は私が、家の近くにある大谷海岸おおや（図-1：地図）っていう砂浜が震災から復興したことから、鳴かない砂と鳴く砂の違いについて興味を持って、鳴かない砂を鳴き砂にするためにはどうすればいいのかという研究をしていました。

高井：ついさっき行ってきたんです大谷海岸。あそこは鳴くんですか？

小野寺：大谷海岸は鳴かない砂なんです。鳴かない砂に何か加えたら、きゅっきゅって鳴るようになるんじゃないかなって興味持って、研究を進めました。

高井：なるほど。何が原因だと分かったのでしょうか？

小野寺：去年は、東北大学にある装置をお借りして、鳴き砂に含まれている石英の量と、鳴かない砂に含まれている石英の量を成分調査して、鳴き砂の中に含まれている石英の含有量が大きく異なることから、これが音に影響しているんじゃないかなってということが分かりました。明確な原因は出せなかったです。

久野：マイクを使って音を取って、フーリエ変換して周波数を調べてみました。

高井：すごい。

久野：でも素人すぎて、あんまり解析はうまくいかなかった。音響の専門家にも指摘いただいたけどまだ直せていない状況です。鳴かない砂を鳴かせるために、大谷海岸の砂に試薬の石英砂を混ぜて、量比を調整して、20%とか30%とか段階踏んで石

英砂を増やしていくと、1000 Hz くらいの高めの音のピークがちょっとだけ出てくるんです。ただ、耳で聞くと、きゅっきゅって音は聞こえない。周波数のグラフを作ると、鳴っている感じのある山があるなというのが、このポスターのグラフになります（写真-5）。

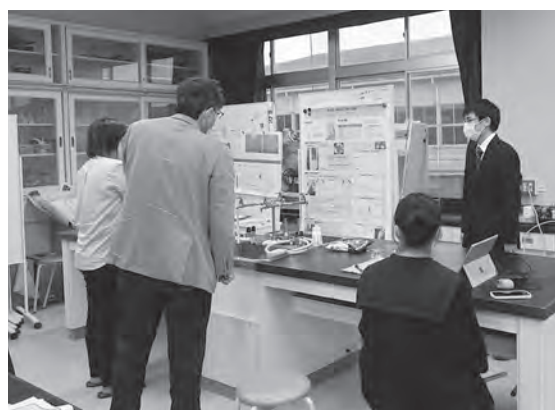


写真-5 「鳴き砂と鳴かない砂の比較」上：研究発表会に向けて、データがまとまっている。下：発表内容を説明してもらっているところ。

高井：周波数のグラフの青の矢印ですか。

久野：そうです。

加納：周波数変化していますね。

久野：そうですね。

高井：この試薬の石英の大きさは、砂浜の砂と同じぐらいの大きさだったんですか？

久野：実は試薬の石英の砂がすごく大きくて、1 mm あった。なので、砕かないといけないって話はしていたんですけど、石英砂を砕くのが難しいなど。非常に硬いので、石英だけで砕こうとしても、飛んでいってしまったりとか。細かい破片と削れてないものだけになってしまったんです。

高井：加納先生、粉碎の先生ですよ！

久野：粉碎できたらやってみたいです。

加 納：これ、石英砂だけでも鳴くんですか。

小 野：試薬の石英砂だけでも音は出るのですけれど、鳴き砂の音のようにきれいには聞こえない。

熊 谷：音は聞こえているけどきれいじゃない。

高 井：面白いですね。

久 野：音響の解析はなかなか難しいので今年は官能評価をやっています。

高 井：それで昨年度のことを引き継いで、今の女子グループがやられてるんですね。

熊 谷：私は鳴き砂の状態を保つためにどんな要素が必要なのかを調べています。ずっと鳴き砂を鳴かせ続けると、鳴かなくなることに気がついて、そこを面白くなって思っています。

高 井：面白いですね。それは、どこの海岸から採ってきた砂ですか。

熊 谷：大島の鳴き砂海岸の十八鳴浜の砂でやっています。

高 井：どんなことが分かりましたか。

久 野：今、ちょうど実験しているところです。

高 井：どうやって鳴かせる実験をするんですか？

久 野：メロディカップというものがあるんです。

高 井：やってもらっていいですか。

熊 谷：カップに砂を入れて、棒をまっすぐ砂の中に押しこんでいきます (写真-6)。

高 井：あ、鳴った。なるほど、なるほど。ちょっとやらせてもらってもいいですか。やったことない (写真-6)。

(鳴き砂の音)

高 井：ああ、すごい鳴る！

久 野：あまり、平たいビーカーとかだと、うまく鳴らないです。

高 井：こう、底が丸くなっているから鳴るんですね。

久 野：うまく砂が流動する必要もあるのかなと思います。数十年前のうちの研究でも、このメロディカップを使っていたみたいです。

高 井：メロディだから、鳴かせるための器ってことなんですね。知らなかった。

久 野：数十年前には、鳴き砂配ってた時代があったんだって、大ベテランの先生が言っていました。

高 井：素早く棒を押し込まないと鳴かないで



写真-6 上：メロディカップを使って鳴き砂を鳴かせる。下：お手本を見せてもらって、実際にやらせてもらっているところ。

すね。

(鳴き砂の音)

久 野：そうです、そうです。スピード感も大事です。

加 納：スピードが要る。

久 野：はい、必要ですね。現地の浜に行ったときも、ゆっくり押し込むより傘の先端とかで押したりとか、あとは、足で蹴ってこするような感じでやると鳴きます。

加 納：普通にやるぐらいじゃ鳴らない。

久 野：はい。つま先とかで、ギュッと押し込むと鳴ることが多いですね。

熊 谷：私は、繰り返し押し込むと、鳴らなくなるっていうことに気がついたので2パターンで実験しています。1パターン目が、何も手を加えずに、ずっと押し込む。もう一つが、棒に校庭の砂をつけて、汚れとして考えて、押し込み続けるっていうのをやっています。それで、何も手を加えずに、ただ押し込んだときのほうは、450回ぐらいで鳴らなくなったんですけど、校庭の砂をつけて押し込んだほうは、350回ぐらいで鳴らなくなった。そして、校庭の砂をつけて押し込んだほうが、早い段階で鳴らなくなったっていうことで、鳴

き砂はやっぱり汚れに影響を受けるんだなっていうことがわかりました。あと、押し込んだあとに洗浄を行ったんですけど、洗浄後でも鳴らなかったです。

加納：450回数えたの?!。

熊谷：はい。ずっと聞いてると、鳴ってるのか鳴ってないのかわかんなくなっちゃうので、一人が押し込んで、もう一人に音を聞いてもらいます。

高井：何で鳴かなくなったんだらう。

熊谷：そこで何でだろうって考えて、押し込む前と押し込んだ後の砂の粒子径を比べてみました。

高井：ふるいをかけて粒子径ごとに分類していったんですね。

熊谷：はい。

高井：それで、押し込んだ後は、細かい粒子が増えたとかいうことかな。

熊谷：ふるいの番号、ナンバー42以上、ナンバー48未満。つまり、0.35 mm 以上、0.297 mm 未満の範囲の粒が、どちらも変化はしていました。だから、鳴き砂であるためには、その範囲の砂の粒が変化しちゃうことが、鳴らなくなることにわかっているのかなっていうことまでわかりました。

高井：砂を洗浄しても鳴らないんですね。(メロディカップで試してみる) ああほんとだ鳴らない。

(砂の音)

久野：不思議だなっていうところですね、今。

高井：ふるい分けして細かい砂を抜いても、鳴らないですかね。砂粒の間に適度に隙間があるから鳴るのかな。何回も押し込んだら、砂と砂が擦れて細かい粒が増えたから鳴らなくなったのかなあと。

加納：だんだん科学者の顔になってきた(笑)

久野：吏花さん、パソコンにあるデータをお見せしたらいいんじゃない?

熊谷：(パソコンを見ながら)普通に押し込んだときは、粒子径はあんまり変化していません(写真-7)。

久野：左側のグラフがただ押し込んだだけで、右側のグラフが校庭の砂を付けてから押し込んだときの粒子径分布ですね。

久野：校庭の砂の影響はそんなにないってことなのかな。



写真-7 450回(!)押し込んだときの砂の粒子径分布のデータを見せてもらっているところ。

高井：校庭の砂の粒子径分布を取ってみるといいかもしれない。そうすると、変化があった粒子径の範囲が、もともとの校庭の砂の影響なのか、押し込んだことによる影響なのかが分かるかもしれないですね。

熊谷：そういえば、砂を洗浄した後には粒子径分布を測ってなかったの、これもあとで測ってみようかな。

高井：押し込む前や後に、光学顕微鏡で観察したことはありますか?

熊谷：それはないです。

高井：押し込む前と後で、粒子の大きさは一緒だけど、角が取れちゃったりとかして形が変わってたりするかなって思っ。

熊谷：もしかしたらあるのかもしれない。

高井：なんか、楽しくなってきた。

一同：(笑)

高井：校庭の砂はどうやってつけたんですか。校庭行って、棒の先端にちょっちょっとなつける感じ? 何回か押し込むと、棒についた砂はなくなっちゃいそうだけど…。

熊谷：はい。これ、100回押し込むごとに校庭の砂をつけてます。

高井：400回分なんで、4回ぐらいは校庭の砂をつけていて、その分、メロディカップの中にその砂は入っているということですね。

熊谷：はい。

久野：次は亜湖さんたちのほうを説明しましょうか。

小野：鳴き砂って石英の割合が多いと思うんですけど、石英をどれだけ取ったら鳴らなくなるかっていうことを試しています。まだ結果は出てないんです。

久野：今はひたすら石英を取り除いている最中

ですね。

高 井：どうやって取り除くんですか。

久 野：こちらにあるので見てみてください
(写真-8)。



写真-8 一粒ずつ、砂から石英を取り除く作業。これは大変だー！だけど結果が楽しみ。

高 井：ピンセットで一粒ずつ取り除くの？！

加 納：ええ、すごい大変。

小 野：石英と、石英じゃない砂の色が全然違うから、それで一粒ずつ取り除いています。(シャーレの中を見せながら)これは全部、取り除いた石英です。

加 納：石英、すごいきれいだね。取り除いた石英だけで鳴かしてみたいですね。すごい音しそうな気がする。

高 井：鳴かしてみたい！

4. 研究活動を通じて変わってきたこと

高 井：また男子グループにお聞きしたいんですけど、今まで、例えばいい結果が出たとか、思いどおりの結果が出たりとかして、うれしいなって思ったりとか、逆に、なかなかうまくいなくて、苦しかったなって思ったようなこととかありますか。

齊 藤：思いどおりの結果が出ないとかあった。

小 山：顕微鏡で鉱物を観察したんですけど、どれがどの鉱物か見分けがつかなくて、全然研究が進まなかったことがありました。

高 井：そのときはどうしたんですか。

小 山：鉱物がどれぐらいの割合入ってるのかを計算したり、石英の特徴をまとめたりして、違う方向で研究を進めました。

高 井：メンバーで話し合ってもどうしてもわからないときは、先生に聞いてっていう感じでやっていくんですか？

小 山：そうです。

高 井：先生もわからないときは…？

久 野：そういうときは、私もわからないっていつて。とりあえず石英やっこって(笑)。

高 井：(笑)

久 野：実体顕微鏡だけだと、どうしても鉱物の細かいとこまで区別がつかない。素人目で合ってるのかも、ちょっとわからない。どうしようかなと思ってます。

加 納：MLA (Mineral Liberation Analyzer ; 鉱物単体分離解析装置) っていう装置があるんですよね。どれがどの鉱物かってわかるんです。

高 井：色でですか？

加 納：色で分かれて出てきますね。

高 井：データベースがあって、写真撮ると分かるってことですかね？

加 納：そうそう。これが石英で、これがアルミナでみたいなの。

久 野：天然の砂でも分かりますかね？

加 納：多分わかると思うんですけどね。私は実際にそれを使ったことがないですけど、もし判別できたら感激するね。

久 野：そうですね！

加 納：ところで、グループのメンバーでアイデアがかみ合わないときってない？

小 山：そういうことはあんまりないです。

高 井：いいチームワークですね。

久 野：まだ研究やり始めて1か月半くらいなんです。

加 納：前はあんまり話してくれなかったんだけど、今日、すごい話してくれるなと思って(笑)(加納先生は今回で二回目の来校)。

一 同：(笑)

加 納：たくさん研究やってきたから、話したくなってくるんだよ。

久 野：手持ちのデータがあるからですね。

加 納：大体、どれぐらいの頻度で活動されてます？

熊 谷：毎日やっています。

加 納：始める時間は決まってるの？

熊 谷：時間は特に決まってないです。

加 納：授業が終わったら、ここに来るみたいな感じ？

熊 谷：はい。

高井：何時ぐらいまで実験をやってるんですか。
小山：大体18時ぐらいまでですね。
久野：吏花さんたちって毎日何時ぐらいまでやってるの。
熊谷：最近は、11月4日に発表があるので7時まで残ってます。
久野：19時に学校を閉めちゃうからね。限界までやってるんです。
高井：偉いー！ パソコン使うこともすごいいい経験になると思うんです。パワーポイントっていうの、使ってるでしょう。
加納：これで資料作るんだね。
高井：どうやって写真やデータを載せたらみんなにわかってもらえるかなとか、ポスターを作るときのレイアウトもすごい勉強になると思うんですよ。
加納：うん。まさにそう思いますね。
高井：普通の授業では、高校では発表するまでやるようなことはないですもんね。
久野：普段はあまりやってないですね。
高井：先生が全部見ておられるんですか。
久野：そうですね。今年顧問が減って、私だけになっちゃったので。
加納：面白いテーマ設定してますよね。押して鳴かなくなるって、よく見つけたなと思います。鳴かない砂を、いかに鳴かしてやろうかみたいな。
高井：地元みんなが身近でよく知ってることだし。
久野：3年生の前部長の桃子さんが、自分たちでテーマを出して、大島の十八鳴浜の砂からスタートしたんです。
加納：十八って何て読むんでしたっけ。
久野：クグナリ。
加納：もう一個、似た名前の浜ありましたよね。
久野：九九鳴き浜です。九、九に鳴きって書いて鳴き浜（図-1：地図）。
加納：九、九に鳴く。
久野：こっちは、18も「9+9」だから、それで鳴って。
高井：難しい（笑）。
加納：前も教えてもらったけど覚えられんですよ（笑）。
久野：大島に三つ砂浜があって、十八鳴浜が鳴き砂海岸なんですけど、残りの二つ（小田の浜、田中浜）は鳴らないんです。こ

の二つは海水浴場になってて、道路の脇にあるっていう違いがあるんですが何で鳴かないんだろうと（図-1：写真）。

加納：同じようなところにあるのに。
高井：何でだろう。
久野：地質図を見ると十八鳴浜のほうと残りの二つでは地質が違うんです。
加納：地質が違うの。
久野：地質の基盤となる岩石が違うんです。九九鳴き浜がある本土を貫いてるところが花崗質砂岩っていう風化しやすい花崗岩の地層になっているので、石英がよく供給されて、たまってるんじゃないかなと思っています。それで山のほうの砂とかもXRDで分析してやりたいなと思っています。
高井：面白そうですね。
加納：やっぱ地元に着した研究でいいよね。
高井：そうですね。皆さん、部活に入ってよかったなって思うこととかありますか？
小山：パソコンの使い方を知れたことがよかったかなって。
高井：パソコン自体は、さわるのは初めてだったですか。
小山：そうですね。XRDとか、RockJockとか、教わりながら少しずつやってって、あと、パワーポイントとかも、先輩たちのデータを参考にしながら、元にして、その上にちょっと重ねていくみたいな感じでやっていきました。
高井：この部活に入ろうと思ったきっかけはなんだった？
小山：何だろう。最初は、この部活が土日休みなので、自分の時間確保できるなって思って入りました。
高井：なるほど。
小山：最初はそういう感じで入ったんですけど、鳴き砂っていうものを研究していて、だんだん、こういうのあるんだって面白くなっていきました。
久野：偉い、偉い、よく絞り出した。
一同：（笑）
齊藤：僕はもともと今3年生の男子の先輩と同じ中学校で知り合いで、そこからちょっと興味を持って見学しに来てみて、そこから砂とか、いろいろ掘り下げて研究して

いくってというのがいいなって思っていました。

久野：偉い。

加納：しっかりモチベーション持ってきたわけね(笑)。

久野：よく言った。

高井：ほかの学生さん、どうですか。

久野：逃げられないよ(笑)

高井：(笑)

佐藤^(監)：部活動見学の最終日で行ったんですけど、僕は生物飼うのが好きで、

加納：高井さんもや(笑)。

高井：私も大好きなんです(笑)。

佐藤^(監)：こんな部活あるんだなと思って入りました。

高井：入ってみてどうですか。

久野：生物は飼ってないけどね。

高井：(笑)

佐藤^(監)：鳴き砂の浜があるとか、たくさん知らなかったことがあったんで、みんなで楽しくできてよかったです。

高井：地元のことを知ることができるというのもいいですね。

佐藤^(監)：僕はもともと実験するのが結構好きだったし、あと、土曜日と日曜日が休みなのでこの部活を選びました。

一同：(笑)

高井：そこ大事だよ(笑)。

高井：ほかの部活は結構土日忙しいんですか。

佐藤^(監)・佐藤^(通)：はい。

久野：運動部と文化部はね。土日が休みなのは情報部とうちぐらい。私が両方受け持っています。

横山：僕も自然科学部は土日休みだったので入りました。

一同：(笑)

高井：11月4日に発表があるってことですが、それまでは発表の機会はなくて、4日が初めての発表なんですか？

久野：ポスターの内容を地域の本吉支部総合文化祭で発表したとき(写真-5)に、男子と女子で分担して発表しました。2日間開催で、コロナ関係で人数制限がありましたので。

高井：緊張したのでは？

男子一同：しました。

高井：全部で10分ぐらいしゃべる感じですか。

久野：そうですね。地域の大会で、全部で5テーマぐらいでしたね。

高井：質問は想定の問題だったのかな。「え、そんなこと聞かれるの」みたいな感じだった？

佐藤^(監)：そういう質問もありました。

高井：頭の中、ぱーって真っ白になりませんか。そういう経験たくさん積んどくといいです。

一同：(笑)

加納：私もそういう時代がありました。

高井：私もめっちゃ震えて(笑)。

加納：足ガクガクくるよね。言葉も震えるしね。

高井：そういうのを繰り返し繰り返しやってきました。

一同：(笑)

高井：すごくいい経験になると思うので頑張ってください。

久野：フーリエ解析ですごくつまりましたことがありました。音響学で大学を出た人がきて「これ何か変じゃないですか」って言われた。生徒もわからないし、俺もわからない。「あとは頼んだ」って私言っただけ(笑)。

一同：(笑)

高井：そういうときは「どうしたらいいですか」って聞くといいかも。

久野：おお、そうなんですか。

高井：質問返しです。「自分たちがやれるのはここまでなんですけど、これ以上はちょっとどうしても分からなかったから、ぜひ教えてください」って。

一同：(笑)

加納：いい手を教えたね。

高井：だって傷つくの嫌ですもん(笑)。

久野：(笑)

高井：じゃあ次は女子グループに聞こうかな。

熊谷：はい。

高井：7月の発表会は初めての対面での発表だったんですか？

熊谷：今まで全部リモートだったから、今回初めてでした。

高井：すごい緊張したのではないですか？

熊谷：緊張します。

高井：想定内の質問でしたか？

熊谷：いや、想定外でした。音響のことをよく知ってる方が詳しいことを質問してきて…。

久野：「窓関数とか何とか使ってるんですか」とかね。

高井：窓関数…？

加納：私もわかんない。

熊谷：わかんないから、これからに生かしますって答えました。

高井：前部長の小野寺さんはどうですか。発表はオンラインでしたか？

小野寺：発表は全部オンラインでした。

久野：生徒理科研とサイエンスキャスル（宮城県高等学校生徒理科研究会と中高生のためのサイエンスキャスル）。

小野寺：はい。あと、地区の生徒科学研究発表会もありませんでしたっけ。

高井：3回も発表してるんですね。

加納：すばらしい。オンラインでも緊張するよね。

高井：緊張する。見えない分、余計に緊張する。

小野寺：音声途中で切れてたらどうしようとかいろいろ考えながらやりました。

高井：私たちもよくオンラインで発表するんですけど、顔が見えないので、聞こえてるかなとか不安になりますね。

加納：そうそう。まず聞こえてるかなっていうね。

高井：聞こえてますかって聞いても、誰も反応してくれなくて分からないっていう（笑）。

加納：あるある（笑）。

高井：この部活に入って、科学に興味がいってきたとか、そういう変化がありますか。

熊谷：変わったことはあると思います。例えば、いろんなことに何でなんだろうなって考えるようになったと思います。

高井：すごくいいことですね。最初は何でだろうって思って、それが、じゃあどうやって解明したらいいかなっていうようなことにも、繋がっていくと思うんですよ。それが自然にできるようになってくるのは、すごくいいなって思います。小野寺さんはどうですか。

小野寺：前は授業でやっても、「ふうん」って感じだった内容が、「あ、これ部活でやった」って気づくようになった。そうやってつな

がって、前より授業面白いなって思えるようになりました。

高井：いいですね。久野先生の授業ですか。

久野：違う授業ですね（笑）。私の授業は地学基礎で、文系にしか開講してないんです。

高井：皆さんは高校を卒業したらどういう予定なんですか？ 小野寺さんはどうですか？

小野寺：私は福祉系の職業に就きたいと思っています。鳴き砂とか自然科学とかは離れるんですけども、いろんなものを多角的に考えられるようになれたらなど。

加納：すごいしっかりしてる。

高井：いろんな方面から物事を見るっていうのはすごく大事なことだと思います。

小野寺：ありがとうございます。

高井：本当しっかりしてる。私、自分のことが恥ずかしくなってきた（笑）。

加納：（笑）

高井：熊谷さんは、2年生ですね。進路とかやりたいことはありますか？

熊谷：医療系にいきたい。臨床検査技師をやりたいと思っています。

高井：臨床検査技師は何やるんですか？

熊谷：顕微鏡で細胞を見たりとか、血液調べたりみたいな仕事ですね。化学系になるのかな。

高井：調べるといところは今やっていることとも似てますよね。

熊谷：ちょっと似てるところはあるかな。

高井：頑張ってください。小野さんは1年生ですね。まだ受験は遠い存在ですかね。卒業したらどんなことをやりたいっていうのはありますか？

小野：栄養学か保育のほうに進みたいです。

高井：なるほど。みなさん、なんにでもなれます！ ぜひ頑張ってください。

加納：本日はありがとうございました。

5. おわりに

小さいころから身近な存在であった鳴き砂。当たり前の存在であっても、興味を持って調べようと、「なぜだろう」と疑問が沸いてくる。みんなで協力して、450回という途方もない回数を経ると鳴かなくなることを発見したとき、そして、汚れ

があると早く鳴かなくなることを発見したとき、きっと胸が高鳴る思いがしたのではないだろうか。この現象を解明するにはまだ時間がかかるかもしれないが、研究が身近で面白いものだという気持ちを、ずっと覚えていてほしいと思った。

気仙沼高等学校に限らず、高校生の研究活動を進めていく中で、やはり設備や技術的な支援は大学や研究機関との連携が必要不可欠である。また、財団などへも自ら申請しているが、活動費用が潤沢ではないことも課題であるように思う。日本の科学技術を担うであろう若者の研究活動環境が少しでも改善されることを切に願っている。



写真-9 最後に記念撮影。これからも研究楽しんでね！

取材日：2022年10月24日（月）
 場所：宮城県気仙沼高等学校
 〒988-0051 宮城県気仙沼市常楽130
 参加者：気仙沼高等学校 自然科学部
 小野寺桃子 3年生・前部長
 熊谷龍人 3年生・取材時欠席
 熊谷吏花 2年生・部長
 小野亜湖 1年生
 小山真吾 1年生
 金野和泉 1年生・取材時欠席
 齊藤大飛 1年生
 佐藤遙 1年生
 佐藤悠生 1年生
 横山智哉 1年生
 久野直毅 教諭・自然科学部顧問
 「粉体技術」編集委員会
 加納純也（東北大学）
 高井千加（岐阜大学）
 編集担当：高井千加（岐阜大学）
 （学年・所属は取材時）

巻頭言

- ・粉体と両先生の思い出
 湯蓋一博（日清製粉グループ本社）

論文

- ・多層電気レジスタンス・トモグラフィ（mlERT）法による二次電池正極材料スラリー攪拌工程におけるカーボンブラック（CB）の *in-situ* 4D 体積濃度分布評価
 池野夏輝 他（千葉大）
- ・Eu, Si 添加 AlN 蛍光体の燃焼合成
 齊藤元貴（名古屋大）他

解説

- ・球面調和関数-主成分分析による粒子形状生成と個別要素法への適用
 上田高生（産総研）
- ・脂質メディアを利用した医薬品成分の共結晶形成
 下山裕介 他（東京工業大）

解説 フロンティア研究シリーズ

- ・医薬品製造のための乾式球形造粒・コーティング技術
 近藤啓太（名城大）

粉体工学会誌3号内容予告

2022年度春期研究発表会特集

APT だより

- ・2工程溶融造粒を用いた粒径が制御された薬物高含有球形粒子の新規調製法：(MALCORE®)
 近藤啓（静岡県立大）
- ・流動層を用いた低温連続再生式フィルタにおける流動状態と除去性能を維持したガス処理量の増加
 山本剛（九州大）
- ・Pd ナノ粒子を内包した HKUST-1 の噴霧合成とその4-ニトロフェノール還元触媒活性
 久保優（広島大）
- ・連続流通方式によるベータ型ゼオライトの超高速脱アルミニウム
 脇原徹（東京大）

シンポジウム報告記

- ・2022年度秋期研究発表会
 飯村健次（兵庫県立大）
- ・2022年秋期研究発表会・シンポジウム報告
 山本浩充（愛知学院大）

シンポジウム印象記

- ・2022年度 秋期研究発表会 印象記
 菅原伊織（京都大）

寄稿

- ・早稲田大学におけるダイバーシティ推進への取り組み
 所千晴 他（早稲田大）

新しい言葉・古い言葉

- ・球面調和関数-主成分分析
 上田高生（産総研）

書評

- ・「資源循環のための分離シミュレーション」
 丹野賢二（電中研）

4号も引き続き「2022年度春期研究発表会特集」です。

「ホテル・旅館を巡る動向」

オペレーショナル・デザイナー（沼津信用金庫 アドバイザー） 佐々木 城夢



10月に始まった全国旅行支援と水際措置の大幅緩和が、苦境が続いていた観光産業への大きな一助となった模様だ。実際に、12月中旬時点で、新宿から御殿場のアウトレットモールに向かうバスも、訪日外国人旅行者などで満席だった。その一方で、現在もなおホテル・旅館事業者側から苦境を聴くことも多い。今回は、これらの背景にある概況をごく簡単に解説したい。

1. 開廃業の推移

観光庁では、旅館業法上の登録を基準として開廃業を反映させたホテル、旅館、簡易宿所ならびに会社・団体の宿泊所などの宿泊施設数を算出・公表している。この数値は、レンタルルーム・漫画喫茶などを除いた国内の宿泊施設総数に該当する。

新型コロナウイルスの影響を捉えるため、この数値を2019年1月から2022年10月までを追った（図-1）。参照期間中に施設数は5,087箇所、比率で8.8%伸張しているため、国内市場での競争激化を意味しよう。

同庁からは、都道府県や従業者数別などの別のほか、宿泊者総数に占める観光目的での宿泊者割合による切り口に沿った施設数も公表されている。このため、図-1

に「観光目的の宿泊者が50%以上」の該当施設も併記したが、その施設が全体に占める率が2020年末まで7割を超えるなど、総数と同調した上昇傾向が認められる。さらに、新型コロナウイルス感染拡大後も現在までなお6割を下回っていない。

従って宿泊施設には、①国内人口の減少局面下でもなお施設数が増加傾向にあった、②全体の約6~7割が観光需要によって支えられていた、というマクロ的特徴が窺える。率直に言って、元より景気変動の影響を被りやすい中、恐らく大半の旅館・ホテルで新型コロナウイルス感染拡大後も拡大前の建設・開業計画がそのまま強行された実情が見込まれる。

営業種別でみた軒数の趨勢では、旅館の長期に亘る減少傾向が顕著だ（表-1）。核家族化や単身旅行比率の上昇など、旅館への逆風が続いている。新型コロナウイルスの感染拡大後も、シングルルームを持つビジネスホテルなどに比べて隔離も難しいことから、今般の全国旅行支援の主要救済対象業種の一つに該当しよう。

“本業”である宿泊者数では、2019年8月の6,323万人泊が最多、2020年5月の893万人泊が最少となっており、後者は全国を地区とする緊急事態宣言が発令された時期に該当する（図-2）。総宿泊者数は、2022年9月時点

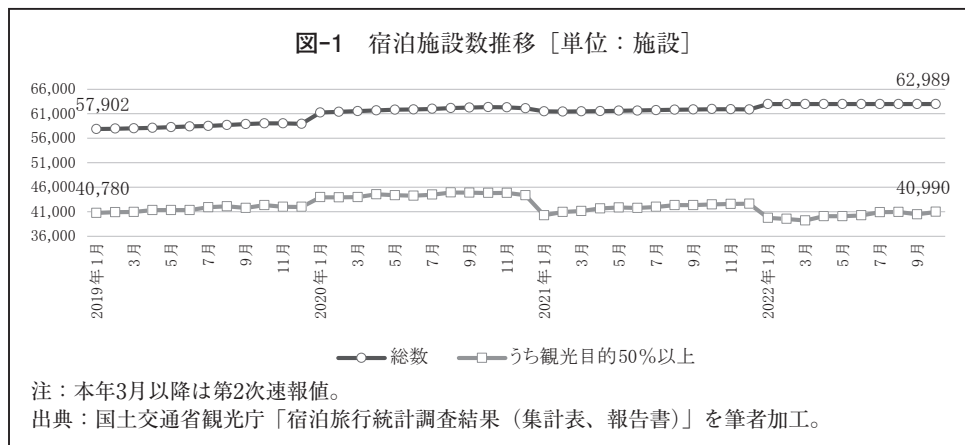
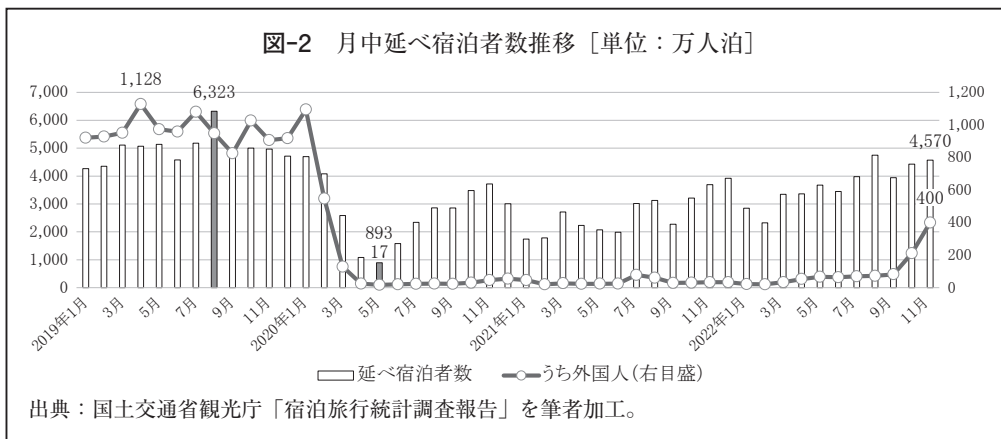


表-1 年度別旅館業軒数推移 [単位：軒、%]

	2005	2010	2015	2016	2017	2005比	2018	2019	2020	2005比
	旅館・ホテル営業 [A=a+b]	64,557	56,616	50,628	49,590	49,024	-24.1	49,502	51,004	50,703
うち 旅館営業 [a]	55,567	46,906	40,661	39,489	38,622	-30.5				
うち ホテル営業 [b]	8,990	9,710	9,967	10,101	10,402	15.7				
簡易宿所営業 [B]	22,396	23,719	27,169	29,559	32,451	44.9	35,452	37,308	37,847	69.0
下宿営業 [C]	974	752	722	693	675	-30.7	663	671	609	-37.5
旅館業（計） [A+B+C]	87,927	81,087	78,519	79,842	82,150	-6.6	85,617	88,983	89,159	1.4

注：旅館業法改正に伴う営業種別変更により、2018年度以降は旅館営業・ホテル営業を集約表示（個別データなし）。

出典：厚生労働省「衛生行政報告例」を筆者加工。



で4,570万人泊まで回復し、外国人宿泊者数も400万人泊に急回復した。昨年10月11日の「1日当り5万人」の入国者数の上限の撤廃とツアー以外の個人外国人旅行者のおよそ2年半ぶりの解禁の影響はやはり大きい。それでも、最多であった2019年4月の1,128万人泊の1/3強に過ぎないため、今後、インバウンド需要を取り込むべくホテル・旅館などが誘致を強化することだろう。

筆者自身、出張などで全国各地のビジネスホテルを利用し続けているが、地域を問わず、セルフチェックイン・チェックアウト用機器を配置しているホテルが近年本当に増えた。予め「深夜から早朝の時間帯には係員が不在」などを告知するホテルも増えており、営業・運営に必要な人手が確保できていない可能性が疑われる。

総務省が把握・公表している労働力調査には、産業別の切り口の数値があり、その中に「宿泊業、飲食サービス業（以下「宿泊業など」とする）」が含まれている。宿泊施設の規模格差は大きく、小規模な事業者は夫婦だけで営むところも珍しくない。このため、雇用者で

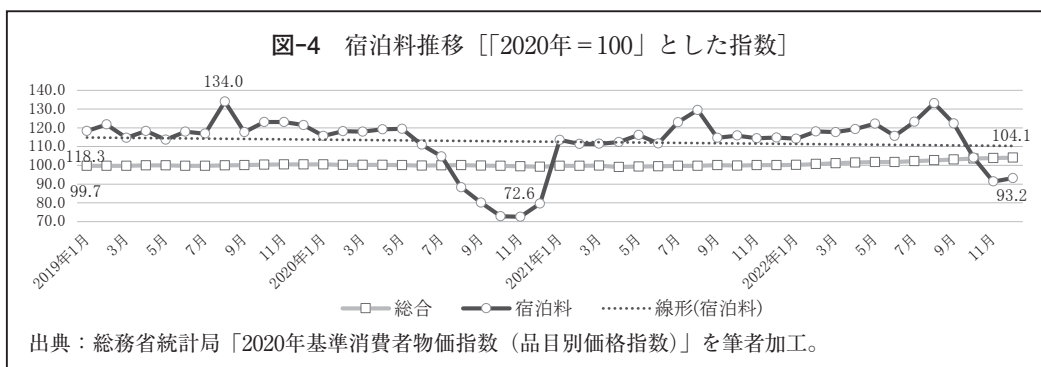
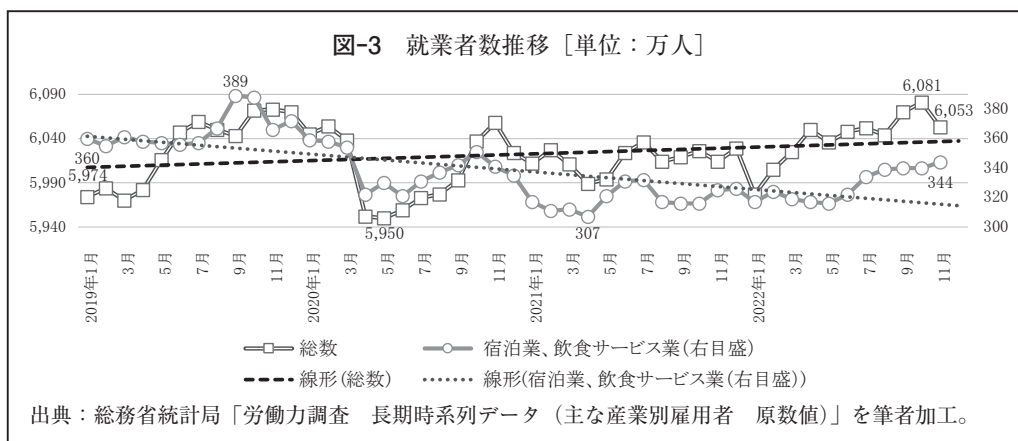
はなく就業者（＝雇用者＋自営業＋家族従業者）に着目し、やや大括りながら数値の動きを総数と共に追った（図-3）。

2019年1月以降の総数の最小値は5,950万人で、宿泊者数同様に2020年5月だった。これに対し、宿泊業などの最小値は307万人で該当月は2021年4月と、タイムラグが認められる。

その一方で、直線の近時曲線では、総数に上昇傾向が認められる一方で、宿泊業などには減少傾向が認められる。図-1・表-1のとおり、施設数・軒数に上昇傾向が認められるため、こうしたギャップの中で、人手不足に陥っている施設が少なくない事象を見込む。

最後に、旅行支援絡みの便乗値上げが指摘される価格にも着目した（図-4）。

図-2で示された宿泊数の“底”は2020年4月から2021年2月頃だが、その時期とは必ずしも一致していない。総合価格に比べ変動幅が大きく、さらに直線の近時曲線にも僅かながら値上げ傾向が認められるため、旅行支援終了後の反動破綻などを懸念する。



1. はじめに

喧騒から少し離れると、大都会シカゴの街角でも動物を見かけることがある。リスは頻繁に、ウサギは時々といった具合に目に入るが、日本の都市部ではあまり見ることのない動物だと思う。こうしたカワイイ系の動物のほかに、シカゴではネズミ (Rat) も出没する。よく見ればネズミも可愛いのだが、ご存知の通り、彼らはさまざまな問題を人間社会にもたらす。そんなネズミが近年増加傾向にあり、ネズミに関する苦情も軒並み増えている。

もちろん、野良猫もいる。日本の都市部に比べて見かける頻度は少ないものの相当数が毎年保護されている。殺処分 (Euthanasia) を免れた保護猫は避妊・去勢されたのち、元の場所に戻されるか、里親が見つければそこで新しい生活を始めることになる。それでもさまざまな理由から元の場所にも戻れず、行き場のなくなった保護猫は何千という単位でいるそうである。

そんな中、ネズミには猫、を地で行くユニークな取り組みがこの5、6年の間にシカゴで実施されてきた。今回はその内容を紹介したい。

2. ネズミ問題

何を隠そう、大手害獣駆除会社 Orkin の2021年度調査において、シカゴは最もネズミに汚染された都市として全米1位の称号を授かっている。もっとも、それ以前にも複数回トップに選出されている常連都市で、曰く、全米一の「Rattiest City」だそうである。ちなみに2021年度の2位はロサンゼルス、3位がニューヨークシティだった。新型コロナウイルスの影響で人が町から消えたことも要因とされているが、他にも地球温暖化や建物の老朽化など、ネズミが増加した背景には複合的な要素が絡んでいるらしい。

ネズミはペストなどの感染症のほか、大腸菌などを媒介する害獣である。噛まれると健康被害を受ける可能性がある。また、電線を噛みちぎったり、抜け毛がパイプを詰まらせたりと、物理的な

損害をもたらすこともある。健康被害だけでなく、経済的被害も与える問題児である。

ネズミは都市問題として米国の大都市に定着した感があり、良くも悪くも馴染み深いように思うが、これまでのところ完全な解決策は出てきていない。

3. ネコ問題

ネズミほどの害悪はもたらさないとはいえ、野良猫も増えすぎれば人間社会に問題を起こしてしまう。そこで野良猫の基本的な対策として、Trap-neuter-return (TNR) が一般に実践されてきた。これは、捕獲-避妊-帰化を意味するもので、野良猫を保護するための人 (猫) 道的かつ効果的な方法とされる。

TNR は長期的に猫の繁殖サイクルを止めるため、野良猫の生活を害することなく、地域住民の懸念を緩和させることができるとされる。また、猫の命を奪う必要がなくなることで、野良猫の駆除や殺処分に動物管理局 (Animal Control) がかける労力や費用も削減できるとのこと。

しかし、TNR の枠組みだけでは救えない猫も多く、行き場を失った何千匹もの猫は複数の動物愛護団体の管理・保護下で余生を過ごすことになる。当然、そこには費用が発生するがすべての団体が潤沢な資金を保有しているわけではない。

4. 問題の同時解決

シカゴの動物愛護団体のひとつ「Tree House Humane Society」が、ネズミと野良猫の問題を同時に解決する方法を推進している。家庭やシェルターで育つことができない野良猫をネズミの蔓延防止に役立てる案で、プロジェクト名を「Cats at Work」と呼んでいる。

毎月10匹前後の猫を街中に配置してネズミを遠ざけるという非常にシンプルなアイデアだが、高い効果が得られているそうである。猫に“仕事”を依頼したい企業や住民は、プログラムの基本料金として350ドルを団体に払うほか、猫たちの餌、水、

避難所を負担可能であれば、プログラムに申し込むことができる。また、必要に応じて獣医の治療を受けさせる取り決めにもなっている。

仕事依頼を受けた猫は配置された場所で職務に励むことになるが、重労働は求められず、たとえば昼寝をしているだけでも十分な成果を上げることができるという。猫はネズミを捕まえるという直接的な手段を取るだけでなく、体をいろいろなところにこすりつけてマーキングするため、その臭い（フェロモン）を忌避して間接的にネズミを遠ざけてしまうそうである。

こうして野良猫をネズミの抑止力として使うことは「長期的」、「環境に優しい」かつ「平和」な解決策として注目されており、最近ではシカゴ以外の都市からも仕事の依頼が来ているそうだ。元々の生態系を乱すとして反対する声も少数なが

らあるようだが、好意的な声の方が多く、他の都市でも同様のプログラムが展開されるかもしれない。

5. おわりに

そもそも猫が犬のように散歩をする生き物だったらよかったのに、と5°F (-15°C) の中、犬の散歩をするご近所さんを見ながら私は詮無いことを考えている。

今年4月には iPBS 展示会 (米国パウダーショー) がオヘア空港近くの展示会場で開催される。今回は日本からの来場者も増加することが見込まれる。もし日本からお越しになった際には、余暇に有名スポットを巡ったり高層ビル群を見上げたりするのも良いが、少し目線を下げて野良猫やネズミを探していただくのも一興かもしれない。

☺ 粉体カルテットのティータイム ☺



31. だから

私は、関東と関西の中間、肉と言えば牛肉で、料理の味は出汁が決め手な地域出身である。対して妻の出身は、肉と言えば豚肉で、料理の味付けは醤油と砂糖の地域である。

京都で学生生活を送っていた時のこと。大阪出身の友人と話していて、私が話し終わるとよく「だから?」「だから、落ちは何?」と突っ込まれた。落ちがない話をしてはいけないのか、と大層ショックを受け、以降、私にとって「だから」は接続詞であると共に話の落ちを要求される言葉として認識され、再び「だから?」と言われないように落ちを気にして話すようになった。

就職してからは妻の地元で暮らしているが、この地域は昔から方言がきついイメージを持たれやすく、若かりし日の私も覚悟して越してきた。…が、いざ蓋を開けてみると、皆話す言葉はほぼ標準語。方言を聞く機会はあまりなく、肩すかしをくらった。

時が経ちこの土地にも馴染み、方言のことなどすっかり頭から抜け落ちたある時、妻との会話にふと違和感を覚えた。会話の途中で「だからあ」とだけ言って言葉を切るのだ。学生時代を思い出してモヤっとした私は、思わず「だか

らって、何?」と怒り口調で言い返したが、妻は何故怒られたのか理解できない様子。こちらでは「だから」は強い同意を表す方言だと知ったのは大分後になってからである。

それから妻の言葉を注意して聞いてみると、「これ片しなさい」「ねっばってる」「～したさ」…おや?

標準語を話していると思い込んでいたせいもあり、あまりに日常的に発せられているので気付かなかったが、うちの妻、ちょっと訛っている…? しかも驚いたことに、彼女自身はこれらが方言だと気付いていなかったと言うではないか。

その後も、息を吐くように自然に「だからあ」と口にする妻。虫の居所が悪いときに言われると、方言とわかっていながらもムッとして言い返してしまう私。そんな私に、子ども達が「ママの訛りばかりあげつらうけど、パパも大概訛っている。話の流れで意味はわかるから指摘していないだけ」と言ってきた。標準語の世界に染まりきったこの私が訛っているだと?

「そんなわけあらへんやろう」

「だからあ…」

(テナー)

粉づくり・ものづくり・夢づくり—粉の技術—
一般社団法人日本粉体工業技術協会

<https://www.appie.or.jp>

The Association of Powder Process Industry and Engineering, JAPAN

協会からのお知らせ

新型コロナウイルス（COVID-19）の影響ですべての予定は変更の可能性があります。最新の情報は協会ウェブサイト（<https://appie.or.jp>）でご確認ください。

協会行事日程のご案内

時間、場所などを急遽変更する場合があります。行事の詳細は京都・協会本部または東京事務所にお問合せください。分科会や講座・セミナーなどの詳細情報はホームページ（<https://www.appie.or.jp>）でご覧いただけます（分科会の開催予定は別掲「分科会のページ」参照）。

協会のホームページ（<https://www.appie.or.jp>）からも詳細をご覧いただけます。

行事名	月 日	場 所	備 考
粉じん爆発・火災安全研修 [中級・技術編]	3月9日(木) ～10日(金)	WEB セミナー	1日目：9：30～17：20 2日目：9：30～16：20
第70回金曜会 当番：シンフォニアテクノロジー(株)	3月10日(金)	福岡/福岡ガーデンパレス	17：00～19：30
第5回理事会	3月16日(木)	大阪/ANAクラウンプラザホテル 大阪	14：30～17：00
第79回「若手のつどい」	3月28日(火)	京都/TKP ガーデンシティ 京都タ ワーホテル（講演会：2階 睡蓮、懇 親会：6階 アテネ）	16：40～ 受付開始 17：00～18：20 講演会 18：30～19：45 懇親会
第300回火曜会	4月11日(火)	東京/東京ガーデンパレス 2階 高千穂	17：00～19：30

技術情報交流懇話会へのお誘い 【会員限定】

■第70回金曜会

今回は、(株)神戸製鋼所九州支店長の関清重氏をお迎えし、「企業による CSR・SDGs の取り組み～KOBELCO グループの事例～」と題し講演をいただきます。企業による CSR の変遷（過去：慈善的行為主体、現在：事業活動そのものによる社会課題の解決）とその経緯を踏まえ、事例として KOBELCO グループのサステナビリティ経営を紹介いただきます。

何かとご多忙のことと存じますが、是非多数の会員の皆様のご出席を賜りますようご案内申し上げます。準備の都合上、ご出席いただける場合には3月6日(月)までに御出欠の登録をお願いいたします。

日 時：3月10日(金) 17：00～19：30

会 場：福岡ガーデンパレス

〒810-0001 福岡市中央区天神4-8-15

TEL：092-713-1112

会 費：法人会員：10,000円、賛助会員：10,000円、個人会員：無料、名誉個人会員・会友：5,000円

※参加費は当日受領いたします。

※懇親会のみ参加でも会費が発生いたします。

当 番：シンフォニアテクノロジー(株)

連絡先：(一社)日本粉体工業技術協会 金曜会係

TEL：075-354-3581 FAX：075-352-8530

〈お願い〉

- マスク着用をお願いいたします
- 入場にあたり、消毒液による殺菌をお願いいたします
- 発熱（37度以上）、咳のある方は出席をご遠慮ください

お申し込み後、万一ご都合が悪くなりました場合は、必ず代理の方のご出席をお取り計らいいただきますようお願い申し上げます。“ご出席”と申し込まれて無断欠席された場合は、会費のご請求をさせていただくことがございます。

■第300回火曜会

英国ケンブリッジ大学 Institute for Manufacturing (IfM) Engage で Industrial Associate を務める廣瀬雄大先生を講師にお迎えし『ケンブリッジ式ロードマッピング～イノベーションを組織全体で促す戦略立案法～』と題して講演いただきます。

【講演内容】

ロードマッピングは、経営視点、事業視点、技術視点など横断的なコミュニケーションを通して戦略の見える化をすることで、目標やビジョン、道筋立て、具体的なアクションプランへの落とし込みをすることができます。本講演では、ケンブリッジ大学 IfM Engage の紹介、ケンブリッジ式の実践と研究の紹介をさせていただいたうえで、粉体関連業界におけるロードマッピングの利活用方法についてご案内します。

何かとご多忙のことと存じますが、出席を賜りますようお願い申し上げます。参加いただける場合には、参加の登録を3月31日(金)までをお願いいたします。

なお、新型コロナウイルス感染拡大防止を鑑み、予定が変更されることがあります。

その場合は速やかに連絡をさせていただきます。

日 時：4月11日(火) 17:00～19:30

会 場：東京ガーデンパレス 2階 高千穂

*懇親会（アルコール含）は、可能な限りの感染防止対策を行ったうえで立食にての開催を予定しています。

会 費：法人会員：10,000円、賛助会員：10,000円、個人会員：無料、名誉個人会員・会友：5,000円
(消費税含む、当日会場にてお支払いください)

当 番：(株)IHI

問 合 せ：(一社)日本粉体工業技術協会 火曜会係

TEL：03-3815-3955

申 込 み：ご出席いただける場合には、協会ウェブサイトの申し込みフォームから登録をお願いいたします。

新型コロナウイルス感染拡大防止のための対応

- 会場の収容人数の半分程度の定員とさせていただきます
- 必ずマスク着用をお願いいたします
- 入場にあたり、検温、および消毒液による手指殺菌にご協力をお願いいたします
- 発熱（37度以上）、咳のある方は出席をご遠慮ください

お知らせとお願い

お申込みは3月31日(金)までをお願いいたします。

お申込後、万一ご都合が悪くなりました場合は、必ず代理の方のご出席をお取り計らいいただきますようお願い申し上げます。

ご出席と申込まれて無断欠席された場合は、会費のご請求をさせていただくことがございますのでご了承ください。

次回の火曜会は2023年7月11日(火)です

■(通算第79回)「若手のつどい」【会員限定】

今回は、(一社)京都試作ネット代表の佐々木智一氏に講演をお願いしました。京都試作ネットは、22年前当時は珍しかったWEB(HP)を活用した試作ソリューションの提供からスタートした。時の流れとともに『試作』という言葉の領域、顧客が望む価値の変化。顧客の変化を歓迎し、自らイノベーションすることで発展を続けています。そ

のベースとなっている『マーケティング・実験場』について講演いただきます。

募集は40歳以下（既参加者は40歳以上可）の企業人30名限定とさせていただきます。皆様の積極的なご参加をお待ち申し上げております。営業・管理・技術部門を問わず、是非スケジュール調整のうえ奮ってご参加ください。

※新型コロナウイルスや不測の事態により開催の中止や変更の可能性があることをご承知おきください。

日 時：3月28日（火） 17：00～19：45

16：40～ 受付開始

17：00～18：20 講演会

18：30～19：45 懇親会

会 場：TKP ガーデンシティ京都タワーホテル（講演会 2階 睡蓮、懇親会 6階 アテネ）

京都市下京区烏丸通七条下ル東塩小路町721-1 TEL：075-342-1533

（JR・近鉄・市営地下鉄烏丸線 京都駅 徒歩2分）

定 員：30名（先着順）※定員になり次第締め切りさせていただきます

参 加 費：3,000円（消費税込み）

（カード決済または請求書によるお振込みになります。3月20日（月）までにお支払いをお願いいたします）

※お振込みいただいた参加費は返金できませんので、欠席の場合は代理の方のご出席をお取り計らいください。

申込方法：協会ウェブサイトの申し込みフォームからお申込みください

問合せ先：

申込締切：3月17日（金）

2023年度教育部門の開催予定講座

2023年度に教育部門が開催する講座、セミナーなどの予定が以下のように決定されました。

本誌およびホームページなどで順次募集のお知らせをいたします。

	講座名	開催日	開催場所
粉体入門セミナー			
1	粉体入門セミナー（Ⅰ）（第68回）	6月7日～8日	東京/アーバンネット神田カンファレンス
2	粉体入門セミナー（Ⅱ）（第69回）	6月20日～21日	東京/アーバンネット神田カンファレンス
3	粉体入門セミナー（Ⅲ）（第70回）	7月5日～6日	東京/アーバンネット神田カンファレンス
粉体技術者養成講座			
1	混練	10月20日	大阪/株ダルトン
2	乾燥	10月26日～27日	千葉/月島機械株
3	分級	11月上旬	未定（関東）
4	粒子加工	11月15日～16日	大阪/株ダルトン
5	粉砕	11月27日の週	愛知/杉山重工株
6	集じん	12日5日～6日（予定）	名古屋/ウインクあいち（予定）
7	ろ過	2024年1月末 ～2月初旬	大阪/関西金網株
粉体技術専門講座			
1	第72回粉体技術専門講座 【晶析分科会】	未定	未定
2	第73回粉体技術専門講座 【粉体ハンドリング分科会】	未定	未定
粉じん爆発・火災安全研修			
1	粉じん爆発・火災安全研修 [初級・基礎編]	9月頃	未定

2023年度特別協賛会費申し込み会員様は、受講料が半額になります（粉体技術者養成講座を除く）。また、粉体入門セミナーはⅠ・Ⅱ・Ⅲを通してお申し込みいただきますと、受講料の割引があります。

共催・後援・協賛行事のご案内

協会が共催・後援・協賛する行事です。行事の詳細は京都・協会本部または東京事務所にお問合せください。

行事名	月 日	場 所	備 考
第3回講演会	2月3日(金)	オンライン開催	協賛：(一社)日本塗装技術協会
色材マテリアル講座	2月8日(水)	オンライン開催	協賛：(一社)色材協会関西支部
第32回顔料分散講座	2月10日(金)	オンライン開催	協賛：(一社)色材協会
第38回塗料・塗装研究発表会	3月3日(金)	オンライン開催	協賛：(一社)日本塗装技術協会
第40回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会	4月18日(火) ～19日(水)	東京/早稲田大学 国際会議場	協賛：(公社)日本空気清浄協会
FOOMA JAPAN 2023	6月6日(火) ～9日(金)	東京/東京ビッグサイト	協賛：(一社)日本食品機械工業会
ASCC 2023 (Asian Symposium on Contamination Control)	9月20日(水) ～22日(金)	石川/金沢東急ホテル	協賛：(公社)日本空気清浄協会

委員会その他会合報告

■2022年度 第3回「粉体技術」編集委員会

日 時：12月17日(土) 13:00～16:30
場 所：東京/オフィス東京会議室 L2会議室およびオンライン (Zoom)

出席者：内藤委員長を含め 計26名
議 事：

[報告事項]

1. 前回議事録の確認など
2. 2023年1月～2023年6月号の進捗状況
3. 一般記事・先達の言葉・現場ルポ・研究室紹介
4. 「現場で役立つ入門講座」の進捗状況
5. 国際粉体工業展東京2022取材・PR報告
6. 2022年度学協会編集委員会正副委員長懇談会報告

[審議事項]

1. 2023年7月号以降特集号の趣意書・進捗状況の検討
2. 2024年特集企画の検討
3. 「粉体技術」誌と動画の連動
4. 新企画「大いに語る」座談会企画の検討
5. その他「粉体技術」なんでも相談室

(仮)、「粉体技術の歴史紀行」など

[自由討論]

1. 既刊号の反省 (2022年10・11・12月号)

[連絡事項]

1. 2022年度第4回編集委員会開催予定について

官庁からのお知らせ

経済産業省ほか関係官庁からのお知らせ、通達などの事項を協会ホームページ (<https://www.appie.or.jp>) に掲載していますのでご参照ください。

分科会のページ

◇分科会の開催案内◇

会員の方ならどなたでも参加できます。非会員の方でも参加できますので、参加を希望される場合は、各分科会の申込み先あるいは協会本部までお問合せください。分科会の活動状況と詳しい開催案内は協会ホームページでも公開していますので、ご覧ください。なお、今後開催される予定の分科会は下表のとおりです。

行事名	月 日	時 間	場 所
第2回集じん分科会	3月1日(水)	13:30~17:05	京都/TKP 京都四条駅前カンファレンスセンター カンファレンスルーム8G
第2回造粒分科会	3月3日(金)	11:00~17:50	東京/中央大学 後楽園キャンパス
第4回環境エネルギー・流動化分科会	3月3日(金)	13:00~16:00	鳥根/出雲エネルギーセンター
合同分科会(粒子加工技術・粉体シミュレーション技術利用)	3月3日(金)	13:00~16:45	オンライン開催
第2回粉砕分科会	3月9日(木)~10日(金)	1日目:8:00~ 2日目:~16:30	台湾/GIS Taipei Tech Convention Center, the Lecture Hall 他
第4回粉体ハンドリング分科会	3月14日(火)	13:30~17:50	滋賀/㈱鯨岡 関西日野工場
第3回晶析分科会	3月17日(金)	13:30~16:30	東京/同志社大学 東京オフィス
第2回リサイクル技術分科会	3月17日(金)	13:00~18:30	福岡/日本磁力選鉱(株)

■2022年度 第4回粉体ハンドリング分科会開催のご案内

～今回のテーマは「粉体のクラフト包装」～

この度、2022年度第4回粉体ハンドリング分科会を㈱鯨岡の協力をいただき開催することとなりました。

今回はセメント、製粉などの粉体包装で活躍している『産業用クラフト紙』をテーマとしたクラフト紙の製造工場見学ならびに HAVER & BOECKER 社の袋充填装置超音波封システム、袋払い代システムなど袋詰めシステム一式を一台に納めた INTEGRA 充填機による実演の見学をおこないます。

何かと御多用とは存じますが、お誘いあわせのうえ、ぜひ御出席いただきますようお願いいたします。

尚、御出席の方は、申し込み連絡用紙にご記入のうえ、3月9日(木)までに、FAX または、E-mail でお申し込みください。

日 時：3月14日(火) 12:25~17:50

参加者全員貸し切りバスでの移動となります。

(12:25 JR 米原駅 東口 バス乗り場付近集合、12:30 出発)

場 所：㈱鯨岡 関西日野工場 *開催場所への直接の問い合わせはご遠慮願います。

次 第：

12:25~13:30	JR 米原駅集合 バス移動	
13:30~13:40	㈱鯨岡 関西日野工場 入場 受付	
13:40~13:45	開会挨拶	代表幹事、日清エンジニアリング(株) 海老原裕之 氏
13:45~13:50	コーディネータ挨拶	京都大学大学院 教授 松坂修二 氏
13:50~13:55	配布資料の確認	代表幹事、日清エンジニアリング(株) 海老原裕之 氏
13:55~14:00	前回議事録の確認	丸尾カルシウム(株) 森下俊哉 氏
14:00~14:05	㈱鯨岡氏 ご挨拶	㈱鯨岡 岡部敏夫 氏
14:05~14:35	クラフト紙袋について	㈱鯨岡 野田真志 氏
14:35~15:05	INTEGRA 充填機について	(株)コーレンス 渡邊大介 氏
15:05~15:20	休憩	
15:20~16:20	2班に分かれ工場見学	
16:20~16:25	閉会挨拶	日本大学 准教授 河府賢治 氏
16:25~16:35	工場前で写真撮影	
16:35~17:50	バスにて米原駅へ移動後 解散	

参加申し込み方法：

- ① FAX の場合は、協会ホームページより申し込み連絡用紙をダウンロードいただき、ご記入のうえお申し込みください。
- ② E-mail の場合は参加者氏名、勤務先（〒、住所、所属部課、電話番号、FAX 番号）をご記入のうえお申し込みください。

申し込み連絡先：

申込み締切：3月9日(木)

参加費：会員：5000円、非会員：6,000円

※参加費には大型バスチャーター費2,800円の実費が含まれます。

※当日、会場受付にてお支払いください。

定員：30名程度

*参加者人数に限りがありますので申し込み順とさせていただきます。

また見学先企業様の同業者様など企業様によってはお受けできない場合がありますのであらかじめご了承をお願いいたします。

【新型コロナウイルス感染対策】

新型コロナウイルス感染者、濃厚接触者、体調不良や発熱などの症状のある方並びに当日バス乗車時に検温を実施し37度以上の方は参加を見合わせさせていただきます。その場合、参加費は不要ですが交通費の保証はいたしかねます。

◎新型コロナウイルス感染の状況によっては分科会を中止する場合がございます。

■2022年度 第2回リサイクル技術分科会

今回は、「廃二次電池自動選別システムの開発」（仮題）と題した AI を利用したソータをどのように研究・開発したかに関する講演とその AI ソータの見学とともに熱分解炉などの二次電池のリサイクルシステムの施設見学を日本磁力選鉱(株)で開催したいと思います。

ご参加いただけます方は、次ページの「参加申込書」にご記入のうえ3月3日(金)までに、FAX または電子メールにてお申し込みください。定員を超えた場合は先着順とさせていただきますのでどうぞお早めにお申し込みくださいますようお願いいたします。

ご注意

- ① 見学先のご都合により、定員40名になり次第、申し込みを締め切らせていただきます。
- ② 現地への単独直行はご容赦いただき、下記集合場所へお越しください。
- ③ 競合会社、同業者の方のご見学はお断りさせていただく場合がございます。

開催日：3月17日(金) 13:00~18:30

開催場所：【見学会】日本磁力選鉱(株)

【講演会】北九州市エコタウンセンター 会議室

プログラム：

- | | |
|-------------|---|
| 13:00 | JR 小倉駅 新幹線口 集合受付 ※各自ご昼食をお済ませください |
| 13:00~13:40 | 移動（小倉駅→北九州市エコタウンセンター会議室） |
| 13:40~14:40 | 日本磁力選鉱(株) 概要説明および講演「廃二次電池自動選別システムの開発」（仮題） |
| 14:40~14:50 | 移動（エコタウンセンター会議室→日本磁力選鉱(株)） |
| 14:50~16:20 | 工場見学（二次電池のリサイクル関連施設） |
| 16:20~17:00 | 移動（日本磁力選鉱(株)→小倉駅） |
| 17:00~18:30 | 懇親会（小倉駅近郊） |
| 18:30 | 解散 |

参加費：1名様につき、協会員10,000円（非会員12,000円）を当日受付時に申し受けます。

（移動費および懇親会費、消費税を含む）

申し込み先：

◇分科会の活動報告◇

■2022年度 第1回湿式プロセス分科会

日時：11月25日(金)

12:45~17:00 (工場見学・講演)、
~19:00 (懇親会)

場所：(株)写真化学 (工場見学)、アーバン
ホテル草津 (講演・懇親会)

参加者：23名

報告事項：

(株)写真化学の協力を得て、工場見学会・講演会を開催した。同社は明治初年に創業され、銅版彫刻印刷を用いて日本初の紙幣制作に携われた会社である。以来、画像処理技術を基盤として多角的に事業を展開され、その一つが後に大日本スクリーン製造(株) (現 (株) SCREEN ホールディングス) の設立へ繋がった。

工場見学では、製造工程を間近で拝見し、高機能・高品質を支える製造現場の取り組みをうかがった。続いて以下の2件について講演いただきました。

講演1 「公転自転式攪拌脱泡装置カクハンターの原理と実施例」

(株)写真化学 高岡文彦 氏
各種攪拌方式の特徴とその使い分けについて概説いただいた後、特に最近目覚ましい進展を遂げる電池材料や医療品、化粧品における攪拌技術の課題とその解決策の一つである公転自転攪拌脱泡装置「カクハンター」について、豊富な実験データを基に解説いただいた。

講演2 「セラミック3D プリンター技術と造形物のご紹介」

(株)エスケーフライン 浅野忠克 氏
同社は、大阪大学接合科学研究所のセラミック材料処方技術と(株)写真化学の微細な描画技術を結集した国産初セラミック3Dプリンターを用いて、従来工法では不可能な複雑構造体を製造されています。新規特性・機能を発現するデバイスとして期待されるさまざまな構造体の事例をご紹介いただいた。



(集合写真)

■2022年度 第1回乾燥分科会

日時：12月8日(木) 13:00~17:30

場所：オンライン開催 (teams)

参加者：田門コーディネータ、飯田代表幹事を含む 計28名

報告事項：

2022年度の第1回乾燥分科会として、「IDS (国際乾燥シンポジウム) における乾燥技術の動向と国内企業の最近取り組み」をテーマとした講演会を実施した。

今回も昨年同様にコロナ禍もあり、Microsoft Teams を使用したオンライン開催となった。

質疑応答は幹事側からが多く、懇親会もないことから、参加者との交流促進にはやはり対面が望ましい。

また、講演資料の容量が重いことから無料ファイル便で参加者に提供したが、参加者会社システムの都合から受信できない方が1社おり、分割メールで送付した。

■2022年度 第2回粉体ハンドリング分科会

日時：12月15日(木)

13:30 (集合) ~18:30 (解散)

場所：東京日本大学 理工学部 駿河台校舎
1号館 3階 134会議室

参加者：52名

(内、粉体ハンドリング分科会35名)

■報告内容：

1. 開会の挨拶

代表幹事、日清エンジニアリング(株) 海老原裕之 氏

今回、輸送分科会と粉体ハンドリング分科会の合同開催ということで、テーマを空気輸送に絞り企画させていただきました。皆さまに有意義な時間を過ごしていただけたらと思います。として開会の挨拶とした。

2. コーディネータ挨拶

コーディネータ、京都大学大学院 教授 松坂修二 氏
久しぶりに関東に出張ということで、最近ではオンラインミーティングが多いわけですが、やはりここは対面で行うことにより、さまざまに感じ取れることがありますので、皆さまに参加していただけて、私どもも嬉しく思います。とご挨拶いただいた。

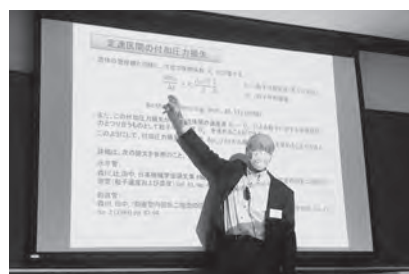
3. 配布資料の確認とナンバリング

代表幹事、日清エンジニアリング(株) 海老原裕之 氏

4. 技術講演

①「空気輸送の基礎から DEM シミュレーションまで」

大阪大学大学院 教授 田中敏嗣 氏
空気輸送装置設計の基礎となる負荷圧力損失の取り扱いの基礎から、管内の粒子流動についての測定結果と、その特徴についてご説明していただいた。さらに個々の粒子を追跡する離散粒子シミュレーションを用いた数値シミュレーションや、鉛直管内の高速低濃度固気二相流については、剛体球モデルを用いたシミュレーションにより、粒子濃度分布、気流速度分布の実験結果の再現できることをご説明していただいた。



(技術講演の様子)

②「粉体の高濃度輸送の分類方法と輸送特性に関する研究動向」

大分工業高等専門学校 機械工学科 教授 尾形一郎 氏
粉体輸送時の流動特性の影響因子として、粒子径、粒子密度、かさ密度、透過係数、レイノルズ数、アルキメデス数が関係するという研究の概説、粉体輸送のフローパターンや分類方法に関するご説明をしていただいた。

③「超音波振動を用いた高濃度低速輸送における動力低減および閉塞防止」

日本大学 理工学部 機械工学科 准教授 河府賢治 氏
ブラグ輸送のデメリットとして、管内摩擦による輸送動力が大きくなること、閉塞の可能性が高まること、付着による残留があり、それらの対処法として超音波振動による音響放射力に着目し、立ち上がりのバンド管に超音波を当てた実験結果についてご説明いただいた。粒子-壁面管の摩擦抵抗は超音波振動により大幅に低減できるが完全にはゼロにできず限界値がある。これは振幅の節における摩擦によるものと考えられる。超音波振動は輸送における閉塞防止に有効である。

5. 製品紹介

①「フレキシブルフィッティングおよびコンプレッションカップリング」

アイシン産業(株) 営業本部 代販営業部
課長 佐藤智雅 氏

フレキシブルフィッティング (BFM[®]) は、従来の樹脂や布製のコネクタに比べ、シール性の高さ、着脱作業の容易性、強度(寿命・爆発への耐性)の高さに優れている。コンプレッションカップリング (EURAC[®]) は、配管同士の接続用カップリングで、溶接を伴わない接続方法で、取付の容易さ、長寿命な点で優れている。

②「廃プラ粉砕品用ロータリーフィーダーユニット」

三興空気装置(株) 営業部 武居純也 氏
廃プラ粉砕品用ロータリーフィーダーユニットは、サーマルリサイクル用途としてキルン炉などの燃料に廃プラスチックを併用して用いるためのユニットであり、その概略についてご紹介していただいた。

6. 閉会挨拶

副コーディネータ、
日本大学 理工学部 機械工学科 准教授
河府賢治 氏

輸送分科会と粉体ハンドリング分科会の合同での分科会に、ご参加いただきましてありがとうございます。また、ご講演していただいた方々もありがとうございます。大学と企業との良いコラボレーションができたと思います。と述べられ閉会の挨拶とした。

7. 懇親会

大阪大学大学院教授の田中敏嗣氏に挨拶と乾杯の発声をいただき開会した。輸送分科会と粉体ハンドリング分科会の合同開催ということもあり、いつも以上に活発な情報交換が行われ、和やかな雰囲気での懇親会を終了した。

■2022年度 第2回輸送分科会

日 時：12月15日(木) 13:30~18:30

場 所：東京/日本大学 理工学部
駿河台校舎 1号館 134号

参加者：50名

報告事項：

2022年度第2回輸送分科会は「空気輸送の基礎から近年の動向」をテーマとし、粉体ハンドリング分科会と合同で開催した。

会の内容としては3名の先生方による講演と、2社のメーカーによる製品の紹介という構成であった。

講演1では「空気輸送の基礎から DEM シミュレーションまで」という題目で大阪大学大学院教授の田中敏嗣先生より講演いただいた。先生は先日開催された国際粉体工業展東京2022でも「粉体機器ガイダンス『輸送』」を担当いただき、今回の講演ではさらに技術的な面で踏み込んだ内容として発表いただいたが、空気輸送の物理現象をわかりやすく説明いただけ、門外漢にも理解し易い講演内容であった。

講演2では「粉体の高濃度輸送の分類方法と輸送特性に関する研究動向」について大分工業高等専門学校機械工学科教授の尾形公一郎先生より講演をいただいた。基本的には空気輸送に関する話であったが、粒度と比重の関係に関する部分の説明などは粉体の取り扱い全般に関係しており、参加者からの質問も多く、非常に興味深い講演内容だったと感じた。

講演3では「超音波振動を用いた高濃度低速輸送における動力低減および閉塞防止」について日本大学理工学部機械工学科准教授の河府賢治先生より講演をいただいた。先生のお話はもちろん学術的に興味深い内容ではあったが、それよりも各企業が現場で困っている現象に対して現実的で有益な対策案を提案されていたのが印象的で素晴らしいと感じた。

製品紹介では、フレキシブルフィッティングおよびコンプレッションカップリングについてアイシン産業(株)の佐藤智雅氏より紹介いただいた。また、廃プラ粉砕品用ロータリーフィーダーユニットについて、三興空気装置(株)の武居純也氏に紹介いただきました。いずれの製品紹介も世の中のSDGsに向けた動きに沿った内容となっていて、非常に参考になる発表であった。

分科会の後には近くのレストランで懇親会が開催され、非常に活発な関係構築がなされていたが、話をする際にはマスクをつけ飛沫拡散防止の対策がしっかりと行われていたと感じた。

「粉体技術」2月号

<巻頭言> 大阪大学 関野徹
<粉の最前線> ライオン(株) 森田章友

<特集>モノづくりを支える3D技術

特集「モノづくりを支える3D技術」を企画して
特集担当編集委員 河島陸泰、石井興一、井上義之
AM技術(3Dプリンター)とその最新動向
(株)アスペクト 早野誠治
セラミック用3Dプリンターの現況
新東Vセラックス(株) 高山敬
製造業への実用展開に向けたリコーの3Dプリンター技術
(株)リコー 新谷祐樹、嶋田紀一、内藤寛之
鋳型をダイレクトに製作できる3Dプリンター材料
太平洋セメント(株) 石田弘徳、千石理紗、金光俊典、江里口玲
改修や保全業務を効率化する大規模空間3次元データ化の最新
技術 (株)構造計画研究所 NavVis事業室 松山祐樹
VR技術を活用したトレーニング
旭エレクトロニクス(株) 中村直哉
.....
増田弘昭先生を偲んで 広島大学大学院 福井国博

<連載>

トレンドを掴む
オペレーショナル・デザイナー(沼津信用金庫 アドバイザー) 佐々木城夢
大風の歌 老彭
粉体カルテットのティータイム 粉体カルテット
.....

<一押し製品・技術の紹介>

渦流式微粒子晶析装置 月島機械(株)
<研究室紹介>
広島大学 熱流体材料工学研究室 広島大学 萩崇
<お知らせ>

「粉体技術」4月号

<巻頭言> 豊橋技術科学大学 中野裕美
<粉の最前線> (株)菊水製作所 久保田誠

<特集>国際粉体工業展東京2022を終えて

国際粉体工業展東京2022を振り返って
東京粉体工業展委員会 副委員長 森山秀男

国際粉体工業展東京2022見て歩き 「粉体技術」編集委員会
最新情報フォーラム「包装」

東京粉体工業展委員会 布施剛之
最新情報フォーラム「粉体シミュレーション」
東京粉体工業展委員会 石神徹
最新情報フォーラム「マイクロプラスチック」
東京粉体工業展委員会 高橋かより
最新情報フォーラム「電池関係」
東京粉体工業展委員会 森隆昌
最新情報フォーラム「代替食」
東京粉体工業展委員会 横野利光
粉体工学入門セミナー 東京粉体工業展委員会 松山達
粉体機器ガイダンス「輸送」
東京粉体工業展委員会 赤堀芳太郎
粉体機器ガイダンス「混合成形」
東京粉体工業展委員会 伊藤沙理
粉体機器ガイダンス「湿式プロセス、晶析」
東京粉体工業展委員会 根岸克幸
海外情報セミナー 東京粉体工業展委員会 浅井信義
粉じん爆発情報セミナー
粉じん爆発委員会 山隈瑞樹、土橋律
AI利用技術に関するセミナー
東京粉体工業展委員会 山本浩充

粒子径計測入門セミナー 東京粉体工業展委員会 松山達
粒子特性評価 JIS/ISO 規格の最新動向
東京粉体工業展委員会 松山達
アカデミックコーナー 東京粉体工業展委員会 森隆昌
技術シーズ賞受賞記念講演会
産学技術交流推進部門 後藤邦彰
テクノプラザ～産学官技術交流会～
産学技術交流推進部門 後藤邦彰
学生ツアー・交流会 東京粉体工業展委員会 萩田容宏
コラム 海外情報セミナーに参加して 内藤牧男

<連載>

トレンドを掴む
オペレーショナル・デザイナー(沼津信用金庫 アドバイザー) 佐々木城夢
大風の歌 老彭
粉体カルテットのティータイム 粉体カルテット
.....

<お知らせ>

投稿歓迎

「粉体技術」は読者の皆様からの寄稿を歓迎します。

「粉体技術」は、協会と会員(読者)および会員(読者)相互のコミュニケーションの促進に寄与することを目的としています。

掲載内容は、粉体に関わるあらゆる技術、粉体領域に関する最新情報・マーケティング・マネージメントおよび海外情報など幅広い内容とし、粉体関連産業に携わる方々への情報誌となることを目指しています。

「粉体に関連した技術知識などの記事」、「趣味趣向的な投稿やコラム」、「粉体工業界に関連する経済、社会の動向記事」、「粉体を取扱う現場からの報告」、「新製品・新技術の紹介」、「読後の感想やコメント」など、皆様からの投稿をお待ちしております。(投稿は日本粉体工業技術協会 本部まで)

あとがき

【アミューズメント】という言葉を変えて調べてみた。“楽しみ。娯楽。”とのこと。研究、商品開拓、調査と分野もアプローチも異なるけれど「人々を笑顔にしたい!」という想いが共通項だと感じ私自信も笑顔になった。ワクワクする文章をご寄稿くださった執筆者の皆様にはご快諾に御礼申し上げますと共に、読者の皆様も楽しく読んでくださると幸いです。(J.I.)

一般社団法人日本粉体工業技術協会
「粉体技術」編集委員会

委員長

内藤 牧男 (大阪大学)

久保田 誠 ((株) 菊水製作所)

黒川 卓 (中部大学)

佐藤 浩二 (マイクロトラック・ベル (株))

副委員長

加納 純也 (東北大学)

佐藤根 大士 (兵庫県立大学)

根本 源太郎 (大川原化工機 (株))

塩崎 修司 ((株) 栗本鐵工所)

下坂 厚子 (同志社大学)

高井 千加 (岐阜大学)

委員

池田 純子 (マジェリカ・ジャパン (株))

西村 和弘 ((株) 大光社)

石井 興一 (元 日本粉体工業技術協会)

不動寺 浩 (国研 物質・材料研究機構)

伊藤 雅章 ((株) ノリタケカンパニーリミテド)

前田 孝善 (日本粉体工業技術協会)

井上 誠寿 ((株) ダルトン)

真杉 隆志 ((株) 大川原製作所)

井上 義之 (ホソカワミクロン (株))

森田 章友 (ライオン (株))

江間 秋彦 (ホソカワミクロン (株))

渡辺 香 ((株) 構造計画研究所)

大矢 仁史 (北九州市立大学)

事務局

金井 和章 (JX金属 (株))

住野 未苗 (日本粉体工業技術協会)

河島 睦泰 ((株) 栗本鐵工所)

購読のお申込

一般社団法人日本粉体工業技術協会 ホームページ (<https://www.appie.or.jp>) より
お申し込み下さい。

・1冊ご注文の場合：冊子代金 1,650円(税込)、送料 370円

・1年(12冊) 予約購読の場合：冊子代金 19,800円(税込)、送料 1,344円

2023年3月1日発行 「粉体技術」 第15巻第3号

編集：一般社団法人日本粉体工業技術協会「粉体技術」編集委員会

発行：一般社団法人日本粉体工業技術協会

本 部 〒600-8176 京都市下京区烏丸通六条上ル北町181 (第5キョートビル7階)
TEL：075-354-3581 FAX：075-352-8530
URL：https://www.appie.or.jp

東京事務所 〒113-0033 東京都文京区本郷2-26-11 (種苗会館5階)
TEL：03-3815-3955 FAX：03-3815-3126

印刷：株式会社 大光社 〒606-0864 京都市左京区下鴨高木町39-1
URL：<http://daikosya.com>

本誌内容の一部あるいは全部をいかなる方法によっても無断で複写・複製することをお断りいたします。

豊富な実績とノウハウ

国内および、世界各国の各種産業分野で豊富な納入実績を持ちます。

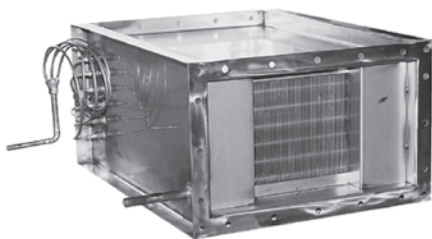
KATSUKAWA

地球環境に貢献!

<https://www.katsukawa.co.jp>

製造ラインに最適な設計の熱交換器をご提供します。

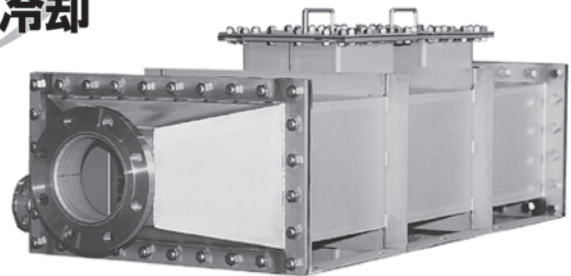
弊社は産業用熱交換器の設計・製作を行っており、工業製品の加熱、冷却を行う乾燥機、冷却/除湿機の中に使用されるヒーター&クーラーにおいては豊富な設計経験/納入実績がございます。また熱交換器ユニットでは食品・医薬品・化学製品の製造ラインに最適な選定、設計をし、低コストでのご提供をさせて頂いております。尚、機器配管設計/製作を含む熱交換器の撤去/設置工事なども行っており、より信頼のおけるプラントを構築して頂けるお手伝いもいたしますのでお気軽にご相談下さい。



【直膨用プレートフィンチューブ型】

■材質：ALL SUS304

工業製品の加工時における 加熱、冷却



【乾燥用エロフィンチューブ式加熱器】

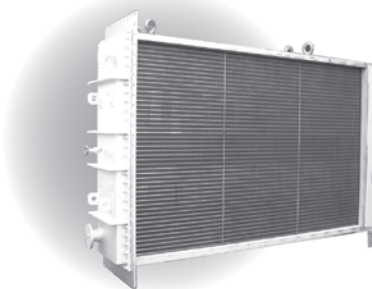
■材質：ALL SUS316L

排ガス・排熱回収の決め手は熱交換器です。

豊富なノウハウと経験でご提供致します。

カツカワのフィンチューブ型 (オーダーメイド)

ガスクーラーエレメント



営業目録

- 産業空調用熱交換器
- 乾燥/加熱装置用・除湿/冷却装置用・溶剤/排熱回収用・各種産業生産設備用
- 工場、施設暖房用熱交換器
- シェル&チューブ型熱交換器
- 空気予熱器
- 船舶/特殊車両用熱交換器
- 各種製缶品、金属加工、組立(ダクト・梁台・フィルターBOX)
- 熱交換器用材料全般(炭素鋼/ステンレス/非鉄金属/チタン等、特殊金属)
- 配管部品/継ぎ手類
- 空調コイル製作

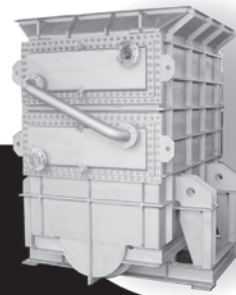
材 質: SUS304/SUS316/ハステロイ/アルミ
銅/チタン/他、特殊金属

用 途: 炉内燃焼空気予熱器、エコマイザー等に最適です。
排熱冷却による施設等への回収利用
溶剤、ガス等、気液分離による回収用熱交換器
発電機等の吸気冷却による燃焼経費節減

設計・製作: 貴社仕様に基づき、機器、および設備に
最適な設計、製作方法をご提案し短納期、
低コストに高品質にて対応致します。

弊社、独自の多彩な
フィンチューブ
短納期に対応

溶剤回収クーラー



産業用熱交換器専門メーカー

勝川熱工株式会社

本 社 〒578-0903 東大阪市今米2丁目8番9号
TEL072(966)2751(代) FAX072(966)3056
E-mail: info@katsukawa.co.jp
https://www.katsukawa.co.jp

営業部・工場 〒578-0921 大阪府東大阪市水走5丁目2番32号
TEL072(967)2255 FAX072(967)2256



『金型技術』と『ロータリープレス』 菅原精機株式会社

～試作成形から量産まで一貫フォローいたします～

『金型技術』

1. ダイス←→上下パンチ ガイドピン位置決め機構

金型セット時の破損を防止するための機構として、ガイドピン支持による金型取付機構を提案します。ガイドピンがダイスの内径とパンチの外径の位置関係を適切な位置に誘導します。ガイドピンは金型をプレス機に取付後に取り外す事ができ、プレス成形時に支障を及ぼすことはありません。また、金型取付の標準化ができ、時間短縮の効果もあります。

2. システム3 R搭載 位置決め機構付き多連金型

システム3 Rを搭載されているプレス機用に対応した金型の製作を開始いたしました。従来、システム3 Rを用いた金型作りの多くは、1個取りが主流でしたが、菅原精機では多連金型化のノウハウを生かし、システム3 R用多連金型も製作する事が可能となりました。

『ロータリープレス』

簡単操作にもかかわらず安定品質を量産

◆SUGAWARA-PRESS の特徴

充填した粉体の加圧成形をロータリーで量産を図るプレスです。当社は金型とプレス機をトータルで立案・製作し、ロータリープレス機の開発においては超小型コア成形をコンセプトに多品種中量・少量生産への対応を図っています。高精度を保ちながら、シンプルな構造と操作性でオペレーションの可視化・容易化・効率化をめざしています。

◆ロータリープレス ラインナップ

HS_Series 高速回転モデル

大量生産向けでありながら安定品質を実現。



EC_Series 外段取り・小型モデル

臼・上枠・下枠・中枠を外部で組付け。プレス機への組付けはワンタッチで可能。金型、ホルダー部品の清掃、メンテナンス時間の大幅な短縮を実現。

VC_Series 可視化・操作モデル

動作・調整状態などを視覚的に判断できる表示パネルを搭載。作業性、操作性が向上。



詳しくはこちら ⇒ <http://www.k-sugawara.co.jp>

外熱式ロータリーキルンの専門メーカー 株式会社タナベ

Tanabe

機能性粉体の熱処理 外熱式ロータリーキルン

【用途】

各種機能性粉体の加熱処理

- 二次電池正極材料
- 触媒材料
- 電子材料
- セラミック材料 等

※タナベ本社工場にて実証機によるテストもできます。



特長①

各種材料に応じた最適レトルト材設計

特長③

タナベ独自のシール構造により、様々な特殊雰囲気対応

特長②

各ゾーン毎の高精度温度コントロールを実現

特長④

メンテナンスに考慮した最適構造

熱とFAのシステムインテグレータ

Tanabe

■営業本部

：〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町16-1タナベビル
TEL:03-5652-1117(代表) FAX:03-5652-1118

■本社

：〒941-8686 新潟県糸魚川市大字大野978
TEL:025-552-1601(代表) FAX:025-552-8041

URL : <http://www.tanabe-co.co.jp>

70%の高い仕込み率で
生産効率UP!

無限ミキサー

[MMシリーズ]

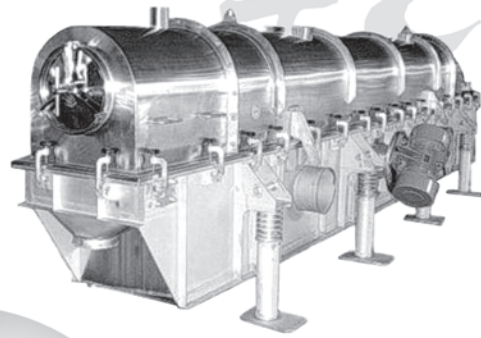


シンプル構造で
洗浄が容易!
短時間で均質混合!

これ1台で
顆粒の高効率連続乾燥が可能!

振動流動層乾燥機

[VDFシリーズ]



振動を利用した流動層で
風量を抑え
ランニングコストダウン!
顆粒を壊さない流動層で
ソフトに乾燥・冷却します!

トクジュは
粉体を
「分ける」「混ぜる」
「乾かす」
技術を極めます

TOKUJU

微粉ふるい機
20 μ mのふるいが可能!

スィープシーブ

[TMSシリーズ]



TMS-70-1S型

目開き50~20 μ mのふるい分けが可能!
分解清掃がラクラク出来る!
コンタミレスで低騒音!

異物除去専用
ふるい機

G-UPスクリーン

[TMGシリーズ]



運転中に網の点検が容易!
大量処理+1台20ton/Hr!
コンタミレスで低騒音!

《まずは、お客様のご要望をスタッフにお伝えください。ご希望機種のパンフレットをご郵送いたします》



株式会社 徳寿工作所

TOKUJU CORPORATION

〒254-0074 神奈川県平塚市大原3-19
TEL.0463-33-5116 (代)
FAX.0463-33-5119
e-mail : sales@tokujuk.co.jp
URL : http://www.tokujuk.co.jp

新形状ドーム型サイクロン

サイクロン回収にドームが革命を起こします。

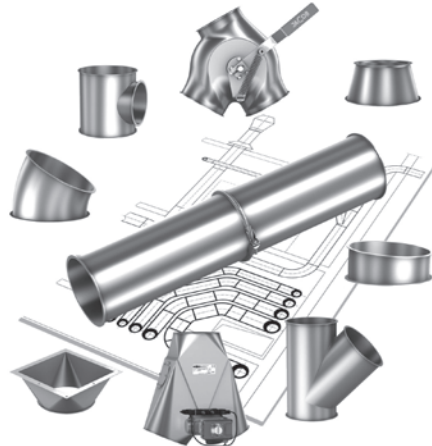
- 驚異の回収率
- フィルタの目詰まりを解消
- サブミクロン粉も回収可能
- 特許出願済み



JACOB モジュラー配管システム

日本正規代理店

- 強固なプルリングで簡単接続
- 耐サージ圧力300KPa
- 5000品目のバリエーション
- 配管サイズはφ60～φ800



ATEX
zertifiziert



Shizuoka Plant
株式会社 静岡プラント

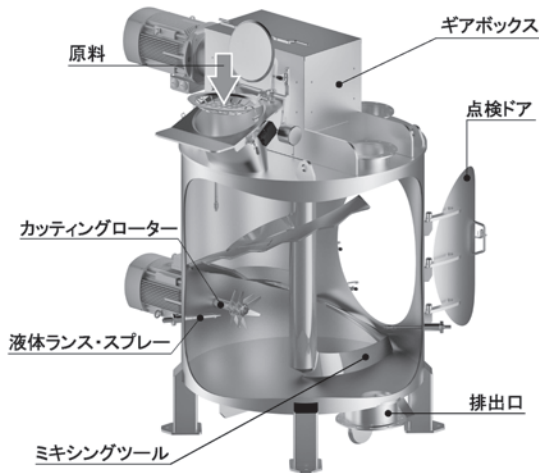
本社工場 〒421-0304 静岡県榛原郡吉田町神戸2841-2
TEL.0548-23-9090 FAX.0548-23-9091
URL <http://shizuoka-plant.com>

世界が認めた amixonの混合技術



縦型一軸混合機 VM

抜群の混合性能と洗浄性



特長

- 抜群の洗浄性
装置内部は全溶接構造で、角部はR加工されており、洗浄残しがない。
 - 大きな側面点検口
amixon社のクレーバーカット技術により、デッドスペースがない。内部点検・洗浄が容易。
 - 異物混入の防止
上部片持式駆動で、軸封部は原料と接しない構造。
ギアボックスは機外に設置されている為、原料にオイルなどの潤滑剤が混入しない。
 - 自動洗浄が可能
オプションの洗浄ノズルにより、混合槽内の自動洗浄が可能。
 - 高い混合性能
理想的な3Dヘリカルフローにより、精密・迅速に混合が可能。
 - やさしい混合
低速回転(周速2m/sec)の為、粒子にダメージを与えにくく、品温も上がりにくい。
 - 液体の高分散混合
オプションの液添ランスやカuttingローターにより、液体を粉体に均一分散する事が可能。
- ※東洋ハイテック粉体技術センターでテストしていただけます。

Smile QUICKNESS and CONVENIENCE
東洋ハイテック株式会社

URL: <https://www.toyohi.co.jp/>
各種問い合わせ: info@toyohitec.com

※弊社では在宅勤務を実施しているため、お問い合わせ等に関しましては、
上記メールアドレスまたはホームページからご連絡お願い致します。



コンテナシリーズ

コーンバルブ式コンテナ(ACC)

特許取得済



特長

- コンテナ単位での多品種粉体の取り扱いが可能です。
- 自動搬送システムに適します。
- コーンバルブ採用により、計量用フィーダとして使用できます。
- 排出量の調整はコーンバルブの上昇高さや作動時間を制御することで、任意に設定できます。
- 排出ステーションは各種ACCIに対し共有できます。

振動式バタフライ弁

振動式バルブフィーダ

特許取得済

バイブレーション

バタ弁自身を振動 開度制御で高精度に定量供給



特長

- バタフライ弁の開度は、電空ポジションに4-20mAを入力し、0~90°の任意開度に制御可能です。
- コンテナ用の排出弁として、定量的な切り出し、あるいは高精度な秤量に最適です。
- 弁本体は、工具レスで全部品が分解可能で、洗浄も容易です。
- 排出促進装置(バイブレータ式)と併せて使用することで、さらにスムーズな排出が可能です。
- 開度コントロールにより、大投入から、微少な切り出しまで、幅広く対応できます。

紙袋手動吸引輸送補助装置

パウダーワープロLITE

紙袋からの粉体の吸引取出し作業を補助する装置です。



特長

- 吸引ノズルの手動昇降操作を、バランスシリンダにより補助します。
- 4本の紙袋押えにより、効率的に吸引ノズルの空間を確保します。
- 紙袋押えの先端からのエアブロー及び、紙袋カセット下のバイブレータにより、袋内の残留粉を最小限に抑えます。
- エア駆動機器のみによる構成により、防爆エリアでの使用が可能です。
- 吸引ノズル及び紙袋押えの脱着が容易です。
- オプションで、吸引ノズル先端のエアブローを選択可能です。

● その他取扱品目 ●

連続定量供給装置、バッチ計量装置、小型吸引輸送装置、空気輸送装置、スクレーパーフィーダ、バグフィルタ、ロータリーバルブ、特殊布製サイロ、貯留サイロシステム

粉粒体ハンドリングのトータルプランナー

赤武エンジニアリング株式会社

ISO-9001
ISO-14001
認証取得

本社 〒410-0302 静岡県沼津市東椎路632 Tel 055-925-6666 (代) Fax 055-925-6688
東京営業所 〒102-0072 東京都千代田区飯田橋1-5-8 Tel 03-3263-3407 (代) Fax 03-3263-3405
■ホームページ <https://www.akatake.co.jp/> ■E-Mail info@akatake.co.jp

POWTEX[®] 2023

The 15th International Powder Technology Exhibition Osaka

リアルと
オンラインの
ハイブリッド開催

国際粉体工業展
大阪 2023

未来を
つくる PX
Powder-technology Transformation

出展募集中

申込締切：5月31日

2023年10月11日(水)～13日(金)

10:00～17:00 [最終日13日(金)は16:30まで]

インテックス大阪(南港)4・5号館

2023年9月27日(水)10:00～

11月10日(金)17:00
オンライン


| 同時開催 | 一般社団法人粉体工学会 秋期研究発表会 2023年10月10日(火)・11日(水)

“粉体”に関する併催セミナーを多数開催

粉づくり・ものづくり・夢づくり[®] 粉の技術

主催：  APPIE 一般社団法人日本粉体工業技術協会
www.appie.or.jp

■出展資料請求はこちら

 粉体大阪



展示会事務局：(株)シー・エヌ・ティ Tel. 03-5297-8855 E-mail: info2023@powtex.com

軟式混合。サニタリー洗浄。加熱対応。

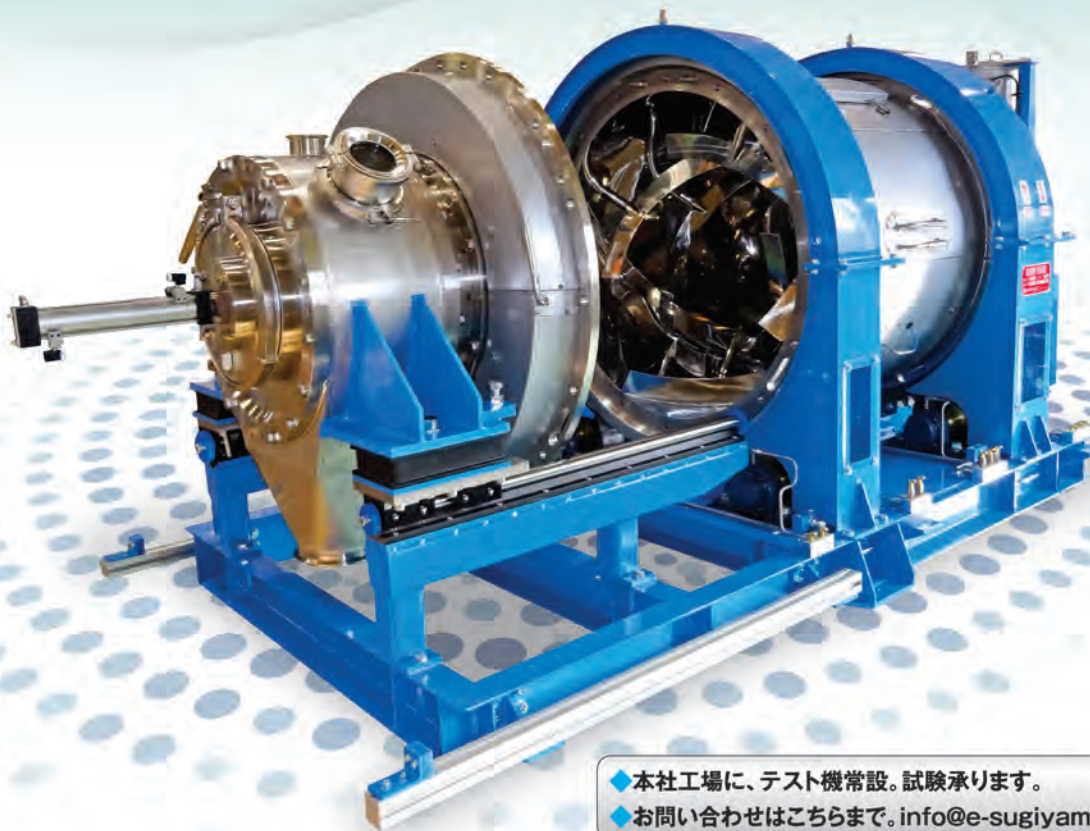
業界で定評のあるロングセラー機、ドラムミキサーを大幅にスペックアップ。

加熱混合機

SANITARY HEAT DRUM MIXER

サニタリー加熱ドラムミキサー

- 顆粒・造粒品・ペレットなど、破壊しやすい製品をソフトに精密混合。
- ドラム分離構造により、ロット切換え時の内部清掃を大幅に改善。
- 回転ドラムに電気ヒーター・温度センサーを配置、max200℃迄の加熱混合が可能。
- 混合材料への溶媒噴霧や、各種ガス雰囲気での混合に対応。



◆ 本社工場に、テスト機常設。試験承ります。
◆ お問い合わせはこちらまで。info@e-sugiyama.co.jp

粒子破壊を嫌う軟質原料や顆粒・フレーク・ペレット等加工材料の混合に最適なミキサーです。混合材料は、ドラム回転時にドラム内に固定された特殊形状のブレードに沿って滑落することで外力が加わらず、素早く混合が促進されます。ドラム外壁には電気ヒーターが配置され、混合中の加熱保温や液体噴霧による調湿、各種ガス雰囲気での反応操作などが可能です。ドラム側面はスライド分離構造で、ロット切換え時の精密清掃も容易に対応します。スペックアップしたドラムミキサーは、新素材や高機能材料の開発をサポートします。

営業品目

- ◆ 粉体処理 (混合機・微粉砕機・乾燥/焼成機・冷却機・計量供給機・成型プレス 他)
- ◆ 真空処理 (混合機・粉砕機・乾燥/焼成キルン・冷却機・計量供給機・油圧成型プレス)

 **杉山重工株式会社**
SHI SUGIYAMA HEAVY INDUSTRIAL CO.,LTD

- 本社工場/愛知県瀬戸市穴田町970番2 〒489-0003 TEL(0561)48-1811(代) FAX(0561)48-0477
- 静岡出張所/静岡県牧之原市女神38-1 〒421-0516 TEL・FAX(0548)54-1510

<http://www.e-sugiyama.co.jp/>

【粉体技術】

二〇二三年三月一日発行(毎月一回一日発行)

第十五巻 第三号

発行所 一般社団法人日本粉体工業技術協会

定価一、六五〇円(税込)

京都事務所(本部)
〒600-1817 京都市下京区烏丸通六条上ル北町一八一 第五キョウトビル
TEL 〇七五(三五四)三五八一・FAX 〇七五(三五二)八五三〇