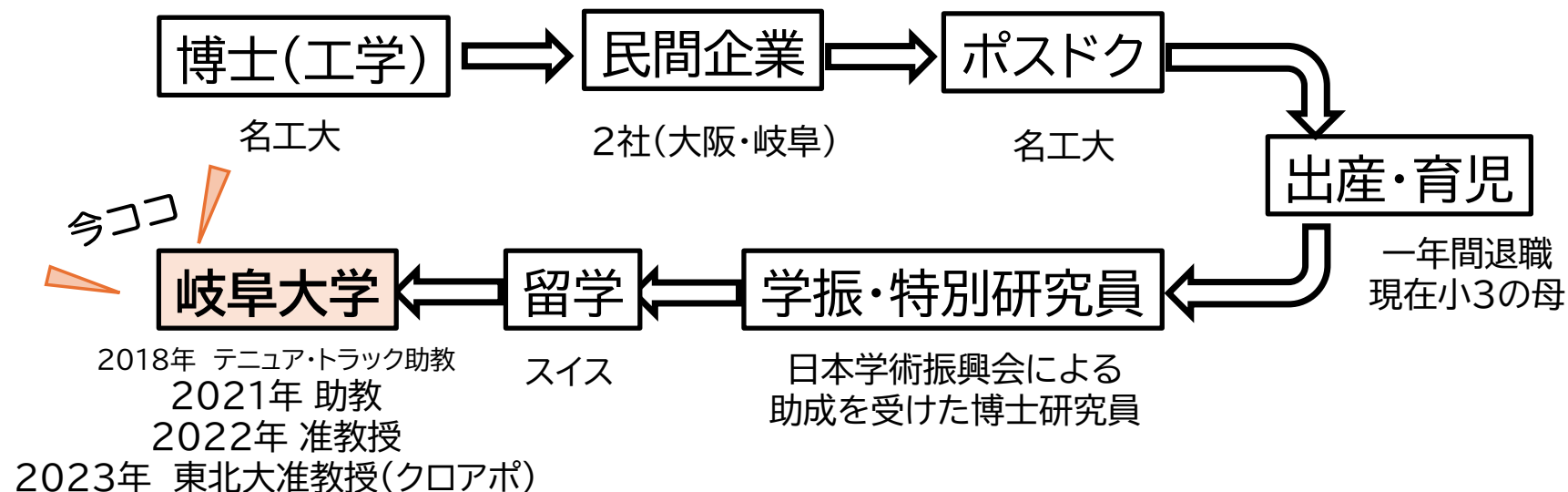


『Meet up Chubu 』vol.36 先端材料
in Tokai Open Innovation Complex 岐阜サイト
2024/3/28 15:30-17:00

粉の魅力を引き出す粉体技術 ～粉にまつわるお困りごとを教えてください！～

岐阜大学 工学部／東北大学 多元物質科学研究所
准教授 高井(山下) 千加
takai.chika.h3@f.gifu-u.ac.jp

自己紹介



身近な粉を調べてみよう！
— 幼虫の糞の形から雌雄が分かる？ —



岐阜大学 工学部 化学・生命工学科
物質化学コース 准教授
高井(山下)千加



身近な粉を調べてみよう！
— 粒子が凝集したらどうしよう？ —



岐阜大学 工学部 化学・生命工学科
物質化学コース 准教授
高井(山下)千加



私たちの身の回りで大活躍の粉！

粉

粉体工学

Powder Technology

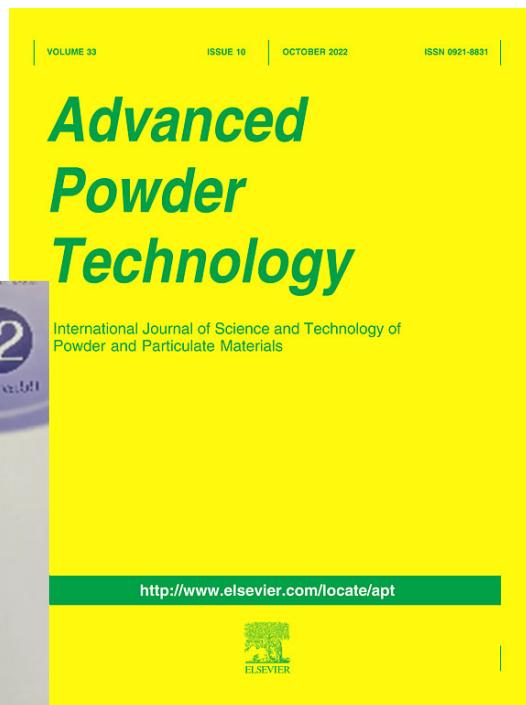
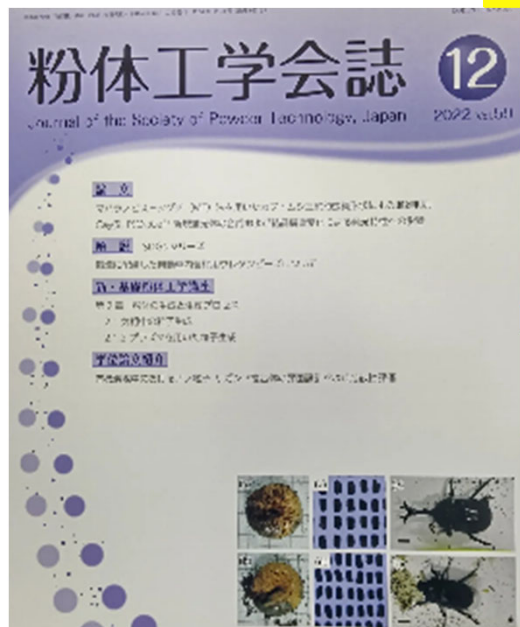




一般社団法人

粉体工学会

The Society of Powder Technology, Japan

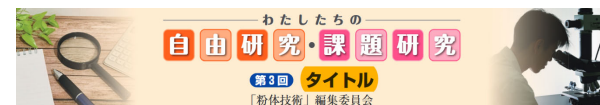


一般社団法人
APPIE

一般社団法人

日本粉体工業技術協会

The Association of Powder Process Industry and Engineering, JAPAN



● 粉体カルテットのティータイム ●

26. 家族が増えました



初めて立ち寄った爬虫類ショップで、親指ほどの小さなエボシカメレオンの赤ちゃんに出会いました。若葉のような黄緑の体色と、ゆったりゆったり歩く姿がとても可愛いくて、夫と息子を説得し、お迎えしました。エボシカメレオンは非常に臆病で、なかなか人には慣れません。葉っぱの陰にじっと隠れたまま、左右に突き出した目を別々の方向に動かしながら360°くまなく見渡します。獲物の動きを察知すると、風に

はない特徴です。体の大きさと比べて非常に細い足ですが、手の上を歩かせてみると、足の裏が私の皮膚をガッチリ掴んでいることを実感できるほどに強い力を持っています。遠く離れた葉っぱに移動するときは、前足が届かなければ尻尾だけ残して後足も離し、体を長く長く伸ばして目的地の葉っぱの端っこを掴みます。尻尾にも発達した筋肉が備わっているのです。だから、再生できるトカゲの尻尾と違って、カメレ

- | | | |
|-----|----|-----------------------------------|
| 1月 | 目次 | 特集「シーズニーズの場」 |
| 2月 | 目次 | 特集「国際粉体工業展大阪」 |
| 3月 | 目次 | 特集「無線通信技術が産業」 |
| 4月 | 目次 | 特集「協会を支える分科会」 |
| 5月 | 目次 | 特集「AI、IoTを活用した新」 |
| 6月 | 目次 | 特集「新型コロナウイルス」 |
| 7月 | 目次 | 特集「カーボンニュートラル」 |
| 8月 | 目次 | 特集「ファインバブルの最新技術～さまざまな分野における活用事例～」 |
| 9月 | 目次 | 特集「食品粉体に関わる先端技術」 |
| 10月 | 目次 | 特集「ビジネスを変革させるビッグデータの活用」 |
| 11月 | 目次 | 特集「粉体技術の温故知新・技術変遷」 |

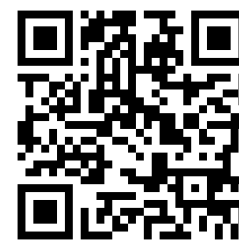
粉の魅力を引き出す粉体技術

つくる

しらべる

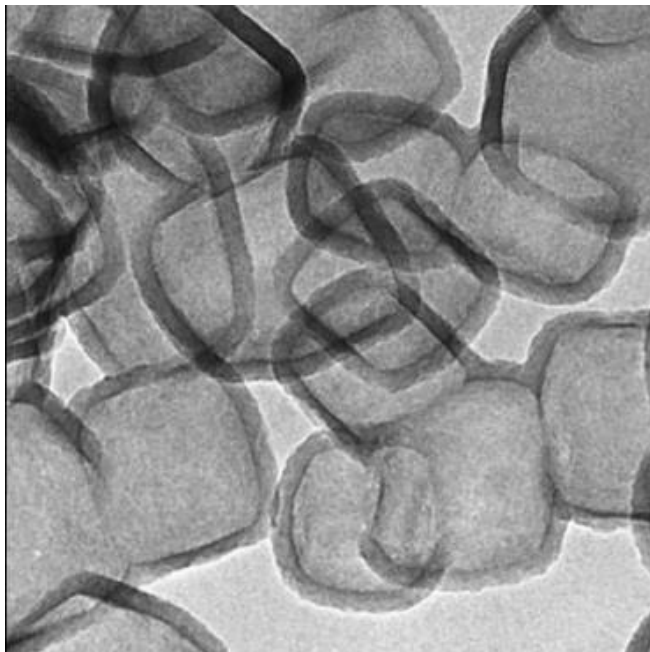
粉

つかう

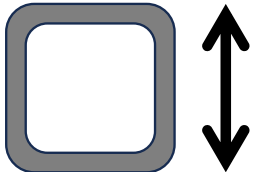


研究室の様子
はこちらから
(株)SRIAさんに作成
いただきました！

粉をつくるーナノサイズの孔をもつ粒子



シリカ(SiO_2)でできた
ナノサイズの中空粒子

 粒子の大きさ
約100 nm

ナノってどれくらい？

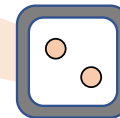
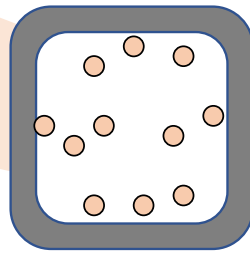
髪の毛の太さの
約1000分の1！

髪の毛の太さ
約0.1 mm
(100 μm)



粉をつくるー小さいと何がいいの？

ミクロンサイズ



ナノサイズ

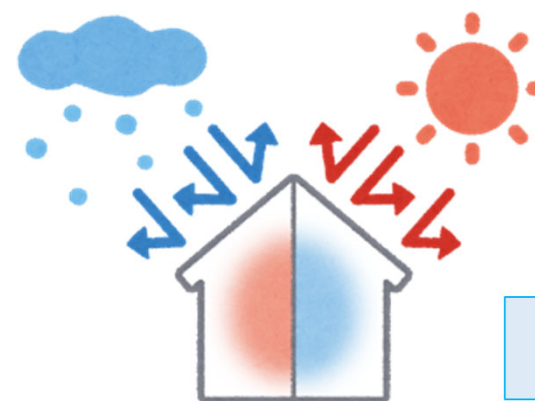
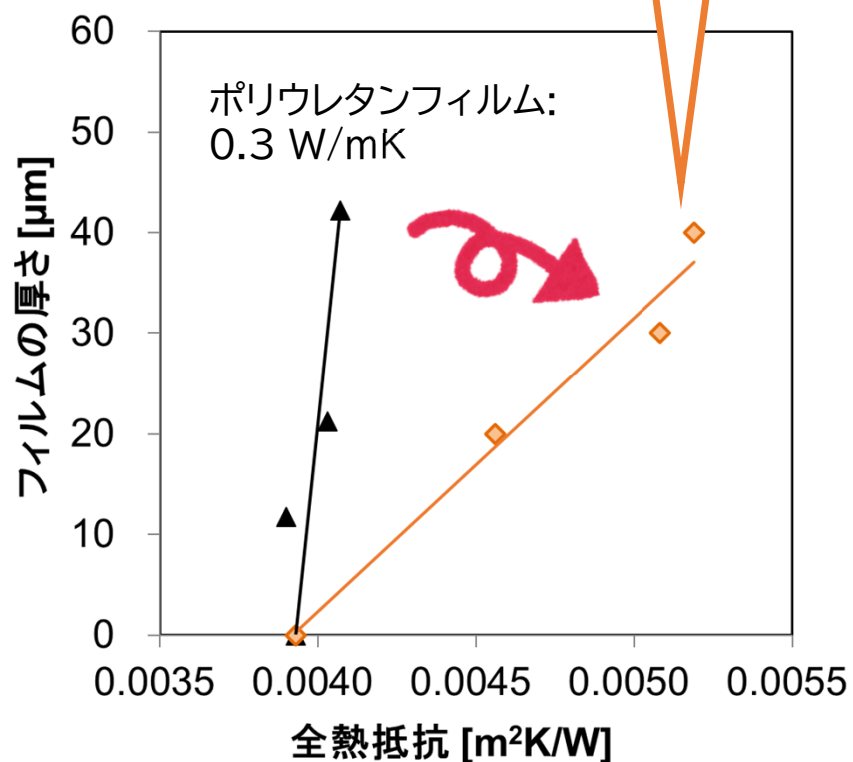


熱を通しにくくなるのかも・・・？
(断熱性)



粉をつかうー透明断熱フィルム

熱伝導率の測定
中空粒子／ポリウレタンフィルム
: **0.026 W/mK**
(空気: 0.025 W/mK)

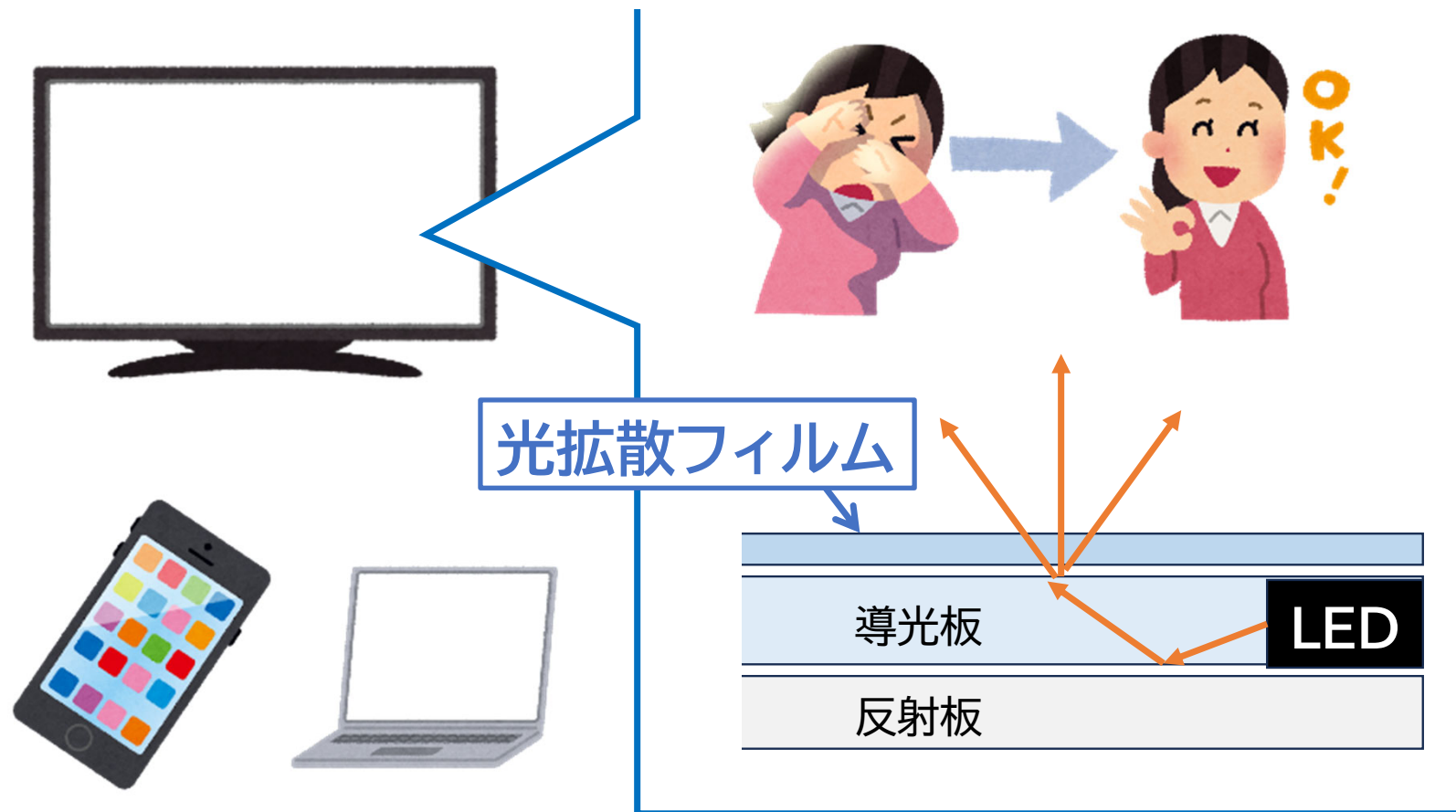


名古屋工業大学
藤教授との共同研究

Fuji, Takai et al., Adv. Powder Technol., 2015

粉をつかう

光導光板システム:光源からの光を取り出す



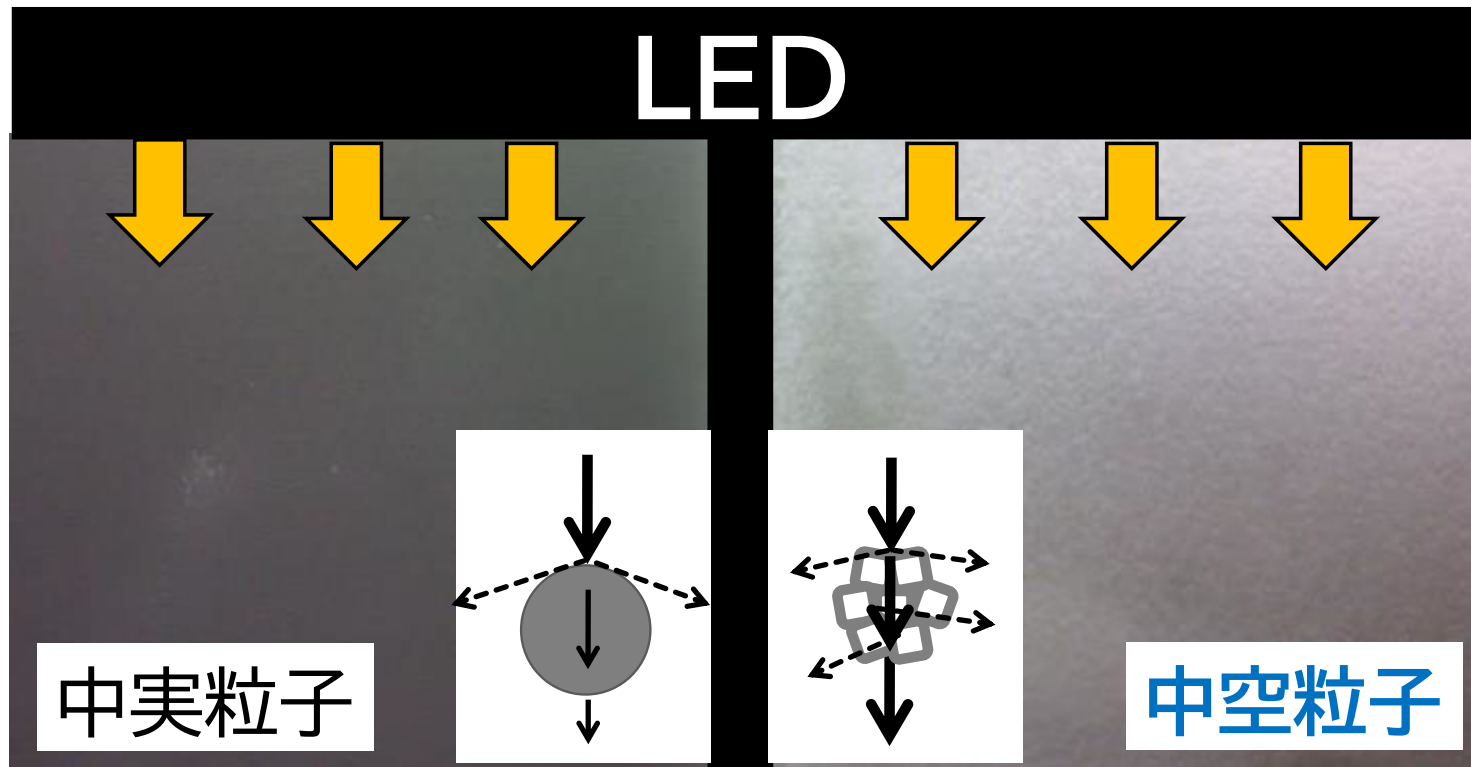
光拡散フィルム

導光板

反射板

LED

粉をつかうー光拡散フィルムへの応用

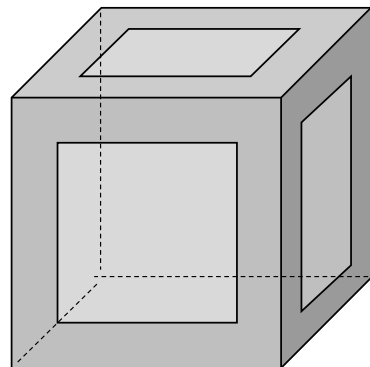


光取り出し効率の向上

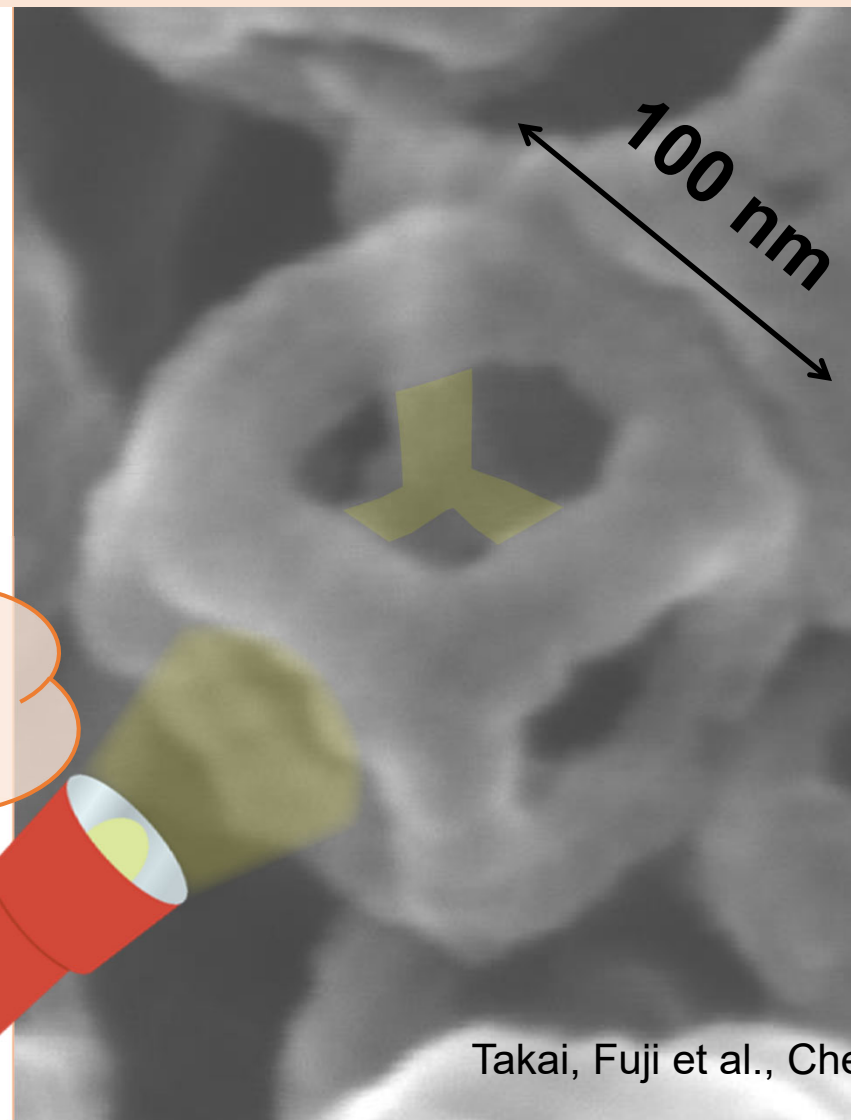
⇒ LED削減 ⇒ 軽量化・低コスト・低CO₂排出量

Takai, Fuji et al., Adv. Powder Technol., 2020

粉をつくるーもっと散乱させたい！



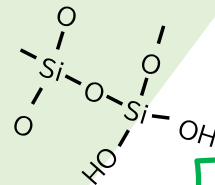
どんな構造にすれば
よい機能が出るのかな



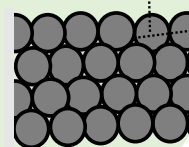
Takai, Fuji et al., Chem Lett 2011

粉をしらべるー構造と機能の関係は？

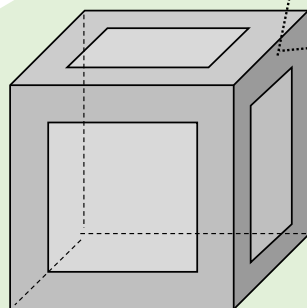
素材はシリカ(SiO_2)
なんだけど...



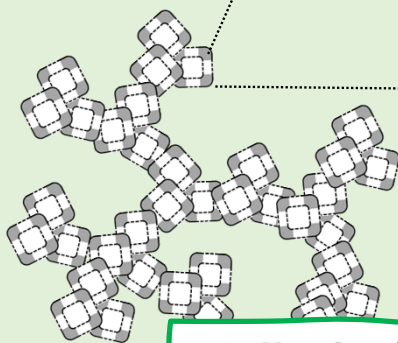
分子構造



細孔構造



粒子単体構造



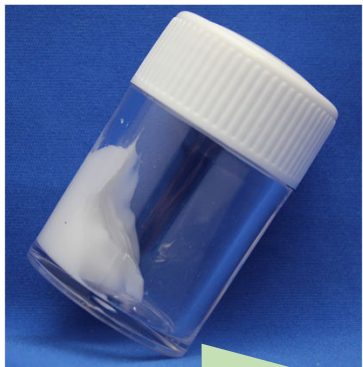
分散凝集構造



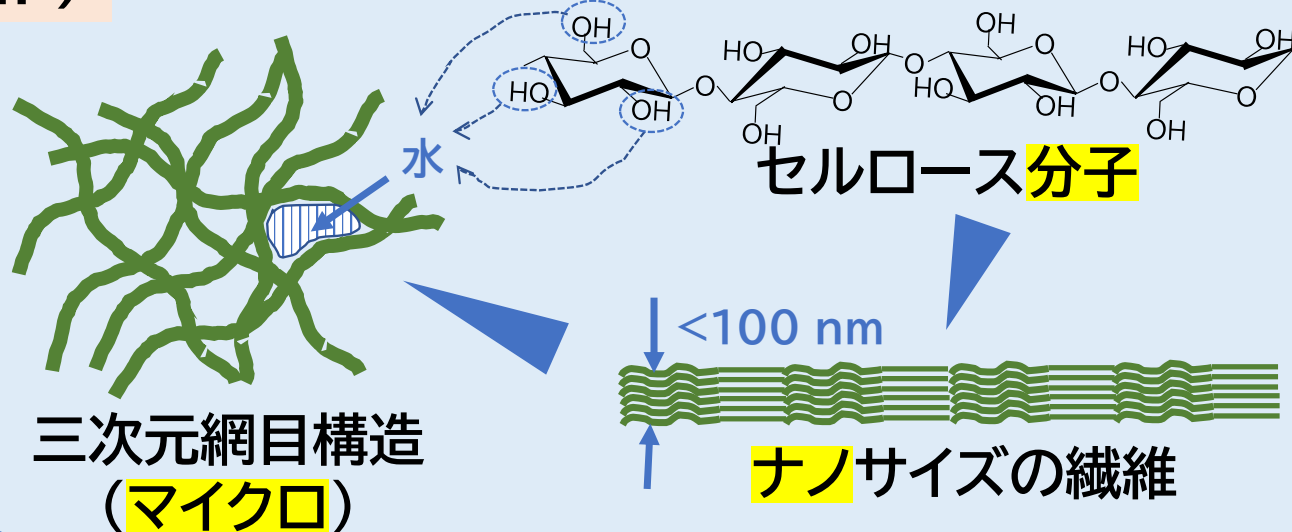
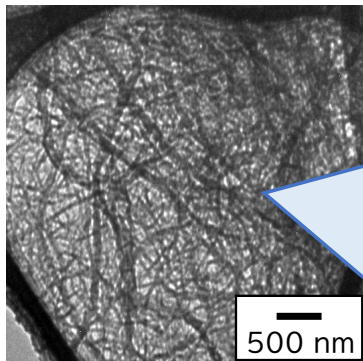
色んな構造に
着目すると
機能との関係が
分かるかも！

セルロースナノファイバー(CNF)

市販CNF



電子顕微鏡像



ナノ繊維化

パルプ化



ガスバリアフィルム

長

幅広い用途が期待！



食品

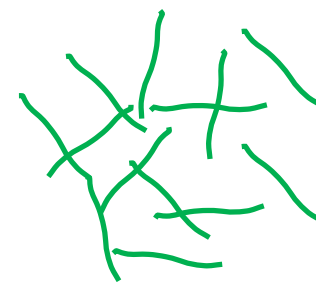


化粧水



滑り止め

短



樹脂補強

粉の魅力を引き出す粉体技術

つくる

しらべる

CNF

つかう



「セルロースナノファイバーの魅力を引き出す評価技術」2022年度なのセルロース工房講演会 講演1

論文
Original Paper

J. Soc. Powder Technol., Japan, **58**, 164–169 (2021)
doi: 10.4164/sptj.58.164

遊星ボールミルがセルロースナノファイバースルに与える
物理化学的影響と表面活性

高井 (山下) 千加^{1*}, 馬淵 裕也², 池田 純子³, 藤 正督⁴, 仙名 保⁵, 大矢 豊¹

Physicochemical Effects and Surface Activity of Cellulose Nanofiber Sols Induced
by a Planetary Ball Milling Treatment

Chika Takai-Yamashita^{1*}, Yuya Mabuchi², Junko Ikeda³, Masayoshi Fujii⁴, Mamoru Senna⁵ and Yutaka Ohya¹

Received 30 October 2020; Accepted 18 January 2021

高井、粉体工学会誌(2021)



Takai et al., Cellulose volume 29,
pages7049–7062 (2022)



Takai et al., Cellulose volume 28,
pages775–785 (2021)

粉をつくる

世界最高の素材を食品系廃棄物から

ご協力: 岐阜県農業技術センター、
食品研究所、中山間農業研究所、
ヤマサ寒天、かみのほゆず、カワ
ノラボ、凸版印刷

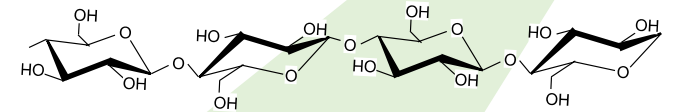


12 つくる責任
つかう責任



セルロースナノファイバー(CNF)

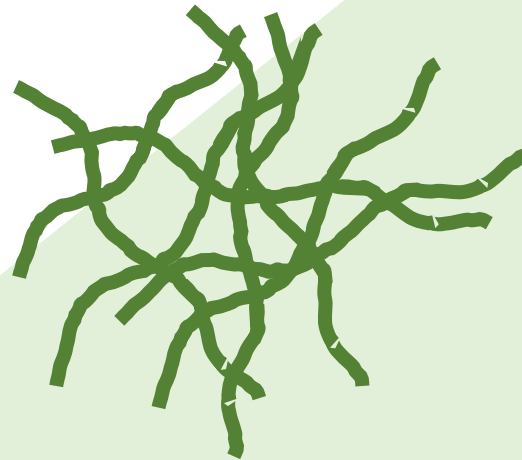
マルチスケール構造



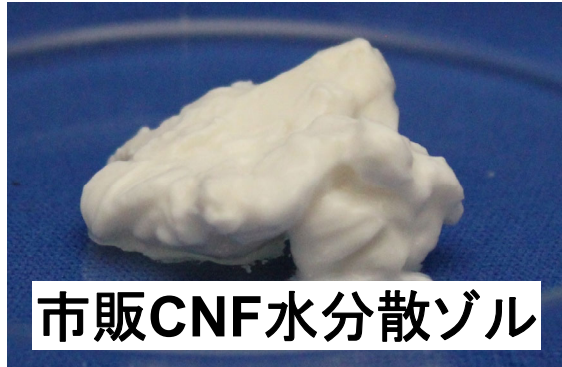
分子レベル



ナノレベル



サブミクロンレベル



市販CNF水分散ゾル

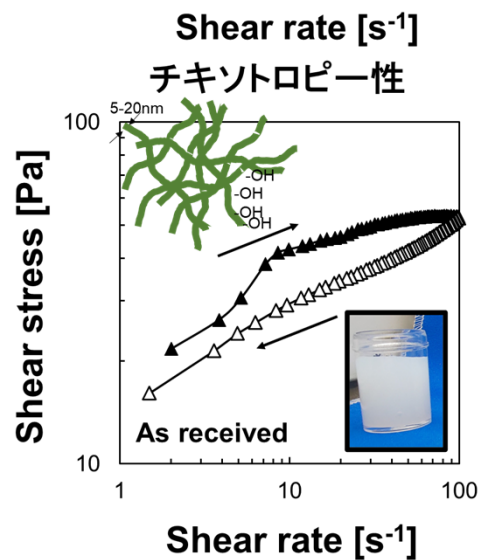
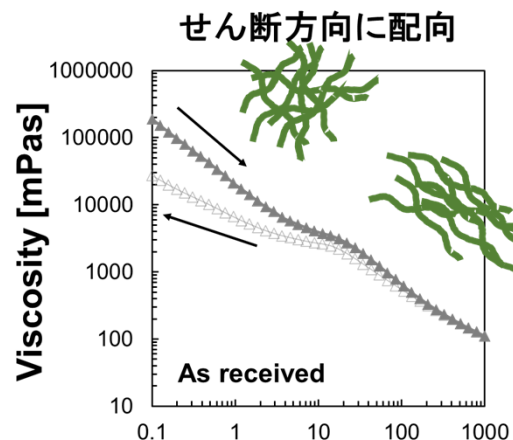


ナノ解繊

パルプ化

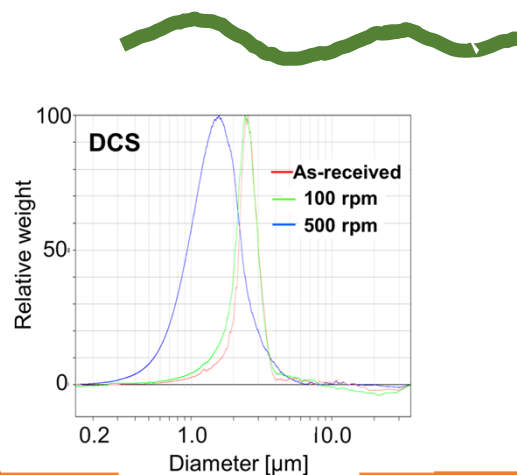
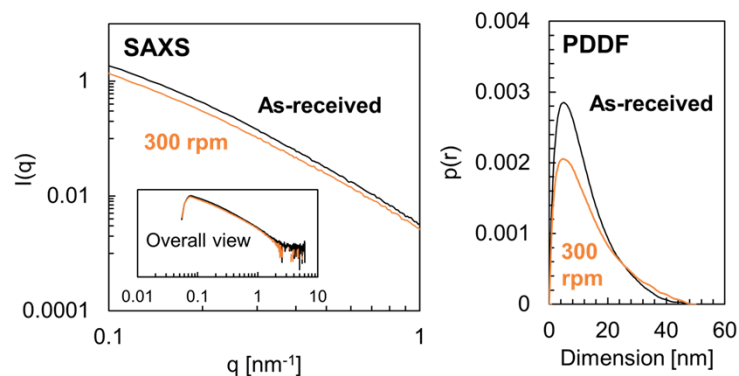
Previous work

レオロジー特性

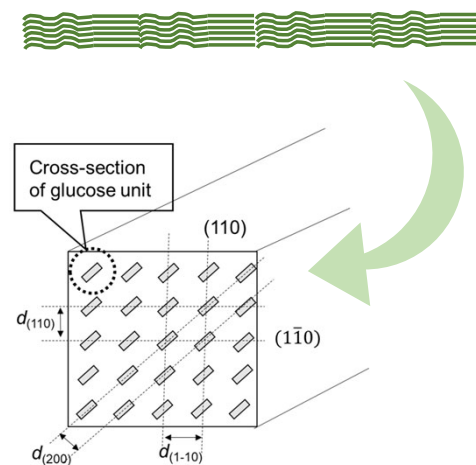
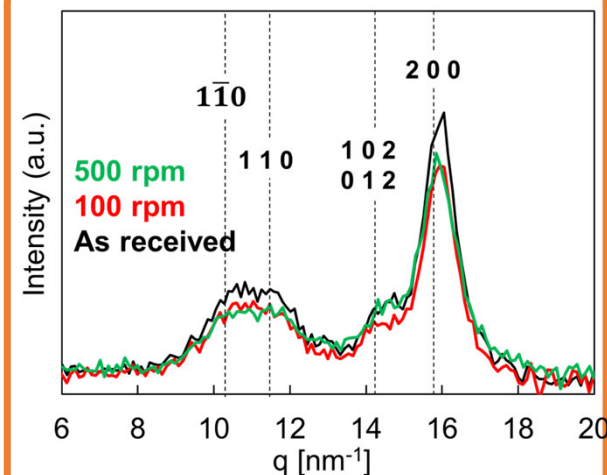


Takai et al., Cellulose 2021, 粉体工学会誌2021

繊維径

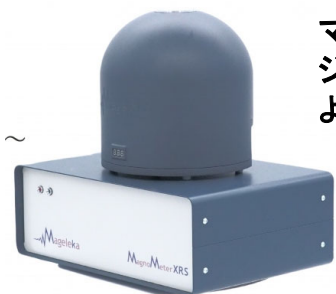


結晶構造



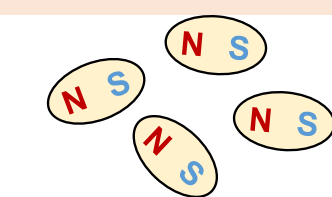
Collaborator: AntonPaar Japan

低磁場核磁気共鳴(TD-NMR)

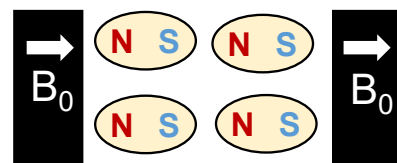


マジエリカ・
ジャパンHP
より

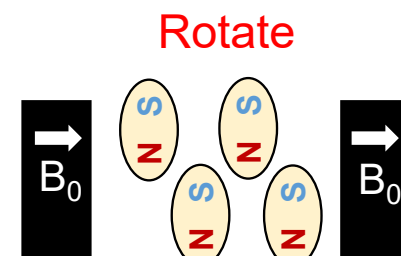
Portable benchtop NMR
Operating at 12 MHz



H atoms in liquids
as **random magnet**



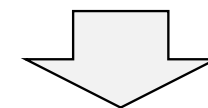
Align in the direction
of the **magnetic field**



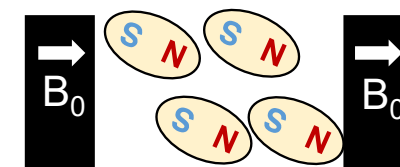
Rotate



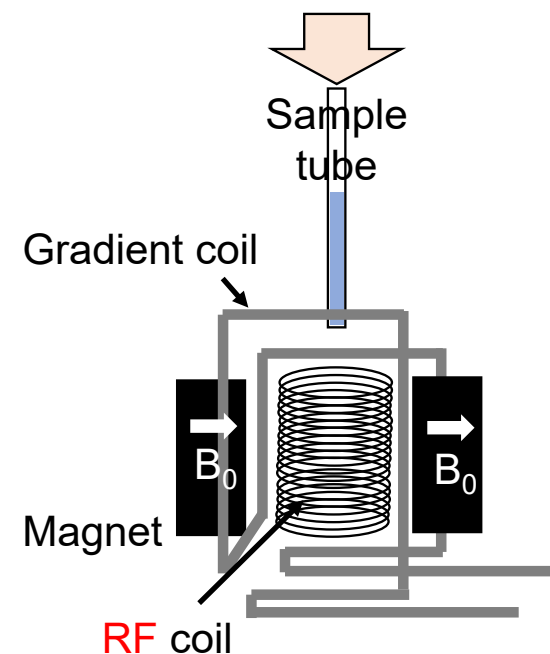
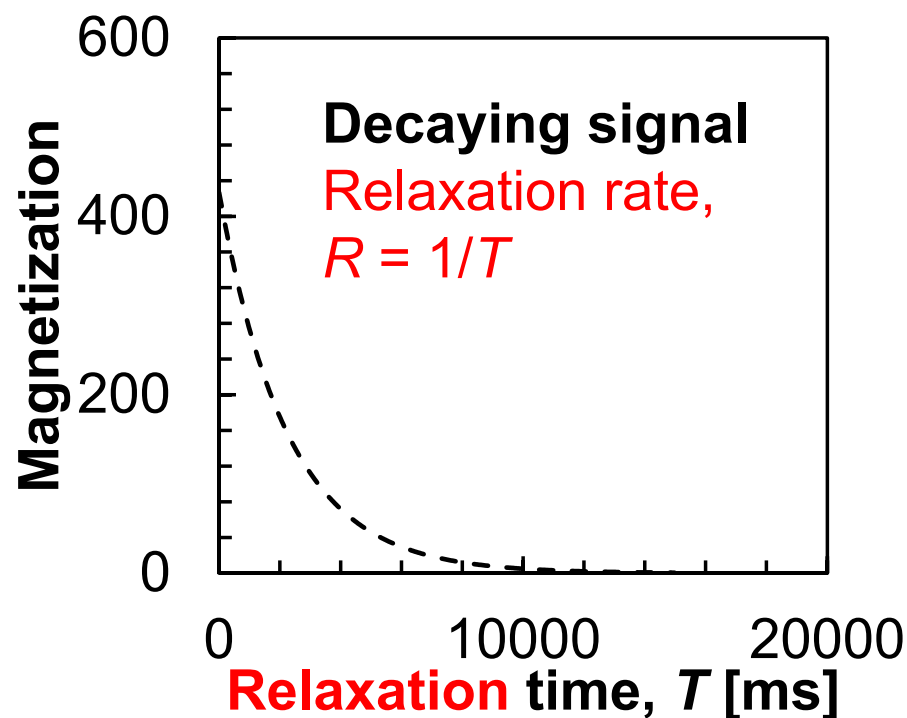
Short RF pulse



Relax and rotate back



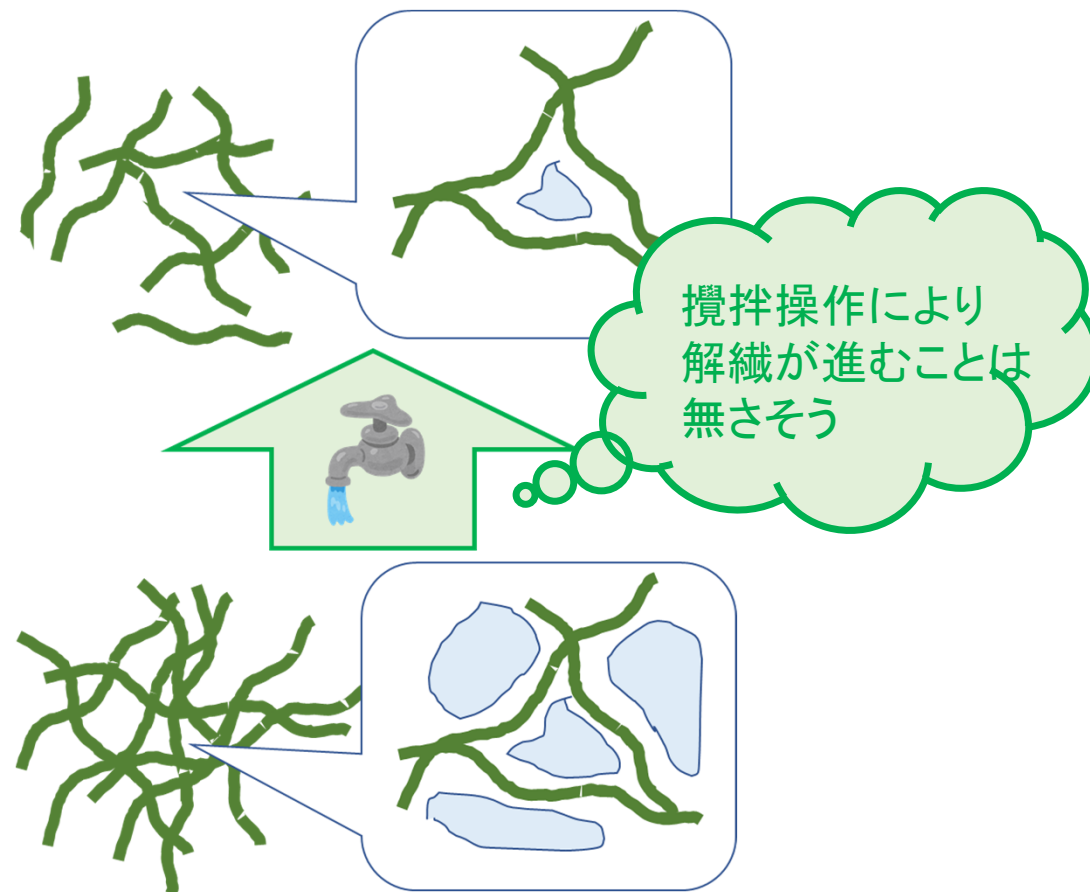
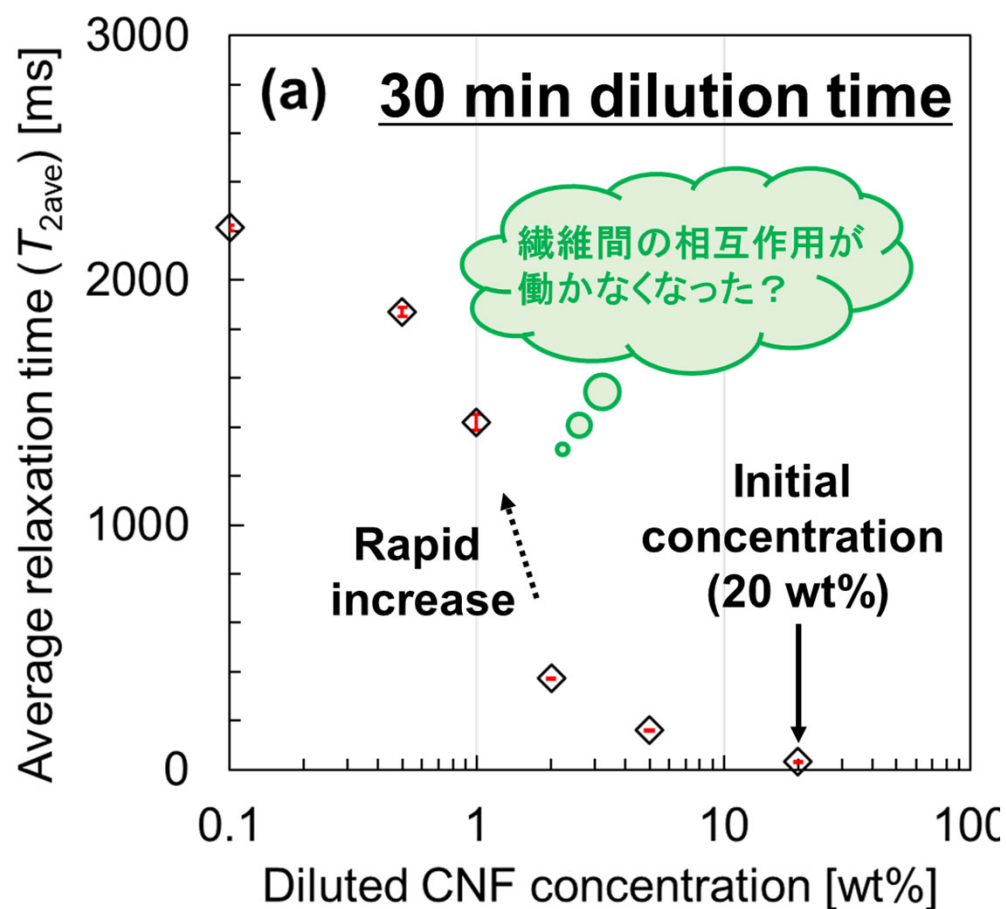
Short RF pulse is
turned off



Relaxation time VS diluted concentration

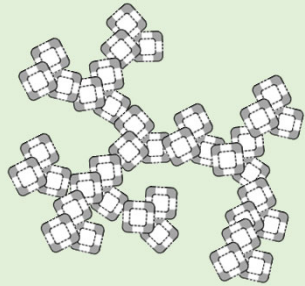
Takai et al., Cellulose2022

共同研究：マジェリカ・ジャパン

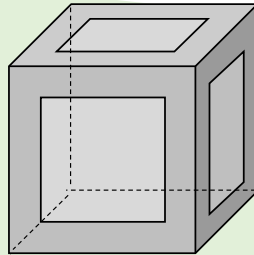


TD-NMRを使って、液中CNFの分散状態を評価する基盤ができた。

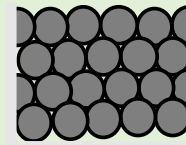
粉をしらべるー構造と機能の関係は？



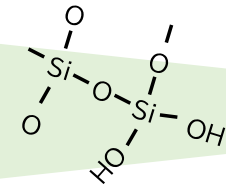
分散凝集構造



粒子単体構造



細孔構造



分子構造



機械学習を使ってみよう！

どんな機械学習が**粉体材料の構造と機能の関係**を明らかにできるかなあ

データを取りやすい粉体はないかしら・・・

1 cm

これだ！



カブトムシ幼虫糞を調べてみよう！

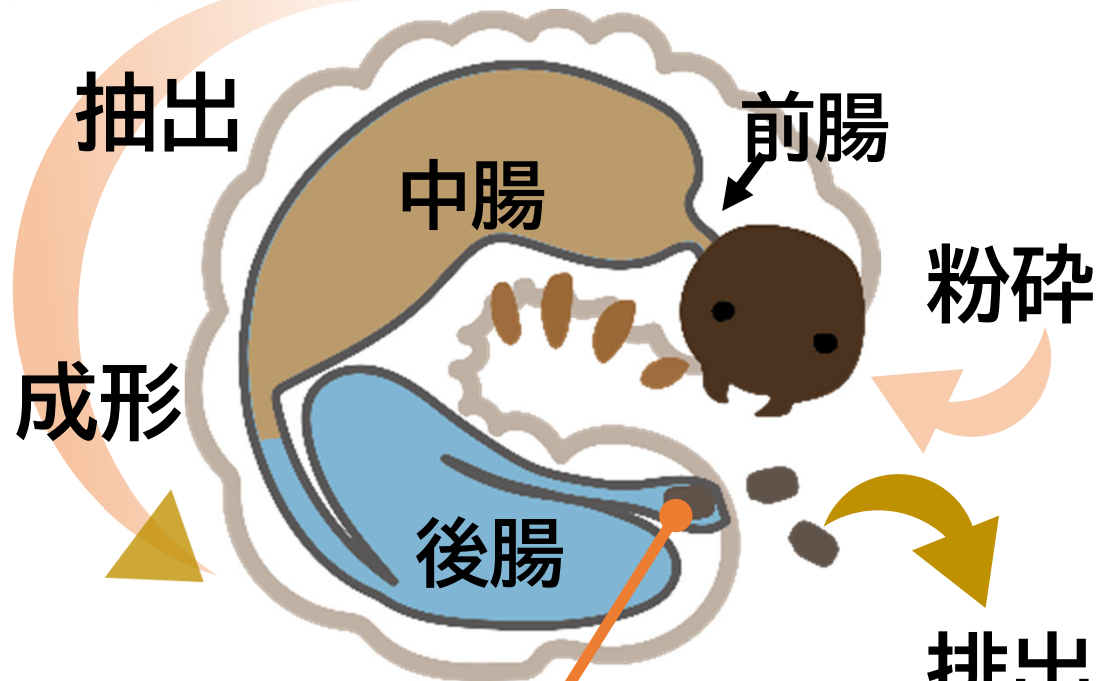


粉体技術使ってるやん！



糞の形状から雌雄差が分かる？

参考: 小島渉, カブトムシの音が聞こえる 土の中の11か月, 月刊「たくさんのふしぎ」,
Wada et al., Entomological Science (2020) 23, 33-43



後腸

- ・糞の形が決まる
- ・生殖器がある？

機械学習
(マハラノビス-タグチ法; MT法)
で分類してみよう！

名古屋大学
山下誠司助教の
ご協力



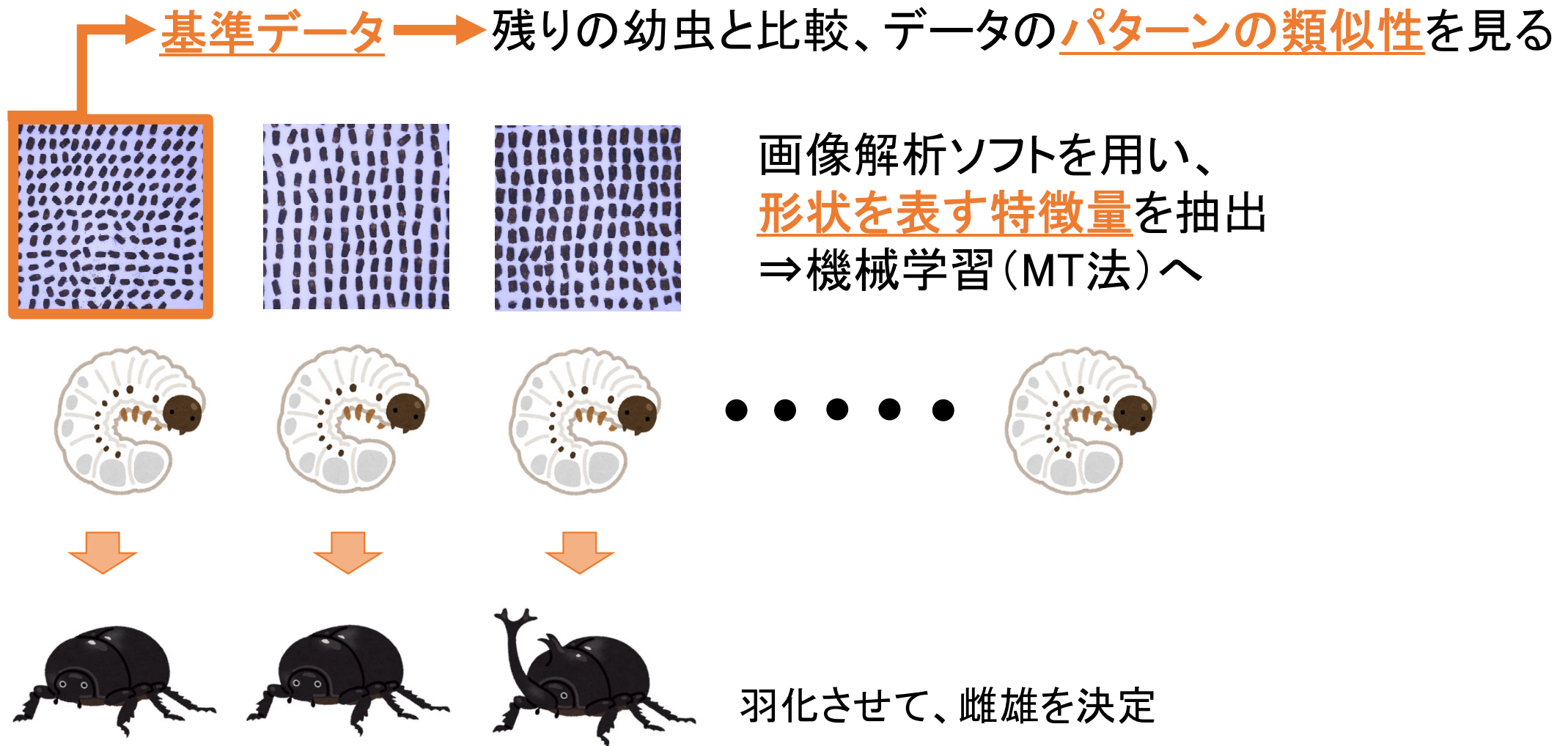
イイヨ

教えて
くださーい！



糞の形状に
雌雄差があるのでは？

糞の形状がもたらす雌雄差を機械学習で分類



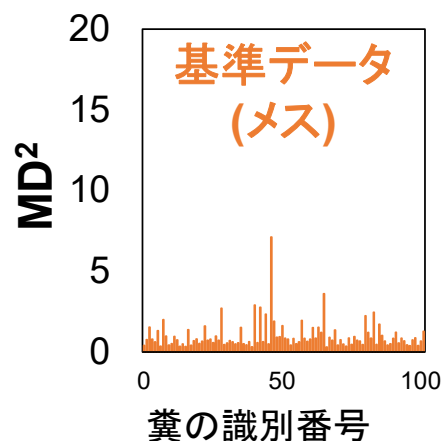
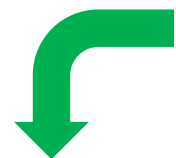
マハラノビス距離の比較によるパターンの類似性

マハラノビス距離(**MD²**):
複数のデータの相関関係を考慮した値

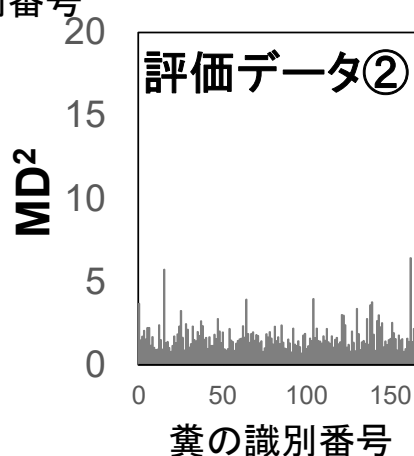
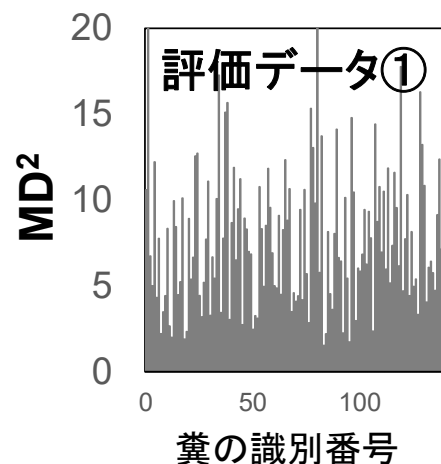
$$MD^2 = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k \sum_{q=1}^k a_{pq} Y_p Y_q$$

α : 標準化した基準データの相関係数行列の逆行列
 Y : 評価データの標準化後の成分

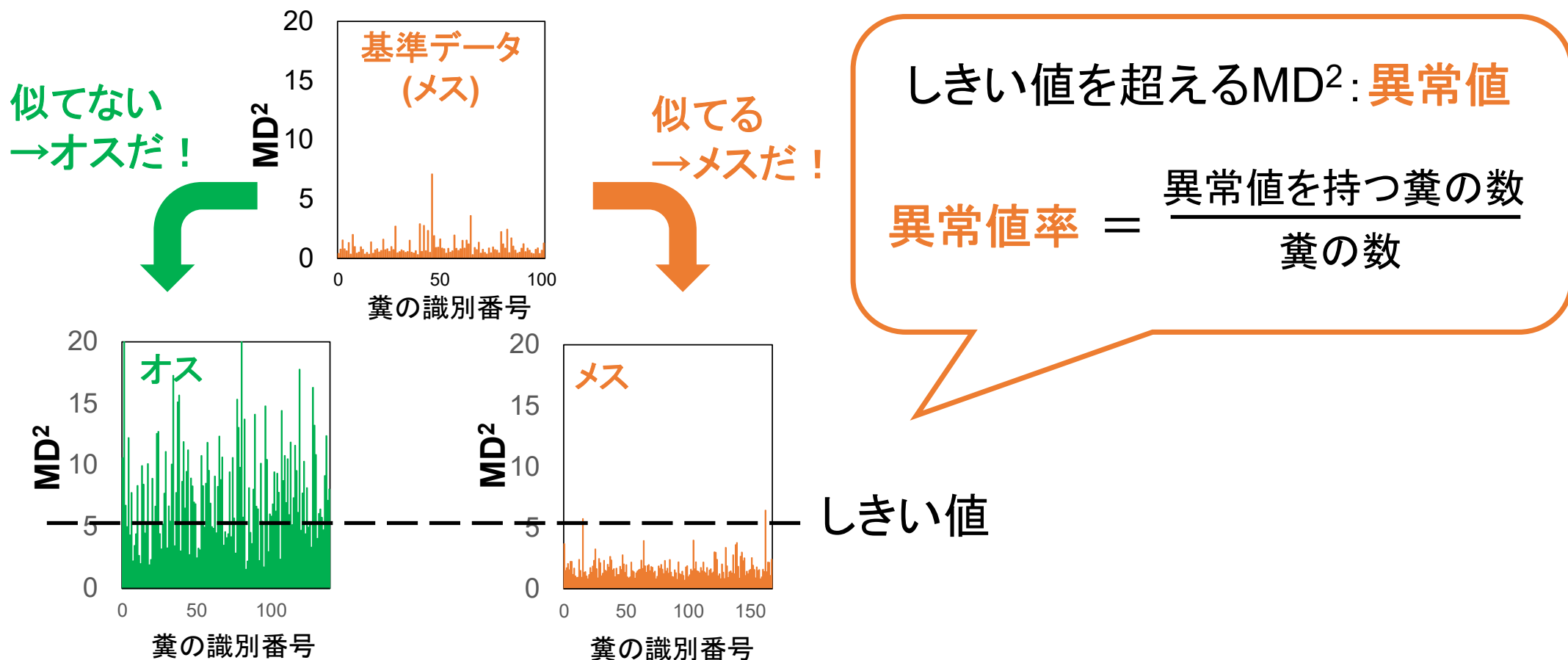
似てない
→オスだ！



似てる
→メスだ！

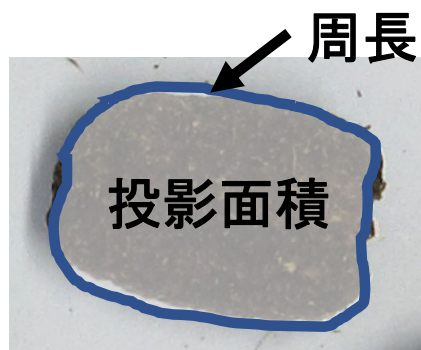
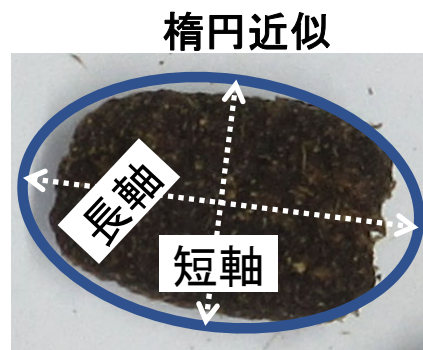
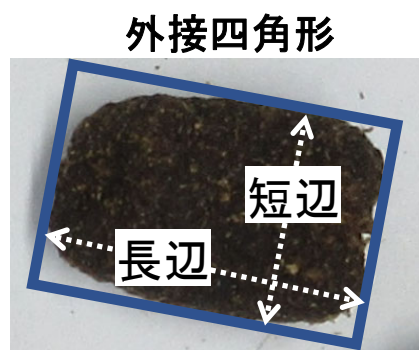


基準データと似ていない＝異常値率として算出



異常値率が大きい＝オス、異常値率が小さい＝メス

糞の形状を表す特徴量の選択



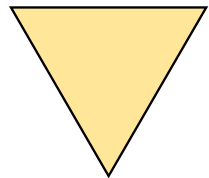
※(最大)フェレ径:
粒子の対向する輪郭線に接した
平行する接線間の最大距離

七つの特徴量

- A. 長辺／短辺
- B. 長軸／短軸
- C. 周長／フェレ径
- D. 投影面積／フェレ径
- E. 円形度
- F. 真円度
- G. 凸度

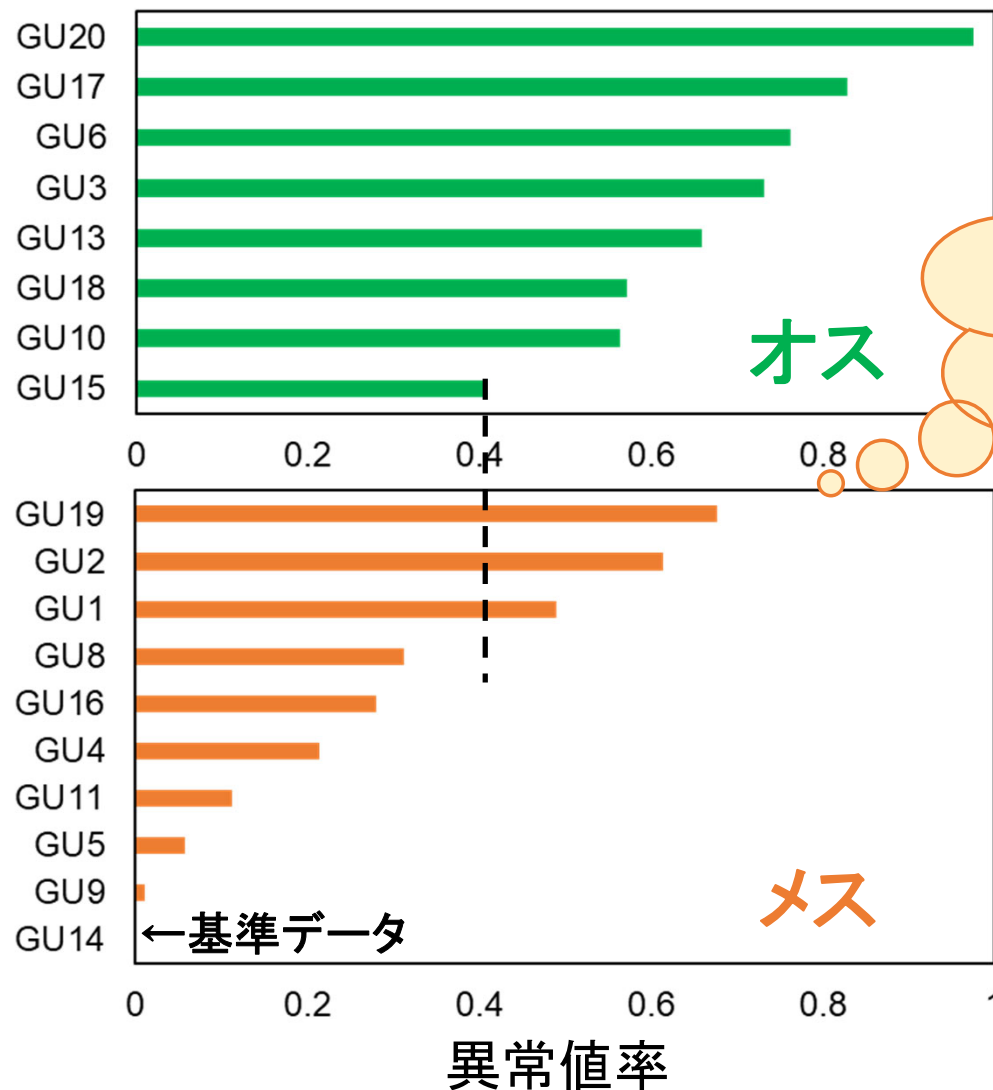
七つの特徴量をすべて用いて異常値率を比較すると...

オス



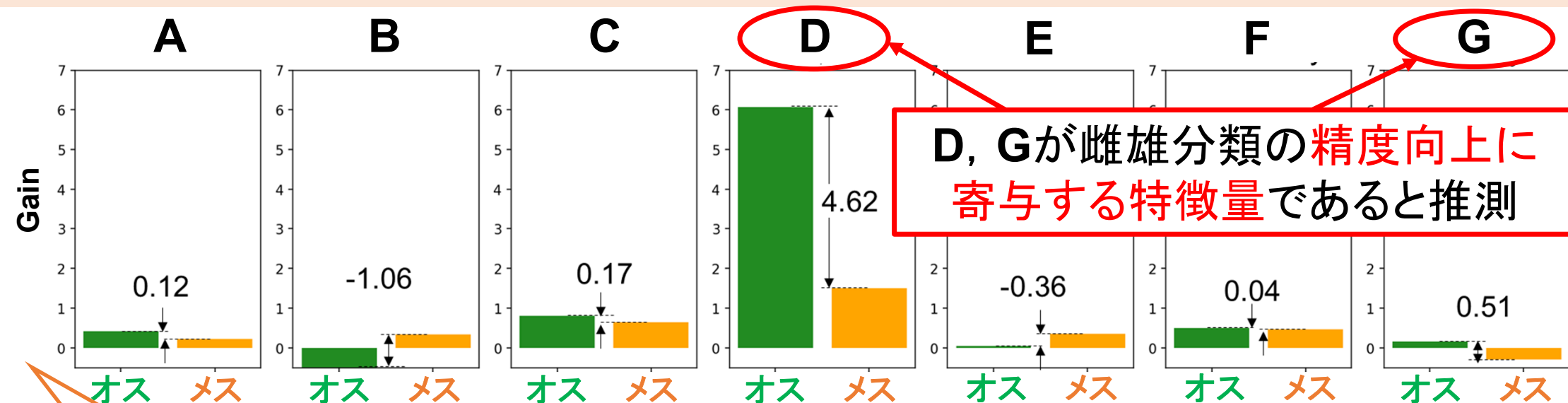
メス

幼虫の個体識別番号



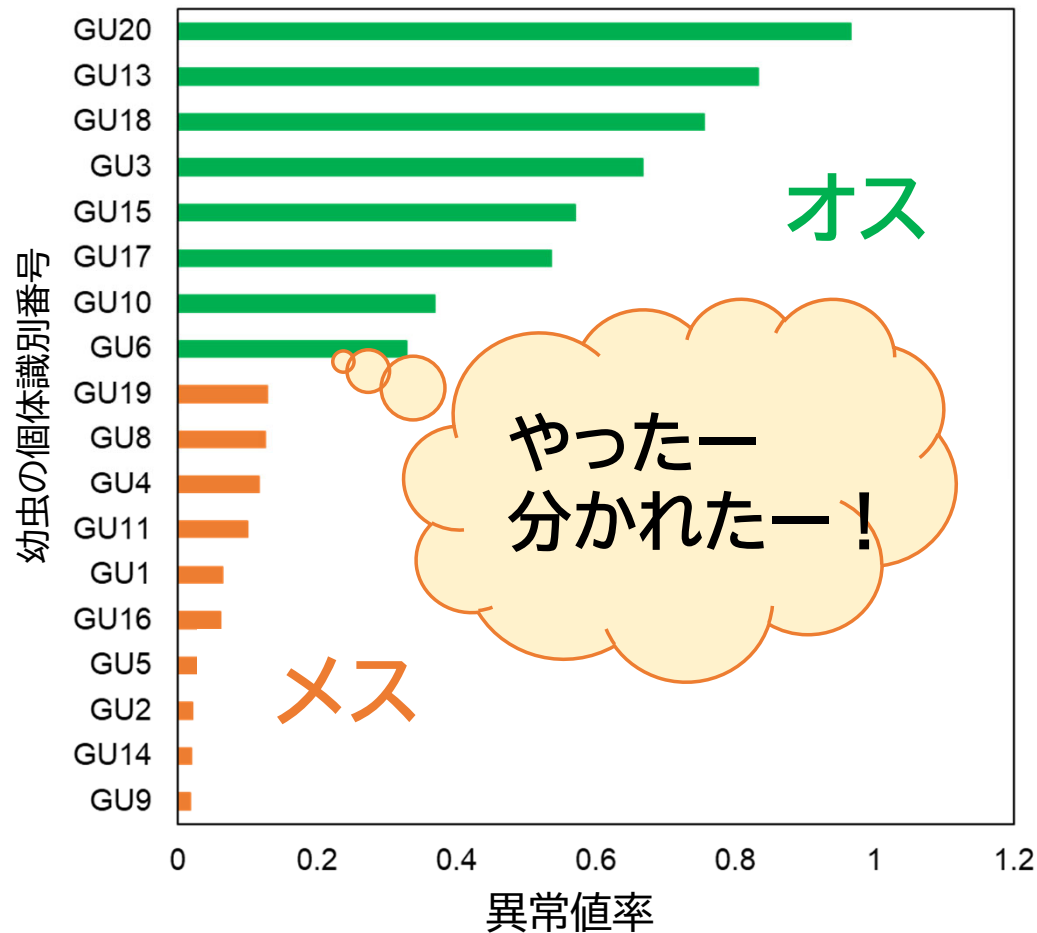
七つの特徴量では
分類できない個体がいる
⇒原因分析へ

原因分析による分類精度向上に寄与する特徴量の抽出



オスのGainを上げ、
メスのGainを下げたい。

糞の形状から雌雄を分けることができた！！



個体差による違いを排除し、雌雄分類に寄与する形を抽出
⇒粉体材料設計に応用できそう！

身近な粉を調べてみよう！
—幼虫の糞の形から雌雄が分かる？—

QRコード

動画公開中！
Glocal lesson

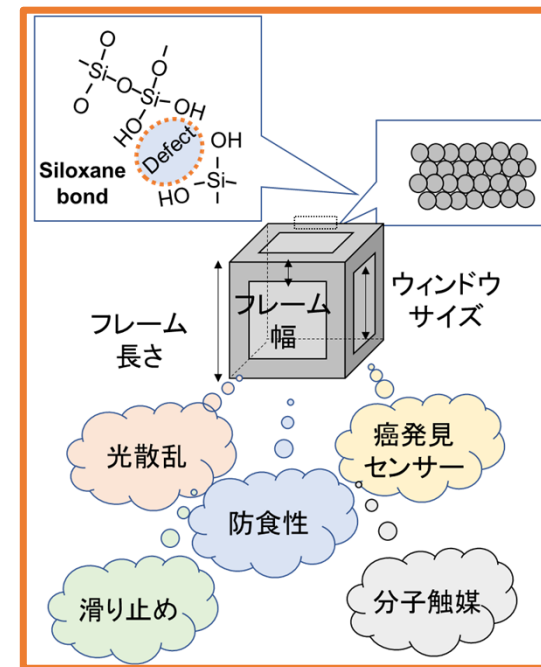
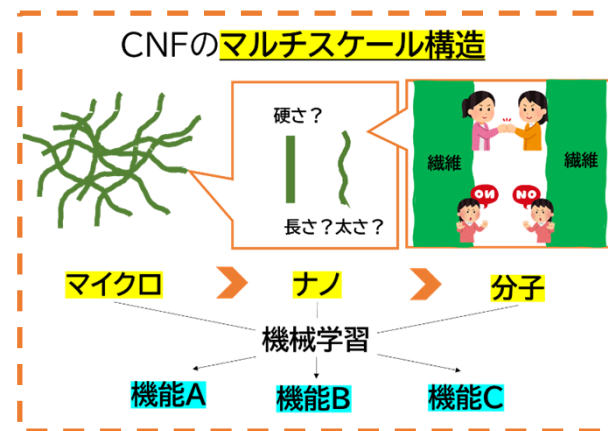


—MT法を材料設計へ—



表面粗さに起因する特徴量

個体差による違いを排除



材料設計への応用

家族で学んだ糞(粉)体工学

コロナ禍の研究 息子の影響

国が「すべての女性が輝く社会づくり」を掲げ、あらゆる場で女性の活躍が期待されている。追い風に見える一方、尻込みする女性も少なくないだろう。私もその一人。家事育児と研究を両立できるのか。女性研究者たちに聞くたびに「相当優秀じゃないと無理だ」と諦めつつあった。

2014年、息子が生まれた。片腕で抱けるほどの小さな生命体だ。私が深い眠りに落ちたらこの子は死んでしまう、と必死だった。スクスク育つ一方、行動範囲が広がり、目まぐるしい毎日に。1年後に復職したが、研究に集中できていたとは言い難い。

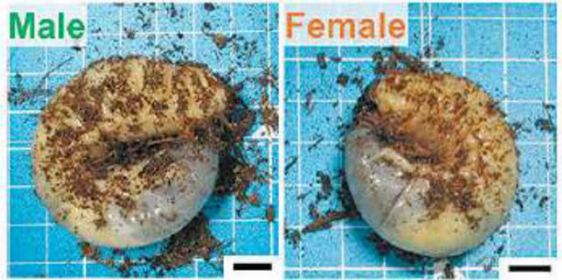
息子が将来爬虫類博士になると言った。そして私に「将来何

になりたい？」と聞くのだ。私にもまだ「将来」がある。どうになりたいのか自身に問うた。

あるとき欧州留学の案内が届いた。私は母親になったのだ。行けるわけがないという思いと、外の世界を知りたいという思いが交錯した。当初は3歳の息子の帯同を計画したが最終的に単身留学を決めた。「子ども

は女親がみるもの」というパイアスに縛られていた私にとって一大決心であったが、留学先の研究者の「やりたいことをやりなよ」という反応に、「私らしい研究者になっていいんだ」と視界が開けた。

岐阜大に来て5年。息子の影響でカブトムシの飼育にハマった。彼らは幼虫時代、ふぞろいの



研究データを取ったカブトムシの幼虫。コロナ禍に息子と育てることが研究につながった



高井千加さん

木粉を食し依状の糞に整えて出す。私の専門は粉体工学だ。幼虫は粉(糞)の達人だと思った。糞の形が決まる腸付近には生殖器がある。じゃあ、糞の形には雌雄差があるのかもと思った。

折しもコロナ禍で私たち夫婦の勤務先も息子の保育園も閉鎖になり、自宅でもできる研究を

模索していた。息子を巻き込んで糞を集め、画像をコンピューターに取り込んで、研究者の夫に形の違いの傾向を解析してもらった。ある日データを整理していたら、糞の形に雌雄差を生み出す因子を見つけた。

興奮のあまり小躍りし、息子に白い目で見られたけれど、仮説が実証されたときの感動は何にも代えがたい。研究は身近な疑問を解決する工程の積み重ねだ。「なんでだろう」が「なるほど」に変わる瞬間が楽しい。これが職業になるなんて、こんな幸せなことはない。

るもの…」と、いろんなバイアスを自分に掛けて、勝手に苦しんでいたのかもしれない。何事にも「こうあるべき」というのはなくて、各自の個性や考えに基づいて、自由につくればよいのだと今は思う。そうすれば、おのずと多様で豊かな社会ができあがっていくのだろう。だから、「やってみたい」と思うことがあればぜひ、諦めずにできる道を探してみてほしい。きっと自分に合った働き方が見つかるはずだから。

たかい・ちか 岐阜大工学部化学・生命工学科、東北大多元物質科学研究所准教授、専門は粉体工学。名古屋工業大学大学院修了。博士(工学)。

「やってみたい」諦めないで

私はずっと「母・妻・女性た

興味があったら見てみてください！

動画公開中！ (Glocal lesson)



身近な粉を調べてみよう！
—幼虫の糞の形から雌雄が分かる？—



岐阜大学 工学部 化学・生命工学科
物質化学コース 准教授
高井(山下)千知



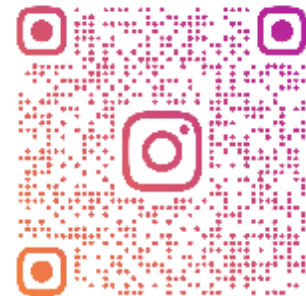
身近な粉を調べてみよう！
—粒子が凝集したらどうしよう？—

岐阜大学 工学部 化学・生命工学科
物質化学コース 准教授
高井(山下)千知



論文公開中！

広報誌“岐大のいぶき”



TAKAILAB_GU

粉の魅力を引き出す粉体技術

つくる

しらべる

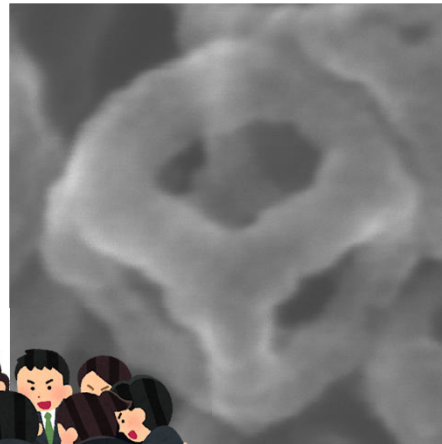
粉

つかう

見方を変えると新しい知見が生まれるのかも



おなかのV字は
生殖器由来だよ

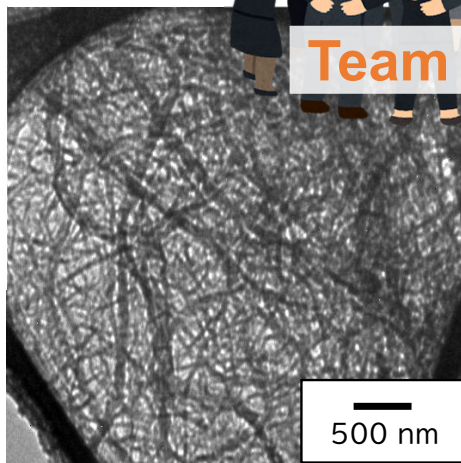


形を調べてみたーい



機械学習やろかー

腸内細菌の種類
はオスとメスで
違いがないよ



Team KONA



粉を使いたい！



様々な分野の方と交流できればと思っています。よろしくお願いします！