

【 ナ ノ の 地 平 】

「ナノ・テクノロジーの新たな事業モデルへの活用・展開」

日本イノベーション融合学会第3回研究発表会
2016年3月19日

(株)フェザーグラス 羽柴 智彦

【 ナノテクノロジーとは 】

ナノ(nano, 記号: n)

は国際単位系 (SI) における接頭辞の一つで、以下のように、基礎となる単位の 10^{-9} 倍(=十億分の一、0.000 000 001倍)の量であることを示す。

1ナノメートル = 0.000 .000. 001メートル

1ナノ秒 = 0.000 .000. 001秒

電子機器やコンピュータシステムにおいて、「ナノ」で表される時間や長さ(ナノ秒 (ns)、ナノメートル (nm))はよく登場する。

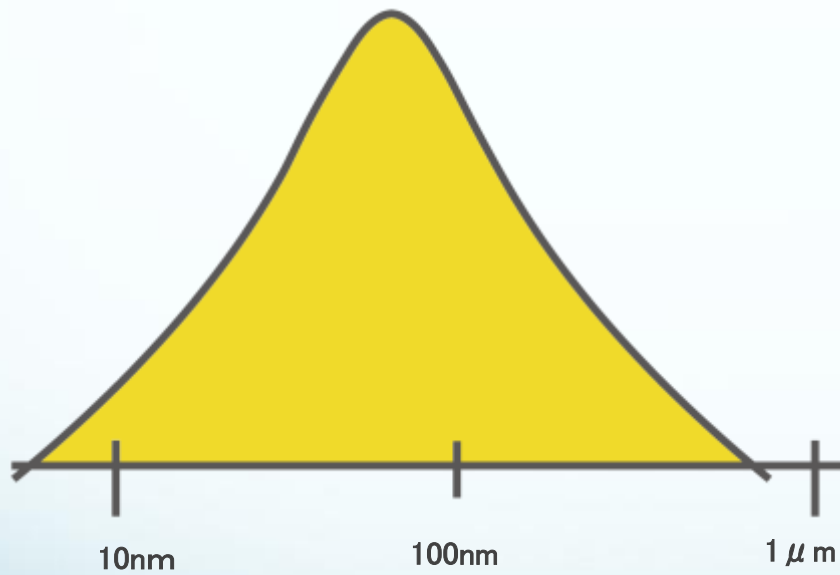
例: 人細胞(白血球) $10\ \mu\text{m}$ ～、細菌類 $1\ \mu\text{m}$ 、1原子0.1nm

何故にナノが騒がれるのか？

[100nmの壁]

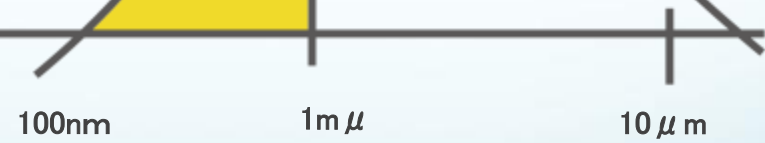
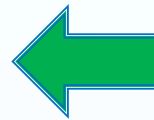
現状の一般的なナノテクは【サブミクロン】

本来のナノテク



現 状

平均粒径PM2.5



【 ナノの特性 】

高い【 反応性 】

ミストの直径が1/10になると

直径 1mm : 表面積 3.14mm^2

〃 0.1mm : 表面積 0.0314mm^2 1/10

体積 1mm : 0.524mm^3

〃 0.1mm : 0.0005233mm^3 1/1000

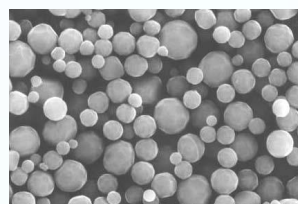
同体積にすると表面積が10倍

直径を1/1000にすると $10 \times 10 \times 10 \Rightarrow 1000$ 倍

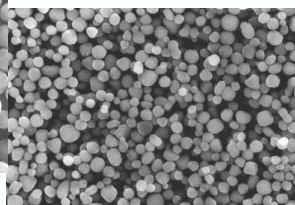
ニッケル超微粉

CVDによる超微粉技術が最先端電子部品の高性能を創る

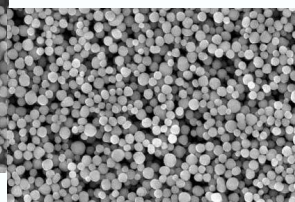
※JFEカタログより



NFP401 (平均粒径 0.4 μm)



NFP201S (平均粒径 0.2 μm)



開発品 (平均粒径 0.2 μm 粗粒 0.6 μm cut)



製品の特徴

- ①球形
- ②粒子径の精密な制御が可能
- ③シャープな粒度分布
- ④高い結晶性
- ⑤安定した表面酸化膜
- ⑥平滑な粒子表面
- ⑦高純度

平均粒子径 0.1 ~ 0.5 μm

幾何標準偏差 1.3 ~ 1.5

平均結晶子サイズ > 0.1 μm

表面が約 3nm の酸化膜で覆われています

Ni > 99.9%



用途

積層セラミックコンデンサ用内部電極
その他電子部品用電極材料など

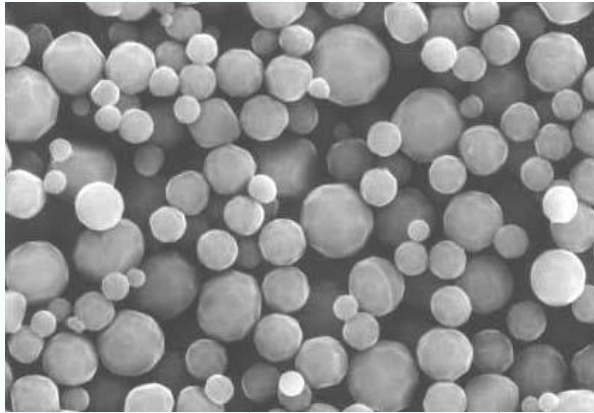
■主な製品の物性値 (例)

製品名	平均径 (μm)	比表面積 (m ² /g)	タップ密度 (g/cm ³)	粗粒計数* (個/5千倍20視野)
NFP401	0.4	1.7	3.9	
NFP401S	0.4	1.7	3.9	2μm以上3ヶ以下
NFP301S	0.3	2.6	3.5	2μm以上2ヶ以下
NFP201	0.2	3.4	3.0	
NFP201S	0.2	3.4	3.4	2μm以上2ヶ以下
NFP201X	0.2	3.7	3.7	0.8μm以上6ヶ以下

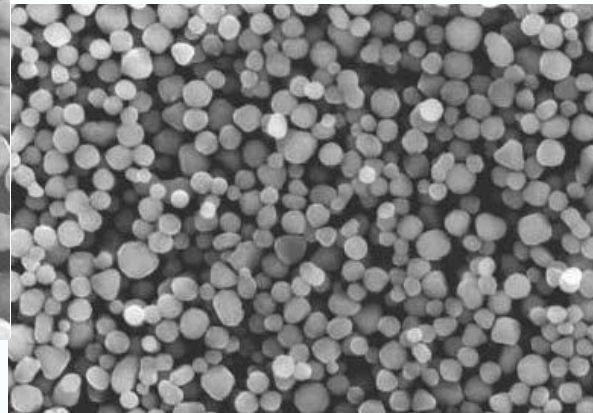
(*社内計測値)

■化学成分 (%)

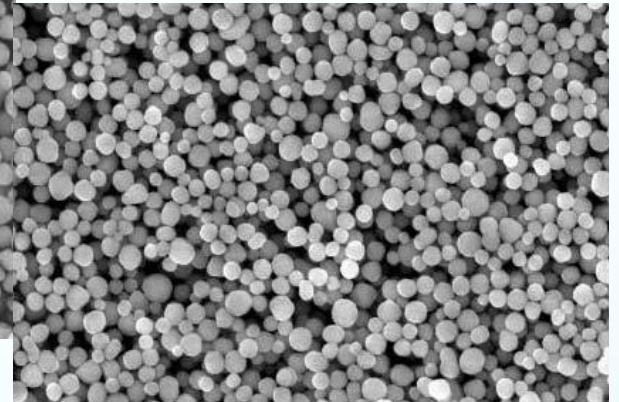
Ni	Fe	Co	Mn	Cr	Na	K	Cl	O	C
> 99.9	0.005							0.8	0.06
(0を除く)	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.3	0.04



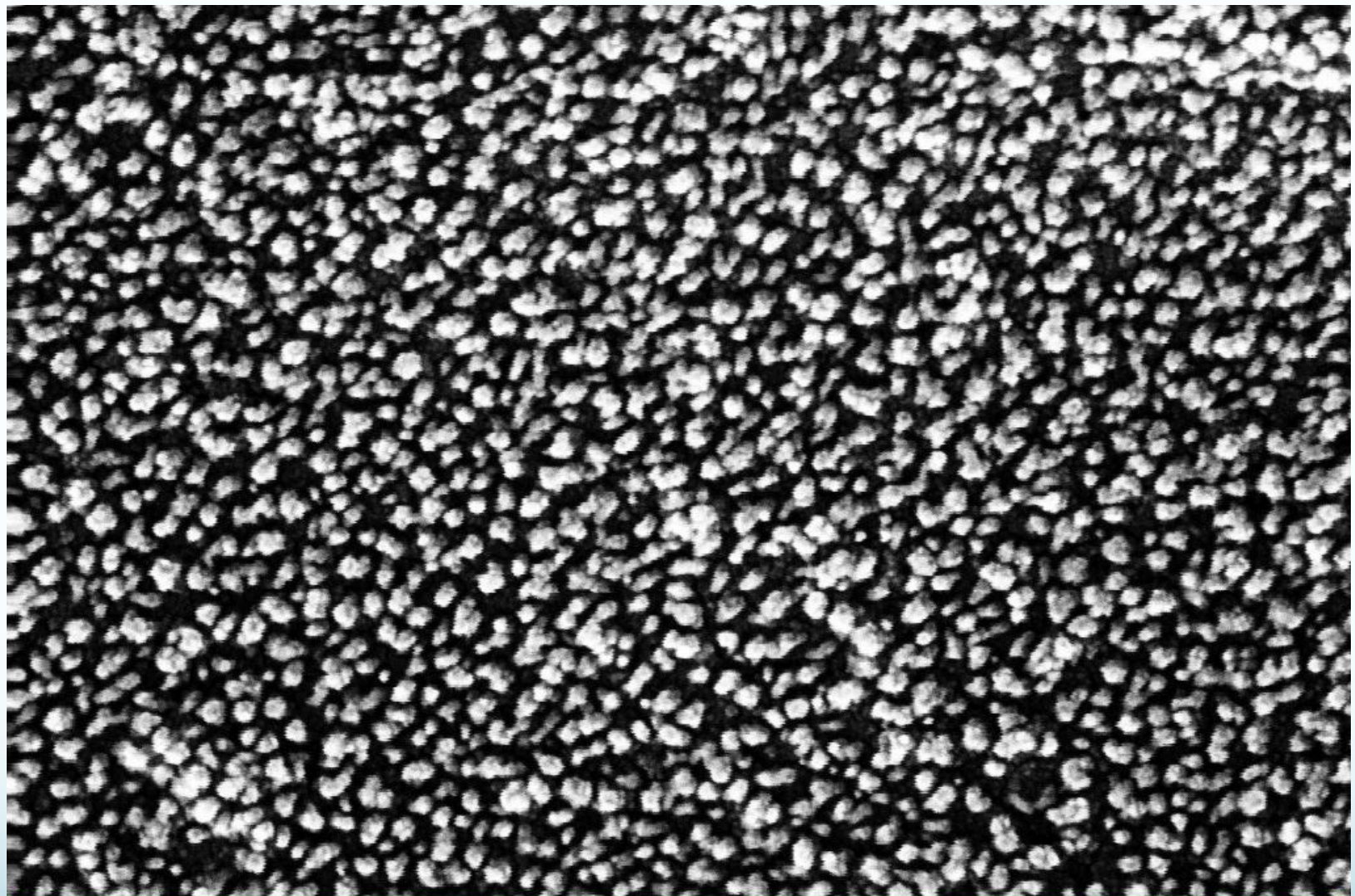
NFP401 (平均粒径 $0.4\mu\text{m}$)



NFP201S (平均粒径 $0.2\mu\text{m}$)



開発品 (平均粒径 $0.2\mu\text{m}$ 粗粒 $0.6\mu\text{m}$ cut)



20nm



WD = 6 mm

EHT = 15.00 kV

Signal A = InLens

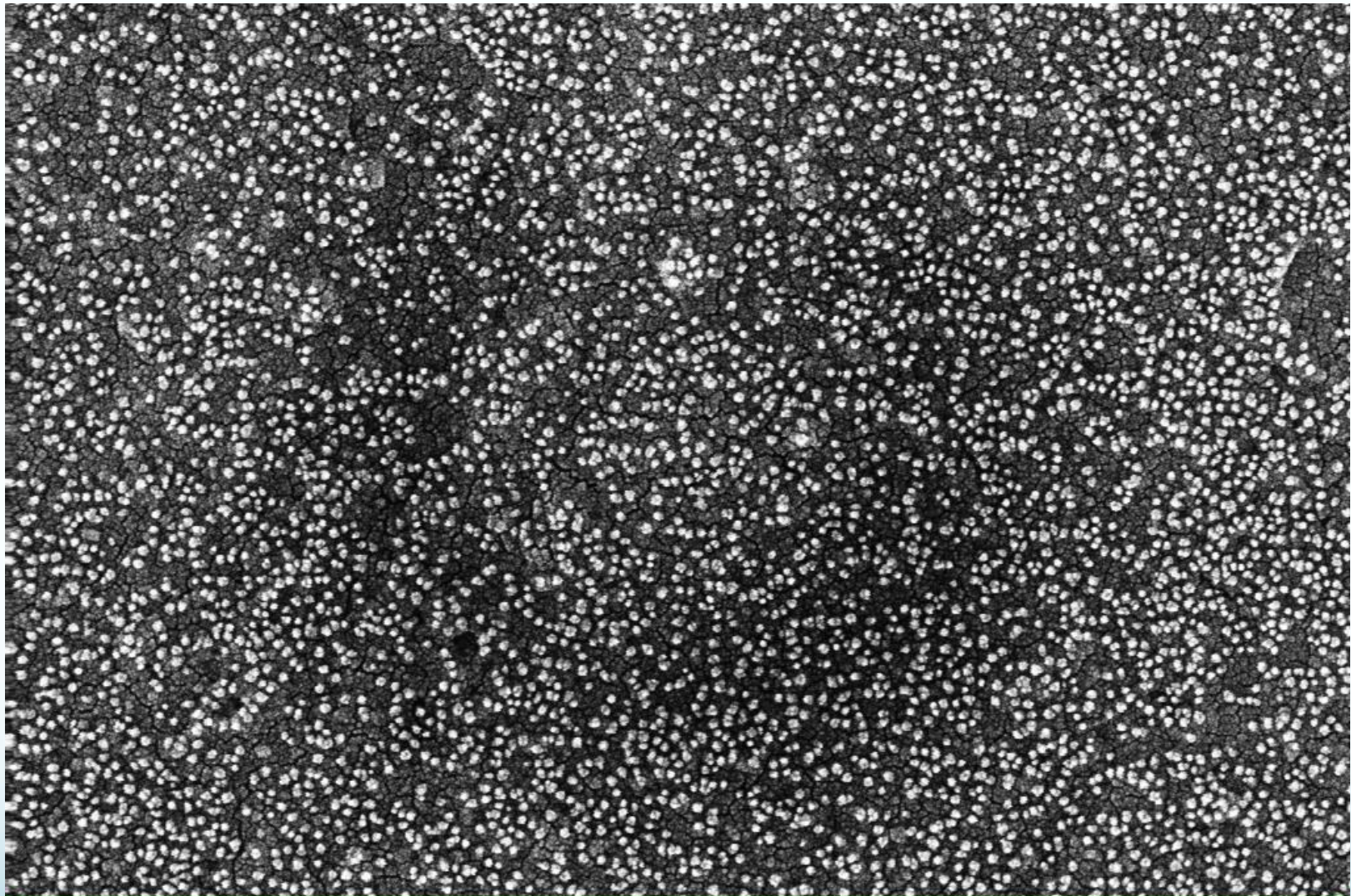
System Vacuum = 8.60e-004 Pa

Mag = 100.00 K X

Date : 8 Mar 2011

Time : 14:47:41

Serial No. = SUPRA 40-25-14



100nm



WD = 6 mm

Mag = 50.00 K X

EHT = 15.00 kV

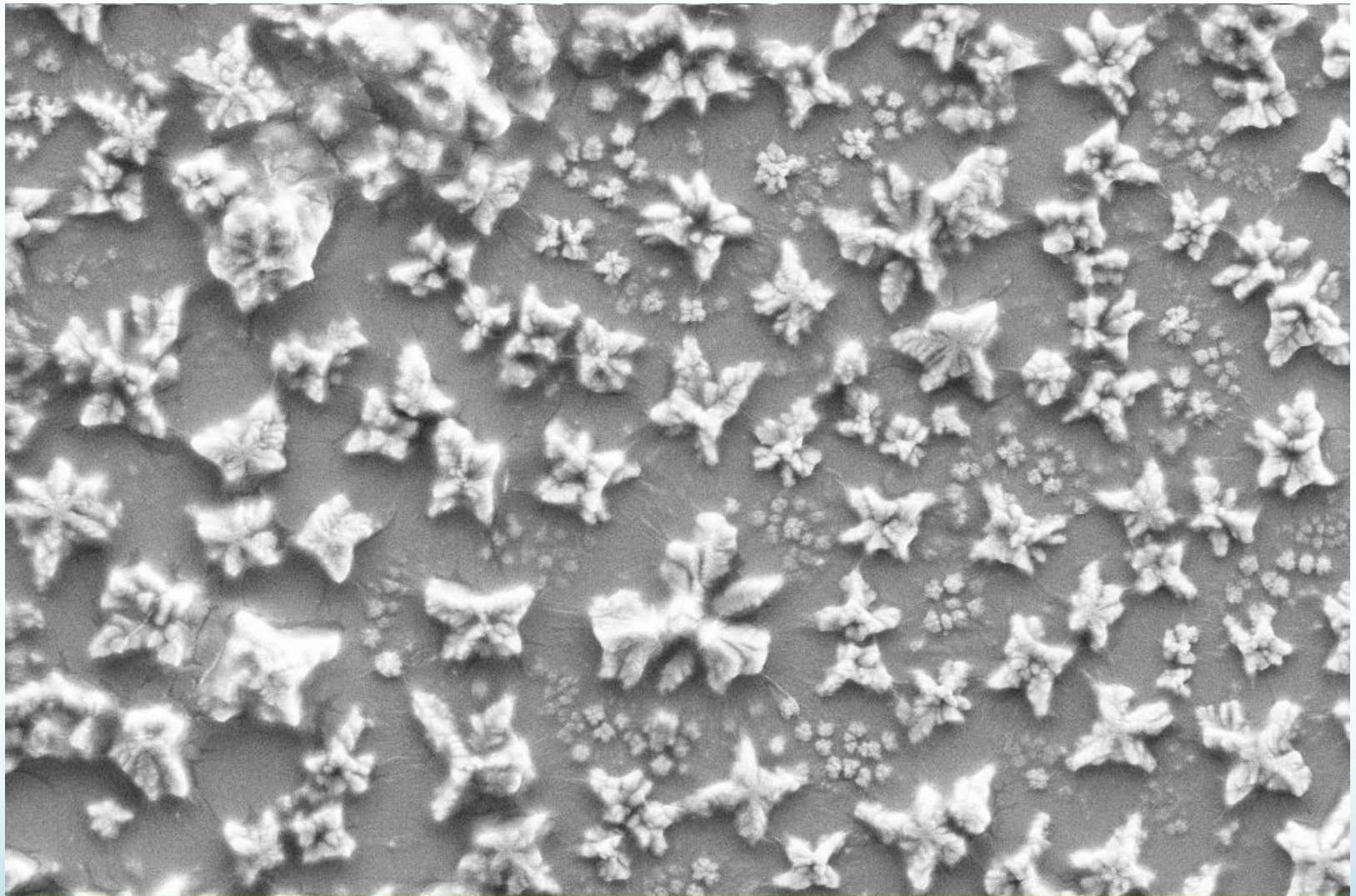
Date : 8 Mar 2011

Signal A = InLens

Time : 14:39:43

System Vacuum = 9.90e-004 Pa

Serial No. = SUPRA 40-25-14



10µm



WD = 25 mm

Mag = 600 X

EHT = 15.00 kV

Date :5 Feb 2011

Signal A = SE2

Time :12:23:39

System Vacuum = 6.31e-004 Pa

Serial No. = SUPRA 40-25-14

I 超微粒子選別発生装置

【 BM 噴霧システム 】



クリーンルームでも採用されている
コンプレッサー内蔵型
BM-MG20-E



船全体への噴霧を想定した合成イメージ画像

【 BM 噴霧システム 】

特殊ノズル、微粒子選別タンクの組み合わせとより、大空間への大量ミスト噴霧が初めて可能になりました。今まで考えられなかった メタル合成、塗布、各種薬剤散布、冷却、殺虫・殺菌等の可能性が大きく広がります。

【 大空間噴霧システムの特徴 】

高粘度原料(希釈不要)を超微粒子ミスとし、短時間/大量噴出霧が可能

- 高粘度液(粘度～10,000cp)の噴霧も可能
- 平均粒径 $2\sim 5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 以下の可能(通常噴霧器 $10\sim 30\mu\text{m}$)の超微粒子ミストを発生可能
- 希釈しないための実噴霧量が格段に少なくなり、超微粒子ミスト化により作用効果が飛躍的に向上
- 希釈水がないので加湿の心配がなく、設備装置の吸湿が無い
- 噴霧量がノズルの複数化、システム複数化により大量噴霧に対応

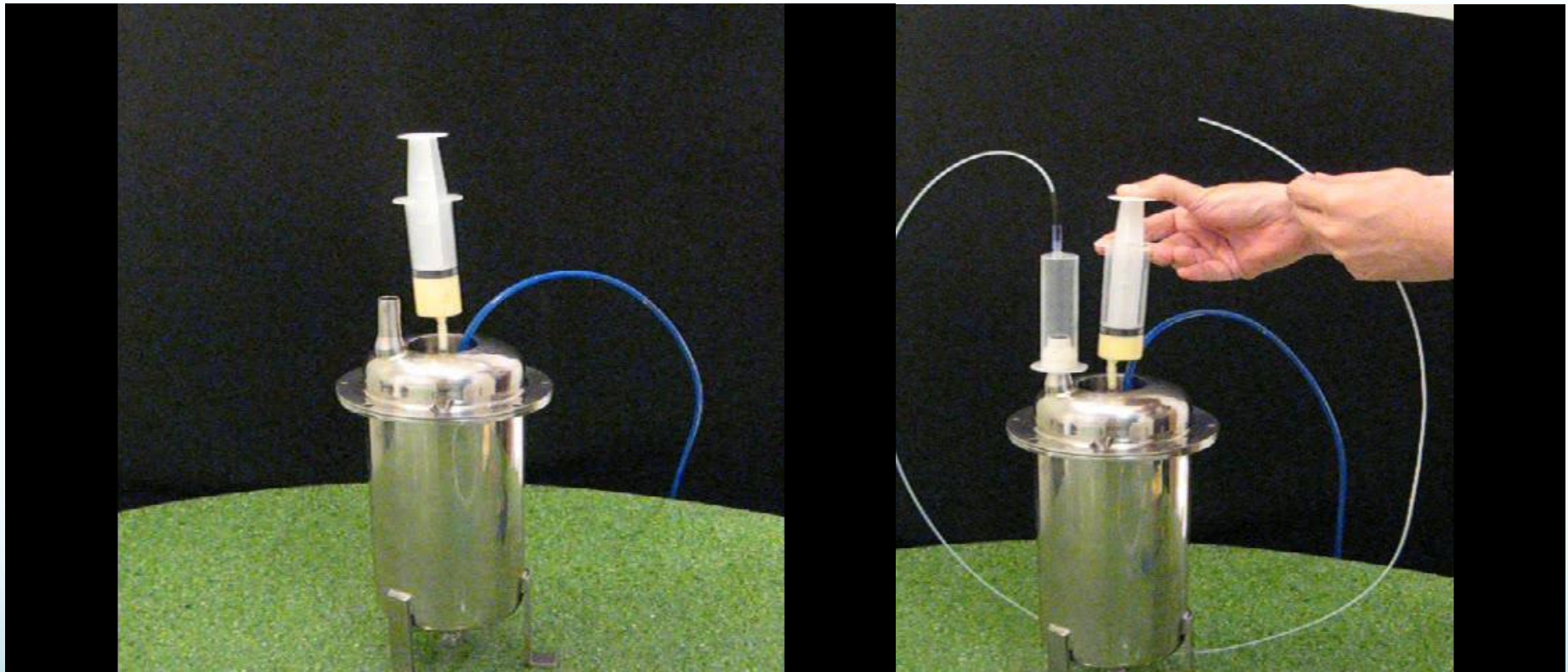
初の電荷無しのミストを発生

- 電化が無いミストの為、ミスト単体同士の凝集がなく結露や霧滴化が無い為、容量当たりのミスト量/濃度(通常の30倍以上)、拡散飛距離が飛躍的に向上
- ミストは電荷がゼロベースである為、電荷(+/-)コントロールが容易
- 対象物に付けたり付けなかったりのコントロールが容易に可能
- 荷電した超微粒子ミストにより単体液量当たりの効果が飛躍的に向上

ノズルの目詰まりが無く、メンテナンスフリー

- 高粘度の薬剤も目詰まりすることなく、超微粒子ミストを均一噴霧

【超微粒子選別・発生装置】のデモ

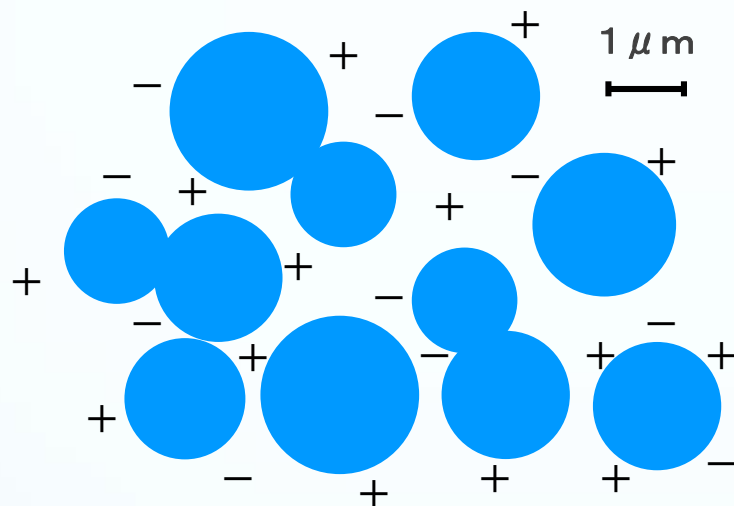


この画像はマヨネーズの微粒子選別

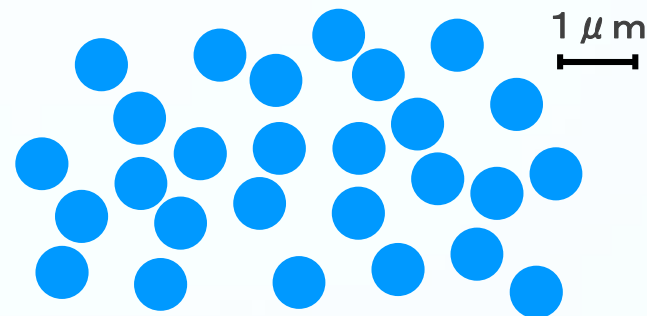


【電荷の無い均一ナノミスト】

一般的なドライミスト



フェザーグラスの均一ナノミスト



(注) $1\mu\text{m}$ より小さいのがナノサイズです。

粒径が大きく不均一、
表面に電荷を持つ(レナード効果)



凝集しやすいため、蒸発しにくく、
周辺を濡らしてしまう
気化熱冷却には不適



凝集せず、蒸発し易く、
周辺を濡らさない。
気化熱冷却には最適

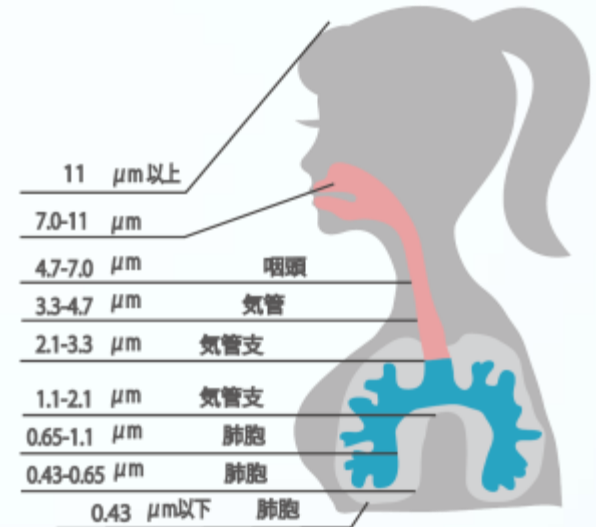
【ネブライザー投薬システム】

● 現状ネブライザーの技術限界と問題点

- ① 形成出来るミストの平均粒径は $10\sim 20\mu\text{m}$ である。
気管→気管支→肺胞と粒径の大きさにより、ミストが到達出来る部位が決まり、肺胞の入り口までが $5\mu\text{m}$ 以下である。
肺胞には到達出来ず、噴霧投与された薬剤の10%程度しか気管支には到達しない。
- ② 高粘度の薬剤は噴霧出来ない。
アルコールでもほとんどの機種が噴霧出来ない。
- ③ 熱・圧力変性により、ワクチンの多数同時接種対応は出来ない。
- ④ 既存ネブライザーは、1人1台の使用であり、注射よりも手間と時間を要す。

【超微粒子選別・発生装置】

- 数nm～数10 μ mの均一径の粒子を熱・圧力変性することなく、発生することができる
- かつ、2種類の物性の異なる素材の混合/カプセル化も同時に行える



WTナノ微粒子選別発生システム

- デリケートな素材や高粘度素材に対応。10,000cP以上の素材にも対応します。
- 素材への負荷を軽減。粒子の破碎、摩擦などが起こらず、素材の損傷、変性、劣化がありません。
- 設定した粒径ターゲットにあわせて集中的に数nm～数十 μ mの均一な粒径を持つ超微粒子を発生。
- 表面電荷がニュートラルの初めてのミスト、荷電(+ 0 -)を制御することが可能。
- 処理能力が $10^{-5} \sim 10^3$ g/minのオーダー、研究レベルからプラントレベルまで対応します。

【ネブライザー】

【超微粒子選別・発生システム】

0.1 μm ～数10 μm 単一径の粒子を熱・圧力変性することなく、発生することができ、かつ2種類の物性の異なる素材の混合も同時に行える。

ネブライザー粒子径による体内動態

- 4.7-7 μm : 咽喉
- 3.3-4.7 μm : 気管
- 1.1-3.3 μm : 気管支
- 1.1 μm 以下 : 肺胞



① ミスト粒径を数10 μm ～数 μm (2～5 μm 程度)まで単一粒径で発生。肺胞深部まで100%到達可能。

② 高粘度液剤の噴霧が可能。
薬剤の高粘度化が可能であり、製剤の低粘度化条件が無くなる。

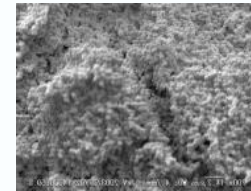
③ 熱・圧力変性による薬剤の物性破壊が無く、力価が変わらない。

④ 1台で大量噴霧が可能である。

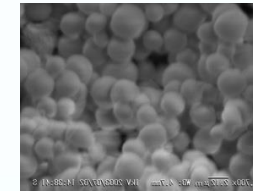
⑤ フェザーグラスの「スプレーブレンドシステム」を併用(同一装置化可能)する事により、
1,噴霧直前 2～多品種液混合、2,直前ナノカプセル化、3,前記1,2の同時生成が可能。

【アルブミンSEM画像】

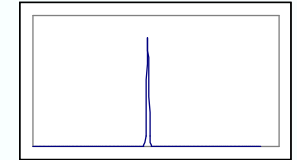
微粒子選別装置処理後



700 × 14.2 μm

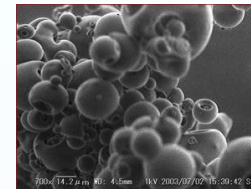


4700 × 2.12 μm

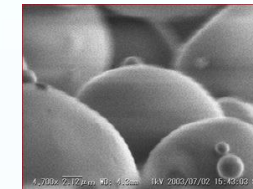


超微粒子選別発生装置の粒径分布

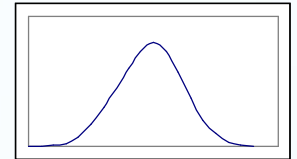
対象(通常の試薬)



700 × 14.2 μm



4700 × 2.12 μm

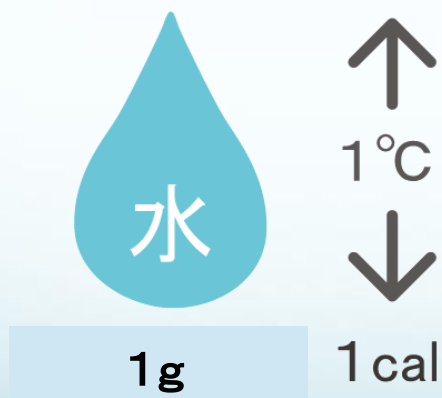


通常の粒径分布(正規分布)

【 気化熱冷却システム 】

空冷・水冷の限界を超えた第三の冷却システム

- 従来の冷却方法である、冷媒を使い冷媒を冷やし、熱源と熱交換する必要が無い。
- 冷媒(空気・水等)を必要としない。
- 水が気化熱分の熱量を奪い排気するだけ。



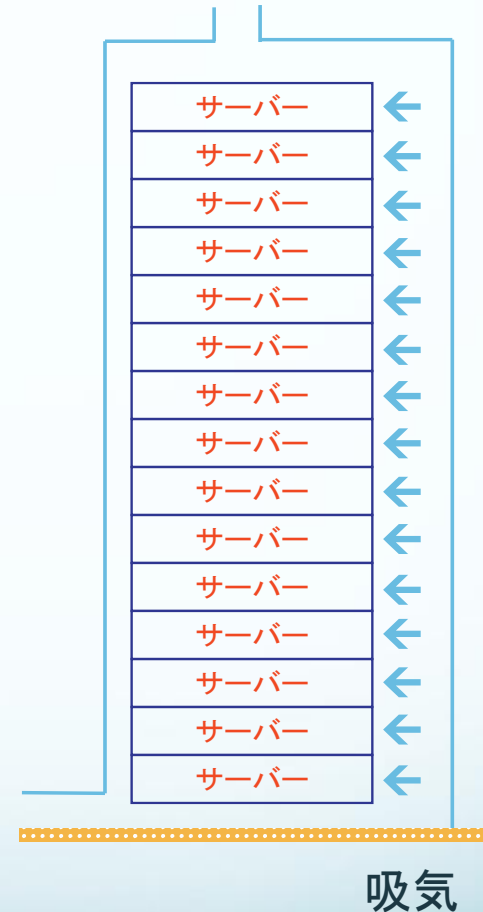
水1gを1°C上下させる熱量は1cal
水1gの気化熱(潜熱)は596cal

少ない水のナノミストで
大きな冷却効果を発揮する。

※現状のドライミストは粒径が大きく(数十ミクロン)

また、凝集してしまい拡散しない為、気化せずに結露してしまう。

- 出来るだけ熱源近くで気化熱冷却を行う(最も効率的な冷却法)
- 排気は外気へ
水が気化した時に膨張する為、
自然対流が生じファン等を必要としない
- 二次的効果としてサーバーを高湿度環境
管理し静電気の発生を防ぐ
また、発塵の発生・除去も同時に行う
- 理論的にはサーバーの発熱、
冷却分の消費電力コストの殆どを削減可能
- 発生するナノミストは結露しない為、
サーバーへの直接的影響は無し
より安全性を高める為に超純水使用、
カルキ等の影響も排除する



【 Milk Processing Systems 】

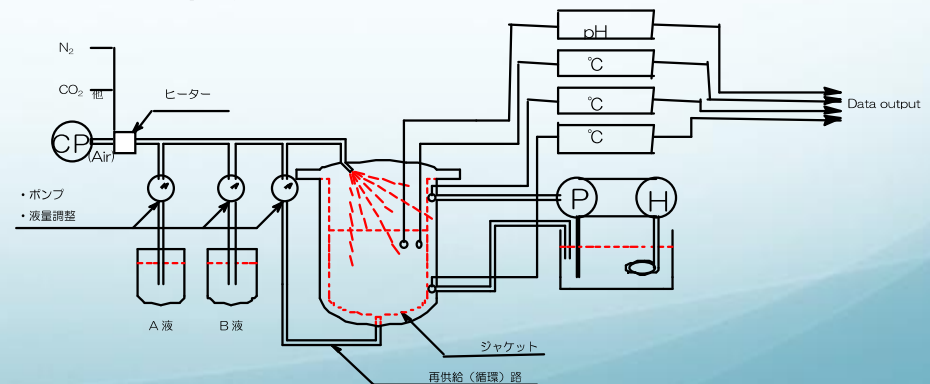
スプレー方式システムにより、高品質の細胞細分化(ノンホモジナイズ)、脱気(残存酸素の窒素置換)と殺菌がライン処理一工程で大容量処理できる革新的な技術です

◆ スプレー方式／Milk Processing Systemsとは・・・？

圧縮窒素による圧力差により、原料乳が引き込まれ、ノズル部でナノレベルの極小粒径に分散されます。この分散状態は、非常に反応性が高く、この時、原料乳内の残存酸素が効率良く窒素に置換されます。過熱蒸気を用いる事によって殺菌処理も同時に可能。従って、全ての工程がライン処理で同時に短時間でライン処理されます。

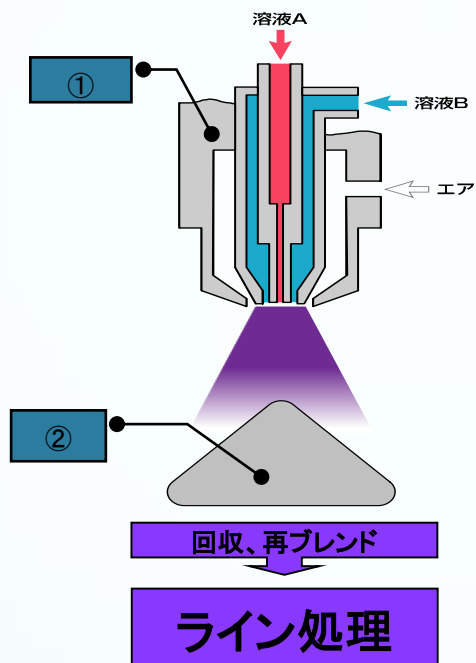
◆ 特長

1. 微粒子化・分散化の精度が高く・安定しており、品質、品質保持性が向上。
2. 微細化しても原料の熱変質・細胞膜・分子構造破壊(蛋白質等生体材料)を起こさない。
ノンホモジナイズによる細胞細分化。
3. 残存酸素の窒素置換効率が極めて高い(ほぼ100%)、品質(うまみ、安定性)が向上し、品質保持性も向上。
4. 過熱蒸気による殺菌処理は、極めて瞬時(数秒:加熱⇔冷却)に処理出来る新規殺菌法。
5. 従来のバッチタンク処理からインライン処理が可能になり、従来の1/10以下のプラント規模で著しい省設備化。(バッチタンク、ストックタンクが不要)で従来以上の大量処理が可能。
6. 新システムは、極めてシンプルな構造であり、メンテナンスが容易。
著しい高品質化と低コスト化が同時に可能。



Ⅱ 先端的混合システム (SPRAY BLEND)

【スプレーブレンド装置】の仕組み



【スプレーブレンド装置】のミキシングノズル

おもな特徴

- 噴霧直前混合による更なる均一化が可能で、常に安定した品質の混合液が得られます
- ノズルの機構はシンプルで高粘度物質の使用が可能、目詰まりを起こしにくく、耐摩耗性に優れています
- 例えば油と水をスプレーした場合は、長時間の分散状態を保ちます
- 脱泡能力があり、バッチタンクにスプレーされた媒体内には空気の混入がありません
- 極小粒径で分散、仕込みが行われる為、媒体の凝集は起こりません
- 液、液、固、液、および気・液での分散、混合、仕込みが可能です
(粉体の場合は、スタチック発生に充分なる注意が必要です)

【 スプレーブレンド装置 】

水とサラダオイルの混合

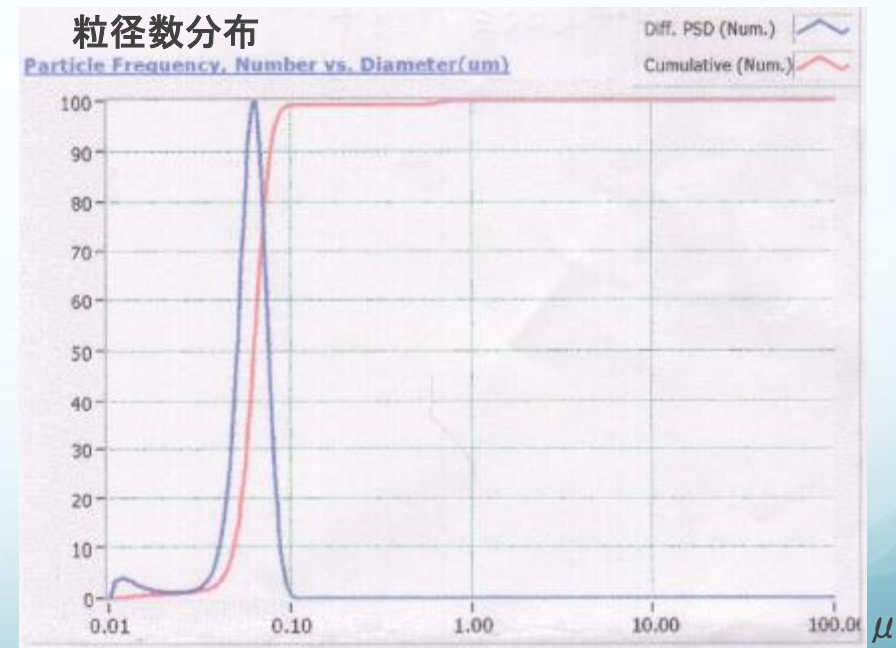
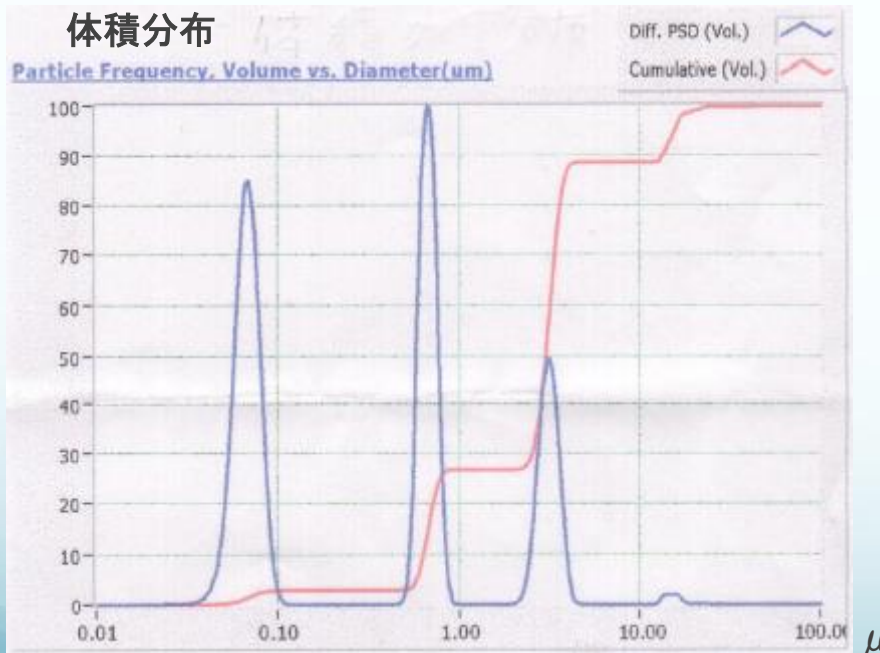


水

サラダオイル



【 スプレーブレンド装置 】 軽油と水の混合



Matec Applide Sciences 超音波減衰式粒度分布測定器 APS-100にて測定

【 スプレーブレンド装置 】

カーボンナノチューブと10%PVA水溶液の混合

カーボンナノチューブと
10% PVA水溶液

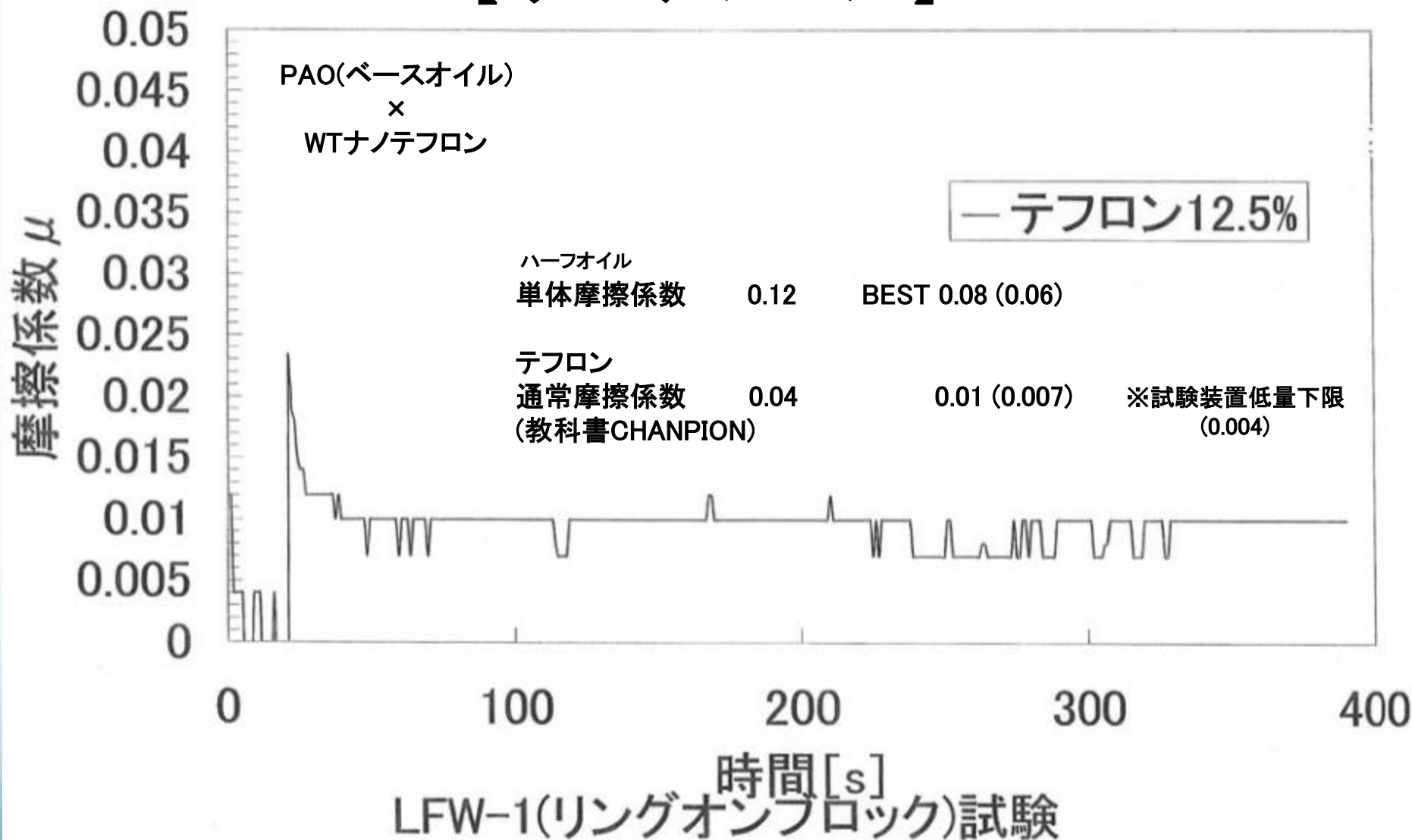


スプレーブレンド前

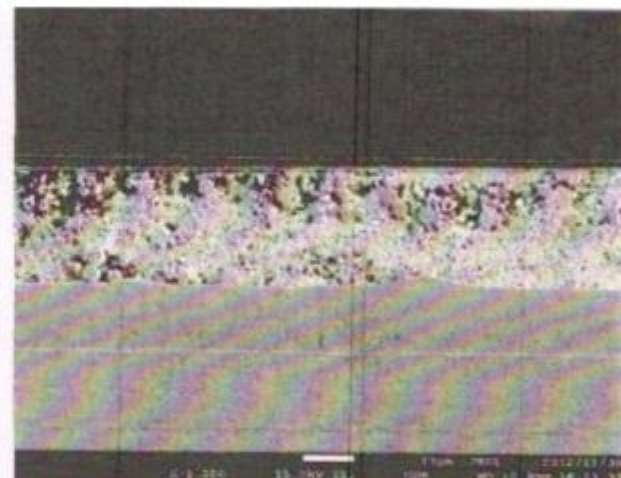
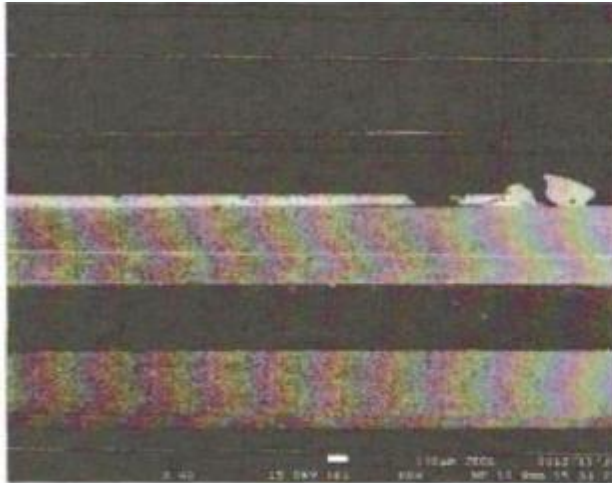


スプレーブレンド後

【ナノテフロン】



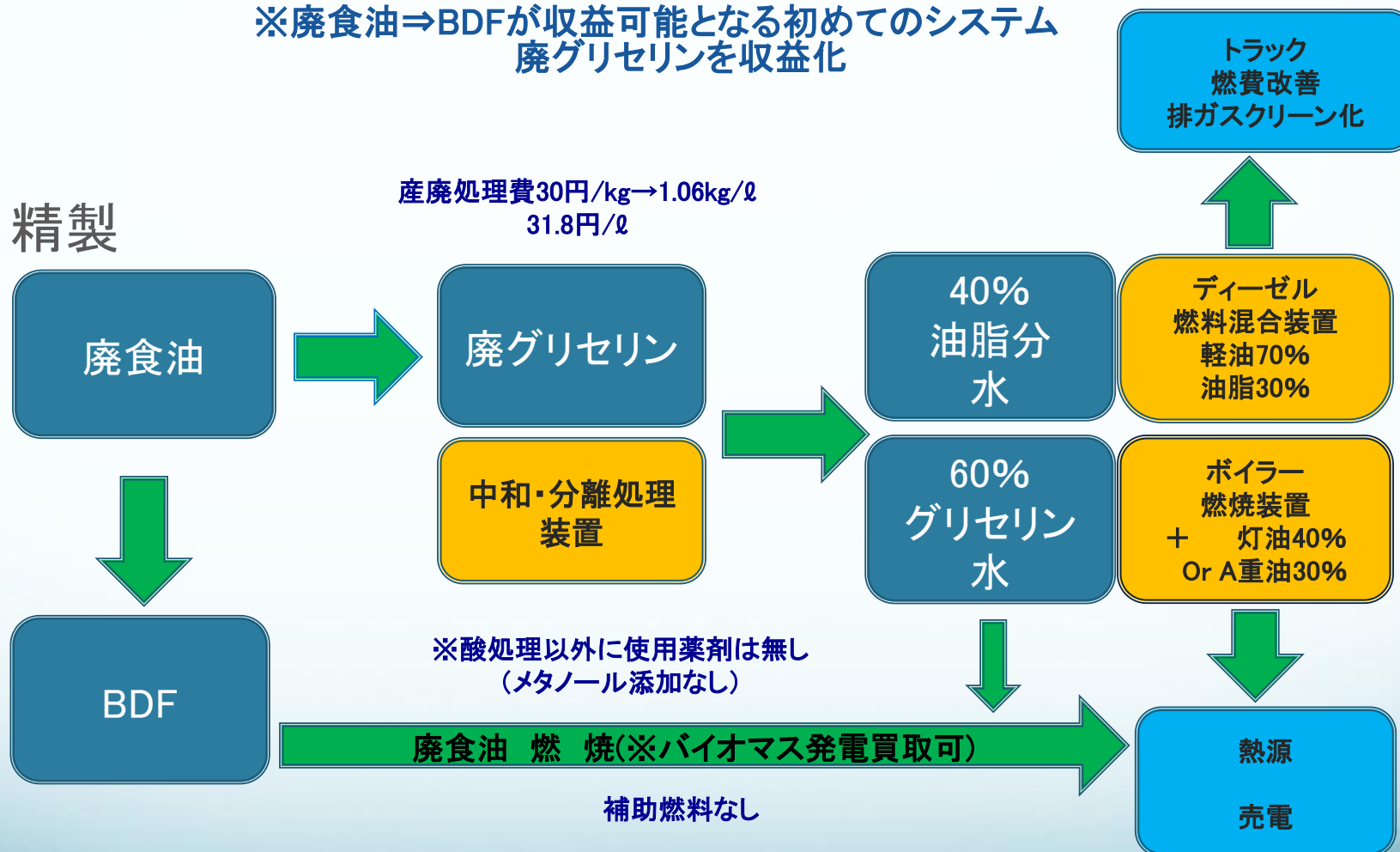
- テフロン系の潤滑油は摩擦係数の低さ(0.015～0.020)と記載されています。
元のベースオイルの単体摩擦係数は0.12(0.06)、ナノテフロンinで0.01(0.007)
装置の定量下限は0.004ですから【 殆ど無摩擦 】です。
(今後調査して行けば、定量下限以下にも出来ます。)
既存製品の1/10以下
トライポロジーの専門研究者は「有り得ない数字で世界が違う」と言っています。
- テフロンは分散しづらいのですが、ナノ化均一分散が出来ます。
- テフロンは揮発性が高く、油系には混ざりますが、通常水系には当然混じりません。弊社のナノテフロンは混じります。アルコールに混ぜた物をご覧頂きましたが、普通は有り得ません。これは潤滑油以外の用途にも使えます。
- このテフロンの中にメタルをコンポジット出来ます。例えばAg(銀)をコンポジットして導電性のテフロンを作りました。



【 BDF廃グリセリン処理システム 】

※廃食油⇒BDFが収益可能となる初めてのシステム
廃グリセリンを収益化

● 精製

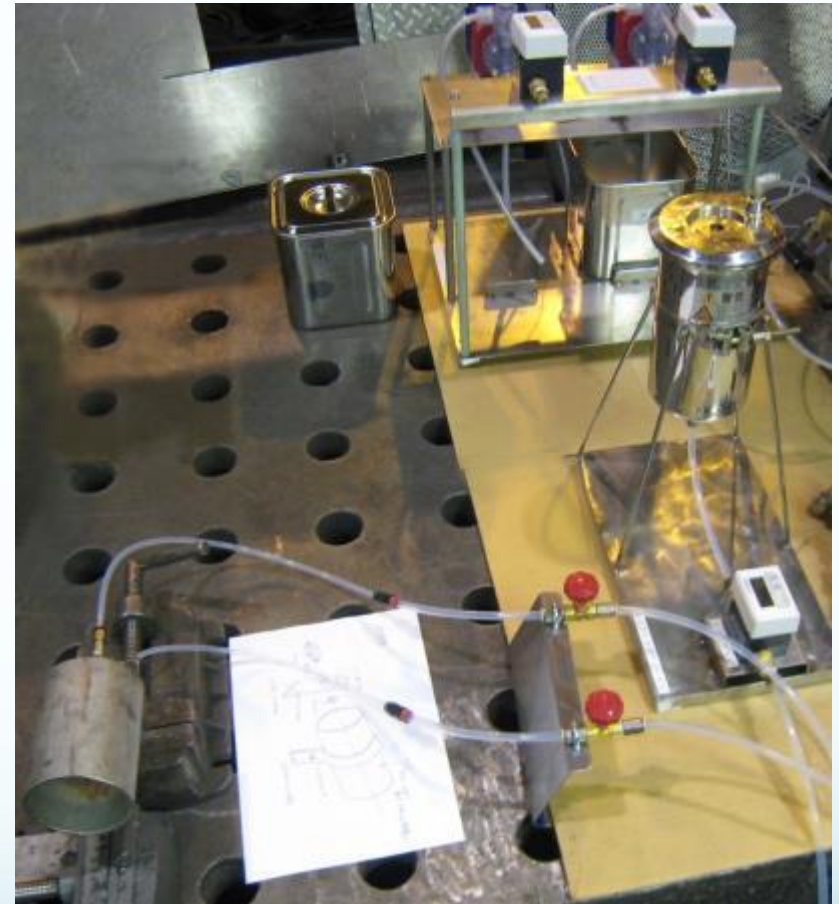


売電: バイオマス発電買取価格 43円/kwH
※補助燃料の加味条件での買取の可否?

【 装置と燃焼実験例 】



軽油7:水3での燃焼状況



簡易直前混合燃焼実験装置

【 ナノ・カプセル/リポソーム 】

ウイングターフでは、独自開発のナノ・カプセル/エマルジョン生成技術に応用し、リポソーム製造装置を製作。

疎水性溶媒
が不要

多重膜も
形成可能

デリケート素材、
高粘度素材に対応



目的に合わせた
リポソーム設計が可能 !!



【 ナノ・カプセル/リポソーム 】

装置原理

水層にリン脂質を加えると脂質二重膜を形成し、リポソームが生成されます。しかし、今までのリポソーム生成ではリン脂質を疎水性溶媒とともに利用せざるを得ず、溶媒除去の工程など手間と時間がかかるものでした。

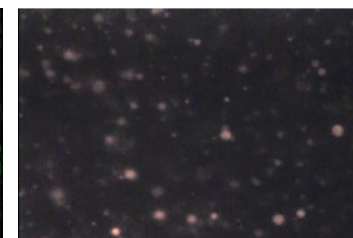
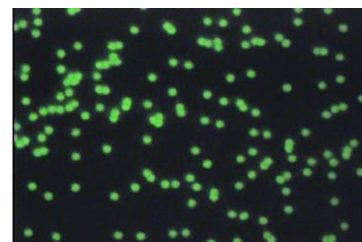
ウイングターフのナノ・カプセル/エマルジョン技術は瞬時に数nm～500nmのオーダーで、親水性物質と疎水性物質をも混合する新技術です。固・液混合も可能なので、疎水性媒体を用いずとも親水性溶液に直接リン脂質の粉末を加えれば瞬時にリポソームを生成できます。

また、極めて均質に微粒化する混合技術なので、ナノ・オーダーで均一粒径のカプセル/リポソームが簡単に作成できます。

光学顕微鏡によるリポソーム画像

標本用1 μ m粒子

リポソーム粒子



粉末状のホスファチジルコリンと生理食塩水を混合

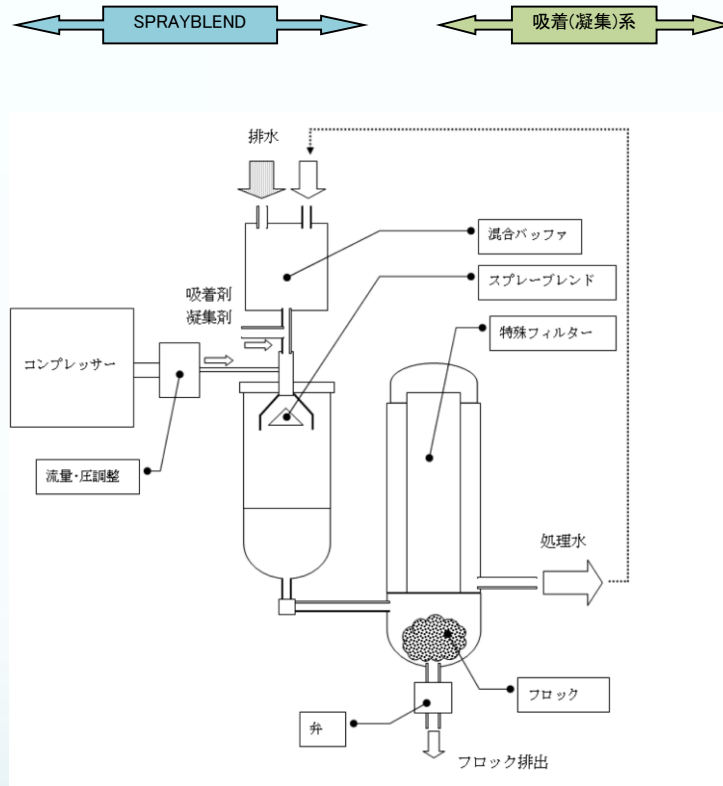
試料中の粒径平均値(μ m)と割合(%)

試料	ピーク1	ピーク2	ピーク3
M 2Pass処理	1.248 (93.9%)	0.463 (6.1%)	—
M 3Pass処理	1.067 (89.9%)	—	—
P 2Pass処理	1.371 (8.5%)	0.253 (91.5%)	—
P 3Pass処理	0.985 (99.6%)	—	—

M:モノオレイン P:フォスファチジルコリン
 ※塵と判断されるピークについては記載せず(対象:M 3Pass処理、P 3Pass処理)

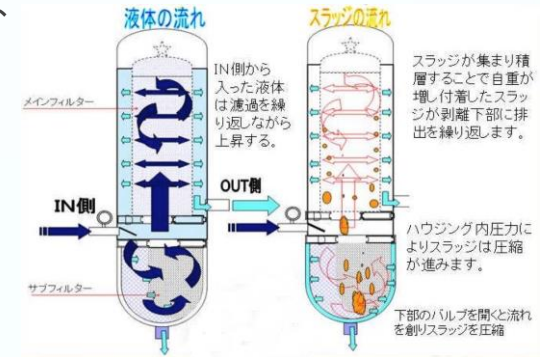
【 汚染水処理装置 】

4-1) 排水処理装置の構成



4-2) 特殊フィルターの概要(参考)

メインフィルターで濾過を行い、フィルターに付着したスラッジ等を下部のサブ・フィルターに排出。上昇・回転・結合を繰り返しフィルター表面に付着し比重を増し流速と衝撃でサブ・フィルターに落下を行う。流量が少なくなったら、上部の圧縮エア-INすると振動を起こすことでメインフィルターに付着したスラッジ等を剥離排出行うシステムである。

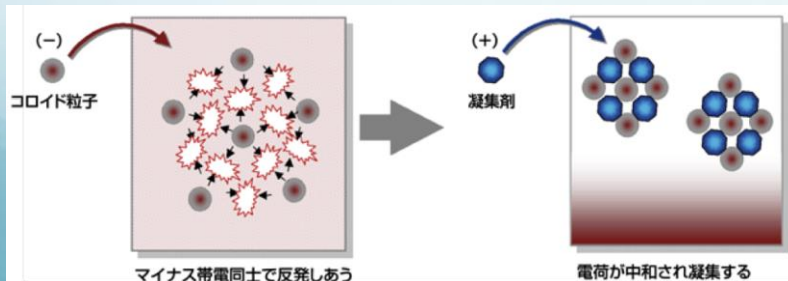


4-3) 無機系多機能凝集剤の概要(参考)

一般に粒子径 $0.45 \mu\text{m}$ 以上懸濁性成分は凝集沈殿や濾過により比較的除去しやすいが、 $0.45 \mu\text{m}$ 以下のコロイド性成分はなかなか完全には沈殿できない。

その理由は、コロイド性成分は、マイナスに帯電し、マイナス同士であるためお互いに反発しながら液中に分散しているからである。

無機系多機能凝集剤はプラスに帯電しているため、マイナスのコロイド性成分の電荷が中和される。これにより、フロクが形成され、凝集・沈殿させることが可能になる。



※・この無機系多機能凝集剤に目的成分の捕集用凝集剤を添加し使用する。

・これらの凝集剤はSPRAY BREND処理によりナノ製剤化される。

バイオ・発酵系の問題点と解決

【曝気】

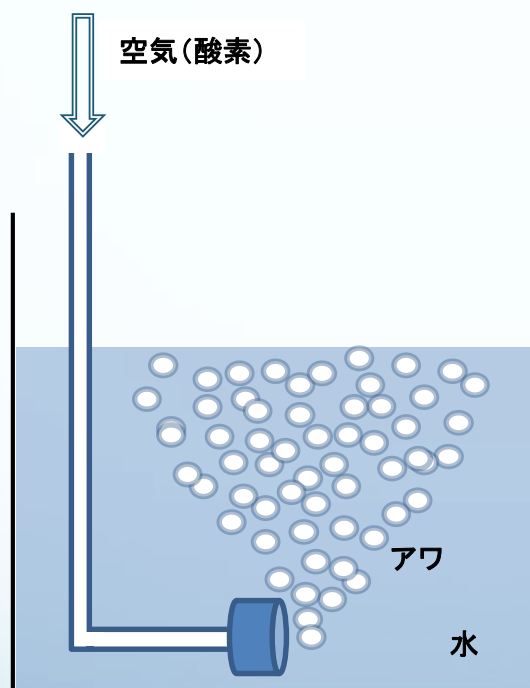
隠れた凄まじいエネルギー問題

生活下水や工場排水の処理方法として一般的な微生物分解による「活性汚泥法」は曝気槽(微生物に酸素を供給する槽)が不可欠で、廃水を攪拌して酸素を付加し曝気する事に膨大な電気エネルギーを要し、その消費量は58億KWh**国総電力使用量の0.5%に相当**するとの試算もある。

スプレーブレードによる曝気槽酸素供給は、通常数10%⇒スプレーブレード100%酸素付加が可能であり国総電力使用量の0.5%⇒0.2～0.3%は削減可能となる。また発酵時間数日⇒数時間処理が可能となり大幅なプロセス時間の削減により、付帯設備の電力消費、設備の小型化や削減が可能となり、その**省エネ効果は国総電力使用量の数%に相当**と思われる。

【金魚水槽のブクブク】

現状技術と限界



- ①飽和量(融け込む限界量)の10～20%しか付加できない。
- ②粘度が高いと付加も不可能。
- ③マイクロバブルは、高圧(350MPa以上)の強エネルギーが必要で有る。ナノバブルはそれ以上の圧力が必要。高価な大型装置、高運用コストが必要。

発酵系のボトルネック

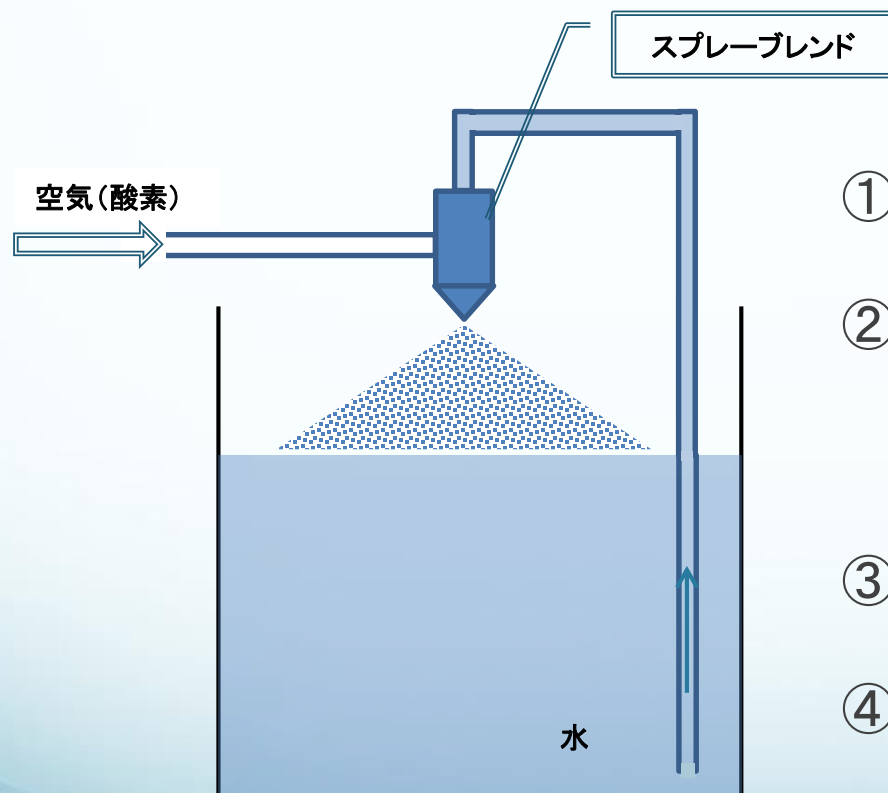
上手く行かない原因は、一つだけで共通しています。「発酵」の不備です。

菌類は好気性(酸素が必要)と嫌気性(二酸化炭素が必要)の2種類に分かれます。好気性は酸素を吸って呼吸して二酸化炭素を排気します。嫌気性はその逆です。例えば、焼酎発酵の場合は好気性の酵母発酵系で酸素呼吸が必要です。米とかイモの培養対象に酸素が負荷出来ないと呼吸排気した二酸化炭素だけになります。人間と同じで、酸素が少なくなると酸欠、これで発酵は止まります。全く無くなると窒息し菌は死滅します。酸素を使い切って、排気した二酸化炭素多くなると、今度は二酸化炭素が好きな嫌気性の菌類に替わります。これは腐敗菌と言われるものが多く、悪臭や腐りの原因の元です。

好気性菌類の発酵を即す場合、酸素をドンドン供給してやれば良いのですが、これが上手く行かない。現状は金魚の水槽のブクブクしか有りません。これでは飽和量(融け込む限界量)の10%程度しか負荷出来ません。そして時間が掛ります。焼酎カスの様なベトベトな物性のモノは端から酸素は入りません。

【 スプレーブレンド気液混合 】

解 決



- ①飽和量の100%を瞬時に付加できる。
- ②通常のコンプレッサー(0.5MPa程度)でナノバブルが可能。装置も小さく、運用コストも極めて安価。
- ③粘度が高い液体でも負荷が可能。
- ④大容量処理が可能。

【 スプレーブレンド 】

新たなステージへ

弊社のスプレーブレンドは、酸素や二酸化炭素負荷を容易に可能にしました。飽和量のほぼ100%付加を極めて短時間で可能としました。そして材料の粘度も関係無く、大量処理が可能です。

これで発酵系の今迄欠けて出来なかった最適条件が生み出せます。技術の要諦はこれだけです。

通常2日程度必要な発酵を数時間で可能となります。

焼酎の搾りカスの件を皮切りに、でんぷんカス、弁当残飯、家畜の糞尿の処理(バイオマス)等の食物残渣、曝気槽、そして魚の内臓廃棄物等々、それが飼料や燃料にかわります。

産廃処理としてお金がかかる厄介なモノが、これからはその廃棄物が金を産みます。

何より先ず問題である悪臭や腐りが無くなります。

廃棄物処理だけではなく、酒の醸造や発酵、医薬、様々なバイオ・発酵系の処理や魚の養殖、様々な案件に広がって行きます。

【 Milk Processing Systems 】

スプレー方式システムにより、高品質の細胞細分化(ノンホモジナイズ)、脱気(残存酸素の窒素置換)と殺菌がライン処理一工程で大容量処理できる革新的な技術です

◆ スプレー方式／Milk Processing Systemsとは・・・？

圧縮窒素による圧力差により、原料乳が引き込まれ、ノズル部でナノレベルの極小粒径に分散されます。この分散状態は、非常に反応性が高く、この時、原料乳内の残存酸素が効率良く窒素に置換されます。過熱蒸気を用いる事によって殺菌処理も同時に可能。従って、全ての工程がライン処理で同時に短時間でライン処理されます。

◆ 特長

1. 微粒子化・分散化の精度が高く・安定しており、品質、品質保持性が向上。
2. 微細化しても原料の熱変質・細胞膜・分子構造破壊(蛋白質等生体材料)を起こさない。
ノンホモジナイズによる細胞細分化。
3. 残存酸素の窒素置換効率が極めて高い(ほぼ100%)、品質(うまみ、安定性)が向上し、品質保持性も向上。
4. 過熱蒸気による殺菌処理は、極めて瞬時(数秒:加熱⇔冷却)に処理出来る新規殺菌法。
5. 従来のバッチタンク処理からインライン処理が可能になり、従来の1/10以下のプラント規模で著しい省設備化。(バッチタンク、ストックタンクが不要)で従来以上の大量処理が可能。
6. 新システムは、極めてシンプルな構造であり、メンテナンスが容易。
著しい高品質化と低コスト化が同時に可能。

