ファインバブルに関する調査研究

内藤　隆之[*]　土田　知宏[**]　中川　昌幸[***]　天城　裕子[***]　河原　崇史[***]

Report of Market and Technology Trend of Fine-bubble Technology

NAITO Takayuki[*], TSUCHIDA Tomohiro[**], NAKAGAWA Masayuki[***],
AMAKI Yuko[***] and KAWAHARA Takashi[***]

1. 緒　　言

ファインバブルとは，直径 100μm 以下の気泡を総称した呼称である。さらに直径 1μm を境として大きい気泡をマイクロバブルと呼び，小さい気泡をウルトラファインバブルと呼んで区別する。平成 29 年 6 月にファインバブルに関する規格が発行され，これまでに 9 規格の発行がなされてきた[1)]。

またファインバブルは，水中への易溶性のほか，水中で浮遊する気泡（特にウルトラファインバブル）の存在による効果[2)]に特徴があるとされている。しかし，この浮遊する気泡の計測（粒度分析）は困難であり，今日まで規格化された粒度分析方法がなく，ISO 化に向けていくつかの方法が検討されている状況である。

昨年度は，購入したファインバブル発生装置の使用事例としてアルミ材の研磨実験を行い，ファインバブル水によって研磨量が増加する傾向を確認した。

今年度は，マイクロバブルを優先的に発生させる装置の使用事例として，模擬汚染物を塗布したステンレス鋼板（鏡面加工）の洗浄実験を行った。

また，昨年度から開始したファインバブル技術の普及を意図した官学連携による研究会の活動概要を報告する。

*　中越技術支援センター
**　県央技術支援センター
***　下越技術支援センター

2. 活動概要

2.1 講習会の開催

ファインバブルの利用技術に関する講習会を開催した。講習会の様子を図 1 に，内容を以下に示す。

開催日：令和元年 12 月 13 日（金）
会　場：県央技術支援センター研修室
参加者：18 社 22 名
内容（講師）：
①微細気泡の化学プロセスへの活用事例
　－光，超音波との併用効果－
　（長岡工業高等専門学校　教授　村上　能規　氏）
②ファインバブルを応用した排水処理技術
　（OZAC 処理システム）
　（エンバイロ・ビジョン（株）　社長　豊岡　正志　氏）
③ファインバブル利用の事例紹介
　－機械加工，洗浄－
　（大生工業（株）　FB 事業部　課長　加藤　克紀　氏）

図 1　講習会の様子

県内での利用実績について紹介があり，既存設備への取り付けが容易であるとの説明を受け，質疑も活発であった。開催地が燕三条地域ということもあり，機械加工や工業洗浄におけるファインバブルへの期待感は大いに感じられた。

2.2　技術動向調査

2.2.1　ファインバブルの利用技術

各種展示会，セミナー等においてファインバブルの利用技術について調査を行った。

工業（機械研削）の分野では複数社確認でき，医療への応用面では薬剤キャリアーとしての有効性が紹介されていた。一方，農業分野では適用条件が不明確なため，ファインバブルの有効性について，研究者間で賛否が混在していた。

また，県内事例として，食肉加工で生じる廃液（油脂を多く含む）の処理にオゾンバブルを利用したものがある。当該設備ではオゾン処理槽と微生物処理槽を順列させた連続処理によって隣接する河川へ放流できる排水基準を達成できた。特徴は通常の活性汚泥法に比べて余剰汚泥もなく，省スペースであること。設備導入前後の処理実績（単位：mg/L）は以下のとおり [3]。

	（前）	（後）		（前）	（後）
・BOD	500	→ 23	・*n*-ヘキサン	220	→ <1
・COD	100	→ 17	・SS	540	→ 16

2.2.2　SDGs との関わり

SDGs とは 2015 年 9 月の国連サミットで採択された 17 の国際目標（図 2[4]）であり，2030 年を年限として「誰一人取り残さない」持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現を目指している。

ファインバブル技術は SDGs が掲げる 17 の目標の中で 12 の目標に関与できる可能性があるとされ，図 2 において，1～3，6～9，11～15 の目標がファインバブル技術の関与できる分野とされている [1]。

図 2　SDGs の 17 の目標

2.3　工業技術総合研究所の取り組み

本調査研究で導入したファインバブル発生装置を用いて洗浄実験を行い，ファインバブル水による無洗剤洗浄の可否を目視で評価した。

（試　料）

50×50×1mm の SUS304（片面：鏡面加工）

（試験油）

粘度計校正用標準液 JS2000，JS52000

（ファインバブル発生装置）

HELIX NOZZLE TH-03（大生工業(株)製）

（実験条件）

表 1 のとおり

（実験方法）

試験板は片面鏡面加工された SUS304 に試験油を薄く延ばして塗布して作成した。

ファインバブル発生装置にスプレーノズルを取付け，水槽内に試験台（網籠）を設置した。この網籠と試験板の間に油の再付着防止を目的とした油吸着マットを敷いた後，試験板表面に 2~3 分間のシャワー水洗を行った。

表 1　洗浄実験条件

項 目	内　容
方式	シャワー
水質	水道水
pH	4.0～13.0
ガス	空気，窒素，酸素，炭酸，アルゴン
水温	室温～70℃
洗剤	0～8.0vol%

※洗剤は理化学機器用の汎用アルカリ洗剤

図 3　実験の様子

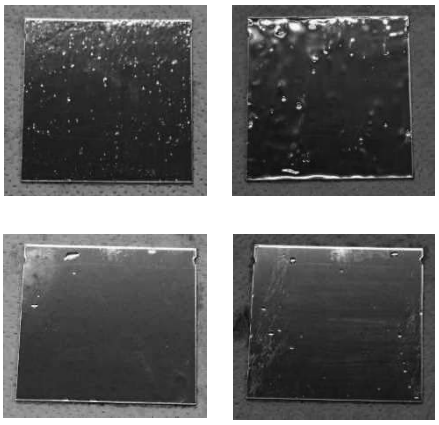

図 4　シャワー実験結果（一例）

図 3 に実験の様子を示す。

（実験結果）

実験結果（一例）を図 4 に示す。粘度計校正用標準液 JS2000 が洗浄できる条件を確認できた。また無洗剤洗浄の可否について，実現可能性を示すことができた。一方，今回使用した試験油で高い粘度液体の粘度計校正用標準液 JS52000 でも僅かに油膜が残る程度まで洗浄できる条件を確認できた。この高粘度液 JS52000 の実験条件として，洗剤の他に例えば超音波併用などを今後検討していく予定である。なお，JS2000 について 40℃の動粘度で工業用機械油と比較するとギヤー油，マシン油，軸受油と同程度である。

2.4　県内支援機関等との連携事業

ファインバブルの用途開発や利用普及等を推進するため，新潟大学と（公財）燕三条地場産業振興センターとの連携によってファインバブル技術に関する研究会を昨年度から立ち上げ，活動目標を『ファインバブル水による洗浄技術』として，その中で講演等を実施しながらファインバブルに関する知見を深め，技術開発テーマの検討を継続している。

なお，今年度の当該研究会参加企業数は県内企業 12 社となっている。活動実績は以下のとおり。当該研究会は次年度も継続する予定であり，引き続き連携していく。

第一回：令和元年 7 月 24 日（水）
　演題「ファインバブルの応用事例」
　講師　新潟大学 助教　牛田　晃臣　氏
第二回：令和元年 9 月 24 日（火）
　演題「ウルトラファインバブルの研削，
　　切削などへの応用事例とその効果」
　講師　日本タングステン（株）
　　機械事業推進室　渡辺　剛　氏
第三回：令和元年 12 月 13 日（金）
　ファインバブル技術講習会
　※新潟県工業技術総合研究所主催の
　　講習会に共催で参加
第四回：令和 2 年 3 月 16 日（月）
　※新型コロナウィルス対応のため中止

3.　結　　言

(1) 主な県内企業は以前からファインバブル技術について認識を持っており，その利用技術に高い関心は示すものの，機構解明が不十分なため評価が二分しており，普及するまでには至っていない。

(2) ファインバブル水による洗浄実験を通して無洗剤（又は減洗剤）洗浄の実現可能性を示すことができた。今後は最適な洗浄条件の追求や実試料での検討を進めていく必要がある。

(3) ファインバブル技術は国連主導の SDGs が掲げる 17 の目標の中で，12 の目標に関与できる可能性があるとされている。

(4) 新潟大学，（公財）燕三条地場産業振興センターと連携してファインバブル水による洗浄技術に関する研究会を三回開催した。

参考文献

1) https://www.iso.org/committee/4856666.html
「ISO/TC281 ホームページ」

2) 矢部彰ほか，“ナノバブルによる固体微粒子汚れの洗浄”，伝熱，43，183，2004，pp.16-18.

3) https://www.envirovision.jp/category/ozac.html
「エンバイロ・ビジョン(株)ホームページ」

4) https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/sdgs_logo/
「国際連合広報センターホームページ」