

補助事業番号 2024M-503
補助事業名 2024年度 オンサイト-ファインバブル計測機の研究開発 補助事業
補助事業者名 高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科
秦研究室 教授 秦隆志

1 研究の概要

国際標準化においてファインバブル（100 μm 未満の気泡）の基本規格が日本提案で発行され、学術・産業研究が進んでいる。しかし、現在、爆発的な利用拡大までには至っていない。その理由としては、現状のファインバブル計測は実験室ベースの機器が主流であり、産業現場、つまりオンサイト計測可能な機器が現在ないことに端を発する。本研究では「オンサイトでファインバブルを総括的に評価できる計測機」の試作開発を目指す。

2 研究の目的と背景

2017年に国際標準化（ISO）においてファインバブルの基本規格「ファインバブルの使用と計測に関する一般原則」が日本提案のもと発行された。これに基づくと「ファインバブル」とは気泡径100 μm 未満の気泡を指し、その内訳として1~100 μm の直径を持つ「マイクロバブル（以下、MB）」、1 μm 未満の「ウルトラファインバブル（以下、UFB）」と定義された。このファインバブルは目視が容易な100 μm （= 0.1 mm）以上の気泡とは著しく異なる物理的・化学的性質を顕在化させるため、流体力学（混相流）や気液反応等の化学工学分野のみならず、洗浄や廃水処理、農水産業、医薬品、食品加工等の幅広い産業分野への応用研究が始まっている。

その一方、ファインバブルの計測については実験室ベースの機器が主流であり、産業現場、つまりオンサイト計測が可能な計測機器は現在、上市されていない。そのため、上記の産業的効果を生むファインバブルの粒子径や数密度の特定は現場ではなく同一条件を模擬した実験室ベースで計測されており、十分なエビデンス確保が難しいといった問題がある。そのため、現状、日本発祥のファインバブルが持つ可能性を充分には示すことができていない。

この最大のネックは1 μm 未満のUFBの計測にあり、現状の計測技術では混在する不純物とUFBの識別は不可能な点が挙げられる。当該課題に対し、研究代表者は超音波を照射してUFBを崩壊させ（あるいは急激に形状変化させ）、それに起因したソノルミネッセンス挙動を指標とするUFB計測技術を提案した。

本研究開発では日本発のファインバブル技術の発展を目的に、上記のソノルミネッセンス挙動の解析からUFB計測をおこないつつ、もう一つのファインバブルであるMBではその（MBの）大きさに生じる白濁度の経時変化の解析からMB計測をおこなう機構を具備したオンサイト-ファインバブル計測機の研究開発をおこなった。

3 研究内容 (<https://sites.google.com/gm.kochi-ct.jp/hata-lab/>)

(1) ウルトラファインバブル存在下のソノルミネッセンス挙動と発生するラジカルの関係性評価に関する研究

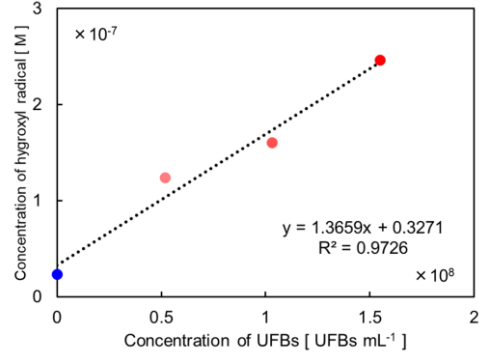
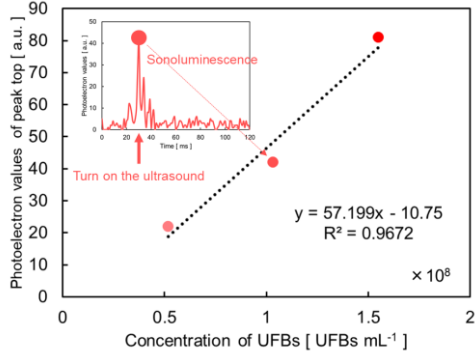


図1 UFBの数密度とソノルミネッセンス強度の関係性

図2 UFBの数密度と発生したOHラジカル濃度

UFBの数密度に対してソノルミネッセンス強度、および発生したOHラジカル濃度のそれぞれが同様な相関性を示した。

(2) 内包気体を空気にした場合の知見

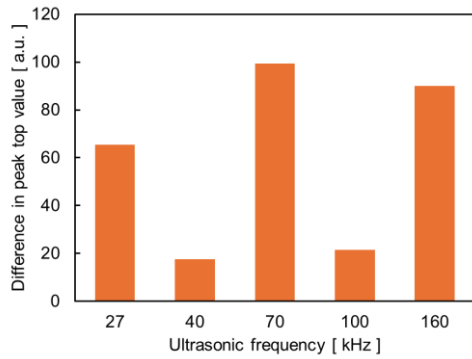


図3 照射する超音波周波数に対するUFB有無によるソノルミネッセンスピークトップの差分

UFB水の方でピークトップ（強度）は高く、その差分は超音波周波数 70kHzが最も大きい。

(3) 白濁度の変化からのマイクロバブルの粒子径・数密度の計測

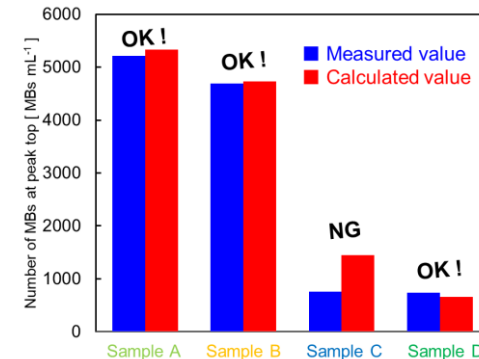
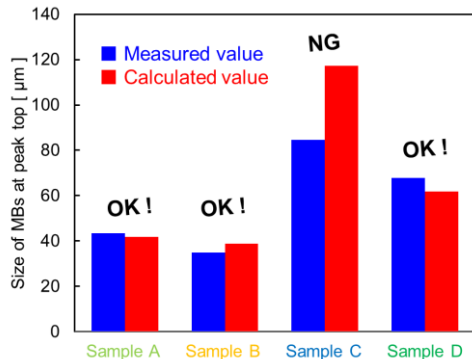


図4 透過率（白濁度）変化挙動をもとに算出したMBの粒度分布ピーク値

図5 透過率（白濁度）変化挙動をもとに算出したMBの数密度

溶液の白濁度からMB計測が可能といった結果を得た。

(4) 試作機開発

次頁の写真1、図6・7に示す試作機開発を達成した。

4 本研究が実社会にどう活かされるか - 展望

・発生するラジカル量はUFBの数密度に依存することが分かった一方、ラジカル発生に関与するUFBの不安定化には超音波の周波数や環境温度などの要因が大きく作用することも示された。これまでの学術的知見においては、UFBからラジカルの発生については統一的な見解が得られておらず、UFBの不安定化を引き起こす外部環境がその不確かな要因である可能性を確認した。これらの外部環境といった要因を整理することで、UFBからのラジカル発生についての見解が得られるといった学術的貢献を得た。さらに、ラジカルは産業的活用が大きく見込まれることから、今後、UFBとラジカルを関係付けた研究や、その利用も期待できる。

・主題であった「試作機開発」を達成することができた。この試作はこれまでファインバブルの利用拡大の課題、つまりオンサイト-ファインバブル計測機とした製品がなかったことに対する一つの解決手法を提案しており、日本発技術のファインバブル技術の拡大を見込むことができる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者のファインバブル研究に関しては、高知県の農水産業関係者からの現場問題に関する相談を受けたことに端を発する。農水産業共に対象の成長促進を期待しての取り組みであり、双方においてその成長促進は見られたものの、当時、オンサイトで環境水中のファインバブルの評価ができなかったことから、その明確な紐付けが叶わなかった。今回の研究成果を元に、その関係付け等の結果からファインバブルのさらなる利用拡大が期待できる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ① 展示会：FOOMA JAPAN 2024（2024年6月4日（火）～7日（金））
題目：ウルトラファインバブル計測機
- ② 国際シンポジウム：ファインバブル国際シンポジウム（2024年7月26日（金））
題目：オンサイト-ファインバブル計測機の研究開発
- ③ 勉強会：西日本ファインバブル勉強会（2024年9月1日（日））
題目：マイクロバブル・ウルトラファインバブル計測機の研究開発
- ④ 学会：化学工学会 第55回 秋季大会（2024年9月11日（水）～13日（金））
題目：Effect of Ultrasonic Frequency on Sonoluminescence Behavior of Ultrafine Bubbles
- ⑤ 展示会：未来モノづくり国際EXP02024FBIAセミナー（2024年11月13日（水））
題目：ものづくりツールとしてのファインバブルの活用事例と紐づけられるエビデンス
- ⑥ 学会：第30回（2025年）高専シンポジウム in Okayama（2025年1月25日（土））
題目：ソノルミネッセンス挙動を指標としたウルトラファインバブル計測技術の開発

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

オンサイト-ファインバブル計測の試作機の開発！

(<https://sites.google.com/gm.kochi-ct.jp/hata-lab/hojyojigyou>)



写真1 開発された試作機



図6 試作機の紹介パンフレット

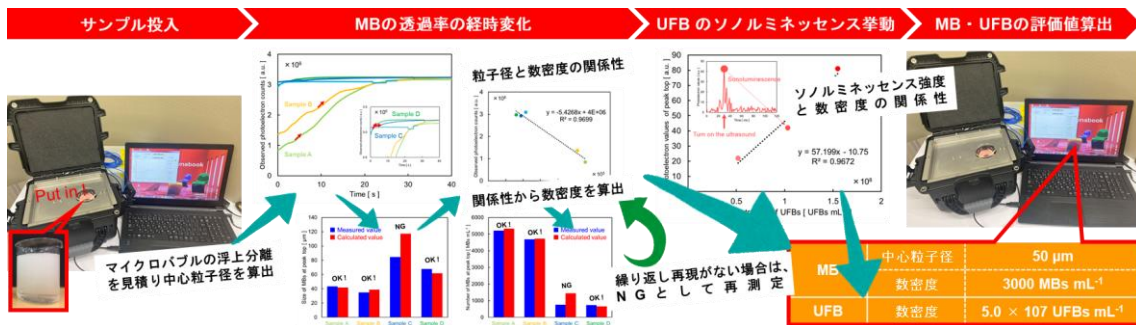


図7 試作機におけるオンサイト-ファインバブルの計測の流れ【 評価要素となる検量線や解析のノウハウ等を獲得！ 】

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：高知工業高等専門学校（コウチコウギョウコウトウセンモンガッコウ）

住 所：〒783-8508

高知県南国市物部乙200-1

担 当 者：教授 秦 隆志（ハタタカシ）

担 当 部 署：ソーシャルデザイン工学科（ソーシャルデザインコウガクカ）

E - m a i l : thata@ms.kochi-ct.c.jp

U R L : <https://sites.google.com/gm.kochi-ct.jp/hata-lab/>