

ウルトラファインバブルの計測技術確立による ISO 国際標準化の実現

Actualization of international standardization of ultrafine bubble technology with establishment of measurement technology

柿崎晶子、前田重雄、土肥正男、荒木和成、藤田俊弘 (IDEC 株式会社)

KAKIZAKI Akiko, MAEDA Shigeo, DOHI Masao, ARAKI Kazunari, FUJITA Toshihiro (IDEC Corporation)

Abstract: ISO issued the first basic standards of fine bubble technologies in response to the development of measurement and application technologies. This paper describes the current status and importance of international standardization and future prospects of fine bubble technologies.

Keywords: Ultrafine bubble, Micro bubble, Number concentration, International standardization

1. 緒言

ファインバブルとは、液中に存在する気泡のことで、サイズとして直径 $100\mu\text{m}$ 未満のものを指す。その内直径 $1\mu\text{m}$ 以上をマイクロバブル (以下 MB)、直径 $1\mu\text{m}$ 未満のものをウルトラファインバブル (以下 UFB) と呼び、多くの UFB が直径 100nm 近辺に粒径のピークを持つ[1]。

ファインバブルはその一部の技術が既に実用化レベルに達しており、特に UFB は微細な気泡であることから浮力の影響を受けにくく、長期間液中に存在できる特性を持っている。既に農業、水産業、工業、食品業と多岐に亘る分野で応用展開されており[2]、その効果は、バブルの表面電位やバブルによる液体の表面張力変化による浸透性の向上等さまざまな理由によりもたらされている。また使用される気体は空気に限定されず、酸素・窒素・オゾン等用途に応じて使い分けがなされている。

2. ウルトラファインバブル計測および科学的解明

研究段階はもちろんのこと、産業化が進む中においてますます重要性を帯びてくるのが、その計測技術である。

Fig.1 に示すように、IDEC では UFB 発生装置 ultrafineGaLF を用いて 1990 年から流体制御技術開発に取り組む、2009 年から 6 手法 13 機種種の計測装置を用いて計測

を行ってきた[3,4,5,6,7]。UFB は、ナノ粒子と同じ手法で計測されることが多いが、固体粒子とは異なり液中でしか計測ができないことや、レーザを用いた粒子計測では UFB からの散乱光強度が微弱であることから、各計測機メーカーによる光源出力の増強、短波長化、あるいは検出器の高感度化といった工夫によって、計測精度の向上がなされてきた。また、現在主流となっているブラウン運動量の画像解析で粒度分布を求めるナノ粒子軌跡解析法や、レーザ回折・散乱分析法といった手法だけでなく、レーザ光透過率で分析する液中分散安定性評価装置や、マイクロチャネルを有するカンチレバーの振動周波数変動によって粒子が液体と比較して質量が大きいか小さいかを判断する共振式質量測定法など、さまざまな計測手法によって UFB の分析を行ってきた。

国際標準化に向けては、その計測手法や条件が特殊であってはならず、どの国や地域であっても同一サンプルを同一条件で計測できるものであること、またその計測結果に大きな差があってはならず、UK、ドイツ、オーストラリアを巻き込んでのラウンドロビンテストも行ってきた。

これらの試験や分析によって、様々な粒径でばらついていいるバブルが、UFB についてはその粒径が $\phi 70\sim 200\text{nm}$ 程度の範囲で安定的で、モード径は $\phi 100\text{nm}$ 前後であること

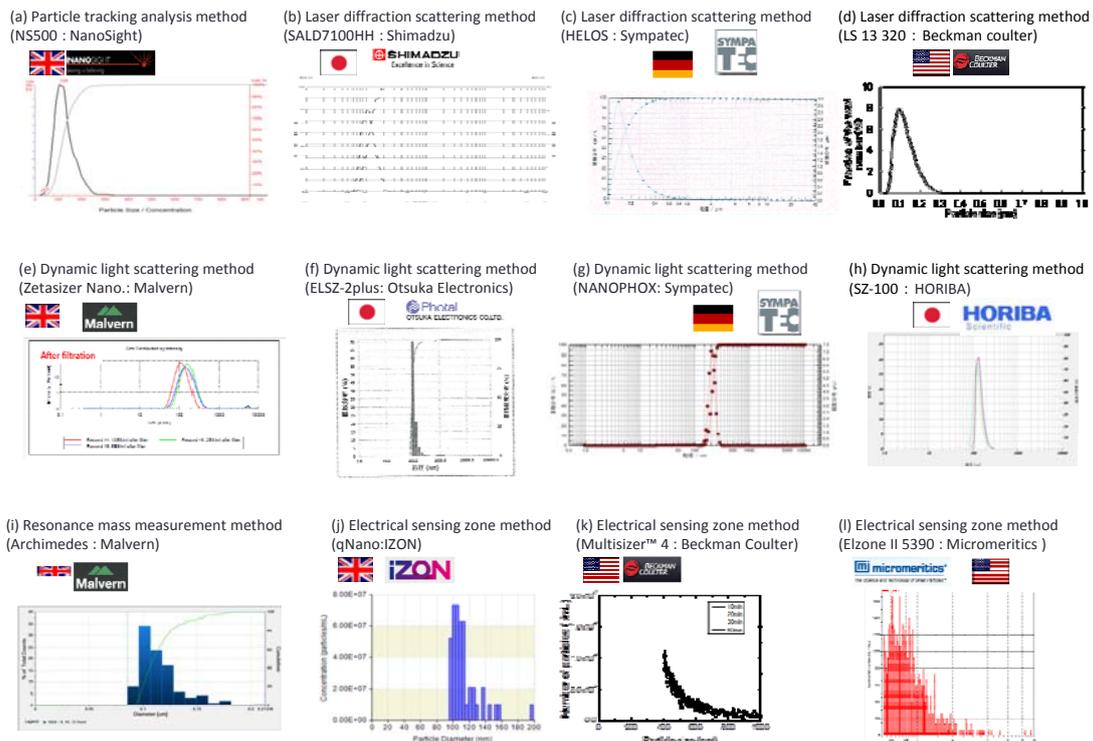


Fig.1 Measurement results of the presence of ultrafine bubbles in ultrapure water with various measurement equipment based on different principles

が多いことが分かった。また、ゼータ電位はおおよそ -20mV ～ -40mV である。UFBは生成直後の数十時間はその粒径や個数密度は比較的不安定で、増減が繰り返される。その後は安定し、定温定圧条件下に保管すると、数カ月経過しても存在し続ける。

基礎研究の段階を終了したわけではないが、既にUFBの産業利用は日本のみならずグローバルな展開をみせているため、ファインバブルの国際標準化が急がれている。

3. UFB技術の国際標準化の必要性

計測技術や発生技術の進歩に呼応して、UFBの科学的な視点に基づいた研究開発と産業応用が国際的に広がる中、これまでファインバブル並びにMB、UFBの定義や用語が明確ではなく、気泡サイズ、気泡密度、また液体やガスの種類、液中の滞在時間といった特性を国際標準化しないかぎり、利用者が共通の言語を持って開発を進めることができなかった。また、様々な計測方法が開発されてきているが、市場の混乱を避けるために、様々な特性の計測における条件や準備等も国際規格で明確にする必要があり、更には、前述のように多岐に亘る応用において固有の条件や効能を明示しないと、ユーザ利用が進まない。例えば洗浄といっても、道路洗浄、トイレ洗浄、食品配管洗浄、半導体基板洗浄等、そのアプリケーションによって適切な条件や付加すべき計測パラメータ等を明示することが極めて重要であり、応用開発段階における適切なUFB個数密度の計測が必要である。

こうした観点から、2012年IDECが発起人企業として設立した(一社)ファインバブル産業会(FBIA)が経済産業省支援の元、2013年日本提案でISO/TC 281を設立し、これまで(一財)日本規格協会、(国研)産業技術総合研究所、(独)製品評価技術基盤機構の協力を得ながら、ファインバブル技術の国際標準化を推進してきた(幹事国:日本)。グローバル社会で広く受け入れられるよう、三階層の規格体系で進めており、定義・用語規格や一般原則を上位に、様々な特性の計測方法の規格群を中位に位置づけ、効果効能そして産業応用に関連する個別応用分野規格群を下位に位置づけて、新たなISO規格体系を構築することで世界中でのファインバブル技術の利用と健全な市場創成を目指している[8]。

2013年12月京都で第1回会議を開催、年々海外からの関心の高まりと共に参加国も増え、現在ではPメンバー8か国(日本、UK、USA、ロシア、シンガポール、中国、韓国、オーストラリア)、そしてOメンバー11か国で運営されており、昨年7月にシドニー、11月にはロンドンでTC会議を開催、2017年7月にシンガポール会議、12月に東京会議が予定されており、順調に規格化が進められている。

現在10件の規格が審議中であるが、そのうち8件は日本提案であり、この中で日本提案の「基本規格(用語)」がついにTC281の国際規格第1号として発行されることになった。本規格案は2016年10月にISO全参加国(162ヶ国)の投票に回され今年1月17日に投票終了、最終的にPメンバー8ヶ国の全会一致の賛成で投票が終了し、2017年6月に規格発行となった[Fig.2]。

今後、バブルそのものの計測や各応用分野における試験や評価方法など次々と規格開発が進んでいくが、世界共通のファインバブル用語の統一となる第1号規格発行は、IDECの四半世紀に亘る開発を通じ、世界に先駆けた計測データの取得によるUFBの確たる存在の実証、高濃度UFB発生技術の開発、そして国際標準化活動が実を結んだものである。

4. 今後の展望

既にUFB技術が採用され、拡大している植物育成や野菜洗浄等に関連する農水産業応用、洗浄や水処理といった工業利用や食品に関係する利用の範囲に留まらず、現在研究段階から実用に移行しつつある医療や薬品応用、環境改善といった幅広い分野での適用が進むこととなるこの技術

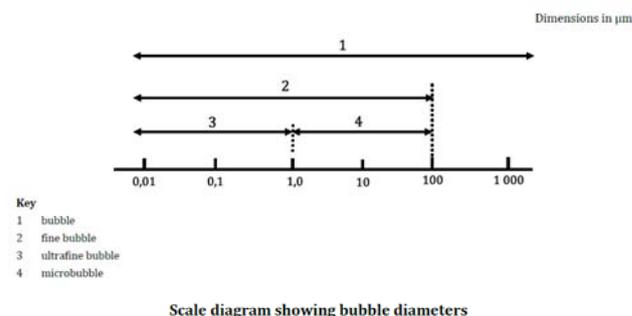
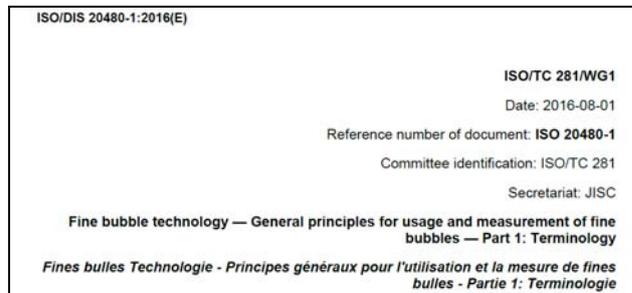


Fig. 2 The first basic international standard of the fine bubble technology.

は、全世界的規模において人々の暮らしをより良いものにしていく画期的な技術であり、科学的な理論に裏付けされた再現性のある効果実証、および国際標準化によって体系的な技術の共通言語化による日本発のファインバブル市場の健全化、グローバルへの進展が期待されている[9]。

経済産業省国際標準化推進事業でのFBIAファインバブル市場調査(2012年)によると、オリンピックイヤーとなる2020年には様々な産業で応用されることになり、将来的にはグローバル社会での巨大市場創成が予想されている。FBIAでは「FB2020」宣言を掲げ、オールジャパンでの技術開発・応用開発・国際標準開発・認証制度開発等、世界をリードして健全な産業の発展を図るところであり、IDECもその一翼をしっかりと担う所存である。

参考文献

- [1] ISO/DIS20480-1:2016(E)
- [2] 阿波加和孝: agriGALF 技術のレタス栽培への応用による成長促進実証と植物工場への適用; 日本混相流学会年会講演会(2012)
- [3] 前田重雄他: 5種類10台の異なる計測装置を用いたultrafineGALFにより生成したウルトラファインバブルの粒子径測定とその相関性; 日本混相流学会混相流シンポジウム(2014)
- [4] 小林秀彰他: MEMS デバイスを用いた共振式質量測定法によるウルトラファインバブルと固体粒子との識別; 日本混相流学会混相流シンポジウム(2014)
- [5] 前田重雄他: 2種類の原理の計測法を用いたultrafineGALFにより生成したウルトラファインバブルの数密度測定; 日本混相流学会混相流シンポジウム(2014)
- [6] 小林秀彰他: レーザ回折散乱法を用いたウルトラファインバブルの個数濃度測定と粒子トラッキング解析法による側的結果との比較; 日本混相流学会混相流シンポジウム(2015)
- [7] 小林秀彰他: 液中分散安定性評価装置を用いたultrafineGALFにより生成したウルトラファインバブルの測定; 日本混相流学会混相流シンポジウム(2016)
- [8] 藤田俊弘, 設計工学, Vol.52, No.5, 313-319(2017)
- [9] 矢部彰: ファインバブル活用技術の現状と今後の展望; 静電気学会誌 40, 5, p.216-219(2016)