

ファイン (ナノ・マイクロ) バブル水の産業への応用

戸部廣康

(独) 国立高専機構・高知高専

2015.3.30 受理

1. はじめに

1) ファインバブルは非線形現象

日本で最初にノーベル賞 (物理学賞) を受賞した湯川秀樹博士の言葉に、「自然は曲線を創り、人間は直線を創る」¹⁾ というのがある。人間は自然現象を理解・記述する為に、先ずその現象を構成する要素を見つけ出し、その要素毎に分析・理解した後、それらの各要素の分析結果を統合して、その現象の全体像を明らかにするという手法である。この手法を要素還元主義という。曲線 (非線形) を直線 (線形) で近似することは、微分・積分法という数学・数式を用いて可能である。しかし、系を構成する多要素が非線形相互作用する場合は困難であり、例えば天気予報や地震の予知などは、スーパーコンピューターを用いても未だ不十分な状態である。又、生物現象も所謂「複雑系」であり、例えば一つの酵素反応は数式で表すことは出来るが、ヒトの体内で起こっている全ての酵素反応がどの様に統合され、生命現象を支えているのか、その全体像を理解することは難しい。

一般に流体现象は非線形性が強く、ある現象・系において測定可能な一つのパラメーターを決め、その経時的な変化を装置で測定しても、現象・系が別の系へ遷移し、そのパラメーターの測定が困難に、或いは無意味になる場合が多い。従って、所謂スケールアップにおいて、小さい系で得た数字を、線形的に大きな系に移しても、予想通りの結果が得られない。そこで、パラメーターを変化させ、得た結果を又パラメーターに反映させるという試行錯誤のループを繰り返す必要がある。実例として、バブル発生装置の設計と製造がある。京極²⁾の報告によれば、旋回型マイクロバブル発生に最も重要な点は、「旋回流の渦が崩壊するノズル出口の曲率半径」であるとのことである。又、例えば10nmの直径のファインバブルのみを発生させることは現在の技術では不可能であり、幅を持たせて10~100nmのバブルを発生させるとしても、装置の設計と製造との試行錯誤が必要であり、時間も要する。

2) 機能水としてのファインバブル水

機能水には以下のようなものが知られている。

- ① 電解水：アルカリイオン水 (飲用アルカリ性電解水：pH9~10、陰極側 $\text{OH}^- + \text{H}_2$ 、胃腸症状改善)、酸性電解水 (次亜塩素酸水：強酸性、弱酸性および微酸性；陽極側 HClO 、食品添加物殺菌料)、強アルカリ性電解水 (pH11以上、陰極側 $\text{OH}^- + \text{H}_2$ 、油脂・タンパク質性汚れの洗浄除去)、オゾン水 (殺菌料)
- ② 超純水：電子部品の洗浄
- ③ 超臨界水、亜臨界水：物質を溶媒する能力 (プラスチックの分解等)
- ④ 海洋深層水：飲用；RO膜処理後ミネラル調整添加
- ⑤ ファイン (ナノ・マイクロ) バブル水：(空気、 N_2 , O_2 , CO_2 , O_3 等)

⑤のファインバブル水の歴史は比較的新しく、世の中に広く認知されるようになったのは、ここ10年程である。ファインバブル水は、「水と気体の相互作用」によって生ずるものであり、上記の機能水①~④とは異なる機能を有している。この機能は、用いる気体の種類により、又バブルのサイズ (直径) により、多様な機能を示す。これらの多様な機能を完全に理解するまでには未だ至っておらず、バブルの作用機序の解明は不十分である。しかしながら、ファインバブル水の実用は、色々な分野で進んでいる。

3) ファインバブル水ビジネスの現状

一言で現状を表すとすれば、「理論より、実用・応用」ということになる。前述のように、ファインバブルは気体と液体の相互作用から生ずる微細気泡であり、流体现象である。流体现象は一般に非線形性が強く、その解析には困難が伴う。前述の様に、バブル発生器の設計・製造においては試行錯誤が必要となり、開発に時間を要する。又、発生するバブルのサイズ (直径) やその個数・分布は、発生器の構造や水の特性 (温度、pH、粘性等) に依存するので解析が難しく、性能保証も難しい。更に、微生物・植物細胞・動物細胞・ヒトへの作用については、色々な生理作用が認められるにもかかわらず、その作用機序の解明は未だ不十分である。

一方、ファインバブルを検出・定量する機器やバブ

Application of the fine (nano and micro) bubble-technique to the industries

Hiroyasu TOBE

(Independent administrative agency) National Institute of Technology, Kochi College

The interaction between water and air bubble is described on the base on the non-linear mode reaction. But, recently, we have been able to analyze, characterize and estimate the size, the number (concentration) and the distribution of the gas bubbles by using the advanced technology. In the primary industry (agriculture and fishery), the fine air and O₂ bubble water can improve the un-aerobic condition and stimulate the growth rate of many kinds of plants, fishes and oyster. On the other hand, the fine N₂ and CO₂ gas bubble water can keep un-aerobic condition. We can store the raw meat of fishes for a long time using the fine N₂ bubble. The photosynthesis of cyanobacteria is enhanced by the addition of the fine CO₂ bubble. In the secondary industry, the computer silicon wafer are washed and cleaned up by using the fine bubble system. The drag reduction in ships is improved by the application of the fine bubble technology. In the medical field, the fine O₃ gas bubble has antiviral and bactericidal activities. The NO gas produced by the reaction in the fine air bubble water has many good effects to human health, such as anti-high blood pressure and anti-arteriosclerosis. The fine air bubble is also utilized to enhance the contrast of the image of blood vessel in the ultrasonic diagnostic imaging system. The study on the biological safety to human body is required before we use the fine bubble-technique.