

ヤマハマイクロバブル発生装置

YAMAHA Micro Bubble Generator

黒田 寛 黒田 英里

技術紹介

Abstract

Attention came to focus on the effects of microbubbles in the last several years and they have been put to use in a number of fields. The term microbubbles refers to very fine bubbles with a diameter of just a few tens of micrometers. Unlike ordinary bubbles, they rise at a slow rate (dissolve easily in a liquid) and are said to have a number of distinct physical/chemical qualities such as the negative electrostatic charge of the bubbles (resistance to bubble fusion, tendency to adhere to floating objects in the liquid) and their self-pressurizing effect (bubble contraction/deflation, release of free-radicals), etc. It can also be considered an environmentally sound technology because it produces the above-mentioned effects with only water and air, while emitting no chemical substances or pollutants.

However, problems concerning the production of large quantities of microbubbles included the fact that a high-pressure power source is necessary, the fact that the parts of a device for producing microbubbles must have a high degree of strength and the cost of the special high-pressure pumps needed to pump water through the bubble-producing device. This report is about Yamaha Motor's development of a low-pressure device with good cost merits capable of producing large quantities of microbubbles with the aim of microbubble commercialization and the advancement of technology in this field.

1 はじめに

数年前より「マイクロバブル」の効果が注目され始め、様々な分野への応用が行なわれている。そもそもマイクロバブルとは、直径数十マイクロメートルの微細な泡を指す。通常の気泡とは違い、浮上速度が遅い(水中溶解の容易)、また気泡のマイナス帯電(気泡同士の合体が起こりにくく、水中の浮遊物への吸着性がある)、自己加圧効果(泡の収縮、崩壊によるフリーラジカルの発生)など物理化学的特性をもちていると言われている。水と空気の混合のみで前記の効果を示すことから化学物質等の付与もなく環境に優しい技術と言える。

しかしながら、マイクロバブルを多量に発生させるためには高圧の動力源が必要であり、各部品の強度が求められる事、また高圧送水に用いられる特殊高圧ポンプがコストの造り込みにおいて課題であった。マイクロバブルの商品展開、及び技術の構築を目指し、コストメリットが高く、低圧式でも多量のマイクロバブルが発生可能な装置の開発に着手した。

2 開発のねらい

マイクロバブルの生成方法には加圧溶解方式、空気せん断方式、細孔方式、超音波方式と様々な生成

方法が存在する。この中で、上述の目的には、加圧溶解方式が最も優れており、表面が白くなるほどに泡が多量発生し、均一なサイズの泡を生成できる。その他の生成方式においては泡の均一性に欠け泡の発生量が少ないこと、またメンテナンス性に不向きであったため生成させる技術としては除外した。

まだ技術として確立していないマイクロバブルを認知させるためにも「視覚効果も兼ね備えた装置開発」をコンセプトに新技術開発に着手した。

次の4項目を重点目標とし開発を進めた。

- (1) 水道水にて乳白色化する多量の泡を発生させる
- (2) 特殊高压ポンプを必要としない装置開発
- (3) 効果効能の実証
- (4) シンプル化(メンテナンス容易)

3 システム概要

マイクロバブルを発生させる主要構成部品は、圧力を送り込む動力源(ポンプまたは水道圧等)、水中に空気を溶解させるタンク部、泡を析出させる発生器部により構成されている。

動力源によって押出された液体がタンクを通過して気体を溶解し、過飽和状態の溶液として発生器に送られ白濁した泡となって吐出する。マイクロバブル発生前から発生2分後までの様子を示す(図1)。

以下に主要構成部品の詳細説明をする。

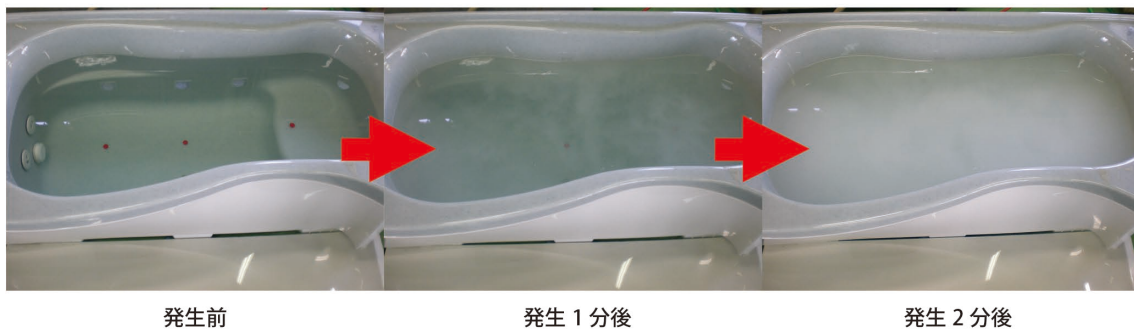


図1 マイクロバブル発生の様子

3.1 動力源(ポンプまたは水道圧等)

泡を発生させる為には、圧力を送り込む動力源が必要である。今回は循環システムとして成り立つ装置開発に着手したため動力源をポンプとし、汎用性のある安価な低圧ポンプ(締切圧0.15Mpa)を設定した。このポンプによってマイクロバブルの発生が可能な装置の開発を進めた。

泡の発生に重要なのは空気の溶解と減圧による析出にある。そのためには、圧力損失を最小限に抑えて送水することによる圧縮溶解、差圧を設けての減圧が泡を発生させる重要事項となる。ポンプ圧は決められているため、与えられた圧力を無駄にしない配管の設計(圧損を押さえた設計)を行なった。

3.2 タンク部

タンクは水中に空気を溶解させる溶解槽の役目を果たしている。気体の溶解度は温度によって変化し、温度が高くなるほど溶解度は下がる。溶解速度をあげるためには攪拌や温度を上げる事が有効であるが、温度依存せず溶解度を上げるために攪拌能力を上げること、また水と空気の接触面積を増やすことで解決した。そのために、限られた圧力・流量の中でより効率よく溶解させる仕様として、混合過程を1つのタンクで複数回行なう機構とした。タンク内部を上下に分割し、上部で第一に壁への衝突溶解、第二に水中への打ち付け溶解を行なう。下部では更に噴射速度をあげ、攪拌溶解を行なう。前述した3回の溶解工程において過飽和溶液を作り、攪拌工程で未溶解の空気(大きな泡)が発生器まで流出しないように攪拌スペースと泡の分離スペースを設け、溶解した水のみを発生器に送るようにした。性能向上のために溶解工程を増やしたが、その他にも成形性およびメンテナンス性の観点から2分割とし、コストおよび強度の観点から最終形状を造りこんだ。

3.3 発生器部

発生器は過飽和溶液を減圧させ効率よく水中に泡として析出させる役目を果たしている。減圧時の圧力差が大きければ、比較的容易に泡を発生させることができるが、今回低圧であるがゆえに圧力差のみに頼れず、また詰まり等のメンテナンス性を考えた際に穴の径を極端に小さくするには限界がある。圧力差が小さければ、発生した泡がすぐに水圧に押しつぶされてしまうため水圧を受ける前に徐々に減圧開放する必要がある。マイクロバブルを発生させた後、水圧にさらされない一定空間容積を設け、マイクロバブルとして泡の安定化を図った。またスムーズな減圧水流が低圧には有利に働き、ノズル穴形状としてテーパ穴を段階的に設けることとした。発生器部をより小さくするため、ノズルから発生する方向を直接進行方向へ噴出するのではなく、反対方向へ噴出させてから折り返すことによって距離をかせぎ、気泡を安定させるための空間容積を維持しながらコンパクト化を実現した。また、進行方向を留めることによってノズル取り外し用の取っ手を取り付ける事が可能となりメンテナンス性も向上した。

4 性能

4.1 発生量およびサイズ

これまで述べたシステムをもって容量約200L貯留槽での泡のサイズ、発生量は平均約30マイクロメートルの泡径で約8000個/mlが存在している(図2)。この集合体が可視光の散乱によって白濁した溶液に見せている。マイクロバブルは物理化学的に不安定であるために数分で消滅してしまうことから、泡の計測が難しいとされている。泡径を4~120マイクロメートルに絞って短時間で計測することにより、安定した値を得た。

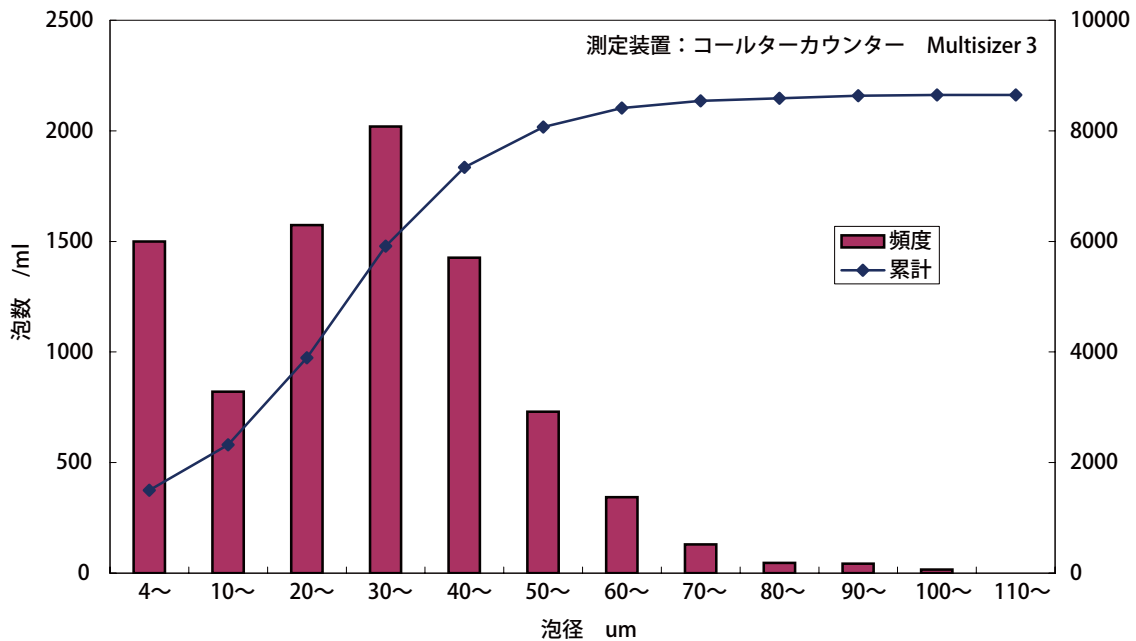
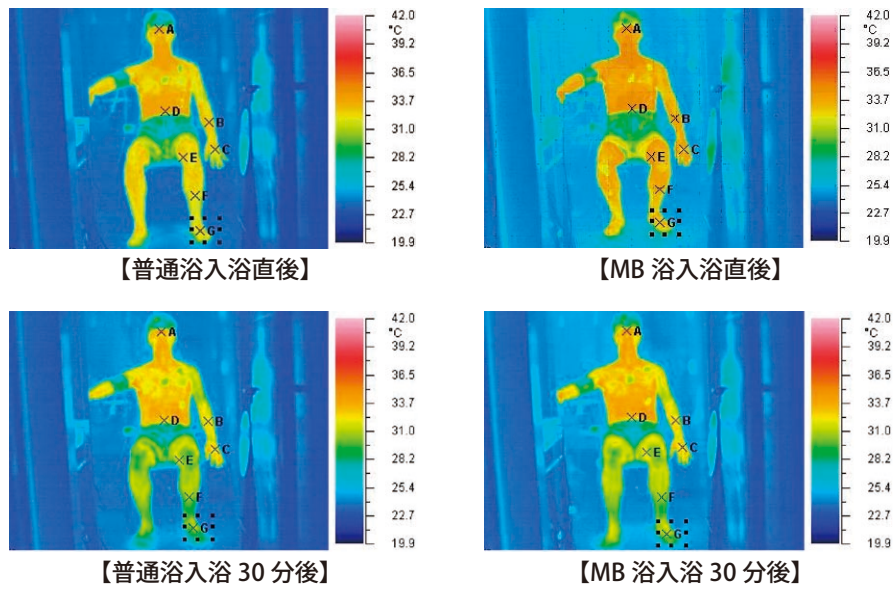


図2 粒度分布

4.2 効果効能検証

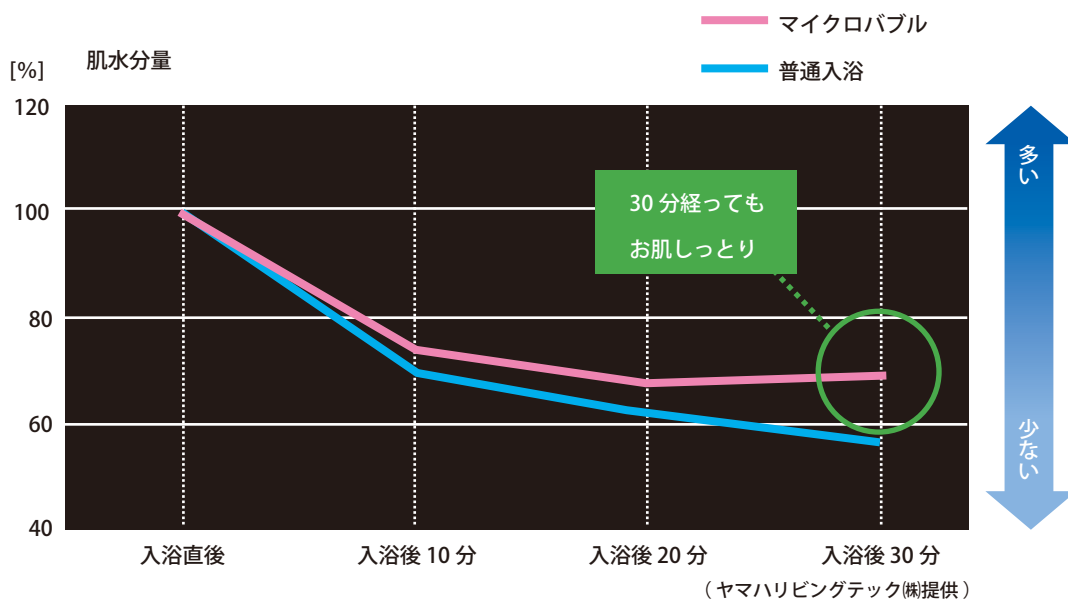
一般に言われているマイクロバブルの効果の中で、生理活性効果を中心とした効果検証を本システムにて実証した。その中で入浴に於ける保温・保湿効果が有意差を示し、また皮脂洗浄効果も期待できる結果を導いたことから、美容・健康分野をターゲットとした商品への展開が見えた。

保温効果は体表面温度計測, A V A 血流量計測, 主観評価により通常入浴に対し差を見出すことができた(図3)。マイクロバブルは体表面を泡で包み込み、水圧を感じにくくなることで血管の圧迫を避け、さらには泡の刺激により血流量を増加させたと考えられる。血流量の増加は多く熱を放散させて体を温めたといえる。また、入浴後の方が有意な差が見られ、保温が続くことにより保湿効果が高まった。その結果は、水分量計測により証明された(図4)。



(ヤマハリビングテック(株)提供)

図3 サーモグラフィによる体表面温度変化



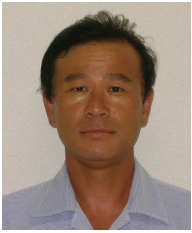
(ヤマハリビングテック(株)提供)

図4 サーモグラフィによる体表面温度変化

5 おわりに

今回紹介したマイクロバブル発生装置を、アクア環境部の新技術として確立させる事が出来ました。今後この技術を幅広い分野へ商品展開できるよう開発に取り組んでまいりたいと思います。

最後に、開発にあたってご協力頂きましたヤマハリビングテック(株)および社内外の関係各位の皆様には本紙面を借りて厚く御礼申し上げます。



黒田 寛
Hiroshi Kuroda

事業推進統括部
新規事業推進部
アクア環境部



黒田 英里
Eri Kuroda

MC事業本部
技術統括部
第一ボディ設計部