

超ナノバブル(2-10nm)水の製造と特性

松村栄治、萩原信子
ネイチャーズ株式会社

要旨: 超ナノバブル(気泡サイズ 2~10nm)を多量に発生溶存させる技術を開発した。すなわち、空気から濃縮生成したオゾンガス(または酸素ガス)と加圧水を、エジェクター(外側に磁場発生装置と内部中央にオリフィスを配置)に導入混合し高速通過させると、溶存ガス気泡が、圧壊作用、キャビテーション(真空曝露)および磁場の影響によって複合的な分断作用を受けて細分化される。その結果、生ずる気泡の中から大きなサイズの気泡を脱気装置により取り除く。基本的にこのプロセスの繰り返しによって最終的に 2~10nm という従来確認されていなかった超微細ナノバブルのみを多量に溶存した機能水をつくることが可能となった。超ナノバブル水(オゾン水および酸素水)は、溶存ガスが高濃度(過飽和)で、持久性の高いことも明らかとなった。

目的: 水中の気泡を微細な状態(マイクロバブルやナノバブル)にすると新たな機能が現れることが報告され、利用分野が広がりつつある。こうした気泡を作成する方法としていろいろ知られているが、我々は外側に磁場発生装置と内部にオリフィスをつけたエジェクターを考案し、そこに空気から濃縮生成したオゾンガス(または酸素ガス)と加圧水を導入混合し、オリフィス部を高速通過させる循環システムを開発した。その結果、従来のナノバブル(50~500nm)よりも明瞭に微細な(10nm 以下)超微細ナノバブルのみを多量に発生溶存する機能水をつくることが可能になったので、その技術の概要と生成する超微細ナノバブル水の特性について報告する。

方法

1. 超ナノバブル水生成法

概要を図1に示す。タンクに貯留した水(水道水または RO 水)を循環ポンプによりエジェクター(噴射装置)入口に加圧送水し、エジェクター内の通路管口径が3mm 以下に絞られているオリフィス(Orifice: 通路管孔部)を高速で通過させる。一方、空気を酸素濃縮装置(PSA; Pressure Swing Adsorption)に導入し、95%濃度の酸素ガスを毎分 40発生させ、次いでオゾナイザー(Ozonizer)による放電でオゾンを発生(オゾンガス濃度 $4.8\text{g}/\text{Nm}^3$)させ、それを均等量ずつ、エジェクター 2 本(オリフィス中心部の磁場 0.5T)を循環する加圧水(水圧 0.4Mpa)に吸引導入して溶存させる。水温はチラーにより設定温度に冷却維持した。

エジェクターを通過したオゾン水(酸素気泡も含む)は、脱気タンクに流入され、そこで流速が急激に低下し、大形のオゾン気泡が浮力で分離する。細かなオゾン気泡は分離されずに脱気タンクを通過し、加圧状態のまま圧力調整バルブまで送られ、そこで常圧になってからタンクに戻され、1サイクルが終わる。このサイクルを繰り返すことにより、何度も複合的な分断作用を受け、最終的に 10nm という超微細な気泡が生成される。

2. バブルサイズ、溶存オゾン濃度、気泡径の測定

水中溶存オゾンの気泡径は、計測下限50nmのレーザー回折式粒度分布測定装置(島津: SALD-3100)および測定範囲が 1~6,000nm の動的光散乱式粒度分布測定装置(堀場: LB-500 および LB-550)を用いて計測した。

溶存オゾン濃度は紫外線吸収式オゾンモニター(荏原実業: EL-500 型)により計測した。

結果

1. 超ナノバブルオゾン水の生成

上記の条件で約 20 分間サイクルし、水中の溶存オゾン濃度が $20.6\sim 20.7\text{mg}/\ell$ になったところで採取した試料を計測した結果、原水、磁気照射オゾン水、磁気非照射オゾン水のすべてにおいて $50\sim 300,000\text{nm}$ (3 μm) の気泡を検出なかった。しかし、受光センサーのデータから、磁気処理オゾン水の気泡含有率が著しく低いことが確認できた。

次に、RO 水(水温 8℃に維持)にオゾンを溶解させ、溶存オゾン濃度 $14\text{mg}/\ell$ に到達後、オゾナイザー放電のみを

運転停止し、15 分間濃度維持して安定化させてから気泡分布を計測した結果、溶存オゾン濃度 $20\text{mg}/\ell$ に保持した水において $2\sim 10\text{nm}$ に気泡径の分布が見出された。

2. 超ナノバブル生成に対する磁場の影響

バブルの微細化に対する磁場の影響について試験した結果、 $0.3\sim 1\text{T}$ の磁場をかけると約 15 分のシステム稼働によってオゾン濃度は $20.0\text{mg}/\ell$ に達したが、磁場を掛けないと $19\text{mg}/\ell$ 以下に留まった。

3. 超ナノバブル酸素水の生成

95%濃度の酸素ガスを、オゾンナイザー放電の停止以外はオゾン水を処理したときと同じ試験装置及び流量条件で処理し酸素のナノバブル化について実験した。試験の結果、水道水が $8.53\text{mg}/\ell$ とほぼ飽和状態であるのに対し、ナノバブル化酸素水では $45.81\text{mg}/\ell$ を記録した。さらに、恒温槽で 20°C に温度維持しつつ常圧開放のまま1時間保持しても、溶存酸素濃度に変化はみられず $45\text{mg}/\ell$ を保持した。気泡サイズを調べた結果、水道水は $200\sim 3,000\text{nm}$ の酸素気泡分布であったのに対し、ナノバブル化酸素水では 10nm 以下の気泡だけが検出された。

考察

オゾン水は、オゾンのもつ優れた酸化性能を、危険性の高い気相ではなく、安全な液相に溶存させて消毒や洗浄に用いることの可能なものである。しかし、従来のオゾン水は、オゾンが水に難溶解性であることから脱気し易く、排オゾンガスが多量に出て人畜に対し危険であった。同じ要因から溶存量の急激な減少により効果が極めて不安定であるという弱点があった。脱気しやすい従来のオゾン水を計測したところ、気液混合法や電解法というオゾン水の生成方法の違いによらず、気泡分布は 1μ またはそれ以上の気泡径であった。我々は、気泡径をより小さくすることで、オゾン水の安定性と効果の向上が可能と予測し、本報告のように、平均気泡径が 10nm 未満の超ナノバブル水の生成法を開発するに至った。

本研究において、従来の測定装置では透明で計測し難い 10nm 未満の明瞭な気泡分布を繰り返し計測できた理由は、本研究で開発した技術により生成したオゾン水は超ナノバブルを多量に含んでいることと、測定の妨げとなる反射散乱光を生ずる原因となる 50nm を超える大きな気泡を取り除いたことによると考えている。

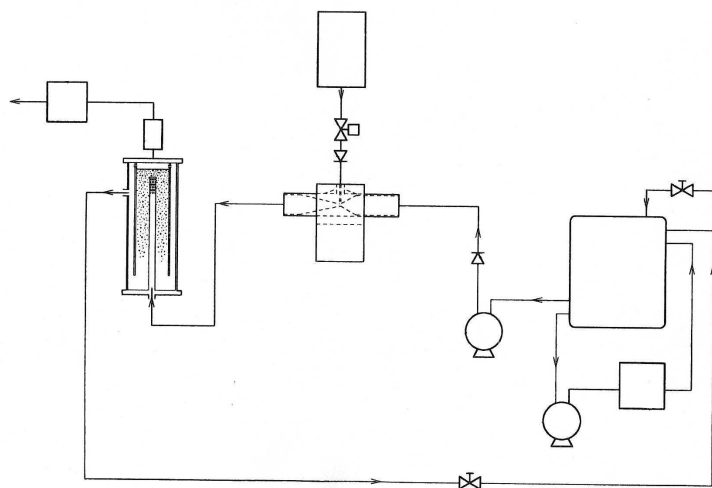


図 1. 超ナノバブル水生成システム