

## 5. オゾン水製造装置の開発

宮崎県工業技術センター 材料開発部 主任研究員 田中 智博  
株式会社キョモテックイチ 自動機部 部長 星野 義郎

### (1) シーズ研究 (又は開発) の概要

宮崎県工業技術センターは、過去に開発したシラス多孔質ガラス膜 (SPG 膜。図 1 参照。) の新たな応用技術である「無気泡ガス溶解法」を利用した、オゾンガスを水に効率よく溶解させる技術を開発した。

そこで、この技術を採用したオゾン水製造装置の開発に着手し、タッチパネルを用いた簡易な操作により、殺菌や消毒に適した濃度のオゾン水を生成できる装置を開発することができた。

(公設試の技術) SPG 膜応用技術、SPG 膜改質技術、オゾン濃度測定技術  
(企業の技術) 機械制御技術、機械設計技術

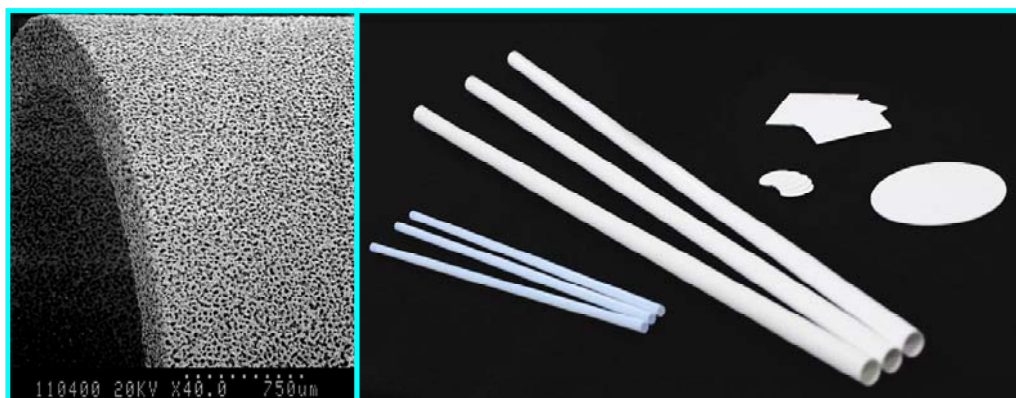


図 1 SPG 膜の電子顕微鏡写真と外観

### (2) 開発の端緒

オゾンには強い酸化力があるため、殺菌能力や消毒能力等に優れている。このオゾンガスを水に溶解したオゾン水は塩素系薬剤に比べて同等の能力がありながら、トリハロメタンなどの有機塩素化合物が発生しないこと、薬剤の残留性がないことなどから、環境に優しいという特長がある。

通常、オゾンガスやその他の気体を水に溶解させる場合の手法には、図 2 の左にあるとおり、バブリング等により気液界面の面積を増やして溶解速度を確保する方法や加圧溶解法等が挙げられる。しかし、これらの方法をオゾン水製造に適用すると、前者は溶解効率が非常に低く、廃オゾンガスの処理も必要となること、後者は生成したオゾンガスを加圧する装置や耐圧容器が必要となることから、装置製造の大型化、コスト上昇の要因となる。そこで、宮崎県工業技術センターでは、SPG 膜の新たな応用技術として、SPG 膜を介して水とガスを接触させ、効率良くガスを溶解させる無気泡ガス溶解法 (図 2 の右側参照) を考案し、オゾン水の製造に適用することとした。

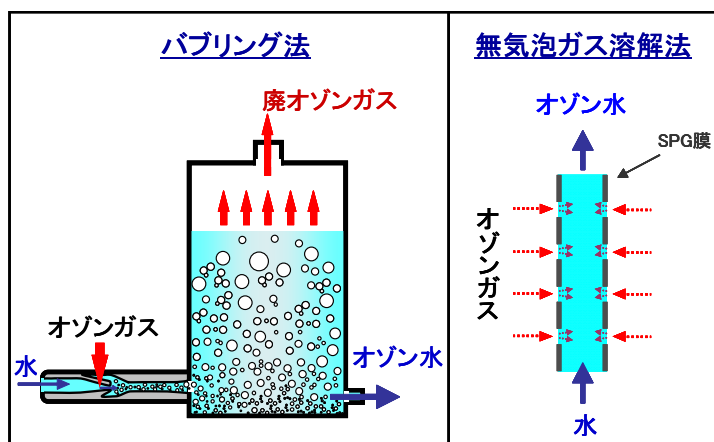


図 2 バブリング法と無気泡ガス溶解法の概略

## テーマとの出会い

本県が開発した SPG 及びその応用の新たな展開として、SPG 膜を用いたナノ／マイクロバブル生成技術を平成 14 年度及び 15 年度の経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業において開発した。そこで、この事業において「無気泡ガス溶解法」を発想したが、この無気泡ガス溶解法は平成 17 年度から 19 年度の JST の重点地域研究開発推進プログラムの育成研究課題において実現した技術で、従来の方式とは異なるオゾン水製造装置の開発につながったものである。

## 人との出会い

株式会社キヨモトテックイチは、これまでも宮崎県工業技術センターと共同で、様々な装置機械類を開発してきており、SPG 膜を用いた各種装置（膜乳化関連装置、ナノ・マイクロバブル生成装置等）も開発してきた。また、JST の育成研究課題においても、紫外線と酸素ナノバブルを併用した COD 成分分解装置等の試作を行ったことや、機械装置製作に関するノウハウも有していることから、今回の無気泡ガス溶解法を用いたオゾン水製造装置に関しても、共同研究にて開発することとなった。

### (3) 目標の設定

オゾン水は、表 1 にあるとおり、塩素系薬剤の代替として消毒や殺菌などに使用されているが、まずは比較的小規模な用途である食品加工場や医療施設での使用を想定して開発した。

具体的には、オゾン水の目標濃度は 0.5～1.0mg/l とし、水道の蛇口から出る通常量とされる毎分 5L 以上の流量を目標量に設定して開発を行うこととした。

表 1 オゾン水の使用可能な用途、必要濃度及び量

分野	使用オゾン水濃度 [mg/l]	必要量 (処理量)
食品殺菌	0.5 - 1.0	1 - 20 L/min
消毒(院内)	1.0 - 3.0	1 - 20 L/min
プール用水	0.5 - 1.0	> 50 L/min
し尿処理	10	(750 m <sup>3</sup> /day)
下水処理	10	(10,000 m <sup>3</sup> /day)
上水処理	2.0 - 3.0	(100,000 m <sup>3</sup> /day)
半導体洗浄	30～	-----

### (4) 社会的価値

オゾン水は、殺菌などにおいて塩素系薬剤と同等の能力がありながら、薬剤の残留性がないことから環境に優しく、安全性が高いという特長がある。一方、オゾンは不安定な分子であり（図 3 参照）、生成後に放置しておくと酸素分子に変化する性質がある

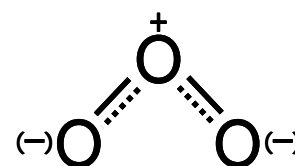


図 3 オゾン分子の構造式

こと、オゾン水中のオゾンの半減期は約 20 分から 30 分といわれており作り置きするができないことから、オゾン水を使用したい場合は、使用する現場においてその都度製造し、使用する必要がある。

そこで、オゾン水を使用する場合は、製造装置を現場に設置して使用することとなるが、前述したとおり、従来方式であるバブリング法による製造では廃オゾンガス処理の関係上、ランニングコストの上昇や小型化が困難となる問題が生じることが考えられる。

従って、無気泡ガス溶解法を採用したオゾン水製造装置を開発することにより、オゾンガスを効率的に溶かすことができ、かつ廃オゾンガスの処理が原則不要となることから、既存の製造装置の問題点を解決できるものと思われる。

### (5) 具体的なシナリオ

無気泡ガス溶解法を用いたオゾン水製造装置の開発は、平成 21 年度に財団法人宮崎県産業支援財団の「新産業・新事業創出研究開発事業」の採択を受け、実施したものである。

そこで、各機関は以下のとおりテーマを分担して、研究開発に取り組んだ。

○宮崎県工業技術センター

オゾン水生成条件の最適化及び SPG 膜の改質条件の最適化

○株式会社キョモトテックイチ

オゾン耐性軽量化 SPG 膜モジュールの製作、オゾン水製造装置の設計、試作及び評価

### (6) 研究成果

#### 主な成果

#### ①SPG 膜の疎水化処理

無気泡ガス溶解法でオゾン水を生成するには、図 4 の上に示すように管状の SPG 膜に水を流した状態でオゾンガスを接触させる必要がある。通常、SPG 膜は親水性であることから、SPG 膜に水が触れると膜が濡れた状態となり、ガス側を少し加圧した場合でも、図 4 の左下に示すように気液界面がガス側にある。従って、溶解したオゾンが拡散しにくい状態となっているため、溶解速度が小さいという欠点がある。そこで、図 5 に示す方法により SPG 膜をオゾン耐性も備えた疎水化処理することで、図 4 の右下に示すように気液界面が水側に移行し、その結果、溶解したオゾンが拡散しやすくなるため、溶解速度を格段に向上させることができた。

#### ②オゾン水生成試験

オゾン水生成試験は、SPG 膜モジュール（孔径  $0.28 \mu\text{m}$  の疎水化した管状 SPG 膜（有効膜面積：約  $0.17 \text{m}^2$ ））を使用して、ワンパス方式により、オゾナイザーにて発生させたオゾンガスをそのモジュールを介して流水に接触させて溶解させる方法により行った。

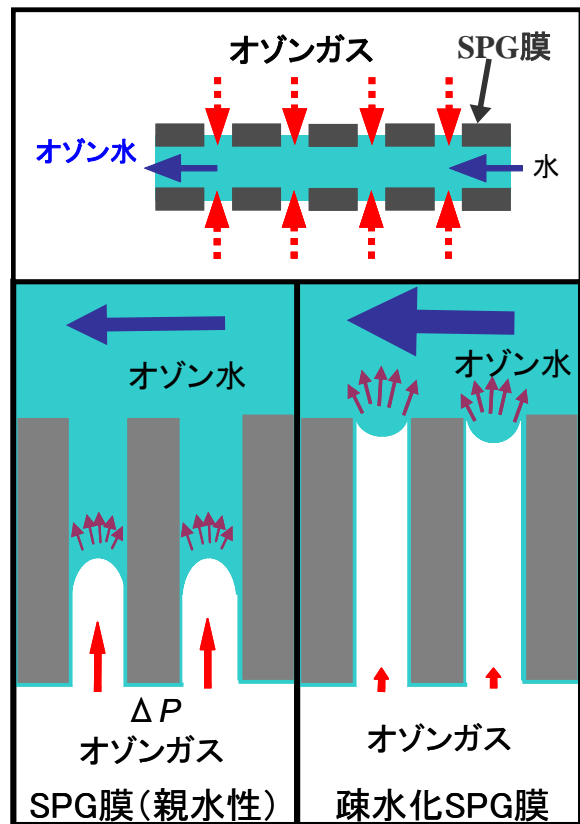


図 4 無気泡ガス溶解法の概略  
(無処理膜と疎水化膜の比較)

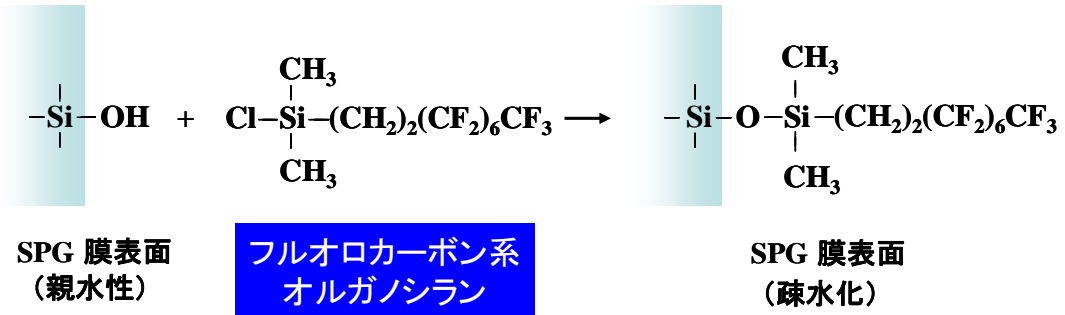


図5 SPG膜の疎水化の方法

図6に、水流量を7L/minと設定し、濃度が150~160g/m<sup>3</sup>のオゾンガスを100ml/min流したときのオゾン水のオゾン濃度の経時変化を示す。この結果から、オゾン水のオゾン濃度は約40分過ぎでほぼ一定となり、25分後には目標濃度である0.5mg/Lに到達することが確認できた。このように、目標濃度に到達するまでに時間を要する理由としては、膜モジュール内とSPG膜細孔内の空気がオゾンガスに置換し、オゾンと水が接触して目標濃度域のオゾン水が生成するのに時間を要するためと考えられた。

図7に濃度が150~160g/m<sup>3</sup>のオゾンガスを50ml/minで流して、水流量を変化させたときの、試験開始60分後のオゾン水のオゾン濃度変化を示す。この図にあるとおり、水流量を調節することでオゾン濃度の制御が可能となること、濃度の高いオゾン水の場合は希釈して利用可能であることが示唆された。

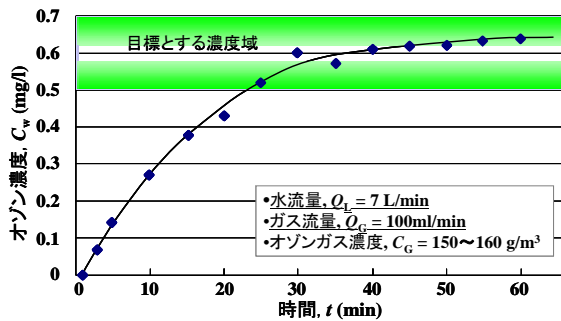


図6 オゾン水のオゾン濃度の経時変化

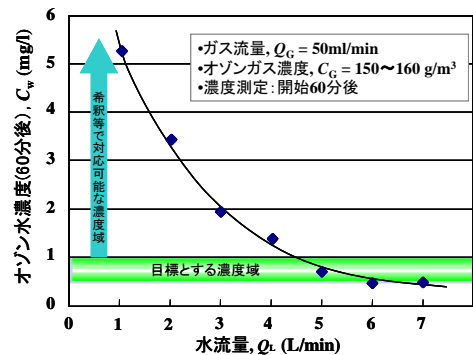


図7 各水流量におけるオゾン水のオゾン濃度

### ③オゾン耐性軽量化 SPG膜モジュールの製作

オゾン水製造装置を開発・試作するため、膜モジュールの軽量化、SPG膜とモジュールの接合部分のオゾン耐性向上のための新たな接合方法について検討することとした。まずは、軽量化のために、オゾン耐性のある塩化ビニル樹脂をモジュールとして採用し、そのモジュールとSPG膜との接合は従来のOリングによる固定からオゾン耐性紫外線硬化樹脂に変更した。以上の改良を行い製作したオゾン耐性SPG膜モジュールを図8に示す。



図8 オゾン耐性 SPG膜モジュール

#### ④オゾン水製造装置の設計、試作及び評価

オゾン水製造装置は、図9のとおり、前述したモジュールに加え、オゾナイザー、酸素富化器等で構成しており、操作の簡便性を確保するため、コントロール用のタッチパネルを組み込んだ(図10参照)。

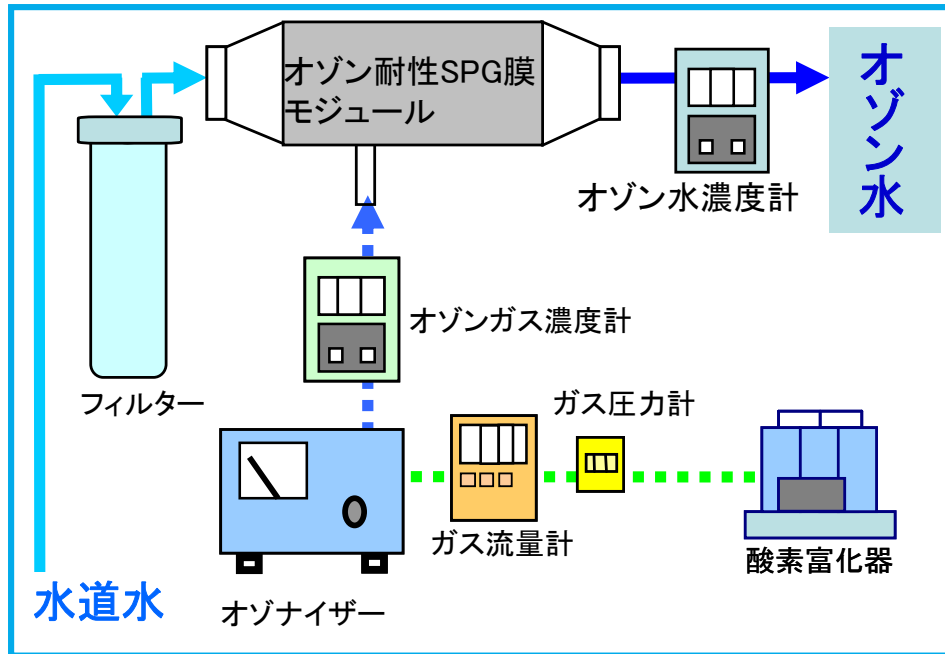


図9 オゾン水製造装置の構成

#### 企業化に至ったキーポイント

オゾン水を水に溶かそうとする場合、従来のバブリング法では非常に効率が悪く、オゾン生成と廃オゾンガスの処理にコストがかかることから、より少ないオゾンガスを効率良く溶かすことのできる「無気泡ガス溶解法」を採用したことが最も大きなポイントである。

なかでも、疎水化した管状SPG膜を使用した「無気泡ガス溶解法」により、オゾンガスの溶解効率が非常に改善され、目標とする濃度及び量のオゾン水を確保することが可能であることが確認できたことから、現時点においては事業化までには至っていないが、今後、十分に事業化可能であると見込んでいる。



図10 開発したオゾン水製造装置

## (7) 到達点

この装置の特長は、オゾンガスがほぼ 100%溶解し、溶け残ったオゾンガスの外部放出がないため設置場所を選ばないこと、水道水量やオゾンガス濃度でオゾン水中のオゾン濃度を調節できることである。

余剰の廃ガスがほとんど発生せずに効率よくオゾン水を製造でき、さらに、廃ガスの処理が不要であることによる装置の小型化が可能となるといった利点を生かして、今後製品化した場合は、医療施設や小規模の食品加工場などに普及させたいと考えている。

## (8) 開発に携わった研究者の思い

宮崎県工業技術センター 材料開発部 主任研究員 田中 智博

(株)キヨモトテックイチさんは、機械装置の開発を得意とされており、当センターもほかの研究開発事業で大変助けていただいています。

このオゾン水製造装置はまだ改良すべき点があると思いますが、SPG の新たな応用技術である無気泡ガス溶解法の特長を生かした成果ですので、今後、市場で受け入れられることを期待しています。

株式会社キヨモトテックイチ 自動機部 部長 星野 義郎

当社は、FA (ファクトリー・オートメーション) 関連の省力化機器等のほか、オゾンを利用した VOC (揮発性有機化合物) 分解装置・排水処理装置、PSA 関連装置、SPG 技術を利用したナノ/マイクロバブル生成装置等の製造販売を行っております。今回開発しましたオゾン水製造装置につきましても、今後、ニーズに応じた改良を行い、販売していきたいと考えています。

## (9) ディスカッション

Q: 無気泡ガス溶解法では、オゾンガス以外のガスは適用可能でしょうか?

A: オゾンガス以外のガスにも適用可能です。例えば、攪拌により不具合が生じるなどのバブリングが向かない用途の場合には、無気泡ガス溶解法は気泡が発生しないため、非常に有効な手段であると考えています。

Q: 無気泡ガス溶解法は、疎水化していない通常の SPG 膜は使用できないのでしょうか?

A: 疎水化していないものは溶解速度が非常に小さいことから、実用的ではないと考えています。ただし、オゾン耐性のある疎水化処理は煩雑であるため、疎水化 SPG 膜に替わる疎水性多孔質材料 (テフロン膜等) の利用も考えられます。

## 企業情報

■名称：株式会社キヨモトテックイチ ■代表者：代表取締役社長 清本 康夫

■創業：1928 年 5 月 ■資本金：58,000,000 円 ■従業員数：33 人

■所在地：〒883-0067 宮崎県日向市亀崎東 1 丁目 25 番地 1

■TEL：0982-52-5258 ■FAX：0982-52-5773 ■URL：<http://www.tech-1.co.jp/>

### ■主力商品

- ・ FA 機器
- ・ 省力化機器
- ・ 魚自動活けしめ脱血処理装置
- ・ 各種機器の設計製作
- ・ 各種メンテナンス工事等
- ・ SPG 関連装置
- ・ PSA 関連装置