

# 微細気泡技術

---

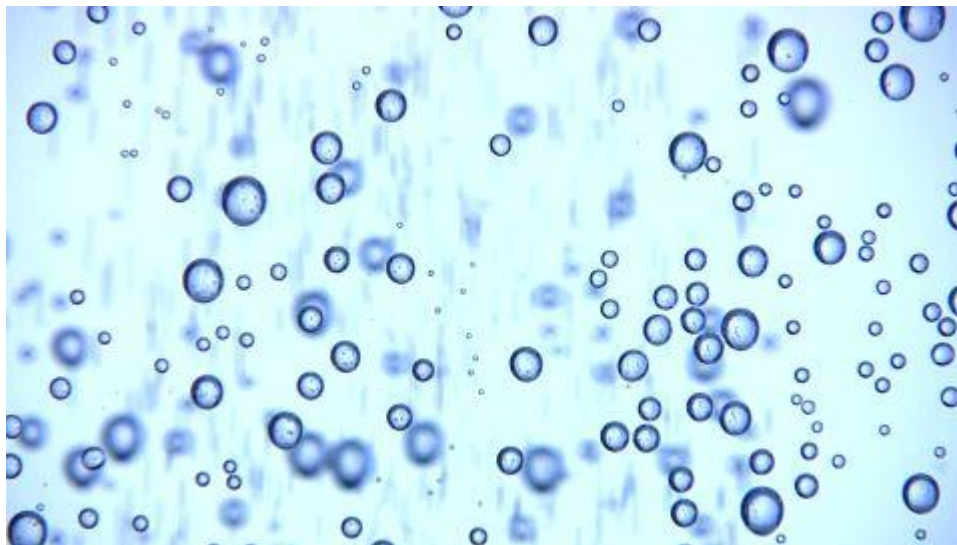
バブルの領域  
Region of Bubble's

# 気泡とは

泡(あわ、あぶく、:英 foam、bubble)または泡沫(ほうまつ、うたかた)とは、液体もしくは固体がその中に空気などの気体を含んで丸くなったもの。気体を包む液体の表面張力により作られる。

固体の泡は、液体の状態で形成されたものが固体化されたものが普通である。液体中に生じた気泡は密度が小さく、上昇して水面に姿を現すとあぶくとなる。液面に出た場合、液体側はやや平らになり、空気中に丸く突出する。空気中の部分は薄い液体の膜からなるが、次第にそれを構成する液体が流下するので薄くなり、最終的には壊れる。これはシャボン玉と同じである。

すぐに割れてなくなるさまから、はかなく消えるもののたとえに用いられる。



# 気泡発生原因

## キャビテーション (Cavitation)による泡

液体の流れの中で圧力差により短時間に泡の発生と消滅が起きる物理現象。

## 圧力・温度の変化による泡

液体にかかる圧力を低下させたり、温度を上昇させたりすると、液体に溶け込んだ気体が泡となって放出。

## 化学反応による泡

液体中で気体を発生させるような化学反応を起こす。

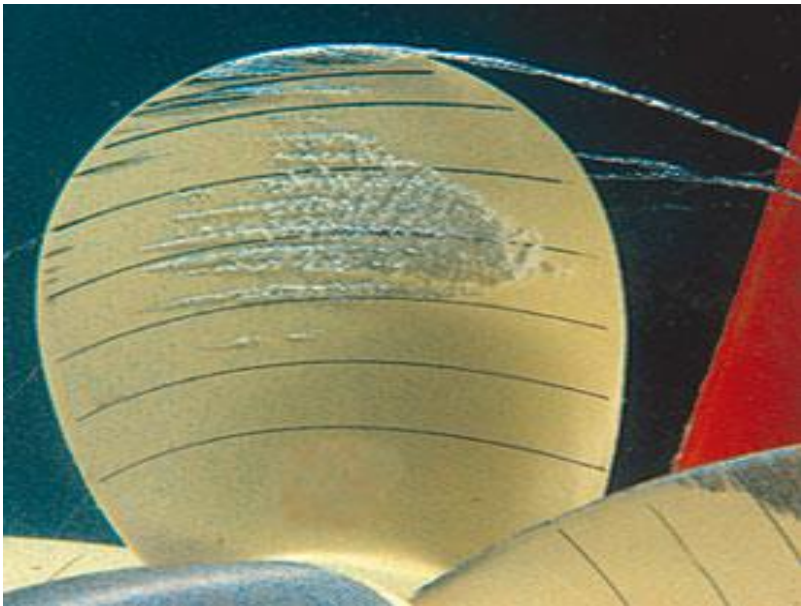
## 機械的操作による泡

攪拌機などで液体を攪拌することによって、空気を泡の形で液体に取り込む。あるいは、液体中に気体を吹き込む。

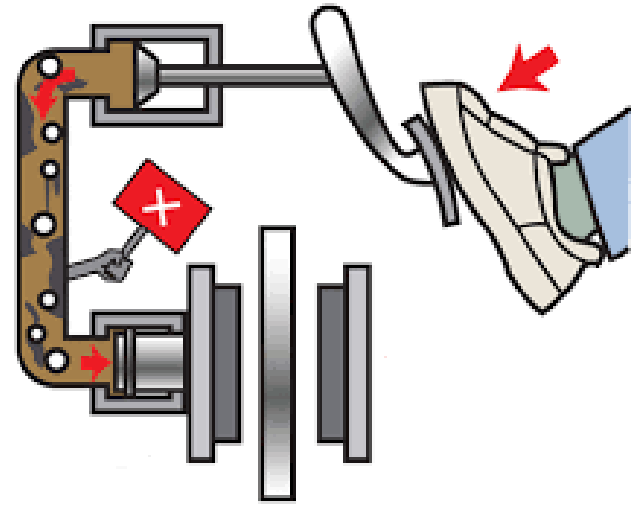
## 食料品における泡

炭酸飲料(二酸化炭素を溶解させた飲料を炭酸飲料)

ホイップクリーム(植物油を攪拌して空気の気泡を含ませたもの)



船舶のスクリュー



自動車のブレーキ(ベーパーロック現象)



原子力発電所の配管



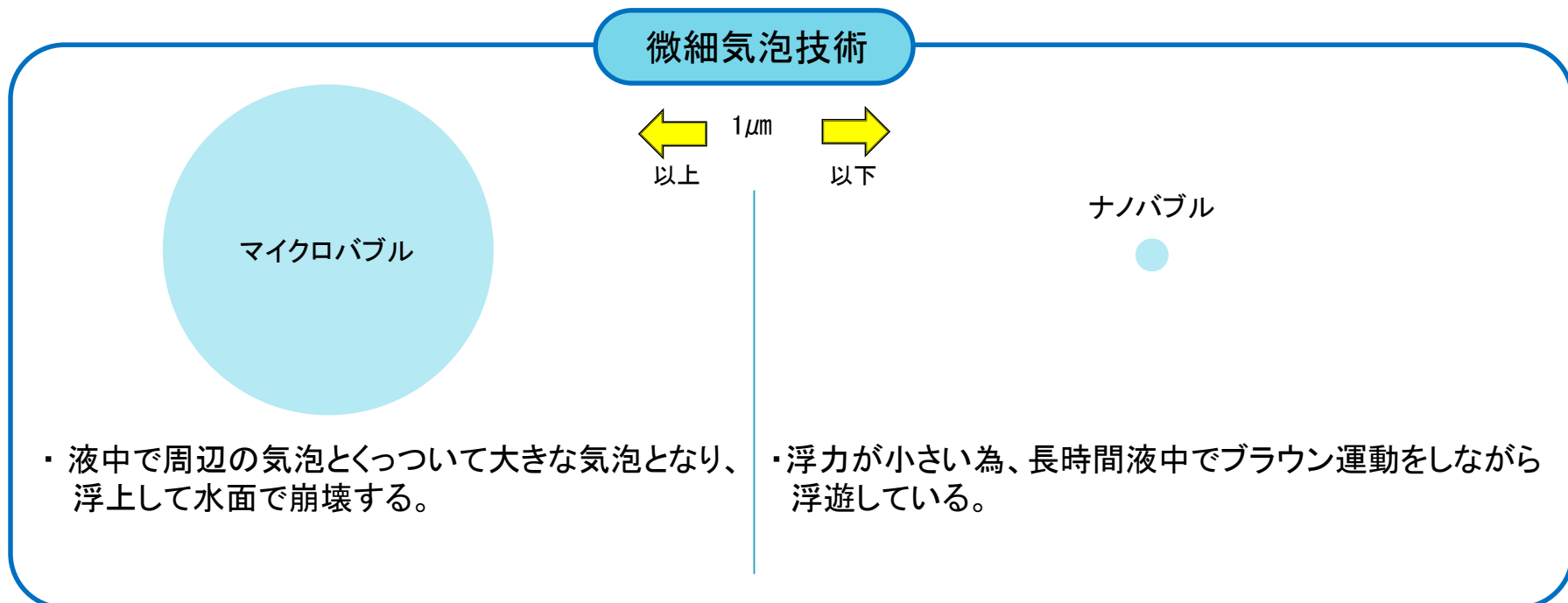
ロケットのエンジン内部の配管

## 微細気泡技術について

微細気泡技術は、泡の粒径の違いによりマイクロバブルとナノバブルの2種類があり、近年ナノバブルはウルトラファインバブル、微細気泡はファインバブルと呼ばれてもいる。

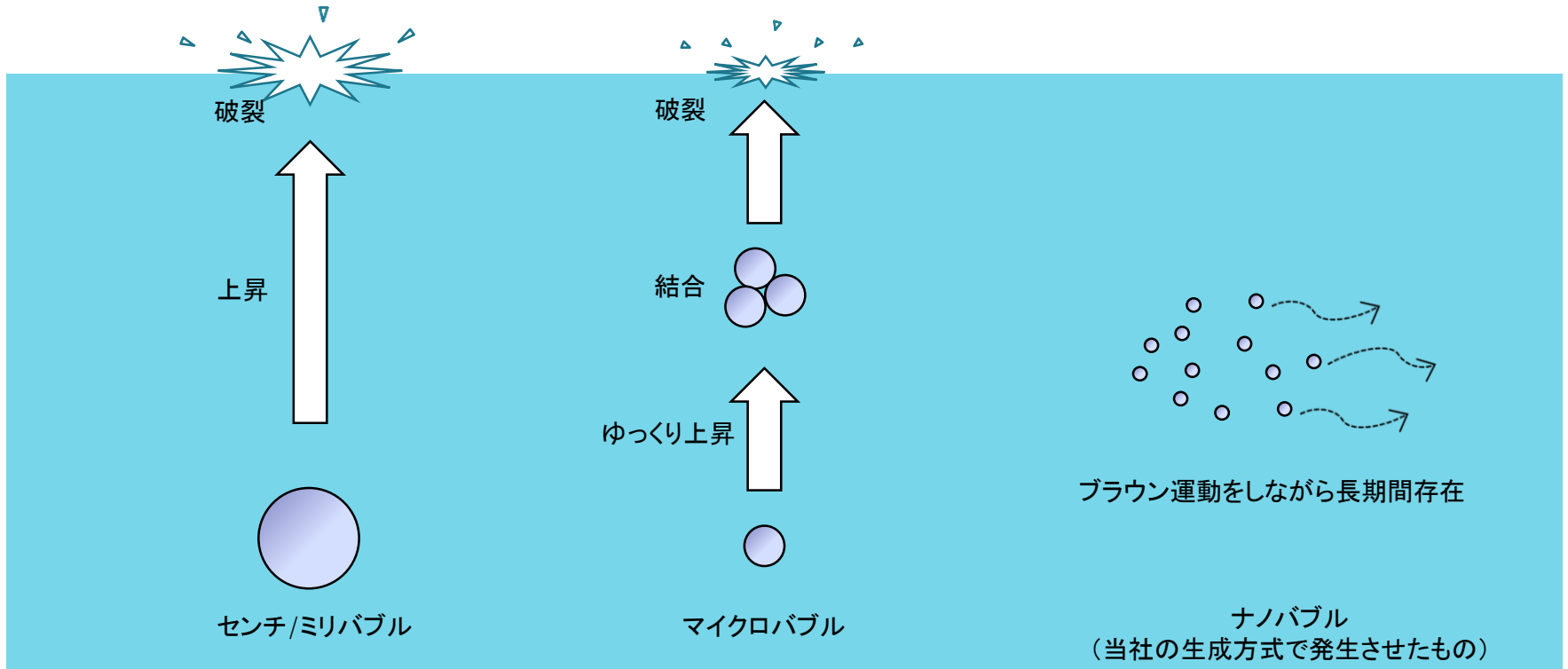
これらは、液体中に含まれるミリサイズ以下の気泡のことで、その定義は $1\mu\text{m}$ 以上をマイクロバブル、 $1\mu\text{m}$ 以下をナノバブル(ウルトラファインバブル)としている。

その気泡を作る方法は様々で、各メーカーで特許を取得しており、マイクロバブルの発生方式は、単純な構造で安価に出来る為、業界に参入しやすい技術であるが、利用できる用途領域が少ないことと、発生直後に浮上して水面で崩壊するため、基本連続運転が必要である。ナノバブルは、発生させる原理は各メーカーでブラックボックスとなっているが、基本的な構造はマイクロバブルの発生方法の応用であることが多いことと、浮力が小さいのですぐに浮上して消えることなく、液中に長期間存在することが可能である。しかし、価格については、高級国産車なみの価格であること、アプリケーション開発が遅れていることから、認知度及び普及率共に低い。



# 粒径の違いによる気泡の挙動

通常、気泡は気体を内包しているため浮力が働き、発生直後から浮上途中で結合し、上昇して水面で破裂するが、弊社の技術で生成したナノサイズの気泡は、非常に浮力が小さく、気泡界面に負電位を形成し、ブラウン運動をしながら安定して長期間存在している。各気泡の上昇速度は、気泡の発生方式で異なり、ここに記載するナノバブルの挙動は当社発生方式によるものとしてご紹介する。



※液中での保持期間は、使用する液、気体、保存状態等の条件により異なります。

## マイクロバブルの発生状況



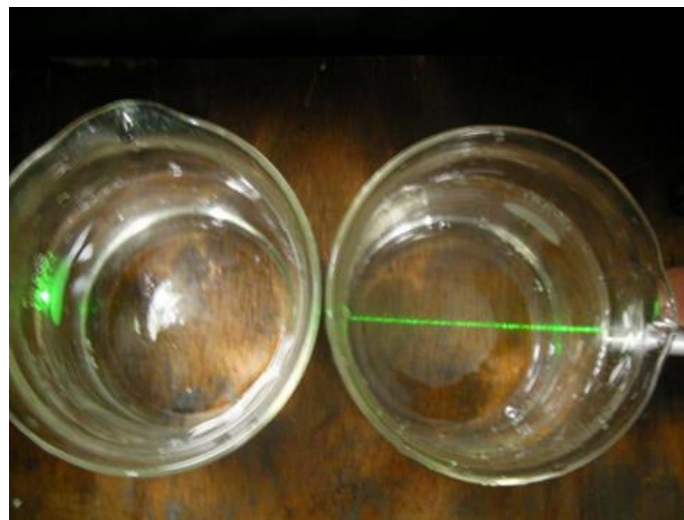
上記の写真はいずれもマイクロバブルの発生状況を写したものであるが、発生方式が全て違うため、発生している気泡の大きさが違うことが分かる。一番左から右に行くにつれて気泡サイズが小さくなっている。

## 微細気泡の可視化



マイクロバブル(発生直後)      ナノバブル

発生直後のマイクロバブルは白濁したように見えるが数十秒後には浮上して消滅するため、右のビーカーのようになるが、これにはナノバブルが入っている。



チンダル現象による可視化

※微細粒子が分散している液体にレーザーを通したときに、レーザーの光が散乱し、光の通路がその斜めや横からでも光って見える現象をチンダル現象と言う。

# 代表的な微細気泡の発生方式について

ナノバブルの発生方式

超音波方式

超音波でキャビテーションを起こし液中の気体を膨張させ気泡を作る

マイクロバブルの発生方式

旋回流方式

気体と液体を混合し、高速で旋回させることで気泡を作る。

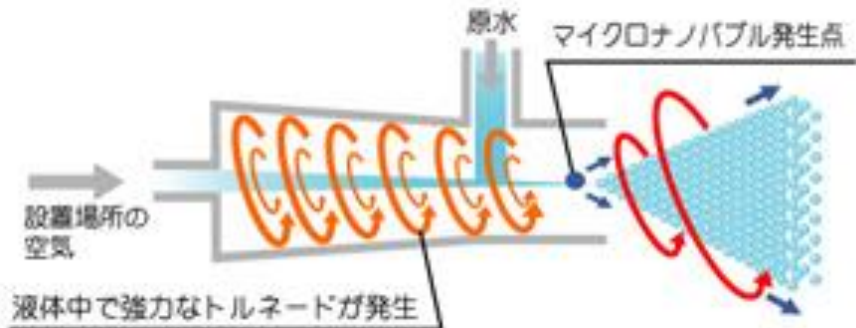
加圧溶解方式

気体に圧力をかけ、液中に溶け込ませて、一気に開放することで気泡を作る。

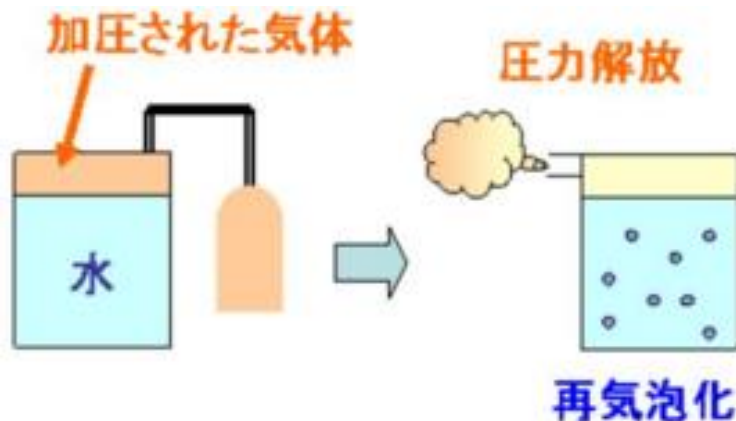
微細孔方式

オリフィス等の微細孔へ気体に圧力をかけて通すことで気泡を作る。

## ■ 旋回流方式の原理



## ■ 加圧溶解方式の原理



# 微細気泡が持つ主な特性

## 界面活性作用

- 細かな隙間に気泡が入り込むため精密洗浄や、汚れに付着して取り除く効果がある。
- 水中の様々な汚れを浮上分離させる。

## 衝撃圧力作用

- 外部から圧力をかけることで気泡を破壊し、その衝撃で周辺の物質に対し作用させる。
- 細胞破壊を必要とする最新医療の分野や醸造、発酵などで期待されている。

## 生理活性作用

- 植物に対して生長促進効果がある
- 酸素不足も改善

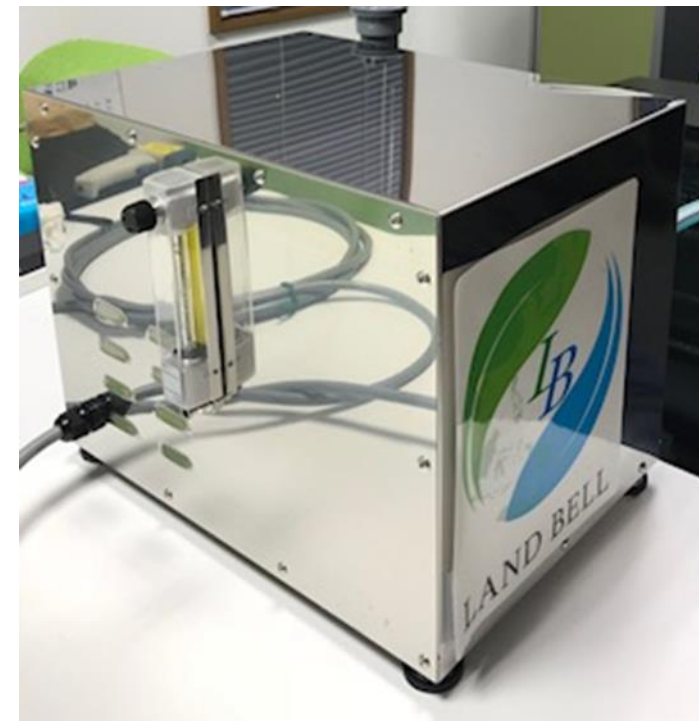
## Region of Bubble'sの持つ主な特性

- ① 圧搾噴岐方式は、ナノ粒径の気泡を安定、大量に生成  
生成中に確認出来るマイクロバブルも他社のものとは比べ微細なものができる
- ② 生成したナノバブルは、気泡界面にマイナス電位を形成しているため、すぐに浮上することなく  
ブラウン運動をしながら長期間滞在できる
- ③ 生成した水の表面張力を下げ、接触角も小さくなることから、洗浄作用がある
- ④ 界面活性剤、薬剤、その他液体と使用することで、そのものが持つ性質を最大限に引き出す  
ことができる  
例: アルカリイオン水をRegion of Bubble's化することで、大きな洗浄力がある洗浄水が  
生成できる  
Region of Bubble'sで農薬を1000倍に希釈しても、通常希釈と同じ効果がある  
少量の殺菌剤(ポピドンヨード)と組み合わせることで、十分な殺菌効果がある
- ⑤ エマルション効果(乳化剤無しで、水と油分を分離させない効果がある) ※比率
- ⑥ 浸透性
- ⑦ 抽出効果(薬剤等の元になるものを対象物から抽出する効果が高い)
- ⑧ 人体への作用(アトピー性皮膚炎の改善、糖尿病 HbA1cの低下、水虫の改善  
低体温症の改善、癌の進行抑制 etc・・・)

# Region of Bubble's 生成装置 **Quoris**

## 〔装置の特長〕

- ・ 生成するナノバブルの安定化
- ・ 低価格
- ・ コンパクト化
- ・ 気液管路、外装（電気BOX以外）はステンレス304
- ・ 気泡を生成する気体は自由に選択できる（一部使用制限有り）



1時間運転の気泡個数	1分間の流量	発生方式
3億個/ml	15L～ 30L/min	圧搾噴気方式

# 効果検証例

# 洗淨用途

IT業界……………液晶ガラス・プリント基板・シリコンウエハ・フィルム・配管 等

鉄鋼業界……………配管・メッキ・脱脂工程・金属加工工程 等

自動車業界……………鋼板・樹脂製品・ガラス・配管 等

繊維業界……………染色工程・化繊ノズル 等

飲料業界……………ビン・ペットボトルの製造工程・配管 等

医療業界……………手術道具・透析用チューブ・人体 等

食品業界……………農作物(カット野菜)・配管 等

その他……………建築物・車両 等

# 洗淨工程への応用例1

洗淨対象物:ポリカーボネイトの自動車部品(ヘッドライトカバー、テールランプカバー)



ヘッドライトカバー



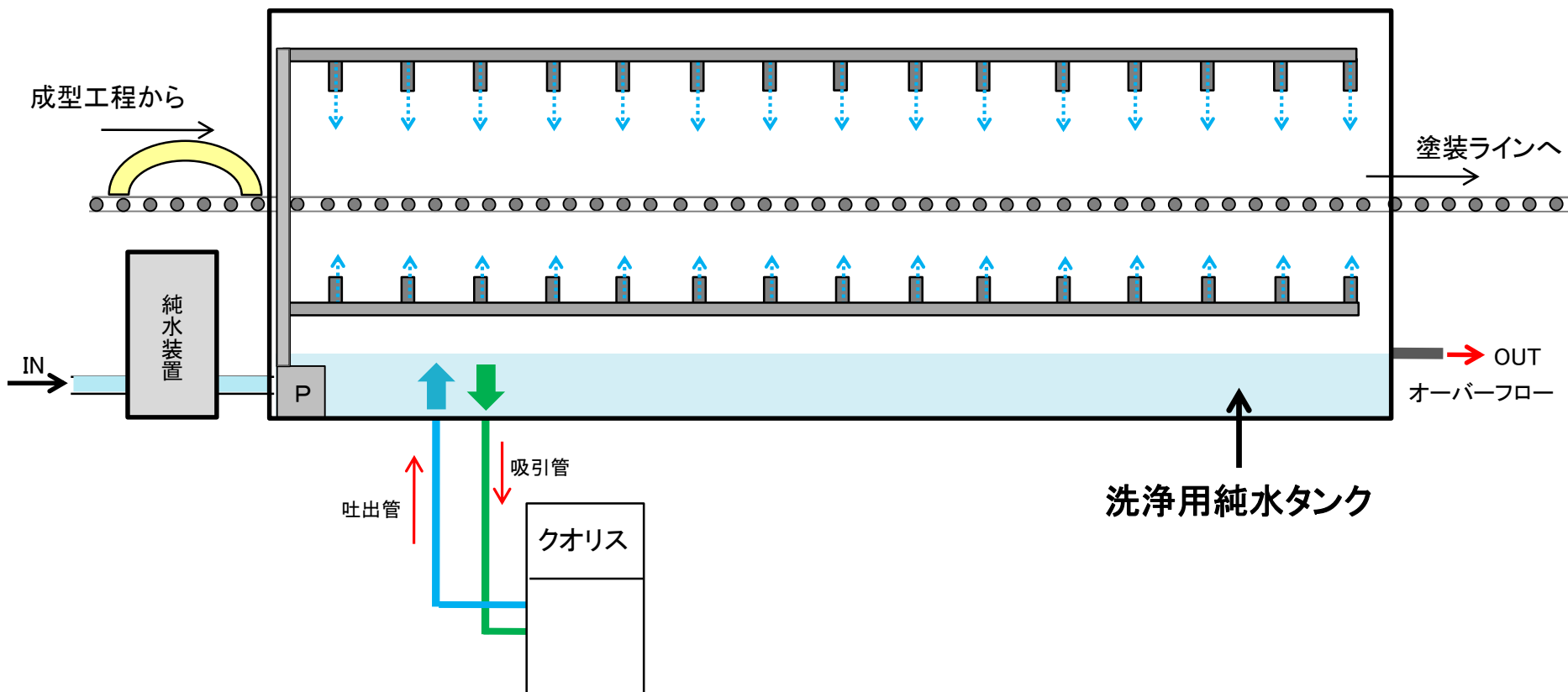
洗淨ライン

この工場で、問題になっているのが製品に付着している、加工時の削りカスやシリコン系グリス、パラフィン系グリスであった。これらは、表面にマイクロオーダーで付いており(目視では分からない)、純水を50度に加温したものでシャワー洗淨しているが、完全に取りきれずに、次のクリア塗装の工程で“はじき”が出て、不良率は、3%~4%で、月平均2000個弱の不良となっている。1%が約300万円なので、約1000万円/月 程度を廃棄処分している。

# 洗浄ラインへの設置

洗浄用の水をRegion of Bubble'sにするため、下記の図のように洗浄ラインのタンクへ直接配管を施工し、フレッシュな状態を洗浄水として利用した。

※使用水量が多い場合は、貯水タンクへ設置する。



# 洗淨結果

## □ 設置稼働後の不良率

1週目	2週目	3週目	4週目	5週目	6週目
8%	4%	3%	2%	1.5%	0.5%

この表から設置後の不良率が、1週目は通常時の値をオーバーした。  
これは、洗淨に使用している配管内の汚れがRegion of Bubble'sを通すことにより汚れが取れて製品に付着したのではないかと推測する。

## 洗浄への可能性

### ○ 洗剤量の削減

ナノ化した水自体に界面活性効果があるので、通常使用している洗剤の量を少なくできる。



### ○ 水の削減

使用する洗剤量が削減できれば、すすぎの時間短縮が出来るため、全体に使用する水の削減が期待できる。



### ○ 加温するエネルギー量の削減

高い水温で洗浄している現場であれば、Region of Bubble'sは常温でも効果があるため、燃料等の使用量の削減も期待できる。

※常温の場合、付着している汚れ成分で洗浄効果に差が出る事がある

### ○ 機器に使用されている配管等の洗浄

2次的な効果として、洗浄対象物以外の機器類やその配管等の洗浄できる可能性がある。

これは、今までにも産業分野の洗浄ラインへ導入後に確認されている。

## オゾンガスの応用

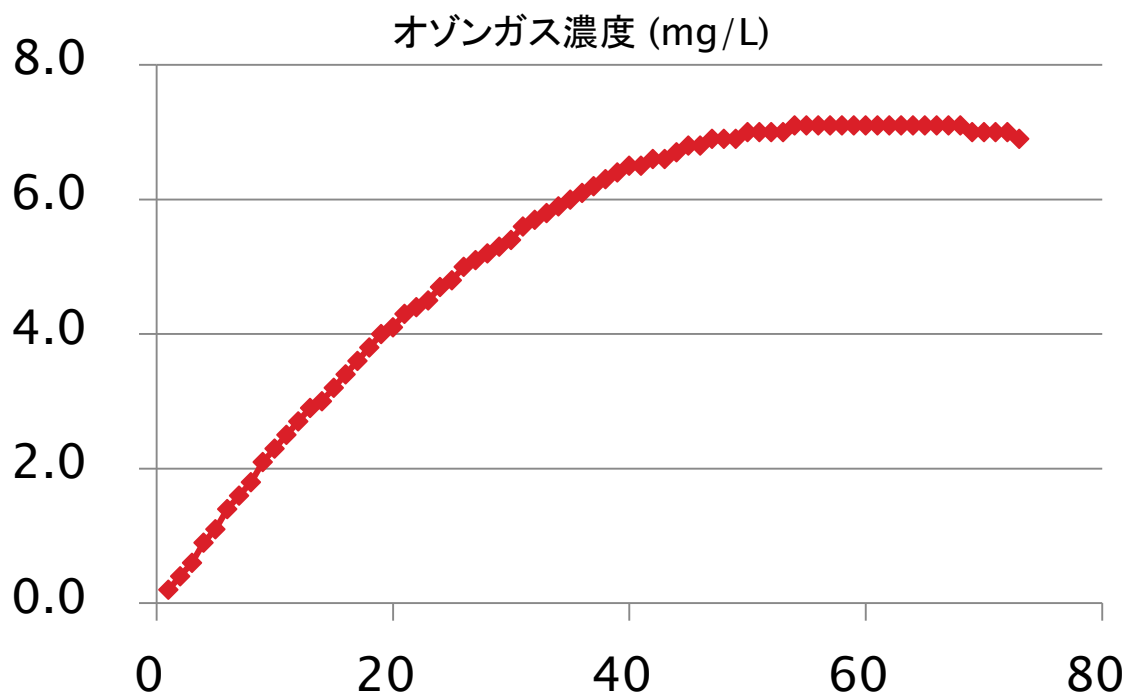
### ○ 気体の変更

この装置は使用できる気体の種類が多いのが特徴。下記の表は、気体にオゾンガスを利用し濃度変化を測定した。使用したオゾン発生器は、能力が4g/hの低濃度のもの。

このオゾン装置メーカーによると、液中に溶け込むオゾン濃度はMAXで4mg/Lだと言われていたが最高で7.1ppmまで濃度が上がった。このことから、低濃度のオゾン発生機で高濃度のオゾン水を作ることが可能になる。ただ、使用したオゾンガスが普通に溶解しているのではなく、気泡の中にも含まれていることから、測定した値よりも濃度は高いと考える。

運転条件

250Lの水道水に対し、気体吸引量0.7L/minで運転



オゾンの効果

- ① 脱臭
- ② 脱色
- ③ 殺菌
- ④ 細胞破壊

# 水耕栽培への応用

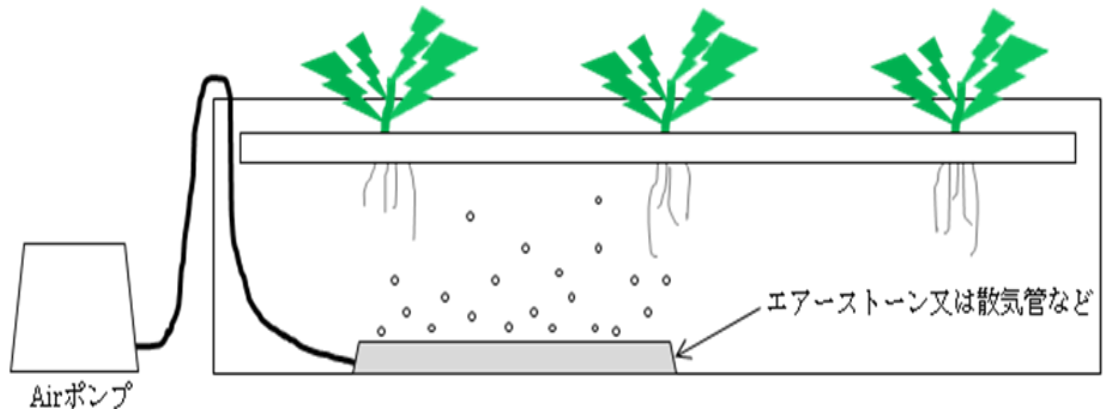
## ■水耕栽培が抱える問題

水耕栽培法が抱える問題点は、夏冬の気温の変化により、植物の生長に大きなダメージがある。水温が高くなれば、溶存酸素量(DO値)の低下、バクテリアの繁殖などで植物の根は黄色く変色し根腐れが起こる。更に同じ水源を使用している場合、他の植物にまで影響を及ぼし、やがては全滅するという大きな問題をかかえている。



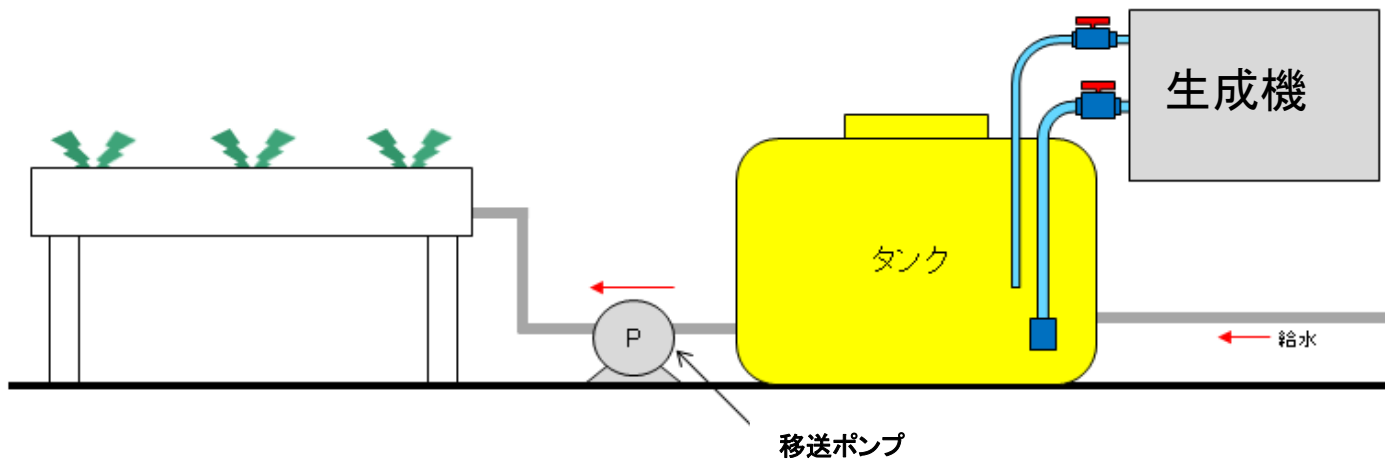
# 植物への酸素供給方法

## ○ 一般的な溶存酸素供給方法



従来の方法では、気泡サイズも大きく(ミリ、センチ)、気泡が発生直後に浮上し水面で壊れるため、気体が水の中に溶解する率は非常に低い。溶解効率の悪さから、連続運転が必要となるため、電気代がかかる。中には、気体に酸素ポンプを使用している企業も多く、多くのランニングコストがかかる。

## ○ 今回の試験で設置した方法



ナノバブルは、浮上して消えることなく、植物の根から吸収され、使用している水も循環しているので、病原菌が発生しても装置内部を菌が通る事で死滅する。

## 栽培例



左の例のように、ナノバブルを供給すると、植物は敏感に反応し、生長促進効果を示した。

酸素溶解水との比較表

	葉丈 (cm)	葉鞘太さ (cm)	重量 (g)	根長 (cm)
1 酸素溶解水	55.0	5.0	5.8	30.4
2 対照	48.2	5.1	5.0	25.1

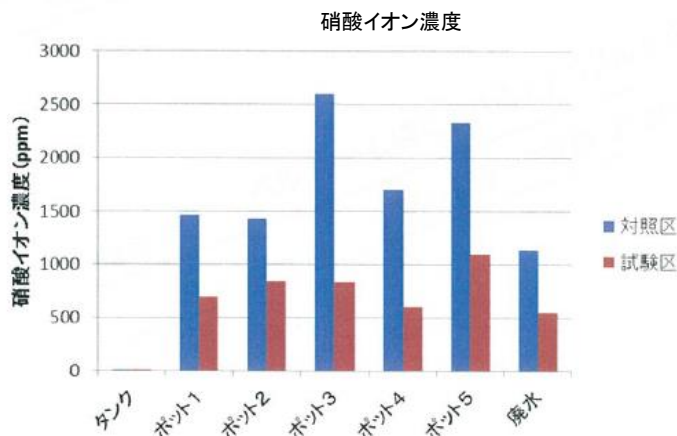
- ① 定植時から安定して根の生育が良好
- ② 養分の吸収効率の上昇
- ③ 生育を阻害するバクテリアの影響がない
- ④ 菌の繁殖防止剤の水替えの必要がない
- ⑤ 収穫量が2～3割増加する。(栽培条件により異なる)

トマトの水耕栽培でも、成長促進や収穫量、トマトの品質、病害からの予防などの有効性について検証した。

### 【結果】

水質の経日変化(水温、溶存酸素量、pH)、生育状況、排水水質への影響を調べた結果、第5果房から第7果房での着果率に変化があり、約20%高くなることが分かった。また、施設廃液の硝酸イオン濃度も対象区よりも低くなる傾向にあり、約50%程度の低下が観察された。

大気を用いて生成したナノバブルをトマトの養液栽培に使用する事で着果率を低下させることなく生育でき、排液に残留する硝酸イオンが低下した事実は、NBがトマトへの液肥供給及び運搬を促進させていることを示している。



# プールや温浴施設への応用

温浴施設が抱えている問題の一つは、配管洗浄である。特に循環式の温浴施設では、人間の皮脂、垢などが配管内に付着し、それらを栄養分とする菌が発生する。有名なのがレジオネラ菌だが、配管内にバイオフィルムを形成し、塩素で抑制することは難しいとされている。日本全国でこの菌により高齢者の方などが死亡するという事故も多く、厚生省からは、対応策として高濃度の薬剤を使用したり、配管内部を定期的に洗浄を行うよう指導している。

ナノバブルを利用することにより、配管内の汚れ成分への洗浄効果、再付着の抑制などの効果があるため、衛生的な環境作りができ、特にレジオネラ菌対策には効果があると報告されている。また、人体にも効果があり、肌の洗浄作用、血管の拡張作用や血流促進作用、軽度な皮膚病にも効果が確認されている。

又、プールや浴槽に使用すると、水面上にマイナスイオンが大量に発生します。その量は、滝の2倍、約20000(個/cm<sup>3</sup>)も発生し、マイナスイオン効果の代表的なものとしては、ストレス軽減効果・リラックス効果などが挙げられますが、実際には様々な効果の報告があります。

