

超音波洗浄のメカニズムと環境条件

(株)カイジョー 超音波機器事業部

長谷川 浩史

Mechanism of ultrasonic cleaning and optimal environmental conditions

Hiroshi Hasegawa

Ultrasonic Equipment Division, Kaijo Corporation

1. はじめに

超音波洗浄は近年、様々な分野で利用されている。超音波洗浄は、強力な物理洗浄力がありながら、ブラシのように被洗浄物に直接接触させる必要が無い事が特徴である。そのため、複雑な形状をした被洗浄物に対しても柔軟に対応出来るというメリットがある。しかしながら、実際に超音波洗浄を利用すると、思ったほど洗浄力が発揮されない場合や、洗浄力が安定しないという場面に遭遇する場面が少なくない。本稿では超音波洗浄のメカニズムを説明するとともに、実際に超音波洗浄を利用する上で注意すべき点について述べたいと思う。

2. 超音波洗浄メカニズム

超音波洗浄は主に3つの効果により洗浄されていると言われている。それは、1)キャビテーションによる衝撃力、2)ラジカルの発生による化学作用、3)水分子の加速度や音響流による物

理力、である。そのなかで、とりわけ洗浄性に寄与しているのは1)のキャビテーションによる衝撃力である。キャビテーションとは図1に示すように、もともと洗浄液に存在する気泡が圧力の変化により膨張収縮して破裂する現象である。この時、音圧変化が大きい場合は気泡内に周りの水が沸騰して水蒸気を含むため、収縮して圧壊した時に大きな衝撃力を生み、これを「蒸気性キャビテーション」と呼ぶ。一方で音圧変化が小さい場合は気泡そのものが膨張収縮するだけに留まるため、衝撃力が小さい「気体性キャビテーション」を発生させる。一般的には低周波の超音波洗浄機ほど音圧変化が大きいため、蒸気性キャビテーションが優位になり、周波数が高くなるほど気体性キャビテーションの割合が増えていく。

3. キャビテーションの発生効率

前項で述べたように、超音波洗浄の要となるキャビテーションという衝撃力を得るためには、洗浄液中の溶存気体が重要である。しかしながら、溶存気体が多ければ多いほどキャビテーション発生効率が高いわけではない。溶存気体が多すぎると、液中の気泡密度が高いため、気泡同士が凝集して大きな気泡ができやすい。

〒205-8607

東京都羽村市栄町3-1-5

TEL 042-555-6405

FAX 042-555-0291

E-mail: h-hasegawa@kaijo.co.jp

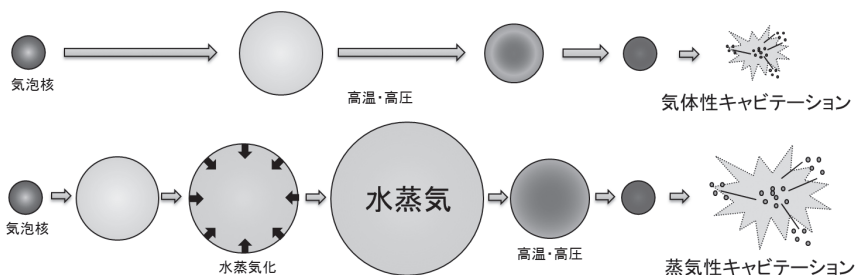


図1 キャビテーションの発生メカニズム

大きな気泡は超音波を照射してもほとんど膨張収縮しないため、キャビテーション発生種とならず、超音波のエネルギーを吸収するだけの存在である。そのため、キャビテーションの発生効率を高めるためには、溶存気体量を概ね飽和量の半分程度に脱気すると効果が高い(図2)。しかし、溶存気体をほとんど取り除いてしまう(脱気)と、キャビテーション発生種が無くなってしまいうため、キャビテーションはほとんど発生しなくなる。ただし、稀な例ではあるが、キャビテーションを利用せず、超音波の音圧そのもので被洗浄物を振動させて洗浄する場合は、液を脱気した方がよい場合もある。

4. 超音波洗浄機の周波数選定

一口に超音波洗浄機と言っても、かなり幅広い周波数のものがラインナップされている(図3)。一般的によく用いられているのは低周波の超音波洗浄機と呼ばれる、40 kHz以下のものである。この周波数帯の超音波洗浄機は衝撃力の強い蒸気性キャビテーションが多く発生するため、洗浄力が非常に強い。強固に固着した汚れや油汚れ等はこの周波数帯の超音波洗浄機が

用いられる。しかしながら、被洗浄物の材料や表面の状態によっては、ダメージが発生するため使用出来ない場合がある。被洗浄物に付着した汚れの粒子が細かい場合や低周波の超音波ではダメージが出てしまう場合、周波数が高い超音波洗浄機を考慮する(弊社ラインナップでは78 kHz~)。この周波数帯の超音波洗浄機は、蒸気性キャビテーションがかなり少なくなり、気体性キャビテーションが大部分を占めるようになる。そのため、キャビテーションによる衝撃力は大幅に低下し、洗浄力不足になりやすい。微細な粒子の除去効率は向上するものの、この洗浄力不足に悩まされるケースが多い。当社ではこのような問題を解決するため、後述する新製品を推奨している。

5. 超音波洗浄機と洗剤

超音波洗浄機を使用する際、洗剤(薬液)と併用する 경우가非常に多い。その際、それぞれの役割について述べる。洗浄プロセスにおいて、最も肝心なのはまず被洗浄物から汚れを浮かせる事である。多くの場合、その作用を担っているのは洗剤(薬液、場合によっては水を含

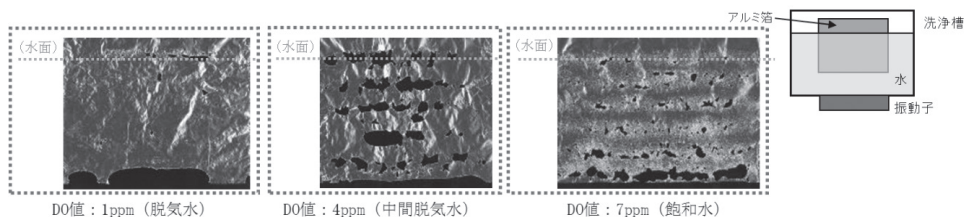


図2 溶存酸素量とキャビテーションによるアルミ箱ダメージの比較

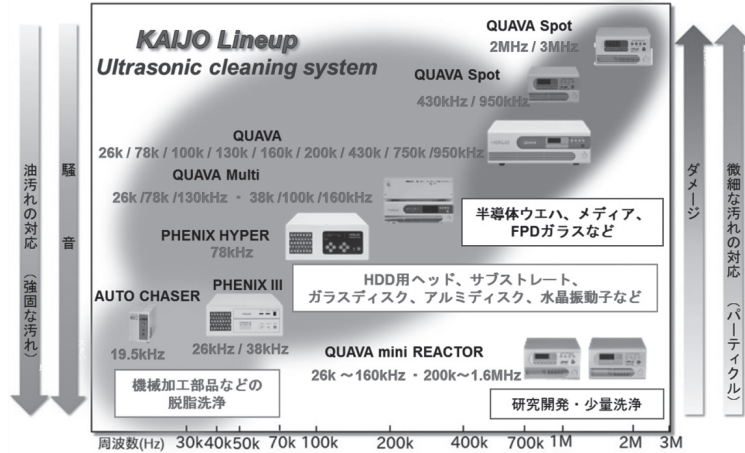


図3 超音波洗浄機のラインナップ (当社品)

む)である。洗剤等により浮き上がった汚れを完全に引き離す(リフトオフ)する際に、超音波によるキャビテーション衝撃力が作用する。つまり、洗剤が汚れに効果的に作用する環境がベースにあり、その上で“ブラシ”の役割を担う超音波を用いるのが最適だと考えられる。超音波のキャビテーションだけに着目すると、液温が低い方が発生効率が高く、液温が高くなるほど発生効率が低くなる。それは液温が上昇すると、液に溶解する気体量が減るため、飽和度が高くなり、凝集した大きい気泡が増えてしまうためである。しかし、キャビテーションの発生効率だけを考慮して液温を下げてしまうと、洗剤の化学的作用が低下する場合がある。一般的には、まず洗剤による汚れの剥離を優先し、その上で超音波を使用するのが望ましい。基本的には使用する洗剤の推奨温度をまずは優先し、その上で温度を多少上下させて洗浄効果を見極めるのが良いと考えている。

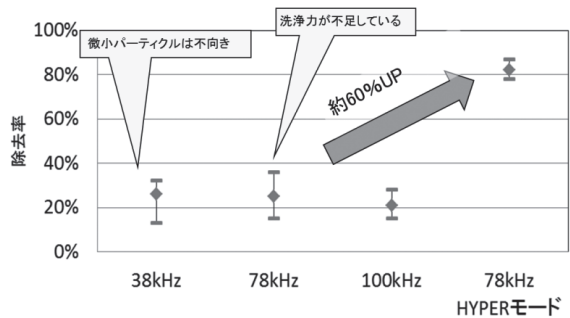
6. ダメージ低減と洗浄力向上を目指して

前述の通り、被洗浄物によっては低い周波数帯の超音波洗浄機を使うことが出来ない場合がある。しかし、単純に高い周波数の超音波洗浄機を使用すると洗浄不足に陥るケースが多い。そこで当社はダメージを低減しつつ、洗浄力を

向上させた新しいタイプの超音波洗浄機「PHENIXHYPER(フェニックスハイパー)」を開発した(写真1)。この洗浄機は周波数が78kHzでありながら、洗浄力を大幅にUPさせている(図5)。さらにダメージについてもアル



写真1 PHENIXHYPER (フェニックスハイパー)



洗浄実験結果

図5 PHENIXHYPERの洗浄評価 (機械部品、ターゲット粒子1~5 μm)

ミ箔にほとんどダメージを与えていない事から、大幅に低減出来ていると考えている。

7. さいごに

今後、超音波洗浄のニーズはさらに様々な分

野に広がっていくと思われる。当社としても、これまで培ったノウハウや事例を駆使しながら、ユーザーの要望に応えられるよう、日々努力していく所存である。