

超音波洗浄の原理と特徴

超音波とは人間の耳は聞こえない（可聴範囲を超えた）音、つまり 15～20KHz を超えた音を言い、応用範囲は動的超音波エネルギーを利用した洗浄、溶着や切削加工分野、液体の霧化・乳化・分散・脱泡・発泡などと超音波の反射条件を利用した魚群探知機、測定探傷機、診断装置などの情報分野に大別されます。

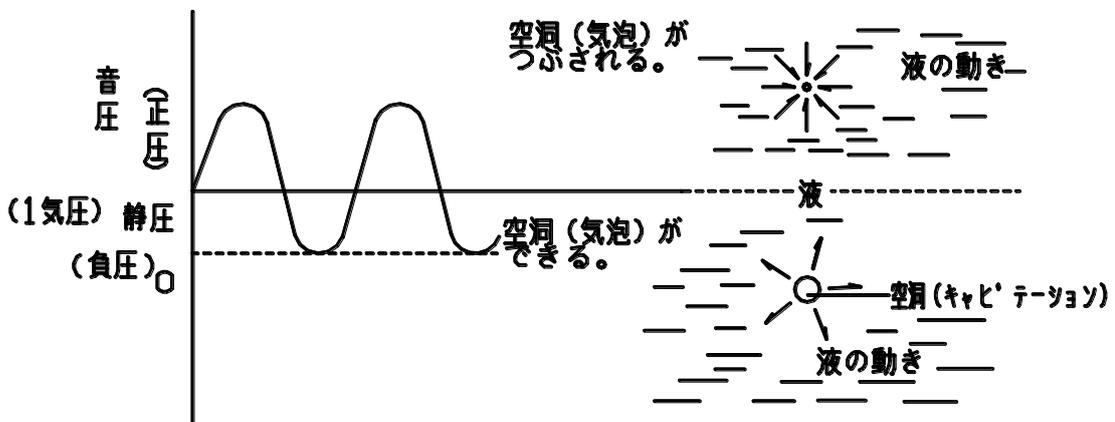
超音波洗浄は超音波によって生み出されるキャビテーション（空洞現象）エネルギーの衝撃波を利用して洗浄物の汚れを落とす目的で開発されました。

1、キャビテーションについて

20KHz～100KHz ぐらいの超音波振動を液中に照射すると液中の音波の音圧サイクル、つまり高速な正・負の圧力が液体に交互にかかり、瞬間的に負圧時に液体が引き裂かれ空洞が生じる現象が起きます。

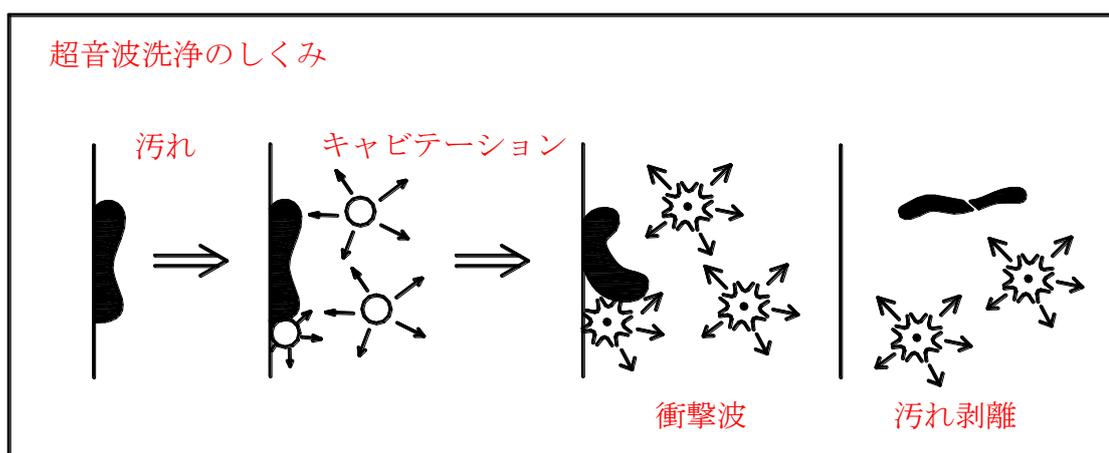
次の瞬間その空洞は正圧時に液圧とともに圧縮消滅し、非常に強い衝撃波となって周囲に大きな圧力を及ぼします。

この空洞現象がキャビテーション現象といわれるものです。



2. キャビテーションと洗浄ワーク

例えば、周波数 26 KHz の場合 1 秒間に約 26,000 回この現象が起こり、液中には無数のキャビテーション現象が発生し、衝撃波となって洗浄物に付着している汚れを物理的衝撃力で剥離し強力に洗浄することができます。



キャビテーションの衝撃力は周波数によって違い、周波数が高くなればなるほど振幅が小さくなる為、物理的衝撃力も弱くなってきます。

反対に振幅が小さい分キャビテーションの数が多くなるので微細な汚れに対して効果を発揮し、被洗浄物に対するダメージも小さくなります。

最近特に汚れの微細化、被洗浄物の精密化などが進み、超音波周波数や出力のコントロールが重要なポイントになってきました。

昨今話題になっている「OH ラジカル」は、このキャビテーション現象で水の分子を分解し OH ラジカル (活性酸素) を作り出し有機物を分解する効果を生み出します。

この他、キャビテーション現象は細胞やバクテリアの組織破壊などの効果も有り利用範囲の広い現象です。

2、周波数と定在波

超音波を液中に照射すると液中にはその周波数に応じて振動面から一定間隔で音圧極大のポイントが発生します。

これを「定在波」と呼び超音波が特に強いポイントになります。

理論上、定在波は $\lambda/2$ ($\lambda = 1$ 波長) の整数倍に存在し、液中と空気中の音速差から液面で反射し、逆に $\lambda/2$ の周期で振動面に対して反射することになるが、洗浄槽からの反射、洗浄物やバスケットの影響 (反射と負荷による超音波振動の減衰)、液面のゆれ(反射角度の変化)、液の汚れ(液の音速の変化)、液温の上昇(液の音速の変化)など条件変化の要因が多く理論通りにはならない事が多いです。

(例)

$$1 \text{ 波長(mm)} = \text{音速(mm/秒)} \div \text{周波数(Hz)}$$

<条件>

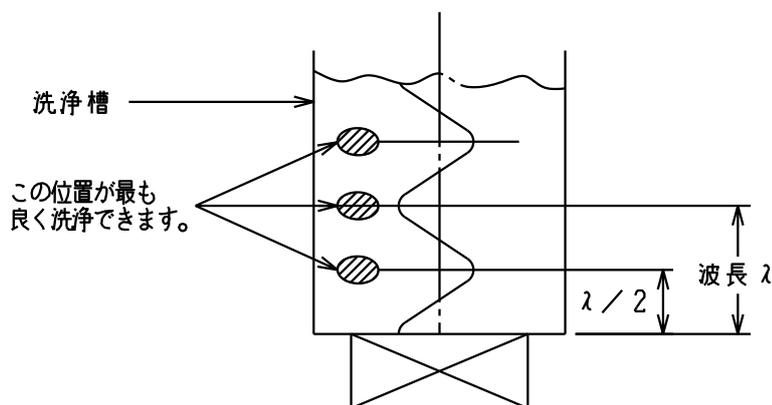
*周波数 約 26 KHz

*水温 約 30°C の場合音速は約 1509m/秒

$$1509000 \text{ mm/秒} \div 26000 \text{ Hz} = \text{約 } 58 \text{ mm} \cdots \cdots 1 \text{ 波長}$$

$$\text{約 } 58 \text{ mm} \div 2 = \text{約 } 29 \text{ mm} \cdots \cdots \text{定在波の位置}$$

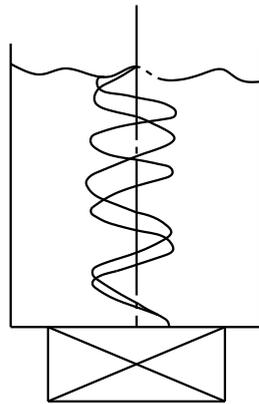
つまり周波数 26KHz、30°Cの水では振動面から約 28mm間隔で定在波が生まれる。但し、前述の通り洗浄物を入れた時の液温、反射などの条件変化で計算通りにならないことが有ります。(音速も液温が 20°C の場合 1482000mm/秒になります) この定在波や洗浄ムラを少なくする為、周波数を連続的に変化させるスイープ機能などが有りますが、洗浄物を揺動させて定在波を有効に利用することも超音波洗浄のコツと言えます。



3、スイープについて

スイープとは洗浄ムラを少なくする為、基本周波数を定期的に変化させることで定在波の位置を連続的に変化させています。

定在波の洗浄力を洗浄物に満遍なく当てる事によって洗浄ムラの解消と同じ位置に定在波が当たることによる被洗浄物へのアタックを少なくすることが出来ます。



4、超音波の洗浄効果

4-1 すみずみまで洗浄可能

ブラシ洗浄などは接触したところだけしか洗浄できないが、超音波洗浄の場合洗浄液に接していれば洗うことができる。

また、ブラシなどでは入り込めない部分も洗浄できる。

4-2 内側も外側も同時に洗浄可能

洗浄物の表面の裏面も超音波が伝達し同時に洗浄で、被洗浄物の共振作用で超音波が内部に伝わり細かいところまで洗浄できる。

4-3 均一な洗浄

超音波は洗浄液や洗浄槽との境界で物体の音速の違いにより各方向に乱反射し被洗浄物を均一に洗うことができる。

4-4 大量洗浄可能

バスケットなどを利用し一度にたくさんの洗浄ができる。

4-5 丸洗い可能

超音波が細かいところまで入り込むので部品を分解しなくても組立てた状態で洗浄できる。

4-6 優しい洗浄

細かいキャビテーションの衝撃波により洗浄するので、ブラシ洗浄のようにこすった傷がつかない。

4-7 洗剤を選ばない

超音波洗浄は直接洗浄液に手を触れることがなく、あらゆる洗浄液に対応可能。