

超音波によるキャビテーションの高速度撮影 (第2報)

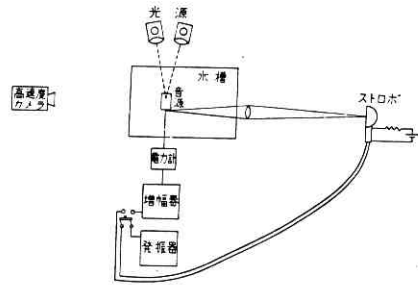
The High-Speed Photographic Recording of Cavitations Caused by Ultrasonic Waves (Part II)

鳥飼安生・藤森聰雄・李孝雄

さきに 1 mc の円形凹面チタン酸バリウム振動子による超音波により、その焦点付近に生じたキャビテーションの高速度撮影の実験に関して報告したが¹⁾、今回はフェライト磁歪み振動子を音源としてガラス水槽中に超音波を放射したとき、音源表面付近に生ずるキャビテーションの高速度撮影に関する研究について報告する。

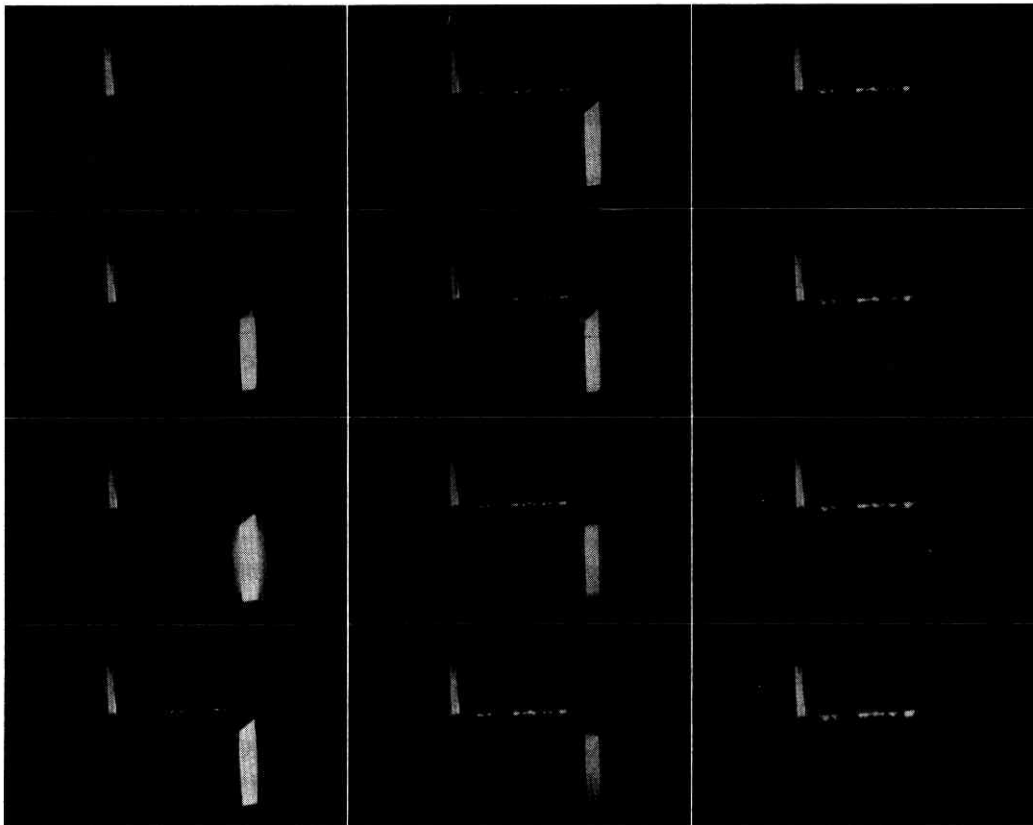
音源は東北金属工業 K K 製で、共振周波数は 28 kc、その底面は 40 mm × 20 mm の矩形で、底面を水面下約 10 mm におき、鉛直に真下に音波を放射するようにし、底面長辺の真横から撮影を行なった。

第 1 図のような装置で Fastax 16 mm 高速度カメラにより、スイッチイン後のキャビテーション発達の模様を映画にとった。図のようにスイッチインと同期してストロボを点火し画面に入れて、その時刻を定める。撮影フィルムはすべて Cine-Kodak Tri-X Negative を用いた。



第 1 図

第 2 図は脱気水についてスイッチイン後音源表面に現われた模様を連続12駒示したものである(水温 31.8°C)。左の上から 2 番目の駒はスイッチインの時刻 (0 m sec) で、のち順次に 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 2.8, 3.2, 3.6, 4.0 m sec の模様をあらわしている。スイッ



第 2 図 スイッチイン直後のキャビテーションの発達

左上より 2 番目 スイッチイン (0 m sec)、以下順次に 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 2.8, 3.2, 3.6, 4.0 m sec。脱気水、水温 31.8°C、音源への電気入力 52 W。(1 の字像はストロボフラッシュの光量の変化を示す)。

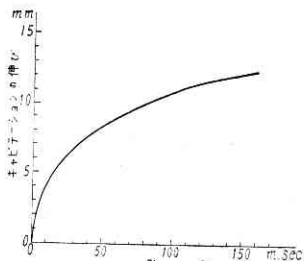
チン後 0.4 m sec でかすかながらキャビテーションはあらわれ始め、次第に成長してゆくが、振動子の振動振幅の成長も定常状態に達するまでに 1 m sec 程度要するのであるから、振動子の振動と同時にキャビテーションがあらわれると考えて差し支えない。キャビテーションの成長速度は初め速く、次第に遅くなり 150~200 m sec で定常状態に達する。同時に超音波による直進流（音源表面で周辺より中央へ向かって毎秒約 30cm の速度）の



第 3 図 スイッチイン後 150m sec のキャビテーション。以下第 2 図と同じ。

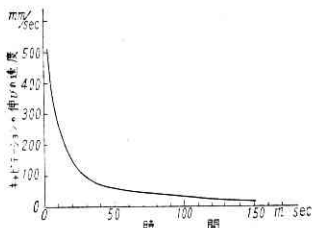
影響により音源の中央付近でキャビテーションの伸びが一番大きくなる。第 3 図は、スイッチイン後 150m sec の時刻のキャビテーションの様、第 4、5 図は音源中央付近のキャビテーションの伸びと伸びの速度の時間的変化を示したものである。

非脱気水の場合、様相は、幾分異なってくる。スイッチイン後 0.3~2msec に音源前面 15 mm の距離にわたって多くの白斑が突然現われ、50 m sec ほど経過した後、音源に向かって進み、折から成長し



第 4 図

てきたキャビテーションの中に消え入ってしまうが、これはいわゆるキャビテーションバーストで音源付近にある比較的弱い（キャビテーションを誘起しやす



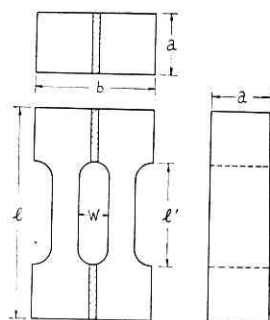
第 5 図

い) キャビテーション核が音波によりほとんど同時に爆発したものと解される(第 6 図)。音源表面に発して成長するキャビテーションの伸びと伸びの速度の時間的変化は、脱気水の第 4、5 図とほとんど同じであるが、この場合



第 6 図 スイッチイン後 3 m sec におけるキャビテーション・バースト。非脱気水、水温 13.0°C、電気入力 60W。+ 像はストロボフラッシュ。

キャビテーションの成長する個所は、音源の柱の前面の 2 カ所に分かれ(第 7 図参照)、しかもそのおのおのは中央に芯を持った特異な構造を持っている(第 8 図)。さらに興味のあることには、フィルムを映写して観察するとそれぞれの芯のまわりの微小気泡の動きから、明瞭にこの付近の水が芯に向かって吸いこまれるような動き(毎秒数 10 cm 程度)をしていることが見られた。



第 7 図 28kc フェライト磁歪み振動子(東北金属工業 KK, VBX-28 型) 形状・寸法図(斜線部は永久磁石) $a=20\text{mm}$, $b=40\text{mm}$, $l=105.5\text{mm}$, $l'=55.5\text{mm}$, $W=15\text{mm}$



第 8 図 スイッチイン後 300m sec のキャビテーション。以下第 6 図と同じ。

スイッチオフ後は、脱気水の場合は、キャビテーションが速かに消滅するが非脱気水の場合にはその影響が 10 m sec 位続いた。

さて前報にも述べた通り、キャビテーションの発生にはなんらかの形で水中に安定に存在する空気を含んだ微小な気泡、いわゆるキャビテーション核が関与しており脱気水の場合は非脱気水より水中に存在する核の数が非常に少ないと考えられる。しかし音源表面では、無数に存在する微小な裂目が空気を安定に留めておく場所と考えられるので、表面には多くの核が分布しているとみなされる。よって脱気水の場合、キャビテーションの発生は音源表面に限られ、生じた気泡群もその付近にたゆたいつつ、超音波に伴う直進流の影響で、音源周辺から中央へ進み、中央から前面に流れ出ることが理解される。これに対して非脱気水の場合には、核は音源表面に分布するとともに水中にも多く存在する。したがってキャビテーションによる気泡群は音場の強い部分に集ることが期待されるが、音源の柱の部分の前面は振動振幅が他より大きいと考えられるので、その部分の前面にキャビテーションの柱が生ずるのも納得できることである。このキャビテーション柱の芯状構造、また芯へ向かっての水の流れなどは気泡の非直線振動に基づくものと思われるが、現象は非常に複雑であり、ただ一、二回の撮影だけでは何の結論も下し得ないので今後の成果に期待したいと思う。(1960. 3. 26)

1) 鳥飼, 藤森, 李: 生産研究 11 (1959) 503.