

水中超音波による微小気泡の挙動観察

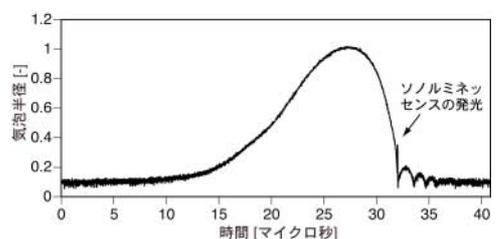
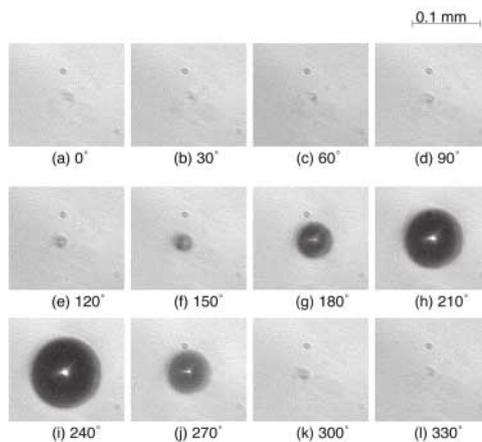
水中超音波の音場中では超音波の周期で媒質の圧力が変動するため、水中に溶存している気体が減圧時には気泡となって膨張し、加圧時には収縮するキャビテーション現象が起こる。良好な音場下では、気泡は急激に収縮(圧壊)し、その中心部は数千気圧・数万度に達し、発光する。現在、その高圧・高温場を難分解物質の分解や薬品の合成等に応用する、ソノケミストリーに関する研究が盛んに行われているが、気泡の圧壊による極限環境場を効率的に生成するためには、気泡の状態をモニタリングすることが不可欠である。

当研究部門超音波プロセス研究グループでは、水中に定在波音場を生成し、音圧の腹(進行波と反射波が干渉して音圧が最も激しく変動する場所)で膨張・収縮を繰り返すシングルバブルの挙動観察に関する研究を行っている。微小(最大径が0.1mm)で1秒間に数万回の膨張・収縮を繰り返す気泡の観察は容易ではないが、高倍率のレンズを用いて拡大し、ストロボを用いて発光の瞬間の気泡像を観察することに成功した。写真は、ストロボを超音波の周期に同期させて発光させ、その発光のタイミングの位相を30°毎に変化させて撮影した気泡の連続写真である。気泡が影絵として撮影され、気泡の中心には、気泡自身の発光(ソノルミネッセンス、高温場からの熱輻射)が光点として観察されている。

この気泡像を画像処理することで気泡径の

絶対値が求められるが、分解能・測定速度等に問題がある。また、気泡径の詳細な測定は一般に光散乱法を用いて行われるが、光学系の位置調整が困難であり、測定値は相対値である。我々は、前述の気泡観察のための光学系を用いて、レンズとCCDカメラの間にビームスプリッターを挿入して光路を分岐し、他端に光電子増倍管を設置して光散乱法の測定を行っている。本システムでは、気泡からの散乱光をカメラで確認した上で光散乱法による測定を行うため、簡便かつ確実に光学系を調整して測定できる。図は結果の一例で、緩やかに気泡が膨張し(写真(a)~(i)に対応)、やがて急激に収縮する(写真(i)以降)様子が測定されている。なお、圧壊時にパルス状の信号が観測されるが、これはレーザーの散乱光ではなく、気泡自身によるソノルミネッセンスの発光を捉えた信号と考えられる。また、圧壊後には気泡のリバウンド(再膨張・収縮)も確認できる。この気泡径の変化から、気泡中の圧力・温度を計算することができ、この実験の場合、圧力は87000atm、温度は16000°Cと推定される。

超音波によるソノケミストリーは、机上に極限環境場を作る技術として注目され、セラミックス材料の表面改質、新材料の創製などへの応用が期待されている。本システムは、そのための気泡挙動の解明に用いられる。



図(上) 光散乱法による気泡径の測定

写真(左) ストロボを用いて撮影された微小気泡の連続画像(24.48kHz)



こづか てるゆき
小塚晃透
kozuka-t@aist.go.jp
セラミックス研究部門

関連情報

- <http://unit.aist.go.jp/ceramics/japanese/ultrasonics/ultrasonics.html>
- 安井久一「気泡発光の謎を解明」AIST Today Vol.2, No.5, p.10 (2002).
- T. Kozuka, S. Hatanaka, K. Yasui, T. Tuziuti and H. Mitome: "Observation of a Sonoluminescing Bubble Using a Stroboscope", JJAP, Vol.39, No.5B, pp.2967-2968, 2000.5.
- T. Kozuka, S. Hatanaka, K. Yasui, T. Tuziuti and H. Mitome: "Simultaneous Observation of Motion and Size of a Sonoluminescing Bubble", JJAP, Vol.41, No.5B, pp.3148-3249, 2002.5.
- 特許:[1]特開 2001-280924号(出願日 2000.03.29).