

プラズマと関連したキャビテーション現象：学際領域開拓の可能性  
Cavitation phenomena in conjunction with plasmas:  
possibility of an interdisciplinary field

佐々木 浩一

Koichi SASAKI

北大工

Division of Quantum Science and Engineering, Hokkaido University

超音波が照射された液体が発光(ソノルミネッセンス)することは1930年代から知られていたが、発光の起源がプラズマであると理解されたのは2005年のこととされている[1]。超音波によって誘起されたキャビテーション気泡が圧壊するとき、気泡内部に存在するアルゴンによる線スペクトル発光が観測されている。キャビテーション気泡の圧壊は断熱的であるため、圧壊時の気泡内部は高温・高圧となり、プラズマが生成されると理解されている。圧力は典型的に10000気圧とされており、他の方法では生成しがたい面白いプラズマである。気泡の圧壊時には、気泡内部のガスが解離し、ラジカル化する。ラジカルは液相に輸送され、通常の場合にその液体温度では生じない化学反応が生じる。このようなプロセスはソノケミストリーと呼ばれていて、「日本ソノケミストリー学会」という名称の独立した学会が存在するなど、化学における一つの分野として発展している。気泡の中でラジカルを生成し、液相に輸送して化学反応をプロモートするというのは、反応性プラズマの分野で広く研究されている気泡内放電現象とその応用に非常によく似たプロセスである。

このように、キャビテーションはプラズマを生成するが、一方で、プラズマがキャビテーションを誘起する場合がある。液体中でプラズマを生成するとき、電力投入の立ち上がり時定数が長いと、まず気泡が生じ、次に気泡内で放電が生じるが、電力投入の立ち上がり時定数が典型的に10 ns程度だと、液体が直接プラズマ化する。これを実現する最も簡単な方法は、液体中に置いた固体をNd:YAGレーザーでアブレーションする(液相レーザーアブレーション)ことである。発光を伴うプラズマは短時間(数10 ns)で無くなるが、その後、キャビテーション気泡が生じる[2]。キャビテーション気泡は液相レーザーアブレーションによるナノ粒子生成の反応場として働くことが示されている[3,4]。液相レーザーアブレーションは発展的な分野で、それに特化した国際会議が2年に一度開催されている(2016年で4回目)。なお、パルスパワーの技術をうまく使えば、放電の場合にも同様なキャビテーション気泡を誘起することができる。

以上述べたように、キャビテーション現象とプラズマは非常に近い関係にあり、学際分野構築の可能性があると考えられる。また、キャビテーション現象自身が学際的で、化学だけでなく機械工学(流体力学)とも関係が深い[5]。我々は、液相レーザーアブレーションプラズマによって誘起されるキャビテーション現象の研究、音響キャビテーション(ソノプラズマ)を効率的に生成するための研究、および、キャビテーション気泡内で放電プラズマを生成する研究を行ってきた。これらの研究は、液相レーザーアブレーション(レーザープロセッシング)およびソノケミストリーの分野でも取り上げられるようになってきている。本講演では、やや雑ぱくとなるが、これらのテーマに関する我々の成果を紹介させていただきたい。筆者は、絶え間ない学際分野の開拓が反応性プラズマ分野の生き残りに必須と考えており、本講演がその一助になれば幸いである。

[1] D. J. Flannigan and K. S. Suslick, *Nature* **434**, 52 (2005)

[2] K. Sasaki, T. Nakano, W. Soliman, and N. Takada, *Appl. Phys. Express* **2**, 046501 (2009).

[3] W. Soliman, N. Takada, and K. Sasaki, *Appl. Phys. Express* **3**, 035201 (2010).

[4] S. Ibrahimkuty, P. Wagener, A. Menzel, A. Plech, and S. Barcikowski, *Appl. Phys. Lett.* **101**, 103104 (2012).

[5] 佐々木 浩一, *日本機械学会誌* **117**, 449 (2014).