

## 水銀のソノルミネセンスと放電発光

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本音響学会 公開日: 2016-06-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 崔, 博坤, 山中, 泰智 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10291/17946">http://hdl.handle.net/10291/17946</a>

## 水銀のソノルミネセンスと放電発光\*

○崔 博坤, 山中泰智 (明大理工)

## 1 はじめに

ソノルミネセンス強度は、気泡内のガス種類に依存している。水では気泡内に水蒸気があるためその分解などにエネルギーをとられて高温に達することが妨げられる。水銀は蒸気圧が室温で水より4桁も小さく、気泡内が高温になることが期待されている[1,2]。

我々は、種々の希ガスをバブリングした水銀からの1 MHzでのソノルミネセンススペクトルを測定した。希ガスをバブリングする際、石英ガラス窓と水銀の摩擦による放電発光も偶然に観察でき、そのスペクトルを得た。両者のスペクトルから発光機構について考察した。

## 2 実験

周波数 1.0 MHz, 直径 30mm, 曲率半径 40mm の凹面振動子を Fig.1 のようなステンレスセルに装着し、石英ガラス窓に向けて電気出力 5-20 W の超音波を放射する。

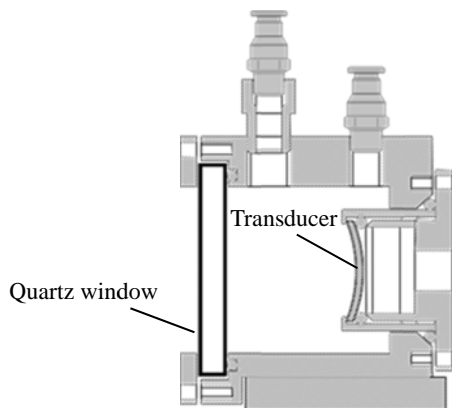


Fig.1 Sample container made of SUS 316

セルはペルチェ素子冷却器で 15°C に冷却した。振動子と石英ガラスの距離はほぼ焦点距離に等しく、ガラス中心部の音圧が大きくなっている。実験前に上部の穴から注射針を使って He, Ne, Ar, または Kr の希ガスを数時間バブリングした。発光スペクトルは、0.5mm のスリットを使い分光器と冷却 CCD を用いて測定した。感度校正は 350nm 以下は重水素

ランプ, 350nm 以上はハロゲンランプを用いて行った。

## 3 結果

## 3.1 ソノルミネセンススペクトル

Fig.2 に、入力パワー 20W で 4 種類の希ガスをバブリングした試料のソノルミネセンススペクトルを示す。

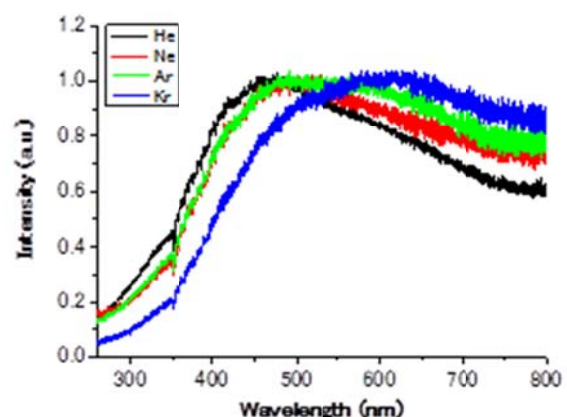


Fig.2 Sonoluminescence spectra from mercury saturated with He, Ne, Ar and Kr at 1 MHz.

それぞれのスペクトル最大値で規格化して示す。発光量は水銀とガラスとのぬれに左右されるので、絶対値の比較はできなかった。水銀からのスペクトルはピークが 450-500 nm に位置し、水からのものに比べて高波長側にシフトしている。希ガスによるスペクトルの差は、低波長側にはなくて 600nm 以上の領域で現われているように見える。水のスペクトルでは希ガスの種類によって低波長側が大きく異なっているが、このことと対照的である。水の実験結果は、希ガスの原子量が大きくなるほどイオン化エネルギーが小さいので気泡内高温によりプラズマができやすいこと、また、原子量が大きいほど熱伝導率が小さいので気泡内が高温になりやすいことで説明できる。Fig.2 の水銀の結果は、水でのこの議論が適用できないことを示している。

\* Sonoluminescence and triboluminescence from liquid mercury, by CHOI, Pak-Kon and YAMANAKA, Taichi (Meiji University)

### 3.2 バブリングによる放電発光

上述の実験では、希ガスを飽和するためセル中の水銀に注射針を用いて直接バブリングしている。Ne ガスをバブリングしている最中に、明るい場所でも肉眼ではっきり見える強度で赤く発光していることがわかった。それは、希ガス気泡が窓ガラスに近い位置から出ていて、その気泡内で発光していることがわかった。そのときの発光写真を Fig.3 に、発光スペクトルを Fig.4 に示す。



Fig.3 Triboluminescence from Ne induced by the contact of mercury with quartz glass.

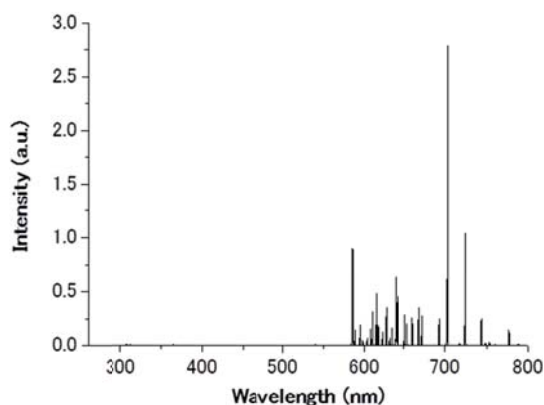


Fig.4 Spectrum of triboluminescence from Ne shown in Fig.3.

Fig.3 の円は窓ガラスの位置を示している。気泡サイズは1cm程度あり、かなり大きい。この発光は Triboluminescence[3]として知られているものである。水銀が石英ガラスに接触すると両者の化学ポテンシャルが異なるため電荷が発生する。ガスによって水銀がガラスを擦ることになり、真実接触面積が大きくなり、電荷量も大きくなる。ガラスはプラスに帯電しやすいことが知られている。電荷（おそらくマイナス）は気泡界面にたまり、気泡形状は複雑に変化するので、何らかのきっかけで

気泡内で放電を起こしたと考えられる。Fig.4 のスペクトル線はほとんど Ne に起因するものである。図では小さくて見えないが、低波長側に水銀のスペクトルも観測された。Ne 以外の He, Ar, Kr でも、発光量は小さいが同様なスペクトルが観測された。

石英ガラスのかわりに FTO 導電膜でコートされたガラス (Aldrich 社) を用いて同様なバブリングを行ったが、この場合気泡に電荷が生じないため、発光は観察できなかった。

### 4 考察

バブリングによる発光を参考にしてソノルミネセンスの機構を考える。観測されたソノルミネセンスは、ガラス界面の音響バブルからのものである。壁の影響を受ける音響バブルは、バルク中の気泡と異なり球形振動しにくく、気泡内最高温度が低い可能性がある。ソノルミネセンスでも希ガス放電による発光が含まれている可能性がある。Fig.4 のように線スペクトルにならないのは、気泡圧壊時圧力が高いので線幅が広がっているからであろう。Fig.2 で希ガス依存性が見られる 600nm 以上の波長域は希ガス発光線が多く見られる領域である。

Fig.2 のスペクトルで、500nm 以下の波長域に希ガス依存性が見られなかったことから、水銀のプラズマからの制動放射が発光の原因ではないかと予想される。水銀のイオン化エネルギーは 10.4eV と、どの希ガスよりも小さい (He:24.6 eV, Ne:21.6 eV, Ar:15.8 eV, Kr:14.0 eV) ので、最もイオン化されやすい。音響バブル内に水銀蒸気が存在することは Triboluminescence から立証される。

Troia ら[1]は、30kHz のソノルミネセンスで希ガスの線スペクトルを観測し、高温で高密度のプラズマの存在を結論したが、本実験では異なる結果であった。

### 参考文献

- [1] A. Troia and D. M. Ripa, J. Phys. Chem. C. **117**, 5578 (2013)
- [2] K. Yasui and K. Kato, Phys. Rev. E. **86**, 036320 (2012)
- [3] R. Budakian et al., Nature **391**, 266 (1998).