

高圧海水中マイクロアーク放電の特性

1190013 伊藤彰悟 (プラズマ応用研究室)

(指導教員 八田 章光 教授)

1. 背景と目的

熱水鉱床など海底資源の開発が期待されているが、資源探索と採掘の時間とコストが課題である。熱水鉱床近傍では資源物質イオンが海水中に溶存し、海水組成をその場分析することができると、短時間に広く資源探索が可能になると期待される。筆者らは、導電性の高い海水中で放電プラズマを生成し、プラズマの発光分光分析によって海水中の組成を分析することを目的とし、天然や人工の海水中でマイクロアーク放電によるプラズマ生成と発光分光測定を行ってきた[1][2]。先行研究では放電に必要なエネルギーの低減と放電電極の損耗による再現性低下が課題として挙げられている[3]。

本研究では海水中マイクロアーク放電に必要なエネルギー低減と放電の再現性向上のために回路のパラメータや電極構造の改善を行う。

2. 実験方法

図1に高圧海水中放電の実験装置と放電回路図を示す。海水の加圧容器は、耐圧20MPa以上の1インチステンレス配管部品(Swagelock)、内径約25mmで構成した。今回は窓材の制約により12MPa(水深1,200m相当)までの加圧実験を行った。

放電回路は、直流高圧電源(～1kV50mA)から抵抗を通して220nFのコンデンサに充電し、インダクタ136μHを通して海水中の電極間にインパルス電流を流す回路である。ジュール加熱によって放電前の海水温度が上昇すると放電条件が再現しなくなるため、放電は間隔を十分に(30秒程度)空けて、それぞれ単発で行った。電極間電圧は高圧プローブで、放電電流はログスキーコイルの電流プローブ(SS-281、岩通)を用いて検出し、デジタルオシロスコープ(LT364、岩通レクロイ)に取り込んだ。火花放電開始までの間に海水のジュール加熱で消費されるエネルギーを電流電圧の波形から積算した値をPre-heatingエネルギーと呼ぶことにする。

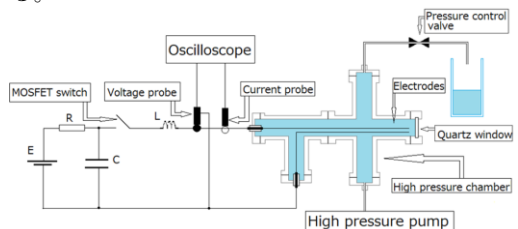


図1 高圧海水中放電実験装置

3. 結果と考察

図2に圧力0.1MPa(大気圧)と12MPa(120気圧)で、電源電圧(コンデンサの充電電圧)800Vで火花放電させたときの、電極間電圧と放電電流の時間波形を示す。圧力0.1MPaの場合約2μs、12MPaでは約3μsの間は、電極間の海水が一定の抵抗として作用し、固定抵抗の場合と同じように回路のインパルス波形が立ち上がる。

圧力0.1MPaの場合は約2μs、12MPaでは約3μsで電圧が急激に低下すると同時に電流が急激に増加する。電流、電圧

の急激な変化は強い音と発光を伴う火花放電である。放電中の維持電圧は10～20V程度であることから放電はマイクロアーク放電と推測される。

火花放電に移行するまでは放電電流が海水中を流れ、電力は海水のジュール加熱に消費される。電極の構造により電極間で局所的な電流集中が生じ、電極間にバブルが形成された後、バブル内やバブルと海水の界面でマイクロアーク放電が生じていると考えられる。海水中マイクロアーク放電の開始には、Pre-heatingエネルギーが重要な条件と考えられる。

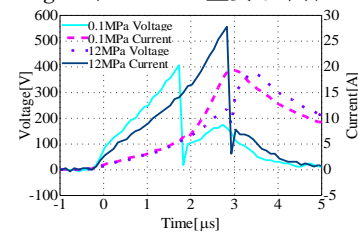


図2 海水中放電の電圧電流の時間変化

図3に水圧0.1～12MPaにおけるPre-heatingエネルギーの圧力依存性を示す。図3のエラーバーは、5回測定した標準偏差を表している。測定した圧力範囲では圧力に対してほぼ比例するようにPre-heatingエネルギーが増加している。圧力が高いほどバブル形成に必要なエネルギーが大きいことになる。

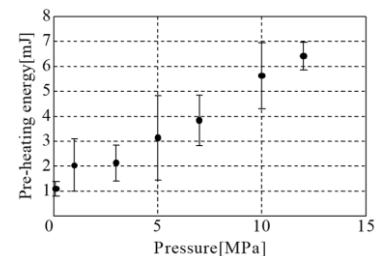


図3 Pre-heatingエネルギーの圧力依存性

4. まとめ

深海中を模擬し12MPaまでの加圧人工海水中でマイクロアーク放電によりマイクロプラズマを生成した。火花放電の開始条件は電圧よりも電極間の海水をジュール加熱するエネルギーが重要と考えられる。圧力の増加と共にPre-heatingエネルギーが増加する。

参考文献

- [1]Vladislav Gamaleev, Jun-Seok Oh, Hiroshi Furuta, Akimitsu Hatta: "Investigation of Effect of Needle Electrode Configuration on Microplasma Discharge Process in Sea Water", IEEE Transaction on Plasma Science, 45, 754-760 (2017).
- [2]Vladislav Gamaleev, Hiroshi Furuta, and Akimitsu Hatta: "Detection of metal contaminants in seawater by spectral analysis of microarc discharge", Jpn. J. Appl. Phys., 7, 0102B8-1-5 (2018).
- [3]Vladislav Gamaleev, "Elemental composition analysis of seawater using atomic emission spectroscopy of micro-arc discharge", 高知工科大学, 博士論文, 2018

謝辞

本研究は科研費(課題番号26600129)によって行われた。人工海水10ASWは岡村慶教授(高知大学)より提供して頂いた。