

高圧海水中マイクロアーク放電プラズマの発光分光測定

Optical emission spectroscopy of micro-arc discharge plasma in high pressure seawater

1235110 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

IT等の最先端技術の発展に伴いレアメタルの需要が増加している。陸域でのレアメタル資源の埋蔵量は地域的に偏在しており、生産国は海外の少数国に限定される。一方、日本の周囲は海に囲まれているため海洋資源の開発が期待されている。現在では深海から採取した海水を濃縮しICP-MSなどの方法で定量分析が行われている[1]。この方法では時間とコストが多くなることから、海水中放電プラズマの発光分光測定によって海水組成をその場分析する方法が提案された。先行研究[2]で行われた発光分光測定では測定ごとにスペクトルが異なると報告されている。その原因として電極内部で発光していることが想定されている。

本研究では電極や実験装置を再構築し、発光分光測定を再現させることが目的である。

2. 実験方法

放電電極は直径0.5mmのステンレス製棒(SUS304)を使用し、PEラインを使い棒間のギャップが約100 μ mとし、放電部以外の絶縁のためにセラミックチューブと接着剤として金属に対し高い接着性で絶縁性の高いアロンセラミックを使用した。実験に使用する放電電極を図1に示す。

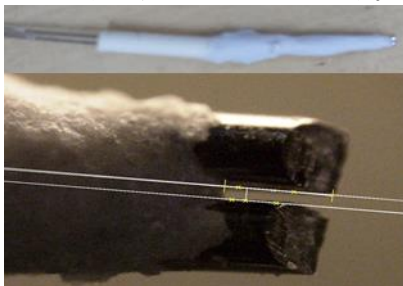


図1 放電電極

図2に高圧海水中放電の実験装置と放電回路図を示す。海水の高耐圧容器は、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。

放電回路は、直流高圧電源(～1kV50mA)から抵抗を通して660nFのコンデンサに充電し、インダクタ87 μ H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。

放電プラズマを光ファイバで分光器USB2000+に取り込み、発光分光測定を行った。

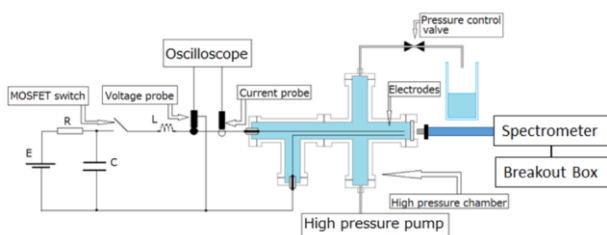


図2 高圧海水中放電実験装置

3. 結果と考察

図3に電源電圧(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。約2 μ s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。約2 μ s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、電圧の急激な変化と強い音と発光を伴うため火花放電である。放電中の維持電圧は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。

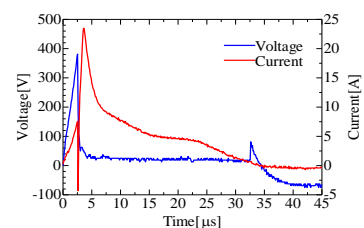


図3 海水中放電の電圧電流の時間変化

図4に0.1MPa(大気圧)の発光スペクトルを示す。NIST Atomic Spectra Databaseの各元素線スペクトルデータを参考にし、取得したスペクトルに同定するとH α 、Na、Feの特徴的なスペクトルが確認される。5回の測定ごとに発光強度のばらつきはある。同じ特徴のスペクトルが測定できている。発光強度のばらつきには放電エネルギーのばらつき、プラズマ中の電子密度や温度が関係していると考えられる。

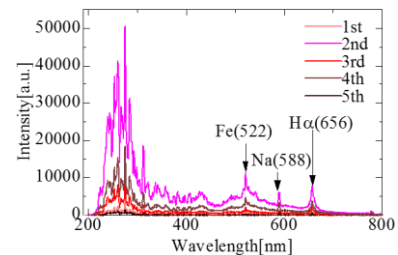


図4 0.1MPaの発光スペクトル

4. まとめ

放電電極を作製し、高耐圧容器内でマイクロアーク放電を行い放電による発光で発光分光測定を行った。0.1MPaの発光分光測定でH α 、Na、Feの特徴的なスペクトルが確認され、放電ごとに発光強度のばらつきはあるが同じ特徴のスペクトルが測定できた。

参考文献

- [1] 新垣輝生,石垣輝幸,山口真実,伊藤彰英,沖縄県久米島海洋深層水の多元素プロファイリングアナリシスと微量元素濃度及び存在状態の特徴,BUNSEKI KAGAKU Vol.58, No 8, pp707-714,2009
[2] 伊藤彰悟, "高圧海水中マイクロアーク放電の特性",高知工科大学,学士論文,2019

謝辞

人工海水 10ASW は岡村慶教授(高知大学)より提供して頂いた。