

冷却トーチ型高出力マイクロ波誘導プラズマ光源の試作

阪大院基礎工

木田勇次・坂口良幸・橋本守・荒木勉

1. はじめに

現在、産業廃棄物による環境汚染の問題が深刻化する中で、有機ハロゲン化合物の分析は重要度を増している。これまで、我々はアルゴンマイクロ波誘導プラズマ光源を用いた原子発光分光分析 (Ar-MIP-AES) により、生体微量元素と老化の相関性について考察してきたが、この光源ではハロゲン元素は励起ができず分析不可能であった。そこで、ハロゲン元素の励起が可能なヘリウムマイクロ波誘導プラズマ (He-MIP) 光源を適用することを試みている。He-MIP ではプラズマトーチが溶融するという問題が発生するため、今回新たに冷却型トーチを導入し、それに伴う共振器の再設計を行った。また、このトーチの径は従来のものに比べて4倍になり、共振器内でのマイクロ波エネルギー損失が大きくなるため、高出力マグネトロンの使用が不可欠である。そこで、冷却トーチ型高出力マイクロ波誘導プラズマ光源を試作したので報告する。

2. 実験装置

Fig.1 に冷却トーチ型高出力 MIP-AES 装置の概略を示す。高圧定電流源より定電流を供給されたマグネトロンからマイクロ波が生成される。このマイクロ波がダブルスタブチューナーを伝播し、Beenakker 型 TM_{010} モード空洞共振器で共振することにより、共振器内中央部に高電界が発生する。この部分に置かれたトーチにプラズマガスを導入すると、プラズマが生成する。このプラズマガスに、超音波ネブライザーによってミスト化された試料を混合して、プラズマトーチにより導入すれば、試料中の原子が励起されて、原子発光が得られる。この発光を分光器で分光し、光電子増倍管で検出する。検出されたスペクトル信号をロックインアンプで増幅し、パーソナルコンピュータに取り込むことにより、定性定量分析を行う。

3. 実験と結果

プラズマトーチの冷却はトーチの周囲に、誘電率が低く耐熱性に優れた冷却液 (フッリナート FC-43) を循環させることにより行った。冷却機能を付加することによって、トーチの外径が 5mm から 20mm に増大し、さらに冷却液の挿入により共振器内の誘電率分布が変化する。そのために、空洞共振器の再設計を行った。マイクロ波の共振条件は共振器の内径のみに依存するが、その条件を与える微分方程式は、冷却型トーチの導入により不穩定問題になり、厳密解を求められない。そこで1次近似を行い、内径 82.8mm という共振条件を得た。次に、Ar-MIP の特性を指標として、この近似値を中心に内径のカットアンドトライを試み、最適条件 (内径 82mm) を得た (Fig.2)。共振器内電界強度は、共振器内にアンテナを立て、サンプリングオシロスコープによって電界強度を測定した。また、Ar-MIP のスペクトルよりボルツマンプロットを行い、励起温度を算出した。この共振器はマイクロ波の損失が大きく励起能力が低くなり、He-MIP の生成には現在の出力 (200W) では不十分であると予想される。そこで、マイクロ波出力を高出力化することにより励起能力を向上させるべく高出力電源 (max 4kV, 300mA) を自作し、平均出力 550W のマグネトロンを導入を試みた。これにより、従来の 200W 出力に比べて3倍以上の共振器内電界強度を得た。現在、高安定 He-MIP-AES 装置を作製して、その性能評価を行い、ハロゲン元素の分析に取り組んでいる。

4. 参考文献

- 1) 環境庁、平成 11 年度環境白書
- 2) 荒木勉、館山豊、橋本守、榊田充彦、東野義之、第 75 期日本機械学会関西支部定時総会講演会講演論文集

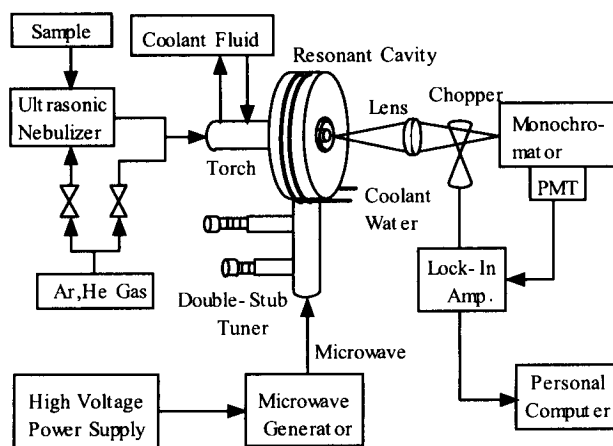


Fig.1 Schematic diagram of high power MIP-AES system with coolant plasma torch

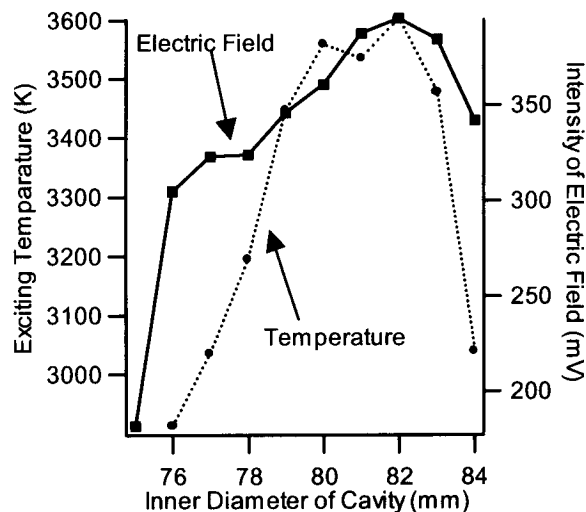


Fig.2 Relationship between exciting temperature, electric field intensity and inner diameter of the resonant cavity