

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |  |
|-------------------|--|
| 題目(和文)            |  |
| Title(English)    | Study on Remote Elemental Analysis System for Aqueous Solutions using Sonoluminescence   |
| 著者(和文)            | Nisa SailellahSardini Sayidatun  |
| Author(English)   | Sardini Sayidatun Nisa Sailellah   |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第12232号,<br>授与年月日:2022年9月22日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:木倉 宏成,塚原 剛彦,赤塚 洋,相樂 洋,筒井 広明  |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第12232号,<br>Conferred date:2022/9/22,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文   |
| Category(English) | Doctoral Thesis  |
| 種別(和文)            | 審査の要旨  |
| Type(English)     | Exam Summary   |

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号        | 甲第  | 号    | 学位申請者氏名 | Sardini Sayidatun NISA<br>SAILELLAH |              |
|-------------|-----|------|---------|-------------------------------------|--------------|
| 論文審査<br>審査員 |     |      | 氏名      | 職名                                  |              |
|             | 主査  |      | 木倉 宏成   | 准教授                                 | 筒井 広明<br>准教授 |
|             | 審査員 |      | 塚原 剛彦   | 教授                                  |              |
|             |     |      | 赤塚 洋    | 准教授                                 |              |
|             |     | 相楽 洋 | 准教授     |                                     |              |

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on Remote Elemental Analysis System for Aqueous Solutions using Sonoluminescence」と題し、5章より構成されている。

第1章「Introduction」では、東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置において、建屋内冷却水の汚染核種・濃度を把握する観点や、燃料デブリ取出時再臨界防止のためのホウ素濃度モニタリングの観点から、冷却水の分析は重要課題であることを述べ、廃止措置の加速化のためには、現場での放射線測定や採取した冷却水の建屋外分析に加え、冷却水成分のその場遠隔元素分析が必要であることを述べている。遠隔元素分析において建屋内は高放射線量過酷環境であることや、汎用市販元素分析装置は寸法上の制約から設置が困難であることから、放射線耐性のある小型の超音波装置を用いた遠隔元素分析法を創案している。超音波を水中で照射することで水中溶存元素の固有波長スペクトルで発光するソノルミネッセンス現象を引き起こし、それを利用することで、従来困難であった水溶液中でのその場遠隔元素分析を可能とする遠隔元素分析システムの構築が期待できることを示している。さらに、遠隔元素分析システム構築のためには、既往研究にて報告されている密閉状態でのソノルミネッセンス特性の元素分析へ適用可能性と、冷却水の流動環境を想定した開放状態かつ冷却水流れが伴う状態でのソノルミネッセンス特性を明らかにすると共に、ソノルミネッセンス遠隔元素分析システムの構築とシステムの有効性評価を行うことが必要であるという本研究の意義と目的を述べている。

第2章「Sonoluminescence Characteristics in Closed Condition into the Use for Elemental Analysis」では、既往研究報告例のある密閉状態でのソノルミネッセンス特性が元素分析へ利用可能か明らかにすることが必要であることを述べ、バスタイプ超音波発生器を用いた密閉状態でのソノルミネッセンスをスチルカメラで長時間露光撮影し、得られた画像をHSV (Hue Saturation Value) 色空間画像解析により色相 (Hue) と発光強度 (Value) 情報として抽出して規格化すると共に、強度情報を断面平均するアルゴリズムを開発している。そして水溶液中元素の種類ごとに色相と発光強度の関係を得て、ソノルミネッセンスを利用した元素分析法の成立性を示唆している。また、ルミノール試薬を用いた超音波化学発光現象を用いて溶液中の帯状圧力分布を可視化し、ソノルミネッセンスの発光分布が定在波の存在により帯状となる裏付けを得ている。さらには、ソノルミネッセンス発光強度は超音波入力電力、超音波周波数、溶液中元素濃度に比例することを示し、アルゴンガスの注入によりソノルミネッセンス発光強度は増加し、スチルカメラでの検出性が向上することを明らかにしている。

第3章「Sonoluminescence Characteristics in Open Condition with Mobile System using an External Transducer」では、遠隔元素分析システムへの積載性を考慮してバスタイプ超音波発生器を使用せずに、軽量可搬のランジュバン型振動子を水溶液に接液し開放状態かつ冷却水流れが伴う状態にて、ソノルミネッセンスの長時間露光撮影をスチルカメラにて行い、ソノルミネッセンス特性を調べている。密閉状態と開放状態では雰囲気ガス濃度や周囲壁条件が異なるものの、密閉状態と同様に、定在波に基づいた縞状の発光分布を得ている。また、第2章と同様にしてルミノール試薬を用いた超音波化学発光現象を用いて溶液中の帯状圧力分布を可視化し、ソノルミネッセンスの発光分布が定在波の存在により帯状となる裏付けを得ている。そして、ソノルミネッセンスを用いた元素分析法は開放状態かつ冷却水流れが伴う状態においても密閉状態と同様の色相が得られることを示しており、ソノルミネッセンスを用いた元素分析法の有効性を明らかにしている。さらには、超音波流速分布計測計を用いてソノルミネッセンス発光強度向上を示す流速条件について明らかにしている。

第4章「Evaluation of Remote Elemental Analysis System for Aqueous Solutions using Sonoluminescence」では、第2章および第3章で得られた知見をもとに、新たに軽量可搬のランジュバン型振動子等を用いた超音波送信系と、分光器・光ファイバー・集光レンズ等を用いた受光系から構成されるソノルミネッセンス遠隔元素分析システムを構築し、構築したシステムにより既知の水溶液中溶存元素を分析し米国国立標準技術研究所データベースに概ね一致することを確認している。システムで得たスペクトルとデータベースとを比較参照することで水中に溶存している未知元素の同定が可能となり、構築したシステムの検出限界元素濃度は約 7 g/L であり、超音波トランスデューサ入力電力に対する発光検出の比としての収率は概ね 8%であることを示している。現状では極低濃度の建屋内冷却水汚染核種分析に適用困難であるが、燃料デブリ取出時再臨界防止のためのホウ素濃度モニタリングには適用可能であることを示し、システムの有効性を明らかにしている。

第5章「Conclusions」では、各章において得られた成果を総括し、結論としてまとめている。これを要するに本論文は、福島第一原子力発電所の廃止措置において重要となる、建屋内冷却水の汚染核種種類・量を把握する観点や燃料デブリ取出時再臨界防止のためのホウ素濃度モニタリングの観点から、密閉状態でのソノルミネッセンス特性および開放状態でのソノルミネッセンス特性を調べると共に、ソノルミネッセンスを用いた新たな遠隔元素分析システムを開発し、その有効性を明らかにしており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。