

氏名（本籍）	ULUNG MUHAMMAD SUTOPO（インドネシア共和国）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第644号
学位授与日付	令和5年3月25日
専攻	工学専攻
学位論文題目	Gas-solid phase partitioning behavior of trace elements in coal combustion and their leaching behavior from solid phase （石炭燃焼における微量元素の気固分配挙動と固体からの溶出挙動）
学位論文審査委員	（主査）教授 板谷 義紀 （副査）教授 神原 信志 教授 小林 信介

### 論文内容の要旨

本論文は、微粉炭火力発電所で発生するフライアッシュを土工材として有効利用するにあたって、微量元素溶出抑制における化学的メカニズムを明らかにすることを目的として、微粉炭燃焼における微量元素の気固分配挙動およびフライアッシュからの微量元素溶出挙動について、熱力学平衡シミュレーションにより検討したものである。

微粉炭燃焼における微量元素気固分配挙動について、灰の化学成分に着目し、その影響について詳細に検討した。主に影響を及ぼす成分元素を特定するとともに、気相に放出される微量元素の化学形態と固体（フライアッシュ）に移行する化学形態を推定した。

フライアッシュからの微量元素溶出挙動については、推定された固体中化学形態をもとに、熱力学溶液平衡シミュレーションにより各微量元素の溶出量を推定した。さらに、水酸化カルシウム、高炉セメント、ペーパースラッジをフライアッシュに混合した時の各微量元素の溶出量を推定し、pHが高い溶液環境において、カルシウム化合物が微量物質の一部を不溶性物質に変換するために溶出抑制効果を示すことを明らかにした。

### 論文審査結果の要旨

本論文は、微粉炭燃焼ボイラ内における石炭中微量元素（B, Se, As, F, Cr）の気相および固相への分配挙動および化学形態を熱力学平衡計算で推定したうえで、固相からの微量元素溶出挙動について、実験及び熱力学平衡計算で明らかにしたものである。熱力学平衡計算については、適切なデータベースの選択と計算手法の確立、また溶液平衡計算手法の確立において新規性あるものと認められた。また、水酸化カルシウム、高炉セメント、ペーパースラッジを組成とする微量元素溶出抑制材を新たに開発し、その溶出抑制メカニズムを明らかにし、有効性を明示できたことは意義ある成果である。

本論文は、微粉炭火力発電プラントにおける炭種の選定および有害微量元素に係る排出環境保全に大いに寄与するものであり、工学的意義は高い。

申請された学位論文を慎重に審査した結果、本論文は新規性ある有効な知見を見出ししていること、工学的価値を有していることから、学位審査委員会における審査の結果、本論文は学位論文に値するものと判定した。また、岐阜大学大学院工学研究科における課程申請による博士の学位に関する取扱要項第4の規定に基づく、提出する学位論文の基礎となる学術論文の数は工学専攻における規定に達しているものと確認された。

### 最終試験結果の要旨

学位審査委員会は、提出論文の基礎となる発表論文（査読付き論文3編）の内容を確認し、令和5年2月9日に開催された学位論文公聴会における論文提出者との質疑応答と口頭試問などに基づいて審査を行い、最終試験に合格と判定した。

---

発表論文 (論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ)

1. Effect of Additive Material on Controlling Chromium (Cr) Leaching from Coal Fly Ash, Erda Rahmilaila Desfitri, Ulung Muhammad Sutopo, Y. Hayakawa and S. Kambara, Minerals, 10(6), 563, 2020.
2. An experimental and thermodynamic equilibrium analysis on the leaching process of arsenic (As) from Coal Fly Ash, U. M. Sutopo, E. R. Desfitri, F. F. Hanum, Y. Hayakawa, S. Kambara, J. Japan Inst. Energy, 100, 102-109, 2021.
3. A role of mineral oxides on trace elements behavior during pulverized coal combustion, Ulung Muhammad Sutopo, Erda Rahmilaila Desfitri, Y. Hayakawa, S. Kambara, Minerals, 11, 1270, 2021.