

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：82101

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K14282

研究課題名（和文）指定廃棄物の放射性Cs適性制御に資する溶出促進と嫌気性リーチングシステムの開発

研究課題名（英文）Development of the anaerobic bioleaching system to promote the elution of radioactive cesium in the radioactively contaminated solid wastes.

研究代表者

呉 江 (Wu, Jiang)

国立研究開発法人国立環境研究所・資源循環領域・特別研究員

研究者番号：30896288

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）： 原発被災地における放射性セシウムで汚染された牧草の処理困難問題は深刻化になっている。嫌気性処理技術は、有機廃棄物減量とともにエネルギーが再生することが可能であるため、汚染牧草の適正処理に寄与する。牧草をはじめ多くのリグノセルロース系バイオマスの生分解性が低いデメリットがある。本研究では、前処理技術を導入された汚染牧草のメタン発酵プロセスが開発し、嫌気性処理システムにおけるバイオマスの減量化性能および放射性セシウムの溶出（リーチング）挙動を把握した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

福島第一原発放射性物質漏洩事故から2020年で10年目を迎える。現在、各自治体区域内に保管している放射性を含有する廃棄物は保管数量の上限に迫っており、放射性農林業系廃棄物の適正処分問題は深刻化している。本研究は、事故由来の放射性物質に汚染された牧草等のバイオマスから、非焼却・非拡散での減量・安定化の処理を行う技術として、嫌気性微生物を利用したバイオリーチングのシステムを高度化することを目的としている。バイオマスの生分解性、バイオエネルギーの収率及びセシウム溶出性の促進に寄与する前処理技術の開発によって、汚染バイオマスの安定化処理方法としての実用性を評価し、当技術の社会実装化を期待する。

研究成果の概要（英文）： The treatment status of grass hay contaminated with radioactive cesium in areas affected by nuclear power plant disasters is not optimistic. The utilization of anaerobic treatment technology offers a potential solution for effectively treating contaminated grass, as it allows for energy regeneration and organic waste reduction. However, this technology faces the challenge of the low biodegradability of many lignocellulosic biomasses, including pasture grasses.

In this study, we developed the methane fermentation processes specifically designed for contaminated grass. The anaerobic treatment processes incorporated crush pretreatment, alkaline pretreatment, and ultrasonic pretreatment technologies. The objective was to evaluate the effect of pretreatments on biomass reduction performance and the leaching behavior of radioactive cesium.

研究分野：環境技術・環境負荷低減

キーワード：指定廃棄物 放射性セシウム バイオマス減量化 バイオリーチング メタン発酵

指定廃棄物の放射性 Cs 適性制御に資する溶出促進と嫌気性リーチングシステムの開発 (科学研究費助成事業 21K14282)

1. はじめに

原発被災地における放射性セシウム (Rad-Cs) で汚染された牧草の処理困難問題は深刻化になっている。嫌気性処理技術は、有機廃棄物減量とともにエネルギーが再生することが可能であるため、汚染牧草の適正処理に寄与する。しかし、牧草をはじめ多くのリグノセルロース系バイオマスの生分解性が低いデメリットがある。本研究では、前処理技術を導入された汚染牧草のメタン発酵プロセスが開発し、嫌気性処理システムにおける汚染牧草を含む Rad-Cs の溶出 (バイオリッチング) 挙動を把握した。

2. 実験方法

3 基の低温連続槽型反応器(CSTR, 容積は 1L) をスタートアップし、それぞれ R1、R2 および R3 とした。R1 には粉碎された牧草 (Raw) を基質として投入した。60°C、3%NaOH/gTS の条件下で汚染牧草を 2h 振動し (アルカリ前処理, Alk.)、R2 の基質とした。超音波エネルギー $E_s=3\text{kJ/g-TS}$ で Raw を 1h 処理し、即ち超音波前処理(Ultra.)を行った汚染牧草を R3 に投入した。全固形物負荷は 2.5g TS/L/d、30 日の水力学的滞留時間 (HRT) の条件下で、120 日間以上の長期連続処理終了時に流入と流出液/汚泥を採集し、放射線量分析を行った。

3. 結果と考察

図 1 に嫌気性処理による汚染牧草の減量化率とメタン収率を示す。3 基の CSTR における牧草のメタン収率の降順は $R2 > R3 > R1$ であり、アルカリ前処理は牧草の嫌気性分解に一番促進作用があったことを明らかにした。アルカリ前処理によって、バニリン、シリングアルデヒドなどの可溶性有機物がリグノセルロースの高次構造から溶出され、嫌気性処理システムにほぼ完全に分解されたことは、バイオマス変換を促進した根本的な原因である。結果としては、アルカリ前処理を行われた汚染牧草の平均有機物量 (VS) 減量化率は 38.8%に達し、粉碎前のみを行われた汚染された牧草の 1.5 倍であった。

前処理は Rad-Cs の溶出特性に与える影響を図 2 に示す。アルカリ前処理牧草を供給された CSTR における Rad-Cs の溶出率は一番高かったが、全体としてはいずれの CSTR においても Rad-Cs の溶出率が低く、20%未満であった。表 1 には、汚染牧草の不純物に牧草と土壤の分画を示す。現地で保管中の実汚染牧草に土壤を混入し、牧草乾物ベースに 9.51%TS を相当する土壤が付着していたことがわかった。土壤に吸着された Rad-Cs 濃度は 2438Bq/kg であったが、実際に植物による吸収されたのは 48 Bq/kg しかなかった。つまり、牧草に含まれた Rad-Cs の 85%以上は金属溶出性のない土壤由来であったことが示唆した。従って、現地で汚染牧草の嫌気性処理を行う場合は、最初に検討すべきは土壤の除去であると考えられる。

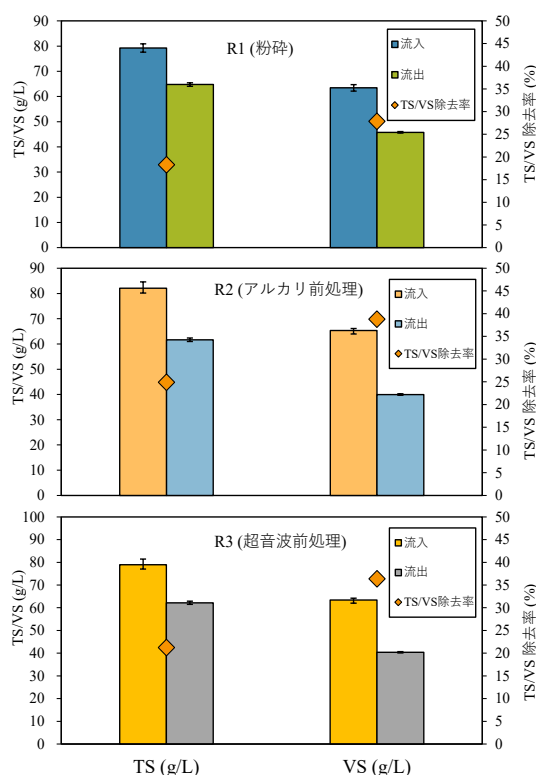


図 1 汚染牧草の嫌気性処理結果

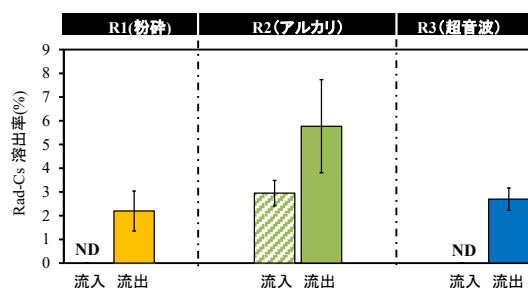


図 2 Rad-Cs に対する溶出特性

表 1 本研究で用いた汚染牧草 (Raw) に牧草と土壤の分画

	生牧草(原料)	牧草(土壤なし)	土壤
原料における割合 (%TS)	-	79.53	9.51
Rad-Cs 濃度 (Bq/kg)	285±28	48±1	2438±297
Rad-Cs の分画	100	13.39	81.35

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ma Haiyuan, Hu Yong, Wu Jiang, Kobayashi Takuro, Xu Kai-Qin, Kuramochi Hidetoshi	4. 巻 347
2. 論文標題 Enhanced anaerobic digestion of tar solution from rice husk thermal gasification with hybrid upflow anaerobic sludge-biochar bed reactor	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 126688 ~ 126688
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.biortech.2022.126688	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Wu Jiang, Kong Zhe, Luo Zibin, Qin Yu, Rong Chao, Wang Tianjie, Hanaoka Taira, Sakemi Shinichi, Ito Masami, Kobayashi Shigeki, Kobayashi Masumi, Xu Kai-Qin, Kobayashi Takuro, Kubota Kengo, Li Yu-You	4. 巻 207
2. 論文標題 A successful start-up of an anaerobic membrane bioreactor (AnMBR) coupled mainstream partial nitrification-anammox (PN/A) system: A pilot-scale study on in-situ NOB elimination, AnAOB growth kinetics, and mainstream treatment performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Water Research	6. 最初と最後の頁 117783 ~ 117783
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.watres.2021.117783	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kong Zhe, Li Lu, Wu Jiang, Wang Tianjie, Rong Chao, Luo Zibin, Pan Yang, Li Dapeng, Li Yong, Huang Yong, Li Yu-You	4. 巻 339
2. 論文標題 Evaluation of bio-energy recovery from the anaerobic treatment of municipal wastewater by a pilot-scale submerged anaerobic membrane bioreactor (AnMBR) at ambient temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 125551 ~ 125551
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.biortech.2021.125551	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Hu Yong, Shi Chen, Ma Haiyuan, Wu Jiang, Kobayashi Takuro, Xu Kai-Qin	4. 巻 9
2. 論文標題 Biofilm formation enhancement in anaerobic treatment of high salinity wastewater: Effect of biochar/Fe addition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 105603 ~ 105603
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jece.2021.105603	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Jiang Wu, Takuro Kobayashi, Hidetoshi Kuramochi
2. 発表標題 Biomass reduction and radiocesium leaching performances of radioactively contaminated grass using anaerobic treatment : Effects of pretreatment
3. 学会等名 4th International Conference for Bioresource Technology for Bioenergy, Bioproducts & Environmental Sustainability (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 呉江、小林拓朗、高橋勇介、倉持秀敏
2. 発表標題 嫌気性処理技術による汚染牧草の減量効果および放射性セシウムの溶出挙動
3. 学会等名 第11回 環境放射能除染研究発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Google Scholar https://scholar.google.co.jp/citations?hl=ja&user=myMr6fQAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate 国立環境研究所研究者紹介-呉江 https://www.nies.go.jp/researchers/301665.html

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------