

2025 年 10 月 10 日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学
独立行政法人国立高等専門学校機構八戸工業高等専門学校

バイオマス灰を利用した CO₂ 固定・肥料製造プロセス — 再エネ副産物を活かし、農林業とカーボンニュートラルをつなぐ —

【発表のポイント】

- 植物由来で生分解性の、水中の金属イオンを安定化させるキレート剤^(注 1)を用い、木質バイオマス灰^(注 2)の環境負荷低減、資源回収、二酸化炭素 (CO₂) 削減を同時に達成する新しいプロセスを開発しました。
- 木質バイオマス灰から、高純度の炭酸水素カリウム (カリ肥料) と炭酸カルシウム (工業材料) を効率的に製造可能であることを実証しました。
- キレート樹脂^(注 3)による重金属除去により、抽出に用いたキレート剤水溶液を再生して再利用できる持続可能なプロセスを確立しました。

【概要】

生物資源を燃料とするバイオマス発電における木質バイオマスの利用は年々拡大し、それに伴い燃焼副産物であるバイオマス灰の排出量も急増しています。木質バイオマス灰にはカリウムやカルシウムなどの有用元素が含まれる一方で、環境や人体に悪影響を及ぼす重金属も共存するため安全かつ効率的な利用が困難でした。その結果、バイオマス発電の経済的・環境的な優位性が損なわれる要因となっていました。

東北大学大学院環境科学研究科の王佳婕 (Jiajie Wang) 助教、渡邊則昭教授、八戸工業高等専門学校の土屋範芳校長 (東北大学名誉教授) らによる研究グループは、植物由来で生分解性のキレート剤と CO₂ を活用し、木質バイオマス灰の環境負荷低減、資源回収、CO₂ 固定を同時に実現する新しいプロセスを開発しました。この成果はカーボンネガティブ^(注 4)・バイオマス発電の実現に道を拓くものであり、CO₂ 削減と資源循環の両立に向けた実用的なアプローチを提供します。

本研究成果は、2025 年 10 月 1 日付で資源循環分野の国際学術誌 Resources, Conservation & Recycling に掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

カーボンニュートラルの実現に向けて脱炭素エネルギーの利用拡大が進む中、木質バイオマス発電の導入は急速に拡大しています。これに伴い、燃焼により発生する副産物である「バイオマス灰」の排出量は急増しており、将来的には日本国内でも年間で数百万トン規模に達すると予測されています。

木質バイオマス灰には、カリウムやカルシウムなどの農工業に有用な元素が豊富に含まれており、カリ肥料や工業原料としての有効利用が期待されています。しかし同時に、環境や人体に悪影響を及ぼすカドミウムなどの重金属も共存するため、安全かつ効率的に利用することは困難であり、現状では多くが産業廃棄物として高コストで処理されています。その結果、バイオマス発電の経済性を損なうだけでなく、埋立処分場の逼迫や環境負荷の増大といった深刻な課題を引き起こしています。

従来の処理方法は、強酸による溶解処理や電気化学的手法による金属回収が中心でした。しかしこれらの手法は薬品やエネルギーを大量に消費するため、環境と経済に与える影響が大きく、持続可能な解決策にはなり得ません。

このような背景から、持続可能なカーボンニュートラル社会の実現に向けて、木質バイオマス灰を「廃棄物」ではなく「資源」として活用できる革新的な技術の開発が強く求められています。

今回の取り組み

東北大学大学院環境科学研究科の王佳婕（Jiajie Wang）助教、勝見想大学院生、Vani Novita Alviani 氏（研究当時：特任助教）、渡邊則昭教授、東北電力グループの東北発電工業株式会社の長沼宏室長、大堀裕輝氏、東北大学大学院農学研究科の牧野知之教授と Jian Chuazhen 大学院生、八戸工業高等専門学校土屋範芳校長（東北大学名誉教授）らによる研究グループは、繰り返し使用可能な植物由来で生分解性のキレート剤と CO₂ を組み合わせ、木質バイオマス灰の環境負荷低減と資源化を同時に達成する新規プロセスを着想し（図 1）、実験によりその実効性を実証しました。

このプロセスは 100℃以下で常圧という温和な条件で実施可能です。具体的には、植物由来の生分解性キレート剤である L-グルタミン酸二酢酸（GLDA）水溶液を用いて灰を処理し、重金属を除去すると同時に減量化します。処理後の残渣は環境安全性を担保したうえで、流動床ボイラーの珪砂代替材として再利用可能です。

一方、抽出液中に取り込まれたカリウムとカルシウムは、廃熱や排ガス中の CO₂ を利用して温度や水素イオン濃度指数（pH）を制御することで、工業材料となる炭酸カルシウムと炭酸水素カリウム（カリ肥料）としてそれぞれ析出させることが可能です [特許 7345791]。この過程で重金属も共存しますが、キ

レート剤が重金属と強く結合するため、生成物は高純度を維持でき、炭酸水素カリウムの純度は 99.5%に達しました。実際に小松菜を用いた栽培試験でも市販のカリ肥料と同等の作物の生育に与える効果（肥効）が確認されています。さらに、プロセス全体では灰 1 トンあたり約 300kg の CO₂ を固定化できることが示されました。

また、異なる官能基を持つキレート樹脂を用いることで、抽出液中に過剰に蓄積した重金属を効率的に除去でき、抽出液をほぼ完全に再生可能であることも実証しました [特願 2024-088814、特願 2025-072724]。これにより、薬剤の消費や廃水の発生を最小限に抑えた持続可能なプロセスが実現します。

本プロセスをバイオマス発電に導入すれば、成長過程で大気中の CO₂ を吸収したバイオマスを燃料とし、発電時に排出される CO₂ を肥料や炭酸塩として再利用する、「カーボンネガティブ・バイオマス発電」の実現に道を拓くことが期待されます。さらに、廃棄物と CO₂ を農林業や工業原料へと転換し、灰中の重金属を回収することで土壌環境改善にもつながります。本技術は、経済性と環境性能を兼ね備えた新しい発電モデルを提示するものであり、脱炭素社会と資源循環型社会の実現に大きく寄与します。加えて、日本が輸入に依存するカリ肥料を国内循環させることで、食料安全保障にも貢献します。

今後の展開

今回開発した技術により、バイオマス発電は単なる電力供給の手段にとどまらず、廃棄物リサイクル、資源循環、CO₂ 削減を同時に実現する新しいエネルギーシステムへと進化する可能性を持ちます。今後は、技術のスケールアップや産業界との連携を通じて、地域に存在するバイオマス資源を最大限に活用し、地域社会とエネルギー産業の双方に新たな価値を生み出す好循環の実現を目指します。

さらに、本プロセスは普遍的な環境技術として世界中のバイオマス発電や農林業生産システムに適用できる可能性を備えています。国際展開を視野に入れ、グローバルな資源循環とカーボンニュートラルの実現に貢献することで、持続可能な社会形成に向けた大きな一歩となることが期待されます。

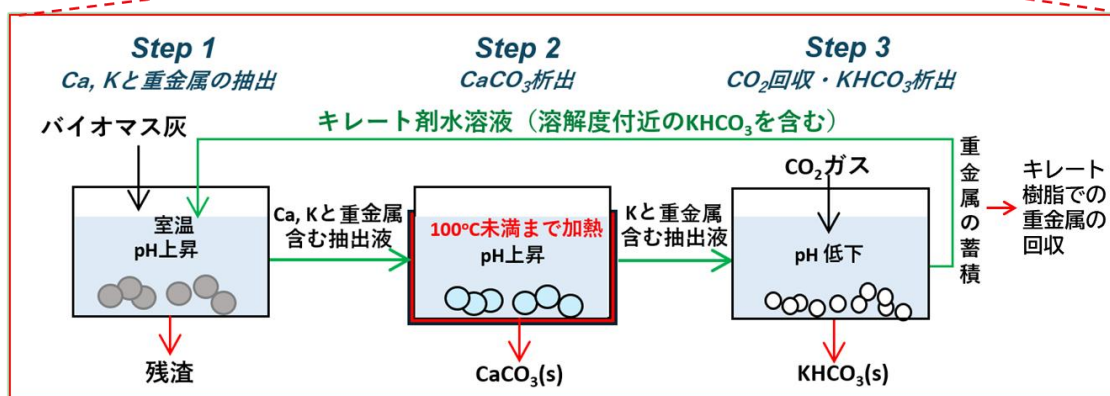
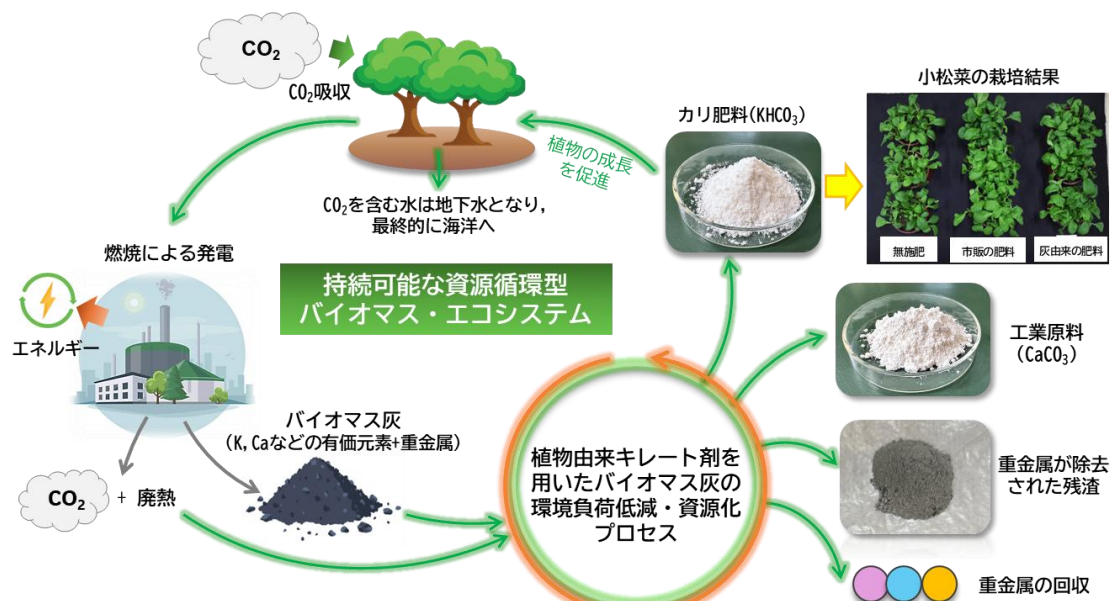


図 1. 植物由来キレート剤を用いたバイオマス灰の環境負荷低減・資源化プロセスと、それを基盤とする持続可能な資源循環型バイオマス・エコシステム

【謝辞】

本研究は、日本学術振興会（JSPS）科学研究費助成事業「若手研究（21K14571）」、「基盤研究（B）（22H02015、23K23283、23H01903、23K26596、24K01412）」、「基盤研究（S）（JP22H004932）」、「基盤研究（A）（21H04664）」、「挑戦的研究（開拓）（21K18200）」の支援により実施されました。本論文は「東北大学 2025 年度オープンアクセス推進のための APC 支援事業」の支援を受け、Open Access となっています。

【用語説明】

注1. キレート剤：金属錯体の形成に用いる配位子の一種。配位子は、配位原子と呼ばれる酸素や窒素のような非共有電子対を持った原子を含み、こ

の配位原子が金属イオンと直接結合する。配位原子を一つだけ持つ配位子を単座配位子、複数個持つものを多座配位子と言い、後者がキレート剤。金属イオンとの結合の安定性は、単座配位子よりも多座配位子であるキレート剤の方が安定。

- 注2. 木質バイオマス灰：木材燃焼後に残る無機残渣であり、主成分は燃料由来のミネラルだが、実際の発電所では流動床ボイラーで使う珪砂や炉材が混ざることもある。
- 注3. キレート樹脂：金属イオンと選択的に結合できる官能基を有する合成樹脂。水溶液中の特定の金属を効率的に捕捉・除去するために用いられ、重金属除去や資源回収に広く利用されている。
- 注4. カーボンネガティブ：経済活動によって人為的に排出される二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量が、森林や海洋による自然の吸収、あるいは脱炭素技術による人為的な除去・固定される量よりも少ない、つまり大気中の温室効果ガス量がマイナスになる状態を指す。

【論文情報】

タイトル：Converting woody biomass ash and CO₂ into valuable resources via a sustainable chelation approach

著者：Jiajie Wang*, So Katsumi, Hiroshi Naganuma, Tomoyuki Makino, Chuanzhen Jian, Yuki Ohori, Vani Novita Alviani, Noriyoshi Tsuchiya, Noriaki Watanabe*

*責任著者：東北大学 大学院 環境科学研究科 助教 王佳婕 (Jiajie Wang)
東北大学 大学院 環境科学研究科 教授 渡邊則昭

掲載誌：Resources, Conservation & Recycling

DOI：10.1016/j.resconrec.2025.108606

URL：https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108606

【問い合わせ先】

（研究に関すること）

東北大学大学院環境科学研究科

助教 王 佳婕

TEL: 022-795-4859

Email: wang.jiajie.e4@tohoku.ac.jp

教授 渡邊 則昭

TEL: 022-795-7384

Email: noriaki.watanabe.e6@tohoku.ac.jp

八戸工業高等専門学校 校長

東北大学大学院環境科学研究科

客員教授 / 名誉教授 土屋 範芳

電話: 0178-27-7223 / 022-795-6335

E-mail: noriyoshi.tsuchiya.e6@alumni.tohoku.ac.jp

（報道に関すること）

東北大学大学院環境科学研究科

情報広報室

TEL: 022-752-2241

Email: kankyo.koho@grp.tohoku.ac.jp

八戸工業高等専門学校

総務課総務係

TEL: 0178-27-7223

Email: somu-o@hachinohe-ct.ac.jp