

課題番号: 1-2102

体系的番号: JPMEEERF20211002

研究課題名: 脱炭素化を目指した汚染バイオマスの 先進的エネルギー変換技術システムの開発と実装 シナリオの設計及び評価

課題代表者: 倉持秀敏

課題代表者機関: 国立研究開発法人国立環境研究所

研究実施期間: 2021年度～2023年度

研究体制:

サブテーマ2リーダー 国立研究開発法人国立環境研究所 小林拓朗

サブテーマ3リーダー 東北工業大学 大場真

1. はじめに(背景: バイオマス利活用の取組みと課題)

面的除染終了で
復興フェーズへ

2018 —————> 2021(現在) -----> 2030-2050
環境省未来志向プロジェクト(脱炭素まちづくり等)始動

地域循環共生圏
(地域SDGs)
ゼロカーボンシティ

バイオマス利活用の検討



木質バイオマス発電が先行
2019 田村市(建設開始)
2020 飯館村(事業者選定)

他の未利用バイオマスの利活用

先進的分散型連携システム
(CCUS付き)

しかし、課題も

今後のニーズ

バイオマス利活用の喫緊の課題

- 放射性セシウム(Cs)の挙動が不明
⇒施設の稼働・建設の遅延(田村市等)
- バーク(樹皮、90%未利用*)を原料とするが、技術的知見が少ない(飯館村)

*: 福島県バイオマス活用推進計画(2018)

バイオマス利活用の中長期的課題(ニーズ)

- 小規模メタン発酵による有機性廃棄物の域内処理と創エネ
- 先進的(CCUS[炭素隔離利用貯留]付き)分散型バイオマス変換技術連携システムの導入
- 地域事情のニーズに沿った将来像を予測した導入シナリオ

ハードとソフトの両方が必要

2. 研究開発目的

喫緊の課題対応(技術的課題の解決、サブテーマ1)

- ✓ 汚染された木質バイオマス(特に、バーク)を対象に、安定かつ安全なエネルギー転換技術(燃焼・ガス化)の確立、残渣の安全性評価及び適正処分や有効利用法の提示

中長期的課題対応(将来ニーズへの対応、サブテーマ2、3)

- ✓ 木質バイオマス発電技術と有機性廃棄物メタン発酵を連携させた、二酸化炭素(CO₂)発酵技術と炭素貯留を軸とした脱炭素型先進的連携発電システムの開発
- ✓ 浜通り地域における復興と連動した再エネ導入(特に選択肢としてのバイオマス)シナリオを開発し、環境省・福島県・各種団体と連携し、地域の体制の形成を誘導しながら、地域循環共生圏を目指した地域計画の策定・実施を支援する

研究概略と全体感

浜通りのバイオマス利活用の喫緊課題と中長期的課題の解決へ向けて、

サブテーマ1(喫緊の課題対応[技術]):

残渣の取扱を含めて木質バイオマスの安定かつ安全(放射能対策)な燃焼・ガス化技術を確立

燃焼技術



実機施設に反映へ

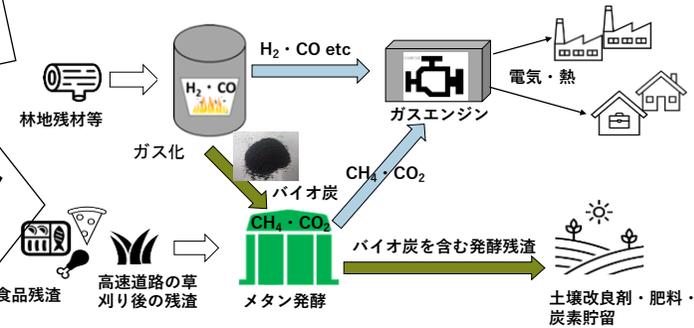
ガス化残渣(バイオ炭)提供

サブテーマ2(中長期課題対応[技術]):

複数のバイオマス変換技術を連携させ、炭素貯留と放射能対策を備えた先進的分散型連携発電システムの構築

ガス化技術

メタン発酵



連携発電システムの実証へ
(ガス化-メタン発酵コンバインドシステム)

放射能対策と技術仕様

サブテーマ3(中長期課題対応[導入シナリオ]):

脱炭素に向け将来像を予測し、開発技術システムの実装シナリオを設計

システム評価



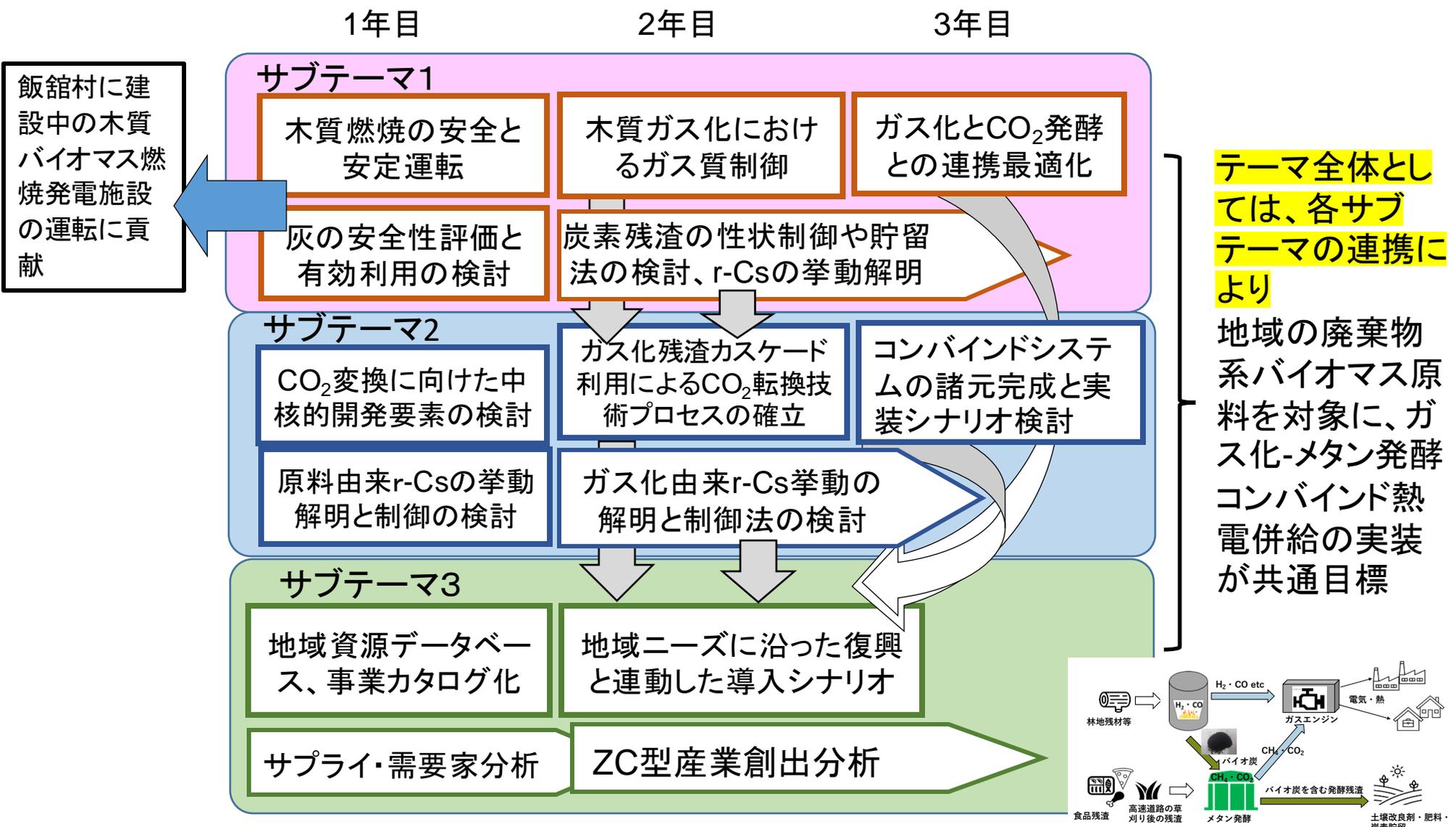
復興計画策定支援へ

アウトカム：安全に地域課題を解決できるバイオマス発電施設の導入、復興と脱炭素化の両立、地域産業の活性化

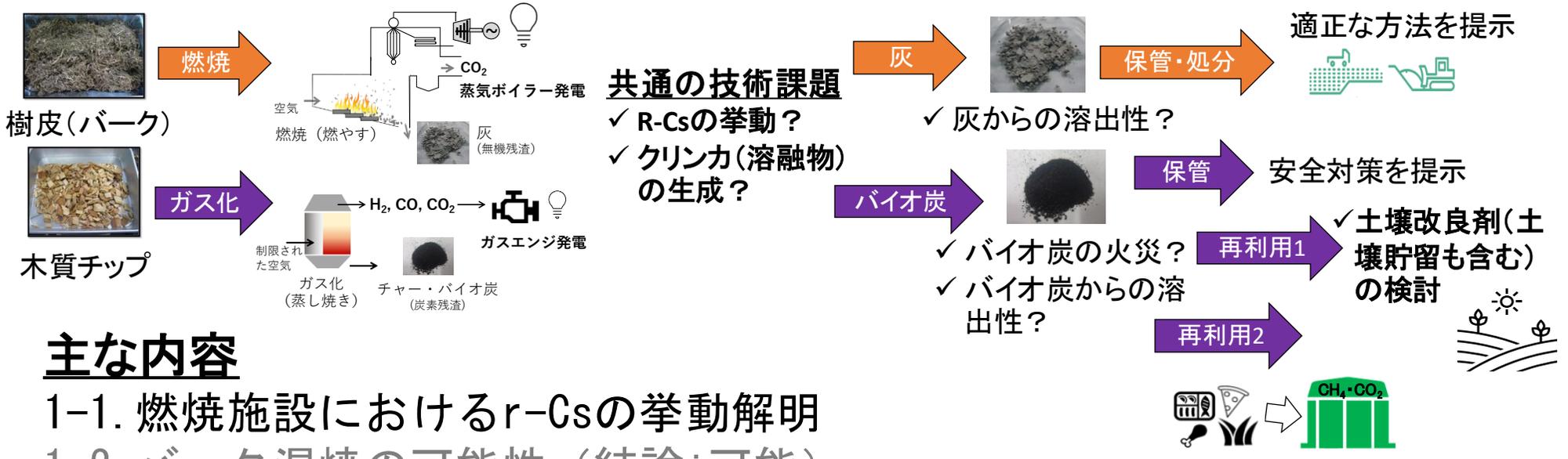
3.1 研究目標

分類	目標
サブ1 (燃料・ガス化研究)	<ul style="list-style-type: none">• 汚染バークを燃料とした燃焼・ガス化におけるr-Csの挙動の解明• 処理残渣のクリンカ生成能や安全性を評価、炭素貯留等の可能性も評価• サブ2との連携(メタン発酵とのコンバインド)に適したガス化生成物の制御• 技術情報を中心に住民・自治体等との対話
サブ2 (発酵技術とコンバインド化研究)	<ul style="list-style-type: none">• 複数のエネルギー変換技術を連携して脱炭素型の連携システムを構築• CO₂のメタン化及びCO₂リサイクル技術の開発• メタン発酵中のr-Cs挙動を解明し、対策を提示• ガス化-メタン発酵コンバインドシステムの高度化を行い、地域への成果発信の実施
サブ3 (実装シナリオ設計)	<ul style="list-style-type: none">• 脱炭素化に資するバイオマスエネルギー転換を中心とした復興実装シナリオを開発• 地域資源データベース、エネルギー拠点の持続可能なサプライチェーンを提案• エネルギー拠点の要件を推定し、幅広の熱需要家・技術のカタログおよび復興の進展に伴う段階的導入シナリオを提案• 復興初期から将来におけるシナリオを開発し、地域・協働により導入計画を検証

3.2 研究計画



4. 研究開発内容サブテーマ(ST)1: 汚染木質バイオマスの燃焼及びガス化技術の開発と放射性セシウム(r-Cs)の挙動解明



主な内容

- 1-1. 燃焼施設におけるr-Csの挙動解明
- 1-2. バーク混焼の可能性 (結論:可能)
- 1-3. バーク等のガス化特性とr-Cs挙動の解明
- 1-4. ガス化におけるクリンカの生成抑制
- 1-5. バイオ炭貯蔵時の熱危険性評価
- 1-6. バイオ炭の土壌改良剤としての適合評価

バイオ炭の提供 → 亜テーマ2のメタン発酵の促進剤の検討(コンバインドシステム)

住民・自治体との対話



飯舘村牧野組合勉強会等 (参加者数28名)

1-3,-4, -6
の成果

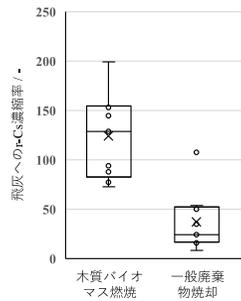
物質収支・エネルギー収支・安全性等をサブテーマ3へ導入シナリオに活用

5. 結果及び考察 ST1-1(施設内のr-Cs挙動の解明)

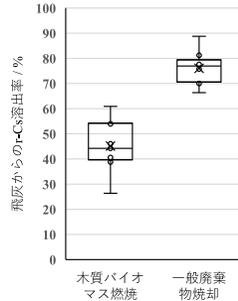
木質バイオマス燃焼発電施設(燃焼炉形式が異なる2施設)で調査を行い、木質チップ燃焼の残渣へのr-Csの濃縮率、r-Cs溶出率、r-Cs分配挙動を明らかにした。

流動床式燃焼施設の結果

同形式一般廃棄物焼却施設調査結果との違いを考察



飛灰へのr-Cs濃縮率



飛灰からのr-Cs溶出率

◎r-Csの99.5%は飛灰へ移行

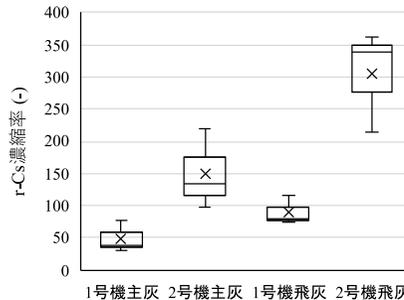
バイオマス原料の特徴:

- 飛灰へのr-Cs濃縮率がより高い
- 飛灰からのr-Cs溶出率は低い

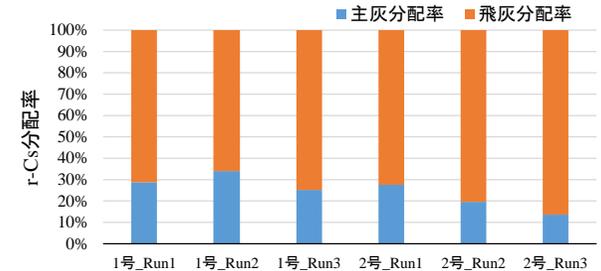
村沢ら、環境放射能除染学会誌、2023

火格子式燃焼施設の結果(1号機の原料は切削チップ+ピンチップ、2号機で原料は切削チップのみ)

原料や流動床式との違い考察



飛灰へのr-Cs濃縮率



主灰・飛灰へのr-Cs分配率

火格子式の特徴:

- 飛灰へのr-Cs濃縮率がより高い
- 飛灰からのr-Cs溶出率も高い
- 飛灰への分配率は低い

重要な知見:

- ✓ R-Csの挙動(灰への濃縮率、灰への分配率等)は炉形式や原料に依存
- ✓ 特に、切削チップを原料とした場合の火格子式の飛灰への高い濃縮率には注意

5. 結果及び考察 ST1-2(木質燃料のガス化特性把握)

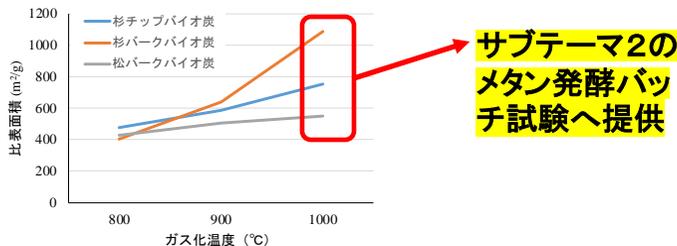
杉チップ、杉バーク、松バークを原料に、800°C～1000°Cでガス化実験を行い、ガス化特性とr-Cs挙動を把握した。

①ガス変換率が高く、バイオ炭変換率及びタール等変換率が低い、すなわちガス化最適温度は1000°C

② 1000°Cでは、H₂, CO, CO₂, CH₄ガスの発生量については、前者2つの可燃性ガスの生成量も最大

この傾向はどの試料も同様、ガス量が多く、タール量が少ないバークはより良い原料の可能性

③バイオ炭の比表面積について



バイオ炭の比表面積とガス化温度関係

④ガス化ガスーバイオ炭間のr-Csの分配率

- ✓ 1000°Cでr-Csが急激にガス側へ分配
- ✓ 原料種によってその分配率は異なる

重要な知見:

- ✓ H₂やCOのカロリーガス発生量、タール発生量、バイオ炭の性状から1000°Cのガス条件が最適
- ✓ ガスへのr-Csの分配挙動は、樹種や部位によって異なる
- ✓ 未利用なバークも問題なくガス化発電の原料となりうる。タール発生量が少ないことも利点

5. 結果及び考察 ST1-3(ガス化におけるクリンカ生成抑制の検討)

スギ燃料のガス化炉内クリンカの生成抑制のための木部への樹皮混合について検討

●灰溶融試験(CO₂雰囲気)

- ✓ 赤心材を有するスギ材では心材・辺材ともに溶融点は760°Cほどと低かった。
- ✓ そこでこの心材、辺材に対し樹皮を適切に混合した結果、溶融点が1420°C以上まで上昇することが明らかとなった。

➡ 木部への樹皮混合によって軟化点・溶融点が上昇

●K₂CO₃-CaCO₃系相平衡状態図

- ✓ スギ材の灰の軟化・溶融においてK₂CO₃とCaCO₃が寄与していることが平衡計算およびXRDの結果から明らかになった。
- ✓ そこで、灰溶融点をK₂CO₃-CaCO₃系の相平衡状態図上にプロットした結果、CaCO₃/(CaCO₃+K₂CO₃)の割合を高めれば、高い溶融点を示した。

●灰の多成分系熱力学平衡計算(CO₂雰囲気)

- ✓ 灰の軟化・溶融点付近の生成物を詳細に解明するために、相平衡を含む多成分系熱力学平衡計算を行った。
- ✓ 赤心材は820°C以上において、全体の7~8割ほどを液相が占めるが、赤心材50%/樹皮50%では液相成分が全体の2~4割ほどまで低下した。
- ✓ 平衡計算結果における液相成分は、主にK₂CO₃、CaCO₃であった。

スギ木部に樹皮を混合して、灰のK, Caについて炭酸塩ベースの組成比 (CaCO₃/(CaCO₃+K₂CO₃)) を高めることでクリンカ抑制が期待できる

5. 結果及び考察 ST1-4(バイオ炭の貯蔵及び有効利用に関する研究)

- 1) 高感度熱分析装置等を組み合わせ、実機バイオ炭の熱危険性評価を実施
- 2) バイオ炭の有害重金属含有量分析と溶出試験から土壌改良剤としての適合を評価

1) 熱危険性評価手法により、火災リスクと防止の提案

- ✓ 40℃前後にて、断熱状態で大量貯蔵されていた場合、自然発火による火災を発生させる危険性がある。
- ✓ 燃焼熱量は、既存のバイオマス燃料等と同等であり、火災発生時にはそれらの火災被害と同等となる。
- ✓ 貯蔵場所における自然発火防止策として、堆積高さ、貯蔵量制限、内部温度の監視等の「事前対策」が必要である。

2) 土壌汚染対策法等との比較

木質バイオマス燃焼由来の飛灰については、特に、有害重金属の溶出基準を満たせないが、バイオ炭については、すべての有害重金属について、含有量及び溶出に関する基準値を満たし、土壌改良剤として利用可能であることが示唆された。

重要な知見:

- ✓ R-Csを含むバイオ炭の貯蔵場所における「自然発火危険性」を明らかにした。先行研究がなく、近年注目されているバイオ炭の安全な貯蔵方法に活用が見込まれる
- ✓ バイオ炭は、有害有金属の基準値をクリアし、土壌改良剤として利用可能

4. 研究開発内容サブテーマ(ST)2: ガス化-発酵コンバインド型 CO₂ リサイクル技術の開発と放射性セシウムの挙動解明

実施内容

- 2-1. バイオマス燃焼灰のCO₂変換及びメタン発酵促進に向けた活用
- 2-2. メタン発酵残渣の熱分解におけるCO₂還元剤としての使用
- 2-3. ST3脱炭素産業拠点への導入を見据えたバイオマスメタン発酵におけるバイオ炭連続添加の影響
- 2-4. バイオ炭を微生物保持担体としたCO₂バイオメタネーションの性能評価

主な成果

- 2-1. 灰から供給されるカリウムが熱分解におけるCO₂との反応性を向上させ、炭素のガス転換を促すとともに、生成されるバイオ炭はメタン発酵添加剤として高機能
- 2-2. 望ましい灰分組成等の点から、発酵残渣はCO₂との反応性、ガス転換率が極めて高い
- 2-3. 原料への1%の添加率で特に大熊町で主要な原料と考えられる草本の発酵性能を向上させる。炭由来放射性セシウムは固相に集中し安定
- 2-4. 通気速度20 L/L-槽/日以上、メタン濃度95%以上で長期間安定したCO₂メタン変換が可能

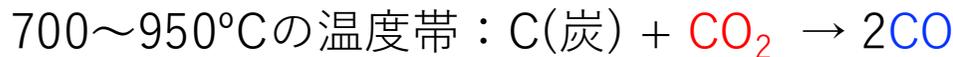
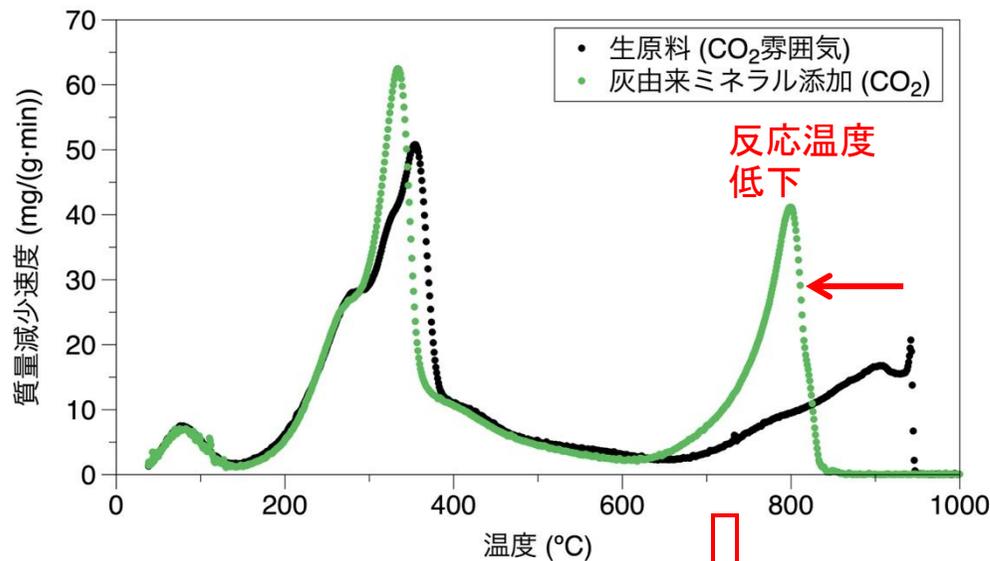
当初計画との変更点

- ・ST3でのRE100産業団地検討地域の実情に合わせ、メタン発酵は家畜糞尿でなく食品・植物系を想定
- ・当初使用する予定だったバイオ炭への添加ミネラル分としての鉄は、Fe²⁺溶解の進行に伴い発酵菌群に阻害をもたらすため、燃焼灰添加バイオ炭に変更

結果及び考察 ST2-1 (バイオマス発電燃焼灰のCO₂変換促進及びメタン発酵促進剤として適したバイオ炭生成への活用)

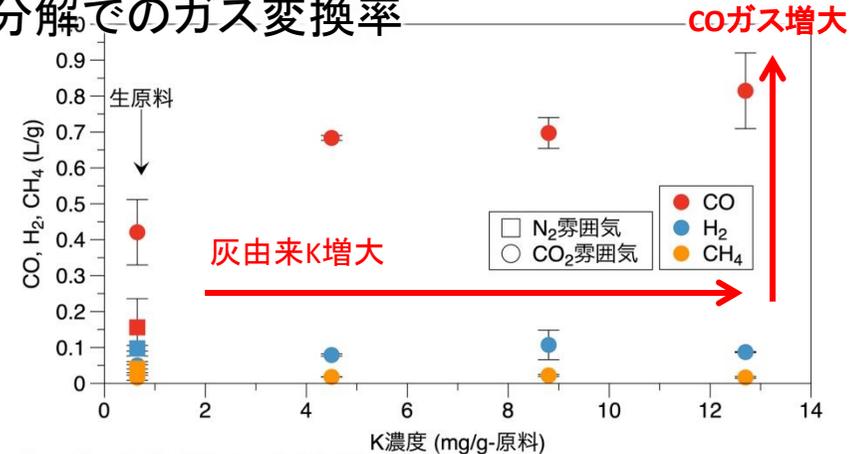
燃焼灰由来ミネラルをバイオマスに添加し、CO₂のCOガスへの変換を促進させるとともにメタン発酵添加剤としての効果を検討する。

バイオマス原料の熱分解質量減少速度

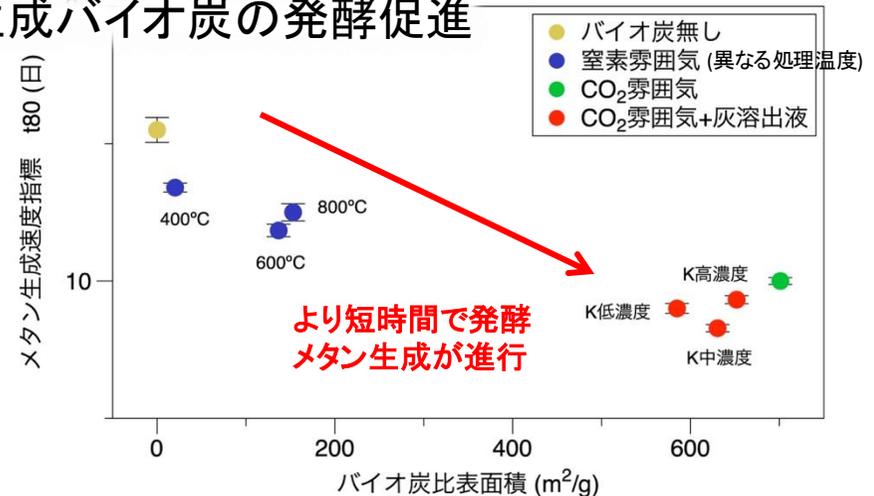


Kobayashi et al., Bioresource Technology, 2023

熱分解でのガス変換率



生成バイオ炭の発酵促進

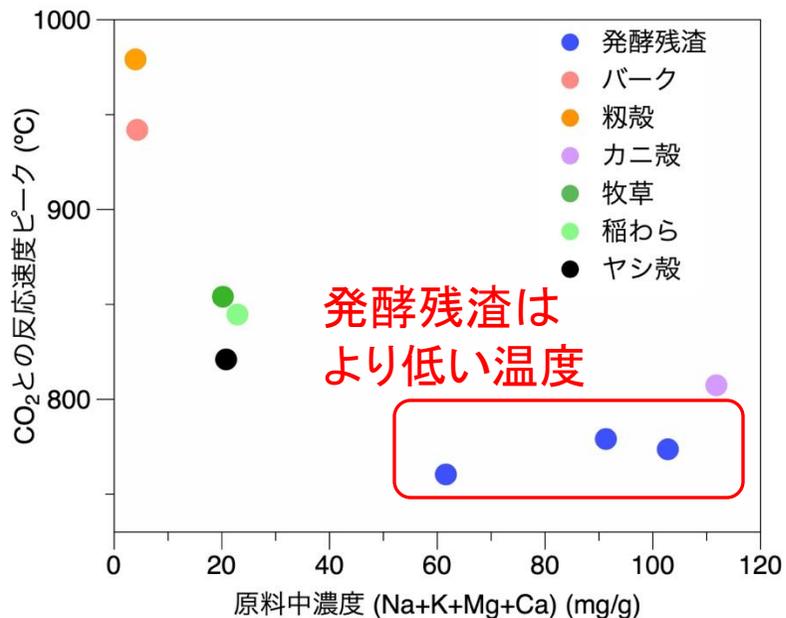


重要な知見: 熱分解へのCO₂の導入は発酵促進のためのバイオ炭改質に有効、燃焼灰由来のミネラルはCO₂の還元を促進し、COガス収率を高める触媒となる。

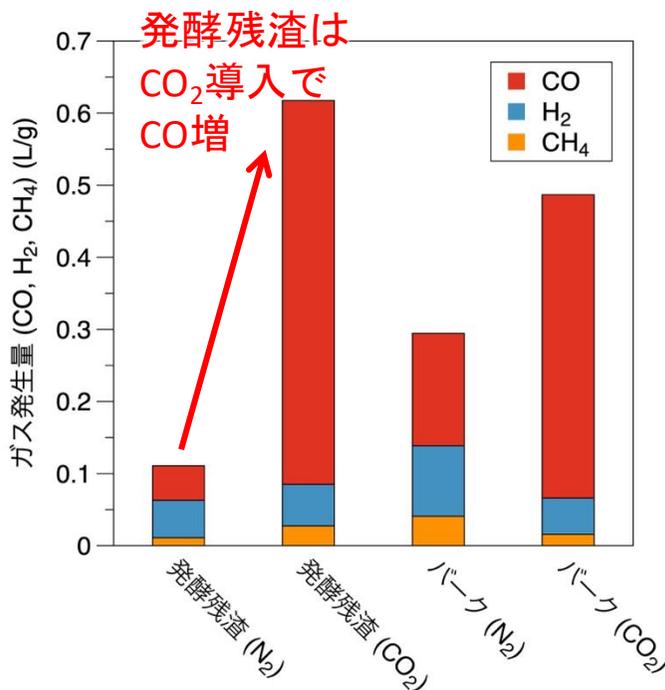
結果及び考察 ST2-2 (発酵残渣のCO₂リサイクル及び発酵促進剤としての利用)

発酵残渣固形分をCO₂雰囲気中で熱分解し、ガス変換率を評価するとともにバイオ炭の発酵促進剤としての性能を検討する。

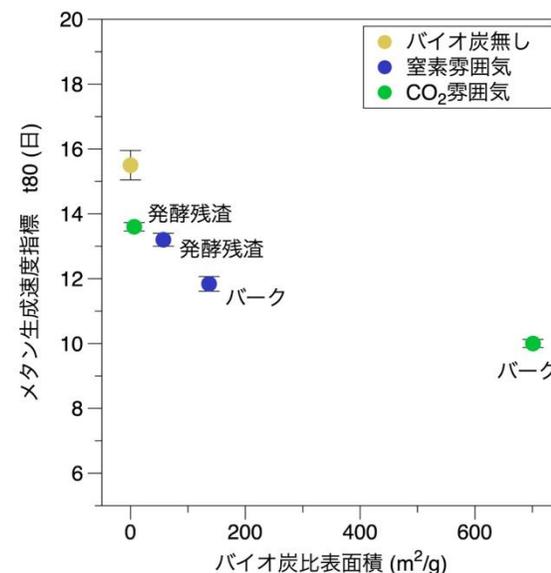
熱分解におけるCO₂との反応速度ピーク到達時の温度



熱分解でのガス変換率



熱分解残渣のメタン発酵促進



Kobayashi et al., Bioresource Technology, submitted.

重要な知見: 熱分解におけるCO₂との反応性はバイオマス中のK、Ca等に依存。メタン発酵残渣は非常に反応性が高く、より低温で炭素分が効率よくCOへ変換。

結果及び考察 ST2-3 (ST3で計画する脱炭素産業拠点への導入を想定したメタン発酵でのバイオ炭添加影響と放射性Csの挙動)

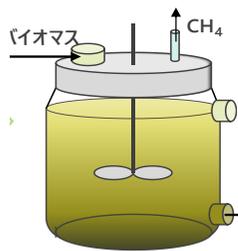
賦存量の点から計画地域で主要なバイオマス为原料とした場合の、メタン発酵特性および実現可能なバイオ炭添加率、促進効果、メタン生成量等パラメータを示す。

原料比1wt%で 食品残渣の処理

実施設バイオ炭(サブ1提供)等を混合



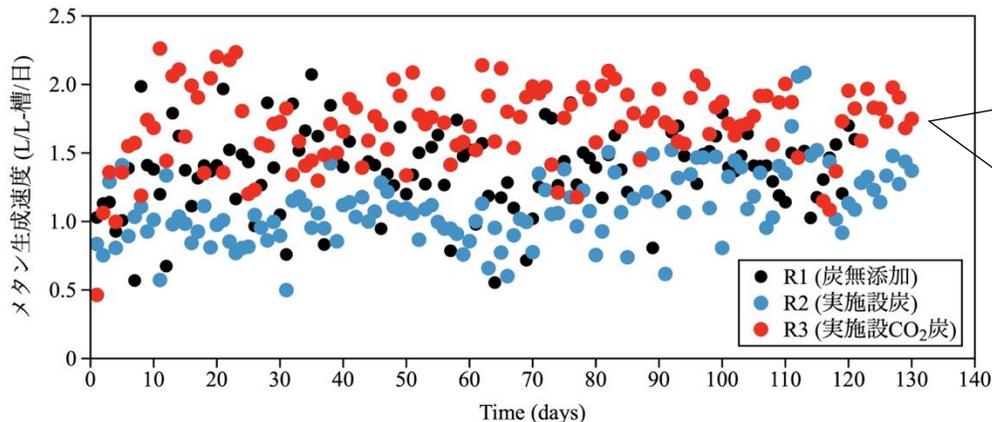
R3はCO₂雰囲気
処理した比表面積
の大きなバイオ炭



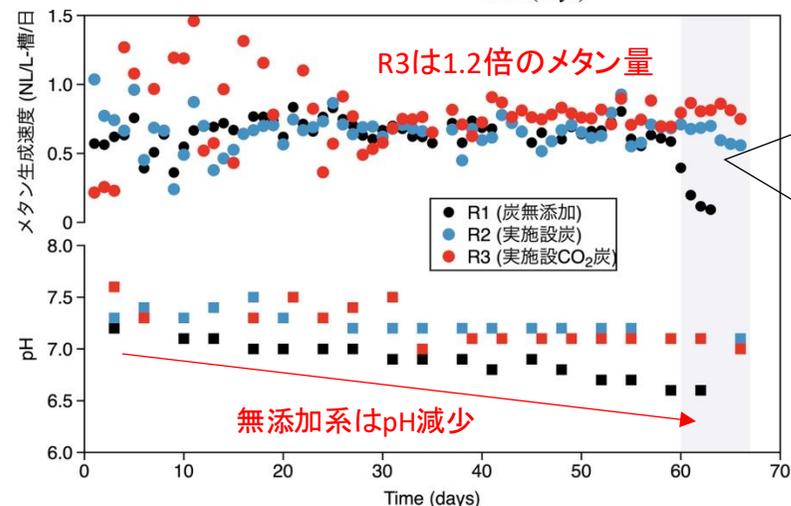
草本残渣の処理

サブ3の復興シ
ナリオも踏まえ
た設定

滞留時間30日
連続実験



R3は他の
1.2倍のメタン
量



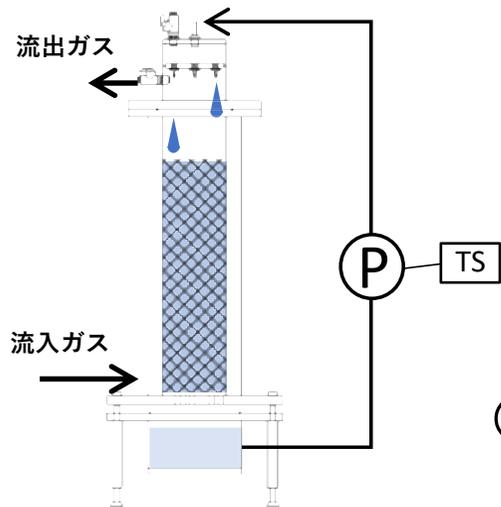
草本処理では
無添加系は60日
目以降不安定化
して中断
バイオ炭添加系
は安定維持

重要な知見: 1%のバイオ炭添加率での継続的なメタン発酵の運転は可能。バッチ実験と同様、比表面積の大きなバイオ炭の効果大。安定性の向上にも寄与。

結果及び考察 ST2-4(バイオ炭を微生物保持担体としたCO₂バイオメタネーション)

CO₂バイオメタネーションへの応用方法として、CO₂雰囲気中で親水化させたバイオ炭を担体として使用し、メタンへの変換速度を検討。

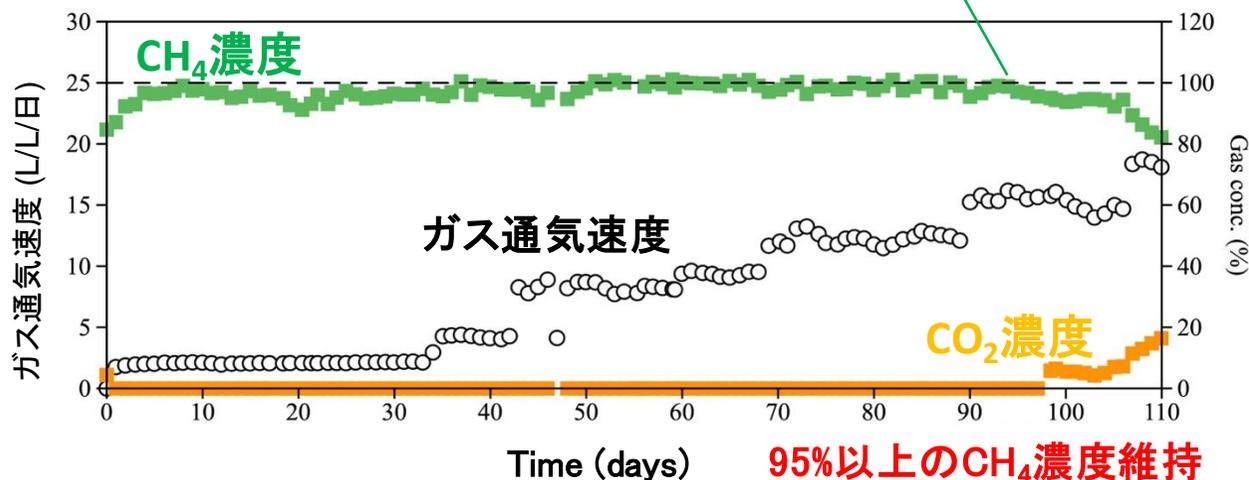
①ウレタン



②バイオ炭



湿潤担体充填
バイオフィルタ

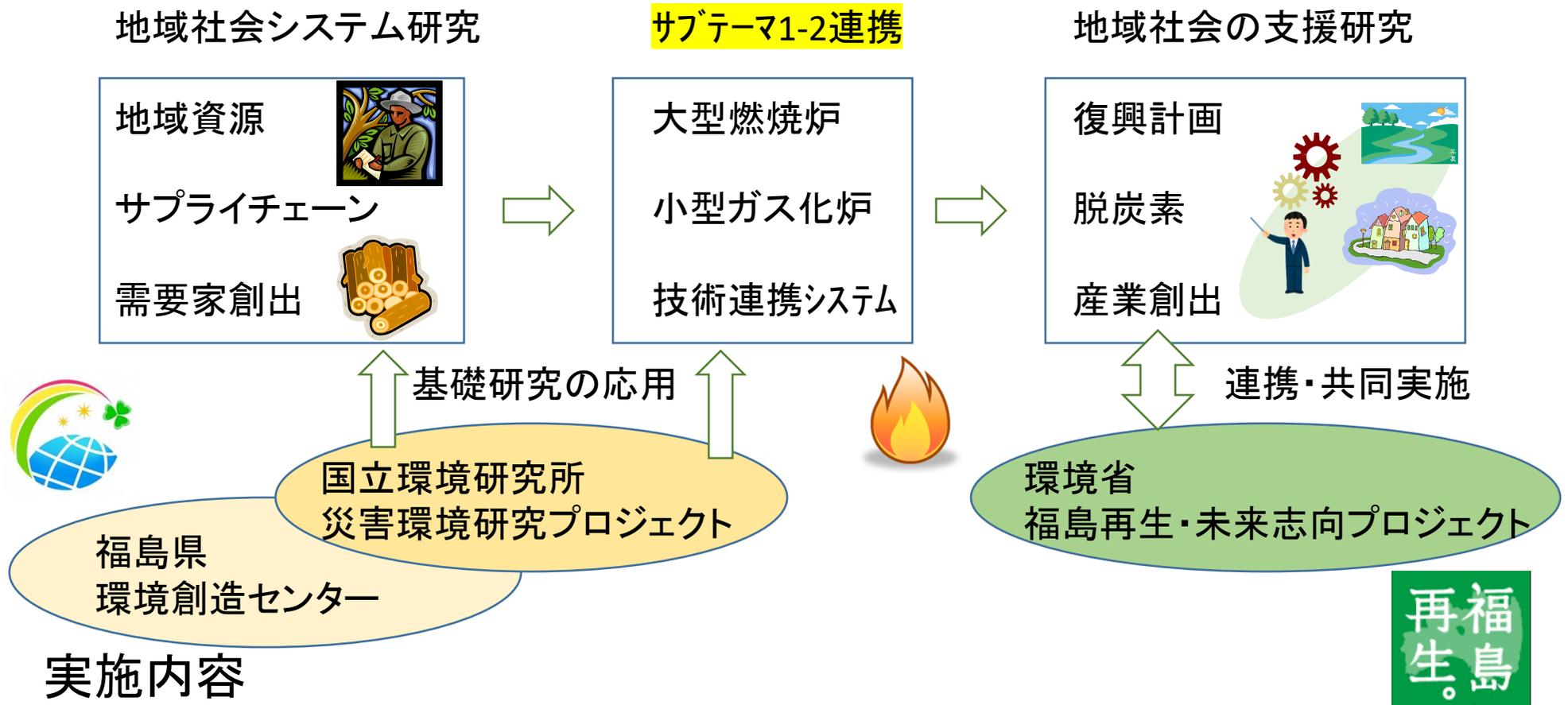


ウレタン担体よりも大きなガス通気速度での運転を行い、流出CO₂濃度は一貫して0であった。

流出メタン濃度も安定して95%以上を保持し、安定かつ高いCO₂変換性能が達成された。

重要な知見: バイオ炭を使用したプロセスは、流入したCO₂の炭素分をほぼ100%CH₄へ変換しつつ、ウレタンのプロセスよりも高い処理速度を達成可能。

4. 研究開発内容サブテーマ3: 脱炭素を目指した分散エネルギーシステム復興実装シナリオの開発



実施内容

- 3-1) 地域資源の定量評価、国内バイオマスエネルギー利用事例と分析
- 3-2) 詳細なバイオマス量推定法の開発、バイオマス需給推定
- 3-3) 需要家創出と分散エネルギーシステム
- 3-4) 浜通り、福島県内における社会実装に向けたシナリオ開発

結果及び考察 サブテーマ3-1 地域資源の定量評価、国内バイオマスエネルギー利用事例と分析

- 文献、統計資料を精査し、バイオマス地域資源データベースを構築
- 木質バイオマスエネルギーシステムのうち、他セクターとの連携を実現している先進モデルの事例調査

サブテーマ3 公開予定資料

発電事業(15事例)

所在地	事業主体	農水	経産	建設	製造	特徴
北海道 苫小牧市	株式会社Jファーム	○				トリジェネレーションを導入したスマートアグリ生産プラントによる、ミニトマト栽培
宮城県 気仙沼市	気仙沼地域エネルギー開発株式会社	○	○			バイオマス発電の排熱を利用してチップの乾燥と民間の運営する観光ホテルへ熱供給
宮城県 大崎市	株式会社ウェスタ・CHP			○	○	50kWガス化発電を利用した賃貸アパート(サスティナヴィレッジ鳴子)へ電力・熱供給
秋田県 北秋田市	たかのす道の駅発電所(ポルタージャパン株式会社)			○		バイオマス発電の排熱を道の駅の足湯の熱源として利用
福島県 会津若松市	株式会社グリーン発電会津	○				バイオマス発電の排熱を利用してニシゴイを養殖
福島県 西郷村	スパホテルあぶくま			○		小型化ガス化発電と排熱をホテルで冷暖房、給湯、ロードヒーティングに利用
群馬県 上野村	上野村				○	「上野村まきのごセンター」でのご栽培にバイオマスコージェネを利用
長野県 安曇野市	安曇野バイオマスエネルギーセンター(エア・ウォーター㈱)			○	○	ガス化発電の排熱とCO2をエア・ウォーター農園のトマト栽培に利用するトリジェネレーション
岐阜県 高山市	飛騨高山グリーンヒート合同会社			○		「宇津江四十八滝温泉しぶきの湯」で電力・熱を利用
三重県 多気町	柳中部プラントサービス、柳ユージュレオ、多気町			○		バイオマス発電の排熱と微細藻類を活用して、魚介類養殖の実証試験を実施
岡山県 笠岡市	柳サラ			○		木質バイオマス発電による電力と熱、CO2を利用して大規模な野菜栽培を実施
岡山県 真庭市	真庭バイオマス発電㈱ 真庭市			○	○	セルロースナノファイバーの開発、バイオマスツアー実施、お土産(バレットクッキー、CLTチョコレート)
大分県 日田市	グリーン発電大分			○		バイオマス発電の排熱を近隣農家のいちご栽培に利用
宮崎県 串間市	くしま木質バイオマス株式会社			○	○	バイオマス発電の排熱をバレット加工時の乾燥に利用、市民病院のバイオマス発電設備へのバレット供給
宮崎県 串間市	串間市民病院					ガス化発電設備、バイオマスボイラーを病院の電源、熱源として利用

熱供給事業(17事例)

所在地	事業主体	農水	経産	建設	製造	特徴
北海道 下川町	下川町		○	○		チップ製造とバイオマスボイラ導入による温泉、高齢者施設、地域熱供給
北海道 知内町	知内町		○	○		チップ製造とバイオマスボイラ導入による町役場、公民館、町民プールに利用
岩手県 紫波町	紫波グリーンエネルギー㈱		○	○		チップ製造と公共施設、商業施設、宿泊施設、スポーツ施設等への熱供給
福島県 南会津町	南会津町			○	○	地域の未利用材をチップ化、道の駅の温泉施設の熱源に利用
栃木県 さくら市	柳タカノ、柳タカノ農園		○	○	○	エネルギー作物のエリアンサスの栽培とバレット製造、市営温泉への熱供給
栃木県 那珂川町	柳那珂川バイオマス			○	○	チップを製造し、集成材の生産用の熱とし、排熱を野菜、マンゴ栽培に利用

成果

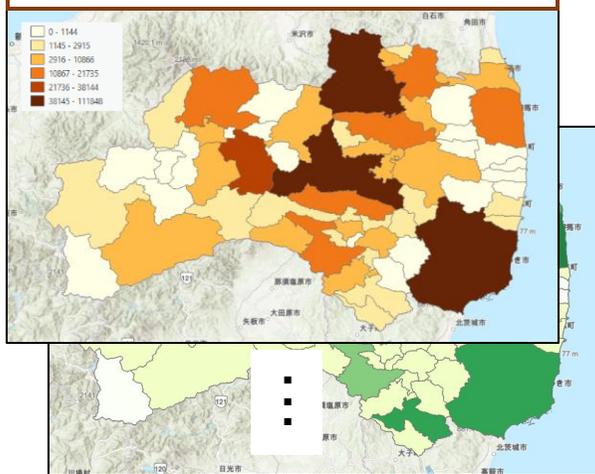
- 包括的な推定法を提案(全国利用可)
- 事業の障害を整理し、地域循環を促す事業の必要性を提言

大分県 日田市 日田資源開発事業協同組合 ○ パークを木材乾燥に活用

	資料名	提供元
木質系	林地残材	令和3年度森林・林業統計書(予定) 県・林業振興課
	工場残材	
	造園廃棄物	都道府県別一人当たり都市公園等整備現況 国土交通省
	果樹剪定枝	2020年農林業センサス 県・園芸課、統計課
農業系	稲わら	令和3年度農産物生産統計 県・園芸課、統計課
	もみ殻	
	麦わら	
畜産	家畜汚泥(牛・豚・鶏)	
廃棄物系	一般廃棄物(厨芥)	
	産業廃棄物	福島県
	下水汚泥	
	農業排水汚泥	

バイオマス地域資源データベース

有機系一廃処理量

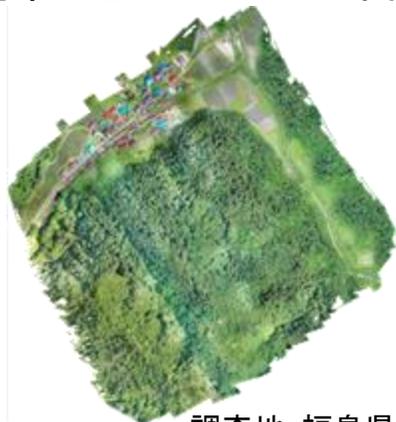


結果及び考察 ST3-2 詳細なバイオマス量推定法の開発、 バイオマス需給推定

- 立ち入り困難区域でも利用可能な、木質バイオマス生産ポテンシャル推定法の開発
- 今後増加する浜通り地域における木質バイオマス発電所に対する、利用可能量と需給量推定と課題の整理

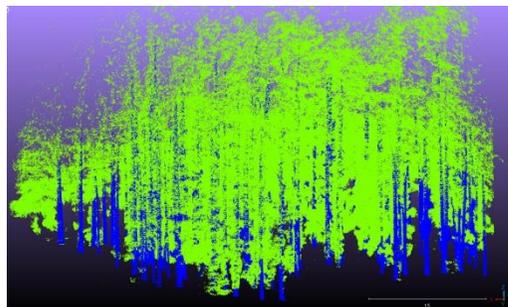
大場ら、第19回バイオマス科学会議(2023)
中村・大西、第19回バイオマス科学会議 (2023)

空中・地上レーザー計測



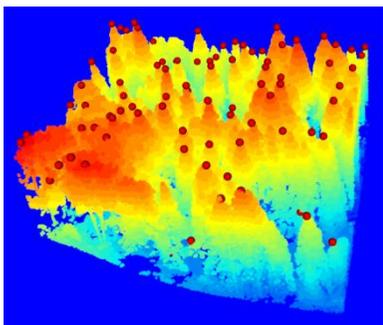
調査地・福島県三島町

樹木部位の識別



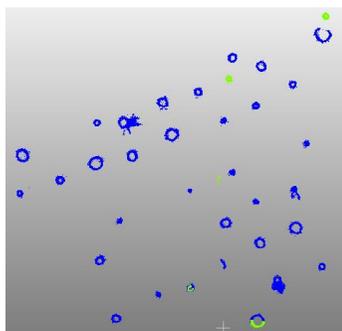
PointNet++による機械学習

樹木個体の識別



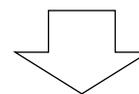
赤点が樹頂点

個体サイズ推定
例・胸高直径



樹幹の横断面

福島県内稼働・計画中的木質バイオマス
発電施設(N=18)、木質バイオマス燃料製
造施設(N=39)



2023年1月1日現在

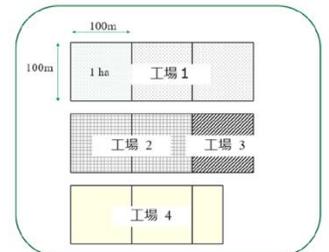
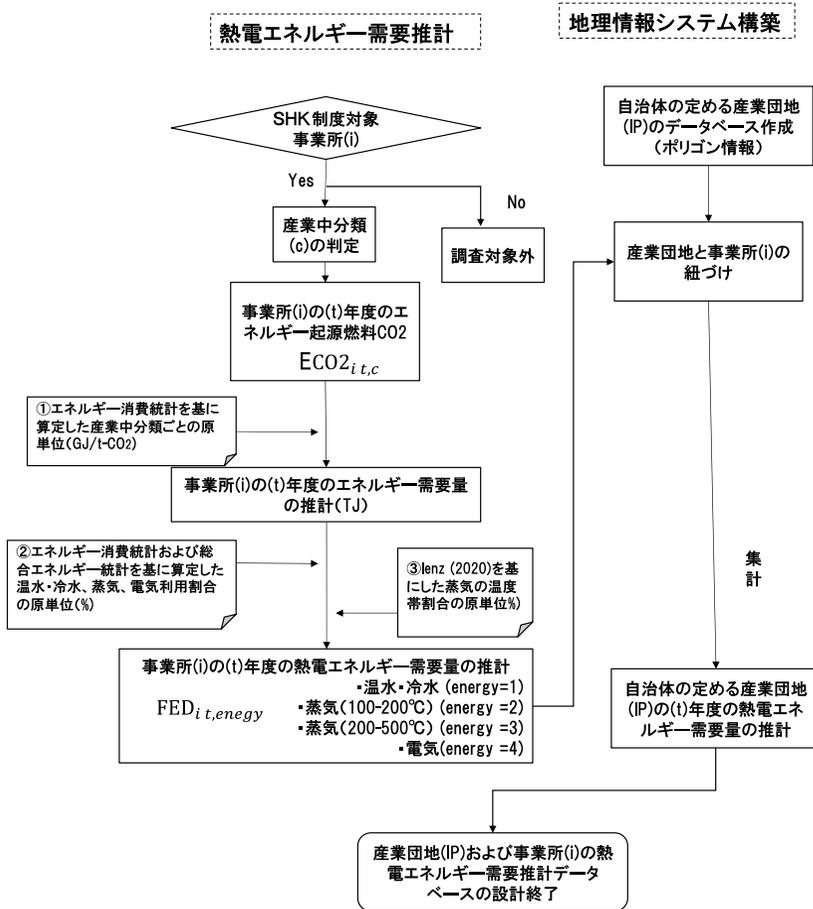
全区分 (合計)		木質バイオマス燃料製造施設			丸太m3
		浜通り	中通り	会津	小計
入荷地域	浜通り	167,560	44,148	0	211,708
	中通り	38,255	170,710	158	209,123
	会津	22,750	4,588	111,398	138,736
	県外	183,725	1,296	13,616	198,637
小計		412,290	220,742	125,172	758,204

成果

- 開発スクリプトを共同開発社と無償で提供検討
- 発電所増が、需給をひっ迫する可能性

結果及び考察 ST3-3 需要家創出と分散エネルギーシステム

- 復興まちづくりのエネルギー拠点の設計に向け、浜通り地域の需要家の特定と創出にむけた推計手法と、それによるシナリオを開発



- 【シナリオごとに特徴的な工場】
- シナリオ1: 食品加工工場
 - シナリオ2: 繊維工場
 - シナリオ3: 電子機器工場
 - シナリオ4: 有機化学工場

大熊町の脱炭素施策と復興事業の関係と産業団地の位置づけ及びシナリオ策定

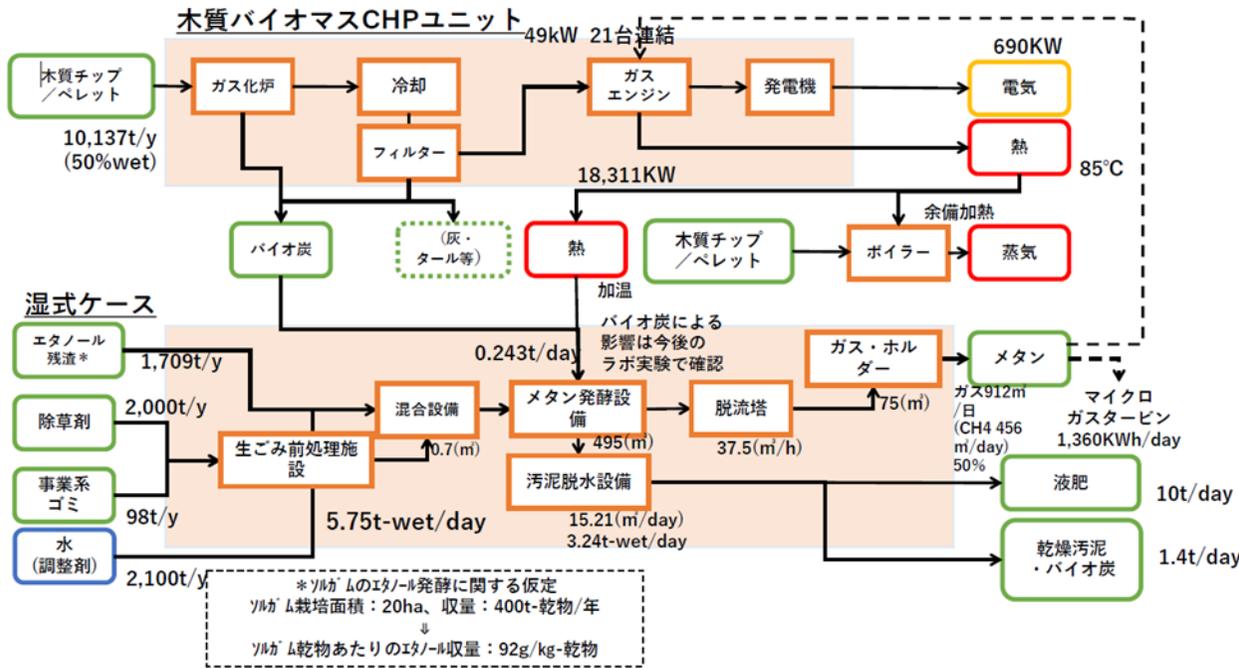
成果

- 自治体と協議し、需要家を特定し、4シナリオにおいて電熱エネルギー需要及びバイオマスでの代替可能性を推計した。

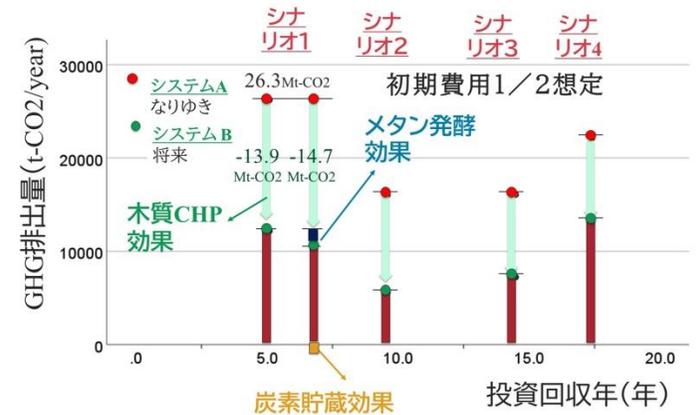
産業団地での熱電エネルギー需要量推計フロー

結果及び考察 ST3-4 浜通り、福島県内における 社会実装に向けたシナリオ開発

- サブテーマの成果及びサブテーマ1-2の研究開発を踏まえ、浜通りの自治体において、エネルギー拠点と開発した地域将来シナリオを提案した



提案したエネルギー拠点の MATERIAL・エネルギーフロー



シナリオごとGHG排出量と投資回収年

Ohnishi, Kuramochi, Kobayashi et al.,
ISIE 2023 (2023)

成果

- バイオマスCHPとメタン発酵のコンバインドシステムを提案
- RE100産業団地の実現にむけて知見を提供した

6-1. 達成状況

分類	目標	自己評価	目標達成状況
サブ1	<ul style="list-style-type: none"> ① 汚染バークを燃料とした燃焼・ガス化におけるr-Csの挙動の解明 ② 処理残渣のクリンカ生成能や安全性を評価、炭素貯留等の可能性も評価 ③ サブ2との連携に適したガス化生成物の制御 ④ 技術情報を中心に住民・自治体等との対話 	5	<ul style="list-style-type: none"> ① 汚染バークだけでなく、他の原料かつ複数方式での燃焼・ガス化におけるr-Csの挙動を解明 ② クリンカ生成を理論的に解析、残渣について、環境安全性と火災の点から評価、炭素貯留も可能と評価 ③ バイオ炭をサブ2のメタン発酵に供することを意識したガス化特性の最適化 ④ 対話を17回以上実施、村長とも対話
サブ2	<ul style="list-style-type: none"> ① 複数のエネルギー変換技術を連携して脱炭素型の連携システムを構築 ② CO₂のメタン化及びCO₂リサイクル技術の開発 ③ メタン発酵中のr-Cs挙動を解明し、対策を提示 ④ ガス化-メタン発酵コンバインドシステムの高度化を行い、地域への成果発信の実施 	5	<ul style="list-style-type: none"> ① 燃焼発電の灰をガス化へ、ガス化のチャーを発酵へ、発酵残渣をガス化へ相互に利用することで炭素変換を促進可能なシステムを構築 ② 燃焼発電焼却灰等を用いた灰分調整によりCO₂を熱分解ガス化で還元、バイオ炭を用いたCO₂バイオメタネーションの促進技法を提示 ③ 汚染原料の流入、汚染バイオ炭を含む流入についてそれぞれ長期のメタン発酵連続実験で検討し、挙動把握と固相への安定化方法を提示 ④ 大熊町RE100産業拠点近傍の主要バイオマス種や、地元企業製造のバイオ炭を使った研究を実施し、結果も関係者に共有
サブ3	<ul style="list-style-type: none"> ① 脱炭素化に資するバイオマスエネルギー転換を中心とした復興実装シナリオを開発 ② 地域資源データベース、エネルギー拠点の持続可能なサプライチェーンを提案 ③ エネルギー拠点の要件を推定し、幅広の熱需要家・技術のカタログおよび復興の進展に伴う段階的導入シナリオを提案 ④ 復興初期から将来におけるシナリオを開発し、地域・協働により導入計画を検証 	4	<ul style="list-style-type: none"> ① サブテーマ1-2と連携し、バイオマス燃焼とメタン発酵のコンバインド-システムを提案、地域バイオマスに関するマスマフロー、事業の経済性などを明らかにした。 ② 地域の実情に合わせたバイオマスの詳細な資源査定技術を開発し、バイオマスの需給状況を明らかにした ③ 地域ニーズと需要家の類型化、波及効果、地域の連携のあり方なども整理し、一般化できる手法を提示した ④ 社会実装の手前ではあるが、浜通り自治体と連携の上で脱炭素、グリーン復興のシナリオを提示した

6-2. 環境行政等への貢献

分類	活用が見込まれる成果	行政等が活用した事例
サブ1	<ul style="list-style-type: none"> 施設調査により得られたr-Cs挙動の知見は、飯館村で稼働予定施設の運転計画に利用予定 バークのガス化実験の成果に対して、民間企業から実証の依頼があり、活用が期待される。 バイオ炭の利用が注目されており、本研究の安全貯蔵の知見は、多くの活用が期待される。 	<ul style="list-style-type: none"> 環境省が主催するシンポジウムで講演し、環境省の未来志向プロの推進に貢献 飯館村の地区懇談会や森林組合における「木質バイオマス発電に関する技術的検討会」で放射性セシウムの挙動に関する知見が活用 飯館村の再エネ導入計画の取りまとめにも貢献
サブ2	<ul style="list-style-type: none"> バイオ炭を利用したメタン発酵システムについてRE100産業団地構想の要素技術としての採用が期待される サブ1で連携するガス化施設のバイオ炭を用いた発酵促進について確認し、企業とも情報共有。今後の実証等での活用が期待 メタン浜通り地区のメタン発酵事業者もバイオ炭利用への関心が高く、関連する研究成果の活用が期待される 	<ul style="list-style-type: none"> バイオメタネーションに関する研究知見の整理(後に総説を執筆)は、環境省2050年カーボンニュートラルに向けた中長期シナリオ(案)における今後の中間処理に関する検討に貢献 また、研究成果を基に実装を目指して民間企業との共同研究に至った。
サブ3	<ul style="list-style-type: none"> 環境省の「脱炭素×復興まちづくり」プラットフォーム等とも連携し、いくつかの浜通り自治体と連携のための意見交換や打ち合わせを定期的に行った。これらを基に、復興計画やその他の計画に本成果が反映されると見込まれる。 	<ul style="list-style-type: none"> 成果を基に、主に大熊町において町役場との定例意見交換会、町関連団体との意見交換等を実施し、RE100産業団地を核とした地域の多面的価値の創出、バイオマス利活用などに関する施策資料を提供し、ゼロカーボンビジョンの具体化に向けて貢献した。

7. 研究成果の発表

誌上発表: 10件 (査読あり: 7件、査読なし: 3件)

1. J. Wu, Y. HU, H. MA, T. Kobayashi, Y. Takahashi, K.Q. Xu, H. Kuramochi: Water Research, 252, 121228. (2024) Biomass conversion and radiocaesium (Rad-Cs) leaching behaviors of radioactive grass in anaerobic wet fermentation systems: Effects of pre-treatments. (IF: 12.8)
2. S.Ohnishi, M. Osako, S. Nakamura, T. Tsuji, T. Togawa, K. Kawai, K. Suzuki, A. Yoshida, K. Gomi: Sustainability, 16(7), 2919 (2023) A Framework Analyzing Co-Creation Value Chain Mechanism in Community-Based Approach: A Literature Review. (IF: 3.9)
3. T. Kobayashi, H. Kuramochi: Bioresource Technology, 387, 129583 (2023) Catalytic pyrolysis of biomass using fly ash leachate to increase carbon monoxide production and improve biochar properties to accelerate anaerobic digestion. (IF: 11.4)
4. T. Kobayashi and H. Kuramochi: Bioresource Technology, 358, 127393(2022) Optimized production conditions and activation of biochar for effective promotion of long-chain fatty acid degradation in anaerobic digestion. (IF: 11.4)

他6報

口頭発表(学会等): 35件

1. Ohnishi, S., Kuramochi, H., Kobayashi, T., Nakamura, S., Fujii, M., Gomi, K. (2023) Combining woody and waste biomass use for innovative urban symbiosis, 11th International Conference on Industrial Ecology (ISIE2023)
2. 小井土賢二、窪田碧唯、山下香菜、倉持秀敏 (2023) スギ燃料ガス化炉のクリンカ形成抑制のための心材、辺材および樹皮の配合効果 第32回日本エネルギー学会大会
3. 小林拓朗、倉持秀敏 (2023) 木質燃焼灰を負荷したバイオマス熱分解により生成したバイオ炭の特性と嫌気性微生物との相互作用. 第26回日本水環境学会シンポジウム
4. 中村省吾・大西悟 福島県における燃料流通の観点から見た木質バイオマス発電事業の現状と課題. 第19回バイオマス科学会議.

他31件

国民との科学・技術対話: 23件

1. 大場真 (2024) 国産木質バイオマス生産におけるGX-レーザー計測を使った森林資源量の自動推定法の開発 ()福島県再生可能エネルギー関連産業推進研究会R5第3回バイオマス分科会
2. 村沢直治、日下部一晃、倉持秀敏、万福裕造 木質バイオマス燃焼利用施設での調査 令和5年度環境創造センター成果報告会
3. 小林拓朗 バイオ炭を介した熱分解ガス化とバイオガス化のシナジーの可能性 令和5年度環境創造センター成果報告会

他20件

マスコミ等への公表・報道等: 4件

1. 福島民友(2023年2月2日、web、「奥会津の脱炭素と山づくり 三島町と国立環境研究所がパネル討論」)

他3件

受賞: 6件

1. 令和3年度農業農村工学会賞(地域貢献賞) 2021年6月23日, 万福裕造
2. 学術賞 環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会 2021年8月25日, 倉持秀敏
3. 第17回バイオマス科学会議ポスター賞受賞, 日本エネルギー学会, 2022年1月20日, 大場真, 中村省吾, 大西悟

他3件

ありがとうございました