

カーボンネガティブの 限界に挑戦する 炭素耕作拠点



21世紀の産業革命：
炭素狩猟社会から炭素耕作社会への進化



拠点プロジェクトリーダー
東京農工大学 卓越教授
養王田 正文

炭素耕作による カーボンネガティブ社会の実現

目指す社会

目標：2050年に、イネ、樹木、藻類の炭素耕作により、それぞれ、1200万トン、2900万トンおよび300万トン相当の炭素貯留と、その利用による産業の創成を実現。



SDGs目標



本拠点の目指すもの

炭素耕作の本質は、バイオマスの積極的な生産・価値化・循環再利用化です。バイオマスの固定量を大きく増大させるとともに、炭素蓄積量を増大させる栽培法の開発によりカーボンネガティブ特性の付与を実現します。さらに、バイオマスの高付加価値化を強力に推進し、経済性から放棄され未利用となっている土地を全面的にバイオマス生産地へと転換します。本拠点では、米、木材、藻類の技術を中心とした炭素耕作を推進します。



CO₂固定能力・バイオマス生産能力の高い品種を開発する。
食料危機への安全保障としても有用。



炭素固定速度を最重要視した短伐期
高効率の新しい林業を創出する。



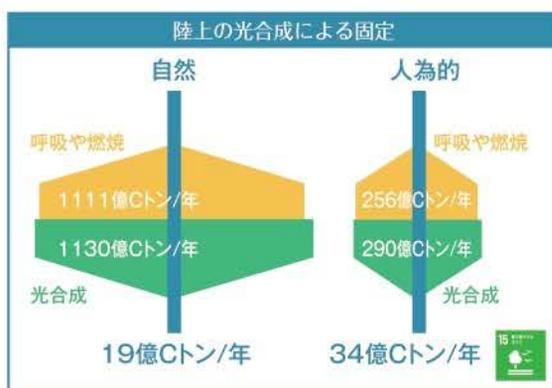
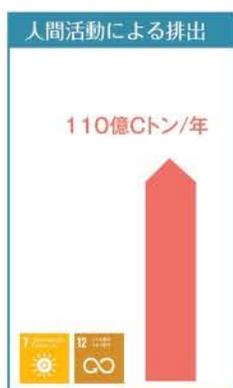
周囲が海で囲まれている日本にとって
大きな可能性のある藻類を用いた炭素
耕作による燃料生産技術を確立する。



炭素耕作 Carbon Cultivationとは？

バイオ技術により炭素(CO₂)を固定し、材料、エネルギーを生産、価値化、循環再利用する

人類は農業の発明により狩猟社会から耕作社会に変革し、大量の食料獲得に成功したが、エネルギーと材料は古代に固定された炭素資源である化石燃料に依存した狩猟型炭素社会が続いている。化石燃料を利用した現在の文明の発展により、CO₂増加の課題をかかえてしまった。CO₂固定は光合成でのみ可能だが、日本の農業や森林で固定されるCO₂の量は排出量のわずか1/10以下。しかも固定された炭素の多くは有効に利用されていない。この課題に取り組む新たな技術と社会作りが急務となった。我々は、炭素狩猟社会から炭素耕作社会に進化させる“21世紀の産業革命実現”に挑戦する。

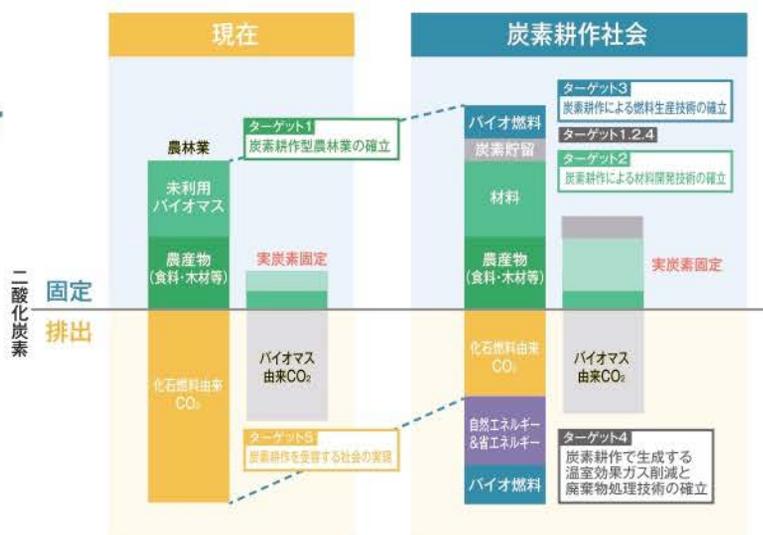


人類が放出するCO₂の量は、炭素換算で年間110億トンと推算されている。一方、陸上の光合成で固定されるCO₂は、自然界では1130億トン、農業や林業などの人為的なものが、290億トンと推算されている。そのほとんどが呼吸や燃焼により再びCO₂として放出され、自然界で19億トン、農業や林業などで34億トンが固定されていると推算されている。大気中のCO₂を吸収する様々な技術が提案されているが、排出される膨大なCO₂を吸収する手段は光合成以外にはありえない。

大気中に排出される膨大な二酸化炭素を吸収できるのは光合成のみ。

IPCC Climate Change 2021より抜粋

カーボンネガティブ実現の 考え方と各ターゲットの位置づけ



イネ、樹木及び藻類による光合成で固定した炭素を材料と燃料で利用し、利用できなかったバイオマスを処理して肥料にするとともに、余剰の炭素を貯留する。このサイクルを社会が受容し、実現するための手段を構築する。サイクルを回すには、それぞれの段階において社会実装を実現することが必要なので、様々な企業が参画して社会実装を進める。



カーボンネガティブ実現に向けた 研究開発ターゲット



① 炭素耕作型農林業の確立

研究開発リーダー **大川 泰一郎** 東京農工大学大学院農学研究院 教授



東京農工大学 太平洋セメント
海洋開発機構 草野産業 NEWGREEN
スマートアグリ・リレーションズ
星砂 大浜農園 高嶺酒造所
北陸先端科学技術大学院大学 弘前大学
琉球大学 農業・食品産業技術総合研究機構
森林総合研究所

⑤ 炭素耕作を受容する 社会の実現

研究開発リーダー
永井 祐二
早稲田大学環境総合研究
センター研究院 教授



早稲田大学 日本工学会アカデミー
立命館大学 東京農工大学
東京家政学院大学 エフビコ
イオン イオンアグリ創造
イオン環境財団 イオン琉球
総合地球環境学研究所 福島県双葉郡広野町



研究課題
5

カーボンネガティブ
の限界に挑戦する
炭素耕作拠点



研究課題
4

研究課題
2

② 炭素耕作による材料開発技術の確立

研究開発リーダー
吉田 誠
東京農工大学大学院
農学研究院 教授



東京農工大学 産業技術総合研究所
長岡技術科学大学 弘前大学
森林総合研究所 ライケット
AGC 四国計測工業
日本バイオデータ 東京工業大学
ジャパンインベストメントアドバイザー



研究課題
3

④ 炭素耕作で生成する温室効果 ガス削減と廃棄物処理技術の 確立

研究開発リーダー **寺田 昭彦**
東京農工大学大学院工学研究院 教授



東京農工大学
産業技術総合研究所
三菱ケミカル



③ 炭素耕作による燃料生産技術の確立

研究開発リーダー **乾 将行**
公益財団法人地球環境産業技術研究機構
バイオ研究グループ グループリーダー／主席研究員



弘前大学 東京農工大学
地球環境産業技術研究機構
津軽バイオマスエナジー
太陽日酸
エンバイオエンジニアリング
青森県つがる市
青森県南津軽郡大鰐町



研究課題のご紹介

農業や林業によるCO₂固定量を増やし、バイオマス由来の燃料で化石資源由来のCO₂排出を減らし、材料への変換や炭素貯留によりバイオマス由来のCO₂発生を減らします。本拠点は、光合成のポテンシャルを最大限に活用する炭素耕作によりカーボンネガティブの限界に挑戦します。

具体的な社会実装：

- ・農林水産業におけるバイオマス新産業の創出及び化石資源依存産業の代替
- ・稲作でのメタン生成の抑制、CO₂固定、地域経済活性化の推進
(米の増産は食料安全保障にも寄与します。)
- ・林業における早生樹を用いた炭素耕作による、炭素貯留量の増量
- ・化石資源由来のプラスチックを代替し、地域バイオマス産業クラスターを創成
(健全な森林は防災・減災につながります。)
- ・水産業における漁港遊休施設などの活用による、海洋微細藻類の大規模培養プラントの構築
- ・炭素貯留と代替燃料生産の推進

このビジョンを実現するために5つのターゲットを設定しました。

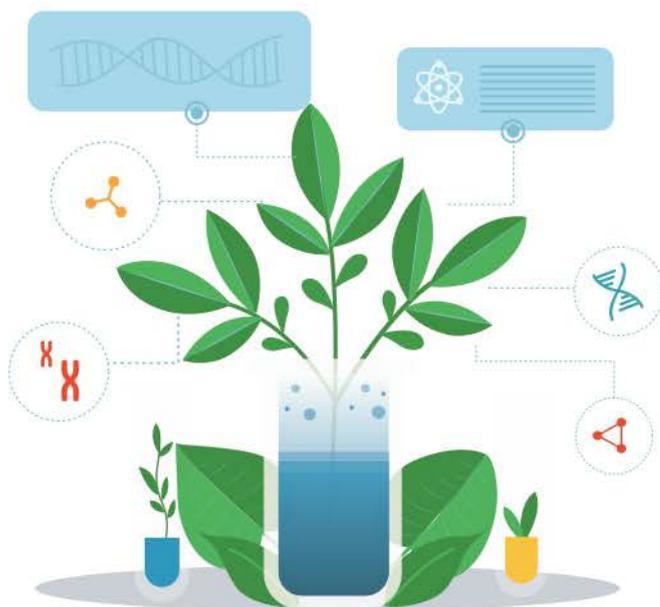
- 炭素耕作型農林業の確立
- 炭素耕作による材料開発技術の確立
- 炭素耕作による燃料生産技術の確立
- 炭素耕作で生成する温室効果ガス削減と廃棄物処理技術の確立
- 炭素耕作を受容する社会の実現

これらのターゲットに基づき、5つの研究課題と目標を設定しました。

研究課題 1

持続可能な炭素耕作技術の開発

カーボンニュートラルに貢献する陸地のグリーンカーボンとして「イネ」「樹木」、海洋ブルーカーボンとして「微細藻類」をターゲットとし、効率的なバイオマス利用を目指します。これらのターゲットは、それぞれに高いCO₂固定・貯留能力を持つ一方で、バイオマスのカスケード利用、バイオマスプラスチックなどバイオマス資源利用、家畜添加飼料などの利用、資源循環による肥料利用は十分に進んでいないこと、樹木においては、東南アジアなどで天然林の減少、森林の違法伐採等の課題も挙げられています。本研究課題では、陸地のグリーンカーボン、海洋のブルーカーボンのバイオマス生産、カスケード利用、全体の資源循環の構築による持続的なバイオマス材料耕作システムの開発に取り組みます。



研究課題 2

炭素耕作による材料開発技術の開発

バイオマスが有する化石資源の代替としてのポテンシャルは絶大です。

本研究課題では、バイオマスを原料として、化石資源に由来する材料の代わりとなる様々な材料を開発します。特に、高い環境調和性を有したバイオマス材料の設計及び化学品開発を目指します。主な対象はイネや木質などの植物バイオマスとし、その中心的な構成成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンの有用物質への変換技術を開発します。また、東南アジアに豊富に存在するオイルパーム、さらには藻類バイオマスをも対象とし、それらのバイオマスから抽出した植物油脂の変換技術開発も行います。これらのグリーンプロダクツの社会実装を見据え、産学連携による研究開発の加速化、対象とする未利用資源を豊富に有する海外新興国(特にASEAN)との協業展開にも取り組みます。



研究課題 3

炭素耕作による燃料生産技術の開発

水素は燃焼時に水しか生成しないこと、再生可能エネルギーを含む多様なエネルギー源からの生産・貯蔵・運搬が可能で、電力、運輸、熱・産業プロセスのあらゆる分野に利用することで脱炭素化が可能などから、究極のクリーンエネルギーとして期待されています。ただし現行の主要な水素製造技術は化石エネルギーを原料とするため、これに由来するCO₂を排出するという重要な課題があり、社会実装に向けてCO₂フリー水素の生産コストを大幅に低減する必要があります。

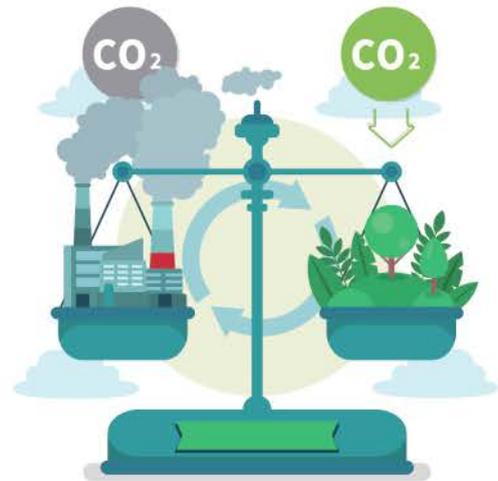
本研究課題では、バイオマスを原料としたCO₂フリー水素生産プロセスの開発を中長期的課題、これと共通の基盤技術を利用した液体燃料生産プロセスの開発を短期的な課題として、研究開発を行います。



研究課題 4

炭素耕作で生成する温室効果ガス削減と廃棄物処理技術の開発

バイオマス耕作において、各技術工程から排出される廃棄物を適切にリサイクルすることは、持続可能性や環境保全の観点で重要な課題といえます。本研究課題では、課題1、2、3において排出される再利用が困難な廃棄物を畜産業廃棄物と混合した共発酵技術の開発を行い、効率的なメタン回収技術の確立を目指します。次に、メタン発酵後の残渣を炭化し、緩効性肥料に変換する技術を開発するとともに、その効果を評価します。これらの要素技術を組み合わせ、地域循環共生圏確立の加速化に貢献できるような、畜産業や農業をベースとする持続可能なシステムを開発することを目指します。



研究課題 5

社会的受容性の評価手法開発



バイオマスは生産、加工、利用が地域から都市へ、国内から国外へ広範囲に資源が循環され、一部には備蓄できるものと、そうでないものを含むことから、よりその社会的プロセスが複雑化しています。また、バイオマスにおけるカスケード利用のプロセスにおいては経済合理性を有さない場合もあります。本研究課題では、これらの背景を踏まえ、「炭素耕作社会」を地域社会の持続性という観点でバックキャストिंगして、社会に受容される技術開発として評価する手法を開発します。また、我が国の技術を、バイオマス資源が豊富なアジア各国に広め、我が国を含めた広域での循環圏を構築するにあたり、アジア各国の地域社会が抱える課題を明確にし、アジアでの炭素循環（食・エネルギーと人の循環）の必然性に係るロジックを構築します。これらのロジックに基づき、地域循環圏フレームを構築し、新しい価値の創出につなげていきます。

拠点運営機構の体制

代表機関: 東京農工大学



参画機関 研究機関

弘前大学 長岡技術科学大学 早稲田大学 東京工業大学 立命館大学
北陸先端科学技術大学院大学 琉球大学 農業・食品産業技術総合研究機構
総合地球環境学研究所 東京家政学院大学 日本工学アカデミー
産業技術総合研究所 地球環境産業技術研究機構 森林総合研究所
海洋研究開発機構

企 業

三菱ケミカル 太平洋セメント スマートアグリ・リレーションズ
四国計測工業 津軽バイオマスエナジー ライケット イオンアグリ創造
エフピコ イオン イオン環境財団 イオン琉球 草野産業
NEWGREEN 日本バイオデータ エンバイオ・エンジニアリング
AGC 大陽日酸 ジャパンインベストメントアドバイザー 星砂 大浜農園
高嶺酒造所

自治体

福島県双葉郡広野町 青森県つがる市 青森県南津軽郡大鰐町

協力機関

朝日アグリア 出光興産 ヤンマーホールディングス 電源開発
アステナホールディングス 千代田化工 西武信用金庫
東京多摩日米協会
府中市・6者協定企業 東芝 NEC サントリー キューピー
東京都 福島県二本松市 JA福島さくら 福島県双葉郡富岡町
長和町エネルギー作物研究会



国立大学法人 東京農工大学

カーボンネガティブの限界に挑戦する炭素耕作拠点



E-mail: tuat_coi-next-groups@go.tuat.ac.jp
<https://sp.coinext.tuat.ac.jp>



東京農工大学

拠点活動の社会実装と社会貢献

本拠点は、光合成のポテンシャルを最大限に活用する炭素耕作によるカーボンネガティブの限界に挑戦します。特に稲作において、メタン生成の抑制、CO₂固定による寄与に加え、地域経済活性化、持続的な発展を目指します。この活動の場として西表島に注目しました。西表島は“世界自然遺産”として認定されているため、環境に関連して数々の制約を受けます。本プロジェクトでは、農業、畜産、水産業、また流通や販売、ひいては島にとって重要な観光業にもつながる、資源循環、価値創造に向けた、拠点の技術の適用を狙います。

活動の背景

- 1 イネは、東南アジアで最も広く栽培されている作物である
- 2 稲作において化学肥料や農薬の利用削減が重要な課題である
- 3 水田での稲作は、温室効果ガスであるメタンや亜酸化窒素の排出源となる

西表島で抱える具体的課題

農業における代表的課題

- 地産地消**
島の農畜水産物を、島で食べられる仕組みを作ること
- 資源の循環**
島にある牛糞や生ゴミ等から堆肥等の肥料を産出し、それで農作物が作られる仕組みを作ること
- 有機農業**
農業や化学肥料を減らしていく事で、生物多様性やサンゴを保全、価値創造に繋げる仕組みを作ること

資源循環に関する課題

牛糞の野積み問題、化学肥料のサンゴへの影響、農薬の生物多様性への影響、生ゴミ処理の機能化等



有機農業が現状抱える課題

有機農業に使用する堆肥が無いこと、農業を使わない生産に関する技術や知識の不足、機械が無いこと、実際には化学肥料、農薬に頼る農業が主流になってしまっていること



生態系のバランスに関する課題

- 藻場の復活 NP*効果の検証
この10年で西表の藻場がほぼ消滅している
- ウミガメの食害 ○サンゴの減少
- 藻場の消滅 ○栄養塩の流出
- 漁業の不振



※ネイチャーポジティブ

流通経済に関する課題

- 地域資源循環 経済性確保
地域の生産物は一度島外に出てから一般流通になっている
- 自然米の生産 ○流通コストの課題
- 地域米の流通 ○肥育牛の価格暴落
- 地域ブランド牛



循環素材に関する課題

- 低環境負荷 易循環素材
- 海洋ゴミなどの課題
- 島内のゴミ処理の課題



少子高齢化に関する課題

- 新しい概念の流通の構築
- 地域商店の維持
- 買い物難民の課題



資源管理に関する課題

- 観光と環境の両立
- 観光業の活性
- オーバーツーリズム



これらの課題に対するソリューションを創出すべく、本拠点が注力する活動内容は

- ①炭素耕作型イネ栽培技術の開発
- ②農業および畜産廃棄物を有効活用する島嶼型循環農業システムの開発
- ③海洋微細藻類を利用した養殖魚飼料用オメガ脂肪酸の供給
- ④海藻藻場の再生
- ⑤炭素耕作社会における新たな価値の創出の検討に代表されます。特に項目⑤についての具体的な計画は、西表島での安定した米の生産、収量の向上を目指す技術導入、地産地消を目指した酒(泡盛)の生産、および流通においてその価値が消費者にも認められる社会形成を目指すものです。

炭素耕作による島嶼地域の課題解決に向けて

～西表島プロジェクト～

島での稲作の課題に着目した議論から、畜産や海洋を含めた循環における課題、これに対する地域現場のニーズが確認されました。そこから新たな研究テーマの広がりや構想しています。



活動の具体的な内容の紹介

育苗研究

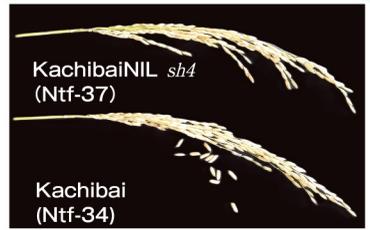
西表島での稲作に向けた育種

東京農工大学にて台風、高温に強い水稲品種を開発、栽培実証を行い、「さくら福姫」を品種登録しました。現在西表島で本品種を栽培中です。



カーチバイの改良

高温で育成でき、台風の影響に強い品種としてカーチバイ(インド型品種が導入された品種で、安定した多収性を示す)を選定し、更に課題の脱粒性を改良します。



カーチバイの脱粒性改良

アイガモロボ

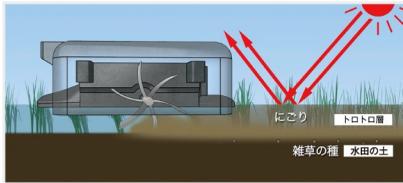
農工大拠点は、株式会社NEWGREENと共同で、水田の自動抑草ロボット「アイガモロボ」を活用した稲作技術を開発し、西表島での実証を行っています。

アイガモロボとは？

太陽光エネルギーで動作し、GPS機能により自動で水田上を動き回り、水をスクリーで攪拌することにより、農薬を使用せずに雑草の生育を抑制します。温暖地の水田で問題となっているスクミリンゴガイ(ジャンボタニシ)による水稲の食害を抑制します。また、メタンガスの排出量を半減できることが実証実験で確認されています。



水田で稼働中のアイガモロボ



抑草のポイント

水のにごりにより雑草の光合成を抑制する

スクリーの水の流れで土を巻き上げ、水田全体をにごらせて、太陽光を遮ることで、雑草が光合成をしにくい圃場環境を作ります。

トロトロ層に種子を埋没させる

巻き上げられた土が堆積してトロトロ層(やわらかい土の層)が形成され、雑草の種子が出芽出来ない深さに埋没します。



西表産の原材料を用いた泡盛製造・販売

米、水、酵母など全ての材料を西表産とした泡盛の製造およびその価値を創出した販売

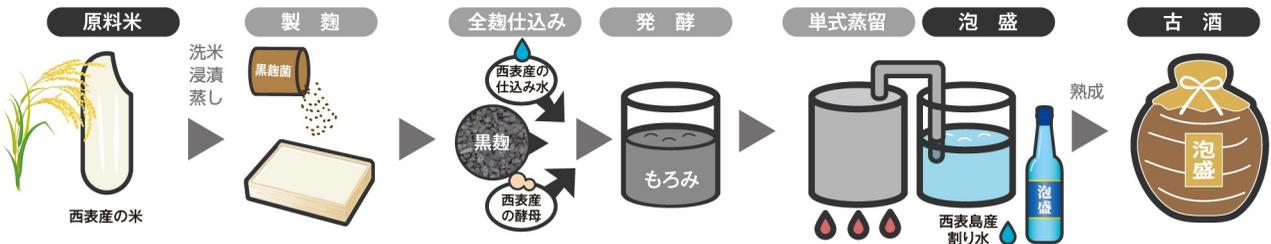
西表島産の原材料を用いた事の価値

自然環境・循環の課題を考慮、解決した事に価値を見出し、理解につなげる

社会に認められ、買っていただけるものに育てる



泡盛の醸造工程



畜産残渣処理

メタン抑制技術

炭素耕作で生成する温室効果ガスの削減と廃棄物処理技術の確立は、本研究のテーマです。具体的には、畜産業や農業をベースとした持続可能なシステム開発として、以下の内容を実施します。

- 発酵残渣・炭化物施用による水管理を融合した水稲栽培における温室効果ガスの削減
- バイオマス利用残渣と畜産廃棄物の混合廃棄物等からの高効率バイオガス回収技術の確立
- メタン発酵残渣の炭化による吸着剤としての利用技術の確立
- メタン・窒素・リンを用いたアップサイクリング技術の確立
- 温室効果ガス・栄養塩を考慮した物質循環モデルの構築



開発するシステム技術は、西表島の資源循環に関する課題、有機農業の実現に向けた課題の解決に大きく寄与します。

※本パンフレットの「研究課題4」の項目にも説明があります。

生物多様性の先にある価値を創出する

大きな社会変革のためには地域の課題抽出から考えることが求められること。そこに積み上げ型の循環をデザインすることが肝要

地域資源の好循環モデル商品の開発

試験販売を通じた消費者ニーズのフィードバック

循環にまつわるストーリーを消費者に伝えることで価値が創出する。生産・製造・流通そして消費者の連携が重要である。

地域資源循環を消費者に伝える方法についての研究

価値創出の広告手法の開発

日本各地の仕組みづくり(OECM)のために世界自然遺産やユネスコエコパークでの実証が先行事例として効果的であること。

消費生活から地域のネイチャーポジティブへ

顧客価値と地球環境価値を接続させるロジックモデルの構築

社会ニーズの分析

分野横断型アプローチ

新しい価値観の創出

あるべき社会像の共有

地域に根ざした里山的循環のデザイン

循環を支えるBtoCの価値創出