

持続的なバイオ炭の農地施用に向けて

—地域課題解決を起点に—

研究員 石塚修敬
主席研究員 河原林孝由基

〔要 旨〕

2050年までのカーボンニュートラル達成に向けて、あらゆる産業で温室効果ガスの排出削減に取り組むことが求められている。しかしながら、排出量を完全にゼロにすることは困難であるため、同時に温室効果ガス（特にCO₂）を吸収ないし貯留する技術の開発も求められている。そこで本稿では、農業分野において期待されているCO₂削減技術であるバイオ炭の農地施用に着目し、持続的な活動にしていくための示唆を、3つの事例から得ることを目的とした。

事例調査を通じて、バイオ炭の製造を地域課題の解決の一手段と位置づけること、地域内でバイオ炭の活用先を見つけること、そして活動を支える理念が広く共有されていることが持続的な活動のポイントであることが明らかになった。また、バイオ炭の農地施用によるCO₂削減量をクレジットとして取引するにあたって、活動と連動したネイチャーポジティブな側面も同時に評価されれば、クレジットの差別化に繋がり、付加価値を高めると思われ、活動の経済的持続性を支えるためにも評価の仕組みの開発などに期待したい。

目 次

- はじめに
- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 バイオ炭の農地施用の普及拡大に向けた課題 | (2) 里山保全活動由来のバイオマスの炭化 |
| 2 関西産業株式会社・あいとうエコプラザ菜の花館 | (3) 里山から農業、そして食卓につながる食・農・環境教育 |
| (1) 地域課題：大量発生する籾殻の処理 | 5 持続的なバイオ炭の農地施用に向けて |
| (2) 籾殻燻炭の地域循環活用モデル | (1) 地域課題解決を起点としたバイオ炭の農地施用 |
| 3 株式会社南部町バイオマスエナジー・株式会社アサギリ | (2) 掛かり増し経費の支援を行う環境保全型農業直接支払交付金 |
| (1) 地域課題：木材生産活動の活性化 | (3) CO ₂ 削減・吸収量を評価するJ-クレジット制度 |
| (2) 木質バイオマス発電の仕組みと方式 | (4) クレジットの付加価値を高める |
| (3) 地域循環モデルの展開状況 | |
| 4 北総クルベジファーマーズ | おわりに |
| (1) 地域課題：荒廃が進む里山での水害リスク | |

はじめに

気候変動対策として、2050年までに、地球の気温上昇を産業革命以前と比べて1.5℃ないしは2℃未満に抑えるためにも、温室効果ガス（Greenhouse Gas、以下「GHG」）の排出削減に最大限の努力が求められている。さらに、そのうえでどうしても削減できないGHGの残余排出を除去することによって、CO₂排出量がプラスマイナスゼロになるカーボンニュートラルを実現する必要がある。

残余排出の除去のためには、GHGを吸収し、貯留ないし固定化するネガティブエミッション技術（Negative Emission Technologies、以下「NETs」）の開発と社会実装が大きな課題となっている。NETsのうち、特に大気中のCO₂を除去することをCDR（Carbon Dioxide Removal）と呼び、CDR技術のひとつにバイオマス（注1）を

炭化したバイオ炭（注2）の農地施用による農地土壌への炭素固定・貯留がある（第1表）。

農林水産省が21年5月に定めた「みどりの食料システム戦略」（以下「みどり戦略」）においても、バイオ炭の農地への施用はCO₂削減技術として期待されており、農業分野の気候変動緩和策のひとつとしても注目されている。気候変動緩和策は、GHGの排出を削減、ないし吸収を増加することで将来の気候変動を抑制する取組みであることから、長期にわたって持続的に実践できることが望ましい。

そこで本稿では、バイオ炭の農地施用に先駆的に取り組んでいる事例をもとに、バイオ炭ないしその原料をいかにして入手しているかに着目し、地域でバイオ炭の農地施用を持続的な活動にしていくための示唆を得ることを目的とする。

まず次節では、既存の調査結果をもとに、農業者がバイオ炭の農地施用に取り組むう

第1表 NETs一覧

植林・再生林	植林は新規エリアの森林化、再生林は自然や人の活動によって減少した森林への植林
土壌炭素貯留	バイオマスを土壌に貯蔵・管理する技術（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）
バイオ炭	バイオマスを炭化し炭素を固定する技術
BECCS	バイオマスの燃焼により発生したCO ₂ を回収・貯留する技術
DACCS	大気中のCO ₂ を直接回収し貯留する技術
風化促進	玄武岩などの岩石を粉砕・散布し、風化を人工的に促進する技術。風化の過程（炭酸塩化）でCO ₂ を吸収
海洋肥沃・生育促進	海洋への養分散布や優良生物品種等を利用することにより生物学的生産を促してCO ₂ 吸収・固定化を人工的に加速する技術。大気中からのCO ₂ の吸収量の増加を見込む。
ブルーカーボン管理（藻場貯留）	マングローブ・塩性湿地・海草などの沿岸のブルーカーボン管理によるCDR。大型海藻類（例えば、昆布）など他の沿岸および非沿岸生態系における炭素隔離の可能性を議論中。
植物残差海洋隔離	海洋中で植物残差に含まれる炭素を半永久的に隔離する方法（自然分解によるCO ₂ 発生を防ぐ）ブルーカーボンのみならず外部からの投入を含む
海洋アルカリ化	海水にアルカリ性の物質を添加し、海洋の自然な炭素吸収を促進する炭素除去の方法

出典 新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター（2023）1頁より転載

えて課題となっている事項を整理する。

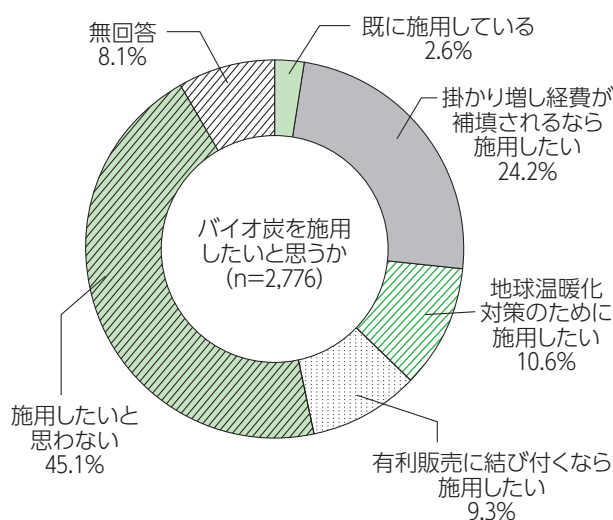
(注1) バイオマスとは再生可能な生物由来の有機性資源のうち石油のような化石資源を除いたもので、再生可能な資源である。バイオマスは、家畜ふん尿や食品残さ等の「廃棄物系バイオマス」、間伐材や籾殻などの「未利用バイオマス」、油脂資源(なたね等)や糖質資源(さとうきび等)などの「資源作物」の3つに大別される。本稿で取り上げる事例はいずれも籾殻や間伐材をバイオ炭化しているため、本稿で単に「バイオマス」と表記する場合は「未利用バイオマス」を指すものとする。

(注2) 「燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物」(IPCC)のこと。バイオマスを炭化することで、それが含有する大気中のCO₂由来の炭素を難分解性の炭にでき、さらに土壤に貯留することで、CO₂排出量を減らすことができる。本稿で単に「炭」と記す場合は、このバイオ炭の定義に則さない炭も含むものとする。

1 バイオ炭の農地施用の普及拡大に向けた課題

農林水産省(2022)の調査結果によれば、農業者にバイオ炭の施用意向について質問したところ「既に施用している」農業者は2.6%、「地球温暖化対策のために施用したい」農業者は10.6%と、いずれも限定的であった(第1図)。ただし、「掛かり増し経費が補填されるなら施用したい」(24.2%)、「有利販売に結び付くなら施用したい」(9.3%)という回答に見られる通り、特定の課題が解決されれば施用したいという比較的前向きな回答も一定の割合を占めており、経営・経済的メリットを見出すことでバイオ炭の農地施用が拡大するものと思われる。しかしながら、「施用したいと思わない」農業者が45.1%と半分近くを占めた。

第1図 農地へのバイオ炭の施用意向

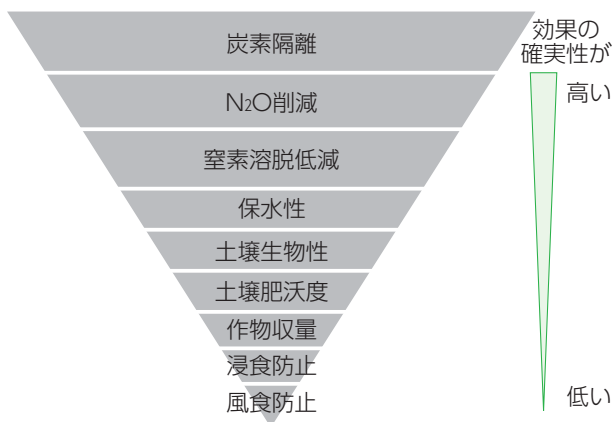


資料 農林水産省(2022)より農中総研作成

施用したいと思わない理由については(複数回答)、「バイオ炭の入手や施用のコストがかかるから」(53.7%)、「バイオ炭の入手先がない」(32.1%)、「収量向上等の営農上のメリットがない」(26.8%)などが挙げられた。バイオ炭の農地施用の普及拡大に向けては、①農業者がバイオ炭を安定的に入手できる供給体制があること、②農業者にとって慣行資材・農法と比較して入手・施用コストがかからないこと、そして③施用による営農上のメリットが明らかになることが課題にあると言えよう。

なお、営農上のメリットに関連してバイオ炭の農地土壌への施用による効果について、Blanco-Canqui(2021)によれば、炭素貯留>一酸化二窒素(N₂O)排出削減>窒素溶脱低減>保水性>土壤生物性>土壤肥沃度>作物収量>浸食防止>風食防止の順で確度が高いとされている(第2図)。また、バイオ炭はpHが8~10程度とアルカリ

第2図 土壌中のバイオ炭の効用



出典 Blanco-Canqui (2021) をもとに岸本 (2022) が作成した図を引用し一部加工

性であるため、炭素貯留効果を期待するあまり大量に施用すると土壌pHが過剰に上昇するなどの悪影響を及ぼすことがあるため、施用量には十分注意する必要がある（注3）。ただし、現時点ではバイオ炭の種類・性質・施用量と農作物の生産性との間に明確な対応関係を示すことは難しく、バイオ炭の農地土壌における効果の解明については研究途上にある。

以上に示した課題、特に①と②への対応について次節以降の事例で詳しく見ていこう。

(注3) 農研機構農業環境変動研究センター「土壌炭素貯留効果のある炭の施用による農作物の生育への影響の調査」より
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/attach/pdf/biochar01-1.pdf>（最終アクセス2023年11月2日）

2 関西産業株式会社・あいとうエコプラザ菜の花館

本節で取り上げる関西産業株式会社は、

1941年創業の滋賀県彦根市に本社・研究所を置く、バイオマス利活用プラントの企画・開発・設計・販売を行う会社である。隣接する東近江市にある、あいとうエコプラザ菜の花館（以下「菜の花館」）では、関西産業(株)が2004年に納入・設置した自動籾殻炭化装置が稼働しており、同施設で製造したバイオ炭は地域の農家に販売されている（注4）。

(注4) 本節は河原林（2023a）の内容を抜粋、加筆したものである。

(1) 地域課題：大量発生する籾殻の処理

第二次世界大戦末期に食糧増産等の必要性から始まった琵琶湖周辺の干拓は、1960年代になって国営琵琶湖干拓建設事業が実施され、大規模な農地が造成された。水田農業の拡大に伴い、地元JAを中心にライスセンターの建設を進めたが、大量に発生する籾殻の処分が問題となった。往時、当地では籾殻は農家で炭にして主に遅霜対策で農地に撒布するなどしていたが、問題は大量の籾殻を効率的に処理する必要があることであった。

この大量の籾殻の処分と炭の農地還元を志向した構想は、JAと関係のあった関西産業(株)の「大地から取れたものは大地へ還す」という企業理念に符合し、水稻由来のバイオマスである籾殻の炭化装置の開発に乗り出すことになった。67年には世界で初めて自動籾殻炭化装置を開発し、以来50年以上にわたって開発・改良を重ね、様々なバイオマスを利活用するための炭化装置を生み出してきている。

(2) 籾殻燻炭の地域循環活用モデル

東近江市が所有する菜の花館は、NPO法人「愛のまちエコ倶楽部」（以下「指定管理者」）が運営しており、職員4名程度が常駐している。「菜の花プロジェクト」（注5）の拠点として、廃食用油を回収・利用したバイオディーゼル燃料（Bio Diesel Fuel、以下「BDF」）の精製、リサイクル石けんの製造などの施設を備え、地域内の資源循環や環境教育の拠点となっている。

また、菜の花館には籾殻炭化装置を設置しており、JAから籾殻を収集して自動籾殻炭化装置で籾殻燻炭を製造し、商品化して販売している。一連のフローをみると、地域のントリーエレベーター（以下「CE」）から発生した籾殻は、指定管理者がBDFを燃料とするトラックで収集して、同施設に搬入する。トラックから搬出された籾殻は、菜の花館の屋根上にあるサイロ（容量：籾殻20t）に貯蔵される。籾殻はサイロからコンベアによって自動的に炭化装置に供給されて、炭化処理を連続的に行う仕組みとなっている。炭化装置の炭化炉は着火時を除けば自燃し、1時間に150kgの籾殻を処理する。CEでの籾すりは収穫期から5～6月頃まで続くことから、炭化装置も夏場を除いてほぼ通年で稼働している。なお、菜の花館では炭化処理する過程で発生する熱を熱交換器によって温水に変換し、床暖房や給湯、施設の熱源として利用している。

製造した籾殻燻炭は籾殻の形状が残っており粒度・品質が均一で扱いやすく、炭化処理の過程でタール分を除去している。籾

殻燻炭はバイオ炭として土壌改良資材や育苗床土向けに販売しており、連作障害対策や地力回復を期待して購入する農家も多い。周辺の水田をはじめ地元名産の梨やブドウといった圃場でも施用されており、売行きはよいとのことである。また、このバイオ炭は滋賀県で定めている環境負荷を減らす技術で生産する「環境こだわり農業」（注6）の推進にも活用されている。

以上のように、当事例は、地域課題として稲作地帯ゆえに大量発生する籾殻という“厄介物”の処理があり、関西産業㈱が開発した炭化装置で効率的にバイオ炭化し、農家が農地に施用することで大地から取れたものを大地に還す仕組みが成立している。

（注5）菜の花プロジェクトの詳細は東近江市HPを参照。

<https://www.city.higashiomi.shiga.jp/0000001018.html>（最終アクセス2023年11月2日）。

（注6）「環境こだわり農業」をはじめ滋賀県農業の政策動向等については河原林（2021b）に詳しい。

3 株式会社南部町バイオマス エネルギー・株式会社アサギリ

本節で取り上げる株式会社南部町バイオマスエネルギーは、山梨県最南端に位置する南部町で、同町の山林間伐材や林地残材を使った木質バイオマスガス発電所を操業している。同発電所から排出される炭は、バイオ炭として地元農家が農地に施用だけでなく、隣接する静岡県富士宮市の肥料メーカー、株式会社アサギリが新たな資材開発に活用している（注7）。

（注7）本節は河原林（2023c）の内容を抜粋、加筆

したものである。

(1) 地域課題：木材生産活動の活性化

南部町は古くから県下有数の林地地であり、同町で生産される良質なスギ・ヒノキ材は「南部の木」として地域団体商標に登録されている。森林は水源かん養、国土保全、地球温暖化防止、生物多様性保全、保健・レクリエーション、防災・減災といった多面的機能（以下「公益的機能」）を有しており、様々な恩恵を与えている。しかし、全国的にみると、長期にわたる木材価格の低迷と後継者不足等により木材生産活動が停滞し、間伐などの手入れが進まず山が荒廃するといった事態に直面している。

往時は木材生産活動が継続して行われることで森林に間伐など人の手が入り、結果、森林のもつ公益的機能がおのずと発揮されていた。しかし、現在は長期にわたる木材価格の低迷と後継者不足等により、その前提となる木材生産活動が停滞し、間伐等の手入れが進まず、間伐しても搬出しては採算が合わず山に置き去りにされる林地残材など、人工林の放置が目立っている。

間伐が進まず放置されたままの人工林は一見すると緑豊かだが、中に光が差し込まないため地表に植物が生えず、地面がむき出しになっていることが多い。そのため土壌が侵食され、最悪の場合、台風や大雨で土砂が流出するなどの危険性もある。防災・減災のためのいわゆる「緑のダム」の機能が損なわれてしまう。

そこで、南部町では間伐材など山林由来

のバイオマスを活用した「公民連携木質バイオマスガス化発電事業」を立ち上げた。事業主体である株式会社長大が、2016年に南部町木質バイオマスガス化発電所の計画検討に着手し、21年6月に竣工した。(株)長大は、総合建設コンサルタント企業として「まちづくり」に必要な基盤事業をすべて有している。その経験・ノウハウから、同発電所の建設にあたっては発電所単体の事業として捉えるのではなく、地域でいかに資源や資金が循環し地域が発展していくかが構想の出発点になっている。

基本となる事業スキームは、間伐材や林地残材といったバイオマスを、発電燃料の原料として発電所が買い取り、木質チップに加工し、それを燃料に発電して売電することで収益化を図るものである（注8）。バイオマスを買い取ることで林業経営を下支えして森林整備を促し、発電所や燃料加工施設で新たな雇用を生み出している。現在、発電所を中心に町や地元森林組合をはじめ地域で連携して、森林整備と地域活性化を通じて資源や資金が循環するモデルの構築を進めている。

(注8) この他、災害時には非常用電源として発電所の電気を供給する仕組みを備え、発電の際に発生する熱を施設の温水プール用に供給する計画もある。

(2) 木質バイオマス発電の仕組みと方式

木質バイオマス発電とは、木材等からなるバイオマスを燃料として燃焼させることでタービンを回して発電する仕組みである。木材等の燃焼によりCO₂が発生するが、そ

れを森林が光合成で吸収し成長していくといった一連の循環過程でみると全体としてCO₂の増減には影響を与えない（カーボンニュートラル）とされる。このことを実質的に担保するには、間伐等による適切な森林整備と伐採（主伐）→植林→育成を繰り返せる循環型森林経営の基盤整備が重要となってくる（注9）。

木質バイオマス発電を発電方法により大別すると「直接燃焼方式」と「熱分解ガス化方式」の2種類がある。直接燃焼方式は、木質バイオマスを直接燃焼させボイラーで発生させた高温高圧の水蒸気で蒸気タービンを回して発電するもので、約1,300℃の高温の炉の中で燃料を燃焼させるため灰が排出される。一方、南部町バイオマスエナジーが採用した熱分解ガス化方式は、木質バイオマスから化学反応（熱分解・酸化還元）により可燃性のガスを発生させガスタービン（エンジン）を回して発電する。炉内の温度は900～1,000℃程度であり、副産物として灰ではなく炭が排出されることに違いがある。

（注9）循環型森林経営と木質バイオマスのエネルギー利用等については河原林（2018）に詳しい。

（3）地域循環モデルの展開状況

発電の際に副産物として排出されるバイオ炭は、土壌改良等の効果を期待して地元農家が農地に施用している。しかし、全てのバイオ炭を町内で使い切ることは難しく、新たな需要先を見つける必要が出てきた。そこで、県境を挟んで隣接する朝霧高原（静岡県富士宮市）で肥料製造・産業廃棄物中

間処分業を主業とする㈱アサギリと、互いに志向する「地域を起点とした資源循環へのアプローチ」に共鳴し、県境を越えた連携が実現した。

㈱アサギリは60年近い社歴を誇り、一貫して景観・環境に配慮した経営に取り組んでおり、地域に必要とされる企業とは何かを追求している。同社は地元朝霧高原の酪農家から牛ふんを受け入れるだけでなく、食品残さなど他の有機性廃棄物も受け入れて堆肥を製造し、ペレット化して農家に販売することで資源循環サイクルの構築に取り組んでいる。

その循環に、南部町バイオマスエナジーのバイオ炭を受け入れることで、バイオ炭を配合した牛ふん堆肥のペレット化を目指し、22年7月に工場が稼働し商品化にこぎつけた。バイオ炭に牛ふん堆肥のもつ肥料効果が加わり機能性が高まるだけでなく、ペレット化により慣行栽培で使用している農業機械をそのまま利用できるため、農業者は施用時の利便性向上や施用コストを抑えることができる。

さらに、㈱アサギリでは主力商品のひとつである菌体りん酸肥料（注10）でもバイオ炭を配合した商品開発に着手した。高機能バイオ炭を農地施用することで期待する効果が得られ、化学肥料の代替や養分利用効率の向上などにつながれば、バイオ炭の普及が進むと思われる。また、バイオ炭に止まらず、家畜ふん尿や食品残さ・下水汚泥など、地域の様々なバイオマス資源を取り込むことで、地域での資源循環はより総

合的・統合的なものへと発展していくことが期待される。

(注10) 安定的に農業生産を続けていくため下水汚泥資源などの国内資源の利用拡大を図ることを目的に、肥料制度の見直しにより新たな公定規格として「菌体りん酸肥料」が設定されたもの（農林水産省での関連省令・告示により23年10月1日施行）。品質管理計画によって品質管理が徹底され肥料成分であるりん酸を保証（りん酸全量を必須で1%以上保証）するものを「菌体りん酸肥料」と呼称し、これまでの汚泥肥料とは異なり他の肥料と配合することができるようになった。

4 北総クルベジファーマーズ

本節で取り上げる北総クルベジファーマーズ（以下「北総クルベジ」）は、12年に結成したバイオ炭の農地施用を通じてCO₂削減に取り組む有機農家の集まりで、現在は千葉県北総地域の7戸の有機農家が参加している。当団体の有機農家は里山保全活動の過程で竹林を整備するために伐採した竹から製造したバイオ炭を購入して農地に施用しており、炭素貯留活動が里山保全活動と連動している点に特徴がある。まずは、起点にある里山保全活動についてみてみよう。

(1) 地域課題：荒廃が進む里山での水害リスク（注11）

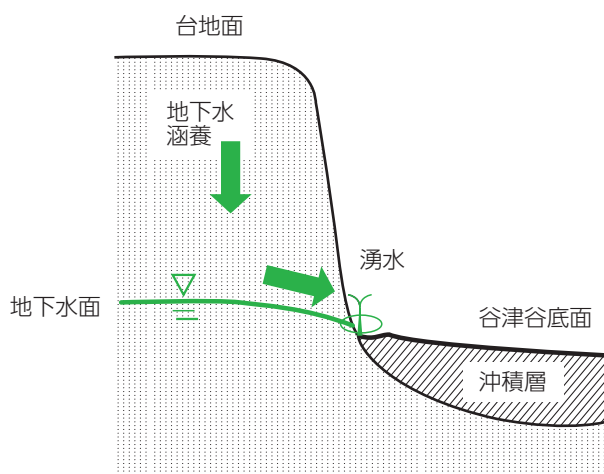
北総地域の地形的特徴は、谷津の多さである。谷津とは、台地が侵食されてできた谷状の地形のこと（第3図）で、台地に降った雨が地中に浸透し、谷津との接地面に湧水が生じ、その水は河川を形成して、印旛沼や手賀沼に流れ込んで水循環を形成し

ていた。また、かつて谷津では湧水を利用した水田（谷津田）が多く存在し、台地上や斜面の草本は肥料や牛馬の餌としても利用され、地域内で自然資源が活用され、その自然条件から里山（注12）と呼ぶにふさわしい空間が広がっていた。

しかしながら、1969年に印旛沼周辺の干拓事業が完了し、稲作の中心が印旛沼周辺地に移り谷津田の耕作放棄が進んだことや、台地での都市開発により雨水の浸透が妨げられて水循環が悪化したことなどから、里山の荒廃が進行した。

そうした中、近年全国各地で水害が激甚化・頻発化しており、既に気候変動の影響が顕在化し、降雨量は将来さらに増加するとの予測もある。持続可能な国土、地域を形成するうえで、現在ないし近く予測される気候変動リスクへの対応である気候変動適応策として、ダムや堤防といったグレイインフラに依存するだけでなく、自然環境が有する多様な機能をインフラ整備に活用

第3図 谷津と台地の横断面の模式図



出典 西廣ら(2020)より転載

するグリーンインフラ（注13）の重要性が指摘されている（中村・石川（2021））。

里山の荒廃を問題視していた当地では、里山の再生を通じてグリーンインフラとしての治水機能を高めることで水害対策に寄与することを目指して、「里山グリーンインフラ」の取組みを始めた。西廣ら（2020）によれば、里山グリーンインフラとは、「かつて里山として利用されてきた台地、谷津、低地の自然環境を、持続可能で魅力的な地域づくりに役立てる工夫」のことで、台地上の草原や樹林の計画的な配置・保全による雨水流出の抑制や、地下水涵養、そして谷津の休耕田を湧水・雨水が緩やかに流れる構造にして治水・水質浄化・生物多様性保全に寄与することを目指している。こうした水循環の健全化に際しては、「緑のダム」と同様に谷津斜面の植生管理も重要であり、当地においては伐採した竹の処理が課題となった。そこで、活動に参加していた有機農家・喜屋武誠司氏がバイオ炭化を提案した。

（注11）本小節の内容は西廣ら（2020）、里山グリーンインフラ勉強会（2022）、西廣（2023）に詳しい。

（注12）本稿において里山とは、「かつての農業や生活を支えてきた、農地、樹林、草原、湿地、溜池、小規模河川の複合体」（西廣2023）とする。

（注13）グリーンインフラとは、「社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取組」（国土交通省（2019））のことである。

（2）里山保全活動由来のバイオマスの炭化

喜屋武氏は90年代後半から有機農業を始

め、2012年からバイオ炭の農地施用を開始した。バイオ炭を施用する前から、地域資源循環を目指して地域のバイオマス由来の堆肥を施用していたが、同時に気候変動対策にも貢献したいと考えていた。バイオ炭のことは有機農業の土づくりのための土壌改良材として知ったが、すぐに炭素貯留効果についても知り、営農を通じて気候変動対策に貢献できると考えた。それにあたって、既に利用している堆肥同様、地域でバイオ炭を入手することが肝要と考え、里山の放置竹林から伐採されて野積みになっていた竹のバイオ炭化を提案するに至った。同年に北総クルベジを結成し、北総地域の有機農家らと施用を開始した。

基本的なスキームは次のとおりである。まず、里山保全活動により生じるバイオマスを可搬式の無煙型炭化装置を利用して現地で炭化する。そのバイオ炭は北総クルベジが全量購入し、所属農家に販売する。各農家は、圃場の透水性向上を期待したり、保肥性向上を期待して堆肥とバイオ炭を混合して施用している。そして、その圃場で栽培された野菜を「クルベジ野菜」としてブランド化している。クルベジ野菜は専用ウェブサイト、直売所での販売や、学校や保育園の給食として提供し、「食べるだけでエコ」のキャッチフレーズを掲げて炭素貯留によるCO₂削減を消費者に向けてPRしている。

このスキームで注目したいのは、里山保全団体からバイオ炭を購入することで、ボランティアな里山保全活動に資金が入るよ

うになったことである。適切な管理を通じて、里山が自然資本として新たな価値を生み出すようになったと言えよう。

(3) 里山から農業、そして食卓につながる食・農・環境教育

さらに、北総クルベジは、里山でクルベジ野菜を使ったバーベキューなどイベントを開催し、消費者との交流を行っている。親子での参加者も多く、イベントでは里山の見学やクルベジ野菜を実際に食べるだけでなく、乗換案内アプリを使用して自宅からイベント開催場所までのCO₂排出量を計算して、その排出量をオフセット（相殺）するために畑にバイオ炭を散布する。このように、消費者に食・農・環境教育が一体となった体験の機会の場を提供し、地域間

だけでなく世代間の交流の場として機能している。

炭素貯留活動が長期にわたって持続的であるためには、前述の通りバイオマス・バイオ炭の入手・施用に加え、北総クルベジが掲げる「未来の子供たちに確かな未来を残そう」というキャッチフレーズに象徴されるように、活動主体が理念を持ち、活動を通じて理解や共感を得て支持されていくことも重要である。

5 持続的なバイオ炭の農地施用に向けて

(1) 地域課題解決を起点としたバイオ炭の農地施用

以上の事例を整理したものが第2表である。

第2表 事例のまとめ

調査事例	関西産業(株)・愛東エコプラザ菜の花館	(株)南部町バイオマスエナジー・(株)アサギリ	北総クルベジ
地域の特徴	稲作地帯	山梨県下有数の林業地	谷津地形と里山
地域課題	大量発生する籾殻の処理	山林の荒廃 木材生産活動の活性化	里山の荒廃 水害リスク
厄介物	籾殻	間伐材	竹、剪定枝
解決アプローチ①	籾殻をバイオ炭化して農地施用	間伐材をチップ化し、バイオマスガス化発電所で利用	里山グリーンインフラとして整備、復田・湿地化、竹林の伐採
解決アプローチ②	—	発電所から排出される炭をバイオ炭として農地施用	里山保全活動で生じる竹などを炭化し、バイオ炭として農地施用
解決フロー	籾殻のバイオ炭化 →農地施用 →J-クレジット(収益化)などで還元・取組みの下支え →農地の保全・農業の持続可能性に寄与	間伐材の伐採・林地残材の搬出 →地域の木質バイオガス発電所でバイオ炭化 →農地施用 →J-クレジット(収益化)などで還元・取組みの下支え →バイオ炭の(株)アサギリへの提供 →堆肥と混合し新たな資材開発	竹林の伐採 →バイオ炭化 →農地施用 →J-クレジット(収益化)などで還元・取組みの下支え →里山の再生
炭素貯留に加えての意義	農地保全による景観保全 菜の花館での地域交流・環境教育	山林整備による景観保全 地域連携 林農畜連携	復田や間伐による景観保全 生物多様性保全 気候変動適応策 里山での地域交流・環境教育

資料 農中総研作成

る。これをもとに、地域におけるバイオ炭の農地施用を持続的な活動にしていくにあたって以下の3点のポイントを抽出する。

1点目は、バイオ炭の製造を地域課題の解決の一手段と位置付けることである。バイオ炭を作ることに注力するあまり、遠方から原料を仕入れることになればコストが嵩み、過剰な伐採を引き起こせば再生可能というバイオマスの前提条件が崩れる恐れがある。いずれの事例も地域課題解決のための刳殻処理や、山林や里山の適切な管理を通じて間伐や竹の伐採を行い、“厄介物”をバイオマス化してバイオ炭を製造・排出しており、無理や無駄のない持続可能な供給体制が構築されている。

2点目は、上記に関連して、バイオ炭の活用先を地域内で見つけることである。滋賀県の事例では、炭素貯留効果が注目される以前からバイオ炭の施用が行われており、北総クルベジは炭素貯留と有機農業の土づくりとの親和性を評価して施用し、いずれも需要は安定している。また、南部町バイオマスエナジーのように、町内の農業者に限らず、隣接する地域の事業者との連携によってバイオ炭の出口を確保することも有効である。さらに、バイオ炭を地域内で活用することで輸送コスト、ひいては入手コストを抑えることが可能である。

3点目は、地域課題解決に取り組む主体が、目指す地域の姿を描き、活動を支える理念を示していることである。その理念が共有され、共感を呼ぶことで関係者が増え、各々の当事者意識も高まる。そして、事業、

ひいては地域の持続可能性を目指す姿勢につながっている。

バイオ炭の農地施用を持続的な活動にするためには、地域課題解決を起点にすることにより地域で受容されることに加え、経済的な評価も留意しなければならない。そこで、気候変動対策や生物多様性保全等に効果の高い農業生産活動に係る掛かり増し経費を補填する、環境保全型農業直接支払交付金（以下「環境直払」）や、CO₂削減効果を評価し取引可能にするJ-クレジット制度に注目したい。

(2) 掛かり増し経費の支援を行う環境保全型農業直接支払交付金（注14）

環境直払においてバイオ炭の農地施用に関連しては、都道府県の申請により国が承認し地域を限定した「地域特認取組」として、23年度中は11道府県で「炭の投入」が認められており、交付単価はいずれも5,000円/10aとなっている。

バイオ炭は有機農業で土づくりとしての活用も期待されるが、現状の環境直払では「全国共通取組」の「有機農業」（12,000円/10a、そば等雑穀、飼料作物は3,000円/10a）と「地域特認取組」の「炭の投入」（交付単価はいずれも5,000円/10a）とのどちらかを選択する必要がある、「全国共通取組」で土壌炭素貯留効果の高い取組みとして交付金が加算（2,000円/10a）される対象に「炭の投入」は含まれていない。「炭の投入」は高い環境保全効果を有しており地域特性の影響は少ない。また、有機農業を志向する農

業者を支援し、みどり戦略の一層の推進にも意味がある。このため「炭の投入」を環境直払での現状の「地域特認取組」から「全国共通取組」への移行を図ることも検討の余地があるだろう。

(注14) 詳細は河原林 (2023b)。

(3) CO₂削減・吸収量を評価する J-クレジット制度 (注15)

J-クレジット制度とは、GHGの排出削減量や吸収量をCO₂換算したうえで、国が「クレジット」として認証し、取引を通じて売却できる制度のことで、同制度においてGHG削減に資する様々な技術が方法論として認証されている。

農地炭素貯留に関しては20年より「バイオ炭の農地施用」(以下、方法論を意味する場合は「」付きで表記)として方法論に認められ、23年11月2日時点で2件の活動が登録されている。ひとつは22年1月に第1号として登録された一般社団法人日本クルベジ協会によるプロジェクト、もうひとつは23年6月に登録された株式会社TOWINGのプロジェクトである。いずれも、バイオ炭を農地に施用する複数の農家や法人をとりまとめてひとつの削減プロジェクトとする「プログラム型」である。なお、日本クルベジ協会のプロジェクトには、本稿で紹介した菜の花館の指定管理者や、南部町バイオマスエネルギーのバイオ炭を施用した農家、北総クルベジも参加しており、各々所定の審査のもと施用量に応じてクレジットが認証された。

第3表は、バイオ炭1トンあたりで削減できるCO₂量を示したものである。バイオ炭の製法や原料ごとに炭素含有率、100年後の炭素残存率が異なるためCO₂貯留量にも差がある。クレジットとして評価されるのは、表中のCO₂貯留量から、バイオマスの運搬、バイオ炭の製造・運搬・施用に係るCO₂排出量(付随的排出量)を差し引いた分である。既述の通り地域内でバイオマスの入手からバイオ炭の施用が完結することで、この付随的排出量も小さく抑えることができ、トータルのCO₂削減量、ひいてはクレジットの量を多くすることができる。

さて、23年には方法論「水稲栽培における中干期間の延長」を適用して水田から排出されるメタンを削減するプロジェクトが4件登録され、今後、これらのプロジェクトの実施によって農業由来のクレジットが増加するものと思われる。

クレジットは、GHG削減量をCO₂換算して1トン当たりとした「トン-CO₂」を単位に取引され、その方法は相対取引、入札取引、そして23年10月11日に東京証券取引所に開設された「カーボン・クレジット市場」での取引がある。今後、農業分野のクレジットの認証量と流通量が増え、企業の関心が高まれば、同市場においても一定程度の取引が見込めるだろう。クレジットの売却益は、削減活動にかかった経費の補填や、さらなる削減活動への投資として、活動の持続性を強固にし得る。しかし、今後農業由来のクレジットの流通量が増えていく中で、取引形式に関わらず、平均的な取引価

第3表 バイオ炭1トンあたりのCO₂貯留量

製法	種類/原料	バイオ炭施用量 (トン)	炭素含有率 (%)	100年後の炭素残存率 (%)	CO ₂ 換算 (係数)	CO ₂ 貯留量 (トン-CO ₂)	
熱分解	黒炭	1	0.77	0.89	44/12	2.51	
	白炭					2.51	
	オガ炭			2.51			
	粉炭			0.80		2.26	
	竹炭			0.778		0.65	1.85
熱分解	家畜ふん尿由来		0.38	0.65		0.65	0.91
	木材由来		0.77				1.84
	草本由来		0.65				1.55
	もみ殻・稲わら由来		0.49				1.17
	木の実由来		0.74				1.76
	製紙汚泥・下水汚泥由来	0.35	0.83				
ガス化	家畜ふん尿由来	0.09	0.07	0.07	0.21		
	木材由来	0.52			1.24		
	草本由来	0.28			0.67		
	もみ殻・稲わら由来	0.13			0.31		
	木の実由来	0.40			0.95		
	製紙汚泥・下水汚泥由来	0.07			0.17		

資料 J-クレジット制度方法論「AG-004(ver.2.0) バイオ炭の農地施用」10頁より農中総研作成
https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-004_v2.0.pdf

(注) CO₂貯留量は、バイオ炭施用量に炭素含有率と100年後の炭素残存率を乗じた値に、炭素重量(トン-C)をCO₂重量(トン-CO₂)に変換するための係数(44/12)を乗じた値。

格がどの程度の水準になるかは不透明である。

(注15) 詳細は石塚(2022)。ただし、最新の情報はJ-クレジット制度HPを参照されたい。
<https://japancredit.go.jp/>

(4) クレジットの付加価値を高める

そこで、事例に見てきたような地域課題の解決への貢献がクレジットと共に評価されれば、クレジットの差別化に繋がり、付加価値を高めるのではないだろうか。

足もとでは、21年のG7サミットで合意した、生物多様性の損失を止め、回復させる(ネイチャーポジティブ)の達成に向けた30by30(注16)目標や、OECM(注17)の注目度が高まっている。北総クルベジを例

に挙げれば、クレジット創出の背景に里山保全活動があり、それに伴う生物多様性保全および回復への貢献を定量的に提示し、クレジットと共に情報提供することができれば差別化に繋がることが期待される。ただ、現状では、クレジットの付加価値化はあくまで自主的な販売戦略でしかない。今後、クレジット創出に係るネイチャーポジティブな活動や成果を評価する仕組みの開発や、クレジットを購入する企業の関心が高まることを期待したい。

(注16) 30by30とは、2030年までに生物多様性の損失を食い止め、回復させる目標に向けて30年までに陸と海の30%以上を健全な生態系として効果的に保全しようとする目標(<https://policies.env.go.jp/nature/biodiversity/30by30alliance/>)。

(注17) Other Effective area-based Conservation Measuresの略で、国立公園等の保護地域以外で生物多様性保全に資する区域のこと。わが国では、「民間の取組等によって生物多様性の保全が図られている区域」を「自然共生サイト」に認定する制度を23年度から開始した。

おわりに

本稿では、気候変動緩和策としてCDR技術のひとつであるバイオ炭による農地炭素貯留を持続的に実践していく上でのポイントを、3つの先駆的事例から整理した。バイオ炭の製造を地域課題解決の一手段として位置付け、地域内で農地施用や新資材開発に活用することで安定供給と需要を確立し、また、活動を支える理念が共感や支持を得ていることも、持続的なバイオ炭の農地施用を支えていた。

既述の通り科学的効果は研究途上にあるが、今回取り上げた調査事例を通じて地域全体を俯瞰すると、地域社会への貢献も大きいと言えよう。とはいえ、持続性を評価する上では経済的な評価は欠かせない。この点は、個別具体的な事例を通じて今後掘り下げていくこととしたい。

<参考文献>

※参考文献の最終アクセス日はいずれも2023年11月2日。

- Humberto Blanco-Canqui (2021), "Does biochar improve all soil ecosystem services?", *GCB-BIOENERGY*, Volume 13, Issue 2, 291-304. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12783>
- 石塚修敬 (2022) 「農業分野におけるJ-クレジット制度の活用に向けて—バイオ炭の取組みを中心に—」『農林金融』12月号、2～15頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/n2212re1.pdf>

n2212re1.pdf

- 河原林孝由基 (2018) 「環境未来都市はSDGs未来都市へ—北海道・下川町でのSDGsを評価軸とする地域おこし—」『農中総研 調査と情報』web誌、第64号、32～33頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri1801gr1.pdf>
- 河原林孝由基 (2020) 「矢作川流域にみる森林と地域の持続可能性への挑戦—「森の健康診断」と「木の駅プロジェクト」の事例から—」『農中総研 調査と情報』web誌、第78号、10～11頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri2005re4.pdf>
- 河原林孝由基 (2021a) 「気候変動を巡る情勢と脱炭素化に向けた政策動向—温室効果ガス実質ゼロ宣言のインパクト—」『農林金融』3月号、42～58頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/n2103js1.pdf>
- 河原林孝由基 (2021b) 「「森・川・里・湖」が織りなす持続可能な暮らし—滋賀県農業の“みらい”のための取組みが始まる—」『農中総研 調査と情報』web誌、第84号、10～11頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri2105re5.pdf>
- 河原林孝由基 (2021c) 「農業には炭素を貯留する力がある—山梨県がリードする農業を通じた脱炭素社会への貢献—」『農中総研 調査と情報』web誌、第85号、10～11頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri2107re5.pdf>
- 河原林孝由基 (2023a) 「“大地から取れたものは大地へ還す”が基本—関西産業(株)の理念が紡ぐ環境価値とバイオ炭の新展開—」『農中総研 調査と情報』web誌、第96号、14～15頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri2305re7.pdf>
- 河原林孝由基 (2023b) 「環境保全型農業についての政策の射程と動向—みどり戦略との一層の統合的展開を期して—」『農中総研 調査と情報』web誌、第97号、20～21頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri2307re10.pdf>
- 河原林孝由基 (2023c) 「山村発・成長を続ける地域循環モデル—南部町木質バイオマスガス化発電所にみる循環の連鎖—」『農中総研 調査と情報』web誌、第98号、18～19頁 <https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri2309re9.pdf>
- 河原林孝由基 (2023d) 「農業分野での行動変容の起点となる動機づけの重要性—JA長野中央会にみるバイオ炭活用モデル事例の創出—」『農中総研 調査

と情報』web誌、第99号、10～11頁
<https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/nri2311re5.pdf>

- 岸本（莫）文紅（2022）「バイオ炭の農業利用と脱炭素～国内外の動向と今後の展望」『日本LCA学会誌』第18巻第1号、36～42頁
<https://doi.org/10.3370/lca.18.36>
- 国土交通省（2019）「グリーンインフラ推進戦略」2019年7月
<https://www.mlit.go.jp/common/001297373.pdf>
- 里山グリーンインフラ勉強会（2022）「北総地域における里山グリーンインフラの手引き【谷津編】」2022年3月（第2版）
<https://www.chikyu.ac.jp/publicity/publications/others/img/yatsu.pdf>
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター（2023）「ネガティブエミッション技術について（DACCS/BECCS）」2023年3月29日
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/negative_emission/pdf/002_02_00.pdf
- 生態系管理専門委員会 調査提言部会ほか（2023）「自然の賢明な活用を目指して：グリーンインフラ・NbSの推進における生態学的視点」『保全生態学研究』第28巻第1号、2023年4月30日
<https://doi.org/10.18960/hozen.2211>
- 中村圭吾・石川真義（2021）「流域治水とグリーンインフラ—グリーンインフラ官民連携プラットフォームの取組み—」『土木技術資料』第63巻第3号、

2021年3月、52～53頁
https://www.pwri.go.jp/team/rrt/data/papers/2021/papers_04.pdf

- 西廣淳ほか（2020）「『里山グリーンインフラ』による気候変動適応：印旛沼流域における谷津の耕作放棄田の多面的活用の可能性」『応用生態工学』第22巻第2号、175～185頁
<https://doi.org/10.3825/ece.22.175>
- 西廣淳（2023）「気候変動時代のインフラとしての里山」『森林環境』2023年、105～113頁
<https://www.shinrinbunka.com/wp-content/uploads/2023/03/f26ce942c5d0d407e2a51b8ba280c92a.pdf>
- 農林水産省（2022）「令和3年度 食料・農林水産業・農山漁村に関する意識・意向調査 農業分野の地球温暖化緩和策に関する意識・意向調査結果」2022年4月20日
<https://www.maff.go.jp/j/finding/mind/attach/pdf/index-74.pdf>
- 平舘俊太郎（2017）「土壌中における炭化物の存在とその機能」『木質炭化学会誌』第13巻第1号、2017年、3～9頁
https://doi.org/10.32143/wcr.13.1_3

（いしつか のぶたか）

（かわらばやし たかゆき）