

「育てる」と「燃やす」のハイブリッド

～廃菌床の全量資源化を目指した、私たちの完全リサイクル計画

E P I S O D E 1 ～

山形県立新庄神室産業高等学校

食料生産科 課題研究 菌類コース

3年 齊藤 千尋 下山 空駕

柴崎 優思 加藤 悠大

1 はじめに

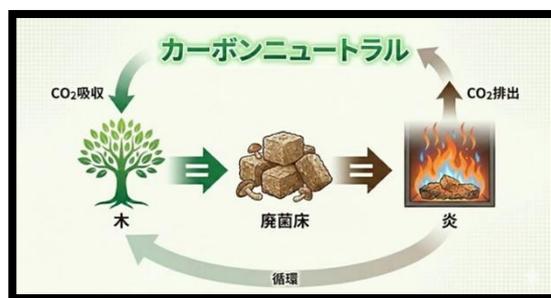
(1) 取組・研究の背景

私たちの住む最上地域は、きのこ栽培が県内でもっとも盛んな地域です。私たちは地域の基幹産業を深く知るため、「プロフェッショナルきのこ事業」に参加し、地元の「熊谷ナメコ生産所」へ視察に伺いました。この時の様子は新聞記事にも取り上げられ、地域の方々からも大きな期待を背負っての学びとなりました。工場内を順路に沿って視察していた際、私たちは茶色い土の塊のようなものが大量に積まれているのを目の当たりにしました。熊谷社長に尋ねたところ、それはキノコを収穫した後に残る培地「廃菌床」でした。現在は主に肥料として活用されているものの、社長からは「もっと有効に活用できる方法があれば……」という切実な声が聞かれました。

(2) 問題提起と研究の目的

キノコ栽培が盛んであるということは、同時に大量の廃菌床が排出されることを意味します。現状、肥料等として利用されてはいますが、供給過多に陥っており、大量に排出される廃菌床を肥料（マテリアル）以外の用途で活用する「新たな出口」を作らなければならないという大きな壁が存在していました。

そこで私たちは、「燃やす前に、資源として循環できないか」、さらには「生物的な利用と並行して、物理的にエネルギーに変える道も作れないか」と考えました。廃菌床の主成分は「木」であり、これは単なるゴミではなく、植物由来の立派な「バイオマス資源」です。燃やしても大気中の二酸化炭素を実質的に増やさない、環境に優しいエネルギー源になり得ます。本研究では、廃棄物を再びキノコの培地として利用する「マテリアルリサイクル」の可能性を探るとともに、大量消費の受け皿となる「カーボンニュートラル固形燃料」への変換技術を確認し、地域のゴミ問題と環境問題を同時に解決することを目的としました。



2 取組・研究方法

様式2

本研究は、大きく分けて「マテリアルリサイクル（生物学的利用）」と「サーマルリサイクル（物理的エネルギー利用）」の2つの段階で実施しました。

（1） 第一段階：マテリアルリサイクルへの挑戦（培地としての再利用）

廃菌床を再びキノコの培地として再利用するための基礎実験を行いました。

① 培地の作製

ア 新品のキノコ培地と廃菌床を用意します。

イ 重量あたりの廃菌床の配合比率を0%から100%まで、10%刻みで変更した計11個の調査区を設定し、培地を仕込みました。



② 観察方法

各調査区における菌糸の伸長（広がり方）及び成長日数を比較し観察しました。

（2） 第二段階：サーマルリサイクルへの挑戦（固形燃料化）

マテリアル利用だけでは処理しきれない廃菌床を「実用的な固形燃料」にするための条件を検証しました。実用化へのハードルは、運搬しても崩れない「強度」と、燃料としての「十分な燃焼性能」の2点です。

① チャレンジ1：片栗粉をつなぎとした試作燃料の作製

初期の検証として、身近な材料をつなぎ（バインダー）とした落下強度試験を行いました。

ア 材料の調達と配合

エリンギの廃菌床をベースとし、つなぎとして「片栗粉」と水を使用しました。総重量が90gになるよう統一し、片栗粉の量を3gから30gまで3g刻みで増やしたサンプルを作製しました。



イ 成型と試験方法

これらを均一に混ぜ合わせて圧縮し、団子状に成型しました。その後、1メートルの高さからコンクリートの床へ自然落下させる「落下強度試験」を実施し、サンプルの破損状況を目視で評価しました。

② チャレンジ2：製法の改善と試作燃料Bの作製

チャレンジ1の課題（圧力不足とつなぎの不適合）を解決するため、「素材の変更」と「装置の自作」を行いました。

ア 素材の変更

学校で年間約800kg、地域全体で年間約5トンも排出されている巨大な未利用資源「シュレッダーダスト（紙ゴミ）」に着目しました。紙は木の繊維の塊であり、これが複雑に絡み合うことで強力なつなぎになると仮定しました。



イ 自作圧縮機の製作と成型

様式2

手作業による圧力の限界を超えるため、ホームセンターで購入可能な「コーキングガン」を改造しました。本来は接着剤を押し出す道具ですが、この原理を利用して強い圧力を生み出します。

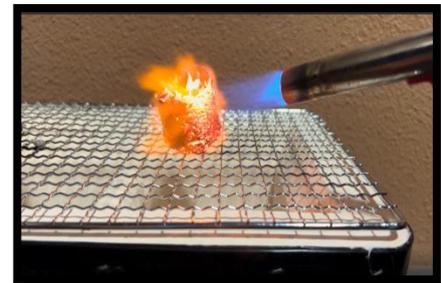
材料（廃菌床とシュレッダーダスト）を10%刻みで配合比率を変えながら、「混ぜる」「筒に詰める」「圧縮する」の3ステップで成型しました。この際、コーキングガンのハンドルが動かなくなる「最大圧力」まで強力で圧縮しました。



ウ 強度と燃焼性能の評価

成型した試作燃料Bを用いて、チャレンジ1と同様に1メートルの高さからの「落下強度試験」を実施しました。

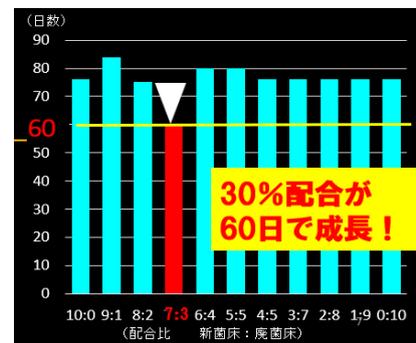
続いて、燃料としての性能を測るため「燃焼性能試験」を行いました。試作燃料をガスバーナーで1分間加熱して着火させ、自然に鎮火して灰になるまでの「燃焼継続時間」を計測し、質量あたりの燃焼効率を比較しました。



3 結果

(1) 第一段階（マテリアルリサイクル）の結果

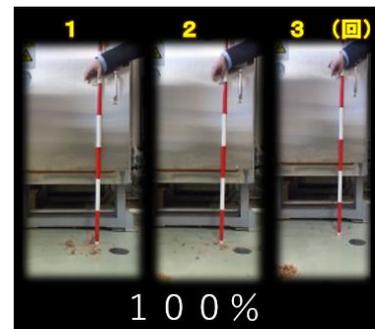
菌糸の伸長調査において、廃菌床を30%混ぜた調査区の成長が「60日」と最も早い結果となりました。また、60%以上の高濃度で廃菌床を配合した条件でも、菌糸が十分に広がることを確認できました。なお、子実体そのものの発生については、現在も継続して調査を行っています。



(2) 第二段階（サーマルリサイクル）の結果

① チャレンジ1（片栗粉を使用した強度試験）の結果

「片栗粉が増えれば硬くなるはずだ」という事前の予想に反し、結果は失敗で右肩下がりとなりました。



様式2

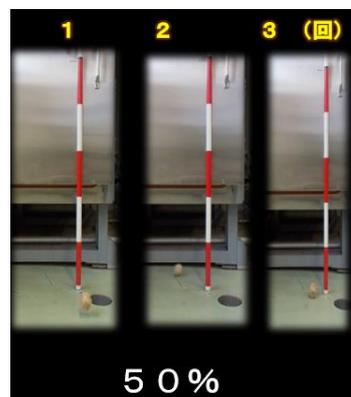
片栗粉を最少量の3gおよび6g配合したものは、ヒビは入ったものの形を保ち、今回の中で最も高い強度を示しました。しかし、9gから12gと増やすにつれて粉っぽくなり崩れ方が大きくなりました。さらに15gから18gでは明らかに脆くなり、21gから24gでは落とした衝撃で粉碎しました。最大の27gから30gでは、砂山が崩れるようにバラバラになり、最も脆い結果となりました。

② チャレンジ2（シュレッターダストと自作装置を使用した試験）の結果

ア 落下強度試験の結果

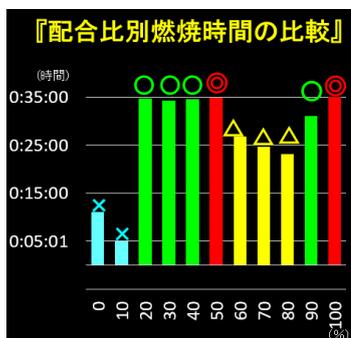
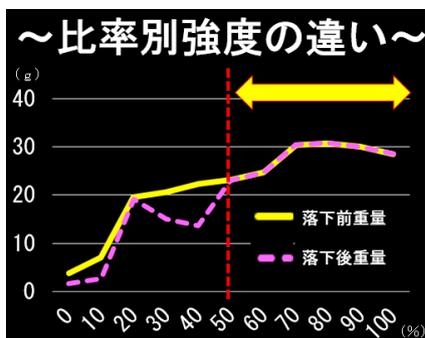
紙（シュレッターダスト）の配合比率を変化させた結果、劇的な強度の向上が見られました。

配合比率0～10%のものは落下により半分に割れ、30～40%のものは3割程度が割れました。しかし、20%および50%配合のものは原形をとどめ、高い強度を証明しました。特に50%配合のものは落下時に「カツーン」という石のような硬い音を響かせ、ヒビ一つ入りませんでした。60%～100%（紙のみ）にかけても、衝撃を跳ね返すほどの抜群の強度と密度の高さを示しました。



イ 燃焼性能試験の結果

紙100%の燃料（質量28.5g）と、50%配合の燃料（質量23.1g）を比較したところ、どちらも燃焼継続時間は「約35分間」と同等の結果を示しました。



4 考察・結論

(1) 結果に対する考察

① チャレンジ1における強度低下の原因

片栗粉をつなぎとした実験では、片栗粉の割合が増えるほど脆くなりました。これは、十分な熱と圧力が加わらなかったため、片栗粉が糊化せず単なる「異物」として働き、粒子同士の結びつきや密着を邪魔して隙間を広げてしまったためであると考えられます。根本的な「圧力不足」が失敗の最大の要因でした。

② 新製法（チャレンジ2）による強度の向上要因

シュレッターダストと自作圧縮機を用いたことで、「強度」という第一の壁を完全にクリアできました。この理由は大きく2点あります。

様式2

ア 自作装置による「高圧縮」で内部の空気を完全に追い出すことができたこと。

イ 「アンカー効果」の発生。廃菌床の細かい粒子の間に、紙（木材）の繊維が入り込んで複雑に絡み合い、強力なつなぎとして機能したこと。

③ 単位重量あたりの燃焼効率の高さ

燃焼試験において、50%配合燃料は紙100%燃料よりも質量が約5g少ないにもかかわらず、同等の燃焼時間（35分）を記録しました。これは単位重量あたりの燃焼効率において、50%配合が極めて優秀であることを示しています。



この理由は、異なる素材による「シナジー効果（相乗効果）」が働いたためです。紙の繊維が炎を安定して保つ役割を果たし、同時に廃菌床が熱を内部にしっかりと蓄える役割を担いました。

(2) 結論

本研究により、廃菌床とシュレッダーダストを50%ずつ配合し、高圧縮をかけて成型した試作燃料は、「運搬に耐えうる強度」「十分な燃焼時間」、そして「高い燃焼効率」のすべてを満たした「一級品の固形燃料」であることが証明されました。

(3) 今後の展開と課題

私たちは廃棄物を「栽培（育てる）」と「燃料化（燃やす）」の二刀流で活用し、課題解決に向けた確かな一歩を踏み出しました。廃菌床も紙も、元を辿れば植物です。これらを燃料として利用することは、二酸化炭素の総量を増やさないカーボンニュートラルサイクルを生み出し、脱炭素社会の実現に大きく貢献できます。



今回、強度と燃焼という二つの壁はクリアしましたが、製品化にはまだ課題が残されています。今後は実用化に向けて、保管時の「耐水性の検証」や、実際の製造プロセスを想定した「コスト試算」を進めていきます。

私たちの最終的な目標は、地域社会で自律的に機能するシステムの構築です。「廃菌床というゴミ」を「地域のエネルギー」へと変え、地元のペレット製造会社との連携や、農業用ハウスの暖房利用などを通じた地産地消のエネルギー循環を目指します。



あの廃菌床の山やシュレッダーダストは、決して厄介なゴミではありません。脱炭素社会の未来を拓く、私たちの「希望の山」なのです。

最後に、視察にご協力いただいた熊谷ナメコ生産所の皆様、シュレッダーダスト排出量の情報をご提供いただいた株式会社グリーンステーション新庄店様、そして交流発表会で優秀な評価をくださった審査員及び運営の皆様をはじめ、私たちの取組を支えてくださったすべての方々に深く感謝申し上げます。