

落花生の殻を利用した再生紙

～アップサイクルの活用～

本研究では落花生の殻を利用した再生紙についての研究を行った。日本には食料廃棄が多いという問題がある。落花生の殻は年間1800トンも廃棄されているため落花生の殻の廃棄量を少しでも減らせば日本の課題解決に少しでも役立つと考え研究を行うことにした。落花生の殻には繊維が多いため紙として活用できると考えた。しかし、落花生の殻100%では紙を作ることは難しかったためコピー用紙と混ぜて紙を作製して、その配合率を変えることで最適な配合率を見つけられると思い、研究を行ったところ50%が最適であると実験から考えられることができた。また、道具の種類を変えることで性質の異なる紙を作製できることがわかった。

キーワード:再生紙、落花生の殻、配合率、食料廃棄、繊維

I.はじめに

①班での話し合いの経過

はじめに、私達は三高生の睡眠時間が短いというところに目をつけ、身近な音楽と睡眠の質の関係について探究しようと考えた。しかし、睡眠の質を何をもって良いものとするのかや実験をするときに寝る前にしたことや何時に起きて何時に寝るのか、前日に運動はしたかなど条件を他の人と合わせないといけなければならない、正確な実験を行うのは私達には難しいと考え他のテーマで探究を行うことにした。日本の課題について調べていると食料の廃棄が多いという課題があった。実際に新聞でも食料ゴミについての取り組みが注目されている。私達はその課題に着目し、食料廃棄部分を減らそうと考え、使われたものを新しく生まれ変わらせるアップサイクルに関する探究を行うことにした。そこで、日本では年間1800トン廃棄されており、有用な活用方法が見つからない落花生の殻に注目した。落花生には繊維が含まれている。また落花生の殻には無数の穴があいているため高い消臭効果があり、吸水性も高い。さらにシッハウス症候群を引き起こすホルムアルデヒドを吸着させる性質がある。これらの性質を活かした落花生の殻から作った紙を作成すれば普通の紙とは異なる用途で使え、更に廃棄量も減らせるようになるのではないかと考え本研究では落花生の殻を利用した紙を作製しようと試みた。

2024年6月7日河北新報
食料廃棄の活用例

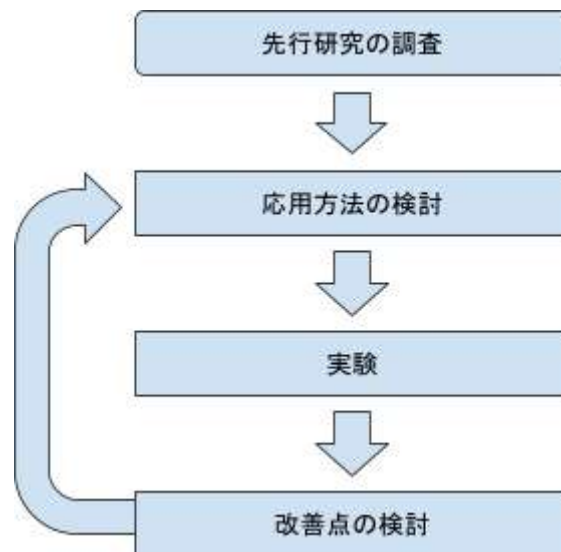


②探究内容に関する自身の考え

私は本研究を通して、世界の達成すべき目標であるSDGs12番の「つくる責任つかう責任」の達成に少しでも役に立つことができ、さらに落花生の殻の廃棄量を減らすことで日本の課題である食料廃棄の課題にも貢献できると考えた。日本の課題についてより多くの人に理解してもらうことで自分たちの日頃の生活について見直すきっかけにつながると思った。

II. 研究方法

まず落花生の殻で作られた紙についての先行研究を調べ、それを下にした応用方法の検討を行った。そして実験をして見つかった改善点から新たに実験方法を考え、それを繰り返した。



III. 探究内容

①先行研究の調査

静岡県立富岳館高等学校は、落花生の殻をパルプにする実験を行っている。パルプとは紙の原料となる植物から取り抱いた繊維のことである。落花生の殻からパルプを取り出すには、落花生の殻を砕き、繊維をバラバラにした後、漂白する必要がある。富岳館高校は次の手順で落花生の殻からパルプを取り出した。

- (1) 100gの落花生の殻をミキサーに入れ、約1分粉碎する。
- (2) 砕いた落花生の殻と重曹水(蒸留水 500gに 100g の重曹を加えた後、1時間以上放置したものの上澄み)を容器に入れ、密閉したまま、3日程度、室温で放置する。
- (3) (2)をよく洗い、粉ふるいに通して、粉ふるいの網目を通ることができたものを取り出す。
- (4) 蒸留水 90mlにキッチンブリーチを10ml加えた漂白液の中に(2)で取り出したものを入れ、1日程度、室温で放置する。
- (5) (4)の溶液から取り出した後、蒸留水でよく洗い、乾燥する。
- (6) 蒸留水2L程度に取り出したパルプを入れ、やわらかくもどし、ミキサーにかける。
- (7) パルプが水によく混ざったら、水を8L程度の水で薄め、のり剤を 0.1g 程度加え、よく混ぜる。
- (8) 漉き枠を使い、静かにすくい上げる。
- (9) すくい上げた漉き枠を前後左右に傾けながら、水分を抜く。
- (10) 板の上に吸い取り用の布を敷き、金網を上にして静かにのせる。
- (11) 板を斜めにして、金網ごしに押さえ、軽く水切りして、金網をはずす。
- (12) 2～3日乾燥させて完成

この先行研究の確実性を確かめるため、少し変更して以下の方法で実験を行った。

②一回目の実験

○目的

落花生の殻100%で紙を作ることができるのか調べる。

○材料

落花生の殻100g、漂白剤、重曹、のり剤、水

○先行研究と本実験の変更点

- ・漉き枠を市販のものではなく図のような手作りのものにした
- ・蒸留水ではなく水道水を使用

○手順

- (1) 100gの落花生の殻をミキサーに入れ、約5分粉碎する(写真1)
- (2) 水で薄めた濃度6%の重曹水に砕いた落花生の殻を容器の中に入れて3日程度放置する
- (3) 落花生の殻を水でよく洗ったあとふるいにかけて容器に入れ、漂白剤につける(写真2)
- (4) 室内の日光がよく当たる場所に置き乾燥させる(写真3)
- (5) 1日経って乾燥させたら容器の液を水に入れ替えてのりぎいを0.1g加えて泡が立たないようにゆっくり混ぜる
- (6) 漉き枠を使って漉くその際にまんべんなく漉き枠内に落花生の殻が入るようにし乾燥させる

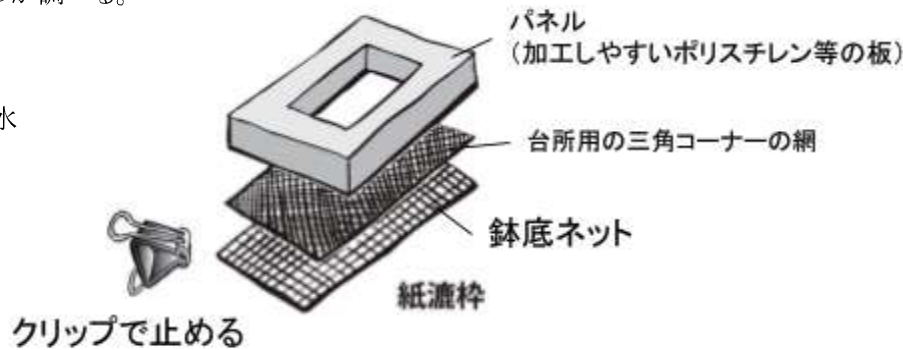


図1 手作り漉き枠の図

表1 一回目の実験の手順



○結果

1日乾燥させて右の写真の漉き枠から取り外してみたところパルプは粉状のままで、紙は形成されていなかった。落花生の殻を粉碎したものを乾燥させたものと変わらなかった。

○考察

落花生の殻を粉碎する際にうまく細かくできず、パルプの粒が大きくなってしまい、さらに漉き枠を手作りにしたため網目が粗く粒の大きいパルプしか漉くことができなかつたため紙が形成されなかつた。また、漂白剤は繊維をばらばらにしてくっつけやすくする効果があるが、今回の漂白剤の量では足りなかつた

ためうまくつかず、同じくろり剤も紙になるときに落花生と落花生のつなぎの役割をするが量が少なかつたため効果を発揮できなかったのだと考えた。それらに加えて、私達は紙を作るのが初めてで紙に詳しい人もいないまま作成したため紙を作製するうえでのコツや重要なポイントを知らずに作ったことも今回の実験で失敗した原因と考察した。

③2回目の実験

○手順

前回と同様に行う。

○変更点

前回の考察から以下の変更をした。

- ・パルプを前回より細かく粉く
 - ・漉き枠を手作りのものではなく市販のものにし、網目の小さいものにする
 - ・漂白剤のいれる量を増やし、溶液に落花生の殻がよく浸かるようにするために漂白剤に落花生の殻をつける段階でペットボトルを用いる
 - ・パルプが水に馴染むように1週間つける
- 上記の変更を行い2回目の実験を行った。

○結果

1回目よりは固まっておろつながつてはいたがとても脆く、取り外す段階で壊れてしまった。下の写真からもわかるように厚さがあり、紙を作ることはできなかった。



図2 2回目の実験結果

○考察

先行研究の通りに実験を行っても先行研究と同じような結果を得られなかったもので、なにか別のところで違いがあるのだと推測した。また今回使用したのり剤は洗濯のりであり、先行研究ののり材の種類とは違うものであると考察した。前回より細かく落花生の殻を砕いたことで、前回よりも落花生の殻同士がくっついたのだと推察した。よって、落花生の砕き具合で実験結果に差が生じると考えた。落花生の殻をふるいにかけるときにあまり細かくないものは廃棄されてしまうため、それらを消臭剤として活用することでより効率的に落花生の殻を使用できると考えた。

③修学旅行

修学旅行で山陽製紙様のところに訪問しお話を伺ってきた。山陽製紙様は様々な再生紙を作製されており、コーヒー豆のかすやりんごの絞り粕、梅の種などを活用した再生紙の作製に取り組んでいた。先行研究と同様のことを行っても思うような結果を出すことができず、この先の探究活動に不安を抱えていたが、具体的な方法を提示していただいたり、実際に紙を製作しているところを見学することでこの先どのように探究活動を行っていけばよいのかわかった。さらに、フードペーパーを手作りで制作している五十嵐

製紙様に電話して、手作りで紙を作るうえでのコツを教えてもらった。実際に現場で働いている方々からアドバイスをもらうことでこの先の探究のヒントを得ることができ、また探究活動の見通しを持つことができた。(写真4、5、6、7)

④3回目の実験

○目的

最適な落花生の殻と古紙パルプの配合率¹⁾を見つける。

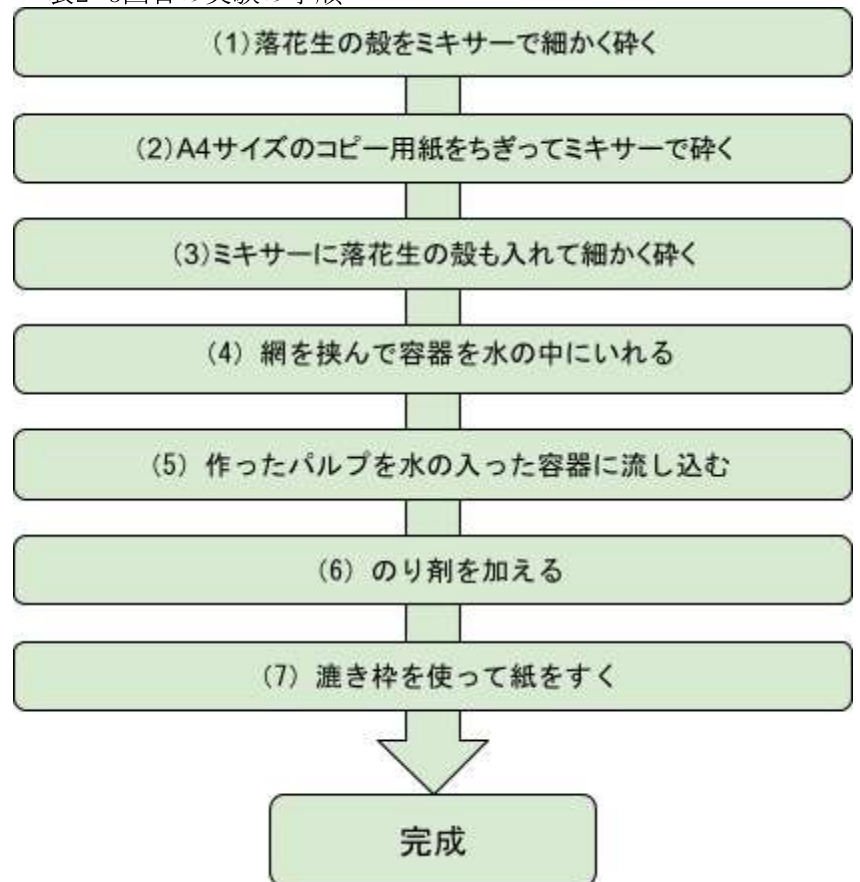
○材料

落花生の殻、水、糊剤、コピー用紙、電動ハンドミキサー

○手順

- (1) 落花生の殻を電動ミキサーで細かく砕く
- (2) A4サイズのコピー用紙を小さくちぎってミキサーで少量ずつ砕いていく
- (3) ミキサーに落花生の殻も3分程ミキサーで細かく砕く
- (4) 漉き枠の間に網を挟んで容器の中にセットし水を入れる
- (5) 細かく砕いた落花生の殻とコピー用紙を水の入った容器にゆっくり流し入れる
- (6) のり材を加えて全体にのり材がいきわたるようにゆっくり棒などで混ぜる
- (7) 漉き枠を溶液の中に入れて漉き枠全体にパルプが行き渡ったら引き上げて水を切り乾燥させる

表2 3回目の実験の手順

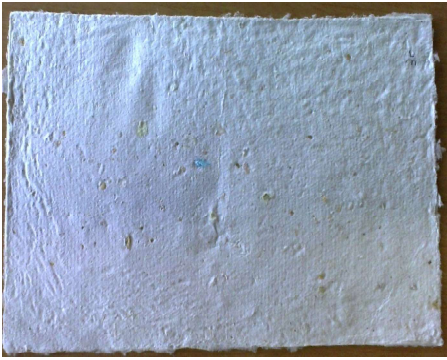

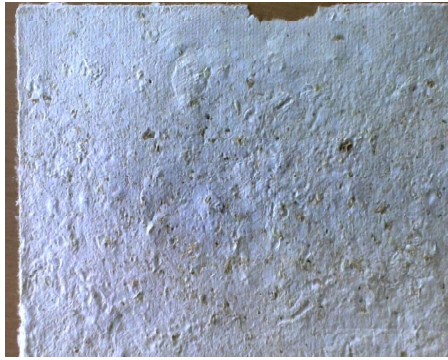


○結果

落花生の殻の配合率を30%、50%、70%で作製、結果を比較したところ30%と50%では差が見られず、70%の配合率でも少し全体的に凹凸があり、茶色がかっているくらいしか変化が見られなかった。表の写真からも配合率が30%と50%の紙はほぼ紙と変わらないことが確認でき、70%の再生紙は凹凸があるため文字は書きにくい、紙として使うことは可能であった。

また落花生特有のにおいはいしなかった。落花生の殻が紙から剥がれて落ちる心配もなかった。

表3 30%、50%、70%の配合率の紙の比較

配合率	30%	50%	70%
写真			
色	白色に近い	白色に近い	少し茶色がかった白色
手触り	滑らかな部分とボコボコしている部分がある 紙に直接文字を書くことができる程度にボコボコしている	30%のものと同様手触り	全体的に少しボコボコしている
におい	なし	なし	なし

○考察

今回は電動ミキサーで行ったため細かく落花生の殻を砕くことができたが、砕き方の違いで紙の表面の凹凸具合や性質に違いが生じるのではないかと思った。落花生の殻を含んだ紙でも紙と同等の役割を果たすことができると考えた。また70%の配合率の紙はそのまま紙として使うのには少し向いていないが他の用途である段ボールや紙袋などに应用できそうである。50%の配合率の紙が紙として使用するには最適な配合率であることが結果から推測できる。

⑤4回目の実験

○目的

砕き方の違いで実験結果にどのように影響を与えるのか

○材料

落花生の殻、水、糊材、手動ミキサー、電動ミキサー



○手順

3回目の実験と同じ手順であるが、落花生の殻を砕くときに手動ミキサーか自動ミキサーを使い、砕き方を変えた。手動ミキサーで砕く場合、何日かに分けて砕いた。配合率は50%で実験した。

○結果

手動ミキサーも電動ミキサーも同じ配合率で行ったが落花生の殻が大きいため手動ミキサーのほうが落花生の殻の割合が多く感じられた。手動ミキサーのほうが色が茶色がかっており、凹凸が目立った。一方で電動ミキサーのほうが白に近い色をしており、滑らかな部分も多く、文字を書くことができた。どちらにもおおいに差はなかった。

表4 手動ミキサーと電動ミキサーの紙の比較

	手動のミキサー	電動ミキサー
		
色	少し茶色がかったが全体的に白っぽい	白に近い
手触り	凹凸があり、ザラザラしている	滑らかな部分とボコボコしている部分がある 紙に直接文字を書くことができる程度にボコボコしている
におい	なし	なし

○考察

手動ミキサーを使った場合と電動ミキサーを使った場合とでは紙の性質に違いが見られたため、砕き方を変えることで様々な用途に適用できると考えた。電動ミキサーでは表面がある程度滑らかであるため、絵葉書や手紙、包装紙に活用できそうだ。また、手動ミキサーは表面に多くの凹凸があるため衝撃を吸収する緩衝材や段ボールとして活用できると考察する。手動ミキサーのほうが電動ミキサーよりも凹凸がありザラザラしていたことから電動ミキサーのほうが細かく砕くことができると考えた。

⑥外部発表

今年の3月に仙台二華高校で開催された第22回水ものがたり研究会に参加した。この研究会に参加し、発表したことで宮城県の他校の生徒や関係者の方々に私達の探究について知ってもらうことができた。またSDGsやアップサイクルに関する質問があり、日本や世界の課題に興味を持ってもらえた。

⑦成果

本研究では外部発表や校内の発表を通して、より多くの人にアップサイクルやSDGsに関心を持ってもらい、身近な問題として意識してもらえたと思う。また落花生の殻100%で紙を作ることはできないが、コピー用紙と混ぜて紙を作製することで紙を作製することに成功し、配合率や使う道具の種類を変えることで性質の異なる紙を作製できることを発見した。

IV. 考察

①考察

○班としての考察

先行研究と同じ方法で実験を行っても落花生の殻100%で紙を作製することができるとは限らないが、コピー用紙と落花生の殻を混ぜることで再生紙を作ることができるとわかった。また、コピー用紙と落花生の殻の配合率を変えたり紙を作るときに使用する道具の種類を変えることで性質の異なった紙を作成することもわかった。3回目の実験で班員全員が紙を作製したが、粗めに落花生の殻を砕いた紙は配合率にかかわらずコピー用紙と落花生の殻がうまくくっつかず、剥がれ落ちてしまったためきれいな紙を作製するには細かく落花生の殻を砕く必要があるのだと考えた。落花生の殻には吸水性が優れていたり高い消臭効果があることがわかっているため、その落花生の殻の性質を活かして多くの応用をできると考察した。

○個人の考察

本研究で紙を作製して具体的な活用方法について探究するところまではできなかったが、3回目の実験から配合率で紙の性質が異なることがわかったため、表面が滑らかなものは便箋やはがき、折り紙などに活用し、配合率が高く、表面に凹凸があるものは落花生の性質をより活かした物にできるため匂い漏れを防ぐ紙袋や高い吸水性がコースターに活用できると考えた。また、3、4回目の実験で落花生の殻特有のにおいがしなかったのは、のり剤やコピー用紙と混ぜたことでにおいが気になりにくくなったためだと考えた。完全に落花生の殻のにおいを消すには落花生の殻に含まれているメキシピラジンを消すために高温のお湯に落花生の殻をつけるのが良いと考察した。

②今後の課題

○班の課題

落花生の殻には実際に吸水性があり、消臭効果があるのか検証できていないため、身近なもので測定しやすい沈降法²⁾で吸水性を調べ、消臭効果は検知管を使用して落花生の殻を使用したときと使用しなかったときでの変化を測定する。落花生の殻にはアレルギーが含まれているため、落花生の殻を使用した紙に触れたときにアレルギー反応が起こってしまうのか調べる必要がある。

○個人の課題

3回目の実験において配合率を15%おきに設定して行ったが、それより細かくせずに実験を行ったため50%から70%未満の範囲で引き続き実験をすることによりより細かい実験結果を導き出せるため配合率の差を細かく設定して再度実験する必要がある。落花生の殻を使用した紙は手作りの紙を作製するときよりも手間がかかったため、落花生の殻を使用した紙を製品としていくには、作製するとき一般的な紙と比べてどのくらいの手間やお金がかかるのか調べ、どのような点が良いのか具体的に数値に出して示していく必要がある。

V.まとめ

探究のテーマを探すにあたり、身近なところに疑問があることを知った。今まで気づけなかったことでも意識して生活すると、人によってなぜ匂いの捉え方が異なるのかや同じ時間寝ているのに目覚めがいいとき悪い時があるのはなぜか、暑いとなぜ勉強のやる気が出ないのか、雪の結晶はなぜ六角形なのかなど、社会には今まで気づけなかったが多くの疑問があるのだと気づいた。また日本の課題や世界の課題とも向き合うことができた。ニュースや新聞で話題になっているものは知ってはいたが具体的にどこに問題があるのかわからなかったり、その他の課題についても知らないものが多く、学びになることが多かった。探究活動をしてみても研究を行うことの難しさも実感した。思い通りの結果にならず行き詰まったことも多くあり、どのように探究を進めていけばいいか具体的に想像することができずなかなか進まないこともあったが、専門的な知識のある人のところへ行き、お話を伺ったり、実際に探究をしてきた先輩方に質

問して具体的なアドバイスをもらうことで今まで自分たちだけでは気がつくことができなかった新たな発見をすることができた。そしてその新たな気づきやアドバイスによってひらめいたこの先の探究方法を自分たちの活動に活かして探究活動をすることができた。外部発表では他校の人から質問をもらったりアドバイスを貰うことで多面的な見方を学ぶことができ、自分たちの探究方法を見直すきっかけになった。自分たちの探究に対して見方を変えると、今まで見えてこなかった新たな課題を見つけることができ、探究活動をより深いものにする事ができた。私達の探究は最終的に有効な活用方法を見つけて実際に作るまでに至らなかったが、落花生の殻100%の再生紙を作ることはできなくても落花生の殻を用いて紙を作製することは可能であることを見つけ、再生紙の作り方を確立してより多く落花生の殻を含んだ紙の配合率を見つけることができた。さらに配合率や使う道具の種類が異なることで書くのに向いていたり、吸水性が優れていたりと異なった性質を持つことも確認することができた。

○謝辞

本研究の遂行にあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻を賜りました。高橋龍馬氏には終始適切なご指導を賜りました。ここに深謝の意を表します。山陽製紙株式会社の長谷川将之氏には訪問した際に親切に対応していただき、また実験方法の助言をしていただきました。感謝申し上げます。株式会社五十嵐製紙の五十嵐匡美氏には再生紙を作成する際の具体的な方針についてご教授くださいました。厚く御礼申し上げます。最後に仙台三高の先生方から多大なご指導、ご協力いただきました。ここに誠意の意を表します。

注

- 1) コピー用紙と落花生の重さで配合率を変えている
- 2) ① 試料から10 mm×10mmの試験片を採取する。
② 試験片の測定面を下向きにして水に浮かべる。
③ 試験片が湿潤して沈降し始めるまでの時間をストップウォッチで測定する。

参考文献

小川 誠 2016年 身近な植物で紙を作る新手法 徳島県立博物館研究所
静岡県立富岳館高等学校 2019年 落花生パルプの性質と紙の強度 あすなろ学習室
本間文徳、牧恒雄 2010年 水蒸気爆砕を用いた落花生殻の有効利用に関する研究 東京農業大学
大学院
公益財団法人古紙再生促進センター 2000年 コピー紙から手すきはがきをつくろう!! 公益財団法人古
紙再生促進センター 最終更新日2023年11月1日
一般財団法人ボーケン品質評価機構 2016年11月11日 吸水性 一般財団法人ボーケン品質評価機
構 最終更新日2024年5月1日

資料

写真1



写真2

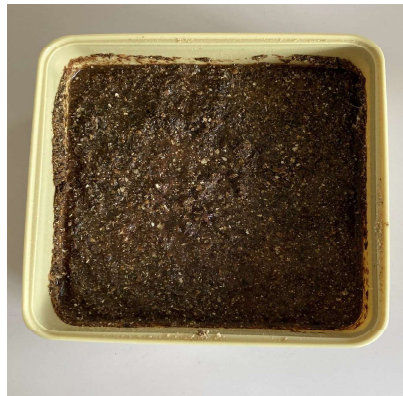


写真3

