

# 竹チップを使った梱包資材の腐食抑制効果に関する実証実験について

静岡大学 農学部生物資源科学科 南雲ゼミ

指導教員 准教授 南雲俊之

参加学生 佐藤礼奈（代表），後藤悠香，佐野琉太，  
佐藤友耶，手嶋寛大，山本華，平島昇羽，鈎美琴

## 1 要約

放任竹林整備の過程で発生する竹材の循環利用の仕組みづくりに貢献するため、「竹製 edish」容器での生鮮食品保管，使用后容器の繰り返し有効利用のための土壌還元，つまり土壌混合および表面散布時の好影響・悪影響を知るため，幾つか実験を行って知見を整理した。これらの成果を踏まえて，竹製 edish を軸とする，竹材有効利用の在り方に対して提言を行った。

## 2 研究の目的

かつてモウソウチクはタケノコ・竹材生産のため栽培利用されてきたが，安価な海外産タケノコの輸入や竹材に代わるプラスチック材料の普及で採算が合わず，管理放棄されて放任竹林が増加した。これに対して，地域の有志やNPO 団体などが竹林管理・伐採に取り組むようになった。しかし，この管理・伐採により生じる竹材は必ずしも有効利用されていない。竹林管理・伐採をより強力に推進するためには，その活動資金を得るだけでなく，産業化も必要である。

南雲ゼミでは，これまで竹材（竹粉）の肥料化等に取り組んできた。一方，多彩な植物性廃棄物のリサイクルも盛んになっており，植物性廃棄物を使った再生製品が社会に出回っている。この研究では，静岡市からの提案を受け，竹材（竹粉）を配合した梱包容器の利用について，廃棄（土壌還元）までのライフサイクルを踏まえた，付加価値の高い製品開発に向けての課題を明らかにしようと考えた。

## 3 研究の内容と成果

### （1）当初計画

課題提案者の静岡市役所担当者と相談しながら，生鮮食品保存運搬容器としての使用から廃棄（土壌還元）までのライフサイクルを踏まえ，以下の3 課題に取り組んだ。

①竹材には抗菌作用があると言われ（寺岡・高橋，1995），竹紙の抗菌性が調べられている（真鍋ら，2011）。竹粉を配合した紙容器「竹製 edish」でイチゴ劣化を防げるか，市販のプラ容器等と比較しながら観察する。この観察は，イチゴの貯蔵では容器素材だけでなく，温度管理も重要とされるので（平野ら，1983；劉・小島，1997），常温と低温条件で行う。

②使用後の紙容器は，そのままゴミとして焼却せずに，資源として農業資材等として利用するのが望ましい。竹材にはカリウムが比較的多く含まれ（南雲ら，2014，2015），有用元素

とされるシリカ集積植物である。ただし、竹粉そのものは畑土壌に混合すると、作物に窒素飢餓を起こす（山川ら，2009；南雲ら，未発表）。一方、パルプの土壌混合に関する情報はあまりない。パルプに竹粉を配合した「竹製 edish」を堆肥し、その堆肥化物の特性を明らかにする。

③一方、竹粉・竹チップは、表面土壌の保温や表面被覆による雑草抑制を狙って土壌マルチ（表面被覆）資材として注目されはじめている（梅ら，2006；菊川，2016）。土壌に混合すると窒素飢餓などの問題を起こすが、畝間なら作物に対する窒素飢餓のリスクは少なく、表面被覆と窒素飢餓によって畝間雑草の抑制が期待できる。ただし、寒い時期のマルチは、雑草にとっても保温等の恩恵を受けることになるので、雑草繁茂を助長する可能性もある。そこで、竹粉・竹チップの雑草動態への影響・効果を確認する。

## （2）実際の内容（B，一部修正）とその理由

①当初計画通り、竹粉を配合した紙容器「竹製 edish」と、市販のプラ容器等とを比較しながら、常温と低温条件でイチゴ過日の劣化を目視観察し、その劣化度合いをスコア化した。ただし、竹製 edish 容器はイチゴ梱包用には試作されず、初期に試作した深皿型容器のみが提供された。やむなく、この深皿型竹製 edish を使うこととなり、これに合わせてプラ容器等も深皿型ないしおわん型（どんぶり型）で統一した。

②当初、竹製 edish 容器から堆肥がすでに作られているという未確認情報をもとに、すでにある堆肥の分析を行う予定であった。しかし、関係者との打ち合わせをしていく中で、竹製 edish の容器開発自体が頓挫しており、竹製 edish を材料にした堆肥もなかった。この時点で、堆肥化から行うのは時間的に難しかった。そこで、製造元から聞き取り調査した配合割合で組み合わせて、原料であるパルプと竹粉そのもの土壌混合した場合の窒素飢餓リスクを明らかにした。

③竹粉・竹チップのマルチ利用は、計画通り進めている。この成果・実績報告には間に合わなかったが、今後きちんと調査して、市役所担当者と共有していく予定である。

## （3）実績・成果と課題

①竹製 edish 容器でイチゴ劣化を防げるか？

保存容器には、竹製 edish 試作品（市役所提供、パルプ7：竹粉3）に加え、エコバンブーボウル（HEIKO ブランド、竹繊維配合）、未晒フードパック（HEIKO ブランド、未晒クラフト紙+PE コート）、クリアフードパック（スミ株式会社ユニコン、透明ポリスチレン）、プラ丼容器（シーピー化成、発泡ポリスチレン）、SD 咲き丼（中央化学、タルク配合ポリプロピレン）を使った。いずれも円形（直径 15cm）、高さ 5～10cm 程度の深皿ないしおわん型容器であった。イチゴは JA 静岡・南部じまん市で購入し、1 容器に 5～6 粒を直置きした。イチゴ容器では、しばしば緩衝材が敷かれているが、今回は容器に直接接触するように意図した。いずれの容器も、紙皿（HEIKO ブランド、バージンパルプ）でフタをした。常温＝エアコン調温 20℃の室内、低温＝ラボ冷蔵庫（4～5℃）に置いた。測定は、商品価値や日持ちにかか

わる「傷や傷み」(多々良 1999)、「光沢」(門馬・上村 1978)と、「カビ」の発生度合いを目視判定して点数化した。

その結果、室温保存7日でヘタが枯れ、カビや萎れが見られた。このとき、「傷や傷み」のスコアは0.4~2.6、「光沢」スコアは0.4~2.2、「カビ」の発生度合いは1.2~3.8であった。一方、低温保存は9日目でもヘタが緑のまま、このとき、「傷や傷み」のスコアは3.3~4.2、「光沢」スコアは3.3~4.2、「カビ」の発生度合いは0.0~0.5であった。一部シミや潰れが気になるものの、カビや萎れはほとんどなく、光沢も高く保たれていた。竹材を使った容器は竹製 edish とエコバンブーの2種類あったが、ほかの容器素材と比べてイチゴ品質が良かったとは言えず、カビの発生も防げなかった。

## ②使用済み容器の土壌添加で窒素飢餓は起こる！

土壌は附属農場の熟畑から採取し、均質化のため風乾細土に調製したものを使った。処理は、竹製 edish 容器材料と窒素肥料を組み合わせた。このとき、容器材料はパルプと竹粉を10:0~7:3に混合したものを土壌に対して2%w/w(土作りのため堆肥施用するレベル)与えた。窒素肥料(硫酸アンモニウム、試薬グレード)は土壌1kgあたりN1g(N100kg/10a程度)とした。これらを土壌とよく混合したのち、乾燥土壌に対して40%w/wの水を与え、エアコン調温20℃の室内、暗所条件に置いた。ブルムナー法(2M KCl 溶液、土液肥1:5)により土壌の無機態窒素を抽出し、NH<sub>4</sub>-Nはインドフェノール法、NO<sub>3</sub>-Nはデジタルパックテスト法により測定した。両者の合計を無機態窒素量とした。

その結果、窒素肥料を添加しない場合、土壌の培養開始11日目で土壌のみの対照区の無機態窒素は190 mg/kgであったのに対して、パルプ・竹粉材料を添加すると無機態窒素が100~130 mg/kgとなった。後者の無機態窒素量は、前者の対照区より32~47%減少し、窒素飢餓が懸念された。ただし、窒素肥料添加をした場合、対照区1059 mg/kgと、パルプ・竹粉材料添加区1000~1113 mg/kgとで無機態窒素量に大きな違いはなく、窒素飢餓のリスクは窒素肥料の添加で回避できるものと考えられた。

## ③窒素飢餓を雑草防除に利用できないか？

畑の畝間に対する竹粉の散布は、窒素飢餓を誘発して雑草の発芽・生育を抑制できると期待される、一方寒い時期には保温効果も働くので却って雑草生育を助長する可能性がある。この報告書をまとめる時点で、ようやく芽生えが観察され始めた。この報告書作成までに調査が間に合わず、このあと責任をもって観察し、成果を市役所担当者と共有したい。

## (4) 今後の改善策と対策

竹粉・パルプ素材そのものでは、窒素飢餓が起こる。これを利用した雑草抑制効果は、期間内に検証できなかった。このあとゼミ学生総出で調査して結果をまとめ、雑草の抑制あるいは助長のどちらに働くか明らかにしたい。また、土壌に直接混合するためには、堆肥化等の処理が必要と考える。今回の共同研究では時間の都合上できなかったが、使用後の竹製

edish 容器（あるいは竹チップ）の堆肥化を行って、その成分を明らかにしつつ、農地に直接利用（土壌混合）できる方策を見つける必要がある。

#### 4 地域への提言

イチゴは、果実が柔らかく、振動による損傷はもちろん、自重で潰れが生じるなど、包装・梱包に細心の注意が払われる。その包装容器は、ポリスチレン素材の平詰めトレーに対してウレタン素材の内装緩衝材を併用したり、容器自体も伸縮性フィルム容器や宙吊り型容器が開発されたりしている。今回の結果は、竹粉配合した容器を包装容器としてみると、常温では容易にイチゴにカビが発生し、また竹粉配合素材でカビ抑制効果もなかったため、期待された抗菌性はない。とはいえ、竹材・竹粉は、放任竹林の管理・伐採という地域保全活動の産物であり、ほかの素材と比べてカビの発生を助長したわけでもないため、従来のプラスチックに代わるエコ素材としてアピールできる。低温保管でも自重による潰れが散見されたため緩衝材を使う前提で、外装容器としての利用が現実的かもしれない。竹製 edish 容器の配合・製法自体がまだ確立されていないものの、竹林保全活動とリンクしたエコ素材と捉えるなら、すぐ社会実装可能であろう。

一方、エコ素材なのだから、最後までエコロジーにこだわって行こう。現在、脱プラスチックの流れが進んでいる。プラスチック容器・素材から、この竹粉配合した紙容器だけでなく、多種多様な植物性廃棄物由来、植物性廃棄物素材の製品が開発され、置き換わろうとしている。これらを最後、焼却しても植物由来だからカーボンニュートラルというのかもしれないが、土壌還元して堆肥等資源として繰り返し有効利用するほうがさらに良い。ただし、竹粉・パルプそのものでは、窒素飢餓が起こるため農地に直接利用は難しいかもしれない。かつて紙類や生ごみを中心とした「都市ごみ」コンポストが注目されていた。今回の共同研究では時間の都合上できななかったが、農地に直接利用（土壌混合）するには、都市ごみと同様に堆肥化が有望かもしれない。一方、同じく今回の報告に間に合わなかったが、窒素飢餓が起こる前提で、雑草防除等への利用が可能であれば、新たな土壌還元策の 1 つになりうる。この場合、堆肥化は必ずしも必要なく、使用済み竹製 edish 容器を粉砕するだけ、あるいは竹チップそのものを直接、利用してもよいであろう。

#### 5 地域からの評価

この課題の提案者である静岡市環境局環境創造課とは、南雲ゼミの竹チップ・竹粉肥料化研究で数年来、協力いただいていた。今年度初めてゼミ学生等地域貢献推進事業を通して、竹チップの梱包材利用の課題に共同で取り組んだ。コロナ禍での混乱に加えて、容器がない、堆肥がないといった数々のトラブルもあり、研究開始が大幅に遅れる中、最大限の配慮と協力を頂いた。竹製 edish にとどまらず、広く竹チップ・竹粉の有効利用に向けて、研究の推進とその成果の還元に大きく期待を寄せていただいていると考えている。今回の成果を共有しつつ、今後も協力関係を維持していきたい。また、これまでの竹粉利用の肥料化研究をさらに推進し、情報提供して市役所の竹林対策に寄与したい。