

国東半島産七島イの持続可能な地域資源としての利用に関する研究 -カーボンニュートラルな原料の開発-

工学部 環境・化学系第二班 岩見裕子

（緒言）

「七島イ」は主に畳表に用いられる農作物で、現在は大分県国東半島でのみ生産されている。七島イで編まれた畳表（琉球表、大分青表）は滑らかで耐摩耗性が高く、耐久性はイグサより優れていると認識されていて、最盛期には北は東北地方まで生産が行われていたが、畳需要の低下や安価な輸入イグサ畳表に需要がおされ生産が落ち込み、現在にいたっている。国東半島宇佐地域は七島イの生産技術などに環境保全型農業を取り組んでおり、2013年に世界農業遺産として認定されている。七島イは地域活性化を可能にする高い能力を秘めており、今後も持続的に作物として利用していくために付加価値の向上が求められている。そのため、その耐久性において、さらに詳細な科学的調査を行い、新しい材料としての用途について検討が必要である。

近年、生産活動においてカーボンニュートラルが提唱され、プラチック製品用などの材料においても石油原料の代わりに生物由来原料に置き換えようとする動きが高まっている。現在は高強度や難燃性などの特性を付与しつつ、非可食の原料などを中心に様々な生物由来原料の利用が検討・模索されている段階である。そのため、さらなる多様な検討が必要である。

これまでの研究において、七島イを光学顕微鏡およびSEMにて観察し、植物構造がイグサと異なることを確認し比較を行った結果、維管束の分布や太さ、外皮の厚さが強靱性に関与していることを明らかにした。また、七島イの植物構造の部位別にX線回折測定を行い、結晶性セルロースの存在を確認し結晶化度についても検討した。セルロース結晶化度は外皮において42%と一番多く、セルロース繊維の結晶性が高い外皮が厚いことが、イグサの場合よりも強靱性に関与する重要な要因の一つとなっていると考えた。

本研究では、七島イを材料として利用することを念頭に物性等を検討し、耐久性などの高付加価値を与えることができる優れた特性の要因を解明すること、そして製品材料に優れた特性を与える生物由来原料を七島イから取り出し材料として検討することを目的としている。また、実際に汎用樹脂との相溶・混和を行い七島イとプラスチックとの複合体成型体を作成した。

（方法）

1. 七島イの構造特徴（化学組成と繊維配向性）の検討

蛍光X線分析装置（Rigaku EDXL-300）を用い、七島イ茎を乾式灰化（300℃ 24hrで炭化後、500℃ 24hrで灰化）した試料について、サンプル形態は粉末、定量はファンダメンタルパラメータ法（FP法）を用いて行った。

X線回折測定は島津XRD-6100を用いた。平たいリボン状に取り出した七島イ維管外皮の板状試料に繊維方向（茎の天地方向）に対して垂直にX線をあてて測定し、粉末状セルロース試料との比較を行った。

2. 七島イ繊維、七島イ由来フィラーの取り出しと原料としての検討

七島イ繊維の取り出しにおいては、七島イの茎を0.5%NaOH水溶液で一晩浸漬後、吸引ろ過し、ろ紙上固形物を水に懸濁しミキサーで微細化・開繊処理を5分間行い七島イ繊維とした。七島イ繊維を水に懸濁しシャーレに注ぎ入れ、静置して水分を40℃で蒸発乾燥させ七島イ繊維フィルムを作成した。フィルム中の繊維の集合状態を偏光顕微鏡（Keyence VHX-5000）にて観察した（図1）。

七島イ由来フィラーは、七島イの茎を2cmに切り、水中で1時間マグネチックスタラーで攪拌したのち、ミキサーで2分間微細化・開繊して取り出した。七島イ由来フィラーは低密度ポリエチレン（LDPE）に対して、LDPEの成型温度範囲の170℃にて、0～10%の割合で混和し、板状にプレス成型を行い、七島イLDPE板状成型体を作成した（図1右中、右下）。

（結果と考察）

1. 七島イの構造特徴（化学組成と繊維配向性）の検討

蛍光X線分析では、K（カリ）、Na（ナトリウム）、Mg（マグネシウム）、Si（ケイ素）、Ca（カルシウム）、S（イオウ）が検出された。灰化試料中含量（実測値）と乾燥物中含量（計算値）を表1に示す。Maらの研究によると、被子植物の単子葉植物のうちイネ科やカヤツリグサ科ではSiの集積が多く、イ

ネは Si が不足すると倒伏がおこりやすくなり、病原菌や害虫に侵されやすくなる事が知られている²⁾。Si はイネの植物体の構造を強化すると考えられている。植物体乾燥物中の Si 含量は 0.1~10%で、イネの葉では 4.4~9.6%、イグサでは 0.14%~0.39%、七島イの近縁種であるパピルスでは 1.75%である³⁾。七島イには、イグサよりも多く含まれていることがわかった。Si の存在が七島イの耐久性に関与している可能性が示唆された。

X線回折測定では七島イの外皮においてセルロース結晶に特徴的な周期が観察されたが、粉末状セルロースの回折パターンでみられるセルロース結晶の分子鎖方向の周期(004)については観察できない(図2)。このことは、セルロースの分子鎖が繊維方向に並んでおり、セルロースの分子鎖の方向がそろっていることを示す。また、平行に並んでいるセルロース分子鎖間の周期(200)が粉末状セルロースに比べ広がっている。外皮のセルロース結晶格子が繊維軸方向への引っ張りなどの力により結晶格子に歪みを生じていることが推測される。この力は外皮の強度に関係すると考えられる。

2. 七島イ繊維、七島イ由来フィラーの取り出しと原料としての検討
七島イ繊維を顕微鏡観察し、短径 3.4~8.4 μm x 長径 0.07~24 mm で少し湾曲した形状であることを確認した。七島イ繊維フィルム中の繊維の集合状態はところどころ凝集している部分もあったがほぼ均一に分散していた、繊維の明瞭な配向性はなかった(図1右下)。

七島イ由来フィラーの LDPE への混和は比較的容易でプレス成型で板状に成型可能であった。フィラーの明瞭な配向形成はなかった。七島イ LDPE 板状成型物中のフィラーの含量が 0wt%では密度が 0.726 g/cm³、10wt%では密度 0.766 g/cm³であり、5.5%ほど重くなった。

今後、七島イ繊維を配向したフィルムや七島イ由来フィラーを配向した成型物を作成し、物理的性質について検討する予定である。

3. 謝辞

この研究は、平成27年度科学研究費補助金(奨励研究)課題番号 15H00406 により実施された。

研究遂行に際し、蛍光 X 線分析にご協力頂いた大分大学全学連携推進機構機の西口宏泰先生に御礼申し上げます。また、七島イや高分子材料、上記以外の研究器材等、さらに実験の全般においてご支援、ご助言いただいた氏家誠司先生に感謝申し上げます。

1) 岩見裕子, 工学部技術部報告書第7号(平成25年度), 国立大学法人大分大学工学部技術部(2014)

2) J. F. Ma, Plant Nutr., 50, 11, Taylor & Francis (2004). □

3) J. F. Ma & E. Takahashi: "Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan", Elsevier (2002).

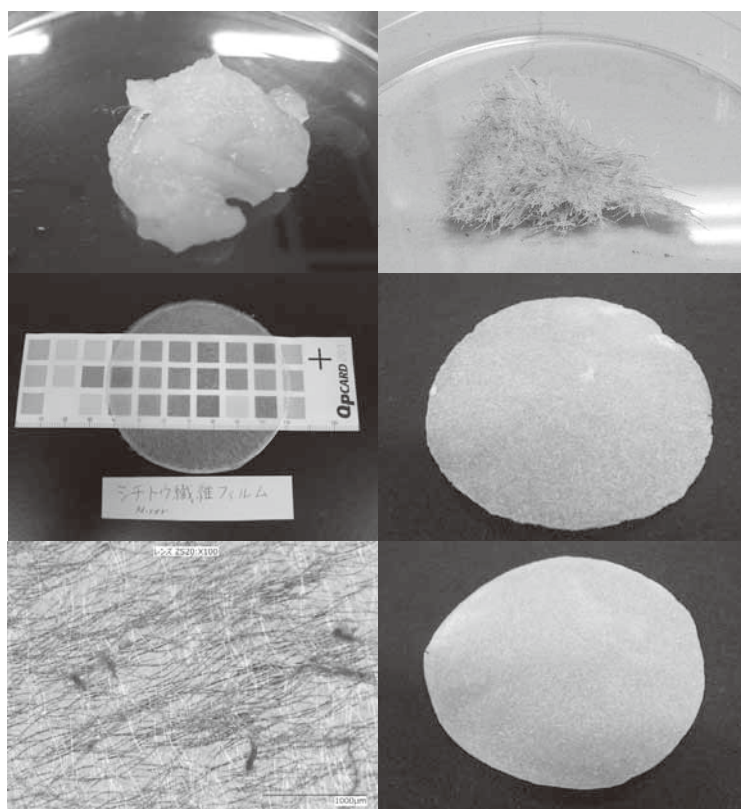


図1 七島イ繊維(左上), 七島イ繊維フィルム(左中)とその顕微鏡写真(右下), 七島イ由来フィラー(右上), 七島イ由来フィラーLDPE 板状成型体 10%混和(右中), 同1%混和(右下)

表1 七島イ茎の無機成分

元素	灰化試料中 含量(wt%)	乾燥物中 含量(wt%)
K	28.3	2.13
Na	23.9	1.80
Mg	18.8	1.41
Si	7.98	0.60
Ca	6.62	0.50
S	5.72	0.43
Cl	5.31	0.40
P	2.94	0.22

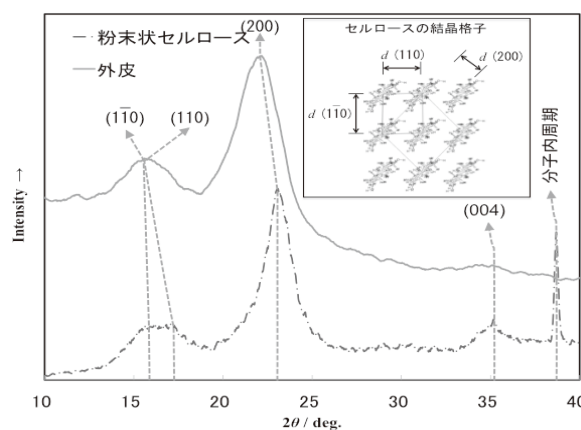


図2 七島イ外皮(繊維状)のXRDパターン