

氏名(国籍)	陳	の	野(中国)
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博甲第3344号		
学位授与年月日	平成16年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	農学研究科		
学位論文題目	Characteristics of Biodegradable Plastic Based on Starch (澱粉を主体とする生分解性プラスチックの特性)		
主査	筑波大学教授	農学博士	黒田健一
副査	筑波大学教授	農学博士	前川孝昭
副査	筑波大学教授	農学博士	富田文一郎
副査	筑波大学教授	農学博士	久島繁
副査	筑波大学助教授	農学博士	杉浦則夫
副査	独立行政法人食品総合研究所食品工学部製造工学研究室長	農学博士	五十部誠一郎

論文の内容の要旨

近年、生分解性プラスチックを再生可能資源由来の環境低負荷素材とする見方が定着しつつある。本研究では、環境に優しい再生可能な馬鈴薯澱粉を原材料として新たな澱粉質生分解性プラスチックの開発を行い、このプラスチックの特性を多方面から検討して、その利用可能性について評価を行った。

まず、本研究では澱粉に熱可塑性を付与するために、澱粉をアセチル化反応により疎水性基のアセチル基で置換し、これを親水性可塑剤であるグリセリンと混合してエクストルーダで押出成型した。このことによりプラスチックシートの作成を可能とした。これは、澱粉分子の疎水化と水素結合の減少及び置換基の立体効果による澱粉分子鎖の規則的配列の乱れ等により熱可塑性の付与が可能となったものと考えられる。成型されたシートは、走査電子顕微鏡 (SEM) による観察から均一な結晶及び連続的な表面構造を持つことが明らかとなり、示差走査熱量計を用いた熱分析 (DSC) ではガラス転移点が現れることが確認された。

更に、苛性処理したさとうきびバガス (米国ハワイ産、リンド部分) の添加により機械特性や耐水性をより向上させた。バガス繊維添加量 15% まで引張強度は増加したが、21.5% まで添加すると、アセチル化澱粉マトリックスとはほぼ同程度まで低下した。このことから繊維の臨界長さはこの成形品の平均繊維長の二倍 $1.9 \times 2 = 3.8\text{mm}$ であると認められた。

また、市販のアセチル化セルロース (置換度 2.5、平均分子量: 43,000) の添加により機械強度や耐水性も向上した。作成品は異なる湿度条件に置かれ、それらの環境湿度、シートの水分含量、強度の関係をモデル化し、相対湿度の異なる環境下でのシートの強度変化をシミュレーションすることが可能となった。ガラス転移点の変化は、平衡水分含量と関係し、Gordon-Taylor 方程式と一致した。JIS K6951 による生分解性の評価では、プラスチック-水系培養液による好氣的生分解度はほぼ 100% となり、土壌埋設試験においても 8 週目に目視で完全分解状態にあることが観察された。

本研究で成型した澱粉を主体とする生分解性プラスチックは、ポリスチレン（PS）と似て、良好な機械特性や成型性、耐水性を揃えていることから、植木鉢、育苗ポット等を作成することが示唆された。植物のポットなどの製造では、材料をペレット化する際に植物の成長に有効な微量元素などを添加しておくことにより、土壌中で生分解性するにしたがって、拡散溶出し、安定的に植物へ供給することが可能となった。このような資材は、農業での栽培管理の効率化や農地での過剰肥料の改善などを副次的な効果も期待できる。また、無水酢酸を使って澱粉をアセチル化させているため、微量でも酢酸の残留があれば、食品容器として使用することが難しくなるものと考えられる。そこで、SPME-GC/MSによりその酢酸の揮発量を定量した結果、アセチル化澱粉プラスチックの成型中に酢酸臭はほぼ揮散していることが確認されたことから、食品容器の材料としても潜在的な応用の可能性があるものと考えられる。

審査の結果の要旨

本研究は、澱粉をベースとした生分解性プラスチックの利用・開発を目的としたものである。しかし、プラスチックの成型条件のような水分が少ない状態では、澱粉分子鎖相互間の結合が強く、熱可塑性、すなわち加熱により柔らかくなって流動性を示し成形できる性質を示さない。従って、澱粉に対し熱可塑性を付与しなければフィルムや容器を成形することはできない。そこで、いかにして澱粉に熱可塑性を与えることができるかが本研究のキーテクノロジーとなったが、著者は、澱粉をアセチル化し、これにグリセリンとの混合を行い、続いて押出成型を施すことにより、澱粉に熱可塑性を付与することに成功した。また、バガスなどのセルロース状の繊維の添加により機械的強度や耐水性を向上させることにも成功した。これにより、成型した澱粉主体のプラスチックは、植木鉢から食品容器にいたるまでのプラスチック製品として、幅広く利用される可能性を示した。その成果は高く評価できるものである。

実用化に当たっては、機械的特性をさらに向上させるための基礎研究や、製造コスト削減の研究が今後の課題となったが、本研究で成型した澱粉を主体とした生分解性プラスチックは未利用の農産廃棄物として大量に廃棄されるバイオマスの有効利用に途を開くものであり、実用化が期待される。

以上のように、本研究で得られた一連の成果は循環型社会の形成および農林工学分野における環境問題に大きく寄与するものと判断される。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。