

## 学位論文審査の結果の要旨

氏名	有賀 広志
審査委員	主査 島崎 一彦 副査 羽藤 堅治 副査 奥田 延幸 副査 森 牧人

論文名

光・熱特性を付与した農業用 ETFE フィルムの開発

審査結果の要旨

ETFE（エチレン-テトラフルオロエチレン系共重合体）を用いたフッ素樹脂フィルムが、農業用被覆資材として使用されてから 25 年が経過した。ETFE フィルムは、農業用被覆資材の必須特性である透明性、高い機械的強度、汚れにくさ、引き裂けにくさ等に優れており、しかもそれらの特性が 20 年以上も変化しない優れた材料である。そこで太陽光からの全波長域の光（紫外線、可視光線、近赤外線）に対して機能性を有する ETFE フィルムを開発し、その光・熱特性や耐久性を評価すると共に、それらフィルム下における野菜の成長とハウス内環境について調査した。

### 1. ETFE フッ素樹脂フィルムへの UV カット機能の付加

紫外線域に対しては新規に UV カットフィルターを合成し、その機能や機械特性が屋外暴露で 12 年以上経過してもほとんど低下しないフィルムを開発した。数十ナノサイズの水酸化セリウムを沈殿させ、その沈殿物を水ガラス(シリカ)で被覆し、その後焼成した酸化セリウム：シリカ=40：60 のシリカ被覆酸化セリウム粒子を考案した。シリカは ETFE から発生するフッ酸から酸化セリウムを保護する。加えてこの粒子を分散させる表面疎水化処理法も考案した。従来の UV 光を透過する ETFE フィルムは、ポットやカーテンなどのハウス内のプラスチック材料が数年で劣化する問題があったが、その寿命が 4 倍程度まで伸びること、また UV 光のカットにより害虫のハウス内密度が減少する効果も確認した。

### 2. 波長変換フィルムの開発と利用

施設栽培においては光合成有効波長域(可視光線域)の透過率が高い必要であることから、光合成に特に有効とされる 600~700 nm の光量を増加させる波長変換フィルムを開発した。波長変換材料は 558 nm 付近の緑色光を吸収し 620 nm 付近の赤色光を発光するペリレン系有機顔料とした。この材料は UV 光で劣化するためフィルム中に無機の UV カット剤を併用することにより 4 年程度の寿命を 7 年程度に伸ばすことができた。展張初期は太陽光の 1.07 倍程度の高い赤色光透過を得た。実展張が進むにつれ青色光や緑色光の吸収は少なくなったが、対照区とした通常の ETFE フィルムよりは約 4 年後も 1.07 倍赤色光が多いのを確認した。ハクサイでは地上部生体重が増加

し、ハツカダイコンでは地下部の肥大が促進された。サツマイモは地上部生体重が波長変換 60  $\mu\text{m}$  区で最も低くなったが、塊根の生体重は最大となり、塊根の肥大が促進された。しかし波長変換 100  $\mu\text{m}$  区では塊根の肥大がやや劣っていた。ホウレンソウでは、最終調査で SPAD 値、地上部生体重および草丈において差異は認められなかった。キュウリについては総収穫高、成長、果実の乾物率が大きくなることが分かった。しかし果実の長さや曲がり程度、果実の平均重量には差は認められなかった。P 含有率は果実、第 10 葉ともに高くなり、その他の無機成分含有率は、波長変換区でやや高くなる傾向にあった。このように野菜の種類によって波長変換の効果が異なることがわかった。

### 3. 近赤外線吸収フィルムの開発

近赤外線域については、高温期のハウス内温度上昇を抑制する目的から近赤外線吸収フィルムを開発した。近赤外線吸収特性を有する六ホウ化ランタン (LaB6) を、シリカで被覆して 10 年以上の耐水性及び耐候性を付与させたフィラーを新規に合成した。シリカ被覆 LaB6 粒子を分散させた IRC79 (可視光線透過率 79%, 日射透過率 63%) のフィルムを、PET 系熱線反射フィルム及び農業用 UV カット PET フィルムと同一ハウスに展張し、照度、葉温等について測定した。近赤外線吸収型の IRC フィルムにおいても地温や葉温の上昇抑制が認められたが、可視光線域 (光合成領域) の波長も若干吸収されることから生育への悪影響が懸念されたため、今後さらなる研究開発が必要である。

### 4. 農業用被覆資材の簡便な断熱性評価法の確立

農業用被覆資材の簡便な断熱性評価法と保温性についても検討した。フィルム上下に断熱性の高い発泡ポリスチレンを主とするスペーサーで空気層を確保し、市販の熱伝導率測定装置を使用した熱貫流率測定法を考案した。1 時間程度で測定が終了しその値の再現性は高かった。既報の熱貫流率の値と高い相関 ( $R^2=0.910$ ) が認められたことから、農業資材の相対的断熱性評価の簡便な方法として利用可能である。熱貫流率に対しては遠赤外線透過率が大きな影響を与えること、また ETFE フィルムの 1 重ハウスおよび 2 重ハウスの屋外展張試験において、厳冬期の最低気温の平均は 0.7  $^{\circ}\text{C}$ 、3.0  $^{\circ}\text{C}$ それぞれ屋外より高く、特に 2 重ハウスにおいて保温性の改善が見られることを確認した。

本論文の公開審査会は平成 27 年 2 月 7 日に愛媛大学農学部において開催された。申請者が論文内容について発表した後、質疑応答が行われた。また、引き続き論文審査委員会を開催し、本論文の審査を行った。これらの結果から、本論文は博士 (農学) の学位を授与するに値すると審査委員会全一致で判定した。