高性能施設園芸用被覆フィルムの開発

住友化学(株)　樹脂開発センター
阪谷泰一
南部仁成
児島伴樹

Development of Covering Film for High-Performance Horticulture

Sumitomo Chemical Co., Ltd.
Plastics Technical Center
Taiichi SAKAYA
Jinsho NAMBU
Tomoki KOJIMA

Japanese agriculture developed with the first consideration that regards on taste and convenience of consumers and met variety of their appetite. On the other hand, for the agricultural technology that has supported mass consumption, there are many problems at a point of "food safety" and "environmental conservation".

Therefore new technology development for food safety assuming low resources / energy consumption is demanded recently.

In this paper, we review technical thought of the covering film for high-performance horticulture, and give an outline of our action plan that survey the future market and agriculture.

はじめに

BSE、鳥インフルエンザなど、相次ぐ農畜産物の安全を脅かす問題の発生は、生産者や流通業者に対する信頼を大きく揺るがせたとともに、私達消費者の「食の安全」に関する意識を急速に高めた。一方日本の農業は、農産物輸入拡大に伴う価格の低迷や就農者の高齢化・後継者不足による活力低下といった国内外の問題に直面しつつも、先進的な農業経営者らは「食の安全」を商品価値と考え、「安心」を「安定」して「安価」に提供する高度な施設園芸技術を志向している。

住友化学は、1981年にクリンテートを上市。農ビ（農業用塩化ビニルフィルム）主流の市場にポリオレフィン系材料による技術革新をもたらし、施設園芸技術の発展に貢献してきた[1)]。また2002年に三善加工にクリンテート事業を統合した以降も、トップメーカーとして常に農PO（農業用ポリオレフィン系フィルム）市場をリードしてきており、現在農PO市場のトップシェアを占めるに至っている。

農POは"風に強い、軽い、環境に優しい"などを特徴に徐々にシェアを拡大したものの、農ビを完全に代替するには保温性や防曇性などの品質における完成度が不充分であった。ところが、住友化学が1995年に上市したクリンテートDXにおいて農ビ同等の保温性が実証され、さらには1997年以降には防曇持続性が飛躍的に向上した防曇剤塗布型農PO[2)~4)]が各社から上市されたことを契機に、農POは単なる農ビの補完材料であるとの認識から、張替えの作業やコストを軽減する省力・耐久型資材として認知されるようになり、大規模施設園芸農家や補助事業物件を中心に普及が加速した。また省力化・低消費資源（低廃棄物）化は国内農業の競争力向上を支援する農業政策や環境保護政策の方針とも合致し、幅広い方面から支持を集める結果となった。このような事業環境を背景に、各社が競って農POの開発を進めた結果、市場での競合は激化したものの、その品質は年々向上し認知度はますます高まった。農ビメーカー各社が農POを自社の商品ラインナップに加えた現在、市場における競合材料はもはや農ビではなくなってきている。まさに農POの進化が新たな市場を創出し、施設園芸技術の発展とともに独自の成長軌道を描き始めていると言える。

住友化学では、独自のポリマー構造制御技術や成形加工技術を基盤に添加剤配合技術さらには塗工技術などを複合化して農POの開発を行い、多くの要素技

術を蓄積してきた。最近では、塗布型防曇剤の開発によって確立された界面改質技術から新しい機能が見出され[5)～7)]、高い価値を創造する技術として今後の展開が期待されている。現在、この界面改質技術をさらにハイブリッド化した次世代施設園芸技術のコンセプトづくりにとりかかっているところである。

今後日本の農業は、事業としての競争力向上に加えて、食の安全を確保することが使命であると考えられている。住友化学が施設園芸の発展を通じて日本の農業に貢献していくためには、単に施設園芸用資材を提供するだけではなく、高度な施設園芸技術をサポートするシステム開発が重要であると考えている。就農者数が減少する一方で施設園芸面積が堅調に推移していることは、施設園芸農家の大規模集約化が進んでいることを表しており、そこには次世代を担う農業経営者達のポテンシャルを覗うことができる。著者らは、クリンテートがそのような彼らに価値を提供し、夢を与えることを目指して開発を進めている。

本稿では、クリンテート の技術思想を概説するとともに、農業における夢の実現を目指した今後の技術開発や市場戦略についても触れてみたい。

クリンテートの技術思想

1．強度と軽量化

農POは、その展張部位によって適切な厚みが設定されている。代表的な展張部位別の厚みをFig. 1に示す。開閉作業が頻繁に行われる内トンネルやカーテン用は軽量であることが重要で0.05mm～0.075mmの薄肉品が用いられる。一方、保温性や強度が重要視される外張用には、0.1mm以上のものが用いられ、特に3年以上の連続展張を目的とする耐久用途には、0.15mmもの厚肉品が用いられている。しかしながら高所作業を伴う外張用フィルムの展張時には0.15mm厚みによる重量増は欠点であり、軽量化の要請が強かった。

従来農POはエチレン－酢酸ビニル共重合樹脂

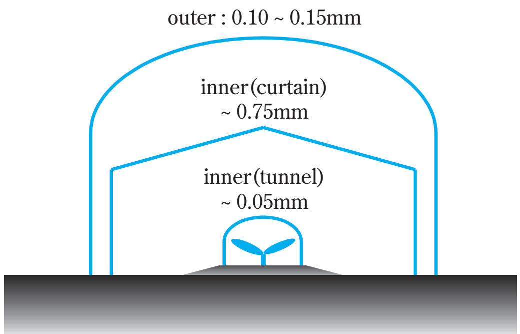


Fig. 1 Cross section of greenhouse

（EVA）を用いることで、低温時の耐衝撃強度や引裂強度などは既に農ビを凌駕していたため強度に関しては概ね満足との認識にあった。しかしながらメタロセン系低密度ポリエチレン（m-LLDPE）の登場はこれら認識を一変させた。中でも国内初のオールメタロセン農POである「イク育」（三石アグリ株式会社製：当時）は、圧倒的な強度を背景に薄肉化（軽量化）を可能にしたフィルムとして、「メタロセン」という言葉とともに高い注目を集めた。これを契機に農PO各社は一斉に強度改良競争に突入し、メタロセン化による農PO強度の底上げが進展した。

著者らは、強度改良は柔軟性の保持が重要であると考え、新型クリンテートの設計に際しては、展張作業性に配慮してEVA並みの柔軟性を保持するとともに、厚み0.15mmの既存製品と等価の強度を厚み0.13mmにおいて発現させ、13％の軽量化を達成することを指針とした。

新型クリンテートではメタロセン系ポリオレフィン・プラストマーを適用することによって、EVA同等の柔軟性を保持したままで、13％薄肉化しても従来品と同等以上の引張強度を発現するとともに、従来品比2倍の打抜衝撃強度を達成する樹脂組成を設計した（Fig. 2，Fig. 3）。

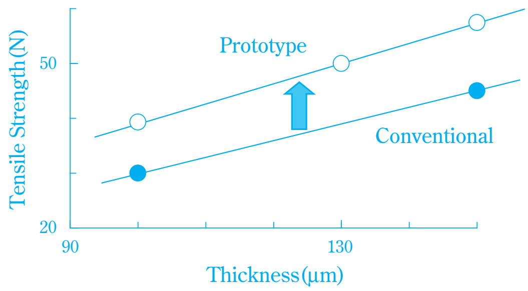


Fig. 2 Tensile strength vs. film thickness

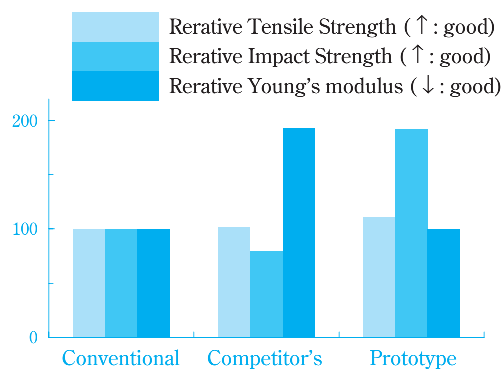


Fig. 3 Bench mark of mechanical properties

2．保温性と軽量化

ここで言う保温性とは、夜間に地面から放射され

る輻射線エネルギーをフィルムが吸収し、施設内に再放射することのできる性質を指しており、通常は輻射線エネルギーの吸収率によって表される[8]。当然、軽量化（薄肉化）のためには輻射線吸収率の底上げが必須であるが、加えて新型クリンテートの設計においては、メタロセン系ポリオレフィン・プラストマーの適用によってEVAに比べて低下した輻射線吸収率を余分に補填する必要があった。

大地が放射する輻射線スペクトルは波長10μm近傍にピークを示す分布を有しているので、農POの保温性設計においてはこれら波長帯に特性吸収を有する無機化合物を配合するのが好適である[9),10]。ただし、保温剤には樹脂中に分散させた際に透明性を損なわないように、樹脂との屈折率が同調していること、樹脂中において微分散することなどが求められる。これらの観点からMg-Al系複合水酸化物（いわゆるハイドロタルサイト類化合物）やLi-Al系複合水酸化物などがコストパフォーマンスに優れた保温剤として多く用いられている。

これらの複合水酸化物はMg、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Al、Cr、Liなどの金属イオンを含有し正電荷を有する結晶性のホスト層と、負電荷を有するアニオンや水などからなるゲスト層が交互に積層された層状の複合水酸化物であり、複合水酸化物全体としては電気的に中性を保っている。なおホスト層を構成する金属元素の組成によってIR吸収特性、屈折率、塩基性（耐酸性）、細孔形態などが変化し、ゲスト層を構成するアニオンの種類や組成によって、IR吸収特性、屈折率、アニオン交換性などが変化する。特にゲスト層の厚みは導入されるアニオン径によって決定され、その厚みに応じた大きさの極性物質の脱吸着性が発現し、ハロゲンスカベンジャーや酸トラップ剤として特異的な機能をもたらす[11]。現在、これらを調整して多用な機能を付与した各種の複合水酸化物の開発が進んでいる[12), 13]。

またIR吸収特性の異なる無機化合物を併用することにより、単一化合物では達成できない輻射線吸収率を達成するなど、無機化合物の複合化による相乗効果の発現などの技術開発も進んでいる[14]。

新型クリンテートの設計においては、無機化合物のIR吸収特性を複合化することにより輻射線吸収率の最大化を図った。具体的には、厚み0.15mmの従来品と同等の輻射線吸収率を厚み0.13mmにおいて得られるように設計し、前述の機械的強度の改良と併せて、13％の軽量化設計を完成した（**Fig. 4**, **Fig. 5**）。

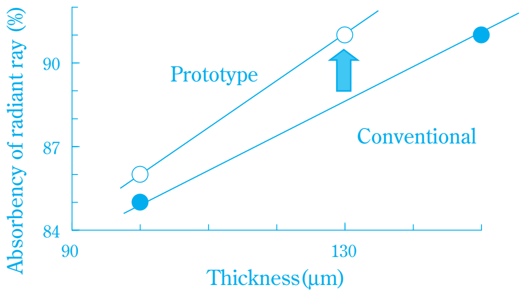


Fig. 4 Absorbency of radiant ray vs. film thickness

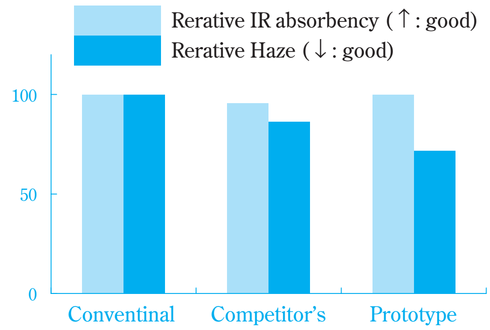


Fig. 5 Bench mark of optical properties

3．光線透過性（透明性）

元来屋外で生育する植物を施設内において栽培するためには、屋外の光線環境を保全することが重要である。一方、紫外線領域においては植物や昆虫さらには土壌中の細菌類の活動に影響を与えることが判っているため、これらの波長帯においては積極的に屋外と異なる光線環境に制御することによりその活動を操作することが多い。また赤外線領域においては前述の通り、夜間の輻射線エネルギーの散逸を抑制する必要から、この領域においては不透明となるように制御している。つまり、屋外と同等の光線環境を重要視するのは光合成や施設内の地温上昇に影響を与える可視光領域となる。この点において、農ビを基本に発展してきた日本の施設園芸は可視光を最も重視してきたと言える。また、近年普及が著しいPETフィルムやフッ素樹脂フィルムなども、耐久性とともにその優れた可視光直進性によって高い評価を受けている。

クリンテートが施設園芸用被覆フィルムとして主たる地位を築いていくためには、可視光直進性の向上、すなわち透明性改良が必須である。強度や保温性さらには防曇性において他を凌駕する品質確立に至った現在、クリンテートは施設園芸用被覆フィルムとして最も本質的なこの命題に直面した。

ポリオレフィンフィルムの透明性は、ラメラや球晶などの高次構造に起因する可視光の散乱挙動（入射光に対する屈折、反射の程度）によって左右される。またこの高次構造はポリマーの分子構造（分子量・分布、分岐度、コモノマー組成・分布など）や成形加工条件（加工温度、冷却温度、配向度など）に支配される。ここでは農POにおける可視光の散乱を、

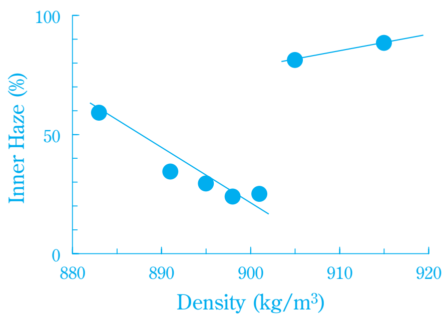
フィルム中における散乱とフィルム表面における散乱とに分けて考えてみた。

(1) 内部散乱制御による透明性改良

クリンテートにおける内部散乱には、用いられるポリオレフィンの結晶部（球晶）が散乱体として振舞う場合と、保温剤としての無機化合物が散乱体として振舞う場合とがある。ポリオレフィンの球晶による散乱は本質的には無視できないものの、クリンテートにおいては無機化合物による散乱が大きく、これを抑制することが透明性改良における課題であった。

無機化合物粒子が散乱体として振舞う場合、可視光の波長と同程度の粒子による散乱（ミー散乱）と、屈折率の不整合による散乱とがある。クリンテートの設計においてはいずれの散乱も重要な制御因子であり、各々において最適化が図られている。ミー散乱については、無機化合物の1次粒径とその分布の制御、また表面処理剤および処理方法の最適化によって抑制が図られている。なお屈折率は無機化合物の化学組成によって決定されるため、前述のIR吸収性を加味して最適化している。

クリンテートの設計においては、粒径が小さく分散性が良好（分散粒子径の分布がシャープ）な無機化合物と屈折率を同調させたポリオレフィン樹脂とを組み合わせることにより、無機化合物粒子起因の可視光散乱の抑制を図った[15] (Fig. 6)。



specimen : 1mm thickness, press molded
composition : m-LLDPE/inorganic compound = 84/16 (wt%)

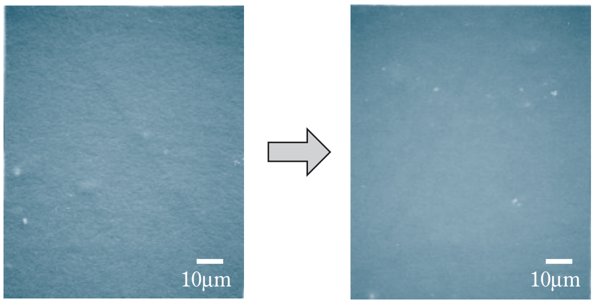
Fig. 6 Optimization of resin density for transparency

(2) 外部散乱制御による透明性改良

<ポリマーの高次構造制御と外部散乱の抑制>

内部散乱の原因の一つであるポリオレフィンの球晶はフィルム表面に周期的な凹凸を形成するため、むしろ外部散乱に与える影響の方が大きい。また球晶の発達はフィルムの成形加工方法、特に冷却方法や表面の平滑化方法によって大きく左右される。農POはほとんどが空冷式のインフレーション成形法によって製膜されるため、急冷効果や冷却ロールによる鏡面密着効果を得ることができず、球晶の発達による表面平滑性の悪化を抑制することが困難である。特に冷却効率が悪いインフレーションチューブの内側表面においては球晶の発達が顕著となり、表面平滑性が悪化して外部散乱を増幅させる傾向がある[16]。

新型クリンテートの設計においては、球晶の発達を抑制するため、スキン層に特定の密度のポリオレフィン樹脂を用いるとともに、インフレーションチューブ内側と外側とに配置するポリオレフィン樹脂の結晶化を制御することにより、表面の凹凸形成緩和を図っている (Fig. 7)。



a) Outer Haze : 2.6
Uncontrolled

b) Outer Haze : 1.1
Controlled

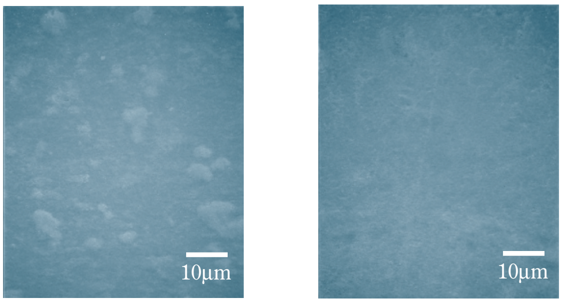
Fig. 7 Surface structuer by SEM

これは、相対的に早く冷却固化するインフレーションチューブ外側スキン層の性質を利用して、インフレーションチューブ内側スキン層を拘束して球晶の発達を抑制した効果によるものと推定している。

<防曇性塗膜の形態制御と外部散乱の抑制>

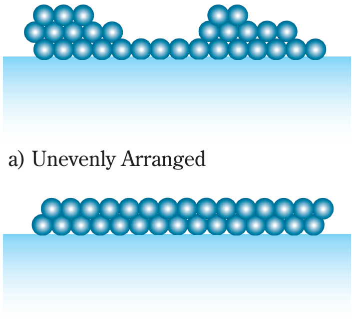
クリンテートの防曇性塗膜は、無機化合物による表面親水化とミクロな表面粗面化という二つの機構によりその機能を発現している。一般的に透明で柔軟なポリエチレンフィルムの表面に無機質の被膜を強固に形成することは容易ではなく、樹脂などのバインダー成分を必要とする場合が多い。これに対してクリンテートの防曇性塗膜は、無機微粒子が有する自己組織化機能を利用して形成された微粒子薄膜であり、液架橋力や分子間力などによって微粒子と微粒子、微粒子とポリエチレンフィルムの表面とが強固に結合していると考えられている。なお微粒子薄膜は無機コロイド液を用いた湿式塗工法により形成されており、その膜厚はコロイド液の濃度と塗工液膜厚の調整により制御されている。このようにコロイド粒子の特性を利用して形成された防曇性塗膜には、微粒子薄膜の形態制御による散乱抑制技術も同時に織り込まれている[17] (Fig. 8, Fig. 9)。

微粒子薄膜の形態（規則性、平滑性）制御性には、



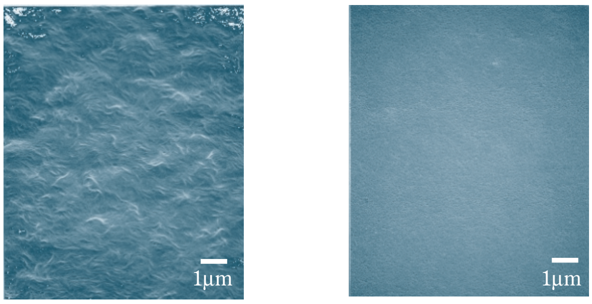
a) Outer Haze : 6.1
Conventional coating process
b) Outer Haze : 3.8
Development coating process

Fig. 8 Coated surface structuer by SEM



a) Unevenly Arranged
b) Uniformly Arranged

Fig. 9 Cross section model of arranged particles



a) Substrate surface
b) Coated surface

Fig. 10 Coated surface structuer by SEM

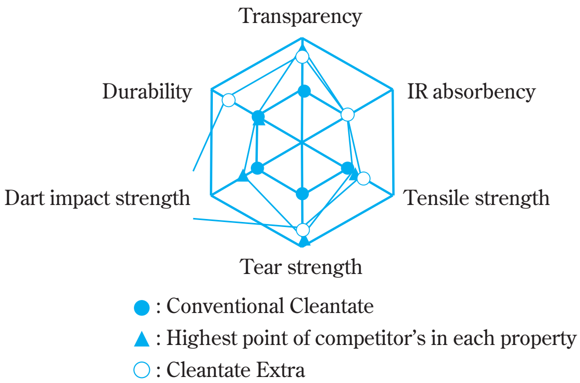


Fig. 11 General quality of Cleantate Extra

表面平滑性や柔軟性などの基材の性質、コロイド濃度、コロイド粒子の表面電荷、pH、分散媒の粘度、表面張力や液の粘弾性などのコロイド液の性質および塗工液膜厚などが大きく関わっている。そのため防曇性塗膜の透明性を改良するためにはこれら全てを最適化する必要がある。液中でのコロイド粒子は表面電荷により反発し、安定的に分散している。ただし、基材の表面においては分散媒が減少するとともに横毛管力（メニスカス力）が発生し、これを駆動力とした粒子の集合が始まる[18,19]。この横毛管力は粒子間距離が小さいと有効に作用するが、一定の粒子間距離を超えたり、基材表面と粒子との摩擦力が強くなりすぎたりするとその力が切断されてしまう[20]。また分散媒によっては、乾燥に伴う粒子の移動速度が変化するため、配列の規則性に影響を与える。さらにコロイド粒子の表面電荷やpHを最適化することによってコロイドが安定化し、凝集やゲル化を抑制することができる。

新型クリンテートの設計においては、基材となるポリエチレンフィルムの性質に適合したコロイド液を最適な膜厚で塗工することにより、表面が平滑な防曇性塗膜を形成し、ポリエチレンフィルム表面の凹凸に起因する外部散乱の抑制を図っている（Fig. 10）。

以上の技術を組み合わせることによって、強度・保温性・透明性の全てにおいて市場トップクラスの品質を達成した新型クリンテートは、クリンテートEX（エクストラ）として2003年に上市、現在では三善加工において農業資材事業の収益の柱として順調に成長している（Fig. 11）。

今後の市場戦略と新規製品開発

1．市場戦略

PETフィルムやフッ素樹脂フィルムなどが市場から高い評価を受けている理由は、優れた透明性が長期間持続する、防汚性にある。これによって高価なフィルムであっても価値が認められて受入れられている。農ビも初期の透明性においてはこれらのフィルムに比べて遜色無いものの、数ヶ月の内に汚れによって光線透過性が大きく低下する。そのため毎シーズンの張替えを必要とし、高価なフィルムは受入れられない。著者らは、防汚性に価値を認め高価なフィルムを受入れることのできる顧客の実態把握を目的に、農林水産省の統計データ[21]について解析を行った。Fig. 12は生産品目別に見た農家一戸あたりの生産高いわゆる年間所得の分布を表したものである。驚くべきことに、日本の農家（畜産農家を除く）の半数以上が年間所得100万円以下に属していることが判る。これは全農家戸数の過半数を占め、またその多くが第二種兼業農家である稲作農家のパターンそのものであると

言える。一方、花卉および施設野菜生産農家における所得分布は、全く異なるパターンを示している。花卉および施設野菜の生産農家戸数は全体の10％にも満たないものの、年間所得が1千万円を超える高額所得農家に限って見ると、その割合は40％を超えている。これは、彼らの収益力が群を抜いて優れていることを如実に表している。この両者が最も光線強度を重視する作物の生産者であり、彼らこそが投資能力に長けた農業経営者であると判断した。

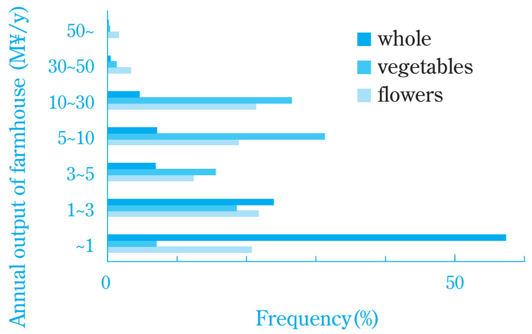


Fig. 12 Frequency distribution of output on each product

著者らはこの点に着目し、三善加工と共同で市場戦略と新規開発戦略について検討を行った。その結果、汚れ防止によって光線透過持続性が向上すれば、栽培環境の高度制御や農業経営における経済合理性さらには使用済プラスチックの低排出性といった高次元の観点から、彼ら先端農業経営者の支持を得ることができ、これまで高付加価値製品として普及してきたPETフィルムやフッ素樹脂フィルムを代替することができるとの結論に至った。現在は、防汚機能を商品価値とする高性能施設園芸用被覆フィルムを開発して高付加価値製品市場への参入を果たし、クリンテート事業の収益基盤を強固にすることを目標に掲げ、プロジェクトを進めているところである。

2. 開発コンセプト

屋外環境には、多くの汚れ原因物質が浮遊・飛散しており、種々のメカニズムによって汚れが生じている。具体的には、表面の帯電による塵埃の誘引・付着、また、オイルミストや煤煙などの付着・溶解、さらにはプラスチックを栄養源とするカビの繁殖などがある（Fig. 13）。

実際に展張30ヶ月を経過したフィルムの表面を詳細に分析した結果、汚れ原因物質の多くがスス（ベンゾピレン）、窒素酸化物、硫黄酸化物などの煤煙成分であることが判明した。そこで著者らは、無機親水性塗膜によって発現する帯電防止性やセルフクリーニング性によってこれらの防汚対策が可能であると考え、

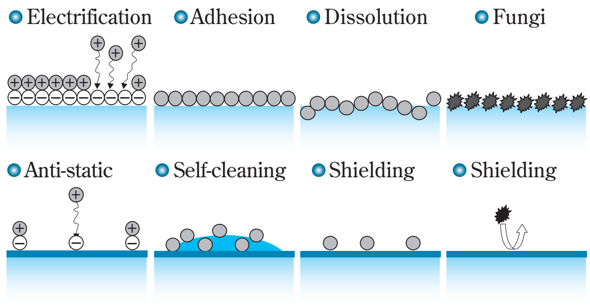


Fig. 13 Prevention model against dirty particles

無機親水性塗膜による防汚機能を付与した農POの開発に着手した。

まず著者らは既存のクリンテート製造プロセスを応用して、多層フィルムの両面に各々防曇性塗膜と防汚性塗膜とを形成するプロセスコンセプトを起案した。

本プロセスでは、インフレーション成形法によって得られる多層の円筒形フィルムをそのまま利用する。ポイントは、多層の円筒形フィルムを構成する各層の樹脂を最適化することによって柔軟性、透明性、強度とを満足させたところである。著者らは、メタロセン系ポリオレフィン・プラストマーを最適に多層化することによって、このコンセプトの工業化に成功した[22), 23)]。

3. 汚れ防止効果の検証

防曇性塗膜と防汚性塗膜を各々の面に形成した新しい農POは、現在三善加工の協力を得て実暴露試験を継続中である。Fig. 14は、相対照度保持率の経時変化を表したものである。なおここで言う相対照度とは、同時に測定された屋外照度に対するハウス内外照度の割合を表したものであり、これを初期値と比較して保持率とした。なおハウス内照度は試験フィルムの直近で測定した。

従来型のクリンテートが著しい相対照度の低下を示しているのに対して、開発品は展張1年以上もの間、

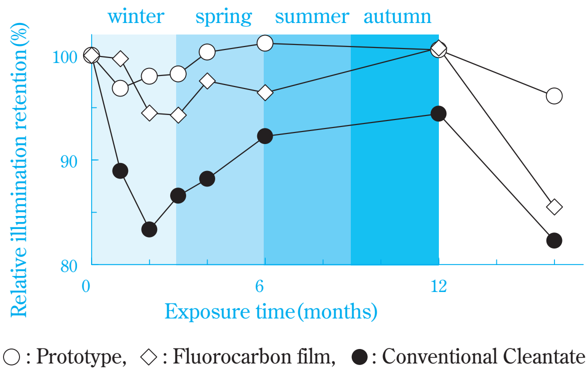


Fig. 14 Relative illumination retention vs. exposure time

概ね初期の水準を保持していることが判る。これは比較として用いたフッ素樹脂フィルムを超えるものである。フッ素樹脂フィルムは10年間の連続展張に耐えられる資材として市場で認知されていることから、開発品の汚れ防止機能は10年間の使用に耐えられるものと推定している。特に光量の少ない冬場において相対照度を高く維持できることは、防汚機能が外部の紫外線強度に左右される一般的な光触媒型酸化チタン系材料に対して、外部環境依存性が少ない点において差別化が図れると考えている。

また著者らは、従来型のクリンテートが展張後わずか2ヶ月程度で急激に相対照度を低下させている点に注目し、この時期の汚れについて詳細に分析を行った。その結果、汚れの原因はスス（ベンゾピレン）などの煤煙成分ではなく、ススカビ（アルタナリア）、クロカビ（クラスドポリウム）などのカビであることが判った。一方、相対照度の低下が見られていない開発品の表面からはこれらのカビは検出されなかった。これらのカビはプラスチックを栄養源とするカビ種として知られており、一般的には住環境に見られる黒ずみ汚れの原因となっているほか、レンズやプリント配線基盤に繁殖すると微生物災害として産業上の問題となる場合もある。

無機親水性塗膜にカビの繁殖を抑制する機能があると考えた著者らは、試験環境から採取されたカビ群の中からススカビを取り出し、各種フィルム表面のカビ繁殖性検定を行った（Fig. 15）。その結果、開発品の無機親水性塗膜表面ではススカビは繁殖せず、ポリエチレン樹脂表面、ポリ塩化ビニル樹脂表面さらにはフッ素樹脂表面において繁殖することを確認した。無機親水性塗膜には殺菌剤などの生理活性物質が含まれていないことから、単にカビと栄養源であるプラスチックとを遮断することによるカビの繁殖抑制効果であると考えている。カビを死滅させることなく繁殖を抑制することは生態系を保全する観点からも重要な性質であると考えており、この点においても従来型の光触媒型酸化チタン系材料との差別化が図れると考えている。もちろんこの塗膜は多種多様な部材表面上に形成することができるため、施設園芸用被覆フィルムに限らずカーポートルーフや外壁サイディング材などの汚れ防止技術としての応用が期待されている。

カビはその活発な繁殖時期において急激に汚れを増加させる。また、煤煙の発生なども季節により変動すると考えられる。実際の使用環境においては各種の浮遊物質が各々特有の時期に汚れの波状攻撃を加えるとなると、時期によって汚れの主成分が異なることが予想される。著者らは、より広範に防汚機能を見極めるべく、現在は青森県、千葉県および熊本県においてそれぞれMGS、三善加工、住化農業資材の協力を得ながら観測を継続している。また市場サウンドとして、全国のJA組織および生産農家の理解と協力を得て、実栽培環境でのモニター試験を行っているところである。

4．新しい施設園芸技術

優れた光線透過性が汚れによって低下することなく、長期間保持できる被覆フィルム（ハード）とカビの繁殖抑制といった新しい機能による防汚方法（ソフト）とを組み合わせたコンセプトは、安全・健康・安心をサポートする新しい施設園芸技術として期待されるところである。以下に2点の開発事例について紹介する。

(1) 光溢れ風そよぐ快適栽培空間

日本の施設園芸のほとんどはプラスチックフィルムを被覆した簡易型施設によって構成されており、ガラス温室を中心とするヨーロッパの施設園芸とは趣を異にしている。またハウスの多くはスパン間が4～6m程度の円弧型か切妻型のものであり、施設内における農業機械を用いた作業は一部の例外を除き困難である。そのため施設内の作業効率を改善して快適な栽培環境を実現しようとする試みが行われている。三善加工では、大学や建設会社さらには建築デザイナーと共同で、施設の大型化によるコスト高や日射量

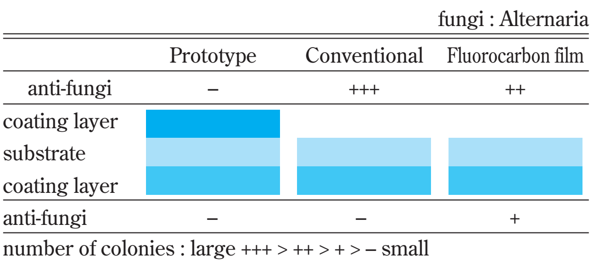


Fig. 15 Assay of anti-fungi property

Fig. 16 Active-house (prototype) in Kanagawa agriculture academy

低下のような内部環境悪化を伴うことなく風力の低減を図る新しい植物栽培用構造物（Active-House）の開発プロジェクトを推進している[24]。本プロジェクトでは、エアロダイナミクスの解析に基づいて設計された、断面が翼形状となる画期的な構造の施設を提案している。これは、最大風速50m/秒に耐える強度を有し、かつ採光性や作業性に最大限配慮した近未来の農業環境を提供しようとするものである。現在はこのプロトタイプ施設と防汚機能を付与した被覆フィルムとを組み合わせた新しい植物栽培用構造物を神奈川県立かながわ農業アカデミー内に設置し、各種の試験を進めているところである（Fig. 16）。

(2) 食の安全を担う環境保全型施設園芸

現在、病害虫を含めた生態系の概念を取り入れた総合防除システムの開発が進められている。これは、①化学的防除（高選択性農薬）、②耕種的防除（品種改良、栽培管理）、③物理的防除（トラップ、遮蔽物）、④生物的防除（天敵利用）を相互に組み合わせて病害虫を防除し安定的な農業生態系を維持しようとするものである。またスス病や葉カビ病の主原因であるススカビやクロカビも防除の対象である。今回見出された、栄養源を遮断することによるカビの繁殖抑制機能は、特定のカビ種を減退させ生態系を乱す恐れも少ない。著者らはこの技術をミクロな物理的防除として応用し、施設園芸環境に存在する各種のプラスチック材料表面におけるカビの繁殖を抑制しようと考えている。例えばマルチングフィルムの表面を抗カビ改質すると、作物の根元付近に生息するカビが水滴飛散などに同伴されて植物に転移することを防ぐ効果があると期待している。現在は既存のポリエチレン製マルチングフィルムの表面に抗カビ被膜をコーティングした試作品を用いて、実栽培におけるカビの繁殖抑制効果についての評価を進めているところである。

5. 海外事業の展望

今や世界の工場として世界経済を牽引している中国では、生活様式の近代化に伴い食料需要が爆発的に増加すると予測されている。このような見通しから、農産物の生産性向上は急務であり、それには植物の品種改良や施設園芸技術の革新が必須である。既に中国の施設園芸面積は160万ha以上と言われているが、その多くは旧来の技術によって経営されている。一方、一部の花卉栽培では海外から先進の種苗技術や栽培技術を導入した大規模農場が運営されており、その投資能力は非常に高い。これは被覆フィルム市場として非常に魅力的である。しかしながら、この大規模市場に既存の施設園芸技術で参入を図れば、使用済みフィルムの廃棄処理問題は避けられない。また防除技術が不充分であれば、環境汚染や野生動物への影響など多くの問題が発生する可能性もある。著者らは、爆発的な成長を秘めた中国市場にこそ最先端の施設園芸技術を投入すべきであると考えている。今回紹介した新しい施設園芸コンセプト（施設・被覆フィルム・栽培管理方法）は、生産性の向上と安全・健康との両立を目指したものであり、省資源・低環境負荷を通じて地球環境との共生を前提に成長を図ろうとする思想に基づいている。

事業企画は未だ市場調査の段階ではあるが、計画の具体化に際しては上述の考え方を基本に展開することで国内外の生産者～流通業者～消費者の信頼を得ていこうと考えている。

おわりに

施設園芸用被覆フィルムとして定着してきたクリンテートブランドは、今や「農の楽」（高収益性の楽々農業、癒しにつながる都市型農業、生命に触れる感動型農業など）を提供するトータルブランドに生まれ変わろうとしている。著者らは引続きクリンテートのブランド力を高め、夢のある農業の実現に向けて開発を進めていきたいと考えている。

引用文献

1) 阪谷, 中西, 南部, 藤田, 中川原：住友化学 1999-I, 25-33 (1999)
2) 日本特許 第3365828号
3) 日本特許 第3390302号
4) 日本特許 第3391994号
5) 特開 2004-305214
6) 特開 2004-307855
7) 特開 2004-307856
8) 小林 平吉：農POフィルムの保温特性（『施設と園芸』98号（97秋）からの抜刷）
9) 特開平10-52895
10) 特開 2002-120339
11) 日本特許 第3277331号
12) 特開 2001-2408
13) 特開 2003-165967
14) 特開平 11-255909
15) 特開 2002-248720
16) 細田 覚, 光時代の透明性樹脂 第12章 149-162 (2004)
17) 特開 2003-238717
18) 特開平 6-277501
19) 特開平 7-185311
20) 藤田 昌大, 山口 由岐夫, 第2回ナノテクノロジー・

材料技術シンポジウム講演要旨集(2002)
21) 2000年世界農林業センサス 第11巻 農業総合統計報告書 第3集1農業経営全体の統計4農産物販売金額規模別統計表01農産物販売金額1位の部門別農業経営体数
22) 特開 2003-251697
23) 特開 2004-290143
24) 植松 康, 織茂 俊泰, 渡部 俊一郎, 北村 周治, 岩谷 賢, 第18回風工学シンポジウム講演要旨集(2004)

PROFILE

阪谷　泰一
Taiichi Sakaya
住友化学株式会社
樹脂開発センター
主席研究員

児島　伴樹
Tomoki Kojima
住友化学株式会社
樹脂開発センター
主任研究員

南部　仁成
Jinsho Nambu
住友化学株式会社
樹脂開発センター
主席研究員