「農業の繊維・高分子」特集

農業の変化と繊維・高分子化合物
——野菜の施設園芸を中心として——

西 貞 夫

1. 農業と高分子化合物

人類が、植物を栽培し、動物を飼育して、生活に必要な資材を生産する産業を「農業」と呼ぶならば、その歴史は極めて古く、その間に多種多様な生産用資材が用いられ、現在でいうところの「天然高分子化合物」が、幅広く用いられてきたであろうことは申すまでもない。しかしながら、経験則的・篤農的技術を脱却した、科学的産業としての近代農業は、西欧では産業革命以後、わが国の場合は、西欧文物の導入が積極的に進められた、明治維新以後に始まったとされている。わが国の場合、国立の農業試験場が東京・西ヶ原に設立されたのは明治26(1938)年で、本平成5年で満100年を数えるが、昭和30年代の始めまで、専ら水田稲作を主体に進められて来たことは広く知られている。この間に、10a当りのコメの収量は、明治初期の200kgから昭和50年代半ばには500kgに達し、今や生産過剰の時代を迎えるに至ったが、この様な生産力の向上は、明治・大正かけての農薬(殺菌・殺虫剤)の利用、大正・昭和にかけての化学肥料の普及等、化学物質の利用に負う所が極めて大きく、同時に、これらに支えられた品種改良の成果が、日本農業を発展させてきたということが出来る。

農業生産の発展は、その特性上技能的技術の開発による面が極めて大きく、土壌・肥料や植物生理、あるいはバイオテクを含む遺伝・育種などは、一部を除いて、自らのいわゆる基礎(的)研究の成果に基づく場面は限られ、専ら周辺科(化)学の進歩、周辺産業の成果に支えられてきたが、特に高分子化学の成果による例は極めて多く、枚挙にいとまがないといって良い状態であって、稲作農業一辺倒から脱却し、各種農産物への転換が求められるに至った現在、その傾向は一段と高まりつつあると考えられる。

2. 高分子化学と施設園芸

第二次世界大戦後における高分子化学の進歩で生まれた多数の合成高分子化合物は、それぞれの特性を生かして、合成樹脂(プラスチック)、合成繊維、合成ゴム、塗料、接着剤などを生み、更に合成皮革、合成紙、合成木材などの形で、広く農業生産を裨益してきたが、これらの中で最も顕著な産業的効果を挙げたものの一つとして、フィルムを主とするプラスチック類の「施設園芸」への利用がある。

施設園芸とは、木・金属製の組骨みに被覆資材を貼り付け、外界の気象条件から植(作)物を隔離・保護し、生育に不適当な時期(主として低温期)に出荷する栽培法を指している。栽培法としては元禄時代の野菜栽培に端を発すると云われるが、近代的のそれは、明治の中頃ヨーロッパ風のブドウのガラス室栽培導入によって、わが国に紹介された。それ以前にも温泉熱利用が可能な地方では、古くから油紙を張った障子枠利用による野菜栽培が行われていたが、それらは高等園芸・促成栽培・不時栽培などと呼ばれ、主として特殊階級や高級料亭などで用に供せられていた。第二次大戦後にアメリカ軍が、南方で雨衣用などに用いたプラスチックフィルムをわが国に紹介し、それを前述の油紙の代用にする試みが、昭和26(1951)年に、当時の農林省・園芸試験場で試みられた。当初は素材としての適性を欠くためのトラブルが多く、利用が進まなかったが、やがてメーカーの努力による可塑剤の開発などにより、フィルムとしての性能改良が進められ、数年を出でずして油紙を凌ぐ被覆資材としての利用が定着した。やがてトンネル・ハウス用等、骨材の改良も進んで、昭和20年代末までに、現在見る様な、プラスチックフィルム利用栽培の各種租型が完成し、「ビニールハウス栽培(法)」と呼ばれる様になった。

Fibers and Polymer Compounds in the Change of Agriculture
——Focusing on the Protected Horticulture of Vegetables——

筆者紹介 SADA O NISHI

Japan Greenhouse Horticulture Association

社団法人 日本施設園芸協会 会長、農学博士

筆者は、野菜育種が御専門であり、農林大臣賞、科学技術庁長官賞を始めとする多数の賞を受けられている。趣味は、読書、音楽鑑賞(クラシック)などである。

本稿は、農業と繊維・高分子化合物について、歴史的背景も混えて概説して頂いた。

更に当初は不安定だった暖房方法が、昭和30年代に入ると、工場用温風暖房機の導入（ダクト利用）で解決され、この様な被覆資材機器利用の栽培方式を、「施設園芸」と呼ぶ慣習が、昭和35・6年頃に広く定着するに至った。

施設園芸の発展、即ち高分子化合物利用の、産業的意義が顕著であると述べたのは、次の様な理由によっている。わが国の野菜生産は、南北に長いという立地条件や気象の多様性に助けられ、極めて多数の野菜（古く100種類といわれ、最近では180を数える）を用いて行われているが、明治・大正以来常に年2回に及ぶ「野菜欠乏期」に悩まされて来た。「端境期（はざかいき）」と呼ばれる、2月と8月の欠乏期がそれで、前者は低温による作付の不能、後者は南洋にも似るとされる高温が原因であった。大部分の国民は、冬季は漬物と囲い物と呼ばれる、ダイコン・ハクサイ・キャベツの貯蔵物のみで過ごし、夏はうら成りの野菜で秋野菜の出荷を待つという食生活を強いられた。これに対して、プラスチックフィルム利用の施設（ハウス）栽培が、昭和26（1951）年以降に始まり、品種改良の成果と相俟って、昭和30年代半ばまでには、冬季の野菜欠乏（端境期）の解消に成功し、国民の食生活に大きく寄与するに至った。また夏季の野菜欠乏は、昭和30年代に入ってから所得倍増計画・列島改造論に始まり、オリンピックに向けて行われた全国的な交通網の整備によって、高冷（山）地や東北等冷涼地からの野菜出荷が可能になったことによって、解消された。その様にして二つの端境期が解消され、野菜の周年にわたる生産と出荷が、全国的に可能になったのは、昭和35～7年頃のことである。冬期の施設野菜生産はいうまでもなく、夏期にあっても、世界有数の多雨地帯であるわが国の、野菜生産を安定させているのは、高分子化合物であるプラスチック類の降水をシャ断する働きにほかならない。

3. 施設園芸の現状

農水省の調査によると、平成3（1991）年度の園芸施設（ガラス室・ハウス）の設置面積は約5万1000haで、その区別および園芸作物別の内訳は、図1・2に示すとおりである。両図に示されるように、わが国の施設園芸は、現状にあっては、プラスチックハウス（特に簡易なパイプハウス）が主体であり、作物としては、圧倒的に野菜で占められていることがわかる。施設本来の機能を十分に発揮させ、また農業者の老令化・後継者不足対策等を考慮した付帯施設の増加（自動制御など）傾向を考えると、将来的にはオランダ・イギリスの様な、ガラス温室がすぐれているともいえるが、わが国の場合は、発足時の経済事情や台風対策・夏期的高温等（使用不能）

図1 施設栽培用設置実面積の推移（単位：ha）

資料：農林水産省食品流通局「ガラス室・ハウス等の設置状況」

図2 作物別施設実設置面積の推移（単位：ha）

資料：農林水産省食品流通局「ガラス室・ハウス等の設置状況」

の気象的立地を反映して、プラスチックフィルムの利用となった。また野菜の作付けが多いのは、基本的に施設が、低温期の野菜供給確保を目的としていたこと等に発しているが、近年は図2に見る様に、花き・果樹類の施設栽培の伸びが著しい。しかしそれらも、現状では大部分がプラスチックフィルムによっているといつてよい。

主要な作物である野菜について、作物別の栽培延面積（同一の施設を年間反復使用する場合の合計面積）をみると図3のとおりで、昭和50（1975）年以降は、従来施設利用などの考えられなかった、野菜類（「その他」として分類されて来た）の、施設での栽培が急増し、従来主流とされて来た、トマト・イチゴ・キュウリなどは、

停滞気味であるということが出来る。その理由は、後述する様に、プラスチックフィルムの各種性能が向上したこと、「その他」野菜を、季節の変わり目に、なるべく暖房をしないか少くして（雨除けなど）、生産費をかけずに栽培する産地の増したこと、キュウリほかの果菜類は、収穫労力などの点で、これ以上の拡張がむずかしいことなどのためと考えられている。しかし図4に示すように

図3 施設野菜の品目別栽培延面積の推移 (単位: ha)
資料: 農林水産省食品流通局「園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況」

これらの主要野菜では、施設栽培・トンネル栽培の比率が高く、プラスチック類が古くからの露地中心であった生産様式を変えた事が示されている。

4. 施設資材の区分と使用の状況

現在、施設園芸で使用されている被覆資材を、用途・用法別に示すと、図5のとおりであり、これらを原料関連図で整理すると、図6のとおりである。

図5に示すように、プラスチックフィルムには、軟質フィルム・硬質フィルム・硬質板などがあり、被覆材と

図4 野菜全体に占める施設野菜の割合 (平成元年度)

図5-1(1) 被覆資材の区分 (内藤 87年より)

しての用途に応じて使い分けられているが、その内容は、農ビフィルムが85%と圧倒的に多く、他を引き離している。

被覆資材は、一般に施設の外側に展張される（外張り）が、更に保温性を高めるために、ハウス内に展張される（内張り）ことも多く、その用途に応じて様々な特性を持つことが求められている。その結果、各メーカーは競って独自の特性を持つ（と称する）商品を上市しており、現在市販される銘柄の数は300を越えると報ぜられている。

被覆資材を用途に応じて選択し、有効に使用する場合には、その特性をよく理解して使い分ける必要があるが、求められる特性は、一般に光学的特性、熱に関する特性、水・湿度に関する特性、機械的特性、耐候性の五つに大別される。これらの特性が必要とされる程度を、用途別

圖 5—(2) 被覆形態

図6 農業用フィルムの原料関連図

表1 用途別被覆資材に要求される特性（総括）

用途		光学的特性				熱に関する特性			水・湿度に関する特性			機械的特性				耐候性
		透過性	液透過性	遮光性	散光性	保温性	断熱性	通気性	防曇性	防霧性	透湿性	展張性	開閉性	伸縮性	強度	
外張り	温室	●	●	—	○	●	—	—	●	⊕	—	●	⊕	○	●	●
	トンネル	●	—	—	○	●	—	○	⊕	—	—	●	●	—	●	⊕
	雨よけ	●	⊕	—	—	—	—	—	—	—	—	⊕	—	—	●	●
内張り	固定	●	●	—	—	●	—	—	●	⊕	○	⊕	—	○	○	⊕
	可動	⊕	○	—	—	●	—	⊕	●	⊕	⊕	⊕	●	●	○	⊕
マルチ		—	⊕	●	—	●	○	○	—	—	—	—	—	—	—	○
遮光		—	⊕	●	—	—	●	⊕	⊕	—	—	⊕	●	●	●	●
べたがけ		●	—	⊕	—	⊕	⊕	●	—	—	●	—	—	—	⊕	—

(注) 1) ●選択に当って特に注意すべき特性
2) ⊕ 同 注意すべき特性
3) ○ 同 参考程度とする特性
3) - 同 考慮しなくともよい特性
5) 温室…ガラス室とプラスチックハウス
6) 雨よけ…夏期屋根面のみを覆うものに限定
7) べたがり…保温と昇温抑制の2目的

の程度・内容を異にするが、基本的には、栽培作物の生育を良好に保って、品質の向上を図ることが目的であり、そのために光線透過率の向上を図ったり、特定波長域を遮断したりするほか、保温性を高めると共に、ハウス内の植物の生育を阻害する霧の発生を抑えたり、フィルムの表面（裏面）が曇らない様に保つなどの改良が図られている。これと同時に、現在のプラスチックフィルムについては、広く作業の省力化の可能なことが求められており、そのために機械的な強度やフィルムのべたつかないことも、重要な特性となっている。更に最近の傾向としては、ハウス内の総合的病害防除の、一端を担い得る様にするための特性付与も求められ、積極的な霧の発生抑制、紫外線除去、太陽熱吸収能の向上などといった方向に進みつつある。

最近の被覆資材開発の動向として顕著な例をみると、その第一は農ビ（PVC）の内容が著しく多様化しつつあることがあって、その一例として従来毎年あるいは2年に一度は張り替えるものとされてきた農ビの中に、数年という単位での長期使用を唱える製品が登場しつつある。又マルチ用農ボリのL-LDPE（リニアール・高圧法）化および多層化、ポリオレフィン系フィルム（焼却しても塩素が発生しない）の多層化と外張り用への進出（従来劣るとされてきた保温性や作業性が改善されて）、および従来とは全く原料素材を異にするフィルムの開発などが挙げられており、これらはいずれも、従来からの施設園芸の生産様式を変え、新しい流れを作り出す可能性のある、高分子化合物であるということができであろう。

申すまでもなくプラスチックの用途は、単にフィルムのみに止まらず、それら他製品の特性やそれらと園芸生産との関係については、すでに多数の成書の刊行されているのが現状であり、本項ですべてをつくすことは不可能である。しかし農業用プラスチックフィルム類の需要量は、平成2年度で農ビが約3.8億m、農ボリが約5千t、農酢ビが約4.7千t（3者計16.2万t）であるが、農ビは全販売高の約3分の1を占め、必ずしも無視しえない数値となっており、メーカーの改良への努力もなお衰えてはいない。（この場合、わが国の全プラスチック生産量、即ちほぼ販売量が、約1,200万tという大きな数字であることを、十分考慮する必要もある。）

5. 施設園芸の問題点と先端技術

以上に述べた様に、高分子化合物としてのプラスチックフィルムの導入は、ある意味では、わが国の野菜生産に劇的な変化を引き起こし、周年生産・供給の体制を完成させた。それは、昭和37（1962）年頃のことであるが、

その後のエネルギー事情の変化（2度にわたる石油ショックなど）は、省エネルギー（正しくはエネルギーの効率の利用）技術の開発を余儀ないものとしたが、その結果わが国の『プラスチック施設園芸』（以前はビニル園芸とかハウス園芸といわれた）は、今や世界一の規模を誇り、オランダ・イギリスのガラス室園芸と並ぶ、独特の『施設園芸』を成立させるに至った。しかしながら、最近における周辺の社会事情・産業事情の変化は、施設園芸のあり方に、根本的な再検討を迫り、そのための更なる先端技術の導入を求めるに至っている。その第一は、農従者の老令化・後継者難等に対するための、施設の重装備化であり、センサー類の導入やコンピュータの利用等による、ハウス環境の複合自動制御が実現し、その事の反動として、「雨除け栽培」等、極度の簡易栽培様式を産むという、栽培施設の2極分化現象が出現していることであるが、重装備志向は各種省力・自動化装置の整備やロボットの開発など、先端技術の導入を求めており、その主要な部分として、高分子化合物の利用拡大があることは申すまでもない。第二はプラスチックフィルムの主流が、農ビ（PVC）にあることから生ずる、使用済みフィルムの処理問題であって、その処理責任の所在や実施方法の困難はが年毎に切実の度を加えつつある。PVCは燃焼の際に生ずる塩素の直接的毒性や燃焼炉への被害などのため、今や全国的なトラブルを巻き起こしつつある。これら問題への対応は、経済性を問わなければ、現在十分技術的には可能である由であるが、産業としての農業の現状を前提とするならば、先端技術の導入による解決が望ましいのであって、高分子化学での対応としては、生分解性フィルムの実用化などが、その例として挙げられている。更に今後のプラスチック類の園芸の利用に当たっては、一方において、各種作物への利用性の高い汎用性の付与が望まれ、その反面においては、個別的な作物の生産を、特異的に助長するフィルムの開発など、冒頭に述べた特殊な技能的技術の展開を可能にする製品の提供が求められるなど、高分子化学への期待には広汎なものがある。

施設園芸を含め農業とは本来、人間が自らの生活に益するために、野生植物を選抜し、長年月をかけて合目的に改良（植物にとっては多くが改悪）した、『遺伝的な奇型の形質（人間には有用な）を持つ病的な植物』を、人間の利用に便なるように生育させる業である。したがって、それらに対しては、人間の生活に益すべく開発された、高分子化学生産物の助力が必要であることは、明らかであるというべきであろう。

（平成5年5月25日受理）