

# 露地野菜のリレー出荷の課題と生育予測の意義

佐藤 文生\*

2021年12月1日、当会は一般社団法人農林水産奨励会との共催により、農研機構野菜花き研究部門の佐藤文生氏をお迎えして、令和3年度第4回農業懇話会を対面方式とオンライン方式を併用して開催しました。以下は講演と質疑応答の内容です。

## 講演

### はじめに

私の専門は野菜の栽培生理学ですが、ここ数年は、農林水産省の加工・業務用対策、産地育成に関わる支援事業の委員会メンバーとして、加工・業務用野菜を取り扱う中間事業者や実需者、野菜流通カット協議会とともに、生産や流通現場の実態調査、技術の普及に関する活動に取り組んでいます。

ここでは、こうした取り組みの中で得てきた情報を踏まえて、露地野菜のリレー出荷の課題と解決に向けた取り組み、それに関連して、われわれが開発に取り組む生育予測の意義について説明します。



佐藤 文生 氏

### 露地野菜産地リレー出荷を取り巻く状況

「露地野菜の産地リレー出荷」とは、南北に細長くて標高差もある日本の多様な気候を生かし、長期保存できない露地野菜を旬となる時期が異なる産地で生産することにより、常に新鮮な状態で消費地に周年供給する体制のことを言います。

その一例として、東京の卸売市場におけるレタスの産地別取扱数量の推移を図1に示しました。レタスは冷涼な気候を好むので、6～9月の暑い時期には、高冷地の長野からの出荷が主体となります。それに続き、秋から冬にかけて気温が下がると、少し暖かい茨城県あたりが主要産地に切り替わり、さらに寒くなる冬の12月から2月には、暖かく日射量

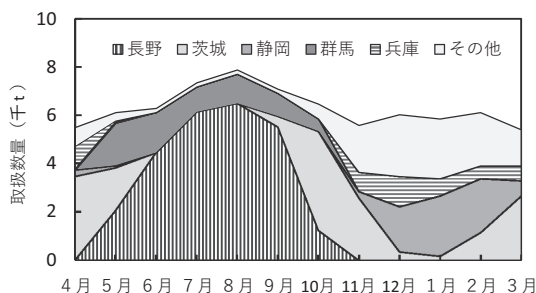


図1 東京都中央卸売市場におけるレタスの産地別取扱数量の月別推移 (2020年度)

\* さとう ふみお 農研機構野菜花き研究部門露地生産システム研究領域露地野菜花き生産技術グループ グループ長

も豊富な静岡あたりに産地が切り替わります。このように、産地がそれぞれの気象条件や特色を生かして旬の時期に栽培することで東京に安定した供給をするのが産地リレーです。

### 露地野菜産地の成立過程

現在は、主要な消費地に新鮮な露地野菜を周年供給するリレー産地が形成されていますが、このような産地形成は戦後の農業政策と関係があります。戦後の食料不足と人口増に加え、高度経済成長による需要の拡大を受け、日本では各地で開拓事業、パイロット事業が行われてきました。また、1966年に野菜生産出荷安定法が制定され、指定産地制度ができました。これは、主要野菜で生産規模や出荷状況についての要件を満たす産地を指定し、各種補助事業等で支援しながら産地を形成するという制度です。

野菜の出荷額の推移を主食の米と対比してみると(図2)、戦後当初野菜は米に比べると10分の1ぐらいしか産出額がなかったものが、こういった政策によって産地が形成され、生産量が増加して1990年後半ぐらいまでは米と匹敵するぐらいの産出額となりました。

この過程でできた産地としては、キャベツ

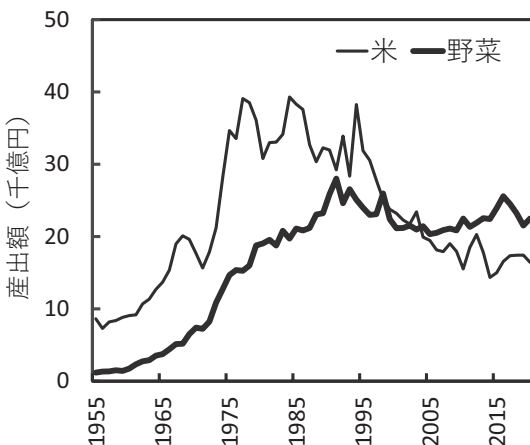


図2 野菜と米の産出額の推移

(農水省生産農業所得統計より)

では高冷地の群馬県の嬬恋村や温暖な愛知県の渥美半島などがあります。またレタスでは、夏は高冷地の長野県川上村など、冬・春は兵庫県の淡路島や茨城県境町などで、指定産地制度の流れの中で数々の産地が形成されてきました。これら戦後から80年代に形成された産地により消費地に安定して新鮮な野菜を供給する体制ができています。

### 消費形態の変化

次に、90年代以降に起きた野菜の消費形態の変化が、これら既存の産地や新たに形成される産地の取り組みに変化をもたらします。食料の消費形態には外食・中食・内食という3形態がありますが、それが従来の内食から中食、外食へ変化が起きています。ここで、内食とは家庭で調理して食べる形態、中食はスーパーや惣菜店などで調理されたものを購入して家庭で食べる形態、外食はレストランなどの施設で調理されたものをその施設で食べる形態です。

この消費形態の変化を「食の外部化」と言っています。変化の理由の第一は、家族構成の変化です。単身世帯が増え、共稼ぎが増え、さらに高齢者世帯が増えてきたためです。第二の理由は、生活スタイルの変化です。家で料理する時間的余裕がない生活スタイルになってきています。そのため、サラダなど中食の製品を買う、外で食べるという機会が増えてきました。

### 需要の変化

このような消費形態の変化によって野菜の需要にも変化が生じました。野菜には3種類の需要があります。第一が家計消費で、市場流通を通じて消費者が出荷時の野菜原体をそのまま利用する形態です。第二が加工用で、野菜を工場でカットしたり、冷凍食材用やジュース用などに加工する原料として利用

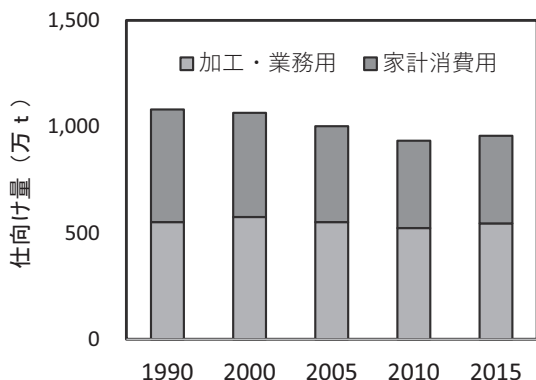


図3 加工・業務用及び家計消費の国内仕向け量の推移 (農林水産政策研究所資料)

したりするものです。第三は業務用で、レストランなどの外食企業や、総菜店などの中食企業などで食材として利用するものです。ここでは、野菜を千切りにしたり、調理したりして使います。一般的には、加工用と業務用の二つを合わせて加工・業務用として称されます。

食の外部化に伴い、平成に入って家計消費需要は徐々に減ってきている一方で、加工・業務用の需要は横ばいで(図3)、加工・業務用の需要の割合が家計消費に対して増加傾向にあります。

### 流通形態の変化

図4は、産地から消費者への野菜の流通経

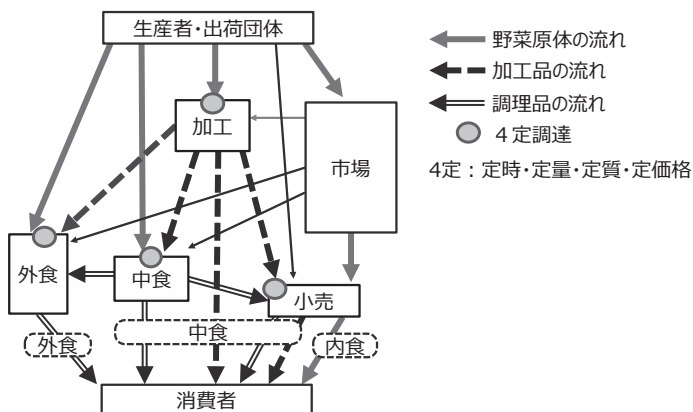


図4 野菜の流通形態

路です。太実線矢印は野菜が原体として流通するもの、破線は加工されて流通するもの、二重線は調理済品の流通です。

今までの家計消費、つまり野菜が市場を通じて小売に流れ、それを内食として消費者が買うという野菜の原体そのものが消費者に届くルートは右端のルートです。それに対し、中食・外食は幾つかのルートを通ります。原体から加工場に入って、そこで加工されたものがさまざまな外食産業や中食産業、小売産業に行く経路をとります。

実線の四角で囲われているのは事業活動を行っている事業者で、定時・定量・定質・定価格という「4定」供給が求められます。この4定で供給品を調達する個々の過程では、中間事業者が調整を担っています。

### 加工・業務用野菜に求められる品質

加工・業務用野菜に求められる品質は、家計消費とは異なります。家計消費は家で利用するので、家庭で食べ切れるサイズ感と消費者の購買意欲をそそる外観が求められます。一方、加工・業務用では、加工の歩留まりや加工適性が重視されます。

例えば加工・業務用タマネギに求められる品質・規格を家計消費と比較すると、加熱調理用では水分含有率が低いものが煮崩れ、型崩れしないので良いとされます。また、基本的にはLや2Lの大きいものが求められます。一方、家計消費では、玉ぞろいの良さや形状、あるいは少し小さいMやLサイズあたりが主流となります。

### 安定供給への中間業者の役割

既存の産地はもともと家計消費の需要向けに成立していました。ここでは、気象条件による供

給の過不足に対し、市場を通じての価格変動の中で需給調整がなされており、消費者もそれをある程度受け入れてきました。

しかし、加工・業務用向けでは、前述のように、実需者の事業継続のために、より厳格に安定した原料野菜の調達が必要とされます。調達を担う中間事業者は、加工に適したものを4定供給する必要があるため、独自の産地リレーの体制を作り、それに対応してきました。そこでは、中間事業者は、産地から野菜を調達して、取引がある加工業者や外食業者など複数の実需者に納めていきますが、一つの産地から必ずしも安定的に供給できるとは限らないので、調達についても幾つかの産地と取引を行います(図5)。

そうすると、これまでの産地から市場への流れと事情が大きく異なってきます。中間事業者は、実需者が必要とする量を把握した上で、各産地に対し、いつ、どれぐらいの数量を出荷するかという取引契約を取り交わして産地リレーを確保し、原料野菜を調達することになります。もちろん、国内産地のみで、実需者への厳密な4定供給が維持されるとは限りません。この場合、市場や国内の産地以外に海外の産地に調達先を求める流れもできます。

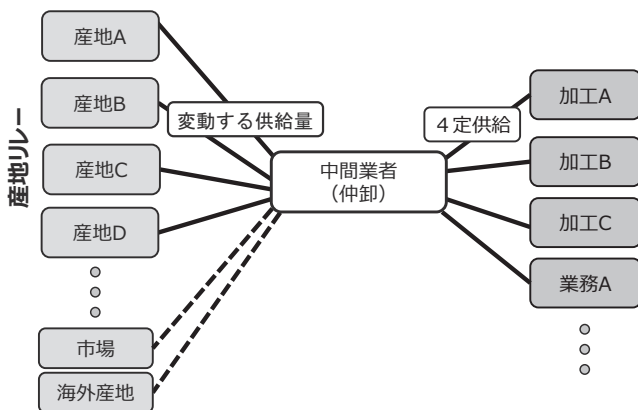


図5 安定調達に向けた中間事業者の役割

## 加工・業務用産地リレー体制の課題

このようにして形成されてきた加工・業務用野菜の産地リレー体制の課題を三つに整理します。

一つは、既存産地では産地リレー体制への取り組みが進みにくいことです。一般に家計消費は加工・業務用より高値で取引されるため、既に家計消費への販路がある既存産地では、わざわざ加工・業務用へ供給するメリットがないことから、加工・業務用野菜の取り組みが進みにくい課題があります。

二つ目は端境期の存在です。野菜には端境期が存在するものが多くあります。詳細は後述しますが、加工・業務用では、実需者の事業を中断することはできないので、端境期の存在に関わらず安定的に原料野菜を供給しなければならないことが課題です。

三つ目は、契約栽培に対する生産者の意識です。これまで市場出荷については、出荷量や出荷時期に厳密な取り決めが設けられていないので、相場の値動きをみながら生産者自身の判断で「出す、出さない」というやり方が続けられてきました。このような生産者にとっては、「あらかじめ定められた価格、期間・数量で出荷しなければならない」という契約栽培の慣習はなじみにくく、中間事業者にとっても取引しにくいという課題があります。

## 輸入野菜の動向

加工・業務用野菜の4定供給を行っていきにあたり、国内産地では上記のような課題があるため、どうしても海外の輸入に頼る必要があり、それが輸入野菜の拡大につながっています。野菜の輸入は、1970年代後半くらいから増えていますが、その多くが加工・業務用で占められています(図6)。

このように加工・業務用野菜の輸

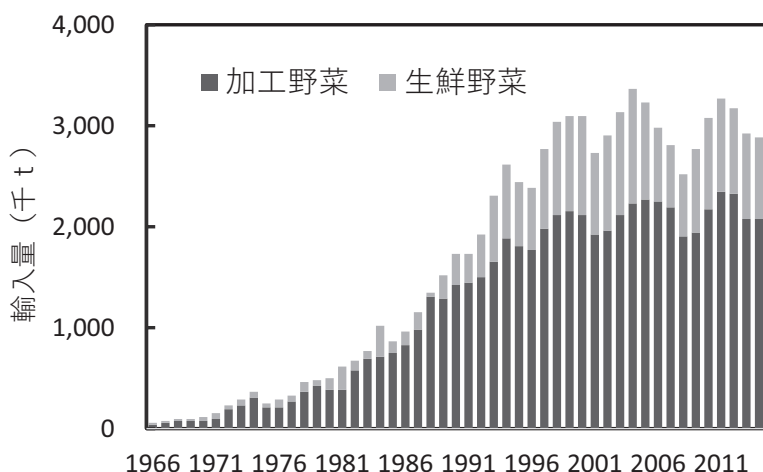


図6 野菜の用途別輸入量の推移

(農林水産省「野菜をめぐる情勢(平成31年度)より」)

入依存度が高まる一方、2000年代になると外国産野菜の残留農薬検出のような消費者に不安を与えるニュースが相次いで報道され、加工・業務用野菜も外国産ではなく、国産の方が安全・安心ということで、国産化を求める機運が高まり始めました。

### 加工・業務用野菜国内産地の展開

国産の加工・業務用野菜に対する消費者ニーズの高まりを受け、中間事業者や実需者にも積極的に国内産地の育成に取り組む動きが出てきました。一方、米価が低迷する中、これまで稲作経営に頼ってきた地域では、高収益が見込まれる野菜作への転換の必要性が迫られてきました。このような地域では、市場への出荷は知名度がある既存の産地との競争で不利となるので、契約栽培により一定の収益が見込める加工・業務用の産地として活路を見出していこうという思惑がありました。

このように、売り手の産地と買い手の中間事業者、実需

者の思惑が一致したことで、加工・業務用野菜をターゲットとした新たな産地形成が取り組まれ始めます。

加工・業務用野菜の国内産地として展開するためには、安価な海外産に対抗できる価格設定を可能とする徹底した低コスト化に加え、前述した端境期の解消による周年供給が可能な産地リレー体制の構築が不可欠となります。

まず、海外産との価格差については、どの作目でも輸入品は国産の半分以下で(表1)、この価格差を縮減しなければなりません。

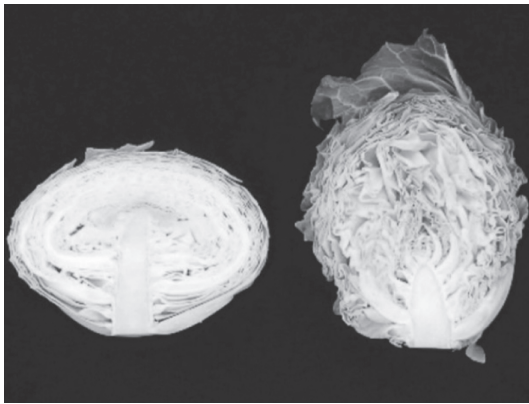
また端境期の解消については、品目によって異なる事情があります。例えば、キャベツでは、寒玉系と春系という品種群があります(写真1)。春系は葉が柔らかく、サラダ用として好まれます。国内でも周年生産が可能ですが、玉の巻きが緩く、加工歩留まりが低いいため、加工・業務用には向きません。このため、加工・業務用には、中身が詰まって加工歩留まりが高い寒玉系が専ら用いられます。ところが、寒玉系は結球肥大が春系に比べ緩

表1 2019年度における国産、輸入野菜の卸売り価格

品目	国産生鮮 <sup>注1)</sup> (円/kg)	輸入生鮮 <sup>注2)</sup> (円/kg)	輸入/国産
キャベツ	79	34	0.43
タマネギ	95	46	0.48
ニンジン	106	39	0.37
ネギ	358	125	0.35
ブロッコリー	365	246	0.67

注1) 「農林水産省青果物卸売市場調査」より

注2) 「農畜産振興機構輸出入情報」より



寒玉系 春系

写真1 キャベツの寒玉系と春系  
(川城英夫氏提供)

慢です。キャベツは低温で花芽が分化するので、冬を越えて結球肥大中に花芽ができると、収穫前に花が咲いて商品価値がなくなります(写真2左)。そのため、4~5月あたりがキャベツの端境期となります(図7)。

次にタマネギの場合は、家計消費用は早生品種が好まれますが、加工・業務用は水分が少なく大きい晩生品種が適します。長日条件で球が肥大するので、本州では3月くらい



写真2 結球肥大期に抽苔したキャベツ(左)と収穫適期を逸して裂球したキャベツ(右)

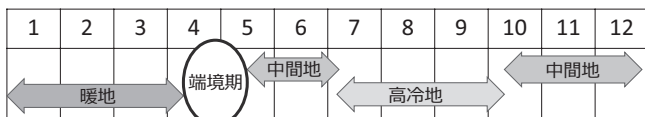


図7 加工・業務用キャベツのリレー出荷体制  
(上段の数字は月を示す)

から肥大が始まって、4~6月ぐらいに収穫となりますが、それ以降は生育と日長とのバランスから、肥大可能な地域は北海道になります。北海道産が出回るのが8~10月で、それ以降は収穫物を貯蔵して出荷が続きますが、本州産の出荷が終わり、北海道産の出荷が始まるまでの7月、8月が端境期になります。

### 加工・業務用野菜の産地形成事例

近年の野菜の産地形成では、加工・業務用野菜をターゲットに、このような低コスト化や端境期の解消に向けてさまざまな取り組みがなされてきました。ここでは、このような背景の中で、近年、加工・業務用野菜の産地として形成された事例を幾つか紹介します。

#### JA やつしろの取り組み

熊本県の八代平野は、従来、畳の原料となるイグサの産地でしたが、和室の減少による需要の低迷や中国産の進出により、代替作物が模索されていました。そこで、平成以降の広域合併を機に熊本県等と連携した「やつしろ地域野菜拡大品目産地化プロジェクト」が立ち上がります。このプロジェクトでは、温暖な冬という条件を生かし、加工・業務用向けキャベツ等の重量野菜をターゲットに、秋から4~5月の端境期にかけて出荷する産地化が進められました。なお、イグサは水田で栽培されるので、作目の転換においては高畝や暗渠、明渠といった徹底した圃場の排水対策が講じられ、また、熊本から消費地である関西への輸送には鉄コンテナ等を導入して流通経費の低コスト化が図られました。2005年度からの5年間で出荷量が2.5倍、販売額は3.8倍の増加で拡大しています。

## JA となみ野の取り組み

富山県の砺波平野は米の産地で、水稲作主体の経営が展開してきましたが、米価低迷や水稲の生産調整強化により、稲作経営への危機感が高まる中で、2010年からの県単独事業「1億円産地づくり支援事業」でタマネギの産地化に乗り出した取り組みです。

機械化体系が定着している水稲農家への野菜を導入する際には、機械化が確立している作目であることがポイントとなります。この点において、タマネギは、当時、育苗から収穫まで機械による作業体系が確立されている数少ない品目の一つとして選定されたという経緯がありました。また、わが国では、西日本のタマネギ産地である佐賀県や兵庫県淡路島の出荷期と北海道の出荷期との間の7月、8月が端境期ですが、富山県では、その気候条件を生かして、その期間をカバーできる出荷を目指すという、もくろみもありました。

この産地でも水田からの転換であるため、排水対策を徹底していますが、タマネギで必要となる乾燥施設や共同選果施設を事業等で整備し、大きな産地として出荷できる体制を整えたところが取り組みの特徴です。ここのタマネギ生産面積は、2009年に8 ha だったのが、7年後には108haに拡大しています。

## 宮崎県における冷凍ホウレンソウ産地化の取り組み

前述のように、冷凍ホウレンソウでは国産化ニーズの高まりを受けて、国内で産地化しようとする流れがあります。その中で、宮崎県では加工・業務用ホウレンソウの産地化が進みました。

輸入品に対抗するためには、まず生産コストの削減が必須です。そこで、これまでの手刈り収穫からハーベスターでの機械収穫に切り替え、徹底的な効率化が図られています(写真3、口絵参照)。家計消費用となる市場出



写真3 加工用ホウレンソウのハーベスターによる収穫

荷規格のホウレンソウは25cm位の長さのものを何株か袋に入れて出荷しますが、冷凍加工用で不必要となる調整作業は極力省き、機械収穫で葉の部分だけを収穫し、鉄コンテナに詰めて輸送することで低コスト化が図られています。

また、この産地では、大規模な企業型生産法人が多いことも特徴です。大面積での効率的栽培により大量生産したものを自社の加工場で冷凍まで一貫して生産する6次産業化のビジネスが展開されています。

なお、2014年における加工用ホウレンソウの県別シェアを見ると、国内生産量の約7割が宮崎県で、近隣の熊本と鹿児島も生産が多く、九州が国内生産の9割近くのシェアを占めています。

## JA とびあ浜松によるキャベツの産地化の取り組み

東海地域の春採りキャベツといえば、渥美半島が古くからの産地として展開しています。しかし、渥美半島は市場出荷向けが主体ということもあり、関東や中京の消費地に近い当地において、この時期に加工・業務用に向く寒玉系の産地を得たいとする中間事業者からの提案で、産地化が進められました。

ここでは、産地と実需者が密接な連携を組んで、出荷・流通の効率化を図っています。鉄コンテナを使った出荷・流通を行っていますが、コンテナの管理にも相当な経費が掛かります。そこで、まずコンテナの管理費用を中間事業者が持つこととし、産地の負担を少なくします。一方、中間事業者は幾つかの産地と契約しているので、それらの産地間でコンテナを有効活用することにより流通経費を下げています。それが奏功して、この産地の加工・業務用の取扱量はこの10年間ぐらいで9倍に増加しています。

この取り組みは、JA とびあ浜松に北海道のJA 鹿追、九州宮崎県のJA 尾鈴の3産地が加わり、中間事業者、実需者の18機関が連携したキャベツリレー出荷協議会として発展しています。生産情報の共有や技術の底上げ、コンテナ等の規格化による共同利用の検討などを進めており、生産から流通までより効率化するための取り組みが今も進められています。

### 価格構成からみた加工・業務用野菜産地形成のポイント

ここで、加工業務用野菜の産地化が成立する条件を、キャベツを例に価格構成から考えてみます。例えば、加工・業務用キャベツの一般的な販売価格として加工場の置き場渡しでkg当たり68円とします(図8)。この場合、流通経費を産地が負担すると、生産費として

生産者収益 18円	生産費 20円	経費 7円	容器費 8円	輸送費 15円
生産者手取り			流通経費	
68円/kg (置き場渡し)				

図8 加工・業務用キャベツの価格構成

[キャベツ単収6 t、鉄コンテナ出荷、300kmくらい先の加工場に輸送する場合のおおよその価格構成 (kg当たり)]

20円、輸送費が15円、容器代が8円で、流通経費は68円の中の3~5割を占めます。その流通経費と生産費を引いて、余った分が生産者の収益になります。生産者収益がある程度確保されなければ、産地として成立しません。生産者の収益を向上させるため、増収によってkg当たり生産費を削減することは、従来の市場出荷と変わりませんが、販売先が決まっている加工・業務用では、流通経費も含めて生産者収益の向上を図ることが可能となります。流通経費を誰がどう負担するか、どう低コスト化するかが産地化を進めるポイントになります。

### 生育予測の意義

#### 産地リレー形成における生育予測の意義

生育予測の技術開発をしている立場から、加工・業務用野菜の産地リレーの形成を図る上での生育予測の意義を考えてみます。加工・業務用野菜の国内供給を行うためには、課題が二つあります。一つは、外国産野菜に対抗し得る低価格帯で定時・定量供給していく必要性です。その際の課題として、徹底した作業の効率化があります。それは生産だけでなく、流通、加工も含めたそれぞれの現場での課題です。もう一つの課題は、気候変動に伴う異常気象の頻発・激化です。これにより生産の不安定さが流通・加工にも波及しています。

#### 生産段階における生育予測の意義

産地では、低コスト化を図るため、規模拡大による生産効率の向上が進められています。稲作や麦作では集積した圃場を大区画化して収穫作業等を一気に終えることにより効率化ができますが、露地野菜作における規模拡大では、耕作放棄地など所々に点在する小さな圃場を集めるというケースがほとんどです。

露地野菜では、多くの場合、春から秋にか

けて、あるいは秋から次の春にかけてという長い期間で、ほぼ毎日収穫が続きます。収穫適期は、栽植した時期により変わるので、圃場ごとに少しずつ時期をずらして作付けします。しかし、気象条件によって作物の生育が変わってくるので、各圃場の生育状況を随時観察しながら収穫適期を見極めていく必要があります。これを見極められないと作業のタイミングを見逃してしまうので、そのあたりが規模拡大の限界になります。

特に、露地野菜は収穫適期が短いという特徴があります。キャベツでは、ある程度大きくなると収穫適期を迎え、それを過ぎると写真2右のように球が割れて商品価値がなくなり、廃棄することになります。これを単収として見ると(図9)、球は生育が進むにつれて肥大しますが、途中から裂球の発生割合も増えるので、ある時期以降には単収が減ってしまいます。そのため、単収がピークになるタイミングを見極めることが重要となります。

これまでは、生産者が目で見ながら勘と経験でこのタイミングを判断していましたが、人手不足が進む中、圃場が多くなり過ぎると目が届きません。また経験不足の人が担当す

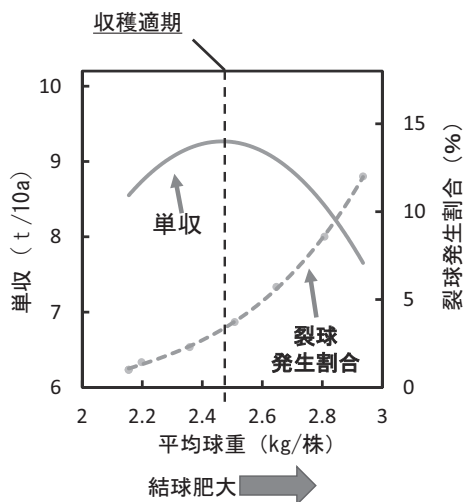


図9 キャベツの結球肥大に伴う単位面積当たり収量と裂球発生割合との関係

ると、しばしば間違った判断をしてしまいます。しかし、これを日々の気象条件から作物の生育を予測して、収穫適期を的確につかむことができれば単収向上につながります。

### 産地間調整における生育予測の意義

中間事業者はそれぞれの産地の状況を把握しながら加工事業者等に生産物を納品しています。ただし、ある中間事業者が取引している複数の産地同士は、互いに連携しているわけではないので、他産地の出荷過不足に対し、自らの産地の出荷調整を行うことはありません。従って、中間事業者がそれぞれの産地の状況を把握して、産地間の調整を担う必要がありますが、産地の出荷情報が直前にならないと把握できないという問題があります。

例えば、天候不良で産地から出すものが急になくなったとします。通常なら輸入品で代替えするところですが、国産を売りにしている商品であれば、国産野菜を納品せざるを得ません。そのため、中間事業者は国産品を確保するため、価格が高騰している市場から損をしても調達せざるを得ない状況となります。近年この現象が異常気象のたびに起き、中間事業者が疲弊してしまい、「国産は難しいから輸入品に頼る」という流れができています。

そこで、気象条件から産地の出荷過不足発生が事前に予測ができれば、需給調整のリードタイム(発注から納品までの時間)の確保ができると考えられます。例えば、中間事業者がある産地で生産物を確保できなくなりそうだとすれば、早い段階から違う産地と交渉してあらかじめ契約を結ぶ、あるいは納品先の実需者に対し、何らかの交渉をしていくことが可能になってきます。

### 貯蔵段階での生育予測の意義

安定供給を目的として野菜の貯蔵への取り

組みも始まっています。野菜の相場は生産量と反比例の関係にあるので、生産過剰時のものを一部貯蔵しておき、相場が上がった時に貯蔵しておいたものを出荷するという考えです。この考えは以前からありましたが、キャベツやレタスなど鮮度が要求される野菜類は、相場が変わるような期間貯蔵することができなかつたため、現実的ではありませんでした。

この取り組みが実用に向けて動き出した背景には貯蔵技術の進歩があります。例えば、最近開発されたマイコンスーパーフレッシュ[前川製作所(株)]という冷蔵用クーラーやコスモファン[ナラサキ産業(株)]という気化式湿度発生機は、冷蔵庫内で湿度を100%近くにする装置ですが、これらは霧を発生させるのではなく、水滴を貯蔵物に着けないで湿度を高める装置です。これらにより、今ではキャベツは1カ月ぐらゐの貯蔵が可能となることが流通現場で実証されています。

それとともに、産地や中間物流拠点では、



写真4 中間物流拠点で一時保管される加工・業務用キャベツ

このような冷蔵設備を取り入れた貯蔵施設が整備されつつあります(写真4、口絵参照)。貯蔵施設の運用では、稼働効率を常に考慮しなくてはなりません。いつ発生するか分からない生産過剰のために貯蔵スペースを常に確保しておくことはできませんので、あらかじめ収穫・出荷予測による事前の貯蔵スペースの調整が不可欠となります。そういう場合にも生育予測が必要です。

### 輸送段階での生育予測の意義

近年では、トラックドライバーが少なくなり、燃料代が高騰しています。産地では、まず野菜を出荷するため、事前にトラックを手配します。一方、収穫物はその日に採れたものを生産者が運び込んでくるので、正確な集荷量はその日にならないと分かりません。トラックの配車量に対して集荷量が少なければ、積載容量未満での配送となり、無駄が生じます。一方、予定よりも多い収穫物が運び込まれてトラックに入りきらない場合は、積み残しにせざるを得ません。水気を多く含む野菜は、冷蔵施設がないと鮮度が急に損なわれて、廃棄か処分を考えなければならないこともあります。

このような場合に、事前に収穫・出荷予測の情報があると、それに見合ったトラックをあらかじめ配車し、常に満載に近い状態で配送できます。これが積載効率の向上による輸送費の低減につながるという意義があります。

### 露地野菜の生育予測

ここからは、生育予測の技術的な仕組みについて説明します。露地野菜の生育予測をまず二つに整理します。一つ目がドローン等による予測です。これは、基本的には撮影した画像から収穫物の数を数えるもので、従来の人による目視からカメラ、AI技術に変わる

ことで自動化が図られています。もう一つが「生育モデル」による予測で、気象情報等から作物生育をシミュレーションするという予測方法です。次にわれわれが開発に取り組んでいる、この「生育モデル」による予測について詳しく説明します。

### 生育モデルによる生育予測

われわれの生育モデルによる予測では、現在のところ、気温と日射量のデータを利用しています。気温からは葉齢の増加を予測します。キャベツやレタスでは、積算気温に対し一定の規則で葉齢が増加するのでそれをモデル化（葉齢増加モデル）することで収穫適期となる葉齢到達時期を予測します。一方、日射量からは重量を予測します。植物の重量は葉の光合成で得られる物質（乾物）に水分が含まれることで形成されます。この一連のプロセスをモデル化（物質生産モデル）することで、作物の日々の重量増加を予測します。そこで、生育の進捗状況を葉齢増加モデルで予測、収穫時期に達するまでの重量増加を物質生産モデルで予測と、二つのモデルを組み合わせることで収穫のタイミングを予測します。

図10に示すように、ある時点の葉面積と照射された日射量から、その日に生産された乾物重が推定されるので、その時点までの乾物

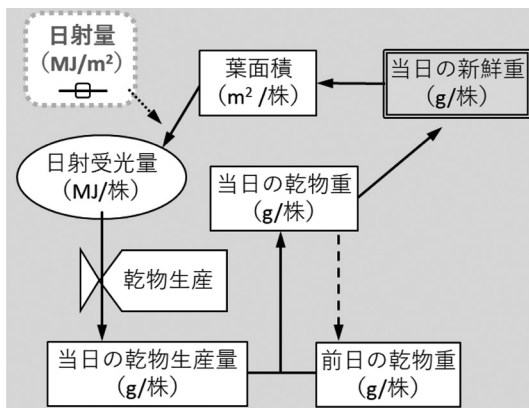


図10 野菜生育モデルの要因関連図

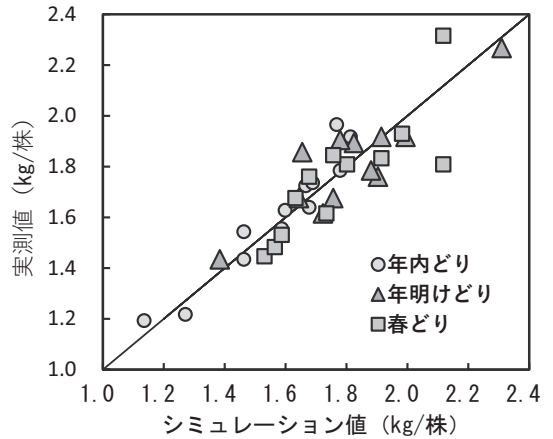


図11 生育モデルによるシミュレーション値とキャベツ球重の実測値との関係

(シミュレーションは収穫4～6週間前からの実際の気温、日射量を使用)

重に加えてその日の乾物重が出ます。それを「収量」に相当する「新鮮重」に変換して、その日の重量を出します。このサイクルを毎日繰り返すことによって生育を再現しています。

そのとき重要なのは、作物の受光量を忠実に再現できる計算式を作ることです。これを栽培試験等のデータの積み重ねで適切にモデル化ができると、ある程度、実測に近い値が再現可能になります。(図11)

### 生育モデルの社会実装

開発した生育モデルによる予測技術を実社会にどう提供していくかが重要です。

われわれが参画している内閣府の研究プロジェクトであるSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）では、WAGRI<sup>注1</sup>という農業関係データ共通化プラットフォームの構築が進められています。さまざまな民間企業のベンダーが開発しているアプリをWAGRIへのAPI（ソフトウェア機能の一部をイン

注1) 農業データ連携基盤。内閣府のプロジェクトで構築され、農研機構が中心となった協議会が運営する農業データのプラットフォーム

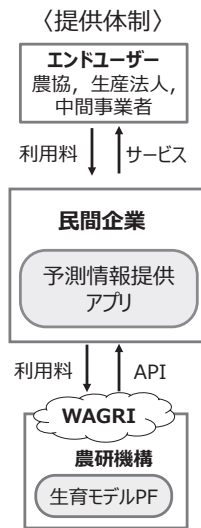


図12 予測情報の提供体制

ターフェイスとして公開し、他のソフトウェアと機能を共有できるようにするもの)の提供によって互いに連携することを可能とするもので、われわれが開発している生育モデルもWAGRIにAPIを提供することにしています。2022年度より希望するベンダー等への予測情報の提供の開始を目指して、現在、APIの開発と外部ユーザーとのデータ連携および運用の実証試験などを行っているところです(図12)。

### 収益面から見た生育予測の意義

産地リレー形成における生育予測の意義について述べてきましたが、改めて取引価格構成の面から生育予測の意義を整理してみます。

産地化は生産者の収益を増やさないことには進みません。加工・業務用キャベツの価格構成(図8)を見ると、まずは中間事業者による買取り価格を増やすのが重要です。そのためには産地側の出荷過不足情報が予測されていると、中間事業者が被るリスクを低減できるので、産地側が価格交渉を行う際の強みとなる、つまり、「信頼のおける産地」という

ことで価格交渉が有利に進むことがあります。

また収穫適期にはピークがあって、そこを過ぎると単収は減っていくことも説明しました(図9)。すなわち、収穫適期を見極めることができることで単収が増加し、これによって単位収量当たりの生産費は下がります。さらに、収穫量を高精度で予測できると、これも前述したように、輸送トラックの積載効率向上が可能で、輸送費を削減できます。以上のように、生育予測が行えると、生産者の収益が改善されると考えられます。

ただし、生育予測というのはあくまで情報です。重要なのは、その情報をどう判断して活用していくかであり、これは生産者等ユーザーの判断に委ねられます。

### 最近の課題と取り組み

最後に、露地野菜の生産と流通を取り巻くここ数年の動きとして、顕在化している生産物の物流における課題への対応と、近年需要が拡大している国産冷凍野菜生産への展開について紹介します。

### 野菜物流における課題と取り組み

諸産業で労働力問題が課題になっていますが、農業分野でも事情は同じです。特に、ドライバーの減少は深刻で、これに最近では、働き方改革への対応が求められています。労働時間1日8時間の制約の中で、配送範囲の制限や、運送業務とそれ以外の荷役作業や積み下ろし作業との峻別化への対応が迫られています。これらに燃料価格の高騰も相まって、今後、物流費がますます高騰していくことが懸念されています。

それらに対する取り組みとして、一つ目はモーダルシフト、二つ目はストックポイントの整備、三つ目はパレットの共通規格、作業の一元化が進められています。

## モーダルシフトへの取り組み

モーダルシフトとは、今までトラックに頼ってきた輸送（野菜の場合には9割以上）を鉄道貨物やフェリー、RORO船<sup>注2)</sup>に転換していくことです。

農林水産省の「ニュービジネス育成・強化支援事業」での実証試験では、トラックからJRコンテナに替えると運賃は安くなることが示されています。ただ課題もあり、トラックのように小まめに散発的な輸送はできず、一定ロットの出荷量を確保する必要があります。そうすると、産地内で同じ取り組みをする生産者が多数いる必要があります。例えば50t/日の出荷を前提とすると、185ha規模の産地でないとメリットがありません。

また、出荷ロットは大きくなるので、生産物を出発地点や到着地点で集荷することになり、集荷施設が必要になってきます。さらに、出荷時の往路の車両が産地に戻ってくる復路にも何か積荷を考えることが課題になります。

予期せぬ運休時の影響を考える必要があります。つまり、大量の荷物をひとまとめで運ぶので、その経路が災害等で遮断されると供給が完全にストップします。トラックの場合はルートが何通りかあって回避が可能ですが、鉄道ではそういう危険性があります。何年前かに北海道で、大雨かあってJR貨物が止まった時には非常に大きな問題になりました。

## ストックポイントの整備

ストックポイントとは、複数の産地の荷物を行き先別に共同配送するための拠点のことです。現状では、JA等の集荷施設で集めたものを直接各取引先に配送していくので、途

中何か所かで下ろす作業があります。しかも、下ろすたびに荷台が空いていくので、当然積載効率は悪くなります。これを、ストックポイントを整備して、共同配送とすることで、ドライバーの負担軽減と積載効率の向上を図る取り組みが検討されています。

各生産者から集まった生産物は、まずは産地近くのストックポイントに集約します。ここで、他の産地の生産物も含めて、消費地近くのストックポイント別に整理し、まとめて運ぶことにより積載効率の向上を図ります。また、消費地近くのストックポイントにおいても、さまざまな産地近くのストックポイントから輸送される生産物を集約して、取引先別に整理し、取引先単位でまとめて配送することでドライバーの負担軽減を図ります。

これは、おそらく大手宅配事業者の取り組みに近いかもしれませんが、これを野菜の流通の中での取り組むことが検討されています。なお、それぞれのストックポイントに整備される貯蔵設備が前述の一時貯蔵施設として機能することも期待されています。

共同配送に向けては、パレットやコンテナの規格化も進めていく必要があります。野菜流通カット協議会などで検討されています。

また共同配送の中では、全国に散らばるパレットやコンテナをどのように管理するかも重要です。現在、野菜流通カット協議会では、パレットやコンテナの動きをトレース(追跡)できる仕組み作りとして、コンテナやパレットにRFID<sup>注3)</sup>タグを装着し、そのデータをクラウド上で管理しようとする試みが進んでいます。

## 国内産地における野菜冷凍事業の動き

国内の産地では、冷凍事業の動きが加速化

注2) Roll On Roll Out 船：貨物をトラックごと積載する荷物専用フェリー

注3) 電波を用い非接触で読み書きできるタグを用いた管理システム

しており、いくつかの背景があります。

一つは、前述した原料野菜の国産ニーズが高まっていることです。次に、作柄が変動して生産物が一時的に余剰になった時に冷凍させてストックできるようにすることで安定供給につなげようとする動きです。

また、中食・外食産業での深刻な人手不足も挙げられます。加工場では作業者が集まらず、スーパーの総菜売り場の裏にあるバックヤードでも、調理する人の確保が難しい状況が生じています。人手不足による中食・外食産業での作業簡素化の必要性が、加工品を産地に求めたいというニーズとなり、産地における冷凍野菜の事業化に結び付いています。

さらに、中食・外食産業における産業廃棄物処理のコスト削減も挙げられます。例えば、ブロッコリーの場合、加工時に茎が廃棄物として発生します。中食・外食産業では、廃棄物処理費用の負担が発生しますが、一次産業を抱える産地では、食品加工で発生する廃棄物は堆肥や肥料として資源化が可能です。

冷凍野菜マーケットは、非常に堅調な拡大を続けています。ここ2、3年はコロナ禍の影響で外食産業は低迷していますが、そのような中でも冷凍野菜のマーケットは伸び続けており、今後も増えていく見込みです。

2017年には、加工食品の新たな原料原産地表示制度が制定されました。22年度までは経過措置期間ですが、それ以降は冷凍食品にも産地表示が厳格化されます。予想される消費者の選択、購買側の動きが国内産地における野菜冷凍事業展開の追い風になっています。

## 質疑応答

### 産地における冷凍事業の戦略

**質問** 産地で冷凍する事例は、過剰生産用なのか、あるいは冷凍するものを最初から計画

的に生産しているのが実態なのでしょうか。

**佐藤** これは計画的に生産することを前提にしたものが主体だと思います。計画的に出荷していると、足りない時にも出荷があるだろうと実需側に理解してもらえるからです。

例えば宮崎ではハウレンソウの収穫時期がある時期に集中していると思います。そういった時期に冷凍で加工をしておいて、ある程度ストックを作ったところで必ずずつ出荷していく流れになると考えています。

### 生育予測システムの用途

**質問** 今回、生育予測の意義を生産費の低減のために適期収穫で単収増加を狙う目的と、輸送コストの低減のために積載効率を向上させる目的の二つだけを説明されました。しかし、生育予測システムは、まずは作付け調整や労働力調整に使うのではないのでしょうか。

**佐藤** 今回説明を行ったのは生育予測システムの利用の例の一部です。本来は、産地側で生育予測に利用するのが第一義的です。中でも、産地側で定植情報を入力すると、いつ結球が始まり、どの時期に収穫適期に入るかが客観的なデータとして得られます。そこで、農薬散布のタイミングや想定する収穫時期から逆算して播種や移植のタイミングを考える目的にも使用することは想定していません。

**関連質問** 例えば県が、産地に対して作付け調整を行うため、あるいは中間事業者が介在している場合には、離れた産地間で出荷時期の調整のために播種時期や植え付け時期を調整する手段として使えないのでしょうか。

**佐藤** それも当然使えるようになります。そのためには、そういうアプリケーションソフトを開発する必要があります。開発を希望するICTベンダーには生育予測システムで得られる予測データを提供予定です。

農研機構では、収穫以降、出荷から先の部

分のアプリケーションソフト開発を行っており、栽培管理部分はまだ取り組んでおりません。その部分に関心をもたれている民間企業に参画・開発していただけるとありがたいです。

## 生育予測システムの社会実装

**質問** 生育予測システムの導入は、生産現場で先行すべきですが、そういう情報が流通や消費に有益な情報、つまりモーダルシフトやストックポイント、パレットの規格、冷蔵・冷凍の問題等に関する情報とうまく結合しないと社会実装は難しいと思います。

今後、社会実装を進める上での一番の課題はなんでしょうか。また、それは農研機構で取り組むべきか、あるいは民間企業と連携して取り組むのか、各産地や業者が独自にやるべきなのでしょう。

**佐藤** 生育予測技術を社会実装するには産地の作付け情報が必須です。現状では多くの産地が農協の系統集荷ですが、農協で生産者の作付け情報を必ずしも確実に押さえていないので、その情報を取る仕組みの構築が今後の課題です。

一方、産地にある大規模生産法人では、情報管理がしっかりしており、この仕組みは入りやすいと思います。

また、中間事業者と生産者との取引の条件として、こういう情報を生産者側から提供できる体制を取ってもらうアプローチもあるので、そこでモデル的に成功事例を作っていくことも重要な取り組みと考えています。

生育予測システムでは、作付け情報が収穫・出荷、流通までのデータとつながる情報連携の体制を作っていきたいと考えています。

## パレットの循環利用

**質問** パレットの規格統一の話題はパレッ

トの循環利用を目指してのことだと思いません。実際にどうなれば循環利用ができるのでしょうか。産地から消費地への流れだけですから、パレットが一方向的に消費地にたまりませんか。

**佐藤** おそらく、野菜がパレットに積まれて消費地に行き、そこから何かが代わりに積まれて消費地から産地に戻るような双方向の「循環」ではありません。

野菜の場合は、まずリース会社がパレットやコンテナを産地に送って貸し出し、それを1回使って、そこでレンタルが終了。今度はそのパレットだけを違う産地に出すことになると思います。

## 生育予測に求められる精度

**質問** 豊作で卸売市場に野菜が大量に出荷されると値が下がり、それにより消費者の需要も伸び縮みしていました。しかし、外食・中食の場合は、「4定」供給が要求されるので、不作時には中間業者が赤字でも高値で市場から調達せざるを得ない場合があります。そういう点では、生育予測は非常に役立つと思いますが、ビジネスモデルを考える上で、どれぐらい前にどれぐらいの確からしきで予測情報が得られる必要があるのでしょうか。

**佐藤** 産地によっては生育状況などを中間事業者等へ前もって知らせているようですが、多くの産地では、前の週に「来週どれぐらいの量を出す」という出荷情報を出す程度です。ところが、そこで急に「出せません」という情報が出て、中間業者が慌てて違うところに掛け合う例が多いそうです。

従って、それよりも前に予測情報を中間事業者と産地の双方が把握・共有できる仕組みが必要であり、3週間ぐらい前の段階で中間事業者が予測情報を得られれば、調整の時間が取れるそうです。

一方、基本的に生育予測は気象データを用

いているので、予測には限界があります。気象予測がどこまで先を正確に提供されるかによって予測の持つ意味も変わってきます。

われわれが現在取り組んでいる生育予測モデルは農研機構のメッシュ農業気象データを使っています。これは1カ月前に気象庁から出される予測情報に基づいて気温を計算しています。それ以降の気象データは毎年の平年値を当てはめているので、予測の信頼度から言うと、現時点に近いほど信頼度は上がるのですが、1カ月以上先の予測は平年の気温を反映したものにとどまります。

**関連質問** 中間事業者は、絶えず現地に行ったり電話で産地の状況を聞いたりして状況を相当把握していると思います。そうすると、1週間前に「来週は出せません」と言われて慌てる状況はあるのでしょうか。

例えば天候の急激な不順や災害等で急に野菜が収穫できなくなるケースは、2～3カ月前の予測というよりは、急激な豪雨によることが多いと思います。それらは生育予測でカバーされ、実際に現在中間管理者などが把握している状況より改善されるのでしょうか。

**佐藤** 確かに、中間事業者の中には絶えずい

ろいろな産地を見て回っているところもあり、生育状況を感じながら取引されているのでしょう。しかし、数字として伝票で「来週これぐらい出します」と来るのが1週間前で、それ以前というのは感覚として伝わってきているものだけです。また、その感覚というのも、産地によるもの、その人の捉え方によるものなどの違いもあり、また、あまり定量的とはいえないのが現状だと思います。

なお、紹介した生育予測モデルの特徴としては、気象データとして日射量と気温だけを使用し、それを予測の計算式に入れて演算するものです。つまり、その産地では野菜の生育として何日間遅れる日射量なのか、気温なのかを知る手段ということです。当然、そのモデルが絶対ではありません。そこで、使う側も「予測モデルとはそういうもの」と理解しないといけないというところはあります。

また、突然の豪雨による冠水被害も当然あります。しかし、われわれのシステムではそういう事態までに対応できません。この部分は、生育予測モデルではなく、ドローンや衛星等による画像解析で測定し、被害をシミュレーションで計算していかないとうまく機能しないと思っています。