

革新的技術開発・緊急展開事業
(うち技術開発・成果普及等推進事業)
対象領域「露地野菜」 活動内容報告資料

報告内容

- a) 緒言
- b) シンポジウムの開催について
- c) 生産者が抱える現場課題解決のための技術開発の背景・課題の整理
- d) 技術開発・普及展望のとりまとめ

国立研究開発法人

農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門

a) 緒言

TPP の大筋合意や近年の気候変動等、農業を取り巻く環境が著しく変化する中、国内の農林水産業が持続的に維持・発展するためには、生産現場が抱える問題を認識し、その解決にむけた取り組みが必要不可欠である。本事業は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター（以下「生研支援センター」という。）の平成 30 年度の委託事業によって、調査対象領域を「露地野菜」とし、栽培現場の現状と課題を整理するとともに、それに対する技術開発の状況について調査したものである。さらに、生産者と研究開発者、双方の情報交換のためのシンポジウムを開催した。

「露地野菜」のうち、近年需要が増加しているブロッコリーを中心に、キャベツ、レタス、ネギ、タマネギの 5 品目を主な調査対象とした。生産者への現地聞き取りは、北海道（江別市）、埼玉県（深谷市）、長野県（北佐久郡、南佐久郡）、愛知県（田原市）、兵庫県（南あわじ市）、香川県（坂出市、三豊市）において実施し、調査結果から抽出された現場課題とその解決に向けた技術開発状況について整理した。

（本報告書は、本事業の成果を一般に公開する目的で、生研支援センターへ提出した事業報告書を一部抜粋、修正したものである。）

2019 年 10 月

b) シンポジウムの開催について

1. シンポジウムのタイトル

革新的技術開発・緊急展開事業（うち技術開発・成果普及等推進事業）
「露地野菜生産現場の現状整理と今後の展開」公開シンポジウム

2. 主催

農研機構 野菜花き研究部門

3. 開催日時

平成 31 年 2 月 4 日（月）13:00～17:20

4. 開催場所

日本教育会館 7 階 会議室 707（東京都千代田区一ツ橋 2 - 6 - 2）

5. プログラム

（第 1 部）露地生産現場の現状と整理

「長野県におけるレタス、キャベツ等、露地野菜栽培の現状と課題」

小松和彦（長野県野菜花き試験場）

「兵庫県淡路島における露地野菜栽培の現状と課題」

中野伸一（兵庫県立農林水産技術総合センター）

「茨城県における加工業務用野菜の栽培現状と課題」

藤田正三・荻谷千春（茨城中央園芸農業協同組合）

「愛知県におけるキャベツ、ブロッコリー栽培の現状と課題」

森下俊哉（愛知県農業総合試験場）

（第 2 部）露地生産に関する新技術と展望

「ブロッコリー現地調査結果と増収にむけた研究紹介」

高橋徳（農研機構野菜花き部門）

「昨今の気象変動に対する露地作物の現状と課題」

辻本慎太郎（ナント種苗株式会社）

「加工・業務用野菜の機械化一貫体系について」

小坂田誠之（ヤンマーアグリ株式会社）

「カイコの自然免疫を活性化するブロッコリー由来の中性多糖類に関する研究」

関水と久（帝京大学）

（第 3 部）総合討議

6. 参加者

帝京大、都道府県（岩手県(4)、秋田県、山形県(2)、宮城県、栃木県、千葉県(4)、長野県(2)、愛知県(3)、兵庫県、徳島県、福岡県、佐賀県、熊本県、鹿児島県(2))、JA 全農(3)、生産者(5)、農業法人(9)、農研機構中央農研、東北農研、革新工学研(2)、生研支援セ(2)、野菜花き研(12)、その他(農機・種苗・農業資材など民間企業、法人等 33 機関)(36)

当日出席者合計 97 名

※農研機構 HP、メールマガジンで告知し、一般参加者を参集した。定員を 80 名と設定し、定員に達した時点で HP 上の申込は締め切ったが、それ以降も問い合わせが相次ぎ、総申込数は 120 名にのぼった。前日までに 106 名の参加を承認していたが、当日欠席などにより、当日の出席者は 97 名となった。参加しなかったが、資料配付を要望した 3 名には講演要旨集を送付した。



図 1 募集定員を大幅に上回る会場の様子

7. シンポジウム概要

開会にあたり、野菜花き研究部門の坂田部門長より、水田転換作物として露地野菜が注目されている中で現場が抱えるニーズを整理・対応していきたい、という趣旨の挨拶と、生研支援センターの高岸氏より本事業の説明がなされた。

第一部では、長野県野菜花き試験場の小松氏、兵庫県立農林水産技術総合センターの中野氏、茨城中央園芸協同組合の荻谷氏、愛知県農業総合試験場の森下氏から、レタス、キャベツ、ブロッコリー、タマネギ、ホウレンソウなどを中心にそれぞれの県の栽培様式と作型、課題と今後の展開について紹介があった。

第二部では、野菜花き研究部門の高橋研究員よりブロッコリー現地ヒアリング調査の報告と研究内容、ナント種苗(株)の辻本氏より気候変動に対応したウリ科育種の現状と方向性、ヤンマーアグリ(株)の小坂田氏より業務・加工用野菜の機械化一貫体系、帝京大学の関水教授より自然免疫力を高めるブロッコリー新規機能性成分の研究について講演があった。

第三部では、野菜花き研究部門の岡田領域長を座長としてパネルディスカッションが行われ、講演内容に対する質疑を中心に、活発な議論が行われた。

c) 生産者が抱える現場課題解決のための技術開発の背景・課題の整理

1. 労働力の確保

いずれの産地でも、少子高齢化に伴う人手不足が問題として挙げられ、特に、収穫時の人手不足が深刻であった。これは、レタス、ブロッコリーについては、収穫機が実用化されておらず、キャベツ収穫機も収穫面積 20ha 以上が導入の目安とされており、利用できる経営体が限られているためである。長野県のレタス栽培では、夜間も照明機器を設置して収穫作業を行う等、限られた人手の中で作業時間を延長することで対応している（図 2）。また、ブロッコリーは規格が厳格であるため、適切なサイズの花蕾を一つずつ選択収穫しなければならず、大変な手間がかかる。収穫適期が短く、穫り遅れによる規格外品に悩む生産者も多かった。ブロッコリーの収穫最繁忙期には収穫開始が早朝から深夜にまで前倒しされるが、0 時より前では「前日収穫」とみなされて出荷基準に反してしまうため、日付の変わった直後から収穫を開始するケースがあった。収穫時に限って臨時雇用している生産者も多くみられたが、確実に収穫時の人手を確保するためには通年で雇用せざるを得ないという声もきかれた。収穫時の人手不足が解消されれば生産面積を増やしたいという意見もあり、収穫時の労働力不足が生産拡大の最たる制限要因であった。愛知県のキャベツ生産者は、1 玉 1~2kg するキャベツを一つずつ地面の高さから台車の高さまで持ち上げること、1 箱 10kg するケースを運搬することの重労働を訴えるとともに、高齢者には極めて困難な作業であると指摘した。また、兵庫県や香川県の冬場のレタス栽培ではトンネルを設置するが、やはり労働力の減少に伴い同作型の継続が困難になってきている。



図 2 夜間のレタス収穫風景（長野県）

このように、多くの産地、品目で作付けの維持や拡大の制限となっていた要因は労働力不足であり、その解消こそが第一のニーズであった。

2. 気象災害への対策

多くの生産者が、近年激化、頻発する台風やゲリラ豪雨、夏場の高温と干ばつに困っていた。豪雨によって湛水すると、根の発育が衰える、病気が発生・助長される、作業機が入れないため定植が遅れるといった問題が発生する。強風によって苗が飛ばされ、株が倒れ、沿岸地域では塩害も発生する。倒れた株は即座に枯死するわけではないが、追肥や中耕、葉散等で作業機が畝間を走行する際、車輪が外葉や結球部を踏みつけ損傷させてしまう、折れた葉や土と接触した部分から病気が発生するといった問題が生じる。夏場の高温と干ばつは、

生育を遅らせ、種々の生理障害を助長する。キャベツ、レタスでは活着不良、小玉化、巻き込み症状（チップバーン）、ネギ、タマネギでは黄化、枯死、ブロッコリーでは異常花蕾や黄化、ブラウンビーズ（花芽の枯死）の発生につながる。

これら天候不順によって引き起こされた生育不良が収量低下の原因になることは言うまでもないが、仮に収穫に至ったとしても、収穫時期の遅れや、ばらつきの原因になり得る。その結果、計画的に確保していた人手に過不足が生じたり、市場価格の変動（早場を狙っていたのに、収穫が遅れたことによって他産地と競合し価格が低下する等）に悩まされることになる。業務・加工用出荷では契約数量を満たせないといった事態も発生する。天候の影響を受けやすいのが露地野菜の特徴ではあるが、特に近年の気象災害に対する懸念と改善に向けたニーズは非常に大きかった。

3. 排水性の向上

露地野菜作にとって、排水性の向上は品目を問わず高い要望であった。香川県、兵庫県では、しばしば排水性が低い水田転換畑で作付がなされている。香川県のある圃場では34～5年前に基盤整備が行われたが、その時施工された暗渠は機能しておらず、兵庫県では地下水位が高いため暗渠があっても水が抜けにくいということであった。両地域では現在も夏場の水稻作と冬場の野菜作の田畑輪作を行っているため、レタス、ブロッコリー、タマネギ、ハクサイのいずれでも湿害が問題となり得る。埼玉県では、雨の少ない冬場は水田転換畑でもブロッコリーの作付けができるが、秋冬作では湛水の恐れがあるため水田転換畑を有効に活用できていないということであった。近年、北海道でも台風の襲来やゲリラ豪雨の増加によって湛水し、タマネギが小玉化することがあるという。愛知県の渥美半島沿岸地域は、土壤粒子が大きく排水性はいいが、海面が近いために地下水位が高く湿害が発生しやすいということであった。

水田転換畑の活用という意味で排水性の向上は長年にわたる課題であるが、ゲリラ豪雨のような異常気象が昨今頻発しており、さらに今後増加する可能性を考慮すると、畑圃場の排水性向上も強いニーズと言える。

4. 病害対策

アブラナ科野菜では根こぶ病、黒すす病、菌核病、黒腐病、花蕾腐敗病、べと病、黒斑細菌病、レタスではレタス根腐病、レタスビッグベイン病、ネギ、タマネギでは黒腐病、苗立ち枯れ病、紅色根腐れ病等の被害を訴える声が聞かれた。

根こぶ病はいずれの産地でもキャベツ、ハクサイ、ブロッコリーで被害が聞かれた。他品目との輪作によって抑制されるが、アブラナ科野菜を連作する産地では被害が大きい。水稻作では湛水によってむしろ圃場全体に拡大する恐れがあり、水稻と輪作する地域では大きな懸念となっていた。ただし、発生していても軽度であれば収穫に至るため、産地、生産者によって危機感は様々であった。黒すす病は現地聞き取り調査を行った全てのブロッコリ

一産地で深刻な被害の訴えがあり、埼玉県では 2017 年の秋冬作は壊滅的な被害に遭ったということであった。黒すす病は黒斑を花蕾に生じることから、軽度であっても即座に商品価値が失われてしまう(図 3)。国内では 2003 年に初めて確認された比較的新しい病害であり、登録農薬が少ないという難点もある。多雨によって助長されることから、上述の天候不順とも関連して、被害が増加しているようであった。

レタスは、長野県ではレタス根腐病、香川県、兵庫県ではレタスビックベイン病が拡大していた。これらに有効な抵抗性品種、防除体系は開発・確立されておらず、被害が甚大な地域では転作圧力が高まっている。

タマネギの紅色根腐れ病は一時北海道で猛威を振るったが、現在は収束傾向にあるということである。

埼玉県のネギでは豪雨によって黒腐病、苗立ち枯れ病が多発するようになったということであった。

これらの病害低減に向けた、品種育成や防除体系の確立も重要なニーズであった。



図 3 黒すす病の症例 軽度であるが花蕾に発生したため出荷不可

d) 技術開発・普及展望のとりまとめ

1. 機械化一貫体系の確立

愛知県や埼玉県はそれぞれキャベツ、ブロッコリーの古くからの産地であり、かつては定植作業が拡大の制限要因であったが、平成に入り移植機が実用化、普及すると、1軒あたりの栽培面積が急速に拡大したという。また、兵庫県のレタス栽培では、レタス包装機の普及によって作付面積が2倍に拡大した事例がある。さらに、北海道のタマネギ栽培では機械化一貫体系が確立・普及しているが、一連の作業機械を保有している生産者からは、「(労働力は足りているので) もっと栽培面積を拡大したい」という声が聞かれた。

「労働力の確保」そのものは、少子高齢化社会の中で国家全体が抱える問題であり、技術的な要素で直接的に解消できる問題ではない。しかし、機械化によって労働力不足という制限要因が解消された前例を踏まえると、今回の「労働力の確保」というニーズに対する技術的解決策は「機械化一貫体系の確立」と読み替えることができる。具体的には、キャベツ、レタス、ブロッコリーの収穫機の開発と普及、もしくは、重量野菜の収穫・運搬を省力化する大型機械の開発、軽労化を可能にする補助作業機(自走・自動で拾い上げ、運搬をする台車や、重い物を持ち上げる際のアシストスーツ等)、トンネル設置・換気の機械化・自動化、女性や高齢者でも扱いやすい小型機械の開発等が考えられる。

キャベツ収穫機は平成25年にヤンマーアグリ株式会社から発売されている。平成30年に同社よりハクサイ収穫機がモニター発売され、ブロッコリー収穫機も試作段階にある。キャベツ収穫機では、収穫・調整・出荷作業の労力半減、資材費の削減(三分の二)が実現するという経済試算がある(農業技術、2013)。これらヤンマーアグリ社から発売されている収穫機はいずれも一条毎の一斉収穫タイプであり、導入にあたっては、①作物に傷が付き難いこと、②つかむ(挟む)ところがあること、③各株で生育のばらつきが少ないこと、④条が揃っていること(倒れが少なく直線状になっている)、⑤条間が適応範囲であること(車輪、クローラで踏まない)といった作物の特徴と栽植方法が求められる。①、②は特に作物に依存しており、⑤は人為的に調整可能な要素である。したがって、問題となるのは主に③と④である。③について、一斉収穫であるため、ばらつきが大きいと歩留まりが低下して総収量が低下する。④について、条が揃っていないと、作業効率が低下し、場合によっては収穫機の稼働そのものが困難になる。こうした現状に対し、倒伏防止を目的とした深植え技術の研究がキャベツで行われ、一定の効果が見られるようである(Yamamoto, et al., 2016)。ハクサイは収穫期が主に冬場のため、収穫適期が長く、円柱形の安定した形状によって倒伏も少ない等、③、④の条件を満たしやすい。一方で、ブロッコリーは揃いが悪い上に収穫適期が短く、花蕾のある上部ほど重たいという逆三角形の形状のため倒伏しやすい。育苗、定植の精緻性の向上、定植後の灌水や追肥による生育コントロール、花芽分化と肥大メカニズムの解明およびその制御等を通じて、ブロッコリーにおいて③、④を満たすことが今後の課

題であると考えられる。

レタス収穫機は、平成 13 年に長野県農業総合試験場（当時）より自走式レタス収穫機が開発されたが、普及・実用化には至らなかった。現在、「レタスの市場競争力強化を実現する機械化生産一貫体系構築のための自動収穫ロボットおよび栽培技術の開発（地域戦略プロ 平成 28~30 年度）」のもと、信州大学を代表機関として自動収穫ロボットが研究・開発されている（図 4）。



図 4 レタス自動収穫ロボット

2. 気象災害、生育のばらつきへの対策

露地野菜である以上、天候の影響を受けることは避けられない（天候の影響を受けないとすれば、閉鎖型の施設野菜である）。それでも、個々の生産者単位では気象災害を軽減する対策を行っている。具体的には、台風対策として防風ネットを設置する、海水を洗い流すために散水する、豪雨後に根腐れ防止を目的として中耕を行ったり酸素剤を投入するといった対策である。ただし、1つ1つの対策がどの程度効果的であるかは不明である。まずは、こういった個々の技術の効果を科学的に明らかにし、さらに資材や方法を改良し、汎用性を備えた気象災害軽減技術として確立することが、直接的な対策となるであろう。豪雨に関しては排水の向上が重要であり、特に水田転換畑では地下水位制御システム FOEAS が有効な手段であると考えられる。FOEAS は平成 29 年時点で導入面積（予定含む）が 12,730ha であり、今後とも普及と拡大が期待される。

また、天候不順によって生育に遅速が生じ、予定していた収穫期とずれる、収穫がばらついて作業能率が低下するということが考えられる。かつて、追肥を手作業で行っていた愛知県のキャベツ栽培では、生育の遅速に応じて追肥量を細かく調整し、圃場内の生育のばらつきを軽減していた。現在は、乗用型の肥料散布機（ブロードキャスター、図 5）によって追肥の省力化と均一化が実現されたが、場所に応じた施肥量の微調整が行われなくなったために、かえって生育にばらつきが生じるようになったという指摘があった。したがって、局所的に追肥量を調整できるように改良されれば、生育のばらつきが軽減される。また、ドローン等を活用した生育状況の把握と生



図 5 乗用型の肥料散布機

育出荷予測システムの確立によって、圃場内、圃場間のばらつきや収穫時期の変化を精度よく予測できた場合、こういった天候不順の影響も経営的にある程度緩和される。

高温、干ばつに関しては、FOEAS、および畑地用地下灌漑システム OPSIS による灌水が期待される（佐々木ら、2018）。地上からの灌水と比較してハウレンソウの生育が優れたという結果が得られている。地下に埋設された有孔管からの灌水であり、点滴チューブやスプリンクラーと違って作付け毎の設置と撤去が不要であることから、省力的な灌水方法としても期待される。また、一部の種苗メーカーでは、根の形態に着目するなど干ばつ下でも草勢を維持できる台木の品種育成に取り組んでおり、今後の環境変動に対して重要な視点であると考えられる。

3. 業務・加工用ブロッコリーについて

結球部が外葉で覆われたキャベツやハクサイは可食部が傷つきにくく、多少傷がついた場合でも葉を剥くことで改善される。また、業務・加工用であれば多少の傷は許容されるなど、先ほどの機械収穫で求められる条件の①は問題にはなりにくい。一方、ブロッコリーは可食部（花蕾）が露出しており、花蕾をグリップする取り込みベルトが直接花蕾に触れるため傷つきやすい。さらに、国内で収穫されたブロッコリーは基本的に青果用のため、外観品質の低下は歩留まりの低下に直結する。この問題の解決には、1つにはグリップ部分の改良による傷の軽減が挙げられるが、多少の傷を許容できる販路、すなわち業務・加工用の販路を設けるという案も考えられる。

参考文献

農業新技術 2013 <http://www.affrc.maff.go.jp/docs/press/13/130405.htm>

Yamamoto, et al., 2016. Transplant depth of cabbage plug seedlings affects root distribution and anchorage resistance. *Scientia Horticulturae*. 213; 144-151.

地下水位制御システム（FOEAS）の普及状況

http://best-drain.net/wp/wp-content/uploads/2018/04/foeas_20171231.pdf

佐々木ら 2018. 畑地用地下灌漑システム(OPSIS)による灌水がハウレンソウの生育に及ぼす影響 園芸学研究 17(4);423-429

文責

農研機構 野菜花き研究部門

野菜生産システム研究領域

高橋 徳