

山口県農林総合技術センター研究報告

第 13 号

令和 4 年（2022 年）3 月

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL
AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER

No.13

March, 2022

Yamaguchi Prefectural Agriculture & Forestry General Technology Center

Ouchi Hikami, Yamaguchi City, Yamaguchi Prefecture, Japan

山口県農林総合技術センター

山口県山口市大内氷上一丁目 1 番 1 号

山口農林総技セ研報

Bull. Yamaguchi Agri.

& For. Gen. Tech. Ctr.

目 次

1301	山口県集落営農法人における6次産業化の実態解明と地域連携ビジネスモデル 尾崎 篤史・高橋 一興	1
1302	茶葉の冷凍保存に最適なブランチング条件の解明 平田 達哉	12
1303	はなっこりーの新品種等に対応した鮮度保持フィルムの開発 平田 達哉	23
1304	飼料中のはだか麦と大豆の割合が地鶏「長州黒かしわ」の成長性、肉質および 官能特性に与える影響 村田 翔平・伊藤 直弥	30
1305	地鶏「長州黒かしわ」の筋胃の特性 村田 翔平・伊藤 直弥・岡崎 亮	39
1306	水稻品種「恋の予感」の安定栽培法 1 移植期別の栽植密度 来島 永治・松永 雅志・有吉 真知子・中島 勘太	47
1307	水稻品種「恋の予感」の安定栽培法 2 緩効性肥料の施肥量および種類 来島 永治・松永 雅志・有吉 真知子・中島 勘太	56
1308	隔離床栽培システム「ゆめ果菜恵」を利用したトマト栽培の灌水方法と培地特性 重藤 祐司・平田 俊昭・宇佐川 恵	67
1309	近接リモートセンシングによる「山田錦」の窒素蓄積量の推定値が生育ステージに よって異なる要因の解明 有吉 真知子・村田 資治・金子 和彦	76
1310	中晩生系リンドウ「西京の白露」および「西京の瑞雲」の育成 藤田 淳史・岡田 知子	82
1311	山口県オリジナルリンドウの簡易隔離床栽培技術および促成栽培技術の確立 川野 祐輔・藤田 淳史・友廣 大輔	89
	山口県農林総合技術センター投稿規定	95

山口県集落営農法人における 6 次産業化の実態解明と

地域連携ビジネスモデル

尾崎 篤史・高橋 一興*

Actual Situation of the Sixth Industrialization in Village Farming Corporations of Yamaguchi Prefecture and Development of a Regional Cooperation Business Model

OZAKI Atsushi and TAKAHASHI Kazuoki

Abstract: In this study, we analyzed the actual situation of the sixth industrialization of village farming corporations. In addition, we developed a collaborative business model between the village farming corporation and the community, and verified its practical aspects.

Key Words: diversification strategy, profitability

キーワード: 多角化戦略、収益性

緒 言

山口県では、2021 年 3 月末現在 290 の集落営農法人（以下、法人）が設立されているが、その多くは中山間地域に存在しており、集落世帯の高齢化、資材費高騰、米価下落等の要因により収益力が低下し、収益確保に向けた取組が模索されている。

収益改善の一手法として多角化戦略がある。農業経営における多角化については、新規品目に取り組む「水平的多角化」、加工販売事業に取り組む「垂直的多角化」、観光事業等に取り組む「斜行的多角化」がある（八木, 2000）。また、垂直的多角化は、川下への多角化である「前方的多角化」と、川上への多角化である「後方的多角化」に分けられる。本稿では、法人が加工販売事業に取り組む「前方的多角化」としての 6 次産業化に着目する。

6 次産業化とは「一次産業としての農林漁業と、二次産業としての製造業、三次産業としての小売業等の事業との総合的かつ一体的な推進を図り、地域資源を活用した新たな付加価値を生み出す取組」と定義されており、6 次産業化に取り組む経営体の「所得確保を通じて…地域経済に活力をもたらす」こと等が期待されている（六次産業化・地産地消法）。

なお、6 次産業化の方向性としては、産業競争力の強化を目指す「産業・ビジネス志向」と、地域住民の生活向上や地域社会の維持等を目的とする「地域・コミュニティ志向」に大別できる（農林水産政策研究所, 2015）ことが指摘されており、目指す方向性によって収益性に対する志向も異なることが推測される。そこで本研究では、この収益性に対する志向の違いが法人の加工事業に与える影響について検証することを目的に、山口県で 6 次産業化に取り組む法人に対し聞き取り調査を行った。

また、集落営農組織の多角化については、一般の企業とは異なる特有のノウハウが必要となることが指摘されている（吉岡ら, 2013）が、具体的な事例研究に関しての知見は限られている。そこで、法人を対象とした 6 次産業化導入実証試験を行って、事業導入時に生じる課題について検証を行った。

最後に、地域経済への経済効果の波及という観点から、法人が地域と連携しながら 6 次産業化に取り組むビジネスモデルを作成し、活動上のポイントおよび課題について若干検証を行った。

* 現 農業振興課

材料および方法

1 山口県の法人による 6 次産業化の実態解明

山口県の法人による 6 次産業化の実態について解明するために、加工事業に取り組む法人の代表理事および加工事業担当者に対し聞き取り調査を行った。

まず、県内 8 農林（水産）事務所、やまぐち 6 次産業化・農商工連携サポートセンター、県農林水産部等への聞き取り調査および資料収集を通じ、山口県で 6 次産業化に取り組む法人に関する情報収集を行った。

次に、上記調査で得られた情報をもとに、山口県で加工事業に取り組む 14 法人を選定し、それらの法人の加工事業担当者に対し電話による聞き取り調査を行った。調査項目は、取組目的、加工事業売上、加工品目、販路、加工事業従事者の人的属性、活動上の課題等とした。

また、この調査結果をもとに、一定の取組年数を経過しており、現在でも活発に活動が行われ、調査に協力的な 7 法人を選定し、対面方法による聞き取り調査を行った。内 5 法人については法人代表理事および加工事業担当者に対し調査を行ったが、内 2 法人については法人側の意向により加工事業担当者のみに対し調査を行った。一部調査は管轄農林水産事務所の普及指導員と合同で行った。調査項目は、取組目的、収益性に対する考え方、加工事業取組の経緯、加工部門の人員費の扱い、法人生産部門と加工部門の関係性、加工作業スケジュール、活動上の課題等とした。

2 法人が 6 次産業化に取り組む際生じる課題の抽出と対応の整理

1) 対象

法人が新たに 6 次産業化に取り組む際生じる課題を抽出することを目的に、新商品開発に取り組む農事組合法人 E（以下、E 法人）を調査対象として選定した。E 法人は農業生産組合を 1997 年に法人化したもので、4 集落 1 農場経営に取り組む全員参加型組織である（表 1）。組合員世帯の女性 57 名が、法人設立に伴い労力が余剰になった地域女性や高齢者が生きがいを持って働く場づくりを行い、地域の誰もが活躍できる営農や暮らしの仕組みを実現させようと、1997 年 8 月に任意組織（以下、任意組織）を設立し、生産活動（小物野菜の朝市出荷等）、加工事業（未利用野

菜等の加工）、環境づくり、交流等の活動を開始した。2001 年には 44 名の女性が法人組合員となり、女性 2 名が法人理事に登用された。女性達は任意組織の活動に加え、法人組合員として除草や補助作業等にも参加している。2002 年からは法人産大豆の PR を目的に豆腐加工を開始した。2005 年に法人加工部が新設され、加工所が整備された。

2017 年より、豆腐製造の副産物であるおかると地域特産物である野菜を活用した餅をテーマに新商品開発に取り組んでいる。なお、加工部では世代交代が進んでおり、新商品開発の中心人物である加工部員および法人理事にとって商品開発に携わるのは初めての経験である。

2) 方法

E 法人の新商品開発に対し、県農林水産部、市町、農林水産事務所と連携して活動支援を行うことで、法人が 6 次産業化に取り組む際生じる課題を抽出した。活動支援の内容は、法人協議の場における司会進行やスケジュール調整、加工技術指導、他の活動事例等の情報提供および視察対応等とした。

3 法人が地域と連携して 6 次産業化に取り組むビジネスモデルの提示

法人による 6 次産業化を通じて地域経済に活力をもたらすためには、法人と地域との連携が不可欠であると考えた。そこで、法人が地域と連携して 6 次産業化に取り組んでいる事例を選定し、以下の通り調査を行った。

1) 対象

農事組合法人 D（以下、D 法人）

D 法人の地域は、近隣市街地まで約 30 km の場所に位置する標高約 400 m の中山間地域である。地域の中心部には県を縦断する全線 2 車線の国道が通っており、この国道沿いに法人が経営する直売所を設置している。県有数の米どころとして知られる地域で、水稻約 100 ha を生産するほか、大豆、野菜等を組み合わせた複合経営に取り組んでいる。

中山間地域等直接支払制度に当初から取り組んでいた地続きの 5 集落が 2003 年に法人化、後に飛び地の 2 集落が加入し、現在の 7 集落 1 法人となった。農地・水・環境保全向上対策（現多面的機能支払交付金）にも当初から取組み、これらの交付金を活用しながら法人経営の安定化を図っている。

法人設立により仕事がなくなった地域女性からの要

望を受け、加工事業を検討することとなった。2004 年に法人関係女性へ行ったアンケート調査から、特産品であるもち米を活かした加工品づくりに対する意向が高いことが判明し、餅加工品に取り組むこととなった。（表 1）

加工品の販路については、市街地の量販店等に卸す場合、ある程度の生産量が必要となる、配送が負担になる等の課題があった。そこで「地域で売って市街地のの人に買いに来てもらおう」と直売所を立上げる話が持ち上がった。法人も「女性達がそこまで本気なら」と、直売所と加工所を同時に整備することを決めた。2006 年 10 月加工所と直売所が同時に完成、同 11 月より試験的に営業を開始した。2007 年 5 月直売所は本格的に営業を開始。現在、直売所は地域のイベント会場としても活用されており、他の地域と連携して開催される都市農村交流イベントへの参加等を通じ、徐々に知名度が向上していった。

D 法人は、直営事業である加工事業・直売所のほかに、農業・加工事業に取り組む社会福祉法人と連携してはげかけ米を生産し直売所で高付加価値商品として販売したり、地域の飲食店と連携して地域生産物を惣菜に加工し販売する等、地域のさまざまな経営体と連携して 6 次産業化・農商工連携・農福連携等の活動を実践している。こうした活動が行われていることから、法人が地域と連携して 6 次産業化に取り組むモデルケースとして D 法人を選定した。なお、ここでいう「地域」とは D 法人の集落のみならず、近隣集落も含めた広域地域のことをいう。

2) 方法

D 法人の、法人代表理事、加工部副部長（前加工部代表理事）、直売所担当者および連携先である地域の経営体担当者へ対面方法による聞き取り調査を行った。調査項目は、取組内容、連携発展の経緯、連携先との関係性、活動上の課題等とした。得られた調査結果をもとにビジネスモデルを作成し、取組のポイントや課題等を整理した。

結果および考察

1 山口県の法人による 6 次産業化の実態と分類

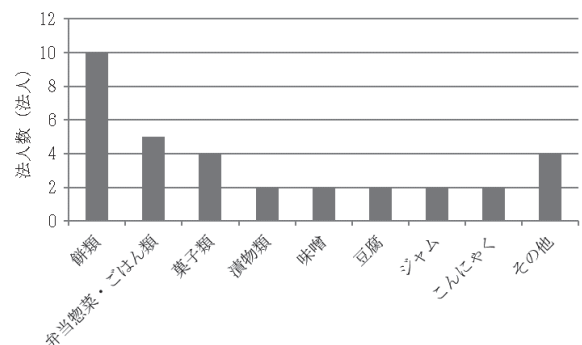
1) 取組内容

調査した 14 法人の取組内容として、加工品目、加工部門の人的属性および加工事業の収益性について、以下のことが明らかとなった。

(1) 加工品目

山口県の法人が取組んでいる加工品目については、「餅類」が 10 法人、「弁当惣菜・ごはん類」が 5 法人、「菓子類」が 4 法人であり、それ以外の品目についてはそれぞれ 1 ～ 2 法人が取り組む程度であった（第 1 図、複数品目に取り組んでいる法人もいるため、各品目の合計と調査した法人数とは一致しない）。米を活用した商品づくりに取り組む割合が 71.4 %（14 法人中 10 法人）と高いことが分かった。

なお、農林水産省によれば、総合化事業計画の対象農林水産物における米の割合は 10.1 % であり、野菜（34.4 %）・果樹（16.5 %）・畜産物（13.9 %）より低い。この原因について室屋は「米は加工品の多様性や差別化の余地が限られていること、また規格外の割合が小さいこと等から 6 次化に不利な面がある」と指摘している（室屋, 2013）。この点からすると、米を活用した商品が多いことは山口県の法人加工事業の特徴といえる。この背景には、水稻主体の法人が多いことが関係していると推測される。

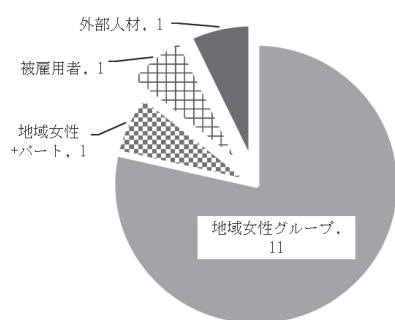


第 1 図 山口県の法人における加工品類別取組法人数

注) 複数品目に取り組んでいる法人もいるため、グラフの合計と調査法人数とは一致しない

(2) 加工部門の人的属性

法人加工部門における人的属性は、「地域女性グループ」が 78.6 %（11 法人）、「地域女性グループとパート職員が混在」が 7.1 %（1 法人）、「農作業に従事する被雇用者が加工事業にも従事」が 7.1 %（1 法人）「加工技術を持つ外部人材を雇用」が 7.1 %（1 法人）であった。地域女性を中心となって活動している事例が 85.7 %と大半を占めることがわかった（第 2 図）。

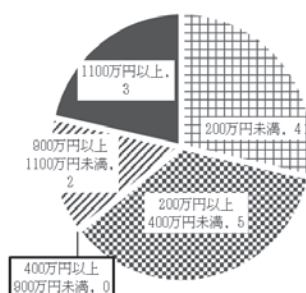


第2図 山口県の法人における加工事業従事者の属性

単位：法人数

(3) 加工事業の収益性

加工事業売上は、「400 万円未満」と「900 万円以上」に二分されることがわかった（第3図）。また、「400 万円未満」9 事例の内6 事例は、加工事業設立後 10 年以上が経過している。このことから、法人における加工事業の位置づけは、事業規模の拡大を目指す取組とそうでない取組に分類できると推測される。

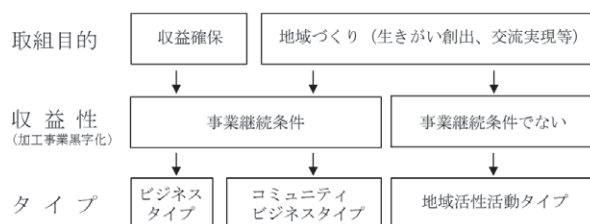


第3図 山口県の法人における加工事業年間売上額

単位：法人数

2) 取組目的と収益性に対する志向による分類

7 法人への対面による詳細調査の結果、これら 7 法人は、取組目的と収益性に対する志向から次の 3 タイプに分類することができた（第4図）。そこで、7 法人の取組内容を 3 タイプに分類して整理した（第1表）。それぞれのタイプの特徴については以下のとおりである。



第4図 山口県の法人加工事業における分類の視点

注) 7 法人への聞き取り調査結果をもとに筆者作成

(1) 各タイプの特徴

a ビジネスタイプ

所得確保を目的に 6 次産業化に取り組んでいる。高度な商品開発が求められ、商工業者との関係構築や販路開拓等が課題となるほか、将来的にはそれらができる人材の育成が求められる。

b 地域活性活動タイプ

地域住民の生きがい創出・交流実現を目的に 6 次産業化に取り組んでおり、これらが収益確保より優先される。法人経営においては非収益部門であり、生産事業等の収益が活動を支えているが、一部事例では加工事業の収益の範囲内で加工部員へ従事分量配当を行う「独立採算制」を採用している。前者の場合、法人経営が順調であることが加工事業存続の前提条件となる。

D 法人～G 法人はいずれも販路開拓には消極的で、D 法人～F 法人ではむしろ労働力不足によって現状の加工品供給量を維持できなくなりつつあることの方が課題となっていた。また、後継者を確保するため次世代にとって魅力的な仕事場となるよう働き方改革や生産性向上に向けた取組を講じると、部員同士の交流を目的に活動に参加している既存部員のニーズと活動内容が一致しなくなる、既存部員が離れてしまうと活動目的を達成できない、といったジレンマに陥っている事例もある。

c コミュニティビジネスタイプ

a と b の中間的存在。収益性追求を目的とはしないが、加工部門単独で採算がとれるよう企業努力を重ねている。C 法人では、法人他部門からの補填は期待できないが最低賃金は確保しなければならないという状況が、収益性向上へのインセンティブを生みだしてい

る。

第1表 山口県の法人における加工事業概要

分類	ビジネスタイプ			コミュニティ ビジネスタイプ	地域活性活動タイプ			
法人名	A		B	C	D	E	F	G
法人概要	設立年	1998 会社化	2006 年	2011 年	2003 年	1997 年	2001 年	2007 年
	組織形態	有限会社	農事組合法人	農事組合法人	農事組合法人	農事組合法人	農事組合法人	農事組合法人
	生産事業	90ha(水稲、麦、大豆)	23ha(水稲、大豆、畜産等)	10ha(水稲中心)	115ha(水稲、大豆、野菜)	84ha(水稲、大豆、野菜)	42ha(水稲、大豆、作業受託)	12ha(水稲、麦、大豆)
	地域	干拓地	中山間地域幹線道路有非農家65%	山間地域	中山間地域幹線道路有県有数の米所	中山間地域近隣集落から隔てられた盆地	近隣に交流施設	中山間地域
	市街地アクセス	隣接	約6 km	約30 km	約30 km	約27 km	約10 km	約10 km
法人特徴	就業者6 名	構成員外女性を加工パート雇用	生産事業より加工事業の収益が大きい	7 集落1 法人	4 集落1 法人自治会統合	地域女性グループの既存加工事業を法人事業に	・1 集落1 法人 ・加工部門は独立採算制	
取組目的	就業者の給与原資確保	—	地域女性の働き場確保	地域女性活躍の場の創出	地域の誰もが活躍できる仕組みの実現	地域女性の交流実現	生きがい創出交流実現	
人的属性	・就業者6 名 ・パート2 名	・構成員家族 ・パート雇用	地域女性	地域女性	地域女性	地域女性	地域女性	
加工事業概要	人件費	・就業者(固定給) ・パート(時給)	構成員家族(従事分量配当)パート(時給、最賃適用)を同額に調整	時給(最賃適用)生産事業からの補填は不可	従事分量配当生産事業収益で加工事業の人件費を補填	生産事業収益で地域女性グループの活動費(加工事業含む)を支援	時給制生産事業収益で加工事業の人件費を補填	加工事業収益の範囲内で加工部員へ従事分量配当を支給
	商品	米粉、餅 商工業者と連携した商品開発	弁当・惣菜類	・餅 ・漬物類 ・弁当	米を活用した商品	豆腐	・味噌 ・きな粉 ・ジャム等	梅干、漬物類 ・既存の個人事業を継承 ・地域住民の技を商品化
	主な販路	学校給食JA直売所	法人が経営する直売所	・JA直売所 ・道の駅	法人が経営する直売所	・市街地量販店 ・地域住民へ配達	・近隣の交流施設 ・JA直売所	・地域近隣
課題	販路開拓商工業者と付き合える人材の育成	加工事業の黒字化が求められるが最賃の上昇が経営を圧迫	・生産物調達 ・高齢化 ・後継者確保	労働力不足 順調な法人経営が加工事業継続の前提条件	労働力不足	加工事業を支える法人本体の経営安定 後継者確保	・生産物調達 ・作業競合	

注) 7 法人への聞き取り調査結果をもとに筆者作成

当分類は相対的なものであり、2 タイプの中間的事例も存在するため、各タイプの境界は明示していない

(2) 小括

取組目的と収益性に対する志向の違いが、活動内容に影響を与えることが分かった。第4図のフローを活用すれば法人内で事業の位置付けを明確化することができ、法人においては事業の位置付けに見合った活動内容の検討が、支援機関においては法人の志向に応じた効果的な支援活動を行うことができる。

3) 法人による6次産業化の実態と問題点

(1) 加工部門の人件費の扱いが加工事業に与える影響

食品加工業は一般的に労働集約型産業であり、経費に占める人件費の割合が高い傾向にある(注1)。つまり、加工事業の収益性を考えるうえで人件費は重要な要因の一つといえる。そこで、調査事例における法人加工部員の人件費の扱いについて調査し、加工事

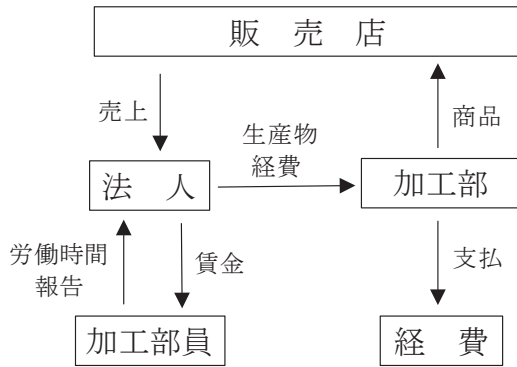
業に与える影響についてまとめた(第2表)。

加工事業従事者は、主に生産事業に従事する月給制の就業者が加工事業にも従事するパターンと、時給制もしくは従事分量配当を受ける者が従事するパターンに大別できる。前者の場合人件費は固定費のため、加工事業にかかる人件費は追加コストとならない。後者の場合人件費は変動費であり、従事時間に応じて追加コストが発生する。この人件費は、法人収益から支払われる場合(以下、事業部制)と、加工事業の収益の中から支払われる場合(以下、独立採算制)がある。事業部制の場合、加工部員は加工事業の収益が上がらなくても賃金が受け取れるという安心感がある反面、そのことが収益向上へのインセンティブを削ぐ可能性がある。また、加工事業が赤字となった場合、他事業の収益から補填することになる。このことについて事

第2 表 山口県の法人における加工事業にかかる人件費の扱い

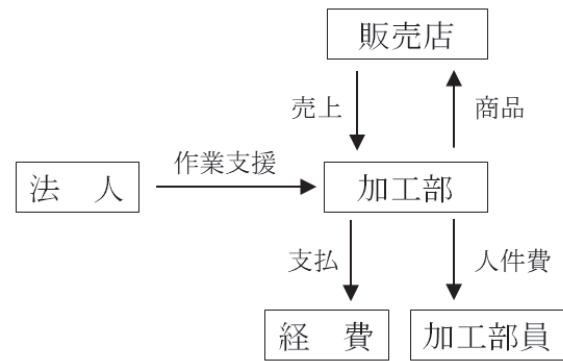
人件費		月給	時給、従事分量配当	
固定費or変動費		固定費	変動費	
加工事業	追加費用	発生しない	従事時間×時給単価	
人件費	出所	—	法人全体の収益	加工事業の収益
メリット	余剰労力を活用すれば追加の人件費は発生しない	加工部員は加工事業の収益性に関係なく賃金を受け取れる	収益向上インセンティブが働きやすい 加工事業が赤字でも法人他部門への影響無	
デメリット	主な活動時期は農閑期に限られる	収益向上へのインセンティブが働きにくい 加工事業が赤字の場合他事業の収益から補填することになる	加工事業の収益が上がらなければ賃金単価が上がらない	
法人	A	B, D, E, F	C, G	

注) 7 法人への聞き取り調査結果をもとに筆者作成



第5 図 事業部制の加工事業フロー例

注) 聞き取り調査結果をもとに筆者作成



第6 図 独立採算制の加工事業フロー例

注) 聞き取り調査結果をもとに筆者作成

前に構成員の理解を得ておくことも重要である。

独立採算制の場合、加工事業の収益が低い場合でも法人他部門への影響はないが、加工事業の収益が上がらなければ賃金が上がらないことになる。そのため、加工部門の判断で収益改善に向けた取り組みを自由に行えるよう、法人の加工事業に関する権限をある程度加工部へ委譲することが必要である。こうした点を理解したうえで、法人それぞれの事情に応じて選択することが望ましい。（第5 図, 第6 図）

注1）農林水産省によれば、食料品製造業の労働生産性は、全産業平均の7割、製造業平均の約6割の水準で低迷している。また、食品製造業の労働生産性は、従業員規模が大きくなるほど高くなること、設備投資型で工場の規模が大きい業種が高い傾向にあることが指摘されている（農林水産省, 2018、農林水産省,

2021）。

(2) 加工事業継続を阻む要因の分析

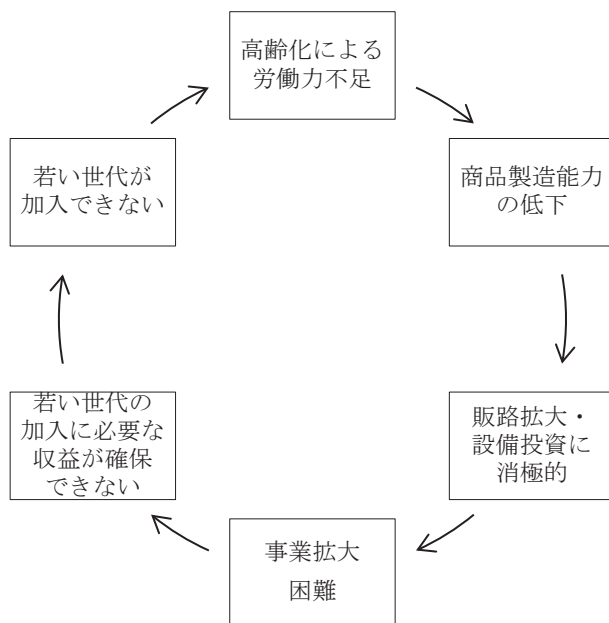
7 法人中4 法人において、高齢化や労働力不足、後継者確保といった事業継続に関する事項が課題となっている。そこで、これら4 法人の調査結果から事業継続を阻む要因について検証したところ、以下のa～eが主要な要因と考えられた。具体的な事例も含めて以下に述べる。

a 収益確保

その多くが年金受給者である現加工部員と若い世代とでは、仕事に求める賃金水準がおのずと異なる。そのため、加工事業である程度の賃金が支払えなければ、若い世代からすると働き場としての魅力に乏しく、加工部員からすると若い世代を勧誘することに引け目を感じてしまう。よって若い世代の加入を実現させるた

めには、ある程度の賃金が支払える収益確保が必要であり、そのためには事業を拡大し収益性を向上させなければならない。

しかし、高齢化が進む法人加工部では、部員の減少や体力の低下等の要因により商品製造能力が低下すると販路拡大に消極的になる、加工事業の継続の見通しが立たないので設備投資におよび腰になる、といった現象がみられ、事業拡大に消極的な姿勢がみられた。事業拡大ができないので若い世代が加入できず、若い世代の加入が見込まれないので事業拡大ができない、といった負のループに陥ってから状況を改善することは容易でないと推測される。よって、加工部員の高齢化が進む前に事業継続について話し合い、対策を講じることが望ましい。（第7図）



第7図 加工部員の高齢化に起因する負のループ

注) 聞き取り調査結果をもとに筆者作成

b 活動時間帯

商品特性は活動体制に大きな影響を与える。長期保存商品の場合、活動時間帯については融通が利くが、品目によっては特定の時期に作業が集中する。例えば梅干の場合、梅の収穫から仕込みまでを短期間で完了しなければならない（第3表）。また、その時期は田植え時期と重なるため、生産事業と加工事業が同時に最繁忙期を迎えることになる。梅の収穫や天日干し作業は晴天でなければできず、加工事業であっても天候に左右される。こうした点もふまえ、製造体制や必要労力について事前によく確認する必要がある。

第3表 梅干に取り組むG法人加工部のスケジュール

時間	作業内容
8:00～11:30	梅収穫
11:30～14:00	梅洗浄・浸水 (昼食)
14:00～16:00	梅を乾かす
16:00～17:00	梅を塩に漬ける

注) 聞き取り調査結果をもとに筆者作成

他方、消費期限が短い商品は販売店の開業時間帯に合わせて製造しなければならないため、活動時間帯が早朝にならざるを得ない（第4表）。望ましい活動時間帯は世代によって異なる。年齢が上の世代にとっては、早朝から活動を開始して午前中で活動を終える方が日中の時間が自由に使えるため好ましく感じる傾向にあるが、子育て世代は家族の朝食準備や子供の弁当作り等の家事を行わねばならないため早朝の活動に参加することは難しい。そのため、加工事業の活動時間帯が早いことは、子育て世代を中心とする若い世代を確保するうえでの障壁となる。

若い世代の加入促進のため活動時間を早朝から昼にシフトすることを検討したが、年齢が上の世代である現加工部員からの反対を受け実現しなかった事例もある。こうした世代間のギャップも、後継者確保を阻む要因となっている。

第4表 餅、ごはん類等に取り組むD法人加工部のスケジュール

時間	作業内容
4:30～5:00	集合、準備(手洗い、米を蒸す)
5:00～8:00	商品製造、納品 (7時開店)
8:00～	後片付け

注) 聞き取り調査結果をもとに筆者作成

c 納品作業

市街地まで遠い山間地域および中山間地域では納品作業が経済的・体力的負担となっており、このことが原因で加工事業の休止を検討した事例もあった。特に消費期限が短い商品は納品の間隔が短くなるため、その負担はさらに大きくなる。この点について、道の駅やJA等のルート便による集荷は課題解決に重要な役割を果たしている。また、D法人においては、法人自らが地域に販売拠点を持つことで納品作業にかかる負

担を軽減している。

d 身体的負担

製造工程に身体的負担が重い作業があると、高齢化に伴い商品製造が難しくなる。調査事例では、味噌運搬用の作業台を自作、梅干づくりに漬物石を使わない等の工夫により、身体的負担を軽減する事例がみられた。

e 生産物調達

生産者減少等の要因により地域から生産物を調達できなくなったため、商品製造が難しくなった事例、やむを得ず他産地から仕入れる等して対応している事例がある。また、梅干が需要に供給が追い付かない程の人気商品であるにも関わらず、梅はすぐに増産できないため需要に応えることができないという事例もある。これらの事例から、将来的に事業拡大を目指すのであれば、生産物の調達用途や増産の可能性について事前に検討しておくことが望ましいと言える。

2 法人が 6 次産業化に取り組む際生じる課題と支援者の対応 (E 法人の事例)

E 法人の新商品開発に対する支援を通じて活動の追跡調査を行い、生じる課題と支援者の対応を整理した(第 5 表)。なお、E 法人は 1.2) の分類では「地域活性活動タイプ(事業部制)」に分類されるが、本取組を通じて加工事業における収益性を高めていきたいとの意向のもと、新商品開発にとりかかったものである。

技術的課題の多くは有識者に相談することで一定の解決が図られた。他方、取組目的や意思決定フロー構築等の法人が決定すべき事項については、支援者が他の取組事例等の情報を提供することが有効と考える。

取組目的等の抽象的な事項についての話し合いを進めることは難しく、技術的課題等と比べると後回しになりがちである。この結果は、取組目的が事業に与える影響が極めて大きいにも関わらず、意識しなければ法人内での情報共有が不十分になる懸念があることを示している。早い段階で取組目的について法人内で協議できるよう、支援者が誘導することが望ましい。

意思決定フローについて検討した際「物事には旬がありスピード感が重要。その都度法人理事会にかけていたら時期を逸してしまう」との意見と「事後のいさかいを避けるため事前に法人理事会にかけるべき」との意見に分かれた。このことから、権限の委譲の程度は事業スピードに影響を与えることがわかる。そのた

め、意思決定フロー構築の際には、集落営農法人の民主性と、6 次産業化というビジネスにおけるスピード感との間でうまくバランスをとることが求められる。本事例においては、支援機関が情報提供した他の事例を参考に、予算が関係するときは役員会にかけると、加工部門と事務局長との間でしっかり情報共有を行うことを前提に、加工部門の自主性を尊重することとした。加工部門を法人と別組織にして対応することも検討したが、補助事業および製造施設の関係から商品の販売者は法人名義とせざるを得ないことに加え、加工部門単独では事業収益から法人住民税等(注 2)を賄う目途がたたないことから、加工部門が独立することは断念した。

商品開発に取り組む加工部員は、加工部の通常活動に加え、法人生産事業への出役、家業、自分の畑の管理、地域社会における多様な役割等もある中で商品開発に取り組んでいるため負担が大きく、商品開発に集中することが難しい状況であった。このことに対し支援機関は、生産事業への出役等の点で配慮を示すよう協議の場で法人理事に依頼した。

注 2) 法人を設立すると、法人税、法人事業税、法人住民税等が課せられる。法人住民税は法人税割と均等割の 2 つからなり、均等割は事業が赤字であっても納めなければならない。本地域では、法人住民税は均等割だけで年額 50,000 円が課せられる。

(当該市町の税条例に基づく)

3 法人が地域と連携して 6 次産業化に取り組むビジネスモデルの提示

法人による 6 次産業化を通じて地域経済に活力をもたらすためには、法人と地域との連携が不可欠であると考え。そこで、地域と連携して 6 次産業化に取り組んでいる D 法人の活動実態を調査し、活動ポイントの検証とビジネスモデルとしての整理を行った(第 8 図)。

D 法人は、加工部門と直売所部門(注 3)を有し、単独でも 6 次産業化に取り組む経営体であるが、地域内の多様な経営体、例えば農業・加工事業に取り組む社会福祉法人や仕出し料理店、販路としての道の駅、近隣地域の法人や加工グループ等と連携して、直売所を起点に地域資源を有効に活用し、地域経済循環につなげている。このような取組は、中山間地域の多い本県における有効な 6 次産業化の方向性の 1 つである

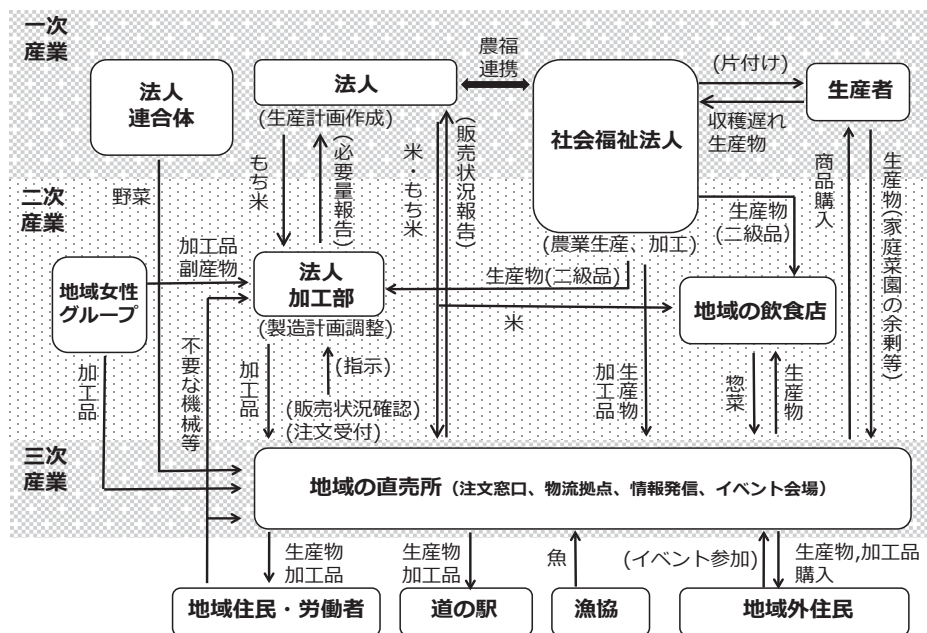
第5表 法人が加工事業に取り組む際生じる課題

	課題	支援者の対応
製品開発	◇商品製造期間中は生産物の保存が必要 保存方法によっては、製造工程が増加 機械整備が必要	◇加工に適した品種特性、保存方法を指導 ◇年間製造計画を考慮し生産物を選定するよう助言
	◇食品加工技術に対する知識不足	◇技術ポイントや対策を指導
流通対応	◇品質・内容量が不均一 ◇衛生管理の改善ポイントがわからない	◇技術ポイントや対策を指導
	◇資材や入手経路に関する情報不足	◇相談できる業者を紹介 ◇類似商品の製造販売に取り組む農村女性 企業組合の視察
商品化	◇賞味期限の延長方法がわからない	◇解決方法を提案
	◇製造原価が算出できない ◇価格設定に関する知識不足	◇原価計算方法を指導 ◇マーケティング研修受講を支援
全般	★スケジュールの関係上、技術的課題に議題が集中し、取組目的を協議・共有する時間がとれない	★他の法人加工部の参考情報を紹介し、取組目的を明確にするよう助言
	★意思決定には法人の承認が必要だが、全事項を事前に役員会にかけては事業が前に進まないというジレンマ	★他の法人加工部の参考情報を紹介
	加工部員は、生産事業、既存加工事業、家業等がある中で商品開発に取り組んでおり負担が大きい	協議の場で、商品開発に関わる方の生産事業出役に対し配慮するよう法人理事に依頼

◇：技術的課題、知識不足に起因する課題

★：法人が決定すべき事項

注) E 法人への追跡調査をもとに筆者作成



第8図 法人と地域との連携による6次産業化ビジネスモデル

注) 聞き取り調査結果をもとに筆者作成

とともに、地域住民の生活向上にもつながると考えられる。本ビジネスモデルを参考に各地域の実情にあった活動を展開することで、他地域でも同様の効果が期待できる。活動上のポイントおよび課題は以下のとおりである（第6表）。なお、D法人は1.2）の分類では「地域活性活動タイプ（事業部制）」に分類した。法人加工事業自体は収益確保を目指す活動ではないも

の、当事業を含む複数の取組がつながることで地域経済循環が生じており、その経済効果は地域全体に波及している。

注3）直売所は当初D法人の一部門であったが、後に農事組合法人の事業要件を超える活動展開を目指しD法人から独立した。

第 6 表 法人と地域との連携による 6 次産業化ビジネスモデル活動上のポイント

ポイント	具体例
できることから取り組む	・法人の米と規格外生産物等を地域の飲食店で惣菜に加工 ・農福連携ではぜ掛け米を生産し高付加価値商品として販売 ・法人の米や地域住民の家庭菜園の余剰等を直売所で販売 ・法人や地域の生産物を法人加工部で餅類・ご飯類等に加工
日頃から関係性を構築する非公式な場での意見交換が次の活動展開につながる	・法人加工部と直売所担当者が、直売所営業終了後短時間意見交換を行い翌日の活動に反映する ・法人と地域の経営体が、イベント終了後や田植え前後等に懇親会を開催し交流を深める ・生活改善実行グループ連絡協議会等のつながりから、直売所で他の地域女性グループの商品販売が実現 ・法人代表と法人連合体理事が知り合いであったことから、直売所で法人連合体のトマト販売が実現
負担が偏らない取組にする双方の課題解決を目指す	・地域生産者の規格外品を加工原料として調達 ・加工に取組む経営体がハウレンソウ生産者のハウス片付けを無償で実施。生産者は片付けの手間が省け、当経営体は加工に適したハウレンソウを確保できる ・法人が預かれない畑を農業に取り組む社会福祉法人に紹介。社会福祉法人は農地が確保でき、法人には中山間直支が入る ・社会福祉法人は別地域の事業所で生産している生産物を、直売所が品薄になる端境期に出荷、加工品も出荷し直売所の品揃えに貢献 ・法人連合体の冬春トマトを直売所で扱うことで、法人連合体は販路開拓、直売所は通年トマト供給を実現 ・他の地域女性グループの加工品を直売所で扱うことで、女性グループは販路開拓実現、直売所はやまみちゃん応援店（注）に認定
未利用の地域資源を活用する	・旧農協加工センターの加工器具をイベント時・繁忙期のサブ機に ・直売所設営精米機から出るぬかを販売 ・売れ残り商品を地域の飲食店で惣菜に加工し直売所で販売 ・廃業店舗の冷凍庫を譲ってもらい直売所でアイスクリームを販売 ・近隣でアイスクリームを買いたい住民ニーズに応え集客を図る
約束は必ず守る	・口約束を交わした後に他所から好条件を示されたとしても、約束通り契約を履行する
法人代表は活動障壁を除去することでリーダーシップ発揮	・法人代表の人脈から、連携先開拓、中古機械調達等の情報収集 ・機械関係に明るい法人代表が自ら機械修理を実施 ・法人代表は相談を受けた場合、即座に対応し課題解決にあたる
注）聞き取り調査結果をもとに筆者作成	
注）やまみちゃん応援店とは、やまぐち農山漁村女性起業統一ブランド認定品を積極的に取り扱う店舗のこと	

1) 活動上のポイント

- ① 単独では小さな活動でも複数の取組がつながることで地域経済循環が生じるので、できることからまず始めることが重要である。
- ② 非公式な場での意見交換が次の活動展開につながるなので、法人内外で日頃から忌憚なく話し合える関係性を構築しておく。
- ③ 取組内容は、どちらかに負担が偏ることがないようにする。双方の課題解決に結びつくような提案を心掛ける。（加工事業に取り組む経営体がハウレンソウ生産者のハウス片づけを無償で行うことで、生産者は片づけの手間が省け、当経営体は加工に適したハウレンソウを確保できる等）
- ④ 未利用の地域資源を活用する方法を考える。（廃業店舗の遊休機械の活用等）

- ⑤ 口約束のようなソフトな契約であっても、約束は必ず守る。（「あっちの方が高かったんで売ってしまった」というようなことがないように）
- ⑥ リーダーの役割についてヘンリー・ミンツバーグは「仕事をしているのは優れたプレーヤーである。マネージャーは情報取得・提供、仕事の障害を取り除くことで、プレーヤーが能力を最大限に発揮できるよう状況を整え…指示ではなく姿勢でリーダーシップを発揮する」と指摘している（ヘンリー・ミンツバーグ、2007）。実際に活動するのは地域女性であったとしても、法人代表は活動上の障壁を除去するという重要な役割を担っており、自身の人脈・技術等を用いて活動の発展に貢献することができる。（連携先の開拓・調整、中古機械調達に関する情報収集、機械類の修理等）

2) 活動上の課題

地域ニーズの高い商品やサービスを幅広く扱おうとすると、農事組合法人の事業要件に抵触することとなる。当該部門を法人と別組織にして対応する場合、従事分量配当や法人他部門からの収益補填ができないため、当事業のみで人件費が賄えるだけの収益確保が必要となる。本事例においては、地域や消費者のニーズに応じた細やかなサービス展開を重ねることで、地域や消費者から「なくてはならない事業」として支持されていることが、結果的に収益確保につながっている。

また、商品・サービスの増加に伴い担当者の仕事量も増加するため、事業を動かす人材の確保も課題となる。地域内で人材の掘り起こしに努めるのはもちろんのこと、地域おこし協力隊の活用や、農業と農外事業両方に携わる人材を法人就業者として雇用する等、様々な方法を検討し早い段階で人材を確保することが望ましい。

摘 要

山口県の法人による6次産業化活動事例を調査し、取組目的と収益性に対する志向から「ビジネスタイプ」「コミュニティビジネスタイプ」「地域活性活動タイプ」の3タイプに分類し、法人における事業の位置付けを明確化するためのフローを作成するとともに、法人が6次産業化に取り組む際生じる課題を抽出し整理した。法人が6次産業化に取り組む場合、選択するタイプによって活動展開や生じる課題が異なるため、フローを活用して事業の位置付けを明確化し、法人内でしっかり共有することが円滑な活動推進につながる。また、法人と地域が連携して6次産業化に取り組むためのビジネスモデルを作成した。本モデルを参考に、それぞれの地域の実情に合った活動を展開することで、法人の収益向上とともに地域の活性化が期待できる。

引用文献

ヘンリー・ミンツバーグ. 2007. 経営論. ダイヤモンド社
農林水産省. 平成 22 年度農林水産祭むらづくり部門
農林水産大臣賞受賞事例

農林水産省. 2018. 六次産業化・地産地消法に基づく
認定事業者に対するフォローアップ調査の結果
(平成 29 年度)
農林水産省. 2018. 第 1 回働く人も企業もいきいき食
品産業の働き方改革検討会. 資料 3. p14
農林水産省. 2021. 令和 2 年度年報食品産業動態調査.
P24-27
室屋有宏. 2013. 農林金融. 6 次産業化の現状と課題
—地域全体の活性化につながる「地域の 6 次化」
の必要性—
農林水産生産研究所. 2015. 6 次産業化の論理と展開方
向 —バリューチェーンの構築とイノベーション
の促進—. p58-60
八木宏典. 2000. 村おこしアグリビジネス起業化マニ
ュアル. 全国農業構造改善協会
吉岡徹・菅原優・發地喜久治. 2013. 酪農学園大学紀
要. 人文・社会科学編. 38(1). p33-38

茶葉の冷凍保存に最適なブランチング条件の解明

平田 達哉

Determination of Optimal Blanching Conditions for Cold Storage of Tea Leaves

HIRATA Tatsuya

Abstract: Ono district of Ube City is a tea-producing area that accounts for more than 90% of the total tea production in the prefecture. Tea is highly positioned as a special product; however, an aging population and the consequent decrease in the number of producers are serious problems affecting tea production. Therefore, aiming to improve the importance of tea for the next generation, Ube City decided to promote the use of tea not only as a beverage but also as a food material. However, the freezing processing technology for supplying edible tea leaves throughout the year has not yet been established. In this study, we determined the blanching freezing conditions for raw tea leaves, and the period of preservation of tea quality in cold storage and after thawing.

The results showed that heating temperature and heating time were the main factors affecting the color (browning) of tea leaves under blanching conditions, and the optimal conditions were 95–100 °C heating temperature and 1–2 seconds heating time. In addition, the color, physical properties, bacterial count, and nutritional composition of tea leaves did not change during cold storage for up to 15 months and were equivalent to those of fresh tea leaves.

Key Words: cold storage, food material

キーワード: 冷凍保存 食品素材

緒言

宇部市小野地区は県内生産量の9割以上を占める茶の生産地で宇部市の特産品として位置づけ、振興しているが、生産者の減少や高齢化が進み、新たな振興方策が検討されている。

その中で、宇部市は茶を飲料としてだけでなく、ほかの食品素材と同様に「食用の茶葉」たとえば若芽の味増あえ、茶葉の天ぷら、茶葉の吸い物などとするこ
とで次世代に向けたイメージアップを図るとともに、生産者の意欲の向上を図ろうとしている。しかし、食べられる「茶葉」を周年供給するための冷凍処理技術はまだ確立されていない。本研究では、生茶葉のブランチング冷凍条件、冷凍貯蔵時の品質保持期間および

解凍後の品質を明らかにしたのでここに報告する。

材料および方法

1 供試材料

供試材料は2019年5月1日及び2020年5月8日に山口県宇部市で手摘みにより収穫された「やぶきた」の一番茶一芯二葉と一芯三葉及び二番茶の一芯二葉を使用し、収穫後速やかに試験に供した。

2 ブランチングおよび冷凍方法

茶葉の色調(緑色)や物性が変化しにくい処理条件を解明するために、ブランチングは処理温度、処理時間および食塩濃度の3要因、冷凍処理は凍結温度の1要

因を選定して試験設計した。この4要因を各2水準、16通りの組み合わせにより実施した。処理条件の違いが冷凍貯蔵中の色や物性に及ぼす影響を多要因解析した。各要因と水準は第1表のとおりである。

第1表 ブランチングおよび冷凍処理での要因と水準表

変動要因	水準	
処理温度 (A)	60℃	80℃
処理時間 (B)	5秒	15秒
食塩濃度 (C)	0%	1%
凍結温度 (D)	-20℃	-50℃

ブランチング処理は、二重釜(直径50 cm 容量30 L)を使用して湯湯で実施した。同一処理温度の試験は同時に行い、各条件(処理時間、食塩濃度)ごとに網袋(木綿製)に材料を入れて区分した。ブランチング後は冷水にて急冷し、ポリプロピレンフィルム(230×270 mm)に詰め、冷凍庫に1か月保管後、流水解凍して色調、物性及び栄養成分等を測定した。

さらに多水準試験として要因と水準を第2表のとおり設定し同様に実施した。

第2表 ブランチング温度及び時間における多水準表

変動要因	水準				
処理温度 (A)	80℃	85℃	90℃	95℃	100℃
処理時間 (B)	1秒	2秒	3秒	4秒	5秒

3 冷凍貯蔵中の品質変化

2の試験で得られた結果をもとに処理温度と処理時間の組み合わせ3種類(80℃ 1秒、90℃ 3秒、100℃ 5秒)の条件で処理、急冷した後に200 gずつ袋に詰めて冷凍庫に-30℃で保管した。所定期間(0, 3, 8, 15か月)経過後、冷凍庫から取り出し、色調、物性、一般生菌数を測定するとともに、15か月後の栄養成分の分析を行った。ただし、生茶葉としては熱処理せずに-30℃で冷凍して10日後に解凍したものを使用した。

4 品質評価

1) 色調

所定期間経過後、茶葉を自然解凍した。解凍後中央部の色調(L*, a*, b*値)を色差計(JS555, COLOR

TECHNO SYSTEM(株))で測定した。1区につき5枚測定し平均値を色調とした。また、同じ葉について目視による調査も実施した。目視による評価は1:褐変6割以上 2:褐変3～5割 3:褐変1～2割 4:褐変なし、鮮やかさ小 5:褐変なし、鮮やかなの5段階とした。

2) 物性

収穫後の生茶葉及び冷蔵庫で自然解凍した茶葉を10枚重ねにして、卓上物性測定器(RE2-3305S, 株式会社山電)を用いて破断強度を測定した。測定条件は楔型プランジャー(接触面直径1 mm)、速度1 mm/sec、歪み率99%とした。評価は生茶葉の分析値を参考に、二次微分の数値50以上のピークの数のカウントした。測定は3反復とした。

3) 一般生菌

冷蔵庫で自然解凍した茶葉をクリーンベンチ内で開封して細断し、10 g量を精秤して、ストマフィルターに90 mlのPBSを入れ、無菌的に1分間攪拌して細菌懸濁液を得た。この懸濁液1 mlを滅菌水9 ml入りの試験管に入れ、ピペティングして10²倍希釈液を調製した。同様に10³～10⁵を調製した。

定法に従って作製した測定用培地に各希釈試験溶液を1 mlずつ分注し全体に塗布し、37℃で48時間培養し、コロニー数を計測した。測定は4反復とした。

4) 栄養成分

ブランチング後凍結乾燥した茶葉を均一に粉碎して試料とし、5成分及び無機物を食品分析ハンドブック(科学技術庁資源調査会食品成分部会編, 1997)にしたがって測定した。ただし、蛋白質はケルダール法に変えて燃焼法で測定した。すなわち、セルに50 mgの試料を採取して、燃焼法元素分析装置(NCH-22 シリーズ(株), 住友分析センター)で分析した。アミノ酸は試験管に凍結乾燥試料200 mgをとり、pH2.0のクエン酸緩衝液5 mlを加えホモジナイズした。ろ過後、0.45ミクロンフィルターをとおしてアミノ酸分析装置に供した。測定は3反復とした。

5) 抗酸化性

4)と同様に処理した試料を用いて、YAMAGUCHI らの方法 (1998) に準じて測定した。すなわち、試験管に 500 μ M DPPH 溶液 0.5 ml、0.1 M トリス緩衝液 (pH7.2) 800 μ l、試料溶液 0.2 ml を加えよく攪拌し、暗所 (15 $^{\circ}$ C) で 20 分間反応をおこない、HPLC に供与した。また、試料と同時にトリス緩衝液をブランクおよび標準品溶液 (500 μ M Trolox) をコントロールとして測定した。分析装置は TSK-gel Octyl-80Ts (4.6 mm $\times$ 150 mm, Tosho) を装着した液体クロマトグラフ (株島津製作所製 LC20A) を用いた。カラム温度は 25 $^{\circ}$ C、流速は 1.0 ml/min、溶離液はメタノール/水 (70:30, v/v) として 517 nm で検出を行った。ラジカル消去能は試料生鮮重 100 g 中の Trolox 相当量をラジカル補足活性として以下に示す式により求めた。測定は 3 反復とした。

$$\text{ラジカル補足活性 } (\mu\text{mol Trolox eq.}/100\text{ g}) \\ = 500 \times (A-B) / (A-C) \times V / 1000 \times 100 / W$$

A: ブランクのピーク面積

B: 試料溶液を添加した時のピークの面積

C: コントロールのピーク面積

V: 試料溶液量 (ml)

W: 試料採取量 (g)

6) 抗アレルギー性

4)と同様に処理した試料を用いて、掛川らの方法 (1985) に準じて測定した。即ち、試験管に試料溶液 0.1 ml、ヒアルロニダーゼ酵素溶液 0.05 ml を加え、37 $^{\circ}$ C で 20 分間放置した。酵素活性化液 0.1 ml を加え、さらに 37 $^{\circ}$ C で 20 分間放置した。ヒアルロン酸基質溶液 0.25 ml を加え、37 $^{\circ}$ C で 40 分間反応した。0.4 N NaOH 0.1 ml を加えて反応を停止した後、ホウ酸カリウム溶液 0.1 ml を加え、沸騰水浴中にて 3 分間加熱した。室温まで冷却後、p-ジメチルアミノベンズアルデヒド溶液 3 ml を加え、37 $^{\circ}$ C で 20 分間放置した後、585 nm における吸光度を測定した。各試料について酵素液を入れないもの (ブランク) についても吸光度を測定し、以下に示す式により阻害率 (%) を算出した。

ヒアルロニダーゼ阻害活性

$$= (1 - (C-D) / (A-B)) \times 100$$

A: 対照吸光度 (試料の代わりに蒸留水)

B: 対照ブランク吸光度 (酵素の代わりに緩衝液

を加えたもの)

C: 試料吸光度

D: 試料ブランク吸光度 (酵素の代わりに緩衝液を加えたもの)

7) 総ポリフェノール

フラスコに 4)と同様に処理した試料 50 mg をとり、20 ml のメタノールを加え 10 分間煮沸した後、アドバンテック社ろ紙 No2 でろ過した液を検液とした。検液 5 ml を入れた試験管にホーリン試薬 5 ml を添加、混合し 3 分後に 10 %炭酸ナトリウム 5 ml を加えて攪拌し、1 時間室温に放置してから 760 nm の吸光度を測定した。また、試料と同時にメタノールに溶かした D-カテキン溶液 (2, 4, 6, 8, 10 mg /100 mL) を用いて検量線を作成した。

8) クロロフィル

4)と同様に処理した試料を用いて、満田らの方法 (2002) に準じて測定した。すなわち、試験管に凍結乾燥試料 200 mg をとり、アセトン 8 ml を加えホモジナイズした。残渣に再度アセトンを加え同様に実施し、これらの上清液をまとめて 100 ml とした。0.45 ミクロンフィルターを通したあと HPLC に供した。また、試料と同時にアセトンに溶かしたクロロフィル a 及び b 溶液 (500, 250, 125, 65.5, 32 ppm) を用いて検量線を作成した。分析装置は ODS-80TS (4.6 mm $\times$ 250 mm, Tosho) を装着した液体クロマトグラフ (LC20A, 株島津製作所製) を用いた。カラム温度は 40 $^{\circ}$ C、流速は 1.5 ml/min、溶離液はアセトニトリル/水 (90:10, v/v) と酢酸エチルを用いた直線的グラジエントとして 450 nm で検出を行った。

9) テアニン

4)と同様に処理した試料を用いて、石原らの方法 (2016) に準じて測定した。即ち、コルベットフラスコに凍結乾燥試料 100 mg をとり、20 ml の熱湯を注ぎ、そのまま 15 分攪拌した。ろ過した後 0.45 ミクロンフィルターを通して HPLC に供した。また、試料と同様に蒸留水に溶かした L-テアニン標準品溶液 (6.25, 12.5, 25, 50, 100 mg/L) を用いて検量線を作成した。分析装置は MyghtysilNH2 (4.6 mm $\times$ 250 mm, MerX) を装着した液体クロマトグラフ (LC20A, 株島津製作所製 LC20A) を

用いた。カラム温度は 40 °C、流速は 0.5 ml/min、溶離液はアセトニトリル/100 mM リン酸二水素ナトリウム, pH4.5 (50:50, v/v) として 517 nm で検出を行った。

結 果

1 生茶葉の色調、物性および機能性

ブランチング処理無し茶葉の色調は $L^*=31.05$ 、 $a^*=-8.78$ 、 $b^*=17.70$ であり、目視による色調では、褐変はなく鮮やかな新緑であった。物性はどの生茶葉も 50 以上の値が示され、シャリシャリ感を保っていた。抗酸化性は一番茶一芯二葉、二番茶一芯二葉、一番茶一芯三葉の順に高く平均 $579 \mu\text{mol Trolox eq}$ であった。抗アレルギー性は一番茶一芯三葉、二番茶一芯二葉、一番茶一芯二葉の順に高く平均 14% の阻害活性が認められた(第3 表)。

2 生茶葉の一般栄養成分およびポリフェノール、クロロフィル、テアニン量

県産生茶葉の一般栄養成分を標準成分表と比較すると、県産生茶葉は蛋白質がやや多く、無機成分が少ない傾向であった。また、収穫部位の違いでは、一芯二葉は一芯三葉よりビタミン B2 とテアニン含量が多く、

収穫時期の違いでは、二番茶一芯二葉は一番茶一芯二葉より総ポリフェノール、 β -カロテン含量が多かった。クロロフィルではわずかな増加がみられた(第4 表)。

3 ブランチング冷凍処理条件の違いが色調、物性および機能性に及ぼす影響

色調(変色)に及ぼすブランチングの要因は処理温度であり、80°C で変色が防止された。目視による調査でも 80°C が優れていた。物性に及ぼすブランチングの変動要因は処理時間で、短時間処理において物性が保持された。また、機能性(抗酸化性、抗アレルギー性)に及ぼすブランチングの要因は認められず、各要因間における交互作用も認められなかった(第5 表)。

さらに、処理温度(80°C~100°C)と処理時間(1 秒~5 秒)の多水準試験を実施した。条件の違いにより色調、物性、抗酸化性及び抗アレルギー性に有意差は認められなかった(第6 表)。

4 ブランチング冷凍処理条件が一般栄養成分、ポリフェノール、クロロフィル量に及ぼす影響

一般栄養成分で影響を受けるのは蛋白質、炭水化物、

第3 表 生茶葉の色調、物性および機能性

		色 ¹⁾			目視 ²⁾	物性	抗酸化性	抗アレルギー性
		L*	a*	b*			$\mu\text{mol Trolox eq}$	(%)
一番茶	一芯二葉	31.05	-8.78	17.70	5	53	622	13.4
一番茶	一芯三葉	-	-	-	5	54	538	14.8
二番茶	一芯二葉	-	-	-	5	54	576	14.2

1) L^* (白(大) $\longleftrightarrow$ (小) 黒) a^* (緑(小) $\longleftrightarrow$ (大) 赤) b^* (黄(大) $\longleftrightarrow$ (小) 青)

2) 1: 褐変6割以上 2: 褐変3~5割 3: 褐変1~2割 4: 褐変なし、鮮やか小 5: 褐変なし、鮮やか

3) 生茶葉は処理なし -30°C 冷凍で10日貯蔵後、冷蔵庫で自然解凍

第4 表 生茶葉の一般栄養成分およびポリフェノール、クロロフィル、テアニン量

乾物 100 g 当たり¹⁾

		水分	蛋白質	脂質	炭水化物	灰分	ビタミン B1	ビタミン B2	β -カロテン	ビタミン C	総ポリフェノール	クロロフィル a	クロロフィル b	テアニン
		(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(mg)	(mg)	(μg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)
一番茶	一芯二葉	60.0	34.69	4.2	55.3	5.8	0.34	2.97	12994	282	55.5	96.2	75.9	2430
一番茶	一芯三葉	60.0	33.56	4.3	56.5	5.6	0.37	1.94	15714	269	63.3	98.7	78.5	1482
二番茶	一芯二葉	60.0	29.27	4.2	61.0	5.6	0.34	2.62	14805	312	72.2	101.0	79.6	2300
標準成分表		2.8	24.50	4.7	63.0	5.0	0.36	1.43	13000	260	-	-	-	-

1) 水分は除く

2) 生茶葉は処理なし -30°C 冷凍で10日貯蔵後、冷蔵庫で自然解凍

第5 表 ブランチング冷凍処理条件の違いが色調、物性および機能性へ及ぼす影響

	温度	時間	食塩	凍結 温度	色 ¹⁾				物性	抗酸化性	抗アレルギー性		
					L*	a*	b*	目視 ²⁾		$\mu\text{mol Trolox eq}$	(%)		
1	60℃	5秒	0%	-20℃	28.5	-9.3	17.4	1	42	632	43.5		
2	60℃	5秒	0%	-50℃	30.9	-12.4	22.9	2	39	591	44.5		
3	60℃	5秒	1%	-20℃	28.3	-10.7	19.4	1	41	588	26.2		
4	60℃	5秒	1%	-50℃	29.4	-12.7	24.6	2	39	634	37.2		
5	60℃	15秒	0%	-20℃	29.1	-9.7	19.2	1	37	568	7.1		
6	60℃	15秒	0%	-50℃	30.3	-11.2	23.5	3	36	632	23.5		
7	60℃	15秒	1%	-20℃	27.0	-12.3	20.7	3	34	560	35.8		
8	60℃	15秒	1%	-50℃	29.1	-11.6	22.7	3	41	562	40.7		
9	80℃	5秒	0%	-20℃	47.8	-20.0	29.8	5	39	621	41.5		
10	80℃	5秒	0%	-50℃	39.6	-17.3	25.8	4	38	608	13.1		
11	80℃	5秒	1%	-20℃	44.2	-19.2	29.0	5	39	611	25.0		
12	80℃	5秒	1%	-50℃	43.8	-19.9	30.2	5	41	578	23.3		
13	80℃	15秒	0%	-20℃	42.7	-17.9	28.4	4	34	598	23.4		
14	80℃	15秒	0%	-50℃	39.8	-16.9	25.5	4	36	523	45.9		
15	80℃	15秒	1%	-20℃	46.0	-19.0	29.2	5	37	581	6.4		
16	80℃	15秒	1%	-50℃	40.7	-17.0	28.3	5	40	573	16.8		
分	処理温度 (A)				**	**	**	n.d.					
散	処理時間 (B)				-	80℃	-		*				
分	食塩濃度 (C)												
析	凍結温度 (D)												

1) L* (白(大) ↔ (小) 黒) a* (緑(小) ↔ (大) 赤) b* (黄(大) ↔ (小) 青)

2) 1: 褐変6割以上 2: 褐変3~5割 3: 褐変1~2割 4: 褐変なし、鮮やかさ小 5: 褐変なし、鮮やか

3) 生茶葉は処理なし-30℃冷凍

第6 表 温度と時間の違いが色調、物性および機能性へ及ぼす影響

温度	時間	色 ¹⁾				物性	抗酸化性	
		L*	a*	b*	目視 ²⁾		$\mu\text{mol Trolox eq}$	抗アレルギー性 (%)
80℃	1秒	40	-14	23	5	40	647	23.5
	2秒	33	-13	24	5	33	606	40.7
	3秒	39	-15	24	5	40	591	13.1
	4秒	37	-13	22	5	36	627	43.5
	5秒	31	-11	16	5	42	581	24.3
85℃	1秒	32	-13	19	5	39	637	23.3
	2秒	41	-15	27	5	38	567	26.2
	3秒	37	-15	22	5	40	573	16.8
	4秒	39	-14	23	5	35	614	44.5
	5秒	39	-13	22	5	36	621	18.4
90℃	1秒	41	-14	23	5	40	619	45.9
	2秒	38	-14	22	5	37	586	19.3
	3秒	41	-14	21	5	39	599	34.1
	4秒	34	-12	21	5	38	559	37.2
	5秒	38	-14	23	5	36	578	13.6
95℃	1秒	38	-14	22	5	41	584	15.7
	2秒	38	-13	22	5	38	644	28.3
	3秒	40	-14	24	5	41	606	35.8
	4秒	32	-11	19	5	37	592	23.4
	5秒	39	-14	22	5	34	623	10.8
100℃	1秒	38	-14	21	5	38	585	41.5
	2秒	32	-11	18	5	42	599	20.5
	3秒	39	-16	28	5	37	576	25.0
	4秒	39	-14	25	5	37	583	21.5
	5秒	40	-15	25	5	38	574	22.9
分散分析	温度 (A)							
	時間 (B)							

1) L* (白(大) ↔ (小) 黒) a* (緑(小) ↔ (大) 赤) b* (黄(大) ↔ (小) 青)

2) 1: 褐変6割以上 2: 褐変3~5割 3: 褐変1~2割 4: 褐変なし、鮮やかさ小 5: 褐変なし、鮮やか

茶葉の冷凍保存に最適なブランチング条件の解明

ビタミンB2、ビタミンCおよびβ-カロテンであった。変動要因はどれも処理温度で、蛋白質およびβ-カロテンは60℃で、炭水化物、ビタミンB2 およびビタミンCは80℃で含有量に優れていた。

また、各要因間における交互作用は認められなかった。(第7表) この結果から、処理温度(80℃~100℃)と処理時間(1秒~5秒)の多水準試験を実施した。蛋白質は100℃、β-カロテン及びクロロフィルa,bは80℃~95℃で、総ポリフェノールは80℃で優れていた(第8表)。

第7表 ブランチング冷凍処理条件の違いが一般栄養成分およびポリフェノール、クロロフィル、テアニン量へ及ぼす影響

	温度	時間	食塩	凍結温度	水分 (g)	蛋白質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	灰分 (g)	ビタミンB1 (mg)	ビタミンB2 (mg)	β-カロテン (μg)	ビタミンC (mg)	総ポリフェノール (mg)	クロロフィルa (mg)	クロロフィルb (mg)	テアニン (mg)
1	60℃	5秒	0	-20℃	64.2	33.3	4.3	56.6	5.8	0.36	14.1	14781	295	76.2	115.5	58.1	1770
2	60℃	5秒	0	-50℃	63.5	32.9	4.2	57.1	5.9	0.24	17.2	19778	304	80.2	131.1	61.4	1823
3	60℃	5秒	1%	-20℃	62.9	33.1	4.3	56.9	5.7	0.23	16.5	17235	257	79.3	122.3	57.3	1952
4	60℃	5秒	1%	-50℃	61.9	34.2	4.3	55.1	6.4	0.27	18.4	19133	353	62.4	123.5	57.9	2196
5	60℃	15秒	0	-20℃	64.4	32.9	4.1	56.2	6.8	0.23	16.0	18739	328	72.4	128.7	61.7	1909
6	60℃	15秒	0	-50℃	64.8	32.8	4.1	57.1	5.9	0.27	16.9	18351	324	79.7	118.2	55.9	1933
7	60℃	15秒	1%	-20℃	62.3	33.9	4.1	56.4	5.6	0.24	17.7	17366	331	72.7	127.9	61.9	2044
8	60℃	15秒	1%	-50℃	62.8	32.7	4.3	57.3	5.7	0.21	14.8	14920	251	61.8	104.1	50.5	1847
9	80℃	5秒	0	-20℃	66.1	31.5	4.4	58.5	5.6	0.35	22.3	13744	316	51.1	112.1	55.7	2164
10	80℃	5秒	0	-50℃	67.5	31.6	4.2	57.8	6.4	0.34	21.5	12024	385	51.3	124.6	62.8	1995
11	80℃	5秒	1%	-20℃	66.9	32.2	4.2	57.8	5.8	0.34	24.3	18902	341	74.0	50.2	66.6	2104
12	80℃	5秒	1%	-50℃	66.5	31.9	4.1	58.1	5.9	0.33	21.7	19386	304	60.8	120.8	74.9	2004
13	80℃	15秒	0	-20℃	66.5	30.1	4.3	60.0	5.7	0.36	21.7	15795	372	58.1	120.8	64.0	2012
14	80℃	15秒	0	-50℃	62.1	31.6	4.2	58.1	6.1	0.33	22.8	10824	356	46.9	90.1	59.6	1931
15	80℃	15秒	1%	-20℃	67.9	31.5	4.2	58.5	5.8	0.34	18.8	14773	434	42.2	119.8	60.2	2373
16	80℃	15秒	1%	-50℃	63.3	30.5	4.2	59.4	6.0	0.34	19.6	11749	356	36.6	104.9	54.8	2177
分散分析	温度	処理温度(A)				**		**		**	**	*	*				
	時間	処理時間(B)															
	食塩濃度	食塩濃度(C)															
	凍結温度	凍結温度(D)															

- 1) 水分は除く
- 2) 生茶葉は処理せず-30℃で冷凍したもの

第8表 温度と時間の違いが一般栄養成分およびポリフェノール、クロロフィル、テアニン量へ及ぼす影響

	温度	時間	水分 (g)	蛋白質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	灰分 (g)	ビタミンB1 (mg)	ビタミンB2 (mg)	β-カロテン (μg)	ビタミンC (mg)	総ポリフェノール (mg)	クロロフィルa (mg)	クロロフィルb (mg)	テアニン (mg)
1		1秒	60.7	27.9	4.3	61.8	6.0	1.0	18.4	6983	222	235.7	141.6	94.8	552
2		2秒	59.6	29.3	4.2	60.3	6.3	1.1	17.6	7184	190	240.8	141.7	94.4	595
3	80℃	3秒	60.7	28.3	4.3	61.2	6.2	1.0	16.9	6526	331	238.0	130.0	92.0	530
4		4秒	59.5	28.5	4.2	60.8	6.5	0.5	17.6	6532	216	242.4	130.9	92.7	614
5		5秒	59.6	28.3	4.1	61.0	6.5	1.0	16.8	6743	215	232.3	131.5	89.4	528
6		1秒	60.3	28.3	4.2	61.4	6.2	1.0	16.8	6643	256	193.7	130.7	94.0	554
7		2秒	59.8	28.0	4.2	61.9	6.0	1.0	17.5	6974	241	197.8	132.0	94.0	604
8	85℃	3秒	60.7	29.2	4.1	60.3	6.3	1.0	17.6	6728	246	195.6	129.3	94.2	566
9		4秒	60.1	28.8	4.2	60.8	6.2	1.4	15.6	6379	204	194.1	120.2	82.1	547
10		5秒	58.2	28.9	4.1	60.8	6.2	1.3	16.7	6856	235	196.3	132.0	95.3	567
11		1秒	60.2	28.3	4.3	61.2	6.2	0.8	17.6	6729	245	182.4	130.6	89.8	666
12		2秒	61.1	28.3	4.2	61.4	6.1	0.9	18.1	6952	264	211.1	135.2	98.4	633
13	90℃	3秒	60.2	27.8	4.1	62.0	6.1	0.4	17.3	6978	240	210.1	136.1	96.6	609
14		4秒	59.4	27.8	4.1	61.8	6.3	0.5	17.4	6961	255	207.4	132.6	92.0	641
15		5秒	59.6	27.6	4.1	62.3	6.0	0.9	17.7	6831	244	206.9	129.8	92.4	555
16		1秒	60.6	27.3	4.2	62.2	6.2	1.1	18.0	6710	254	207.0	134.6	101.3	537
17		2秒	59.0	27.7	4.2	61.8	6.2	0.9	18.2	6898	252	197.4	132.4	92.0	632
18	95℃	3秒	58.6	27.6	4.1	62.3	6.1	1.1	18.3	7481	251	201.0	146.3	104.0	579
19		4秒	58.4	28.0	4.3	61.7	6.1	1.1	18.2	7089	236	205.1	135.6	96.9	656
20		5秒	60.3	28.2	4	61.5	6.2	1.0	18.0	6984	238	203.9	131.0	88.0	647
21		1秒	60.5	28.6	4.2	60.6	6.5	1.1	18.3	4370	236	199.4	92.8	59.7	579
22		2秒	60.4	28.9	4.3	60.5	6.3	1.1	16.6	4578	212	205.9	95.4	61.9	590
23	100℃	3秒	60.5	28.2	4.2	61.4	6.2	0.4	16.8	4533	259	206.2	94.0	62.6	564
24		4秒	61.0	28.7	4.2	60.8	6.3	1.7	17.6	4139	245	207.2	89.0	58.5	511
25		5秒	60.0	28.9	4.1	60.9	6.2	0.5	17.6	3420	222	190.2	72.6	47.3	572
分散分析	温度	温度(A)	*		*			**	**	**	**	**	**	**	
	時間	時間(B)													

6 ブランチング冷凍処理条件が無機成分量に及ぼす影響

無機成分で影響を受けるのはK、Mg、Fe、Cu および Al であった。K、Cu の変動要因は処理温度で、60℃が保持に優れていた。また、Mg、Fe、Al の変動要因は食塩濃度で、無添加が保持に優れていた。各要因間における交互作用は認められなかった（第11表）。これまで同様に処理温度（80℃～100℃）と処理時間（1秒～5秒）の多水準試験を実施した。Zn、Cu は80～85℃で、

Na、Mg、P、Fe は100℃で優れていた（第12表）。

7 冷凍茶葉の貯蔵中における品質変化

80℃で1秒、90℃で3秒、100℃で5秒の3条件でブランチング処理したそれぞれの茶葉を-30℃で冷凍保存し、15か月までの品質（色調、物性、一般生菌数）を経時的に調査した結果、変化がないことから、15か月までの品質保持が確認された。（第13表）

第9表 ブランチングと冷凍処理条件がアミノ酸量へ及ぼす影響

	温度	時間	食塩	凍結温度	Asp	Thr	Ser	Asn	Glu	Gln	Gly	Ala	Val	Cys	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	GABA	His	Lys	Trp	Arg	Pro
1	60℃	5秒	0	-20℃	139	43	181	20	74	782	6	51	15	0	0	16	25	38	19	172	6	4	14	138	11
2	60℃	5秒	0	-50℃	94	42	168	21	61	773	6	69	15	0	0	20	43	43	17	173	8	3	13	130	12
3	60℃	5秒	1%	-20℃	80	42	177	19	67	691	6	72	16	0	0	19	27	45	16	194	8	3	14	119	13
4	60℃	5秒	1%	-50℃	82	42	179	20	78	724	6	74	16	0	7	17	26	45	17	197	6	3	12	86	14
5	60℃	15秒	0	-20℃	92	44	171	21	67	767	6	64	16	0	0	18	27	43	18	174	8	3	15	117	13
6	60℃	15秒	0	-50℃	82	36	145	18	54	543	5	68	14	0	0	16	23	38	14	144	7	3	15	113	13
7	60℃	15秒	1%	-20℃	74	37	162	19	88	629	4	53	14	0	0	15	23	36	17	147	8	2	13	129	12
8	60℃	15秒	1%	-50℃	75	51	192	40	125	578	16	87	35	0	3	30	57	53	34	153	8	2	14	118	28
9	80℃	5秒	0	-20℃	136	34	147	17	157	644	2	21	11	0	0	14	13	23	18	19	5	3	13	85	0
10	80℃	5秒	0	-50℃	159	31	139	15	151	496	0	17	12	0	0	14	13	24	18	10	8	2	14	79	12
11	80℃	5秒	1%	-20℃	67	29	133	14	136	528	2	39	9	0	0	11	11	24	14	42	7	2	14	98	0
12	80℃	5秒	1%	-50℃	100	26	131	13	133	457	0	25	8	0	0	11	11	20	12	31	6	1	13	97	0
13	80℃	15秒	0	-20℃	157	26	122	12	132	425	0	15	9	0	0	11	10	20	16	8	7	2	13	100	0
14	80℃	15秒	0	-50℃	154	26	118	14	133	410	2	17	10	0	0	12	12	19	16	9	7	2	15	87	15
15	80℃	15秒	1%	-20℃	86	27	131	13	134	483	0	32	8	0	0	10	10	21	14	32	8	2	14	77	0
16	80℃	15秒	1%	-50℃	93	24	118	11	120	413	0	20	8	0	0	7	9	20	12	32	6	2	14	80	0
参 ¹⁾	生一番茶	一芯二葉			120	27	63	19	125	262	0	26	16	0	0	16	21	23	22	30	20	0	0	0	18
	生一番茶	一芯三葉			113	28	58	20	125	367	0	24	16	0	0	16	20	22	22	31	24	0	0	0	16
考	生二番茶	一芯二葉			52	12	35	0	58	80	0	13	0	0	0	8	7	8	6	16	6	0	0	0	0
分	処理温度 (A)				*	**	*	**	**	**	**	*				*	**	**		**				*	
					60℃	60℃	60℃	80℃	60℃	60℃	60℃	60℃	60℃				60℃	60℃	60℃		60℃				60℃
散	処理時間 (B)									**															
										5秒															
分	食塩濃度 (C)				*																				
					0%																				
析	凍結温度 (D)								*																
									-20℃																

1) 生茶葉は熟処理なしの-30℃冷凍

第10表 温度と時間の違いがアミノ酸量へ及ぼす影響

温度 時間		Asp	Thr	Ser	Asn	Glu	Gln	Gly	Ala	Val	Cys	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	GABA	His	Lys	Trp	Arg	Pro	
1	80℃	1秒	260	38	154	18	277	930	3	27	7	0	2	12	5	11	12	29	7	6	16	94	22
2		2秒	275	40	197	18	260	781	5	45	7	0	2	13	6	9	11	33	6	5	13	88	14
3		3秒	279	44	199	18	268	860	6	44	7	0	1	12	6	9	10	28	7	6	16	81	19
4		4秒	282	41	201	20	276	838	6	39	3	0	0	11	6	9	10	24	7	4	11	111	0
5		5秒	287	44	198	13	253	789	4	40	4	0	2	11	6	10	12	31	5	4	13	59	0
6	85℃	1秒	268	41	192	14	253	797	6	47	3	0	1	14	8	10	9	36	6	5	0	51	0
7		2秒	268	40	201	20	269	868	5	49	4	0	2	11	5	11	9	32	6	5	13	139	20
8		3秒	265	40	198	19	256	775	4	42	3	0	0	12	5	9	9	22	5	5	14	103	27
9		4秒	272	43	200	13	256	1007	5	48	4	0	1	11	5	10	9	29	6	5	0	129	30
10		5秒	292	44	193	19	261	893	7	38	4	0	0	12	7	10	12	15	7	5	15	111	0
11	90℃	1秒	264	38	193	20	260	812	5	40	4	0	0	11	5	9	9	15	7	5	12	120	0
12		2秒	276	38	178	20	257	806	6	36	4	0	2	11	5	8	9	11	6	5	11	96	10
13		3秒	267	37	191	11	259	753	5	36	3	0	0	12	4	8	9	14	7	6	11	114	16
14		4秒	279	39	180	13	251	783	5	32	4	0	2	15	8	8	12	10	5	9	0	95	0
15		5秒	268	39	177	18	258	767	6	35	3	0	0	11	4	10	9	12	0	0	13	86	32
16	95℃	1秒	233	36	164	17	257	824	4	34	4	0	0	10	4	7	7	13	0	6	11	49	0
17		2秒	257	36	164	11	246	800	4	32	0	0	2	15	8	7	9	11	0	4	0	63	0
18		3秒	255	36	161	16	251	810	6	32	0	0	0	11	3	7	7	13	5	0	0	114	0
19		4秒	299	38	190	19	275	812	6	40	4	5	0	9	5	10	9	12	0	7	12	138	0
20		5秒	285	38	179	17	260	786	6	40	34	4	0	10	6	10	9	18	6	6	13	106	0
21	100℃	1秒	283	36	162	16	260	799	6	37	33	5	0	8	5	8	8	14	6	5	13	89	0
22		2秒	311	43	192	23	264	853	6	47	39	0	0	13	11	15	18	16	7	15	16	127	0
23		3秒	335	47	197	22	280	842	6	49	41	4	0	13	12	18	19	18	7	15	17	102	29
24		4秒	325	42	179	19	287	741	4	40	36	4	0	11	8	12	15	12	6	9	17	63	15
25		5秒	367	53	209	26	302	990	7	48	16	4	0	16	15	20	24	14	8	22	19	135	0
分散 分析	温度 (A)		**	**			*		*	**	**	*		*	**	**	**	*	*	*	*	*	*
			100℃	100℃			100℃		90~100℃	100℃	100℃	80~95℃			100℃	100℃	100℃	80~85℃	95~100℃	100℃			
	時間 (B)		**	*		*																	
			4~5秒	5秒																			

茶葉の冷凍保存に最適なブランチング条件の解明

第11 表 ブランチング冷凍処理条件が無機成分量へ及ぼす影響

単位：mg／100gDW

	温度	時間	食塩	凍結 温度	Na ¹⁾	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	Al	Ni	Sr
1	60℃	5秒	0	-20℃	10	1284	212	146	554	5.4	3.6	1.5	94	29	0.45	0.15
2	60℃	5秒	0	-50℃	13	1382	225	156	568	5.5	3.7	1.4	108	34	0.60	0.20
3	60℃	5秒	1%	-20℃	100	1335	213	147	549	5.3	3.5	1.3	95	29	0.60	0.20
4	60℃	5秒	1%	-50℃	105	1233	195	141	518	4.6	3.3	1.2	91	28	0.55	0.15
5	60℃	15秒	0	-20℃	8	1368	219	157	555	5.0	3.4	1.1	103	30	0.45	0.20
6	60℃	15秒	0	-50℃	10	1428	225	158	593	5.5	3.6	1.1	105	33	0.60	0.20
7	60℃	15秒	1%	-20℃	96	1249	214	137	534	5.1	3.3	1.0	95	28	0.45	0.20
8	60℃	15秒	1%	-50℃	99	1299	222	144	531	4.6	3.2	1.0	104	29	0.50	0.20
9	80℃	5秒	0	-20℃	13	1256	220	144	549	5.1	3.4	0.9	98	29	0.45	0.20
10	80℃	5秒	0	-50℃	15	1348	225	155	566	5.3	3.6	0.9	106	33	0.60	0.20
11	80℃	5秒	1%	-20℃	121	1198	209	141	547	4.8	3.4	1.0	95	30	0.60	0.20
12	80℃	5秒	1%	-50℃	152	1217	211	136	529	4.8	3.3	1.0	97	30	0.50	0.20
13	80℃	15秒	0	-20℃	20	1271	223	149	568	5.1	3.6	1.0	106	32	0.55	0.20
14	80℃	15秒	0	-50℃	14	1208	219	143	537	5.8	3.2	0.8	101	31	0.60	0.20
15	80℃	15秒	1%	-20℃	128	1232	221	141	552	4.9	3.3	0.9	98	30	0.50	0.20
16	80℃	15秒	1%	-50℃	134	1219	220	139	561	5.5	3.4	1.0	100	31	0.60	0.20
生 ²⁾					4	1270	219	150	583	5.6	3.6	0.8	101.8	32	0.70	0.15
分散分析	処理温度(A)		* 80℃		* 60℃								** 60℃			
	処理時間(B)												** 5秒			
	食塩濃度(C)		* -		* 0%		* 0%						* 0%			
	凍結温度(D)															

1) 試験において食塩を添加していることから評価から除く

2) 一番茶の一芯二葉と三葉 熱処理なしの-30℃冷凍

第12 表 温度と時間の違いが無機成分量に及ぼす影響

単位：mg／100gDW

	温度	時間	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu	Mn	Al	Ni	Sr
1	80℃	1秒	7	1535	319	206	467	6.7	3.7	2.1	140	50	0.35	0.25
2		2秒	7	1539	308	212	478	6.3	3.7	1.7	131	44	0.25	0.30
3		3秒	8	1537	324	208	460	6.1	3.7	1.4	139	48	0.20	0.30
4		4秒	7	1599	321	207	476	6.3	3.7	1.5	131	47	0.25	0.30
5		5秒	6	1597	335	208	461	5.7	3.6	1.3	141	51	0.40	0.35
6	85℃	1秒	7	1574	324	207	447	5.9	3.5	1.4	134	51	0.25	0.30
7		2秒	7	1550	331	204	482	6.2	3.5	1.0	137	50	0.20	0.30
8		3秒	6	1549	317	204	464	5.9	3.2	0.9	127	64	0.20	0.30
9		4秒	6	1581	334	199	469	5.9	3.6	1.7	132	47	0.30	0.35
10		5秒	7	1557	320	210	464	6.4	3.6	1.6	133	46	0.25	0.30
11	90℃	1秒	6	1569	330	208	464	6.0	3.3	1.0	133	49	0.35	0.30
12		2秒	6	1591	327	214	496	6.3	3.4	0.8	131	50	0.30	0.30
13		3秒	8	1548	324	204	465	5.9	3.6	0.8	129	47	0.25	0.30
14		4秒	5	1544	337	202	471	5.8	3.2	0.7	138	47	0.20	0.30
15		5秒	6	1563	338	200	464	6.3	3.3	1.2	132	48	0.30	0.30
16	95℃	1秒	5	1546	325	206	472	6.2	3.3	0.7	123	47	0.30	0.30
17		2秒	5	1614	337	209	486	5.8	3.2	0.7	134	49	0.20	0.30
18		3秒	6	1567	340	204	475	6.0	3.1	0.7	136	49	0.25	0.35
19		4秒	6	1605	327	205	478	5.7	3.1	0.8	131	45	0.30	0.30
20		5秒	7	1562	338	206	462	5.6	3.3	0.7	131	47	0.20	0.25
21	100℃	1秒	6	1575	330	220	483	6.1	3.4	0.7	132	50	0.40	0.35
22		2秒	9	1603	345	222	512	8.7	3.4	0.6	136	58	0.25	0.35
23		3秒	7	1592	320	204	488	6.5	3.2	0.7	125	48	0.30	0.35
24		4秒	10	1567	324	215	471	8.0	3.4	0.8	135	50	0.30	0.30
25		5秒	9	1608	319	217	480	7.1	3.5	0.7	135	54	0.30	0.35
分散 分析	温度 (A)		* 100℃		** 100℃		** 100℃		** 80℃		* 80～85℃			
	時間 (B)						** 2秒							

第13表 冷凍茶葉の貯蔵中での品質変化

処理方法	色(a*)				物性				一般生菌数(cfu/g)			
	月				月				月			
	0	3	8	15	0	3	6	15	0	3	8	15
80℃ 1秒	-13.2	-13.7	-13.3	-13.4	44	38	41	43	6.8×10^2	7.1×10^2	8.3×10^2	8.2×10^2
90℃ 3秒	-13.8	-14.4	-12.2	-13.2	42	40	39	43	7.2×10^2	9.7×10^2	8.3×10^2	8.5×10^2
100℃ 5秒	-12.9	-12.8	-14.9	-12.9	36	40	37	36	6.9×10^2	8.7×10^2	8.0×10^2	8.6×10^2

1) 食塩:添加なし 冷凍温度:-30℃

2) ブランチング冷凍処理後-20℃に貯蔵、経時的に自然解凍し、色差計、物性試験器、寒天培地で測定した

3) 色:数値小(緑) ←→ 数値大(赤)

4) 物性:数値が大きいほど菌切れがよい

第14表 冷凍茶葉の栄養成分 (15 か月)

分析項目	分析値				単位
	生	80℃, 1秒	90℃, 3秒	100℃, 5秒	
水分	60	60	60	60	g
たんぱく質	33	27	28	28	g
脂質	4.3	4.2	4.3	4.2	g
炭水化物	56.5	63.1	61.8	62.0	g
灰分	5.6	5.7	5.9	5.8	g
ビタミンB1	0.37	0.34	0.33	0.35	mg
ビタミンB2	1.94	1.55	1.31	1.36	mg
ビタミンC	269	265	259	247	mg
βカロテン	15.7	14.6	13.4	13.3	mg
Ca	548	618	594	628	mg
K	3175	3200	3229	3161	mg
Mg	375	402	407	410	mg
Na	10	12	13	13	mg
Zn	9.0	5.9	7.1	6.4	mg
食塩相当量	0	0	0	0	g

1) 乾物重100g当たり

2) ブランチング:温度100℃ 時間:1分 貯蔵温度:-30℃ 食塩添加:なし

3) ブランチング処理後冷凍し、1か月、8か月、12か月経過時に流水解凍して測定した

8 冷凍茶葉の栄養成分(15 か月後)

7と同様に3条件でブランチング冷凍保存した茶葉の栄養成分は、生茶葉と比較しても冷凍15か月後では変化は認められなかった。(第14表)

考 察

野菜は剥皮、スライスまたはダイスカットした後、十分に水で洗浄しても、ブランチング処理しなければ、冷凍貯蔵中に品質低下がおこりやすい。ブランチング処理の重要性が説かれてからブランチング処理はあらゆる工場で実施されている。ブランチング処理は酵素を不活性化する以外にも野菜の品質保持に関していくつかの重要な利点がある。色素の保持、組織の軟化、細菌数の減少、好ましくない成分の除去などである。

(P. J. Velasco ら, 1982) また、ブランチング処理は、

野菜の種類や目的によって最適条件を設定する必要がある。これまでのブランチング処理試験では、堀内らがニンジン及びダイコンで菌ごたえから(堀内 袴田, 1978) (堀内, 1980)、また、筆者がオクラやヤマノイモで粘りからテクチャーを測定してブランチングの条件を設定している。(平田, 2020)

本研究では、生茶葉のイメージを周年供給できるように、茶葉の色調及び物性に着目したブランチング冷凍貯蔵条件の試験を実施した。即ち、ブランチング処理条件及び冷凍貯蔵温度で色調と物性を保持できる最適な条件を検討した。

色の変化は、処理温度による影響が大きく、中温域では褐変を促進するが、高温域では色の保持が認められる。クロロフィルa及びbの含量は95℃以下では変化はないことから、60℃での褐変はポリフェノールオ

キシダーゼの活性によるものと考えられる。すなわち、生茶葉に多く含まれるフラボン-3-オール類が共存する強い活性を持つポリフェノールオキシダーゼによって褐変物質（縮合型タンニン）に変化したと考えられる。また、ポリフェノール量が85℃以上で減少していることから、高温域において、ポリフェノールは短時間に温湯中へ流出し、褐変防止の一助になったと考えられる。

物性は、処理時間による影響が大きく、時間が短いほど物性が保たれる。新芽すなわち若い茶葉であることから組織の構成が十分に固定化されていないこと及び葉形状による全体への熱の伝わり方が早いことから短時間処理が有効であると考えられる。

筆者らはブランチング処理の主な指標を色調及び物性としたが、ブランチング処理が温湯であることから、茶葉の栄養成分の減少を懸念した。特にビタミンCはウーロン茶や紅茶にほとんどなく緑茶に多く含まれているものの、一般に熱に弱いといわれている。しかし、本試験ではビタミンCは高温域で保持力が高いことが明らかで、これは高温でのブランチング処理で十分に対応可能であることを示している。高温よすみやかな細胞の変化等に伴うものであるかはわからないが、温湯中への流出が阻止されたためと考えられる。また、池ヶ谷ら(1984)は、茶葉中にビタミンE含有量が他の食品に比べて圧倒的に多く、生理的に最も効力が高い α -トコフェノールが主体であると報告している。これらの脂溶性ビタミンは葉を食べなければ摂取することができないことから、食べる茶葉の利用は、ビタミンEの補給源として重要である。また、茶葉におけるアミノ酸は呈味にかかわる重要な要素である。多くのアミノ酸は中温域で保持されていることから、抽出は温度に依存していると考えられる。しかし、その作用機作は不明である。また高柳ら(1989)によれば、各アミノ酸類の含有量は栽培条件や地域により広範囲にわたる(例: Asp 116 ~681 mg/100gD.W)が、茶の特徴を示すアミノ酸であるテアニンは全アミノ酸組成量の50%を占めると報告している。県産茶葉でもテアニンが全アミノ酸の50%を占め、そのテアニンはブランチングの処理温度や処理時間で変化することがなく、茶の特徴が保持されている。

無機成分は下級茶葉から上級茶葉を位置付ける重要

な指標の一つで、高柳・池ヶ谷(1989)らは葉の先端の若い葉ほどリン酸(0.2~0.48%)、カリウム(1.42~2.13%)が多く(上級茶)、下位葉ほどカルシウム(0.25~0.78%)が多い(下級茶)と報告している。本試験での生茶葉は一番茶の一芯二葉、一芯三葉では、リン酸が0.58%で、カリウム1.27%でカルシウムが0.22%であり、ブランチング処理で変化がないことから、冷凍茶葉も上級茶葉として位置付けできることができる。

80℃以上で5秒以内のブランチング及び冷凍処理した3条件での茶葉を経時的に色調、物性、一般生菌数を調査したところ、どの条件処理の茶葉も酵素的および化学的な褐変や軟化は生じなかった。また、色調では、低温長期保存によるクロロフィルの分解で白化が懸念されたが、色調変化がなかったことから、貯蔵期間中での低温に対して、保持力を持ち合わせていたと考えられる。栄養成分は15か月まで変化がなく生茶葉と同等の値を示した。

本研究によって、ブランチング条件は95~100℃で1~2秒が最適であり、これらの条件で処理された冷凍茶葉は12か月間(15か月×安全係数0.8)品質保持できることが明らかになった。そのため、茶葉の周年供給の実現と「茶葉」の利用拡大を図ることが可能となった。

なお、ブランチング処理の方法は、蒸気による加熱も実施したが、見た目に明らかな褐変があり、色差計の数値でも変色が確認されたので、温湯で行う必要がある。

摘 要

筆者は茶を飲料としてだけでなく、ほかの食品素材と同様に周年をととした「食用の茶葉」とするため茶葉の冷凍処理技術を確立した。茶葉のブランチング条件では、加熱温度と加熱時間が色(褐変)に影響を及ぼす要因となっており、加熱温度95~100℃ 加熱時間1~2秒が最適条件として示された。また、茶葉の色、物性、一般生菌数及び栄養成分等は15か月までの貯蔵期間中で変化することなく生茶葉と同等であった。以上のことから15か月に安全係数0.8をかけると賞味期限が12か月となり、周年供給が可能である。

引用文献

- 平田達哉. 2010. 山口県産農産物における抗酸化機能、抗アレルギー機能、脂質代謝改善機能. 山口農林技術研報. 1:1-10
- 堀内久弥・袴田恵子. 1978. 冷凍ニンジンへのテクスチャーに対する試料各要因の効果. 日食工誌. 25 (4) : 207-212.
- 堀内久弥. 1980. ダイコンのテクスチャーと冷凍処理による影響. 日食工誌. 27 (12) : 597-603.
- 池ヶ谷賢次郎・高柳博次・阿南豊正. 1984. 抹茶、玉露および煎茶のトコフェノール含量. 日食工誌. 31 (7) : 459-461
- 池ヶ谷賢次郎・高柳博次・阿南豊正. 1988. 近赤外分光法による煎茶および抹茶の全窒素、カフェイン、遊離アミノ酸、テアニンおよびタンニンの定量. 野菜茶試研報. B(金谷) 2 : 47-90
- 石原良美・杉田大峰・佐久間翔・北見秀明・高野二郎. 2016. アミノプロピルカラムを用いる HPLC による緑茶飲料中の L-テアニンの定量. BUNSEKI KAGAKU. 65 (6) : 335-338
- 科学技術庁資源調査会食品成分部会編. 1997. 五訂 日本食品標準成分表分析マニュアル. 1-88. 社団法人資源協会. 東京.
- 掛川寿夫・松本仁・佐藤利夫. 1984 : 種々の抗炎症剤のヒアルロニダーゼ阻害作用. 炎症. 4(4) : 437-438
- 満田幸恵・新本洋士・小堀真珠子・津志田藤二郎. 2002. 高速液体クロマトグラフィーによる野菜のカロテノイドおよびクロロフィルの同時分析. 日食工誌. 49(7) : 500-506
- P. J. Velasco, J. R. Whitaker, A. Chen, J. R. Hitker. 1982. 野菜のブランチングに関する資料紹介. 日本コールドチェーン研究会誌「食品と低温」(日本冷凍食品協会外国文献翻訳委員会). 8(2-3) : 85-93
- 高柳博次・池ヶ谷賢次郎. 1989. 高周波プラズマ発光分析による各種茶の無機成分. 茶研報. No. 70(別冊) 茶技研発表会講演要旨:123-124
- T. YAMAGUCHI・H. TAKAMURA・T. MATOBA and J. TERAQ. 1998. HPLC Method for Evaluation of the Free Radical-scavenging Activity of Foods by Using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. Biosci. Biotechnol. Biochem. 62(6) : 1201-1204.

はなっこりーの新品種等に対応した鮮度保持フィルムの開発

平田 達哉

Examination of the Freshness-Preserving Film for New Varieties of Hanakkori

HIRATA Tatsuya

Abstract: Attempts have been made to increase the production of Hanakkori since it has been cultivated as a native vegetable in Yamaguchi Prefecture. Additionally, it has been shipped using the conventional modified atmosphere (MA) packaging-film that preserves the freshness of this vegetable under storage. However, the same film has been used for more than 10 years, regardless of the extended duration of the shipping period or changes in the shipping form due to breeding. In this study, we examined the film suitability for the new varieties of Hanakkori.

The results showed that the three types of "Hanakkori" shipped from September to March had the same tendency with respect to respiration volume, and there was no effect on the maintenance of freshness in terms of leaf attachment. Based on the gas composition in the MAP bag and the appearance quality, the traditional freshness-preserving film suitable for "Hanakkori" are (1) T company's GF-D, (2) S company's P-plus (low permeability), and (3) S company's P-plus (current). In addition, the same freshness-preserving film can be used throughout the year.

Key word: MA packaging , Respiratory volume

キーワード : MA 包装、呼吸量

緒 言

はなっこりーは、山口県がアブラナ科の種間交雑により育成した野菜であり、担い手の高齢化に対応した軽量野菜として推進し生産拡大をはかってきた。はなっこりーは食べやすい野菜であるが、収穫後、放置すると黄化や開花が急速に進み、品質の劣化が早いことから、当県は鮮度を保持する MA 包装 (Modified Atmosphere Packaging) フィルムを開発し、それを用いた出荷がされてきた。しかし、品種改良やそれによる出荷期間の長期化、また、葉付出荷など出荷形態の変化等の変化があるにもかかわらず、10 年以上にわたり P-プラスが使用されており、流通段階での品質低下がみられるようになった。この原因は各品種や出荷形態に変化により、はなっこりーの呼吸量とフィルムのガス透過量のバランスが成り立っていないと考えられ

る。そこで、本研究において、各品種や出荷形態による呼吸量の違い及び現包装フィルムを含めた各種鮮度保持フィルムのはなっこりーの貯蔵性への適性を検討した。

材料および方法

1 供試材料

H29 年と H30 年に山口市名田島で生産された「はなっこりー E2」、「はなっこりー ME」及び宇部市で生産された「はなっこりー L」を収穫後、蕾先端部からの長さを 17 cm に調製したあと、24 時間以内に供試した。

2 各品種における温度と呼吸量

収穫したはなっこりー 250g を内容積 10L のアクリル樹脂製チャンバーに入れ、蓋をせずに各温度帯貯蔵庫 (0

℃、2℃、5℃、10℃、20℃)に入れ、2 時間かけて品温を安定させた後に蓋を閉めた。2 時間後にガスの取り出し口からチャンバー内の空気をシリンジで抜き取り、ガス(O₂、CO₂、N₂)組成を測定して、単位時間当たりに変化するこれらのガス濃度から呼吸速度(二酸化炭素排出速度)を算出した。分析装置は WG-100(SUS.1.8m×φ1/4“O.D.)を装着したガスクロマトグラフ(GL サイエンス社 GC-3200)を用いた。カラム温度は 80℃、検出器は TCD 100mA、キャリアガスは He として流速 33 ml/min で検出した。

3 葉の有無の違いによる呼吸量への影響

葉の有無による呼吸量への影響を貯蔵温度とフィルムと組み合わせて測定した。各水準を 2 水準として 8 通りとした(第1表)。葉を残したはなっこりと葉を完全に取除いたはなっこりに調製したあと、0.25 ポリエチレンおよび現行フィルム(P-プラスB)に170g入れて、25℃の恒温庫に貯蔵し、7 日目にフィルム中の空気をシリンジで抜き取り、2と同条件でガス組成を測定した。ガス組成中の二酸化炭素濃度を指標として分散分析を実施した。

第1表 要因と水準

要因	水 準	
葉の有無(A)	有	無
保存温度(B)	10℃	20℃
袋種類(C)	PE	Pプラス

4 各種フィルムによる鮮度保持の検討

(1) 各フィルム中のガス組成

第2表 供試した鮮度保持フィルムとその特徴

社名	フィルム種類	透過性	特徴
S社	P-プラス A	小	微孔性による空気のコントロール
	P-プラス B	中(現行)	微孔性小さな穴による空気のコントロール
	P-プラス C	大	微孔性小さな穴による空気のコントロール
R社	ポリプロピレンA	透過性	微孔性小さな穴による空気のコントロール
	ポリプロピレンB	透過性小	微孔性小さな穴による空気のコントロール
H社	ベジフレッシュ	－	袋の表裏で性質の異なるフィルムを使用
	ベジフレッシュP	－	袋の表裏で性質の異なるフィルムを使用
T社	GF-D	小	表面の研磨による空気のコントロール
	GF-E	中	表面の研磨による空気のコントロール
	GF-F	大	表面の研磨による空気のコントロール
	0.025 μ PE	－	一般的なポリエチレンフィルム

包装用フィルムは、ガス透過性の違いから4 社10 種のフィルムと比較フィルムとして0.025 ポリエチレンを用いた。第2 表に示した11 種のフィルムに170gのはなっこりを入れ、20℃(E2 時25℃)に設定した恒温器に貯蔵した。7 日目にフィルム中の空気をシリンジで抜き取り、ガス組成を測定した。ガス組成は二酸化炭素、酸素および窒素の量を合計100 としたときの各ガスの割合で表示した。

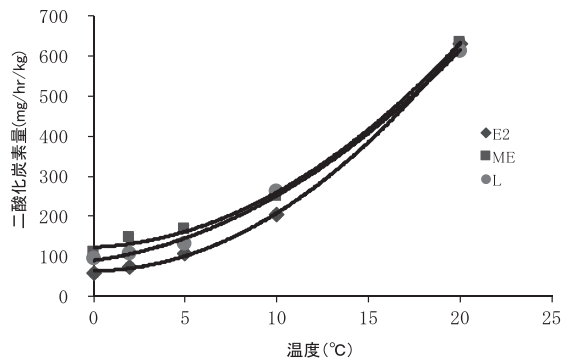
(2) 外観の経時的変化

4の(1)で空気を抜き取り後、フィルムを開封し、はなっこりを取り出して臭気、花の開花、蕾の変化、軟腐、カビ、茎の変化、萎れについて評価した。評価は◎:良好、○:わずかに変化、□:2～3 割変化、△:5～6 割変化、×:著しく変化の5段階とした。

結 果

1 各品種における温度と呼吸量

はなっこり3 品種(E2、ME、L)の生理的特性を明らかにするため、温度の変化にともなう呼吸量(CO₂、mg/hr/kg)を測定した結果、はなっこりの呼吸量は、E2は0℃で60 mg/hr/kg(以下「mg」とする)、20℃で630 mg、同様にMEは110 mg、630 mg、Lは95 mg、610 mgであった。温度による呼吸量の変化は「E2」、「ME」および「L」で同じ傾向であった(第1 図)。



第1図 温度と呼吸の関係 (H30年度)

2 葉の有無による呼吸量への影響

葉の有無の違いによる呼吸への影響を温度およびフィルムと組み合わせて測定した。二酸化炭素濃度を指標とした分散分析から、葉の有無による呼吸への影響はないことが明らかとなった(第3表)。

第3表 二酸化炭素濃度を指標にした分散分析

変動因	平方和	自由度	平均平方	F値	判定
葉の有無	4.45	1	4.45	0.545	
保存温度	84.30	1	84.30	10.315	*
袋種類	48.74	1	48.74	5.964	*
A × B	7.02	1	7.02	0.859	
A × C	5.12	1	5.12	0.626	
B × C	5.66	1	5.66	0.692	
誤差(e)	8.17	1	8.17		
	163.4	7			

1) 温度: 25℃

F(0.05)=5.59 F(0.01)=12.25

2) MA包装期間: 7日

3 各種フィルムによる鮮度保持の検討

(1) 各フィルム中のガス組成 (CO₂、O₂、N₂)

MA包装で最適とされる空気組成は高二酸化炭素・低酸素の状態であり、CO₂/O₂比で2～5の範囲とされている。11種類の鮮度保持フィルムを用いて、はなっこりの各品種を包装し、貯蔵後7日目にフィルム内部のガ

ス組成を調査した結果、E2の比較試験では、ベジフレッシュ、ベジフレッシュPおよびP-プラスBの包装内ガス組成でO₂よりCO₂が高かった。また、ベジフレッシュPのCO₂/O₂比は2.7(H29)、3.2(H30)であり、適性範囲と考えられる2～5の間であった。ただし、30年度は25℃の保存であったため、信用性は低い(第4表)。

MEの比較試験では、ベジフレッシュP、P-プラスAおよびGF-Dの包装内ガス組成がO₂よりCO₂が高かった。そのなかでCO₂/O₂比から考慮すると、GF-Dが3.7(H30)、P-プラスAが4.0(H30)で鮮度保持フィルムとして適していた(第5表)。

Lの比較試験では、P-プラスB、P-プラスA、GF-Dおよびベジフレッシュ類の包装内ガス組成がO₂よりCO₂が高かった。MEのときと同様に、CO₂/O₂バランスから考慮すると、P-プラスAが2.2(H29)、2.1(H30)、GF-Dが3.2(H30)で鮮度保持フィルムとして適していた(第6表)。

(2) 外観の経時的変化

E2は7日目にベジフレッシュ、ベジフレッシュP、P-プラスB、P-プラスAで臭気を感じられ、ポリプロピレンA、ポリプロピレンB、P-プラスC、GF-Fで7日目に開花が認められた(第7表)。ただし、30年度は25℃の保存であったため、信用性は低い。

MEは7日目にベジフレッシュ、ベジフレッシュPで臭気を感じられ、P-プラスC、GF-Fおよびポリプロピレン類で開花が認められた(第8表)。

Lは7日目にGF-F、ベジフレッシュPの包装内で臭気を感じられ、P-プラスC、GF-E、GF-F、ポリプロピレン

第4表 はなっこり-E2を包装した時のガス組成 (20℃ 7日目)

29年～30年

	ガス組成 (%)						CO ₂ /O ₂	
	CO ₂		O ₂		N ₂			
	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30
P-プラスA	10.1	32.4	9.4	1.6	80.5	65.9	1.1	20.3
P-プラスB	7.8	21.9	12.6	2.2	79.6	75.9	0.6	10.0
P-プラスC	9.3	-	12.1	-	78.6	-	0.8	-
ポリプロピレンA	-	7.7	-	12.2	-	80.1	-	0.6
ポリプロピレンB	-	6.8	-	12.7	-	80.5	-	0.5
GF-D	-	8.2	-	12.9	-	78.9	-	0.6
GF-E	-	8.3	-	11.9	-	79.7	-	0.7
GF-F	5.8	-	15.3	-	78.9	-	0.4	-
ベジフレッシュP	7.3	9.7	2.7	3.0	90.0	87.3	2.7	3.2
ベジフレッシュ	8.2	15.2	7.8	6.8	84.0	78.0	1.1	2.2
0.25ポリエチレン	4.5	11.9	4.5	2.8	88.8	85.3	1.0	4.3

注1) P-プラスガス透過性: (C) > (B) > (A)

注2) ポリプロピレンガス透過性: (A) > (B)

注3) GFガス透過性: (F) > (E) > (D)

注4) H29年度の保存温度は20℃、H30の保存温度は25℃

はなっこりーの新品種等に対応した鮮度保持フィルムの開発

第5表 はなっこりーME を包装した時のガス組成 (20℃ 7日目)

29年～30年

	ガス組成(%)						CO2/O2	
	CO2		O2		N2			
	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30
P-プラスA	12.2	20.0	8.4	5.0	79.4	75.0	1.5	4.0
P-プラスB	9.6	14.6	11.9	7.2	78.5	78.2	0.8	2.0
P-プラスC	9.5	-	11.1	-	79.4	-	0.9	-
ポリプロピレンA	-	6.5	-	13.0	-	80.6	-	0.5
ポリプロピレンB	-	8.3	-	8.3	-	83.3	-	1.0
GF-D	-	19.7	-	5.3	-	75.0	-	3.7
GF-E	-	6.7	-	11.3	-	82.0	-	0.6
GF-F	4.6	-	16.6	-	78.8	-	0.3	-
ベジフレッシュP	9.1	33.8	1.7	3.2	89.2	63.0	5.4	10.6
ベジフレッシュ	3.6	13.0	17.1	2.0	79.3	84.0	0.2	6.5
0.25ポリエチレン	5.6	13.5	2.2	1.8	92.2	84.7	2.5	7.5

注1) P-プラスガス透過性: (C) > (B) > (A)

注2) ポリプロピレンガス透過性: (A) > (B)

注3) GFガス透過性: (F) > (E) > (D)

第6表 はなっこりーL を包装した時のガス組成 (20℃ 7日目)

29年～30年

	ガス組成(%)						CO2/O2	
	CO2		O2		N2			
	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30
P-プラスA	10.8	11.4	4.9	5.5	84.3	83.1	2.2	2.1
P-プラスB	9.7	10.8	5.8	7.3	84.5	81.9	1.7	1.5
P-プラスC	9.1	-	10.1	-	80.7	-	0.9	-
ポリプロピレンA	-	7.4	-	12.9	-	79.7	-	0.6
ポリプロピレンB	-	9.7	-	9.7	-	80.6	-	1.0
GF-D	-	11.8	-	3.7	-	84.5	-	3.2
GF-E	-	7.5	-	12.2	-	80.3	-	0.6
GF-F	7.2	-	13.4	-	79.4	-	0.5	-
ベジフレッシュP	6.9	7.6	7.0	1.4	86.1	91.0	1.0	5.4
ベジフレッシュ	7.4	7.2	5.3	3.9	87.3	88.0	1.4	1.8
0.25ポリエチレン	6.4	5.5	1.6	3.0	92.0	91.5	4.0	1.8

注1) P-プラスガス透過性: (C) > (B) > (A)

注2) ポリプロピレンガス透過性: (A) > (B)

注3) GFガス透過性: (F) > (E) > (D)

第7表 はなっこりーE2 を包装した時の外観変化等 (20℃ 7日目)

29年～30年

	臭気		花の開花		蕾の変化(黄化)		軟腐		カビ		茎の変色		萎れ	
	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30
P-プラスA	△	×	○	◎	□	◎	◎	◎	□	□	◎	△	◎	○
P-プラスB	□	×	□	◎	□	○	◎	◎	□	○	◎	△	○	○
P-プラスC	◎	-	×	-	×	-	◎	-	◎	-	○	-	◎	-
ポリプロピレンA	-	◎	-	△	-	□	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎
ポリプロピレンB	-	◎	-	△	-	□	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎
GF-D	-	○	-	◎	-	○	-	◎	-	□	-	○	-	○
GF-E	-	◎	-	◎	-	○	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎
GF-F	◎	-	×	-	×	-	◎	-	◎	-	○	-	◎	-
ベジフレッシュP	□	×	◎	◎	□	◎	◎	◎	◎	□	◎	△	◎	×
ベジフレッシュ	□	□	△	○	△	□	◎	◎	□	○	◎	◎	◎	△
0.025ポリエチレン	△	×	○	◎	□	◎	◎	◎	○	□	◎	△	◎	×

注1) ◎:良好 ○:僅か変化 □:2～3割変化 △:5～6割変化 ×:著しく変化

注2) P-プラスガス透過性: (C) > (B) > (A)

注3) ポリプロピレンガス透過性: (A) > (B)

注4) GFガス透過性: (F) > (E) > (D)

注5) H29年度の保存温度は20℃、H30の保存温度は25℃

第8表 はなっこりーMEを包装した時の外観変化等 (20℃ 7日目)

29年～30年

	臭気		花の開花		蕾の変化(黄化)		軟腐		カビ		茎の変色		萎れ	
	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30
P-プラスA	□	□	◎	○	○	○	◎	◎	○	△	◎	○	◎	○
P-プラスB	□	◎	◎	□	□	□	◎	◎	□	◎	◎	◎	○	◎
P-プラスC	◎	-	△	-	△	-	◎	-	◎	-	○	-	◎	-
ポリプロピレンA	-	◎	-	×	-	×	-	◎	-	○	-	◎	-	○
ポリプロピレンB	-	◎	-	△	-	△	-	◎	-	○	-	◎	-	○
GF-D	-	○	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎	-	○
GF-E	-	◎	-	□	-	△	-	◎	-	◎	-	○	-	◎
GF-F	◎	-	×	-	×	-	◎	-	◎	-	○	-	◎	-
ベジフレッシュP	□	×	◎	◎	□	○	◎	◎	◎	△	◎	□	◎	○
ベジフレッシュ	□	×	△	◎	△	○	◎	◎	◎	△	○	◎	◎	○
0.025ポリエチレン	□	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	○	○

注1) ◎:良好 ○:僅か変化 □:2～3割変化 △:5～6割変化 ×:著しく変化

注2) P-プラスガス透過性: (C) > (B) > (A)

注3) ポリプロピレンガス透過性: (A) > (B)

注4) GFガス透過性: (F) > (E) > (D)

第9表 はなっこりーLを包装した時の外観変化等 (20℃ 7日目)

29年～30年

	臭気		花の開花		蕾の変化(黄化)		軟腐		カビ		茎の変色		萎れ	
	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30	H29	H30
P-プラスA	○	◎	□	□	□	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎
P-プラスB	○	◎	△	□	△	□	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
P-プラスC	○	-	×	-	×	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎	-
ポリプロピレンA	-	◎	-	×	-	×	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎
ポリプロピレンB	-	◎	-	△	-	×	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎
GF-D	-	○	-	◎	-	○	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎
GF-E	-	◎	-	×	-	×	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎
GF-F	△	-	×	-	×	-	◎	-	□	-	□	-	□	-
ベジフレッシュP	△	□	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
ベジフレッシュ	○	□	△	○	△	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
0.025ポリエチレン	△	○	◎	○	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎

注1) ◎:良好 ○:僅か変化 □:2～3割変化 △:5～6割変化 ×:著しく変化

注2) P-プラスガス透過性: (C) > (B) > (A)

注3) ポリプロピレンガス透過性: (A) > (B)

注4) GFガス透過性: (F) > (E) > (D)

AおよびポリプロピレンBで5割以上の開花が認められた(第9表)。

考 察

プラスチックフィルム等で密封包装し、青果物の呼吸によって包装内のガス組成を高二酸化炭素・低酸素状態にするMA包装は青果物の鮮度保持に効果的であることが知られている。しかし、MA包装条件は青果物の呼吸量とフィルムのガス透過性によって作り出されることから、包装内のガス組成を厳密にコントロールすることは難しい。また、流通過程での品温変化は避けられないことから、青果物の呼吸の急激な変動によって過度の高二酸化炭素・低酸素状態低となり、かえって青果物の品質が低下する場

合がある。ブロッコリーでは、多くの鮮度保持試験が実施されている一方、はなっこりーは山口県オリジナル野菜であることから、鮮度保持に対する知見が得られていない。品種改良(E2、ME、L)による出荷期間の長期化や葉付きの出荷など、状況が変化していることをふまえ、筆者は呼吸量を把握することから開始した。既に報告されているブロッコリーの呼吸量(池田、2005)に比較して高い傾向が認められる。この理由の一つとして、ブロッコリーとサイシンを親に持つはなっこりーの呼吸はサイシンの性質を引き継いでいると考えられる。また、「E2」、「ME」及び「L」の各はなっこりーは異なる気象で育つことから、呼吸曲線に違いがあると予想していた。しかし、3品種とも同じ呼吸曲線を描くことが明らかとなり、これは包装フィルムを品種ごとに換える必要がないことを

第10表 はなっこりー包装フィルムの適性総合評価

品種	フィルム	CO ₂ >O ₂		CO ₂ /O ₂ (2~5)		外観経時的变化					
						H29			H30		
						点数	臭気	花の開花	点数	臭気	花の開花
E2	P-プラスA	○	○			69	△	○	71	×	◎
	P-プラスB		○			69	□	□	69	×	◎
	P-プラスC		-			66	◎	×		-	-
	ポリプロピレンA	-		-			-	-	84	◎	△
	ポリプロピレンB	-		-			-	-	84	◎	△
	GF-D	-		-			-	-	91	○	◎
	GF-E	-		-			-	-	107	◎	◎
	GF-F		-			66	◎	×		-	-
	ベジフレッシュP	○	○	○	○	88	□	◎	68	×	◎
	ベジフレッシュ	○	○		○	59	□	△	76	□	○
ME	0.25ポリエチレン	○	○		○	72	△	○	68	×	◎
	P-プラスA	○	○		○	90	□	◎	75	□	○
	P-プラスB		○		○	81	□	◎	90	◎	□
	P-プラスC		-			77	◎	△		-	-
	ポリプロピレンA	-		-			-	-	64	◎	×
	ポリプロピレンB	-		-			-	-	75	◎	△
	GF-D	-		-			-	-	104	○	◎
	GF-E	-		-			-	-	83	◎	□
	GF-F		-			66	◎	×		-	-
	ベジフレッシュP	○	○	○		87	□	◎	65	×	◎
L	ベジフレッシュ		○			63	□	△	69	×	◎
	0.25ポリエチレン	○	○		○	94	□	◎	108	◎	◎
	P-プラスA	○	○	○	○	80	○	□	95	◎	□
	P-プラスB	○	○			72	○	△	90	◎	□
	P-プラスC		-			61	○	×		-	-
	ポリプロピレンA	-		-			-	-	68	◎	×
	ポリプロピレンB	-	○	-			-	-	74	◎	△
	GF-D	-	○	-	○		-	-	100	○	◎
	GF-E	-		-			-	-	68	◎	×
	GF-F		-			35	△	×		-	-
	ベジフレッシュP	○	○			86	△	◎	98	□	◎
	ベジフレッシュ	○	○			72	○	△	87	□	○
	0.25ポリエチレン	○	○		○	83	△	◎	94	○	○

注) 点数の計算方法は

A 品質評価基準 ◎:良好=5 ○:僅か変化=4 □:2~3割変化=3 △:5~6割変化=2 ×:著しく変化=1

B 品質評価項目重要度 臭気=7 花の開花=6 蕾の変化(黄化)=5 軟腐=4 カビ=3 茎の変色=2 萎れ=1

として、A × B の合計値とした。

第11表 はなっこりーMEを包装した時の外観品質 (20℃ 7日目)

H31

	臭気	花の開花	蕾の変化(黄化)	軟腐	カビ、腐敗	茎の変色	萎れ	総合評価
P-プラスA	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
P-プラスB	○	△	△	◎	◎	○	◎	△
ポリプロピレンA	◎	×	×	◎	◎	○	◎	×
GF-D	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○
GF-E	○	×	△	◎	◎	○	◎	×
ベジフレッシュP	△	◎	○	◎	□	◎	○	×
ベジフレッシュ	△	◎	○	◎	□	◎	□	×
0.25ポリエチレン	○	◎	◎	◎	□	◎	○	-

注 1) ◎:良好 ○:僅か変化 □:2~3割変化 △:5~6割変化 ×:著しく変化

注 2) 東洋紡GFガス透過性: (E) > (D)

意味している。すなわち、出荷期間をとおして同一のフィルムによる包装で流通が可能である。

このような知見から、現行フィルム(P-プラス B)及び

0.025 ポリエチレンを基準にして様々な鮮度保持フィルムを用いた包装内ガス組成及び外観品質を検討した。野菜類の鮮度保持試験はこれまで 10℃以下で実施されることが

摘 要

多かったが、筆者は酸素濃度と二酸化炭素濃度合計が約 21～25% となる MA 包装条件を想定し、通常の流通温度を模倣した 20℃(ただし H30 E2:25℃)で貯蔵した場合の鮮度保持を調査することとした。また、包装内の CO₂/O₂比はこれまでの調査から 2 ～5 の範囲で推移することが望ましいという知見がすでに得られている。「E2」では、ベジフレッシュが 2.7 (H29)、3.2 (H30) で優れているように思えるが、O₂+CO₂総量が 10 %、12.7 %ほどであることから適性ではない。「ME」及び「L」はP-プラス A が 4.0 (H30)、2.1 (H30)、GF-D が 3.7 (H30)、3.2 (H30)であった。O₂+CO₂総量も ME で適性範囲以内であり、「L」では、同様に 16.9 (H30)、15.5 (H30)とやや少ないものの適性に近かった。これらの空気組成と、O₂+CO₂総量は外観品質に影響を及ぼし、外観品質の中では臭気と花の開花が重要である。臭気は高二酸化炭素・低酸素のとき、すなわち無気呼吸の状態に入ったとき、ペルオキシダーゼ酵素によりメタンチオールなどの物質を生成する。この物質は漬物臭に近い臭いで人に感知されやすい。また、開花は酸素が多いと進行しやすく、古い商品として認識されやすい。消費者にとって鮮度の良いものを選択するための重要なポイントとなっている。「E2」では CO₂/O₂比がとれているが、O₂+CO₂総量が少なかったベジフレッシュ P は開花せずに臭気を発生している。「ME」および「L」では、P-プラス A、P-プラス B および GF-D の外観品質は臭気、開花状態をはじめ、その他の特性も良好な状態である

このように呼吸による包装内空気組成と外観品質を総合的に考慮していくことが重要なことから、第 10 表として取りまとめた。筆者はあえて品質評価基準および品質評価項目重要度に順位をつけたうえ、計算によって点数を導き出した。CO₂/O₂比を含む呼吸および外観品質の変化を同時に評価すれば、フィルムのはなっこりーへの適性は①GF-D、②P-プラス A、③P-プラス B の順で適性があると考えられた。これらの知見は H31 年に実施した確認試験でも同様な結果が得られた(第 11 表)。現在のはなっこりーはこれまでのフィルムより透過性をわずかに抑えた GF-D が最も鮮度保持に適していると考えられる。

「はなっこりー」新品種や出荷形態に対応した MA 包装(Modified Atmosphere Packaging)フィルムを検討した結果、9 月から 3 月にかけて順次出荷される 3 種類のはなっこりーはともに呼吸速度が同じ傾向であることから、年間を通して同じ鮮度保持フィルムが使用できる。また、葉付による鮮度保持への影響はない。MPA 袋内ガス組成とその時の外観品質から、はなっこりーの鮮度保持フィルム適性は、①GF-D、②P-プラス(透過性小)、③P-プラス(現行)の順で適性がある。

引用文献

池田浩暢.2008.ブロッコリー流通時の鮮度保持に関する基礎的研究.福岡県農業総合試験場特別報告. 28:1-77 材料および方法

飼料中のはだか麦と大豆の割合が地鶏「長州黒かしわ」の成長性、 肉質および官能特性に与える影響

村田 翔平・伊藤 直弥

Effect of the content of hulless barley and soybean in feed on the growth, meat quality, and sensory characteristics of *Choshu-Kurokashiwa*

MURATA Shohei and ITO Naoya

Abstract: This study aimed to investigate the effects of feeding high levels of hulless barley and soybeans on the growth, meat quality, and sensory characteristics of the Japanese *jidori* chicken, *Choshu-Kurokashiwa*. The experiment was conducted on 45 male and 60 female Choshu-Kurokashiwa divided into three groups: control group (15.0% hulless barley, 4.7% soybeans), hulless barley-rich group (26.1% hulless barley, 4.1% soybeans), and hulless barley-rich and soybean-rich group (25.4% hulless barley, 7.8% soybeans). The content of hulless barley and soybean had no effect on body weight or food consumption ratio. In the thigh meat, the shear force value was significantly lower in the hulless barley-rich group than in the control group or the hulless barley-rich soybean-rich group ($P < 0.001$). However, no significant differences among feeds were observed for any of the sensory attributes ($P > 0.1$). Therefore, feed containing high content of hulless barley and soybean can be used for *Choshu-Kurokashiwa* without any adverse effect on growth performance, meat quality, or sensory characteristics.

Keywords: *jidori*, sensory evaluation, feed self-sufficiency rate, shear force value

キーワード: 地鶏、官能評価、飼料自給率、剪断力価

緒 言

山口県農林総合技術センターは、「黒柏鶏」を元にした地鶏用種鶏「やまぐち黒鶏」を開発し、2008年に実用化した。その後、県内の養鶏農協では、「やまぐち黒鶏」と「ロードアイランドレッド」を交配した地鶏「長州黒かしわ」の生産を2009年度から開始した。

地鶏の1羽あたり生産コストは、ブロイラーの2倍以上であり、結果的に販売単価も高くなる。そのため、地鶏はその値段に見合った価値を消費者に提供する必要がある。当センターでは、「長州黒かしわ」の価値

を高めることを目的として、機能性成分であるイミダゾールジペプチド含量を高める飼養方法の研究（岡崎・關谷, 2011）（岡崎・伊藤, 2018）を行ってきた。

近年、飼料の国産化による畜産物の価値を高めようとする動きが盛んに行われている。澤田ら（2010）によると、消費者は牛肉の飼料自給率向上による利点に、「給与飼料に対する安心感」を感じるとしている。地鶏生産においては、配合飼料の一部を粳米に代替した研究が行われている（力丸ら, 2018）（森田ら, 2011）（池谷ら, 2014）。「長州黒かしわ」は、県内の養鶏農協が山口県内で生産した粳米、大豆、はだか麦を配合

した飼料で飼養されているが、さらなる飼料自給率の向上による価値向上を図る必要がある。

山口県のはだか麦生産量は全国5位であり（中国四国農政局統計部 2019）、その作付け面積は10年間で約3倍に増加している（2009年 147 ha; 2019年 437 ha, 山口県, 2019）。はだか麦は、穀粒がむき出しになっている大麦であり、粳米よりも粗タンパク（Crude Protein、以後 CP と表す）が高く消化可能なエネルギー含量が多い（農業・食品産業技術総合研究機構, 2009）。県内の養鶏農協は、はだか麦を「長州黒かしわ」の飼料に約15%配合しているが、配合割合をさらに増加できる可能性がある。しかし、はだか麦は配合飼料と比較して CP が低く、配合割合の増加は「長州黒かしわ」の成長性や肉質への影響が懸念される。そこで、CP が比較的高く配合飼料に代わる穀類に大豆があげられる。山口県内では、主に「サチユタカ」などの大豆が約 900 ha 栽培されている（山口県 2019）。飼料中のはだか麦と大豆の割合を増加させることで、飼料自給率の向上を達成すると同時に、飼料の CP を維持することができる。

飼料中のはだか麦および大豆の割合が、ブロイラーの成長性に与える影響についての報告はあるが（Moharrey, 2006）（Dei, 2011）（Anderson ら, 2012）（Janocha ら, 2020）、「長州黒かしわ」の様に長い期間飼育される肉用鶏への影響を調べた研究は少ない。さらに、「長州黒かしわ」の肉の評価を落とさないよう、飼料の違いが肉質や官能特性に与える影響を調べる必要がある。

そこで本研究では、配合飼料の一部をはだか麦に置換し、飼料中のはだか麦の割合の増加が「長州黒かしわ」の成長性、肉質および官能特性に与える影響を検証した。さらに、CP が高い大豆の配合割合を増加させた飼料と比較した。

材料および方法

1 供試鶏および飼育管理

山口県農林総合技術センター畜産技術部でふ化した「長州黒かしわ」のオス 75 羽、メス 105 羽を供試した。鶏は開放鶏舎でオスは 12 週齢、メスは 14 週齢まで飼育した。飼料および水は自由摂取とし、24 時間照明とした。

2 試験設計

「長州黒かしわ」は、長州黒かしわ振興協議会の規約に基づいて山口県農林総合技術センター畜産技術部で飼養され、平飼いで飼養密度は 10 羽/㎡とした。すべての鶏は 3 週齢まで幼雛用飼料で飼育した。3 週齢時点の体重に基づいて、オスは 15 羽ずつ、メスは 20 羽ずつ 3 区（対照区、はだか麦多給区、はだか麦・大豆多給区）に分けた。対照区とはだか麦多給区は 3 週齢からはだか麦多給飼料：幼雛用飼料＝1:1 の飼料で飼育後、4 週齢からはだか麦多給飼料に切り替えた。その後、対照区は 6 週齢から出荷まで対照区飼料で飼育し、はだか麦多給区は、出荷まではだか麦多給飼料で飼育した。はだか麦・大豆多給区は、3 週齢からはだか麦・大豆多給飼料：幼雛用飼料＝1:1 の飼料で飼育後、4 週齢からはだか麦・大豆多給飼料に切り替え出荷まで飼育した。給与飼料の組成および飼料成分は第 1 表に示した。はだか麦は山口県美祢市産の「トヨノカゼ」の子実を、大豆は山口県長門市産の「サチユタカ」の子実を使用した。はだか麦は収穫後に乾燥されたものを購入し、粉碎せずに配合した。大豆は収穫後、洗浄し 70℃で乾燥したものを粉碎して用いた。粳米および米ぬかは山口県長門市産のものを購入し配合した。

3 発育成績

調査項目は、12 週齢、14 週齢（メスのみ）の生体重と飼料要求率とした。飼料摂取量は群全体の飼料摂取量と羽数から 1 羽あたりの平均摂取量を算出した。飼料要求率（Feed Conversion Ratio、以後 FCR と表す）は各日齢における体重から算出した平均日増体重と飼料摂取量から算出した。

4 肉質分析

オスは 12 週齢、メスは 14 週齢まで飼養し、それぞれの試験区における平均的な体重 10 羽ずつを山口県内の食鳥処理施設（深川養鶏農業協同組合、山口県、長門市）でと殺および解体し、各鶏の両胸肉および両もも肉を採材した。各肉は真空パック後、24 時間 5℃で冷蔵した。翌日開封し、左胸肉と右もも肉を肉質分析に供し、右胸肉と左もも肉を官能評価に供した。肉質分析の項目は、重量、色、加熱損失、剪断力価とした。重量は電子天秤（CG-3000, 新光電子株式会社）で測定した。色は色差計（JS555, 日本電色工業株式会社）を用いて、胸肉は赤身と皮下脂肪を、もも肉は赤身をそれぞれ 3 か所測定し、L*、a*、b*の各平均値を

飼料中のはだか麦と大豆の割合が地鶏「長州黒かしわ」の成長性、肉質および官能特性に与える影響

第1表 給与飼料組成及び飼料成分

	対照区	はだか麦 多給区	はだか麦 大豆多給区
混合飼料 (%)			
市販飼料 ¹	46.9	40.8	39.1
粳米	28.2	24.5	23.4
はだか麦	15.0	26.1	25.4
大豆	4.7	4.1	7.8
米ぬか	4.7	4.1	3.9
プレミックス	0.4	0.4	0.4
飼料成分 ²			
ME (Mcal/kg)	2884	2877	2896
CP (%)	14.5	14.0	14.9
Ca (%)	0.44	0.38	0.37
Mg (%)	0.12	0.12	0.13
Zn (mg/kg)	51	48	47

¹市販飼料は穀類62%、植物性油かす類25%、動物質性飼料6%、その他7%を含む

²計算値（農業・食品産業技術総合研究機構，2009）

求めた。加熱損失及び剪断力価は畜産技術協会（1999年）に準じて分析した。加熱損失は、胸肉は大胸筋から、もも肉は腸脛骨筋から2 cm×2 cm×5 cmの肉片を切り出した。その肉片をポリ袋に入れ、ウォーターバス（SWB-25，アズワン株式会社）で70℃60分間加熱し、加熱前後の重量差を測定した。剪断力価は、加熱後のサンプルを1 cm×1 cm×5 cmに切り出し、剪断力価計（Warner-Bratzler）を用いて5か所を測定した。5か所の測定値のうち、最低値と最高値を除いた測定値を平均した。

5 官能評価

焼き調理を想定し、胸肉およびもも肉を下火式焼物器（MGKS-304，株式会社マルゼン）で加熱調理し、官能評価に供した。右胸肉は、大胸筋の一部から2.0 cm×1.5 cm×3 cmの長さの肉片を切り出した。左もも肉は青谷ら（2021）に基づいて、2.0 cm×1.5 cm×3 cmの長さの肉片を切り出した。切り出した肉片は、網に並べ、下火式焼物器（マルゼン、）で両面をそれぞれ2分30秒間ずつ加熱後、さらに両面を30秒間ずつ加熱した。加熱終了時点の中心温度は約80℃であった。加熱後のサンプルは評価まで室温に冷ました後に、3桁の乱数が書かれた、ディスプレイに盛り付けた。

評価は過去の研究（Murata, in press）で選抜・訓練され、10時間以上の官能評価の経験がある山口県農林総合技術センターのパネル7名が4日間実施した。初日および2日目はオスの胸肉およびもも肉をのべ12人が評価し、3日目および4日目はメスの胸肉およびもも肉を述べ11人が評価した。各日程でパネリストは、飼料の異なる3種類の鶏の、まず胸肉を評価し、次いで、同様のもも肉を評価した。評価した9つの項目と定義を第2表に示した。評価には150 mmのラインスケールを用いた。ラインスケールは、香りおよび風味・味の項目の左端には「感じない」、右端には「非常に強く感じる」と記入され、食感の項目の左端には「非常に弱い」、右端には「非常に強い」と記入されたものを使用した。順序効果をなくすために、ラテン方格法に基づいた順序でパネリストが評価した。パネリストには、紙コップに入れた純水を配布し、1サンプルの評価ごとに1分間以上の休憩時間を取り、その間に口腔内をゆすがせた。評価会場は、空調が24℃に設定され、蛍光灯下の食品調理室を使用した。パネリスト間の距離は2 m以上確保した。

6 統計解析

統計解析にはRを用いた。得られたデータは二元配置の分散分析法により、飼料および性の効果とその交互作用の有意差検定を行った。

結果および考察

本研究では、飼料中のはだか麦、大豆それぞれの配合割合の増加が「長州黒かしわ」の発育成績、肉質および官能特性に与える影響を調べるために、はだか麦と大豆の配合割合が異なる飼料で飼育された、「長州黒かしわ」の成長性、肉質特性および官能特性を比較した。

第3表に各飼料で飼育された「長州黒かしわ」の発育成績を示した。各飼料区間の鶏の体重は測定したいずれの週齢においても有意な差は認められなかった。さらに、各飼料区間のFCRにも大きな差は認められなかった。

この結果から、本研究で用いた試験区間の飼料組成の違いは、「長州黒かしわ」の発育成績に影響を及ぼさないことが明らかとなった。

大麦の変種であるはだか麦は、非デンプン多糖類であるβ-グルカンを多く含み（NewmanとNewman

第2表 官能評価用語および定義

評価用語	定義
香り	
香ばしい肉の香り	焦げ目のある焼いた鶏肉の香り
香ばしいお菓子の香り	香ばしいお菓子の香り
鶏らしい香り	焦げ目のない茹でられた鶏肉の香り
食感	
硬さ	肉を変形、破壊するのに必要な力
ジューシーさ	噛んだ時に出てくる肉汁の量
弾力性	噛んだ時に変形を戻そうとする力の強さ
味・風味	
鶏らしい風味	焦げ目のない茹でられた鶏肉の風味
うま味	基本5味のうま味
酸味	基本5味の酸味

第3表 発育成績¹

	対照区	はだか麦 多給区	はだか麦 大豆多給区
12 週齢			
オス 体重 ²	3295 ± 214.0	3333 ± 239.1	3297 ± 216.7
3週齢からのFCR ³	2.97	2.86	2.85
メス 体重	2311 ± 193.7	2338 ± 238.2	2441 ± 183.1
3週齢からのFCR	3.02	2.78	2.86
14 週齢			
メス 体重	2742 ± 217.3	2767 ± 284.2	2817 ± 219.3
3週齢からのFCR	3.08	3.16	3.22

¹n=10²平均値±標準偏差。5%水準で有意差なし³Feed Conversion Ratio. 飼料要求率

1988)、今回の研究に用いたはだか麦「トヨノカゼ」にはβ-グルカンが約3%含まれる(内田ら, 2020)。非デンプン多糖類は、成長段階のブロイラーは十分に消化することができない(Anderson ら, 2012)。また、βグルカンは消化管粘度を増加させ、栄養の吸収に直接影響するだけでなく、腸内細菌叢と相互作用して腸の生理機能を変化させる(Annison と Choct 1991)(Philipet ら, 1995)。そのため、大麦は鶏の飼料として用いる際、補助酵素であるβ-glucanaseの添加や、加熱、発酵などにより消化性を向上させることが一般的である(Newman と Newman 1988)(Jacob と Pescatore, 2012)。し

かし、本研究と同様に、消化性向上処理をしていないはだか麦を多給しても、成長性に影響がなかったという報告もある。Moharrery (2006) は、粉碎したはだか麦の割合が0%と35%の飼料で酵素を添加せずにブロイラーを飼育した。その結果、56日齢のブロイラーの体重およびFCRには飼料中のはだか麦の割合で差が認められなかった。Moharrery (2006) はこの報告の中で、はだか麦が皮麦よりも不溶性食物繊維が少ないことに着目し、βグルカン自体には鶏の成長性への影響はなく、不溶性食物繊維と組み合わせることで悪影響が生じていることを提案している。一方で、Anderson ら (2012) は、

飼料中のはだか麦と大豆の割合が地鶏「長州黒かしわ」の成長性、肉質および官能特性に与える影響

β -glucanase 添加により消化性を向上しても、はだか麦の割合が増加するに従い成長性が低下すると報告している。Anderson ら (2012) はこの研究で、はだか麦 (ホール) をいくつかの割合で配合し、 β -glucanase を添加した飼料でブロイラーを 36 日齢まで飼育した。その結果、飼料中のはだか麦の割合が 30% で飼育された鶏は、はだか麦の割合が 15% で飼育された鶏と比べて、有意に最終的な体重が低く FCR が高かったと報告している。これは、飼料中のはだか麦の割合の増加が「長州黒かしわ」の発育成績に影響を与えなかった本研究の結果と異なる。この違いは、「長州黒かしわ」はブロイラーと比較して、硬い飼料の消化および養分吸収の効率が低いことを示唆している。「長州黒かしわ」はブロイラーよりも筋胃が発達しており (山口農技セ, 未発表)、その発達した筋胃によって、ホールのはだか麦の様な硬い飼料も攪拌、粉碎できると推察される。「長州黒かしわ」とブロイラーの飼料消化および養分吸収の効率については、今後の研究で詳しく調べる必要がある。

胸肉およびもも肉の肉質特性を第 4 表に示した。もも肉の剪断力価のみ、飼料間で有意な差が認められた ($p<0.001$)。もも肉の剪断力価は、対照区とはだか麦・大豆多給区で高く、はだか麦多給区で低かった。さらに、胸肉の皮の色 b^* で飼料と性の交互作用が認められ、飼料の効果は性別によって異なった ($p<0.05$)。第 5 表に胸肉およびもも肉の官能評価の結果を示した。香り、テクスチャー、風味、味のいずれの項目についても飼料区間で有意な差は認められなかった ($p>0.1$)。

この結果から、はだか麦および大豆の多給は胸肉の肉質、官能特性に影響がないことが明らかとなった。もも肉は、はだか麦を多給することで剪断力価が低下したものの、大豆の割合を増加させることで、剪断力価を向上させることが可能であることが明らかとなった。飼料中の大豆の割合の増加により、CP が 14.0% から 14.7% に改善されたことで、剪断力価を高める効果あった可能性が示唆された。

一方で、官能特性は「硬さ」、「弾力性」を含めてすべての項目で飼料区間に有意な差は認められなかった。剪断力価が「硬さ」や「弾力性」と正の相関があると仮定すると、飼料間の剪断力価の差は分析パネルが識別できないほど小さいものであることが示唆された。

地鶏肉の値段はブロイラーの肉の 2 ～ 5 倍であるにも関わらず、一部の消費者は好んで地鶏肉を購入する。その理由は、彼らが地鶏肉に対してブロイラーの肉とは異なる味、食感、香りを期待しているからである (小泉ら, 1990) (引地ら, 2020)。養鶏農家は、消費者の期待に応えるために、地鶏肉の肉質や官能特性を目標とする水準に保つ必要がある。

地鶏に関する研究を行う全国の公設試験場等の研究機関は、飼料自給率の向上を目指して地域の農作物や加工品残渣等の地鶏への給与試験の研究を行っている (高山ら, 2010) (龍田ら, 2016) (石山ら 2108) (力丸ら 2018)。しかし、飼料に含まれる穀類の種類と割合は鶏肉の肉質や官能特性に影響を及ぼすことがあり (Petersen, 1969) (Barteczko と Lasek, 2008) (Park ら, 2012)、飼料組成を変更する場合は、慎重に判断する必要がある。

はだか麦の多給が鶏肉の肉質や官能特性に与える影響に関する研究はいくつか報告がある。Janocha ら (2020) は、飼料に 30% 含まれる小麦の全量をはだか麦に置換した飼料でブロイラーを飼育した場合、はだか麦で置換しない飼料で飼育した場合よりも、胸肉、もも肉ともに粗脂肪含量が増加し、一価不飽和脂肪酸が増加したが、官能特性には有意差は認められなかったと報告している。本研究ではこれらの成分を調べていないが、官能特性に飼料区間で差がなかったことから、粗脂肪と脂肪酸組成が官能特性に与える影響は小さいと考えられる。

肉用鶏経営において、生産量の 7 割近くを占める飼料費を削減することは重要な課題である (農林水産省生産, 2019)。しかし、我が国の家畜の飼料は原料の多くを輸入に依存しており (農林水産省畜産局, 2021)、配合飼料価格は穀物の国際価格や、原油価格、外国為替などの影響を受け、不安定な状況にある。2006 年頃から、トウモロコシの燃料エタノール向け需要が増加し、配合飼料の国際価格は高騰した。その後は、比較的安定して推移していたが、2020 年以降は、中国向け輸出成約の増加や、南米での作況悪化や懸念等により配合飼料価格は高騰しており、配合飼料工場譲渡価格は 2006 年 7 月に 43,250 円/kg であったのに対して、2021 年 6 月には 76,650 円/kg に高騰している (農林水産省畜産, 2021)。本研究で比較した飼料価格は、配合飼料の低減によって、対照区に対して、はだか麦多給区では 5.6%

第4表 胸肉およびもも肉の肉質特性¹

	オス			メス			飼料 × 性
	対照区	はだか麦 多給区	はだか麦 大豆多給区	対照区	はだか麦 多給区	はだか麦 大豆多給区	
胸肉 重量 (g)	170.3±17.5	171.2±15.2	172.2±16.1	165.7±12.2	157.6±13.0	157.0±12.0	n.s. ***
色 (赤身)							
L*	47.0±1.9	47.0±2.1	48.1±2.1	49.6±4.1	50.5±4.1	49.2±3.5	n.s. ***
a*	3.2±1.0	3.2±1.1	3.0±0.9	2.2±0.9	2.5±0.5	2.4±0.8	n.s. **
b*	7.0±0.8	6.8±1.6	5.8±1.0	6.4±1.2	7.3±1.3	6.6±1.2	n.s. n.s.
色 (皮下脂肪)							
L*	72.1±2.2	71.0±1.6	72.6±2.0	69.4±1.5	70.3±1.5	69.9±1.4	n.s. ***
a*	0.2±1.1	0.4±0.7	1.2±1.0	-0.8±1.3	-0.7±0.9	-0.2±1.1	n.s. ***
b*	14.3±2.0 ^a	15.1±2.4 ^a	12.4±1.3 ^a	12.4±1.4 ^a	14.2±1.2 ^a	14.5±1.2 ^a	n.s. *
加熱損失 (%)	19.6±0.9	20.1±1.3	20.0±1.3	19.7±1.7	19.0±1.2	18.9±1.8	n.s. *
剪断力価 (kg/cm ²)	1.6±0.7	3.0±2.0	1.8±1.2	3.2±2.4	2.7±1.4	2.2±1.4	n.s. n.s.
もも肉 重量 (g)	302.7±19.4	308.2±14.7	303.1±37.5	261.9±11.8	256.4±17.3	256.9±12.5	n.s. ***
色 (赤身)							
L*	39.5±1.9	37.6±2.8	38.5±1.7	38.5±1.7	39.1±2.2	38.8±2.1	n.s. n.s.
a*	9.8±1.1	10.2±1.5	10.3±1.6	11.4±0.8	10.8±1.7	11.0±1.2	n.s. *
b*	6.4±0.7	6.3±0.6	6.3±1.1	7.3±0.7	7.1±0.8	7.2±0.7	n.s. ***
加熱損失 (%)	28.2±2.7	28.0±2.2	28.9±3.2	28.3±2.1	30.6±1.5	29.6±1.5	n.s. n.s.
剪断力価 (kg/cm ²)	1.8±0.6 ^{bc}	1.3±0.3 ^c	1.9±0.4 ^{ab}	2.4±0.2 ^a	2.0±0.5 ^{ab}	2.4±0.1 ^a	*** ***

¹n=10。平均値±標準偏差

²***, **, *およびn.s.はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意差ありおよび有意差なし

^{a,c} 異符号間で5%水準の有意差あり

飼料中のはだか麦と大豆の割合が地鶏「長州黒かしわ」の成長性、肉質および官能特性に与える影響

第5表 胸肉およびもも肉の官能評価スコア¹

	オス				メス			
	対照区	はだか麦 多給区	はだか麦 大豆 多給区	SEM ²	対照区	はだか麦 多給区	はだか麦 大豆 多給区	SEM
胸肉								
香り								
香ばしい肉の香り	72.1	68.5	75.0	8.60	79.7	74.8	79.3	9.23
香ばしいお菓子の香り	60.1	56.9	59.5	9.37	49.1	59.8	63.4	9.98
鶏らしい香り	73.1	58.8	64.8	9.18	55.5	68.7	61.5	9.64
食感								
硬さ	67.2	70.2	80.9	7.83	64.1	71.4	66.8	8.53
ジューシーさ	42.7	41.9	43.7	8.48	40.6	47.0	39.5	8.87
弾力性	55.9	66.4	75.4	9.07	60.0	62.2	57.6	9.69
味・風味								
鶏らしい風味	63.4	67.5	77.9	8.67	65.2	72.5	66.8	9.05
うま味	60.5	70.8	76.1	7.67	62.6	67.7	54.4	8.21
酸味	72.2	63.0	61.6	7.99	61.0	63.4	68.1	8.44
もも肉								
香り								
香ばしい肉の香り	94.6	93.7	94.3	9.45	91.3	85.0	74.5	10.26
香ばしいお菓子の香り	77.7	73.4	78.4	12.60	69.5	67.1	68.6	13.10
鶏らしい香り	75.0	80.0	81.4	11.10	67.8	85.9	75.2	11.70
食感								
硬さ	68.0	77.6	60.8	8.21	68.0	68.2	70.1	9.08
ジューシーさ	80.0	79.1	77.8	8.38	77.3	74.7	81.8	9.06
弾力性	94.2	93.7	86.3	8.53	80.8	84.7	90.4	9.39
味・風味								
鶏らしい風味	93.6	92.4	92.7	8.27	84.8	83.2	84.9	8.61
うま味	96.3	91.7	88.8	7.08	91.2	96.3	95.3	7.89
酸味	37.6	39.6	36.6	8.48	33.2	34.7	33.4	8.62

¹訓練された7人のパネルが複数回評価した（オス：n = 12人、メス：n = 10人）。鶏肉は幅2cm × 長さ3cm × 厚さ1.5cmにカットし、遠赤外線調理器で調理した。評価は各項目の強度を150mmラインスケールで評価し、端からの距離をスコアとした。5%水準で飼料間に有意差なし

²Standard Error of the Mean。平均値の標準誤差

はだか麦・大豆多給区では6.4%の低下となった。本研究の結果から、対照区に対して「長州黒かしわ」における飼料自給率の向上を図ることは可能で、地鶏肉の価値向上とコスト削減の2つの利点が見られることが明らかとなった。

以上の結果から、「長州黒かしわ」の成長性、肉質特性および官能特性を維持しつつ、山口県内で生産・調製されたはだか麦、大豆、粳米および米ぬかの配合割合が60%を占める飼料で飼育で

きることを明らかにした。飼料自給率向上により、「長州黒かしわ」の価値向上と飼料全体価格の安定化を実現し、養鶏農家の経営安定に寄与することができる。

なお、本研究は長州黒かしわ振興協議会の支援を受けて実施した。

摘 要

本研究では、はだか麦および大豆の多給与が「長州黒かしわ」の成長性、肉質および官能特性に与える影響を明らかにした。飼料中のはだか麦の割合を 15.0%から 25.4%に、大豆の割合を 4.7%から 7.8%に増やしても、「長州黒かしわ」の成長性、肉質および官能特性には影響を与えなかった。本研究の結果から、飼料自給率を 60%に向上した飼料で「長州黒かしわ」を飼育することが可能であることが明らかとなった。

引用文献

- Anderson, D. M., MacIsaac, J. L., and Safamehr, A. 2012. Dilution of broiler chicken diets with whole hullless barley. *J. Appl. Poult. Res.* 21: 399-406.
- Annisson, G., and Choct, M. 1991. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *Worlds Poult. Sci.* 47: 232-242.
- 青谷大希・安部亜津子・佐藤悠紀・中村亮一・森愛華・本山三知代・中島郁世・渡邊源哉・佐々木啓介. 採取部位による骨格筋の違いを考慮した鶏もも肉の官能評価サンプル調製手法の提案. *家禽会誌.* 58: J12-J19.
- Barteczko, J., and Lasek, O. 2008. Effect of varied protein and energy contents in mixture on meat quality of broiler chicken. *Slovak J. Anim. Sci.* 41: 173-178.
- 畜産技術協会. 1999. 牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアル. 13-16
- 中国四国農政局統計部. 2019. 図表で伝える中国四国の農林水産業 中国四国の麦類（令和元年度産）. 2.
- Choct, M., and Annisson, G. 1990. Anti - nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. *Br. Poult. Sci.* 31: 811-821.
- Dei, H. K. 2011. Soybean as a feed ingredient for livestock and poultry. In *Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products*. IntechOpen. 215-226.
- 引地宏二・関谷敏彦・平井久美子・橋村慎二・大滝幸子. 2020. 地鶏、銘柄鶏の消費者購買行動分析（1）鶏肉の消費実態と地鶏、銘柄鶏に求める特徴. *神畜技セ研報.* 2: 15-21.
- 池谷幸恵・柴田昭一・紙屋徹士. 2014. 「さつま地鶏」への飼料用米給与技術の確立. *鹿児島農総セ研.* 8: 53-57.
- 石山徹・佐藤裕子・飯野幸弘・沼澤穂奈美. 2018. 県産飼料資源活用によるやまがた地鶏の飼料給与技術の開発. *東北農業研究.* 71: 41-42.
- Jacob, J. P., and Pescatore, A. J. 2012. Using barley in poultry diets—A review. *J Appl Poult Res.* 21: 915-940.
- Janocha, A., Milczarek, A., Pietrusiak, D., and Łaski, K. 2020. The effect of rations containing hulled or hull-less barley on the slaughter parameters and the quality of broiler chicken meat. *J. Cent. Eur. Agric.* 21: 508-516.
- Moharrery, A. 2006. Comparison of performance and digestibility characteristics of broilers fed diets containing treated hulled barley or hullless barley. *Czech J. Anim. Sci.* 51: 122-131.
- 森田幹夫・大窪敬子・須藤正巳・前田育子. 2011. 地鶏の飼料用米給与による生産技術の確立. *茨城県畜セ研報.* 44: 23-27.
- Murata, S. in press. Relationship between the Lactic Acid Content and Sour Taste of Broiler Broth and the Broth of Choshu-Kurokashiwa—a Japanese Jidori Chicken. *J. Poult. Sci.*
- Newman, R. K., and Newman, C. W. 1988. Nutritive value of a new hull-less barley cultivar in broiler chick diets. *Poult. Sci.* 67: 1573-1579.
- 農業・食品産業技術総合研究機構. 2009. 日本標準飼料成分表 2009 年版.
- 農林水産省 生産局畜産部畜産振興課. 2019. 鶏の改良増殖をめぐる情勢.
- 農林水産省 畜産局飼料課消費・安全局畜水産安全管理課. 2021. 飼料をめぐる情勢（データ版）.
- 岡崎亮・關谷正男. 2011. 「やまぐち黒鶏」及びそれを用いたコマーシャル地鶏「長州黒かしわ」の胸肉中のアンセリン・カルノシン含

飼料中のはだか麦と大豆の割合が地鶏「長州黒かしわ」の成長性、肉質および官能特性に与える影響

量と肥育期間及び品種・系統との関係. 山口農林総技セ研報. 2: 9-14.

岡崎亮・伊藤直弥. 2018. アミノ酸の飼料給与または飲用が「長州黒かしわ」の肉中のイミダゾールジペプチド含量に及ぼす影響. 9: 7-12.

Park, S. B. 2012. Effect of Two Different Types of Barley on the Performance, Meat Quality and Blood Properties of Broiler Chicken. J. Anim. Vet. Adv. 11: 4417-4422.

Petersen, V. E. 1969. A comparison of the feeding value for broilers of corn, grain sorghum, barley, wheat, and oats, and the influence of the various grains on the composition and taste of broiler meat. Poult. Sci. 48: 2006-2013.

Philip, J. S., Gilbert, H. J., and Smithard, R. R. 1995. Growth, viscosity and beta - glucanase activity of intestinal fluid in broiler chickens fed on barley - based diets with or without exogenous beta - glucanase. Br. Poult. Sci. 36: 599-603.

力丸宗弘・青谷大希・佐藤悠紀. 2018. 飼料中トウモロコシの玄米全量代替給与が比内地鶏の肉質および鶏肉スープの評価に及ぼす影響. 日本家禽学会誌. 55: J41-J50

澤田学・合崎英男・佐藤和夫. 2010. 牛肉生産における飼料自給率向上の利点に関する消費者評価. 帯広畜産大学学術研究報告. 31: 18-24.

高山耕二・梅木美穂・伊村嘉美・大浦昭寛・松本信助・中西良孝. 2010. トウフ粕サイレージの給与がつしま地鶏の飼料利用性ならびに産肉性に及ぼす影響. 鹿児島大学農場研報. 32: 19-25.

龍田 健・吉田恵実. 2016. 飼料用全粒粳米の給与割合が「ひょうご味どり」の生産性に及ぼす影響. 兵庫農技総セ研報（畜産）. 52: 1-6.

内田多江子・高橋肇・稲葉俊二・吉岡藤治・高橋飛鳥・杉田知彦・荒木英樹・水田圭祐. もち性はだか麦品種「キラリモチ」に対する後期重点型の窒素増施が, 子実 β -グルカン含有率および子実収量に及ぼす影響. 日作紀. 89: 195-202.

山口県. 2019. 令和元年度米・大豆・麦生産流通改善対策資料. 37-50.

地鶏「長州黒かしわ」の筋胃の特性

村田 翔平・伊藤 直弥・岡崎 亮

Characterization of gizzards from *Choshu-Kurokashiwa*—a Japanese *Jidori* Chicken

MURATA Shohei, ITO Naoya and OKAZAKI Akira

Abstract: To characterize the gizzards of *Choshu-Kurokashiwa*, a *jidori* breed, we conducted three experiments: (1) determination of proximate composition and meat quality analysis of gizzards from *Choshu-Kurokashiwa* and broiler chicken purchased from a retail store; (2) comparison of gizzard weights of *Choshu-Kurokashiwa* and broiler chickens reared under the same conditions; and (3) evaluation of hulled-rice feed on gizzards of *Choshu-Kurokashiwa*. The gizzards of *Choshu-Kurokashiwa* had a higher protein content compared to those of broiler chickens, and they were heavier ($P < 0.001$) and darker ($P < 0.001$). *Choshu-Kurokashiwa* gizzards had lower cooking loss ($P < 0.001$) and greater shear force ($P < 0.001$) than broiler gizzards. Additionally, gizzards of *Choshu-Kurokashiwa* and broiler chickens reared under the same conditions became heavier with age ($P < 0.001$). However, the ratio of gizzard weight to body weight was greater for *Choshu-Kurokashiwa* than for broiler chickens at both 50 and 75 days of age. Addition of hulled rice to the diet increased the weight ($P < 0.001$) and decreased the cooking loss ($P < 0.01$) of the gizzard of male *Choshu-Kurokashiwa*. Based on these results, the three factors that contributed to the larger gizzard of *Choshu-Kurokashiwa* are as follows: (1) this chicken breed is characterized by a large gizzard; (2) long feeding period; and (3) inclusion of hulled rice in the feed.

Keywords: ventriculus, native chicken, hulled rice, shear force value

キーワード: 砂肝、地鶏、粳米、剪断力価

緒 言

山口県農林総合技術センターは、「黒柏鶏」を元にした地鶏用種鶏「やまぐち黒鶏」を開発し、2008年に実用化した。その後、県内の養鶏農協では、「やまぐち黒鶏」と「ロードアイランドレッド」を交配した地鶏「長州黒かしわ」の生産を2009年度から開始した。

また、当センターでは、その肉が、適度な歯ごたえを有し、旨味成分であるイノシン酸や、機能性成分で

あるイミダゾールジペプチドを多く含むことを明らかにした(岡崎・關谷, 2011)。「長州黒かしわ」の胸肉やもも肉は、これらの研究の蓄積と消費者へのPR活動の成果もあり、そのブランド価値が認められ、ブロイラーの胸肉やもも肉の数倍の値段で取引されている。

筋胃は鶏肉の生産に伴い得られる副生物の一つである。副生物とは、家畜のと殺・解体した際に得られる胸肉、もも肉、手羽、ささみ等の主要部位以外の経済

的価値のあるものを指し（本田ら，1998）、鶏では内蔵や皮などがそれに当たる。中でも筋胃は、鶏全体の可食部位のうち約4%を占める重要な副生物である。筋胃は食鶏取引規格では、「すなぎも」といい（農林水産省，2021）、その筋肉質な構造によるコリコリした歯ざわりが特徴である（Chen and Stinson, 1983）

（日本食肉研究会，2000）。その用途は広く（家畜改良センター兵庫牧場，2021）、串焼きや炒め物、揚げ物などに利用される。

しかし、「長州黒かしわ」の筋胃はブロイラーの筋胃と区別されることなく販売されており、「長州黒かしわ」の筋胃の詳細な研究を行い筋胃の特徴を見出すことができれば、ブロイラーの筋胃と差別化により競争優位性を確立することができる。

そこで、本研究では、「長州黒かしわ」の筋胃の特徴を解明することを目的として、「長州黒かしわ」の筋胃とブロイラーの筋胃の一般成分および肉質特性を比較した。その結果、「長州黒かしわ」の筋胃はブロイラーの筋胃と比較して、大きさ、色、食感で異なる特徴を有していることが明らかになった。さらに、これらの特徴を引き起こす要因を明らかにした。

材料および方法

試験1：「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃の一般成分と肉質特性

一般に流通する「長州黒かしわ」の筋胃とブロイラーの筋胃を購入し、一般成分と肉質特性を比較した。筋胃は、「長州黒かしわ」のオス、「長州黒かしわ」のメス、ブロイラーから採取されたものを深川養鶏農業協同組合（山口県、長門市）から購入した。「長州黒かしわ」は、長州黒かしわ振興協議会の規約に基づいて生産され、平飼いで飼養密度は8羽/㎡で、と殺解体時の週齢はオスが12週齢、メスが14週齢であった。一方でブロイラーは飼養密度16羽/㎡で飼養され、と殺解体時の週齢はオスが7週齢であった。「長州黒かしわ」がブロイラーよりも飼育期間が長い理由は、「長州黒かしわ」の成長速度がブロイラーよりも遅いので収益性を確保するためと、長期間飼育することによる肉の歯ごたえ向上といった特色のある肉を生産するためである。飼料は、「長州黒かしわ」は、3週齢まで幼雛用飼料で飼養され、それ以降は「長州黒かしわ」専用飼料（粳米28.4%）で飼養された。

一般成分は『日本食品標準成分表2015年版（七訂）

分析マニュアル』（文部科学省2021）に基づいて、水分、脂質、タンパク質、炭水化物、灰分を測定した。各鶏種の筋胃5個をミンサーでミンチにし、それぞれ一つにまとめて分析に用いた。水分は常圧加熱乾燥法を用いて分析した。ミンチ5.0gを通風乾燥機（DNF64，ヤマト科学株式会社）で135℃3時間加熱し、加熱前の重量と加熱後の重量の差を測定した。脂質はソックスレー抽出法を用いて分析した。乾燥後のサンプルを円筒ろ紙に入れ、予め重量を測定しておいた脂肪びんに入れ、ジエチルエーテルを注ぎ、ソックスレー抽出器（E-816，日本ビュッヒ株式会社）で脂肪を抽出した。脂肪びんの重量を測定し、脂質の量を求めた。タンパク質はマクロ改良ケルダール法を用いて分析した。粗脂肪抽出後のサンプル0.3gを秤取ってケルダールフラスコに入れ、分解促進剤、濃硫酸を加え、分解用加熱装置（株式会社相互理化学硝子製作所）で加熱し分解した。次いで、イオン交換水で100mlに定容し、蒸留後、0.1N HClで中和滴定した。灰分は直接灰化法を用いて分析した。ミンチ肉3.0gを秤取って、るつぼに入れ、通風乾燥機（DNF64，ヤマト科学株式会社）で135℃24時間加熱し予備灰化した。それをマッフル炉（CM300 柴田科学株式会社）に入れ、徐々に温度を上げて、600℃に到達後6時間加熱した。完全に灰化したサンプルの重量を測定し、灰分を求めた。炭水化物は、差引き法を用いた。

肉質特性は、各鶏種10個の筋胃について、重量、大きさ（長径、短径、厚さ）、色、加熱損失、剪断力価を調べた。重量は秤り（CG-3000，新光電子株式会社）で測定した。加熱損失及び剪断力価は畜産技術協会（1999年）に準じて分析した。加熱損失は、半分に切られた筋胃の、表面の白い部分を剥ぎ、最も厚みのある場所から2cm×2cm×5cmの肉片を切り出した。ただし、個体により5cmの長さを取れなかったものは、可能な範囲で長く切り出した。その肉片をポリ袋に入れ、ウォーターバス（SWB-25，アズワン株式会社）で70℃60分間加熱し、加熱前後の重量差を測定した。剪断力価は、加熱後のサンプルを1cm×1cm×5cmに切り出し、剪断力価計（Warner-Bratzler）を用いて5か所を測定した。5か所の測定値のうち、最低値と最高値を除いた測定値を平均した。色は、色差計（JS555，日本電色工業株式会社）で肉片を切り出した後の断面を3か所測定し、L*、a*、b*の各平均値を求めた。

第1表 試験2における給与飼料組成及び飼料成分

混合飼料(%)	
市販飼料 ^z	46.9
粳米	28.2
はだか麦	15.0
大豆	4.7
米ぬか	4.7
プレミックス	0.4
飼料成分 ^y	
ME (Mcal/kg)	2884
CP (%)	14.5
Ca (%)	0.44
Mg (%)	0.12
Zn (mg/kg)	51

^z市販飼料は穀類62%、植物性油かす類25%、動物質性飼料6%、その他7%を含む

^y計算値（農業・食品産業技術総合研究機構, 2009）

第2表 試験3における給与飼料組成

	BF区 ^z	KF区	BF+ 粳米区
混合飼料(%)			
市販飼料 ^y	100	47.4	62.5
粳米	-	28.4	37.5
はだか麦	-	9.5	-
大豆	-	7.2	-
米ぬか	-	7.1	-
プレミックス	-	0.4	-

^zBF区:ブロイラーフィニッシャー区、KF区:黒かしわフィニッシャー区、BF+粳米区:ブロイラーフィニッシャーに粳米を終濃度37.5%になるように配合した飼料区

^y市販飼料は穀類62%、植物性油かす類25%、動物質性飼料6%、その他7%を含む

試験2：同一環境で飼養した「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃の重量

山口県農林総合技術センター畜産技術部で「長州黒かしわ」とブロイラーを同じ環境で飼育した。平飼いで、飼料の詳細は第1表に示した。各鶏種50日齢及び75日齢で平均的な体重の鶏をオス3羽、メス3羽つ抽出し、体重を測定した。それらの個体をと殺解体

し、筋胃を得た。得られた筋胃は、内容物を取り除いて水で洗浄した後に、重量を測定した。

試験3：飼料と筋胃の肉質特性

「長州黒かしわ」を3種類の飼料で飼育した。BF区はブロイラーフィニッシャー（粳米0%）、KF区は黒かしわ専用飼料（粳米28.4%）、BF+粳米区はブロイラーフィニッシャーに終濃度37.5%になるように粳米を添加した飼料で飼養した。飼料の詳細は第2表に示した。オスは12週齢、メスは14週齢で山口県農林総合技術センター畜産技術部にてと殺解体し、筋胃を得た。得られた筋胃の、重量、加熱損失、剪断力価を試験1と同様の方法で測定した。

統計解析

統計解析にはRを用いた。得られたデータはANOVAで有意性を調べた。また、試験3の結果は、Tukey-Kramer法による多重検定を行った。

結果

1 「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃の一般成分と肉質特性の比較

第3表に一般に流通している「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃の一般成分の分析結果を示した。「長州黒かしわ」の筋胃はブロイラーの筋胃よりも、タンパク質が多かったが、明確な違いではなかった。

「長州黒かしわ」の筋胃の肉質は重量、色、剪断力価、加熱損失、全てにおいてブロイラーと異なる特徴を有していた（第4表）。「長州黒かしわ」の筋胃は、

第3表 「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃の一般成分(%)^z

	長州黒かしわ		ブロイラー
	オス	メス	
水分	79.3	78.8	80.7
タンパク質	17.9	18.4	16.5
脂質	1.1	1.1	0.8
炭水化物	0.8	0.7	1.2
灰分	0.9	0.9	0.8

^z一般に流通している筋胃を購入し分析。「長州黒かしわ」のオスは12週齢、メスは14週齢、ブロイラーは7週齢で出荷

地鶏「長州黒かしわ」の筋胃の特性

第4 表 「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃の大きさおよび肉質特性^z

	長州黒かしわ		ブロイラー	有意差
	オス	メス		
n	15	15	20	
重量(g)	54.5 ± 8.6 ^y	45.3 ± 4.1	29.7 ± 5.6	**
長径(cm)	61.8 ± 4.5	54.4 ± 5.4	45.1 ± 3.9	*
短径(cm)	48.9 ± 4.8	49.6 ± 3.0	38.0 ± 3.6	*
最大厚(cm)	41.4 ± 3.6	34.8 ± 2.7	31.7 ± 2.6	*
L* ^w	21.4 ± 2.2	19.9 ± 2.0	23.9 ± 1.9	*
a*	15.8 ± 2.0	16.8 ± 1.5	21.1 ± 2.5	*
b*	4.5 ± 1.0	5.9 ± 0.9	9.5 ± 2.4	*
加熱損失(%)	17.7 ± 3.6	14.5 ± 2.8	22.2 ± 6.8	*
剪断力価(%)	2.2 ± 0.7	2.3 ± 0.4	1.4 ± 0.3	*

^z一般に流通している筋胃を購入し分析。「長州黒かしわ」のオスは12 週齢、メスは14 週齢、ブロイラーは7 週齢で出荷

^y平均値±標準偏差

^x*:0.1%水準で有意差あり

^w物体の色を表す数値。L*は明度を示し、値が大きいほど明るい。a*とb*は色度を示し、a*が大きいほど赤みが強く、b*が大きいほど黄みが強くなる

第5 表 同じ環境で飼養した「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃重量と日齢の関係^z

日 齢	鶏 種	性	体重(g)	筋胃重量(g)	体重に対する筋胃重量の割合(%)
50 日 齢	長州黒かしわ	オス	1660 ± 102 ^y	39.7 ± 2.5	2.4 ± 0.2
		メス	1333 ± 12	37.6 ± 1.9	2.8 ± 0.2
	ブロイラー	オス	3720 ± 296	54.5 ± 4.5	1.4 ± 0.1
		メス	3260 ± 35	47.3 ± 5.1	1.4 ± 0.1
75 日 齢	長州黒かしわ	オス	2940 ± 56	61.6 ± 0.2	2.1 ± 0.3
		メス	2411 ± 50	45.0 ± 5.6	1.9 ± 0.2
	ブロイラー	オス	6540 ± 615	62.0 ± 0.8	0.9 ± 0.1
		メス	5137 ± 85	54.9 ± 0.9	1.1 ± 0.0
日 齢			*** ^x	***	***
鶏 種			***	**	***
性			***	**	n.s.
日 齢×鶏 種			***	n.s.	n.s.
日 齢×性			*	n.s.	n.s.
鶏 種×性			*	n.s.	n.s.
日 齢×鶏 種×性			n.s.	n.s.	*

^z飼料は「長州黒かしわ」専用飼料（粳米28.2%）を使用（第2 表）

^y平均値±標準偏差

^x***, **, *およびn.s.はそれぞれ0.1%, 1%, 5%水準で有意差ありおよび有意差なし

ブロイラーの筋胃と比較して、オスで1.8倍、メスで

1.5倍重かった($P < 0.001$)。「長州黒かしわ」の筋胃の L^* 、 a^* 、 b^* はブロイラーの筋胃よりも小さく($P < 0.001$)、「長州黒かしわ」の筋胃は濃い赤紫色をしていた。加熱損失は「長州黒かしわ」の筋胃がブロイラーの筋胃よりも有意に小さく($P < 0.001$)、剪断力価は「長州黒かしわ」の筋胃の方がブロイラーの筋胃よりも有意に大きかった($P < 0.001$)。以上より、「長州黒かしわ」の筋胃は、大きさ、色、食感においてブロイラーの筋胃と異なる特徴を持つことが明らかになった。

2 同一環境で飼養した「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃重量の比較

同一環境で飼養された「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃は、50日齢から75日齢にかけて増加した(第5表, $P < 0.001$)。両日齢においてブロイラーの筋胃の方が「長州黒かしわ」よりも重かったが($P < 0.001$)、体重に対する筋胃重量の割合は、「長州黒かしわ」の筋胃の方がブロイラーよりも大きかった($P < 0.001$)。

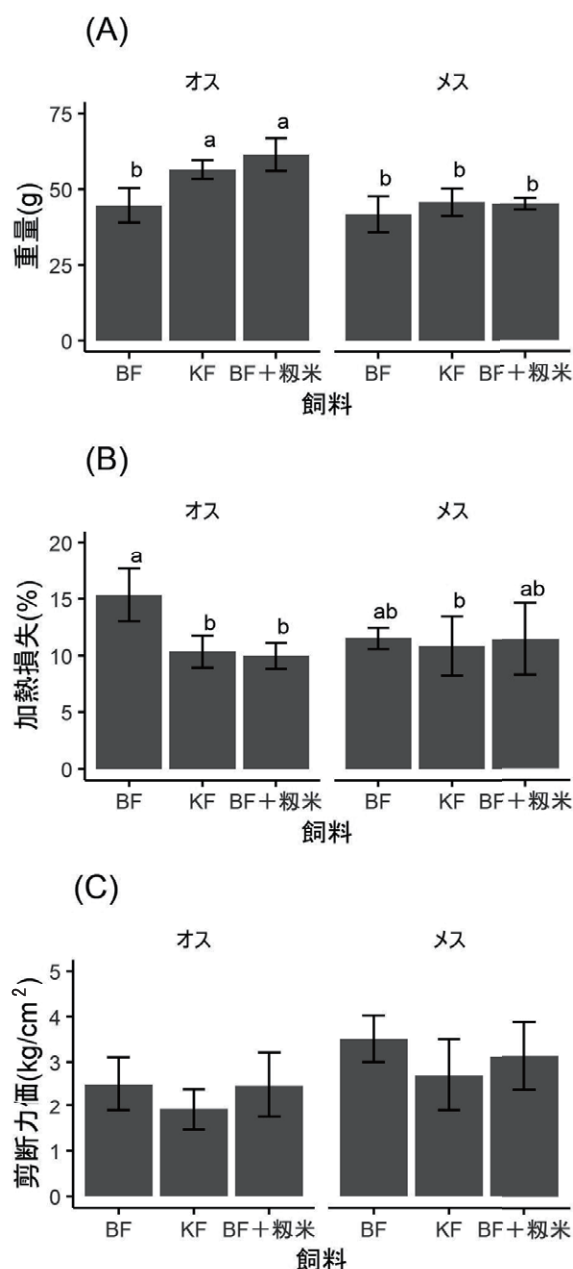
3 飼料と筋胃の肉質特性の比較

飼料ごとの筋胃の重量、加熱損失、剪断力価を第1図に示した。オスの筋胃の重量はBF(粳米0%)と比較して、KF(粳米28.4%)とBF+粳米(37.5%)で有意に増加した。さらに、オスの筋胃の加熱損失は、BF(粳米0%)と比較して、KF(粳米28.4%)とBF+粳米(37.5%)では3分の2に減少した。一方で、メスの筋胃の重量と加熱損失は、飼料間で有意な差は認められなかった。剪断力価は、雌雄ともに飼料間で有意な差は認められなかった。飼料間で増体性の有意な差は認められなかった($P > 0.05$, データ省略)

考 察

本研究は、地鶏「長州黒かしわ」の筋胃をブロイラーの筋胃と差別化することを狙いとした。我々は本研究によって、一般に流通する「長州黒かしわ」の筋胃の特徴と、「長州黒かしわ」の筋胃重量がブロイラーの筋胃重量よりも大きい要因を解明した。

まず、外観については、「長州黒かしわ」の筋胃



第1図 粳米給与が「長州黒かしわ」の筋胃の重量 (A)、加熱損失 (B) 及び剪断力価 (C) に与える影響^z

^z 棒グラフとエラーバーは平均値と標準偏差を示す。
BF:ブロイラーフィニッシャー(粳米0%)、KF:黒かしわフィニッシャー(粳米28.4%)、BF+粳米:ブロイラーフィニッシャーに粳米を終濃度37.5%で配合した飼料
^{a-b} 異符号間で5%水準の有意差あり

は重く、長径、最大厚は大きかった(第3表)。さらに、色は濃い赤紫色をしていた。以上の結果から、「長州黒かしわ」の筋胃は見た目が特徴的であり、スーパーマーケット等の店頭に並んだ際には、ブロイラーの筋胃との違いは明確である。

次に、肉質特性については、「長州黒かしわ」の筋胃の加熱損失は小さく、剪断力価は大きかった(第4表)。加熱損失と剪断力価は肉のテクスチャーに影響を与える重要な要素である。特に、特有の「コリコリ」した弾力は、筋胃の重要な特徴の一つである。剪断力価の大きさは、弾力の強さを示す値ではないが、剪断力価がブロイラーの筋胃よりも大きいということは、「長州黒かしわ」の筋胃は硬く、噛み応えがあると言える。つまり、「長州黒かしわ」の筋胃は消費者にブロイラーの筋胃とは異なる食感の体験を提供することができる。

地鶏肉は、その食感が特徴の一つである。これまでに、複数の研究で、主要な部位である胸肉やもも肉の食感が地鶏とブロイラーで比較されてきた(佐々木ら, 2017)(堀之内ら, 2016)。しかし、地鶏の副生物に関する研究は非常に少ない。本研究は筋胃に着目し、地鶏「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃の肉質を比較した。本研究の結果から、「長州黒かしわ」の筋胃は、他の部位と同様にブロイラーとは異なる食感を有することが明らかになった。

試験2及び試験3によって、「長州黒かしわ」の筋胃がブロイラーの筋胃より重い要因を解明した。

「長州黒かしわ」の筋胃が重い要因は、1) 肥育期間が長いこと、2) 筋胃が重い鶏種であること、3) 飼料に粳米が含まれていることであった。以下に、その論拠を述べる。

試験2において、同一環境で飼養した「長州黒かしわ」の筋胃とブロイラーの筋胃は、日齢とともに重量が増加した(第5表)。通常、「長州黒かしわ」の肥育期間はオスが12週齢、メスが14週齢であり、ブロイラーの7週齢よりも長い。試験2において、飼養期間の長さが、筋胃重量の増加に有意な効果を示したことから、ブロイラーよりも長い飼養期間が、「長州黒かしわ」の筋胃を重くしている要因の一つであることが示された。さらに、体重に対する筋胃重量の割合は両日齢において「長州黒かしわ」の方がブロイラーよりも大きかった。すなわち、「長州黒かしわ」の体重はブロイラーよりも小さいが、体重に対する筋胃重量の割合が大きい鶏種であることが示された。

試験1の結果と試験2の結果の比較から、「長州黒かしわ」の飼養環境が「長州黒かしわ」の筋胃重量を増加させる要因の一つであることを示している。まず、試験1において、一般に流通する「長州

黒かしわ」の筋胃の重量(オス54.5g; メス45.3g)とブロイラーの筋胃の重量(29.7g)の差は1.5倍以上あった。一方で、試験2において同一環境で飼養された75日齢の「長州黒かしわ」の筋胃の重量(オス61.6g; メス45.0g)と50日齢のブロイラーの筋胃の重量(オス54.5g; メス47.3g)の差はほとんど見られなかった。「長州黒かしわ」とブロイラーは、飼養環境(飼料、飼養密度)、出荷日齢が異なる。そのため、試験1で示した一般に流通する「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃重量は、鶏種の影響に加えて、飼養環境や飼養期間の影響も受けている。一方で、試験2では、「長州黒かしわ」とブロイラーの飼養環境を揃えることで、飼養期間と鶏種の効果のみを検証した。その結果、「長州黒かしわ」とブロイラーの筋胃の重量の差は、試験1よりも試験2で小さかった。すなわち、「長州黒かしわ」とブロイラーの飼料や飼養密度などの飼育環境の違いが、筋胃重量に影響を与えることが示唆された。

次に、試験3で、飼料中の粳米が「長州黒かしわ」の筋胃重量に与える効果を検証した。その結果、オスにおいて粳米が含まれないブロイラーフィニッシャーで飼養された「長州黒かしわ」の筋胃と比較して、粳米が28.4%含まれる「長州黒かしわ」専用飼料で飼養された「長州黒かしわ」の筋胃と、ブロイラーフィニッシャーに37.8%の粳米を加えた飼料で飼養された「長州黒かしわ」の筋胃の重量は増加した。しかし、オスとメスで飼料が筋胃重量に与える効果は異なり、メスは飼料間で筋胃重量に有意な差は認められなかった。なお、粳米の割合は「長州黒かしわ」の体重、飼料要求率に影響を与えなかった(データ未発表)。

多数の研究が、粳米多給与によって地鶏及びブロイラーの筋胃重量が増加すると報告している(佐伯ら, 2011)(松井ら, 2011)(大口ら, 2013)、(池谷ら, 2014)、(平川ら, 2016)、(龍田ら, 2016)。食肉用語事典新訂版(日本食肉科学会, 2000)によると、筋胃の「硬直した粘膜は、胃内に取り入れられた砂礫と共機械的な筋肉の収縮により食物を攪拌し、砕くようになっている」とされている。つまり、硬い飼料であれば、それを砕くための筋肉収縮が盛んに行われ、その結果筋胃が発達すると考えられる。「長州黒かしわ」の筋胃においても、飼料中の粳米を磨り潰すため筋肉が発達し筋胃重量が大きいと推

摘 要

察される。「長州黒かしわ」の飼料には、粳米が約3割含まれている。一般に流通する「長州黒かしわ」の筋胃重量が重い要因の一つは、飼料に含まれる粳米であることが示唆された。

よって、「長州黒かしわ」の筋胃重量がブロイラーの筋胃重量よりも大きい要因は、試験2の結果から、「長州黒かしわ」は体重に対して筋胃重量の割合が大きい鶏種であることと、肥育期間が長いことであると示され、試験3の結果から、オスにおいては飼料に粳米が含まれることであると示された。

さらに、粳米多給与は重量増加効果に加えて、加熱損失低下効果もあった。オスでは「長州黒かしわ」専用飼料で肥育された「長州黒かしわ」の筋胃は、ブロイラーフィニッシャーで肥育された「長州黒かしわ」の筋胃よりも、加熱損失が3分の2に低下した。粳米多給与によって、筋胃が発達し、筋肉の質も変化した可能性が示唆された。

一方で、メスでは粳米多給与が筋胃の重量と加熱損失に与える効果は認められなかった。オスとメスで粳米に対する嗜好性が異なり、飼料中の粳米を食べる量が異なる可能性が考えられる。オスメスどちらについても、粳米の多給は体重に影響を与えなかった（データ未発表）が、筋胃重量と加熱損失における性差の要因解明には、嗜好性の性差に着目した研究が必要である。

本研究の成果は、「長州黒かしわ」の筋胃の価値向上に寄与する。「長州黒かしわ」の筋胃はブロイラーの筋胃と見た目の違いは明確である。さらに、加熱調理後の食感も特徴的であり、消費者の印象に残る食材になり得る。そして、「長州黒かしわ」の筋胃のおいしさが多くの消費者に認知されれば、需要も増え、「長州黒かしわ」の筋胃の価格が向上し、最終的には養鶏農家の所得向上につながる。

鶏の副生物は、筋胃以外にも、肝臓や心臓などの臓器の他に皮やガラなどが挙げられる。筋胃と同様に、「長州黒かしわ」のこれら副生物の特徴を見出すことができれば、「長州黒かしわ」全体の価値が向上する。しかし、鶏の副生物に着目した研究は非常に少ない。さらに、消費者がそれぞれの副生物に期待する特徴も不明である。今後は、消費者の副生物に対する嗜好性を明らかにし、それを踏まえて、「長州黒かしわ」の副生物がブロイラーの副生物よりも優れている点を明らかにする必要がある。

本研究では、「長州黒かしわ」の筋胃の特徴を明らかにした。一般に流通する「長州黒かしわ」の筋胃は、ブロイラーの筋胃より大きく、加熱損失は小さく、剪断力価は高かった。筋胃重量増加要因は、1)「長州黒かしわ」は体重に対して筋胃重量の割合が大きい鶏種であること、2)肥育期間が長いこと、3)オスにおいては飼料に粳米が含まれること、の3つであった。また、粳米の多給与は、加熱損失を減少させる効果もあった。

引用文献

- Chen, TC. and Stinson, RS, 1983. Scanning electron microscope studies on chicken gizzard structure as affected by cooking. Poultry Science, 62: 2011-2016.
- 畜産技術協会. 1999. 牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアル. 13-16
- 平川達也・西尾祐介・笠正二郎. 2016. 「はかた一番どり」への全粒飼料用米の給与が発育及び肉質に及ぼす影響. 福岡県農林業総合試験場研究報告. 2: 64-68.
- 本田和久・鈴木美紀・沼田正寛・中村豊郎. 1998. 畜産副生物の酵素処理による食材化について. 日本畜産学会報. 69: 392-399.
- 堀之内正次郎・中山広美・原田晋平・河原聡・山崎有美・高橋克嘉・紺家久資. 2016. みやざき地頭鶏とブロイラーの肉質・食味特性の比較. 宮崎県畜産試験場研究報告. 28: 57-66.
- 池谷幸恵・柴田昭一・紙屋徹土. 2014. 「さつま地鶏」への飼料用米給与技術の確立. 鹿児島県農業開発総合センター研究報告. 8: 53-57.
- 家畜改良センター兵庫牧場. 2021. 鶏肉の部位. <http://www.nlbc.go.jp/hyogo/tishiki/bui/>
- 日本食肉研究会. 2000. 食肉用語辞典（新訂版）. 農林水産省. 2021. 食鶏取引規格. https://www.maff.go.jp/j/press/seisan/c_shokuniku/pdf/110107-02.pdf
- 松井繁幸・池谷守司. 2011. 配合飼料中への粳米の混合がブロイラーの成長および肉質に及ぼす影響. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告. 4: 29-34.

文部科学省. 2021. 日本食品標準成分表 2015 年版
(七訂) 分析マニュアル.

https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1368931.htm

岡崎亮・關谷正男. 2011. 「やまぐち黒鶏」及びそれを
用いたコマーシャル地鶏「長州黒かしわ」
の胸肉中のアンセリン・カルノシン含量と肥育
期間及び品種・系統との関係. 山口農林総技セ
研報. 2: 9-14.

大口秀司・安藤学・井田雄三・内田正起. 2013. 全
粒粳米の飼料への配合量が肉用名古屋種の生産
性および肉質に及ぼす影響. 愛知県農業総合試
験場研究報告. 45: 113-120.

佐伯裕里佳・大場憲子・大塚真史・家入誠二. 2011.
市販飼料への飼料用(粳)米の添加が肉用鶏‘
天草大王’の生産性に及ぼす影響. 熊本県農業
研究センター研究報告. 18. 36-43.

Sasaki, K., Motoyama, M., Tagawa, Y., Akama,
K., Hayashi, T., Narita, T. and Chikuni, K,
2017. Qualitative and quantitative
comparisons of texture characteristics
between broiler and jidori-niku, Japanese
indigenous chicken meat, assessed by a
trained panel. J. Poult. Sci. 54: 87-96.

龍田健・吉田恵実. 2016. 飼料用全粒粳米の給与割
合が「ひょうご味どり」の生産性に及ぼす影響.
兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告.
畜産編. 52: 1-6.

水稻品種「恋の予感」の安定栽培法

1 移植期別の栽植密度

来島 永治*・松永 雅志・有吉 真知子・中島 勘太

Stable cultivation method for the paddy rice variety 'Koinoyokan': Planting density by transplanting season

KIJIMA Eiji, MATSUNAGA Masashi, ARIYOSHI Machiko and NAKASHIMA Kanta

Abstract: We verified the proper planting density for the paddy rice variety 'Koinoyokan' under normal and late planting cropping conditions. A planting density of 11.2 plants/m² under normal planting cropping can secure the same yield and quality as a planting density of 18.2 plants/m². In addition, we verified that under late planting cropping, a planting density of 14.2 plants/m² can secure the same yield and quality as a planting density of 18.2 plants/m².

Keywords: transplanting time, planting density

キーワード: 移植期、栽植密度

緒 言

山口県における平坦部向け中生熟期の奨励品種「ヒノヒカリ」は、近年、登熟期の高温によるデンプン蓄積阻害で発生する白未熟粒等が問題となり(1 等米比率 2005 年: 14 %, 2007 年: 26 %, 2010 年: 15 %, 2012 年: 53% 山口県, 2016)代替品種が求められていた。こうした背景から高温登熟条件でも玄米品質が安定し、収量性および品質に優れた中生熟期の「恋の予感」(出田ら, 2013、山口県, 2016)を 2017 年 9 月に奨励品種とした。

本品種の普及想定地域とされている瀬戸内平坦部は大規模経営体が多いことから、低コスト・省力化技術

として使用苗箱数の減少に伴う労働時間削減と生産費低減をねらいとした疎植栽培が広く普及している。

そこで、普及想定地域における 6 月上中旬の普通期移植と麦跡等の 6 月下旬の晩植を想定した栽植密度について検討し、いくつかの知見が得られたので報告する。

材料および方法

1 移植時期、栽植密度が生育、収量及び品質に及ぼす影響

普通期移植については山口県農林総合技術センター内(山口市大内氷上 標高 31 m、以下「センター」

第 1 表 試験ほ場の土壌理化学性

ほ場	地力 ^z	pH	CEC me	腐植含量 %	可給態窒素 mg/100g	CaO mg/100g	MgO mg/100g	K ₂ O mg/100g	塩基飽和度 %	石灰飽和度 %	苦土飽和度 %	加里飽和度 %
12号田	中庸	6.3	11.0	3.2	10.2	203	27	25	83	66	12	5
64号田	中庸～やや低	6.1	9.8	2.3	9.1	157	25	20	74	57	13	4

^z 地力の分類は理化学性および過去の収量水準を加味して行った(以下同様)

^y 数値は 3 カ年平均。土質は礫質灰色低地土・砂壤土(以下同様)

* 現 長門農林水産事務所

という)の地力中庸な12号田、晩期移植は地力中庸～やや低い64号田で試験を行った(第1表)。3カ年とも前作は水稻で冬期に牛糞堆肥1t/10aを投入し、稲わらは全量すき込みとした。

1) 普通期移植 (6月上中旬植)

5月下旬に乾籾120g/箱播種し、2016年は6月15日、2017年、2018年は6月12日に稚苗を機械移植した。施肥は地域慣行の緩効性肥料(速効性40%、シグモイド型(50日:10%、90日:20%、110日:30%))を用いて、2016年は窒素成分で10a当たり8kgを、2017年および2018年は10kgを荒代後の植代前に全量基肥で施用した。

栽植密度の異なる2試験区を設け、標準区には m^2 当たり18.2株、極疎植区には11.2株になるように移植した。調査区の配置は乱塊法とし、2016年および2017年は2反復、2018年は3反復で行った。

移植後20日から10日毎に1区当たり20株の草丈、茎数、葉齢、葉色(富士平工業社製カラースケール使用)を調査し、成熟期には各区の調査株の中から中庸な5株を採取し、籾数の調査を行うとともに、各区から90株を採取して収量調査を行った。

2) 晩期移植

6月上旬に乾籾120g/箱播種し、3カ年とも稚苗を6月27日に機械移植した。施肥は分施体系とし、基肥は燐加安44号(N-P-K=14-17-13)を窒素成分4kg/10aで荒代後、植代前に施用し、穂肥は燐加安V550(N-P-K=15-5-20)を1回当たり2kg/10aで8月10日頃と8月20日頃の2回表層施用した。

栽植密度は m^2 当たり18.2株を標準区とし、2016年および2018年は m^2 当たり14.2株の疎植区、2017年は m^2 当たり11.2株の極疎植区とを組み合わせた各年2水準で行った。

調査区の配置は乱塊法とし、2016年および2017年は2反復、2018年は3反復で行った。生育調査、成熟期および収量調査は普通期移植と同様とした。

結 果

1 気象および生育の概況

各試験年度における水稻生育期間の気象(山口アメダスデータ)を第1図に示した。気象の概況と生育の特徴は次のとおりである。なお、試験を実施した3カ

年はいずれも山口県水稻作況指数はやや良であった(中国四国農政局,2016～2018年)。

2016年は7月第3半旬まで寡照で推移したため水稻の生育は鈍化し、7月第4半旬以降は、高温・多照となり、生育は回復した。しかし、8月第5半旬以降は台風や秋雨前線の影響で天候不順となり、登熟は平年に比べやや遅れた。

2017年は7月第3半旬以降、8月第6半旬まで平年より気温は高く、多照で推移し生育は順調に進んだが、9月上旬以降の気温は平年並み～やや低く、寡照で推移した。

2018年は7月第3半旬以降の高温、多照により急激な茎数増加が確認された。その後高温、多照は9月第1半旬まで続いた。

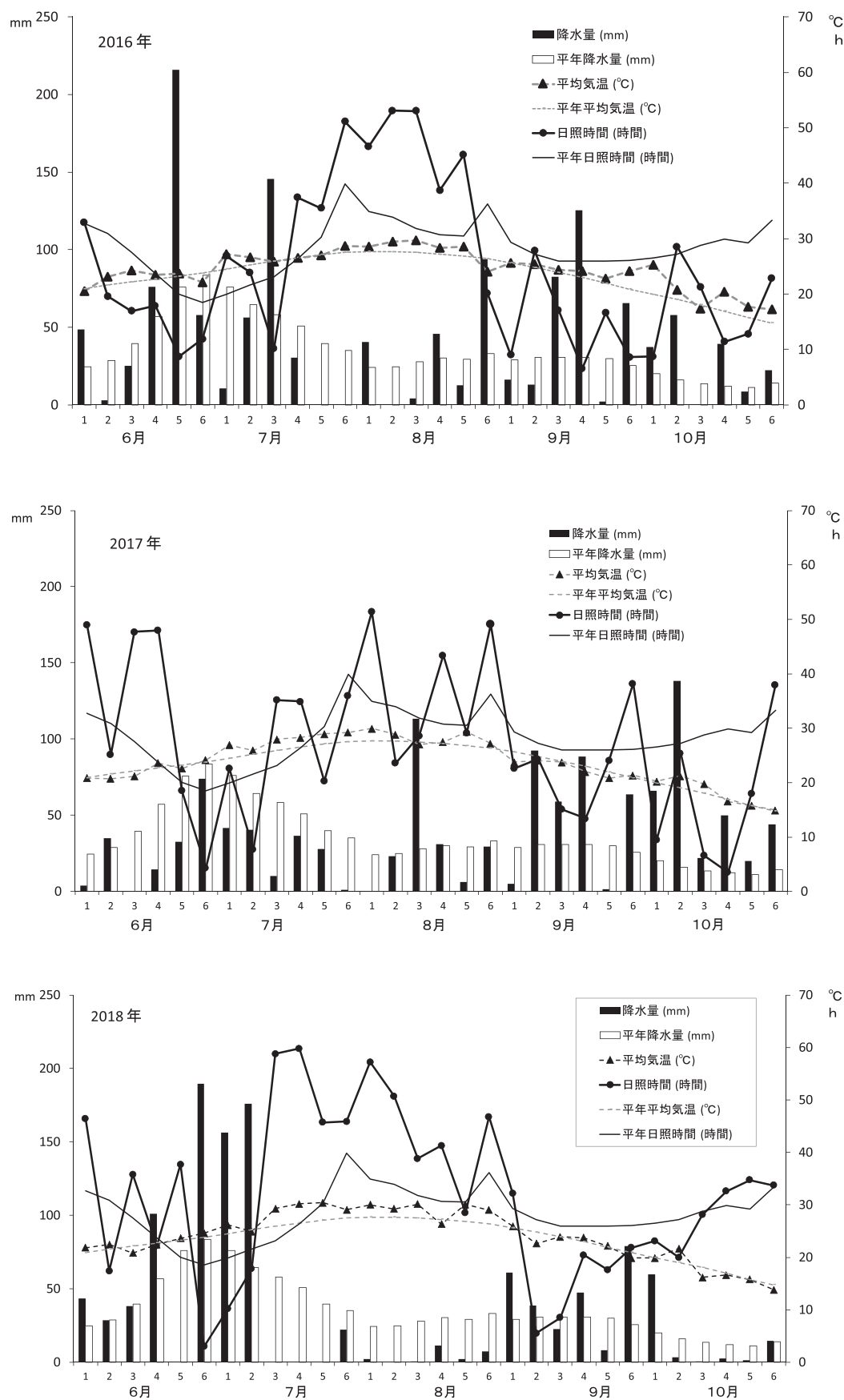
2 移植時期、栽植密度が収量および品質に及ぼす影響

1) 普通期移植

極疎植区は標準区と比較し、株当たりの茎数は移植後30日から40日以降に多く推移し、株当たりの穂数も多くなった。極疎植区の m^2 当たり茎数は標準区と比較して少なく推移したが、有効茎歩合が高く穂数はほぼ同等となった(第2表、第3表)。極疎植区は標準区と比較し、一穂籾数は多い傾向で、 m^2 当たり籾数は2016年および2017年は同等で、2018年は少なかった(第4表)。また、移植30日後または50日後以降の葉色は濃く推移した(第2図)。そのほか、最高分げつ期、出穂期および成熟期などの生育ステージ、稈長、穂長、収量、登熟歩合、千粒重および玄米タンパク含有率については、いずれも標準区と差が認められなかった。外観品質は一等相当であった(第2表、第3表、第4表)。

2) 晩期移植

疎植区は標準区と比較し、2016年の株当たり茎数は多く推移し、穂数も多かったが、 m^2 当たり茎数、穂数および有効茎歩合は差がなかった。2018年はいずれも差がなかった。一穂籾数および m^2 当たり籾数は、2016年は疎植区が多い傾向であったが、2017年はいずれも差がなかった。収量は、2016年は疎植区が有意に多く、2018年は同等であった(第5表、第6表、第7表)。また、移植後20日または40日以降の葉色は濃く推移した(第3図)。そのほか、最高分げつ期、出穂期および成熟期などの生育ステージ、稈長、



第1図 水稲作付期間の気象(山口市)

第2表 茎数の推移(普通期移植)

年度	区名	株当たり茎数(本/株)					㎡当たり茎数(本/㎡)				
		+20	+30	+40	+50	穂揃い期	+20	+30	+40	+50	穂揃い期
2016	標準区	7.1	14.8	18.1	18.1	15.6	129	270	330	330	283
	極疎植区	7.2	17.7	29.0	29.6	25.2	81	199	324	331	282
	t検定	ns	*	**	**	**	**	**	ns	ns	ns
2017	標準区	11.4	25.3	24.5	22.8	20.1	207	460	446	415	365
	極疎植区	12.0	35.3	35.5	33.2	31.7	134	395	398	372	355
	t検定	ns	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
2018	標準区	7.3	10.1	30.0	33.3	25.1	133	183	546	605	457
	極疎植区	7.8	10.2	35.8	43.1	33.7	87	114	400	482	377
	t検定	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	ns

^z 穂揃い期の茎数は穂数

^y t検定**は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第3表 成熟期調査結果等(普通期移植)

年度	区名	総窒素量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/㎡)	出穂 期 (月/日)	成熟 期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	有効茎 歩合 (%)	倒伏 ^z (0~5)
2016	標準区	8	332	8/30	10/13	69	19.2	283	85.3	0.0
	極疎植区	8	331	8/30	10/13	68	19.3	282	85.0	0.0
	t検定	—	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—
2017	標準区	10	460	8/27	10/10	79	20.0	365	79.4	0.0
	極疎植区	10	398	8/27	10/10	80	20.3	355	89.1	0.0
	t検定	—	ns	—	—	ns	ns	ns	*	—
2018	標準区	10	605	8/30	10/14	75	17.6	457	75.5	0.0
	極疎植区	10	482	8/30	10/15	76	18.6	377	78.2	0.0
	t検定	—	*	—	—	ns	ns	ns	ns	—

^z 倒伏は0(無)~5(甚)の6段階

第4表 収量及び品質等(普通期移植)

年度	区名	総窒素量 (kg/10a)	収量 1.85mm≤ (kg/10a)	穂数 (本/㎡)	一穂粒数	二次枝梗粒 割合 (%)	㎡粒数 ×100	登熟歩合 (%)	千粒重 ^z (g)	玄米タンパク ^y 含有率 (%)	品質 (1~9)
2016	標準区	8	506	283	99.0	36.3	280	82.2	21.8	6.7	3.5
	極疎植区	8	492	282	101.2	39.8	286	80.6	22.2	6.6	3.9
	t検定	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—
2017	標準区	10	627	365	100.3	44.6	367	75.3	22.0	7.9	3.0
	極疎植区	10	634	355	102.9	45.9	365	75.7	21.6	7.8	3.5
	t検定	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—
2018	標準区	10	605	457	94.3	39.6	431	58.5	21.6	6.5	3.5
	極疎植区	10	591	377	103.6	41.7	390	64.2	21.6	6.6	3.8
	t検定	—	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	—

^z 千粒重、登熟歩合、収量は粒厚1.85mm以上、水分は15%換算

^y 玄米タンパク含有率分析はBRUKER社製の近赤外分光分析装置で測定した乾物%で示した。外観品質は1~9で示し、1~5が概ね検査等級の1等、6~7が2等、8が3等とした

^x t検定、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第5表 茎数の推移(晩期移植 疎植)

年度	区名	株当たり茎数(本/株)					㎡当たり茎数(本/㎡)				
		+20	+30	+40	+50	穂揃い期	+20	+30	+40	+50	穂揃い期
2016	標準区	12.0	24.9	25.7	25.0	22.2	218	453	467	455	404
	疎植区	16.4	32.5	35.0	35.5	30.2	233	461	497	504	429
	t検定	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
2018	標準区	7.7	22.6	22.3	20.4	17.5	140	411	406	372	319
	疎植区	8.0	27.0	24.0	22.8	19.7	114	383	341	324	280
	t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z 穂揃い期の茎数は穂数

^y t検定**は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第6表 成熟期調査結果等(晩期移植 疎植)

年度	区名	総窒素量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/m ²)	出穂 期 (月/日)	成熟 期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	有効茎 歩合 (%)	倒伏 度 (0~5)
2016	標準区	8	467	9/1	10/21	73	19.8	404	85.3	0.0
	疎植区	8	497	9/1	10/21	75	19.9	429	85.0	0.0
	t検定	—	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—
2018	標準区	7	411	9/3	10/23	75	18.8	319	77.7	0.0
	疎植区	7	383	9/3	10/23	75	19.0	300	78.3	0.0
	t検定	—	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—

^z 倒伏は0(無)から5(甚)の6段階^y t検定 nsは有意差がないことを示す

第7表 収量及び品質等(晩期移植 疎植)

年度	区名	総窒素量	収量	穂数	一穂粒数	二次枝梗粒	m ² 粒数	登熟歩合	千粒重	玄米タンパク	品質
		(kg/10a)	1.85mm≦ (kg/10a)	(本/m ²)		割合 (%)	×100	(%)	(g)	含有率 (%)	(1－9)
2016	標準区	8	591	404	84.1	40.0	340	85.1	22.9	7.2	3.8
	疎植区	8	654	429	88.5	40.9	380	85.8	22.8	7.1	3.8
t検定		—	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—
2018	標準区	7	528	319	98.1	42.8	313	61.4	22.5	6.4	4.2
	疎植区	7	551	300	100.0	43.0	300	69.5	22.5	6.3	4.5
t検定		—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

^z 千粒重、登熟歩合、収量は粒厚1.85mm以上、水分は15%換算^y 玄米タンパク含有率分析はBRUKER社製の近赤外分光分析装置で測定した乾物%で示した。外観品質は1~9で示し、1~5が概ね検査等級の1等、6~7が2等、8が3等とした^x t検定、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

穂長、収量、登熟歩合、千粒重および玄米タンパク含有率については、いずれも標準区と差が認められなかった。また、外観品質は一等相当であった(第5表、第6表、第7表)。

2016年の疎植栽培で慣行栽培と同等の品質を確保でき、増収したことから2017年にさらに栽植密度を低くした極疎植区を設定し、標準区との比較試験を実施した。

極疎植区の株当たり茎数は標準区と比較して多く推移した。一方、m²当たり茎数は移植後40日目までは少なく推移し、穂数も少ない傾向であった(第8表、第9表)。また、一穂粒数は多い傾向であったが、m²当たり粒数は少ない傾向であった。移植後50日以降の葉色は濃く推移した(第4図)。

生育ステージは、最高分げつ期が10日程度遅く、出穂期は同時期で成熟期は1日遅かった(第8表、第9表)。稈長は同等で穂長は極疎植区が長かった(第9表)。

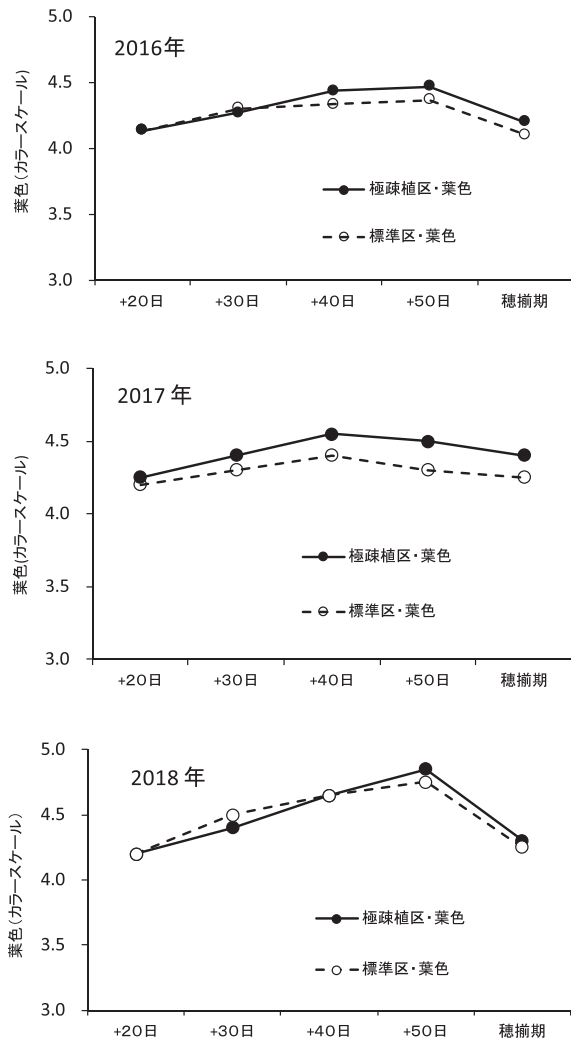
収量は極疎植区が少なく、千粒重は同等であったが、

登熟歩合が低い傾向であった。また、玄米タンパク含有率は同等で外観品質は極疎植区がやや劣る傾向であったが、いずれも一等相当であった(第10表)。

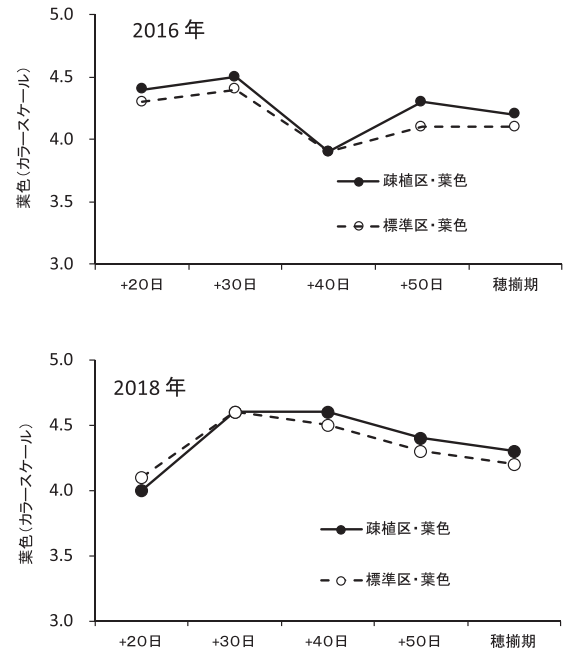
考 察

1 普通期移植

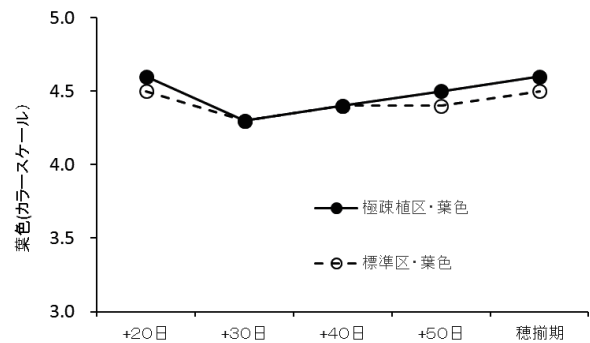
普通期移植では極疎植により最高分げつ期のm²当たり茎数は少なくなったが、m²当たり穂数については差がなく、標準植と同等に確保された。木村ら(2005)は「恋の予感」と同じ偏穂重型品種の「ヒノヒカリ」を用いた同様の試験において、m²当たり穂数は極疎植が標準植よりも少なくなると報告しており、本試験の結果とはやや異なった。松下(1996)は穂数型品種「晴々」と穂重型品種「黄金晴」を供試し、6月上旬移植で栽植密度11.1株/m²と19.6株/m²での生育特性の検討を行っており、標準植に対し、極疎植のm²当たり穂数は穂数型品種では少なく、穂重型品種では同等となる傾向であると述べている。「恋の予感」と「ヒ



第2図 普通期移植における栽植密度が葉色の推移に及ぼす影響



第3図 晩期移植における栽植密度が葉色の推移



第4図 晩期移植における栽植密度が葉色の推移

第8表 茎数の推移 (晩期移植 疎植)

年度	区名	株当たり茎数 (本/株)					㎡当たり茎数 (本/㎡)				
		+ 2 0	+ 3 0	+ 4 0	+ 5 0	穂揃い期	+ 2 0	+ 3 0	+ 4 0	+ 5 0	穂揃い期
2017	標準区	8.8	16.6	17.2	16.8	16.2	160	303	313	305	295
	極疎植区	10.5	21.3	23.3	24.3	24.1	118	239	261	272	270
t検定		ns	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns

※ 穂揃い期の茎数は穂数

※ t検定 *は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第9表 成熟期調査結果等(晩期移植 疎植)

年度	区名	総窒素量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/m ²)	出穂 期 (月/日)	成熟 期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	有効茎 歩合 (%)	倒伏 (0~5)
2017	標準区	8	313	9/1	10/25	80	20.4	295	94.2	0.0
	極疎植区	8	273	9/1	10/26	79	21.2	270	98.9	0.0
	t検定	—	ns	—	—	ns	*	ns	ns	—

^z 穂前1期の茎数は穂数

^y t検定 *は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第10表 収量及び品質等(晩期移植 疎植)

年度	区名	総窒素量 (kg/10a)	収量 1.85mm≦ (kg/10a)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数	二次枝梗粒 割合 (%)	m ² 粒数 ×100	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク 含有率 (%)	品質 (1~9)
2017	標準区	8	592	295	105.9	47.7	312	82.7	22.9	7.7	3.0
	極疎植区	8	527	270	110.8	48.0	299	77.7	22.8	7.9	3.5
	t検定	—	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

^z 千粒重、登熟歩合、収量は粒厚1.85mm以上、水分は15%換算

^y 玄米タンパク含有率分析はBRUKER社製の近赤外分光分析装置で測定した乾物%で示した。外観品質は1~9で示し、1~5が概ね検査等級の1等、6~7が2等、8が3等とした

^x t検定、**は1%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

「ヒノヒカリ」は同じ偏穂重型品種であるが、「ヒノヒカリ」と比較して穂数は20%程度少なく、一穂粒数が20%程度多い(河野ら,2018)と報告されており、「恋の予感」は「ヒノヒカリ」よりも穂重型品種に近い特性であると推察される。

次に収量構成要素について考察する。

m²当たりの株数が少ない極疎植で標準植並みの収量を得るためにはm²当たり粒数を同等に確保する必要があり、それを株当たりの穂数増または一穂粒数増で確保しなければならない。本試験結果によると株当たりの穂数は極疎植が多く、m²当たり穂数は同等となった。一穂粒数は極疎植でやや多く、m²当たり粒数については2016年及び2017年は慣行栽培と同等で2018年は極疎植が有意に少なかった。

極疎植はm²当たり粒数は同等～やや少ない傾向であるが、千粒重が同等で登熟歩合は標準植よりも高く、収量水準が同等であったことから、収量性については問題ないと推察される。

最後に千粒重と登熟歩合については試験年次により多少の差はあるが同等であった。極疎植で一穂当たり粒数および弱勢穎果で登熟歩合が低いとされる二次枝梗粒の割合がやや増加傾向であるが、登熟歩合の低下がみられなかった要因については、極疎植は標準植よりも移植後40日以降の葉色が濃く、登熟後期まで稲

体の光合成能力が高くなったと推察される。また、それに伴う玄米タンパク含有率の上昇や品質への影響は認められなかった。

以上の結果により、普通期移植(6月中旬植)において極疎植(11.2株/m²)は標準植(18.2株/m²)と比較して、問題となる玄米タンパク含有率の上昇や品質の低下は認められず、同等の収量および品質を得られることが明らかとなった。

2 晩期移植

晩期移植(6月下旬植)の疎植(14.2株/m²)は標準植(18.2株/m²)と比較して、最高分げつ期、出穂期および成熟期等の生育ステージは同等、株当たり茎数の増加では疎植が多く、葉色が濃く推移することについては普通期移植と同傾向であった。

次に疎植の収量が標準植と同等～やや多い要因について述べる。

一般に晩期移植栽培は分げつ発生期間の短縮等により穂数減少を生じやすく、粒数が不足する可能性がある(平野ら,1959)。疎植において標準植と同等の収量を得るための粒数確保の考え方については普通期移植で述べたとおりであるが、晩期移植においては分げつ発生期間が短い条件下で株当たりの穂数増または一穂粒数増で標準植並みの粒数を確保しなけ

ればならない。

本試験では m^2 当たり穂数については分げつ発生期間が短い中でも同等に確保され、 m^2 当たり籾数については標準植と同等であった。このことから晩期移植における疎植では籾数の確保について問題ないと推察される。

次に千粒重については同等であり、登熟歩合については試験年次により差はあるが同等であった。疎植栽培で一穂当たり籾数および弱勢穎果で登熟歩合が低いとされる二次枝梗籾の割合がやや増加しているにも関わらず登熟歩合の低下がみられなかった要因については、普通期栽培と同様、標準植よりも移植後 40 日以降の葉色が濃く、登熟後期まで稲体の光合成能力が高くなったためと推察される。澤田ら(2008)は「ヒノヒカリ」等、中生品種を供試して $20.6 \text{ 株}/\text{m}^2$ の栽植密度において晩期移植適応性について検討しており、その結果、中生品種は晩期移植による生育の抑制程度が小さく、減収率は比較的小さく、収量及び品質は同等～やや向上したと報告しているが、中生品種の疎植においても、晩期移植による収量や品質の低下は認められなかった。

一方、極疎植 ($11.2 \text{ 株}/\text{m}^2$) では標準植と比較して、株当たりの茎数が多く推移したが、 m^2 当たり茎数は少なく、最高茎数および穂数が少ない、極疎植の葉色が濃く推移することについては普通期移植と同傾向であった。

極疎植は標準植と比較して最高分げつ期が 10 日程度、成熟期が 1 日程度の遅れが認められたが、このように最高分げつ期や成熟期が疎植栽培で遅くなる現象は、池尻ら(2013)が報告した普通期移植「ヒノヒカリ」による疎植栽培試験と同様の結果であった。

次に晩期移植における極疎植栽培の収量が慣行栽培よりも劣った要因については、分げつ発生期間の短縮等による穂数減少に伴う籾数不足と併せ、一穂籾数増に伴う登熟歩合の低下によるものであると推察された。

以上、晩期移植において極疎植は標準植と比較して問題となる玄米タンパク含有率の上昇や品質の低下は確認されなかったが、穂数減を一穂籾数増等で補うことができず、減収することが明らかになった。

以上より、晩期移植栽培において慣行栽培並みの収量・品質を得るためには $14.2 \text{ 株}/\text{m}^2$ 以上の栽植密度で移植することが必要である。

摘 要

普通期移植 (6 月中旬植) において極疎植 ($11.2 \text{ 株}/\text{m}^2$) は標準植($18.2 \text{ 株}/\text{m}^2$)と比較して m^2 当たり茎数の増加は緩やかで最高茎数は少なく、穂数はやや少ない傾向であったが大きな差はなく、有効茎歩合が高い生育を示した。問題となる玄米タンパク含有率の上昇や品質の低下は確認されず同等の収量及び品質を得られることが明らかとなった。

晩期移植(6 月下旬植)において疎植 ($14.2 \text{ 株}/\text{m}^2$) は標準植($18.2 \text{ 株}/\text{m}^2$)と比較して問題となる玄米タンパク含有率の上昇や品質の低下は確認されず、同等～やや多い収量が得られることが明らかになった。

一方、晩期移植における極疎植 ($11.2 \text{ 株}/\text{m}^2$) は標準植($18.2 \text{ 株}/\text{m}^2$)と比較して問題となる玄米タンパク含有率の上昇や品質の低下は確認されなかったが、穂数減を一穂籾数増等で補うことが出来ず、減収することが明らかになった。

晩期移植において標準植並みの収量・品質を得るためには $14.2 \text{ 株}/\text{m}^2$ 以上の栽植密度で移植することが必要である。

引用文献

- 平野哲也・島田裕之・竹村武雄. 1959. 寒冷地における水稻の晩播晩植栽培に関する研究. 東北農試研報 15 : 1-15
- 池尻明彦・中司祐典・前岡庸介. 2013. 疎植栽培が水稻の生育、収量、品質に及ぼす影響. 第 1 報 疎植栽培における主要品種の生育特性. 山口農総技セ研報 4 : 11-18
- 出田収・重宗明子・中込弘二・石井卓朗・松下景・春原嘉弘・前田英郎・飯田修一. 2013. 高温登熟性に優れ、良食味で多収の水稻品種「中国 201 号」.. 近畿中国四国農業研究センター普及成果情報
- 河野貴幸・山下陽一・阿立真崇・大川泰生・上野秀人・当真要・出田収・長田健二・石岡巖. 2018. 施肥体系が良食味多収米品種「恋の予感」の生育、収量および品質に与える影響. 日本土壤肥料学会講演要旨集四国支報 54 : 32-33
- 木村浩・森重陽子・杉山英治・住吉俊治・河内博文・川崎哲郎. 2005. 疎植水稻の生育特性と安定生産技術.愛媛農試研報. 39 : 1-9
- 松下美郎. 1996. 水稻の疎植栽培における草型と施肥

の影響.大阪農技セ研報。32：32-36

澤田富雄・三好昭宏・松本純一. 2008. 晩植が水稻の
生育・収量・品質に及ぼす影響.兵庫農技セ研報。
56：19-23

農研機構. 2011. 水稻の晩植栽培における技術的留意
点

中国四国農政局. 平成 28 年産水稻の収穫量(山口県)、
平成 29 年産水稻の収穫量(山口県)、平成 30 年産
水稻の収穫量 (山口県)

山口県. 米・大豆・麦生産流通改善対策資料
(2016 年)

水稻品種「恋の予感」の安定栽培法

2 緩効性肥料の施肥量および種類

来島 永治・松永 雅志・有吉 真知子・中島 勘太

Stable cultivation method for the paddy rice variety 'Koinoyokan': Effect of the amount and type of slow-release fertilizer

KIJIMA Eiji, MATSUNAGA Masashi, ARIYOSHI Machiko and NAKASHIMA Kanta

Abstract: We examined the effect of amount of controlled release fertilizer topdressing at the anthesis time amount on 'Koinoyokan' yield and kernel quality. It was clarified that in the normal-planting culture, the amount of controlled release fertilizer applied can be increased by increasing the amount of nitrogen component from 8 kg to 10 kg per 10 a. We verified Controlled release fertilizer, Topdressing at the anthesis time compatible with Koinoyokan. It was clarified that the controlled release fertilizer, whose fertilizer effect is enhanced in the middle stage of growth in both the normal planting and the late planting, increases the yield with the same quality.

Key Words: Controlled release fertilizer, Total base fertilize, amount of fertilizer application

キーワード: 緩効性肥料、全量基肥、施肥量

緒 言

山口県における平坦部向け中生熟期の奨励品種「ヒノヒカリ」は、近年、登熟期の高温によるデンプン蓄積阻害で発生する白未熟粒等が問題となり(1等米比率 2005年:14%、2007年:26%、2010年:15%、2012年:53% 山口県, 2016)、代替品種が求められていた。

こうした背景から高温登熟条件でも玄米品質が安定し、収量性および品質に優れた中生熟期の「恋の予感」(出田ら, 2013、山口県, 2016)を2017年9月に奨励品種とした。

本品種の普及想定地域とされている瀬戸内平坦部は大規模経営体が多いことから、省力化技術として全量基肥施肥体系が広く普及している。

そこで、普及地域における2作期(6月上中旬 普通期移植、6月下旬:晩期移植)を想定し、「恋の予感」の栽培に適した緩効性肥料の溶出パターンおよび施肥量について検討し、いくつかの知見が得られたので報告する。

材料および方法

1 緩効性肥料の施肥量が生育、収量および品質に及ぼす影響

山口県の生産現場で広く普及している緩効性肥料の全量基肥施用において、増肥が収量および品質に及ぼす影響を検証した。

試験は2016年と2018年にセンター内の地力中庸な12号田で実施した(第1表)。

5月下旬に乾籾120g/箱播種し、2016年は6月15日、2018年は6月12日に栽植密度が1㎡当たり18.2株になるように稚苗を機械移植した。

施肥量の異なる2試験区を設け、標準区には10a当たり窒素成分で8kg、多肥区には10kgを荒代後の植代前に全量基肥で施用した。

施肥は窒素、リン酸、加里がそれぞれ20%、12%、14%の緩効性肥料(速効性40% シグモイド型(50日:10%、90日:20%、110日:30%))を用いた。

試験区の配置は乱塊法とし、2016年は2反復、2018

第1表 試験ほ場の理化学性

ほ場名	地力 ^z	pH	CEC me/100g	腐植含量 %	可給態窒素 mg/100g	CaO mg/100g	MgO mg/100g	K ₂ O mg/100g	塩基飽和度 %	石灰飽和度 %	苦土飽和度 %	加里飽和度 %
12号田	中庸	6.3	11.0	3.2	10.2	203.1	27.1	25.2	82.9	65.8	12.2	4.9
56号田	中庸	6.3	12.5	3.3	9.7	208.5	30.6	31.5	77.3	59.7	12.2	5.4
64号田	中庸～やや低	6.1	9.8	2.3	9.1	157.3	25.2	20.3	74.3	57.2	12.7	4.4
現地（平生町）	中庸	6.8	12.2	3.0	8.3	—	—	—	—	—	—	—

^z 地力の分類は理化学性および過去の収量水準を加味して行った（以下同様）

^y 数値は3カ年平均。土質は礫質灰色低地土・砂壤土（以下同様）

年は3反復で行った。移植後20日から10日毎に1区当たり20株の草丈、茎数、葉齢、葉色（富士平工業社製カラススケール使用）を調査し、成熟期には各区の調査株の中から中庸な5株を採取し、籾数の調査を行うとともに、各区から90株を採取して収量調査を行った。

2 緩効性肥料の種類が生育、収量および品質に及ぼす影響

「恋の予感」は分施肥体系において移植後30日頃の中間追肥と穂肥の肥効を高めることで、一定の品質を確保しつつ増収する（勝場 2014）との報告を踏まえ、移植後30日頃～穂肥時期に肥効が高まる緩効性肥料（窒素、リン酸、加里がそれぞれ20%、10%、14%、配合割合が速効性25% シグモイド型（50日：15%、90日：40%、110日：20%））を用い、その効果を検証した（以下、中後期重点肥料という）。

試験はセンター内および現地で実施し、センター内では普通期移植を地力中庸な56号田、晩期移植を地力中庸～やや低い64号田で実施した（第1表）。いずれのほ場も前作は水稻で冬期に牛糞堆肥1t/10aを投入し、稲わらは全量すき込みとした。現地試験は2017年および2018年に熊毛郡平生町堅ヶ浜（標高1.7m）の地力中庸ほ場（第1表）で実施した。2カ年とも前作は水稻で稲わらは全量すき込みとした。

1) 普通期移植

5月中旬に乾籾120g/箱播種し、2016年は6月3日に、2017年および2018年は6月5日に栽植密度をm²当たり18.2株になるように稚苗を機械移植した。

溶出パターンの異なる緩効性肥料により2つの試験区を設け、中後期重点肥料を施用した区を中後期重点肥料区、地域慣行緩効性肥料（窒素、リン酸、加里がそれぞれ20%、12%、14%、配合割合（速効性40% シグモイド型（50日：10%、90日：20%、110日：30%）、以下、慣行肥料という）を施用した区を標

準区とし、参考として分施肥区を設置した（第2表）。

中後期重点肥料区および標準区には10a当たり窒素成分で8kgを荒代後、植代前に全量基肥施用した。分施肥区は基肥として磷加安44号（N-P-K=14-17-13）を窒素成分4kg/10aで荒代後、植代前に施用し、穂肥は磷加安V550（N-P-K=15-5-20）を1回当たり窒素成分2kg/10aを8月上旬に2回表層施用した。

試験区の配置は乱塊法とし、2016年および2017年は2反復、2018年は3反復で行った。

調査項目は1（1）の施肥量試験と同様とした。

2) 晩期移植

6月上旬に乾籾120g/箱を播種し、6月27日にセンター内64号田に栽植密度がm²当たり18.2株になるように稚苗を機械移植した。

試験区の配置は乱塊法とし、試験区の設定および調査項目は1（1）の普通期移植同様とした（第2表）。分施肥区（参考）の穂肥は8月中旬と下旬に表層施用した。

3) 現地実証

2017年および2018年に「恋の予感」の普及想定地域と位置付けている熊毛郡平生町堅ヶ浜（標高1.7m）で2016年センター内試験において増収効果を確認した中後期重点肥料の現地適応性を確認した。

5月14日播種（乾籾100g/箱）の中苗を使用し、2017年は6月12日に2018年は6月9日に機械移植した。栽植密度はm²当たり14.3株とした。

溶出パターンの異なる緩効性肥料により2つの試験区を設け、中後期重点肥料を施用した区を中後期重点肥料区、現地で慣行的に使用されている緩効性肥料を施用した区を標準区とした。それぞれの緩効性肥料の窒素、リン酸、加里の含有率と窒素肥料の配合割合は第3表のとおりである。施肥はいずれの区も側条施肥田植機により10a当たり窒素成分8kgを全量基肥施用した。

第2表 区の設定および供試肥料の窒素配合割合等（センター内）

区名	施肥体系	組成	肥料の種類と窒素配合割合（%）、分施（N kg/a）					
			速効性	シグモイド（日型）				
				50	60	90	100	110
中後期重点肥料区	全量基肥	20-10-14	25	15		40		20
標準区	全量基肥	20-12-14	40	10		20		30
分施肥区(参考)	分施		基肥：	幼形：減分	= 4：	2：	2	

注）分施肥区の基肥は、磷加安44号、穂肥は、磷加安V550を使用。

※参考として「ヒノヒカリ」を供試する

第3表 試験区の設定および供試肥料の窒素配合割合等（現地 肥料種類）

区名	組成 N-P-K	栽植密度 (株/m ²)	施肥量 (Nkg/10a)	肥料の種類と窒素配合割合（%）					
				速効性	リニア 100日型	シグモイド（日型）			
						50	60	90	100 110
中後期重点肥料区	20-10-14	14.5	8	25		15		40	20
標準区	23-10-12	14.5	8	20	40	10		20	30

試験区の配置は乱塊法とし、2017年および2018年とも2反復で行った。調査項目は1（1）の普通期移植同様とした。

結 果

1 気象および生育の概況

水稻品種「恋の予感」の安定栽培法「1 移植期別の栽植密度」参照のこと

2 緩効性肥料の施肥量が生育、収量および品質に及ぼす影響

多肥区では、移植30日以降のm²当たり茎数は標準区と比較して多く推移し、最高茎数および穂数が多く、稈長および穂長は長かった（第4表、第5表）。葉色は全生育期間を通じ、多肥区において濃く推移した（第1図）。一穂粒数は同等であったが、多肥区のm²当たり粒数は多く、二次枝梗粒割合も高い傾向であった。また、収量は多肥区の方が多かった。（第6表）。

そのほか、最高分げつ期、出穂期および成熟期などの生育ステージ、登熟歩合、千粒重、玄米タンパク含有率および外観品質については、いずれも標準区と差が認められなかった（第4表、第5表、第6表）。

3 緩効性肥料の種類が生育、収量および品質に及ぼす影響

1）普通期移植

中後期重点肥料区のm²当たり茎数は、標準区と比較し差がなく、同等の増加傾向を示したが、最高分げつ

期は10日程度遅れた（第7表）。葉色は中後期重点肥料区が移植後40～50日以降やや濃く推移する傾向であった（第2図）。一穂粒数は中後期重点肥料区が多い傾向で、m²当たり粒数は多く、二次枝梗粒割合も高い傾向であり、登熟歩合は同等～低くなった。収量は中後期重点肥料区で多かった（第9表）。そのほか、出穂期および成熟期の生育ステージ、稈長、穂長、穂数、千粒重、玄米タンパク含有率および外観品質についてはいずれも標準区と差が認められなかった（第8表、第9表）

2）晩期移植

中後期重点肥料区のm²当たり茎数は標準区と差がなく（第10表）、穂数も同等であった（第11表、第12表）。葉色は中後期重点肥料区が移植後40～50日以降やや濃く推移する傾向であった（第3図）。一穂粒数と二次枝梗粒割合は中後期重点肥料区でやや多い傾向で、m²当たり粒数と収量は多かった。そのほか、最高分げつ期、出穂期および成熟期の生育ステージ、稈長、穂長、登熟歩合、千粒重、玄米タンパク含有率および外観品質についてはいずれも標準区と差が認められなかった（第10表、第11表、第12表）。

3）現地実証

中後期重点肥料区は標準区と比較し、m²当たり茎数は移植後20日から50日頃までは少なく推移したが有効茎歩合が高く、穂数は同等であった（第13表、第14表）。葉色は移植後40日以降、中後期重点肥料区で

濃く推移した（第4図）。一穂籾数および m^2 当たり籾数は中後期重点肥料区試験区がやや多く、二次枝梗籾割合も高い傾向であった。また、登熟歩合も高い傾向であり、収量は多い傾向であった。そのほか、出穂期および成熟期の生育ステージ、稈長、穂長、千粒重、

玄米タンパク含有率および外観品質についてはいずれも標準区と差が認められなかった（第14表、第15表）。

第4表 茎数の推移（施肥量）

年度	区名	m^2 当たり茎数（本/ m^2 ）				穂揃い期
		+ 2 0	+ 3 0	+ 4 0	+ 5 0	
2016	標準区	129	270	330	330	283
	多肥区	129	302	403	358	301
2018	標準区	121	157	485	547	389
	多肥区	133	183	546	605	457
分散分析	年度	ns	**	*	**	**
	施肥量	ns	*	*	*	*
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns

^z 穂揃い期の茎数は穂数

^y **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第5表 成熟期調査結果等（施肥量）

年度	区名	総窒素量 (kg/10a)	最高 茎数 (本/ m^2)	出穂 期 (月/日)	成熟 期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/ m^2)	有効茎 歩合 (%)	倒伏 ^z (0～5)
2016	標準区	8	330	8/30	10/13	69	18.7	283	85.8	0.0
	多肥区	10	403	8/30	10/13	74	19.2	301	74.7	0.0
2018	標準区	8	547	8/30	10/14	75	17.6	389	71.1	0.0
	多肥区	10	605	8/30	10/14	77	18.5	457	75.5	0.0
分散分析	年度	—	**	—	—	*	**	**	ns	—
	施肥量	—	*	—	—	*	*	*	ns	—
	交互作用	—	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—

^z 倒伏は0(無)～5(甚)の6段階

^y **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第6表 収量及び品質等（施肥量）

年度	区名	総窒素量 (kg/10a)	収量 1.85mm $\leq$ (kg/10a)	穂数 (本/ m^2)	一穂籾数	二次枝梗籾 割合 (%)	m^2 籾数 $\times 100$	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク 含有率 (%)	品質 (1～9)
2016	標準区	8	506	283	92.3	36.3	261	82.2	21.8	6.7	3.5
	多肥区	10	546	301	97.1	37.9	292	81.4	22.4	6.9	3.7
2018	標準区	8	532	389	97.1	39.6	378	65.0	21.7	6.5	3.5
	多肥区	10	605	457	94.3	42.4	431	62.0	21.6	6.4	3.5
分散分析	年度	—	ns	**	ns	*	**	**	ns	*	—
	施肥量	—	*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	—
	交互作用	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

^z 千粒重、登熟歩合、収量は粒厚1.85mm以上、水分は15%換算

^y 玄米タンパク含有率分析はBRUKER社製の近赤外分光分析装置で測定した乾物%で示した。外観品質は1～9で示し、1～5が概ね検査等級の1等、6～7が2等、8が3等とした

^x **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第7表 茎数の推移(普通期移植 肥料種類)

年度	区名	m ² 当たり茎数 (本/m ²)				穂揃い期
		+ 2 0	+ 3 0	+ 4 0	+ 5 0	
2016	中後期重点肥料区	153	307	544	416	352
	標準区	141	314	596	454	358
	(参考) 分施肥区	149	314	509	396	300
2017	中後期重点肥料区	129	329	355	325	323
	標準区	148	340	312	310	311
	(参考) 分施肥区	158	333	322	320	318
2018	中後期重点肥料区	136	216	406	428	292
	標準区	159	230	396	391	286
	(参考) 分施肥区	167	267	362	319	299
分散分析	年度	ns	**	**	**	**
	肥料種類	ns	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns

^z 穂揃い期の茎数は穂数

^y 分散分析は分施肥区(参考)を含まない

^x **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第8表 成熟期調査結果等(普通期移植 肥料種類)

年度	区名	最高 茎数 (本/m ²)	出穂 期 (月/日)	成熟 期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	有効茎 歩合 (%)	倒伏 (0~5)
2016	中後期重点肥料区	544	8/23	10/7	74	18.6	352	64.7	0.0
	標準区	596	8/23	10/7	73	18.4	358	60.1	0.0
	分施肥区(参考)	509	8/21	10/7	71	20.3	300	58.9	0.0
2017	中後期重点肥料区	355	8/25	10/7	84	19.2	323	91.0	0.0
	標準区	340	8/25	10/7	85	19.2	311	91.5	0.0
	分施肥区(参考)	333	8/25	10/7	84	19.1	318	95.5	0.0
2018	中後期重点肥料区	428	8/27	10/7	71	19.5	292	68.2	0.0
	標準区	412	8/27	10/7	70	19.4	286	69.4	0.0
	分施肥区(参考)	362	8/27	10/7	68	20.9	299	82.6	0.0
分散分析	年度	**	—	—	**	**	**	**	—
	肥料種類	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—
	交互作用	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—

^z 倒伏は0(無)~5(甚)の6段階

^y **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第9表 収量及び品質等(普通期移植 肥料種類)

年度	区名	収量 1.85mm≤ (kg/10a)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数	二次枝梗粒 割合 (%)	m ² 粒数 ×100	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク 含有率 (%)	品質 (1~9)
2016	中後期重点肥料区	626	352	85.7	40.9	302	86.1	22.2	6.7	3.2
	標準区	589	358	82.3	39.4	295	84.9	22.2	6.5	3.3
	分施肥区(参考)	620	300	92.9	45.4	279	89.6	23.7	7.0	3.2
2017	中後期重点肥料区	606	323	99.9	46.0	323	80.5	23.3	7.4	3.0
	標準区	601	311	92.6	43.7	288	86.3	22.9	7.1	3.0
	分施肥区(参考)	594	318	99.9	44.5	318	87.5	23.9	7.0	3.0
2018	中後期重点肥料区	524	292	95.1	42.9	278	73.7	23.0	6.9	3.1
	標準区	481	286	90.9	41.5	260	75.6	23.0	6.8	3.0
	分施肥区(参考)	525	299	99.6	47.4	298	72.1	24.0	6.8	3.0
分散分析	年度	**	**	*	ns	**	**	**	**	—
	肥料種類	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	—
	交互作用	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	—

^z 千粒重、登熟歩合、収量は粒厚1.85mm以上、水分は15%換算

^y 玄米タンパク含有率分析はBRUKER社製の近赤外分光分析装置で測定した乾物%で示した。外観品質は1~9で示し、1~5が概ね検査等級の1等、6~7が2等、8が3等とした

^x **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第10表 茎数の推移(晩期移植 肥料種類)

年度	区名	㎡当たり茎数(本/㎡)				穂揃い期
		+20	+30	+40	+50	
2016	中後期重点肥料区	228	495	533	527	466
	標準区	228	485	537	531	426
	(参考)分施肥区	218	453	467	455	404
2017	中後期重点肥料区	179	343	355	344	326
	標準区	198	353	355	335	320
	(参考)分施肥区	160	303	313	305	295
2018	中後期重点肥料区	162	450	444	407	344
	標準区	162	477	463	438	374
	(参考)分施肥区	140	411	406	372	319
分散分析						
	年度	**	**	**	**	**
	肥料種類	ns	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns

^z 穂揃い期の茎数は穂数^y 分散分析は分施肥区(参考)を含まない^x **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第11表 成熟期調査結果等(晩期移植 肥料種類)

年度	区名	最高 茎数 (本/㎡)	出穂 期 (月/日)	成熟 期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	有効茎 歩合 (%)	倒伏 歩合 (0~5)
2016	中後期重点肥料区	533	9/1	10/23	75	19.2	466	87.4	0.0
	標準区	537	9/1	10/23	73	19.1	426	79.3	0.0
	分施肥区(参考)	467	9/1	10/21	73	19.8	429	91.9	0.0
2017	中後期重点肥料区	355	9/1	10/26	78	19.9	326	91.8	0.0
	標準区	359	9/1	10/26	78	19.8	320	89.1	0.0
	分施肥区(参考)	316	9/1	10/25	80	20.4	295	93.4	0.0
2018	中後期重点肥料区	450	9/3	10/23	80	18.1	344	76.4	0.0
	標準区	477	9/3	10/23	80	17.9	374	78.4	0.0
	分施肥区(参考)	414	9/3	10/23	75	18.8	319	77.1	0.0
分散分析									
	年度	**	—	—	**	**	**	**	—
	肥料種類	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—
	交互作用	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—

^z 倒伏は0(無)~5(甚)の6段階^y **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第12表 収量及び品質等(晩期移植 肥料種類)

年度	区名	収量 1.85mm≦ (kg/10a)	穂数 (本/㎡)	一穂粒数	二次枝梗梗 割合 (%)	㎡粒数 ×100	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク 含有率 (%)	品質 (1~9)
2016	中後期重点肥料区	622	466	87.7	38.6	409	79.7	22.4	6.7	3.8
	標準区	575	426	86.9	38.1	370	85.9	23.3	6.7	3.5
	分施肥区(参考)	591	429	88.5	40.9	380	85.8	22.8	7.2	3.8
2017	中後期重点肥料区	609	326	97.9	43.5	319	81.1	22.9	7.8	3.5
	標準区	568	320	91.9	43.1	294	76.1	23.0	7.0	3.5
	分施肥区(参考)	592	295	105.9	47.7	312	82.7	22.9	7.7	3.0
2018	中後期重点肥料区	502	344	93.9	41.1	323	65.1	22.7	6.8	4.7
	標準区	484	374	91.2	38.9	341	60.4	22.9	6.8	4.7
	分施肥区(参考)	528	319	98.1	43.0	313	68.4	22.5	6.4	4.2
分散分析										
	年度	**	**	ns	*	**	**	ns	ns	—
	肥料種類	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

^z 千粒重、登熟歩合、収量は粒厚1.85mm以上、水分は15%換算^y 玄米タンパク含有率分析はBRUKER社製の近赤外分光分析装置で測定した乾物%で示した。外観品質は1~9で示し、1~5が概ね検査等級の1等、6~7が2等、8が3等とした^x **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第13表 茎数の推移（現地 肥料種類）

年度	区名	m ² 当たり茎数（本/m ² ）				穂揃い期
		+ 2 0	+ 3 0	+ 4 0	+ 5 0	
2017	中後期重点肥料区	87	221	341	344	280
	標準区	152	335	410	375	289
2018	中後期重点肥料区	134	295	425	410	363
	標準区	207	340	480	460	378
分散分析	年度	*	*	**	**	**
	肥料種類	**	**	**	*	ns
	交互作用	ns	*	ns	ns	ns

^z 穂揃い期の茎数は穂数

^y 分散分析は分施肥区（参考）を含まない

^x **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

第14表 成熟期調査結果等（現地 肥料種類）

年度	区名	最高 茎数 (本/m ²)	出穂 期 (月/日)	成熟 期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	有効茎 歩合 (%)	倒伏 (0～5)
2017	中後期重点肥料区	344	8/24	10/7	76	19.5	280	81.4	0.0
	標準区	410	8/24	10/7	75	18.7	289	70.5	0.0
2018	中後期重点肥料区	425	8/25	10/8	74	19.6	363	85.4	0.0
	標準区	480	8/25	10/8	74	19.4	378	78.8	0.0
分散分析	年度	**	—	—	ns	ns	**	**	—
	肥料種類	**	—	—	ns	ns	ns	**	—
	交互作用	ns	—	—	ns	ns	ns	ns	—

^z 倒伏は0(無)～5(甚)の6段階

^y **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す

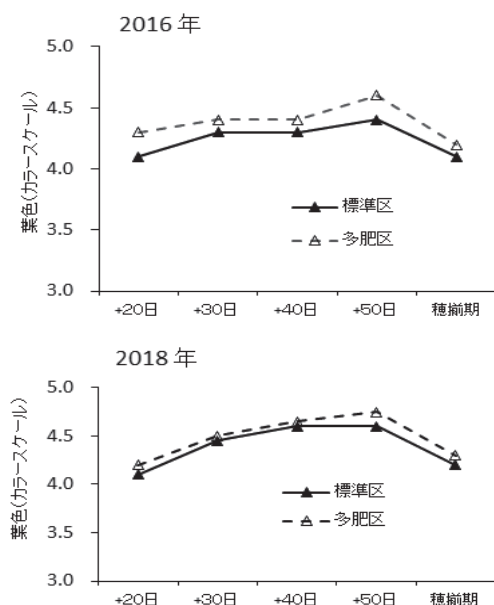
第15表 収量及び品質等（現地 肥料種類）

年度	区名	収量 1.85mm≤ (kg/10a)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数	二次枝梗粒 割合 (%)	m ² 粒数 ×100	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米タンパク 含有率 (%)	品質 (1～9)
2017	中後期重点肥料区	556	280	91.8	40.7	257	84.7	23.3	7.2	3.3
	標準区	532	289	84.1	39.6	243	78.9	23.8	6.9	3.0
2018	中後期重点肥料区	547	363	93.1	41.0	338	65.0	22.0	7.0	2.5
	標準区	525	378	87.2	40.0	330	62.0	22.1	6.9	2.5
分散分析	年度	ns	**	ns	ns	**	**	**	ns	—
	肥料種類	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

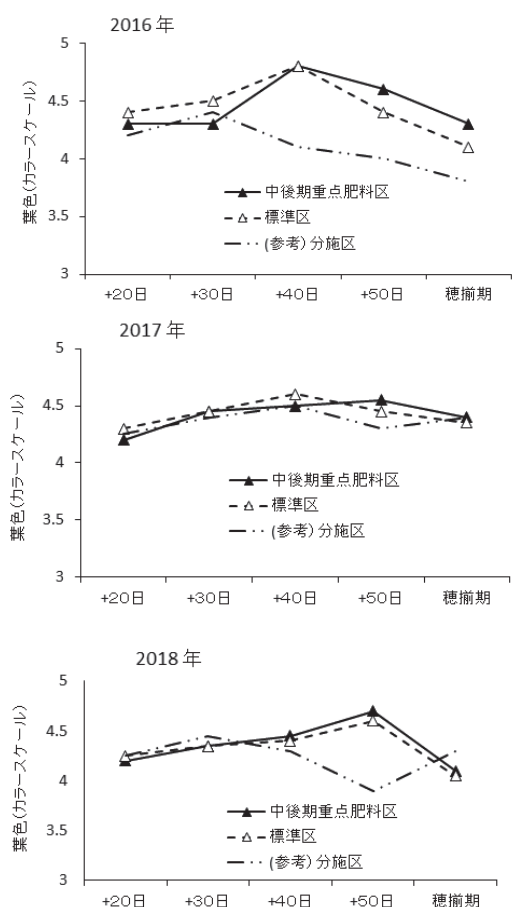
^z 千粒重、登熟歩合、収量は粒厚1.85mm以上、水分は15%換算

^y 玄米タンパク含有率分析はBRUKER社製の近赤外分光分析装置で測定した乾物%で示した。外観品質は1～9で示し、1～5が概ね検査等級の1等、6～7が2等、8が3等とした

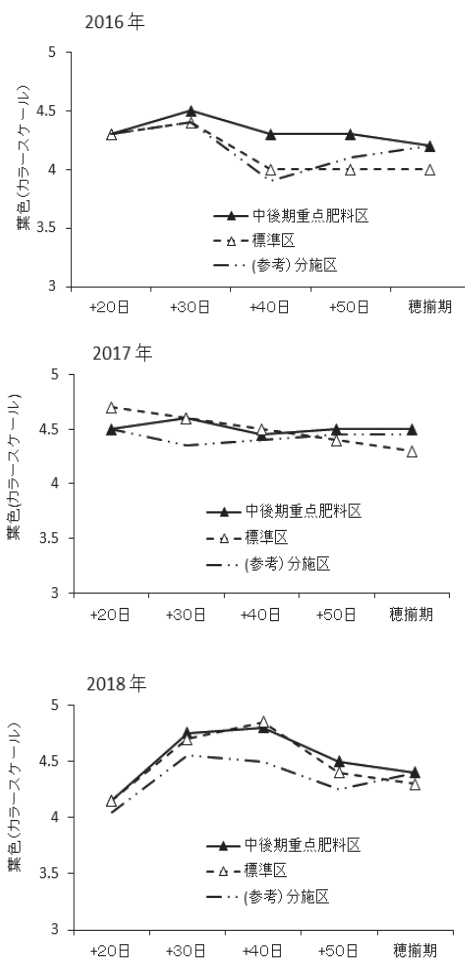
^x **は1%、*は5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差がないことを示す



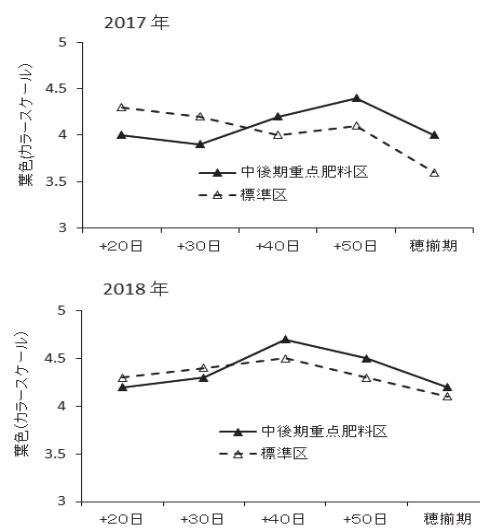
第1 図 普通期移植における緩効性肥料の施肥量が葉色の推移に及ぼす影響
^z 穂ぞろい期茎数は穂数



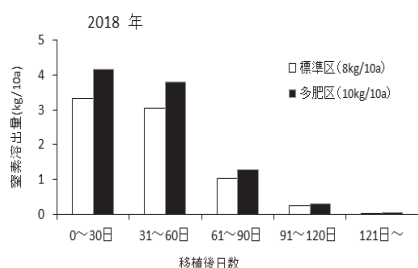
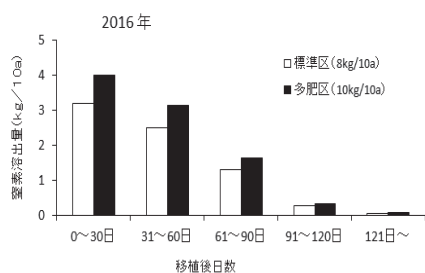
第2 図 普通期移植における緩効性肥料の違いが葉色の推移に及ぼす影響
^z 穂ぞろい期茎数は穂数



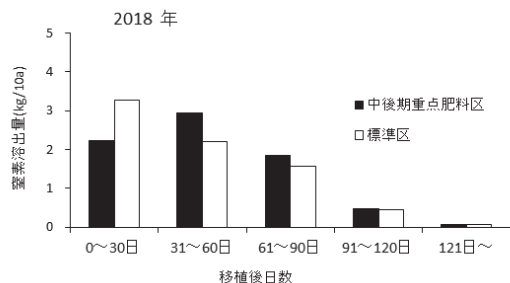
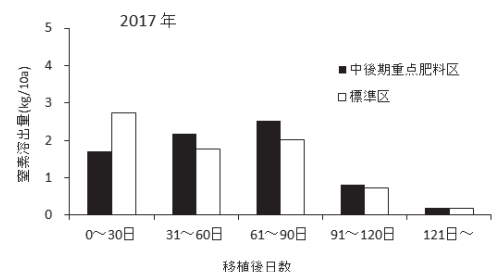
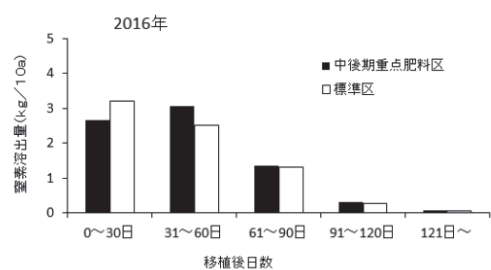
第3 図 晩期移植における緩効性肥料の種類が葉色の推移に及ぼす影響
^z 穂ぞろい期茎数は穂数



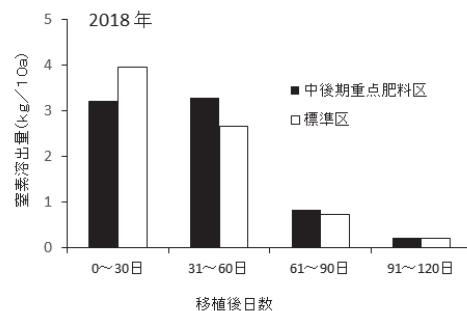
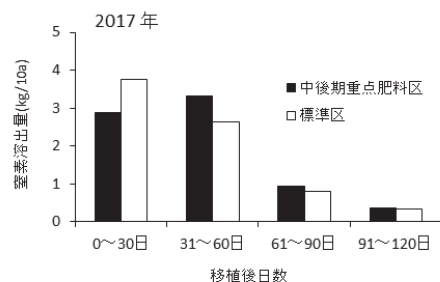
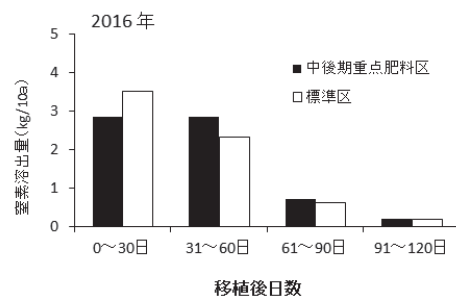
第4 図 緩効性肥料の種類が茎数、葉色の推移に及ぼす影響(現地)
^z 穂ぞろい期茎数は穂数



第5図 肥料溶出シミュレーション
(普通期移植 施肥量)



第6図 肥料溶出シミュレーション
(普通期移植 肥料種類)



第7図 肥料溶出シミュレーション
(晩期移植 肥料種類)

考 察

1 緩効性肥料の施肥量が生育、収量及び品質に及ぼす影響

緩効性肥料の施肥量を 10 a 当たり窒素成分で 8 kg から 10 kg に増肥することにより、初期から茎数は多く推移し、葉色は濃い生育を示した。また、稈長や穂長も長かった。これは 2016 年および 2018 年の地温を基にした窒素溶出シミュレーション(第 5 図)の通り、2 カ年とも生育初期から後半まで多肥区の窒素溶出量が多いためと考えられる。一般的に過剰な施肥は過繁茂的な生育を招き、後半秋落ち的な生育となり、収量・品質の低下が懸念されるが、本試験における増

肥では、過繁茂的な生育、並びに収量や品質の低下は確認されなかった。

緩効性肥料の増肥による穂数増加で m^2 当たり粒数が増加したにもかかわらず登熟歩合が大きく低下することがなかった理由として、多肥区では穂揃期頃の葉色が濃く、登熟後期まで稲体の光合成能力が高く維持されたためと推察される。

勝場(2014)は、分施肥体系において移植後 30 日頃の中間追肥と穂肥の肥効を高めることで、「恋の予感」の品質を確保しつつ増収できると報告している。本試験では緩効性肥料を用いている点が異なるが、中間追肥～穂肥時期に当たる移植後 31～60 日頃の窒素溶出量が増肥により高まったことが(第5 図)、増収の要因であると考えられる。

また、緩効性肥料の総窒素量を 8 kg/10a から 10 kg/10a に増肥した場合でも、倒伏は認められず、受光態勢の不良にともなう登熟遅延や収穫作業への支障などの問題は生じなかった。「恋の予感」は短稈で倒伏に強い特性を持っている(出田ら, 2013)ことから、多肥栽培への適応性が高いと推察される。

以上のことから、緩効性肥料の全量基肥施用体系において、総窒素量を 8 kg/10a から 10 kg/10a に増肥しても倒伏は確認されず、一等相当の品質を確保しつつ増収傾向となることが明らかとなった。

2 緩効性肥料の種類が生育、収量及び品質に及ぼす影響

1) 普通期移植

茎数の推移については、2016 年は中後期重点肥料は慣行肥料と同様の増加傾向を示したが、2017 年および 2018 年は最高分げつ期が 10 日程度遅れた。これは 2016 年から 2018 年の試験ほ場の地温を基にした被覆窒素の溶出シミュレーション(第6 図)から、いずれの試験年次も中後期重点肥料が移植後 31～60 日の肥効が高まり、分げつが促進されたためと推察される。2016 年は他の 2 カ年と比較して移植後 0～30 日の窒素溶出量が多くなったことが両区の最高分げつ期が同時期となった要因と考えられる。

収量は中後期重点肥料の使用により多くなった。これは、一穂粒数の増加により m^2 当たり粒数が多くなったことが要因である。一穂粒数の増加傾向および m^2 当たり粒数の増加については移植後 31～60 日の窒素溶出量が多いことから、幼穂形成期頃の肥効が慣行肥料よりも高くなったためと推察される。河野ら(2018)が

「恋の予感」の安定収量を確保するための分施肥体系を検証した試験では、基肥を省略し移植後 30 日頃の分げつ肥と穂肥を 2 回施用する体系は、慣行体系(基肥一分げつ肥なし—穂肥 2 回)と比較して穂数は同等で一穂粒数および m^2 当たり粒数が増加したこと等により増収した。本試験で使用した中後期重点肥料の溶出は速効性成分が少なく、生育中期以降の溶出が増加するため同様の結果が得られたものと推察される。

2) 晩期移植

茎数の推移は中後期重点肥料と慣行肥料では増加傾向は同様で差が小さかった。2018 年で中後期重点肥料がやや少なく推移したが、これは 2018 年は梅雨明けが早く移植後 10 日頃から高温で推移したため他年次よりも緩効性肥料の溶出速度は早まり、特に慣行肥料の溶出が高まったためと推察される(第7 図)。普通期では中後期重点肥料で最高分げつ期が 10 日程度遅れる傾向が確認されたが、晩期移植では生育ステージは同等であった。これは晩期移植では中後期重点肥料の肥効が高まる移植後 31～60 日が生殖成長期に入るためと推察される。

収量は普通期移植と同様に中後期重点肥料が多かった。これは、各肥料とも穂数は同等であるが中後期重点肥料が一穂粒数および m^2 当たり粒数が多い傾向であったことが要因である。一穂粒数および m^2 当たり粒数の増加傾向は中後期重点肥料が慣行肥料よりも移植後 31 日以降の窒素溶出量が多く、幼穂形成期以降の肥効が高まったことが考えられる。青木ら(1983)が「日本晴」等で実施した晩期移植での分施肥による栽培試験では、中晩生品種の場合、基肥施用量を抑え移植後 40 日頃の中間追肥や穂肥を施用する後期重点施肥により、一穂粒数の増加と登熟歩合が向上し、増収した。本試験で使用した中後期重点肥料は即効性成分が少なく、初期の窒素溶出が慣行肥料より抑えられるため、基肥の減肥と同様の効果が得られ、さらに中間追肥から穂肥施用時期に当たる時期の窒素供給を目論むものであり、同傾向の結果となったと推察される。

以上のように、中後期重点肥料の使用により普通期移植、晩期移植ともに、慣行肥料と同等の品質を確保しつつ多収となることが明らかとなった。

3) 現地実証

中後期重点肥料により、 m^2 当たり茎数の増加程度は緩やかとなったが、有効茎歩合が高まったことから、

穂数は慣行肥料と同等となり、一穂粒数の増加と登熟歩合の上昇により、収量は多い傾向となった。これは幼穂形成期以降の葉色が濃く肥効が高まることにより、稲体の光合成能力が高くなったことが要因と推察される。一方で玄米タンパク含有率は中後期重点肥料がやや高まる傾向にあったが、山口県JA生産・販売方針に掲げる7.5%を下回る水準で問題はなかった。

現地においても中後期重点肥料の使用により、慣行肥料と同等の品質を確保しつつ多収傾向となることが明らかとなった。

以上、中後期重点肥料の使用により過剰分げつの発生を抑制した上で幼穂形成期以降の肥効を高め、生育後半の稲体の光合成能力を維持することが「恋の予感」の安定栽培に資すると考えられる。

摘 要

1 緩効性肥料の施肥量が生育、収量及び品質に及ぼす影響

緩効性肥料の全量基肥施用体系において、総窒素量を8 kg/10a から10 kg/10a に増肥しても倒伏はなく、一等相当の品質を確保しつつ増収傾向となることが明らかとなった。

2 緩効性肥料の種類が生育、収量及び品質に及ぼす影響

速効性成分が少なく生育中期に窒素溶出量が増加する緩効性肥料を使用することにより普通期移植、晩期移植ともに地域慣行の緩効性肥料と同等の品質を確保しつつ多収となることが明らかとなった。

引用文献

- 青木研一・寺田和弘・高橋耕二・斉藤一男. 1983. 水稻機械化晩植の育苗法と栽培法に関する研究 福井県農試研報 20. 1-16
- 出田収・重宗明子・中込弘二・石井卓朗・松下景・春原嘉弘・前田英郎、・飯田修一. 2013 高温登熟性に優れ、良食味で多収の水稻品種「中国201号」. 近畿中国四国農業研究センター普及成果情報
- 河野貴幸・山下陽一・阿立真崇・大川泰生・上野秀人・当真要・出田収・長田健二・石岡巖. 2018. 施肥体系が良食味多収米品種「恋の予感」の生育、収量および品質に与える影響. 四国支報 54 : 32-33
- 勝場善之助. 2014. 水稻品種「恋の予感」の窒素施用量

が収量及び品質に及ぼす影響. 日本作物学会中国支部研究収録第55号. 29-30

中国四国農政局 平成28年産水稻の収穫量(山口県)、平成29年産水稻の収穫量(山口県)、平成30年産水稻の収穫量(山口県)

山口県 米・大豆・麦生産流通改善対策資料(2016年)

隔離床栽培システム「ゆめ果菜恵」を利用した トマト栽培の灌水方法と培地特性

重藤 祐司・平田 俊昭*・宇佐川 恵**

Effect of Irrigation and Culture Medium Characteristics on Tomato fruit Yield and Quality
under the Isolated-bed Cultivation System, "YUMEKANAE"

SHIGEFUJI Yuuji, HIRATA Toshiaki and USAGAWA Megumi

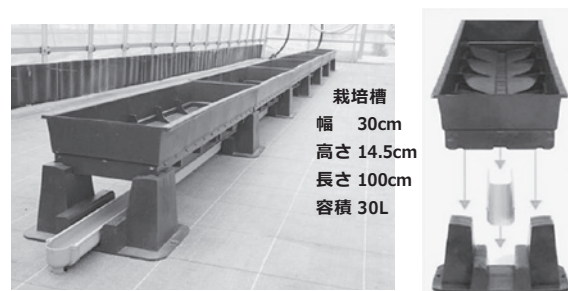
Abstract: Tomatoes were cultivated using the isolated-bed cultivation system, "YUMEKANAE," and the effect of daily average irrigation on fruit yield and quality was investigated. There was a significantly strong, negative correlation between fruit yield and sugar content. At 590 ml / strain / day, we were able to achieve the targeted average sugar content of 8% or higher, and a marketable fruit yield of 8 ton or higher. Compared with the control medium, the two types of growth media composed mainly of coconut husks had higher available water content and were considered to be more suitable as growth media for "YUMEKANAE". The water retention characteristics of the coconut husk medium measured by the indoor method and by a tensiometer differed significantly. When the pF value of the tensiometer was 1.9, the pF of the medium as per the indoor method was 3.0, within the soil water range where transpiration was severely reduced, indicating that plants were subjected to severe water stress.

Keywords: Irrigation amount, coconut husks, tensiometer

キーワード: 灌水量、ヤシガラ培地、テンシオメーター

緒 言

山口県農林総合技術センター（以下；センター）は、トマト等の隔離床栽培が可能な栽培システム「ゆめ果菜恵（特許第 6343792 号）」を株式会社サンポリ（山口県防府市）と共同開発した（鶴山ら，2016）。「ゆめ果菜恵」は、栽培槽にヤシガラ等を配合した専用培



第1図 隔離床栽培システム「ゆめ果菜恵」

* 現 退職

**現 山口農林水産事務所

地を充填して、点滴灌水チューブにより灌水すること
で、トマトやメロン、キュウリなどの果菜類が栽培で
きる。すでに様々な隔離床栽培システムや養液栽培シ
ステムが普及している中、「ゆめ果菜恵」はプランタ
ー感覚で小面積から取り組むことが可能で、環境に配
慮したリサイクルプラスチックで構成され、低コスト
で耐久性に優れるという特長がある（第1図）。

山口県のトマト栽培面積は、夏秋トマト 102 ha
（2020, 農林水産省作物統計）、冬春トマト 26 ha（2019,
農林水産省作物統計）となっている。夏秋トマトは「山
口あぶ」トマトが野菜指定産地に指定されており、冬
春トマトについては、高糖度トマトや長期どりトマト
の小規模な産地が点在している状況である。本県は水
田農業が主体であり、新規参入するトマト農家は、排
水の悪い水田をほ場として利用することを余儀なくさ
れることも多く、隔離床栽培が可能となる栽培システ
ム「ゆめ果菜恵」の導入が効果的と考えられる。以上
より、「ゆめ果菜恵」の灌水管理の特性を明らかにす
ることにより、高品質トマトの安定生産と普及に貢献
できると考えた。

既往のトマト栽培研究では、簡易隔離床栽培と培地
のpF値に基づく自動給液管理法（松浦ら, 2002）、低
コストで設置が簡単なトマト袋培地栽培システム（金
子ら, 2006）、遮根シートを利用した簡易隔離床栽培
（白水ら, 2011）など、複数の報告がある。また細川
ら（2006）は、ヤシガラやバーク堆肥等で構成された
成型培地は、ロックウールスラブと比較して、水スト
レス付与による高糖度トマト栽培としての適合性を有
するとしている。トマトの水分制御法については、主
にタイマー制御、日射比例制御、土壌水分制御がある。
今回の試験においては、可販果収量 8t/10a かつ Brix
糖度 8%以上の高糖度トマト安定生産も視野に、土壌
水分制御による自動灌水管理を中心に行った。また、
室内実験においては、ヤシガラを含んだ複数の培地の
基本特性や体積含水率と pF 値の関係、ヤシガラ単体
培地におけるテンシオメーター測定値と室内実験測定
値との違い、体積含水率との関係等を調査した。これ
らにより、灌水パターンと栽培槽内の土壌水分変化、
それらがトマトの生育収量に与える影響、有機質培地
の特性把握と改良、ヤシガラ培地でテンシオメーター
を使用する場合の注意点等を明らかにした。

材料および方法

1 灌水量がトマトの生育収量に与える影響

センター内ハウス（単棟：1 a）において、隔離床栽
培システム「ゆめ果菜恵」に専用培地を充填してトマ
ト栽培を実施した。灌水チューブは点滴タイプ（商品
名：恵水グリーンドリップ 10 cmピッチ、東栄管機株
式会社）を栽培槽中央に 1 本設置した。穂木「マイロ
ック」と台木「グリーンセーブ」とともに 2017 年 9 月
22 日播種し、10 月 13 日接ぎ木、11 月 13 日に株間
25 cm 1 条植えて定植した。1 区 12 株を調査対象株と
し、株ごとに収穫果の重量、果房段位、規格、収穫日
を調査した。収穫は、2018 年 2 月 25 日に開始し、6
月 18 日まで行った。また、各果房の頂果 1 果につい
て Brix 糖度を調査し、栽培終了時には各果房下の莖
径（長径）をノギスで測定した。

自動灌水制御用の誘電式土壌水分センサーとして、
株式会社 A・R・P 社製「WD-3」、圧力変換器付きテン
シオメーターとして、株式会社 センシズ社製「HD-001」
をラック中央部の底から 1 cm 上に設置した。ラック底
に配置した理由は、テンシオメーターは湿潤土壌の方
が比較的正確に計測が可能とされており、テンシオメ
ーターへの脱気水補給回数も減らすことができるから
である。当初は、それぞれの土壌水分計に灌水閾値を
設定し、試験区とする予定であったが、それぞれの土
壌水分計間の違いは判然としなかったため、結果的に
灌水された水量の違いで 5 つの試験区を設置した（第
1 表）。なお、試験区の 720 ml/株/日と 590 ml/株
/日では、自動灌水設定が同じにも関わらず、合計灌
水量が異なったため、別試験区扱いとした。灌水量に
ついては、1 回灌水された時の流量を確認し、毎日の
灌水回数記録から算出した。灌水閾値を「WD-3」で体
積含水率 20~30%（出力電圧 0~1.0 V、取扱説明書の
換算式は体積含水率% = 出力電圧 V × 100 で、土壌の
種類や設置環境によって異なる場合があるという注意
書きが記載）、「HD-001」で pF2.0~2.2（出力電圧 1
~2 V = 1~100 kpa、ポーラスカップから圧力変換器ま
での距離 40 cm として pF 値に変換）に設定した。ただ
し、11 月 13 日の定植日から 2 週間は、株元や培地表
面が乾かないように手灌水した。1 回あたり灌水時間
はラック底の排水穴から排水開始される時間を目安
に、栽培初期 6 分~栽培後期 13 分を基本とし、その
半分の時間設定区も設けた。自動灌水するための制御

第1表 試験区と自動灌水設定 (2017年)

試験区		12/4 ^z	12/12～	1/17～	2/16～	3/15～	4/19～	5/9～6/18
灌水量 ^y	灌水設定							
870ml/株/日	WD-3灌水閾値 (%) ^x	30	30	30	30	30	30	30
	1回灌水時間 ^w	6分	7分	8分	10分	11分	13分	10分
720ml/株/日	HD-001灌水閾値 (pF) ^v	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	1回灌水時間	6分	7分	8分	10分	11分	13分	10分
660ml/株/日	WD-3灌水閾値 (%)	30	20	20	20	30	30	30
	1回灌水時間	6分	7分	8分	10分	11分	13分	10分
590ml/株/日	HD-001灌水閾値 (pF)	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	1回灌水時間	6分	7分	8分	10分	11分	13分	10分
490ml/株/日	WD-3灌水閾値 (%)	30	20	20	20	30	30	30
	1回灌水時間	3分	3.5分	4分	5分	5分	6.5分	5分

^z2017年11月13日 (定植日)～12月4日までは手灌水^y灌水設定どおりに自動灌水した結果、栽培期間中に灌水された株あたりの日平均灌水量^x取扱説明書の換算式：体積含水率％＝出力電圧V×100^w1回灌水時間は、排水穴の半数から排水が始まった経過時間を目安とし、灌水後は60分間灌水されない設定とした^v出力電圧1～2V＝1～100kpa、ポーラスカップから圧力変換器までの距離40cmとしてpF値に変換

第2表 試験区と月別の日平均灌水量 (2017年)

試験区	(ml/株/日)							
	11/13～	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6/15まで
870ml/株/日 ^x	75	214	327	501	888	920	1,055	900
720ml/株/日	75	187	301	486	557	659	848	1,116
660ml/株/日	75	153	235	366	610	783	751	792
590ml/株/日	75	190	303	359	435	623	578	864
490ml/株/日	75	140	250	274	462	469	561	594

^x 灌水設定どおりに自動灌水した結果、栽培期間中に灌水された株あたりの日平均灌水量

システムとして、西日本農業研究センターが開発した「UECS 用ロジック開発ツール」を使用した (黒崎, 2018)。

2 培地特性とトマトの生育収量

2019 年度まで株式会社サンポリが「ゆめ果菜恵」専用培地として位置づけていた商品名「隔離槽専用培地」(以下：対照培地) および、その改良のために新たに配合した2種類の培地 (A 社培地、B 社培地) について、基本特性評価および栽培試験を実施した。培地組成はいずれもヤシガラやピートモス等を配合したものである (第3表)。有効水分について、100 ml 円筒に培地を充填し、1 時間飽水させた後有蓋で24 時間静置排水したものを90 分間脱水の遠心法で pF 1.8 と pF 2.7 の水分を測定し、この差の容積を求めた。培地

の保水性について、100 ml 円筒に培地を充填し、一昼夜飽水させた後、pF 1.5 は砂柱法、pF 1.8、2.0、2.2、2.4、2.7 は加圧板法、pF 3.0 は遠心法で99 分間脱水した水分を各区3 反復で測定し、pF と体積含水率の関係を測定した。

栽培試験については、「麗月 (株式会社サカタのタネ)」を2019 年4 月22 日に128 穴セルトレイに播種し、5 月13 日に10.5 cm ポットに鉢上げした。鉢

第3表 培地組成 (2019年)

培 地	(重量%)				
	ヤシガラ		軽石	ピートモス	その他
	繊維状	チップ状			
A 社培地	25	20	30	25	0
B 社培地	17	17	42	16	8
隔離槽専用培地 (対照)	34	0	25	17	24

土は各試験区の培地と同様のものを用いた。センター内ハウス (1a) の「ゆめ果菜恵」に対照培地、A 社培地および B 社培地を充填し、6 月 7 日に、各区株数 8 株×2 反復のトマトを定植し、活着までは十分に灌水した。7 月 18 日～9 月 8 日の間、8 株をまとめて収穫日毎に規格別の収穫果重量を調査した。「HD-001」を 1 と同様の方法で設置し、自動灌水制御を行った。灌水閾値は pF2.1 に設定し、土壌が乾燥して閾値を超えると 1 回あたり 2 分間点滴チューブで灌水する設定とした。ただし、トマト定植直後は 3 分×18 回/日×1 日灌水し、水を培地全体に浸透させた

また、少量多回数灌水の効果を調査するために「ゆめ果菜恵」に対照培地を充填した状態 (トマト未定植) で、タイマー制御により①1 分×12 回/日×3 日、②3 分×4 回/日×3 日、③6 分×2 回/日×3 日の灌水を実施し、培地の湿潤状態について位置ごとの重量含水率を測定した。

3 ヤシガラ単体培地でテンシオメーター法を利用した場合の体積含水率と pF の関係

ヤシガラ培地でテンシオメーターを使用する場合の注意点等を明らかにするために、培地の主要な素材として使われる、再生ヤシガラ繊維片を乾燥・圧縮した商品名：FIBROSOIL GROW BAG (スリランカ JAYAMPATHI LANKA EXPORTS PVT. LTD) を使用して、水分特性を調査した。室内測定法と実際の栽培で使用されるテンシオメーター法では、体積含水率と pF の関係が異なると考えられることから、それぞれの方法で測定し、比較した。

供試培地の有効水分は 2 と同様の方法で測定した。培地の保水性については、砂柱法と加圧板法は 2 と同様、遠心法については 4 個の 100 ml 円筒に培地を乾燥密度 0.086 で充填し、一昼夜飽水させた後、水平ローターで pF1.8、2.0、2.3、2.7、3.0、3.8、4.2 の順に 90 分間の遠心脱水量を測定し、最後に乾物重を測定した。蒸気圧法については、浸透ポテンシャルの影響をなくすため、培地を 6 時間流水にさらした後、純水で洗浄した風乾培地に含水比が 0.8 から 4.5 まで段階的になるように、それぞれ水を加えて混合した。この培地が水分を吸収して均一化させるため、ビニール袋に 3 日から 4 日間密封した。培地のマトリックポテンシャルは WP4 水ポテンシャル測定装置で測定した。測定は、室温・チャンバーとも 20℃で、試料をチ

ャンバー挿入後、20 分間蒸気圧が平衡に達するのを待って行った。テンシオメーター法は、培地の水分調整が風乾培地に含水比で 1.3 から 4.9 まで段階的になるように、それぞれ水を加えて蒸気圧法と同様に密封して水分を均一化した。2 L ビーカーに培地を乾燥密度 0.086 で充填し、テンシオメーターをビーカー中央に設置した。ラップでビーカーを覆い、半日から 2 日後に pF を測定した。

栽培試験については、センター内ハウス (1a) において、「ゆめ果菜恵」に A 社培地または FIBROSOIL GROW BAG を充填して大玉トマトを栽培した。2020 年 8 月 3 日に台木「グリーンセーブ」、8 月 4 日に穂木「CF 桃太郎はるか」を播種し、8 月 20 日接ぎ木、9 月 14 日に定植した。1 と同様に株式会社センシズ社製「HD-001」を設置し、灌水閾値を pF 1.7～2.0 (生育状況や培地表面の乾燥状況により変更)、1 回あたり灌水時間を 1 分に設定した。点滴灌水チューブ (ユニラム CNL ドリッパー間隔 15 cm ; 株式会社ネタフィムジャパン) を栽培槽 1 列あたり 2 本設置した。自動灌水するための制御機器として、センターと株式会社サンポリが共同開発した「Evo マスター」を使用した (2021, 重藤)。1 区 8 株を調査対象株とし、1 週間毎に収穫果の重量、規格を調査した。

結 果

1 灌水量がトマトの生育収量に与える影響

各試験区において第 1 表の自動灌水設定により灌水された平均灌水量は 490～870 ml/株/日となり、月別では第 2 表のとおりとなった。灌水量が多いほど株あたり可販果収量および果数が増加、平均 1 果重が重くなり、灌水量が少ないほどその逆の傾向となった (第 4 表)。490 ml/株/日区で、尻腐れ果の重量割合が 10.1%と多かった。平均 Brix 糖度については、灌水量が少ないほど高くなった。ただし、収穫開始期の 2 月と、後期の 5 月以降は 8%を下回る果実割合が増加した (第 2 図)。1 株あたり 日平均灌水量が 590 ml 区で、目標である可販果収量 8 t、平均 Brix 糖度 8%を達成した。茎径については、平均灌水量が多い 720～870 ml/株/日区は比較的太く推移し、590～660 ml/株/日区は 10～12 mmで推移、490 ml/株/日区は 7 段目以降急激に細くなった (第 3 図)。

第4表 灌水量が収量および糖度に与える影響 (2017年)

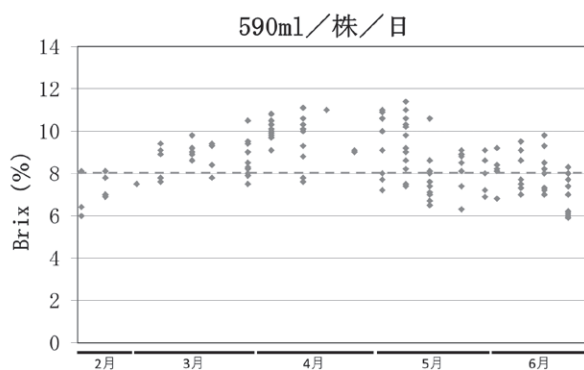
試験区 (灌水量)	可販果収量 ^z kg/株	可販果収量 ^y t/10a	規格別重量割合 %				可販果 個/株	可販果 平均1果重 g	平均Brix糖度 %
			可販果	尻腐れ	裂果・裂皮	その他規格外 ^x			
870ml/株/日	5.1 c ^w	12.7	81.6	3.1	2.4	12.9	35.8 b	142 d	7.2a
720ml/株/日	3.9 b	9.8	79.9	6.5	5.0	8.6	32.3 b	121 bc	7.9 b
660ml/株/日	3.9 b	9.8	78.8	4.4	2.3	14.5	31.5ab	124 c	7.5ab
590ml/株/日	3.4 b	8.5	87.2	2.6	4.4	5.8	31.3ab	109ab	8.6 c
490ml/株/日	2.5a	6.2	77.2	10.1	3.9	8.9	26.1a	94a	8.9 c

^z 可販果は1果重60～250gで形状良く障害の無いもの。収穫期間は2018年2月25日～6月18日

^y 10aあたり栽植株数2500株として算出

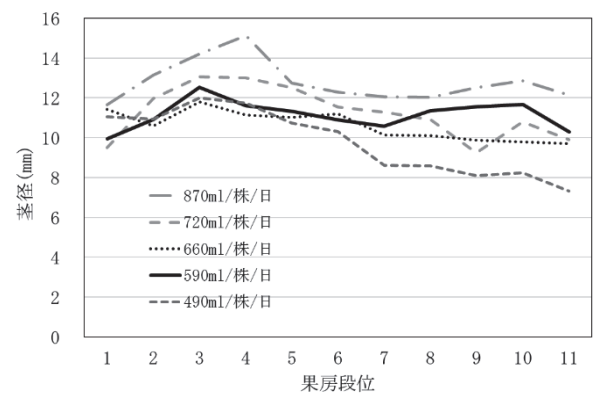
^x 尻ぐされや裂果・裂皮以外の障害果や可販果の1果重範囲外の果実

^w 異なる英文字間にTukey法により5%水準で有意差あり (n=12)



第2図 Brix 糖度 (590ml/株/日) の推移 (2017年)

可販果収量 8t/10a と平均 Brix 糖度 8%の両方を達成した試験区



第3図 灌水量と茎径の推移 (2017年)

栽培終了時に各果房下の茎径 (長径) を測定

2 培地特性とトマトの生育収量

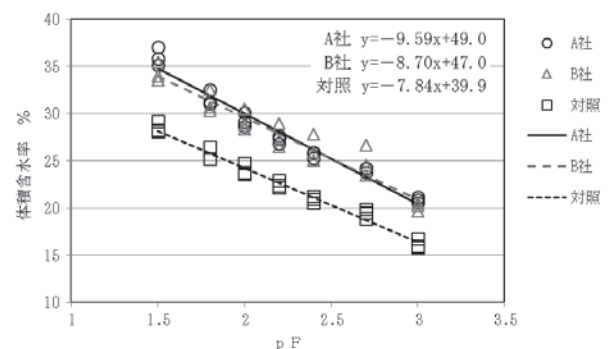
pF1.5 に調整した培地の三相分布は、いずれの培地も気相率が50%以上であった (第5表)。pF 1.8～pF 2.7 の易有効水分は、A 社培地が比較的高く、B 社培地と対照培地が低かった。室内測定法における pF と体積含水率の関係は、どの培地も pF 1.5 から pF 3.0 の間では回帰直線に近似できた (第4図)。同じ pF 値では A 社培地と B 社培地が対照培地よりも高い体積含水率になった。回帰直線は、pF 1.5 から pF 3.0 の間で、A 社培地と B 社培地がほぼ同じであった。

トマトの株あたり可販果収量および個数、平均1果

第5表 培地の三相分布と有効水分 (2019年)

培地	充填乾燥密度	pF1.5 (%)			有効水分 (%) pF1.8～pF2.7
		気相率	液相率	固相率	
A 社培地	0.246	53.0	36.0	11.0	7.5
B 社培地	0.286	52.7	34.4	12.9	6.3
隔離槽専用培地 (対照)	0.260	56.6	28.5	14.9	6.2

重は、A 社培地>B 社培地>対照培地の順で重い傾向であった (第6表)。規格別重量割合については、B 社培地の裂果がやや多かったが、それ以外は試験区間の差が小さかった。定植日の灌水後に培地表面の水の広



第4図 各培地の pF と体積含水率の関係 (2019年)

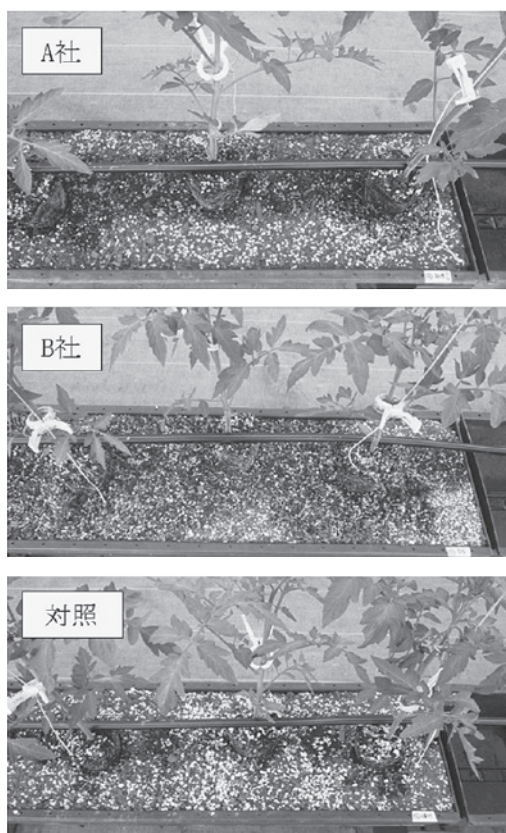
第6表 培地による収量等の違い (2019年)

培地名	可販果収量 ^z kg/株	可販果収量 ^y t/10a	規格別重量割合 %				可販果 個/株	可販果 平均1果重 g
			可販果	尻腐れ	裂果	その他規格外 ^x		
A社培地	2.3	5.7	86.3	5.4	7.6	0.8	155	117
B社培地	2.0	5.0	79.8	5.0	13.0	2.2	142	114
隔離槽専用培地 (対照)	1.8	4.4	83.6	4.9	9.1	2.5	138	103

^z 可販果は1果重60～250gで形状良く障害の無いもの。収穫期間は2019年7月18日～9月8日

^y 10aあたり栽植株数2500株として算出

^x 尻ぐされや裂果・裂皮以外の障害果や可販果の1果重範囲外の果実



第5図 定植後に灌水した時の培地表面の様子 (2019年)

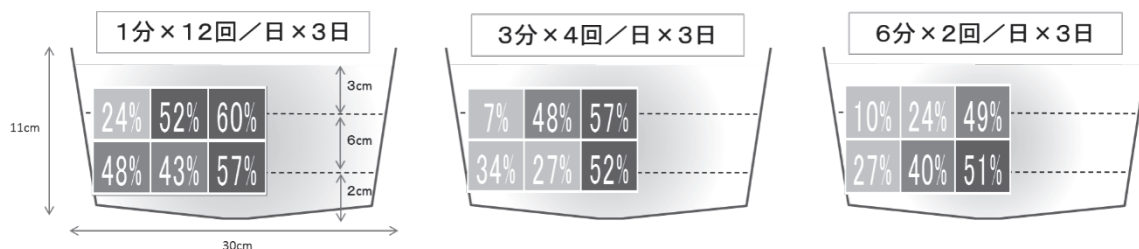
3分×18回/日 灌水後 (約2.7L/株)

がりを観察したところ、対照培地と比較して、A社培地とB社培地が早く広がった (第5図)。いずれの区も、要素欠乏症などの生理障害は見られなかった。

また、対照培地において、トマトを定植していない状態で灌水回数と培地への水浸透状態の違いを評価したところ、最も少量多回数灌水である① 1分×12回/日がいずれの測定位置においても重量含水率が高く、横方向への水浸透にも優れていた (第6図)。

3 ヤシガラ単体培地でテンシオメーター法を利用した場合の体積含水率とpFの関係

テンシオメーター法の水分特性は pF1.8～1.9 の間で、直線の傾きが異なり、pFが高くなると体積含水率の低下が抑えられた。蒸気圧法は、pF3.4 以下での水分特性曲線がばらつくが、pF3.8 以上では安定した特性になった (データ省略)。遠心法の水分特性は、pF1.8～4.2 の間で、直線関係になり、pF 3.8 以上では蒸気圧法とほぼ同じ特性になった。砂柱法・加圧板法の水分特性は pF2.0 以下では直線関係であるが、pFが高くなると体積含水率の減少が抑えられる曲線になった。室内測定法を比較すると、加圧板法と遠心法の特性は連続しない。遠心法は、遠心力によって試料の圧縮が生じて低 pF での体積含水率を低く見積もること



第6図 灌水パターンによる培地の湿潤状態の違い (2019年)

1回の灌水時間と1日当たりの灌水回数を変えたパターンで3日間タイマー灌水し、位置ごとの重量含水率で示した。

第7表 培地による収量等の違い (2020年)

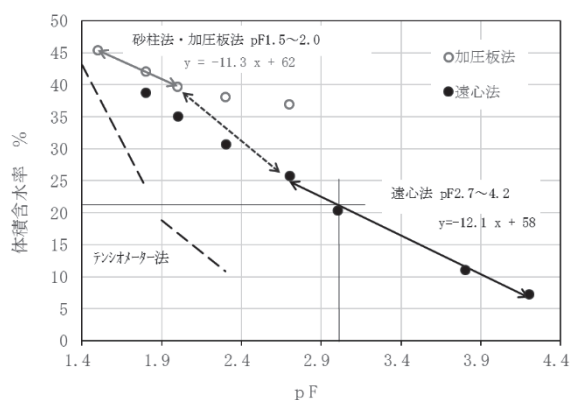
培地	可販果収量 kg/株 ^z	可販果収量 t/10a ^y	規格別重量割合 %				可販果 個/株	可販果 平均1果重 g
			可販果	尻腐れ	裂果・裂皮	その他規格外 ^x		
A社培地	6.4 ^w	16.0	76.7	2.0	9.5		40.6	157
ヤシガラマット	6.7	16.6	78.8	1.4	10.5	9.4	42.6	156
t検定	n. s.	—	—	—	—	—	n. s.	n. s.

^z 可販果は1果重60～250gで形状良く障害の無いもの。収穫期間は2020年12月31日～2021年4月30日

^y 10aあたり栽植株数2500株として算出

^x 尻ぐされや裂果・裂皮以外の障害果や可販果の1果重範囲外の果実

^w *は5%水準で有意差あり, n. s. は5%水準で有意差なし (n=8)



第7図 各種測定方法によるヤシガラ培地のpFと体積含水率の関係 (2020年)

になる。実際の水分特性は、pF1.5～2.0が加圧板法、pF2.7～4.2が遠心法、pF2.0～2.7が加圧板法と遠心法を結ぶ直線に近いと判断された(第7図)。なお、A社培地とヤシガラマット区の可販果収量を比較したところ、有意差は認められなかった(第7表)。規格別重量割合や平均1果重についても同様であった。

考 察

1 灌水量がトマトの生育収量に与える影響

トマトにおいて、生育、収量と糖度の間には極めて高い負の相関関係が成り立つことが報告されている(栃木, 1989, 白水, 2011)。今回の試験において「ゆめ果菜恵」におけるトマト栽培で株あたり灌水量を変えて収量とBrix糖度を調査した結果、これらの報告と同様であることが確認された。また、各経営体が目標とする収量やBrix糖度が明らかな場合、第2表から得られた月別の日平均灌水量や各果房下の茎径推移を指標にすることができる。例えば、灌水量が最も多い870 ml/株/日区では12.7 t/10aの可販果収量を得ており、長期どり作型であればさらに増収すると推

察できる。一方590 ml/株/日区では、平均Brix糖度8%以上、可販果収量8 t以上を達成したものの、それ以上に水分ストレスを与えると規格外果が急激に増えるなど、リスクも高くなるといった。したがって、「ゆめ果菜恵」で水分ストレス栽培を行う場合は、季節的、部分的な培地の湿潤域変化を考慮する必要がある。今回すべての試験区において、11月13日の定植後2週間は培地全体が湿るように手灌水した。冬季は植物体も小さく蒸散量も少ないため、1月末頃まで培地全体の湿潤状態が保たれる傾向にあった。2月の収穫開始時期のBrix糖度が低めだったのはその影響が大きいと思われる。12月以降は自動灌水制御に移行し、土壤水分計付近の土壤水分は各区の設定どおり制御された。しかしながら「ゆめ果菜恵」の栽培槽は幅が30 cmあり、水平方向では灌水チューブから離れた位置になるほど乾燥することが確認された。少量多回数灌水によって、水平方向の水分ムラが緩和されることは分かったが、それでも2月の蒸散量が増加する頃から栽培槽の端が極端に乾燥し、それに伴い、供試したトマトには葉の巻きや尻腐れ果の発生が増加した。これは、一度伸長した根が乾燥枯死することによる影響と思われる。吉田ら(2007)は、尻腐れ果の発生は少給液区の中では根域容量が小さいほど少なくなるとしている。培地容量が少ないシステムとして、Dトレイ(0.25 L/株)やポットファームシステム(1.2 L/株)なども開発されている。一方で、「ゆめ果菜恵」は25cm株間の場合、株あたり培地量が7.5 Lであることから、十分な給液量と一定の排液量が発生するような灌水方法が適するシステムと考えられる。「ゆめ果菜恵」で安定して高糖度トマト収穫を狙う場合には、栽植密度を高めて株あたり培地量を小さくする方法や、定植初期から土壤水分制御を行い、根域を狭く維持するような栽培方法が有効と思われる。

今回の試験では、2種類の土壌水分センサーを使用した。テンシオメーターは、後述するように気相率の高い有機質培地では、一般の土壌に比べて高 pF 時に正確な測定が困難となる。一方で誘電率土壌水分計は、その計測方法により TDR 土壌水分計、ADR 土壌水分計やキャパシタンス土壌水分計などが開発されており、乾燥培地でも比較的精度の高い計測が可能とされている。しかしながら、いずれの土壌水分計も、水分量による出力値が温度や塩分に依存して、水分量を過大評価あるいは過小評価することが問題になっている（井上, 2017）。さらに、土壌水分計による指示値を閾値とした自動灌水制御を行う場合、様々な要因で灌水量の誤差が生じやすく、具体的な要因として灌水チューブの灌水ムラや部分的な排液率の違い（いわゆる水みちができる）、土壌水分計付近の植物体の生育や根量の違い等が考えられる。そもそも、1ヶ所のセンサー値から、バラツキのあるほ場の灌水を均一に行うことは困難である。対策としては、できるだけほ場の代表値となりうる地点に土壌水分計を設置し、灌水チューブは水ダレ防止機構等のついた、精度の高いものを使うことが重要である。また、植物の生育（茎径等）や土壌表面の観察、流量計のチェックによってその誤差を少しでも解消した上で、土壌水分計の測定値を目安とした自動灌水制御に取り組む必要がある。

2 培地特性とトマトの生育収量

隔離床用の培地は、過湿になりにくいと同時に極端に乾燥せず、水分制御が容易なことが求められる。同じ pF 値では A 社培地と B 社培地が対照培地よりも高い体積含水率であり、特に A 社培地は有効水分も比較的高く、「ゆめ果菜恵」用培地として適性が高いと思われた。ただし、今回供試したすべての培地は連年使用により、培地中有機物の繊維が分解され通気性が低下することや作物根残滓が多量に蓄積してくることを前提に、全孔隙が高くなるように、有機物と鉱質物の種類や量が調整されている。したがって、培地が新しい使用の初年目は特に、有効水分が少なく作物が水分ストレスを強く受けやすいので、灌水管理に注意が必要である。

3 ヤシガラ単体培地でテンシオメーター法を利用した場合の体積含水率と pF の関係

岩田ら（2017）は、灌水タイミングを正確に知った

い場合はマトリックポテンシャルの測定が有効であるが、テンシオメーターでは土壌が乾燥すると（圧力水頭で -700 cm 以下、pF 値では pF2.8 以上）、素焼きカップや容器の隙間から空気が入ってしまい、正確な測定が困難になるとしている。今回、ヤシガラ単体培地の室内法で測定した水分特性と、テンシオメーター法で測定した水分特性は大きく異なっていた。なお、室内法での水分特性曲線は、脱水過程の特性である。吸水過程ではヤシガラ繊維内に徐々に水が浸入することから、土壌よりもヒステリシス効果が大きいと思われる。吸水過程の特性曲線は、脱水過程より同じ pF 値では体積含水率は低くなり、第7図のテンシオメーター法の曲線側に近づく。したがって、灌水後に下がった pF 値が上がる幅が大きいことから、灌水量の設定には注意が必要である。本試験では、テンシオメーターの指示 pF 値が 1.9 の時は室内法による培地 pF が 3.0 で蒸散量抑制の水分域にあり、植物に過度な水分ストレスを与えていることが分かった。「ゆめ果菜恵」では、ヤシガラを主体として配合した気相率の高い有機質培地を使用する。有機質培地は、ポーラスカップと培地粒子の接着面が少ないことから、一般の土壌に比べて pF 値の安定に時間がかかり、培地の乾燥密度が低くなれば（緩く詰めれば）更にこの差は広がると思われる。これらのことから、テンシオメーターを指標として水管理を行うには注意深く行う必要があり、最低限、指示 pF 値と培地水分（体積含水率や含水比等）の関係を栽培槽で実測し、水分特性を把握しておくことが重要である。

摘 要

隔離床栽培システム「ゆめ果菜恵」利用して大玉トマトを栽培し、日平均灌水量が収量および品質に与える影響を調査した。収量と糖度の間には極めて高い負の相関関係があった。試験区の中で、590 ml/株/日では、目標である平均 Brix 糖度 8%以上、可販果収量 8 t 以上を達成できた。ヤシガラを中心に構成された 2 種類の試験培地は対照培地と比較して、有効水分が高く「ゆめ果菜恵」用培地として適正が高いと思われた。ヤシガラ単体培地の室内法で測定した水分特性と、テンシオメーター法で測定した水分特性は大きく異なっていた。テンシオメーターの指示 pF 値が 1.9 の時は室内法による培地 pF が 3.0 で蒸散量抑制の土壌水

分域にあり、植物に過度な水分ストレスを与えていることが分かった。

引用文献

- 細川卓也・小松秀雄・前田幸二・中村和洋・吉田徹志・福元康文. 2006. ヤシガラ・バーク成型培地を用いた養液栽培での 日射比例給液制御による長段どりトマトの高糖度果実生産. 園芸学研究. 5(1) . 39-44
- 井上光弘. 2016. ユーザーから見た市販マルチセンサーの測定精度の評価. 土壌の物理性. 132. 31-39
- 岩田幸良・宮本輝仁・亀山幸司. 2017. 土壌水分を測定するセンサー「農村工学研究部門メールマガジン」第93号
- 金子良成・樋江井清隆・榊原正典・今川正弘. 2006. 低コストで設置が簡単なトマト袋培地栽培システムの開発. 愛知県農業総合試験場研究報告 38. 45-50
- 黒崎秀仁. 2018. UECS による複合環境制御システムの進化, 農業食料工学会誌 80(3), 160-170
- UECS 用ロジック開発ツール活用マニュアル, 2019, 農研機構技術紹介パンフレット
[https://www.naro.go.jp/publicity_report/](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130278.html)
- publication/pamphlet/tech-pamph/130278.html
- 松浦京子・高柳りか・佐藤達雄・吉田 誠. 2002. 灌水同時施肥法による高糖度トマトの安定生産. 神奈川県農業総合研究所研究報告. 143. 55-60
- 重藤祐司・安永 真. 2021. 園芸作物のスマート農業技術開発の取り組み. 令和2年度山口県農林総合技術センター成果発表要旨
<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a17201/nougyou/kikaku/r2seikayousi.html>
- 白水武仁・吉田耕起・岩本英伸・山並篤史. 2011. 簡易隔離床を利用した高糖度トマト生産のための培地のpF値に基づく自動給液管理法. 熊本県農業研究センター研究報告 18. 56-62
- 栃木博美・川里 宏. 1989. トマトの促成栽培における土壌水分が果実品質に及ぼす影響. 栃木県農業試験場研究報告 36. 15-24
- 鶴山浄真・刀禰茂弘・宇佐川恵・茗荷谷紀文・鹿島英一郎. 2016. トマト簡易隔離床栽培システムの開発とこれを用いた2作型での生産実証. 園芸学研究第15(2). 531
- 吉田裕一・松野太樹・新開 礼・後藤丹十郎. 2007. 根域容量と日射比例給液制御による給液量がトマトの生育・収量と果実品質に及ぼす影響. 岡山大学農学部学術報告. 96. 37-42

近接リモートセンシングによる「山田錦」の窒素蓄積量の推定値が 生育ステージによって異なる要因の解明

有吉 真知子・村田 資治・金子 和彦

Identification of the factors causing variation in the nitrogen accumulation estimated by
proximal remote sensing in “Yamadanishiki” with the growth stage

ARIYOSHI Machiko, MURATA Motoharu and KANEKO Kazuhiko

Abstract: The relationship between the S1 value, which is obtained from the reflectance of near-infrared and red light by proximal remote sensing, and the above-ground nitrogen accumulation in the sake-brewing rice cultivar “Yamadanishiki” was examined to determine the factors that cause variation in the relationship with plant growth stage. We focused on the effect of the presence or absence of rice ears at full heading on the aforementioned relationship. In plants where ears were removed at full heading, above-ground nitrogen accumulation tended to be lower than in plants where ears were not removed, although the S1 value did not change significantly. This suggests that the presence of ears is one of the factors that cause the variation in the relationship between the S1 value and aboveground nitrogen accumulation with plant growth stage.

Keywords: S1 value, sake-brewing rice, laser-based growth sensor

キーワード : S1 値、酒造好適米、レーザー式生育センサー

緒 言

山口県では日本酒の生産量が増加傾向にあり、実需者からは酒造好適米の高品質化と安定供給が求められている。水稻の生産現場においても、収益性の高い酒造好適米の生産が活発化しており、新規に酒造好適米栽培を始める生産者も増加している。しかしながら、酒造好適米として需要の高い「山田錦」は長稈で倒伏しやすく(金子・羽嶋, 2007)、肥培管理が難しいため、生育量に応じた迅速で精密な穂肥診断技術の確立が求められている。

これまで、近接リモートセンシングは、食用米などの高品質米生産に有効であることが示され、実用化されつつある(安積・志賀, 2003)(鳥山, 2009)(境谷・井上,

2012)(境谷, 2016)。有吉ら(2021)は、「山田錦」の生育において、地上部窒素蓄積量と、S1 値(近赤外光と赤色光の反射率から得られる出力値)との間に密接な正の相関関係があること、この性質を利用することで、幼穂形成期のリモートセンシングにより適正穂肥量の算出が可能となることを明らかにした。

同時に、センシングの時期によって回帰直線が異なること、すなわち、生育ステージが進むにつれて、同じ S1 値であっても地上部窒素蓄積量は多くなることを報告している(有吉ら, 2021)。リモートセンシングによって得られる S1 値と水稻の地上部窒素蓄積量の関係が生育ステージによって異なることは、先行研究でも報告されて

いる。例えば、正規化植生指数(NDVI)は植被率と関係があり、葉面積指数(LAI)が大きくなると飽和するため、生育後期には地上部窒素蓄積量とNDVIの関係が異なること(平井ら, 2014)や、最高分けつ期に比べて、幼穂形成期以降はNDVIあたりの地上部窒素蓄積量が高い傾向にあることが知られている(浪川ら, 2016)。有吉ら(2021)は、出穂後にS1値と地上部窒素蓄積量の変化する要因として、葉と穂では分光反射特性が異なり、出穂によって水稻群落の植生指数が変化する可能性を指摘している。先行研究では、「コシヒカリ」および「はえぬき」において葉と穂の反射スペクトルが異なることが報告されている(井上ら, 2008)が、「山田錦」に関して同様の報告はない。

そこで本研究では、S1値と地上部窒素蓄積量の関係に影響する要因として穂に着目し、「山田錦」において、穂の有無によってS1値と地上部窒素蓄積量の変化するかどうかを検証した。その結果、リモートセンシングによる窒素蓄積量推定の精度向上に寄与する知見を得たので報告する。

材料および方法

1 耕種概要

試験は、2019年に山口県農林総合技術センター(山口県山口市)において実施した。耕起前に試験ほ場の5カ所から地表下0~15cmの作土を採取し、「土壌環境分析法」(土壌環境分析法編集委員会, 1997)に記載された手法に従って分析した(第1表)。作土深は、ほ場の5カ所に直径約1cmの棒を人力で貫入しなくなるま

でさしこみ、貫入した深さの平均値とした。

品種は「山田錦」を用いた。2019年5月17日に播種した後、プール育苗を行った。栽植密度は条間30cm、株間19.5cm、17.1株/m²とし、6月7日に稚苗を移植した。

2 処理区の設定

基肥は、化成肥料(N: 14%, P₂O₅: 16%, K₂O: 14%)を用いて、移植前の代かき(植代)時の6月3日に全層施用した。追肥は化成肥料(N: 14%, P₂O₅: 6%, K₂O: 14%)を用いて、最高分けつ期(7月17日、中間追肥)、幼穂形成期(7月30日、穂肥Ⅰ)、減数分裂期(8月13日、穂肥Ⅱ)の3回に分けて表層施用した。基肥—中間追肥—穂肥Ⅰ—穂肥Ⅱの各窒素施肥量が異なる処理区を7区設け、1~3反復とした(第2表)。各処理区の面積は90m²とした。

設置した7区のうち5区において、「穂あり区」と「穂除去区」を設けた(第2表)。「穂除去区」では、穂揃期調査(8月29日)の前日に、リモートセンシングの照射部分にあたる6条×約2mの穂を抜き、「穂あり区」は穂の除去は行わなかった。各処理区の面積は3.6m²とした。

3 調査方法

測定に使用したセンサーと測定方法は、有吉ら(2021)と同様とした。すなわち、リモートセンシングにはレーザー式生育センサー(CropSpec、株式会社トブコン)を用いて、ソリ状の台座にセンサーを搭載し、田面を条方向に滑走させながら測定した(第1図)。センサー

第1表 供試ほ場における作土の理化学性

圃場	pH (H ₂ O)	CEC (meq)	全窒素 (%)	腐植含量 (%)	可給態窒素 (mg/kg)	可給態リン酸 (mg/kg)	交換性カリ (mg/kg)	作土深 (cm)
53号田	6.1	12.0	0.14	2.8	88	269	143	14.7

全窒素および全炭素は乾式燃焼法で、可給態窒素は風乾土30℃を4週間培養して求めた

可給態リン酸はトルオーグ法、交換性カリは酢酸アンモニウム抽出法で測定した

腐植含量は全炭素に1.724を乗じた値を示す

近接リモートセンシングによる「山田錦」の窒素蓄積量の推定値が生育ステージによって異なる要因の解明

第2表 「山田錦」の栽培試験で設定した施肥体系と試験区の構成

肥料の種類	窒素施肥量 (g m ⁻²)				基肥量 (g m ⁻²)		反復数	地上部窒素蓄積量の調査区数				
	基肥	中間追肥N	穂肥 I	穂肥 II	リン酸	カリ		最高分げつ期	幼穂形成期	減数分裂期	穂揃期	
無窒素	0	0	0	0	4.0	6.0	2	1	1	1	1	1
配合肥料	0	2	0.3	0.9	4.5	7.2	1	1	1	0	0	0
	0	2	0.6	1.3	4.8	7.9	1	0	0	1	1	1
	0	2	0	1.2	4.5	7.2	1	0	1	0	0	0
基肥;化成464 穂肥;追肥6号	2	2	0	2	4.0	6.0	3	0	2	1	1	1
	2	0	2.7	0	5.2	8.7	1	0	0	1	1	1
	2	0	2	2	4.0	6.0	3	2	2	1	1	1
合計								4	7	5	5	5



第1図 レーザー式生育センサーを用いたリモートセンシングの様子

は、田面から高さ3 mとなるように設置し、進行方向に対して右側45度 に設置した。センサーの照射範囲は草冠上2.5 mの場合、約0.94 m²であった。

水稻の地上部窒素蓄積量は、最高分げつ期(7月17日)、幼穂形成期(7月30日)、減数分裂期(8月13日)、および穂揃期(8月29日)において、追肥を行う直前に調査した(第2表)。各時期において、窒素施肥量が異なる3〜5処理を対象として、各処理1〜2反復で調査した。穂揃期は「穂あり区」と「穂除去区」のそれぞれを対象とした。まず、試験区内の1カ所にレーザーを照射してセンシングし、次いで照射範囲の中心付近にある稲株を9株抜き取った。これらの株は、根を取り除い

て80℃で72時間以上通風乾燥させ、乾物重を測定した。窒素含有率は、同試料を用いてNCアナライザー(SUMIGRAPH NC-22F、住化分析センター)による乾式燃焼法で測定した。地上部窒素蓄積量は、窒素含有率を地上部乾物重に乗じて求めた。

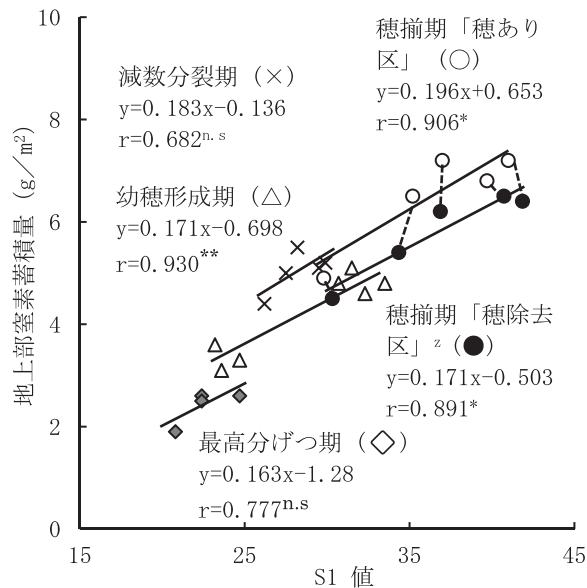
4 統計処理

データの統計処理は、統計ソフトRを用いた。回帰直線の切片および傾きの差は共分散分析で検定した。2変量の関係の指標として、ピアソンの積率相関係数を求めた。

結 果

最高分げつ期、幼穂形成期、減数分裂期、穂揃期の各々のステージにおけるS1値とセンシング時の地上部窒素蓄積量の関係を第2図に示した。各生育ステージにおいて、S1値と窒素蓄積量との間には正の相関関係がみられ、生育ステージが進むにつれて回帰直線の切片は増加する傾向にあった。そこで、第2図のデータから穂揃期の穂除去区を除いて、共分散分析を行ったところ、生育ステージの効果が有意であった(第3表)。

次に、穂揃期において、センシングの前日に穂を除いた穂除去区は、穂あり区と比較して回帰直線の切片が低下する傾向にあった(第2図)。そこで、穂の有無の効を明らかにするため、穂揃期の穂除去区と穂あり区のデータを用いて共分散分析を行ったところ、穂の有無の効果



第2図 「山田錦」における生育ステージ別の
S1 値と照射範囲にある稲体の地上部窒
素蓄積量の関係

^z 「穂除去区」は穂揃期に照射範囲の穂を除去した区
 点線でない区は同一施肥条件で穂の有無が異なる区は
 各生育ステージの単回帰分析の結果
 相関係数の*は5%水準、**は1%水準で有意であり、n.sは
 有意でないことを示す

第3表 各生育ステージ（穂揃期の「穂除去区」を除く）における共分散分析の結果

モデル式	決定係数	説明変数	P 値
窒素蓄積量～S1値＋生育ステージ＋交互作用	0.947	S1値	<0.001
		生育ステージ	<0.001
		交互作用	0.969

第2図の最高分げつ期、幼穂形成期、減数分裂期、穂揃期「穂あり区」のデータを用いた
 モデル式において、～の左側は目的変数、右側は説明変数を示す
 交互作用はS1 値と生育ステージの交互作用を示す
 決定係数は自由度調整済み決定係数を示す

第4表 穂揃期の「穂除去区」と「穂あり区」における共分散分析の結果

モデル式	決定係数	説明変数	P 値
窒素蓄積量～S1値＋穂の有無＋交互作用	0.825	S1値	<0.01
		穂の有無	<0.05
		交互作用	0.692

第2図の穂揃期の「穂除去区」と「穂あり区」のデータを用いた
 モデル式において、～の左側は目的変数、右側は説明変数を示す
 交互作用はS1 値と穂の有無の交互作用を示す
 決定係数は自由度調整済み決定係数を示す

が有意であった(第4表)。つまり、穂を除去することでS1
 と窒素蓄積量の回帰直線の切片は有意に低下した。穂揃
 期の穂除去区の回帰直線の傾きと切片に近いのは、幼穂
 形成期の回帰直線であった。そこで、穂揃期の穂除去区
 と幼穂形成期のデータを用いて共分散分析を行ったとこ
 ろ、生育ステージの効果は有意ではなかった(第5表)。

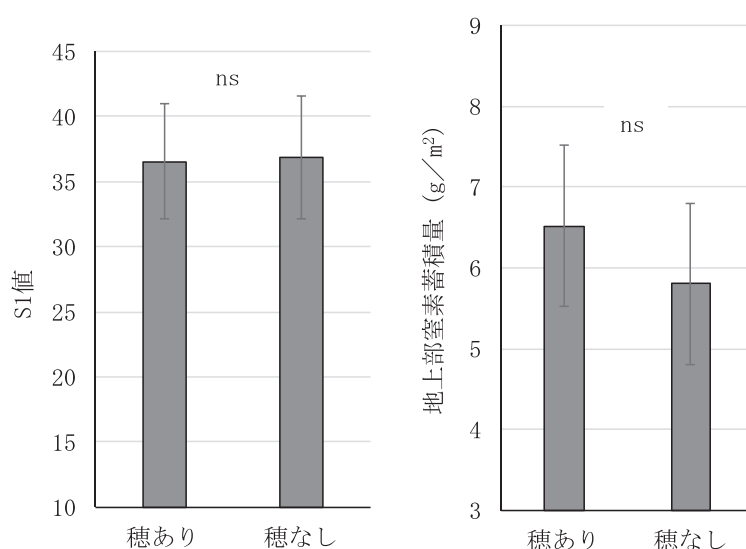
穂の除去が S1 値に及ぼす影響を明らかにするため、
 穂揃期の穂あり区と穂除去区の S1 値を比較したところ、
 穂あり区と穂除去区では S1 値は変わらなかった。次に、
 穂揃期の穂あり区と穂除去区の窒素蓄積量を比較したと
 ころ、穂除去区では窒素蓄積量が低下する傾向にあった
 (第3図)。つまり、穂を除去することによって、S1 値は変
 化しなかったが、窒素蓄積量が低下する傾向にあった。

近接リモートセンシングによる「山田錦」の窒素蓄積量の推定値が生育ステージによって異なる要因の解明

第5 表 幼穂形成期と穂揃期「穂除去区」における共分散分析の結果

モデル式	決定係数	説明変数	P 値
窒素蓄積量～S1値＋生育ステージ＋交互作用	0.825	S1値	<0.001
		生育ステージ	0.494
		交互作用	0.996

第2図の幼穂形成期と穂揃期「穂除去区」のデータを用いた
モデル式において、～の左側は目的変数、右側は説明変数を示す
交互作用はS1値と生育ステージの交互作用を示す
決定係数は自由度調整済み決定係数を示す



第3 図 「山田錦」における穂の有無が穂揃期のS1 値と地上部窒素蓄積量に与える影響

考 察

本研究では、近接リモートセンシングにより得られるS1 値と地上部窒素蓄積量の関係が、生育ステージによって異なる要因として、穂の有無に着目し、その影響を確認した。本研究においても、有吉ら(2021)と同様に、S1 値と窒素蓄積量との間に正の相関関係がみられ、生育ステージが進むにつれて回帰直線の切片は増加した(第2図)。このことから、S1 値と窒素蓄積量の関係は生育ステージで異なるといえる。

有吉ら(2021)が指摘した穂揃期の穂の反射率の違いを確認するため、穂揃期のセンシング前に穂を除去した穂除去区を設けた。穂除去区では、S1 値に対する地上

部窒素蓄積量の回帰直線が穂あり区と有意に異なり、幼穂形成期の回帰直線に近くなることが示された(第2図)。深山(1986)によると、出穂期に籾が保有している窒素は、出穂期窒素保有量の約10%に相当する。本研究においても、穂を除去することで地上部窒素蓄積量が4～17%減少した(第3図)ことから、穂が窒素を蓄積していたと考えられる。一方、穂を除去した場合もS1 値は変わらなかったことから、出穂後の穂の有無はS1 値に影響を及ぼさないと考えられる。これらのことから、S1 値に対する地上部窒素蓄積量の回帰直線が穂の有無で異なったのは、S1 値に影響しない穂に窒素が蓄積されていることが理由として考えられる。

減数分裂期と幼穂形成期ではS1 値に対する地上部

窒素蓄積量の回帰直線が異なった(第2図)が、ここでも穂の窒素蓄積が影響した可能性があると考えられる。本研究の減数分裂期調査は、出穂 11~14 日前にあたり、葉鞘内に幼穂が形成されていた。本研究では測定はしていないが、減数分裂期の幼穂には一定の窒素が蓄積されていたと推察される。しかし、葉鞘内の幼穂はレーザー光の反射に寄与しないことから、幼穂の有無は S1 値に影響しないと考えられる。このことから、幼穂形成期から減数分裂期にかけて植物体地上部に窒素が蓄積したものの、S1 値には影響せず、結果的に減数分裂期と幼穂形成期では S1 値に対する地上部窒素蓄積量の回帰直線が異なったと考えられる。

これらのことから、S1 値に対する地上部窒素蓄積量の回帰直線が生育ステージによって異なる理由として、S1 値では検出できない穂に窒素が蓄積することが考えられる。実際、穂揃期において穂を除去した場合、回帰直線の切片と傾きは幼穂形成期の回帰直線のそれらと差がなくなった(第5表)。

以上のことから、「山田錦」の S1 値と地上部窒素蓄積量の関係について、穂による影響が大きいことが明らかになった。ただし、本研究では植物体による相互遮蔽が S1 値と地上部窒素蓄積量の関係に及ぼす影響は検証していない。穂揃期では、穂の陰になってレーザーが照射されない葉が影響する可能性がある。今後、これらの要因を明らかにすることで、「山田錦」における近接リモートセンシングによる地上部窒素蓄積量と適正穂肥量の予測精度をさらに高めることが可能になると考えられる。

摘 要

酒造好適米「山田錦」において、近接リモートセンシングにより近赤外光と赤色光の反射率から得られる S1 値と地上部窒素蓄積量との関係が、生育ステージによって異なる要因について検討した。本研究では、穂揃期の穂の有無が前述の関係に及ぼす影響に着目して、調査、分析した。穂揃期に穂を除去した群落では、除去しなかった群落に比べて、S1 値に大きな変動はなかったものの、地上部窒素蓄積量は減少する傾向にあった。このことから、穂の存在は、S1 値と地上部窒素蓄積量との関係が生育ステージによって異なる要因の一つであると考えられる。

引用文献

- 安積大治・志賀弘行. 2003. 水稻成熟期の SPOT/HRV データによる米粒蛋白含有率の推定. 日本リモートセンシング学会誌. 23: 451-457.
- 有吉真知子・村田資治・中島勘太・金子和彦・前岡庸介・徳永哲夫・池尻明彦・中野邦夫・荒木英樹. 2021. 近接リモートセンシングによる「山田錦」の生育量と適正穂肥量の推定. 日作紀. 90: 64-71.
- 土壤環境分析法編集委員会. 1997. 第 V 章 土壤化学. 土壤環境分析法 編集委員会編, 土壤環境分析法. 博友社, 東京. 195-259.
- 深山政治. 1986. おいしい米と最適窒素保有量—水稻の品種特性と施肥. 生物と化学. 24: 470-474.
- 平井康丸・西本琢人・猿田恵輔・田中恒大・井上英二・岡安崇史・光岡宗司. 2014. 植物面積指数および葉緑素計値に基づく複数の水稻生育指標の推定法. システム農学. 30: 49-60.
- 井上吉雄・ギアシュディン ミア・境谷栄治・中野憲司・川村健介. 2008. ハイパースペクトル計測に基づく正規化分光放射指数 NDVI マップおよび波長選択型 PLS による植物・生態系変数の評価—米粒タンパク含有率・クロロフィル濃度・バイオマス評価を事例として—. 日本リモートセンシング学会誌. 28: 317-330.
- 金子和彦・羽嶋正恭. 2007. 酒造好適米新品種「西都の雫」の育成. 山口農試研報. 56: 1-8.
- 浪川茉莉・西田瑞彦・高橋智紀・金田吉弘. 2016. 携帯型 NDVI 測定機による NDVI 値と水稻窒素吸収量の関係. 土肥誌. 87: 450-454.
- 境谷栄二・井上吉雄. 2012. リモートセンシングによる玄米タンパク含有率の推定精度に影響する誤差要因. 日作紀. 81: 317-331.
- 境谷栄二. 2016. 青森県内における高品質米生産へのリモートセンシング技術の利用. 計測と制御. 55: 801-805.
- 鳥山和伸. 2009. 非破壊的手法による作物栄養診断の最前線 1. 水稻: リモートセンシングによる窒素栄養診断. 土肥誌. 80: 66-74.

中晩生系リンドウ「西京の白露」および「西京の瑞雲」の育成

藤田 淳史・岡田 知子*

Breeding of Intermediate-Late Flowering Gentian Varieties 'Saikyonoshiratsuyu' and 'Saikyonozuiun'

FUJITA Atsushi and OKADA Tomoko

Abstract: The new gentian varieties 'Saikyonoshiratsuyu' and 'Saikyonozuiun' are F1 hybrid cultivars produced by mother plant-populations showing immobilized characteristics through a group-mass selection method. 'Saikyonoshiratsuyu' has bicolor flowers, white and blue, and the natural flowering period in Yamaguchi is early through late September. The flower color of 'Saikyonozuiun' is vivid blue violet with small clear spots on the outside petals, and the natural flowering period is mid-September through early October. Both varieties exhibited good uniformity of morphological characteristics.

Keywords: *Gentiana triflora*, *Gentiana scabra*, hybrid varieties

キーワード: エゾリンドウ、ササリンドウ、F₁品種

緒 言

リンドウは、盆や彼岸に切り花としての需要が多い花き品目である。国内における主要な産地は、岩手県をはじめとした冷涼な地域であるが、近年は関東以西においても栽培が行われている。

山口県においてリンドウは、下関市山間部を中心に昭和30年代から栽培され、地元花き市場を中心に切り花が出荷されてきた。同時に、現地生産者による育種が行われ、リンドウ属のうちエゾリンドウ(*Gentiana triflora*)やリンドウ(*G. scabra* var. *buergeri*) (以下「ササリンドウ」という。)を用いた系統が育成され、利用されてきた。

一方、国内産地においては、集団選抜法や一代雑種育種法が確立されたことで、これまでに多くの品種が育成、販売されている(吉池, 1992)(瀬戸ら, 2016)。

近年、本県においてのリンドウ栽培は、他県産の市販品種の種苗購入により栽培が行われ、中山間地を中

心に作付面積は微増傾向にあったが、夏季の高温条件や病害虫の発生、品種特性等による影響で株枯れの多発、品質の低下等が問題となっていた。そこで、本県に適する新品種によるリンドウ産地育成を目的に育種開発を進め、2011年には全国で最早期出荷が可能となるオリジナル品種「西京の初夏」を育成した(藤田ら, 2012)。さらに、これ以降も継続的な出荷が可能になることを目的に「西京の涼風」および「西京の夏空」を育成した(藤田ら, 2016)。各品種の共通の特徴として、従来からの栽培品種に比較して耐暑性および耐病性を有することで収量および品質が向上し、県内での栽培面積が拡大した。これら品種の栽培面での特徴として、西南暖地に属する本県の露地において、全国最早期となる5月下旬から出荷が開始され、その後も8月上旬頃まで継続的に出荷が可能であった。このことから、国内の主要な他産地に先行して販売可能な品種として県内外の花き市場で有利販売が展開されてきた。

しかしながら、オリジナル3品種のみの構成では年

* 現 長門農林水産事務所

間需要期を含めた長期出荷に対応できておらず、生産現場や流通関係者から彼岸需要を含めた 9 月以降においても継続出荷可能な県オリジナル品種育成が強く求められた。以上の経緯から、年平均気温 15℃以上の温暖な気象条件である本県の低標高地を含めた全域において、高品質で安定した出荷量を確保できる新品种を開発するため、本県で保持しているエゾリンドウおよびササリンドウの育種素材を基に新たな 2 品種の育成を行った。

材料および方法

1 育種目標

市場性や生産地からの要望を考慮した結果、育種目標は次のように決定した。

- ・開花時期は、県内産地において 9 月から 10 月に開花するもの
- ・開花時の草丈は、山口県内花き市場の出荷規格である 60 cm から 80 cm の切り花長を確保できるもの
- ・花弁の形質は、花冠外面のしま模様によるくすみや斑点が目立たないもの
- ・花段数は、4 ～5 段以上着生し、各着花節位の花が同時に咲くもの
- ・研究報告 印刷様式高温条件や病害による株枯れの発生に対する耐暑性や耐病性を保持するもの

2 育成経過

1) 「西京の白露」

2005 年に下関市豊北町の生産者ほ場において、9 月中旬が開花盛期の白色と青色の複色系エゾリンドウ在来種の中から形質および生育の優れた集団である M9 および M9L の 2 系統を選抜した。その後、形質の固定度を高めることを目的に自殖して育成した各選抜 2 系統の後代である M9-2 および M9L-2 をそれぞれ種子親系統および花粉親系統とした。

その後、育成系統同士を用いた組み合わせ能力検定のための交配を行い、得られた F 1 系統を 16S01 とした。2016 年からは柳井市新庄の山口県花き振興センター内露地ほ場（標高 18 m）（「以下柳井市とする」）において生産力検定試験を開始し、2017 年にその特性が安定していることを確認して育成を完了した（第 1 図）。2017 年 12 月に品種名「西京の白露」で品種登録出願し、2018 年 3 月に出願公表された。また、標高差による品種特性を確認するため、2017 年から

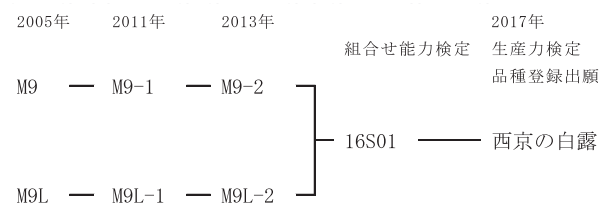
2018 年まで周南市大潮（標高 437 m）（「以下周南市とする」）において現地適応性試験を実施した。

2) 「西京の瑞雲」

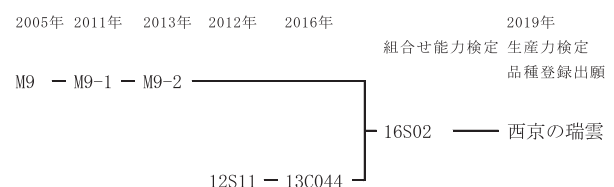
前述の「西京の白露」の種子親系統として育成した M9-2 を種子親系統とした。

2012 年に下関市豊北町の生産者ほ場において、10 月中旬が開花盛期の青紫系ササリンドウ在来種の中から形質および生育の優れた集団である 12S11 を選抜した。その後、形質の固定度を高めることを目的に自殖して育成した後代である 13C044 を花粉親系統とした。

その後、育成系統同士を用いた組み合わせ能力検定のための交配を行い、得られた F 1 系統を 16S02 とした。2018 年からは柳井市において生産力検定試験および現地適応性試験を開始し、2019 年にその特性が安定していることを確認して育成を完了した（第 2 図）。2020 年 6 月に品種名「西京の瑞雲」で品種登録出願を行い、同年 9 月に出願公表された。



第1図 「西京の白露」の育成経過



第2図 「西京の瑞雲」の育成経過

3 特性調査

1) 「西京の白露」

生産力検定として2016年3月7日に播種し、6月5日に柳井市で、畝間160 cm、株間15 cm、条間45 cmの2条植で定植した。対照品種として、花色および花形の特性が類似している「マイファンタジー1」を供試し、同時期に定植した。定植初年度の年間施肥量は、a当たりの成分量で窒素1.5 kg、りん酸1.5 kg、カリ1.5 kg、定植翌年以降の年間施肥量も同量を施用した。

現地適応性試験として、2017年3月8日に播種し、育苗したものを周南市の現地調査ほ場において6月15日に定植した。

2) 「西京の瑞雲」

生産力検定として2018年2月20日に播種し、6月17日に柳井市の山口県花き振興センター内露地ほ場に、畝間160 cm、株間15 cm、条間45 cmの2条植で定植した。対照品種として花色および花形の特性が類似している「深山秋」を供試し、同時期に定植した。定植初年度の年間施肥量は、a当たりの成分量で窒素1.5 kg、りん酸1.5 kg、カリ1.5 kg、定植翌年以降の年間施肥量も同量を施用した。

現地適応性試験として、前述条件で育苗したものを周南市の現地調査ほ場において6月15日に定植した。

3) 調査方法

生産力検定では、定植2年目の切り花における草姿、茎葉、花器等形態的特性および生態的特性について、各品種とも反復無しの30株を対象に調査を実施した。形質の均一性については達観調査により5段階で評価した。

現地適応性試験では、育成品種の定植2年目の切り花における生育特性を現地調査圃場において調査した。

各試験とも開花時期は収穫前となる着花中央節の花蕾の約3割が開花した時点とした。

結 果

1 「西京の白露」

1) 形態的特性

2年生株における草丈は124.8 cm、茎径は5.8 mm、

節数は30.1本、中間部の節間長は4.5 cm前後で、対照品種よりも生育は旺盛である。茎の表面にはアントシアニンの着色がみられない。また、側枝の発生は対照品種よりも多く5.0本である。草姿における形質の均一性は、対照品種と比べ同等以上であった(第1表、第3図、第4図)。

葉の長さは7.8 cm、幅は2.7 cmの広披針形をしており、斜め上に向かって着生し、縦断面は水平である。葉の緑色の着色は中程度である。茎葉における形質の均一性は対照品種と比べ同等であった(第2表)。

花冠の長さは45.9 mmで、花筒部の直径は11.7 mmの釣鐘型である。花冠の外面上部の色はRHSカラーチャート96Aの鮮青紫色、花冠外面のしま模様の色は白色であり、花冠全体では複色となる。これは同傾向の外観を示す対照品種に比べ、花冠裂片の表面の青色がわずかに淡いことと、花冠の外面上部の色が対照品種の白色に対して青色であることで相違がみられる。着花段数は8.5段と十分に確保できる。また、頂部と着花中央節ともに対照品種よりも花冠サイズが小さいが、多くの着花数が確保でき、ボリューム感で劣ることではない。花器における形質の均一性は対照品種と同等であった(第3表、第5図)。

2) 生態的特性

2017年における平均開花期は9月16日であり、「マイファンタジー1」よりも約3週間以上遅く、開花期間は約2週間程度であった。開花は花茎の中程から上部で、約4日間程度で花茎全体の開花がみられる。切り花長60 cm以上の株当たり収穫本数は5.2本で、対照品種よりも収量性は高かった。定植後2年目

第1表 「西京の白露」の草姿の形態的特性(2017年)^z

品種	草丈 (cm)	茎径 (mm)	節数	中間部 節間長 (cm)	側枝数 (本)	茎のアント シアニン着 色の有無	均一性 ^y
西京の白露	124.8	5.8	30.1	4.5	5.0	無	4
マイファンタジー1	110.0	5.1	25.5	5.5	1.3	無	3

^z柳井市における露地2年目株での調査

^y達観による形質揃いの評価: 5 良, 4 やや良, 3 並, 2 やや不良, 1 不良

第2表 「西京の白露」の茎葉の形態的特性(2017年)^z

品種	葉の形	葉長 (cm)	葉幅 (cm)	葉の緑色 の濃淡	葉の縦断 面の形	均一性 ^y
西京の白露	披針形	7.8	2.7	中	水平	4
マイファンタジー1	披針形	7.1	2.6	中	水平	4

^z柳井市における露地2年目株での調査

^y達観による形質揃いの評価: 5 良, 4 やや良, 3 並, 2 やや不良, 1 不良

第3表 「西京の白露」の花器の形態的特性 (2017 年) ^z

品種	花冠裂片の表面の色 ^y	花冠の外面上部の色 ^y	花冠の外面のしま模様の色	花冠裂片の表面の斑点の粗密	花冠の外面上部の斑点の粗密	花冠の形	花冠の長さ (mm)	花筒部の直径 (mm)	着花節数 (段)	頂部の着花数	着花中央節の着花数	均一性 ^x
西京の白露	96A	96A	白	無又は極粗	粗	釣鐘形	45.9	11.7	8.5	14.3	6.1	4
マイファンタジー1	95A	NN155C	無	無又は極粗	中	釣鐘形	57.1	16.6	7.4	7.3	3.1	4

^z柳井市における露地2年目株での調査^yRHSカラーチャートによる^x達観による形質揃いの評価：5 良, 4 やや良, 3 並, 2 やや不良, 1 不良第4表 現地適応性試験における「西京の白露」の露地2年生株の生育 (2017 年) ^z

品種	調査地点 ^z	調査年度	草丈 (cm)	着花節数 (段)	開花期 (月/日)	収穫本数 (本/株) ^z	欠株率 (%)	花卉着色不良発生株率 (%)
西京の白露	柳井市新庄	2017	115.7	8.5	9/16	5.2	0.0	-
		2018	110.6	10.9	9/11	4.2	5.0	18.4
	周南市大潮	2018	117.2	8.7	9/17	6.2	0.0	3.3
マイファンタジー1	柳井市新庄	2017	96.7	7.4	8/22	3.1	1.3	-

^z切り花長60cm以上かつ花段数2段以上の本数第5表 「西京の瑞雲」の草姿の形態的特性 (2019 年) ^z

品種	葉の形	葉長 (cm)	葉幅 (cm)	葉の緑色の濃淡	葉の縦断面の形	均一性 ^y
西京の瑞雲	広披針形	8.7	3.9	中	外反	4
深山秋	卵型	9.1	4.5	中	水平	4

^z柳井市における露地2年目株での調査^y達観による形質揃いの評価：5 良, 4 やや良, 3 並, 2 やや不良, 1 不良第6表 「西京の瑞雲」の茎葉の形態的特性 (2019 年) ^z

品種	草丈 (cm)	茎径 (mm)	節数	中間部節間長 (cm)	側枝数 (本)	茎のアントシアニン着色の有無	均一性 ^y
西京の瑞雲	165.3	6.1	28.3	7.9	7.2	無	4
深山秋	113.7	5.6	20.2	7.5	5.8	無	4

^z柳井市における露地2年目株での調査^y達観による形質揃いの評価：5 良, 4 やや良, 3 並, 2 やや不良, 1 不良第7表 「西京の瑞雲」の花器の形態的特性 (2019 年) ^z

品種	花冠裂片の表面の色 ^y	花冠の外面上部の色 ^y	花冠の外面のしま模様の色	花冠裂片の表面の斑点の粗密	花冠の外面上部の斑点の粗密	花冠の形	花冠の長さ (mm)	花筒部の直径 (mm)	花冠先端の直径 (mm)	着花節数 (段)	頂部の着花数	着花中央節の着花数	均一性 ^x
西京の瑞雲	N89D	94B	紫褐	やや粗	無又は極粗	釣鐘形	55.2	13.8	31.4	7.5	7.1	4.1	4
深山秋	94A	94B	紫褐	かなり粗	やや密	釣鐘形	50.6	15.7	39.3	7.6	9.0	4.3	4

^z柳井市における露地2年目株での調査^yRHSカラーチャートによる^x達観による形質揃いの評価：5 良, 4 やや良, 3 並, 2 やや不良, 1 不良

第8表 現地適応性試験における「西京の瑞雲」の露地2年生株の生育 (2019 年)

品種	調査地点	草丈 (cm)	着花節数 (段)	開花期 (月/日)	収穫本数 (本/株) ^z	欠株率 (%)	花卉着色不良発生株率 (%)
西京の瑞雲	柳井市新庄	140.9	8.3	9/12	6.0	0	0
	周南市大潮	149.0	6.9	9/13	7.4	0	0
深山秋	柳井市新庄	115.3	7.6	10/10	5.4	4.5	0

^z切り花長60cm以上かつ花段数2段以上の本数

中晩生系リンドウ「西京の白露」および「西京の瑞雲」の育成



第3 図 「西京の白露」



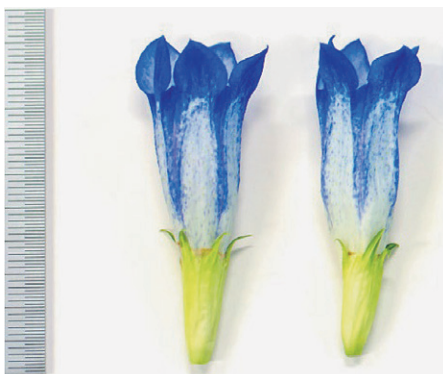
第6 図 「西京の瑞雲」



第4 図 「西京の白露」の開花状況



第7 図 「西京の瑞雲」の開花状況



第5 図 「西京の白露」の花冠



第8 図 「西京の瑞雲」の花冠

時点における欠株の発生はなかった。草丈 110 cm 以上で切り花長 80 cm を確保しやすく、着花段数も 8.5 段と多かった（第 4 表）。

3) 現地適応性

2018 年における露地栽培の 2 年生株の平均開花期は、柳井市で 9 月 11 日、周南市で 9 月 17 日であり、収穫期間は 2 週間程度であった。各調査区とも花段数は 8 段以上であり、切り花長 60 cm 以上の株当たり収穫本数は 4 本以上で、欠株の発生率は 5 % 以下と少なかった（第 4 表）。

2 「西京の瑞雲」

1) 形態的特性

2 年生株における草丈は 165.3 cm、茎径は 6.1 mm、節数は 28.3 本、中間部の節間長は 7.9 cm 前後で、対照品種の「深山秋」よりも生育が旺盛である。茎の表面にはアントシアニンの着色がみられない。また、側枝の発生は対照品種と同等の 7.2 本である。草姿における形質の均一性は、対照品種と比べ同等であった（第 5 表、第 6 図、第 7 図）。

葉の長さは 8.7 cm、幅は 3.9 cm の広披針形をしており、斜め上に向かって着生し、縦断面は外反である。葉の緑色の着色は中程度である。茎葉における形質の均一性は対照品種と比べ同等であった（第 6 表）。

花冠の長さは 55.2 mm、花筒部の直径は 13.8 mm、花冠先端の直径は 31.4 mm の釣鐘型である。花冠裂片の表面の色は RHS カラーチャート N89D の鮮青紫色であり、「深山秋」よりも濃い青紫色である。さらに、花冠外面のしま模様の色は紫褐色であり、花冠表面の斑点はやや多い。花段数は 7.5 段と十分に確保できる。

また、頂花節の着花数は対照品種よりもやや少ない。花器における形質の均一性は、対照品種と比べ同等であった（第 7 表、第 8 図）。

2) 生態的特性

平均開花日は 9 月 12 日であり、「深山秋」よりも 1 か月早く、開花期間は約 2 週間程度であった。開花は花茎の中程から上部で、3 日程度で花茎全体の開花がみられる。切り花長 60 cm 以上の株当たり収穫本数は 6.0 本で、対照品種と比べ同等以上の収量が得られる。切り花長は 80 cm を確保しやすく、定植後 2 年目時点における欠株の発生はみられない（第 8 表）。

3) 現地適応性

露地栽培における 2 年生株の平均開花期は、柳井市で 9 月 12 日、周南市で 9 月 13 日であり、収穫期間

は 2 週間程度であった。各調査区とも着花節数は 6 段以上であり、切り花長 60 cm 以上の株当たり収穫本数は 6 本以上で、欠株の発生はみられなかった（第 8 表）。

考 察

山口県育成品種のリンドウ出荷は、5 月下旬から 8 月上旬に特化しており、年間の需要期である 9 月以降の出荷に十分対応できなかった。そのため、盆彼岸を含めた需要期にも対応し、産地での生産規模の拡大や有利販売に向けた品種の育成を流通関係者から強く求められていた。そこで、本研究では 9 月の敬老の日や彼岸等の物日需要にも応えられるとともに、高温条件下でも収量性や品質が安定していることや希少性の高い花色および花形のバリエーションを増やすことを目的に品種育成を進めた。

「西京の白露」は、白と青の 2 色が混在した全国でも希少性の高い複色系品種で、花色および形質の均一性は高い。着花段数は 5 段以上と多く、茎内での着花順は中段から先端にかけて進むことから、出荷時の先端部老化によるロスはほとんどなく、出荷率を高めることが可能となる。生育は既存の類似品種と比較しても同等以上であり、抽たい茎数は多く収量性は安定している。同色系の品種の中でも生育旺盛な理由としては、温暖地である下関市豊北町の現地ほ場において長年にわたり栽培されてきたことに加え、2003 年以来親株系統の育成のため選抜を繰り返してきたことにより、耐暑性を持ち合わせた生育旺盛な個体が選抜されたためと考えられる。花形はエゾリンドウ系特有のもので花卉先端の開きは少ないが、草丈は 110 cm から 120 cm 程度あり、60 cm から 80 cm までの出荷規格を容易に確保することができる上、収穫後に残茎部の同化葉を維持できる点でも特に問題ない。形質揃いも良好であり、山口県内の現地ほ場での栽培適応性では、低標高地も含め、生育および品質についても問題は見られなかった。開花時期については、標高により若干の差が見られたが、本県の早生系育成品種ほどの差は見られなかった（藤田, 2012, 2017）。その理由として、リンドウの開花の早晩は生育適温域を超える高温が生育抑制に影響するため、中晩性品種はその影響を受けにくいと考えられる（吉池, 1992）。山口県内における開花期間は 9 月上旬から下旬、盛花期は 9 月中旬となり、彼岸需要に対応できる。ただし、花蕾肥

大時期が8月の高温期にあたることから、収穫時の花卉に着色不良症状が発生しやすくなるため遮光資材の設置等による遮熱対策が必要となる(藤田, 2017)。

「西京の瑞雲」は、エゾリンドウ系とササリンドウ系の交雑種で、生育旺盛で欠株の発生が少ないという特徴がある。花器の特性としては、花卉先端がよく開くササリンドウ系の特性を持ち合わせており、ボリュームがある。着花段数は安定して5段以上を確保しやすい上、着花頃は中段からと「西京の白露」と同様であり、先端部は老化が少なく出荷率が高くなる。8月から9月に開花する品種で特に問題となる高温による花卉の着色不良症状がほとんど発生しない。さらに出荷規格である切り花長60 cmから80 cmを確保しやすく、出荷ロスも少なくなることから収益の安定化に寄与できる。本県の各地における開花期間は9月中旬から10月上旬となり、生育や品質面での適応性は高く、「西京の白露」と同様、彼岸需要に対応する品種として期待できる。

以上のことから、早生系3品種「西京の初夏」、「西京の涼風」、「西京の夏空」に続いて出荷可能な中晩生2品種が育成されたことにより、本県の気象条件下において作期拡大および収益性確保に貢献できることとなった。今後は、現地普及を速やかに図るとともに、これまでに育成されていない開花期や花色を持つ品種を新たに育成することでさらなる産地拡大に寄与できるものとする。

摘 要

集団選抜法によりエゾリンドウ在来種およびササリンドウを基に固定化した親株集団を用い、中晩生系F1品種である「西京の白露」および「西京の瑞雲」を育成した。「西京の白露」は、花色は白色と青色の複色系であり、山口県における自然開花期は、9月上旬から9月下旬である。「西京の瑞雲」は、花色は斑点の少ない鮮青紫色で、ササリンドウ特有の花弁先端が開く花形をしており、自然開花期は9月中旬から10月上旬である。両品種ともに、草姿等各形質の揃いは良好である。

引用文献

藤田淳史・尾関仁志・光永拓司. 2012. 極早生系リンドウ「西京の初夏」の育成. 山口農林総技セ研報.

3: 31-33.

藤田淳史・尾関仁志・光永拓司・友廣大輔. 2017. 早生系リンドウ「西京の涼風」および「西京の夏空」の育成. 山口農林総技セ研報. 8: 40-45.

藤田淳史. 2017. 温暖地域におけるリンドウの切り花品質の向上と安定栽培技術の開発. 革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)成果集.

https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/contents/follow_up/pickup/140971.html.

瀬戸堯穂・瀬戸啓一郎. 2016. 品種・系統と栽培特性 切り花リンドウの現状と変遷(2001年から現在まで). 農業技術大系. 花卉編9. 農文協. p. 520の2-520の5.

吉池貞蔵. 1992. 花専科・育種と栽培. 誠文堂新光社. リンドウ. p. 45-50, 68-72.

山口県オリジナルリンドウの簡易隔離床栽培技術

および促成栽培技術の確立

川野 祐輔*・藤田 淳史・友廣 大輔**

Establishment of a simple, isolated-bed cultivation technique and forcing cultivation technique for Gentian breeding in Yamaguchi Prefecture

KAWANO Yusuke, FUJITA Atsushi and TOMOHIRO Daisuke

Abstract: A simple isolated-bed cultivation technique was established using original gentian breeding in Yamaguchi Prefecture. No difference was detected in the quality of cut flowers produced in the isolated-bed cultivation compared to the conventional method in the open field, and no defective plants were observed. In addition, greenhouse-forcing cultivation using the mobility of the isolated-bed cultivation technique accelerated flowering by 39 days at 10 °C and by 18 days without heating.

Keywords: container cultivation, bench cultivation

キーワード: コンテナ栽培、ベンチ栽培

緒 言

山口県は2016年に「山口県花き振興計画」を策定し、中山間地域における収益性の高い水田転作の品目として山口県が育成したオリジナルリンドウ(以下「西京シリーズ」という。)を推進している。

リンドウは株の生産性の低下により5年程度での株更新が必要であるが、同一ほ場での改植は連作障害が発生するため、同一ほ場で継続して栽培することが難しい。

また、県内の露地栽培地において、モグラが穴を掘る際にリンドウの根を切り、株を枯死させる被害が多発しており、多くの生産者を悩ませている。

その結果、リンドウ栽培に適したほ場に限られるため、生産現場からは、ほ場の条件に関わらずリンドウの導入を可能とする栽培技術の開発が求められている。

一方山口県では、5月下旬から開花する「西京の初夏」(藤田ら,2012)をはじめ、これまでにオリジナル5品種を開発し、これらを中心に全国最早期出荷が可能な産地として有利販売を展開してきたが、開花始めの時期においては年次変動が大きく、出荷が不安定であったことから、安定して早期に開花させる栽培技術の確立が求められていた。

これら2つの条件を満たす手法として、隔離床栽培が考えられるが、資材にコストがかかる。

*現 山口農林水産事務所 **現 下関農林事務所

そこで、西京シリーズにおいて隔離床栽培の導入促進を図るため、コンテナ等の低コストで汎用性の高い資材を活用してほ場条件に関わらずリンドウが簡易的に栽培できる栽培技術を確認する。

また、隔離床にコンテナを用いれば容易に移動することができるので、隔離床ごと冷蔵庫に入れて低温処理することが可能となる。

そこで、オリジナル品種を全国において最早期出荷することで販売優位性を確保するために、低温処理後に加温することで早期開花を図る促成栽培技術を確認するために試験を行った。

研究期間は2016年から2020年の5年間であり、その結果を報告する。

材料および方法

1 簡易隔離床栽培試験

簡易隔離床栽培試験は、コンテナ栽培とシートベンチ栽培の方式により試験を行った。

コンテナ栽培は、ユリ球根輸送用コンテナ（外径60×40×25cm）を連ね、1コンテナごとに外に根が露出しないよう不織布を敷き、培養土を入れて1コンテナ当たり6株ほど定植し栽培を行った（第1図、第2図）。

シートベンチ栽培は、コンテナを使用しない方法として、19mmの直管パイプで組んだ骨組み（幅75×高さ25cm）にグラウンドシートを固定し、深さ20cmまで培養土を入れて4条定植し栽培を行った（第3図、第4図）。

1) 培養土比較試験

山口県農林総合技術センター花き振興センター（山口県柳井市新庄、標高18m）（以下花き振興センターと略する）のガラスハウス内においてコンテナ栽培における培養土の種類と量の比較試験を行った。

供試品種は山口県で育成されたエゾリンドウ品種「西京の初夏」を用いた。2016年5月28日に混合培養土または針葉樹皮由来バークたい肥を20Lまたは30L充填したコンテナ（外径60×40×25cm）にセンター内で2月に播種し養成した200穴セルトレイ苗を6株ずつ（栽植密度900株/a）定植した。

混合培養土はリンドウの隔離床栽培に適するとされる赤玉土：ピートモス：広葉樹皮由来バーク堆肥を体積比4:3:3で配合（渡辺, 2014）したものを使用した。

樹皮バークは、針葉樹皮由来を使用した。

灌水は灌水チューブと簡易灌水タイマーを使用し、1日2回の灌水を30分行い、表土が乾燥し水分が不足している時は手灌水で補った。

施肥はCDU複合磷加安S555を定植時の2016年5月28日に750g N/a施用し、9月に300g N/aを追肥した。2年目以降は、年間合計で1500g N/aを、萌芽前750g N/a、開花前300g N/a、開花後450g N/aの3回に分けて施用した。

調査項目は草丈、花段数、開花期、切り花本数、欠株数とし、各条件とも3コンテナずつ合計18株調査を行った。

2) 生育比較試験

花き振興センターの露地ほ場において、2016年から2019年、隔離床栽培と露地慣行栽培の生育比較試験を行った。

隔離床栽培区では、コンテナ栽培とシートベンチ栽培を行い、露地慣行栽培では土耕栽培を行った。

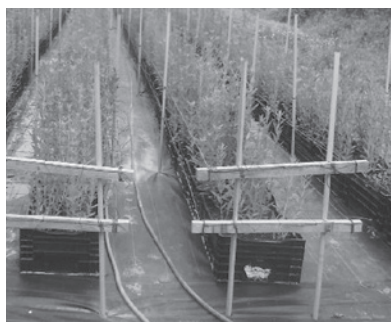
供試品種は山口県で育成されたエゾリンドウ3品種「西京の初夏」、「西京の涼風」、「西京の夏空」を用いた。

培養土は、混合培養土（赤玉土：ピートモス：広葉樹皮由来バーク堆肥を体積比で4:3:3）を用いて、コンテナ栽培はコンテナ（外径60×40×25cm）に30L、シートベンチ栽培は19mm直管パイプで組んだベンチ（75cm×925cm×25cm）内に900L充填した。

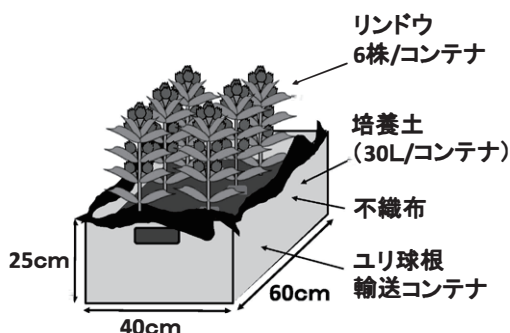
定植は2016年5月28日に行い、コンテナ栽培は6株ずつ（栽植密度900株/a）、シートベンチ栽培は株間15cm×条間18cmの4条植え（栽植密度840株/a）で行った。

対照区として、地床栽培の露地慣行区（株間15cm×条間45cm、2条植え、栽植密度700株/a）を設けた。

灌水は電源の無い露地において各試験区に日射量に応じて自動灌水できるよう、ソーラーパネルと高低差を利用した拍動型自動灌水（株）プティオおよび灌水チューブを使用した点滴灌水装置（吉川ら, 2010）



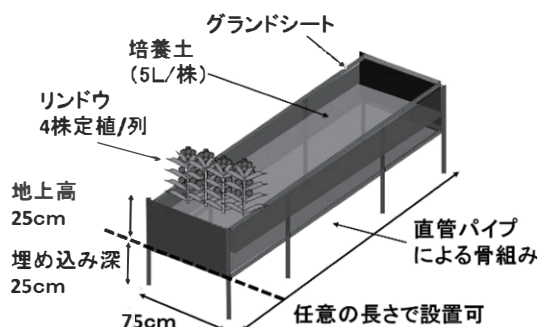
第1図 コンテナ栽培



第2図 コンテナ栽培概要



第3図 シートベンチ栽培



第4図 シートベンチ栽培概要

で行った。

施肥はCDU 複合磷加安 S555 を定植時に 750 g N/a 施用し、9 月に 300 g N/a を追肥した。2 年目以降は、年間合計で 1500 g N/a を、萌芽前 750 g N/a、開花前 300 g N/a、開花後 450 g N/a の 3 回に分けて施用した。

調査項目は草丈、花段数、開花期、切り花本数、欠株数とし、各品種 12 株 3 反復の合計 36 株で調査を行った。

2 促成栽培試験

促成栽培試験は、花き振興センターのビニールハウス (200m²) で行い、供試品種は平均開花日が母の日に合うよう、山口県で育成されたエゾリンドウ品種のうちで最も早く開花する「西京の初夏」を用いた。

定植は 2016 年 5 月 28 日に行い、培養土は、混合培養土 (赤玉土: ピートモス: 広葉樹皮由来バーク堆肥を 4:3:3) を用いてコンテナ (外径 60 × 40 × 25 cm) に 30 L 充填し、6 株ずつ (栽植密度 900 株/a) 定植した。

かん水は、週に 2 ～ 4 回の手かん水で行った。

施肥はCDU 複合磷加安 S555 を定植時に 750 g N/a 施用し、9 月に 300 g N/a を追肥した。2 年目

以降は、年間合計で 1500 g N/a を、萌芽前 750 g N/a、開花前 300 g N/a、開花後 450 g N/a の 3 回に分けて施用した。

調査項目は草丈、花段数、開花期、切り花本数、欠株数とし、試験区ごとに 3 コンテナずつ (18 株) 調査を行った。

1) 低温遭遇時間試験

リンドウの休眠打破には低温が必要であり、必要な遭遇時間は品種ごとに異なる (室谷ら, 2005) ため、「西京の初夏」における最適な低温遭遇時間を調査した。

前述履歴の試験用リンドウコンテナ (3 年生株) を用いて、2018 年 11 月 16 日から 5℃以下の低温に遭遇しないよう加温管理し、温度はリンドウに好適な夜温 (金子ら, 1990) である 10℃とした。

低温処理区は処理時間を 500、400、300 時間と設定し、それぞれ 12 月 22 日、12 月 26 日、12 月 30 日に栽植した栽培コンテナごと 2℃冷蔵庫に搬入し、低温に一定時間遭遇させた。その後、自然条件下で 400 時間必要と仮定した場合、400 時間に達する 1 月中旬を加温開始日と設定して、2019 年 1 月 12 日に 3 試験区全ての栽培コンテナを再び 10℃加温ハウ

スに搬入し栽培管理を行った。また、対照区として、低温無処理区を設置し2018年11月16日から10℃加温ハウス内で管理し続けた。

2) 加温温度試験

11月18日にハウスから露地にコンテナを搬出し、露地に設置したおんどとり (TR72wb) のデータで1時間平均気温において5℃以下の累積が400時間経過した2019年1月2日に、最低夜温管理が10℃、5℃、無加温のハウスにそれぞれ搬入して栽培管理を行った。

結 果

1 簡易隔離床栽培試験

1) 培養土比較試験

草丈、花段数、切花本数で針葉樹皮バークたい肥30L区が最も優れていた(第1表)。

針葉樹皮バークでは30Lの方が20Lに比べ草丈、花段数が有意に大きかったが、混合培養土では30Lと20Lに有意差はなかった。

開花日に試験区間で差は生じなかった。

第1表 培養土の種類と量が切花品質と開花期に及ぼす影響

試験区	切り花本数 (本/株)	草丈 (cm)	花段数	開花期 (月/日)
樹皮30L	3.8	90.7 a	3.3 a	6/12
樹皮20L	3.7	84.8 b	2.9 b	6/11
混合30L	3.3	76.6 c	2.8 b	6/12
混合20L	2.8	80.3 bc	3.0 ab	6/14

各品種における調査項目毎の異英文字間には、TukeyHSD検定により5%水準で有意差あり

2) 生育比較試験

コンテナ栽培では、開花日は「西京の初夏」が6月16日で慣行区と比較してほぼ同時期となったが、他2品種では開花が慣行区よりも4日から7日ほど遅くなった。切り花本数はどの品種においても慣行区と同程度であった。草丈は「西京の夏空」が他2区より有意に低くなった。花段数は「西京の涼風」では差が見られなかったが、「西京の初夏」と「西京の夏空」では慣行区よりも少なかった。

シートベンチ栽培では、開花日は「西京の夏空」が7月17日で慣行区と比較してほぼ同時期となったが、他2品種では開花が慣行区よりも1～2日遅くなった。切り花本数は、「西京の夏空」のみ慣行区より少なくなったが、他2品種は慣行区と同程度であった。草丈は「西京の初夏」のみ高く、他2品種に有意差は見られなかった。花段数は「西京の涼風」のみ慣行区と同等となり、他2品種は慣行区より少なかった。収穫本数は「西京の涼風」のみ慣行栽培より少なくなった。(第2表)。

隔離床栽培における経年欠株率は、「西京の初夏」ではシートベンチ区が最も低く、慣行区が最も高かった。「西京の涼風」では、シートベンチ区と慣行区が低く、コンテナ区が最も高かった。「西京の夏空」ではどの試験区も同じ欠株率となった。(第3表)。

2 促成栽培試験

1) 低温遭遇時間試験

平均開花日は500時間と400時間が最も早く、次いで300時間となった。切り花本数は300時間が最も多く、無処理区は極端に少ない結果となった。草丈と花段数では400時間が最も優れ、次いで300時間、500時間となった(第4表)。以上のことから、低温

第2表 隔離床栽培が切り花品質に及ぼす影響

品種	試験区	開花日 (月/日)	切り花本数 (本/株)	草丈 (cm)	花段数 (段)	収穫本数 ^z (本/a)
西京の初夏	コンテナ	6/16 ab ^x	3.9 a	81.1 b	3.1 ab	3,510
	シートベンチ	6/17 a	4.6 a	90.0 a	2.9 b	3,864
	慣行	6/16 b	4.6 a	83.1 b	3.3 a	3,220
西京の涼風	コンテナ	7/2 a	4.8 a	112.1 b	3.7 a	4,320
	シートベンチ	6/30 a	3.3 a	117.2 a	4.4 a	2,772
	慣行	6/28 b	4.8 a	114.3 ab	4.1 a	3,360
西京の夏空	コンテナ	7/21 a	5.3 ab	129.0 b	3.5 b	4,770
	シートベンチ	7/17 ab	5.0 b	141.5 a	3.4 b	4,200
	慣行	7/14 b	6.8 a	141.2 a	3.7 a	4,760

^z1a当たり定植数 コンテナ：900株、シートベンチ：840株、慣行：700株で試算

^x各品種における調査項目毎の異英文字間には、TukeyHSD検定により5%水準で有意差あり

第3表 隔離床栽培が欠株率に及ぼす影響

品種	試験区	欠株率 (%)			
		1年生株	2年生株	3年生株	4年生株
西京の初夏	コンテナ	0	0	0	2.8
	シートベンチ	0	0	0	0
	慣行	0	0	0	5.6
西京の涼風	コンテナ	0	0	0	5.6
	シートベンチ	0	0	0	0
	慣行	0	0	0	0
西京の夏空	コンテナ	0	0	0	2.8
	シートベンチ	0	0	0	2.8
	慣行	0	0	2.8	2.8

遭遇時間は400時間がよいことがわかった。

2) 加温温度試験

平均開花日は10℃加温が最も早く、次いで5℃加温、無加温、露地となり、10℃加温であれば母の日出荷に

間に合う平均開花日となった。切り花本数は露地が最も多く、次いで5℃加温、10℃加温、無加温となった。草丈は無加温が最も高く、次いで5℃加温、露地、10℃加温となった。花段数は5℃加温が最も多く、次いで10℃加温、無加温、露地となった(第5表)。

第4表 低温遭遇時間が開花期と切り花収量に及ぼす影響

低温処理時間 ^y (h)	ハウス搬入日 (月/日)	平均開花日 (月/日)	切り花本数 (本/株)	草丈 (cm)	花段数 (段)
500	1/12	5/13	4.0	80.2	3.1
400	1/12	5/13	4.4	84.4	3.4
300	1/12	5/15	4.5	81.3	3.3
0	11/16	5/17	0.8	66.7	3.1

^z低温処理条件 2℃暗黒下でコンテナごと冷蔵庫内で各累積時間に達するまで処理
冷蔵開始日は500時間が12月22日、400時間が12月26日、300時間が12月30日

^yハウス内温度条件 10℃加温設定

第5表 加温温度試験

温度条件	自然低温遭遇 開始日(月/日)	ハウス 搬入日	平均開花日 (月/日)	切り花 本数	草丈 (cm)	花段数
10℃加温	11/28	1/2	4/30	4.3	73.7	2.8
5℃加温	11/28	1/2	5/10	4.4	85.0	3.2
無加温	11/28	1/2	5/21	4.2	85.8	2.8
露地	—	—	6/8	5.0	76.1	2.7

考 察

1 簡易隔離床栽培試験

1) 簡易隔離床栽培

2種の培養土を比較した試験の結果から、隔離床栽

培には草丈、花段数、切り花本数の優れた針葉樹皮バークたい肥が適していると考えられる。これは樹皮培養土での栽培によって草丈が高く、収穫本数が多くなった結果(藤本ら, 2014)を支持した。

また、生育比較試験の結果から、隔離床栽培の切花

品質は慣行栽培の切花品質と遜色なく、欠株数も慣行栽培と差がないことから、「西京シリーズ」においても隔離床によるリンドウ栽培が可能であると考えられる。

隔離床栽培は資材コストがかかるが、連作障害やモグラ被害への対策といった利点があるため、慣行栽培での栽培が難しいほ場でリンドウを栽培したい栽培者に需要があると考えられる。

2) 促成栽培

リンドウでは一般的に 5℃以下の低温に約 700 時間以上遭遇することで、休眠が打破されると考えられている（吉池,1992）（室谷ら,2005）が、低温遭遇時間試験の結果では、促成栽培における「西京の初夏」の最適な低温遭遇時間は 300 時間から 400 時間であった。この結果を利用して、実際に山口県内平坦地で促成栽培を行う場合、加温開始可能時期は 1 月上旬から中旬となる。また、このことから、「西京の初夏」の休眠打破に必要な低温遭遇時間は一般品種よりも大幅に短く、本品種の極早生開花性の一因であると考えられた。

また、加温温度試験の結果から、10℃区は 5℃区よりも促成効果が高かった。これはリンドウの生育適温が平均気温で 15℃～20℃である（吉池,1992）ことから、加温温度を 15℃まで高めることでさらなる促成効果が得られると考えられる。

一方、無加温ハウス栽培であっても露地よりも 18 日早く開花させることができた。

これらのことから、必要な低温遭遇時間を満たした「西京の初夏」を施設内で栽培することで、2 週間以上開花を前進化させることができると考えられる。

加温栽培を行う場合、加温による 11 月から 3 月までの暖房費用は、当時の山口県灯油平均価格 1565 円／18 L を参考に 2018 年から 2019 年の期間において試算をすると、10℃加温の場合で 92,700 円／200 m²になると推測される。これは、リンドウ 1 本あたりで換算すると 12.9 円の上乗せとなることから、この価格分を超える販売単価が見込まれる場合に有用であるといえる。

無加温栽培であれば、暖房費用をかけずに露地栽培よりも 2 週間以上開花を早めることができるため、遊休ハウスがあれば費用をかけずにある程度の有利販売を行い、同一品種の露地栽培と収穫期が分散することで労力分散できると考えられる。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、試験にご協力いただいた山口県花卉園芸組合連合会リンドウ部会の皆様に厚く感謝の意を表す。

摘 要

コンテナおよびシートベンチを利用したリンドウの簡易隔離床栽培が可能であるかを検証し、併せてコンテナ栽培の移動可能性を利用した促成栽培についても検証を行った。その結果、簡易隔離床栽培の栽培特性および切花品質は慣行栽培と比べても遜色なく、問題なく栽培可能である。促成栽培試験ではコンテナ栽培リンドウに 5℃以下低温を 400 時間遭遇させることで、10℃加温では 39 日、無加温では 18 日程度開花を早めることができた。

引用文献

- 藤本拓郎・森本泰史.2014. 岡山県産樹皮を利用したリンドウの隔離床栽培. 岡山県農業研報. 5 : 39-41.
- 藤田淳史・尾関仁志・光永拓司.2012. 極早生系リンドウ「西京の初夏」の育成. 山口農林総技セ研報. 3 : 31-33.
- 金子栄一・山口茂.1990. リンドウの促成栽培 第3報 栽培夜温及び根部切除が開花期と切花形質に及ぼす影響. 九農研. 52 : 204.
- 室谷朝子・江川孝二・菅野清.2005. 低温遭遇時間がリンドウ「ふくしまかれん」の生育に及ぼす影響. 東北農業研究. 58 : 229-230.
- 渡辺強. 2014. りんどうのコンテナ隔離栽培における最適な用土組成の解明. 栃木県農業試験場研究成果集. 32 : 13-14.
- 吉池貞蔵. 1992. 花専科*育種と栽培 リンドウ. 誠文堂新光社. p. 69, 72.
- 吉川弘恭・中尾誠司.2010. ソーラーポンプを利用した拍動自動灌水装置の組み立て方法. 近中四農研資. 7 : 21-31.

山口県農林総合技術センター研究報告投稿規程

平成 21 年 6 月 1 日制定

平成 25 年 2 月 1 日改正

平成 26 年 7 月 16 日改正

令和元年 7 月 8 日改正

1 目 的

山口県農林総合技術センター研究報告（以下「研究報告」という。）および山口県農林総合技術センター特別研究報告（以下「特別研究報告」という。）に係る投稿の取り扱いについては、この規程に定めるところによる。

2 投 稿 者

投稿者は、山口県農林総合技術センターの研究職員または当センターの研究職員であった者に限る。ただし、共同執筆者に前記以外の者を含むことは差しかえない。

3 論 文

(1) 研究報告に投稿できる論文は、山口県農林総合技術センター試験研究評価実施要領に規定する中間評価または完了評価において成果の取り扱いを研究報告とされた課題（以下「研究報告課題」という。）および受託試験事業で受託した課題（以下「受託課題」という。）についてとりまとめた報文または短報とする。論文は未発表のものに限る。

ただし、学会などにおいて口頭・ポスター発表したもので、別途発表していないものはこの限りでない。

(2) 投稿できる期限は原則として、研究報告課題については評価を受けた年度の翌々年度、受託課題については課題が終了した年度の翌々年度までとする。

(3) 短報は、報文にまとめ得ないが速やかに発表すべき内容を持つもので、分割報告の形式はとらない。研究が完成した場合の再掲載は妨げない。

(4) 特別研究報告に投稿できる論文は、完了した試験研究課題の成果を総合的にとりまとめた報文一編で博士論文相当のものとする。

4 原稿の作成及び提出

(1) 研究報告に投稿する論文は、別途定める作成要領に基づいて作成するものとする。その論文のページ数は、図表を含め原則として原稿 10 ページ以内とし、短報は 2 ページとする。

(2) 研究報告に投稿する論文は、担当編集委員の校閲を受けた上で、編集委員会が定めた日までに編集委員会事務局に提出しなければならない。

(3) 特別研究報告に投稿する論文は、別途定める作成要領に基づいて作成するものとする。

(4) 特別研究報告に投稿する論文は、随時編集委員会事務局へ提出できる。

5 投稿された論文の掲載採否及び順位

(1) 研究報告は、編集委員会において投稿された論文の掲載採否及び順位の案を作成し、農林総合技術センター所長（以下「所長」という）が決する。

(2) 特別研究報告は、編集委員会において投稿された論文の採否の案を作成し、所長が決する。

6 校正及び印刷

(1) 研究報告または特別研究報告に投稿された論文は、編集委員会が必要と認めた場合、著者に原稿または図・表の校正を要求し、あるいは説明を求めることができる。

(2) 研究報告または特別研究報告に投稿された論文の著者による校正は原則として初校のみとし、文章、図・表の改変や追加は原則として認めない。

(3) 研究報告に投稿された論文は、編集委員会がその内容に基づき報文と短報の区分替えを行うことができる。

7 その他

この規程に定めるもののほか、研究報告および特別研究報告について必要な事項は編集委員会が別に定める。

附則

1 平成 25 年 2 月 1 日改正は平成 25 年 4 月 1 日から施行する。

2 平成 25 年 7 月 16 日改正は平成 26 年 8 月 1 日から施行する。

3 令和元年 7 月 8 日改正は令和元年 8 月 1 日から施行する。

山口県農林総合技術センター研究報告編集委員会
Editorial Board

編集委員長
Editor in Chief

品川 吉延
SHINAGAWA Yoshinobu

編集委員
Editors

高光 尚
TAKAMITSU Hisashi

岡崎 亮
OKAZAKI Akira

金子 和彦
KANEKO Kazuhiko

中川 浩二
NAKAGAWA Koji

原田 直
HARADA Sunao

村上 正徳
MURAKAMI Masanori

大谷 研文
OHTANI Akifumi

秋友 一郎
AKITOMO Ichiro

田戸 裕之
TADO Hiroyuki

山口県農林総合技術センター研究報告
第 13 号

発行日 令和4年（2022年）3月

発行 山口県農林総合技術センター
〒753-0231 山口県山口市大内氷上一丁目1番1号
TEL 083-927-0211 FAX 083-927-0214

BULLETIN OF THE YAMAGUCHI PREFECTURAL
AGRICULTURE & FORESTRY GENERAL TECHNOLOGY CENTER
No.13

CONTENTS

1301	Actual Situation of the Sixth Industrialization in Village Farming Corporations of Yamaguchi Prefecture and Development of a Regional Cooperation Business Model OZAKI Atsushi and TAKAHASHI Kazuoki	1
1302	Determination of Optimal Blanching Conditions for Cold Storage of Tea Leaves HIRATA Tatsuya	12
1303	Examination of the Freshness-Preserving Film for New Varieties of Hanakkori HIRATA Tatsuya	23
1304	Effect of the content of hulless barley and soybean in feed on the growth, meat quality, and sensory characteristics of <i>Choshu-Kurokashiwa</i> MURATA Shohei and ITO Naoy	30
1305	Characterization of gizzards from <i>Choshu-Kurokashiwa</i> —a Japanese <i>Jidori</i> Chicken MURATA Shohei, ITO Naoya and OKAZAKI Akira	39
1306	Stable cultivation method for the paddy rice variety ‘Koinoyokan’: Planting density by transplanting season	47
1307	Stable cultivation method for the paddy rice variety ‘Koinoyokan’: Effect of the amount and type of slow-release fertilizer KIJIMA Eiji, MATSUNAGA Masashi, ARIYOSHI Machiko and NAKASHIMA Kanta	56
1308	Effect of Irrigation and Culture Medium Characteristics on Tomato fruit Yield and Quality under the Isolated-bed Cultivation System, "YUMEKANAE" SHIGEFUJI Yuuji, HIRATA Toshiaki and USAGAWA Megumi	67
1309	Identification of the factors that cause variation in the nitrogen accumulation estimated by proximal remote sensing in “Yamadanishiki” among growth stage ARIYOSHI Machiko, MURATA Motoharu and KANEKO Kazuhiko	76
1310	Breeding of Intermediate-Late Flowering Gentian Varieties ‘Saikyonoshiratsuyu’ and ‘Saikyonozuiun’ FUJITA Atsushi and OKADA Tomoko	82
1311	Establishment of a simple, isolated-bed cultivation technique and forcing cultivation technique for Gentian breeding in Yamaguchi Prefecture KAWANO Yusuke, FUJITA Atsushi and TOMOHIRO Daisuke	89