博士論文

京都府における丹波黒ダイズ系エダマメ新品種の生理生態的特性の解明と生産技術の開発

2018 年 3 月

杉本充

岡山大学大学院環境生命科学研究科

目次

序章　本研究の背景と目的

第 1 節　エダマメ生産の全国的な情勢・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

第 2 節　京都府におけるエダマメの開発経過と技術的課題・・・・・・・・・ 3

第 1 章　京都府で開発された丹波黒ダイズ系エダマメ品種の開花特性

第 1 節　緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

第 2 節　材料と方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

1．供試品種と栽培方法

2．日長処理の方法

第 3 節　結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

1.「紫ずきん 2 号」と「紫ずきん」,「新丹波黒」の日長反応

2.「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」の日長反応

第 4 節　考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9

1.「紫ずきん 2 号」と「紫ずきん」,「新丹波黒」の開花特性

2.「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」の開花特性

第 5 節　摘要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10

第 2 章　丹波黒ダイズ系エダマメ品種「紫ずきん 2 号」の作型開発

第 1 節　緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11

第 2 節　材料と方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12

1．供試品種と栽培方法

2．播種期と栽植密度の検討 (試験 2-1：2007 ～ 2008 年)

3．培土期追肥の種類および施肥量の検討 (試験 2-2：2008 ～ 2009 年)

4．調査項目

5．統計解析

第 3 節　結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14

1．気象条件

2．播種期と栽植密度の検討 (試験 2-1)

3．培土期追肥の種類および施肥量の検討 (試験 2-2)

第 4 節　考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18

1.「紫ずきん２号」の播種適期
2.「紫ずきん２号」に適する栽植密度
3.「紫ずきん２号」の培土期追肥技術
第５節　摘要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22

第３章　「紫ずきん２号」の収穫適期診断技術の開発
第１節　緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・24
第２節　材料と方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
1. 供試品種と栽培方法
2. 莢の肥大と外観の経時的変化 (試験 3-1：2007 ～ 2009 年)
3. 莢の肥大の推定方法 (試験 3-2：2009 年)
4. 統計解析
第３節　結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・26
1. 気象条件
2. 莢の肥大と外観の経時的変化 (試験 3-1)
3. 莢の肥大の推定方法 (試験 3-2)
第４節　考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31
1. 莢の肥大 (莢厚増加) の経時的変化
2. 莢色の経時的変化
3.「紫ずきん２号」の収穫適期
4. 莢の肥大経過の推定
第５節　摘要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・34

第４章　京都府のエダマメ新商品『京 夏ずきん』の作型開発
第１節　緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35
第２節　材料と方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35
1. 供試品種と栽培方法
2. 露地栽培における作型開発と安定生産技術の検討 (試験 4-1：2010 ～ 2012 年)
3. 簡易施設を利用した『京 夏ずきん』品種の作期前進の検討 (試験 4-2：2012 ～ 2013 年)
第３節　結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・38

1．露地栽培における作型開発と安定生産技術の検討 (試験 4-1)
2．簡易施設を利用した『京 夏ずきん』品種の作期前進の検討 (試験 4-2)
第 4 節　考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・44
1．「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」の栄養成長量と収量との関係性
2．露地栽培と簡易施設栽培における好適作期の検討
第 5 節　摘要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・47

第 5 章　「夏どり丹波黒 1 号」および「夏どり丹波黒 2 号」の収穫適期の解明
第 1 節　緒言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・49
第 2 節　材料と方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・50
1．供試品種と栽培方法
2．莢の肥大と子実の発達過程 (試験 5-1：2010 ～ 2011 年)
3．食味成分の変化 (試験 5-2：2013 年)
第 3 節　結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・53
1．気象条件
2．莢の肥大と子実の発達過程 (試験 5-1)
3．食味成分の変化 (試験 5-2)
第 4 節　考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・59
1．莢の外観からみた収穫期間
2．食味成分からみた収穫適期
第 5 節　摘要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・62

終章　総合考察－『紫ずきん』,『京 夏ずきん』の生産技術と今後の方向
第 1 節　本研究の総括・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・63
第 2 節　現在の生産現場における技術的課題とその対応方向・・・・・・・65
1．生産規模拡大を支える技術開発
2．新たな需要の創出

要約・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・68

引用文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・71

図表一覧・・80

Summary・・83

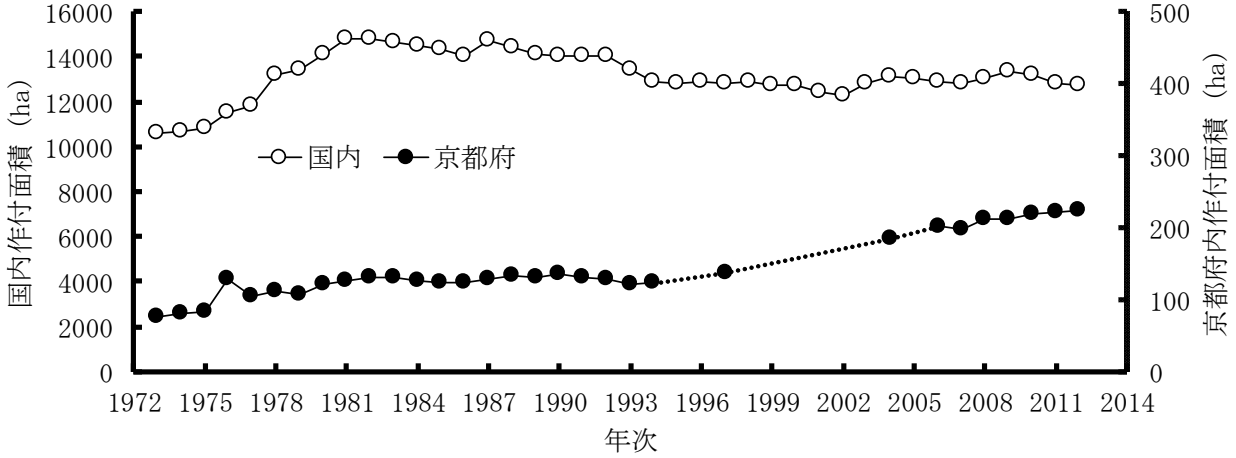
謝辞・・・86

序章　本研究の背景と目的

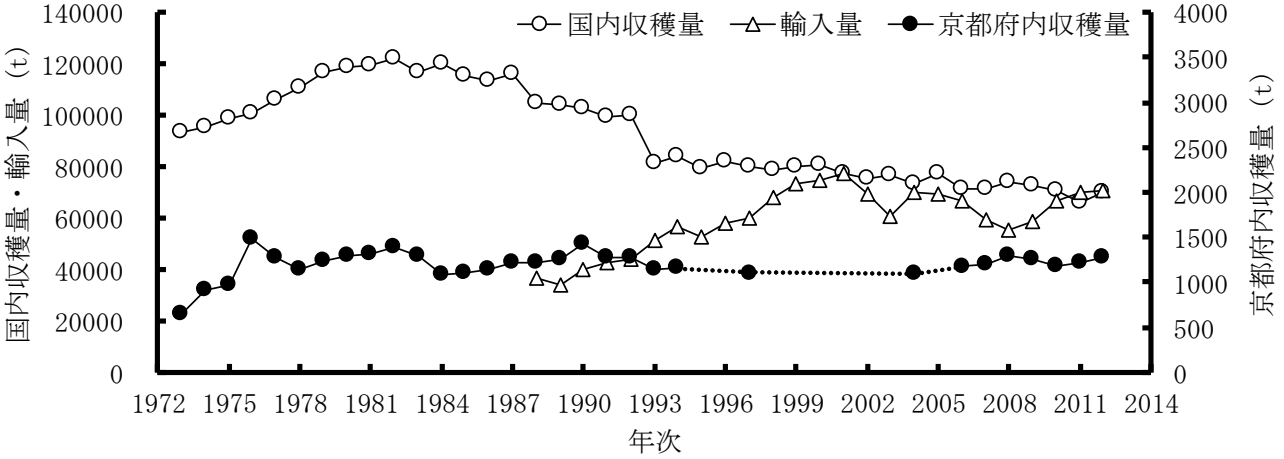
第 1 節　エダマメ生産の全国的な情勢

エダマメは，茎や小枝，葉のついているいわゆる‘枝についている若莢ダイズ’のことで，枝についた若莢をそのまま茹でて莢の中の豆を食べたことがその語源といわれている (松浦 2011)．このようにエダマメは，未成熟な莢を採取して豆の柔らかいうちに食用に供する蔬菜型ダイズであり，基本の栽培技術は子実生産ダイズの栽培法から構築されている (笹原 2000a，赤澤ら 2003，中村 2003)．

国内および京都府におけるエダマメ作付面積の推移を第 1 図に示した．エダマメの作付けは，全国的には 1980 年代にピークを迎え，その後 2000 年代前半にか



第1図　国内および京都府におけるエダマメ作付面積の推移．
農林水産省「農林水産統計」から著者が作成．点線の範囲はデータが無いことを示す．



第2図　国内および京都府のエダマメ収穫量，国外からのエダマメ輸入量の推移．
農林水産省「農林水産統計」，財務省「貿易統計」から著者が作成．点線の範囲および1987年以前の輸入量についてはデータが無いことを示す．

けて漸次減少したが，2000 年代中盤からやや増加傾向がみられる．京都府においては 1970 年代の 100 ha 前後の作付けから，2010 年を過ぎる頃から 200 ha を超える規模となった．

次に，国内および京都府におけるエダマメ収穫量と国外から日本へのエダマメ輸入量の推移を第 2 図に示した．国内収穫量においても 1980 年代に 120 千 t を超え，ピークを迎えるが，その後は減少，横ばい傾向にあり，2012 年には 70 千 t と約 55 %の収穫量であった．京都府における収穫量は 1970 年代後半から 2010 年代にかけては，ほぼ横ばいの 1.2 千 t 前後で推移している．なお，1990 年代からの作付面積と収穫量の推移する傾向に違いがみられる (第 1 図，第 2 図)．その詳細な理由は不明であるものの，高齢化の進行による栽培の粗放化や，近年になり顕著となった地球温暖化にともなう気候変動の下での天候不順，全国的に米の生産調整が強化される中，適地以外での，また適正規模を超えるほどの転作エダマメの作付が増加している可能性などが考えられる．輸入量については，統計がある 1988 年は 37 千 t 程度であったが，2012 年にはほぼ倍増の 71 千 t となり，国内収穫量を超えるエダマメが輸入されている．また，エダマメの輸出については，北海道の JA 中札内村で先進的な取り組みがあるものの，2009 年現在，当該 JA 管内での作付面積 578 ha，生産量 2492 t に対し輸出量は 3 t という状況で (山本 2010)，その他，エダマメ輸出の事例は多くない．したがって，エダマメは国内で収穫されたものと輸入されたものの合計が，概ね日本国内で消費されているものと考えられる．第 2 図より 2012 年では約 141 千 t となる．

日本国内の近年の収穫量は横ばい傾向である．しかし，2000 年代以降，作付面積がやや増えてきた．その背景には，顕著になってきた米の消費量の減少にともなって，先に触れたように生産調整が強化される中，水田転作の重要な品目となってきていることが関係する．首都圏の千葉県，群馬県，埼玉県や，中京圏および関西圏に近い岐阜県，徳島県などでは，大消費地向けの園芸特産作物としてエダマメが生産されている．さらに，少なくとも 6 つの府県で，エダマメの独自ブランド化が進められている．これらの府県で普及推進されている品種は在来種をベースとした特徴的なものが多い．以下，具体例を紹介する．

新潟県は米どころであるが，種苗会社の間では‘枝豆用のタネの消費量は新潟県が一番多い’といわれるほど (松浦 2011)，エダマメ生産量は多い．品種も「奥原早生」(以下，本論文中において，品種名はカギ括弧で，商品名や総称などは二重カギ括弧をつけて示す) や「白鳥」など全国需要がある品種とともに (小野

2003),「新潟茶豆」(小野 2000) や「さかなまめ」(三宅ら 2007),「ユウナヨ」(松浦 2011) など在来系品種も数多く作られている.

山形県鶴岡市では 1980 年代以降，米転作による畑作・園芸作への転換が迫られた中，元々は地場消費を主体とした地域特産品であった『だだちゃ豆』の栽培面積や生産者数の増加が進み (伊藤 2003)，地域ブランドとして確立されてきた (阿部 2008，松浦 2011).

秋田県では，在来品種を元にしたエダマメ専用品種の育種が盛んで，近年の育成品種として「あきた香り五葉」(檜森ら 2008) や「あきたさやか」(佐藤ら 2010),「あきたほのか」(佐藤ら 2015) などが報告されている．秋田県は 2010 年から‘エダマメ日本一’というスローガンの下，これらの品種と「秘伝」などの既存のエダマメ品種を組み合わせ，県全体で 7 月下旬から 10 月中旬までの長期リレー出荷体系を構築している (秋田県 2017).

京都府の近隣県である兵庫県や岡山県は，京都府同様，丹波黒ダイズの産地である (松山ら 2003)．両県とも子実用丹波黒ダイズをエダマメとして収穫，出荷しているが (廣田ら 2000, 廣田ら 2003, 廣田ら 2004, 北田・岸 2007, 高野ら 2012), さらに兵庫県では,「黒っこ姫」や「茶っころ姫」という県オリジナル品種の育成も行っている (廣田ら 2010).

このように，生食用のエダマメでは，民間種苗会社育成品種や地方在来品種も主力品種となっており，種皮色が茶色や黒色に呈した有色種も利用されるなど，特徴ある品種が多い．この点は，子実生産で使用されるダイズ品種が，加工用として独立行政法人を含む国や公設試験研究機関で育成されたものが中心であることと対照的である (笹原 2000b).

第 2 節　京都府におけるエダマメの開発経過と技術的課題

第 1 節でも若干記述したように，京都府から兵庫県の丹波地域を中心として，100 粒重が 70 g を超える極大粒の黒ダイズが栽培されており，丹波黒と呼ばれている (松山ら 2003)．この地域は内陸部であるため，昼夜の気温較差が大きく，秋から冬にかけて濃霧の発生が頻繁で，多湿で降霜が遅いことから，ダイズの生育適温期間が長く，大粒ダイズの栽培に適すると考えられている (河合 2000，曳野 2004)．丹波黒は，元々は様々な変異を含む近縁種集団であったが，大粒種を中心に，遺伝的純度と品質水準の向上が目指された結果，京都府では「新丹波黒」が純系選抜された (京都府立農業研究所 1978，松山ら 2003).

本品種は極晩生で，子実としての収穫期が 11 月下旬から 12 月に至る．子実としての丹波黒の利用は煮豆が中心であり，正月のおせち料理の材料として強い需要がある．そのため，収穫から調製，出荷までの期間が短く，作業も急を要する．また，エダマメとしては「新丹波黒」は 10 月中下旬に収穫できるが，最需要期にはやや遅い．そこで「新丹波黒」の早生化を目的にした品種改良を進めた結果，γ線照射による突然変異育種により，子実の成熟期が 20 日早まった系統が得られた．種皮の裂皮が多く，子実品質が劣るものであったが，エダマメ専用品種として利用でき，品種名は「紫ずきん」と命名された (小林 1995).「紫ずきん」はエダマメ収穫期が 9 月下旬～ 10 月上旬と「新丹波黒」の直前であり，この 2 品種でリレー出荷することができるため，これらを組み合わせたエダマメ商品が開発された．このエダマメ商品については，リレー出荷の先頭となったエダマメ専用品種の名を受け，『紫ずきん』と名付けられた．これら丹波黒ダイズ系エダマメは大粒で，もちもちとした食感があることとあわせ，茹でる過程でデンプンが β-アミラーゼにより加水分解されて生成される麦芽糖により甘味が補われ，独特の風味を持つ (増田 2004，古谷ら 2012).

京都府では，1989 年から生産・流通団体と行政が一体となり，生産から販売にわたる一貫した取り組みとして府内産農産物のブランド化を進めている．1997 年に京のブランド産品として認証を受けた『紫ずきん』は (古谷 2004)，当時，上記 2 品種がリレー出荷され，それぞれの収穫期間をあわせた 9 月下旬～ 10 月下旬が販売期間となった．しかしながら，京都市中央卸売市場のエダマメ取扱高について 2010 年データでは，通年全体の 67.6 %を 7 ～ 8 月が占める一方，9 ～ 10 月は 26.1 %にすぎない．このように，エダマメの需要が多い時期は盛夏期を中心とした高温期である．

丹波黒ダイズの限界日長は 14.5 時間と推察され (石田・丹下 1983)，丹波黒ダイズを慣行播種期の 6 月上旬より約 1 ヶ月半早めても，エダマメ収穫期が 10 月 11 日とほとんど前進しない (岩波ら 1991).「新丹波黒」より早生性を持つ「紫ずきん」は，5 月上旬播種栽培により 9 月中旬からエダマメとして利用できるが (小林 1995)，生産現場での「紫ずきん」の慣行作型は，5 月下旬から 6 月上旬に播種し，9 月下旬から 10 月上旬に収穫する体系で栽培されている (河合 2000)．この作型に限定されているのは，「紫ずきん」の 5 月上旬播種栽培は 5 月 20 日以降に播種した場合より約 10 日栽培期間が長く，収量も 55 ～ 62 %にとどまることが (小林 1995)，主な要因として考えられる．

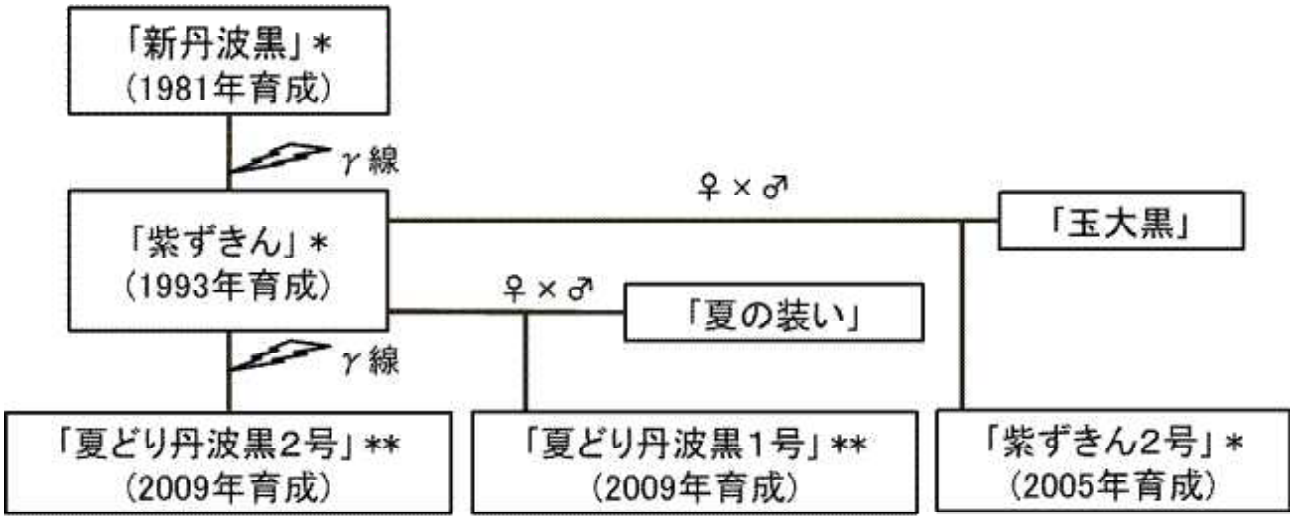
そのため，上記 2 品種より早生性を持ち，莢や未成熟子実の形状や食味が同等であるダイズモザイクウイルス抵抗性品種「紫ずきん 2 号」が 2005 年に育成された (三村ら 2006)．本品種の育成により，9 月中旬以前の，より残暑が強く感じられる時期へ『紫ずきん』の市場出荷を前進できる可能性が生まれた (杉本 2012)．

このように，秋季に販売できる特徴的な京都府オリジナルエダマメ品種の開発は進んだが，夏季に収穫・出荷可能な京都府独自品種はこれまで無かった．農業団体からは，丹波黒ダイズの系譜を持ち，夏季収穫が可能な早生性を有す大粒・良食味品種の育成が要望されていた．また，市場関係者からも，競合する他県産エダマメと区別化が可能な品種を販売したいという要望があり，2010 年の京都市中央卸売市場データでは 47.7 %である 7 ～ 8 月の京都産エダマメのシェアを，さらに向上させることが求められた．

そこで，丹波黒ダイズが持つ大粒で良食味である性質を維持しつつ収穫期の前進を目的とした品種育成を開始した．その結果，8 月にエダマメとして収穫可能な新品種として，受粉親とした「紫ずきん」に (株) サカタのタネ育成の「夏の装い」を花粉親として交配され開発された「夏どり丹波黒 1 号」および，「紫ずきん」に線量 100 Gy の γ 線照射による突然変異で開発された「夏どり丹波黒 2 号」が，2009 年に育成された (杉本・河合 2011)．これらを府内のエダマメ生産者，集荷および流通関係者に紹介したところ，外観，食味に高い評価を受けた．この 2 品種は開花期，収穫期がほぼ同時期であり，収穫できる莢の形状も大きな違いは無く (杉本・河合 2011)，これらの 2 品種はともに『京 夏ずきん』という新しい商品名で，2010 年から流通，販売されている (杉本ら 2011)．2012 年には『紫ずきん』と同様，京のブランド産品としての認証を受けた．

ここまで紹介した『紫ずきん』と『京 夏ずきん』を構成する京都府オリジナルの丹波黒ダイズ系品種の系譜を，第 3 図に示した．第 3 図の品種のうち，「紫ずきん 2 号」，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は育成年度が新しい．これら新品種の特性に応じた生産技術の開発が急務となった．

まず，「紫ずきん 2 号」であるが，生産現場への導入により，本品種が『紫ずきん』として出荷される最初の品種となった．市場への供給安定には，品種間で切れ目のない出荷ができることと，収量確保が可能な栽培技術の構築が重要である．また，リレー出荷最初の品種として，収穫開始の予測にもつながる収穫適期の診断技術の確立が不可欠である．



第3図　『紫ずきん』と『京 夏ずきん』を構成する品種の系譜.
『紫ずきん』：*を付した3品種で構成され，リレーして収穫・出荷される.
『京 夏ずきん』：**を付した2品種とも同じ商品名で収穫・出荷される.

さらに，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，新しい商品『京 夏ずきん』として夏季に販売される品目となった．そのため，8 月収穫可能な作型を中心に，収穫期を前進できる技術開発が必要である．それと並行して，高品質で食味の良い出荷物を市場供給するため，莢の肥大や外観の変化，子実の発達と食味成分の変化に基づく収穫適期の解明が求められた.

これらを背景として，2007 年から 2013 年にかけて行った「紫ずきん 2 号」，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の生産技術開発に関する試験研究の成果を取りまとめたものが本論文である.

最初に第 1 章では，京都府オリジナルの丹波黒ダイズ系品種の光周性を中心に開花特性について検討し，作型開発の基礎となる品種特性を解明した．続いて，第 2 章では，「紫ずきん 2 号」の最適な播種期を明らかにし，同時に，安定収量が得られる適正な栽植密度と培土期追肥技術を検討した．第 3 章では「紫ずきん 2 号」の莢の肥大や黄化程度の経時的な変化の調査から，莢厚と黄変莢発生割合からみた収穫適期の推定方法を検討した．第 4 章では，『京 夏ずきん』の安定生産が可能な作型開発のために，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の露地栽培における播種期を検討し，あわせて，簡易施設を利用した作期前進の可能性を追求した．そして，第 5 章では，収穫期における「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の莢の肥大や外観の経時的変化と，子実の発達と食味成分の変化から，収穫適期を解明した.

第 1 章　京都府で開発された丹波黒ダイズ系エダマメ品種の開花特性

第 1 節　緒言

序章で述べたように，京都府では 1996 年以来，府独自品種の「新丹波黒」と「紫ずきん」の 2 品種の丹波黒ダイズ系品種を『紫ずきん』という商標のエダマメとして販売していた (京都府立農業研究所 1978，小林 1995)．しかしながら，エダマメの需要が多い時期は盛夏期を中心とした高温期である．そこで，上記 2 品種より早生性を持つダイズモザイクウイルス抵抗性品種「紫ずきん 2 号」が 2005 年に育成された (三村ら 2006).

さらに，夏季収穫可能な新たな品種として，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」が 2009 年に育成された (杉本・河合 2011)．これらの 2 品種はともに『京 夏ずきん』という新しい商品名で，2010 年から流通，販売されている (杉本ら 2011)．今後，京都府の特徴的な農産物として市場での認知度を高めるためには，夏季に収穫できる作期の開発により，多様な作型と栽培技術を早急に確立する必要がある．

そこで本章では，新たに開発された丹波黒ダイズ系エダマメ品種「紫ずきん 2 号」と「夏どり丹波黒 1 号」，「夏どり丹波黒 2 号」の安定生産が可能な作型を開発するために，光周性を中心に開花特性について検討した．

第 2 節　材料と方法

1．供試品種と栽培方法

供試品種は「紫ずきん 2 号」と「夏どり丹波黒 1 号」，「夏どり丹波黒 2 号」および親品種である「夏の装い」，「紫ずきん」，エダマメ用としても栽培されるダイズ品種の「新丹波黒」を加えた 6 品種であった．播種を，2011 年 9 月 12 日に育苗培土ナプラ養土 S タイプ (ヤンマー社製，以下同じ) を充填した 128 穴セルトレイ (ヤンマー社製，以下同じ) に行い，自然日長下の無加温ガラスハウス内で本葉 1 葉展開始期まで育苗した後，京都府農林水産技術センター農林センター圃場土壌を充填した 1/2000 a ワグネルポットに各品種 4 個体を 9 月 27 日に移植した．肥料は小規模のポット栽培のため施用しなかった．

2．日長処理の方法

ダイズやエダマメ苗を移植したワグネルポットを，松下電工社製の電照用電球 K-RD 100 V 60 W を用いて，連続明期の時間を 13，14，15 および 24 時間の 4 処理

第1表　日長時間別にみた各供試エダマメ品種の開花始（2011年）.

品種	13時間区			14時間区			15時間区			24時間区		
	開花株／調査株	開花始	移植後日数	開花株／調査株	開花始	移植後日数	開花株／調査株	開花始	移植後日数	開花株／調査株	開花始	移植後日数
「夏の装い」	4/4	10/17	20	4/4	10/17	20	4/4	10/17	20	3/3[a)]	10/18	21
「夏どり丹波黒1号」	4/4	10/16	19	4/4	10/14	17	4/4	10/15	18	3/3[a)]	10/22	25
「夏どり丹波黒2号」	4/4	10/16	19	4/4	10/16	19	4/4	10/19	22	4/4	10/20	23
「紫ずきん2号」	4/4	10/25	28	3[b)]/4	11/4	38	0/4	－	－	0/4	－	－
「紫ずきん」	4/4	10/23	26	3[b)]/4	11/4	38	0/4	－	－	0/4	－	－
「新丹波黒」	4/4	10/24	27	1[b)]/4	11/6	40	0/4	－	－	0/4	－	－

a）活着不良により欠株したため，調査個体数が減じた．b）開花に至った株のみのデータにて，開花始を調査した．

区を設けた無加温ガラスハウスに各品種 1 ポットずつ置床し，開花の有無を調査した．調査期間は，慣行栽培による「新丹波黒」の移植期 (6 月中旬) から開花期 (8 月上旬) の期間を参考に，移植 51 日後の 11 月 17 日を期限とした．なお，本調査において，植物体頂部近傍 (ポット接地面から 75 cm の高さ) の光合成光量子束密度を LI-COR 社製 Light Mater LI-250 A で測定したところ，11.0 μ mol m^{-2} s^{-1} であった．

第 3 節　結果

1.「紫ずきん 2 号」と「紫ずきん」,「新丹波黒」の日長反応

各日長区に対する供試品種の開花始を第 1 表に示した．「紫ずきん」,「紫ずきん 2 号」と「新丹波黒」は，24 時間区，15 時間区で全ての調査個体が開花せず，13 時間区では全て開花した．また，14 時間区の「紫ずきん 2 号」と「紫ずきん」では 3 個体が開花し，「新丹波黒」は 1 個体が開花した．

2.「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」の日長反応

「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」と「夏の装い」では，24 時間区を含むいずれの日長時間においても全ての調査個体が開花し，着莢も確認できた (第 1 表).「夏の装い」では，13 時間区，14 時間区，15 時間区の開花始はいずれも移植 20 日後で，24 時間区 (移植 21 日後) と，ほぼ同時期であった．「夏どり丹波黒 1 号」では 13 時間区，14 時間区，15 時間区の開花始がそれぞれ移植 19 日後，17 日後，18 日後と「夏の装い」に比べ 1 ～ 3 日早かったのに対し，24 時間区では移植 25 日後に開花始を迎えた．また，「夏どり丹波黒 2 号」では 13 時間区，14 時間区の開花始が移植 19 日後であったが，15 時間区の開花始が移植 22 日後，さらに 24 時間区の開花始が移植 23 日後と最も遅く，「夏どり丹波黒 1 号」

と「夏どり丹波黒 2 号」では 24 時間区で移植後から開花までの日数が，他の日長区に比べやや長かった．

第 4 節　考察

1.「紫ずきん 2 号」と「紫ずきん」,「新丹波黒」の開花特性

「紫ずきん 2 号」,「紫ずきん」および「新丹波黒」は，それぞれの品種特性調査から，生態型 IVc の極晩生品種と考えられるが (福井・荒井 1951，京都府立農業研究所 1978，小林 1995，三村ら 2006)，第 2 表の結果からこれらの品種は，13 ～ 15 時間の範囲に限界日長が存在するものと推定された．丹波黒ダイズに関しては限界日長が 14.5 時間付近にあると推測されており (石田・丹下 1983)，従来の「丹波黒」系統群から純系選抜により育成された「新丹波黒」の光周性はこの報告とほぼ一致する．しかし,「紫ずきん 2 号」は「紫ずきん」と同様に，14 時間区で開花した個体が「新丹波黒」より多く，やや短日要求性が弱いと考えられた．「紫ずきん」や「紫ずきん 2 号」は,「新丹波黒」の早生化を目標として育成された品種である (小林 1995，三村ら 2006)．これらの品種の間で，開花特性の違いが生じる一因として，限界日長の違いによるものと考えられた．「紫ずきん」と「新丹波黒」の組合せによって京都府特産エダマメ『紫ずきん』のリレー出荷がなされているが (河合 2000),「紫ずきん 2 号」についても，開花や子実肥大特性に応じた作型の開発によって,『紫ずきん』の品種構成に加えることが可能と考えられた．

2.「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」の開花特性

「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は,「夏の装い」とともに日長に関わらず開花することが確認された (第 1 表)．これら 2 品種は杉本・河合 (2011) の調査では，生態型 (福井・荒井 1951) を Ib と推察しているが，品種育成の過程において生じたと考えられる変異により，Xia ら (2012) の報告に例がみられる長日においても開花に至る遺伝子が導入または誘導され，本来ダイズが持つ短日性がほとんど発現しない特性が付与された可能性がある．「夏の装い」は，ハウスでの促成栽培から露地普通栽培まで適応性が広いとされており (サカタのタネ HP)，京都府内においてもハウス栽培で作付けされていることが紹介されている (JA 京都 HP)．すなわち,「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は,「夏の装い」と同様に，播種期を選択することで開花期を調整し，その結果として収穫期を調整できる可能性が考えられた．

ただし，「夏の装い」では処理区による開花始の違いはほぼ無かったが，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は明期が長いほど開花始が遅い傾向がみられた (第 1 表)．相対的短日植物であるマリーゴールドでは，品種によって短日要求性が異なり，短日要求性が最も強い品種は長日によって花芽分化が遅れることを報告している (Tsukamoto ら 1968)．また，日長不感受性ダイズ品種については，有限伸育型の日長不感受性品種と温度依存有限伸育型の日長不感受性品種との 2 群に分けられ，野外で平均気温約 30 ℃で短日または長日の両方の条件下で, 後者は前者より開花までの日数が長いことが知られている (Inouye ら 1979)．「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，「夏の装い」よりも開花期やエダマメ収穫期，子実成熟期がやや遅く (杉本・河合 2011)，短日要求性がやや強いことが示唆され (Tsukamoto ら 1968)，Inouye ら (1979) が報告する温度依存有限伸育型の日長不感受性品種に分類される可能性もある．

以上のことから，『京 夏ずきん』として販売される 2 品種，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」には限界日長は存在せず，育成系譜上にある「新丹波黒」や「紫ずきん」には無い早生性が獲得されたものと推察された．高井ら (2010)，吉田ら (2011) は，早生品種を用いてハウス栽培を行うことにより 4 月以前の播種栽培が可能であることを報告している．この 2 品種についても播種期の前進により，日長処理を行わずに 8 月以前に収穫できる作型の開発が可能であると考えられた．

第 5 節　摘要

京都府の新たな丹波黒ダイズ系エダマメ「紫ずきん 2 号」と「夏どり丹波黒 1 号」，「夏どり丹波黒 2 号」の安定生産が可能な作型を開発するために，光周性を中心に開花特性を調査した．「紫ずきん 2 号」は，「紫ずきん」および「新丹波黒」と同様に，限界日長の存在が認められたのに対し，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，日長に関わらず開花が認められた．

第 2 章　丹波黒ダイズ系エダマメ品種「紫ずきん 2 号」の作型開発

第 1 節　緒言

序章で述べたように，2005 年に「紫ずきん」や「新丹波黒」より早生性を持つダイズモザイクウイルス抵抗性品種「紫ずきん 2 号」が育成されたことにより (三村ら 2006)，9 月中旬以前の，より残暑が強く感じられる時期へ『紫ずきん』の市場出荷を前進できることとなった．しかしながら，市場への供給安定には，品種間の切り替え時に端境期ができないよう，適正な播種期を生産現場に提示する必要がある．また，丹波黒ダイズの早播栽培では，生育期間が長期化するのみで収穫期がほとんど変わらないなど (岩波ら 1991)，農業生産上，前進の限界が存在する．本品種においても同様の可能性があることが推察されるため，播種期の早限も明らかにする必要がある．

丹波黒ダイズの子実生産では，分枝が開張するため 1 条植えする場合の条間は 90 ～ 120 cm，株間は 40 ～ 45 cm となり，条間 60 ～ 75 cm，株間 10 ～ 20 cm で栽培される普通ダイズの場合に比べ疎植となる (京都府農林水産部農産流通課・京都米振興協会 2007)．「紫ずきん」も丹波黒大豆生産の栽植密度が慣行となっている．しかし，「紫ずきん 2 号」は，「紫ずきん」より草姿がコンパクトで密植適性が優れることが示唆されている (三村ら 2006)．そのため，産地で安定的に収量が得られる栽植密度は「紫ずきん」と異なる可能性が推察される．そこで，「紫ずきん 2 号」の安定生産のため，適正な栽植密度の解明も求められる．

生産の安定化のためには，適正な施肥法の確立も重要である．ダイズやエダマメは，施肥窒素と拮抗する根粒由来窒素の依存率が高い一方，開花期以後は莢肥大から子実形成にかけて窒素等の栄養成分の吸収が高まるため，培土期や開花期，莢肥大期での追肥が行われる場合が多い (菊池 2000，片山ら 2009)．ただし，追肥は夏季の乾燥時に畦間へ施すことから施肥効率の低さが指摘され，施肥量の検討の他に，被覆尿素の有効性も報告されている (片山ら 2009)．五十嵐ら (2009) は，エダマメへの培土期追肥として 40 日タイプの被覆尿素が適切であるとしている．さらに近年，施肥直後は溶出抑制され，一定期間経過後に溶出が開始されるシグモイド型の被覆尿素の活用が進められ，追肥においてもその効果が認められている (谷ら 2002，高橋ら 2003，片山ら 2009)．これらの研究により，ダイズやエダマメの生産性向上に被覆尿素が活用できることが示唆される．特に，株当たり莢数が「紫ずきん」の半分以下である「紫ずきん 2 号」では (三村ら 2006)，

より多収が得られる技術が求められることから，窒素施肥量の検討とあわせ，被覆尿素を用いた施肥技術も検討する価値が高いものと考えられる．

本章では，丹波黒ダイズ系エダマメ『紫ずきん』のリレー出荷体系をさらに前進できる「紫ずきん 2 号」の最適な播種期を明らかにするとともに，安定収量が得られる適正な栽植密度および培土期追肥技術を検討した．

第 2 節　材料と方法

1．供試品種と栽培方法

試験は，2007 ～ 2009 年の 3 カ年，京都府農業総合研究所 (現在，京都府農林水産技術センター農林センター) の水田転換畑 (中粒質灰色化低地水田土，前作はダイズ，エダマメおよびアズキ) を用いて行った．供試品種は「紫ずきん 2 号」とし，比較品種として，6 月上旬に播種，6 月中旬に栽植密度 2.8 株 m^{-2} (条間 90 cm ×株間 40 cm) で移植，基肥および培土期追肥の窒素施肥量はそれぞれ 1.2 g m^{-2} と 2.1 g m^{-2} とする慣行体系で栽培した「紫ずきん」を用いた．栽培については，播種は市販の育苗培土 (ナプラ養土 S タイプ) を充填した 128 穴セルトレイに行い，同研究所の無加温ガラスハウス内で初生葉展開期まで育苗した後，移植は露地の畝に行った．施肥については，基肥は京都府内の豆類栽培で慣行的に使用されている一部有機資材を配合した化成肥料 (豆有機 322) を用いて，N：P_2O_5：K_2O ＝ 1.2：4.8：4.8 g m^{-2} を全層施用した．

2．播種期と栽植密度の検討（試験 2-1：2007 ～ 2008 年）

2007 年は，播種期と栽植密度の検討をそれぞれ独立に行った．播種期の検討では，5 月 25 日，6 月 5 日，6 月 15 日，6 月 25 日，7 月 5 日および 7 月 15 日の 6 水準として各 2 反復を設けた．各区の移植期は，それぞれ 6 月 6 日，6 月 15 日，6 月 25 日，7 月 5 日，7 月 12 日および 7 月 23 日であった．栽植密度は 3.7 株 m^{-2} (条間 90 cm ×株間 30 cm) とした．栽植密度の検討では，条間は 90 cm と固定し，株間を 13 cm (栽植密度 8.5 株 m^{-2})，20 cm (同 5.6 株 m^{-2})，30 cm (同 3.7 株 m^{-2}) および 40 cm (同 2.8 株 m^{-2}) の 4 水準として各 2 反復を設けた．播種期は 6 月 15 日とし，移植期は 6 月 25 日であった．各試験区とも，基肥は上述のとおりとし，培土期追肥として開花期から 7 ～ 10 日前に硫安を窒素成分で 2.1 g m^{-2} を施用し，その直後に中耕培土を行った．

2008 年は，播種期と栽植密度の検討を組み合わせて行った．播種期に関しては，6 月 6 日 (移植期 6 月 17 日)，6 月 16 日 (同 6 月 26 日) および 6 月 26 日 (同 7

月 3 日) の 3 水準，栽植密度については，条間 90 cm に対して株間 20 cm (栽植密度 5.6 株 m^{-2})，30 cm (同 3.7 株 m^{-2}) および 40 cm (同 2.8 株 m^{-2}) の 3 水準を組み合わせた 9 区として各 2 反復を設けた．施肥は 2007 年と同様とした．

また，比較のため，「紫ずきん」慣行栽培区を 2 反復，設置した．2007 年は播種期を 6 月 5 日 (移植期 6 月 15 日)，2008 年は播種期を 6 月 16 日 (同 6 月 16 日) とした．

以上の試験区の面積は全て 20 m^2 以上を確保した．

3．培土期追肥の種類および施肥量の検討（試験 2-2：2008 ～ 2009 年）

2008 年は，6 月 16 日に播種，6 月 26 日に移植し，栽植密度 3.7 株 m^{-2} (条間 90 cm ×株間 30 cm)，基肥を N：P_2O_5：K_2O ＝ 1.2：4.8：4.8 g m^{-2} の全層施用とした「紫ずきん 2 号」を用いて，培土期の窒素追肥の種類と量を検討した．供試肥料は，硫安とシグモイド溶出型 40 日タイプの被覆尿素肥料 CUS40 の 2 種類で，窒素成分追肥量は慣行の 2.1 g m^{-2} とその 3 倍量となる 6.3 g m^{-2} の 2 水準を組み合わせた 4 区として各 2 反復を設け，追肥を 7 月 17 日に施用した．CUS40 を供試した理由としては，高橋ら (2003) が，ダイズの培土期追肥に適するシグモイド型被覆尿素として，最繁期直前から溶出が開始され，黄葉期までにほぼ溶出が終了する肥料が適すると提案しているが，本研究の対象作目であるエダマメの収穫期は，黄葉期より早い子実肥大終期までに迎える．そのため，高橋ら (2003) の被覆尿素の溶出シミュレートにおいて，施肥後約 40 日で窒素溶出率が 80 %となった CUS40 に注目したことによる．

2009 年は，栽植密度と組み合わせた培土期追肥の検討を行った．播種期は 6 月 15 日 (移植期 6 月 25 日) とし，比較品種「紫ずきん」では慣行である株間 40 cm (条間は 90 cm，栽植密度 2.8 株 m^{-2}) で硫安により窒素成分 2.1 g m^{-2} を追肥した区 (40 cm・硫安 2.1 g m^{-2} 区) の「紫ずきん 2 号」に対して，株間 30 cm (条間 90 cm，栽植密度 3.7 株 m^{-2}) とした上で，硫安での追肥を窒素成分で 2.1 g m^{-2} (30 cm・硫安 2.1 g m^{-2} 区) および 6.3 g m^{-2} (30 cm・硫安 6.3 g m^{-2} 区) 施用した処理区と CUS40 での追肥を窒素成分で 2.1 g m^{-2} 施用した処理区 (30 cm・CUS40 2.1 g m^{-2} 区) の計 4 区として各 2 反復を設けた．培土期追肥の施用は 7 月 16 日に行った．

本試験においても「紫ずきん」慣行栽培区を 2 反復，比較のため設置した．2008 年は播種期を 6 月 6 日，移植期を 6 月 16 日とし，培土期追肥を 7 月 11 日に硫安で窒素成分 2.1 g m^{-2} の施用とし，2009 年は播種期を 6 月 5 日，移植期を 6 月 15 日とし，培土期追肥を 7 月 9 日に前年と同量の施用とした．

以上の試験区の面積は試験 2-1 同様，全て 20 m^2 以上を確保した．

4．調査項目

試験 2-1，試験 2-2 とも，開花始，収穫期を判断した後，収穫期に調査株を一斉に株ごと圃場から抜き取って葉を取り除き，茎と莢を分け，収穫時の主茎長，主茎節数，一次分枝数を調査した．また，試験 2-1 における 2007 年の栽植密度調査と試験 2-2 における 2009 年の調査では総節数も計数した．収量関連形質としては，着生した全ての莢数および莢新鮮重 (以下，莢重) と，莢厚をノギスで測定し，『紫ずきん』の出荷規格 (注：生産者への指導資料に基づく．以下，同じ) の一つである莢厚 11 mm 以上の莢数および莢重を計数あるいは秤量した．収穫期は目視によって判断したが，主な出荷規格である莢厚 11 mm 以上であることと，黄化莢が混入していないことという基準を踏まえ，莢が十分肥大し，莢厚 11 mm 以上の莢が過半を超える時期以降で，消費者に好まれない黄化莢 (星野 2002) が出現する直前の時期とした．ただし，莢厚 11 mm 以上の莢が過半に達する前であっても黄化莢の出現を確認したときは，その時期を収穫期とした．調査株数は全ての処理区とも 10 株とした．気象データは所内観測値を使用した．

5．統計解析

「紫ずきん 2 号」に対して行った播種期，栽植密度および追肥の処理について，分散分析および Tukey-Kramer 法の多重比較による統計解析を行った．統計ソフトはエクセル統計 for Windows (社会情報サービス社製) を用いた．

第 3 節　結果

1．気象条件

供試年の栽培期間における平均気温と降水量を第 2 表に示した．2007 年は 8 月中旬から 10 月までの間，高温で推移した．2008 年は 7 月下旬から 8 月中旬まで

第2表　栽培期間における平均気温と降水量.

項目	月	5月	6月			7月			8月			9月			10月
	旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬
平均気温 (℃)	2007年	19.2	20.5	22.2	24.1	23.9	24.1	25.1	27.5	28.9	26.3	26.1	25.4	23.0	20.2
	2008年	19.8	19.8	21.6	22.4	26.1	27.3	28.1	28.2	27.7	23.9	25.1	23.8	18.9	18.6
	2009年	19.3	19.9	22.3	24.9	24.7	26.5	25.6	26.8	26.5	24.4	23.6	19.9	21.8	18.4
	平年値	19.4	20.6	22.1	23.2	25.2	25.6	27.2	27.5	26.7	25.9	24.4	23.2	20.3	18.3
降水量 (mm)	2007年	69.5	44.0	47.0	75.5	72.5	132.5	33.5	3.0	1.0	58.0	23.0	22.5	35.0	22.5
	2008年	93.5	94.0	28.5	37.0	12.5	36.5	89.5	2.5	3.0	30.0	1.0	13.5	133.0	44.0
	2009年	36.5	16.5	6.5	85.0	25.5	118.0	102.5	101.5	12.5	5.0	0.0	31.0	28.5	122.5
	平年値	35.7	52.6	58.2	97.9	66.0	77.9	44.6	43.8	42.6	57.0	70.3	66.3	65.3	43.9

平均気温の平年値は1993～2004年の平均値，降水量の平年値は1971～2000年の平均値.

第3表　播種期の違いが「紫ずきん2号」の生育および収量に及ぼす影響（2007年）.

品種	播種期	培土期追肥	開花始	収穫期	主茎長	主茎節数	一次分枝数	総莢数	莢厚11 mm以上莢数	総莢重	莢厚11 mm以上莢重	莢厚11 mm以上/総莢重
	月/日	月/日	月/日	月/日	cm	節 株$^{-1}$	本 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	g m^{-2}	g m^{-2}	%
「紫ずきん2号」	5/25	7/6	7/13 (49)	9/3 (52)	72.5 b	15.9 c	7.1	49.6 a	18.8 a	446.5 a	241.8 a	54.1 a
	6/5	7/9	7/19 (44)	9/7 (50)	67.4 b	15.2 c	7.2	68.6 bc	30.7 b	575.8 a	369.7 ab	64.2 ab
	6/15	7/18	7/26 (41)	9/12 (48)	58.4 ab	14.1 b	7.1	70.8 bc	39.0 b	686.9 ab	502.1 bc	73.0 bc
	6/25	7/20	8/2 (38)	9/21 (50)	50.5 a	13.0 a	6.8	74.3 c	49.0 c	817.7 bc	677.1 cd	82.8 c
	7/5	7/31	8/11 (37)	10/1 (51)	46.7 a	12.9 a	6.7	54.4 a	46.7 bc	825.7 bc	780.0 d	94.5 d
	7/15	8/9	8/19 (35)	10/8 (50)	52.4 a	13.4 ab	6.4	60.0 ab	48.5 c	869.4 c	796.5 d	91.6 d
（比較）「紫ずきん」	6/5	7/18	7/24 (49)	10/5 (73)	66.2	16.1	9.4	128.5	93.8	1151.9	999.1	86.3

異なる英小文字間の「紫ずきん2号」の値には5%水準で有意な差がある（Tukey-Kramer法）．栽植密度は，「紫ずきん2号」が条間90 cm×株間30 cm（3.7株 m^{-2}），「紫ずきん」が条間90 cm×株間40 cm（2.8株 m^{-2}）．開花始の下の括弧内は播種期～開花始までの日数，収穫期の下の括弧内は開花始～収穫期までの日数を示す．

第4表　栽植密度の違いが「紫ずきん2号」の生育および収量に及ぼす影響（2007年）.

品種	株間	主茎長	主茎節数	一次分枝数	総節数		総莢数		莢厚11 mm以上莢数		総莢重		莢厚11 mm以上莢重		莢厚11 mm以上/総莢重
	cm	cm	節 株$^{-1}$	本 株$^{-1}$	節 株$^{-1}$	節 m^{-2}	莢 株$^{-1}$	莢 m^{-2}	莢 株$^{-1}$	莢 m^{-2}	g 株$^{-1}$	g m^{-2}	g 株$^{-1}$	g m^{-2}	%
「紫ずきん2号」	13	60.3	13.5	6.6	40.9 a	347.9 c	40.7 a	347.6 b	17.6 a	150.4	85.0 a	726.6	55.5 a	474.0	63.8
	20	56.9	13.8	7.4	48.9 ab	271.4 b	58.0 b	322.2 b	24.5 ab	136.1	124.8 a	693.3	79.7 ab	442.7	63.9
	30	53.2	13.6	7.5	51.5 b	190.6 a	70.4 c	260.6 a	39.4 bc	145.9	184.2 b	682.4	136.8 bc	506.7	74.1
	40	54.7	13.7	8.1	62.9 c	174.7 a	89.4 d	248.2 a	53.9 c	149.6	240.0 b	666.8	188.2 c	522.9	78.3
（比較）「紫ずきん」	40	61.4	16.1	10.3	90.3	250.9	148.3	411.9	110.2	306.0	444.1	1233.5	397.0	1102.8	89.4

異なる英小文字間の「紫ずきん2号」の値には5%水準で有意な差がある（Tukey-Kramer法）．全ての区とも条間は90 cm．「紫ずきん2号」の播種期は6月15日で，開花始および収穫期はそれぞれ7月26日および9月12日．「紫ずきん」の播種期は6月5日で，開花始および収穫期はそれぞれ7月24日および10月5日．いずれの区も，培土期追肥は7月18日に施用した．

高温傾向であった．2009 年は 8 月以降，平年並みからやや低温傾向で推移した．降水量については，3 カ年とも 7 月下旬は平年並みからそれ以上の降雨が認められた．しかし，その後の 8 月は，2007 年と 2008 年では降雨が少なく干ばつ傾向であった．2009 年では 8 月上旬は平年比 2.3 倍となるほど多く，その後，少雨傾向となった．

2．播種期と栽植密度の検討（試験 2-1）

2007 年に行った播種期を異にした「紫ずきん 2 号」の生育と収量の結果を第 3 表に示した．播種期が遅いほど「紫ずきん 2 号」の開花始は遅くなった．しかし，開花までの期間は，5 月 25 日播種区では 49 日であったが，播種期が遅くなるほど短くなり，6 月 25 日以降の播種期では 38 ～ 35 日と区間差が 1 ～ 2 日間に短縮された．一方，開花始から収穫期までの日数はいずれの播種期とも約 50 日間で大きな差異はみられなかった．主茎長や主茎節数は遅い播種期ほど概ね小さく，

一次分枝数は有意ではないが，遅い播種期で少ない傾向がみられた．総莢数は 6 月 25 日播種区が最も多く，それより早い播種期，遅い播種期とも少なくなる傾向がみられた．しかしながら，出荷規格の基準である莢厚 11 mm 以上の莢数は遅い播種期ほど多かった．また，総莢重や莢厚 11 mm 以上の莢重も遅い播種期ほど多く，総莢重に占める莢厚 11 mm 以上の莢重の割合も遅い播種期ほど増加した．しかし，全ての「紫ずきん 2 号」区の収量は，「紫ずきん」に比べ少なかった．

2007 年に行った栽植密度 (株間) の違いによる「紫ずきん 2 号」の生育および収量を第 4 表に示した．主茎節数には区間差はなかった．また有意ではないが，株間が狭い区ほど主茎長が長く，一次分枝数が少ない傾向がみられた．総節数や収量関連形質については，株当たりでみると，株間が狭い区ほど総節数，総莢数や総莢重，莢厚 11 mm 以上の莢数や莢重が少なかった．しかし，m^2 当たりでみると総節数，総莢数は株間が狭い区で多かったが，莢厚 11 mm 以上の莢重では有意ではないものの株間 40 cm 区が最も多く，次いで株間 30 cm 区となった．これらの結果により，総莢重に占める莢厚 11 mm 以上の莢重の割合は，株間が広い区ほど多くなった．いずれの栽植密度においても，「紫ずきん 2 号」の収量は，「紫ずきん」に比べ少なかった．

2008 年に行った，播種期と栽植密度の組み合わせによる「紫ずきん 2 号」の生育および収量結果を第 5 表に示した．播種期や栽植密度の違いによる傾向は 2007 年の結果とほぼ同様であり，組合せによる交互作用には有意差がみられな

第5表　播種期と栽植密度の違いが「紫ずきん2号」の生育および収量に及ぼす影響（2008年）.

品種	播種期	開花始	収穫期	株間	主茎長	主茎節数	一次分枝数	総莢数		莢厚11 mm以上莢数		総莢重		莢厚11 mm以上莢重		莢厚11 mm以上/総莢重
	月/日	月/日	月/日	cm	cm	節 $株^{-1}$	本 $株^{-1}$	莢 $株^{-1}$	莢 m^{-2}	莢 $株^{-1}$	莢 m^{-2}	g $株^{-1}$	g m^{-2}	g $株^{-1}$	g m^{-2}	%
「紫ずきん2号」	6/6	7/18 (42)	9/10 (54)	20	56.2	15.0	6.7	34.0	188.6	8.6	47.8	57.9	321.9	25.3	140.8	38.6
				30	50.2	14.4	6.9	46.7	172.8	16.7	61.9	97.4	360.8	58.0	214.7	52.9
				40	49.0	14.8	7.4	53.4	148.2	13.4	37.1	95.2	264.5	40.8	113.2	41.3
	6/16	7/24 (38)	9/16 (54)	20	47.5	14.0	5.3	36.9	204.7	13.9	76.9	75.3	418.3	44.0	244.3	54.2
				30	46.7	14.2	6.8	52.4	193.9	25.4	94.1	123.9	458.9	84.4	312.5	68.1
				40	45.2	13.8	6.6	57.0	158.2	30.0	83.3	143.0	397.2	100.6	279.5	70.1
	6/26	8/1 (36)	9/24 (54)	20	47.4	14.0	5.2	34.9	193.9	17.1	95.0	84.1	467.5	59.8	332.2	71.6
				30	48.9	14.2	5.8	51.8	191.7	30.9	114.3	148.6	550.2	117.0	433.5	78.3
				40	47.8	14.3	6.3	60.2	167.2	38.5	106.8	174.1	483.5	142.6	396.1	80.8
	分散分析		播種期 (A)		**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*
			株間 (B)		*	n.s.	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
			A×B		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
(比較) 「紫ずきん」	6/6	7/24 (48)	10/6 (74)	40	55.3	16.5	8.6	67.3	186.8	29.1	80.7	173.8	482.7	107.8	299.5	62.0

*，**および n.s. は，それぞれ5%有意，1%有意および有意差なしを表す．開花始の下の括弧内は播種期～開花始までの日数，収穫期の下の括弧内は開花始～収穫期までの日数を示す．「紫ずきん2号」の培土期追肥は，6月6日播種区では7月11日，6月16日播種区では7月17日，6月26日播種区では7月24日に施用し，「紫ずきん」区の培土期追肥は7月11日に施用した．

かった．すなわち，播種期が遅いほど開花までの期間が短く，主茎長や主茎節数，一次分枝数が減少するとともに，株間が狭い区ほど主茎長が長く，一次分枝数が少なかった．また，株当たり総莢数や総莢重は，株間が狭いほど少ない傾向がみられた．莢厚 11　mm 以上の莢重は，株当たりおよび m^2 当たりとも播種期でのみ有意となり，播種期が遅くなるほど多収となった．一方，栽植密度については有意とはならなかったが，いずれの播種期とも株間 30 cm 区が多い傾向がみられた．特に，6 月 16 日播種の株間 30　cm 区と 6 月 26 日播種の全区では，慣行の「紫ずきん」より多収を示した．

3．培土期追肥の種類および施肥量の検討（試験 2-2）

2008 年に行った培土期追肥の違いによる「紫ずきん 2 号」の生育，収量の結果を第 6 表に示した．処理の影響は，主茎長や主茎節数，一次分枝数，総莢数に

第6表　培土期追肥の種類と量の違いが「紫ずきん2号」の生育および収量に及ぼす影響（2008年）．

品種	追肥種	窒素追肥量	主茎長	主茎節数	一次分枝数	総莢数	莢厚11 mm以上莢数	総莢重	莢厚11 mm以上莢重	莢厚11 mm以上/総莢重
		g m^{-2}	cm	節 $株^{-1}$	本 $株^{-1}$	莢 $株^{-1}$	莢 $株^{-1}$	g m^{-2}	g m^{-2}	%
「紫ずきん2号」	硫安	2.1	43.2	13.7	6.3	49.8	19.2	396.8	238.1	60.0
		6.3	43.6	13.7	6.2	53.5	30.3	526.5	407.7	77.2
	CUS40	2.1	45.1	14.1	6.3	58.2	31.1	597.4	452.1	75.6
		6.3	47.8	14.1	6.4	58.6	32.1	581.5	450.5	77.4
	分散分析	追肥種（A）	ns	ns	ns	ns	*	**	*	ns
		追肥量（B）	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
		A×B	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
（比較）「紫ずきん」	硫安	2.1	60.9	16.8	9.5	74.8	52.4	936.4	600.2	64.2

*，**および n.s. は，それぞれ5%有意，1%有意および有意差なしを表す．「紫ずきん2号」の播種期は6月16日で，培土期追肥は7月17日に施用し，開花始および収穫期はそれぞれ7月24日および9月17日であった．「紫ずきん」の播種期は6月6日で，培土期追肥は7月11日に施用し，開花始および収穫期はそれぞれ7月24日および10月6日であった．

第7表　栽植密度および培土期追肥の組合せ処理の違いが「紫ずきん2号」の生育および収量に及ぼす影響（2009年）．

品種	処理（上段：株間，下段：追肥）	主茎長	主茎節数	一次分枝数	総節数		総莢数		莢厚11 mm以上莢数		総莢重		莢厚11 mm以上莢重		莢厚11 mm以上/総莢重
		cm	節 $株^{-1}$	本 $株^{-1}$	節 $株^{-1}$	節 m^{-2}	莢 $株^{-1}$	莢 m^{-2}	莢 $株^{-1}$	莢 m^{-2}	g $株^{-1}$	g m^{-2}	g $株^{-1}$	g m^{-2}	%
「紫ずきん2号」	株間 40 cm 硫安2.1 g m^{-2}	56.1	14.6	7.4	58.3	161.8 a	91.2	253.2	73.9	205.1	327.0	908.4	305.1	847.6	93.2
	株間 30 cm 硫安2.1 g m^{-2}	60.0	14.5	7.2	54.7	202.4 ab	78.8	291.9	62.0	229.5	268.6	994.9	248.7	921.3	92.6
	株間 30 cm 硫安6.3 g m^{-2}	62.4	15.0	7.4	58.3	215.9 b	79.8	295.6	63.7	235.7	265.1	982.0	246.2	911.7	92.7
	株間 30 cm CUS40 2.1 g m^{-2}	58.6	14.7	6.9	53.6	198.5 ab	80.5	298.0	65.6	242.8	276.6	1024.3	258.7	958.2	93.6
（比較）「紫ずきん」	株間 40 cm 硫安2.1g m^{-2}	68.1	18.0	9.3	93.6	220.6	112.4	312.3	104.5	290.2	445.7	1238.2	435.4	1209.4	97.6

異なる英小文字間の「紫ずきん2号」の値には5%水準で有意な差がある（Tukey-Kramer法）．条間は全ての区とも90 cm．「紫ずきん2号」の播種期は6月15日で，培土期追肥は7月16日に施用し，開花始および収穫期はそれぞれ7月24日および9月17日であった．「紫ずきん」の播種期は6月5日で，培土期追肥は7月9日に施用し，開花始および収穫期はそれぞれ7月22日および10月6日であった．

はみられなかったが，総莢重や莢厚 11 mm 以上の莢数，莢重には追肥の種類について有意となり，CUS40 の施用で多収となった．また，追肥量の違いにおいては，莢厚 11 mm 以上の莢数に有意差が認められた．なお，総莢重で交互作用の有意性が認められたが，CUS40 の施用では量の多少に関わらず，ほぼ同量の総莢重が得られたことによる．同様の傾向は，有意ではないが莢厚 11 mm 以上の莢重でもみられており，CUS40 の 2.1 g m^{-2} 施用区においては，硫安を 3 倍量追肥した場合とほぼ同等の収量が得られた．

2009 年の調査結果を第 7 表に示した．同じ追肥区 (硫安を 2.1 g m^{-2} 施用) では株間が狭い 30 cm 区で多収傾向となった．30 cm・硫安 6.3 g m^{-2} 区では，他の区より m^2 当たり総節数が多かったが，m^2 当たり総莢数や総莢重，莢厚 11 mm 以上の莢数，莢重が多くならなかった．30 cm・CUS40 2.1 g m^{-2} 区は，他の区と有意差はみられなかったものの，総莢重や莢厚 11 mm 以上の莢重は，他の「紫ずきん 2 号」の処理区より多かった．

第 4 節　考察

1.「紫ずきん 2 号」の播種適期

まず，「紫ずきん 2 号」の播種晩限を考察する．「紫ずきん 2 号」は晩播ほど多収であったが (第 3 表，第 5 表)，長年にわたり「紫ずきん」の栽培を行い，その特性を十分認知している生産現場には，既存品種「紫ずきん」に新品種「紫ずきん 2 号」を組み合わせることが妥当と考えられた．「紫ずきん」の慣行作型では収穫早限が 9 月下旬からである (河合 2000)．「紫ずきん 2 号」は 6 月 25 ～ 26 日の播種栽培で 9 月 21 ～ 24 日に収穫期を迎え，7 月以降の播種期では 10 月収穫となった (第 3 表，第 5 表)．このことから，「紫ずきん」とリレー出荷可能な，9 月下旬以前に収穫できる「紫ずきん 2 号」の播種晩限は 9 月 25 日頃までと推定された．

次に，「紫ずきん 2 号」の前進限界について検討する．本研究では，播種期を早めた区は開花始が早かったが，開花までの期間は播種期を早めた区ほど長く，そのため生育期間は播種期が早いほど長くなった (第 3 表，第 5 表)．「紫ずきん 2 号」 の両親である「紫ずきん」，「玉大黒 (前名「みすず黒」)」とも，播種期が早まるにつれ，生育期間が長くなった (小林 1995，山田ら 1998)．しかし，「紫ずきん 2 号」は播種期を早めれば収穫期も早まっており (第 3 表，第 5 表)，収量が維持できれば，早播栽培による早期出荷も生産現場に受け入れられる可能性は

ある．したがって「紫ずきん 2 号」は，早播すると主茎節数および一次分枝数が増加し，総節数も増加すると推察されるが，総莢数は少なく，出荷規格の莢厚 11 mm 以上の莢が総莢重に占める割合も低下し，莢厚 11 mm 以上莢重が減少した (第 3 表，第 5 表)．普通ダイズでは多くの場合，5 月から 7 月の範囲で播種期を移動させると，早播ほど栄養成長量が大きく多収で，晩播で生育量や収量が低下する (丹下ら 1984，島田ら 1990，浅沼・奥村 1991，中野ら 1993)．また，「玉大黒」もエダマメ栽培では早播栽培で多収となった (元木ら 2002)．これらの報告と，第 3 表，第 5 表の結果や，「紫ずきん」の 5 月上旬播種栽培の減収結果 (小林 1995) とは相反しているが，これには，「紫ずきん 2 号」や「紫ずきん」を含む丹波黒ダイズ系品種の日長感受性や晩生性が関係するものと考えられた．

第 1 章で明らかにしたように，「紫ずきん 2 号」は，「新丹波黒」に比べると短日性はやや弱いものの，限界日長の存在は示唆され，短日の影響を強く受ける秋ダイズ品種である (福井・鎗水 1952，福井 1963) と推察される．秋ダイズは短日条件で莢や子実の成長が促進される傾向が強い (鮫島 2000，Zheng ら 2003)．反対に日長時間が長くなるほど初期の落花は多いが，これは長日による莢伸長の抑制によるものとされる (横山ら 1989)．このことは，秋ダイズである丹波黒で，播種期を早めても個体当たり莢数にほとんど差が認められないとする報告や (須藤ら 1982)，5 月播きで分枝の発生が促進されるが 1 節当たりの平均着莢数は少ないとする報告 (須藤ら 1983) とも矛盾がない．秋ダイズの丹波黒ダイズ系品種では，播種期が早いほど長日条件にさらされ，莢の着生や成長に抑制が生じるものと推察された．

「紫ずきん 2 号」についても同様の性質を持つと考えられ，長日条件下では，莢の着生や成長が抑制される可能性が推察された．したがって，比較的高い収量が得られる「紫ずきん 2 号」の播種期の早限は，6 月 15 日を中心とした 6 月中旬播種栽培と考えられた．

2.「紫ずきん 2 号」に適する栽植密度

ダイズ，エダマメの収量は主として莢数により決定されることが明らかとなっているが (齊藤ら 1998a，吉田ら 2011)，その莢数は花蕾数により決定され，花蕾数は総節数と高い相関がある (齊藤ら 1998a)．株間の違いが「紫ずきん 2 号」の草姿および収量関連形質に及ぼす影響を調査した結果，株間が短く密植になるほど一次分枝数が減少し，一株当たりの総節数や総莢数は減少したが，m^2 当たりの総節数や総莢数は密植の区ほど増加した．しかしながら莢厚 11 mm 以上の莢

重，すなわち「紫ずきん 2 号」の収量は有意ではないが，2007 年は株間 40 cm 区が最も多く，次いで 30 cm 区となった．2008 年は全ての播種期で株間 30 cm 区が多く，両年とも株間 20 cm 以下の密植区は多収を示さなかった (第 4 表，第 5 表)．なお，2007 年に比べ 2008 年の収量水準が低かった (第 4 表，第 5 表)．この要因の一つとして，「紫ずきん 2 号」の発育転換期となる開花期は 7 月下旬であるが，気象条件も，梅雨末期の多雨条件から梅雨明けの高温干ばつ条件へと変化する．2008 年は，その変化が大きかったことが影響した可能性が推察された (第 2 表)．

上述したように，単位面積当たりの全ての莢の数量と，莢厚 11 mm 以上に区分した莢数や莢重とで栽植密度に対する傾向に違いがみられたが，これは，栽植密度や様式が異なることにより分枝の発生に差が生じること (Miura ら 1987，齊藤ら 2007) が関係すると考えられた．

ダイズの密植による増収には，低次位と主茎の花房が重要な役割を果たすとされる (黒田ら 1992)．「紫ずきん 2 号」の育成系譜上，近縁な「丹波黒」についても，密植にすると m^2 当たりの主茎節数が増加するため，主茎に由来する子実の割合が高く，逆に疎植にすると，分枝に由来する子実の割合が高くなる (須藤ら 1983，藤田 1993)．このことから，密植栽培では主茎を中心に低次位花房に由来する莢の割合が増加し，疎植になるほど，分枝上の高次位花房由来莢の割合が増すものと考えられた．ダイズは低次位の花房から高次位の花房へと順次，開花が進むが (黒田ら 1992，齊藤ら 1998b)，低次位花房で花蕾数が多い場合，莢間での同化産物の競合がより著しくなると考えられている (Isobe ら 1995)．密植栽培では，莢の由来する花房次位はより低次のものに優占されるため，莢間の競合がより強くなるものと推察される．

本研究では株間が狭い区ほど，m^2 当たり総莢数が増加したが，総莢重に占める莢厚 11 mm 以上の莢重の比が低下した (第 4 表，第 5 表)．これは，莢間の競合のため肥大に差が生じ，弱勢莢の割合が高まったことによるものと考えられた．ダイズの登熟期間途中で収穫するエダマメでは，株内における莢の肥大の差がより大きいと，莢厚で選別される規格莢の歩留まりが低下する傾向にあることが示唆された．

以上のことから考えると「紫ずきん 2 号」は，株間 20 cm 以下の密植では莢厚 11 mm 以上の莢重が顕著に増えないものと推察された．また，条間 90 cm に株間 40 cm とする栽植密度は親品種「紫ずきん」の慣行であるが，「紫ずきん 2 号」に対しては，2007 年のみ多収となったものの，2008 年と 2009 年は株間 30 cm 区が多

収となった (第 4 表，第 5 表，第 7 表)．しかし，株間の処理では有意差がみられなかったため，本研究では，条間 90 cm に対して安定多収が得られる「紫ずきん 2 号」の株間は 30 ～ 40 cm と結論されるものと考えられた．

3.「紫ずきん 2 号」の培土期追肥技術

追肥の量と種類の違いが，「紫ずきん 2 号」の収量関連形質に及ぼす影響を検討したところ，2008 年では，「紫ずきん」で慣行施肥である硫安 2.1 g m^{-2} 区に比べ，硫安 6.3 g m^{-2} 区，CUS40 2.1 g m^{-2} 区および CUS40 6.3 g m^{-2} 区の莢数や莢重が増加した (第 6 表)．2009 年では，同一の株間 30 cm 区での比較で，硫安 2.1 g m^{-2} 区に比べ有意な差ではなかったが，硫安 6.3 g m^{-2} 区の m^2 当たり総節数が多かった．しかし，莢数や莢重には大きな違いはみられなかった (第 7 表)．

このように年次変動はみられたものの，硫安の培土期追肥の増肥によって，総節数や莢数，莢重が増加する可能性が示唆された．2008 年と 2009 年とも培土期追肥を施用した直後の 7 月下旬は多雨であり (第 2 表)，硫安の溶解が進み，作物への吸収が進んだものと推察された．しかし，その後の 8 月上旬は，多量の土壌水分を要する着莢期にあたる (松山ら 2003)．2008 年は少雨であったが，2009 年は降水量が多かった (第 2 表)．そのため，2008 年は着莢が少なく少収傾向となったが，2009 年では着莢が促されたものと考えられた．硫安増肥区では，2008 年は莢厚 11 mm 以上の莢数増加が認められたことに対し，2009 年は総節数に影響がみられたのみであった．本研究の調査のみでは詳細は不明ではあるが，2009 年のような多収年では，着莢数に対して多肥による窒素栄養の影響は顕在化しなかった一方，2008 年のような収量レベルが低い年では着莢数の確保に影響がみられるほど，多肥の効果が現れた可能性も考えられた．

次に，緩効性肥料 CUS40 の効果を検討する．五十嵐ら (2009) は，エダマメへの被覆尿素の培土期追肥は，開花期前後の窒素栄養改善による着莢効率の向上，収穫期までの窒素供給の維持において極めて有効としている．

また高橋ら (2003) は「エンレイ」を用いた研究により，ダイズの窒素固定依存率は開花期に 60 %を超え，最繁期でピークとなった後に減少することと，硫安による基肥増施は開花期や最繁期の窒素固定が低下するが，最繁期以降は硝酸吸収が高まっても窒素固定は阻害されなかったことを報告している．その結果，シグモイド型 60 日タイプの被覆尿素肥料の CUS60 がダイズ栽培の追肥に適応するとしている．しかし，本研究で用いた「紫ずきん 2 号」は「エンレイ」よりも晩生品種ではあるが，開花期の約 1 週間前までに培土期追肥を施用を行い，収穫

期は追肥施用の約 2 ヶ月後で，黄葉期以前の子実肥大盛期となる．そのため，子実生産のダイズに使用する肥料よりも比較的溶出期間が短いものが求められる．

本研究で検討した CUS40 の溶出期間は CUS60 より短く，シグモイド型となることが認められている (高橋ら 2003)．以上のことから考えると，高橋ら (2003) の提案と「紫ずきん 2 号」のエダマメ収穫期までの期限とを両立できる肥料として，CUS40 が適用できる可能性は高いと示唆された．筆者らも後年，本研究とは埋設条件が異なるものの，マルチ敷設下で 5 月に埋設した CUS40 が，埋設後約 20 日までは溶出が抑制される一方，埋設後約 65 日に溶出率 80 %を超えることを確認した (杉本ら 2016)．今後，培土期追肥の施用時期，施用方法にあわせて CUS40 の溶出傾向を把握するとともに，その他の有効な肥料の検索も進める必要があると考えられた．

本研究においては，2008 年では，CUS40 の 2.1 g m^{-2} 区と 6.3 g m^{-2} 区との効果は変わらず，硫安区に比べ有意差が認められたが (第 6 表)，2009 年では莢数や莢重に有意差が認められなかった (第 7 表)．この年次変動の要因についても，硫安増肥の影響についての考察で記したように，2009 年のような着莢期に土壌水分が確保できた多収年では，窒素栄養の影響は顕在化しなかったが，2008 年のような干ばつ傾向の少収年では，収量に対して CUS40 の効果が現れた可能性が考えられた．以上のことから，「紫ずきん 2 号」の培土期追肥に CUS40 を窒素成分で 2.1 g m^{-2} を使用することについて，その可能性は示唆されたものの，効果の安定性についてはなお検討を要するものと考えられた．

さらに，実際の営農での利用にあたっては，収量に及ぼす効果とともにコスト面からの評価も必要である．2017 年現在，窒素成分 41 %の CUS40 が 10 kg 袋入り約 2510 円，窒素成分 21 %の硫安が 20 kg 袋入り約 1300 円で販売されている．窒素施肥量が 2.1 g m^{-2} の場合，10 a 当たりの肥料代は CUS40 では約 1280 円，硫安では約 650 円となり，酒井 (1990) や谷ら (2002) の報告どおり CUS40 は硫安に比べ約 2 倍の費用となる．今後，生産現場レベルにおいて，上記の CUS40 の肥料代と比較した収益性について検討する必要がある．

第 5 節　摘要

京都府の丹波黒ダイズ系エダマメ品種「紫ずきん 2 号」について，「紫ずきん」とのリレー出荷可能となる播種期を明らかにすることとともに，安定的な収量を得るため，栽植密度および培土期追肥の種類と窒素施用量について検討した．「紫

ずきん 2 号」の播種期を移動させると収穫期も変動したが，収穫期の変動範囲は播種期の移動範囲より狭かった．適正な播種期は 6 月中旬から下旬で，これより播種期が遅いと収穫期が既存の「紫ずきん」と重なり，早いと出荷規格である莢厚 11　mm 以上莢の総莢重に占める割合が減少し，収量が低下した．「紫ずきん 2 号」は密植になるほど m^2 当たり総莢数，総莢重が増加したが，莢厚 11　mm 以上莢重の割合は株間 20　cm 以下の区で低下する傾向がみられた．したがって，適正な栽植密度は，条間 90 cm に対して，株間は 30 ～ 40 cm と考えられた．シグモイド溶出型 40 日タイプの被覆尿素肥料の CUS40 を用いた培土期追肥の検討では，少収年であった 2008 年では，総莢数や莢厚 11　mm 以上の莢重に対して CUS40 の効果が現れたが，多収年であった 2009 年では，収量への影響は明確には現れなかった．2 カ年の検討から，「紫ずきん 2 号」の培土期追肥に CUS40 を使用することについて，その可能性は示唆されたものの，効果の安定性についてはさらなる検討を要するものと考えられた．

第 3 章　「紫ずきん 2 号」の収穫適期診断技術の開発

第 1 節　緒言

エダマメを有利販売するためには，外観品質が重視されており (星野 2001)，豆の大きさや莢の見栄えは重要な形質である (水野ら 2015)．丹波黒ダイズ系エダマメは粒が大きいことが特徴であり (河合 2000)，京都府の『紫ずきん』の秀品や優品出荷規格では，1996 年の販売当初より，莢厚 11 mm 以上とされてきた．本研究で用いた「紫ずきん 2 号」も『紫ずきん』として販売されるため，同一の規格となる．

エダマメの場合，莢厚は出荷の可否につながる場合があり，商品性も大きく左右する．そのため，収穫適期の判断基準についても莢厚を指標とする報告が多い (前嶋ら 2007，本庄ら 2008，廣田ら 2010)．収穫適期の莢厚に至るまでの時期の診断や予測を検討した報告では，その指標として開花後の日数や積算気温が用いられている (鈴木・中川 2003，鈴木・中川 2005，本庄ら 2008)．しかし，これまで丹波黒ダイズ系のエダマメでは，収穫期に関する指標について開花後日数で示す報告は多いものの (廣田ら 2000，廣田ら 2003，廣田ら 2004，高野ら 2012)，積算気温を用いた検討は少なく，予測精度の観点から両者の比較は重要である．

「紫ずきん」は，莢の肥大特性や子実の生育に関する特徴から，収穫適期や 1 日当たりの莢厚増加速度が明らかにされ (岩本 1998)，出荷開始時期の推定などに活用されている．「紫ずきん 2 号」については，これまで杉本ら (2010) により，開花後日数と収穫期直前の莢厚増加に相関が認められたものの，収穫適期の解明やその指標は明確に示されなかった．

エダマメにおいては，黄化した莢は消費者が好まず，濃緑色の莢が望ましいとされる (星野 2002)．そのため，出荷物に黄化莢の混入を避ける必要があり，莢色が黄色となる時期をエダマメの収穫晩限として示す報告も多い (廣田ら 2000，廣田ら 2003，廣田ら 2004，廣田ら 2010，高野ら 2012，安藤ら 2013，水野ら 2015)．「紫ずきん 2 号」についても，収穫晩限の目安を示すため，黄化莢発生の特徴を明らかにする必要がある．

本章では，丹波黒ダイズ系エダマメ「紫ずきん 2 号」を材料として，莢の肥大や黄化程度の経時的な変化を 3 カ年調査した結果から，莢厚と黄変莢発生割合からみた収穫適期の推定方法を検討した．

第 2 節　材料と方法

1．供試品種と栽培方法

供試品種として「紫ずきん 2 号」を用い，栽培を亀岡市に立地する京都府農業総合研究所 (現在，京都府農林水産技術センター農林センター) の水田転換畑 (中粒質灰色化低地水田土，前作はダイズ，エダマメおよびアズキ) で栽培を行った．市販の育苗培土 (ナプラ養土 S タイプ) を充填した 128 穴セルトレイに，それぞれ 2007 年は 6 月 15 日と 7 月 5 日に，2008 年は 6 月 16 日に，2009 年は 6 月 15 日に播種し，同研究所の無加温ガラスハウス内で初生葉展開期まで育苗した．栽植密度は 2007 年と 2008 年が 2.8 株 m^{-2} (条間 120 cm ×株間 30 cm)，2009 年が 3.7 株 m^{-2} (条間 90 cm ×株間 30 cm) として，2007 年は 6 月 25 日と 7 月 12 日に，2008 年は 6 月 26 日に，2009 年は 6 月 25 日に移植した．施肥については，基肥として一部有機資材を配合した化成肥料 (豆有機 322) を全層に N：P_2O_5：K_2O ＝ 1.2：4.8：4.8 g m^{-2} 施用した．また，培土期追肥として，開花期の約 7 日前に硫安を N 成分で 2.1 g m^{-2} 施用し，その直後に中耕培土を行った．

2．莢の肥大と外観の経時的変化（試験 3-1：2007 ～ 2009 年）

各年次，播種期の試験区における調査回数，調査株数および一株当たりの 2 粒莢数を第 8 表に示した．エダマメとしての収穫期となる子実肥大の最盛期頃に，2 ～ 7 日おきに各区 3 株ずつサンプリングし，エダマメ商品の中心となる 2 粒莢を全莢調査対象とした．収穫時には莢厚をミツトヨ(株)社製デジタルノギスで計測した．

黄化莢については，関係者との協議を踏まえた上で，第 4 図の枠内に示した莢色を呈したものを黄化莢として，目視で確認した．なお，第 4 図は「紫ずきん 2 号」の育成系譜上 (第 3 図) にある「新丹波黒」のサンプル写真であるが，『紫ず

第8表　各区の調査回数，調査株数と2粒莢数．

区名	調査回数	調査株数	一株当たり2粒莢数
	回	n	莢 $株^{-1}$
2007/6/15播種区	8	24	22.2　a
2007/7/5播種区	9	27	22.6　a
2008/6/16播種区	7	21	28.6　b
2009/6/15播種区	7	21	32.3　b

異なる英小文字間には5%水準で有意差あり（Tukey-Kramer 法）．

第4図　『紫ずきん』莢色の推移.
黄枠内の色調の莢が黄化莢とされる．品種「新丹波黒」，2013年撮影.

きん』として生産される品種の収穫物は，共通する出荷規格に基づき調製されるため，どの品種とも同じ色調の黄化莢が棄却される.

3．莢の肥大の推定方法（試験 3-2：2009 年）

採取した 2 粒莢のうち主茎の上位 4 節に着生した莢の厚さを区分して集計し，それらも含む株内の全 2 粒莢の厚さと比較した．なお，主茎上位 4 節着生莢に着目したのは，Fehr and Caviness (1977) によるダイズの生殖成長における発育時期の表示において，特に着莢始期 (R3) から粒肥大盛期 (R6) の間，当該莢の伸長や肥大が指標とされているためである.

4．統計解析

年次や播種期，着生節位を説明変数，莢厚や黄化莢出現率を目的変数，開花後日数または積算気温を共変量とした共分散分析 (吉田 1978，石村 1992) により，年次間，播種期間の莢厚や黄化莢出現率の比較，着生節位による莢厚の比較を行った．統計ソフトはエクセル統計 2010 (社会情報サービス社製) を用いた.

第 3 節　結果

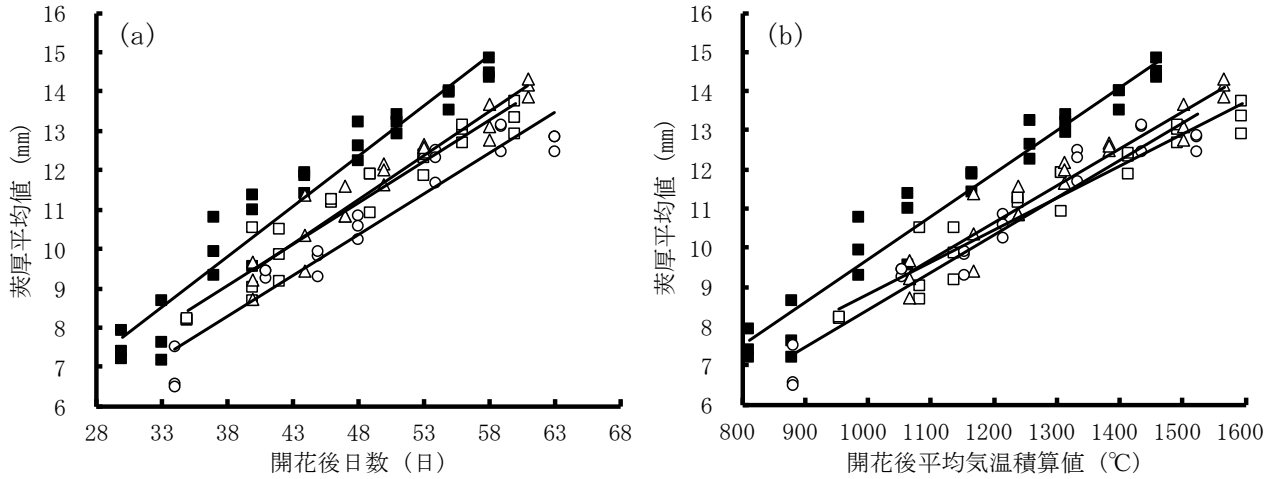
1．気象条件

供試した「紫ずきん 2 号」 の開花始は，2007 年 6 月 15 日播種区が 7 月 26 日，同年 7 月 5 日播種区が 8 月 11 日，2008 年 6 月 16 日播種区および 2009 年 6 月 15 日播種区が両年とも 7 月 24 日であった．供試年の栽培期間における平均気温の

推移は第 2 表に示したとおり，開花期以降の気温は，2007 年が 8 月中旬から 10 月までの間，高温で推移し，2008 年も 7 月下旬から 8 月中旬まで高温傾向であった．2009 年は平年に比べ低温傾向で推移した．

2．莢の肥大と外観の経時的変化（試験 3-1）

「紫ずきん 2 号」の子実肥大盛期における莢厚の変化を第 5 図に示した．各年次，播種期とも莢厚を縦軸 (y) に，横軸 (x) に開花後日数と開花後平均気温積算値 (以下，積算気温) をとった場合，それぞれ 4 本 (2007 年は 2 本，2008 年と 2009 年は各 1 本) の有意な回帰直線が得られた．



□：2007/6/15播種区，y=1.1058+0.2097x，R^2=0.923**
■：2007/7/5播種区，y=0.089+0.2556x，R^2=0.940**
△：2008/6/16播種区，y=0.5053+0.2236x，R^2=0.923**
○：2009/6/15播種区，y=0.4044+0.2076x，R^2=0.925**

□：2007/6/15播種区，y=0.6167+0.0082x，R^2=0.923**
■：2007/7/5播種区，y=-1.2765+0.011x，R^2=0.951**
△：2008/6/16播種区，y=-0.629+0.0094x，R^2=0.925**
○：2009/6/15播種区，y=-1.1575+0.0096x，R^2=0.933**

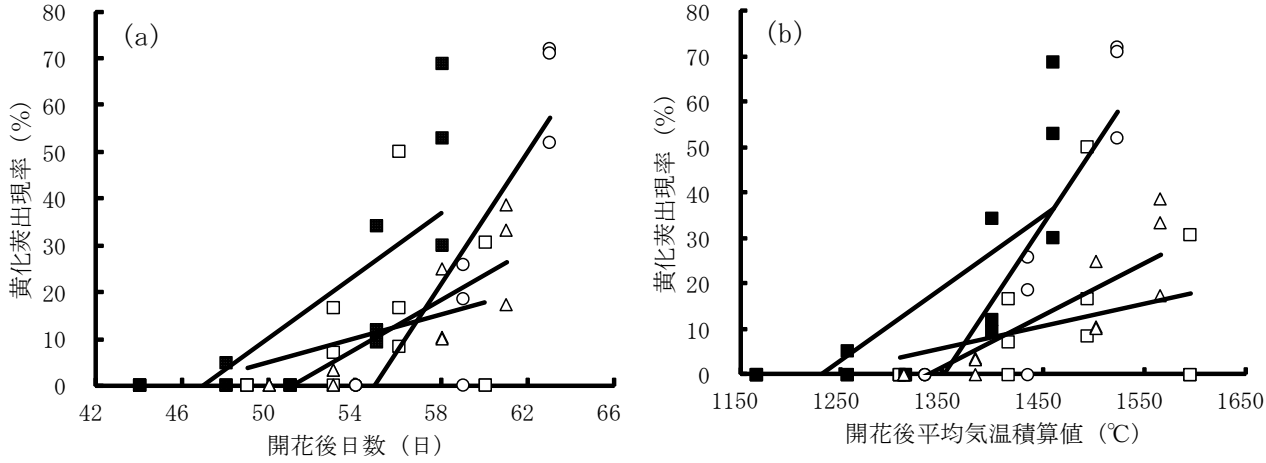
第5図　「紫ずきん2号」の莢厚と開花後日数，開花後平均気温積算値との関係．

(a) では横軸の変量として開花後日数を，(b) では開花後平均気温積算値を用いて示した．** は1%有意を表す．

第9表　第5図で示した回帰直線（$y=a_n+b_nx$）の共分散分析による検定結果．

検定の内容	目的変数 共変量 説明変数	莢厚平均値の変化 (a) 開花後日数 全区	 6月播種区のみ	 (b) 積算気温 全区	 6月播種区のみ
回帰直線の平行性 帰無仮説：$b_1=b_2=\cdots=b_n=\beta$		$p=0.023$ 棄却される	$p=0.717$ 棄却されない	$p=0.002$ 棄却される	$p=0.146$ 棄却されない
回帰直線の傾きの有意性 帰無仮説：$\beta=0$		－	$p<0.001$ 棄却される	－	$p<0.001$ 棄却される
回帰直線の切片の相違性 帰無仮説：$a_1=a_2=\cdots=a_n=\alpha$		－	$p<0.001$ 棄却される	－	$p=0.058$ 棄却されない

有意水準は5%．(b) の積算気温は開花後平均気温積算値の略称．－ は，回帰直線が平行と見なせなかった場合において，その後の検定には進まなかったことを示す．



□：2007/6/15播種区，y=−57.96+1.2616x，R^2=0.114ns
■：2007/7/5播種区，y=−156.44+3.3322x，R^2=0.597**
△：2008/6/16播種区，y=−137.17+2.6837x，R^2=0.752**
○：2009/6/15播種区，y=−387.3+7.0554x，R^2=0.800**

□：2007/6/15播種区，y=−60.231+0.0489x，R^2=0.116ns
■：2007/7/5播種区，y=−195.7+0.1591x，R^2=0.590**
△：2008/6/16播種区，y=−153.65+0.1149x，R^2=0.745**
○：2009/6/15播種区，y=−455.08+0.3368x，R^2=0.814**

第6図　「紫ずきん2号」の黄化莢出現率と開花後日数，開花後平均気温積算値との関係．

(a) では横軸の変量として開花後日数を，(b) では開花後平均気温積算値を用いて示した．** は1%有意，ns は有意差無しを表す．

第 5 図の各年次，播種区 (説明変数) の回帰直線 ($y = a_n + b_n x$) の相違について，共分散分析による検定結果を第 9 表に示した．開花後日数と積算気温のどちらを共変量としても, 2007 年 7 月 5 日播種区の回帰直線は他と平行とはみなせず，明らかに大きい傾きを示した．しかし，3 カ年調査した 6 月中旬播種区の 3 本は平行ではないとはいえなかった．回帰直線の傾きの検定 (帰無仮説：回帰係数＝0) も有意であった．3 カ年の 6 月中旬播種区の回帰係数における平均値からみると，莢厚は 1 日当たり約 0.2 mm，積算気温 100 ℃当たり約 0.9 mm 増加していた．さらに，第 5 図のデータと第 9 表から，3 カ年の 6 月中旬播種区における回帰直線の切片の相違について検定した結果 (帰無仮説：$a_1 = a_2 = a_3 = \alpha$)，共変量が開花後日数の場合は年次ごとの回帰直線間に有意差が認められた．しかし，積算気温が共変量の場合は有意差がみられなかった．そのため，年次間差があるとはいえず，共通の回帰直線 ($y = -0.4628 + 0.0091x$，$R^2 = 0.921$，$P < 0.001$，3 カ年の 6 月中旬播種区から得られた全データから算出) で表せる可能性が示唆された．

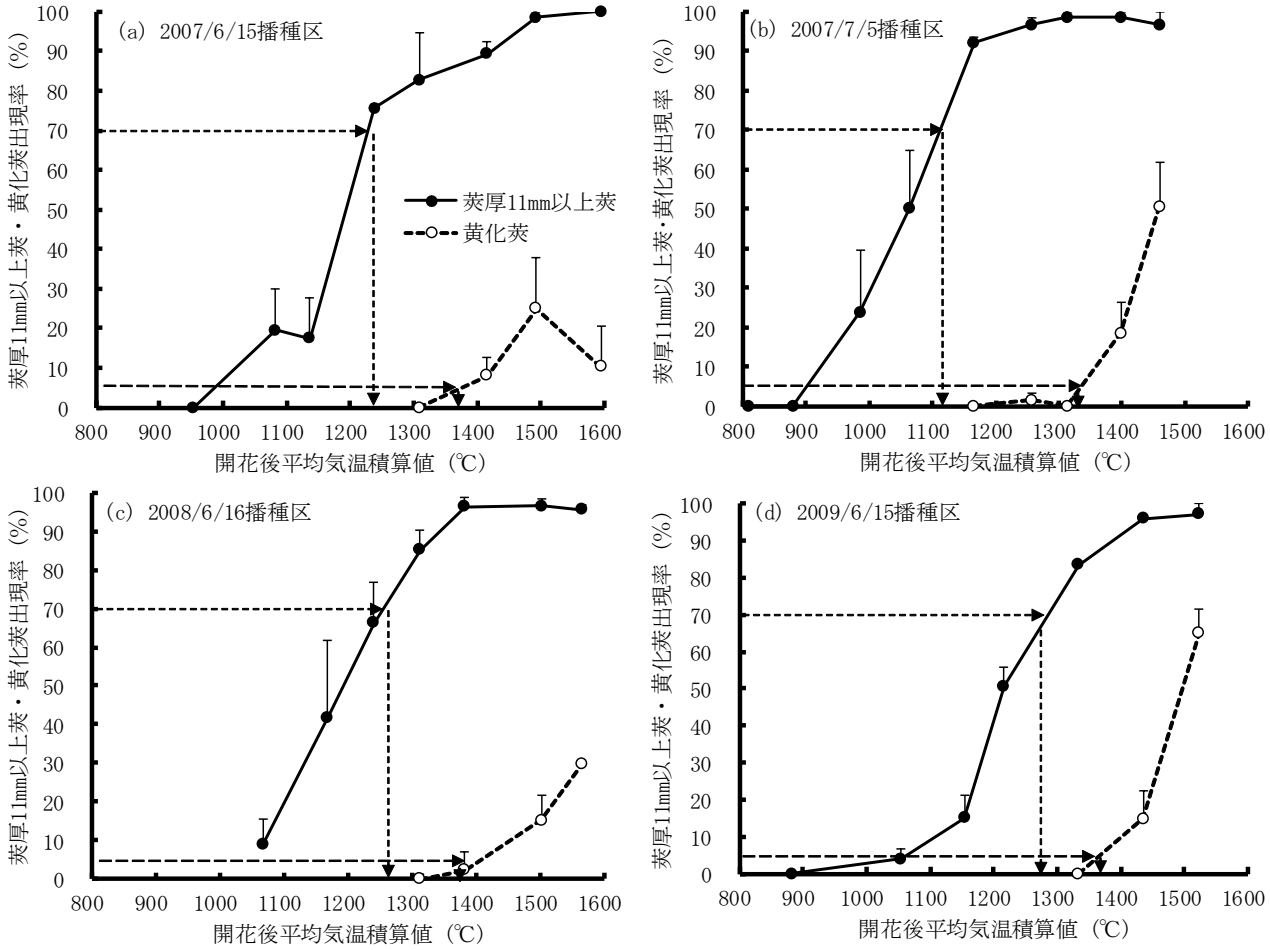
「紫ずきん 2 号」の黄化莢出現率の推移を第 6 図，その共分散分析による検定結果を第 10 表に示した．この黄化莢出現率の回帰直線は，それぞれ平行とみなせず，上記の莢厚変化と同様の解析ができなかった．しかし，出荷物への黄化莢混入は許されない．そこで，収穫晩限は黄化莢出現始めとして，第 1 表からの試

算では，株当たり 1 ～ 2 莢の 2 粒莢が黄化した時期となる，出現率 5 %の時期に着目し，開花後日数および積算気温を横軸にした散布図を比較した．その結果，積算気温において，3 カ年調査した 6 月中旬播種区の回帰直線で出現率 5 %前後の時期に重なりがみられた．

第10表　第6図で示した回帰直線（$y=a_n+b_nx$）の共分散分析による検定結果．

検定の内容	目的変数 共変量 説明変数	黄化莢出現率の変化 (a) 開花後日数 全区	 6月播種区のみ	 (b) 積算気温 全区	 6月播種区のみ
回帰直線の平行性 帰無仮説：$b_1=b_2=\cdots=b_n=\beta$		p＝0.006 棄却される	p＝0.002 棄却される	p＝0.001 棄却される	p＝0.001 棄却される
回帰直線の傾きの有意性 帰無仮説：$\beta=0$		－	－	－	－
回帰直線の切片の相違性 帰無仮説：$a_1=a_2=\cdots=a_n=\alpha$		－	－	－	－

有意水準は5%．(b) の積算気温と記した略称や，－ の意は第9表と同様である．

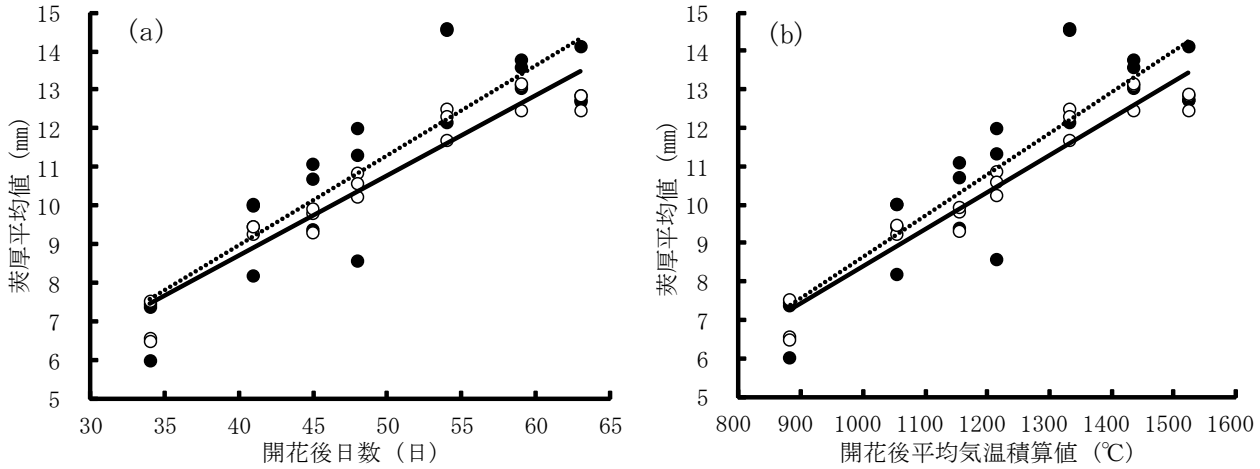


第7図　「紫ずきん2号」の莢厚11mm以上莢，黄化莢の出現率と開花後平均気温積算値との関係．

バーは，標準誤差（n＝3）を示す．

以上の結果に基づき，6 月中旬播種栽培の「紫ずきん 2 号」について，莢の肥大や黄化莢の出現始めの目安として積算気温を用いることを試みた．そこで，積算気温に対する莢厚 11　mm 以上莢と黄化莢の出現率の推移を第 7 図に示した．6 月中旬播種栽培の「紫ずきん 2 号」で，出荷規格である莢厚 11　mm 以上となった莢数が全体数の 70 %以上となった時期を収穫期の早限とすると，第 7 図から，積算気温が約 1250 ℃の時期となった．収穫晩限とみた黄化莢出現始めの時期 (出現率 5 %の時期) は，積算気温が約 1380 ℃の頃となった．2007 年 7 月 5 日播種区では，莢厚 11　mm 以上莢が 70 %以上となるのは積算気温が約 1120 ℃，黄化莢出現始めは積算気温が約 1320 ℃の時期であった．

3．莢の肥大の推定方法（試験 3-2）



○：全2粒莢，y=0.4044+0.2076x，R^2=0.925**
●：上位4節2粒莢，y=−0.2822+0.2318x，R^2=0.772**
○：全2粒莢，y=−1.1575+0.0096x，R^2=0.933**
●：上位4節2粒莢，y=−2.0367+0.0107x，R^2=0.779**

第8図　「紫ずきん2号」の主茎上位4節着生莢，全2粒莢の莢厚平均値と開花後日数，開花後平均気温積算値の関係（2009）.

(a) では横軸の変量として開花後日数を，(b) では開花後平均気温積算値を用いて示した．** は1%有意を表す.

第11表　第8図で示した回帰直線（$y=a_n+b_nx$）の共分散分析による検定結果.

検定の内容	目的変数 共変量	莢厚平均値 (a) 開花後日数	 (b) 積算気温
回帰直線の平行性		p＝0.452	p＝0.439
帰無仮説：$b_1=b_2=\beta$		棄却されない	棄却されない
回帰直線の傾きの有意性		p＜0.001	p＜0.001
帰無仮説：$\beta=0$		棄却される	棄却される
回帰直線の切片の相違性		p＝0.104	p＝0.097
帰無仮説：$a_1=a_2=\alpha$		棄却されない	棄却されない

本表における共分散分析での比較対象（説明変数）は上位4節着生莢と全2粒莢．有意水準は5%．(b) の積算気温と記した略称は第9表と同様である.

子実肥大盛期に採取した主茎上位 4 節着生莢と全 2 粒莢の莢厚平均値の推移を第 8 図に示した．開花後日数および積算気温を横軸にした散布図において，主茎の上位 4 節から得られた莢の厚さや全 2 粒莢の厚さの増加は，どちらも同様の有意な回帰直線で表すことができた．共分散分析による検定結果を第 11 表に示したが，上位 4 節着生莢および全 2 粒莢の，二つの回帰式に有意差は無く，違いはあるとはいえなかった．

第 4 節　考察

1．莢の肥大（莢厚増加）の経時的変化

丹波黒ダイズ系のエダマメでは，収穫適期に関する指標について，これまで積算気温を用いた検討は少なかったが，本研究において，「紫ずきん 2 号」の収穫期近くの莢厚増加は，開花後日数とともに積算気温でも有意な回帰直線で表しうる可能性が示唆された (第 5 図).

2007 年の調査では，播種期を 6 月 15 日と 7 月 5 日の 2 水準について比較した結果，7 月 5 日播種区の方が 6 月 15 日播種区より回帰直線の傾きが大きく，莢厚増加が速いものと認められた (第 5 図)．開花始は，6 月 15 日播種区の 7 月 26 日に対し，7 月 5 日播種区が 8 月 11 日と遅く，7 月 5 日播種区は 6 月 15 日播種区に比べ，短日条件下で莢や子実が成長したことになる．ダイズでは，登熟期間においても短日の影響を受け (福井・鎗水 1952，福井 1963)，莢や子実の成長は短日によって促進される (鮫島 2000，Zheng ら 2003)．第 1 章で述べたように，「紫ずきん 2 号」は限界日長の存在が認められる秋ダイズであることから，短日の影響を強く受ける品種であると考えられる．その結果，7 月 5 日播種区の莢厚増加が速くなったものと推察された．しかし，7 月 5 日播種区の収穫期は 10 月 1 日と遅くなった.『紫ずきん』の商品で 9 月下旬～ 10 月上旬に出荷される品種は「紫ずきん」であり (河合 2000)，「紫ずきん 2 号」での 10 月出荷は想定されていない．そのため，本研究では 6 月中旬播種栽培 (開花始 7 月 24 ～ 26 日，収穫期 9 月 12 ～ 17 日) を中心に検討を進めた．

3 カ年行った 6 月中旬播種栽培では，年次間の莢厚増加速度 (回帰直線の傾き) に有意差はみられなかった．また，積算気温を共変量とした場合には回帰直線間，すなわち共分散分析の説明変数となる年次間に違いがあるとはいえなかったが，開花後日数を共変量とした場合には回帰直線間に有意差があり，年次間に差が認められた (第 5 図，第 9 表)．これは，高温年は少ない日数で一定の積算気温に

第12表　「紫ずきん2号」栽培地域の最南・最北地の緯度経度と月平均日長時間.

栽培地	市役所所在地（世界測地系）		日長時間（hour min.）				
	緯度（北緯）	経度（東経）	6月	7月	8月	9月	10月
亀岡市（最南地）	35° 00′ 49″	135° 34′ 26″	14h 28m	14h 14m	13h 26m	12h 23m	11h 17m
京丹後市（最北地）	35° 37′ 27″	135° 03′ 40″	14h 32m	14h 17m	13h 28m	12h 23m	11h 16m

緯度経度は，国土地理院ホームページ
(http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/CENTER/kendata/kyoto_heso.htm. 2016年12月18日閲覧）から引用した.
日長時間は，国立天文台ホームページ内のこよみの計算ページ（http://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi　2016年12月18日閲覧）にて，各市役所所在地の2016年の日の出・日の入り時刻を得て，算出した.

到達するなど，年次間の気温条件の違い (第 2 表) によるものと推察された．ダイズでは DVR モデルにより出芽や開花期，子実肥大始期などの時期の予測推定が可能とされる (鮫島 2000)．DVR による発育の推定式は，気温と日長を変数に含む多項式で表されるが (川方 2006)，年次に関わらず栽培地と播種期がほぼ同じならば，DVR 推定式のうち，日長で説明される項は定数となり，温度による関数となると考えられる．これらのことから，「紫ずきん 2 号」の莢厚増加を予測するために温度を用いることは妥当であると推察された.

「紫ずきん 2 号」の現在の普及地域は，最南地は京都府亀岡市から最北地は同府京丹後市までの範囲であり，緯度差で約 37′，栽培期間中の 1 日当たりの日長時間は最大で約 4 分の差であった (第 12 表)．慣行の播種期は概ね 6 月中旬であり (杉本ら 2016)，本品種の普及地域の栽培状況をみると，日長時間の変動が莢肥大に及ぼす影響は限定的であると推測される．本研究は，普及地域の最南地である亀岡市内で行われたため，北部地域における適合性については検証する必要があるが，現地栽培での作型にも地域間差は小さいことから，全産地での「紫ずきん 2 号」の収穫適期診断において，本研究で得られた積算気温による基準は活用可能であると考えられた.

2．莢色の経時的変化

本研究においても子実肥大期間の経過に伴い，黄化莢が増加する傾向にあったが (第 6 図)，その増加の傾向については年次や播種期の間に共通性は認められなかった (第 10 表)．しかしながら，主要な作型である 6 月中旬播種栽培に限定した場合，2007 ～ 2009 年の 3 カ年とも黄化莢の出現始めにあたる黄化莢出現率 5 %の時期は積算気温で 1380 ℃付近とみられた (第 6 図，第 7 図).「紫ずきん 2 号」以外のエダマメでも，積算気温が莢の色調変化の指標に用いられていることから

(鈴木・中川 2003，鈴木・中川 2005，前嶋ら 2007)，莢厚増加と同様に莢の黄化についても温度が関与している可能性が示唆された．

エダマメの収穫適期の指標として，莢の水分含量を示した報告もあるが (増田 2004，水野ら 2015)，これは莢の黄化が，葉身や茎と同様，水分減少と並行して起こっていることと関係する (松本ら 1986)．しかし，莢の水分減少は速いが，茎葉では遅く，差異がある (古屋ら 1988)．また，ダイズの成熟には根で産生されるサイトカイニンが影響する (佐藤ら 2006，Sato ら 2007，島田ら 2007，磯部ら 2011)．今後，さらにダイズの莢成熟に関する温度条件や生理機構の解明が進むことにより，黄化莢の出現に対する診断精度の向上につながるなど，エダマメの商品性改善につながる技術開発に役立つものと期待される．

3．「紫ずきん 2 号」の収穫適期

「紫ずきん 2 号」の収穫適期については，以上の考察を踏まえつつ，『紫ずきん』の主な出荷規格である莢厚 11 mm 以上であることと，黄化莢が混入していないことという基準にしたがい検討した．出荷物の歩留まりを考慮し，収穫の早限としては厚さが 11 mm に満たない莢が 30 %未満となる時期を想定した．晩限は黄化莢の出現が確認できる時期として，その出現率が 5 %時までとした．この想定での早限から晩限までの期間を試算すると，「紫ずきん 2 号」の慣行栽培である 6 月中旬播種栽培の収穫適期は，積算気温が約 1250 ℃から 1380 ℃の時期までであると推察された (第 7 図)．今後は生産現場において，本試算結果の適応性を検証し，高品質生産に寄与する実用技術として普及していく必要がある．

4．莢の肥大経過の推定

細野・片山 (2016) は莢厚の測定において，測定方法の標準化および測定時の視認性や作業性を考慮した上で，主茎上位節着生莢を莢厚測定の対象莢に選択している．本研究では上位 4 節着生莢を対象としたが，これらの莢はダイズの発育時期を診断する際に使用されるため (Fehr and Caviness 1977)，ダイズ栽培の研究や技術開発の場面ではダイズ個体の状態の判断基準となる莢といえる．

本研究の結果，「紫ずきん 2 号」では，主茎上位 4 節に着生した莢の観察によって，栽培期間の莢の肥大状況が推定できるものと考えられた (第 8 図，第 11 表)．栽培期間中においては，葉や分枝が繁茂しているため，株全体の莢の着生は一見するだけでは把握できない状態にある．その中で，注目すべき莢が主茎上位 4 節着生莢と限定できるなら，測定の標準化や迅速化にいっそう貢献できることとなる．今後は，実際の栽培場面において，主茎上位 4 節着生莢の観察によっ

て株全体の莢肥大の把握が可能かどうか検証を進める必要があると考えられた.

第 5 節　摘要

丹波黒ダイズ系エダマメ品種「紫ずきん 2 号」について，高品質で安定的な商品を出荷できるよう，生産者が適期収穫できる基準を明らかにすることを目的に 2007 ～ 2009 年の 3 カ年，莢厚と黄変莢発生について調査した．開花後日数，開花後の積算気温と莢厚との関係は，有意な回帰直線で表すことができた．「紫ずきん 2 号」の慣行栽培である 6 月中旬播種栽培において，共分散分析の結果，積算気温に対する莢厚増加の回帰直線に年次間差は認められず，積算気温が約 1250 ℃の時期に, 出荷規格の一つである莢厚 11 mm 以上の莢数が 70 %以上となった. 6 月中旬播種栽培では 3 カ年とも積算気温が約 1380 ℃となった時期に，エダマメの商品性を低下させる黄化莢が出現し始めた．以上の検討から,「紫ずきん 2 号」における莢の外観からみた収穫適期は，積算気温により推定可能であると判断された．また，主茎上位 4 節着生莢と株内全 2 粒莢の莢厚増加の傾向には相違がみられなかったことから,「紫ずきん 2 号」の栽培期間中における莢肥大の状態は, 主茎上位 4 節に着生する莢の外観によって把握できるものと考えられた.

第 4 章　京都府のエダマメ新商品『京 夏ずきん』の作型開発

第 1 節　緒言

序章と第 2 章において述べたように，京都府では府独自品種の「新丹波黒」と「紫ずきん」に，「紫ずきん 2 号」を加えた 3 品種を『紫ずきん』という商標のエダマメとして販売しており，9 月上旬から 10 月下旬まで市場出荷している (京都府立農業研究所 1978，小林 1995，三村ら 2006)．しかし，エダマメ需要が多い 7 ～ 8 月には上記 3 品種は収穫ができない．

他県での黒ダイズの収穫期前進の事例をみると，全国有数のエダマメ産地である群馬県では，種苗会社育成の早生系黒ダイズ品種による産地育成が進められている (大海ら 2000)．また，岡山県北部において，「丹波黒」の春播き栽培と短日処理により 7 月上中旬の収穫が認められているが，7 月中旬以降，8 月にかけて安定的に収穫できる技術については今後の課題とされている (北田・岸 2007)．

京都府においては，さらなる府内産エダマメでのシェア拡大に向けて，『紫ずきん』同様，他県産と区別できる府独自の黒ダイズ品種が求められた．この要望を受け，夏季収穫可能な新たな品種の開発を進めた結果，序章において紹介した，8 月出荷可能で大粒，良食味といった丹波黒ダイズが持つ性質を受け継ぐ 2 品種「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」を育成した (杉本・河合 2011)．これらの 2 品種はともに『京 夏ずきん』という新しい商品名で，2010 年から流通，販売されているが (杉本ら 2011)，今後，京都府の特徴的な農産物として市場での認知度を高めるためには作期の拡大が必要とされ，多様な作型と栽培技術を早急に確立する必要がある．

本章では，『京 夏ずきん』の安定生産が可能な作型開発のために，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の露地栽培における播種期を検討し，簡易施設を利用した作期前進の可能性を追求した．

第 2 節　材料と方法

1．供試品種と栽培方法

供試品種は，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の 2 品種を用いた．また，亀岡市に立地する京都府農林水産技術センター農林センター内 (土性は中粒質灰色化低地水田土) の露地および簡易施設内の圃場で栽培を行った．

2．露地栽培における作型開発と安定生産技術の検討（試験 4-1：2010 ～ 2012

年）

2010 ～ 2012 年の 3 カ年に，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の 2 品種を市販の育苗培土 (ナプラ養土 S タイプ) を充填した 128 穴セルトレイに播種した後，無加温ガラスハウス内で初生葉展開期まで育苗した．同センター水田転換畑にて，栽植密度を 4.4 株 m^{-2} (条間 90 cm ×株間 25 cm)，施肥は基肥のみの，一部有機資材が配合された化成肥料 (豆有機 322) を N：P_2O_5：K_2O ＝ 1.2：4.8：4.8 g m^{-2} として移植栽培を行った．

2010 年は，播種期を 5 月 4 日 (移植期 5 月 17 日)，5 月 14 日 (同 5 月 26 日) および 5 月 24 日 (同 6 月 4 日) の 3 水準，畝立て時の黒ポリマルチ (厚さ 0.03 mm) 敷設の有無の 2 水準を組み合わせた 12 区 (2 反復) を設けた (第 13 表)．当該圃場の前作はエダマメであった．中耕培土作業を，無マルチ区のみ除草を目的に，5 月 4 日播種区では 6 月 9 日に，5 月 14 日播種区では 6 月 15 日に，5 月 24 日播種区では 6 月 25 日に，それぞれ行った．

2011 年から，新商品『京 夏ずきん』の安定生産をめざす 8 月収穫の作型の検討とあわせ，さらに両品種の早期出荷を実現させるため，7 月収穫の作型検討を開始した．8 月収穫の検討は，前作がエダマメの圃場にて行った．播種期を 5 月 4 日 (移植期 5 月 18 日) および 5 月 24 日 (同 6 月 6 日) の 2 水準，畝立て時の黒ポリマルチ敷設の有無の 2 水準を組み合わせた 8 区 (2 反復) を設けた．中耕培土作業を，無マルチ区の除草を目的に，5 月 4 日播種区は 6 月 7 日と 15 日に，5 月 24 日播種区は 6 月 21 日と 27 日に，それぞれ行った．7 月収穫の検討も前作がエダマメの圃場で行ったが，8 月収穫の検討とは異なる圃場で行った．播種期を 4 月 15 日 (移植期 5 月 6 日) と 4 月 25 日 (同 5 月 10 日) の 2 水準を組み合わせた 4 区を設けることとし，全区とも畝立て時に黒ポリマルチを敷設した (第 13 表)．

2012 年は，8 月収穫の作型検討および 7 月収穫の検討を同一の前作がエダマメ圃場にて行った．「夏どり丹波黒 1 号」については，播種期を 4 月 16 日 (移植期 5

第13表　露地栽培における処理区の概要．

年次	供試品種	播種期					マルチの有無	備考
		4月中旬	4月下旬	5月上旬	5月中旬	5月下旬		
2010	「夏どり丹波黒1号」	－	－	5/4	5/14	5/24	無・有とも設置	すべて同一ほ場
	「夏どり丹波黒2号」	－	－	5/4	5/14	5/24		
2011	「夏どり丹波黒1号」	4/15	4/25	5/4	－	5/24	4月播種区は有のみ，5月播種区は無・有とも設置	4月播種区と5月播種区とは異なるほ場
	「夏どり丹波黒2号」	4/15	4/25	5/4	－	5/24		
2012	「夏どり丹波黒1号」	4/16	4/26	5/4	－	5/24	無・有とも設置	すべて同一ほ場
	「夏どり丹波黒2号」	－	4/26	5/4	－	5/24	有のみ設置	

月 7 日)と 4 月 26 日 (同 5 月 10 日)，5 月 4 日 (同 5 月 18 日)，5 月 24 日 (同 6 月 6 日) の 4 水準，畝立て時の黒ポリマルチ敷設の有無の 2 水準を組み合わせた 8 区を設けた (第 13 表)．また，「夏どり丹波黒 2 号」では，播種期を 4 月 26 日 (移植期 5 月 10 日) と 5 月 4 日 (同 5 月 18 日), 5 月 24 日 (同 6 月 6 日) の 3 水準とし，全区畝立て時に黒ポリマルチを敷設した (第 13 表)．中耕培土作業を，これまで同様，無マルチ区の除草を目的に，4 月 16 日播種区では 5 月 31 日，6 月 4 日に，4 月 26 日播種区では 5 月 31 日，6 月 5 日に，5 月 4 日播種区では 6 月 4 日，15 日に，5 月 24 日播種区では 6 月 26 日，28 日に，それぞれ行った．なお，5 月 12 日に，霜注意報が発令されたため，4 月 16 日播種区と 4 月 26 日播種区とには白色不織布を用いてトンネル被覆を行い，5 月 16 日に除去した．

2012 年には，記憶計® SK-L200T ((株) 佐藤計量器製作所製) を用いて，育苗期間中は育苗トレイ面の温度を，本圃栽培期間中は畝頂面から地下 10 cm の地温を，それぞれ毎正時測定し，日平均地温を算出した．また，各生育期間における日平均地温の積算値を，その期間の積算地温とした．

調査項目は 3 カ年とも，開花始，収穫期と収穫時の主茎長，主茎節数，一次分枝数を調査するとともに，収量関連形質として，収穫後に葉と根を除いた株重，着生した全ての莢数および莢重と，莢厚をノギスで計測し，『京 夏ずきん』の出荷基準である莢厚 10 mm 以上の莢数および莢重を計数あるいは秤量した．収穫期は目視による判断により，十分肥大した莢が株内に増えているとともに，エダマメとしての収穫適期である，黄化莢 (星野 2002) が出現する直前の時期とした．全ての処理区とも調査株数を 10 株とした．

京都府におけるエダマメ目標収量 (莢出荷) は，野菜栽培基準の普通栽培での普通種早生 500 g m^{-2}, 中晩生 700 g m^{-2}, また，黒ダイズでは極晩生種「新丹波黒」550 g m^{-2} と設定されている (京都府農林水産部 1994)．一方，京都府特産エダマメの『紫ずきん』は，京都府および JA 京都中央会の経営指標では 300 g m^{-2} とされている (京都府農林水産部・JA 京都中央会 2000) が，本試験開始前 3 カ年 (2007 ～ 2009 年) の府内平均反収は 395 g m^{-2} であったことから，本試験の作型開発に係る目標収量を，莢厚 10 mm 以上の莢重で 400 g m^{-2} とした．

3．簡易施設を利用した『京 夏ずきん』品種の作期前進の検討（試験 4-2：2012 ～ 2013 年）

2012 年は，同センターの水田転換畑 (前作はアズキ) に新設した無加温のビニルハウス (南北方向，間口 5.4 m ×奥行き 22 m) 内で試験を行った．4 月 18 日に

播種し，試験 4-1 と同様の方法で育苗した「夏どり丹波黒 1 号」を 5 月 8 日に移植して，生育，収量等の調査を行った．栽植密度は 4.0 株 m^{-2} (条間 100 cm ×株間 25 cm)，施肥は N：P_2O_5：K_2O ＝ 1.2：4.8：4.8 g m^{-2} とし，畝立て時に黒ポリマルチを敷設して栽培した．

2013 年は，2012 年と同様の無加温ビニルハウス (南北方向，間口 5.4 m ×奥行き 22 m) を上記ハウスに隣接して新設し (前作はアズキ)，合計 2 棟のビニルハウスを用いた．供試品種は「夏どり丹波黒 1 号」とし，播種期を 3 月 1 日，3 月 25 日，4 月 15 日の 3 水準を設けて栽培した．栽植密度と施肥は 2012 年と同様であり，全区とも畝立て時に黒ポリマルチを敷設した．育苗をこれまでと同じ無加温ガラスハウス内で行ったが，2013 年 2 月に電熱温床が整備できたため，温床付属コントローラで 15 ℃に設定し育苗管理した．なお，ハウス内の地上 40 cm の気温と地下 10 cm の地温を，記憶計® SK-L200T ((株) 佐藤計量器製作所製) を用いて毎正時測定し，日平均気温および日平均地温をそれぞれ算出した．

調査項目は試験 4-1 と同様，開花始，収穫期と収穫時の主茎長，主茎節数，一次分枝数の調査とともに，収量関連形質として，収穫後に葉と根を除いた株重，着生した全莢数および全莢重と，莢厚をノギスで計測し，出荷基準である莢厚 10 mm 以上の莢数および莢重を計数あるいは秤量した．収穫期の判断も試験 4-1 同様，目視により，十分肥大した莢が株内に増えているとともに，エダマメとしての収穫適期である，黄化莢 (星野 2002) が出現する直前の時期とした．全ての処理区において調査株数を 10 株とした．目標収量も試験 4-1 と同様，莢厚 10 mm 以上莢重 400 g m^{-2} とした．

以上，試験 4-1 と試験 4-2 に関して，分散分析を行い，要因ごとやそれぞれの交互作用の有意性について検討した．

第 3 節　結果

1．露地栽培における作型開発と安定生産技術の検討（試験 4-1）

2010 年の調査結果を第 14 表 a に示した．開花始は，5 月 4 日播種区で 6 月 18 ～ 20 日，5 月 14 日播種区で 6 月 24 ～ 27 日，5 月 24 日播種区で 7 月 2 ～ 5 日となった．収穫期は，5 月 4 日播種区で 8 月 2 ～ 4 日，5 月 14 日播種区で 8 月 9 ～ 11 日，5 月 24 日播種区で 8 月 20 ～ 24 日となった．また，マルチ有り区はマルチ無し区に比べ開花始，収穫期とも 1 ～ 2 日早く，「夏どり丹波黒 1 号」の方が「夏どり丹波黒 2 号」より 1 ～ 2 日早かった．主茎長，主茎節数および一次分枝数は，

播種期が遅くなるほど大きく，また「夏どり丹波黒 1 号」より「夏どり丹波黒 2 号」の方が大きかった．マルチ有り区はマルチ無し区に比べ一次分枝数が多く，

第14表　『京 夏ずきん』品種を5月播種，マルチ有/無で露地栽培したときの開花始，収穫期，草姿および収量関連形質．

a　2010年調査．

品種	播種期	マルチの有無	移植期	開花始	収穫期	主茎長	主茎節数	一次分枝数	株重	総莢数	莢厚10 mm以上莢数	総莢重	莢厚10 mm以上莢重
			月/日	月/日	月/日	cm	節 株$^{-1}$	本 株$^{-1}$	g 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	g m^{-2}	g m^{-2}
「夏どり丹波黒1号」	5/4	無	5/17	6/20	8/3	26.8	10.7	4.5	150.5	45.6	26.6	512.7	382.0
		有		6/18	8/2	31.9	10.9	5.8	212.7	57.2	32.1	658.2	489.0
	5/14	無	5/26	6/26	8/10	34.7	10.8	4.7	212.2	63.0	35.3	735.6	526.5
		有		6/24	8/9	33.9	10.3	5.3	231.6	69.4	42.7	813.5	630.8
	5/24	無	6/4	7/4	8/21	42.9	12.6	4.8	225.8	58.9	43.8	768.6	671.7
		有		7/2	8/20	49.3	13.1	5.2	278.6	79.5	44.8	884.6	612.7
「夏どり丹波黒2号」	5/4	無	5/17	6/20	8/4	30.0	10.8	4.6	138.7	44.8	20.5	460.1	303.0
		有		6/18	8/3	36.0	11.0	5.9	207.4	64.2	27.2	609.1	389.3
	5/14	無	5/26	6/27	8/11	34.7	10.6	4.2	212.9	62.3	32.8	747.2	516.3
		有		6/26	8/10	44.6	11.9	6.1	241.9	79.7	26.1	748.5	362.7
	5/24	無	6/4	7/5	8/24	53.8	13.2	5.2	235.0	59.5	50.8	815.8	760.0
		有		7/3	8/23	58.5	13.3	7.0	323.2	86.3	63.9	1026.3	877.6
分散分析	品種 (A)		-	-	-	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	播種期 (B)		-	-	-	**	**	*	**	**	**	**	**
	マルチの有無 (C)		-	-	-	**	*	**	**	**	n.s.	*	n.s.
	A×B		-	-	-	**	n.s.	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	*
	A×C		-	-	-	*	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	B×C		-	-	-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	A×B×C		-	-	-	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

b　2011年調査．

品種	播種期	マルチの有無	移植期	開花始	収穫期	主茎長	主茎節数	一次分枝数	株重	総莢数	莢厚10 mm以上莢数	総莢重	莢厚10 mm以上莢重
			月/日	月/日	月/日	cm	節 株$^{-1}$	本 株$^{-1}$	g 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	g m^{-2}	g m^{-2}
「夏どり丹波黒1号」	5/4	無	5/18	6/17	8/3	25.3	9.6	4.3	132.0	39.9	24.5	464.5	371.8
		有		6/17	8/2	27.1	10.2	5.7	224.4	58.9	38.9	778.2	640.7
	5/24	無	6/6	6/30	8/25	24.9	10.5	5.0	216.5	58.7	40.6	765.2	647.2
		有		6/29	8/23	28.3	10.6	5.9	203.0	49.0	33.2	594.8	495.5
「夏どり丹波黒2号」	5/4	無	5/18	6/18	8/4	25.8	9.6	4.6	159.2	48.6	26.0	574.3	420.9
		有		6/19	8/2	26.4	10.1	5.9	216.9	59.9	32.1	752.9	571.2
	5/24	無	6/6	7/2	8/25	29.2	11.0	5.7	272.0	79.7	42.5	935.5	686.5
		有		7/1	8/23	31.9	11.1	6.4	294.2	88.5	43.7	1004.5	727.9
分散分析	品種 (A)		-	-	-	*	n.s.	**	**	**	n.s.	**	*
	播種期 (B)		-	-	-	**	**	**	**	**	**	**	**
	マルチの有無 (C)		-	-	-	**	n.s.	**	**	*	**	**	**
	A×B		-	-	-	*	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**
	A×C		-	-	-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	B×C		-	-	-	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	**	**	**
	A×B×C		-	-	-	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	**	**	**

表a・bとも，*は5%水準，**は1%水準で有意，n.s.は有意で無かったことを表す．

主茎長も 5 月 14 日播種区の「夏どり丹波黒 1 号」を除き長くなったが，倒伏はみられなかった．総莢数や総莢重，あるいは莢厚 10 mm 以上の莢数や莢重は，概ね播種期が遅いほど大きくなった．マルチ栽培では，全ての品種，播種区の総莢数および総莢重が大きくなり，5 月 14 日播種区の「夏どり丹波黒 2 号」と 5 月 24 日播種区の「夏どり丹波黒 1 号」を除き，莢厚 10 mm 以上莢重が大きくなった．また，分散分析の結果では，品種と播種期，品種とマルチの有無，さらに各要因全てを含む交互作用について，主茎長や主茎節数，一次分枝数，10 mm 以上の莢数や莢重で有意となった項目があった．これは，「夏どり丹波黒 2 号」で播種期が遅いほど，またマルチ敷設により各調査値が大きくなる傾向に起因していた．

2011 年の 5 月播種栽培での調査結果を第 14 表 b に示した．8 月収穫を目的とした調査における開花始は，5 月 4 日播種区で 6 月 17 ～ 19 日，5 月 24 日播種区で 6 月 29 日～ 7 月 2 日となった．収穫期は，5 月 4 日播種区で 8 月 2 ～ 4 日，5 月 24 日播種区で 8 月 23 ～ 25 日となった．2010 年と同様に，マルチ有り区はマルチ無し区に比べ収穫期が 1 ～ 2 日早く，「夏どり丹波黒 1 号」は「夏どり丹波黒 2 号」と同日か 1 日早かった．主茎節数や一次分枝数，1 株重や莢厚 10 mm 以上の莢数，莢重は播種期が遅くなるほど，また，マルチ有り区の方が概ね多くなる傾向であった．しかしながら，「夏どり丹波黒 1 号」の 5 月 24 日播種・マルチ有り区で収量関連形質の調査値が小さかった．したがって，分散分析の結果では，品種と播種期や播種期とマルチの有無の交互作用，各要因全てを含む交互作用について，主茎長や株数，莢数，莢重で有意となった項目があった．本研究では，このような結果が得られた原因を明らかにすることができなかったが，今後，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の遺伝的背景の違い，供試した圃場条

第15表　『京 夏ずきん』品種の4月播種で露地栽培したときの開花始，収穫期，草姿および収量関連形質（2011年）．

品種	播種期	移植期	開花始	収穫期	主茎長	主茎節数	一次分枝数	株重	総莢数	莢厚 10mm 以上莢数	総莢重	莢厚 10mm 以上莢重
	月/日	月/日	月/日	月/日	cm	節 株$^{-1}$	本 株$^{-1}$	g 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	g m^{-2}	g m^{-2}
「夏どり丹波黒1号」	4/15	5/6	6/9	7/20	28.1	10.6	5.2	153.7	35.0	23.6	457.1	380.8
	4/25	5/10	6/11	7/23	25.7	9.8	4.9	156.5	38.0	28.0	510.9	447.7
「夏どり丹波黒2号」	4/15	5/6	6/8	7/20	30.0	10.5	5.5	170.0	44.9	23.6	487.8	353.0
	4/25	5/10	6/11	7/23	29.6	10.0	6.1	199.0	58.4	32.9	663.8	508.2
分散分析	品種（A）	－	－	－	n.s.	n.s.	**	*	*	n.s.	n.s.	n.s.
	播種期（B）	－	－	－	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	A×B	－	－	－	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*は5%水準，**は1%水準で有意，n.s.は有意で無かったことを表す．

件や年次間の気象条件の差などを考慮して検討する必要がある．

4月播種栽培での調査結果を第15表に示した．4月播種による「夏どり丹波黒1号」と「夏どり丹波黒2号」との開花始は，4月15日播種区で6月8～9日，4月25日播種区で6月11日であったが，4月15日播種区では，開花始期の花は花弁が開裂せず，閉花したまま莢が発達する閉花受精が観察された．収穫期は4月15日播種区で7月20日，4月25日播種区で7月23日となった．播種期に10日の差があったが，育苗期間中の気温差により移植期は4日の差に縮まり，開花始と収穫期は2～3日の差となった．「夏どり丹波黒1号」，「夏どり丹波黒2号」とも，1株重や総莢数は播種期が早いほど小さくなった．また，「夏どり丹波黒2

第16表　『京 夏ずきん』品種の4～5月播種，露地栽培したときの開花始，収穫期，草姿および収量関連形質（2012年）．

品種	播種期	マルチの有無	移植期	開花始	収穫期	主茎長	主茎節数	一次分枝数	株重	総莢数	莢厚 10mm以上莢数	総莢重	莢厚 10mm以上莢重
	月/日		月/日	月/日	月/日	cm	節 株$^{-1}$	本 株$^{-1}$	g 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	g m^{-2}	g m^{-2}
「夏どり丹波黒1号」	4/16	無	5/7	6/6	7/20	24.4	9.4	3.2	69.2	24.0	13.8	275.0	196.6
		有		6/5	7/20	24.9	9.2	4.3	155.3	41.3	31.0	580.2	506.2
	4/26	無	5/10	6/13	7/28	28.0	10.5	4.1	194.1	60.0	29.7	729.0	480.3
		有		6/12	7/26	29.7	10.6	5.6	253.0	66.9	43.3	905.4	720.9
	5/4	無	5/18	6/20	8/3	29.9	11.2	5.0	240.6	73.1	40.7	889.2	658.3
		有		6/17	8/3	34.9	11.2	5.7	288.6	79.4	45.4	985.1	733.7
	5/24	無	6/6	7/2	8/18	29.1	10.2	4.6	198.9	60.9	38.5	694.4	561.0
		有		7/1	8/17	30.3	10.4	5.4	234.8	64.1	45.8	794.2	683.8
「夏どり丹波黒2号」	4/26	有	5/10	6/13	7/27	35.8	11.3	5.4	271.6	75.1	42.3	914.2	684.8
	5/4	有	5/18	6/18	8/3	44.9	12.1	6.4	321.4	96.5	49.0	1092.6	769.1
	5/24	有	6/6	7/2	8/17	39.9	11.3	6.3	281.4	87.4	47.8	936.2	685.0

第17表　第16表における処理間の分散分析検定結果（2012年）．

a　マルチ敷設区における品種と播種期の違いについて．

処理	主茎長	主茎節数	一次分枝数	株重	総莢数	莢厚 10mm以上莢数	総莢重	莢厚 10mm以上莢重
品種(A)	**	**	n.s.	**	**	n.s.	*	n.s.
播種期(B)	**	*	n.s.	**	**	*	**	n.s.
A×B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

b　「夏どり丹波黒1号」における播種期とマルチの有無について．

処理	主茎長	主茎節数	一次分枝数	株重	総莢数	莢厚 10mm以上莢数	総莢重	莢厚 10mm以上莢重
播種期(A)	**	**	**	**	**	**	**	**
マルチの有無(B)	n.s.	n.s.	**	**	*	**	**	**
A×B	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

表aは第16表のマルチ有り区のデータを用い，表bは第5表の「夏どり丹波黒1号」のデータを用いて，それぞれ二元配置の分散分析を行った．*は5%水準，**は1%水準で有意．n.s.は有意で無かったことを表す．

号」の一次分枝数が 4 月 25 日播種区で特に大きく，交互作用が有意となった．

2012 年の調査結果を第 16 表に，また，データの分散分析結果を第 17 表にそれぞれ示した．供試品種の生育は，前年までの調査と同様の傾向がみられ，1 株重や莢数，莢重などの収量性については，両品種とも，5 月 4 日播種区で多収を示した．特に，「夏どり丹波黒 1 号」ではマルチの有無に関わらず，5 月 4 日播種区で多収となった．4 月 16 日播種区の「夏どり丹波黒 1 号」は莢数，莢重が少なかったが，その傾向はマルチ無し区の方が顕著であった．なお閉花受精は，2012 年には観察されなかった．

育苗期間中ならびに本圃栽培期間中の積算地温および平均地温を第 18 表に示した．育苗期間中では，「夏どり丹波黒 1 号」の 4 月 16 日播種区の積算地温が他の区より大きかった．一方，本圃栽培期間中では，各品種とも播種期が遅くなるにつれて積算地温が大きく，マルチの有無の比較ではマルチ有り区の方が積算地温が大きく，平均地温も高かった．

2．簡易施設を利用した『京 夏ずきん』品種の作期前進の検討（試験 4-2）

2012 年のビニルハウスで栽培した調査結果について，播種期が近い露地栽培区 (試験 4-1，2012 年) と比較して第 19 表に示した．2 日遅い播種期の露地区より，ハウス区は開花始が 4 日早まった．収穫期も 2 日早まったと判断された．また，総莢数は多かったが，莢厚 10 mm 以上の莢数や莢重が少なかった．

第18表　育苗期間および露地栽培の本圃栽培期間中における積算地温および平均地温（2012年）.

品種	播種期	移植期	マルチの有無	収穫期	播種期～移植期			移植期～収穫期		
					日数	積算地温	平均地温	日数	積算地温	平均地温
	月/日	月/日		月/日	日	℃	℃	日	℃	℃
「夏どり丹波黒1号」	4/16	5/7	無	7/20	21	405.2	19.4	74	1647.6	22.3
			有	7/20				74	1712.9	23.1
	4/26	5/10	無	7/28	14	278.0	19.9	79	1829.6	23.2
			有	7/26				77	1838.0	23.9
	5/4	5/18	無	8/3	14	267.4	19.2	77	1891.2	24.6
			有	8/3				77	1960.9	25.5
	5/24	6/6	無	8/18	13	290.6	22.4	73	1948.8	26.7
			有	8/17				72	1995.9	27.7
「夏どり丹波黒2号」	4/26	5/10	有	7/27	14	278.0	19.9	78	1871.8	24.0
	5/4	5/18	有	8/3	14	267.4	19.2	77	1960.9	25.5
	5/24	6/6	有	8/17	13	290.6	22.4	72	1995.9	27.7

播種期～移植期は播種翌日より移植期までの期間，移植期～収穫期は移植期翌日より収穫期までの期間．積算地温は各期間内の日平均地温の総和，平均地温は積算地温を各期間の日数で除した値.

第19表　ハウス内で栽培した「夏どり丹波黒1号」の開花始，収穫期，草姿および収量関連形質（2012年）.

区	播種期	移植期	開花始	収穫期	主茎長	主茎節数	一次分枝数	株重	総莢数	莢厚 10mm以上莢数	総莢重	莢厚 10mm以上莢重
	月/日	月/日	月/日	月/日	cm	節 株$^{-1}$	本 株$^{-1}$	g 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	g m^{-2}	g m^{-2}
ハウス区	4/18	5/8	6/1	7/18	34.8	9.5	5.8	191.8	51.7	27.8	592.3	397.1
露地区	4/16	5/7	6/5	7/20	24.9	9.2	4.3	155.3	41.3	31.0	580.2	506.2

露地区は，第16表の「夏どり丹波黒1号」4月16日播種のマルチ有り区と同一データ．ハウス区もマルチ敷設.

第20表　「夏どり丹波黒1号」を3播種期で栽培したときの開花始，開花期間，収穫期，草姿および収量関連形質（2013年）.

播種期	移植期	開花始	開花期間	収穫期	主茎長	主茎節数	一次分枝数	株重	総莢数	莢厚 10mm以上莢数	総莢重	莢厚 10mm以上莢重
月/日	月/日	月/日	月･半旬	月/日	cm	節 株$^{-1}$	本 株$^{-1}$	g 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	莢 株$^{-1}$	g m^{-2}	g m^{-2}
3/1	3/18	4/26	4･4～5･4	6/8	25.9 a	8.4 a	5.0	111.1 a	18.7 a	16.5 a	239.7 a	229.4 a
3/25	4/8	5/13	5･3～5･6	6/19	28.8 a	8.9 a	5.4	191.8 b	38.2 b	33.4 b	520.0 b	486.9 b
4/15	4/30	5/26	5･5～6･2	7/8	38.5 b	10.0 b	5.7	229.0 b	50.8 b	43.0 b	694.3 b	638.8 b

開花期間は，最初の開花始と最後の開花終の株を確認した月・半旬を示した．異字間には5%水準で有意差あり（Tukey-Kramer法）.

第21表　ハウス栽培の本圃栽培期間中における積算温度および平均温度（2013年）.

播種期	移植期	開花始	収穫期	移植期～開花始			開花始～収穫期		
				日数	積算温度	平均温度	日数	積算温度	平均温度
月/日	月/日	月/日	月/日	日	℃	℃	日	℃	℃
3/1	3/18	4/26	6/8	39	659.8	16.9	43	979.1	22.8
					730.6	18.7		986.3	22.9
3/25	4/8	5/13	6/19	35	669.6	19.1	37	928.5	25.1
					708.2	20.2		937.8	25.3
4/15	4/30	5/26	7/8	26	587.8	22.6	43	1111.0	25.8
					589.0	22.7		1135.7	26.4

移植期～開花始は移植期翌日より開花始までの期間，開花始～収穫期は開花始翌日より収穫期までの期間．積算温度は各期間内の日平均温度の総和，平均温度は積算温度を各期間の日数で除した値．上段は地上40 cmの気温，下段は地下10 cmの地温.

2013 年の調査結果を第 20 表に示した．3 月 1 日播種区では開花始期に花弁が開かず，閉花受精しているものとみられ，開花始は 4 月 26 日頃と推定された．3 月 25 日播種区で 5 月 13 日，4 月 15 日播種区で 5 月 26 日と播種期が早いほど開花始は早まった．また，開花始から開花終までの期間は播種期が早いほど長くなった．収穫期は，3 月 1 日播種区で 6 月 8 日，3 月 25 日播種区で 6 月 19 日，4 月 15 日播種区で 7 月 8 日となった．主茎長，主茎節数は 4 月 15 日播種区が他の区より有意に大きくなった．1 株重や莢数，莢重は，3 月 1 日播種区が他の区に比べ有意に少なかった．3 月 25 日播種区と 4 月 15 日播種区の比較では，有意な差ではないが，いずれの項目も 3 月 25 日播種区が少なかった．

次に，ハウス内の本圃栽培期間における積算温度を第 21 表に示した．移植期～開花始まで，開花始～収穫期までの両期間とも，気温より地温が高かった．また，移植期～開花始の期間は，播種期が遅くなるほど，期間中の日数が短く，積算気温，積算地温とも大きかったが，それを各期間の日数で除した平均温度は，播種期が遅いほど高かった．開花始～収穫期の期間については，3 月 1 日播種区と 4 月 15 日播種区で 43 日，3 月 25 日播種区で 37 日となったため，積算温度は，気温，地温とも 3 月 25 日播種区が最も小さくなった．しかし，平均温度は，気温，地温とも，3 月 1 日播種区＜ 3 月 25 日播種区＜ 4 月 15 日播種区の順で高くなった．

第 4 節　考察

1.「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」の栄養成長量と収量との関係性

第 1 章で明らかになったように，短日性をほとんど発現しない「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は 3 ～ 5 月の播種期に対し，6 ～ 8 月に収穫可能であることが確認できた (第 14 表，第 15 表，第 16 表，第 18 表，第 19 表，第 20 表)．しかし，播種期の違いにより収量性に違いがみられ，特に露地栽培では 4 月中旬の播種栽培では他の播種期より莢数，莢重が少なく，ハウス栽培でも早い播種期ほど莢数，莢重が少なかった．齊藤ら (1998a) は，ダイズの収量と有意な相関を示す収量構成要素は莢数のみであることを報告しており，エダマメでの収穫も，吉田ら (2011) は，莢重収量の差は主として莢数の違いによるものと推察している．

本研究の露地栽培試験で得られた莢厚 10 mm 以上の莢重と総莢数との相関係数は，「夏どり丹波黒 1 号」で $r = 0.827$ ($P < 0.01$，$n = 40$：露地試験で供試した 3 カ年の全ての反復を含む試験区数)，「夏どり丹波黒 2 号」で $r = 0.698$ ($P < 0.01$，$n = 30$：露地試験で供試した 3 カ年の全ての反復を含む試験区数) と有意な正の相関が認められ，収量向上には莢数の確保が不可欠であると考えられた．さらに，莢数は生育初期から開花盛期までの乾物増加量，総節数と密接な直線関係を有するとされ (浅沼ら 1977，齊藤ら 1998a)，栄養成長量の増大が収量に大きく影響する (片山ら 2011，吉田ら 2011)．本研究においても第 22 表に示したとおり，収穫時の主茎長，主茎節数および一次分枝数と株重，莢数および莢重との間には，ほぼ全ての項目間に有意な正の相関関係が認められ，栄養成長量と収量関連形質と

第22表　露地栽培における収穫時の主茎長，主茎節数，一次分枝数と収量関連形質との相関係数

a　「夏どり丹波黒1号」（n=40）

	株重	総莢数	莢厚10 mm以上莢数	総莢重	莢厚10 mm以上莢重
主茎長	0.621 **	0.627 **	0.553 **	0.500 **	0.424 **
主茎節数	0.622 **	0.607 **	0.502 **	0.481 **	0.394 *
一次分枝数	0.717 **	0.538 **	0.614 **	0.447 **	0.459 **
株重	-	0.942 **	0.929 **	0.863 **	0.821 **

b　「夏どり丹波黒2号」（n=30）

	株重	総莢数	莢厚10 mm以上莢数	総莢重	莢厚10 mm以上莢重
主茎長	0.581 **	0.488 **	0.688 **	0.501 **	0.542 **
主茎節数	0.617 **	0.523 **	0.699 **	0.570 **	0.607 **
一次分枝数	0.650 **	0.650 **	0.513 **	0.380 *	0.312
株重	-	0.937 **	0.856 **	0.874 **	0.810 **

表a・bとも，nは供試した3カ年の全ての反復を含む試験区数．*は5%水準，**は1%水準で有意．

の間に高い関係性が認められた．すなわち，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」についても，栄養成長量を確保することが収量の確保につながるものと考えられた．

本研究では，4 月中旬播種区といった播種期が早いものほど栽培期間が長いものの，低収傾向で目標収量を下回り，特にマルチ無し区で顕著な減収がみられた (第 16 表)．ダイズでは，花芽分化期から開花盛期にかけての低温は栄養成長量の減少とともに稔実莢数，1 莢内の胚珠数，胚珠の稔実歩合の低下をもたらし (斎藤・高沢 1962)，その低温期間が長いほど影響は著しいとされる (Saito ら 1970)．また，後藤 (1976) はダイズの生育適温を 25 ～ 30 ℃としている．エダマメ用早生黒ダイズ品種「たんくろう」においても，透明マルチ設置の露地栽培 (大海 2002) やハウス栽培 (吉田ら 2011) での作期比較試験にて，より早い播種期の試験区では低温により生育量が劣り，適期と考えられる時期に播種したものに比べ低収になったことが報告されている．第 16 表に示したとおり，播種期が早いほど本圃期間中の地温が低く，同じエダマメ用の早生黒ダイズである「夏どり丹波黒 1 号」や「夏どり丹波黒 2 号」も，低温による影響が現れたものと考えられた．

ハウス栽培においても，2013 年の調査結果から，「夏どり丹波黒 1 号」を用いた栽培では，播種期を早めれば，さらに収穫期を早めることが確認でき，また，収穫期の前進には簡易施設を利用した早播栽培が有効であることが認められた

(第 20 表)．特に，3 月上旬播種では 6 月上旬の収穫も可能と考えられた．しかし，各区それぞれの開花始の地上 40 cm の平均気温は，3 月 1 日播種区では 18.3 ℃，3 月 25 日播種区で 26.2 ℃，4 月 15 日播種区で 26.8 ℃と，3 月 1 日播種区が他の区より約 8 ℃低く，そのため，低温時にみられる閉花受精 (林ら 1998，高尾 2000b) や，開花期間の長期化 (黒崎・松川 1994) が顕著となったものと考えられた．

平均気温をみると，移植期～開花始で，3 月 1 日播種区では 16.9 ℃，3 月 25 日播種区で 19.1 ℃，4 月 15 日播種区で 22.6 ℃であった (第 21 表)．吉田ら (2011) は開花期までの平均気温と栄養成長量に高い正の相関を認めており，播種期が早い区ほど，主茎長や主茎節数，株重が小さかった本研究の結果 (第 20 表) と一致する．また，斎藤・高沢 (1962) や Saito ら(1970) は，花芽分化期から開花盛期の開花期前後の低温が，稔実莢数や結莢率の低下をもたらすとしており，本研究でも播種期が早い区で，莢数や莢重が少なかった (第 20 表)．今回，花芽分化期や開花盛期は特定できていないが，早い播種期の区ほど，開花始以降においても 1 日当たりの温度が低い．したがって，低温は生殖成長にも影響し，収量低下がもたらされたものと推察された．これらのことから，ハウス栽培においても早播栽培では，少なくとも移植後から開花盛期までは保温に努めるべきであり，例えば二重被覆や断熱資材の利用も，検討する価値があるものと考えられた．

さらに，マルチの有無に対する影響について考えてみる．片山ら (2011) は，地温上昇効果があるポリマルチの敷設により生育促進し増収するとの報告を行っているが，今回の調査でもマルチを敷設した区の方が地温が高く (第 18 表)，栽培期間が 1 ～ 2 日短縮され，収量が高まる傾向があった (第 14 表，第 16 表)．5 月 4 日以前の播種区ではマルチを敷設した区で多収となり，有意差がある年次も認められた．特に，4 月播種区でその効果が顕著にみられた (第 14 表，第 16 表)．

これらのことから，5 月上旬播種移植栽培や，それ以前の播種期での『京 夏ずきん』の栽培では，地温が確保できるマルチの敷設が収量確保に大きな効果をもたらすものと示唆された．特に「夏どり丹波黒 2 号」は，遅い播種期ほど多収であった年次や，またマルチ敷設の組合せにより栄養生長量が大きかった年次もみられたことから，温度確保に留意する必要があると考えられた．

2．露地栽培と簡易施設栽培における好適作期の検討

以上の検討から，『京 夏ずきん』という商品名で販売される「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，3 ～ 5 月の間の播種期に応じて収穫期が移動することが認められた．

露地栽培においてほぼ目標収量が得られる栽培適期は，5 月上旬～下旬に播種する作型と考えられ，収穫期は 8 月上旬～下旬となる．これまでエダマメ需要が高い時期であるものの，丹波黒ダイズ系エダマメ品種で構成される商品『紫ずきん』では出荷が不可能であった盛夏期も，「夏どり丹波黒 1 号」および「夏どり丹波黒 2 号」によって需要に応えられる．

また，4 月播種により 7 月中下旬の収穫が可能と認められたが，4 月中旬の播種栽培では他の播種期に比べ莢数，莢重が小さかった (第 15 表，第 16 表)．これは，生育期間中の低温により，生育量が確保できなかったことによるものと考えられた．そのため，生育期間中は温度を確保するとともに，単位面積当たりの生育量の増大につながる技術開発が必要であると考えられた．例えば，今回検討した畝立て時からの黒色マルチの敷設の他，トンネルの活用による温度の確保，安全晩霜日 (京都府農林水産部 1994) 以降に栽培圃場へ移植できる播種期や育苗期の調整，密植の効果などを評価し，栽培体系を構築することが必要である．

さらに，「夏どり丹波黒 1 号」を供試した無加温簡易施設のマルチ敷設栽培では，3 月 25 日播種区で目標とした莢厚 10 mm 以上莢重が 400 g m^{-2} を満たす水準の収量となった．このことから，簡易施設を用いて，収穫期の前進と安定収量を両立する作型が開発できることが示唆された．しかし，さらに早い播種期である 3 月 1 日播種栽培では低温により栄養成長量が小さくなり，その結果，莢数や莢重も少なくなった．本研究の目標収量では，無加温施設においては，3 月下旬播種栽培が慣行の施肥や栽植密度の条件下での経済的な前進限界と考えられた．ただし，3 月 1 日播種区では 6 月上中旬の収穫，出荷が見込まれる (第 20 表)．これまでの丹波黒ダイズ系エダマメ品種では不可能であった，初夏以前での需要を新たに開拓できれば，さらなる作型の前進が必要となってくる．

なお，2012 年の調査において，ハウス区の莢色がやや淡かったため，収穫期の判定がやや早くなった (第 19 表)．高尾 (2000a) は，ハウス栽培は低日射下となりやすく，草勢を強くすると相互遮蔽が大きくなり，莢色が不良になることを指摘している．これらのことから，今後，無加温簡易施設での栽培については，莢色の退色を抑えるため，十分な受光態勢を維持しつつ，まずは播種期が 3 月下旬以降，移植期が 4 月上旬以降からの時期での技術確立を図り，それ以前への播種期の前進は，市場の動向を注視しつつ検討すべきと考えられた．

第 5 節　摘要

京都府の新たな丹波黒ダイズ系エダマメ『京 夏ずきん』(「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の 2 品種による商品) の安定生産が可能な作型を開発するために，露地栽培における播種期の検討および簡易施設を利用した『京 夏ずきん』品種の作期前進の可能性を調査した．「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，露地における移植栽培で 4 ～ 5 月の間で播種期を移動させると，播種期に応じて収穫期が移動した．目標収量が得られる栽培適期は，5 月上旬～下旬に播種する作型と考えられ，収穫期は 8 月上旬～下旬であった．4 月播種によって 7 月中下旬の収穫が可能と認めたが，供試した『京 夏ずきん』品種には，栄養成長量と収量に高い関係性が認められ，特に 4 月中旬の播種栽培では他の播種期より莢数，莢重が少なかった．無加温のビニルハウスを用いて，収穫期の前進と安定収量を両立する作型を開発するには，3 月 1 日播種栽培では栄養成長量が小さく，その結果，莢数，莢重も少なかった．これより，播種期は 3 月下旬以降，移植期は 4 月上旬以降からの時期で検討すべきと考えられ，収穫期の前進目標は 6 月中下旬になるものと推定された．

第 5 章　「夏どり丹波黒 1 号」および「夏どり丹波黒 2 号」の収穫適期の解明

第 1 節　緒言

序章と第 4 章で述べたように京都府では，8 月出荷可能な 2 品種「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」を育成し (杉本・河合 2011),『京 夏ずきん』という新しい商品名で，2010 年から流通，販売されている (杉本ら 2011). 新しい京都府の特産物であり，さらなる増産が求められているが，品質や食味が良い商品が出荷されないことには，市場での需要も高まることにはならない.

エダマメの販売には外観品質が重視される (星野 2001). 外観品質の一項目として豆の大きさや莢の見栄えは重要な形質であり，生産出荷する県や入荷加工する食品会社では，品種や用途に応じて，例えば莢厚 8 mm 以上や莢厚 10 mm 以上などと莢厚の規格を定めている (星野 2001, 小野 2003, 安藤ら 2013, 水野ら 2015). 特に，丹波黒ダイズ系のエダマメは子実が大きいことが特徴である (河合 2000). そのため，京都府の『紫ずきん』 (商品を構成する品種 :「新丹波黒」,「紫ずきん」と「紫ずきん 2 号」) の秀品，優品規格は莢厚 11 mm 以上とされている. このことを背景に，丹波黒ダイズに由来する『京 夏ずきん』も莢の厚さは商品の重要な要素となった. 品種特性上，親品種の「紫ずきん」よりやや莢厚は薄いため (杉本・河合 2011), 出荷規格では莢厚 10 mm 以上と設定された.

収穫適期の判断基準についても莢厚を指標とする場合がみられ，多くの場合 8 ないし 9.5 mm を下限とするものである (前嶋ら 2007, 本庄ら 2008, 廣田ら 2010). 「紫ずきん」では，莢厚が 5 日間で約 1 mm ずつ増加することと収穫適期が莢厚 12 ～ 13 mm 程度であることが明らかにされ (岩本 1998), 営農指導の資料として活用されているが,『京 夏ずきん』の品種については明確ではなく，収穫適期を明らかにする必要がある.

また，エダマメの外観品質では，莢色も重要な形質である (星野 2001). ダイズの成熟過程で莢色は緑から黄へと変化する. 星野 (2002) はコンジョイント分析により，消費者は濃緑色のエダマメを望み，黄緑色を好まないことを明らかにしている. 消費者が好まない黄化莢の出荷物への混入を避ける必要があるため，収穫適期を検討した報告では，莢色の黄化について考慮し，収穫晩限について一定の色調を限度として示しているものが多い (廣田ら 2003, 鈴木・中川 2003, 廣田ら 2004, 前嶋ら 2007, 高野ら 2012, 水野ら 2015).『紫ずきん』は出荷規格に基づき，黄化莢の選別が生産現場で遵守されており,『京 夏ずきん』も，黄化

した莢は出荷物に混入させないよう求められている．したがって，エダマメにおいて収穫期から黄化莢発生までの日数を明確にすることは，収穫と出荷作業を計画的に行うために極めて重要となる．特に，夏場のエダマメは成熟が早いことが指摘されている (小野 2000).『京 夏ずきん』も盛夏期である 8 月に収穫できるエダマメであることから (杉本・河合 2011，杉本ら 2011)，黄化莢の発生が早い可能性が予想され, より計画的な収穫・調製作業が必要となることが考えられる．

さらに，エダマメの有利販売にはおいしさも重要とされる (星野 2001)．このおいしさを支える呈味成分は遊離糖や遊離アミノ酸などによることから，エダマメに含まれる糖やアミノ酸の種類や含有率について分析した事例は多い．その結果，主要な糖としてはショ糖，麦芽糖および果糖などが，アミノ酸はグルタミン酸，アスパラギンおよびアラニンなどが報告されている (増田ら 1988，大海ら 2000，廣田ら 2010，阿部 2011，水野ら 2015)．特に,『京 夏ずきん』の育成系譜上にある,『紫ずきん』の品種の糖類やアミノ酸含有率については，李ら (2000) や李ら (2002)，河合 (2004)，古谷ら (2012) が詳細に報告をしている．さらに，丹波黒ダイズ系のエダマメは，成熟が進むにつれて種皮が赤から紫色に着色するため，種皮の着色程度が異なる子実を区別し，それぞれの食味官能や成分含有率の違いを比較して，収穫適期を検討する研究も多い (岩本 1998，廣田ら 2003，高野ら 2012).「紫ずきん」では，ショ糖は種皮が色づいた頃が最も多く，遊離アミノ酸は熟成初期段階が最も多いとされる (李ら 2000，李ら 2002).『京 夏ずきん』の品種も，食味評価に基づく収穫技術を組み立てることが求められるが，詳細な研究はなされていない．

本章では,『京 夏ずきん』として生産される丹波黒ダイズ系の早生エダマメ品種「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」について，莢の肥大や外観の変化を経時的に調査し，あわせて子実の発達と食味成分の変化についての経過から，収穫適期を解明した．

第 2 節　材料と方法

1．供試品種と栽培方法

試験は，亀岡市に立地する京都府農林水産技術センター農林センターの水田転換畑 (中粒質灰色化低地水田土，前作はダイズ，エダマメ) において行った．供試品種には,「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」を用いた．市販の育苗培土 (ナプラ養土 S タイプ) を充填した 128 穴セルトレイに播種し，同センター

の無加温ガラスハウス内で初生葉展開期まで育苗した．苗は畝立て時に厚さ 0.03 mm の黒ポリマルチを敷設した畝に移植した．栽植密度は 4.4 株 m^{-2} (条間 90 cm × 株間 25 cm)，施肥は基肥のみとし，一部有機質資材を配合した化成肥料 (豆有機 322) を使い，N：P_2O_5：K_2O ＝ 1.2：4.8：4.8 g m^{-2} を畝立て時に全層施用した．

2．莢の肥大と子実の発達過程（試験 5-1：2010 ～ 2011 年）

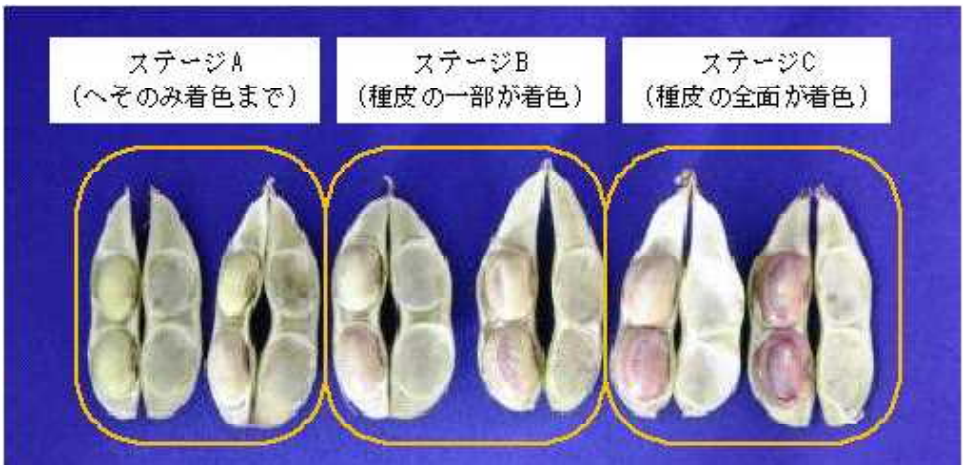
調査は 2010 年および 2011 年に行った．いずれの年のおいても 5 月 24 日に播種し，2010 年は 6 月 4 日，2011 年は 6 月 6 日に移植した．開花始は，2010 年では「夏どり丹波黒 1 号」が 7 月 2 日，「夏どり丹波黒 2 号」が 7 月 3 日で，2011 年ではそれぞれ 6 月 29 日と 7 月 1 日であった．

子実肥大盛期にあたる開花後 38 ～ 67 日の間，3 ～ 6 日おきに各品種 3 株ずつ採取し，エダマメ商品の中心となる 2 粒莢を全莢調査対象とし，計数した．収穫時には，莢の最大厚をミツトヨ (株) 製デジタルノギスで計測した．

商品価値が無くなるとされる黄化莢については，生産者団体や集荷業者，行政等との協議を踏まえた上で，第 9 図の枠内に示した莢色を呈したものを黄化莢として，目視で確認した．

莢内の子実の生育は，①着色がみられない時期からへそのみが紫色に着色する段階から，②種皮の一部が紫色に着色する段階を経て，③種皮の全面が着色する段階に至る．そこで，種皮の着色程度を 3 段階に区分して，それぞれ，ステージ A，

第9図　『京 夏ずきん』莢色の推移．
黄枠内の色調の莢を黄化莢とした．品種「夏どり丹波黒2号」， 2013年撮影．



第10図　『京 夏ずきん』の子実色の推移.
品種「夏どり丹波黒2号」，2013年撮影.

ステージ B およびステージ C と名付けた．各段階の種皮色については第 10 図に示した．

3．食味成分の変化（試験 5-2：2013 年）

2013 年の 5 月 4 日および 5 月 24 日に播種し，それぞれ 5 月 17 日および 6 月 3 日に移植した両品種について，収穫期間中の遊離糖と遊離アミノ酸の含有率を把握するため，第 10 図の区分にしたがって，それぞれ約 60 ～ 100 粒，採取した．その際，サンプルとした子実を内包する莢部位の厚さをデジタルノギスで測定した．なお，「夏どり丹波黒 1 号」では，5 月 4 日播種区は 8 月 5 日，5 月 24 日播種区は 8 月 21 日に子実を採取し，「夏どり丹波黒 2 号」では，5 月 4 日播種区は 8 月 8 日，5 月 24 日播種区は 8 月 22 日に子実を採取した．

採取日にはステージごとに分けた子実をそれぞれ真空パックに封入し，その状態のまま-80 ℃のストッカーに保管を開始し，全サンプルが採取できるまで-80 ℃条件で保存した．全サンプル採取後に真空パックごと沸騰水に投入し，再沸騰後 10 分間加熱し，再び-80 ℃のストッカーで分析時まで保存した．

試料調製は，試料を前日より冷蔵庫で解凍し，4 ～ 5 粒 (約 5 g) を均等に採取してホモジナイザーカップに入れ，80 %エタノール 40 ml を加えてホモジナイズ ((株) 大日本精機製作所製エクセルオートホモジナイザー，10000 rpm，5 分) した．その試料を，50 ml ポリプロピレン製コニカルチューブ (以下，コニカルチューブ) A に移し，遠心分離 (5000 rpm，5 分) し，上清を新しい 50 ml コニカルチューブ B に移した．その後，残渣の入ったホモジナイザーカップに 80 %エタノールを 5 ml 程度入れて洗浄し，コニカルチューブ A に洗い入れ，軽く攪拌後，

再び遠心分離 (5000 rpm，5 分) し，上清をコニカルチューブ B に加え，50 ml にメスアップした．

この抽出試料を遠心分離 (14000 rpm，5 分) し，上清を糖分析用試料とした．また，抽出試料 100 μl にアミノ酸分析用希釈緩衝液として 0.2 N クエン酸三ナトリウム緩衝液 (pH 2.2) を 900 μl を加え，5 分間ボイル後，遠心分離 (14000 rpm，5 分) し，上清をアミノ酸分析用試料とした．

糖分析には，RI 検出器を装着した HPLC ((株) 島津製作所製 LC-10) を使用した．カラムには Shodex Asahipak NH 2 P-50 4 F (4.6 × 250 mm) を用い，移動相は 75 % アセトニトリルとし，流量は 1 ml min^{-1}，カラムオーブンは 35 ℃に設定し，ショ糖，麦芽糖，ブドウ糖および果糖の 4 種の糖を定量した．アミノ酸分析には，蛍光検出器 (Ex ＝ 348 nm，Em ＝ 450 nm) を装着した HPLC ((株) 島津製作所製 Prominence) を使用した．カラムには Shim-pack Amino-Na，移動相はクエン酸三ナトリウム溶液とし，流量は 0.6 ml min^{-1} に設定した．標準試料には和光純薬製 Type-H および γ-アミノ酪酸 (GABA) を用い，o-フタルアルデヒドを反応試薬として遊離アミノ酸を定量した．なお，糖およびアミノ酸の分析回数は各サンプル 1 回とした．

第 3 節　結果

1．気象条件

供試年の平均気温を第 23 表に示した．2010 年は 7 月下旬から 8 月までの間は高温で経過した．一方，2011 年の同時期は平年に近い気温経過をたどった．2013 年は 2011 年とほぼ変わらなかったが，8 月中旬は平年より高温条件となった．

2．莢の肥大と子実の発達過程（試験 5-1）

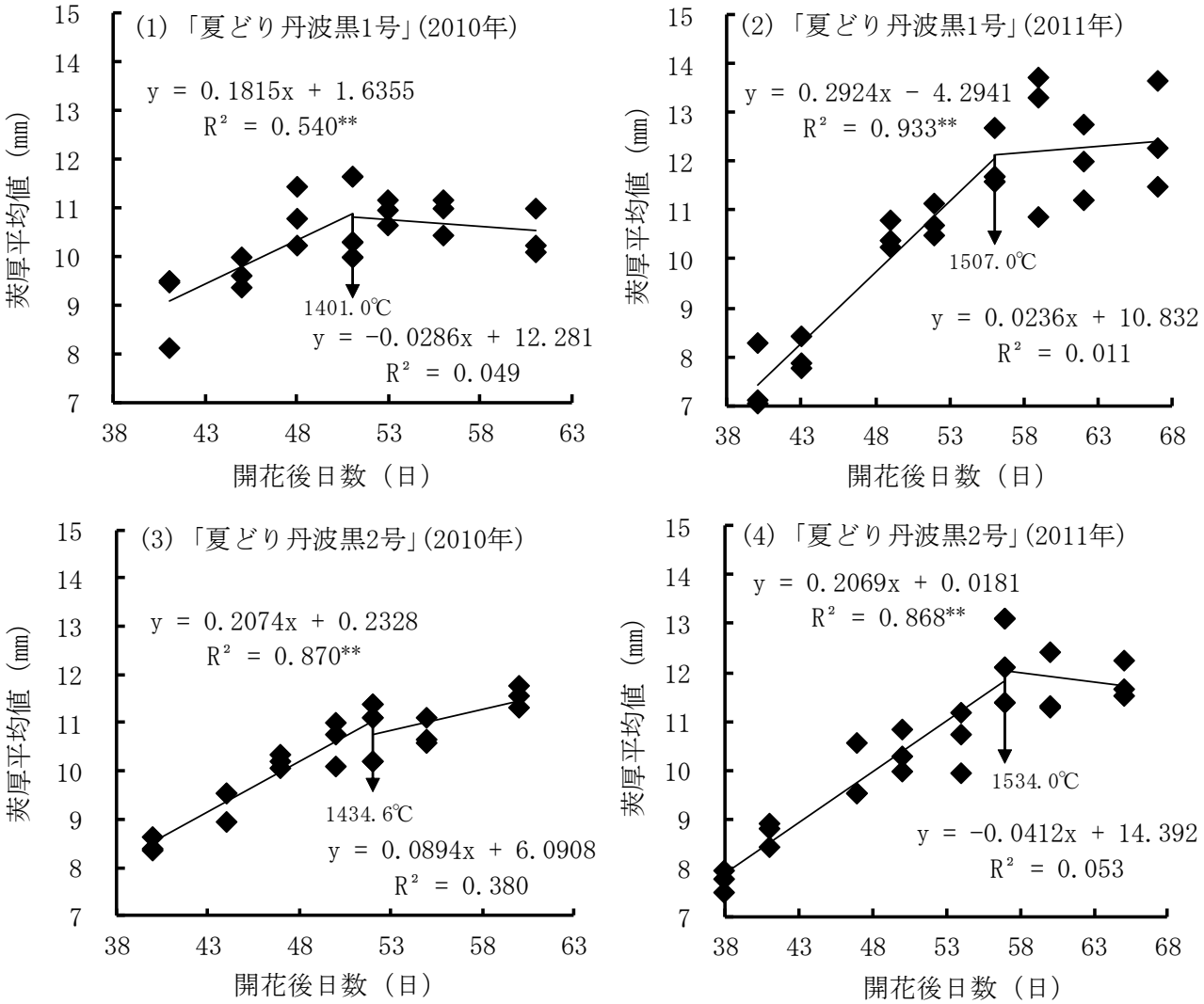
開花後日数からみた株内の全 2 粒莢の平均莢厚の推移を第 11 図に示した．「夏

第23表　栽培期間における平均気温の推移.

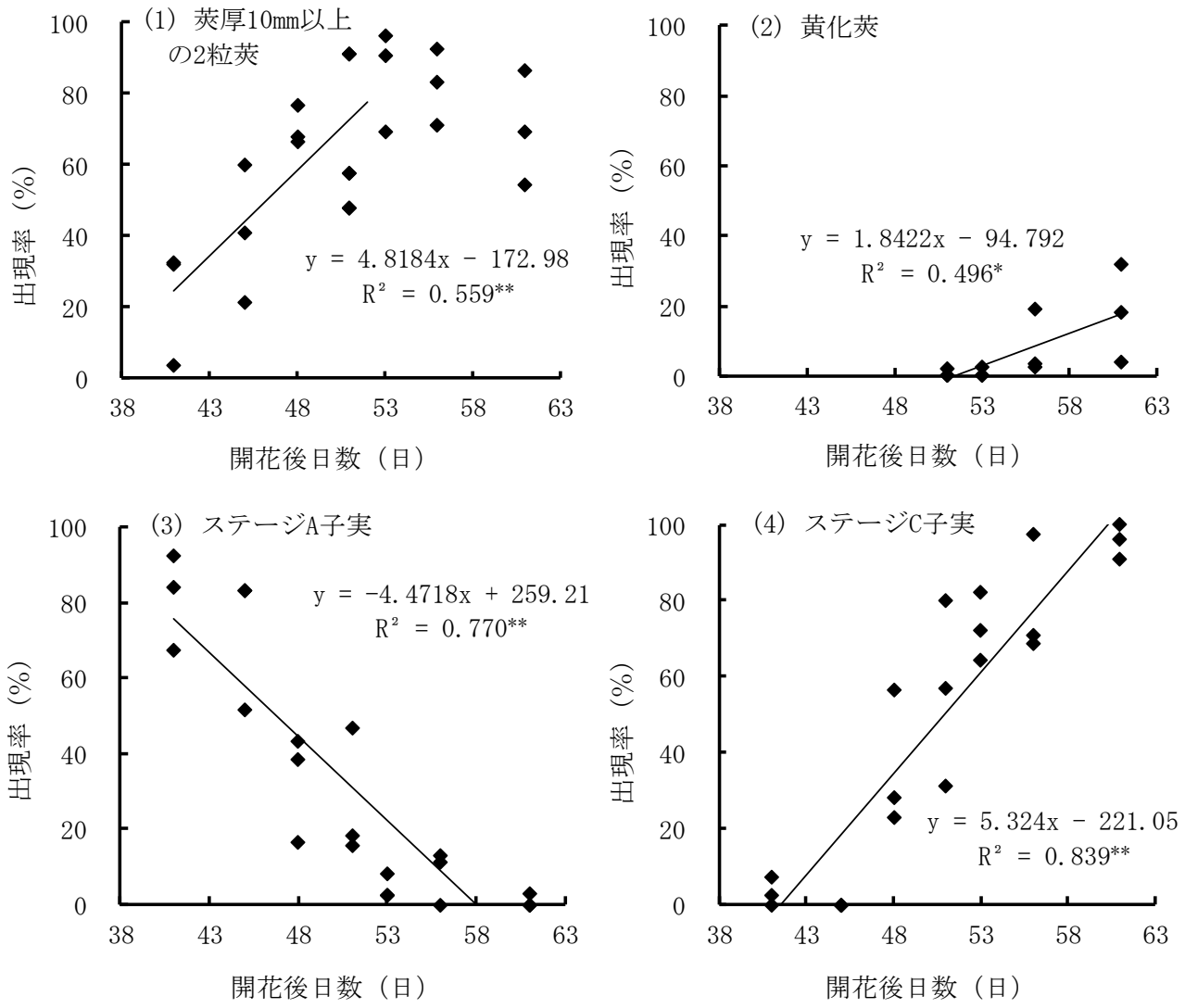
年次	6月			7月			8月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
2010年	20.1	23.0	24.6	25.1	26.5	28.2	28.6	28.5	28.7
2011年	21.0	20.9	27.4	26.7	27.5	25.9	27.8	27.6	26.1
2013年	21.7	24.7	22.4	26.5	26.1	26.7	27.3	28.6	25.6
平年値	20.6	22.2	23.6	25.0	25.7	27.0	27.6	27.1	25.8

平年値は1993～2010年の平均値.

どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」とも，高温年の 2010 年では開花後 51 ～ 52 日頃まで莢厚増加が顕著であった．2011 年では両品種とも，開花後 56 ～ 57 日頃まで莢厚増加が早く進んだ．その時期を過ぎた後は，莢厚は停止ないしはやや減じる傾向がみられ，両品種とも，莢厚の肥大停止点が存在することが認められた．開花始から莢厚の肥大停止点までの平均気温積算値 (以下，積算気温) は「夏どり丹波黒 1 号」で約 1400 ℃ (2010 年) ～ 1500 ℃ (2011 年),「夏どり丹波黒 2 号」で約 1430 ℃ (2010 年) ～ 1530 ℃ (2011 年) であった．なお，肥大停止点を迎えた時期には莢厚平均値は出荷規格の 10 mm を超えて，出荷可能な莢が 1 株内に多数を占めていたが，肥大停止点を早く迎えた 2010 年は両品種とも，2011 年と比較して莢厚が薄い傾向がみられた．なお，調査対象とした 2 粒莢の株当たり平均着莢数は，2010 年では「夏どり丹波黒 1 号」が 41.9 莢 株$^{-1}$,「夏どり丹波黒 2 号」



第11図　『京 夏ずきん』品種の収穫期における莢厚の変化.
図中の値は矢印時点における開花期からの平均気温積算値，**は1%水準で有意.



第12図　収穫期における「夏どり丹波黒1号」の莢厚・黄化莢および子実の着色段階ステージA・ステージCの出現率の推移（2010年）.
(1) の莢厚10mm以上莢の近似式は調査開始から肥大停止点までのデータによる．*は5%水準，**は1%水準で有意.

が 42.9 莢 株$^{-1}$ であったのに対し，2011 年はそれぞれ 23.0 莢 株$^{-1}$，33.0 莢 株$^{-1}$ と，両品種とも 1 %水準で有意に 2010 年の着莢が多かった.

2010 年産「夏どり丹波黒 1 号」の調査で得られた，莢厚 10　mm 以上の莢および黄化莢の出現率，莢内の子実の着色段階のうちステージ A およびステージ C の出現率の経過について第 12 図に示した．各項目で確認できた増加傾向または減少傾向を示す回帰直線は，黄化莢の出現率が 5 %水準で有意となったほか，その他の項目は 1 %水準で有意となった．同様に各品種や年次ごとの調査結果から得られた回帰式についてに第 24 表に示した．各品種，2 年の供試年次いずれも

第24表　『京 夏ずきん』品種の莢厚・黄化莢および子実の着色段階ステージA・ステージCの出現率と開花後日数との回帰式.

品種	発育段階[a)]	2010年		2011年	
「夏どり丹波黒1号」	莢厚10mm以上莢	y = 4.8184x − 172.98	(R^2=0.559**)	y = 5.0386x − 190.76	(R^2=0.899**)
	黄化莢	y = 1.8422x − 94.792	(R^2=0.496*)	y = 1.9718x − 109.24	(R^2=0.607*)
	ステージA子実	y = −4.4718x + 259.21	(R^2=0.770**)	y = −4.0201x + 259.81	(R^2=0.881**)
	ステージC子実	y = 5.324x − 221.05	(R^2=0.839**)	y = 3.6984x − 161.25	(R^2=0.737**)
「夏どり丹波黒2号」	莢厚10mm以上莢	y = 6.2742x − 244.12	(R^2=0.851**)	y = 3.9601x − 138.44	(R^2=0.894**)
	黄化莢	y = 1.5842x − 80.045	(R^2=0.614*)	y = 1.0255x − 54.768	(R^2=0.424*)
	ステージA子実	y = −5.0639x + 290.23	(R^2=0.843**)	y = −3.4632x + 240.81	(R^2=0.829**)
	ステージC子実	y = 6.4546x − 285.51	(R^2=0.841**)	y = 3.7128x − 178.15	(R^2=0.701**)

aの莢厚10mm以上莢の近似式は調査開始から肥大停止点までのデータによる．*は5%水準，**は1%水準で有意.

第25表　第24表の回帰式から得られた各発育段階に達する開花後日数と平均気温積算値.

発育段階	条件	「夏どり丹波黒1号」				「夏どり丹波黒2号」			
		2010年		2011年		2010年		2011年	
		日数	積算気温	日数	積算気温	日数	積算気温	日数	積算気温
		日	℃	日	℃	日	℃	日	℃
莢厚10mm以上莢	70 %以上	50.4	1401.0	51.8	1407.7	50.1	1405.5	52.6	1427.5
黄化莢	5 %未満	54.2	1515.8	57.9	1559.4	53.7	1491.5	58.3	1588.9
ステージA子実	50 %未満	46.8	1285.2	52.2	1430.1	47.4	1320.3	55.1	1507.4
ステージC子実	50 %以上	50.9	1401.0	57.1	1559.4	52.0	1434.6	61.4	1669.2

積算気温は，開花始翌日から本表に示す日数を経過した暦日までの平均気温の総和.

黄化莢が 5 %水準で有意，その他の項目は 1 %水準で有意となった．莢厚 10 mm 以上の莢やステージ A の出現率については年次変動が大きく，x 項の係数である回帰直線の傾きを品種間で比較しても，その違いは明瞭ではなかった．

第 24 表の回帰式に基づき，莢厚，莢色という莢の外観からみた収穫時期の早限，晩限を試算した結果を第 25 表に示した．収穫物の歩留まりと選別の手間とを考慮して，莢厚 10 mm 以上の莢が収穫物の 70 %以上得られる時期を早限，商品への混入は許容されない黄化莢が出現し始めた出現率 5 %未満の時期を晩限とした．その結果，「夏どり丹波黒 1 号」では，収穫期間は開花後 50 ～ 54 日 (2010 年)，開花後 52 ～ 58 日 (2011 年) となり，収穫日数は 5 ～ 7 日間であった．一方，「夏どり丹波黒 2 号」では，収穫期間は開花後 50 ～ 54 日 (2010 年)，開花後 53 ～ 58 日 (2011 年) となり，収穫日数は 5 ～ 6 日間で，両品種ほぼ同等であった．開花始から莢厚 10 mm 以上の莢 70 %となる時期の積算気温は，「夏どり丹波黒 1 号」では約 1400 ℃，「夏どり丹波黒 2 号」で 1400 ～ 1430 ℃と見積もられた．第 11

図で認めた莢厚の肥大停止点は，「夏どり丹波黒 2 号」や 2011 年の「夏どり丹波黒 1 号」では莢厚 10　mm 以上の莢 70 %となる時期よりも遅かったが，2010 年の「夏どり丹波黒 1 号」ではほぼ同時期となった．

サンプル採取を行った開花後 38 ～ 67 日の間においては，子実種皮の着色が進み，ステージ A の子実が減少するとともにステージ C の子実が増加した (第 12 図，第 24 表).

3．食味成分の変化（試験 5-2）

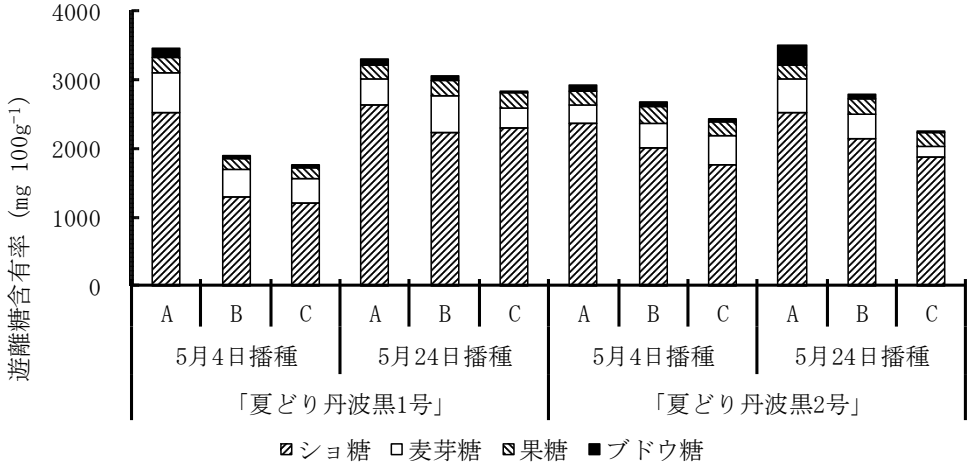
食味成分分析に供試した子実の採取日および，その子実を内包する莢厚の計測結果を第 26 表に示した．採取日における開花始からの平均気温積算値は約 1400 ～ 1450 ℃であった．両品種とも子実の着色程度が少ないほど莢厚が薄く，ステージ A では 10 ～ 11　mm 程度，ステージ B では 11 ～ 12　mm 程度，ステージ C では 12 ～ 13 mm 程度であった．

遊離糖の分析結果を第 13 図に，遊離アミノ酸の分析結果を第 14 図に示した．「夏どり丹波黒 1 号」,「夏どり丹波黒 2 号」とも，ショ糖，果糖，ブドウ糖，麦芽糖の含有率の合計値は品種や播種期の違いに関わらず，最も若いステージ A の子実ほど多く (3500 ～ 2920 mg 100 g^{-1})，生育が進むにしたがって減少し，ステージ C では 2830 ～ 1760 mg 100 g^{-1} となった．また，最も多い遊離糖成分はショ糖

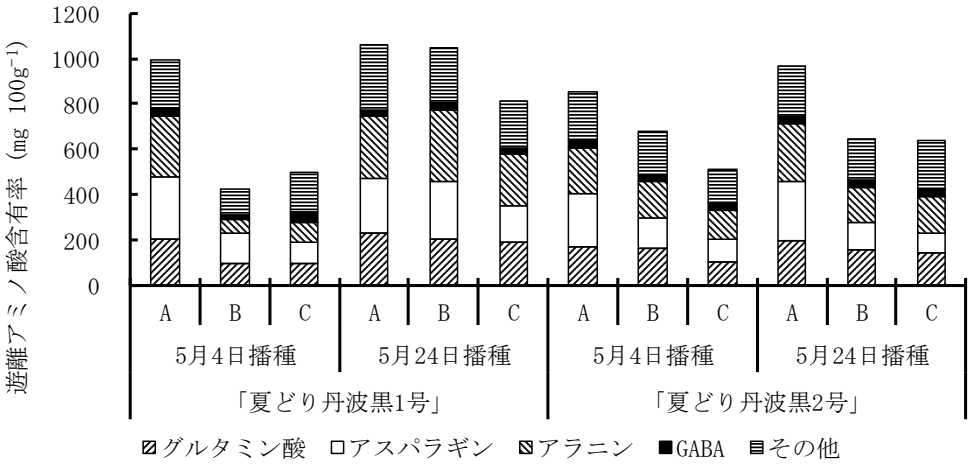
第26表　『京 夏ずきん』品種における粒の着色段階別に成分分析に供したエダマメの採取子実数と莢厚（2013年）.

品種	播種期	開花始	サンプリング日	積算気温 ℃	子実の着色段階	サンプリング数	莢厚データ(mm) 平均値	標準偏差
「夏どり丹波黒1号」	5月4日	6月11日	8月5日	1397.3	ステージA	88	11.1	0.72
					ステージB	75	11.8	0.78
					ステージC	71	13.0	1.03
	5月24日	6月30日	8月21日	1406.1	ステージA	72	10.6	0.68
					ステージB	68	11.6	0.75
					ステージC	94	12.3	0.83
「夏どり丹波黒2号」	5月4日	6月12日	8月8日	1454.5	ステージA	77	11.1	0.79
					ステージB	100	11.9	0.72
					ステージC	57	12.3	0.92
	5月24日	7月1日	8月22日	1410.3	ステージA	80	11.1	0.70
					ステージB	84	12.2	0.77
					ステージC	70	12.7	0.97

5月4日播種期の育苗は15℃設定の温床を用いた．5月24日播種期では温床は不使用である．積算気温は，開花始翌日からサンプリング日までの日平均気温の総和．莢厚は，採取した子実を内包していた莢部位の厚さである．



第13図　『京 夏ずきん』品種における子実の着色段階別にみた遊離糖含有率（2013年）.
育苗条件は第26表と同じ．横軸のA・B・Cは，それぞれステージA・ステージB・ステージCを示す.



第14図　『京 夏ずきん』の品種における子実の着色段階別にみた遊離アミノ酸含有率（2013年）.
育苗条件は第26表と同じ．横軸の表示は第13図と同じ.

であったが，その含有率は糖の合計値と同様，最も若いステージ A は 2640 ～ 2360 mg 100 g^{-1} と多く，ステージ C では 2300 ～ 1210 mg 100 g^{-1} と少なくなった．特に，「夏どり丹波黒 1 号」の 5 月 4 日播種区では，ステージ A に比べステージ B および C は半減した．しかし，麦芽糖については，ステージの進展や播種期，品種の違いによる明確な傾向はみられなかった (第 13 図).

各遊離アミノ酸の合計値 (1058 ～ 427 mg 100 g^{-1}) も糖と同様，品種や播種期に関わらずステージが若いほど多かった．種類別にみると，グルタミン酸はステージが若いほど多く (ステージ A：231 ～ 170 mg 100 g^{-1}，ステージ C：188 ～ 93 mg 100 g^{-1})，アスパラギンは「夏どり丹波黒 1 号」の 5 月 24 日播種区でステージ B

第27表　子実に含まれる糖含有率とアミノ酸含有率の合計値および主要成分についての分散分析結果.

要因	糖合計値	ショ糖	麦芽糖	アミノ酸合計値	グルタミン酸	アスパラギン	アラニン
ステージ(A)	0.234	0.128	0.621	0.196	0.159	0.106	0.350
	(0.026)	(0.037)	(0.324)	(0.028)	(0.042)	(0.005)	(0.129)
品種(B)	0.292	0.118	0.478	0.189	0.105	0.484	0.197
	(0.088)	(0.050)	(0.242)	(0.046)	(0.026)	(0.328)	(0.052)
播種期(C)	0.842	0.590	0.728	0.554	0.659	0.319	0.707
	(0.760)	(0.587)	(0.574)	(0.413)	(0.627)	(0.149)	(0.612)
A×B	0.855	0.596	0.980	0.977	0.599	0.728	0.960
B×C	0.448	0.204	0.944	0.318	0.267	0.362	0.338
C×A	0.845	0.508	0.632	0.716	0.577	0.802	0.664

第13図・第14図のデータの分散分析結果．数値は有意差判定確率であり，括弧内の数値は交互作用をプーリング処理して得られた有意差判定確率.

の子実で 257 mg 100 g^{-1} と最も多かったものの，概ねステージが進むにしたがって減少した．アラニンは，「夏どり丹波黒 1 号」では，5 月 4 日播種区でステージ B の子実が最も少なく (62 mg 100 g^{-1})，5 月 24 日播種区でステージ B の子実が最も多くなった (314 mg 100 g^{-1}) が，ステージ A の子実に多く含まれる傾向があった (第 14 図).

遊離糖および遊離アミノ酸含有率の合計値と主要成分の含有率について，繰り返しのない三元配置分散分析を行った結果を第 27 表に示した．交互作用の有意差判定確率は総じて大きかったため，プーリング処理して再度，分散分析したところ，ステージについて，全遊離糖と全遊離アミノ酸，ショ糖，グルタミン酸，アスパラギンで 5 %または 1 %水準で有意となった．品種については全アミノ酸合計値，グルタミン酸で 5 %水準で有意となった．播種期の違いには有意差が認められなかった.

第 4 節　考察

1．莢の外観からみた収穫期間

「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」では，莢厚の肥大停止点が収穫期前後に観察された (第 11 図, 第 12 図). ダイズをエダマメとして利用する場合，収穫期が登熟期半ばとなるため子実用ダイズに比べ短い期間で肥大経過を調査しており，丹波黒ダイズ系品種では，収穫適期の期間中は莢厚が増加傾向にあるとする報告が多い (廣田ら 2003，杉本ら 2010，高野ら 2012). しかし，早生性のエ

ダマメ品種では収穫期直前で最大莢厚となった後，減少する経過が観察されている (前嶋ら 2007，水野ら 2015)．後者の報告と同様，丹波黒ダイズ系エダマメであっても早生性の品種「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，収穫期間中に最大莢厚に達する可能性があることが示唆された．水野ら (2015) によると，最大莢厚を過ぎると 66 %あった子実の水分含有率が急速に低下する．水分含有率 70 %前後の時期がエダマメの収穫適期とする報告もあることから (増田 2004)，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」においても，この最大莢厚に達する時期に収穫し，出荷する必要があると考えられた．

調査年次間では，2010 年が 2011 年より肥大停止点が早まるとともに莢厚も比較的薄くなった．前嶋ら (2007) は，着莢数が多い場合に最大莢厚が薄くなる傾向があることを指摘し，かつ最大莢厚に達した積算温度も低いとしている．本研究で調査対象とした 2 粒莢の株当たり平均着莢数は，「夏どり丹波黒 1 号」，「夏どり丹波黒 2 号」ともに 2011 年より 2010 年の着莢が有意に多く，前嶋ら (2007) の報告と同様の傾向であった．肥大が十分な莢を得るためには，過剰な着莢を回避する技術開発が必要と考えられた．

本研究では，収穫期間について， 莢厚 10 mm 以上であることと，黄化莢が混入していないことという『京 夏ずきん』の出荷規格に基づいて検討を進めた．収穫時期が早すぎる場合は，厚みの少ない莢が多くなり出荷量が減り，逆に収穫時期が遅すぎる場合は，黄化莢が増え廃棄量が増えることになる．出荷物の歩留まりを最大化させるために，収穫の早限としては厚さが 10 mm に満たない莢が 30 %未満となる時期を想定した．晩限については，黄化莢は商品への混入が認められないため，その出現が確認できる時期として黄化莢出現率 5 %時までとした．以上の想定での早限と晩限との間の日数について，本研究の調査結果から得られた回帰式 (第 24 表) から試算すると，莢の外観からみた収穫期間は，「夏どり丹波黒 1 号」，「夏どり丹波黒 2 号」とも積算気温 1400 ℃を超えた時期から 5 ～ 7 日間以内にあると考えられた (第 25 表)．

2．食味成分からみた収穫適期

本研究で得られた「夏どり丹波黒 1 号」，「夏どり丹波黒 2 号」の糖含有率は 3500 ～ 1760 mg 100 g^{-1} (第 13 図)，アミノ酸含有率は 1058 ～ 427 mg 100 g^{-1} (第 14 図) であった．既に商品化されている『紫ずきん』の品種の「新丹波黒」，「紫ずきん」および「紫ずきん 2 号」では，ショ糖，麦芽糖，ブドウ糖および果糖の合計の含有率および総アミノ酸含有率はともに「新丹波黒」＞「紫ずきん」＞「紫ずきん 2

号」の順となり，いずれもゆでエダマメの分析値で，糖は 4146 ～ 1482 mg 100 g^{-1}，アミノ酸は 373 ～ 145 mg 100 g^{-1} と報告されている (古谷ら 2012)．この報告と「夏どり丹波黒 1 号」，「夏どり丹波黒 2 号」の分析結果を比較すると，糖含有率では「新丹波黒」には及ばなかったものの，「紫ずきん 2 号」を上回り，「紫ずきん」に匹敵した．また，アミノ酸含有率では「新丹波黒」を上回った．本研究の分析方法は，古谷ら (2012) の方法とは異なるものの，この比較から，「夏どり丹波黒 1 号」や「夏どり丹波黒 2 号」は『紫ずきん』と遜色のない食味成分含有率を有する可能性が示唆された．

糖の種類別にみると，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」に最も多く含有されているものはショ糖であった．普通ダイズのエダマメはもとより，黒ダイズエダマメやダダチャマメ品種，他の在来系品種もショ糖が特に多く含まれることが報告されており (大海 2002，三宅ら 2007，阿部 2011，古谷ら 2012)，エダマメ品種に共通する特徴と考えられた．

なお，「夏どり丹波黒 1 号」や「夏どり丹波黒 2 号」には，ショ糖の 10 ～ 30 %ほどの麦芽糖が含まれていた (第 13 図)．増田 (2004) は，麦芽糖は，ゆでるなどの加熱工程の中でデンプンが β-アミラーゼにより加水分解されて生成され，エダマメの甘味を支える重要な糖であることを指摘している．ただし，登熟過程ではなく，調理中の加熱工程で生成されるため，ショ糖でみられたステージの違いによる傾向が，麦芽糖では認められなかった可能性が考えられた．

また，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」に多く含まれていたアミノ酸は，アスパラギン，アラニンおよびグルタミン酸であった．アミノ酸合計値とグルタミン酸の含有率に有意差がみられたが (第 27 表)，これらのアミノ酸は他のエダマメ品種にも多く含まれる (大海 2002，三宅ら 2007，水野ら 2015)．

これらのことから，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」が持つ糖やアミノ酸成分の基本的な種類は，多くのエダマメ品種とほぼ同様と考えられた．

次に，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の子実の着色を 3 段階に分けて，それぞれの食味成分含有率を定量したところ，主要な糖であるショ糖は，品種や播種期に関わらず，へそのみが着色するまでの時期のステージ A が最も多く，糖の合計量もこの時期が多かった (第 13 図)．また，アミノ酸については，グルタミン酸がステージ A からステージ C の順に減少しており，他の成分では一部隣接するステージ間の逆転はあったものの，ステージ A ではステージ C より含有率が多かった (第 14 図)．

「紫ずきん」より早生の「紫ずきん 2 号」や早生系黒ダイズ「たんくろう」では，へそが色づいた頃が食味のピークとされる (大海ら 2000，杉本ら 2010)．これらの品種と同様，早生性の「夏どり丹波黒 1 号」や「夏どり丹波黒 2 号」は，種皮の呈色が進むにしたがい食味成分が減少したため，食味の良い商品を消費者に届けるためには,適期に達すると速やかに収穫を行う必要があると考えられた．

以上のことから,「夏どり丹波黒 1 号」や「夏どり丹波黒 2 号」の糖やアミノ酸は，ダイズ子実のへそ全体がピンク色を呈する時期まで (ステージ A) が最も多い傾向がみられた (第 13 図，第 14 図)．このステージ A の子実の出現率は，子実肥大盛期の早い時期で減少するとともに (第 12 図，第 24 表)，ステージ A の子実を内包する莢は，厚さが 10 ～ 11 mm 程度と出荷規格をやや上回った程度であるため (第 26 表)，食味からみた収穫適期は，莢の外観から検討した収穫期間の早い段階である，積算気温で約 1400 ℃からその直後の時期に存在するものと考えられた．特に,「夏どり丹波黒 1 号」では，5 月上旬播種栽培で子実種皮に着色がみられると急激に糖の減少が生じたことから，速やかに収穫，出荷する必要があることが示唆された．

第 5 節　摘要

京都府の新しいエダマメ商品『京 夏ずきん』として生産される丹波黒ダイズ系の早生エダマメ品種「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の収穫適期を解明するために，莢の肥大や外観の変化を経時的に調査するとともに，子実の発達と食味成分の変化を調査した．供試した両品種について株内の莢厚平均値の経過をみると，高温年の 2010 年では莢厚が約 11 mm となった開花後 51 ～ 52 日頃に，ほぼ平年気温並みの 2011 年では約 12 mm となった開花後 56 ～ 57 日頃に，肥大停止点が存在した．出荷規格の一つである莢厚 10 mm より薄い莢が全体の 30 %未満となった時期を収穫期の早限とすると，両品種とも開花始からの平均気温積算値が 1400 ℃を超えた直後となる．また，両品種ともに収穫適期と考えられた期間中に，黒ダイズの特性である子実種皮の着色が進行したが，子実における遊離糖や遊離アミノ酸の含有率は，子実のへそ全体がピンク色を呈する時期までが最も多い傾向にあった．この時期の子実を内包する莢は，厚さが 10 ～ 11 mm 程度と出荷規格をやや上回る程度であるため，食味からみた収穫適期は，莢の外観から検討した収穫期間の早い時期に存在するものと考えられた．

終章　総合考察－『紫ずきん』,『京 夏ずきん』の生産技術と今後の方向

第 1 節　本研究の総括

2005 年に育成された丹波黒ダイズ系エダマメ新品種「紫ずきん 2 号」は限界日長が存在する秋ダイズであるが,「新丹波黒」に比べ，短日要求性が弱いと推察された．したがって，これまで既存の丹波黒ダイズ系品種「紫ずきん」と「新丹波黒」の組合せによって京都府特産エダマメ『紫ずきん』のリレー出荷がなされているが,「紫ずきん 2 号」についても，開花や子実肥大特性に応じた作型の開発によって,『紫ずきん』の構成に加えることが可能と考えられた．また，2009 年に育成され,『京 夏ずきん』として販売されることとなった丹波黒ダイズ系エダマメの新規 2 品種である,「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」には限界日長は存在せず，育成系譜上にある「新丹波黒」や「紫ずきん」には無い早生性が獲得されたものと推察された．

「紫ずきん 2 号」の適正な播種期を検討した結果，適正な播種期は 6 月中旬から下旬で，これより播種期が遅いと収穫期が既存の「紫ずきん」と重なり，早いと出荷規格である莢厚 11　mm 以上莢の総莢重に占める割合が減少して，収量が低下した．「紫ずきん 2 号」に適する栽植密度は，条間 90　cm に対して株間は 30 ～ 40　cm であった．また,「紫ずきん 2 号」の培土期追肥の検討では，シグモイド溶出型 40 日タイプの被覆尿素肥料の CUS40 は，窒素成分で 2.1　g　m^{-2} を使用することの可能性は示唆されたものの，効果の安定性についてはさらなる検討を要するものと考えられた．

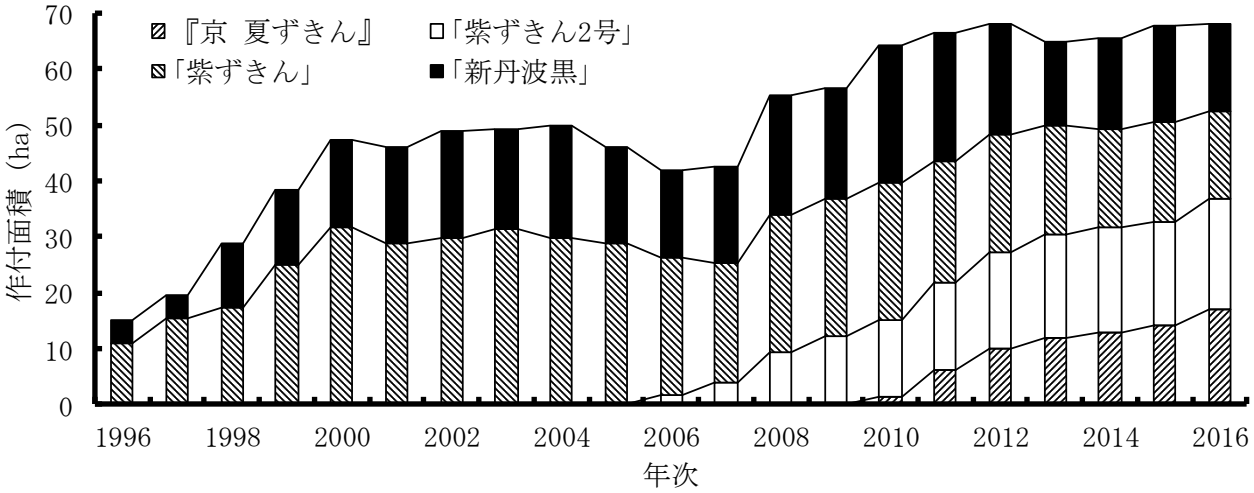
「紫ずきん 2 号」における莢の外観からみた収穫適期は，積算気温により推定可能と考えられた．6 月中旬播種栽培においては，積算気温が約 1250 ℃の時期に『紫ずきん』の出荷規格の一つである莢厚 11　mm 以上の莢数が 70 %以上となり，積算気温が約 1380 ℃となった時期に商品性を低下させる黄化莢が出現し始めた．なお，主茎上位 4 節着生莢と株内全 2 粒莢の莢厚増加の傾向には相違がみられず,「紫ずきん 2 号」の莢肥大の状態は，主茎上位 4 節に着生する莢の外観によって把握できるものと推察された．

「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，露地における移植栽培で 4 ～ 5 月の間で播種期を移動させると，播種期に応じて収穫期が移動した．目標収量が得られる栽培適期は，5 月上旬～下旬に播種する作型と考えられ，収穫期は 8 月上旬～下旬であった．4 月播種によって 7 月中下旬の収穫が可能と認めたが，4

月中旬まで播種期を早めると，栄養成長量が小さく，莢数および莢重が少なかった．無加温のビニルハウスを用いて，収穫期の前進と安定収量を両立する作型を開発するには，3 月 1 日播種栽培では栄養成長量が小さくなったため，播種期は 3 月下旬以降，移植期は 4 月上旬以降からの時期で検討すべきと考えられ，収穫期の前進目標は 6 月中下旬になるものと推定された．

「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の株内の莢厚平均値の経過をみると，高温年の 2010 年では莢厚が約 11　mm となった開花後 51 ～ 52 日頃に，ほぼ平年気温並みの 2011 年では約 12　mm となった開花後 56 ～ 57 日頃に，肥大停止点が存在した．『京　夏ずきん』の出荷規格の一つである莢厚 10 mm が全体の 70 %以上となった時期は，両品種とも開花始からの平均気温積算値が 1400 ℃を超えた直後であった．また，両品種ともに収穫適期と考えられた期間中に，子実種皮の着色が進行したが，子実における遊離糖や遊離アミノ酸の含有率は，子実のへそ全体がピンク色を呈する時期までが最も高い傾向にあった．この時期の子実を内包する莢は，厚さが 10 ～ 11　mm 程度と出荷規格をやや上回る程度であったため，食味からみた収穫適期は，莢の外観から検討した収穫期間の早い時期に存在するものと考えられた．

『紫ずきん』として販売される 3 品種と『京　夏ずきん』の作付面積について，その推移を第 15 図に示した．「紫ずきん」の開発後，2000 年まで作付面積は急増し，その後 2004 年までは微増傾向となったが，2005 年から 3 カ年は減少に転じた．しかし，生産現場に「紫ずきん 2 号」の普及が進んだ 2008 年から後は，再び『紫ずきん』全体の作付けが増加した．『京　夏ずきん』が導入された 2010



第15図　『紫ずきん』および『京　夏ずきん』の作付面積の推移．

全国農業協同組合連合会京都府本部資料から筆者が作成．

年以後，京都府オリジナル品種によるエダマメの作付けは 60 ha を超えている．

本研究は，「紫ずきん 2 号」の普及当初から実施され，栽培法を中心に生産技術の開発を進めてきた．その成果は随時，現場に提供された．

ただし，エダマメは未熟なダイズの莢をもぎ取って収穫するため，そのもぎ取りによって代謝特性が大きく変化し成熟が早まることが知られている (椎名 2003)．この変化を抑制する品質の維持，いわゆる鮮度保持は生鮮青果物を消費者に届ける重要な技術である．ブランド京野菜である『紫ずきん』では，特殊なフィルム (商品名 P-プラス®) の出荷袋を用いることによって呼吸を抑制し鮮度保持効果をもたらす MA 包装 (平野 2003) が採用されているが，この効果は低温条件下でより発揮される (椎名 2003)．特に，新品種「紫ずきん 2 号」の開発によって 9 月上中旬の残暑が顕著な時期に，『紫ずきん』が出荷されることとなったため，本研究で開発された栽培技術の普及とともに，これまで以上に品温管理や MA 包装の必要性についての啓発活動がなされた．

育成年次の違いから，「紫ずきん 2 号」が約 10 ha の作付面積となり，一定の定着をみた後に，『京 夏ずきん』の普及が開始された (第 15 図)．『京 夏ずきん』の普及にあたって，初年目の 2010 年には，研究機関と普及組織が一体となったタスクチームを組織して，速やかな技術移転を図った (杉本ら 2011)．2012 年には『紫ずきん』と同様，京のブランド産品に認定され，行政や JA グループ等の関係機関も協調しながら『京 夏ずきん』の定着，拡大が進められた．『京 夏ずきん』に関する研究の成果も，京都府の普及組織や JA グループによる技術指導を通じて生産者に伝えられた．なお，盛夏期に収穫，出荷される『京 夏ずきん』については，「紫ずきん 2 号」以上に，適正な品温管理と MA 包装による鮮度保持の重要性が強調された．

このような，関係機関一丸となった新品種の生産支援の結果により，「紫ずきん 2 号」と『京 夏ずきん』は現場に導入されて以降，作付けが大きく減ること無く推移している (第 15 図)．

第 2 節　現在の生産現場における技術的課題とその対応方向

1．生産規模拡大を支える技術開発

第 15 図に示めされるように，「紫ずきん 2 号」 と『京 夏ずきん』の作付けは増加しつつある．しかしながら現在の生産現場では，高齢化と担い手不足の影響により生産者数の減少が現れている．一方，米の生産調整の強化にともなって，

水田転換畑に作付けできる収益性の高い品目としてエダマメが注目されており，集落営農や大規模生産者によって 1 経営当たりの生産規模の拡大が進んでいる．その結果，ブランド京野菜のエダマメ全体としては，現状では，作付面積 60 ha 強で横ばいのまま維持されている．ただし，今後とも高齢化，担い手不足が進行すると考えられるため，大規模生産を支える技術開発が求められる．

エダマメの栽培技術はダイズ栽培の技術が活用され，播種や防除作業にダイズ用の作業機が使われる他，育苗や移植もダイズ栽培技術が用いられている (松山ら 2003，片平ら 2011)．しかし，エダマメは収穫適期が短く，収穫期間が短期間に集中することとあわせ，収穫直後から糖やアミノ酸の低下が進むため，収穫から調製，袋詰めの各作業を迅速に行う必要がある．ただし，収穫作業においては莢の損傷を回避するため，慎重な作業が求められることから，手作業では 10 a 当たり 30 時間が必要とされる (松山ら 2003)．また，選別等が中心となる調製作業は，外観品質が重視されるエダマメには重要な工程である (星野 2001)．出荷規格にしたがって 1 莢づつ選別しなければならないため，手作業では 10 a 当たり 40 ～ 48 時間と生産過程の中では最も時間を要するものとなっている (松山ら 2003，片平ら 2011)．生産現場では雇用労働力の導入も進んではいるが，栽培地では高齢化の進行にともない，雇用者の確保は困難となりつつある．そのため，さらなる規模拡大には収穫，調製作業の機械化は重要である．

エダマメを株からもぎ取る脱莢収穫や莢を厚さで選別する粗選別については，作業機開発が進められ，市販されている (株式会社ミツワ HP)．一方，莢の障害や表面色の状態を確認しながら選別する精選別作業は，人の判断によるものとされ，機械化が困難であった．しかしながら近年，画像処理技術の進展によって，莢表面の変色等の障害を検知できる精選別機の開発が進められている (片平ら 2008，片平ら 2011)．

京都府においても 10 ～ 20 ha の生産規模を持つ営農法人や集落の共同利用で，食品用色彩選別機をエダマメの精選別に導入する事例が生じており，出荷物の品質向上に成果が上がっている．

さらに，莢表面の色彩のみならず莢の形状不良も画像診断し選別できる作業機も開発されている (サタケ 2015)．ただし，この画像選別機はメーカー希望小売価格が 18 百万円と高額であり，導入コストに見合う受益面積を集約できるか否かをまず検討する必要がある．

このように，高齢化等にともなって営農法人などによる規模拡大が進む中，エ

ダマメにも機械化生産技術が導入され，省力技術が普及しつつある．それとともに，地温上昇による生育促進や，莢の泥汚れ防止による商品性向上を目的にマルチ資材の利用が進み，追肥が施用しにくい栽培条件が広がっている．これら生産現場からの要請によって，施肥体系においても追肥作業が見直され，省力化が必要とされる状況となっている．本論文の第 2 章では，緩効性肥料を利用した追肥技術を検討したが，さらには，全層への基肥一括施肥技術を確立し，省力的に後期の窒素栄養を維持することが求められることになった．

そこで，『紫ずきん』に対して数種の試作肥料について生育・収量に及ぼす影響の検討が進められた結果，シグモイド溶出型 100 日タイプの被覆尿素肥料 CUSS100 を含有した配合肥料が選定された．現在，「莢華 (さやか)」と名付けられ商品化に至っている (杉本ら 2015).

以上，エダマメ生産に関する省力化技術の開発について，いくつかの事例を踏まえながら詳述してきたが，今後とも，集落営農や大規模法人による生産拡大への志向にともなって，生産の省力化への要請はますます求められることと推察される．したがって，播種から出荷までの各作業の全方位をにらんで，技術シーズを開発する必要があるものと考えられた．

2．新たな需要の創出

前項 1．で述べた，大規模経営等での『紫ずきん』および『京 夏ずきん』の生産拡大が進むにつれて予想されることは，収穫適期を逸した莢や機械収穫による損傷莢の大量発生である．これらは，生食用出荷物では規格外となるものであるが，それを利用してマーケットが求める新たな商品を開発することは，生産者への収入増加につながることになり，重要な研究開発の課題である．

山形県庄内地方でブランド化されている『だだちゃ豆』は，生食用としては 2 粒莢，3 粒莢が出荷物となっているが，1 粒莢については，フリーズドライ品やアイスクリームなどの菓子，ズンダあんなどに加工されている (阿部 2008).

京都府においてはこれまでに，エダマメを加工原料とするためのむき豆を生産するための機械効率とコスト試算を行うとともに，最近，特に着目されている食品機能性の抗酸化性やポリフェノール含有量について明らかにしている (谷 2017).

これからも加工品開発の基礎となる試験研究は，エダマメ研究の重要な位置を占めるものと考えられた．

要約

京都府における丹波黒ダイズ系エダマメの商品『紫ずきん』は，「新丹波黒」と「紫ずきん」の 2 品種で構成され，9 月下旬～ 10 月下旬に出荷されていた．しかし，エダマメの需要は高温期に多いため，より早生の「紫ずきん 2 号」が育成され，『紫ずきん』の出荷を前進できる可能性が生まれた．さらに，8 月に収穫できる「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の 2 品種が育成され，『京 夏ずきん』という商品名で出荷されることになったため，これら新品種の特性に応じた生産技術の開発が急務となった．

そこで，「紫ずきん 2 号」については，『紫ずきん』として安定的なリレー出荷と収穫適期を診断できる技術確立を目的に，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」については，夏季に安定的かつ高品質生産できる技術確立を目的に，生理生態的特性に基づく作型開発と収穫適期診断技術の開発を行った．

第 1 章では，これらの品種について，近縁な品種とともに光周性を中心に開花特性を調査した．その結果，「紫ずきん 2 号」は，「新丹波黒」や「紫ずきん」と同様，限界日長の存在が認められた．「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，日長に関わらず開花が認められ，「新丹波黒」や「紫ずきん」には無い早生性が獲得されたものと推察された．

第 2 章では，「紫ずきん 2 号」について，「紫ずきん」とのリレー出荷可能となる播種期を明らかにすることとあわせ，安定的な収量を得るため，栽植密度および培土期追肥の種類と窒素施用量について検討した．「紫ずきん 2 号」は，播種期を移動させると収穫期も変動したが，収穫期の変動範囲は播種期の移動範囲より狭かった．適正な播種期は 6 月中旬から下旬で，収穫期は 9 月中旬となった．これより播種期が遅いと収穫期が既存の「紫ずきん」と重なり，早いと出荷規格の一つである莢厚 11 mm 以上莢の総莢重に占める割合が減少し，収量が低下した．「紫ずきん 2 号」は密植になるほど m^2 当たり総莢数，総莢重が増加したが，莢厚 11 mm 以上莢重の割合は株間 20 cm 以下の区で低下する傾向がみられた．したがって，適正な栽植密度は，条間 90 cm に対して，株間は 30 ～ 40 cm と考えられた．培土期追肥の検討では，シグモイド溶出型 40 日タイプの被覆尿素肥料の CUS40 は，少収年であった 2008 年では，総莢数や莢厚 11 mm 以上の莢重に対して CUS40 の効果が現れたが，多収年であった 2009 年では，収量への影響は明確には現れなかった．2 カ年の検討から，「紫ずきん 2 号」の培土期追肥に CUS40

を使用することについて，その可能性は示唆されたものの，効果の安定性についてはさらなる検討を要するものと考えられた．

第 3 章では，「紫ずきん 2 号」について，高品質で安定的な商品を出荷できるよう，生産者が適期収穫できる目安を明らかにすることを目的に，莢厚の増加と黄変莢発生について調査した．開花後の日数や積算気温と莢厚との関係は，有意な回帰直線で表すことができた．「紫ずきん 2 号」の慣行栽培である 6 月中旬播種栽培において，共分散分析の結果，積算気温に対する莢厚増加の回帰直線に年次間差は認められず，積算気温が約 1250 ℃の時期に，出荷規格である莢厚 11 mm 以上の莢数が 70 %以上となった．6 月中旬播種栽培では調査した 3 カ年とも積算気温が約 1380 ℃となった時期に，エダマメの商品性を低下させる黄化莢が出現し始めた．以上の検討から，「紫ずきん 2 号」における莢の外観からみた収穫適期は，積算気温により推定可能であると判断された．また，主茎上位 4 節着生莢と株内全 2 粒莢の莢厚増加の傾向には相違がみられなかったことから，「紫ずきん 2 号」の栽培期間中における莢肥大の状態は，主茎上位 4 節に着生する莢の外観によって把握できるものと考えられた．

第 4 章では，『京 夏ずきん』の商品名で販売される，夏季収穫が可能な丹波黒ダイズ系エダマメ「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の 2 品種について，安定生産できる作型を開発するために，露地栽培における適正な播種期を検討し，簡易施設を利用した作期前進の可能性を調査した．「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」は，露地における移植栽培で 4 ～ 5 月の間で播種期を移動させると，播種期に応じて収穫期が移動した．目標収量が得られる栽培適期は，5 月上旬～下旬に播種する作型と考えられ，収穫期は 8 月上旬～下旬であった．4 月播種によって 7 月中下旬の収穫が可能と認められたが，供試した『京 夏ずきん』の品種には，栄養成長量と収量に高い関係性が認められ，特に 4 月中旬の播種栽培では他の播種期より栄養成長量が小さく，莢数や莢重が少なかった．無加温のビニルハウスを用いて，収穫期の前進と安定収量を両立する作型を開発するには，3 月 1 日播種栽培では栄養成長量が小さく，その結果，莢数，莢重も少なかった．これより，播種期は 3 月下旬以降，移植期は 4 月上旬以降からの時期で検討すべきと考えられ，収穫期の前進目標は 6 月中下旬になるものと推定された．

第 5 章では，「夏どり丹波黒 1 号」と「夏どり丹波黒 2 号」の収穫適期を解明するために，莢の肥大や外観の変化を経時的に調査するとともに，子実の発達と食味成分の変化を調査した．供試した両品種について株内の莢厚平均値の経過を

みると，高温年の 2010 年では莢厚が約 11　mm となった開花後 51 ～ 52 日頃に，ほぼ平年気温並みの 2011 年では約 12　mm となった開花後 56 ～ 57 日頃に，肥大停止点が存在した．出荷規格の一つである莢厚 10　mm より薄い莢が全体の 30 % 未満となった時期を収穫期の早限とすると，両品種とも開花始からの積算気温が 1400 ℃を超えた直後であった．また，両品種ともに収穫適期と考えられた期間中に，黒ダイズの特性である子実種皮の着色が進行したが，子実における遊離糖や遊離アミノ酸の含有率は，子実のへそ全体がピンク色を呈する時期までが最も高い傾向にあった．この時期の子実を内包する莢は，厚さが 10 ～ 11　mm 程度と出荷規格をやや上回る程度であったため，食味からみた収穫適期は，莢の外観から検討した収穫期間の早い時期に存在するものと考えられた．

以上の研究成果により，「紫ずきん 2 号」を「紫ずきん」と「新丹波黒」に組み合わせて生産する技術が開発できたことから，これまで 9 月下旬から 10 月下旬までの間に出荷していたエダマメ商品『紫ずきん』の早限を 9 月中旬に前進させることができ，より長期のリレー出荷が可能となった．さらに，新たな商品『京　夏ずきん』について，8 月以前の時期に生産できる技術が確立し，エダマメの需要が強い盛夏期に，丹波黒ダイズ系エダマメを消費者に提供できることとなった．

引用文献

阿部利徳 2008. 新特産シリーズ　ダダチャマメ. 農文協, 東京. 1-109.

阿部利徳 2011. エダマメにおけるダダチャマメ系品種の生育および成分特性. 育種学研究 13: 1-10.

赤澤經也・高橋秀典・柳澤康博 2003. ダダチャ豆の品質. エダマメ研究 1: 10-12.

秋田県 2017. 秋田のエダマメ　スペシャルサイト. http://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/5276 (2107 年 9 月 25 日閲覧).

安藤利夫・雲内浩平・種谷光泰・雨宮昭彦・津金胤昭・家壽多正樹・日坂弘行 2013. 極晩生エダマメ「安房在来 15A2」における莢色と食味関連要素及び食味官能評価との関係. 千葉農林総研研報 5: 1-9.

浅沼興一郎・中潤三郎・木暮秩 1977. 秋ダイズにおける乾物生産と栽植密度との関係. 香川大農学報 28: 11-18.

浅沼興一郎・奥村美智夫 1991. ダイズの乾物生産と子実生産に及ぼす播種期の影響. 日作紀 60: 484-489.

Fehr, W. R. and Caviness, C. E. 1977. Stages of soybean development. Special Report 80. Cooperative Extension Service Agric. and Home Economics Exp. Sta., Iowa State Univ.

藤田究 1993. 香川県における黒大豆「丹波黒」の生態的特性に関する研究. 第 3 報 異なる栽植密度における次位別および主茎・分枝別の子実生産特性. 日作四国支報 30: 36-37.

福井重郎・荒井正雄 1951. 日本に於ける大豆品種の生態學的研究 1. 開花日數と結實日數による品種の分類とその地理的分布に就いて. 育種学雑誌 1: 27-39.

福井重郎・鎗水寿 1952. ダイズの登熟に対する温度並びに日長の効果について. 日作紀 21: 123-124.

福井重郎 1963. 日長感応度から見た大豆品種の生態的研究. 農事試研報 3: 19-78.

古谷規行 2004.「紫ずきん」の育成と産地化. エダマメ研究 2: 40-41.

古谷規行・野村知未・大谷貴美子・松井元子 2012. 丹波黒大豆エダマメにおける食味評価法の開発. 園学研 11: 309-314.

古屋忠彦・松本重男・嶋正寛・村木清 1988. ダイズ成熟異常個体の地上部諸器官の成熟経過について. 日作紀 57: 1-7.

後藤寛治 1976. ダイズの起源と特性 Ⅲ植物としての特性「農業技術体系作物編 6 ダイズ・アズキ・ラッカセイ　基礎編」農文協, 東京. 19-25.

林高見・鈴木健策・原正紀 1998. ダイズの開花・結実に及ぼす開花期低温の影響. 日作紀 67: 183-186.

曳野亥三夫 2004. 丹波黒の昔と今. エダマメ研究 2: 2-8

檜森靖則・椿信一・佐藤孝夫・佐藤雄幸・佐々木和則・加賀屋博行・飯塚文男・吉川朝美・岡田晃治 2008. エダマメ品種「あきた香り五葉」の育成. 秋田農技セ農試特別研報 48: 65-77.

平野久一 2003. 枝豆青果の MA 包装流通. エダマメ研究. 1:41-44.

廣田智子・田畑広之進・福嶋昭・井上喜正 2000. 丹波黒ダイズのエダマメとしての収穫適期の判定と冷凍エダマメの品質に及ぼす収穫後の保存条件. 近畿中国農研 100: 33-37.

廣田智子・田畑広之進・福嶋昭・井上喜正 2003. 丹波黒大豆エダマメの収穫時期が品質におよぼす影響. 兵庫農技総セ研報 (農業) 51: 19-24.

廣田智子・田畑広之進・福嶋昭・井上喜正 2004. 丹波黒大豆エダマメの収穫適期判定スケールの開発とその利用方法. 兵庫農技総セ研報 (農業) 52: 23-28.

廣田智子・福嶋昭・岩井正志・曳野亥三夫 2010. エダマメ新品種「黒っこ姫」「茶っころ姫」の特性. 兵庫農技総セ研報 (農業) 58: 24-30.

本庄求・篠田光江・佐藤菜々子・武田悟・田口多喜子 2008. エダマメ品種‘あきた香り五葉’の収穫判断基準と収穫判定スケール. 東北農業研究 61: 179-180.

星野康人 2001. 野菜の品質評価による有利販売方法－エダマメを事例として－. 新潟農総研研報 3: 35-48.

星野康人 2002. 消費者ニーズに応えるエダマメの商品開発. 新潟農総研研報 5: 1-10.

細野達夫・片山勝之 2016. エダマメ収穫適期の指標 ―莢厚増加速度，相対莢厚および子実重の利用―. 生物と気象 16: 80-85.

五十嵐美穂・今野周・三浦憲蔵・青木和彦 2009. エダマメの収量・品質に及ぼす培土期追肥の効果. 山形県農事研報 1: 73-85.

Inouye, J., Shanmugasundaram, S. and Masuyama, T. 1979. Effect of temperature and daylength on the flowering of some photo-insensitive soybean varieties. Japan. J. Trop. Agr. 22: 167-171.

石田薫・丹下宗俊 1983. 丹波黒ダイズのは種期と花芽分化期及び開花と日長の関係. 神大農研報 15: 229-233.

石村貞夫 1992. 分散分析のはなし. 東京図書, 東京. 247-285.

Isobe, K., Kokubun, M. and Tsuboki, Y. 1995. Effects of soybean raceme-order on pod set and

seed growth in three cultivars. Jpn. J. Crop Sci. 64: 281-287.
磯部勝孝・関野崇子・名倉遼平・松浦里香・井上裕子・橋本千恵・高島徹・野々川香織・前川富也・石井龍一 2011. 関東南部における播種期の違いがダイズの収量と莢先熟発生に及ぼす影響. 日作紀 80: 408-419.
伊藤聡子 2003. 鶴岡のだだちゃ豆栽培事例. エダマメ研究 1: 62-65.
岩本孝幸 1998. エダマメ用黒大豆「紫ずきん」の収穫時期の判定基準. 平成 10 年度近畿中国農業研究成果情報. https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h10/yasai/cgk98109.html (2016 年 10 月 23 日閲覧).
岩波壽・井上昭司・野口正樹 1991. 黒大豆‘丹波黒’のエダマメ用栽培. 近畿中国農研 81: 21-24.
JA 京都 HP http://www.jakyoto.com/modules/zukan5/index.php?id=5 (2016 年 10 月 23 日閲覧).
株式会社ミツワ HP http://kk-mitsuwa.com/products/catagories/pcat1/ (2017 年 8 月 17 日閲覧)
片平光彦・田村晃・張樹槐・大泉隆弘・後藤恒義 2008. 画像処理によるエダマメの選別方法に関する研究 (第 1 報) －主要障害の分類と選別基準の策定－. 農業機械学会誌 70:90-96.
片平光彦・張樹槐・大泉隆弘・後藤恒義・鵜沼秀樹・田村晃・後藤克典 2011. 画像処理によるエダマメの選別方法に関する研究 (第 2 報) －試作エダマメ選別機の性能評価－. 農業機械学会誌 73:127-134.
片平光彦・鵜沼秀樹・篠田光江・田村晃 2011. エダマメ選別作業の効率化技術. 秋田農技セ農試研報 51: 1-22.
片山勝之・細野達夫・細川寿 2009. 被覆資材と被覆尿素の利用が早期直播エダマメ栽培の生育・収量に及ぼす影響. 北陸作物学会報 44: 46-49.
片山勝之・細野達夫・細川寿 2011. エダマメの早期直播栽培技術の確立. 中央農研研報 16: 1-15.
河合哉 2000. 丹波黒大豆.「農業技術体系野菜編 10 マメ類・イモ類・レンコン基礎編」農文協, 東京. 89-93.
河合哉 2004. 丹波黒エダマメ「紫ずきん」の早生化とその呈味成分. エダマメ研究 2: 9-13.
川方俊和 2006. 発育ステージ予測のための多項式・関数式 DVR の計算表示プロ

グラム. 平成 17 年度東北農業研究成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2005/tohoku/index.html (2016 年 12 月 17 日閲覧).
菊池啓泰 2000. 土壌管理と施肥－畑地.「農業技術体系野菜編 10 マメ類・イモ類・レンコン 基礎編」農文協, 東京. 25-27.
北田修三・岸浩文 2007. 岡山県北部における春播きと短日処理がダイズ品種‘丹波黒’のエダマメとしての収穫期及び収量に及ぼす影響. 園学研 6: 465-469.
小林秀臣 1995. エダマメ用黒大豆「紫ずきん」の育成. 平成 7 年度近畿中国地域における新技術. 近畿中国農業試験研究推進会議事務局, 福山. 1-4.
黒田俊郎・郡健次・熊野誠一 1992. ダイズの花房次位別着莢に及ぼす栽植密度の影響. 日作紀 61: 426-432.
黒崎英樹・松川勲 1994. 大豆の障害型冷害に関する研究 第 1 報 開花前後の低温下における開花習性. 育種・作物学会北海道談話会会報 35: 108-109.
京都府農林水産部 1994. 野菜栽培基準. 京都府農林水産部, 京都. 107-114 及び 302.
京都府農林水産部・JA 京都中央会 2000. 水田農業経営確立対策に係る京都府の推進手引き. 京都府農林水産部, 京都. 54-55.
京都府農林水産部農産流通課・京都米振興協会 2007. 京の豆栽培の手引き. 京都府農林水産部, 京都. 1-141.
京都府立農業研究所 1978. 丹波黒大豆の良質生産技術に関する試験成績書 (第 1 部). 京都府立農業研究所, 亀岡, 1-10.
前嶋敦夫・古川尊仁・鎌田直人・菊池昌彦 2007. エダマメ「あおもり福丸」の 6 月中旬直播作型における収穫適期. 東北農業研究 60: 187-188.
増田亮一・橋詰和宗・金子勝芳 1988. 冷凍枝豆の食味に及ぼす収穫後の貯蔵時間の影響. 日食工誌 35: 763-770.
増田亮一 2004. エダマメの食味向上に関わるマルトース生成反応の解明. 農及園 79: 1085-1093.
松本重男・古屋忠彦・松永亮一 1986. ダイズにおける成熟異常個体の発生実態ならびにその識別基準について. 日作紀 55: 333-338.
松浦健一 2011. 枝豆. 国分牧衛編「作物栽培体系 5 豆類の栽培と利用」朝倉書店, 東京. 108-112.
松山善之助・山下道弘・矢ヶ崎和弘・佐藤久泰 2003. 新特産シリーズ 黒ダイズ. 農文協, 東京. 10-98.
三村裕・古谷規行・小坂能尚・林健 2006. 丹波黒大豆系エダマメ品種「紫ずきん

2 号」の特性．平成 18 年度近畿中国四国農業研究成果情報．https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h18/05_yasai/p185/index.html (2016 年 10 月 23 日閲覧).

Miura, H., Wijeyathungam, K. and Gemma, T. 1987. Variation in seed yield of soybean as affected by planting patterns. Jpn. J. Crop Sci. 56: 652-656.

三宅紀子・酒井清子・五十嵐歩・鈴木恵美子・倉田忠男 2007. ゆで加熱条件下におけるエダマメ中の呈味成分およびビタミン C 含量の変動. 調科誌 40: 189-192.

水野寛士・橋本早紀・田中仁奈・山本達也・中野龍平・牛島幸一郎・久保康隆 2015. エダマメ‘ふくら’と‘湯あがり娘’における生育中の品質関連因子解析に基づく収穫適期の評価. 園学研 14: 61-67.

元木悟・青木恵・小澤智美・小松和彦・塚田元尚 2002. エダマメの安定生産に関する研究　第 3 報　エダマメの播種期及び収穫期と生育，収量. 北陸作物学会報 37: 85-87.

中村正洋 2003 エダマメ. 新版そ菜園芸. 伊藤正監修. 社団法人全国農業改良普及協会, 東京. 292-297.

中野尚夫・氏平洋二・石田喜久男 1993. ダイズ (品種タマホマレ) の子実生産に及ぼす播種期の影響. 日作中支集録 34: 16-23.

小野長昭 2000. 地域特産品種の栽培－茶豆－.「農業技術体系野菜編 10　マメ類・イモ類・レンコン　基礎編」農文協, 東京. 81-87.

小野長昭 2003. 新潟県の栽培事例 新潟県におけるもぎエダマメ栽培の現状と課題. エダマメ研究 1: 56-61.

大海さつき・藤井俊弘・小泉丈晴・本間素子・大沢良一 2000. エダマメ用早生系黒ダイズの食味成分と収穫適期. 群馬園試研報 5: 39-52.

大海さつき 2002. エダマメ用早生系黒ダイズの栽培時期が収量および食味成分に及ぼす影響. 群馬園試研報 7: 1-10.

李温九・南出隆久・大谷貴美子 2000. 熟度の異なる「紫ずきん」，黒大豆エダマメの水可溶性オリゴ糖含量とゆで操作に伴うオリゴ糖含量の変化. 農化 74: 501-504.

李温九・河合哉・坪井秀樹・和田正夫・佐藤健司・南出隆久・大谷貴美子 2002. 黒大豆エダマメ,「紫ずきん」　の熟成と遊離アミノ酸及びミネラル含有量の変化. 微量栄養素研究. 19: 71-75.

齊藤邦行・磯部祥子・黒田俊郎 1998a. ダイズ収量成立過程における花器の分化

と発育について－莢数と花蕾数の関係－. 日作紀 67: 70-78.
齊藤邦行・磯部祥子・黒田俊郎 1998b. 有限伸育型ダイズにおける莢と子実の発育過程－花房の着生位置に着目して－. 日作紀 67: 523-528.
齊藤邦行・平田和生・柏木揚子 2007. ダイズの花房次位別着莢に及ぼす畦間と栽植密度の影響－早生品種エンレイを用いた場合－. 日作紀 76: 204-211.
斎藤正隆・高沢寛 1962. 大豆に対する低温の影響について. Ⅱ. 生育時期別の低温処理が生育並びに収量におよぼす影響. 北海道農業試験場彙報 58: 26-31.
Saito, M., Yamamoto, T., Goto, K. and Hashimoto, K. 1970. The influence of cool temperature before and after anthesis, on pod-settig and nutrients in soybean plants. Proc. Crop Sci. Jpn. 39: 511-519.
酒井孝雄 1990. 大豆に対する緩効性窒素肥料の技術. 農業技術 45: 367-370
サカタのタネ HP http://www.sakataseed.co.jp/product/search/code000715.html (2016 年 10 月 23 日閲覧).
鮫島良次 2000. 気象環境要因に対するダイズの生育反応の解析およびモデリングに関する研究. 農研センター研報 32: 1-119.
笹原健夫 2000a. 作物としての特性「農業技術体系野菜編 10 マメ類・イモ類・レンコン 基礎編」農文協, 東京. 1-8.
笹原健夫 2000b. エダマメの品種と作型「農業技術体系野菜編 10 マメ類・イモ類・レンコン 基礎編」農文協, 東京. 9-14.
サタケ 2015. 枝豆選別をマメにするスーパーロボット！？. http://www.satake-japan.co.jp/ja/notice/2015/150928.html (2017 年 8 月 17 日閲覧).
佐藤順子・白岩立彦・坂下誠・辻本康弘・堀江武 2006. ダイズの莢先熟の発生機構－特にシンク形成と導管液中サイトカイニン量に着目して－. 日作紀 75(別 1): 104-105.
Sato, J., Shiraiwa, T., Sakashita, M., Tsujimoto, Y. and Yoshida, R. 2007. The occurrence of delayed stem senescence in relation to *trans*-zeatin riboside level in xylem exudute in soybeans grown under excess-wet and drought soil conditions. Plant Prod. Sci. 10: 460-467.
佐藤友博・檜森靖則・椿信一・佐藤孝夫・佐藤雄幸・佐々木和則・加賀屋博行・柴田浩・飯塚文男・吉川朝美・岡田晃治 2010. エダマメ品種 "あきたさやか" の育成. 秋田農技セ農試研報. 50: 31-43.
佐藤友博・檜森靖則・椿信一・佐野広伸 2015. エダマメ新品種「秋農試 40 号」「あきたほのか」の育成. 秋田農試研報. 55: 40-58.

椎名武夫 2003. エダマメの収穫調製作業および品質保持. エダマメ研究. 1:33-40.
島田信二・広川文彦・宮川敏男 1990. 山陽地域の水田転換畑高収量ダイズに対する播種期および栽植密度の効果. 日作紀 59: 257-264.
島田信二・春口真一・神崎正明・野々川香織・中村卓司・中山則和・金榮厚・国分牧衛 2007. 主茎伸育型が異なるダイズ品種における青立ち発生要因. 日作紀 76 (別 2): 198-199.
須藤健一・曳野亥三夫・田中萬紀穂・小林吉雄 1982. 大豆丹波黒の収量，品質に及ぼす播種期，栽植密度及び窒素施肥法の影響. 近畿中国農研 64: 40-44.
須藤健一・曳野亥三夫・井上浩一郎・津高寿和 1983.「丹波黒」大豆の子実生産に関する研究　第 1 報　播種期・栽植密度と収量性. 近畿作育会報 28: 21-23.
杉本充・溝添孝陽・岡井仁志 2010. エダマメ新品種「紫ずきん 2 号」の莢肥大特性から見た収穫適期の解明と予測. エダマメ研究 7: 54-55.
杉本充・河合哉 2011. 夏季収穫可能な丹波黒大豆系エダマメ新品種‘夏どり丹波黒 1 号’および‘夏どり丹波黒 2 号’の育成. 京都農技セ農林セ研報「農業部門」34: 1-8.
杉本充・坂本泰子・岩井恒治・長谷川裕司・松本次郎・吉浪彰洋 2011. タスクチームによるエダマメ新商品『京 夏ずきん』生産の支援. 京都農技セ農林セ研報「農業部門」34: 22-26.
杉本充 2012. 京都府における丹波黒大豆系エダマメの早生化と栽培技術の進展. エダマメ研究会第 11 回研究集会要旨集 17-20.
杉本充・岩川秀行・蘆田哲也 2015. 京都府特産豆類に対する専用肥料の開発－Ⅰ　丹波黒大豆系エダマメ『紫ずきん』に有効な肥料の選定と商品化－. 京都農技セ農林セ研報「農業部門」37: 16-21.
杉本充・岩川秀行・森大輔 2016. 京都府特産豆類に対する専用肥料の開発－Ⅱ　黒ポリマルチ下における数種被覆尿素の溶出実態から見た丹波黒大豆系エダマメ『京 夏ずきん』及び『紫ずきん』への適応可能性の検討－. 京都農技セ農林セ研報「農業部門」38: 1-6.
鈴木泉・中川隆彰 2003. エダマメ‘越後ハニー’の生育特性と収穫適期. 東北農業研究 56: 177-178.
鈴木泉・中川隆彰 2005. エダマメの高品質生産に関する研究. 山形園芸研報 17: 25-37.
高橋能彦・土田徹・大竹憲邦・大山卓爾 2003. シグモイド型被覆尿素側条施肥に

よるダイズの増収効果. 土肥誌. 74: 55-60.
高井雄一郎・久保田知美・中村隆・佐野修司・山崎基嘉 2010. ハウス栽培エダマメにおける収穫期前進化と品種の違いが収量および品質に及ぼす影響. 大阪環農水研報 3: 17-19.
高野和夫・赤澤昌弘・田村尚之・新見直子・新見敦 2012. 黒大豆‘岡山系統 1 号’エダマメの成熟に伴う食味成分の変化と収穫適期. 岡山県農試研報 3: 17-22.
高尾保之 2000a. ハウス栽培での品種の選択と栽培のポイント.「農業技術体系野菜編 10 マメ類・イモ類・レンコン 基礎編」農文協, 東京. 15-17.
高尾保之 2000b. 夜間照明が生育に与える影響と対策.「農業技術体系野菜編 10 マメ類・イモ類・レンコン 基礎編」農文協, 東京. 65-68.
丹下宗俊・津川兵衛・中沢伸重 1984. ダイズの生長と発育に関する基礎的研究 第 2 報 ダイズの生育と子実生産に及ぼす播種期の影響. 近畿作育談会報 29: 33-37.
谷美智代 2017. 黒大豆エダマメの加工利用に向けて. 平成 28 年度京都農技セ農林セ試験研究成績報告会. 京都農技セ農林セ, 亀岡. 8-14.
谷俊男・濱田千裕・池田彰弘・武井真理・落合幾美・釋一郎 2002. 愛知県ダイズ作におけるシグモイド型被覆尿素の中耕時追肥効果. 日作紀 71(別 1): 172-173.
Tsukamoto, Y., Imanishi, H. and Yahara, H. 1968. Studies on the flowering of marigold. I. Photoperiodic response and its difference among strains. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 37: 231-239.
Xia, Z., Watanabe, S., Yamada, T., Tsubokura, Y., Nakashima, H., Zhai, H., Anai, T., Sato, S., Yamazaki, T., Lu, S., Wu, H., Tabata, S. and Harada, K. 2012. Positonal cloning and characterization reveal the molecular basis for soybean maturity locus E1 that regulates photoperiodic flowering. Proc. Nati. Acad. Sci. USA. 109: E2155-E2164.
山田直弘・高橋信夫・高松光生・元木悟 1998. 黒ダイズ新品種「みすず黒」の育成経過と特性. 北陸作物学会報 33: 86-88.
山本勝博 2010. 急速冷凍エダマメを世界ブランドに！－ＪＡ中札内村の６次産業化. JA 総研レポート 16: 15-18.
横山優・梅崎輝尚・松本重男 1989. 秋ダイズの結莢に及ぼす日長の影響. 日作九支報 56: 73-76.
吉田實 1978. 共分散分析法. 応用統計ハンドブック編集委員会編 (奥野忠一代表).「応用統計ハンドブック」. 養賢堂, 東京. 309-317.
吉田祐子・浜本浩・池田純一・熊倉裕史 2011. 夏作ホウレンソウ前作物としての

春作の早生黒大豆系エダマメ‘たんくろう’の栽培時期の検討. 園学研 10: 61-67.
Zheng, S. H., Maeda, A. and Fukuyama, M. 2003. Genotypic and environmental variation of lag period of pod growth in soybean. Plant Prod. Sci. 6: 243-246.

図表一覧

序章

第 1 図　国内および京都府におけるエダマメ作付面積の推移.
第 2 図　国内および京都府のエダマメ収穫量，国外からのエダマメ輸入量の推移.
第 3 図　『紫ずきん』と『京 夏ずきん』を構成する品種の系譜.

第 1 章

第 1 表　日長時間別にみた各供試エダマメ品種の開花始 (2011 年).

第 2 章

第 2 表　栽培期間における平均気温と降水量.
第 3 表　播種期の違いが「紫ずきん 2 号」の生育および収量に及ぼす影響 (2007 年).
第 4 表　栽植密度の違いが「紫ずきん 2 号」の生育および収量に及ぼす影響 (2007 年).
第 5 表　播種期と栽植密度の違いが「紫ずきん 2 号」の生育および収量に及ぼす影響 (2008 年).
第 6 表　培土期追肥の種類と量の違いが「紫ずきん 2 号」の生育および収量に及ぼす影響 (2008 年).
第 7 表　栽植密度および培土期追肥の組合せ処理の違いが「紫ずきん 2 号」の生育および収量に及ぼす影響 (2009 年).

第 3 章

第 8 表　各区の調査回数，調査株数と 2 粒莢数.
第 4 図　『紫ずきん』莢色の推移.
第 5 図　「紫ずきん 2 号」の莢厚と開花後日数，開花後平均気温積算値との関係.
第 9 表　第 5 図で示した回帰直線 ($y = a_n + b_n x$) の共分散分析による検定結果.
第 6 図　「紫ずきん 2 号」の黄化莢出現率と開花後日数，開花後平均気温積算値との関係.

第 10 表　第 6 図で示した回帰直線 ($y = a_n + b_n x$) の共分散分析による検定結果.
第 7 図　「紫ずきん 2 号」の莢厚 11mm 以上莢，黄化莢の出現率と開花後平均気温積算値との関係.
第 8 図　「紫ずきん 2 号」の主茎上位 4 節着生莢，全 2 粒莢の莢厚平均値と開花後日数，開花後平均気温積算値の関係 (2009).
第 11 表　第 8 図で示した回帰直線 ($y = a_n + b_n x$) の共分散分析による検定結果.
第 12 表　「紫ずきん 2 号」栽培地域の最南・最北地の緯度経度と月平均日長時間.

第 4 章

第 13 表　露地栽培における処理区の概要.
第 14 表　『京 夏ずきん』品種を 5 月播種，マルチ有/無で露地栽培したときの開花始，収穫期，草姿および収量関連形質.
第 15 表　『京 夏ずきん』品種の 4 月播種で露地栽培したときの開花始，収穫期，草姿および収量関連形質 (2011 年).
第 16 表　『京 夏ずきん』品種の 4 ～ 5 月播種，露地栽培したときの開花始，収穫期，草姿および収量関連形質 (2012 年).
第 17 表　第 16 表における処理間の分散分析検定結果 (2012 年).
第 18 表　育苗期間および露地栽培の本圃栽培期間中における積算地温および平均地温 (2012 年).
第 19 表　ハウス内で栽培した「夏どり丹波黒 1 号」の開花始，収穫期，草姿および収量関連形質 (2012 年).
第 20 表　「夏どり丹波黒 1 号」を 3 播種期で栽培したときの開花始，開花期間，収穫期，草姿および収量関連形質 (2013 年).
第 21 表　ハウス栽培の本圃栽培期間中における積算温度および平均温度 (2013 年).
第 22 表　露地栽培における収穫時の主茎長，主茎節数，一次分枝数と収量関連形質との相関係数

第 5 章

第 9 図　『京 夏ずきん』莢色の推移.
第 10 図　『京 夏ずきん』の子実色の推移.
第 23 表　栽培期間における平均気温の推移.
第 11 図　『京 夏ずきん』品種の収穫期における莢厚の変化.
第 12 図　収穫期における「夏どり丹波黒 1 号」の莢厚・黄化莢および子実の着色段階ステージ A・ステージ C の出現率の推移 (2010 年).
第 24 表　『京 夏ずきん』品種の莢厚・黄化莢および子実の着色段階ステージ A・ステージ C の出現率と開花後日数との回帰式.
第 25 表　第 24 表の回帰式から得られた各発育段階に達する開花後日数と平均気温積算値.
第 26 表　『京 夏ずきん』品種における粒の着色段階別に成分分析に供したエダマメの採取子実数と莢厚 (2013 年).
第 13 図　『京 夏ずきん』品種における子実の着色段階別にみた遊離糖含有率 (2013 年).
第 14 図　『京 夏ずきん』の品種における子実の着色段階別にみた遊離アミノ酸含有率（2013 年).
第 27 表　子実に含まれる糖含有率とアミノ酸含有率の合計値および主要成分についての分散分析結果.

終章

第 15 図　『紫ずきん』および『京 夏ずきん』の作付面積の推移.

Investigation of Physiological and Ecological Characteristics and Development of Production Technique of Black-seeded Soybean 'Tambaguro' for Edamame (Green Soybean) New Cultivars in Kyoto Prefecture

Mitsuru Sugimoto

Summary

The black-seeded soybean 'Tambaguro' for Edamame (green soybean) cultivar 'Murasakizukin 2' was bred in 2005 in Kyoto prefecture. And after four years in 2009, two edamame (green soybean) cultivars, 'Natsudoritambaguro 1' and 'Natsudoritamabaguro 2', were bred as new early black soybean in Kyoto prefecture and are called, "Kyo Natsuzukin" (commercial name). In order to develop cropping types for stable production of these cultivars, the flowering characteristics under different photoperiods. The critical day length was detected in 'Murasakizukin 2', and 'Shintambaguro', but 'Natsudoritambaguro 1' and 'Natsudoritambaguro 2' flowerd independent of day length.

Secondly, in order to develop a cropping type to obtain a stable yield of 'Murasakizukin 2', we investigate the effect of sowing time for relay sowing with 'Murasakizukin', planting density, fertilizer type and nitrogen rate of topdressing at the molding time on pod yield of Edamane. The harvesting time changed with moving the sowing time, however, changing duration was shorter in harvesting time than that in sowing time. The optimal sowing period thought to be from mid to late June because the latter the sowing time, the havesting time became to be almost same with 'Murasakizukin', and the earlier the sowing time, the yield and the ratio of pods with which thickness more than 11 mm to total pods weight.decreased. The total number of pods and total pod weight per m^2 increased with dense planting, but the ratio of pods with which thickness more than 11 mm to total pods weight decreased with the less than 20 cm of hill distance. Therefore the planting density suitable for 'Murasakizukin 2' thought to be 30-40 cm of hill distance to 90 cm of between rows. By using the 40 days sigmoidial releasing type coated urea (CUS40), controlled release fertilizer, at the molding time, it was considered that the total pod weight and the pod weight with pod thickness more than 11 mm in the CUS40 plot increased at 2008 such low yield year. But it was not considered that the yield increased at 2009 such high yield year.

Thirdly, in order to elucidate the optimum harvesting time of 'Murasakizukin 2', we examined

the changes in the thickness and appearance of pods during the seed growth in 2007-2009. A significant linear relationship was found between pod thickness and the days or accumulated mean air temperature after flowering. The analysis of covariance revealed that the slope of the regression line did not significantly vary with the year. The percentage of pods with more than 11 mm in thickness reached 70 % when the accumulated temperature after flowering exceeded 1250 degrees Celsius in the mid-June-sowing cultivation (conventional sowing) in all three years. The commercial value of green soybean is lost by the appearance of yellow pods, and it occurred when the accumulated temperature after flowering exceeded 1380 degrees Celsius. These results suggested that the optimum harvesting time of 'Murasakizukin 2' could be estimated by the accumulated temperature after flowering. In addition, the tendency of increasing pod thickness at the uppermost four nodes of the main stem was similar to that in the whole plant. Therefore, the pod swelling in the whole plant could be grouped by that at the uppermost four nodes.

Forthly, in order to develop cropping types for stable production of "Kyo Natsuzukin", the suitable sowing time outdoors and in plastic greenhouses were examined using two cultivars, 'Natsudoritambaguro 1' and 'Natsudoritambaguro 2', in Kyoto prefecture in 2010-2013. By changing the sowing time from April 15 to May 24 in the transplanting culture of "Kyo Natsuzukin" under outdoor conditions, the harvesting time also changed from July 20 to Aug. 23. The sowing time suitable to obtain a target yield (400 g m^{-2} fresh weight pods with over 10 mm thickness), was from early to late May, with harvesting from early to late August. Although sowing in April allowed harvesting in middle to late in July, it reduced the pod number and yield compared with those in May and April sowing. To combine the earlier harvesting and stable yield in the unheated plastic greenhouse, later than late-May sowing and later than early-April transplanting, and harvesting in middle to late June may be necessary because vegetative growth was poor and pod number and yield were small in the culture sown on March 1. A close relation was found between the amount of vegetative growth and the pod yield in "Kyo Natsuzukin" cultivars used in this study.

Fifthly, In order to elucidate the optimum harvesting time of "Kyo Natsuzukin", we examined the thickness and appearance of pods, and the chemical components of boiled seeds during the seed growth using two cultivars, 'Natsudoritambaguro 1' and 'Natsudoritambaguro 2', in 2010-2013. The average pod thickness in both cultivars reached 11 mm at 51-52 days after flowering in 2010, a high-temperature year, and reached 12 mm at 56-57 days after flowering in 2011, an average-temperature year, but did not increase thereafter. Assuming that the early limit

of the harvesting period is the time when the percentage of thinner pods less than 10 mm thick, which is the standard thickness for shipment in Kyoto, reached less than 30% of total pods. This time corresponds to the time when the accumulated temperature after flowering reached 1400 degrees Celsius in both cultivars. Throughout the harvesting period in both cultivars, the color of seed coat changed from light to deep purple, but the content of free sugars and amino acids reached the maximum before the time when the color of whole hilum became pinkish. At this time, the pod thickness reached 10-11 mm, which is slightly thicker than the shipment standard in Kyoto. Therefore the optimum harvesting time judged from the chemical property is earlier than that judged from the pods appearance.

謝辞

本研究は，京都府農林水産技術センター農林センター (旧京都府農業総合研究所を含む) において行い，岡山大学大学院環境生命科学研究科の御指導の下，取りまとめたものである．

本稿を終えるにあたり，正指導教員として終始にわたり御懇切なる御指導を賜りました岡山大学大学院環境生命科学研究科の齊藤邦行教授に衷心より感謝申し上げます．齊藤教授には，同研究科での本研究取りまとめについて誘引いただいたこと，私が東京農工大学大学院在籍中から京都府庁入庁後の現在に至る長い期間，数々の御指導，御鞭撻を賜っていることを始めとする，多くの学恩に，重ねて感謝申し上げます．

また，本研究の取りまとめに際し，副指導教員として御指導，御助言をいただきました同研究科の吉田裕一教授，平井儀彦准教授に謹んで感謝申し上げます．

本研究の全般について，日々，御指導を賜るとともに，取りまとめの機会を与えていただいた京都府農林水産技術センター農林センターの河瀬弘一前所長 (現京都府原種農場長)，原田和也所長，蘆田哲也作物部長に深く感謝申し上げます．

本研究の推進に御協力いただいた京都府農業総合研究所の岡井仁志元主任研究員 (元京都府丹後農業改良普及センター所長，現 NPO 法人近畿アグリハイテク事務局長)，京都府中小企業技術センターの上野義栄主任研究員，植村亮太主任に心から感謝を申し上げます．

さらに，本研究を進める中で様々な御指導，御支援，御助言，御示唆をいただきました生産農家の方々，京都府農業総合研究所の故稲葉幸司企画経営部長兼作物部長，京都府農林水産技術センターの山下道弘元センター長 (現公益社団法人京のふるさと産品協会常務理事)，梅垣理元総務室長 (現公益社団法人京のふるさと産品協会事務局長)，同農林センターの今井久遠元作物部長 (現京都府丹後農業改良普及センター所長)，大橋善之前主任研究員 (現京都府農林水産技術センター農林センター丹後農業研究所長)，岩川秀行前主任研究員 (現京都府流通・ブランド戦略課主査)，中村義弘副主査，中澤昭児氏をはじめとする京都府農林水産技術センターの職員各位，京都府や府内関係機関のダイズ，エダマメを担当する方々各位に厚くお礼申し上げます．

最後に，物心両面において私を支えていただき，終始励ましをいただいている家族，とりわけ妻の祐加に，本論文を捧げます．