

## 丹波黒大豆系エダマメ「紫ずきん2号」における外観品質からみた 収穫適期の診断

杉本充<sup>1,2)</sup>・蘆田哲也<sup>1)</sup>・齊藤邦行<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup> 京都府農林水産技術センター農林センター, <sup>2)</sup> 岡山大学大学院環境生命科学研究科)

**要旨:** 丹波黒大豆系エダマメ品種「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目安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、平均気温積算値（以下、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見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。

**キーワード:** エダマメ、外観品質、共分散分析、莢厚、紫ずきん2号。

京都府では1996年以来、府独自品種の「新丹波黒」(以下、品種名はカギ括弧で、商品名は二重カギ括弧をつけて示す) および「紫ずきん」の2品種の丹波黒大豆系品種を『紫ずきん』という商品名のエダマメとして9月下旬から10月下旬まで販売している(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。そのため、京都府では2005年からは上記2品種より早生である「紫ずきん2号」を育成し(三村ら2006)、残暑がより強く感じられる9月上中旬の時期に、『紫ずきん』の市場出荷を前進させることができた。

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)。本研究で用いた「紫ずきん2号」を含む丹波黒大豆系エダマメは、粒が大きいことが特徴であり(河合2000)、『紫ずきん』の秀品や優品出荷規格は、当初より莢厚11 mm以上とされてきた。

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、これまで丹波黒大豆系のエダマメでは、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」については、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」の導入により、本品種が『紫ずきん』をリレー出荷する最初の品種となったことから、出荷開始の予測にもつながる収穫適期の診断技術の確立が必要となった。これまで、杉本ら(2010)は「紫ずきん2号」について、開花後日数と収穫期直前の莢厚増加に相関を認めたものの、収穫適期の解明やその指標を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。

本研究では、丹波黒大豆系エダマメ「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、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。

### 材料と方法

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

第1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 <sup>-1</sup>  |
| 2007/6/15 播種区 | 8    | 24   | 22.2 <sup>a</sup> |
| 2007/7/ 5 播種区 | 9    | 27   | 22.6 <sup>a</sup> |
| 2008/6/16 播種区 | 7    | 21   | 28.6 <sup>b</sup> |
| 2009/6/15 播種区 | 7    | 21   | 32.3 <sup>b</sup> |

異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり (Tukey-Kramer 法).

培を行った.『ナプラ養土Sタイプ』を充填した128穴セルトレイ (いずれもヤンマー社製) 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<sup>-2</sup> (条間120cm×株間30cm), 2009年が3.7株m<sup>-2</sup> (条間90cm×株間30cm) として, 播種後10日頃に移植した. 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 (商品名『豆有機322』) を全層にN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1.2:4.8:4.8g m<sup>-2</sup> 施用した. また, 培土期追肥として, 開花期の約7日前に硫酸をN成分で2.1g m<sup>-2</sup> 施用し, その直後に中耕培土を行った.

### 1. 莢の肥大と外観変化の経時的な把握 (試験Ⅰ)

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1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. 収穫時には莢厚をデジタルノギス (ミットヨ (株) 社製) 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1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1図は「紫ずきん2号」の育成系譜上にある「新丹波黒」のサンプル写真であるが, 『紫ずきん』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.

### 2. 栽培期間中の莢肥大推定方法の検討 (試験Ⅱ)

2009年の調査において, 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



第1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.

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.

### 3. 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.

## 結 果

### 1. 気象条件

供試年の栽培期間における平均気温を第2表に示した. 「紫ずきん2号」の開花期は, 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. 開花期以降の気温は, 2007年は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.

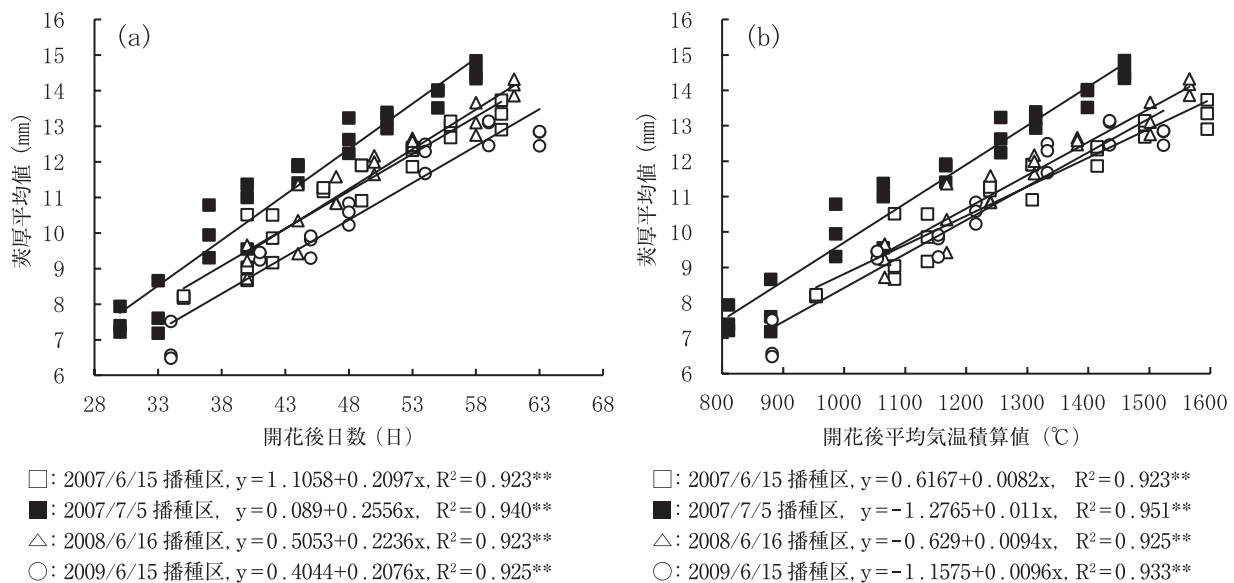
### 2. 試験Ⅰ

「紫ずきん2号」の莢厚と開花後日数, 開花後平均気温

第2表 栽培期間における平均気温 (°C).

| 月<br>旬 | 6月   |      | 7月   |      |      | 8月   |      |      | 9月   |      |      | 10月  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        | 中旬   | 下旬   | 上旬   | 中旬   | 下旬   | 上旬   | 中旬   | 下旬   | 上旬   | 中旬   | 下旬   | 上旬   |
| 2007年  | 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  | 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  | 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    | 22.1 | 23.2 | 25.2 | 25.6 | 27.2 | 27.5 | 26.7 | 25.9 | 24.4 | 23.2 | 20.3 | 18.3 |

平年値は, 1993~2004年の平均値.



第2図 「紫ずきん2号」の莖厚と開花後日数、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3表 第2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。

| 検定の内容                                    | 目的変数<br>共変量<br>説明変数 | 莖厚平均値の変化    |             |             |             |
|--|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  |                     | (a) 開花後日数   |             | (b) 積算気温    |             |
|  |                     | 全区          | 6月播種区のみ     | 全区          | 6月播種区のみ     |
| 回帰直線の平行性                                 |                     | $p = 0.023$ | $p = 0.717$ | $p = 0.002$ | $p < 0.146$ |
| 帰無仮説: $b_1 = b_2 = \dots = b_n = \beta$  |                     | 棄却される       | 棄却されない      | 棄却される       | 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                              |                     |             | $p < 0.001$ |             | $p = 0.058$ |
| 帰無仮説: $a_1 = a_2 = \dots = a_n = \alpha$ |                     | —           | 棄却される       | —           | 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。

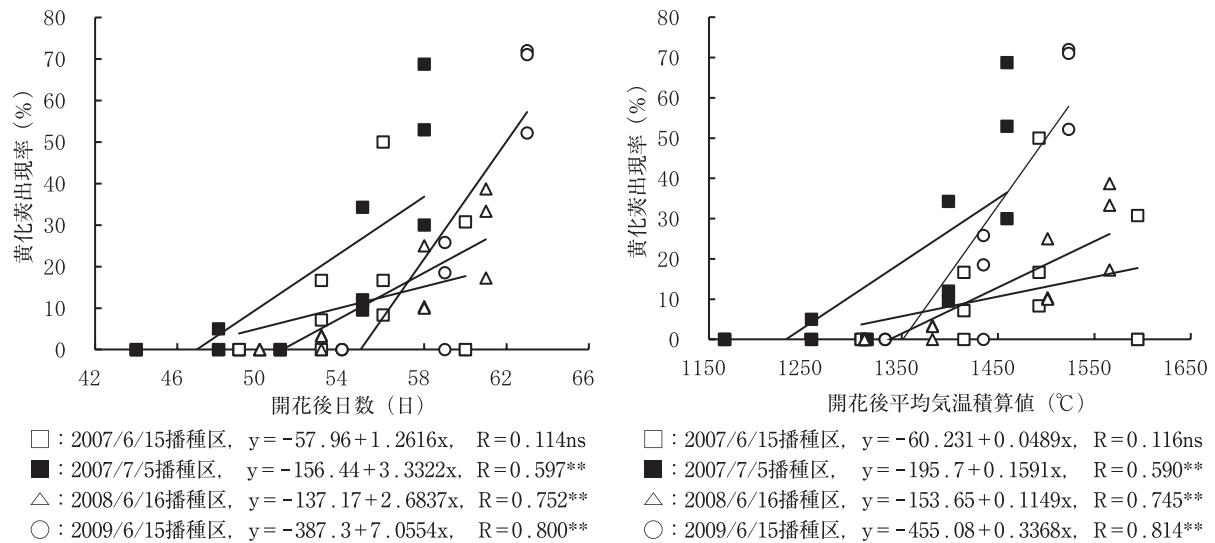
積算値との関係を第2図に示した。各年次、播種区とも莖厚を縦軸(y)に、横軸(x)に開花後日数および開花後平均気温積算値(以下、積算気温)をとった場合、それぞれ4本(2007年は2本、2008年と2009年は各1本)の有意な回帰直線が得られた。

第2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3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見せず、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、莖厚は1日当たり約0.2 mm、積算気温100°C当たり約0.9 mm増加していた。さらに、第2図のデータと第3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、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」の黄化莖出現率と開花後日数、開花後平均気温積算値との関係を第3図、その共分散分析による検定結果を第4表に示した。この黄化莖出現率の回帰直線では、それぞれは平行と見せず、上記の莖厚変化と同様の解析ができなかった。しかし、出荷物への黄化莖混入は許されないため、収穫晩限は黄化莖出現始めとして、その出現率5%(第1表からの試算では、株当たり1~2莖の2粒莖が黄化した時期)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のそれぞれを比較すると、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





第3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4表 第3図で示した回帰直線 ( $y = a_0 + b_0x$ ) の共分散分析による検定結果。

| 検定の内容                                    | 目的変数<br>共変量<br>説明変数 | 黄化莢出現率の変化   |             |             |             |
|--|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  |                     | (a) 開花後日数   |             | (b) 積算気温    |             |
|  |                     | 全区          | 6月播種区のみ     | 全区          | 6月播種区のみ     |
| 回帰直線の平行性                                 |                     | $p = 0.006$ | $p = 0.002$ | $p = 0.001$ | $p = 0.001$ |
| 帰無仮説: $b_1 = b_2 = \dots = b_n = \beta$  |                     | 棄却される       | 棄却される       | 棄却される       | 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: $a_1 = a_2 = \dots = a_n = \alpha$ |                     |             |             |             |             |

有意水準は 5%。(b) の積算気温と記した略称や, - の意は第3表と同様である。

線で出現率 5% 前後の時期に重なりがみられた (第3図)。

以上までの結果に基づき, 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, 「紫ずきん2号」の莢厚 11 mm 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を第4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4図から, 積算気温が約 1250°C 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°C 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°C, 黄化莢出現始めは積算気温が約 1320°C の時期であった。

### 3. 試験Ⅱ

「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を第

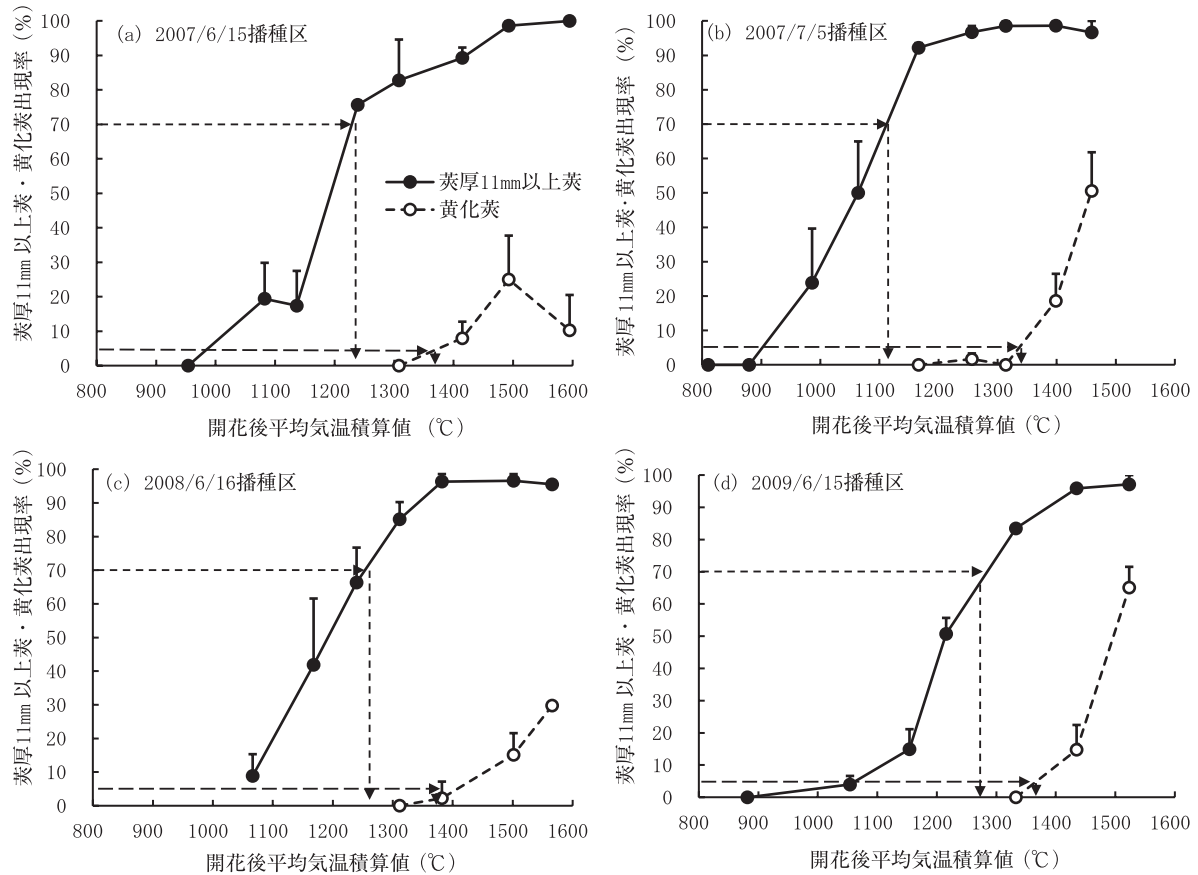
5図に示した。開花後日数および積算気温を横軸にした散布図において, 主茎の上位 4 節から得られた莢の厚さや全 2 粒莢の厚さの増加は, どちらも同様の有意な回帰直線で表すことができた。共分散分析による検定結果を第5表に示したが, 上位 4 節着生莢および全 2 粒莢の, 二つの回帰式に有意差は無く, 違いはあるとはいえなかった。

## 考 察

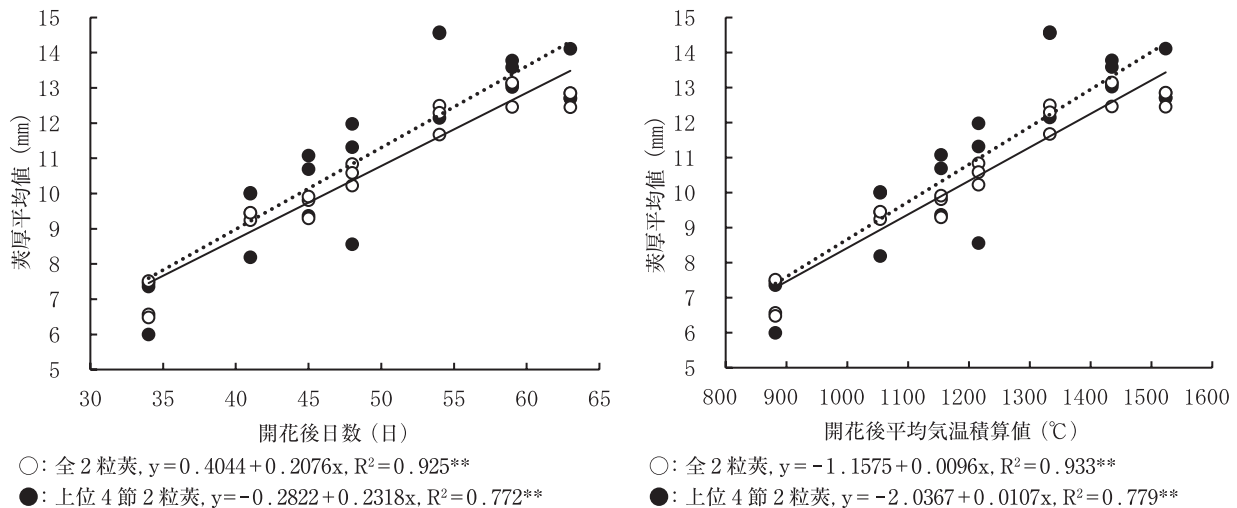
### 1. 莢肥大 (莢厚増加) の経時的変化

丹波黒大豆系のエダマメでは, 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2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2図)。開花期は, 6 月 15 日播種区の



第4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。



第5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。

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・鈴木 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)。「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 (杉本 2016), 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(開花期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2図,第3表)。これは,高温年は少ない日数で一定の積算気温に到達するなど,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

第5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。

| 検定の内容                      | 目的変数<br>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3表と同様である。

約4分の差であった(第6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目安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3図),ただし,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4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3図,第4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る。

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11mm以上であること」,「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,

第6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" | 14 h 28 m       | 14 h 14 m | 13 h 26 m | 12 h 23 m | 11 h 17 m |
| 京丹後市(最北地) | 35°37'27"     | 135°03'40" | 14 h 32 m       | 14 h 17 m | 13 h 28 m | 12 h 23 m | 11 h 16 m |

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](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。



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 4 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. 栽培期間中の莢肥大推定

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 5 図, 第 5 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つ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。

#### 引用文献

- 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. 千葉農林総研報 5: 1-9.
- 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.
- 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. 農事試験報 3: 19-78.
- 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.
- 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.
- 石村貞夫 1992. 分散分析のはなし. 東京図書, 東京. 247-285.
- 磯部勝孝・関野崇子・名倉達平・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.
- 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](https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h10/yasai/cgk98109.html) (2016/10/23 閲覧).
- 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.
- 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> (2016/12/17 閲覧).
- 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.
- 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 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.
- 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](https://www.naro.affrc.go.jp/org/warc/research_results/h18/05_yasai/p185/index.html) (2016/10/23 閲覧).
- 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.
- 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.
- 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 exudate in soybeans grown under excess-wet and drought soil conditions. *Plant Prod. Sci.* 10: 460-467.
- 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.
- 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 2016. 京都府の早生丹波黒大豆系エダマメ商品『京 夏ずきん』の開花特性に基づく作型の開発. *日本作物学会第 242 回講演会要旨集* 25.
- 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的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.
- 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.
- 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.

**Optimum Harvesting Time of the Black-seeded Soybean “Tambaguro” for Edamame (Green Soybean) “Murasakizukin 2” by Appearance of Pods :** Mitsuru SUGIMOTO<sup>1,2)</sup>, Tetsuya ASHIDA<sup>1)</sup> and Kuniyuki SAITOH<sup>2)</sup> (<sup>1)</sup>*Agriculture and Forestry Technology Department, Kyoto Prefectural Agriculture Forestry and Fisheries Technology Center, Wakunari, Kameoka, Kyoto, 621-0806 Japan;* <sup>2)</sup>*Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University*)

**Abstract :** In order to elucidate the optimum harvesting time of the black seeded soybean “Tambaguro” for new edamame (green soybean) “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°C in the mid-June-sowing cultivation (conventional sowing) in all three years. The commercial value of green soybean is lost by appearance of yellow pods, and it occurred when the accumulated temperature after flowering exceeded 1380°C. 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.

**Key words :** Analysis of covariance, Appearance quality, Edamame, Murasakizukin 2, Pod thickness.