

## 3 4-1 降水量等の変化による丹波黒大豆への影響調査

### 3.1 概要

#### 3.1.1 背景・目的

丹波黒大豆は、将来の気候変動による気温上昇や降水傾向の変化が、栽培時期や品質に影響を与える可能性が懸念されている。既に、品質の悪化に繋がる成熟遅延等の発生頻度が増加している一方で、京都のブランド産品としての性格から、他品種への切り替えは困難である。また、黒大豆は正月に向けた需要が多く、収穫時期の大幅な遅延は商品価値の低下に繋がることに留意が必要である。

本調査では、既存データから気象要素と収量・品質との関係を整理するとともに、黒大豆の品質悪化に繋がる成熟遅延に関する対策の有効性検証を目的とした栽培実験を実施し、得られたデータから、気象要素(気温、降水量等)と収量及び品質との関係性を解析した。また、将来の気候変動時における黒大豆の収量及び品質の変化や気候変動に適応可能な黒大豆栽培方法をまとめ、適応策を検討した。

#### 3.1.2 実施体制

本調査の実施者： 一般財団法人日本気象協会、京都府農林水産技術センター農林センター

アドバイザー： 京都大学 教授 白岩立彦

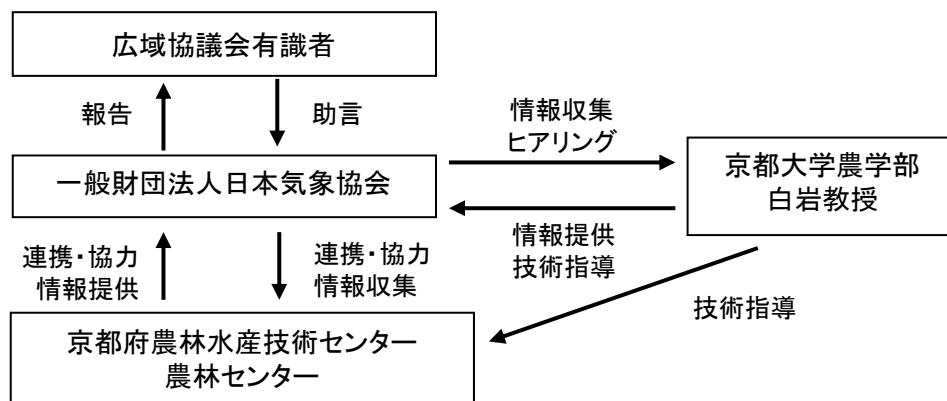


図 3.1-1 実施体制図(調査項目 4-1)

#### 3.1.3 実施スケジュール(実績)

本調査では、平成 29 年度から平成 31 年度の 3 年間で、対象地域における影響を調査し、将来の影響評価及び適応策の検討を行った(図 3.1-2)。初年度の平成 29 年度は関係するデータ・文献等の収集整理、及び簡易的な影響の評価を行った。平成 30 年度には、更に収量を中心にデータ解析を進めると共に、適応策となり得る栽培方法に関する実験を開始した。

平成 31 年度は収量及び品質に関する将来影響を検討した他、栽培実験を行い、効果的な適応策について検討した。

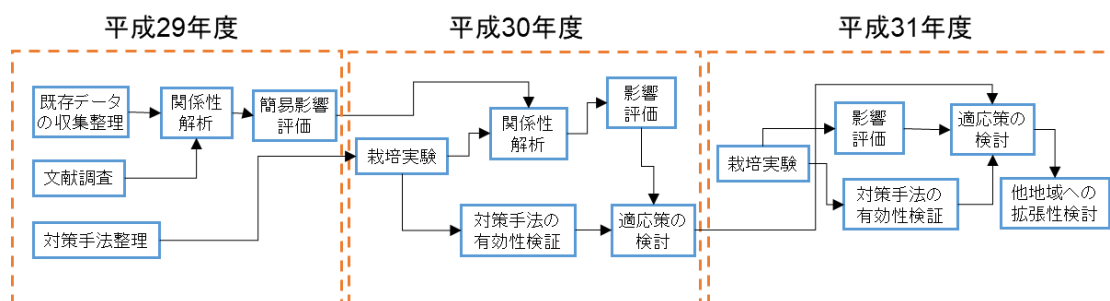


図 3.1-2 本調査の実施フロー（調査項目 4-1）

### 3.1.4 気候シナリオ基本情報

本調査では、平均的な気象条件の下での影響予測を目的として進めたことから、統計的ダウンスケーリングによる気候シナリオを選択した。

表 3.1-1 気候シナリオ基本情報（調査項目 4-1）

項目	丹波黒大豆の収量
気候シナリオ名	NIES 統計 DS データ
気候モデル	MRI-CGCM3、MIROC5
気候パラメータ	生育中期 (7/11～8/5) の平均気温 開花前期 (8/6～8/20) の最低気温及び降水量
排出シナリオ	RCP2.6 及び 8.5
予測期間	21 世紀中頃、21 世紀末
バイアス補正の有無	あり

### 3.1.5 気候変動影響予測結果の概要

収量の影響予測は、黒大豆及び気象の過去の測定値を用いた統計モデルにより実施し、品質はデータが不足していることから、文献調査及び過去のデータを用いた定性的な考察に留めた。

#### 3.1.5.1 丹波黒大豆の収量

気温及び降水量を用いた推定結果では、将来の収量増加が見込まれる調査結果となった（図 3.1-3）。ただし、極端な高温下での黒大豆収量データなど、均質な条件下での様々な環境での黒大豆の生育データは不足していることに留意が必要である。

なお、大江ら（2007）によると普通大豆では、開花期間及び登熟期の平均気温が、それぞれ花蕾数及び莢数に影響することが指摘されており、どちらも一定の温度までは増加し、

それを超えると減少する結果となっている。このため、丹波黒大豆においても、同様に、一定以上の高温下では、収量が減少する可能性が示唆される。

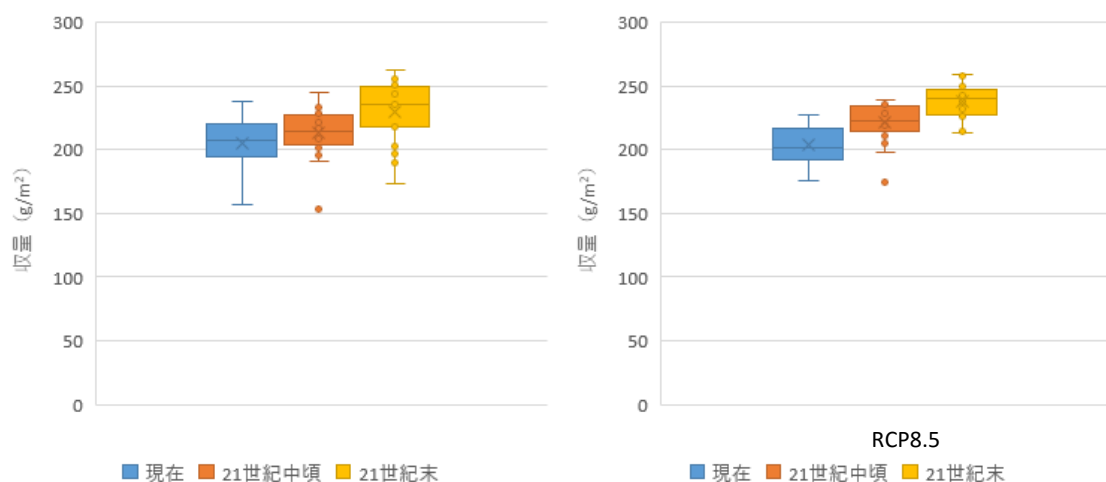


図 3.1-3 将来の収量予測(RCP8.5 左:MRI-CGCM3、右:MIROC5)

### 3.1.5.2 丹波黒大豆の品質

黒大豆の不定形裂皮は、これまでの知見から、開花期以降(9月上旬から10月上旬)の気温や降水量が影響を及ぼしている可能性が指摘されている(岡井ら、2009、澤田ら、2008)。本調査では不定形裂皮のデータが不足していることから、モデル構築には至らなかったが、実測値は、子実肥大期(本調査では9月13日～10月10日と設定)が高温となるケースで裂皮率が高い傾向を見せており(図 3.1-4)、上記の文献と整合的な結果が得られている。

なお、黒大豆での実測値が得られていない成熟遅延については、不定形裂皮と同様、開花期以降の高温・少雨の影響が指摘されている。過度な成熟が不定形裂皮の要因と考えられること、不定形裂皮と成熟遅延の関係性から、適応策としては、成熟遅延対策を扱うこととした。

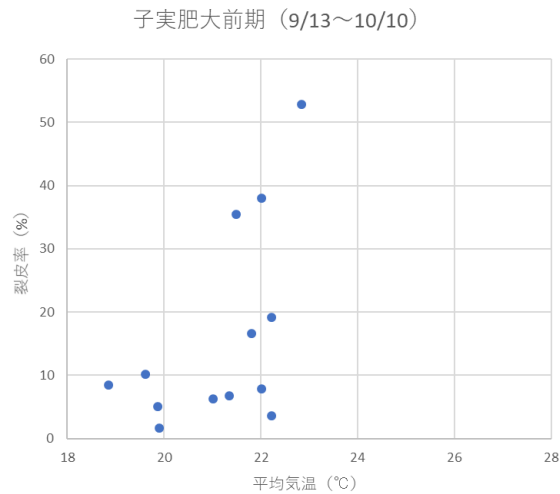


図 3.1-4 子実肥大期(9/13～10/10)の平均気温と黒大豆の不定形裂皮率  
(京都府農林センター)

### 3.1.6 活用上の留意点

#### 3.1.6.1 本調査の将来予測対象とした事項

本調査では、丹波黒大豆の収量について、生育期間毎の気象条件(平均気温、降水量等)との関係を調査し、推定式を作成した上で、気候シナリオを用いた将来の影響予測を行った。

#### 3.1.6.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

丹波黒大豆の生育には、日射も関与することが知られているが、影響評価モデル構築に利用可能なデータが不足していること、気候シナリオの精度の問題から、本調査では日射量はモデルに組み込んでいない。また、気温の上昇に伴い、生育ステージの時期の変動が想定されるが、本調査では将来も生育ステージは変化しない想定で影響評価を行った。

なお、不定形裂皮率等の品質も気象条件との関連が知られているが、本調査では利用可能なデータが不足していることから、定性的な解析のみとした。

#### 3.1.6.3 その他、成果を活用する上での制限事項

丹波黒大豆は過去の均質なデータが限られていることから、本調査では一般的な大豆の知見も踏まえて検討を行った。

### 3.1.7 適応オプション

将来も安定的に丹波黒大豆を収穫するための適応策として、成熟遅延の回避を目的とした、播種期の調整、後期中耕処理、摘葉処理の対策を検討した。

表 3.1-2 適応オプション(調査項目 4-1)

適応 オプション	想定される 実施主体			現状		実現可能性				効果	
	行政	事業者	個人	普及 状況	課題	人的 側面	物的 側面	コスト 面	情報 面	効果 発現ま での 時間	期待 される 効果の 程度
①播種期の調整		●		普及が 進んで いない	播種期の違いによる、収 量及び品質に及ぼす影 響を把握するためのデー タを収集する必要がある	◎	◎	△	◎	短期	中
②後期中耕処 理		●		普及が 進んで いない	実施する時期の把握や 機械化技術の確立を進 める必要がある	◎	△	△	△	短期	低
③摘葉処理		●		普及が 進んで いない	機械化技術の確立を進 める必要がある	◎	○	△	◎	短期	中

表 3.1-3 適応オプションの根拠(調査項目 4-1)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
①播種期の調整	京都府農林水産技術センター農林センターにおいて平成 29 年、平成 30 年に実施した栽培実験では、播種期を 5 月下旬に前倒しすることにより、成熟程度が高い傾向であったことから、成熟遅延の抑制には有効と考えられる。 なお、京都府農林水産技術センターのヒアリングでは、作業のしやすさ、取り組みやすさの観点で優れていると評価されている。
②後期中耕処理	京都府農林水産技術センター農林センターにおいて平成 29 年、平成 30 年に実施した栽培実験では、実施時期にかかわらず、無処理区と比較すると後期中耕処理による断根で、成熟が早まる傾向が見られたことから、成熟遅延の抑制には有効と考えられる。また、断根の時期が早いと減収に繋がる傾向も見られた。 なお、京都府農林水産技術センターのヒアリングでは、作業のしやすさ、取り組みやすさの観点で課題があると評価されている。
③摘葉処理	京都府農林水産技術センター農林センターにおいて平成 29 年、平成 30 年に実施した栽培実験では、成熟期から 7 日までに行った摘葉により成熟の進展が早まる傾向が見られたことから、成熟遅延の抑制には有効と考えられる。

## 3.2 気候シナリオに関する情報

### 3.2.1 気候シナリオ基本情報

本調査では、平均的な気象条件の下での影響評価を目的として進めたことから、統計的ダウンスケーリングによる気候シナリオを選択した。

表 3.2-1 気候シナリオ基本情報(調査項目 4-1):再掲

項目	丹波黒大豆の収量
気候シナリオ名	NIES 統計 DS データ
気候モデル	MRI-CGCM3、MIROC5
気候パラメータ	生育中期(7/11～8/5)の平均気温 開花前期(8/6～8/20)の最低気温及び降水量
排出シナリオ	RCP2.6 及び 8.5
予測期間	21 世紀中頃、21 世紀末
バイアス補正の有無	あり

### 3.2.2 使用した気候パラメータに関する情報

気候シナリオの検証には、京都府農林水産技術センター農林センターで観測した 6 月～11 月の日平均気温、日最低気温、日降水量を利用した。図 3.2-2 に、MRI-CGCM3 における RCP2.6 及び 8.5 での 21 世紀末の生育中期(7 月 11 日から 8 月 5 日)の日平均気温の結果を示す。日平均気温は、観測値と気候シナリオの現在気候はほぼ同程度であること、また将来予測では、21 世紀末に RCP2.6 で約 2℃上昇、RCP8.5 で約 4℃上昇となり、大幅な上昇が予測されていることがわかる。

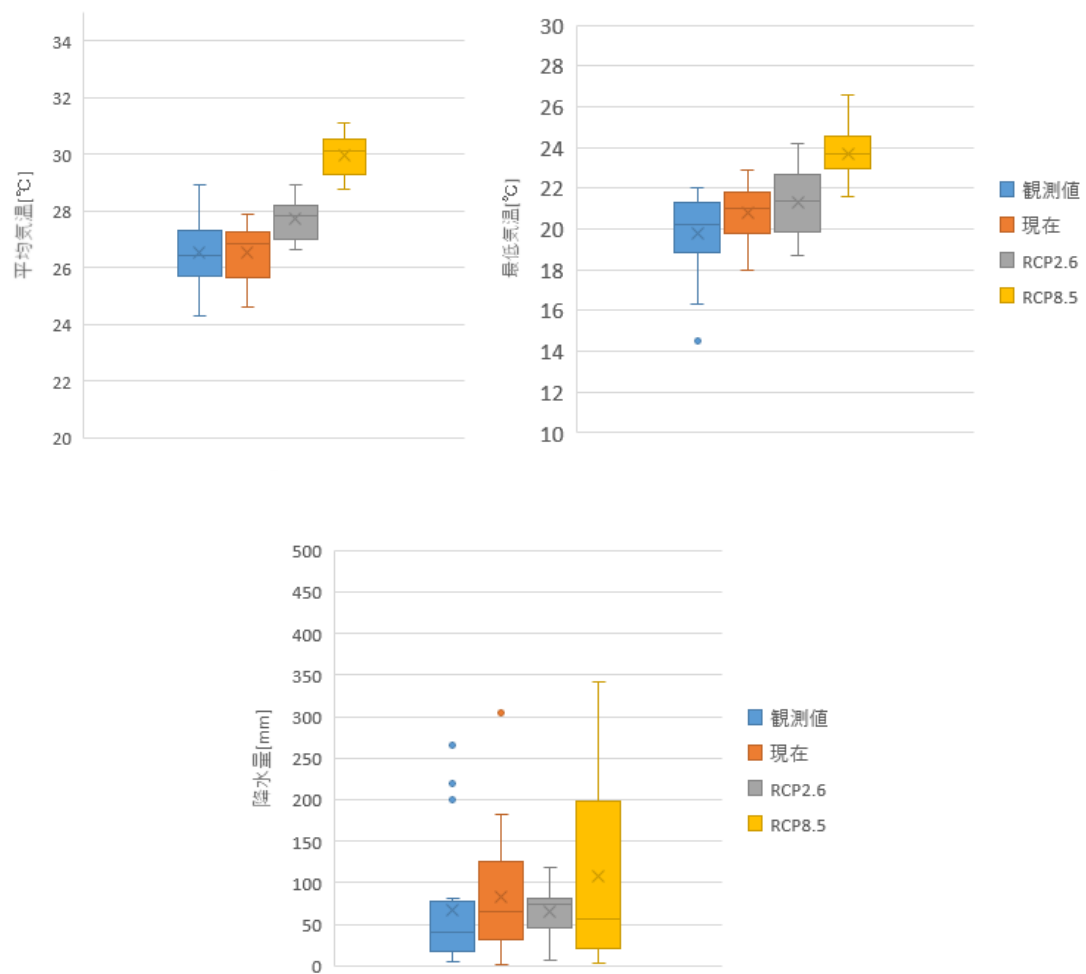


図 3.2-1 気候シナリオ及び観測値(亀岡)による気象データの比較(MRI-CGCM3)  
 (上左:生育中期(7/11-8/5)の日平均気温、上右:開花前期(8/6-8/20)の日最低気温、  
 下:開花前期(8/6-8/20)の降水量)

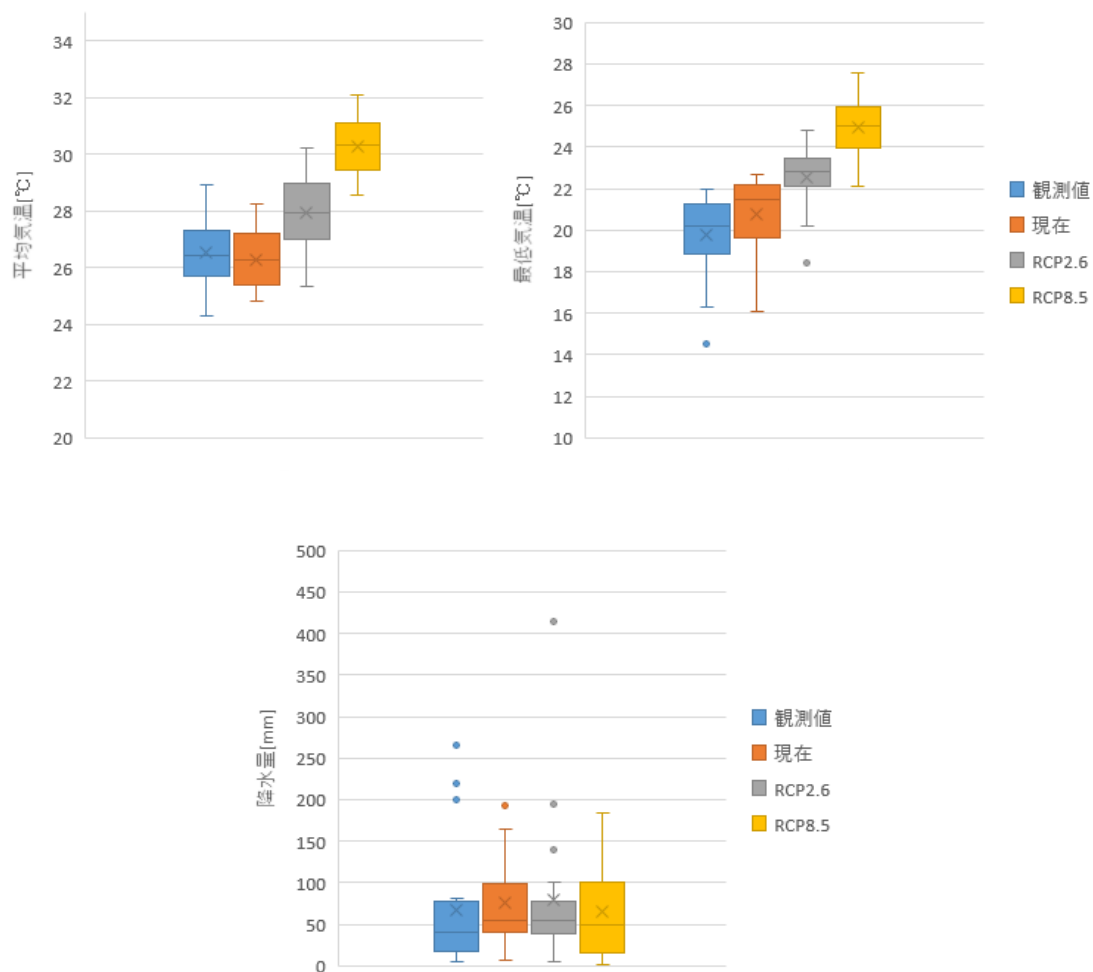


図 3.2-2 気候シナリオ及び観測値(亀岡)による気象データの比較(MIROC5)  
(上左:生育中期(7/11-8/5)の日平均気温、上右:開花前期(8/6-8/20)の日最低気温、  
下:開花前期(8/6-8/20)の降水量)

### 3.2.3 気候シナリオに関する留意事項

本調査では、NIES 統計 DS データによる MRI-CGCM3 及び MIROC の気候シナリオで影響評価を実施したが、確からしい結果の取得には、より多くの将来予測を用いることが必要と考えられる。また、黒大豆の生育には日射が重要な要素の一つとなるが、気温や降水量と比較し、気候シナリオの精度が低いことから、本調査では使用していない。

### 3.2.4 バイアス補正に関する情報

本調査独自のバイアス補正は実施していない。

### 3.2.5 気候シナリオ選択の理由

本調査では、平均的な状況を確認することを目的として進めたことから、統計的ダウンスケーリングによる気候シナリオを選択した。

## 3.3 気候変動影響に関する調査手法

### 3.3.1 手順

本調査では、黒大豆及び普通大豆の生育に関する既往文献による知見をまとめると共に、過去の丹波黒大豆の実測データと気象との関係を解析すると共に、将来の黒大豆への影響を評価した。丹波黒大豆は実測データが十分得られないことから、既往研究による普通大豆に関する知見も、積極的に利用した。また、将来的な品質低下を軽減することを目的として、成熟遅延に対する適応策を検討した。

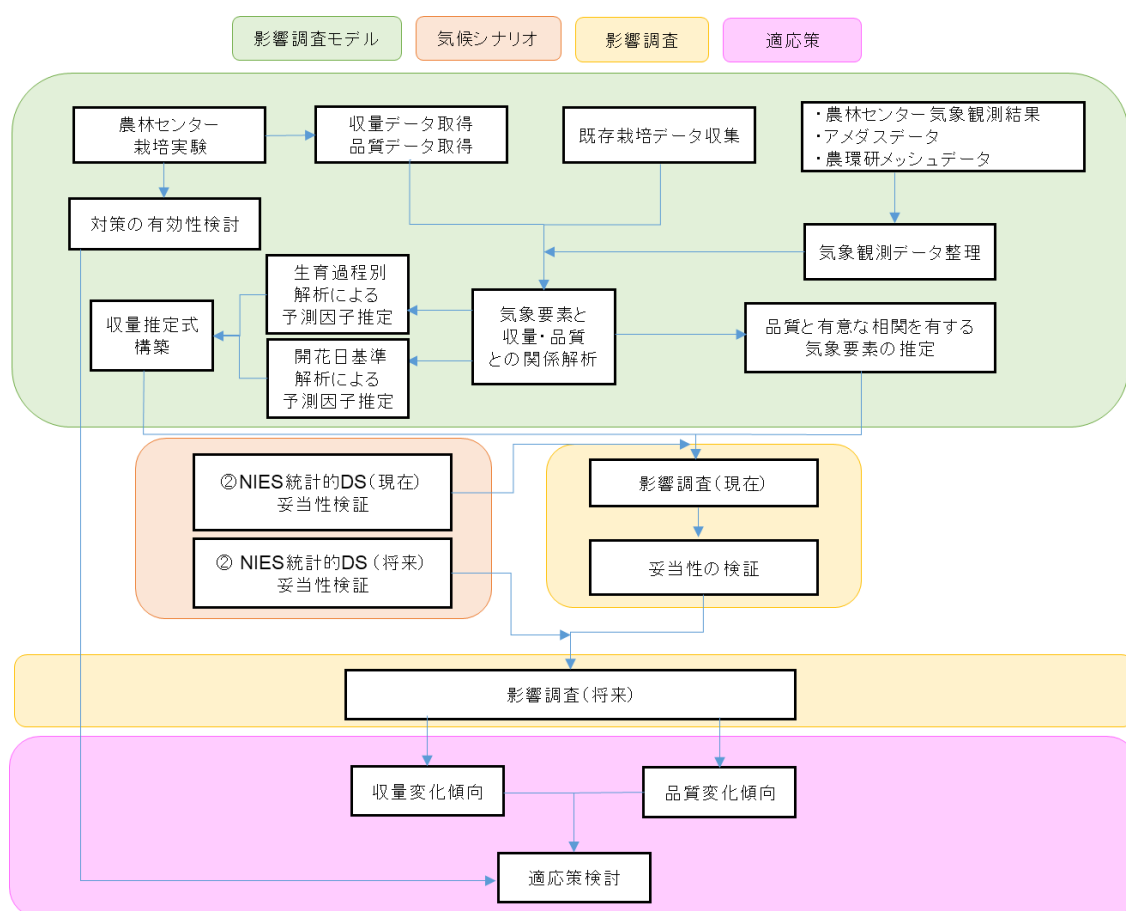


図 3.3-1 気候変動影響の検討フロー(調査項目 4-1)

### 3.3.2 使用したデータ・文献

本調査の実施にあたり、京都府農林水産技術センター農林センター圃場における黒大豆の収量及び品質(不定形裂皮比率等)の測定値(2010 年から 2016 年)の他、当該圃場での気温及び降水量観測値、京都地方気象台での日射量観測値を利用し、解析を行った。

表 3.3-1 主な収集データ

項目	内容	概要
黒大豆	黒大豆の収量、不定形裂皮率	京都府農林水産技術センター農林センター圃場における測定値(2010 から 2016 年)
気象	気温、降水量	京都府農林水産技術センター農林センター圃場における測定値(2010 から 2016 年)
	日射量	京都地方気象台の観測値(2010 から 2016 年)

また、その他収集した主な文献を表 3.3-2 に示す。

表 3.3-2 文献調査結果の概要

文献	概要
大江和泉, 上郷玲子, 城さやか, 倉橋崇之, 齊藤邦行, 黒田俊郎, 2007:気温上昇がダイズの開花結莢, 乾物生産と子実収量におよぼす影響, 日本作物学会紀事, 76(3), 433-444.	・ダイズでは、花蕾数は開花期間の平均気温、莢数は登熟期の平均気温の影響を受けており、どちらも一定の温度までは増加し、それを超えると減少する。
岡井仁志, 寺嶋武史, 杉本充, 河瀬弘一, 稲葉幸司, 2009:2007 年産丹波黒ダイズに多発した裂皮について, 作物研究, 54, 19-22.	・2007 年産丹波黒大豆の不定形裂皮発生は、①シンク・ソースバランス等の粒の肥大に関わる要因、②子葉の奇形・子実の長/幅比の増大による種皮張力の増大、③莢伸長期前後の高温等の 3 つの要因が関連している可能性がある。
澤田富雄, 岩井正志, 2008:2007 年産黒大豆「丹波黒」に発生した裂皮について, 日本作物学会講演会要旨集, 225(0), 68-69.	・2007 年産の丹波黒の裂皮について調査し、9 月上旬から 10 月上旬の高温、少雨が裂皮発生要因の一つであることが示唆する結果が得られた。

### 3.3.3 有識者ヒアリング

本調査の実施にあたり、実施したヒアリング等の内、主な内容を以下に示す。

表 3.3-3(1) ヒアリング結果の概要

NO.	1
ヒアリング対象者	京都府農林水産技術センター農林センター 作物部長 蘆田哲也氏 主任研究員 杉本充氏
日付	2017 年 10 月 27 日 13:00～15:00
場所	京都府農林水産技術センター農林センター
概要	過去の丹波地域での黒大豆の栽培データについて説明を受けた。また、成熟遅延の測定値の取りまとめ方について、農林センターと情報交換を行った。

NO.	2
ヒアリング対象者	京都大学 教授 白岩立彦氏 京都府農林水産技術センター農林センター 主任研究員 杉本充氏
日付	2018 年 10 月 9 日 13:30～16:30
場所	京都府農林水産技術センター農林センター
概要	京都府農林センターの圃場での状況を伺うと共に、データ数が少ない場合の取り扱いについて伺った。2018 年の台風では、落葉や落莢はあったものの、壊滅的な被害はなかった。過去の生育データの解析では、固定された期間の生育ステージの設定だけでなく、開花日を基準とした生育ステージの設定でも実施するとよい、との助言を頂いた。

NO.	3
ヒアリング対象者	京都大学 教授 白岩立彦氏 京都府農林水産技術センター農林センター 主任研究員 杉本充氏
日付	2019 年 4 月 19 日 13:30～16:00
場所	京都大学農学研究科 作物学研究室
概要	品質の影響評価モデルは知見及びデータの不足から、推定モデルの作成は困難と考えられることから、過去のデータの解析に留めるとよいこと、また、収量の影響評価には日射が重要な影響を及ぼしているため、推定式への導入を検討した方がよいこと、等の助言を頂いた。

表 3.3-3(2) ヒアリング結果の概要

NO.	4
ヒアリング対象者	京都大学 教授 白岩立彦氏 京都府農林水産技術センター農林センター 主任研究員 杉本充氏
日付	2019 年 9 月 3 日 14:00～16:30
場所	京都大学農学研究科 作物学研究室
概要	日射量及び気温は大豆の生育に重要な要素だが、過去の収量データが少ない中での統計モデル構築では、多重共線性の課題が残る。収量の影響評価モデルの精度向上には、過去の均一な収量データが不可欠であり、本調査での影響評価結果は、現在得られている限られた測定値による結果であることを明記すべきである、との助言があった。

### 3.3.4 観測および実証実験

本調査で、気候変動の適応策として検討した、成熟遅延対策として、以下の 3 種の栽培実験を行った。

#### 3.3.4.1 播種期の調整

成熟遅延の原因とされる、登熟期の高温や開花・結実期間の高夜温を回避するため、播種時期を変化させた場合の生育を確認する実験を平成 29 年度から平成 31 年度にかけて実施した。

播種期は、5 月下旬、6 月下旬、6 月中旬、6 月下旬の 4 期に分けて実験を行い、生育期間中の気象データ、土壌水分を測ると共に、収穫期の色、収穫後の収量、子実品質等を測定し、効果を確認した。

#### 3.3.4.2 登熟後期での断根処理

登熟期後期の断根により、サイトカイニンの生成抑制による茎葉老化の促進効果が見込まれる。植物ホルモンのサイトカイニンが抑制されることで、適切な時期での黒大豆の成熟化が見込まれ、過剰な成長による裂皮の抑制も期待できる。

成熟開始、成熟開始から 7 日後、成熟開始から 14 日後のそれぞれの時期の断根実施区を設定すると共に、無処理の区画でも比較を行った。生育期間中の気象データ、土壌水分を測ると共に、収穫期の色、収穫後の収量、子実品質等を測定し、効果を確認した。

### 3.3.4.3 登熟期の摘葉

強制落葉による成熟遅延抑制効果を確認することを目的とし、摘葉の実験を行った。摘葉により光合成が抑制されることで、断根と同様、適切な時期での黒大豆の成熟化が見込まれ、過剰な成長による裂皮の抑制も期待できる。

成熟開始、成熟開始から 7 日後、成熟開始から 14 日後のそれぞれの時期の断根実施区を設定すると共に、無処理の区画でも比較を行った。生育期間中の気象データ、土壌水分を測ると共に、収穫期の色、収穫後の収量、子実品質等を測定し、効果を確認した。

### 3.3.5 気候変動影響予測手法の検討

影響予測にあたり、黒大豆及び普通大豆の生育に関する既往文献をまとめると共に、黒大豆の実測データを用いて、その収量及び品質と各生育ステージにおける気象条件との関係を解析した。実測データはサンプル数が限られていることから、本調査では収量については、統計的な収量推定式を作成し将来の影響を評価し、品質については解析結果による定性的な評価とすることとした。

### 3.3.6 影響予測モデルに関する情報

#### 3.3.6.1 収量推定モデル

丹波黒大豆の収量の解析には、2010 年から 2016 年までの計 7 年分の京都府農林水産技術センターの収量データ及び同圃場で得られた気温、降水量の観測値の他、データが得られない気象要素については農研機構によるメッシュ農業気象データを利用した。解析の際には、表 3.3-4 の生育ステージ毎の気象条件を求め、用いている。生育ステージの設定には開花日を基準とした手法も検討したが、将来の気候シナリオの適用が困難であることから、日付を固定した生育ステージでの解析及び将来予測とした。

表 3.3-4 解析に用いた生育ステージの定義

生育ステージ	対象期間	備考
生育初期	6/15～7/10	出芽期～
生育中期	7/11～8/5	～開花始
開花期間	8/6～8/20	開花始～開花期～終花
着莢・結実期	8/21～9/12	終花～着莢期～子実肥大始
子実肥大前期	9/13～10/10	子実肥大始～子実肥大期～
子実肥大後期	10/11～11/6	～成熟始
成熟始～成熟期	11/7～11/28	成熟始～成熟期

実測データの解析及び既往文献との整合性から、収量に影響を与える気象要素として、①生育中期の日照時間、②生育中期の平均気温、③開花期間の最低気温、④開花期間の降水量の 4 種が挙げられた。このうち、①及び②は収量増、③及び④は収量減に寄与していた。なお、①の日照時間もしくは気候シナリオで得られる日射量は、他の要素と比較して気候シナリオでの不確実性が高いことが知られていること、また①と②は要素同士の相関が 0.7 と高く、多重共線性の懸念から、推定式は②生育中期の平均気温、③開花期間の最低気温、④開花期間の降水量の 3 種の気象要素を用いて作成した。

### 3.3.6.2 品質の推定

品質の推定も収量と同様のデータによる解析を行ったが、均質なデータ少ないことから、将来予測は定性的な検討に留めた。

### 3.3.7 影響予測に必要な入力パラメータ

収量推定式作成にあたり、黒大豆の収量データその他、当該地域での日平均・最高・最低気温、降水量の気象要素を利用した。

### 3.3.8 影響予測における留意事項(制限事項)

利用にあたっては、今回推定式に含まれていない日射の影響も大豆の生育に影響を及ぼすこと、また、将来は今回の調査で経験していない高温の条件が発生する可能性が高いことについても考慮が必要と考えられる。

## 3.4 調査結果

### 3.4.1 文献調査結果

黒大豆、特に丹波黒大豆の既存の生育に関するデータが少ないこと、またそれらに特化した既往研究のみでは、気象との関係について十分な情報が得られないことから、本調査では黒大豆だけでなく、大豆全般に関する気象との関係の既往研究を収集し、整理した。収集した文献から、黒大豆及び大豆全般と気象の主な影響をまとめ、図 3.4-1 に示した。

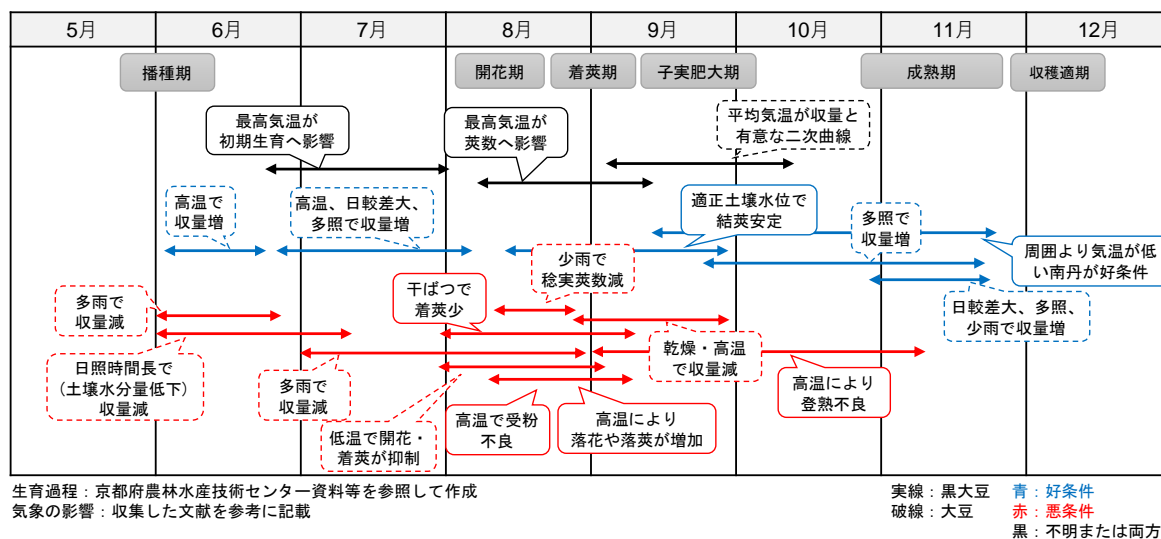


図 3.4-1 各生育過程での気象影響

### 3.4.2 有識者ヒアリングの結果

京都大学農学系研究科の白岩教授、及び京都府農林水産技術センター農林センターの杉本主任研究員から、調査の進捗に応じて、助言を頂いた。ヒアリングからは、黒大豆の生育において気温、降水量、日射量が重要であること、また開花期を基準とした生育ステージの設定が、黒大豆の生育を踏まえた解析には適切であることなどが指摘された。一方で、気候変動で上昇が見込まれる気温に比較し、日射量の将来の傾向は不確実性が高いことを踏まえ、気温及び降水量を主要要素とする推定式を作成することとなった。

### 3.4.3 観測や実証実験の結果

#### 3.4.3.1 播種期の調整

平成 30 年度では 6 月上旬の播種で成熟遅延の傾向が見られるなど、年度により結果にばらつきが生じているが、平成 31 年度は播種期が通常より早い 5 月 20 日播種で成熟程度が有意に高い傾向が見られると共に、莢数の増加も見られ、適応策として一定の効果があつた可能性が示唆される(表 3.4-1)。

表 3.4-1 播種期による成熟程度(平成 31 年度)

播種期	成熟程度(1－5)*		莢数 莢/株
	成熟始	成熟期	
5 月 20 日	1.5	4.3	151.8
6 月 3 日	1.2	4.0	109.3
6 月 17 日	1.2	4.3	101.2
6 月 28 日	1.2	4.3	99.6

\*成熟程度の指標で成熟度の高いものを 5 とする

### 3.4.3.2 登熟後期での断根処理

圃場での実験では、断根処理を実施しない場合と比較し、登熟後期に断根を実施した区での成熟程度が有意に高い傾向が見られ、適応策としての一定の効果が示唆された(表 3.4-2)。

表 3.4-2 断根の有無による成熟程度の違い(平成 31 年度)

処理内容	成熟程度(1-5)*		莢数
	成熟始	成熟期	莢/株
断根あり	1.2	4.1	82.4
無処理	1.2	3.7	93.0

\*成熟程度の指標で成熟度の高いものを 5 とする

### 3.4.3.3 登熟期の摘葉

摘葉処理を実施しない場合と比較し、登熟期に強制的落葉を実施した区において、成熟程度が高い傾向が見られ、適応策として一定の効果があつたと考えられる(表 3.4-3)。

表 3.4-3 摘葉の有無による成熟程度の違い(平成 31 年度)

処理内容	成熟程度(1-5)*		莢数
	成熟始	成熟期	莢/株
全摘葉	1.2	4.2	87.6
半摘葉	1.3	4.2	87.3
無処理	1.2	3.7	93.0

\*成熟程度の指標で成熟度の高いものを 5 とする

## 3.4.4 気候変動影響予測結果

### 3.4.4.1 丹波黒大豆の収量

将来の収量予測結果を図 3.4-2 に示す。本調査で使用した MRI-CGCM3 の結果では、21 世紀中頃に RCP2.6 で 2%程度、RCP8.5 で 4%程度の増加が予測された。また、同モデルでの 21 世紀末では、RCP2.6 で 7%程度、RCP8.5 で 12%程度の増加の可能性が推定された。一方で、この推定は限られた黒大豆の実測データによる結果であること、特に現在の水準を超えるような高温は統計式作成に組み込めていないことから、将来の推定結果の利用には注意が必要である。

なお、大江ら(2007)による普通大豆に関する既往研究では、開花期間及び登熟期の平均気温が、それぞれ花蕾数及び莢数に影響することが指摘されており、どちらも一定の温度までは増加し、それを超えると減少する結果となっている。このため、丹波黒大豆においても、同様に、一定以上の高温下では、収量が減少する可能性が示唆される。

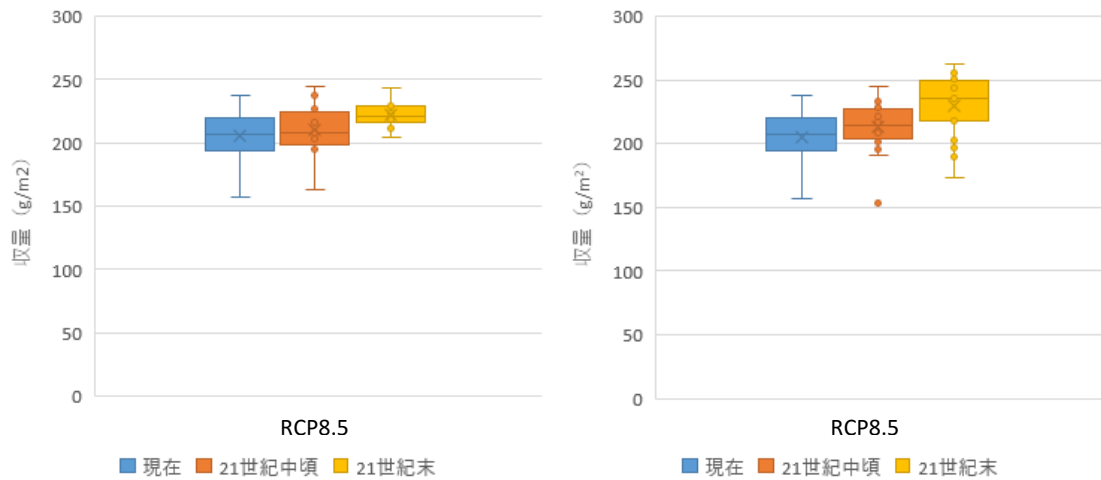


図 3.4-2 将来の収量予測(MRI-CGCM3、左:RCP2.6、右:RCP8.5)

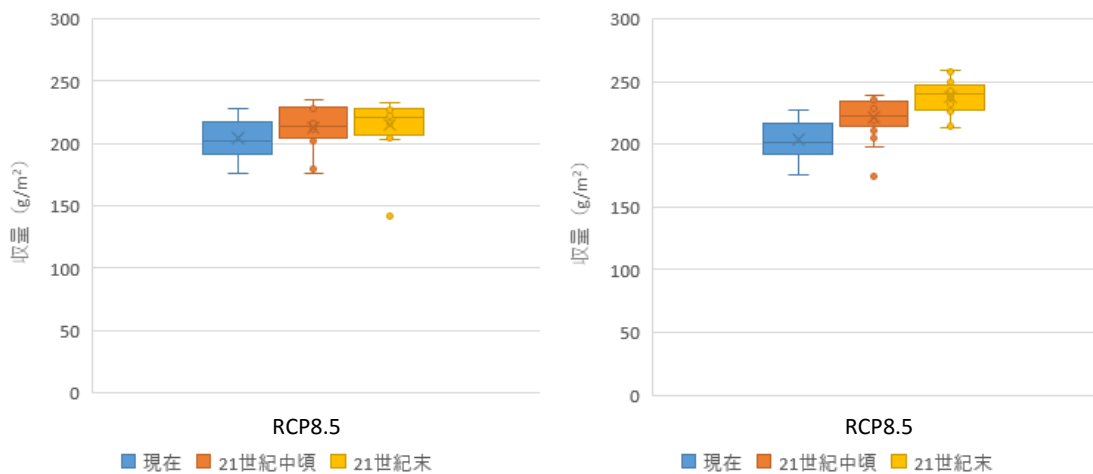


図 3.4-3 将来の収量予測(MIROC5、左:RCP2.6、右:RCP8.5)

#### 3.4.4.2 丹波黒大豆の品質

黒大豆の不定形裂皮は、開花期以降(9月上旬から10月上旬)の気温や降水量が影響を及ぼす可能性が指摘されている(岡井ら、2009、澤田ら、2008)。不定形裂皮のデータが不足していることから、モデル構築には至らなかったが、これまでの実測データからは、子実肥大期(本調査では9月13日～10月10日と設定)に高温となるケースで裂皮率が高く(図3.1-4)、上記の文献と整合的な結果が得られている。

なお、黒大豆での実測値が得られていない成熟遅延については、不定形裂皮と同様、開花期以降の高温・少雨の影響が指摘されている。過度な成熟が不定形裂皮の要因と考

えられること、不定形裂皮と成熟遅延の関係性から、適応策としては、成熟遅延対策を扱うこととした。

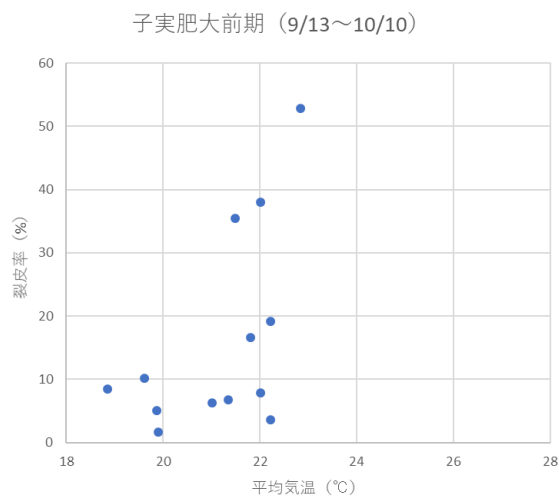


図 3.4-4 子実肥大期(9/13～10/10)の平均気温と黒大豆の不定形裂皮率  
(京都府農林センター)

### 3.4.5 結果を活用する上での留意点・制限事項

#### 3.4.5.1 本調査の将来予測対象とした事項

本調査では、丹波黒大豆の収量について、生育期間毎の気象条件(平均気温、降水量等)との関係を調査し、推定式を作成した上で、気候シナリオを用いた将来の影響予測を行った。

#### 3.4.5.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

丹波黒大豆の生育には、日射も関与することが知られているが、影響予測モデル構築に利用可能なデータが不足していること、気候シナリオの精度の問題から、本調査では日射量はモデルに組み込んでいない。また、気温の上昇に伴い、生育ステージの時期の変動が想定されるが、本調査では将来も生育ステージは変化しない想定で影響評価を行った。

なお、不定形裂皮率等の品質も気象条件との関連が知られているが、本調査では利用可能なデータが不足していることから、定性的な解析のみとした。

#### 3.4.5.3 その他、成果を活用する上での制限事項

丹波黒大豆は過去の均質なデータが限られていることから、本調査では一般的な大豆の知見も踏まえて検討を行った。また、同様の理由により、簡略化した収量予測となっていることから、対策の実施に当たっては、本調査での予測因子に含まれない日射等の要素の寄与の可能性についても考慮が必要である。今後の継続した丹波黒大豆のデータ取得により精度向上が期待できる。

### 3.5 適応オプション

#### 3.5.1 手順

適応オプションの選定にあたっては、以下のフローに従って検討した。

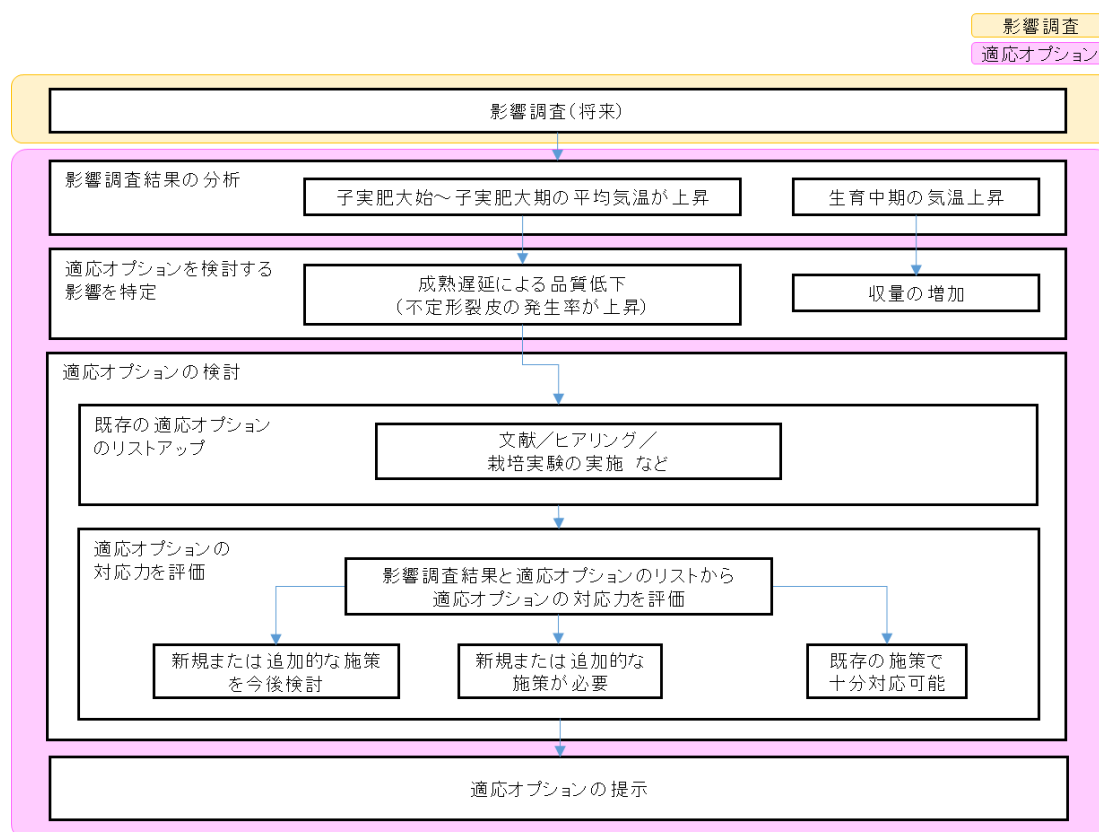


図 3.5-1 適応オプションの検討フロー

### 3.5.2 概要

本調査で検討し、一定の効果が考えられた適応オプションを表 3.5-1 に、またその根拠となる情報を表 3.5-2 に示す。

表 3.5-1 適応オプション(調査項目 4-1):再掲

適応 オプション	想定される 実施主体			現状		実現可能性				効果	
	行政	事業者	個人	普及 状況	課題	人的 側面	物的 側面	コスト 面	情報 面	効果 発現ま での 時間	期待 される 効果の 程度
①播種期の調整		●		普及が 進んで いない	播種期の違いによる、収量及び品質に及ぼす影響を把握するためのデータを収集する必要がある	◎	◎	△	◎	短期	中
②後期中耕処理		●		普及が 進んで いない	実施する時期の把握や機械化技術の確立を進める必要がある	◎	△	△	△	短期	低
③摘葉処理		●		普及が 進んで いない	機械化技術の確立を進める必要がある	◎	○	△	◎	短期	中

表 3.5-2 適応オプションの根拠(調査項目 4-1)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
①播種期の調整	京都府農林水産技術センター農林センターにおいて平成 29 年、平成 30 年に実施した栽培実験では、播種期を 5 月下旬に前倒しすることにより、成熟程度が高い傾向であったことから、成熟遅延の抑制には有効と考えられる。 なお、京都府農林水産技術センターのヒアリングでは、作業のしやすさ、取り組みやすさの観点で優れていると評価されている。
②後期中耕処理	京都府農林水産技術センター農林センターにおいて平成 29 年、平成 30 年に実施した栽培実験では、実施時期にかかわらず、無処理区と比較すると後期中耕処理による断根で、成熟が早まる傾向が見られたことから、成熟遅延の抑制には有効と考えられる。また、断根の時期が早いと減収に繋がる傾向も見られた。 なお、京都府農林水産技術センターのヒアリングでは、作業のしやすさ、取り組みやすさの観点で課題があると評価されている。
③摘葉処理	京都府農林水産技術センター農林センターにおいて平成 29 年、平成 30 年に実施した栽培実験では、成熟期から 7 日までに行った摘葉により成熟の進展が早まる傾向が見られたことから、成熟遅延の抑制には有効と考えられる。

### 3.5.3 播種期の調整

子実肥大期の高温等の影響を回避した上で、成熟遅延による品質低下を低減するため、播種期を早期化する手法を検討した。本調査で平成 29 年度に実施した栽培実験でも、播種

期が早いほど成熟程度が高い傾向が認められており、一定の効果があることが示唆されている。

なお、成熟遅延の過去のデータが少ないことから、今後もデータの蓄積を行うことにより、より確かな傾向の把握が可能となると考えられる。

#### 3.5.4 後期中耕処理

成熟遅延に対する登熟期の対策として、サイトカイニンの生成抑制を目的とした断根を検討した。これは、登熟後期（後期中耕）に断根することで、サイトカイニンが抑制され、茎葉の老化促進がされることで、成熟の遅れを回避する手法である。本調査での栽培実験でも、後期中耕の実施区と無処理区では、実施区での成熟程度が高くなる傾向が見られている。一方で、省力的に利用できる機械化技術が確立していないことから、取り組みやすさの点では今後の更なる技術的な検討が必要と考えられる。

なお、成熟遅延は過去のデータが少ないことから、更なるデータの蓄積が必要と考えられる。

#### 3.5.5 摘葉処理

後期中耕と同様、登熟期の成熟遅延対策として、摘葉処理についても検討を行った。これは、強制的に落葉させることで光合成が抑制され、成熟の遅延を回避する手法である。本調査での栽培実験でも、摘葉処理を行った区では成熟程度が高くなる傾向が認められており、適応策としての一定の効果が示唆される。

なお、他の適応オプション同様、成熟遅延の過去のデータが少ないことから、更なるデータの蓄積が必要と考えられる。

### 3.6 参考文献一覧

- ・ 大江和泉, 上郷玲子, 城さやか, 倉橋崇之, 齊藤邦行, 黒田俊郎, 2007: 気温上昇がダイズの開花結莢, 乾物生産と子実収量におよぼす影響, 日本作物学会紀事, 76(3), 433-444.
- ・ 岡井仁志, 寺嶋武史, 杉本充, 河瀬弘一, 稲葉幸司, 2009: 2007 年産丹波黒ダイズに多発した裂皮について, 作物研究, 54, 19-22.
- ・ 澤田富雄, 岩井正志, 2008: 2007 年産黒大豆「丹波黒」に発生した裂皮について, 日本作物学会講演会要旨集, 225(0), 68-69.