

6. 6-5 気候変動によるスイートピーへの影響調査

6.1 概要

6.1.1 背景・目的

宮崎県は、冬季に晴天日が多いことを活かして、スイートピーの産地が形成されており、その生産量は国内生産の 50%を占めている。近年産地では、晩秋や早春の高温による成長点への障害発生や連続した曇雨天による日照不足に起因する蕾の落下が発生している。本調査は、スイートピーの生産安定化を図るため、気候変動と生育障害との関連性を解析するとともに、適応策を検討した。

6.1.2 実施体制

本調査の実施体制は、図 6.1-1 に示すとおりである。

本調査の実施者：一般財団法人九州環境管理協会

アドバイザー：元東京農業大学 井上 知昭、

宮崎県総合農業試験場 花き部長 中村 薫

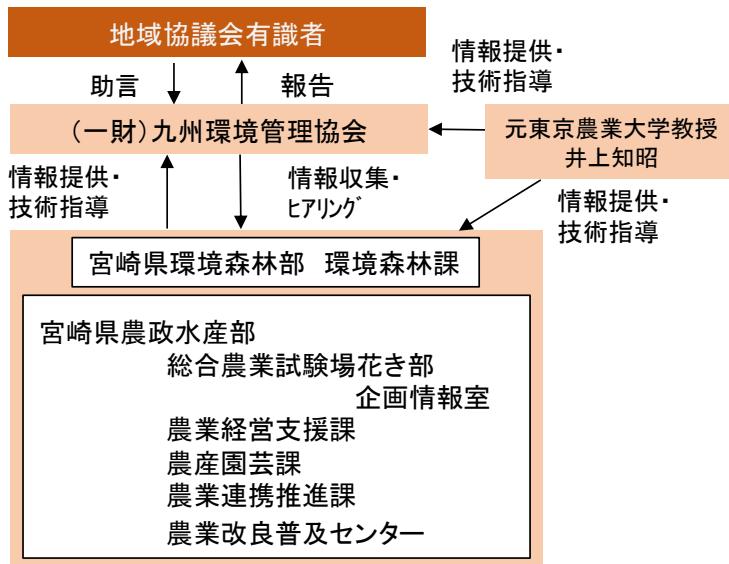


図 6.1-1 実施体制

6.1.3 実施スケジュール（実績）

本調査は、平成 30 年度及び平成 31 年度の 2 カ年で実施した。平成 30 年度は、スイートピーの生育障害や適応策に関する情報を収集するとともに、篤農家へのヒアリングを行った。また、栽培環境調査を実施し、ハウス内外の気温、日射量、湿度等を観測し、生育障害の発生状況を観察した。これらの情報をもとに、落蕾の発生、波打ちの発生、花梗

長の短化と気候変化との関連性について解析した。平成31年度は、解析結果を踏まえて構築した一般化線形モデルを用いて将来影響予測を行うとともに、適応策を検討した。

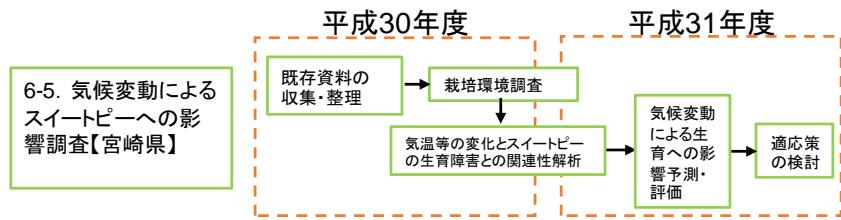


図 6.1-2 実施体制

6.1.4 気候シナリオ基本情報

気候シナリオデータは、表 6.1-1 気候シナリオ基本情報に示すとおりである。落葉、波打ち、花梗長のそれぞれについて、気候モデル 2 種類、排出シナリオ 2 ケース、予測期間 2 期の合計 8 ケースの予測を行った。

表 6.1-1 気候シナリオ基本情報

項目	落葉	波打ち	花梗長
気候シナリオ名	NIES 統計 DS データ		
気候モデル	MIROC5、MRI-CGCM3		
気候パラメータ	日平均気温、日最高気温、日最低気温、日射量、日平均湿度		
排出シナリオ	RCP2.6、RCP8.5		
予測期間	21世紀中頃、21世紀末		

6.1.5 気候変動影響予測結果の概要

6.1.5.1 落葉発生率

スイートピー栽培ハウス内の気温、日射量、湿度と落葉発生率の回帰分析の結果、落葉発生率は、栄養生長・生殖生長調節期（11月～12月）では“5～9日前の日射量積算値”、開花最盛期・草勢維持期（1月～3月）では“12～16日前の最低気温”との相関が高かった。

落葉発生率の予測の結果、21世紀中頃、RCP2.6 では、気候変動による落葉発生率の顕著な変化はみられなかった。21世紀末、RCP8.5 では、日射量の減少等により現在よりも落葉発生率が 3～12% 高くなると予測された。

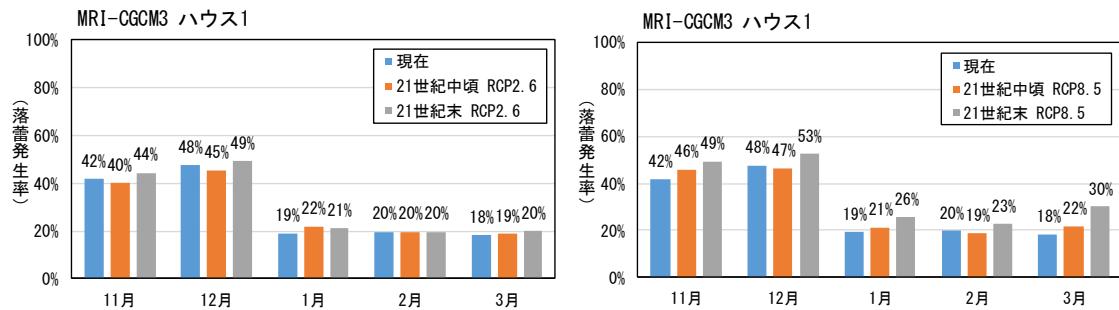


図 6.1-3 月別平均落雷発生率の予測結果 (MRI-CGCM3、ハウス 1)

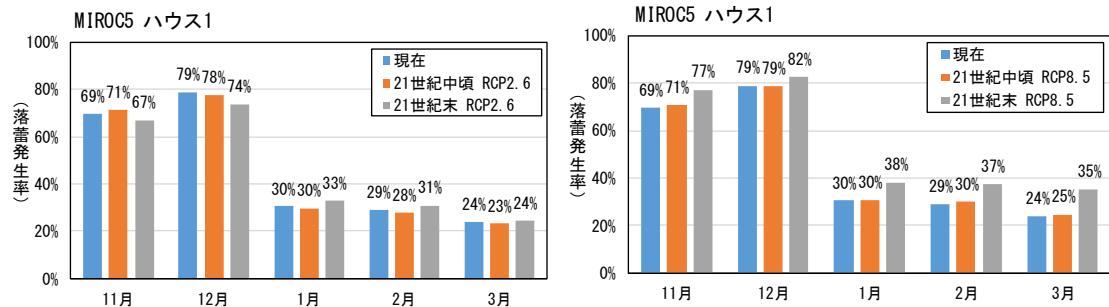


図 6.1-4 月別平均落雷発生率の予測結果 (MIROC5、ハウス 1)

6.1.5.2 波打ち発生率

スイートピー栽培ハウス内の気温、日射量、湿度と波打ち発生率の回帰分析の結果、栄養生長・生殖生長調節期（11月～12月）では、波打ち発生率は“11～15日前の最低気温の最大値”との相関が高かった。開花最盛期・草勢維持期（1月～3月）については、いずれの気候パラメータとも高い相関はみられなかった。

波打ち発生率の予測の結果、21世紀中頃、RCP2.6では、気候変動による波打ち発生率の顕著な変化はみられなかった。21世紀末、RCP8.5では、波打ち発生率は現在よりも13～18%低くなると予測された。

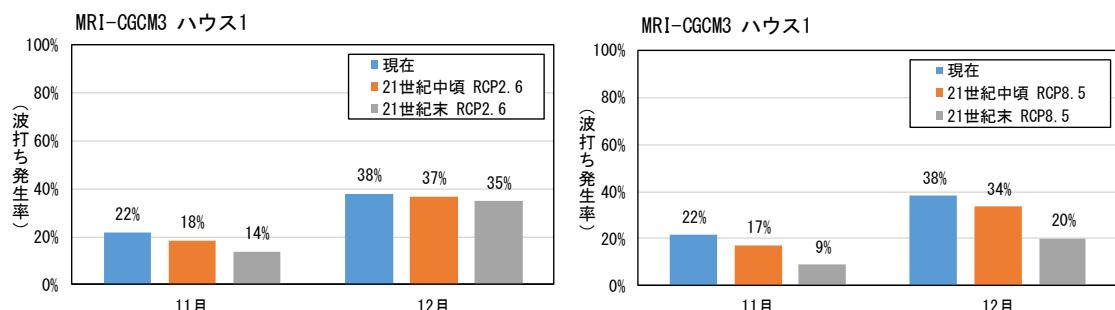


図 6.1-5 月別平均波打ち発生率の予測結果 (MRI-CGCM3、ハウス 1)

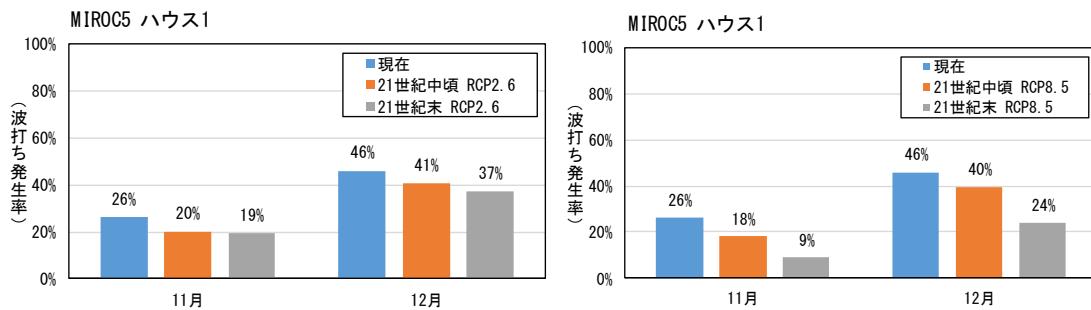


図 6.1-6 月別平均波打ち発生率の予測結果 (MIROC5、ハウス 1)

6.1.5.3 花梗長

宮崎県内のスイートピー栽培では、ハウス内の気温が上昇する 3 月上旬頃から花梗長が短くなる現象がみられる。

回帰分析の結果、花梗長は“4～8 日前の平均気温の最大値”との相関が高かった。

花梗長の予測の結果、21 世紀中頃、RCP2.6 では、気候変動による花梗長の顕著な変化はみられなかった。21 世紀末、RCP8.5 では、気温等の上昇により現在と比べて花梗長が 5cm 程度短くなると予測された。

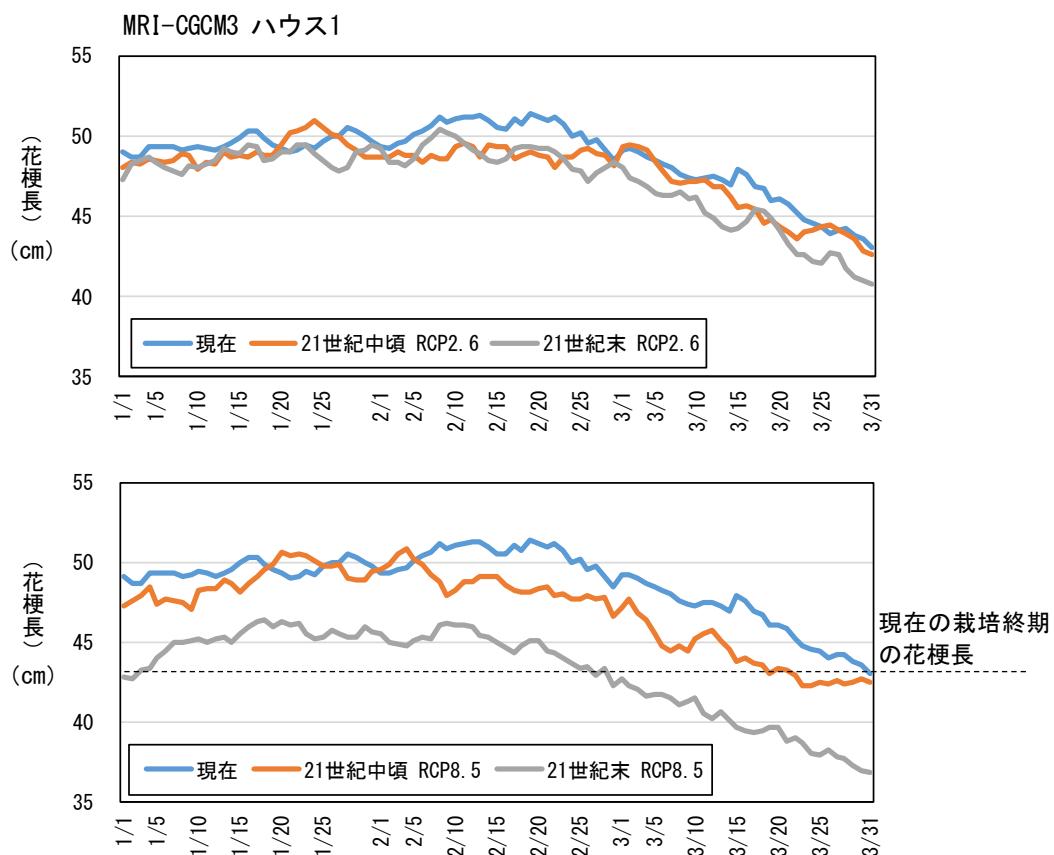


図 6.1-7 花梗長の予測結果 (MRI-CGCM3、ハウス 1)

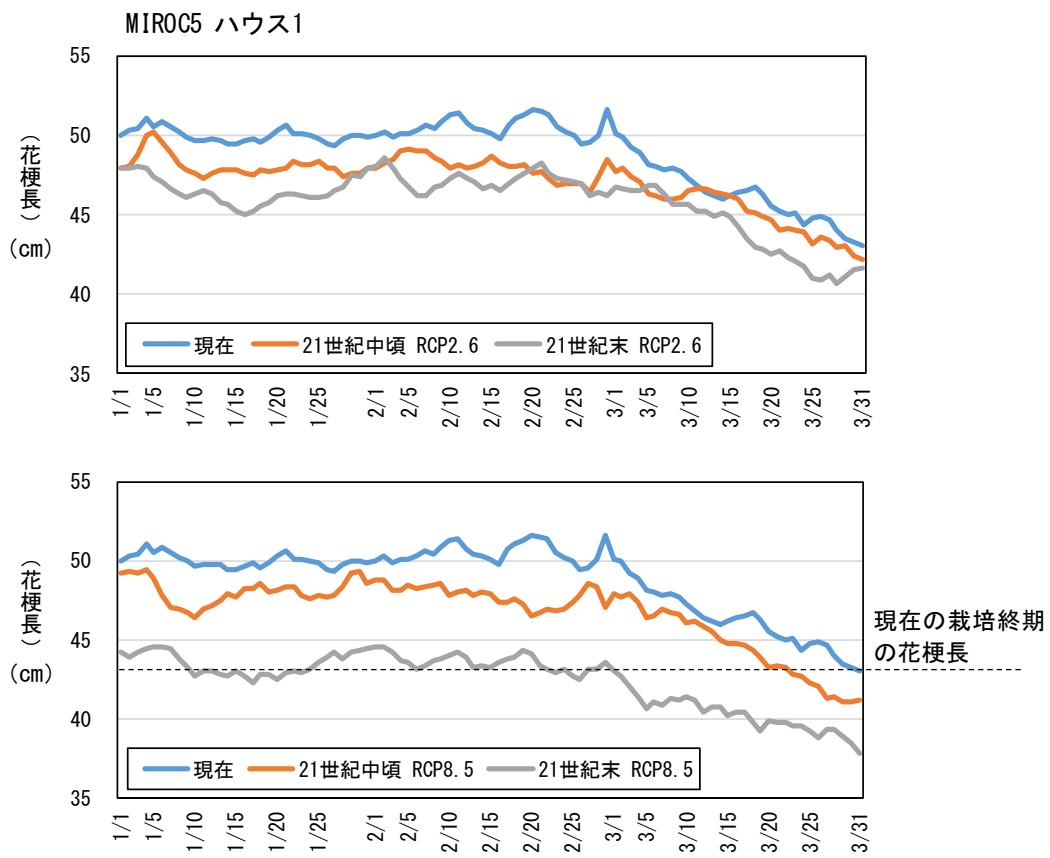


図 6.1-8 花梗長の予測結果 (MIROC5、ハウス 1)

6.1.6 活用上の留意点

6.1.6.1 本調査の将来予測対象とした事項

本調査では、気候変動による最高気温、日射量、湿度の変化がスイートピーの生育障害発生に及ぼす影響を対象とした。

6.1.6.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

本調査では、宮崎県で多く栽培されているチェリーとステラを対象としており、その他のスイートピーの品種については対象外とした。

6.1.6.3 その他、成果を活用する上での制限事項

本調査で構築した一般化線形モデルは、2018-2019年に実施した栽培環境調査にもとづくものであり、当該栽培期間の気象条件を反映したものであることに留意が必要である。

6.1.7 適応オプション

落蕾の抑制、波打ち発生抑制、花梗長の短化の抑制に関する適応オプションは、表2.1-3(1)～表6.1-4に示すとおりである。

表 6.1-2 適応オプションー落蓄の抑制（1）

適応オプション	想定される実施主体※1			評価結果							
				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
補光（光エネルギーとして LED）		●		普及が進んでいない	高輝度廉価 LED の開発	◎	△	△	△	短期	高
補光（光エネルギーとして高压ナトリウムランプ）		●		普及が進んでいない	高温のため障害が発生しやすい。高価である。	◎	○	△	△	短期	低
長日処理（光信号として白熱球・蛍光灯・LED）		●		普及が進んでいない	電照設備の設置	◎	○	△	◎	短期	中
床面・北側サイド面における反射フィルムの利用		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
落蓄抑制資材散布		●		普及が進んでいない	・資材の開発 ・農薬取締法への登録	◎	△	△	△	短期	高
換気窓の開閉（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	○	○	短期	中
妻窓の開閉（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	○	短期	中
循環扇の利用（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	○	短期	中
換気扇の利用（高温抑制）		●		普及が進んでいない	特に無し。個別ハウス構造上の問題もあり。	◎	○	△	○	短期	中
ハウス内部の内張りでの遮光ネットによる遮光（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	○	短期	中
高温耐性付与資材の利用		●		普及が進んでいない	今後の研究	◎	△	△	△	短期	高
冷房（ヒートポンプなど）の利用		●		普及が進んでいない	ヒートポンプの導入コストが高額	◎	○	△	△	短期	高

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

表 2.1-3 適応オプションー落葉の抑制（2）

適応オプション	想定される実施主体 ^{※1}			評価結果							
				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
遮熱フィルムの利用		●		普及が進んでいない	・遮光ネットとの利用競合。 ・汎用性の課題	◎	○	△	◎	短期	中
地温抑制マルチの利用		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
加湿機の利用		●		普及が進んでいない	飽差制御技術確立が必要	◎	○	△	△	短期	低
難落葉性品種の育成	●	●		普及が進んでいない	育成は始まったが種類を揃えるのに年月が必要	△	△	△	△	短期	高
高温耐性品種の育成	●	●		普及が進んでいない	選抜が開始されたが育成年月が必要	△	△	△	△	短期	高
環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	●	●		普及が進んでいない	育種素材の探索が必要	△	△	△	△	短期	高
草勢維持のための栽培管理マニュアル化	●			普及が進んでいない	今回の調査結果も含め環境データによる調節技術の開発が緒についた。	△	△	△	△	N/A	高
根域温度等調節技術開発による草勢管理技術の確立	●	●		普及が進んでいない	他品種で局部環境制御による草勢調節技術がすすんでおり、それを参考に検討が開始された。	△	△	△	△	N/A	高

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

※2. 「N/A」は、評価が困難であることを示す。

表 6.1-3 適応オプション－波打ち発生の抑制

適応オプション	想定される実施主体※1			評価結果							
				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
補光（光エネルギーとしてLED）		●		普及が進んでいない	高輝度廉価LEDの開発	◎	△	△	△	短期	高
補光（光エネルギーとして高圧ナトリウムランプ）		●		普及が進んでいない	高温のため障害が発生しやすい。高価である。	◎	○	△	△	短期	低
長日処理（光信号として白熱球・蛍光灯・LED）		●		普及が進んでいない	電照設備の設置	◎	○	△	◎	短期	中
床面・北側サイド面における反射フィルムの利用		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	●	●		普及が進んでいない	育種素材の探索が必要	△	△	△	△	短期	高
草勢維持のための栽培管理マニュアル化	●			普及が進んでいない	今回の調査結果も含め環境データによる調節技術の開発が緒についた。	△	△	△	△	N/A	高
根域温度等調節技術開発による草勢管理技術の確立	●	●		普及が進んでいない	他品種で局部環境制御による草勢調節技術がすすんでおり、それを参考に検討が開始された。	△	△	△	△	N/A	高

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

※2. 「N/A」は、評価が困難であることを示す。

表 6.1-4 適応オプション－花梗長の短化の抑制（1）

適応オプション	想定される実施主体 ^{※1}			評価結果							
				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
換気窓の開閉（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	◎	◎	◎	短期	中
妻窓の開閉（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
循環扇の利用（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
換気扇の利用（高温抑制）		●		普及が進んでいない	特に無し。個別ハウス構造上の問題もあり。	◎	○	△	◎	短期	中
ハウス内部の内張りでの遮光ネットによる遮光（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
高温耐性付与資材の利用		●		普及が進んでいない	今後の研究	◎	△	△	△	短期	高
冷房（ヒートポンプなど）の利用		●		普及が進んでいない	ヒートポンプの導入コストが高額	◎	○	△	△	短期	高
遮熱フィルムの利用		●		普及が進んでいない	遮光ネットとの利用競合。 汎用性の課題	◎	○	△	◎	短期	中
地温抑制マルチの利用		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
塗布型遮光材の利用		●		普及が進んでいない	塗布作業と剥がし作業に労力要	◎	○	△	◎	短期	中

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

表 6.1-4 適応オプションー花梗長の短化の抑制（2）

適応オプション	想定される実施主体 ^{※1}			評価結果							
				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
高温耐性品種の育成	●	●		普及が進んでいない	今後の研究	△	△	△	△	短期	高
環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	●	●		普及が進んでいない	育種素材の探索	△	△	△	△	短期	高
草勢維持のための栽培管理マニュアル化	●			普及が進んでいない	今回の調査結果も含め環境データによる調節技術の開発が緒についた。	△	△	△	△	N/A	高
根域温度等調節技術開発による草勢管理技術の確立	●	●		普及が進んでいない	他品種で局所環境制御による草勢調節技術がすすんでおり、それを参考に検討が開始された。	△	△	△	△	N/A	高

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

※2. 「N/A」は、評価が困難であることを示す。

表 6.1-5 適応オプションの考え方と出典（1）

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
補光（光エネルギーとしてLED）	<p>実験例あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中村 薫・郡司定雄 LED 補光がスイートピーの落蕾防止に及ぼす影響：九州の農業気象、2輯 19、4-5、2010 ・山下一男, 中岡直士, 中村 薫, 鳥原 亮：スイートピーの品質向上を目的とした LED 補光技術の研究, 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 2013 年
補光（光エネルギーとして高压ナトリウムランプ）	<p>実験例あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長嶺和実・郡司定雄・富永寛：人工光によるスイートピーの落蕾防止試験：平成 7 年度宮崎県総合農業試験場成績書：1995 年 ・井上知昭, 小池安比古, 杉山祥世, 高橋 貴, 三浦泰昌, 鈴木重俊：矯性スイートピー品種の開花の早晚性、施肥量ならびに光強度が生育開花に及ぼす影響, 園学雑 69 別 2, 2000 年 ・日野宏俊・郡司定雄・村田壽夫：補光電照の効果：平成 13 年度宮崎県総合農業試験場成績書：2001 年 ・井上知昭, 鈴木重俊, 小池安比古, 杉山祥世, 三浦泰昌, 五十嵐大造, 鈴木邦彦：人工光における光強度がスイートピーの落らいに及ぼす影響, 園学雑 71 別 2, 2002 年
長日処理（光信号として白熱球・蛍光灯・LED）	<p>実験例あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・井上知昭, 井上喜雄, 鈴木昌一, 橋口春三：スイートピーの開花の早晚性と日長反応性, 園学要旨 昭 61 春 ・日野宏俊・郡司定雄：長日処理によるスイートピーの草勢管理試験：平成 9 年度宮崎県総合農業試験場成績書：1997 年 ・日野宏俊・郡司定雄・村田壽夫：長日処理の効果：平成 13 年度宮崎県総合農業試験場成績書：2001 年 ・中村 薫・郡司定雄 LED 補光がスイートピーの落蕾防止に及ぼす影響：九州の農業気象、2 輯 19、4-5、2010
床面・北側サイド面における反射フィルムの利用	・床面は宮崎県・大分県・岡山県の多くの栽培農家で実施。北側サイドは大分県で実施している事例がある。
落蕾抑制資材散布	・大川清・石原義隆啓・兵藤宏・狩野敦：スイートピーの落蕾に及ぼすエチレンの影響：園学雑 60, 405-408、1991 で STS 効果で落蕾抑制できる報告があるが、農薬取締法により実施不可能。
換気窓の開閉（高温抑制）	・全国の栽培農家で多数実施されている。
妻窓の開閉（高温抑制）	・西日本の栽培農家で多数実施されている。
循環扇の利用（高温抑制）	・全国の栽培農家で多数実施されている。
換気扇の利用（高温抑制）	・一部の栽培農家で多数実施されている。
ハウス内部の内張りでの遮光ネットによる遮光（高温抑制）	・西日本の栽培農家で多数実施されている。
高温耐性付与資材の利用	<p>実験例あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国立大学法人神戸大学 助教 山内靖雄：植物の高温耐性誘導剤の実用化に向けた実証試験、平成 28 年 1 月～平成 29 年 1 月 ・宮崎県総合農業試験場で試験実施中（平成 30 年～）

表 6.1-5 適応オプションの考え方と出典（2）

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
冷房（ヒートポンプなど）の利用	<ul style="list-style-type: none"> ・起沢一広・中村薰・長友広明：小規模ハウスにおけるヒートポンプおよび複合環境制御システムを活用したスイートピーの高品質・高収益生産技術の検討：農業情報学会 2017 年度年次大会講演要旨集：17-18（講要）, 2017 ・起沢一広・中村薰・長友広明：スイートピー促成栽培におけるヒートポンプを利用した温湿度制御園学研. 18 (2) . 330. 2018
遮熱フィルムの利用	<ul style="list-style-type: none"> ・少数ではあるが、宮崎県の栽培農家で実施している事例がある。
地温抑制マルチの利用	<ul style="list-style-type: none"> ・日野宏俊・郡司定雄・村田壽夫：マルチ資材の効果：平成 12 年度宮崎県総合農業試験場成績書：2000 年 宮崎県の栽培農家で多数実施されている。
塗布型遮光材の利用	<ul style="list-style-type: none"> ・少数ではあるが、宮崎県の栽培農家で実施している事例がある。
加湿機の利用	<ul style="list-style-type: none"> ・宮崎県の栽培農家でミストの導入事例があり、普及が進みつつある。
難落蓄性品種の育成	<ul style="list-style-type: none"> 実験例あり。 ・宮崎県総合農業試験場：宮崎県花き生産振興のための新品種育成継続中
高温耐性品種の育成	<ul style="list-style-type: none"> 実験例あり。 ・宮崎県総合農業試験場：宮崎県花き生産振興のための新品種育成継続中
環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	<ul style="list-style-type: none"> 実験例あり。 ・宮崎県総合農業試験場：宮崎県花き生産振興のための新品種育成継続中
草勢維持のための栽培管理マニュアル化	<ul style="list-style-type: none"> これまでの栽培指針でなく、生育データに基づいた栽培管理手法について検討中（宮崎県総合農業試験場）
根域温度等調節技術開発による草勢管理技術の確立	<ul style="list-style-type: none"> ・窪田ら：新しい根域環境制御装置（N. RECS）を利用した根域温度調節による花苗の生長制御：園学研 17, 95-103、2018

6.2 気候シナリオに関する情報

6.2.1 気候シナリオ基本情報

気候シナリオデータは、影響評価に用いる気候指標及び時間解像度を満足する「NIES 統計 DS データ」を使用した。気候シナリオに関する基本情報は、表 6.2-1 に示すとおりである。落葉、波打ち、花梗長のそれぞれについて、気候モデル 2 種類、排出シナリオ 2 ケース、予測期間 2 期の合計 8 ケースの予測を行った。

表 6.2-1 気候シナリオ基礎情報

項目	落葉	波打ち	花梗長
気候シナリオ名	NIES 統計 DS データ		
気候モデル	MIROC5、MRI-CGCM3		
気候パラメータ	日平均気温、日最高気温、日最低気温、日射量、日平均湿度		
排出シナリオ	RCP2.6、RCP8.5		
予測期間	21 世紀中頃、21 世紀末		

6.2.2 使用した気候パラメータに関する情報

10 月～3 月の日平均気温、日最高気温、日最低気温は、現在と比較して 21 世紀中頃、MRI-CGCM3 の RCP2.6 及び RCP8.5 のいずれも 1°C 程度上昇すると予測されている。また、MIROC5 の RCP2.6 で 1°C 程度上昇、RCP8.5 で 1～2°C 上昇すると予測されている。

21 世紀末、MRI-CGCM3 の RCP2.6 で 1°C 程度上昇、RCP8.5 で 4°C 程度上昇すると予測されている。また、MIROC5 の RCP2.6 で 2～3°C 上昇、RCP8.5 で 5°C 程度上昇すると予測されている。

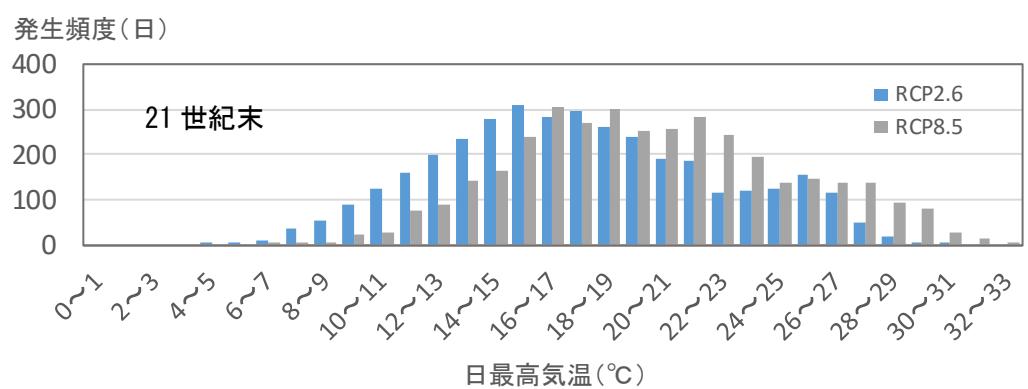
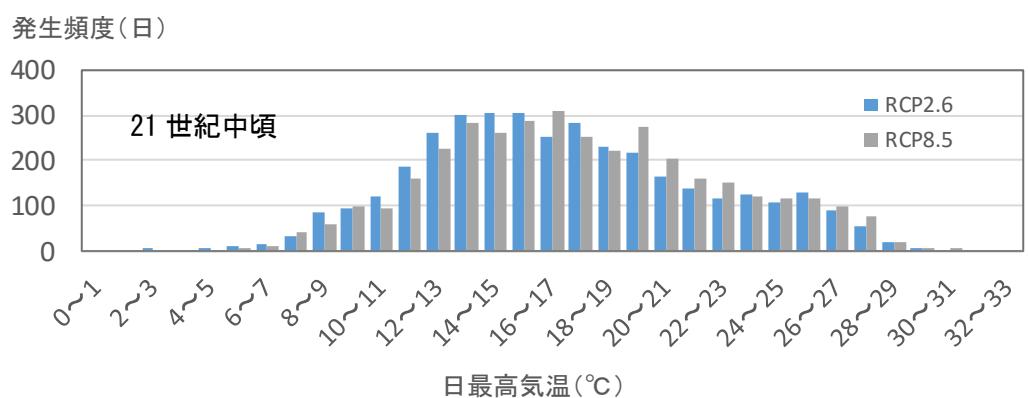
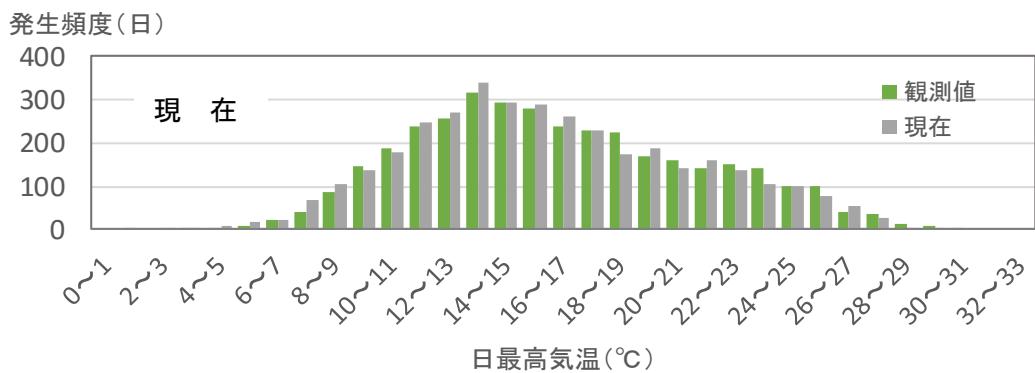
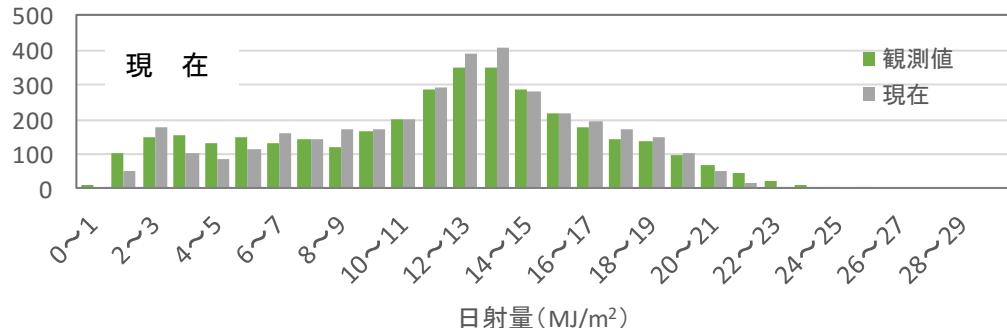


図 6.2-1 日最高気温の出現日数 (MRI-CGCM3 宮崎県都農町)

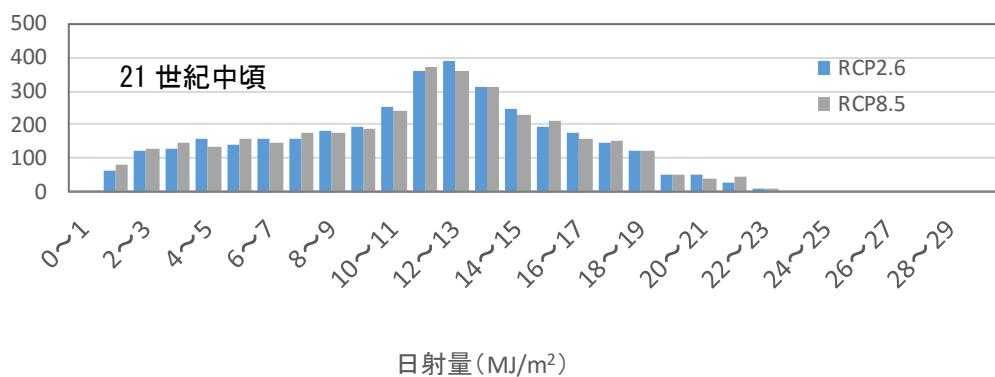
21世紀中頃、21世紀末の日射量（10月～3月）は、MRI-CGCM3、MIROC5 の RCP2.6 及び RCP8.5 のいずれについても現在と比較してほとんど変化しないと予測されている。

発生頻度(日)



注) 観測値は、宮崎地方気象台における値である。

発生頻度(日)



発生頻度(日)

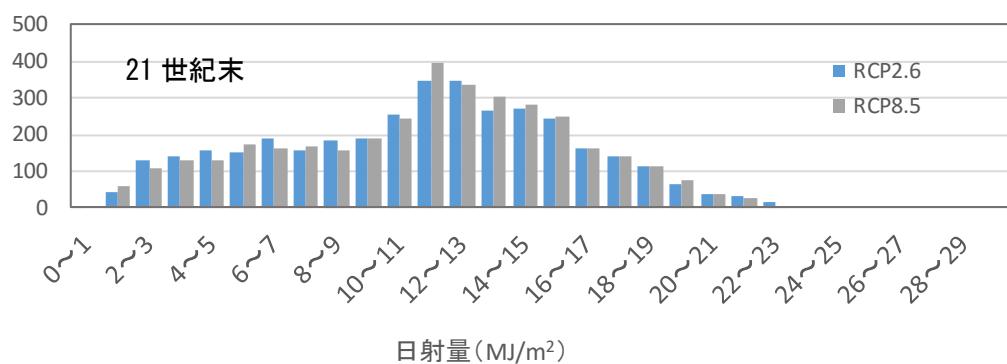
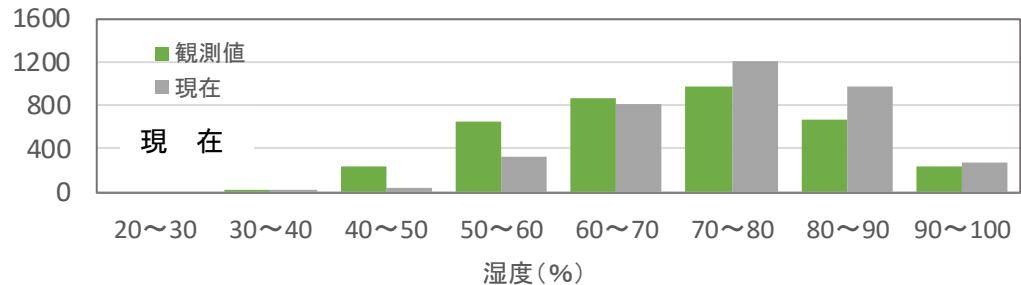


図 6.2-2 日射量の出現日数 (MRI-CGCM3 宮崎県都農町)

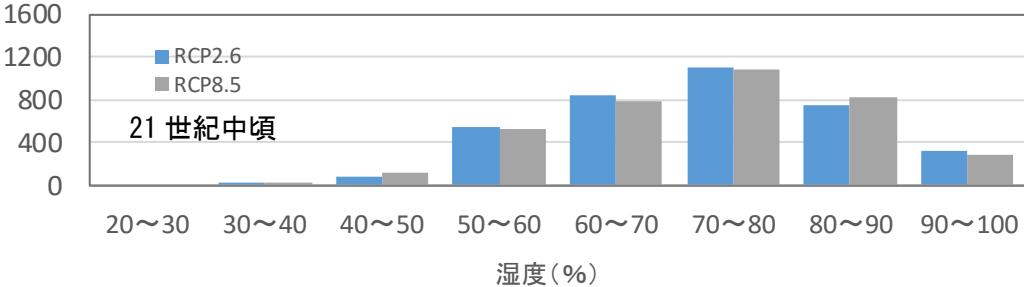
21世紀中頃、21世紀末の湿度（10月～3月）は、MRI-CGCM3、MIROC5 のの RCP2.6 及び RCP8.5 のいずれについても現在と比較してほとんど変化しないと予測されている。

発生頻度(日)



注) 観測値は、宮崎地方氣象台における値である。

発生頻度(日)



発生頻度(日)

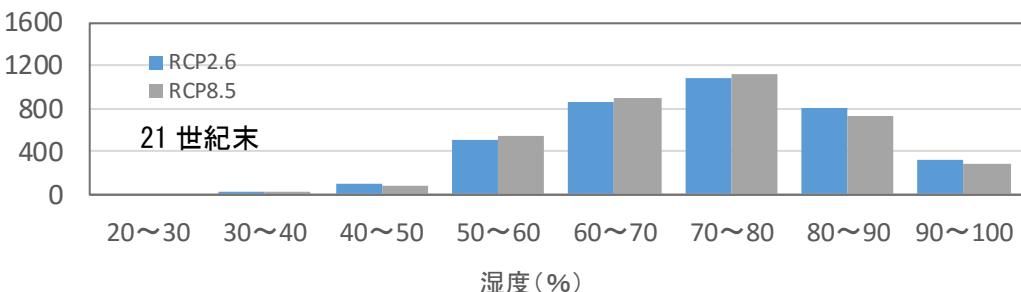


図 6.2-3 湿度の出現日数 (MRI-CGCM3 宮崎県都農町)

6.2.3 気候シナリオに関する留意事項

気候シナリオの再現性は、アメダスデータと予測値（現在）とを比較することで実施した。比較に用いた観測データを表 6.2-2 に示す。

日平均気温、日最高気温、日最低気温の観測値（アメダスデータ）と予測値（NIES 統計 DS データ）は、高鍋、油津のいずれの地点においても発生頻度の分布が類似しており、気候シナリオデータの実測値を再現できているものと考えられる。日射量については、MIROC5 は 0~10MJ/m² のレンジでは観測値よりも発生頻度が多く、10~20MJ/m² のレンジでは観測値よりも発生頻度が少ない傾向がみられるが、MRI-CGCM3 は観測値（アメダスデータ）と発生頻度の分布が類似している。湿度は、気温、日射量と比べて、観測値（アメダスデータ）と予測値（NIES 統計 DS データ）の発生頻度の分布に違いが見られるが、全体としては概ね再現性は良好である。

表 6.2-2 利用した観測データ

	内容
観測データ	アメダスデータ（高鍋、油津） 1980 年～2000 年（10 月～3 月） 日平均気温、日最高気温、日最低気温 アメダスデータ（宮崎） 1980 年～2000 年（10 月～3 月） 日射量、湿度
入手方法	WEB サイトより入手

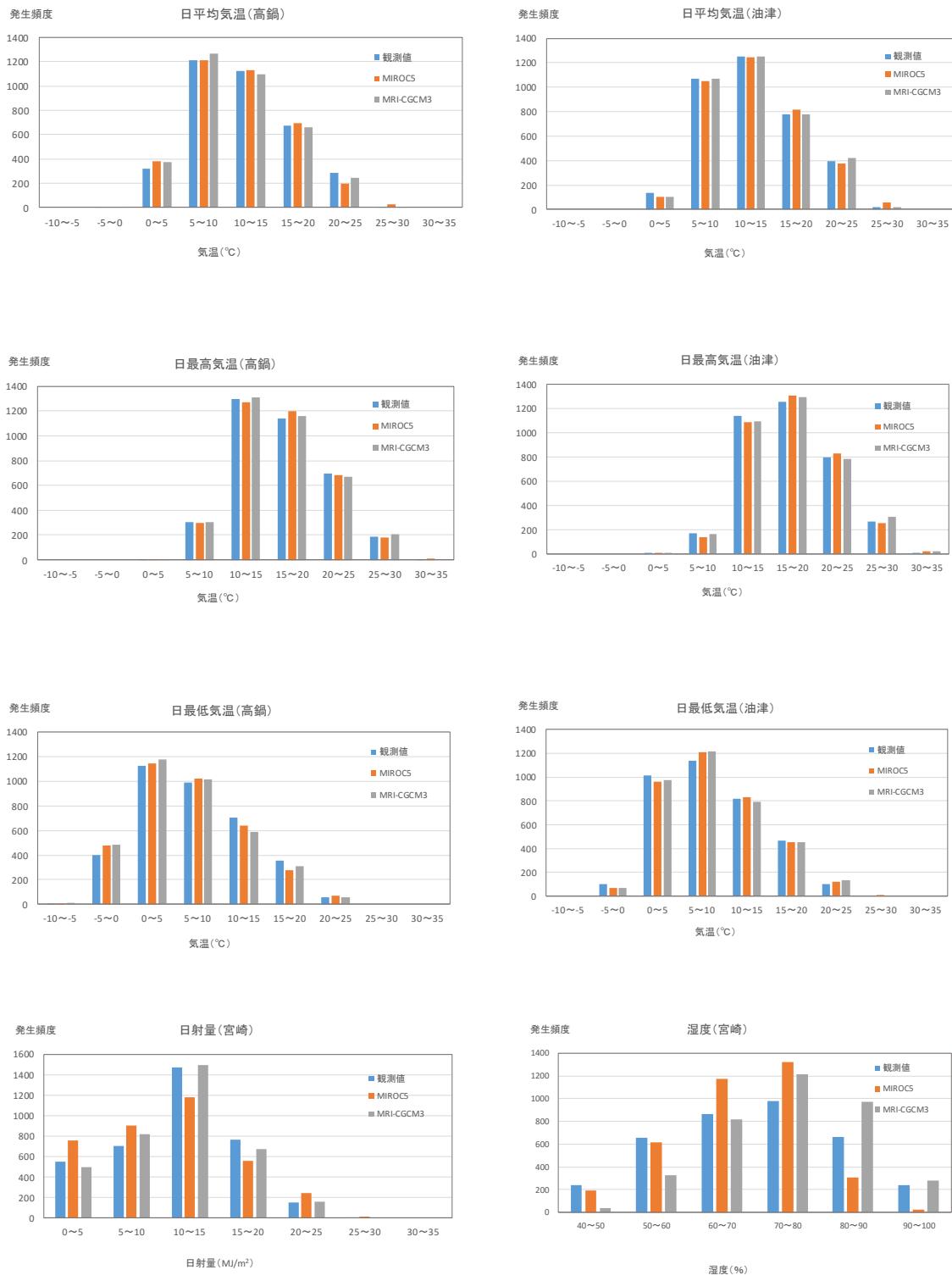


図 6.2-4 観測値と予測値との比較（10月～3月）

6.2.4 バイアス補正に関する情報

バイアス補正是行っていない。

6.2.5 気候シナリオ選択の理由

予測に必要な気象指標（日平均気温、日最高気温、日最低気温、日射量、湿度）がそろっているため。また、スイートピーの栽培ハウスごとの予測を行う上で、空間解像度が1kmと適しているため、利用する気候シナリオは「NIES 統計 DS データ」を選択した。

6.3 気候変動影響に関する調査手法

6.3.1 手順

気候変動影響に関する調査手順を図 6.3-1 に示す。

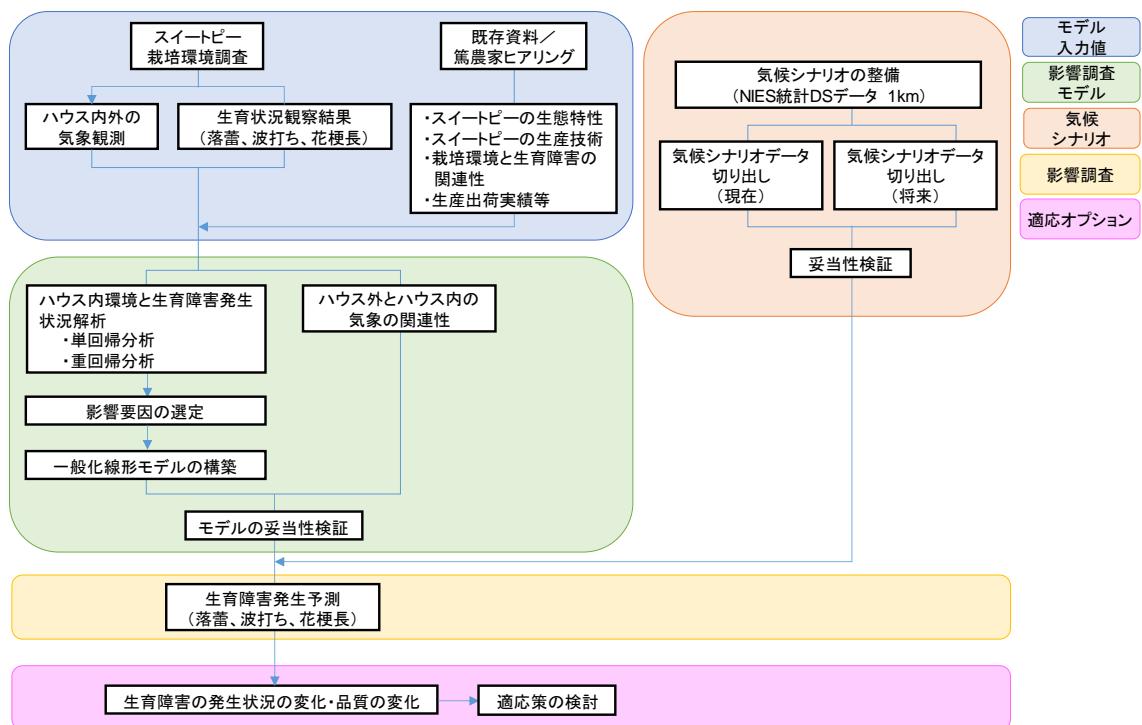


図 6.3-1 調査手順

6.3.2 使用したデータ・文献

使用したデータ・文献を表 6.3-1 に示す。

表 6.3-1 収集したデータ・文献

番号	文献名、資料名	著者、発行者	発行年	備考
1	スイートピーをつくりこなす	井上知昭	2007 年	書籍
2	人工光における光強度がスイートピーの落らいに及ぼす影響	井上知昭、鈴木重俊、小池安比古、杉山祥世、三浦泰昌、五十嵐大造、鈴木邦彦	2002 年	園学雑 71 別 2
3	栽植密度とかん水量がスイートピーチ花の収量・品質に及ぼす影響	井上知昭 樋口春三	1990 年	園学雑 59 別 2
4	矯性スイートピー品種の開花の早晚性、施肥量ならびに光強度が生育開花に及ぼす影響	井上知昭、小池安比古、杉山祥世、高橋 貴、三浦泰昌、鈴木重俊	2000 年	園学雑 69 別 2
5	気温並びに地温がスイートピーの生育開花に及ぼす影響	井上知昭 樋口春三	1988 年	園学要旨 昭和 63 秋
6	スイートピーチ花の花弁糖度とつる下げる関係	井上知昭、柳島美恵子、五十嵐大造、鈴木邦彦、柳下良美、中村 薫	2005 年	園学雑 74 別 2
7	スイートピー栽培の作畦栽培と不作畦栽培の比較	杉田浩一、黒木正晶、三浦猛夫	2000 年	九州農業研究 (九農研) 第 62 号
8	スイートピーの開花の早晚性と日長反応性	井上知昭、井上喜雄、鈴木昌一、樋口春三	1986 年	園学要旨 昭 61 春
9	スイートピーにおける花序の発達特性と落蕾および花序のアボーションとの関係	札埜高志、林 孝洋、矢澤 進	1997 年	園学雑 66 別 2
10	スイートピーの品質向上を目的とした LED 補光技術の研究	山下一男、中岡直士、中村 薫、鳥原 亮	2013 年	宮崎県工業技術センター・ 宮崎県食品開発センター研究報告
11	スイートピーの落らいに及ぼすエチレンの影響	大川 清、石原義啓、兵藤 宏、狩野 敦	1991 年	園学雑 60 (2)
12	総合農試だより第 176 号	宮崎県総合農業試験場	2017 年	総合農試だより第 176 号
13	品質カイゼン室の花のソコが知りたい！ スイートピー編	(株)大田花き 品質カイゼン室	—	
14	夜間冷房時の温度がスイートピーの落蕾に及ぼす影響	森 義雄、粒生直義 安場健一郎、後藤丹十郎	2017 年	
15	スイートピー統計 (非公表資料)	宮崎県総合農業試験場	—	

6.3.3 有識者ヒアリング

有識者等のヒアリングの内容を表 6.3-2 に示す。

表 6.3-2 有識者ヒアリングの内容

日付	ヒアリング対象者	同席者	主な議題
平成 30 年 6 月 8 日	元東京農業大学教授 井上 知昭氏	宮崎県総合農業試験場 花き部 中村部長	<ul style="list-style-type: none"> ・気象条件と生育障害の関連性 ・優れた栽培管理とは ・栽培環境調査方法の妥当性
平成 30 年 7 月 10 日	篤農家	宮崎県総合農業試験場 花き部 中村部長 宮崎県児湯農業改良普及センター 農業経営課担当者 JA尾鈴 農産園芸部 野菜花き課担当者	<ul style="list-style-type: none"> ・気象条件と生育障害の関連性について ・障害発生を軽減するための栽培管理手法
平成 30 年 7 月 11 日	篤農家	宮崎県総合農業試験場 花き部 中村部長 宮崎県農政水産部南那珂農林振興局 農業経営課担当者 JAはまゆう 担当者	
平成 30 年 12 月 19 日	元東京農業大学教授 井上 知昭氏	宮崎県総合農業試験場 花き部 中村 薫 部長、 中村 広 副部長 宮崎県児湯農業改良普及センター 農業経営課担当者 調査対象農家	<ul style="list-style-type: none"> ・栽培環境調査状況の観察 12 月 19 日：都農町の 2 ハウス 12 月 20 日：日南市の 2 ハウス
平成 30 年 12 月 20 日	元東京農業大学教授 井上 知昭氏	宮崎県総合農業試験場 花き部 中村 薫 部長 宮崎県農政水産部南那珂農林振興局 農業経営課担当者 JAはまゆう 担当者 調査対象農家	<ul style="list-style-type: none"> ・12 月に発生した生育障害の要因について ・栽培管理と障害発生の関連性
令和元年 5 月 28 日、 5 月 29 日	宮崎県総合農業試験場 中村 薫 部長	—	<ul style="list-style-type: none"> ・栽培環境調査結果について ・障害発生とハウス内環境との関連性解析について ・将来予測について ・適応策について
令和元年 6 月 17 日	元東京農業大学教授 井上 知昭氏 宮崎県総合農業試験場 中村 薫 部長	—	<ul style="list-style-type: none"> ・落葉発生率とハウス内環境との関連性解析結果について ・将来予測結果について
令和元年 11 月 21 日	元東京農業大学教授 井上 知昭氏	—	<ul style="list-style-type: none"> ・波打ち発生率、花梗長とハウス内環境との関連性解析結果について ・波打ち発生率、花梗長の将来予測結果について ・適応策について

日付	ヒアリング対象者	同席者	主な議題
令和元年 11月 22日	宮崎県総合農業試験 場 中村 薫 部長	宮崎県総合農業試験場 花き部 中村 広 副部長	<ul style="list-style-type: none"> ・波打ち発生率、花梗長とハウス内環境との関連性解析結果について ・波打ち発生率、花梗長の将来予測結果について ・適応策について
令和元年 12月 4日	元東京農業大学教授 井上 知昭氏 宮崎県総合農業試験 場 中村 薫 部長	—	<ul style="list-style-type: none"> ・適応策について ・シンポジウムポスターの内容について

6.3.4 観測および実証実験

スイートピーの栽培環境を把握するため、宮崎県内のスイートピー栽培ハウス（都農町2ハウス、日南市2ハウス）を対象に気温等の調査を実施した。また、気温等の栽培環境と生育障害（落蕾、茎の波状化）の関係を解析するため、週1～2回の頻度で生育状況を観察した。調査の内容は表 6.3-3 に、調査地点位置図は図 6.3-2 に示すとおりである。

気温、成長点近傍温度、湿度、土壤水分については、ハウス内でも場所によって異なることから、1ハウス当たり3箇所で調査を行った。日射計と光量子センサーについては1ハウス当たり1箇所のみの調査とし、ハウス内の遮光ネットの効果を確認するため、遮光ネットの下に設置した。

生育状況観察については、観測箇所ごとに11株（1ハウス当たり33株）を対象に茎長、節数を記録するとともに、落蕾の有無と茎の波打ちの有無を記録した。

表 6.3-3 栽培環境調査の内容

区分	調査項目		調査地点	備考
気温等観測	ハウス内	温度、湿度、飽差、土壤水分、成長点近傍温度	3箇所／ハウス	調査対象の品種 ハウス1：チエリー ハウス2：チエリー ハウス3：ステラ ハウス4：ステラ
		日射量、日照時間、光合成有効光量子密度	1箇所／ハウス	
	ハウス外	温度、湿度、日射量、日照時間、光合成光量子密度、降水時間	1箇所／ハウス	
生育状況観察		落蕾数、落蕾発生株数 波打ち発生株数、 茎長、節数 花梗長	3箇所／ハウス 1箇所当たり 11株	1～2日/週の頻度で実施

*調査地点は1ハウス当たり



気温・湿度・成長点近傍温度測定状況



日射量・光量子測定状況



図 6.3-2 栽培環境調査地点位置図

6.3.5 気候変動影響予測手法の検討

スイートピーの気候変動影響については、植物の生育障害の発生要因の解析等に用いられている一般化線形モデルを用いて予測を行った。気候変動影響予測の流れは、図6.3-3に示すとおりである。栽培環境調査で得られたハウス内外の気象観測データと生育障害発生状況をもとに単回帰分析を行い、生育障害（落蕾発生率、波打ち発生率、花梗長）と相関が高いハウス内の環境条件を抽出した。抽出した説明変数を第1の変数として、重回帰分析を実施して有意な第2～第5（花梗長は第2～第4）の説明変数を抽出した。これらの説明変数をパラメータとして、一般化線形モデルを構築して予測を行った。

① 栽培環境調査

スイートピー栽培ハウスの内外に温度計、日射計等の観測機器を設置して、気温、日射量、湿度等を観測した。また、スイートピーの生育障害等（落蕾、茎の波打ち、花梗長の短化）の発生状況を観察・記録した。



② 気象と生育障害等発生状況の関係性解析

栽培環境調査により得られたハウス内の気象観測データと生育状況観察結果を用いて、単回帰分析、重回帰分析により生育障害等（落蕾、茎の波打ち、花梗長の短化）が発生する気象要因を抽出した。

さらに、一般化線形モデルを用いて気象観測データと生育障害発生率等の関係式を導出した。



③ ハウス外とハウス内の気象の関係性解析

栽培環境調査により得られたハウス内の気象観測データと、ハウス外の気象観測データの関係性を解析し、ハウス内外での気象データの変換式を導出した。



④ 将来の気象における生育障害等発生状況の予測

構築した一般化線形モデルと将来の気象データ（NIES 統計 DS データ）を用いて、将来（21世紀中頃、21世紀末）の生育障害等の発生状況を予測した。

図 6.3-3 気候変動影響予測の流れ

6.3.6 影響予測モデルに関する情報

6.3.6.1 将来の気象における生育障害等発生状況の予測

(1) 解析方法

1) 概要

栽培環境調査により得られたハウス内の気象観測データと生育状況観察結果を用いて、単回帰分析、重回帰分析により生育障害等（落蕾、茎の波打ち、花梗長の短化）が発生する気象条件を抽出し、一般化線形モデルにより気象観測データと生育障害の関係式を構築した。

なお、統計解析にはソフトウェア「R ver. 3.6.0」を使用した。

2) 解析対象期間

解析対象期間は、調査対象ハウスにおける平成30年度の生育障害等の種類とスイートピーの出荷期間により表4.3-4のとおりとした。

また、アドバイザーから得られた知見によると、スイートピーは、採花期の初期にあたる11月から12月にかけては栄養生長・生殖生長調節期であり、気象変化の影響を受けやすいと考えられる。生育ステージにより、生育障害の発生条件が変わると考えられたことから、11月～12月（栄養生長・生殖生長調節期）と、1月～3月（開花最盛期・草勢維持期）に分けて解析を行った。

表 6.3-4 解析対象期間

生育障害等の種類	解析対象期間
落蕾発生率	平成30年11月20日～12月31日（栄養生長・生殖生長調節期）
	平成31年1月1日～3月31日（開花最盛期・草勢維持期）
波打ち発生率	平成30年11月20日～12月31日（栄養生長・生殖生長調節期）
花梗長の短化	平成31年1月1日～3月31日（開花最盛期・草勢維持期）

3) 解析対象ハウス

解析は、栽培環境調査を実施した4ハウスを対象に行った（ハウスの位置は図6.3-2参照）。

ただし、ハウス4（宮崎県日南市）については平成30年10月の台風に伴う被害や観測機器の故障等により、栽培環境調査をほとんど実施することができなかつたため、ハウス4の11月～12月は解析の対象外とした。

4) 解析対象の気象観測データ

解析対象の気象観測データは、4ハウスで観測した平均気温、最低気温、最高気温、全天日射量、相対湿度とした。

また、解析にあたっては、「調査日1日前～5日前の平均気温と落蕾発生率の関係」等、5日間分の気象観測データと生育障害等の発生状況との関係性を解析した。調査では、生育状況の観察を4～5日に1回程度の頻度で実施したため、生育障害の発生日と確認日の間に最大で5日程度のずれが生じるためである。

解析対象の気象観測データを表6.3-5に示す。

表6.3-5 解析対象の気象観測データ

番号	種別	解析項目	対象期間
1	平均気温	5日間の平均気温(℃)	調査日を基点とした、以下の16期間の気象観測データ
2		5日間の中での平均気温の最大値(℃)	
3		5日間の平均気温とその前の5日間との差(℃)	
4	最低気温	最低気温の5日間平均値(℃)	・1～5日前 ・2～6日前 ・3～7日前 ・4～8日前 ・5～9日前 ・6～10日前 ・7～11日前 ・8～12日前 ・9～13日前 ・10～14日前 ・11～15日前 ・12～16日前 ・13～17日前 ・14～18日前 ・15～19日前 ・16～20日前
5		5日間の中での最低気温の最大値(℃)	
6		最低気温の5日間平均とその前の5日間との差(℃)	
7	最高気温	最高気温の5日間平均値(℃)	・1～5日前 ・2～6日前 ・3～7日前 ・4～8日前 ・5～9日前 ・6～10日前 ・7～11日前 ・8～12日前 ・9～13日前 ・10～14日前 ・11～15日前 ・12～16日前 ・13～17日前 ・14～18日前 ・15～19日前 ・16～20日前
8		5日間の中での最高気温の最大値(℃)	
9		最高気温の5日間平均とその前の5日間との差(℃)	
10	相対湿度	湿度の5日間平均値(%)	・1～5日前 ・2～6日前 ・3～7日前 ・4～8日前 ・5～9日前 ・6～10日前 ・7～11日前 ・8～12日前 ・9～13日前 ・10～14日前 ・11～15日前 ・12～16日前 ・13～17日前 ・14～18日前 ・15～19日前 ・16～20日前
11		5日間の中での湿度の最大値(%)	
12		湿度の5日間平均とその前の5日間との差(℃)	
13	日射量	5日間の日射量積算値(MJ/m ²)	・1～5日前 ・2～6日前 ・3～7日前 ・4～8日前 ・5～9日前 ・6～10日前 ・7～11日前 ・8～12日前 ・9～13日前 ・10～14日前 ・11～15日前 ・12～16日前 ・13～17日前 ・14～18日前 ・15～19日前 ・16～20日前
14		5日間の中での日別日射量積算値の最小値(MJ/m ²)	
15		5日間の日射量積算値とその前の5日間との差(MJ/m ²)	

(2) 解析結果

1) 落葉発生率

① 単回帰分析結果

a. 11月～12月（栄養生長・生殖生長調節期）の解析結果

解析の結果、解析対象の気象観測データのうち、11月～12月（栄養生長・生殖生長調節期）において、落葉発生率と相関が高かった気象観測データは、「調査日5～9日前の日射量積算値」であった。相関関係（図6.3-4）をみると、日射量が少ないほど落葉発生率が高くなる傾向を示している。曇雨天の日が続いた場合等、日射量の減少により落葉が発生することは、篤農家や有識者からのヒアリング、文献調査から得られた知見と一致するものであった。

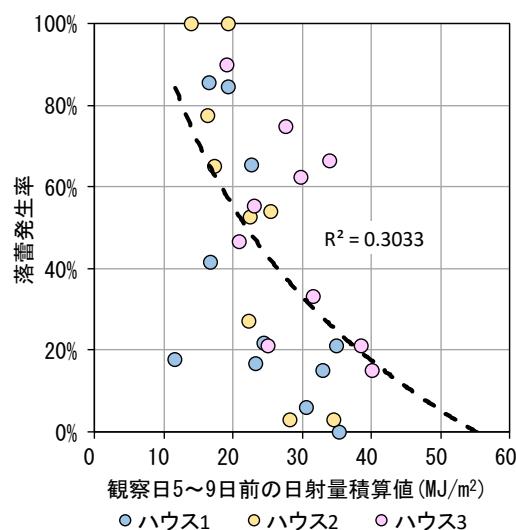


図 6.3-4 調査日5～9日前の日射量積算値と落葉発生率の関係（11月～12月）

b. 1月～3月（開花最盛期・草勢維持期）の解析結果

解析の結果、解析対象の気象観測データのうち、1月～3月（開花最盛期・草勢維持期）において、落蕾発生率と相関が高かった気象観測データは、「調査日12～16日前の最低気温（5日間の平均値）」であった。相関グラフ（図6.3-5）をみると、最低気温が高いほど落蕾発生率が高くなる傾向を示している。

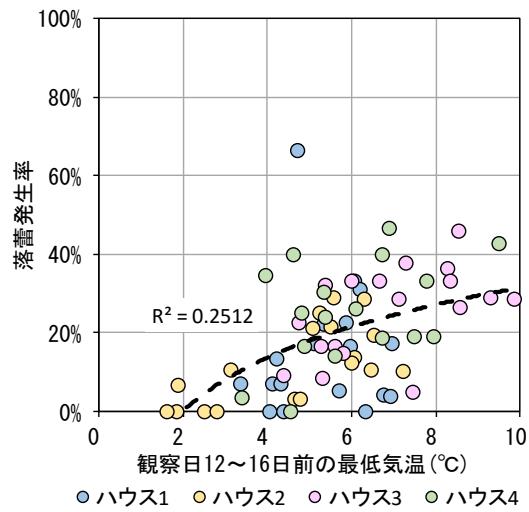


図 6.3-5 調査日12～16日前の最低気温と落蕾発生率の関係（1月～3月）

②重回帰分析結果

単回帰分析により、生育ステージ別に落葉発生率と最も相関が高い気象観測データを抽出したが、他の気象観測データの寄与の度合いを調べるために重回帰分析を行った。

単回帰分析の結果、最も相関が高い気象観測データを第一説明変数とし、他の気象観測データを説明変数として追加して決定係数と有意度を確認した。解析対象である全ての気象観測データの中で、決定係数が高く、かつ有意度が5%未満である気象観測データを2番目の説明変数とした。その後、同一の方法で説明変数の追加を繰り返し、5つの説明変数を抽出した。

a. 11月～12月（栄養生長・生殖生長調節期）の解析結果

重回帰分析の結果、得られた説明変数を表6.3-6に示す。また、得られた説明変数を用いて落葉発生までの気象変化のイメージを図化した（図6.3-6）。これをみると、曇雨天の後、一旦天気が回復し、その後再び曇雨天の日が多くなる、という気象条件の後に、落葉が確認されていることを示していた。

表6.3-6 抽出された説明変数と有意度（11月～12月）

説明変数		有意度 $\Pr(> t)$
1	日射量（調査日5～9日前の積算値）	4.56×10^{-5}
2	相対湿度（調査日10～14日前の最大値）	0.00294
3	日射量（調査日16～20日前の最小値）	0.00463
4	最高気温（調査日10～14日前の最大値）	0.00870
5	平均気温の差（調査日1～5日前とその前の5日間との差）	0.03934

備考) 5変数での決定係数: 0.6278

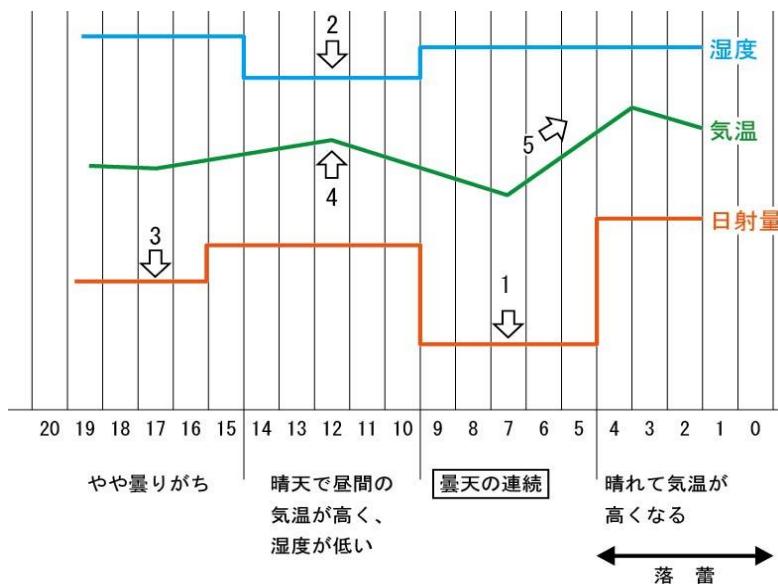


図6.3-6 落葉発生前の気象変化のイメージ（11月～12月）

b. 1月～3月（開花最盛期・草勢維持期）の解析結果

重回帰分析の結果、得られた説明変数を表 6.3-7 に示す。また、得られた説明変数を用いて落蕾発生までの気象変化のイメージを図化した（図 6.3-7）。これをみると、夜間の気温（最低気温）が高く、曇雨天の日が多くみられた後、1～2週間後に落蕾が確認されていることを示していた。

表 6.3-7 抽出された説明変数と有意度（1月～3月）

説明変数		有意度 $Pr(> t)$
1	最低気温（12～16日前の平均値）	3.37×10^{-6}
2	平均気温の差（12～16日前とその前の5日間との差）	4.28×10^{-5}
3	日射量（13～17日前の積算値）	0.00131
4	相対湿度（15～19日前の平均値）	0.00784
5	最高気温の差（5～9日前とその前の5日間との差）	0.02204

備考) 5変数での決定係数 : 0.5253

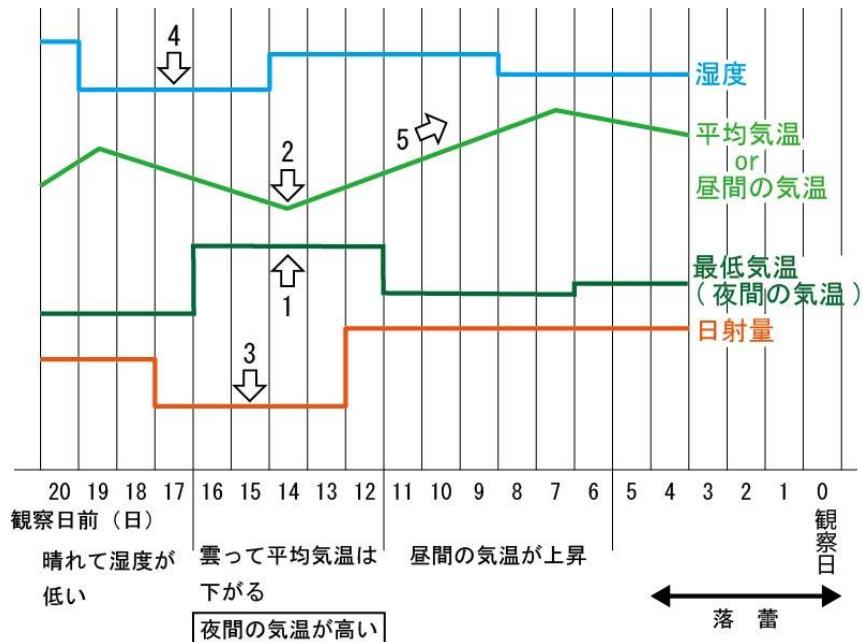


図 6.3-7 落蕾発生前の気象変化のイメージ（1月～3月）

③関係式の導出

重回帰分析の結果、得られた 5 変数を用いて気象観測データと落葉発生率の関係式を導出した。一般化線形モデル（二項分布モデル）を用いると、目的変数（落葉発生率）y と説明変数（気象観測データ）x の関係は以下のとおりである。説明変数毎の係数を生育ステージ別に表 6.3-8 及び表 6.3-9 に示す。

また、参考として、導出した関係式を用いて計算した落葉発生率の計算結果例を図 6.3-8 及び図 6.3-9 に示す。

【関係式】

$$\log(y / (1 - y)) = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_4 * x_4 + \beta_5 * x_5 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$y = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_4 * x_4 + \beta_5 * x_5)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_4 * x_4 + \beta_5 * x_5)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

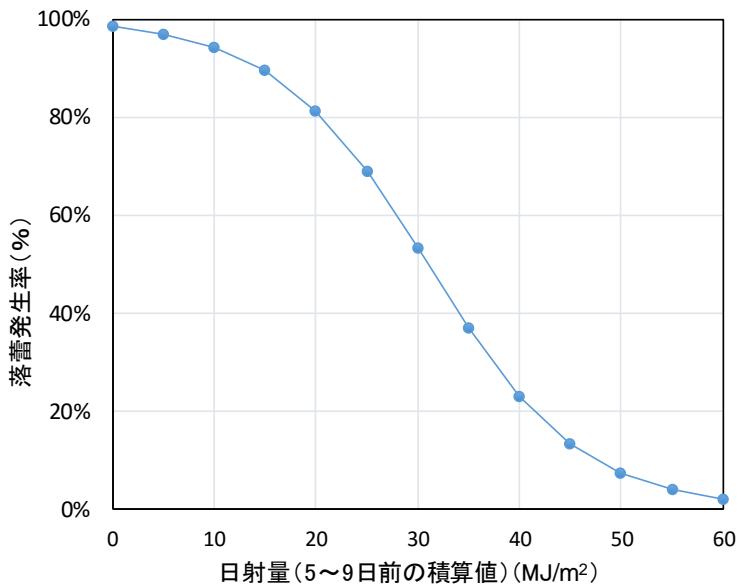
y : 落葉発生率
 $\beta_{0 \sim 5}$: 説明変数毎の係数
 $x_{1 \sim 5}$: 説明変数の値

表 6.3-8 11月～12月（栄養生長・生殖生長調節期）の説明変数及び係数

説明変数	係数
x_0 : 基本係数	$\beta_0 : 17.70125$
x_1 : 日射量（5～9日前の積算値）	$\beta_1 : -0.13362$
x_2 : 相対湿度（10～14日前の最大値）	$\beta_2 : -0.17985$
x_3 : 日射量（16～20日前の最小値）	$\beta_3 : -0.36920$
x_4 : 最高気温（10～14日前の最大値）	$\beta_4 : 0.13227$
x_5 : 平均気温の差（1～5日前とその前の5日間との差）	$\beta_5 : 0.13585$

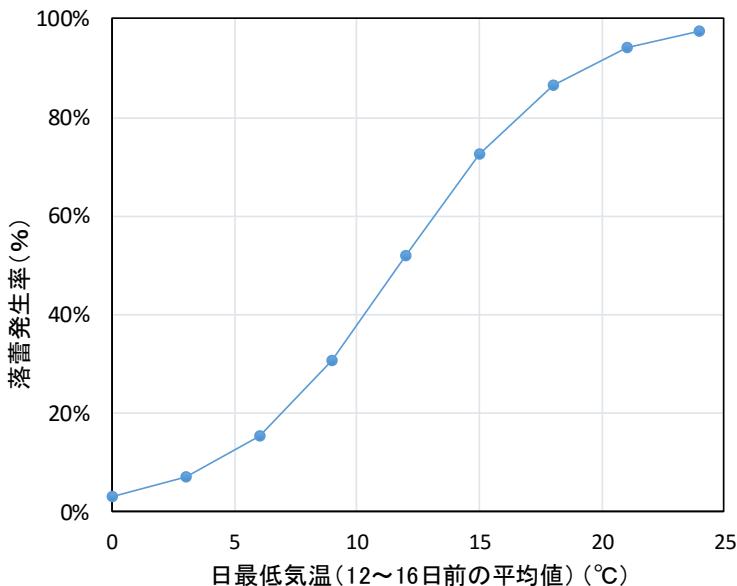
表 6.3-9 1月～3月（開花最盛期・草勢維持期）の説明変数及び係数

説明変数	係数
x_0 : 基本係数	$\beta_0 : 3.38630$
x_1 : 最低気温（12～16日前の平均値）	$\beta_1 : 0.29917$
x_2 : 平均気温の差（12～16日前とその前の5日間との差）	$\beta_2 : -0.22963$
x_3 : 日射量（13～17日前の積算値）	$\beta_3 : -0.04882$
x_4 : 相対湿度（15～19日前の平均値）	$\beta_4 : -0.06396$
x_5 : 最高気温の差（5～9日前とその前の5日間との差）	$\beta_5 : 0.17176$



注) 上記は x1 (日射量 (5~9 日前の積算値)) 以外の説明変数を以下の通り固定した場合のグラフである。
x2 相対湿度 (10~14 日前の最大値) : 85%
x3 日射量 (16~20 日前の最小値) : 2.5MJ/m²
x4 最高気温 (10~14 日前の最大値) : 20°C
x5 平均気温の差 (1~5 日前とその前の 5 日間との差) : 0°C

図 6.3-8 落葉発生率の計算結果例 (11月～12月の日射量と落葉発生率の関係)



注) 上記は x1 (最低気温 (12~16 日前の平均値)) 以外の説明変数を以下の通り固定した場合のグラフである。
x2 平均気温の差 (12~16 日前とその前の 5 日間との差) : 0°C
x3 日射量 (13~17 日前の積算値) : 30MJ/m²
x4 相対湿度 (15~19 日前の平均値) : 85%
x5 最高気温の差 (5~9 日前とその前の 5 日間との差) : 0°C

図 6.3-9 落葉発生率の計算結果例 (1月～3月の日最低気温と落葉発生率の関係)

2) 波打ち発生率

①単回帰分析結果

解析の結果、解析対象の気象観測データのうち、11月～12月（栄養生長・生殖生長調節期）において、波打ち発生率と相関が高かった気象観測データは、「調査日11～15日前の最低気温（5日間の最大値）」であった。相関関係（図6.3-10）をみると、最低気温の最大値が低いほど、波打ち発生率が高くなる傾向を示していた。

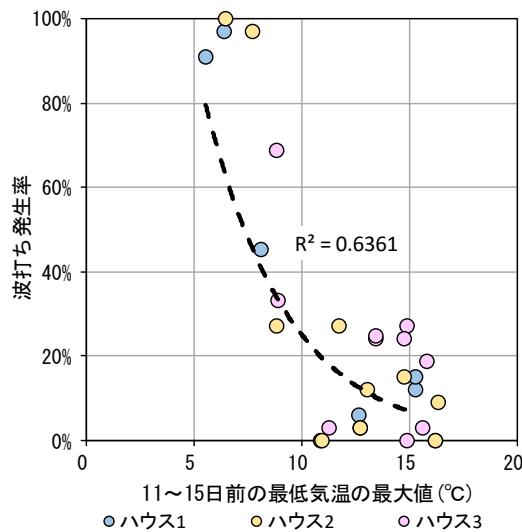


図 6.3-10 調査日11～15日前の最低気温の最大値と
波打ち発生率の関係（11月～12月）

②重回帰分析結果

単回帰分析により、波打ち発生率と最も相関が高い気象観測データを抽出したが、他の気象観測データの寄与の度合いを調べるために重回帰分析をおこない、5つの説明変数を抽出した（方法は p. 6-30 を参照）。得られた説明変数を表 6.3-10 に示す。

また、得られた説明変数を用いて波打ち発生までの気象変化のイメージを図化した（図 6.3-11）。これをみると、最低気温（夜間の気温）が下がる中で、日射量が周期的に大きく変動する状況が発生した後に波打ちが発生していることを示していた。

表 6.3-10 抽出された説明変数と有意度（11月～12月）

説明変数		有意度 $\text{Pr}(> t)$
1	最低気温（調査日 11～15 日前の大値）	3.20×10^{-7}
2	日射量（調査日 10～14 日前とその前の 5 日間との差）	1.54×10^{-6}
3	日射量（調査日 12～16 日前とその前の 5 日間との差）	0.000322
4	日射量（調査日 6～10 日前とその前の 5 日間との差）	0.000117
5	最低気温の差（調査日 7～11 日前とその前の 5 日間との差）	0.012454

備考) 5 变数での決定係数 : 0.8839

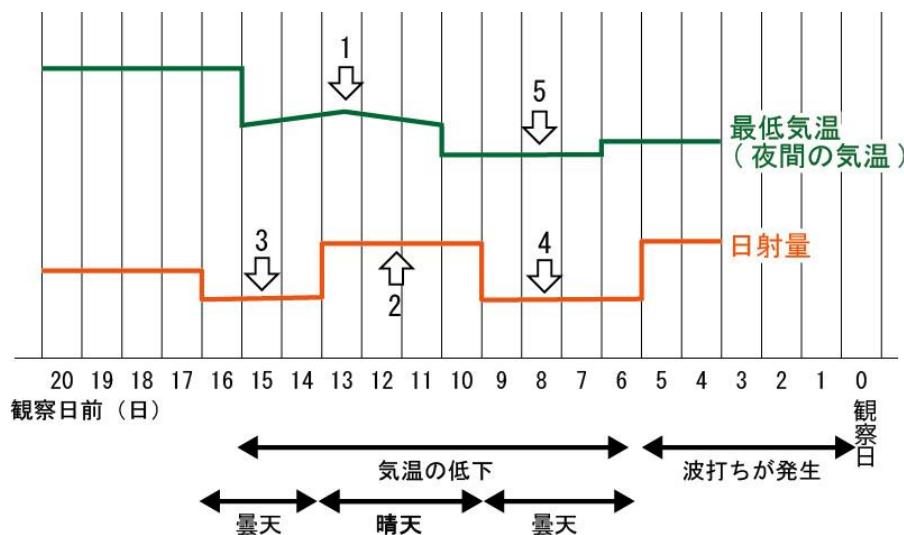


図 6.3-11 波打ち発生前の気象変化のイメージ（11月～12月）

③関係式の導出

重回帰分析の結果、得られた 5 変数を用いて気象観測データと波打ち発生率の関係式を導出した。一般化線形モデル（二項分布モデル）を用いると、目的変数（波打ち発生率） y と説明変数（気象観測データ） x の関係は以下のとおりである。説明変数毎の係数を表 6.3-11 に示す。また、参考として、導出した関係式を用いて計算した波打ち発生率の計算結果例を図 6.3-12 に示す。

【関係式】

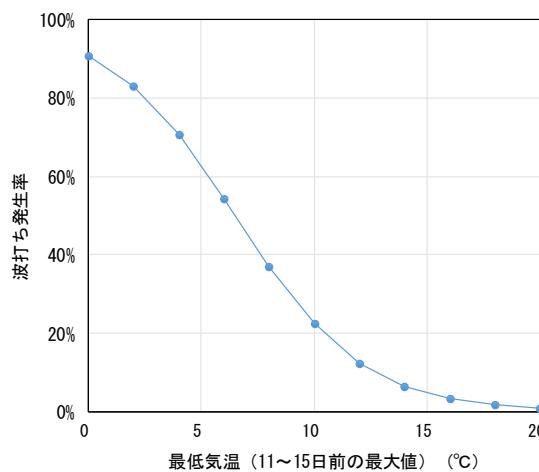
$$\log(y/(1-y)) = \beta_0 + \beta_1*x_1 + \beta_2*x_2 + \beta_3*x_3 + \beta_4*x_4 + \beta_5*x_5 \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$y = \exp(\beta_0 + \beta_1*x_1 + \beta_2*x_2 + \beta_3*x_3 + \beta_4*x_4 + \beta_5*x_5) / (1 + \exp(\beta_0 + \beta_1*x_1 + \beta_2*x_2 + \beta_3*x_3 + \beta_4*x_4 + \beta_5*x_5)) \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

y : 波打ち発生率
 $\beta_{0\sim 5}$: 説明変数毎の係数
 $x_{1\sim 5}$: 説明変数の値

表 6.3-11 関係式の説明変数及び係数

説明変数	係数
x_0 : 基本係数	β_0 : 2.30514
x_1 : 最低気温（調査日 11～15 日前の最大値）	β_1 : -0.35500
x_2 : 日射量（調査日 10～14 日前とその前の 5 日間との差）	β_2 : 0.15728
x_3 : 日射量（調査日 12～16 日前とその前の 5 日間との差）	β_3 : -0.12737
x_4 : 日射量（調査日 6～10 日前とその前の 5 日間との差）	β_4 : -0.14306
x_5 : 最低気温の差（調査日 7～11 日前とその前の 5 日間との差）	β_5 : -0.08686



注) 上記は x_1 (最低気温 (11～15 日前の最大値)) 以外の説明変数を以下の通り固定した場合のグラフである。

x_2 日射量の変化(10～14 日前とその前の 5 日間との差) : 0MJ/m²

x_3 日射量の変化(12～16 日前とその前の 5 日間との差) : 0MJ/m²

x_4 日射量の変化 (6～10 日前とその前の 5 日間との差) : 0MJ/m²

x_5 最低気温の変化 (7～11 日前とその前の 5 日間との差) : 0°C

図 6.3-12 波打ち発生率の計算結果例（最低気温と波打ち発生率の関係）

3) 花梗長の短化

①単回帰分析結果

解析の結果、解析対象の気象観測データのうち、1月～3月（開花最盛期・草勢維持期）において、花梗長の短化と相関が高かった気象観測データは、「調査日4～8日前の平均気温（5日間の最大値）」であった。相関関係（図 6.3-13）をみると、平均気温の最大値が高いほど、花梗長が短くなる傾向を示していた。

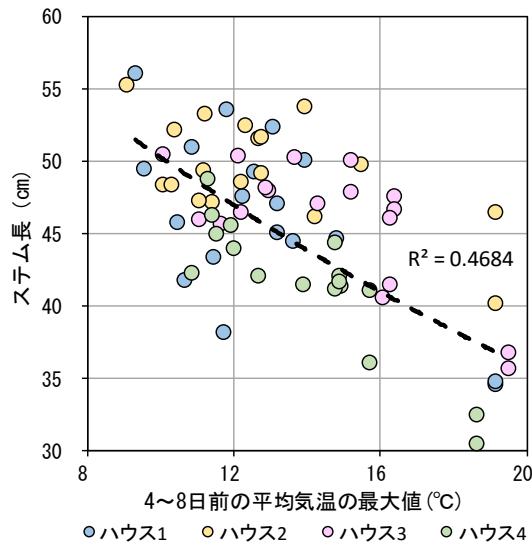


図 6.3-13 調査日4～8日前の平均気温の最大値と花梗長の関係（1月～3月）

②重回帰分析結果

単回帰分析により、花梗長と最も相関が高い気象観測データを抽出したが、他の気象観測データの寄与の度合いを調べるために重回帰分析をおこない、説明変数を抽出した（方法は p. 6-30 を参照）。なお、落蕾発生率、波打ち発生率の解析と同様に 5 変数を抽出を試みたが、5 番目の説明変数は優位水準（有意度が 5%未満）を満たさなかったため、4 変数を抽出した。得られた説明変数を表 6.3-12 に示す。

また、得られた説明変数を用いて波打ち発生までの気象変化のイメージを図化した（図 6.3-11）。これをみると、平均気温や最高気温（日中の気温）上昇した後、約 1 週間後に花梗長の短化が確認されることを示していた。

表 6.3-12 抽出された説明変数と有意度（1月～3月）

説明変数		有意度 $\text{Pr}(> t)$
1	平均気温（調査日 4～8 日前の最大値）	0.000816
2	最高気温（調査日 5～9 日前の平均値）	0.000428
3	最低気温（調査日 14～18 日前の最大値）	0.003117
4	最高気温（調査日 3～7 日前の最大値）	0.028124

備考) 4 変数での決定係数 : 0.5398

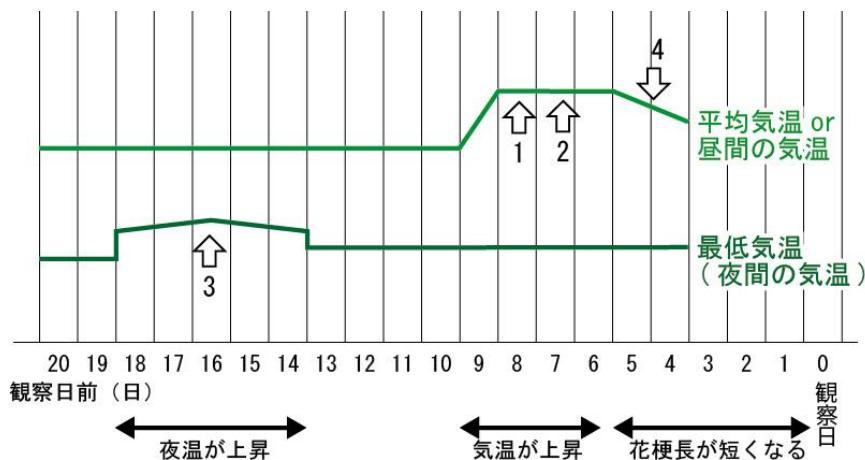


図 6.3-14 花梗長が短化する前の気象変化のイメージ（1月～3月）

③関係式の導出

重回帰分析の結果、得られた 4 変数を用いて気象観測データと波打ち発生率の関係式を導出した。一般化線形モデル（正規分布モデル）を用いると、目的変数（花梗長）y と説明変数（気象観測データ）x の関係は以下のとおりである。説明変数毎の係数を表 6.3-13 に示す。また、参考として、導出した関係式を用いて計算した花梗長の計算結果例を図 6.3-15 に示す。

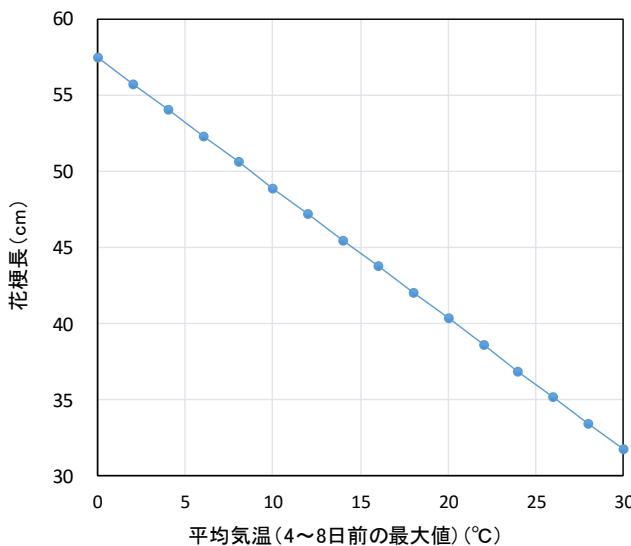
【関係式】

$$y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_4 * x_4$$

y : 花梗長
 $\beta_{0 \sim 4}$: 説明変数毎の係数
 $x_{1 \sim 4}$: 説明変数の値

表 6.3-13 関係式の説明変数及び係数

説明変数	係数
x_0 : 基本係数	$\beta_0 : 68.2616$
x_1 : 平均気温（調査日 4～8 日前の最大値）	$\beta_1 : -0.8568$
x_2 : 最高気温（調査日 5～9 日前の平均値）	$\beta_2 : -1.0759$
x_3 : 最低気温（調査日 14～18 日前の最大値）	$\beta_3 : -0.4940$
x_4 : 最高気温（調査日 3～7 日前の最大値）	$\beta_4 : 0.6388$



注) 上記は x_1 (平均気温 (4～8 日前の最大値)) 以外の説明変数を以下の通り固定した場合のグラフである。

x_2 最高気温 (5～9 日前の平均値) : 20°C
 x_3 最低気温 (14～18 日前の最大値) : 8°C
 x_4 最高気温 (3～7 日前の最大値) : 23%

図 6.3-15 花梗長の計算結果例（平均気温と花梗長の関係）

6.3.6.2 将来の気象における生育障害等発生状況の予測

(1) 予測方法

1) 概要

「6.3.6 影響予測モデルに関する情報」で導出した生育障害等の予測式と、「6.3.7 影響予測に必要な入力パラメータ」で導出したハウス外気象からハウス内気象への変換式を用いて、将来の生育障害等の発生を予測した。

2) 予測対象期間

予測対象期間は、表 6.3-14 のとおりとした。

表 6.3-14 予測対象期間

生育障害等の種類	予測期間	予測対象日
落葉発生率	・21世紀中頃 (2031年～2050年)	11月20日～3月31日 (採花期)
茎の波打ち発生率	・21世紀末 (2081年～2100年)	11月20日～12月31日 (栄養生長・生殖生長調節期)
花梗長の短化		1月1日～3月31日 (開花最盛期・草勢維持期)

3) 予測対象ハウス

将来予測は、栽培環境調査を実施した4ハウスを対象に実施した（ハウスの位置は図 6.3-2 参照）。

なお、予測した結果、いずれのハウスも将来の生育障害等の発生状況の傾向が概ね同様であったため、本報告書には代表としてハウス1（宮崎県都農町）の結果を掲載した。

6.3.7 影響予測に必要な入力パラメータ

宮崎県ではスイートピーはハウス内で栽培されている。このため、スイートピーの生育障害の発生に関する予測を行う場合は、ハウス内の気候パラメーターに関するデータが必要となる。本調査の影響予測に使用した「NIES 統計 DS データ」はハウス外の気候データであることから、ハウス内の気候データとするための変換を行わなければならない。本調査では、ハウス内外の気温、日射量等を観測して、ハウス内外の気候パラメータに関する関係式を求めてハウス内の気候データを設定した。

6.3.8 影響予測における留意事項（制限事項）

本調査で構築した一般化線形モデルは、2018 年～2019 年に実施した栽培環境調査にもとづくものであり、当該栽培期間の気象条件を反映したものであることに留意する必要がある。

6.4 調査結果

6.4.1 文献調査結果

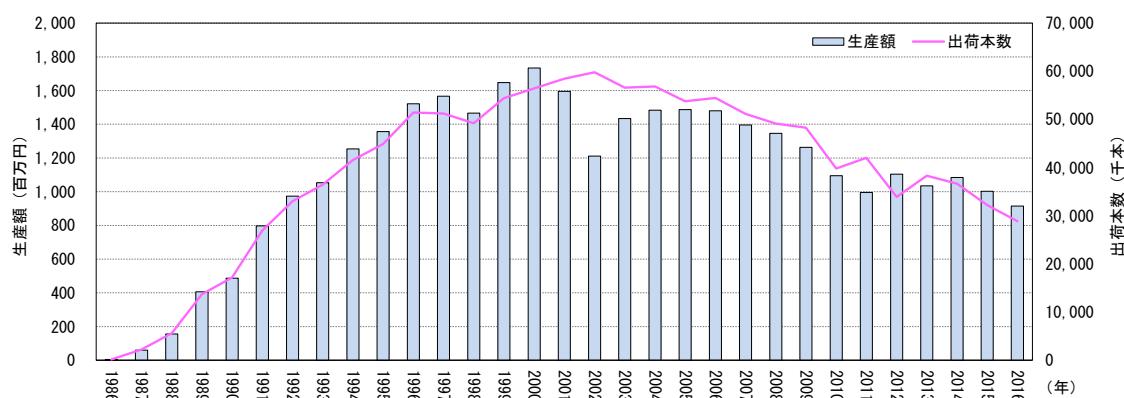
(1) 宮崎県におけるスイートピー生産の概況

宮崎県におけるスイートピー生産に関する情報を収集した結果を以下に示す。

図 6.4-1 に示す生産額・出荷本数をみると、2016 年の生産額は約 9 億円、出荷本数は約 3,000 万本である。2000 年頃をピークに 2010 年頃にかけて減少した後、2011 年以降は概ね横ばいで推移している。

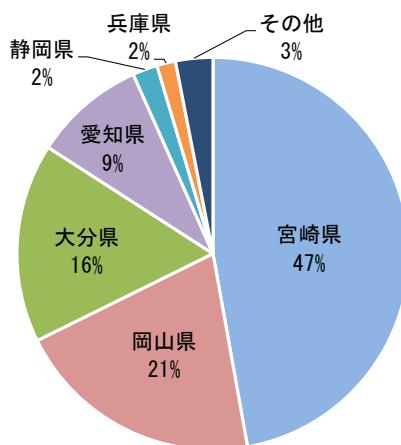
図 6.4-2 に示す県別の生産額の割合をみると、宮崎県は全国の 47% を占めており、全国有数の生産地であることがわかる。

図 6.4-3 に示す栽培面積・栽培農家数をみると、宮崎県における 2016 年の栽培面積は約 18ha、栽培農家数は 93 戸である。栽培面積は 2005 年頃から減少傾向であり、栽培農家数は 1995 年の 205 戸から半減している。



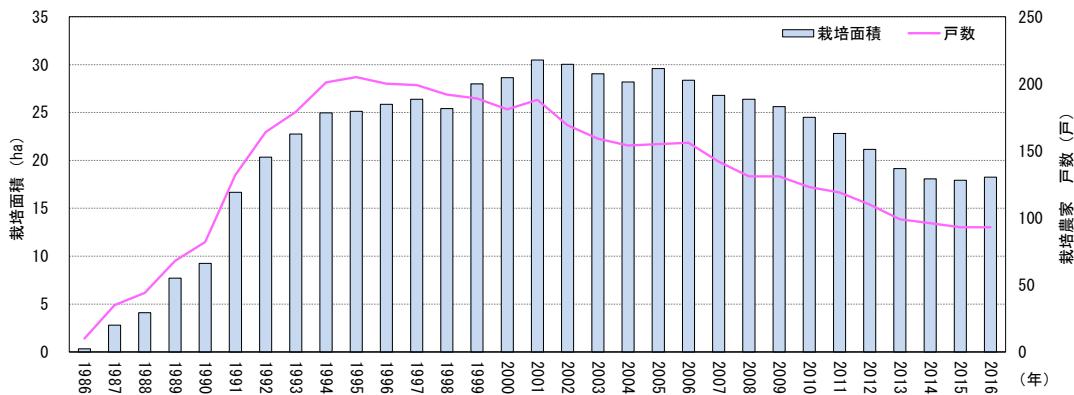
出典：花き生産出荷実績（宮崎県農産園芸課）

図 6.4-1 宮崎県スイートピー生産額・出荷本数の推移



出典：農林水産省調査対象外品目調査（宮崎県が都道府県を対象に実施した調査）（宮崎県農産園芸課）

図 6.4-2 スイートピー生産額の県別割合（2016 年）



出典：花き生産出荷実績（宮崎県農産園芸課）

図 6.4-3 宮崎県スイートピー栽培面積・栽培農家数の推移

6.4.2 有識者ヒアリングの結果

1) スイートピーの栽培環境と生育障害の関連性

スイートピー栽培においては、日射量、温度、肥料、かん水量等、様々な要因で生育障害が発生する。その中でも気候変動に伴う影響を評価するため、気象と生育障害の関連性について情報収集を行った。その結果、「曇雨天」「夜間の温度が15°C以上」「日中の高温」という気象条件や、急激な天候の変化により障害が発生するという情報が多くみられた。ヒアリングの概要を以下に示す。

①生育障害の発生条件に関するここと

a. 日照不足

- ・日照不足による障害として、落蕾が挙げられる。
- ・曇雨天により光合成量が低下し、光強度が下がった環境 ($67.4 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$) が2~3日続くと、その後の落蕾が増加する。
- ・晴天後に曇雨天となるような光強度の急な低下が弱光ストレスを引き起こしやすい。
- ・（実験結果）自然光の75%遮光で3日後から落蕾が増加する。
- ・（実験結果）冬季に50%の遮光を4日間行うと50%以上の花茎で落蕾が生じる。

b. 高温

- ・高温障害として、成長点の消失、茎・葉の奇形などが挙げられる。また、花芽が出るまでに高温にさらされると、芯の中の花芽が焼けてしまい、蕾が成長しなくなる。
- ・夜間の温度が15°C以上で生育不良が発生する。症状として、つるは硬化し、暗緑色となり、花茎が短くなる。
- ・高温になると切り花長が短くなり、花も傷みやすく、花もちが悪くなる。
- ・曇雨天により光合成量が少ない状態の中、高夜温になると養分の消耗が激しく、落蕾を助長する。
- ・雨天後、晴れて気温が急上昇する場合に特に障害が発生しやすい。

②生育障害発生のメカニズム

- ・曇雨天時に落蕾が発生するのは、茎頂部と発達中の花蕾との間で光合成産物の配分の競合があり、茎頂部に多く分配されるためである。
- ・曇雨天による光合成量の低下により、植物体内の糖含有量の低下を引き起こし、これが花蕾にストレスを与え、エチレン生成量を以上に高めて落蕾が発生する。
- ・雨天後、晴れて急に気温が上昇すると高温障害が発生しやすい。降雨時は気孔が開いた状態であり、その後晴れて気温が急上昇すると蒸散するためと考えられる。



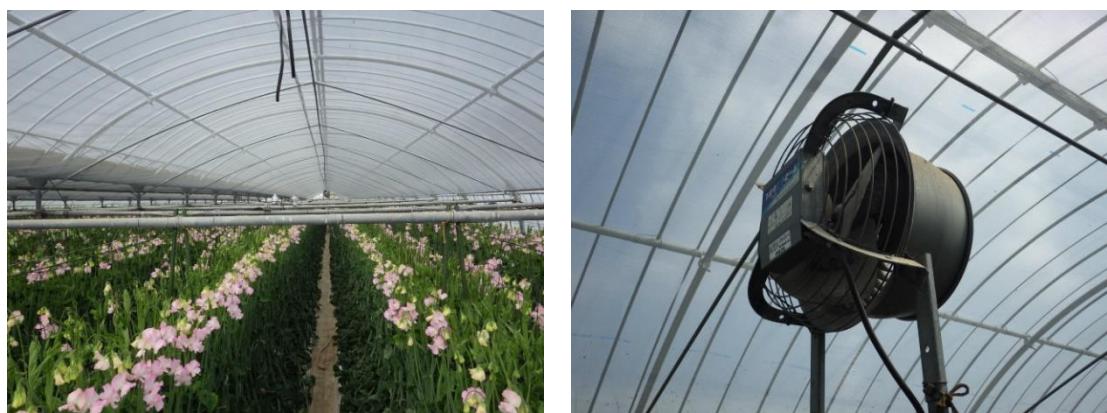
成長が止まった蕾

障害の初期症状である茎の波打ち

2) 生育障害の発生を軽減するための生産技術

生育障害の発生を軽減するため、農家では以下のような適応策を実施している。しかし、これらの対策を実施しても、高温や日射量不足による生育障害は毎年発生している。

- ・ビニールハウスのサイドを開けて通気し、ハウス内の高温を緩和する。
- ・秋季や気温の高い日等には循環扇により換気する。
- ・温度が高い時に遮光ネットを張る。それ以外にも雨天・曇天から急に天気が良くなる場合に、日射量や温度の急上昇を防ぐためにも遮光ネットを使用する。
- ・高温時にミストをかけて温度を下げる。ただし、ミストは花染みの原因になるため、開花期には使用できない。
- ・ビニールハウスのビニールに、遮熱性フィルムや散乱光フィルムを使用する。
- ・光が反射するように白やシルバーのマルチを使用する。



遮光ネットを張った様子

ハウス内に設置している循環扇

6.4.3 観測や実証実験の結果

(1) 栽培環境調査の結果

1) 気温等の観測

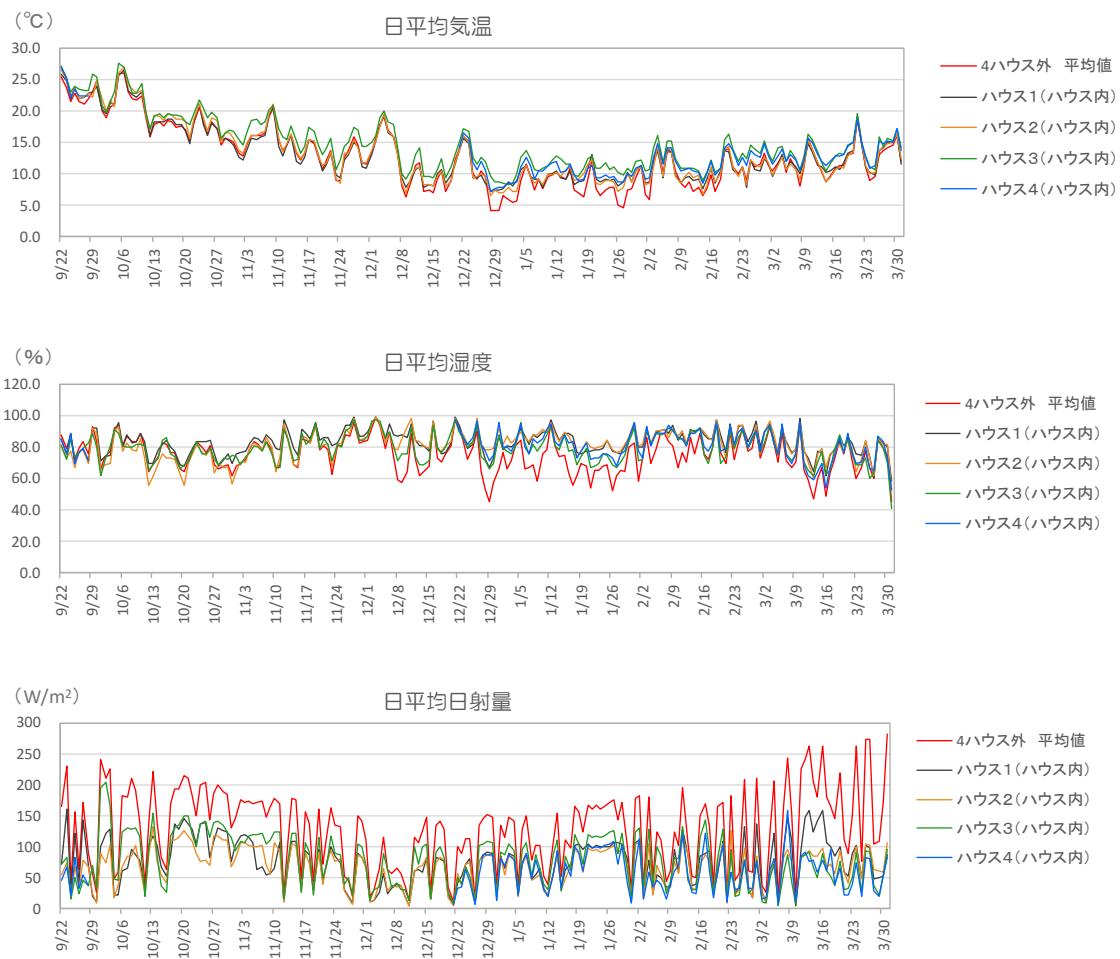
日平均気温、日平均湿度、日平均日射量、日照時間の観測結果は、図 6.4-4、図 6.4-5 に示すとおりである。

ハウス内の日平均気温は 6.5~27.6°C の範囲で推移しており、1月上旬から 2月上旬までの間を除くとはハウスの内と外の差はほとんどみられなかった。

ハウス内の日平均湿度は、56~99% の範囲内にあり、栽培期間をとおして 80% 前後で推移していた。

ハウス内の日平均日射量は、晴天の日には 100~150W/m²、雨曇天の日には 10~50 W/m² であった。ハウス外と比較して、約 60% 程度であった。

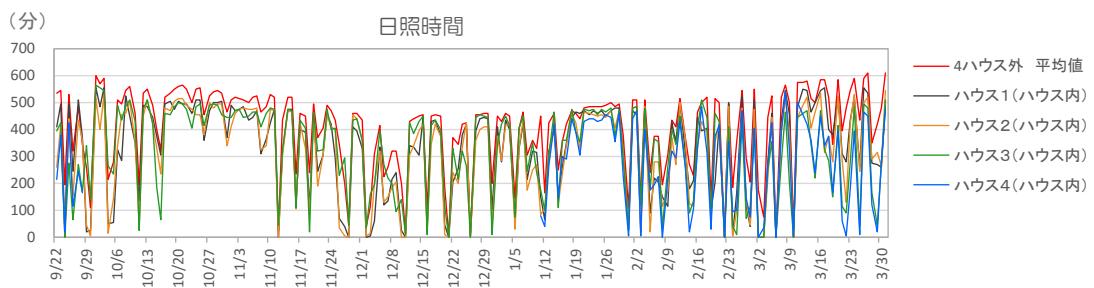
ハウス内の日照時間は、晴天では 500 分前後、曇雨天では 50 分前後であった。



*1: ハウス内の気温と湿度は、ハウス内の 3箇所の平均値。

*2: ハウス 4 は、9月 29 日～12月 21 日の間は欠測。

図 6.4-4 気温等の観測結果



*1：日照時間は、日射量 120W/m^2 以上の積算値。

*2：ハウス 4 は、9月 29 日～1月 12 日の間は欠測。

図 6.4-5 日照時間の観測結果

ハウス 1 の気温と日射量の 1 時間値は、図 6.4-6 に示すとおりである。12 月上旬に曇天日が続き、12 月 2 日から 4 日までの 3 日間は、日最低気温が 15°C を超えている。その後、12 月は断続的に曇天日となり、12 月 20 日から 22 日にかけても日最低気温が 15°C 近くとなった。1 月は晴天日が多くなったが、2 月には曇天日となることが多く、2 月 27 日の最低気温が高くなっている。

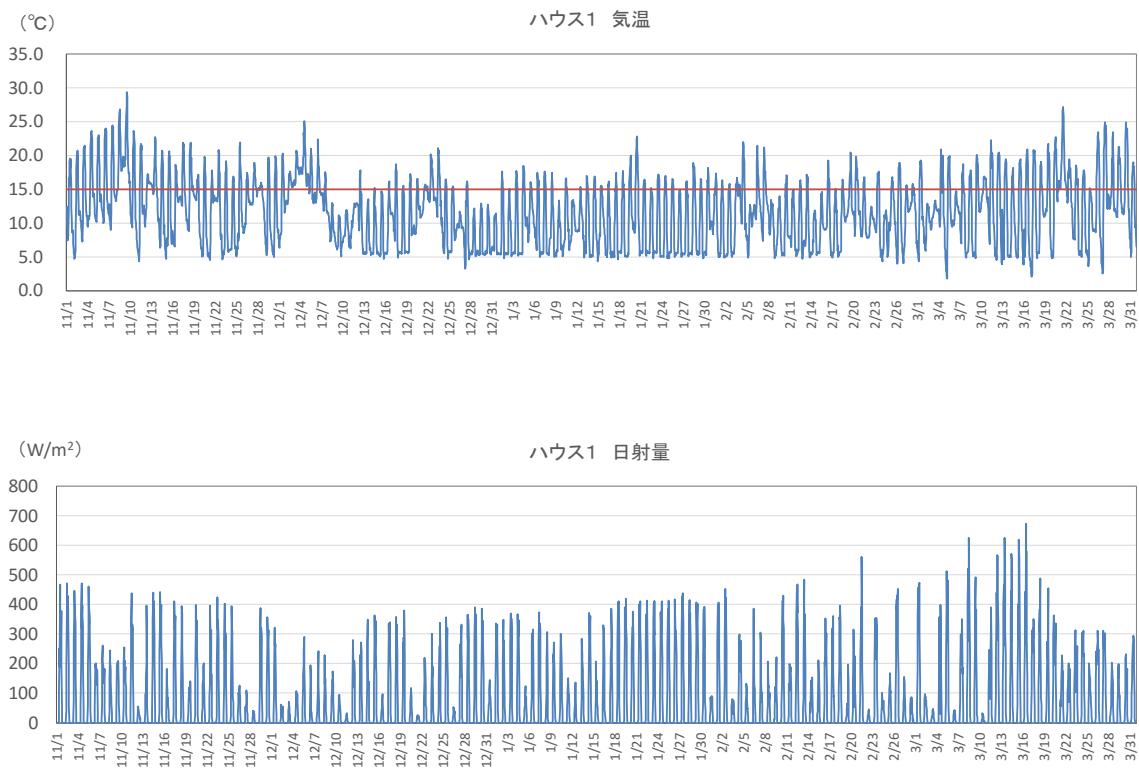


図 6.4-6 ハウス 1 の気温と日射量（1 時間値：11 月 1 日～2 月 28 日）の観測結果

2) 生育状況の観察

各ハウスでは、栽培期間をとおしてスイートピーの成長（茎長、節数）、落蕾の有無、波打の発生の有無を記録した。落蕾の有無は、観察時において下から2番目花梗（次々回に出荷予定の花梗）を対象に、全花数と落蕾した花数を記録した。波打ち数については、前回の観察から今回の観察の間に新たに波状化した節を記録した。

各ハウスの落蕾率（落蕾が発生した株数／観察対象株数）は図 6.4-7 に、波打ち率（波打ちが発生した株数／観察対象株数）は図 6.4-8 に示すとおりである。

落蕾は、いずれのハウスについても 12 月上旬から 12 月下旬にかけて多く発生している。12 月上旬には、2 つのハウスで落蕾発生率が 100% であった。1 月から 2 月の間については、落蕾発生率は減少したが、落蕾は断続的に発生しており高いときには 40% 近くなつた。

波打ちは、各ハウスとも観察期間をとおして発生しており、波打ち発生率は大きく変動している。

花梗長は、12 月は 45cm 前後となっているが、1 月以降は 50cm 前後で推移している。3 月中旬～3 月末では、30～40cm と短くなっている。

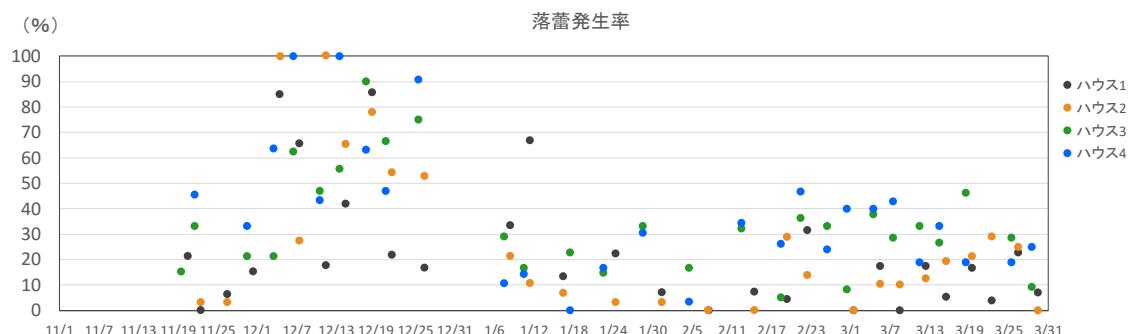


図 6.4-7 落蕾発生状況（11月～3月）

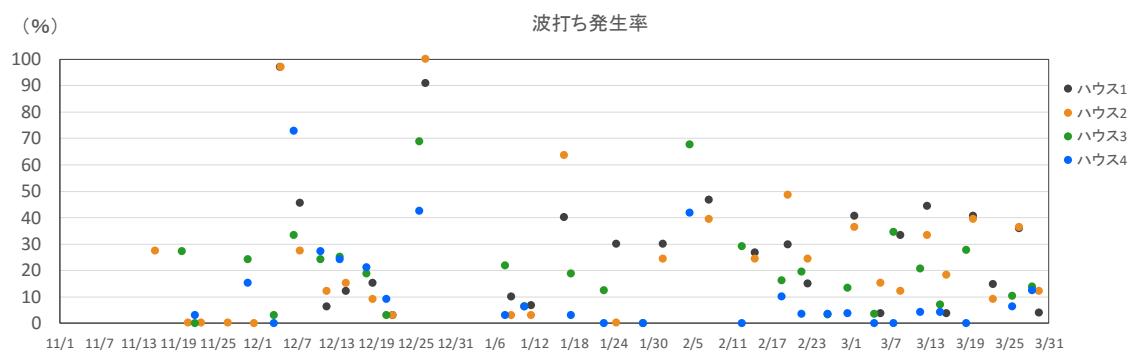


図 6.4-8 波打ち発生状況（11月～3月）

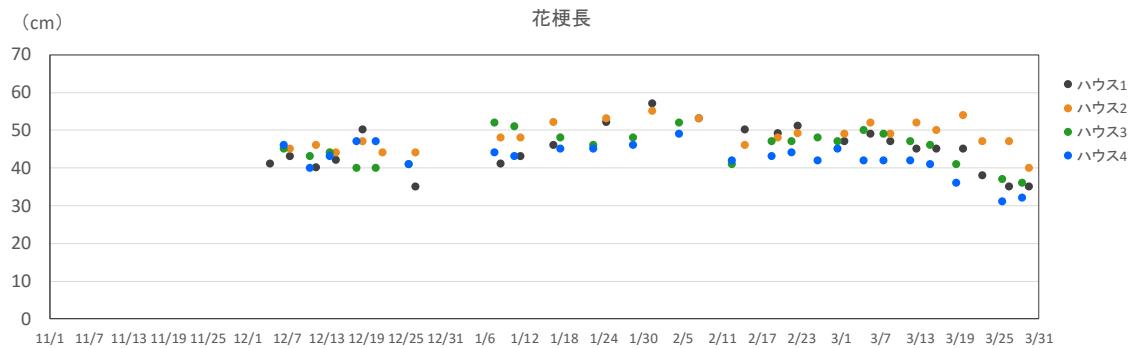


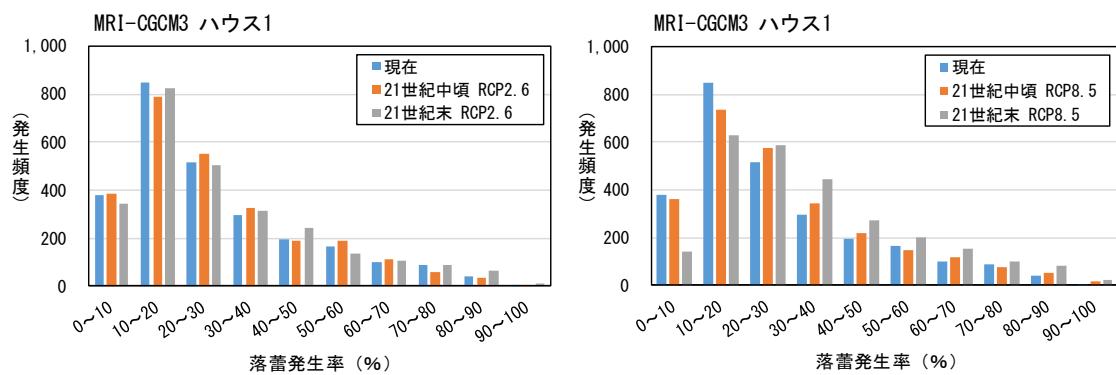
図 6.4-9 花梗長の状況（11月～3月）

6.4.4 気候変動影響予測結果

6.4.4.1 落蕾発生率

落蕾発生率の発生頻度 (MRI-CGCM3) をみると、RCP2.6 の場合 (左) は、いずれの予測期間においても落蕾発生率の顕著な変化はみられなかった。RCP8.5 の場合 (右) は、21世紀中頃では顕著な変化がみられないものの、21世紀末には、落蕾発生率が 20%以下の日数が減少し、30%以上の日が増加することから、落蕾が増加すると予測された。

月別平均落蕾発生率は、RCP2.6 の場合 (左) は、いずれの予測期間においても落蕾発生率の顕著な変化はみられなかった。RCP8.5 の場合 (右) は、21世紀末の11月～12月には落蕾発生率が現在と比べて 5～7%増加、1～3月では 3～12%増加すると予測された。



注) 発生頻度とは、落蕾発生率別に該当日数を集計した値

図 6.4-10 落蕾発生率の発生頻度の予測結果 (MRI-CGCM3、ハウス 1)

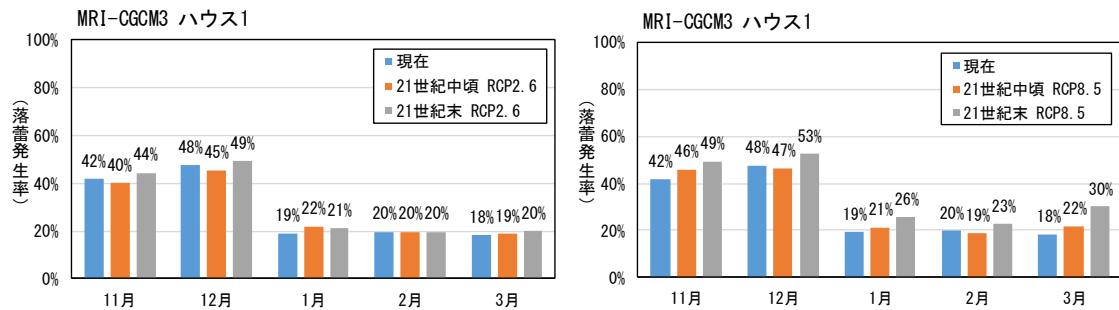


図 6.4-11 月別平均落雷発生率の予測結果 (MRI-CGCM3、ハウス 1)

予測結果 (MIROC5) をみると、MRI-CGCM3 を用いて予測した結果と比べて落雷発生率が高かった。

RCP2.6 の場合にはいずれの予測期間においても落雷発生率の顕著な変化はみられず、RCP8.5 の 21 世紀末のケースで落雷発生率が高くなる傾向は、MRI-CGCM3 を用いて予測した結果と概ね同様であった。

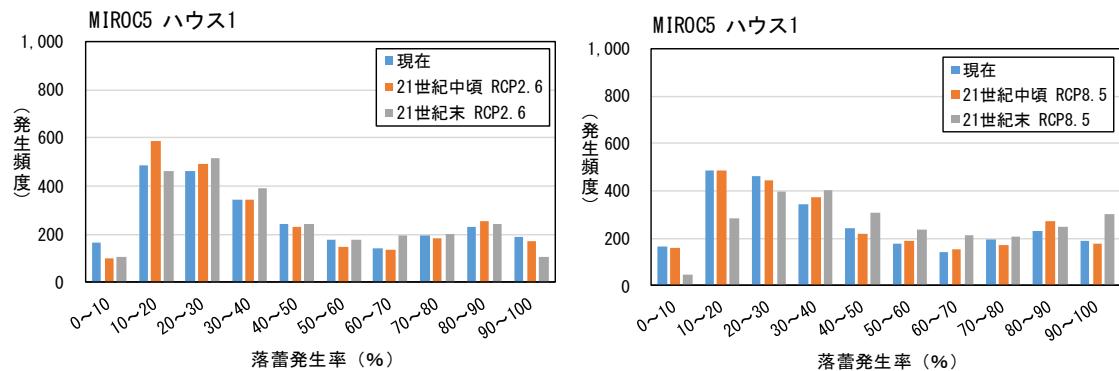


図 6.4-12 落雷発生率の発生頻度の予測結果 (MIROC5、ハウス 1)

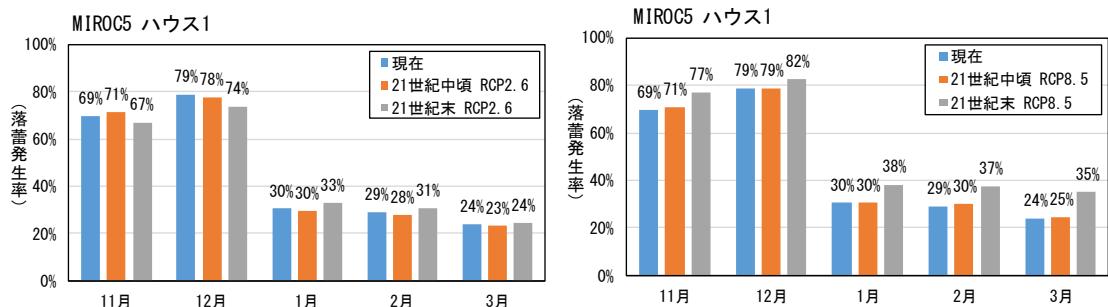


図 6.4-13 月別平均落雷発生率の予測結果 (MIROC5、ハウス 1)

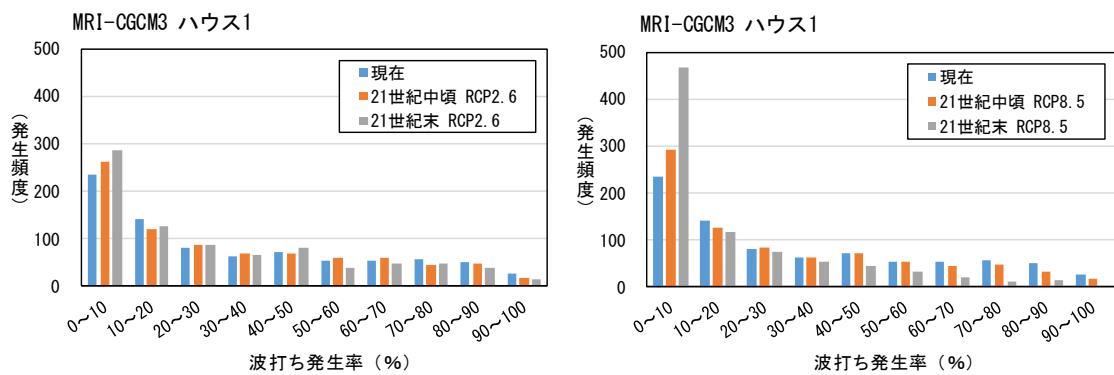
6.4.4.2 波打ち発生率

波打ち発生率の発生頻度 (MRI-CGCM3) をみると、排出シナリオが RCP2.6 の場合

(左) は、いずれの予測期間においても波打ち発生率が 0~10% の日数が現在と比べて増加していることから、波打ち発生率が低下すると予測された。また、RCP8.5 の場合

(右) は、その傾向が顕著であった。

月別平均波打ち発生率は、RCP2.6 の場合 (左) は、21世紀末の 11 月の波打ち発生率が、現在と比べて 8% 低下すると予測された。RCP8.5 の場合 (右) は、いずれの予測期間、月においても波打ち発生率が低下しており、21世紀末には現在と比べて 13~18% 低下すると予測された。



注) 発生頻度とは、波打ち発生率別に該当日数を集計した値

図 6.4-14 波打ち発生率の発生頻度の予測結果 (MRI-CGCM3、ハウス 1)

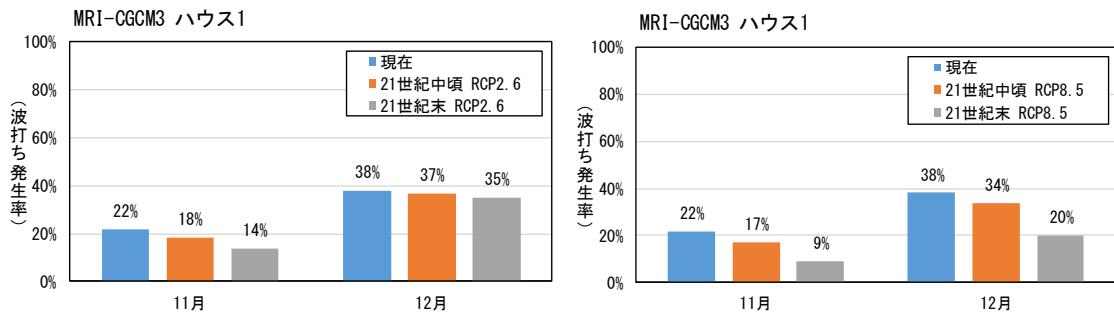


図 6.4-15 月別平均波打ち発生率の予測結果 (MRI-CGCM3、ハウス 1)

予測結果（MIROC5）をみると、MRI-CGCM3を用いて予測した結果と比べて波打ち発生率が高かった。

いずれの予測期間、予測モデルにおいても将来、波打ち発生率が低下する傾向は、MRI-CGCM3を用いて予測した結果と同様であった。

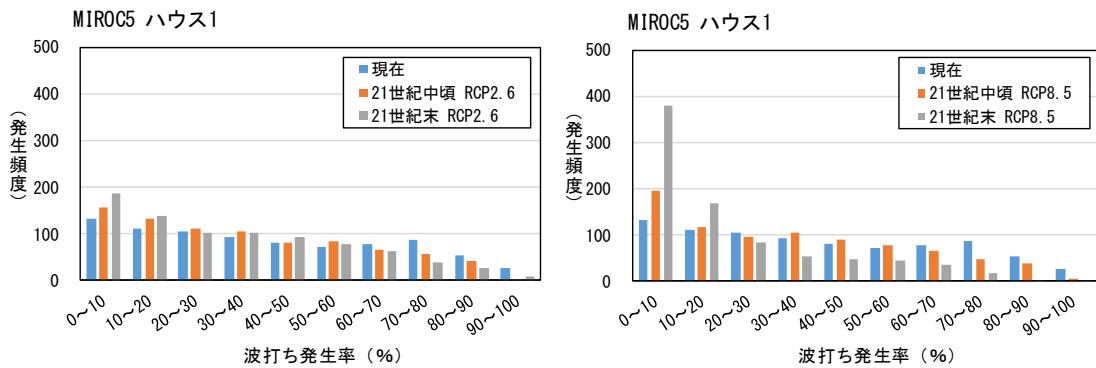


図 6.4-16 波打ち発生率の発生頻度の予測結果（MIROC5、ハウス 1）

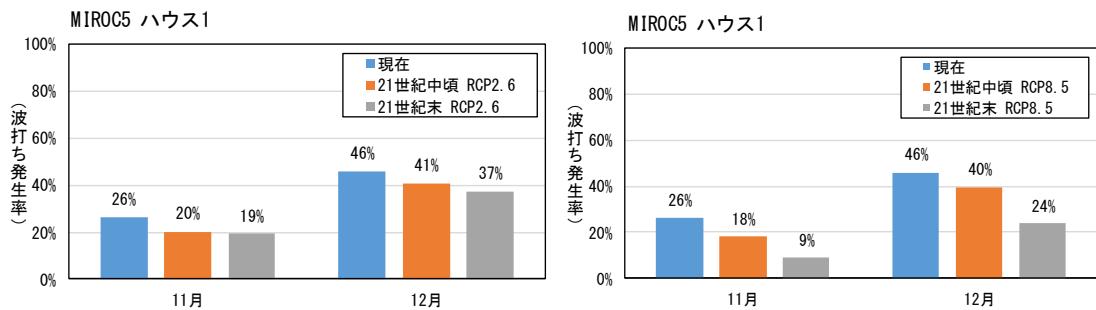


図 6.4-17 月別平均波打ち発生率の予測結果（MIROC5、ハウス 1）

6.4.4.3 花梗長の短化

いずれの予測ケースにおいても、気温が上昇し始める2月中～下旬から花梗長が短くなると予測される。

RCP2.6の場合（上）は、いずれの予測期間においても現在と比べて顕著な花梗長の短化はみられない。

RCP8.5（下）の21世紀末の場合には、気温の上昇等により現在と比べて花梗長が5cm程度短くなると予測される。2月末頃には現在の栽培終期（3月末）の花梗長と同程度になることから、収穫期間が現在よりも約1ヵ月短くなる可能性があると予測された。

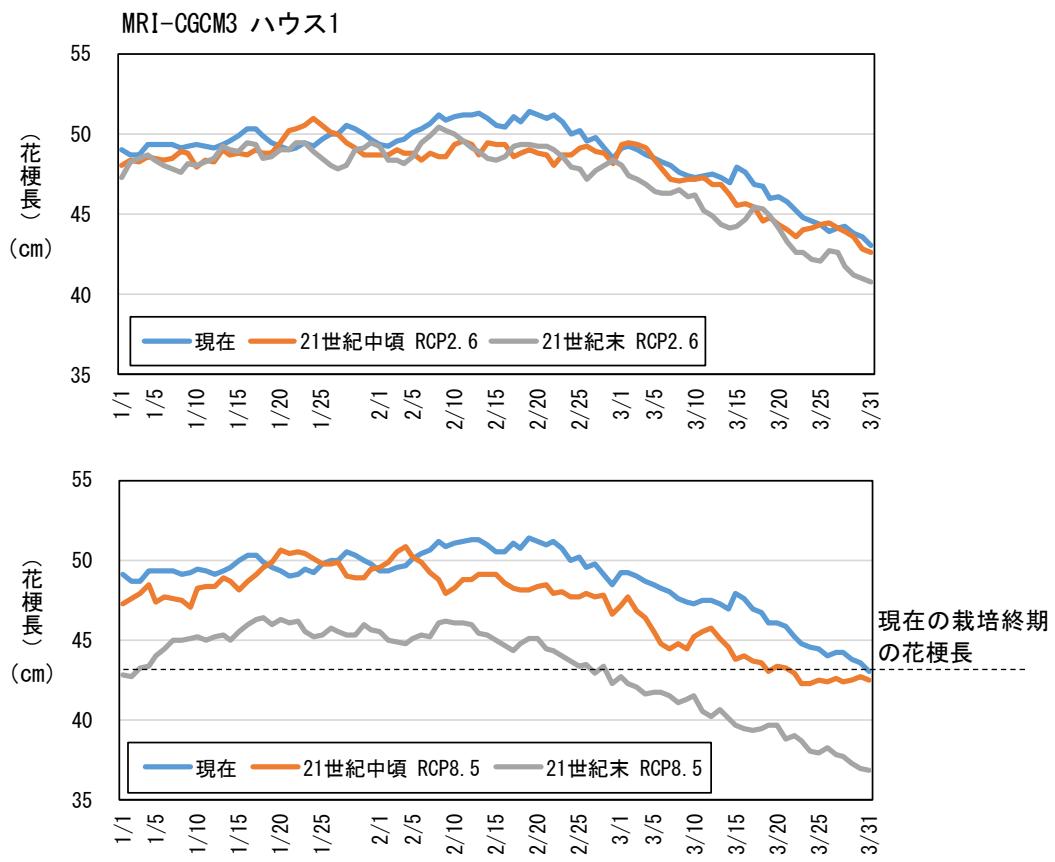


図 6.4-18 花梗長の予測結果 (MRI-CGCM3、ハウス1)

MIROC5 では、RCP2.6 の場合（上）は、21世紀中頃で花梗長が現在と比べて1~2cm程度、21世紀末で2~4cm程度短くなると予測され、MRI-CGCM3 を用いた予測結果より花梗長がやや短かった。

RCP8.5 の場合（下）は、21世紀末には現在よりも花梗長が5~7cm程度短くなる予測結果であり、MRI-CGCM3 で予測した花梗長よりもさらに短くなる予測結果となった。開花最盛期である1~2月の花梗長が現在の栽培終期（3月末）の花梗長と同程度であり、栽培に大きな影響を及ぼす可能性がある。

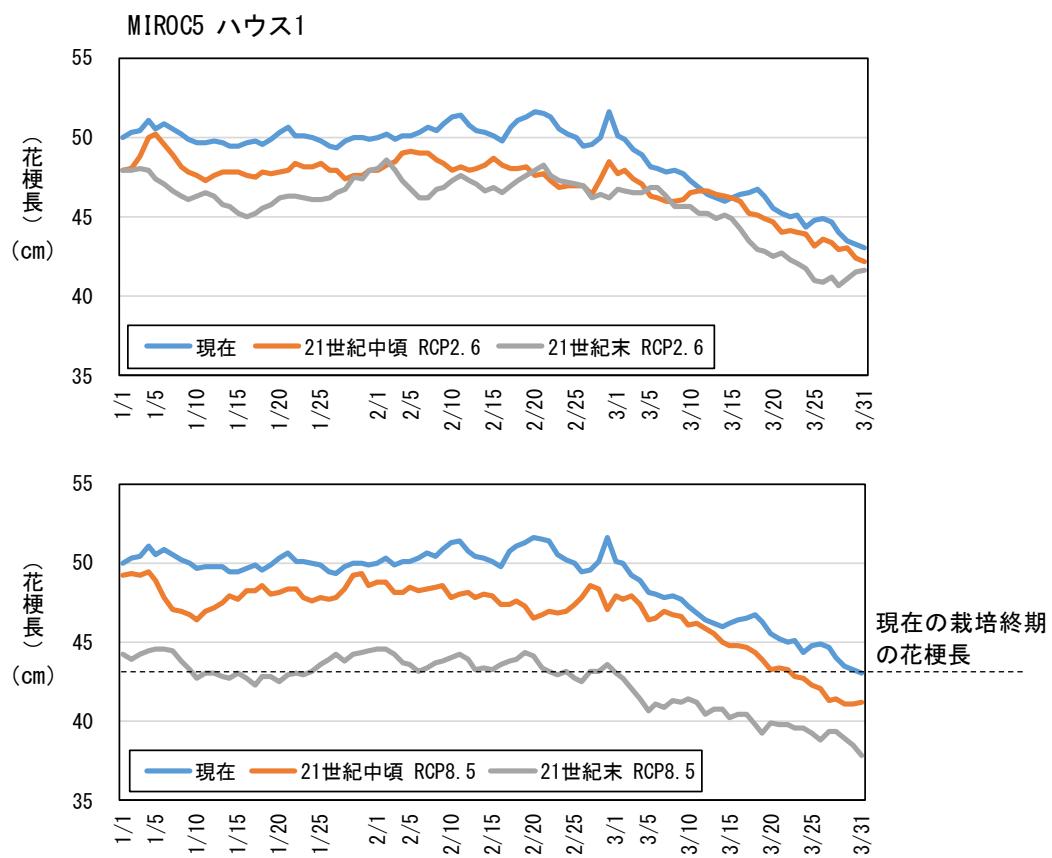


図 6.4-19 花梗長の予測結果 (MIROC5、ハウス 1)

6.4.5 結果を活用するまでの留意点・制限事項

本調査で構築した一般化線形モデルは、2018－2019 年に実施した栽培環境調査にもとづくものであり、当該栽培期間の気象条件を反映したものであることに留意が必要である。

6.5 適応オプション

6.5.1 手順

適応オプションの検討の流れを図 6.5-1 に示す。

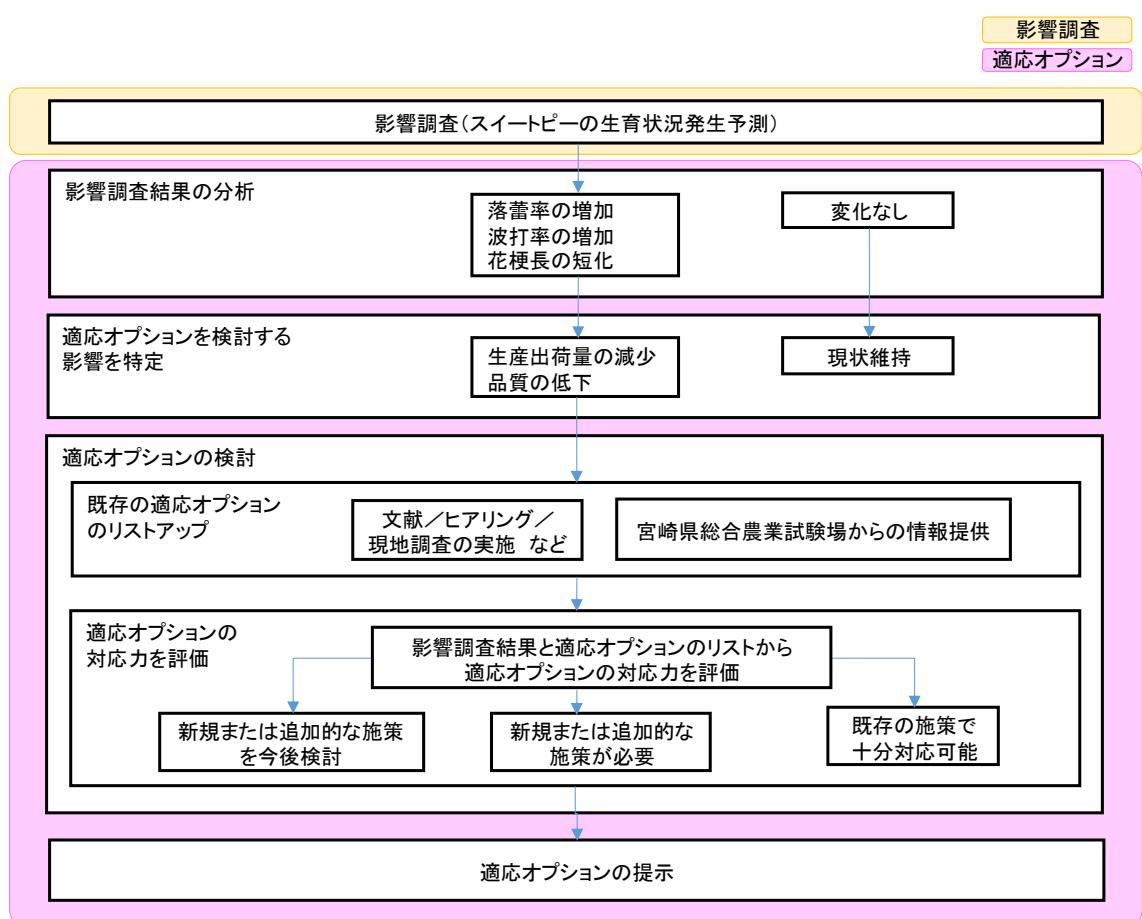


図 6.5-1 適応オプションの検討の流れ

6.5.2 概要

落蓄の抑制、波打ち発生抑制、花梗長の短化の抑制に関する適応オプションは、表 6.5-1～表 6.5-3 に示すとおりである。

表 6.5-1 適応オプションー落蓄の抑制（1）

適応オプション	想定される実施主体 ^{※1}			評価結果							
				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
補光（光エネルギーとして LED）	●			普及が進んでいない	高輝度廉価 LED の開発	◎	△	△	△	短期	高
補光（光エネルギーとして高压ナトリウムランプ）	●			普及が進んでいない	高温のため障害が発生しやすい。高価である。	◎	○	△	△	短期	低
長日処理（光信号として白熱球・蛍光灯・LED）	●			普及が進んでいない	電照設備の設置	◎	○	△	◎	短期	中
床面・北側サイド面における反射フィルムの利用	●			普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
落蓄抑制資材散布	●			普及が進んでいない	資材の開発、農薬取締法への登録	◎	△	△	△	短期	高
換気窓の開閉（高温抑制）	●			普及が進んでいる	特に無し	◎	○	○	◎	短期	中
妻窓の開閉（高温抑制）	●			普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	○	短期	中
循環扇の利用（高温抑制）	●			普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	○	短期	中
換気扇の利用（高温抑制）	●			普及が進んでいない	特に無し。個別ハウス構造上の問題もあり。	◎	○	△	○	短期	中
ハウス内部の内張りでの遮光ネットによる遮光（高温抑制）	●			普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	○	短期	中

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

表 6.5-1 適応オプションー落蓄の抑制（2）

適応オプション	想定される実施主体※1			評価結果							
				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
高温耐性付与資材の利用		●		普及が進んでいない	今後の研究	◎	△	△	△	短期	高
冷房（ヒートポンプなど）の利用		●		普及が進んでいない	ヒートポンプの導入コストが高額	◎	○	△	△	短期	高
遮熱フィルムの利用		●		普及が進んでいない	遮光ネットとの利用競合。 汎用性の課題	◎	○	△	◎	短期	中
地温抑制マルチの利用		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
加湿機の利用		●		普及が進んでいない	飽差制御技術確立が必要	◎	○	△	△	短期	低
難落蓄性品種の育成	●	●		普及が進んでいない	育成は始まったが種類を揃えるのに年月が必要	△	△	△	△	短期	高
高温耐性品種の育成	●	●		普及が進んでいない	選抜が開始されたが育成年月が必要	△	△	△	△	短期	高
環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	●	●		普及が進んでいない	育種素材の探索が必要	△	△	△	△	短期	高

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

表 6.5-1 適応オプションー落蓄の抑制（3）

適応オプション	想定される実施主体 ^{※1}			評価結果							
				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
草勢維持のための栽培管理マニュアル化	●			普及が進んでいない	今回の調査結果も含め環境データによる調節技術の開発が緒についた。	△	△	△	△	N/A	高
根域温度等調節技術開発による草勢管理技術の確立	●	●		普及が進んでいない	他品種で局所環境制御による草勢調節技術がすすんでおり、それを参考に検討が開始された。	△	△	△	△	N/A	高

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

※2. 「N/A」は、評価が困難であることを示す。

表 6.5-2 適応オプション－波打ち発生の抑制

適応オプション	想定される実施主体※1			評価結果							
				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
補光（光エネルギーとしてLED）		●		普及が進んでいない	高輝度廉価LEDの開発	◎	△	△	△	短期	高
補光（光エネルギーとして高圧ナトリウムランプ）		●		普及が進んでいない	高温のため障害が発生しやすい。高価である。	◎	○	△	△	短期	低
長日処理（光信号として白熱球・蛍光灯・LED）		●		普及が進んでいない	電照設備の設置	◎	○	△	◎	短期	中
床面・北側サイド面における反射フィルムの利用		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	●	●		普及が進んでいない	育種素材の探索が必要	△	△	△	△	短期	高
草勢維持のための栽培管理マニュアル化	●			普及が進んでいない	今回の調査結果も含め環境データによる調節技術の開発が緒についた。	△	△	△	△	N/A	高
根域温度等調節技術開発による草勢管理技術の確立	●	●		普及が進んでいない	他品種で局部環境制御による草勢調節技術がすすんでおり、それを参考に検討が開始された。	△	△	△	△	N/A	高

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

※2. 「N/A」は、評価が困難であることを示す。

表 6.5-3 適応オプション－花梗長の短化の抑制（1）

適応オプション	想定される実施主体 ^{※1}			評価結果							
				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
換気窓の開閉（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	◎	◎	◎	短期	中
妻窓の開閉（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
循環扇の利用（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
換気扇の利用（高温抑制）		●		普及が進んでいない	特に無し。個別ハウス構造上の問題もあり。	◎	○	△	◎	短期	中
ハウス内部の内張りでの遮光ネットによる遮光（高温抑制）		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
高温耐性付与資材の利用		●		普及が進んでいない	今後の研究	◎	△	△	△	短期	高
冷房（ヒートポンプなど）の利用		●		普及が進んでいない	ヒートポンプの導入コストが高額	◎	○	△	△	短期	高
遮熱フィルムの利用		●		普及が進んでいない	遮光ネットとの利用競合。 汎用性の課題	◎	○	△	◎	短期	中
地温抑制マルチの利用		●		普及が進んでいる	特に無し	◎	○	△	◎	短期	中
塗布型遮光材の利用		●		普及が進んでいない	塗布作業と剥がし作業に労力要	◎	○	△	◎	短期	中

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

表 6.5-3 適応オプション－花梗長の短化の抑制（2）

適応オプション	想定される実施主体 ^{※1}			評価結果							
				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
高温耐性品種の育成	●	●		普及が進んでいない	今後の研究	△	△	△	△	短期	高
環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	●	●		普及が進んでいない	育種素材の探索	△	△	△	△	短期	高
草勢維持のための栽培管理マニュアル化	●			普及が進んでいない	今回の調査結果も含め環境データによる調節技術の開発が緒についた。	△	△	△	△	N/A	高
根域温度等調節技術開発による草勢管理技術の確立	●	●		普及が進んでいない	他品種で局所環境制御による草勢調節技術がすすんでおり、それを参考に検討が開始された。	△	△	△	△	N/A	高

※1. 「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

※2. 「N/A」は、評価が困難であることを示す。

表 6.5-4 適応オプションの考え方と出典（1）

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
補光（光エネルギーとしてLED）	<p>実験例あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> 中村 薫・郡司定雄 LED 補光がスイートピーの落蕾防止に及ぼす影響：九州の農業気象、2輯 19、4-5、2010 山下一男, 中岡直士, 中村 薫, 鳥原 亮：スイートピーの品質向上を目的とした LED 補光技術の研究, 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 2013 年
補光（光エネルギーとして高压ナトリウムランプ）	<p>実験例あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> 長嶺和実・郡司定雄・富永寛：人工光によるスイートピーの落蕾防止試験：平成 7 年度宮崎県総合農業試験場成績書：1995 年 井上知昭, 小池安比古, 杉山祥世, 高橋 貴, 三浦泰昌, 鈴木重俊：矯性スイートピー品種の開花の早晚性、施肥量ならびに光強度が生育開花に及ぼす影響, 園学雑 69 別 2, 2000 年 日野宏俊・郡司定雄・村田壽夫：補光電照の効果：平成 13 年度宮崎県総合農業試験場成績書：2001 年 井上知昭, 鈴木重俊, 小池安比古, 杉山祥世, 三浦泰昌, 五十嵐大造, 鈴木邦彦：人工光における光強度がスイートピーの落らいに及ぼす影響, 園学雑 71 別 2, 2002 年
長日処理（光信号として白熱球・蛍光灯・LED）	<p>実験例あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> 井上知昭, 井上喜雄, 鈴木昌一, 橋口春三：スイートピーの開花の早晚性と日長反応性, 園学要旨 昭 61 春 日野宏俊・郡司定雄：長日処理によるスイートピーの草勢管理試験：平成 9 年度宮崎県総合農業試験場成績書：1997 年 日野宏俊・郡司定雄・村田壽夫：長日処理の効果：平成 13 年度宮崎県総合農業試験場成績書：2001 年 中村 薫・郡司定雄 LED 補光がスイートピーの落蕾防止に及ぼす影響：九州の農業気象、2 輯 19、4-5、2010
床面・北側サイド面における反射フィルムの利用	床面は宮崎県・大分県・岡山県の多くの栽培農家で実施。北側サイドは大分県で実施している事例がある。
落蕾抑制資材散布	<ul style="list-style-type: none"> 大川清・石原義隆啓・兵藤宏・狩野敦：スイートピーの落蕾に及ぼすエチレンの影響：園学雑 60, 405-408、1991 で STS 効果で落蕾抑制できる報告があるが、農薬取締法により実施不可能。
換気窓の開閉（高温抑制）	全国の栽培農家で多数実施されている。
妻窓の開閉（高温抑制）	西日本の栽培農家で多数実施されている。
循環扇の利用（高温抑制）	全国の栽培農家で多数実施されている。
換気扇の利用（高温抑制）	一部の栽培農家で多数実施されている。
ハウス内部の内張りでの遮光ネットによる遮光（高温抑制）	西日本の栽培農家で多数実施されている。
高温耐性付与資材の利用	<p>実験例あり。</p> <ul style="list-style-type: none"> 国立大学法人神戸大学 助教 山内靖雄：植物の高温耐性誘導剤の実用化に向けた実証試験、平成 28 年 1 月～平成 29 年 1 月 宮崎県総合農業試験場で試験実施中（平成 30 年～）

表 6.5-4 適応オプションの考え方と出典（2）

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
	<ul style="list-style-type: none"> ・起汐一広・中村薰・長友広明：小規模ハウスにおけるヒートポンプおよび複合環境制御システムを活用したスイートピーの高品質・高収益生産技術の検討：農業情報学会 2017 年度年次大会講演要旨集：17-18（講要）, 2017 ・起汐一広・中村薰・長友広明：スイートピー促成栽培におけるヒートポンプを利用した温湿度制御園学研. 18 (2) . 330. 2018
遮熱フィルムの利用	<ul style="list-style-type: none"> ・少数ではあるが、宮崎県の栽培農家で実施している事例がある。
地温抑制マルチの利用	<ul style="list-style-type: none"> ・日野宏俊・郡司定雄・村田壽夫：マルチ資材の効果：平成 12 年度宮崎県総合農業試験場成績書：2000 年 宮崎県の栽培農家で多数実施されている。
塗布型遮光材の利用	<ul style="list-style-type: none"> ・少数ではあるが、宮崎県の栽培農家で実施している事例がある。
加湿機の利用	<ul style="list-style-type: none"> ・宮崎県の栽培農家でミストの導入事例があり、普及が進みつつある。
難落蓄性品種の育成	<ul style="list-style-type: none"> 実験例あり。 ・宮崎県総合農業試験場：宮崎県花き生産振興のための新品種育成継続中
高温耐性品種の育成	<ul style="list-style-type: none"> 実験例あり。 ・宮崎県総合農業試験場：宮崎県花き生産振興のための新品種育成継続中
環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	<ul style="list-style-type: none"> 実験例あり。 ・宮崎県総合農業試験場：宮崎県花き生産振興のための新品種育成継続中
草勢維持のための栽培管理マニュアル化	<ul style="list-style-type: none"> これまでの栽培指針でなく、生育データに基づいた栽培管理手法について検討中（宮崎県総合農業試験場）
根域温度等調節技術開発による草勢管理技術の確立	<ul style="list-style-type: none"> ・窪田ら：新しい根域環境制御装置（N. RECS）を利用した根域温度調節による花苗の生長制御：園学研 17, 95-103、2018

6.5.3 適応オプションの提示

適応オプションを表 6.5-5～表 6.5-11 に示す。

表 6.5-5 適応オプション（1）

目的	日射量対策		
パターン	不足		
適応オプション	補光（光エネルギーとしての LED）	補光（光エネルギーとして高圧ナトリウムランプ）	長日処理（光信号としての白熱球・蛍光灯・LED）
実施を想定する地域	主に太平洋岸・瀬戸内沿岸冬期多日照地域		
気候変動影響	落雷、波打ち	落雷、波打ち	落雷、波打ち
技術・特徴・期待される効果など	落雷抑制、波打ち発生抑制	落雷抑制、波打ち発生抑制	落雷抑制、波打ち発生抑制
その他情報	-		
写 真	 [写真：宮崎県総合農業試験場]	 [写真：宮崎県総合農業試験場]	 [写真：宮崎県総合農業試験場]

表 6.5-6 適応オプション（2）

目的	日射量対策		
パターン	不足		過剰
適応オプション	床面・北側サイド面における反射フィルムの利用	落蕾抑制資材散布	ハウス内部の内張りでの遮光ネットによる遮光
実施を想定する地域	主に太平洋岸・瀬戸内沿岸冬期多日照地域		
気候変動影響	落蕾、波打ち	落蕾	落蕾、花梗長
技術・特徴・期待される効果など	落蕾抑制、波打ち発生抑制	落蕾抑制	高温障害抑制
その他情報	—	—	—
写 真	—	—	—

表 6.5-7 適応オプション（3）

目的	日射量対策	高温対策	
パターン	過剰	昼間	
適応オプション	塗布型遮光材の利用	換気窓の開閉	妻窓の開閉
実施を想定する地域	主に太平洋岸・瀬戸内沿岸冬期多日照地域		
気候変動影響	花梗長	落蕾、花梗長	落蕾、花梗長
技術・特徴・期待される効果など	高温障害抑制	昇温抑制	昇温抑制
その他情報	—		
写 真	—	 <small>[写真：宮崎県総合農業試験場]</small>	 <small>2013.06.13 14:26</small> <small>[写真：宮崎県総合農業試験場]</small>

表 6.5-8 適応オプション（4）

目的	高温対策		
パターン	昼 間		
適応オプション	循環扇の利用	換気扇の利用	高温耐性付与資材の利用
実施を想定する地域	主に太平洋岸・瀬戸内沿岸冬期多日照地域		
気候変動影響	落蕾、花梗長	落蕾、花梗長	落蕾、花梗長
技術・特徴・期待される効果など	昇温抑制	昇温抑制	高温への耐性
その他情報	—		
写 真	 <small>2019 09 13 14:30</small>		—
	<small>[写真：宮崎県総合農業試験場]</small>		

表 6.5-9 適応オプション（5）

目的	高温対策		
パターン	昼 間		夜 間
適応オプション	遮熱フィルムの利用	高温耐性のある品種の育種	難落蕾性品種の育成
実施を想定する地域	主に太平洋岸・瀬戸内沿岸冬期多日照地域		
気候変動影響	落蕾、花梗長	落蕾、花梗長	落蕾
技術・特徴・期待される効果など	昇温抑制	高温への耐性	落蕾抑制
その他情報	—		
写 真	—	—	—

表 6.5-10 適応オプション（6）

目的	高温・低温・湿度対策	湿度対策	
パターン	昼間・夜間	除湿・地温	除湿・地温
適応オプション	ヒートポンプの利用	加湿器の利用	地温抑制マルチの利用
実施を想定する地域	主に太平洋岸・瀬戸内沿岸冬期多日照地域		
気候変動影響	落蕾、花梗長	落蕾	落蕾、花梗長
技術・特徴・期待される効果など	冷房・暖房・除湿	多湿時に運転し湿度を下げる	除湿、品質向上
その他情報	—		
写 真	 <small>[写真：宮崎県総合農業試験場]</small>	 <small>[写真：宮崎県総合農業試験場]</small>	 <small>[写真：宮崎県総合農業試験場]</small>

表 6.5-11 適応オプション（7）

目的	育 種	根域制御	生育調節
パターン	—		
適応オプション	環境に鈍感な栽培しやすい品種の育成	根域温度等調節技術開発による草勢管理技術確立	草勢維持のための栽培管理マニュアル化
実施を想定する地域	主に太平洋岸・瀬戸内沿岸冬期多日照地域		
気候変動影響	落蕾、波打ち、花梗長	落蕾、波打ち、花梗長	落蕾、波打ち、花梗長
技術・特徴・期待される効果など	育種としての確立	技術としての確立	育種としての確立
その他情報	—		
写 真	—	—	—

引用文献一覧

- 1) 「スイートピーをつくりこなす」、井上知昭著、2007年1月
- 2) 「人工光における光強度がスイートピーの落らいに及ぼす影響」、園学雑71別2、井上知昭、鈴木重俊、小池安比古、杉山祥世、三浦泰昌、五十嵐大造、鈴木邦彦
- 3) 「植栽密度とかん水量がスイートピーチ花の収量・品質に及ぼす影響」、園学雑59別2、井上知昭、樋口春三、1990年
- 4) 「矯性スイートピー品種の開花の早晩性、施肥量ならびに光強度が生育開花に及ぼす影響」、園学雑69別2、井上知昭、小池安比古、杉山祥世、高橋 貴、三浦泰昌、鈴木重俊、2000年
- 5) 「気温並びに地温がスイートピーの生育開花に及ぼす影響」、園学要旨 昭和63秋、井上知昭、樋口春三、1988年
- 6) 「スイートピーチ花の花弁糖度とつる下げる関係」、園学雑74別2、井上知昭、柳島美恵子、五十嵐大造、鈴木邦彦、柳下良美、中村 薫、2005年
- 7) 「スイートピー栽培の作畦栽培と不作畦栽培の比較」、九州農業研究（九農研）第62号、杉田浩一、黒木正晶、三浦猛夫、2000年
- 8) 「スイートピーの開花の早晩性と日長反応性」、井上知昭、井上喜雄、鈴木昌一、樋口春三、1986年
- 9) 「スイートピーにおける花序の発達特性と落蕾および花序のアボーションとの関係」、園学雑66別2、札埜高志、林 孝洋、矢澤 進、1997年
- 10) 「スイートピーの品質向上を目的としたLED補光技術の研究」、宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告、山下一男、中岡直士、中村 薫、鳥原亮、2013年
- 11) 「スイートピーの落らいに及ぼすエチレンの影響」、園学雑60(2)、大川 清、石原義啓、兵藤 宏、狩野 敦、1991年
- 12) 「総合農試だより第176号」、宮崎県総合農業試験場、2017年
- 13) 「品質カイゼン室の花のソコが知りたい！スイートピー編」、(株)大田花き 品質カイゼン室
- 14) 「夜間冷房時の温度がスイートピーの落蕾に及ぼす影響」、森 義雄、粒生直義、安場健一郎、後藤丹十郎、2017年