

農業生産における 気候変動適応ガイド

りんご 編



令和 2 年 1 2 月
農林水産省

《表紙の写真》

ふじ

青森県ホームページより
(<https://www.pref.aomori.lg.jp/sangyo/agri/ringo-hinsyu05.html>)

王林

青森県ホームページより
(<https://www.pref.aomori.lg.jp/sangyo/agri/ringo-hinsyu05.html>)

シナノゴールド

長野県上田市ホームページより
(<https://www.city.ueda.nagano.jp/soshiki/nosanmarket/4933.html>)

おぜの紅

群馬県ホームページより
(<https://www.pref.gunma.jp/06/f0100056.html>)

農業生産における気候変動適応ガイド りんご編

目 次

本ガイドについて	・・・	1
I 農業生産活動における気候変動の影響		
止まらない気候変動	・・・	2
気候変動によるりんごへの影響（現在）	・・・	3
気候変動によるりんごへの影響（将来予測）	・・・	4
II 気候変動適応の取組を行う意義・期待される効果		
気候変動リスクの軽減による農業経営の安定	・・・	5
取組による産地の優位性の発揮	・・・	6
III 気候変動に対する適応の進め方		
気候変動に対する適応策検討の流れ	・・・	7
STEP 1 これまでに経験した気候変動影響を整理する	・・・	10
STEP 2 将来の気候変動影響に関する情報を収集・整理する	・・・	12
STEP 3 現在実施している適応策の実態と効果を整理する	・・・	14
STEP 4 優先課題を特定し、適応策リストを作成する	・・・	15
STEP 5 適応策を選択し、適応策実行計画を策定する	・・・	17
適応策の評価と見直し	・・・	20
《参考文献》	・・・	21

本ガイドについて

■ 本ガイドの目的

気候変動による農業生産への影響が顕在化する中、今後、温暖化が進行した場合には、農業生産への悪影響のリスクがさらに高まり、農産物の安定供給に支障をきたします。

高温でも品質の低下が起きにくい技術、品種・品目の開発・導入を進めてきている中、今後はこれまでの研究や現場での取組を通じ、影響の将来予測や適応技術の効果等の情報を活用し、更なる温暖化の進行に備え、産地として持続的に生産活動が行えるよう、将来起こりうる気候変動リスクを可能な限り回避・軽減するリスクマネジメントの取組が重要です。

このため、産地自らが気候変動に対するリスクマネジメントや適応策を実行する際の指導の手引きとして本ガイドを作成しました。本ガイドで示す手順を参考に、各産地での気候変動への適応を進めていきます。

■ 本ガイドで対象とする気候変動への適応策

本ガイドは、農業生産において数多く実施されている気候変動適応策の中から、りんごの生産過程における特に高温に係る影響と、その対策としての栽培技術や品種転換などに関する適応策の実施を念頭に作成しています。適応策には、栽培管理技術の変更のような生産者において低コストですぐに導入可能なものから、品種開発や品目転換のようにコストと時間を要するものまで、さまざまです。個別の生産者では対応できない適応策は、自治体や農業協同組合、農業共済組合、地域の関係者等が連携して中長期的な計画に基づいて取組を進める必要があります。

■ 本ガイドの対象者

本ガイドは、主に都道府県の農業部局担当者や普及指導員を対象として作成していますが、農業協同組合等の技術担当者や地域の農業リーダーの方々にも参考になる内容となっています。



I 農業生産活動における気候変動の影響

■ 止まらない気候変動

■ 身近に迫る気候変動

気候変動の影響は、私たちの生活に身近なところで、“〇〇年に一度の”と表現されるような極端な気象現象として実感することが増えてきました。最近発生した以下の極端な気象現象は、いずれも地球温暖化との関連が指摘され、農業生産のみならず社会に大きな影響を与えています。

高温

2018 年夏、日本列島は記録的な猛暑に見舞われ、熱中症による死亡者数は全国で 1,500 人を超えました¹。また、全国のアメダス地点における猛暑日の年間の延べ地点数が、過去最多を記録しました。その後のシミュレーションによる検証の結果、地球温暖化が起きていなければ、このような猛暑は起こりえないことが明らかになりました²。

大雨

2020 年 7 月は「令和 2 年 7 月豪雨」の発生を始め、東北地方、東日本太平洋側、西日本日本海側、西日本太平洋側では、1946 年の統計開始以降、第 1 位の多雨と第 1 位の日照不足となるなど、顕著な天候不順となりました。一連の大雨では、地球温暖化による長期的な大気中の水蒸気の増加が、降水量を増やした可能性があると発表されました³。

台風

2018 年から 2020 年にかけて、日本列島には強い台風がいくつも上陸し、各地に甚大な被害が発生しました。地球温暖化の進行により日本が位置する中緯度帯では、今世紀末頃には台風の移動速度が現在よりもおよそ 10% 程度遅くなることが予測されています。このことは、台風に伴う影響を受ける時間が長くなることを意味しています⁴。

暖冬

2019 年末から 2020 年にかけての冬季は、日本では統計開始以降最も気温の高い記録的な暖冬となりました。また降雪量も全国的に少なく、北日本日本海側と東日本日本海側では 1962 年冬の統計開始以降の最少記録を更新しました。地球温暖化による地球全体の気温の上昇傾向の継続が、背景の一つにあったと考えられています⁵。

出典：厚生労働省¹，気象庁気象研究所ほか^{2,4}，気象庁^{3,5}各発表資料より

■ これまでの気候変動

気象庁の 2020 年 1 月の発表によると、これまで日本の平均気温は様々な変動を繰り返しながら上昇しており、1898 年以降では 100 年あたり 1.24℃の割合で上昇しています。特に、1990 年代以降、高温となる年が頻繁に現れており、2019 年の日本の平均気温の基準値（1981～2010 年の 30 年平均値）からの偏差は +0.92℃で、1898 年の統計開始以降、最も高い値となりました（図 1）。日本の気温上昇が世界の平均（陸上で 100 年あたり 0.94℃）に比べて大きいのは、日本が、地球温暖化による気温の上昇率が比較的大きい北半球の中緯度に位置しているためと考えられます。

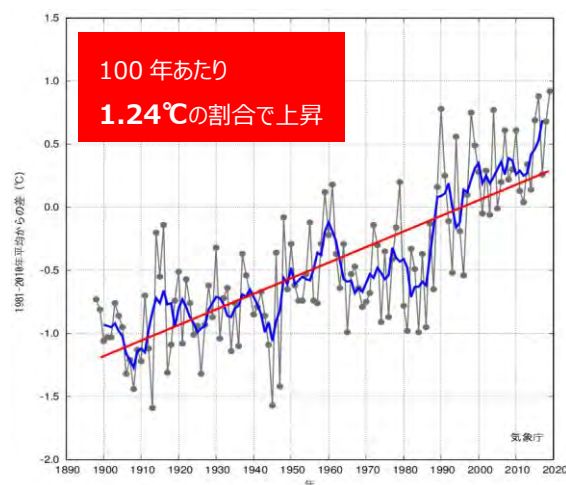


図 1 日本の年平均気温偏差

出典：気象庁ホームページ⁶より作成

気温の上昇にともない、熱帯夜（夜間の最低気温が25℃以上の夜）や猛暑日（1日の最高気温が35℃以上の日）は増え、冬日（1日の最低気温が0℃未満の日）は少なくなっています。1時間に降る雨の量が50ミリ以上の日数は、長期的に増加傾向にあり、地球温暖化が影響している可能性があります（図2）。

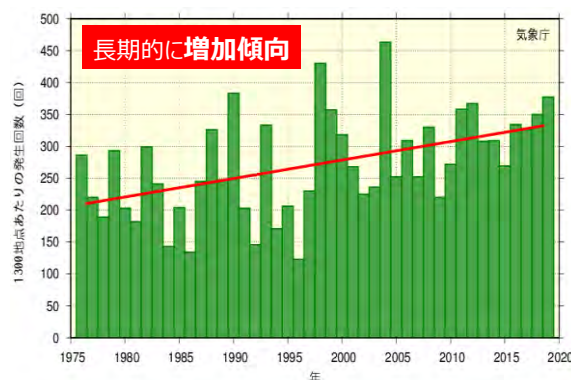


図2 全国の1時間降水量50mm以上の年間発生回数

出典：気象庁ホームページ⁷より作成

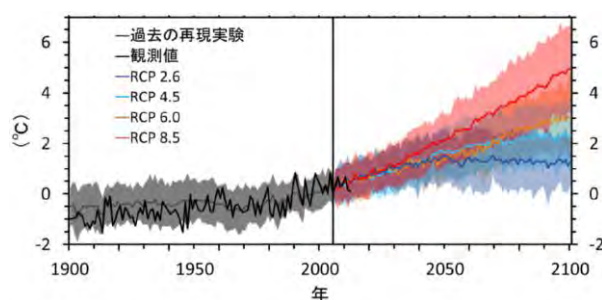


図3 複数の気候モデルによる日本の平均気温の予測結果

出典：気象庁「異常気象レポート2014」⁸より作成

気候変動によるりんごへの影響（現在）

農業生産に影響を与える気象要因は、気温、降水、台風等、年によって様々に変化しますが、図1(p.2)に示した通り、気候変動により日本の平均気温は少しずつ上昇しており、今後もこの傾向が続くと予測されています。農林水産省では2007年より概ね毎年、全国の都道府県を対象とした農作物の高温影響による調査を行い、その結果を「地球温暖化影響調査レポート」¹⁰等で発表してきました。本レポートでは、りんごへの高温による影響として図4に示す日焼け果、着色不良・着色遅延のほか、虫害の多発、凍霜害、発芽・開花期の前進等が報告されています。



図4 りんごの高温による主な影響
(右図の温度は、着色期における人工気象室の温度を表す。)

写真提供：(左) 群馬県より、(右) 杉浦 俊彦 氏（農業・食品産業技術総合研究機構）より

特にこれら外観品質の低下は販売価格に影響し、生産者の収入や産地ブランドの低下につながるため、十分な対策が求められます。

RCP：代表的濃度経路。RCPに続く数値が大きいほど、将来の温室効果ガスの排出が多いことを意味し、気温上昇が大きくなる。

■ 気候変動によるりんごへの影響（将来予測）

農業は気候変動の影響を受けやすいため、従来から、気候に対する対策が取られてきました。しかし近年、過去に経験したことがないような高温や降雨により、大きな被害が出る等、これまでの対策では間に合わなくなりつつある状況も発生しています。今後の気候変動の進行により、図 4（p.3）に示したような影響がさらに頻繁に、また深刻化することが危惧されます。

果樹は品目によって代表的な産地や特徴的な果樹ブランドがあるように、地域的な気候との関連が強く、水稻等と異なり気候への対応の幅が狭いことが特徴です（図 5）。栽培適地を決める要因は土壌条件、社会的立地、日射条件、降水、風など多くの要因がありますが、最も重要な要因は気温です。

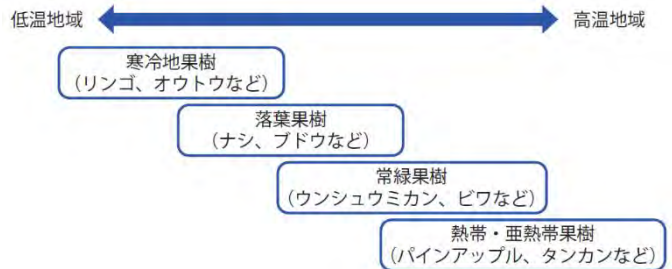


図 5 果樹のグループと栽培適地

出典：「気候変動適応技術の社会実装ガイドブック」¹¹

図 6 は将来の気温予測に基づいた、りんごの栽培適地についての将来予測を示しています。「果樹農業の振興を図るための基本方針」（農林水産省、2020）¹²では、りんご栽培に適する地域を“年平均気温が 6～14℃の地域”としています。1981～2000 年の栽培適地に比べ、2046～2055 年頃には、関東地方内陸部、本州の日本海側等にりんご栽培には適さない高温の地域が広がり、一方で北海道の道北や道東に栽培適地が広がることが予測されています（RCP8.5：現在のペースで温室効果ガスの排出が進んだ場合）。

一般に果樹は一度植栽すると、30 年程度は栽培が続きます。そのため、栽培過程において気候変動の影響を非常に受けやすい作物であるといえます。この予測は将来の平均気温予測のみを用いたものであり、栽培に影響を与える他の要因は含まないため不確実なものですが、気候変動による将来の高温に対する確実な備え、つまり適応策の実施が必要であることを示唆しています。

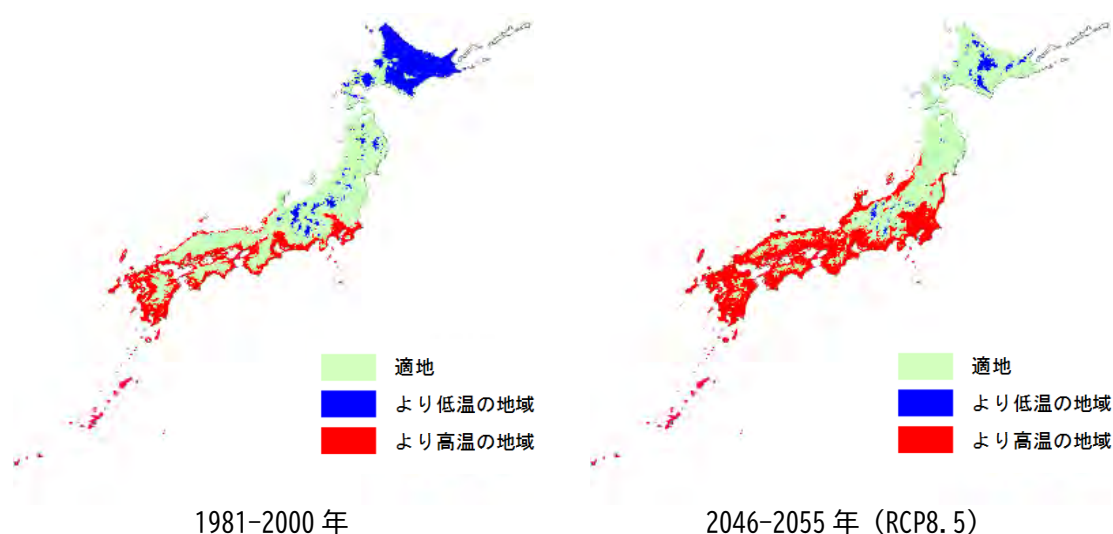


図 6 りんごの栽培適地予測（MIROC5）

出典：農林水産省「気候変動の影響への適応に向けた将来展望」（2019）¹³

MIROC5：日本で開発された気候モデルの一つ。地球全体の気候や海洋の過去から将来に渡る物理的変化を計算し、将来の気候を予測したもの。

Ⅱ 気候変動適応の取組を行う意義・期待される効果

■ 気候変動リスクの軽減による農業経営の安定

前章で見たとおり、今後も気候変動が進行していくと予測される中、農業生産への影響を極力抑えるために、適切な時期に適切な対策をとっていく必要があります。高温や大雨等による生育不良や病害虫の増加等による収量の減少、品質低下による等階級の低下、作期のずれによる市場価格の下落等、気候変動影響は生産者の所得低下につながるものであり、地域や国全体の経済的損失の増大につながる大きな問題であるといえます。

適応への取組は、これらの気候変動による経済的損失の影響を将来に渡る経営リスクと考え、リスクに対する取組を進めることであるという側面も持っています。リスクに備えるために農業保険への加入が有効な手段ですが、適応策の適切な導入によるリスク管理が、保険事故を減らし、農業経営の安定につながり、地域経済の安定にもつながります。

適応策には、栽培管理技術の変更のように個別の生産者において低コストですぐに導入可能なものから、品種開発や品目転換のようにコストと時間を必要とするものまで、さまざまです。ブランド作物を抱える背景から、品種や品目の変更が困難な産地もあります。このような、個別の生産者では対応できない適応策は、自治体や農業協同組合、農業共済組合、地域の関係者等が横断的に協力し、産地における中長期的な計画に基づいて取組を進める必要があります。

すぐに対応可能な対策は速やかに導入することが重要ですが、今後の気温上昇等によっては、効果を発揮しなくなる時期が来ることも念頭に置く必要があります。また、農産物に影響が発生してからでは対策が間に合わない場合もあります。そのため、中長期的な将来に渡る適応策についても、地域の実態を踏まえ早い段階から計画的に備えを進めることで、将来に予測されるリスクの軽減につながります。

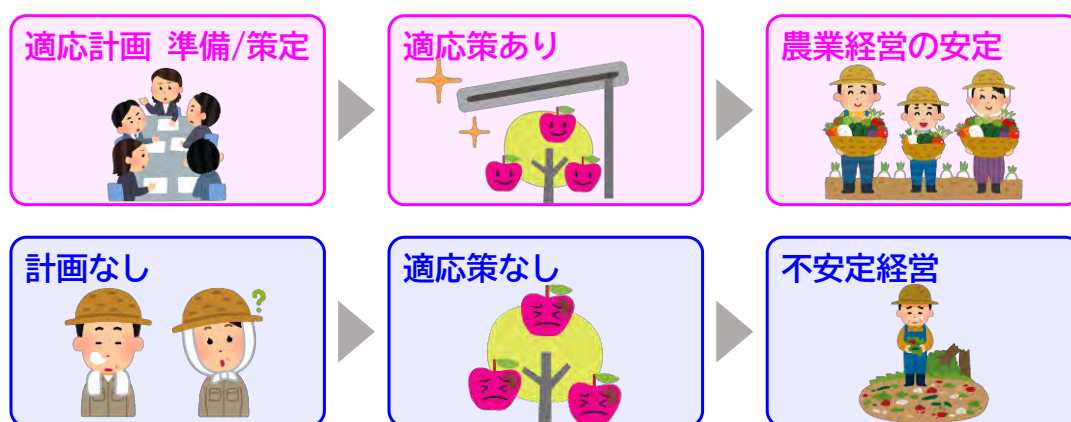


図 7 適応計画によるリスク管理と農業経営安定化のイメージ

図の出典（一部）：パンフレット「目で見える適応策」（2018）¹⁴

■ 取組による産地の優位性の発揮

りんごにおける気候変動影響として、日焼け果や着色不良・着色遅延の発生が多く報告されており（図4, p.3）、これらに対して全国でさまざまな取組が進められています。

■ 栽培技術による取組

富山県では、りんごの日焼け果対策として、わい化栽培圃場に細霧冷房装置を導入し（図8）、その経済的効果を検証しました。その結果、本装置の導入により日焼け果の発生が半分以下に抑制され、10aあたり年間およそ3万円の増収が試算されました¹⁵。現在は技術の普及段階にあり、この適応策の導入が進むことにより、農業経営の安定化が期待されます。



図8 りんごわい化栽培圃場における細霧冷房処理

出典：「りんご日焼け果の発生軽減対策技術マニュアル」¹⁶

■ 対応品種による取組

長野県では2018年、高温条件でも着色良好なりんご早生品種「シナノリップ」が品種登録され、既に市場に出荷されています。まだ生産が始まったばかりで、県内のみの生産に限られていますが、着色良好で外観が優れ、食味も良いため、県内の主力品種になることが期待されています（図9）。



図9 りんご品種「シナノリップ」

出典：「長野県農業関係試験場」ホームページ¹⁷

■ 品目転換による取組

青森県津軽地方の中南地域では、気候変動（夏季の低温や多雨）等に起因するりんごの内部褐変やつる割れなどの多発による価格低下が見られるようになったため、2004年頃から早生種のりんごをももへ改植する動きが始まりました。もも栽培は、りんご栽培と作業資材を共用できること、りんごの大敵である台風による落果のリスクを軽減する等の利点があり、ももの生産が拡大しています（図10）。このように他品目の導入や、単一品目でも複数品種の栽培による作期分散等を組み合わせることにより、気象災害リスクを軽減することが可能です。また同地域では、津軽みらい農協が地域団体商標「津軽の桃」を取得しました。りんご生産農家の一部門として行われているももの生産ですが、市場からの注目も高く、「津軽の桃」のブランド化を図りながら生産の拡大を進めていくとしています¹⁸。

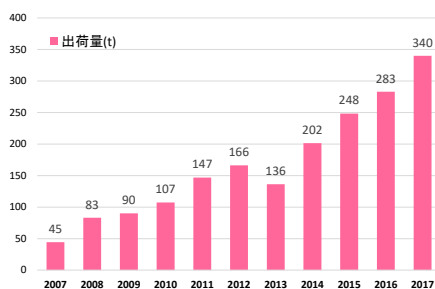


図10 青森県中南地域もも出荷量の推移（管内農協の合計値）

出典：「中南地域もも高品質生産推進方向」¹⁹より

上記に示した各産地におけるさまざまな適応策の取組は、いずれも他の産地に先駆けた適応策の事例であり、産地間における優位性の向上につながっていると考えられます。りんごは、既存品種に対する実需者のニーズが根強いものもあり、産地における品種の更新が容易には進まない地域もありますが、図1（p.2）に示した気温上昇や、図2（p.2）に示した短時間強雨の増加等の気候変動は、今後いずれも進行すると予測されています。既に産地では種々の影響が発生しており、地域では自治体や産地レベルで中長期的な計画に基づいた適応策の実施が急務であるといえます。

Ⅲ 気候変動に対する適応の進め方

気候変動による影響は、生産している品種や産地によって様々です。そのため、気候変動への適応も各産地が主体的に考える必要があります。ここでは、各産地で適応に取り組んでいくための基本的な進め方について説明します。

■ 気候変動に対する適応策検討の流れ

図 11 は、気候変動への適応の考え方（イメージ）を表しています。気候変動（気温上昇など）の進行に伴い、気候変動による影響は、年変動を繰り返しつつ拡大していくと考えられます（赤矢印）。そのため、気候変動の進行に合わせて適応策を導入し、気候変動による影響を低減させていく必要があります（青・紺矢印）。しかし、適応策の導入には、準備期間が必要であり（青・紺点線）、中長期的な観点で対策を検討する必要があります。

科学的知見を活用した上で計画的に適応策を導入し、気候変動によるリスクをマネジメントしていくことが重要です。

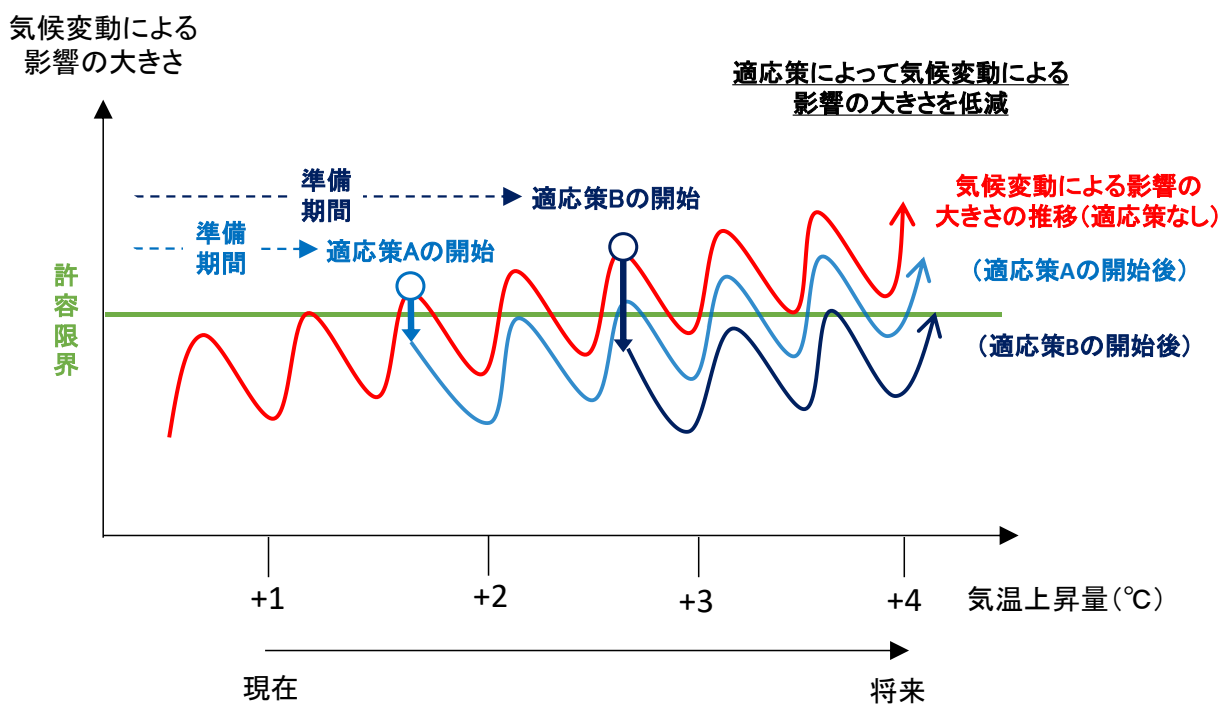


図 11 気候変動（気温上昇）への適応の考え方（イメージ）

本ガイドでは、気候変動に対する適応の進め方として、適応策実行計画を策定し、適応策の評価と見直しを通して計画を改定していくサイクルを想定しています（図 12）。

適応策実行計画では、産地の目標を踏まえ、どのような適応策を、どのタイミングで導入していくかを取りまとめることが重要です。また、農業分野における長期的なビジョンを示す振興計画を策定する場合には、本実行計画を併せて策定することで、より効果的な計画づくりとなります。

本ガイドでは、図 11（p.7）の気候変動への考え方をもとに、適応策実行計画策定の流れを 5 つの STEP として想定しました。各 STEP を進めていくことで、図 13 に示すような適応策実行計画を作成することが可能です。以降では、適応策実行計画を策定するための各 STEP および適応策の評価と見直しについて、その実施内容や主な情報源、参考情報などを説明します。

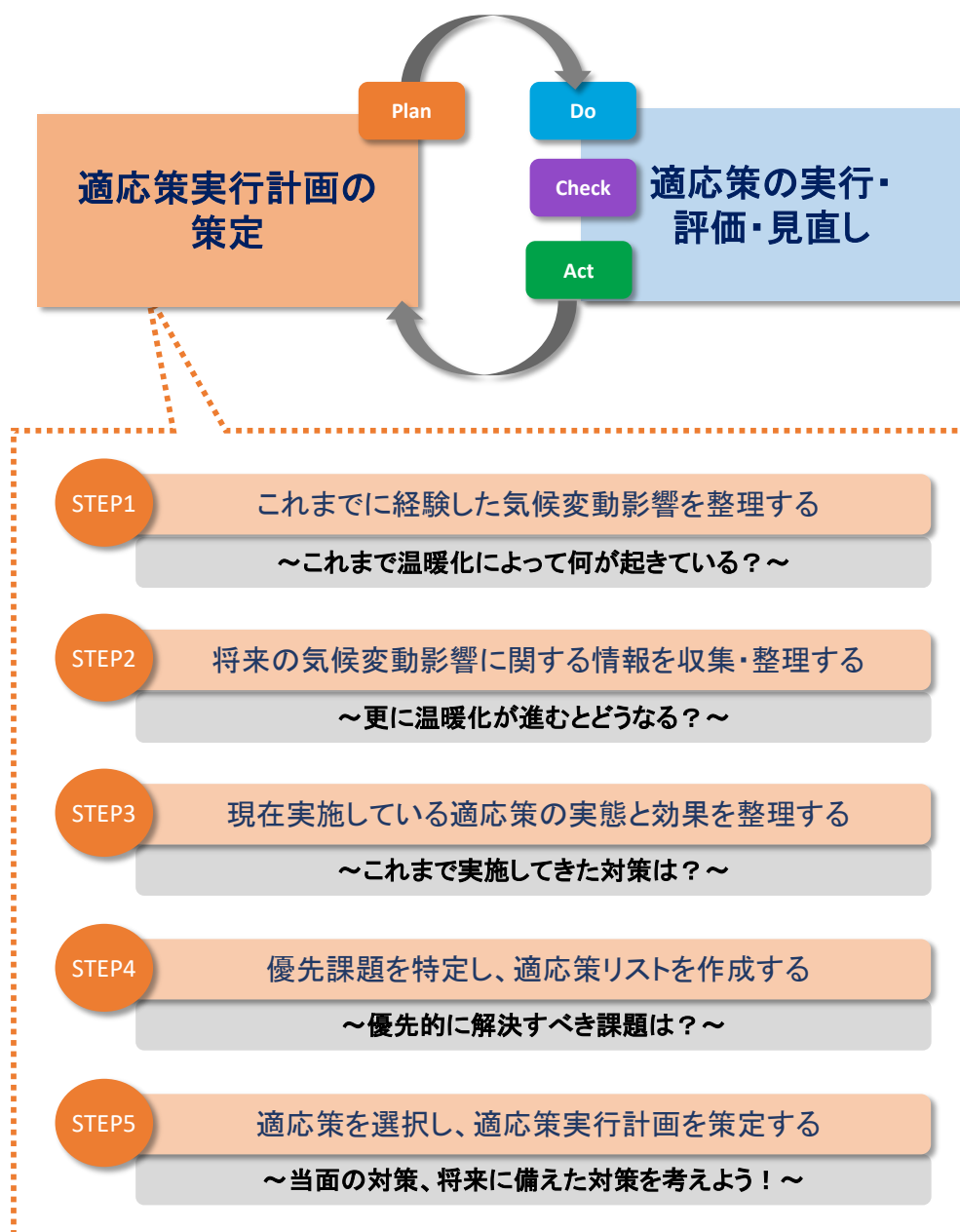


図 12 気候変動に対する適応策検討のフロー

STEP1を基に整理

適応策実行計画

(1) 産地における気候変動による影響

STEP5で設定

都道府県名	
市町村名	
産地名	
計画主体	

(2) 産地の将来の目標

	数値目標

STEP3で情報を収集・整理

(3) 現時点の適応策

適応策のレベル	適応策の目的	具体的な取組内容	効果	課題

**STEP4、5で情報を収集・整理
(STEP4でSTEP1、2の情報を活用)**

(4) 将来の適応策

適応策のレベル	導入予定年次	具体的な取組内容	想定される効果	関係するプレイヤー

可能な限り数値目標を設定します。
例えば、何年度までに日焼け果を20%軽減させる等

導入する適応策に関するプレイヤー（ステークホルダー）を記載します。

図 13 適応策実行計画のひな型

適応策実行計画の策定

STEP 1 これまでに経験した気候変動影響を整理する

概要

産地内でこれまでに生じている気候変動影響、影響を引き起こす気象要因、影響による被害の大きさ、その発生頻度についての情報を収集し、整理します。

これまでに経験した気候変動影響（気候の変化や気象現象（高温や大雨等）によって生じた影響）は、将来においても生じる可能性が高いと考えられるため、情報を整理しておくことが重要です。また、整理した情報を地域の関係者間で共有することも重要になります。

実施内容

STEP1 では、図 14 に示す 3 つの情報を整理します。はじめに、これまでに気候の変化や気象現象（高温や大雨等）によって産地で生じた影響を、可能な限り品目ごとに収集・整理します。このとき、産地の気候・気象データなどを活用して、影響の原因となる気象現象（着色期～収穫期の高温等）を合わせて整理することが重要です。農林水産省「地球温暖化影響調査レポート」¹⁰では、りんごにおける気候変動影響、発生の主な原因を表 1 のように取りまとめており、産地の情報を整理する際、参考にすることができます。

上記に加えて、りんごの収量・品質データなどを活用し、各影響事例がりんご栽培に与える被害の大きさ、また、その影響の発生頻度を整理することも重要です。STEP1 の整理イメージを表 2 に示します。適宜活用して下さい。

①気候の変化や気象（高温や大雨等）によって、産地で生じた影響事例（可能であれば品目ごと）

②影響を引き起こす気候・気象要因

③①で整理した影響がりんご栽培に与える被害の大きさ、その発生頻度

図 14 STEP1 で収集する情報

表 1 りんごにおける気候変動影響の事例

気候変動影響	発生の主な原因	収量・品質等への影響
着色不良	着色期～収穫期の高温等	上位等級比率の低下
日焼け果	高温・少雨（5月～8月上旬）	品質・収量の低下
虫害の多発	【シンクイムシ類】高温による活動時期の延長 【ハダニ類】高温・少雨（乾燥）	品質・収量の低下
凍霜害	開花前～幼果期の気温上昇（冬季の温暖化）、寒のもどり	品質・収量の低下
発芽開花期の前進	開花前～開花期の気温上昇	品質・収量の低下
その他（蜜入りの遅延）	高温（8月～10月）	品質の低下
果実障害（軟化）	果実成熟期以降（8月～）の高温、多雨	貯蔵性の低下

出典：農林水産省「地球温暖化影響調査レポート」¹⁰より作成

表 2 これまでに経験した気候変動影響 整理イメージ（※1）

品種	これまでに生じている気候変動影響	影響の気候・気象要因	収量・品質等への影響	影響による被害の大きさ（※2）	影響の発生頻度（※2）	影響が生じやすい気候・気象条件
ふじ	着色不良	着色期～収穫期の高温等	上位等級比率の低下	大	高	着色期～収穫期の平均気温が〇℃以上で増加する。
	日焼け果	高温・少雨（5月～8月上旬）	品質・収量の低下	大	中	着色期～収穫期の平均気温が〇℃以上で増加する。これに少雨（乾燥）が重なるとさらに増加する。
	虫害の多発（ハダニ）	高温・少雨（乾燥）	品質・収量の低下	中	中	—
	凍霜害	開花前～幼果期の気温上昇（冬季の温暖化）、寒のもどり	品質・収量の低下	大	高	—
	発芽開花期の前進	開花前～開花期の気温上昇	品質・収量の低下	中	中	—

（※1）本表の事例はあくまで整理イメージであり、各産地の実情と異なる場合もあることにご留意ください。

（※2）「影響による被害の大きさ」、「影響の発生頻度」における「現時点」とは平均気温上昇+2℃未満、「将来」とは+2℃以上を想定しています。

本事例では、「影響による被害の大きさ」、「影響の発生頻度」を、それぞれ「大・中・小」、「高・中・低」で表していますが、可能な場合は定量的に示すことも考えられます（「影響による被害の大きさ」：生産量の●％、「影響の発生頻度」：〇年に一度程度で発生等）。

なお、これまでに生じている影響を整理する際には、産地における既存の組織体（自治体や農業協同組合、農業共済組合、地域の関係者等）を活用し、情報を収集することが考えられます。また、産地における農業関係者間や専門家との間でのリスクコミュニケーションも有効です。

整理した情報は、自治体や農業協同組合、農業共済組合、地域の関係者間で共有することが重要です。気候変動適応に向けた第一歩として、多くの関係者が気候変動による影響を認識している環境を構築する必要があります。

主な情報源

✓ 気候・気象データ

気象庁ホームページ²⁰では、産地に近いアメダスポイントで観測されているデータを入手することが可能です。また、農研機構「メッシュ農業気象データシステム」²¹や都道府県の試験場から入手できる場合もあります。

✓ りんごの収量データ・被害データ

農林水産省「作物統計」²²や「特産果樹生産動態等調査」²³、「果樹共済統計表」²⁴から都道府県単位の収量データ・被害データを入手することができます。また、都道府県の試験場が所有している場合もあります。

✓ りんごの品質データ

都道府県の試験場が所有している場合があります。

適応策実行計画の策定

STEP 2 将来の気候変動影響に関する情報を収集・整理する

概要

将来想定される気候変動影響に関する情報を収集し、整理します。

気候変動への適応では、将来変化していく気候変動影響を見据えて取組を進めていきます。そのため、STEP1 で整理した気候変動影響がどのように変化するか、また、これまで経験していない影響が新たに生じる可能性があるかなどを把握することは大変重要です。

実施内容

STEP1 で整理した影響は、気候変動の進行に伴って拡大していくと考えられますが、その拡大の程度は、将来の気候・気象がどれくらい変化するかに大きく依存します。そこで、はじめに産地における将来の気候・気象の予測情報を収集します。

主な情報源

✓ 気候・気象の将来予測データ

国立環境研究所の気候変動適応情報プラットフォーム²⁵では、将来（21 世紀中頃、21 世紀末）の気温情報等が、都道府県単位で提供されています。

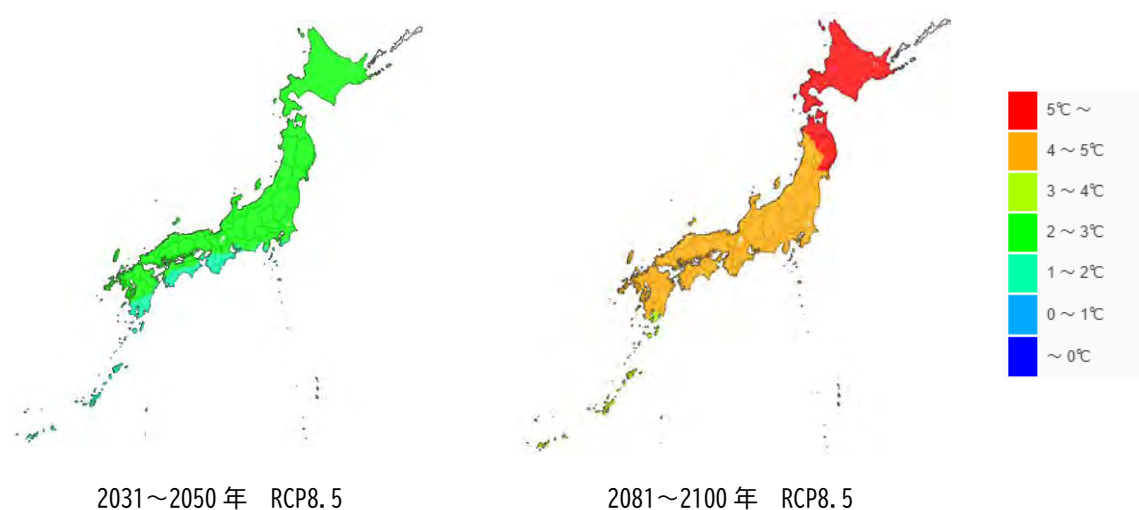


図 15 気温の予測結果（MIROC5）

出典：気候変動適応情報プラットフォーム²⁵

また、農林水産省「気候変動の影響への適応に向けた将来展望」（2019）¹³では、将来（21 世紀中頃）の気温情報等が、地域単位で提供されています。

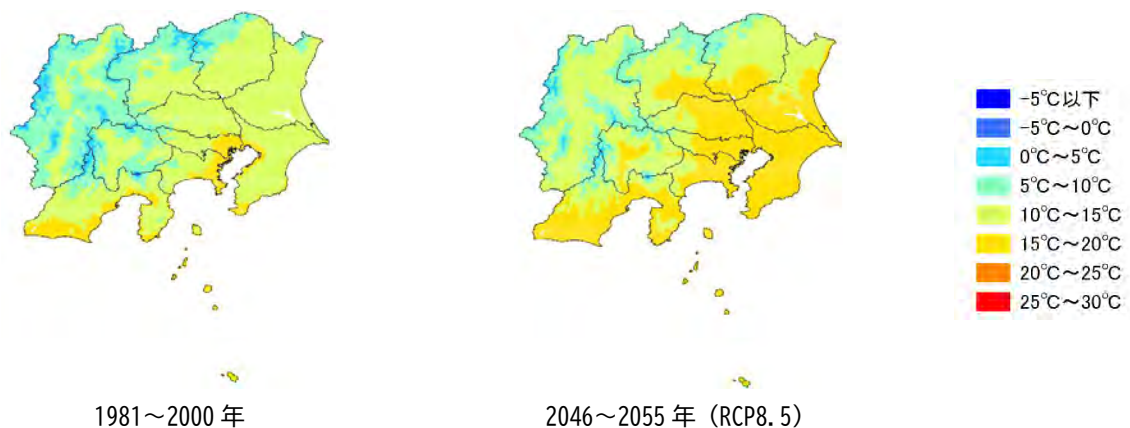


図 16 気温の予測結果 (MIROC5)

出典：農林水産省「気候変動の影響への適応に向けた将来展望」(2019) ¹³

加えて、気象庁ホームページ²⁶では、将来（21 世紀末）の気温情報等が都道府県単位で提供されています。

上記で収集した将来の気候・気象の予測情報や第 I 章の「気候変動によるりんごへの影響（将来予測）」で示した情報をもとに、STEP 1 で整理した影響が、将来どのように変化するか検討します。影響による被害の大きさや、その発生頻度は、現状と変わらないのか、あるいは高くなると考えられるのかを検討することが重要です。

気候変動への適応の観点からは、これまでに経験していない影響が、将来新たに生じる可能性についても、広く情報収集することが重要です。現状において、より高温な地域で生じている影響は、将来的に自身の産地で生じる可能性があります。そのような情報を広く収集することも有効だと考えられます。将来の気候変動影響の整理イメージは表 3 の通りです。適宜参考にしてください。

表 3 将来の気候変動影響 整理イメージ（※1）

品種	気候変動影響を引き起こす気候	気候変動影響	品質・収量等への影響	影響による被害の大きさ（※2）		影響の発生頻度（※2）	
				現時点	将来	現時点	将来
ふじ	着色期～収穫期の高温等	着色不良	上位等級比率の低下	大	大	高	高
	高温・少雨(5月～8月上旬)	日焼け果	品質・収量の低下	大	中	中	高
	高温・少雨(乾燥)	虫害の多発(ハダニ)	品質・収量の低下	中	大	中	高
	開花前～幼果期の気温上昇(冬季の温暖化)、寒のもどり	凍霜害	品質・収量の低下	大	大	高	高
	開花前～開花期の気温上昇	発芽開花期の前進	品質・収量の低下	中	大	中	高

（※1）本表の事例はあくまで整理イメージであり、各産地の実情と異なる場合もあることにご留意ください。

（※2）「影響による被害の大きさ」、「影響の発生頻度」における「現時点」とは平均気温上昇+2℃未満、「将来」とは+2℃以上を想定しています。

本事例では、「影響による被害の大きさ」、「影響の発生頻度」を、それぞれ「大・中・小」、「高・中・低」で表していますが、可能な場合は定量的に示すことも考えられます（「影響による被害の大きさ」：生産量の●％、「影響の発生頻度」：〇年に一度程度で発生等）。

適応策実行計画の策定

STEP 3 現在実施している適応策の実態と効果を整理する

概要

現時点で実施している適応策に関する情報を整理します。

現在、産地において実施されている適応策の実態と効果を整理することで、気候変動の影響に対する現状の対策レベルを把握することができます。

実施内容

STEP2 で整理した気候変動影響ごとに、現在実施している適応策を整理します。このとき、適応策の効果および導入する（普及させていく）上での留意事項も合わせて整理することが重要です。整理イメージを表 4 に示します。適宜参考にしてください。

表 4 現在実施している適応策 整理イメージ（※1）

気候変動影響	現在実施している適応策	適応策の効果（※2）	留意事項
着色不良	着色優良系統の導入	A	多数ある着色優良系統の選択が難しい。
日焼け果	7月～8月の支柱入れや徒長枝剪去の差し控え	B	全ての日焼けを防止できるとは限らない。
	着色期の早期摘葉の抑止	B	全ての日焼けを防止できるとは限らない。
虫害の多発（ハダニ）	特になし	—	—
凍霜害	凍霜害防止対策の徹底	A	燃料資材の確保とコストが課題
発芽開花期の前進	特になし	—	—

（※1）本表の事例はあくまで整理イメージであり、各産地の実情と異なる場合もあることにご留意ください。

（※2）A: 優れた効果がある、B: 効果がある、C: やや効果がある、D: 効果なし

主な情報源

✓ 各産地で実施されている適応策

地方公共団体の振興計画や試験研究機関の研究レポートなどでは、各産地で現在実施している適応策が整理されており、これらの資料から、気候変動影響への適応に資する対策を抽出することが可能です。また、農業温暖化ネット²⁷「対策情報」や、農林水産省「地球温暖化影響調査レポート」等^{10,28}では、各産地で実施されている適応策に関する情報が提供されています。

適応策実行計画の策定

STEP 4 優先課題を特定し、適応策リストを作成する

概要

産地における優先課題（優先的に対応していくべき気候変動影響）を特定します。また、優先課題を対象に、現在実施していない適応策に関する情報を収集・整理し、適応策リストを作成します。

りんご栽培における気候変動影響は多岐にわたります。そのため、産地に重大な影響を及ぼすと考えられるものから優先的に着手することが、効率的かつ効果的な適応の推進につながります。

STEP4 では、産地における優先課題を特定し、優先課題に係る適応策の情報を収集・整理します。

実施内容

(1) 優先課題を特定する

STEP1、2 で整理した情報や、産地の特徴を踏まえて、産地における優先課題（優先的に対応していくべき気候変動影響）を特定します。

優先課題を特定する方法の一つに、リスクベースの考え方（顕在化の可能性が高く、その被害程度が大きな課題を選定する）の活用が考えられます（図 17）。

(2) 適応策リストを作成する

(1)で優先課題として特定された気候変動影響について、現在実施していない適応策を可能な限り洗い出し、適応策リストを作成します。STEP3 で整理した適応策については、改めて整理する必要はありません。

ひとえに適応策といっても、効果の大きさやコスト、導入に要する期間、適応策に関するプレーヤー（ステークホルダー）は、対策によって様々です。そのため、これらの情報も合わせて整理することが重要です。適応策リストのイメージを表 5 に示します。適宜参考になしてください。

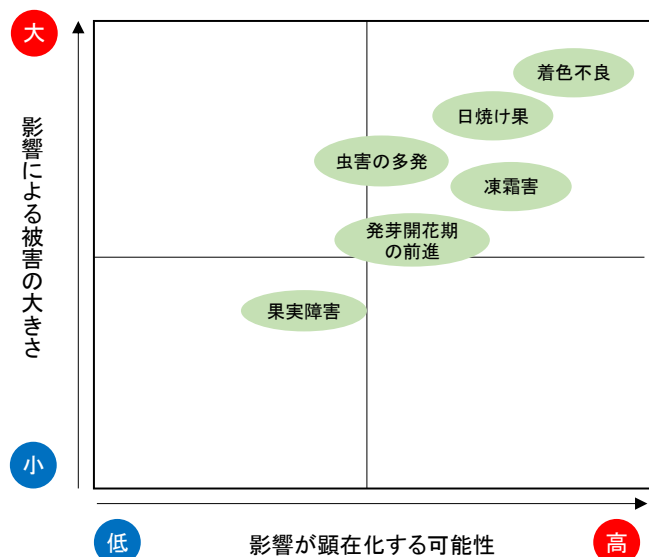


図 17 リスクベースの考え方のイメージ

※ 本図で示されている影響事例の「影響による被害の大きさ」、「影響が顕在化する可能性」は、あくまで整理イメージであり、各産地の実情と異なる場合もあることにご留意ください。

表 5 適応策リスト 整理イメージ（※1）

適応策	適応策の具体的な実施内容	導入によって見込まれる効果	導入に要するコスト	適応策に要する時間（※2）	関係するプレイヤー				課題
					JA	県普及指導員	県農業試験場	農業者（産地）	
栽培技術による対応	反射シートの敷設	着色を揃え、早期収穫を望める。下位等級を減少させる。	薬剤は〇〇円/10aであるが、品質の向上が図られ、上位等級が〇%増加すると収益はプラスになる。→低	短	○	-	-	○	-
栽培技術による対応	被覆資材の利用	着色の向上並びに例年の平均気温であれば日焼け果を概ね〇%軽減	資材は〇〇円/1果実（3年間使用可能）。また、無袋栽培を行っていた園地では作業量が増加するため人件費が上昇する。→中	短	○	○	-	○	-
着色優良品種・黄色系品種の導入	〇〇地区（〇ha）の作付けをふじから秋映に転換	昨年の作柄であれば上位等級比率が〇%→〇%に向上	園地の状態や経営状態に応じて改植時期を検討する必要がある。→中	中	○	○	○	○	-
栽培樹種の変更、栽培地の移動	〇〇地区（〇ha）からより標高が高く冷涼な気候の△△地区（〇ha）に栽培地を移動	栽培中の高温を回避し、〇年頃と同等の収量・品質が確保できる可能性がある	活用できる事業を組み合わせることが必要。→高	長	○	○	○	○	上記適応策が効果が上がらない場合には、検討が必要。

（※1）本表の事例はあくまで整理イメージであり、各産地の実情と異なる場合もあることにご留意ください。

（※2）短：すぐにでも実行可能、中：概ね2～4年、長：概ね5年以上要する

主な情報源

✓ りんごの適応策事例

高温障害に関するりんごの適応策を体系的に整理しています（図 18）。

また、農業温暖化ネット²⁷の「対策情報」や、農林水産省の「地球温暖化影響調査レポート」¹⁰では、各産地で実施されている適応策が紹介されています。自身の産地より高温な地域で実施されている適応策は、将来的に活用できる可能性が考えられるため、適宜確認しましょう。

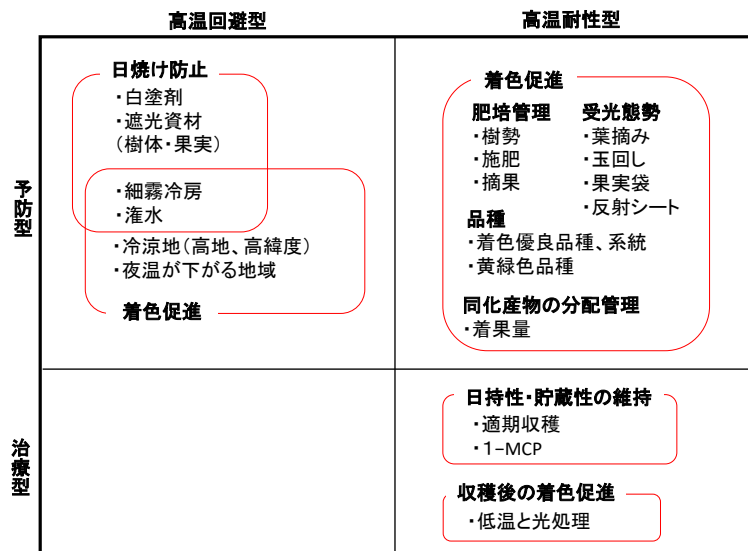


図 18 りんごの高温障害の適応策例

提供：杉浦 裕義 氏（農業・食品産業技術総合研究機構）

適応策実行計画の策定

STEP 5 適応策を選択し、適応策実行計画を策定する

概要

産地の目標とする姿を踏まえ、今後実施していく適応策を検討・選択し、適応策実行計画を作成します。

実施内容

(1) 産地の目標とする姿の設定

気候変動リスクを踏まえて、今後も適応策なしで産地が継続していけるのか、現在の栽培品目で生産を継続するため、収量重視でいくのか、また、品質重視でいくのか、他の作物の導入を進めた方がよいのか等、産地の目標とする姿を設定します。

(2) 今後実施する適応策の選択

STEP3 や STEP4 で整理した適応策に関する情報や(1)で設定した産地の目標とする姿をもとに、今後導入していく適応策を選択します。

気候変動への適応の考え方(図 11 (p.7))で示したように、気候変動への適応では、将来の気候変動影響の拡大を勘案し、計画的に適応策を導入していく必要があります。そのため、短期・中期・長期で時間軸を区分し、各期間において、どのような適応策を進めていくか検討することが重要です。

STEP3 で整理した現在実施している適応策は、短期・中期的に継続していくことが一般的だと考えられます。それらに加えて、短期・中期・長期の観点からどのような適応策を追加していくべきか、STEP4 で整理した適応策の効果やコスト、そして実装までの時間等も考慮し、選択していくことが重要です。

(3) 適応策実行計画の策定

STEP4 で整理した「導入によって見込まれる効果」や「導入に要するコスト」、「時間」等を考慮し、また、(2)で選択した適応策に関する情報をとりまとめ、適応策実行計画を策定します。必ずしも現時点では具体的な取組内容が明確になっていなくとも、将来のどのタイミングで、どのような適応策を導入する計画であるのか、明記することが重要です(図 19)。

果樹栽培における適応策には、3つのステージがあると考えられ、短期的に栽培技術による対応を行いつつ、中・長期的には品種転換や品目転換の必要性が考えられています（表 6）。

表 6 適応策のステージ

ステージ名	適応策の内容	特徴
ステージ1(短期的)	栽培技術による対応	・現在の品目・品種で対応可能
ステージ2(中期的)	高温耐性品種の利用	・産地ブランドの維持が可能 ・初期投資が必要
ステージ3(長期的)	品目転換、園地移動	・気候変動影響への適応力は大きい ・産地レベルでの取組が必要

出典：「気候変動適応技術の社会実装ガイドブック」¹¹より作成

STEP1で収集・整理した
気候変動影響を記入

適応策実行計画

(1)産地における気候変動による影響

・品種〇〇では、着色不良がほぼ全域で発生しており、特に気温の高い南部地域で多くの被害が生じているほか、日焼け果も多く発生している。

STEP5(1)で設定した
産地の目標とする姿を記入

(2)産地の将来の目標

	数値目標
・消費者からの要望の多い品種、県育成品種、優良栽培品種の栽培を推進する。	「ふじ」等の日焼け果を20%減少する。
・観光果樹園が多いため、早生種から晩生種までシーズンを通して収穫できる品種構成を考慮する。	—
・将来の温暖化に備え、着色優良品種である〇〇の新植を開始する。	—

(3)現時点の適応策

STEP3で収集・整理した現在実施している適応策を記入

適応策のレベル	適応策の目的	具体的な取組内容	効果	課題
栽培技術による対応	日焼け果の発生軽減	〇〇等の品種において被覆資材を用い、日焼け果の軽減を図る。	〇〇地域では効果大	資材コスト・設置労力
着色優良品種・黄色系品種の導入	着色不良対策	高温でも着色しやすい品種、黄色系種を導入	温暖化の影響を受けにくい	当地の栽培環境に適しているか
栽培品目の変更、栽培地の移動	高温障害の軽減	〇〇地区において着色優良品種である「〇〇」の改植を開始	温暖化の影響を受けにくい	認知度がまだ低いため、新たな産地ブランドの確立

(4)将来の適応策

適応策のレベル	導入予定年次	具体的な取組内容	想定される効果	関係するプレーヤー
栽培技術による対応	2022年	現在、〇〇地区でモデル実証を行っている〇〇技術を導入	現在より高温下での被害軽減	農業者、JA、県普及指導員
着色優良品種・黄色系品種の導入	2022年	需要が見込まれる「〇〇」品種の新植	現在より高温下でも被害が少ない	農業者、JA、県普及指導員、県農業試験場
栽培品目の変更、栽培地の移動	2025年	より標高が高い〇〇地区へ改植を検討	現在より高温下でも被害が少ない	農業者、JA、県普及指導員、県農業試験場

STEP4で整理した適応策リストとSTEP5(1)で
設定した産地の目標とする姿を基に、
今後導入していく適応策を選択し、記入

図 19 実行計画の作成イメージ

適応策の評価と見直し

概要

適応策の進捗状況やその効果について、定期的に評価し、適宜見直しを図ります。

適応策実行計画で取りまとめた適応策については、進捗状況とその効果を定期的に評価する必要があります。

また、STEP2 で活用した気象・気候の将来予測情報や、第Ⅰ章の「気候変動によるりんごへの影響（将来予測）」で示した予測情報は、今後も予測精度が高まっていくことが期待されます。新たな予測情報や産地における農業関係者間や専門家との間でのリスクコミュニケーションを踏まえ、図 20 に示すような PDCA サイクルに沿って適宜見直しを図っていきます。

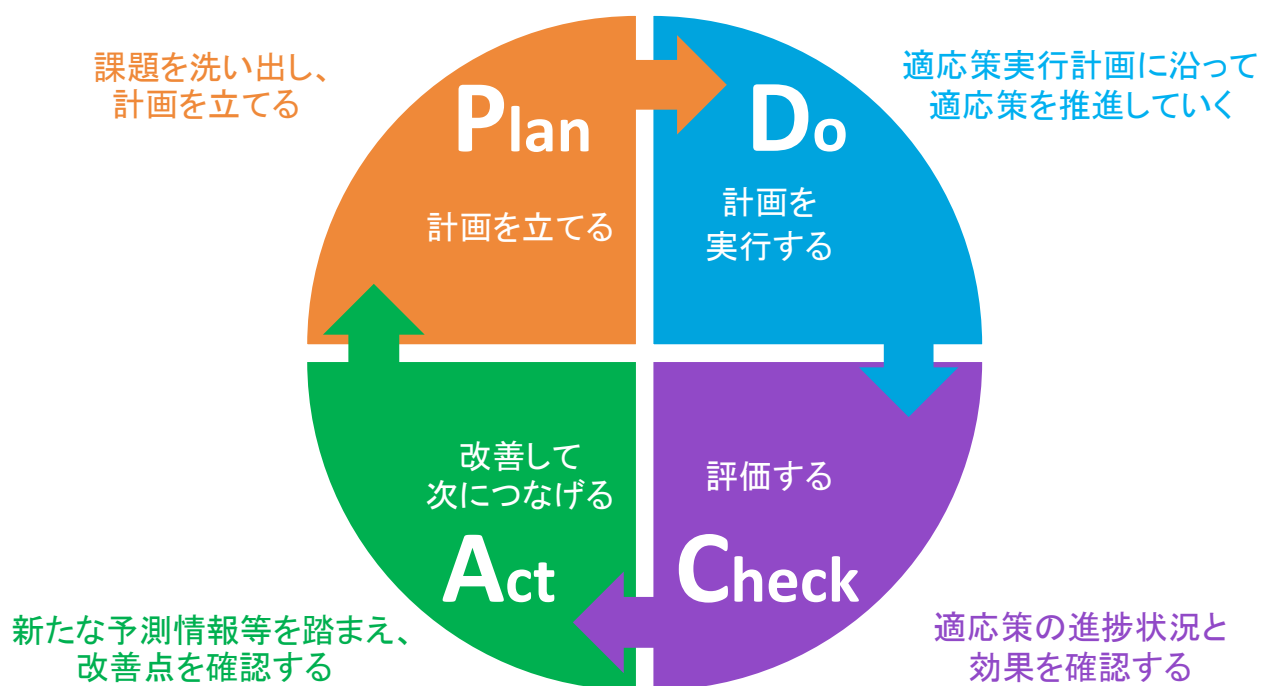


図 20 PDCA サイクルのイメージ

《参考文献》

- 1 厚生労働省,「熱中症による死亡数 人口動態統計(確定数)より」
(<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyuu/necchusho19/index.html>)
- 2 気象庁気象研究所, 東京大学大気海洋研究所, 国立環境研究所 (2019. 5. 22 報道発表), 「平成 30 年 7 月の記録的な猛暑に地球温暖化が与えた影響と猛暑発生の将来見通し」
(https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R01/010522/press_010522.html)
- 3 気象庁 (2020. 8. 20 報道発表), 「令和 2 年 7 月の記録的大雨や日照不足の特徴とその要因について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～」
(<https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/20a/kentoukai20200820.html>)
- 4 気象庁気象研究所ほか (2020. 1. 8 報道発表), 「地球温暖化によって台風の移動速度が遅くなる」
(https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R01/020108/press_020108.html)
- 5 気象庁 (2020. 4. 14 報道発表), 「2020 年冬の天候の特徴とその要因について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～」
(<https://www.jma.go.jp/jma/press/2004/14b/kentoukai20200414.html>)
- 6 気象庁ホームページ「日本の年平均気温偏差の経年変化 (1898～2019 年)」
(http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html)
- 7 気象庁ホームページ「大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化」
(http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html)
- 8 気象庁 (2015), 「異常気象レポート 2014 本編」
(https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/climate_change/)
- 9 気象庁 (2017), 「地球温暖化予測情報 第 9 巻」
(<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/>)
- 10 農林水産省「地球温暖化影響調査レポート(各年)」
(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/report.html>)
- 11 SI-CAT ガイドブック編集委員会 (2020), 「気候変動適応技術の社会実装ガイドブック」
(https://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/kankyouene/1345230.htm)
- 12 農林水産省 (2020), 「果樹農業の振興を図るための基本方針(果樹農業振興基本方針)」
(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/fruits/>)
- 13 農林水産省 (2019), 「気候変動の影響への適応に向けた将来展望 本編(最終報告書)」
(<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/report2018/report.html>)
- 14 国立環境研究所 気候変動適応情報プラットフォーム (2018), パンフレット「目で見える適応策」
(<https://adaptation-platform.nies.go.jp/about/pamphlet.html>)
- 15 農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成 29 年度研究成果発表会 地球温暖化時代の日本の農業・水産業～その変化と適応策～ (2018), 「細霧冷房によるリンゴ日焼け果の軽減対策技術」
(https://www.naro.affrc.go.jp/org/niaes/ccaff/conference2018/index_1.html)
- 16 富山県農林水産総合技術センター園芸研究所果樹研究センター (2019), 「リンゴ日焼け果の発生軽減対策技術マニュアル」
(http://taffrc.pref.toyama.jp/nsqc/engei/link_flat.phtml?TGenre_ID=337&t=pdf)
- 17 長野県農業関係試験場ホームページ「シナノリップ」
(https://www.agries-nagano.jp/original_breed/481.html)
- 18 農林水産省 (2018), 「平成 29 年度 食料・農業・農村白書」
(https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h29/)
- 19 青森県 中南地域もも生産推進連絡会議 (2016), 「中南地域もも高品質生産推進方向」
- 20 気象庁ホームページ「過去の気象データ検索」
(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)

-
- 2 1 農研機構「メッシュ農業気象データシステム」
(<https://amu.rd.naro.go.jp/>)
 - 2 2 農林水産省「作物統計（各年）」
(<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html>)
 - 2 3 農林水産省「特産果樹生産動態等調査（各年）」
(https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_kazyu/)
 - 2 4 農林水産省「果樹共済統計表（各年）」
(https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kazyu_kyosai/)
 - 2 5 気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）「気候変動の観測・予測データ WebGIS」
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/index.html>)
 - 2 6 気象庁ホームページ「日本の各地域における気候の変化」
(https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/gw_portal/region_climate_change.html)
 - 2 7 一般社団法人全国農業改良普及支援協会 農業温暖化ネットホームページ
(<https://www.ondanka-net.jp/>)
 - 2 8 農林水産省「気候変動の影響への適応に向けた将来展望 ウェブ検索ツール」
(<https://www.adapt.maff.go.jp/adapt/index.html>)

【問い合わせ先】

農林水産省 生産局 農業環境対策課 地球温暖化対策推進班

TEL : 03-3502-5956

FAX : 03-3502-0869