

■ 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。

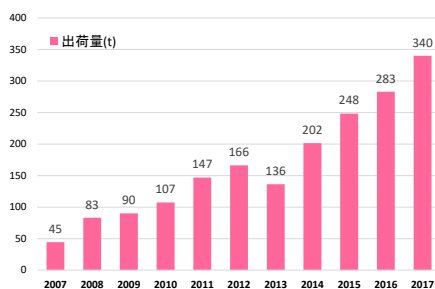


図10 青森県中南地域もも出荷量の推移（管内農協の合計値）

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。

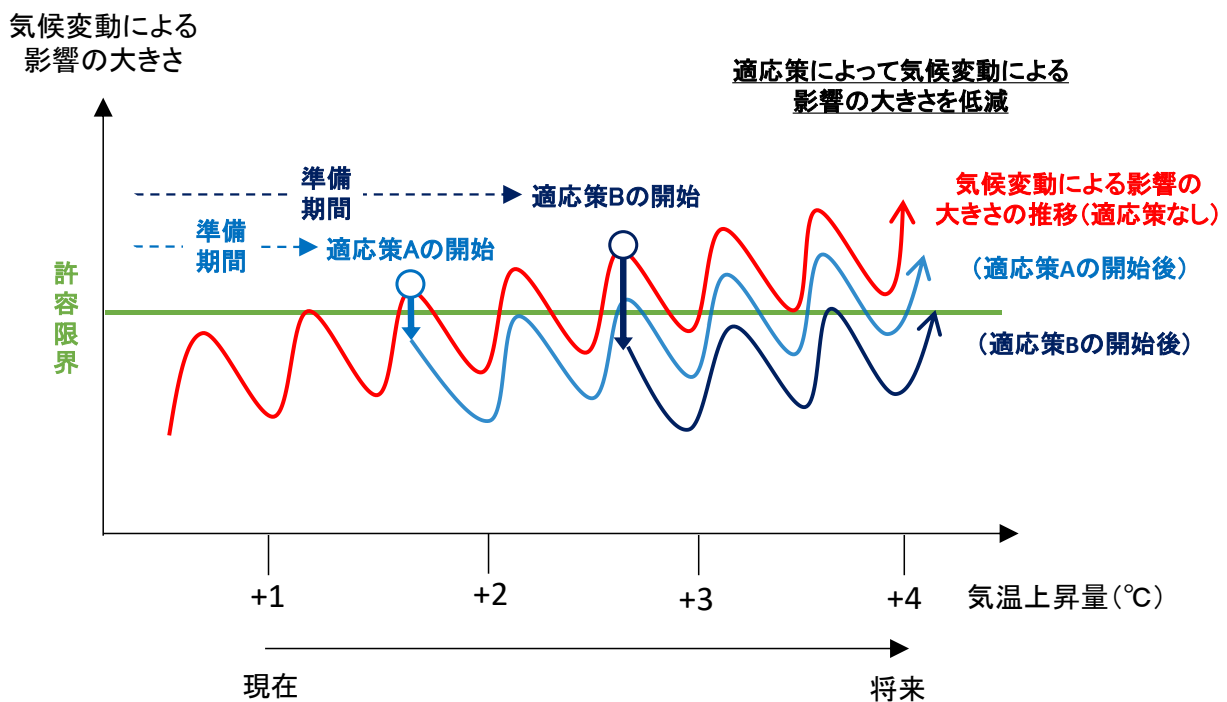


図 11 気候変動（気温上昇）への適応の考え方（イメージ）

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。

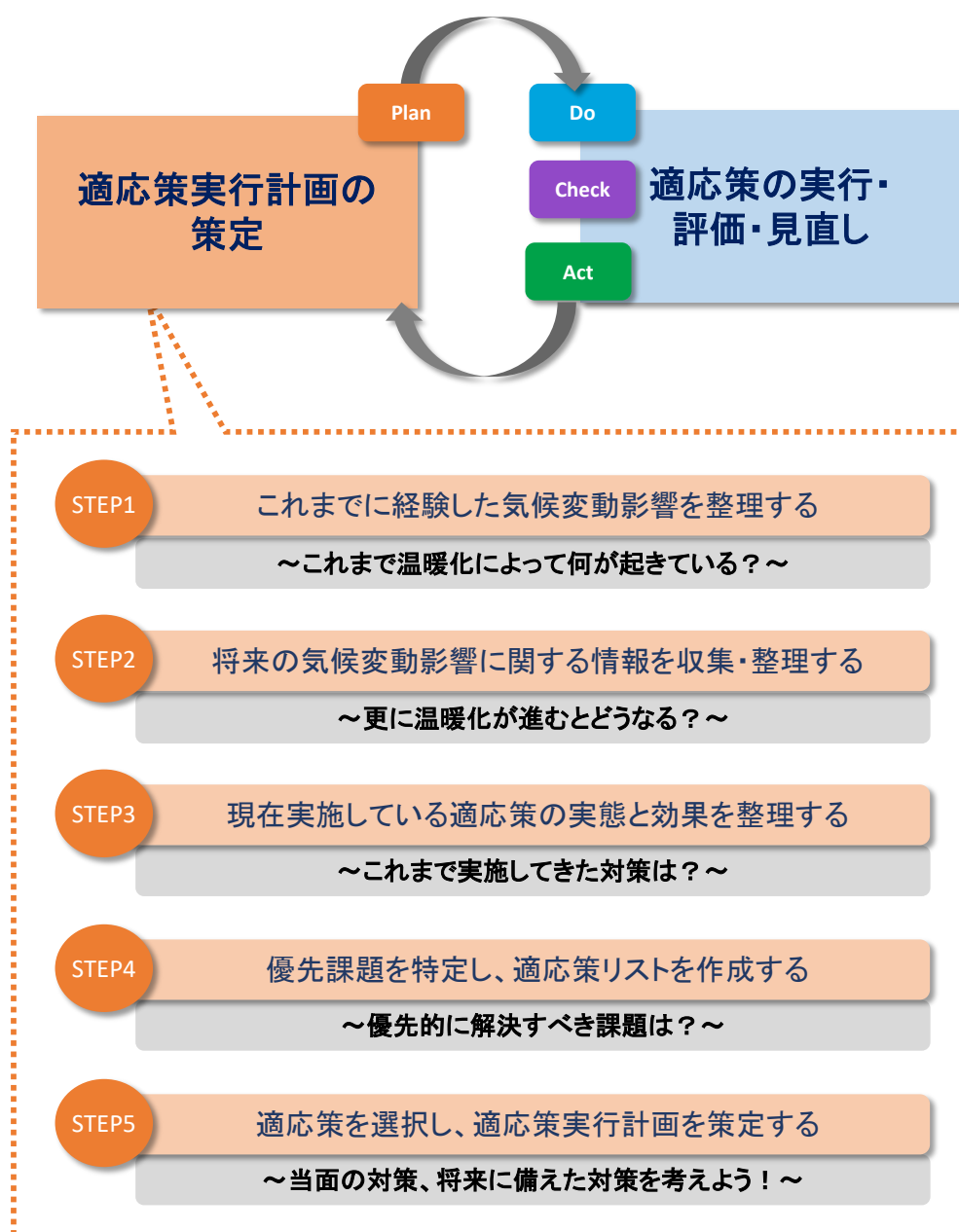


図 12 気候変動に対する適応策検討のフロー

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。

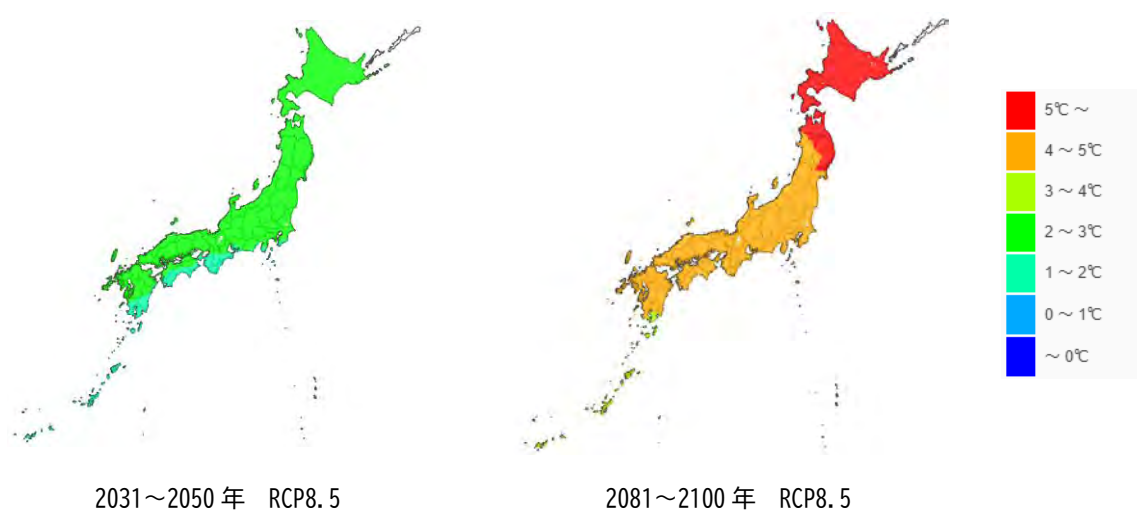


図 15 気温の予測結果（MIROC5）

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。

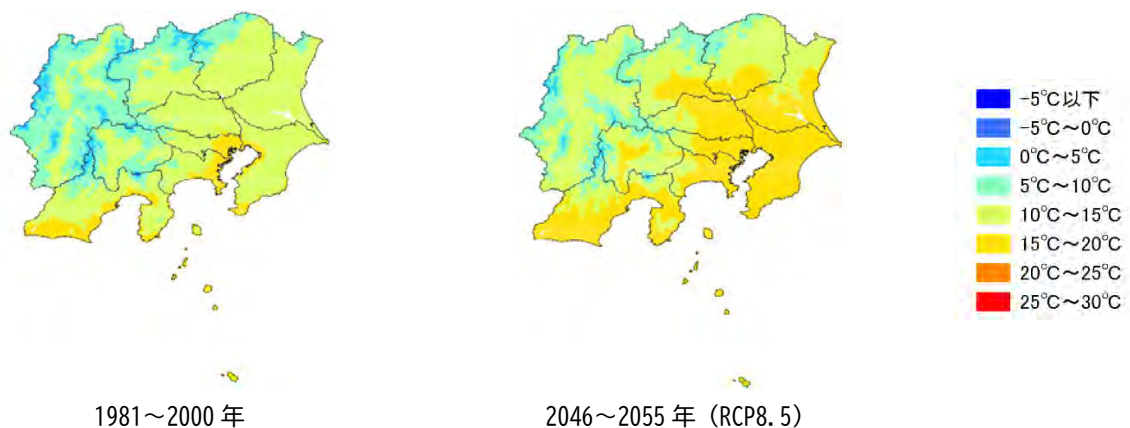


図 16 気温の予測結果 (MIROC5)

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注意ください。

（※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、適応策に関係するプレーヤー（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。

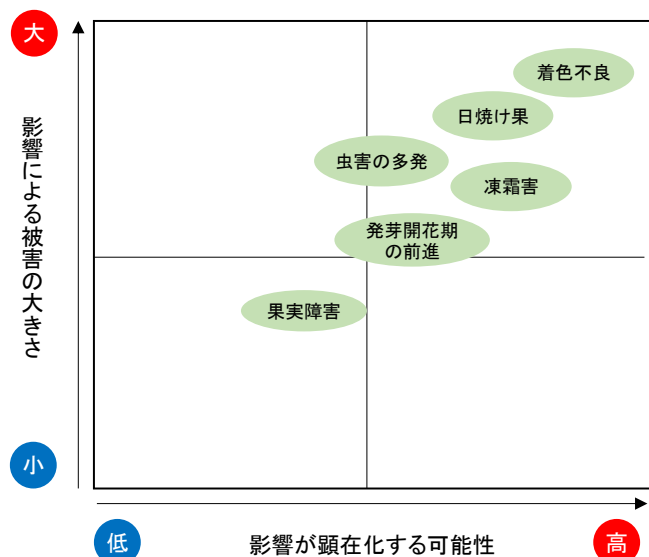


図 17 リスクベースの考え方のイメージ

※ 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。

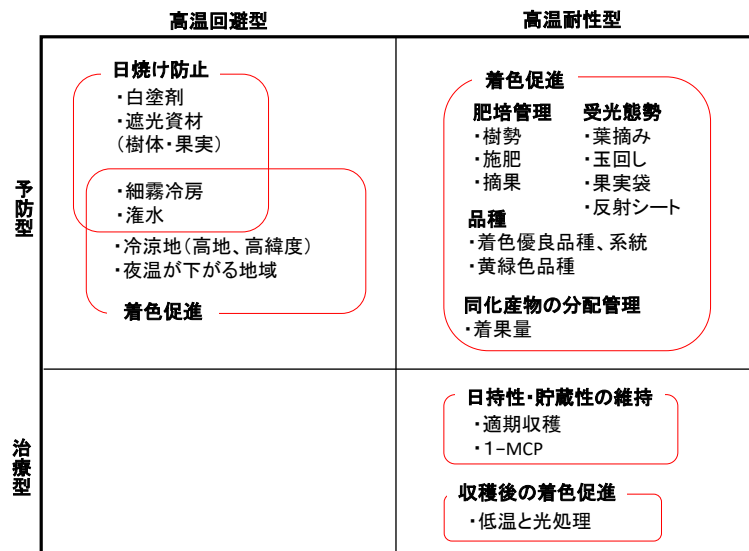


図 18 りんごの高温障害の適応策例

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