

農業生産における 気候変動適応ガイド

水 稲 編



令和 2 年 1 2 月
農 林 水 産 省

農業生産における気候変動適応ガイド 水稻編

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
気候変動による水稻への影響（現在）	．．．	3
気候変動による水稻への影響（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	．．．	6
取組による産地の優位性の発揮	．．．	7
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	．．．	8
STEP 1 これまでに経験した気候変動影響を整理する	．．．	11
STEP 2 将来の気候変動影響に関する情報を収集・整理する	．．．	13
STEP 3 現在実施している適応策の実態と効果を整理する	．．．	15
STEP 4 優先課題を特定し、適応策リストを作成する	．．．	16
STEP 5 適応策を選択し、適応策実行計画を策定する	．．．	18
適応策の評価と見直し	．．．	21
《参考文献》	．．．	22

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、水稻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して発表されました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。

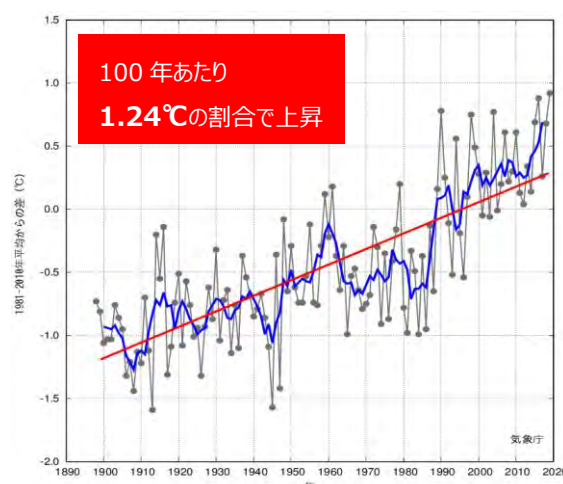


図 1 日本の年平均気温偏差

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）。

■ 将来の気候予測

また、気象庁が2015年⁸と2017年⁹に公表したレポートでは、現在のペースで温室効果ガスの排出が進んだ場合（RCP8.5）、現在と比較した日本の平均気温は2050年頃にはおよそ2℃程度、2100年頃には4～5℃程度、それぞれ上昇すると報告されているほか（図3）、短時間強雨の発生回数の増加などが予測されています。

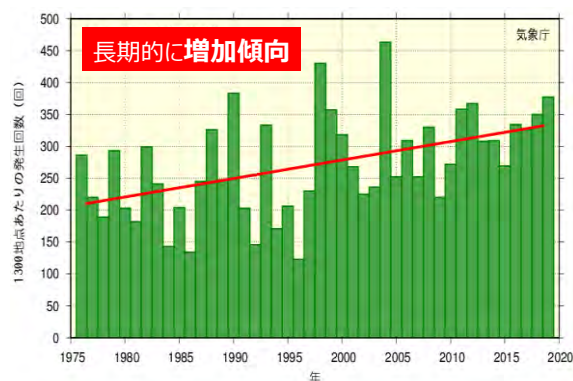


図2 全国の1時間降水量50mm以上の年間発生回数

出典：気象庁ホームページ⁷より作成

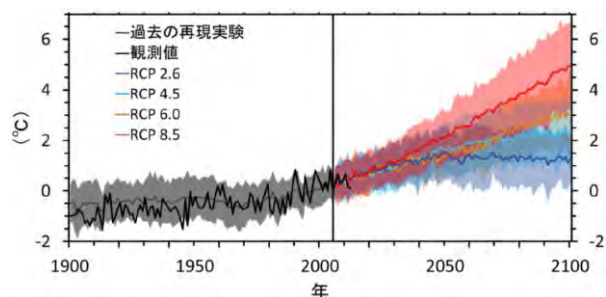


図3 複数の気候モデルによる日本の平均気温の予測結果

出典：気象庁「異常気象レポート2014」⁸より作成

■ 気候変動による水稲への影響（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。特に2010年と2019年には夏季の高温の影響により、主な水稲の産地で白未熟粒等の高温障害が増加し、全国の水稲うるち玄米の一等比率が大きく低下しました（図4）。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」¹¹等で発表してきました。本レポートでは、図5に示すような高温の影響が報告されています。

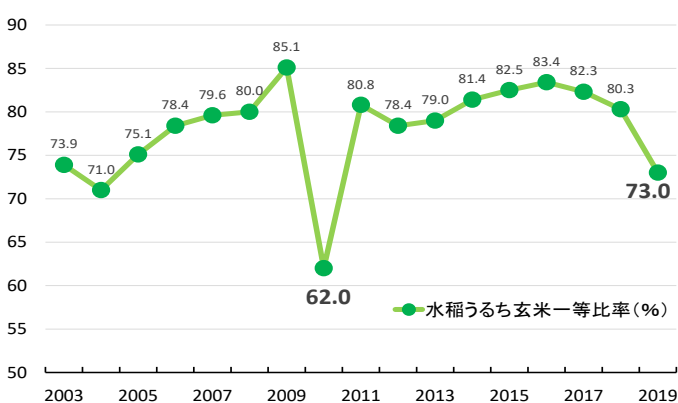


図4 水稲うるち玄米一等比率の経年変化（全国）

出典：農林水産省「米穀の農産物検査結果（各年）」¹⁰より作成



図5 水稲の高温による主な影響（整粒との比較）

出典：農林水産省¹²および農業・食品産業技術総合研究機構ホームページ¹³

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。

■ 気候変動による水稲への影響（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、気候への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）・図5（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。

図6は、品種や移植時期が将来も現行のままであり（適応策なし）、温室効果ガス排出量の削減が進んだ場合（RCP2.6）と仮定し、2041～2060年頃の平均収量予測を示しています。この予測では、北日本や東日本山間部においては、気温上昇による冷害の解消やCO₂濃度の上昇により増収と予測される一方、東日本平野部から西の地域では、CO₂濃度の上昇による増収よりも、さらなる高温による生育期間の短縮や高温不稔の発生の影響が上回り、減収が予測されています¹⁴。

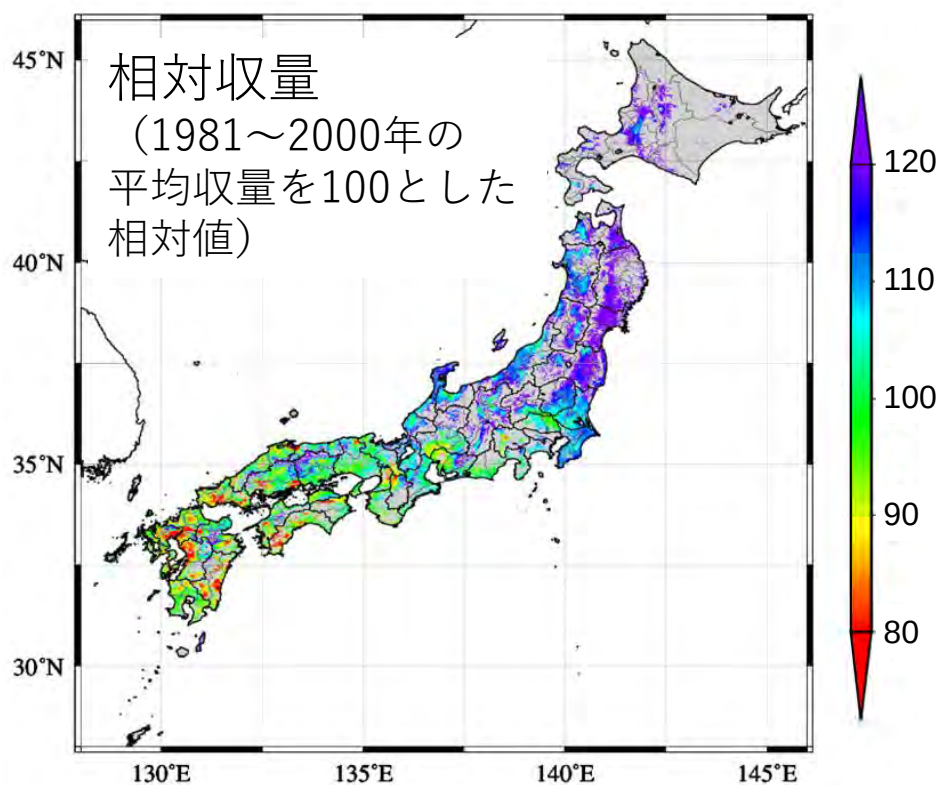


図6 2041～2060年の収量予測（MIROC5、RCP2.6）

図の提供：農業・食品産業技術総合研究機構

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。

現在、国内においては高温による水稻の大幅な収量減少の報告例はほとんどありませんが、図 4 (p. 3)・図 5 (p. 3) に示したような品質の低下については数多く報告され、品質低下による検査等級の低下は、産地での大きな課題となっています。特に図 5 に示した白未熟粒は、登熟期の高温が原因で多発することが分かっており、既に多くの報告例があります。今後の気温上昇に伴い、白未熟粒のさらなる増加が危惧されます。

図 7 に示したグラフは国内で最も作付されている品種である「コシヒカリ」の、出穂後 20 日間の平均気温と白未熟粒発生率の関係です。この関係を 2040 年代の日本の気温予測にあてはめたものが図 8 です。主に東日本平野部から西の地域部の沿岸部の広い範囲において、検査等級の低下が予測されています。これらはいずれも、適切な適応策がとられなかった場合の予測で、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不可欠であることを示唆しています。

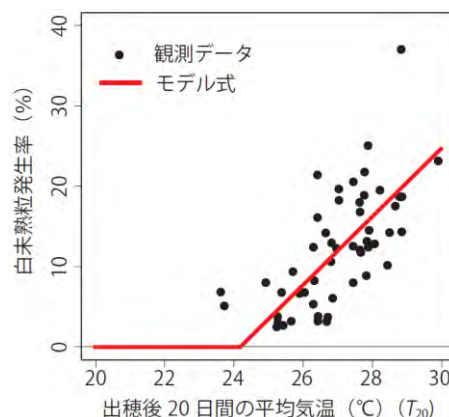


図 7 コシヒカリにおける出穂後 20 日間の平均気温と白未熟粒発生率の関係
出典：Masutomi *et al* (2019) ¹⁵より



図 8 2040 年代の白未熟粒発生率と検査等級の予測 (5 モデル平均)

出典：Masutomi *et al* (2019) ¹⁵より作成

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、品質の低下、作期のずれによる市場価格の下落等、気候変動による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 9 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）¹⁶より

■ 取組による産地の優位性の発揮

水稻における適応策として近年、従来品種に代え、高温状況下でも収量や品質の低下が発生しにくい、高温耐性品種の作付が広がっており、その割合は 2018 年時点で主食用作付品種のおよそ 9%を占めています（図 10）。高温耐性品種は国の研究機関である農業・食品産業技術総合研究機構が開発した品種（「きぬむすめ」・「にこまる」等）のほか、自治体が独自に開発した品種も多くあります。開発した県内だけでなく他県への普及が進む例もあり、水稻主産地としての優位性向上につながっています¹⁷。

なお、同機構では、各地域における作期・品種別の高温登熟性の強弱についての関係を発表しており（表 1）、今後の品種選択を考える場合の参考とすることもできます。

高温耐性品種は一等米比率の割合が他品種に比べて高いだけでなく、一般財団法人日本穀物検定協会が毎年発表する「米の食味ランキング」においても「特 A」と評価される品種が増えています。近年、卸売業者や実需者等からの関心が高まっており、気温上昇に適応できることに加え、食味の観点から産地の優位性が向上すると考えられます。

水稻は、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。

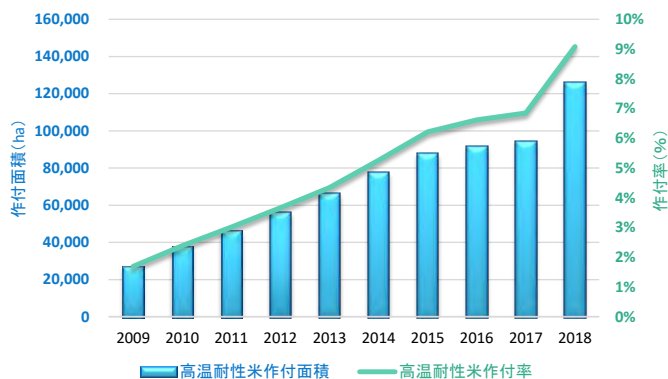


図 10 高温耐性品種の作付面積と作付率の関係

出典：「地球温暖化影響調査レポート（各年）」¹¹より作

表 1 各地域における作期・品種別の高温登熟性分類

地域区分	生態型	高温登熟性				
		弱	やや弱	中	やや強	強
寒冷地北部・中部 (東北地方)	極早生・早生	駒の舞 初星		むつほまれ あきたこまち	ふ系227号 里のうた こころまち	ふさおとめ
	中生	ササニシキ		ひとめぼれ はえぬき	みねはるか	
	晩生・極晩生			コシヒカリ	つや姫	笑みの絆
寒冷地南部 (北陸地方)	極早生・早生	初星		あきたこまち ひとめぼれ	ハナエチゼン	
	中生	ともほなみ	コシヒカリ			笑みの絆
	晩生・極晩生	祭り晴		日本晴 みずほの輝き	あきさかり	
温暖地東部 (関東・東山・東海地方)	極早生・早生	初星 あかね空		あきたこまち コシヒカリ	とちぎの星	ふさおとめ 笑みの絆
	中生	彩のかがやき さとしまん		日本晴	なつほのか	
	晩生・極晩生	葵の風 ヒノヒカリ		シンレイ	コガネマサリ	
温暖地西部 (近畿・中国・四国地方)	極早生・早生		キヌヒカリ	あきたこまち ひとめぼれ コシヒカリ	ハナエチゼン つや姫	ふさおとめ
	中生	祭り晴		日本晴		
	晩生・極晩生	葵の風 ヒノヒカリ			コガネマサリ	
暖地 (九州地方)	極早生・早生	初星 祭り晴	黄金晴	日本晴	みねはるか	なつほのか
	中生	ヒノヒカリ	シンレイ	にこまる	コガネマサリ	おてんとそだち
	晩生・極晩生	あきさやか	たちはるか		ニシヒカリ	

(令和2年度現在、産地品種銘柄に指定されていないものを含む。)

出典：農業・食品産業技術総合研究機構「北海道を除く全国的水稻高温登熟性標準品種の選定」(2017)¹⁸より作成

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（赤波線）。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・紺波線）。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。

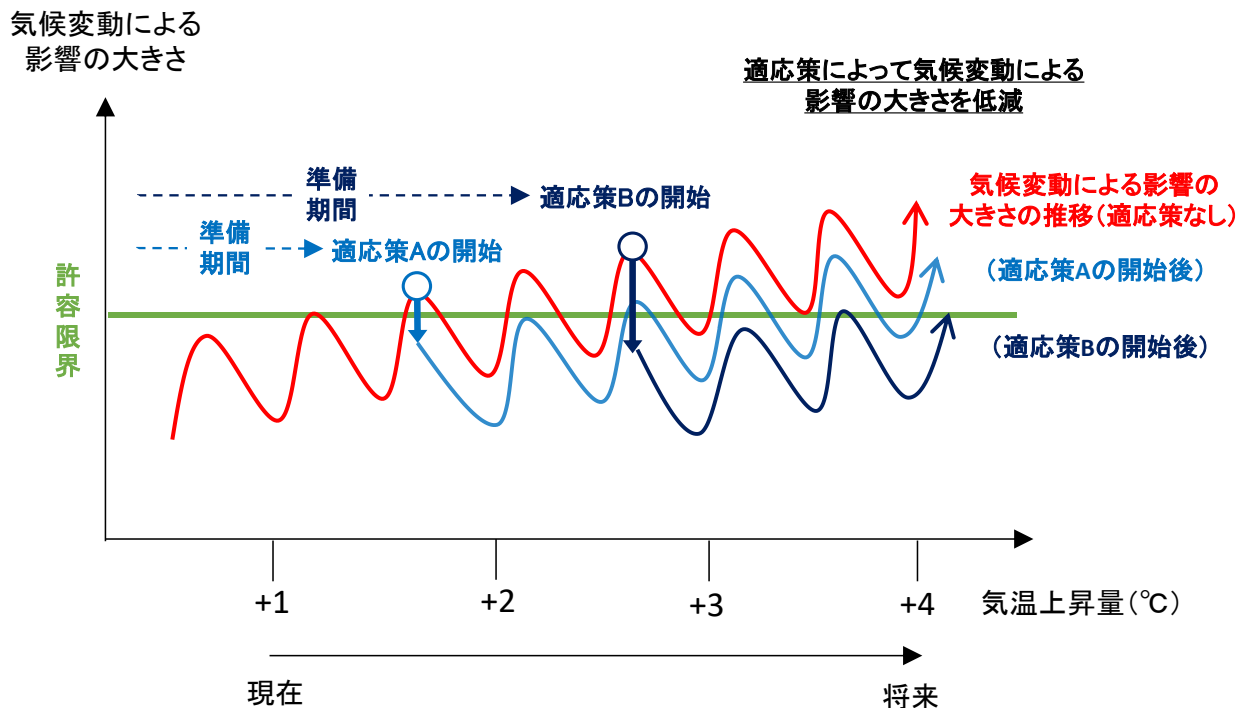


図 11 気候変動（気温上昇）への適応の考え方（イメージ）

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.8）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。

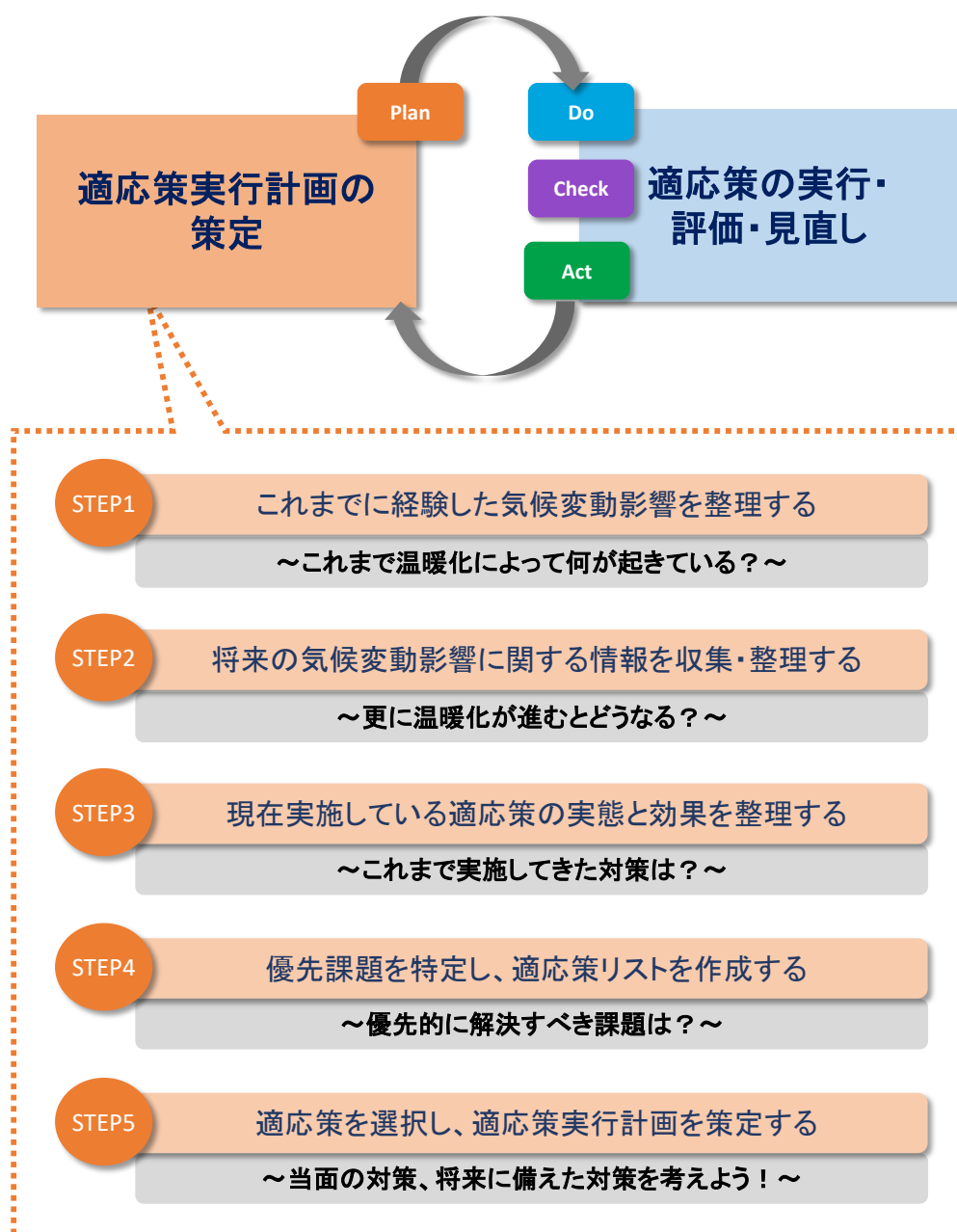


図 12 気候変動に対する適応策検討のフロー

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

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

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

(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	関係するプレイヤー

導入する適応策に関係するプレイヤー（ステークホルダー）を記載します。

(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

導入する適応策に関係するプレイヤー（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（出穂期以降の高温など）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」¹¹では、水稻における気候変動影響、発生の主な原因を表 2 のように取りまとめしており、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、水稻の収量・品質データなどを活用し、各影響事例が水稻生産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 3 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で整理した影響が水稻生産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 2 水稻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
白未熟粒の発生	出穂期以降（7月～）の高温	品質の低下
虫害の多発	【カメムシ類】冬季の気温上昇による越冬個体の増加、夏季の高温 【スクミリンゴガイ】冬季の気温上昇による生育地域の拡大	品質・収量の低下
粒の充実不足	出穂期以降（7月～）の高温	品質・収量の低下
生育不良	7月以降の高温、少雨	品質・収量の低下
胴割れ粒の発生	出穂期以降（7月～）の高温	品質・収量の低下
作期の前進	登熟期以降（8月～）の高温、多雨	品質・収量の低下
登熟不良	登熟期以降（8月～）の高温、多雨	品質・収量の低下
病害の多発	【もみ枯細菌病等】種子予措～育苗期（3～4月）の高温	種子生産量の低下等

出典：農林水産省「地球温暖化影響調査レポート」¹¹より作成

表 3 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
コシヒカリ	白未熟粒の発生	出穂・登熟期の高温	品質の低下	大	高	出穂期の平均気温が〇℃以上の年は、白未熟粒の発生が多発。
	粒の充実不足	出穂・登熟期の高温	品質・収量の低下	中	中	—
	胴割れ米の発生	出穂・登熟期の高温	品質・収量の低下	中	高	〇℃以上が続いた場合には胴割れ米も発生し、一等米比率が低下。
	作期の前進	出穂期以降の高温、多雨	品質・収量の低下	小	中	—
	高温不稔	開花期の高温	収量の低下	小	中	—
	登熟不良	登熟期以降の高温、多雨	品質・収量の低下	小	低	—
	病害の発生	種子予措～育苗期の高温	種子の生産量低下等	小	低	—

（※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だと考えられます。

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¹⁹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」²⁰や都道府県の試験場から入手できる場合もあります。

✓ 水稻の収量データ・被害データ

農林水産省「作物統計」²¹や「農作物共済統計表」²²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。

✓ 水稻の品質データ

農林水産省「米穀の農産物検査結果」¹⁰から品質データが入手できます。また、都道府県の試験場が所有している場合もあります。

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²³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。

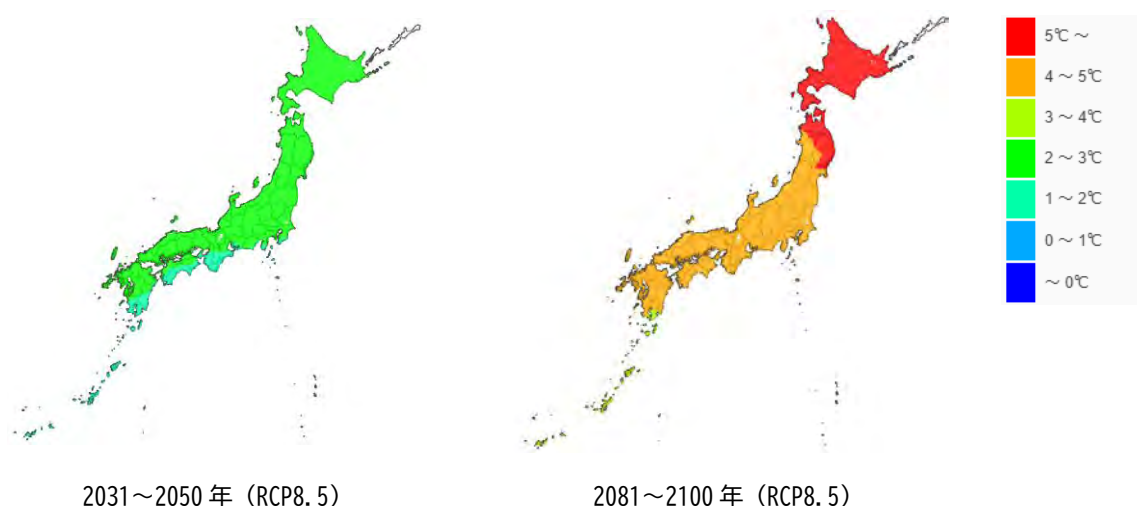


図 15 気温の予測結果 (MIROC5)

出典：気候変動適応情報プラットフォーム²³より作成

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」²⁴では、現在および将来（21 世紀中頃）の気温情報等が、都道府県単位で提供されています。

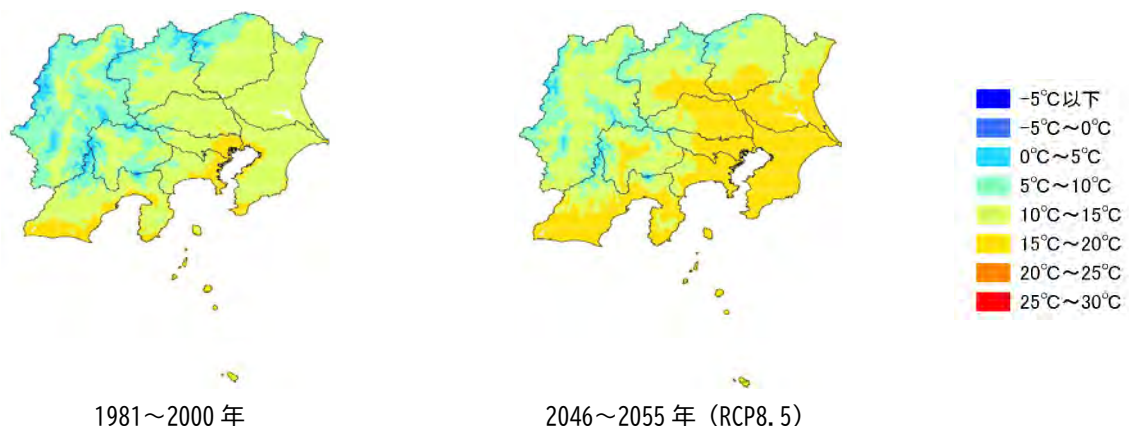


図 16 気温の予測結果 (MIROC5)

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)²⁴より作成

加えて、気象庁ホームページ²⁵では、現在および将来（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「気候変動による水稻への影響（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 4 の通りです。適宜参考にしてください。

表 4 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
コシヒカリ	出穂・登熟期の高温	白未熟粒の発生	品質低下	大	大	高	高
		粒の充実不足	品質・収量低下	中	中	中	高
		胴割れ米の発生	品質・収量低下	中	大	中	高
	出穂期以降の高温・多雨	作期の前進	品質・収量低下	小	中	低	中
	開花期の高温	高温不稔	収量の低下	小	中	低	中
	登熟期以降の高温	登熟不良	品質・収量低下	中	中	中	中
	種子予措～育苗期の高温	病害の発生	種子の生産量低下等	小	中	低	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）。

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 5 に示します。適宜参考にしてください。

表 5 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
白未熟粒の発生	水管理の徹底	A	用水の総量が決まっているため、急に湛水を指導してもタイミングによっては実施が困難な地域がある。同様の理由から、かけ流しの指導も困難。
粒の充実不足	適期移植	B	・労働力確保や経営規模の都合により、技術導入が困難な場合がある。 ・極端に遅い移植では成熟期が遅れ、収量・品質が低下。
胴割れ米の発生	早期落水防止	A	中生の晩、晩生品種の作付割合が増加しており、9月以降の用水の必要量が増加しているが、総量が決まっているため、通水時期を延ばすなどの対応が求められている。
	刈遅れ防止	A	担い手の規模拡大に伴い、天候によっては適期内に刈り終わらない事例がみられる。

（※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²⁶「対策情報」や、農林水産省「地球温暖化影響調査レポート」等^{1, 27}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。

水稻生産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 6 に示します。適宜参考にしてください。

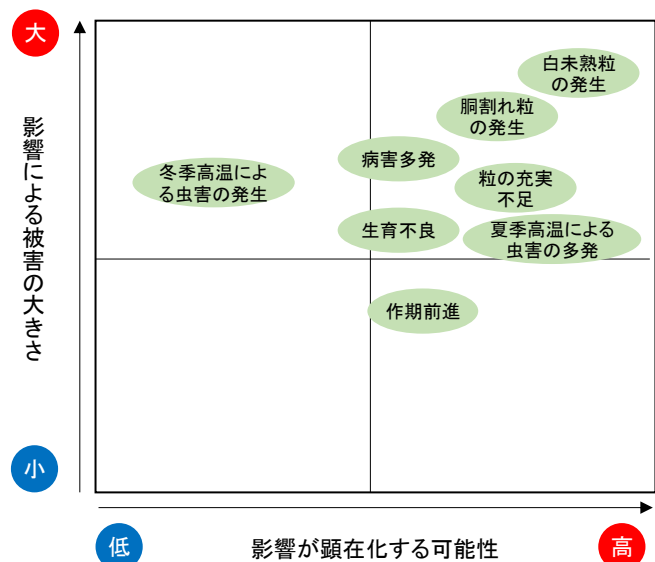


図 17 リスクベースの考え方のイメージ

※ 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 6 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	病害虫対策のための〇〇	〇〇病が概ね〇%軽減	薬剤は〇〇円/10aであるが、品質の向上が図られ、収量が〇%増加すると収益はプラスになる。→低	短	○	-	-	○	-
作期分散	移植時期を〇月上旬から〇月下旬に変更	昨年の平均気温であれば登熟期の高温回避が図られる可能性が大	作業の集中により労働力の不足し、人件費が〇円増加する可能性がある。または、作期分散のため品種転換を検討する必要がある。→中	短	○	○	-	○	-
高温耐性品種の利用	〇〇地区（〇ha）の作付けをコシヒカリからこしいぶきに転換	昨年の作柄であれば一等米比率が〇%→〇%に向上	こしいぶきはコシヒカリよりも刈り取りが早い。ため、農業者は作業時期を調整する必要がある。→中	中	○	○	○	○	-
栽培品目の変更、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留意ください。

（※2）短：すぐにも実行可能、中：概ね2～4年、長：概ね5年以上要する

主な情報源

✓ 水稻の適応策事例

九州沖縄農業研究センター「温暖化によるコメの品質低下の実態と対応について」²⁸では、高温障害に関する水稻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²⁶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」¹¹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。

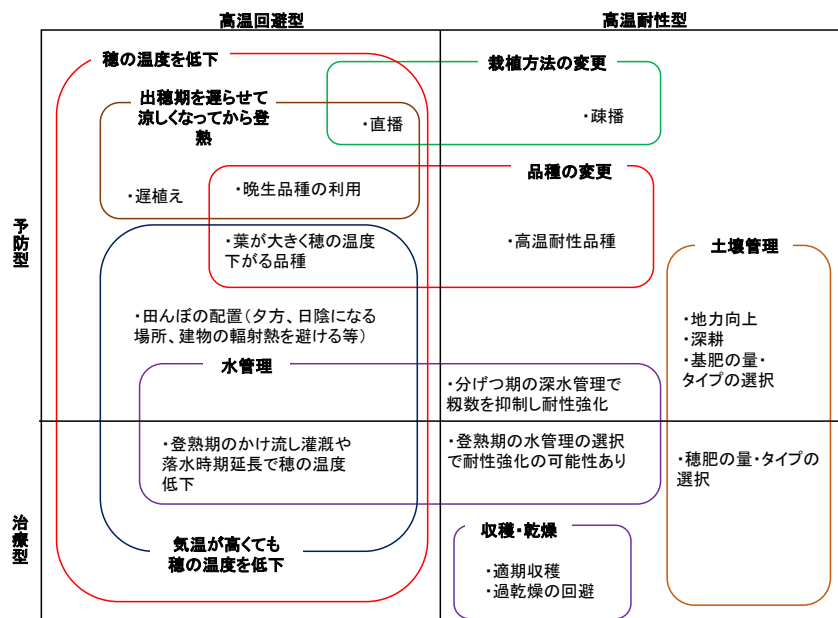


図 18 水稻の高温登熟障害の適応策例

出典：九州沖縄農業研究センター²⁸より作成

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、適応策実行計画を策定します。

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、現在の栽培品種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.8)) 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 20)

茨城大学および茨城県地域気候変動適応センター²⁹では、水稻生産における適応策を実施の時間、コスト、効果、実施・関連主体の4つの観点から情報を整理し（表7）、水稻生産における適応戦略例として、短期・中期・長期的に実施していくべき適応策を整理しています（図19）。

表7 適応策の整理例

No	適応策頭	時間	コスト	効果	実施・関連主体				
					生産者	国・行政	研究者	JA等	企業
1	栽培管理の高度化・変更 (水・施肥管理の徹底・最適化など)	短	低	低～中	✓				
2	品種の変更(現存品種)	短～中	低	低～中	✓	(✓)		(✓)	
3	移植日の変更	短～中	低	低～中	✓	(✓)		(✓)	
4	スマート農業化 (衛星データや気象予報の利活用)	中	中	中	✓		✓		✓
5	気候および農業保険	中	中	中	✓	✓		✓	✓
6	新品種の開発および導入	長	高	高	✓	✓	✓	(✓)	✓

出典：茨城大学および茨城県地域気候変動適応センター（2020）²⁹

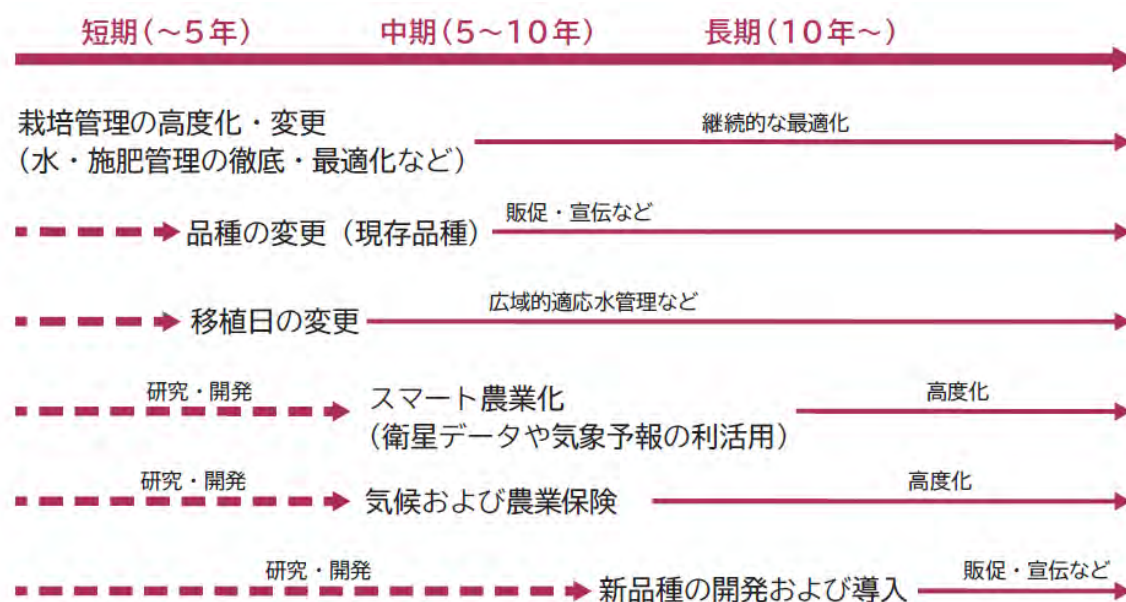


図19 茨城大学および茨城県地域気候変動適応センターによる適応戦略の作成例

出典：茨城大学および茨城県地域気候変動適応センター（2020）²⁹

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

・品種〇〇中心に白未熟粒がほぼ全域で発生しており、特に比較的气温が高い〇〇地域では胴割粒の被害も生じている。

都道府県名	AA県
市町村名	BB市
産地名	〇〇地区
計画主体	BB市

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
・暑さに負けない米づくりの観点から適正な品種構成への誘導を推進する。	高温耐性品種の面積を20%増大させる。
・白未熟粒の発生軽減やイネ縞葉枯病等の病虫害防除の徹底による品質・作柄の安定化を図る。	—
・将来の温暖化に備え、高温耐性品種である「〇〇」の面積を拡大する。	—

(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	白未熟粒の発生抑制	葉色診断に基づく適正な追肥の実施	〇〇地域では効果大	省力化
栽培技術による対応	高温障害の軽減	移植時期を現行の〇〇から〇〇へ変更	温暖化の影響を受けにくい	用水の管理など地域ぐるみでの検討が必要
栽培品種の変更	高温障害の軽減	高温耐性品種である「〇〇」の導入実証	温暖化の影響を受けにくい	栽培マニュアルの作成

(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	2023年	高温不稔対策のための軽減技術の確立	現在より高温下でも被害軽減	農業者、JA、県普及指導員、県農業試験場
高温耐性品種の面積拡大	2023年	高温耐性品種である「〇〇」の面積を拡大	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
病虫害防除等の高度化	2025年	リモートセンシング技術やドローンの導入等による早期発見、省力化の実現	省力化	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 20 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「気候変動による水稲への影響（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 21 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。

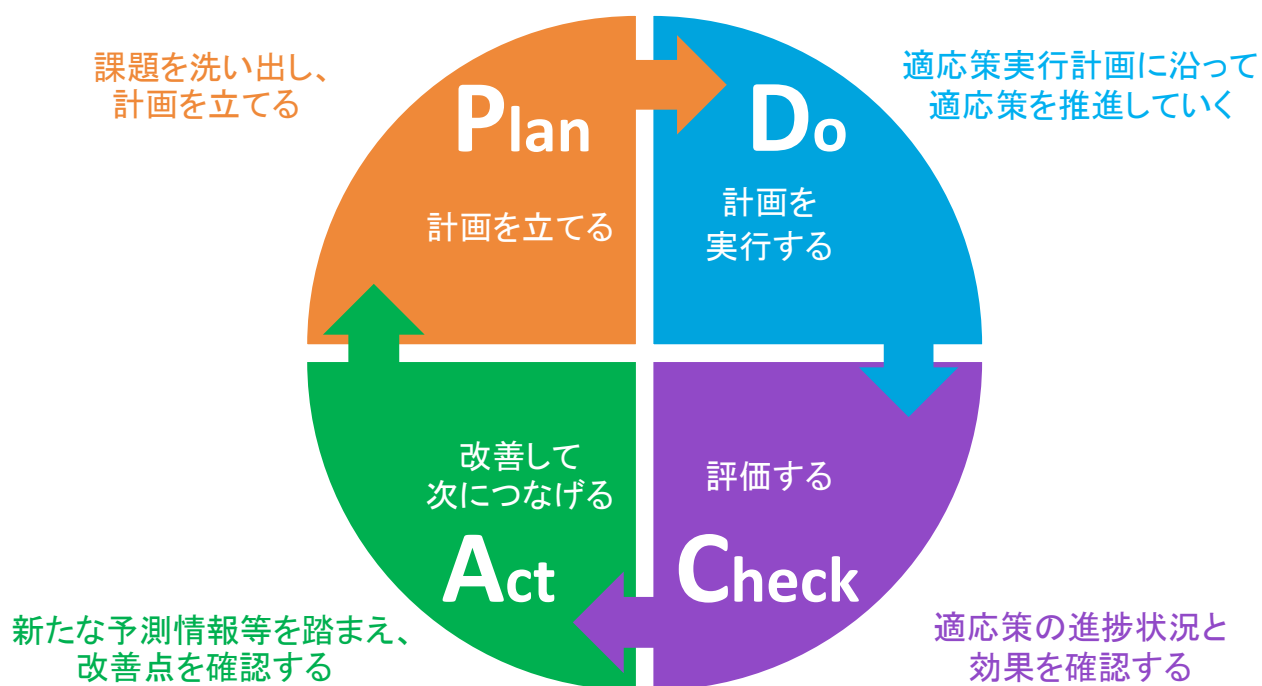


図 21 PDCA サイクルのイメージ

《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「米穀の農産物検査結果(各年)」
(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/>)
- 11 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>)
- 12 農林水産省ホームページ「検査用語の解説」
(https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/k_kikaku/k_kaisetsu/)
- 13 農業・食品産業技術総合研究機構ホームページ「斑点米カメムシの発生動向とその対策」
(<http://www.reigai.affrc.go.jp/zusetu/kouon/kame.html>)
- 14 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/kankyoeune/1345230.htm)
- 15 Masutoimi Y, Takimoto T, Shimamura M, Manabe T, Arakawa M, Shibota N, Ooto A, Azuma S, Imai Y, Tamura M (2019). Rice Grain Quality Degradation and Economic Loss due to Global Warming in Japan, Environmental Research Communications 1: 121003.
(<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ab52e7>)
- 16 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>)
- 17 馬場健司, 吉川実, 大西弘毅, 目黒直樹, 田中博春, 田中充 (2019): 農業分野における気候変動適応技術の地域間での波及要因の事例分析, 土木学会論文集 G(環境), 75(5), I 47-I 55
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejer/75/5/75_I_47/article/-char/ja/)
- 18 農業・食品産業技術総合研究機構ホームページ「北海道を除く全国の水稲高温登熟性標準品種の選定」
(http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/4th_laboratory/nics/2017/17_038.html)
- 19 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>)

-
- 20 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/>)
 - 21 農林水産省「作物統計（各年）」
(<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html>)
 - 22 農林水産省「農作物共済統計表（各年）」
(https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/nousaku_kyosai/)
 - 23 国立環境研究所 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>)
 - 24 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>)
 - 25 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)
 - 26 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/>)
 - 27 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>)
 - 28 九州沖縄農業研究センター「温暖化によるコメの品質低下の実態と対応について」
(<http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/karc/contents/ondanka/ondanka1/index.html>)
 - 29 茨城大学および茨城県地域気候変動適応センターによる「茨城県における気候変動影響と適応策－水稻への影響－」
(https://www.ibaraki.ac.jp/news/uploads/2020/03/ilccac2020paper_forwebs.pdf)

【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