

令和3（2021）年度
栃木県第2次気候変動影響評価業務委託

報 告 書

令和4年3月

栃木県

目次

第1章 業務概要	1
1.1 業務の目的	1
1.2 業務の内容	1
1.3 外部専門家による査読・考査等	2
第2章 気候変動を取り巻く現状	3
2.1 地球温暖化と気候変動	3
2.2 パリ協定と気候変動への適応	3
2.3 栃木県における気候変動への適応状況	3
2.4 本報告書で主に扱う将来予測シナリオ	4
第3章 栃木県の地域概況	7
3.1 地勢	7
3.2 気候	7
3.3 産業	8
第4章 気候変動の現状と将来予測	9
4.1 気温	9
4.2 降水	27
4.3 積雪量	42
第5章 気候変動影響の現状と将来予測	45
5.1 文献等調査結果	45
5.1.1 農業・林業・水産業	45
5.1.2 水環境・水資源	81
5.1.3 自然生態系	92
5.1.4 自然災害	107
5.1.5 健康	121
5.1.6 産業・経済活動	133
5.1.7 国民生活・都市生活	142
第6章 実態調査	150
6.1 実態調査（庁内）	150
6.2 市町アンケート	159
第7章 栃木県の高解像度将来予測マップ	183
7.1 概要	183
7.2 将来予測マップ（統計的ダウンスケーリングデータ）	185
7.3 将来予測マップ（力学的ダウンスケーリングデータ）	195
第8章 気候変動の影響評価	200

巻末資料

巻末資料 1	高解像度マップに関する補足.....	資料-1
巻末資料 2	庁内アンケート結果.....	資料-11
巻末資料 3	気候変動適応の先進事例.....	資料-18
巻末資料 4	ダウンスケーリングデータ検索マニュアル.....	資料-24

第1章 業務概要

1.1 業務の目的

本業務は、令和2（2020）年12月17日に気候変動適応法（平成30年法律第50号）に基づき初めて公表された「気候変動影響評価報告書」（以下、「国報告書」という。）をはじめとする最新の科学的知見を踏まえながら、栃木県の実情に即した気候変動影響及び適応の現状や将来予測に関する情報を収集・分析し、栃木県における気候変動影響評価を実施することで、「栃木県気候変動対策推進計画」の進行管理における適応策関連事業の立案・検討や県内市町への技術的助言、県民等への情報提供を図り、もって県内の気候変動適応を推進することを目的として実施した。

1.2 業務の内容

栃木県では、同様の影響評価に関するものとして、「令和元（2019）年度栃木県気候変動影響調査」を実施している。また、同調査における影響評価結果（以下、「第1次気候変動影響評価」という。）を踏まえて、令和3（2021）年3月26日に「栃木県気候変動対策推進計画」を策定した。

本業務では、以下(1)～(6)により、栃木県における第2次気候変動影響評価を実施した。

(1) 国報告書等の文献等調査

ア 国報告書で評価される7分野71項目のうち栃木県に関連がある項目について、前回評価時（平成27（2015）年3月10日「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について（意見具申）」）から追加された知見や、知見の増加に基づく評価の見直し等を踏まえて、関連する文献等を収集・分析した。

イ 国立環境研究所や気象庁気象研究所その他関連省庁等が公表する気候変動やその影響に関する研究成果や報告書等について、必要に応じて収集・分析した。

(2) 県及び市町等へのアンケート・ヒアリング調査

上記（1）の見直し等を踏まえて、県関係課及び県内市町に対してアンケート調査を実施し、県内の気候変動影響の発現状況や適応策の実施状況等を把握した。また、アンケート調査の結果を踏まえて、さらに詳細な情報を収集するため、県関係課等へのヒアリング調査を実施した。

(3) 県内の気象観測データの収集及び高解像度将来予測マップ等の作成

ア 第1次気候変動影響評価と同様に、県内の気象観測情報の最新値を収集し、栃木県における気候変動の現状（長期変化傾向）を更新した。

イ 県内の将来気候について、時間的・空間的に詳細な解析を実施した。

(4) 第2次気候変動影響評価の実施

上記(1)から(3)に基づき、第2次気候変動影響評価を行った。

なお、評価にあたっては、第1次気候変動影響評価の評価手法を参考とした。

(5) 他自治体等における適応策の先進的な取組事例の収集

上記（4）の評価結果や県内における適応策の取組状況等にかんがみ、他自治体等の先進的な取組事例を収集した。

1.3 外部専門家による査読・考査等

影響評価や高解像度将来予測マップ作成にあたっては、外部専門家の意見を踏まえた企画調整を行いながら実施した。

第2章 気候変動を取り巻く現状

2.1 地球温暖化と気候変動

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による第5次評価報告書では、20世紀半ば以降の温暖化は人間の影響の可能性が極めて高いこと、気温上昇は二酸化炭素の累積排出量とほぼ比例関係にあること（図2-1）などが示されるとともに、追加的な緩和策を講じない場合（RCP8.5シナリオ）では、21世紀末の気温は現在（1986～2005年）と比べて2.6～4.8℃上昇する可能性が高いと予測された。また、温暖化の進行に伴い、深刻で広範囲にわたる気候変動影響が生じる可能性が高まることも示された。

さらに、令和3（2021）年8月に公表されたIPCCによる第6次評価報告書（第1作業部会報告書（自然科学的根拠））では、「人間の活動の影響によって大気、海洋、陸地が温暖化していることは疑う余地がない」とはじめて断定的な表現が用いられた。また、大気、海洋、雪氷圏及び生物圏において、広範囲かつ急速な変化が現れていること、気候システムの多くの変化（極端な高温や大雨の頻度と強度の増加、いくつかの地域における強い熱帯低気圧の割合の増加等）は、地球温暖化の進行に直接関係して拡大することが示された。

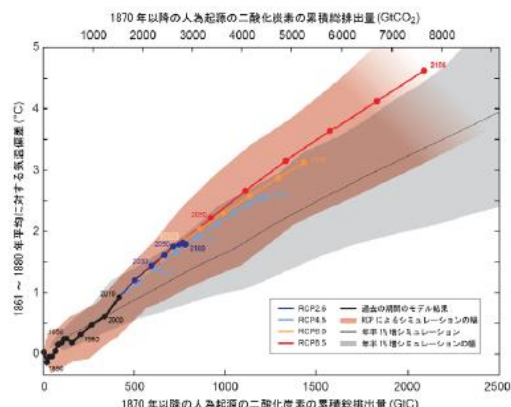


図 2-1 二酸化炭素の累積排出量と気温上昇の関係

（出典：文献 2-1）

2.2 パリ協定と気候変動への適応

2015年12月に採択された『パリ協定』では、温室効果ガス排出削減の長期目標として、世界的な平均気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃未満に保つ（2℃目標）に加え、この目標を達成したとしても避けられない気候変動による影響に対して、適応能力を向上させることも盛り込まれている。

このような中、日本では、適応策の推進のため、2018年6月に気候変動適応法が公布、同年12月に施行されるとともに、法の施行に先立って同年11月に「気候変動適応計画」が閣議決定されている。また、令和3年10月には、国報告書で示された最新の科学的知見を勘案しつつ、関係府省庁間における調整、中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会における報告、パブリックコメント等を経て、変更された「気候変動適応計画」が閣議決定されている。

2.3 栃木県における気候変動への適応状況

近年、気温の上昇、大雨の頻度の増加、農作物の品質低下や熱中症リスクの増加など、気候変動及びその影響が全国各地で確認され、今後さらなる拡大も懸念されている。栃木県でも令和元（2019）年度は、梅雨明け後の連続する猛暑により熱中症搬送者数が1,164人に上ったほか、10月には令和元年東日本台風に伴う記録的な豪雨により県民の生命や財産に大きな被害が発生した。

これら個々の気象現象と地球温暖化との関係を明確にすることは容易ではないが、今後、地球温暖化の進行に伴い、このような豪雨や猛暑のリスクはさらに高まることが予測されている。

このような中、栃木県では、本県の気候変動影響に関する情報を収集・整理し、第1次気候変動影響評価として取りまとめるとともに、この結果を踏まえ、令和2年3月には「栃木県気候変動対策推進計画」を策定した。また、栃木県では、気候変動の影響による被害を回避・軽減する

ため、幅広い分野の情報収集に努めるとともに、県民への情報発信を通じて県全体での取組を推進することを目的として、令和2年4月に、気候変動適応法に基づく地域気候変動適応センターとして「栃木県気候変動適応センター」を設置している。

2.4 本報告書で主に扱う将来予測シナリオ

地球温暖化の進行に伴い、気候変動影響も深刻化が懸念される中、現に表れている影響に対する短期的適応策の実施はもとより、将来予測に基づく適応策を検討していくことが重要である。

気候変動の将来予測では、人間活動に伴う温室効果ガス等の大気中の濃度が、将来どの程度になるかを想定した「排出シナリオ」を気候モデルにインプットして、将来の気温や降水量などの変化を予測する。なお、温室効果ガスの濃度変化には不確実性があるため、いくつかの濃度変化パターンが想定されている。IPCCの第5次評価報告書をはじめ、現在では、主にRCP（代表的濃度経路）シナリオが用いられている¹⁾。

RCPシナリオは、将来の温室効果ガスが安定化する濃度レベルと、そこに至るまでの経路のうち代表的なものを選び作成されたものである。RCPに続く数値が大きいほど2100年における放射強制力（地球温暖化を引き起こす効果の）が大きいことを意味する。

RCPシナリオには、RCP2.6（気温上昇を2℃に抑えることを想定）、RCP4.5、RCP6.0及びRCP8.5（政策的な緩和策を行わないことを想定）の4つのシナリオがあり、RCPに続く数値が大きいほど2100年までの温室効果ガス排出が多く、将来的な気温上昇量が大きくなる（表2-1、図2-2）。

中長期的な気候変動による影響（リスク）の回避・軽減のためには、影響が最も大きく現れる将来も見据えつつ、地域の実情に応じた適応策を検討していくことが重要である。このため、本調査では、21世紀末に年平均気温が現在より4～5℃上昇すると予測される「MIROC5」・「RCP8.5シナリオ」に基づく予測結果を中心に整理していく。

表 2-1 各 RCP シナリオの特徴

シナリオ	放射強制力	放射強制力	濃度の推移
RCP 8.5	放射強制力	2100年で8.5W/m ² を超える	上昇が続く
	CO ₂ 換算濃度	2100年で約1,370ppmを超える	
RCP 6.0	放射強制力	2100年以降、約6.0W/m ² で安定化	安定化
	CO ₂ 換算濃度	2100年で約850ppm、以降安定化	
RCP 4.5	放射強制力	2100年以降、約4.5W/m ² で安定化	安定化
	CO ₂ 換算濃度	2100年で約650ppm、以降安定化	
RCP 2.6	放射強制力	2100年以前に約3W/m ² でピーク、その後減少	ピーク後減少
	CO ₂ 換算濃度	2100年以前に約490ppmでピーク、その後減少	

¹ IPCCの第6次評価報告書では、将来の社会経済の発展の傾向を仮定した共有社会経済経路（SSP）シナリオと放射強制力を組み合わせたシナリオを用いている。

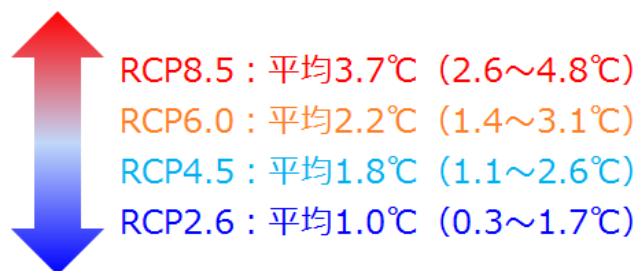


図 2-2 21 世紀末における世界平均気温の現在 (1986~2005 年) からの上昇量
 出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト

以下に、気候モデル・排出シナリオごとの全国の年平均気温の変化を示す (図 2-3、図 2-4)。

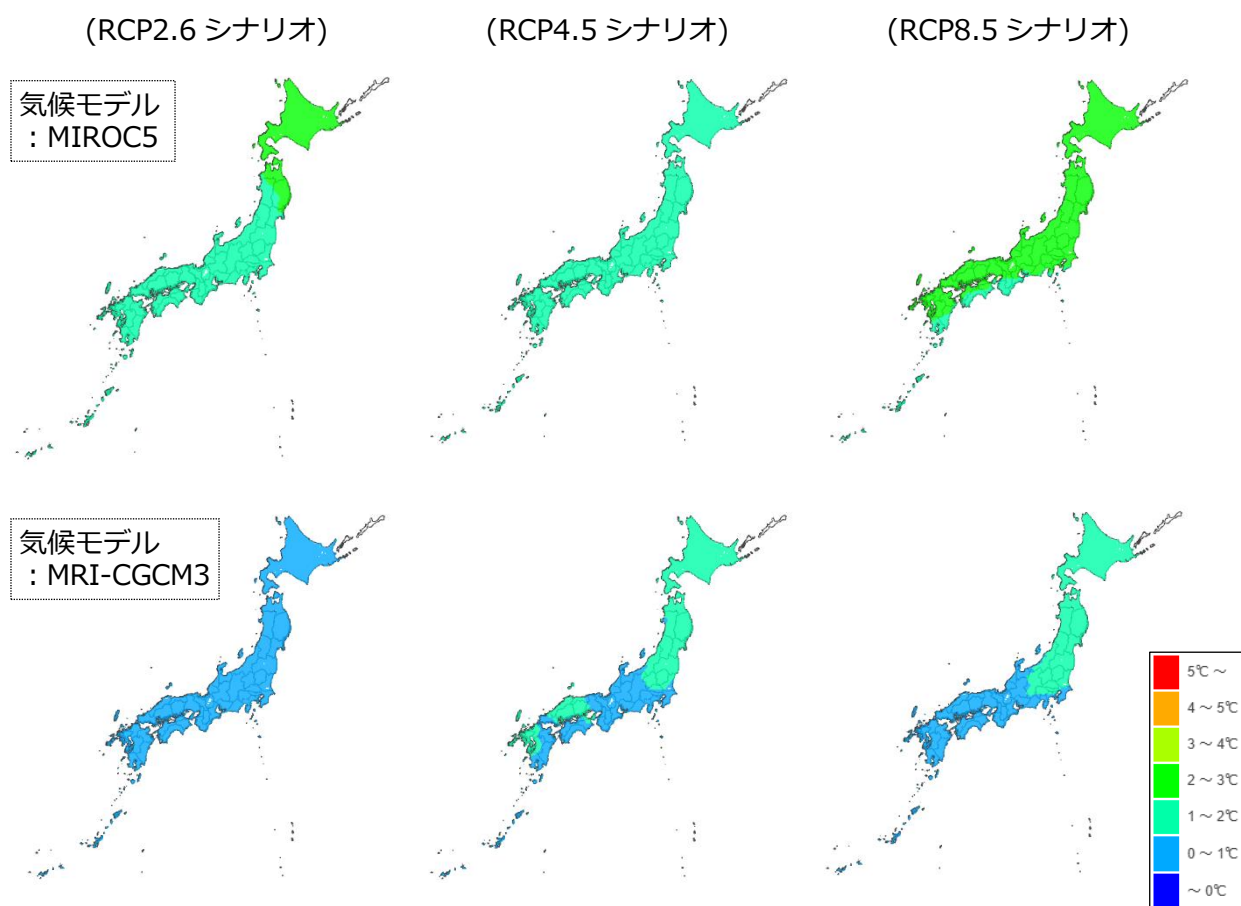


図 2-3 気候モデル・排出シナリオごとの年平均気温の変化 (現在比、21 世紀半ば)
 (出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト)

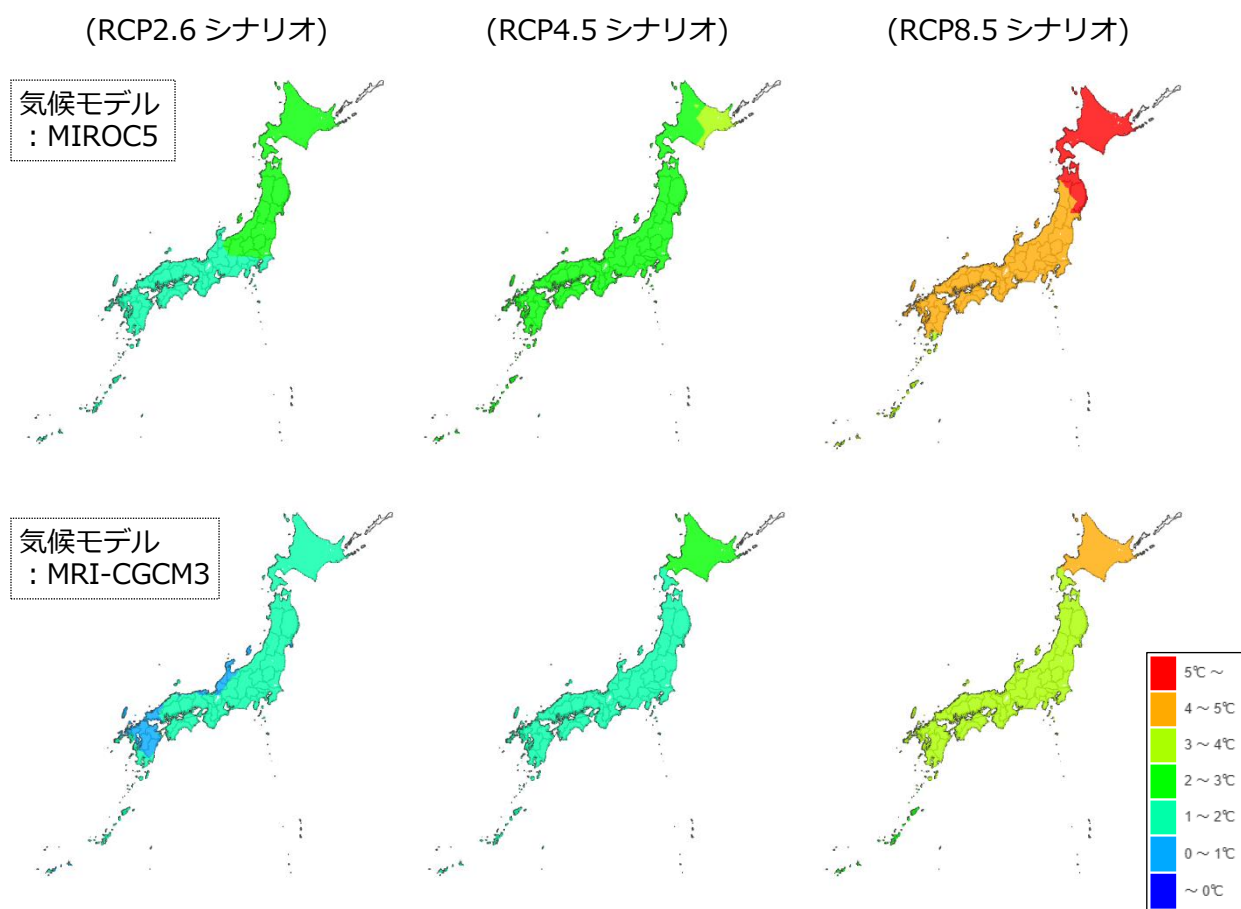


図 2-4 気候モデル・排出シナリオごとの年平均気温の変化（現在比、21 世紀末）
 （出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト）

第3章 栃木県の地域概況

3.1 地勢

栃木県は県内全体で見ると、標高差に富む地形を有している（図 3-1）。県の東部には標高 300 メートルから 1,000 メートルのなだらかな山々からなる八溝山地が、また北部から西部には那須連山、帝釈（たいしゃく）山地、日光連山、足尾山地が連なる山岳地帯があり、特に日光連山は、白根山、男体山、女峰山など標高 2,000 メートルを超える火山が連なっている。

一方、北部及び中央部から南部にかけては、関東平野の北部に当たる那珂川、鬼怒川、渡良瀬川流域の平野が広がっている。

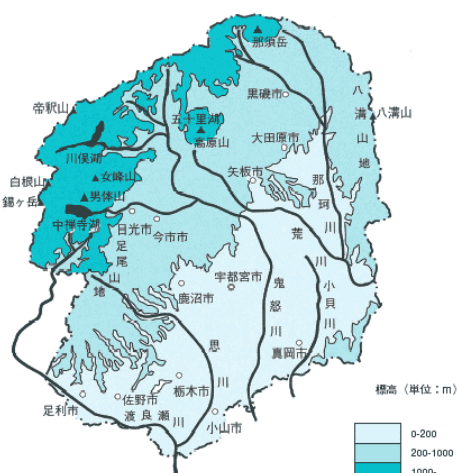


図 3-1 栃木県の地勢図
(出典：文献 3-1)

3.2 気候

栃木県の気候は太平洋岸気候区であるが、北部から北西部の山地は日本海岸気候区の特徴も有している。

年間の平均気温は、平地で 12℃～14℃と温暖であるが、標高の高い北西部の山地では 7℃～9℃と低い（図 3-2 左）。また、冬は放射冷却により朝の最低気温が下がり、12 月、1 月の平地での最高気温と最低気温の差は 10℃～14℃と大きい。

年間の降水量は、北西部の山地で多い（図 3-2 右）。また、6～7月の梅雨時より、台風や雷雨の影響を受ける 8月から 9月の降水量が多くなる傾向がある。

夏は激しい雷雨が多く、冬は男体おろし、那須おろし、赤城おろしなどと呼ばれる北西からの強い季節風が吹き、平地では乾燥した冬晴れの日が多くなる。

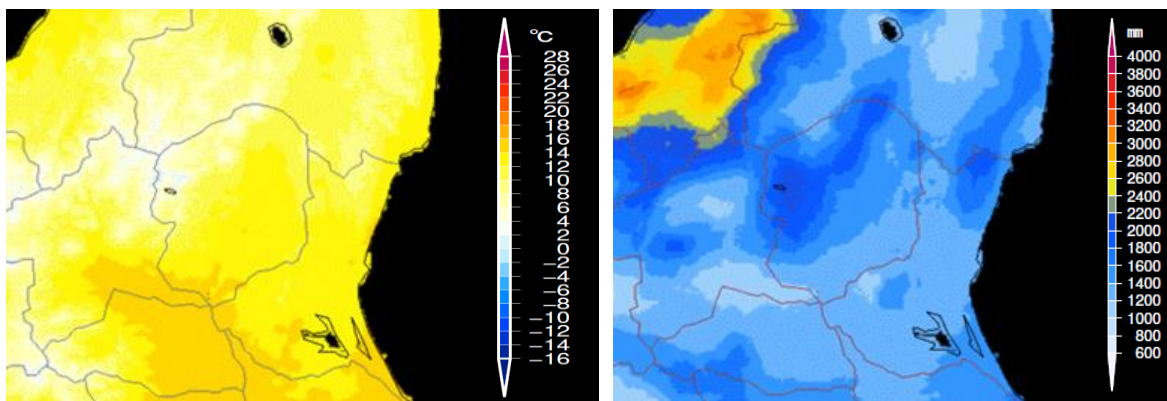


図 3-2 栃木県周辺のメッシュ平年値図 左：年平均気温、右：年降水量
(出典：気象庁ホームページ メッシュ平年値図)

3.3 産業

栃木県は、首都圏に位置する地理的優位性、勤勉な県民性といった発展的な要素を基礎として、バランスのとれた産業活動を展開している。その結果、農業産出額は全国第9位、製造品出荷額等は全国第13位など全国有数の産業県となっている。

また、県内には、世界にその名を知られる日光国立公園をはじめとして、8つの県立自然公園があり、四季折々の豊かで美しい自然に恵まれている。加えて鬼怒川・那須・塩原といった数多くの温泉郷もあり、毎年多くの観光客が本県を訪れている。

農 業【農業産出額：2,849億円（2020年、全国第9位）】

主要農産物には、イチゴ、ニラ、生乳、コメなど、生産量で全国上位を占めているものも多々ある。

商工業【製造品出荷額等：8兆9,664億円（2020年、全国第13位）】

首都圏に位置する恵まれた立地特性に加えて、内陸型としては国内最大級の規模を誇る清原工業団地などへの高付加価値型産業の集積を生かし、多くの企業が立地している。

観 光【年間観光客宿泊数：507万人（2020年）】

世界遺産に登録された日光の社寺に代表される優れた歴史文化、四季折々の美しい自然、豊富な温泉、イチゴや和牛、湯波（ゆば）などの多彩な特産物、結城紬や益子焼などの伝統工芸品、さらには各地に根付いている伝統芸能など魅力的な資源に恵まれ、毎年、県内外からの多くの観光客でにぎわっている。

第4章 気候変動の現状と将来予測

4.1 気温

- ・ 年平均気温は、日本（都市化の影響が比較的小さい地点の平均）で 100 年当たり約 1.28℃、都市化の影響を受けている宇都宮で 100 年当たり約 2.40℃上昇している。
- ・ 追加的な緩和策を講じない場合、21 世紀末には、県内の年平均気温が現在より約 4～5℃上昇すると予測されている。
- ・ 極端な高温現象である「真夏日」（日最高気温 30℃以上）、「猛暑日」（日最高気温 35℃以上）、「熱帯夜」（夜間の最低気温 25℃以上）の年間日数も増加傾向にある。一方、「冬日」（日最低気温 0℃未満）の年間日数は減少傾向にあり、これらの傾向はさらに顕著になっていくことが予測されている。

(1) 年平均気温

<現状>

日本（都市化の影響が比較的小さい国内 15 観測地点²）の年平均気温は、100 年当たり約 1.28℃上昇している（図 4-1）。

2021 年の年平均気温は、観測史上 3 番目に高い水準であった。

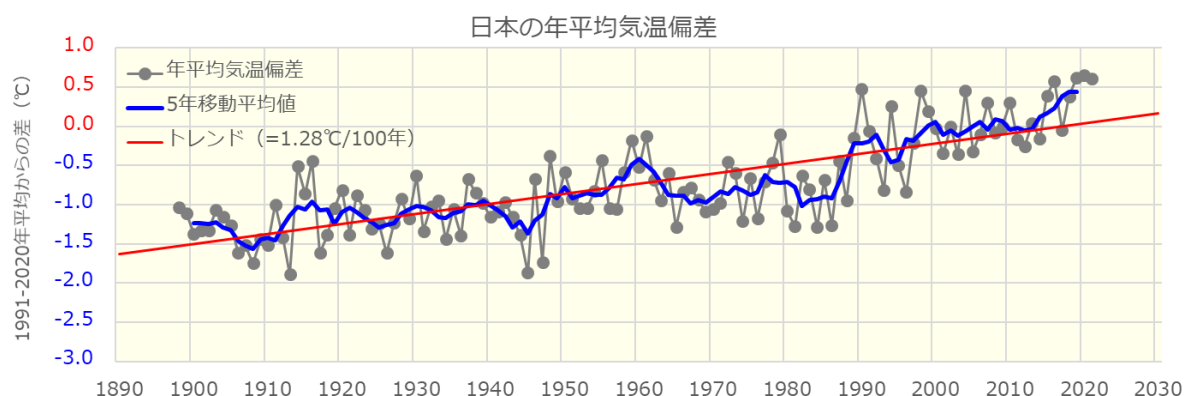


図 4-1 日本の年平均気温偏差 (1898~2021 年)

(気象庁データから作成)

² 15 地点：網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、多度津、宮崎、名瀬、石垣島

宇都宮（宇都宮地方気象台）では、都市化の影響も受け、年平均気温は100年当たり約2.40℃上昇している³（図4-2）。

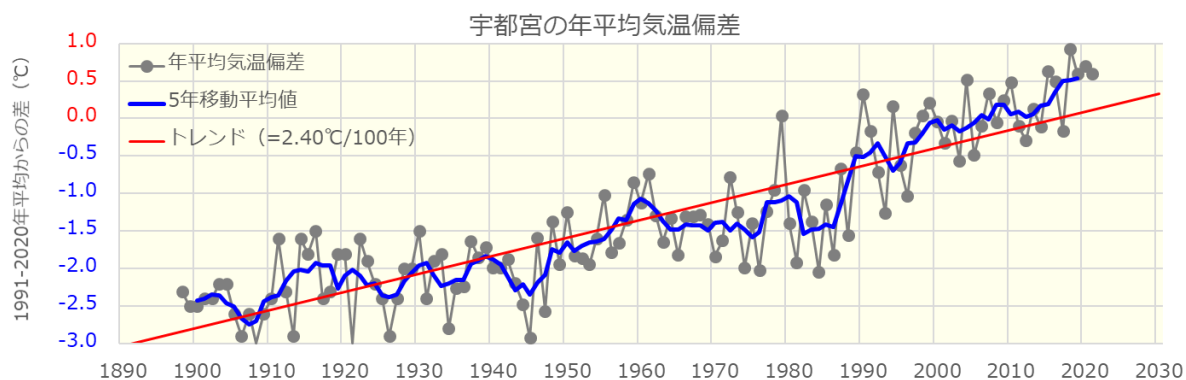
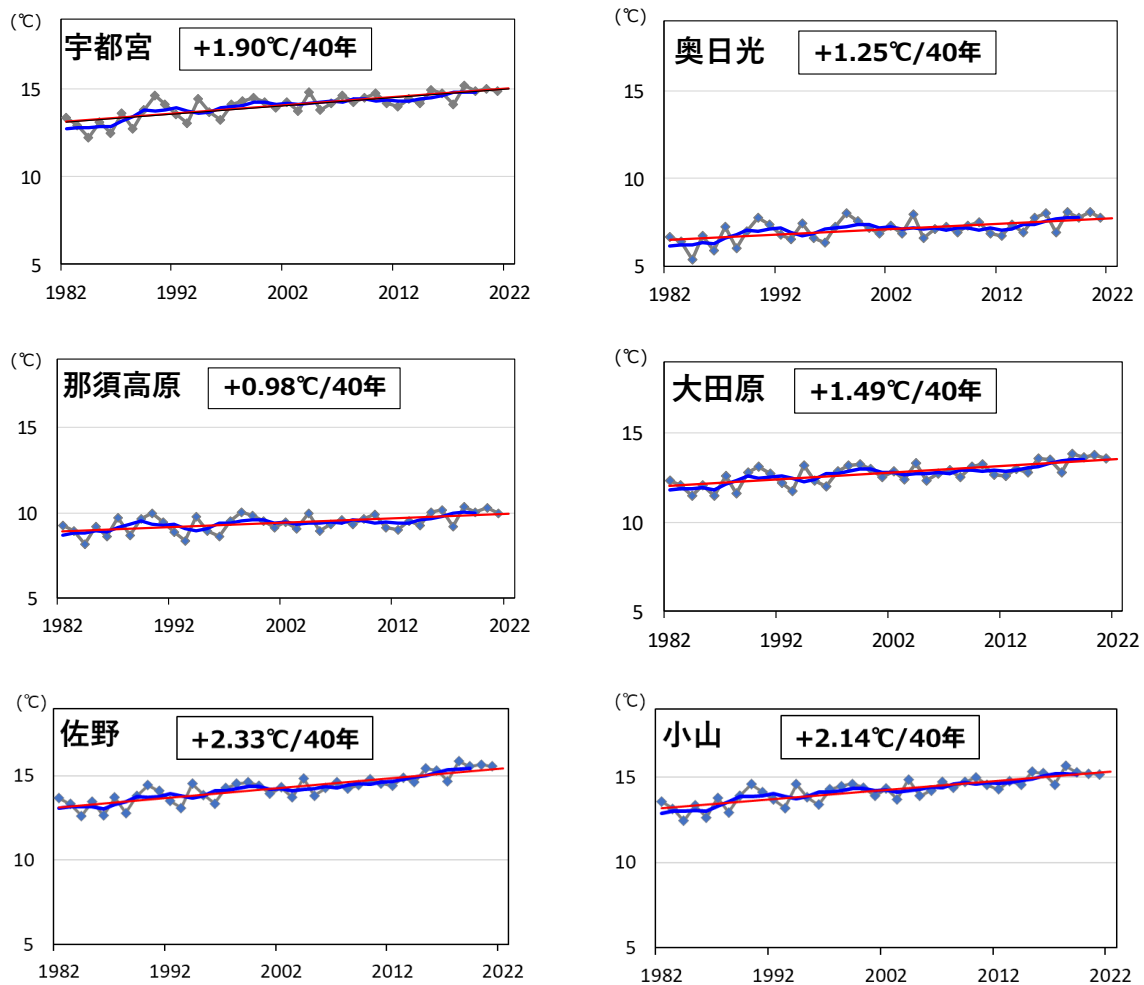


図 4-2 宇都宮の年平均気温偏差（1898～2021年）
（気象庁データから作成）

³ 1935年の観測地移転以前のデータは、移転の影響を取り除くための補正が行われている。観測場所の移転に伴う気温データの補正は、平均気温・最高気温・最低気温のみが対象である。真夏日などの階級別日数等については補正手法が確立されていないため、補正されていない。また、アメダス地点は補正の対象外である。

県内の状況を比較可能な直近約 40 年間のデータで見ると、年平均気温の上昇傾向は県内全域で確認され、40 年前に比べて、都市化の影響が比較的小さい地域では 1℃程度、都市化の影響が大きい地域では 2℃程度増加している（全国の他地域と比べて同様の傾向）（図 4-3）。



青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-3 年平均気温の経年変化（1982～2021 年）

（気象庁データから作成）

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合(RCP8.5)、21世紀末(2076~2095年)には、20世紀末(1980~1999年)と比べて、日本の年平均気温は、全国平均で約4.5℃上昇すると予測されている(図4-4)。

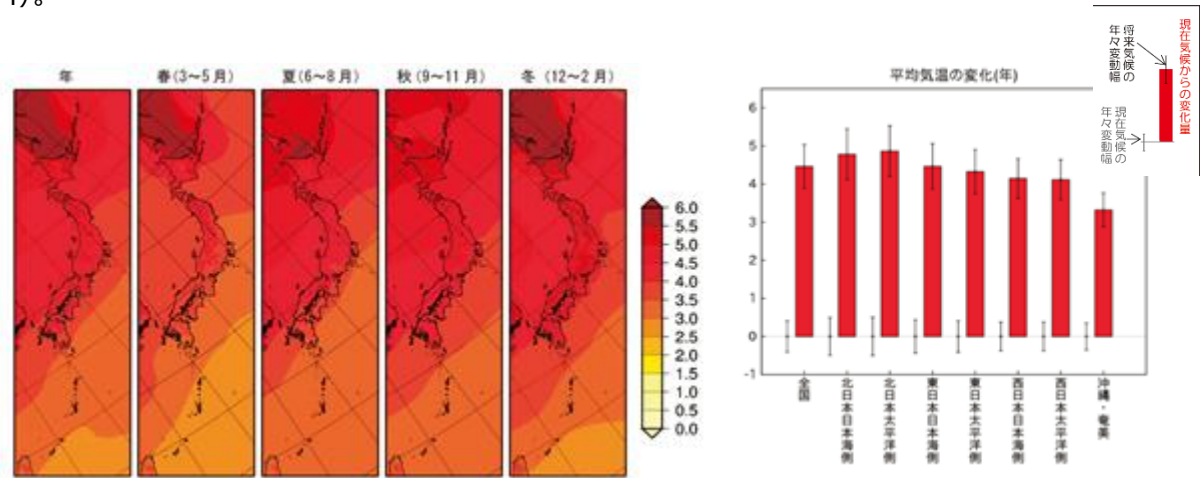


図 4-4 年平均気温の変化分布図(左)と地域別変化量(右)(単位:℃)

(出典:文献 4-1)

統計的ダウンスケーリングデータ(7章参照)を用いて本県について詳しくみると、RCP8.5において、県内全域で約4~5℃(平均約4.5℃)上昇することが予測されている(図4-5)。

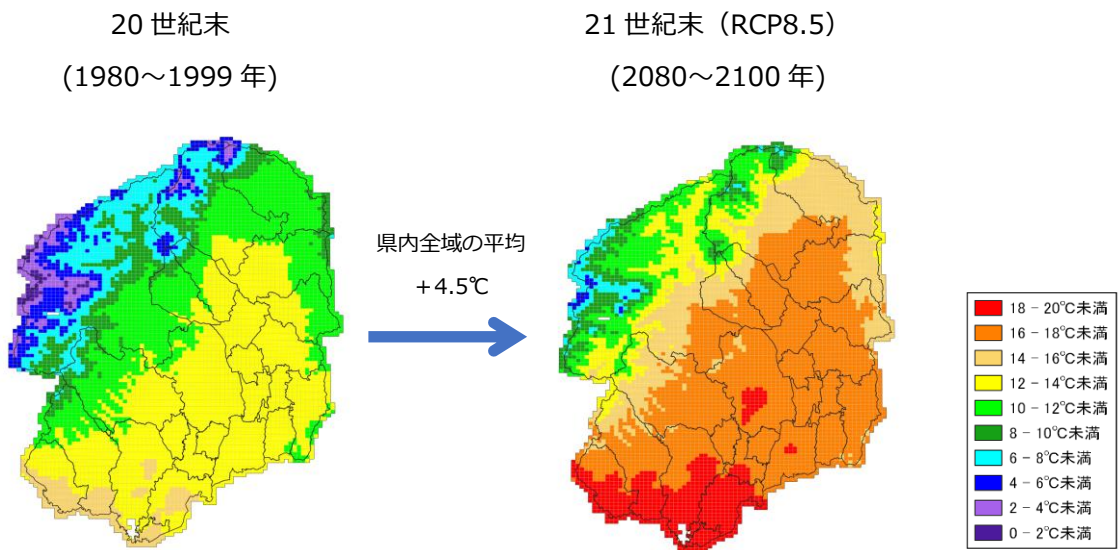


図 4-5 栃木県における年平均気温の変化予測結果(NIES2019データ)

(「日本域バイアス補正気候シナリオデータ」(NIES2019データ)から作成)

(2) 真夏日（日最高気温 30℃以上）

<現状>

日本（都市化の影響が比較的小さい国内 13 観測地点⁴）の真夏日日数は、100 年当たり約 6.7 日増加している（図 4-6）。

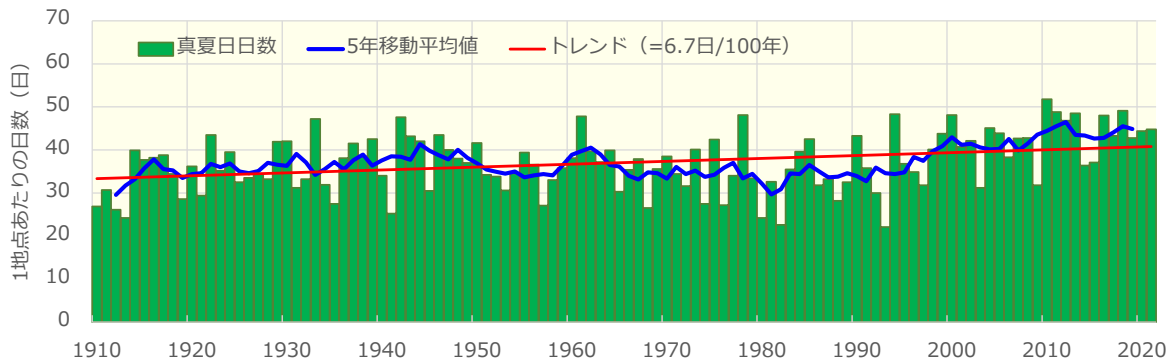


図 4-6 日本の日最高気温 30℃以上（真夏日）の年間日数（1910～2021 年）
（気象庁データから作成）

宇都宮（宇都宮地方気象台）では、1935 年に観測地が移転したため 100 年トレンドは算出できないが、都市化の影響も受け、真夏日日数は移転後の期間で増加傾向が見られ、1942～2021 年の 80 年間で約 26.7 日増加している（移転後の期間で算出）⁵（図 4-7）。

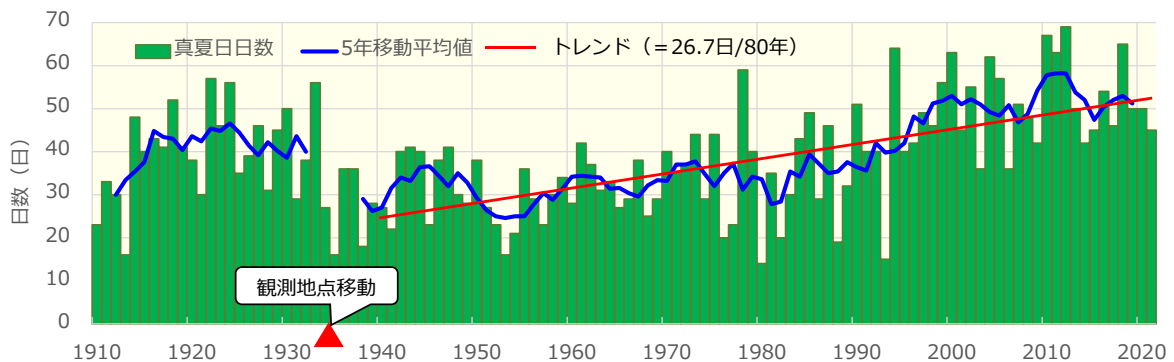


図 4-7 宇都宮の日最高気温 30℃以上（真夏日）の年間日数（1910～2021 年）
（気象庁データから作成）

⁴ 13 地点：網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、銚子、酒井、浜田、彦根、多度津、名瀬、石垣島

⁵ 同期間で比べると、日本（都市化の影響が比較的小さい国内 13 観測地点）では 80 年当たり約 7.2 日増加。

県内の状況を比較可能な直近 40 年間のデータで見てみると、真夏日日数の増加傾向は県内全域で確認され、40 年前に比べて、都市化の影響が大きい地域では 30~40 日程度増加している。また、2018 年の記録的な猛暑では、年平均気温の低い奥日光でも真夏日が 2 日観測され、2020 年にも 1 日観測された (図 4-8)。

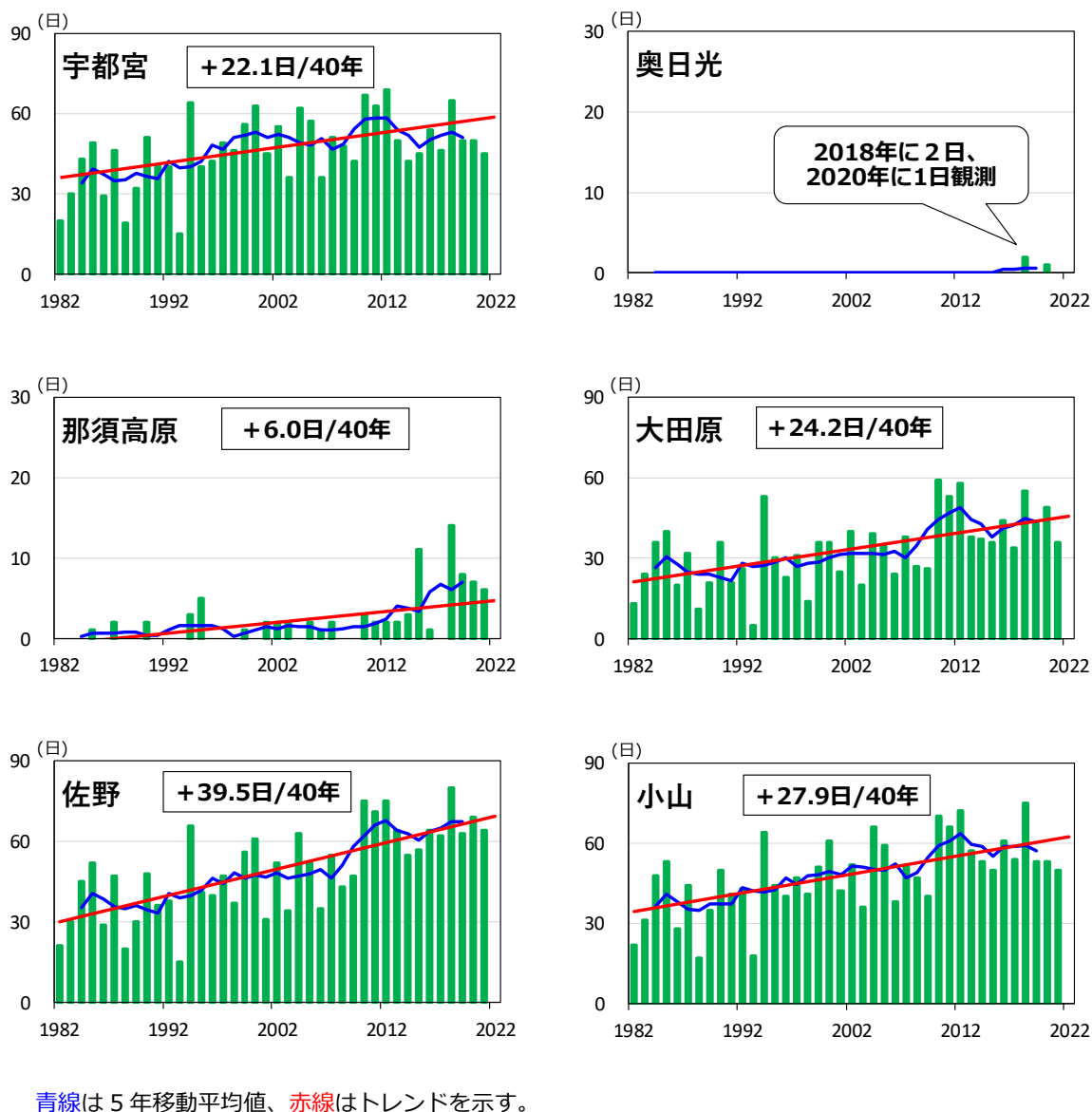


図 4-8 真夏日日数の経年変化 (1982~2021 年)

(気象庁データから作成)

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合(RCP8.5)、21世紀末(2076~2095年)には、20世紀末(1980~1999年)と比べて、日本の真夏日日数は、全国平均で約48.6日増加すると予測されている(図4-9)。

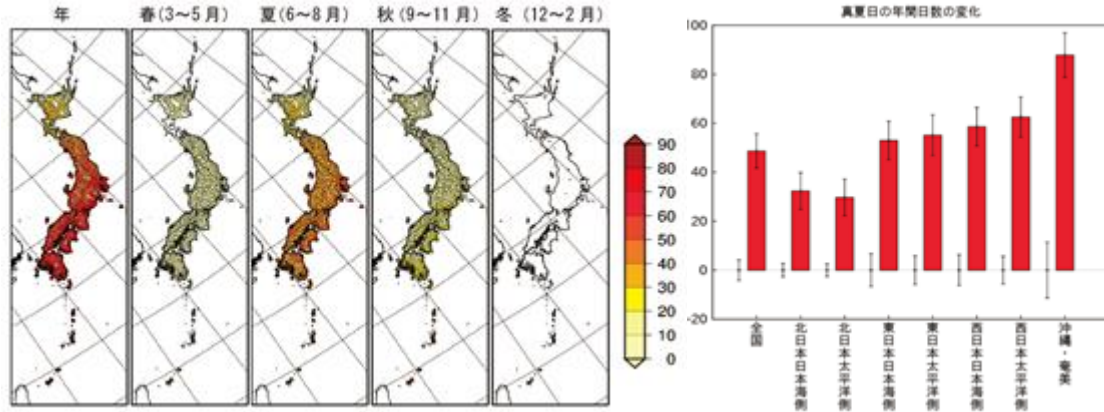


図 4-9 真夏日日数の変化分布図 (左) と地域別変化量 (右) (単位: 日)

(出典: 文献 4-1)

統計的ダウンスケーリングデータ(7章参照)を用いて本県について詳しくみると、RCP8.5において県内全域で平均42.4日、特に県の南部で増加することが予測されている(図4-10)。

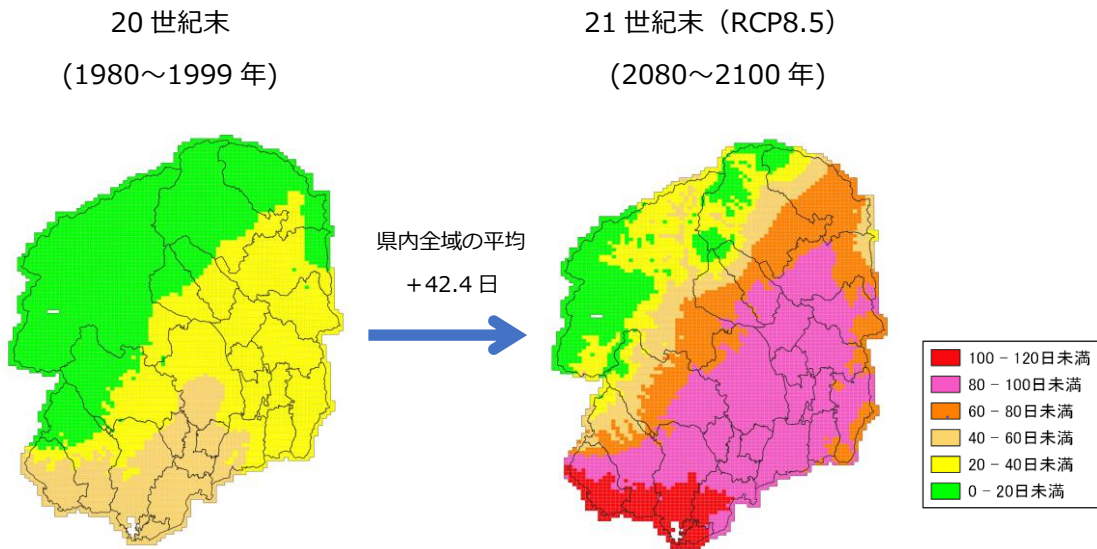


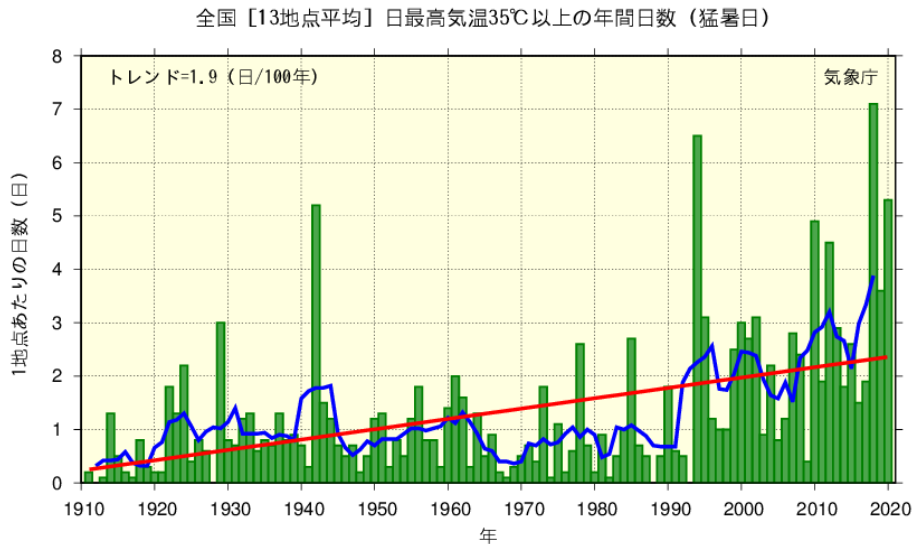
図 4-10 栃木県における真夏日日数の変化予測結果図 (NIES2019 データ)

(「日本域バイアス補正気候シナリオデータ」(NIES2019 データ) から作成)

(3) 猛暑日（日最高気温 35℃以上）

<現状>

日本（都市化の影響が比較的小さい国内 13 観測地点⁶）の猛暑日日数は、100 年当たり約 1.9 日増加している（図 4-11）。



青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-11 日本の日最高気温 35℃以上（猛暑日）の年間日数（1910～2020 年）

（出典：文献 4-2）

宇都宮（宇都宮地方气象台）では、1935 年に観測地が移転したため 100 年トレンドは算出できないが、都市化の影響も受け、猛暑日日数は移転後の期間で増加傾向が見られ、1942～2021 年の 80 年間で約 8.9 日増加（移転後の期間で算出）、特に 1990 年代以降に顕著に増加している（図 4-12）。

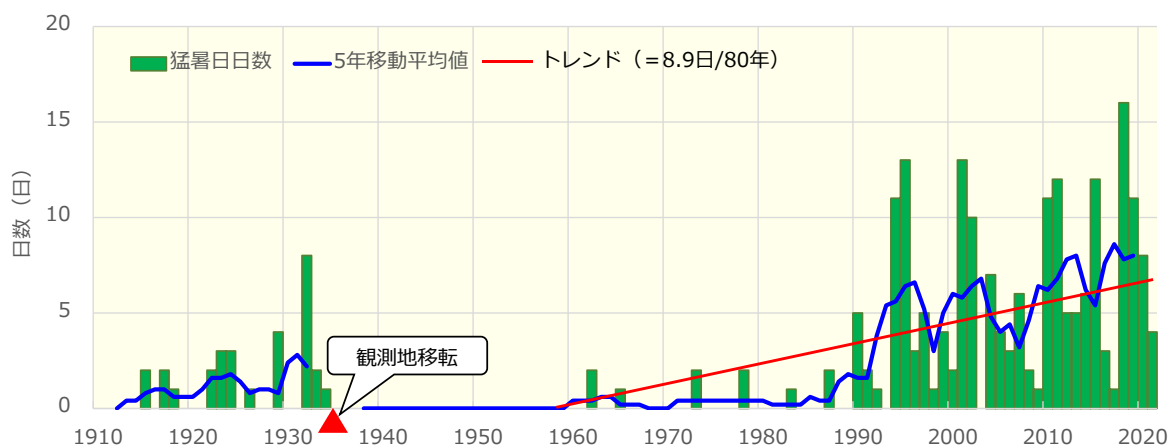
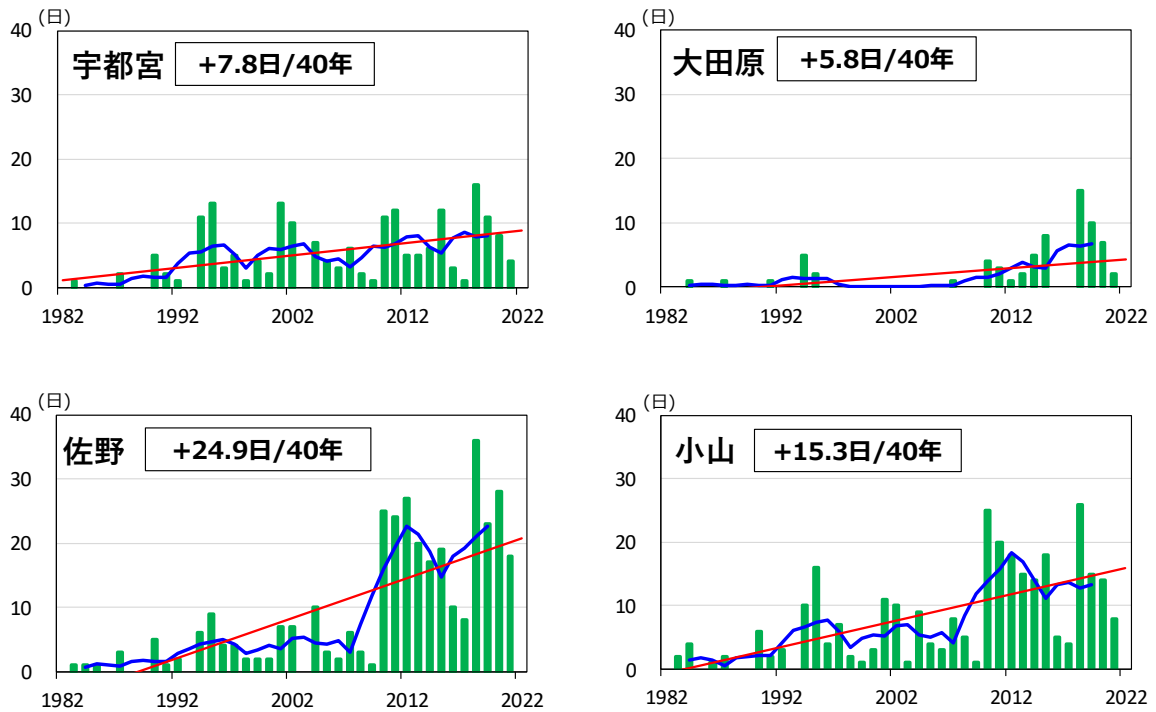


図 4-12 宇都宮の日最高気温 35℃以上（猛暑日）の年間日数（1910～2021 年）

（気象庁データから作成）

⁶ 13 地点：網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、銚子、酒井、浜田、彦根、多度津、名瀬、石垣島

県内の状況を比較可能な直近 40 年間のデータで見ると、猛暑日日数の増加傾向は県央・県南部で顕著に確認され、40 年前に比べて、佐野で約 25 日、小山で約 15 日増加した。なお、年平均気温の低い奥日光及び那須高原では、これまで猛暑日は観測されていない（図 4-13）。



青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-13 猛暑日日数の経年変化 (1982~2021 年)

(気象庁データから作成)

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合(RCP8.5)、21世紀末(2076~2095年)には、20世紀末(1980~1999年)と比べて、日本の猛暑日日数は、全国平均で約19.1日増加すると予測されている(図4-14)。

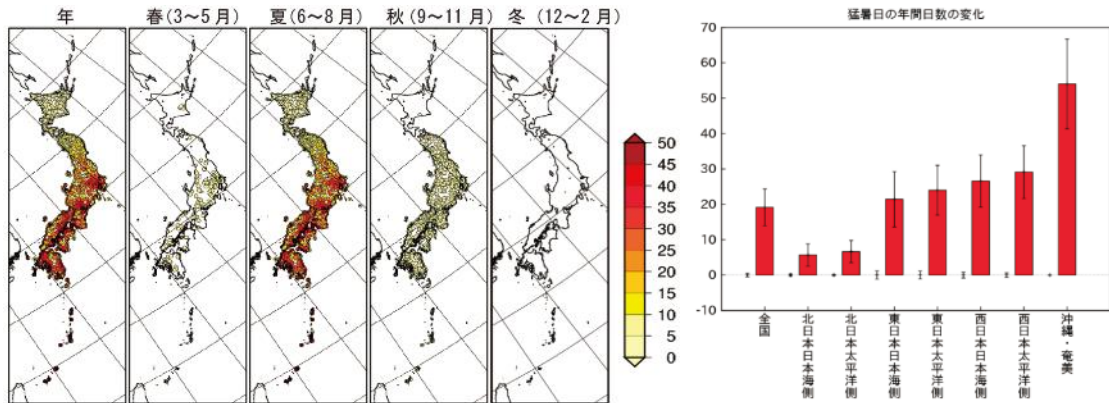


図 4-14 猛暑日日数の変化分布図 (左) と地域別変化量 (右) (単位: 日)
(出典: 文献 4-1)

統計的ダウンスケーリングデータ(7章参照)を用いて本県について詳しくみると、RCP8.5において県内全域で平均17.8日、特に県の南部で増加することが予測されている(図4-15)。

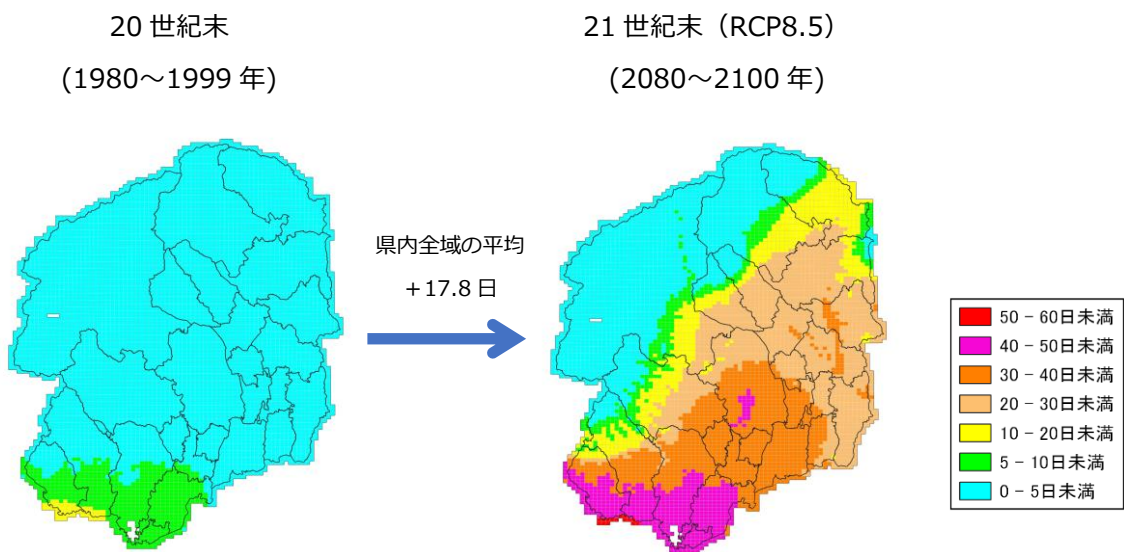
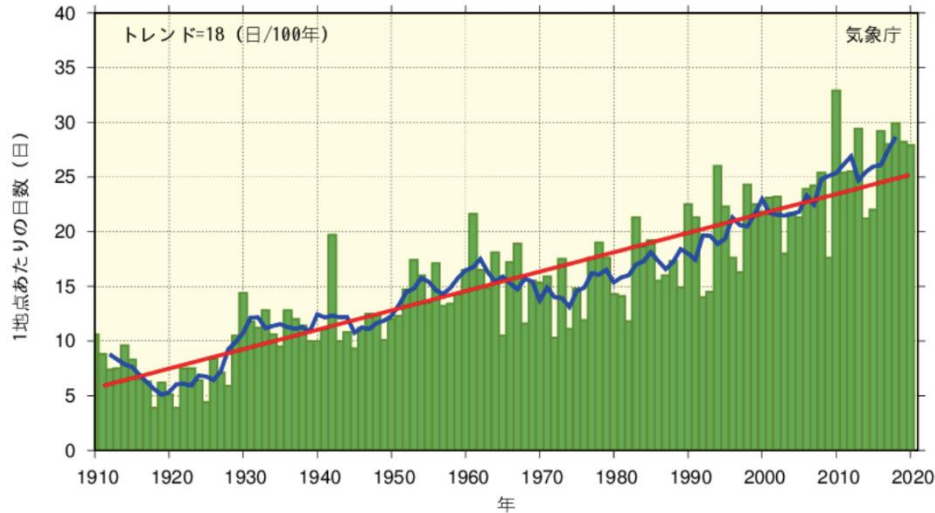


図 4-15 栃木県における猛暑日日数の変化予測結果図 (NIES2019 データ)
(「日本域バイアス補正気候シナリオデータ」(NIES2019 データ) から作成)

(4) 熱帯夜（日最低気温 25℃以上）⁷

<現状>

日本（都市化の影響が比較的小さい国内 13 観測地点⁸）の熱帯夜日数は、100 年当たり約 18 日増加している（図 4-16）。



青線は5年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-16 日本の日最低気温 25℃以上（熱帯夜）の年間日数（1910～2020 年）

（出典：文献 4-2）

宇都宮（宇都宮地方气象台）では、1935 年に観測地が移転したため 100 年トレンドは算出できないが、都市化の影響も受け、熱帯夜日数は移転後の期間で増加傾向が見られ、1942～2021 年の 80 年間で約 7.8 日増加している（移転後の期間で算出）（図 4-17）。

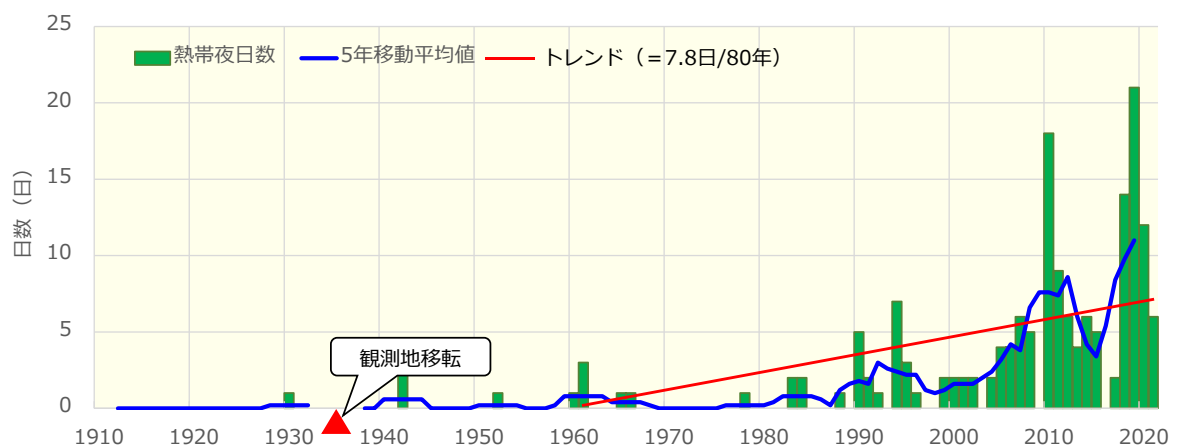


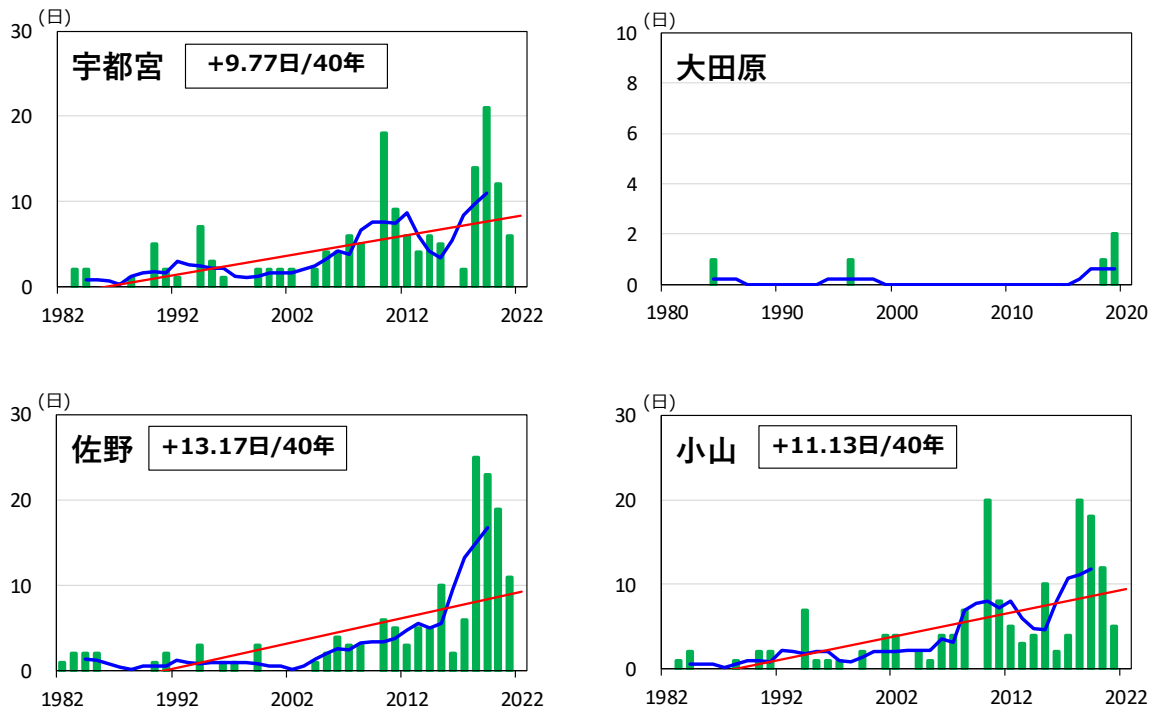
図 4-17 宇都宮の日最低気温 25℃以上（熱帯夜）の年間日数（1942～2021 年）

（気象庁データから作成）

⁷ 熱帯夜は夜間の日最低気温が 25℃以上のことを指すが、便宜上、ここでは日最低気温 25℃以上の日とする。

⁸ 13 地点：網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、銚子、酒井、浜田、彦根、多度津、名瀬、石垣島

県内の状況を比較可能な直近 40 年間のデータで見ると、県央・県南部では、熱帯夜日数が 40 年前に比べて約 10～13 日増加している傾向が見られた。大田原では、熱帯夜が数回しか観測されておらず、変化傾向は確認できなかった。なお、奥日光及び那須高原では、これまで熱帯夜は観測されていない（図 4-18）。



青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-18 熱帯夜日数の経年変化 (1982～2021 年)

(気象庁データから作成)

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合(RCP8.5)、21世紀末(2076~2095年)には、20世紀末(1980~1999年)と比べて、日本の熱帯夜日数は、全国平均で約40.7日増加すると予測されている(図4-19)。

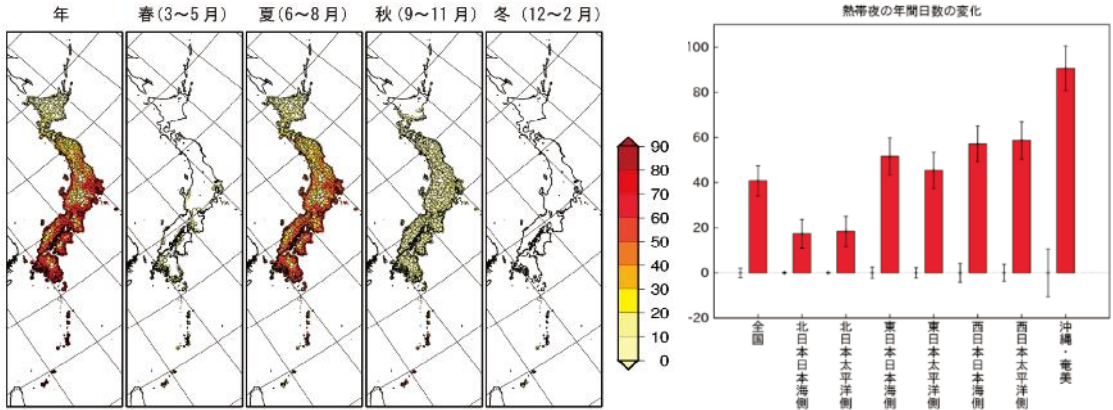


図 4-19 熱帯夜日数の変化分布図(左)と地域別変化量(右)(単位:日)
(出典:文献4-1)

統計的ダウンスケーリングデータ(7章参照)を用いて本県について詳しくみると、RCP8.5において、県内全域で約22.9日、特に県の南部で増加することが予測されている(図4-20)。

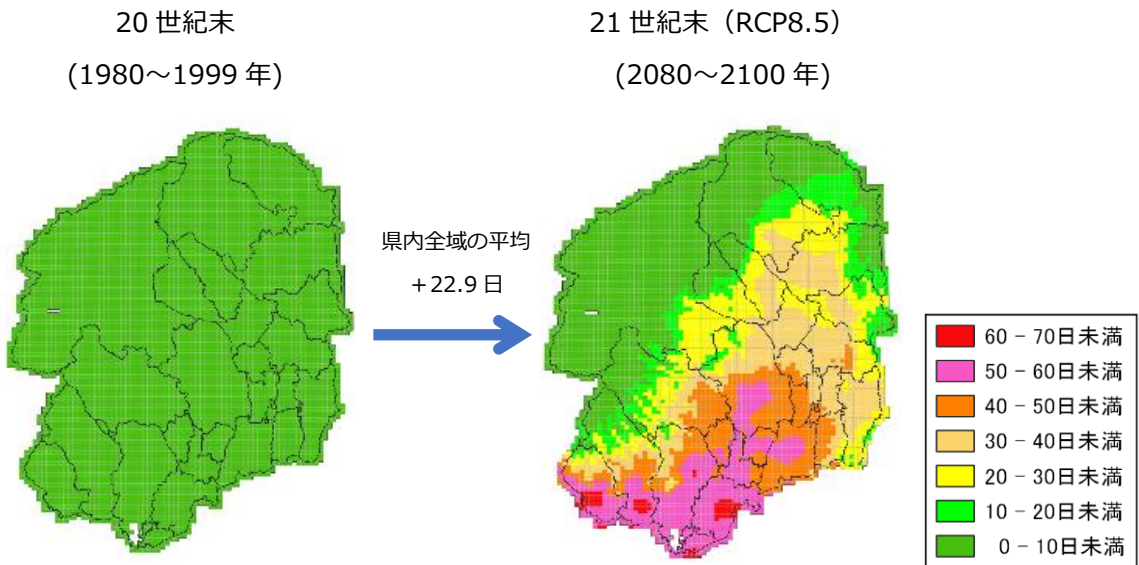
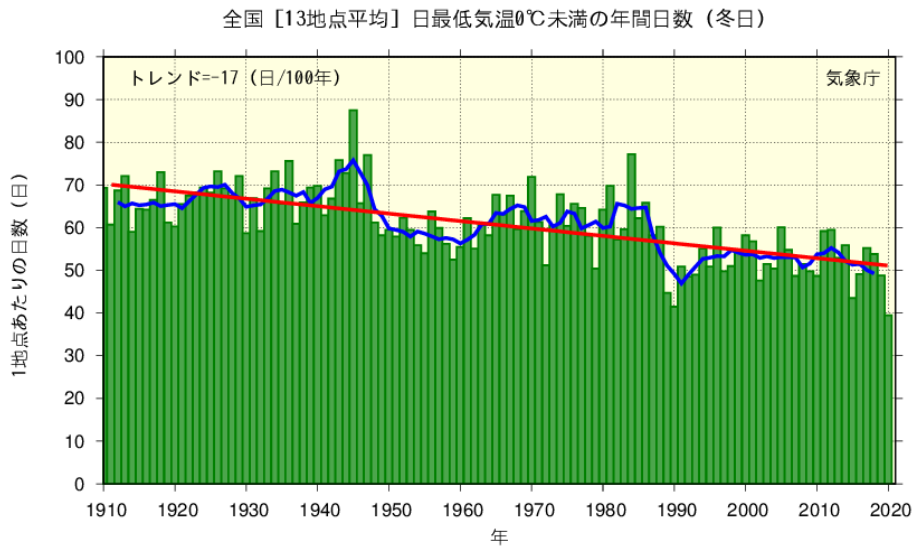


図 4-20 栃木県における熱帯夜日数の変化予測結果(NIES2019データ)

(5) 冬日（日最低気温 0℃未満）

<現状>

日本（都市化の影響が比較的小さい国内 13 観測地点⁹）の冬日日数は、100 年あたり約 17 日減少している（図 4-21）。



青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-21 日本の日最低気温 0℃未満（冬日）の年間日数（1910～2020 年）

（出典：文献 4-2）

宇都宮（宇都宮地方気象台）では、1935 年に観測地が移転したため 100 年トレンドは算出できないが、都市化の影響も受け、冬日日数は 1942～2021 年の 80 年間で約 48.2 日減少している（移転後の期間で算出）（図 4-22）。

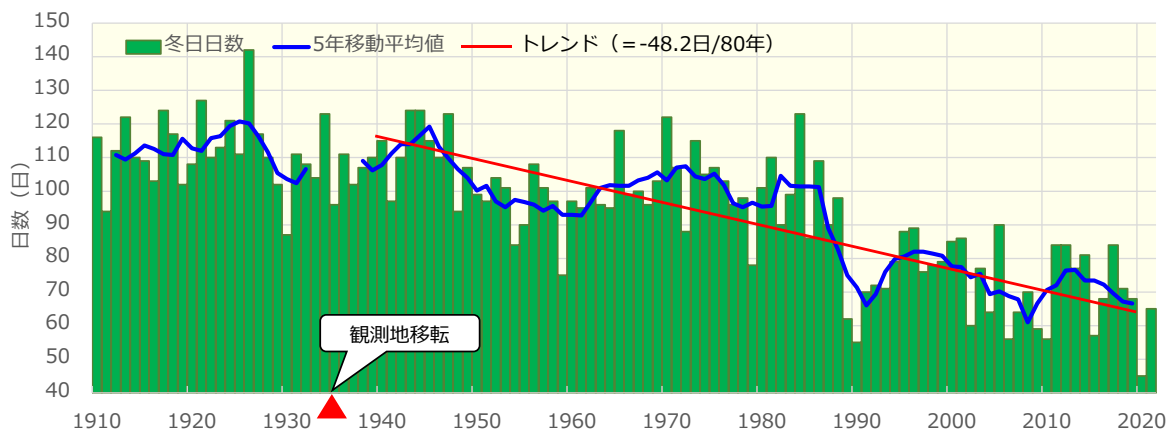
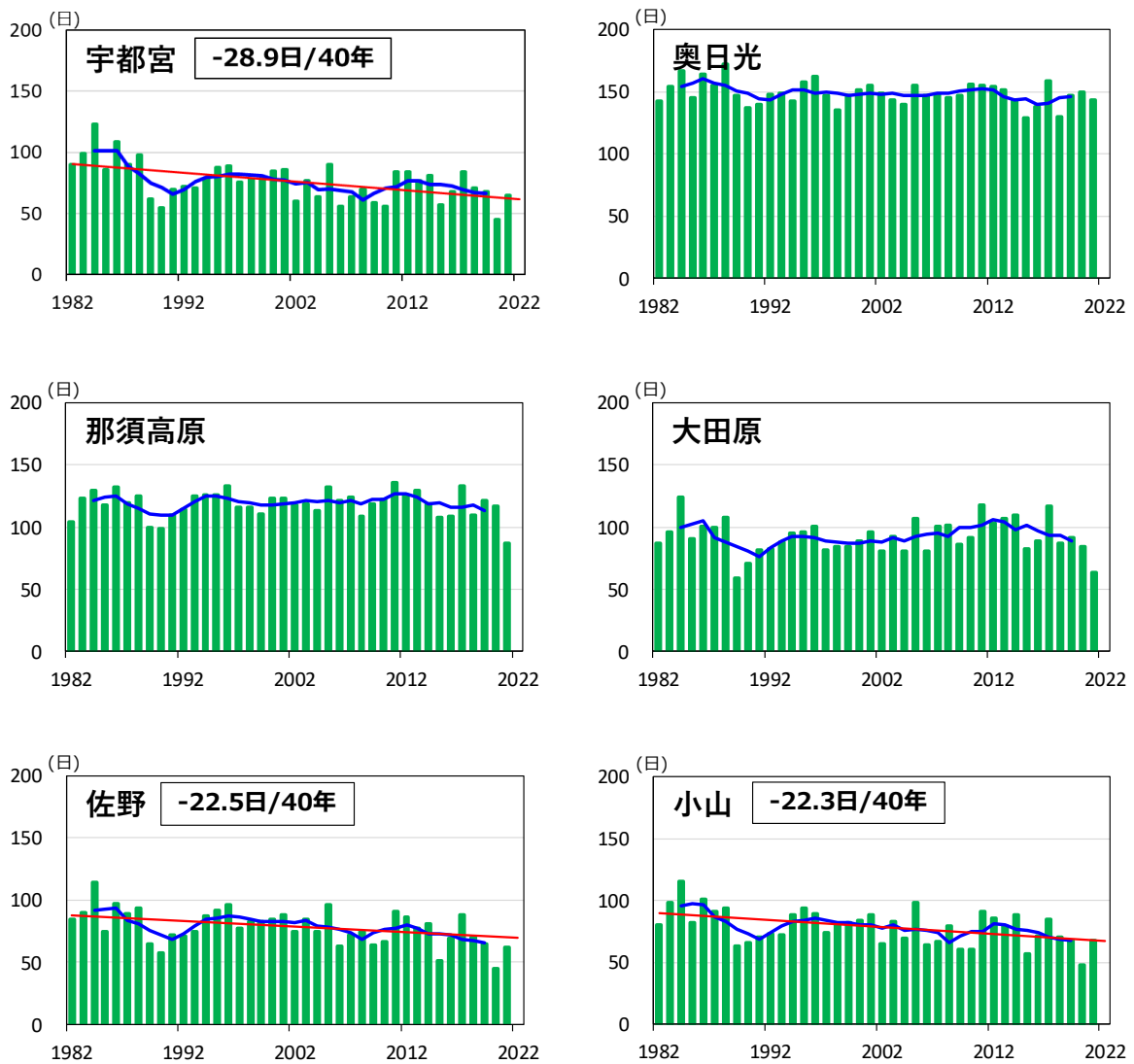


図 4-22 宇都宮の日最低気温 0℃未満（冬日）の年間日数（1942～2021 年）

（気象庁データから作成）

⁹ 13 地点：網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、銚子、酒井、浜田、彦根、多度津、名瀬、石垣島

県内の状況を比較可能な直近 40 年間のデータで見ると、県央・県南部では、40 年前と比べて 22～29 日程度、冬日が減少した。県北部では、変化傾向は確認できなかった（図 4-23）。



青線は5年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-23 冬日日数の経年変化（1982～2021年）

（気象庁データから作成）

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合(RCP8.5)、21世紀末(2076~2095年)には、20世紀末(1980~1999年)と比べて、日本の冬日日数は、全国平均で約46.9日減少すると予測されている(図4-24)。

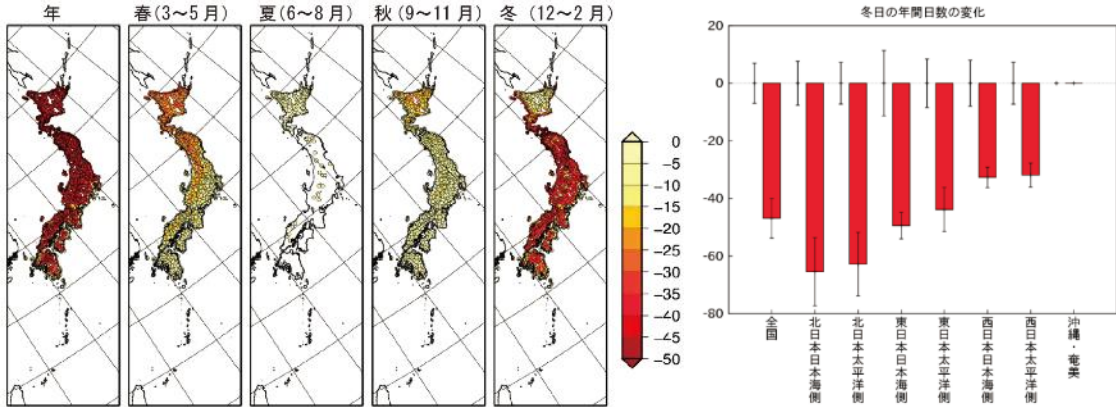


図 4-24 冬日日数の変化分布図(左)と地域別変化量(右)(単位:日)

(出典:文献4-1)

統計的ダウンスケーリングデータ(7章参照)を用いて本県について詳しくみると、RCP8.5において県内全域で平均62.4日¹⁰減少することが予測されている(図4-25)。

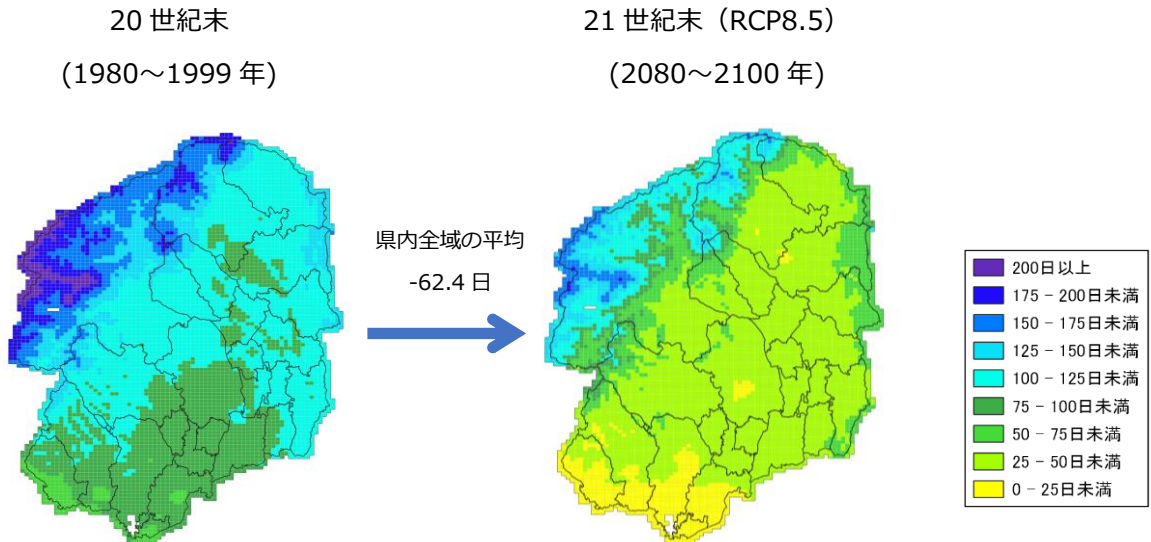


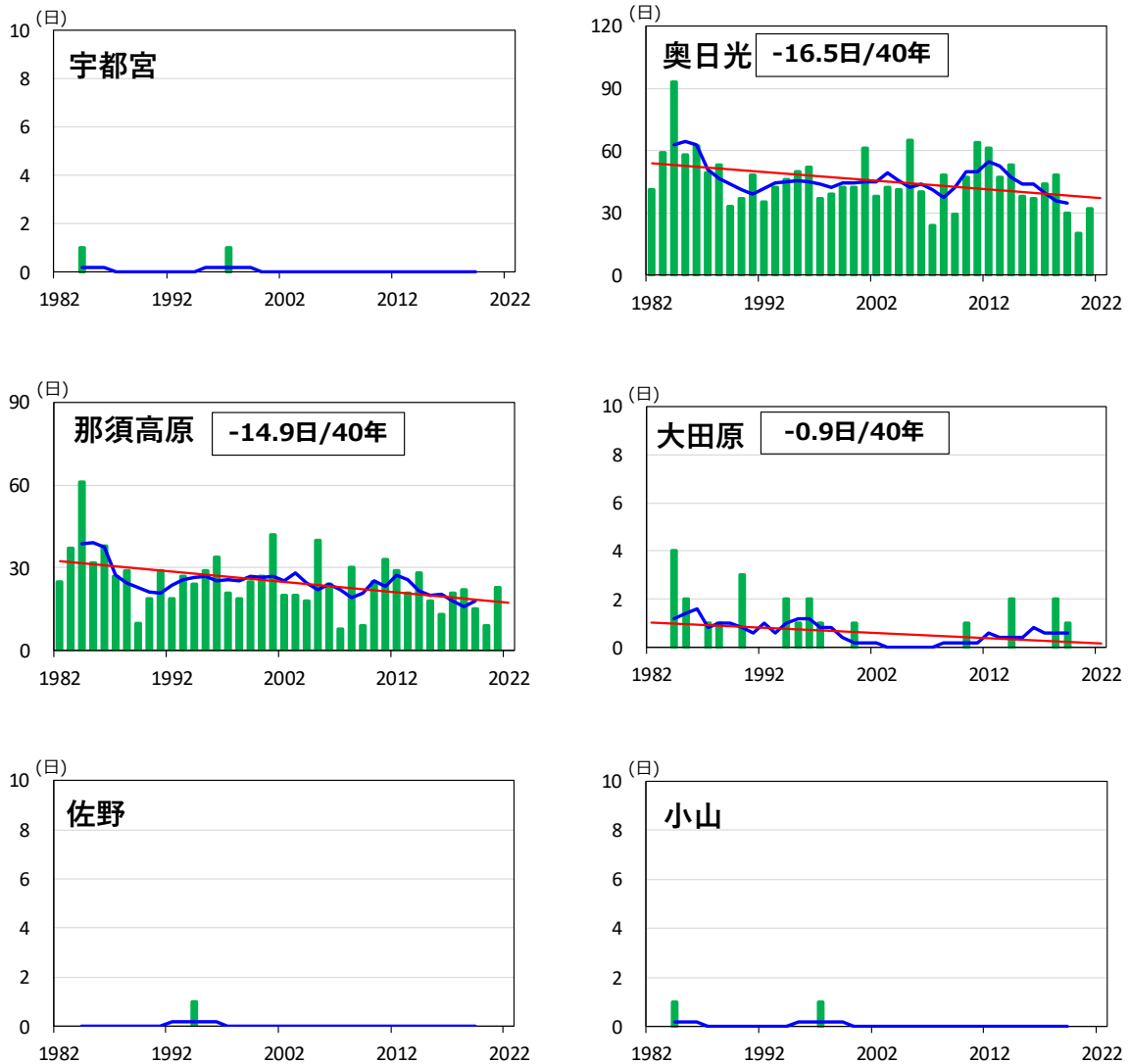
図 4-25 栃木県における冬日の変化予測結果図(NIES2019データ)

(「日本域バイアス補正気候シナリオデータ」(NIES2019データ)から作成)

(6) 真冬日（日最高気温 0℃未満）

<現状>

県内の状況を比較可能な直近 40 年間のデータで見ると、40 年前と比べて奥日光で 17 日程度、那須高原で 15 日程度、大田原で 1 日程度真冬日が減少した。その他の地域は、変化傾向は確認できなかった（図 4-26）。



青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-26 真冬日日数の経年変化（1982～2021 年）

（気象庁データから作成）

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合(RCP8.5)、21世紀末(2076~2095年)には、20世紀末(1980~1999年)と比べて、日本の真冬日日数は、全国平均で約14.3日減少すると予測されている(図4-27)。

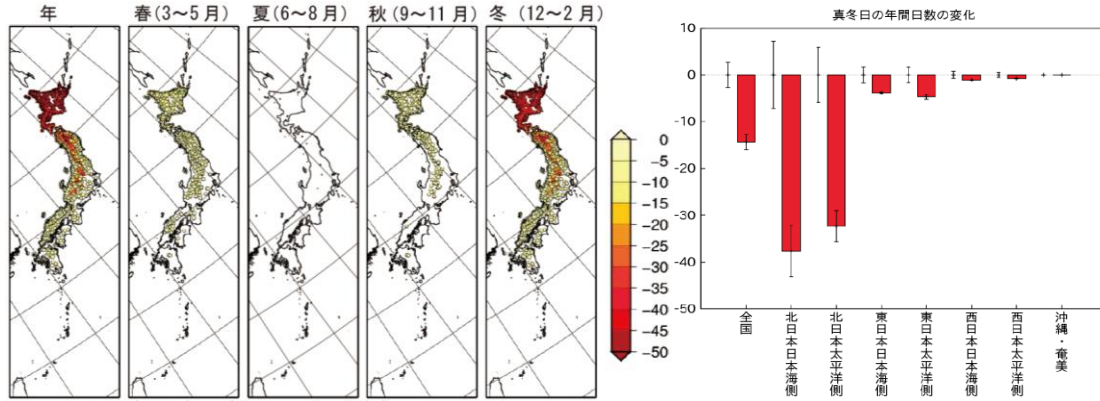


図 4-27 真冬日日数の変化分布図 (左) と地域別変化量 (右) (単位: 日)
(出典: 文献 4-1)

統計的ダウンスケーリングデータ(7章参照)を用いて本県について詳しくみると、RCP8.5において県内全域で平均11.3日減少することが予測されている(図4-28)。

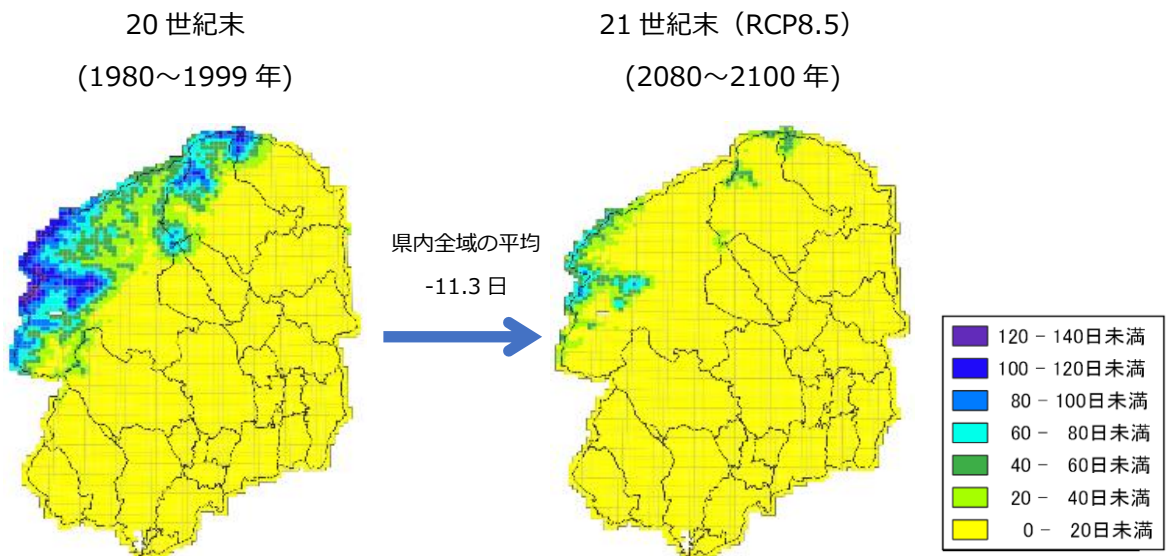


図 4-28 栃木県における真冬日の変化予測結果図 (NIES2019 データ)
(「日本域バイアス補正気候シナリオデータ」(NIES2019 データ) から作成)

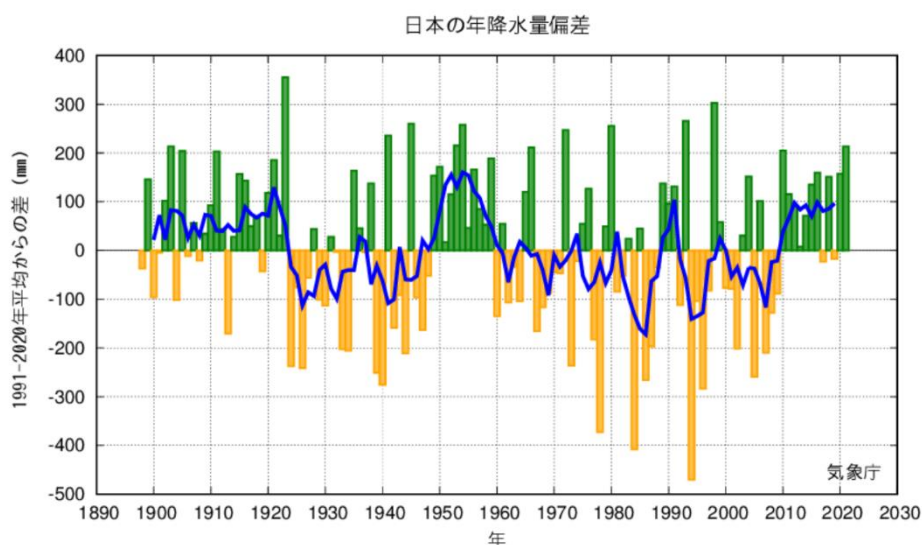
4.2 降水

- ・ 年降水量については、多雨期や年ごとの変動が大きい時期が見られるものの、長期的な変化傾向は見られない。
- ・ 一方、大雨や短時間強雨の発生回数は増加し、降水日数は減少しており、降水が極端化していると言える。
- ・ 追加的な緩和策を講じない場合、21世紀末には、大雨や短時間強雨の発生頻度が増加すると予測されている。

(1) 年降水量

<現状>

日本（国内 51 観測地点¹¹）の年降水量には長期変化傾向は見られないが、1920 年代半ばまでと 1950 年代に多雨期がみられ、1970 年代から 2000 年代までは年ごとの変動が比較的大きかった（図 4-29）。



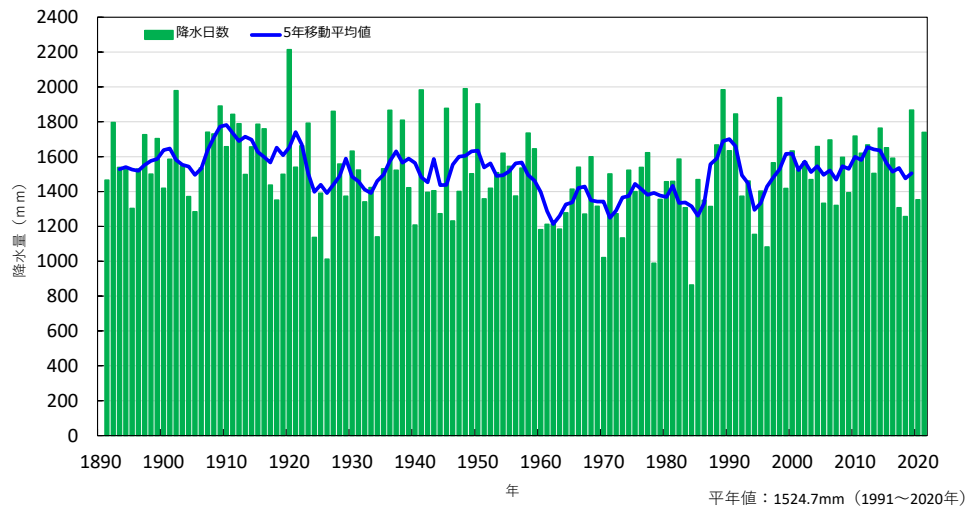
青線は 5 年移動平均値を示す。

図 4-29 日本の年降水量偏差 (1898~2020 年)

(出典：文献 4-3)

¹¹ 降水量は、気温に比べて地点による変動が大きく、変化傾向の解析にはより多くの観測を必要とするため、観測データの均質性が長期間継続している 51 観測地点を選出している。なお、大都市の多くで降水量や大雨の有意な長期変化傾向は見られておらず、都市化の影響は確認できていない。

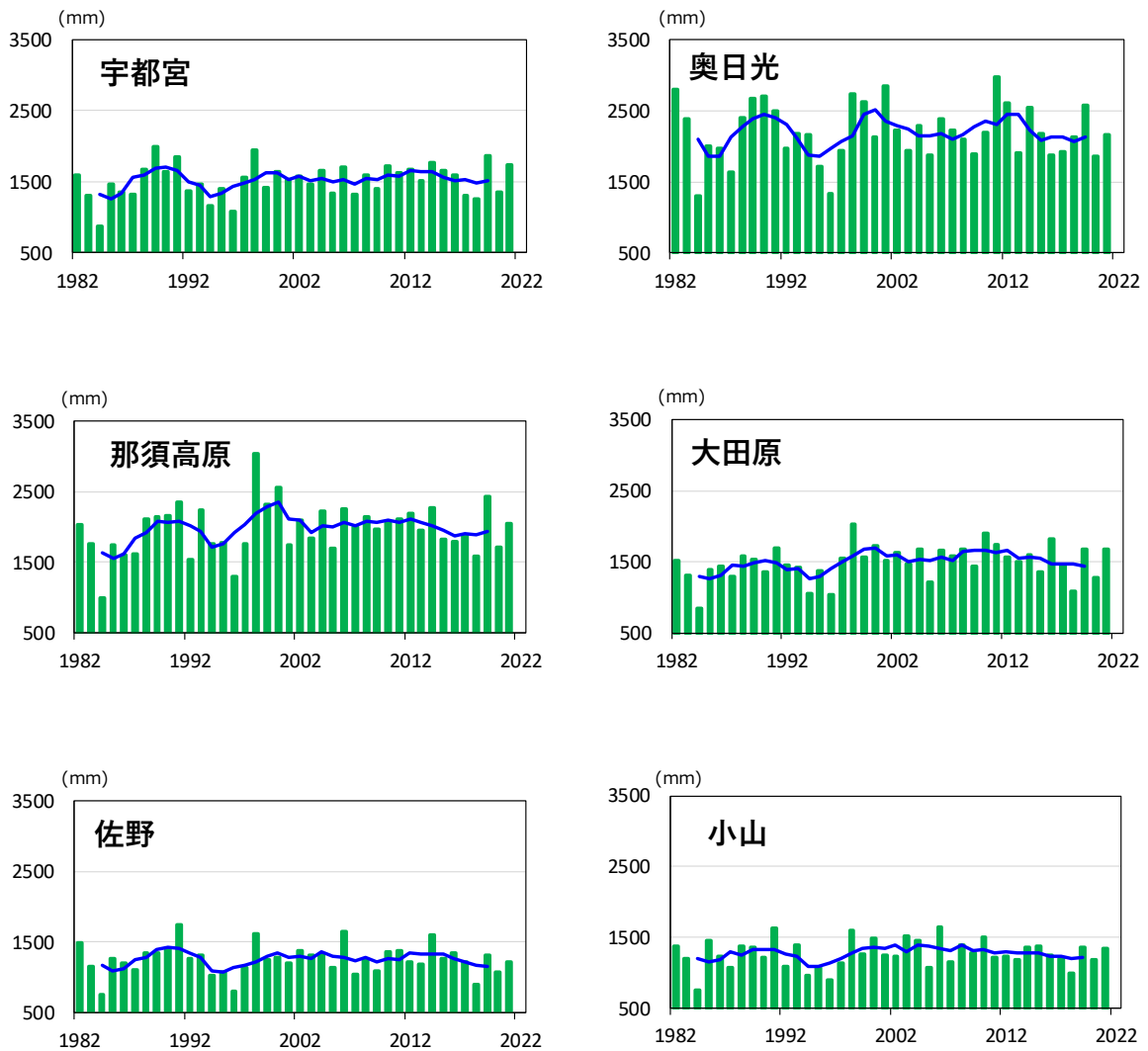
宇都宮（宇都宮地方気象台）における年降水量でも、長期変化傾向は見られない（図 4-30）。



青線は 5 年移動平均値を示す。

図 4-30 宇都宮の年降水量（1891～2021 年）
(気象庁データから作成)

県内の状況を比較可能な直近 40 年間のデータで見ても、いずれの地域でも変化傾向は見られなかった（図 4-31）。



青線は 5 年移動平均値を示す。

図 4-31 年降水量の経年変化（1982～2021 年）

（気象庁データから作成）

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合（RCP8.5）の21世紀末（2076～2095年）について、20世紀末（1980～1999年）と比較したが年降水量の増減傾向が異なる地域が多く、年々変動の幅（図4-32右図の細い縦線）に対して地球温暖化に伴う変化（図4-32右図の棒グラフ）が小さいことから、ほぼ全国的に有意な変化傾向が見られないことが言える（図4-32）。

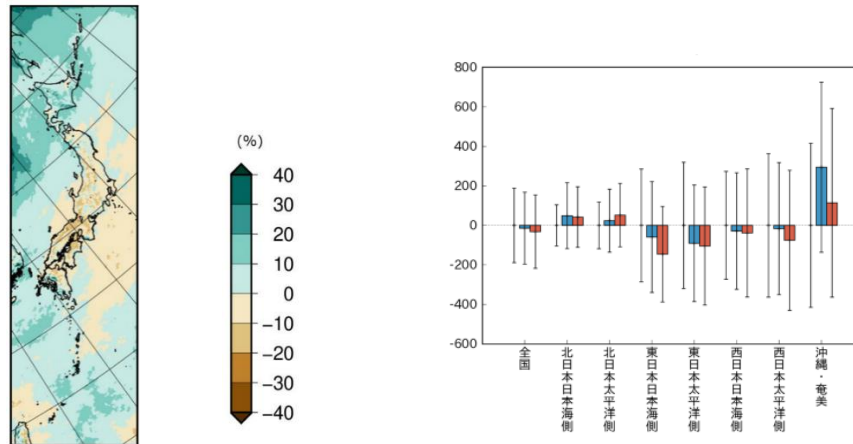


図 4-32 年降水量の変化分布図（左）と地域別降水量の将来変化（右）（単位：mm）

（出典：文献 4-4）

統計的ダウンスケーリングデータ（7章参照）を用いて本県について詳しくみると、RCP8.5において県内全域で平均 276mm 増加することが予測されている（図 4-33）。

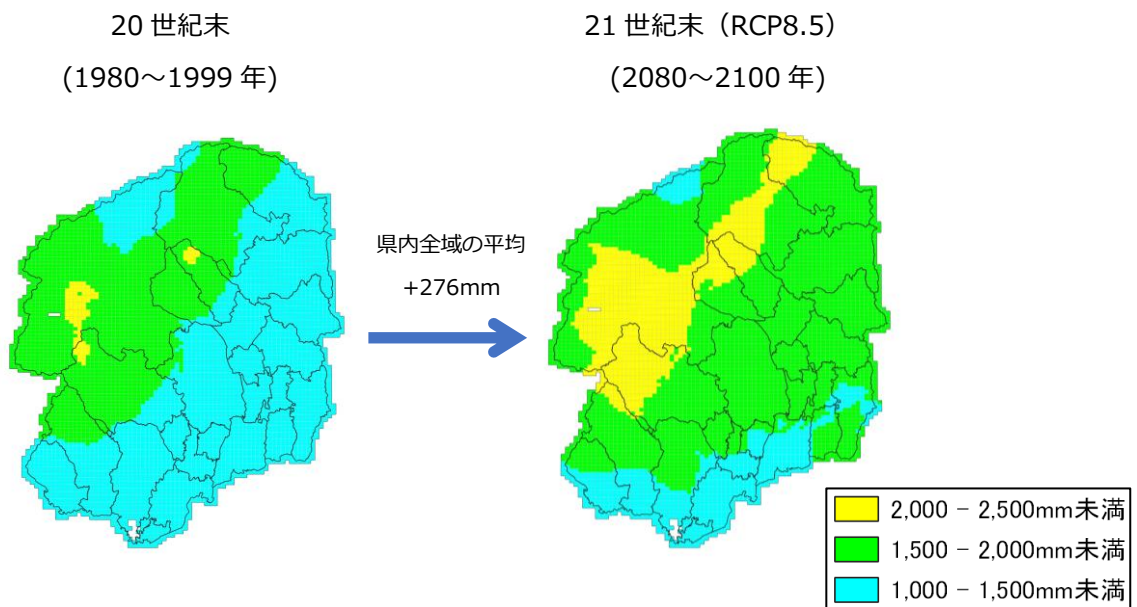


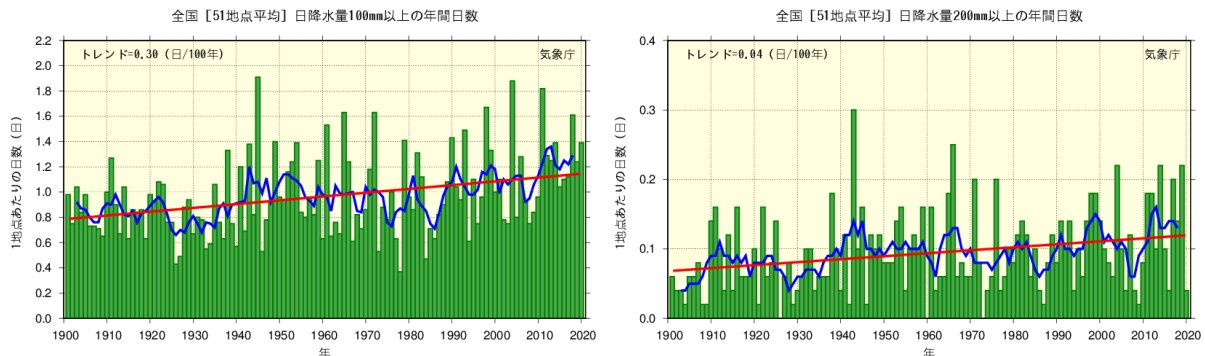
図 4-33 栃木県における年降水量の変化予測結果図（NIES2019 データ）

（「日本域バイアス補正気候シナリオデータ」（NIES2019 データ）から作成）

(2) 大雨（日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上）

<現状>

日本（国内 51 観測地点¹²）における日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の年間日数は、それぞれ 100 年当たり約 0.30 日、約 0.04 日の割合で増加している（図 4-34）。

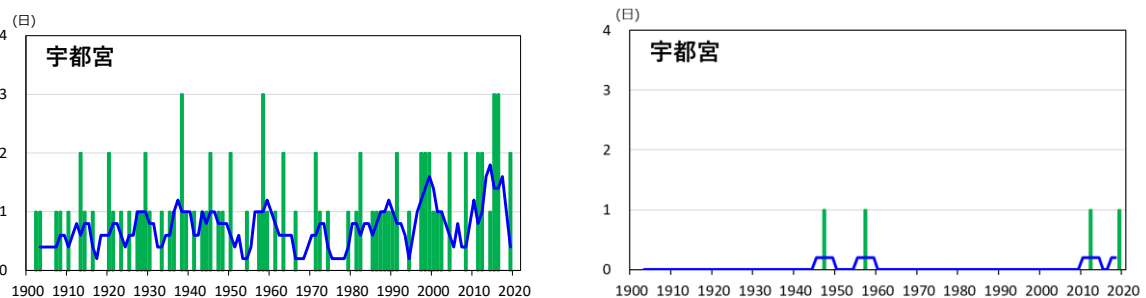


青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-34 日本の大雨の年間日数（1901～2020 年）
（左：日降水量 100mm 以上、右：日降水量 200mm 以上）

（出典：文献 4-2）

宇都宮（宇都宮地方气象台）における日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の年間日数を見てみたが、1 地点のみでは観測数が少なく、変化傾向は確認できなかった（図 4-35）。



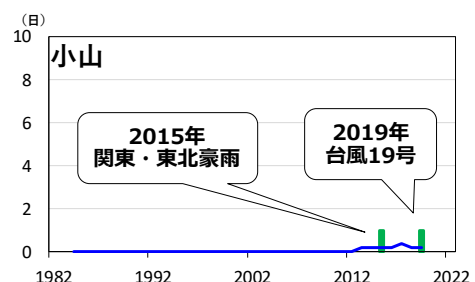
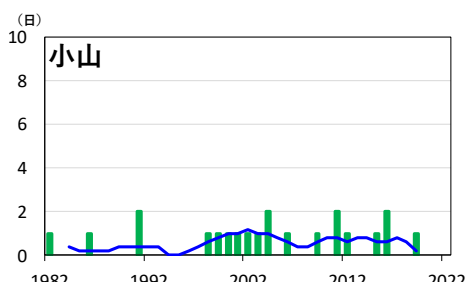
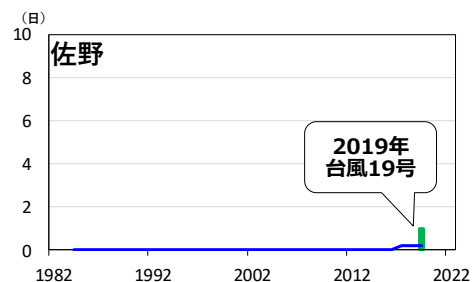
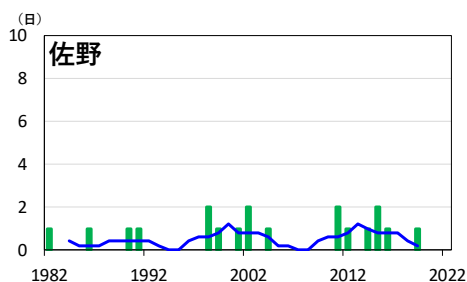
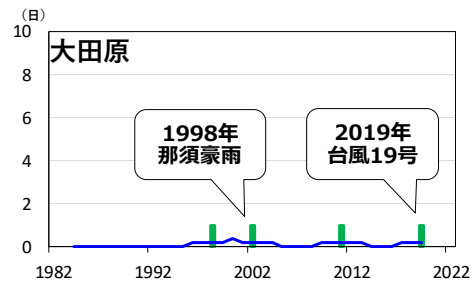
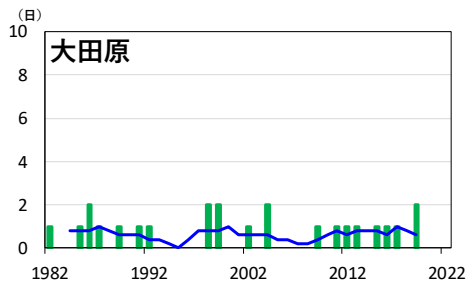
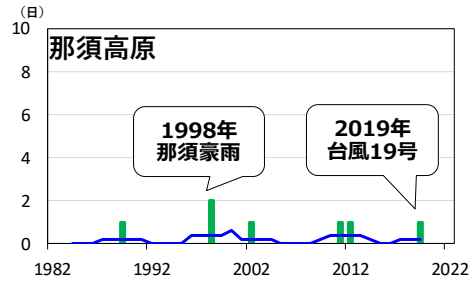
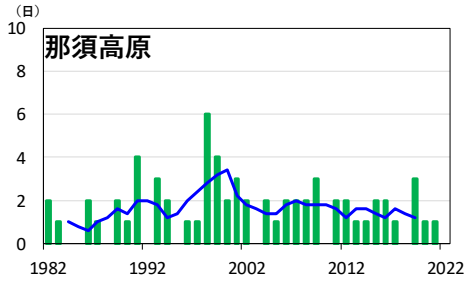
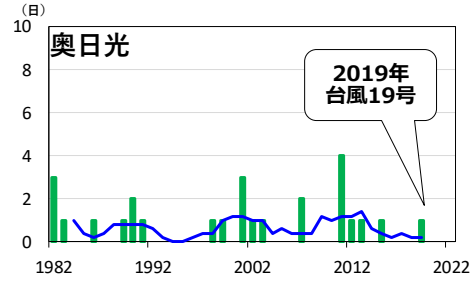
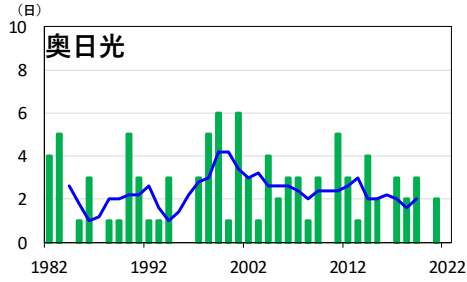
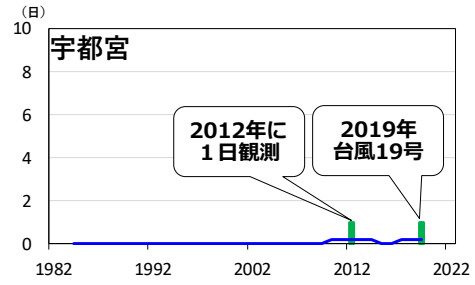
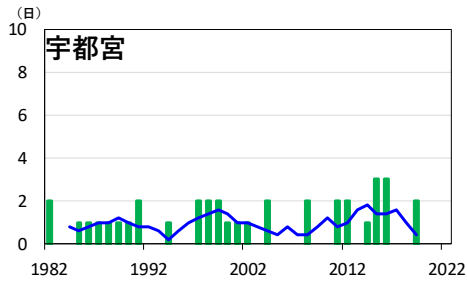
青線は 5 年移動平均値を示す。

図 4-35 宇都宮の大雨の年間日数（1901～2020 年）
（左：日降水量 100mm 以上、右：日降水量 200mm 以上）

（気象庁データから作成）

参考までに、直近 40 年間の県内の状況を以下に示す（図 4-36）。

¹² 51 地点：旭川、網走、札幌、帯広、根室、寿都、秋田、宮古、山形、石巻、福島、伏木、長野、宇都宮、福井、高山、松本、前橋、熊谷、水戸、敦賀、岐阜、名古屋、飯田、甲府、津、浜松、東京、横浜、境、浜田、京都、彦根、下関、呉、神戸、大阪、和歌山、福岡、大分、長崎、熊本、鹿児島、宮崎、松山、多度津、高知、徳島、名瀬、石垣島、那覇



青線は5年移動平均値を示す。

図 4-36 大雨の発生日数 (1982~2021年)
(左: 日降水量 100mm 以上、右: 日降水量 200mm 以上)

(気象庁データから作成)

なお、令和元年東日本台風では、県内 19 観測地点のすべてで日降水量 200mm 以上となり、奥日光では 481mm、足尾では 424mm、塩谷では 413.5mm、葛生では 410mm を記録した。

【参考】過去の豪雨災害における日降水量（最大値）

- ▶茂木水害（1986 年） 202 mm（八方が原）
- ▶那須豪雨（1998 年） 607 mm（那須高原）
- ▶関東・東北豪雨（2015 年） 405.5 mm（土呂部）

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合（RCP8.5）、21 世紀末（2076～2095 年）には、20 世紀末（1980～1999 年）と比べて、日本における日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の発生回数は、全国的に有意に増加すると予測されている（日降水量 100mm 以上の年間日数は全国平均で約 1.4 倍、日降水量 200mm 以上の年間日数は全国平均で 2.3 倍になる）（表 4-1）。

表 4-1 全国及び地域別の 1 地点当たりの日降水量 100 mm 以上及び日降水量 200 mm 以上の発生回数（平均値及び年々変動の幅）（日/年）

地域	日降水量 100 mm 以上			日降水量 200 mm 以上		
	20 世紀末	RCP2.6	RCP8.5	20 世紀末	RCP2.6	RCP8.5
全国	1.4±0.4	1.6±0.4	2.0±0.5	0.2±0.1	0.2±0.1	0.4±0.2
北日本 日本海側	0.3±0.1	0.4±0.2	0.8±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.1
北日本 太平洋側	0.5±0.3	0.7±0.3	1.1±0.5	0.0±0.0	0.1±0.1	0.1±0.1
東日本 日本海側	0.7±0.5	0.9±0.5	1.4±0.7	0.0±0.1	0.1±0.1	0.2±0.2
東日本 太平洋側	1.5±0.6	1.6±0.6	2.0±0.8	0.2±0.1	0.2±0.1	0.3±0.3
西日本 日本海側	1.9±0.7	2.3±0.8	2.6±1.1	0.2±0.1	0.3±0.2	0.5±0.3
西日本 太平洋側	2.5±0.8	2.9±0.8	3.2±1.0	0.3±0.2	0.5±0.2	0.7±0.3
沖縄・奄美	3.0±1.0	4.5±1.6	4.4±1.6	0.7±0.5	1.3±0.7	1.2±0.7

（出典：文献 4-4）

統計的ダウンスケーリングデータ（7章参照）を用いて本県について詳しくみると、RCP8.5において年間の日降水量 100mm 以上の日数は、県内全域で平均 0.23 日増加することが予測されている（図 4-37）。

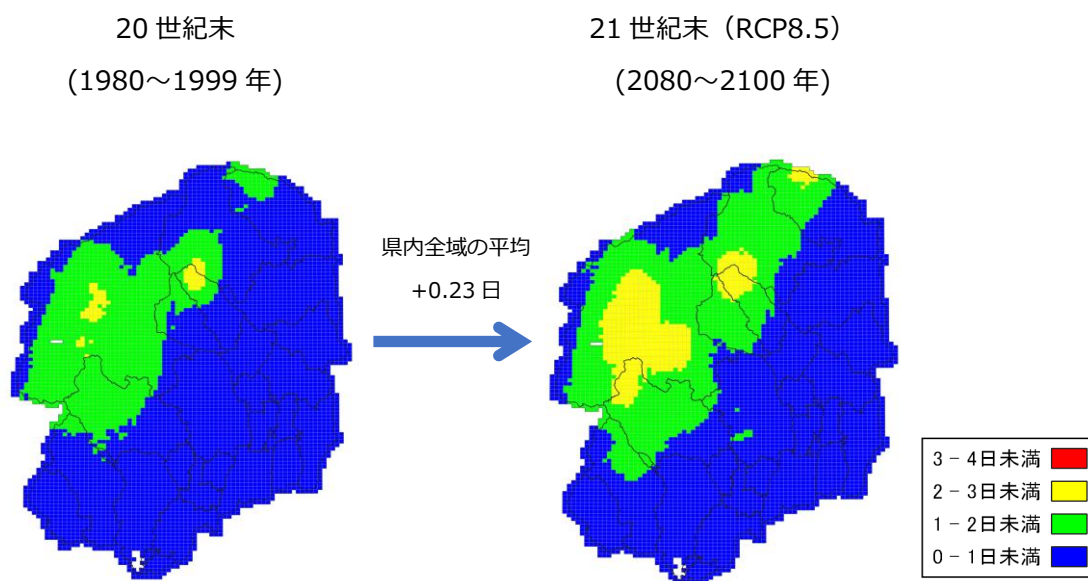
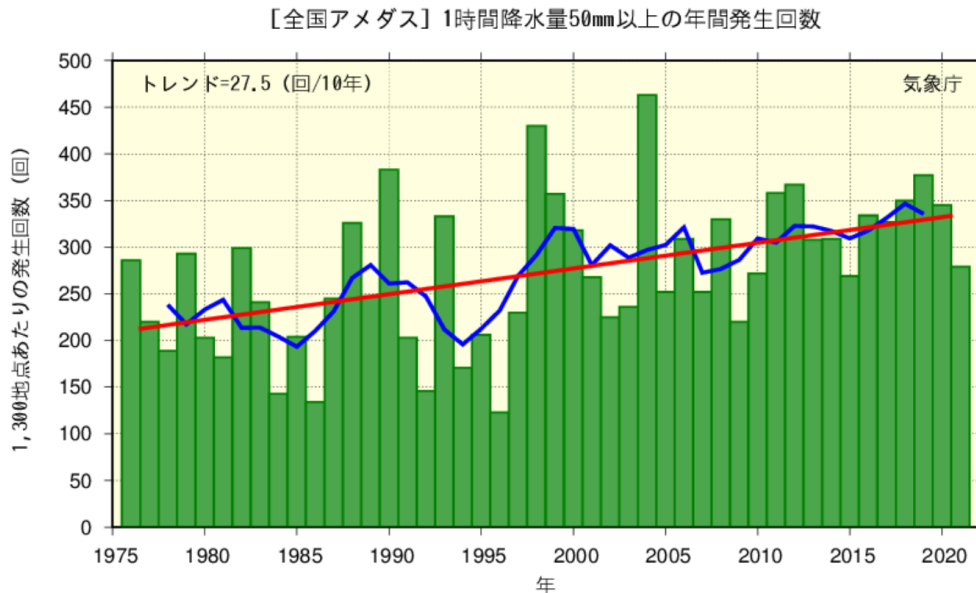


図 4-37 栃木県における大雨の発生頻度の変化予測結果図（NIES2019 データ）
（日降水量 100mm 以上）
（「日本域バイアス補正気候シナリオデータ」(NIES2019 データ) から作成)

(3) 短時間強雨（1時間降水量50mm以上）

<現状>

日本（アメダス約1,300観測地点¹³）における1時間降水量50mm以上（滝のように降る雨）の年間発生回数は、10年当たり27.5回増加している（図4-38）。最近10年間（2012～2021年）の平均年間発生回数（約327回）は、統計期間の最初の10年間（1976～1985年）の平均年間発生回数（約226回）と比べて約1.4倍に増加している。



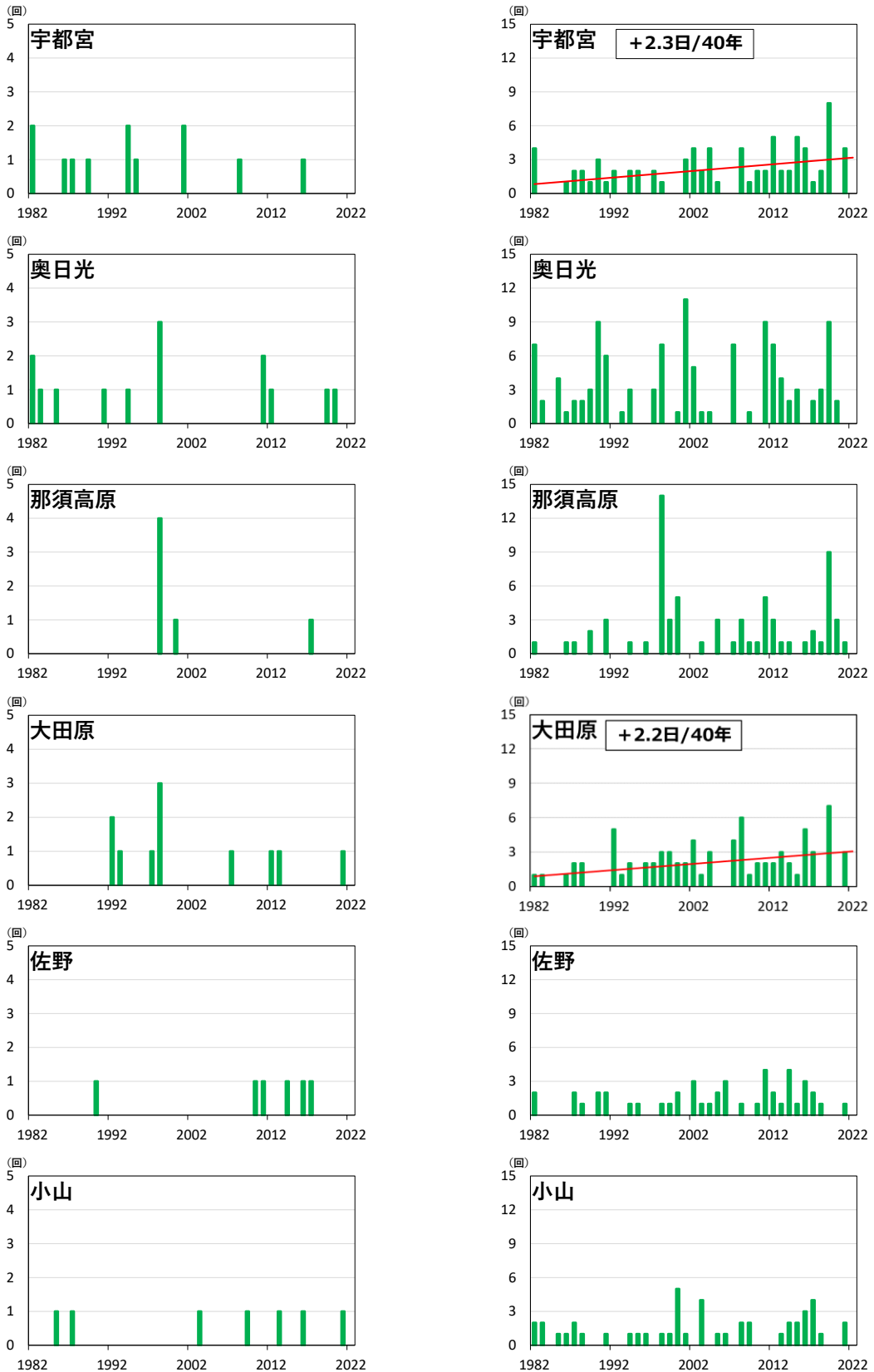
青線は5年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-38 日本の短時間強雨の年間発生回数（1976～2020年）
（1時間降水量50mm以上、1,300地点当たりの換算値）

（出典：文献4-5）

参考までに、直近40年間の県内の状況を以下に示す。1時間降水量50mm以上の発生回数は観測数が少なく、変化傾向が確認できないため、30mm以上についても参考に示した（図4-39）。

¹³短時間強雨の場合は、面的に緻密な観測が行われている全国約1,300地点（气象台や測候所等の約8倍）のアメダスデータを用いることで、気温や降水量の長期変化傾向とは異なり、局地的な大雨などを比較的よく捉えることが可能である。



赤線はトレンドを示す。

図 4-39 短時間強雨の発生回数 (1979~2021 年)
 (左 : 1 時間降水量 50mm 以上、右 : 1 時間降水量 30mm 以上)
 (気象庁データから作成)

なお、令和元年東日本台風では、県内 19 観測地点のうち 7 地点で 1 時間降水量 50mm 以上を記録し、土呂部（55mm）では観測史上 1 位の記録を塗り変えた。

【参考】令和元年東日本台風で 1 時間降水量が 50mm 以上となった地点
 今市（70.5mm）、塩谷（58mm）、土呂部（55mm）、葛生（55mm）
 宇都宮（52.5mm）、奥日光（52.5 mm）、足尾（51mm）

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合（RCP8.5）、21 世紀末（2076～2095 年）には、20 世紀末（1980～1999 年）と比べて、日本における 1 時間降水量 50mm 以上及び 30mm 以上の発生回数は、全ての地域で有意に増加すると予測されている（表 4-2）（1 時間降水量 50mm 以上の年間日数は全国平均で 2.3 倍、1 時間降水量 30mm 以上の年間日数は全国平均で約 1.7 倍になる）。

表 4-2 短時間強雨発生日数の変化分布図（左）と地域別変化量（右）（単位：日）

地域	1 時間降水量 30 mm 以上			1 時間降水量 50 mm 以上		
	20 世紀末	RCP2.6	RCP8.5	20 世紀末	RCP2.6	RCP8.5
全国	1.3±0.3	1.7±0.4	2.2±0.6	0.3±0.1	0.4±0.1	0.6±0.2
北日本 日本海側	0.3±0.2	0.5±0.2	0.9±0.4	0.0±0.0	0.1±0.1	0.2±0.1
北日本 太平洋側	0.4±0.2	0.6±0.3	1.1±0.4	0.0±0.0	0.1±0.1	0.2±0.1
東日本 日本海側	0.7±0.3	1.0±0.4	1.5±0.7	0.1±0.0	0.2±0.1	0.4±0.2
東日本 太平洋側	1.4±0.5	1.7±0.6	2.2±1.0	0.3±0.1	0.4±0.2	0.6±0.3
西日本 日本海側	1.9±0.8	2.4±1.0	2.9±1.2	0.4±0.2	0.6±0.3	0.9±0.4
西日本 太平洋側	2.3±0.7	2.9±0.9	3.5±1.1	0.5±0.2	0.8±0.3	1.1±0.4
沖縄・奄美	3.6±1.5	6.0±3.2	5.8±2.9	1.0±0.5	2.3±1.5	2.1±1.2

（出典：文献 4-4）

本県について詳しく見てみると、県内全域で1時間降水量50mm以上及び30mm以上の短時間強雨の年間の発生回数は、それぞれ約0.1~0.8回、約0.2~1.8回増加することが予測されている(図4-40)。

なお、宇都宮では21世紀末には1時間降水量50mm以上の年間の発生回数が約0.2~0.3回増加すると予測されているが、これは20世紀末の発生回数が約0.4回なので、21世紀末には現在の約1.5~1.75倍の発生頻度となることを示している。

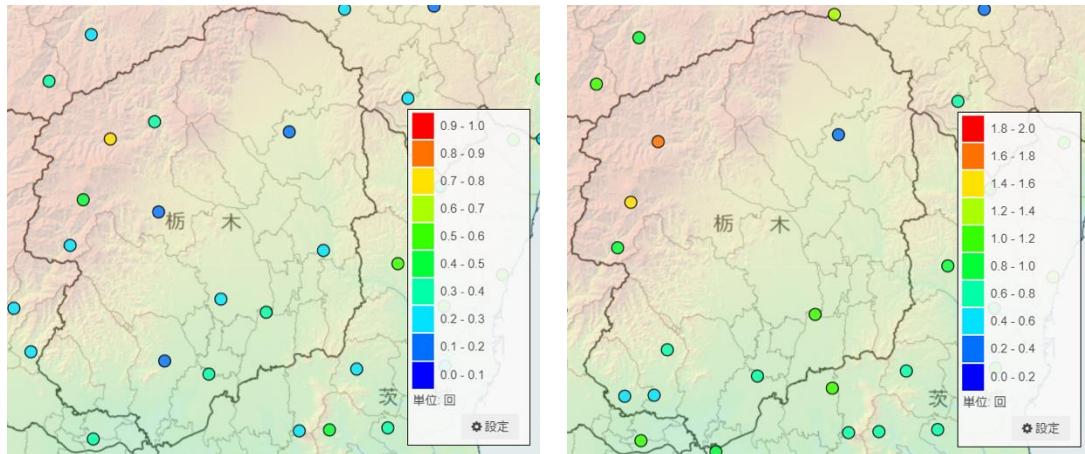


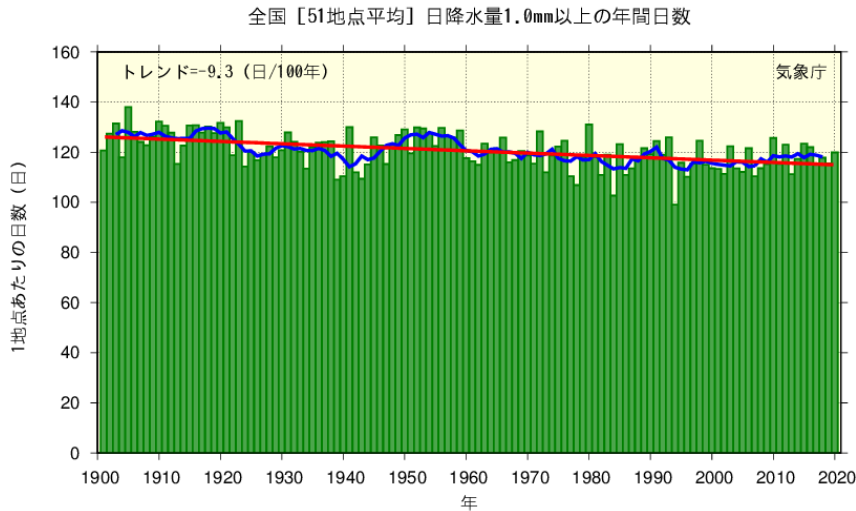
図 4-40 栃木県における短時間強雨の発生頻度の変化予測結果図(気象庁第9巻データ)
(左: 1時間降水量50mm以上、右: 1時間降水量30mm以上)

出典: 環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>) 2022年2月28日利用

(4) 降水日数（日降水量 1.0mm 以上の日数）

<現状>

日本（国内 51 観測地点¹⁴）における日降水量 1.0mm 以上の日数は、100 年当たり約 9.3 日減少している（図 4-41）。



青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-41 日本の日降水量 1.0mm 以上の年間発生日数（1901～2020 年）

（出典：気象庁、2021）

宇都宮（宇都宮地方気象台）では、日降水量 1.0mm 以上の日数は、100 年当たり約 11.4 日減少している（図 4-42）。

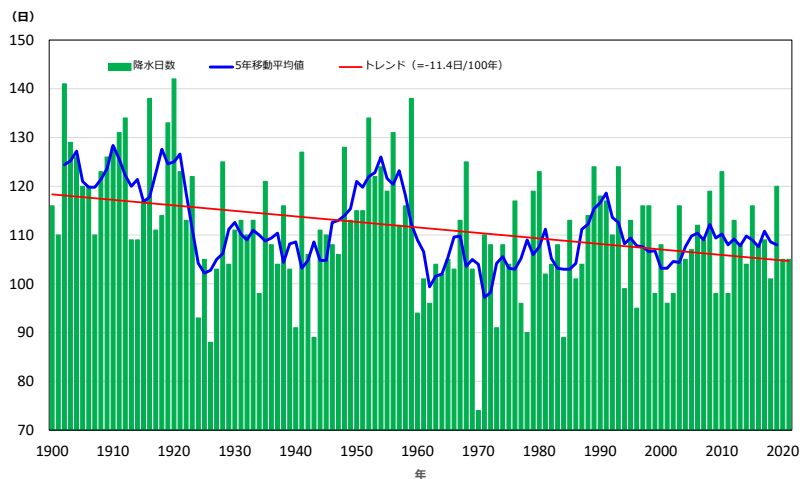
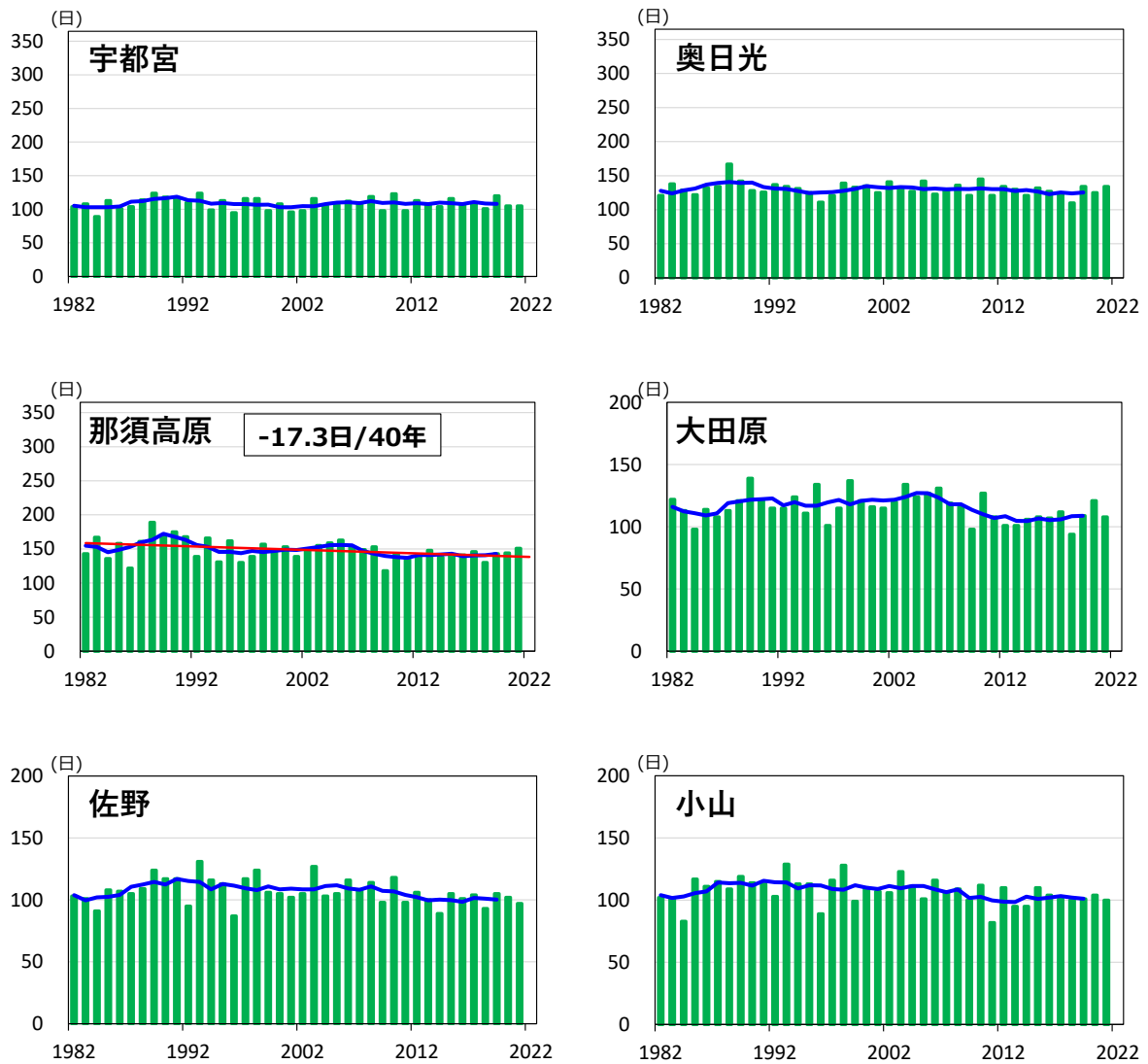


図 4-42 宇都宮の日降水量 1.0mm 以上の年間発生日数（1901～2021 年）

（気象庁データから作成）

¹⁴ 51 地点：旭川、網走、札幌、帯広、根室、寿都、秋田、宮古、山形、石巻、福島、伏木、長野、宇都宮、福井、高山、松本、前橋、熊谷、水戸、敦賀、岐阜、名古屋、飯田、甲府、津、浜松、東京、横浜、境、浜田、京都、彦根、下関、呉、神戸、大阪、和歌山、福岡、大分、長崎、熊本、鹿児島、宮崎、松山、多度津、高知、徳島、名瀬、石垣島、那覇

参考までに、直近 40 年間における県内の状況を以下に示す (図 4-43)。那須高原では、40 年前に比べて、現在の降水日数はそれぞれ 17.3 日減少している傾向が見られた。



青線は 5 年移動平均値を示す。

図 4-43 日降水量 1.0mm 以上の発生日数 (1980~2021 年)

(気象庁データから作成)

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合(RCP8.5)、21世紀末(2076~2095年)には、20世紀末(1980~1999年)と比べて、日本における無降水日数(日降水量1mm未満の日)は、ほぼ全国的に有意に増加すると予測されている(全国平均で約8.2日増加する)(表4-3)。

**表 4-3 1 地点当たりの無降水日の年間日数の将来変化
(平均値及び年々変動の幅の値)(日)**

地域	2°C上昇シナリオ (RCP2.6)	4°C上昇シナリオ (RCP8.5)
全国	1.4 ± 6.3	8.2 ± 5.2
北日本 日本海側	-3.3 ± 9.4	4.8 ± 8.2
北日本 太平洋側	-1.5 ± 6.8	3.9 ± 6.0
東日本 日本海側	4.0 ± 10.3	14.1 ± 9.4
東日本 太平洋側	3.3 ± 8.5	8.1 ± 6.6
西日本 日本海側	4.0 ± 9.2	12.1 ± 8.0
西日本 太平洋側	2.7 ± 9.1	9.9 ± 7.7
沖縄・奄美	-1.3 ± 13.1	8.2 ± 11.7

(出典：文献4-4)

本県について詳しく見てみると、県内の大部分の地域で無降水日数は数日~10日程度増加する、つまり、降水日数が数日~10日程度減少することが予測されている(図4-44)。

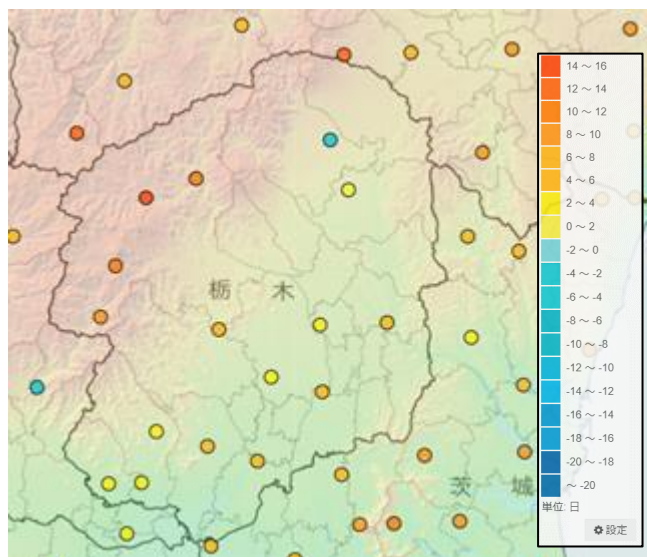


図 4-44 栃木県における無降水日数の変化予測結果図(気象庁第9巻データ)

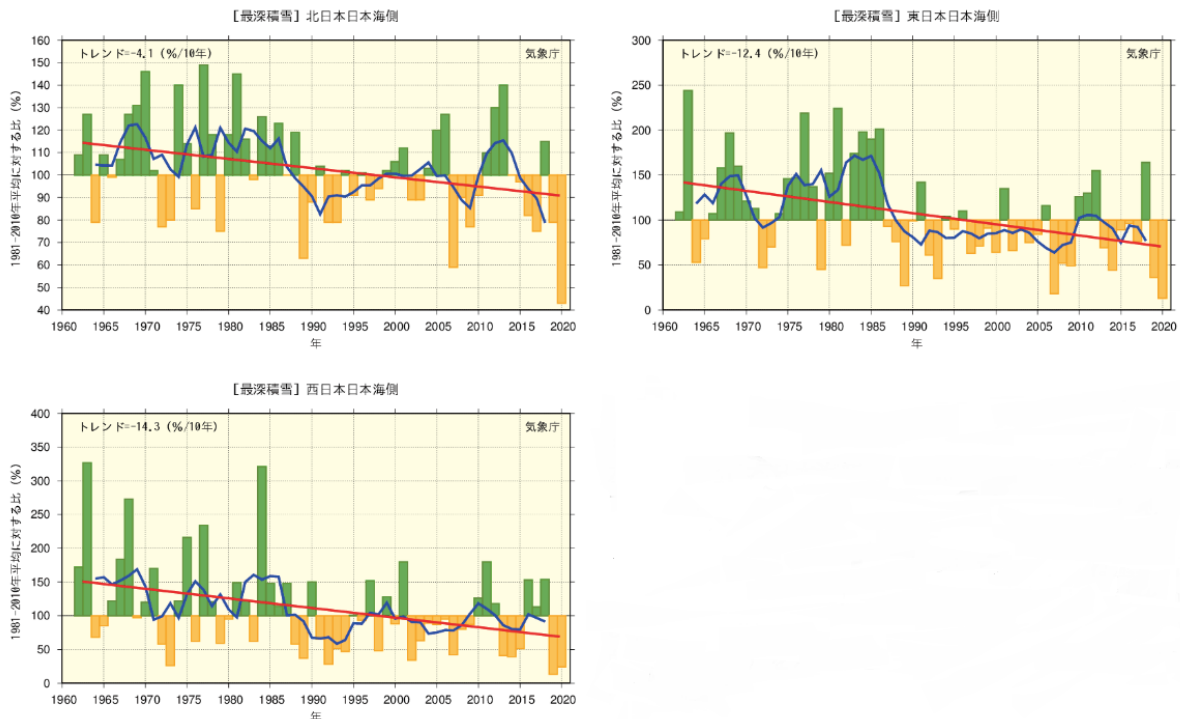
出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>) 2022年2月28日利用

4.3 積雪量

- ・ 日本の積雪量は、日本海側で 4.1～14.3%減少しているが、県内（宇都宮・奥日光）では、長期的な変化傾向は確認できなかった。
- ・ 追加的な緩和策を講じない場合、21 世紀末には、日本の最深積雪量は現在より約 44.5%減少すると予測されており、本県でも、県北西部の一部の山沿いでは約 60～80cm 減少すると予測されている。
- ・ ただし、年ごとの変動が大きく、長期変化傾向を確実に捉えるためにはさらなるデータの蓄積が必要である。

<現状>

日本の積雪量の変化傾向を見るため、気象庁の日本海側の観測地点で、1962～2020 年の年最深積雪の基準値（1981～2010 年の 30 年平均値）に対する比を用いて解析した結果によれば、北日本日本海側で 10 年当たり 4.1%、東日本日本海側で 10 年当たり 12.4%、西日本日本海側で 10 年当たり 14.3%減少が見られた¹⁵（図 4-45）。

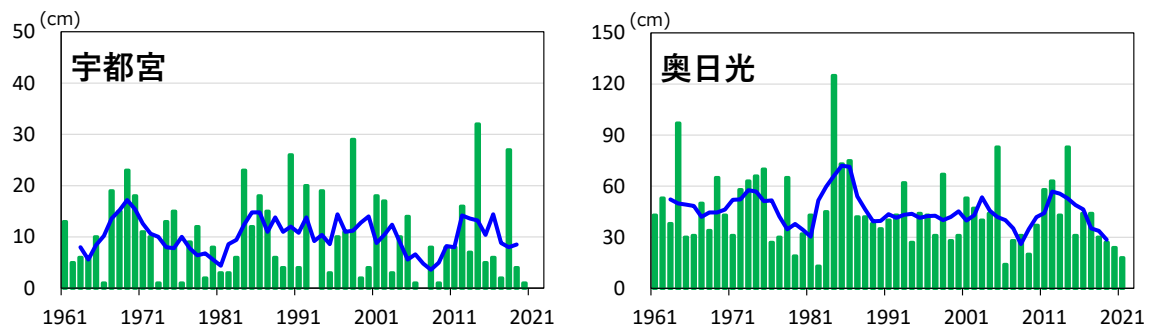


青線は 5 年移動平均値、赤線はトレンドを示す。

図 4-45 日本の年最深積雪の基準値に対する比の経年変化（1962～2020 年）
（気象庁、2021）

¹⁵ ただし、年最深積雪は年ごとの変動が大きく、それに対して統計期間は比較的短いことから、長期変化傾向を確実に捉えるためにはさらなるデータの蓄積が必要である。

宇都宮（宇都宮地方気象台）及び奥日光（日光気象観測所）の観測データからは、長期的な変化傾向は確認できなかった（図 4-46）。



青線は5年移動平均値を示す。

図 4-46 宇都宮・奥日光における年最深積雪（1961～2021年）

（気象庁データから作成）

<将来予測>

追加的な緩和策を講じない場合(RCP8.5)、21世紀末(2076~2095年)には、20世紀末(1980~1999年)と比べて、全国的に有意に減少すると予測されている(図4-47)。

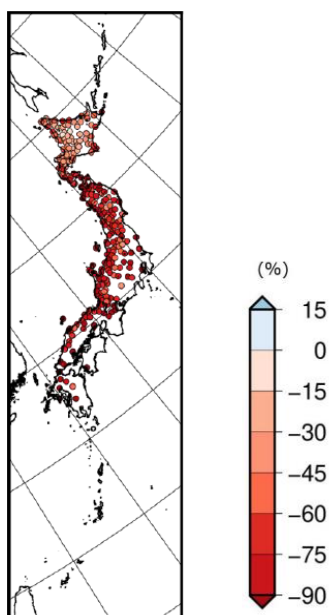


図 4-47 最深積雪の変化分布図

(出典：文献4-4)

本県について詳しく見てみると、平野部では約0~20cm減少、県北西部では約20~100cm減少することが予測されている(図4-48)。

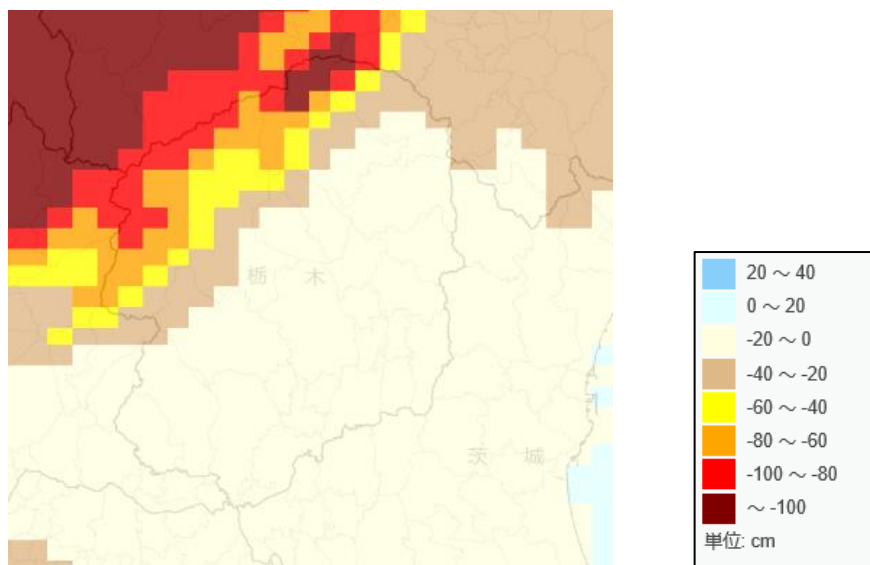


図 4-48 栃木県における年最深積雪の変化予測結果図(気象庁第9巻データ)

出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>) 2022年2月28日利用

第5章 気候変動影響の現状と将来予測

5.1 文献等調査結果

5.1.1 農業・林業・水産業

近年、高温による農産物や水産物などの生育障害・品質低下や、これまでに経験したことがない規模の豪雨等による農作物・農業施設等への被害が発生している。農林水産業は気候変動の影響を最も受けやすい産業であり、将来においても豪雨や突風、大雪等の自然災害の頻発化や激甚化による被害の増大が懸念されていることから、農業・林業・水産業分野での気候変動への適応の取組は極めて重要である。

(1) 農業

①水稲

- 現在
 - ・ 全国では、気温の上昇による品質の低下（白未熟粒の発生、一等米比率の低下等）等の影響が確認されている。また、一部の地域や極端な高温年には収量の低下も見られている。
 - ・ 一部の地域では、気温上昇により生育期間が早まることで、登熟期間前後の気象条件が変化することによる影響が生じている。
 - ・ 県内では、近年の一等米比率は90%程度で推移しているが、二等米以下の格付理由として「胴割粒」、「白未熟粒」等が挙げられている。
- 将来
 - ・ 全国では、コメの収量は、2061～2080年頃までは全体として増加傾向にあるが、21世紀末には減少に転じると予想されている。
 - ・ 高温リスクを受けにくい（相対的に品質が高い）コメの収量の変化を地域別に見た場合、収量の増加する地域（北日本や中部以西の中山間地域等）と、収量が減少する地域（関東・北陸以西の平野部等）の偏りが大きくなる可能性がある。
 - ・ コメの品質は、2010年代と比較した乳白米の発生割合が2040年代には増加すると予想されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

既に全国で、気温の上昇による品質の低下（白未熟粒¹⁶の発生（図 5-1）、一等米比率の低下等）等の影響が確認されている。また、一部の地域や極端な高温年には収量の低下も見られている。

また、気温上昇による生育の早まりによる影響が懸念されている。千葉県の内湾地域に位置する水田圃場において1988～2015年の栽培データと気温を分析した結果、気温上昇により生育ステージが前進し、出穂前後の気温が高くなっていることから、稲体窒素含有率の低下による未熟粒割合の増加が懸念されている。（文献 5-1-1）

農林水産省によると、日本における水稲への主な影響は、2016～2020年の5年間では「白未熟粒の発生」が最も多く報告されている（図 5-2）。直近の2020年では、西日本を中心とする都道府県から白未熟粒の発生が報告されている（内訳：西日本 19/33 府県、東日本 12/17 都県、

¹⁶ 登熟期にイネが高温や寡照等の条件に遭遇すると、玄米が白濁し、白未熟粒が発生する割合が増加する。これまでの試験等から、出穂後約20日間の平均気温が26～27℃以上で白未熟粒の発生割合が増加することが知られている。

北日本 2/7 道県)。(文献 5-1-2)

また、出穂最盛期の 8～9 割を占める 8 月の平均気温 (全国平均の偏差) と白未熟粒の発生の報告数を比べると、平均気温が高いほど報告数が多くなる傾向が見られる (図 5-3)。特に平均気温が高かった 2010 年は、発生報告数が最も多かった。(文献 5-1-3)

【栃木県または関東】

栃木県では、近年の一等米比率は 90%程度で推移しているが、2015～2017 年の 3 年間に於いて、二等米以下の格付けとなった理由として最も多かったのは「胴割粒¹⁷」(19.4～49.3%)であり、続いて「カメムシ類による着色粒 (虫害)」(10.9～35.9%)、「白未熟粒」(14.1～20.5%)であった (図 5-4)。(文献 5-1-4)

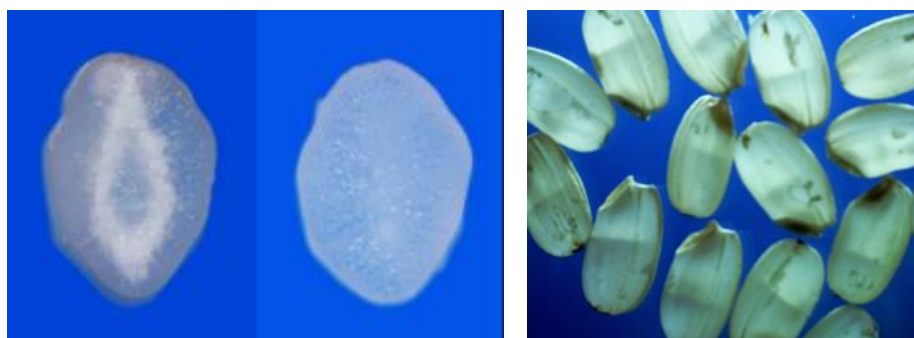


図 5-1 左図：白未熟粒 (左) と正常粒 (右) の断面 / 右図：胴割粒 (出典：文献 5-1-3)

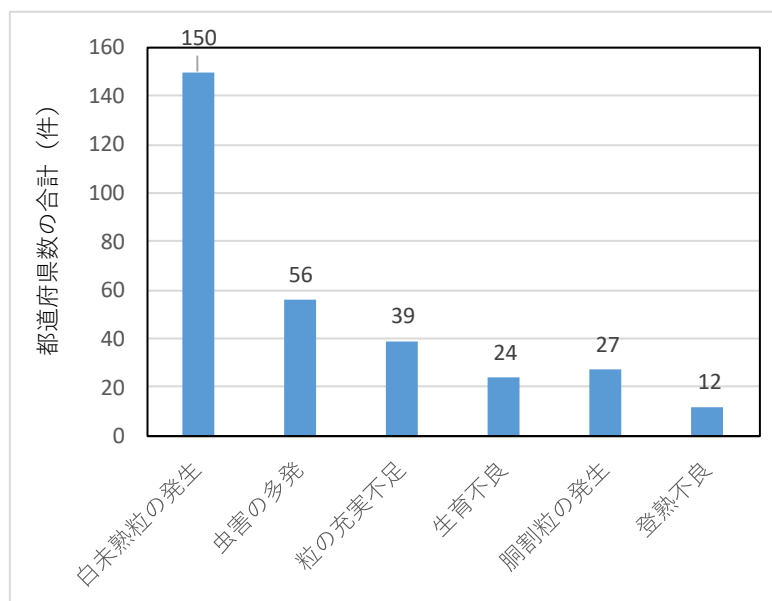


図 5-2 水稻への主な影響 (2016～2020 年における報告都道府県数の合計) (出典：文献 5-1-2 より作成)

¹⁷ これまでの試験等から、出穂後 10 日間の最高気温が 32℃以上で胴割粒の発生割合が増加することが知られている。

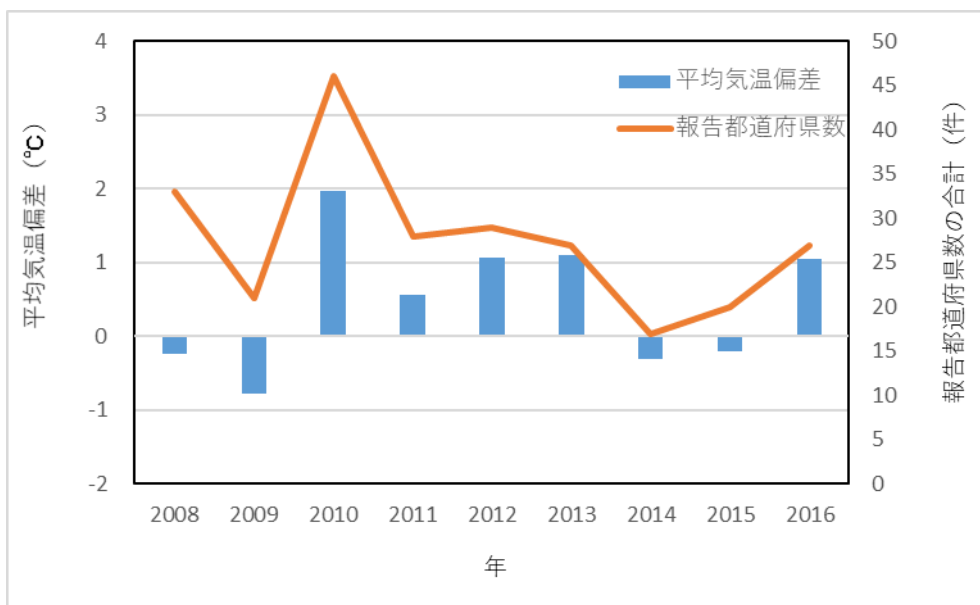


図 5-3 8月の平均気温偏差と白未熟粒発生報告都道府県数の推移（2008～2016年）
 （出典：文献 5-1-3 より作成）

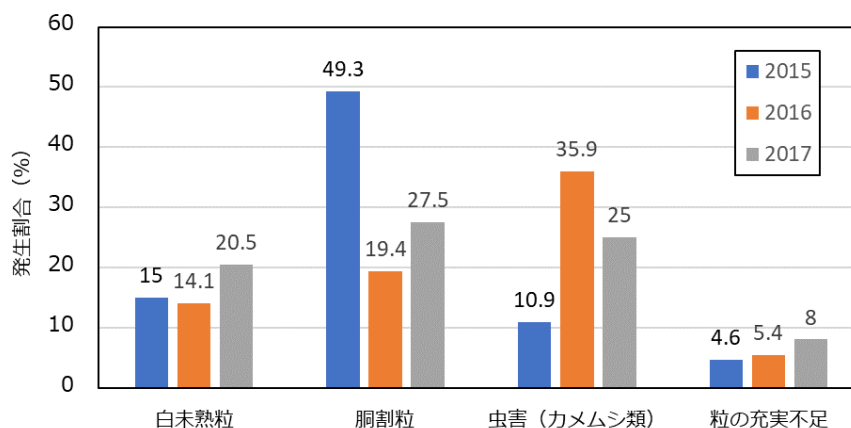


図 5-4 栃木県産米における二等米以下の格付け理由（2015～2017年）
 （出典：文献 5-1-4 より作成）

<2. 将来予測される事象>

【全国】

コメの収量を予測した研究によれば、全国的に 2061～2080 年頃までは全体として増加傾向にあるものの、21 世紀末には減少に転じるほか、品質に関して高温リスクを受けやすいコメの割合が RCP8.5 シナリオで著しく増加することが予測されている。（文献 5-1-1）

また、日本における温暖化のコメ等穀物生産への影響と適応策に関する研究事例によると、現行の移植日、品種、栽培条件を想定した粗玄米収量は、RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリオのいずれにおいても 21 世紀半ばまでは増加するが、その後 21 世紀末にかけて、CO₂ 濃度が減少に転じる RCP2.6 では温度上昇も鈍化するため収量は変化しなくなり、その他シナリオでは CO₂ 濃度の上昇による増加が見られる。ただし、一部の温度上昇が大きいシナリオでは、高温不稔の発生により減収に転じる結果も予測されている（図 5-5、図 5-6）。

一方で、品質については、気候シナリオにより程度の違いはあるが、品質低下リスク中（Class B）あるいは高（Class C）¹⁸に分類される割合は21世紀末に向かい増加し、RCP8.5の場合、21世紀後半には生産物の大半がClass Cで構成されると予測された（図 5-6）。このことは、適応策を導入せずに現行品種を現行移植日で栽培を続けると、全生産量には大きな影響は見られないものの、気候シナリオによっては高温により品質が低下した生産物が大半を占めるおそれがあることを意味している。（文献 5-1-5）

乳白米の発生を予測するモデルを構築し、乳白米の発生割合と、一等米及び二等米の面積を予測した上で、経済損失額を推定した研究によると、RCP2.6及びRCP8.5の両シナリオにおいて、2010年代と比較した乳白米の発生割合が2040年代には増加すると予測されている（図 5-7、図 5-8）。（文献 5-1-6）

【栃木県または関東】

栃木県では、RCP8.5シナリオのにおいて、県の南部を除き1～2倍の収量となると予測されている。（図 5-5）

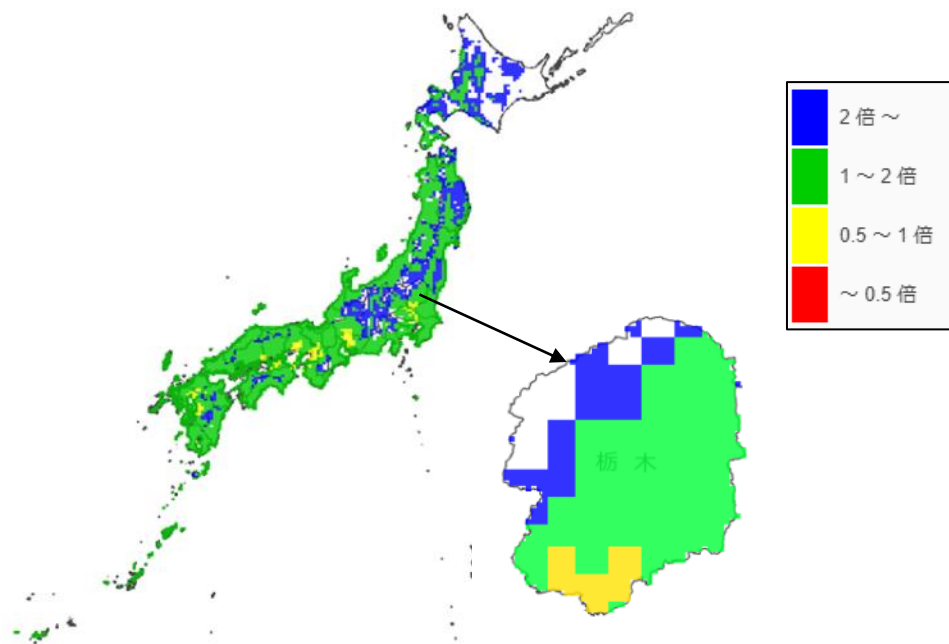
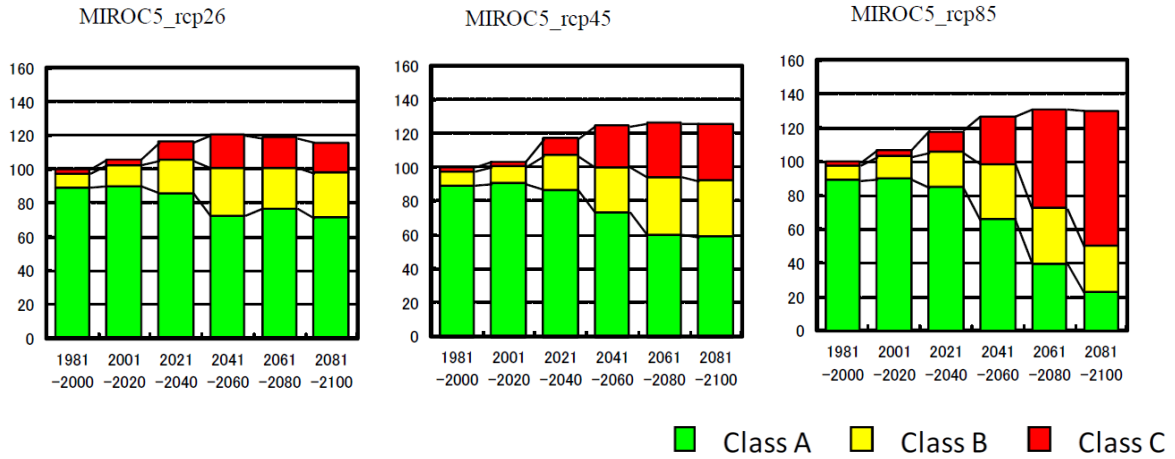


図 5-5 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の粗玄米収量の変化 (MIROC5、RCP8.5) (1981～2000年に対する2081～2100年の比)

出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
 (https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html) 2022年2月28日利用

¹⁸ 高温による品質低下リスク指標として、出穂後20日間の日平均気温26℃以上の積算値(HDDm26)を採用。HDDm26は、コメ品質(1等米比率)との関係が比較的明瞭であることが明らかにされており、ここでは以下の基準でリスクの度合いを示している。

- ・0℃日 ≤ HDDm26 < 20℃日 : 高温に因る品質低下リスク低 (Class A)
- ・20℃日 ≤ HDDm26 < 40℃日 : 高温に因る品質低下リスク中 (Class B)
- ・40℃日 ≤ HDDm26 : 高温に因る品質低下リスク高 (Class C)



■ Class A ■ Class B ■ Class C
図 5-6 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の全生産量の 20 年毎の推移 (MIROC5)
(左 : RCP2.6、中央 : RCP4.5、右 : RCP8.5) (1981~2000 年の値を 100 とした相対値)
 (出典 : 文献 5-1-5)

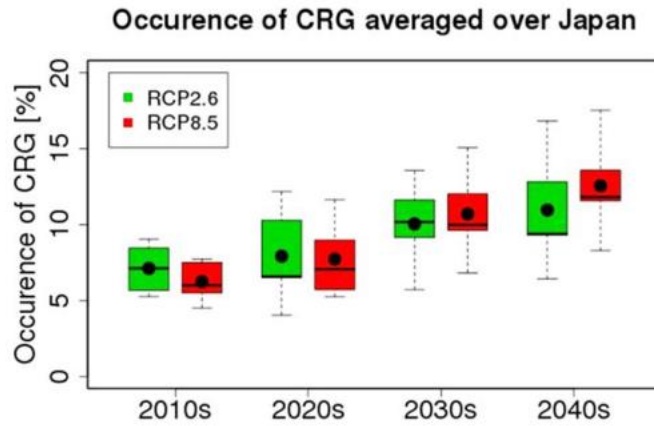


図 5-7 白未熟粒の発生率予測
 (出典 : 文献 5-1-6)

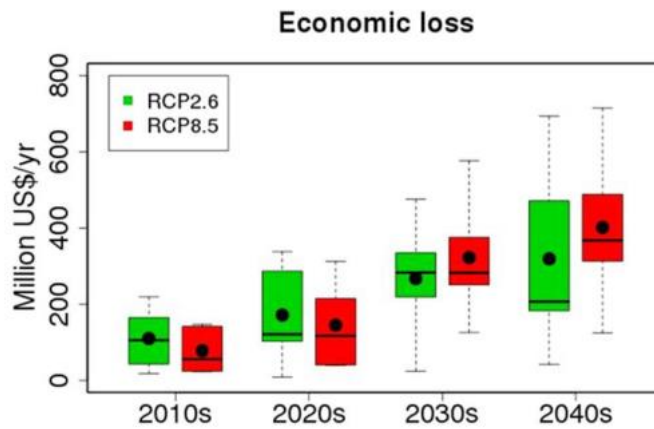


図 5-8 白未熟粒の発生による経済損失予測
 (出典 : 文献 5-1-6)

② 野菜等（花き含む）

➤ 現在

- ・ 全国では、40以上の都道府県において、既に気候変動の影響が現れていると報告されている。
- ・ 露地野菜の収穫期早期化や生育障害の発生頻度の増加等が見られ、施設野菜では、トマトの着果不良などが多発し、高温対策等の必要性が増している。
- ・ イチゴでは、冬から春に収穫する栽培で気温上昇による花芽分化の遅れが、夏から秋に収穫する栽培で花芽形成の不安定化が報告されている。
- ・ 花きでは、高温による開花の前進・遅延や生育不良が報告されている。
- ・ 県内では、高温の影響として、短期的な葉の萎れや焼け症状（チップバーン）、発芽不良、着果不良、長期的な高温遭遇による生育停滞、果実着色の不良等が報告されている。また、花きでは、開花遅延等の影響が発生している。

➤ 将来

- ・ 葉根菜類は、生育期間が比較的短いため、栽培時期をずらすことで栽培そのものは継続可能な場合が多いと想定されている。
- ・ 葉菜類では、気温上昇による生育の早期化や栽培成立地域の北上等が予測され、果菜類（トマト、パプリカ）では気温上昇による果実の大きさや収量への影響が懸念されている。
- ・ 県内について詳しく見た既存知見は、見当たらない。

<1. 現在起こっている事象>

○野菜

【全国】

2005年に実施された都道府県立の野菜関係研究機関に対する調査では、40以上の都道府県において既に温暖化の影響が現れていると報告されており、全国的に温暖化の影響が現れていることは明らかである。

葉菜類では、高温や多雨あるいは少雨による生育不良や生理障害等が報告されている。

果菜類では、高温・多雨等による着果不良、生育不良等が報告され、トマトでは、開花期の高温による着果不良（受精障害等）のほか、生育期間中の高温・強日射または高温・多雨等の影響による生育不良や生理障害、不良果（裂果、着色不良等）の発生が生じ、収量や品質が低下していると報告されている。

根菜類では、高温、多雨等による生育不良や発芽不良等が報告されている。

イチゴでは、冬から春に収穫する栽培で気温上昇による花芽分化の遅れが、夏から秋に収穫する栽培で花芽形成の不安定化が報告されている。農林水産省によると、イチゴの発育障害では、花芽分化期の高温による「花芽分化の遅れ」の報告が最も多く、令和2年は平成24年と並んで過去最も多い。次いで「病害の多発」、「虫害の多発」が多く、高温・乾燥により害虫の加害期間が長期化しているとの報告があった。（文献5-1-2）

【栃木県または関東】

栃木県では、高温の影響として、短期的な葉の萎れや焼け症状（チップバーン）、発芽不良、着果不良、長期的な高温遭遇による生育停滞、果実着色の不良等が報告されている。2018年の夏の高温による作物ごとの主な影響は以下のとおりである。

- ・ イチゴ：育苗期（特に空中採苗方式での採苗仮植後）の活着不良。花芽分化の遅れ。なお、施設野菜の中でも特にイチゴは高温乾燥の影響を受けやすい。

- ・夏秋ナス：着果不良（花落ち）、ぼけ果の発生。
 - ・夏秋トマト、促成トマト：着果不良、着色不良、収穫量の減少。
 - ・アスパラガス：夏芽の萌芽、伸長が鈍く、穂先の開きが目立ち、出荷物の品質が低下。
 - ・高冷地ホウレンソウ：株の重量不足、発芽不良や立ち枯れ病等の多発による収穫量の減少。
 - ・ニラ：新植株の外葉が黄化し、生育が停滞。収穫中の2年株の葉先の枯れ、痛みが発生。
 - ・サトイモ、ショウガ：茎葉の伸長が遅れ、地下部肥大が低迷。
 - ・ネギ、ウド、ブロッコリー等の露地野菜全般：播種後の発芽不良、生育遅延の発生。
- (文献 5-1-4)

なお、栃木県開発新品種のイチゴ「とちあいか」は、「とちおとめ」に比べ高温でも花芽分化が早いため、収穫開始が約2週間早く、年内収穫量が約1.5倍に増加している。(文献 5-1-2)

○花き

【全国】

花きでは、高温により生育・開花に障害が生じることが知られており、キクでは、生育期の高温による開花の前進や花芽分化期・発達期の高温による開花の遅延により出荷時期にずれが生じていること、花芽分化期・発達期の高温による奇形花の発生も報告されている。バラ、カーネーション、トルコギキョウ、リンドウ、ユリでも高温等による開花期の前進・遅延や生育不良が報告されている。

農林水産省によると、2016～2020年に各都道府県から報告のあった花き（きく）への主な影響は「開花期の前進・遅延」や「生育不良・奇形花の発生」¹⁹等であった(図 5-9)。(文献 5-1-2)

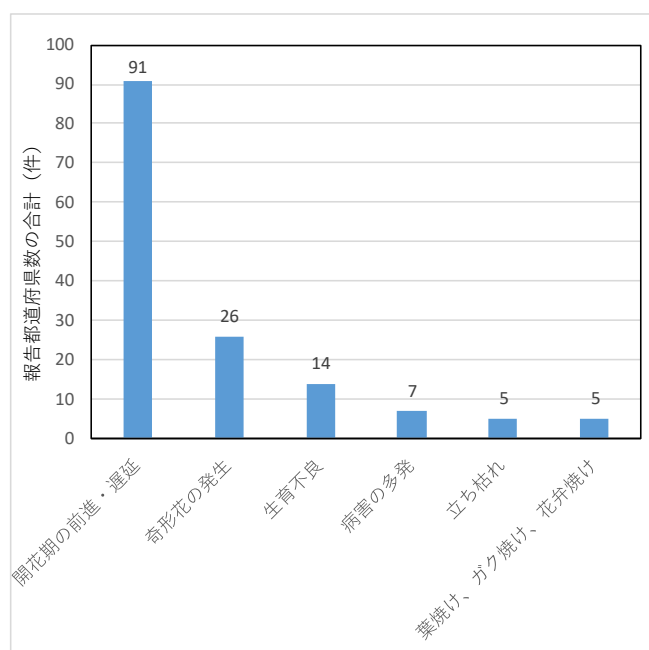


図 5-9 花き（きく）への主な影響（2016～2020年における報告都道府県数の合計）

(出典：文献 5-1-2 より作成)

¹⁹ 開花期の前進は生育期の高温により、開花の遅延及び奇形花の発生は花芽分化期・発達期の高温により、生育不良は直挿し期間中の高温により起こることが知られている。

【栃木県または関東】

栃木県では、2018年の夏の高温による主な影響は以下のとおりである。

- ・輪菊：奇形花（扁平花）の発生、開花遅延
- ・スプレーマム：葉先枯れ、開花遅延
- ・小菊：生育遅延
- ・ばら：茎が軟弱となり、花弁数も少なく、花が小さいことから、上位等級品が減少
- ・りんどう：葉焼けの発生
- ・シクラメン：生育停滞
- ・ユリ：定植遅れ

（文献 5-1-4）

<2. 将来予測される事象>

○野菜

【全国】

露地栽培で生産されることが多い葉根菜類の場合、成熟種子を収穫する食用作物に比べ、生育期間が相対的に短く、栽培時期の調整が可能な場合が多い。そのため、適正な品種選択を組み合わせたり、栽培時期をずらしたりすることで栽培そのものは継続可能な場合が多いと想定される。しかし、今後さらなる温暖化が、計画的な出荷を困難にするだけでなく、全国的な作型・作期の見直しが迫られる可能性が高いと予想されている。

葉菜類（キャベツ、レタスなど）では、気温上昇による生育の早期化や栽培成立地域の北上、CO₂濃度の上昇による重さの増加が予測されている。

果菜類（トマト、パプリカ）では気温上昇による果実の大きさや収量への影響が懸念される。夏季のトマト（施設栽培）について、栽培試験より果実赤道面の長さや果実面温度の間に相関関係が確認され、気温上昇による果実サイズの減少、収量の増減、裂果のような障害の増加が示唆されている。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見た既存知見は、見当たらない。

○花き

【全国】

宮崎県内のスイートピーハウス栽培では、21世紀末において、最高気温や最低気温の上昇等による落蕾発生率の上昇、最低気温の上昇による波打ち発生率の低下、気温等の上昇による花梗長の減少が予測されている。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見た既存知見は、見当たらない。

③果樹

➤ 現在

- ・ 全国では、気温上昇によるカンキツの浮皮、リンゴ・ブドウの着色不良などが発生しており、近年の温暖化に起因する障害がほとんどの樹種、地域に及んでいる。
- ・ 県内では、夏季高温の影響として最も大きなものは果実の着色不良、着色遅延である。また、ナシ、モモなど多くの樹種で見られる日焼け果も発生が増加している。成熟期の高温により、果肉の軟化、貯蔵性の低下、みつ症等の果肉障害も発生している。さらに、秋冬期の気温上昇によるナシの凍霜害も発生している。

➤ 将来

- ・ 全国では、リンゴについて、21世紀末になると東北地方や長野県の主産地の平野部等で適地よりも高温になることや、ブドウについては、主産県において、高温による生育障害が発生することが想定される。露地栽培の「巨峰」について、2040年以降に着色度が大きく低下すると予測されている。
- ・ 県内でも、高温により南部～東部がリンゴの栽培適地ではなくなり、また南部の一部でブドウの着色不良が多発すると予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

果樹農業は他の分野に先駆けて、2003年に全国的な温暖化影響の現状調査が実施され、全47都道府県における果樹関係公立研究機関から、既に温暖化の影響が現れていると報告されている。

また、2017～2018年に実施された、47都道府県の果樹試験研究機関及び普及指導機関を対象としたアンケートにおいても、回答した98機関のうち96が気候変動による影響が生じていると回答している。(文献5-1-1)

以下、主に農林水産省による、全国における作物ごとの影響を具体的に記載する。

<リンゴ>

2016～2020年に各都道府県から報告のあったリンゴへの主な影響は「着色不良・着色遅延²⁰」や「日焼け果の発生」等であった(図5-10、図5-11)。(文献5-1-2)

リンゴでは、食味が改善される方向にあるものの、果実が軟化傾向にあり、これが貯蔵性の低下につながっている。(文献5-1-1)

²⁰ リンゴの着色不良・着色遅延の発生は、果実着色期の高温により引き起こされることが知られている。

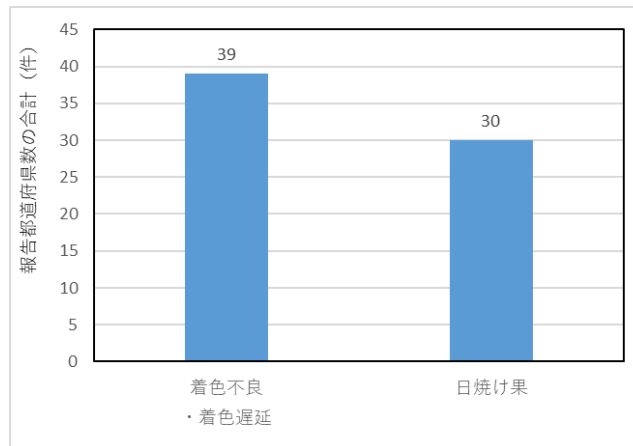


図 5-10 リンゴへの主な影響（2016～2020 年における報告都道府県数の合計）²¹

（出典：文献 5-1-2 より作成）



図 5-11 高温によるリンゴの着色不良(左図) と日焼け果 (右図)

（出典：文献 5-1-3）

〈ブドウ〉

2016～2020 年に各都道府県から報告のあったブドウへの主な影響は「着色不良・着色遅延²²」、「日焼け果の発生」、「裂果」、「発芽不良」であった（図 5-12、図 5-13）。（文献 5-1-2）

なお、ブドウでは、着色期における高温により着色不良が引き起こされると考えられており、例えば“巨峰”では、気温上昇により開花日が早まり、皮の色づきが薄くなっていることが確認されている。

²¹ 2011 年の「虫害（ハダニ類等）の多発」のデータは過去のレポートで取りまとめられていない。

²² ブドウの着色不良・着色遅延の発生は、果実の着色期における高温により引き起こされることが知られており、近年の研究では、着色開始初期の気温が果皮の着色に大きく影響することが報告されている。

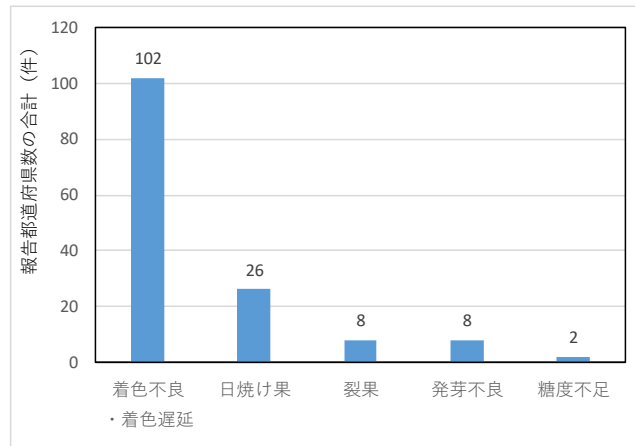


図 5-12 ブドウへの主な影響（2016～2020 年における報告都道府県数の合計）

（出典：文献 5-1-2 より作成）



図 5-13 ブドウ(ピオーネ) における着色不良果(左図) と着色良好果(右図)

（出典：文献 5-1-3）

〈ナシ〉

2016～2020年に各都道府県から報告のあったナシへの主な影響は「果肉障害」、「発芽不良」、「凍霜害」等²³であった（図 5-14）。（文献 5-1-2）

秋冬季の低温不足が発芽異常、開花障害の要因と推定され、果実の成熟期は前進傾向が見られる。（文献 5-1-1）

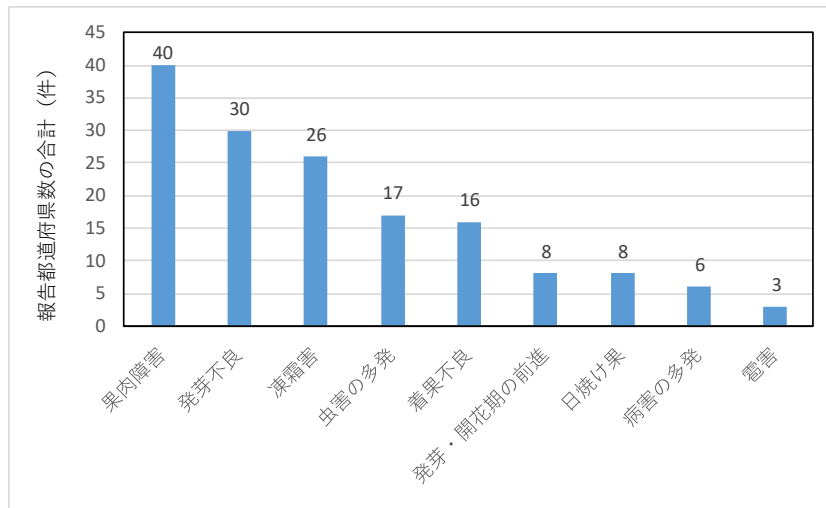


図 5-14 ナシへの主な影響（2016～2020年における報告都道府県数の合計）

（出典：文献 5-1-2 より作成）

〈モモ〉

2016～2020年に各都道府県から報告のあったモモへの主な影響は「果肉障害」、「凍霜害」等であった（図 5-15）。（文献 5-1-2）

秋冬季の気温上昇による耐凍性の低下が凍害の要因と推定され、果実の成熟期の前進傾向がみられる。（文献 5-1-1）

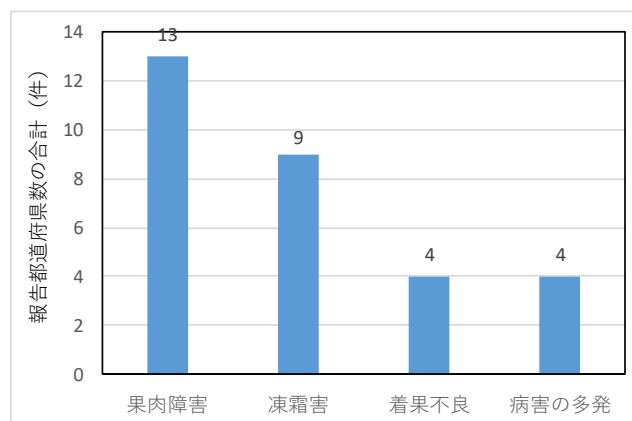


図 5-15 モモへの主な影響（2016～2020年における報告都道府県数の合計）²⁴

（出典：文献 5-1-2 より作成）

²³ ナシの発芽不良は暖冬による低温遭遇時間の減少、果肉障害は果実肥大期以降の高温・少雨、凍霜害は暖冬及び発芽期から開花期の気温上昇と寒の戻りにより起こる。

²⁴ 過去のレポートにおける取りまとめの関係上、病害の多発発芽不良は 2018 年以降のデータである。

【栃木県または関東】

栃木県では、夏季高温の影響として最も大きなものは果実の着色不良、着色遅延である。また、ナシ、モモなど多くの樹種で見られる日焼け果も発生が増加している。成熟期の高温により、果肉の軟化、貯蔵性の低下、みつ症等の果肉障害も発生している。2018年の高温による作物ごとの主な影響は以下のとおりである。

- ・ブドウ：巨峰の縮果症、日焼け症状、軸枯れが発生し、収穫量が減少。
着色不良による出荷等級の低下。
 - ・リンゴ：日焼け、ふじの着色不良。
- (文献 5-1-4)

一方、低温障害に関しては、芳賀町など県内6市町では2021年4月の降霜によりナシの花の一部が壊死し、被害額は少なくとも約5億4900万円になった。

(文献 5-1-7)

<2.将来予測される事象>

【全国】

日本の果樹生産面積で2位を占めるリンゴでは、将来の年平均気温に基づいて栽培適地を予測した研究によれば、21世紀末になると東北地方や長野県の主産地の平野部（RCP8.5シナリオ）、東北地方の中部・南部など主産県の一部の平野部（RCP2.6シナリオ）で適地よりも高温になることや、北海道で適地が広がることが予測されている。

また、東日本を対象として、気温上昇によるリンゴの霜害リスクを評価した研究によると、春季の生育期間が早まることや、気温上昇量が比較的小さい場合に現在よりも霜害リスクが増加し、大きい場合に凍霜害リスクが減少することが予測されている。また、北海道及び東北地方では、日最高気温の上昇による日焼けリスクの増加が予測されている。

ブドウでは、将来の開花期と着色度について予測した結果によれば、露地栽培の全国の平均的な巨峰の着色度（カラーチャート値）は、1981～2000年の9.4から2031～2050年で7.9、2081～2100年で7.0と2040年以降に大きく低下することが示唆されている。

一方、果樹の栽培が難しかった寒地では、果樹の栽培適地が拡大することが予測されている。全球の地上気温の平均が1990年代と比べて2℃上昇した場合、北海道では標高の低い地域でワイン用ブドウの栽培適地が広がる可能性がある。

ニホンナシについて、一部の地域では、自発休眠打破に必要となる低温積算量が減少し、21世紀末には沿岸域を中心として低温要求量が高い品種の栽培が困難となる地域が広がる可能性がある。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

東日本では、リンゴの春季の生育期間が早まることや、気温上昇量が比較的小さい場合に現在よりも霜害リスクが増加し、大きい場合に凍霜害リスクが減少することが予測されている。（文献 5-1-1）

栃木県について詳しく見てみると、将来（2046～2055年）におけるリンゴの栽培適地²⁵は、南部～東部を中心に高温により適地ではなくなると予測されている（図 5-16）。また、ブドウに

²⁵ここでは果樹農業振興基本方針（2015年、農林水産省）により、年平均気温6℃～14℃を栽培適地としている。

については、南部の一部で着色不良が多発すると予測されている（図 5-17）。（文献 5-1-8）

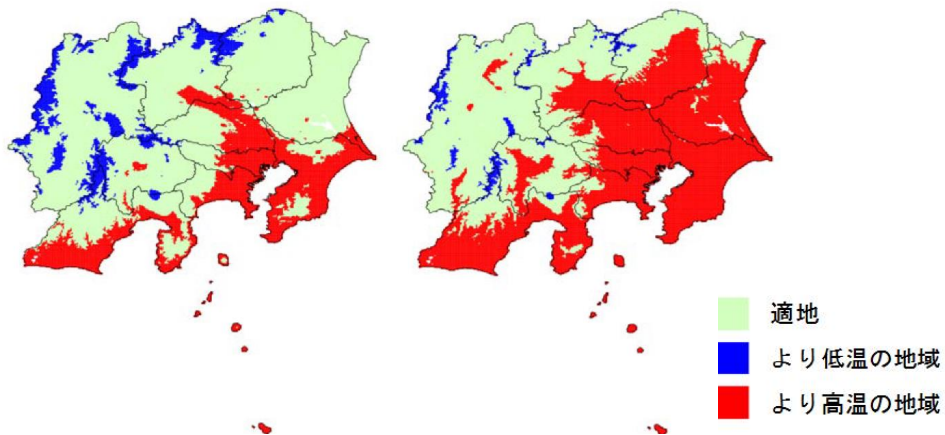


図 5-16 リンゴの栽培適地
(左図：1981-2000年 右図：2046-2055年 RCP8.5)
(出典：文献 5-1-8)

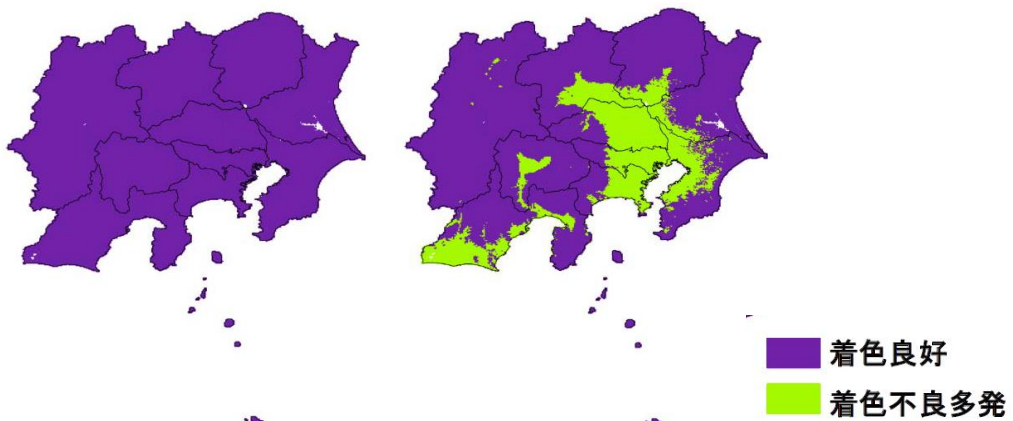


図 5-17 ブドウの着色不良多発地域
(左図：1981-2000年 右図：2046-2055年 RCP8.5)
(出典：文献 5-1-8)

④麦、大豆、飼料作物等

- 現在
 - ・ 全国では、冬季及び春季の気温上昇による小麦の播種期の遅れと出穂期の前進が見られ、生育期間が短縮する傾向が確認されている。
 - ・ 大豆では、一部の地域で夏季の高温による百粒重の減少や高温乾燥条件が継続することによるさや数の減少、品質低下が報告されている。
 - ・ 飼料用トウモロコシの乾物収量の増加傾向が報告されている。
 - ・ 茶では、夏季の高温・少雨による生育抑制、暖冬によるなどの生育障害が報告されている。
 - ・ 栃木県内では、先駆的な畜産農家によりトウモロコシ二期作が行われている。
- 将来
 - ・ 小麦では、出穂から成熟期までの平均気温の上昇による減収、種まき後の高温に伴う生育促進による小麦の凍霜害リスクの増加、高 CO2 濃度によるタンパク質含有量の低下などが指摘されている。
 - ・ 寒冷地の大豆栽培では、気温上昇は収量に大きな影響を及ぼさないが、CO2 濃度上昇は光合成を促進させ子実重を増加させることが示唆されている一方、温暖地の大豆栽培では、気温上昇による減収が示唆されている。
 - ・ 飼料作物（飼料用トウモロコシ）では、2080 年代には、関東地域から九州地域にかけて、飼料用トウモロコシの二期作の栽培適地が拡大すると予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

小麦では、冬季及び春季の気温上昇傾向により全国的に播種期の遅れと出穂期の前進がみられ、その結果生育期間が短縮している。一方、出穂期から収穫までの期間は短縮していない。

大豆では、2010 年の東北全域の調査では、夏季真夏日日数が多いと百粒重（100 粒当たりの重量）が減少し、高温乾燥条件が続くとさや数も減少した。新潟県でも 2010 年の夏季の高温による不定形裂皮の多発が報告されている。

飼料作物では、収量の増加や作期の拡大が報告されている。

茶では、夏季の高温・少雨による二番茶・三番茶の生育抑制、暖冬による冬芽の再萌芽・一番茶萌芽の遅延などの生育障害が報告されている。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

飼料作物では、関東地方の一部で 2001～2012 年の期間に飼料用トウモロコシにおいて、乾物収量が年々増加傾向にあり、特に早生品種で積算気温の上昇と共に乾物収量も増加した報告例がある。（文献 5-1-1）

栃木県において先駆的な畜産農家によりトウモロコシ二期作が行われており、最も北に位置する栽培事例として、栃木県小山市から栃木市にかけての栃木県南部でも複数の畜産農家により試みられている。（文献 5-1-9）

以下、全国及び栃木県における作物ごとの影響を具体的に記載する。

○麦類

農林水産省によると、2016～2020 年に各都道府県から報告のあった麦類への主な影響は「凍霜害」、「粒の充実不足²⁶」、「湿害」等であった（図 5-18）。（文献 5-1-2）

²⁶ 粒の充実不足は暖冬及び春先の高温・少雨により起こることが知られている。

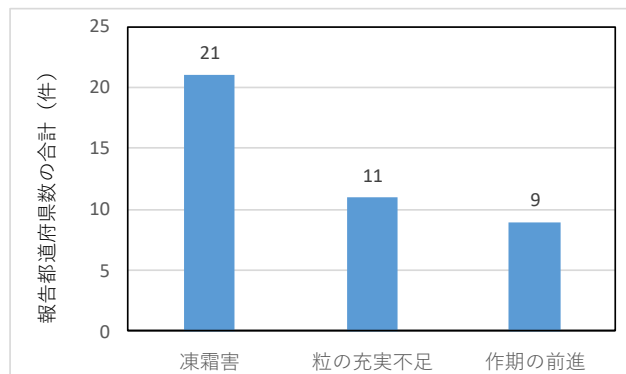


図 5-18 麦類への主な影響（2016～2020 年における報告都道府県数の合計）²⁷

（出典：文献 5-1-2 より作成）

○豆類

農林水産省によると、2016～2020 年に各都道府県から報告のあった豆類への主な影響は「着莢数の低下²⁸」、「生育不良」、「作期の後退」、「虫害の多発」等であった（図 5-19）。（文献 5-1-2）

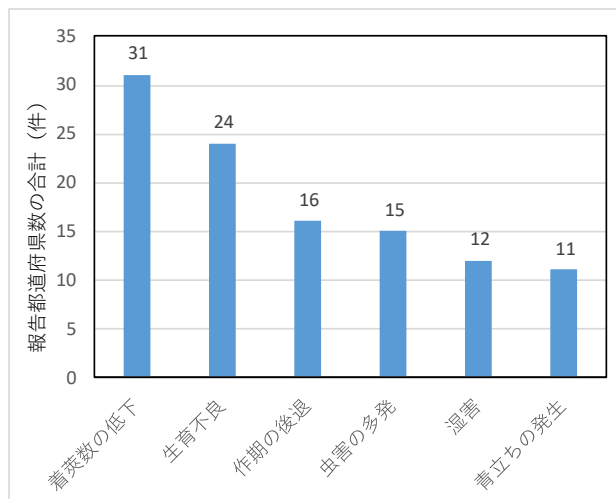


図 5-19 豆類への主な影響（2016～2020 年における報告都道府県数の合計）

（出典：文献 5-1-2 より作成）

²⁸ 豆類の着莢数の低下は開花期～子実肥大期の高温・少雨により起こることが知られている。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

小麦では、気温上昇に伴う生育期間の短縮や収量減少が予測されている。北海道で栽培された秋播き小麦の収量構成要素と生育期間の気温との統計解析の結果、生育期間の気温は茎や穂の長さや千粒重と負の相関関係にあることが確認されており、将来の気温上昇による減収が危惧される。そのほか、播種後の高温による生育促進で幼穂形成及び茎立ちが早まることによる凍霜害リスクの増加、高 CO2 濃度によるタンパク質含量の低下、高温下の登熟による穂発芽のリスクの増加など、品質への影響が指摘されている。

大豆では、高 CO2 条件下で栽培した実験によると、生長期間の平均気温が 25℃付近またはそれ以下の地域では、CO2 濃度上昇は収量を増加させ、最適気温以上の範囲では、乾物重、子実重、収穫指数は、気温上昇に伴い減少する可能性が示唆されている。

飼料作物について、一部の地域では、栽培適地が拡大するという研究もある。東北地域から九州地域を対象として、有効積算温度から 2080 年代の飼料用トウモロコシの栽培適地を判定した研究によると、関東地域から九州地域にかけて、トウモロコシの二期作の栽培適地が現在と比べて 3.5 倍に拡大すると予測されている。

牧草について、「局地気候シナリオ」を用いて 100 年後の生産量に及ぼす影響を解析した研究によると、寒地型牧草では北海道ではほとんどが増収、東北地方では 63%で増収、16%が夏枯れ、21%が暖地型牧草地帯になる。また、夏枯れ地帯は東北地方に多く分布するようになり、夏枯れ地域の面積は 1.5 倍に拡大する。乾物生産量は寒地型牧草で 1.4 倍、暖地型牧草で 4.6 倍、牧草全体では 1.5 倍になる。(文献 5-1-1)

また、寒地型牧草と暖地型牧草の栽培適地区分²⁹の変化等を予測した研究事例では、各地帯区分間の境界が北上すると予測されている(図 5-20)。(文献 5-1-8)

【栃木県または関東】

関東地域においては、麦類について定量的な影響評価の事例はなく、三重県津市を対象とした小麦の「発育相」や北海道を対象とした小麦の「強制登熟」等、特定の地域を対象とした研究事例に限定されている。

飼料作物(飼料用トウモロコシ)について、関東地域では二期作の栽培限界地帯が、現在の群馬県と埼玉県の間境付近から、関東中部・栃木県南部まで拡大する予測がある。また、2090 年頃までに関東地域の低標高地域のほとんどが二期作の栽培適地になることが予測されている。また、排出シナリオ RCP4.5 により予測した研究事例³⁰では、2090 年頃には二期作による年間合計乾物収量が増加し、3t/10a 以上を期待できる地域が関東北部まで拡大することが予測されている³¹(図 5-21)。(文献 5-1-8)

²⁹ 寒地型牧草の栽培適地は寒地型牧草の中で比較的耐暑性の高いトールフェスクが栽培可能な地域を、暖地型牧草の栽培適地はバヒアグラスが栽培可能な地域を示す。

³⁰ 佐々木寛幸・神山和則・須山哲男・福山正隆(2003):地球温暖化が牧草の地域区分と生産量に及ぼす影響,畜産草地研究所研究報告 4, 39-47

³¹ 二期作(1作目:品種「KD500」(極早生)、2作目:品種「なつむすめ」(晩生品種))の収量予測

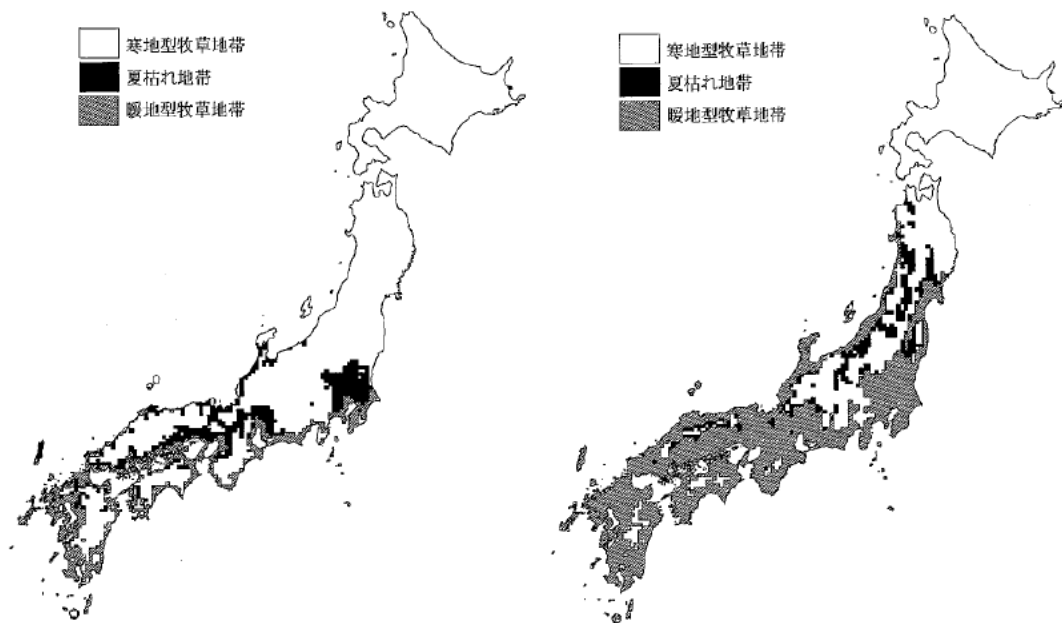


図 5-20 牧草生産区分 (左図：現在、右図：100年後)

(出典：文献 5-1-8)

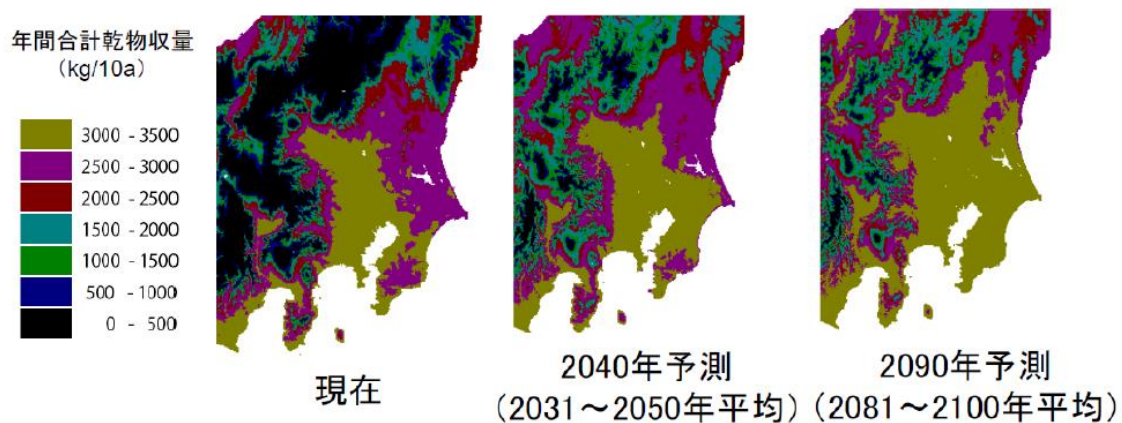


図 5-21 トウモロコシ二期作の年間合計乾物収量の変化予測 (関東地域)

(出典：文献 5-1-8)

⑤畜産

➤ 現在

- ・ 全国では、夏季に肉用牛と豚の成育や肉質の低下、採卵鶏の産卵率や卵重の低下、肉用鶏の成育の低下、乳用牛の乳量・乳成分の低下等が報告されている。また、乳用牛では、温湿度指数の上昇に伴う泌乳量の低下、気温上昇による繁殖成績や子牛の成長量の低下、肉用豚では、気温上昇による消化吸収能の低下や分娩率の低下、採卵鶏では、気温上昇による飼料摂取量の減少等に伴う産卵数の減少や卵質の低下などを示す研究事例がある。
- ・ 牛のアルボウイルス類（節足動物媒介性ウイルス）の流行や、南西諸島のみ定着すると考えられていたアルボウイルス媒介種の分布が九州地方で確認されている。
- ・ 県内では、夏季の高温が著しかった 2018 年には乳用牛、肉用牛、採卵鶏において暑熱による家畜被害の報告数が著しく多かった。

➤ 将来

- ・ 全国では、温暖化とともに、肉用豚、肉用鶏、育成牛の成長の低下する地域が拡大し、低下の程度も大きくなると予測されている。一部地域では、乳用牛の乳量の低下も指摘されている。また、乳用牛では、高温だけでなく高湿度になると生産性への負の影響がさらに大きくなることが示唆されている。
- ・ 県内では、夏季において肉用豚、肉用鶏の日増体量が低下すると予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

夏季に、肉用牛と豚の成育や肉質の低下、採卵鶏の産卵率や卵重の低下、肉用鶏の成育の低下、乳用牛の乳量・乳成分の低下等が報告されている。また、記録的猛暑であった 2010 年の暑熱による家畜の死亡・廃用頭羽数被害は、畜種の種類・地域を問わず前年より多かったことが報告されている。

暑熱ストレスによる家畜への影響に関する研究が進められており、以下のような知見が得られている。(文献 5-1-1)

- ・ 乳用牛：温湿度指数の上昇に伴い泌乳期の乳量が減少、気温上昇によるの活動、繁殖成績、子牛の成長の低下
- ・ 肉用牛：暑熱による影響は給与飼料や肥育ステージにより異なる
- ・ 肉 豚：気温上昇による消化吸収能の低下、有効精子数の減少による分娩率の低下
- ・ 採卵鶏：気温上昇に伴う飼料 摂取量の減少、血清中のリポタンパク質含量の低下、ホルモンへの悪影響による産卵数の減少、卵質の低下

農林水産省によると、2016～2020 年に全国において見られた乳用牛への主な影響は夏季の高温による「乳量・乳成分の低下」、「斃死」、「繁殖成績の低下」等であった(図 5-22)。(文献 5-1-2)

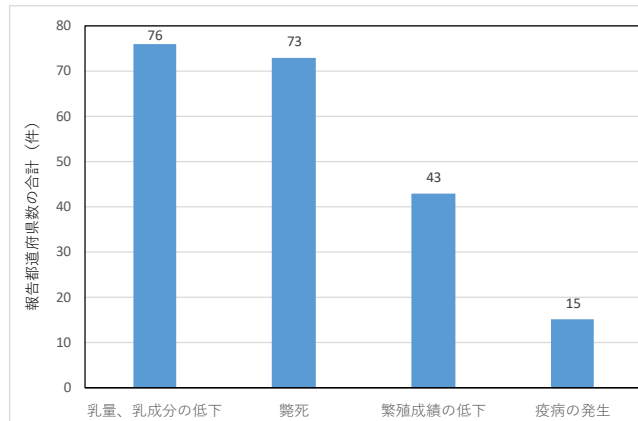


図 5-22 乳用牛への主な影響（2016～2020 年における報告都道府県数の合計）

（出典：文献 5-1-2 より作成）

また、2016～2020 年に全国において見られた肉用牛、豚、産卵鶏及び肉用鶏への主な影響は「斃死」等の影響が報告がされている（表 5-1）。（文献 5-1-2）

表 5-1 肉用牛・豚・産卵鶏・肉用鶏への主な影響（2016～2020 年）

主な現象	R2報告都道府県数				（参考）				発生の主な原因	主な影響	
	全国	北日本	東日本	西日本	R1	H30	H29	H28			
肉用牛	斃死	9	1	2	6	10	12	9	7	高温(7～9月)	生産量低下
	増体・肉質の低下	8	0	4	4	8	7	9	8	高温・多湿(6～10月)	品質・生産量低下
	繁殖成績の低下	3	0	1	2	4	4	6	4	高温・多湿(7～9月)	生産量低下 飼育期間の延長
豚	斃死	10	1	5	4	9	9	9	10	高温(7～9月)	生産量低下
	繁殖成績の低下	7	1	3	3	5	8	9	8	高温・多湿(7～9月)	生産量低下 飼育期間の延長
	増体・肉質の低下	5	0	3	2	6	6	6	7	高温・多湿(7～9月)	品質・生産量低下
採卵鶏	斃死	14	1	7	6	13	17	13	12	高温(7～9月)	生産量低下
	産卵率・卵重の低下	9	0	5	4	9	10	11	13	高温(7～9月)	品質・生産量低下
肉用鶏	斃死	10	2	2	6	10	13	12	9	高温(7～9月)	生産量低下
	増体・肉質の低下	3	0	2	1	3	3	4	6	高温(7～8月)	品質・生産量低下

（出典：文献 5-1-2 より作成）

国内では見られなかった熱帯・亜熱帯地域に分布する牛のアルボウイルス類（節足動物媒介性ウイルス）の流行や、南西諸島のみ定着すると考えられていたアルボウイルス媒介種であるオーストラリアヌカカの分布が九州地方で確認されている。

【栃木県または関東】

栃木県では、夏期の高温が著しかった 2018 年には乳用牛、肉用牛、採卵鶏において暑熱による家畜被害の報告数が著しく多かった（図 5-23）。（文献 5-1-4）

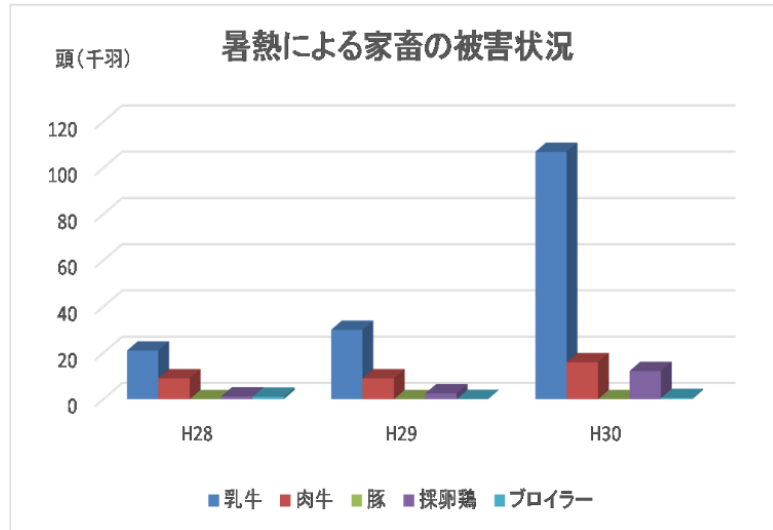


図 5-23 暑熱による家畜の被害状況

(出典：文献 5-1-4)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

乳用育成雌牛を用いて環境制御室において温湿度と飼養成績の関係を検討し、気候変化メッシュデータ（日本）2003のもとで予測した研究によると、2020、2040、2060年と年代の経過に伴い増体日量の低下する地域は拡大するが、その低下量は地域によって異なり、湿度によって大きく変化するとされている。また、同様に乳用育成雌牛を用いて環境制御室において高温と高湿度の影響を調べた実験によると、高温だけでなく高湿度になると生産性への負の影響はさらに大きくなり、呼吸数の増加や体温上昇に加えて、血液性状の変化、飼料摂取量の低下、増体日量の減少、特にタンパク質としての蓄積量の減少が生じることが示唆されている。（文献 5-1-1）

また、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所が家畜の生産性に及ぼす温暖化の影響を研究した事例では、乳牛については、初産牛では 30℃を、経産牛では 26℃を超えると採食量が適温下の 10%以上低下し、維持に要するエネルギー量も増えるため、乳量が低下することが懸念されており、北海道と南九州における個体乳量は、2060年代には、南九州では約 2.3kg/日低下し、北海道ではほとんど低下しないことが予測されている。（文献 5-1-10）

また、育成牛については、気温 20℃（相対湿度 60%）と比べて増体量が 5%低下する気温は 26.4℃、15%低下する気温は 28.8℃と試算され、将来の気温上昇に伴い、増体量が低下する地域は拡大すること、さらに、湿度の影響も加味した場合、2060年代には、南九州地域では増体量が 21%低下する一方、北海道中東部地域ではほとんど変化しないと予測された。（文献 5-1-11）

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、肉用豚、肉用鶏の日増体量変化を研究した事例では、今世紀半ばの 7 月、8 月においては県の北西部を除く全ての地域で肉用豚は 0～15%の日増体量の低下、肉用鶏は 0～5%の日増体量の低下が予測されている（図 5-24、図 5-25）。（文献 5-1-8）

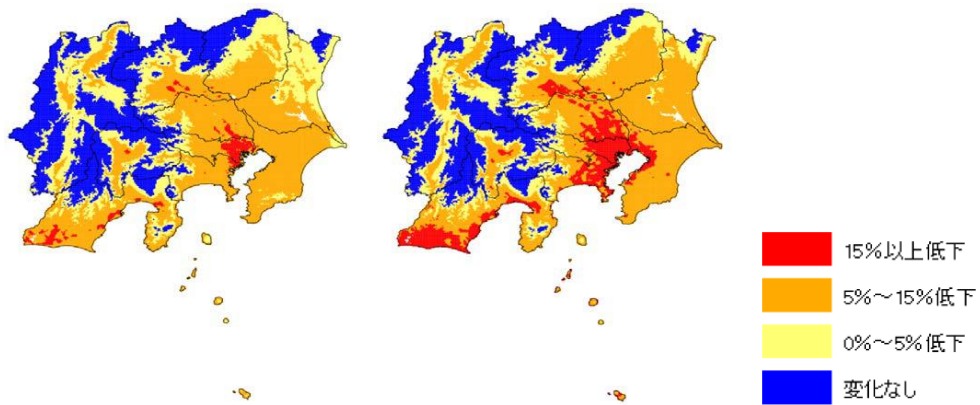


図 5-24 肉用豚の日増体量（関東地域）
 （左図：7月、右図：8月；2046-2055年 RCP8.5）

（出典：文献 5-1-8）

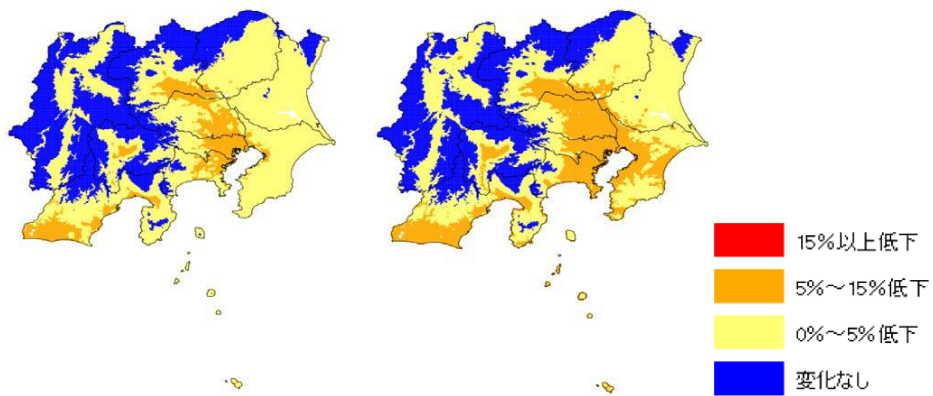


図 5-25 肉用鶏の日増体量（関東地域）
 （左図：7月、右図：8月；2046-2055年 RCP8.5）

（出典：文献 5-1-8）

⑥病害虫・雑草等

➤ 現在

- ・ 全国では、気温上昇により、害虫の分布域の拡大や年間世代数及び発生量の増加等をもたらす可能性があると考えられている。
- ・ 病害については、出穂期前後の気温が高かった年にイネ紋枯病の発病株率、病斑高率が高かったことが報告されている。

➤ 将来

- ・ 全国では、気温上昇に伴い水田の害虫・天敵の構成が変化することが予想されている。また水稲害虫以外でも、越冬可能地域の北上・拡大や、発生世代数の増加による被害の増大の可能性が指摘されている。
- ・ 気温上昇によりイネ紋枯病による被害の増大が予測された事例がある
- ・ 県内では、全国と同様にイネや野菜の害虫の世代数が増加すると予測されている。ただし、世代数の増加が必ずしも作物への影響につながるわけではない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

○害虫

水稲や大豆の害虫であるミナミアオカメムシの分布域は、1960年代には西南暖地（九州南部などの比較的温暖な地域）の太平洋岸に限られていたが、近年、西日本の広い地域から関東の一部にまで拡大している。本種の生息域は、1月の平均気温が5℃以上の地域とされており、気温上昇によりその北限が北上している。（図 5-26）。

また、主に越冬個体が水稲やレンコンの稚苗を食害するスクミリンゴガイによる被害が関東地域でも拡大していることが問題になっている。

西日本では、熱帯起源の種と考えられており、寄主範囲の広いオオタバコガが1994年の猛暑に多数発生し、その後、関東・東北、北海道などでも発生が増え、発生地域の拡大と温暖化との関係が指摘されている。（文献 5-1-1）

○病害

イネ紋枯病については、熊本県で実施された圃場試験では、出穂期前後の気温が高かった年に発病株率、病斑高率が高かったことが報告されている。

飼料用トウモロコシでは、降雨及び気温が発生に関わっているとされるトウモロコシ根腐病が、これまで報告のなかった北海道十勝地方で2011年に大発生し、最重要病害の一つになりつつある。

ライグラスいもち病の発生は、1970年代には宮崎県、高知県、岐阜県、静岡県、栃木県に限られていたが、近年は石川県、富山県、新潟県、宮城県でも病原菌が採集されたとの報告がある。本病の発生と気温との間に高い相関があるため、温暖化により発生地域が北上している可能性が指摘されている。（文献 5-1-1）

○雑草

本県の侵入等警戒外来種（侵入を特に警戒する必要がある外来種）に指定されているナルトサワギク分布の拡大には最も気温が高い四半期の平均気温が大きく関与していると推定されている。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

ミナミアオカメムシの分布は関東の一部にまで拡大している。栃木県においては、2021年11月に県南地域の2つの大豆ほ場で、ミナミアオカメムシの幼虫と成虫が確認されており、県内では初めての確認となっている。(文献 5-1-12)

茨城県では、秋の平均気温の上昇がイネ縞葉枯病を媒介するヒメトビウンカの吸汁行動とひこばえ(再生イネ)の再生を活発にし、ウイルス獲得が効率的に行われたと推測される事例がある。(文献 5-1-1)

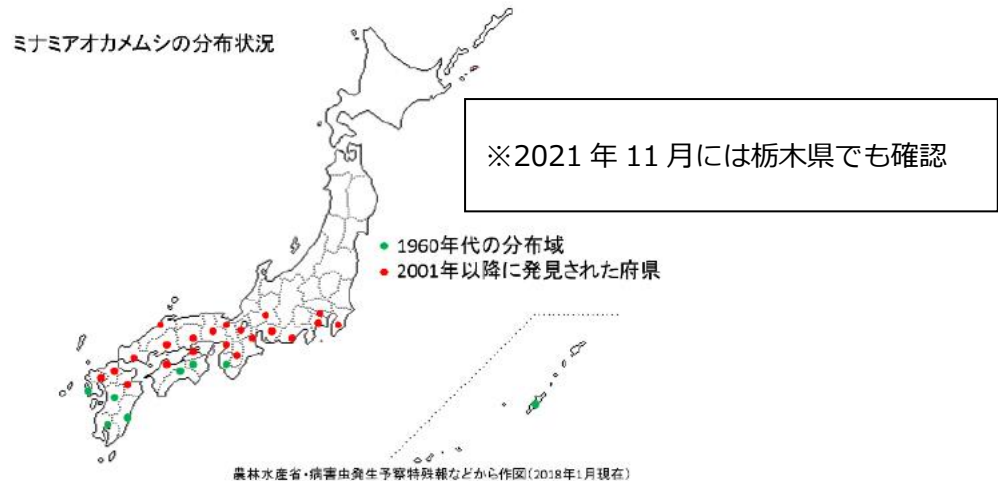


図 5-26 ミナミアオカメムシの分布状況
(出典：5-1-13)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

○害虫

年平均気温 15℃の関東地方で各月の平均気温が 2℃ずつ上昇したと仮定して、年間世代数(1年間に卵から親までを繰り返す回数)の変化を予測した結果、寄生性天敵や一部の捕食者は 1~3 世代増加し、害虫の中ではウンカ類で世代数が増加することから、気温上昇によって水田内の害虫・天敵相の構成が変化することが予測されている。

水稻害虫以外では、野菜、果樹、茶のチョウ目、カメムシ類、アザミウマ、カイガラムシ、ヨコバイ、ハダニ類などで、越冬可能地域の北上・拡大や発生世代数の増加による被害の増大が指摘されている。

一方、夏季の気温上昇は、ミナミアオカメムシ及び一部のアブラムシに高温障害を引き起こす可能性があると考えられている。(文献 5-1-1)

○病害

気温上昇による作物病害の発生動態への影響については、水稻、野菜、果樹、茶のそれぞれ 3 病害(水稻：いもち病、紋枯病、もみ枯細菌病、野菜：ナス科野菜の青枯病、各種野菜の白絹病、ネギさび病、果樹：リンゴ白紋羽病、黒星病、茶：炭疽病、輪斑病、赤焼病)でこれまでの発生生態の知見に基づいて検討され、分布域の拡大・北上、発生期間の拡大などによる被害の増大が指摘されている。

実験水田での発病調査により、高 CO2 条件下（現時点の濃度から 200ppm 上昇）ではイネ紋枯病の発病株率が増加するが、病斑高率は変化しない。またイネいもち病では葉いもちの発生は有意に上昇するが、穂いもちでは変化はみられなかった。

イネの葉面の濡れをイネいもち病の発生リスクの指標に設定し、日本などの温帯地域を対象に 2081~2100 年の予測を行った研究によれば、降水頻度の減少による濡れの低下と降水強度の増加による病菌の流出により、感染リスクが低下するとする研究もある。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、ニカメイガは県南部で 2 世代から 3 世代に増加、ヒメトビウンカも各地域で 1 世代程度増加すると予測されており、モモアカアブラムシも世代数は増加すると予測されている（図 5-27、図 5-28、図 5-29）。ただし、作物が害虫に抵抗力のあるステージに有れば、影響は生じないことが予想されるため、世代数の増加が必ずしも作物への影響につながるわけではない。（文献 5-1-8）

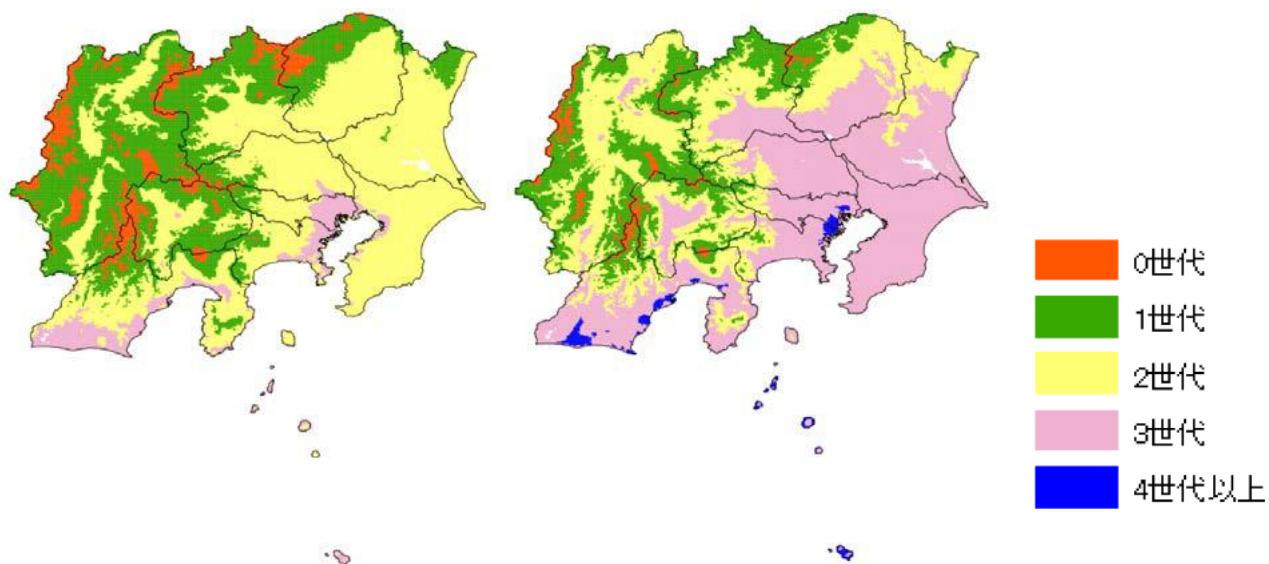


図 5-27 ニカメイガの世代数（関東地域）
（左図：1981-2000 年、右図：2046-2055 年 RCP8.5）

（出典：文献 5-1-8）

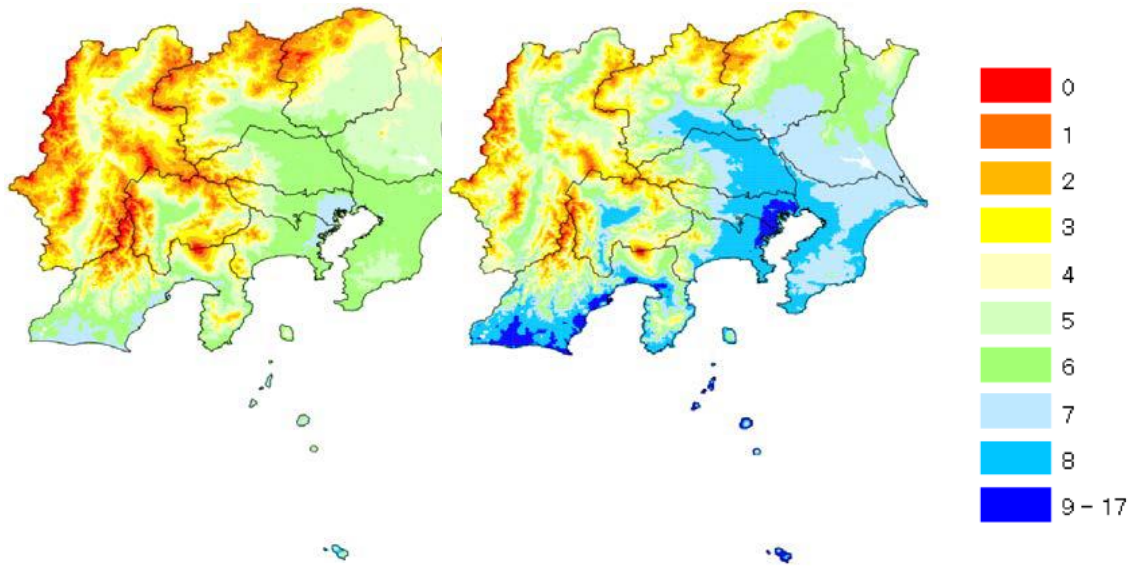


図 5-28 ヒメトビウカの世代数（関東地域）
 (左図：1981-2000年、右図：2046-2055年 RCP8.5)

(出典：文献5-1-8)

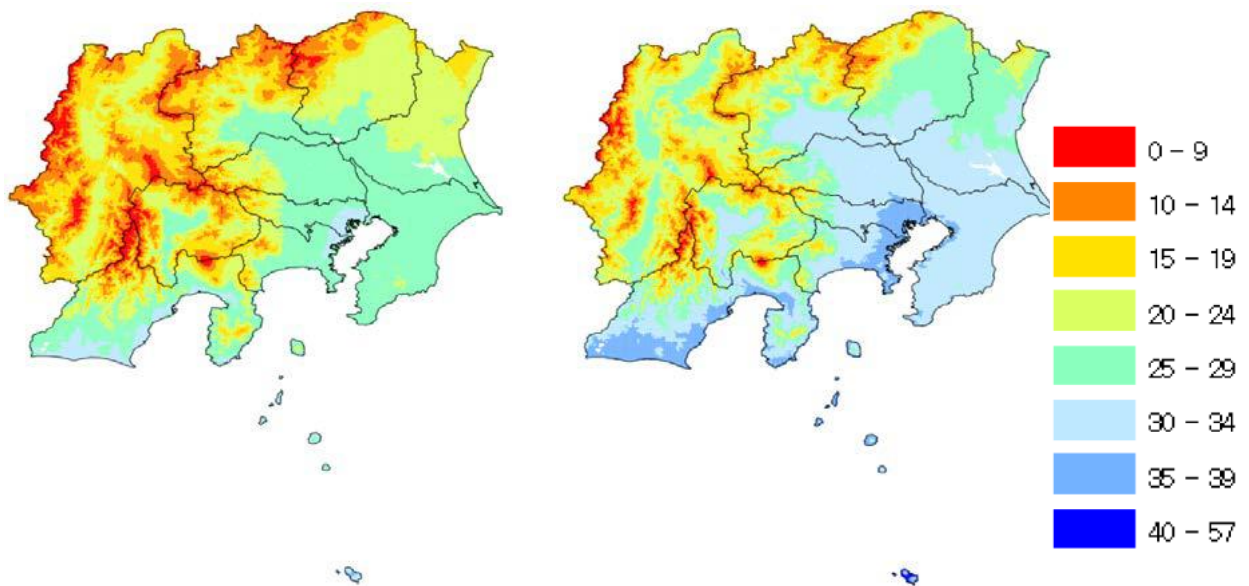


図 5-29 モモアカアブラムシの世代数（関東地域）
 (左図：1981-2000年、右図：2046-2055年 RCP8.5)

(出典：文献5-1-8)

⑦農業生産基盤

➤ 現在

- ・ 全国では、年降水量の10年移動変動係数をとると、移動平均は年々大きくなり、南に向かうほど増加傾向は大きくなっている。
- ・ 全国のため池管理では、少雨（少雪）の頻度が増加したことにより、貯水量が十分に回復しなかった、受益地で用水不足が生じたといった問題が発生している。
- ・ コメの品質低下などの高温障害が見られており、その対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等、水資源の利用方法に影響が生じている。

➤ 将来

- ・ 全国では、気温上昇により融雪流出量が減少し、用水路等の農業水利施設における取水に影響を与えることが予測されている。
- ・ 降雨強度の増加による洪水の農業生産基盤への影響については、低標高の水田で湛水時間が長くなることで農地被害のリスクが増加することが予測されている。
- ・ 全国を対象として、気候変動による中長期的な降水変化がため池に及ぼす影響を分析した結果、大雨注意報の発表回数が21世紀末に増加するため、ため池管理にかかる労力が増加すると予測されている。
- ・ 21世紀末では大雨時のため池水位が設定された洪水位を超過する可能性が増加すると予測されている。
- ・ 県内では、代かき期に利用可能な水量の減少、豪雨時の日流量の増加が予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

環境省によると、農業生産基盤に影響を及ぼしうる降水量の変動について、1901～2000年の最大3日連続降雨量の解析では、短期間にまとめて強く降る傾向が増加している。また、年降水量の10年移動変動係数をとると、移動平均は年々大きくなり³²、南に向かうほど増加傾向は大きくなっている。コメの品質低下等の高温障害も見られており、その対応として田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等、水資源の利用方法に影響が生じている。（文献5-1-1）

農林水産省によると、自治体へのアンケートの結果、豪雨による農地・農業施設への影響や、渇水、冬期の積雪量の減少による農業用水の減少とそれに伴う取水制限等が報告されている。（文献5-1-8）

また、全国約1,500のため池管理者への調査では、少雨（少雪）の頻度が増加したことによる影響として、約1割の管理者が「初夏から梅雨にかけて雨が少なく、貯水量が十分回復しなかった」、「受益地で用水不足が生じた（通常の水利用ができなかった）」と回答した。2012年に実施された全国56の排水機場管理者への調査では、最近5年間の大雨・洪水による影響や被害の程度について10年前との比較を質問したところ、約7割の管理者が「年間のポンプ運転時間が増加」したと回答している。

また、高温による水稻の品質低下などの影響が発生しており、その対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑が、実施されるなど、水資源の利用方法に影響が生じている。また、水温に関する影響の調査も行われている。（文献5-1-1）

³² ここでは多雨年と渇水年が頻繁にかつ大きな強度で起こることを意味する。

【栃木県または関東・東日本】

栃木県について詳しく見た既存知見は、見当たらない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

将来の渇水と洪水が全国の農業水利用に及ぼす影響について評価した研究では、今世紀末の代かき期において北日本（東北、北陸地域）では、RCP2.6 シナリオでも利用可能な水量が減少し、RCP8.5 シナリオではこれらに加えて西日本（近畿、中国地域）や北海道でも利用可能な水量が減少すると予測されている。一方、梅雨期や台風期にあたる6～10月では、全国的に洪水リスクの増加が報告されている。また、積雪メッシュデータの現在と将来を比較した研究では、日本全国で積雪メッシュ数が50%減少するとされており、融雪の早期化や融雪水の減少により、ダム流域の融雪流入量が減少し、農業用水に大きな影響を与える可能性があるとしている。加えて、代かき期など水の需要期に河川流量が減少し、従来の水利用パターンとのミスマッチが発生するとの報告もある。

一方、降雨強度の増加による洪水の農業生産基盤への影響については、大雨の増加と排水の解析とを踏まえた予測において、低標高の水田で湛水時間が長くなることで、農地被害のリスクが増加すると予測され、さらに、極端な降雨の頻度や強度の増加に伴う地すべり等の斜面災害の多発による農地への影響等も懸念されている。

そのほか、全国を対象として、気候変動による中長期的な降水変化がため池に及ぼす影響を分析した事例において、現在から21世紀半ば、21世紀末にかけて大雨注意報の発表回数が大きく増加し、RCP2.6 シナリオでも21世紀末には現在よりも増加するため、ため池管理にかかる労力が増加すると予測されている。また、ため池簡易解析モデルを用いて、大雨時のため池水位が設定された洪水位を超過する可能性について評価した結果、RCP2.6 シナリオでは今世紀半ばに洪水位超過可能性が減少する地域が多いものの、21世紀末にはRCP2.6 シナリオでも増加し、RCP8.5 シナリオで増加率が大きくなると予測された。（文献 5-1-1）

国の気候変動影響に関するレポートによると、地域の自然条件、農業水利用の多様性を考慮し、全国を対象に農業水利用に対する気候変動の影響を評価した研究によれば、代かき期の北日本（東北、北陸地域）で利用可能な水量は減少すると予測されている。また、梅雨期や台風期にあたる6～10月では、全国的に洪水リスクが増加することが予測されている。（文献 5-1-14）

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、代かき期に利用可能な水量の減少、豪雨時の日流量の増加が予測されている（図 5-30）。



図 5-30 農業水利に対する全国影響評価マップ³³
(RCP4.5、1981～2000年から2081～2100年の変化率)

(文献 5-1-14)

³³ 気候シナリオには5つのGCM（地球気候システムの数値モデル）から出力された、11通りのシナリオを用いている。変化率＝将来の河川流量／現在の河川流量。10年確率渇水流量は、稲の各生育期間における半旬（5日）単位の移動平均流量を求め、その年最小値を20年間分抽出し、小さいほうから2番目の値を10年確率値としている。一方、洪水の指標は、梅雨期や台風期等に発生する豪雨に伴う洪水に絞るため、6～10月の日流量から10年確率日流量を算出。

(2) 林業

①木材生産(人工林等)

➤ 現在

- ・ 全国では、一部の地域でスギの衰退現象が報告されており、その要因に大気乾燥化による水ストレスの増大を挙げる研究報告例もある。
- ・ マツ材線虫病被害の危険度が高くなることや、マツ材線虫病の被害の分布北限が拡大していることが報告されている。
- ・ 林木が過密な状態で成長した場合や、強雨によって土壌へ大量の水が供給された場合に、強風に対する力学的抵抗性が減少することが示されている。
- ・ 県内では、関東地方のスギ衰退の現状を把握した研究により、栃木県南部を含む関東平野の北西方向にやや衰退が進んでいる地域があるものの、水分状況などの他の要因との関係は明らかではない。

➤ 将来

- ・ 全国では、気温上昇に伴う蒸散量の増加により、特に降水量の少ない地域でスギ林の脆弱性が増加する可能性が指摘されている。
- ・ 気温の上昇は、病害虫の分布の拡大や害虫の発生世代数の増加を生じさせ、人工林への被害が拡大することが想定される。
- ・ 高齢林化が進むスギ・ヒノキ人工林における風害の増加が懸念される。
- ・ 県内では、雨量係数を指標としたスギ林の生育適域の研究事例では、2046～2055年においてスギ林の衰退が顕著に発生する可能性が高い地域は見られない。土壌保水力・蒸散降水比とスギの育成適地に関する研究によると、2081～2100年には関東平野で生育不適となる地域が拡大する等の予測結果もある。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

一部の地域でスギの衰退現象が報告されており、その要因に大気乾燥化による水ストレスの増大を挙げる研究報告例もある。ただし、大気乾燥化あるいはそれによる水ストレスの増大が気候変動による気温の上昇あるいは降水量の減少によって生じているか明確な証拠はない。スギの衰退と土壌の乾燥しやすさとの関連も明らかではない。また、現時点で台風強度の増加によって、人工林における風害が増加しているかについては、研究事例が限定的であり、明らかでない。

気温が高いとマツ材線虫病被害の危険度が高くなることや、マツ材線虫病の分布北限地で被害の分布北限が拡大していることが報告されている。ただし、気温以外の要因もマツ材線虫病被害に影響を与えらるので慎重な検証が必要である。(文献 5-1-1)

農林水産省によると、自治体へのアンケートの結果、スギ林への影響としては、鳥獣害の増加、冠雪害の発生、結実時期の早期化、土砂災害の多発等が報告されている。(文献 5-1-8)

北海道中央部の針葉樹人工林で生じた風倒被害では、樹形と風倒抵抗性に関係があること、静岡県で生じたヒノキ人工林の風害では、樹冠面積と胸高直径との比と個体の耐風性との間に関係があることが報告されている。また、台風の強雨を再現してヒノキの風に対する力学抵抗性を調べた実験では、土壌に急速に供給される水はヒノキの根返り抵抗性を減少させることが示されている。(文献 5-1-1)

【栃木県または関東】

関東平野においては、2000年から2002年における関東地方のスギ衰退の現状を把握した研

究により、栃木県南部を含む関東平野の北西方向にやや衰退が進んでいる地域があり、大気汚染の影響が一部示されたものの、水分状況などの他の要因との関係は明らかではない。(文献 5-1-15)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

温暖化・乾燥化によるスギの衰退について、気温が現在より 3℃上昇すると、蒸散量が増加し、特に降水量の少ない地域でスギ人工林の脆弱性が増加する可能性を指摘する研究事例がある。

病害虫の影響について、マツ材線虫病発生危険域、トドマツオオアブラムシによる被害、南根腐れ病菌の分布が拡大すると予測する研究事例がある。また、ヤツバキクイムシの世代数増加によりトウヒ類の枯損被害が増加するとの研究事例、スギカミキリの世代数増加を予測する研究事例がある。

また、風害について、若齢林よりも高齢林で台風による風害が発生しやすく、樹高の高い林分ほど風害が発生しやすいという研究があり、温暖化により強い台風が増加する可能性があるという中長期の予測と合わせて考えると、高齢林化が進んでいるスギ・ヒノキ人工林の風害の増加が懸念される。ただし、台風による風害の発生についてのデータの蓄積が十分でなく、林分の過密化による形状比の増加の影響等の森林管理の有り様も踏まえた上で、人工林の風害リスクを正確に予測するため今後さらに研究を進めていく必要がある。(文献 5-1-1)

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、雨量係数 (RI = 降水量 / 気温)³⁴ を指標としたスギ林の生育適域の研究事例では、2046～2055 年においてスギ林の衰退が顕著に発生する可能性が高い地域は見られない (図 5-31)。(文献 5-1-8)

しかし、土壌保水力・蒸散降水比とスギの育成適地に関する研究によると、2081～2100 年には関東平野で生育不適となる地域が拡大する等の予測結果もある。(文献 5-1-16)

³⁴ RI が 110 を下回る地域はスギ林の成長量の低下や衰退が発生する可能性が高くなり、RI が 80 を下回る地域はスギ林の衰退が顕著に発生する可能性が高い。

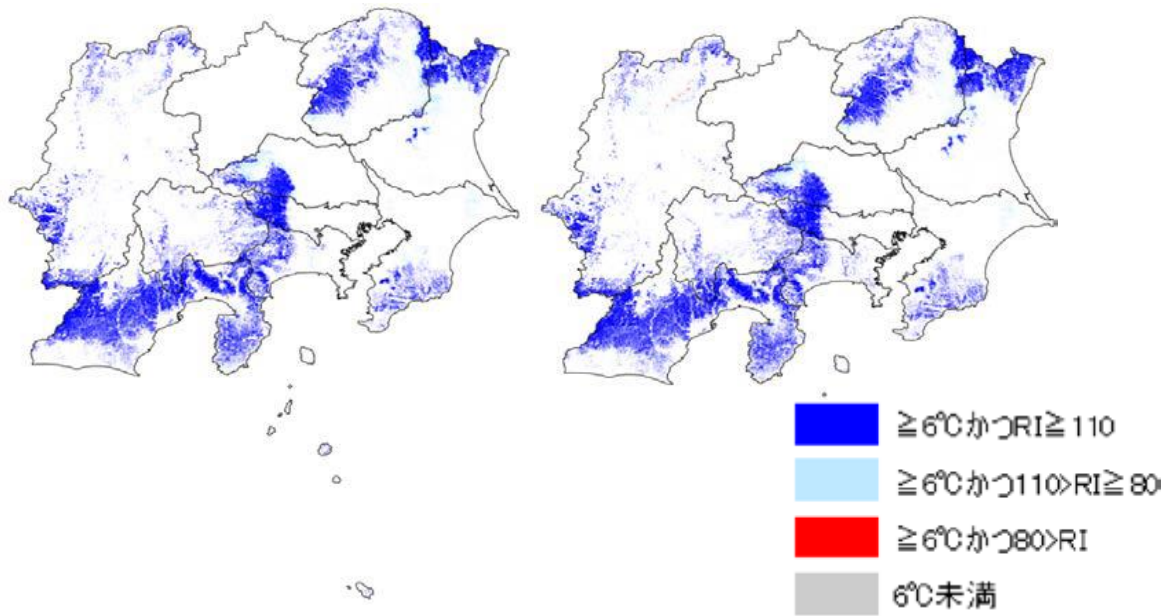


図 5-31 スギ林の生育適域（関東地域：現在スギが生育している地点のみを対象）
（左図：1981-2000年 右図：2046-2055年 RCP8.5）

（出典：文献5-1-8）

②特用林産物(きのこ類等)

➤ 現在

- ・ 全国では、夏場の高温が、ヒポクレア菌によるシイタケ栽培への被害を助長する要因となっている可能性が報告されている。
- ・ ヒポクレア属菌が九州地域のシイタケ原木栽培の生産地で被害を与えるようになってきたことが報告されており、さらにこれまで被害のなかった千葉県、茨城県などでも被害が報告されている。
- ・ 県内では、現時点で既存知見は見当たらない。

➤ 将来

- ・ 夏季の気温の上昇は、原木栽培のシイタケの子実体（きのこ）発生量を減少させることが想定される。
- ・ 気温の上昇は、シイタケ原木栽培の害虫の発生早期化、年間世代数の増加を通じて、シイタケの害虫被害を増加させることが想定される。
- ・ 県内では、既存知見は見当たらない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

シイタケほだ場での分離頻度が高くシイタケ菌糸への侵害力が高いことが確認されているシイタケ病原体の *Trichoderma harzianum*（トリコデルマ・ハルチアナム）は、高い温度環境で被害が大きくなることが確認されつつある。

夏場の高温がヒポクレア菌による被害を大きくしている可能性があるとの報告がある。

ヒポクレア属菌が九州地域のシイタケ原木栽培の生産地で被害を与えるようになってきたことが報告されており、さらにこれまで被害のなかった千葉県、茨城県などでも被害が報告されている。（文献 5-1-1）

なお、シイタケの栽培において、夏場の気温上昇と病原菌の発生やシイタケの子実体（きのこ）の発生量の減少等との関係を指摘する報告がなされているが、データの蓄積が十分でなく、今後さらに研究を進める必要があるとの指摘もある。（文献 5-1-14）

【栃木県または関東】

千葉県、茨城県の被害ほだ木から分離した、ヒポクレア属菌の遺伝型と九州地域の被害現場から分離された菌の遺伝型が一致したことから、九州地域で発生していた系統が侵入した可能性が示唆された。（文献 5-1-1）

<2. 将来予測される事象>

【全国】

シイタケの原木栽培において、夏場の気温と病害菌の発生あるいは子実体発生量の減少との関連が指摘されており、温暖化によるシイタケ原木栽培の生産量の低下が懸念される。一方で、冬場の気温の上昇がシイタケ原木栽培へ及ぼす影響については、現時点で明らかになっていない。

また、原木栽培のシイタケの害虫であるナカモンナミキコバエの出現時期の早まりや、ムラサキアツバの発生回数の増加を予測する研究事例がある。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

栃木県における既存知見は見当たらない。

(3) 水産業

①回遊性魚介類(魚類等の生態)

➤ 現在

- ・ 全国では、アユ資源及びアユ漁獲量が減少傾向にあり、一部地域における研究では冬季の水温上昇が遡上数の減少要因となる報告もある。
- ・ 県内では、那珂川のアユ遡上群数及び遡上日に明確な変化傾向は見られない。

➤ 将来

- ・ 全国では、21 世紀末頃において、海洋と河川の水温上昇によるアユの遡上時期の早まりや遡上数の減少が予測されている。
- ・ 県内では、既存知見は見当たらない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

国の気候変動影響に関するレポートによると、国内のアユ資源は近年減少傾向にあり、海産稚アユの採捕量、河川産アユの採捕量は 1970～1980 年頃から急激に下降しており、アユ漁獲量についても 1992 年以降減少を続けている。(文献 5-1-14)

【栃木県または関東】

栃木県では、那珂川のアユ遡上状況について、遡上群数及び遡上日に明確な変化傾向は見られない(図 5-32)。(文献 5-1-17)

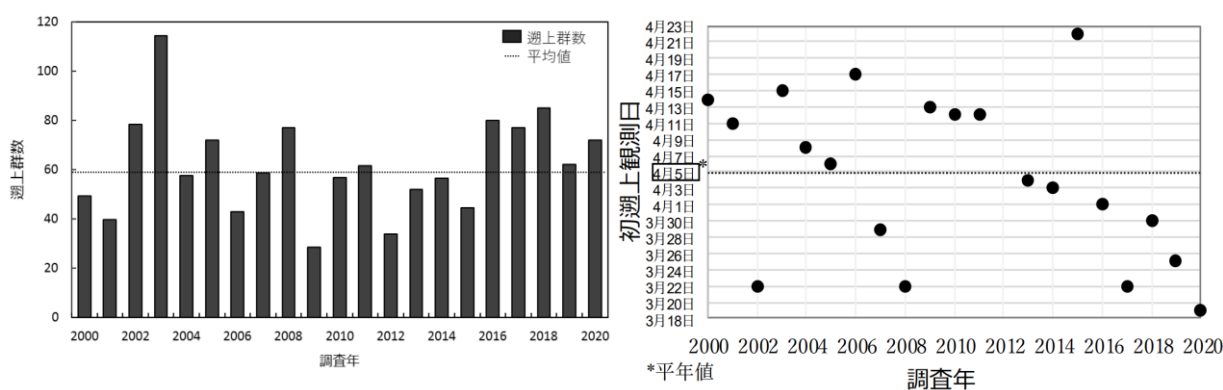


図 5-32 那珂川におけるアユ遡上日 (左) 及び遡上群数 (右) の推移

(出典：文献 5-1-17)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

21 世紀末頃において、海洋と河川の水温上昇によるアユの遡上時期の早まり、遡上数の減少が予測されている。

また、国の気候変動影響に関するレポートによると、大阪湾・淀川環境要因がアユの遡上に与える影響を検討した研究では、冬季の大阪湾の水温上昇が遡上数の減少要因となることが報告

されており、また、気候変動を考慮した淀川流域圏の流出解析・水温解析を行った結果、淀川のアユ遡上数が減少することが予測されている。(文献 5-1-14)

この他、愛知・岐阜・三重を流下する木曾三川(木曾川・長良川・揖斐川)における水温とアユの遡上時期に関する研究事例では、温暖化により 21 世紀末のアユの遡上開始時期が約 1 ヶ月早まる可能性があることが報告されている³⁵。(文献 5-1-18)

山形県五十川の下流では水温上昇によるサクラマス³⁶の越夏適期の短縮が予測されている。(文献 5-1-1)

【栃木県または関東】

栃木県における既存知見は見当たらない。

³⁵ 2004 年のアユ遡上時期から推定した 1 事例だけの結果であること、及び、アユの遡上時期は水温以外の要因にも関連することに留意する必要がある。

②増養殖等

➤ 現在

- ・ 全国では、内水面の漁業生産量や養殖生産量は昭和後期をピークに減少傾向であるが、気候変動との関係性は示されていない。
- ・ 県内では、既存知見は見当たらない。

➤ 将来

- ・ 全国では、高水温によるワカサギの漁獲量減少が予想されている。
- ・ 県内では、既存知見は見当たらない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

環境省において、気候変動と内水面の増養殖の関係性に関する既存知見は確認されていない。また、水産庁によると、全国における内水面の漁業生産量や養殖生産量は昭和後期をピークに減少傾向であるが、気候変動との関係性は示されていない（図 5-33）。

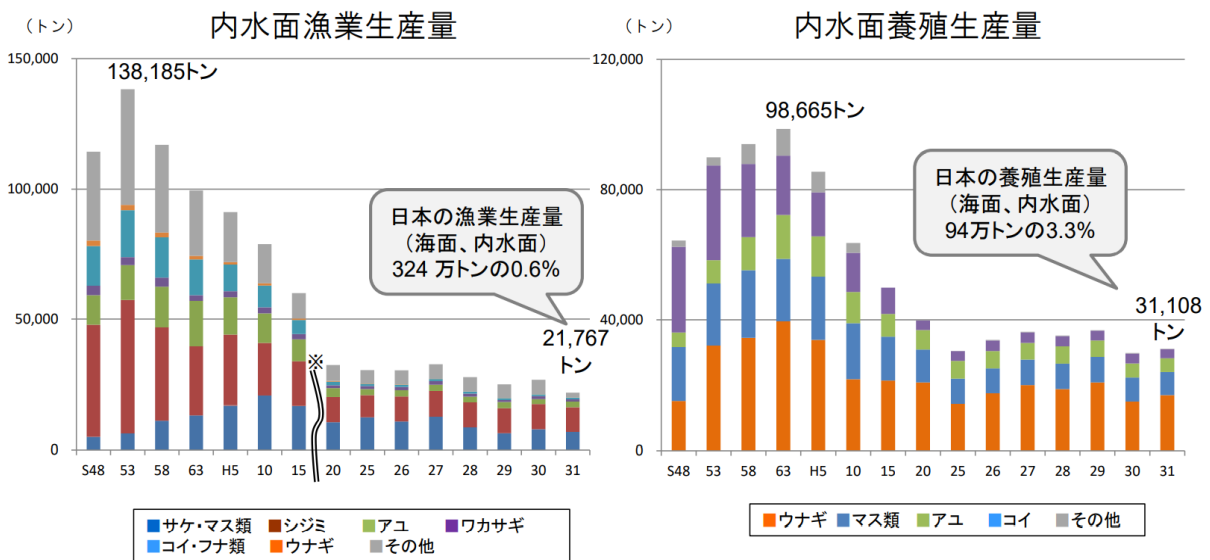


図 5-33 内水面漁業生産量（左）及び内水面養殖生産量（右）の推移

（出典：（文献 5-1-19）

【栃木県または関東】

茨城県の霞ヶ浦で高温によるワカサギのへい死が報告されている。（文献 5-1-1）
栃木県における既存知見は見当たらない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

内水面では湖沼におけるワカサギの高水温による漁獲量減少が予想されている。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

栃木県における既存知見は見当たらない。

5.1.2 水環境・水資源

水環境・水資源分野について、国の気候変動影響評価報告書に示されている項目のうち、本県に関連が深いものとして、湖沼・ダム湖、河川の「水環境」、水供給、水需要の「水資源」への影響について整理した。

(1) 水環境

①湖沼・ダム湖

- 現在
 - ・ 全国では、気温の上昇により、湖沼等の水温の上昇が確認されている。
 - ・ 関東地域でも、手賀沼、霞ヶ浦において夏季・冬季ともに1℃以上の水温上昇が認められる。
 - ・ 水温上昇に伴う水質変化も指摘されている。
- 将来
 - ・ 全国では、水温上昇等に伴い富栄養湖に分類されるダムの増加が予測されている。
 - ・ 大雨事象の頻度増加による、将来の流入量の増加に伴うSSの増加によって、濁水の放流が長期化することが予測されている。
 - ・ 県内では、川治ダムの例では、水温上昇等に伴い21世紀末にかけて水質が悪化するとの予測がある。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

全国の湖沼における1981～2007年度の水温変化を調べたところ、265観測点のうち、夏季は76%、冬季は94%で水温の上昇傾向が確認されている。

また、水温の上昇に伴う水質の変化が指摘されているが、水温の変化は、現時点において必ずしも気候変動の影響と断定できるわけではないとの研究報告もある。

一方で、年平均気温が10℃を超えるとアオコの発生確率が高くなる傾向や、水道水源ダム貯水池において、カビ臭産生植物プランクトンの異常増殖により異臭味被害が発生しているなど、水道水源の生物障害が近年北上しているとの事例も報告されており、長期的なデータに基づく解析が今後必要であるものの、温暖化による影響の顕在化が懸念されている。(文献5-2-1)

【栃木県または関東】

関東地域でも、千葉県の手賀沼、茨城県の霞ヶ浦において夏季・冬季ともに1℃以上の水温上昇が認められる。(文献5-2-2)

茨城県の霞ヶ浦で約30年間の気温と水質変化の傾向を解析した結果によれば、水温の上昇に対して、霞ヶ浦ではCODが増加傾向、DOが減少傾向を示した。(文献5-2-2)

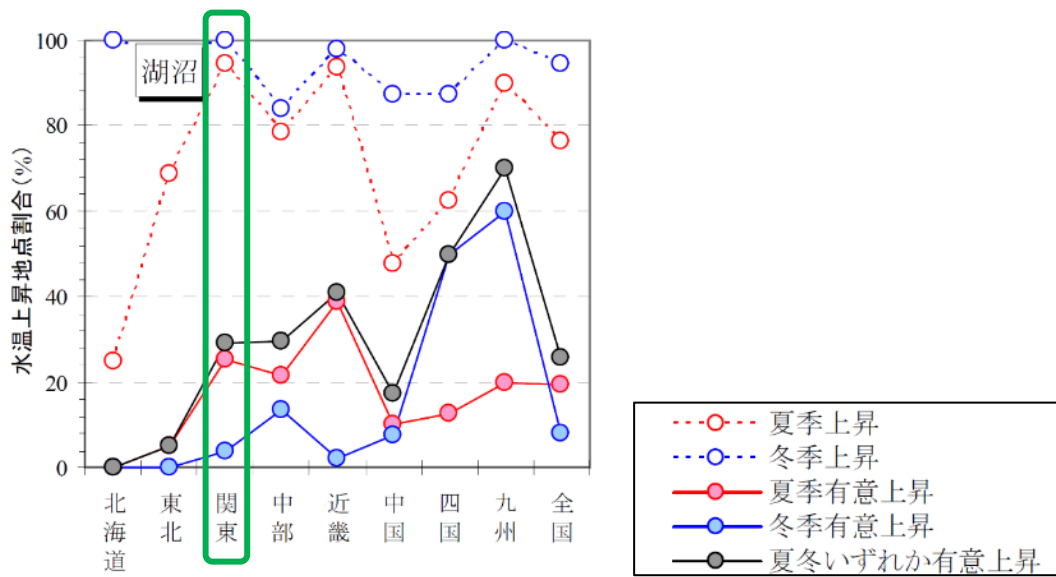


図 5-34 湖沼における水温上昇地点の割合（地域別）

(出典：文献 5-2-2)

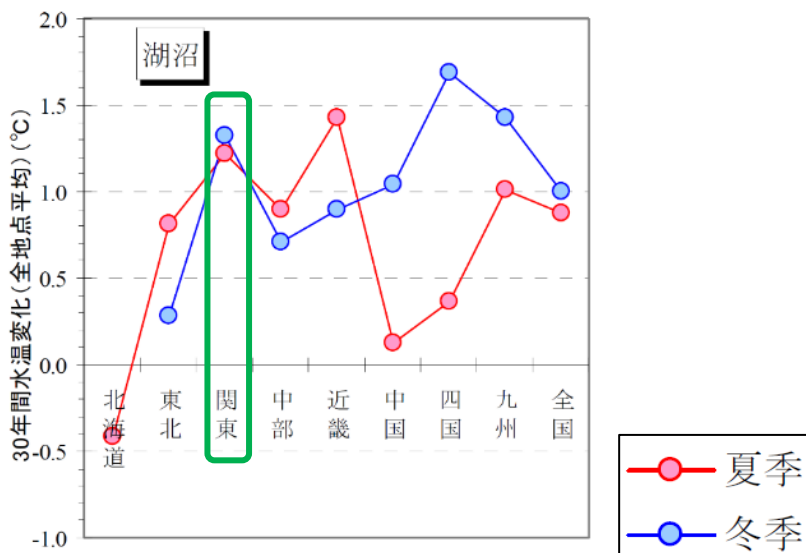


図 5-35 湖沼における過去 30 年間の平均水温変化（地域別）

(出典：文献 5-2-2)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

国内 37 のダムのうち、富栄養湖に分類されるダムが 2100 年代で増加し、特に東日本での増加数が多くなる予測例がある。RCP8.5 シナリオで適応策（曝気循環施設の設置）が未導入の場合、東日本では、2010 年代～2050 年代にかけてクロロフィル a³⁶濃度が 1.3 倍に増加するが、2050 年代～2100 年代では 1.4 倍程度増加する予測結果となった。富栄養湖と判定されるダム貯水池の数においては、東日本で適応策を導入していない場合、富栄養と判定されるダム貯水池の数は 2010 年代ではわずか 3 箇所であるが、2100 年代になると、RCP8.5 では 12 箇所までにまで増加し、西日本の増加数より多いことが予測されている。

東北地方にあるダムを対象にした研究では、将来の流入量の増加に伴う SS の増加によって、濁水の放流が長期化することが予測されている。ただし、気温上昇及び日射量増加が貯水池内濁水現象に与える影響は、年間湖水回転率の大小によって異なる可能性も示唆されている。

秋田県の八郎湖においては、水温変化に伴う変化としては、夏季にピークを迎える植物プランクトンの増殖が、水温上昇に伴い早期化すると予測されている。また、主に出水時の流入負荷量の増加により、夏季の植物プランクトンのピーク値が増加すると予測されている。（文献 5-2-1）

【栃木県または関東】

千葉県印旛沼の水質に与える影響を調査した結果によると、RCP8.5 シナリオにおいて、沼内では、水温の上昇に伴い、アオコ発生の原因となる藍藻類の優占する期間が、現在から 21 世紀末にかけて、約 2 ヶ月長くなる可能性があり、アオコが問題となる期間が長期化する可能性があることが示唆されている。（文献 5-2-1）

栃木県内では、鬼怒川上流部にある川治ダムの例では、RCP8.5 の 21 世紀末(2081～2100 年)では水温上昇等に伴いクロロフィル a 濃度が約 2 倍になる可能性があるとして予測されている³⁷ (図 5-36)。

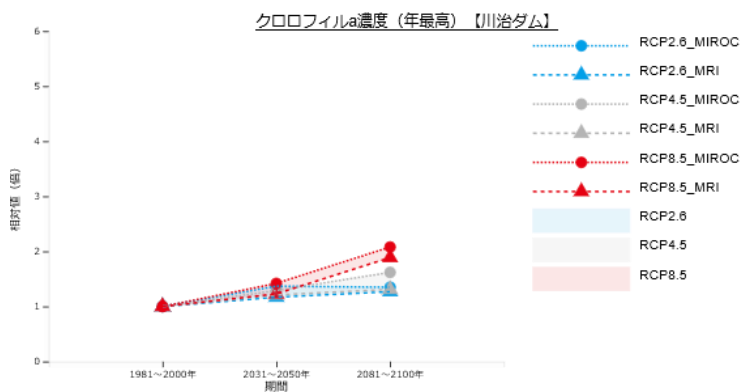


図 5-36 川治ダムにおけるクロロフィル a 濃度の将来予測

出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>) 2022 年 2 月 7 日利用

³⁶ 植物の光合成において基本的な役割をしているクロロフィル (葉緑素) の一つ。植物プランクトンに含まれる。陸から排出される窒素、リン等を栄養とし、繁殖することから水質汚濁の目安として使われる。(環日本海海洋環境ウォッチー環境省・NPEC/CEARAC- (2019 年 10 月 16 日閲覧))

³⁷ 表層水温、表層水温勾配及び総リン濃度 (実測値) を用いてクロロフィル a 濃度を推定する回帰式を用いて影響評価を実施している。

②河川

➤ 現在

- ・ 全国では、公共用水域（河川）の大部分で水温上昇が確認されており、水温上昇に伴う水質変化も指摘されている。
- ・ 短期集中降雨の増加、大雨間隔の短期化等により土砂の流出量の増加が報告されている。
- ・ 関東地域でも、夏季・冬季ともに1℃以上の水温上昇が認められる。

➤ 将来

- ・ 全国では、浮遊砂量の増加のほか、水温上昇によるDO（溶存酸素）の低下、微生物による有機物分解反応や硝化反応の促進、藻類の増加による異臭味の増加等が予測されている。
- ・ 県内では、既存知見は見当たらない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

全国の河川の1981～2007年度の水温変化を調べたところ、3,121観測点のうち、夏季は73%、冬季は77%で水温の上昇傾向が確認されている。

岐阜県及び三重県を流下する長良川においては、短期集中降雨の増加、大雨間隔の短期化等により土砂流出量が増加することも報告されている。

雨天時に大量の雨水と共に汚水が未処理のまま公共用水域に放流される合流式下水道越流水が発生することが問題となり、放流先水域の公衆衛生、生態系、景観への影響が懸念されている。

（文献 5-2-1）

【栃木県または関東】

環境省によると、関東地域では、夏季・冬季とも8割程度の地点で水温の上昇傾向が確認されており（図 5-37）、夏季・冬季ともに1℃以上の水温上昇が認められる（図 5-38）。（文献 5-2-2）

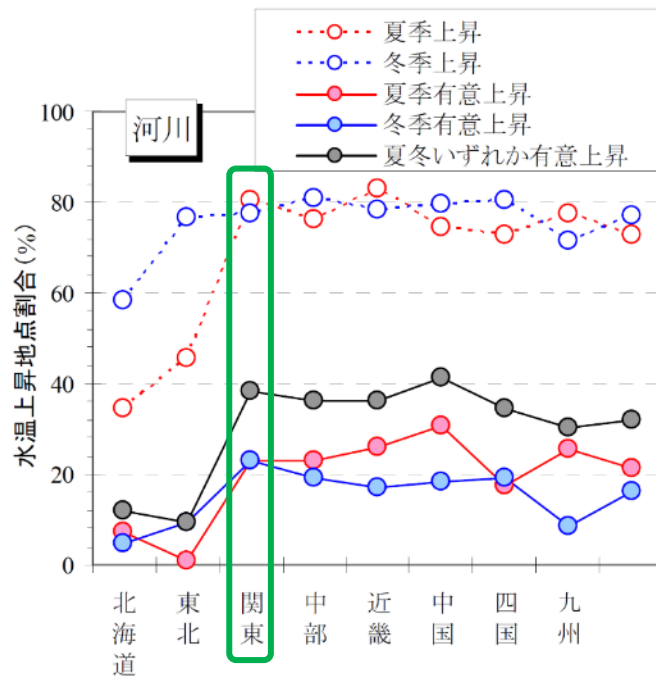


図 5-37 河川における水温上昇地点の割合 (地域別)

(出典：文献 5-2-2)

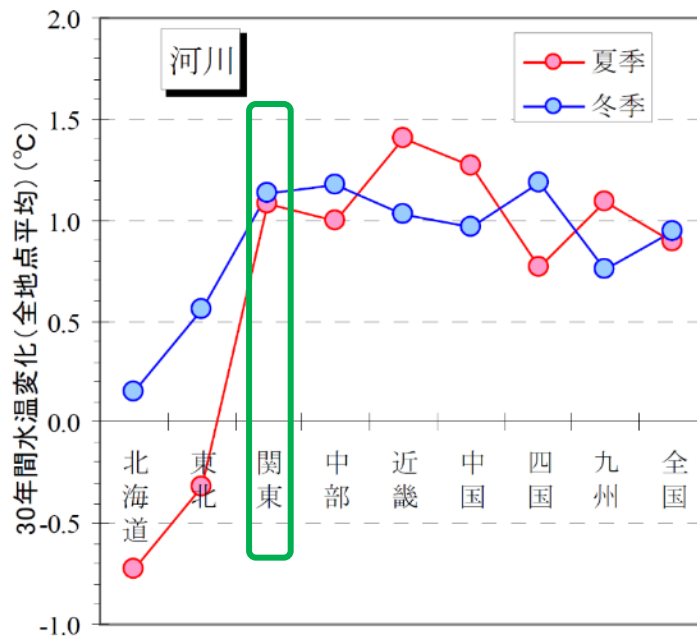


図 5-38 河川における過去 30 年間の平均水温変化 (地域別)

(出典：文献 5-2-2)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

2090年までに日本全国で浮遊砂量が8~24%増加することや、強い台風の増加により9月に最も浮遊砂量が増加すること、8月の降水量が5~75%増加すると河川流量が1~20%変化し、1~30%土砂生産量が増加することなどが予測されている(図5-39)。また、水温の上昇によるDO(溶存酸素)の低下、溶存酸素消費を伴った微生物による有機物分解反応や硝化反応の促進、藻類の増加による異臭味の増加等も予測されている。(文献5-2-1, 5-2-3)

【栃木県または関東】

県内では、既存知見は見当たらない。

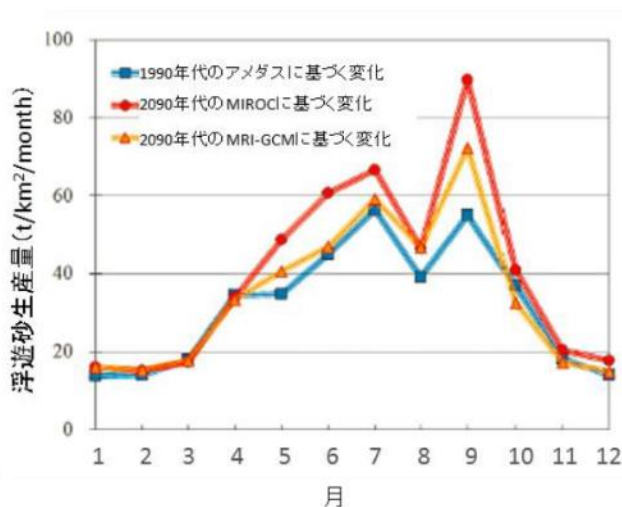


図 5-39 全国の一級河川におけるSS(浮遊砂)生産量の月別変化の予測

(出典:文献5-2-3)

(2) 水資源

①水供給（地表水）

➤ 現在

- ・ 全国では、無降雨・少雨が続くこと等により渇水が発生し、給水制限が実施される事例が確認されている。
- ・ 県内では、無降雨・少雨等の影響により渇水対策本部が設置されるものの、都市用水の減断水は確認されていない。

➤ 将来

- ・ 全国では、北日本と中部山地以外では渇水の深刻化が予測されている。
- ・ 県内では、河川流況について、現状との大きな変化は予測されていない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

環境省によると、年降水量の年ごとの変動が大きくなっており、無降雨・少雨が続くこと等により、日本各地で渇水が発生し、給水制限が実施されている。

また、高山帯の融雪時期も時期が早くなる傾向があるが、流域により年変動が大きい。特に、多雪地域である北陸では、流域の標高が高い河川ほど長期的な温暖化に伴う融雪流出の早期化トレンドが顕著であることが示されている。冬季の気温上昇は、日本アルプスや中部における融雪を促進させ、阿賀野川流域では、冬季の融雪量が増加したことにより4月の積雪水当量が減少したことも報告されている。石川県の手取川流域では、地球温暖化により降雪現象が減少した場合、特に早春における灌漑用水が不足することが示唆されている。（文献 5-2-1）

【栃木県または関東】

国土交通省によると、近県では1988～2017年の30年間で渇水による上水道の減断水が発生している（図 5-40）。（文献 5-2-4）

栃木県では、無降雨・少雨等の影響により渇水対策本部が設置されるものの、都市用水の減断水は確認されていない。

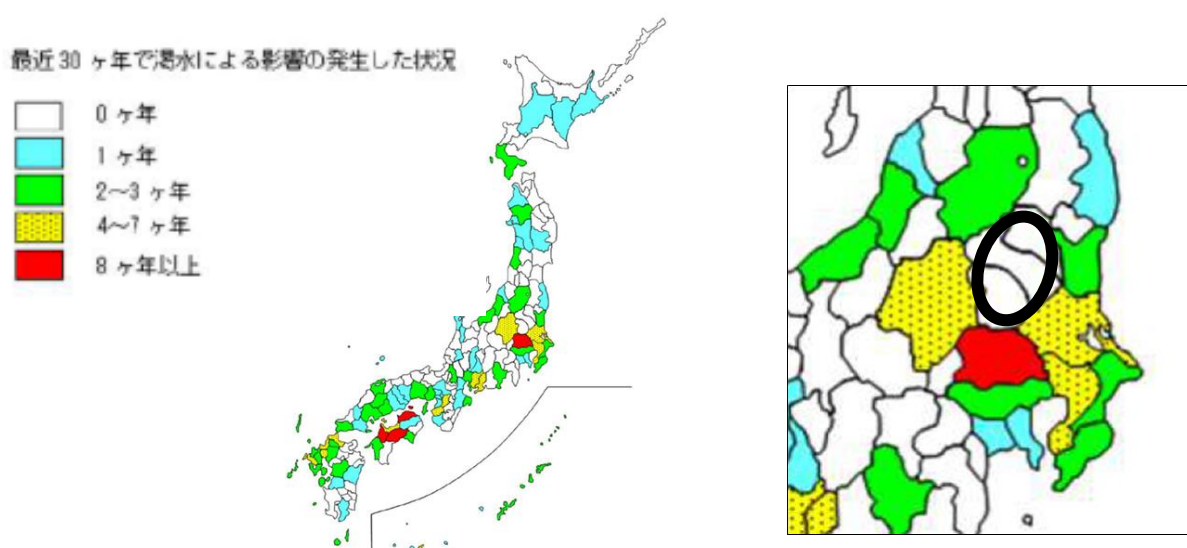


図 5-40 1988～2017年における渇水による上水道の減断水発生状況

（出典：文献 5-2-4）

<2. 将来予測される事象>

【全国】

環境省によると、北日本と中部山地以外では近未来（2015～2039年）から渇水の深刻化が予測されている。また、融雪時期の早期化による需要期の河川流量の減少、これに伴う水の需要と供給のミスマッチが生じると、水道水、農業用水、工業用水等の多くの分野に影響を与える可能性があり、社会経済的影響が大きい。（文献 5-2-1）

国の気候変動影響に関するレポートによると、全国の河川流況の将来変化を評価した研究事例において、日本海側北部の多雪地帯に位置する河川では、21世紀末の河川流量は、12～3月で流量増加、4～5月では流量減少が予測されている。また、このような河川流量の季節性の変化度合いを見ると、日本海側の多雪地帯において河川流況が大きく変化することが予測されている（図 5-41）。（文献 5-2-3）

日本における水需要量と水供給可能量の関係を推計した研究では、2050年において関東圏や大阪府で水需給ギャップが著しく、水需要量が水供給可能量を超過することが分かった。その一方で、水需要量を将来推定値とした場合では、2081～2100年における全国の88水共同域で渇水リスクが増大する地域の数が増減することを示唆している研究もある。（文献 5-2-1）

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見ると、現在と将来を比較した際の Nash 係数は、適合性が高いとされる 0.7 以上であり、現在の河川流況との大きな変化は予測されていないと言える。（図 5-41）。（文献 5-2-4）

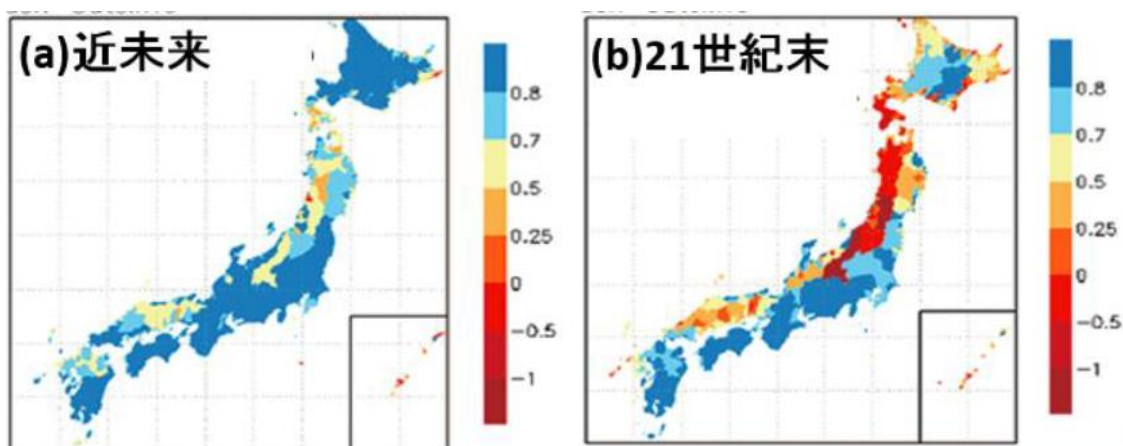


図 5-41 気候変動に伴う日本の河川流況³⁸

（出典：文献 5-2-4）

³⁸ 近未来・21世紀末と現在気候の月流量気候値から算出した Nash 係数を示す図。Nash 係数は水文モデルの適合性を示す指標として用いられる。本研究は、現在と予測を比較することで、流量季節性の変化度合いを Nash 係数として反映。Nash 係数が小さいほど、河川流況が大きく変化することを意味する。

②水供給（地下水）

- 現在
 - ・ 全国では、気候変動に伴う地下水位の変化の現状について、現時点で具体的な研究事例は確認されていない。
 - ・ 県内では、地下水位の観測結果によると、41井のうち17井が観測開始から低下している。
- 将来
 - ・ 全国では、気候変動に伴う地下水位の変化について、特定の地域を対象にした研究事例があり、その事例では、21世紀では雨量及び融雪量、地下水浸透量の変化が予想され、地下水資源を活用する地域への影響が懸念されている。
 - ・ 県内では、既存知見は見当たらない。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

地下水利用に関しては、渇水に伴う水利用可能量減少の結果、地下水を利用している地域における地下水揚水量の増加が生じ、さらにそれによって地盤沈下が引き起こされる可能性がある。（文献 5-2-1）

【栃木県または関東】

関東平野北部でも、地盤沈下は沈静化傾向にあるが、過去、地下水揚水量の多かった年には沈下面積が増加している。これだけでは渇水との関係性に言及はできないが、将来気候変動により渇水が生じ、地下水揚水量の増加が生じれば、地盤沈下面積の増加という影響につながる可能性が示唆される。（文献 5-2-1）

栃木県では、地盤沈下防止対策に係る地下水位の観測結果によると、41井のうち17井が観測開始から低下している。（文献 5-2-5）

<2.将来予測される事象>

【全国】

環境省によると、気候変動による降水量や降水の時間推移の変化に伴う地下水位の変化については、一部、特定の地域を対象にした研究事例がある。

例えば、武蔵野台地を対象に RCP4.5 シナリオを用いた研究では、2013～2050 年において、適度な強度の日降水量の増加が地下水位の上昇に大きく影響していることが示されている。

また、富山県黒部川流域において、融雪時期の変化を反映して地下水資源に影響を与える指標（流域毎の降雨量及び融雪量の和、地下浸透量）は、11～4月は今より増加、5～6月は今より減少する可能性が示されており、調査対象地域では地下水資源を産業用途や消雪等の日常用途に活用しているため、地下水環境の安定化への影響が懸念される。

渇水に伴い地下水利用が増加し、地盤沈下が生じることについては、現時点で具体的な研究事例は確認されていない。（文献 5-2-1）

【栃木県または関東】

県内では、既存知見は見当たらない。

③水需要

➤ 現在

- ・ 気温上昇と水使用量の関係について、東京では、気温上昇に応じて水使用量が増加することが実績として現れているという報告がある。
- ・ 農業分野では、高温障害への対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等に伴う増加が報告されている。
- ・ 県内では、近年の上水道等の給水量は、ほぼ横ばいである。

➤ 将来

- ・ 気温の上昇によって農業用水・飲料水・冷却水等都市用水の需要の増大を予測する報告がある一方で、国内の人口の減少傾向も関係し、生活用水・工業用水の必要量が将来的に確保されることが予測されている。
- ・ 県内では、既存知見は見当たらない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

実績に基づく気温上昇程度に応じた水使用量の増加に関する研究によれば、東京では最高気温が1℃上昇すると水の使用量が0.7%増加することが報告されている。

また、農業分野での高温障害による掛け流し灌漑の実施に伴う需要増加などが報告されているほか、営農実態調査から、高温時の営農対策として取水量を増やす等、一時的に用水需要が高まる傾向がみられる。(文献 5-2-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、近年の上水道等の給水量は、水量、1人当たりの水量ともほぼ横ばいである(図 5-42)。(文献 5-2-6)

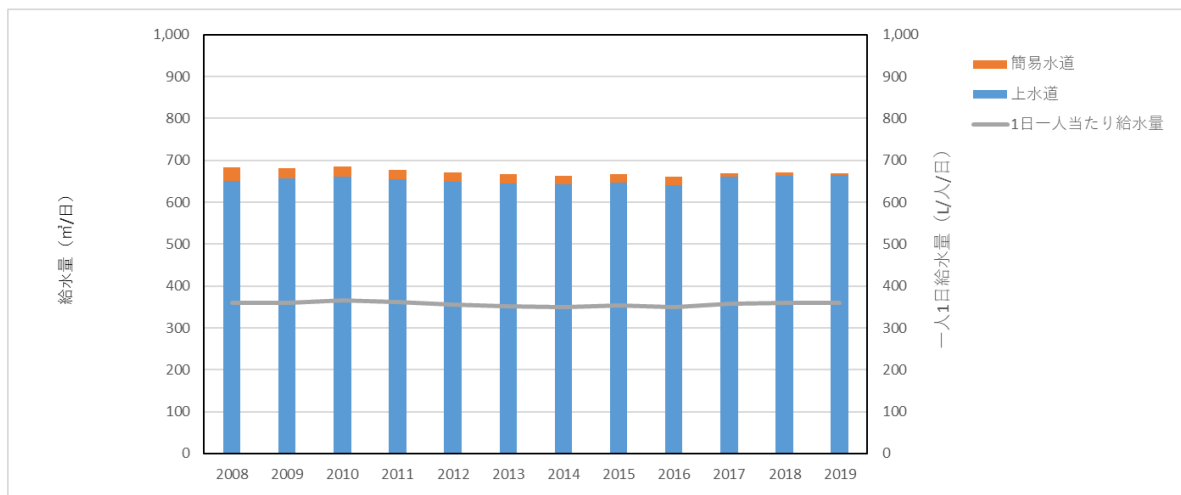


図 5-42 栃木県における給水量（上水道・簡易水道）の推移

(出典：文献 5-2-6 より作成)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

気温の上昇による飲料水・冷却水等都市用水の需要の増大を予測する報告がある。その一方で気候変動・将来の人口・経済発展を考慮して 2050 年の水供給・水需要を推定した結果においては、国内の人口の減少傾向も関係し、生活用水・工業用水の必要量が将来的に確保されることが予測されている。(文献 5-2-1)

【栃木県または関東】

県内では、既存知見は見当たらない。

5.1.3 自然生態系

自然生態系分野について、国の気候変動影響評価報告書に示されている項目のうち、本県に関連が深いものとして、高山帯・亜高山帯、自然林・二次林等の「陸域生態系」、湖沼、河川等の「淡水生態系」への影響について整理した。

(1) 陸域生態系

①高山帯・亜高山帯

- | |
|--|
| <p>➤ 現在</p> <ul style="list-style-type: none">・ 全国では、気温上昇や融雪時期の早期化等による高山帯・亜高山帯の植生分布、群落タイプ、種構成の変化が報告されている。また、高山植物の開花期の早期化と開花期間の短縮により、花粉媒介昆虫の活動時期と開花時期のずれも報告されている。・ 県内では、現時点で既存知見は見当たらない。 <p>➤ 将来</p> <ul style="list-style-type: none">・ 全国では、高山帯・亜高山帯の植物種の分布適域の変化や縮小のほか、融雪時期の早期化による高山植物の個体群の消滅や、生育期の気温上昇に伴う植生変化の進行が予測されている。・ 生育期の気温上昇と融雪時期の早期化により、高山植物群落の開花時期の早期化と開花期間の短縮化が促進され、花を利用する花粉媒介昆虫の発生時期とのずれのリスクが高まると予測されている。・ 栃木県や群馬県内では、亜高山帯針葉樹林は日光白根山の一部を除き適地の多くが消失すること、ササは日光白根山の一部を除き適地の多くが消失することが予測されている。 |
|--|

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

環境省によると、気温上昇や融雪時期の早期化等の環境変化に伴い、高山帯・亜高山帯の植生分布、群落タイプ、種構成の変化が報告されている。大規模な植生変化としては、森林帯の標高変化、高山帯におけるハイマツやチシマザサ等の分布拡大、高山帯へのイノシシやニホンジカの侵入、高山湿生植物群落の衰退が報告されている。

また、高山帯では、春の温暖化により植物群集の開花期の早期化と開花期間の短縮が起り、花粉媒介昆虫（マルハナバチ）とのフェノロジカルミスマッチ（生物季節間の相互関係の変化）が生じている。（文献 5-3-1）

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

高山帯・亜高山帯の植物種・植生、及び動物（ライチョウ）について、分布適域の変化や縮小が予測されている。例えば、ハイマツ、コメツガ、及びシラビソは 21 世紀末に分布適域の面積が現在に比べて減少することが予測されている。

亜高山帯の針葉樹種であるコメツガ及びシラビソの分布適域を全国スケールで予測した研究によれば、現状の分布適域のうちコメツガで 88%、シラビソで 97%が分布不適地となると予測されている。また、地域によっては、融雪時期の早期化により、高山植物の局所的な個体群消滅や生

育期の気温上昇により高山植物の成長が促進され、植物種間の競合状態が高まることによる種多様性の減少、低木類やチシマザサの分布拡大などの植生変化が進行すると予測されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

栃木県や群馬県内では、亜高山帯針葉樹林は日光白根山の一部を除き適地の多くが消失すること、ササは日光白根山の一部を除き適地の多くが消失することが予測されている。(文献 5-3-2)

②自然林・二次林

➤ 現在

- ・ 全国では、気候変動に伴い、各植生帯の南限・北限付近における樹木の現存量の変化が検知されており、気候変動に伴うとみられる樹種構成の変化が推察されている。
- ・ 県内では、現時点で既存知見は見当たらない。

➤ 将来

- ・ 全国では、冷温帯林の構成種の多くは、分布適域がより高緯度、高標高域へ移動し、分布適域が減少すると予測されている。また、温暖化に伴い、ブナは低標高域に分布する他の樹種に置き換えられる可能性がある。
- ・ 県内では、ハイマツ、シラビソ、ブナの潜在生育域が減少し、アカガシでは潜在生育域と非生育域が逆転する可能性が予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

全国 39 地点の長期モニタリング調査地点において、2004～2012 年における樹木の生活型別の現存量の変化を解析した研究から、相対的に急速な変化とは言えないものの、各植生帯の南限・北限付近における現存量の変化（常緑広葉樹の分布北限付近における相対現存量の増加及び落葉広葉樹の減少、落葉広葉樹の分布北限付近における相対現存量の増加及び冷温帯性針葉樹の減少、冷温帯性針葉樹の減少）が検知されており、気候変動に伴うとみられる樹種構成の変化が推察されている。

2004～2017 年において、全国の成熟林及び古い二次林で構成される 24 調査区を対象とし、各調査区の森林を構成する生活型別の樹木の幹数の相対頻度に変化が生じているかどうか、また、その相対頻度の変化と気温及び緯度の間に関係があるかを解析した結果によると、年平均気温が 5℃までの森林では、落葉広葉樹の割合が増加し、亜寒帯・亜高山帯性針葉樹の割合が減少する傾向にあり、年平均気温が 8～13℃の森林では、常緑広葉樹と温帯性針葉樹の割合が増加し、落葉広葉樹の割合が減少する傾向にあった。

さらに、樹種転換が起きていると考えられる気温帯における、亜寒帯・亜高山帯性針葉樹から落葉広葉樹への転換度及び、落葉広葉樹から常緑広葉樹への転換度を解析した。その結果、針葉樹から落葉広葉樹、あるいは、落葉広葉樹から常緑広葉樹への転換は、それぞれ冷温帯林から亜寒帯・亜高山帯林、あるいは、冷温帯林から暖温帯林への移行帯に位置する地域で特に顕著であった。

1970 年から 2004 年の 35 年間に於いて、ミズナラの早材成長の急速化が報告されており、春季の気温の長期的な上昇傾向との関係が示唆されている。

自然林における生物季節の変化としては、ダケカンバの開葉日の早期化及び黄葉日の晩期化が報告されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

筑波山（茨城県）の空中写真を用いて常緑広葉樹の分布図を作成・比較した研究によれば、すべての標高で常緑広葉樹の本数及び合計樹冠面積率の増加が認められた。筑波山の南斜面の森林は極相林であると考えられるため、この森林変化は、遷移後期種への置換ではなく気温上昇の影響である可能性が高いと考えられている。(文献 5-3-1)

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

冷温帯林の構成種の多くは、分布適域がより高緯度、高標高域へ移動し、分布適域の減少が予測されている。特に、ブナ林は 21 世紀末に分布適域の面積が現在に比べて減少することが示されている。また、暖温帯林の構成種の多くは、分布適域が高緯度、高標高域へ移動し、分布適域の拡大が予測されている。ただし、実際の分布については、地形要因や土地利用、分布拡大の制限などにより縮小するという予測もあり、不確定要素が大きい。(文献 5-3-1)

国の気候変動影響に関するレポートによると、日本の気候帯の優占樹種として、高山帯のハイマツ、亜寒帯のシラビソ、冷温帯のブナ、暖温帯のアカガシに着目し、4 つの気候モデル及び 3 つの RCP シナリオを用いて、21 世紀末における将来の各樹種の潜在生育域を予測した研究事例では、ハイマツ、シラビソ、ブナの 3 種類はいずれも潜在生育域が RCP2.6 シナリオ、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオの順に大きく減少するが、暖温帯のアカガシのみ潜在生育域が増加することが予測されている (図 5-43)。(文献 5-3-3)

【栃木県または関東・東日本】

栃木県について詳しく見ると、全国と同様に、ハイマツ、シラビソ、ブナの潜在生育域は減少することが予測されている。また、アカガシでは、潜在生育域と非生育域が逆転する可能性がある (図 5-44)。

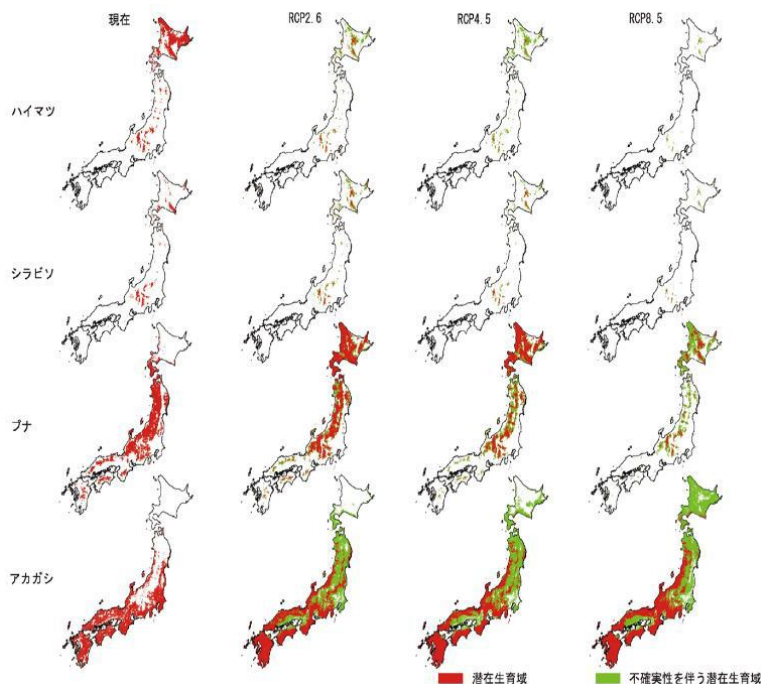


図 5-43 ハイマツ、シラビソ、ブナ、アカガシの潜在生育域の将来変化 (2081~2100 年)³⁹

(出典：文献 5-3-3)

³⁹ 4 つの気候モデル (MIROC5、MRI-CGCM3、GFDL-CM3、HADGEM2-ES)、RCP2.6 シナリオ、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオを使用。潜在生育域は、2081~2100 年の各 RCP シナリオにおける 4 つの GCM に基づく分布確率の中央値により特定した。不確実性を伴う潜在生育域は、4 つの GCM のいずれかで潜在生育域になると予測された地域を示す。

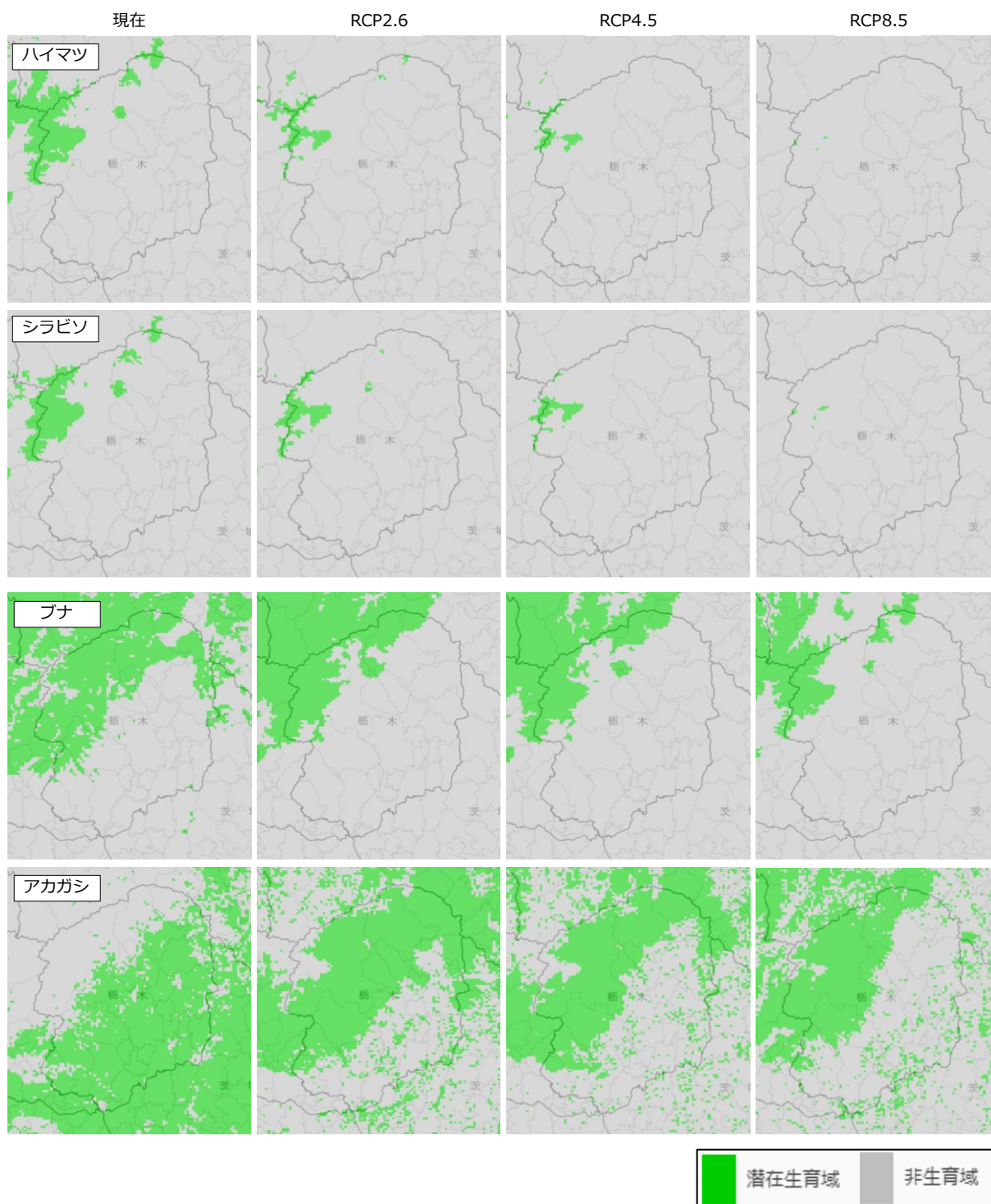


図 5-44 栃木県におけるハイマツ、シラビソ、ブナ、アカガシの潜在生育域の将来変化
(2081～2100年)⁴⁰

出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>) 2022年2月28日利用

⁴⁰ ここでは脚注 39 に示した 4 つの気候モデルのうち、MIROC5 による結果を一例として示している。

③ 里地・里山生態系

➤ 現在

- ・ 気温の上昇による、モウソウチク・マダケの分布上限及び北限付近における分布拡大が報告されている。
- ・ 一部の地域で南方性チョウ類の増加等が報告されているものの、現時点で網羅的な研究事例は確認されていない。

➤ 将来

- ・ 全国では、モウソウチクとマダケについて、気候変動に伴う分布適域の高緯度・高標高への拡大が予測されている。
- ・ 標高が低い山間部等で里山を構成する二次林種の分布適域が縮小する可能性があるると予測されている。
- ・ ただし、里地・里山生態系は人為影響下で形成されていることから、気候変動の影響については十分な検証はされていない。
- ・ 県内では、上記の研究例において、21世紀末、4℃上昇でほとんどの地域がタケの生育に適した土地になると予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

温暖な気候に適応したタケ類(マダケとモウソウチク)について、過去 30 年間における分布域の拡大が空中写真の分析により明らかになっており、特に両種の分布上限及び北限付近での拡大が顕著であることから、温暖化による気温の上昇が原因の一つである可能性が高い。

全国の里地のモニタリング調査において、南方系チョウ類 8 種の分布域の変化をみたところ、北限がより南にあるイシガケチョウ、ナガサキアゲハ、ムラサキツバメの 3 種は出現した調査サイトの割合が年々増加し、ナガサキアゲハ、ムラサキツバメの分布北限は 1990 年代～2017 年の約 20 年間で拡大し、クロコノマチョウを除く 7 種では分布北限が南にある種ほど 1 年あたりの個体数増加率が高くなる傾向が見られている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

国の気候変動影響に関するレポートによると、暖かい気候を好み、東南アジアに広く分布するナガサキアゲハの分布北上については、冬期の気温上昇と強い関連があると報告されている。環境省が実施した市民参加型の調査により、太平洋側で分布の北限が愛知県南部から茨城県・栃木県へと移動し、北へ分布が拡大していることが明らかとなったとされている(図 5-45)。

ツマグロヒョウモン(昆虫)について、1980 年代までは近畿地方より西に分布していたが、その後北上を続け、関東地方での定着が確実となっている。(文献 5-3-4)

クマゼミの分布は、2008 年～2011 年度の調査で栃木県南部が北限とされ、1930 年代より大きくは移動してないと見られるが、関東地方において近年個体数が多くなった可能性がある。(文献 5-3-5)

アカボシゴマダラ(蝶)の分布において、2011 年時点では栃木県小山市等に限られていたが、2012 年に隣接の下野市でも観測され、2013 年には栃木市・壬生町・足利市に確認報告が拡大した。(文献 5-3-6)

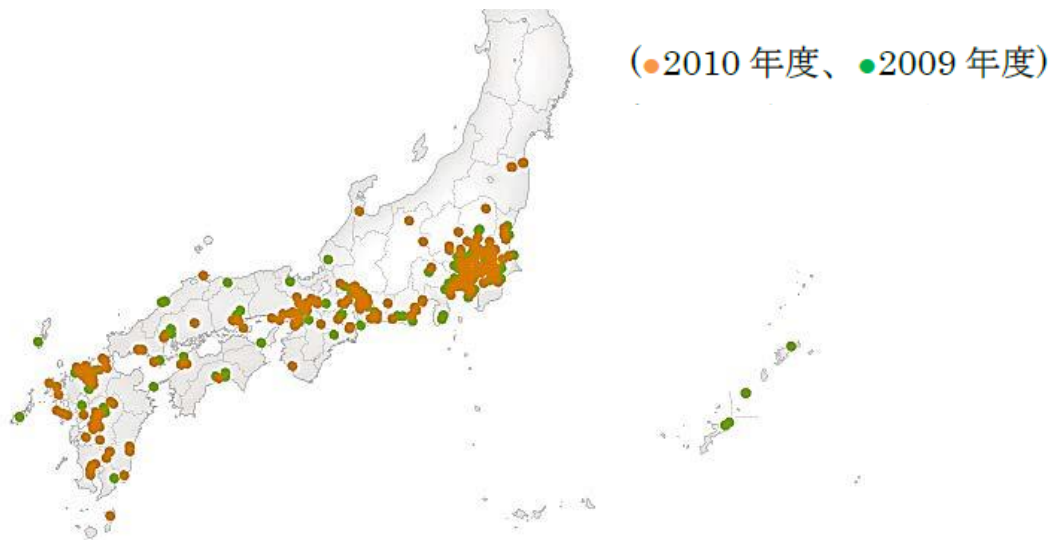


図 5-45 ナガサキアゲハ分布図

(出典：文献 5-3-4)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

モウソウチク・マダケについて、東日本における生育適地の将来変化を予測した研究によれば、現在の生育適地の面積割合は東日本の約 35%であるのに対し、将来の生育適地の割合が 46～48% (1.5℃上昇を仮定)、51～54% (2.0℃上昇を仮定)、61～67% (3.0℃上昇を仮定)、77～83% (4.0℃上昇を仮定) に増加すると推定されている。また、4℃の昇温を仮定した場合、分布北限が現在より約 500km 北上するとしている。また、同様にマダケ類を対象として、RCP シナリオ下における分布確率を推定した研究においても、分布確率の高い地域がより高緯度、高標高地域に広がることが予測されている (図 5-46)。(文献 5-3-1、5-3-3)

また、一部の研究で、自然草原の植生帯は、暖温帯域以南では気候変動の影響は小さいと予測されている一方で、標高が低い山間部や日本西南部でのアカシデ、イヌシデなどの里山を構成する二次林種の分布適域は、縮小する可能性があるとしてされている。

ただし、里地・里山生態系は人為影響下で形成されていることから、気候変動の影響については十分な検証はされておらず、今後の研究が望まれている。

また、野生食用植物のうち、感受性の高い一部の種の生育適地の減少が報告されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

モウソウチク・マダケについて、現在の生育適地の面積割合は東日本の約 35%であるのに対し、将来の生育適地の割合が 77～83% (4.0℃上昇を仮定) に増加すると推定されている。

栃木県について詳しく見ると、4℃上昇の場合、大部分が竹林の育成適地となり、地域の生態系・生物多様性や里山管理への悪影響が懸念される。(文献 5-3-3)

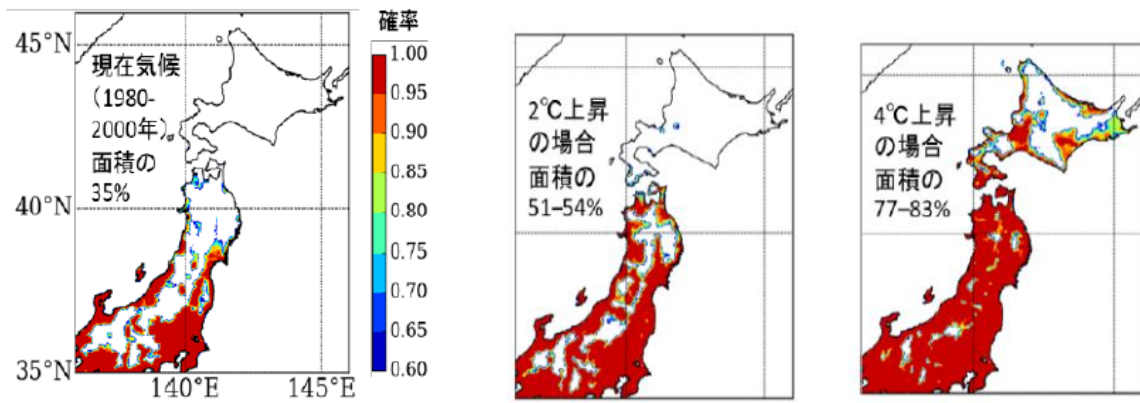


図 5-46 竹林の生育に適した環境と予測された地域
(MRI-AGCM、RCP8.5 シナリオ、21 世紀末)

(出典：文献 5-3-3)

④ 人工林

- 現在
 - ・ 全国では、一部の地域で、気温上昇と降水の時空間分布の変化による水ストレスの増大により、スギ林が衰退しているという報告がある。
 - ・ 県内では、現時点で既存知見は見当たらない。
- 将来
 - ・ 全国では、現在より 3℃気温が上昇すると、年間の蒸散量が増加し、特に年降水量が少ない地域で、スギ人工林の脆弱性が増加することが予測されているが、生育が不適となる面積の割合は小さい。
 - ・ 気温上昇は、樹木の呼吸量を増加させ、炭素蓄積量及び吸収量に対してマイナスに作用する可能性が報告されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

1960 年代以降は、九州地方を中心とする西南日本においてスギ壮齡林の乾燥被害が報告されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

関東、関西、瀬戸内地域の平野部では、1970 年代からスギ衰退減少が報告されている。(文献 5-3-1)

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

現在の気候下では、スギの年間蒸散量は、日本北部で $450\text{mm}\cdot\text{y}^{-1}$ 、南部で $850\text{mm}\cdot\text{y}^{-1}$ であるが、 3°C の気温上昇下では、年間 $65\text{mm}\cdot\text{y}^{-1}\sim 100\text{mm}\cdot\text{y}^{-1}$ 増加し、特に年降水量が少ない地域で、スギ人工林の脆弱性が増加する。さらに、有効保水容量含水率（土壌保水力）及び、年蒸散量と年降水量の比（蒸散降水比）を水分環境の指標として、2081～2100 年にスギの生育が不適となる閾値以上の値を示す地域は、現在の環境下では全スギ人工林 4,500,000ha 中の約 24,000ha であるが、温暖化シナリオでは約 43,000ha に増加する。

2050 年までの影響を予測した場合、日本全体で見ると、森林呼吸量が多い九州や四国で人工林率が高いこと、高蓄積で呼吸量の多い 40 から 50 年生の林分が多いことから、炭素蓄積量及び吸収量に対してマイナスに作用する結果となる。ただし、当該予測では、大気中の CO_2 濃度の上昇による影響は考慮されていない。スギ人工林生態系に与える影響予測のためには樹木の生理的応答などさらなる研究が必要である。九州のスギ人工林を対象にプロセスモデルを用いて一次生産量を予測した研究からは、生育適域かどうかによる違いは見られるものの、現状で生産量が多い地域では温暖化による一次生産の上昇は見込めないと予測されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

県内では、既存知見は見当たらない。

⑤ 野生鳥獣による影響

➤ 現在

- ・ 全国では、ニホンジカやイノシシの分布の拡大や越冬地の高標高化が確認されている。
- ・ ニホンジカについては、分布拡大に伴う植生への食害・剥皮被害、ヤマビルの分布拡大等の影響も報告されているが、個体数の増加は、積雪深の減少以外にも複合的な要因が指摘されている。
- ・ 県内では、奥日光へのニホンジカの越冬地拡大が確認されている。また、生息環境の変化等により、一部の野生鳥獣生息数増加や生息分布の拡大の進行による農林水産業や生態系等への被害が深刻化している。

➤ 将来

- ・ ニホンジカについては、気候変動による積雪量の減少と耕作放棄地の増加により、2103年におけるニホンジカの生息適地は、国土の9割以上に増加するとの予測がある。
- ・ 県内では、ニホンジカやイノシシの分布が今後さらに拡大する可能性が予測されている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

ニホンジカについて1978年と2003年の日本全国の分布を比較した調査によれば、1978年に分布していた地域を中心にニホンジカの分布は大きく拡大しており、新潟県、福井県、石川県などこれまで分布が見られなかった地域にも広がっている。イノシシも同様に1978年から2003年にかけて増加し、栃木県、群馬県、新潟県、長野県などを中心に分布が拡大している。

ニホンジカの分布拡大に伴う植生への食害・剥皮被害等の影響が南アルプス国立公園や尾瀬国立公園、日光国立公園、吉野熊野国立公園、秩父多摩甲斐国立公園等で確認されている。加えて、ニホンジカの分布拡大に伴い、ニホンヤマビルの分布域が拡大したことが示唆されている。

岩手県における報告によれば、これまで県内では確認されていなかったニホンヤマビルが県北部まで拡大していることが明らかになっており、その原因としてニホンジカの分布拡大及び気温上昇に伴うニホンヤマビルの活動可能期間の長期化の可能性が指摘されている。(文献 5-3-1)

また、長野県がシカの嗜好植物の一つであるニッコウキスゲと近縁のユウスゲ(以下「キスゲ類」という)について植生影響を調査した研究事例では、霧ヶ峰においてキスゲ類の被食が広範囲で発生していることが示されている。(文献 5-3-7)

ニホンジカの増加は狩猟による捕獲圧の低下や、土地利用の変化・積雪深の減少など、複合的な要因が指摘されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、国の気候変動影響に関するレポートによると、日光市一帯に生息するニホンジカの越冬地について、1980年代前半と1990年代初期を比較したところ、多雪地帯である奥日光への越冬地の拡大が確認された。これは奥日光の積雪量が1980年代以降に減少したことと、冬季の気温上昇によるものであると推察されている。(文献 5-3-3)

また、近年では生息環境の変化等により、一部の野生鳥獣の生息数増加や生息分布の拡大が進行し、農林水産業や生態系等の被害が深刻化している。(文献 5-3-8)

<2.将来予測される事象>

【全国】

ニホンジカについて、気候変動による積雪の減少に加え、人口減少による耕作放棄地の増加を

仮定し、将来の生息適地の変化を予測した研究によれば、2103年におけるニホンジカの生息適地は、国土の9割以上となることが予測されている。

国の気候変動影響に関するレポートによると、ニホンジカやイノシシの分布は、森林の連続性と積雪が制限要因であることから、温暖化に伴う積雪域の変化による分布域の拡大が予測されている。(文献 5-3-3)

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、ニホンジカ及びイノシシの分布は、2009年までに県西・県南部を中心に拡大してきたが、今後、さらに拡大する可能性が大きい(図 5-47、図 5-48)。(文献 5-3-3)

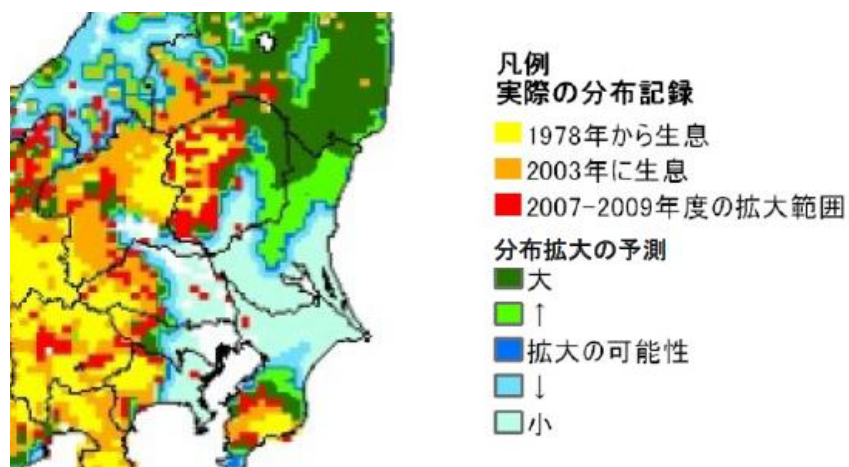


図 5-47 ニホンジカ分布図

(出典：文献 5-3-3)

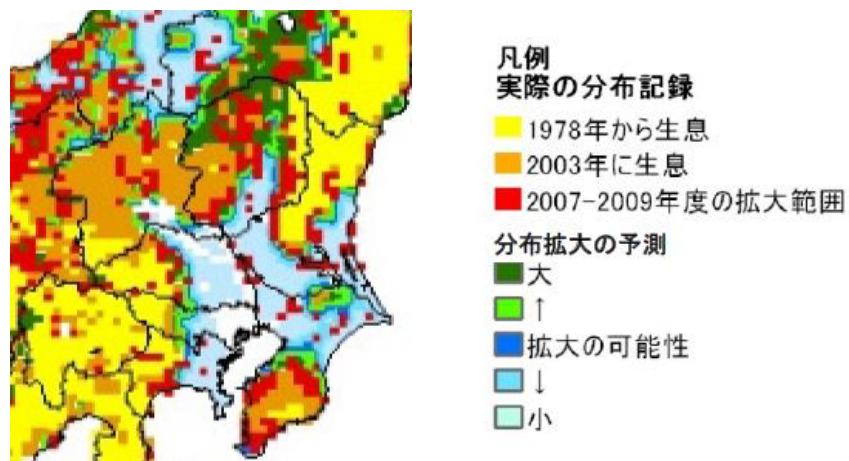


図 5-48 イノシシ分布図

(出典：文献 5-3-3)

(2) 淡水生態系

①湖沼

➤ 現在

- ・ 全国では、直接的に気候変動の影響を明らかにした研究は限られているものの、水草構成種の変化、水質変化、結氷期間の短縮等が報告されている。
- ・ 県内でも、現時点で既存知見は確認されていない。

➤ 将来

- ・ 全国では、現時点で日本における影響を定量的に予測した研究事例は限定されているものの、富栄養化が進行している深い湖沼では、水温の上昇による湖沼の鉛直循環の停止・貧酸素化と、これに伴う貝類等の底生生物への影響や富栄養化の加速が懸念されている。
- ・ 水温上昇によるアオコを形成する植物プランクトンの増加と、それに伴う水質の悪化や、水生植物の発芽後の初期成長への悪影響等が予測されている。
- ・ 県内では、現時点で既存知見は見当たらない。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

湖沼生態系は、流域土地利用からの栄養塩負荷の影響を受けるため、気候変動の影響のみを検出しにくく、直接的に気候変動の影響を明らかにした研究は国内では限られている。

ただし、鹿児島県池田湖では、暖冬により循環期がなくなり、湖底の溶存酸素が低下して貧酸素化する傾向や、気温及び降水パターンの変動により、全国の湖沼における水草の種構成が変化していること、北海道の湖沼では結氷期間の短縮やそれに伴う植物プランクトンブルームの早期化が確認されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2.将来予測される事象>

【全国】

深い湖沼では、季節的な水温変化によって循環期と成層期が交互に訪れるが、温暖化によりこの鉛直方向の循環が弱まると、表層水から湖底に酸素が供給されなくなり、貝類等の底生生物に多大な影響を与えると予測される。同時に、底泥からの栄養塩の溶出を促進し、富栄養化を加速することが予想される。

滋賀県の琵琶湖において気候変動下における植物プランクトンの成長率を予測した結果によると、現在と比較して RCP2.6 では植物プランクトンの大きな増減は見られないが、RCP8.5 ではアオコ形成種及びカビ臭原因種が増加することが予測されている。また、新潟県の佐潟において、水温及び湧水量の変化が水生植物に与える影響を予測した研究では、アオコ発生が見られるようになる湖面水温が 30℃を超える頻度が現在よりも増加することが予測され、これにより、水中光量の減少と、それに伴う水質悪化・底質悪化の進行、ハスやオニバス等の発芽後の初期成長に悪影響を及ぼす可能性が示されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

②河川

➤ 現在

- ・ 全国では、現時点で気候変動の直接的影響を捉えた研究成果は確認できていない。
- ・ 一方で、魚類の繁殖時期の早期化・長期化や暖温帯性・熱帯性の水生生物の分布北上等、気候変動に伴う水温等の変化に起因する可能性がある事象についての報告が見られる。
- ・ 県内でも、現時点で既存知見は確認されていない。

➤ 将来

- ・ 平均気温が現状より 3℃上昇すると、冷水魚であるアメマス及び本州イワナ（ニッコウイワナ・ヤマトイワナ・ゴギ）の分布適域が現在の約 7 割に減少することが予測されている。
- ・ 源流域のカワゲラ目の分布適域や、サクラマス（ヤマメ）の越夏環境、アユ遡上量についても、気候変動による適域の縮小・消失や遡上数の減少が予測されている河川がある。
- ・ 県内では、現時点で既存知見は見当たらない。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

日本のほとんどの河川は、堰やダム構造物により取水や流量調節が行われており、本来の流況とは大きく異なっている。このため、気候変動による河川の生態系への影響を検出しにくく、温暖化の直接的影響を捉えた研究成果は確認できていない。

一方で、淡水性魚類の繁殖時期の早期化・長期化や暖温帯性・熱帯性の水生生物の分布北上等、気候変動に伴う水温等の変化に起因する可能性がある事象についての報告が見られる。

例えば、高知県四万十川河口域周辺では、1990 年代以降アユ仔稚魚の孵化ピークが遅くなる傾向が見られており、その原因として海水温の上昇が指摘されている。また、大阪府淀川においても、大阪湾の冬場の海水温が 10℃を上回ると、アユ遡上数が減少する傾向にあることが確認されている。（文献 5-3-1）

【栃木県または関東】

県内では、現時点で既存知見は確認されていない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

冷水性の魚種であるアメマス及び本州イワナ（ニッコウイワナ・ヤマトイワナ・ゴギ）について、分布推定モデルを用いて生息適域の変化を評価した研究によれば、年平均気温が 1℃・2℃・3℃と上昇するに従い、生息適地がそれぞれ 7.3%、15.5%、28.4%減少すると予測している。

サクラマス（ヤマメ）の越夏環境、アユ遡上量についても、気候変動による適域の縮小・消失や遡上数の減少が予測されている河川がある。

山形県五十川において、サクラマス（ヤマメ）の越夏環境への気候変動の影響を調査した研究によれば、21 世紀末における五十川の水温は、特に生息域の下流側の地点においてサクラマスが選好しないと考えられる 25℃を超える日が現在よりも増加し、地点によってはその日数が現在の約 5 倍に増加するとの予測も得られている。また、いずれの地点においても、遡上時における適水温の上限（20℃）を超える日数が現在の 2~3 倍に増加することが予測されている。これらのことから、21 世紀末の五十川では、上流域においては将来も越夏適地が残存するものの、下流域を中心に越夏適地が縮小することが予想される。

また、淀川流域のアユ遡上量について、将来気候下における流量と水温を予測し、将来におけ

るアユ遡上数を予測した研究によれば、淀川河口水温は 21 世紀末に 1.43～1.99 °C 上昇し、遡上数が減少することが予測されている。

また、現時点では定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、積雪量や融雪出水の時期・規模の変化による河川生物相への影響、大規模な洪水の頻度増加による濁度成分の河床環境への影響とそれに伴う魚類、底生動物、付着藻類等への影響、濁水に起因する河川生物への影響が想定されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

⑥ 湿原

➤ 現在

- ・ 湿原の生態系は気候変動以外の人為的な影響を強く受けており、気候変動による影響を直接的に論じた研究事例は限られている。
- ・ 一部の湿原では、気候変動による湿度低下や蒸発散量の増加、積雪深の減少等が乾燥化をもたらした可能性が指摘されている。

➤ 将来

- ・ 全国では、極端な降水の強度の増大に伴う流域からの土砂及び栄養塩の負荷量の増大や、降水量の変化や地下水位の低下により、雨水滋養型の高層湿原における植物群落への影響が予測されている。
- ・ 現時点で定量的に予測をした研究事例としては確認できていないものの、気候変動に起因する流域負荷に伴う低層湿原における湿地性草本群落から木本群落への遷移、蒸発散量の更なる増加が想定される。
- ・ 県内では、現時点で既存知見は見当たらない。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

日本の湿地生態系は、1950～60年代の高度成長期に、農地開発など多くの人為的影響を直接的、間接的に強く受けており、温暖化の影響を検出しづらくなっている。そのため、現状では直接的に影響を論じた研究はない。

一方、国内のいくつかの山地湿原においては、乾燥化の進行やそれに伴う樹木等の非湿原植物の侵入が報告されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

栃木県には、ラムサール条約に登録されている奥日光の湿原（小田代原、戦場ヶ原、湯ノ湖、湯川）、渡良瀬遊水地がある。戦場ヶ原や小田代原においては、乾燥化が進行しており、侵食防止工事等、湿原保全対策も種々講じられている。(文献 5-3-9)

<2.将来予測される事象>

【全国】

北海道釧路湿原においては、将来の極端な降水の強度の増大に伴う土砂及び栄養塩の負荷量の増大が懸念されている。21世紀末（RCP8.5シナリオ）の気象条件を仮定して、湿原への土砂・栄養塩負荷量を予測した研究によれば、大雨時の流量の増大に伴い、釧路湿原に流入する3河川におけるSS（浮遊土砂）・全窒素・全リン負荷量が大幅に増大（SS：4.3～8.3倍、全窒素：2.3～3.3倍、全リン：2.6～4.2倍）することが予測されている。

また、温暖化が湿原に与える影響としては、降水量の変化、霧日数の低下に伴う湿度低下、蒸発散量の上昇などが考えられる。雨水滋養型の高層湿原の植物群落（ミズゴケ類）では、無降水日数の増加等や地下水位の低下の影響を直接受けるであろうし、低層湿原でも流域負荷（土砂や栄養塩）に伴い草本から木本群落に遷移し、蒸発散量がさらに増えることが予想される。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

5.1.4 自然災害

日本においては既に短時間強雨や大雨の頻度・強度が増加・増大傾向にあり、毎年のように台風や豪雨等による水害や土砂災害が頻発し、人命への影響を含む甚大な被害が発生している。将来の気候変動によって、こうした傾向にさらに拍車がかかることが懸念されており、県民の生命・財産を将来にわたって守るため、自然災害分野での気候変動への適応の取組は極めて重要である。

ここでは、国の気候変動影響評価報告書に示されている項目のうち、本県に関連が深いものとして、「洪水（河川氾濫、内水氾濫）」、「土石流・地すべり等」及び強風等、雪害の「その他」への影響について整理した。

(1) 洪水（河川氾濫、内水氾濫）

- 現在
 - ・ 全国では、比較的多頻度の大雨事象の発生頻度が経年的に増加傾向にあり、洪水氾濫による水害に関して依然として脆弱性を抱えているため、気候変動がより厳しい降雨状況をもたらすとすれば、その影響は相当に大きい可能性があることが示されている。
 - ・ 平成 30 年 7 月豪雨においては、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあったとされており、記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、各地で洪水氾濫と内水氾濫が同時に発生するなどした。
 - ・ 令和元年東日本台風では、令和元年 10 月の東日本台風では、静岡県や関東甲信地方、東北地方を中心に広い範囲で記録的大雨となり、全国 142 箇所ですべて堤防が決壊し、家屋の全壊約 3 千棟、半壊約 1 万 8 千棟、床上浸水約 2 万棟、床下浸水約 4 万棟となった。
 - ・ 県内では、県内 19 観測地点のすべてで日降水量 200mm 以上の豪雨となり、県内では死者 4 名、負傷者 23 名、住家全壊 84 棟、住家半壊 5,205 棟等の被害があった。
- 将来
 - ・ 全国では、洪水を起こしうる大雨事象が日本の代表的な河川流域において有意に増加するほか、洪水ピーク流量の増加割合及び氾濫発生確率の増加割合の増幅等が予測されている。
 - ・ 地球温暖化によって世界平均気温が工業化以前（18 世紀半ば頃）より 2℃、4℃上昇したという条件下で令和元年東日本台風と同様の台風が発生した場合の影響をシミュレーションした結果によると、台風がより強く発達し（中心気圧がより低くなり）、台風に伴う降水量や風速の増加、河川のピーク流量が増加する傾向がみられた。
 - ・ 県内でも、全国と同様に年最大流域平均雨量の増加が予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

環境省によると、既往降雨データの分析から、比較的多頻度の大雨事象については、その発生頻度が経年的に増加傾向にあることが示されている。浸水面積の経年変化は全体として減少傾向にあり、主たる要因として治水対策の進展があげられる。一方、氾濫危険水位を超過した洪水の発生地点数は国管理河川、都道府県管理河川ともに増加傾向にあり、また、氾濫域への資産増や家屋・施設設置が進んだため、浸水面積あたりの被害額は増加傾向にある。日本は洪水氾濫による水害に関して依然として脆弱性を抱えており、気候変動がより厳しい降雨状況をもたらすとすれば、その影響は相当に大きい可能性があることが示されている。

平成 30 年 7 月豪雨においては、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあったとされてお

り、記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、各地で洪水氾濫と内水氾濫が同時に発生するなどした。内水氾濫による床上浸水、床下浸水の被害の約9割が下水道の排水施設の整備が途上である地区で発生したことが報告されている。(文献 5-4-1)

令和元年10月の東日本台風では、静岡県や関東甲信地方、東北地方を中心に広い範囲で3、6、12、24時間降水量の観測史上1位の値を更新するなど記録的大雨となり、全国142箇所では堤防が決壊するなど、甚大な被害が発生した。これらにより、死者84人、行方不明者3人、家屋の全壊約3千棟、半壊約1万8千棟、床上浸水約2万棟、床下浸水約4万棟となった。(文献 5-4-2)

国土交通省によると、2008年～2017年の10年間に河川水害が発生した回数を市町村別に統計した結果では、全国約97%の市町村で水害が発生しており、また、10回以上発生している市町村は45.5%にも上る(図 5-49)。(文献 5-4-3)

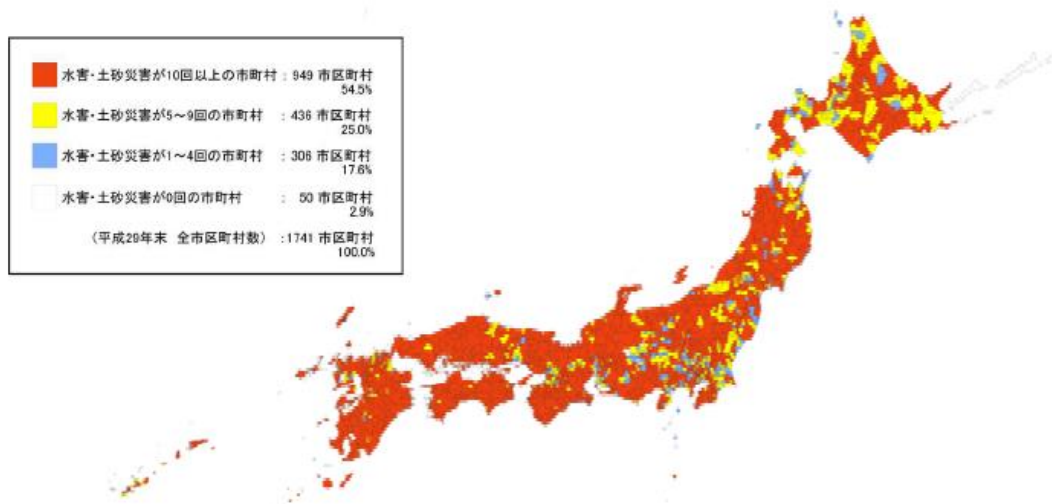


図 5-49 水害・土砂災害の発生状況 (2008～2017年)

(文献 5-4-3)

気象庁によると、近年における日本の豪雨災害⁴¹は以下のとおりである。

【平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨】2011 年 7 月 27 日～7 月 30 日

前線の停滞により、新潟県や福島県会津で記録的な大雨

【平成 24 年 7 月九州北部豪雨】2012 年 7 月 11 日～7 月 14 日

梅雨前線により、九州北部を中心に大雨

【平成 26 年 8 月豪雨】2014 年 7 月 30 日～8 月 26 日

2 つの台風と前線により、四国を中心に広い範囲で大雨 (7 月 30 日～8 月 11 日)

前線の停滞により、西日本から東日本の広い範囲で大雨 (8 月 15 日～20 日)

【平成 27 年 9 月関東・東北豪雨】2015 年 9 月 7 日～9 月 11 日

台風及び台風から変わった低気圧の影響により、関東、東北で記録的な大雨

【平成 29 年 7 月九州北部豪雨】2017 年 7 月 5 日～7 月 6 日

⁴¹ ここでは、気象庁が名称を定めた、顕著な災害を起こした自然災害 (大雨) を指す。

梅雨前線と台風により、西日本で記録的な大雨

【平成 30 年 7 月豪雨】2018 年 6 月 28 日～7 月 8 日

梅雨前線と台風により、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨

【令和元年房総半島台風（台風第 15 号）による大雨、暴風等】2019 年 9 月 7 日～9 月 10 日
千葉県を中心に記録的な暴風、大雨。広範囲で大規模な停電が発生。

【令和元年東日本台風（台風第 19 号）による大雨、暴風等】2019 年 10 月 10 日～10 月 13 日
記録的な大雨、暴風、高波、高潮。

【令和 2 年 7 月豪雨】2020 年 7 月 3 日～7 月 31 日

西日本から東日本、東北地方の広い範囲で大雨。4 日から 7 日にかけて九州で記録的な大雨。球磨川など大河川での氾濫が相次いだ。

（気象庁ウェブサイト 災害をもたらした気象事例）

【栃木県または関東】

栃木県における主な気象災害（大雨）は以下のとおりである。

- ・1986 年 8 月 5 日の水害（茂木水害）

前線と台風から変わった低気圧により、降水量は県内全般で 200～300mm、高根沢では 322mm となった。那珂川が氾濫し、茂木町などで死者 6 名が発生した。

- ・1998 年 8 月末豪雨（那須豪雨）

停滞した前線の影響により、那須町では 27 日の日降水量が 607mm、26～31 日までの合計が 1,254mm に達した。那珂川支流の余笹川などが氾濫し、死者・行方不明 7 名、家屋全壊 45 棟ほか多数の床上浸水等が発生した。

- ・2015 年 9 月 9 日から 11 日の豪雨（平成 27 年 9 月関東・東北豪雨）

台風及び台風から変わった低気圧の影響により、多数の線状降水帯が次々と発生し、9 月 7 日 18 時から 11 日 6 時までの雨量は、日光市今市で 636.0mm、日光市五十里で 618.5mm、日光市土呂部で 561.5mm、鹿沼では 507.0mm を記録し、ほか南西部や県央部でも 300mm を超えた地点があった。県内では死者 3 名、負傷者 6 名、住家全壊 22 棟、住家半壊 967 棟、住家一部損壊 29 棟、住家床上浸水 1,100 棟、住家床下浸水 3,938 棟、非住家被害 292 棟のほか、森林、農作物・農業施設、公共土木施設等に被害があった。

（宇都宮地方気象台ウェブサイト 栃木県の主な気象災害（2019 年 11 月 10 日閲覧））

- ・2019 年 10 月 12 日から 10 月 13 日の豪雨（令和元年東日本台風）

県内 19 観測地点のすべてで日降水量 200mm 以上となり、奥日光では 481mm、足尾では 424mm、塩谷では 413.5mm、葛生では 410mm を記録した。県内では死者 4 名、負傷者 23 名、住家全壊 84 棟、住家半壊 5,205 棟、住家一部損壊 8,314 棟、住家床上浸水 2 棟、住家床下浸水 408 棟、非住家被害 4,485 棟のほか、森林、農作物・農業施設、公共土木施設等に被害があった。（栃木県災害対策本部、2020）

<2. 将来予測される事象>

【全国】

現時点において、洪水氾濫を伴う被害に与える気候変動影響の推定の信頼性には一定の限界が存在する。その上で、洪水を起こしうる大雨事象の生起が、日本の代表的な河川流域について今世紀末には現在に比べ有意に増大すること、1～3 割程度であることについては、多くの文献で見解が一致している。また、複数の文献が、洪水を発生させる降雨量の増加割合に対して、洪水ピ

ーク流量の増加割合、氾濫発生確率の増加割合ともに大きくなることを示している。(文献 5-4-1)

また、地球温暖化によって世界平均気温が工業化以前(18世紀半ば頃)より2℃、4℃上昇したという条件下で令和元年東日本台風と同様の台風が発生した場合の影響を、シミュレーションした結果によると、台風がより強く発達し(中心気圧がより低くなり)、台風に伴う降水量や風速も増加する傾向がみられた。河川シミュレーションにより、河川のピーク流量が増加する傾向がみられた。(文献 5-4-4)

【栃木県または関東】

国土交通省によると、全国の一級河川では、現在気候(1979～2003年)と比べ、将来気候(SRES A1Bシナリオ、2075～2099年)の年最大流域平均雨量が約1.3倍、栃木県においては1.3倍以上になると予測されている(図 5-50)。(文献 5-4-3)

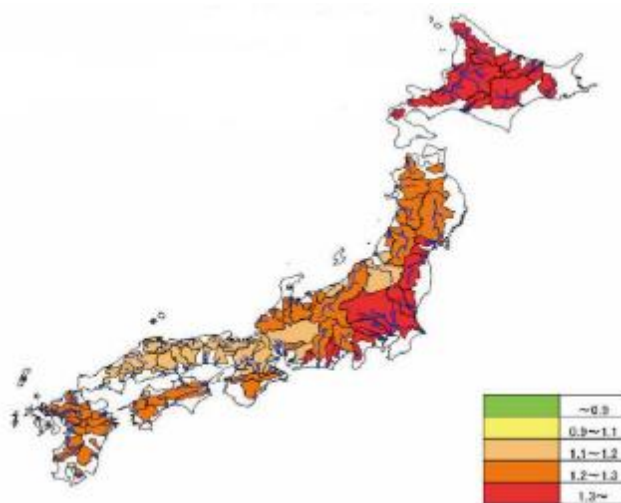


図 5-50 計画降雨継続時間での降雨量倍率の予測結果(全国1級水系の中央値)

(文献 5-4-3)

(2) 土石流・地すべり等

- 現在
 - ・ 全国では、気候変動と土砂災害等の被害規模とを直接関連づけて分析した研究・報告は多くはないが、最近の降雨条件と土砂災害の実態、最近発生した土砂災害に関する論文や報告は多く発表されている。
- 将来
 - ・ 全国では、降雨条件が厳しくなるという前提において、集中的な崩壊・がけ崩れ・土石流等の頻発、深層崩壊等の大規模現象の増加、現象の大規模化による既存の土砂災害危険箇所等以外への被害の拡大、河川への土砂供給量増大による治水・利水機能の低下等の影響が想定されている。
 - ・ 県内では、斜面崩壊発生確率の予測について、現在と明確な違いは確認できない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

環境省によると、気候変動と土砂災害等の被害規模とを直接関連づけて分析した研究・報告は多くはないが過去 30 年程度の間で 50mm/時間以上の豪雨の発生頻度は増加しており、集落等に影響する土砂災害の年間発生件数も増加しているとの報告がある。また、深層崩壊の発生件数も、データ数は少ないものの、近年は増加傾向がうかがえるとの報告がある。(文献 5-4-1)

温暖化に対する土砂災害の影響評価を行った研究事例の中で、豪雨頻度が高まると並行して土砂災害発生件数が増加していることが示されている(図 5-51)。(文献 5-4-5)

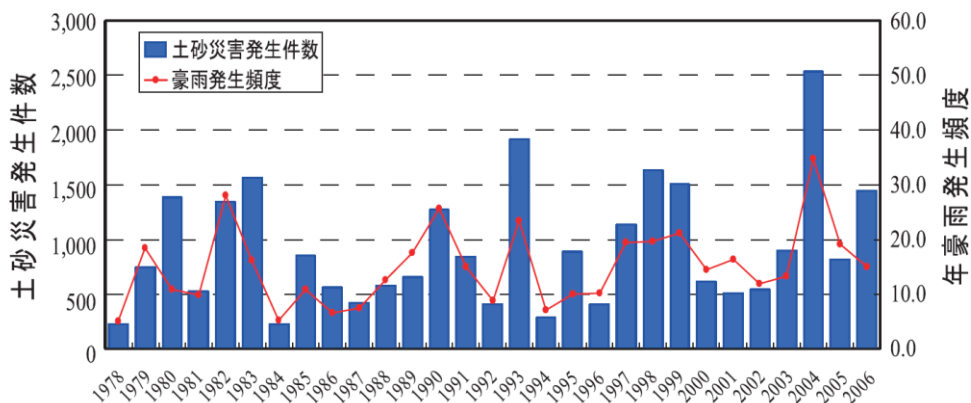


図 5-51 土砂災害発生件数と豪雨発生頻度の関係

(出典：文献 5-4-5)

国土交通省によると、土砂災害発生件数⁴²は、近年平均発生件数を上回る年が多くなっており、平成 30 (2018) 年は昭和 57 (1982) 年の集計開始以来過去最多件数となった(図 5-52)。(文献 5-4-6)

⁴² ここでは、土石流、地すべり、がけ崩れにより、家屋や公共施設に発生した被害を指す。

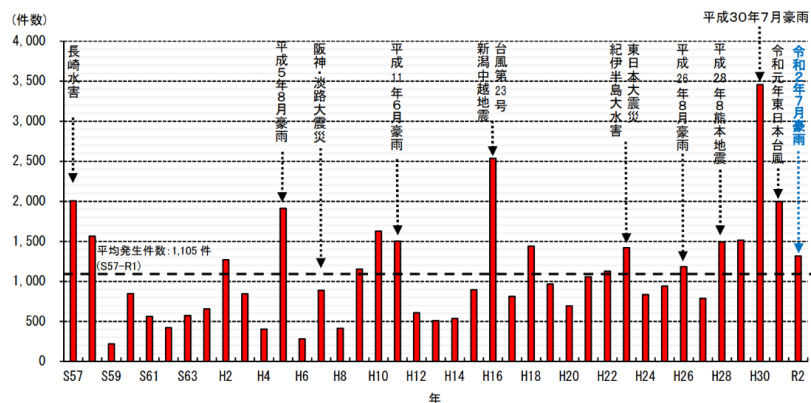


図. 土砂災害発生件数の推移 (S57~R2)

図 5-52 土砂災害発生件数の推移 (昭和 57 年～令和 2 年)

(出典：文献 5-4-6)

【栃木県または関東】

栃木県では、土砂災害警戒区域として 7,601 箇所、土砂災害特別警戒区域として 6,832 箇所を指定している。(県砂防水資源課、令和 3 年 9 月 7 日現在)

2015 年の関東・東北豪雨では、県内でも以下のような土砂災害が生じた。(文献 5-4-7) 災害時気象報告

【土石流】 18 件

宇都宮市 1 件、日光市 16 件(負傷者 2 名、人家全壊 5 戸、半壊 2 戸、一部損壊 1 戸)、那須塩原市 1 件(人家全壊 1 戸)

【地すべり】 2 件

鹿沼市 1 件、那須塩原市 1 件

【がけ崩れ】 9 件

宇都宮市 1 件(人家全壊 1 戸)、佐野市 1 件、日光市 4 件(人家全壊 1 戸、一部損壊 1 戸) 鹿沼市 3 件(死者 1 名、負傷者 1 名、人家全壊 1 戸、半壊 2 戸)

2019 年東日本台風では、県内でも以下のような土砂災害が生じた。

【土石流】 8 件

宇都宮市 1 件(一部損壊 1 戸)、鹿沼市 7 件(一部損壊 3 戸)

【がけ崩れ】 28 件

宇都宮市 6 件(一部損壊 1 戸)、佐野市 3 件(一部損壊 2 戸)、栃木市 4 件(負傷者 1 名、人家半壊 2 戸、一部損壊 2 戸)、鹿沼市 4 件(一部損壊 1 戸)

真岡市 1 件、塩屋町 1 件、那珂川町 1 件、足利市 1 件、茂木町 4 件、大田原市 1 件

(文献 5-4-8)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

環境省によると、降雨条件が厳しくなる⁴³という前提の下で状況の変化が想定されるものとして以下が挙げられる。

- ①集中的な崩壊・がけ崩れ・土石流等の頻発、山地や斜面周辺地域の社会生活への影響
- ②ハード対策やソフト対策の効果の相対的な低下、被害の拡大
- ③土砂・洪水氾濫の発生頻度の増加
- ④深層崩壊等の大規模現象の増加による直接的・間接的影響の長期化
- ⑤現象の大規模化、新たな土砂移動現象の顕在化による既存の土砂災害警戒区域以外への被害の拡大
- ⑥河川への土砂供給量増大による治水・利水機能の低下
- ⑦森林域で極端な大雨が発生することによる流木被害の増加

国の気候変動影響に関するレポートによると、降水量や地盤情報より斜面崩壊発生確率を推計したモデルで将来の日降水量（年最大日降水量）における斜面崩壊発生確率を算定した研究事例では、21世紀末のRCP8.5シナリオにおける斜面崩壊は、都市近郊の丘陵地に大きな被害をもたらすと予測されている（図5-53）。（文献5-4-9）

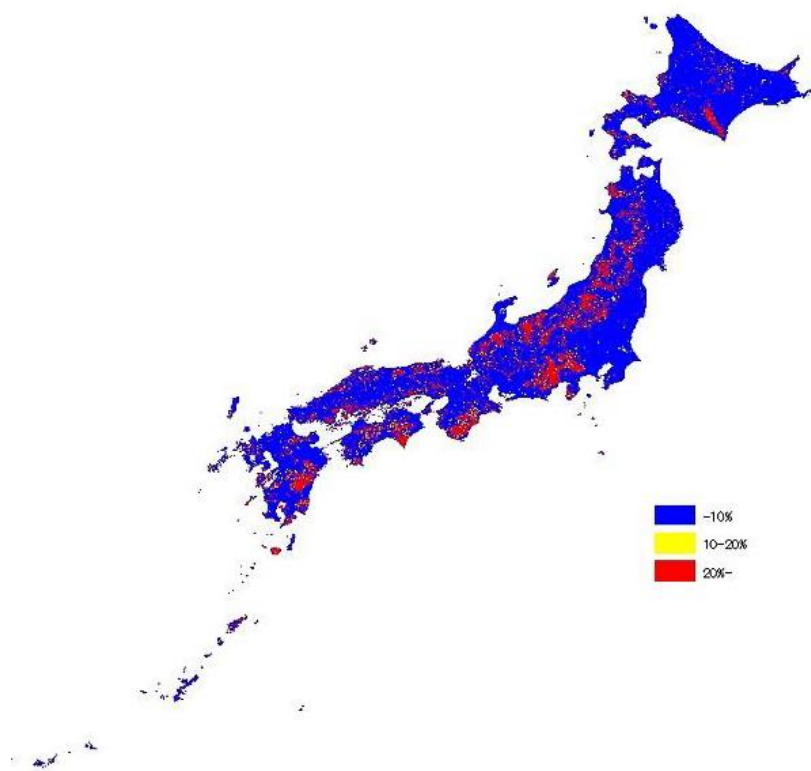


図 5-53 斜面崩壊発生確率（2081～2100年、MIROC5、RCP8.5）

（出典：5-4-9）

⁴³ ここでは厳しい降雨条件として、極端に降雨強度の大きい豪雨及びその高降雨強度の長時間化、極端に総降雨量の大きい豪雨などを表す。

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、21 世紀末の RCP8.5 シナリオにおける県内の斜面崩壊発生確率は、北西部の山間部で 20%を超えるところがみられるが、現在と明確な違いは確認できない(図 5-54)。

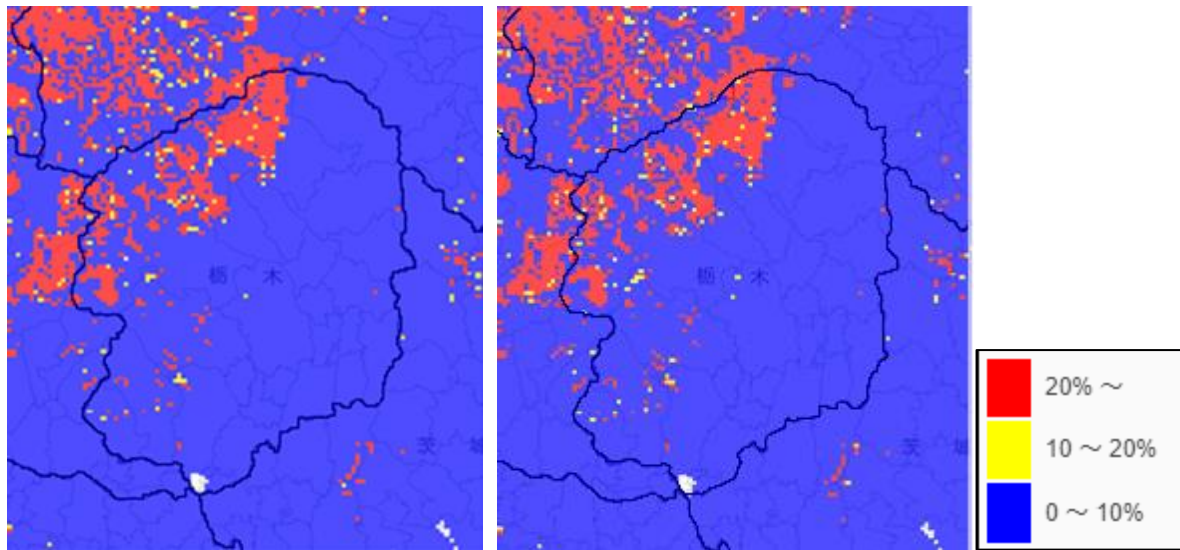


図 5-54 斜面崩壊発生確率 (左：現在、右：21 世紀末)

気候モデル：MIROC5、シナリオ：RCP8.5

出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>) 2022 年 2 月 27 日利用

(3) その他

① 強風等（強風や竜巻による風害）

➤ 現在

- ・ 全国では、気候変動に伴う強風・強い台風の増加等による被害の増加や、竜巻の発生頻度の変化について、具体的に言及した研究事例は現時点で確認できていないが、気候変動が台風の最大強度の空間位置の変化や進行方向の変化に影響を与えているとする報告や竜巻による被害として木造建築物が多く破損するといった被害が報告されている。
- ・ 急速に発達する低気圧（Explosive Cyclone）は長期的に発生数が減少している一方で、1個あたりの強度が増加傾向にあることも報告されている。

➤ 将来

- ・ 全国では、RCP8.5シナリオを前提とした研究では、21世紀後半にかけて気候変動に伴って強風や熱帯低気圧全体に占める強い熱帯低気圧の割合の増加等が予測されているものの、地域ごとに傾向は異なることが予測されている。
- ・ また、強い竜巻の頻度が大幅に増加するといった予測例もある。
- ・ 気象庁気象研究所によると、21世紀末には、全世界での熱帯低気圧(台風)の発生総数は3割程度減少するものの、日本の南海上からハワイ付近及びメキシコの西海上にかけて猛烈な熱帯低気圧の出現頻度が増加する可能性が高いことが示されている。
- ・ 県内について、将来の気候変動による強風影響に関する既往知見は見当たらない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

気候変動に伴う強風・強い台風の増加等とそれによる被害の増加との因果関係について、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。

台風の強度に関しては、最大強度の空間位置が変化しており、台風の進路についても変化している可能性もある。また、気候変動による竜巻の発生頻度の変化についても、現時点で具体的な研究事例は確認できていないものの、2012年に北関東で発生した竜巻においては、木造建築物が多く破損し、筑波の工業団地では鉄筋コンクリート建造物の屋根材や窓ガラス等に深刻な被害を受けるなど、日本ではあまり見られていない被害が報告されている。（文献 5-4-1）

林野庁によると、2012～2019年における全国の森林（私有林、公有林）の気象災害による被害面積では、2013年、2015年、2016年、2018年は風害が被害の過半数以上を占めており、8年間の風害による被害面積は2.7万ヘクタールとなっている。（図 5-55）。（文献 5-4-10, 11）

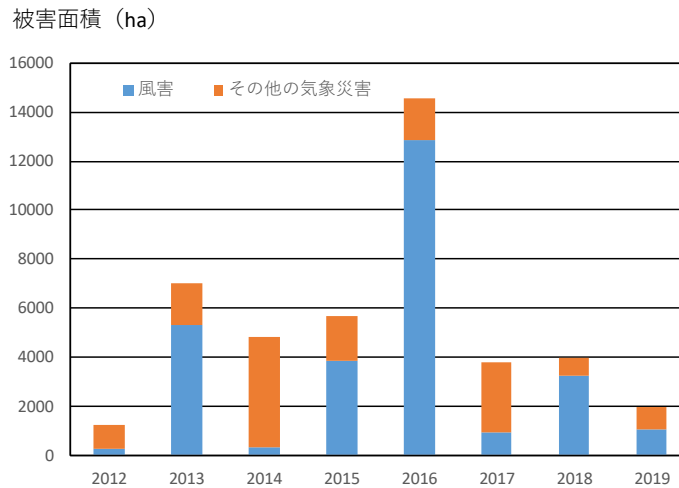


図 5-55 森林における気象災害面積（風害、その他）

出典：(文献 5-4-10、11 より作成)

【栃木県または関東】

栃木県における主な突風事例⁴⁴は以下のとおりである。

- ・ 2012 年 5 月 6 日：竜巻（真岡市～茨城県常陸大宮市）
負傷者 12 名、住家全壊 13 棟、住家半壊 35 棟
- ・ 2013 年 9 月 4 日：竜巻（鹿沼市）
負傷者 2 名、住家半壊 2 棟
- ・ 2013 年 9 月 4 日：竜巻（塩谷町～矢板市）
負傷者 1 名
- ・ 2014 年 8 月 10 日：竜巻（栃木市～鹿沼市）
負傷者 2 名、住家半壊 8 棟
- ・ 2016 年 7 月 14 日：ダウンバースト（宇都宮市）
負傷者及び半壊以上の住家被害はなし
- ・ 2019 年 9 月 10 日：ダウンバーストまたはガストフロント（佐野市）
負傷者及び半壊以上の住家被害はなし
- ・ 2020 年 8 月 11 日：ダウンバースト（日光市）
住家一部損壊 3 棟、非住家:全壊 2 棟、半壊 1 棟、一部損壊 2 棟

(気象庁ウェブサイト 竜巻等の突風データベース)

⁴⁴ ここでは、気象庁「竜巻等の突風データベース」における藤田スケール F1 及び日本版改良藤田スケール JEF1 以上の事例を対象とした。なお、2016 年 4 月 1 日以降の事例は速報である。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

RCP8.5 シナリオを前提とし、日本周辺における熱帯低気圧の変化を調査した研究も行われている。強度に関しては、2075～2099年における最大強度の増大が予測されており、発生頻度に関しては、将来気候においてより強い台風の発生が予測されている。また、2074～2087年においては、スーパー台風の強度も増大することが示唆されている。

竜巻強度の将来変化に関する研究によると、強い竜巻の頻度が大幅に増加することも予測されている。

日本周辺における急速に発達する低気圧 (Explosive Cyclone) の変化を予測した研究によれば、太平洋上を通過する数が減少するのに対して、日本海上を通過する数が増加することが有意な傾向であることが報告されている。また、日本周辺域の急速に発達する低気圧 (Explosive Cyclone) の最低中心気圧の強度を解析した結果においては、日本沿岸域における強度や、台風並みに強い急速に発達する低気圧 (Explosive Cyclone) の割合が増加する傾向が示唆されている。

気象庁気象研究所によると、これまでにない多数の高解像度地球温暖化気候シミュレーション実験の結果を解析した研究事例では、温暖化が最悪のシナリオで進行した場合の21世紀末には、全世界での熱帯低気圧(台風)の発生総数は3割程度減少するものの、日本の南海上からハワイ付近及びメキシコの西海上にかけて猛烈な熱帯低気圧の出現頻度が増加する可能性が高いことが示されている(図 5-56)。(文献 5-4-1, 12)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

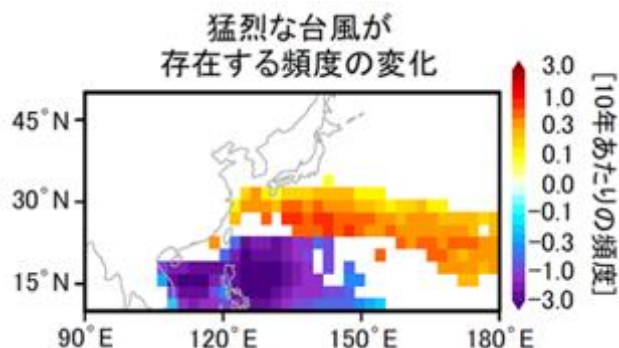


図 5-56 将来における猛烈な台風の状況

(出典：文献 5-4-12)

②雪害

- 現在
 - ・ 全国では、降積雪の年変動が大きくなる事例等が報告されているが、現時点で具体的な研究事例は確認されていない。
- 将来
 - ・ 既存知見は見当たらない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

中央環境審議会によると、一部の地域で暖冬小雪傾向の後に豪雪が続き、降積雪の年変動が大きくなる事例等が報告されているが、雪害の問題に関して、現時点で具体的な研究事例は確認されていない。(中央環境審議会、2015)

気象庁によると、近年における日本の大雪⁴⁵は以下のとおりである。

- ・ 2014年2月14日～2月19日
発達した低気圧により、関東甲信、東北、北海道で大雪・暴風雪
- ・ 2018年1月22日～1月27日
南岸低気圧及び強い冬型の気圧配置により、関東甲信地方や東北太平洋側の平野部で大雪、日本海側を中心に暴風雪
- ・ 2018年2月3日～2月8日
強い冬型の気圧配置により、北陸地方の平野部を中心に日本海側で大雪
- ・ 2021年1月7日～1月11日
強い冬型の気圧配置により、北日本から西日本の日本海側を中心に広い範囲で大雪・暴風。北陸地方の平地で1メートルを超える積雪。

(気象庁ウェブサイト 災害をもたらした気象事例)

【栃木県または関東】

栃木県における主な気象災害(大雪)は以下のとおりである。

- ・ 2014年2月14日から15日の大雪
県内でも記録的な大雪となり、宇都宮では月最深積雪が32cmと統計開始以来の極値を更新。日光市土呂部で129cm、那須で88cmと観測開始以来の記録を更新。重傷34名、軽傷51名、住家半壊3棟、住家一部損壊16棟、非住家被害1棟のほか、森林や農作物・農業施設等に被害があった。

(宇都宮地方気象台ウェブサイト 栃木県の主な気象災害)

<2. 将来予測される事象>

雪害に関する既存知見は見当たらない。

⁴⁵ ここでは、気象庁「災害をもたらした気象事例」に掲載されている大雪の事例を対象とした。

(参考) 複合的な災害影響

ここでは、土砂災害と洪水氾濫、高潮と洪水氾濫など、複数の要素が相互に影響しあうことで、単一で起こる場合と比較して広域かつ甚大な被害をもたらす影響について記載する。

➤ 現在

- ・ 平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、斜面崩壊や土石流に伴う多量の土砂が下流域に流出し、河床上昇を引き起こすことで、洪水氾濫を助長する原因となった。また、崩壊によって発生した多量の流木は、溪岸や河岸の樹木の流木化と合わさって、下流域の被害を拡大させた。
- ・ 平成 30 年 7 月豪雨の際は、土砂災害による大量の土砂が継続する降雨により河川内に流入し続けたために、下流で土砂が氾濫したことにより、土砂・洪水氾濫が発生した。

➤ 将来

- ・ 極端な大雨は、流域に表層崩壊や土石流をもたらす、これが河床の上昇に伴う土砂・洪水氾濫、流木量の増加につながる。
- ・ 地理的条件次第では、土砂災害・洪水氾濫・高潮氾濫の全てが同時に起きることを想定しなければならない地域もありうる。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、広範囲にわたる斜面崩壊や土石流が直接的な災害の原因となったが、それに伴う多量の土砂が下流域に流出し、河川を埋め尽くすような河床上昇を引き起こすことで、甚大な洪水氾濫を助長する原因となった。このような崩壊・土石流等に起因する洪水氾濫災害は流域規模で発生する土砂災害の一つの形態といえる。また、崩壊によって発生した多量の流木は、溪岸や河岸の樹木の流木化と合わさって、下流域の被害を拡大させた。

平成 30 年 7 月豪雨は、記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、各地で洪水氾濫と内水氾濫が同時に発生するなど、西日本を中心に被害が発生した。この豪雨の際は、上流部で発生した土砂災害による大量の土砂が、継続する降雨により河川内に流入し続けたために、流速が比較的緩やかになる下流部に堆積して、河床上昇を引き起こすとともに、下流で土砂が氾濫したことにより、土砂・洪水氾濫が発生した。

令和元年東日本台風に伴う豪雨では、宮城県丸森町の内川、五福谷川、新川の平野部において土砂・洪水氾濫が発生した。五福谷川が最も顕著であり、河床の上昇、橋梁における流木の堆積が確認された。また、廻倉地区では不明瞭な谷地形において土石流が発生した。

群馬県富岡市内匠地区においては、風化軽石層が斜面に沿って堆積（流れ盤状態の弱層）し、風化軽石層の上位は透水性の高い軽石や砂質火山灰土、下位は透水性の低い粘土の地質状況で、15～25 度の比較的緩い斜面で崩壊性地すべりが発生した。一方で、「河川」、「沿岸」の両項目に関わる影響として、洪水氾濫と高潮氾濫の同時生起に伴う影響被害が想定され、たとえば 2018 年台風第 21 号では淀川河口がそれを彷彿させる状況にはなったが、そのような影響被害の実例報告は今のところ確認されていない。（文献 5-4-1）

【栃木県または関東】

令和元年東日本台風に伴う豪雨では、群馬県富岡市内匠地区においては、風化軽石層が斜面に沿って堆積（流れ盤状態の弱層）し、風化軽石層の上位は透水性の高い軽石や砂質火山灰土、下位は透水性の低い粘土の地質状況で、15～25 度の比較的緩い斜面で崩壊性地すべりが発生した。

栃木県における令和元年東日本台風に伴う被害は、本節「(2) 土石流・地すべり等」に示したとおりである。（文献 5-4-1）

<2. 将来予測される事象>

【全国】

総降雨量の大きい大雨や数時間続く高降雨強度の大雨の発生頻度に増加傾向がみられ、このような大雨による土砂災害の激甚化が予想されている。また、土砂災害の形態・様相そのものの変化も懸念されている。例えば、これまで我が国では、土砂災害は深層崩壊によるものも発生しているが表層崩壊によるものが多かった。しかし、今後、総降雨量の大きな降雨頻度の増大により深層崩壊が増えると大規模な崩壊による被害に加え、それが河川を堰き止め天然ダムを形成し、その後決壊すると土石流等による被害が拡大するとともに、下流部における河床上昇により甚大な洪水被害をもたらす。また、広範囲に同時多発する表層崩壊・土石流の発生頻度の増加も予想される。これらの崩壊により供給された大量の土砂は河床上昇に伴う土砂・洪水氾濫を引き起こし、二次災害や下流の貯水池堆砂の急速な進行をもたらす。さらに、深層崩壊・表層崩壊・土石流の増加の増加に伴い流木量が増加し、家屋等への直接的被害、橋梁部等への集積・閉塞が洪水氾濫の新たな原因となる可能性がある。

将来の潜在的な土砂災害の数を評価した研究によると、表層崩壊は 21 世紀末に現在と比較して 20%増加し、深層崩壊は 30%増加することが予測されている。

(文献 5-4-1)

【栃木県または関東】

栃木県において将来予測される事象は、本節「(1) 洪水 (河川氾濫、内水氾濫)」及び「(2) 土石流・地すべり等」に示したとおりである。

5.1.5 健康

気候変動が人の健康に及ぼす影響には、暑熱による直接的な影響と、感染症への影響等、間接的な影響が挙げられる。近年、極端な高温に伴って熱中症による死者数は増加しており、また将来的には熱ストレスによる超過死亡の増加も予想されることから、健康分野での気候変動への適応の取組は極めて重要である。

ここでは、国の気候変動影響評価報告書に示されている項目のうち、本県に関連が深いものとして、「暑熱（熱中症等）」、「感染症」及び「その他（汚染物質の濃度変化等）」への影響について整理した。

(1) 暑熱（熱中症等）

- 現在
 - ・ 全国では、気温上昇による超過死亡（直接・間接を問わずある疾患により総死亡がどの程度増加したかを示す指標）の増加傾向が確認されている。特に高齢者の超過死亡者数が増加傾向にあるが、15歳未満の若年層においても、気温の上昇とともに外因死が増加する傾向にあることが報告されている。
 - ・ 年によってばらつきはあるものの、熱中症による救急搬送人員、医療機関受診者数・熱中症死者数の全国的な増加傾向が確認されている。
 - ・ 過去からの熱中症の傾向をみると、65歳以上の高齢者の熱中症による救急搬送人員・熱中症死者が多く、住宅内での熱中症発症も多いこと、発症した場合、症状が重症化しやすいことが確認されている。
 - ・ 炎天下で仕事・スポーツ等の活動する若・中年層での熱中症発症も多数報告されている。時期的な傾向として、暑熱環境に慣れていない7月に熱中症の発生件数が増加することも指摘されている。
 - ・ 県内では、熱中症の搬送者数が2010年以降多い傾向となっており、2018年には過去最高となった。
- 将来
 - ・ 日本を含む複数国を対象として研究では、将来にわたって、気温上昇により心血管疾患による死者数が増加すること、2030年・2050年に暑熱による高齢者の死者数が増加することが予測されている。
 - ・ 全国では、熱ストレス超過死亡数は、年齢層に関わらず、全ての県で2倍以上になると予測されている。一方で、気温上昇を2℃未満に抑えることで、気温に関連した死亡の大幅な増加を抑制することが可能となると報告されている。
 - ・ 気温上昇に伴い、日本各地でWBGTが上昇する可能性が高く、熱中症発生率の増加率は、2031～2050年、2081～2100年のいずれの予測も北海道、東北、関東で大きく、年齢別では65歳以上の高齢者で最も増加率が大きいと予測されている。
 - ・ 県内では、RCP8.5シナリオにおいて、救急搬送者数の増加は21世紀半ばで2～3倍、21世紀末で4～6倍、熱ストレスによる超過死亡者数の増加は21世紀半ばで2～3倍、21世紀末で6～7倍と予測されている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

日本全国で気温上昇による超過死亡の増加傾向が報告されている。具体的には、気温上昇によ

り、高齢者の超過死亡者数・熱中症による死亡者数が増加傾向にあること、特に相対的に寒冷的な地域で、高齢者死亡率が顕著に上昇していることが確認されている。高齢者だけでなく、15歳未満の若年層においても、気温の上昇とともに熱ストレスによる死亡が増加する傾向にあること、暑熱に起因した死亡は所得などの要因にも関係することが報告されている。

全国各地で WBGT の上昇傾向が報告されており、それに伴い、年によってばらつきはあるものの、熱中症による救急搬送人員、医療機関受診者数、熱中症死亡者数の増加傾向が報告されている。2018年の夏季の全国における熱中症による救急搬送人員数の合計は9万5千人を超えており、2008年の消防庁の調査開始以来、過去最多を記録した。この年の熱中症による死亡者数は1,500名を超えており、死亡者の8割以上が65歳以上の高齢者であった。

年齢階級別に過去からの熱中症の傾向をみると、65歳以上の高齢者の熱中症による救急搬送人員・熱中症死亡者が多く、住宅内での熱中症発症も多いこと、発症した場合、症状が重症化しやすいことが確認されている。

高齢者だけでなく、炎天下で仕事・スポーツ等の活動する若・中年層での熱中症発症も多数報告されている。若年層では、真夏日・猛暑日の増加により、屋外での運動に配慮を要する日が多数発生しており、学校管理下での熱中症死亡のほとんどが体育活動中に発生していることも報告されている。また、時期的な傾向として、暑熱環境に慣れていない7月に熱中症の発生件数が増加することも指摘されている。(文献 5-5-1)

環境省によると、1年間の真夏日日数や熱帯夜日数が多くなると、熱中症死亡数も増加する傾向にあるとされている(図 5-57)。(文献 5-5-2)

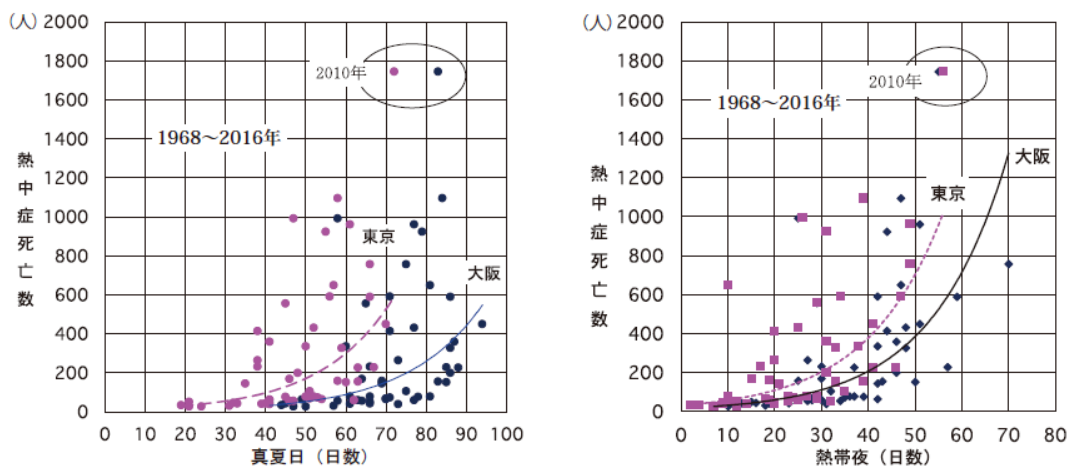


図 5-57 熱中症死亡数と異常高温日数との関係(1968~2016年)
(左：真夏日日数、右：熱帯夜日数)

(出典：文献：5-5-2)

全国の熱中症による死亡者数は、2010年以降、少ない年でも500人以上、特に記録的な猛暑となった2010年、2018年、2020年には1,500人を超える状況となっている(図 5-58)。

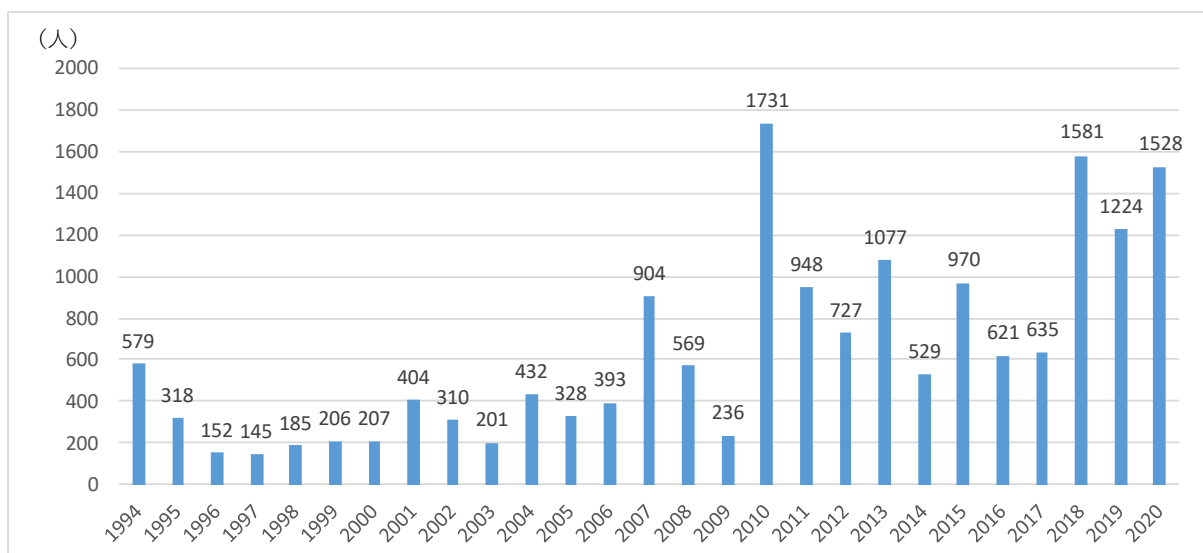


図 5-58 年次別熱中症死亡者数（全国、1994～2020 年）

（厚生労働省人口動態統計より作成）

【栃木県または関東】

栃木県においても、2010 年以降、熱中症の搬送者数が多い傾向となっており、特に 2018 年は県内の熱中症搬送者数（5～9 月）が過去最高の 1,548 人となった（図 5-59）。

全国での死亡者数が最も多かった 2010 年には、栃木県でも 33 人が熱中症により死亡している。（文献 5-5-3）

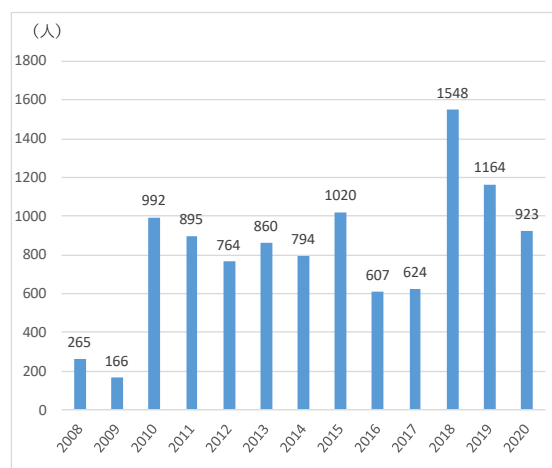


図 5-59 栃木県における熱中症搬送者数（5～9 月）の推移

（出典：国立環境研究所 環境展望台ウェブサイトより作成）

<2. 将来予測される事象>

【全国】

日本を含む複数国を対象とした研究では、将来にわたって、気温上昇により心血管疾患による死亡者数が増加すること、日本を含む高所得アジア太平洋地域でも、SRESA1B シナリオにおいて、2030 年・2050 年に気候変動によって高齢者の熱関連超過死亡者数が増加すること、RCP2.6 シナリオ、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオのいずれのシナリオにおいても、今世紀末にかけ

て、日本を含む東アジア地域で暑熱による超過死亡者数が増加することが予測されている。気温上昇だけでなく、日中の気温差が死亡率に寄与することも指摘されている。

また、東京を含むアジアの複数都市では、夏季の熱波の頻度が増加し、死亡率や罹患率に係る熱ストレスの発生が増加する可能性があることが予測されている。RCP2.6 シナリオの場合であっても、熱ストレス超過死亡数は、年齢層に関わらず、全ての県で2倍以上になると予測されている。一方で、日本を含む複数国を対象とした研究では、気温上昇を2℃未満に抑えることで、気温に関連した死亡の大幅な増加を抑制することが可能となることが報告されている。

また、国内では、日本各地で気温上昇に伴う WBGT の上昇を予測した文献が多数確認されており、熱中症発生率の増加率は、2031～2050年、2081～2100年のいずれにおいても北海道、東北、関東で大きいことが予測されている。年齢別に見ると、熱中症発生率の増加率は65歳以上の高齢者で最も大きく、将来の人口高齢化を加味すれば、その影響はより深刻と考えられる。(文献5-5-1)

国の気候変動影響に関するレポートによると、熱中症による搬送者数は、21世紀半ば(2031～2050年)のRCP8.5シナリオにおいては、現状(1981～2000年)と比較して全国的に増加し、特に東日本以北で2倍以上に増加することが予測されている(図5-60上)。また、熱ストレスによる超過死亡者数は、21世紀半ば(2031～2050年)のRCP8.5シナリオにおいては、全国的に2倍以上増加することが予測されている(図5-60下)。(文献5-5-4)

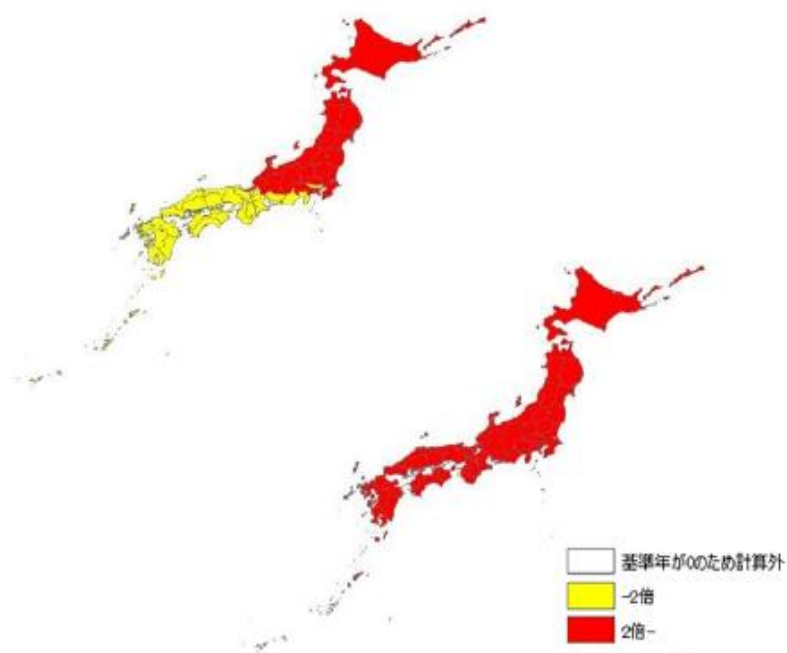


図 5-60 熱中症搬送者数(上)と熱ストレスによる超過死亡者数(下)の将来予測
(21世紀半ば、RCP8.5)

(出典：文献：5-5-4)

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、気温上昇による救急搬送者数増加は、RCP8.5 では 21 世紀半ばで 2～3 倍、21 世紀末で 4～6 倍と予測されている（図 5-61）。また、熱ストレスによる超過死亡者数の増加は RCP8.5 では 21 世紀半ばで 2～3 倍、21 世紀末で 6～7 倍と予測されている（図 5-62）。

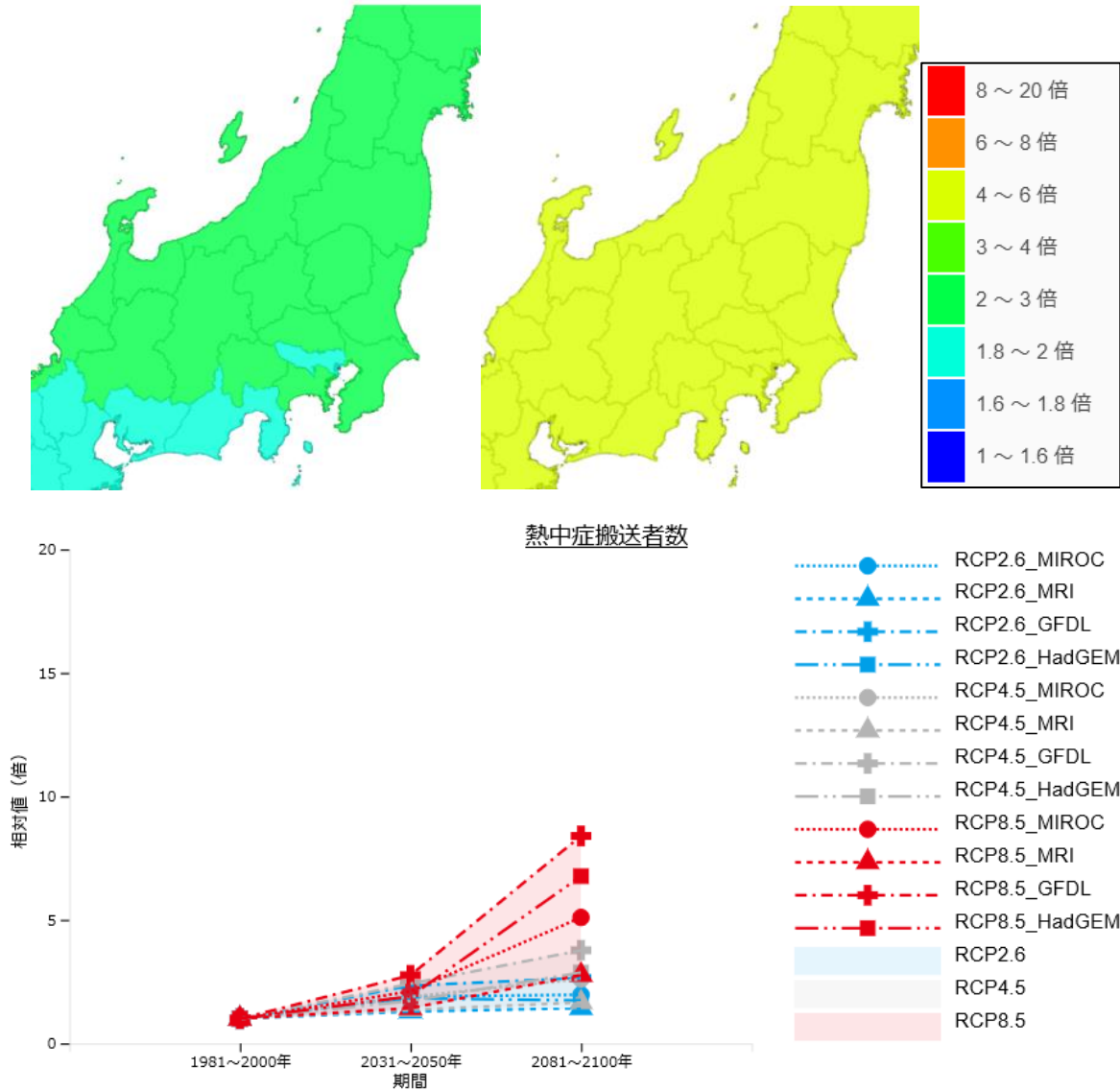


図 5-61 熱中症搬送者数の将来予測（栃木県）
 （左上：21 世紀半ば、右上：21 世紀末；いずれも RCP8.5）

出典：環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
 （<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>）2022 年 2 月 28 日利用

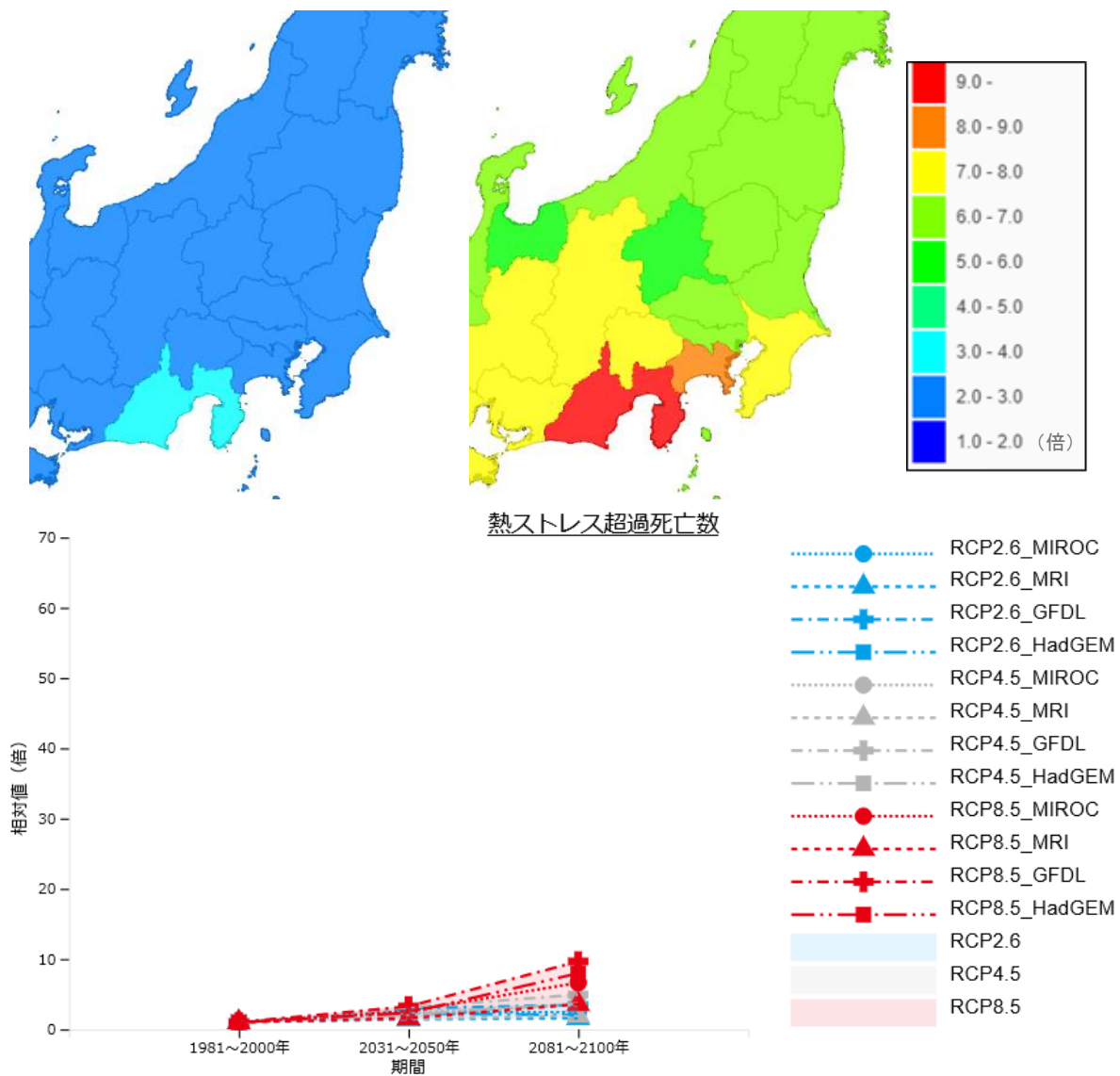


図 5-62 熱ストレス超過死亡数の将来予測 (栃木県)
(左上 : 21 世紀半ば、右上 : 21 世紀末 ; いずれも RCP8.5)

出典 : 環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
 ((<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>) 2022 年 2 月 28 日利用)

(5) 感染症

- 現在
 - ・ 外気温上昇により、ロタウイルス流行時期が日本各地で長期化していることが確認されている。
 - ・ デング熱の原因となるウイルスを媒介するヒトスジシマカの生息域が 2016 年に青森県まで北上、拡大していることが確認されている。
 - ・ 国外等から日本で生息していないはずの媒介動物の侵入が懸念され、実際に 2019 年 9 月に京都府または奈良県でデングウイルスに感染してデング熱を発症した国内感染例が確認された。
 - ・ ダニ等（ツツガムシ含む）により媒介される感染症についても、全国的な報告件数の増加や発生地域の拡大が確認されている。
- 将来
 - ・ 気候変動による感染症への影響として、水系感染症の発生数の増加が考えられている。
 - ・ 全国では、RCP8.5 シナリオでは、ヒトスジシマカの分布可能域は 21 世紀末には、北海道の一部にまで広がることが予測されている。ただし、分布可能域の拡大が、直ちに疾患の発生数の拡大につながるわけではない。
 - ・ また、ヒトスジシマカの吸血開始日は初春期の平均気温と相関があり、気温上昇が進めば、吸血開始日が早期化する可能性がある。
 - ・ 県内では、ヒトスジシマカの生息可能域は、徐々に北上する可能性が予測されている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

外気温の変化と水系・食品媒介性感染症の関係性について、外気温上昇により、ロタウイルス流行時期が日本各地で長期化していることが確認されている。

媒介動物の分布域が拡大し、活動可能期間が長くなっている。また、国外等から日本で生息していないはずの媒介動物の侵入が懸念される。

実際に、2014 年夏には都内の公園を中心に多数の人がデング熱を発症する事象が発生し、2019 年にも関西地方で確認された。

ダニ媒介感染症については、日本紅斑熱が全国的に増加傾向にあり、発生地域も拡大している。

また、マダニの活動が停滞する冬季を含め、年間を通して患者が発生している。つつが虫病については、依然として多くの患者が発生しており、山形県では発生件数と前年度の平均気温・降水量・降雪量・積雪量との間に正の相関性があることが報告されている。さらに、2013 年 1 月にダニ媒介性ウイルス感染症である重症熱性血小板減少症候群（SFTS）の流行が確認され、気候変動との関連は不明であるが年々患者報告数が増加し、2019 年は過去最高の 100 名を超えた。

（文献 5-5-1）

【栃木県または関東】

2014 年には都内の公園で多数の人がデング熱に罹患する事象が発生した。（文献 5-5-1）

○ヒトスジシマカ

幼虫の生息地は年平均気温が 11℃以上の地域と一致しており、温暖化等の影響等で分布域が

徐々に北上していることが示唆されている（図 5-63）。（文献 5-5-5）

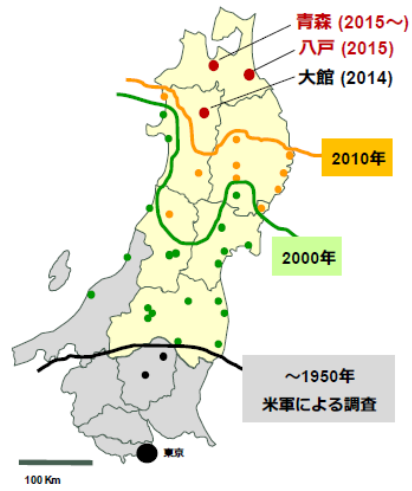


図 5-63 ヒトスジシマカの分布域（東北地方）
（出典：文献 5-5-5）

<2.将来予測される事象>

【全国】

気候変動による感染症への影響として、水系感染症の発生数の増加が考えられている。ただし、下痢症については、SRES シナリオを用いた予測では、気候変動により高所得地域を除いたアフリカ・アジアで将来的に増加するものの、日本では減少することが予測されている。

ヒトスジシマカの分布域を予測した研究によれば、全国的な傾向として、現状ではヒトスジシマカの分布域は国土の約 40%弱であるが、21 世紀末の RCP8.5 シナリオ下においては、国土全体の約 75~96%に達すると見込まれる。また、21 世紀末までに、日平均気温がヒトスジシマカの生育に必要な 11℃以上になることで、現在では侵入・定着が確認されていない北海道南部においても、生息が拡大する可能性が示唆されている。

また、ヒトスジシマカの吸血開始日は初春期の平均気温と相関があり、気温上昇が進めば、吸血開始日が早期化する可能性がある。(文献 5-5-1)

【栃木県または関東】

関東地域においては気温上昇に伴い、ヒトスジシマカの活動期間は 21 世紀中頃に 5 カ月~5 カ月半の地域が増加し、21 世紀末には 6 カ月程度活動する地域も出現することが予測されている(文献 5-5-1)

栃木県について詳しく見てみると、ヒトスジシマカの生息可能域は、徐々に広範囲に広がる可能性が予測されている(図 5-64)。

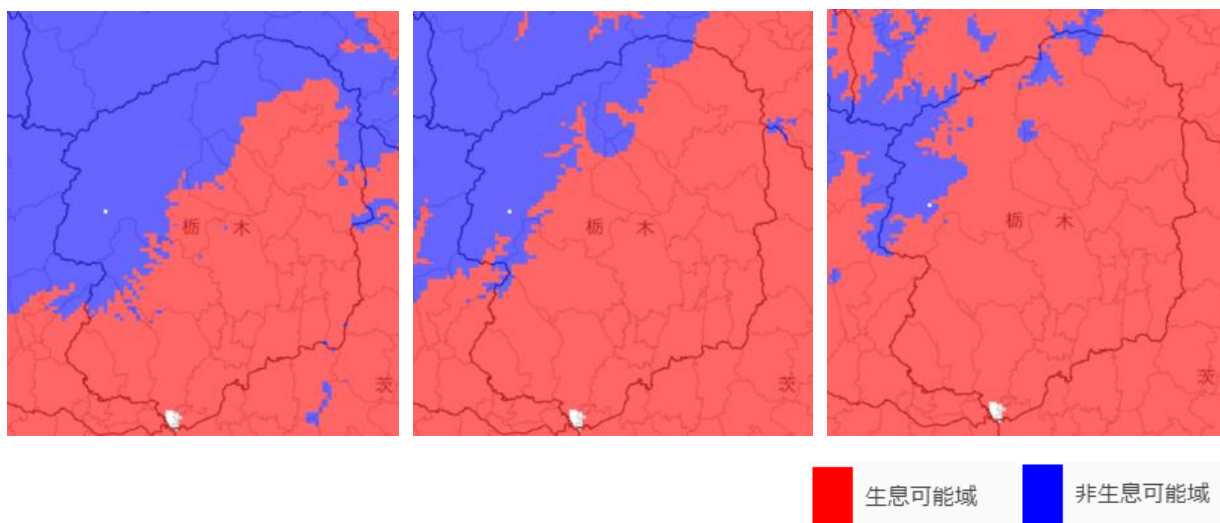


図 5-64 ヒトスジシマカの生息可能域(栃木県)

(左:現在、中央:21世紀半ば、右:21世紀末;いずれもRCP8.5)

出典:環境省 気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>) 2022年2月28日利用

(7) その他（温暖化と大気汚染の複合影響）

- 現在
 - ・ 全国では、気温上昇による生成反応の促進等により、粒子状物質を含む様々な汚染物質の濃度が増加していることが報告されている。
 - ・ 近年、光化学オキシダント及びその大半を占めるオゾンの濃度の経年的増加を示す報告が多く、温暖化も一部寄与している可能性が示唆されている。
 - ・ 県内では、オキシダント濃度はほぼ横ばいである。
- 将来
 - ・ 全国では、産業や交通の集中でオキシダント濃度が高くなっている都市部で、現在のような大気汚染が続いた場合、気温上昇に伴うオキシダント濃度上昇によって健康被害が増加する可能性がある。
 - ・ 県内でも、気温上昇による光化学反応の促進等の理由により、オキシダント濃度が増加すると予測する研究事例がある。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

温暖化と大気汚染に関して、気温上昇による生成反応の促進その他のメカニズムにより、粒子状物質を含む様々な汚染物質の濃度の変化が報告されている。

近年、光化学オキシダント及びその大半を占めるオゾンの濃度の経年的増加を示す報告が多く、温暖化も一部寄与している可能性が示唆されている。

温暖化に伴うオゾン濃度上昇は、オゾン関連死亡（全死亡・心血管疾患死亡・呼吸器疾患死亡）を増加させる可能性がある。（文献 5-5-1）

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、県内におけるオキシダント濃度は、ほぼ横ばいで推移している。光化学スモッグ注意報の発令日数は、近年、おおむね5日程度で推移している（図 5-65）。（文献 5-5-6）

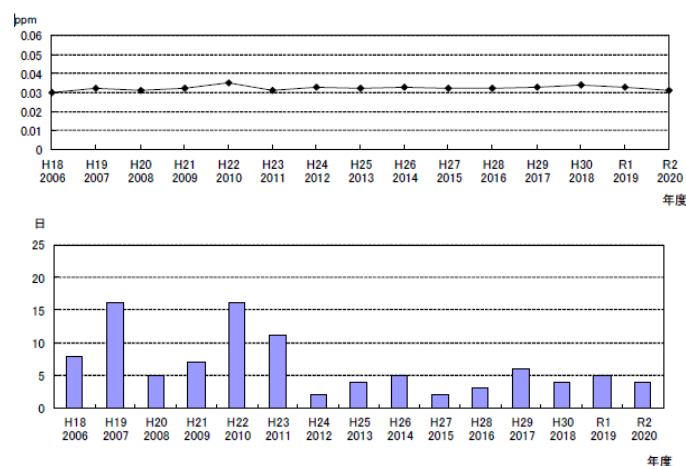


図 5-65 栃木県内におけるオキシダント濃度の推移（上）
光化学スモッグ注意報年間発令数の推移（下）

（出典：文献 5-5-6）

<2. 将来予測される事象>

【全国】

産業や交通の集中でオキシダント濃度が高くなっている都市部で、現在のような大気汚染が続いた場合、温暖化によってさらにオキシダント濃度が上昇し、健康被害が増加する可能性がある。

【栃木県または関東】

温暖化と大気汚染(オキシダント濃度への影響と超過死亡リスク)に関する研究事例によると、今世紀末のオキシダント濃度は、埼玉県など関東内陸部を中心に7~8ppbの増加が見込まれ(図5-66)、この濃度の増加分に対応する夏季における死亡率の増加を見ると、今世紀末ではすべての都県で増加し、全体では0.6%の増加と推定された(図5-67)。(文献5-5-6)

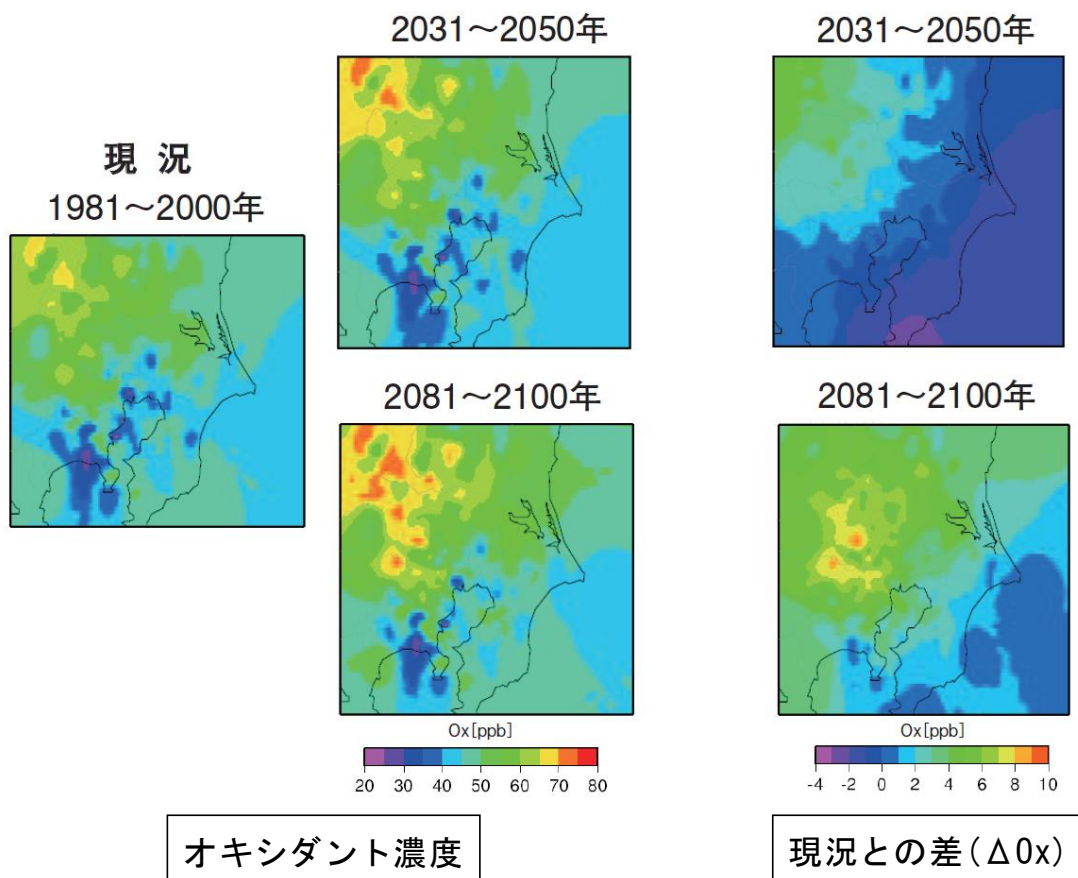


図 5-66 関東地方におけるオキシダント濃度の現況と将来推定

(出典：文献5-5-6)

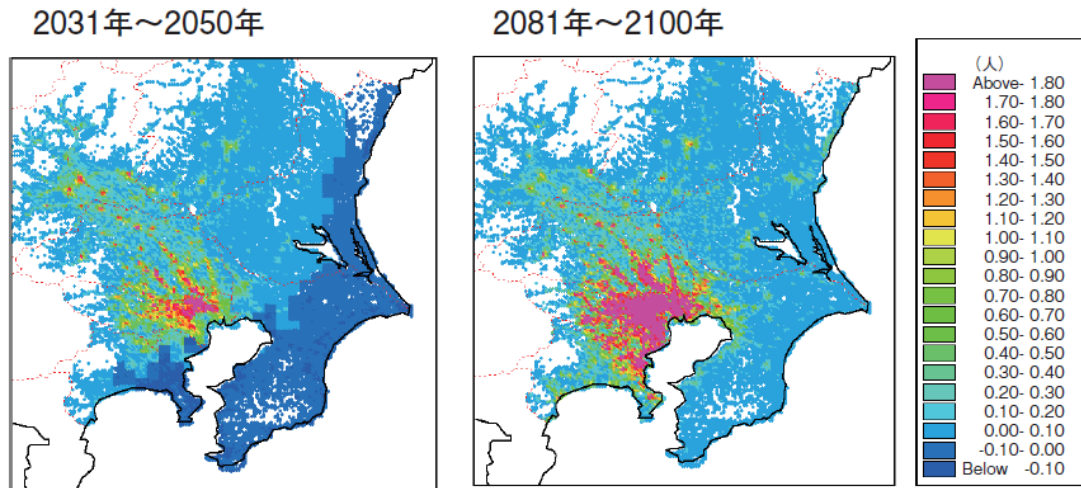


図 5-67 オキシダント濃度増加に伴う関東圏の増加死亡数（65 歳以上）⁴⁶

(出典：文献 5-5-6)

⁴⁶ 20年間の夏季（6月～8月）延べ60カ月の増加数を1kmメッシュ（1km²）当たりで示したものの。

5.1.6 産業・経済活動

気候変動が産業・経済活動の各分野に及ぼす影響には、具体的な研究事例は現時点では限定的であるが、気温の上昇や極端現象の頻度や強度の増加とそれに伴う災害の発生等による影響が予想されることから、産業・経済活動分野における気候変動への適応の取組は重要である。

ここでは、国の気候変動影響評価報告書に示されている項目について、本県への影響について整理した。

(1) 製造業

- 現在
 - ・ 全国では、気候変化により、様々な影響が想定されるが、現時点で製造業への影響の研究事例は少数であるが、製造業は水害により131億円（2017年）の被害が発生しており、大雨発生回数の増加による水害リスクの増加が指摘されている。
- 将来
 - ・ 気候変動による製造業への将来影響が大きいと評価している研究事例は乏しいものの、企業が気候変動をリスクやビジネス機会として認識していることを示唆する報告がみられる。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

極端現象の頻度や強度の増加に関しては、製造業は水害により131億円（2017年）の被害が発生しており、大雨発生回数の増加による工場の被災や設備の損傷等の水害リスクの増加が指摘されている。中小企業には、近年の大規模な自然災害により、工場・事務所等の破損や損壊、従業員の出勤困難やインフラの途絶による操業の停止、販売先・顧客の被災による売上げの減少、取引先の被災による原材料の供給停止など様々な被害が発生しており、経済的損失を受け、営業停止に追い込まれる事業者も存在していることが報告されている。（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2.将来予測される事象>

【全国】

平均気温の変化は、企業の生産過程、生産物の販売、生産施設の立地などに直接的、物理的な影響を及ぼすとともに、国内で導入される気候政策を通じて要素価格や生産技術の選択、その他の生産費用と経営環境等にも影響を及ぼす。例えば、気候に影響を受けやすいアパレル産業では、販売データと気象観測データの分析により、季節性を有する製品の売上げが気温の変化と密接に関係していることが示されている。

また、気候変動は、地域固有の文化・歴史を育む、地域固有の気候に根ざした地場産業にも影響する。なお、産業への影響には生産損失のような負の影響だけでなく新たなビジネス機会の創出のような正の影響もあることに留意が必要である。（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

(2) エネルギー

- 現在
 - ・ 現時点では、気候変動によるエネルギー需給への影響に関する具体的な研究事例は少数である。
 - ・ 猛暑により想定を上回る電力需要を記録した報告がみられる。
 - ・ 強い台風等によりエネルギー供給インフラが被害を受けエネルギーの供給が停止した報告がみられる。
- 将来
 - ・ 気候変動によるエネルギー需給への将来影響を定量的に評価している研究事例は一定程度あるが、現時点の知見からは、総じてエネルギー需給への影響は大きいとは言えない。
 - ・ 気温の上昇によるエネルギー消費への影響について、予測を示した事例がある。
 - ・ 流況等の変化による水力発電量の全国的な減少を予測する研究事例がある。
 - ・ 2040年代において日射量の減少による多結晶型太陽電池の発電量の全国的な減少を予測する研究事例がある一方で、福島県を対象とした研究事例では主に日射量の増加による太陽光発電量の増加を予測している。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

2018年夏季においては、猛暑により全国各地で事前の想定を上回る電力需要を記録した。

また、強い台風等によりエネルギー供給インフラが被害を受けエネルギーの供給が停止した報告がみられる。

企業の環境報告書等では、局地的な降雨等に伴う災害に対して貯蔵施設の被害や燃料輸送の遅延・停滞の可能性への懸念を示す内容が見られる。(文献 5-6-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2.将来予測される事象>

【全国】

気温の上昇によるエネルギー消費への影響について、以下のような予測を示した事例がある。(文献 6-1)

○産業部門や運輸部門においてはほとんど変化しない

○家庭部門では減少する(気温が1度上昇するとエネルギー消費量は北海道・東北で34%、その他の地域で12%減少する)

○業務部門では増加する(気温が1度上昇すると、業務部門では12%増加する)

○家庭、業務部門を併せた民生部門全体では、大きな影響は無い、または地域によっては減少する

○全国的には夏季は気温上昇により冷房負荷が増加し、冬季は暖房負荷が減少する。冷房負荷は低緯度地域ほど増加し、暖房負荷は高緯度地域ほど減少する。

また、再生可能エネルギーの観点では、現状の水力発電設備が維持された場合、流況の変化等により、全国的に2075～2099年の発電量は11%減少する一方、一部の地域で発電量の大幅な

増大（北海道で約 17%の増加）が見込まれると予測する研究事例がある。

多結晶型太陽光発電電池の 2040 年代と 2090 年代の発電量の変化に関する研究では、2040 年代に日射量の減少と太陽光発電電池セル内の温度上昇による発電効率の低下により、全国的に減少傾向が見られ、特に太平洋側の一部地域で、1990 年代と比較して 2040 年代に発電量が 10%程度減少することが予測されている。一方で、福島県を対象とした研究では、主に日射量の増加により 2030 年に平均 1.7%、2050 年に平均 3.9%、2070 年に平均 4.9%の太陽光発電量の増加を予測している。（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

(3) 商業

- 現在
 - ・ 飲料やエアコンの販売数と気温上昇との間に関係があることが報告されている。
 - ・ 季節商品の需給予測が難しくなっている事例、大雨や台風により店舗の売上の増減や臨時休業が起きる事例等が報告されている。
- 将来
 - ・ 日本における気候変動による商業への将来影響を評価している研究事例は乏しく、商業への影響は現時点では評価できない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

飲料やエアコンの販売数と気温上昇との間に関係があることが報告されている。

急激な気温変化や大雨の増加等により季節商品の需給予測が難しくなっている事例、大雨や台風により百貨店やスーパーなどの売上の増減や臨時休業が起きる事例等が報告されている。

企業の環境報告書等からは、世界各地のサプライチェーンにおける異常気象による農作物の不作による調達リスク、冷夏や暖冬による季節性商品の売上が減少することによる業績への影響、食中毒等の増加に対するリスク等が懸念されている。(文献 5-6-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

日本における気候変動による商業への将来影響を評価している研究事例は乏しく、商業への影響は現時点では評価できないが、アパレル業界では、気候変動は季節性を有する製品の売上、販売計画に影響を与えると指摘する研究等がある。(文献 5-6-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

(4) 金融・保険

- 現在
 - ・ 自然災害とそれに伴う損害保険の支払額の推移からは、支払額が著しく増加し、恒常的に被害が出る確率が高まっていることが確認されている。
 - ・ 1980年からの約30年間の自然災害とそれに伴う損害保険の支払額の推移からは、近年の傾向として、支払額が著しく増加し、恒常的に被害が出る確率が高まっていることが確認されている。
 - ・ 長期での損害保険の支払い予測が困難になったため長期火災保険の保険期間が短縮された。
 - ・ 日本における金融分野への影響については、具体的な研究事例が確認できていない。
- 将来
 - ・ 保険損害の増加、保険金支払額の増加、再保険料の増加が予測されている。
 - ・ 金融分野への影響については、現時点で日本に関する具体的な研究事例は確認できていない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

1980年からの約30年間の自然災害とそれに伴う損害保険の支払額の推移を見ると、近年の傾向として、社会的・経済的要因とも相まって、支払額が著しく増加し、恒常的に被害が出る確率が毎年高まっており、保険会社の経営への影響が増している。一般社団法人日本損害保険協会がまとめた過去の主な風水災害による保険金の支払額を見ると、上位10件のうち7件を2014年以降の災害が占めており、2018年の台風第21号による損害への支払額が最も大きく1兆円に達している。

保険会社等からなる損害保険料率算出機構は、自然災害による保険金支払いが増加していること、IPCC第五次評価報告書等近年の気候変動研究の成果から、自然災害による損害の将来リスクが不透明で、長期のリスク評価が難しくなったことを理由に、火災保険の契約期間の最長年数を35年から10年に引き下げている。(文献5-6-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

日本においても、自然災害とそれに伴う保険損害が増加し、保険金支払額が増大すると予測され、再保険料の増加が予測されている。ただし、その定量的な予測の方法については明示されていない。

CDP気候変動質問書(2017)では、気候変動の影響による物理リスクが顕在化する可能性が高いと認識している企業が多く(回答した金融業の合計66.7%)、気候変動の影響がビジネス機会として得られる可能性が高いと認識している企業が多い(同63.7%)という結果を得ている。

(文献5-6-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

(5) 観光業（レジャー）

- 現在
 - ・ 気温の上昇等により、自然資源を活用したレジャーへ影響を及ぼす可能性があるが、現時点で研究事例はスキー場への影響（積雪量の不足）を除いて限定的にしか確認できていない。
 - ・ 那須塩原市のスキー場では、積雪量の減少や融雪の早期化により、人工降雪機の稼働日数を増加させる等の影響が生じている。
- 将来
 - ・ スキーに関しては、降雪量及び最深積雪が、2031～2050年には北海道と本州の内陸の一部地域を除いて減少することで、ほとんどのスキー場において積雪深が減少すると予測されている。また、積雪量の減少により来客数・営業利益の減少が予測されている。
 - ・ 那須塩原市では、更なる積雪の減少や気温の上昇により、スキー場の営業期間の短縮が懸念されている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

暖冬によるスキー場への影響（積雪量の不足）が報告されている。2007年から2016年までの長野県のスキー場来客数に対する気象的要因と社会的要因の影響を重回帰分析した報告では、当該期間におけるスキー場来客数の減少は主に社会的要因の影響が大きいことが示唆されたものの、気温は負に有意、積雪深は正に有意であった。

企業の環境報告書等からは、レジャーランドでの訪問客の待機時における暑さ対策の必要性、ゴルフ場での大雨や熱波による芝の病気等に対する管理費用の増大や夏場の入場者の減少による利益損失が挙げられている。（文献 5-6-1）

【栃木県または関東・東日本】

那須塩原市のスキー場では、積雪量の減少や融雪の早期化により、人工降雪機の稼働日数を増加させる等の影響が生じている。（文献 5-6-2）

<2.将来予測される事象>

【全国】

気候変動のレジャーへの影響は、レジャーのタイプによっても異なるが、スキーに関しては、2031～2050年には降雪量及び最深積雪は北海道と本州の内陸の一部地域を除いて減少し、ほとんどのスキー場で積雪深が大きく減少すると予測されている。富山県のスキー場に及ぼす影響を予測した研究（A1Bシナリオを前提としたMRI-AGCM3.2Sモデルによる予測情報を使用）によれば、今世紀後半（2075年～2099年）にかけて約50cm程度の積雪深の減少を予測しており、また、積雪量と来客数の実績データから、来客数と営業利益の大幅な減少を予測している。

また、原生林の衰退により世界自然遺産登録が抹消されると想定した場合に来客数が減少すると予測している研究もある。（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

那須塩原市では、将来的には、更なる積雪の減少や気温の上昇により、スキー場の営業期間の短縮を余儀なくされることが懸念されるほか、市の観光イメージが変化することが想定されている。また、短時間強雨や大雨の増加による災害発生頻度の増加は、屋外型レジャーに大きな影響

を与えることが懸念されている。(文献 5-6-2)

栃木県の華厳の滝とともに日本三名瀑に数えられる茨木県の袋田の滝における調査において、気温上昇により、滝の凍結度が減少する傾向にあることが確認されている。冬期の観光客の多くが氷瀑に高い関心を持っていることから、氷瀑が減少・消失すると、観光客数の減少につながると予測された。(文献 5-6-1)

(6) 建設業

- 現在
 - ・ 夏季の気温上昇により、コンクリートの質を維持するための暑中コンクリート工事の適用期間が長期化している。
 - ・ 過去5年間の職場における熱中症による死亡者数、死傷者数は建設業において最大となっている。
 - ・ 建築物への風や積雪による荷重、空調負荷、洪水等による浸水対応など、建築物の性能を確保するための設計条件や基準・指針の見直しの必要性が検討されている。
- 将来
 - ・ 日本建築学会において、気候変動に適応した建築計画・都市計画の在り方が議論されている。
 - ・ 関東地域の夏季において建築物の空調熱負荷が増加すると予測されている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

建設業への影響については、夏季の気温上昇により、コンクリートの質を維持するための対策を行う暑中コンクリート工事の適用期間が日本の西南地域を中心に長期化している事例が報告されている。

過去5年間（2016年～2020年）の職場における熱中症による死亡者数、死傷者数は建設業において最大となっている。

日本建築学会に設置されている「気候変化による災害防止に関する特別調査委員会」において建築物の気候変動への対応に関し、建築物個々の自助対策や公的なインセンティブなど公助に対する課題、設計基準の見直しの必要性等が示され、気候変動に適応した建築計画・都市計画の在り方が議論されている。（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2.将来予測される事象>

【全国】

日本建築学会に設置されている「気候災害特別調査委員会」等において、水害への防災・減災対策として、水流と建築の構造的耐力との関係整理、浸水しても機能停止に陥らない建築構造や重要設備等の配置、早期復旧が可能で健康被害も小さい建築計画、リスクの高い地域の居住を避ける施策提案等、気候変動に適応した建築計画・都市計画の在り方が議論されている。（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

気候変動が関東地方の夏季8月の建築物の空調熱負荷へ与える影響について研究した事例（RCP4.5シナリオを前提としたMIROC4hモデルを使用）では、近未来（2029年8月）は現在（2001～2010年）と比べ顕熱負荷が26%上昇し、潜熱負荷が10%上昇すると予測されている。（文献 5-6-1）

(7) 医療

- 現在
 - ・ 現時点で、医療産業への影響について、断水や濁水による人工透析への影響や熱帯あるいは亜熱帯地域に存在する病原細菌への国内での感染事例等が一定程度見られる。
- 将来
 - ・ 現時点で、医療産業への影響について具体的な研究事例は確認できていない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

現時点で、医療産業への影響について、以下のような影響や報告が一定程度見られる。(文献 5-6-1)

- 断水や濁水による人工透析への影響や気温と救急搬送量との関係等に関する研究報告
- 熱帯あるいは亜熱帯地域に存在する病原細菌への国内での感染事例
- 洪水による浸水が発生した医療機関への被害事例

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

現時点で、医療産業への影響について具体的な研究事例は確認できていない。

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

5.1.7 国民生活・都市生活

国民生活・都市生活分野について、国の気候変動影響評価報告書に示されている項目のうち、本県に関連が深いものとして、水道・交通等の「都市インフラ・ライフライン等」、季節現象・生物季節・伝統行事・地場産業等の「文化・歴史などを感じる暮らし」、暑熱による生活への影響等の「その他」への影響について整理した。

(1) 都市インフラ・ライフライン等

①水道・交通等 ※浸水は「5.1.4-(1)洪水（河川氾濫、内水氾濫）」、濁水は「5.1.2-(2)水資源」に記載

- 現在
 - ・ 全国では、近年、各地で、記録的な豪雨による地下浸水、停電、地下鉄への影響、濁水や洪水等による上下水道インフラへの影響、豪雨や台風による高速道路の切土斜面への影響等が確認されている。
 - ・ 令和元年東日本台風による栃木県内のインフラ・ライフライン被害状況に大きな被害が生じた。
- 将来
 - ・ 全国では、研究事例は限定的にしか確認できていないが、今後、気候変動による短時間強雨や濁水の増加、強い台風の増加等が進めば、インフラ・ライフライン等に影響が及ぶことが懸念されるとされている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

大雨、台風、濁水等によるインフラ・ライフラインへの影響が確認されている。例えば、2019年に発生した台風第13号や15号、17号、19号では、水道インフラでは水道施設の浸水や原水濁度上昇、取水不良、電力インフラでは暴風雨及びそれに伴う倒木・飛来物等による配電設備等の損壊による大規模な停電、交通インフラでは倒木等による鉄道の運転見合わせ、新幹線車両基地の浸水等、様々なインフラに影響が生じている。(文献 5-6-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、平成27年台風第18号や令和元年東日本台風の際に鉄道、路線バス等が不通になるなどの被害が発生している。こうした状況の中、鉄道事業者等において、異常気象時における計画運休の対応が進められている。(県土整備部)

令和元年東日本台風による栃木県内のインフラ・ライフライン被害状況の例は以下のとおり。

(文献 5-7-2)

○道路 県管理 71箇所、約17億円 市町管理 91箇所、約9億円

○橋梁 県管理 2箇所、約2億円 市町管理 25箇所、約10億円

○農地・農業用施設 約110億円

○断水等 県内7市町で断水、約1万3千戸が影響

○市町等水道事業者施設 12市町の取水・上水施設、排水施設等で約13億円

○県企業局発電所 10所のうち8所で運転停止

○東京電力グループ 各所発電所、変電所、配電線に被害 県内で約2万戸が停電

<2.将来予測される事象>

【全国】

環境省によると、気候変動がインフラ・ライフラインにもたらす影響について、全球レベルでは、極端な気象現象が、電気、水供給サービスのようなインフラ網や重要なサービスの機能停止をもたらすことによるシステムのリスクに加えて、国家安全保障政策にも影響を及ぼすとする報告がみられる。

事例としては以下のとおりである。(文献 5-7-1)

- 電力インフラに関して、融雪出水時期の変化等による水力発電への影響が予測されている。
- 水道インフラに関して、河川の微細浮遊土砂の増加により、水質管理に影響が生じることが予測されている。
- 交通インフラに関して、国内で道路のメンテナンス、改修、復旧に必要な費用が増加することが予測されている。
- 気象災害に伴って廃棄物の適正処理に影響が生じること、洪水氾濫により水害廃棄物が発生すること、都市ガスの供給に支障が生じることがも予測されている。

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は見当たらない。

(2) 文化・歴史などを感じる暮らし（季節現象・生物季節・伝統行事・地場産業等）

➤ 現在

- ・ 全国では、サクラ、イロハカエデ、セミ等の動植物の生物季節の変化について報告が確認されている。特に、サクラについては、ヒートアイランド現象と相まって、郊外に比べて、都市部で開花や花芽の成長速度が速まっていることが報告されている。
- ・ 生物季節の変化が国民の季節感や地域の伝統行事・観光業等に与える影響について、サクラの開花の早期化が地元の祭行事に影響を与えている事例が確認できるものの、その他の具体的な研究事例は確認されていない。
- ・ 県内では、宇都宮におけるサクラ（ソメイヨシノ）の開花の早まり、カエデ（イロハカエデ）の紅葉日の遅れ等が確認されている。また、生物季節の変化が国民の季節感や地域の伝統行事・観光業等に与える影響について、日光においてサクラの開花の早期化が地元の祭行事に影響を与えている事例が確認されている。

➤ 将来

- ・ 全国では、サクラの開花日及び満開期間について、将来の開花日は北日本などでは早まる傾向にあること、また、今世紀中頃及び今世紀末には、気温の上昇により開花から満開までに必要な日数は短くなること示されており、それに伴い、花見ができる日数の減少、サクラを観光資源とする地域への影響が予測されている。
- ・ 県内では、現時点で既存知見は確認されていない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

生物季節に関して、サクラでは、気温上昇や積雪量減少に伴う開花の早期化や開花期間の短縮化が報告されている。

埼玉県熊谷市や横浜市、仙台市などの都市部では、ヒートアイランド現象や構造物からの熱に相まって、ソメイヨシノの開花や花芽の成長速度が郊外に比べて早期化していることが報告されている。

一方で、冬季の気温上昇により、サクラの休眠解除に遅れが生じ、開花が遅れる地域が拡大していることも報告されている。

その他、カエデやイチョウの全国的な紅葉の遅延、ツバメ等の野鳥の飛来・繁殖時期の全国的な変化、セミの繁殖時期の早期化や聞き始め・聞き終わりの時期の早期化の可能性が報告されている。（文献 5-7-1）

【栃木県または関東】

サクラに関連した伝統行事への影響事例として、日光の弥生祭において、サクラの開花が早期化したことにより、屋台にサクラの生花ではなく、造花を用いることが多くなっているとの報告がある。（文献 5-7-1）

栃木県内の季節現象・生物季節について詳しく見た例を以下に示す。

○初霜

宇都宮の初霜観測日の経年変化を見ると、年々のばらつきは大きいものの、特に 1990 年代以降、徐々に初霜観測日が遅くなっている傾向が見られる（図 5-68）。

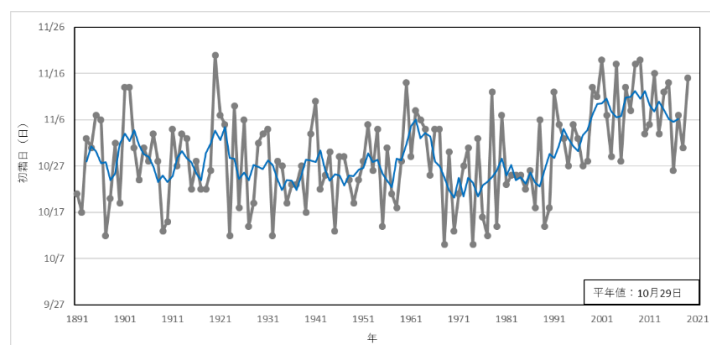


図 5-68 初霜観測日の経年変化

(宇都宮気象台 HP より作成)

○初雪

宇都宮の初雪観測日の経年変化を見ると、初雪観測日に変化傾向は見られない（図 5-69）。

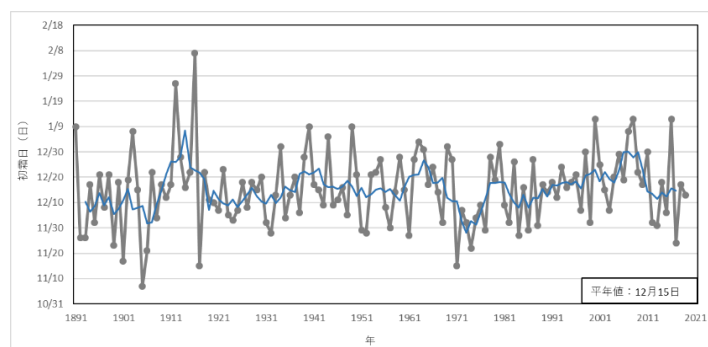


図 5-69 初雪観測日の経年変化

(宇都宮気象台 HP より作成)

○初氷

宇都宮の初氷観測日の経年変化を見ると、1990 年以降、初氷観測日は遅くなる傾向が見られる（図 5-70）。

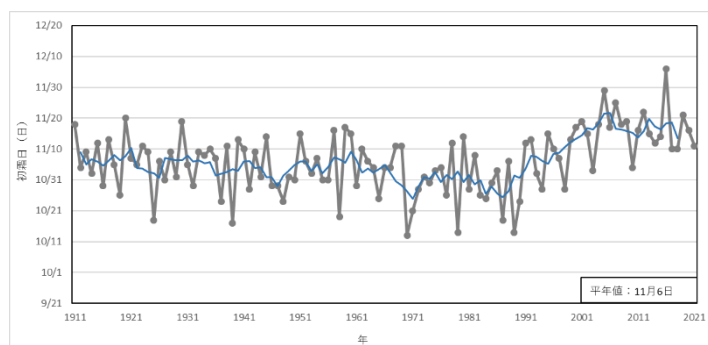


図 5-70 初氷観測日の経年変化

(宇都宮気象台 HP より作成)

○サクラ（ソメイヨシノ）

宇都宮地方気象台の観測によると、1953～2021年のサクラ（ソメイヨシノ）の開花日の経年変化では、サクラ（ソメイヨシノ）の開花は早まる傾向が現れており、50年あたり約8日早くなっている（図5-71）。

なお2021年は、宇都宮市の桜（ソメイヨシノ）の開花は観測史上トップの2002年に次ぐ2番目の早さであった。（文献5-7-3）

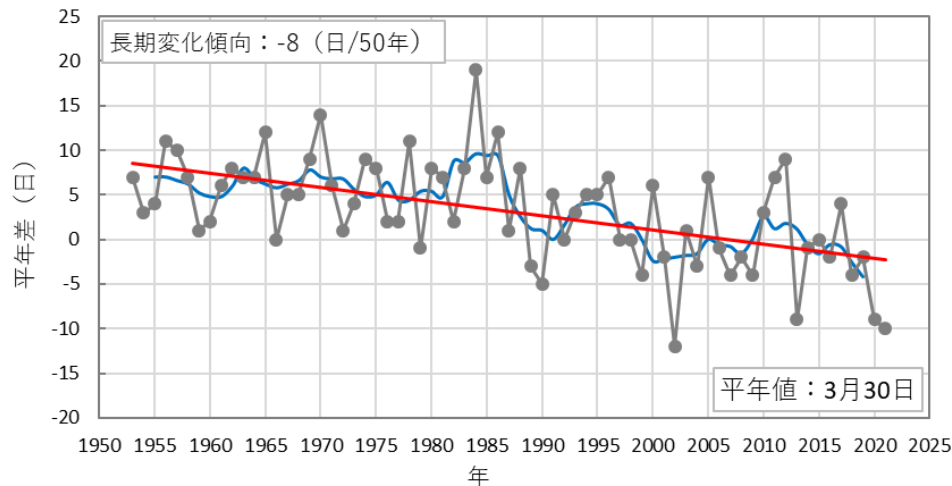


図 5-71 サクラの開花日の経年変化

（出典：東京管区気象台データより作成）

○カエデ（イロハカエデ）

宇都宮地方気象台の観測によると、1953～2021年のカエデ（イロハカエデ）の紅葉日の経年変化では、カエデ（イロハカエデ）の紅葉日は遅れる傾向が現れており、50年あたり約18日遅くなっている（図5-72）。

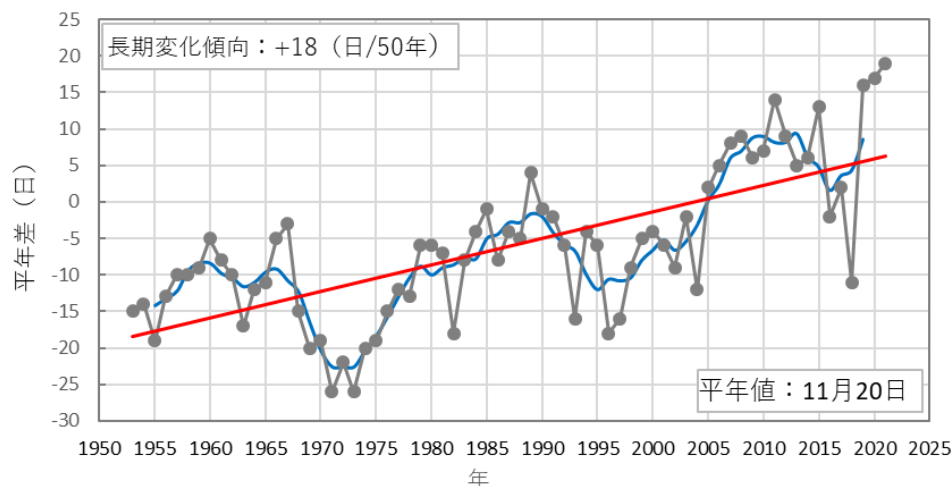


図 5-72 カエデの紅葉日の経年変化

（出典：東京管区気象台データより作成）

<2.将来予測される事象>

【全国】

気候変動が 2046～2065 年及び 2081～2100 年におけるサクラの開花及び満開期間に及ぼす影響に関する研究によると、いずれの将来期間においても開花は北日本などでは早まる傾向にあるが、西南日本では遅くなる傾向にあること、気温の上昇に伴い開花から満開までに必要な日数は短くなる可能性が高いとされている。

開花から満開までの期間の短縮は、それだけ花見ができる日数が減ることになり、市民が楽しむ機会が減ること、観光産業にとっても観光資源が減少するという負の影響が現れるかもしれないこと（特に桜まつり等がゴールデンウィークに開催される地域）にも言及している。（文献 5-7-1）

【栃木県または関東】

2081～2100 年の 4 種（サクラシダレザクラ、ソメイヨシノ、ヤマザクラ、サトザクラの開花日を予測した研究による気候予測情報を使用）によれば、気温上昇により東京都内で 30 日程度開花が早期化する可能性があるとしている。（文献 5-7-1）

栃木県では、現時点で既存知見は確認されていない。

(3) その他

①暑熱による生活への影響等 ※熱ストレスによる死亡リスクや熱中症等は「5.1.5 健康」に記載

- 現在
 - ・ 日本の大都市においては気候変動による気温上昇にヒートアイランドの進行による気温上昇が重なっていることが確認されている。
 - ・ 中小都市でもヒートアイランド現象が確認されている。ヒートアイランド現象により都市部で上昇気流が発生することで短期的な降水量が増加する一方、周辺地域では雲の形成が阻害され、降水量が短期的に減少する可能性があることが報告されている。
 - ・ 県内では、学校における熱中症事故を予防するため、「熱中症予防情報サイト」等を参考に活動の実施を判断することが方針として記されている。
- 将来
 - ・ 気温上昇に伴い、体感指標である WBGT も上昇傾向を示す可能性が高い。
 - ・ 熱ストレスの増加に伴い、だるさ・疲労感・熱っぽさ・寝苦しさといった健康影響が現状より悪化し、特に昼間の気温上昇により、だるさ・疲労感がさらに増すことが予測されており、気温上昇後の温熱環境は、都市生活に大きな影響を及ぼすことが懸念される。
 - ・ 県内では、現時点で既存知見は確認されていない。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

大都市では 100 年あたりの気温上昇率が 2.6~3.2℃であり、気候変動による気温上昇に、ヒートアイランドの進行による気温上昇が重なっているとの報告が確認されている。なお、中小都市でもヒートアイランド現象が確認されている。

こうしたヒートアイランド現象により都市部で上昇気流が発生することで短期的な降水量が増加する一方、周辺地域では雲の形成が阻害され、降水量が 短期的に減少する可能性があることが報告されている。

熱中症以外でも、気温が高い日に発熱、嘔吐、脱力感を訴える人の搬送者数が増えることが報告されている。温熱快適性の観点では、SET や WBGT 等の体感指標を用いた評価により、屋外空間の利用と体感温度の関係を示した事例もみられ、夏季日中において、人々が熱ストレスを感じずに屋外空間を快適に活用するためには、体感温度を指標として空間を構成する必要性が示されている。さらに、夏季の夜間においても、暑熱環境の進行により睡眠の質が低下することで睡眠障害有症率が上昇することが指摘されており、睡眠効率を 90%に維持するためには、体感指標として SET を 23~29℃に維持する必要性が報告されている。(文献 5-7-1)

【栃木県または関東】

栃木県教育委員会では、「栃木県運動部活動の在り方に関する方針(栃木県教育委員会、2018)」及び「栃木県文化部活動の在り方に関する方針(栃木県教育委員会、2019)」の中で、熱中症事故を予防するため、「熱中症予防情報サイト」(環境省 HP)や「熱中症予防運動指針」(公益財団法人日本スポーツ協会)等を参考に、活動の実施を判断するよう記載している。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

環境省によると、国内大都市のヒートアイランドは、今後は小幅な進行にとどまると考えられるが、既に存在するヒートアイランドに気候変動による気温の上昇が加わり、気温は引き続き上

昇を続けることが見込まれる。全国を対象に 21 世紀末の 8 月の WBGT を予測した事例 (RCP4.5 シナリオ) では、将来、暑熱環境が全国的に悪化し、特に東北地方で現在と比較して大きくなる可能性が示されている。

加えて、熱ストレスが増加することで労働生産性が低下し、労働時間の経済損失が発生することが予測される。(文献 5-7-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、現時点で既存知見は確認されていない。

第6章 実態調査

6.1 実態調査（庁内）

庁内の関係課所に気候変動の影響に関する実態調査を実施し、業務で感じている気候変動の影響や適応策の実施状況等について確認した。

実態調査の結果、県内でもいくつかの項目で気候変動の影響が確認されており、これらの影響に対して既に適応策が講じられていた。

なお、実態調査結果の詳細は巻末に掲載した。

(1) 農林水産業

<農業>

- ・影響が顕在化しており、特に野菜及び畜産において現在の影響を大きいとする回答が多くみられた。将来の影響は、大きいとする（懸念する）回答が多くみられ、既に多くの適応策が講じられていた。

表 6-1 実施されている適応策の例（農業）

区分	適応策
水稲	出穂後の適正な水管理・防除、適期収穫の指導、肥培管理の改善、生育診断による水管理等の指導、情報提供
野菜	品種の選定、作期の検討・見直し、排水対策、適正肥培管理、病害虫防除の徹底、昇温抑制対策、夜冷施設・早生品種の導入、薬剤防除
果樹	ナシ：霜害防止、適期収穫の奨励 リンゴ：着色系品種や黄色系品種の試作導入 ブドウ、モモ、オウトウ：適正着果量の遵守、適度なかん水、適期収穫
麦・大豆・飼料作物等	播種時期の見直し、排水対策の指導、畦間かん水の実施、適期防除の徹底、被害対策・二期作実証試験・栽培技術対策の周知
畜産	暑熱対策マニュアルの周知、送風・散水・細霧・畜舎屋根散水・畜舎屋根塗料・石灰塗布、寒冷紗等による日よけ、ワクチン接種励行等
病害虫・雑草	発生調査、防除対策・情報の提供

<林業>

- ・現時点では、木材生産や特用林産物の影響は顕在化しておらず、実施されている適応策はマツ枯れのモニタリング調査であった。

<水産業>

- ・影響の顕在化が確認されている項目は少ないものの、将来の影響を大きいとする（懸念する）回答が多くみられ、適応策が講じられていた。

表 6-2 実施されている適応策の例（水産業）

区分	適応策
増養殖等	遡上調査の実施、増養殖方法の指導、病気が発生した際の検査の実施

(2) 水循環・水資源

<水環境>

- ・無降水日数の増加や積雪量の減少による渇水影響が顕在化しており、特に水供給（地表水）の将来の影響を大きいとする（懸念する）回答が多くみられ、主に節水に関する適応策が講じられていた。

表 6-3 実施されている適応策の例（水環境）

区分	適応策
湖沼・ダム湖	公共用水域の水質調査
河川	公共用水域の水質調査
水供給（地表水）	節水の広報、受水市町団等との連絡調整、農業用水情報の発信、取水状況の確認、節水方法の周知

<水資源>

- ・地下水需要や水需要の影響は顕在化しておらず（または影響が大きいとはいえない）、将来の影響を大きいとする（懸念する）回答はなかった。
- ・現在講じられている適応策は水位観測、水質検査、節水要請、情報発信等であった。

表 6-4 実施されている適応策の例（水資源）

区分	適応策
水供給（地下水）	地下水位の観測、地下水位低下時の節水要請
水需要	公共用水域の水質調査
水供給（地表水）	農業用水情報の発信、取水状況の確認、節水方法の周知

(3) 自然生態系

<陸域生態系>

- ・ニホンジカやイノシシの生息適地拡大及びそれに伴う採食・樹木の剥皮・地面の踏みつけ等による下層植生の消失や樹木の枯死・ヤマビルの分布拡大が顕在化している。将来は、これらの生息域の分布拡大や、南方系の昆虫の増加について、影響が大きいとする（懸念する）回答が多くみられた。
- ・現在講じられている適応策はニホンジカやイノシシ対策であった。

表 6-5 実施されている適応策の例（陸域生態系）

区分	適応策
野生鳥獣による影響	捕獲の促進、柵による希少植生の保護

<淡水生態系>

- ・湖沼及び河川の生態系への影響は顕在化しておらず（または影響が大きいとはいえない）、湿原においては、顕在化していない。将来の水温上昇による湖沼及び河川の生態系への影響を大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在講じられている主な適応策は水質検査、水生生物調査及び遡上状況調査であった。

表 6-6 実施されている適応策の例（淡水生態系）

区分	適応策
湖沼	水質検査
河川	水質検査、水生生物調査、情報収集

<生物季節>

- ・植物の開花や動物の初鳴きの早まりが確認されており、これらの将来の影響を大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在、適応策は特に講じられていない。

<分布・個体群の変動>

- ・生物分布の変化や外来生物の侵入・定着率の変化、希少種・絶滅危惧種への影響の増大が確認されている。いずれも現状では影響が大きいとはいえないとのことであったが、将来の影響を大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在講じられている主な適応策は生息・分布状況調査であった。

表 6-7 実施されている適応策の例（分布・個体群の変動）

適応策
生息調査、分布調査

<生態系サービス>

- ・現状では影響は確認されていないまたは把握されていない。
- ・現在講じられている主な適応策は水質・大気汚染状況調査であった。

表 6-8 実施されている適応策の例（生態系サービス）

適応策
水質・大気汚染状況調査

(4) 自然災害

<河川>

- ・短時間強雨や総雨量数百 mm を超える大雨の発生による洪水（河川氾濫、内水氾濫）、災害廃棄物の増加・下流域への流出について、現在の影響が大きく、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答が多く見られた。
- ・現在講じられている適応策は河川・堤防整備、洪水浸水想定区域図の作成・公表、災害廃棄物処理計画・マニュアル作成、研修・訓練等であった。

表 6-9 実施されている適応策の例（河川）

区分	適応策
洪水（河川氾濫）	河川・堤防整備、堆積土除去等の維持管理 洪水浸水想定区域図の作成・公表 県災害廃棄物処理計画及び対応マニュアル等の策定 研修及び訓練等の実施 広域の連携体制の構築、県内市町等や関係団体との応援協定の締結
内水（下水管等が溢れる等）	内水（雨天時浸入水）に関する勉強会等の啓発活動 市町が実施する雨水管渠整備等への支援

<山地>

- ・集中的な崩壊・がけ崩れ・土石流等の頻発や山地や斜面周辺地域の社会生活への影響について、現在、影響が大きく、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在講じられている適応策は山地災害発生箇所の復旧、危険箇所の予防対策であった。

表 6-10 実施されている適応策の例（山地）

区分	適応策
土石流・地すべり等	治山事業による山地災害発生箇所の復旧、危険箇所の予防対策

<その他>

- ・台風の強風による倒木被害について、現在、影響が大きく、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答が見られた。竜巻・落雷については、現在・将来とも影響は大きいとは言えないとの回答であった。
- ・現在講じられている適応策は、巨木化した街路樹の伐採、電線管理者と協働で行う予防伐採であった。

表 6-11 実施されている適応策の例（その他）

区分	適応策
強風等	巨木化した街路樹の伐採 電線管理者と協働で行う予防伐採
複合的な災害影響	巨木化した街路樹の伐採 電線管理者と協働で行う予防伐採

<複合的な災害影響>

- ・複合的な災害影響として、斜面崩壊・土石流等に起因する洪水氾濫災害の発生について現在、影響が大きく、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在講じられている適応策は砂防堰堤や防護柵等の整備、土砂災害警戒区域等の指定・公表であった。

表 6-12 実施されている適応策の例（複合的な災害影響）

区分	適応策
複合的な災害影響	砂防堰堤や防護柵等の整備 土砂災害警戒区域等の指定、公表

(5) 健康

<冬季の温暖化>

- ・極端な低温環境による死亡リスクについて、現在の影響が大きく、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在講じられている適応策はヒートショック対策の普及啓発であった。

表 6-13 実施されている適応策の例（冬季の温暖化）

区分	適応策
冬季死亡率等	ヒートショック対策の普及啓発

<暑熱>

- ・超過死亡の増加、熱中症の発生率・搬送者数の増加、発生の時期早期化、場所多様化について現在、影響が大きく、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在講じられている適応策は予防啓発、普及啓発であった。

表 6-14 実施されている適応策の例（暑熱）

区分	適応策
死亡リスク	普及啓発
熱中症	報道機関への搬送者数データ提供による予防啓発 普及啓発

<感染症>

- ・現状では影響は確認されていないまたは把握されていない。
- ・現在、適応策は特に講じられていない。

<その他>

- ・温暖化と大気汚染の複合影響及びその他の健康影響は、現状は確認されていないまたは把握されていない。
- ・現在講じられている主な適応策は常時監視によるデータ収集であった。

表 6-15 実施されている適応策の例（その他）

区分	適応策
温暖化と大気汚染の複合影響	常時監視による継続的なデータ収集

(6) 産業・経済活動

<製造業>

- ・生産設備等への直接的・物理的な被害、基幹原料の品質・調達への影響や物流障害による供給不可のリスクの増加は、現在影響は大きいとは言えないとする回答が得られた。
- ・現在、適応策は特に講じられていない。

<エネルギー>

- ・水力発電等の発電量の変化について現在、影響が大きく、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在講じられている適応策は発電所の停止を極力少なくする対策であった。

表 6-16 実施されている適応策の例（エネルギー）

適応策
点検や工事による発電所の停止を極力少なくする。

<商業>

- ・現状では影響は確認されていないまたは把握されていない。
- ・現在、適応策は特に講じられていない。

<金融・保険>

- ・現状では影響は確認されていないまたは把握されていない。
- ・現在、適応策は特に講じられていない。

<観光業>

- ・スキー場、スケート場、ゴルフ場に関し、影響が顕在化しているが、その影響は大きいとは言えないとの回答が見られた。なお、将来の影響も大きいとは言えない回答が見られた。
- ・花見・紅葉時期の変化や夏季の観光快適度の低下に関しては、影響が顕在化しているが、その影響は大きいとは言えないとの回答が見られた。
- ・現在、適応策は特に講じられていない。

<建設業>

- ・建設工事現場等への直接的な被害に関し、現在影響が大きいとする回答、影響がないとする回答の双方が見られ担当課により異なっている。将来的な影響は大きいとする（懸念する）または大きいとは言えないとの回答が見られた。
- ・暑中コンクリート工事の適用期間の長期化に関しては、現在の影響はない、または大きいとは言えないとの回答が見られた。将来の影響は大きいとは言えないとの回答が見られた。

- ・現在講じられている適応策は、熱中症対策費用の計上、対策の明確化及び施工計画書等による確認（暑中コンクリート）であった。

表 6-17 実施されている適応策の例（建設業）

適応策
公共工事等における熱中症対策費用の計上 仕様書による対策の明確化及び施工計画書等による確認（暑中コンクリート工事の適用期間の長期化）

<医療>

- ・断水や濁水による人工透析への影響、洪水による医療機関の浸水被害の増加について現在影響が大きいとする回答が見られ、将来的な影響は大きいとする（懸念する）回答が見られた。
- ・現在講じられている適応策は、BCP 策定支援、避難確保計画の作成・見直し、避難訓練の実施の指導であった。

表 6-18 実施されている適応策の例（医療）

適応策
BCP 策定支援 避難確保計画の作成、見直しや避難訓練の実施の指導

<その他>

- ・国外で生じた気候変動の影響によるエネルギーや農水産物の輸入価格の変動について現在、影響は小さくなく、将来の影響も小さくないとする回答が見られた。
- ・現在講じられている適応策は県内（国内）での生産振興であった。

表 6-19 実施されている適応策の例（その他）

適応策
県内（国内）での生産振興（エネルギーや農水産物の輸入価格の変動）

(7) 国民生活・都市生活

<都市インフラ、ライフライン等>

- ・豪雨・台風・渇水等による都市インフラやライフライン等への影響は、現在の影響を大きいとする回答が多くみられ、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答が多くみられた。
- ・都市インフラ、ライフライン等に対しては既に多くの適応策が講じられていた。

表 6-20 実施されている適応策の例（都市インフラ、ライフライン等）

区分	適応策
水道、交通等	（地下浸水、停電） 信号機電源付加装置の設置、可搬式発電機の配備
	（水道インフラ） 節水の広報や受水市町団等との連絡調整 取水制限開始時に市町等水道事業者宛節水協力の呼びかけ 被害状況の情報伝達体制の構築、市町等水道事業者に対して浸水対策設備、非常用発電設備等の整備の呼びかけ
	（公共交通機関） 計画運休などの情報提供や連絡体制を鉄道事業者と確認
	（道路の通行止め等） 道路アンダーパス部に遮断機、情報板、の設置 巨木化した街路樹の伐採 電線管理者と協働で行う予防伐採 情報提供
	（橋梁等） 河川改修、情報提供
	（廃棄物処理） 市町等の廃棄物処理施設の強靱化に向けた国の交付金の活用支援 県内市町等や関係団体との応援協定の締結 市町等の業務継続計画策定の支援

<文化・歴史などを感じる暮らし>

- ・生物季節、伝統行事・地場産業等について、現在影響が顕在化しているが、その影響は大きいとは言えないとの回答が見られ、将来的な影響も大きいとは言えないとの回答が見られた。
- ・現在、適応策は特に講じられていない。

<その他>

- ・暑熱による生活への影響等として、睡眠障害、暑さによる不快感、屋外活動への影響、都市生活における快適さへの影響及び熱中症リスクの観点からの都市生活への影響について、現在の影響が大きいとの回答が見られ、将来の影響も大きいとする（懸念する）回答がみられた。現在講じられている適応策は、普及啓発であった。
- ・運動会開催時期や部活動等の学校活動は、始業式・終業式等の校内放送による代替等、部活動大会の試合数低減、給水タイムの実施等であった。

表 6-21 実施されている適応策の例（その他）

適応策
（睡眠障害、暑さによる不快感、屋外活動への影響、都市生活における快適さへの影響） 普及啓発
（運動会開催時期や部活動の実施可否等、学校行事） ・始業式・終業式等の校内放送による代替等 ・部活動の大会で一日あたりの試合数の低減、定期的な給水タイム等の実施 （高体連 WBGT 3.5 以上の場合中止または延期）

6.2 市町アンケート

県内の全 25 市町に対し気候変動の影響に関する実態調査を実施（全市町が回答）し、業務で感じている気候変動の影響や適応策の実施状況等について確認した。

実態調査の結果、県内でもいくつかの項目で気候変動の影響が確認されており、これらの影響に対して既に適応策が講じられていた。

(1) 農林水産業

<農業：水稲、野菜等、果樹、麦、大豆、飼料作物等>

- ・現在の影響が大きいものは、水稲の「気温上昇による品質の低下（胴割粒・白未熟粒の発生、一等米比率の低下等）」で 6 件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「露地野菜・施設野菜の品質低下」が 9 件、水稲の「気温上昇による品質の低下（胴割粒・白未熟粒の発生、一等米比率の低下等）」が 8 件、「露地野菜の生育障害の発生頻度の増加」が 7 件であった。
- ・野菜について、現在の影響が大きく表れている市町は少ないものの、将来の影響を大きいと回答した市町が多くなっている。
- ・現在、水管理、登熟期の高温回避、播種期の移動、暑熱対策などすでに多くの適応策が実施されている。

表 6-22 現在・将来の影響が大きいとする回答
(農業：水稲、野菜等、果樹、麦、大豆、飼料作物等) (1)

影響	影響が大きい (回答市町数)	
	現在	将来
気温上昇による品質の低下（胴割粒・白未熟粒の発生、一等米比率の低下等）	6	8
気温上昇による収量の変化	3	6
生育期間の早まり	3	6
露地野菜（葉菜類、根菜類、果菜類）の収穫期早期化	3	6
露地野菜の生育障害の発生頻度の増加	5	7
露地野菜の湿害の発生、病気の多発	3	6
施設野菜（イチゴ・トマト等）における高温対策の必要性の高まり	4	6
高温の影響による花芽分化期の遅れ（イチゴ）	2	5
施設野菜(トマト等)の着果不良の多発	4	6
露地野菜・施設野菜の品質低下	4	9
冬季の気温上昇による燃料消費の減少	0	1
野菜の計画的な出荷が困難	2	3
シクラメンの生育遅延、黄化葉の発生	2	2

**表 6-23 現在・将来の影響が大きいとする回答
(農業：水稲、野菜等、果樹、麦、大豆、飼料作物等) (2)**

影響	影響が大きい (回答市町数)	
	現在	将来
きくの開花遅延、奇形花の発生	2	2
ナシの発芽・開花期の前進化、発芽不良、果肉障害	0	4
クリの凍害の発生	0	0
リンゴの栽培に有利な温度帯の北上	0	1
ブドウ、モモ、オウトウの生育障害(着色不良等)の発生	1	2
麦類の生育期間の短縮	2	4
小麦の凍霜害リスクの増加	0	4
小麦の収量変化、品質低下	2	6
大豆の収量(乾物重、子実重、収穫指数等)の変化、品質低下	1	3
飼料作物の乾物収量の変化	0	2
トウモロコシの2期作栽培可能な地域の増加	0	1
トウモロコシの幼苗～中苗時の立ち枯れ	0	1
ビール大麦の凍霜害リスクの増加(※)	0	1
ビール大麦の収量変化、品質低下(※)	0	1

※市町により追加回答された影響

**表 6-24 実施されている適応策の例
(農業：水稲、野菜等、果樹、麦、大豆、飼料作物等)**

区分	適応策
水稲	県やJAなどの関係機関との情報共有、農業被害が生じた場合の支援の実施、暑熱対策の普及啓蒙、灌水の徹底、高温に強い品種の利用、水管理による地温を下げる取組、遅植えによる登熟期の高温回避、播種期の移動
野菜	各農業者による品種の選定等、播種期の移動、種や定植を適切な時期に行うように指導、定期的な灌水の実施、排水対策の徹底、病害虫防除の徹底、適切な農薬の施用、ウォーターカーテン等の導入、暑熱対策の普及啓蒙、遮光資材(カーテン、レディソル等)、ミスト、クラウン冷却設備等の導入(イチゴ)、各農業者による品種の選定等、換気、換水、農業振興事務所の指導
果樹	適正な肥培管理、かん水、凍霜害対策の推進、葉面積指数の増加による直射日光の回避、株ゆるめ処理、マルチ被覆、品種転換、耐性品種への転換、遮光性の高い果実袋の導入、環状剥皮処理
麦、大豆、飼料作物等	耐性品種への転換、夏枯れ耐性のある品種への転換、かん水、排水対策、適宜防除、適期刈取

<農業：畜産>

- ・現在の影響が大きいものは、「暑熱による家畜の死亡・廃用頭羽数被害」が4件、次いで「乳用牛の乳量・乳成分の低下」が3件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「暑熱による家畜の死亡・廃用頭羽数被害」が6件、「乳用牛の乳量・乳成分の低下」が5件、「肉用牛・豚の成育・肉質の低下」及び「家畜の生産能力、繁殖機能の低下（牛、豚、鶏等）」が4件であった。
- ・家畜について、現在の影響が大きく表れている市町は少ないものの、将来の影響を大きいと回答した市町が多くなっている。
- ・現在、暑熱対策などの適応策が実施されている。

表 6-25 現在・将来の影響が大きいとする回答（農業：畜産）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
肉用牛・豚の成育・肉質の低下	1	4
乳用牛の乳量・乳成分の低下	3	5
採卵鶏の産卵率・卵重の低下	1	3
肉用鶏の成育低下	1	2
暑熱による家畜の死亡・廃用頭羽数被害	4	6
家畜の生産能力、繁殖機能の低下（牛、豚、鶏等）	1	4
アルボウイルス類の感染、異常産の発生等	0	1

表 6-26 実施されている適応策の例（農業：畜産）

適応策
暑熱対策の普及啓蒙、送風・散水・ミストの活用、日除け、アカバネ病予防接種（牛）の早期接種

<農業：病害虫・雑草、農業生産基盤、食料需給>

- ・現在の影響が大きいものは、「短期間強雨の増大や洪水等による農地被害」が 8 件、次いで「害虫の越冬可能地域の北上・拡大」、「水不足による農地被害」、「ため池における少雨・少雪による頻度増加による用水不足」がそれぞれ 4 件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「短期間強雨の増大や洪水等による農地被害」が 13 件、「害虫の発生世代数の増加による被害の増大」が 9 件、「害虫の越冬可能地域の北上・拡大」が 8 件であった。
- ・病害虫・雑草、農業生産基盤について、将来の影響が大きいと回答した市町が多くなっている。
- ・現在、病害虫・雑草では病害虫防除、農業生産基盤では水管理、農業基盤の改修整備、災害復旧補助などの適応策が実施されている。

**表 6-27 現在・将来の影響が大きいとする回答
(農業：病害虫・雑草、農業生産基盤、食料需給)**

影響	影響が大きい	
	現在	将来
ミナミアオカメムシ、スクミリンゴガイの分布域拡大	1	6
水田の害虫・天敵の構成が変化	1	6
害虫の越冬可能地域の北上・拡大	4	8
害虫の発生世代数の増加による被害の増大	3	9
病害の増加	2	7
一部の雑草の定着可能域の拡大、北上	3	6
短期間強雨の増大や洪水等による農地被害	8	13
水不足による農地被害	4	5
気温上昇により融雪流出量が減少し、用水路等の農業水利施設における取水に影響	3	4
ため池における少雨・少雪による頻度増加による用水不足	4	6
大雨・洪水による年間のポンプ運転時間の増大・拡大	3	3
主要輸出国での穀物収量の変化による国内穀物価格の変化	3	4

表 6-28 実施されている適応策の例 (農業：病害虫・雑草、農業生産基盤、食料需給)

区分	適応策
病害虫・雑草	病害虫防除対策に対する補助、野菜畑土壌消毒に対する補助、雑草の除去の徹底、病害虫防除の徹底
農業生産基盤	かんがい期に合わせた保有量の調整、河川の浚渫、濁水情報の提供及び対策の働きかけ、濁水対策のチラシの配布、応急用ポンプの貸出手続き支援、国庫補助及び町単独による災害復旧事業、災害復旧事業に対する支援、土地改良区による井戸ポンプ（補給水）の確保、農業用水路の整備、排水路の改修・整備、田んぼダムの取組み、番水・反復利用

<林業>

- ・現在の影響が大きいものは確認されていない。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「水ストレスの増大によるスギ林の衰退」、「病害虫による被害地域拡大」、「スギ・ヒノキ人工林における風害の増加」がそれぞれ1件であった。
- ・現在、木材生産関連では、松くい虫の防除作業病、森林整備、情報収集等の適応策が実施されている。
- ・特用林産物では適応策は実施されていない。

表 6-29 現在・将来の影響が大きいとする回答（林業）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
水ストレスの増大によるスギ林の衰退	0	1
マツ枯れ危険域の拡大	0	0
ヤツバキクイムシの世代数増加によるトウヒ類の枯損被害の増加	0	0
病害虫による被害地域拡大	0	1
スギ・ヒノキ人工林における風害の増加	0	1
スギ人工林の純一次生産量の変化	0	0
夏場の高温によりヒポクレア菌のシイタケ被害の増加	0	0
きのご発生量の減少	0	0
ほだ場における病原体（トリコデルマ・ハルチアナム）による被害	0	0
原木栽培のシイタケの害虫の発生、被害の拡大	0	0

表 6-30 実施されている適応策の例（林業）

区分	適応策
木材生産 (人工林等)	情報収集、伐倒くん蒸や立木くん蒸等、松くい虫の防除作業（薬剤散布、薬剤の樹幹注入、伐倒駆除）、重要インフラ施設周辺森林整備、森林経営管理制度等による森林整備及び適正管理の推進
特用林産物 (きのご類等)	特になし

<水産業>

- ・現在の影響が大きいものは、「天然アユの遡上遅れ」が1件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「天然アユの遡上遅れ」が2件であった。
- ・現在、適応策は実施されていない。

表 6-31 現在・将来の影響が大きいとする回答（水産業）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
湖沼におけるワカサギの漁獲量減少	0	0
天然アユの遡上遅れ	1	2
にじますの養殖量減少	0	0

(2) 水循環・水資源

<水環境：湖沼・ダム湖、河川>

- ・現在の影響が大きいものは、「(湖沼・ダム湖) 富栄養になるダムの増加」が3件、次いで「(河川) 土砂流出量の増加、河川水中の濁度の上昇、浮遊砂量の増加」が2件であった。
- ・将来の影響が大きい(懸念)ものは、「(湖沼・ダム湖) 富栄養になるダムの増加」、「(湖沼・ダム湖) 水温上昇に伴う水質の悪化」、「(河川) 土砂流出量の増加、河川水中の濁度の上昇、浮遊砂量の増加」がそれぞれ3件であった。
- ・現在、適応策として活性炭注入や水質モニタリング策が実施されている。

表 6-32 現在・将来の影響が大きいとする回答(水環境：湖沼・ダム湖、河川)

影響	影響が大きい	
	現在	将来
湖沼・ダム湖 水温上昇	1	2
水温上昇に伴う水質の悪化	2	3
富栄養になるダムの増加	3	3
河川 水温上昇	1	2
水温上昇に伴う水質の悪化	1	2
土砂流出量の増加、河川水中の濁度の上昇、浮遊砂量の増加	2	3
水温上昇に伴う藻類の増殖量の増大(※)	0	1

※市町により追加回答された影響

表 6-33 実施されている適応策の例(水環境：湖沼・ダム湖、河川)

適応策
活性炭注入、水質モニタリング、河川の堆積除去、濁度高発生時の給水区域の切り替え、水質モニタリング、排水モニタリング

<水資源：水供給(地表水、地下水)>

- ・現在の影響が大きいものは、「(地表水) 融雪時期の変化による、農業などの水需要期の水供給不足」が3件、次いで「(地表水) 無降雨日数の増加による渇水」が2件であった。
- ・将来の影響が大きい(懸念)ものは、「(地表水) 融雪時期の変化による、農業などの水需要期の水供給不足」が4件、次いで「(地表水) 無降雨日数の増加による渇水」、「(地下水) 降水パターンの変化により地下水位が変動し、水利用に影響」、「無降雨日数の増加による渇水」がそれぞれ3件であった。
- ・現在、適応策として活性炭注入、水質モニタリング、水位観測、水源の保全、地下水涵養、施設管理等が実施されている。

表 6-34 現在・将来の影響が大きいとする回答（水資源：水供給（地表水、地下水））

影響	影響が大きい	
	現在	将来
地表水 無降雨日数の増加による渇水	2	3
積雪量の減少による渇水	1	2
融雪時期の変化による、農業などの水需要期の水供給不足	3	4
地下水 降水パターンの変化により地下水位が変動し、水利用に影響	1	3
渇水の頻発で過剰な地下水採取による地盤沈下が進行	1	1

表 6-35 実施されている適応策の例（水資源：水供給（地表水、地下水））

適応策
渇水情報の提供及び対策の働きかけ、応急用ポンプの貸出手続き支援、番水、反復利用、取水口付近に積もった土砂等の排除、水源の異なる浄水場からの水運用、給水車での対応、地下水位観測、水源の保全活動、他配水区との統合を検討、地表水を中心とした水道原水取水、冬期湛水による地下水涵養、毎日の施設管理、啓発

<水資源：水需要>

- ・現在の影響が大きいものは、「作付時期の変化や蒸発散量の増加による、農業用水の需要増」が2件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「作付時期の変化や蒸発散量の増加による、農業用水の需要増」が3件であった。
- ・現在、適応策として番水、反復利用、排水能力の確保が実施されている。

表 6-36 現在・将来の影響が大きいとする回答（水資源：水供給（水需要））

影響	影響が大きい	
	現在	将来
気温上昇による飲料水・冷却水等都市用水の需要増	1	1
作付時期の変化や蒸発散量の増加による、農業用水の需要増	2	3

表 6-37 実施されている適応策の例（水資源：水供給（水需要））

適応策
番水・反復利用、排水能力の確保

(3) 自然生態系

<陸域生態系>

- ・現在の影響が大きいものは、「気温上昇や積雪量減少による野生鳥獣（ニホンジカやイノシシ）の生息適地拡大」が4件、次いで「南方系の昆虫の確認増加」、「ニホンジカの分布拡大に伴う植生への食害・剥皮被害等」がそれぞれ2件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「気温上昇や積雪量減少による野生鳥獣（ニホンジカやイノシシ）の生息適地拡大」が6件、次いで「ニホンジカの分布拡大に伴う植生への食害・剥皮被害等」が3件であった。
- ・現在、適応策として捕獲・駆除・柵設置及びそれに関連する助成、森林管理等が行われている。

表 6-38 現在・将来の影響が大きいとする回答（陸域生態系）（1）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
高山帯・亜高山帯の植生の衰退や分布、群落タイプ、種構成の変化	0	0
積雪期間の短縮で土壌が乾燥化し、植生変化や雪田・高層湿原が衰退・消失	0	0
高山植物群落の開花時期の早期化・短縮化など生物季節が変化	0	0
融雪時期の早期化による高山植物の個体群の消滅	0	0
モウソウチクやマダケの分布拡大	0	0
高山帯へのイノシシやニホンジカの侵入	0	0
冷温帯林（ブナ林など）の分布適域が、より高緯度・高標高域へ移動し、分布適域が減少	0	0
標高が低い山間部でアカシデ、イヌシデなどの里山を構成する二次林種の分布適域が縮小	0	0
南方系の昆虫の確認増加	2	2
竹林の拡大	0	0
気温上昇や降水パターンの変化が水ストレスの増大を引き起こし、人工林を構成するスギなどの成長に影響	0	1
気温上昇による害虫の分布の拡大	0	0
気温上昇によるマツ枯れの危険域拡大とそれに伴うアカマツ林業地帯やマツタケ生産地への被害	0	1
気温上昇や積雪量減少による野生鳥獣（ニホンジカやイノシシ）の生息適地拡大	4	6
ニホンジカの分布拡大に伴う植生への食害・剥皮被害等	2	3
野生鳥獣の分布域の拡大に伴う、採食・樹木の剥皮・地面の踏みつけ等による下層植生の消失や樹木の枯死	1	2
ヤマビル等の分布拡大	1	1
年平均気温の上昇や無降水期間の長期化により、森林土壌の含水量低下、表層土壌の乾燥化が進行	0	0

表 6-39 実施されている適応策の例（陸域生態系）

適応策
電気柵の設置、罠の設置による捕獲、電気柵設置・イノシシ捕獲の補助金制度、狩猟免許取得費助成、箱罠・防護柵への助成、里山林整備による緩衝帯整備、サル巡視員による追払い活動、獣害アドバイザー派遣、松枯れの確認、アカマツの植樹等、松くい虫防除事業、森林経営管理制度等による森林整備及び適正管理の推進

<淡水生態系>

- ・現在の影響、将来の影響が大きいものは、「河川水温の上昇による冷水魚（イワナ、ヤマメ、ニジマス等）の生息域縮小・分断」が1件であった。
- ・現在、適応策は実施されていない。

表 6-40 現在・将来の影響が大きいとする回答（淡水生態系）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
水温の上昇による湖沼の鉛直循環の停止・貧酸素化と、これに伴う貝類等の底生生物への影響や富栄養化	0	0
水温の上昇が成層化を強め、栄養豊富な深層水の湧昇を減少させることによる、生物相への影響	0	0
水草の種構成の変化、植物プランクトンの増加	0	0
河川水温の上昇による冷水魚（イワナ、ヤマメ、ニジマス等）の生息域縮小・分断	1	1
積雪量や融雪出水の時期・規模の変化による、融雪出水時に合わせて遡上、降下、繁殖等を行う河川生物相への影響	0	0
大規模な洪水の頻度増加による、濁度成分の河床環境への影響、及びそれに伴う魚類、底生動物、付着藻類等への影響	0	0
渇水に起因する水温の上昇、溶存酸素の減少に伴う河川生物への影響	0	0
気温の上昇、降水量の減少、霧日数の低下に伴う湿度低下、蒸発散量の上昇等が湿原の乾燥化を引き起こし、湿原の生態系に影響	0	0
気候変動に起因する流域負荷（土砂や栄養塩）に伴う低層湿原における湿地性草本群落から木本群落への遷移、蒸発散量の更なる増加	0	0
降水量や地下水位の低下による雨水滋養型の高層湿原における植物群落（ミズゴケ類）への影響	0	0

<生物季節>

- ・現在の影響が大きいものは、「その他の植物の開花の早まり」が2件、次いで「サクラの開花の早まり」、「カエデの紅葉時期の晩期化」がそれぞれ1件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「サクラの開花の早まり」、「その他の植物の開花の早まり」、「カエデの紅葉時期の晩期化」がそれぞれ2件であった。
- ・現在、適応策として植物の見ごろの情報発信が行われている。

表 6-41 現在・将来の影響が大きいとする回答（生物季節）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
サクラの開花の早まり	1	2
その他の植物の開花の早まり	2	2
カエデの紅葉時期の晩期化	1	2
動物の初鳴きの早まり	0	0

表 6-42 実施されている適応策の例（生物季節）

適応策
見頃を予測し観光パンフレットで情報発信

<分布・個体群の変動>

- ・現在の影響が大きいものは確認されていない。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは、「生物の生育・生息適地や、一日の活動時間帯やライフサイクルなどの変化による、生物分布の変化や外来生物の侵入・定着率の変化」、「希少種・絶滅危惧種への影響の増大がそれぞれ1件であった。
- ・現在、適応策として専門官による調査研究、水質維持、特定外来生物の侵入・定着の確認等が行われている。

表 6-43 現在・将来の影響が大きいとする回答（分布・個体群の変動）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
生物の生育・生息適地や、一日の活動時間帯やライフサイクルなどの変化による、生物分布の変化や外来生物の侵入・定着率の変化	0	1
希少種・絶滅危惧種への影響の増大	0	1

表 6-44 実施されている適応策の例（分布・個体群の変動）

適応策
専門家による調査研究、適正な水質を維持するための地下水の導入、水路の流量調整、水路の保全工事、サクラ点検による特定外来生物（クビアカツヤカミキリ）の侵入及び定着有無の確認

<生態系サービス>

- ・現在の影響が大きいものは確認されていない。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものはなかった。
- ・現在、適応策は実施されていない。

表 6-45 現在・将来の影響が大きいとする回答（生態系サービス）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
極端な気候現象による被害の緩和、水質や大気質の向上、文化的・美的価値などの生態系が提供する様々な便益（生態系サービス）の低下	0	0

(4) 自然災害

<河川>

- ・現在の影響が大きいものは、「総雨量数百 mm を超える大雨の発生による洪水（河川氾濫）の発生」が 11 件、次いで「短時間強雨の増加による洪水（河川氾濫）の発生」が 9 件、「短時間強雨の増加による内水氾濫の発生」、「総雨量数百 mm を超える大雨の発生による内水氾濫の発生」がそれぞれ 8 件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは「短時間強雨の増加による洪水（河川氾濫）の発生」、「総雨量数百 mm を超える大雨の発生による洪水（河川氾濫）の発生」がそれぞれ 14 件、次いで「短時間強雨の増加による内水氾濫の発生」が 12 件、「氾濫危険水位を超過した洪水の発生地点数」、「総雨量数百 mm を超える大雨の発生による内水氾濫の発生」がそれぞれ 11 件であった。
- ・現在、ハザードマップの作成・配布、情報提供・啓発、河川・調整池・遊水池の整備・維持管理等多くの適応策が実施されている。

表 6-46 現在・将来の影響が大きいとする回答（河川）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
短時間強雨の増加による洪水（河川氾濫）の発生	9	14
総雨量数百 mm を超える大雨の発生による洪水（河川氾濫）の発生	11	14
災害廃棄物の増加、下流域への廃棄物の流出	3	9
氾濫危険水位を超過した洪水の発生地点数	6	11
短時間強雨の増加による内水氾濫の発生	8	12
総雨量数百 mm を超える大雨の発生による内水氾濫の発生	8	11
内水災害被害額の増加	6	9

表 6-47 実施されている適応策の例（河川）

適応策
体制整備、河川整備・維持管理、豪雨時・地震時における巡視、ハザードマップの作成・配布、情報提供・啓発、水防訓練の実施、早期避難の啓発、雨水幹線等の整備、田んぼダムの取組み、仮設排水ポンプの設置、調整池・遊水地の整備、貯留槽設置、不明水調査、污水管への雨水進入箇所把握及び改修計画策定、協定書・覚書の締結、災害廃棄物処理計画による対応

<山地>

- ・現在の影響が大きいものは、「集中的な崩壊・がけ崩れ・土石流等の頻発」が 4 件、次いで「山地や斜面周辺地域の社会生活への影響」が 2 件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは「集中的な崩壊・がけ崩れ・土石流等の頻発」が 9 件、次いで「山地や斜面周辺地域の社会生活への影響」が 7 件、「既存の土砂災害危険箇所等以外への被害の拡大」がそれぞれ 7 件であった。
- ・現在、ハザードマップの作成・配布、情報提供・啓発、防災訓練の実施、危険個所の巡視・経過観察等多くの適応策が実施されている。

表 6-48 現在・将来の影響が大きいとする回答（山地）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
集中的な崩壊・がけ崩れ・土石流等の頻発	4	9
山地や斜面周辺地域の社会生活への影響	2	7
深層崩壊等の大規模現象の増加による直接的・間接的影響の長期化	1	4
既存の土砂災害危険箇所等以外への被害の拡大	1	7

表 6-49 実施されている適応策の例（山地）

適応策
豪雨時・地震時における巡視、ハザードマップの作成・配布、情報提供・啓発、防災用戸別受信機の無償貸与、防災訓練の実施、急傾斜地等の経過観察、自主防災組織活動支援補助金の交付、土砂災害に土砂撤去事業費補助金の交付

<その他>

- ・現在の影響が大きいものは、「強い台風が増加し、台風の強風による倒木などの被害が増加」が 8 件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは「強い台風が増加し、台風の強風による倒木などの被害が増加」が 11 件、次いで「竜巻の発生頻度の増加による被害の増加」が 7 件であった。
- ・現在、情報提供・啓発、支障木除去、関連機関との連携等多くの適応策が実施されている。

表 6-50 現在・将来の影響が大きいとする回答（その他）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
強い台風が増加し、台風の強風による倒木などの被害が増加	8	11
竜巻の発生頻度の増加による被害の増加	2	7
落雷の増加による被害の増加	2	5

表 6-51 実施されている適応策の例（その他）

適応策
支障木等伐採業務の強化、維持管理の強化、停電情報の配信・共有、巡回の徹底、資機材の整備、防災メールの配信、関係機関との情報連携、情報提供・啓発、倒木情報の配信、落雷保険の加入、訓練等の実施

<複合的な災害影響>

- ・複合的な災害影響として「斜面崩壊・土石流等に起因する洪水氾濫災害の発生」について、現在の影響が大きいとする回答は1件、将来の影響が大きい（懸念）とする回答は5件であった。
- ・現在、ハザードマップの作成・配布、情報提供・啓発、防災訓練の実施等の適応策が実施されている。

表 6-52 現在・将来の影響が大きいとする回答（複合的な災害影響）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
斜面崩壊・土石流等に起因する洪水氾濫災害の発生	1	5

表 6-53 実施されている適応策の例（複合的な災害影響）

適応策
ハザードマップの作成・配布、防災用戸別受信機の無償貸与、防災訓練の実施、防災メールの配信、自主防災組織活動支援補助金の交付、土砂災害に土砂撤去事業費補助金の交付、情報提供・啓発

(5) 健康

<冬期の温暖化>

- ・冬期の温暖化影響として「極端な低温環境による死亡リスク（循環器疾患死亡・呼吸器疾患）の増加」について、現在の影響が大きいとする回答は7件、将来の影響が大きい（懸念）とする回答は8件であった。
- ・現在、広報や指導等の適応策が実施されている。

表 6-54 現在・将来の影響が大きいとする回答（冬期の温暖化）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
極端な低温環境による死亡リスク（循環器疾患死亡・呼吸器疾患）の増加	7	8

表 6-55 実施されている適応策の例（冬期の温暖化）

適応策
普及啓発、健診等での保健指導・広報、高齢者施設への指導監督、民生委員、地域包括センター職員等による見守り活動、冬の過ごし方等について健康教室や通いの場等で周知

<暑熱>

- ・現在の影響が大きいものは、「熱中症発生率（特に高齢者、小児、基礎疾患有病者）、搬送者数の増加」、「熱中症の発生時期の変化（長期化）」がそれぞれ13件、次いで「熱中症の発生場所の多様化」が11件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは「熱中症発生率（特に高齢者、小児、基礎疾患有病者）、搬送者数の増加」が16件、次いで「熱中症の発生時期の変化（長期化）」が14件、「超過死亡の増加（熱ストレスの生理学的影響により、循環系・呼吸系に問題を持つ人、高齢者等の死亡リスクが高まる）」が13件であった。
- ・現在、様々な手法による情報提供・啓発・注意喚起、クールシェアスポットの導入、エアコンの設置等多くの適応策が実施されている。

表 6-56 現在・将来の影響が大きいとする回答（暑熱）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
超過死亡の増加（熱ストレスの生理学的影響により、循環系・呼吸系に問題を持つ人、高齢者等の死亡リスクが高まる）	8	13
熱中症発生率（特に高齢者、小児、基礎疾患有病者）、搬送者数の増加	13	16
熱中症の発生時期の変化（長期化）	13	14
熱中症の発生場所の多様化	11	12
労働効率への影響等、臨床症状に至らない健康影響の増加	7	8

表 6-57 実施されている適応策の例（暑熱）

適応策
情報提供・啓発、介護サービス事業所・高齢者関係施設等へ熱中症予防・熱中症警戒アラートについて普及啓発、家庭訪問時の注意喚起、暑さ指数計を活用した運動実施の判断、熱中症注意喚起媒体の設置、電光掲示板等での熱中症啓発、高齢者施設への指導監督、防災無線・防災メールによる注意喚起、ポスターの掲示等による熱中症予防の呼びかけや注意喚起、クールシェアスポットの導入、小中学校の普通教室へのエアコンの設置

<感染症>

- ・現在の影響が大きいものは、「その他の感染症の発生リスク変化」が4件、次いで「細菌汚染・増殖による食品媒介性感染症のリスクの増大」が3件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは「細菌汚染・増殖による食品媒介性感染症のリスクの増大」が5件、次いで「その他の感染症の発生リスク変化」が4件であった。
- ・現在、情報提供・啓発・注意喚起等の適応策が実施されている。

表 6-58 現在・将来の影響が大きいとする回答（感染症）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
水温上昇で海水中や淡水中の細菌類が増加し、水系感染症のリスクが増大	2	2
細菌汚染・増殖による食品媒介性感染症のリスクの増大	3	5
感染症を媒介する節足動物（ヒトスジシマカなど）の分布可能域、活動期間が変化し、節足動物媒介性感染症（デング熱など）のリスクが増加	2	3
ダニ等により媒介される感染症（日本紅斑熱や SFTS 等）の増加、発生地域の拡大	2	3
その他の感染症の発生リスク変化	4	4

表 6-59 実施されている適応策の例（感染症）

適応策
情報提供・啓発、食品の取り扱い等の普及啓発、食中毒予防に関する周知（病名、対策など）、野外活動や、環境に関する注意喚起

<その他>

- ・「気温上昇による睡眠の質の低下・だるさ・疲労感・熱っぼさなどの健康影響の発生、増加」について、現在の影響が大きいとする回答は7件、将来の影響が大きい（懸念）とする回答は9件であった。
- ・現在、情報提供・啓発・注意喚起等の適応策が実施されている。

表 6-60 現在・将来の影響が大きいとする回答（その他）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
粒子状物質を含む様々な大気汚染物質（オゾンなど）の濃度変化	3	3
光化学オキシダント濃度の上昇による呼吸器・循環器疾患などのリスクの増加	3	4
気温上昇による睡眠の質の低下・だるさ・疲労感・熱っぼさなどの健康影響の発生、増加	7	9

表 6-61 実施されている適応策の例（その他）

適応策
光化学オキシダント濃度の常時監視、注意報等発令時の注意喚起、エコ通勤の普及啓発、適切なエアコン使用の呼びかけ、広報やメール等での普及啓発、健診等での保健指導、注意報発令に伴う注意喚起

(6) 産業・経済活動

- ・産業・経済活動において現在の影響が大きいとする回答は「(医療) 熱中症や感染症のリスク増大が医療産業に影響する可能性」が 5 件、次いで「(商業) 豪雨・台風等による小売店などの売上への影響、臨時休業」、「(観光業) 夏期の観光快適度 (観光するにあたっての気候の快適性の指標) の低下」、「(医療) 洪水による医療機関の浸水被害の増加」、「海外における感染症媒介者の増加に伴う移住・旅行等を通じた感染症拡大への影響」がそれぞれ 3 件であった。
- ・将来の影響が大きい (懸念) ものは「(医療) 洪水による医療機関の浸水被害の増加」が 6 件、次いで「(観光業) 夏期の観光快適度 (観光するにあたっての気候の快適性の指標) の低下」が 5 件、「(エネルギー) エネルギー消費量の変化 (家庭部門、業務部門)」、「(商業) 豪雨・台風等による小売店などの売上への影響、臨時休業」、「(観光業) 花見・紅葉時期の変化や日数の減少により、桜や紅葉を観光資源とする地域に影響」、「(医療) 熱中症や感染症のリスク増大が医療産業に影響する可能性」、「(医療) 断水や濁水による人工透析への影響」がそれぞれ 4 件であった。
- ・現在実施されている適応策は、エネルギー、観光、建設、医療において比較的多くの適応策が実施されている。

表 6-62 現在・将来の影響が大きいとする回答 (産業・経済活動)

影響		影響が大きい	
		現在	将来
製造業	生産設備等への直接的・物理的な被害	1	1
	基幹原料の品質・調達への影響や物流障害による供給不可のリスクの増加	1	2
エネルギー	エネルギー消費量の変化 (家庭部門)	2	4
	エネルギー消費量の変化 (業務部門)	2	4
	夏季の昇温による電力供給ピークの先鋭化	1	3
	台風等によるエネルギー供給インフラへの被害と供給停止	1	2
	再生可能エネルギー (水力発電等) の発電量の変化	0	1
商業	季節性を有する製品の売上や販売計画への影響	0	0
	豪雨・台風等による小売店などの売上への影響、臨時休業	3	4
金融・保険	保険損害、保険金支払額および再保険料の増加	1	2
	保険で付保できない分野の登場、再保険の調達困難	0	0
	資産の損害や気象の変化による経済コストの上昇などの金融上の脅威	2	3
	長期保険の保険期間の短縮	0	0

表 6-63 現在・将来の影響が大きいとする回答（産業・経済活動）

影響		影響が大きい	
		現在	将来
観光業	スキー場の積雪深の減少	2	2
	天然氷のスケート場の閉鎖	0	0
	花見・紅葉時期の変化や日数の減少により、桜や紅葉を観光資源とする地域に影響	1	4
	夏期の観光快適度（観光するにあたっての気候の快適性の指標）の低下	3	5
	ゴルフ場での大雨や気温上昇による管理費用の増大、入場者数の減少、利益の損出等	2	3
	非常災害時における旅行者の安全確保のための対策（※）	1	1
建設業	建設工事現場等への直接的な被害	1	1
	暑中コンクリート工事の適用期間の長期化	0	0
医療	熱中症や感染症のリスク増大が医療産業に影響する可能性	5	4
	断水や濁水による人工透析への影響	2	4
	洪水による医療機関の浸水被害の増加	3	6
その他	国外で生じた気候変動の影響によるエネルギーや農水産物の輸入価格の変動	1	2
	海外における企業の生産拠点への直接的・物理的な影響	0	0
	海外における感染症媒介者の増加に伴う移住・旅行等を通じた感染症拡大への影響	3	3

表 6-64 実施されている適応策の例（産業・経済活動）

区分	適応策
製造業	事業継続計画（BCP 計画）策定に対する支援
エネルギー	省エネ・節電行動の呼びかけ、（公共施設）電力のデマンド監視装置を市内多数の公共施設に設置、「COOL CHOICE とちぎ」の周知・啓発、家庭向け低炭素化普及促進補助金の実施、事業者向け省エネガイドブックによる省エネ情報の周知、クールシェア・ウォームシェア施設の利用案内、再生可能エネルギー設備設置補助事業の周知、設備投資に係る融資制度等の情報提供、太陽光パネル・蓄電池、V2H 補助金
商業	法人市民税の申告・納期限の延長、商工会議所と事業継続力強化支援計画を策定、事業者の BCP 策定支援等を推進、長期予報等の情報収集
金融・保険	被災した事業所の復旧費用の一部を補助、市制度融資等を利用した中小企業者に対する償還期間中に返済することが見込まれる利子の 80%を補助、保険契約者への理解・説明
観光業	イベント時の水分補給の呼びかけ、観光施設への熱中症対策の呼びかけ、イベント会場における救護室・ミストファンの設置、猛暑による野外イベントの内容変更等、開花及び紅葉の状況について SNS 等により発信、観光パンフレットによる情報発信、放送による注意喚起、イベント時に保健師の常駐、人工降雪機の導入、観光客等対策マニュアル策定、観光客・帰宅困難者発生時における低価格での受入についての同意書締結
建設業	工事期間中の真夏日の日数に応じた現場管理費の補正、工期の延長、コンクリート打ち込み後十分な散水、こまめな休憩時間の確保、冷房完備の休憩所、熱中飴・経口保水液の常備、受注者への工事用資材の適切な管理指導、熱中症予防の取組指導、コンクリート打設時期の調整、熱中症対策費用の計上、工事請負業者に対し現場作業員の体調管理を徹底
医療	熱中症予防の講話を実施、熱中症予防のポスター掲示、防災無線・防災メール等による熱中症予防の呼びかけによる注意喚起、各種予防接種の勧奨、市内河川の治水対策工事、要配慮者利用施設の特定と避難計画点検マニュアルの策定促進、避難確保計画の策定
その他	海外渡航者への注意喚起、海外の感染症情報提供、海外派遣団員に対して感染症に対する注意喚起、感染予防対策の普及啓発

(7) 国民生活・都市生活

<都市インフラ、ライフライン等>

- ・現在の影響が大きいものは、「豪雨や台風による道路の通行止め、公共交通機関の遅延・運転見合わせ等」が 11 件、次いで「渇水や洪水等による水道インフラへの影響」が 10 件であった。
- ・将来の影響が大きい（懸念）ものは「豪雨や台風による道路の通行止め、公共交通機関の遅延・運転見合わせ等」が 14 件、次いで「渇水や洪水等による水道インフラへの影響」が 12 件、「記録的な豪雨による地下浸水、停電」、「豪雨や台風による橋梁等へのダメージ・損壊・流出等」、「豪雨・台風等に伴う廃棄物処理システムへの影響」が 8 件であった。
- ・現在、マニュアル・計画作成、関係者との連携強化、排水風水害対策など多くの適応策が実施されている。

表 6-65 現在・将来の影響が大きいとする回答（都市インフラ、ライフライン等）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
記録的な豪雨による地下浸水、停電	3	8
渇水や洪水等による水道インフラへの影響	10	12
河川の微細浮遊土砂の増加による水質管理への影響	1	2
豪雨や台風による道路の通行止め、公共交通機関の遅延・運転見合わせ等	11	14
豪雨や台風による橋梁等へのダメージ・損壊・流出等	7	8
豪雨・台風等に伴う廃棄物処理システムへの影響	5	8
落雷による水道インフラへの影響（※）	1	1
気温上昇による水道インフラへの影響（※）	1	1
気温低下による水道インフラへの影響（※）	1	1

※市町により追加回答された影響

表 6-66 実施されている適応策の例（都市インフラ、ライフライン等）

適応策
市営バスの異常気象時の計画運休等についてのマニュアル作成、取水量の制限、停電時の施設巡回、補修工事、迂回路の設定や豪雨や台風による影響を受けにくいルートの研究、災害廃棄物処理対応マニュアルの円滑な運用のための訓練の実施、関係団体等との災害廃棄物処理対応に関する応援協定の締結、杉並木の調査・危険木のワイヤー掛け、枯損木調査による危険な並木杉の事前調査、調整池・水路改修・整備、新たな水源の確保、アンダーパスへの排水ポンプの設置、注意喚起、各給水区域間の連絡管の整備によるバックアップ給水の充実化、他市との給水協定の締結による水の供給元の強化、浸水が想定される水道設備の浸水対策工事の実施、災害廃棄物処理計画の策定発、電機・蓄電池(バッテリー)等の備蓄、発電機の設置、発電機設置場所の高上げ等、自家発電施設の整備や、給水タンク、非常用給水袋の備え付け

<文化・歴史などを感じる暮らし>

- ・「公園・緑地の植生変化」について、現在の影響が大きいとする回答は2件、将来の影響が大きい（懸念）とする回答は2件であった。
- ・現在、公園・緑地の植生変化について水やりの工夫の適応策が実施されている。

表 6-67 現在・将来の影響が大きいとする回答（文化・歴史などを感じる暮らし）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
生物季節の変化による県民の季節感や地域の伝統行事・祭りへの影響	1	1
気温上昇等による地域独自の伝統行事・地場産業（地酒造りなど）等への影響	0	1
地域のシンボリックな場所の景観の変化（冠雪の減少など）	1	1
公園・緑地の植生変化	2	2

表 6-68 実施されている適応策の例（文化・歴史などを感じる暮らし）

適応策
（公園・緑地の植生変化） 気温や降水量を予測しそれに応じた水やりや選定の仕方を変える等の対応

<その他>

- ・「運動会開催時期や部活動の実施可否等、学校行事への影響」について、現在の影響が大きいとする回答は15件、将来の影響が大きい（懸念）とする回答は15件であった。
- ・現在、特に学校における運動会や部活動等について、熱中症予防に向けた適応策が実施されている。

表 6-69 現在・将来の影響が大きいとする回答（その他）

影響	影響が大きい	
	現在	将来
睡眠障害、暑さによる不快感、屋外活動への影響、都市生活における快適さへの影響	4	4
運動会開催時期や部活動の実施可否等、学校行事への影響	15	15
熱中症リスクの観点からの都市生活への影響	4	4
体育授業（水泳）への影響、夏季休業中のプール開放の可否（※）	1	1

※市町により追加回答された影響

表 6-70 実施されている適応策の例（その他）

適応策
WBGT計を用いた運動の実施可否の判断、運動会の児童生徒席にテントを設置、水分補給、部活動の活動時間、運動会等の開催時期や日程の変更・短縮、部活動の競技ごとの危機管理マニュアルの作成、猛暑時における冷房設備の活用、熱中症警戒アラート発令時における注意喚起、熱中症のリスクが予想される場合は中止や実施内容の変更、全小中学校にエアコン設置、体育館等に温湿度計設置、活動時間帯の工夫、練習時間の短縮・日程変更等

第7章 栃木県の高解像度将来予測マップ

7.1 概要

公表されているダウンスケーリングデータを用い、本県における気候変動の将来予測結果を将来予測マップとして整理した。平均気温等の長期的な時間変化については統計的ダウンスケーリングデータを、短時間強雨等の極端現象の将来予測については力学的ダウンスケーリングデータを用いた。

(1) 統計的ダウンスケーリングデータ

統計的ダウンスケーリングデータは、「日本域バイアス補正気候シナリオデータ」(NIES2019データ)⁴⁷を用いた。本データはCMIP5の4つのGCM(MIROC5(日本, 東京大学/NIES/JAMSTEC), MRI-CGCM3.0(日本, 気象庁気象研究所)、HadGEM2-ES(英国, 気象庁ハドレーセンター)、GFDL-CM3(米国, NOAA地球物理流体力学研究所))があるが、4つのモデルの中でおおむね中間的な値を示すMIROC5を使用した。

解析にあたっては、20世紀末(1980~2000年)、2030年頃(2020~2040年)、2040年頃(2030~2050年)、2050年頃(2040~2060年)、2100年頃(2080~2100年)の日最低、日最高、平均気温と降水量の日別値を用いた。データの格子間隔は1kmで、栃木県内の格子点数は6,202点である。

(2) 力学的ダウンスケーリングデータ

力学的ダウンスケーリングデータは、気候変動適応技術社会実装プログラムSI-CAT(Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology)によって作成された「大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ(東北から九州) by SI-CAT」(以下、「SI-CAT DDS5TK」)を用いた。

温度条件は、現在気候、産業革命前から全球2℃上昇時(RCP8.5シナリオで近未来2040年頃)、全球4℃上昇時(RCP8.5シナリオで21世紀末2090年頃に相当)の3種類が用意されており、それぞれについて最大時間降水量、最大日降水量、短時間強雨発生頻度、大雨発生頻度、無降水日数を集計した。データの格子間隔は5kmである。

データ整理方法の概要は以下のとおりである。

⁴⁷ 石崎 紀子, 2020: CMIP5 をベースにした CDFDM 手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ, Ver.202005, 国立環境研究所 地球環境研究センター, doi:10.17595/20200415.001. (参照 2021/8/28)

表 7-1 力学的ダウンスケーリングデータの整理方法

区分	適応策
最大時間降水量	異常値を除外するため、200mm/h 以上の時間値データを除外した後、メッシュごとに時間値データの 98%値を算出した。
最大日降水量	温度条件ごとの 372 ケースについて日降水量を日別に求めそれらの最大値とした。
短時間強雨発生頻度	50mm/h 以上の降雨（1 時間降水量）の年間の発生回数を、温度条件ごとの 372 ケースについて求めそれらの最大値とした。
大雨発生頻度	宇都宮気象台の再現期間 30 年の確率降水量（24 時間降水量）が 218mm とあることを参考に日降水量が 200mm 以上の降雨の年間の発生回数を、温度条件ごとの 372 ケースについて求めそれらの最大値とした。
無降水日数	1 日間（1:00～24:00）で記録値が 0 の日の年間日数を、温度条件ごとの 372 ケースについて求めそれらの最大値とした。

(3) ダウンスケーリングデータ検索マニュアル

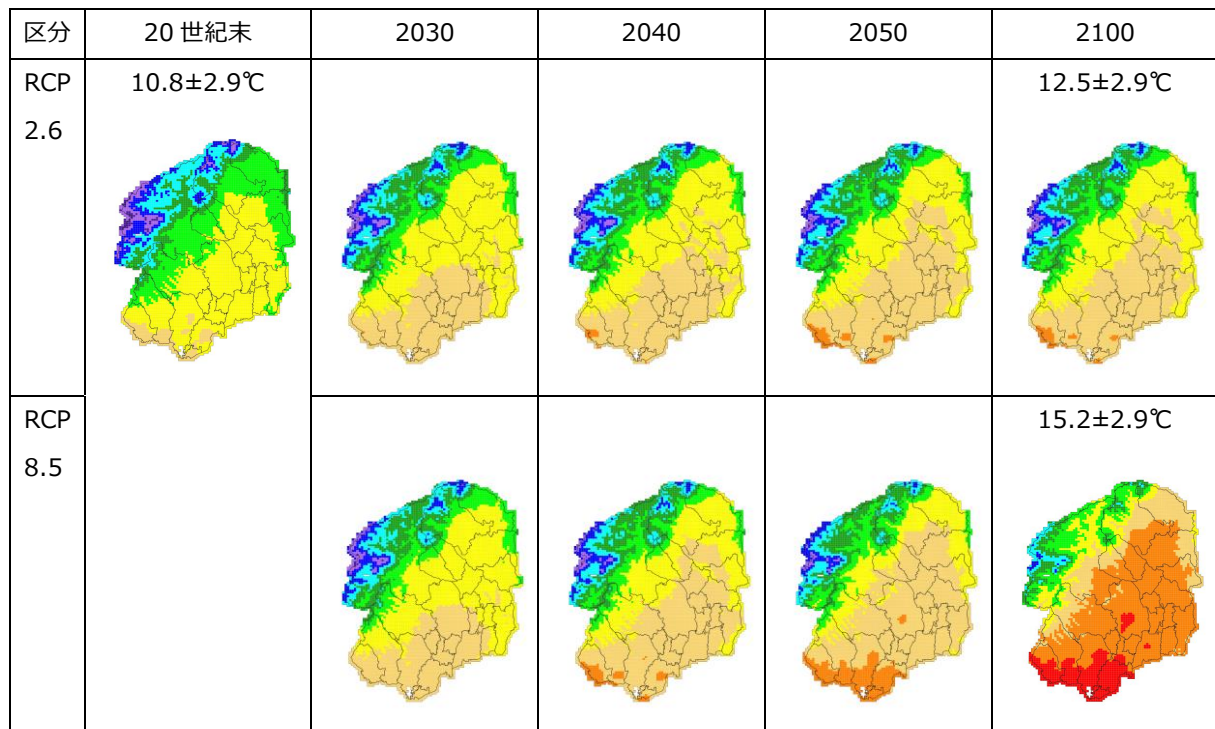
上記で整理した本県のダウンスケーリングデータはメッシュ別にエクセルファイルにデータを整理した上で、検索マニュアルを作成した。

検索マニュアルは、巻末資料 4 に掲載した。

7.2 将来予測マップ（統計的ダウンスケーリングデータ）

(1) 年平均気温

日平均気温の年平均値は、RCP2.6,RCP8.5 のいずれも 2030 年は、県南部（足利市、佐野市、栃木市、野木町、小山市）の一部が 14～16℃の範囲で他は 10～14℃、日光市など北部の一部では 10℃未満である。2100 年は、RCP2.6 では、14℃以上の範囲がやや拡大し、RCP8.5 では、日光市、那須塩原市などの一部を除く県内のほとんどの地域で 15～20℃となる。



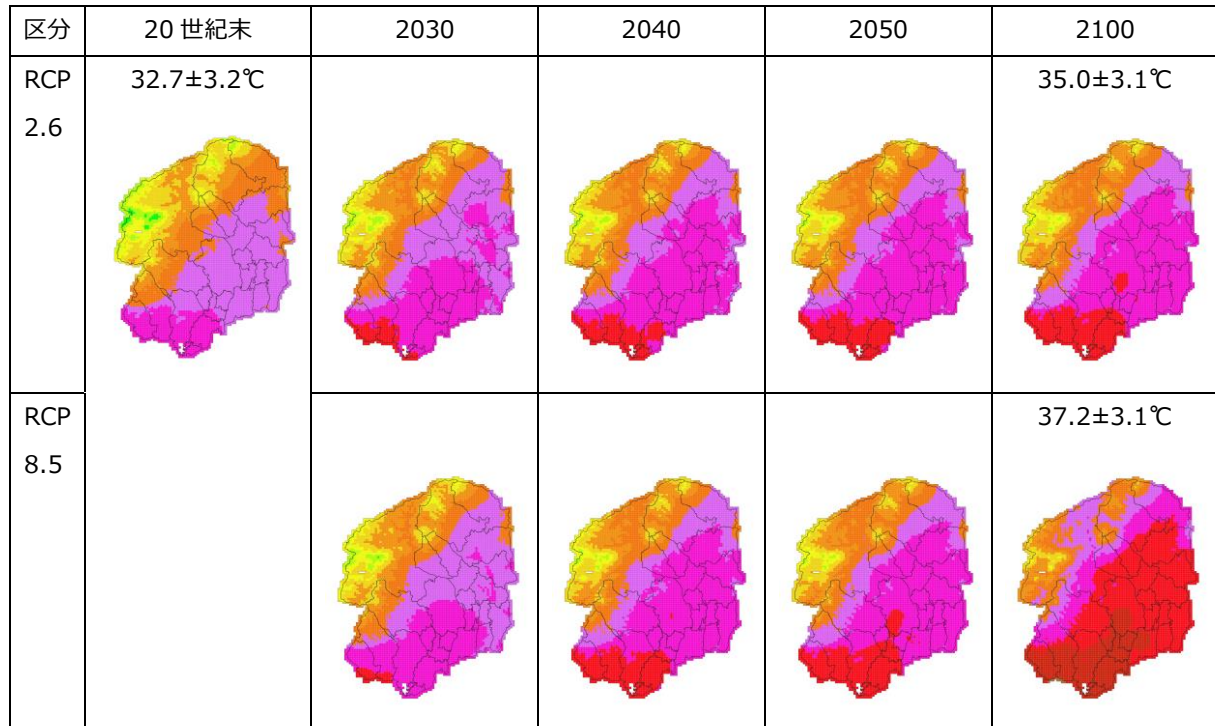
※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6, RCP8.5 にかかわらず共通である。



図 7-1 日平均気温の年平均値

(2) 日最高気温

日最高気温の年間最高値は、RCP2.6,RCP8.5 のいずれも、2030 年は、県中央部から南部は、35～40℃、日光市など北部では 30～35℃、わずかに 25～30℃の地域もある。2100 年は、RCP2.6 ではやや温暖になるものの推移に大きな違いはないが、RCP8.5 では県南部は 40℃以上となる。



※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6, RCP8.5 にかかわらず共通である。

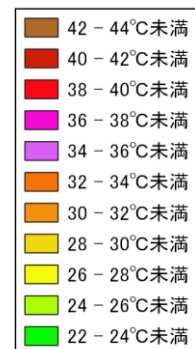
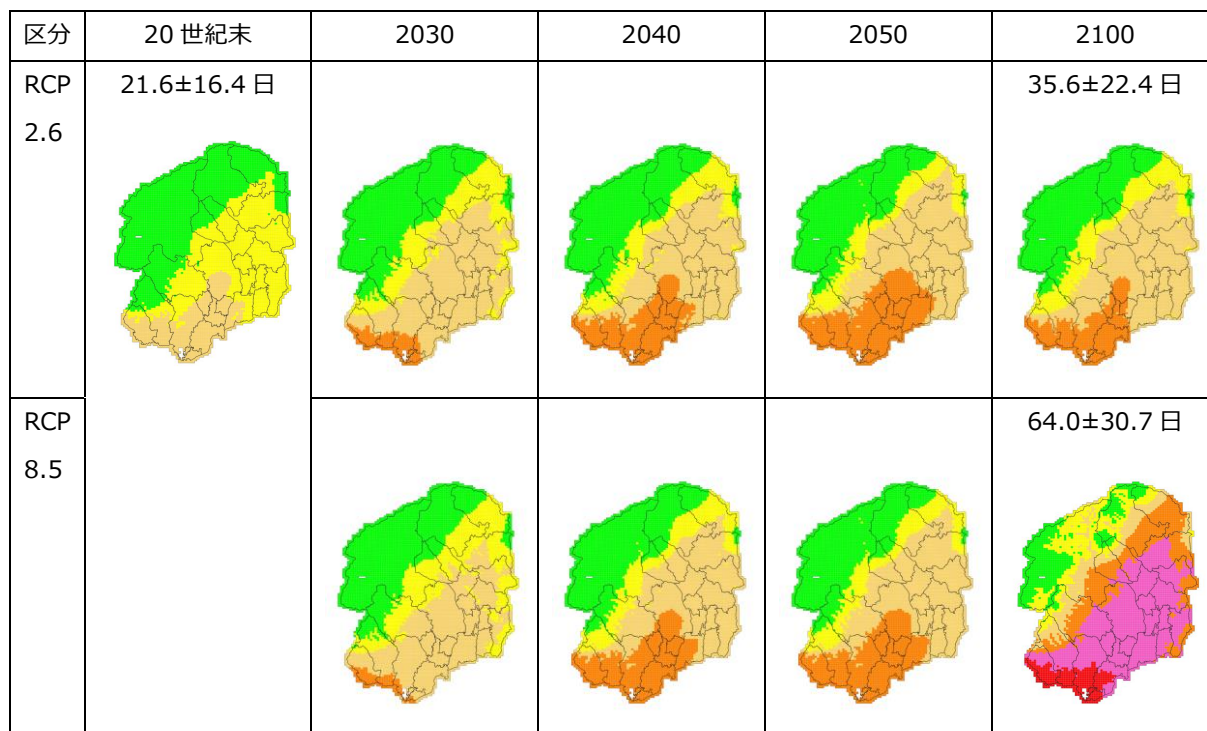


図 7-2 日最高気温の年平均値

(3) 真夏日の年間日数

夏日（日最高気温が 30℃以上の日）の年間日数は、RCP2.6,RCP8.5 のいずれも、2030 年は、県北部（日光市、塩谷町、那須塩原市、那須町）では 0～20 日未満、中央部から南部は 40～60 日が多い。2100 年の RCP8.5 では、県南部では 100 日以上となる地域が出現する。



※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6, RCP8.5 にかかわらず共通である。

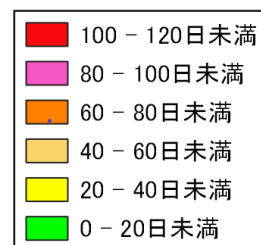


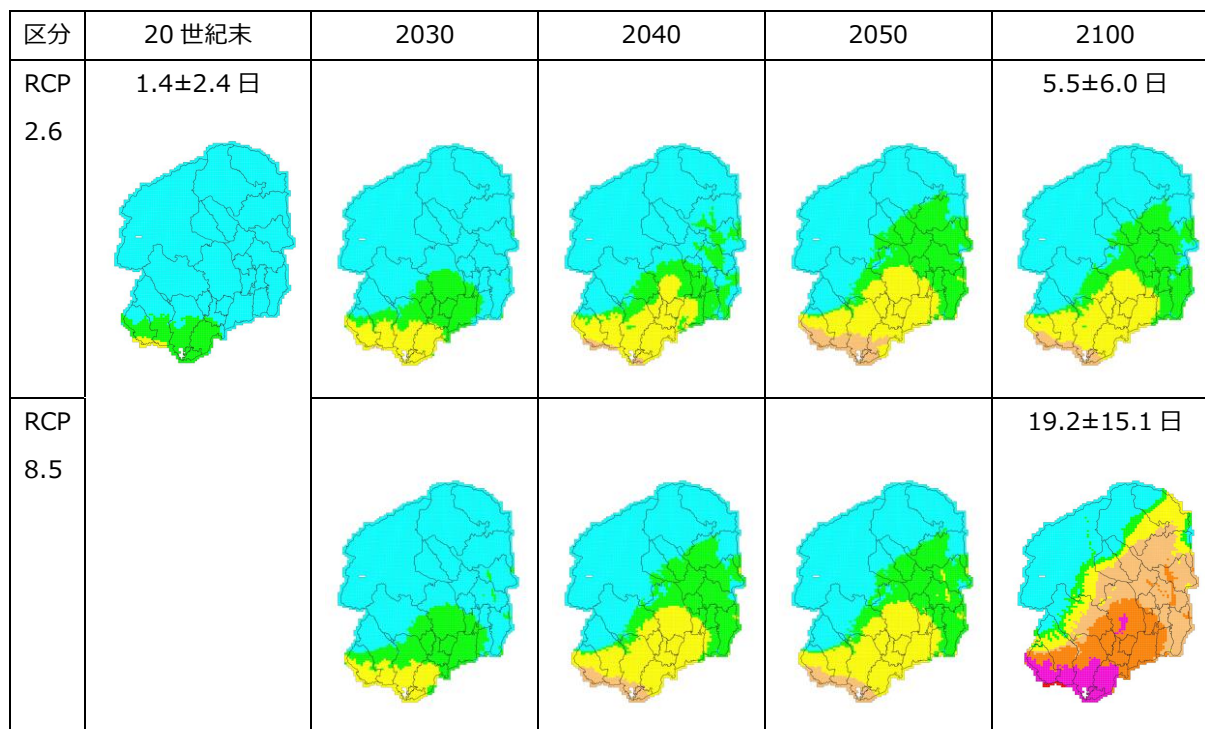
図 7-3 真夏日の年間日数

【補足】

真夏日、猛暑日の日数は、2050 年頃は、RCP2.6 の方が、RCP8.5 よりも日数が多い領域がある。真夏日、猛暑日は、年間発生頻度が少ないことから誤差が出たものと考えられる。統計的ダウンスケーリングデータは、平均値を扱うのに適しているが、最高気温などの極値ではやや誤差があると考えられ、有意に RCP2.6 の方が RCP8.5 よりも真夏日、猛暑日の日数が多いことを表してはいないことに注意が必要である。

(4) 猛暑日の年間日数

猛暑日（日最高気温が 35℃以上の日）の年間日数は、RCP2.6,RCP8.5 のいずれも、2030 年は、県南部は 10～20 日、他は 10 日未満の地域が多い。2100 年は、RCP2.6 では県南部で 20～30 日の範囲が出現し、RCP8.5 では、県内の中央から南の地域で 20 日以上、県南部では 40～50 日の地域が出現する。



※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6, RCP8.5 にかかわらず共通である。



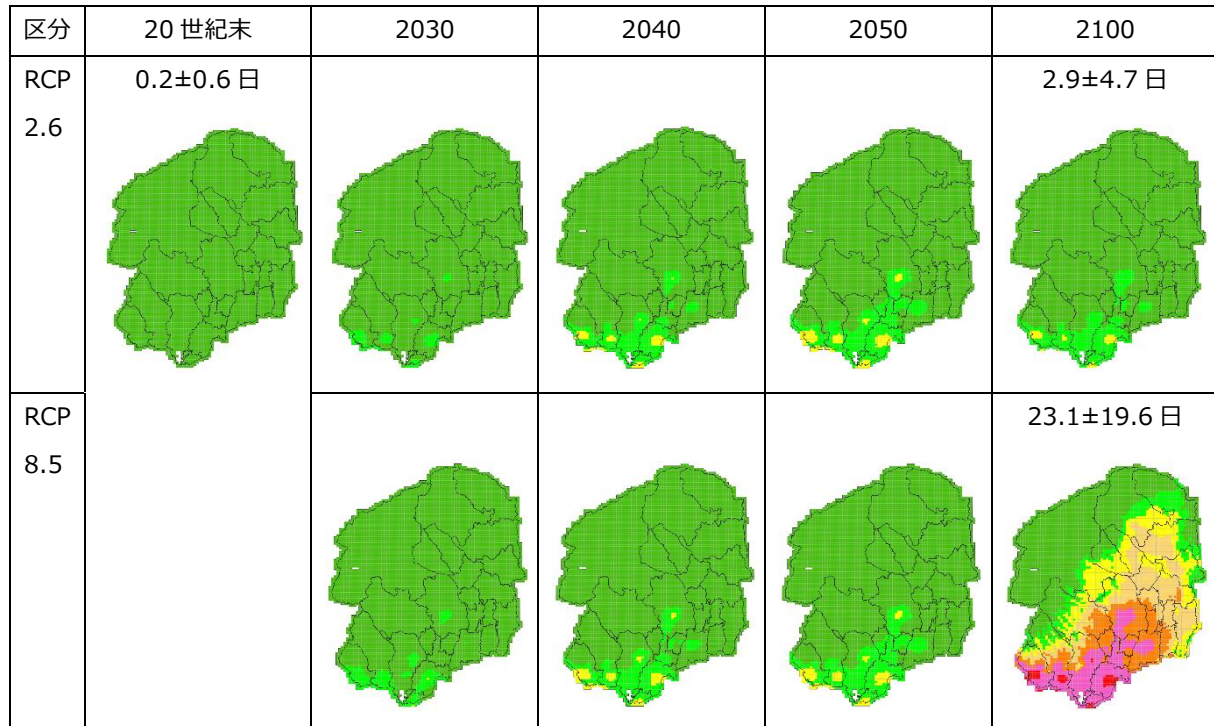
図 7-4 猛暑日の年間日数

【補足】

真夏日、猛暑日の日数は、2050 年頃は、RCP2.6 の方が、RCP8.5 よりも日数が多い領域がある。真夏日、猛暑日は、年間発生頻度が少ないことから誤差が出たものと考えられる。統計的ダウンスケーリングデータは平均値を扱うのに適しているが、最高気温などの極値を取り扱う場合は注意が必要で、有意に RCP2.6 の方が RCP8.5 よりも真夏日、猛暑日の日数が多いことを表してはいないことに注意が必要である。

(5) 熱帯夜の年間日数

熱帯夜（夜間の最低気温が 25℃以上の日⁴⁸）の年間日数は、RCP2.6,RCP8.5 のいずれも、2050 年までは 10 日未満の地域が多い。2100 年は、RCP8.5 では県南部・東部で 10 日以上⁴⁸の範囲が広がり、県南部では 60～70 日の地域が出現する。



※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6、RCP8.5 にかかわらず共通である。

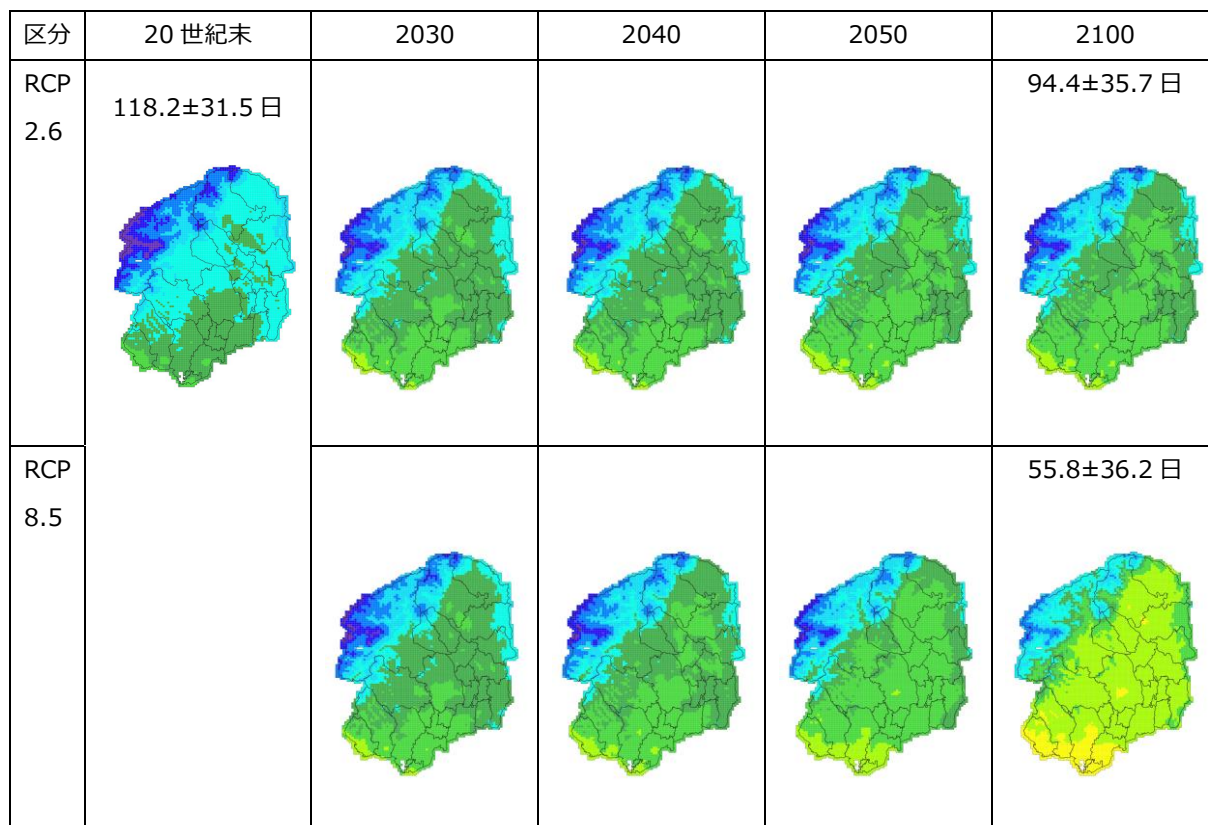


図 7-5 熱帯夜の年間日数

⁴⁸ 熱帯夜は夜間の最低気温が 25℃以上をいうが、使用した NIES2019 データは日別値であるため、日最低気温 25℃以上を熱帯夜として整理した。

(6) 冬日の年間日数

冬日（日最低気温が 0℃未満の日）の年間日数は、RCP2.6,RCP8.5 のいずれも、2030 年は、県中央部から南部は、50～100 日、日光市など北部では 100～200 日、わずかに 200 日以上の地域もある。2100 年は、RCP2.6 では、やや温暖になるものの日数の推移に大きな違いはないが、RCP8.5 では、県中央部から南部は 0～50 日となり、150 日以上地域はわずかになる。



※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6, RCP8.5 にかかわらず共通である。

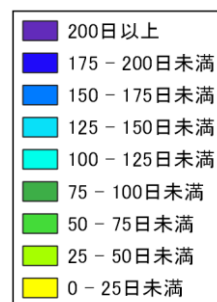
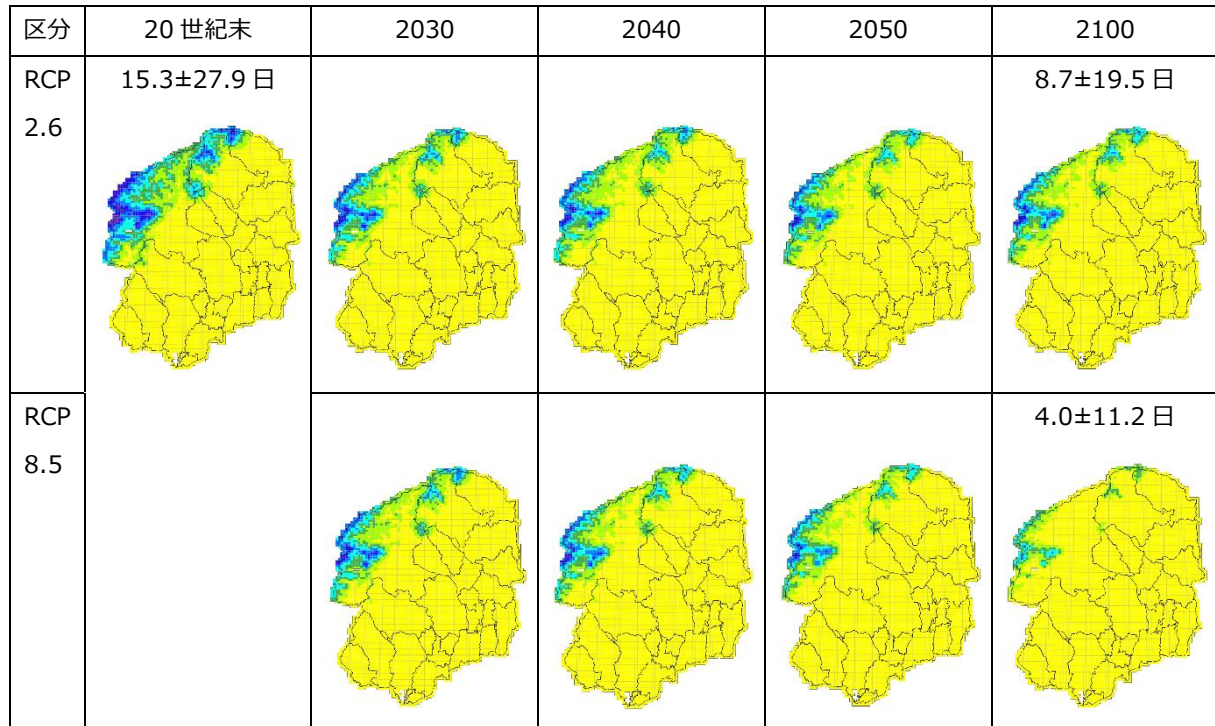


図 7-6 冬日の年間日数

(7) 真冬日の年間日数

真冬日（日最高気温が0℃未満の日）の年間日数は、RCP2.6,RCP8.5のいずれも、2030年は県西部で日数の減少がみられる。2100年は、RCP2.6では、やや温暖になるものの日数の推移に大きな違いはないが、RCP8.5では、県西部は100日以上の地域はわずかになる。



※20世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6、RCP8.5にかかわらず共通である。

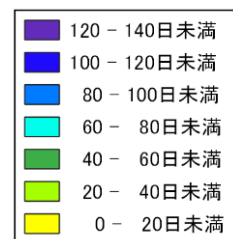
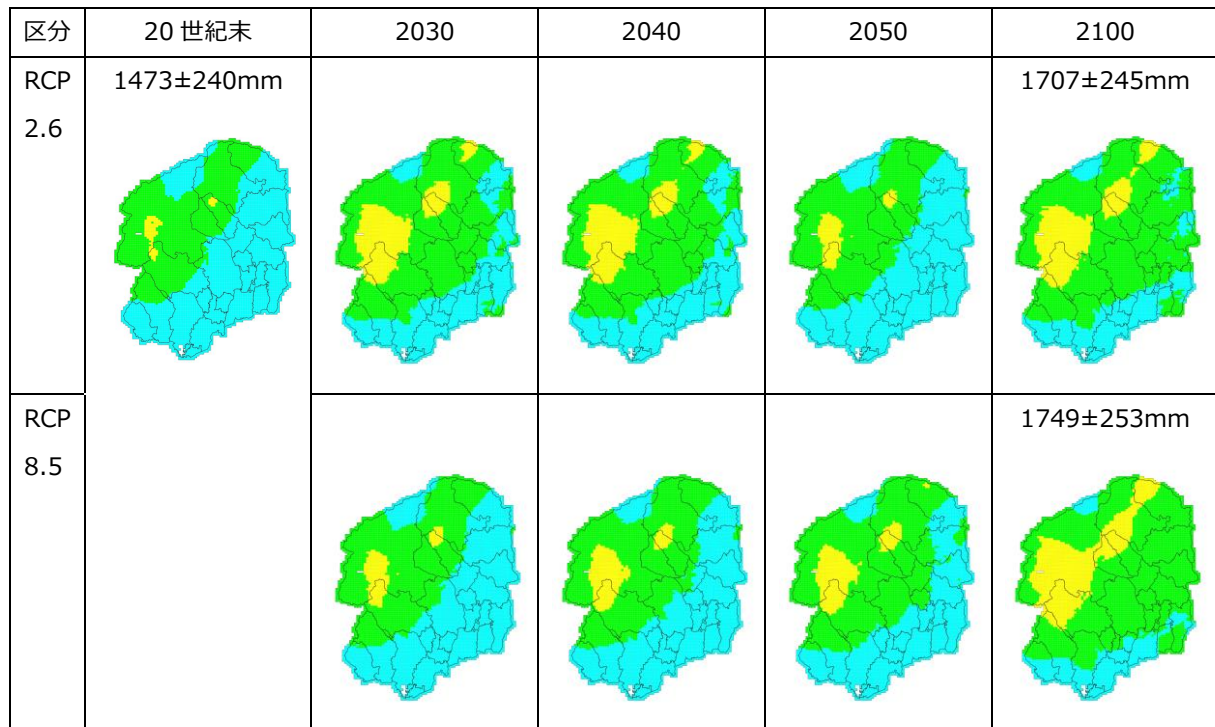


図 7-7 真冬日の年間日数

(8)年間降水量

年降水量は、2030 年は、RCP2.6 では 1000mm～2000mm の範囲が多く日光市などの降水量が多い。2100 年は、1500mm 以上の範囲が大きくなる。



※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6, RCP8.5 にかかわらず共通である。

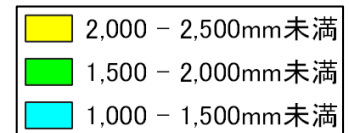
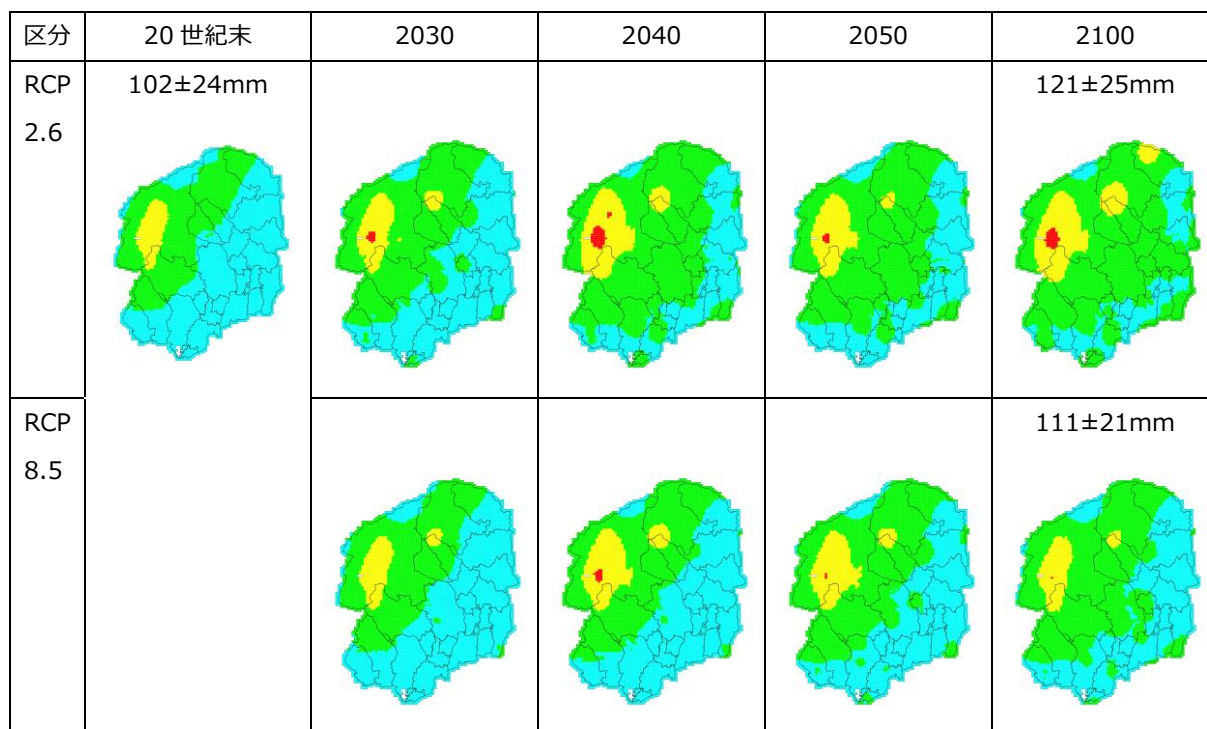


図 7-8 年間降水量

(9)日降水量の年最大値

日降水量の年最大値は、2030 年は、50mm～150mm の範囲が多く日光市などの降水量が多い。2100 年は、100mm～150mm 以上になる。



※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6, RCP8.5 にかかわらず共通である。

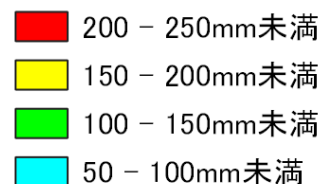


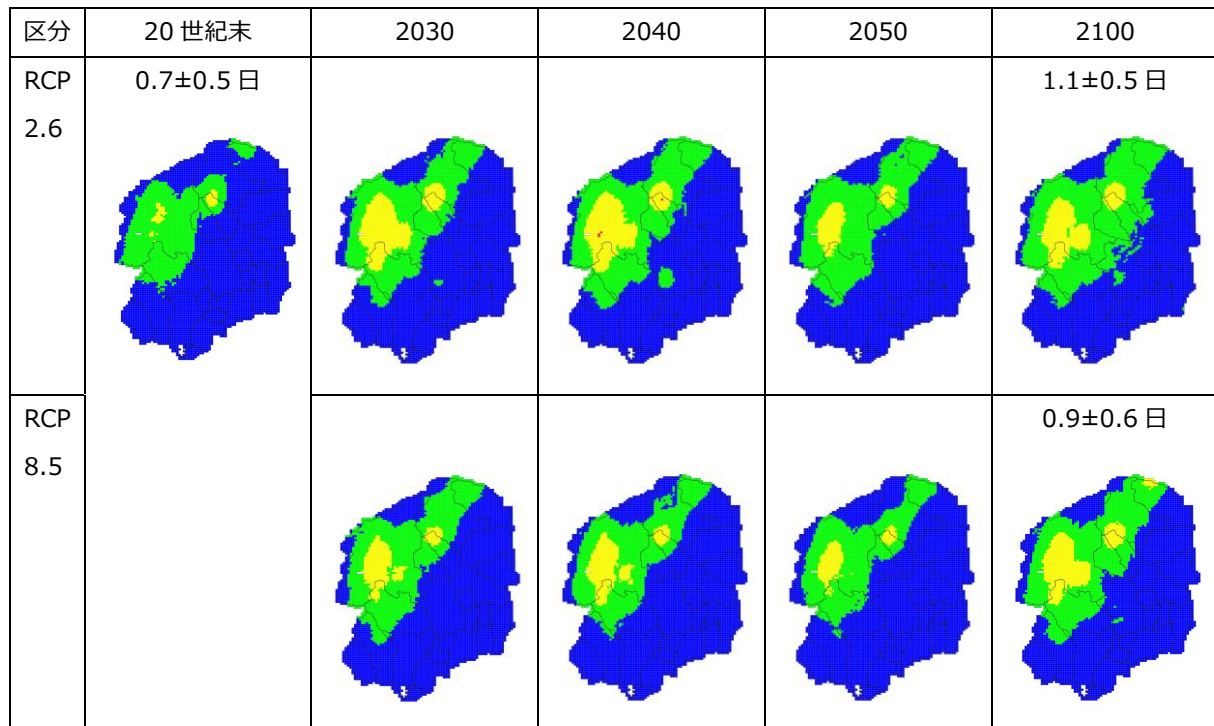
図 7-9 日降水量の年最大値

【補足】

日降水量の年最大値は、RCP2.6 の方が RCP8.5 よりも大きい領域がある。降水量の最大値などの極値を取り扱う場合は注意が必要で、有意に RCP2.6 の方が RCP8.5 よりも降水量の最大値が大きいことを表してはいないことに注意が必要である。

(10) 日降水量 100mm 以上の日数

日降水量 100mm 以上の日数は、2030 年は、0~2 日の範囲が多く日光市などは 2~3 日の範囲もみられる。2100 年は、やや増加する傾向が見られる。



※20 世紀末は、過去データの再現のため、RCP2.6, RCP8.5 にかかわらず共通である。

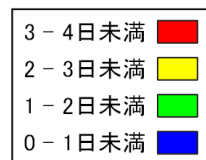


図 7-10 降水量 100mm 以上の日数

【補足】

日降水量 100mm 以上の年間日数は、RCP2.6 の方が RCP8.5 よりも多い領域がある。日降水量 100mm 以上などの極値を取り扱う場合は注意が必要で、有意に RCP2.6 の方が RCP8.5 よりも日数が多いことを表してはいないことに注意が必要である。

7.3 将来予測マップ（カ学的ダウンスケーリングデータ）

(1) 最大時間降水量

最大時間降水量（200mm/時以上を除外した後 98%値を算出）は、気温上昇に伴い 100mm/時以上の地域が多くなる傾向がみられる。

メッシュ全点の平均値を比べてみると、現在気候：85±15（mm/時）、2℃上昇時：89±11（mm/時）、4℃上昇時：102±14（mm/時）であった。

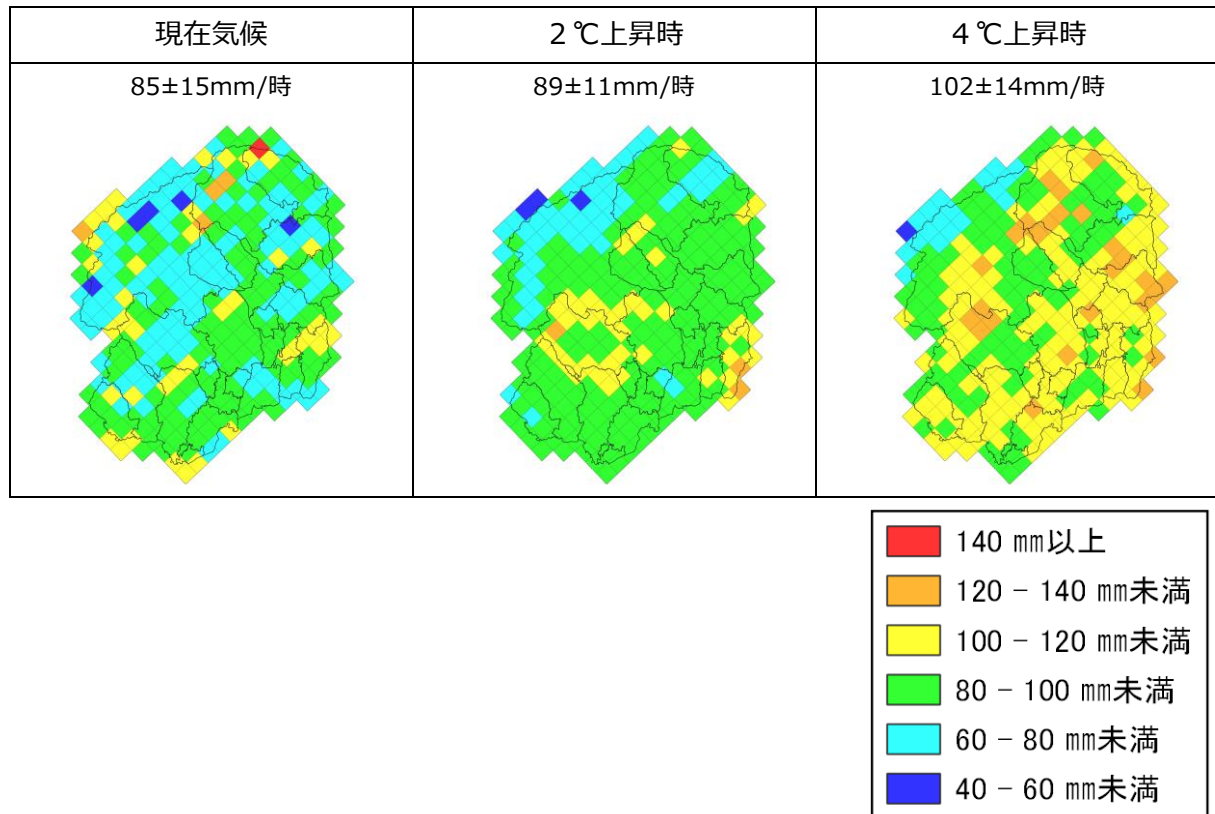


図 7-11 最大時間降水量

(2) 最大日降水量

最大日降水量は、気温上昇に伴い降水量が増加する地域が多くなる傾向がみられる。

メッシュ全点の平均値を比べてみると、現在気候：376±100 (mm/日)、2℃上昇時：392±123 (mm/日)、4℃上昇時：475±126 (mm/日)であった。

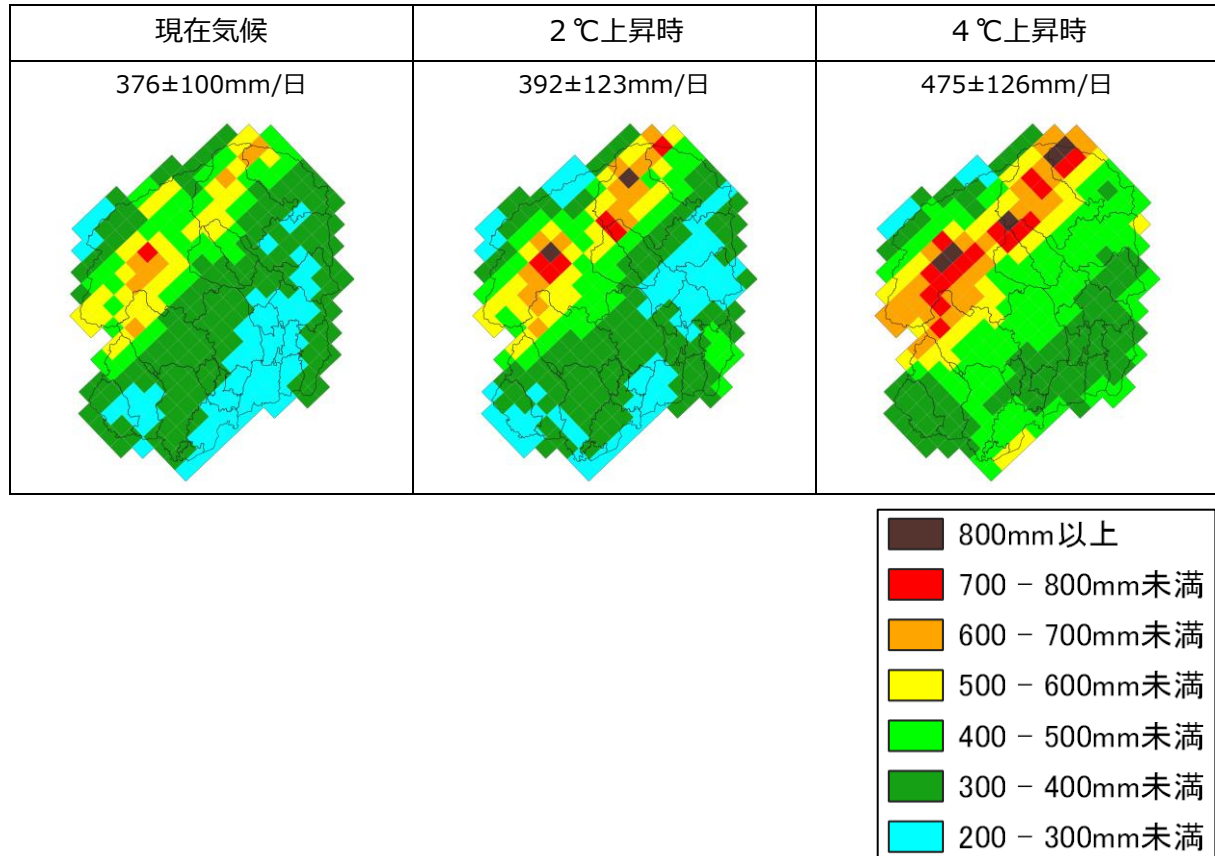


図 7-12 最大日降水量

(3) 短時間強雨発生回数

短時間強雨発生回数(※)は、現在気候に比べて、2℃上昇時、4℃上昇時が多く、2℃上昇時は発生回数が多い地域がやや多い傾向がみられた。メッシュ全点の平均値を比べてみると、現在気候：2.9±1.2(回/年)、2℃上昇時：4.4±2.2(回/年)、4℃上昇時：4.5±1.6(回/年)であった。

※50mm/h以上の時間降水量の年間の発生回数を各年・各アンサンブルメンバーについて求め、それらの最大値をとったもの。

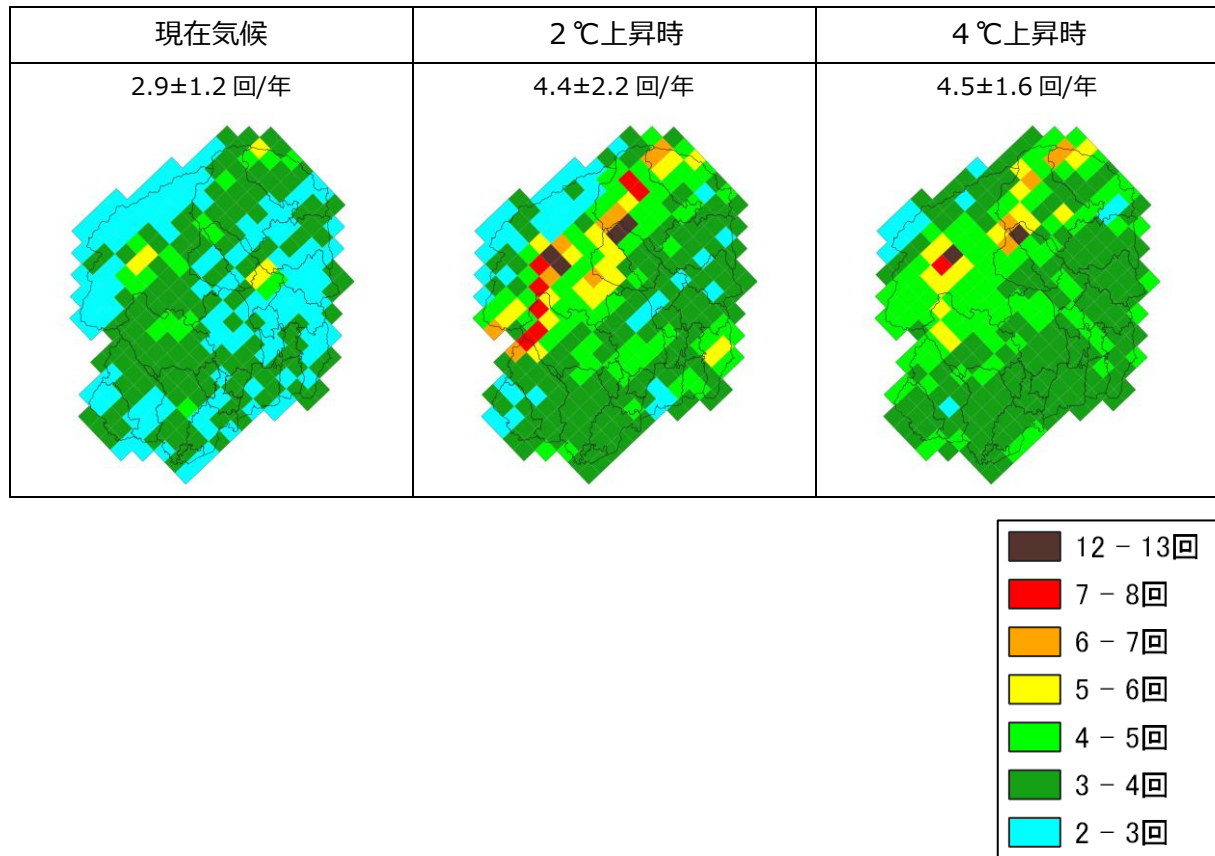


図 7-13 短時間強雨発生回数

(4) 大雨発生回数

大雨発生日数(※)は、現在気候、2℃上昇時、4℃上昇時を比べるとわずかに増加傾向が見られた。メッシュ全点の平均値を比べてみると、現在気候：2.7±1.3(日/年)、2℃上昇時：2.7±1.3(日/年)、4℃上昇時：3.0±1.4(日/年)であった。

※日降水量が200mm以上の降雨年間の発生回数を各年・各アンサンブルメンバーについて求め、それらの最大値をとったもの。

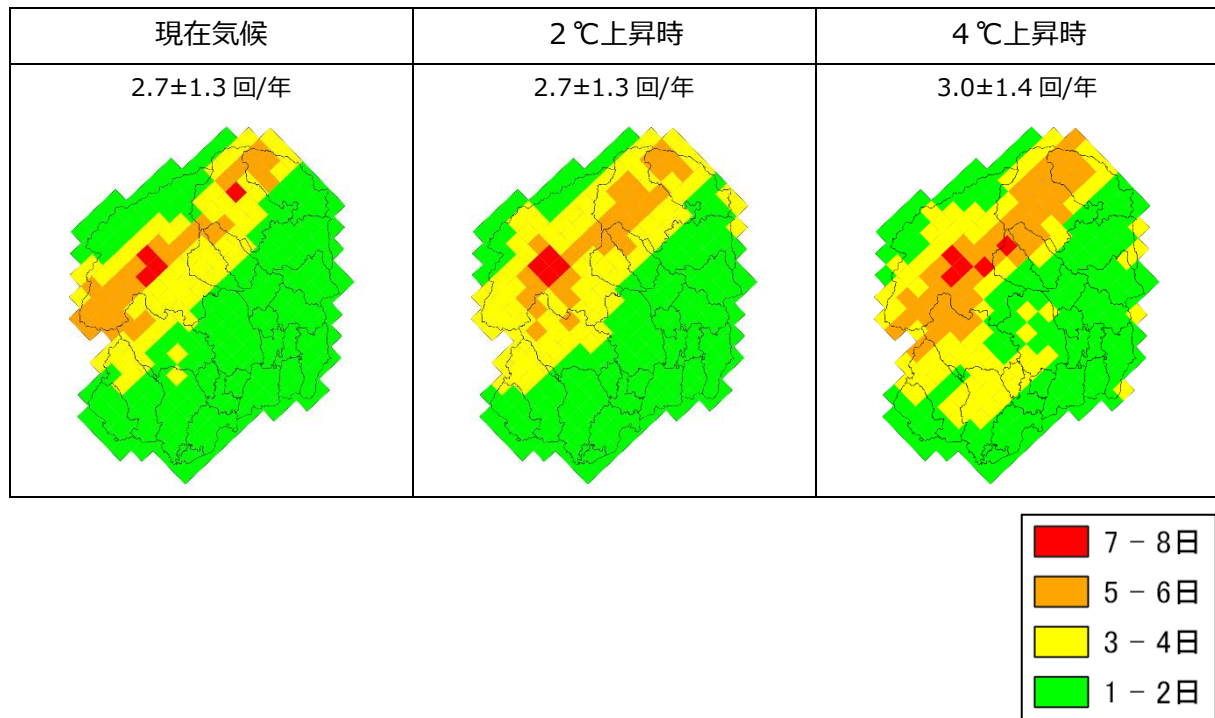


図 7-14 大雨発生回数

(5) 無降水日数

無降水日数(※)は、現在気候、2℃上昇時、4℃上昇時で、気温上昇につれてわずかに増加する傾向が見られた。メッシュ全点の平均値を比べてみると、現在気候：243±32(日/年)、2℃上昇時：250±30(日/年)、4℃上昇時：256±28(日/年)であった。

※1日間(1:00~24:00)で記録値が0の日の年間日数を各年・各アンサンブルメンバーについて求め、それらの最大値をとったもの。

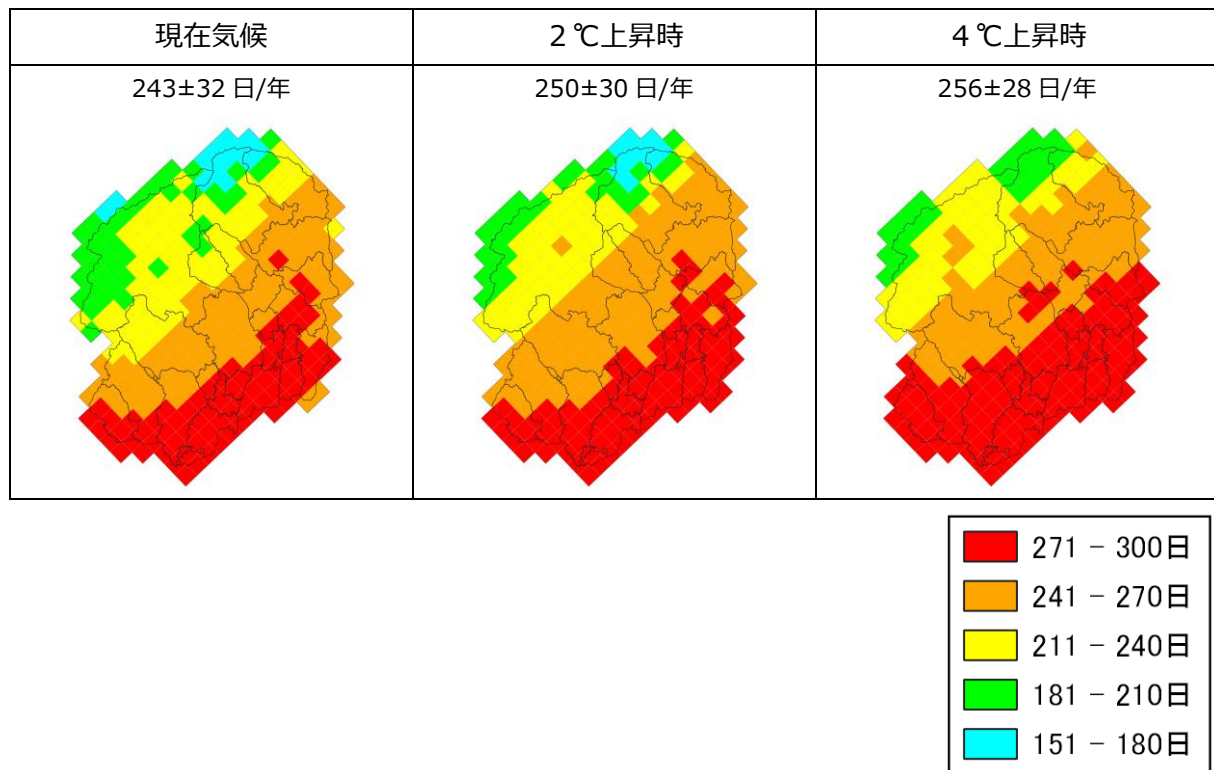


図 7-15 無降水日数

第8章 気候変動の影響評価

本県における気候変動影響について、県第一次気候変動影響評価と同様、7分野 41 項目を評価した（表 8-1）。

なお、評価は項目ごとに実施し、第4章～第6章に示した結果を基に、全国及び県内で確認又は予測されている主な気候変動の影響を以下のとおり整理した。

● 国影響評価

気候変動影響評価報告書の評価を参考にした

(重大性)
A：特に重大な影響が認められる、B：影響が認められる、※：現状では評価できない
(緊急性、確信度)
A：高い、B：中程度、C：低い、※：現状では評価できない

● 県影響評価

現在の影響、将来の影響（懸念）
○：大きい
△：大きいとは言えない
—：ない、或いは、分からない（判断できない）

表 8-1 栃木県における気候変動影響評価（1）

分野	項 目		国影響評価				県影響評価			
	大項目	小項目	全国における主な気候変動の影響	主な要因	重大性 (RCP2.6/ RCP8.5)	緊急性	確信度	県内における主な気候変動の影響	現在の 影響	将来の 影響
農業・ 林業・ 水産業	農業	水稲	品質の低下 収量の低下	気温	A/A	A	A	・登熟不良による胴割粒・白未熟粒の発生 ・カメムシ類による斑点米の増加	△	○
		野菜等	露地野菜 生育障害 施設野菜 病害不良 花 開花遅延	気温	B	A	B	・露地野菜・施設野菜の品質低下 ・イチゴの花芽分化期の遅れによる収穫期の遅延	○	○
		果樹	りんご・梨類 着色不良、日焼け果 みかん類 着色不良、凍害	気温 降水量	A/A	A	A	・ナシの開花期の前進に伴う晩霜害のリスク上昇等 ・ブドウの着色不良、モモの果肉障害	○	○
		麦・大豆・飼料作物等	麦 凍害、収量低下・品質低下 大豆 収量低下 飼料作物 収量変化	気温	A	B	B	・麦類の生育前進化・低温障害の発生 ・トウモロコシの湛害増加・発育不全等	○	○
		畜産	肉用牛・豚 増体・肉質・繁殖成績の低下 乳用牛 乳量・乳成分・繁殖成績の低下 採卵鶏 産卵率・卵重の低下 肉用鶏 成育低下	気温	A	A	B	・肉用牛・豚の成育・肉質の低下 ・乳用牛の乳量・乳成分の低下 ・家禽の生産能力、繁殖機能の低下	○	○
		病害虫・雑草	害虫 分布域拡大・北上、 発生世代数の増加 病害 発生地域の拡大 雑草 定着可能域の拡大・北上	気温	A	A	A	・害虫の発生量・被害の増加のおそれ ・高温で発生しやすい病害（炭疽病等）の増加 ・防除困難な外来雑草の圃場侵入	△	○
		農業生産基盤	農地の浸水被害 利水影響	降水量	A	A	A	・短期間強雨の増大や洪水等による農地被害 ・農業用水の取水制限	○	○
	林業	木材生産 (人工林等)	水ストレスの増大によるスギ林衰退 マツ材線虫病のリスク・分布拡大	気温 降水量	A	A	B	—	—	—
		特用林産物 (きのこ類等)	菌による被害 きのこ発生量の減少	気温	A	A	B	—	—	—
		水産業	回遊性魚介類 (魚類等の生態)	天然アユの遡上数減少、 遡上時期の早まり	気温	A	A	B	・高水温期におけるアユの病死	△
		増養殖等	漁獲量減少	気温 水温	A	A	B	・洪水等による河床環境の変化、放流魚の生育環境の喪失 ・養殖場における寄生虫症の発生	○	○
水環境・ 水資源	水環境	湖沼・ダム湖	水温上昇に伴う水質悪化・富栄養化	気温	B/A	B	B	—	—	△
		河川	水温上昇に伴う水質悪化 浮遊砂量増加	気温	B	B	C	・土砂流出量の増加	△	○
	水資源	水供給 (地表水)	渾水の深刻化による減断水の発生 需要期の水不足	降水量 降雪量	A/A	A	A	・可能発電電力量の減少 ・農業用水の取水制限	○	○
		水供給 (地下水)	地下水位の変動	降水量	A	B	B	・過剰な地下水採取による地盤沈下のおそれ	—	△
		水需要	需要の増加	気温	B	B	B	・農業用水の需要増	△	△

表 8-1 栃木県における気候変動影響評価（2）

分野	項目		国影響評価				県影響評価		現在の影響	将来の影響	
	大項目	小項目	全国における主な気候変動の影響	主な要因 (RCP2.6/RCP8.5)	重大性	緊急性	確信度	県内における主な気候変動の影響			
自然生態系	陸域生態系	高山帯・亜高山帯	植生の分布の変化や縮小 種構成の変化 高山帯へのニホンシカなどの侵入	気温 降雪量	A	A	B	・生息地減少による高山・亜高山植生の衰退等のおそれ	—	○	
		自然林・二次林	冷温帯林の分布適域の変化・減少	気温	B/A	A	A	—	—	—	
	里地・里山生態系	里地・里山生態系	構成二次林種の分布適域の縮小 タケの分布域の拡大	気温	B	A	C	・南方系の植物、昆虫等の増加	△	○	
		人工林	水ストレスの増大によるスギ林衰退	気温 降水量	A	A	B	—	—	—	
	淡水生態系	湖沼	湖沼	底生生物への影響や富栄養化	気温	A	B	C	—	—	△
			河川	冷水魚の生息域の縮小	気温	A	B	C	・濁水に伴う水温上昇によるサクラマス等の死亡 ・イワナ・ヤマメ等の生息域縮小・分断のおそれ ・流量減少に伴う遡上、繁殖等を行う生物相の変化	△	○
自然災害	洪水(河川氾濫、内水氾濫)	洪水(河川氾濫、内水氾濫)	水害リスク、氾濫発生確率の増加	降水量	A/A	A	A	・局所的な強雨による河川の氾濫 ・マンホールからの汚水溢水及び処理場処理能力の超過 ・内水氾濫による浸水被害の発生	○	○	
		土石流・地すべり等	土石災害・深層崩壊・斜面崩壊の増加	降水量	A	A	A	・土石災害等の発生 ・斜面崩壊・土石流等に起因する洪水氾濫災害の発生のおそれ	○	○	
	その他	強風等(強風等による風害)	強風・強い台風の増加 竜巻が発生する可能性の増加	気温	A	A	B	・倒木の発生による通行止め等の頻発化	○	○	
		雪害	降積雪の変化	降雪量	*	*	*	—	—	—	
健康	暑熱(熱中症等)	暑熱(熱中症等)	熱中症搬送者・死者の増加	気温	A	A	A	・熱中症発生率、搬送者数(特に高齢者)の増加	○	○	
	感染症	感染症媒介生物の生息域拡大、活動期間の増加	気温	A	A	B	—	—	△		
	その他	汚染物質の濃度変化	気温	*	B	B	・光化学スモッグ発令日の増加のおそれ	—	△		
産業・経済活動	製造業	製造業	企業の生産・販売過程等への影響	気温 降水量 降雪量	B	C	C	・部品調達等の停滞による工場の稼働停止等のおそれ ・労働者の熱中症リスク、原料の保管方法等への影響のおそれ	△	△	
		エネルギー	夏季の電力供給ピークの先鋭化 水力発電量の減少	気温 降水量 降雪量	B	C	B	・可能発電電力量の減少	○	○	
	商業	季節性製品の売上げ、販売計画への影響	気温 降水量 降雪量	B	C	C	—	—	—		
	金融・保険	保険損害・保険支払額の増加	降水量	A	B	B	—	—	—		
	観光業	観光快適度の低下 スキー場での積雪深減少	気温 降水量 降雪量	A	B	A	—	△	△		
	建設業	熱中症搬送者・死者の増加 極端な気象現象による建築物の被害	気温 降水量 降雪量	A	A	B	・現場従事者の熱中症等の健康被害	○	○		
	医療	断水等による人工透析への影響	降水量	B	B	C	・断水や濁水が発生した場合、透析治療への影響のおそれ ・洪水による医療機関の浸水被害	○	○		
国民生活・都市生活	都市インフラ・ライフライン等	都市インフラ・ライフライン等	インフラ・ライフラインの被害 廃棄物処理システムへの影響	降水量	A	A	A	・停電による信号機の滅灯 ・倒木等による通行止め・交通環境への影響 ・上水場等の浸水による大規模な断水の発生 ・洪水等による廃棄物処理施設の稼働停止	○	○	
		文化・歴史などを感じる暮らし	季節現象・生物季節・伝統行事・地場産業等	生物季節の変化による文化・歴史などを感じる暮らしへの影響	気温	B	A	A	・サクラの開花の早まり等	△	○
	その他	暑熱による生活への影響等	都市部での熱ストレスの増大や屋外活動への影響等	気温	A	A	A	・熱中症警戒アラート発表による屋外活動への影響 ・部活動等において熱中症の症状を訴える児童生徒の増加	○	○	

【国影響評価】 ※朱書きは、今回(2020)の国影響評価において、前回(2015年)から変更になったもの

【重大性】 A:特に重大な影響が認められる B:影響が認められる *現状では評価できない

【緊急性】 A:高い B:中程度 C:低い *現状では評価できない

【確信度】 A:高い B:中程度 C:低い *現状では評価できない

【県影響評価】

○:大きい

△:大きいとはいえない

—:影響がない、或いは、わからない

【引用文献】

第2章

文献No.	文献名
2-1	IPCC 第5次評価報告書 第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 気象庁訳 (2014, 気象庁)

第3章

文献No.	文献名
3-1	栃木県水環境保全計画 (2004, 栃木県環境森林部)

第4章

文献No.	文献名
4-1	地球温暖化予測情報第9巻 (2017, 気象庁)
4-2	気候変動監視レポート 2020 (令和3年, 気象庁)
4-3	日本の年降水量偏差の経年変化 (1898~2021年) (気象庁) https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn_r.html
4-4	日本の気候変動 2020 (2020年, 気象庁)
4-5	大雨や猛暑日など (極端現象) のこれまでの変化 (気象庁) https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html

第5章 1: 農業・林業・水産業

文献No.	文献名
5-1-1	気候変動影響評価報告書 詳細 (令和2年, 環境省)
5-1-2	令和2年地球温暖化影響調査レポート (令和3年, 農林水産省)
5-1-3	地球温暖化影響調査レポート10 (平成30年, 農林水産省)
5-1-4	農作物の高温対策技術 (平成31年, 栃木県農政部)
5-1-5	S-8-1(6) 農業・食料生産における温暖化影響と適応策の広域評価. S-8 温暖化影響評価 (・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書「日本への影響」-新たなシナリオに基づく総合的影響予測と適応策- (石郷岡)
5-1-6	Rice grain quality degradation and economic loss due to global warming in Japan Environ. Res. Commun. 1 (2019) 121003
5-1-7	令和3年4月10日及び11日の降霜によるなしの被害状況について(概況) (令和3年, 栃木県の農政部)
5-1-8	平成30年度気候変動への影響への適応に向けた将来展望 (関東地方) (平成31年, 農林水産省)

文献No.	文献名
5-1-9	飼料用トウモロコシ栽培の今後の展望（2014年，菅野勉，農業食料工学会誌）
5-1-10	地球温暖化が日本における家畜の生産性に及ぼす影響評価の現状と課題（2009年，野中最子・小林洋介・樋口浩二・永西 修）
5-1-11	わが国のホルスタイン種育成雌牛の夏季増体量に及ぼす温暖化の影響（2010年，野中最子・山崎信・田鎖真澄・樋口浩二・永西修・寺田文典・栗原光規）
5-1-12	ミナミアオカメムシが新発生 県南地域の大豆ほ場で確認 栃木県（2021年，農業協同組合新聞 12/9） https://www.jacom.or.jp/saibai/news/2021/12/211209-55555.php
5-1-13	気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』（2012年度版）（2013年，文部科学省・気象庁・環境省）
5-1-14	気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～（2018年，環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁）
5-1-15	関東平野におけるスギ衰退度の分布（2004年，漆原和子・土方智紀・新川幹郎）
5-1-16	温暖化に対するスギ人工林の脆弱性マップ（2006年，松本陽介・重永英年・三浦寛・長倉淳子・埜田宏）
5-1-17	那珂川アユ遡上・放流状況調査（令和2年度）（2021年，栃木県水産試験場）
5-1-18	水温の将来変化がアユの遡上時期に及ぼす影響について（2014年，鈴木靖・本間基寛・佐藤嘉展・道広有理・竹門康弘）
5-1-19	内水面漁業・養殖業をめぐる状況（2021年，水産庁）

第5章 2：水資源・水環境

文献No.	文献名
5-2-1	気候変動影響評価報告書 詳細（令和2年，環境省）
5-2-2	気候変動による水質等への影響解明調査（2013，環境省）
5-2-3	気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～（2018，環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁）
5-2-4	平成30年版日本の水資源の現況（平成30年，国土交通省）
5-2-5	栃木県地盤変動・地下水位調査報告書（令和2(2020)年度）（令和3，栃木県）
5-2-6	栃木の水道（令和3年，栃木県）

第5章 3：自然生態系

文献No.	文献名
5-3-1	気候変動影響評価報告書 詳細（令和2年，環境省）
5-3-2	気候変動による高山・亜高山生態系への影響調査（平成31年度，パシフィックコンサルタンツ（株））
5-3-3	気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～（2018年，環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁）
5-3-4	気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』（2012年度版）（2013年，文部科学省・気象庁・環境省）
5-3-5	「約10,000人と調査！クマゼミの北限は？」ウェザーニュースホームページ https://weathernews.jp/s/topics/201608/130085/
5-3-6	いきものみつけ 事業成果とりまとめ冊子（環境省）
5-3-7	霧ヶ峰におけるニホンジカによる植生への影響：ニッコウキスゲ・ユウスゲの被食圧（2009年，長野県）
5-3-8	とちぎの環境 令和2（2020）年度栃木県環境白書（概要版）（2020年，栃木県）
5-3-9	戦場ヶ原における湿原保全対策の変遷とその方針に関する研究（2009年，番匠克二）

第5章 4 自然災害

文献No.	文献名
5-4-1	気候変動影響評価報告書 詳細（令和2年，環境省）
5-4-2	和元年東日本台風の発生した令和元年の水害被害額が統計開始以来最大に～令和元年の水害被害額（確報値）を公表～（令和2年，国土交通省）
5-4-3	河川事業概要 2021（令和2年，国土交通省）
5-4-4	勢力を増す台風 ～我々ほどのようなリスクに直面しているのか～ [令和元年東日本台風の模擬温暖化実験]（2021年，環境省）
5-4-5	温暖化に対する土砂災害の影響評価（2009，川越清樹・風間聡）
5-4-6	令和2年の土砂災害（令和3年，国土交通省）
5-4-7	災害時気象報告 平成27年9月関東・東北豪雨及び平成27年台風第18号による大雨等（2015，気象庁）
5-4-8	令和元年台風第19号等に係る被害状況等について（令和2年，内閣府）
5-4-9	気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～（2018年，環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁）
5-4-10	平成30年度森林・林業白書（令和元年，林野庁）
5-4-11	令和2年度森林・林業白書（令和3年，林野庁）
5-4-12	地球温暖化で猛烈な熱帯低気圧（台風）の頻度が日本の南海上で高まる（2017，気象庁）

第5章 5 健康

文献No.	文献名
5-5-1	気候変動影響評価報告書 詳細（令和2年，環境省）
5-5-2	熱中症環境保健マニュアル2018（2018年，環境省）
5-5-3	平成22年（2010）人口動態統計（確定数）の概況 人口動態統計年報 主要統計表 参考 平成22年の熱中症による死亡者数（2011年，厚生労働省）
5-5-4	気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018～日本の気候変動とその影響～（2018年，環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁）
5-5-5	デング熱・チクングニア熱・ジカウイルス感染症等の媒介蚊ヒトスジシマカの対策＜緊急時の対応マニュアル＞（国立感染症研究所昆虫医科学部，令和元年改訂）
5-5-6	地球温暖化と大気汚染：光化学オキシダント濃度への影響と超過死亡リスク(2009年，田村憲治・松本幸雄・佐々木寛介・椿貴博)

第5章 6：産業・経済活動

文献No.	文献名
5-6-1	気候変動影響評価報告書 詳細（令和2年，環境省）
5-6-2	那須塩原市気候変動適応計画（令和2年，那須塩原市）

第5章 7：国民生活・都市生活

文献No.	文献名
5-7-1	気候変動影響評価報告書 詳細（令和2年，環境省）
5-7-2	災害の記録（令和3年，栃木県）
5-7-3	「とちぎの桜前線」下野新聞ホームページ https://www.shimotsuke.co.jp/articles/-/430257