

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。
 - ・ 高温による白未熟粒の被害が増加する傾向にあり、高温年には、品質の低下や一等米比率が顕著に低下している。
 - ・ 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、現在生じている気候変動影響として「白未熟粒の発生」、「粒の充実不足」「胴割米の発生」、等が挙げられている。
- 将来
 - ・ 現在の品種を引き続き栽培した場合、RCP8.5 シナリオにおいて、21 世紀中頃には僅かな増収、21 世紀末には約 20%の減収が予測されている。また、21 世紀中頃の影響では、北日本や高緯度地域で増収が見込まれる地域も、従来予測より縮小した。日本平均の白未熟粒率は、RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃で約 20%、21 世紀末で約 40%に達すると予測されている。また、21 世紀中頃の影響の分布については、従来と比較して、東日本以西だけでなく、北日本にも広がるものと予測されている。
 - ・ 品質を考慮した高品質米の生産量予測では、適応策を講じない場合、産業革命前からの温暖化が 1℃でも減収が予測された。一方、品種の高温耐性を現行よりも 2 ランク向上させた場合、温暖化が 2℃程度まで進行しても、白未熟粒率 30%以下の高品質米の生産量を維持できるものと推定された。ただし、それ以上の温暖化では、生産量の低下が予測されている。
 - ・ 収量、品質への負の影響は、ともに関東以西で早期に顕著になる。特に、現在高温耐性が弱い品種が作付けされている地域では、影響の程度が大きいと懸念される。また、温暖化レベルが進むにつれ、東日本以西だけでなく、北日本にも広がるものが予測されている。

<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¹⁵の発生（図 5-1）、一等米比率の低下等）

¹⁵ 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。

等の影響が確認されている。猛暑となった 2023 年には、白未熟粒が多発し、外観品質が低下したため、一等米比率は全国平均で 60.9% (現行の農産物検査制度が始まった 2004 年以来で最低) となり、農家の収入にも大きな影響が出たことが報告されている。

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、日本における水稻への主な影響は、2023 年調査では「白未熟粒の発生」が最も多く、北日本及び東日本では 5 割程度、西日本では 4 割程度で報告されている (表 5-1)。このほか、高温又は高温・少雨により「粒の充実不足」、「虫害の発生」、「胴割れ粒の発生」等による影響がみられた (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 5-2)。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、現在生じている気候変動影響としては、出穂・登熟期の高温による「白未熟粒の発生」、「粒の充実不足」、「胴割れ粒の発生」、出穂期以降の高温・多雨による「作期の前進」、開花期の高温による「高温不稔」、種子予措・育苗期の高温による「病害虫の発生」が確認されている (表 5-2)。(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)

表 5-1 水稻への主な影響（2023 年）

主な現象	全国	北日本	東日本	西日本	発生の主な原因
白未熟粒の発生	5割程度	5割程度	5割程度	4割程度	出穂期以降の高温(7月～)
粒の充実不足	1割程度	1割程度	2割程度	2割程度	出穂期以降の高温、高温・少雨(7月～)
虫害の発生	1割程度	1割程度	1割程度	2割程度	【カメムシ類、ニカメイチュウ等】 夏季の高温、冬季の高温 【スクミリンゴガイ(ジャンボタニシ)】 冬季の高温
生育不良	1割程度	—	1割程度	1割程度	田植え以降の高温(5月～)、多雨・日照不足
胴割れ粒の発生	1割程度	1割程度	1割程度	1割程度	出穂期以降の高温、高温・少雨(7月～)
登熟不良	1割程度	—	—	1割程度	出穂期以降の高温、高温・多雨(7月～)、台風
※上記の他、病害の発生、枯死等、作期の前進等の報告があった。					

(出典：文献 5-1-2)

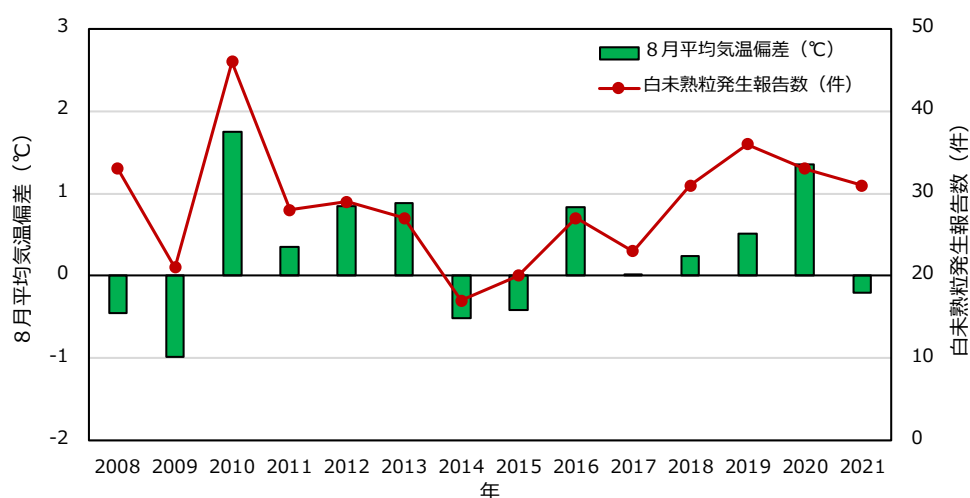


図 5-2 8月の平均気温偏差と白未熟粒発生報告都道府県数の推移（2008～2021 年）

(出典：文献 5-1-3 及び気象庁データより作成)

表 5-2 栃木県内で現在生じている気候変動影響

影響を引き起こす気候	作物の症状	品質・収量等への影響	被害の大きさ ※ 1	被害の発生頻度 ※ 2
出穂・登熟期の高温	ア 白未熟粒の発生	品質低下	大	高
	イ 粒の充実不足	品質・収量低下	中	高
	ウ 胴割れの発生	品質・収量低下	大	高
出穂期以降の高温・多雨	エ 作期の前進	品質・収量低下	中	中
開花期の高温	オ 高温不稔	収量の低下	中	中
種子予措～育苗期の高温	カ 病害虫の発生	種子の生産量低下等	中	中

※1：生産量の減少程度で大、中、小、※2：一定年数中の発生年の割合で高、中、低

(出典：文献 5-1-4)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

高 CO₂ 濃度による増収効果が高温条件では低下するという、屋外における開放系大気 CO₂ 増加 (FACE) 実験結果を取り入れたモデルを用いた収量予測では、日本全体の収量は従来よりも低く予測され、特に RCP8.5 シナリオでは年代が進むにつれて差が拡大し、21 世紀中頃には僅かな増収、今世紀末には約 20% の減収が報告されている。また、21 世紀中頃の影響の分布については、従来と比較して、北日本や高緯度地域でみられる増収が予測される地域が縮小することが報告されている。

白未熟粒率を推定したところ、温度のみを考慮した場合の日本全体の白未熟粒率の推定値は、RCP8.5 シナリオでは 21 世紀中頃で約 15%、21 世紀末には約 30% であった。一方、高温と高 CO₂ の影響を考慮した場合、白未熟粒率は今世紀半ばで約 20%、今世紀末には約 40% に達すると予測された。また、21 世紀中頃の影響の分布については、東日本以西だけでなく、北日本にも広がることを予測された。

収量、品質への負の影響は、ともに関東以西で早期に顕著になる。特に、現在高温耐性が弱い品種が作付けされている地域では、影響の程度が大きいと懸念される。また、温暖化レベルが進むにつれ、東日本以西だけでなく、北日本にも広がることを予測されている。(文献 5-1-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、RCP8.5 シナリオにおいて、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 5-3)

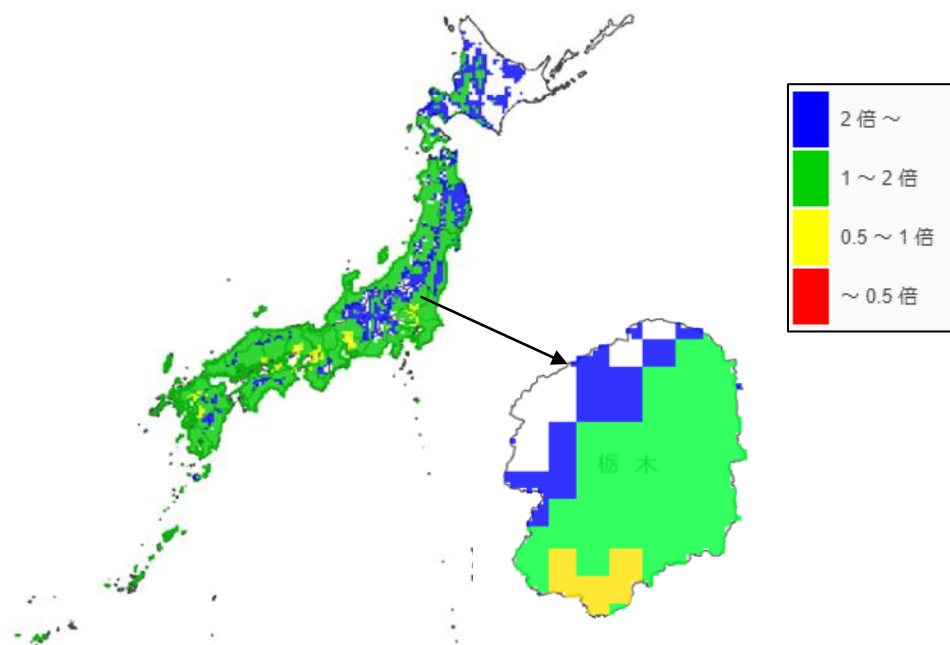


図 5-3 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の粗玄米収量の変化
(MIROC5、RCP8.5) (1981～2000 年に対する 2081～2100 年の比)

出典：気候変動適応情報プラットフォーム
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>)

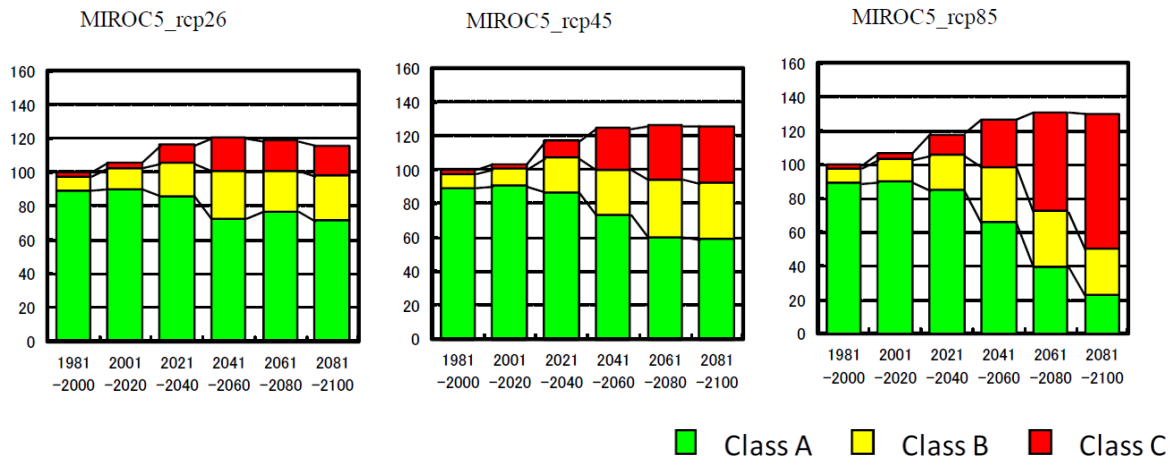


図 5-4 現行の移植日と栽培管理を想定した場合の全生産量の 20 年毎の推移 (MIROC5)
(左 : RCP2.6、中央 : RCP4.5、右 : RCP8.5) (1981~2000 年の値を 100 とした相対値)
(出典 : 文献 5-1-5)

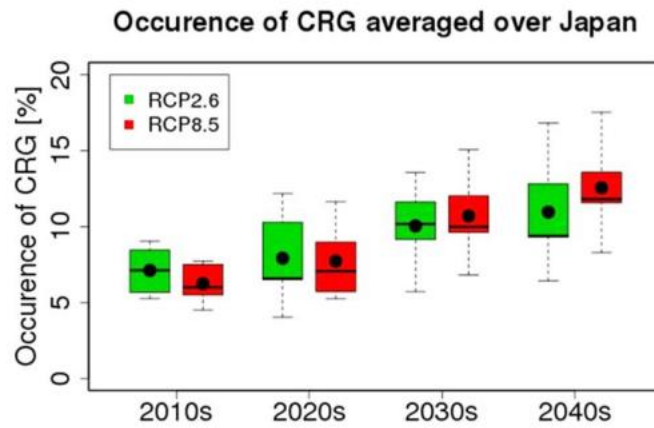


図 5-5 白未熟粒の発生率予測
(出典 : 文献 5-1-6)

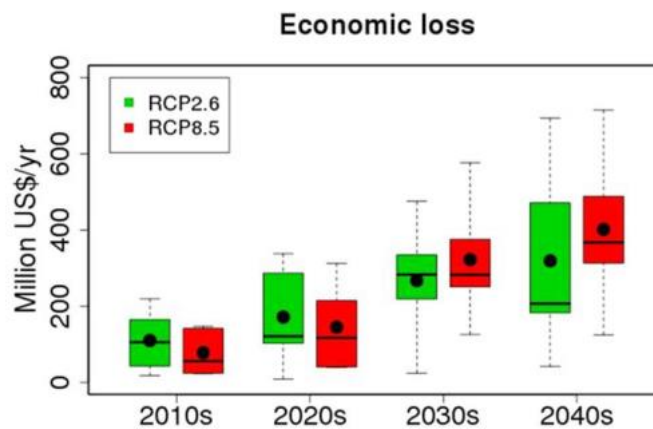


図 5-6 白未熟粒の発生による経済損失予測
(出典 : 文献 5-1-6)

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。
- ・ 野菜については、高温障害が広く報告されている。
- ・ 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。
- ・ 花きについては、キクで生育期間中の高温による発育の前進あるいは遅延に伴う適期出荷の機会喪失を報告する都道府県が増加しており、価格変動の要因になっている。
- ・ 県内では、高温の影響として、花芽分化の遅れ、着果不良、発芽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、CO₂ 濃度の上昇による重さの増加、高温による生育阻害が予測され、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。

葉茎菜類では、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。（文献 5-1-1）

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、育苗期から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、次いで高温又は高温・少雨による「虫害の発生」、高温による「果実の肥大不足」による影響が報告されている。（文献 5-1-2）

【栃木県または関東】

栃木県で栽培されている主要な野菜における、現在生じている主な気候変動影響は以下のとおりである。

- ・ イチゴ：花芽分化の遅れ、連続出蕾性の低下、病害虫の発生、圃場の浸水

- ・トマト：着果不良（落花）、裂果、日焼け果、着色不良（黄変果）、尻腐れ
- ・ハウレンソウ（高冷地）：発芽不良、生育抑制と品質低下、病害虫の発生
- ・ニラ：葉先枯れ、生育抑制、低温遭遇不足
- ・アスパラガス：光合成速度の低下、奇形芽の発生、ハダニ類の多発（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」に花芽分化が早いため、収穫開始が約 2 週間早く、単価の安定した年内収穫量が約 1.3 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、パンジーでも高温等による開花期の前進・遅延や生育不良、奇形花の発生が報告されている。（文献 5-1-1）

農林水産省によると、2023 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」¹⁶等であった（表 5-3）。（文献 5-1-2）

新たな知見として、キクについては、生育期間中の高温による発育の前進あるいは遅延に伴う適期出荷の機会喪失を報告する都道府県が増加しており、価格変動の要因になっていることが報告されている。カーネーションについては、品種「チェリーテッシノ」への高温処理実験では、1 週間以上高温に曝露した場合、切り花長及び側枝長が対照区と比較して有意に短くなること、また、3 週間以上高温に曝露した場合、花蕾数が対照区と比較して有意に少なくなることが報告されている。

一方、一部の施設生産については、冬季の気温の上昇により、燃料消費の減少という温暖化のメリットもみられる。（文献 5-1-1）

表 5-3 花き（きく）への主な影響（2023 年）

主な現象					発生の主な原因
	全国	北日本	東日本	西日本	
開花期の前進・遅延	1割程度	1割程度	1割程度	1割程度	栽培期間中の高温、高温・少雨(4～10月)
奇形花の発生	1割程度	—	1割程度	1割程度	花芽分化期～収穫期の高温(7～9月)
生育不良	1割程度	—	1割程度	1割程度	生育初期～花芽発達期の高温(7～10月)
病害の発生	1割程度	—	1割程度	—	育苗・定植期、生育期の高温(7～9月)(スプレーギク) 花芽分化期・発達期の高温(7～9月)(輪ギク)
立ち枯れ	1割程度	—	—	1割程度	生育初期～花芽発達期の高温(7～10月)
※上記の他、ガク焼け、虫害の発生、草姿の乱れの報告があった。					

（出典：文献 5-1-2）

¹⁶ 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】

栃木県で栽培されている主要な花きにおける、現在生じている主な気候変動影響は以下のとおりである。

- ・きく：開花遅延、奇形花（輪菊）、葉先枯れ（葉焼け）、病害虫発生
- ・りんどう：開花期の変動、着色不良、株持ち悪化

（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、高温による生育阻害が予測されている。

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。

施設栽培のトマトについては、SSP5-8.5 シナリオに基づく葉先枯れ症の発症率予測では、2030 年代と比較して 2090 年代は栽培初期に 20%程増加し、症状の多発による病害の蔓延が懸念され、収穫量の大幅な減少につながる可能性が示唆されている。（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

- ・ 近年の気温上昇等に起因する障害が多様な樹種・地域に及んでいることが報告されている。
- ・ 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。
- ・ 高温による着色不良など果樹の被害を報告した都道府県数は、2012～2016 年と比べ、2017～2021 年の 5 年平均では増加していることが報告されている
- ・ 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、秋冬季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。
- ・ 果樹農業は、一度植栽すると数十年間生産を継続する永年性作物であり、気温の低かった 1980 年代から同じ樹で栽培されていることも多いなど、品種や栽培法の変遷も少なく、長期間同じ品目・品種を栽培することが多いことから、現状でもほとんどの樹種・地域に及んでいる気候変動の影響は、何も対策を打たない場合、気温上昇とともに範囲の拡大・深刻化がさらに進むと考えられる。
- ・ 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。
- ・ ウンシュウミカンについて、今世紀末までの適地移動の予測では、栽培適地は北上あるいは内陸に広がり、栃木県においても適地となることが予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

近年の気温上昇に起因する障害がほとんどの樹種・地域に及んでいる。

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〉

2023 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¹⁷」や「凍霜害」、「日焼け果」等であった（表 5-4、図 5-7）。（文献 5-1-2）

リンゴおよびウンシュウミカンの日焼けについては、発生の要因解明が進み、日最高気温の上昇が日焼けを多発させていることが明確になっている。

¹⁷ 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。

表 5-4 リンゴへの主な影響（2023 年）¹⁸

主な現象	全国	発生率			発生の主な原因
		北日本	東日本	西日本	
着色不良・着色遅延	3割程度	3割程度	3割程度	—	着色期～収穫期の高温（8～11月）
凍霜害	2割程度	1割程度	6割程度	—	休眠期～結実期の高温・低温（12～5月）
日焼け果	2割程度	2割程度	3割程度	—	果実肥大期～収穫期の高温（7～9月）
虫害の発生	1割程度	1割程度	1割程度	—	【モモシクイガ】 果実肥大期～収穫期の高温（7～9月） 【ハダニ等】 果実肥大期の高温・少雨（7～9月）
病害の発生	1割程度	1割程度	1割程度	—	果実肥大期の高温・多雨（6～8月）
着果不良	1割程度	1割程度	—	—	開花期の低温（5月）
※上記の他、生理落下の増加、果実障害の報告があった。					

（出典：文献 5-1-2）



図 5-7 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〉

2023 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¹⁹」、「日焼け果」であった（表 5-5、図 5-8）。（文献 5-1-2）

¹⁸ 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。

¹⁹ 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。

表 5-5 ブドウへの主な影響（2023 年）

主な現象	全国	発生率			発生の主な原因
		北日本	東日本	西日本	
着色不良・着色遅延	2割程度	2割程度	2割程度	4割程度	果実肥大期～収穫期の高温（6～9月）
日焼け果	1割程度	1割程度	1割程度	1割程度	果実肥大期～収穫期の高温、高温・少雨（6～9月）
※上記の他、裂果、凍霜害、糖度不足、発芽不良等の報告があった。					

（出典：文献 5-1-2）



図 5-8 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〉

2023 年に各都道府県から報告のあったナシへの主な影響は「凍霜害」、「着果不良」、等²⁰であった（表 5-6）。（文献 5-1-2）

冬季の気温上昇により、自発休眠が打破されて発芽可能となる日が徐々に遅延しており、加温栽培で発芽不良が発生する原因となっていることが示唆されている。（文献 5-1-1）

表 5-6 ナシへの主な影響（2023 年）

主な現象		全国	発生地域			発生の主な原因
			北日本	東日本	西日本	
なし	凍霜害	1割程度	2割程度	1割程度	1割程度	開花期までの高温（10～4月）及びその後の低温（3～5月）
	果肉障害	1割程度	1割程度	1割程度	1割程度	果実肥大期～収穫期の高温、高温・少雨、高温・多雨、多雨（7～10月） 果実肥大期の低温（7月）
	虫害の発生	1割程度	—	1割程度	—	【カイガラムシ類】 生育期～収穫期の高温（4～9月） 【ハダニ類、シンクイムシ類等】 新梢伸長期～収穫期の高温・少雨（6～10月）
	着果不良	1割程度	—	1割程度	2割程度	開花期までの高温（12～4月）、肥大期～収穫期の高温（6～7月） 萌芽期～開花期の低温（3～4月）
	発芽・開花期の前進	1割程度	1割程度	1割程度	2割程度	開花期までの高温（12～4月）及びその後の低温（4～5月）
	果実の肥大不足	1割程度	—	—	2割程度	開花期～生育初期の高温（12～4月）
	日焼け果	1割程度	—	1割程度	1割程度	果実肥大期～収穫期の高温、高温・少雨（6～9月）
	病害の発生	1割程度	1割程度	1割程度	—	【黒星病】 果実肥大期～収穫期の多雨（7～9月）
※上記の他、発芽不良等の報告があった。						

（出典：文献 5-1-2）

〈モモ〉

2023 年に各都道府県から報告のあったモモへの主な影響は「凍霜害」、「核割れ果」の発生等であった（表 5-7）。（文献 5-1-2）

モモについて、みつ症・赤肉果などの生理障害・樹体の凍害があり、一部の地域・品種において、満開日・収穫盛期が前進している。（文献 5-1-1）

表 5-7 モモへの主な影響（2023 年）

主な現象		全国	発生地域			発生の主な原因
			北日本	東日本	西日本	
もも	凍霜害	1割程度	1割程度	1割程度	—	休眠期の高温（10～3月）及び開花期～幼果期の低温（3～4月）
	核割れ果	1割程度	—	—	1割程度	硬核期の高温・少雨（5月）
	着色不良・着色遅延	1割程度	1割程度	—	—	果実着色期～収穫期の高温・少雨（8～9月）
	虫害の発生	1割程度	—	—	1割程度	【カイガラムシ類】生育期の高温（5月） 【カメムシ類】幼果期の高温（5～6月）
	※上記の他、果肉障害、着果不良、開花期のばらつき、生理落下の増加、果実品質の低下等の報告があった。					

（出典：文献 5-1-2）

²⁰ 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。

【栃木県または関東】

栃木県で栽培されている主要な果樹における、現在生じている主な気候変動影響は以下のとおりである。

- ・ナシ：凍害（発芽不良）の発生、晩霜害の発生、日焼け等の発生、病害虫の増加
- ・ブドウ：凍害（発芽不良）の発生、日焼け等の発生、着色不良の発生、病害虫の増加
- ・リンゴ：晩霜害の発生、日焼け等の発生、着色不良の発生、病害虫の増加

（文献 5-1-4）

一方、低温障害に関しては、芳賀町など県内 11 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 4 億 2,300 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。

新たな知見として、現在は北海道では他県よりも栽培面積の割合が小さい晩生品種「ふじ」について、RCP2.6・8.5 シナリオの 2050 年頃には北海道西部の沿岸部が、RCP8.5 シナリオの 2050 年頃には北海道内陸部において、それぞれ栽培適地になると予測されている。

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。新たな知見として、北海道を対象とした、日平均気温及び日降水量を考慮した栽培適地の予測に関する研究（2℃上昇時及び 4℃上昇時を想定）では、北海道の太平洋側などの降水量が増加する一部の地域を除き、栽培適地が全体的に拡大することが予測されている。

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。新たな知見として、不開花の発生についての神奈川県の研究では、RCP2.6 シナリオの 21 世紀末には「幸水」・「豊水」とともに不開花の発生の可能性は低く、RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃には「幸水」で不開花が発生し始め、21 世紀末には「幸水」・「豊水」とともに不開花が発生すると予測されている。（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²¹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 5-9)。また、ブドウについては、南部の一部で着色不良が多発すると予測されている(図 5-10)。(文献 5-1-8)

ウンシュウミカン(日本の果樹生産面積で 1 位を占める)については、気候シナリオ(RCP2.6・8.5 シナリオ)を用いた今世紀末までの適地移動の予測では、栽培適地は北上あるいは内陸に広がり、栃木県においても適地となることが予測されている。(文献 5-1-9)

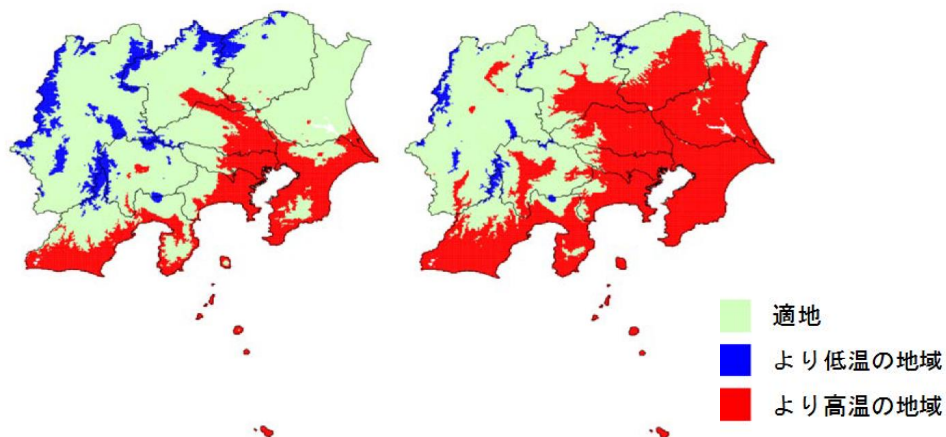


図 5-9 リンゴの栽培適地
(左図：1981-2000 年 右図：2046-2055 年 RCP8.5)

(出典：文献 5-1-8)

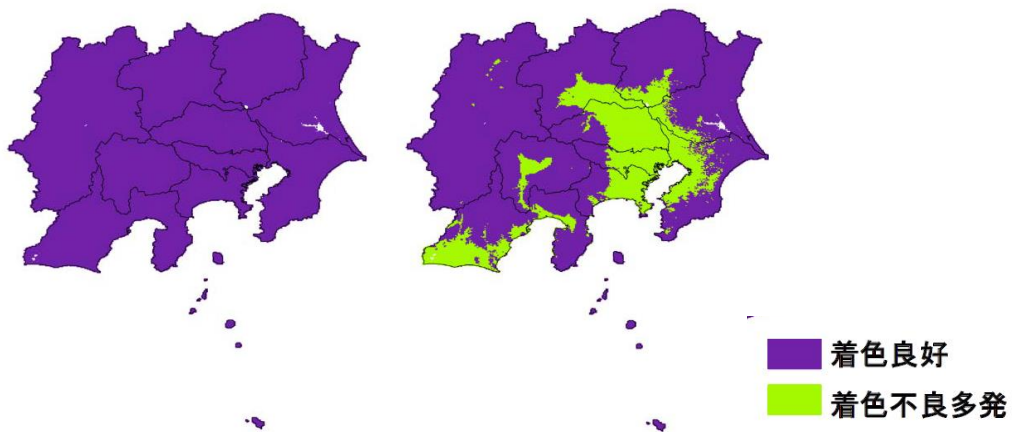


図 5-10 ブドウの着色不良多発地域
(左図：1981-2000 年 右図：2046-2055 年 RCP8.5)

(出典：文献 5-1-8)

²¹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。

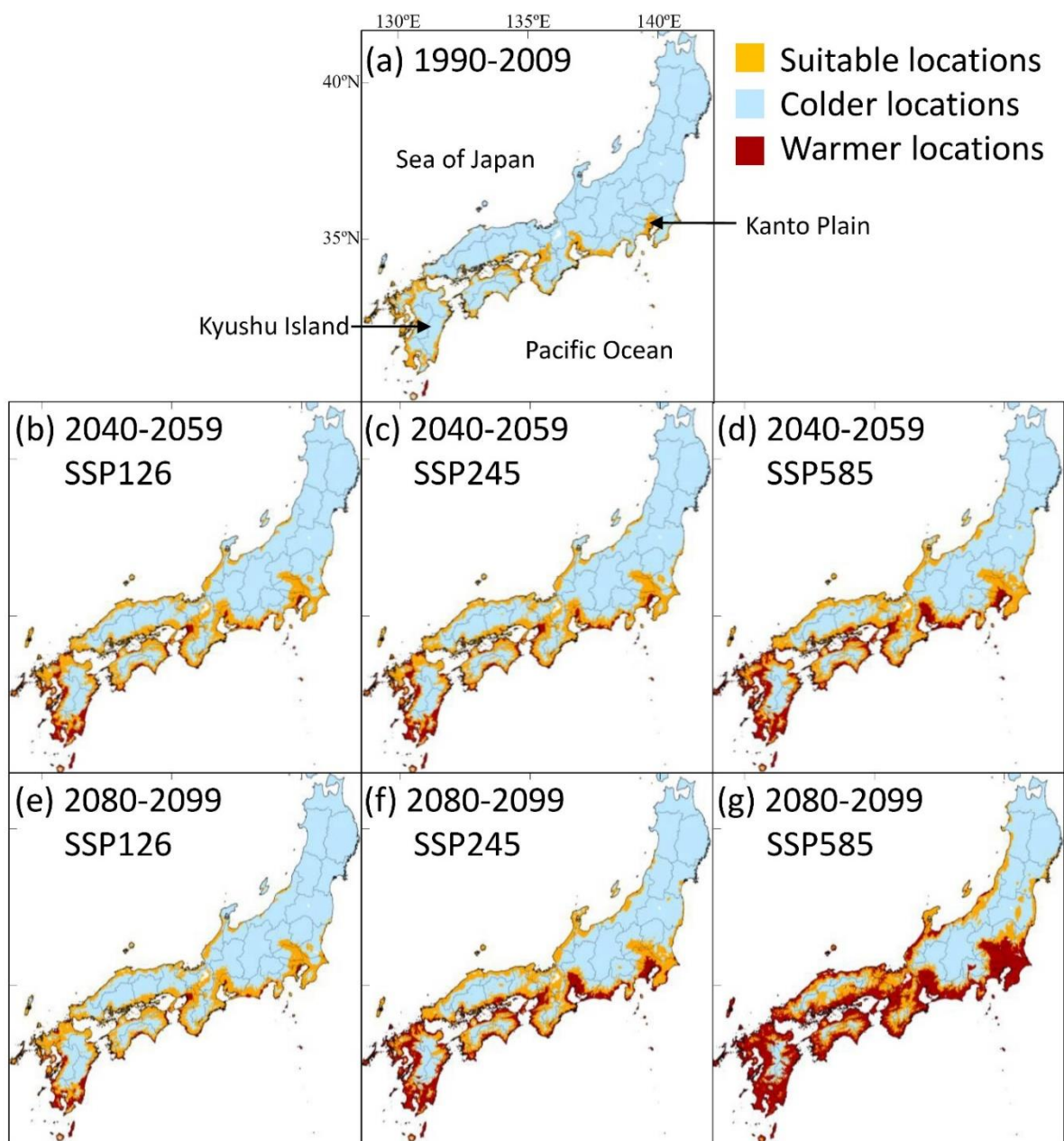


図 5-11 ウンシュウミカンの栽培適地予測

(出典：文献 5-1-9)

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。

収量については、地域や季節ごとの気温・降水量によって、増収・減収の両方の事例が報告されている。

新たな知見として、秋から冬にかけての気温の上昇により、発育段階が前倒しされ、低温期に茎立ち期を迎えることが多くなるため、凍霜害の事例が報告されている。

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。

新たな知見として、高温や乾燥による青立ち（収穫期に莢が熟しても茎葉が青く残り、収穫作業の効率低下や汚損粒による収量や品質の低下を引き起こす現象）の被害が報告されている。

その他、高温環境下では大豆の根粒（土壌細菌である根粒菌が感染することにより根に形成される共生器官）数が減少し、それにより生育に必要な固定窒素を十分に獲得できず、その後の生育や収量の低下につながる、という影響も報告されている。

飼料用トウモロコシについて、収量の増加・作期の拡大、病害（紋枯病、根腐病）の増加が報告されている。

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。新たな知見として、京都府の研究所の過去 35 年間の長期データの解析から、2000 年以降、特に 3 月の温暖化傾向と 4 月の低温化傾向が相まって、凍霜害の頻度が増加していることが報告されている。（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 5-1-11)

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、2023 年に各都道府県から報告のあった麦類への主な影響は「作期の前進」、「病害の発生」等であった(表 5-8)。(文献 5-1-2)

表 5-8 麦類への主な影響 (2023 年)

主な現象		全国	発生率			発生の主な原因
			北日本	東日本	西日本	
麦類	作期の前進	1割程度	—	1割程度	3割程度	暖冬(11～5月)
	病害の発生	1割程度	—	1割程度	1割程度	【赤かび病】 開花期～登熟期の多雨、高温(4～6月)
	※上記の他、枯れ熟れ、凍霜害等の報告があった。					

(出典：文献 5-1-2)

○豆類

農林水産省によると、2023 年に各都道府県から報告のあった豆類への主な影響は「青立ち株の発生」、「粒の充実不足」、「虫害の発生」、「着莢数の低下²²」等であった(表 5-9)。(文献 5-1-2)

表 5-9 豆類への主な影響 (2023 年)

主な現象		全国	発生率			発生の主な原因
			北日本	東日本	西日本	
青立ち株の発生		3割程度	5割程度	1割程度	1割程度	開花期～登熟期の高温、高温・少雨(7～11月)
粒の充実不足		1割程度	1割程度	—	3割程度	子実肥大期～登熟期の高温・少雨(9～11月)
虫害の発生		1割程度	—	—	2割程度	【カメムシ類、ハスモンヨトウ、タバコガ類、フタスジヒメハムシ等】 開花期～子実肥大期の高温、高温・少雨(7～10月) 冬季の高温による生育域の北上
着莢数の低下		1割程度	—	1割程度	2割程度	開花期～成熟期の高温・少雨(7～11月)
生育不良		1割程度	—	1割程度	1割程度	出芽期～子実肥大期の高温・少雨(6～9月) 開花期～莢肥大期の高温・多雨(7～9月) 播種期～初期生育期の集中豪雨(7月)
登熟不良		1割程度	—	1割程度	1割程度	開花期～子実肥大期の高温、高温・少雨(7～9月)
病害の発生		1割程度	—	—	1割程度	生育期～開花期の多雨(7～8月)
※上記の他、枯れ熟れ、しわ粒・裂皮粒の発生、作期の後退、出芽不良等の報告があった。						

(出典：文献 5-1-2)

²² 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。新たな知見として、秋播性の高い品種で茎立期追肥が遅れると収量が低下すること等を明らかにし、モデルでの乾物の葉への分配比率の式を改良することで、精度を向上させた収量予測が行われている。

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。新たな知見として、温暖化により増加が懸念される青立ちについて、全国 4 地点（秋田県大仙市、茨城県つくばみらい市、香川県善通寺市、熊本県合志市）における 2008～2023 年の育種試験データを基に、生育時期別の気温と土壌水分から青立ちスコア（0～5、数字が大きいほど青立ちが顕著）を予測する機械学習モデルが開発されており、開花後 51～60 日目の平均気温が 1℃上昇するごとに、青立ちスコアが 0.12～0.21 ポイント増加することが予測されている。

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²³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 5-12）。（文献 5-1-8）

新たな知見として、寒地型牧草であるオーチャードグラスについて、岩手県内の収量分布の将来予測を行った研究では、気温が 3℃上昇すると高収量地帯が北上するものと予測されている。（文献 5-1-1）

【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、

²³ 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。

排出シナリオ RCP4.5 により予測した研究事例²⁴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²⁵ (図 5-13)。(文献 5-1-8)

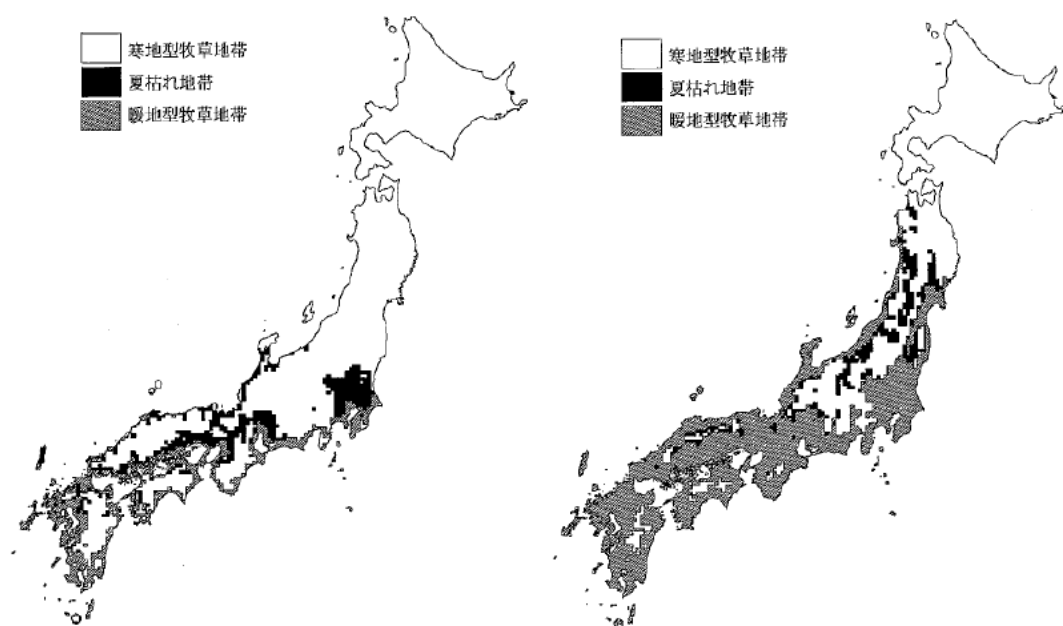


図 5-12 牧草生産区分 (左図：現在、右図：100 年後)

(出典：文献 5-1-8)

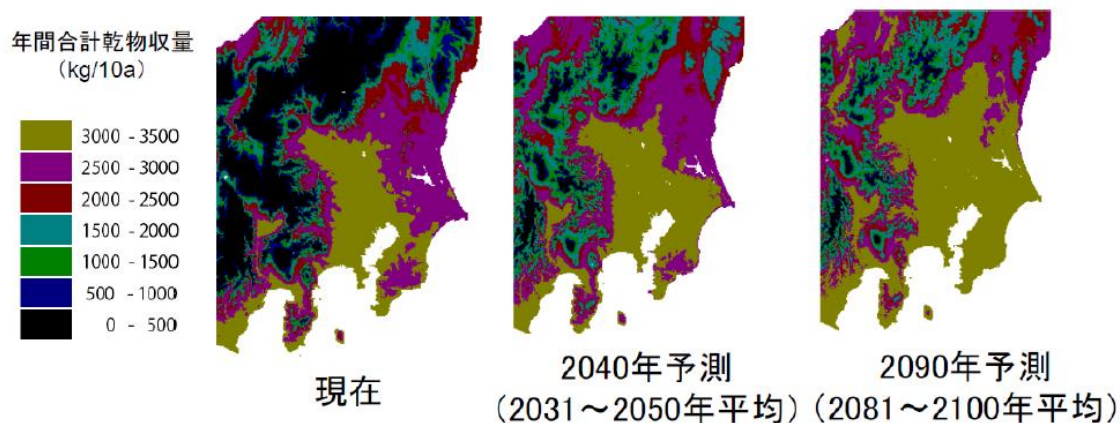


図 5-13 トウモロコシ二期作の年間合計乾物収量の変化予測 (関東地域)

(出典：文献 5-1-8)

²⁴ 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

²⁵ 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

⑤ 畜産

➤ 現在

- ・ 全国では、夏季の高温による生産性・成長量・繁殖率の低下が発生している。
- ・ 家畜のへい死を報告している都道府県数は、これらの主要な家畜種の平均で、2012～2016年の期間から2017～2021年の期間にかけて50%近く増加している。
- ・ 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】

泌乳牛については、特に影響を受けやすく、現状で多くの地域において既に適温を越えている。

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。へい死を報告している都道府県数は、これらの主要な家畜種の平均で、2012～2016年の期間から2017～2021年の期間にかけて50%近く増加しており、近年の影響の広がりや深刻化を表している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、気温上昇による活動、繁殖成績、子牛の成長の低下、乳量・繁殖率の低下に伴う生産性の低下
- ・ 肉用牛：肥育後期における暑熱期に濃厚飼料摂取の増加による飼料消化率低下が生じることによる飼料効率の低下、成長量・繁殖率の低下に伴う生産性の低下
 - ・ 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、成長量・繁殖率の低下に伴う生産性の低下、気温上昇による平均日増体量の減少
- ・ 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
- ・ 肉用鶏：成長量の低下、成長量の低下に伴う生産性の低下

農林水産省によると、2023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」、「繁殖成績の低下」等であった（表 5-10）。（文献 5-1-2）

表 5-10 乳用牛への主な影響（2023 年）

主な現象	全国	発生地の別			発生の主な原因
		北日本	東日本	西日本	
乳量・乳成分の低下	1割程度	1割程度	3割程度	2割程度	泌乳期等の高温(5～10月)(採食量の減少)
繁殖成績の低下	1割程度	1割程度	2割程度	1割程度	泌乳期等の高温(5～10月)(受胎率の低下等)
※上記の他、斃死等の報告があった。					

(出典：文献 5-1-2)

また、2023 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として「繁殖成績の低下」、「増体・肉質の低下」、「斃死」等が報告がされている（表 5-11）。（文献 5-1-2）

表 5-11 肉用牛・豚・産卵鶏・肉用鶏への主な影響（2023 年）

主な現象		全国	発生地の別			発生の主な原因
			北日本	東日本	西日本	
肉用牛	繁殖成績の低下	1割程度	1割程度	1割程度	1割程度	高温(6～10月) (受胎率の低下、採卵成績の低下等)
	増体・肉質の低下	1割程度	1割程度	2割程度	1割程度	高温(6～10月) (採食量の低下等)
	斃死	1割程度	1割程度	1割程度	1割程度	高温(7～9月)
豚	繁殖成績の低下	1割程度	1割程度	2割程度	1割程度	高温(6～10月) (受胎率の低下等)
	増体・肉質の低下	1割程度	—	2割程度	1割程度	高温(6～9月) (採食量の低下等)
	斃死	1割程度	1割程度	1割程度	1割程度	高温(7～9月)
採卵鶏	採卵率・卵重の低下	1割程度	1割程度	2割程度	1割程度	高温(6～10月)
	※上記の他、斃死の報告があった。					
肉用鶏	増体・肉質の低下	1割程度	—	1割程度	1割程度	高温(6～9月)
	※上記の他、斃死の報告があった。					

(出典：文献 5-1-2)

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。（文献 5-1-1）

【栃木県または関東】

栃木県の県北では、夏期の高温が著しかった 2023 年及び 2024 年に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 5-14）。（文献 5-1-10）

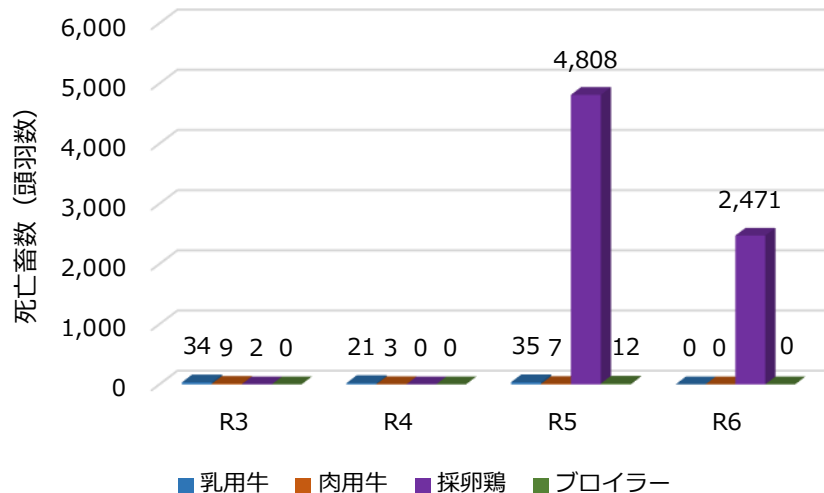


図 5-14 暑熱による家畜関係被害状況（7/1～9/30 の死亡畜数）

（出典：文献 5-1-10）

＜2. 将来予測される事象＞

【全国】

2030 年代以降に本州全域で乳量の大幅な低下が進行し、気温上昇とともに拡大が続くと予測されている。

豚、採卵鶏の一部の鶏種については、2030 年代に関東以南や九州沿岸で最大 10%程度の生産性低下が予測されている。

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 5-1-12）

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 5-1-13）

豚については、肥育後期における適温環境（20℃、60%）に対する日増体量比予測モデルおよび SSP2-4.5 シナリオを用いた今世紀末までの予測が行われている。2030 年代までに生産性への影響が拡大し、以降の年代でも拡大が続けることが予測されている。これは、日増体量予測モデルにおいて 20～21℃程度の環境温度ではほとんど影響を受けないが、22～23℃程度より体重減少が顕在化し始め（1～2kg）、24℃では体重減少がさらに大きくなる（6kg）ことが示されてお

り、このことを反映して、平均気温が23℃程度となる2030年代以降で温暖化の影響が顕在化し、拡大すると考えられている。生産性が10%以上低下する地域は、関東以南、四国および九州の沿岸・平野部と予測されている。また、関東・中部の内陸や東北（一部沿岸・内陸部を除き）・北海道では暑熱の影響は小さいことが予測されている。

採卵鶏については、適温環境（22℃）に対する日産卵量減少予測モデルおよび SSP2-4.5 シナリオを用いた今世紀末までの予測が行われている。採卵鶏で生産性の低下が予測される地域は、他の家畜種に比べて大幅に少ないと予測されている。また、鶏種により暑熱の影響が異なることも示されており、2030年代において、鶏種 A では関東以南、四国および九州沿岸で10%以下程度の生産性低下が予測されている一方、鶏種 B ではやはり関東以南、四国および九州沿岸での10%程度の生産性低下が予測されている。（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 5-15、図 5-16）。（文献 5-1-8）

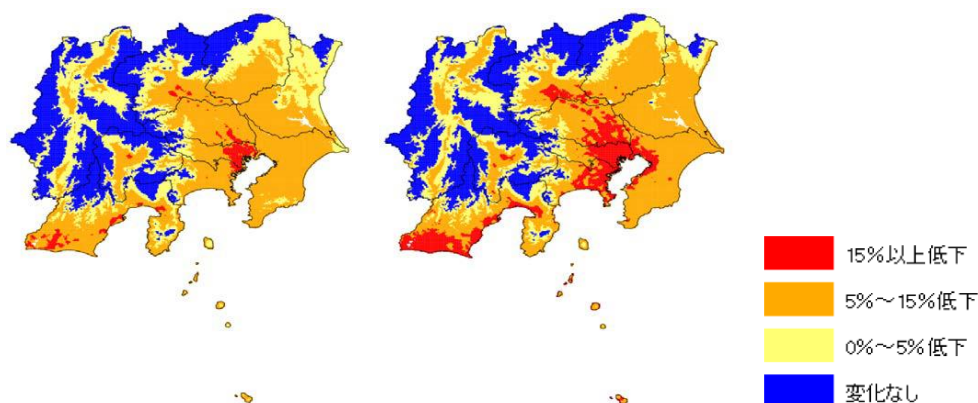


図 5-15 肉用豚の日増体量（関東地域）
（左図：7月、右図：8月；2046-2055年 RCP8.5）

（出典：文献 5-1-8）

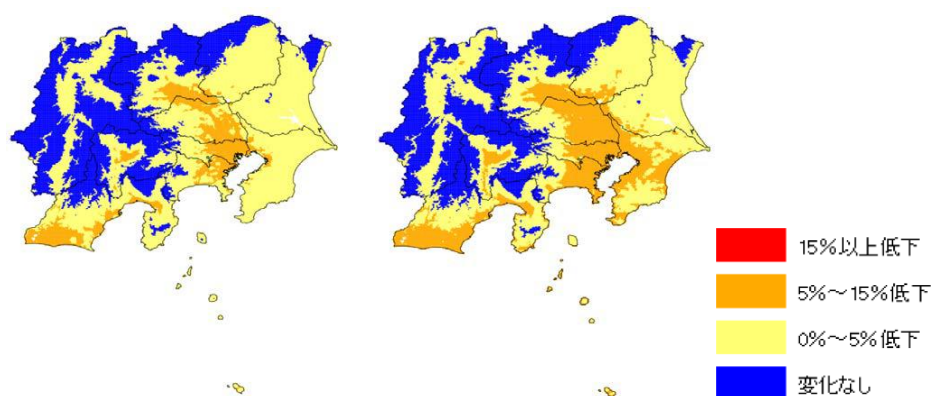


図 5-16 肉用鶏の日増体量（関東地域）
（左図：7月、右図：8月；2046-2055年 RCP8.5）

（出典：文献 5-1-8）

⑥ 病害虫・雑草等

➤ 現在

- ・ 害虫では、分布域の拡大や発生時期の早期化の懸念が報告されている。
- ・ 病害では、気温上昇や降水量の増加等による発病株率の増加、収量への影響が報告されている。
- ・ 県内においても、病害虫の被害が確認されている。

➤ 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 5-17）。

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。

新たな知見として、水稲害虫のその他の害虫の分布域の拡大が報告されている。例えばクモヘリカメムシの分布域について、日本の南西部から東部にかけてだったものが、その北限が東北地方の岩手県まで拡大しており、その種の分布域が冬のピーク時の気温と密接に関連している可能性が示唆されている。斑点米カメムシ類の発生状況を取りまとめた研究によると、アカスジカスミカメが日本海側地域で分布と被害を拡大していることに加え、近年では東北太平洋側地域で温暖化によると思われるクモヘリカメムシの分布拡大も報告されている。

水稲害虫の発生量の新たな知見として、福井県および香川県内の8地点で、ニカメイガ、フタオビコヤガ、キリウジガガンボ、イナズマヨコバイ、ツマグロヨコバイ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ、トビイロウンカの8種を対象に、捕獲数の傾向と変動要因を統計解析した研究では、これらの害虫は、主に圃場整備や農薬による害虫管理の影響等で減少傾向にある一方、気温や降水量の影響は比較的小さいものと推定されている。

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ており、発生地域の拡大と温暖化との関係が指摘されている。

新たな知見として、ゴボウの茎葉部に寄生する害虫であるゴボウヒゲナガアブラムシの発育と増殖について調べた研究では、本種は27℃で生育遅延が起こり、32℃では成虫に羽化する幼虫はおらず、他のアブラムシのように、低温には強いが高温には弱く、本種は低温で高い増殖能力を持っていることが示されている。夏季の高温が密度抑制に寄与する可能性が報告されているが、同時に発生時期の早期化に注意が必要であることも指摘されている。（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。新たな知見として、気温が上昇した条件下におけるイネ紋枯病の発生増加および収量への影響等が報告されている。

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 つの大豆圃場で、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 5-1-14)

また、2024 年にはイネカメムシが多発し、県の南部においては水稻に大きな被害が発生した。(文献 5-1-15)

2025 年 7 月の県内 44 か所で実施した雑草地等における斑点米カメムシ類すくい取り調査の結果、斑点米カメムシ類の捕獲頭数は平年値の約 2 倍以上と多かった。(文献 5-1-16)

スクミリンゴガイについては、県南部の足利市、小山市、野木町で発生を確認していたが、令和 7（2025）年 6 月に、新たに栃木市（西方町）でも発生が確認されている。(文献 5-1-17)

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)

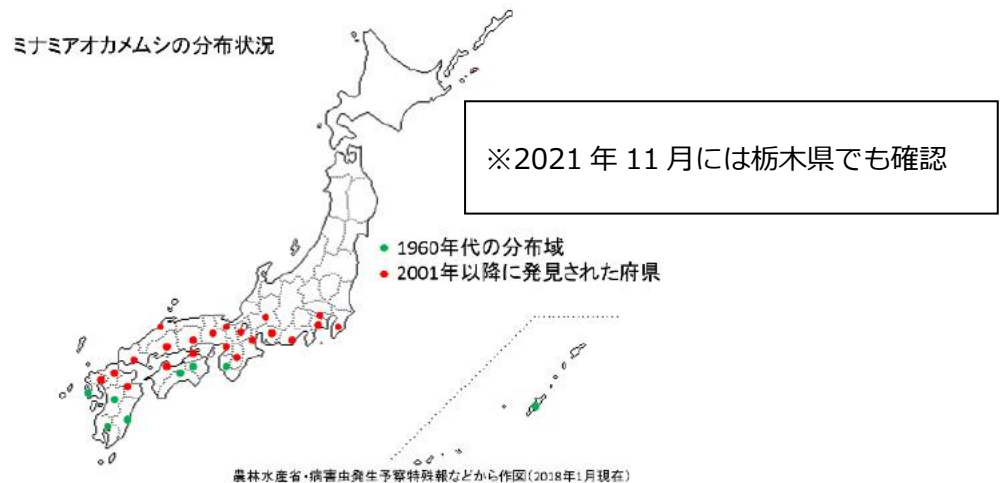


図 5-17 ミナミアオカメムシの分布状況
(出典：5-1-18)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

日本全国で複数の害虫・雑草が分布域を変化させており、従来は生じていなかった病虫害・雑草被害が発生することが予想されている。

○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。新たな知見として、ヒメトビウンカについて、越冬幼虫の生存や発育のパラメータを使い、農業気象データから九州での発生地域と発生時期を予測する方法を開発し、RCP2.6 と RCP8.5 のシナリオ下で将来の発生予測を行った研究では、変化の程度はモデルやシナリオによって異なるものの、いずれのシナリオにおいても 21 世紀半ばで第一世代の出現時期の早期化と分布範囲の拡大が予測されている

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 5-18、図 5-19、図 5-20）。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）

スクミリンゴガイについては、関東平野は本種の日本における北限の分布域であり、現状では平野部全体には侵入していないが、温暖化によって関東平野の新たな地域に分布を拡大すれば、その地域の稲作に被害を与える可能性が示唆されている。（文献 5-1-1）

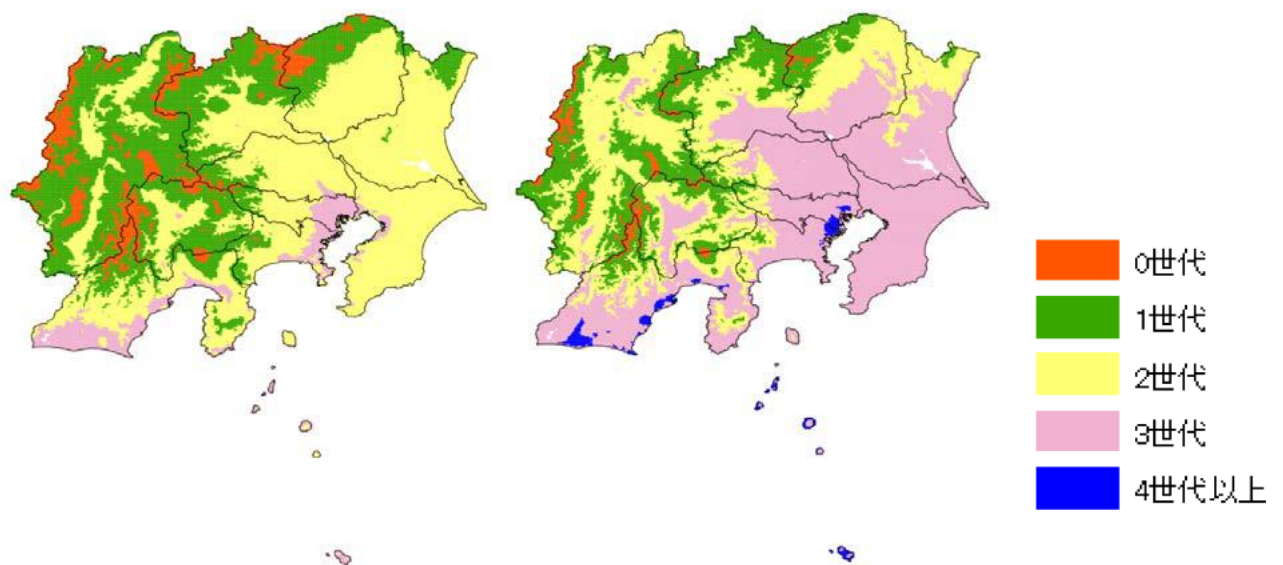


図 5-18 ニカメイガの世代数（関東地域）
（左図：1981-2000 年、右図：2046-2055 年 RCP8.5）

（出典：文献 5-1-8）

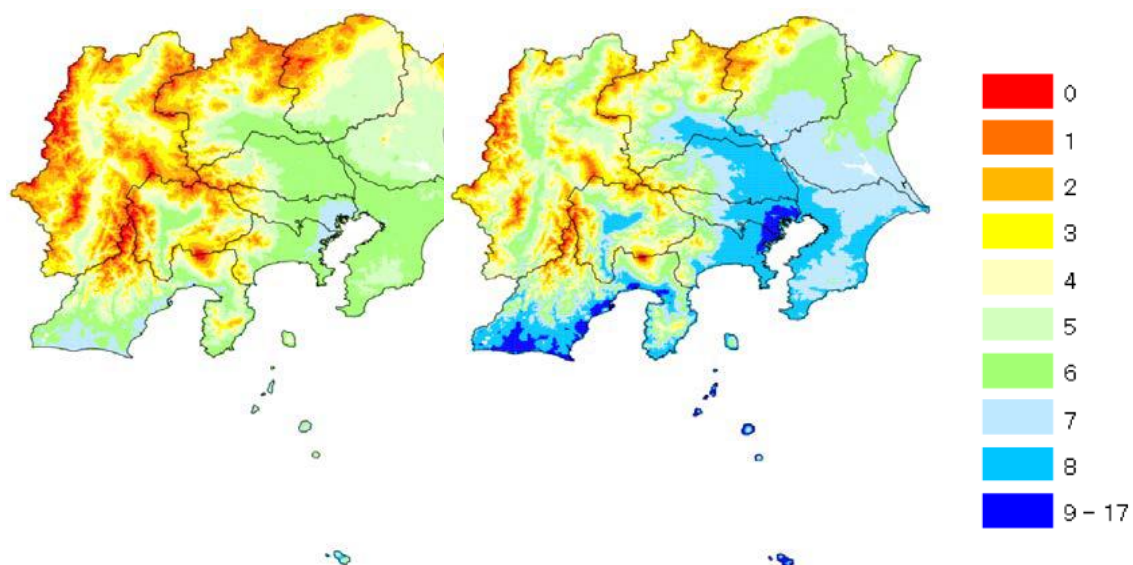


図 5-19 ヒメトビウンカの世代数（関東地域）
 (左図：1981-2000 年、右図：2046-2055 年 RCP8.5)

(出典：文献 5-1-8)

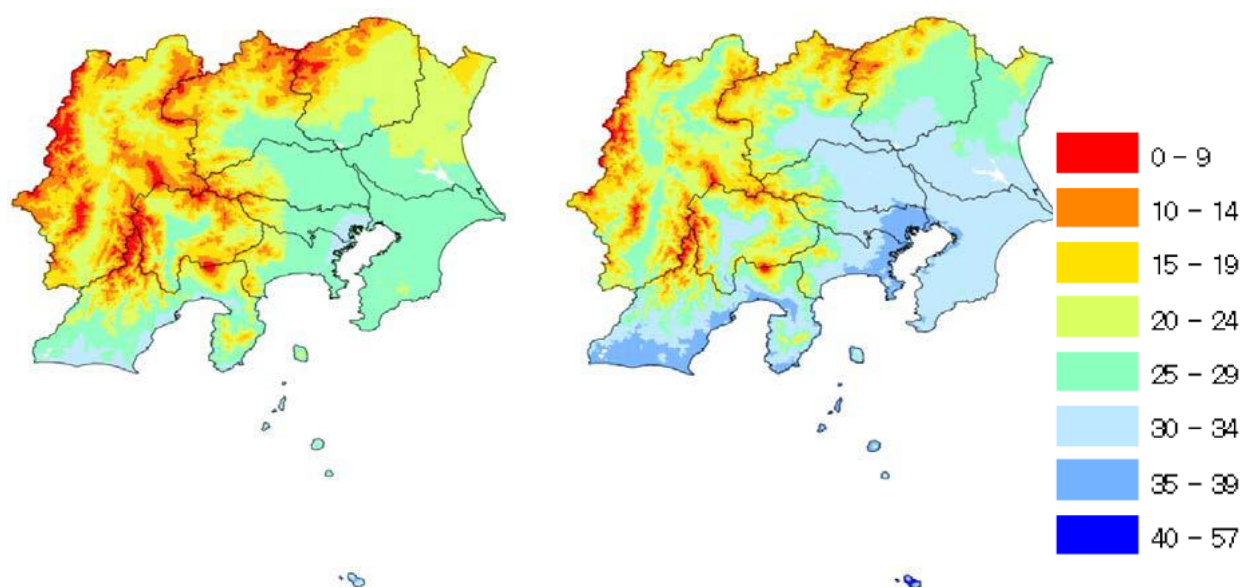


図 5-20 モモアカアブラムシの世代数（関東地域）
 (左図：1981-2000 年、右図：2046-2055 年 RCP8.5)

(出典：文献 5-1-8)

⑦ 農業生産基盤

➤ 現在

- ・ 大雨の頻度・降水量が増加しており、農業生産基盤への被害が発生している。
- ・ 令和 5 年 6 月 29 日からの大雨では、日本全国の農地・農業用施設に約 690 億円の被害が生じている。
- ・ 日本全国の農業用ため池において、直近 10 年間（平成 26 年～令和 5 年）で 6000 件（被災金額 800 億円超）の被害が報告されており、そのうち大雨が原因のものは 94%に及んでいる。
- ・ 雨の降らない日数も増加しており、少雨によるため池の貯水量の不足・受益地での用水不足、気候変動による灌漑等の水需要の増加・時期の変化による間接的な影響も生じている。

➤ 将来

- ・ 稲作灌漑を中心にした農業水利用については、将来気候の下で水稻の収量が最多となる移植日を選択すると渇水量が減少し、外観品質が向上する移植日を選択すると渇水量が増加することが予測されている。
- ・ ため池の越流・渇水のリスクについては、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末には、日本全体では越流のリスクが減少し、渇水のリスクが増加すると予測されているが、北海道太平洋沿岸部・東北地方・太平洋沿岸の一部では越流・渇水のリスクがともに増加することが予測されている。また、RCP2.6 シナリオの 21 世紀末には、東海地方・紀伊半島・四国地方瀬戸内海沿岸部・九州地方東部沿岸域では越流・渇水のリスクがともに増加することが予測されている。
- ・ 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】

日本全国の降水量の 2024 年までの観測データを用いた新たな解析では、年間の総降水量については過去約 130 年間では変化傾向が確認されていない一方、極端な大雨については発生頻度が増加し、強い雨ほど増加率が高いことが確認されている。大雨の発生頻度は、1976～1985 年と比較して、2015～2024 年はおおむね 2 倍程度に増加している。

大雨や台風による農地・農業用施設への被害が報告されている。例えば、令和 5 年 6 月 29 日からの大雨では、日本全国で農地・農業用施設における土砂流入や破損等により、約 690 億円の被害が生じている。

農業用施設のうち、日本全国に約 15 万か所ある農業用ため池については、直近 10 年間（平成 26 年～令和 5 年）で 6,000 件（被災金額 800 億円超）の被害が報告されており、そのうち大雨が原因のものは 94%に及んでいることが報告されている。

一方で、雨の降らない日数についても増加しており、その増加率は 100 年当たり 9.2 日である

ことが確認されている

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。

新たな知見として、大雨や台風による農地・農業用施設への被害が報告されている。例えば、令和 5 年 6 月 29 日からの大雨では、日本全国で農地・農業用施設における土砂流入や破損等により、約 690 億円の被害が生じている。日本全国に約 15 万か所ある農業用ため池については、直近 10 年間（平成 26 年～令和 5 年）で 6,000 件（被災金額 800 億円超）の被害が報告されており、そのうち大雨が原因のものは 94%に及んでいる。また、影響の範囲も広がっており、例えば秋田県では、令和 4 年 8 月に西日本特有と考えられていた線状降水帯の発生、令和 5 年 7 月の梅雨時期の記録的長雨、令和 6 年 7 月末の大雨発生で 119 億円（4,770 か所）と過去最大の農地被害を記録している。

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。

新たな知見として、鳥取県における研究では、1979～2019 年の 41 年間で灌漑必要水量は有意な増加傾向（増加率 15%）であり、その要因のほとんどを平均気温の上昇および最大連続干天日数の増加が占めていることが示唆されている。(文献 5-1-1)

【栃木県】

令和 5（2023）年 6 月 29 日からの大雨では、栃木県を含む 25 道府県で農地の被害が 301.7 億円、栃木県を含む 23 府県で農業用施設等の被害が 389.4 億円であったことが報告されている。(文献 5-1-19)

令和 7（2025）年 9 月 3 日の突風及び降雹等では農作物 970 万円、農業施設 1.25 億円の被害があった。(文献 5-1-20)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

日本全国における日降水量 100 mm 以上の年間日数は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して、RCP2.6 シナリオで約 1.2 倍、RCP8.5 シナリオで約 1.4 倍に増加すると予測されている。

逆に、雨の降らない日数（日本全国における日降水量が 1.0 mm 未満の日の年間日数）は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して RCP2.6 シナリオでは明確な変化傾向がないものの、RCP8.5 シナリオでは約 9 日増加すると予測されており、さらに増加することが予測されている

大雨による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による農地被害のリスクの増加、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、気候変動により台風の勢力が増大した場合の河口低平農地における高潮災害の危険性の増加が予測されている。

少雨による農業生産基盤への影響については、新たな知見として、稲作灌漑を中心にした農業水利用との関係が多角的に評価されており、将来気候の下で水稻の収量が最多となる移植日を選択すると渇水量が減少し、外観品質が向上する移植日を選択すると渇水量が増加することが予測されている。

ため池については、大雨の頻度・降水量の増加による越流リスクの増加、ため池管理（大雨注意報が発表されると、巡回を行う必要がある等）の労力の増加等が予測されている。新たな知見として、簡易なため池水収支モデルを用いて日本全国のため池の渇水・越流のリスクを評価した研究では、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末には、日本全体では越流のリスクが減少し、渇水のリスクが増加する傾向が予測されている。

新たな知見として、簡易なため池水収支モデルを用いて日本全国のため池の渇水・越流のリスクを評価した研究では、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末には、日本全体では越流のリスクが減少し、渇水のリスクが増加する傾向が予測されている。ただし、北海道太平洋沿岸部・東北地方・太平洋沿岸の一部では越流のリスクと渇水のリスクがともに増加すること、北海道内陸部・房総半島・山形県沿岸部などでは渇水のリスクが減少し、越流のリスクが増加することが予測されている。また、RCP2.6 シナリオの 21 世紀末には、静岡県・長野県・新潟県よりも東の地域で越流のリスクが増加、渇水のリスクが減少し、東海地方・紀伊半島・四国地方瀬戸内海沿岸部・九州地方東部沿岸域では越流のリスクと渇水のリスクがともに増加する傾向が予測されており、両リスクがともに増加する地域のため池は廃止できないため、堤体の補強などで対応せざるを得ないことが示唆されている。（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 5-1-21）

【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 5-21）。



図 5-21 農業水利に対する全国影響評価マップ²⁶
(RCP4.5、1981～2000 年から 2081～2100 年の変化率)

(文献 5-1-21)

²⁶ 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。

新たな知見として、気候変動が人工林に及ぼす影響の予測として、土壌の乾燥に対するスギ成木の反応を調査する実験的研究が行われている。茨城県かすみがうら市にある約 40 年生のスギ林のスギ成木を対象に、水利用の仕方と成長量を調査した結果、土壌を強く乾燥させると、特に夏季において葉への水供給が不足し、気孔が閉じることで光合成速度が低下することが示され、スギの成長が低下する可能性が報告されている。

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るので慎重な検証が必要である。

ナラ枯れについては、令和 5（2023）年度のナラ枯れによる枯死等の被害は北海道で初めて確認されるなど、44 都道府県で発生しており、被害区域が拡大している。被害量（材積）は 13.0 万 m^3 で、前年度から 12%減少したものの、依然として高水準で推移している。北海道で初となるナラ枯れ被害の原因となる病原菌を媒介するカシノナガキクイムシを調べたところ、津軽海峡を挟んだ対岸にあたる津軽半島の被害地のものと遺伝的にほとんど同じであることが分かり、温

暖化に伴い、今後もナラ枯れ被害域は拡大し続ける可能性が示唆された。(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張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 5-1-22)

<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。

新たな知見として、全国 1 km の解像度でスギ林の生産力（純一次生産量）の将来予測を行った研究では、2000 年頃からみた 2100 年頃のスギ人工林の純一次生産量は、全国平均で見ると、RCP2.6 と RCP8.5 のいずれのシナリオにおいても増加すると予測された。地域別に見ると、将来のスギ人工林の純一次生産量は、東日本では現在よりも増加するのに対し、西日本では低下する可能性が示された。

スギの「遺伝的オフセット」については、2050 年以降、九州・四国の内陸部や東北地方を含む広範囲で高まり、2090 年には低地全域においてその影響が顕著になると予測されている。

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（ $RI = \text{降水量} / \text{気温}$ ）²⁷を指標としたスギ林の生

²⁷ 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。

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 5-22）。（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 5-1-23）

栃木県（百川）を含む全国 12 地点の将来気候における生態系モデルを用いたスギの純一次生産量を予測した結果では、いずれの気候モデルでも、寒冷な地域ほど、純一次生産量が増加する傾向にあることが報告されている。（文献 5-1-24）

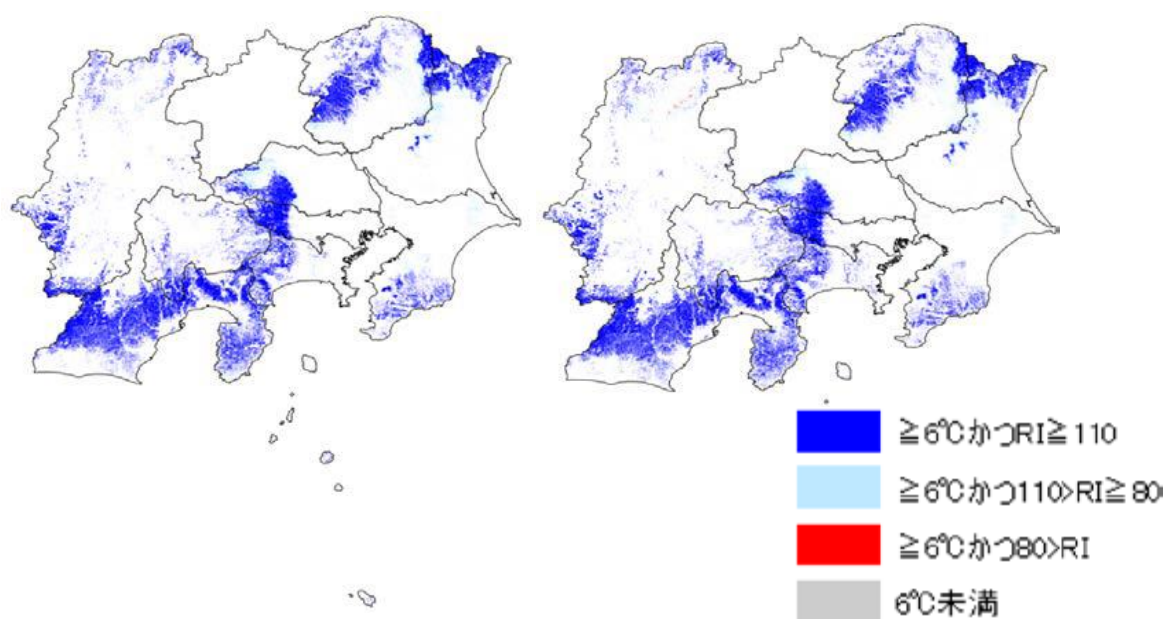


図 5-22 スギ林の生育適域（関東地域：現在スギが生育している地点のみを対象）
（左図：1981-2000 年 右図：2046-2055 年 RCP8.5）

（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。

菌床栽培によるシイタケについては、生育過程の高温が菌糸の伸長や発生に対する影響を調査した実験によると、35℃温度下では菌糸はほとんど伸長せず、20℃に移動すると再度伸長し始めた。しかし、伸長速度は高温条件前に比較すると非常に遅く、また、35℃の日数が長いほど伸長が悪くなる傾向が報告されている。（文献 5-1-1）

【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 5-1-16)

【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 5-23)。(文献 5-1-25)

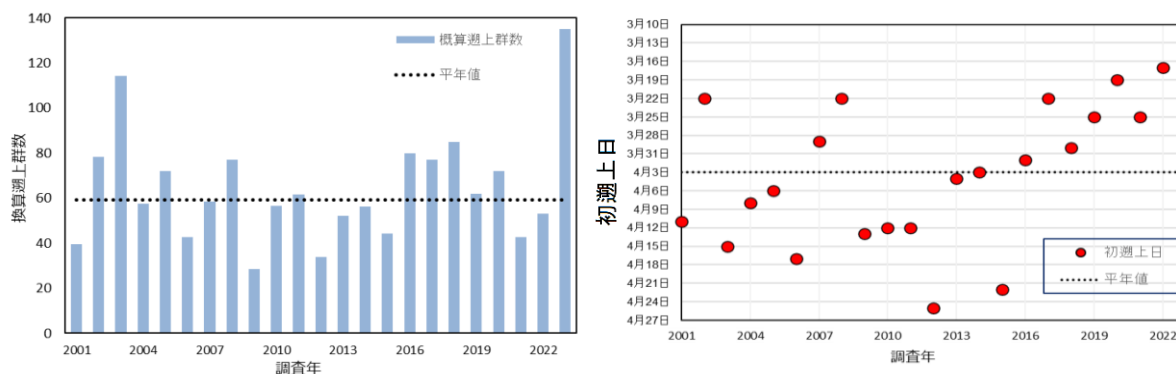


図 5-23 那珂川におけるアユ遡上群数(左)及び遡上日(右)の推移

(出典：文献 5-1-25)

<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 5-1-16)

この他、愛知・岐阜・三重を流下する木曽三川（木曽川・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²⁸。（文献 5-1-26）

山形県五十川の下流では水温上昇によるサクラマス²⁹の越夏適期の短縮が予測されている。

ダムや堰などの障害物によってアユが冷涼な上流や支流に回遊・分布できない場合、高水温を避けられず産卵期が短縮することが予測されている。（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。

²⁸ 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ったが、近年は概ね横ばいで推移しており、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ったが、近年は概ね横ばいで推移しており、気候変動との関係性は示されていない（図5-24）。

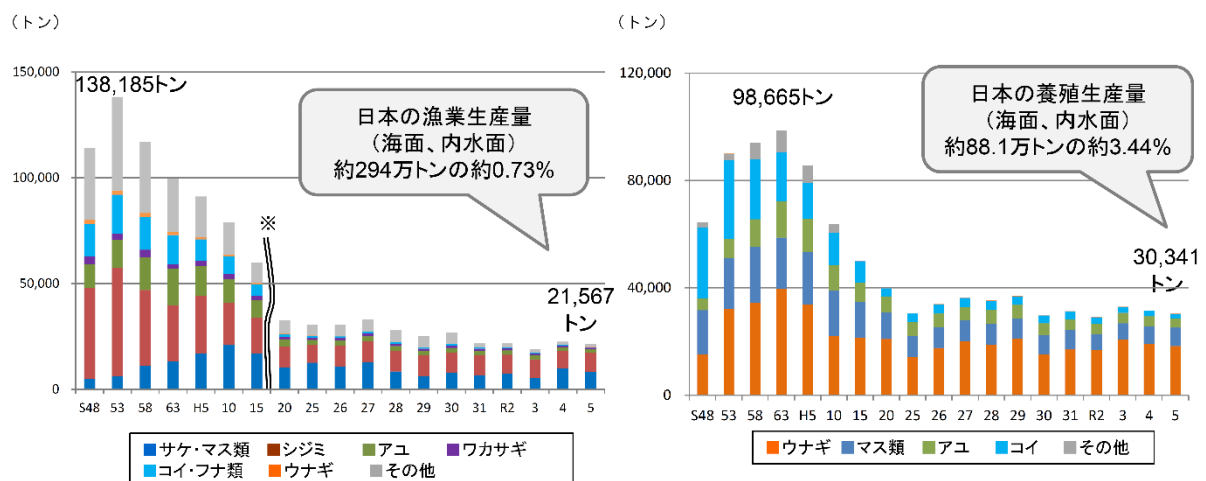


図 5-24 内水面漁業生産量（左）及び内水面養殖生産量（右）の推移

（出典：文献 5-1-27）

【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（浮遊物質）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 20℃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）

湯ノ湖（栃木県）を対象とした研究では、表層では平均気温と水温に正の相関関係が認められる一方、深層では平均気温が高いほど水温との関係性が低い傾向にあること、及び、DO（溶存酸素量）は、平均気温が高いと、水深が深くなるほど低下傾向が認められると指摘されている。（文献 5-2-3）

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（化学的酸素要求量）が増加傾向、DO が減少傾向を示した。（文献 5-2-2）

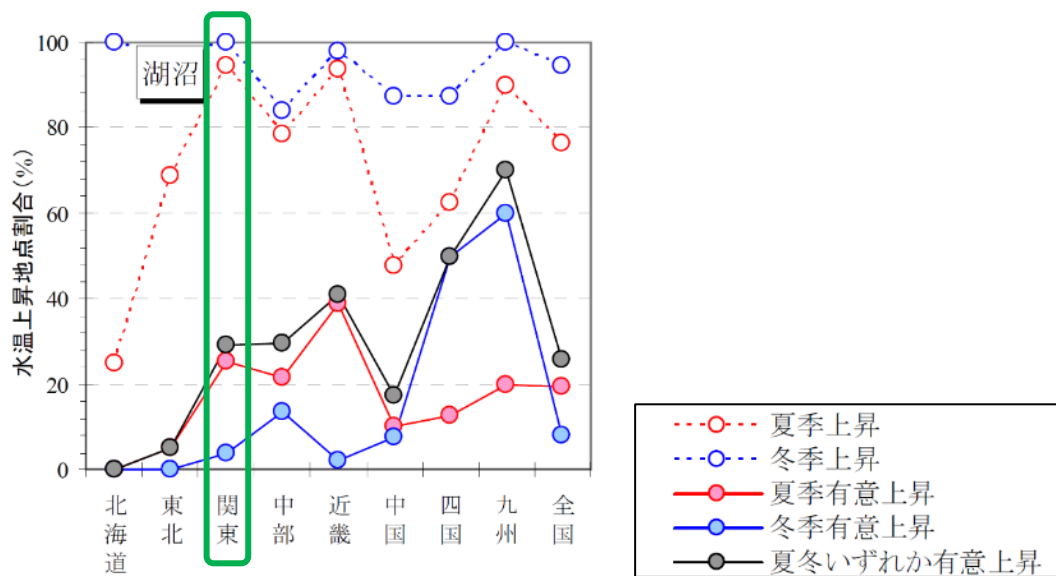


図 5-25 湖沼における水温上昇地点の割合（地域別）

（出典：文献 5-2-2）

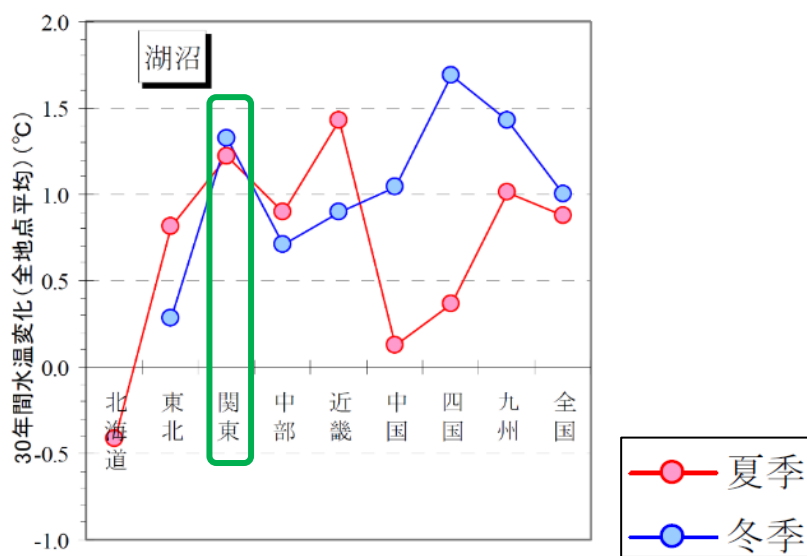


図 5-26 湖沼における過去 30 年間の平均水温変化（地域別）

（出典：文献 5-2-2）

＜2. 将来予測される事象＞

【全国】

気温上昇に伴い、最高水温の発生が増加し、最低水温の発生が減少することが予測されている。一方で、小河内流域（東京都・山梨県）の貯水池を対象とした研究では、気候変動そのものよりも、操業の変化が貯水池の温度と熱構造に強い影響を与えることが示唆されている。

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 a²⁹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）

日本全国 30 のダム貯水池を対象として、RCP8.5 シナリオを用いて気候変動下における貯水池内濁水現象に関する将来予測を行った研究では、水温成層に直接的に影響がある気象要因（気温・日射）のみの変化では、SS の放流負荷量の増加率は 1.04 倍と小さいが、降水変化にともなう流量の変化を加味すると 1.77 倍と増加すると予測されている。また、気温の変化にともなう、貯水池内の水温構造の季節変化に影響を及ぼし、融雪期に放流 SS の増加につながる可能性が示唆されている。

全国 125 のダム貯水池のうち、底層貧酸素化対策を実施していない 29 か所を対象とした研究では、気温上昇によって底層 DO が低下する傾向が見られ、4℃上昇下では底層貧酸素化の長期化が懸念されると指摘している。（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。

浦山ダム（埼玉県）を対象とした RCP4.5 シナリオを用いた研究では、気候予測モデルと流出モデルを用いて、将来のダムへの土砂流入量の増加、DO の低下、SS 濃度の上昇などが予測されている。

霞ヶ浦（茨城県・栃木県・千葉県）では、春の気温上昇により堆積物からのリン酸イオンの放出が加速される可能性が示唆されている。（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）

²⁹ 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））

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³⁰（図 5-27）。

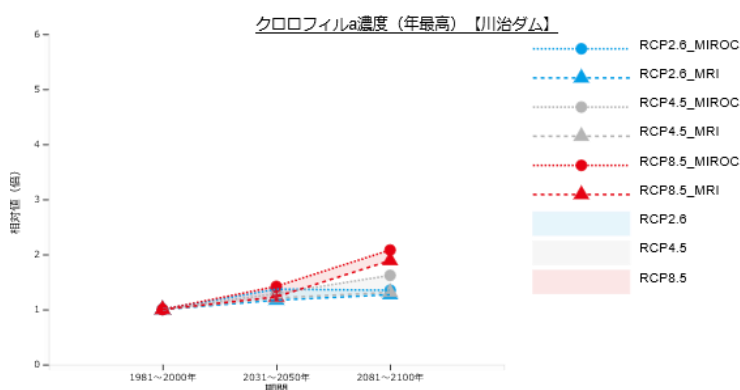


図 5-27 川治ダムにおけるクロロフィル a 濃度の将来予測

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

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 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。

1981～2015 年の季節を通じた水温変化率は、全国平均で 0.03℃/年であり、上昇傾向が確認されている。水温変化率の地方ごとの違いとしては、関東地方で高い場合が多く、北海道、東北地方及び九州地方で低い傾向が見られている。

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）

³⁰ 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。

【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 5-28）、夏季・冬季ともに 1℃以上の水温上昇が認められる（図 5-29）。（文献 5-2-2）

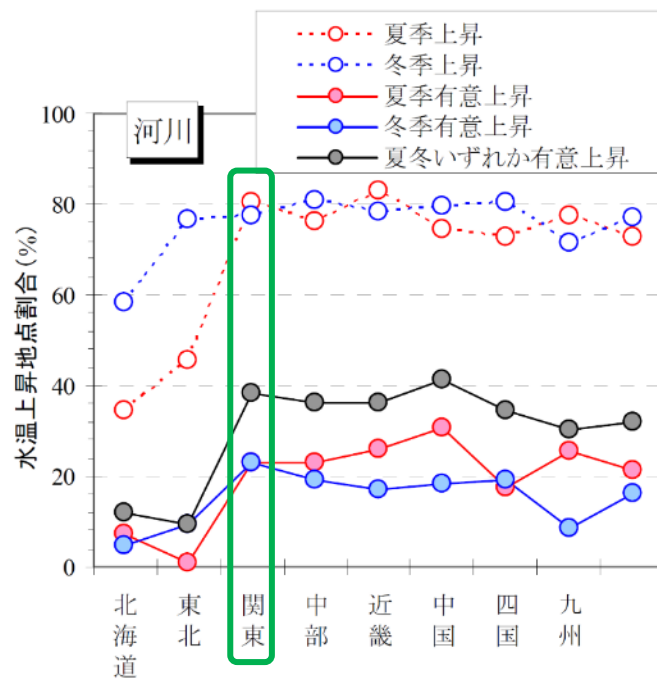


図 5-28 河川における水温上昇地点の割合（地域別）

（出典：文献 5-2-2）

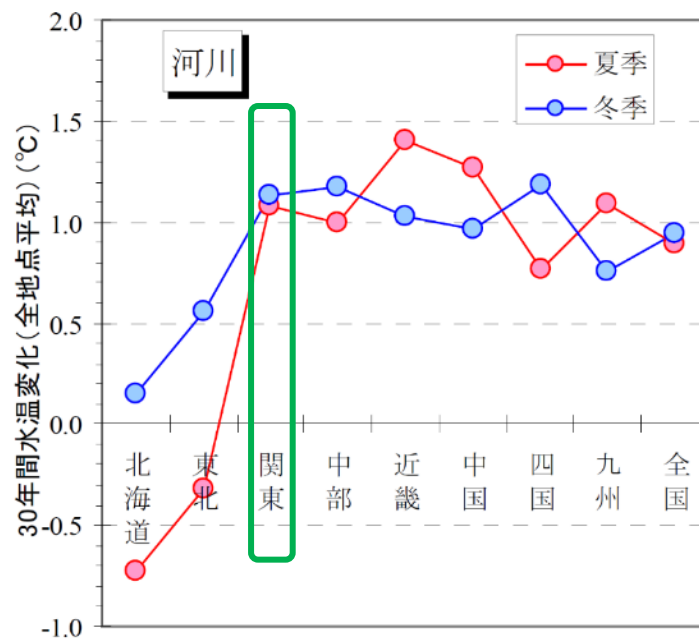


図 5-29 河川における過去 30 年間の平均水温変化（地域別）

（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 5-30）。また、水温の上昇による DO 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、文献 5-2-4）

大雨により、大気汚染物質かつ森林土壌に蓄積されている硫酸塩（SO₄²⁻）が現在よりも河川に流出し、生態系の物質循環が乱れる可能性が指摘されている。（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。

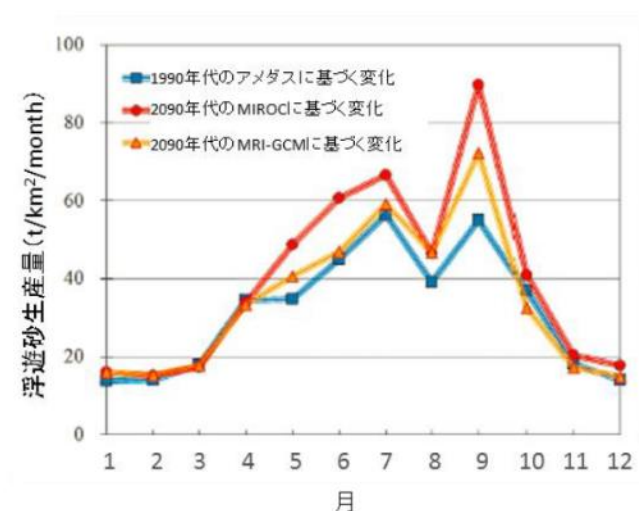


図 5-30 全国の一級河川における SS（浮遊砂）生産量の月別変化の予測

（出典：文献 5-2-4）

(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】

日本の年降水量については、過去約 130 年間では変化傾向は確認されていない。極端な大雨の発生頻度や強度は増加している一方、無降水日数（ここでは 1.0 mm 以上の降水が観測されない日数）は増加（気象庁の全国 51 観測地点における増加率は 100 年当たり 9.2 日）している。

環境省によると、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。

2019～2020 年の記録的な少雪について、その背景と考えられる気温と降水量の傾向は地域で異なり、北海道では記録的少雨、本州では記録的高温の年であり、これは各地域の気温及び降水量と最深積雪の相関の傾向と一致している。

都市用水については、令和 3 年（2021 年）12 月末における都市用水の不安定取水量（河川水が豊富ときだけしか取水できない不安定な取水量）は全国で約 6 億 m³/年であり、不安定取水量の都市用水使用量に対する割合を地域別にみると、関東臨海が約 9 % と高く、これに続き関東内陸で約 4 % となっている。

毎年実施される水道の異臭味被害状況の調べでは、2023 年時点で、異臭味被害人口約 213 万人、123 の水道事業体で被害が生じている。浄水における異臭味被害の種類別内訳は、カビ臭、土臭が 92% を占める。また同年、取水・給水の制限・停止や特殊薬品（粉末活性炭等）の使用等を行った水質汚染事故により被害を受けた水道事業者等の延べ数は 151 であった。（文献 5-2-1）

【栃木県または関東】

千葉演習林清澄観測所における長期変化傾向を解析した研究では、日降水量 50mm 以上の降水日の総降水量が年降水量に占める割合は統計的に有意な増加傾向にあり、増加率は 100 年間で 6.6% となっている。一方、日降水量 1.0mm 以上の降水日数は統計的に有意な減少傾向にあり、減少率は 100 年間で 9.4 日となっている。

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 5-31）。（文献 5-2-5）

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。

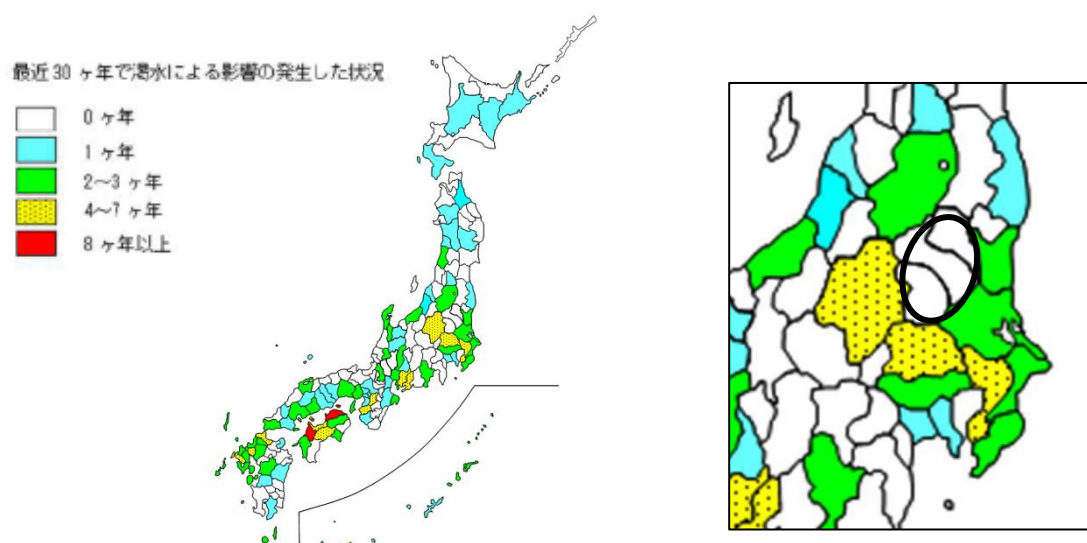


図 5-31 1993～2022 年における渇水による上水道の減断水発生状況

(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域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的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 5-32）。（文献 5-2-4）

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半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 5-32）。（文献 5-2-4）

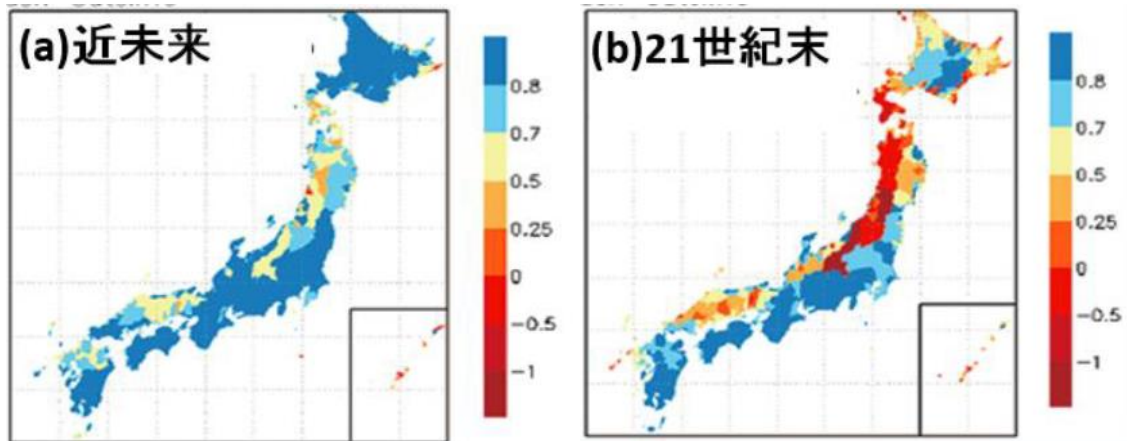


図 5-32 気候変動に伴う日本の河川流況³¹

(出典：文献 5-2-4)

³¹ 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、日降水量や降水の時間推移の変化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 22 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、令和 6 年において 41 井のうち 17 井が観測開始から低下している。（文献 5-2-6）

<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 月は現在より増加、5～6 月は現在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。
- ・ 農業用水については、平均気温の上昇や降水パターンの変化に加えて、田植え日の変更によっても水需要が変化す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人当りの水量ともやや増加傾向にある(図 5-33)。(文献 5-2-7)

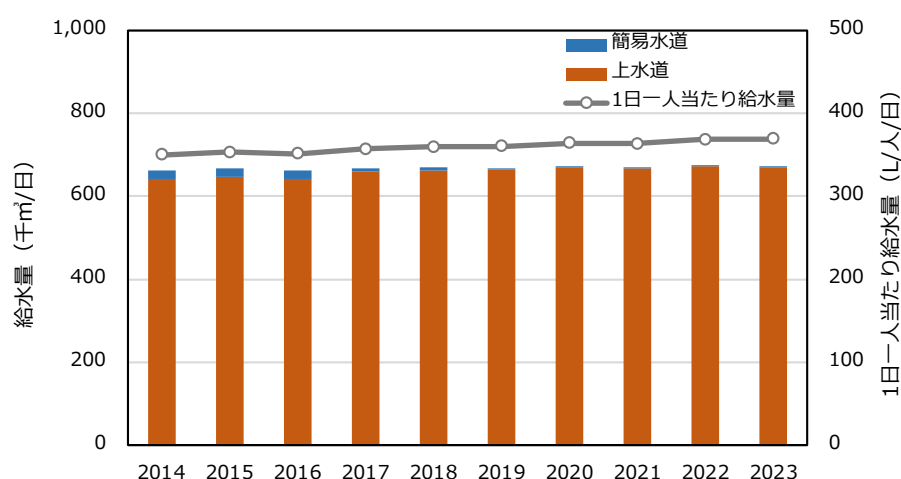


図 5-33 栃木県における給水量（上水道・簡易水道）の推移

(出典：文献 5-2-7 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。

農業用水の需要については、田植え日の変更や平均日降水量の減少、平均気温の上昇などによる水需要の変化が予測されている。21 世紀中頃までを対象に、収量が最多となる田植え日を選択した場合の水需給バランスを計算した研究では、融雪出水があり 3～5 月の流量が大きい豪雪地帯を中心とした地域（北海道・東北・北陸・近畿・中国日本海側）では水需給バランスが改善し、灌漑期後半にあたる 6 月下旬～8 月の流量が大きい西日本を中心とした地域（関東・中部・近畿・中国瀬戸内海側・四国・九州）では悪化する傾向が予測されている（RCP2.6・RCP4.5・RCP8.5 シナリオを前提として複数の気候予測情報を使用）（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

➤ 現在
・ 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。
・ 気温の上昇により、高山性種の昆虫の種数や個体数の減少が確認されている。
・ 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、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、高山帯におけるササ群落やササを含む低木林やナナカマド類、ハイマツ等の分布拡大、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こり、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。

乗鞍岳では、2019年7月～9月の調査で気温上昇によるものと考えられる鱗翅目昆虫の高山性種の種数や個体数の減少や平地と山地帯から飛来する種の増加が確認された。サザナミナミシヤクは2016年8月上旬に342個体、2018年の同時期に173個体が飛来したが、2019年の同時期には8個体しか飛来しなかった。また、2019年はアルプスヤガの飛来がなかった。（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。
- ・ 過去の気候変動に伴って、森林樹木種の多くがその分布域を北上・高標高化させている可能性がある。また、種による特徴の違いや地理的分布、攪乱や競争の影響などにより、森林タイプや場所によって分布移動の程度や方向性は異なる。
- ・ 森林樹木の重要な共生体である外生菌根菌には、特に夏の気温上昇が影響を与えていることが明らかになっている
- ・ 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。
- ・ ブナ林は本州太平洋側から西日本ではほとんど消滅することが予測される。
- ・ 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。
- ・ イチイガシの分布は SSP1-2.6、SSP5-8.5 シナリオを仮定した 21 世紀中頃に潜在生息域の総面積が現在よりも 12.24～45.21%減少すると予測されている

<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。

環境省の自然環境保全基礎調査における全国の植生調査データを用い、302 種の樹木について稚樹と母樹の分布温度差を指標とした分析を行った結果、稚樹の分布が母樹に比べて寒冷方向にシフトしていることが広範に確認された。これは温暖化が進む中で、種子の発芽や稚樹の生長場所が、より寒冷な場所に進行していることを示唆している。

2004～2022 年において、全国の成熟林及び高齢二次林で構成される 25 調査区を対象とし、各調査区の森林を構成する生活形ごとの樹木の幹数の相対変化速度に変化が生じているかどうか、また、その相対変化速度の変化と気温の間に関係があるかを解析し結果によると、年平均気温が 6℃までの森林では、落葉広葉樹の個体数割合が増加し、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、2005 年を基準とした、樹木の生活形ごとの個体数と現存量の年次変動を解析した結果、亜寒帯・亜高山帯と冷温帯の境界付近では、亜寒帯・亜高山帯性針葉樹の個体数の緩やかな減少と、落葉広葉樹の個体数の増加が見られた。また、冷温帯と暖温帯の境界付近では、落葉広葉樹の個体数の減少と、常緑広葉樹の現存量の増加が見られた。これらより、全国的により暖かい気候を好む樹木が増加し、寒い気候を好む樹木が減少していることが示されている。

1970 年から 2004 年の 35 年間に、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。

シダ植物の分布について、ナガバノイタチシダとマツザカシダの分布は千葉県以西とされていたが、茨城県では筑波山塊南部において確認された。また、ナガバノイタチシダは茨城県まで、マツザカシダは宮城県まで分布が北上している。これらのシダ植物の分布の変化は温暖化の影響を受けていると考えられる。

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。

地上部バイオマスの変化について、気候要因に起因していることが示唆されており、夏の気温が高いと地上部バイオマス増加量に正の影響があったのに対し、前年の秋の気温が高いと地上部バイオマス増加量に負の影響があったと報告されている。また、シカ個体数の増加に伴う下層植生の食害の増加により下層植生が劣化した森林において、下層植生としてアセビが存在する環境下では、下層植生のない環境と比較して、リターの分解速度が速くなることが報告されている。4 か月間の初期分解のみの結果だが、下層植生が単一樹種でもリター分解に正の効果が得られることが示唆されている。

また、森林樹木の重要な共生体である外生菌根菌には、特に夏の気温上昇が影響を与えていることが明らかになっている。夏の気温上昇が、地上部の植生の顕著な変化を伴わず、外生菌根菌群集を変化させていることから、温暖化による地下の微生物層の変化は目に見えないところで既に進んでおり、それらが地上部の植生の回復力に寄与している可能性が示唆されている。(文献 5-3-1)

【栃木県または関東】

那須高原における調査では、2004～2022 年の調査期間中のブナの個体数は増減なしと報告されている。(文献 5-3-3)

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)

<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。

東アジアにおけるアカマツの分布について将来予測を行った研究（CCSM4 による気候予測情報を使用）によれば、RCP2.6 シナリオでは、2050 年の総適地面積は現在の分布面積より 30.19%、高適地面積は 4.13%、中適地面積は 22.10%、低適地面積は 38.90%減少すると予測されている。また、2070 年の総適地面積は現在の分布面積より 36.18%減少、高適地面積は 12.18%増加し、中適地面積は 33.24%、低適地面積は 48.48%減少すると予測されている。RCP8.5 シナリオでは、2050 年の総適地面積は現在の分布面積より 32.73%現象、高適地面積は 1.50%増加し、中適地面積は 21.46%、低適地面積は 43.67%減少すると予測されている。

また、2070 年の総適地面積は現在の分布面積より 36.61%高適地面積は 2.53%、中適地面積は 38.41%、低適地面積は 45.21%減少すると予測されている。(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 5-34)。(文献 5-3-4)

【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 5-35)。

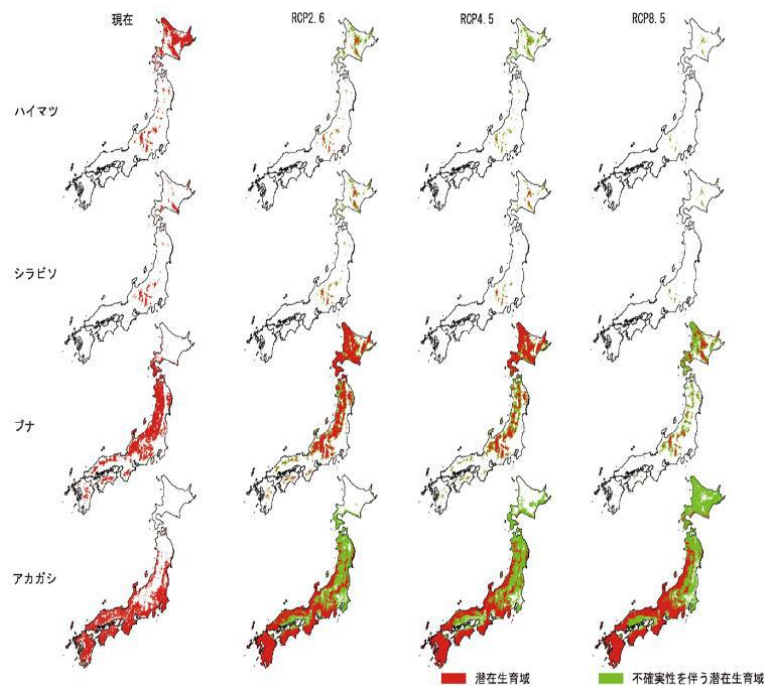


図 5-34 ハイマツ、シラビソ、ブナ、アカガシの潜在生育域の将来変化(2081～2100 年)³²

(出典：文献 5-3-4)

³² 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。

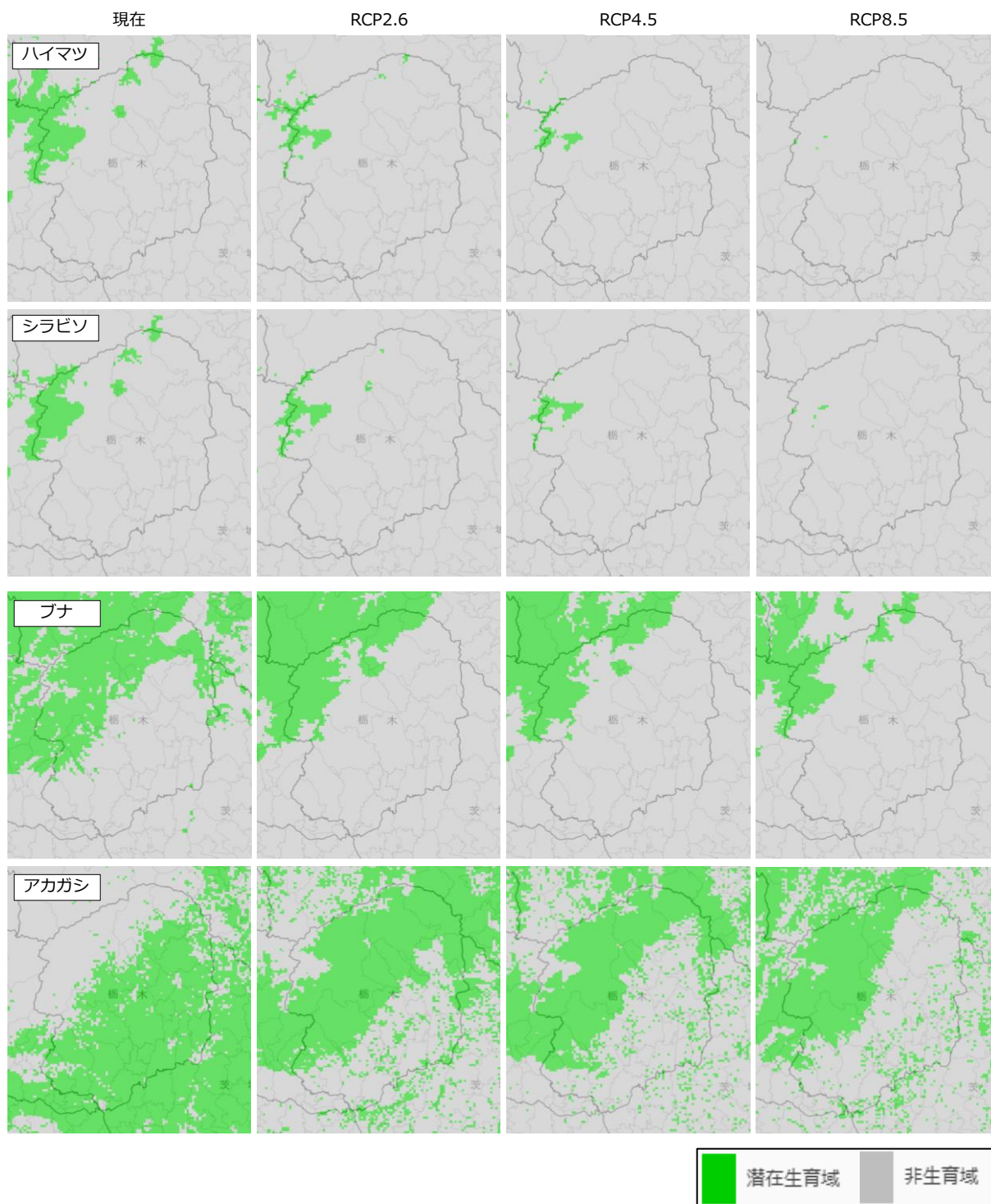


図 5-35 栃木県におけるハイマツ、シラビソ、ブナ、アカガシの潜在生育域の将来変化
(2081～2100 年)³³

出典：気候変動適応情報プラットフォーム
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>)

³³ ここでは脚注 32 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。
 - ・ モウソウチク・マダケ以外の里地・里山の構成種の変化の現状について、一部の地域で、雑草の分布域や現存量の拡大等への影響や、南方系チョウ類・ガ類の増加、昆虫の分布及び生活史の変化等が起きている。
 - ・ 竹林の拡大は、森林の生物多様性の低下や生態系サービスの喪失に対する懸念を引き起こしており、竹林の稈密度が高いと光量の減少及び光質の変化により植物の発芽と成長に不利となり、植物種の多様性が低下するとされている。
- 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として予測されている。
 - ・ 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。

竹林の拡大は、森林の生物多様性の低下や生態系サービスの喪失に対する懸念を引き起こしているとの報告がある。

雑草の分布域や現存量の拡大等への温暖化の影響としては、水田雑草の発生への影響や、熱帯・亜熱帯の水田雑草種の侵入、イネ科多年生雑草チガヤの分布拡大への影響が示唆されている。

里山構成種であるコナラやシノキ属に対するカシノナガキクイムシの加害によるナラ枯れについて、温暖化の影響が示唆されている。ナラ枯れ発生拡大の要因としては、ナラ枯れの原因であるカシノナガキクイムシの活動が、気温上昇により梅雨時期(6月)や秋雨時期(9月)に活発になったことや、温暖化によってカシノナガキクイムシ

の脱出開始時期が早まり、樹木の感受性が高い(抵抗力が弱い)時期にカシノナガキクイムシが穿入するようになったことが示唆されている。

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～2022年の約20年間で北に拡大し、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。また、クロコノマチョウ、ムラサキツバメを含む南方系チョウ類19種では記録個体数が増加したのに対し、非南方系チョウ類44種では記録個体数の増減は確認されていない。

日本の主要なマルハナバチ6種の分布変化を調査した研究によると、トラマルハナバチ、オオ

マルハナバチ、クロマルハナバチ、ミヤママルハナバチ、ヒメマルハナバチの 5 種の推定生息域は縮小した一方、コマルハナバチの生息域は拡大した。推定された生息域の高度下限は、気温の上昇とともに高くなっており、気温上昇の影響が示唆されている。また、特に北海道で生息域の縮小が深刻であると示唆されている。(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 5-36)。

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 5-3-5)

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、関東地方において生息域が拡大している可能性がある。(文献 5-3-6, 5-3-7)

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 5-3-7)

シダ植物の分布について、ナガバノイタチシダとマツザカシダの分布は千葉県以西とされていたが、茨城県では筑波山塊南部において確認された。また、ナガバノイタチシダは茨城県まで、マツザカシダは宮城県まで分布が北上している。これらのシダ植物の分布の変化は温暖化の影響を受けていると考えられるとの報告がある。(文献 5-3-1)

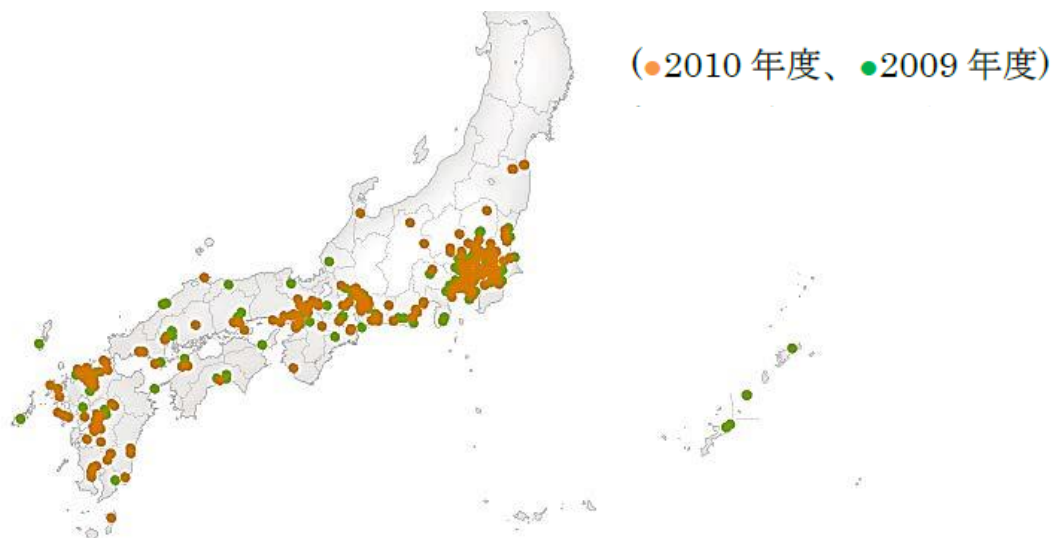


図 5-36 ナガサキアゲハ分布図

(出典：文献 5-3-5)

<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、RCP8.5 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 5-37）。（文献 5-3-1、文献 5-3-4）

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考えられている。

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）

水ストレスが稲の成長に与える影響を実験した研究では、植物の成長に与える影響が主に土壌の水分量の変化によるものであると報告されている。干ばつによって土壌の水分が減ると、植物の気孔は閉じがちになり、これにより植物が水分を失うのを防ぐと同時に二酸化炭素の取り込みが減少し、光合成の効率が低下すると考えられている。（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 5-3-4）

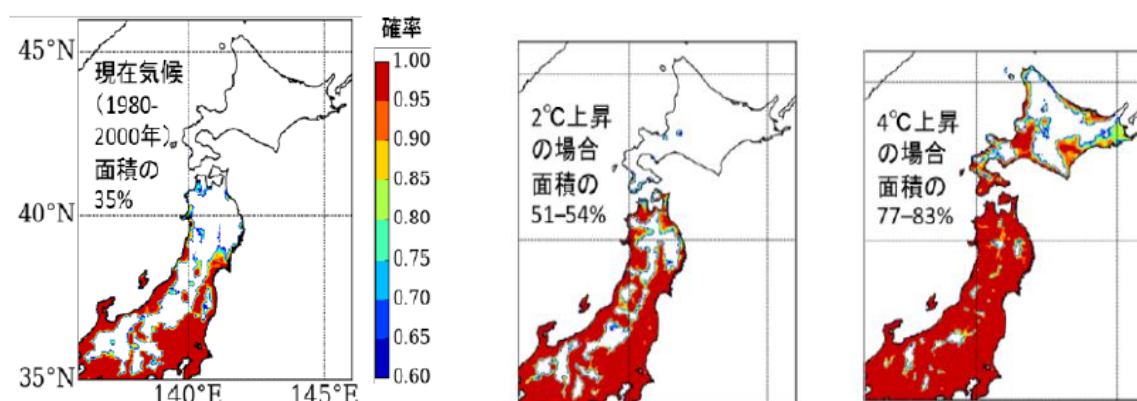


図 5-37 竹林の生育に適した環境と予測された地域
(MRI-AGCM、RCP8.5 シナリオ、21 世紀末)

(出典：文献 5-3-4)

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。
- ・ 温暖化の進行に伴い、全国でマツ枯れ危険域が拡大すると予測されているが、21 世紀末頃にはシナリオ間で危険域に大きな差が生じ、450s シナリオで約 27%、550s シナリオで約 37%、BaU シナリオで約 51%に達すると予測されている。

<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℃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。

農林水産省の平成 30 年度気候変動への影響への適応に向けた将来展望(農林水産省 (2019))においては、温暖化の進行に伴いマツ枯れ危険域が拡大し、安定化レベルに関わらず、将来にわ

たりマツ枯れ危険域は拡大するという予測（450s シナリオ、550s シナリオ、BaU シナリオを前提とした MIROC3.2-hires による気候予測情報を使用）が紹介されている。450s、550s、BaU シナリオにおける全国のマツ枯れ危険域は、21 世紀中頃（2050 年代）には、約 22%、約 26%、約 28%とシナリオ間でやや差が現れるが、21 世紀末頃（2090 年代）にはシナリオ間で危険域に大きな差が生じ、それぞれ、約 27%、約 37%、約 51%に達すると予測されている。（文献 5-3-1）

【栃木県または関東】

気温及び降水量をもとに雨量係数（ $RI = \text{降水量} / \text{気温}$ ）を計算し、スギの生育適域の評価を行った結果では、現在と 2050 年を比較すると雨量係数（RI）の顕著な変化は見られなかった。

気温情報をもとに MB 指数（1 年間の中で月の平均気温が 15℃を超える月の平均気温から 15℃を差し引いた残差を累積して得た値）を算定し、その値をもとにマツ枯れの危険度に関する影響評価を行った結果では、マツ枯れ危険地域が 2050 年（RCP8.5）に内陸部に向けて拡大していることが予測されている。（文献 5-3-4）

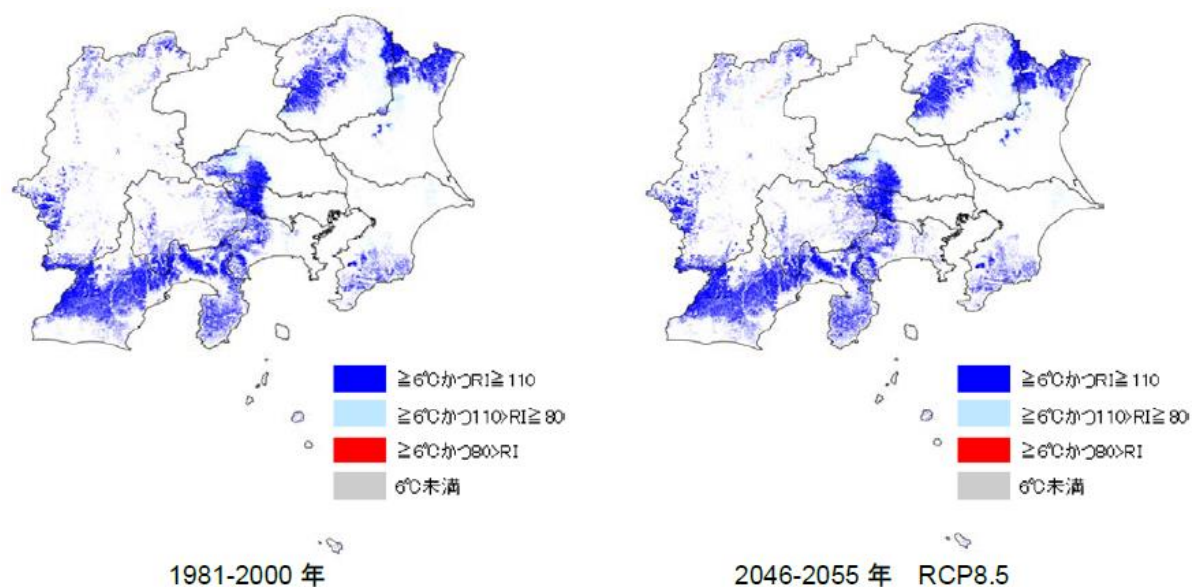


図 5-38 スギ林の生育適域（関東地域）

出典：気候変動適応情報プラットフォーム
<https://adaptation-platform.nies.go.jp/external/nousui/impact.html>

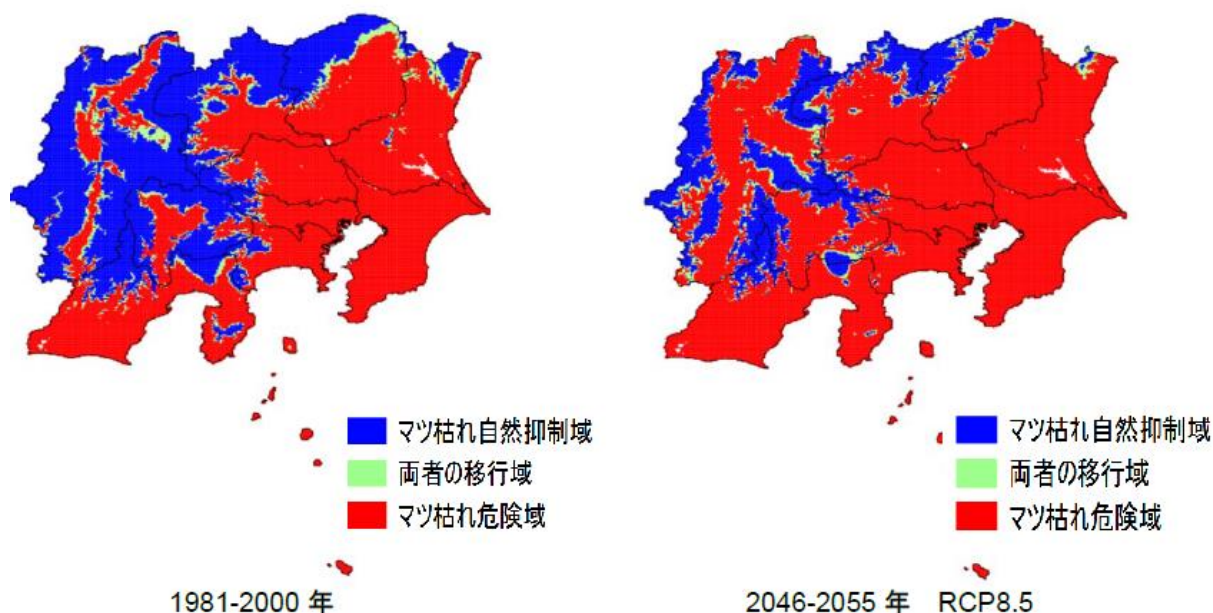


図 5-39 マツ枯れの危険域（関東地域）

出典：気候変動適応情報プラットフォーム
<https://adaptation-platform.nies.go.jp/external/nousui/impact.html>

⑧ 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。
- ・ 豪雪地帯に生息するニホンジカが冬の間に安全な場所へ移動せず、現地に留まることで冬期に常緑多年草を集中的に採食する可能性が指摘されている。
- ・ 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

- ・ RCP2.6 及び RCP8.5 シナリオにおいて、ニホンジカの生息分布確率が 50%以上の地域は 2025 年に全国の約 7 割、21 世紀中頃には 9 割を超えると予測されている。分布拡大によって植栽された苗木に対する被害や、成木に対する樹皮剥ぎ被害も全国に拡大することが予測されている。
- ・ 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】

二ホンジカについて 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二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。

土地利用、気候条件（積雪量及び積雪期間）、地形条件をもとに二ホンジカの生息適地を全国的に推定した研究によると、二ホンジカの生息適地は 1978 年時点で国土の 27.7%だったのに対し、2020 年では国土の約 7 割へと約 2.7 倍に増加したことが明らかになっている。

二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、二ホンジカの分布拡大に伴い、二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二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、その原因として二ホンジカの分布拡大及び気温上昇に伴う二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 5-3-9）

二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二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 5-3-4）

奥日光地域の千手ヶ原、小田代原、赤沼の 3 地区で行われた奥日光地域森林植生モニタリング調査では、奥日光地域は昭和 59(1984)年の豪雪以降シカの生息密度が上昇し、嗜好度の高い植物が消失し、不嗜好性植物が増加したとされている。千手ヶ原はシカが増加する以前はチマキザサが優占する地域であったが、試験地設定時の林床はシカ不嗜好性植物であるシロヨメナが優占していた。また、千手ヶ原に比べればシカの高密度時代を経っていない小田代原においても、以前はシカの食圧に耐性があるミヤコザサが優占する林床であったが、試験地設定時にはシロヨメナが優占していた。赤沼は、生息密度が高い時代を経たおらず、試験地設定時にはミヤコザサが優占していた。（文献 5-3-8）

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 5-3-10）

栃木県における令和 6（2024）年度のシカによる新規被害報告数は、民有林で 357 件あったが、国有林では報告されなかった。民有林における令和 6（2024）年度の実損面積は 19ha、被害金額は 7,000 万円であり、佐野市(10ha)、日光市及び塩谷町(2 ha)の順に大きい被害面積であった。（文献 5-3-8）

<2.将来予測される事象>

【全国】

二ホンジカについて、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 年における二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、二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 5-3-4)

【栃木県または関東】

栃木県について詳しく見てみると、二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 5-40、図 5-41)。(文献 5-3-4)

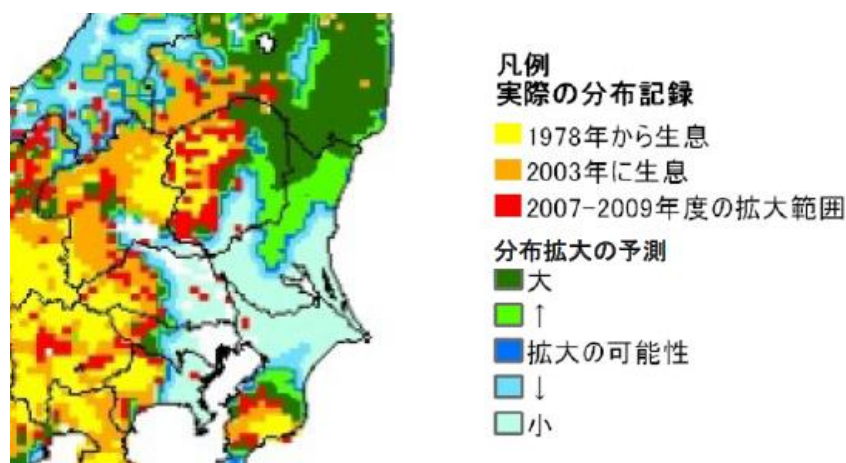


図 5-40 二ホンジカ分布図

(出典：文献 5-3-4)

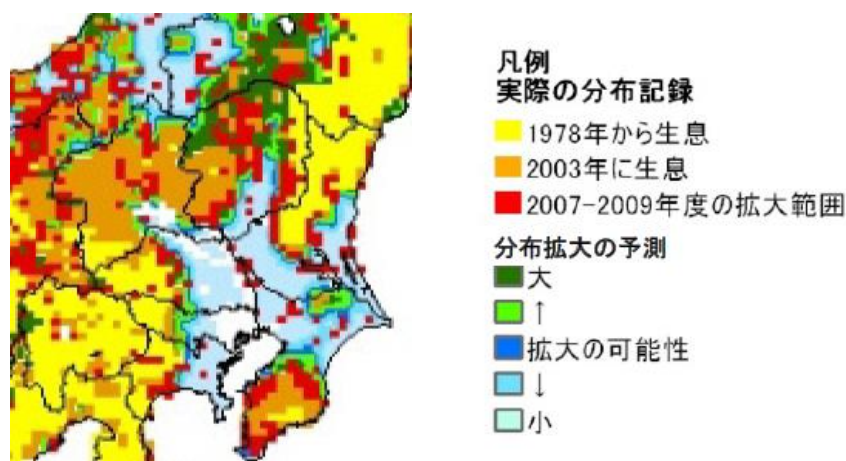


図 5-41 イノシシ分布図

(出典：文献 5-3-4)

(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。
- ・ 気温や水温、降水パターンの変化によって重点対策外来種の越冬や繁殖助長が発生し、在来種の生息地減少や生態系バランスの崩壊が懸念されている。
- ・ 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。

尾瀬沼では、湖底水温が 2010 年から 2017 年までに 5℃も上昇し、以前はイトミミズが優占していた深底部で、2018 年にはユリミミズが優占するようになるなど、底生動物の種組成に影響を与えたと報告されている。この変化の原因として、気候変動による湖底の温度上昇が関係している可能性があるが、確かめるには、モニタリング調査と両者の温度特性の比較が必要である。
(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。

宮城県伊豆沼における重点対策外来種のホテイアオイの生息予測に関する研究では、RCP8.5 の 21 世紀末までに将来的な気温上昇によって本種が越冬可能になり、定着する可能性が報告されている。(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少ない。
- ・ 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。
- ・ 河川水温の上昇が生物の生育・生息適地や個体数を変化させていると報告されている。
- ・ 洪水の増加が生物の生育・生息適地や個体数を変化させていると報告されている。
- ・ 県内でも、現時点で既存知見は確認されていない。

➤ 将来

- ・ 高水温がイワナ卵の生残率を大幅に低下させることが懸念されている。
- ・ 21 世紀中頃から 21 世紀末にかけて、3～4℃上昇時に関東や中部の流水性カジカ類生息適地がほぼ消失、1.5～2℃上昇時には 25%未満になると予測されている。
- ・ 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少ない。

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、高知県四十万十川河口域周辺では、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。

全国の河川におけるモニタリング調査結果から、温水性の淡水魚類の確認地点の北進・東進傾向が見られる。栃木・茨城県以南（太平洋側）及び福井県以西（日本海側）に分布するカワアナゴについては、太平洋側での分布に大きな変化が確認できなかったものの、日本海側の北陸地方において分布の拡大傾向が確認されている。また、福島県以南（太平洋側）・新潟県以南（日本海側）に分布するウロハゼも、分布北端であった関東地方での確認河川数が経年的に増加している。

日本の河川における放流されたアユの分布と洪水イベントの影響に関する研究では、2021 年 8 月中旬に発生した記録的な洪水イベント（過去 20 年間で 2 番目に大きな 1 日あたりの流量）により、アユの環境 DNA（eDNA）濃度がほとんどの調査地点で減少し、一部の小さな支流では増加したとされ、気候変動による洪水の増加がアユの個体を下流に移動させる可能性がある。特に放流されたアユは自然の流れに適応していないため、洪水イベントに対して脆弱であると考えられている。（文献 5-3-1）

【栃木県または関東】

多摩川における河川水温と水系内の分布変化を調査した研究では、過去特に 2009 年以降の水

温上昇が認められ、トビケラ類各種の標高分布平均は、平均で 30 年間に 49m 上昇していたことが報告されている。(文献 5-3-1)

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。

また、イワナ卵の発眼期及びふ化期の上限水温を推定した研究によると、発眼期の卵を 80%以上生残させるために必要な水温は 12.53℃以下、90%以上生残させるために必要な水温は 11.93℃以下と推定された。また、ふ化期の卵を 80%以上生残させるために必要な水温は 11.06℃以下、90%以上生残させるために必要な水温は 10.32℃以下と推定された。サケ科魚類は冷水性かつ狭温性であり、気候変動に伴う水温上昇の影響は分布南限域のサケ科魚類で顕在化しやすいと考えられており、高水温はイワナ卵の生残率を大幅に低下させることが懸念されている。

北日本や関東、中部地方の火山河川におけるカジカの生息適地を予測した研究では、21 世紀中頃から 21 世紀末にかけて、関東や中部のカジカ生息適地がほぼ消失（RCP4.5、RCP8.5 シナリオを前提）もしくは 25%未満（RCP2.6 シナリオを前提）になると予測されている。

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℃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、渇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。

③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。
- ・ 尾瀬湿原では洪水による氾濫水が池塘の岸辺を攪乱し、池塘底質や動物そのものの流失や動物の付着した枯葉や藻類、菌類の流失を引き起こし、岸辺水生無脊椎動物の個体数を低下させた可能性がある。

➤ 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少ない。

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】

尾瀬湿原では降雨量データと湿原の洪水現象とを対比させた結果、湿原における河川氾濫は従来考えられていたよりも少ない降水量で発生する可能性が指摘されており、洪水による氾濫水が池塘の岸辺を攪乱し、池塘底質や動物そのものの流失や動物の付着した枯葉や藻類、菌類の流失を引き起こし、岸辺水生無脊椎動物の個体数を低下させた可能性が報告されている。ヒツジグサとオゼコウホネは増減が異なり、その原因の一つは気候変動による洪水の多少が関係している事が考えられ、洪水に有利に分布するヒツジグサと不利なオゼコウホネという生態的性質の違いが推測されている。(文献 5-3-1)

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 5-3-11)

<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
 - ・ 大雨の発生頻度は経年的に増加傾向にあり、強い雨ほど頻度の増加率が高い。
 - ・ 我が国は洪水氾濫による水害に対して依然として脆弱性を抱え、治水にとって厳しい降雨生起状況を気候変動がさらにもたらすとなれば、その影響は相当に大きいと言える。
 - ・ 治水対策の進展により、浸水面積は経年的に減少傾向にある。一方で、氾濫危険水位を超過した洪水の発生地点数や浸水面積あたりの被害額は増加傾向にある。なお、1993～2018年までの26年間ににおける一般資産被害額のうち、外水氾濫による被害の累計は約3兆3,408億円に上ると報告されている。
 - ・ 水害被害額に占める内水氾濫による被害額の割合は、全国では約3～4割であり、大都市ではそれを上回る割合となった。なお、1993～2018年までの26年間ににおける一般資産被害額のうち、内水氾濫による被害の累計は約1兆9,886億円に上ると報告されている。
 - ・ 地球温暖化の影響により、平成29年7月九州北部豪雨・平成30年7月豪雨・令和5年梅雨期の大雨の発生確率や、平成30年7月豪雨・令和元年東日本台風・令和2年7月豪雨の強度が大きくなったことが、イベント・アトリビューションによって示された。
 - ・ 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、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】

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、1901～2024 年の期間、日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の日数は、いずれも増加している。また、1 時間降水量 80mm 以上、3 時間降水量 150mm 以上、日降水量 300mm 以上といった大雨の発生頻度は、1980 年頃（1976～1985 年）と比較して、最近 10 年間（2015～2024 年）はおおむね 2 倍程度に増加しており、強い雨ほど頻度の増加率が高い。さらに、極端な大雨の発生頻度だけではなく強度も増加する傾向にあり、1 年で最も多くの雨が降った日の降水量（年最大日降水量）には増加傾向が現れている。平均して 100 年に一回しか起きないような極端な大雨の強度もまた全国平均で増加している。

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。

近年発生したいくつかの洪水災害事例では、既に温暖化の影響が出現している。文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」にてイベント・アトリビューション（個別の極端現象について気候変動の影響を定量的に評価する手法）による結果が示されており、地球温暖化の影響により、平成 29 年 7 月九州北部豪雨・平成 30 年 7 月豪雨の大雨の発生確率や、平成 30 年 7 月豪雨・令和元年東日本台風・令和 2 年 7 月豪雨の強度が大きくなったとしている。

なお、イベント・アトリビューションの結果では、気候変動により、平成 29 年 7 月九州北部豪雨・平成 30 年 7 月豪雨における「50 年当たり一回のレベルの大雨」の発生確率がそれぞれ約 1.5 倍・約 3.3 倍となっていたことや、令和元年東日本台風・令和 2 年 7 月豪雨の期間積算降水量がそれぞれ約 10.9%・約 15%底上げされていたことが示されている。

平成 30 年 7 月豪雨では、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した。

平成 30 年 7 月豪雨では、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨が降り、九州北部、四国、中国、近畿、東海、北海道地方の多くの観測地点で 24、48、72 時間降水量の値が観測史上第 1 位となった。西日本を中心に、広域的かつ同時多発的に河川の氾濫、がけ崩れ等が発生し、これにより、死者 263 名、行方不明者 8 名、家屋の全半壊等 20,663 棟、家屋浸水 29,766 棟の極めて甚大な被害が広範囲で発生した。また、水害被害額は約 1 兆 2,150 億円となり、単一の豪雨による被害額としては、統計開始以降最大の被害額となった。（文献 5-4-1）

令和元年東日本台風では、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）

令和 2 年 7 月豪雨では、7 月 3 日から 7 月 31 日にかけての総降水量が長野県や高知県の多い所で 2,000mm を超えたところがあり、九州南部・九州北部・東海及び東北の多くの地点で、24・48・72 時間降水量が観測史上 1 位の値を超えた。死者 86 名、行方不明者 2 名、住家の全半壊等 8,278 棟、住家浸水 13,934 棟の極めて甚大な被害が広範囲で発生した。この豪雨により、九州の球磨川や筑後川をはじめとする 194 河川で氾濫などの浸水被害が発生し、全国で約 13,000ha

が浸水した。(文献 5-4-1)

国土交通省によると、2012 年～2021 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 98%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 50.9%にも上る(図 5-42)。(文献 5-4-3)

2009 年から 2019 年までの全国の水害被害額合計は約 2.5 兆円で、そのうち 3 割が内水氾濫(東京都では、約 7 割が内水氾濫)という結果も報告されている。1993～2018 年までの 26 年間にわたる水害統計調査に基づく研究結果によると、水害原因別に分類した一般資産被害のうち、内水氾濫による被害額の累計が約 1 兆 9,886 億円に達し、総被害額の約 34.9%を占めることが報告されている。(文献 5-4-1)

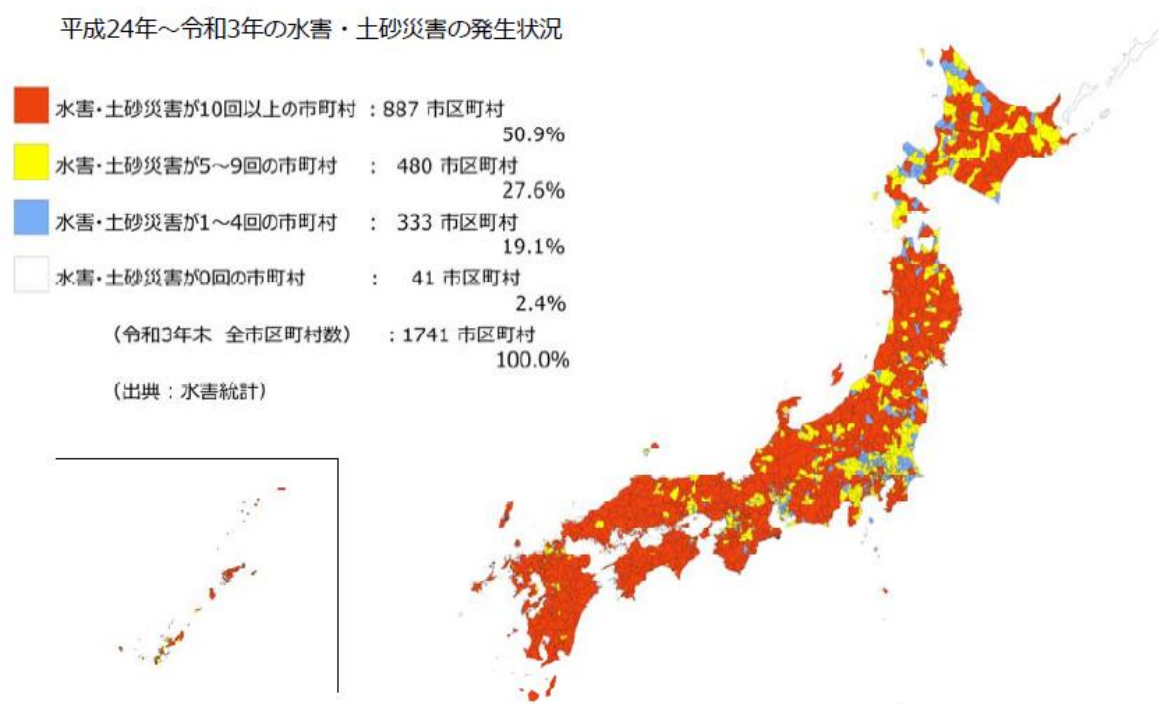


図 5-42 水害・土砂災害の発生状況(2012～2021 年)

(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³⁴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

³⁴ 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。

- 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
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。
- 【令和 4 年台風第 14 号による暴風、大雨等】2022 年 9 月 17 日～9 月 20 日
九州を中心に西日本から北日本の広い範囲で暴風となり、海では猛烈なしけや大しけ。
- 【令和 4 年台風第 15 号による大雨】2022 年 9 月 22 日～9 月 24 日
東日本太平洋側を中心に大雨。特に静岡県や愛知県で猛烈な雨や非常に激しい雨。
- 【令和 5 年台風第 13 号による大雨】2023 年 9 月 7 日～9 月 9 日
台風を中心から離れた場所で雨雲が発達して、関東甲信地方や東北太平洋側では大雨。このうち、東京都（伊豆諸島）、千葉県、茨城県及び福島県では線状降水帯が発生し、猛烈な雨。
- 【令和 6 年台風第 10 号による大雨、暴風及び突風】2024 年 8 月 27 日～9 月 1 日
西日本から東日本の太平洋側を中心に大雨。九州では暴風となり、海上では猛烈なしけや大しけ。宮崎県で突風が複数発生。
- （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】

栃木県では、1993～2018 年までの 26 年間にわたる水害統計調査に基づく研究結果によると、水害原因別に分類した一般資産被害のうち、被害額の累計は内水氾濫で約 351 億円、内水氾濫で約 116 億円に達しすることが報告されている。（文献 5-4-4）

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 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】

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、RCP2.6 シナリオ及び RCP8.5 シナリオのいずれにおいても、1 日の降水量が 100mm あるいは 200mm 以上となる年間日数は、20 世紀末（1980～1999 年の平均）と比べ、21 世紀末（2076～2095 年の平均）には全国平均では増加すると予測されている。また、3 時間降水量が 100mm 以上や、1 時間降水量が 50mm 以上の年間発生回数も、同様に全国平均では増加すると予測されている。さらに、1 年で最も多くの雨が降った日の降水量（年最大日降水量）も増加すると予測されている。これは、極端な大雨の発生頻度だけではなく、強度も増すことを意味している。

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 5-4-5)

全国を対象とし、SSP シナリオデータを用いた洪水被害額シミュレーションでは、気候変動のみを考慮した場合、21 世紀中頃の年期待被害額 35 は 20 世紀末と比べ、SSP1-2.6 シナリオ・SSP5-8.5 シナリオでそれぞれ 22%・23%増加すると予測された。さらに、21 世紀末の年期待被害額はそれぞれ 16%・38%増加するとされている。気候変動と土地利用変化を考慮した場合は、21 世紀中頃はそれぞれ 2%・7%増加し、21 世紀末は 33%・11%減少するとされている。(文献 5-4-1)

【栃木県または関東】

令和元年東日本台風を対象とした研究として、那珂川流域（栃木県・茨城県）における疑似温暖化実験では、4℃上昇実験で山岳域を中心に 30%を超える高い増加率を示し、その結果、那珂川流域でのピーク流量の顕著な増加、浸水深・浸水面積の増大をもたらすとされている。

荒川上流域（関東地方）を対象に、d4PDF を用いて 2℃上昇・4℃上昇時の令和元年東日本台風の疑似温暖化アンサンブル実験を行った研究では、現在気候に対し、2℃上昇時の総雨量・ピー

ク流量・河川水位上昇量はそれぞれ 7.1%・12.2%・130%、4℃上昇時にはそれぞれ 33.8%・35.8%・286%増加することが示唆されている。

利根川（関東地方）を対象とし、d4PDF を用いて 4℃上昇時の最大ピーク流量を予測した研究では、現在の基本高水（対策の目標とする洪水の流量変化）を大幅に超過することが示された。（文献 5-4-1）

国土交通省によると、確率的気候予測データ（d4PDF・d2PDF）による分析の結果、治水計画で目標とする規模（年超過確率 1/100）の降雨については、2℃上昇した場合の現在気候と比較した降雨量変化倍率は関東で 1.1 倍、4℃上昇した場合の降雨量変化倍率は関東で 1.2 倍になると予測されている（図 5-43）。（文献 5-4-3）

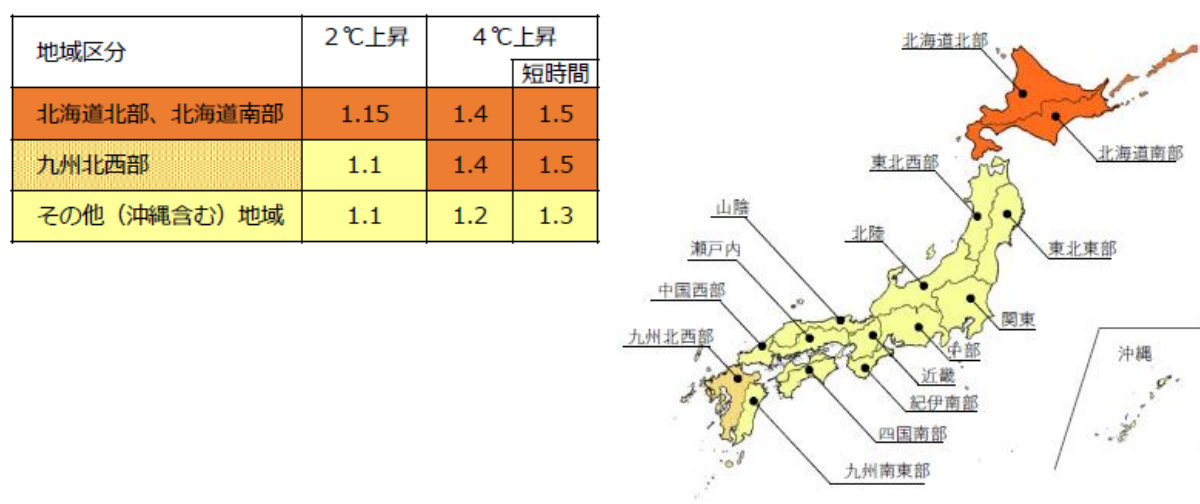


図 5-43 地域区分毎の降雨量変化倍率の予測結果

（文献 5-4-3）

(2) 土石流・地すべり・土砂流出等

- 現在
 - ・ 全国では、過去 30 年間で、1 時間降水量 50mm 以上の年間発生件数が約 1.3 倍に増加しており、土砂災害発生件数も約 1.6 倍に増加している。
 - ・ 全国の土砂災害警戒区域の範囲内の居住者は全国で 595 万人（2015 年時点）と計算され、これらの人々は土砂災害の影響を受ける可能性がある。
 - ・ 土砂災害による年間の死者・行方不明者数は 2005 年ごろから増加しており、年によっては百人を超えている。
- 将来
 - ・ 年間土砂災害発生件数は、現在と比較し、2℃上昇時には 1.8 倍、4℃上昇時には 3.4 倍に増加すると予測されている。
 - ・ 土砂災害リスクは太平洋側の沿岸部・北海道で高まり、西日本では 7 月初夏に、東日本では 9 月晩夏に増加すると予測されている。
 - ・ 全国の土砂災害警戒区域の範囲内の居住者は全国で 374 万人（2050 年時点）と計算され、これらの人々は土砂災害の影響を受ける可能性がある。
 - ・ 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】

アメダス全国 1,300 地点での 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生件数をみると、1982 年から 2013 年からの各 10 年間の平均値が 243 回から 328 回と、約 30 年間で約 1.3 倍に増加している。同期間の日本国内における土砂災害発生件数を見ると、1982 年から 2013 年からの各 10 年間の平均値が 897 件から 1,446 件となっており、約 30 年間で約 1.6 倍に増加している。

令和 2 年（2020 年）に国土交通省が公表した、都道府県別の災害リスクエリア内人口の推移についての分析結果では、土砂災害の影響人口に相当する土砂災害警戒区域の範囲（2019 年 8 月 1 日時点）内の人口が、2015 年では全国で 595 万人と計算され、2050 年では全国で 374 万人と予測される旨が記載されている。

土砂災害による年間の死者・行方不明者数については、1967 年から国土交通省が集計しているデータからも、2005 年頃までは減少していたが、2005 年頃からは増加していることが示されている。（文献 5-4-1）

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、豪雨頻度が高まるの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 5-44）。（文献 5-4-6）

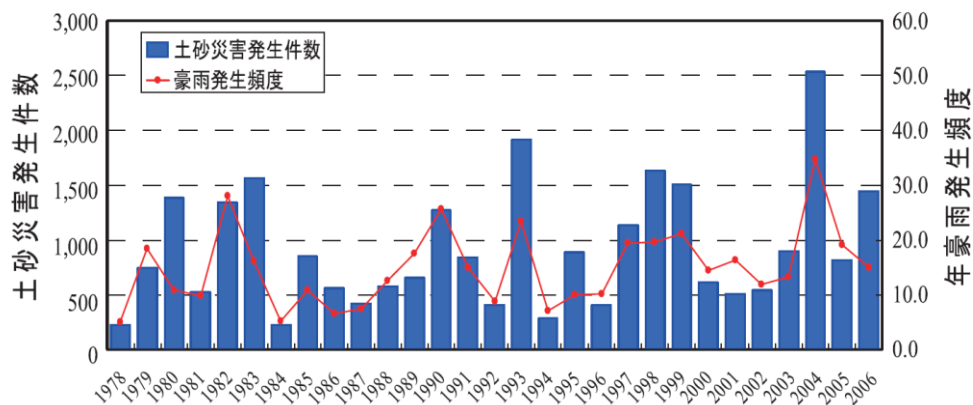


図 5-44 土砂災害発生件数と豪雨発生頻度の関係

(出典：文献 5-4-6)

国土交通省によると、土砂災害発生件数³⁵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 5-45)。(文献 5-4-7)

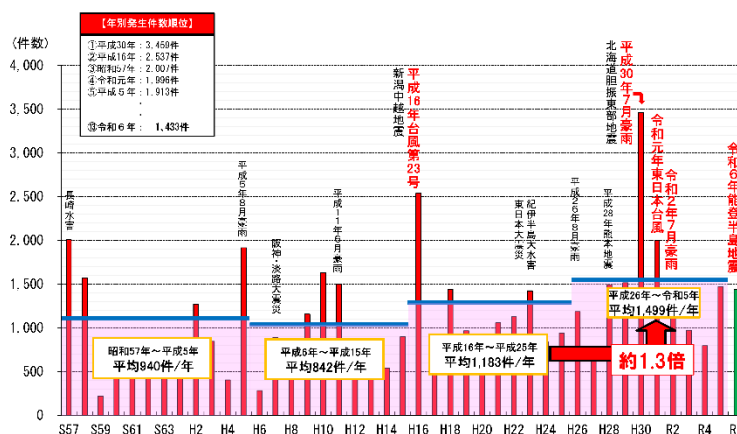


図 5-45 土砂災害発生件数の推移（昭和 57 年～令和 6 年）

(出典：文献 5-4-7)

【栃木県または関東】

栃木県では、土砂災害警戒区域として 8,745 箇所、土砂災害特別警戒区域として 7,961 箇所を指定している。(県砂防水資源課、令和 6 年 8 月 2 日現在)

令和 2 年 (2020 年) に国土交通省が公表した、都道府県別の災害リスクエリア内人口の推移についての分析結果では、栃木県においては 2015 年で 4 万人と計算されている。(文献 5-4-10)

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 5-4-8)

【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)、

³⁵ 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。

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 5-4-9）

<2. 将来予測される事象>

【全国】

気象庁と文部科学省による気候変動予測データから、将来気温が 2℃/4℃上昇した場合、日雨量 200mm を超える日の年間発生日数の増加率を解析すると、それぞれ 1.5 倍/2.3 倍に増加すると予測されており、これを前述の相関関係に当てはめると、年間土砂災害発生件数は、将来気温 2℃上昇の場合には 1.8 倍、将来気温 4℃上昇の場合には 3.4 倍に増加すると予測されている。
(文献 5-4-1)

環境省によると、降雨条件が厳しくなる³⁶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。

- ③ 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
- ④ 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
- ⑤ 土砂・洪水氾濫の発生頻度の増加
- ⑥ 崩壊性地すべりや不明瞭な谷地形における土石流のようなこれまで顕在化していなかった土砂移動現象の発生
- ⑦ 警戒避難のためのリードタイムが十分確保できないことによる、ソフト対策の効果の相対的な低下と人的被害の増大
- ⑧ 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
- ⑨ 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

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 5-46）。（文献 5-4-12）

³⁶ 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。

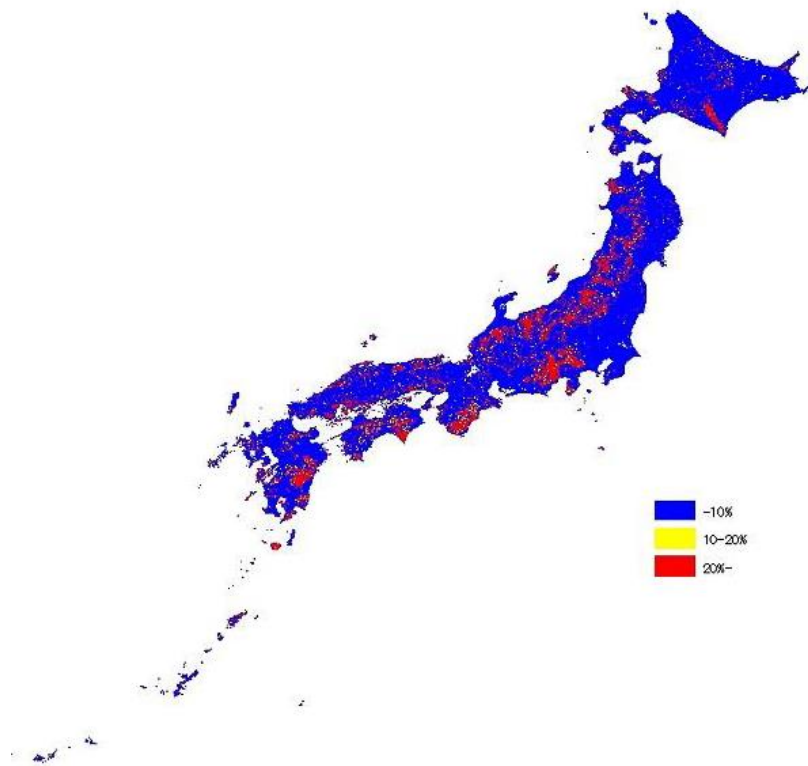


図 5-46 斜面崩壊発生確率（2081～2100 年、MIROC5、RCP8.5）

（出典：文献 5-4-12）

【栃木県または関東】

令和 2 年（2020 年）に国土交通省が公表した、都道府県別の災害リスクエリア内人口の推移についての分析結果では、栃木県においては 2050 年で 2 万人と計算されている。（文献 5-4-10）

また、日本全国における将来の地すべりリスク変化を評価した研究では、栃木県においては現在気候に対する将来気候の地すべり高リスク降雨イベント発生比は 1.1～2.5 倍との報告がある。（文献 5-4-11）

栃木県の斜面崩壊発生確率について詳しく見てみると、21 世紀末の RCP8.5 シナリオにおいて、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 5-47）。

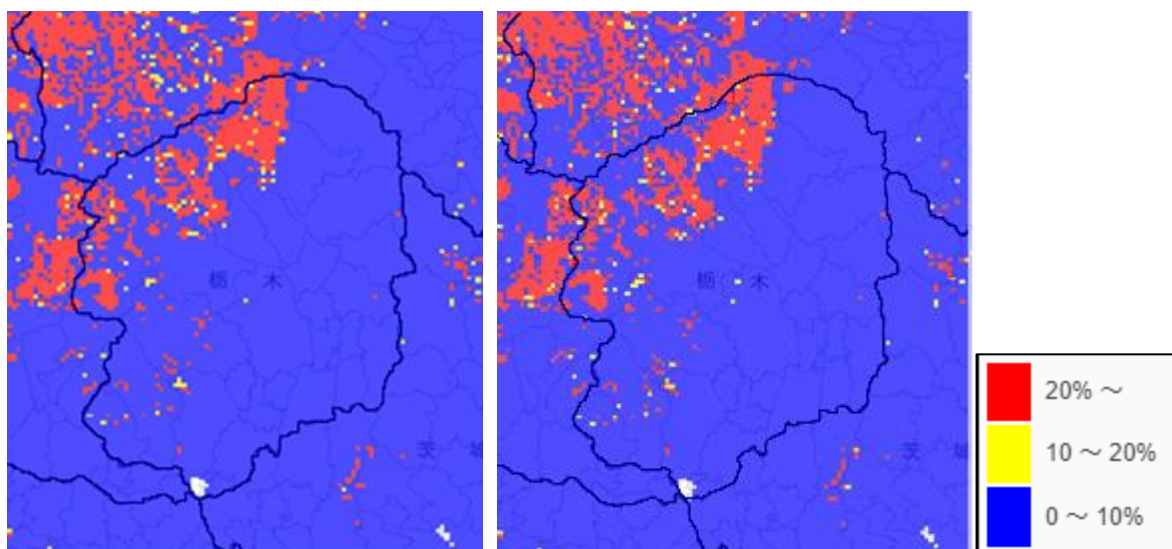


図 5-47 斜面崩壊発生確率（左：現在、右：21 世紀末）

気候モデル：MIROC5、シナリオ：RCP8.5

出典：気候変動適応情報プラットフォーム
 (<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>)

(3) その他

① 強風等（強風や竜巻による風害）

- 現在
 - ・ 台風の発生数、日本への接近数に有意な長期変化傾向は確認できない。一方で、最近 40 年（1980 年から 2019 年）で見ると、日本の太平洋側に接近する台風の数、期間の後半 20 年の東京への接近数が前半 20 年と比べ約 1.5 倍に増加したと報告している研究もある。
 - ・ 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。
 - ・ 令和元年房総半島台風では最大瞬間風速が 50m/s を超えた観測地点があり、千葉県では強風による死者が 1 名発生した。また、保険支払額が約 4,700 億円に上るなど、甚大な被害が発生している。古い住家は強風災害へのリスクが高く、被害拡大に影響したが、飛来物により比較的新しい住家でも被災する特徴が見られた。
- 将来
 - ・ 日本付近の台風について、将来強度が強まると予測されている。また、風速も一部地域で強くなることが予測されている。
 - ・ 台風通過数及び上陸数ともに減少傾向が予測されている。
 - ・ 日本周辺における急速に発達する低気圧（explosive cyclone）の発生数、上陸数は、現在と将来で同程度と予測されている。
 - ・ 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。
 - ・ 高風速による被害の発生率は上昇すると予測されている。また、台風の経路の変化により日本海側で建物の被害率の増加、太平洋側で減少などの地域差が出ることが予測されている。
 - ・ 強風等による被害額の将来予測に関する知見は得られていない。
 - ・ 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】

文部科学省及び気象庁によると、台風の発生数は、1951 年から 2024 年の期間全体では統計的に有意な変化傾向は確認できないが、1960 年代中頃、1990 年代初め、2010 年代中頃に増加が見られ、1990 年代後半から 2010 年代初めにかけては平年より少ない年が多いなど、数十年スケールの変動や年々の変動が卓越している。また、日本への接近数についても、発生数と似た傾向の変動を示しており、統計的に有意な長期変化傾向は確認できない。

一方で、最近 40 年（1980 年から 2019 年）で見ると、日本の太平洋側に接近する台風の数に関する研究においては、期間の後半 20 年の東京への接近数が前半 20 年と比べ約 1.5 倍になったと示されている。

令和元年房総半島台風においても顕著な強風被害が見られた。最大瞬間風速は 50m/s 以上を観測し、複数の地点で最大風速の観測史上 1 位の値を更新した。強風による被害が伊豆諸島、千葉県を中心に発生し、特に千葉県によると、2020 年 10 月 30 日時点で同台風による災害関連死が 9 名で、強風による直接的な死者は 1 名であったことを報告している。車両保険、火災保険、新種保険の合計が 4,656.1 億円、農業用ハウス被害額は 25.7 億円に達し、また、風荷重が耐荷力を上回ったために鉄塔やメガソーラー発電所が損壊したとみられるなど、甚大な被害があった。

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、茨城県つくば市の工業

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、2015～2023 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、2015 年、2016 年、2018 年、2019 年は風害が過半数を占めており、9 年間の風害による被害面積は約 2.3 万ヘクタールとなっている。(図 5-48)。(文献 5-4-13, 文献 5-4-14)

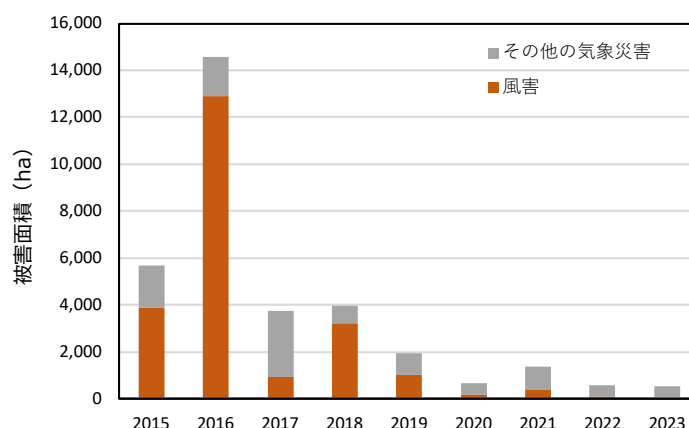


図 5-48 森林における気象災害面積（風害、その他）

出典：(文献 5-4-13、文献 5-4-14 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³⁷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）
負傷者 2 名
- ・ 2023 年 7 月 10 日：ダウンバースト（野木市）
負傷者及び半壊以上の住家被害はなし
- ・ 2024 年 7 月 25 日：ダウンバースト（佐野市）
負傷者及び半壊以上の住家被害はなし

(気象庁ウェブサイト 竜巻等の突風データベース)

³⁷ 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。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

日本付近の台風についても、世界と同様に強度が強まると予測している研究が多いことが、報告されている。

RCP8.5 シナリオの下で 21 世紀末（2080～2099 年）の将来の気候を想定した研究では、台風の強度はピーク時と上陸時ともに増加する傾向を示すことが分かった。

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（ExplosiveCyclone）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（ExplosiveCyclone）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（ExplosiveCyclone）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 5-49）。(文献 5-4-1, 文献 5-4-15)

【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。

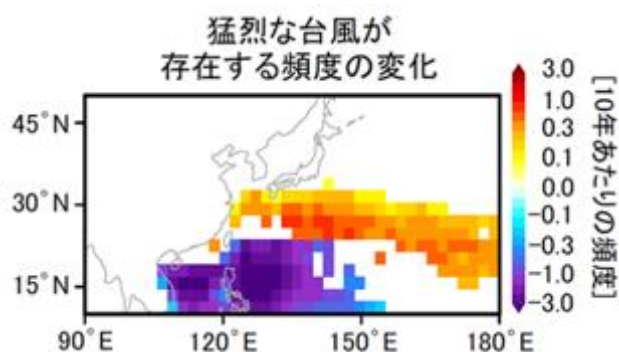


図 5-49 将来における猛烈な台風の状況

(出典：文献 5-4-15)

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
 - ・ 湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念されている。

<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³⁸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>

【全国】

気候変動に伴う雪の変化に着目したレビュー論文では、湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念され、空き家対策が必要となり、また、巻き垂れや雪庇などによる変形・破損や屋根からの落雪などの被害も考える必要があるとしている。(文献 5-4-1)

³⁸ 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。

【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。

（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し、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。内川流域内では、山腹崩壊による生産土砂量が約 60 万 m^3 であるのに対し、溪岸侵食は約 40 万 m^3 、河道由来のものは約 60 万 m^3 であると報告されており、上流域からの土砂流出のみならず、溪岸侵食による河道への土砂供給量が多かったことも、土砂・洪水氾濫が発生した要因の一つであると考えられている。

2024 年 1 月には能登半島地震が発生し、同年 9 月には石川県能登において線状降水帯により猛烈な雨が降り、地震に伴う土砂崩れや地すべり、河道閉塞により流出した土砂や流木が、豪雨による洪水とともに流下し、橋梁等に捕捉されるなどにより橋梁上流側の水位が上昇し、氾濫の範囲が拡大した。（文献 5-4-1）

洪水と内水の同時発生時の避難に関する研究では、同時発生時には、安全に避難できると判断される基準を超える地域が広がることや、避難できなくなる避難所が生じること、より早く避難を開始する必要性があること、避難所での避難継続時間が長くなることが指摘されている

また、2009年の兵庫県佐用町の豪雨災害時には、避難所で新型インフルエンザが蔓延したとの報告がある

近年では COVID-19 による影響も報告されている。令和 2 年 7 月豪雨では、体育館のような空調設備が整っていない避難所に数百人が密集することになり、避難所での COVID-19 感染が懸念された。(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亡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

- ・ 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・熱中症死亡者数の全国的な増加傾向が確認されており、2024 年の熱中症による救急搬送者数は過去最高の 9 万 7 千人以上を記録している。また、人口動態統計をもとにした熱中症による死亡者数は 2 千人以上となった。
- ・ 熱中症による救急搬送者・熱中症死亡者は高齢者の割合が高く、その多くが住宅内で発症し、また、重症化しやすい傾向にある。若年層では、スポーツ活動時に発症することが多い。
- ・ 労働災害として報告された熱中症による死亡者数は、業務上疾病による死亡災害における上位を占めており、特に今後増加する高齢労働者を考慮した作業管理が必要であるとされている。
- ・ 暑熱環境に慣れていない梅雨明け直後に熱中症の発生件数の増加がみられる。また、夏季の暑さ指数の平均が低い地域では、熱中症警戒アラートが発表される日最高暑さ指数が 33 のときの人口当たりの熱中症による救急搬送者数が多い。
- ・ 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

- ・ 気温上昇に伴い、日本各地で WBGT が上昇する可能性が高い。
- ・ RCP2.6 シナリオ程度の気温上昇であっても熱中症救急搬送者数の増加傾向が予測され、21 世紀半ばまでに RCP2.6 シナリオでは現在の 1.8 倍、RCP8.5 シナリオでは 4.5 倍に増加すると予測されている。
- ・ 熱中症発生率の増加は、65 歳以上の高齢者で最も大きくなるとする予測があり、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。
- ・ ヒートアイランド現象により中心市街地では住宅地よりも熱中症リスクが増加することが予測されている。
- ・ 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】

日本全国を対象とした研究では、各地で WBGT の上昇傾向がみられることが報告されている。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者数医療機関受診者数、

熱中症死亡者数の増加傾向が報告されている。

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。

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梅雨明け直後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、日最高気温が 30℃前後（北海道ではより低い気温）から搬送数(率)が増え始め、気温が高くなるに従って増加する傾向がみられる。また、日最高 WBGT が 28℃（北海道は 26℃）を超えると搬送数(率)が急激に増加していく傾向がみられる。(図 5-50)。(文献 5-5-2)

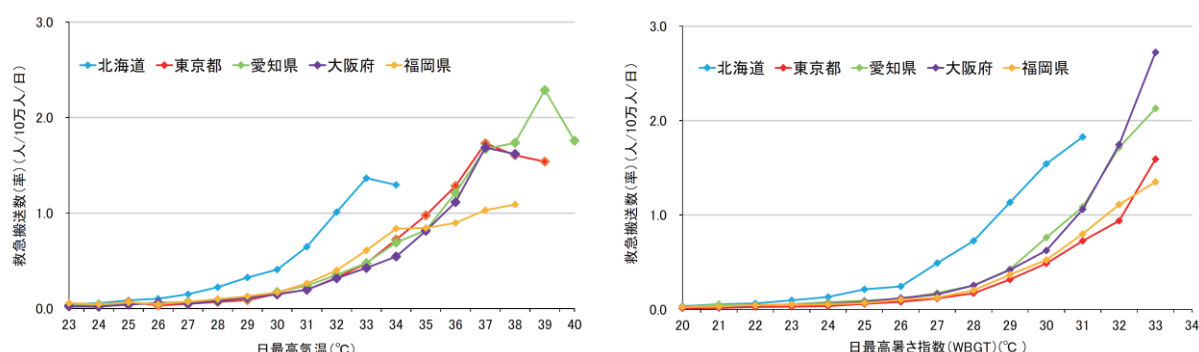


図 5-50 熱中症搬送数（率）（2008～2021 年）
（左：日最高気温別、右：日最高 WBGT 別）

（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、2023 年には 1,500 人を超える状況となっている（図 5-51）。

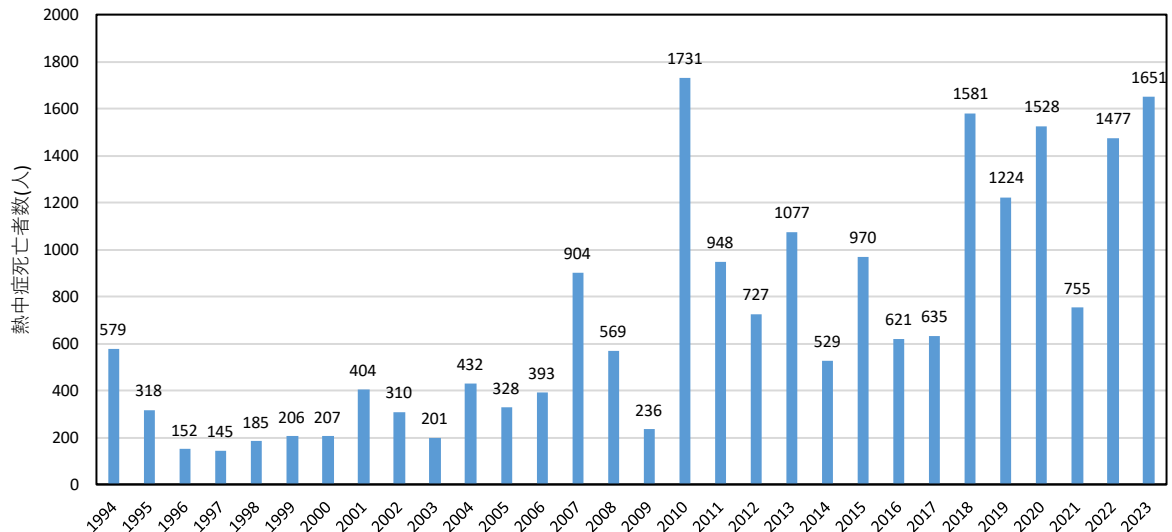


図 5-51 年次別熱中症死亡者数（全国、1994～2023 年）

（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 5-52）。

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）

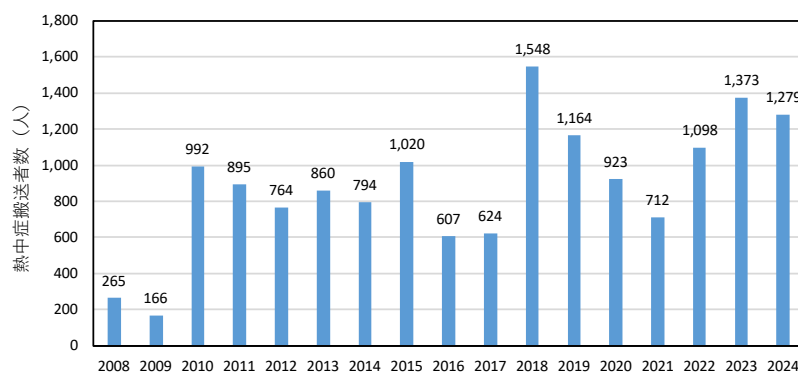


図 5-52 栃木県における熱中症搬送者数（5～9 月）の推移

（出典：国立環境研究所 環境展望台ウェブサイトより作成）
<https://tenbou.nies.go.jp/gis/explain/hs/index.html>

<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 5-53 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 5-53 下）。(文献 5-5-4)

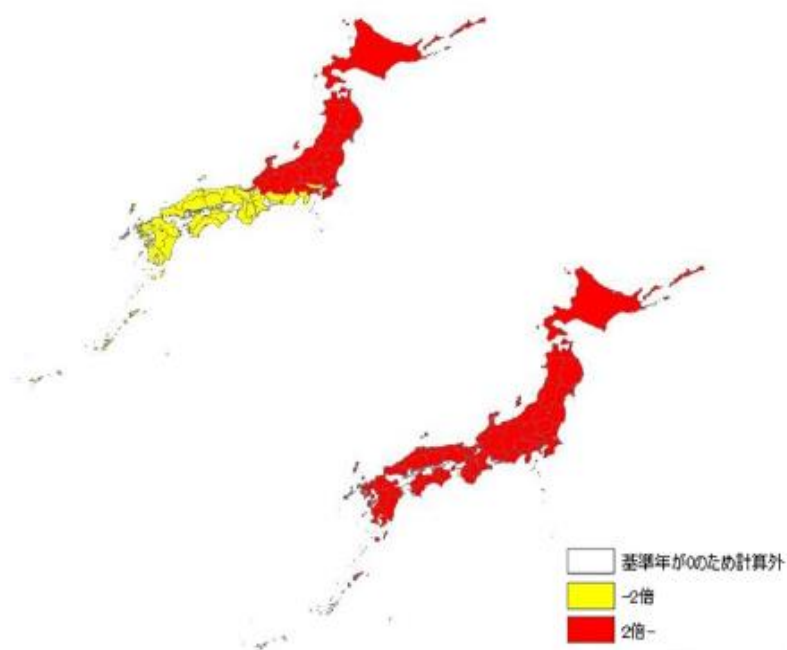


図 5-53 熱中症搬送者数（上）と熱ストレスによる超過死亡者数（下）の将来予測
（21 世紀半ば、RCP8.5）

（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 5-54）。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 5-55）。

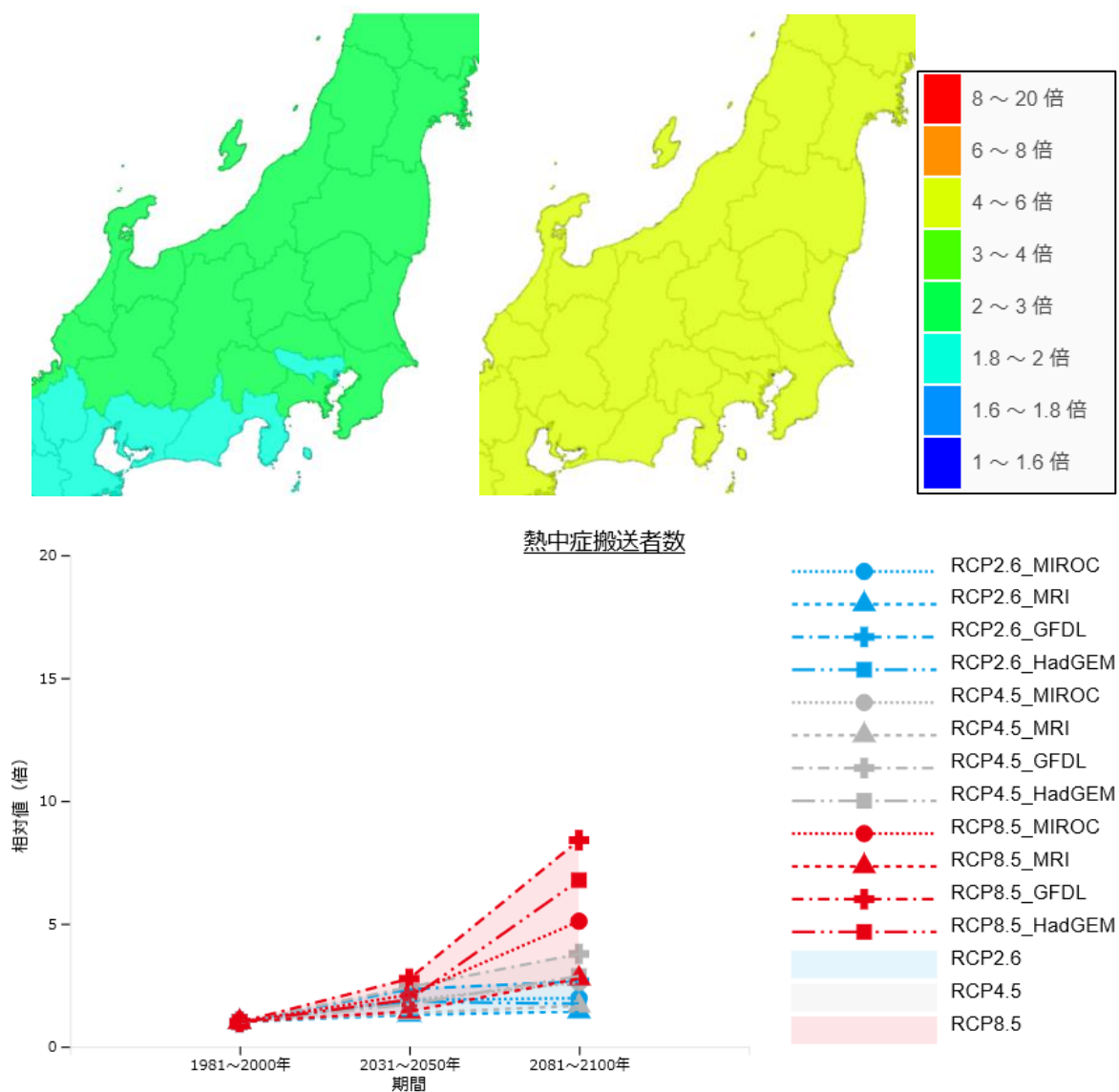


図 5-54 熱中症搬送者数の将来予測（栃木県）
（左上：21 世紀半ば、右上：21 世紀末；いずれも RCP8.5）

出典：気候変動適応情報プラットフォーム
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>)

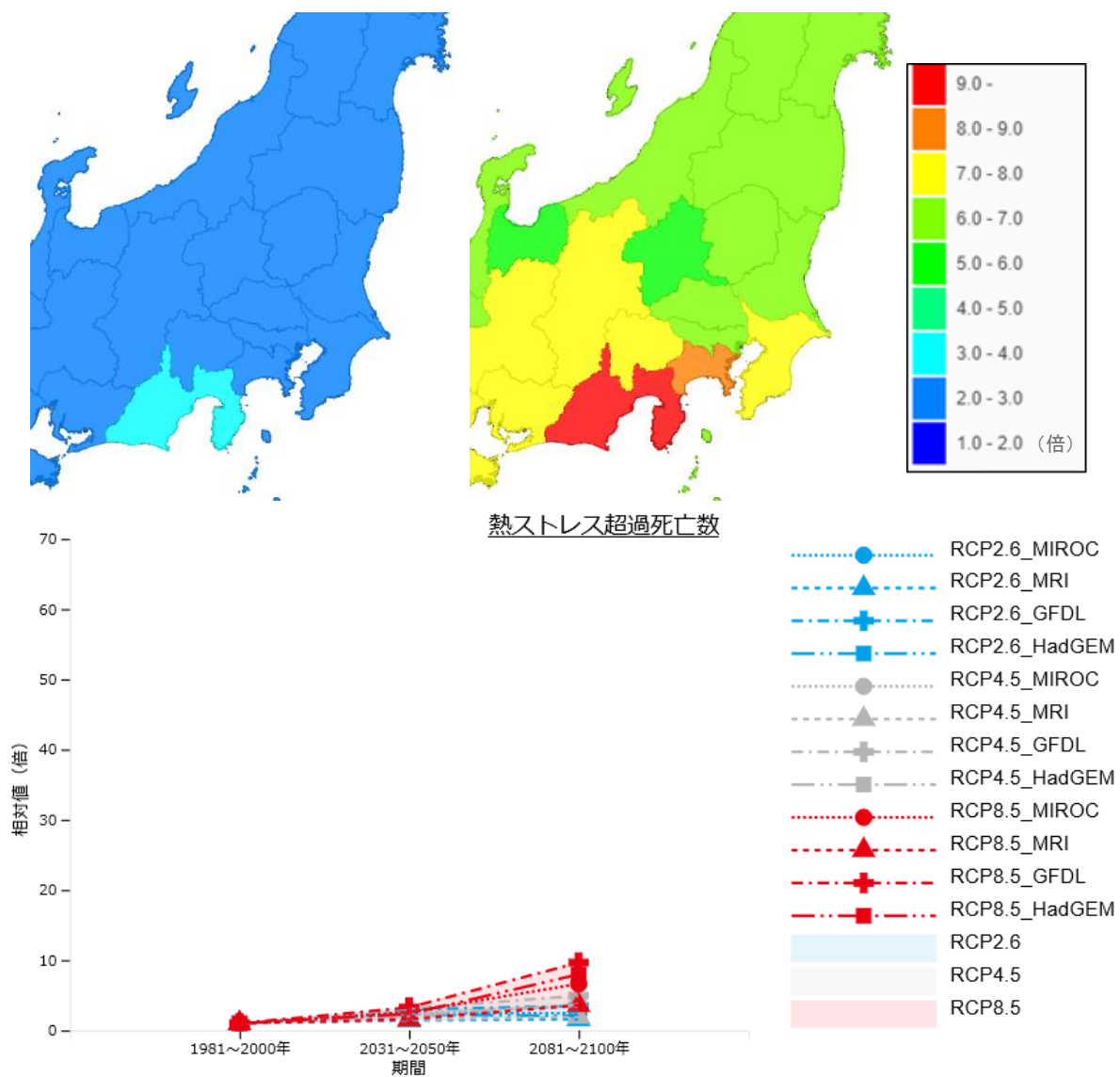


図 5-55 熱ストレス超過死亡数の将来予測（栃木県）
（左上：21 世紀半ば、右上：21 世紀末；いずれも RCP8.5）

出典：気候変動適応情報プラットフォーム
(<https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html>)

(2) 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。
- ・ デング熱やチクングニア熱などの蚊媒介感染症の国内への輸入感染症例が毎年報告されており、2019 年にデング熱の国内感染例、2024 年にも国内感染が疑われる事例が発生している。
- ・ 発生地域の拡大が確認されている。
- ・ マダニにより媒介される日本紅斑熱、重症熱性血小板減少症候群（SFTS）の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

- ・ RCP シナリオを用いた予測では、RCP4.5 シナリオ及び RCP8.5 シナリオで、2010 年代と比較して 21 世紀末にかけて日本全国で下痢症の罹患率が低下することが予測されている。低下するのは特に冬季のロタウイルス等のウイルス性の下痢症とされている。
- ・ 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おこると考えられている。
- ・ デング熱については、流行可能地域が日本全域に拡大することが予測されている。
- ・ 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。
- ・ デング熱やチクングニア熱の主要な媒介蚊であるヒトスジシマカの分布可能域について、RCP8.5 シナリオを用いた予測では、21 世紀末には日本の国土の約 75～96%にまで分布が広がる可能性があると考えられている。また、活動開始時期が早期化する可能性がある。
- ・ RCP4.5 や RCP8.5 シナリオでは、既に流行確率が高いとされている 7 月や 8 月に加えて、6 月や 9 月でもデング熱の流行リスクが上昇する。また、気温の影響だけでなく、輸入感染者数（流行国からの渡航者数）の増加も大きくデング熱流行確率の上昇に寄与する。
- ・ 日本脳炎の媒介蚊であるコガタアカイエカ及びニセシロハシイエカについても、温暖化に伴い分布域が拡大するとともに、活動時期の拡大が予測されている。
- ・ 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。
- ・ 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】

水系感染症について、気温の上昇、大雨、洪水、干ばつが下痢性疾患の増加と関連するという証拠が増えつつあること、降雨量が多く気温が平年より高いことがコレラのリスク増加と関連していること、降雨量の増加、温暖化、干ばつ頻度の増加などは、他の消化器感染症のリスク上昇と関連していること。食品媒介性感染症については、気温・水温上昇や夏季の長期化が食品媒介感染症の増加と関連していることが報告されている。

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。

蚊の分布域については、デングウイルス等の媒介生物であるヒトスジシマカの生息域は、1950年以降、東北地方を徐々に北上し、2016年以降には青森県で定着が確認されている。

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ている。

2021年以降は毎年100名を超える患者が報告され、2025年は過去最高の183名（2025年11月2日時点）の患者が報告されている。

近年、ニホンジカやイノシシの分布の北上が確認されており、それらの野生動物にマダニも寄生することから、マダニの生息域及びダニ媒介感染症の流行域変化の可能性がある。（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。推定感染地域については、これまで西日本が中心であったが、2025年には神奈川県、岐阜県、北海道、茨城県、栃木県が新たに追加されている。（文献 5-5-1）

県内では、重症熱性血小板減少症候群（SFTS）の患者は、2025年第36週までに2件が確認されている。（文献 5-5-5）

○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 5-56）。（文献 5-5-6）

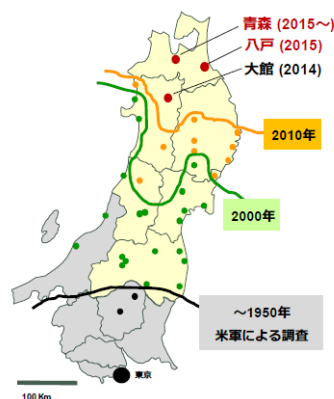


図 5-56 ヒトスジシマカの分布域（東北地方）

（出典：文献 5-5-6）

<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おこると考えられている。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。

日本全国を対象とした予測において、RCP4.5 シナリオ及び RCP8.5 シナリオで、2010 年代と比較して 21 世紀末にかけて下痢症の罹患率が低下することが予測されている。ただし、低下するのは特に冬季のロタウイルス等のウイルス性の下痢症とされており、夏季の細菌性の下痢症に対する対策は必要となる点に留意する必要がある。

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。

デング熱やジカウイルス感染症の主要な媒介蚊であるネッタイシマカについては、現在は国内には生息していないが空港への侵入がみられ、将来 1 月の平均気温が 3℃上昇した場合、生存するために必要な冬季の気温である 10℃を上回る地域は関東の沿岸地域まで北上するとされており、国内に定着する可能性がある。

デング熱やジカウイルス感染症の主要な媒介蚊であるネッタイシマカについては、現在は国内には生息していないが空港への侵入がみられ、将来 1 月の平均気温が 3℃上昇した場合、生存するために必要な冬季の気温である 10℃を上回る地域は関東の沿岸地域まで北上するとされており、国内に定着する可能性がある。

デング熱については、東京都、神奈川県、大阪府といった旅行者数と人口の多い都道府県でのリスクが高くなることや、媒介蚊であるヒトスジシマカの分布域が北海道まで広がることが予測されている。日本脳炎を媒介するニセシロハシエカについては、将来的に気温上昇に伴い鹿児島県以北の地域へ分布域が拡大する可能性が指摘されている。デング熱やジカウイルス感染症の主要な媒介蚊であるネッタイシマカについては、南西諸島を除いては定着の可能性は低いと見込まれているが、成田国際空港・中部国際空港・東京国際空港（羽田）では侵入が確認されている。

（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 5-57）。

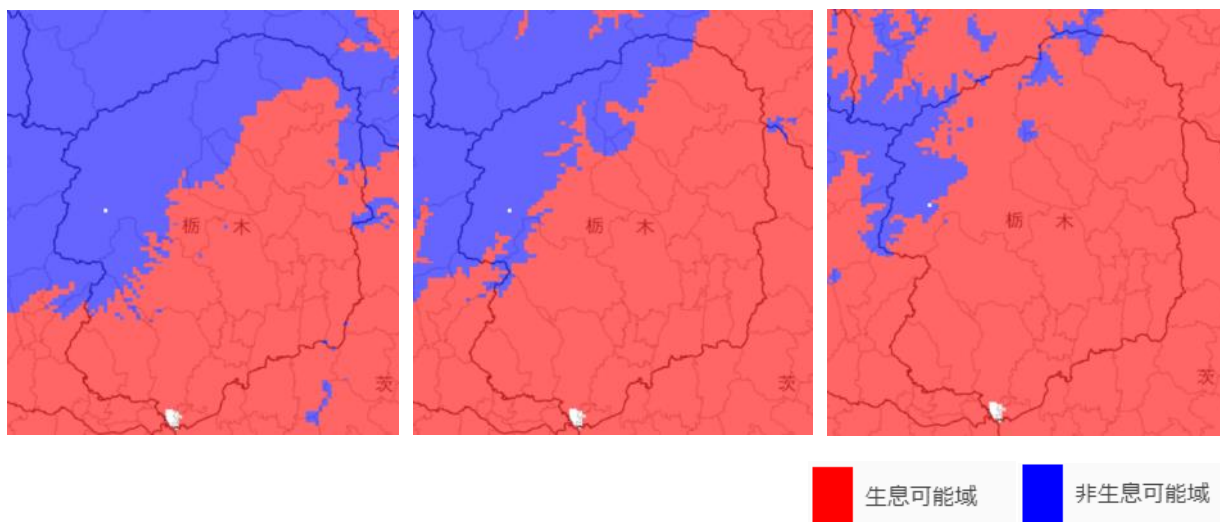


図 5-57 ヒトスジシマカの生息可能域（栃木県）
（左：現在、中央：21 世紀半ば、右：21 世紀末；いずれも RCP8.5）

出典：気候変動適応情報プラットフォーム
 (https://a-plat.nies.go.jp/webgis/tochigi/index.html)

(3) 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変化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。
 - ・ 温暖化は、大気汚染と気温の相互影響を増強させる可能性があり、高温が O₃（オゾン）による救急出動件数の増加に与える影響を強める事例、高濃度の O₃ や PM2.5 が高温による死亡リスクを増加させる可能性があることが報告されている。
 - ・ 県内では、オキシダント濃度は横ばいである。
- 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、光化学オキシダント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）

高温が大気汚染物質による健康影響に与える影響については、日本の 8 都市を対象とした研究では、気温が短期 O₃ 曝露と救急出動件数の関連にどのように影響するかを検討した結果、全急性疾患による救急出動件数に対する O₃ の推定効果は気温の上昇とともに増加した。一方、心血管疾患及び呼吸器疾患による救急出動件数に対する O₃ の効果は統計的に有意ではなかった。

大気汚染物質が高温による健康影響に与える影響については、日本の 20 都市を対象とした研究では、高濃度の O₃ や PM2.5 は、気温による死亡リスクを増加させる可能性があることが報告されている。（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、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、長期的には減少傾向であり、近年は横ばいで推移している（図 5-58）。（文献 5-5-7）

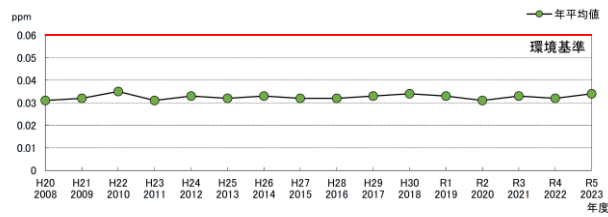


図 2-7 光化学オキシダント濃度の推移〔昼間の 1 時間値の年平均値〕

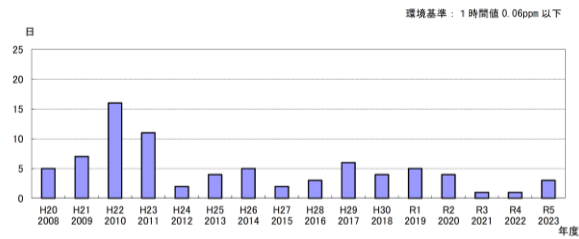


図 5-58 栃木県内におけるオキシダント濃度の推移（上）
光化学スモッグ注意報年間発令数の推移（下）
（出典：文献 5-5-7）

<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。（文献 5-5-1）

【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 5-59）、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 5-60）。（文献 5-5-7）

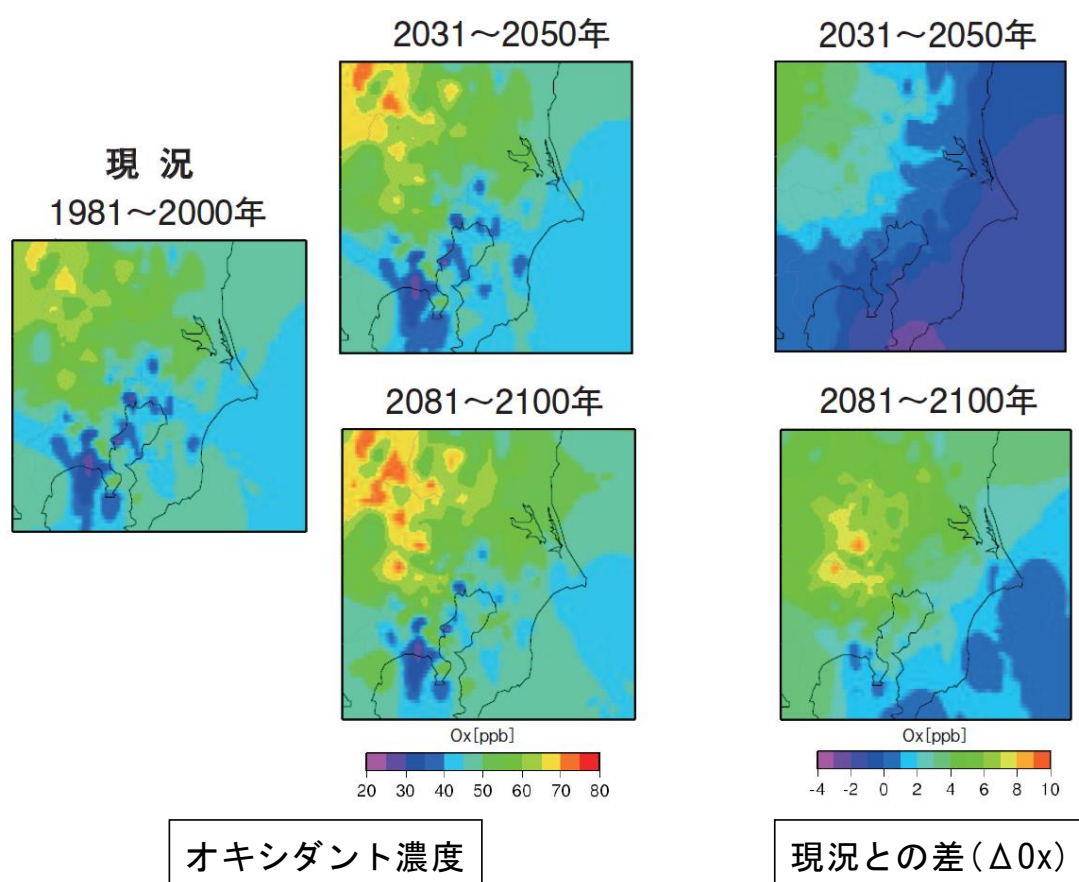


図 5-59 関東地方におけるオキシダント濃度の現況と将来推定

（出典：文献 5-5-7）

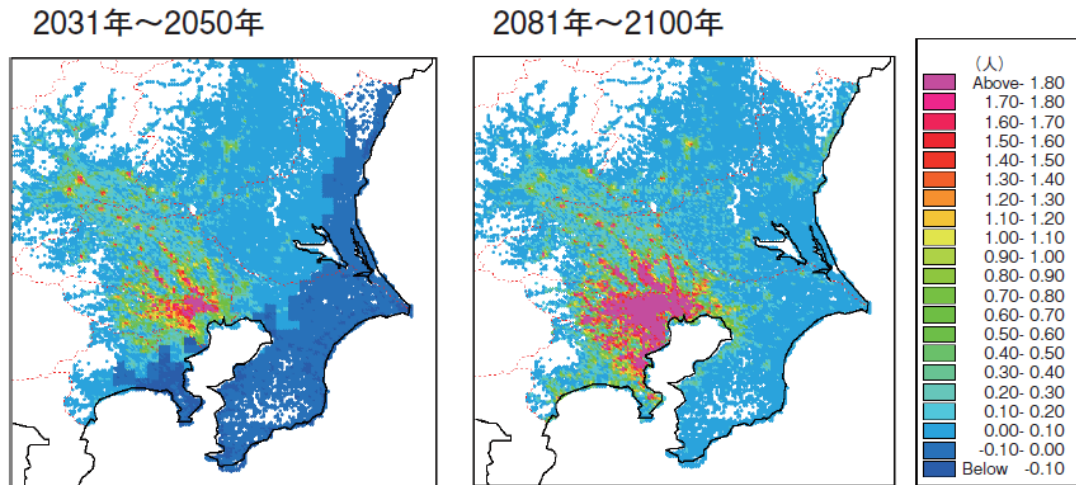


図 5-60 オキシダント濃度増加に伴う関東圏の増加死亡数（65 歳以上）³⁹

（出典：文献 5-5-7）

（4）メンタルヘルスへの影響

- 現在
 - ・ 高温はメンタルヘルスに影響し、気温が上昇するにつれて自殺リスクが増加することが報告されている。一方で、気温が一定の温度を超えると横ばいになったとする報告もある。
 - ・ 高温により自傷行為による救急搬送数が増加している。
- 将来
 - ・ RCP8.5 シナリオでは、気温上昇に伴い自殺率が数%増加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】

全国を対象とした研究では、気温が上昇するにつれて自殺リスクが増加することが報告されているが、気温が閾値を超えると横ばいになったとする報告がある。

自傷行為と暴行行為による救急搬送のリスクは、同日の気温の上昇に伴って増加することが示された。（文献 5-5-1）

【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。

³⁹ 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。

<2. 将来予測される事象>

【全国】

RCP8.5 シナリオにおいて、各種犯罪件数（殺人・暴行・窃盗など）と自殺件数はいずれも現在と比べて数%程度増加することが推測されている。別の研究では、SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP5-8.5 シナリオにおいて、2010～2019 年と比べて 2090～2099 年には自殺率が 0.6～2.4%増加することが予想されている。（文献 5-5-1）

【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）自然災害に起因する健康影響

➤ 現在
・ 日本を含む複数の国において、気候変動による災害頻度の増加や激甚化により、災害時における死亡者数や各種疾患の罹患数、感染症の発生が増加し、メンタルヘルスへの悪影響が生じるとされている。
・ 水害や台風等の発生による全死亡、心血管疾患死亡及び罹患、レジオネラ菌による肺炎、メンタルヘルスの不調の増加が生じており、自殺者数の増加も示唆されている。
・ 災害による環境の変化や介護サポートの欠如により、高齢者の認知機能低下や高齢者施設等への入所リスクの増加、基礎疾患有病患者に対する医療提供体制への影響が見られている。
・ 令和元年東日本台風において宇都宮市内で特に浸水被害が集中した地域を対象とした調査では、健康状態の悪化が増加したことが報告されている。
➤ 将来
・ 国内における、自然災害に起因する健康への影響に関する知見は確認されていないが、海外において、気候変動の影響による自然災害の頻度や深刻さの増加により、感染症を含む健康リスク増加の可能性が予測されている。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

豪雨や洪水に関する知見としては、日本を含む世界 35 カ国を対象とした研究で、洪水後最大 60 日間、全死亡率、心血管系死亡率、呼吸器系死亡率のリスクが増加すること、中国、台湾、韓国、日本を対象とした研究で、豪雨により呼吸器疾患による死亡リスクが増加すると報告されている。

熱帯低気圧・台風に関する知見としては、日本を含む世界 14 カ国を対象とした研究で、熱帯低気圧の 2 週間後の死亡率が 6%増加し、東アジアで 10 年あたり 28,000 人以上の超過死亡が推定された。日本を含む東アジア 4 カ国を対象とした研究では、熱帯低気圧により全自然死亡及び呼吸器疾患による死亡率が増加した。日本を含む 18 カ国の 1980 年から 2019 年の間の熱帯低気圧を対象とした研究では、全体として熱帯低気圧関連の最大持続風速と累積降水量と死亡率の増加がほぼ直線関係がみられ、日本では台風関連の全死因及び心血管疾患による死亡率に増加傾向が見られた。

世界労働機関の報告では、労働者が異常気象や気候関連災害にさらされると、ストレス、不安、うつ病、薬物乱用、PTSD、自殺などへの悪影響の可能性があると、医療従事者や消防士等に

メンタルヘルスの悪化が見られる等の結果が紹介されている。

感染症の増加に関する知見としては、平成 30 年 7 月豪雨で岡山県倉敷市では、災害後に土壌からレジオネラ菌を含むエアロゾルを吸入する機会が増え、レジオネラ肺炎症例が増加したと推測されている。

気候変動影響による災害でたまり水環境が増えると、感染症を媒介する蚊が発生することが予想される。

避難所での感染症への不安について報告した知見として、新型コロナウイルス感染症のパンデミック下に、感染症対策などへの不安により避難所生活を望まない人が増加したことが報告されている。

災害時に脆弱性な集団としては、高齢者や基礎疾患を持つ患者が挙げられる。人工透析治療はライフラインに大きく依存しているため、災害時に治療の継続が困難になり、生命に関わることが懸念されている。

平成 30 年 7 月豪雨では、高齢者の認知機能低下や高齢者施設等の入所リスクが増加し、環境変化や介護不足が影響したと報告され、浸水、停電、断水により人工透析治療の医療体制が影響を受けた。令和元年房総半島台風でも、停電と通信障害により、在宅酸素療法患者や透析患者に深刻な影響が生じた。(文献 5-5-1)

【栃木県または関東】

栃木県内においては、令和元年東日本台風において、宇都宮市内で特に浸水被害が集中した宇都宮市千波町を含む宇都宮駅西側に位置する連合自治会内の被災地を対象に行われた調査の事例がある(1,242 世帯配布、448 世帯回収)。健康状態について、平時の健康状態(発災前)が「ふつう」以上においても健康悪化が微増したこと、加齢に伴う健康悪化割合の増加、災害後に 60 代以上の健康症状「不眠」、「腰痛・疼痛」の割合増加、災害後に 60 代以上において通院ありの割合増加したことが報告されている。(文献 5-5-8)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

気候変動の影響により大雨や洪水、干ばつ、暴風雨、山火事の頻度や深刻さの変化に伴い、大雨や洪水が増加すると予測される地域においてカンピロバクター感染症やその他の腸管感染症のリスクが上昇すること、洪水、干ばつ、ハリケーンなどがメンタルヘルスとウェルビーイングを直接悪化させ不安を増大させると予測されている。(文献 5-5-1)

【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) その他の健康影響

- 現在
 - ・ 花粉飛散量は、年次変動を繰り返しながら増加傾向にあり、飛散量増加の要因としては、1970年以降のスギ人工林の成長に伴い、雄花を付け始めると考えられる 20 年生以上のスギ林の面積が増加してきていることが考えられる。スギ花粉飛散量の多い年では再診の増加や治療日数の長期化が見られている。
- 将来
 - ・ 国内における気候変動と花粉の飛散量、花粉症の罹患数に関する将来を予測した知見は確認されていない。

<1. 現在起こっている事象>

【全国】

2026 年 1 月に民間企業が実施した花粉症に関するアンケート調査では、「花粉症です」と回答したのは全国で 56%であった。全国平均の 55%を超える県は本州の太平洋側に集中しており、特に関東、甲信と東海、四国で 60%を超える県が多くなっている。(文献 5-5-9)

花粉症について、花粉飛散量は年次変動を繰り返しながら増加傾向にあり、飛散量増加の要因としては、1970 年以降のスギ人工林の成長に伴い、雄花を付け始めると考えられる 20 年生以上のスギ林の面積が増加してきていることが考えられる

スギ花粉飛散量の多い年には、一部の医療センターでは、スギ花粉症患者の再診割合の増加や抗アレルギー剤投与日数の長期化も報告されている。(文献 5-5-1)

【栃木県または関東】

民間企業が実施した花粉症に関するアンケート調査では、「花粉症です」と回答したのは栃木県では 64%であった。(文献 5-5-9)

<2. 将来予測される事象>

【全国】

花粉症への影響については、気候変動とスギなどの花粉飛散量との関係から将来予測を行った知見は確認できず、現時点で評価をすることができない。

【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。

5.1.6 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) 全般

- 現在
 - ・ 2018 年～2022 年の 5 年間ににおける水害による被害額は合計 3,625 億円。
 - ・ 2019 年の台風災害では企業が水没や強風による停電や断水で甚大な影響を受けた。また、自社に影響がなくても、物流網やサプライチェーンの寸断により多くのメーカーが部品供給の停止で操業を停止。令和元年東日本台風の一般資産の総被害額は 1 兆 1,500 億円。
 - ・ 気候変動による雪不足で中小スキー場の倒産が相次ぎ、レジャー産業に深刻な影響。
 - ・ 労働者の熱中症被害も増加しており、2020 年～2024 年の 5 年間に職場で発生した熱中症による年間死傷者数は合計 4,710 人。
 - ・ 栃木県内では暖冬による雪不足でスキー場の営業開始日の遅れや営業終了の早期化、人工降雪機の使用時間の長期化などの事例がある。
- 将来
 - ・ 現行の環境政策を維持した場合、洪水被害によって 2100 年に資本ストックが 0.75%、GDP が 0.18% 減少する可能性が予測されている。
 - ・ 国内の洪水被害の予測では、全国の工業団地の約 3 割が浸水リスクを抱えているとされ、また代表的な港湾のうち広島湾と三河湾の被害額が特に大きいことが予測されている。

＜1.現在起こっている事象＞

【全国】

国内における 2018 年から 5 年間の水害による産業全体における被害額は合計 3,625 億円であり、年別に見ると 340 億円（2022 年）、164 億円(2021 年)、104 億円(2020 年)、1,697 億円(2019 年)、1,320 億円(2018 年)と報告されている。

2019 年の令和元年房総半島台風と令和元年東日本台風の際には多数の企業が没水や強風による被害を受け、停電や断水の長期化、従業員の通勤困難等のかたちで、甚大な影響を受けた。さらに物流網やサプライチェーンの寸断により、自社工場に影響がなくても、部品供給が途絶えたために操業を停止せざるを得ないメーカーが多数発生した。

気温や降水量などの変化による影響としては、近年、雪不足のため各地で中小規模のスキー場の倒産が相次いでいる。長期的な影響は、自然環境に依存したレジャー産業や農林水産業などでは特に深刻だが、空調用の電力費の増加、水不足などのかたちで、その他の製造業にも影響を及ぼすとされている。(文献 5-6-1)

【栃木県または関東】

栃木県では、2015 年から 2024 年において、熱中症による死傷者は産業界で 109 人であった。業種別では、製造業が最も多く 30 人、次いで警備業が 16 人、建設業及びその他がそれぞれ 15 人となっている。(文献 5-6-2)

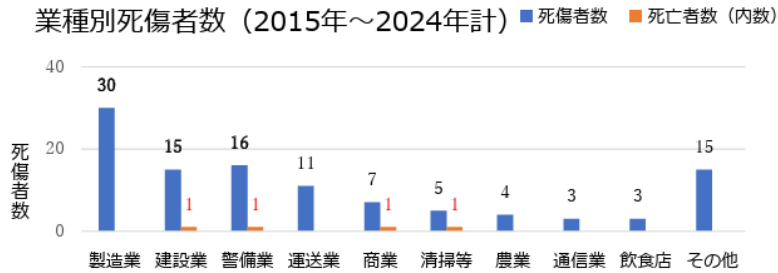


図 5-61 栃木県の業種別死傷者数（2015 年～2024 年計）

（出典：文献 5-6-2）

＜2.将来予測される事象＞

【全国】

洪水による国内の経済的影響を予測した研究において、現行の環境政策を維持したシナリオでは、2080 年以降に洪水による経済的影響による資本減価償却率が急速に増加し、2100 年時点で資本ストックが 0.75%、GDP が 0.18% 減少する可能性がある。一方で 2050 年までにネットゼロを実現したシナリオでは、2100 年時点で資本ストックと GDP の減少がそれぞれ 0.37% と 0.03% に抑えられる可能性があるとされている。全国約 2,000 の工業団地の浸水リスクを調査した結果、約 3 割の工業団地で浸水のリスクがあり、その半数以上は浸水深 2.0m 以上となっているほか、富山県、埼玉県、新潟県などでは 7 割以上の工業団地でリスクがあることが明らかになった。また、耕地による保水効果（田んぼダムなど）による減災効果についても推定し結果、水田面積比率が高い地域では、日最大水量がある閾値を超えると水害被害を助長する可能性がある（堤防の決壊と類似した現象が生じうる）ことが明らかになった。（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）製造業

- 現在
 - ・ 製造業では極端現象の頻度や強度の増加に伴う水害により 2018 年～2022 年の 5 年間で合計 1,294 億円の被害が発生している。また大洪水時に鉄工所で油流出事故（2019 年）が発生しており、大雨発生回数の増加により水害リスクが増加している。
 - ・ 製造業において、2020 年～2024 年の 5 年間に発生した熱中症による年間死傷者数は 897 名で、建設業に次いで多く発生している。
 - ・ CDP 気候変動質問書（2022 年）の回答では、製造業においては気候変動の影響を事業活動へのリスク要因とみる一方で、機会要因とも捉える企業が多い結果を得ている。
- 将来
 - ・ 気象災害によるリスクとしては、風水害や大雪による工場被災や幹線道路閉鎖に伴う生産停滞、従業員の通勤や出張への影響、自社工場の操業停止、サプライチェーンの寸断、海面上昇による工場浸水、設備故障、生産拠点移転の必要性が生じることなどが挙げられる。

- ・ 平均気温の変化による影響としては、生産過程、生産物の販売、生産施設の立地に直接的・物理的な影響が生じるとともに、温度制御のためのコスト増大、労働環境の悪化と生産性の低下、夏季期間の労働自粛による売上減少などが想定されている。
- ・ 異常気象や気温上昇により大豆の生産量が不安定になるリスクがあり、大豆油の高騰が他の食用油の価格にも影響を与える可能性があると指摘されている。
- ・ 企業の情報開示では、気象災害による事業所やサプライチェーンへの影響、海面上昇による水不足などが想定されており、地下水の減少により上水道を利用することに伴うコスト上昇や工場の操業停止、災害対策費用増加による競争力の低下を予測する企業もある。
- ・ 事業機会として異常気象・自然災害による影響を未然防止するための情報技術ソリューション、気候変動に適応する天然物由来の農業資材製品の展開等が挙げられる。
- ・ 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】

気象災害による影響が懸念されており、想定されている代表的なリスクとして、工場被災や幹線道路閉鎖による生産停滞、従業員の通勤や出張への影響、自社工場の操業停止、サプライチェーンの寸断、顧客の操業停止・遅延による営業やサービスの停滞がある。また、海面上昇や河川氾濫による工場浸水、設備故障などによる操業停止や設備対策費用と復旧費用の増加、生産拠点移転の必要性も挙げられる。精密機械製造に関しては、災害発生による事業継続のリスクが挙げられている。

平均気温の変化による影響としては、製造等の過程で重要な温度管理が困難になることや温度制御のためのコスト増大、電子機器への耐熱要求が厳しくなること、労働環境の悪化と生産性の低下や空調エネルギーコストの増加、夏季期間の労働自粛による売上減少などが想定されている。

（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

栃木県では、2015 年から 2024 年において製造業では熱中症により 30 人の死傷者が出ており、全業種の中で最も多い。（文献 5-6-2）

＜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。

具体的な研究事例は限られているが、油脂製造に関する調査として、大豆は干ばつや豪雨のような異常気象による一時的な被害と、3℃以上の気温上昇による中長期的な被害を受け生産量が不安定になり、大豆油の高騰によってパーム油や菜種油などの他の食用油の価格にまで影響を与える事態が予想されると指摘するものがある。

企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等によると、精密機械製造では製造等の過程で重要な温度管理が困難になることや温度制御のためのコスト増大、電子機器への耐熱要求が厳しくなること、機械や電気機器製造では労働環境の悪化と生産性の低下や空調エネルギーコストの増加、夏季期間の労働自粛による売上減少などが想定されている。

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。

(3) エネルギー産業

- 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いえない。
 - ・ 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。

CDP 気候変動質問書（2021 年）の回答によると、発電に関する企業では、生産能力低下に起因した売上減少（回答した発電に関する企業の合計 46.5%）、直接費の増加（回答した発電に関する企業の合計 31.4%）などへの懸念を示す回答が見られることが報告されている。

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 5-6-1）

○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 3～4%、その他の地域で 1～2%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 1～2%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。

空調電力需要は、SSP シナリオに基づく予測では、夏季の冷房需要が増加し、冬季の暖房需要が減少する地域が多いことが示されている。

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。

(4) 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
 - ・ 気候変動による温暖化が飲料の需要を通年で増加させ、魚介類・肉類の需要を通年で減少させる効果があると指摘されている。
 - ・ 企業の情報開示等では、操業への影響やコスト増加への懸念が報告されている。

＜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うると指摘する研究等がある。

企業の情報開示等では、以下のリスクが想定されている。（文献 5-6-1）

○材料卸売業では、洪水等により原料事業所在国の施設の破損や操業中断、渇水等による操業への影響が懸念される。

○食品卸売業では、世界的な海水温上昇・海面上昇等によって、養殖適地への影響や病害・赤潮等の増加に伴う死亡率の上昇及び生産コストが増加することなどが懸念される。

○降水・気象パターンの変化に伴い、配送遅延や事故等が増加し、配送費・人件費・保険料等のコストが増加することに加え、植生や木材調達地域の変化による木材調達コスト・木材を原料とする商品の調達原価の増加が挙げられている。

企業の情報開示等では、事業機会としては、下記が想定されている。

○卸売業では、気温上昇等に伴う食料産地の変化や異常気象によるサプライチェーンへ影響が及ぶことによる食料資源の確保と安定供給ニーズの高まりが挙げられている。

○小売業では、運営施設の災害対策充実による利用客増加や評判の向上が挙げられている。

【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。

(5) 金融・保険業

➤ 現在
・ 近年の傾向として、保険金支払額が著しく増加しており、平成 30 年台風第 21 号による保険金支払額が 1 兆円に達したことが報告されるなど、保険会社への影響が増している。
・ 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るとともに近年の自然災害による保険金支払額増加等の理由により参考純率が引き上げられている。
➤ 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。

＜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 年に引き下げており、更に現在は 5 年まで引き下げられている

また、実際に近年の自然災害による保険金支払額増加等の理由により、参考純率（保険料のうち保険金の支払いに充てられる部分）の引き上げが続いている。（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

栃木県に本店を置く金融機関の TCFD 提言に基づく情報開示では、自然災害による顧客の事業停滞・業績悪化に伴う信用リスクの増加、価証券等の価値の下落に伴う市場リスクの増加、与信関係費用の上昇等がリスクとして挙げられている。（文献 5-6-3、文献 5-6-4）

＜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。

企業による TCFD 提言に基づく情報開示では、担保資産への損害や気象の変化による経済コストの上昇などのリスクが想定されている。

（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

栃木県に本店を置く金融機関が NZE（Net Zero Emission by2050）シナリオ（1.5℃シナリオ）に基づき、「鉄鋼」「エネルギー」「不動産」について将来の業績変化を予想し、与信関係費用への影響を推計（脱炭素社会への移行に伴い、炭素税が導入された場合における投融資先の財務悪化）した結果では、2050 年までに与信関係費用の増加額を最大 15 億円程度と分析している。また、RCP8.5 シナリオにおいて栃木県および埼玉県に本店を置く顧客の事業中止や停滞による売上減少額を推計し、その結果による保全額の低下と、顧客の財務悪化による与信関係費用への影響を算出した結果では、信関係費用の増加額は 8 億円程度と分析している。（文献 5-6-4）

(6) 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。
- ・ 那須塩原市では、夏季の冷房コストの増加や、スキー場において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。
- ・ 佐野市では、急激な気温上昇、大雨、台風などの影響による外出控えから、店舗やレジャー施設などの売上減少や臨時休業が起きる事例が確認されている。

➤ 将来

- ・ 気温上昇により夏季は気温の上昇等により観光快適度が低下すると予測されるほか、さらなる積雪深減少によりスキー場や雪まつり・スポーツ大会などへの影響が予測される。
- ・ 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。
- ・ 日光市では、紅葉時期、新緑や花の開花時期など、観光の季節感の変化や、避暑地としてのイメージ変化などが懸念されている。また、冬季の積雪量減少や気温上昇などによる、スキー場や雪を活かした行事での雪不足、天然氷生産などへの影響も懸念されている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

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。

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】

栃木県内では暖冬による雪不足でスキー場の営業開始日の遅れや営業終了の早期化、人工降雪機の使用時間の長期化などの事例がある。（文献 5-6-5）

那須塩原市では、夏季の冷房コストの増加や、スキー場において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 5-6-6）

佐野市では、急激な気温上昇、大雨、台風などの影響による外出控えから、店舗やレジャー施設などの売上減少や臨時休業が起きる事例が確認されている。（文献 5-6-7）

<2.将来予測される事象>

【全国】

2050年頃には、夏季は気温の上昇等により観光快適度 89 が低下するが、春季や秋～冬季は観光快適度が上昇すると予測されている。また、2050年、2100年のいずれにおいても観光需要は増加することが予測されている。

気温の上昇に伴い、サクラの開花から満開までの期間が短縮し、花見ができる日数が減少することにより、サクラを観光資源としている地域では負の影響が発生する可能性がある。

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。

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】

日光市では、紅葉時期、新緑や花の開花時期など、観光の季節感の変化や、避暑地としてのイメージ変化などが懸念されている。また、冬季の積雪量減少や気温上昇などによる、スキー場や雪を活かした行事での雪不足、天然氷生産などへの影響も懸念されている。(文献 5-6-8)

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。

一方で、日光の社寺のレクリエーション価値を算出した研究によれば、今世紀後半（2075～2099 年）にかけて、降雪量が減少することで交通費用が低下し、現在の訪問客数と比較して年間 2 万人程度増加し、3.19 億円程度増加する報告がある。(文献 5-6-1)

(7) 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。
 - ・ 2020 年～2024 年の 5 年間の職場における熱中症による死傷者数は 961 人であり、全業種の中で最多となっている。
 - ・ 2018 年～2022 年の 5 年間の水害による建設業における被害額は合計 137 億円となっている。
 - ・ 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。
 - ・ 企業の情報開示では、夏季の気温の上昇による屋外労働環境の悪化と健康被害の増加、作業員の健康管理維持増強によるコスト増加、労働不足の深刻化を想定している企業がある。
 - ・ 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（2020 年～2024 年）の建設業従事者における熱中症による死傷者数は合計 961 人で他の業種と比較して建設業が最も多くなっている。

2018 年から 5 年間の水害による建設業における被害額は合計 137 億円と報告されている。
（文献 5-6-1）

【栃木県または関東】

栃木県では、2015 年から 2024 年において建設業では熱中症により 15 人の死傷者が出ている。（文献 5-6-2）

＜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）

2025 年の建築物省エネ法の改正により、すべての新築住宅を対象に省エネ基準適合が義務化されるなど、住宅の設計基準が変更された。これにより、高い施工品質や設備の追加が求められ、コストや業務負担が増加するといった影響が予想されている。

企業で想定されている代表的なリスクとしては、夏季の気温の上昇による屋外労働環境の悪化と健康被害の増加、作業員の健康管理維持増強によるコスト増加、労働不足の深刻化や木材調達

コストの増加等が想定されている。

風や積雪、洪水などによる荷重や浸水対応のため、建築物の設計条件や基準の見直しが必要とされている。

夏季の建築物の空調熱負荷が増加すると予測されている。(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)

(8) 情報・通信業

➤ 現在
・ 2018 年~2022 年の過去 5 年間の運輸・通信業における水害被害額は合計 199 億円であった。
➤ 将来
・ 豪雨・洪水・台風の増加による、基地局の停波・損傷、通信サービスの不安定な供給、信頼性の低下、製品・サービスの需要・売上の減少、販売代理店の操業停止、サプライチェーン寸断による製品・サービスの中止が想定されている。

＜1.現在起こっている事象＞

【全国】

2018 年から 5 年間の水害による運輸・通信業における被害額は合計 199 億円と報告されている。ただし、対象分野として運輸業も含まれていることに留意が必要である。

その他情報・通信業への障害に関する報告は確認できていない。(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】

企業では想定されている代表的なリスクとしては、豪雨・洪水・台風の増加による、基地局の停波・損傷、通信サービスの不安定な供給、信頼性の低下、製品・サービスの需要・売上の減少、販売代理店の操業停止、サプライチェーン寸断による製品・サービスの中止が想定されている。

また、真夏日の増加や平均気温上昇により、設備冷却用空調電力の消費量増加による電力コスト増加が発生することも想定されている。事業機会として、対応策の構築に向けたコンサルティング事業へのニーズの増加や、データ損失回避のためにクラウド化されたデータセンターの活用が加速化することなどが想定されている(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。

(9) 運輸業

- 現在
 - ・ 過去 5 年間の運輸業での熱中症の死傷者数は、建設業、製造業に次いで 3 番目に多く、合計 659 人であった。
 - ・ 過去 5 年間の運輸・通信業における水害被害額は合計 199 億円であった。
 - ・ 貨物鉄道ネットワークへの影響が発生しており、その経済的インパクトは輸送貨物の発着地域に留まることなく、全国各地域へと波及している。
- 将来
 - ・ 異常気象の増加や自然災害の頻発・激甚化による、運休の発生、貨物ダメージの増加、影響を受けやすい地域における需要の短期的な低下、機器トラブル等を想定している企業がある。

＜1.現在起こっている事象＞

【全国】

過去 5 年間（2020～2024 年）の運輸業での熱中症の死傷者数は合計 659 人であり、建設業、製造業に次いで 3 番目に多くなっている。

風水害による貨物鉄道ネットワークへの影響とその経済インパクトは大きく、輸送貨物の発着地域に留まることなく、全国各地域へと波及しているとの指摘がある。

平成 30 年 7 月豪雨では、山陽線の寸断期間は 100 日間に及んだ。輸送貨物の停滞による直接被害額が最も大きかったのは九州であるが、間接被害額については関東が後方連関効果、前方連関効果ともに他地域に比較して大きく、また中部・近畿を含め、大都市圏・産業集積地への経済的インパクトが顕著であったとの報告がある。（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。

＜2.将来予測される事象＞

【全国】

企業で想定されている代表的なリスクとしては、異常気象の増加や自然災害の頻発・激甚化による、運休の発生、貨物ダメージの増加、影響を受けやすい地域における需要の短期的な低下、機器トラブルなどが想定されている。（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。

(10) 不動産業

- 現在
 - ・ 現時点で気候変動による不動産業への影響に関する知見の報告は見つかっていない。
- 将来
 - ・ 自然災害は、住宅ストックを破壊する等、広く経済活動に影響を及ぼすとされている。
 - ・ 湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念されている。

＜1.現在起こっている事象＞

【全国】

現時点で気候変動による不動産業への影響に関する知見の報告は見つかっていない。（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】

自然災害が経済活動に及ぼす影響に関する各種分析研究をレビューした文献では、自然災害は、住宅ストックを破壊し、広く経済活動に影響を及ぼすと述べられている。

気候変動に伴う雪の変化に着目したレビュー論文では、湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念され、空き家対策が必要との指摘もある。（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。

(11) サービス業

- 現在
 - ・ 2018 年～2022 年の 5 年間のサービス業における水害被害額は計 702 億円である。
 - ・ 国内サービス業の 56.6%がサイクロンや洪水などの異常気象のリスクを認識し、14.0%が降水パターンや気象パターンの変化をリスクと認識している。
- 将来
 - ・ アミューズメント業では、平均気温上昇によるゲストの来園動向変化、猛暑日の増加によるゲストや従業員の体調悪化、異常気象による閉園やサプライチェーン寸断等のリスクのほか、財務への影響が極めて大きいリスクとして、労働条件悪化に伴う人材確保の難易度の高まりやエネルギー使用量の増加を想定する企業がある。
 - ・ 飲食業では、平均気温上昇による電気使用量増加、従業員の作業能率低下、作物の収量低下や品質劣化、降水量増加や干ばつによる原材料価格の高騰、洪水や高潮によるコスト増加、異常気象・気象災害の頻発化に伴う被害増加、復旧費用の増加、休業による売上減少等のリスクを想定する企業がある。
 - ・ リゾート地におけるリスクとして、災害によるホテルやレストランの食材価格の高騰、気温上昇による四季の景観や観光資源の喪失、リゾート地としての魅力低下を挙げる企業がある。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

水害による被害が報告されており 2018 年から 5 年間の水害によるサービス業における被害額は合計 702 億円と報告されている。

CDP 気候変動質問書への企業による回答では、サイクロンや洪水などの異常気象の重大性と頻度の上昇をリスクと認識しているのは国内のサービス業のうち 56.6%、降水パターンや気象パターンの変化をリスクと認識しているのは 14.0%という結果が報告されている。(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】

アミューズメント業では、平均気温の上昇によって、ゲストの来園動向変化・屋外で勤務する従業員の労働条件悪化に伴う人材確保の難易度の高まり・快適気温維持に伴うエネルギー使用量の増加を 4℃シナリオで事業と財務への影響が極めて大きくなる（極大）と想定、2℃シナリオ、1.5℃シナリオでは事業と財務への影響が大きい（大）と想定する企業がある。同時に猛暑日の増加によるゲストの来園動向変化・ゲストや従業員の体調悪化を 4℃シナリオで極大、2℃シナリオ、1.5℃シナリオで大と想定した。さらに異常気象による閉園・サプライチェーン寸断・資産の被災規模拡大と頻度増加のリスクを 4℃シナリオで大と想定している

飲食業では、店舗・工場・配送センターなどにおける電気使用量の増加、従業員の作業能率低下による生産性悪化、作物の収量低下や品質劣化などを想定する企業がある。また降水量の増加や干ばつが農畜水産物の収量・品質に悪影響を及ぼし、原材料価格が高騰するとしている。洪水や高潮による影響としてコスト増加を想定している。さらに、異常気象・気象災害の頻発化・激甚化、サプライチェーン断絶による調達コストの増加による影響度を大としている報告がある。

リゾート地におけるリスクとして、災害の発生によるホテルやレストランの食材価格の高騰や、気温上昇による四季の景観や観光資源として重要な自然現象の喪失、リゾート地としての魅力の低下などを挙げている企業がある。(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。

(12) 医療・福祉・製薬業

- 現在
 - ・ 停電と断水による診療活動・人工透析・手術への影響、入院患者や要介護高齢者の熱中症・肺炎が増加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。
 - ・ 製薬業では、感染症薬の需要増加に伴う供給不足のリスクが認識されている。
- 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。
 - ・ 製薬業について、リスクとして気象災害（大雨・洪水・台風）の発生頻度増加と規模拡大、交通寸断による一時操業停止の可能性等が挙げられている。

＜1. 現在起こっている事象＞

【全国】

2016 年台風第 10 号では、岩手県岩泉地域唯一の透析施設が停電・断水のため維持透析継続不能となったほか、インフラ寸断による通院困難のため透析困難患者が発生した。

2018 年の西日本豪雨では 6 日間の断水のため、緊急性を要するもの以外の手術を延期する事態となった。

2020 年 7 月に九州全域で発生した集中豪雨により河川の氾濫・土砂災害により陸路が寸断され、献血血液と血液製剤の搬送体制に重大な懸念が発生した。

製薬会社に関しては感染症薬の需要が増加した場合に供給不足となるリスク、研究拠点等の浸水リスク、交通寸断などにより一時操業停止の可能性を懸念する一方で、需要に適切に対応することがビジネス機会につながる可能性が認識されている。(文献 5-6-1)

【栃木県または関東】

2019 年の令和元年房総半島台風の際、千葉県では停電と断水のため診療活動を停止（場合により縮小）せざるを得ず、入院患者や要介護高齢者の熱中症や肺炎等が通常よりも多く発生した例や、道路寸断により医療機関への搬送ができなかった例が報告されている。(文献 5-6-1)

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】

製薬業で想定されているにおける代表的なリスクとしては、気象災害（大雨・洪水・台風）の発生頻度増、規模拡大による安定供給への不安の高まり、交通寸断などによる一時操業停止の可能性、水不足による操業停止、生物多様性の喪失による天然化合物由来製品の生産性低下が想定されている。(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。

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。

【健全な生活とその基盤】

(1) 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）」、渇水は「5.1.2-(2)水資源」に記載

- 現在
 - ・ 近年、国内各地で、大雨、台風等による各種インフラ・ライフラインへの影響が生じている。
 - ・ 大雨や台風による交通網の寸断やそれに伴う孤立集落の発生、電気・ガス・水道、通信、廃棄物処理のライフラインの寸断等により、数十万戸に停電や断水の被害が出るケースが複数生じている。
 - ・ 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。
 - ・ 全国のバス営業所の約 42%が、洪水や土砂災害の災害リスクにさらされている。
- 将来
 - ・ 気候変動による豪雨の頻発化と激甚化により、斜面崩壊に伴う道路途絶を通じて孤立地域の発生可能性が増加すると予測されている。
 - ・ 鉄道ネットワークにおける水害リスクは、特に、主要都市間を結ぶ幹線路線や新幹線でリスクの増加が顕著であることが予測されている。
 - ・ 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。また、極端な降雨による鉄道レールへの影響や、洪水・土砂災害による道路網への影響、鉄道輸送の安定性への影響が予測されている。
 - ・ 水道インフラでは河川の微細浮遊土砂の増加による水質管理への影響、気候変動に伴う降水パターンの変化や積雪量の減少、融雪時期の早期化等により、渇水が頻発化、長期化、深刻化すること等、渇水被害がさらに拡大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】

大雨、台風、渇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、平成 30 年 7 月豪雨においては、道路崩壊等による孤立集落の発生や電気・ガス・水道等のライフラインの寸断の発生など、住民の生活に大きな影響を与えた。

令和元年東日本台風では、鉄道の運休等の交通障害が発生したとともに、道路損壊や道路への土砂の流入、橋梁の流出などにより多数の孤立地域が発生し、住民生活に大きな支障が生じた。

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。

全国の複数のバス事業者を対象に調査した結果では、全国のバスの営業所の約 42%（998 営業所）が、洪水や土砂災害等のリスクにさらされ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、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) 医療・福祉、教育

- 現在
 - ・ 台風や豪雨に伴う被災により平時と同様の医療・介護・保育サービスが受けられないケースが発生している。
 - ・ 小中学校、全日制高校における熱中症発生比率は、運動場や校庭よりも、プール、体育館、校舎内で増加傾向が顕著であり、冷房をつけても教室内の暑さが解消できないことにより、多くの子供が暑さに苦しんでいることなどが報告されている。
 - ・ 特に断熱性能が欠如した学校施設で教室内の気温の上昇などが起こることが指摘されている。
- 将来
 - ・ 気候変動による医療・福祉・教育などの公共サービスへの影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていない。

<1.現在起っている事象>

【全国】

保育所では複数の施設で土砂流入や浸水のため、他の施設での応急保育が行われたこと、園舎再建や大規模修復が必要となった施設では、複数の施設を利用した分散保育、他の保育所を利用した合同保育が行われたことが報告されている。

学校施設の温熱環境のリスクを調査した研究においては、2005 年～2017 年の期間、小学校、中学校、全日制高校において、熱中症発生比率は経年増加傾向にあり、増加傾向は、運動場や校庭より、プール、体育館、校舎内で顕著であったことが報告されている。

学校施設の空調設備の設置について、2022 年 9 月時点で公立小中学校の空調（冷房）設置率は普通教室で 95.7%、特別教室で 63.3%に達しているが、温暖化の深刻化によって冷房をつけても教室内の暑さが解消できず、全国の多くの子供が暑さに苦しんでいること、一方で、冷房に係る電気代負担の増加が問題になりつつあることが報告されている。この背景として、学校校舎の「断熱」性能が著しく不足していることが挙げられている。一方、体育館については、空調設置率は約 2 割にとどまり、更なる設置促進が必要な状況であること、既存体育館の多くは断熱性能が確保されておらず、冷暖房効率が悪いことが課題であることが示されている。（文献 5-7-1）

【栃木県または関東】

令和元年房総半島台風において、千葉県の高齢者の在宅生活継続には、ライフライン被害、特に停電の影響が大きいことが示された。また、被災により、平時と同じ医療・介護サービスが受けられないことの影響も認められた。災害時に地域の虚弱な高齢者を支え、在宅生活継続のためには、医療・介護サービスの早期復旧が重要であることが示された。（文献 5-7-1）

令和 7 年 5 月時点において、栃木県内の公立の小学校、中学校、特別支援学校における体育館等における空調（冷房）設備の設置状況は、小学校の体育館で 31.8%、中学校の体育館及び武道場で 23.1%、特別支援学校の体育館で 100%となっている。（文献 5-7-3）

<2.将来予測される事象>

【全国】

医療・介護などの保険医療・福祉サービスや教育などの公共サービスが、将来の気候変動によ

るインフラ・ライフラインへの影響の増大に伴い、より大きな影響を受ける可能性があることが想定されるが、十分な知見がない。(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見当たらない。

(3) 住宅・住居

➤ 現在
・ 気候変動は日照や採光等を重視してきた住宅や建築、都市における既存概念の一部に変化を促している。
➤ 将来
・ 湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念されている。

＜1.現在起こっている事象＞

【全国】

気候変動に伴う様々な現象は、住宅や建築、都市における既存概念の一部について、その変化を促しているという指摘もある。例えば、従来の建築は、公衆衛生の観点や消費者の嗜好を反映し、日照や採光を重視してきたが、猛暑日や熱帯夜が増える中で室内熱環境への影響を考慮する必要がある、暑熱対策を目的とした空調運転・日射遮蔽技術や断熱技術の導入が進められている。(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見当たらない。

＜2.将来予測される事象＞

【全国】

気候変動に伴う雪の変化に着目したレビュー論文では、湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念され、空き家対策が必要となり、また、巻き垂れや雪庇などによる変形・破損や屋根からの落雪などの被害も考える必要があるとの報告がある。(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見当たらない。

(4) レジャー・大規模イベント

➤ 現在

- ・ サクラの開花時期の変化、カエデやイチョウの全国的な紅葉の遅延、暖冬による積雪量の不足、知床半島の流氷の減少、高潮等による海岸侵食・砂浜の消失等、観光資源への影響が生じている。
- ・ キャンプ場へのアンケートでは暑熱・酷暑が「キャンプ場営業に影響のあった外的要因」の上位に挙げられている。
- ・ オリンピック、ワールドカップなどの大規模イベントにおいて、熱中症リスクへの懸念から、試合の延期、開催時間や場所の変更などの対策が取られている。
- ・ 県内では花火大会の時期の変更が行われた。

➤ 将来

- ・ 気温の上昇に伴いサクラの開花から満開までに必要な日数が短くなることで、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。
- ・ 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。
- ・ 夏季の代表的なスポーツイベントであるオリンピックのマラソン競技に着目して研究した例では、温暖化の進行に伴って、マラソンの開催をするべきでない暑熱環境の都市が増え、アジアにおいては、温暖化の進行に伴って最大で半数以上の都市がマラソンの開催をするべきでない暑熱環境となることが予測されている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

サクラに関して多くの報告があり、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。その他、カエデやイチョウの全国的な紅葉の遅延についても報告されている。

暖冬による積雪量の不足やスキー場への影響が報告されている。

一般社団法人日本オートキャンプ協会のアンケート結果（回答数 106）において、2023 年の「キャンプ場営業に影響のあった外的要因」として、「猛暑」「酷暑」が上位に挙げられている。

2021 年の東京オリンピックのマラソンと競歩が暑熱への懸念から早朝の札幌で開催された例もある。（文献 5-7-1）

【栃木県または関東】

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）

小山市では熱中症対策として思川で開催している関東有数の規模を誇る花火大会の開催時期を 2025 年から夏から秋に変更している。（文献 5-7-4）

<2.将来予測される事象>

【全国】

サクラの開花時期の将来的な変化については、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ことが予測されている。

これらの研究では、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）

（5）災害避難

- 現在
 - ・ 要配慮者に対する影響が大きく、高齢者施設等において、浸水による死亡事例や避難のタイミングが遅れる事態が生じている。
- 将来
 - ・ 将来において、ハザードの高い地域に人口が集中する度合いの高い上位 3 都道府県は、洪水氾濫では和歌山県・徳島県・富山県、内水氾濫では埼玉県・福岡県・東京都、斜面崩壊では石川県・福島県・富山県とされている。

＜1.現在起こっている事象＞

【全国】

要配慮者に関しては、浸水による死亡事例の報告や、避難に係る事前準備の重要性が指摘されている。平成 30 年 7 月豪雨後の、広島県の沼田川流域に位置する介護老人保健施設への聞き取り調査では、施設の浸水被害により、高台にある系列施設への避難などを行ったことが報告されている。令和 2 年 7 月豪雨では、熊本県球磨村の特別養護老人ホームにおいて、避難確保計画を作成していたにもかかわらず 14 名が亡くなった。また、熊本県芦北町の高齢者施設でも、より安全な避難のタイミングを逃していたとの指摘がある。その主な理由として、想定外の出来事であったこと、情報が活用されなかったこと、マンパワーが足りなかったこと、浸水の速度が速かったことなどが考えられている。（文献 5-7-1）

【栃木県または関東】

東京都足立区・荒川区を対象に、荒川右岸堤防の決壊を想定し、主な要配慮者施設までの浸水プロセスを解明した研究では、足立区と荒川区では堤防決壊後 30 分の時点で氾濫水が到達する施設が多く、その周辺の道路ではすでに冠水が始まっていると示している。入院患者を抱える医療機関や車いすの使用頻度の高い高齢者施設からの避難は、ひとたび道路冠水が発生してしまうとかなり難しいものとなるうえ、支援する健常者にとっても危険を伴うものとなるとし、施設の管理者は、避難場所と避難のタイミングを日頃から考えておくことが極めて重要であると報告している。（文献 5-7-1）

＜2.将来予測される事象＞

【全国】

各種災害による曝露人口の予測を行っている文献は複数あり、SSP シナリオ別に 2100 年の人

口データを用いて曝露人口を算出した研究では、全国の洪水氾濫・内水氾濫・斜面崩壊による総曝露人口は、SSP1において約120万人/年、SSP2において約99万人/年、SSP3において約63万人/年、SSP4において78万人/年、SSP5において130万人/年と推定された。ハザードの高い地域に人口が集中する度合いの高い上位3都道府県は、洪水氾濫では和歌山県・徳島県・富山県、内水氾濫では埼玉県・福岡県・東京都、斜面崩壊では石川県・福島県・富山県であると報告している。(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見当たらない。

【精神的な基盤】

（１）自然環境

- 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。
 - ・ 気候変動による暖冬と猛暑がヒトとツキノワグマとの衝突の増加に寄与している可能性がある。
 - ・ 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が示されており、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、暖冬と猛暑によるヒトとツキノワグマの衝突の増加、天然アユの降河季節の晩期化が報告されている。（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 5-62）。

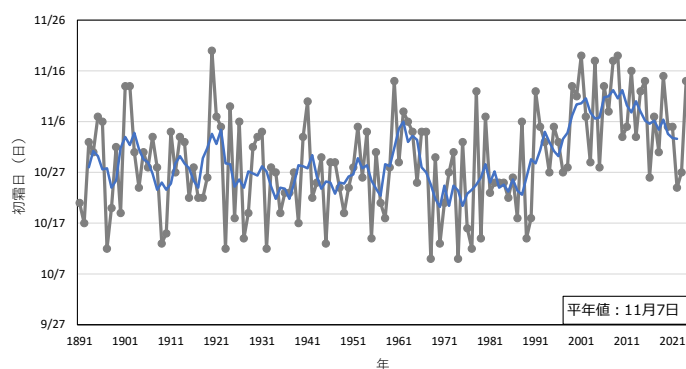


図 5-62 初霜観測日の経年変化

（出典：宇都宮気象台データより作成）

○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 5-63）。

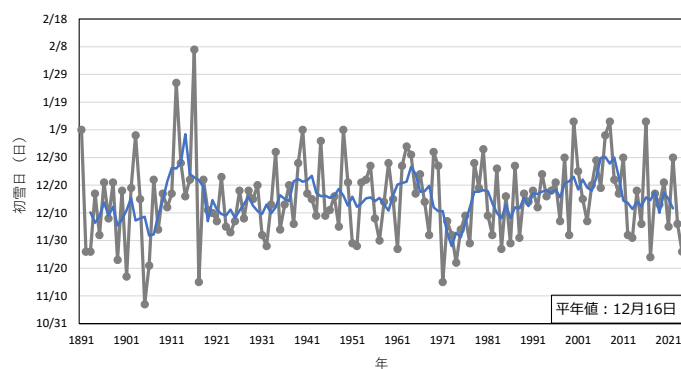


図 5-63 初雪観測日の経年変化

（出典：宇都宮気象台データより作成）

○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 5-64）。

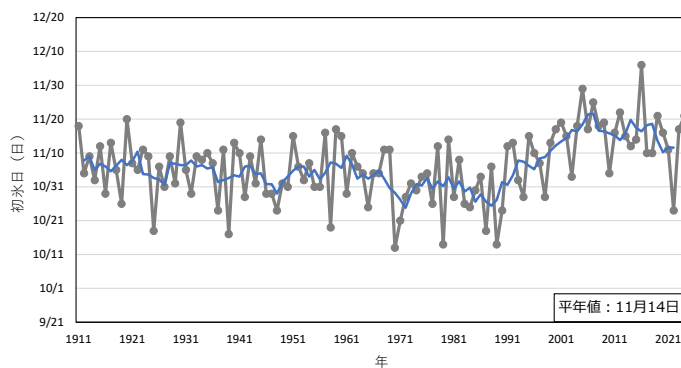


図 5-64 初氷観測日の経年変化

(出典：宇都宮気象台データより作成)

○サクラ (ソメイヨシノ)

宇都宮地方気象台の観測によると、1953～2025 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 5-65)。

なお 2021 年及び 2023 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 5-7-5、5-7-6)

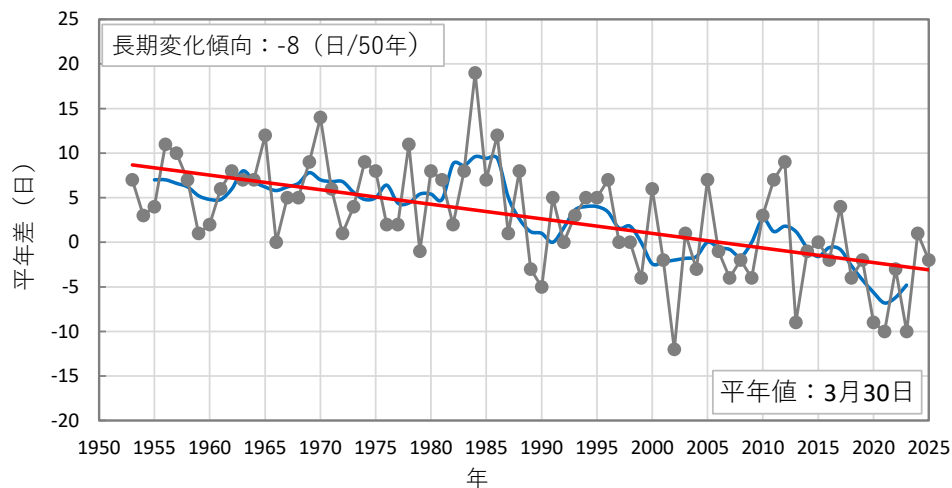


図 5-65 サクラの開花日の経年変化

(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、1953～2024 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 19 日遅くなっている (図 5-66)。

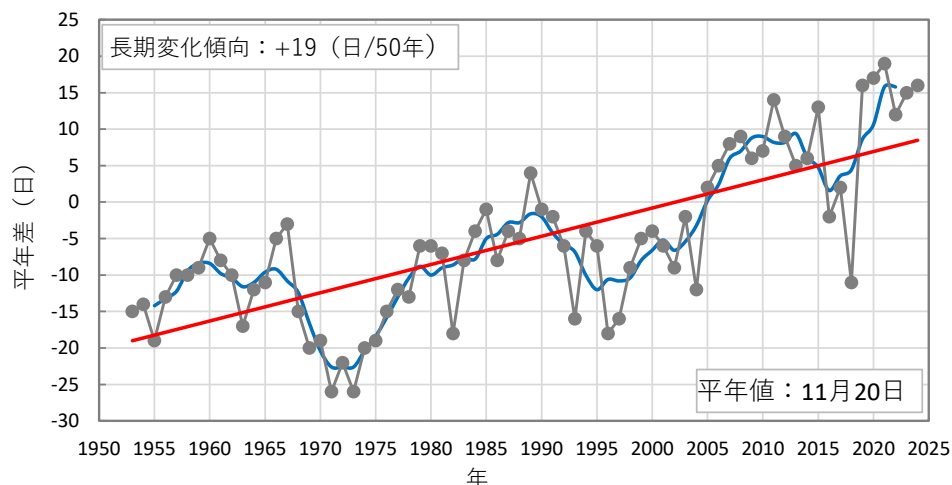


図 5-66 カエデの紅葉日の経年変化

(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。

ヒトとツキノワグマの衝突については、気候変動が誘発する暖冬と猛暑は、プラスにもマイナスにも作用する可能性があることが報告されており、例えば豊富な木の実の生産はヒトとツキノワグマの衝突を減少させること、逆にブナの減少による実の利用可能性が低下することはヒトとツキノワグマの衝突を増加させる可能性があることが報告されている。（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。

(2) 文化・歴史

➤ 現在

- ・ 地場産業や地域の伝統産業については、気温上昇に伴い、例えば、兵庫県で酒米品種の検査等級・精玄米歩合の低下、長野県で寒天産業への影響等が生じている。
- ・ 自然災害による博物館や文化財への被害、地域の文化や観光への影響が生じている。
- ・ 県内では、令和元年東日本台風では 43 件の指定及び登録文化財が被災し、博物館および美術館などにも被害をもたらした。

➤ 将来

- ・ 落雷による火災増加に伴う、日本の歴史的建造物への影響が予測されている。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

気候変動影響による地場産業への影響として、コメの登熟期間の気温上昇により、兵庫県の酒米品種の検査等級・精玄米歩合が低下している事例や、気温上昇により、北海道でワイン品種ブドウの産地が拡大している報告が見られる。伝統産業への影響として、長野県茅野市の天然寒天の生産可能期間の短期化に伴う生産効率の悪化、高温化による品質の悪化や生産コストの上昇等も挙げられている。

自然災害による文化財への影響もある。豪雨災害によって、紙や木材、金属などの文化財や無形文化財が被害を受け、伝統的な祭や習わしも途絶える恐れがあることが報告されている。（文献 5-7-1）

【栃木県または関東】

令和元年東日本台風では、栃木県内においては、国指定特別史跡及び特別天然記念物日光杉並木街道附並木寄進碑などをはじめ 43 件の指定及び登録文化財が被災し、博物館および美術館などにも被害をもたらした。(文献 5-7-7)

地場産業については、日光市の天然氷について、採氷できる回数が減少しているとのインタビュー記事がある。(文献 5-7-8)

<2.将来予測される事象>

【全国】

日本の建築物には木材が使用されているものが多く、火災発生頻度の増加が予想されるとの報告がある。(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見当たらない。

(3) 地域社会

- 現在
 - ・ 大雨、台風、浸水等による避難により、コミュニティの変化や社会参画の機会の損失がみられる。
 - ・ 避難所・仮設住宅に住まいが移ることで、子どもの交流の場、子育ての情報共有の場であるコミュニティから離れたことにより、子育ての負担がより大きくなることもある。
 - ・ 被災地域の居住継続には、地域とのつながりが重要である。
- 将来
 - ・ 気候変動による地域社会への影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていない。

<1.現在起こっている事象>

【全国】

国内では、大雨、台風、浸水等による地域社会への影響が確認されている。平成 30 年の豪雨災害を受けた倉敷市の子育て支援を対象とした研究では、豪雨により住まいが浸水し被害を受け、避難所・仮設住宅に住まいが移ることで、友人・親族との関係が変化し、地域ネットワークや地域サービス等の利用が難しくなり、社会参画の機会や雇用の機会を失う可能性があることが明らかになった。また子どもの交流の場、子育ての情報共有の場として機能している地域コミュニティから離れたことにより、子育ての負担がより大きくなった。中部地方及び三重県の 51 市町村を対象に実施したアンケートでは、土砂災害警戒区域と洪水浸水想定区域に住む人の居住継続には、人との繋がりである地縁や地域との繋がりである地域コミュニティの影響が大きいことが示された。(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見当たらない。

<2.将来予測される事象>

【全国】

気候変動による地域社会に関して将来予測される影響については、具体的な知見は確認できていないものの、このまま温暖化が進み、気候災害が激甚化すれば、それに伴ってコミュニティの変化や地域ネットワークの分断といった地域社会への影響も拡大することが想定される。(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見当たらない。

【世代間・世代内公平性】

(1) 公平性・社会的弱者への配慮

➤ 現在
・ 気候変動により引き起こされる災害による影響の受けやすさは、災害弱者あるいは要配慮者と呼ばれる人に顕著に現れる。
・ 台風等の災害により、高齢者においては、在宅生活が困難になる、高齢者施設等における入居者の体調の悪化などが生じている。
・ 住宅が被災した子育て世代に関しては、地域ネットワーク、地域サービスの利用が困難になること等が原因で社会参画の機会及び雇用機会の喪失につながる可能性がある。
➤ 将来
・ 気候変動による公平性・社会的弱者への配慮への影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていない。

＜1.現在起こっている事象＞

【全国】

国内においても、気候変動の影響はすべての人に均等に及ぶわけではないこと、気候変動の影響による被害は障害者に偏って生じることが指摘されている。

自然災害による高齢者への影響を調査した研究では、(1)外傷、感染症、脳血管疾患などの新たな発症または悪化によるADL（日常生活動作）の低下、(2)身体的ストレスの増加、精神的及び社会的活動の低下、社会的孤立による身体的機能低下の可能性、認知機能が低下による介護の必要性が増加、(3)介護サービスへのアクセスが悪くなることによる日常生活への支障などの影響を与えることが示された。また、このような社会的・精神的ダメージにより死亡率が増加するほか、本人や家族の経済的負担が増えることも示唆された。

子育て世代に関しては、住宅の被災により、社会参画の機会及び雇用機会の喪失につながるなどの指摘がある。住まいが避難所や仮設住宅に移ることにより、それまで通っていた幼稚園や学校に通えない、通園・通学手段の変更等による子育てに伴う労働の増加、被災前に子育てを支援してきた友人親族との関係変化、子育てのために利用してきた地域ネットワーク、地域サービスの利用が難しくなること等が原因として挙げられている。(文献 5-7-1)

【栃木県または関東】

令和元年房総半島台風の影響を把握するために、千葉県の高齢者入居施設と地域包括支援センターを対象とした質問紙調査の結果は、6割強の高齢者入居施設がライフライン被害を受け、約2割の施設で、入居者の体調の悪化が見られたことを示した。さらに、4分の1の地域包括支援センターからは、被災により在宅生活の継続が出来なくなった高齢者の報告がなされた。特に停

電と家屋被害が重なっている地域で、高齢者の在宅継続が困難になっていた可能性があると考えられている。(文献 5-7-1)

栃木県内においては、令和元年東日本台風において、宇都宮市内で特に浸水被害が集中した宇都宮市千波町を含む宇都宮駅西側に位置する連合自治会内の被災地を対象に行われた調査の事例がある(1,242 世帯配布、448 世帯回収)。避難行動においては、域内避難困難者あり世帯のうち、自宅内避難は 233 世帯で自宅避難の理由として、「溢水想定なし」が 169 世帯(54.9%)、「家族避難困難者あり」と「身体的困難あり」が 46 世帯(14.9%)、「家が浸水し避難できなかった(浸水避難困難)」が 61 世帯(19.8%) などであった。(文献 5-7-9)

<2.将来予測される事象>

【全国】

気候変動による公平性・社会的弱者への配慮に関して将来予測される影響については、具体的な知見は確認できていないが、このまま温暖化が進めば、それに伴って発生する気象災害からの影響や暑熱の影響を、高齢者等の災害弱者・要配慮者が受けやすい状況は変わらず存在することが想定される。(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見当たらない。

(2) 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。
- ・ 県内では、屋外競技を暑さ対策のため屋外から冷房設備のある体育館の中に変更した例がある。

➤ 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多くな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病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。(文献 5-7-1)

栃木県内では、小学校における屋外競技を暑さ対策のため屋外から冷房設備のある体育館の中に変更した例や、屋内競技を冷房設備のある会場へ変更した例がある。(文献 5-7-10、文献 5-7-11)

＜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。