気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018

～日本の気候変動とその影響～

環境省　文部科学省　農林水産省　国土交通省　気象庁

気候変動の観測事実と将来予測
【世　界】

将来も気温上昇が続く〔現状・予測〕

世界の年平均気温は19世紀後半以降100年あたり0.72℃の割合で上昇しています。

21世紀末（2081～2100年）における世界の年平均気温は、20世紀末（1986～2005年）と比較して、RCP2.6シナリオで0.3～1.7℃、RCP8.5シナリオで2.6～4.8℃の上昇が予測されています。

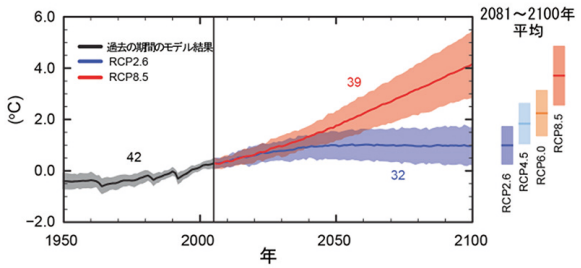

図1　世界の年平均気温の将来変化

複数の気候モデルによる。シナリオはRCP2.6（紫）、RCP8.5（赤）、陰影部は予測の不確実性の幅　　出典1より

海水温が上昇している〔現状・予測〕

海洋の温暖化は、気候システムに蓄積されたエネルギーの増加量の中でも卓越しており、1971～2010年の間に蓄積されたエネルギーの90%以上を占めています。

世界の年平均海面水温は、1891～2016年において100年あたり0.53℃の割合で上昇しています。

21世紀の間、世界全体で海洋は昇温し続けると予測されています。21世紀末までにRCP2.6シナリオで約0.6℃、RCP8.5シナリオで約2.0℃の上昇が予測されています。

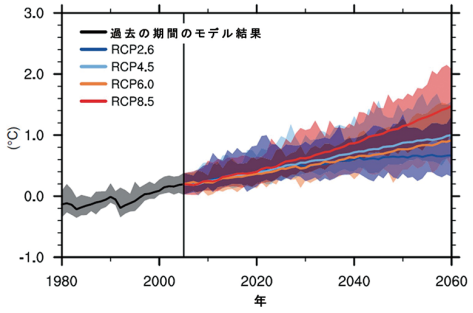

図2　世界の年平均海面水温の将来変化

複数の気候モデルによる。シナリオはRCP2.6（青）、RCP4.5（水）、RCP6.0（橙）、RCP8.5（赤）、陰影部は予測結果の90%が該当する範囲　　出典2より一部改変

北極海の海氷が減少している〔現状・予測〕

北極域の海氷域面積は、1979年以降、有意に減少しています。特に年最小値の減少は顕著で、1年あたりの減少率は北海道の面積にほぼ匹敵します。

世界平均気温の上昇に伴い、21世紀中には北極域の海氷域面積が1年を通じて減少し、厚さが薄くなり続ける可能性が非常に高いと予測されています。

21世紀末（2081～2100年）における北極域の9月の海氷域面積は、20世紀末（1986～2005年）と比較して、RCP2.6シナリオで43%、RCP8.5シナリオで94%減少すると予測されています。特に、RCP8.5シナリオでは、今世紀半ばには、北極海の氷が9月にほぼなくなる可能性が高いとされています。

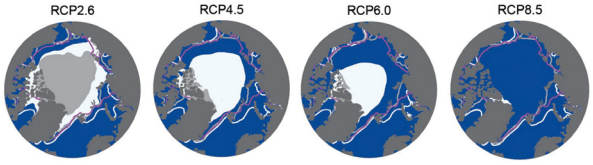

図3　北半球の海氷域面積（9月）の将来変化

白く塗りつぶされた部分は21世紀末の平均、ピンクの線は20世紀末に観測された海氷域面積　　出典3より

熱帯低気圧の最大風速及び降雨量は増加する可能性が高い〔予測〕

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第5次評価報告書では、地球全体での熱帯低気圧の発生頻度は減少するか、または基本的に変わらない可能性が高く、それと同時に地球全体で平均した熱帯低気圧の最大風速及び降雨量は増加する可能性が高いが、地域別の予測の確信度は低いとされています。

最近の研究によれば、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台風（最大風速が59m/秒以上）の通過が増加する可能性が高いとの予測が報告されています。

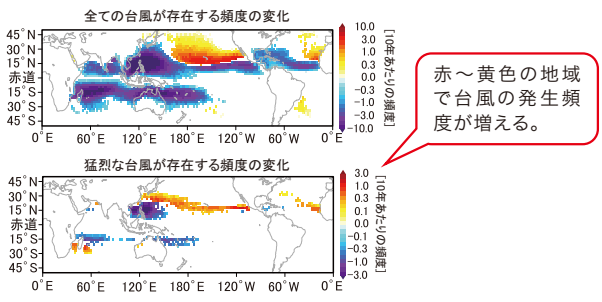

図4　台風の出現頻度の将来予測の一例

右縦軸は10年あたりの台風の発生頻度、統計的に有意な変化をしている地域のみ色付け　　出典4より

気候変動の将来予測に用いられるシナリオ

気候変動の予測を行うためには、放射強制力（地球温暖化を引き起こす効果）をもたらす大気中の温室効果ガス濃度やエアロゾルの量がどのように変化するか仮定（シナリオ）を用意する必要があります。IPCC第5次評価報告書では、将来の放射強制力の違いに応じて、RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5の4つのシナリオが用いられています。RCPに続く数値が大きいほど2100年の放射強制力が大きいことを意味します。
選択するシナリオに幅があることや、気候システムを再現する気候モデルに不完全性があること等により、気候変動の予測には不確実性を伴うことに留意する必要があります。

気候変動の観測事実と将来予測【日　本】

日本では世界より速いペースで気温が上昇している〔現状・予測〕

日本の年平均気温は、世界の年平均気温と同様、変動を繰り返しながら上昇しており、長期的には100年あたり1.19℃の割合で上昇しています。顕著な高温を記録した年は、概ね1990年代以降に集中しています。

4つのRCPシナリオを用いた予測では、日本の21世紀末の年平均気温は全国的に上昇することが予測されています。RCP2.6シナリオで0.5～1.7℃、RCP8.5シナリオで3.4～5.4℃上昇し、低緯度より高緯度の方が、その上昇の程度が大きいと予測されています。

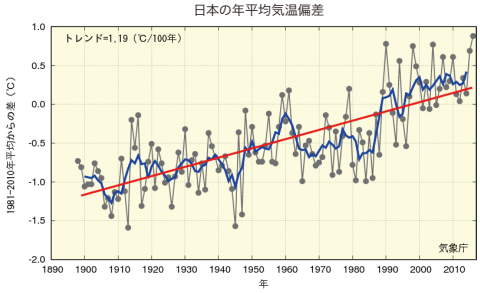

図5　日本の年平均気温の経年変化

黒線は平年偏差、青線は5年移動平均、赤線は長期変化傾向
出典5より

強い雨が増加している一方、降水日が減少している〔現状・予測〕

日降水量が100mm以上の大雨の日数が増加しています。また、アメダスの観測による1時間降水量50mm以上の短時間強雨（滝のように降る雨）の発生回数も増加しています*。

一方で、日降水量1.0mm以上の日が減少しており、弱い降水も含めた降水の日数は減少しています。

RCP8.5シナリオを用いた予測では、21世紀末における短時間強雨の発生回数は、全ての地域及び季節で有意に増加すると予測されています。一方、4つのRCPシナリオを用いた予測によれば、21世紀末の無降水日は全国的に増加すると予測されています。

*アメダスの観測期間は40年余りのため、長期変化傾向を確実に捉えるためには、さらなるデータの蓄積が必要。

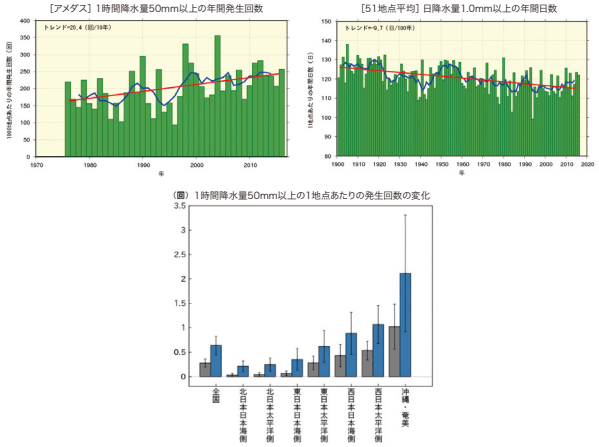

図7　1時間降水量50mm以上の年間発生回数の経年変化（左上）、日降水量1.0mm以上の年間日数の経年変化（右上）、1時間降水量50mm以上の年間発生回数の将来変化（下）

（左上）（右上）棒グラフは各年の値、青線は5年移動平均、赤線は期間にわたる変化傾向、（下）棒グラフは発生回数（灰：現在、青：将来）、縦棒は年々変動の標準偏差　出典5、6より

真夏日・猛暑日の日数が増加している〔現状・予測〕

日最高気温30℃以上の真夏日と日最高気温35℃以上の猛暑日の年間日数は、統計期間1931～2016年で増加傾向が現れており、猛暑日は10年あたり0.2日の割合で増加しています。

RCP8.5シナリオを用いた予測では、21世紀末の猛暑日の年間日数も増加し、特に沖縄・奄美では、年間で54日程度増加することが予測されています。

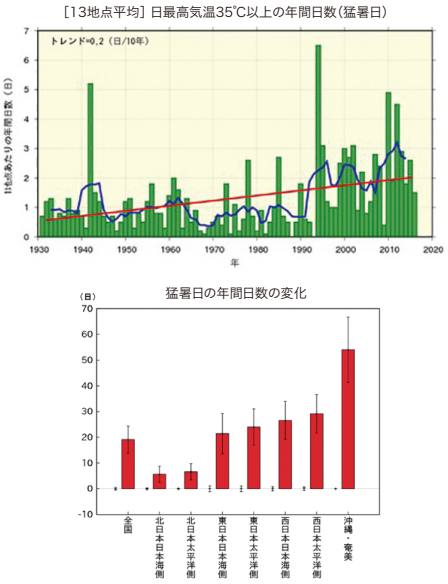

図6　猛暑日の年間日数の経年変化（上）、猛暑日の年間日数の将来変化（下）、

（上）棒グラフは各年の値、青線は5年移動平均、赤線は期間にわたる変化傾向、（下）棒グラフは20世紀末と21世紀末の日数の差、縦棒は年々変動の標準偏差
出典5、6より

多くの地域で積雪が減少する一方、内陸部では大雪が増加する可能性も〔現状・予測〕

年最深積雪は、1962～2016年の期間で、東日本の日本海側と西日本の日本海側で減少しています。減少率は東日本の日本海側で10年あたり12.3%、西日本の日本海側で10年あたり14.6%となっています。

RCP8.5シナリオを用いた予測では、21世紀末の年最深積雪・年降雪量は、特に本州日本海側で大きな減少が予測されています。一方、本州や北海道の内陸部では10年に一度しか発生しない大雪が現在より高頻度で現れるとの予測も報告されています。

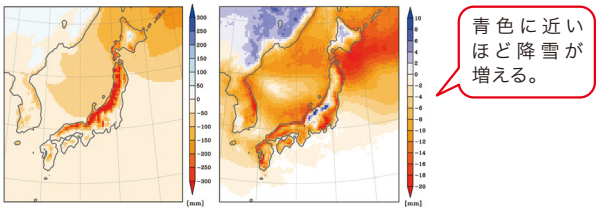

図8　冬季（11月～3月）の総降雪量の将来変化（左）、10年に一度の大雪（日降雪量）の将来変化（右）の一例

出典7より

Reprinted by permission from Springer Customer Service Centre GmbH: Springer Nature, Climatic Change, Enhancement of heavy daily snowfall in central Japan due to global warming as projected by large ensemble of regional climate simulations, Hiroaki Kawase, Akihiko Murata, Ryo Mizuta et al, ©Springer Science+Business Media Dordrecht 2016

3 気候変動による影響【農業、森林・林業、水産業】

気候変動が農業、森林・林業、水産業に及ぼす影響は、地域や品目によって様々です。気温の上昇による作物の品質の低下、栽培適地の変化等が懸念されています。

コメの収量・品質への影響〔現状・予測〕

気温の上昇によるコメの白未熟粒（高温等の障害によりデンプンが十分に詰まらず白く濁ること）や胴割粒（高温等により亀裂が生じること）の発生等、コメの品質の低下が、既に全国で確認されています。また、一部地域や極端な高温年には収量の減少も報告されています。

RCP4.5シナリオを用いた予測では、近未来（2031～2050年）及び21世紀末（2081～2100年）には、コメ収量が増加する地域と減少する地域の偏りが大きくなる可能性が予測されています。

また、高温で二酸化炭素濃度の高い環境では、コメの品質に重要な指標である整粒率（整った米粒の割合）が低下することが指摘されています。

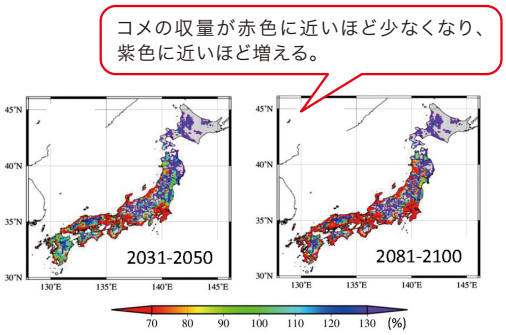

図9　コメの推定収量の分布（適応策をとらない場合の20年平均）
出典8より

シイタケ栽培への影響〔現状〕

シイタケ栽培において、夏場の気温上昇と病原菌の発生やシイタケの子実体（きのこ）の発生量の減少等との関係が指摘されています。

ただし、データの蓄積が十分でなく、今後さらに研究を進める必要があります。

図11　病原菌に感染したほだ木
出典10、12より

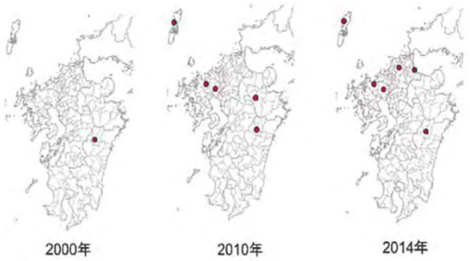

図12　九州でのヒポクレア属菌による被害報告の増加
出典10、12より

果実の品質・栽培適地への影響〔現状・予測〕

夏季の高温・少雨が果樹生産に及ぼす影響として、強い日射と高温による日焼け果の発生、高温が続くことによる着色不良等が知られています。ぶどう、りんご、かき、うんしゅうみかんでこのような影響が報告されています。

また、ももでは、特に高温になりやすく降雨の多い西日本のもも産地を中心に、外見からは区別がつかず、果実内部に「水浸状果肉褐変症」と呼ばれる果肉障害等が発生し、品質の不安定化等が懸念されています。

将来、うんしゅうみかんやぶどう等の栽培適地が変化することが予測されています。例えば、世界の平均気温が1990年代と比較して2℃上昇した場合、ワイン用ぶどうの栽培適地が北海道の標高の低い地域で広がることが予測されています。

図10　ぶどう（ピオーネ）の着色不良（左上）、りんご（ふじ）の日焼け果（右上）、りんごの着色不良（左下）、ももの水浸状果肉褐変症（右下）
出典9、10、11より

サンマの南下の遅れ〔予測〕

サンマの来遊量を予測するモデルに温暖化後の海面水温のデータを組み込んで解析した結果、サンマの南下が遅くなる可能性が指摘されています。

道東海域では、来遊資源量のピークが10月上旬～11月上旬に、三陸海域では11月中旬～12月中旬以降に、常磐海域では12月中旬以降に遅れることが予測されています。

さらに、温暖化に伴い、サンマの来遊時期が遅くなると、水揚げされるサンマの体重が徐々に減少する可能性等が指摘されています。

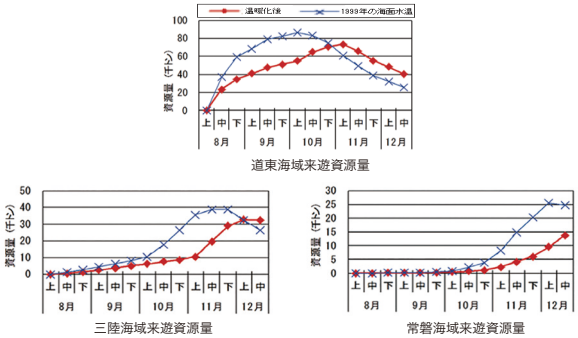

図13　サンマの海域別資源量推定値の変化
（本図は1999年の海面水温データを用いた例）
出典13より一部改変

気候変動による影響【自然生態系】

気候変動が自然生態系に及ぼす影響として、植生や野生生物の分布の変化等が既に確認されています。将来もそのような影響がさらに進行することが予測されており、人間が生態系から得ている様々な恵み（生態系サービス）への影響も懸念されています。

ハチクマの渡りの経路が変化〔予　測〕

日本で繁殖する猛禽類の一種であるハチクマは、秋に日本列島を西に進み、五島列島周辺から東シナ海を横断して中国に移動します。

ハチクマの渡りの経路の将来変化を評価した研究によれば、秋の東シナ海では、ハチクマにとって追い風となる北東風が変化し、21世紀半ば（2046～2055年）にはハチクマの渡りに適している空域の多くが秋の東シナ海から失われ、21世紀末（2091～2100年）には東シナ海が渡りに適した空域から外れることが予測されています。

図14　飛翔するハチクマ

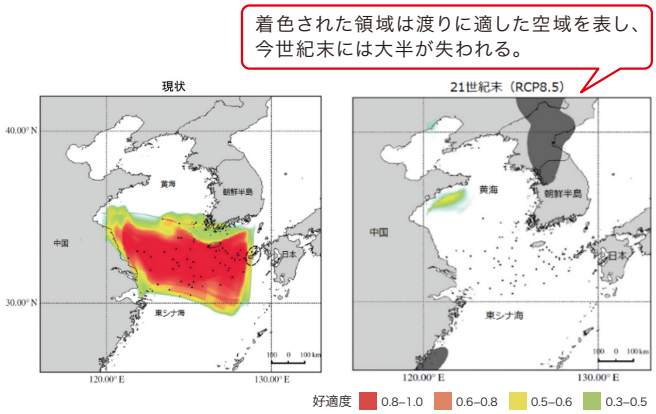

図15　ハチクマの秋の渡りの経路の現状と将来
出典14より一部改変

竹林の雑木林への侵入が進む〔予　測〕

気候変動は、身近な里山にも変化をもたらす可能性があります。

放棄竹林は現在では主に西日本で問題となっていますが、気候変動が進むと、東日本や北日本でも竹林が定着し、地域の生態系・生物多様性や里山管理に悪影響を及ぼす可能性があります。

現在は、東日本でモウソウチクとマダケの生育に適した土地の割合は35%であるのに対し、2℃上昇で51～54%、4℃上昇では77～83%まで増加し、北限は最大500km進んで稚内に到達すると予測されています。

図16　里山の雑木林に侵入していく竹林（神奈川県逗子市）　出典15より

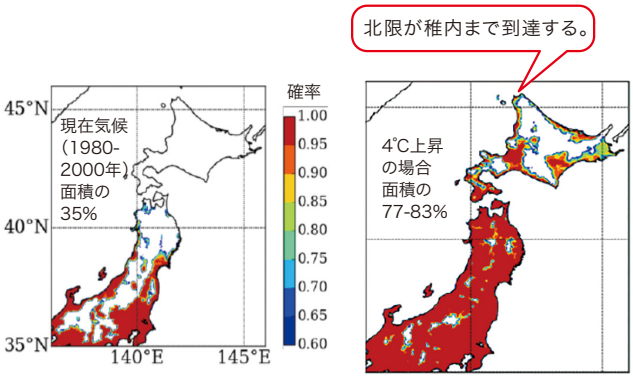

図17　竹林の生育に適した環境と予測された地域
出典15より

藻場の衰退、消失〔現　状・予　測〕

気候変動による海水温の上昇により、沖合・沿岸域では、水産生物の産卵場・餌場・回遊経路が変化して分布に直接影響を及ぼすことが考えられます。

また、浅場では、藻場・干潟の分布域や構成種の減少等に伴う産業等への影響も心配されています。

2013年には、九州北部から山口県に至る約200kmの海岸線沿いでアラメ・カジメ場の大規模な衰退現象が発生しました。高水温が原因と考えられ、日本で初めての大規模かつ急激な藻場の衰退事例と言われています。

RCP2.6シナリオとRCP8.5シナリオを用いた予測では、海水温の上昇に伴い、21世紀末までに本州から九州沿岸のカジメの生息不適域が拡大する可能性が示唆されています。

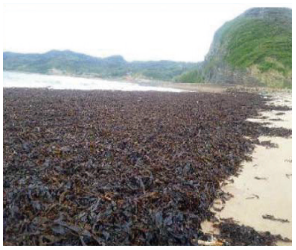

図18　海岸に打ち上がった大量の藻体（2013年）
出典16より

図19　カジメ群落　出典17より

気候変動による影響
【水環境・水資源、自然災害・沿岸域】

気候変動が水環境・水資源に及ぼす影響として、気温の上昇を一因とする公共用水域の水温の上昇、渇水による上水道の減断水等が確認されています。また、気候変動が自然災害・沿岸域に及ぼす影響として、短時間強雨や大雨の強度・頻度の増加による河川の洪水、土砂災害、台風の強度の増加による高潮災害等が懸念されます。

河川の流況が変わる〔予　測〕

気候変動によって、雨の量や降り方が変化するとともに、これまで雪だったものが雨に変わる可能性も出てきます。山地の多い日本において、こうした変化は河川の流況（一年を通じた河川の流量の特徴）を大きく変えると予想されます。

近未来、21世紀末のそれぞれの気候下で河川流量計算を行った結果、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ます。

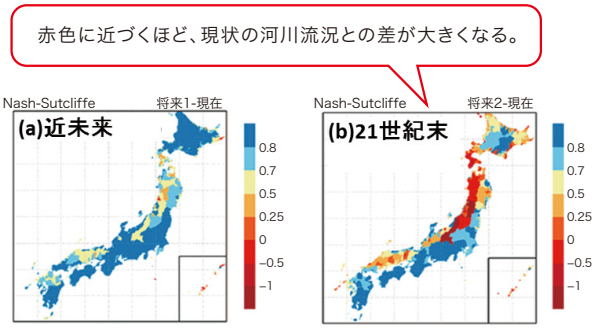

図20　気候変動に伴う日本各地の河川流況の将来変化
出典18より一部改変

流域の複合的な水害・土砂災害〔予　測〕

近年、豪雨の増加傾向が見られ、これに伴う土砂災害の激甚化・形態の変化が懸念されています。例えば、深層崩壊の増加による大規模な被害、河川が堰き止められることによる天然ダムの形成やその決壊による洪水被害、大量の土砂による河床上昇に伴う二次災害、深層・表層崩壊の増加に伴う流木量の増加とその集積等がもたらす洪水氾濫等が挙げられます。

2017年の九州北部豪雨災害では、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りましたが、これに伴って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し、甚大な洪水氾濫を助長する原因となりました。将来、気候変動によってこのような豪雨の頻度・強度が増加することにより、同様の甚大な被害が各地で生じることが懸念されます。

図21　2017年の九州北部豪雨による被害（福岡県朝倉市の赤谷川、小河内川、乙石川合流点付近における流木による被害）
出典19より

台風による高潮〔予　測〕

高潮は、気圧や風によって海面が平常より高くなる現象です。台風による高潮は、内湾の奥で顕著になることが知られており、台風の強さや経路によって大きく変わります。

日本でもこれまでに台風によって甚大な高潮被害が発生しています。2004年の台風第16号は、瀬戸内地方に高潮による大きな被害をもたらしました。特に香川県高松市では、沿岸部の冠水とともに、河川沿いに海水が逆流し、大規模な浸水被害が発生しています。

将来の台風の出現特性を日本の各地域まで定量的に予測することはまだ難しい状況ですが、一つの試算として、東日本で高潮偏差が増加し、西日本では同程度あるいは減少し、必ずしも全国で一様には変化しないという結果も得られています。

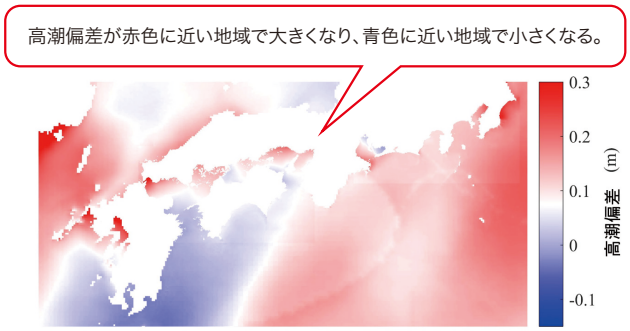

図22　不確実性を考慮した1/25年確率の高潮の将来変化予測の一例
1/25年確率の高潮：25年に1度の確率で発生する規模の高潮
出典18より

気候変動による影響
【健康、産業・経済活動、国民生活・都市生活】

6

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等があります。また、産業・経済活動や国民生活・都市生活においては、気温上昇や海面上昇、極端現象等によって、様々な生産・販売活動や各種のインフラに影響が及ぶ可能性が懸念されています。

熱中症が増加〔現　状・予　測〕

熱中症は、暑熱による直接的な影響の一つで、気候変動との相関は強いと考えられています。熱中症による死亡者数は増加傾向にあり、特に記録的な猛暑となった2010年には、過去最多の死亡者数となっています*。

RCP8.5を用いた予測では、21世紀半ば（2031～2050年）の熱中症搬送者数は、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倍以上増加することが予測されています。

*1995年以降、国内における死亡分類の方法が変更となっている点に注意が必要。

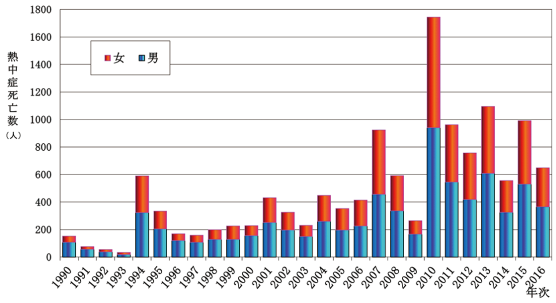

図23　年次別男女別熱中症死亡数（1990～2016年）
出典20より

産業・経済活動や生活面にも様々な影響が及ぶ〔予　測〕

製造業、商業、建設業等の各種の産業においては、豪雨や強い台風等、極端現象の頻度・強度の増加が、甚大な損害をもたらす可能性があります。

また、私たちの生活においても、気温の上昇等が、快適な生活を送る上での支障や季節感の変化等をもたらす可能性があります。

さらに、このような気候の変化を直接受けて生じる影響だけでなく、自然生態系の変化、農業や水産業への影響、自然災害への影響等が、産業・経済活動や生活面に、様々な波及的な影響をもたらしかねないのです。

世界各地の気候変動による影響が、サプライチェーンを通じて、国内の産業・経済に影響を及ぼすことも懸念されます。

2011年、タイ国チャオプラヤ川で発生した洪水は、現地の日系企業に被害をもたらし、ハードディスクのサプライチェーンを通じて国内の企業に約3,150億円の損失をもたらしたと試算されています。この洪水が気候変動の影響によるものであったかどうかの判断は難しいですが、将来、気候変動によってこのような洪水の頻度・強度が増加すれば、同様の甚大な被害が各地で生じることが予想されます。

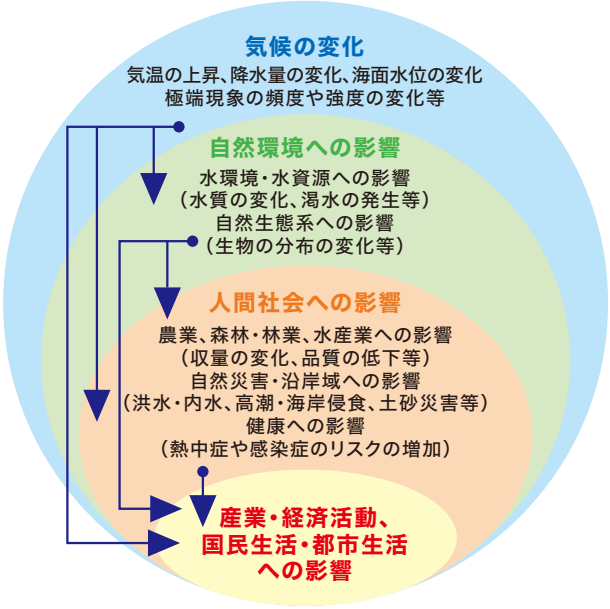

図24　気候変動から産業・経済活動、国民生活・都市生活への影響の流れ

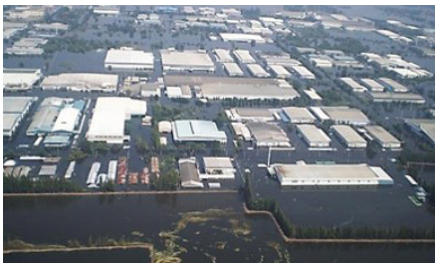

図25　タイ国チャオプラヤ川で発生した大洪水による影響
出典21より

適応の取組が始まっている

「気候変動の影響への適応計画」の閣議決定

これまで見てきたように、気候変動の影響は、既に日本を含む世界の様々な地域・分野で現れています。今後、温暖化の程度が増大すると、深刻で広範囲にわたる不可逆的な影響が生じる可能性が高まるといわれています。このため、温室効果ガスの排出の抑制等を行う「緩和」だけでなく、既に現れている影響や中長期的に避けられない影響に対して「適応」を進めることが求められています。

我が国では、気候変動の影響に対処するため、政府全体として整合のとれた取組を計画的かつ総合的に推進するため、平成27年11月、政府として初の「気候変動の影響への適応計画」が閣議決定されました。

適応計画では、目指すべき社会の姿等の基本的な方針、基本的な進め方、分野別施策の基本的方向、基盤的・国際的施策等が示され、これに基づき、現在、各種の具体的な取組が進められています。

温暖化に対応した農作物の導入

農業の分野では、気温の上昇によって新たに栽培できるようになる亜熱帯・熱帯作物の導入や転換、産地の形成等、温暖化に対応した取組が始まっています。

愛媛県では、南予地域で夏場の高温にも強いブラッドオレンジの一つである「タロッコ」を導入しました。栽培面積、生産量とも拡大し、市場で高い評価を受けています。その他、愛媛県松山市の島しょ部や海岸部では、アボカドを導入している地域もあります。

図26　愛媛県におけるタロッコの導入（左）、アボカドの導入（右）
出典9、22より

気候変動を見据えた適応ビジネスの動き

最近では、気候変動をビジネスチャンスと捉えて活動を始めている例も多数見られるようになってきています。

例えば、農業支援サービスや災害リスクを予測・評価するサービス、屋外作業員の熱ストレスを管理するサービス等、ICT技術を活用したサービスの提供、建物や居住空間の暑熱環境・快適性を向上させる技術や、異常気象による損害を補償する天候デリバティブ等の金融商品を扱ったビジネス等が展開されています。

農　業	●ICT技術により農業に必要な気象情報等を監視、送信、記録する農業サービスの提供
自然災害	●洪水による浸水区域や建物内部への浸水リスクを予測・評価する技術の提供 ●洪水・集中豪雨対策を盛り込んだビル・建物の設計・施工サービスの提供
健　康	●蚊による感染症を防ぐための蚊帳の開発途上国での展開
産　業・経済活動	●天候デリバティブ等の異常気象をリスクヘッジする金融商品の提供 ●ICT技術を活用した屋外作業員の熱ストレス管理システムの提供
国民生活・都市生活	●ビル・建物の屋内・屋外の暑熱環境を改善する技術・製品の提供 ●風の通り道やクールスポットを考慮した住宅街区の設計

表1　既に取り組まれている適応ビジネスの例　出典23より作成

参考文献

1. IPCC、2013：IPCC第5次評価報告書 第1作業部会報告書 政策決定者向け要約（気象庁訳）
2. IPCC、2013：IPCC第5次評価報告書 第1作業部会報告書
3. IPCC、2013：IPCC第5次評価報告書 第1作業部会報告書 技術要約（気象庁訳）
4. 気象庁気象研究所、2017：気象庁気象研究所報道発表資料「地球温暖化で猛烈な熱帯低気圧（台風）の頻度が日本の南海上で高まる～多数の高解像度温暖化シミュレーションによる予測～」
5. 気象庁、2017：気候変動監視レポート2016
6. 気象庁、2017：地球温暖化予測情報第9巻
7. Hiroaki Kawase, Akihiko Murata, Ryo Mizuta, Hidetaka Sasaki, Masaya Nosaka, Masayoshi Ishii, Izuru Takayabu, 2016：Enhancement of heavy daily snowfall in central Japan due to global warming as projected by large ensemble of regional climate simulation. Climatic Change, 139(2), 265-278.
8. Yasushi Ishigooka, Shin Fukui, Toshihiro Hasegawa, Tsuneo Kuwagata, Motoki Nishimori, Motohiko Kondo, 2017：Large-scale evaluation of the effects of adaptation to climate change by shifting transplanting date on rice production and quality in Japan. Journal of Agricultural Meteorology, 73(4), 156-173.
9. 農林水産省、2016：平成27年地球温暖化影響調査レポート
10. 農林水産省、2015：農林水産省気候変動適応計画（概要）
11. 農林水産省、2016：西日本のモモ生産安定のための果肉障害対策技術の開発 研究成果集
12. 独立行政法人森林総合研究所九州支所、2015：地球温暖化によるシイタケ原木栽培への影響と適応策について【森林総合研究所 第3期中期計画成果23（森林機能発揮－14）】
13. 農林水産省農林水産技術会議事務局、2016：気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト－水産分野における温暖化緩和技術の開発－（プロジェクト研究成果シリーズ559）
14. Elham Nourani, Noriyuki M. Yamaguchi, Hiroyoshi Higuchi, 2017：Climate change alters the optimal wind-dependent flight routes of an avian migrant. Proceedings B, 284(1854).
15. 東北大学、2017：東北大学他プレリリース「タケ、北日本で分布拡大のおそれ」https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2017/10/press20171016-01.html
16. 水産庁、2017：気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドライン
17. 水産庁、2015：磯焼け対策ガイドライン
18. 文部科学省、2017：気候変動リスク情報創生プログラム成果集
19. 国土交通省水管理・国土保全局、2017：平成29年7月九州北部豪雨による土砂災害の概要<速報版>Vol.6
20. 環境省、2018：熱中症環境保健マニュアル2018
21. 国土交通省、2012：平成23年度国土交通白書
22. 農林水産省、2014：平成25年地球温暖化影響調査レポート
23. 気候変動適応情報プラットフォーム http://www.adaptation-platform.nies.go.jp/index.html

企画・監修／環境省　文部科学省　農林水産省　国土交通省　気象庁
編集／パシフィックコンサルタンツ株式会社
問い合わせ先／環境省　地球環境局

本パンフレットは、「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018～日本の気候変動とその影響～2018年2月　環境省　文部科学省　農林水産省　国土交通省　気象庁」の中から、主なトピックを取り上げたものです。詳細については、下記ウェブサイトに掲載されているレポート本体をご参照ください。

http://www.env.go.jp