

令和3年度

第1回土地改良研修会

講演 地球温暖化と北海道の気候変動

札幌管区気象台 気象防災部 地球環境・海洋課

地球温暖化情報官 上澤 大作



一般社団法人 北海道土地改良設計技術協会

講演 「地球温暖化と北海道の気候変動」

開催日時 令和3年10月20日 13:35～14:50
会場 京王プラザホテル札幌 2F エミネンスホール
主催 一般社団法人 北海道土地改良設計技術協会

目 次

講演 地球温暖化と北海道の気候変動

1. はじめに	1
2. 北海道の気候	1
3. 北海道の経済・産業特性と気候	1
I. 地球温暖化	
1. 温室効果と地球温暖化	2
2. 温室効果ガス濃度の増加	2
3. 世界の気温の変動	2
4. 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による評価の変遷	3
5. 世界の気温変化と温暖化の要因	3
6. 温暖化の要因と寄与の大きさ	4
7. 地球温暖化に伴う気候システムの変化	4
II. 北海道の気候変動（観測事実）	
1. 北海道の気温の変動	4
2. 札幌の気温の変動	5
3. 北海道の降水量の変動	5
4. 北海道の雨の降り方の変動	5
5. 北海道の年最深積雪の変動	5
6. 北海道周辺海域の海面水温の変動	6
7. オホーツク海の最大海氷域面積の変動	6

III. 北海道の気候変動（将来予測）

1. 温暖化予測のための気候シナリオ（2℃／4℃上昇シナリオ）	6
2. 北海道地方 地球温暖化予測情報	6
3. 日本の気候変動2020	7
4. 北海道の気温の将来予測	7
5. 北海道の雨の降り方の将来予測	8
6. 北海道の年最深積雪の将来予測	8
7. トピック：極端な降雪の将来予測に関する研究事例	8
8. 北海道近海の海面水温の将来予測	8
9. オホーツク海の水氷域面積の将来予測	9
10. トピック：「○△は地球温暖化が原因でしょうか？」 （○△は特定の極端気象現象）	9
11. 平成30年（2018年）7月猛暑に対する温暖化の寄与 「イベント・アトリビューション」の研究結果	9

IV. 気候変動の影響への適応

1. 既に起こりつつある／近い将来起こりうる気候変動の影響	10
2. 気候変動対策：緩和と適応は車の両輪	10
3. 気候リスクの管理 水災害リスクの例	10
4. 気候変動の影響への「適応」	10
5. 気候変動影響と適応策（農林水産業分野）	11
6. 気候変動影響と適応の取組（農業生産基盤）	11
7. 気候変動影響評価報告書	11
8. 気候変動の影響（農業・林業）	11
9. 気候変動の影響と地域での適応	11
10. 北海道の観光業への気候変動影響 地域適応コンソーシアム事業成果集より	11
11. 道内での気候変動適応の取組例 ワイン用ぶどう栽培適地の拡大	12
12. E c o - D R R（生態系を活用した防災・減災） 釧路湿原の例	12

「地球温暖化と北海道の気候変動」

札幌管区气象台 気象防災部 地球環境・海洋課
地球温暖化情報官 上澤 大作

1. はじめに

〔スライド1〕

ただいまご紹介にあずかりました札幌管区气象台の上澤と申します。本日はこのような機会を設けて頂きありがとうございます。それでは「地球温暖化と北海道の気候変動」についてお話しさせていただきます。

〔スライド2〕

先ほどご紹介頂きましたが、私は札幌管区气象台で地球温暖化情報官という役職に就いています。地球温暖化情報官という名前のとおり、地球温暖化、気候変動に関する情報提供を担当しています。右上の写真は、ハワイ島のマウナロア観測所に研究の仕事で訪問したときに撮影した写真です。温暖化をもたらすのは二酸化炭素など温室効果ガスの増加が要因とされていますが、このマウナロア観測所は、二酸化炭素の精密な観測を世界で初めて開始した観測所として、温暖化の科学に関心のある方によく知られている場所です。1950年代にデービッド・キーリング博士がここで観測を開始したのですが、当時の観測機器などが置いてあって、訪問した時はとても感激したことを覚えています。

2. 北海道の気候

〔スライド3〕

北海道の気候は、国内の他の地方と比べると特徴があります。

下の左側の図は、北海道の3都市（札幌、網走、釧路）の気温と降水量の月別のグラフです。右側には比較の意味で東京の気温と降水量のグラフを並べました。東京のグラフと比較して分かるとおり、北海道は気温が低くて降水量は比較的少ない。ただし、北海道の中でも地域によって違いがあります。例えば日本海側の札幌では冬に降水量が多い、つまり雪が多いということが分かります。一方、太平洋側の釧路では、道内でも比較的雨がが多い。オホーツク海側の網走では、道内でも比較的雨が少ない。このような特徴が見られます。

このような特徴を持つ北海道の気候がどのように現在変化しつつあるのか、さらに温暖化が進むと将来どのように変化するのかについて今日はお話しします。

3. 北海道の経済・産業特性と気候

〔スライド4〕

道内総生産の産業別構成比は、全国と比べ、第1次産業と、観光業・サービス業を含む第3次産業の比率が高くなっています。

第1次産業である農業や水産業は、北海道の特徴ある気候を活用しています。さらに、農業や水産業だけではなく、サービス業や観光業においても、例えば日本では珍しい雪景色や良質なパウダースノー、あるいは流水など、北海道の特徴ある気候を活用して観光客を呼び込んでいます。このため、北海道の気候が今後変化していくと、道内の経済・産業にも影響を与える可能性があります。

【スライド5】

以上の問題意識から、まず地球全体での地球温暖化のお話をして、次に北海道の気候がどのように変化しているのか、さらに将来どのような変化が予測されているのかお話しします。最後に、気候変動の影響に対してどのように備えて適応していくのかについて述べて、私の話を終えたいと思います。

I. 地球温暖化

1. 温室効果と地球温暖化

【スライド6～7】

地球温暖化とは、人為的な要因によって温室効果ガスが増加して地表面の気温が上昇することです。地球温暖化をもたらす二酸化炭素などの温室効果ガスは、赤外線を吸収する性質があります。

二酸化炭素は、地表面から放出された赤外線を吸収し、地表面に向けて赤外線を放出します。この赤外線が地表面をさらに暖めます。このため地表面はますます暖まります。このようなプロセスによって地表面の大気を温めることを温室効果と言います。もし温室効果ガスがなければ、地球は今よりもっと冷たい星になっていたはずですが、実際は、適度な温室効果ガスがあることで地球の気温は温暖に保たれていました。ところが、人間活動の影響によって温室効果ガスが増え過ぎたため、地表面の気温が高くなり、色々と不都合なことが生じているのが、現在起きている地球温暖化という問題になります。

2. 温室効果ガス濃度の増加

【スライド8】

左側の図は、世界の二酸化炭素濃度の経年変化を35年間の近代的な観測のデータから作成したグラフです。自己紹介でお話ししたマウナロア観測所では1950年代から観測を始めていますが、世界中で観測が始まったのは1980年代からです。このグラフから、1980年代から最近に至るまで二酸化炭素濃度は右肩上がりで増加していることが分かります。

このグラフの細かいギザギザが気になる方がいるかもしれませんが、二酸化炭素濃度の季節変化を示しています。夏になると植物が生い茂って光合成が盛んになります。光合成では二酸化炭素が使われるので、植物が二酸化炭素を取り込むことによって、夏になると大気中の二酸化炭素は減ることになります。このような季節変化を毎年繰り返しながら、長期的に見ると二酸化炭素濃度が上昇していることは明らかです。

右の表は、工業化以前と比べてどれだけ増加しているか示しています。工業化以前の二酸化炭素やメタンの濃度をどのように求めるのか不思議に思われると思いますが、これは南極の氷を使います。南極の氷には昔の空気が閉じ込められているので、これを分析することで工業化以前の濃度を求めることが可能です。南極の氷に閉じ込められた空気を分析して求めた工業化以前の温室効果ガスの濃度と最近の濃度を比較すると、温室効果ガスが大幅に増えていることが分かります。

3. 世界の気温の変動

【スライド9】

温室効果ガスが増えていますので、地球温暖化のメカニズムによって世界の気温は上昇していることが予想されますが、それは実際の観測データによって裏づけられています。

左の図は、19世紀終わりから最近までおよそ130年間の気温の変化を示していますが、右肩上がりに上昇していることが明らかです。年別に見ると上下に細かい変動、さらには数十年スケールの長い周期の変動も見られますが、これらは温暖化がなくても起こる、気候が自然に持っている変動と考えられています。最近温暖化の影響と自然変動が重なったため、気温の高い年が続出しています。

4. 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による評価の変遷 [スライド10]

皆様はニュース等で気候変動に関する政府間パネル「IPCC」というのを耳にされていると思いますが、「IPCC」とは、各国政府の気候変動に関する対策に科学的基盤を与えることを目的として設立された政府間組織です。

今年8月に一番新しい第6次評価報告書が公表されました。この第6次評価報告書は、「人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」というかなり踏み込んだ評価になっています。振り返ってみると、30年前の第1次評価報告書では、「人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせるおそれがある」という、かなり抑制的な評価になっていました。1990年当時は、温暖化と人間活動の影響を結びつけるだけの証拠がまだ不足していました。その後、30年間の研究が進んだことによって、最新の報告書では、人間の影響が温暖化させてきたことには疑う余地がないと断定的な評価になっています。

5. 世界の気温変化と温暖化の要因 [スライド11]

こちらは最近の「IPCC」の報告書から引用した図ですが、左の図は過去2000年間の気温の復元値に最近の近代的な観測値を重ね合わせたものです。これを見ますと、ここ最近の温暖化による気温の上昇は、過去2000年間において前例のないものであることが分かります。

右の図は、最近170年間のシミュレーションですが、青い線は自然起源のみを考慮した推定値です。自然起源には太陽活動の変化を含みます。太陽活動の変化は日射量そのものが変わるので気候を変える要因になります。もう一つは、火山活動です。大きな火山噴火があると火山灰が大気にまき散らされて、地表面に入ってくる日射を減らすこととなります。つまり気温を下げる方向に働きます。このように人間がコントロールできないものが自然起源の要因です。自然起源の要因のみを使ってシミュレーションを行うと、青い線のような気温になります。赤い線は、自然起源に二酸化炭素濃度の増加など人為起源の要因も併せてシミュレーションを行った結果です。黒い線が実際の観測値ですが、人為起源と自然起源の両方を使ってシミュレーションすることによって、初めて観測データを再現することができます。

このようにして、温暖化の要因は人為起源によるものであることが明らかになるわけです。このシミュレーションには、気候モデルを使います。気候モデルというのは、物理学の方程式に基づいて大気や海洋、雪氷などを定式化したもので、スーパーコンピュータで計算します。例えば気候の再現や人間の影響を取り除いた実験的なシミュレーションを行うことに用いられています。この気候モデルによって気候の再現や実験が可能となり、温

暖化に関する科学が進みました。その先駆者として、大事なツールである気候モデルを世界で初めて開発したのが先頃ノーベル物理学賞を受賞された眞鍋淑郎先生です。

6. 温暖化の要因と寄与の大きさ

[スライド12]

こちらにも最近の「IPCC」の報告書から引用した図です。先ほど人間の影響、人為起源の要因によって温暖化しているという話をしましたが、この人為起源の要因をさらに分解してみたものです。

人間の影響により二酸化炭素やメタンなどを出すことで地球は温暖化するのですが、実は人間の影響には地球を冷やす方向に働くものもあります。それは大気汚染物質として出てくる二酸化硫黄です。二酸化硫黄から生成される硫酸塩エアロゾルは、太陽の光を散乱させる性質があるので、地表面に入ってくる日射を減らして気温を下げる効果を持っています。日本も大気汚染が深刻な時代が昔ありましたが、世界では今でも大気汚染に苦しんでいる国があります。

このように、人間の影響というのは、気温を上げる温室効果ガスだけではなくて、大気汚染物質から生成されるエアロゾルのように気温を下げるものもありますが、これらを全部足し合わせると1.07℃という温暖化の推定ができます。この人為起源温暖化推定は、観測データで求めた1.06℃とかなり良い一致を示しています。これらの研究は、以前の「IPCC」の頃からずっと行われていますが、現在の研究はこのように高精度化が進んでいます。研究の進展も相まって、人間の影響が温暖化させてきたことは疑う余地がないという強い評価につながりました。

7. 地球温暖化に伴う気候システムの変化

[スライド13]

地球温暖化とは、直接的には地表面の気温が上昇することですが、気候というのは大気、海洋、雪氷などが一体となったシステムです。

地表面の気温が上昇すれば、物理的に整合するように他の要素も変わります。分かりやすい例でいえば、地表面の雪や氷の面積は気温が高くなれば減っていきます。さらに、大気中の水蒸気量が増えます。これは学校の理科で習ったとおりですが、空気は気温が高いほど含むことができる水蒸気量が増えるという性質があります。従って、温暖化によって気温が上がれば大気中の水蒸気量が増えることになります。水蒸気が水となって雨として降ってきますので、大雨や短時間強雨が増えるのではないかという推測ができます。

II. 北海道の気候変動（観測事実）

1. 北海道の気温の変動

[スライド14~15]

今までお話ししてきたことはグローバルな温暖化の話でしたが、北海道ではどのような変化が生じているか、あるいはこれから生じるのかということをお話ししたいと思います。ここからは気象台の観測データに基づいて、現在北海道の気候にどのような変化が見られるのかお話しします。

北海道には、温暖化の研究に使える120年間のデータがあります。そのデータを使って、北海道の気温の経年変化を表したのがこのグラフです。これを見ると一目瞭然で、気温が

右肩上がりで上昇していることが分かります。世界の気温の変動と同じように、年ごとの変動、さらに数年、数十年スケールの波のような変動が見られますが、これらは温暖化がなくても起きる自然の変動と考えられます。北海道の気温は、このような様々な変動を繰り返しながら上昇しています。このグラフで少し注意が必要なのは、データの数を増やすために札幌のデータを使っていることです。札幌は北海道の中でも都市化が進んでいますので、都市化の影響を考慮する必要があります。

2. 札幌の気温の変動

〔スライド16〕

都市化の影響を分かりやすく表しているのがこの図です。左は札幌の過去120年間の気温の変化、右は都市化の影響をほとんど考えなくてもよい寿都の120年間の観測データです。興味深いことに120年前は札幌の気温よりもむしろ寿都の気温の方が高かった。ところが、最近では札幌の気温の方が高い状態が続いており、札幌の気温の上昇率が大きいことが分かります。札幌では気温の上昇だけではなく、例えば乾燥化も進んでいます。このような指標を基に分析すると、札幌は東京や国内の他の大都市と同じように都市化の影響を受けていることが分かっています。札幌の気温データの上昇は、全てが温暖化というわけではなくて、都市化の影響も一部含んでいることに注意が必要です。

3. 北海道の降水量の変動

〔スライド17〕

この図は、北海道の120年間の降水量のグラフですが、年降水量ですので1年間に降った雨の総量になります。雨が多く降った年もあれば、次の年はあまり雨が降らないなど、降水量は気温と比べて年ごとの変動が大きいのです。120年間の観測データですが、降水量に関しては増加傾向あるいは減少傾向といった長期的な変化傾向は確認できません。意外な結果かもしれませんが、全国で同じような統計を取っても変化傾向は今のところ確認できません。

4. 北海道の雨の降り方の変動

〔スライド18〕

1年間に降る雨の総量は変わっていないのですが、もしかすると北海道において雨の降り方は変わってきているかもしれません。この図は、40年程度しかデータはありませんが、アメダスのデータを使ってカウントした1時間降水量30mm以上の年間発生回数の経年変化を示しています。年ごとにばらつきが大きいので統計的に有意な変化傾向は確認できませんが、1時間降水量30mm以上の短時間強雨の発生回数は、観測が始まった最初の頃と比べると、ここ最近では増えていることが分かります。

後ほどお話しますが、温暖化が進むと大雨や短時間強雨の回数が増えることが予測されていますので、今後データが増えると増加傾向が見えてくるかもしれません。

5. 北海道の年最深積雪の変動

〔スライド19〕

この図は、北海道の年最深積雪の変動を表したグラフです。積雪についても年ごとの変動が大きいのですが、60年間のデータによれば減少していることは明らかです。

6. 北海道周辺海域の海面水温の変動

〔スライド20〕

気温や雨だけではなくて海にも変化が現れています。この図は日本近海の海面水温が100年当たりでどのくらい上昇しているのかを示しています。北海道近海で見ると、釧路沖が特に海面水温の上昇が大きい海域になっています。右下の図が釧路沖の海面水温の経年変化を示していますが、年ごとの変動が大きく、数年、数十年スケールの変動も見られるものの、右肩上がりで海面水温が上昇していることが分かります。

7. オホーツク海の最大海氷域面積の変動

〔スライド21〕

この図は、オホーツク海の海氷域面積の変動を示したグラフです。オホーツク海の海氷が北海道沿岸に流れ着いたものを流氷と呼んでいるわけですが、その流氷の基になるオホーツク海の海氷域面積は、年ごとのばらつきは大きいものの、長い期間で見れば減少傾向が明らかです。

以上のように、北海道の気候も、気温や雨の降り方あるいは雪だけではなくて、海面水温や海氷など海の気候についても変化が現れつつあることが観測データから確認できます。

III. 北海道の気候変動（将来予測）

1. 温暖化予測のための気候シナリオ（2℃／4℃上昇シナリオ）〔スライド22～23〕

ここからは気象庁のデータを使って北海道の気候が将来どのように変化すると予測されているのか紹介したいと思います。

温暖化予測をするためにはシナリオというものを必要とします。シナリオとは何かというと、大気中の温室効果ガスの濃度が将来どのように変化するか前提条件を与えることです。将来予測は、気候モデルの計算によって、例えば100年後の気温がどうなるかを予測しますが、温室効果ガスがどう変化するか、気候システムの外にある前提条件を与えないと計算ができません。その前提条件として与えるものをシナリオと言います。

今日は2つのシナリオによる予測結果をご紹介します。1つは、2℃上昇シナリオと言いますが、世界平均気温が工業化以前と比べておよそ2℃上昇するシナリオです。具体的にいいますと、パリ協定の2℃目標が達成された世界と考えていただいて結構です。もう一つが4℃上昇シナリオで、世界平均気温が工業化以前と比べておよそ4℃上昇するシナリオです。こちらは現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界ということで、現状維持という世界に該当します。

2. 北海道地方 地球温暖化予測情報

〔スライド24〕

2年前に気象庁は「北海道地方地球温暖化予測情報」というものを公開しました。これは4℃上昇シナリオに基づいていますが、気象庁は4℃上昇シナリオに沿って社会が変わっていくと思っているわけではありません。温暖化が進むと、その影響に備えて適応策を取らなくてはなりません。適応策を検討する上で、温暖化の程度が一番激しい場合、最悪のケースを想定して適応策を検討していただくのが良いのではないかと考えて、まず4℃上昇シナリオによる予測結果を公開しました。この2年前に公開した地球温暖化予測情報は、気象庁のホームページで全文を見ることができますが、道内を14の地域に分けて、そ

れぞれ気温が何℃上昇するか、大雨がどれくらい増えるかなどを定量的な予測結果として提供しているものです。

3. 日本の気候変動2020

〔スライド25〕

昨年12月には気象庁と文部科学省との共同で「日本の気候変動2020」を公表しました。「日本の気候変動2020」の特徴の一つとして、4℃上昇シナリオだけではなく、2℃上昇シナリオによる予測結果も併せて示して両者を比較できるようにしています。2℃上昇シナリオは、パリ協定の2℃目標が達成された世界で、現在より温室効果ガス削減を頑張った世界とすることができます。緩和策を頑張った世界ではどの程度気温が上昇して、現状維持ではどの程度上昇するのか、両者を比較したい、あるいは実際に緩和策を頑張った場合の予測結果を知りたいなど、自治体を含むユーザーからの要望もあって2つのシナリオの予測結果を併せて示すことにしました。ただし、「日本の気候変動2020」は、日本全体あるいは北日本など大きな地域区分での評価にとどまっています。

4. 北海道の気温の将来予測

〔スライド26〕

本日の講演では、「日本の気候変動2020」と同じデータを使って、北海道では気温がどれくらい上昇するのか解析した結果をご紹介します。

左の図が2℃上昇シナリオによる北海道の気温の上昇、右の図が4℃上昇シナリオによる北海道の気温の上昇です。図の色のつけ方は、どちらも右端にあるカラーバーに合わせています。これを見ると違いは一目瞭然です。2℃上昇シナリオ、つまりパリ協定の2℃目標が達成された世界、言い換えると緩和策を頑張った世界においては、北海道の気温は約1.6℃上昇の予測です。4℃上昇シナリオ、つまり現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界においては、北海道の気温はおよそ5℃上昇することが予測されており、2℃上昇シナリオと比べて上昇量が大きくなっています。

この図から読み取れることが2つあります。1つは、気温の上昇を抑えたいと考えるのであれば緩和策を頑張る必要がある、温室効果ガス削減を頑張る必要があるということです。もう一つは、温室効果ガス削減を頑張ったとしても、ある程度の気温の上昇、気候の変化は避けられないので、気候の変化に対してあらかじめ備える適応策が必要であるということです。温暖化対策は、緩和策と適応策が車の両輪でありどちらも大事とされていますが、それを裏付けるような予測結果と言えます。

〔スライド27〕

この図は、北海道の気温の将来予測を定量的に数字として表したものです。季節別で見ると、どちらのシナリオも冬の気温の上昇量が大きいことが分かります。理由は皆様も容易に想像がつくと思います。北海道は冬になると雪や氷で覆われますが、温暖化によって雪や氷が減ると地面や海面が露出して、露出した地面や海面は日射が入るので温まることになります。そして露出した地面や海面が温まることで、周りの雪や氷を溶かしていく。周りの露出した地面や海面を日射が温めるというように、正のフィードバックが働くことで上昇量が大きくなります。

下の表は、気温の上昇量だとイメージがつかめないという方もいると思いますので、真

夏日と真冬日がどれくらい増減するかという観点でデータを整理したものです。見ていただいで分かるとおり、4℃上昇シナリオにおいて真夏日の大幅な増加と真冬日の大幅な減少が予測されていることが分かります。

5. 北海道の雨の降り方の将来予測

〔スライド28〕

右の表は、雨の降り方の将来予測です。特に4℃上昇シナリオにおいては、大雨（日降水量100mm以上）の年間発生回数は年間0.8回⇨1回、短時間強雨（1時間降水量30mm以上）の年間発生回数は0.9回⇨1回と予測されています。つまり大雨や短時間強雨がほぼ毎年のように出現することが予測されています。2℃上昇シナリオにおいても短時間強雨の増加が予測されていますが、4℃上昇シナリオにおいては、さらに大幅な増加が予測されています。温暖化が進むと大雨や短い時間に強く降る雨が増えるというのは物理的に整合性の取れたことです。温暖化が進むと大気中の水蒸気量が増えるという話を少し前にしましたが、水蒸気が水となって雨として降ってくるので、大気中の水蒸気量が増えれば雨の量が増えるのは明白です。一雨当たりの量が増えることになるので、温暖化すると大雨あるいは短時間強雨が増加するというのは物理的に整合性の取れたこととなります。

6. 北海道の年最深積雪の将来予測

〔スライド29〕

この図は、積雪の将来予測を示したものです。左の図が2℃上昇シナリオ、右の図が4℃上昇シナリオです。雪に関しても4℃上昇シナリオで特に大きな減少を示しており、北海道では雪が4割程度少なくなることが予測されています。

7. トピック：極端な降雪の将来予測に関する研究事例

〔スライド30〕

ただし、雪の将来予測は一筋縄ではいかない面があり、ここで紹介するような研究事例もあります。4℃上昇シナリオにおいては、雪は大幅に減るという予測になりますが、北海道の内陸部のような寒冷地域においては、全体として降雪量は減る一方で、10年に1度の大雪のような極端な降雪は増大するとの研究結果があります。これは物理的には納得のいく結果です。先ほど温暖化が進むと大気中の水蒸気が増えることによって大雨や短時間強雨が増えるという話をしましたが、温暖化が進んでもまだまだ寒冷な地域、北海道の内陸部のようなところでは降ってくるものが雨にならず雪として降ってくるので、一回当たりの雪の量が増える可能性があります。つまり、極端な雪が増えるという結果になるわけです。このような研究結果もあるので、温暖化が進んだとしても豪雪対策が全く不要になるかというところではないのかもしれませんが。

8. 北海道近海の海面水温の将来予測

〔スライド31〕

海の将来予測も行っています。左が2℃上昇シナリオによる予測、右が4℃上昇シナリオによる予測です。北海道近海で見ると、釧路沖では2℃上昇シナリオにおいて変化が見られない、つまり現在との有意な差が見られません。一方、4℃上昇シナリオになると日本近海の中でも特に大きい上昇を示すようになります。

9. オホーツク海の海水域面積の将来予測

〔スライド32〕

こちらはオホーツク海の海水域面積の将来予測です。2℃上昇シナリオ、4℃上昇シナリオ、いずれにおいてもオホーツク海の海氷は減ることが予測されています。特に4℃上昇シナリオにおいては7割も減少するという予測になっています。オホーツク海の海氷が北海道に移流されたものを流氷と呼んでいますが、オホーツク海の海氷が減ることによって、流氷も減少することが予測されます。

以上のとおり、気温や雨の降り方、さらには海面水温やオホーツク海の海氷など、北海道の気候が将来変化することが予測されています。

10. トピック：「○△は地球温暖化が原因でしょうか？」

(○△は特定の極端気象現象)

〔スライド 33〕

ここで最近の話題をご紹介します。私は地球温暖化情報官という職に就いているわけですが、このような職に就いていると、特定の極端な気象現象に対してその原因は地球温暖化なのかどうかよく尋ねられます。簡単ではないかと思ってお尋ねになると思うのですが、実際にはなかなか難しい問いなのです。なぜかといいますと、気候というのは温暖化による長期的な変化傾向以外に、気候システムの内部変動、要するに温暖化がなくても起きる自然の変動を含んでいます。したがって、特定の極端現象、例えば何年何月の猛暑とか、何年何月の豪雨が起きたとき、温暖化が原因かどうかという問いに答えるのはとても難しいことになります。温暖化がなくても、もしかしたらそのような現象が起きたかもしれません。温暖化によって発生頻度がどれくらい高くなるか、あるいは気温が上昇した分の定量的に何℃が温暖化によるものだったのか、このような質問であれば科学的により適切な問いになります。

つい最近までは、ほとんどの極端な現象に対して、「温暖化が背景にあるかもしれないが、それが具体的にどの程度寄与していたかは分からない」というような答え方しかできなかったのです。ところが、最近は研究が進み、特定の現象に対して温暖化の寄与を定量的に調べることが可能になっています。それがイベント・アトリビューションという手法です。温暖化した設定と温暖化していない設定でそれぞれシミュレーションを多数回行います。シミュレーションを多数行うことによって現象の発生確率、確率分布を計算します。確率を計算して、温暖化した場合と温暖化していない場合とを比較することによって、温暖化が現象に寄与したのかどうかを明らかにすることができます。

11. 平成30年(2018年)7月猛暑に対する温暖化の寄与

「イベント・アトリビューション」の研究結果

〔スライド34〕

イベント・アトリビューションによって温暖化の影響を定量的に明らかにした一例が2018年7月に発生した猛暑です。なお、2018年7月猛暑というのは本州が中心の猛暑で、北海道は高温でも猛暑でもありませんでした。左の図は、2018年7月猛暑に対してイベント・アトリビューションを適用した結果です。青い釣鐘状の曲線が、温暖化がなかった場合にあり得る気温の確率分布になります。その右側、温暖化の分だけ真っすぐ右にスライドするわけですが、赤い釣鐘状の曲線が、温暖化のあった実際の世界における発生確率の分布です。実際に観測された気温は黒い三角のところになりますが、温暖化がない世界だ

と、このような気温を取る確率はほぼゼロ%。一方、温暖化がある実際の世界においてはおよそ20%ということで、2018年7月猛暑は人間活動による地球温暖化がなかったら起こり得なかったということを定量的に明らかにすることができました。現在、世界中で異常気象、極端現象が起きるたびにイベント・アトリビューションを使って温暖化の影響の有無が調べられているのですが、温暖化がなければほぼ起こらなかったという事例が見られるようになったのはここ数年のことで、このことから地球温暖化が進行していることが分かります。

以上、北海道の観測データに基づく気候の変化と、2つのシナリオによる将来予測を紹介しましたが、すでに現れつつある、あるいは今後確実に起こり得る気候変動による影響に対して備える「適応」を考えなくてはなりません。特に地域単位での適応について触れて、今日の話を終えたいと思います。

IV. 気候変動の影響への適応

1. 既に起こりつつある／近い将来起こりうる気候変動の影響 [スライド35～36]

既に気候変動の影響はいろいろな分野で確認されつつありますが、例えば稲や果物、生態系、あるいは熱中症による健康被害の増加など、気候変動の影響は既に起こりつつあります。先ほど北海道の気候の将来予測結果をお見せしましたが、今後は気候変動の影響が確実に起こることが予測されています。

2. 気候変動対策：緩和と適応は車の両輪 [スライド37]

既に気候変動の影響が起こりつつある、あるいは近い将来確実に起こり得るという認識の下、気候変動対策は、温室効果ガスの排出を削減する緩和策と、気候変動の影響による被害を回避・軽減する適応策、この2つを両輪として進めていかなければなりません。

3. 気候リスクの管理 水災害リスクの例 [スライド38]

緩和策と適応策はどちらも気候変動リスクの管理という見方ができます。皆様よく御存じのとおり、災害が起きるかどうかは、例えば大雨など外力の変化によってのみ決まるのではなくて、暴露や脆弱性によっても決まります。暴露が大きいというのは、気象や気候の変化などハザードの変化が大きい場所に人口が密集しているとか、建物や資産などが多いことを意味しています。脆弱性が大きいというのは、インフラの未整備だとか、あるいは高齢化が進んでソフト的な対応が難しくなっているとか、そのような場合が該当します。気候変動による気象災害のリスクを減らすためには、緩和策として温室効果ガス削減によって気候の変化自体を減らす、つまりハザードの変化を小さくするという対応のほかに、適応策によって暴露や脆弱性を減らすことによっても災害のリスクを減らすことができます。緩和策と適応策の両方を進めていく必要があります。

4. 気候変動の影響への「適応」 [スライド39]

適応というのは気候変動の影響にあらかじめ備えることですが、特に気象災害から暮らしを守るための適応というのは、防災・減災と目指している方向が同じです。個人でできる適応もあります。例えば熱中症の予防です。熱中症になりそうな気象状況のときはエア

コンを使うことで熱中症の予防ができます。このように個人の行動によって取り組むことのできる適応策もあります。今のところ北海道ではエアコンの普及率が低いですが、将来予測結果などを見ると、北海道の夏においてもエアコンが必需品となるのではないのでしょうか。

5. 気候変動影響と適応策（農林水産業分野） 〔スライド40〕

こちらは、農林水産業分野の気候変動の影響と適応策についてまとめられているものです。水稻や畜産、果実等で気候変動の影響が起こっている、あるいは懸念されている。それに対してどのように備えるか適応策がそれぞれ検討されているところです。今日お集まりの皆様は、農業生産基盤に関わっているとお聞きしていますが、農業生産基盤においても気候変動の影響は懸念されており、それに対する適応策も検討されているところです。

6. 気候変動影響と適応の取組（農業生産基盤） 〔スライド41〕

私自身は農業が専門ではないので、的外れなことを言っていたら後でご指摘いただければと思いますが、農林水産省の気候変動適応計画によると、農業生産基盤においては用水不足と湛水被害が懸念されているようです。用水不足というのは、雪が減ることによって農業用水として使うことのできる水資源が減ることです。また、雨の降り方が極端化することによって農地の湛水被害が懸念されています。このような影響が農業生産基盤分野において懸念されているところです。用水不足と湛水被害それぞれについて対策、取組が書かれています。

7. 気候変動影響評価報告書 〔スライド42〕

気候変動の影響に関しては、環境省が取りまとめている「気候変動影響評価報告書」が網羅的です。この評価報告書においても農業生産基盤で1つの項目が立てられており、用水不足、および大雨が増えることによる排水不良や土壌侵食などが懸念されています。

8. 気候変動の影響（農業・林業） 〔スライド43〕

こちらと同じく環境省の影響評価報告書から抜き出してきたものですが、農業と一言で言っても様々なところに影響を及ぼします。一番上の段に書かれているのが気候の変化です。気候の変化は、単に気温が上昇するだけではなく、降水が変わるあるいは二酸化炭素濃度の上昇が農作物に影響を及ぼすなど、様々な影響が想定されています。

9. 気候変動の影響と地域での適応 〔スライド44〕

農業だけではなくて、様々な分野で気候変動の影響が現れるわけですが、ここで大事なことは、気候変動の影響の現れ方は全国一律ではないということです。もちろん全国的に取り組まなければならない適応策もありますが、地域の自然的な状況、産業構造、あるいは社会的な状況が全国地域によって違うので地域単位での適応がとても重要になります。

10. 北海道の観光業への気候変動影響 **地域適応コンソーシアム事業成果集より** 〔スライド45〕

こちらは北海道の観光業への気候変動の影響を調べた一例になります。最初のほうで少し触れましたが、北海道には、雪景色やスキー場のパウダースノーなど、それらを観光資源として利用している産業分野があります。将来は雪が減るという予測結果をお見せしましたが、雪が減ることによって観光業への影響が懸念されます。これは、「さっぽろ雪まつり」に対する影響を調べた例です。左の図が現在の積雪の分布、右の図が今世紀末の積雪の分布の予測です。現在「さっぽろ雪まつり」のための採雪地は、雪まつり会場の周りにあるピンク色の星印です。これらの場所では将来は雪がほとんど積もらなくなることが分かります。もっと遠い場所まで雪を取りに行かなければならないので、コスト増加につながります。このように、地域的な気候変動影響も気候モデルの予測結果を使って真剣に議論されています。地域ニーズに応じた適応策の検討の一例と言うことができます。

11. 道内での気候変動適応の取組例

ワイン用ぶどう栽培適地の拡大

〔スライド46〕

気候変動の影響を逆に利用するという適応策もあります。北海道では、気温上昇によりワイン用ブドウの栽培可能地域が拡大しています。将来予測の研究においても、さらに栽培適地が広がる可能性があるとしてされています。

気候変動の適応というと、例えば大雨対策など、被害・災害に対してあらかじめ備えるという面がどうしても強いのですが、ワイン用ブドウの栽培は気候が変わることをむしろビジネスチャンスと捉えて適応した例です。本州の酒蔵が道内に移転する例も現れています。

12. E c o - D R R (生態系を活用した防災・減災)

釧路湿原の例

〔スライド47〕

最後に、生態系を活用した防災・減災、E c o - D R Rをご紹介します。釧路湿原は、日本最大の湿原ですが、その保水機能によって、大雨が降っても河川のピーク流量を抑え、ピークの到達を遅らせることによって災害を減らす効果があるとされています。温暖化予測によれば大雨の回数は将来増えますが、将来大雨が起きたときに釧路湿原が保水機能によってどの程度ピーク流量を抑えられるか計算した例が右下の図になります。温暖化によって雨が增えることでピーク流量自体は大きくなるのですが、釧路湿原の効果によってピーク流量が抑えられて、さらにピークの到達を遅らせることによって災害を減らす効果が見られます。これなどは湿原の保全、自然の保全が気候変動の適応にもつながる例とみなすことができます。

〔スライド48～50〕

今日の私の話は、最初に地球全体で地球温暖化が進んでいることを最新のI P C C報告書などを紹介しながら説明させていただきました。温暖化が進んでいる中で、気象台の観測事実によれば、北海道でも気候が変化しつつある。海や海水も変化している。将来予測結果も紹介しましたが、2℃上昇シナリオと4℃上昇シナリオという、緩和策の頑張り具合によって異なる2つの予測結果を並べてお示ししました。4℃上昇シナリオのほうが変化量は大きい。ただし、2℃上昇シナリオにおいても一定程度の気候の変化は免れないと

いう結果でした。気候変動の影響に備える適応では、地域での適応に焦点を置いて説明しましたが、観光業への影響評価、気候変動を利用した適応例としてワインの栽培適地が増えていること、自然保全が適応につながる例など、道内における適応の取り組みを一部紹介させていただきました。

まとまりのない話となりましたがこれで私の話を終わります。ご清聴ありがとうございました。(拍手)

地球温暖化と 北海道の気候変動

本講演では、変動の要因によらず様々な時間スケールの気候の変動や変化を指すものとして、「気候変動」の用語を用いることにします。

札幌管区気象台 地球環境・海洋課
地球温暖化情報官 上澤 大作

自己紹介

名前

➤ 上澤 大作

担当

- 札幌管区気象台地球環境・海洋課地球温暖化情報官
- 地球温暖化・気候変動に関する情報提供などを担当しています

経歴

- 1999年（平成11年）気象庁入庁
- 地球環境・海洋部、気象研究所、気象衛星センター等を経て、2019年（平成31年）4月より現職
- これまで、季節予報、黄砂監視、気象衛星ひまわりに関する業務等に従事



ハワイ島マウナロア観測所（標高3,396m）
訪問時に撮影（2012年）

札幌の気象台には温暖化に関する専門職があります

北海道の経済・産業特性と気候

気候の変化は経済・産業に影響を与える可能性がある

- 道内総生産の産業別構成比は、第1次産業が4.3%、第2次産業が17.4%、第3次産業が78.3%で、全国と比べ第1次産業と第3次産業が高くなっています。（2015年度統計）
- 本道の地勢や冷涼な気候、3つの特性ある海が、第1次産業である農業・林業・水産業を育て、その各産業から生まれる良質な食資源が、国内外からの多くの観光客を本道に誘引しています。
- さらには、様々な自然公園等に生息する動植物、厳しい冬の町並みを覆う雪景色、良質なパウダースノーを活かしたスキーリゾート、道東に現れる流氷など、国内でも本道でしか体験できない貴重な自然の素材が多くの観光客を魅了するなど、サービス業を含む第3次産業をも育んでいます。

内容

- 地球温暖化
 - 地球温暖化の進行
 - IPCC第6次評価報告書
- 北海道の気候変動（観測事実）
 - 観測データが示す変化
- 北海道の気候変動（将来予測）
 - 今世紀末の気候の予測
 - シナリオによる予測結果の違い
- 気候変動の影響への適応
 - 地域での適応

地球温暖化

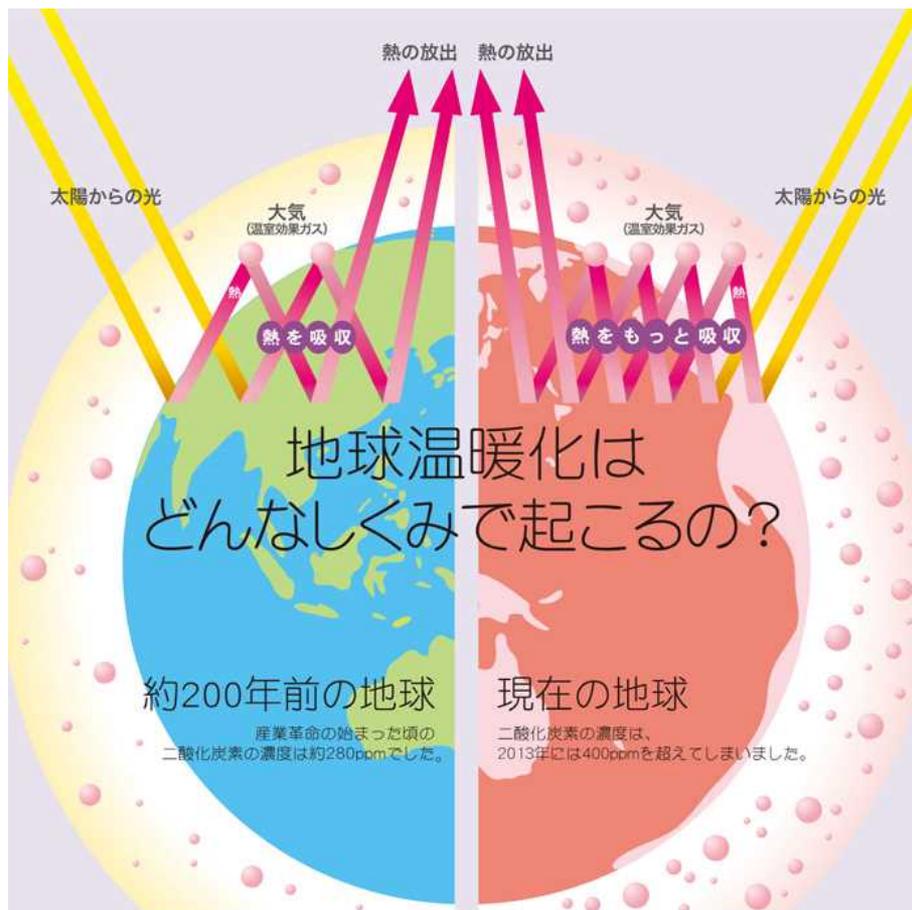
参考資料：気候変動監視レポート

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/index.html>



温室効果と地球温暖化

✓ 地球温暖化とは、人為的な要因による温室効果ガスの増加により、地球規模で地球表面の気温が上昇することです。

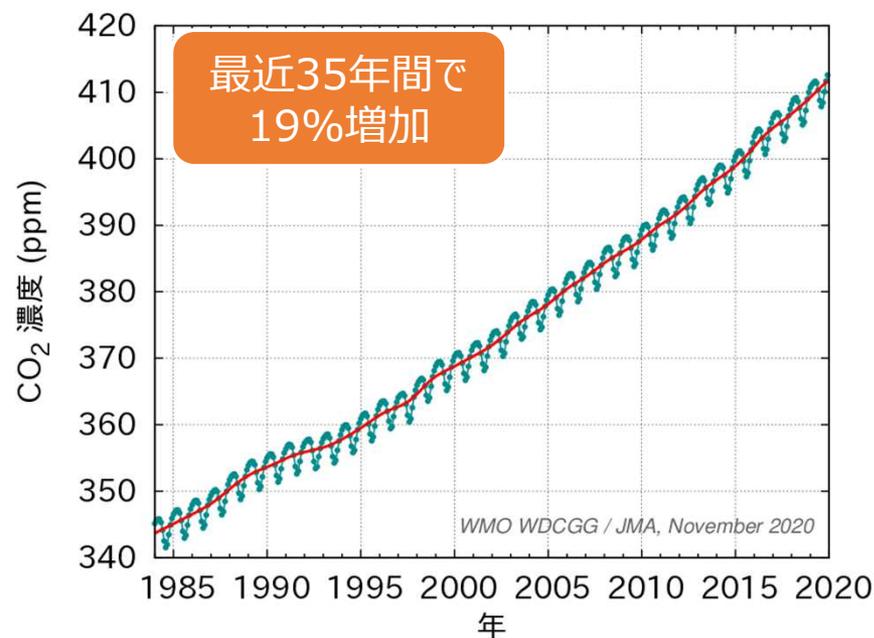


二酸化炭素などは、太陽光で暖められた地表から放出された赤外線を吸収し地表に向けて赤外線を放出します。この赤外線が地表をさらに暖めます。このような過程により、地表及び地表付近の大気を暖めることを**温室効果**と言います。

人為起源の温室効果ガスが大気中に増加することで温室効果が強まって、地球の表面の気温が上昇することを**地球温暖化**と言います。

温室効果ガス濃度の増加

- ✓ 代表的な温室効果ガス（二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素）の濃度は長期的に増加しています。
- ✓ 主要な温室効果ガスである二酸化炭素の濃度は増加を続けています。



大気中の二酸化炭素の世界平均濃度（1984年～2019年）。温室効果ガス世界資料センター（WDCGG；運営：気象庁）が収集した観測データから作成した大気中の二酸化炭素の月別の世界平均濃度の経年変化（緑線）と、季節変動成分を除いた濃度変化（赤線）を示しています。

温室効果ガスの種類	大気中の濃度		
	工業化以前（1750年）	2019年平均濃度	工業化以降の増加率
二酸化炭素 CO ₂	約 278 ppm	410.5 ppm	+ 48%
メタン CH ₄	約 722 ppb	1877 ppb	+ 160%
一酸化二窒素 N ₂ O	約 270 ppb	332.0 ppb	+ 23%

代表的な温室効果ガスの世界平均濃度（2019年）。世界気象機関（WMO）温室効果ガス年報（2020年）より作成。

ppm（百万分率）は100万分の1であることを示し1ppm=0.0001%、ppb（十億分率）は10億分の1であることを示し1ppb=0.0000001%となります。

WMO温室効果ガス年報第16号（気象庁訳）

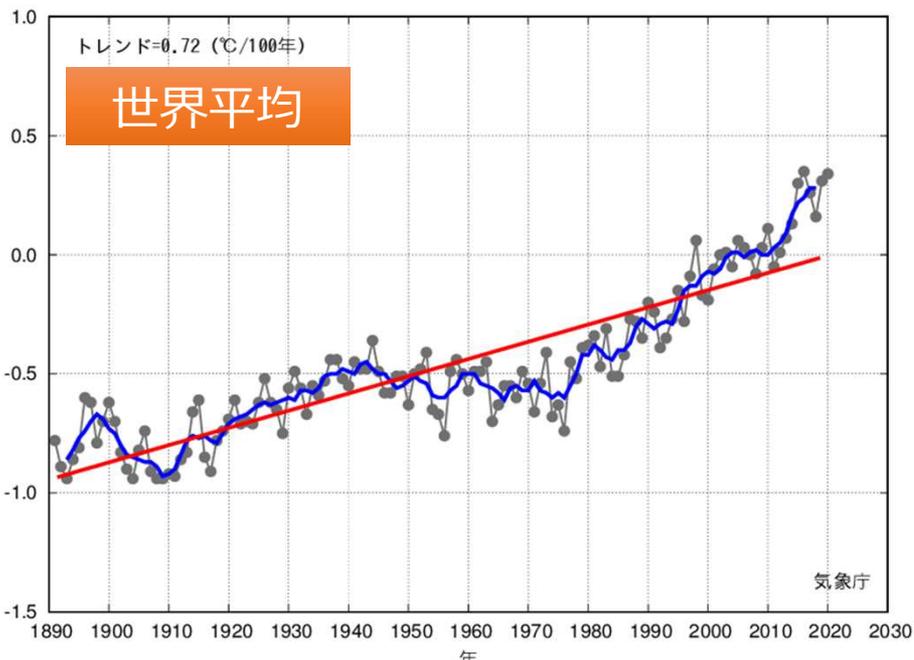
https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/info/wdcgg/wdcgg_bulletin.html

https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/info/wdcgg/GHG_Bulletin-16_j.pdf

世界の気温の変動

✓ 世界の年平均気温は、様々な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0.72℃の割合で上昇しています。

世界の年平均気温偏差



世界の年平均気温偏差の経年変化（1891～2020年）。細線（黒）は各年の基準値からの偏差を示しています。太線（青）は偏差の5年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向を示しています。基準値は1991～2020年の30年平均値です。

世界の年平均気温が高かった年

順位	年
1	2016年 (+0.35°C)
2	2020年 (+0.34°C)
3	2019年 (+0.31°C)
4	2015年 (+0.30°C)
5	2017年 (+0.26°C)

2020年は統計開始以降2番目に高い値となりました。

✓ 最近の年が上位5位までを占めています。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による評価の変遷

気候変動に関する政府間パネル（IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change）は、世界気象機関（WMO）及び国連環境計画（UNEP）により1988年に設立された政府間組織で、2021年8月現在、195の国と地域が参加しています。IPCCの目的は、各国政府の気候変動に関する政策に科学的な基礎を与えることです。

第1次評価報告書（1990年）

「人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせるおそれがある」

第2次評価報告書（1995年）

「識別可能な人為的影響が全球の気候に現れている」

第3次評価報告書（2001年）

「過去50年間に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガス濃度の増加によるものであった可能性が高い」

第4次評価報告書（2007年）

「気候システムの温暖化には疑う余地がない」
「20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の増加によってもたらされた可能性が非常に高い」

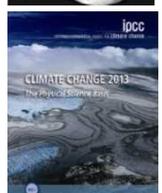
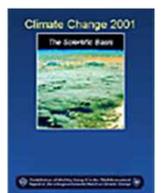
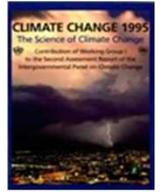
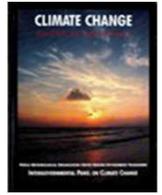
第5次評価報告書（2013年）

「気候システムの温暖化には疑う余地がない」
「人間による影響が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い」

第6次評価報告書（2021年）

「人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。」

IPCCはWG1報告書の政策決定者向け要約（SPM）を2021年8月9日に公表しました。報告書の本体は2021年12月頃にIPCCから公表される予定です。



世界の気温変化と温暖化の要因

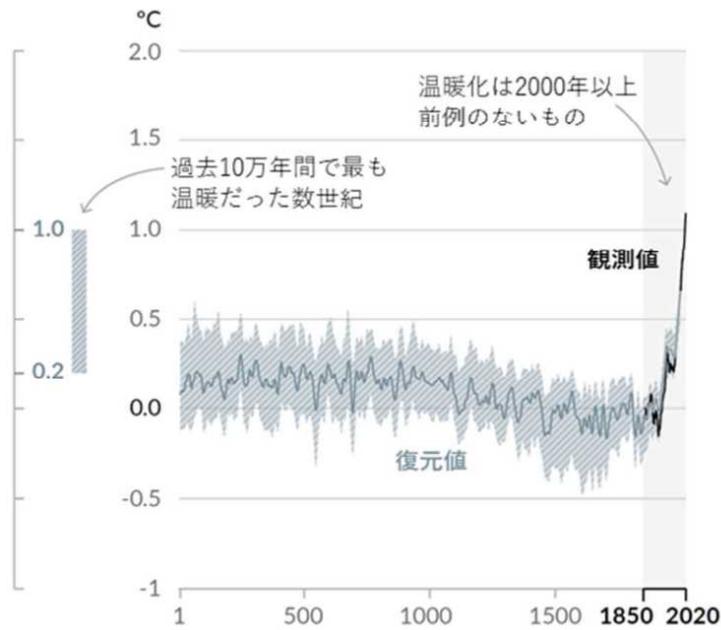
人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。
 <IPCC AR6/WGI報告書 政策決定者向け要約>

人間の影響は、少なくとも過去 2000 年間に前例のない速度で、気候を温暖化させてきた

1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化

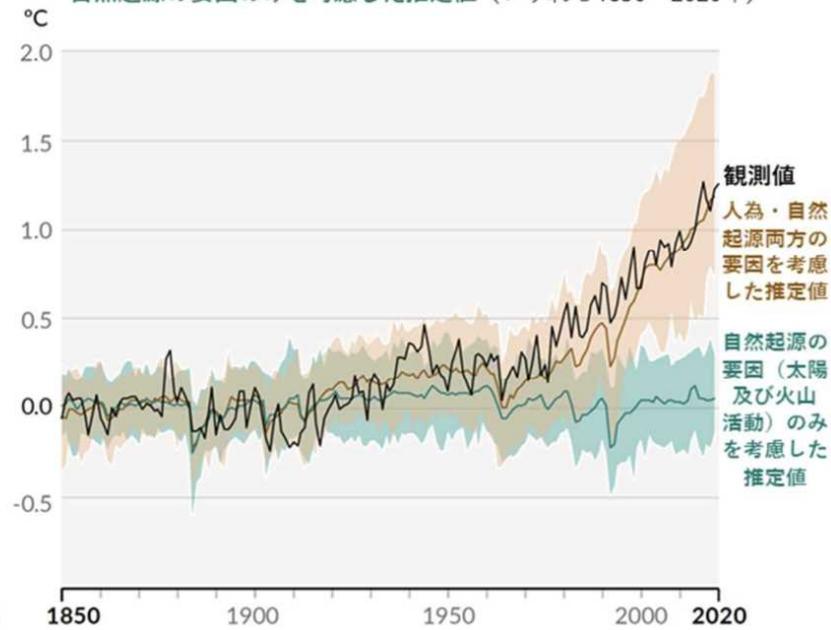
a) 世界平均気温（10年平均）の変化

復元値（1～2000年）及び観測値（1850～2020年）



b) 世界平均気温（年平均）の変化

観測値並びに人為・自然起源両方の要因を考慮した推定値及び自然起源の要因のみを考慮した推定値（いずれも1850～2020年）



人為起源
 +
 自然起源
 自然起源のみ

図 SPM.1：世界の気温変化の歴史と近年の昇温の原因

温暖化の要因と寄与の大きさ

人間の影響が大气、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。
 <IPCC AR6/WGI報告書 政策決定者向け要約>

観測された昇温は人間活動による排出により引き起こされているが、温室効果ガスによる昇温の一部はエアロゾルによる冷却効果で部分的に抑制されている

2010-2019年の
 温暖化レベル:
 1.06°C
 [0.88~1.21°C]

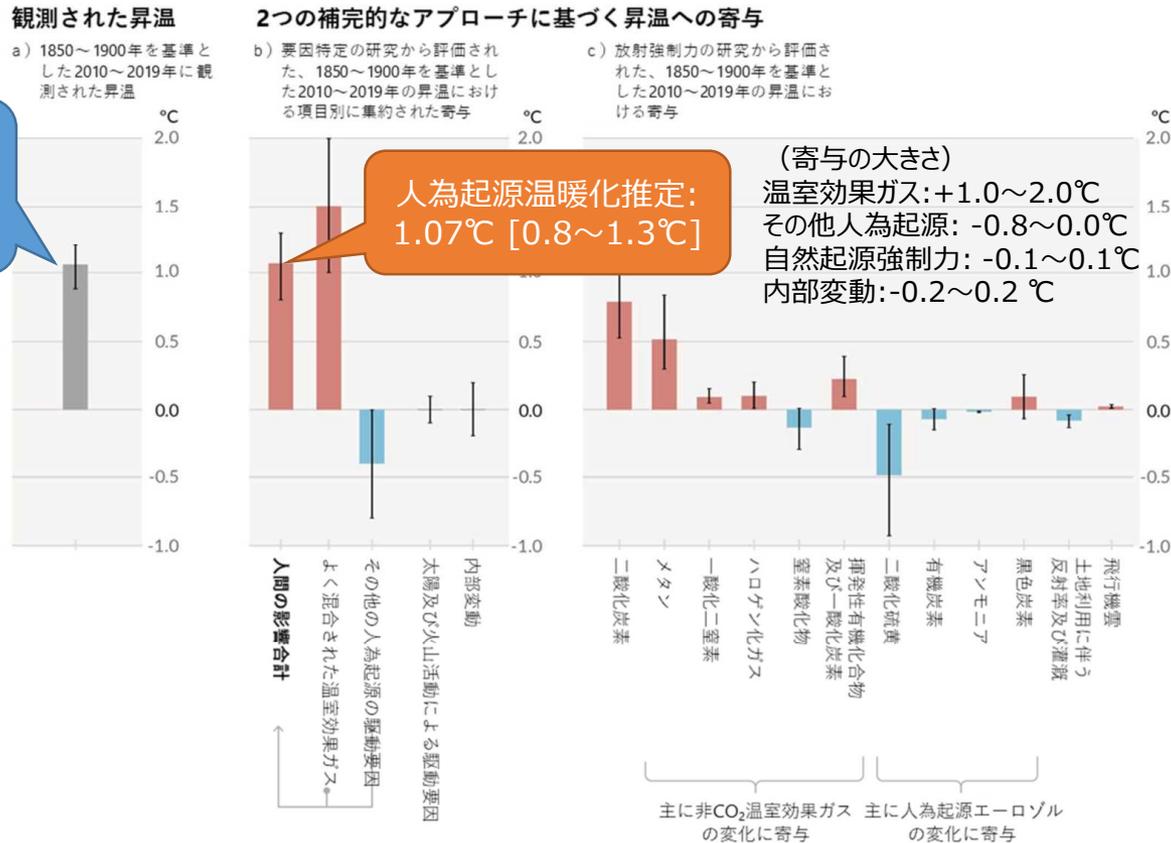
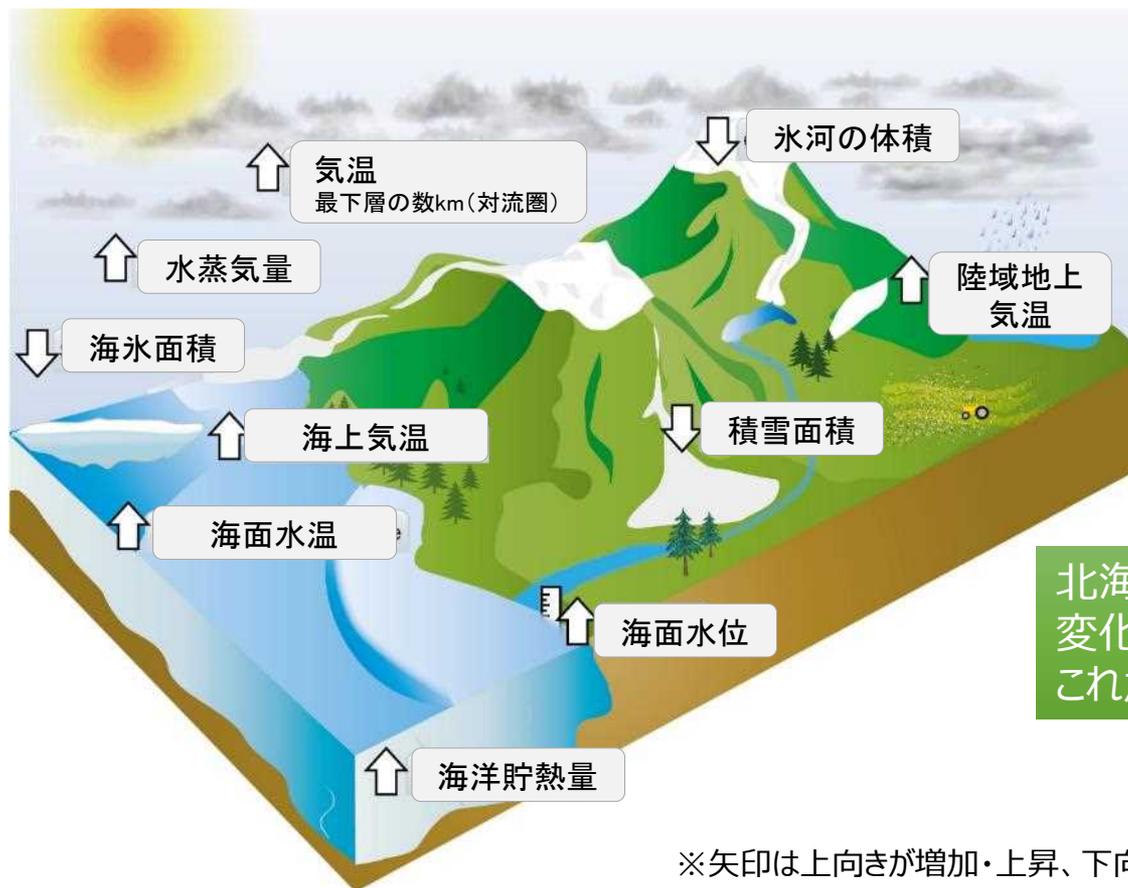


図 SPM.2 : 1850~1900 年を基準とした 2010~2019 年の観測された昇温への寄与の評価

地球温暖化に伴う気候システムの変化

- ✓ 地球温暖化（地表気温の上昇）に伴い、気候システムを構成する各々の要素（大気、海洋、雪氷など）に変化が生じる。



北海道ではどのような変化が生じている？
これから生じる？

※矢印は上向きが増加・上昇、下向きが減少・低下を表す

IPCC AR5 WG1 よくある質問 FAQ2.1 (気象庁訳)

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html>

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_faq2.1_jpn.pdf

北海道の気候変動 (観測事実)

参考資料：北海道の気候変化【第2版】

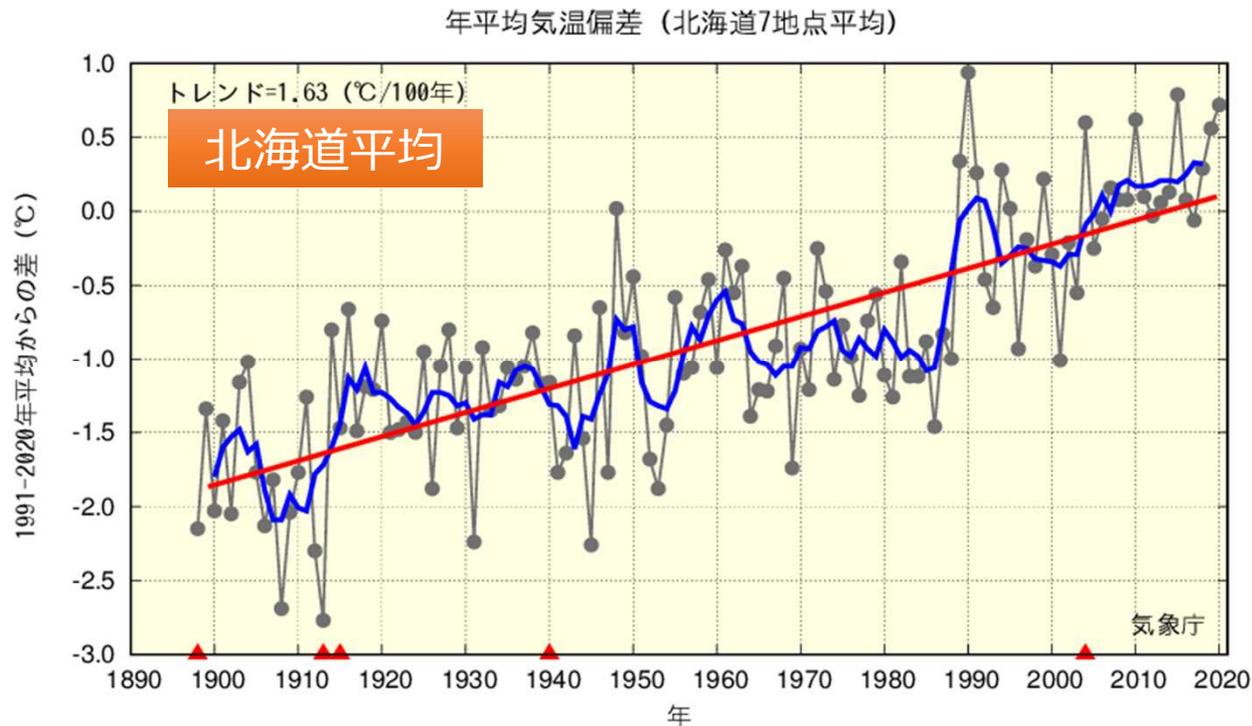


北海道の各地点の気温や降水量等を平均した値から、これまでの長期変化を示しています。
2017年3月刊行。

<https://www.data.jma.go.jp/sapporo/bosai/publication/kiko/kikohenka/kikohenka.html>

北海道の気温の変動

- ✓ 北海道の気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しています。
- ✓ 温室効果ガスの増加による地球温暖化の影響に、自然の変動や都市化の影響が重なっているものと考えられます。

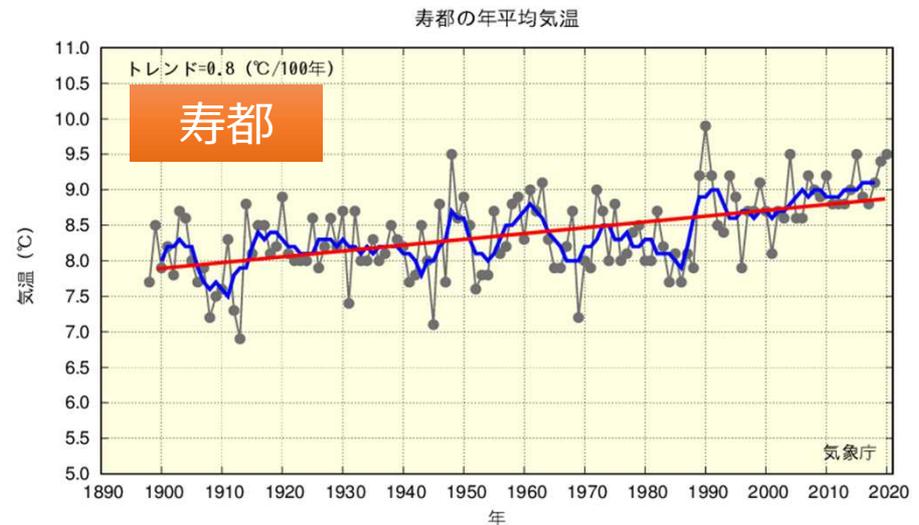
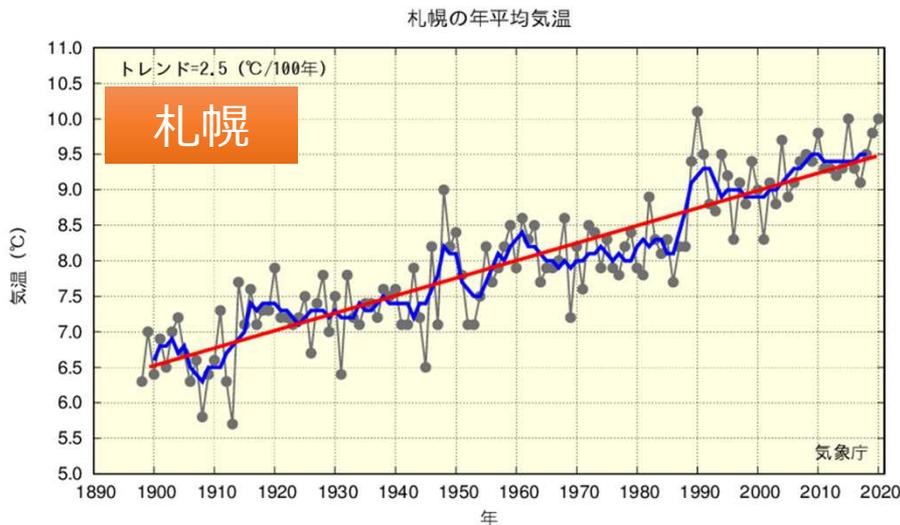


北海道平均に使用した7地点
(1898年以降観測を継続し、長期間
均質なデータを確保できる地点)

北海道7地点（旭川、網走、札幌、帯広、根室、寿都、函館）を平均した年平均気温偏差の経年変化（1898～2020年、単位：°C）。細線（黒）は各年の基準値からの偏差、太線（青）は偏差の5年移動平均値、直線（赤）は長期的な変化傾向を示しています。基準値は1991～2020年の30年平均値です。7地点のいずれかにおいて観測場所の移転があった年を横軸上に▲で示しています。移転の影響を除去するための補正を行った上で計算しています。

札幌の気温の変動

✓ 札幌の気温の上昇率（100年当たり2.5℃）は北海道平均（100年当たり1.6℃）より大きくなっています。これは都市化の影響が大きいと見られます。

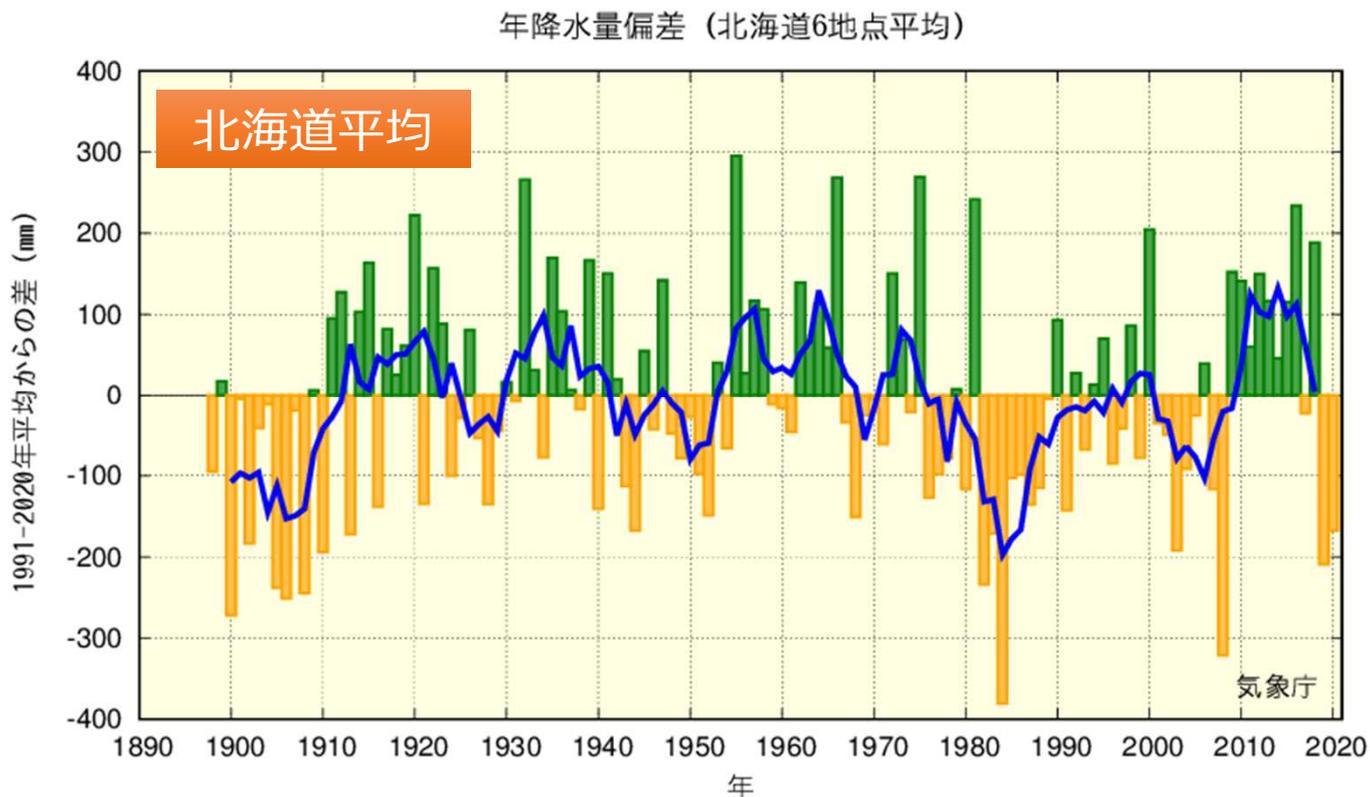


都市化の影響の大きい札幌（左図）と都市化の影響の比較的小さい寿都（右図）の年平均気温の経年変化（1898～2020年、単位：℃）。細線（黒）は各年の値、太線（青）は5年移動平均値、直線（赤）は長期的な変化傾向を示しています。

都市化に伴う土地利用の変化、建築物の高層化・高密度化、人工排熱の増加する影響で、都市の中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象をヒートアイランド現象と言います

北海道の降水量の変動

✓ 北海道平均では、年降水量に長期的な変化はみられません。



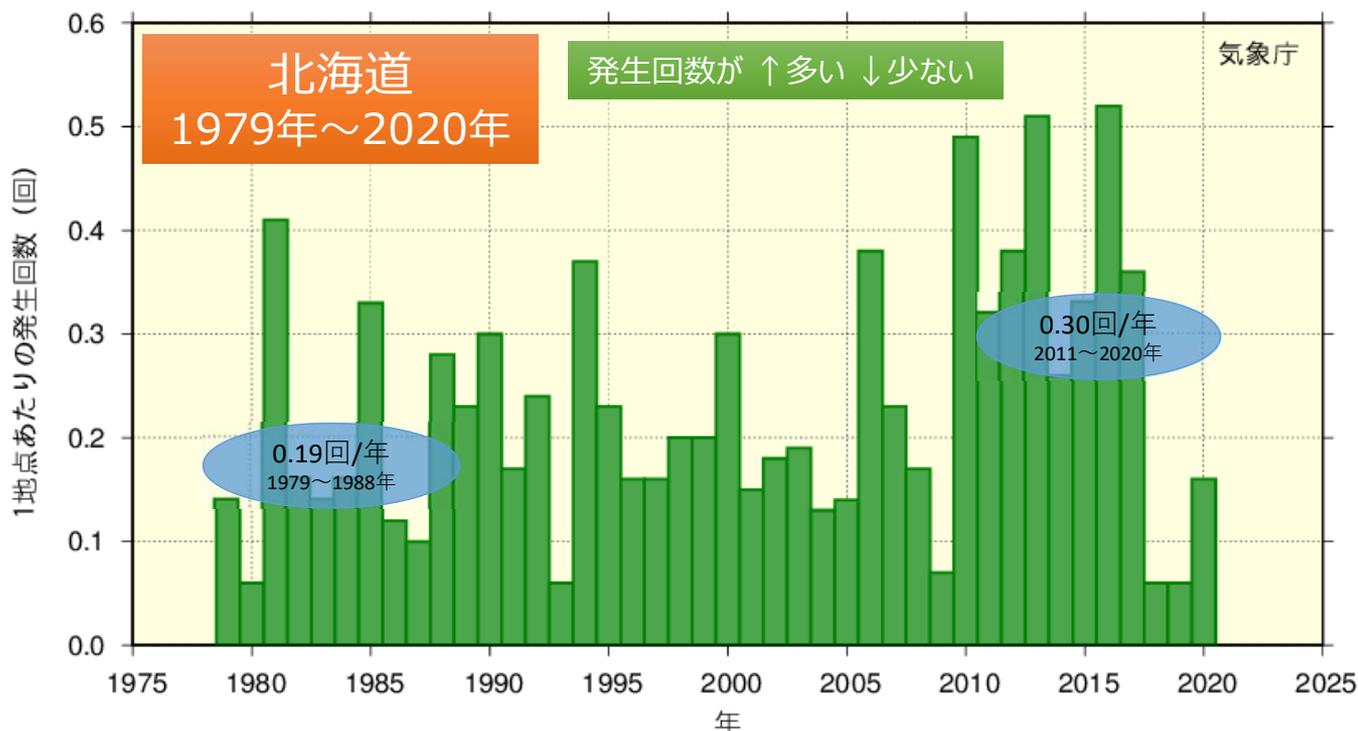
出典：地理院地図
北海道平均に使用した6地点
(長期間均質なデータを確保できる地点)

北海道の6地点（札幌、旭川、帯広、網走、根室、寿都）を平均した年降水量の経年変化（1898～2020年、単位：mm）。棒グラフは基準値からの偏差を平均した値を示しています。青線は偏差の5年移動平均を示します。基準値は1991～2020年の30年平均値です。

北海道の雨の降り方の変動

✓ 最近10年間（2011～2020年）の短時間強雨の平均年間発生回数は、約30年前の10年間（1979～1988年）と比べて約1.6倍に増加しています。

北海道地方 [アメダス] 1時間降水量30mm以上の年間発生回数



1時間降水量30mm

傘をさしていてもぬれる



道路が川のようになる



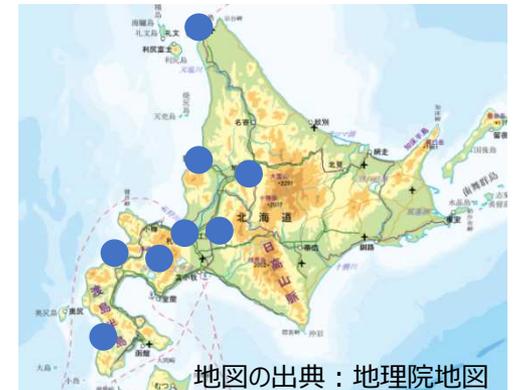
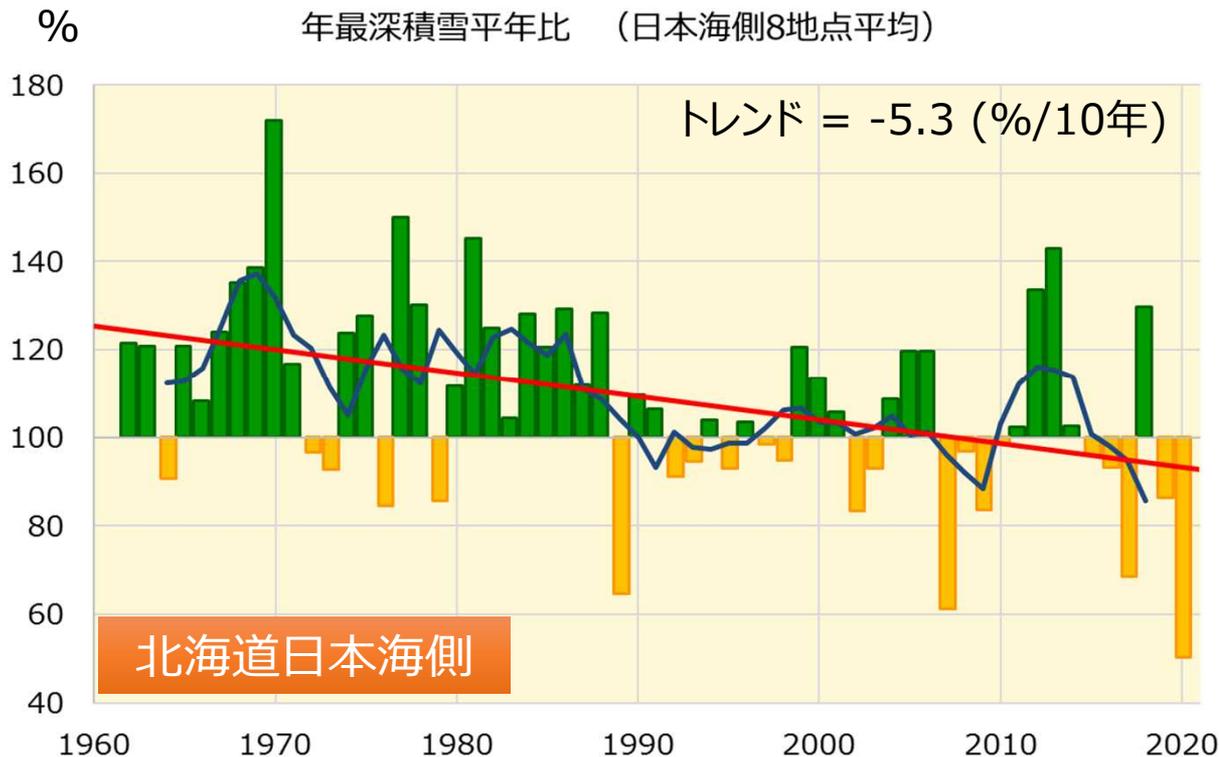
北海道地方の1時間降水量30mm以上の年間発生回数の経年変化（1979～2020年）。
棒グラフ（緑）は各年の年間発生回数を示しています（北海道地方のアメダスによる観測値を1地点あたりに換算した値。）
年ごとの変動が大きく、統計的に有意な変化傾向は確認できません。

※年ごとの変動が大きさに対してアメダスの観測期間が比較的時間が短いので、長期変化傾向を確実に捉えるためには、今後のデータの蓄積が必要です。

北海道の年最深積雪の変動

✓ 日本海側8地点※の平均では、10年あたり5%の割合で減少しています。

※1962年以降継続して観測している稚内、留萌、旭川、札幌、岩見沢、寿都、江差、倶知安の8地点。



※ここでの年は寒候年（前年8月～当年7月までの1年間）です。例えば、2020年は2019年8月～2020年7月の期間を示します。

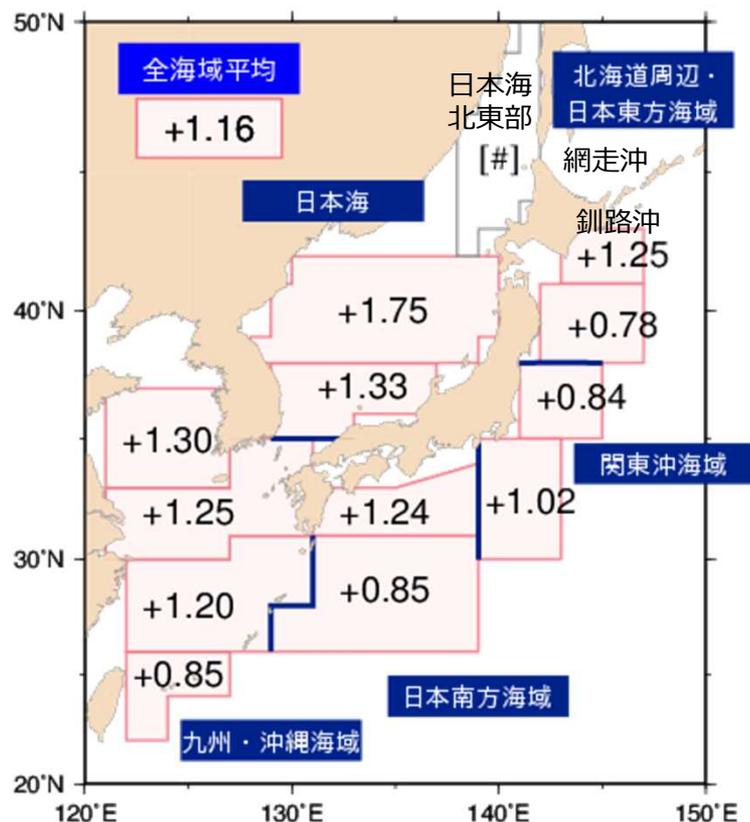
北海道日本海側8地点を平均した年最深積雪の基準値に対する比の経年変化（1962～2020年）。

棒グラフは各地点の基準値に対する比（平年比）を平均した値を示しています。青線は平年比の5年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示しています。基準値は1991～2020年の30年平均値です。

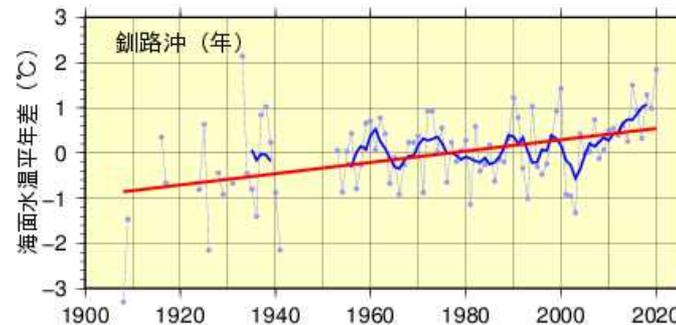
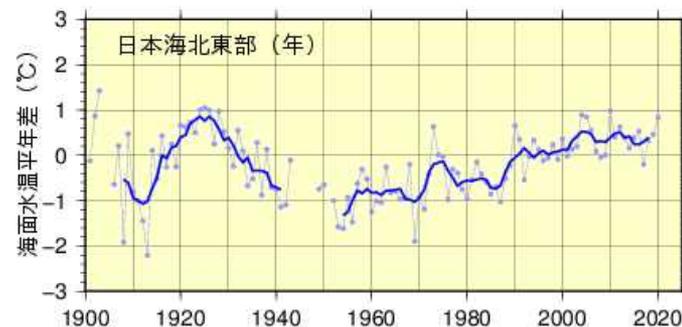
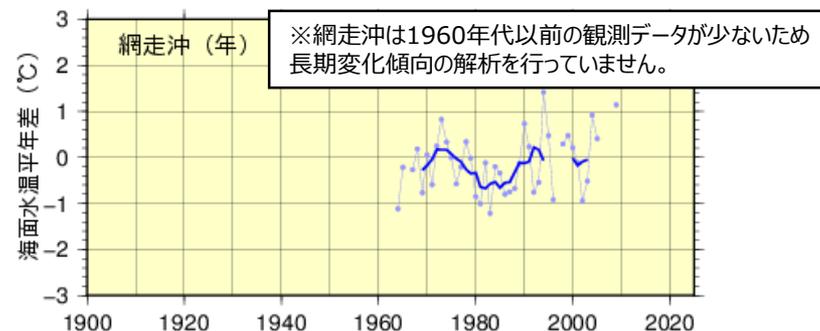
※年最深積雪は年ごとの変動が大きく、それに対して統計期間が比較的小さいため、長期変化傾向を確実に捉えるためには、今後のデータの蓄積が必要です。

北海道周辺海域の海面水温の変動

- ✓ 釧路沖では海面水温が長期的に上昇しており、2020年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温（年平均）の上昇率は、 $+1.25^{\circ}\text{C}/100\text{年}$ です。

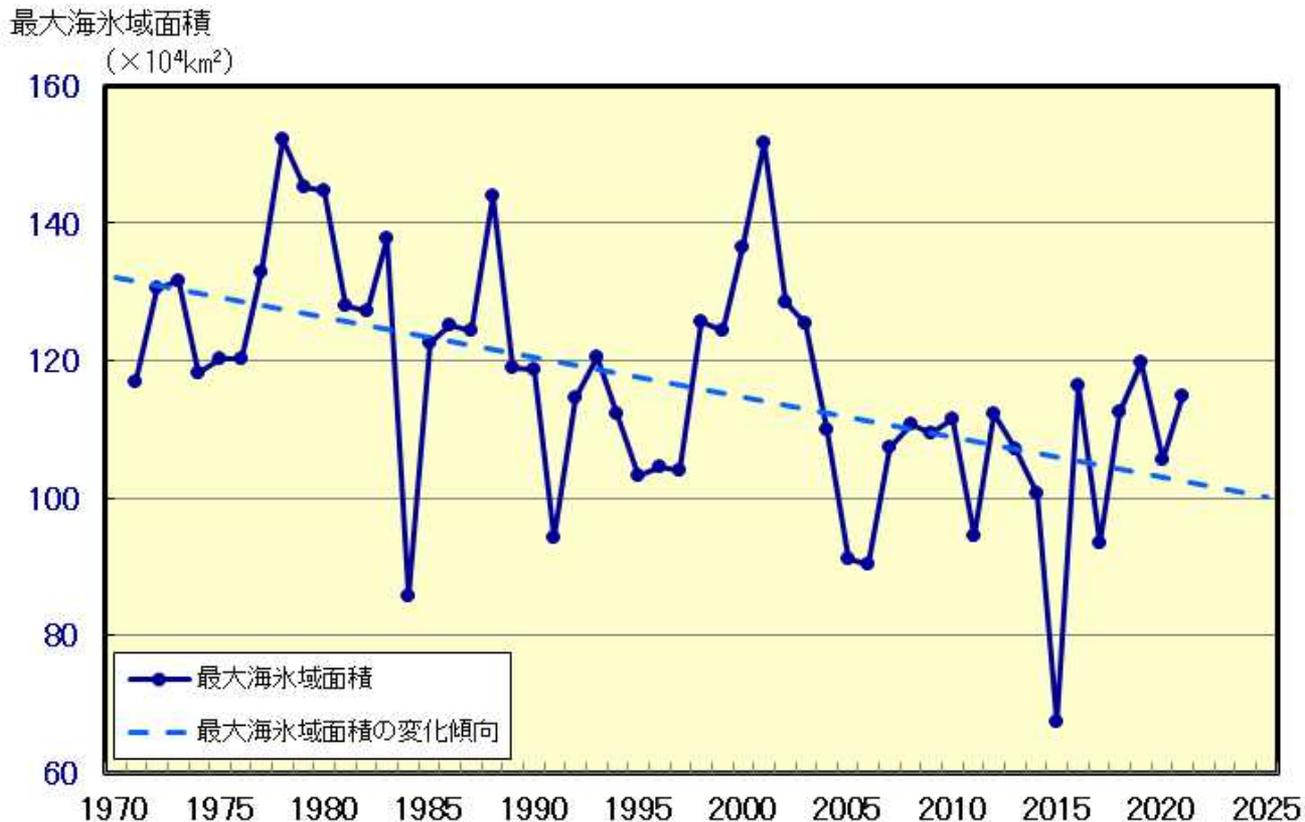


日本近海の海域平均海面水温（年平均）の変化傾向（単位： $^{\circ}\text{C}/100\text{年}$ ）。1900年～2020年までの上昇率を示しています。図中の無印の値は信頼度水準99%以上で統計的に有意な値を示しています。上昇率が[#]とあるものは、統計的に有意な長期変化傾向が見出せないことを示しています。



オホーツク海の最大海氷域面積の変動

✓ オホーツク海の最大海氷域面積は長期的に見ると減少しており、10年あたりオホーツク海の全面積の3.7%の海氷域が消失しています。



↓
減少

オホーツク海の最大海氷域面積の経年変化（1971～2021年）。ここでいう年は前年11月から当年7月までを意味します（たとえば2021年とは2020年11月から2021年7月まで）。最大海氷域面積とは、海氷シーズン中に海氷域が最も拡大した半旬の海氷域面積のことです。

気象庁HP「海の健康診断表」海氷域面積の長期変化傾向（オホーツク海）

https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/series_okhotsk/series_okhotsk.html

北海道の気候変動 (将来予測)

参考資料：

北海道地方 地球温暖化予測情報（札幌管区気象台）

4℃上昇シナリオによる北海道の予測情報です。2019年3月刊行。

<https://www.data.jma.go.jp/sapporo/bosai/publication/kiko/gwp9/gwp9.html>

日本の気候変動2020（文部科学省・気象庁）

<https://www.data.jma.go.jp/sapporo/bosai/publication/kiko/gwp9/gwp9.html>



温暖化予測のための気候シナリオ（2°C/4°C上昇シナリオ）

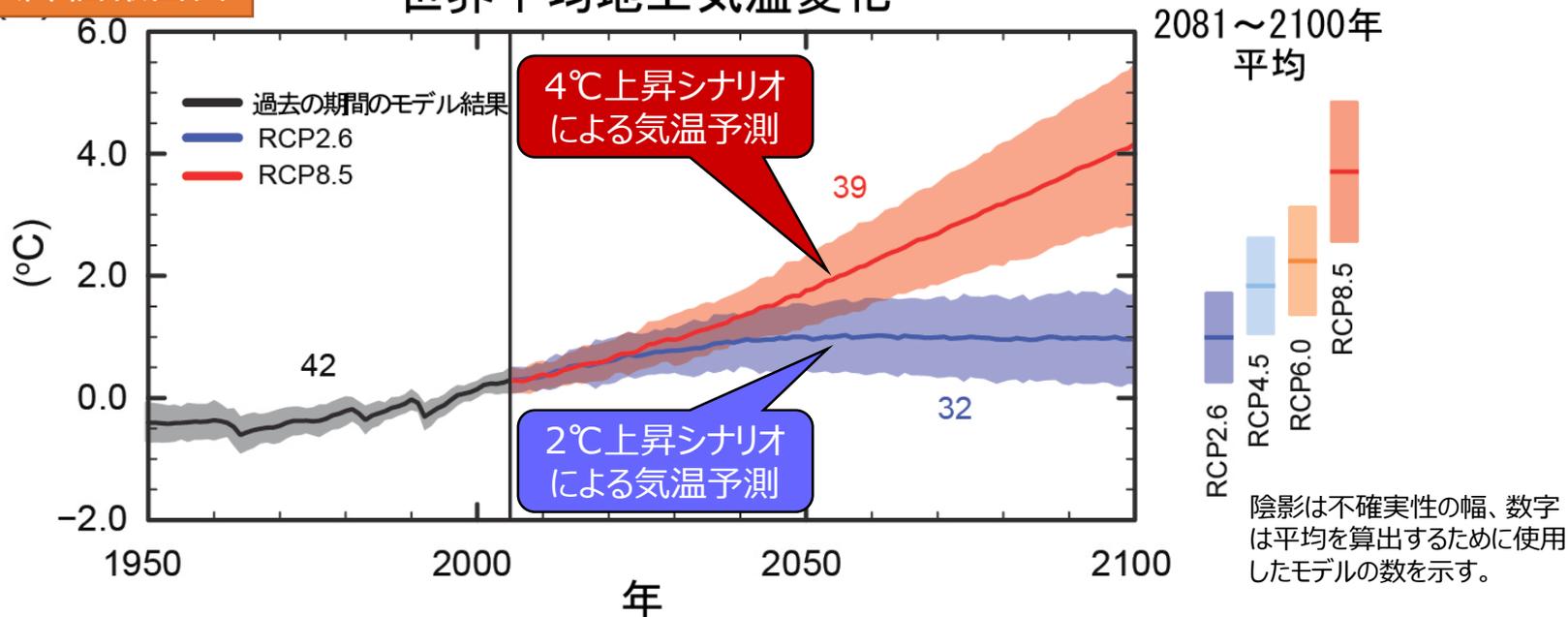
気候の将来予測は、大気中の温室効果ガスの濃度等の将来変化（シナリオ）をもとに計算されます。

- **2°C上昇シナリオ（RCP2.6）**：21世紀末の世界平均気温が、工業化以前と比べて0.9～2.3°C（20世紀末と比べて0.3～1.7°C）上昇する可能性の高いシナリオ。
 - パリ協定の2°C目標が達成された世界であり得る気候の状態に相当。
- **4°C上昇シナリオ（RCP8.5）**：21世紀末の世界平均気温が、工業化以前と比べて3.2～5.4°C（20世紀末と比べて2.6～4.8°C）上昇する可能性の高いシナリオ。
 - 現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界であり得る気候の状態に相当。

※詳細は日本の気候変動2020（詳細版）付録1.2.1 気候シナリオを参照

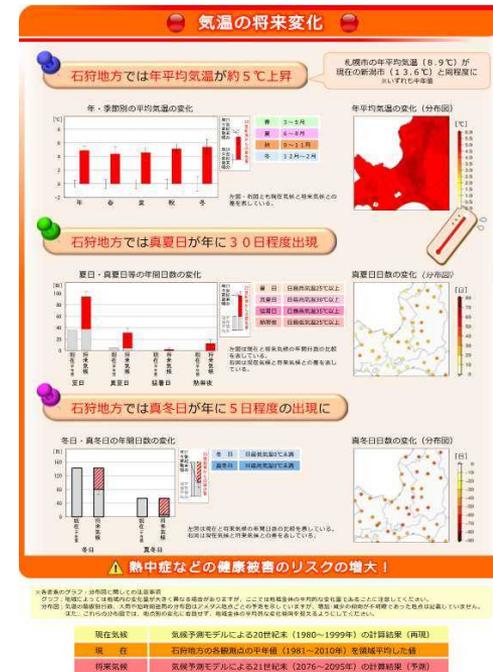
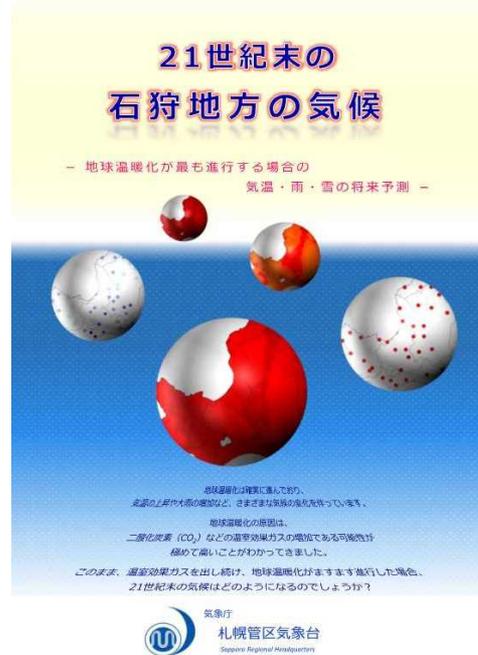
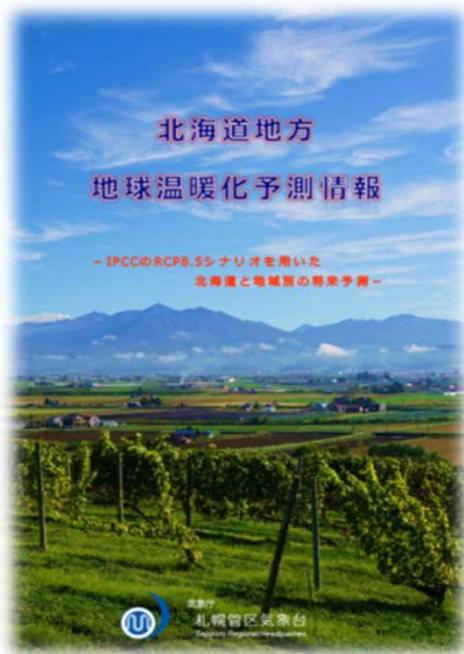
IPCC第5次評価報告書

世界平均地上気温変化



北海道地方 地球温暖化予測情報

- ✓ 2019年3月に公開。地球温暖化予測情報第9巻（気象庁）の地方版。
- ✓ IPCC第5次評価報告書で用いられた**4℃上昇シナリオ（RCP8.5）**に基づいた予測結果。
- ✓ 気象研究所が開発した高解像度地域気候モデル（水平解像度5km）を使用。
- ✓ 20世紀末（1980年～1999年）と21世紀末（2076年～2095年）を比較。
- ✓ 振興局区分による14の地域別の予測結果を冊子とリーフレットで提供。



<https://www.data.jma.go.jp/sapporo/bosai/publication/kiko/gwp9/gwp9.html>

※2℃上昇シナリオによる予測結果は、2022年3月に札幌管区気象台ホームページで公開予定

日本の気候変動2020

文部科学省と気象庁は、これまでに観測された事実をとりまとめ、パリ協定の2℃目標が達成された場合の将来予測と、現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった場合の将来予測とを対比した「日本の気候変動2020」を公表しました（2020年12月4日）。

将来予測まとめ

21世紀末の日本は、20世紀末と比べ...

年平均気温が約1.4℃/約4.5℃上昇

海面水温が約1.14℃/約3.58℃上昇



猛暑日や熱帯夜はますます増加し、冬日は減少する。



温まりやすい陸地に近いことや暖流の影響で、予測される上昇量は世界平均よりも大きい。

降雪・積雪は減少

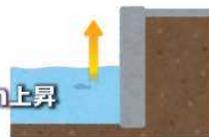
雪ではなく雨が降る。ただし大雪のリスクが低下するとは限らない。



激しい雨が増える

日降水量の年最大値は約12%（約15 mm）/約27%（約33 mm）増加
50 mm/h以上の雨の頻度は約1.6倍/約2.3倍に増加

沿岸の海面水位が約0.39 m/約0.71 m上昇



3月のオホーツク海海面積は約28%/約70%減少



【参考】14℃上昇シナリオ（RCP8.5）では、21世紀半ばには夏季に北極海の海水がほとんど融解すると予測されている。

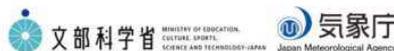
強い台風の割合が増加
台風に伴う雨と風が強まる



日本南方や沖縄周辺においても世界平均と同程度の速度で海洋酸性化が進行



※この資料において「将来予測」は、特段の説明がない限り、日本全国について、21世紀末時点の予測を20世紀末又は現在と比較したものです。



※黄色は2℃上昇シナリオ（RCP2.6）、紫色は4℃上昇シナリオ（RCP8.5）による予測

【特徴】

- ✓ 日本全体または北日本など大きな地域区分での評価。
- ✓ **2℃上昇シナリオと4℃上昇シナリオによる予測結果を比較することが可能。**
- ✓ 海面水温やオホーツク海の水表面積など、海洋の将来予測結果も掲載。

※本講演で紹介する北海道の将来予測結果は「日本の気候変動2020」と同じデータを使って計算したものです。

日本の気候変動2020

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

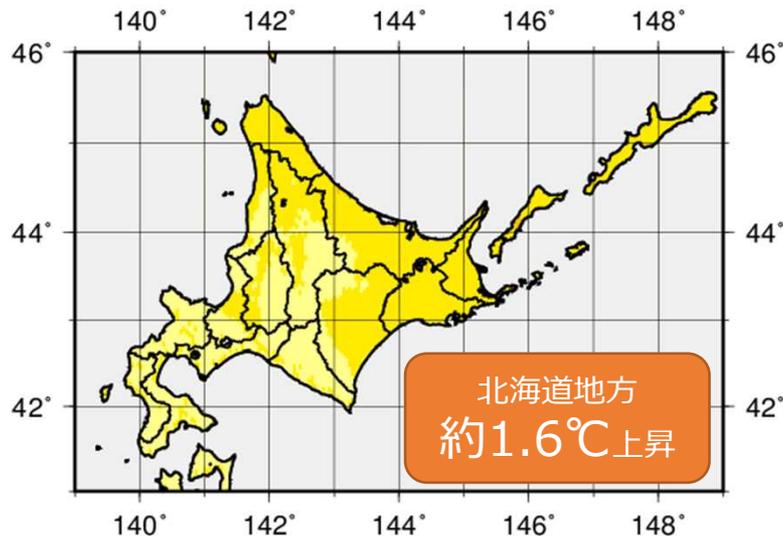
北海道の気温の将来予測

2℃上昇シナリオ：パリ協定の2℃目標が達成された世界

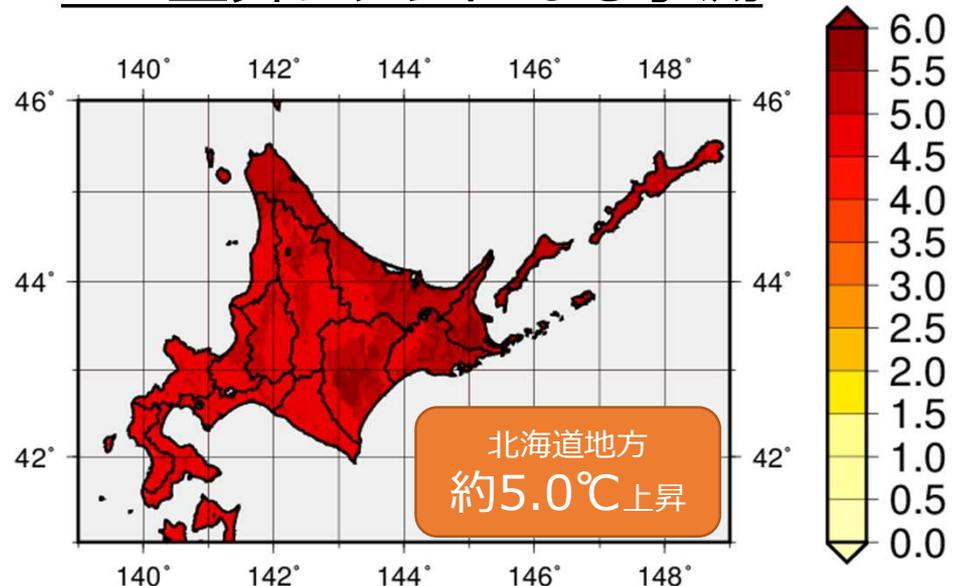
4℃上昇シナリオ：現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界

- ✓ 北海道地方の気温は上昇することが予測されています。
- ✓ 2℃上昇シナリオより4℃上昇シナリオの方が上昇量が大きくなっています。

2℃上昇シナリオによる予測



4℃上昇シナリオによる予測



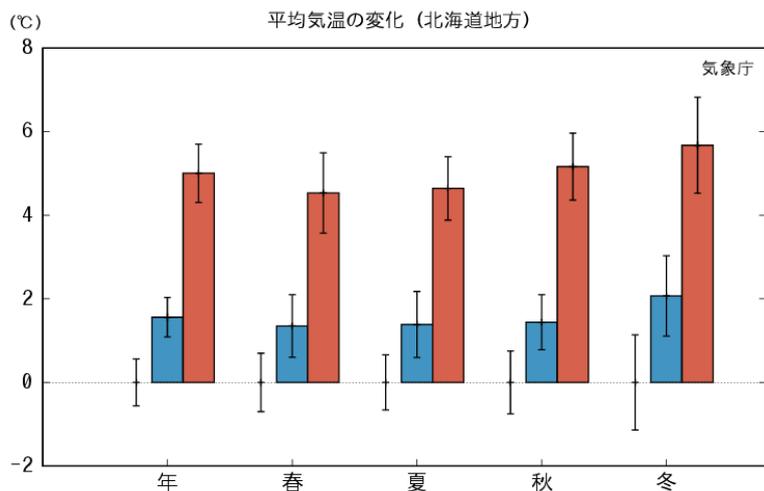
年平均気温の将来変化（単位：℃）。21世紀末と20世紀末の差。

「日本の気候変動2020」と同じデータに基づく北海道の将来予測。21世紀末（2076-2095年平均）の予測を20世紀末（1980-1999年平均）と比較。（札幌管区气象台）

北海道の気温の将来予測

2℃上昇シナリオ：パリ協定の2℃目標が達成された世界
 4℃上昇シナリオ：現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界

- ✓ 季節別では、冬の気温の上昇が大きいことが予測されています。
- ✓ 真夏日の増加と真冬日の減少が予測されています。
- ✓ いずれも2℃上昇シナリオより4℃上昇シナリオの方が変化量が大きくなっています。



	2℃上昇シナリオ	4℃上昇シナリオ
年	1.6±0.5	5.0±0.7
春	1.4±0.8	4.5±1.0
夏	1.4±0.8	4.6±0.8
秋	1.4±0.7	5.2±0.8
冬	2.1±1.0	5.7±1.2

信頼水準90%で有意に増加する場合は赤字。

北海道の年平均気温及び季節平均気温の将来変化（単位：℃）。
 青色（赤色）の棒グラフは2℃（4℃）上昇シナリオでの将来変化、細い縦線は20世紀末
 （左）、2℃上昇シナリオ（中）、4℃上昇シナリオ（右）での年々変動の幅を示しています。

北海道の年平均気温及び季節平均気温の将来変化
 （平均値及び年々変動の幅の値）（単位：℃）

北海道地方	2℃上昇シナリオ	4℃上昇シナリオ
真夏日の年間日数	約3日増加	約21日増加
真冬日の年間日数	約20日減少	約51日減少

真夏日：日最高気温30℃以上
 真冬日：日最高気温0℃未満

「日本の気候変動2020」と同じデータに基づく北海道の将来予測。21世紀末（2076-2095年平均）の予測を20世紀末（1980-1999年平均）と比較。（札幌管区气象台）

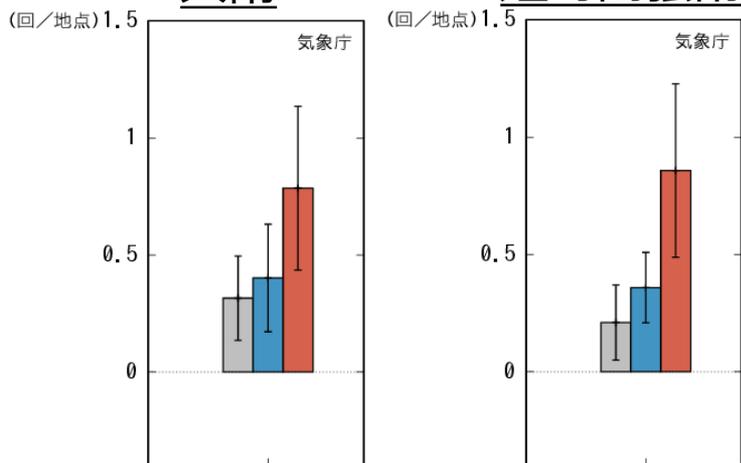
北海道の雨の降り方の将来予測

2℃上昇シナリオ：パリ協定の2℃目標が達成された世界
 4℃上昇シナリオ：現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界

✓ 4℃上昇シナリオでは、大雨（日降水量100mm以上）や短時間強雨（1時間降水量30mm以上）が、ほぼ毎年のように出現することが予測されています。

大雨

短時間強雨



	20世紀末	2℃上昇	4℃上昇
日降水量100mm以上	0.3±0.2	0.4±0.2	0.8±0.4
1時間降水量30mm以上	0.2±0.2	0.4±0.2	0.9±0.4

信頼水準90%で有意に増加する場合は赤字。

北海道の大雨（日降水量100mm以上）と短時間強雨（1時間降水量30mm以上）の年間発生回数の変化（単位：回）
 灰色の棒グラフは20世紀末の発生回数、青色（赤色）の棒グラフは2℃（4℃）上昇シナリオでの発生回数を示しています。細い縦線は20世紀末（左）、2℃上昇シナリオ（中）、4℃上昇シナリオ（右）での年々変動の幅を示しています。

北海道地方	2℃上昇シナリオ	4℃上昇シナリオ
日降水量100mm以上の年間回数	（有意な変化は予測されない）	約2.5倍に増加
1時間降水量30mm以上の年間回数	約1.7倍に増加	約4.1倍に増加

「日本の気候変動2020」と同じデータに基づく北海道の将来予測。21世紀末（2076-2095年平均）の予測を20世紀末（1980-1999年平均）と比較。（札幌管区气象台）

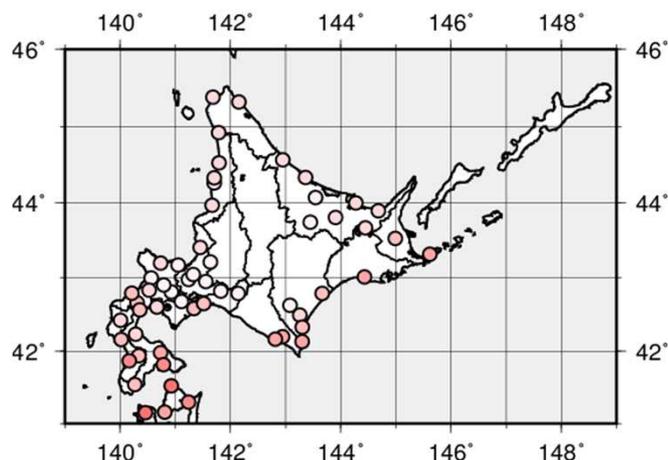
北海道の年最深積雪の将来予測

2℃上昇シナリオ：パリ協定の2℃目標が達成された世界

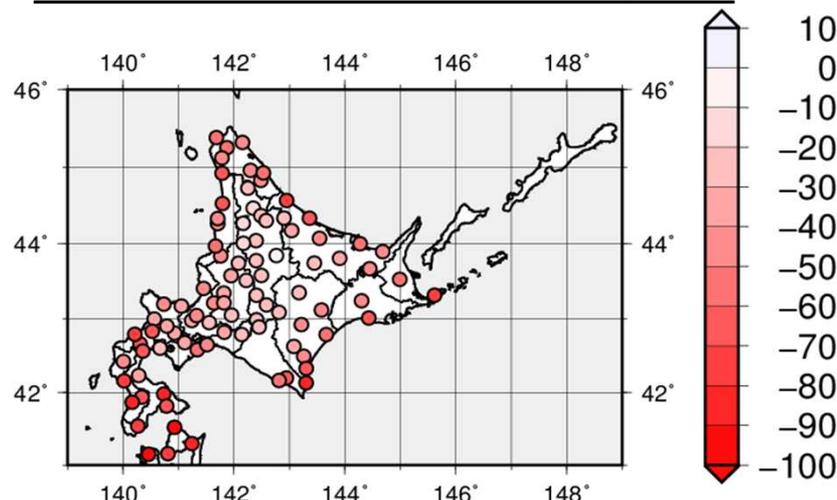
4℃上昇シナリオ：現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界

- ✓ 北海道地方では年最深積雪の減少が予測されています。
- ✓ 2℃上昇シナリオより4℃上昇シナリオの方が減少量が大きくなっています。

2℃上昇シナリオによる予測



4℃上昇シナリオによる予測



21世紀末の年最深積雪の予測結果を20世紀末に対する変化率で示しています（単位：％）。
地点毎にバイアス補正をした予測データを用いて、予測の不確実性が高い地点の変化率は表示していません。

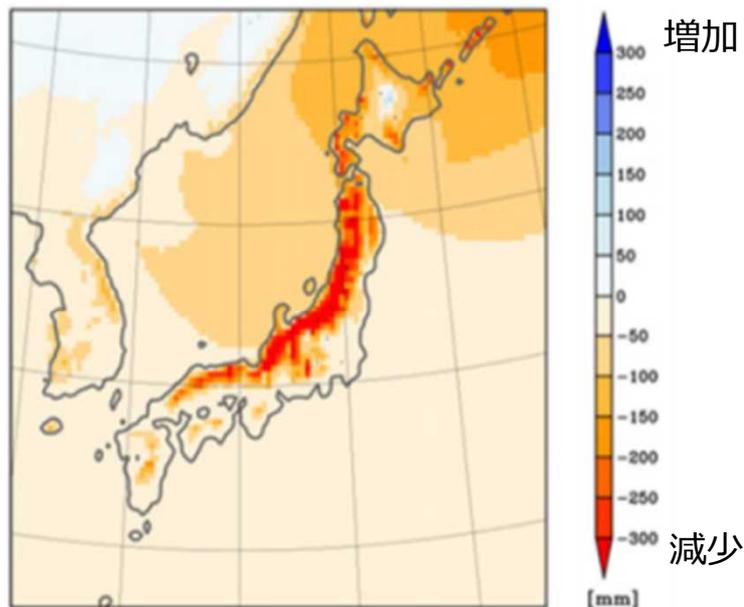
北海道地方	2℃上昇シナリオ	4℃上昇シナリオ
年最深積雪	約12%減少	約44%減少

「日本の気候変動2020」と同じデータに基づく北海道の将来予測。21世紀末（2076-2095年平均）の予測を20世紀末（1980-1999年平均）と比較。（札幌管区気象台）

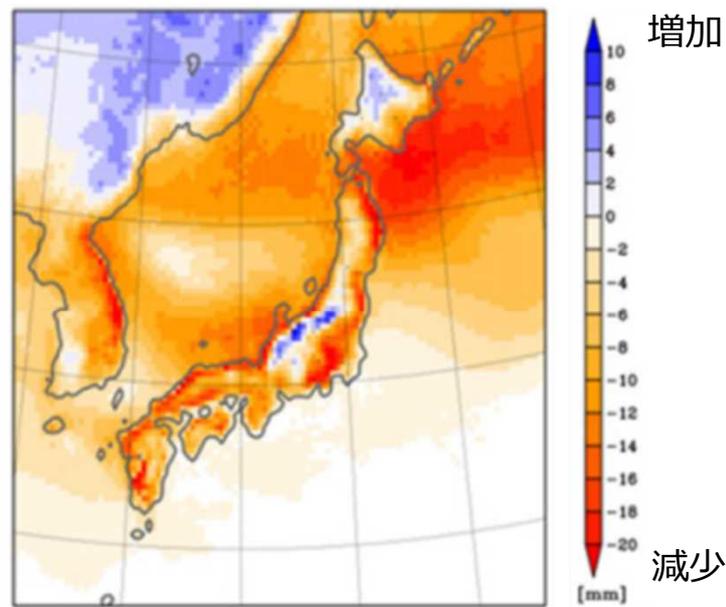
トピック： 極端な降雪の将来予測に関する研究事例

- ✓ 現状程度の温暖化対策を続けた場合（4℃上昇シナリオ）、今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、気温が0℃を超えない本州や北海道の内陸部では、大気中の水蒸気が増加等により、10年に一度の大雪のような極端な降雪が増大するとの研究結果（Kawase et al. 2016）もあります。

冬季（11～3月）総降雪量の変化



10年に一度の大雪（日降雪量）の変化



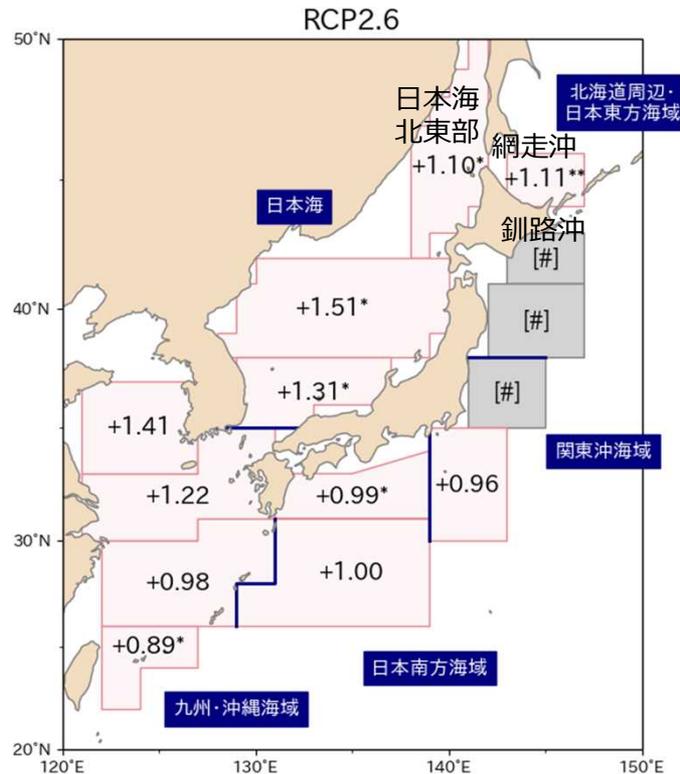
気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018（2018年2月 環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁）より
http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf
※極端な降雪の将来予測については、日本の気候変動2020（詳細版）6.2.2（2）も参照。

北海道近海の海面水温の将来予測

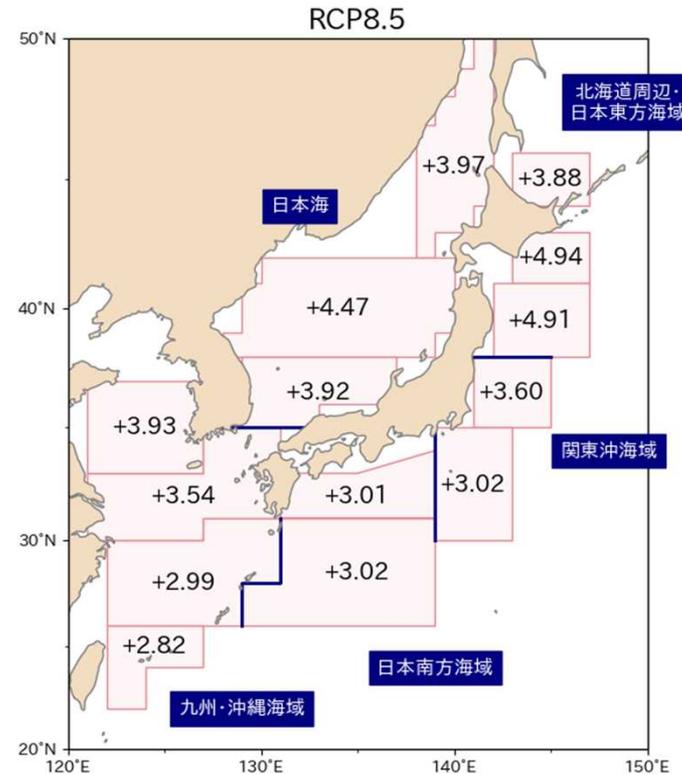
2℃上昇シナリオ：パリ協定の2℃目標が達成された世界
 4℃上昇シナリオ：現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界

- ✓ 北海道近海の海面水温上昇は一様でなく、上昇の程度は、4℃上昇シナリオでは釧路沖や三陸沖で大きくなっています。

2℃上昇シナリオによる予測



4℃上昇シナリオによる予測



SI-CAT海洋モデルにより、21世紀末（2076-2095年の平均）と20世紀末（1980-1999年の平均）の海面水温を計算した結果に基づく。図中の無印の値は信頼水準99%以上で統計的に有意な値、*を付加した値は95%以上で有意な値、**を付加した値は90%以上で有意な値を示している。上昇率が[#]とあるものは、統計的に有意な長期変化傾向が見出せないことを示している。

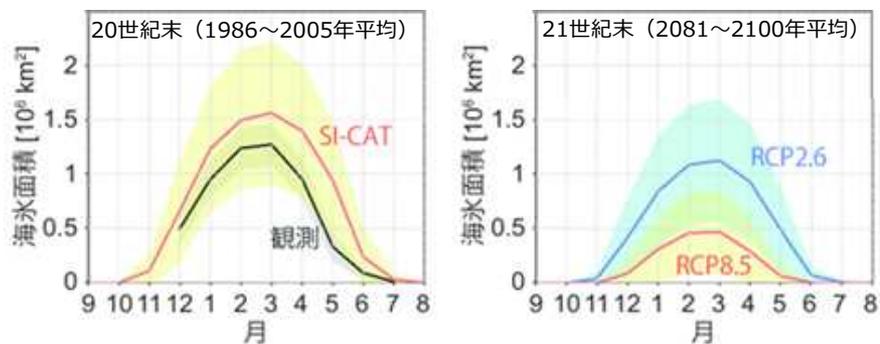
「日本の気候変動2020」詳細版の図9.2.2に網走沖の予測値を追加。

オホーツク海の海氷域面積の将来予測

2℃上昇シナリオ：パリ協定の2℃目標が達成された世界

4℃上昇シナリオ：現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界

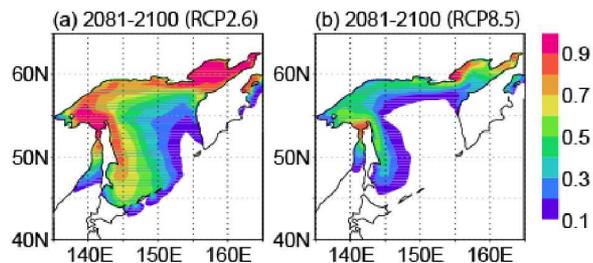
- ✓ 21世紀末のオホーツク海の海氷域面積は減少することが予測されています。
- ✓ 2℃上昇シナリオで予測される減少量は、現在気候の年々変動の範囲内です。
- ✓ シベリア沿岸の形成域における海氷減少に伴い、北海道沿岸に移流される海水（流氷）も減少することが予測されます。



オホーツク海の海氷面積の季節変化

左図：赤線がSI-CAT海洋モデルによる現在気候の再現、黒線が観測（気象庁解析値）

右図：青線が2℃上昇シナリオ（RCP2.6）、赤線が4℃上昇シナリオ（RCP8.5）による予測。いずれも不確実性の幅を同色の印影で示している。



	2℃上昇シナリオ	4℃上昇シナリオ
オホーツク海の海氷面積 (3月)	約28%減少	約70%減少

※オホーツク海は冬季のみ海氷がある季節海氷域であり、2月から3月にかけて海氷面積が最大となる。

図 11.2.3 SI-CAT 海洋モデルによる 21 世紀末における 3 月の海氷密度分布の将来変化

(a) 2℃上昇シナリオ（RCP2.6）及び (b) 4℃上昇シナリオ（RCP8.5）での予測結果。

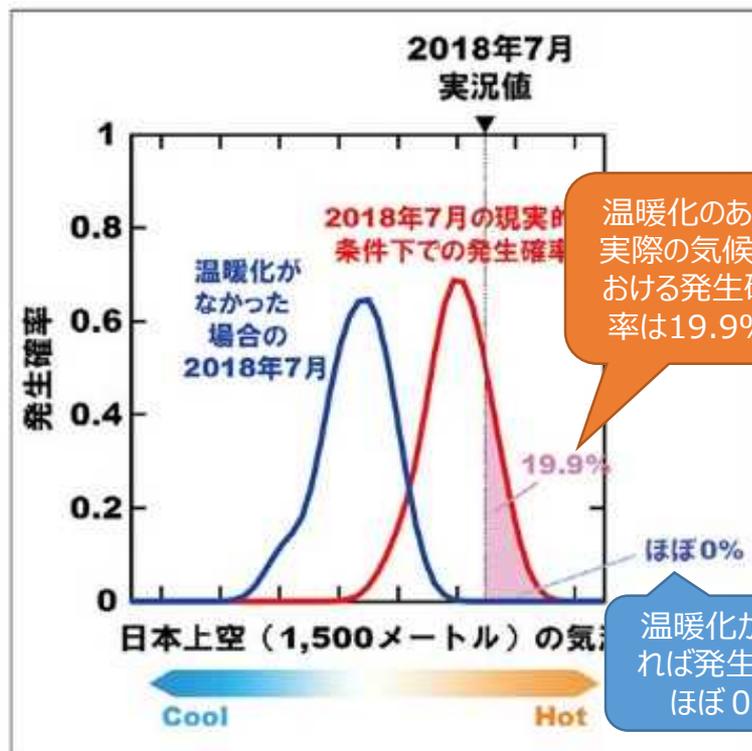
トピック：「○△は地球温暖化が原因でしょうか？」

(○△は特定の極端気象現象)

- 現実の気候は、温暖化による長期変化傾向以外に、気候システムの内部変動（自然の変動）を含みます。そのため、特定の極端気象現象について温暖化が原因かどうか答えるのは困難です。
 - 温暖化がなくても極端気象現象は起きるかもしれません。
 - 温暖化によって発生頻度（確率）がどれくらい上昇するか？どの程度寄与していたか？という問い方がより適切です。
- 最近、特定の現象に対する温暖化の寄与を定量的に調べるための研究が進んでいます。
 - 温暖化した設定と温暖化していない設定とでシミュレーションを多数回行い、現象発生確率を計算して比較する「イベント・アトリビューション」という手法の研究が進んでいます。

平成30年（2018年）7月猛暑に対する温暖化の寄与「イベント・アトリビューション」の研究結果

平成30年7月の気温の発生確率



平成30年7月の日本域上空1500メートル付近の気温の確率密度分布。赤線は現実の条件下におけるモデル実験、青線は地球温暖化が起こらなかった想定でのモデル実験。

- 平成30年7月の猛暑について、「イベント・アトリビューション」を適用して比較したところ、現実の世界では、このような猛暑の発生確率は約20%と見積もられましたが、地球温暖化が起こらなかったと仮定した世界では、その発生確率がほぼ0%となり、人間活動による地球温暖化がなければこのような猛暑は起こり得なかったことが定量的に示されました。
- 世界各地で発生する異常気象を取り上げてイベント・アトリビューションが実施されていますが、「地球温暖化が無ければほぼ起こらなかった」という事例が見られるようになったのはここ数年のことです。地球は温暖化の新しいステージに差し掛かっているのかもしれませんが。

気候変動の影響への適応

参考：

環境省のホームページ（気候変動への適応）

<http://www.env.go.jp/earth/tekiou.html>

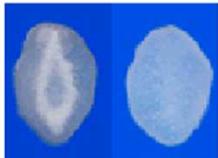
気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT）

<http://www.adaptation-platform.nies.go.jp/index.html>

既に起こりつつある/近い将来起こりうる気候変動の影響

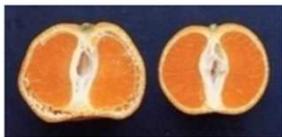
水稲・果樹

高温による生育障害
や品質低下が発生



しろみじゅくりゅう
図 水稲の「白未熟粒」(左)と「正常粒」(右)の断面
(写真提供: 農林水産省)

既に全国で、白未熟粒(デンプンの蓄積が不十分なため、白く濁って見える米粒)の発生など、高温により品質が低下。



うきかわ
図 うんしゅうみかんの浮皮
(写真提供: 農林水産省)

果実肥大期の高温・多雨により、果皮と果肉が分離し、品質が低下。

生態系

サンゴの白化
ニホンライチョウの
生息域減少



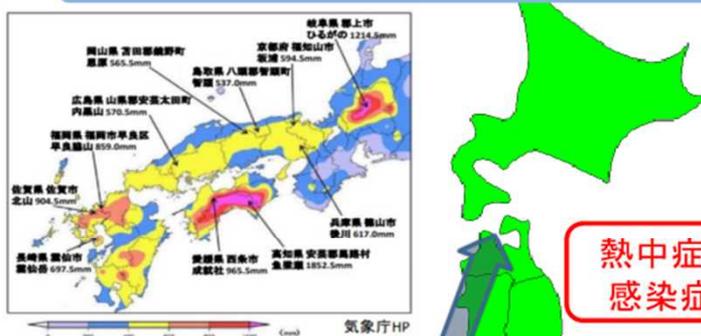
図 サンゴの白化
(写真提供: 環境省)



図 ニホンライチョウ
(写真提供: 環境省)

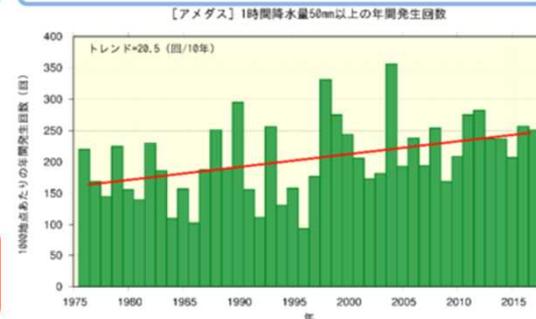
異常気象・災害

平成30年7月には、西日本の広い範囲で記録的な豪雨



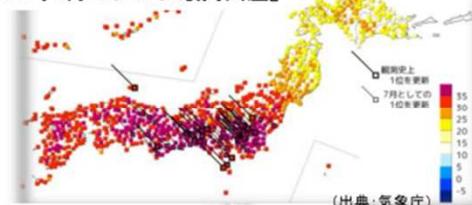
熱中症・
感染症

短時間強雨の観測回数は増加傾向が明瞭

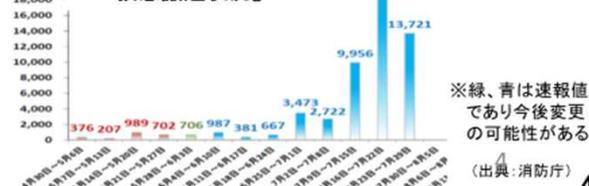


平成30年7月
埼玉県熊谷市で観測史上最高の41.1℃を記録
7/16-22の熱中症による救急搬送人員数は過去最多

【2018年7月23日の日最高気温】



【2018年熱中症による
救急搬送状況】



気候変動対策：緩和と適応は車の両輪

- ✓ 温室効果ガスの排出削減対策（緩和策）に加え、避けられない気候変動の影響による被害の回避・軽減対策（適応策）が欠かせない。

緩和： 気候変動の原因となる**温室効果ガスの排出削減対策**

適応： 既に生じている、あるいは、将来予測される
気候変動の影響による被害の回避・軽減対策

温室効果ガスの増加

化石燃料使用による
二酸化炭素の排出など

気候変動

気温上昇(地球温暖化)
降雨パターンの変化
海面上昇など

気候変動の影響

生活、社会、経済
自然環境への影響

緩和

温室効果ガスの
排出を抑制する

地球温暖化対策推進法

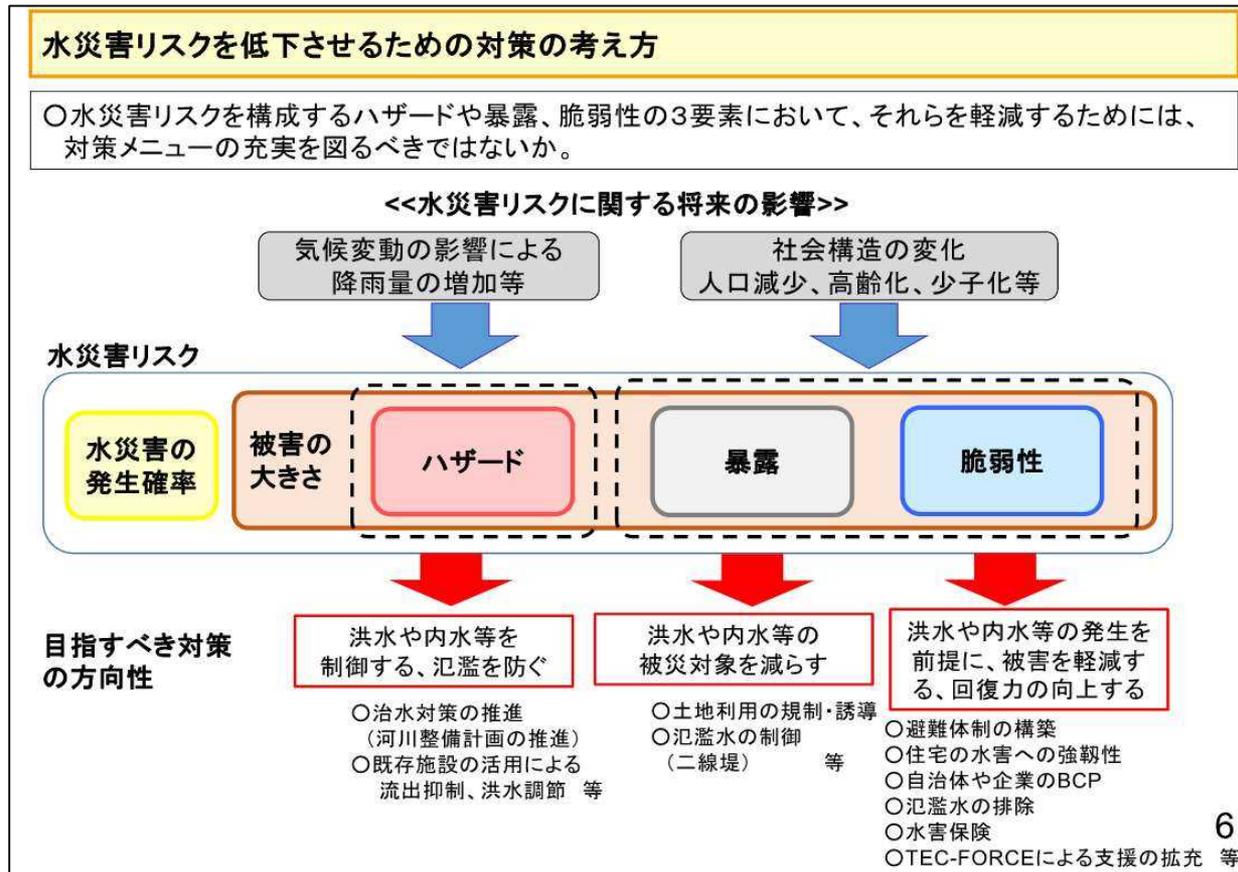
適応

被害を回避・
軽減する

気候変動適応法

気候リスクの管理 水災害リスクの例

- ✓ 気候変動による気象災害リスクの大小は、ハザードの大小（気候の変化）だけでなく、暴露の大きさと脆弱性に依存する。⇒緩和策によるハザード削減とともに、適応策により暴露・脆弱性を減らすことでリスクを抑えることが重要。



未来のために今はじめよう！

気候変動の影響への

「適応」



目で見る
適応策

気候変動によって、以前よりも今の方が暑くなって（地球温暖化）いたり、雪の降り方が変わってきたりしています。また、近年、短時間で降る大雨が増えてきたと感じている方も少なくないのではないのでしょうか。

暑さが厳しくなった



雪の降り方が変わってきた



短時間で降る大雨が増えてきた



こうした気候の変化は、私たちの食べる物やみなさんの健康などにも様々な「影響」を与え、しかも、その「影響」が今後、さらにひどくなっていくかもしれないのです。

今までいなかった
病気を媒介する虫が
棲み付くようになるかも…



農作物の品質が下がり、
収量が減るかも…

気になった
方は、ページを
めくってね



では、どうしたらいいのでしょうか？

出典：気候変動適応情報プラットフォーム

<https://adaptation-platform.nies.go.jp/about/pamphlet.html>

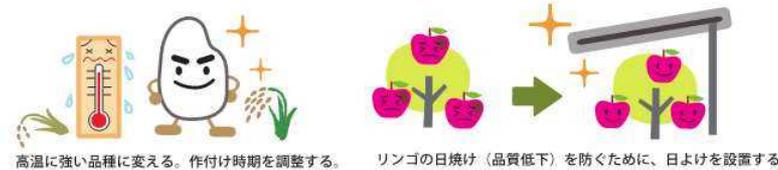
その答えのひとつが、気候変動の影響への「適応」です。



「適応」とは、気候変動の影響にあらかじめ備え、社会の仕組みや、一人ひとりの生活のあり方を変えることなどを言います。

例 1 食を守るための「適応」

気温の上昇や強い日射によって、お米や、リンゴ、ミカン、トマトなどの農産物に品質低下という影響が既に現れています。お米であれば高温に強い品種に変えたり、暑い時期から作付け時期を調整したり、リンゴやトマトであれば日よけで強い日差しから守ることなどが影響への対策、「適応」といえます。



例 2 気象災害から暮らしを守るための「適応」

大雨による河川や下水道の氾濫、それにより生じる浸水被害を防ぐためのインフラ整備や、いざという時に安全に避難するための警戒避難体制の強化をすることも被害を減らすための「適応」といえます。

私たち一人ひとりが、天気予報や防災アプリを確認したり、洪水被害予想地図（ハザードマップ）や避難経路を確認し、気象災害に備え身を守る準備をすることも重要な「適応」といえます。



例 3 健康を守るための「適応」

気温の上昇により、熱中症で搬送される人の数が増えたり、病気を媒介する蚊の北上などの影響が出ています。

水分補給をこまめにしたり、エアコンを適切に使用することによって熱中症を予防したり、虫刺されに気をつけるなど、一人ひとりが自身の健康を守るために行動することも「適応」なのです。

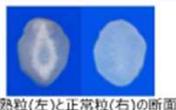


気候変動影響と適応策（農林水産業分野）

第2章① 気候変動適応に関する分野別施策（農林水産業分野の主な適応施策）

水稲

- ・高温による品質の低下。
- ・高温耐性品種への転換が進まない場合、全国的に一等米比率が低下する可能性。



白未熟粒(左)と正常粒(右)の断面

高温耐性品種の開発・普及
肥培管理、水管理等の基本技術の徹底



広島県 高温耐性品種「恋の予感」

畜産

- ・高温による乳用牛の乳量・乳成分・繁殖成績の低下。
- ・肉用牛、豚、肉用鶏の増体率の低下。
- ・高温・小雨などによる飼料作物の夏枯れや虫害。



京都府 ヒト用の冷感素材を応用した家畜用衣料の開発

畜舎内の散水、換気など暑熱対策の普及
栄養管理の適正化など生産性向上技術の開発
飼料作物の高温・小雨に適応した栽培体系・品種の確立

森林・林業

- ・森林の有する山地災害防止機能の限界を超えた山腹崩壊などに伴う流木災害の発生。
- ・豪雨の発生頻度の増加により、山腹崩壊や土石流などの山地災害の発生リスクが増加する可能性。
- ・降水量の少ない地域でスギ人工林の生育が不適になる地域が増加する可能性。



豪雨による大規模な山地災害



乾燥により枯れたスギ

治山施設の設置や森林の整備等による山地災害の防止
気候変動の森林・林業への影響について調査・研究

果樹

写真出典：農林水産省ほか

- ・りんごやぶどうの着色不良、うんしゅうみかんの浮皮や日焼け、日本なしの発芽不良などの発生。
- ・りんご、うんしゅうみかんの栽培適地が年次を追うごとに北上する可能性。



りんごの着色不良



うんしゅうみかんの浮皮

りんごやぶどうでは、優良着色系統や黄緑色系統の導入
うんしゅうみかんよりも温暖な気候を好む中晩柑
(ブラッドオレンジ等)への転換



愛媛県 高温に強いブランド品種「ブラッドオレンジ」

農業生産基盤

- ・年降水量の変動幅が大きくなり、短期間に強く雨が降る傾向。
- ・田植え時期や用水管理の変更など水需要に影響。
- ・農地の湛水被害などのリスクが増加する可能性。

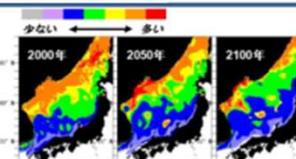


集中豪雨による農地の湛水被害

排水機場・排水路などの整備、ハザードマップの策定など、ハード・ソフト対策を適切に組み合わせ、農村地域の防災・減災機能を維持・向上

水産業

- ・日本海でブリ、サワラ漁獲量の増加、スルメイカの減少。
- ・南方系魚種の増加、北方系魚種の減少。
- ・養殖ブリの種付け時期の遅れ、収穫量の減少。
- ・海洋の生産力が低下する可能性。



日本海におけるスルメイカの分布予測図（7月）



産卵海域や主要漁場における海洋環境調査や資源量の把握・予測
高水温耐性を有する養殖品種の開発

- 指標例
- ・高温耐性品種（水稲）の作付割合
 - ・平均気温が2度以上上昇しても、収量、品質低下の影響を1/2に抑えることのできる農作物の品種・育種素材、生産安定技術の開発数。（平成31年度までに品種・育種素材数10以上、生産安定技術5種以上）

気候変動影響と適応の取組（農業生産基盤）

用水不足と湛水被害が懸念されている

農林水産省気候変動適応計画の概要【農業生産基盤】



<現状>

- 年降水量の変動幅が大きく、短期間に強く降る傾向
- 高温への対応として、田植え時期や用水管理の変更等、水需要に影響

年降水量の変動
日本の年降水量の変動

特に、1970年代以降は変動が大きい

資料：気象庁

<将来予測>

- 融雪流出量が減少し、農業水利施設における取水に影響
- 降雨強度が増加し、農地の湛水被害等のリスク増加

水田における将来予測例(全国)

用水充足率^{※1}が低下する
かんがい地区の割合^{※2}(代かき期)

2046-2065年
0
0-10
10-20 ↓
20-30 ↓
30-40 (%)

集中豪雨による農地の湛水被害

※1 用水充足率：供給された水量/必要水量
※2 2046～2065年において、流域の全かんがい地区数に対し充足率が低下する地区数の割合

資料：農研機構 農村工学研究部門

	渇水対策	湛水等の対策
取組	<ul style="list-style-type: none"> ○ ハード・ソフト対策の適切な組合せによる、効率的な農業用水の確保・利活用 <ul style="list-style-type: none"> ・ 用水管理の自動化やパイプライン化等による用水量の節減 ・ ため池・農業用ダム等の運用変更による既存水源の有効活用 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ハード・ソフト対策の適切な組合せによる、農村地域の防災・減災機能の維持向上 <ul style="list-style-type: none"> ・ 排水機場や排水路等の整備による農地の湛水被害等の防止の推進 ・ 湛水に対する脆弱性が高い施設や地域の把握、ハザードマップの策定などのリスク評価の実施 ・ 施設管理者による業務継続計画の策定の推進 ・ 既存施設の有効活用や地域コミュニティ機能の発揮等による効率的な対策の実施
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 新たな科学的知見を踏まえた中長期的な影響の予測・評価 ○ 影響評価手法の精度向上等により、将来予測に基づく施設整備を行う根拠が明確となった場合、施設整備のあり方を検討 	

気候変動影響評価報告書

- ✓ 適応策の策定にあたっては、社会・経済・自然環境等に気候変動がどのような影響を与えるのか把握する（評価する）必要がある。
- ✓ 気候変動適応法では、環境省は、最新の科学的知見を踏まえ、おおむね5年ごとに、気候変動影響の総合的な評価についての報告書を作成し、公表することが定められている。
- ✓ 2020年12月17日：最新の第2次**気候変動影響評価報告書**を公表
<http://www.env.go.jp/press/108790.html>

農業生産基盤：農地、農業用水、土地改良施設（ダム、頭首工、農業用排水路等）

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
農業・林業・水産業	農業	農業生産基盤	<ul style="list-style-type: none"> 農業生産基盤に影響を及ぼす降水量の変動について、1901～2000年の最大3日連続降雨量の解析では、短期間にまとめて強く降る傾向が増加し、特に、四国や九州南部でその傾向が強くなっている。 また、年降水量の10年移動変動係数をとると、移動平均は年々大きくなり、商に向かうほど増加傾向は大きくなっている。 全国のため池管理では、少雨（少雪）の頻度が増加したことにより、貯水量が十分に回復しなかった、受益地で用水不足が生じたといった問題が発生している。さらに、全国の排水機場管理に関しては、大雨・洪水により年間のポンプ運転時間が増大・拡大しているといった変化が生じている。 コメの品質低下などの高湿障害が見られており、その対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等、水資源の利用方法に影響が生じている。 	<ul style="list-style-type: none"> 水資源の不足、融雪の早期化等による農業生産基盤への影響については、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。具体的には、今世紀末の代かき期において北日本（東北、北陸地域）ではRCP2.6シナリオでも利用可能な水量が減少し、RCP8.5シナリオではこれらに加えて西日本（近畿、中国地域）や北海道でも利用可能な水量が減少すると予測されている。一方、梅雨期や台風期にあたる6～10月では、全国的に洪水リスクが増加すると予測されている。 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、低標高の水田で洪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、将来の大雨特性の不確実性も踏まえた上で予測されている。 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、RCP2.6、RCP8.5の両シナリオにおいて、大雨注意報の発表回数が増加すると予測されている。また、RCP2.6、RCP8.5の両シナリオにおいて、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。 	社経	<p>流量等の両極端現象について大きな増大が予測される。全国的に影響が及ぶが、代かき期では特に融雪を水資源とする地域に大きな影響が及び、流量の減少とともに融雪時期の変化は水田の管理に多大な影響を及ぼす。また梅雨期や台風期では、降雨強度の増加に伴い全国的な洪水リスクの増加が予測されている。水不足は農業用水に影響を与える可能性があり、一方で、大雨の発生頻度と雨量規模の増大は低平地の排水不良、土壌侵食、農業水利施設の管理などに影響を与える可能性がある。いずれも社会的経済的影響が大きい。すなわち、洪水や渇水といった両極端現象の発生頻度増大に注目していくことが重要となる。</p>			

全国のため池管理では、少雨（少雪）の頻度が増加したことにより、貯水量が十分に回復しなかった、受益地で用水不足が生じたといった問題が発生している。さらに、全国の排水機場管理に関しては、大雨・洪水により年間のポンプ運転時間が増大・拡大しているといった変化が生じている。

代かき期では特に融雪を水資源とする地域に大きな影響が及び、流量の減少とともに融雪時期の変化は水田の管理に多大な影響を及ぼす。また梅雨期や台風期では、降雨強度の増加に伴い全国的な洪水リスクの増加が予測されている。水不足は農業用水に影響を与える可能性があり、一方で、大雨の発生頻度と雨量規模の増大は低平地の排水不良、土壌侵食、農業水利施設の管理などに影響を与える可能性がある。いずれも社会的経済的影響が大きい。

気候変動の影響（農業・林業）

気候の
変化

想定される
影響

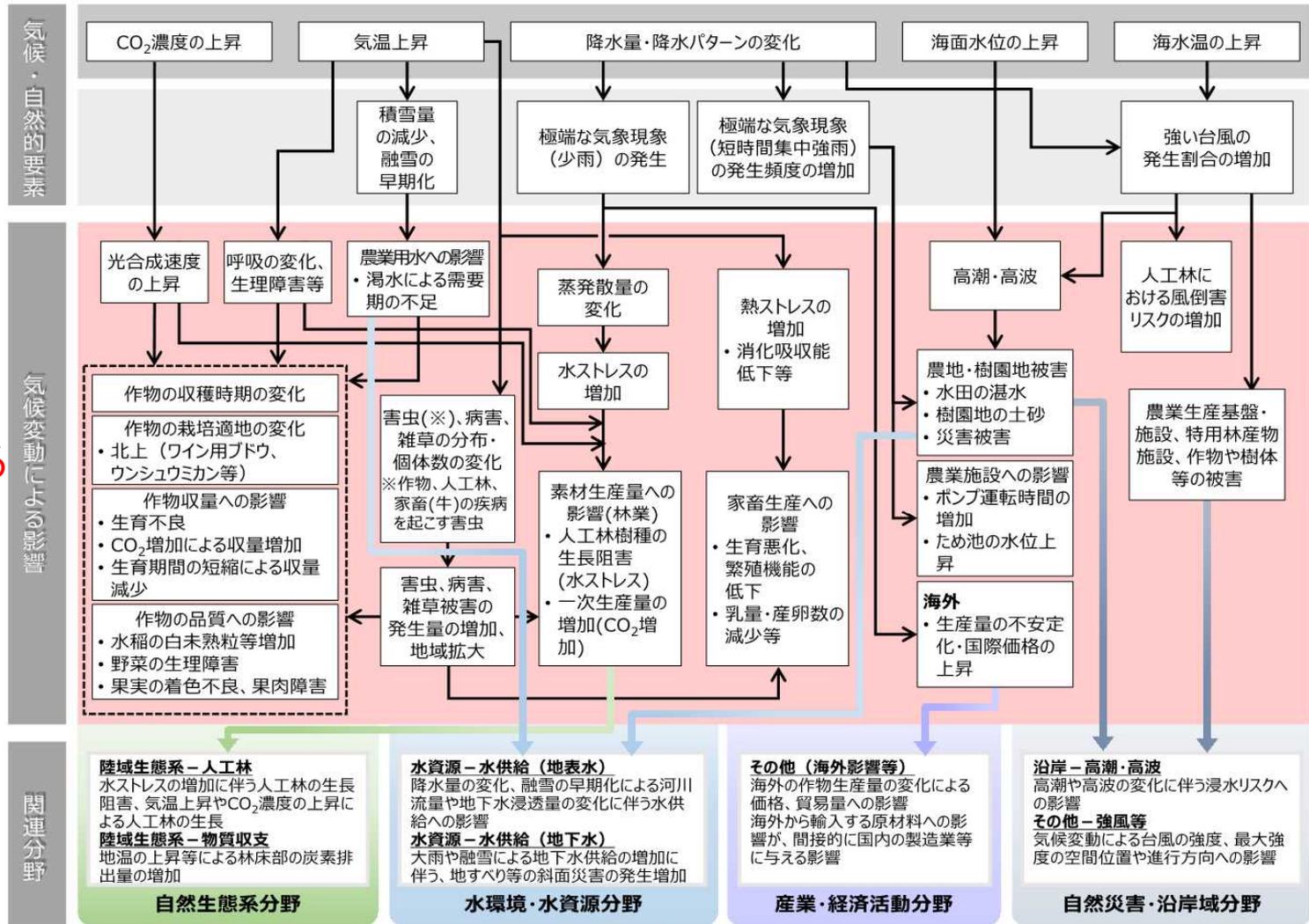


図 3-3 気候変動により想定される影響の概略図（農業・林業・水産業分野（農業・林業））²²

気候変動の影響と地域での適応

✓ 気候変動の影響は、地域の気候や地理などの自然的な状況、主とする産業や農林水産業における主要な作物、住民の分布等の社会的な状況の違いにより、全国各地で異なる。⇒**地域での適応が必要**

すでに気候変動の影響がでています。さらにこのまま気候変動が進むと…?

カラー	分野
緑	農林水産業への影響
青	水質、生活用水・農業用水などの水資源への影響
黄	自然生態系への影響
赤	自然災害・沿岸域への影響
紫	健康への影響
黒	産業・経済への影響
白	暮らし・文化への影響

すでに気候変動の影響がでています。さらにこのまま気候変動が進むと…?

- 気温上昇により、果樹の栽培適地が変化し、寒地では栽培適地が拡大する可能性がある。**
- 気温上昇により、家畜の肉質、乳用牛の乳量・乳成分が低下している。**
- 気温上昇により、農作物の害虫や病気の分布・発生地域が拡大しており、今後も拡大する可能性がある。**
- 気温上昇により、オシロイの品質が低下しており、今後も低下する可能性がある。**
- 雨の降らない日が増加することにより、水不足が深刻化する可能性がある。**
- 大雨・台風等に伴う交通網、ライフライン(電気・ガス・水道など)の寸断が確認されている。**
- 大気汚染の影響等により、大雨等が頻発し、内水氾濫が発生するリスクが増大している。**
- 大気・台風等に伴う廃棄物処理への影響、災害廃棄物の大量発生が懸念される。**
- 河川の氾濫危険水位を超える洪水の発生地点数が増加傾向にある。**
- 海面水位の上昇に伴い、塩水が遡上し取水への支障などが懸念される。**
- 高潮・高波による浸水や施設損壊のリスクが高まる。**
- 大規模な自然災害によって保険金の支払い額が増加し、保険会社の経営への影響が増している。**
- 夏季の高水温によるサンゴの大規模な白化が生じている。温帯域において薬用植物系がサンゴ礁に移行することが予測されている。**
- 北日本沿岸域のコンブでは、海水温の上昇により分布域が大層に北上する、もしくは生育適地が消失する可能性がある。**
- クロロフィルa濃度の増加に伴い、有害藻類に分類されるダムが(特に東日本において)増加する可能性がある。**
- 再生可能エネルギーの発電量が変化する可能性がある。(水力発電の場合は全国的には減少、地域によっては増加)**
- 土砂災害と洪水氾濫の同時発生による複合的な被害が発生している。(例:平成29年7月九州北部豪雨)**
- 大雨の発生頻度の上昇、広域化に伴い、土砂災害のリスクが増加する。**
- 大雨・台風等に伴う廃棄物処理への影響、災害廃棄物の大量発生が懸念される。**
- 河川の氾濫危険水位を超える洪水の発生地点数が増加傾向にある。**
- 海面水位の上昇に伴い、塩水が遡上し取水への支障などが懸念される。**
- 高潮・高波による浸水や施設損壊のリスクが高まる。**
- 大規模な自然災害によって保険金の支払い額が増加し、保険会社の経営への影響が増している。**
- 夏季の高水温によるサンゴの大規模な白化が生じている。温帯域において薬用植物系がサンゴ礁に移行することが予測されている。**
- 森林、雪山、砂浜など自然資源を活用したレジャーの減る可能性がある。**
- 降雪量の減少による積雪量の不足**
- スキー場等への影響**
- 高山の植物や動物(ライチョウ等)の生息適地が減少すると予測される。**
- 再生帯の境界域付近の森林では、より暖かい気候に生育する樹種タイプが増加している(寒い地域における針葉樹の減少と落葉広葉樹の増加、暖かい地域における落葉広葉樹の減少と常緑広葉樹の増加)。**
- 南方性のチョウ類の分布北限が北上している。**
- 積雪量の減少等によるニホンジカの分布拡大、高山帯への侵入が確認されている。**
- 熱中症による救急搬送人員、死亡者数が全国的に増加している(2018年に1500名死亡)。**
- デンブ熱等の感染症を媒介する生物(ヒトスジシマカ等)の生息域が拡大しており、活動期間も長くなっている。**
- 自然災害に伴う停電と猛暑の連続した発生**
- 熱中症による救急搬送人員の増加**
- 労働生産性の低下。**
- 気候変動による国内外のサプライチェーンへの影響が、国内の経済へ影響を及ぼす可能性がある。**

今日から変えよう! **COOL CHOICE** 2050年カーボンニュートラルの実現を目指して

身近な生活の中で、未来のために、今できること。脱炭素社会づくりにつながる商品の購入やサービスの利用を選択しましょう。さあみんなで、COOL CHOICE!

エコ住みキャンペーン 冷暖房・給湯 断熱・省エネ材料等を推進

5つ星家電交換キャンペーン 5つ星省エネ家電への購入とLEDへの交換を推進

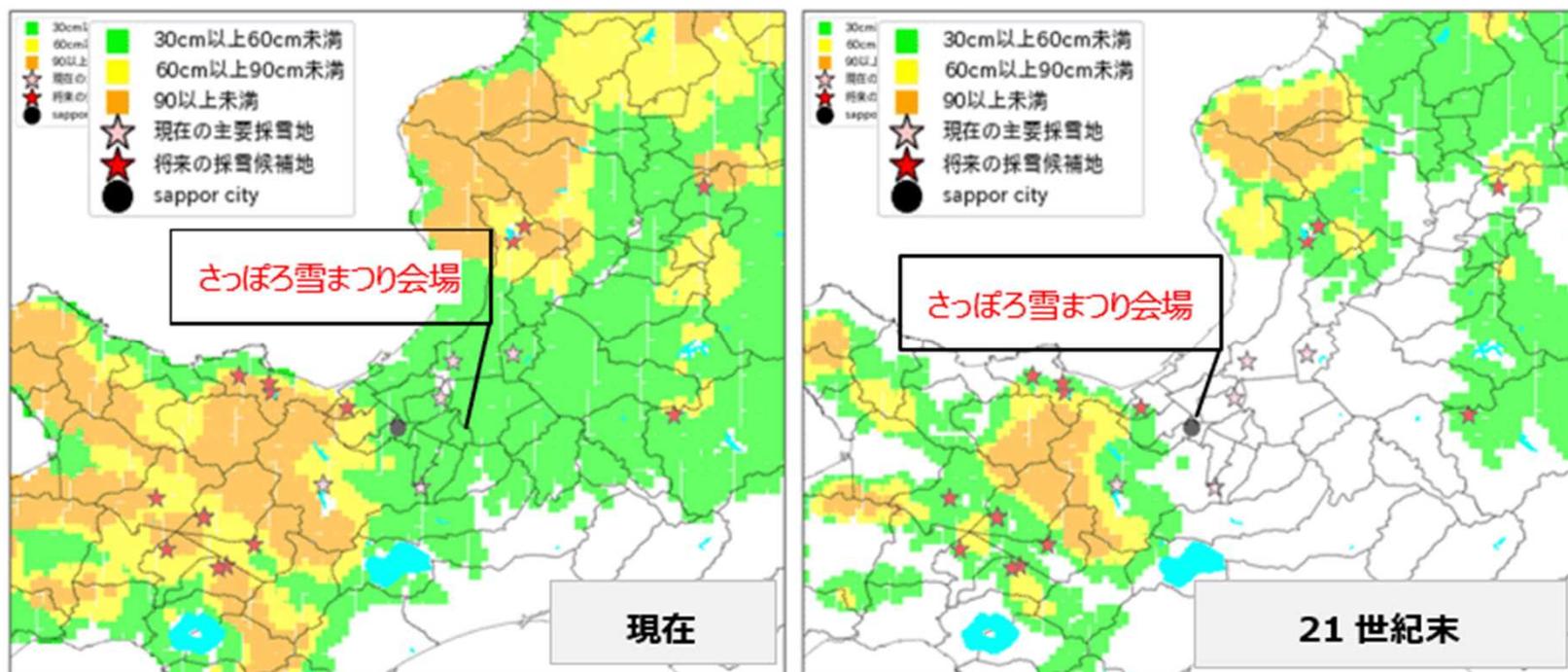
自動車のエコカーキャンペーン エコカーの買換えを推進

出典：パンフレット『気候変動で私たちの生活はどう変わる? ~気候変動影響評価報告書~』(環境省)

北海道の観光業への気候変動影響

地域適応コンソーシアム事業成果集より

- さっぽろ雪まつりのために現在採雪を行っている場所では、将来大幅に積雪量が減少することが予測される。
- 21世紀末では、現在より遠方から採雪する必要が生じ、採雪コストが2018年実績の約2.2倍になる可能性がある。



さっぽろ雪まつりの採雪期間中(1/5～1/27)の積雪深と将来の採雪候補地（21世紀末の予測はRCP8.5シナリオ）。ピンク色の星印は現在の主要採雪地、赤色の星印は新たな採雪候補地、左図は現在での積雪深の分布、右図は21世紀末の気候での積雪深の分布を示す。

道内での気候変動適応の取組例

ワイン用ぶどう栽培適地の拡大

- 北海道では、気温上昇によりワイン用ブドウの栽培可能地域が拡大している。
- 北海道におけるワイン用ブドウ生産の適地を予測した研究によれば、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、北海道の標高の低い地域で栽培適地が広がる可能性がある。

気候変動評価報告書（詳細）

<http://www.env.go.jp/press/108790.html>



写真の出典：気候変動適応情報プラットフォーム
気候変動によるワイン用ぶどう栽培とワイナリーの変化
https://adaptation-platform.nies.go.jp/articles/case_study/vol20_hokkaido.html

その他、本州の酒蔵が道内に移転する例も現れている。酒造りには徹底した温度管理が必要だが、地球温暖化により温度管理も難しくなっている。

参考：気候変動適応情報プラットフォーム
百年先を見据えた酒造り - 酒蔵の県外移転 -
https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/database/riskmgmt/report_014.html

Eco-DRR (生態系を活用した防災・減災)

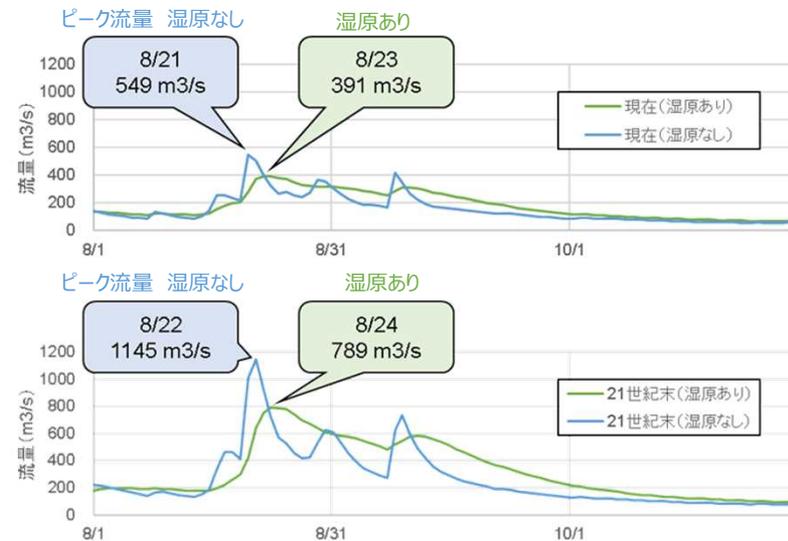
Ecosystem-based Disaster Risk Reduction

釧路湿原の例

- 釧路湿原は、釧路川に沿って広がる、日本最大の湿原である。釧路湿原は、生物多様性の観点からだけでなく、Eco-DRR (生態系を活用した防災・減災) の観点からも重要である。
- 2016年8月の大雨時の再現計算では、釧路湿原の保水機能により、釧路川下流部のピーク流量が約30%低下し、ピークの到達が2日間遅延した、と評価された。
- 21世紀末の大雨時の予測計算では、釧路川下流部のピーク流量が現在の約2倍になると予想され、釧路湿原の保水機能の重要性がさらに増すことが示唆された。



写真の出典：気候変動適応情報プラットフォーム
Eco-DRR(生態系を活用した防災・減災)を活かした街づくり
https://adaptation-platform.nies.go.jp/articles/case_study/vol18_hokkaido.html



まとめ

- 地球温暖化が進行中
- 北海道の気候変動（観測事実）
 - ✓北海道でも気温が長期的に上昇
 - ✓30年前と比べて、最近10年は短い時間に激しく降る雨が増加
- 北海道の気候変動（将来予測）
 - ✓北海道でも気温の上昇や短時間強雨の頻度増大を予測
 - ✓2℃上昇シナリオより4℃上昇シナリオの方が変化量大きい
- 気候変動の影響への適応
 - ✓地域での適応の重要性

ご清聴ありがとうございました

問い合わせ先

札幌管区気象台 地球環境・海洋課

011-611-6174

参考資料

- 北海道の気候変化（第2版）



北海道の各地点の気温や降水量等を平均した値から、これまでの長期変化を示しています。2017年3月刊行。

<https://www.data.jma.go.jp/sapporo/bosai/publication/kiko/kikohenka/kikohenka.html>

- 北海道地方地球温暖化予測情報



4℃上昇シナリオによる北海道の予測情報です。2019年3月刊行。

<https://www.data.jma.go.jp/sapporo/bosai/publication/kiko/gwp9/gwp9.html>

- 日本の気候変動2020

日本の気候変動について、これまでに観測された事実や、パリ協定の2℃目標が達成された場合及び現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった場合にあり得る将来予測を対応させてとりまとめたものです。2020年12月刊行。

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>



- 気候変動監視レポート

世界と日本の気候変動を中心に、温室効果ガスやオゾン層等の状況について、毎年、最新の情報を公表しています。毎年刊行。

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/index.html>



講演会を終えて

当協会では公益事業の一環として、土地改良研修会を年数回開催しております。

今回は、「地球温暖化と北海道の気候変動」と題して、

札幌管区气象台 気象防災部 地球環境・海洋課 地球温暖化情報官 上澤 大作 様から
ご講演を頂きました。

今後も、こうした形での情報提供を行ってまいりたいと考えておりますので、ご支援と
ご協力をお願いいたします。

講師：上澤 大作 氏の略歴

1999 年 気象庁入庁

2005 年 気象衛星センター

2009 年 宇宙航空研究開発機構

2012 年 気象研究所

2014 年 気象衛星センター

気象衛星ひまわりに関する業務に従事

2017 年 気象庁 地球環境・海洋部

黄砂監視に関する業務に従事

2019 年 札幌管区气象台 気象防災部 地球環境・海洋課 地球温暖化情報官
主に地球温暖化・気候変動に関する情報提供業務に従事

現在に至る

令和3年度 第1回土地改良研修会 講演録

発行 一般社団法人 北海道土地改良設計技術協会

〒060-0807 札幌市北区北7条西6丁目2-5 NDビル

TEL 011-726-6038 FAX 011-717-6111

URL: <http://www.aeca.or.jp/>

写真：第34回北の農村フォトコンテスト 「彩る大地」(撮影場所：帯広市)