

令和3年度知床世界自然遺産地域気候変動適応に関する検討業務
報告書

令和4年3月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

目次

1. 知床世界自然遺産における気候変動適応の検討	1
1.1. 背景・目的.....	1
1.2. 実践ガイドにおける適応計画策定のプロセス	1
1.2.1. 気候変動による影響評価	3
1.2.2. 適応計画の策定	9
2. 気象に関する情報収集・傾向分析の結果について.....	14
2.1. 使用データについて.....	14
2.2. データの整理方法について.....	18
2.2.1. 生データの整理.....	18
2.2.2. 長期変化傾向の分析	18
2.3. 可視化結果	20
2.3.1. 気象庁観測データ(気象).....	20
2.3.2. 海洋観測データ.....	23
2.3.3. 道路気象観測データ.....	28
2.3.4. 気象庁観測データ(流氷).....	32
2.3.5. 気象庁観測および道路気象観測データ(加工値).....	35
2.3.6. 気象庁観測データ(年平均気温).....	40
2.3.7. 気象庁観測データ(極端現象).....	41
3. 気候変動による OUV への影響整理.....	45
3.1. 気候変動による影響評価方法.....	45
3.2. OUV の構成要素の抽出.....	45
3.3. 気候変動影響の影響整理.....	48
3.4. 発生確率、重大度評価.....	52
3.5. 長期モニタリング計画と気候変動影響の照らし合わせ.....	54
4. 気候変動に対する適応オプションの検討.....	59
4.1. 適応オプションの整理方法.....	59
4.2. 適応オプションの整理.....	59
4.3. 関連する遺産管理の施策の整理.....	63
5. 有識者ヒアリング.....	66
6. 業務打ち合わせ	69
7. 今後の気候変動適応戦略策定に向けて.....	69
8. 引用文献.....	74

1. 知床世界自然遺産における気候変動適応の検討

1.1. 背景・目的

知床世界自然遺産地域を対象として実施された 国際自然保護連合（IUCN: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources）及び世界遺産センターによる現地調査の報告（2008 年）によれば、知床の顕著な普遍的価値（OUV: Outstanding Universal Value）は海水の存在に強く関連しているため、長期的な気候変動が生態系や生物多様性に対して重大な影響を及ぼす可能性が指摘されており、第 43 回世界遺産委員会決議（2019 年）においても「資産の OUV へのいかなる影響も最小化するような適応管理戦略の策定を奨励する」との勧告を受けている。これに対し、知床世界自然遺産の管理にあたっては「知床世界自然遺産地域長期モニタリング計画（2012 年策定、2019 年改訂。以下、「長期モニタリング計画」という。）」に基づくモニタリングを継続して実施することで、気候変動による OUV への影響の早期把握に努めつつ、知床での気候変動適応戦略の策定に向けた検討を加速させることとしている。一方、冬期の海水の接岸をはじめとした季節の移ろいによる景観の多様性等は観光利用にとっても重要な要素である。そのため、気候変動への対応は、知床世界自然遺産地域に含まれる知床国立公園区域の適正な利用の推進の観点からも、必要不可欠な取組となる。

このような背景を踏まえ、本業務では、知床世界自然遺産地域の OUV を対象とした気候変動適応戦略検討の一環として、気候変動による OUV への影響を整理し、適応オプションの検討を行うことを目的として業務を実施した。

1.2. 実践ガイドにおける適応計画策定のプロセス

自然遺産サイトにおける気候変動適応の実践ガイドとして、2014 年に国際連合教育科学文化機関（UNESCO）より「自然遺産サイトへの気候変動適応 - 実践ガイド」（以下「実践ガイド」という。）が発行されている。本業務では、実践ガイドに従い、知床世界自然遺産における適応管理戦略の策定に向けた検討を実施した。

実践ガイドには、自然遺産サイトにおいて適応計画策定・実行に向けたフローとして以下の項目が記載されている。実践ガイドに示されている各項目での具体的な作業内容と本業務における実施内容について図 1 に示す。次項以降にそれぞれの作業について詳細を記載する。



図 1 実践ガイドに基づく適応計画策定の作業フローと本業務での検討状況

1.2.1. 気候変動による影響評価

1.2.1.1. OUV の理解

自然遺産サイトへの気候変動の影響を評価するために、まずはサイトが所有する顕著な普遍的価値（OUV）を理解する必要がある。

知床世界自然遺産は、ユネスコ世界遺産委員会において、遺産登録時の基準（クライテリア）に従い「顕著な普遍的価値の遡及的陳述（rSOUV retrospective Statement of Outstanding Universal Value）」¹が承認されており、OUVに関する各要素を要約した情報が整理されている。本業務ではrSOUVを参照し、知床世界自然遺産におけるOUVの整理を行った。（→本報告書の項目：3.2）

1.2.1.2. OUV の特徴および属性の理解と目標設定

実践ガイドにおける特徴と属性の定義を表1に示す。OUVの特徴および属性の理解として、1.2.1.1で整理したOUVは遺産サイトの特徴の大枠を示す内容であり、気候変動影響やそのためのモニタリングの根拠を提供するための情報としては不十分である。遺産サイト管理の目標を設定するために以下の情報の整理が必要である。実践ガイドでは、図2の整理イメージが記載されている。

- OUVに寄与する遺産サイトの特徴を特定する。
- 各特徴の属性を注意深く分析する。
- 査定可能な属性に基づき、各特徴の状態を評価する。

表 1 特徴と属性の定義

用語	定義
特徴	遺産サイトの OUV に総合的に寄与する、遺産サイトの物理的、生態学的、地理的要素又は発現。
属性	その状態を証明するための査定およびモニタリングが可能な、特徴にとって不可欠な特性。

（引用：実践ガイド）

¹ rSOUV：2007年以前に記載された世界遺産において、定期報告の開始に先立ち、顕著な普遍的価値の陳述を記載時点の情報に遡って作成されたもの。

<p>目的 「公園エリア内のすべての物理的・生物学的リソースを、現在及び将来の世代が生産的に享受・利用できるよう、その多様性、個体数、生態学的完全性を維持及び向上すること」</p> <p>特徴 ユキヒョウ</p> <p>属性</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 集団規模と分布 ▶ 出生／死亡比率 ▶ 被捕食種 – 集団規模と分布 ▶ 気候要因 – 暴風雨の頻度、気温、降雨 ▶ 生息地 – 氷河の状態/季節変化への対応 ▶ 人為的負傷及び死亡 <p>OUV と結びついた目標</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ユキヒョウの生息数を 10%増加させる。 2) 密猟発生数を 20%減少させる。 3) 牧草地の 30%から侵略的外来植物種を除去し、ユキヒョウが捕食する哺乳類ナキウサギを保護する。 4) 普及啓発のため、年間 12 回のコミュニティアウトリーチを実施する。 5) 今後 3 年間で、スタッフ全員に分類学の研修を受けさせる。 6) 大学によるフィールドワークを年間 15 件受け入れる。

図 2 実践ガイドにおける作業イメージ図

(引用:実践ガイド)

OUV に寄与する自然遺産サイトの特徴の特定では、サイトに関係する特徴だけではなく、OUV を支える特徴を理解する必要がある。属性については、気候の要因に結び付けられる変化、それにより OUV にどのような悪影響があるかの根拠の基礎となるため、モニタリング可能な項目を記載する必要がある。それぞれの特徴の状態が悪化しているか、安定しているか、改善しているかを評価するためには、これらの属性を一貫して測定する方法、及び、その結果を提出する方法を検討しなければならない。これらの体系的アプローチは、圧力及び傾向のモニタリングのための基盤を提供するだけでなく、モニタリング可能な明確な目標を設定するためにも役に立つ。

本業務では、rSOUV とユネスコへの推薦書（和文仮訳）を参照し、OUV に寄与する自然遺産サイトの特徴の抽出と、食物連鎖による繋がりや間接的に影響により関連する特徴の抽出をインパクトチェーン等の手法を用いながら網羅的に整理を行った。（→本報告書の項目：3.2）

また、各特徴の属性の理解と目標設定については、知床世界自然遺産ではこれに類似するものとして「長期モニタリング計画」が策定されている。長期モニタリング計画での評価項目は、知床世界自然遺産のクライテリアが維持されているか、ユネスコ/IUCN からの勧告に対応できているか、遺産地域管理計画に記載された管理ができているかを評価するために設定されている。現行の長期モニタリング計画は 2022 年 3 月までとされており、「気候変動の影響もしくは影響の予兆を早期に把握できること。」に関する指標も含め、モニタリング項目の見直しを実施されている。本業務では、抽出した OUV の特徴への気候変動影響が、見直し

中の長期モニタリング計画に基づくモニタリング内容により把握することが可能であるか、課題も含めて整理を行った。（→本報告書の項目：3.5）

1.2.1.3. 気候変動による影響の整理（感受性、脆弱性、復元力理解）

実践ガイドにおける感受性、脆弱性、復元力の定義を表 2 に示す。適切な気候変動による影響評価及び適応オプションを検討するためには、自然遺産サイトにおける感受性と、脆弱性、復元力について理解する必要がある。遺産サイトの感受性は修復不可能な損傷を受けやすさを示す指標であり、感受性の高さはその特徴と属性がさまざまな要因によって変質しやすい遺産サイトであることを示す。感受性が低い遺産サイトは、逆に復元力の高い遺産サイトのことを示す。復元力は、気候変動による影響を受けた場合に、何らかの攪乱があってもその影響に屈せず、機能を原状または望ましい状態まで回復する遺産サイトの能力を指す。気候変動による影響の重大性や、適応オプションの優先順位については、感受性や復元力を考慮して設定する必要がある。脆弱性は、特定の脅威、又は一連の脅威から被害を受けるリスクのレベルを示すものである。気候変動への脆弱性とは、気候条件の変化が遺産サイトの OUV に悪影響を及ぼす可能性を示す。

本業務では、遺産サイトにおける感受性、復元力の把握として、知床世界遺産科委員会における議論内容から、気候変動による影響（または環境圧力）と、それ以外による影響要素（観光圧力や、外来種による影響等）を調べ、その影響に対して実態がどのようになっているかについて情報抽出を行い整理した。気候変動への脆弱性として、実践ガイドの中に生息地・地形タイプ毎に想定される気候変動により考えられる脅威について記載されているが日本の遺産に適さない項目も多い。そのため、想定される気候変動については、現在の観測データの傾向や気候変動影響評価報告書（環境省, 2020）から参照し、想定される気候変動影響の抽出とそれらが OUV へ与える影響について整理を行った。この際に、影響に関する内容で文献情報が無い項目については、気候変動の影響から想定される内容を記載した（→本報告書の項目 3.3、3.5）。

また、今回整理をした OUV の影響評価内容について、感受性や復元力、気候変動による脆弱性については情報が不十分であるといえる。より詳しい文献情報の収集や、気候予測データを用いた定量的な評価が必要な可能性もある。この点については有識者に対して今後必要となる調査や注意点等についてヒアリングを実施し、整理を行った（→本報告書の項目 5）。

表 2 感受性、脆弱性、復元力の定義

用語	定義
感受性	遺産サイトの価値が、いかに修復不可能な損傷を受けやすいかを指す。感受性の高い遺産サイトとは、その特徴と属性がさまざまな要因によって変質しやすい遺産サイトである。
脆弱性	遺産サイトの特定の条件下における変化への感受性を指します。例えば、洪水に対しては脆弱でも、過放牧に対しては脆弱でない遺産サイトもある。また、一部の特徴や属性はそれ自体が脆弱であったり、遺産サイトを脆弱にしたりする可能性がある一方で、その他の特徴や属性は脅威に対する抵抗力があることも考えられる。
復元力	復元力とは、何らかの攪乱があってもその影響に屈せず、機能を原状または望ましい状態まで回復できる遺産サイトの能力を指す。（「柔軟性」とも言われる）

（引用：実践ガイド）

1.2.1.4. 気候シナリオを用いた分析

将来的な気候変動の予測は世界中の研究機関で実施されており、近年では、全球の気候モデルを地域にダウンスケーリングしたデータや、細かい空間分解能で計算を行う地域気候モデルによる予測結果も得られるようになってきている。将来的な気象条件を正確に予測するのはきわめて難しいことであるが、大まかな予測結果であっても将来的な気象条件が OUV の属性にいかに関与するかを管理者が検討する上で役立つ情報となり、適応計画を設計する際の根拠になる何らかのリスク分析は可能となる。遺産サイトレベルでいくつかのシナリオを見て、それらが及ぼしうる影響を考える必要がある。シナリオの選択については、以下の検討に時間を使うべきである。

- 遺産サイトに直接の影響を与えると予想されるシナリオ。
- 地域全体に影響を与え、それが遺産サイトに波及する可能性があるシナリオ。

本業務では OUV に対して与えうる影響についての整理のみであり、気候シナリオ別に想定される影響については検討をしていない。気候シナリオにより、想定される影響や適応オプションの優先順位や実施時期は大きく異なる可能性が示唆されている（図 3）。適切に検討していくために、複数の気候シナリオを用いた分析を行い、遺産サイトに影響を与えうるシナリオへの詳細の検討を行う必要がある。

この点については、有識者に対してシナリオ分析の必要性や対象とすべきシナリオ等についてヒアリング調査を実施し整理を行った（→本報告書の項目 5）。

a) 1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化

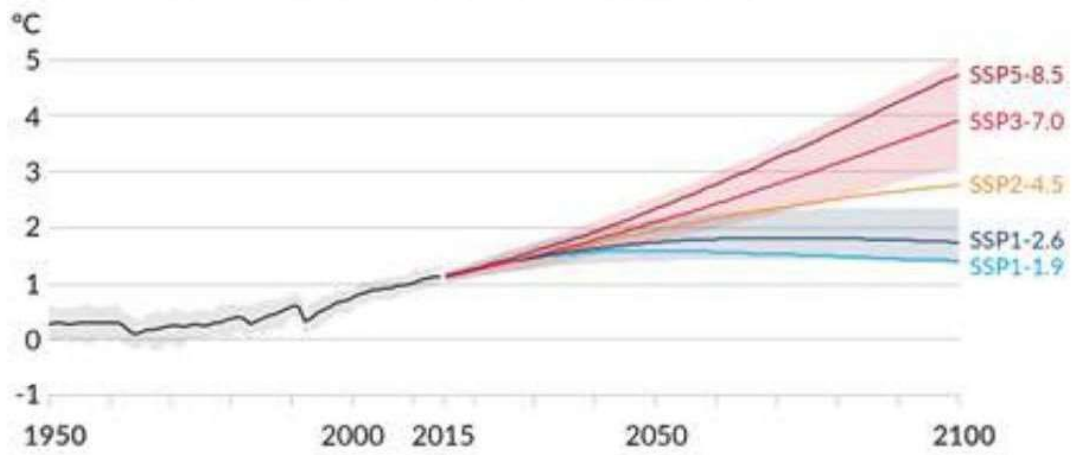


図 3 IPCC 第 6 次報告書 WG1 シナリオ別の世界平均気温の変化

(出典:IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳(文部科学省及び気象庁))

1.2.1.5. 考えうる OUV の反応の理解(リスク分析)

遺産サイトの OUV へのリスクを分析する方法として、主要な特徴とその属性に注目し、脅威の確率と重大度を評価することが有用である。遺産サイトの復元力が低く、気候変動への脆弱性が高いほど、気候変動から悪影響を受けるリスクは高くなる。まずこれらのリスクの原因を特定し、その後、以下を判断する必要がある（整理イメージ：図 4）。

- 発生確率：気候変動による影響が発生する確率
- 重大度：気候変動による影響がどれほど重大か

リスク分析は、比較的発生しやすく、かつ、比較的重大な事態を特定するように設定されている。発生確率は低いですが、一度でも発生してしまうと取り返しのつかない重大度を持つような事象もあるため、優先順位をつける際には注意する必要がある。

OUV の特徴	影響の説明	発生確率	重大度
爬虫類	侵略種による爬虫類の捕食	緑	赤
群集	頻繁な火災が生息地を損なっている	赤	赤
	降雨の減少で湿地が減少している	緑	緑
	暴風雨の頻度増加と激化が生息地を損なっている	赤	緑
	春の植物のフェノロジーが繁殖期の主要な被捕食種の食糧を変化させている	黄	黄

確率が低い（低）	緑	重大でない（低）
考えられる（中）	黄	重大である（中）
確率が高い（高）	赤	きわめて重大である（高）

図 4 実践ガイドにおけるリスク分析

（引用：実践ガイド）

本業務では、気候シナリオを用いた定量的な影響評価を実施していないため、発生確率と重大度の定義を以下に設定して整理を行った。（→本報告書の項目 3.4）。

- 発生確率：現在、すでに影響が顕在化しているものや、将来の気候変動により影響が悪化する可能性がある場合に発生確率を高くする。想定される気候変動による影響（環境要因）が不確定な要素の場合は可能性の程度を低くする。
- 重大度：対象種への影響により、知床のクライテリアの維持が困難になる場合や、対象種への影響により他種への影響の波及が甚大である場合に重大度の程度を高くする。

また、整理をした、発生確率、重大度については、専門家へヒアリングを行い、最終化を行った（→本報告書の項目 5）。

1.2.2. 適応計画の策定

1.2.2.1. 適応オプションの整理

自然遺産サイトへの気候変動による影響は複雑であり、「応急処置」や簡単な解決策は存在しない。ハードエンジニアリングや人の介入による直接的な適応オプションもあれば、普及啓発や近隣住民との関係構築や普及啓発等間接的な適応オプションも挙げられる。これらは、可能な限り遺産サイトの復元力を向上させ、気候変動の悪影響を低減させる効果を持つ。考えうるオプションの例を表 3、表 4、表 5 に記載する。いずれの適応オプション実施する上でも、定期的かつ適切なモニタリングの実施が必須である。

また、適応計画を策定していく上では以下に注意する必要がある。

- ▶ 遺産サイトの OUV のうち 1 つの特徴の問題を解決しようとする試みが、他の特徴にとっての新しい問題を生み出しうる。許容できる変化の限界について考慮することが有用である。
- ▶ 世界自然遺産へのリスクには多様な原因がある。遺産サイトに影響を及ぼしうるより広範な気候変動の問題に政府の関連部門を巻き込んで取り組むなど、ロジスティクス面を考慮すべきである。

本業務では、各 OUV の構成要素の現状の影響や、現在行われている対策を踏まえながら、ユネスコの適応オプションに従う分類の中から、適切である適応オプションの抽出を行った。また、現在遺産管理のために実施されている各施策の中で、適応オプションとしての可能性を有する施策について合わせて整理を行った。（→本報告書の項目 4.2、4.3）。

今後適応計画を策定していく上では、適応計画の実行に向け具体的なアクションの内容を整理する必要がある。また、上記に記載する注意点を含め、想定される気候変動影響について気候シナリオ分析や文献調査により深堀を行い、多方面からの影響を考慮していく必要がある。

この点については、今後の進め方や適切な情報収集の仕方等についてヒアリング調査を実施し、整理を行った（→本報告書の項目 5）。

表 3 自然遺産サイトにおける適応オプションの例①

No.	項目名	効果 ²	記載内容
1	既存のストレス源 (違法行為)の低減	間接的	<u>密猟、侵犯、採取などの既存のストレス源を低減</u> する。戦略として取り締まりを選択した場合には、根本の原因に焦点を当てるよう心がけ、それらの管理にも貢献できるかどうか検討する。水をめぐる内戦、干ばつ、洪水、暴風雨をきっかけとした移住者など、一部のストレス源はすでに気候問題と関連している可能性があることを意識しよう。
2	外来種の駆除/制御	間接的	物理的・予算的に可能であれば、 <u>侵略的外来種を駆除/制御する</u> 。人的資源、捕獲器、車両、運搬、監視・モニタリング機器、分類学的・獣医学的スキルの研修、追跡・捕獲スキル、伐採機器、化学物質とその効果の活用、安全とメンテナンス、モニタリングスキル、駆除方法の全般的知識など、相当のコストを伴う。このようなプログラムは、ロジスティクス的には可能でも、政治的・公的支援が得られない場合もある。
3	普及啓発	間接的	<u>パートナーコミュニティ、来訪者、協力者らに対し普及啓発を行う</u> 。知識が普及すればするほど、変化に対する人々の準備が進み、変化による衝撃を緩和できる。地元の人々に、気候変動をふまえてリソースの利用や習慣を見直すよう呼びかけよう。気候問題に光を当てるため、来訪者の意識を変えよう。人々に最新の情報を提供しよう。
4	関係者との協力関係の構築	間接的	<u>NGO、企業、土地所有者らと協力関係を構築</u> する。力を合わせて気候変動の普及啓発を行う。隣接する土地保所有者らと協力し、ポジティブな管理を強化し、悪影響を最低限に抑えよう。特に遺産サイトが彼らの土地より「下流」にある場合、殺虫剤、除草剤、肥料などの制御を呼びかけよう。水路や海岸線の自然化を推進しよう。

(引用:実践ガイド)

² 気候変動影響への効果(直接的 or 間接的)

表 4 自然遺産サイトにおける適応オプションの例②

No.	項目名	効果	記載内容
5	遺産サイトの拡大	間接的	移動及び生息数拡大を可能にするため、可能であれば緩衝地帯を導入して遺産サイトの有効面積を拡大する。地域内の周辺コミュニティに対して持続可能な利用や代替的な生計を促進し、隣接する生態系への影響を最小化する。可能であれば、リソースの共同管理の正式合意を確保する
6	新たな保護区的设计や指定	間接的	遺産サイトと同じ生態地域に属し、同じ機能を果たす新規の保護区的设计や指定を促進、先導、実施し、新しい気候条件を活用する機会を種に与える。
7	国や開発期間との連携	間接的	国の計画・開発機関と協力して、持続可能な開発戦略、国土計画、予算要求、アクションプラン、地方・地域開発計画、貧困削減戦略をはじめとするあらゆる政策・計画に OUV の保全と強化を盛り込む
8	他の世界自然遺産サイト・保護区の管理者と協力関係	間接的	可能な限り、遺産サイトの勢力範囲内の他の世界自然遺産サイト・保護区の管理者と協力関係を築き、鳥、蝶、大型哺乳類など移動性の動物種に関連して効果的に連携する。
9	人的介入による気象災害リスクの低減	直接的	植林、伐採、野焼きなどの介入を行い、生息地のバランスを管理し、コロニー形成を最適化し、気候関連の災害リスクを低減する。このような介入はさまざまな規模で行われ、継続する場合には多くの費用がかかる。たとえば、生息、繁殖、摂食のための重要な生息地の拡大や、柔軟性や営巣・摂食の機会を提供するために地形におけるさまざまな生息地のパッチワークの改善を決定することが考えられます。また、遺産サイト内に、回廊地帯や移動の「中継地」を形成する必要があるかもしれない。これは、重要な種が遺産サイトの OUV に寄与している場合に特に適切で、その種の移動や、被捕食種の移転に役立つ。

(引用:実践ガイド)

表 5 自然遺産サイトにおける適応オプションの例③

No.	項目名	効果	記載内容
10	火災防止のための近接地での野焼き	直接的	遺産サイトに悪影響を与えうる、気象に起因する制御不能な火災を防ぐために隣接地区で火災を活用する。土地所有者と協力して野焼きを適切に実施する。
11	大規模プロジェクトの実施(仕組みを変える大々的なプロジェクト)	直接的	稀に、水路や道路の迂回など、大規模な土木プロジェクトが適切な場合もある。このようなプロジェクトには多くの費用が必要で、また、世界遺産サイトにはメリットがあっても他の部分で問題となる可能性がある。例えば、地元コミュニティの集落に影響を及ぼす道路の迂回は歓迎されないかもしれない。道路の距離が増加することは燃料費の増加につながるため、運送業者の反対に遭うかもしれない。コミュニティへのアクセスが悪化する迂回には、地元政治家の支持が得られないかもしれない

(引用:実践ガイド)

1.2.2.2. 適応アクションの優先順位付け

適応オプションに対する具体的な対応アクションが定め、自然遺産サイトに適した基準により優先順位を整理する必要がある（図 5）。

本業務では、具体的な適応のアクションの整理を行っていないため、そのアクションの優先順位付けについては実施していない。今後適応計画を策定していく上では、影響の発現時期や遺産管理側の状況に合わせてどの適応アクションを優先して実施していくことが一番効果的、効率的であるかの検討が必要である。

取りうる対応アクション	他のOUVの特徴への影響	基準						優先されるアクション
			技術的専門知識	ロジスティクス	人的資源	時間	予算	
アクションなし	Hn		-	-	-	-	-	-
土壌の量と状態をモニタリングする	-		H	M	M	H	L	C
卓越風から土壌を保護する	?		H	H	H	H	H	-
土壌の塩分をモニタリングする	-		H	M	M	H	L	C
暴露の少ない地区のコロニー形成を管理する	M			M	L	H	L	-
侵犯のリスクを最小化するためにパートナーと協力する	-		H	H	H	H	H	D
パトロールを行い規制を敷く	M		M	H	H	H	H	D
風/海流で運ばれた侵略種をモニタリングする	-		H	H	H	H	M	C
侵略的捕食種を駆除/制御する	Hp		H	H	H	H	H	A
暴露されていない地区に巣箱を設置する	?		H	H	M	M	H	D
植生の変化をモニタリングする	-		H	M	M	H	H	C
雨水を利用した水飲み場を設置する	?		M	M	M	L	M	B
鳥の数、分布、巣などをモニタリングする	Hp		H	H	H	H	M	A

注：最初の列に、OUVの特徴への正（Hp）負（Hn）両方の大きな影響が記されている。
裏付けとなる情報/根拠をできるだけ多く示し、採点を正当化することが重要です。この例では、チームは「何もしない」という選択肢はないと判断しました。何もしなければ、いずれOUVが損なわれると考えられるからです。何らかの介入が必要です。
総合的なコストは高くなりますが、侵略的捕食種を駆除又は制御することが優先事項と見なされています。侵略的捕食種が、陸鳥の生息数に対する単独の脅威としては最大のものであり、その駆除又は制御は、海鳥や小型哺乳類、爬虫類など、他の特徴に対してもメリットがあると考えられるからです。

図 5 適応アクションの優先順位付けイメージ図

（引用：実践ガイド）

2. 気象に関する情報収集・傾向分析の結果について

2.1. 使用データについて

知床世界自然遺産地域を主な対象として、気候変動の傾向や影響を捉えるために必要な気象に関するデータの収集を実施した。入手先はインターネット上の公開情報を基本とし、その他環境省担当官から提供するデータを含めて整理を行った。本業務では、以下のデータを利用した。

- 気象庁観測データ（気象全般） 地点：宇登呂、羅臼
- 気象庁観測データ（流氷） 地点：網走
- 海洋観測データ（海水温） 地点：宇登呂、羅臼
- 道路気象観測データ（気象全般） 地点：宇登呂、羅臼

使用データの詳細について、データの観測地点、分析項目、データの入手先についてまとめたものを表 6、表 7、表 8 に示す。これらのデータを対象に、気候変動に対する傾向分析を行った。

表 6 使用データについて①

NO.	データ種類	地点 (標高)	分析項目	データ入手先	データの期間
1	気象庁 観測データ (気象)	羅臼 (15m)	日最高気温	気象庁 HP ³	1977/10/19~2022/02/28
2			日最低気温		1977/10/19~2022/02/28
3			降水量(日合計)		1976/05/11~2022/02/28
4			積雪(日最深)		1985/10/12~2022/02/28
5		宇登呂 (144m)	日最高気温		1978/10/27~2022/02/28
6			日最低気温		1978/10/27~2022/02/28
7			降水量(日合計)		1976/05/12~2022/02/28
8			積雪(日最深)		1988/10/14~2022/02/28
9	海洋観測データ	羅臼	日平均水温 水深 1m	釧路自然環境事務所より提供	2011/05/13~2020/12/21
10			日平均水温水深 5m		2011/05/13~2020/12/21
11			日平均水温水深 10m		2011/05/13~2020/12/21
12			日平均水温水深 20m		2011/05/13~2020/12/21
13			日平均水温水深 30m		2011/05/13~2020/12/21
14		宇登呂	日平均水温水深 1m		2012/06/01~2019/10/31
15			日平均水温水深 5m		2012/06/01~2019/10/31
16			日平均水温水深 10m		2012/06/01~2019/10/31
17			日平均水温水深 20m		2012/06/01~2019/10/31
18			日平均水温水深 30m		2012/06/01~2019/10/31
19	道路気象観測データ	羅臼 (682m)	日最高気温	釧路自然環境事務所より提供	2004/12/01~2021/12/09
20			日最低気温		2004/12/01~2021/12/09
21			降水量(日合計)		2004/12/01~2021/12/09
22			積雪(日最深)		2004/12/01~2021/12/09
23		宇登呂 (162m)	日最高気温		2004/12/01~2021/12/09
24			日最低気温		2004/12/01~2021/12/09
25			降水量(日合計)		2004/12/01~2021/12/09
26			積雪(日最深)		2004/12/01~2021/12/09

³ 気象庁ホームページ「過去の気象データ・ダウンロード」
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>

表 7 使用データについて②

NO.	データ種類	地点 (標高)	分析項目	データ入手先	データの期間
27	気象庁観測データ (流水)	網走	流水初日	気象庁 HP	1945/12/01~2021/05/31
28			流水終日		1945/12/01~2021/05/31
29			流水期間		1945/12/01~2021/05/31
30			流水接岸初日		1958/12/01~2021/05/31
31			海明け		1955/12/01~2021/05/31
32	気象庁観測データ (加工データ)	羅臼 (15m)	年毎の積雪ピーク値の変化(積雪深が最大となった日)	気象庁 HP のデータ加工	1985/10/12~2022/02/28
33			年毎の融雪時期の変化(積雪深ゼロになった初日)		1985/10/12~2022/02/28
34		宇登呂 (144m)	年毎の積雪ピーク値の変化(積雪深が最大となった日)		1988/10/14~2022/02/28
35			年毎の融雪時期の変化(積雪深ゼロになった初日)		1988/10/14~2022/02/28
36	道路気象観測データ (加工データ)	羅臼 (682m)	年毎の積雪ピーク値の変化(積雪深が最大となった日)	釧路自然環境事務所より提供された生データを加工	2004/12/01~2021/12/09
37			年毎の融雪時期の変化(積雪深ゼロになった初日)		2004/12/01~2021/12/09
38		宇登呂 (162m)	年毎の積雪ピーク値の変化(積雪深が最大となった日)		2004/12/01~2021/12/09
39			年毎の融雪時期の変化(積雪深ゼロになった初日)		2004/12/01~2021/12/09

表 8 使用データについて③

NO.	データ種類	地点 (標高)	分析項目	データ入手先	データの期間
40	気象庁観測データ 年平均値	羅臼 (15m)	年平均気温	気象庁 HP のデ ータを加 工	1977/10/19~2022/02/28
41		宇登呂 (144m)	年平均気温		1978/10/27~2022/02/28
42	気象庁観測データ 極端現象	羅臼 (15m)	日最高気温 (25℃以上)		1977/10/19~2022/02/28
43			日最高気温(0℃ 以下)		1977/10/19~2022/02/28
44			日最低気温 (マイナス 10℃以下)		1977/10/19~2022/02/28
45			日降水量(50mm 以上)		1976/05/11~2022/02/28
46		宇登呂 (144m)	日最高気温 (25℃以上)		1978/10/27~2022/02/28
47			日最高気温(0℃ 以下)		1978/10/27~2022/02/28
48			日最低気温(マイ ナス 10℃以下)		1978/10/27~2022/02/28
49			日降水量(50mm 以上)		1976/05/12~2022/02/28

2.2. データの整理方法について

2.2.1. 生データの整理

生データ（表 6）についてはデータをプロットし、値の上位 3 位に対して印をプロットした。また、傾向の参考情報として回帰式と回帰直線についても合わせてプロットを行った。

2.2.2. 長期変化傾向の分析

年間集計値等に加工したデータ（表 7、表 8）については、長期傾向に対して統計検定による有意性の評価を実施した。気象庁で行われている統計検定は、下記の 2 つの手法が用いられている。

① 統計量の年々変動成分が正規分布に従うことが仮定できる場合

平均気温や平均相対湿度等は、トレンド成分を除去した年々の統計量の出現頻度は正規分布に従うと仮定できる。概ね正規分布とみなすことが出来る統計量に対しては、ピアソンの積率相関係数を用いたパラメトリック検定（t 検定）を行う。

② 統計の年々変動成分が正規分布に従うことが仮定できない場合

猛暑日や熱帯夜の日数、降水量等は、トレンド成分を除去した年々の統計量の出現頻度は正規分布に従うことが仮定できない場合がある。正規分布に従うと仮定できない統計量に対しては、ケンドールの順位相関係数を用いたノンパラメトリック検定（ケンドール検定）を行う。

今回対象としたデータのうち、極端現象の集計値（表 8 の No. 42～49）は②に該当する項目である。②については、回帰分析で求められた残差（推定された回帰式から算出される値と実際のデータとの差）が正規分布に従うことが確認できたため、年間集計値に対しても①のパラメトリック検定（t 検定）を採用した。

（①②の検討結果を参考資料に示す）それぞれの変数に対して検定を行い、その結果を図中に記載している。統計検定の結果は気象庁の偶然性の評価の基準（図 6）に基づき傾向について整理した。また、可視化として以下の内容も合わせて図中にプロットした。

- ・ 回帰式
- ・ プロットとしたデータに対する回帰直線
- ・ 回帰直線の 95%信頼区間⁴
- ・ 回帰式
- ・ 回帰式の傾きの推定値

⁴ 95%信頼区間:「母集団から標本を取ってきて、その平均から 95%信頼区間を求める、という作業を 100 回やったときに、95 回はその区間の中に母平均が含まれる区間」

- ・ t 検定を行った際の P 値⁵
- ・ 各項目の上位 3 位（一部下位 3 位）に対して値と日付の記載（融雪時期については上位 2 位と下位 2 位のプロット）

偶然性 (信頼水準)	記述方法
1%以下 (99%以上で有意)	「増加(減少)している(信頼水準99%で統計的に有意)」 「上昇(下降)している(信頼水準99%で統計的に有意)」
5%以下 (95%以上で有意)	「増加(減少)傾向が現れている(信頼水準95%で統計的に有意)」 「上昇(下降)傾向が現れている(信頼水準95%で統計的に有意)」
10%以下 (90%以上で有意)	「増加(減少)しているとみられる(信頼水準90%で統計的に有意)」 「上昇(下降)しているとみられる(信頼水準90%で統計的に有意)」
上記以外	「変化傾向は見られない」

図 6 偶然性の評価による基準の違い

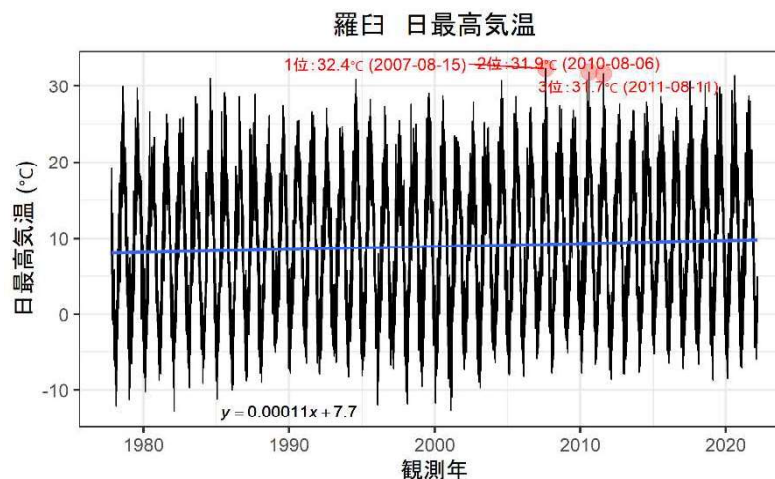
(出典: 気象庁ホームページ <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/trend.html>)

⁵ P 値: 統計的仮説検定において、帰無仮説の元で検定統計量はその値となる確率のこと。P 値が小さいほど、検定統計量はその値となることはあまり起こりえないことを意味する。

2.3. 可視化結果

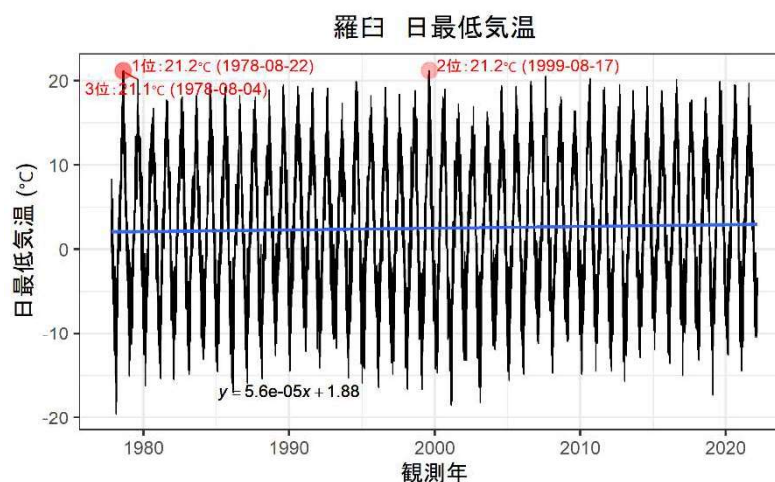
2.3.1. 気象庁観測データ(気象)

気象庁の観測データについて、可視化した結果図 7～図 14 に示す。気温、降水量の回帰直線は正の傾き（上昇傾向）最深積雪については、回帰直線は負の傾き（下降傾向）がみられた。



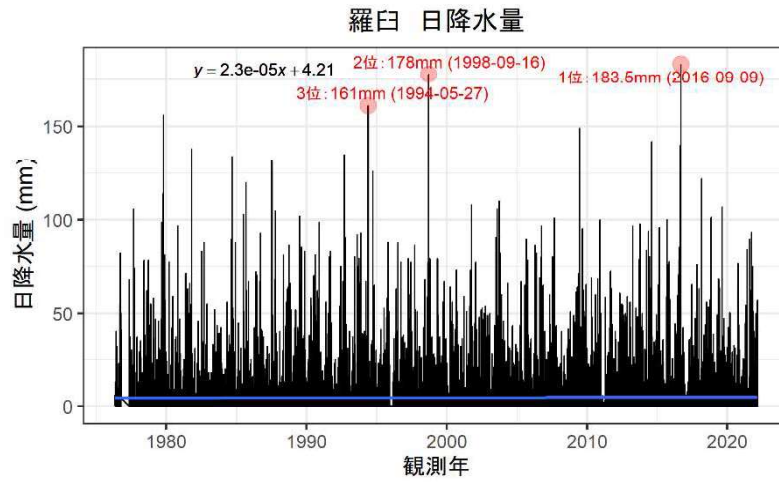
※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 7 羅臼 日最高気温



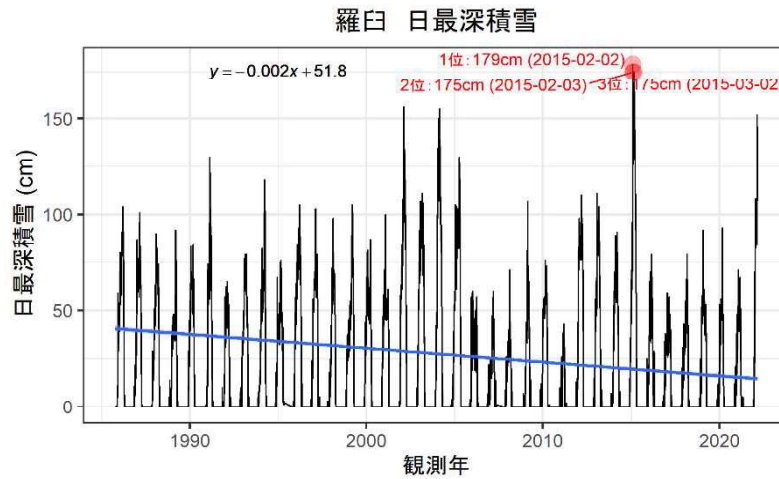
※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 8 羅臼 日最低気温



※回帰式と回帰直線は参考として表記

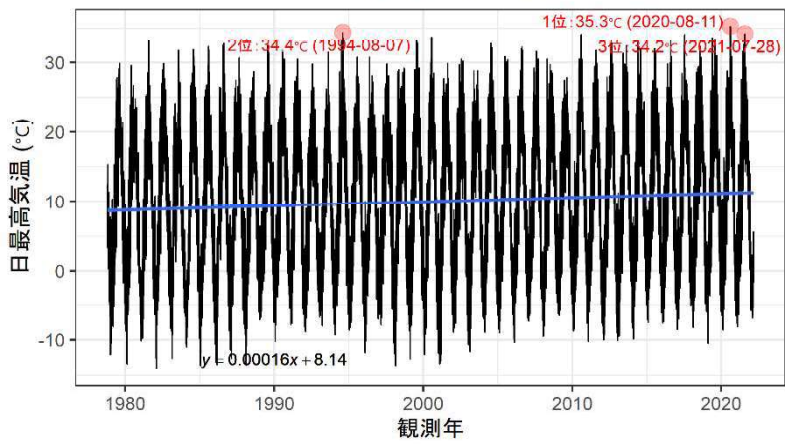
図 9 羅臼 日降水量



※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 10 羅臼 日最深積雪(7月～翌年6月の期間内最深積雪となった日を抽出)
(例.2012年データ⇒2012年7月～2013年6月)

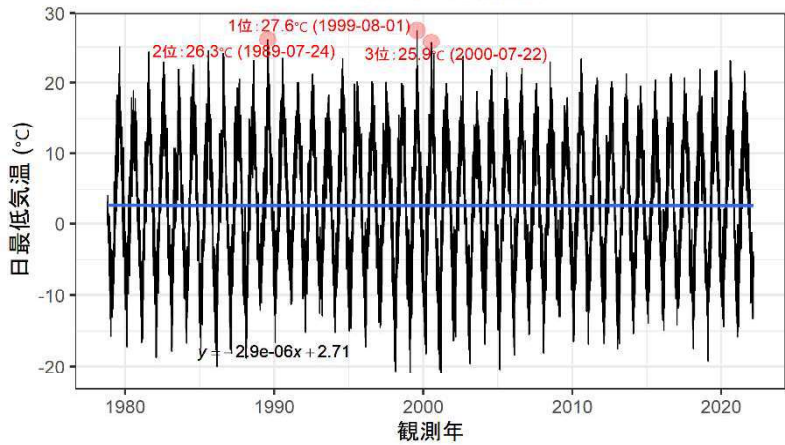
宇登呂 日最高気温



※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 11 宇登呂 日最高気温

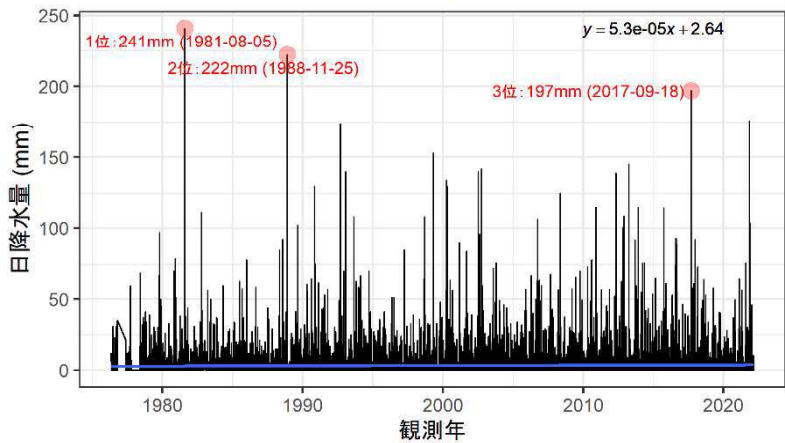
宇登呂 日最低気温



※回帰式と回帰直線は参考として表記

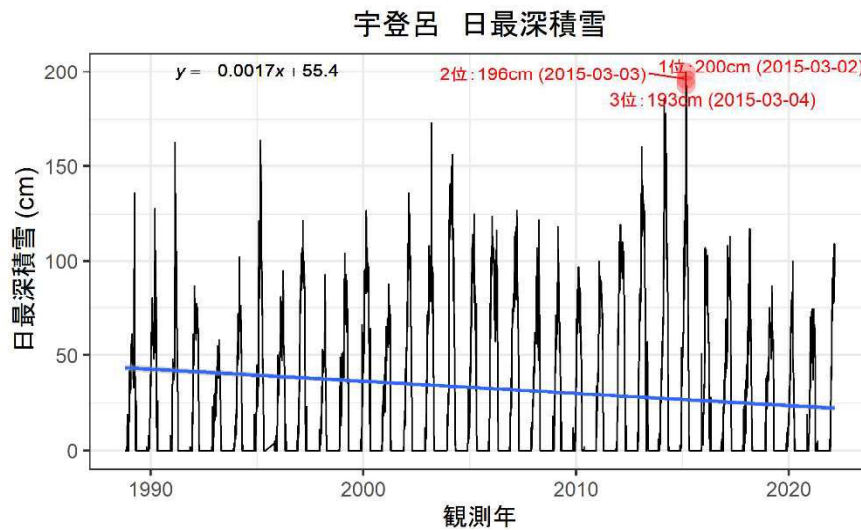
図 12 宇登呂 日最低気温

宇登呂 日降水量



※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 13 宇登呂 降水量



※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 14 宇登呂 日最深積雪

2.3.2. 海洋観測データ

可視化結果を図 15～図 24 に示す。各データは、異常値が含まれており、以下の処理を行い、可視化を行った。

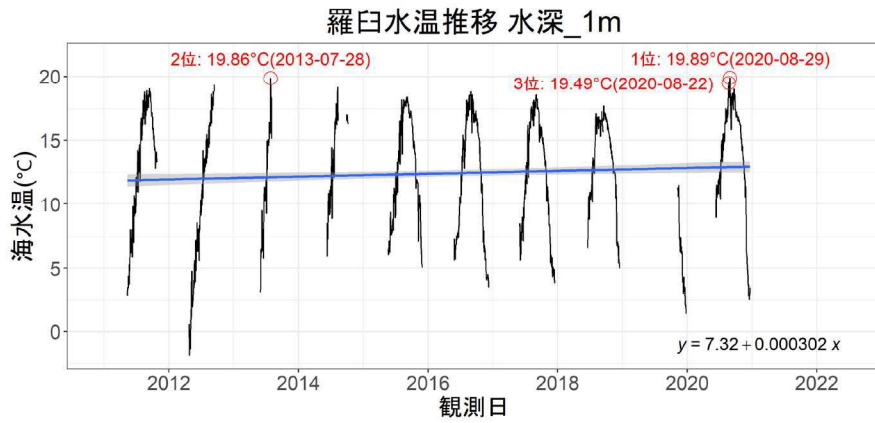
(1). 羅臼

➤ -9.9°C を異常値として除外した。

(2). 宇登呂

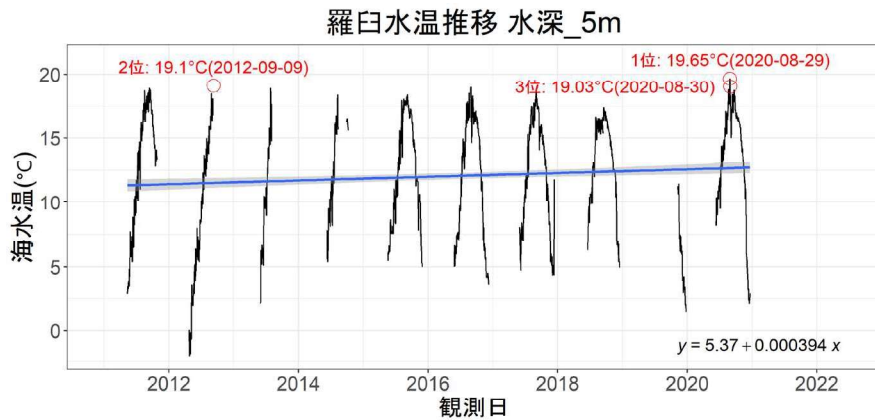
➤ 水温 0°C を異常値として除外した。

海水温のデータにおいては両地点で、回帰直線は正の傾き（上昇傾向）が見られた。また、最高水温ベスト3は近年発生しているものが多く、近年の水温上昇の傾向がみられた。



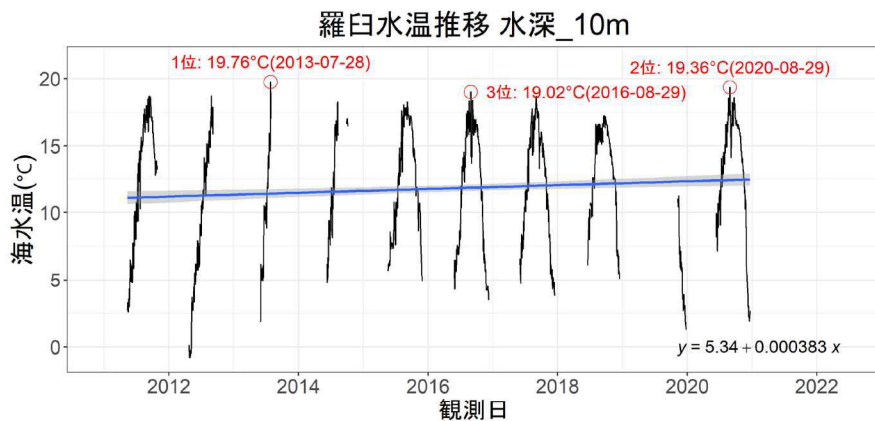
※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 15 羅臼 日平均水温 水深 1m



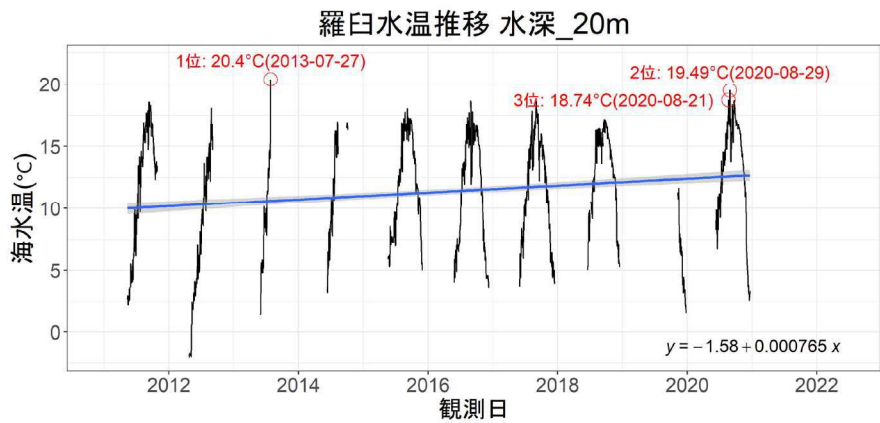
※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 16 羅臼 日平均水温 水深 5m



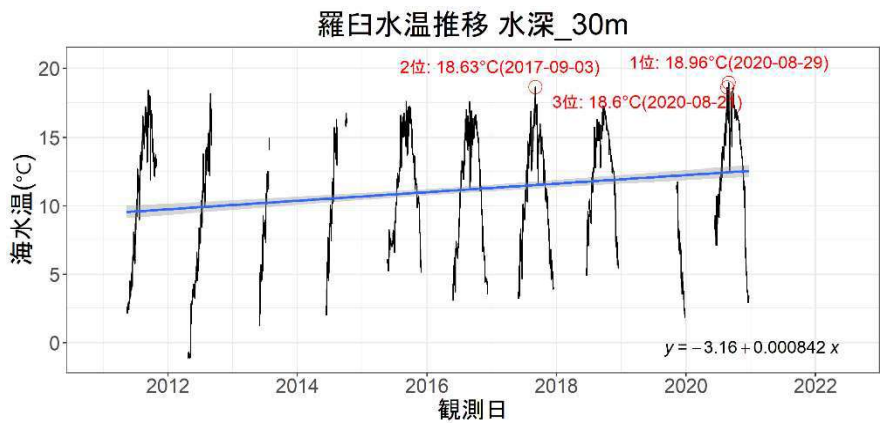
※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 17 羅臼 日平均水温 水深 10m



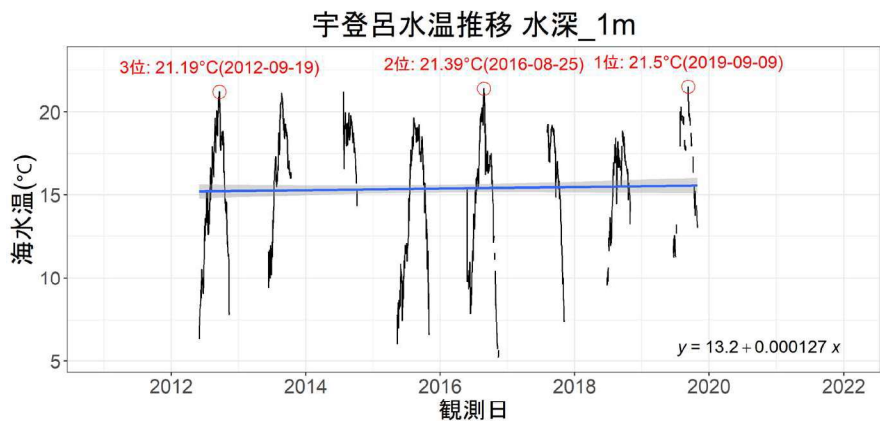
※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 18 羅臼 日平均水温 水深 20m



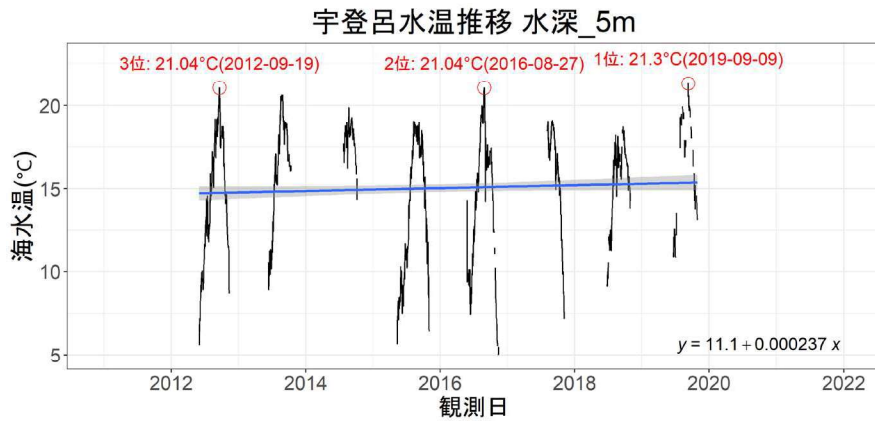
※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 19 羅臼 日平均水温 水深 30m

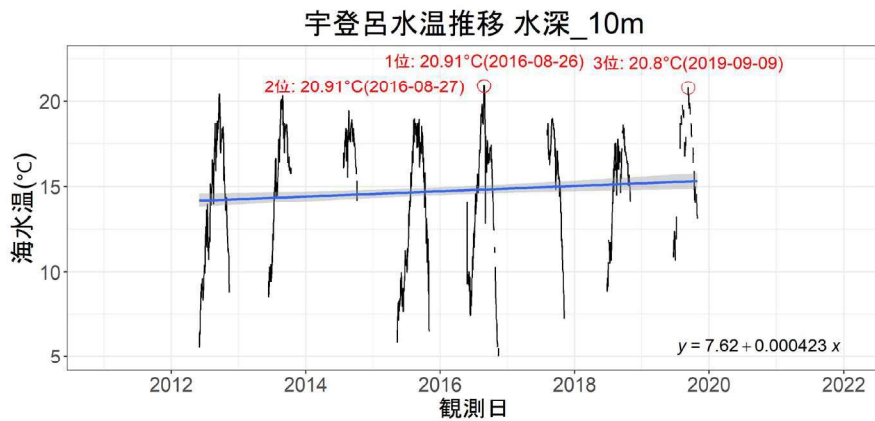


※回帰式と回帰直線は参考として表記

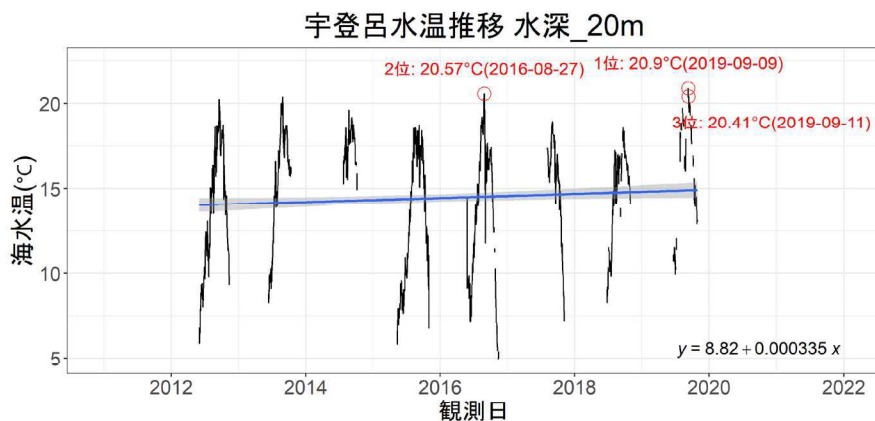
図 20 宇登呂 日平均水温 水深 1m



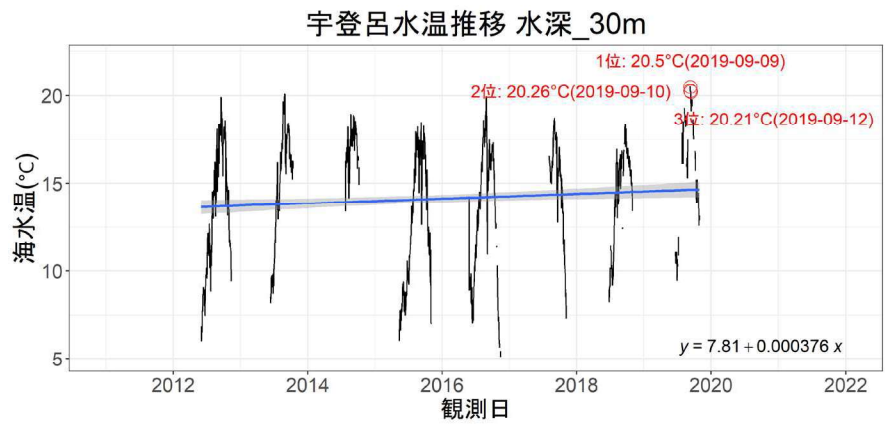
※回帰式と回帰直線は参考として表記
図 21 宇登呂 日平均水温 水深 5m



※回帰式と回帰直線は参考として表記
図 22 宇登呂 日平均水温 水深 10m



※回帰式と回帰直線は参考として表記
図 23 宇登呂 日平均水温 水深 20m



※回帰式と回帰直線は参考として表記

図 24 宇登呂 日平均水温 水深 30m

2.3.4. 気象庁観測データ(流氷)

流氷の各用語は、気象庁ホームページによると以下で定義されている。

- 流氷初日：視界外の海域から漂流してきた流氷が視界内の海面で初めて見られた日。
- 流氷終日：視界内の海面で流氷が見られた最後の日。
(注) 流氷の動向をしばらく見る必要があるため、確定までに日数がかかる。
- 流氷期間：流氷初日から流氷終日までの期間
- 流氷接岸初日：流氷が接岸、または定着氷と接着して沿岸水路が無くなり、船舶が航行できなくなった最初の日。
- 海明け：全氷量が5以下になり、かつ沿岸水路ができて船舶の航行が可能になった最初の日。
(注) 流氷の動向をしばらく見る必要があるため、確定までに日数がかかる。

流氷のデータに関する可視化結果を、図 32～図 36 に示す。項目毎に気象庁の評価基準に従うと以下傾向がみられた。

- 流氷初日：上昇（遅延化）している（P 値 1%以下）
- 流氷終日：下降（早期化）している（P 値 1%以下）
- 流氷期間：減少（短縮化）している（P 値 1%以下）
- 流氷接岸初日： 上昇（遅延化）傾向が現れている（P 値 5%以下）
- 海明け：下降（早期化）傾向が表れている（P 値 5%以下）

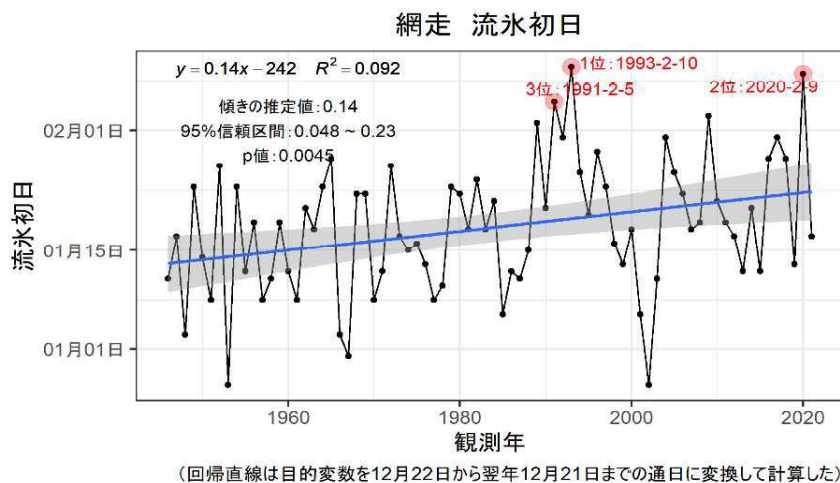


図 33 網走 流水初日

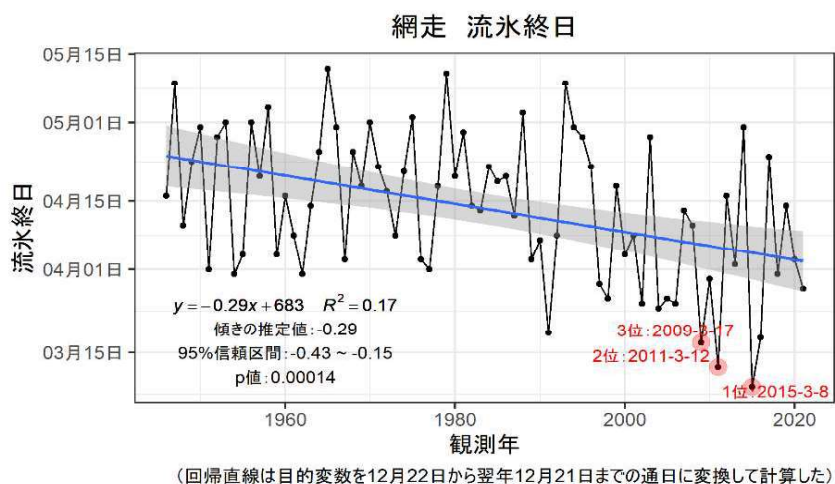


図 34 網走 流水終日

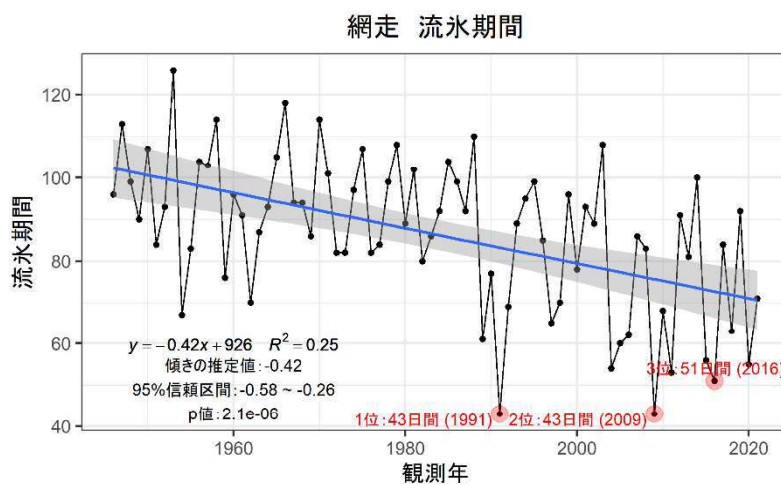


図 35 網走 流水期間

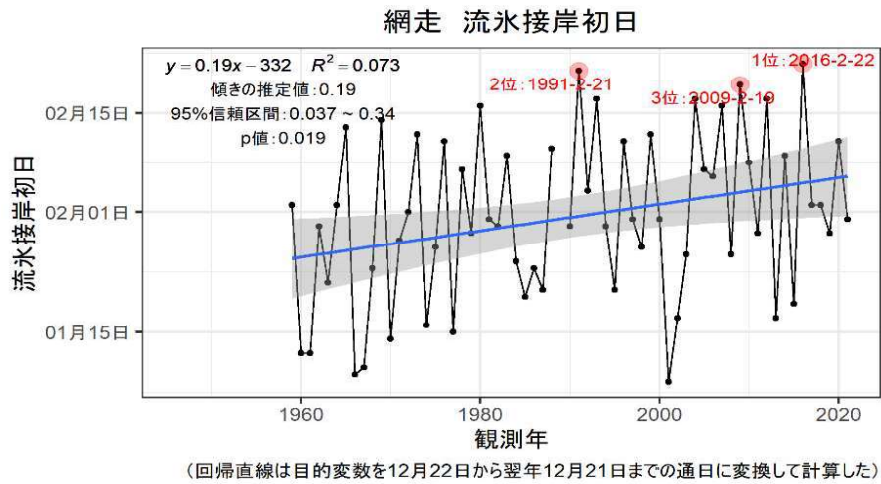


図 36 網走 流水接岸日初日

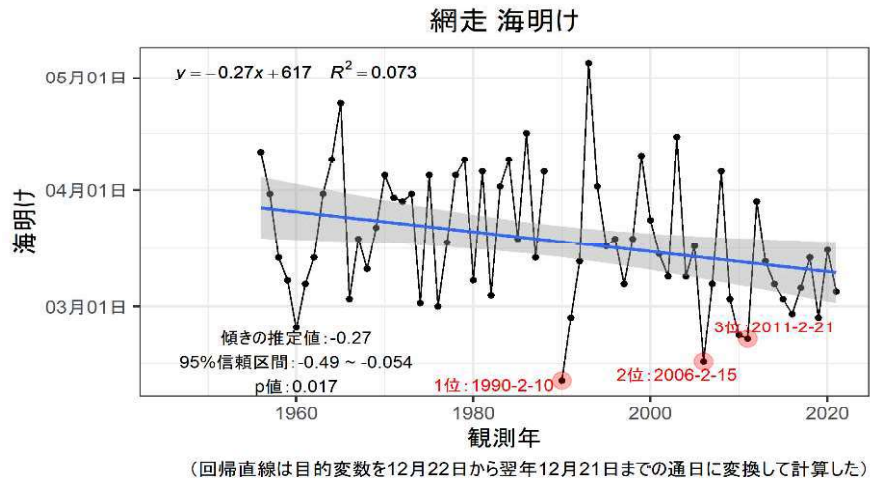


図 37 網走 海明け

2.3.5. 気象庁観測および道路気象観測データ(加工値)

気象庁観測および道路気象観測データの積雪データの加工値（積雪ピーク、融雪日）の可視化結果を図 38～図 45 に示す。気象庁の評価基準に従うと以下傾向がみられた。

【気象庁観測データ】

- 羅臼融雪日：下降（早期化）しているとみられる（P 値 10%以下）
- 羅臼積雪ピーク：下降（早期化）しているとみられる（P 値 10%以下）
- 宇登呂融雪日：変化傾向はみられない（P 値 10%以上）
- 宇登呂積雪ピーク：変化傾向はみられない（P 値 10%以上）

【道路気象観測データ】

- 羅臼融雪日：下降（早期化）傾向が現れている（P 値 5%以下）
- 羅臼積雪ピーク：下降（早期化）しているとみられる（P 値 10%以下）
- 宇登呂融雪日：下降（早期化）傾向が現れている（P 値 5%以上）
- 宇登呂積雪ピーク：下降（早期化）している（P 値 1%以下）

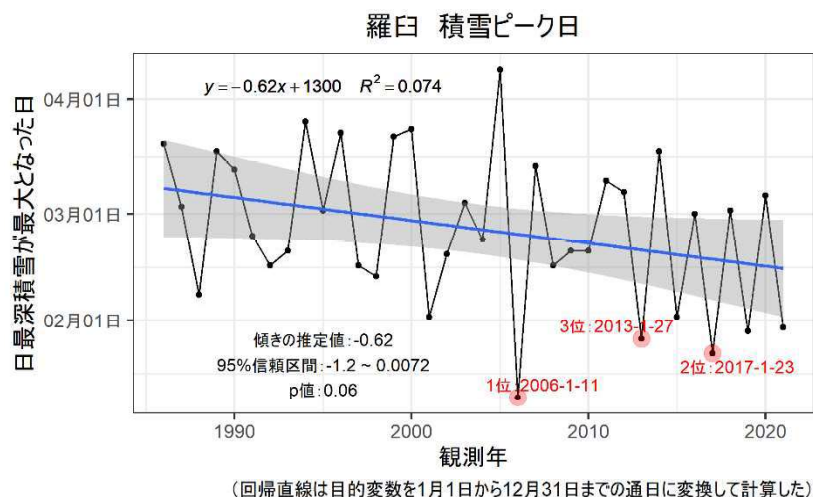


図 38 気象庁観測データ 羅臼 積雪ピーク日
 (7 月～翌年 6 月の期間内最深積雪となった日を抽出)
 (例.2012 年データ⇒2012 年 7 月～2013 年 6 月)

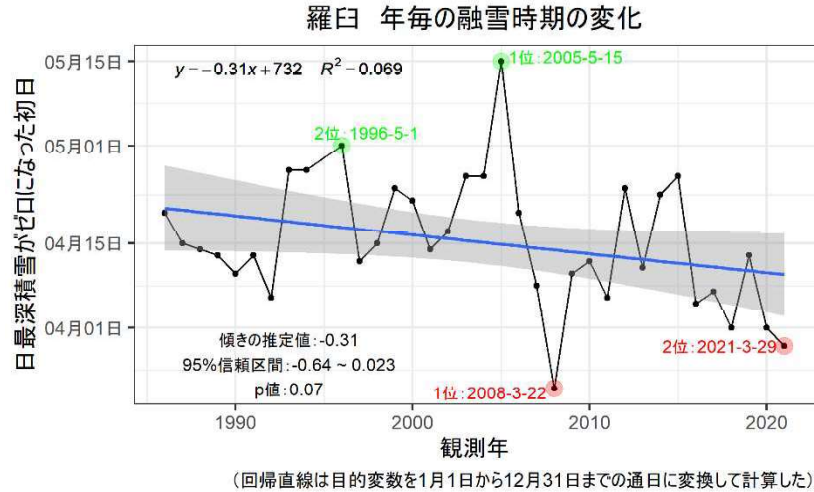
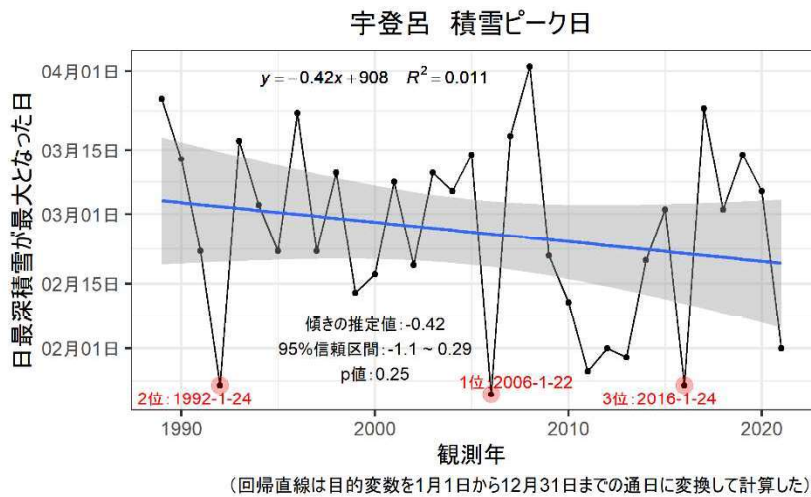


図 39 気象庁観測データ羅臼 融雪日(3月～7月の期間で積雪深が0となった日を抽出。1995年のみ積雪深1mのまま観測が秋季迄終了していたため、集計から除外した。)



**図 40 気象庁観測データ 宇登呂 積雪ピーク日
(7月～翌年6月の期間内最深積雪となった日を抽出)
(例.2012年データ⇒2012年7月～2013年6月)**

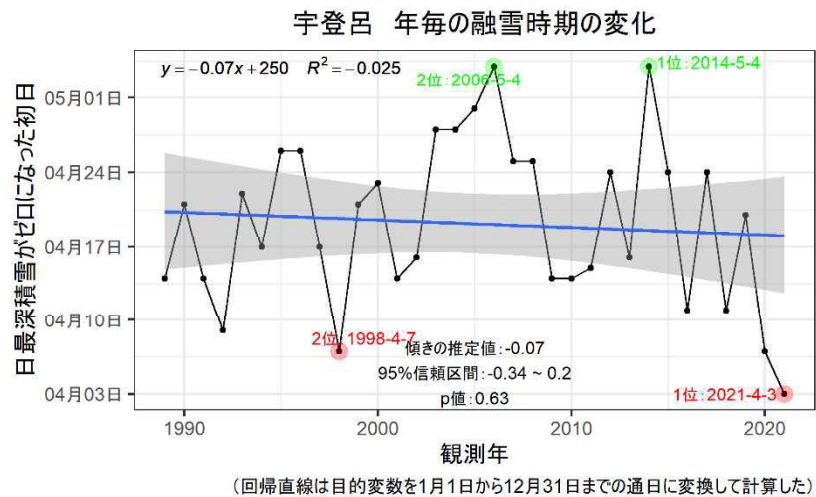


図 41 気象庁観測データ 宇登呂 融雪日
(3月～7月の期間で積雪深が0となった日を抽出。)



図 42 道路気象観測データ 羅臼 融雪日(3月以降で初積雪が0になった日を抽出)
(冬季の積雪観測データが無い年の計算は行っていない)

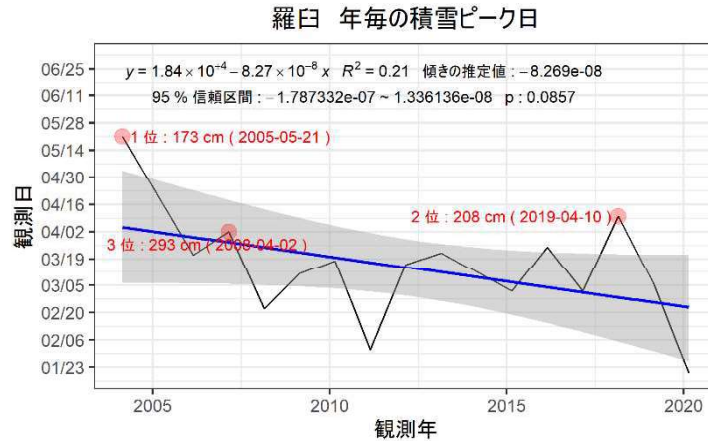


図 43 道路気象観測データ 羅臼 積雪ピーク日
 (7月～翌年6月の期間内最深積雪となった日を抽出)
 (例.2012年データ⇒2012年7月～2013年6月)
 (冬季の積雪観測データが無い年の計算は行っていない)

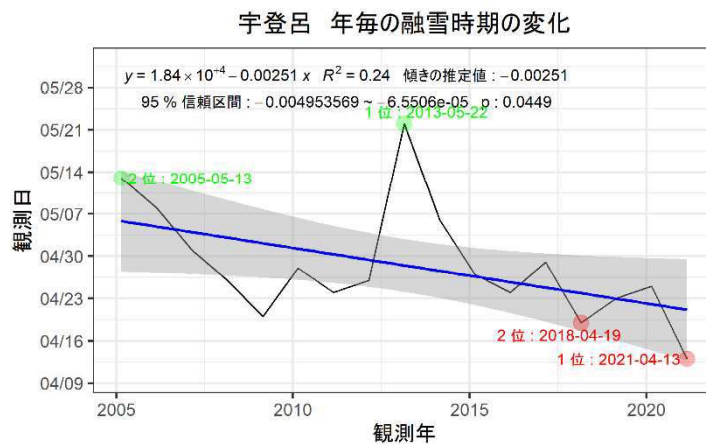


図 44 道路気象観測データ 宇登呂 融雪日
 (3月以降で初積雪が0になった日を抽出)
 (冬季の積雪観測データが無い年の計算は行っていない)

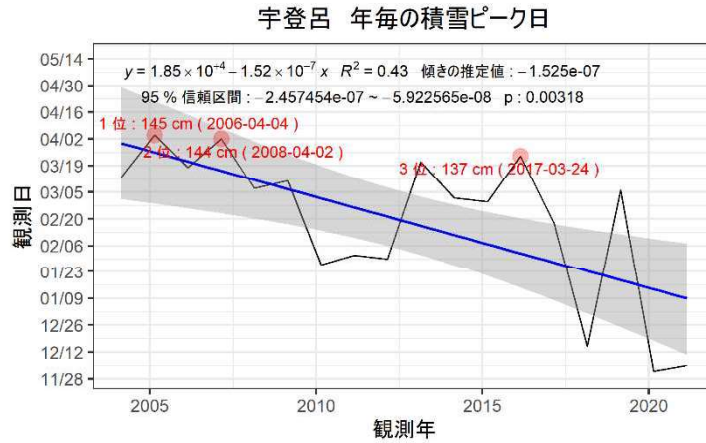


図 45 道路気象観測データ 宇登呂 積雪ピーク日
 (7月～翌年6月の期間内最深積雪となった日を抽出)
 (例.2012年データ⇒2012年7月～2013年6月)
 (冬季の積雪観測データが無い年の計算は行っていない)

2.3.6. 気象庁観測データ(年平均気温)

気象庁観測データの年平均気温の整理結果を、可視化結果を図 46 と図 47 に示す。気象庁の評価基準に従うと以下傾向がみられた。

- 羅臼年平均気温：上昇（増加）している（P 値 1%以下）
- 宇登呂年平均気温：上昇（増加）している（P 値 1%以下）

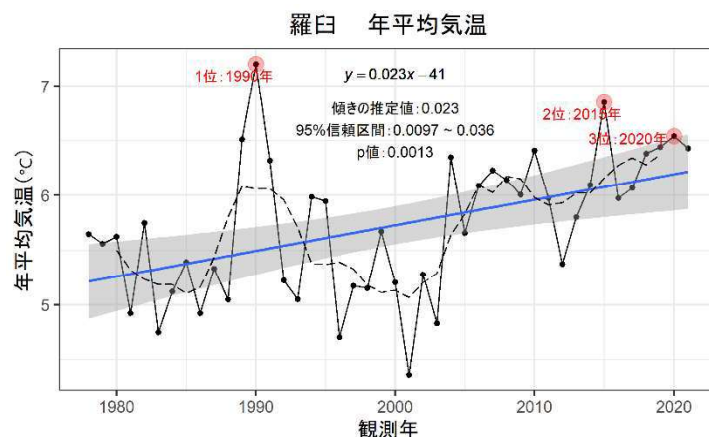


図 46 気象庁観測データ 羅臼 年平均気温
(観測初年と 2022 年は 1 年分の観測データがないため集計から除外した)

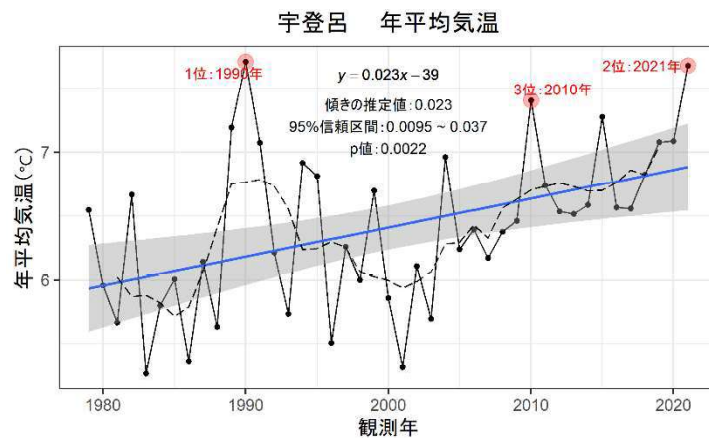


図 47 気象庁観測データ 宇登呂 年平均気温
(観測初年と 2022 年は 1 年分の観測データがないため集計から除外した)

2.3.7. 気象庁観測データ(極端現象)

気象庁観測データの極端現象の集計結果を、可視化結果を図 48～図 55 に示す。気象庁の評価基準に従うと以下傾向がみられた。

- 羅臼日最高気温 (25°C以上) : 上昇 (増加) 傾向が現れている (P 値 5%以下)
- 羅臼日最高気温 (0°C以下) : 変化傾向はみられない (P 値 10%以上)
- 羅臼日最低気温 (-10°C以下) : 下降 (減少) 傾向が現れている (P 値 5%以下)
- 羅臼降水量 (50mm 以上) : 変化傾向はみられない (P 値 10%以上)
- 宇登呂日最高気温 (25°C以上) : 上昇 (増加) している (P 値 1%以下)
- 宇登呂日最高気温 (0°C以下) : 変化傾向はみられない (P 値 10%以上)
- 宇登呂日最低気温 (-10°C以下) : 変化傾向はみられない (P 値 10%以上)
- 宇登呂降水量 (50mm 以上) : 上昇 (増加) 傾向が現れている (P 値 5%以下)

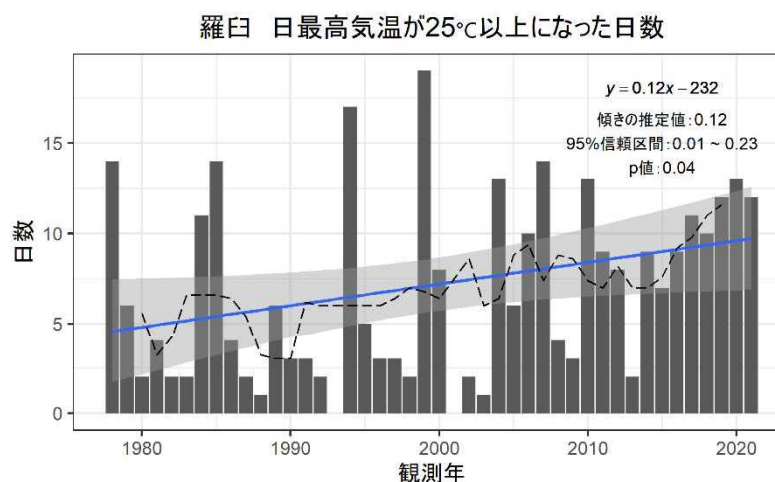


図 48 羅臼 日最高気温(25°C以上)

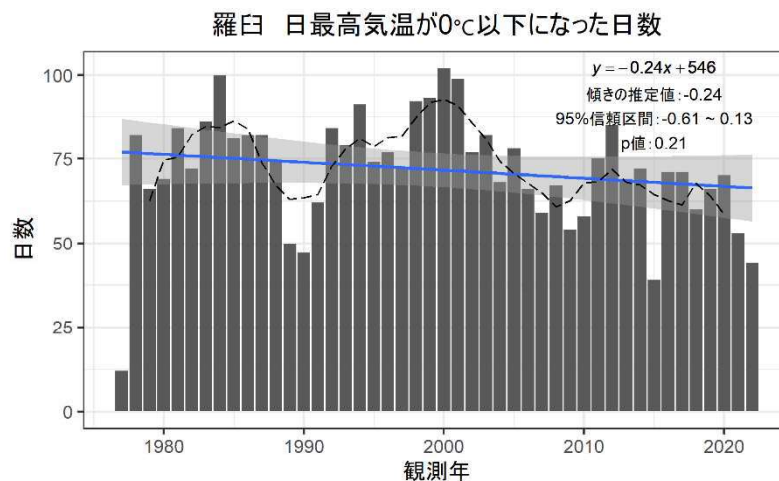


図 49 羅臼 日最高気温(0℃以下)

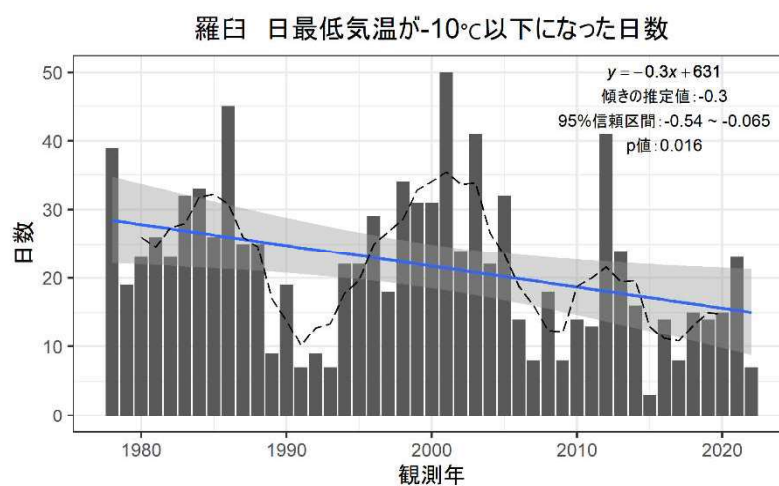


図 50 羅臼 日最低気温(マイナス 10℃以下)

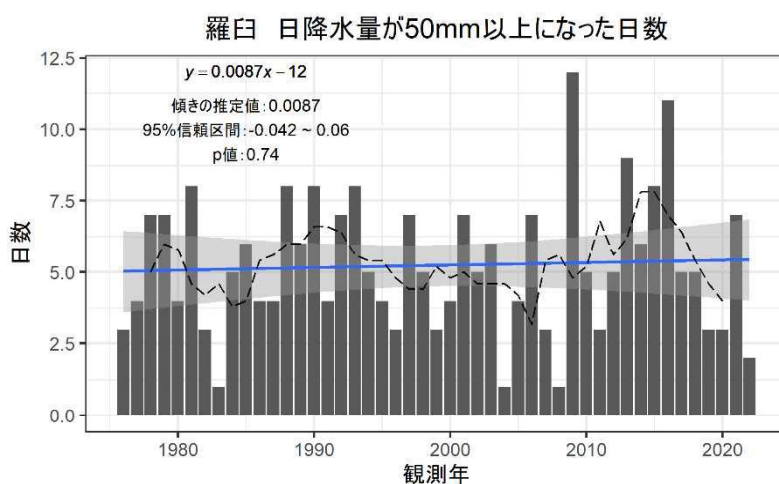


図 51 羅臼 日降水量(50mm 以上)

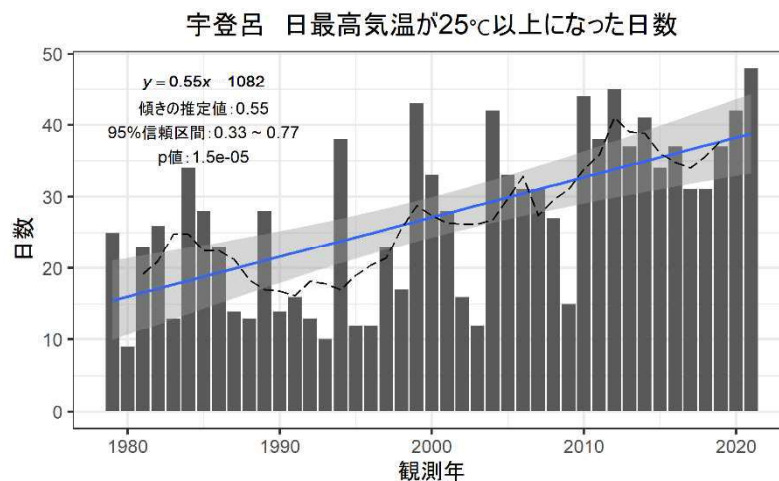


図 52 宇登呂 日最高気温(25℃以上)

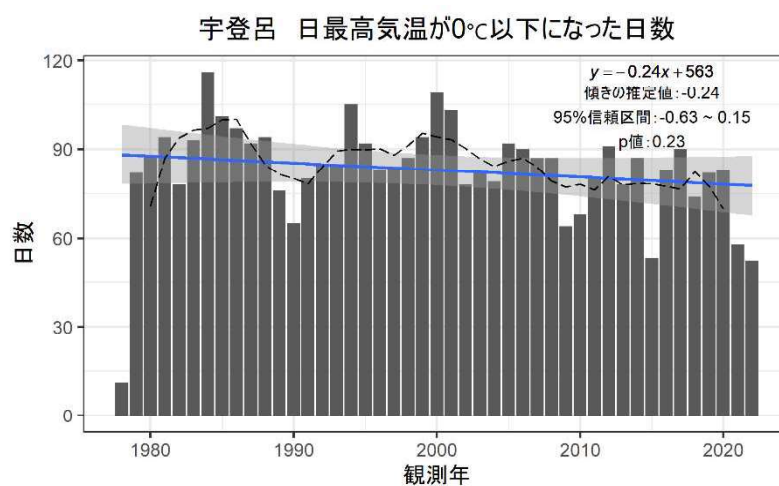


図 53 宇登呂 日最高気温(0℃以下)

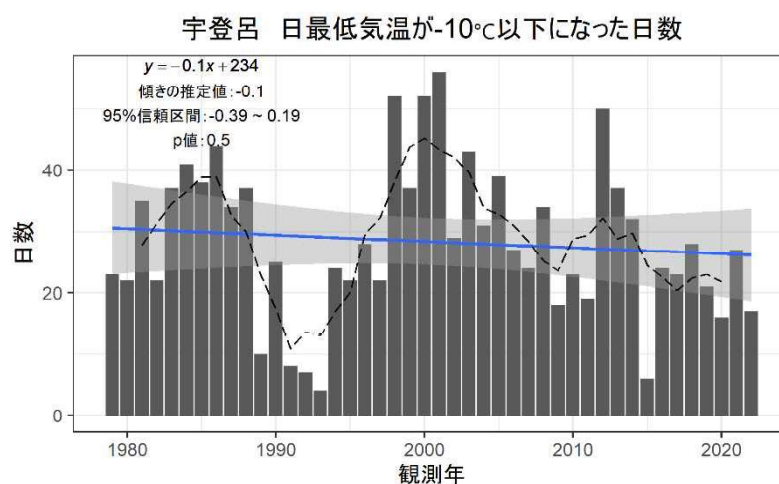


図 54 宇登呂 日最低気温(マイナス 10℃以下)

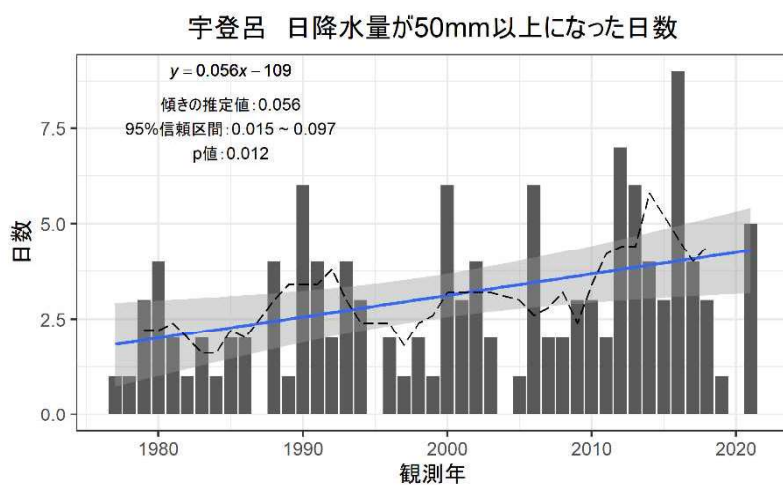


図 55 宇登呂 日降水量(50mm 以上)

3. 気候変動による OUV への影響整理

3.1. 気候変動による影響評価方法

実践ガイドの内容（1.2.1.1～1.2.1.3）を参考に、知床世界自然遺産の OUV の抽出と OUV への気候変動の影響整理を行った。

知床世界自然遺産は、季節海氷の形成を起点として、海・川・陸の生態系の相互関係が成り立ち形成されている。そのため、知床世界自然遺産における気候変動の影響は、OUV 単体へ直接的影響だけではなく、種間相互作用等により波及する間接的な影響も想定される。その点を分かりやすく整理するため、本業務ではインパクトチェーン⁶（影響連鎖または因果連鎖）を作成し、生態系のつながりと気候変動による影響の関係について可視化を行い、重要となる OUV の構成要素の抽出を行った。また、種間相互作用による影響も含めた気候変動影響の整理を行うため、OUV の構成要素に対して以下の情報の抽出を行い、一覧表として整理を行った。

- ① OUV に係る主な構成要素
- ② 気候変動により想定される影響
- ③ 科学的な知見（②の影響の参照先：科学委員会/文献情報/無し）
- ④ その他影響要因
- ⑤ 対象種がその他構成要素へ与える影響
- ⑥ 発生確率
- ⑦ 重大度
- ⑧ 長期モニタリング計画の中で構成要素に該当する項目
- ⑨ モニタリング項目により②の影響を把握できるか。出来ない場合は課題を記載する。

3.2. OUV の構成要素の抽出

実践ガイドの内容（1.2.1.1～1.2.1.3）を参考に、知床世界自然遺産の OUV の抽出を行った。世界遺産はユネスコ世界遺産委員会において、遺産登録時の基準（クライテリア）に従い「顕著な普遍的価値の遡及的陳述（rSOUV retrospective Statement of Outstanding Universal Value）」が承認されている。知床の世界自然遺産は、大きく分けて以下の3点が OUV として明言されている。

- ▶ 季節海氷の形成の影響を受けた特異な生態系の生産性（クライテリアIX）
- ▶ 海洋生態系と陸上生態系の相互関係（クライテリアIX）
- ▶ 北方種と南方種が混在する生物多様性（クライテリアX）

⁶ あるシステムに対する原因を体系化するための分析ツールである。気候変動分野では、分野間の連鎖する影響に関するインパクトチェーン(横畠ら,2021)や、影響に対する適応策も含めたインパクトチェーン(ISO 14091)の作成事例がある。

また OUV の構成要素の抽出として、ユネスコへの推薦書（和文仮訳）⁷を参照し、知床世界自然遺産における OUV の構成要素の抽出を行った（表 9）。詳細が記載されている対象種については種名記載し、それ以外については類でまとめて記載をしている。また、インパクトチェーンのベースとなる図として、OUV の構成要素について食物連鎖による繋がりを概要図で整理した（図 56）。

表 9 知床世界自然遺産における OUV に係る主な構成要素

No.	OUV に係る主な構成要素(①)	分類
1	季節性海氷の形成	海洋生態系
2	スケトウダラ	海洋生態系
3	スルメイカ	海洋生態系
4	小型魚介類	海洋生態系
5	アザラシ	海洋生態系
6	トド	海洋生態系
7	シャチ	海洋生態系
8	イシイルカ	海洋生態系
9	鯨類	海洋生態系
10	海鳥類	海洋生態系
11	オオワシ	海洋生態系
12	オジロワシ	海洋生態系
13	シマフクロウ	陸上生態系
14	サケ類	河川生態系
15	オシヨロコマ	河川生態系
16	キタキツネ	陸上生態系
17	ヒグマ	陸上生態系
18	エゾジカ	陸上生態系
19	シレットコスミレ	陸上生態系
20	高山帯の植生	陸上生態系
21	高層湿原	陸上生態系
22	雪田植生	陸上生態系
23	森林植生	陸上生態系
24	陸上無脊椎動物	陸上生態系
25	陸生鳥類	陸上生態系

7

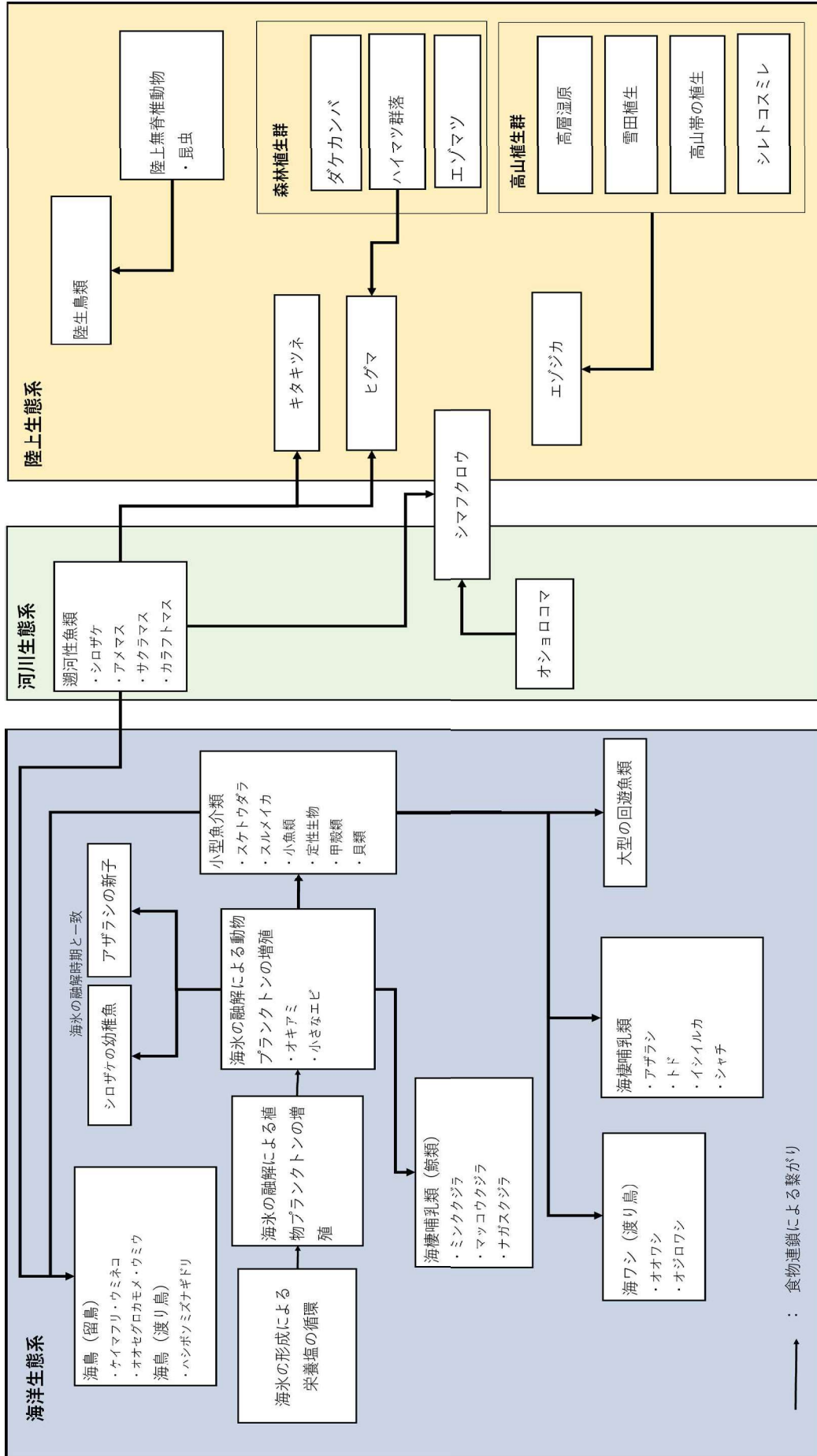


図 56 知床における生態系の繋がりがり概要図(素案)

3.3. 気候変動影響の影響整理

気候変動による影響と、種間相互作用による影響を見るため、OUVの構成要素に対して以下情報の整理を行った。

- ② 気候変動により想定される影響
- ③ 科学的な知見（②の影響の参照先：科学委員会/文献情報/無し）
- ④ その他影響要因
- ⑤ 対象種がその他構成要素へ与える影響

②については、構成要素が気候変動により受けるとされている影響を整理し、その情報源を③として整理している。科学委員会での議論内容や、気候変動による影響評価が行われた主要な文献があれば情報を引用し、文献が無いものについては想定される内容を記載した。

また、構成要素間での影響連鎖の観点や構成要素へのストレスを減らす適応オプションの観点から、気候変動以外の影響として④その他の影響要因（観光圧力や人間活動による影響、外来種による影響等）や⑤対象種がその他構成要素へ与える影響について科学委員会の情報から抽出を行い一覧表として整理した。（表10、表11）

また、これらの情報を基に、科学委員会や文献情報から正確な予測がされている内容をもとに、インパクトチェーンの作成を行った。（図57）

気候変動影響が対象種へ与える影響に関する知見については、様々な要因による影響が想定されており、気候変動影響による影響が明確になっている対象種が少なかった。この点については、引き続き文献収集や気候シナリオ用いた分析等により影響を明らかにしていく必要がある。また、種間相互作用等により波及する影響については、フェノロジーのずれによる他種への影響が挙げられ、植物の開花時期のずれが訪花性植物に与える影響や、小型魚介類の出現時期のずれが海鳥に与える影響などが挙げられた。引き続き専門家ヒアリング等により、想定される影響について網羅的に整理をしていく必要がある。

表 10 気候変動影響やその他影響の整理①

No.	OUVに係る 主な構成要素 (①)	気候変動により想定される影 響(②)	科学的な知 見(③)	その他影響要因 (④)	対象種がその他構成 要素へ与える影響 (⑤)
1	季節性海水 の形成	・海水面積の減少 ・海水時期の変化	文献情報 (環境省 2016)	—	・食物連鎖への影響 ・観光影響
2	スケトウダラ	・生息分布、生息時期の変化	文献情報 (環境省 2020)	・漁獲圧力 ・人間活動	・食物連鎖への影響
3	スルメイカ	・生息分布、生息時期の変化	文献情報 (環境省 2020)	・漁獲圧力	・食物連鎖への影響
4	小型魚介類	・生息分布、生息時期の変化 ・骨格、殻の形成への影響	文献情報 (環境省 2020)	・漁獲圧力 人間活動	・食物連鎖への影響
5	アザラシ	・生息分布、生息時期の変化	無し	・漁獲圧力 ・人間活動	・漁業被害
6	トド	・生息分布、生息時期の変化	無し	・人間活動	・漁業被害
7	シャチ	・生息分布、生息時期の変化	無し	・人間活動	・観光影響
8	イシイルカ	・生息分布、生息時期の変化	無し	・人間活動	—
9	鯨類	・生息分布、生息時期の変化	無し	・漁獲圧力 ・人間活動	・観光影響
10	海鳥類	・餌の魚と繁殖時期のミスマッ チ ・越冬時期、場所の変化 ・生息分布、生息時期の変化	一部文献情 報 (綿貫,2020)	・観光圧力 ・漁獲圧力	・観光影響
11	オオワシ	・餌の魚と繁殖時期のミスマッ チ ・越冬時期、場所の変化 ・生息分布、生息時期の変化	無し	・観光圧力 ・開発圧力 ・人間活動	—
12	オジロワシ	・餌の出現タイミングと繁殖時 期のミスマッチ ・越冬時期、場所の変化 ・生息分布、生息時期の変化	無し	・観光圧力 ・開発圧力 ・人間活動	—
13	シマフクロウ	・餌の出現タイミングと繁殖時 期のミスマッチ	無し	・外来生物 ・観光圧力 ・漁獲圧力 ・人間活動	—

(参照: 知床科学委員会および各種 WG 資料 <http://shiretoko-whc.com/meeting/kagakuiinkai.html>)

表 11 気候変動影響やその他影響の整理②

No.	OUVに係る 主な構成要素 (①)	気候変動により想定される影 響(②)	科学的な知見(③)	その他影響要因 (④)	対象種がその他 構成要素へ与え る影響(⑤)
14	サケ類	・回帰率の低下	文献情報 (環境省 2021)	・開発圧力	・食物連鎖への 影響
15	オシロココマ	・個体数の減少	科学委員会	・開発圧力 ・外来生物	・食物連鎖への 影響
16	キタキツネ	・餌の分布変化	無し	・観光圧力 ・外来生物	—
17	ヒグマ	・餌の分布変化 ・冬眠明けの早期化	科学委員会	・人間活動(個体 数調整) ・観光圧力(餌付 け)	・人との軋轢 ・観光影響
18	エゾジカ	・生息域の拡大	文献情報 (環境省 2016)	・人間活動 ・観光圧力	・植物や虫への 採食圧
19	シレットコスミレ	・生息環境の森林化に伴う個 体数の減少	科学委員会	・外来生物 ・観光圧力 ・その他影響	・観光影響
20	高山帯の植 生	・生息環境の森林化	科学委員会	・外来生物 ・観光圧力 ・その他影響	・生態系構造へ の影響
21	高層湿原	・乾燥化により消失 ・非湿原植物の侵入	科学委員会	観光圧力 その他影響	・生態系構造へ の影響
22	雪田植生	・乾燥化により消失	科学委員会	・観光圧力 ・その他影響	・生態系構造へ の影響
23	森林植生	・森林限界標高の上昇による 生息範囲拡大 ・森林限界標高の上昇による 生息分布消失	科学委員会 文献情報 (工藤,2015)	・その他影響	・生態系構造へ の影響
24	陸上無脊椎 動物	・花の開花時期のずれと訪 花性昆虫のミスマッチ	文献情報 (工藤,2015)	・外来生物	—
25	陸生鳥類	・餌の分布や生息環境の変 化	無し	・その他影響 ・外来生物	—

(参照: 知床科学委員会および各種 WG 資料 <http://shiretoko-whc.com/meeting/kagakuiinkai.html>)

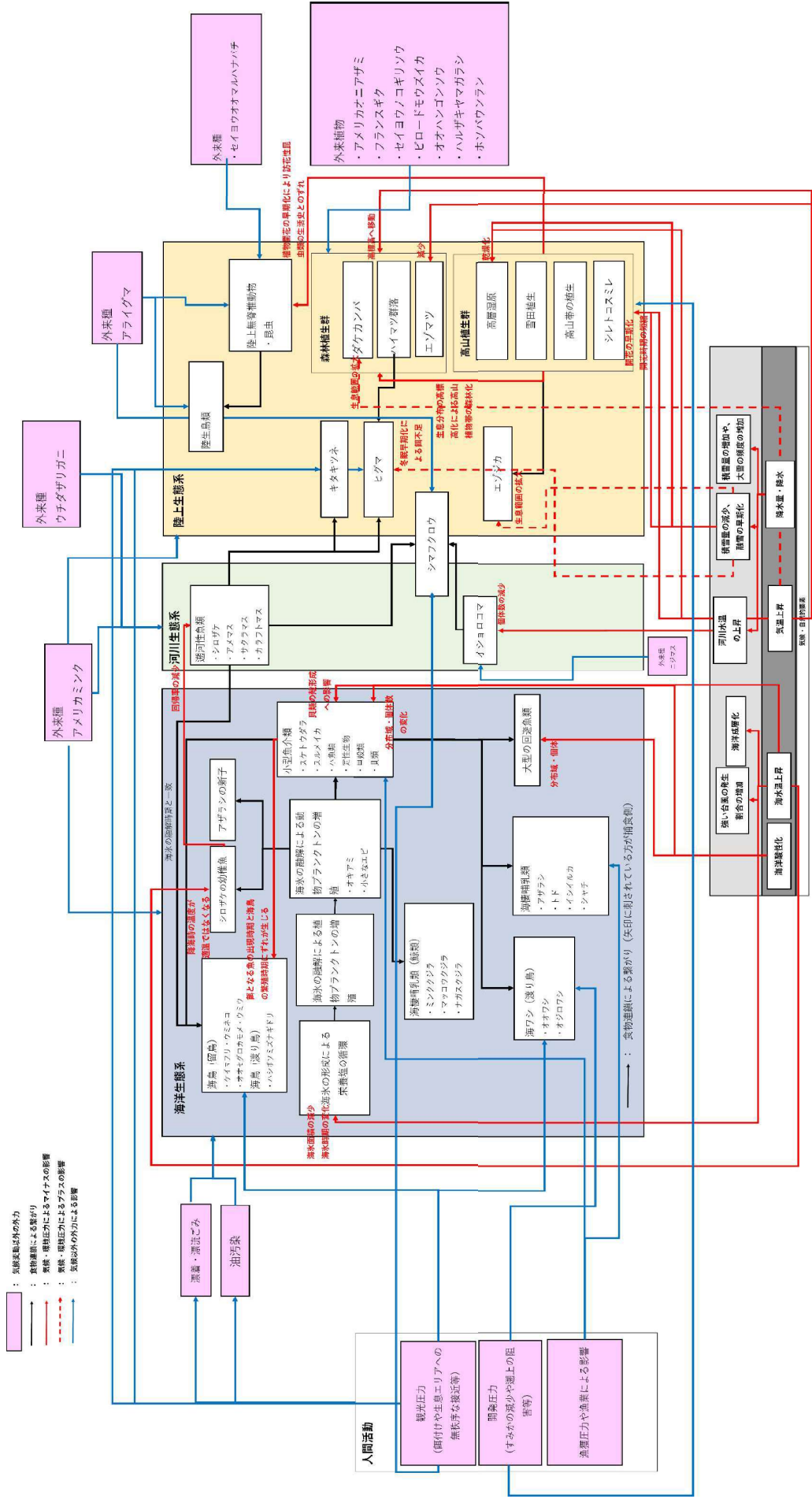


図 57 インパクトチェーン(素案)

※参考：自然保護については、環境省「ついでに、環境省が取り組んでいる取り組み」(2020年11月現在)「自然環境省の取り組み」(2020年11月現在)「自然環境省の取り組み」(2020年11月現在)「自然環境省の取り組み」(2020年11月現在)」

3.4. 発生確率、重大度評価

本業務では、気候シナリオを用いた定量的な影響評価を実施していないため、発生確率と重大度の定義を以下に設定して整理を行った。

- 発生確率：現在、すでに影響が顕在化しているものや、将来の気候変動により影響が悪化する可能性がある場合に発生確率を高くする。想定される気候変動による影響（環境要因）が不確定な要素の場合は可能性の程度を低くする。
- 重大度：対象種への影響により、知床のクライテリアの維持が困難になる場合や、対象種への影響により他種への影響の波及が甚大である場合に重大度の程度を高くする。

以上を踏まえ、発現確率・重大度の評価を行った結果を表 12 に示す。一覧表としては以下の列を追加した。

⑥ 発生確率

⑦ 重大度

今回の業務で得られた知見をベースに評価を行った結果、発生確率としては気候変動影響が明確となっている海氷や高山植物等について「高」の評価を行った。また、重大度については、知床の生態系の基盤とされている海氷や、知床のOUVの象徴となっている海ワシ類、変化することによりその一帯の生態系構造への影響が懸念されている高山帯植生や森林植生について「高」の評価を行った。これらの評価についてはより適切な評価として、気候シナリオを用いた適切な影響の把握や、感受性や復元力の把握等が必要となる。

表 12 発生確率・重大度の評価結果(素案)

No.	OUVに係る主な構成要素(①)	発生確率(⑥)	重大度(⑦)
1	季節性海氷の形成	高	高
2	スケトウダラ	低	高
3	スルメイカ	高	低
4	小型魚介類	中	高
5	アザラシ	低	中
6	トド	低	中
7	シャチ	低	中
8	イシイルカ	低	中
9	鯨類	低	中
10	海鳥類	低	中
11	オオワシ	低	高
12	オジロワシ	低	高
13	シマフクロウ	低	高
14	サケ類	高	高
15	オショロコマ	高	高
16	キタキツネ	低	中
17	ヒグマ	低	高
18	エゾジカ	低	高
19	シレットコスミレ	中	高
20	高山帯の植生	高	高
21	高層湿原	高	高
22	雪田植生	高	高
23	森林植生	高	高
24	陸上無脊椎動物	中	中
25	陸生鳥類	低	中

3.5. 長期モニタリング計画と気候変動影響の照らし合わせ

抽出した OUV の特徴への気候変動影響が、長期モニタリング計画に位置づけられたモニタリング項目により把握することが可能であるか、課題も含めて以下項目にて整理を行った。(表 13、表 14、表 15、表 16)

- ⑧ 長期モニタリング計画の中で構成要素に該当する項目
- ⑨ モニタリング項目により②の影響を把握できるか。出来ない場合は課題を記載する。

気候変動の影響が明確化していない構成要素も多く、データは豊富に取られているがモニタリング項目のみで気候変動影響の把握が可能かは判断が難しい種も多くあげられた。その点は今後有識者の助言を得つつターゲットとすべき種や着目すべき気候変動影響を検討し、適切なモニタリング計画を設定していく必要がある。

表 13 関連する長期モニタリングの項目①

No.	OUVに係る主な構成要素①	モニタリング項目⑧	モニタリング項目により②の影響を把握できるか。⑨
1	季節性海氷の形成	2海洋観測ブイによる水温の定点観測 ①航空機、人工衛星等による海氷分布状況観測	・影響要因の明確化が必要
2	スケトウダラ	④スケトウダラの資源状態の把握と評価(TAC設定に係る調査) ⑤スケトウダラ産卵量調査 2海洋観測ブイによる水温の定点観測 ①航空機、人工衛星等による海氷分布状況観測 ③「北海道水産現勢」からの漁獲量変動の把握	・影響要因の明確化が必要
3	スルメイカ	2海洋観測ブイによる水温の定点観測 ①航空機、人工衛星等による海氷分布状況観測 ③「北海道水産現勢」からの漁獲量変動の把握(※プリを追加)	・影響要因の明確化が必要
4	小型魚介類	2海洋観測ブイによる水温の定点観測 ①航空機、人工衛星等による海氷分布状況観測 4海域の生物相、生息密度、分布(浅海域定期調査) ③「北海道水産現勢」からの漁獲量変動の把握(※プリを追加) 5浅海域における貝類定量調査	・影響要因の明確化が必要
5	アザラシ	3アザラシの生息状況の調査	・影響要因の明確化が必要
6	トド	⑥トドの日本沿岸への来遊頭数の調査、人為的死亡個体の性別、特性 ⑥トドの日本沿岸への来遊頭数の調査、人為的死亡個体の性別、特性 ⑦トドの被害実態調査	・影響要因の明確化が必要
7	シャチ	⑪シャチの生息状況の調査	・影響要因の明確化が必要
8	イシイルカ	—	・影響要因の明確化が必要
9	鯨類	—	・影響要因の明確化が必要

表 14 関連する長期モニタリングの項目②

No.	OUVに係る主な構成要素①	モニタリング項目⑧	モニタリング項目により②の影響を把握できるか。⑨
10	海鳥類	③「北海道水産現勢」からの漁獲量変動の把握(※ブリを追加) 6ケイマフリ、ウミネコ、オオセグロカモメ、ウミウの生息数、営巣分布と営巣数調査(条件付き継続)	・影響要因の明確化が必要
11	オオワシ	22 海ワシ類の越冬個体数の調査 ⑨全道での海ワシ類の越冬個体数の調査(条件付き継続)	・影響要因の明確化が必要
12	オジロワシ	22 海ワシ類の越冬個体数の調査 ⑨全道での海ワシ類の越冬個体数の調査(条件付き継続) ⑧オジロワシ営巣地における繁殖の成否及び巣立ち幼鳥数のモニタリング	・影響要因の明確化が必要
13	シマフクロウ	「17 河川内におけるサケ類の遡上数、産卵場所及び産卵床数モニタリング」 「18 淡水魚類の生息状況、特に知床の淡水魚類相を特徴付けるオシヨロコマの生息状況(外来種侵入状況調査を含む)(条件付き継続)」 23 シマフクロウのつがい数、標識幼鳥数、死亡・傷病個体と原因調査	・影響要因の明確化が必要
14	サケ類	「1. 衛星リモートセンシングによる水温・クロロフィル a の観測」「2. 海洋観測ブイによる水温の定点観測」 17 河川内におけるサケ類の遡上数、産卵場所及び産卵床数モニタリング	・影響要因の明確化が必要
15	オシヨロコマ	18 淡水魚類の生息状況、特に知床の淡水魚類相を特徴付けるオシヨロコマの生息状況(外来種侵入状況調査を含む)(条件付き継続)	○
16	キタキツネ	13 中小型ほ乳類の生息状況調査(自動撮影カメラによる広域調査とピンポイント調査を実施)	・影響要因の明確化が必要

表 15 関連する長期モニタリングの項目③

No.	OUVに係る主な構成要素①	モニタリング項目⑧	モニタリング項目により②の影響を把握できるか。⑨
17	ヒグマ	26 気象観測 15 ヒグマによる人為的活動への被害状況(条件付き継続) 16 知床半島のヒグマ個体群(人為的死亡個体数に関する情報収集、ヒグマ個体群長期トレンド調査(糞カウント調査、自動撮影カメラ調査、観光船からの目撃件数等))	・影響要因の明確化が必要
18	エゾシカ	7 エゾシカ個体数調整実施地区における植生変化の把握(森林植生/草原植生) 10 エゾシカ主要越冬地における生息状況の把握(航空機カウント 5年に1回/地上カウント(主要越冬地におけるライトセンサス等))	・影響要因の明確化が必要
19	シレットコスミレ	26 気象観測 7 エゾシカ個体数調整実施地区における植生変化の把握(森林植生/草原植生) 8 知床半島全域における植生の推移の把握(森林植生/海岸植生) 14 広域植生図の作成	○
20	高山帯の植生	26 気象観測 7 エゾシカ個体数調整実施地区における植生変化の把握(森林植生/草原植生) 8 知床半島全域における植生の推移の把握(森林植生/海岸植生) 14 広域植生図の作成	○
21	高層湿原	26 気象観測 7 エゾシカ個体数調整実施地区における植生変化の把握(森林植生/草原植生) 8 知床半島全域における植生の推移の把握(森林植生/海岸植生) 14 広域植生図の作成	△ ・土壌状況のモニタリングが必要

表 16 関連する長期モニタリングの項目④

No.	OUVに係る主な構成要素①	モニタリング項目⑧	モニタリング項目により②の影響を把握できるか。⑨
22	雪田植生	26 気象観測 7 エゾシカ個体数調整実施地区における植生変化の把握(森林植生/草原植生) 8 知床半島全域における植生の推移の把握(森林植生/海岸植生) 14 広域植生図の作成	○
23	森林植生	7 エゾシカ個体数調整実施地区における植生変化の把握(森林植生/草原植生) 8 知床半島全域における植生の推移の把握(森林植生/海岸植生) 14 広域植生図の作成	○
24	陸上無脊椎動物	11 陸上無脊椎動物(主に昆虫)の生息状況の把握	△ ・昆虫のデータが不足
25	陸生鳥類	12 陸上鳥類生息状況の把握	・影響要因の明確化が必要

4. 気候変動に対する適応オプションの検討

4.1. 適応オプションの整理方法

実践ガイドの内容（1.2.2）を参考に、知床世界自然遺産の OUV の構成要素に対する適応オプションの整理を行った。

適応オプションとして、既に行われている対策が有効な適応オプションとなる可能性もあるため、現在の影響に対する実態や、気候変動以外の影響に対する対策等についても整理を行った。また、それらの適応オプションに対して、遺産管理のために実施されている各施策がどの程度寄与できるかを整理するため、関連施策の抽出も行った。以上を踏まえ、適応オプションに関する内容として、下記内容を一覧表として整理を行った。

- ⑩ 影響に対する実態（②、④に対する）
- ⑪ ユネスコの適応オプションに従う分類。
- ⑫ 適応オプションとしての可能性を有する施策等

4.2. 適応オプションの整理

本業務では、各 OUV の構成要素への気候変動やその他影響に対する対策等の実態の抽出を行った（⑩）。また、その内容を踏まえ、ユネスコの適応オプションに従う分類（表 3、表 4、表 5）の中から、適切である適応オプションの抽出を行った（⑪）。以下項目を一覧表として整理した結果を表 17、表 18、表 19、表 20 に示す。

- ⑩ 影響に対する実態（②、④に対する）
- ⑪ ユネスコの適応オプションに従う分類。

表 17 適応オプションの整理①

No.	OUVに係る主な構成要素(①)	影響に対する実態(⑩)	ユネスコの適応オプションに従う分類。(⑪)
1	季節性海氷の形成	・環境研究総合推進費(課題番号 4-2102)による研究	—
2	スケトウダラ	・自主管理型漁業	<ul style="list-style-type: none"> ・No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(自主管理型漁業の徹底) ・No.4 関係者との協力関係の構築(漁業者との関係構築)
3	スルメイカ	・自主管理型漁業	<ul style="list-style-type: none"> ・No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(自主管理型漁業の徹底) ・No.4 関係者との協力関係の構築(漁業者との関係構築)
4	小型魚介類	・自主管理型漁業	<ul style="list-style-type: none"> ・No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(自主管理型漁業の徹底) ・No.4 関係者との協力関係の構築(漁業者との関係構築)
5	アザラシ	・観光客の適正利用の徹底	・No.3 普及啓発(観光客への適正利用の指導)
6	トド	・観光客の適正利用の徹底	・No.3 普及啓発(観光客への適正利用の指導)
7	シャチ	・観光客の適正利用の徹底	・No.3 普及啓発(観光客への適正利用の指導)
8	イシイルカ	・観光客の適正利用の徹底	・No.3 普及啓発(観光客への適正利用の指導)
9	鯨類	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な資源管理 ・観光客の適正利用の徹底 	<ul style="list-style-type: none"> ・No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(自主管理型漁業の徹底) ・No.3 普及啓発(観光客への適正利用の指導) ・No.4 関係者との協力関係の構築(漁業者との関係構築)
10	海鳥類	<ul style="list-style-type: none"> ・法律による保護 ・繁殖地の再生化 ・観光客の適正利用の徹底 	<ul style="list-style-type: none"> ・No.3 普及啓発(観光客への適正利用の指導) ・No.8 新たな保護区の設計や指定(飛来環境や生息環境の保護)

表 18 適応オプションの整理②

No.	OUVに係る主な構成要素①	影響に対する実態⑩	ユネスコの適応オプションに従う分類。⑪
11	オオワシ	<ul style="list-style-type: none"> ・法律による保護 ・繁殖地の再生化 ・観光客の適正利用の徹底 	<ul style="list-style-type: none"> ・No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(傷病個体の救護管理、人間活動との接触の低減) ・No.3 普及啓発(観光客への適正利用の指導、鉛弾の使用禁止の徹底) ・No.4 関係者との協力関係の構築(狩猟者との関係構築) ・No.8 新たな保護区の設計や指定(飛来環境や生息環境の保護)
12	オジロワシ	<ul style="list-style-type: none"> ・法律による保護 ・繁殖地の再生化 ・観光客の適正利用の徹底 	
13	シマフクロウ	<ul style="list-style-type: none"> ・保護事業の実施 ・モニタリングによる確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・No.1.既存のストレス源(違法行為)の低減(撮影等の入り込み者への指導) ・No.2.外来種の駆除/制御(アライグマの捕獲)
14	サケ類	<ul style="list-style-type: none"> ・ダムの改良工事 ・稚魚の放流 	<ul style="list-style-type: none"> ・No.12.サイト復元・維持のためのハードエンジニアリング(河川ダムの改良工事)
15	オショロコマ	<ul style="list-style-type: none"> ・モニタリングによる確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・No.2.外来種の駆除/制御(ニジマス)
16	キタキツネ	—	<ul style="list-style-type: none"> ・No.2 外来種の駆除/制御(アライグマ、アメリカミンク) ・No.3 普及啓発(餌付け禁止看板等)
17	ヒグマ	<ul style="list-style-type: none"> ・管理計画に基づく管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・No.3 普及啓発(観光客への接近防止看板や、地域住民へのごみ管理の啓発) ・No.4 関係者との協力関係の構築(市町村及び関係機関と協働して管理を実施)
18	エゾジカ	<ul style="list-style-type: none"> ・管理計画に基づく管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・No.3 普及啓発(管理に関する普及啓発) ・No.4 関係者との協力関係の構築(市町村及び関係機関と協働して管理を実施)

表 19 適応オプションの整理③

No.	OUVに係る主な構成要素①	影響に対する実態⑩	ユネスコの適応オプションに従う分類。⑪
19	シレットコスミレ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 植生調査の実施 ▪ 食痕調査の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(エゾジカの適正管理) ▪ No.2 外来種の駆除/制御(アメリカオニアザミ) ▪ No.5 遺産サイトの拡大 ▪ No.6 新たな保護区的设计や指定 ▪ No.13.重要種の保護や生息値の移転
20	高山帯の植生	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 植生調査の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(エゾジカの適正管理) ▪ No.2 外来種の駆除/制御(アメリカオニアザミ) ▪ No.5 遺産サイトの拡大 ▪ No.6 新たな保護区的设计や指定 ▪ No.13.重要種の保護や生息値の移転
21	高層湿原	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 植生調査の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No.2 外来種の駆除/制御(外来植物) ▪ No.5 遺産サイトの拡大 ▪ No.6 新たな保護区的设计や指定 ▪ No.13.重要種の保護や生息値の移転
22	雪田植生	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 植生調査の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(エゾジカの適正管理) ▪ No.2 外来種の駆除/制御(外来植物) ▪ No.5 遺産サイトの拡大 ▪ No.6 新たな保護区的设计や指定 ▪ No.13.重要種の保護や生息値の移転
23	森林植生	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 植生調査の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(エゾジカの適正管理) ▪ No.2 外来種の駆除/制御(外来植物) ▪ No.5 遺産サイトの拡大 ▪ No.6 新たな保護区的设计や指定 ▪ No.13.重要種の保護や生息値の移転

表 20 適応オプションの整理④

No.	OUVに係る主な構成要素①	影響に対する実態⑩	ユネスコの適応オプションに従う分類。⑪
24	陸上無脊椎動物	・調査の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(エゾジカの適正管理) ・No.2 外来種の駆除/制御(セイヨウオオマルハナバチ、アライグマ) ・No.5 遺産サイトの拡大 ・No.6 新たな保護区の設計や指定 ・No.13.重要種の保護や生息値の移転
25	陸生鳥類	・調査の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・No.1 既存のストレス源(違法行為)の低減(エゾジカの適正管理) ・No.5 遺産サイトの拡大 ・No.6 新たな保護区の設計や指定

4.3. 関連する遺産管理の施策の整理

適応オプションに対して、現在遺産管理のために実施されている各施策の中で、気候変動影響に対しての寄与が想定される施策について、知床世界自然遺産地域年次報告書（2019）から収集を行った。

以下項目を一覧表として整理した結果を表 21、表 22 に示す。施策の中には、気候変動の適応の効果も期待できるような、普及啓発や保護区の指定等、実践ガイドに示される適応オプションと関連する施策が各対象種で多く挙げられることが分かった。

⑫ 適応オプションとしての可能性を有する施策等

表 21 関連施策の整理①

No.	OUVに係る主な構成要素①	適応オプションとしての可能性を有する施策等⑫
1	季節性海氷の形成	—
2	スケトウダラ	—
3	スルメイカ	—
4	小型魚介類	—
5	アザラシ	<ul style="list-style-type: none"> ・羅臼海域において活動している関係団体の連携を強化し、鯨類や海ワシ類をはじめとする海域の野生動物の保護と持続可能な利用の両立を図ることを目的として、令和元(2019)年 9 月に羅臼海域連絡協議会を設立。 ・町外からの観光客を対象に羅臼海域の魅力や保護と利用の取り組みなどの各種情報を伝える資料ハンドブックの作成・販売の実施。
6	トド	
7	シャチ	
8	イシイルカ	
9	鯨類	
10	海鳥類	<ul style="list-style-type: none"> ・知床ウトロ海域環境保全協議会(平成 25(2013)年発足)の取り組みとして、7 月 14 日～31 日を海鳥 WEEK に設定。 ・海域観光の充実、収益の環境保全への還元、野生動物と人との適正な関係の周知、協議会の自立化(安定運営)等を目的として、「知床ウトロ海のハンドブック」を販売。
11	オオワシ	<ul style="list-style-type: none"> ・羅臼海域において活動している関係団体の連携を強化し、鯨類や海ワシ類をはじめとする海域の野生動物の保護と持続可能な利用の両立を図ることを目的として、令和元(2019)年 9 月に羅臼海域連絡協議会を設立。 ・羅臼海域の魅力や保護と利用の取り組みなどを伝える資料ハンドブックの作成、販売の実施。
12	オジロワシ	
13	シマフクロウ	<ul style="list-style-type: none"> ・国指定知床鳥獣保護区に指定(狩猟による捕獲が認められない、工作物の新築・植物の採取、動物の捕獲等要許可)
14	サケ類	<ul style="list-style-type: none"> ・第 2 次検討ダムの改良工事(林野庁:オッカバケ川治山ダムの切り下げ、北海道:ルシヤ川治山ダム切り下げ)
15	オシロコマ	<ul style="list-style-type: none"> ・オシロコマ生息等調査(林野庁:ニジマス生息状況調査、水産総合研究センター&羅臼町:居麻布川におけるニジマスの根絶)
16	キタキツネ	<ul style="list-style-type: none"> ・野生生物への餌やり防止等の看板を設置 ・知床世界遺産センター等の施設や、ホームページにおいて利用のルール・マナーの普及啓発

表 22 関連施策の整理②

No.	OUVに係る主な構成要素①	適応オプションとしての可能性を有する施策等⑫
17	ヒグマ	<ul style="list-style-type: none"> ・日本語及び英語のヒグマ注意喚起看板設置 ・知床世界自然遺産地域(知床岬)におけるヒグマの管理事業 ・人とヒグマの軋轢低減を目的として、町内一円の出没情報の収集や追い払い、誘引物の回収、電気柵の管理を実施
18	エゾシカ	知床世界自然遺産地域(知床岬)におけるエゾシカの捕獲事業(環境省釧路自然環境事務所)
19	シレットコスミレ	<ul style="list-style-type: none"> ・知床世界自然遺産地域(知床岬)におけるエゾシカの捕獲事業(環境省釧路自然環境事務所) ・必要に応じて防鹿柵の設置等の防御的手法を実施 ・高山帯(東岳)において、エゾシカの採食圧によるシレットコスミレへの影響調査を実施。(環境省)
20	高山帯の植生	<ul style="list-style-type: none"> ・知床世界自然遺産地域(知床岬)におけるエゾシカの捕獲事業(環境省釧路自然環境事務所) ・必要に応じて防鹿柵の設置等の防御的手法を実施 ・外来植物の防除の実施(環境省、林野庁)
21	高層湿原	<ul style="list-style-type: none"> ・知床世界自然遺産地域(知床岬)におけるエゾシカの捕獲事業(環境省釧路自然環境事務所) ・必要に応じて防鹿柵の設置等の防御的手法を実施
22	雪田植生	<ul style="list-style-type: none"> ・知床世界自然遺産地域(知床岬)におけるエゾシカの捕獲事業(環境省釧路自然環境事務所) ・必要に応じて防鹿柵の設置等の防御的手法を実施 ・外来植物の防除の実施(環境省、林野庁)
23	森林植生	知床世界自然遺産地域(知床岬)におけるエゾシカの捕獲事業(環境省釧路自然環境事務所)
24	陸上無脊椎動物	
25	陸生鳥類	

5. 有識者ヒアリング

本業務では、表 23 に示す 3 名の有識者に対してヒアリングを実施した。ヒアリング内容を表 24 に示す。今年度の業務に対しては、以下ご意見をいただいた。

- 気象データの加工方法（年平均値や、年積算値の利用等）について見直しが必要である。
- OUV の構成要素やインパクトチェーンの繋がりを有識者により精査が必要。
- 影響評価は、知床の中ではどのような環境変化が各構成要素に対して影響が大きいのか整理が必要。

また、気候変動適応戦略策定に向けて必要となる検討としては以下ご意見をいただいている。

- ステークホルダーや有識者の意見を踏まえ、適応戦略の目的、ゴールの設定を行う。
- 重要となる OUV 構成要素は、上記の目的やゴール、影響評価の結果を踏まえ、ターゲットを絞っていく必要がある。

今後の気候変動適応戦略に向けて進め方として、3 名の有識者の先生で共通して、適応の対象や目的（遺産価値としての適応、観光者に対する適応、地元の課題に対する適応等）やそれに対するゴールの設定（遺産価値を維持するための適応、観光客に楽しんでもらうための適応等々）が重要であるというご意見があった。そのうえで、今後の調査として具体的な影響評価を行っていく必要があり、これらについても、知床科学委員会のもと開催されている各ワーキンググループの視点から、影響を受ける対象種や、想定される影響等の精査が必要であることが明らかになった。

表 23 ヒアリングを行った有識者

日時	有識者	ヒアリング項目
2022年 3月3日 13:00～14:30	国立環境研究所 生物多様性領域 (生物多様性保全計画研究室)／室長 (研究) 小熊 宏之氏	(1)今年度の業務結果について <ul style="list-style-type: none"> ➤ 気象データの整理 ➤ 影響評価結果・インパクトチェーンの整理 ➤ 適応オプションの整理
2022年 3月3日 15:00～16:30	北海道大学地球環境科学研究所 環境生物学部門・陸域生態学分野／ 准教授 工藤 岳氏	
2022年 3月3日 13:00～14:00	北海道大学低温科学研究所 環オホーツク観測研究センター センター長・教授 三寺 史夫氏	

表 24 ヒアリング結果

項目	ご意見
気象データの整理	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 観測地点の環境や標高も合わせて確認をしておくべきである。(小熊先生) ➤ 気候変動影響を確認するためには、年平均気温及び5年移動平均を分析する必要がある。降水量も同様に、年降水量及び季節ごと、月ごとの積算降水量を分析し、変化の季節性を把握する必要がある。(工藤先生) ➤ 海水温のデータについては気象庁の「沿岸域の海面水温情報(北海道)」も参考になると思われる。(三寺先生)
影響評価結果・インパクトチェーンの整理	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 気候変動の影響が漁業や観光業等、人間活動に与えることも想定される。(小熊先生) ➤ 影響評価は、知床の中ではどのような環境変化が各構成要素に対して影響が大きいのか抽出したうえで議論が必要である。(工藤先生) ➤ 生態系図やインパクトチェーンは適応策評価の基本となるため、あらかじめ各ワーキンググループで議論する必要がある。現時点では分かりづらい点や誤りも多い。(工藤先生) ➤ 構成要素は可能な限り単純にし、インパクトチェーンでは気候変動影響のみに絞って記載すると良いだろう。(工藤先生) ➤ インパクトチェーンにおける各要素間の繋がりは不明確な点も多く、正確な整理には時間が掛かるとと思われる。(三寺先生)

適応オプションの整理	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 国立公園を対象とした適応策検討の際は利用面も考慮した。地域に根差した活動をしている関係者の意見を聞くことも重要である。(小熊先生) ➤ 気候変動適応策を定めている自然公園は日本ではまだ少ないため、国外の北方圏や山岳域で実践されている適応策を参考にすると良いだろう。(工藤先生) ➤ 適応策の検討に向けてまずは(生態系など)自然を知ることが重要ではないかと考える。(三寺先生)
気候変動適応戦略策定に向けた検討について	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適応策の策定は、目的とゴールの設定が必要である。大雪山の調査では、ステークホルダーを対象にヒアリングにより意見を収集したうえで評価対象やゴールを設定して調査を実施している。(小熊先生) ➤ 北海道は固有種が多いことが特徴であり、気候シナリオが限定的(空間分解能が本州よりも粗いデータが多い等)であることに留意が必要である。(小熊先生) ➤ 何をターゲットとして適応策を検討するのが重要である。海水からの生態系の繋がりが遺産価値であるが、今後何を指標に評価していくかが難しい点である。(三寺先生)
その他	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 利用可能なデータを精査することが大事である。(小熊先生) ➤ 現時点では気候変動の影響を網羅的に確認できるモニタリング項目は存在せず、特に生物季節は全く観測されていない。そういった現時点での課題を把握したうえで、今後のモニタリング項目も議論する必要がある。(工藤先生) ➤ 気候変動の検討については、モニタリングと同時にそのデータを誰もが容易に活用できる仕組みが非常に重要である。(三寺先生)

6. 業務打ち合わせ

業務担当官とは、表 25 に示す打ち合わせの実施と、メールによる業務の進捗共有を行いながら調査を進めた。

表 25 業務打ち合わせ内容

日時	場所	内容
2022 年 3 月 3 日 13:00~15:00	釧路自然環境事務所	キックオフミーティング
2022 年 3 月 3 日 15:00~17:00	WebEX	第 1 回業務進捗報告
2022 年 3 月 3 日 13:30~15:30	WebEX	第 2 回業務進捗報告

7. 今後の気候変動適応戦略策定に向けて

今年度の業務では、実践ガイドに従い、知床世界自然遺産における気候変動影響及び適応オプションについて網羅的な整理と有識者ヒアリングにより、今後の気候変動適応戦略策定に向けた進め方について検討を行った。

有識者ヒアリングでは、気候変動適応戦略策定に向けた進め方として、まずは適応の対象、ゴールの設定を定めることが重要であるというご意見があった。これらを最初に定めることにより、具体的な影響評価や適応オプションとして選定していく項目も異なってくる。大雪山の国立公園の事例では、まず初めにステークホルダーに対してヒアリングを行い、地域課題を踏まえながら適応計画の目的やゴールを設定しておりそのような進め方や、その他国外で行われている国立公園の適応事例等は参考になると思われる。他所の事例を参考にしながら、まずは知床世界自然遺産における適応戦略の方針（目的、ゴール）を設定していく必要がある。

具体的な影響評価や適応オプションの整理として、今年度実践ガイドを参照に、一部の内容を実施した（表 26、表 27、表 28）。より具体的な評価を行うためには以下の項目が今年度の業務では未実施であるため、今後対応していく必要がある。

- 感受性・脆弱性・復元力の把握
- 気候シナリオ分析による詳細の影響評価
- 具体的な適応アクションの整理
- 適応アクションに対する優先順位付け

有識者からは、上記の調査を行っていく上で、生態系構造は複雑であり、OUVの対象種も幅広いため、ターゲットを絞る作業が必要であるというご意見があった。具体的な影響評価を行う前に、今回作成した生態系の繋がり概要図（図 56）やインパクトチェーン（図 57）をベースに、各ワーキンググループで専門家に確認をしてもらい、ターゲットを絞る作業が必要である。その上で、実践ガイドに従い上記のような、具体的な調査を進めていく必要がある。

以上今年度の業務結果と有識者ヒアリングの結果を踏まえ、気候変動適応戦略の策定に向けて図 58 に示す進め方が必要であることが分かった。

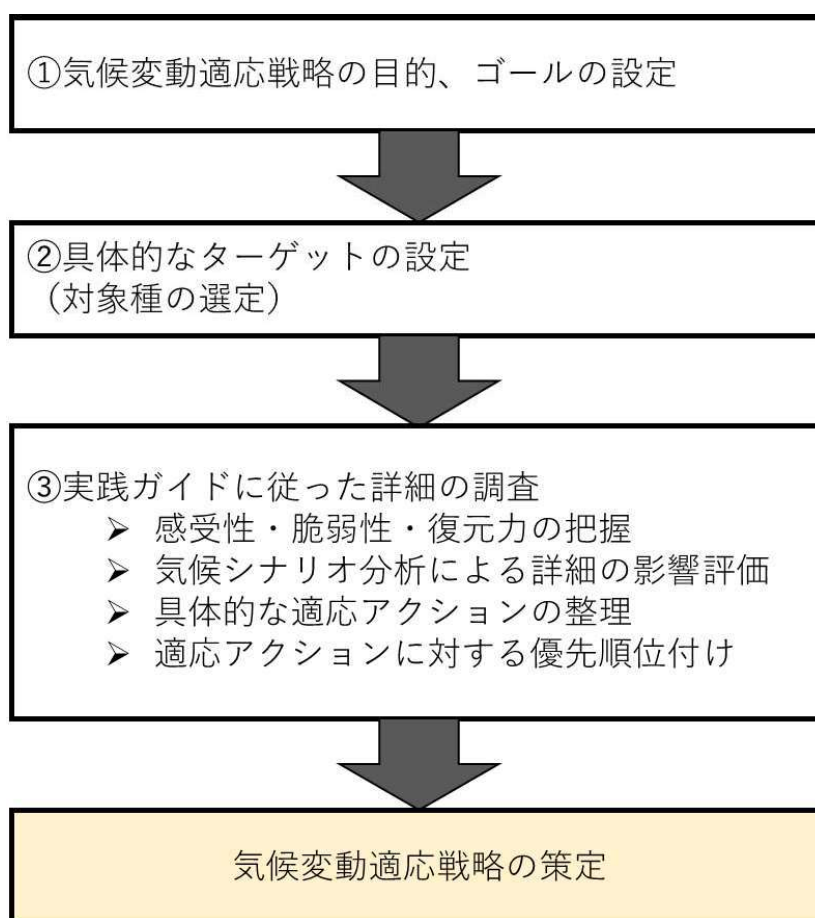


図 58 気候変動適応戦略の策定に向けたフロー(案)

表 26 今年度の検討内容①

項目	項目	実践ガイドの内容	今年度の実施事項	未対応事項
(1). 気候変動による影響評価	① OUV の理解	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 自然遺産サイトへの気候変動の影響を評価するために、サイトが所有する顕著な普遍的価値(OUV)を理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 顕著な普遍的価値の遡及的陳述(rSOUV)の確認 	-
	② OUV の特徴および属性の理解と目標設定	<ul style="list-style-type: none"> ➤ OUV に寄与する遺産サイトの特徴を特定する。 ➤ 各特徴の属性を注意深く分析する。 ➤ 査定可能な属性に基づき、各特徴の状態を評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ OUV の構成要素の特定 <p>長期モニタリング計画のモニタリング内容の確認</p>	-
	③ 気候変動による影響の整理(感受性、脆弱性、復元力)の理解	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 自然遺産サイトにおける感受性と、脆弱性、復元力を踏まえ、気候変動影響について整理する。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 気候変動による影響(または環境圧力)と、それ以外による影響要素(観光圧力や、外来種による影響等)を調べ整理した。 ➤ 気象観測データの長期傾向について整理した。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 地域や、OUV、対象種における感受性、脆弱性、復元力の把握。

表 27 今年度の検討内容②

項目	項目	実践ガイドの内容	今年度の実施事項	未対応事項
(1). 気候変動による影響評価	① 考えうるOUVの反応の理解(リスク分析)	気候変動影響に対して下記を評価する。 発生確率: 気候変動による影響が発生する確率 重大度: 気候変動による影響がどれほど重大か	以下の定義で評価を行った。 発生確率: 現在、すでに影響が顕在化しているものや、将来の気候変動により影響が悪化する可能性がある場合に発生確率を高くする。想定される気候変動による影響(環境要因)が不確定な要素の場合は可能性の程度を低くする。 重大度: 対象種への影響により、知床のクライテリアの維持が困難になる場合や、対象種への影響により他種への影響の波及が甚大である場合に重大度の程度を高くする。	発生確率や重大度については、③、④の整理の上、再度評価を行う必要がある。
(2). 適応計画の策定	① 適応オプションの整理	他の世界自然遺産で実施されている適応オプションの例が効果的な内容として揭示されている。 注意点として、適応オプションが他の特徴に新たな問題を与えてないかの確認が必要。 許容できる変化の限界はどこか定めておくべきである。	実践ガイドに記載の適応オプションから適当なオプションを選定。 関連施策を抽出し、寄与度を確認。	知床世界自然遺産地域ならではの具体的な適応オプションの検討 適応オプションが他に与える影響がないか、トレードオフを検討する。 許容できる変化の限界を整理し、より柔軟な適応オプションの選定を行う。

表 28 今年度の検討内容③

項目	項目	実践ガイドの内容	今年度の実施事項	未対応事項
(2). 適応計画の策定	② 適応アクションの優先順位付け	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適応アクションの設定 ➤ 適応アクションについてコストや労力等多方面の評価による優先順位付けの実施 	未実施	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 適応アクションの設定 ➤ 優先順位付の項目の設定 ➤ 優先順位付の実施

8. 引用文献

- 環境省（2016） 生物多様性分野における気候変動への適応
- 環境省（2020） 気候変動影響評価報告書
- 環境省（2021） 気候変動適応計画
- 環境省 IPCC AR6/WG1 報告書の政策決定者向け要約（SPM）の概要
- 環境省釧路自然環境事務所・林野庁・北海道森林管理局・北海道（2019）
令和元(2019)年度 知床世界自然遺産地域年次報告書
- 工藤 岳（2015） 高山植物と気候変動
- 国際連合教育科学文化機関（2014） 自然遺産サイトへの気候変動適応 実践ガイド
- 文部科学省及び気象庁（2021） IPCC 第6次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳
- 綿貫 豊（2010） 気候変化がもたらすフェノロジーのミスマッチ：海鳥の長期モニタリングが示すこと．日本生態学会誌、60、1-11

1. 検定方法

気象庁の長期変化傾向の統計的有意性の評価では、残差が正規分布に従う場合のパラメトリック検定（t 検定）と、従うことができない場合のノンパラメトリック検定（ケンドール検定）2つの手法が用いられている。今回表 8 の No. 42～49 のデータは、正規分布に従うことが仮定できない場合があるため、その点の検証を行った。

2. 検証結果

表 7 の No. 42～49 の全てのデータに対して、線形回帰分析を行い、残差が正規分布に従うかの検証を行った。その 1 例を図 59、図 60 に示す。図 60 に示す Q-Q プロット⁸が直線（ $y = x$ ）上に位置しており、残差が正規分布に従っていることが分かった。以上より、今回は年間集計値に対してもパラメトリック検定（t 検定）を採用してトレンドの検定を行った。

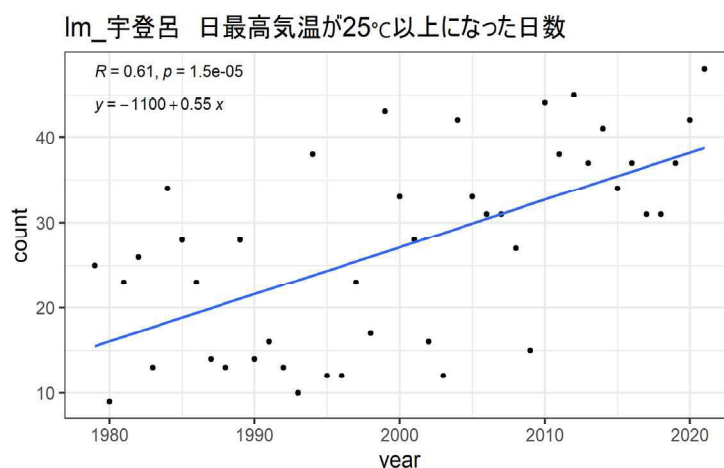


図 59 宇登呂 日最高気温 25°C以上になった日数 線形回帰分析の結果

⁸ Q-Q プロット（英: Q-Q plot, quantile-quantile plot）: 統計学における確率プロットの一つで、2つの確率分布の分位数を互いにプロットして比較するグラフィカルな手法である。比較している2つの分布が類似している場合、Q-Q プロットの点は、ほぼ直線 $y = x$ 上に位置する。

lm_宇登呂 日最高気温が25°C以上になった日数

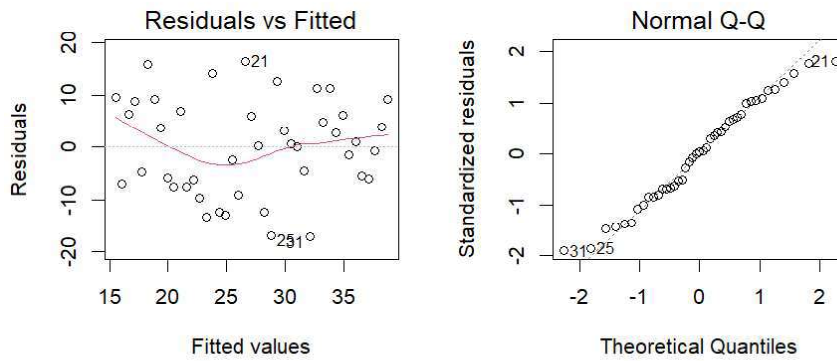


図 60 残差の分布

(左図 y 軸: 残差、x 軸: 25°C以上となった日数、右図 Q-Q プロット(y 軸: 観測データの標準化残差、x 軸標準正規分布の分位点)

【t 検定とケンドール検定の比較】

検定の数式については徐ら(2002)に詳細が記載されている⁹。年間集計値に対して2つの手法を適用した際の傾きの95%信頼区間を整理した結果を表 29、表 30 に示す。

表 29 回帰直線における傾きの検定結果

	線形回帰_傾き	傾き_95%信頼区間下限	傾き_95%信頼区間上限
日最低気温が-10°C以下になった日数	-0.07	-0.39	0.24
日最高気温が 0°C以下になった日数	-0.17	-0.56	0.22
日最高気温が 25°C以上になった日数	0.55	0.33	0.77
日降水量が 50mm 以上になった日数	0.06	0.02	0.10
日最低気温が-10°C以下になった日数	-0.28	-0.53	-0.03

⁹ 徐宗学、竹内邦良、石平博(2002) 日本の平均気温降水量時系列におけるジャンプ及びトレンドに関する研究

表 30 ケンドール検定における傾きの検定結果

	Sen's slope_ 傾き	傾き_95%信頼 区間下限	傾き_95%信頼 区間上限	ケンドー ル検定
日最低気温が -10°C 以下になった日数	-0.11	-0.43	0.17	0.41
日最高気温が 0°C 以下になった日数	-0.27	-0.57	0.00	0.04
日最高気温が 25°C 以上になった日数	0.51	0.29	0.80	0.00
日降水量が 50mm 以上になった日数	0.05	0.00	0.09	0.02
日最低気温が -10°C 以下になった日数	-0.29	-0.50	-0.04	0.02

リサイクル適性の表示:印刷用の紙にリサイクルできます。

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[A ランク]のみを用いて作成しています。