

知床世界自然遺産地域における気候変動適応策

目次

1 適応策の考え方.....	1
2 適応策の検討の進め方.....	1
3 各遺産地域における適応策の検討.....	2
3-1 知床世界自然遺産地域	2
3-1-1. ストレス要因とその現状.....	3
(1) 気温.....	3
(2) 降雪.....	7
(3) 降水量.....	11
(4) 河川水温.....	14
(5) 河川工作物の存在（気候変動ストレスを加速させる要因）.....	17
3-1-2. 影響が懸念される森林生態系構成要素.....	21
(1) 雪田植生.....	21
(2) ハイマツ群落.....	24
(3) 高層湿原.....	26
(4) オショロコマ.....	29

1 適応策の考え方

平成 25 年度・平成 26 年度事業では、適応策の概念的な考え方やオプションを整理し、適応策の素案の検討を開始したが、検討に当たって我が国の世界自然遺産地域における気候変動への「適応策」の考え方について、共通認識を得るための定義を明確にする必要があった。

このため、平成 27 年度事業において、「適応策」の定義のベースとなりうる既存文書を検討した結果、平成 27 年に閣議決定された「気候変動の影響への適応計画」の中で述べられている「自然生態系分野の基本的考え方」が最も適当であると考えられた。

「気候変動の影響への適応計画」(2015.11.27 閣議決定)での自然生態系分野の基本的考え方:

気候変動に対し、生態系は全体として変化するため、これを人為的な対策により広範に抑制することは不可能である

自然生態系分野における適応策の基本は、モニタリングにより生態系と種の変化の把握を行うとともに、気候変動の要因によるストレスのみならず気候変動以外の要因によるストレスにも着目し、これらのストレスの低減や生態系ネットワークの構築により、気候変動に対する順応性の高い健全な生態系の保全と回復を図ることである。

限定的な範囲で、生態系や種、生態系サービスを維持するため積極的な干渉を行う可能性もあるが、生態系等への影響や管理の負担を考慮して、相当慎重な検討が必要である。

ここで「気候変動以外の要因によるストレスにも着目」とされている。また、平成 27 年度の検討委員会や専門家ヒアリングにおいて、人為的要因の検討も重要であり、人為的な要因によるストレスが明らかに現段階では重要ではとの指摘があった。

本事業では、検討委員会での検討結果を踏まえ、さらに上記の「自然生態系分野の基本的考え方」をベースとして、「気候変動への適応策」の定義を下記のとおりとした。

『各遺産地域において、森林生態系の変化をモニタリングするとともに、気候変動が顕著な普遍的価値（OUV）を成す森林生態系や生物種に与えるストレス（気温・水温の上昇、降雪の減少、乾燥化の進行、異常気象の頻発化等）や、他の要因が OUV を成す森林生態系や生物種に与えるストレス（例えば、外来種の侵入や工作物の設置による生育・生息環境の変化）を防止・低減する方策を講じること』

なお、「適応策」の実行に当たっては、遺産地域の環境・生物種の変化情報の収集と各遺産地域の関係機関、関係団体とのネットワークの構築が重要である。さらに、遺産地域の周辺環境における生態系情報の収集、自然遺産保全に寄与する人材育成や当該地域の科学的意見の整備など、中・長期的なレジリエンス向上のための取り組みも必要である。

2 適応策の検討の進め方

前述の適応策の考え方を踏まえ、環境、生物、気候変動等に知識を有する検討委員や、自然遺産地域に根ざした専門家、各自然遺産に設けられた科学委員会及び地域連絡会議と連携し、適応策の検討を次のような手順で進めていくこととする。

- ① 各遺産地域において、気候変動や他の要因を抽出し、これらが OUV を成す森林生態系や生物種に与えるストレスとその強度を検討する
- ② 重大なストレスについて防止策や低減策を検討する
- ③ 防止・低減策について効果の程度を評価する

これらの結果を取りまとめ、各遺産地域に対して実現可能な「適応策」を提言する。

3 各遺産地域における適応策の検討

3-1 知床世界自然遺産地域

知床世界自然遺産地域及び各気象観測地点を図 1-1 に示す。



図 1-1 知床世界自然遺産地域

3-1-1. ストレス要因とその現状

(1) 気温

・現状

気象庁 HP のアメダスデータを基に、宇登呂・羅臼の日平均気温・日最高気温・日最低気温の年間平均値の変動を整理したところ、宇登呂の日最低気温を除き、上昇傾向が見られた（表 1-1、図 1-2～1-5）。また、国土交通省北海道開発局釧路開発建設部のデータを基に、知床峠の年間平均値の変動を整理したところ、気温の低下傾向が見られた（表 1-1、図 1-6,7）。但し、知床峠については観測期間が短く、傾向については今後の観測結果を含めて検討する必要がある。

なお、温暖化による森林生態系への影響を分析するには、生物季節との関係を調べる必要があるため、季節別に気温の変動を整理したところ、宇登呂及び羅臼において、宇登呂の日最低気温を除き上昇傾向にあった（表 1-1、図 1-3,1-5,1-7）。特に宇登呂の日最高気温は全ての季節で有意に上昇傾向を示した（表 1-1）。

表 1-1 過去の気温データから求めた 10 年当たりの気温の変化

場所及び データ年数	気温	年平均の 変化率 (°C/10 年)	季節別の変化率 (°C/10 年)			
			春 (3～5 月)	夏 (6～8 月)	秋 (9～11 月)	冬 (12～2 月)
宇登呂 1979-2016 年 (N=38)	日最高気温	+ 0.51	+ 0.57	+ 0.70	+ 0.45	+ 0.34
		P<0.001**	P=0.005**	P=0.002**	P=0.002**	P=0.047*
	日平均気温	+ 0.17	+ 0.27	+ 0.18	+ 0.07	+ 0.16
		P=0.048*	P=0.083	P=0.318	P=0.546	P=0.348
	日最低気温	- 0.13	+ 0.05	- 0.12	- 0.29	- 0.14
		P=0.189	P=0.653	P=0.444	P=0.014*	P=0.465
羅臼 1978-2016 年 (N=39)	日最高気温	+ 0.31	+ 0.38	+ 0.31	+ 0.29	+ 0.28
		P=0.001**	P=0.014*	P=0.109	P=0.013*	P=0.068
	日平均気温	+ 0.18	+ 0.21	+ 0.17	+ 0.18	+ 0.16
		P=0.039*	P=0.097	P=0.267	P=0.084	P=0.301
	日最低気温	+ 0.13	+ 0.16	+ 0.16	+ 0.13	+ 0.09
		P=0.135	P=0.182	P=0.251	P=0.227	P=0.602
知床峠 1997-2016 年 (N=20)	日最高気温	- 0.62	- 1.03	- 0.99	- 1.01	- 0.33
		P=0.053	P=0.139	P=0.104	P=0.015*	P=0.444
	日平均気温	- 0.17	- 0.49	- 0.42	- 0.62	- 0.10
		P=0.434	P=0.360	P=0.357	P=0.064	P=0.802
	日最低気温	- 0.01	- 0.19	- 0.29	- 0.47	+ 0.00
		P=0.946	P=0.667	P=0.518	P=0.163	P=0.995

※ P<0.01 で有意に差が見られた箇所を**、P<0.05 で有意に差が見られた箇所を*で表している。
 ※ 気温が上昇した箇所を背景色オレンジ色、低下した箇所を背景色水色で表しており、特に有意に差が見られた箇所を濃い色で表した。

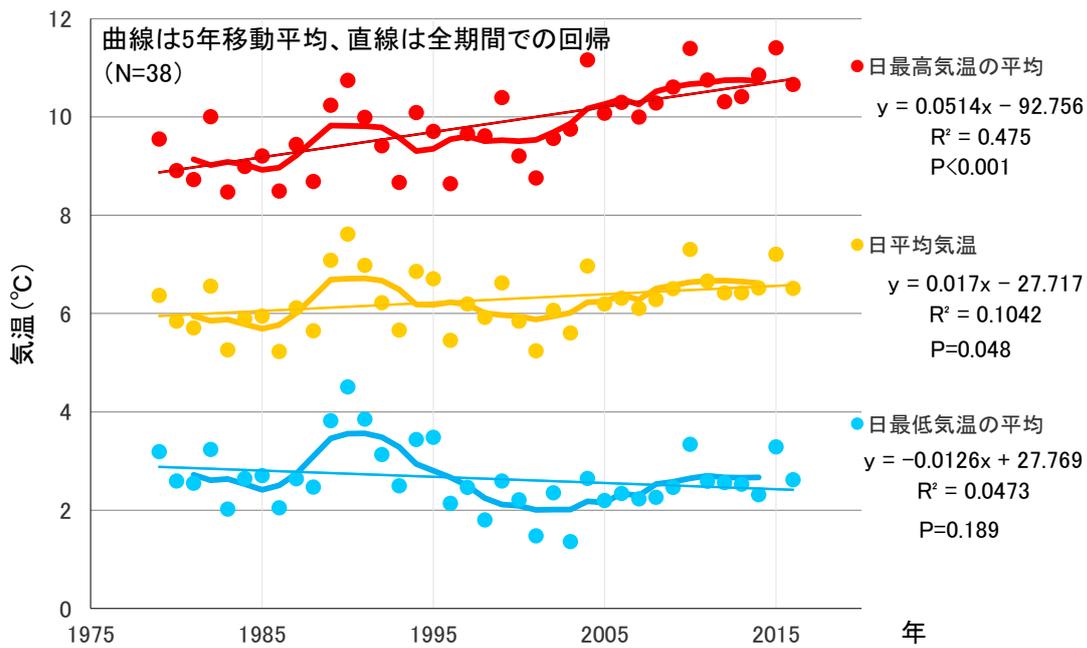


図 1-2 宇登呂における日最高・日平均・日最低気温の経年変化 (年平均)

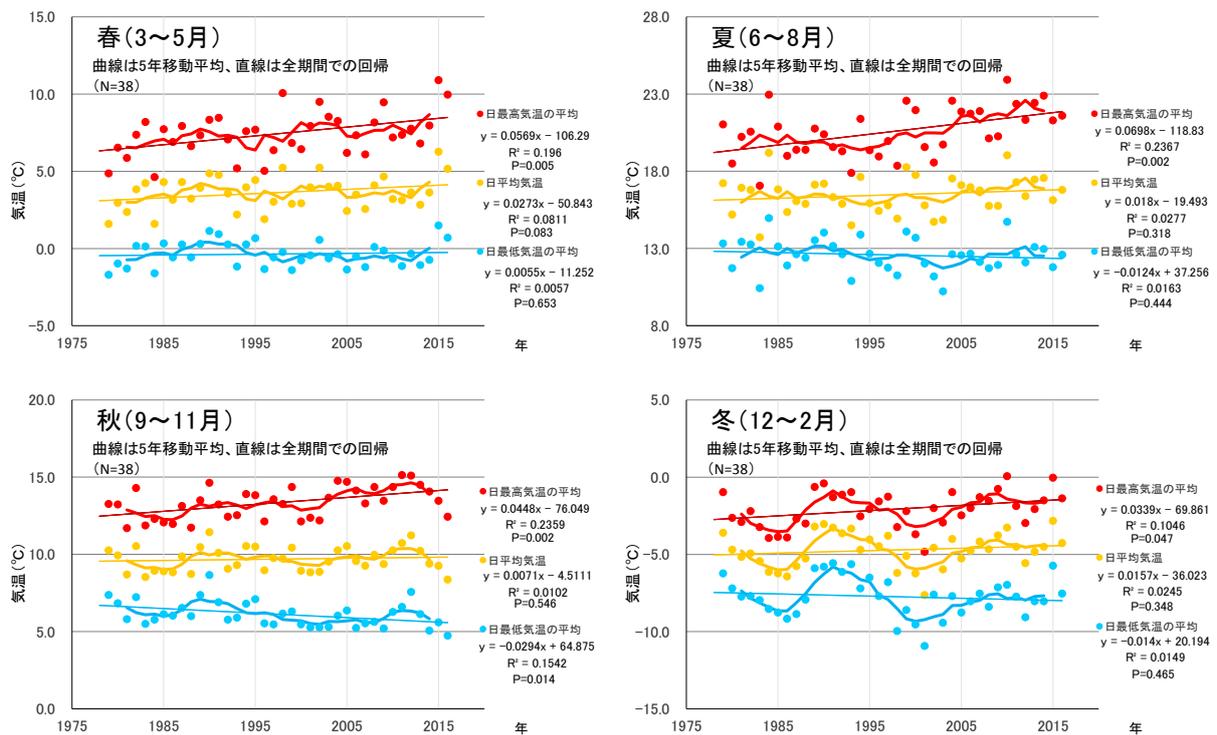


図 1-3 宇登呂における日最高・日平均・日最低気温の経年変化 (季節別)

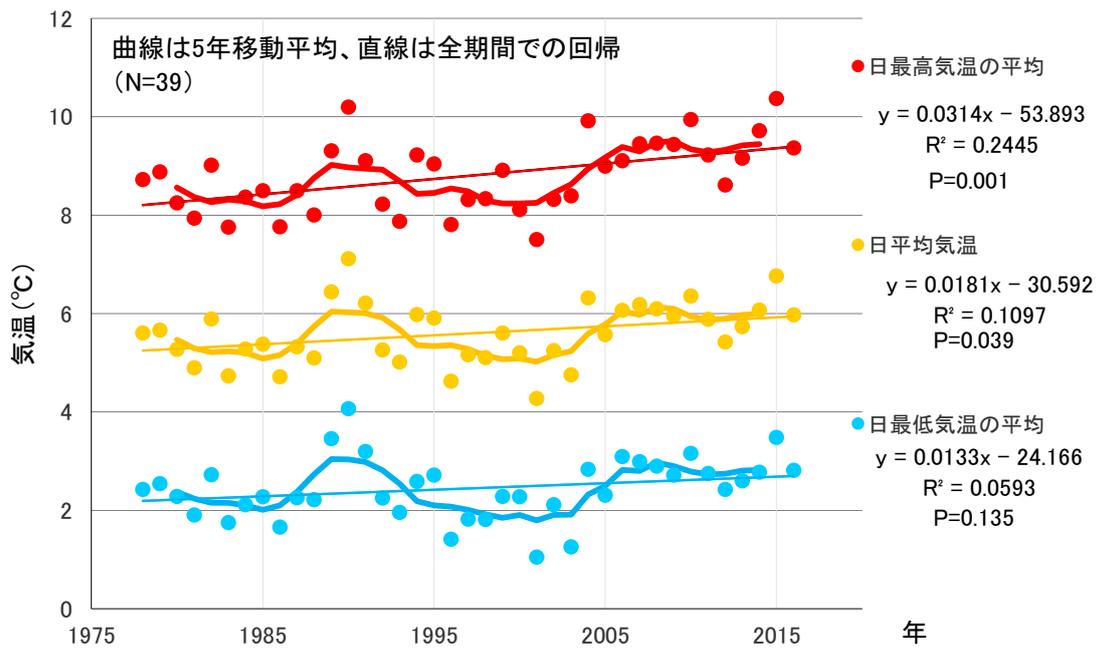


図 1-4 羅臼における日最高・日平均・日最低気温の経年変化 (年平均)

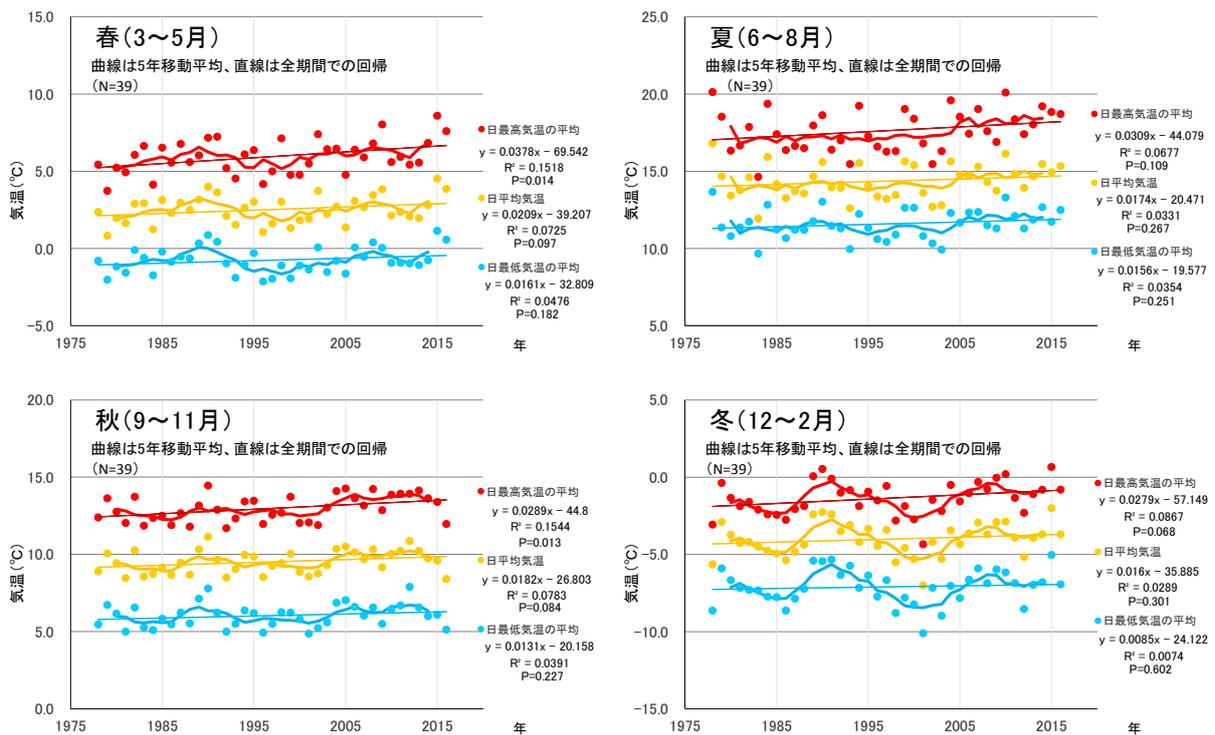


図 1-5 羅臼における日最高・日平均・日最低気温の経年変化 (季節別)

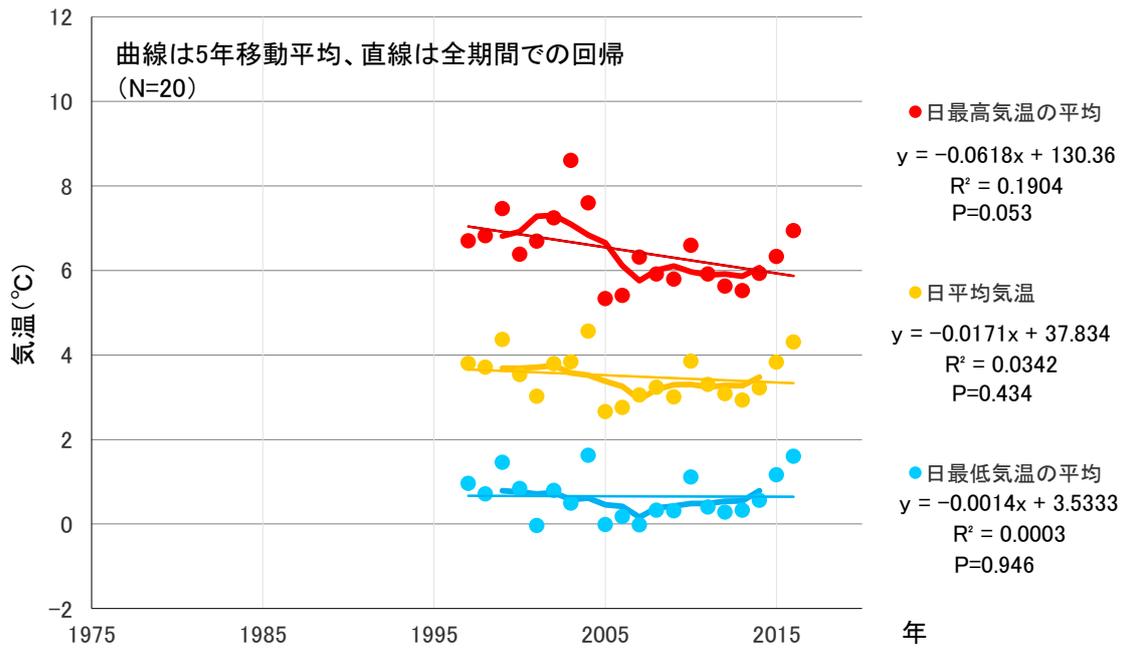


図 1-6 知床峠における日最高・日平均・日最低気温の経年変化 (年平均)
 (データ提供：国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部)

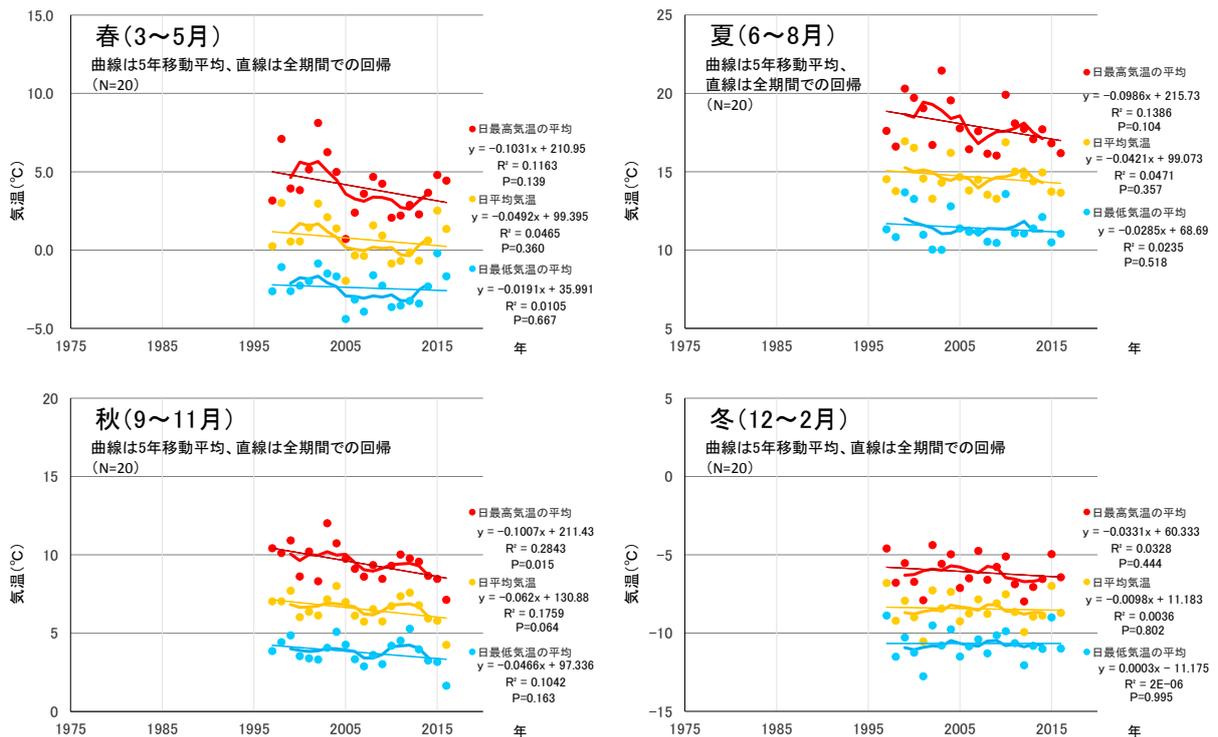


図 1-7 知床峠における日平均・日最高・日最低気温の年間平均値の経年変化
 (データ提供：国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部)

・将来予測

前述のように、今後も知床の気温上昇が続く可能性は高いと考えられる。このため、気象情報の継続的な収集と地域生態系のモニタリングは必須と思われる。

(2) 降雪

・現状

宇登呂・羅臼における気象庁 HP のアメダスデータを基に冬季の総降雪量・降雪日数を整理したところ、全体的に減少傾向が見られた(図 1-8~1-13、表 1-2)。

なお、年最大積雪深について、上述のアメダスデータ及び国土交通省北海道開発局釧路開発建設部の知床峠(正式名称は見返り峠だが、観測所名が知床峠のため、以下「知床峠」に統一する)におけるデータを基に近年の変動を整理したところ、増減の傾向ははっきりしなかった(図 1-14)。

表 1-2 過去の降雪データから求めた 10 年当たりの各降雪指標の変化

場所及び データ年数	降雪日数の変化率 (日/10年)	降雪量の変化率 (cm/10年)	最深積雪の変化率 (cm/10年)
宇登呂 1989-2016年 (N=28)	-11.3	-9.1	+11.5
	P=0.013*	P=0.735	P=0.138
羅臼 1986-2016年 (N=31)	-18.0	-144.8	-1.6
	P<0.001**	P=0.002**	P=0.793
知床峠 1997-2016年 (N=17)	—	—	+10.2
	—	—	P=0.638

※ P<0.01 で有意に差が見られた箇所を**、P<0.05 で有意に差が見られた箇所を*で表している。

※ 降雪が増加した箇所を背景色オレンジ色、減少した箇所を背景色水色で表しており、特に有意に差が見られた箇所を濃い色で表した。

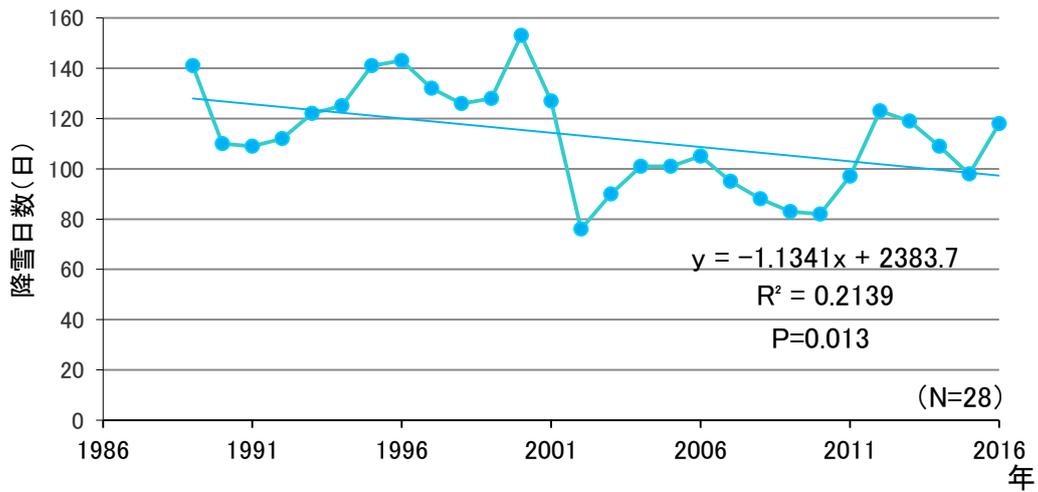


図 1-8 宇登呂における冬季の降雪日数の経年変化

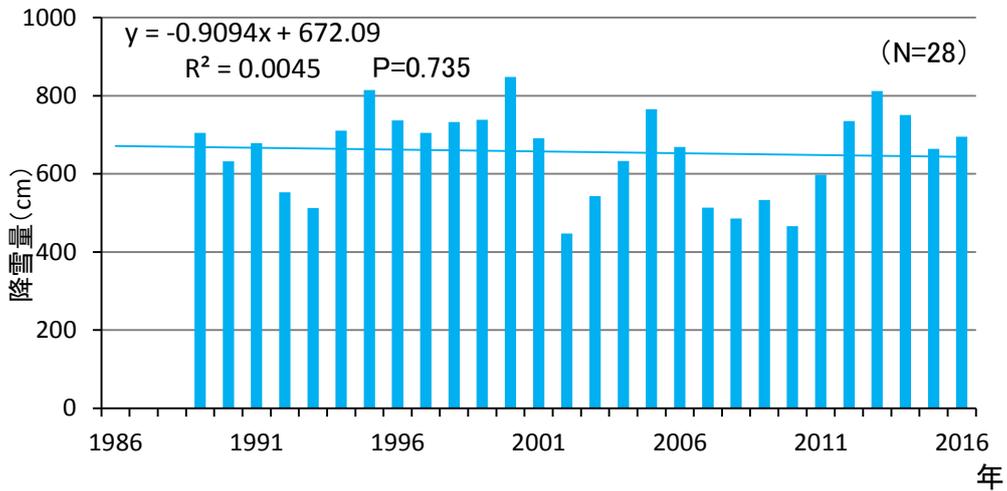


図 1-9 宇登呂における冬季の降雪量の経年変化

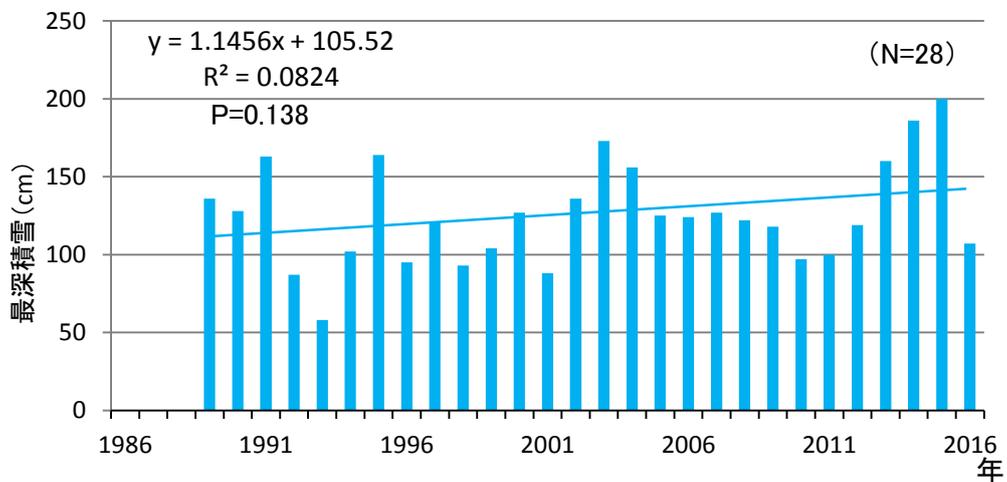


図 1-10 宇登呂における冬季の最深積雪の経年変化

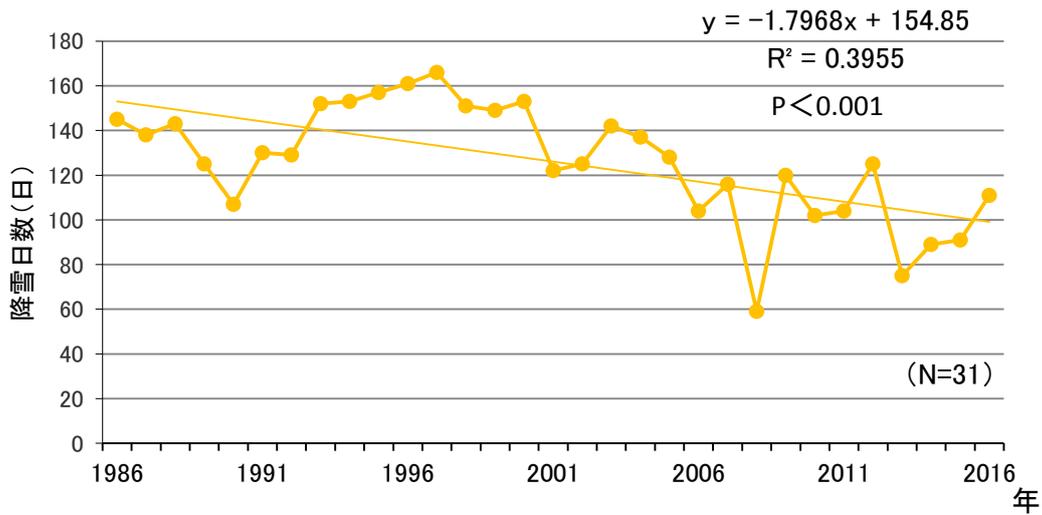


図 1-11 羅臼における冬季の降雪日数の経年変化

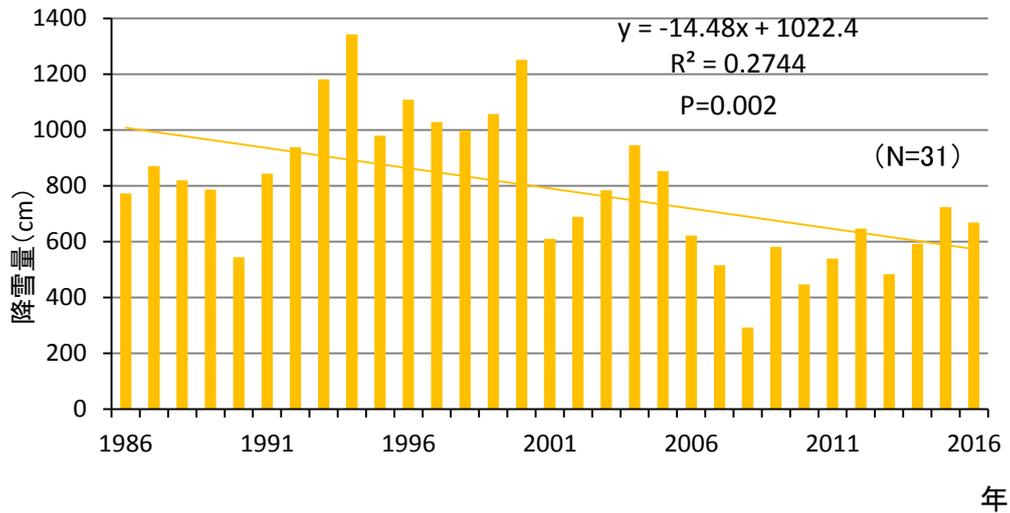


図 1-12 羅臼における冬季の降雪量の経年変化

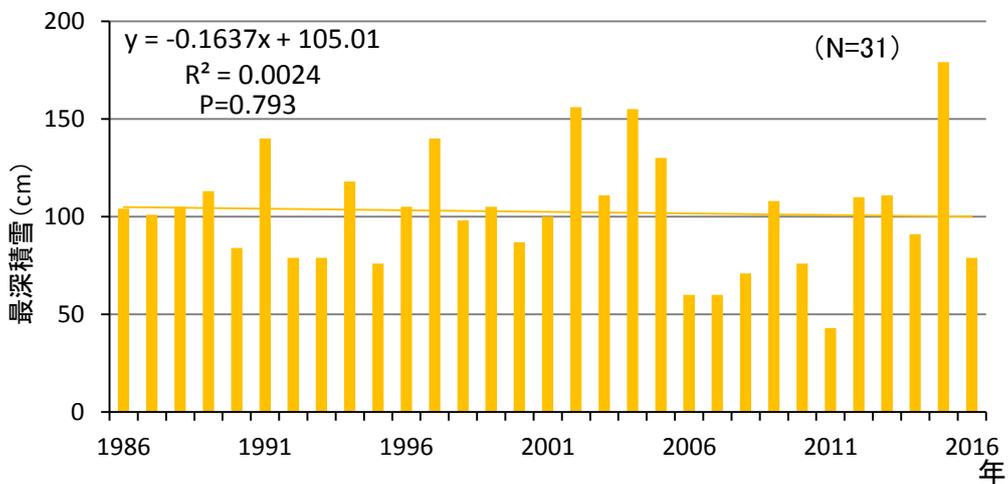


図 1-13 羅臼における冬季の最深積雪の経年変化

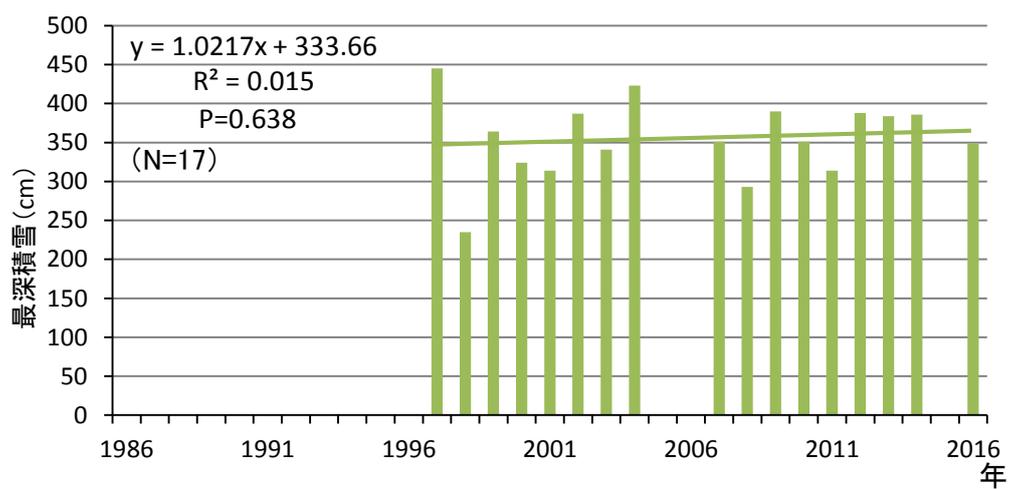


図 1-14 知床峠における年最大積雪深の経年変化

・将来予測

前述のとおり、今後も降雪の減少が続く可能性は高いと考えられる。降雪日数の減少、降雪量の減少は地温への影響など森林生態系への環境変動として注目すべき要因と思われる。

(3) 降水量

・現状

気象庁 HP のアメダスデータを基に、宇登呂・羅臼・知床峠における年間降水量を整理した。全観測地とも、増加傾向が明らかとなった（図 1-15～18、表 1-3）。

表 1-3 過去の降水データから求めた 10 年当たりの各降水指標の変化

場所及び データ年数	年降水量の変化率 (mm/10 年)	季節別の変化率 (mm/10 年)			
		春 (3~5 月)	夏 (6~8 月)	秋 (9~11 月)	冬 (12~2 月)
宇登呂 1979-2016 年 (N=38)	+ 108.0	+ 30.7	+ 38.9	+ 15.5	+ 23.0
	P=0.004**	P=0.036*	P=0.104	P=0.432	P=0.090
羅臼 1978-2016 年 (N=39)	+ 55.0	+ 3.6	+ 33.6	- 5.9	+ 23.6
	P=0.198	P=0.832	P=0.220	P=0.773	P=0.067
知床峠 1997-2016 年 (N=20)	+ 177.5	+ 68.8	+ 34.2	+ 42.4	+ 36.9
	P=0.152	P=0.027*	P=0.690	P=0.676	P=0.032*

- ※ P<0.01 で有意に差が見られた箇所を**、P<0.05 で有意に差が見られた箇所を*で表している。
- ※ 降水量が増加した箇所を背景色オレンジ色、減少した箇所を背景色水色で表しており、特に有意に差が見られた箇所を濃い色で表した。

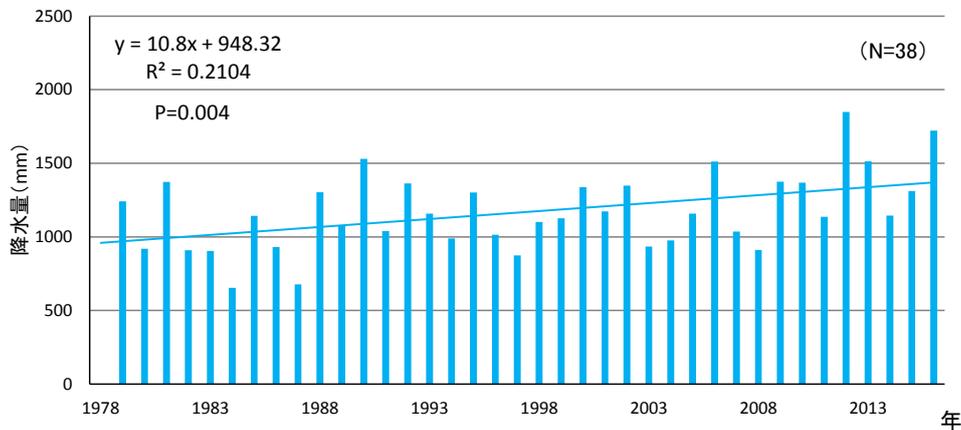


図 1-15 宇登呂における年間降水量の経年変化

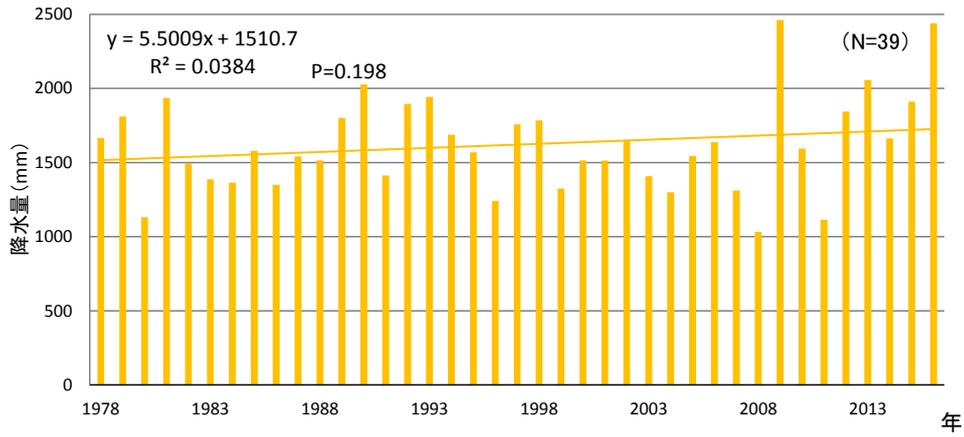


図 1-16 羅臼における年間降水量の経年変化

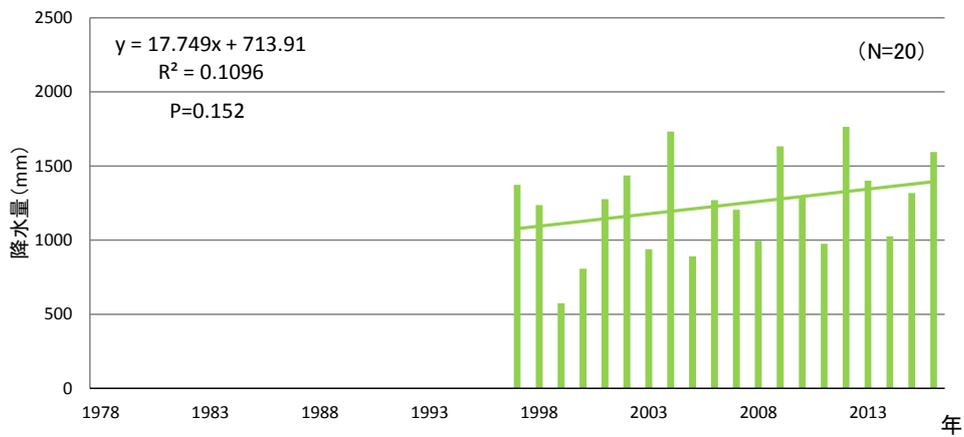


図 1-17 知床峠における年間降水量の経年変化

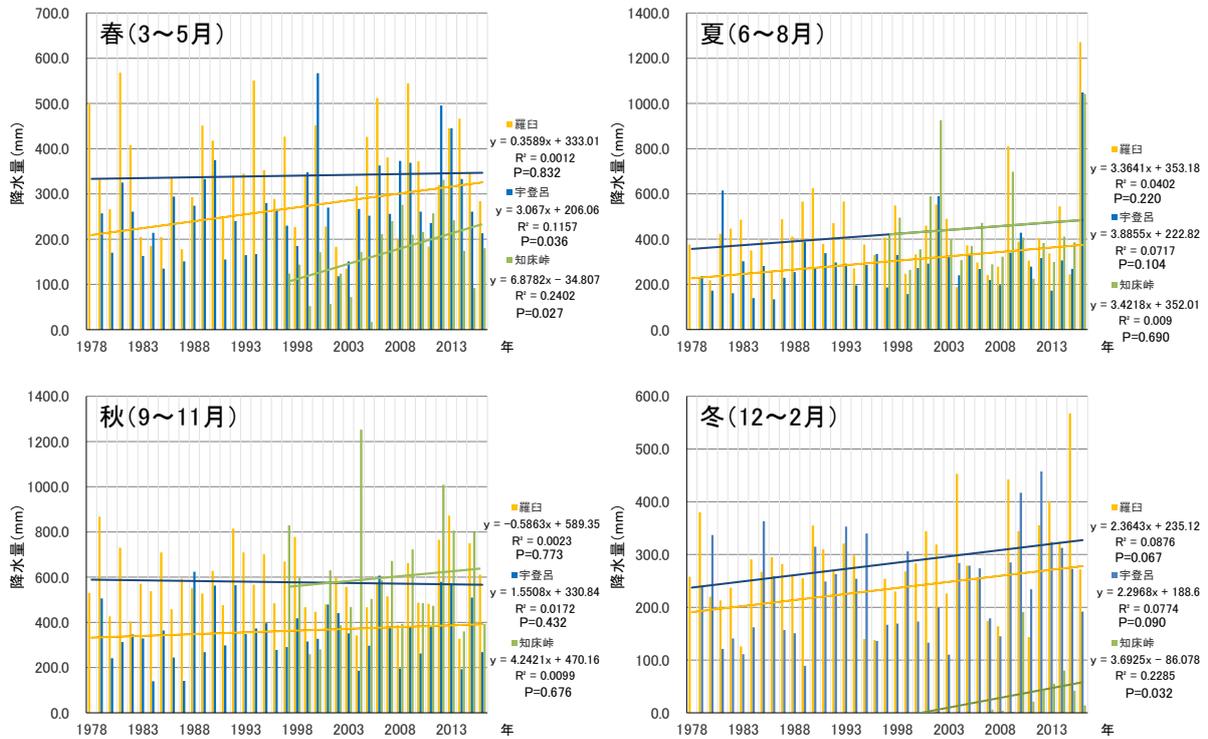


図 1-18 宇登呂、羅臼、知床峠における年間降水量の経年変化 (季節別)

- ・将来予測

当地域の気候変動に関する近年の傾向を踏まえると、今後も年降水量の増加が続く可能性は高いと考えるべきである。

(4) 河川水温

・現状

河川水温については、「平成 25・26・27 年度知床半島におけるオショロコマ生息等調査事業報告書」¹²³から、16 河川における 2000 年～2015 年の河川水温データを入手し、近年の変動を整理した(図 1-19)。欠測期間があったため、一月の 8 割を占める 24 日以上の測定値があり、計 5 年間以上の計測データがあるものを整理対象とした。調査対象は 10 河川であり、水温上昇が大きくオショロコマの生息に大きな影響を与える夏季水温の月平均値を算出したところ、上昇傾向を判断できる河川は見られなかった。

一方、白岩ら(2006)⁴の気候変動による河川水温への影響研究は、注目すべき成果と思われる。当研究では宮城県の名取川水系の流出解析による河川の水深・流速の算出、さらに、河川水温に影響する熱収支の計算が行われた。こうした諸推定値をもとに仮想的に気温を上昇させた条件で河川水温の変化を予測している。その結果として気温の上昇に伴い水温も上昇することを明らかにしている。

また、河川水温と気温(宇登呂・羅臼における気象庁アメダスデータ)について、月平均の相関関係を調べたところ、全ての河川において正の相関関係があった(図 1-20)。この結果は、上記の予測を裏付けている。

¹ 北海道森林管理局(2014)「知床半島におけるオショロコマ生息等調査事業報告書」

² 北海道森林管理局(2015)「知床半島におけるオショロコマ生息等調査事業報告書」

³ 北海道森林管理局・(株)森林環境リアライズ(2016)「知床半島におけるオショロコマ生息等調査事業報告書」

⁴ 白岩・風間・沢本(2006)「気候変動による河川水温の影響」(水工学論文集第 50 巻: 1063-1068)

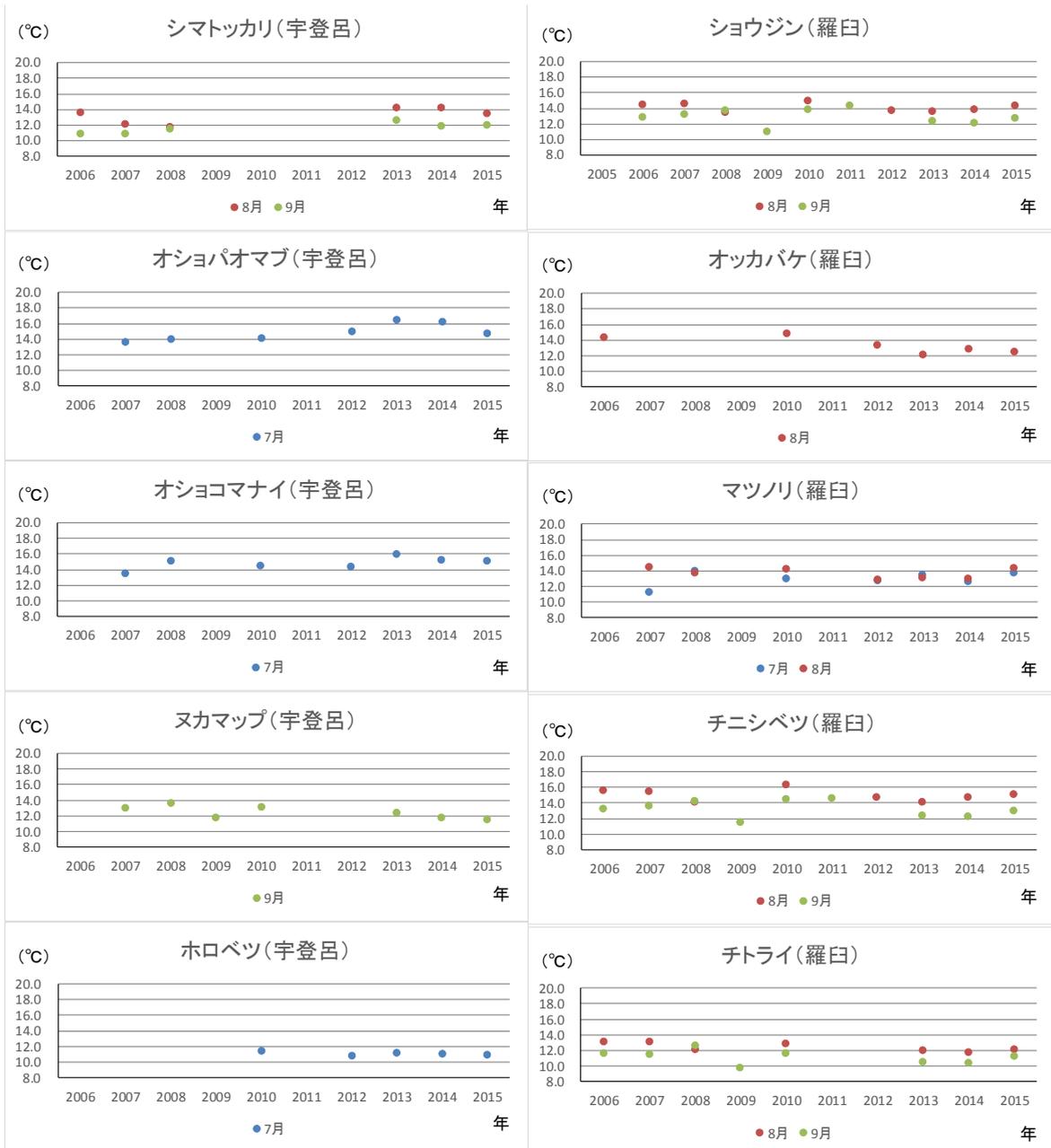


図 1-19 各河川における河川水温の経年変化
 (平成 25・26・27 年度知床半島におけるオショロコマ生息等調査事業報告書データより作成)

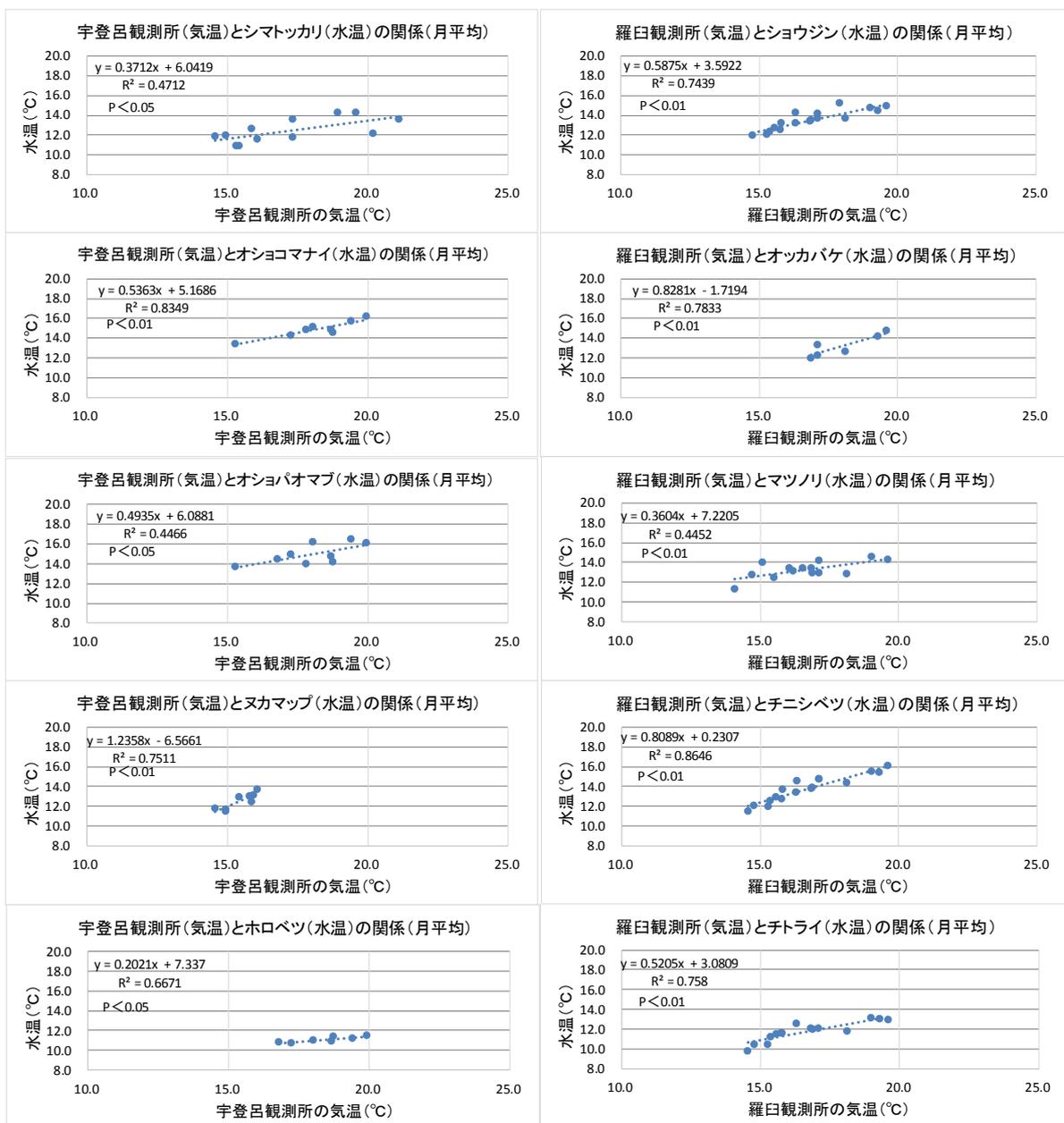


図 1-20 各河川における河川水温と気温の相関関係

• 将来予測

前述のとおり、今後温暖化によって河川水温も上昇していく可能性が高いと考えられる。

(5) 河川工作物の存在（気候変動ストレスを加速させる要因）

河川工作物については、物理的に魚類の遡上を妨げるほか、以下に述べるメカニズムによって水温上昇を引き起こす要因となっている。

・河川工作物（堰堤）の存在による水温上昇のメカニズム

鷲見ほか(2016)の研究⁵によると、河川工作物として堰堤が設置されると(1)堰堤部滝落ち部分、(2)滝壺プール分、(3)プール直下マウンドとその越流部分、(4)堰堤に向かって浅い流れにラップ状に水面が広がっていく低勾配流路部分、ができる（図 1-21）。このうち特に(4)ラップ状幅広浅水部では、日射の受光面積が大きくなり、水温上昇はこの日射の影響が大きいと予測される。さらに知床半島の金山川下流部の通常区間と連続堰堤区間を比較し、連続堰堤区間における(4)ラップ状幅広浅水部で日射への応答が大きくなり、水温や水温上昇幅が大きくなると報告している。

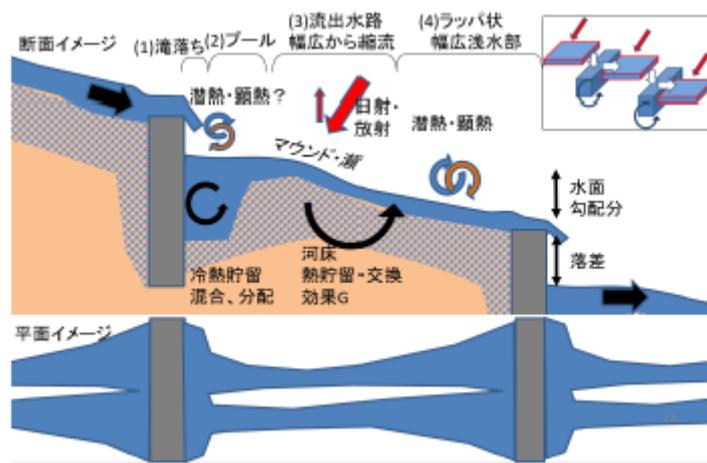


図 1-21 堰堤区間における水流の特徴の概念図（鷲見ほか(2016)より抜粋）

・現状

知床半島は山塊が海岸付近まで迫っているため、河川の多くは海岸付近まで河床勾配が大きい
ため土砂生産が多い。このため、沿岸道路や林道等の安全確保のために河川下流部に連続砂防堰
堤を持つ河川が多い。「知床世界自然遺産地域内で改良した河川工作物の評価」資料（H25 年 3
月）⁶によると、知床世界自然遺産地域内にある 44 河川のうち、14 河川に砂防ダム等の河川工作
物が計 123 基設置されている（図 1-22）。

岸・前川（2008）⁷によると、ダム設置区域におけるオショロコマの密度は、ダムが設置されて
いない区域と比べて有意に低く、その他 9 つの生息環境（林冠の被覆面積、最高水温、水面幅、

⁵ 鷲見・水野・河口(2016)「連続砂防堰堤を持つ河川の水温形成に関する研究」(河川技術論文集第 22 巻：475-480)

⁶ 河川工作物ワーキングチーム(2013)「知床世界自然遺産地域内で改良した河川工作物の評価」

⁷ 岸・前川(2008)「Stream-dwelling Dolly Varden (*Salvelinus malma*) density and habitat characteristics in stream sections installed with low-head dams in the Shiretoko Peninsula, Hokkaido, Japan」

早瀬・平瀬・トロの面積、大小の礫の出現頻度)についてもダム設置の有無で有意差が見られた(図1-23)。また、前述の平成27年度「知床半島におけるオショロコマ生息等調査業務」のデータから河川工作物による水温との関係を見ると、全体的には河川工作物密度が高いほど8月の最高水温も高くなる傾向が見られた(図1-24)。

ただし、前述の鷲見ほか(2016)の指摘によると、基底水温は川ごとに大きく異なり、上流域に崩壊地を持つ湧水起源かどうかなどによって差が大きく、夏場の平均水温でも河川ごとに8℃ほどの幅が見られるとのことである。このため、今後、これらの複雑な河川構造を踏まえた調査・研究と将来予測が望まれる。

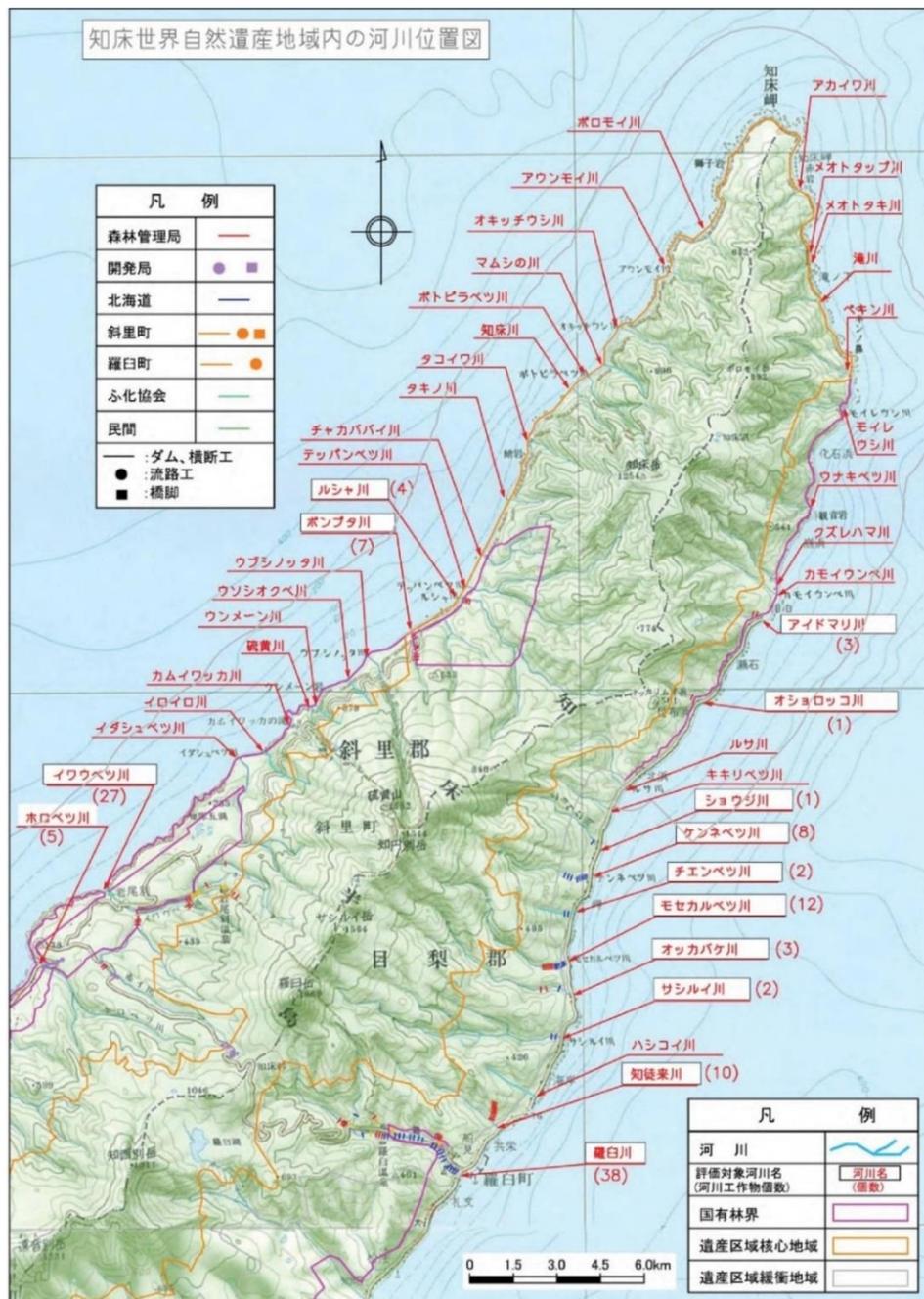


図1-22 知床世界自然遺産地域における河川工作物の設置位置図

(H25年3月「知床世界自然遺産地域内で改良した河川工作物の評価」(河川工作物ワーキングチーム))

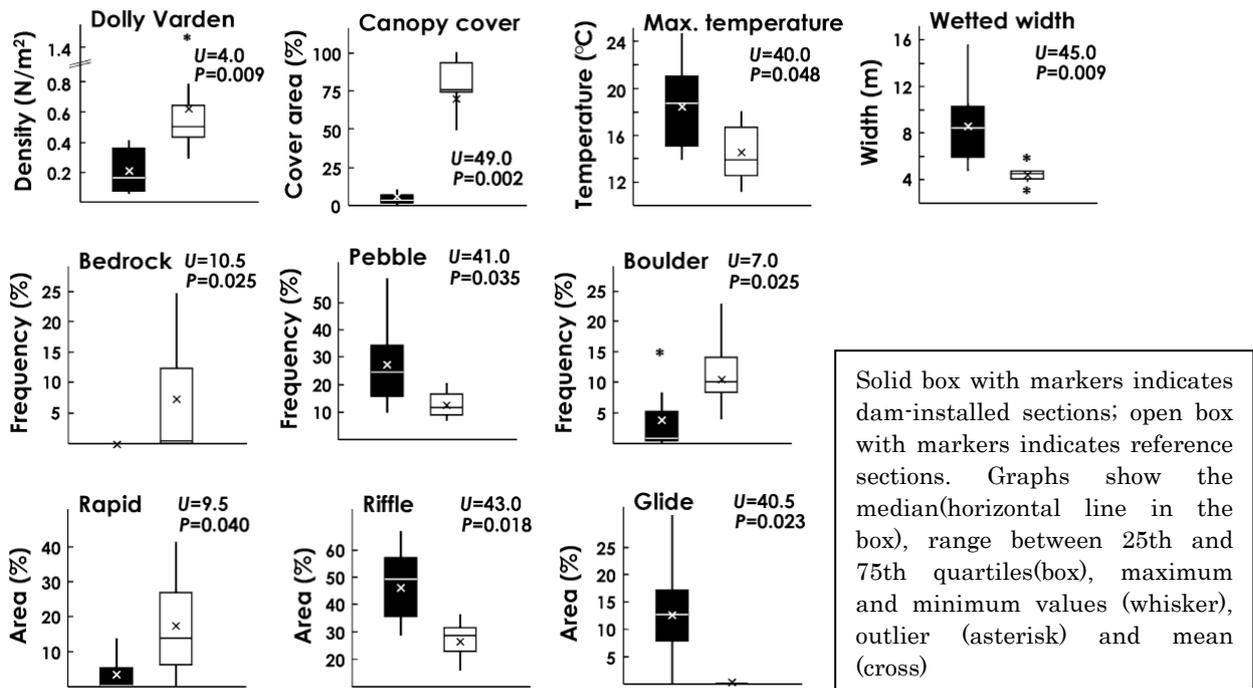


図 1-23 ダムの有無によるオシヨロコマの密度等、生息環境

(黒塗り：ダム設置区域、白抜き：対照区)

(岸・前川(2008)「Stream-dwelling Dolly Varden (*Salvelinus malma*) density and habitat characteristics in stream sections installed with low-head dams in the Shiretoko Peninsula, Hokkaido, Japan」より抜粋)

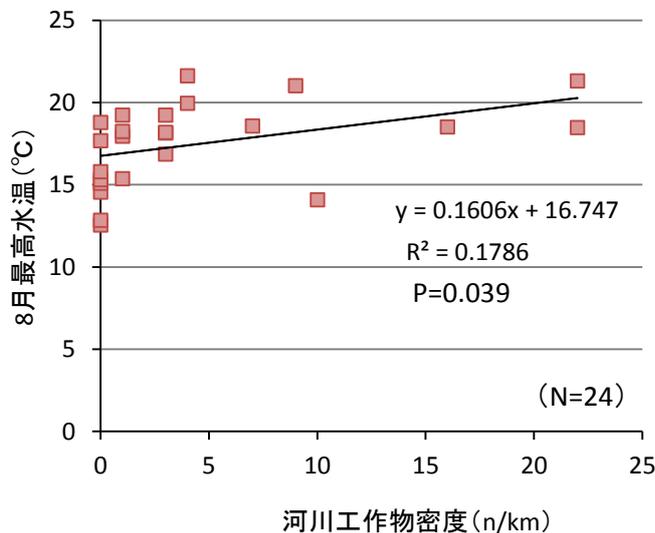


図 1-24 知床の 24 河川*における河川工作物密度と 8 月最高水温 (平成 25~27 年度) の関係 (平成 27 年度「知床半島におけるオシヨロコマ生息等調査業務」のデータを編集)

*各河川の水温が元々異なっていることには注意を要する

・参考（河川工作物による溪畔林環境の悪化）

河川工作物による森林生態系への影響について、①砂防ダム建設時の工事用道路や資材搬入施設の敷設、工作物本体の建設、②河川周辺の狭い範囲に帯状に成立する溪畔林の伐採、③施設の完成にともなった攪乱による水没枯死樹木の存在、④土砂堆積による植生変化、が報告されている（崎尾・鈴木 1997）⁸。

特に河畔林の有無は重要で、北海道の幌内川における水面熱収支の計算では、河畔林が伐採された場合、最高水温が4度程度上昇すると推測されている（中村・百海 1989）⁹。

⁸ 崎尾・鈴木(1997)「水辺の森林植生（溪畔林・河畔林）の現状・構造・機能および砂防工事による影響（シリーズ『環境と調和した砂防を考える』-2）

⁹ 中村・百海(1989)「河畔林の河川水温への影響に関する熱収支的考察」（日林誌 71(10)'89)

3-1-2. 影響が懸念される森林生態系構成要素

知床では、i) 北半球の最も低緯度における海氷形成の影響を受けた海域及び陸域の生産性の高さ、海域と陸域の生態系の相互作用、ii) 大陸からの北方種と本州からの南方種が混在することによる絶滅危惧種や固有種を含む豊富で多様な動植物の生息・生育地、の2点が顕著な普遍的価値(OUV)として認められている。

これらを踏まえ、森林生態系や生物多様性を構成する要素・生物種のうち、前述の4つのストレス(気温の上昇、降雪の減少、降水量の減少、河川水温の上昇)に強く影響を受けるものとして、気温や積雪量が生息範囲を限定する「雪田植生」、「ハイマツ群落」、「高層湿原」、及び河川水温により生息が限定される「オショロコマ」の4つを取り上げることとした。

(1) 雪田植生

【ストレス要因との関連】

雪田植生は積雪の深さおよび期間に強く依存して成立していることから、雪溪の生成・衰退の主要因である降雪及び気温変化によってストレスを受けると思われる。

【ストレス要因が与える影響】

気温の上昇や降雪量の減少は雪量の消失時期を早め、土壌の乾燥化を引き起こすため、雪田植生がハイマツ群落や広葉樹林へ遷移することが予測される。このことは、白山の千蛇ヶ池雪溪(名取 2006)¹⁰や大雪山のヒサゴ沼雪溪(工藤 2014)¹¹における雪溪の規模縮小や消失時期の早期化及び、白山の南龍ヶ馬場や弥陀ヶ原における雪田植生・湿田の減少(古池ほか 2014, 2015)¹²からも裏付けられている。

【影響の深刻度】

雪田植生には、固有の希少種があり、知床における生物多様性の重要な要素である。雪田植生の消失は、OUVを成す生物多様性に重大なインパクトを与えるため、気候変動の影響は深刻と考えられる。

【今後影響が生じる可能性】

2011年度・2012年度事業では、羅臼平付近を対象とし、1958年と2004年の航空写真を活用し、ハイマツ群落、雪田植生等の面積率変化を調べている(表1-4、図1-25)。雪田植生の面的な減少傾向が確認されなかったことから、近年の気温・降雪の変化傾向は当地域の雪田植生にとってまだ大きなストレス要因になっていない可能性がある(図1-26)。但し、撮影航空写真が白黒アナログ撮影であり、面積評価に誤差のあること、GISソフトによる簡易的な幾何補正(座標系が定義されていない航空写真と地形図をGIS上で重ね合わせて、道路など目印となる地物を基に位置合わせを実施し、航空写真に位置情報を付与)による歪みが大きかったことなどに留意する必要がある。

なお、2017年度は最新のデジタルオルソフォト写真の判読と現地踏査により植生図を作成して

¹⁰ 名取(2006)「温暖化の高山植物への影響—温暖化影響モニタリングの可能性—」(地球環境 vol.11No.1: 21-26)

¹¹ 工藤(2014)「気候変動下での山岳生態系のモニタリング意義とその方向性」(地球環境 vol.19No.1: 3-11)

¹² 古池ほか(2014・2015)「白山の高山帯・亜高山帯の植生地理とその長期変動1・2」(石川県立自然史資料館研究報告)

いるため（図 1-27）、今後はこれを基準にした継続判読が望まれる。

表 1-4 航空写真判読による植生区分

植生区分	概要
雪田植生	矮性低木・広葉草本・禾本類からなる雪田植生（アオノツガザクラ、シオガマガク、キンチャクスゲ、タカネトウウチソウ、イワギキョウ等）
ハイマツ帯	ハイマツが優占する低木林
ダケカンバ林	ダケカンバが優占する広葉樹林
針広混交林	ダケカンバが優先する林の所々に、群落状にハイマツやトドマツ（低木林）が混交する
岩石地・砂礫地	羅臼岳山頂付近に露出する溶岩ドームや火山噴出物に由来する砂礫地。

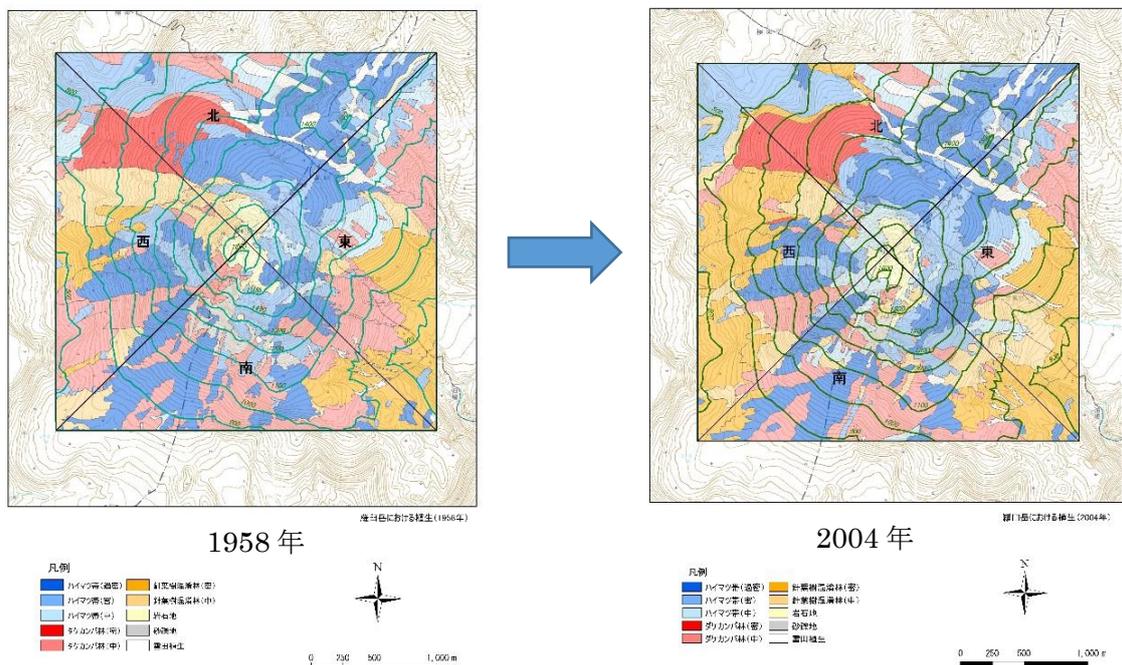


図 1-25 羅臼岳周辺の新旧航空写真の比較による植物群落分布域の変動

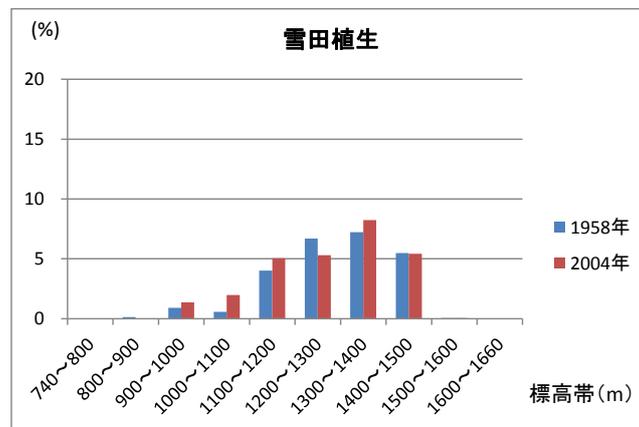
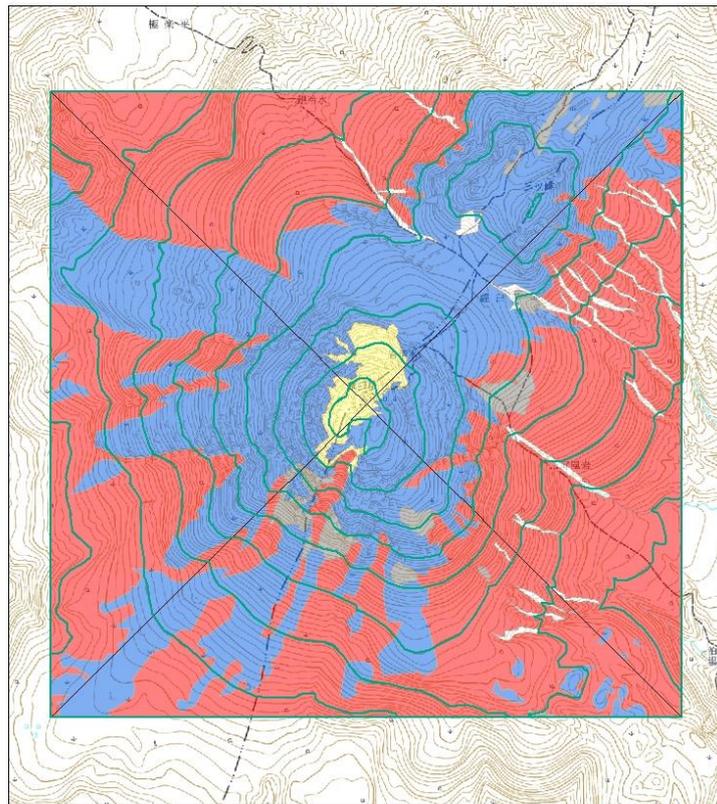


図 1-26 羅臼岳における雪田植生の面積率（標高帯ごとの面積に対する割合）の変化



羅臼岳における植生 (2014年)

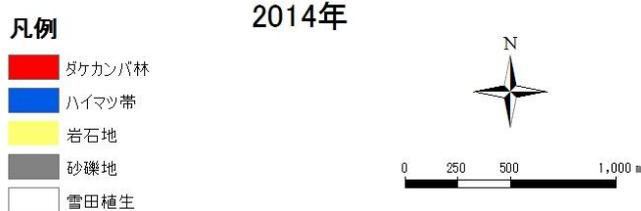


図 1-27 羅臼岳周辺における植生 (2014 年航空写真及び 2017 年現地踏査より作成)

【防止策・低減策とその効果】

気温上昇及び降雪減少により生じるストレスに対しては、有効な防止策・低減策はないと考えられる。

しかしながら、気候変動以外のストレスであるエゾシカの侵入については、捕獲等の対策により低減することができ、現存植生の維持と占有面積の確保が可能である。高山植生へのエゾシカの採食圧による影響は、現在のところ軽微であるが、足跡の痕跡やシカ道は稜線部でも確認されている¹³。こうしたエゾシカの採食による植生へのストレス対策やその実施体制の整備が雪田植生を維持する適応策になり、その効果は大きいと考えられる。

¹³ 釧路自然環境事務所、北海道森林管理局、北海道(2017)「第3期知床半島エゾシカ管理計画」

(2) ハイマツ群落

【ストレス要因との関連】

ハイマツ群落の分布高度は大局的には気温条件によって規定されると考えられている（大森ほか1989）¹⁴。また、極寒季は雪に守られて越冬できることが重要であり、ハイマツ群落高は概ね積雪深の増大とともに高くなるとされる（沖津ほか1983）¹⁵。このため、降雪及び気温変化はハイマツ群落の生育、分布に大きな影響を与えられとされる。

【ストレス要因が与える影響】

気温上昇や積雪深の減少によってハイマツの生育条件が悪化するため、**低標高域のハイマツ群落は他の植物群落に遷移し、より高標高域にハイマツ群落が移動すること**が予測される。

例えば、大雪山の五色ヶ原やアポイ岳では、ハイマツの分布域の高標高域への拡大が報告されている（金子ほか2014、西川ほか1993）^{16,17}。

一方、春の雪解けの早まりから凍霜害の頻度が高まり、日本高山帯各所での春先のハイマツの枝枯れが報告されている（名取2006）¹⁸。

【影響の深刻度】

知床のハイマツ群落は、全体としては、高標高域へ移動すると思われるが、雪田植生等と比較するとハイマツ一種が中心であって、群落を構成する種の多様性は高くない。ただし、ホシガラスがハイマツ群落を営巣地や採餌場として利用するほか、ヒグマやシマリスが季節的に種子を食物として利用していることから、ハイマツ群落の他生物への影響は考慮すべきことと思われる。すなわち、これらの動物種にとって、生息地域内におけるハイマツ群落の分布状況の変化は重要であろう。しかしながら、これらの動物種は移動能力も高いため、ハイマツ群落の変化は OUV を成す生物多様性へのインパクトとして少ないと考えられる。

【今後影響が生じる可能性】

2011年度・2012年度事業において、羅臼平付近を対象とし、1958年と2004年の航空写真を活用し、ハイマツ群落、雪田植生等について、面積率の比較が行われている（前述、表1-4、図1-25）。その結果、標高1200m未満でハイマツ群落が減少し、標高1200m以上では増加する傾向が見られる（図1-28）。

すなわち、温暖化による高山地帯のハイマツ群落の高標高域への移動が予測され、こうした移動も継続する可能性が高いと考えられる。ただし、移動には、土壌条件、水分条件、積雪条件な

¹⁴ 大森、柳町(1989)「北海道におけるハイマツ帯下限およびダケカンバ帯上限、下限の温度領域」(地学雑誌 98-1 : 1-18)

¹⁵ 沖津、伊藤(1983)「ハイマツ群落の動生態学的研究」(環境科学：北海道大学大学院環境科学研究科紀要, 6(1):151-184)

¹⁶ 金子ほか(2014)「空間情報を用いた高山帯の植生変化と環境変動のセンサス」(地球環境 Vol.19 No.1 : 13-21)

¹⁷ 西川ほか(1993)「アポイ岳における御花畑の縮小とそれに伴う高山植物相の変化」(北海道環境科学研究センター20号 : 89-96)

¹⁸ 名取(2006)「温暖化の高山植物への影響—温暖化影響モニタリングの可能性—」(地球環境 Vol.11 No.1 : 21-26)

どの諸要因が十分でなければならないので、すべてのハイマツ群落にあてはまるか、検討の余地がある。また、すでに山頂付近に生育するハイマツ群落はそれ以上の高度に移動できないことを留意すべきである。

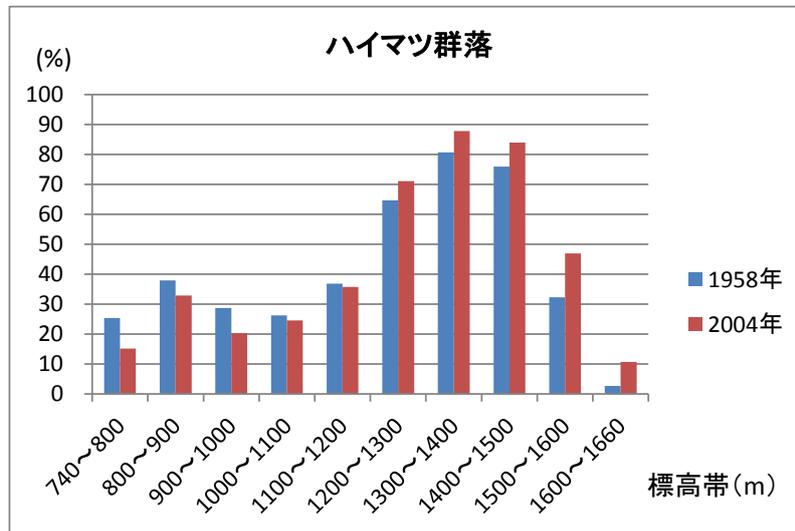


図 1-28 羅臼岳におけるハイマツ群落の面積率（標高ごとの面積に対する割合）の変化

【防止策・低減策とその効果】

ここで取り上げたハイマツ群落の場合、気温変化などの影響の深刻度が低いため、現段階では、気温の上昇や降雪の減少により生じるストレスに対する防止策・低減策を検討する必要性は低いと思われる。しかしながら、前述のとおり、気候変動に対応したハイマツ群落の移動が諸要因により制限される可能性もあるため、植生のモニタリングは継続することが望ましい。

(3) 高層湿原

【ストレス要因との関連】

高層湿原は雪解け後に過湿状態となる水はけの悪い立地に成立する。積雪量が減少した場合、湿原の水量変化による乾燥化をもたらす、非湿原植物（ササ等）の侵入が可能となる。さらに、気温の上昇は泥炭分解（微生物活性の増加）による栄養元素（窒素、リン等）の放出をもたらす、非湿原植物の侵入を促進させる。このため、降雪及び気温のパターンが変化することによって高層湿原は大きなストレスを受けると考えられる。

【ストレス要因が与える影響】

気温上昇及び降雪量の減少によって、高層湿原域の乾燥化が生じ、ラウスグエ等の希少な植物種とともに高層湿原が消失すると予測される。

上越山地平ヶ岳湿原では、乾燥化による湿原への非湿原植物（ハイマツ、チシマザサ等）の侵入が報告されており（安田ほか 2001）¹⁹、上越国境一帯では、積雪量が減少していることも示されている（安田ほか 2006）²⁰。また、大雪山国立公園では、高山湿性草原へのササの侵入が顕著であり（過去 30 年間で 47%も拡大）、ササの密生集団の形成は、ササによる被圧によって高山植生の種多様性減少をもたらすことが明らかにされている²¹。

さらに、東北から中部山岳にかけての山地（特に日本海側に近い山地）には泥炭を基盤とする湿原が多数散在しているが、現在縮小傾向にあり、その主要因は積雪量の変動であるとされている（安田 2007）²²

【影響の深刻度】

知床における生物多様性の重要な要素である高層湿原及び希少種の消失は、OUV である生物多様性に重大なインパクトを与えるため、影響は深刻と考えられる。

【今後影響が生じる可能性】

2012 年度事業において羅臼湖周辺の高層湿原を対象として、1958 年と 2004 年の航空写真を活用し、湿原植生域及び矮性低木林域等の面積率の比較が行われている（表 1-5、図 1-29）。その結果をみると、湿原（湿原植生域）が減少し、矮性低木林域（ハイマツ群落）が増加している（図 1-30）。このように、影響が既に生じており、高層湿原の減少は今後も続くと考えられる。但し、撮影航空写真が白黒アナログ撮影であることからの誤差、GIS ソフトによる簡易的な幾何補正（座標系が定義されていない航空写真と地形図を GIS 上で重ね合わせて、道路など目印となる地物を基に位置合わせを実施し、航空写真に位置情報を付与）による歪みが大きかったことには留意する必要がある。

なお、2017 年度は最新のデジタルオルソフォト写真の判読と現地踏査により植生図を作成して

¹⁹ 安田・沖津(2001)「上越山地平ヶ岳湿原の乾燥化に伴うハイマツ・チシマザサの侵入」(地理学評論 74A-12 : 709-719)

²⁰ 安田・沖津(2006)「上越国境山地における積雪の長期変動—平ヶ岳の植生変化に関連して—」(地理学評論 79-10 : 503-515)

²¹ 川合・工藤(2014)「大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響」(地球環境 Vol.19 No.1 23-32)

²² 安田・沖津(2007)「東日本日本海側多雪山地における山地湿原の縮小要因」(食と緑の科学 第 61 号 : 1-5)

いるため（図 1-31）、今後はこれを基準に変化を見ていくことが望まれる。

表 1-5 航空写真判読による植生区分

植生区分	概要
湿原	ミズゴケやスゲ類が優占する湿原植生部分
低木湿地	ハイマツが優占する矮性低木林域
広葉樹	ダケカンバが優占する広葉樹林帯
針葉樹	エゾマツ、トドマツが優占する針葉樹林帯

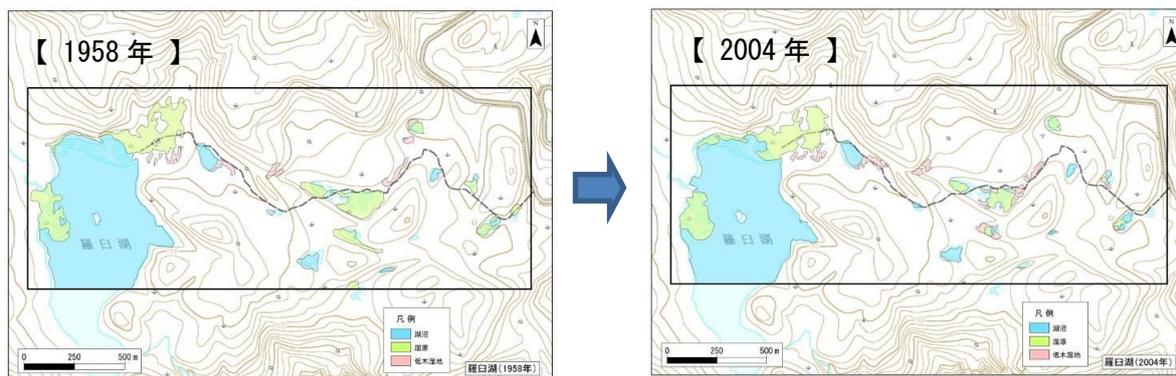


図 1-29 羅臼湖周辺の新旧航空写真の比較による湿原植生分布域の変動

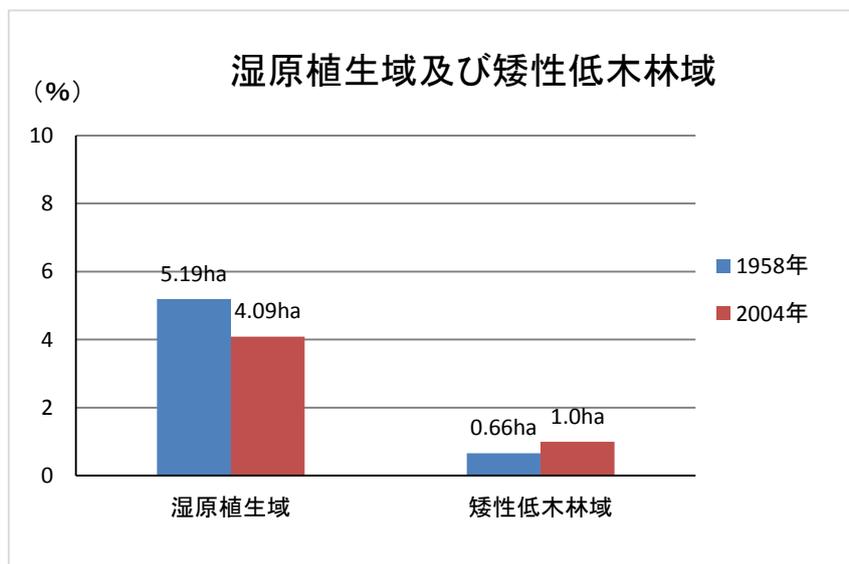


図 1-30 羅臼湖周辺における湿原植生域と矮性低木林域（ハイマツ優占林）の面積率（標高ごとの面積に対する割合）の変化

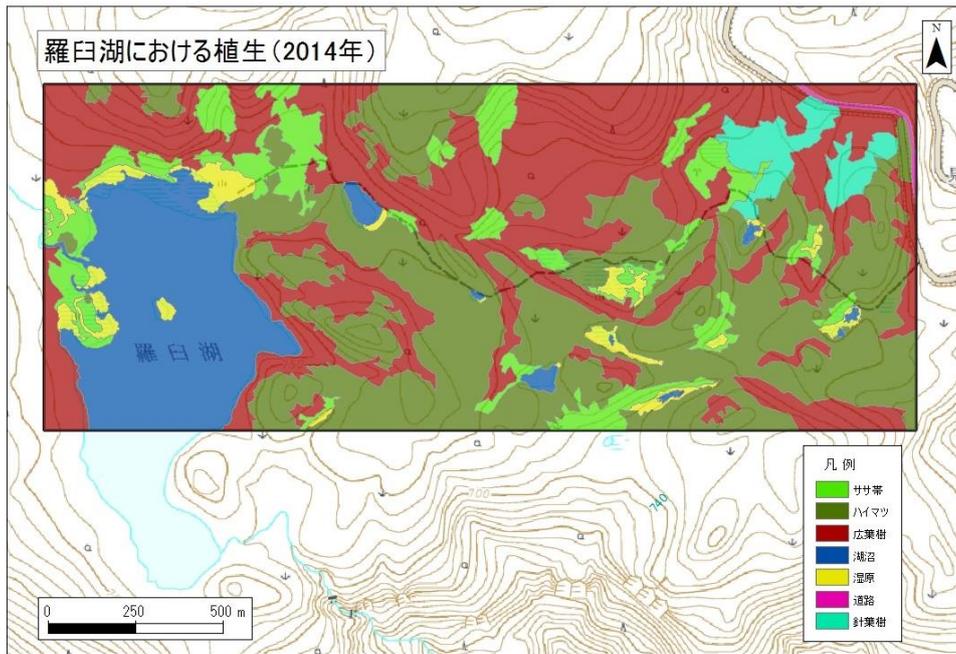


図 1-31 羅臼湖周辺における植生（2014 年航空写真及び 2017 年現地調査より作成）

【防止策・低減策とその効果】

気温上昇及び降雪減少により生じるストレスに対しては、有効な防止策・低減策はないと考えられる。

しかしながら、気候変動以外のストレスであるエゾシカの侵入については、対策により低減することができ、現存植生の維持と占有面積の確保が可能である。既に羅臼湖ではエゾシカによる踏み跡や採食痕が確認されている²³。こうしたエゾシカによる踏圧や採食ストレスへの対策やその実施体制の整備が高層湿原を維持する適応策になり、その効果は大きいと考えられる。

²³ 釧路自然環境事務所、北海道森林管理局、北海道(2017)「第3期知床半島エゾシカ管理計画」

(4) オショロコマ

【ストレス要因との関連】

オショロコマは河川水温が 16℃で採餌活性の低下が見られ、20℃～22℃でほぼ採餌が停止することが報告されており²⁴、夏の河川水温が 20℃を上回らないことが必要と指摘されている²⁵。このため河川水温の変化が本種へのストレスとなる可能性が高い。

また、前述のとおり、河川工作物も水温を上昇させる効果があるため、河川工作物の存在がストレスにつながっている可能性がある。

【ストレス要因が与える影響】

河川水温の上昇は、オショロコマの生育環境を悪化させ、個体数が減少することが予測される。

実際、知床 24 河川における 8 月の最高水温とオショロコマの生息密度には負の相関 ($r=-0.63$, $p<0.01$) があることも報告されている (図 1-32)。

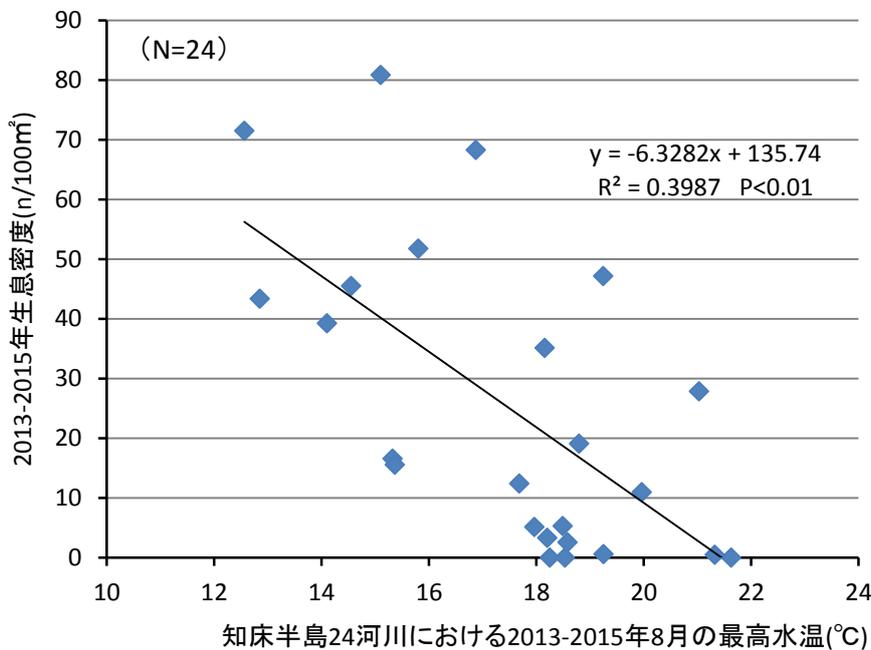


図 1-32 知床半島 24 河川における 8 月の最高水温とオショロコマ生息密度との関係
(平成 27 年度知床半島におけるオショロコマ生息等調査事業報告書より抜粋)

【影響の深刻度】

知床においてオショロコマは、希少種かつ河川生態系ピラミッドの頂点とされる猛禽類のシマフクロウの夏場の重要な餌となっている。

オショロコマの減少が OUV である「海と陸の生態系の相互作用」及び「生物多様性」に重大なインパクトを与えるおそれがあり、温暖化影響は深刻と考えられる。

²⁴ Takami, T., F. Kitano and S. Nakano. 1997. High water temperature influences on foraging responses and thermal deaths of Dolly Varden *Salvelinus malma* and White-spotted Charr *Salvelinus leucomaenis* in a laboratory. *Fish. Sci.*, 61: 926-930

²⁵ 平成 27 年度知床半島におけるオショロコマ生息等調査事業報告書 (北海道森林管理局)

【今後影響が生じる可能性】

現時点で予測される影響が実際に生じているかは不明であるが、気温の上昇傾向が続く可能性が高いことを踏まえれば、オショロコマに影響を及ぼす程度の水温上昇が起きる可能性は否定できないと考えられる。

【防止策・低減策とその効果】

気候変動要因による河川水温の上昇に対しては、有効な防止策・低減策はないと考えられる。ただし、河川工作物が存在する場合には、それらが水温上昇を助長しているので、工作物の改良あるいは除去、また溪畔林の再生が水温上昇の低減策となりうる。