

I 世界自然遺産「知床」の森林生態系における気候変動の影響の モニタリングプログラム

1. はじめに

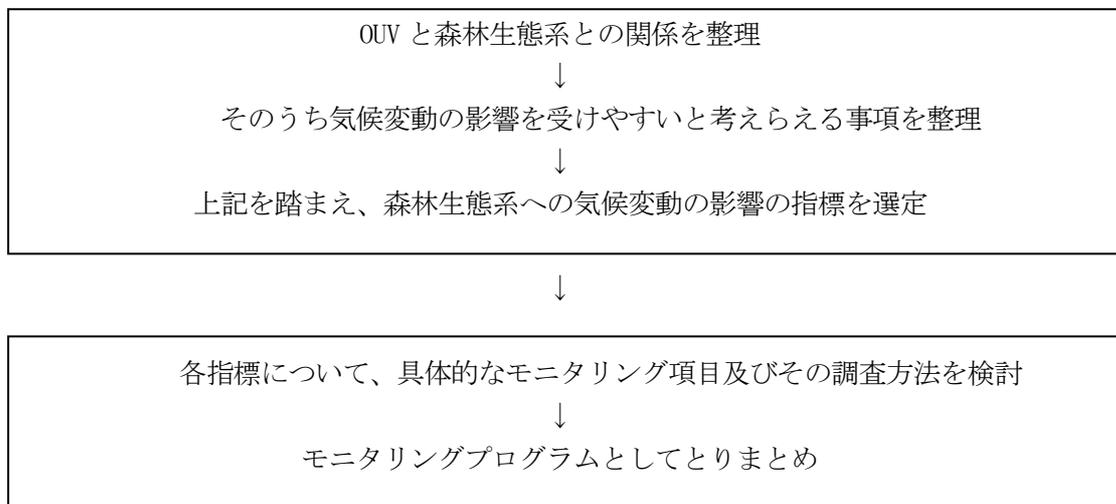
近年、世界各所において、温暖化等気候変動により、氷河や流氷の減少、海水面の上昇、局所気象の変化等が引き起こされ、そのような現象が、世界遺産地域の顕著な普遍的価値（Outstanding Universal Value 以下、「OUV」という。）に負の影響を及ぼすことが危惧されている。

そこで、第16回世界遺産条約締約国会合（2007年）において、気候変動が世界遺産に与える影響を的確に把握するためのモニタリングの必要性が決議された。また、特に知床については、第36回世界遺産委員会（2012年）における知床の保全管理状況に関する評価書において、資産のOUVが気候変動に影響を受けやすいことを考慮し、気候変動の影響への適応戦略の検討を加速すべきとの指摘がされた。

このため、知床について、気候変動による影響のモニタリングを行うことが急務となっており、その計画の作成及び気候変動の影響への適応策を検討することが課題となっている。

本事業では、その基礎として、世界遺産地域の大部分を占める森林生態系を対象として、気候変動の影響を把握するためのモニタリングプログラムの開発等を行った。

モニタリングプログラムの開発に当たっては、気候変動の森林生態系に係るOUVへの影響を的確に把握できるプログラムとするため、以下の手順で検討を行った。



2. 森林生態系における気候変動の影響の指標の選定

(1) 知床のOUVと森林生態系との関係の整理

知床のOUVとしては、次の2点が認められている。

- i) 海と陸の生態系の相互作用（クライテリア(ix)）
- ii) 生物多様性（クライテリア(x)）

これらと森林生態系との関係を次のとおり整理した。

i) 海と陸の生態系の相互作用 (クライテリア (ix))

- ・カラフトマス、シロザケ等降海型サケ科魚類及びそれらの種との相互作用の強い河川残留型サケ科魚類 (オシヨロコマ) の生息は、森林生態系の特に河川の環境 (流量、水質、水温、溪畔林等) と密接な関わりを持っている。

ii) 生物多様性 (クライテリア (x))

- ・知床の生物多様性の高さの価値を表す、希少性の高い鳥類 (シマフクロウ等)、哺乳類 (ヒグマ等)、魚類 (アメマス・サクラマス・オシヨロコマ等)、植物 (雪田植物群落、高層湿原群落、ハイマツ群落、森林限界域の植物群落等) は、森林生態系を構成するものである。

(2) 気候変動の影響を受けやすいと考えられる事項の整理

(1) のうち、気候変動の影響を受けやすいと考えられる事項を次のとおり整理した。

① 羅臼岳西側斜面の植生垂直分布

- ・気温上昇、積雪期間や積雪深の減少に伴い、低標高域及び高標高域の植生構成種が変化する可能性がある。

② 羅臼平付近のハイマツ群落の変動

- ・気温上昇、積雪減少、早期雪解けは、高標高地域のハイマツ群落の植物群落に影響を与える。例えばハイマツ群落は、積雪の中に埋もれていることにより、真冬の寒風及び乾燥から守られていることや、ハイマツは、積雪期間や積雪深が少なくなると、他の植物との競争に負けてしまうことから、気候変動の影響を受けやすい。また、雪田の早期雪解けによって、水平・垂直・季節的に分散し生育していた多様な高山植物群落域が、減少、消滅する可能性がある。さらに、低標高地のハイマツ群落域にダケカンバ優占の針広混交林域が進入し、森林限界が垂直上昇する可能性がある。

③ 羅臼湖周辺の高層湿原の変動

- ・気温の上昇や残雪、雪田の早期融雪に伴い、湿原水温が上昇し、泥炭の分解、湿原水域の変化、湿原域の乾燥化が進み、植物群落が変動する可能性がある。

④ 河川残留型サケ科魚類オシヨロコマの生息状況の変動

- ・夏季最高気温の上昇に伴い河川水温が上昇する可能性があり、オシヨロコマの生息環境が悪化して、オシヨロコマの生息密度が減少、繁殖能力の低下が生じる可能性がある。
- ・その結果、夏季餌量の多くをオシヨロコマに依存しているシマフクロウの餌資源が減少する可能性がある。

(3) 留意事項

- ・オショロコマは、溪流釣りによる影響が多少はあるが、海から遡上してくる他のサケ科魚類と比べて、定置網等漁業による影響が少ないこと、河川水温の上昇に脆弱なことから、気候変動の影響を見ていく指標として適している。
- ・生態系ピラミッドの頂点に位置する猛禽類のシマフクロウは、知床の生物多様性を代表する希少種である。河川残留型のサケ科魚類のオショロコマは、溪畔林を通じて森林と密接に関わっていると同時に、森林生息性のシマフクロウの夏場の餌としての需要が高い種である。

(4) 森林生態系への気候変動の影響の指標の選定

(1) から (3) を踏まえ、知床の森林生態系における気候変動の影響の指標を次のとおり選定した。

指標 1) 気象の変動(気候変動の状況の確認や気候変動による森林生態系への影響の分析を行うために必要)

指標 2) 低標高から高標高までの植生の垂直分布の変動

指標 3) 羅臼平付近のハイマツ群落の変動

指標 4) 羅臼湖周辺の高層湿原の変動

指標 5) 河川残留型サケ科魚類オショロコマの生息状況の変動

指標 6) 台風・異常気象等による森林生態系への被害の変動

3. 気候変動の影響のモニタリングプログラム

2. で選定した各指標について、具体的なモニタリング項目及びその調査方法を次のとおりとりまとめた。

なお、調査頻度は、基本的な調査頻度を記載したものであり、大規模な災害や異常気象が発生した際には、植生等に急激な変化が生じる可能性があるため、この調査頻度に囚われずに調査を実施する必要がある。

(1) 気象の変動

(1) -① 低標高（ウトロ・羅臼）の気温、降水量、積雪深、風速、日照時間

(ア) 調査方法

気象庁アメダスによる気象観測データを収集・整理し、分析を行う。

表 4-I-1 低標高の気象観測の項目

調査地点	観測項目
ウトロ気象観測所	気温（日平均気温、各月の日最高・平均・最低気温、年平均・最高・最低気温）、降水量（年降水量、月毎の日最大降水量、年毎の日最大降水量）、積雪深（年降雪量・月累積降雪量・日最深降雪量）、風速（年最大風速・年毎の日最大風速）、日照時間（年日照時間）
羅臼気象観測所	気温（日平均気温、各月の日最高・平均・最低気温、年平均・最高・最低気温）、降水量（年降水量、月毎の日最大降水量、年毎の日最大降水量）、積雪深（年降雪量・月累積降雪量・日最深降雪量）、風速（年最大風速・年毎の日最大風速）、日照時間（年日照時間）

(注) 気象要因の名称（項目名）については、気象庁の気象観測項目の名称に統一した。

これらの観測所では、時間単位の気温、降水量、降雪量、風速、日照時間の観測が行われており、日・月・年単位及び最大・最小・平均値の集計が行われている。そのデジタルデータを収集し、月報（日単位）、年報（月単位）を保存しておく。

また、5年に一度の頻度で、経年変化や将来の傾向等の分析を行う。

(イ) 調査地点

a. 調査位置

表 4-III-2 低標高の気象観測所（気象庁アメダス観測所）の位置

調査地点	緯度	経度	海拔	住所または林班
ウトロ気象観測所	44. 052	144. 982	144m	北海道斜里郡斜里町ウトロ高原
羅臼気象観測所	44. 020	145. 190	15m	北海道目梨郡羅臼町栄町

b. 位置図



図 4-I-1 気象庁の気象観測所

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

年に1度、毎年明け後に、前年のデータの収集・整理を行う。また、5年に一度の頻度で経年変化の分析を行う。

表 4-I-3 調査年度

年度	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)	2022 (H34)
観測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
データ収集・整理	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
分析		◎					◎			

(注) ○は気象庁のアメダスによる通年観測。

b. 調査時期

データの収集・整理は、前年末（12月31日23時）のデータが公開される年明け後の1月から3月までの間に行う。

(エ) 実施主体

観測：気象庁

データ収集・整理：未定

分析：未定

(オ) 調査の留意点

—

(カ) 分析方法

a. 経年変化の分析

収集した年平均気温（日平均気温の年平均）、年降水量、年降雪量、年最大風速（日最大風速の年最大値）、年日照時間のデータを過去のデータとともにグラフ化（横軸：年、縦軸：年平均気温等）し、5年移動平均値を算出して、経年変化の傾向について分析する。（後述(キ) a 参照）

b. 月毎の極値の経年変化の分析

収集した月毎の日最高気温、日最大降水量、日最深降雪量のデータを過去30～20年前、20～10年前、10～0年前と年区分し、その平均値のデータをグラフ化（横軸：月、縦軸：年区分の平均値）し、過去から現在にかけて、月毎にどのような変動をしているのか傾向を分析する。（後述(キ) b 参照）

c. 経年変化の相関性の分析

年を説明変数、年単位の気象要因（年毎の日平均気温・日最高気温・日最低気温、年降水量、年毎の日最大降水量、年降雪量・日最大降雪量、年最大風速、年日照時間）を目的変数として、気象庁のアメダス観測が本格的に開始された1976年以降のデータ及び今後のデータを用い、要因間の関連性を分析し相関係数を求めるとともに、有意差検定（無相関検定）を行い、気象要因毎に経年変化が有意の傾向であるかどうか分析する。（後述(キ) c 参照）

d. 将来の傾向の分析

前述cの分析より、ある程度の精度（有意差及び相関係数）が見られた主な気象項目を抽出し、1976年～2012年までの37年間の経年変化をグラフ化して、そのグラフ上に単回帰式により、将来の傾向を考察する。（後述(キ) d 参照）

なお、将来予測は、様々なモデルが考えられるが、現時点では、どのモデルを使うのが妥当であるか不明であるため、最も単純な直線回帰式を用いた。

(キ) 過去の調査結果

a. 経年変化の分析

【年平均気温】

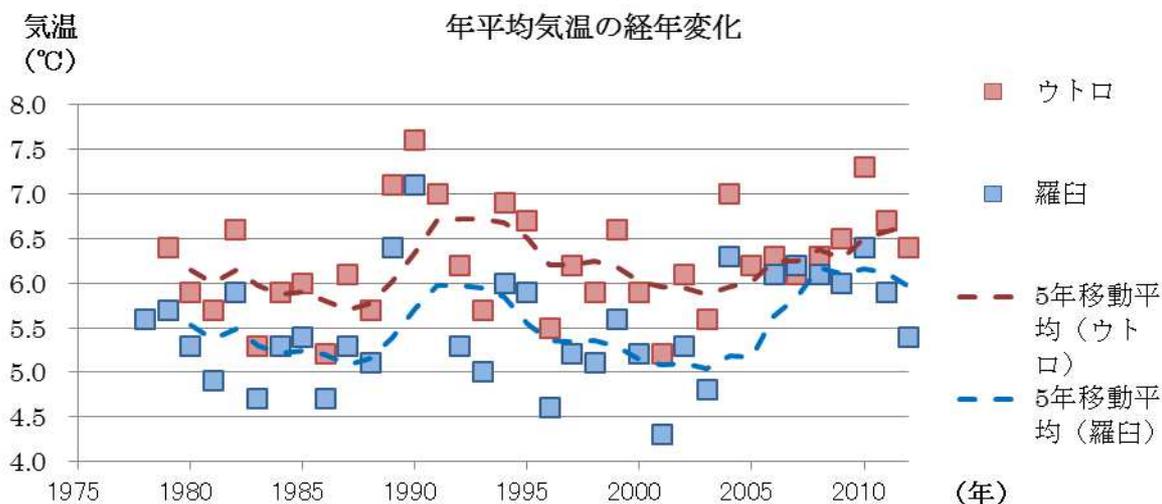


図 4-I-2 羅臼・ウトロ観測所における年平均気温の経年変化

【考察】

年平均気温は、ウトロよりも羅臼の方が低い。1992～1994年と2006～2012年の5年移動平均は一時的に高い傾向を示しているが、全期間の傾向は見いだせない。

【年降水量】

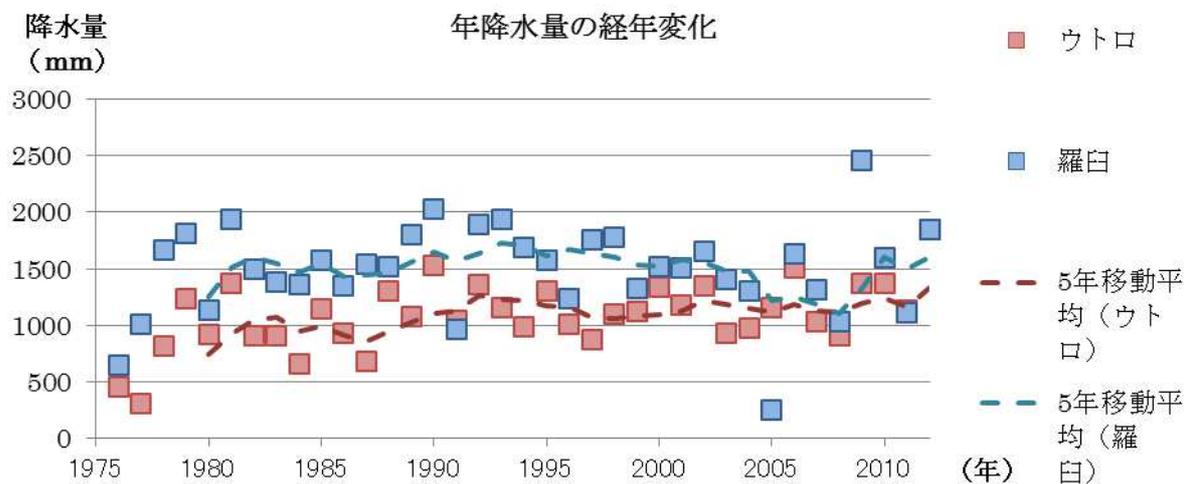


図 4-I-3 羅臼・ウトロ観測所における年降水量の経年変化

【考察】

年降水量は、ウトロよりも羅臼の方が多いが、2000年頃からその差が小さくなっている。5年移動平均値では、傾向は見いだせない。

【年降雪量】

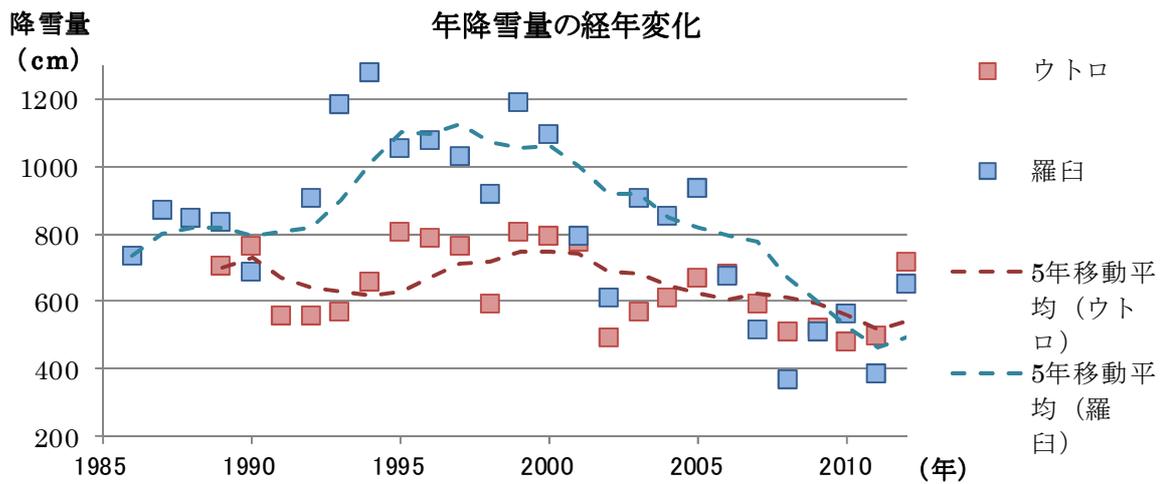


図4-I-4 羅臼・ウトロ観測所における年降雪量の経年変化

【考察】

年降雪量は、ウトロよりも羅臼の方が多いが、2005年頃からその差は小さくなっている。5年移動平均値を見ると、羅臼は1995～2005年に降雪量が多かったが、それ以降は減少している。ただし、2012年は、2006年度と同程度の年降雪量を記録した。

【年最大風速】

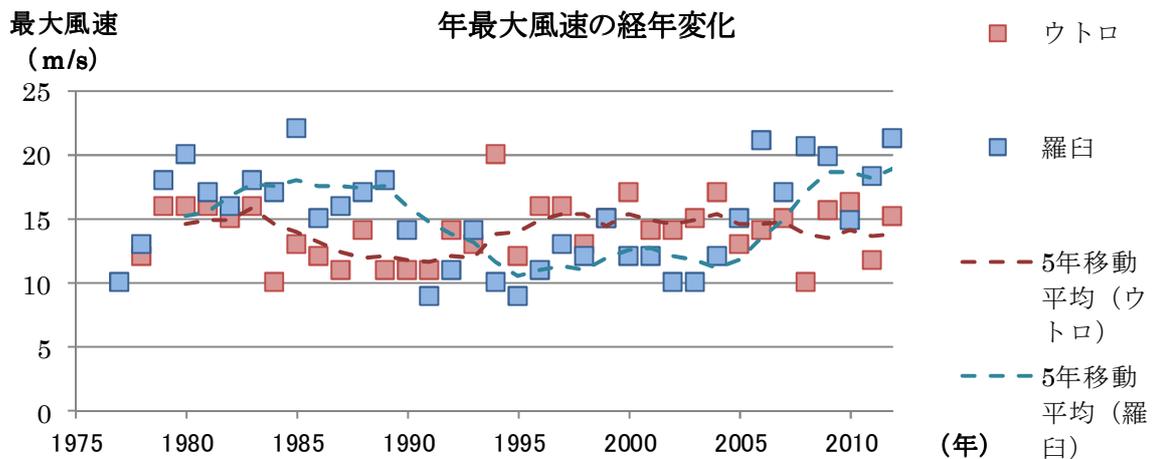


図4-I-5 羅臼・ウトロ観測所における年最大風速の経年変化

【考察】

年最大風速は、5年移動平均値を見ると、10年単位程度で波状に変動している。特に、羅臼ではその傾向が大きい。

【年日照時間】

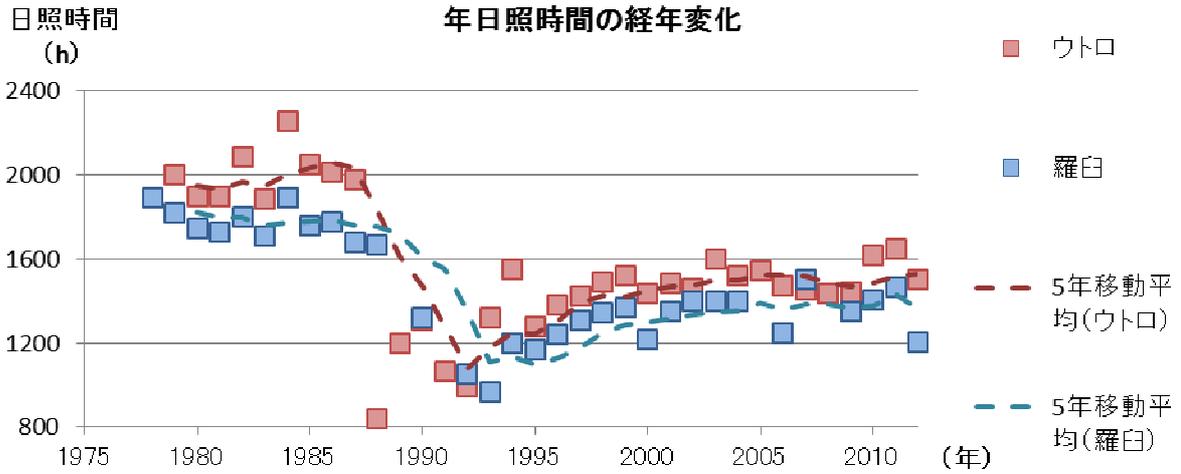


図 4-I-6 羅臼・ウトロ観測所における年日照時間の経年変化

【考察】

年日照時間は、羅臼よりもウトロの方が多。5年移動平均値を見ると、1987～1992年にかけて急激に減少したが、その後2000年頃まで徐々に増加し、その後は横ばいである。

知床地域において、なぜこのような急激な日照時間の減少が起きたのか、現時点では明確な返答は導き出せないが、海流や海水温の影響を強く受けやすいと言われている他地域（小笠原諸島、屋久島）においても同様の傾向が見られる。

(参考1) 図4-I-2~6で使用したデータの一覧

表4-I-4 羅臼・ウトロ観測所における気象データ

年	年平均気温		年降水量		年降雪量		年最大風速		年日射時間	
	羅臼	ウトロ	羅臼	ウトロ	羅臼	ウトロ	羅臼	ウトロ	羅臼	ウトロ
1976			645	453						
1977			1007	303			10			
1978	5.6		1665	812			13	12	1889	
1979	5.7	6.4	1811	1241			18	16	1820	2000
1980	5.3	5.9	1131	920			20	16	1748	1895
1981	4.9	5.7	1935	1374			17	16	1727	1896
1982	5.9	6.6	1495	910			16	15	1802	2086
1983	4.7	5.3	1387	905			18	16	1711	1884
1984	5.3	5.9	1364	655			17	10	1890	2260
1985	5.4	6	1579	1143			22	13	1756	2047
1986	4.7	5.2	1350	931	733		15	12	1778	2016
1987	5.3	6.1	1541	678	871		16	11	1676	1979
1988	5.1	5.7	1515	1303	845		17	14	1669	840
1989	6.4	7.1	1800	1078	836	702	18	11		1195
1990	7.1	7.6	2027	1530	684	762	14	11	1321	1310
1991		7	960	1040		552	9	11		1063
1992	5.3	6.2	1896	1364	907	554	11	14	1051	990
1993	5	5.7	1942	1158	1182	566	14	13	965	1319
1994	6	6.9	1687	989	1281	654	10	20	1197	1553
1995	5.9	6.7	1570	1302	1054	805	9	12	1168	1280
1996	4.6	5.5	1241	1015	1076	785	11	16	1242	1381
1997	5.2	6.2	1758	874	1031	762	13	16	1310	1426
1998	5.1	5.9	1784	1102	919	592	12	13	1345	1490
1999	5.6	6.6	1324	1126	1188	803	15	15	1369	1518
2000	5.2	5.9	1515	1339	1093	789	12	17	1217	1433
2001	4.3	5.2	1512	1174	792	771	12	14	1352	1481
2002	5.3	6.1	1653	1349	606	487	10	14	1398	1458
2003	4.8	5.6	1408	935	906	569	10	15	1396	1600
2004	6.3	7	1300	977	850	610	12	17	1401	1523
2005		6.2	247	1158	935	668	15	13		1547
2006	6.1	6.3	1637	1512	676	680	21	14	1244	1475
2007	6.2	6.1	1311	1036	513	590	17	15	1504	1452
2008	6.1	6.3	1031.5	910.5	363	505	20.6	10		1432
2009	6	6.5	2461	1375.5	508	519	19.9	15.7	1352	1444
2010	6.4	7.3	1593.5	1369	560	478	14.8	16.3	1407	1618
2011	5.9	6.7	1114	1136.5	380	494	18.3	11.8	1464	1650
2012	5.4	6.4	1844.5	1848.5	652	714	21.3	15.1	1207	1499

b. 月毎の極値の経年変化の分析

【日最高気温】

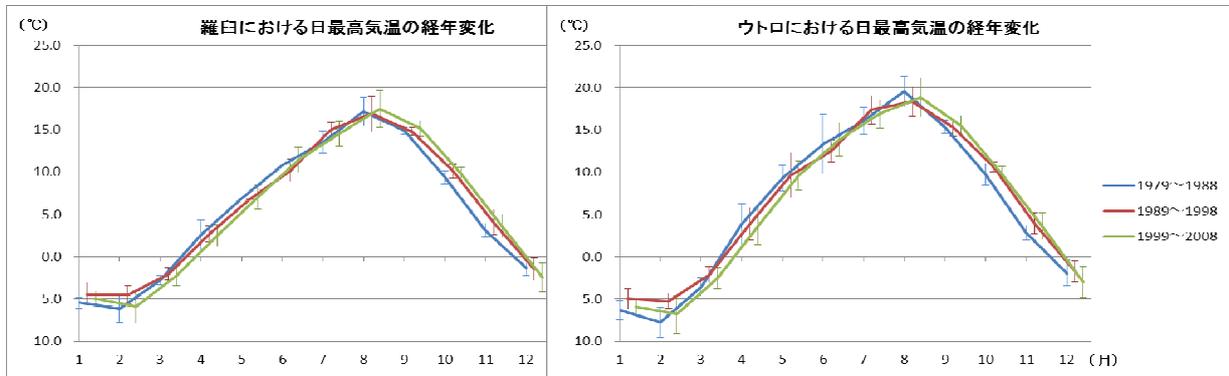


図 4-I-7 羅臼・ウトロ観測所における月別の日最高気温の経年変化（平均±標準偏差）

【考察】

月毎の傾向を見ると、4～7月は、3つの区分の中で1979～1988年が最も高い傾向があり、逆に、8～11月は1999～2008年が最も高い傾向が見られる。

なお、ここで示した10年区分は、年間を通じたアメダス観測が実施された1979年を初年として10年間隔にて区分した。

【日最大降水量】

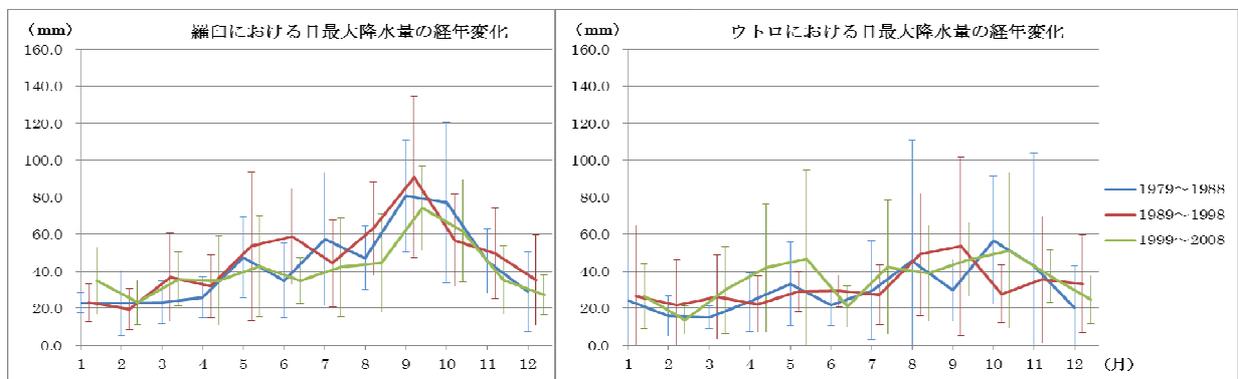


図 4-I-8 羅臼・ウトロ観測所における月別の日最大降水量の経年変化（平均±標準偏差）

【考察】

月毎の経年的な傾向を見ると、羅臼とウトロで傾向が異なる。羅臼は、ピークである9月の日最大降水量は1989～1998年、1979～1988年、1999～2008年の順に多かったが、ウトロでは、1989～1998年、1999～2008年、1979～1988年の順に多かった。また、4～5月期間は、ウトロでは1999～2008年が飛び抜けて多いが、浦臼では、経年変化が小さい。

なお、アメダスの雨量計は降雪を溶かして雨量として観測している。そのため、冬季の降水量には、降雪量も含まれる。

【日最大降雪量】

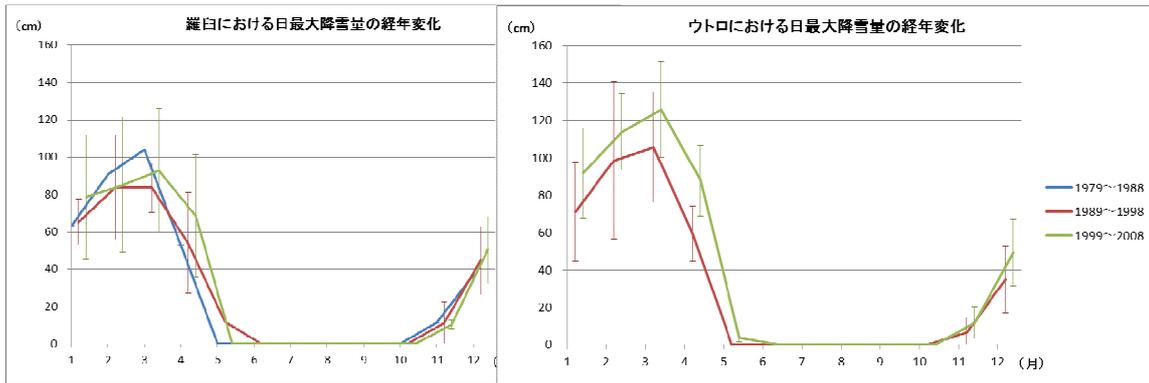


図 4-I-9 羅臼・ウトロ観測所における月別の日最大降雪量の経年変化（平均±標準偏差）

【考察】

月毎の経年的な傾向を見ると、羅臼は、1979～1988年より1989～1998年に日最大降雪量が減少し、1999～2008年は少し増加した。ウトロは、1999～2008年に1989～1998年より日最大降雪量が増加した。

c. 経年変化の相関性の分析

表 4-I-5 羅臼・ウトロ観測所における気象要因間の相関分析

羅臼	項目	x(説明変数) 年	y(目的変数)									
			気温			降水量		降雪量		日照時間	風速	
x(説明変数)	年	1.0000	0.1950	0.1416	-0.0323	-0.0800	-0.2616	-0.3259	-0.2257	-0.6840	-0.2685	
y(目的変数)	気温	日最高気温	0.1950	1.0000	0.9546	0.8688	-0.0425	-0.0754	-0.3173	0.4014	-0.0402	0.2187
		日平均気温	0.1416	0.9546	1.0000	0.9346	0.1467	-0.0683	-0.2903	0.5228	-0.0966	0.2272
		日最低気温	-0.0323	0.8688	0.9346	1.0000	0.1371	-0.0961	-0.3195	0.5813	-0.0055	0.3907
	降水量	年合計	-0.0800	-0.0425	0.1467	0.1371	1.0000	0.5439	0.1456	0.2806	-0.2486	-0.1902
		日最大	-0.2616	-0.0754	-0.0683	-0.0961	0.5439	1.0000	0.2410	-0.0723	0.0554	-0.0289
	降雪量	年合計	-0.3259	-0.3173	-0.2903	-0.3195	0.1456	0.2410	1.0000	0.0420	-0.4456	-0.5702
		日最大	-0.2257	0.4014	0.5228	0.5813	0.2806	-0.0723	0.0420	1.0000	-0.4274	0.1796
	日照	日照時間	-0.6840	-0.0402	-0.0966	-0.0055	-0.2486	0.0554	-0.4456	-0.4274	1.0000	0.5437
	風速	最大風速	-0.2685	0.2187	0.2272	0.3907	-0.1902	-0.0289	-0.5702	0.1796	0.5437	1.0000

宇登呂	項目	x(説明変数) 年	y(目的変数)									
			気温			降水量		降雪量		日照	風速	
x(説明変数)	年	1.0000	0.4835	0.0732	-0.3787	0.4158	0.0453	-0.2320	0.0969	-0.5665	-0.0356	
y(目的変数)	気温	日最高気温	0.4835	1.0000	0.8361	0.4180	0.1130	-0.1575	-0.1102	0.5206	-0.3593	-0.0154
		日平均気温	0.0732	0.8361	1.0000	0.8363	0.1970	-0.0737	0.0606	0.3742	-0.3669	-0.0785
		日最低気温	-0.3787	0.4180	0.8363	1.0000	0.2255	0.0402	0.1198	0.2099	-0.2272	-0.1633
	降水量	年合計	0.4158	0.1130	0.1970	0.2255	1.0000	0.5810	0.1929	0.0596	-0.4627	0.0836
		日最大	0.0453	-0.1575	-0.0737	0.0402	0.5810	1.0000	-0.1831	-0.0330	-0.1687	0.0112
	降雪量	年合計	-0.2320	-0.1102	0.0606	0.1198	0.1929	-0.1831	1.0000	-0.2415	0.1083	0.2949
		日最大	0.0969	0.5206	0.3742	0.2099	0.0596	-0.0330	-0.2415	1.0000	-0.0410	-0.3186
	日照	日照時間	-0.5665	-0.3593	-0.3669	-0.2272	-0.4627	-0.1687	0.1083	-0.0410	1.0000	0.1500
	風速	最大風速	-0.0356	-0.0154	-0.0785	-0.1633	0.0836	0.0112	0.2949	-0.3186	0.1500	1.0000

- (注1) 表中の数値は縦横クロス項目間の単相関係数を示す。
(注2) 薄い灰色が無相関検定で1%有意を、濃い灰色が5%有意を示す。
(注3) 本表は1976～2008年(33年間)のデータを用い計算(欠測データは含まない)。

【考察】

年との関係から5%以下の有意差が見られ経年変化が顕著な因子は、羅臼観測所が日照時間(年日照時間)であり、ウトロ観測所が気温(日最高気温・日最低気温の年平均値)と年降水量と日照時間(年日照時間)であった。

d. 将来の傾向の分析

上述cの分析より、ある程度の相関性が見られた気象項目を対象として、過去の観測データを用いた単回帰式によって、今後の変化の傾向について考察する。

ただし、この単回帰式による分析は、現在のところ将来予測としての信頼度は低く、気候変動によって影響を受けやすいか把握するため、傾向をつかむ程度のものである。将来予測については、信頼度の高い分析方法について、今後さらなる検討が必要である。

【年降雪量の将来の傾向（羅臼）】

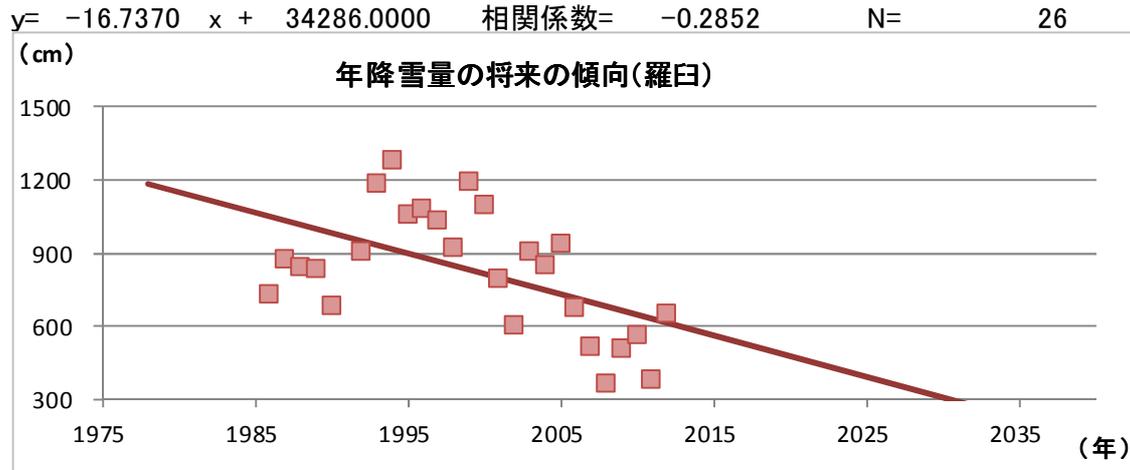


図 4-I-10 羅臼観測所における年降雪量の将来の傾向

【考察】

羅臼観測所における年毎の年降雪量は、28年前の約1,200cmから現在は600cmに減少していることから、減少傾向にある（ただし、相関係数は小さい）。

なお、グラフは、1995～2005年頃の減少が著しく、その影響を受け急激な低減予想となっている。

【年日照時間の将来の傾向（羅臼）】

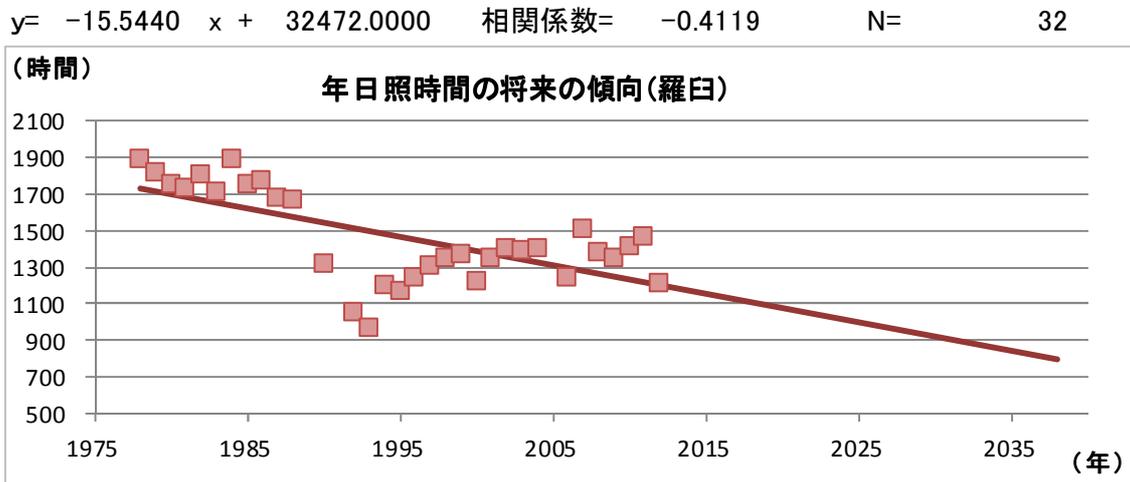


図 4-I-11 羅臼観測所における年日照時間の将来の傾向

【考察】

羅臼観測所における年毎の日照時間は、1989～1993年に急激な減少を示し、2000年頃から同程度で推移しているため、現時点で将来の傾向を判断することは出来ない。

知床地域において、なぜ過去にこのような急激な日照時間の減少が起きたのか、現時点では明確な返答は導き出せないが、海流や海水温の影響を強く受けやすいと言われている他地域(小

笠原諸島、屋久島) においても同様の傾向が見られる。

【日最高気温の年平均値の将来の傾向 (ウトロ)】

$y = 0.0388x - 67.8262$ 相関係数 = 0.4835 N = 34

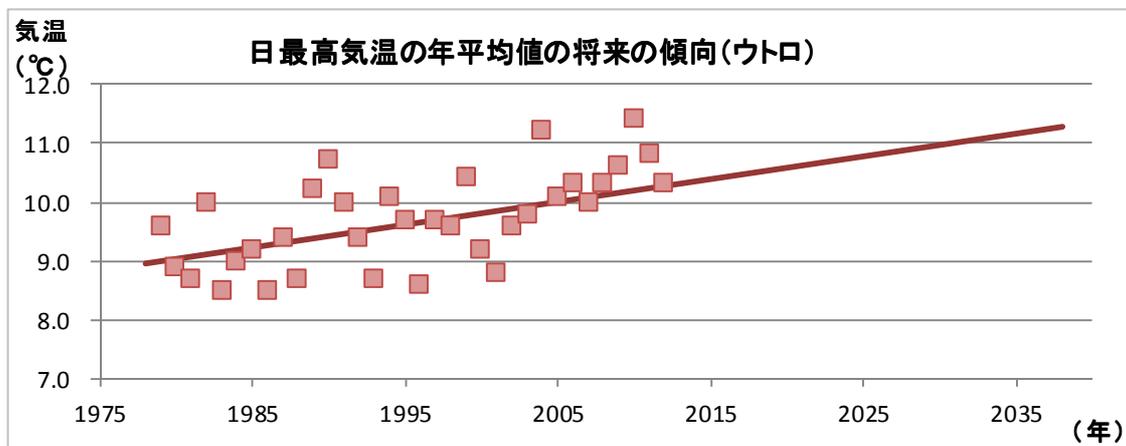


図 4-I-12 ユトロ観測所における日最高気温の将来の傾向

【考察】

ウトロ観測所における年毎の日最高気温の年平均値は、35年前の約9℃から現在は約10℃に上昇しており、上昇傾向にある(ただし、相関係数は小さい)。2005年以降、日最高気温の年平均値が10℃を下回ることがなくなり、上昇傾向が顕著である。

【年降水量の将来の傾向 (ウトロ)】

$y = 9.0799x - 16979.0000$ 相関係数 = 0.1310 N = 34

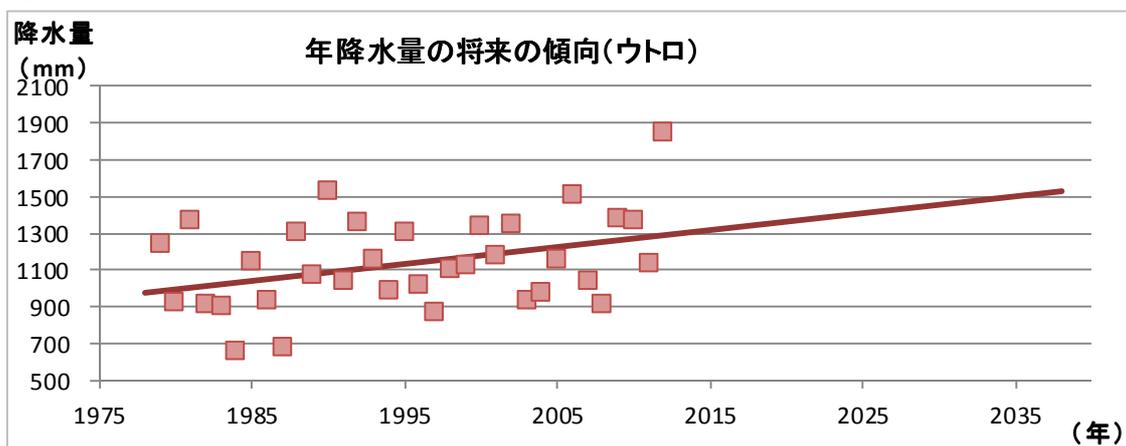


図 4-I-13 ユトロ観測所における日最高気温の将来の傾向

【考察】

ウトロ観測所における年毎の年降水量は、35年前の約1,000mm程度から現在は約1,300mm程度に増加しており、増加傾向にある(ただし、相関係数は小さい)。

ただし、昨年(2012年)は1,900mm近い降水量があったため、増加傾向を過大にみている可能性がある。

(注) ここでは、比較的経年変化が見られるアメダス観測所の主な気象観測項目の将来予測を示した。関係性(有意差や相関係数)がそれほど高くない項目においても、分析を行い、図表を作成した。ただし、あくまで参考として、現時点のデータから単回帰計算による単順な将来予測を示したものである。

本来、海の中に突き出ている知床半島の気候変動の予測を行うには、海流や海水温の影響も含め、数十年単位で且つマクロ的に捉えなければならない。しかしながら、そうした大きなスケールでの動態予測は現状では困難である。

そこで、知床地域の科学委員会では、北海道大学の佐藤氏らの協力のもと、大スケールの地球的規模のモデルを基に、中スケールの北海道と周辺海洋域(日本海・オオーツク海・太平洋)だけを細かく捕捉(ダウンスケール)できるモデル作りに取り組んでいる(平成26年度に完成予定)。

(1) -② 中標高（見返り峠）の気温、降水量、積雪深

(ア) 調査方法

北海道開発局の見返り峠観測所の継続的な既往観測成果を収集・整理する。

気象観測は、時間単位の気温、降水量、積雪深の観測が行われており、日単位に集計されている。これらのデータを収集し、最大・最小・平均値を算出の上、日報（時間単位）、月報（日単位）、年報（月単位）として整理しておく。

また、5年に一度の頻度で経年変化の分析を行う。この際、①低標高での値との比較も行う。

(イ) 調査地点

a. 調査位置

表 4-I-6 低標高（母島沖村浄水場）気象観測の位置

調査地点	緯度	経度	海拔	住所または林班
北海道開発局見返り峠観測所	44. 030	145. 107	675m	羅臼国有林 230 林班

b. 位置図



図 4-I-14 北海道開発局の気象観測所
(注) 詳細な位置図は後述図 4-I-34 参照)

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

年に1度、毎年明け後に、前年のデータの収集・整理を行う。また、5年に一度の頻度で経年変化の分析を行う。

表 4-I-7 調査年度

年度	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)	2022 (H34)
観測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
データ収集・整理	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
分析					◎					◎

(注) ○は北海道開発局による通年観測。

b. 調査時期

データの収集・整理は、1月から12月までの1箇年のデータが揃った後の、年明け後1月から3月までの間に行う。

(エ) 実施主体

観測：北海道開発局

データ収集・整理：未定

分析：未定

(オ) 調査の留意点

5年に一度の分析時は、過去から現在までの経年変化に留意し、このまま推移した場合の将来予測を行う。

(カ) 分析方法

a. 日平均気温の年平均、年降水量、最深積雪深、月累積降雪量の経年変化の分析

収集した年平均気温等から算出したデータを過去のデータとともに表及びグラフ化（横軸：年、縦軸：日平均気温の年平均等）し、経年変化の傾向について分析する。

b. 極値の経年変化の分析

収集した日単位の最高気温・最低気温、降水量、最深積雪深を、過去のデータとともに表及びグラフ化（横軸：年、縦軸：日最高気温等）し、経年変化の傾向について分析する。

c. 将来の傾向の分析

上述 a、b の分析より、ある程度の精度（有意差及び相関係数）が見られた主な気象項目を抽出し、1976 年以降の値をグラフ化して、そのグラフ上に単回帰式により、将来の傾向を考察す

る。なお、将来予測は、様々なモデルが考えられるが、現時点では、どのモデルを使うのが妥当であるか不明であるため、最も単純な直線回帰式を用いた。

(キ) 過去の調査結果

a. 日平均気温の年平均値、年間降水量、最深積雪深、月累積降雪量の経年変化の分析

【日平均気温の年平均値】

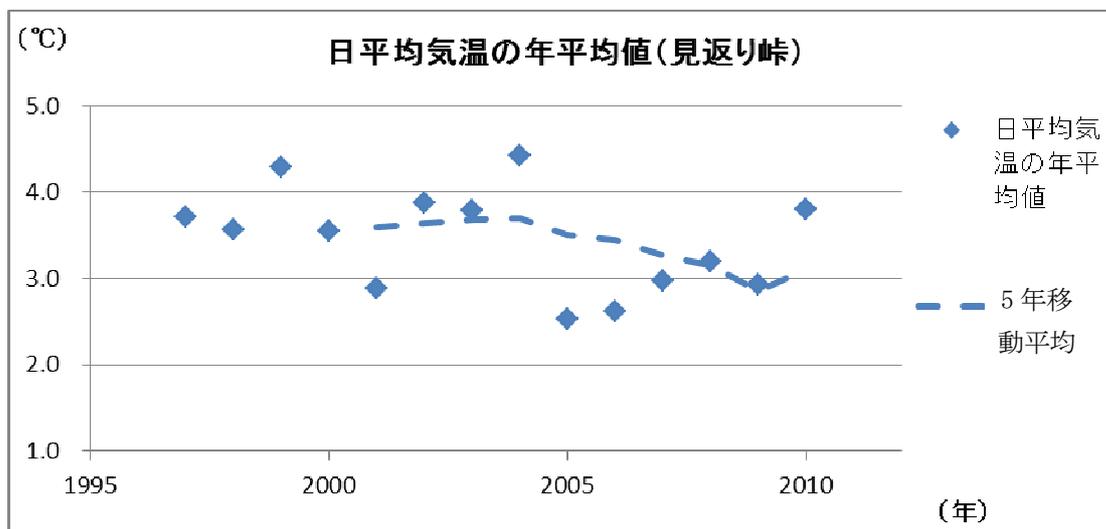


図 4-I-15 見返り峠における年平均気温の経年変化

【考察】

見返り峠観測所においては、日平均気温の年平均値の経年変化に顕著な傾向は見られていない。今後も継続し、より長期的な傾向を把握する必要がある。

【年降水量】

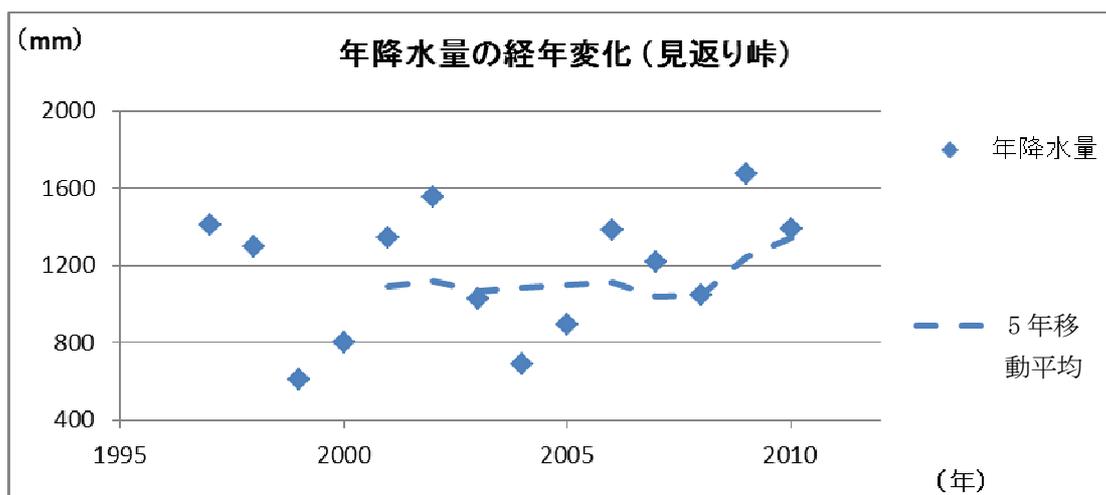


図 4-I-16 見返り峠における年降水量の経年変化

【考察】

見返り峠観測所においては、年降水量の経年変化に顕著な傾向は見られていない。今後も継続し、より長期的な傾向を把握する必要がある。

【最深積雪深】

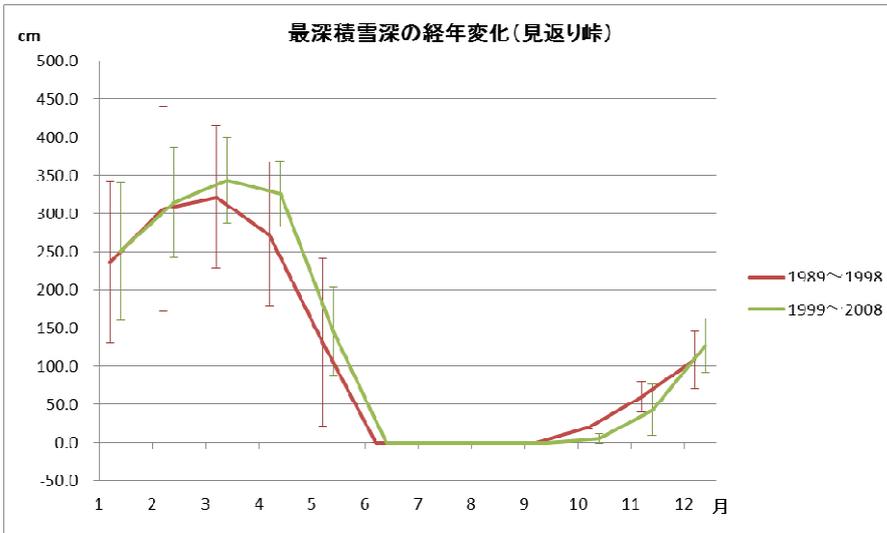
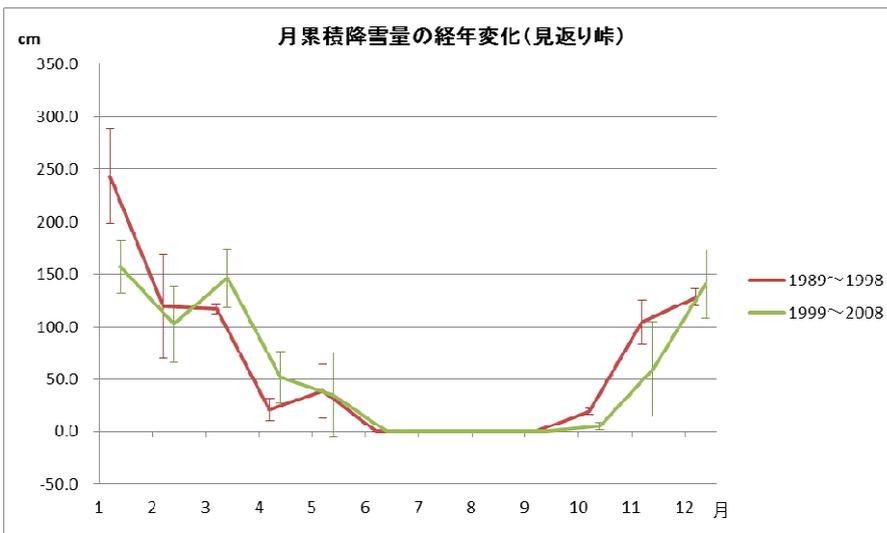


図 4-I-17 見返り峠における最深積雪深の経年変化

【月累積降雪量】



(注) 欠測: 2002年1~5月、2005年1月~2006年5月。

異常値を欠測扱い: 2004年1、3月、2007年1、3月、2008年2~4月、2009年2、4、5月。

図 4-I-18 見返り峠における月降雪量 (平均±標準偏差)

【考察】

見返り峠観測所においては、最深積雪深、月累積降雪量とも、顕著な経年変化の傾向はみられていない。今後も継続し、より長期的な傾向を把握する必要がある。

c. 将来の傾向の分析

データの蓄積が十分でないため、未実施。

(1) -③ 高標高（羅臼平）の気温、積雪深、根雪期間、ハイマツ群落の冠雪状況

(ア) 調査方法

羅臼岳周辺の雪田植物群落、ハイマツ群落、森林限界植物群落に位置する羅臼平において、継続的に気象観測を行い、観測結果を整理する。

気象観測の内容は、①気温、②積雪深、③根雪期間であり、これらすべてを気温計内蔵の自動撮影カメラによって観測する。

また、毎年、これらのデータを基に最大・最小・平均値を算出の上、日報（時間単位：気温）、月報（日単位：気温・積雪深）、年報（月単位：気温・積雪深）、を整理する。

さらに、5年に一度の頻度で経年変化の分析を行う。この際、①低標高及び②中標高での値との比較も行う。

なお、観測機器の仕様等は次のとおりである。

【 観測機器の仕様例 】

- ・自動撮影カメラ内蔵型の気温計（計測温度範囲：-40～80℃程度、温度精度±0.5℃以上、計測間隔1H〔連続観測400日以上〕、防水仕様）を用いる。
- ・自動撮影カメラは、防水デジタルカメラを使用し、撮影間隔は、4時間おき（1日6回：1時、9時、13時、17時、21時とする。また、積雪期間（半年間）を通じて継続的な撮影が可能なバッテリーとメディアを内蔵させる。
- ・自動撮影カメラは、最深積雪深を計測する樹木にピントを合わせ、太陽光の位置に注意し、撮影背景にハイマツ群落が写るように設置する。
- ・最深積雪深の計測は、あらかじめ既往の樹木の幹の10cm区分毎の高さを計測しておき、積雪が樹木の幹のどの部分まで達しているかを撮影された画像上で測定し、積雪深とする。
- ・なお、樹木のない場所での計測は、岩や既往の案内板標識などの積雪時にも倒伏しないものを積雪深の計測の対象とする。

(イ) 調査地点

a. 調査位置

- ・羅臼平：緯度経度 北緯 44.08110、東経 145.12894（海拔 1348m）
林班 ウトロ国有林 1333 林班

b. 位置図



図 4- I -19 羅臼平の気象観測地点の位置

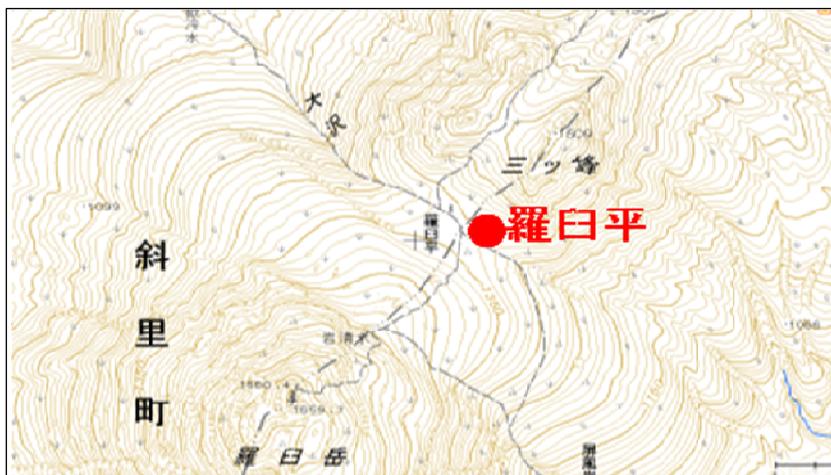


図 4- I -20 羅臼平の気象観測地点の位置 (詳細)

(出典) 平成 23 年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書 (平成 24 年 3 月 : ㈱プレック研究所)

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

毎年 1 回、毎年雪解け後にデータ回収を行い、観測データの整理を行う。また、5 年に一度

の頻度で経年変化の分析を行う。

観測機器のメンテナンスは、上記のデータ回収の際だけでなく、できるだけ頻繁に行う必要がある。

表 4-I-8 調査年度

年度	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)1	2022 (H34)
観測	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
データ回収・整理		○	○	○	○	○	○	○	○	○
分析		◎					◎			

b. 調査時期

データ回収は、融雪後の6～7月に行う。また、最深積雪深計及び自動撮影カメラは降雪前の9～10月に設定を行う。観測データの整理は、各年度末までに実施する。

(エ) 実施主体

観測：未定

データ回収・整理：未定

分析：未定

(オ) 調査の留意点

自動撮影カメラの設置地点は、融雪前に現地確認を行い、雪だまりや吹きさらし等を避け、積雪深が平均的な場所を選定する。また、冬季の雪圧により支柱に大きな圧力がかかるため、設置は積雪期も倒伏しない樹木を選定する。

温暖化による積雪期間の短縮、積雪深の減少は、寒冷な環境の高標高域ほど影響が出やすいため、羅臼平における気象観測が重要になる。長期的にモニタリングを実施することにより、気候変動の影響を抽出していく必要がある。

なお、羅臼平における気温・地温及び最深積雪深の既往観測期間は、2011年10月19日～2012年10月25日であるが、気温測定装置は2012年6月12日に倒壊し測定を中止した。また、最深積雪深計は倒壊し、観測データがまったく回収ができなかった。これらの観測機器の故障原因は、観測装置にヒグマの歯型が残されていたことから、ヒグマによるものと推測される。

これらのことから、今後の現地観測においては、自動撮影カメラを使用することとする。さらに、年3回（融雪・夏・初雪期）を目途にメンテナンス・データ回収を行う必要がある。

(カ) 分析方法

a. 日平均気温・積雪深、根雪期間の経年変化の分析

観測データから算出した日平均気温の経年変化や最深積雪深、根雪期間のデータを過去のデータとともに表及びグラフ化（横軸：年、縦軸：日平均気温等）し、経年変化の傾向について分析する。

また、分析は、①低標高及び②中標高での値や傾向との比較も行う。

b. 将来の傾向の分析

前述 a で分析した日平均気温・年平均、積雪深、根雪期間の経年変化から将来の傾向を分析する。

現在、羅臼平における最深積雪深は 1.3m ほどで、これよりも積雪深が少なくなれば、冬季は雪の中に埋もれ生育していたハイマツが雪の上に露出し、露出部分が寒風害により壊死し、数年それが続くとハイマツそのものが枯死する可能性がある。特に、羅臼平から標高 50m ほど羅臼岳方向に登った風当りの強い場所では、ハイマツ群落の縞枯れ（幅 4~5m 長さ 60~80m）が 5~6 本見られるので、今後も注意深く観察をしていく必要がある。

(キ) 過去の調査結果

a. 日平均気温・地温、最深積雪深、根雪期間の経年変化の分析

【日平均気温・地温】

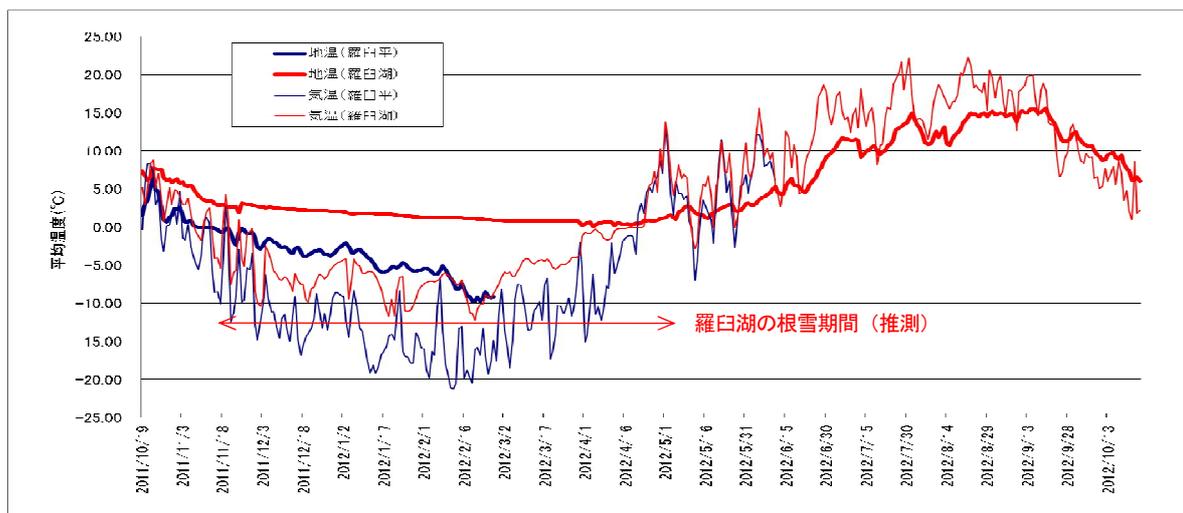


図 4-I-21 羅臼平の気温と地温の日変化

(出典) 平成 23 年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書 (平成 24 年 3 月：(株)プレック研究所)

【考察】

観測結果から、羅臼平における最寒月の月平均気温は -16.64°C (2 月) である。①低標高のアメダス観測所 (羅臼・ウトロ) の気温と比べると、約 9°C 低い。

羅臼湖における最暖月の月平均気温は 17.22°C (8 月) である。①低標高のアメダス観測所 (羅臼・ウトロ) の内、羅臼と同程度の気温である。

地温を見ると、羅臼平では、冬季に地温が低下し、 -10°C 近くまで低下していた。一方、羅臼湖では、積雪深が深く安定しているため地表が寒風にさらされることはなく、地温は $0\sim 3^{\circ}\text{C}$ 間で安定していた。羅臼湖では安定した地温の推移 ($0^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$) が見られた 11 月中旬から 5 月中旬までが根雪期間と推測された。一方で羅臼平では、安定した地温が検出されず、積雪量が小さいことが示唆された。またその後の機材の故障により、根雪期間を推測することが困難であ

った。今後は自動撮影カメラによって直接根雪期間を撮影する手法に変更して観測を行う。

積雪の深い羅臼湖よりは、積雪の浅い羅臼平の方が、積雪深の変動幅が大きいものと推測され、積雪環境が森林生態系に与える影響がより大きく、脆弱であると推測できる。

【最深積雪深】

羅臼平における最深積雪深の観測は、2010年（H22）11月から2011年5月にかけて行われたが、観測機器故障のため欠測となっている。そこで、今後は、倒伏による機器の故障のリスクを回避するため、最深積雪深計を設置する手法ではなく、自動撮影カメラによる手法に変更して観測を行う。

（参考）分析で使用した気温、地温データ

表 4-I-9 月毎の羅臼平の日平均気温と平均地温

観測地点 標高(m)	気温(°C)				地温(°C)	
	羅臼平	羅臼湖	ウトロ(気象庁)	羅臼(気象庁)	羅臼平	羅臼湖
	1345	718	144	15	1345	718
11月	-4.42	-0.78	4.38	4.46	-0.10	3.70
12月	-11.97	-6.80	-2.92	-2.30	-2.91	2.35
1月	-14.54	-7.66	-6.09	-5.35	-4.50	1.69
2月	-16.64	-8.23	-7.84	-7.47	-7.57	1.14
3月	-10.85	-4.79	-3.09	-2.97		0.81
4月	-2.82	1.06	5.10	2.16		0.61
5月	3.53	5.46	8.93	6.85		2.07
6月	8.47	10.13	12.14	9.90		5.19
7月		15.64	17.25	14.72		11.14
8月		17.22	19.85	17.11		13.19
9月		15.40	18.92	17.66		14.17
10月		6.62	11.37	11.09		9.21
期間内平均気温	-6.83	3.63	6.56	5.56	-3.02	5.44
期間内最低気温	-21.14	-12.27	-12.80	-11.30	-9.73	0.09
期間内最高気温	13.07	22.29	26.30	22.10	6.58	15.59

（注）空白は欠測を示す。

（出典）平成23年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書（平成24年3月：㈱プレック研究所）

b. 将来の傾向の分析

データ蓄積が十分ではないため、未実施。

(2) 低標高から高標高までの植生の垂直分布の変動

(2) -④ 標高毎の植生

(ア) 調査方法

標高毎の植生調査（出現種数・優占種・被度・群度・多様度指数）、立木の毎木調査（直径）を実施し、調査結果を整理・分析する。

(イ) 調査地点

a. 調査位置

表 4-I-10 標高毎の植生調査個所の位置

調査地点	緯度	経度	海拔	住所または林班
標高 200m	44° 06' 33.7"	145° 05' 21.4"	265m	ウトロ国有林 1332 林班
標高 400m	44° 06' 22.7"	145° 05' 33.2"	405m	ウトロ国有林 1331 林班
標高 600m	44° 06' 23.28"	145° 05' 32.43"	610m	ウトロ国有林 1331 林班
標高 800m	44° 05' 34.91"	145° 06' 32.53"	830m	ウトロ国有林 1333 林班
標高 1000m	44° 04' 18.1"	145° 07' 07.1"	1060m	ウトロ国有林 1330 林班
標高 1200m	44° 04' 58.16"	145° 07' 30.13"	1280m	ウトロ国有林 1333 林班
標高 1350m	44° 05' 55.7"	145° 07' 41.7"	1350m	ウトロ国有林 1333 林班
標高 1430m	44° 04' 41.6"	145° 07' 34.5"	1430m	ラウス国有林 233 林班

b. 位置図

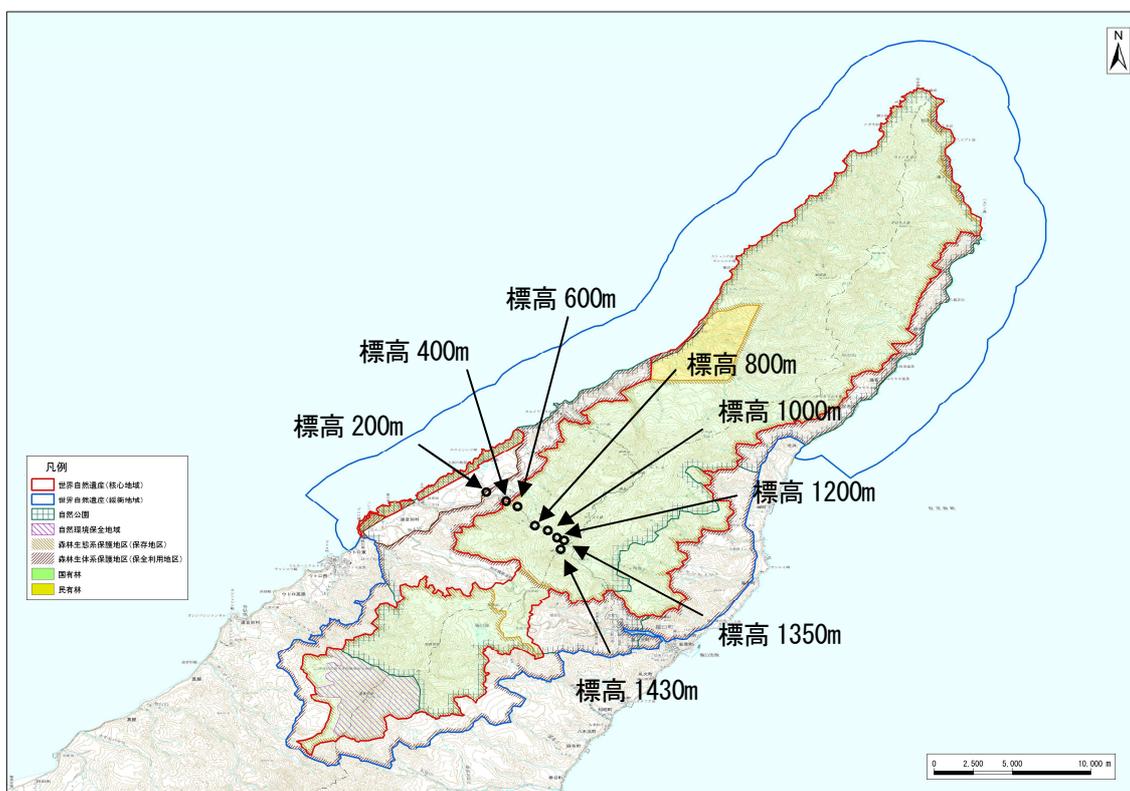


図 4-I-22 標高毎の植生調査プロットの位置

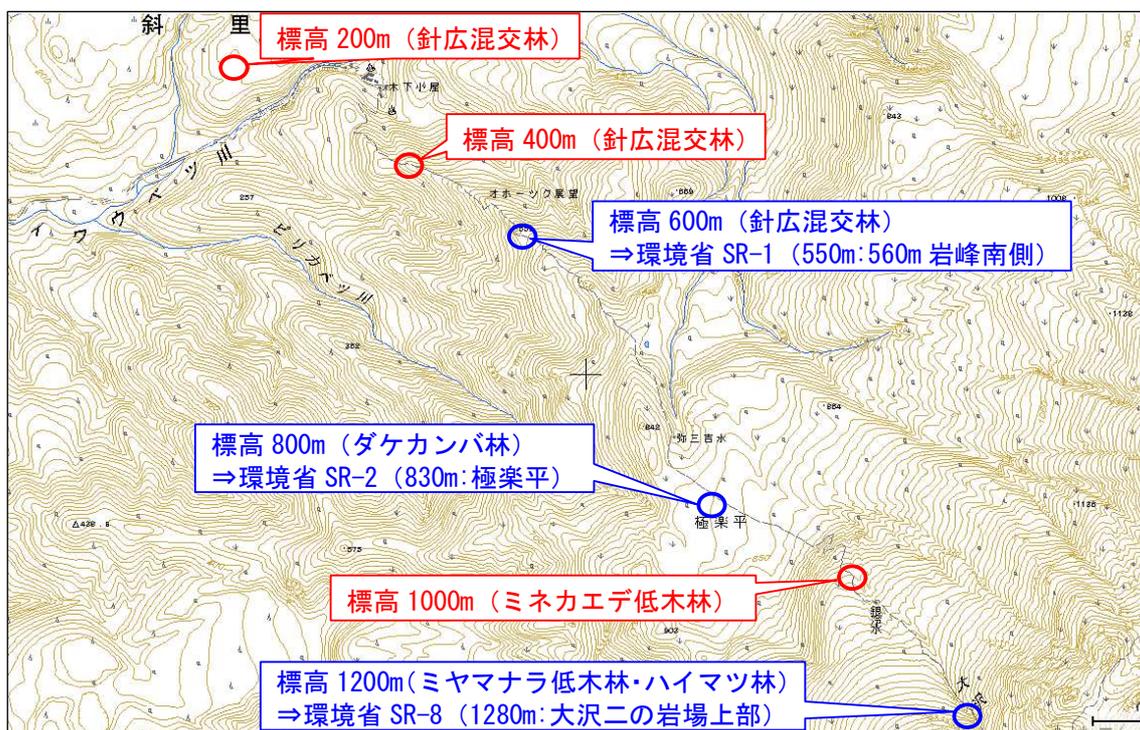


図 4-I-23 標高毎の植生調査プロットの詳細位置図 (その1)

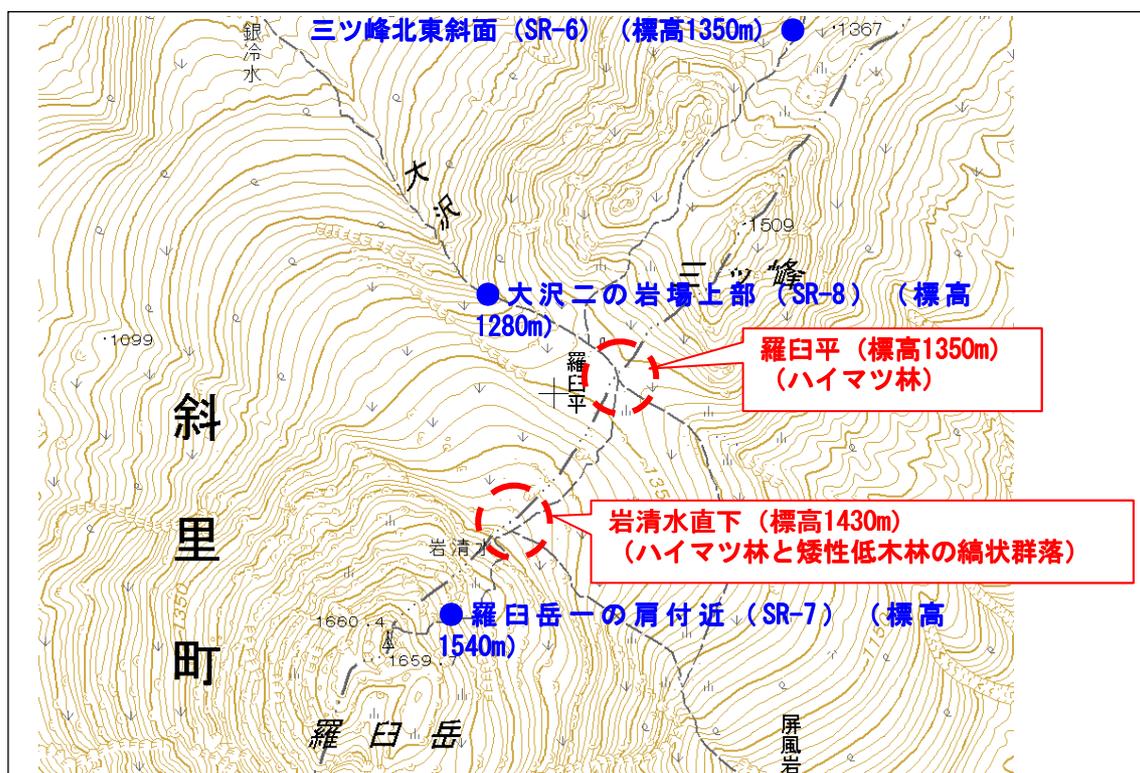


図 4-I-24 標高毎の植生調査プロットの詳細位置図 (その2)

(図 4-I-23~24 の出典) 平成 23 年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書 (平成 24 年 3 月: ㈱プレック研究所)

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

植生調査を5年毎に実施し、経年変化の分析を行う。気温・地温は毎時観測する。最深積雪深及びハイマツ群落の冠雪状況の観測は積雪期間に継続して行う。

表 4-I-11 調査年度

年度	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)	2022 (H34)
現地調査					○					○
データ整理										
分析					◎					◎

b. 調査時期

調査は、展葉期の7月から9月までの間に行う。

(エ) 実施主体

現地調査・データ整理：環境省・林野庁（北海道森林管理局）

※知床世界自然遺産地域長期モニタリング計画の「エゾシカ及び気候変動等による影響の把握に資する植生調査」として実施。

分析：未定

(オ) 調査の留意点

調査箇所は、羅臼岳西側斜面に限定しているが、東側斜面はアクセスが悪く登山者が少ないため、ヒグマに遭遇するリスクが高いことから、調査地点から除外した。

温暖化による積雪期間の短縮、積雪深の減少は、寒冷な環境の高標高域ほど影響が出やすいため、羅臼平における主な植物群落であるハイマツ群落や雪田植生群落における変化が重要になる。

ただし、エゾシカによる影響があるため、長期的にモニタリングを実施することにより、気候変動の影響を抽出していく必要がある。

なお、本項の植生調査と後述（3）の航空写真解析による植物群落変動調査とは、解析が相補的な関係にある。

(カ) 現地調査・分析方法

a. 標高毎の植生調査（出現種数・優占種・被度・群度・多様度指数）

標高毎（200m、400m、600m、800m、1,000m、1,200m、1,350m、1,480m）に、10～20m×10～20mの調査プロットを設定した。調査結果の継続性の観点から、大規模災害の発生等特段の事情がない限り、今後も、この調査プロットにおいて調査を実施する。

出現種数は、木本・草本を対象に、種を判定し種数を調査する。

毎木調査により、高木層の胸高直径、樹高を測定する。

優占種は、低木層以上については本数や樹冠被覆状況、下層植生については被度・群度を勘案して現場にて判断する。その際、調査者による判断の相違を避けるため、前回の調査結果を現地に持参し基準の相違がないかチェックしつつ実施する。

被度、群度は、植物社会学的な調査法の一つであるブラン・ブランケ法（森林立地調査法編集委員会編（1999）森林立地調査法、博友社など参照）にて調査する。その際、季節による変動がないように決められた時期に調査を実施することが重要となる。

多様性度指数は、種の豊富さと均等度を考慮した指数である Simpson の多様度指数と Shannon の多様度指数を算定する。

一順の調査が終了したら、プロットの階層区分毎の出現種数、優占種、被覆率、下層植生の被度・群度、下層植生の多様度指数の経年変化を分析する。

いずれも、気候変動の影響により変動する可能性のある分析項目であるが、特に積雪深と根雪期間との関係が大きい下層植生の変動に注意する。例えば、積雪深が小さくなり根雪期間が減少すれば、ハイマツ群落は縮小し、代わりにダケカンバ、ミネカエデ、オガラバナなどの矮性低木林の進入が盛んになる可能性がある。

また、降雪量の減少に伴い吹き溜まり（雪田）が小さくなると、雪田植生群落域も縮小し希少性の高い高山植物（エゾコザクラ・イソツツジ・ミヤマクロスゲ等）が減少して多様性が劣化する可能性も指摘される。

b. 標高毎の立木の毎木調査（直径）

調査プロット内の胸高直径 10cm 以上の樹木を対象に、胸高直径の毎木調査を実施する。

毎木調査結果から胸高断面積合計を算出し、経年的、相対的な比較を行い分析する。

温暖化が進行した場合、高木層、亜高木層を形成する樹木の肥大成長が促進され、森林限界付近の樹冠の閉鎖が顕在化するものと予測される。すなわち、中標高域の森林を代表するミズナラ・ダケカンバ・トドマツ等の樹木の垂直上昇（高標高域への進出）が顕在化するものと思われ、それらの現象をいち早く把握する手段として、毎木調査の実施と調査結果の分析が重要となる。

c. 植生の変動と気象の変動との相関の分析

例えば、羅臼平の雪田植生群落に関して前回の調査時に比べて高山植物の種数が減少した場合や、ある特定希少植物の植被率（被度・群度でもよい）が減少した場合、その変動と気象の変動とに有意な相関性があり、将来の気象の変動が推定出来れば、それに伴う植生の変動（種数や植被率若しくは群落面積）も推定できる可能性がある。

ただし、2011 年から調査を開始したため、現時点では、気象の変動との相関について分析できるだけのデータの蓄積がない。

（キ）過去の調査結果

2011～2012 年に、(株)プレック研究所により試行的に実施された、標高 200m、400m、1,000 m、1,350m、1,430mにおける植生調査結果を示す。

a. 標高毎の植生調査（出現種数・優占種・被度・群度・多様度指数）

【低～中標高における植物調査・毎木調査】

2012年7月に試行的に実施した標高200m、400m、1,000mの箇所における植生調査の結果は、下表のとおり。

表 4-I-12-1 標高毎の植生調査結果（2012年時点）

標高	群落名	林高	主な優占種
200m	トドマツ - ミズナラ群落	14m	ミズナラ・ダケカンバ・トドマツ
400m	トドマツ - ミズナラ群落	12～13m	ミズナラ・ダケカンバ・トドマツ
1,000m	ダケカンバ群落	6～8m	ダケカンバ・ミネカエデ・オガラバナ

【考察】

- ・標高200m、400m地点はトドマツ - ミズナラ群落（針広混交林）で、ミズナラ、ダケカンバ、トドマツが優占し、林床はエゾユズリハが優占している。
- ・標高1,000m地点は、亜高木層にダケカンバが優占し、低木層にミネカエデ、オガラバナ等が多く出現し、亜高木層の樹高は6～8mと低く、匍匐性の樹林となっている。現在は、森林限界直下の矮性低木林であるが、将来、気象の変化に伴いどのような林型になるのかについてモニタリングにより追跡していく必要性が高い。



図 4-I-25 標高毎の植生 (2012 年時点)

【高標高 (森林限界より上) の植生調査】

2011 年 7 月に、試行的に実施した羅臼平 (標高 1,350m) と羅臼平石清水直下 (1,430m) における植生調査の結果は下表のとおり。

表 4-I-12-2 標高 1,350m の羅臼平における植物群落種毎の群落組成表

調査区番号		羅臼平1	羅臼平2	羅臼平3	羅臼平4	羅臼平5
調査月日 (2011年)		7月19日	7月19日	7月19日	7月19日	7月19日
標高 (m)		1350	1350	1350	1350	1350
方位		SW	SW	SW	SW	SW
傾斜 (°)		5	5	5	5	5
調査面積 (m×m)		1×1	0.5×0.7	0.3×0.3	0.3×0.3	0.3×0.3
高木層 (T1) の高さ (m)		-	-	-	-	-
高木層 (T1) の植被率 (%)		-	-	-	-	-
亜高木層 (T2) の高さ (m)		-	-	-	-	-
亜高木層 (T2) の植被率 (%)		-	-	-	-	-
低木層 (S) の高さ (m)		0.7-0.8	0.7-0.8	-	-	-
低木層 (S) の植被率 (%)		80	90	-	-	-
草本層 (H) の高さ (m)		0.1	0.10-0.15	0.08-0.10	0.15	0.15-0.20
草本層 (H) の植被率 (%)		40	40	85	65	90
出現種数		9	5	3	3	6
和名		階層				
ハイマツ	S	5・5	・	・	・	・
	H	・	・	1・2	・	・
タカネナナカマド	S	・	5・5	・	・	・
	H	1・2	・	・	・	・
ガンコウラン	H	・	・	5・5	・	+・2
キバナシャクナゲ	H	2・3	2・3	・	4・4	2・2
イソツツジ	H	・	・	・	・	5・5
コケモモ	H	1・2	+	+・2	2・2	1・2
ゴゼンタチバナ	H	+	1・2	・	+	・
ツマトリソウ	H	+	・	+	・	+
ヒメゴヨウイチゴ	H	・	1・2	・	・	+
クロウスゴ	H	1・1	・	・	・	・
コガネイチゴ	H	+・2	・	・	・	・
コミヤマカタバミ	H	+	・	・	・	・

(出典) 平成 23 年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書 (平成 24 年 3 月: (株)プレック研究所)

凡例

- | | |
|-----------------|-------------|
| 1 ハイマツ優先タイプ | 6 コケモモ優先タイプ |
| 2 タカネナナカマド優先タイプ | 自然裸地 |
| 3 イソツツジ優先タイプ | ● 道標 |
| 4 キバナシャクナゲ優先タイプ | |
| 5 ガンコウラン優先タイプ | |

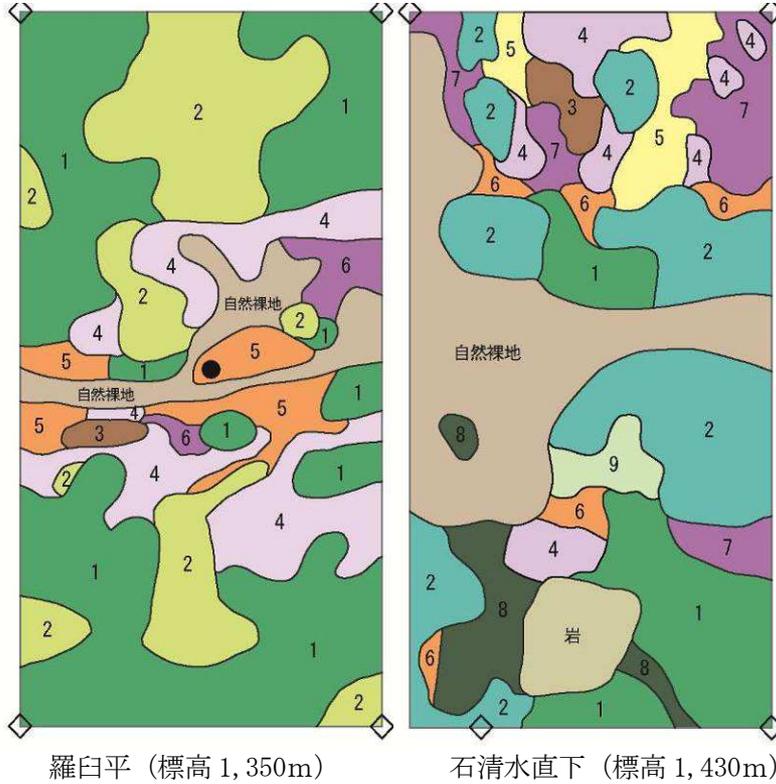


図 4-I-26 羅臼平 (標高 1,350m) と石清水直下 (標高 1,430m) の相観植生図

(注) 凡例の植物群落優占タイプが前表 4-1-(2)-④-4 の優占タイプとリンクする。

(出典) 平成 23 年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書 (平成 24 年 3 月: 株プレック研究所)



羅臼平 (標高 1,350m)



石清水直下 (標高 1,430m)

図 4-I-27 高標高の羅臼平上付近の植生 (2012 年時点)

【考察】

- 低木性のハイマツ群落及びタカネナナカマド群落の平均的な林分高は、0.7～0.8mであり、この地域の積雪深が小さいことを反映している。
- 標高 1,350m（羅臼平）と標高 1,430m（石清水直下）の標高差は 80mであるが、相観植生図内におけるハイマツ群落の植被率を見ると、前者が 55%、後者が 15%と大きく異なる。標高が高くなると積雪深が小さくなり、ハイマツの生育に影響が出ている。
- また、これらの場所は、ハイマツ群落にとっては、冬季の強風が強く非常に生育しづらい環境となっている。
- 将来、気象の変化に伴い、これらの植物群落がどのような変動を示すのかについて、モニタリングにより追跡していく必要性が高い。

(3) 羅臼平付近のハイマツ群落の変動

(3) -⑤ ハイマツ群落の分布

(ア) 調査方法

林野庁撮影の航空写真を判読して、ハイマツ群落の分布域の変動を調査する。

知床地域においては、林野庁では、1958年からおおむね5年～10年おきに航空写真撮影をしている。そこで、この航空写真を用いて、写真判読によるハイマツ群落の分布域に関する調査を実施する。

(イ) 調査地点

a. 調査位置

羅臼岳山頂域 (3km×3km=9 km²)

b. 位置図



図 4-I-28 ハイマツ群落の分布の航空写真判読箇所

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

5年毎に実施する。

(航空写真判読による群落域の変動は10年程度を経ないと判りにくいだが、継続性の観点から5年毎に実施する。)

表 4-I-13 調査年度

年度	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)	2022 (H34)
航空写真撮影 (予定)		○					○			
写真判読・分析			◎					◎		

b. 調査時期

調査実施年の決定に当たっては、林野庁によるデジタルカラー航空写真の撮影計画に留意し、航空写真の撮影後に行う。

(エ) 実施主体

航空写真撮影：林野庁

写真判読・気候変動の影響の分析：環境省・林野庁（北海道森林管理局）

（注）知床世界自然遺産地域長期モニタリング計画の「広域植生図の作成」として実施。

(オ) 航空写真判読・分析方法

a. 群落域の面的・垂直的分布の経年変化の分析

デジタルカラー撮影の航空写真を使用して、簡易デジタルオルソを作成し、群落域の面的・垂直的分布の判読結果を整理する（後述 b 参照）。

群落域の面的・垂直的分布の経年変化の分析の際には、特に群落の垂直分布範囲の低標高域と高標高域に注目する。特に高標高域では、森林限界の上昇等について、ハイマツ以外の植生群落も含め経年変化を分析する。

b. ハイマツ群落の分布の変動と気象の変動との相関性の分析

群落域の変動と気象の変動との相関性を分析する。5年前の判読結果との比較で変化が判りにくい場合は、10年前、それ以前の判読結果との比較を行ってみると良い。

(カ) 過去の調査結果

航空写真判読は、過去の撮影航空写真が全て白黒アナログ撮影なので、実体鏡を用いた肉眼立体視を行いハイマツ群落の分布域を平面図上に移写し実施した。なお、当初はGISソフトを用い簡易的な幾何補正（1シーン当たり6～8箇所）を航空写真に施し、簡易オルソ化（デジタル正射写真化）をした上で植物群落域のトレースを試みたが、利用した航空写真は新旧ともに歪みがあり、結果的に肉眼立体視による補正を行っている。

a. 群落域の面的・垂直的分布の経年変化

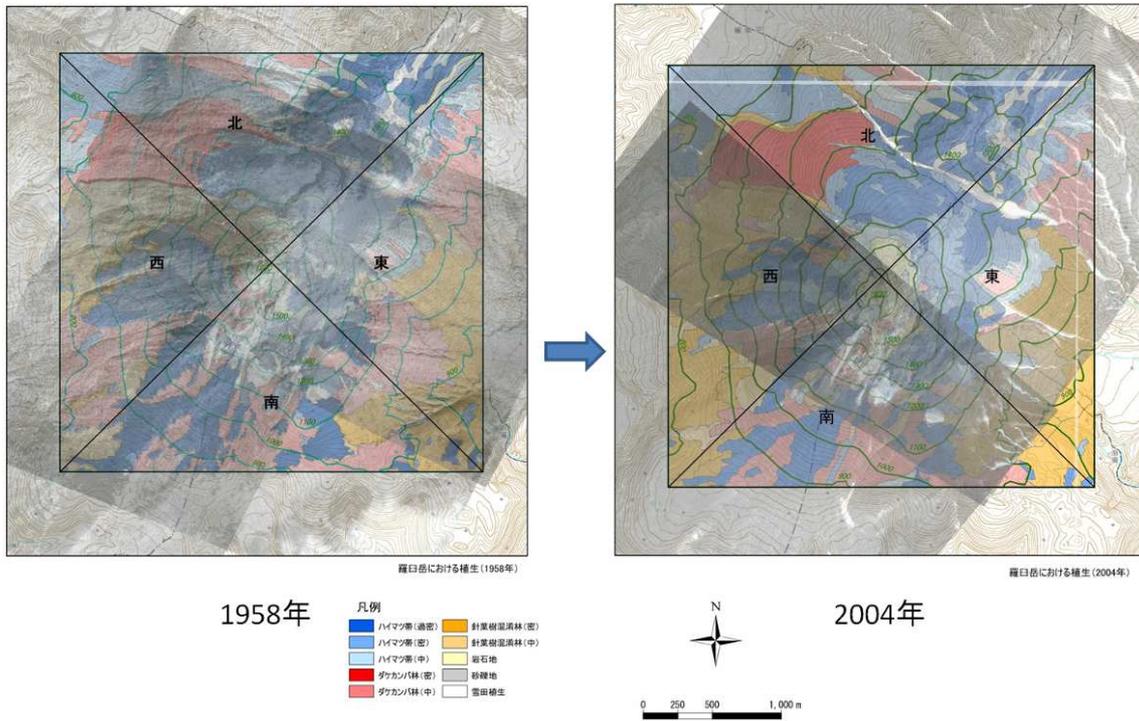


図 4-I-29 羅臼岳周辺の新旧航空写真の比較による植物群落分布域

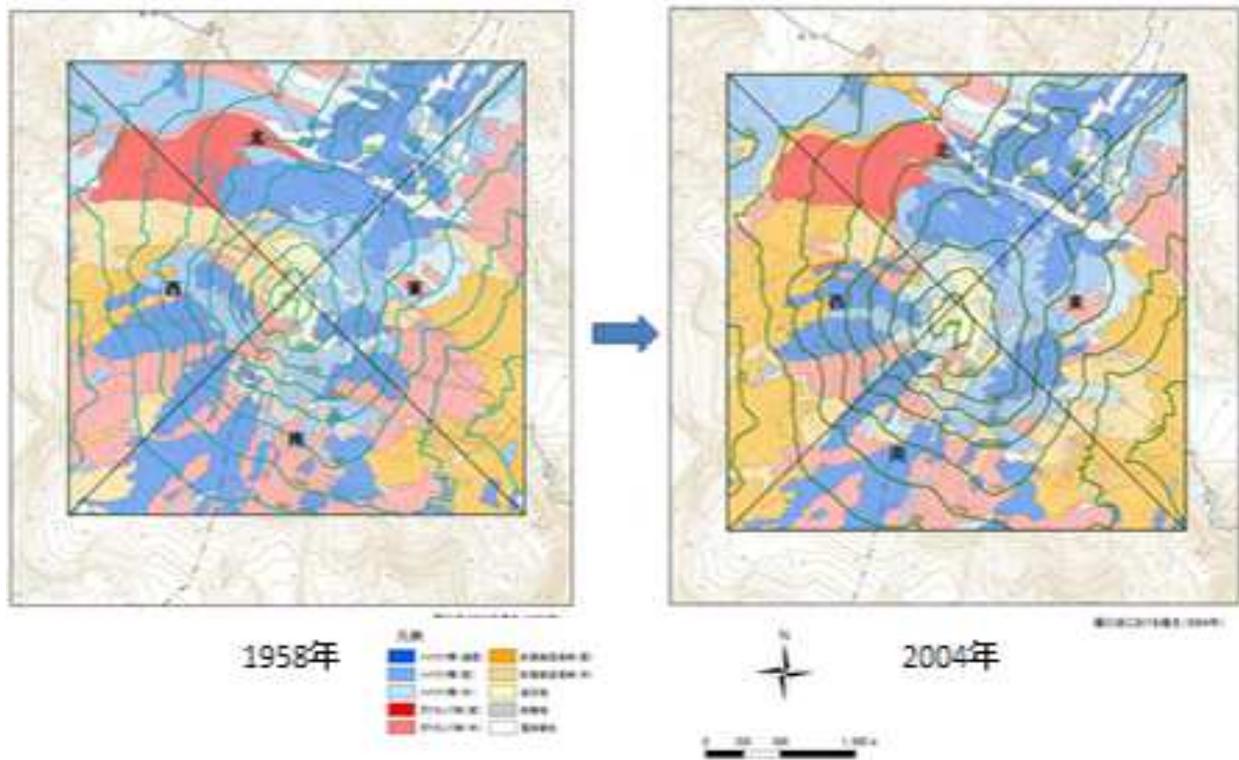


図 4-I-30 羅臼岳周辺の新旧航空写真の比較による植物群落分布域の変動

表 4-I-14 羅臼岳周辺の植物群落分布域面積率の地形要因別の変動

斜面 方位	標高(m)	ハイマツ帯		ダケカンバ林		針葉樹混交林		雪田植生	
		1958年	2004年	1958年	2004年	1958年	2004年	1958年	2004年
東	740~800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	800~900	0.12	0.05	0.05	0.00	1.48	1.60	0.02	0.00
	900~1000	0.12	0.14	1.44	0.00	2.76	3.61	0.05	0.11
	1000~1100	0.00	0.16	1.64	0.39	1.42	2.28	0.01	0.13
	1100~1200	1.06	1.48	2.27	1.56	1.36	1.42	0.04	0.19
	1200~1300	3.35	3.62	1.42	1.37	0.27	0.01	0.31	0.33
	1300~1400	3.20	3.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.38
	1400~1500	1.53	1.69	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04
	1500~1600	0.45	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1600~1660	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	合計	9.85	10.85	6.82	3.36	7.29	8.92	0.77	1.17
西	740~800	0.37	0.22	0.84	0.00	0.25	1.23	0.00	0.00
	800~900	2.27	1.77	2.97	0.42	2.61	5.55	0.00	0.00
	900~1000	0.95	0.30	2.12	1.54	2.26	3.46	0.00	0.00
	1000~1100	1.06	0.62	1.18	1.18	1.48	2.05	0.00	0.00
	1100~1200	1.23	1.06	0.40	0.46	0.70	0.86	0.00	0.00
	1200~1300	1.09	1.03	0.14	0.33	0.27	0.17	0.00	0.00
	1300~1400	0.76	0.81	0.23	0.38	0.25	0.05	0.00	0.00
	1400~1500	0.41	0.72	0.03	0.07	0.37	0.05	0.00	0.00
	1500~1600	0.07	0.45	0.10	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00
	1600~1660	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	合計	8.20	7.00	8.02	4.39	8.49	13.42	0.00	0.00
南	740~800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	800~900	1.64	0.97	0.95	0.72	0.65	0.77	0.00	0.00
	900~1000	2.63	2.14	1.87	1.82	1.45	1.64	0.11	0.13
	1000~1100	2.17	1.85	2.97	2.61	1.40	2.05	0.08	0.15
	1100~1200	1.59	1.72	0.91	0.90	0.00	0.67	0.04	0.11
	1200~1300	0.92	1.09	0.32	0.47	0.00	0.14	0.06	0.03
	1300~1400	0.78	1.25	0.36	0.12	0.00	0.00	0.00	0.04
	1400~1500	0.85	1.06	0.21	0.07	0.00	0.11	0.00	0.00
	1500~1600	0.33	0.54	0.22	0.14	0.00	0.24	0.00	0.00
	1600~1660	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	合計	10.91	10.66	7.81	6.86	3.50	5.62	0.29	0.47
北	740~800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	800~900	1.40	1.93	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	900~1000	1.22	0.90	0.24	0.26	0.00	0.25	0.00	0.00
	1000~1100	1.06	1.39	1.85	1.13	0.00	0.63	0.00	0.05
	1100~1200	1.47	0.93	2.17	2.73	0.00	0.13	0.50	0.43
	1200~1300	2.43	2.81	0.34	0.44	0.13	0.07	0.43	0.28
	1300~1400	6.02	6.12	0.01	0.05	0.21	0.00	0.63	0.68
	1400~1500	2.84	2.76	0.00	0.01	0.28	0.00	0.40	0.35
	1500~1600	0.03	0.11	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
	1600~1660	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	合計	16.47	16.96	4.82	4.63	0.74	1.08	1.97	1.80
計	740~800	0.37	0.22	0.84	0.00	0.25	1.23	0.00	0.00
	800~900	5.43	4.71	4.17	1.14	4.73	7.92	0.02	0.00
	900~1000	4.92	3.48	5.67	3.61	6.47	8.96	0.15	0.23
	1000~1100	4.29	4.02	7.64	5.32	4.30	7.00	0.09	0.32
	1100~1200	5.35	5.19	5.76	5.65	2.07	3.07	0.58	0.73
	1200~1300	7.78	8.56	2.22	2.62	0.68	0.39	0.81	0.64
	1300~1400	10.77	11.72	0.60	0.55	0.46	0.05	0.96	1.10
	1400~1500	5.63	6.23	0.24	0.20	0.65	0.16	0.41	0.40
	1500~1600	0.88	1.28	0.32	0.14	0.38	0.24	0.00	0.00
	1600~1660	0.02	0.07	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00
	合計	45.43	45.47	27.47	19.25	20.02	29.03	3.03	3.43

(注)単位は面積率(%)。

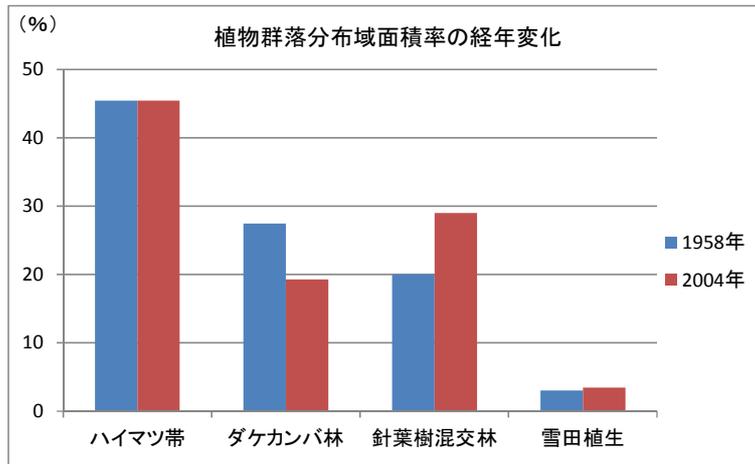


図 4- I -31-1 羅臼岳周辺の植物群落分布域面積率の経年変化

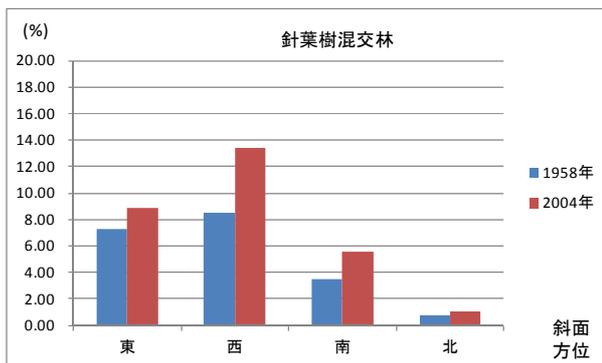
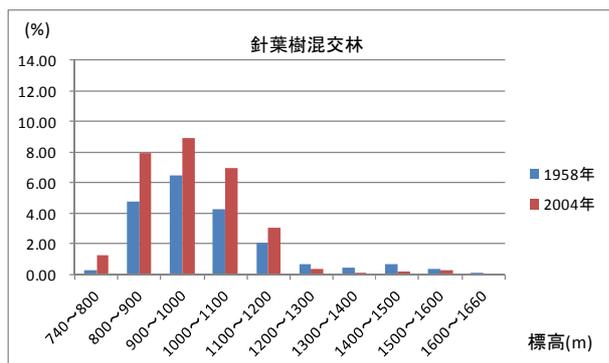
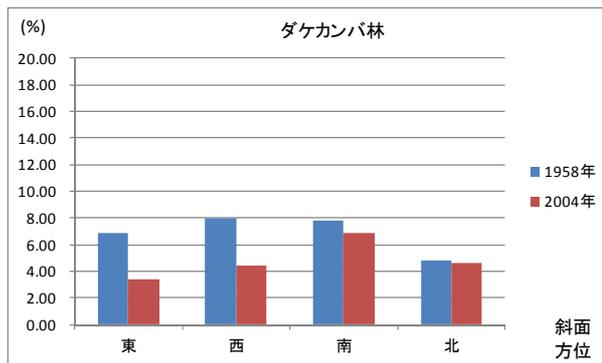
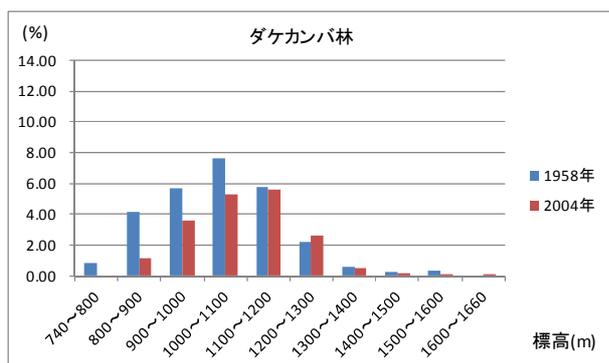
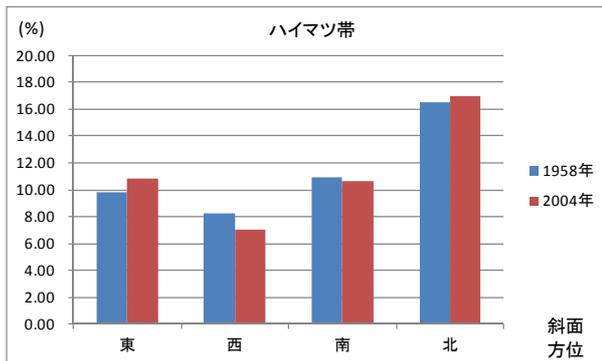
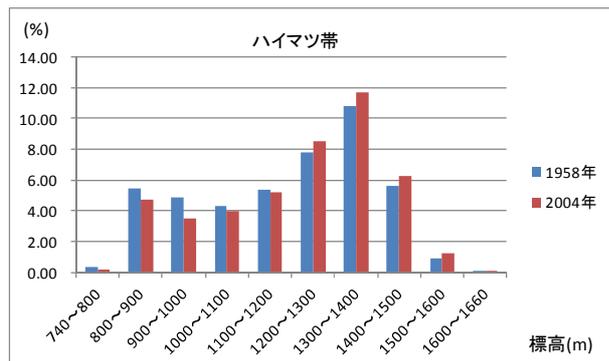
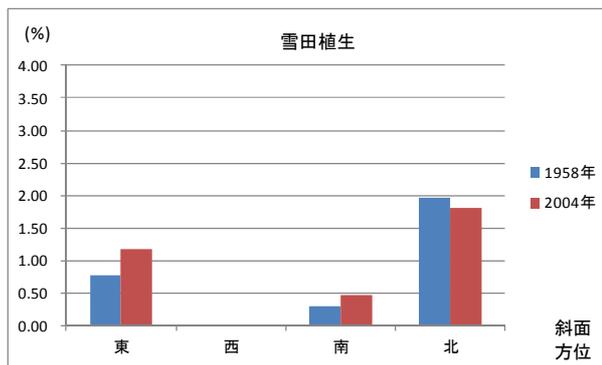
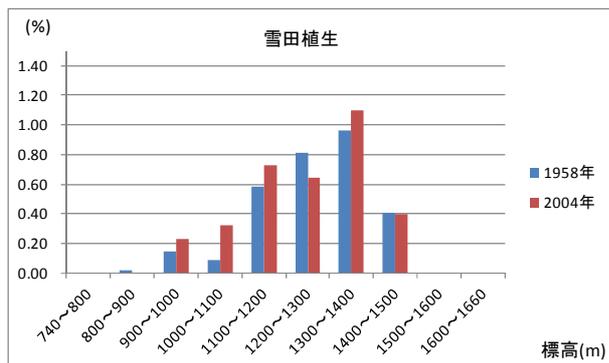


図 4-I-31-2 羅臼岳周辺の植物群落分布域面積率の増減と地形要因との関係

【考察】

・南及び西向き斜面でハイマツ群落域が減少し、東及び北側斜面では増加している。これは

積雪が早く溶ける南及び西向き斜面では群落域が減少し、積雪の残りやすい北東向き斜面で増加している可能性がある。また、南向き、西向き斜面のほうが、針広混交林の増加率が高く、森林限界の上昇によるハイマツ群落域の減少の可能性もある。今後、気候変動の影響を受けやすい環境を抽出する際に参考となる。

- また、標高 1,200m 以上ではハイマツ群落域が増加し、1,200m 未満では減少している。これは、気温が低標高域から上昇すると考えると、高標高域より、積雪期間の短い低標高域の方がハイマツにとっては脆弱であるとの見方もできることから、今後のモニタリングにより更なる傾向の把握が必要である。

b. ハイマツ群落の分布の変動と気象の変動との相関性の分析

1958 年、2004 年、次回予定（2017 年）の 3 時点のハイマツ群落の変動量が把握されると、その間の気象の変動に応じたハイマツ群落の動態が有意の関係性をもって把握できる可能性が高い。

例えば、このまま年平均気温が何度上昇すると、南西側斜面の標高 1,100m 未満においては、10 年あたり何%の群落域が減少し、代わりに 1,400m 以上（高標高域）の東北側斜面では何%増加する等の予測が可能となる。さらに、具体的な傾向の把握は、適応策の検討を行うための資料となる。

(4) 羅臼湖周辺の高層湿原の変動

(4) -⑥ 湿原の水溫、⑦泥炭の厚さ・分解状況、⑧湿原の植生

⑥ 湿原の水溫

(ア) 調査方法

羅臼湿原内で水溫調査、泥炭の厚さ・分解状況調査、植生調査を実施する。

(イ) 調査地点

a. 調査位置

2012年の試行調査において、一の沼から五の沼までと規模の大きな湿原域であるアヤマが原の計6地点を、水の流れ(止水池・流水池・融雪水の流入等)を勘案して調査地点として決定した。今後も、基本的に、同一地点での調査を継続する。

ただし、調査にあたっては、調査地点の状況(表4-I-16)から変化がないことを確認する必要がある。大きな変化が生じている場合には、前回の調査地点と同様の状況である地点、及びその沼の標準的、代表的な地点の観点で、新たな調査地点を設定し、緯度・経度を記録する。

表4-I-15 調査地点の位置

調査地点	水溫観測地点		土壤調査地点	
	緯度	経度	緯度	経度
一の沼	44° 01' 39.0"	145° 06' 30.7"	44° 01' 38.7"	145° 06' 30.2"
二の沼	44° 01' 45.5"	145° 06' 25.7"	44° 01' 44.3"	145° 06' 25.3"
三の沼	44° 01' 45.2"	145° 06' 16.2"	44° 01' 44.8"	145° 06' 16.5"
アヤマが原	44° 01' 43.0"	145° 05' 59.3"	44° 01' 42.9"	145° 06' 00.1"
四の沼	44° 01' 41.1"	145° 05' 41.3"	44° 01' 40.1"	145° 05' 42.9"
五の沼	44° 01' 51.4"	145° 05' 26.0"	44° 01' 48.1"	145° 05' 30.5"

表 4-I-16 調査地点の状況

調査地点	流水状況	湿原分類	地形的特徴
一の沼	止水性	中間・高層湿原植生域内	雨が降らないと枯れる水溜り沼。地下水による常時水分補給はない。
二の沼	止水性	低層湿原植生域内	7月にも溶けない雪田に隣接している。夏場に干上がることもある。
三の沼	やや流水性	中間・高層湿原植生域内	融雪水や豊富な地下水により決して干上がらない。
アヤメが原	流水性	低層と中間・高層湿原植生域内	一帯の水はけは良く、小さな運河状の流れ以外は乾燥化が進みつつある。初夏にエゾシカが集まる。
四の沼	止水性	中間・高層湿原植生域内	標高が約 750m と高い。地下水供給が多く、通年水位は変わらず涸れることはない。
五の沼	止水性	中間・高層湿原植生域内	湿原中最も大きな沼。一年中水位は変わらず、椀を伏せた凸状の湿原微地形（ブルテ）が多い。

b. 位置図



図 4-I-32 湿原調査地点

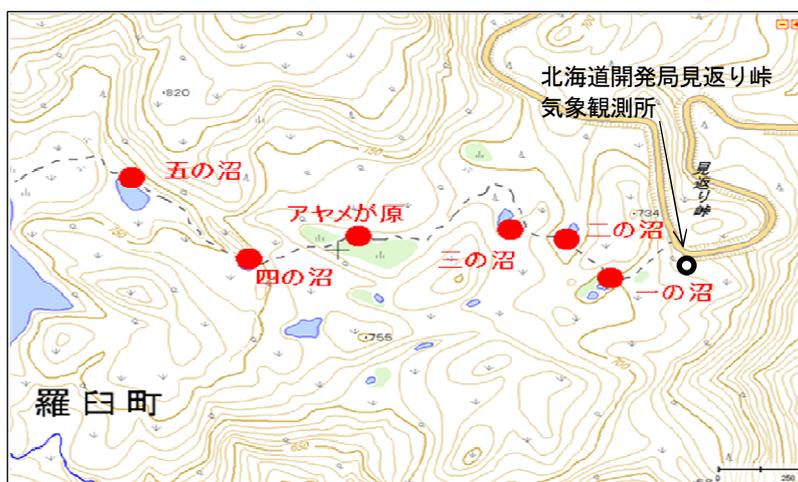


図 4-I-33 湿原調査地点 (詳細)

(出典) 平成 23 年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書 (平成 24 年 3 月 : ㈱プレック研究所)

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

5 年に 1 度実施するが、水温観測は、実施年の 1 年間を通じ毎時観測する。

表 4-I-17 調査年度

年度	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)	2022 (H34)
⑥水温観測の現地調査				○	○				○	○
⑦泥炭及び⑧植生の現地調査					○					○
整理・分析					◎					◎

(注) 水温観測は、8 月～翌年の 7 月までの 1 年間実施する。

b. 調査時期

水温観測を除いた現地調査は、植物の展葉期の 6 月から 9 月までの間に行う。

(エ) 実施主体

- ⑥ 水温観測の現地調査：未定
- ⑦ 泥炭の現地調査：未定
- ⑧ 植生の現地調査：環境省

(注) 知床世界自然遺産地域長期モニタリング計画の「エゾシカ及び気候変動等による影響の把握に資する植生調査」として実施。

⑥⑦⑧ 整理・分析：未定

(オ) 調査の留意点

調査地点は、水の流れ（止水池・流水池・融雪水の流入等）を勘案して決定した。また、エゾシカによる影響があるため、長期的にモニタリングを実施することにより気候変動の影響を抽出していく必要がある。

(参考)

羅臼湖及び周辺湿地の成立は、羅臼湖最深部の年代値は約 2000 年前と言われており（松田、未公表「知床の地質〔斜里町立知床博物館編〕北海道新聞社 2009」）、そのことから、天頂山の溶岩流による川の堰き止め説と、知西別岳の巨大地すべりによるスプーン状削剥部（さくはくぶ）の底説（後藤 2009）の 2 説ある。

(カ) 現地調査・分析方法

a. 各モニタリング項目の現地調査・分析方法

⑥ 湿原の水温

5 年に一度、年間を通じた時間単位の水温観測を行い、近傍の北海道開発局見返り峠観測所のデータとの関連性を分析する。

調査は、水中に機器を設置して行う。調査機器の仕様は、次のとおりである。

【水温調査機器の仕様】

分析は、説明変数（横軸）に時間気温、目的変数（縦軸）に時間水温を設定し、回帰式を算出すれば、沼毎の水温を見返り峠の気温から推定することが可能となる。ただし、池毎の気温と水温との関係式は、止水性、流水性問わずに微地形や周辺森林の状況により変化するため、5 年に一度の現地調査時には年間を通じた水温観測を行い、関係式を算出する。

さらに、気温と水温との相関の分析にあたっては、例えば春から初夏の融雪期と、夏から秋の時期では、季節毎に傾向が異なるので、関係式は季節毎に算出する。

⑦ 湿原の泥炭の厚さ・分解状況

ユネスコの報告書（気候変動の影響への戦略報告書 2006）では、気候変動の影響により生態系へ悪影響を及ぼす主要なインパクトとして、気温上昇に伴う水温上昇による湿原泥炭の分解があげられている。

そこで、気温上昇に伴う水温の上昇が、泥炭の分解を誘発するのか、もし泥炭が分解し始めた時に、湿原の乾燥化によって、池沼の環境や湿原の動植物にどんな影響かでてくるのかについて、モニタリングにより把握する必要性は高い。

湿原の泥炭のモニタリングは、基本的には土壌断面法により、泥炭層部分の厚さや未分解泥炭質の分解状況を把握することにより行う。泥炭層部分の厚さは、断面図を記録し、泥炭の分解状況は未分解植物遺物（一般にはミズゴケ未分解遺物、また一部ではホロムイスケ・ツルコケモモ未分解遺物〔三、四の沼〕）の状態を写真と状況図により記録しておくものである。

さらに土壌断面の層位毎の層厚、土色、土性、堅密度（若しくは土壌硬度）、砂礫の混入割合、基盤風化物の混入割合、水質状況を記録しておくことにより、その泥炭がより過湿化しているのか、乾燥化しているのかの判断材料となる。

調査は断面サンプリング（検土丈方式）により行い、検土丈の仕様は、次のとおりである。

【泥炭調査機器（検土丈）の仕様】



- ・全長：167cm
- ・材質：ステンレス製
- ・採土部寸法：φ17mm×35cm
- ・落錘重量：2kg
- ・土壌断面のサンプリング深さ：1回目（35cm）、2回目（70cm）、3回目（100cm：最大深）

⑧ 湿原の植生

植生調査およびデータの整理・分析は、環境省の「エゾシカ及び気候変動等による影響の把握に資する植生調査（環境省）」により実施する。第1回調査は2012年実施された。次回調査後の分析においては、池沼毎の植生調査結果を基に、出現種数、優占種、被度・群度、多様度指数を算出し、整理する。

いずれも、気候変動の影響により変動する可能性のある分析項目であり、特に、池沼の地形因子（ここでは止水や流水の状況に注目）や見返り峠の降雪量、池沼の水温、泥炭状況との関係性が大きく現れる項目である。

屋久島の高層湿原の花之江河（小花之江河も含む）における10数年にわたるモニタリングでは、池沼の止水や流水状況の地形因子の変動と植物群落域の変動との関係性が大きかったので、注意して観察を続けていく。また、積雪深が少なくなり根雪期間が減少すれば、雪解け水の流入が少なくなり水温が上昇し、ある種の植物群落が縮小または拡大し、あるいは泥炭の分解が促進されて水はけがよくなり、乾燥化が進行して、隣接するハイマツ群落やチシマザサ群落、矮性低木林等の進入が盛んになる可能性もある。さらに、湿原域は比較的遅くまで残雪が残るので、雪田植生群落域も縮小し、希少性の高い植物（エゾコザクラ・イソツツジ等）が減少して多様性が劣ってしまう可能性も指摘される。

なお、湿原植生はエゾシカによる影響を受けやすく、本調査地ではまだその影響の度合いがそれほど大きくないが、今後も慎重に調査を進め、経過をモニタリングしていく必要がある。

b. 湿原のモニタリング項目の変動と気象の変動との相関性の分析

湿原の調査は、2012年に植生調査が環境省により、水温・泥炭調査が（株）ブレイク研究所により、第1回目の調査を実施されたものであり、現時点で、変動量は算出できない。

屋久島における10数年にわたるモニタリングでは、気象の変動の影響ではないが、登山道からの土砂流入の影響、土砂流入防止策の効果、ヤクシカの影響等様々なインパクトに対する影響が明確になってきており、本湿原においても継続的なモニタリングが必要である。

(キ) 過去の調査結果

⑥ 湿原の水溫

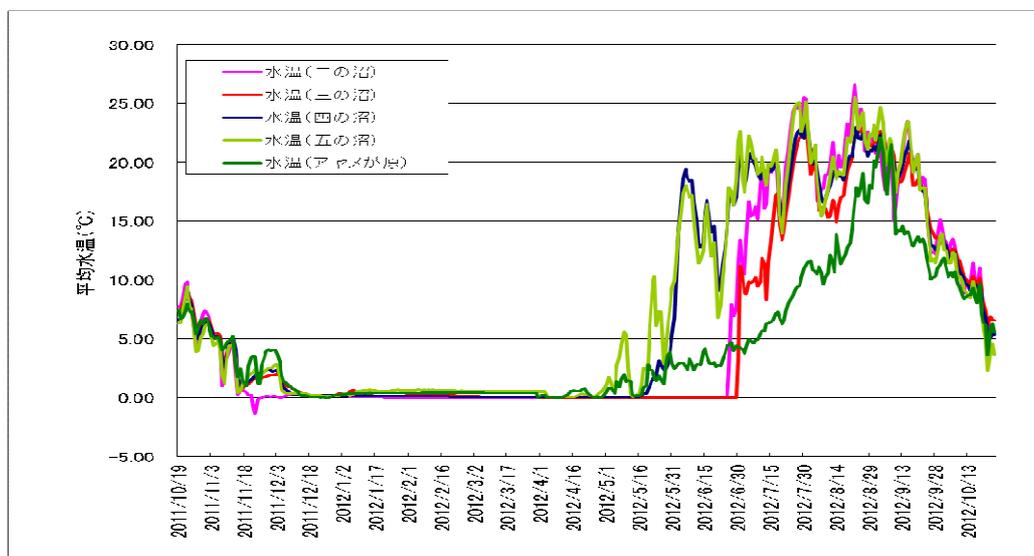


図 4-I-34 日平均水溫の季節変化

(出典) 平成 23 年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書 (平成 24 年 3 月 : (株)プレック研究所)

【考察】

- いずれの地点でも 12 月上旬より水溫が約 0°C で安定しており、積雪に覆われていることを表している。四の沼、五の沼、アヤマが原では、5 月中旬より水溫が上昇傾向を示し、二の沼、三の沼では 6 月下旬より上昇傾向を示した。したがって、二、三の沼は、半年以上が積雪に覆われている地点である。
- 顕著な流水池であるアヤマが原は、他の地点と比較し夏季水溫が低い。
- やや流水性の三の沼は、6 月下旬から夏季にかけて、やや水溫が低い。

⑦ 湿原の泥炭の厚さ・分解状況

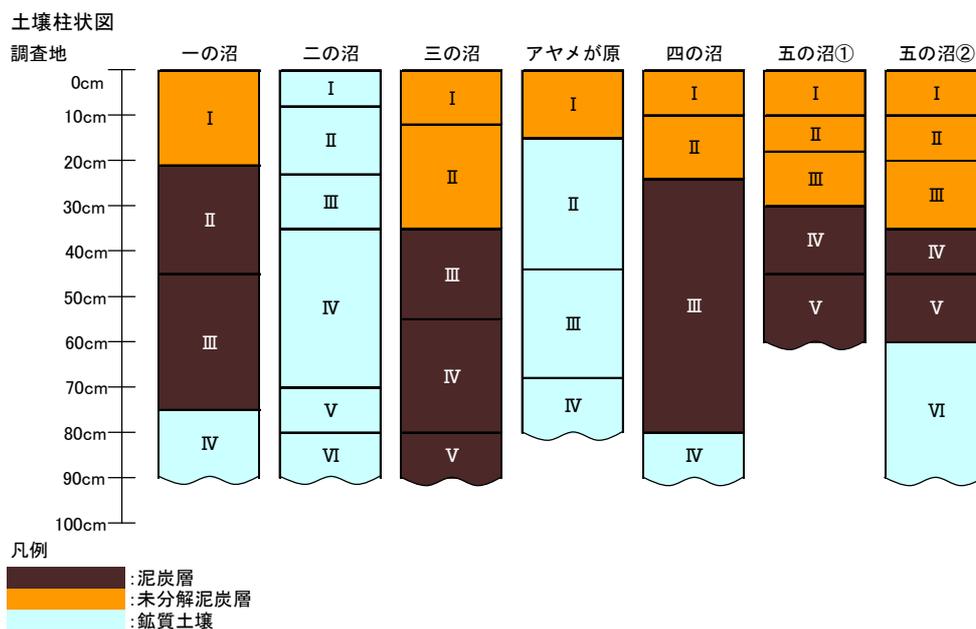


図 4-I-35 土壤柱状図

(出典) 平成 23 年度世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響のモニタリング等事業のうち現地調査等報告書 (平成 24 年 3 月 : ㈱プレック研究所)

【考察】

- 二の沼以外の調査地点では、泥炭層や表層部分に未分解泥炭層が、その下層に泥炭層が確認された。
- また、アヤマが原では、表層に未分解泥炭層が形成されているものの、その下層には泥炭層が認められない。
- これは、周辺の湿原の形成要因が影響している。すなわち、二の沼は低層湿原植生域の中に成立し、アヤマが原は、低層湿原植生域と中間・高層湿原植生域のモザイク状の中に成立している。
- 現段階においては、まだ 1 回目のデータしかなく、他の環境要因 (例えば気象の変化、エゾシカによる影響等) との関係性を追求できないが、今後も継続的なモニタリングを行い、泥炭の状況がどう変化していくのか見ていく必要がある。

⑧ 湿原の植生

表 4-I-18 調査地点の植物群落、優占種、主な植生等

地点	群落名	優占種	優占種以外の主な出現植生
一の沼	チングルマーイボミズゴケ群落 (ホロムイスゲ群)	ミズゴケ類及びトマリスゲ (ホロムイスゲ群)	エゾコザクラ、ワタスゲ、ウコンウツギ、ミズバショウ、モウセンゴケ、ツルコケモモ等
二の沼	チングルマーオオアゼスゲ群落	ミズゴケ類	ミツバオウレン、イワツツジ、ツルコケモモ、チングルマ、ゴゼンタチバナ、ハリイ、ミズバショウ、モウセンゴケ、オオバスノキ等
三の沼	チングルマーイボミズゴケ群落 (ホロムイスゲ群)	ミズゴケ類及びミカヅキグサ	エゾコザクラ、チングルマ、トマリスゲ (ホロムイスゲ)、ウメバチソウ、イソツツジ、ヒメシヤクナゲ、ツルコケモモ、ミズバショウ、モウセンゴケ等
アヤメが原	チングルマーイボミズゴケ群落 (典型群)	ミズゴケ類及びエゾホソイ	クマイザサ、ヒオウギアヤメ、エゾセンテイカ、チングルマ、ワタスゲ、アオノツガザクラ、エゾホソイ、ウメバチソウ、ミツバオウレン、エゾコザクラ、ヒメシヤクナゲ等
四の沼	チングルマーイボミズゴケ群落 (典型群)	ミズゴケ類及びツルコケモモ	チシマミクリ、ミツガシワ、チングルマ、ウメバチソウ、ナガボノシロワレモコウ、ミツガシワ、ミズバショウ、モウセンゴケ等
五の沼	チングルマーイボミズゴケ群落 (典型群)	ミズゴケ類及びツルコケモモ	オオアゼスゲ、ハンゴンソウ、ミズバショウ、モウセンゴケ、ワタスゲ、ヒメシヤクナゲ、チングルマ等

【考察】

- ・湿原植生は、その湿原の流水の状況や分類 (成因)、地形的特徴により大きく異なり、それが湿原の多様性を支えている。そのため、本調査地も多種多様な植生の宝庫となっている。
- ・現段階においては、まだ1回目のデータしかなく、他の環境要因 (例えば気象の変化、エゾシカ等による影響) との関係性を追求できないが、今後も継続的なモニタリングを行い、植生の状況がどう変化していくのか見ていく必要がある。
- ・なお、アヤメが原には、かつてヒオウギアヤメ、エゾセンテイカが数多く生育していたが、エゾシカによる食害で相当減少しているとのことである (知床の植生 [2005] 斜里町立知床博物館編：北海道新聞社)。

(4) -⑨ 湿原の面的分布

(ア) 調査方法

林野庁撮影の航空写真を使用し、湿原域の分布（湿原の湖沼域、湿原植生域、矮性低木林域〔ハイマツ優占林〕）の分布の判読調査を5年毎に実施し、判読結果を整理する。

(イ) 調査地点

a. 調査位置

羅臼湿原域 (2.5km×1km=2.5 km²)

b. 位置図



図 4- I -36 湿原の面的分布の航空写真判読調査箇所

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

5年毎に実施する。

(航空写真判読による群落域の変動は10年程度を経ないと判りにくい、継続性の観点から5年毎に実施する。)

表 4-I-19 調査年度

年度	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)	2022 (H34)
航空写真撮影 (予定)		○					○			
写真判読・分析			◎					◎		

b. 調査時期

調査実施年の決定に当たっては、林野庁によるデジタルカラー航空写真の撮影計画に留意し、航空写真の撮影後に行う。

(エ) 実施主体

航空写真撮影：林野庁

写真判読・気候変動の影響の分析：環境省・林野庁（北海道森林管理局）

（注）知床世界自然遺産地域長期モニタリング計画の「エゾシカ及び気候変動等による影響の把握に資する植生調査」として実施。

(オ) 航空写真判読・分析方法

a. 湿原の面的分布の経年変化の分析

デジタルカラー撮影の航空写真を使用して、簡易デジタルオルソの作成し、湿原域の分布（湿原の湖沼域、湿原植生域、矮性低木林域〔ハイマツ優占林〕）の分布を判読する。

なお、過去に撮影した航空写真は、全て白黒アナログ撮影なので、実体鏡を用いた肉眼立体視を行いハイマツ群落の分布域を平面図上に移写し判読を行った。当初はGISソフトを用い簡易的な幾何補正（1シーン当たり6～8箇所）を航空写真に施し、簡易オルソ化（デジタル正射写真化）をした上で湿原域のトレースを試みたが、利用した航空写真は新旧ともに歪みがあり、結果的に肉眼立体視による補正を行っている。湿原域の面的分布の経年変化の分析の際には、特にその湿原域の斜面方位と標高に注目する。

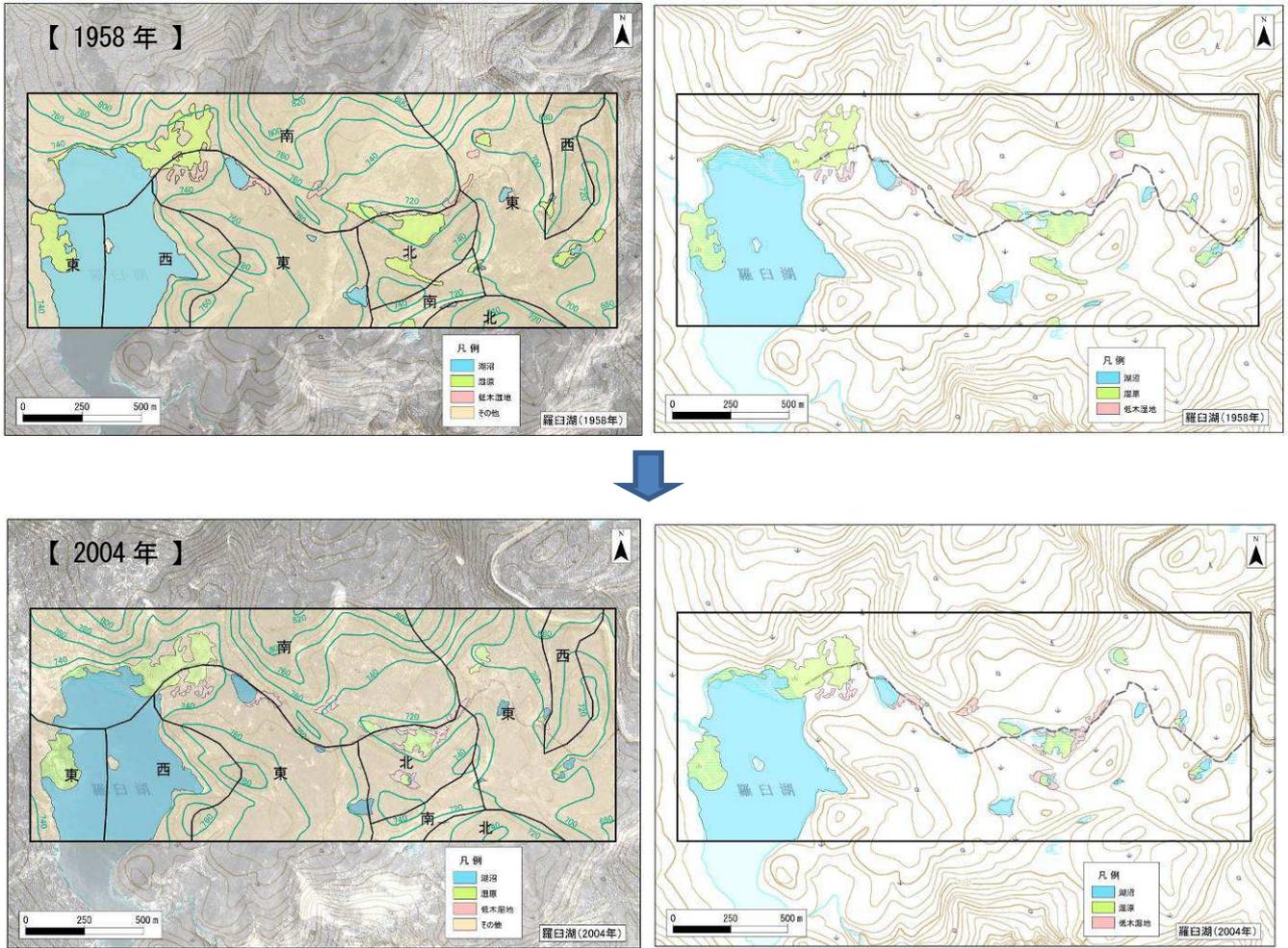
b. 湿原の分布域の変動と気象の変動との相関性の分析

湿原域の変動と気象の変動との相関性を分析する。5年前の判読結果との比較で変化が判りにくい場合は、10年前、それ以前の判読結果との比較を行ってみると良い。

(カ) 過去の調査結果

知床地域においては、林野庁では、1958年からおおむね5年～10年おきに航空写真撮影をしている。そのため、1958年（昭和33年）の航空写真と、それから36年後の2004年（平成9年）の航空写真を使用して判読を行った。

a. 湿原の面的分布の経年変化の分析



(注) 図中のその他は、ササ地やハイマツ林、ミズナラ・ダケカンバ・トドマツ林等を指す。

図 4-I-37 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

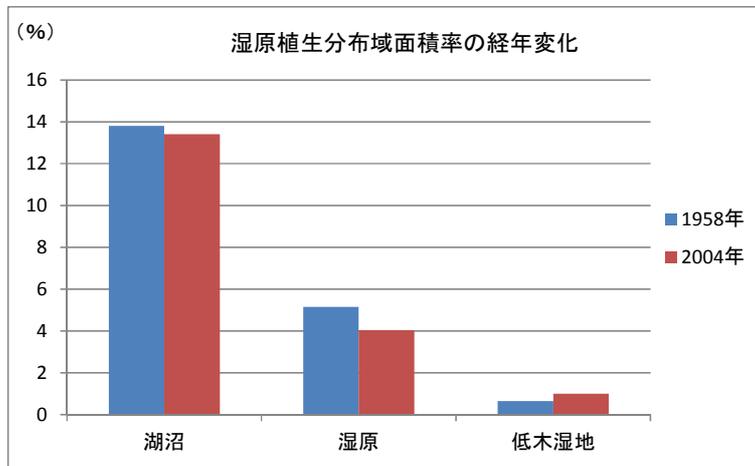


図 4-I-38-1 羅臼湖周辺の湿原植生分布域面積率の経年変化

表 4-I-20 羅臼湖周辺の湿原植生分布域面積率の地形要因別の変動

斜面方位	標高(m)	湖沼		湿原		低木湿地		その他	
		1958年	2004年	1958年	2004年	1958年	2004年	1958年	2004年
東	660-680	0	0	0	0	0	0	0.63	0.63
	680-700	0.06	0.12	0.36	0.20	0.06	0.02	5.97	6.10
	700-720	0.09	0.09	0.01	0.05	0.11	0.04	10.85	10.88
	720-740	3.89	3.79	1.40	1.46	0.15	0.14	5.00	5.05
	740-760	0.40	0.35	0	0	0.13	0.10	9.15	9.22
	760-780	0	0	0	0	0	0	4.50	4.50
	780-800	0	0	0	0	0	0	0.88	0.88
	800-820	0	0	0	0	0	0	0.13	0.13
	820-840	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	4.44	4.35	1.77	1.71	0.45	0.30	37.11	37.39	
西	660-680	0	0	0	0	0	0	0.69	0.69
	680-700	0.01	0	0.06	0	0	0.02	1.62	1.67
	700-720	0	0	0	0	0	0	1.62	1.62
	720-740	5.74	5.94	0	0	0	0	1.16	0.97
	740-760	0	0	0	0	0	0	1.76	1.76
	760-780	0	0	0	0	0	0	1.06	1.06
	780-800	0	0	0	0	0	0	0.18	0.18
	800-820	0	0	0	0	0	0	0	0
	820-840	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	5.75	5.94	0.06	0.00	0.00	0.02	8.09	7.95	
南	660-680	0	0	0	0	0	0	0	0
	680-700	0	0	0	0	0	0	0	0
	700-720	0	0	0.12	0.11	0.06	0.03	0.54	0.57
	720-740	3.60	3.03	1.94	1.82	0.01	0.05	8.62	9.26
	740-760	0	0.01	0.14	0	0.08	0.16	8.16	8.22
	760-780	0	0	0	0	0.04	0	4.92	4.95
	780-800	0	0	0	0	0	0	3.30	3.30
	800-820	0	0	0	0	0	0	2.27	2.27
	820-840	0	0	0	0	0	0	0.04	0.04
合計	3.60	3.04	2.20	1.93	0.19	0.24	27.85	28.61	
北	660-680	0	0	0	0	0	0	0	0
	680-700	0	0	0	0	0	0	0	0
	700-720	0	0	0.86	0.40	0.02	0.30	0.84	1.03
	720-740	0.02	0.06	0.32	0.06	0	0.14	5.51	5.58
	740-760	0	0	0	0	0	0	0.92	0.92
	760-780	0	0	0	0	0	0	0	0
	780-800	0	0	0	0	0	0	0	0
	800-820	0	0	0	0	0	0	0	0
	820-840	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0.02	0.06	1.18	0.46	0.02	0.44	7.27	7.53	
計	660-680	0	0	0	0	0	0	1.32	1.32
	680-700	0.07	0.12	0.42	0.20	0.06	0.04	7.58	7.78
	700-720	0.10	0.10	0.98	0.56	0.19	0.36	13.84	14.10
	720-740	13.26	12.83	3.65	3.33	0.16	0.34	20.30	20.86
	740-760	0.40	0.36	0.14	0	0.21	0.26	19.99	20.12
	760-780	0	0	0	0	0.04	0	10.49	10.52
	780-800	0	0	0	0	0	0	4.36	4.36
	800-820	0	0	0	0	0	0	2.40	2.40
	820-840	0	0	0	0	0	0	0.04	0.04
合計	13.83	13.41	5.19	4.09	0.66	1.00	80.32	81.50	

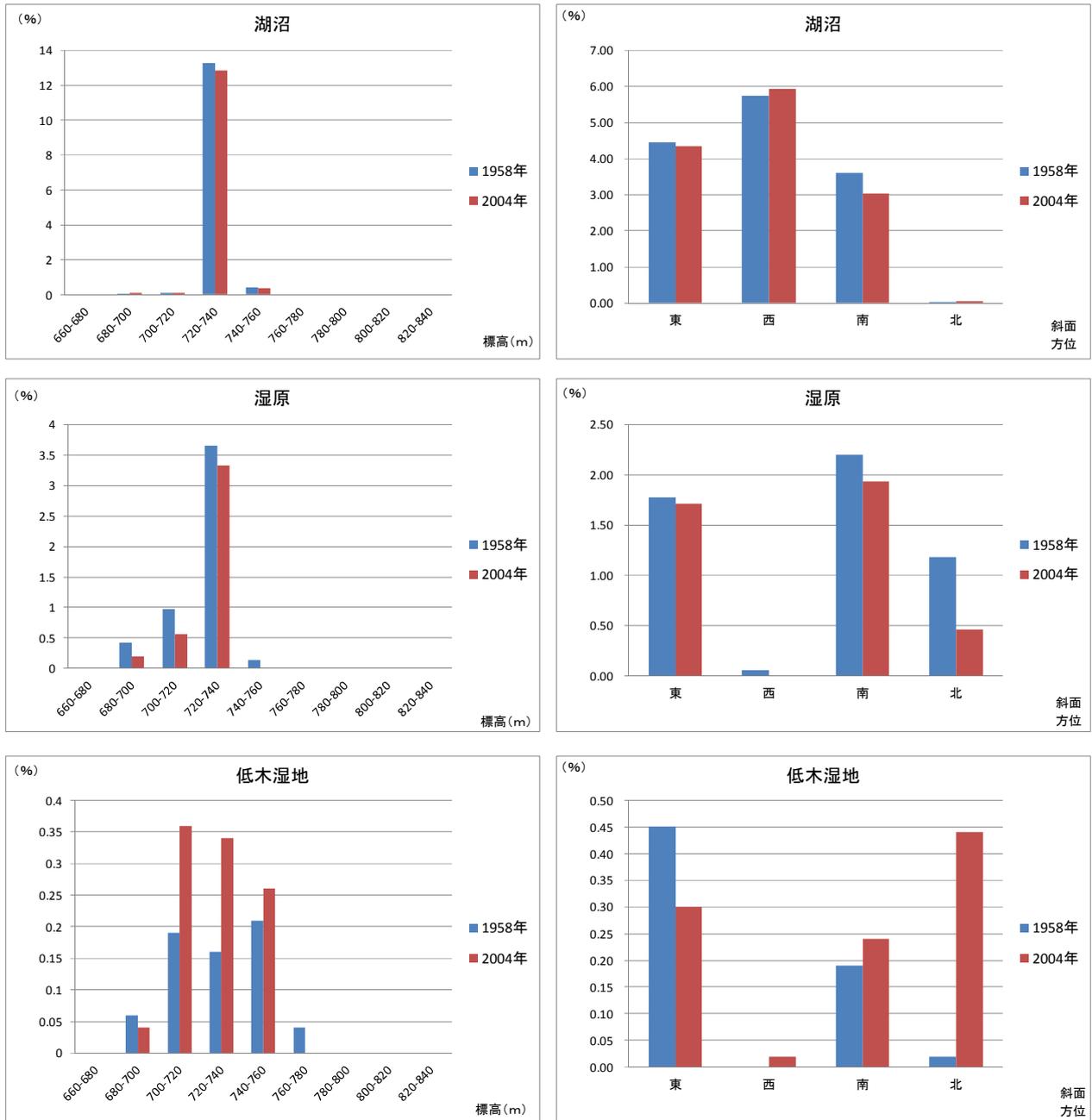


図 4-I-38-2 羅臼湖周辺の湿原植生分布域面積率の増減と地形要因との関係

【考察】

- 湿原分布域は、湖沼域とミズゴケやスゲ類が優占する湿原（湿原植生域）が減少し、低木湿地（矮性低木林域）が増加している。これは、僅かではあるが湿原が乾燥化していることを示している。
- また、詳細にみると、矮性低木林域は標高 700m～760mの北向き斜面で増加しており、一方、湖沼や湿原植生域は、標高 720m～740mの南向き斜面で減少している。
- しかし、現実的には、湿原域の変動は、地下水や表面流等の局地的な微細地形や、雪の吹き溜まり（雪田）の有無などの影響を受けるとともに、その年の積雪深や降水量、気温・

水温、泥炭の分解等にも大きな影響を受けるものと思われ、その脆弱性の評価も含め、今後のモニタリングにより更なる傾向を把握していくことが望まれる。

b. 湿原の分布域の変動と気象の変動との相関性の分析

1958年、2004年、次回予定（2017年）の3時点の湿原の分布域の変動が把握できれば、その間の気象の変動と湿原の分布域の変動との有意な関係性を確認出来る可能性が高い。

このまま年平均気温が何度上昇すると、湿原水温や水域環境が変動し泥炭の分解が促進され、その結果、標高720m～740m区間の南向き斜面の湿原域が乾燥化により減少してササ地となり、北向き斜面ではハイマツを優占とする矮性低木林域となる可能性がある。

(5) 河川残留型サケ科魚類オショロコマの生息状況の変動

(5) -⑩ オショロコマの生息河川の水温及び河川環境、⑪ 生息密度、⑫ 形態

(ア) 調査方法

調査対象河川の39河川を5年に分けて、河川毎のオショロコマの生息調査、物理環境調査、水温観測等を行った上で、データ解析を行う。また、5年に1度の頻度で経年変化の分析を行う。

(イ) 調査地点

a. 調査対象河川

調査対象河川は、次の観点で選定した39河川とする。

- ・アクセスが容易であること。
- ・オショロコマ生息密度調査（谷口・河口ら（2002）による）との継続性がある。
- ・河川工作物のある河川とない河川を両方含める。
- ・羅臼側、ウトロ側の両側で実施する。
- ・遺産地域だけでなく隣接地域も含める。

b. 各調査位置

表4-I-21-1 オショロコマの調査対象河川の所在地

河川名	所在地（字名）	河川名	所在地（字名）		
ウトロ側 15河川 ・ 西岸	糠真布川	斜里郡斜里町日の出	羅臼側 24河川 ・ 東岸	アイドマリ川	目梨郡羅臼町相泊
	オライネコタン川	斜里郡斜里町ウトロ高原		オショロッコ川	目梨郡羅臼町昆布浜
	オチカバケ川	斜里郡斜里町ウトロ高原		ルサ川	目梨郡羅臼町北浜
	オショバオマブ川	斜里郡斜里町ウトロ高原		キキリベツ川	目梨郡羅臼町北浜
	金山川	斜里郡斜里町ウトロ高原		ショウジ川	目梨郡羅臼町北浜
	オンネベツ川	斜里郡斜里町ウトロ高原		ケンネベツ川	目梨郡羅臼町北浜
	オベケブ川	斜里郡斜里町ウトロ高原		チエンベツ川	目梨郡羅臼町岬町
	チャラッセナイ川	斜里郡斜里町ウトロ高原		モセカルベツ川	目梨郡羅臼町岬町
	オショロコマナイ川	斜里郡斜里町ウトロ高原		オッカパケ川	目梨郡羅臼町岬町
	フンベ川	斜里郡斜里町ウトロ高原		サシルイ川	目梨郡羅臼町海岸町
	ホロボツ川	斜里郡斜里町遠音別村岩尾別		ハシコイ川	目梨郡羅臼町海岸町
	イワオベツ川	斜里郡斜里町遠音別村岩尾別		知徒来川	目梨郡羅臼町海岸町
	イダシュベツ川	斜里郡斜里町遠音別村岩尾別		羅臼川	目梨郡羅臼町共栄町
	ルシャ川	斜里郡斜里町遠音別村岩尾別		松法川	目梨郡羅臼町松法町
	テッパンベツ川	斜里郡斜里町遠音別村岩尾別		チニシベツ川	目梨郡羅臼町知昭町
		タチカリウス川	目梨郡羅臼町麻布町		
		精進川	目梨郡羅臼町春日町		
		ボン春茹古丹川	目梨郡羅臼町春日町		
		春茹古丹川	目梨郡羅臼町春日町		
		幌萌川	目梨郡羅臼町幌萌町		
		幌萌小沢川	目梨郡羅臼町幌萌町		
		茶志別川	目梨郡羅臼町幌萌町		
		ボン陸志別川	目梨郡羅臼町峯浜町		
		オルマップ川	目梨郡羅臼町峯浜町		

(注) 各河川の具体的な調査地点については、オショロコマ保護の観点から未公表（河口〔徳島大学工学部准教授〕・谷口〔名城大学理学部准教授〕・㈱プレック研究所：2013. 2）。

c. 位置図

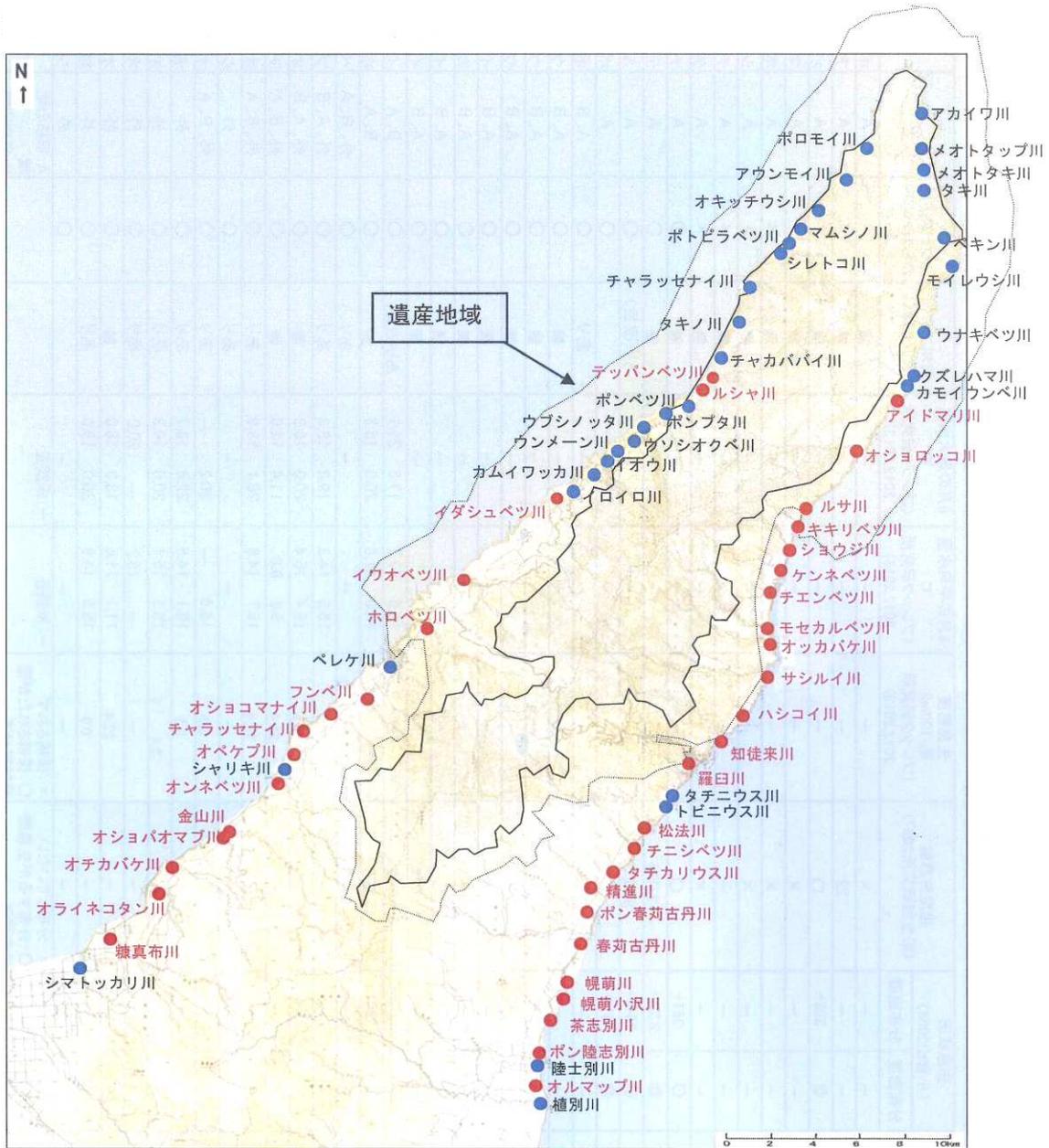


図4-I-39 オショロコマの調査対象河川の位置
 (図中赤丸で示した羅白側 24 河川、ウトロ側 15 河川の計 39 河川が対象)

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

各調査は毎年7～8河川ずつ調査を行い、5年で39河川を一巡する。また、毎年調査を実施した河川についてデータ解析を行った上で、5年に一度の頻度で経年変化の分析を行う。

表 4-I-21-2 調査年度

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
調査	東側 1～5 河川	東側 6～10 河川	東側 11～15 河川	東側 16～20 河川	東側 21～24 河川	東側 1～5 河川	東側 6～10 河川	東側 11～15 河川	東側 16～20 河川	東側 21～24 河川
	西側 1～3 河川	西側 4～6 河川	西側 7～9 河川	西側 10～12 河川	西側 13～15 河川	西側 1～3 河川	西側 4～6 河川	西側 7～9 河川	西側 10～12 河川	西側 13～15 河川
	計 8河川	計 8河川	計 8河川	計 8河川	計 7河川	計 8河川	計 8河川	計 8河川	計 8河川	計 7河川
分析					合計 39河川					合計 39河川

(注) 東側は羅臼側を西側はウトロ側を示す。

b. 調査時期

生息河川の水温及び河川環境調査、生息密度調査、形態調査は、7～9月に実施する。また、調査結果の整理、データ解析及び経年変化の分析は、年度末までに実施する。

(エ) 実施主体

調査：林野庁（北海道森林管理局）

分析：林野庁（北海道森林管理局）

(オ) 調査の留意点

各河川の調査箇所は、予め、アクセスし易く、温泉水や流入支川、湧水流の影響を受けにくい場所を選定しているが、洪水後は、河川形状や湧水流の影響箇所が変化する場合もあるので、それらの環境の変化に常に留意する。

また、河川水温、水質、流量は、上流の森林の変化（崩壊発生等の影響）や溪畔林の状況、その他の人為的な影響（河川改修工事等）を受けやすく、河川水温は、温暖化以外にも温泉水や湧水の流入影響を受けやすいので、それらの状況にも留意しながら現地調査を行う。

さらに、現地調査時には、ヒグマと遭遇しやすいので、調査中は必ずヒグマ番（見張り）を配置するとともに、仮にヒグマの新しい痕跡を見つけた場合は、その日の調査河川を変更する等、安全上の十分な配慮を行う。

(カ) 現地調査・分析方法

a. 現地調査

⑩ オショロコマの生息河川の水温及び河川環境

調査対象河川の調査箇所にて、夏季高水温期の7～9月間、水温観測を行う。

センサー・バッテリー付ロガー水温計を用い、川岸のアンカー等から針金で固定し、河床が変化しにくく基底流量時にも水面下にある水中に沈め、1時間単位の水温測定を行う。

また、河川環境（物理的生息環境）調査として、同じ調査箇所において、水面幅、水深、河床材料直径、流速（6割水深）、流量及び植被率（河川水面を覆う植被率）を調査する。

⑪ オショロコマの生息密度、⑫ オショロコマの形態

生息調査は、調査対象河川毎に既往研究成果（谷口・河口ら：2002）との比較が可能となるように、既往調査箇所（1河川1地点60m区間）において、定量調査法により、オショロコマを採捕し生息数のカウントと個体サイズの計測を行う。

採捕においては、電気ショッカーの使用を3パスとし、魚種毎に個体数を記録するとともに、尾叉長を計測し、個体数密度や個体サイズの頻度分布を把握する。調査後は、採捕した場所で放流する。

生息調査の際、オショロコマ以外の魚種についても記録を行う。特に、外来種のニジマスの生息状況は重要であり、必ず記録する。



写真 4-I-40 調査の様子（左）および採捕後麻酔下にあるオショロコマ（右）
（写真）河口（徳島大学工学部准教授）・谷口（名城大学理学部准教授）：2013. 2

b. 分析方法

- i. 調査を実施した河川毎に、日、週、月毎の平均水温および最高水温を算出し記録する。
また、オショロコマの生息密度を算出し記録する。
- ii. 気象等の特徴が異なる知床半島を西岸と東岸に分け次の解析を行う。
 - ・最高気温が 25℃を超えた日数の西岸と東岸との比較
 - ・最高水温が 20℃を超えた日数の西岸と東岸との比較
 - ・水温とオショロコマの生息数や生態的特性（個体サイズ等）との関係
 - ・物理的生息環境（水面幅、水深、河床材料、流速、流量、植被率）の平均値とオショロコマの生息数や生態的特性（個体サイズ等）との関係

- ・物理的生息環境（水面幅、水深、河床材料、流速、流量、植被率）の平均値と水温との関係
- ・ダム密度*と水温との関係
- ・物理的生息環境（水面幅、水深、河床材料、流速、流量、植被率）の平均値とダム密度との関係
- ・最高水温が 20℃を越えた日数とダム密度との関係
- ・ダム密度等とオショロコマの生息数や生態的特性（個体サイズ等）との関係

（キ）過去の調査結果

【最高気温が 25℃を超えた日数の西側と東側との比較】

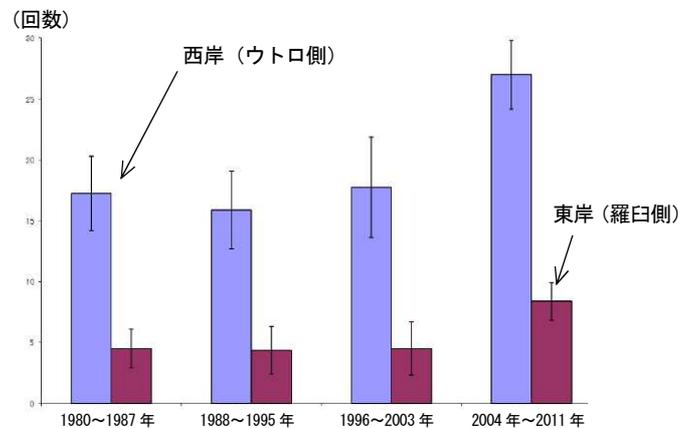


図 4-I-41 1980～2011 年までの西岸・東岸における夏季気温が 25℃を越えた回数
 (作図) 河口 (徳島大学工学部准教授)・谷口 (名城大学理学部准教授) : 2013. 2

【考察】

- ・1980年代から比べると2004年以降になると最高気温が25℃を超える日が増加している。
- ・最高気温が25℃を超える日は東岸（羅臼側）よりも西岸（ウトロ側）の方が多い。
- ・以上より、近年は最高気温が25℃以上の暑い日が増え、その傾向は西岸で顕著である。

【水温とオシヨロコマの生息数】

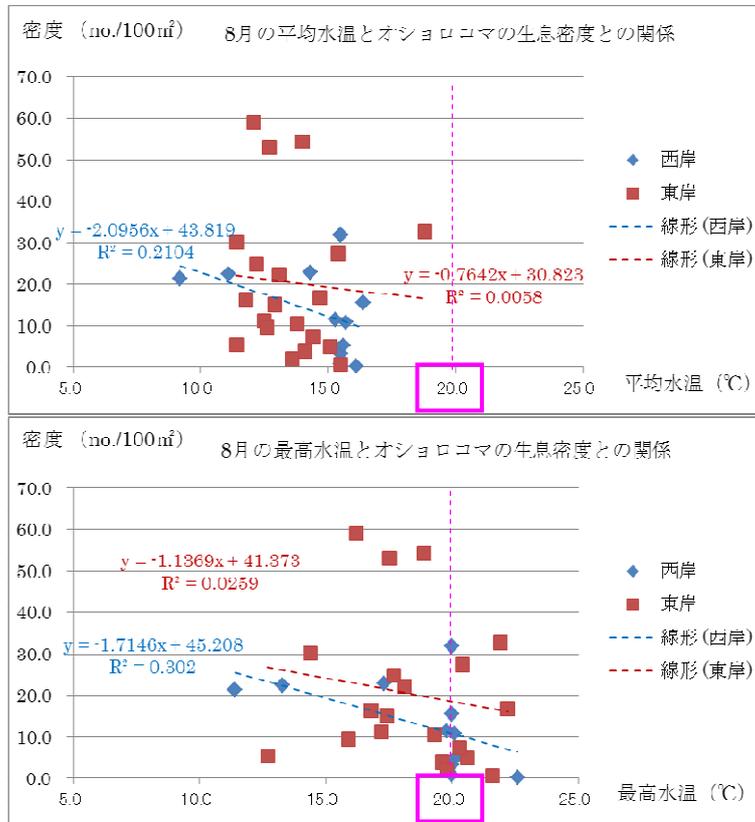


図 4-I-42 2011～2012年の西岸・東岸における8月の平均水温、最高水温とオシヨロコマの生息密度との関係

【考察】

- 西岸・東岸ともに8月の平均水温、最高水温が高い河川の方がオシヨロコマの生息密度が小さくなる傾向が見られ、特に西岸の方がその傾向が強い。
- 8月の最高水温が20℃を越える河川は、西岸は全11河川中7河川(63%)が該当し、東岸は全20河川中6河川(30%)が該当する。
- 以上より、西岸は東岸よりも8月の平均水温、最高水温の高い河川が多く、また水温が高い河川の方がオシヨロコマの生息密度が少なくなる傾向が見られた。

【物理的生息環境（植被率）と水温との関係】

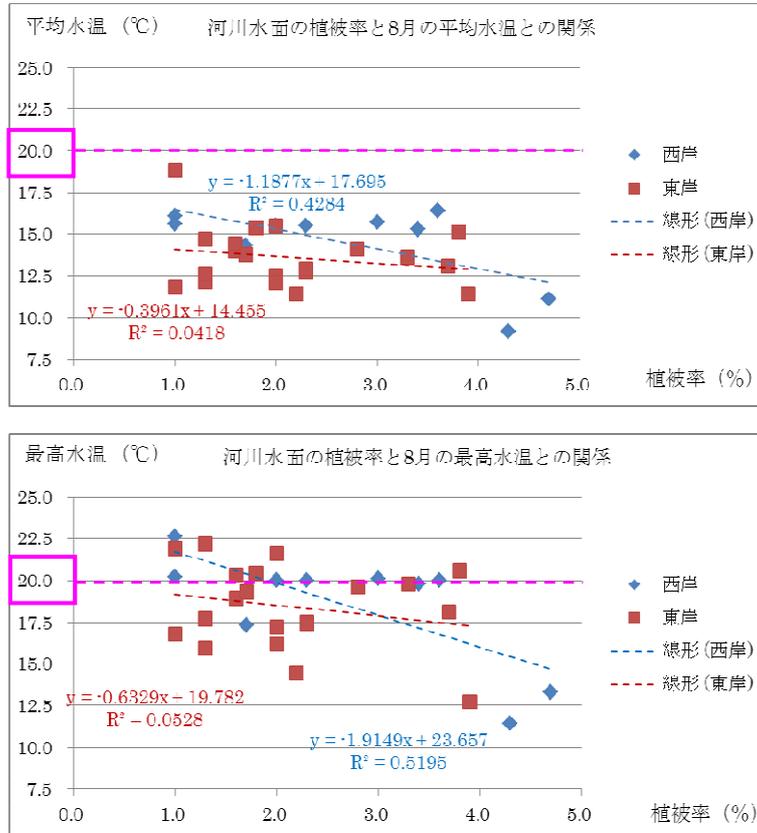


図 4-I-43 2011～2012 年の西岸・東岸における河畔林による河川水面の植被率と 8 月の平均水温、最高水温との関係

【考察】

- ・ 河川水面の河畔林による植被率と 8 月の平均水温、最高水温は、西岸・東岸ともに植被率の高い河川の方が 8 月の平均水温、最高水温ともに低くなる傾向が見られる。
- ・ その傾向は、東岸は相関係数が低く、傾向があまり顕著とは言えないが、西岸はある程度の傾向が示されている。また、植被率と水温との関係性は、8 月の平均水温よりは最高水温の方が、相関性が高く関連性が強い。
- ・ 西岸において 8 月の最高水温が 20℃未満の 4 河川の平均植被率は 3.5%であり、20℃以上の 7 河川の平均植被率は 2.1%である。また、東岸において 8 月の最高水温が 20℃未満の 14 河川の平均植被率は 2.2%であり、20℃以上の 6 河川の平均植被率は 1.9%である。
- ・ 以上より、河畔林による河川水面の植被率が多い河川の方が 8 月の平均水温、最高水温ともに低い傾向が見られ、その傾向は、西岸の方がより顕著であった。

【ダム密度*と水温との関係】

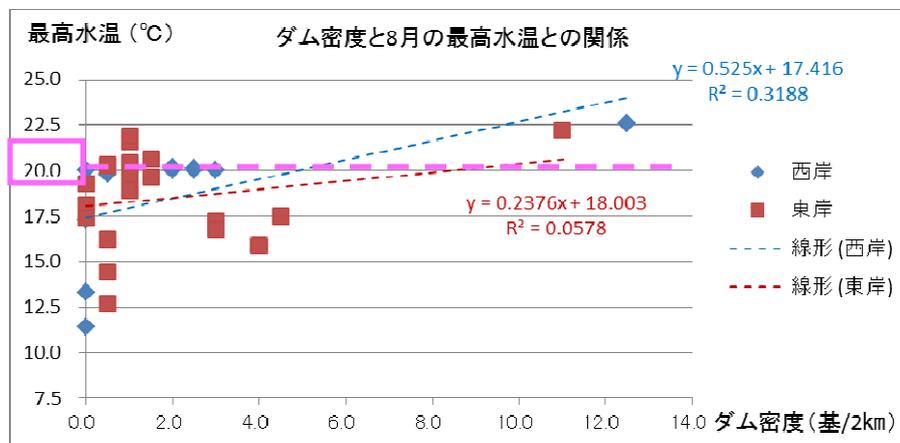
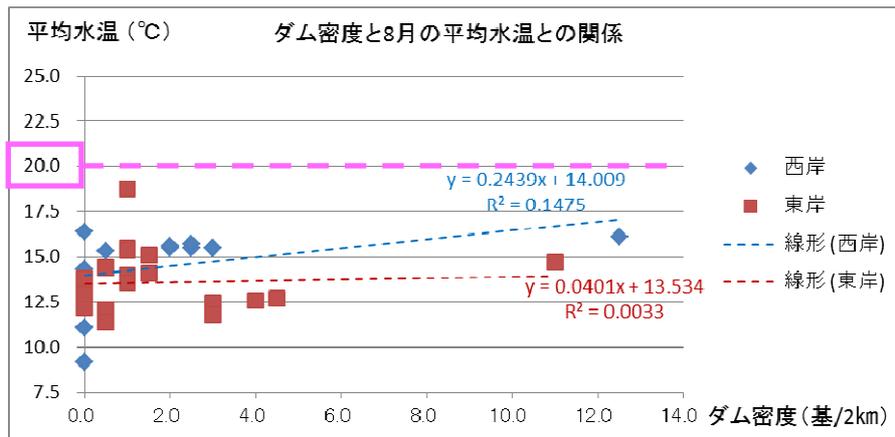


図 4-I-44 2011～2012 年の西岸・東岸におけるダム密度と 8 月の平均水温 (上図)、最高水温 (下図) との関係

【考察】

- ・ダム密度と 8 月の平均水温、最高水温は、西岸・東岸ともにダム密度の高い河川の方が 8 月の平均水温、最高水温ともに高くなる傾向が見られるが、その相関性はあまり高くない。また、平均水温よりは最高水温の方が、東岸よりは西岸の方がその関係性が強い。
- ・西岸において 8 月の最高水温が 20°C 未満の 4 河川の平均ダム密度は 0.1 基/2km であり、20°C 以上の 7 河川のダム密度は 3.5 基/2km である。また、東岸において 8 月の最高水温が 20°C 未満の 14 河川のダム密度は 1.4 基/2km であり、20°C 以上の 6 河川のダム密度は 2.7 基/2km である。
- ・以上より、ダム密度が多い河川の方が 8 月の平均水温、最高水温ともに高くなる傾向が見られ、その傾向は、平均気温の高い西岸の方がより顕著であった。

【物理的生息環境（植被率）とダム密度の関係、ダム密度等とオショロコマの生息数との関係】

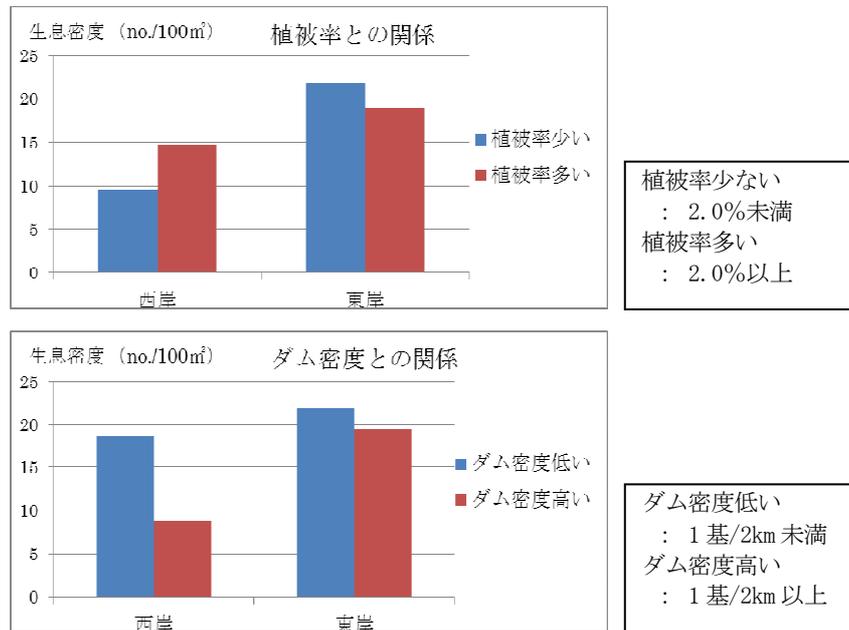


図 4-I-45 2011～2012 年の西岸・東岸における河畔林による河川水面の植被率及びダム密度とオショロコマの生息密度との関係
 (作図) 河口 (徳島大学工学部准教授)・谷口 (名城大学理学部准教授) : 2013.2

【考察】

- ・西岸では、河畔林による河川水面の植被率が多いほど、また、ダム密度が低いほど、オショロコマの生息密度が多く、有意な差が見られる。
 - ・東岸では、河畔林による河川水面の植被率が多いほど僅かながらオショロコマの生息密度が少なく、また、ダム密度が低いほどオショロコマの生息密度が多いが、いずれの関係もほとんど差が見られず、傾向としては明確ではない。
- (参考) 河口 (徳島大学工学部准教授)・谷口 (名城大学理学部准教授) : 2013.2

【物理的生息環境（植被率）とダム密度の関係】

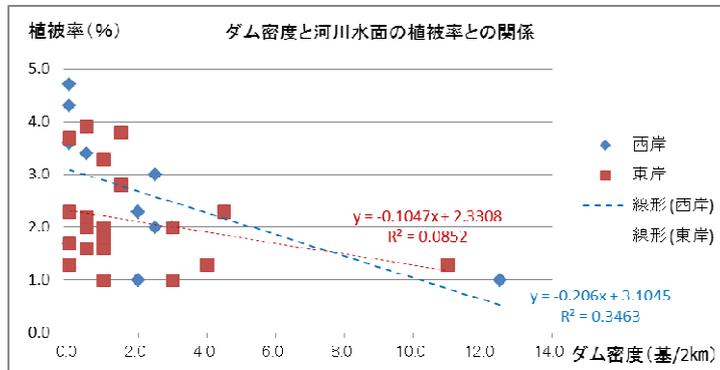


図 4-I-46 2011～2012 年の西岸・東岸におけるダム密度と溪畔林による河川水面の植被率との関係

【考察】

- ・西岸・東岸ともに、ダム密度が高い河川ほど河川水面の植被率が低くなる傾向が見られるが、東岸は相関性が低く、あまり顕著な傾向とは言えない。

【ダム密度等とオショロコマの生息数や生態的特性（個体サイズ等）との関係】

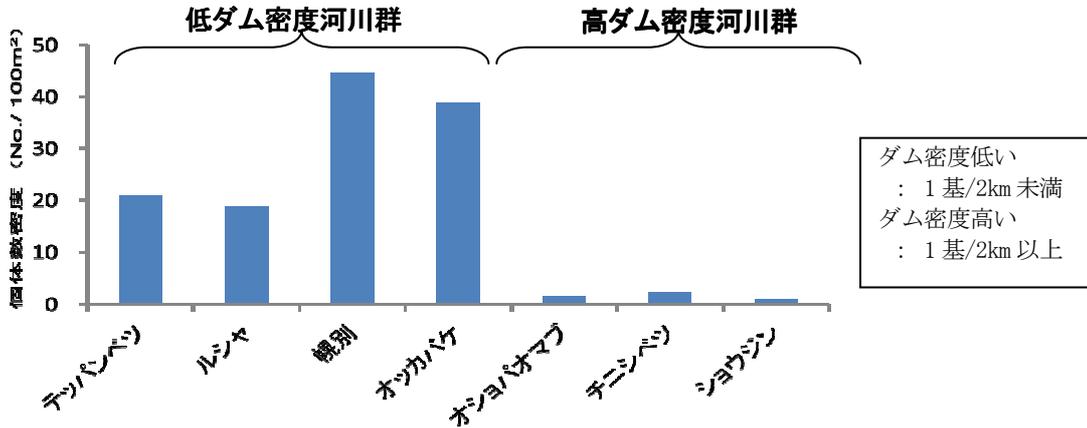


図 4-I-47 2012 年の調査におけるダム密度の高低とオショロコマの生息密度との関係
 (作図) 河口 (徳島大学工学部准教授)・谷口 (名城大学理学部准教授) : 2013. 2

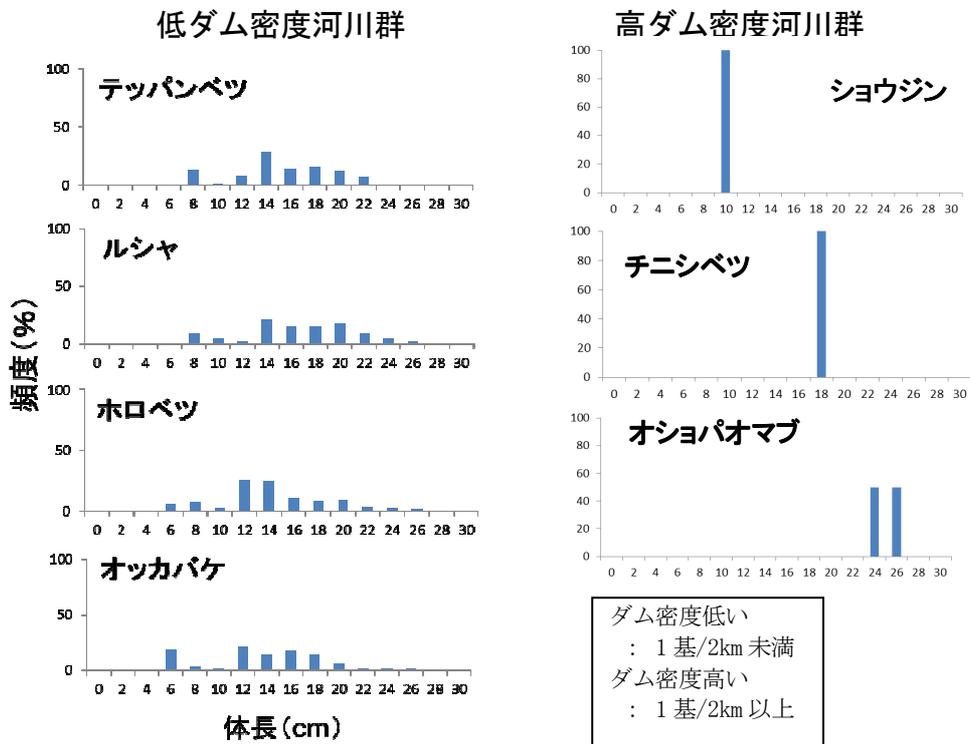


図 4-I-48 2012 年の調査におけるダム密度の高低とオショロコマの体長頻度分布との関係
 (作図) 河口 (徳島大学工学部准教授)・谷口 (名城大学理学部准教授) : 2013. 2

図4-I-47~48より、ダム密度が低く、夏季の水温が低く良好に保たれている河川（テッパンベツ・ルシャ・ホロベツ・オッカバケ川〔西岸〕）では当歳魚から2-3歳魚程度までの複数の年級群の生息が認められる。これに対し、ダム密度が高く、夏季の水温が高い河川（ショウジン・チニシベツ川〔東岸〕・オショパオマブ川〔西岸〕）では、成魚のみが少数生息するケースが多い。この理由については、ダム密度の低い上流から流されてくる可能性も指摘されているが詳細は明らかにはなっていない。現在、繁殖成功率や幼魚の生存率と河川環境の関係について調査が進められている。

（参考）河口（徳島大学工学部准教授）・谷口（名城大学理学部准教授）：2013.2



図4-I-49 ダム密度が低い河川の捕獲個体（左）とダム密度が高い河川の捕獲個体（右）。

（写真）河口（徳島大学工学部准教授）・谷口（名城大学理学部准教授）：2013.2

【考察】

- ・西岸・東岸ともに、ダム密度が高く夏季水温が高い河川は、オショロコマの生息密度が低い、またそのような河川では、過去10年程度、大型の個体（成魚）は採捕されるものの、小型個体（幼魚）が認められないことが多い。
- ・西岸・東岸ともに、ダム密度が低く夏季水温が低い河川は、オショロコマの生息密度が高い、またそのような河川では、過去10年程度、小型の当歳魚から2-3歳魚程度までの複数の年級群の生息が認められることが多い。

（参考）河口（徳島大学工学部准教授）・谷口（名城大学理学部准教授）：2013.2

【包括的な考察】

平均水温とオショロコマの生息数及び個体サイズ（尾叉長）の間には、統計上有意な関係が認められた。平均水温が高いほどオショロコマの生息密度が小さくなる傾向があり、平均水温が高くなるほどサイズの小さい個体が少なくなる傾向があった。

特に、水温が20℃を超えた日数とオショロコマの生息数又は個体サイズの間には顕著な相関が見られたことから、水温が20℃を超えると、オショロコマの生息環境、繁殖環境が悪化すると考えられる。

また、西岸（ウトロ側）の河川では、河畔林植被率と平均水温との間にも統計上有意な関係が見られた。河畔林が少ない場合、日照による影響で平均水温が上昇すると考えられる。さらに、河畔林植被率とダム密度との間にも統計上有意な関係が見られた。

一方、西岸の河川では、平均水温とダム密度との間、気温が20℃を超えた日数とダム密度と

の間にも、統計上有意な関係が認められた。それに対して、東岸（羅臼側）の河川では、平均水温等とダムの密度との間に、統計上有意な関係が認められなかった。

西岸と東岸の気候を比較すると、1980年～2011年の7月～9月に気温が25℃を超えた日数は、西側では東岸の3倍以上となる。これは、東側の平均日照時間が西岸に比べて短いため気温が上昇しにくいとの微気候によるものと考えられ、西岸と東岸では水温の上昇にも差があると考えられる。

これらのことから、オシヨロコマは、気候変動による水温上昇によって、生息に悪影響を受けることが危惧される。

また、水温上昇は、河川工作物が存在することによって助長されていると考えられることから、西岸の河川工作物が高密度で存在する河川では、オシヨロコマの生息状況に対して、より注意を払う必要がある。

経年変化でみた場合、西岸の河川では、オシヨロコマの生息密度は、1999-2000年の調査値に比べ、2007-2008年の調査値、2001年の調査値で減少傾向にあった。

表4-I-21-3 河川水温調査（2012.8）とオシヨロコマ調査（2011.8月・2012.8）等の結果

河川名	8月平均水温 (°C)	8月最高水温 (°C)	植被率 (%)	ダム密度 (基/2m)	オシヨロコマ密度 (no/100m ²)	
西岸	ヌカマップ	15.5	20.0	2.3	2.0	0.9
	オライネコタン	11.1	13.3	4.7	0.0	22.4
	オシヨパオマブ	15.5	20.0	2.0	2.5	3.4
	カナヤマ	16.1	22.6	1.0	12.5	0.3
	オペケブ	15.7	20.1	3.0	2.5	10.9
	チャラッセナイ	9.2	11.4	4.3	0.0	21.4
	オシヨコマナイ	16.4	20.0	3.6	0.0	15.5
	フンベ	15.3	19.8	3.4	0.5	11.4
	イワオベツ	15.5	20.0	2.0	3.0	32.0
	ホロベツ	14.3	17.3	1.7	0.0	22.8
	オンネベツ	15.6	20.2	1.0	2.0	5.3
	イダシュベツ	—	—	1.2	0.0	19.6
東岸	ポンリクシベツ	14.1	19.6	2.8	1.5	4.0
	チャシベツ	15.1	20.6	3.8	1.5	5.1
	ポンシュンカリコンタン	14.0	18.9	1.6	1.0	54.3
	シュンカリコンタン	12.2	17.7	1.3	0.0	24.8
	ショウジン	14.7	22.2	1.3	11.0	16.9
	タチカリウス	12.7	17.5	2.3	4.5	53.0
	チニシベツ	15.5	21.6	2.0	1.0	0.8
	マツノリ	14.4	20.3	1.6	0.5	7.4
	ラウス	12.5	17.2	2.0	3.0	11.3
	チトライ	13.1	18.1	3.7	0.0	22.3
	ツシルイ	12.1	16.2	2.0	0.5	58.9
	オッカバケ	18.8	21.9	1.0	1.0	32.8
	モセカルベツ	12.6	15.9	1.3	4.0	9.6
	チエンベツ	11.4	14.4	2.2	0.5	30.2
	ケンネベツ	11.8	16.8	1.0	3.0	16.5
	オシヨロッコツ	12.9	17.4	2.3	0.0	15.1
	アイダマリ	15.4	20.4	1.8	1.0	27.3
	ホロモイ	13.6	19.8	3.3	1.0	2.1
ルサ	13.8	19.3	1.7	0.0	10.7	
オルマップ	11.4	12.7	3.9	0.5	5.4	

(出典) 河口（徳島大学工学部准教授）・谷口（名城大学理学部准教授）・(株)プレック研究所：2013.2

(5)－⑬【住民参加・環境教育】オシヨロコマの生息状況

(ア) 調査方法

子供達的环境教育の一環として、オシヨロコマ釣りを実施し、オシヨロコマの生息状況を把握する。

(イ) 調査地点

アクセスが良く、ヒグマの出現のない場所を東岸側は羅臼川（羅臼市街）で、西岸側はカゲノ沢（ウトロ市街）で探し実施する。

a. 調査位置

表 4-I-21 調査対象河川の所在地

河川名		所在地	河川名		所在地
ウトロ側 (西側)	カゲノ沢	斜里郡斜里町ウトロ 高原	羅臼側 (東側)	羅臼川	目梨郡羅臼町共栄町

b. 位置図



図 4-I-51 教育施設の位置

(ウ) 調査頻度・調査時期

毎年、初夏から初秋の6月～9月にかけて、1日実施する。

(エ) 実施主体

未定

(オ) 調査の留意点

環境教育の一環として実施するが、実施者が子供達なので、アクセスの良い場所でヒグマや水の事故が起きないように留意する。

(カ) 現地調査・分析方法

調査は、河川水温を測定しておき、また、釣り上げたオショロコマの数と形態を記録させ、室内における座学において、オショロコマの生息の実態を説明して、分布の南限種であること、水温に敏感に反応する種であること、希少種のシマフクロウの主要な餌であること、気候変動の影響により河川水温が上昇した場合すぐに生育に影響がでること等を説明する。

(キ) 過去の調査結果

住民参加・環境教育型のオショロコマの生息状況調査は一度も実施されていない。今後、環境教育の機会に実施することが望まれる。

(6) 台風・異常気象等による森林生態系への被害の変動

(6) -⑭森林生態系の被害状況

(ア) 調査方法

台風・異常気象等により、森林生態系に顕著な被害が生じた際は、林道等からの目視により、被害状況を把握し、記録する。主な記録内容は、次のとおり。

- ・ 被害対象（群落、樹木、草本、特定種の場合その名称）
- ・ 被害内容（倒木、落葉、葉枯れ、立ち枯れ等）
- ・ 被害程度（被害面積、被害数量等）
- ・ 原因（台風による暴風・豪雨、豪雪、干害等）
- ・ 被害状況写真

(イ) 調査地点

a. 調査地点

台風・異常気象等による遺産地域内の森林生態系への顕著な被害発生箇所

b. 調査位置

上記被害発生箇所の目視地点（林道等）

(ウ) 調査頻度・調査時期

a. 調査頻度

台風・異常気象等による遺産地域内の森林生態系への顕著な被害発生時（随時）

※必要に応じて、継続的に調査

b. 調査時期

上記被害発生後、出来る限り早期に実施

(エ) 実施主体

現地調査：管理機関等

記録：現地調査実施者

記録とりまとめ：世界遺産地域連絡会議事務局

(オ) 調査の留意点

被害の原因の特定や程度の把握が困難な場合には、科学委員会委員等専門家に相談する。

(カ) 分析方法

当面は、記録のとりまとめにとどめ、将来的に経年変化の分析を行う。

(キ) 過去の調査結果

災害の発生時に、管理機関によって森林被害調査等が実施されているが、これらの記録を全体としてとりまとめたものはない。

4. 知床の森林生態系における気候変動の影響のモニタリングプログラムの内容一覧

以上の各指標の調査内容等を表 4-I-22-1～2 に示す。

表 4-I-22-1 世界自然遺産「知床」の森林生態系における気候変動の影響のモニタリングプログラムの内容一覧（1/2）

地域	指標及びモニタリング項目		調査の必要性	調査方法					
	指標	モニタリング項目		調査方法	調査場所	調査頻度	分析の要点	実施主体	留意点
知床	(1) 気象の変動	①低標高（ウトロ・羅臼）の気温、降水量、積雪深、風速、日照時間 ②中標高（見返り峠）の気温、降水量、積雪深 ③高標高（羅臼平）の気温、積雪深、根雪期間、ハイマツ群落の冠雪状況	・気候変動の状況の確認や気候変動による森林生態系への影響の分析を行うために必要。	①気象庁アメダスによる気象観測データの整理・分析 ②北海道開発局による気象観測データの整理・分析 ③羅臼平での気象観測の実施・分析	①ウトロ・羅臼 ②見返り峠 ③羅臼平	①②③ 観測：毎年 データ収集（回収）・整理：毎年 分析：5年毎	①②③ ・気象の経年変化 ・将来の傾向の分析	観測： ① 気象庁 ② 北海道開発局 ③ 未定 データ収集（回収）・整理： ①②③未定 分析： ①②③未定	
	森林生態系の変動	(2) 低標高から高標高までの植生垂直分布の変動	・気温上昇、積雪期間や積雪深の減少に伴い、低標高域から高標高域の植生が変動する可能性あり。	標高毎の植生調査（出現種数・優占種・被度・群度・多様度指数）、立木の毎木調査（直径）の実施・分析	羅臼岳西側斜面の8地点	現地調査・分析：5年毎	・植生・毎木の経年変化 ・植生・毎木の経年変化と気象の変動との相関	現地調査・データ整理：環境省・林野庁 分析：未定	・羅臼岳東側斜面は、アクセスが悪く登山者が少ないため、ヒグマに遭遇するリスクが高いことから、調査地点から除外。 ・エゾシカによる影響があるため、長期的にモニタリングを実施することにより気候変動の影響を抽出していく必要。
	森林生態系の変動	(3) 羅臼平付近のハイマツ群落の変動	・高標高域の森林限界付近の植物群落、積雪期間や積雪深の減少に伴い、変動する可能性あり。	航空写真判読によるハイマツ群落の分布域の調査の実施・分析	羅臼岳山頂の3k×3km(9km ²)	航空写真撮影：5年毎（予定） 写真判読・分析：5年毎（航空写真撮影の翌年）	・群落域の面的・垂直的分布の経年変化（特に群落の垂直生育範囲の低標高域と高標高域に注目） ・ハイマツ群落の分布の変動と気象の変動との相関	航空写真撮影：林野庁 写真判読・分析：環境省・林野庁	・航空写真判読による群落域の変動は10年程度を経ないと判りにくいが、継続性の観点から5年毎に実施。 ・実施年の決定に当たっては、林野庁によるデジタルカラー航空写真の撮影計画に留意。
	森林生態系の変動	(4) 羅臼湖周辺の高層湿原の変動	・気温上昇に伴い湿原水温が上昇し、泥炭の分解、湿原水域の変化、湿原域の乾燥化が進み、植物群落及びその分布域が変動する可能性あり。	⑥ 湿原の水温調査を実施し、分析 ⑦ 湿原の泥炭の厚さ・分解状況調査を実施し、分析 ⑧ 湿原の植生調査（出現種数・優占種・被度・群度・多様度指数）の実施・分析	⑥⑦⑧ 羅臼湿原内の止水池4地点・流水池2地点	⑥⑦⑧ 調査・分析：5年毎	⑥⑦⑧ ・湿原の状況の経年変化 ・湿原の状況の変動と気象の変動との相関	現地調査： ⑥⑦ 未定 ⑧ 環境省 データ整理・分析： ⑥⑦⑧：未定	⑥⑦⑧ ・モニタリングに当たっては、水の流れ（止水池・流水池・融雪水の流入等）を勘案する必要。 ・エゾシカによる影響があるため、モニタリングを継続することにより気候変動の影響を抽出していく必要。

表 4-I-22-2 世界自然遺産「知床」の森林生態系における気候変動の影響のモニタリングプログラムの内容一覧（2/2）

地域	指標及びモニタリング項目		調査の必要性	調査方法					
	指標	モニタリング項目		調査方法	調査場所	調査頻度	分析の要点	実施主体	留意点
知床	(4) 羅臼湖 周辺の高層 湿原の変動	⑨ 湿原の面的分布	・ 気温上昇に伴い湿原水温が上昇し、泥炭の分解、湿原水域の変化、湿原域の乾燥化が進み、植物群落及びその分布域が変動する可能性あり。	航空写真判読による湿原域の湖沼・湿地・植物群落の分布域の調査を実施・分析	羅臼湖湿原域の 2.5km×1km (2.5 km ²)	航空写真影：5 年毎 (予定) 写真判読・分析：5 年毎 (航空写真撮影の翌年)	・ 湿原植生域の面的分布の経年変化 ・ 湿原植生域の変動と気象との変動との相関	航空写真撮影：林野庁 写真判読・分析：環境省・林野庁	上記⑤に同じ。
	(5) 河川残留型サケ科魚類オシロコマの生息状況の変動	⑩ オシロコマ生息河川の水温及び河川環境 ⑪ オシロコマの生息密度 ⑫ オシロコマの形態	・ 夏季最高気温の上昇は、河川水温を上昇させる可能性があり、オシロコマの生息環境が悪化して、オシロコマの生息密度の減少、繁殖能力の低下が生じる可能性あり。	⑩ オシロコマの生息する河川の水温及び河川環境の調査を実施・分析 ⑪ オシロコマの生息密度 (単位流長当りの生息数) の調査を実施し、分析 ⑫ オシロコマの形態 (体長等) の調査を実施・分析	⑩ 39 河川 ⑪ 同上 ⑫ 同上	⑩⑪⑫ 調査：毎年 (毎年夏季に 7~8 河川程度ずつ実施し、5 年間で一巡) 分析：5 年毎	⑩⑪⑫ ・ 夏季最高気温が水温に与える影響と、流域内の土地利用や融水、伏流水等の環境因子が水温に与える影響の分析 ・ オシロコマの生息状況の経年変化 ・ オシロコマの生息密度の変動と気象の変動との相関 ・ オシロコマの生息密度と河川の水温との相関性 ・ オシロコマの生息密度と溪畔林の植被率との相関 ・ オシロコマの生息密度とダム密度との相関	⑩⑪⑫ 調査：林野庁 分析：林野庁	⑩⑪⑫ ・ 調査地点の決定に当たっては、水温や水質に影響を与える温泉水の流入や河川内の湧水の存在に留意するとともに調査地点をむやみに変更しない。 ⑩⑫ ・ 電気ショッカー使用によるオシロコマへの影響を小さくするため、調査は、1 河川当たり 60m の 1 区間のみとし、電気ショッカーの使用回数は 1 区間当たり 3 パスとすることを厳守。 ・ オシロコマ以外の魚種についても記録。特に、外来種であるニジマスの生息状況の確認は重要であり、必ず記録。
			⑬ オシロコマの生息状況	【住民参加・環境教育】	子供達の環境教育の一環として、オシロコマ釣りを実施し、オシロコマの生息状況を把握	2 河川：カゲノ沢・羅臼川	毎年	・ オシロコマ生息状況と河川水温等河川環境及び気候変動との関係について普及啓発	未定
	(6) 台風・異常気象等による森林生態系への被害の変動	⑭ 森林生態系の被害状況	・ 気候変動により、台風の暴風雨や異常気象等による森林生態系への被害が増加する可能性あり。	林道等からの目視により、被害状況を把握し記録	台風・異常気象等による遺産地域内森林生態系への顕著な被害発生箇所	現地調査・記録：台風・異常気象等による遺産地域内の森林生態系への顕著な被害発生時 (随時)	当面は記録のとりまとめにとどめ、将来的に経年変化を分析	現地調査：管理機関等 記録：現地調査実施者 記録とりまとめ：世界遺産地域連絡会議事務局	

(注) 「調査頻度」は、基本的な調査頻度を記載したものである。大規模な災害や異常気象が発生した際には、植生等に急激な変化が生じる可能性があるため、この調査頻度に囚われずに調査を実施する必要がある。