

# 平成28年度屋久島森林生態系モニタリング調査 について

## 目 次

1. 垂直方向の植生モニタリングに関する分析評価.....	2
(1) 東部地域の垂直方向の植生モニタリング.....	2
(2) 東部地域の垂直方向における衰退樹木の影響調査.....	2
(3) 東部地域の垂直方向における地表性徘徊昆虫の概況把握調査.....	3
(4) 屋久島東西南北中央部における垂直方向の植生モニタリングに関する分析評価.....	7
2. 高塚山下層植生衰退原因調査.....	10
(1) 高塚荒廃地の状況.....	10
(2) シカの影響調査.....	11
(3) 土砂流出の状況調査.....	12
(4) 高塚荒廃地の対策（案）.....	13
3. 縄文杉ケーブルリング等の現状把握調査.....	13
4. 高層湿原の変動に関する検討（案）.....	16
(1) 花之江河の経年変化.....	16
(2) 小花之江河の経年変化.....	24
(3) 全体的な考察として.....	30
5. 気候変動の影響に係るモニタリングと適応策の検討について.....	31
(1) 屋久島地域のOUVに対する気候変動の影響に係るストレス要因とその現状.....	31
(2) 影響が懸念される森林生態系構成要素.....	44
(3) 屋久島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見直しについて.....	47
(4) 屋久島世界自然遺産地域における気候変動適応策の検討（案）について.....	50

平成29年2月2日

(林野庁 九州森林管理局)

## 1. 垂直方向の植生モニタリングに関する分析評価

### (1) 東部地域の垂直方向の植生モニタリング

標高 200m から 1,200m まで 200m 毎に縦 50m 横 50m のモニタリングプロットを設定し、平成 13 年度から 5 年毎の植生・毎木調査等のモニタリングを実施している。

#### ① ナラ枯れ被害

標高 200m から 400m にかけてのスダジイ大径木に枯れが認められた。胸高直径 40cm 以上の大径木では 3 割程度が枯死し、特に標高 300m 未満で著しい。スダジイの枯死に伴い、イスノキやヤブニッケイなどが高木層の優占種になりつつある。

屋久島では、平成 21 年度から 23 年度にかけ、ナラ枯れによるブナ科樹種への被害が僅かに出始め、屋久島南部から西部地域にかけ、マテバシイ及びウバメガシに対する被害が散見された。その際、東部地域を始めたとしたスダジイ大径木にも穿孔が認められ、一部の枝に被害が見られたが枯死に至るまでには至らなかった。

しかし、カシノナガキクイムシのブナ科樹種への穿孔は毎年継続的に行われており、今年度は、7 月下旬の猛暑と乾燥等が原因と思われるスダジイ枯死木（東部地域のみ）が目立っており、後述(2)で調査を行った。

#### ② ヤクシカ被害

前々回（平成 18 年度）調査の時は、標高 200m～600m の下層植生であるイヌビワ、ボチョウジがヤクシカの食害を受け、ほとんど枯死していた。

前回（平成 23 年度）調査の時は、前記種に加え標高 200m～600m におけるヤブニッケイとマテバシイの稚樹・萌芽枝とヤクシマアジサイ、トクサランなどへの食害が目立ったが、一方で、アリドオシやイズセンリョウなどの忌避植物の個体数の増加が目立った。

今回（平成 28 年度）の調査では、一度消滅してしまったイヌビワやトクサランの個体は見られなかったが、ボチョウジ、ヤブニッケイ及びマテバシイの稚樹や萌芽枝への被害が減少し、またヤクシマアジサイに対する食害の程度が少なくなり、ヤクシカの食害を受けていない個体も見受けられた。

#### ③ 風衝被害、雷被害

標高 800m から 1,000m にかけての尾根沿いでは、平成 11 年度の台風による風倒被害で多くのウラジロガシやアカガシが立ち枯れし、その後にバリバリノキ、イヌガシ等の先駆樹種が林冠を優占する照葉樹林となっていたが、今回（平成 28 年度）の調査にて、それらの高木層に代わってタブノキやアカガシなどが高木層の優占種になりつつあった。また、今回の林冠閉鎖に伴いサクラツツジやハイノキ等の低木、亜高木層の被圧による衰退が目立ち始めてきた。

標高 1,000m は、平成 13 年度に雷被害を受けた大きなギャップ（40m 四方程度）があったが、ハイノキやサクラツツジ、イヌガシの旺盛な進入による植生回復が見られ、裸地は無くなったが、シカの忌避植物のみの林になりつつある。

### (2) 東部地域の垂直方向における衰退樹木の影響調査

標高 200m～1,000m にかけて、その標高帯を代表する高木層の樹木を対象に、健全性や衰退度区分の評価と被害状況のモニタリングを実施した。対象木は、各標高帯毎に比較的健全な樹木 2 本、衰退している樹木 2 本とした。

標高 200~400mは、ナラ枯れの影響を受けたスダジイを対象とした。その結果、衰退しつつあるスダジイの樹木割合が3割程度と目立ったが、ほとんどのスダジイで萌芽枝へのシカ食害が減少したことにより、次代を担う萌芽更新木は認められている。

標高 600~1,000mでは、ウラジロガシやアカガシ、タブノキ等を対象としたが、それらの樹種は、クスノキ科の先駆樹種（バリバリノキやイヌガシ等）やヤマグルマの樹冠に入り込むように旺盛な生育が見られ、やがてはそれらの樹種がクスノキ科の樹種をしのいで優占種になるものと思われる。なお、標高 800~1,000mは台風等による風衝被害を受けやすい場所であり、標高 1,000mのヤマグルマの高木が何本か風衝被害を受け梢端折れを起こし衰退しつつあった。

◆基本情報				◆対象木の状況										
場所	愛子岳	標高(m)	200	樹種	スダジイ	胸高直径 (cm)	22.0	病虫害等	カシナガによる穿入痕あり	備考 3株中、枯死していない1株を対象とした。				
緯度	30.38197	林小班	204・205	林齢		樹高 (m)	42.5	土壌硬度 (mm)*	8.75					
経度	130.82368													
◆樹勢評価内容				◆樹形図										
i. 樹勢	①ほとんど枯死		②異常が認められる	③旺盛な生育										
ii. 樹形	①幹折れ等により原形を留めない		②風衝被害等により変形		③自然樹形									
iii. 梢端部	①梢端枯損又は梢端折れ		②梢端の枝葉が少ない		③梢端が健全									
iv. 枝の状況	①ほとんどの枝が枯死		②部分的な枝枯れがある		③枝枯れが殆どない									
v. 着葉の状況	①着葉量が全体の1/3以下		②着葉量が1/3~2/3範囲		③着葉量が2/3以上だが一部未着葉や赤変部分がある							④全体的に健全で密に着葉		
vi. 根元・幹	①根元から幹にかけて1/4以上で腐朽・樹洞が認められる		②根元から幹の一部に腐朽・樹洞が認められる		③根元から幹にかけて腐朽・樹洞は認められない									
vii. 表層土壌	①照葉樹の落葉の被覆率は1/3未満である		②1/3以上が照葉樹の落葉で覆われている		③ほとんど照葉樹の落葉で覆われている									
得点	11(著しく衰退)		総合評価		3株がまとまって生育しており、うち2株が枯死。残り1株も、大きな樹洞が出来ており、梢端が枯れ着葉量も少なく非常に衰退している。これは、複数本が枯れていることや、大きな枝折れ等が無いことから水分通量の障害が原因であると考えられ、本年度以前に被害を受けたブナ科樹木萎凋病(カシナガ被害)の可能性が高い。									
* 土壌硬度は対象木の斜面上部・下部、左・右における4地点での土壌硬度の平均														

図1 衰退樹木の調査野帳（標高 200mのスダジイ衰退木の事例）

### (3) 東部地域の垂直方向における地表性徘徊昆虫の概況把握調査

#### ① 調査概要

- ・ 屋久島ではヤクシカの個体数増加が問題となっており、生息密度調査等が継続的に行われ、

ヤクシカの管理について議論されている。また、周辺環境への影響として、ヤクシカによる植生への食害の発生に加え、生息圧による土砂流出の発生が確認されている。

- ・ 植生への食害については、嗜好・忌避植物等の解明が行われているものの、土砂流出等についての知見は、林床植生や地表を生息域とする動物類になんらかの影響を与えていることが考えられるが、検討はされていない。
- ・ 今後、生態系の順応的管理を行うに当たり、多様な面からヤクシカ被害の評価を行うことが必要であることから、地表面および土壌の浸食が森林生態系に対してどのような影響をあたえているかを明確にする必要がある。
- ・ そこで、植生調査等はすでに多くの箇所で行われ、知見も蓄積されつつあることから、地表を生息域とする動物類についての検討を行うこととした。
- ・ しかし、動物類では調査の幅が広がることから、土砂流出調査時の所感としてシカ柵内外においてオサムシ類やゴミムシ類等地表徘徊性甲虫類の個体数に違いがあると感じられたこと、また大台ヶ原や日光等の他国立公園地域においてニホンジカによる採食と地表徘徊性甲虫との関係等を調査した事例等があることから、地表徘徊性昆虫（オサムシ科甲虫類・シテムシ科甲虫類）についての調査を行うこととした。

#### 【調査対象種】

- ・ 地表徘徊性甲虫（オサムシ科甲虫類・シテムシ科甲虫類）

#### 【調査地】

- ・ 垂直方向の植生モニタリング調査地点内のシカ柵内・外
- ※本年度は東部地域・愛子岳東側斜面の標高 600m・400m・200m 地点
- ・ プロット内外における代表的な植生地点を選択した。

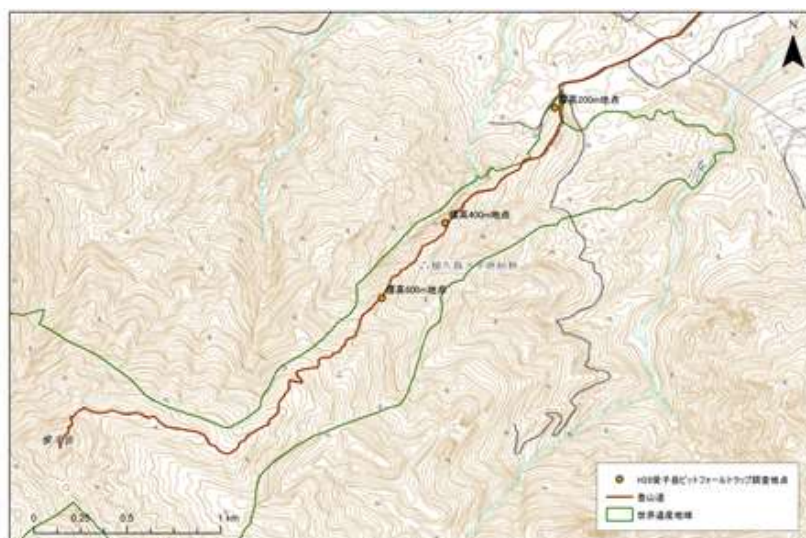


図2：調査位置





写真 1：調査地写真

【調査方法】

- ・ 捕獲方法：ピットフォールトラップ
- ・ 使用資材：プラスチックカップ  
(直径約 70mm×高さ約 90mm)  
※カップの底には、2mm 程度の水抜き穴を 5～6 つあけた。
- ・ 設置期間：2 昼夜 (2 昼夜後に回収)
- ・ 設置方法：シカ柵内に 15 トラップ  
シカ柵外に 15 トラップ
- ・ その他：保存液等は不使用。



写真 2：ピットフォールトラップ

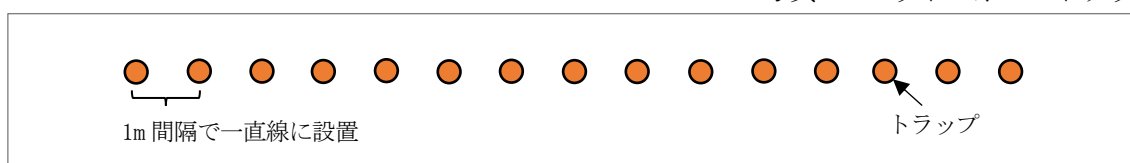


図 3：ピットフォール設置状況

② 調査結果

【調査実施日】

調査標高	トラップ設置日	トラップ回収日
200m (柵内・柵外)	2016/11/10	2016/11/12
400m (柵内・柵外)	2016/11/9	2016/11/11
600m (柵内・柵外)	2016/11/9	2016/11/11

※調査実施期間のうち、10 日は一時雨天となったが、水没等は確認されなかった。

【捕獲種リストと捕獲頭数】

全プロット合わせて 4 頭のゴミムシ類が捕獲された。オサムシ類・シデムシ科の甲虫は捕獲されなかった。

調査 標高	シカ柵内		シカ柵外	
	種	頭数	種	頭数
200m	オオクロツヤヒラタゴミムシ sp	1	—	0
400m	コクロツヤヒラタゴミムシ	3	—	0
600m	—	0	—	0
合計		4 頭		0 頭

③ 考察

- ・ 本調査では 2 種のツヤヒラタゴミムシ類が捕獲された。一部、種の同定が不確定なものがある

るものの、オオクロツヤヒラタゴミムシ・コクロツヤヒラタゴミムシともに、山地に一般的な種である。(Sp種については、現在専門家に同定を依頼している。) また、捕獲箇所はともにシカ柵内であった。

- ・捕獲頭数は極めて少なく、シカ柵内・外での統計的解析や比較を行うのは適切では無いと判断されるが、シカ柵内外での環境に大きな変化は見られないことから、選択的になんらかの理由でシカ柵内に地表性甲虫が生息している可能性も考えられる。
- ・捕獲頭数が極めて少なかった原因として、地表性甲虫の発生時期と調査時期にずれがあったためであると考えられる。オサムシ科甲虫等は、春繁殖型と秋繁殖型の2種に分けられ、一般的に本州では5~6月程度、8~10月程度に地表で活発に活動する。屋久島は本州より温暖な気候であるが、11月での調査では多くの種が休眠期に入っていたと考えられる。
- ・今後の課題として、より多くの捕獲頭数が得られる時期に調査を行うことで、シカ柵内外での地表徘徊性甲虫の種の変化あるいは嗜好性等を判断することが可能となるのではないかと考える。

#### (4) 屋久島東西南北中央部における垂直方向の植生モニタリングに関する分析評価

##### ① 調査内容と調査地域

###### 【調査項目】

- 植生垂直分布調査 (東・西・南・北・中央部)
- 登山道周辺の衰退樹木のモニタリング (特に中央部【大株歩道~縄文杉~宮之浦】)
- 高層湿原モニタリング (花之江河・小花之江河)
- 縄文杉の経過観察
- ヤクタネゴヨウ調査 (西部地域)
- ヤクシカ採食による天然林の更新阻害の実態把握調査
- 高塚山下層植生衰退箇所の原因調査
- その他 (アブラギリの分布調査等)

###### 【植生垂直分布調査の調査内容】

- 毎木調査 (胸高直径 10cm 以上の樹種・樹高・胸高直径・衰退等)
- 階層区分調査 (階層毎の優占種・植被率・種別本数〔低木層以上〕等)
- 下層植生調査 (優先度〔被度〕・群度)
- 群落配分図の作成 (縦横断図・階層区分図)
- 出現植生リストの作成 (科・種名・学名・階層・出現場所〔地点・標高〕等)
- 衰退樹木のモニタリング

###### 【調査地域】





## ② 調査結果の概要

地域等	調査年度	地域の特徴	経年分析
東部 (愛子岳)	平成 13・ 18・ 23・ 28	東部(愛子岳)は、台風による風倒被害を受けやすい。また冬期の気温が低く、西部や南部より低標高の割には冷温帯林の要素の高い森林が生育している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>平成21年度以降、標高200～400mのスダジイに対するナラ枯れ被害が目立ち始めたが、単年で枯死に至る個体はなく、6～7年間継続的に被害を受け、平成28年は、梅雨期の猛暑乾燥影響と思われる枯死木が目立った。</li> <li>標高600m以下の草本層、低木層に対するヤクシカの採食が目立っていたが、平成28年度は、少し減少しつつある。</li> <li>標高800～1,000mは、平成11年の台風による風倒被害を多く受けたが、現在ではシカの忌避植物の低木・亜高木により回復しつつある。</li> <li>風倒木には、他地域より木材腐朽菌等菌類の出現頻度が高い。</li> <li>標高800～1,000mの林冠構成木がクスノキ科の先駆樹種からシイ・カシ・タブ等の優占林に変化しつつあり、下層の低木及び亜高木層の被圧枯死が目立つ。</li> </ul>
西部 (国割岳)	平成 11・ 16・ 21・ 26	西部(国割岳)は、冬の吹き上げ風(季節風)により乾燥しやすく、蒸発散の増加に伴う寒害を受けやすい。その影響やヤクシカによる採食等により稚樹の割合が少なく、更新が困難な地域である。	<ul style="list-style-type: none"> <li>平成21年度以降、標高0～400mのマテバシイに対するナラ枯れ被害が継続的に目立つ。単年で枯死に至るものはほとんどないが、6～7年間継続的に被害を受け、平成28年度は、梅雨の猛暑乾燥影響で数本の枯死が認められた。ただし西部地域のマテバシイは萌芽状に生育している個体が多く、株立ちしている萌芽木の全てが枯死に至った個体はない。</li> <li>全ての標高帯における低木層や草本層へのヤクシカの採食が平成16年頃から目立つ。特に、標高0～200mのアコウやガジュマル等の亜熱帯樹種の稚樹。標高0～1,200mのマテバシイやウバメガシ等ブナ科樹種の稚樹、萌芽枝。標高0～600mのイヌビワやボチョウジ、ヤブニッケイ等の稚樹。トクサランやツルランなどへの食害が目立ち、回復は見られない。</li> <li>標高0～800mにかけては、一度伐採を経験した照葉樹二次林であり、高木層、亜高木層の上長成長が旺盛で、林冠閉鎖が進んでいる。その影響で、低木層のサクラツツジやハイノキ等の被圧による衰退がめ所々で目立っている。</li> <li>高木層の台風被害は少ないが、冬の季節風による梢端折れ被害が継続的に見られる。特に、樹冠が高木層の上に突き出ているスダジイやウラジロガシ、ヤクタネゴヨウ等での影響が大きい。</li> </ul>



			<ul style="list-style-type: none"> <li>・冬季の乾燥によって、1～2年生稚樹の萎凋枯死が継続的に見られる（特にヤクタネゴヨウ）。</li> <li>・ヤクタネゴヨウの根元へのシロアリの穿孔が目立ち平成21年度以前は標高400m程度までであったが、平成26年度には標高450m以上でも目立つようになってきた。</li> </ul>
南部 （烏帽子岳）	平成 15・ 20・ 25	南部（烏帽子岳）は、冬期も暖かく、標高の割りには暖帯林の要素の高い森林が生育する。台風による暴風被害が多い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成22年度以降、標高0～400mのマテバシイ、スダジイ、ウバメガシに対するナラ枯れ被害が継続的に目立つ。特に平成22年度は、南部の尾之間歩道周辺でのウバメガシの枯死が目立ったが、その後はあまり目立たない。</li> <li>・全ての標高帯における低木層や草本層へのヤクシカの採食が平成20年度頃から目立ち初めてきた。特に標高0～600mのトクサランやツルラン、エビネへの食害が目立ち、回復は見られない。また、標高0～600mのマテバシイやウバメガシ等ブナ科樹種の稚樹、萌芽枝への食害が目立ち、回復は見られない。</li> <li>・標高1,200m以上の高木層、特にツガに、台風による風倒若しくは風衝被害が見られる。</li> <li>・標高0～800mにかけては、一度伐採を経験した照葉樹二次林であり、高木層、亜高木層の上長成長が旺盛で、林冠閉鎖が進んでいる。その影響で、低木層のサクラツツジやハイノキ等の被圧による衰退が見られる。</li> </ul>
北部 （高塚山）	平成 17・ 22・ 27	北部（高塚山）は、標高の割りには積雪寒冷の影響を受け、冷温帯林の要素の高い森林が、低標高から現れる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・北部は積雪寒冷の影響を受け、屋久島の冷温帯林を代表するスギやヒメシャラ、ヤマグルマなどの樹種が標高200m付近から出現する。</li> <li>・北部地域では、マテバシイに対するナラ枯れ被害が僅かにあるものの、目立つ被害はない。</li> <li>・全ての標高帯における低木層や草本層へのヤクシカの採食が平成22年頃から目立ち初めてきた。特に標高0～600mのトクサランやツルラン、エビネへの食害が目立ち、回復は見られない。</li> <li>・平成初期頃から伐採や間伐が入った照葉樹の二次林やスギ人工林では、平成10年頃から、パイオニア樹種である、アブラギリの旺盛な生育と侵入が目立ちはじめ、現在ではアブラギリの一斉林になっている（特に神之川林道沿い）。</li> <li>・北部の標高1,200m以上では、中央部程ではないが、ヤクスギやツガ、モミ、ハリギリ、ヒノキなどの大径木が多く、多くの樹冠の梢端は暴風による風衝被害を受けている。特にハリギリは暴風による風衝被害を受けやすく、ツガは風倒被害を受けやすい。</li> </ul>

中央部 (宮之浦岳)	平成 14・ 19・ 24	中央部(宮之浦岳)は、冬期の積雪により湿潤環境が保たれ、スギの生育適地となっていて大径木が多い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全ての標高帯における低木層や草本層へのヤクシカの採食が平成 19 年頃から目立ち初めてきた。特に標高 1,200～1,600mのヤクスギ帯では、ハリギリ、リョウブなどの落葉広葉樹、またヤマグルマの稚樹の被害が多く、稚樹がまったく見られなくなった。また標高 1,600～1,700mのヤクスギ帯とヤクシマダケ帯との境界付近では、元々ヤクシマダケの高さが 1m未満とそれほど高くない、かつ成育密度もそれほど密ではなかったため、そのようなヤクシカが踏み込みやすい場所のヤクシマダケへの食害が目立ってき始めた。そのような場所では、登山道沿いの食害が左右 2～3mの幅で進行しつつある。</li> <li>・なお、ヤクシカの採食により、林床から消えた草本種は、蘚苔層内に埋もれ矮小化したり、岩上・岩隙・樹木上(着生)などで多く見られる。</li> <li>・平成 11 年度の雷に起因する数カ所のギャップは、ヤクシカの忌避植物を中心とする低木の生育により裸地が見られなくなり回復しつつある。これらの場所は、いずれも傾斜 30 度未満であり、裸地になっても土砂流出にまで至らなかったため、回復しているものと思われる。</li> <li>・大株歩道沿いの登山者による根系への踏み固めと周辺に生育する大径木との衰退具合をモニタリングしている。それによると、継続的な踏み固め場所の土壤硬度は 20mm を超え、ph (H<sub>2</sub>O) が 4.0 未満となり、また樹木の衰退が根系・根株腐朽と梢端部分の枝葉の矮小化傾向として表れやすい。感覚的には、ツガ、ハリギリの方がヤクスギに比べ衰退しやすく、またヒメシャラはスギよりも強い。特にツガ、ハリギリは、木材腐朽の侵攻が早く、台風時の倒木被害を受けやすくなるものと思われる。</li> </ul>
---------------	------------------------	--	---

## 2. 高塚山下層植生衰退原因調査

平成 28 年度に高塚山下層植生衰退箇所の原因把握調査の実施した。

### (1) 高塚荒廃地の状況

- 被害地面積は裸地が0.24ha、下層植生に影響が出ている周辺部も含めると0.40ha程度で、一部には雷の被害跡らしき部分が見られる。平成21年撮影の空中写真では、荒廃は認められない場所であった。
- 現在、稚樹や下層植生は少なく、特にヤクシカの嗜好植物は少ない。現地では、リター層及び表層土壌の合わせて5～10cm程度が表面侵食により雨のたびに流出している。
- 一般的に、全国における同様の事例を参考にすると、森林生態系の衰退の初期原因は、風倒被害や雷害等の気象害や病虫害、その他火山降灰の影響等による

ものが考えられる。

- 平成28年9月3日に表層土壌pH (H<sub>2</sub>O) 2箇所の測定をしたところ、いずれもpH (H<sub>2</sub>O) が4.4と4.5と近傍の縄文杉周辺部のごく普通の表層土壌 A層上部と同程度の値であり、極端な酸性傾向ではなく、火山灰の影響を強く受けたとは考えられない。
- そのため、現在進行中の森林生態系の衰退、特に下層植生の消滅、表層土壌の流出、森林植生の更新阻害は、雷の被害をきっかけに、傾斜が40度前後と急なことから大雨のたびに表面侵食を受け表土が流亡し、合わせてヤクシカによる稚樹や萌芽枝の採食で、自然に進入してきた樹木の稚樹が定着・更新せず、被害が増大し続けている可能性がある。
- そこで、シカの影響調査と土砂流出調査を実施し、原因の究明を行なった上で、その後のヤクシカによる食害が下層植生の衰退や更新阻害、土砂流出を引き起こし、森林生態系の持つ自然治癒力を悪化させている実態を分析・評価し、今後の対応（案）を考えた。



写真3 高塚荒廃地と尾根付近の樹林との境界部（写真はハリギリ大径木）

## （2）シカの影響調査

ヤクシカによる荒廃地の利用を確認するため、平成28年9月及び10月に糞塊調査を実施した。その結果を以下に示す。

- i : 平成28年9月3日 12塊/0.24ha
- ii : 平成28年10月27日 15塊/0.24ha

また、調査対象地内におけるヤクシカの利用状況を自動撮影カメラ2基により確認した。

- ・自動撮影カメラ設置期間：平成28年9月3日～11月16日間（計54日間）
- ・ヤクシカ撮影枚数：
  - ≫ 北側カメラ：6回/54日（全て成獣メスかオス単体〔いずれも暗くなった薄暮か早朝〕）

≫ 南側カメラ：11回/54日（全て成獣メスかオス単体〔いずれも暗くなった薄暮か早朝、撮影個体は、北側カメラに写った個体と同一個体と思われる〕）

以上より、ヤクシカによる荒廃地の利用頻度は、それほど頻繁ではないが、1週間に1回程度の割合で当該地にやって来て、僅かに地表に生育している稚樹を採食し続けている。

食害の見られた稚樹は、ハリギリ、リョウブ、タンナサワフタギ、コハウチワカエデ、ヤマボウシであり、いずれも芽生えた直後の稚樹の内に食べられているので、それらの低木は1本も見られない。また、アセビ、ハイノキ、ユズリハ、ヒメシャラ等の忌避植物への食害は認められず、樹高30～100cm程度の低木が見られるが、表面侵食が著しく、低木が定着している場所は少ない。なお、ヤクスギ稚樹については、僅かに枝の頂芽部分に対する食害が全体の2～3割程度で見られるが枯死させるほどの被害は少ないが、定着しつつあるヤクスギ稚樹の存在はそれほど多くはない。

### （3）土砂流出の状況調査

平成28年9月2～3日に、荒廃地内水平方向5m間隔（計45m）で10本の土砂侵食測定杭を設置し、表面侵食による土砂流亡の状況をモニタリングしている。

No.1～10の土砂侵食測定杭の侵食状況を下表に示す。

表1 侵食深（mm）

	10月27日	11月16日	計
No.1	3	2	5
No.2	7	5	12
No.3	5	3	8
No.4	2	2	4
No.5	5	2	7
No.6	5	3	8
No.7	3	2	5
No.8	4	1	5
No.9	1	1	2
No.10	3	0	3

（注）9月2～3日設定

表より、74日間で平均的に6mmの表面侵食が認められ、多くの土砂が流亡し続けていることが分かった。土砂流亡量は、一般的には降雨量や融雪量との相関が見られるものであるが、当該地では降雨観測をしていないので何とも言えない。しかし、このまま放置しておくとも1年後の平成29年秋には、相当量の土砂が流亡し、自然状態での森林回復は困難かつ長期間を要するものと容易に想像できる。



写真4 No.1の表面侵食状況



#### (4) 高塚荒廃地の対策（案）

(1)～(3)より、高塚荒廃地では、表面侵食及びヤクシカ侵入を防除しないと、早期の荒廃防止及び森林回復を期待できない。

そこで、表面侵食防止策として、現地で資材が調達できる編柵工及びそだ筋工を施し、またヤクシカによる植生への食害を防止するため防鹿柵を設置することを提案する。

- ・編柵工 : 斜面上から 70・65・30・35mの4段
- ・そだ筋工 : 斜面上から 70・70・70・50・35・20・15mの7段
- ・防鹿柵 : 総延長 300m

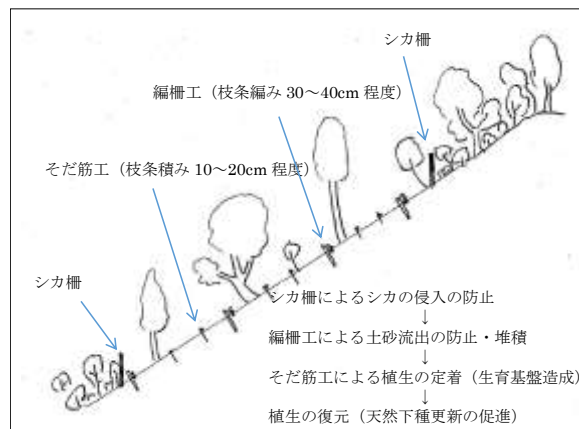
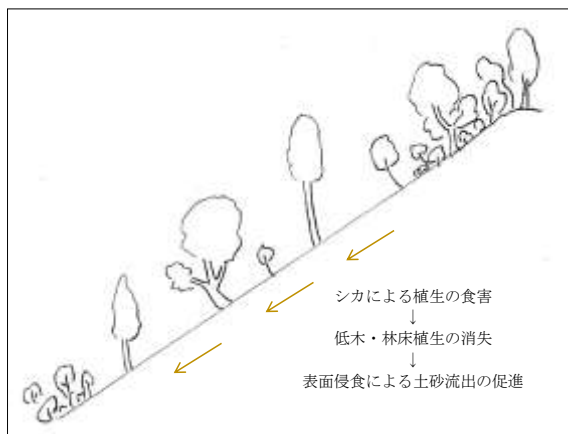
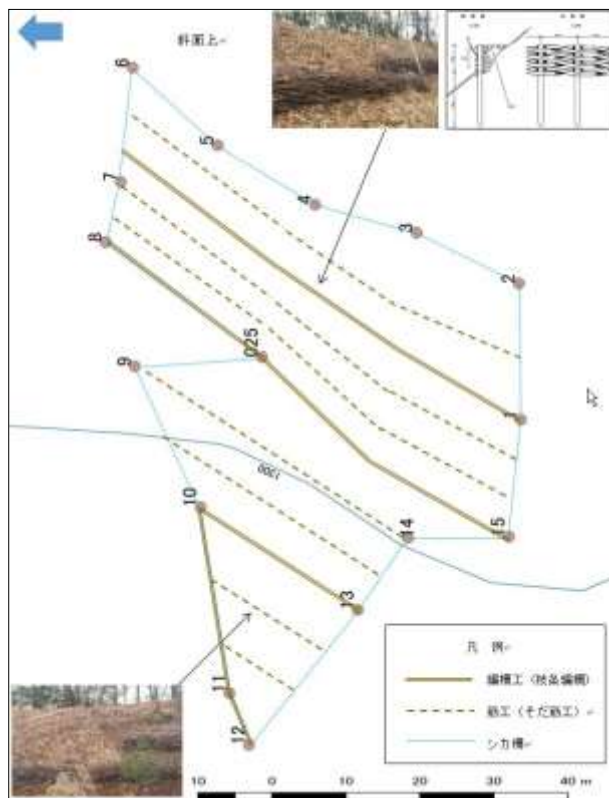


図4 高塚荒廃地の現状と対策（案：縦断図のイメージ）

### 3. 縄文杉ケーブリング等の現状把握調査

平成24年度に実施された縄文杉登攀調査において、大枝基部に大きな腐れが確認されたため、縄文杉にケーブリング対策が実施された。また、平成25年度には補強のため、ケーブリングの追加やアンカーロープの設置等補足的な対策が実施された。なお、ケーブリング及びアンカーロープ等は縄文杉の大枝を支えるためではなく、仮に大枝が折損した場合に、デッキに直接大枝が落下し登山者に当たらないよう、登山者の安全確保のために行われている。

本年度の調査は、既存のケーブリング及びアンカー等について、高木登攀技術を有する樹木医によるロープ、スリング、接合部等について引っ張りや弛み等のチェック・手直しを、過年度と同様に行った。なお、調査は平成28年11月15日と16日に実施した。

実施内容は、

☆ 点検部

ロープの引張具合、スリングと縄文杉の接触部、スリング同士の接続部、スリングとロープの接合部、ロープ末端の結び等

☆ 点検結果

各部、各項目とも異常は認められなかった。

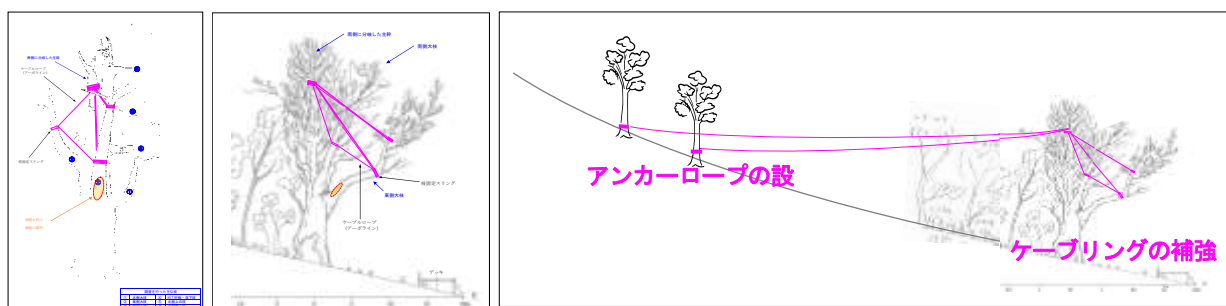


図5 縄文杉に対するケーブリング及びアンカーロープの現況イメージ

表2 縄文杉のケーブリング等の点検項目のチェック状況

連結索	固定箇所	ロープ引張		スリングと縄文杉の接触部			スリングとロープの接合部			より継ぎ部の状態			ロープ末端の留の結び	
		異常な伸び	その他異常	スリング側摩耗	杉表皮擦創	その他異常	摩耗	異常なよじれ	その他異常	摩耗	ほつれ	その他異常	緩み	その他異常
(1)主幹上部から東側大枝上部	主幹側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	枝側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
(2)主幹上部から東側大枝下部	主幹側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	枝側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
(3)南側大枝上部から東側大枝下部	南大枝側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	東大枝側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
(4)主幹から南側大枝上部	主幹側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	枝側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
(5)主幹上部と北アンカー	主幹側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	アンカー側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
(6)主幹上部と南アンカー	主幹側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	アンカー側	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし







	
<p>高木登攀樹木医の縄文杉上での作業 1</p>	<p>高木登攀樹木医の縄文杉上での作業 2</p>
	
<p>南西アンカーと主幹南ポスト上段のアンカー及びスリングの摩耗状況（問題なく機能）</p>	<p>南大枝-主幹のスリング設置状況（問題なく機能）</p>
	
<p>東大枝上段と主幹南ポスト下段のアンカーの結索状況（問題なく機能）</p>	<p>主幹南ポスト上段と南西アンカーのたるみの状況（問題なく機能）</p>

写真5 縄文杉のケーブリング等の点検状況



#### 4. 高層湿原の変動に関する検討（案）

##### （1）花之江河の経年変化



##### 【平成9年の花之江河】

所々に土砂が薄く堆積してその場所にはイグサが生育していた。



##### 【平成22年の花之江河】

土砂の流入・堆積が少なくなり、またヤクシカの採食によりイグサが消えミズゴケ域が増えた。また、奥に見える流路の洗掘が顕著になり始めた。



##### 【平成28年の花之江河】

現在はヤクシカの踏込みにより所々のミズゴケが剥され、裸地になっている





## 花之江河における特異な変化

↑【平成9年の状況】  
登山道からの流入土砂の影響で乾燥化し、イグサが繁茂している。なおイグサは、泥炭層の深さ40~50cmの所にもイグサ遺物（未分解）層が確認されていて古くから花之江河には生育していた。



←平成20年頃から、ヤクシカの踏み跡により、水路の両岸が崩れ始めてきた(H22.8)

→近年は、ミズゴケへの採食が増え、ミズゴケの丈が低くなり、所々で裸地も見られる(H28.7)



16



## 花之江河における特異な変化

↑【平成9年の状況】  
登山道からの流入土砂の少ない場所は、イボミズゴケが隆起する湿原状態であった。降雨時には湿原全体が冠水するような感じで、流路は浅かった。



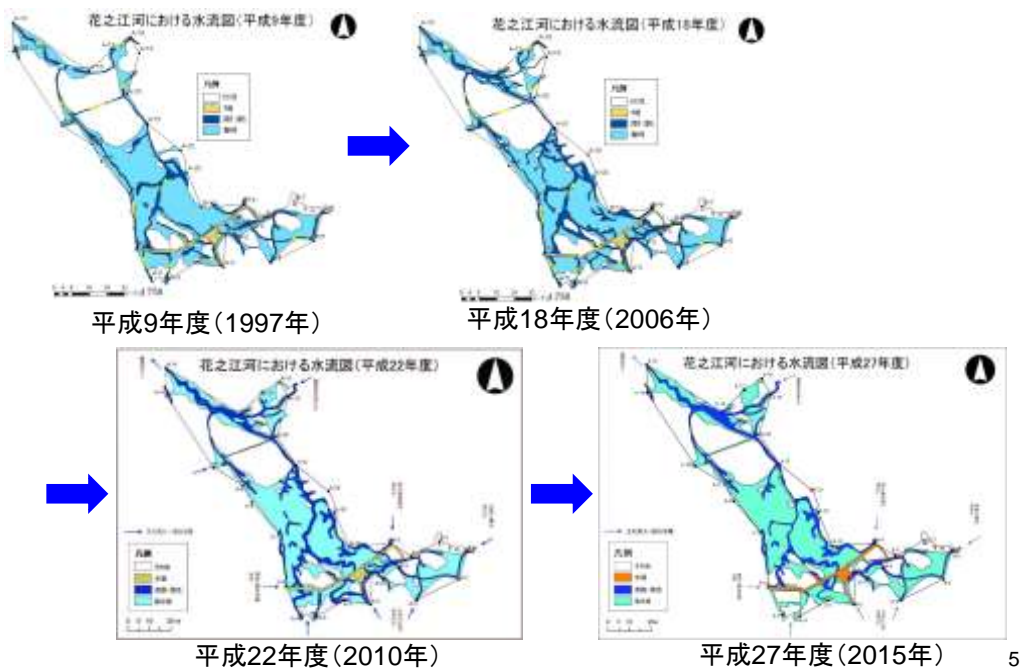
←平成22年8月の流路(水路)  
(ヤクシカの踏み跡影響で法面が削られ始めた。また近年は、水深が深くなりつつある)

平成28年7月の流路(水路) →  
(平成11~12年に実施した流域内の土砂流入防止対策の成果により、近年、流域からの土砂[マサ土]流入が少なくなって、流路の縦侵食が進行している)



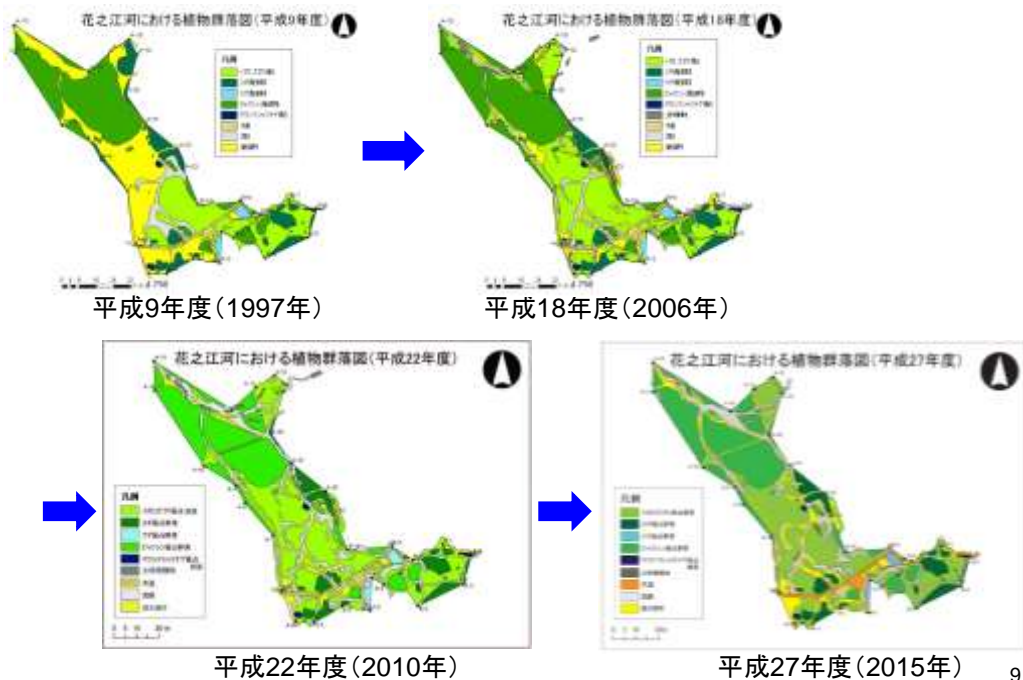
17

## 花之江河の流路・湛水域の経年変化

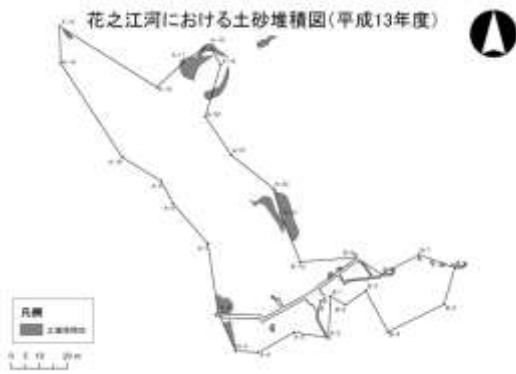


5

## 花之江河の植生群落分布の経年変化



9



【平成 13 年の土砂堆積地】



【平成 18 年の土砂堆積地】



【平成 22 年の土砂堆積地】



【平成 27 年の土砂堆積地】

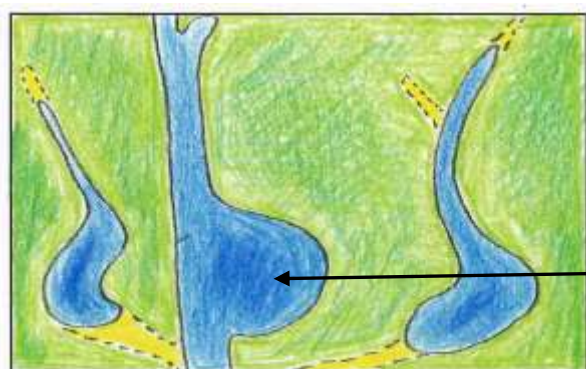


流路の洗掘状況（年々深くなっている）



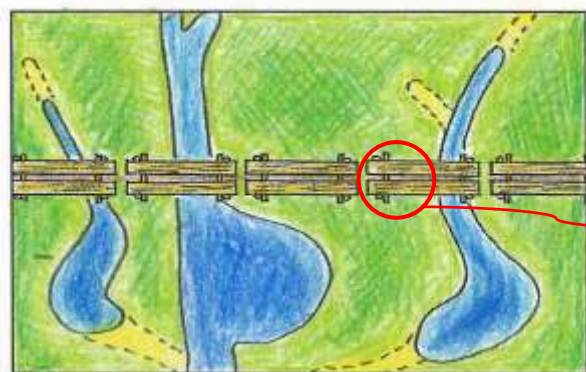
新たな流路の形成状況（新たに洗掘されている）





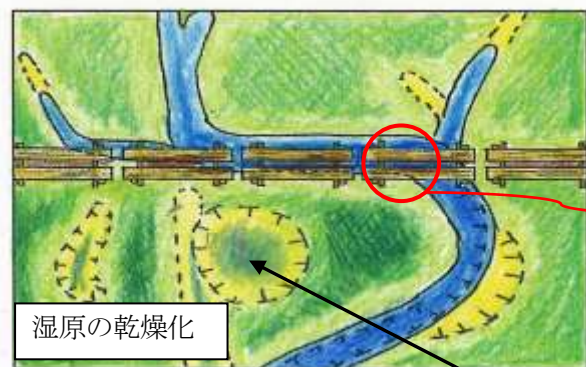
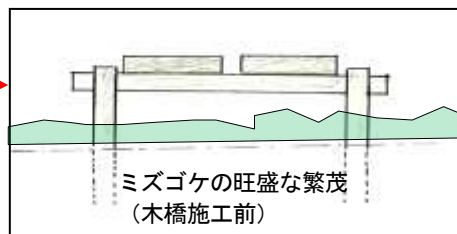
【湿原内遊歩道（木橋）の施工前の状況】

ハベマメシジミ生息域  
(適度なよどみの存在)



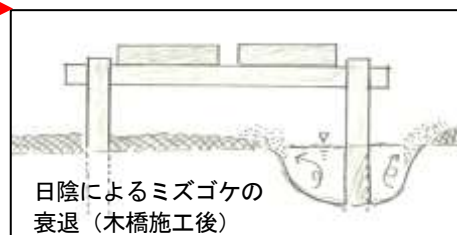
【湿原内遊歩道（木橋）の施工中の状況】

- ・ 洪水時に木橋が流路を堰き止めている。
- ・ やがて木橋の下が新たな流路となる。



【湿原内遊歩道（木橋）の施工後の状況】

- ・ 木橋下の新たな流路に水が集中する。
- ・ 流路が削られ、砂が巻き上げられ、新たな流路は益々深くなり浸食が進む。



湿原の乾燥化

- ・ 木橋下流側のかつての流路や溜池への流水が少なくなり、湿原が乾燥化する恐れがある。

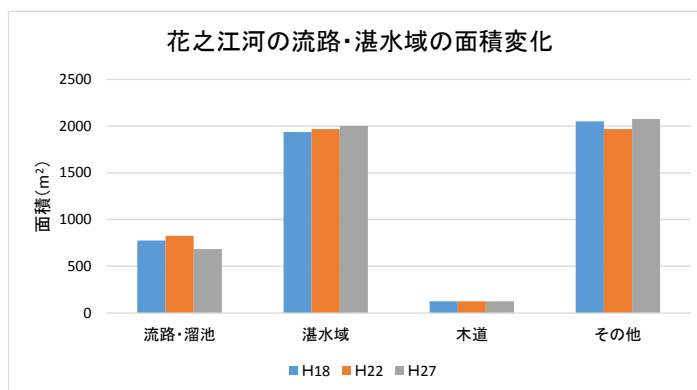
ハベマメシジミ生息域の減少の可能性あり (適度なよどみの減少)

湿原内遊歩道（木橋）の施工に伴う湿原変化のイメージ図



## 花之江河の流路・湛水域の面積変化

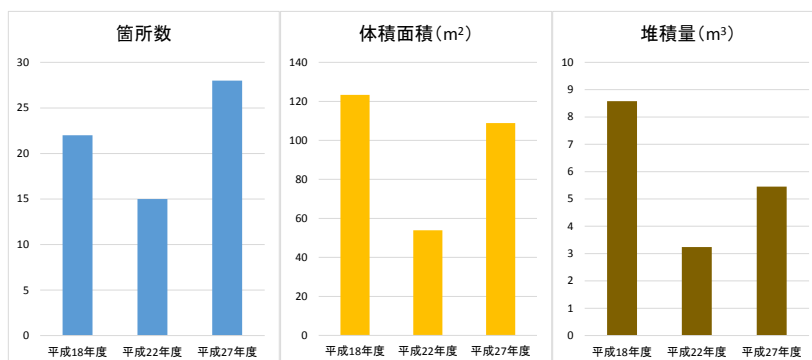
花之江河	流路・溜池		湛水域		木道		その他		計	
	面積 (m <sup>2</sup> )	率 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	率 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	率 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	率 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	率 (%)
H18	775.1	15.9	1,937.30	39.6	124.2	2.5	2,051.40	42	4,888.00	100
H22	826.4	16.9	1,968.80	40.3	124.2	2.5	1,968.60	40.3	4,888.00	100
H27	683.9	14	2,003.70	41	124.2	2.5	2,076.20	42.5	4,888.00	100



6

## 花之江河の土砂堆積地の面積、堆積量の経年変化

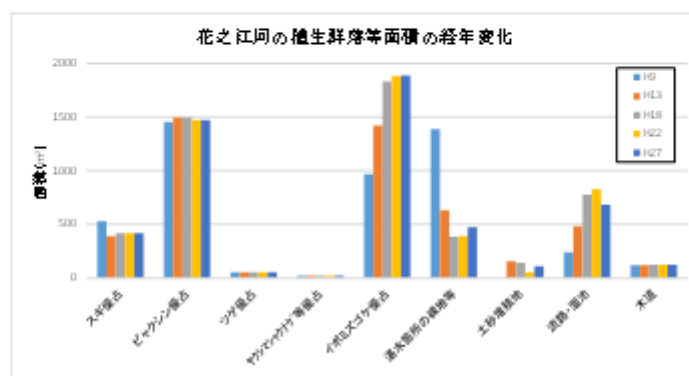
花之江河	土砂堆積地			ヤクシカ 踏跡荒廢地
	箇所数	体積面積	堆積量	
平成18年度	22箇所	123.3m <sup>2</sup>	8.58m <sup>3</sup>	0箇所
平成22年度	15箇所	53.9m <sup>2</sup>	3.24m <sup>3</sup>	1箇所
平成27年度 (平成22年度からの増減率)	28箇所	108.9m <sup>2</sup> (1.7倍)	5.45m <sup>3</sup> (1.7倍)	1箇所



8

## 花之江河の植生群落等面積の経年変化

花之江河	平成13年度		平成14年度		平成15年度		平成22年度		平成27年度	
	面積(m <sup>2</sup> )	割合(%)	面積(m <sup>2</sup> )	割合(%)	面積(m <sup>2</sup> )	割合(%)	面積(m <sup>2</sup> )	割合(%)	面積(m <sup>2</sup> )	割合(%)
水沢澤池	210	11.1%	291	9.2%	418.2	7.2%	418.2	7.2%	418.2	7.2%
ビヤクシン澤池	1,422.0	26.2%	1,422.0	21.2%	1,422.0	24.2%	1,422.2	24.1%	1,422.2	24.1%
ツゲ澤池	24	1.1%	24	1.1%	24.2	1.2%	24.2	1.2%	24.2	1.2%
ヤクシマオトギリ澤池	24	0.4%	24	0.2%	24.2	0.4%	24.2	0.4%	24.2	0.4%
ミズゴケ澤池	22.5	0.2%	1,418.0	22.2%	1,222.1	21.2%	1,222.2	21.2%	1,222.1	21.2%
花之江河の湿地保全管理地	1,222.0	22.1%	62.0	1.2%	222.4	1.4%	222.2	1.2%	42.2	0.1%
土砂溜溜池	0	0.0%	14.2	0.2%	14.2	0.2%	14.2	0.2%	12.2	0.1%
流路・水路	22.2	0.2%	42.2	1.2%	72.1	1.2%	22.4	1.2%	22.2	1.2%
木道	12.2	0.2%	12.2	0.2%	12.2	0.2%	12.2	0.2%	12.2	0.2%
計	4,772.0	100%	4,782.0	100%	5,242.1	100%	5,242.1	100%	5,242.1	100%



10

### i ヤクシカによる採食の影響

- ◆ 花之江河湿原の植生は、土砂流入や水量・水温の変化など、様々な環境の影響を受け、かく乱・安定を繰り返し生育してきた。しかし近年、それらの影響に加え、ヤクシカによる採食圧の影響が懸念される。
- ◆ 花之江河は、小花之江河に比較し湛水（冠水）しやすい環境が少なく、そのような環境を好む（流水に流されやすい）ミズゴケの生育域が多い。
- ◆ ミズゴケは度重なるヤクシカの採食により、年々少しずつ丈が低くなり、やがては根こそぎ剥ぎ取られ裸地になっていく。
- ◆ ミズゴケ群落内には、コケスミレ、ヤクシマオトギリ、ヤクシマニガナ、ヒメコナスビなどの希少種や固有種が数多く生育しているが、多くがヤクシカの採食により矮小化し減少しつつある。

### ii 流域からの土砂流入の減少の影響

- ◆ 花之江河湿原は、平成13～14年に湿原保全対策（流域からの土砂流入防止対策）を実施し、マサ土の流入量が少しずつ減少した。
- ◆ その影響で流路（水路）の縦侵食（路床侵食）が増加し水深が深くなり、水はけが良くなりつつある。
- ◆ 流路（水路）周辺のミズゴケ域の水はけが良くなると、矮性化したヤクシマダケなどがミズゴケ域に進入し、やがてはビヤクシンやヤクシマシャクナゲなどの低木域に変化してしまうことが考えられる。

iii 夏季最高水温の上昇について

- ◆ 花之江河は、夏季最高水温が20°Cを超える日が平成26年度5日、27年度7日観測されている。仮に温暖化の影響で将来泥炭が分解され始めれば、水分が地下に抜け、湿原の乾燥化が進行する恐れが考えられる。
- ◆ 泥炭の調査結果（湿原内5箇所の断面調査結果）によると、現時点では特に泥炭が分解している兆候は見られないが、湛水（冠水）域の減少と相まって、将来的には何らかの変動を来す恐れがある。
- ◆ 引き続き、水温や泥炭の観測を継続するとともに、泥炭下部の地下水温の観測も今年から開始した。また、ミズゴケ域が拡大すれば蒸発散が増加し潜熱による水温上昇の軽減が図れる可能性がある。そこで、ミズゴケ直下の水温も観測する。

iv 希少種の生育について

- ◆ 花之江河は、亜寒帯・令温帯域に生息する希少種（絶滅危惧I類）の生息地であり、平成15・18・22年と生息が確認されていたが、平成27年度の調査では確認されなかった。しかし、今年度（平成28年度）の調査では、平成22年度と同じ場所で同時期に同程度の生息を確認した。

(2) 小花之江河の経年変化



【平成 9 年の小花之江河】

写真は登山道からの土砂流入が見られない北東方向である。手前の湿原部は常時冠水していて、水深 4～5cm の所には水に流されにくいハリコウガイセキショウやコハリスゲが生育していた。



【平成 22 年の小花之江河】

夏場の乾燥期は冠水がなくなり水底に生育していたハリコウガイセキショウやコハリスゲが青々と出現していたが、良く見ると、ヤクシカの足跡が多く、ハリコウガイセキショウやコハリスゲ、ホシクサ類が引き抜かれるように採食され始めていた。



【平成 28 年の小花之江河】

上の写真と同じ時期の比較的乾燥している時期の写真。水の流れは太陽光の直射日光を受け、水温が上昇し、20 度近くになっていた。





## 小花之江河における特異な変化

↑【平成9年の状況】  
登山道からの流入土砂の影響で乾燥化し、イグサが繁茂している。なおイグサは、泥炭層の深さ30~40cmの所にもイグサ遺物（未分解）層が確認されていて古くから小花之江河には生育していた。



← 小花之江河におけるヤクシカの食み痕。ヤクシマホシクサやクロホシクサなどが根こそぎ引きぬかれ採食されている

小花之江河におけるヤクシカの踏み跡により、湿原植生がかく乱されている



35



## 小花之江河における特異な変化

↑【平成9年の状況】  
登山道からの流入土砂の少ない場所は、ハリコウガイセキショウヤやコハリスゲ、イボミズゴケが繁茂する湿原状態であった。降雨時には湿原全体が冠水するような感じで、流路は浅かった。



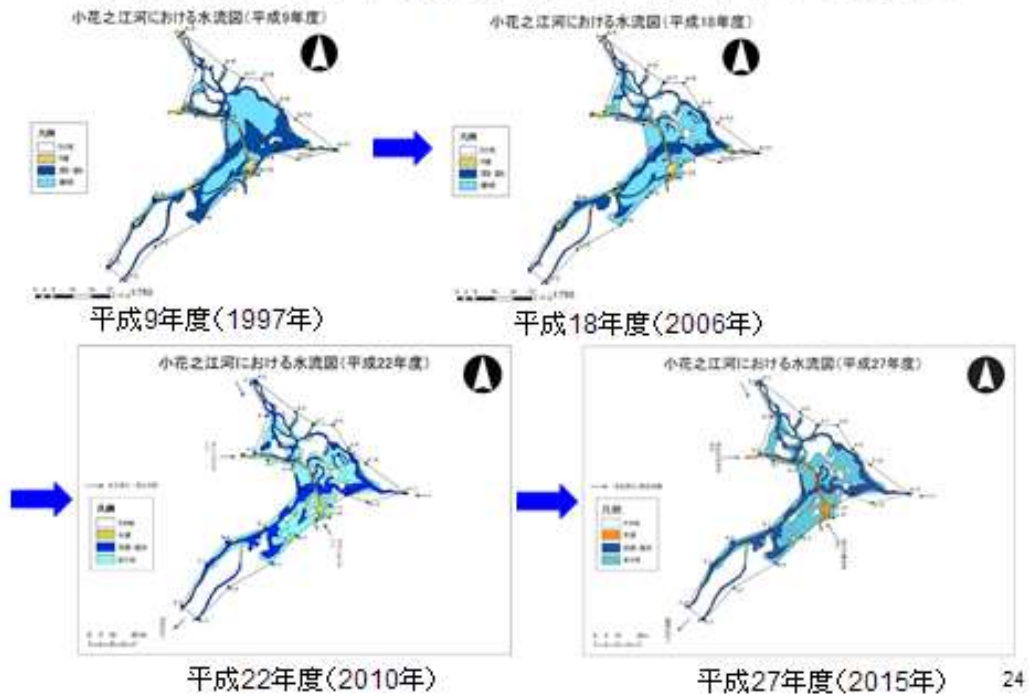
← 小花之江河におけるヤクシカの食み痕。ヤクシマホシクサやクロホシクサなどが根こそぎ引きぬかれ採食されている

小花之江河におけるヤクシカの踏み跡により、湿原植生がかく乱されている

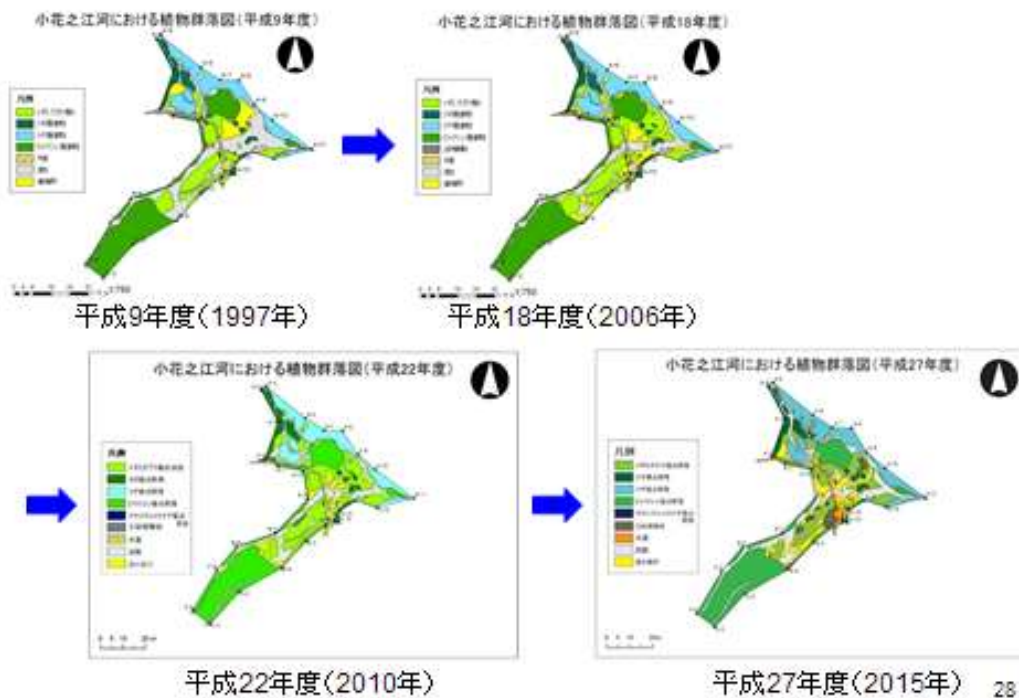


36

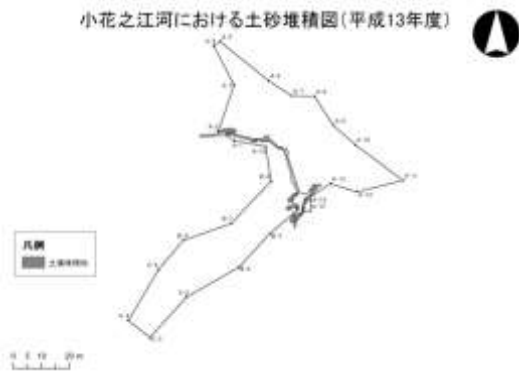
## 小花之江河の流路・湛水域の経年変化



## 小花之江河の植生群落分布の経年変化







【平成 13 年の土砂堆積地】



【平成 18 年の土砂堆積地】



【平成 22 年の土砂堆積地】



【平成 27 年の土砂堆積地】

【平成 18 年 11 月】



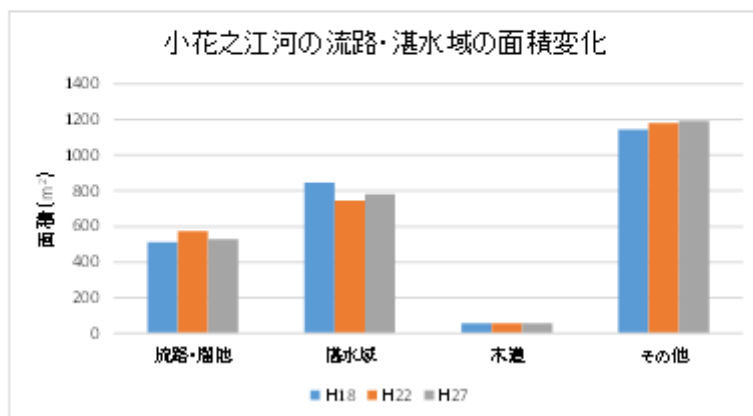
【平成 22 年 11 月】



小花之江河におけるヤクシカによる踏跡崩壊（ミズゴケで被覆された法面が、ヤクシカの踏跡が原因で荒廢地化が侵攻している

## 小花之江河の流路・湛水域の面積変化

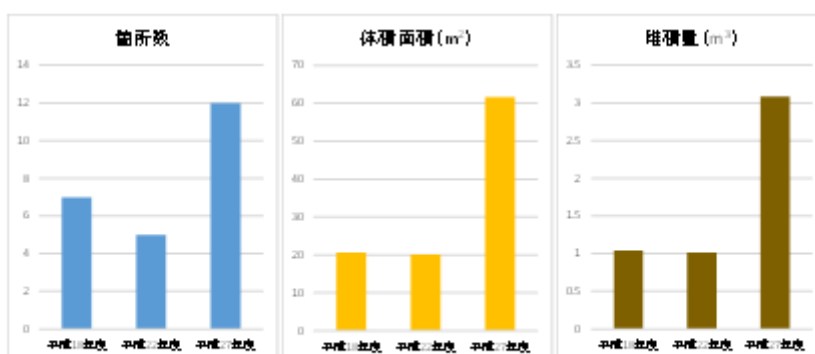
小花之江河	流路・溜池		湛水域		木道		その他		計	
	面積 (m <sup>2</sup> )	占 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	占 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	占 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	占 (%)	面積 (m <sup>2</sup> )	占 (%)
H18	511.2	20	549.2	33.1	59.4	2.3	1,143.50	44.7	2,350.40	100
H22	574.7	22.4	749.2	42.2	59.4	2.3	1,180.80	49.1	2,350.40	100
H27	583.2	20.7	790.5	30.5	59.4	2.3	1,194.60	46.6	2,350.40	100



25

## 小花之江河の土砂堆積地の面積、堆積量の経年変化

小花之江河	土砂堆積地			ヤケシカ 臨時営舎地
	箇所数	体積面積	堆積量	
平成18年度	7箇所	20.7m <sup>2</sup>	1.04m <sup>3</sup>	0箇所
平成22年度	6箇所	20.1m <sup>2</sup>	1.01m <sup>3</sup>	1箇所
平成27年度 (平成22年度からの増減率)	12箇所 (3倍)	61.6m <sup>2</sup> (3倍)	3.05m <sup>3</sup> (3倍)	1箇所



27

## i ヤクシカによる採食の影響

- ◆ 小花之江河湿原の植生は、土砂流入や水量・水温の変化など、様々な環境の影響を受け、かく乱・安定を繰り返し生育してきた。しかし近年、それらの影響に加え、ヤクシカによる採食圧の影響が懸念される。
- ◆ 小花之江河は、花之江河に比較し湛水（冠水）しやすい環境なので、そのような環境を好む（流水に流されにくい）ハリコウガイセキショウの生育域が多い。
- ◆ 小花之江河は花之江河と相違し、ミズゴケ域に多く被覆されている湿原ではない。ミズゴケはヤクシカの採食を受け続けても数年～10年程度は矮小化し続けるだけで剥かれて裸地化しにくい。しかし、小花之江河に多く生育しているハリコウガイセキショウ、コハリスゲ、クロホシクサ、ヤクシマホシクサ（希少種・固有種）などは、一部は矮小化しているものの多くは、度重なるヤクシカの採食により根こそぎ剥ぎ取られ、裸地化しつつあり、深刻な問題となっている。

## ii 流域からの土砂流入の増加の影響

- ◆ 小花之江河湿原は、平成10年に堆積土砂の掘削排除を、平成13～14年に湿原保全対策（流域からの土砂流入防止対策）を実施し、流域内の登山道からの土砂（マサ土）の流入量が一時的に減少した。
- ◆ しかし、平成25年頃から再び登山道からの土砂流入が増加し、マサ土が堆積し、湿原の乾燥化が危惧される。

## iii 夏季最高水温の上昇について

- ◆ 小花之江河は、夏季最高水温が20℃を超える日が平成26年度32日、27年度も32日観測されている。仮に温暖化の影響で将来泥炭が分解され始めれば水分が地下に抜け、湿原の乾燥化が進行する恐れが考えられる。
- ◆ 泥炭の調査結果（湿原内5箇所断面調査結果）によると、現時点では特に泥炭が分解している兆候は見られないが、流入土砂（マサ土）の堆積と相まって、将来的には何らかの変動を来す恐れがある。
- ◆ 引き続き、水温や泥炭の観測を継続するとともに、泥炭下部の地下水温の観測も今年から開始した。また、ミズゴケ域が拡大すれば蒸発散が増加し潜熱による水温上昇の軽減が図れる可能性がある。そこで、ミズゴケ直下の水温も観測する。
- ◆ 湛水域（冠水域）が増加すると日射による水温上昇が起こる可能性があるため、湛水面（冠水面）を覆う形でミズゴケやハリコウガイセキショウ等の植生で被覆させる。

## iv 希少種の生育について

- ◆ 小花之江河は、亜寒帯・令温帯域に生息する希少種（絶滅危惧Ⅰ類）の生息地であり、平成27・28年も平成15・18・22年と同様に生息が確認されている。



### (3) 全体的な考察として

#### ① ヤクシカによる影響の排除

- 環境省が設置した花之江河における試験用の植生保護柵内外を比較すると明確な効果が確認される。特に、保護柵内はミズゴケが丸く隆起しつつあり、本来のミズゴケ湿原を再現しつつある。
- 例えば、より被害の程度が著しい、小花之江河全体を覆うような植生保護柵（管理も含む）、若しくはパッチ状に部分的に植物群落を保護するパッチディフェン（非保護域の被害が増大する）等の設置を検討する必要がある。

#### ② 土砂流入の低下に伴う流路（水路）侵食の防止と登山道からの土砂流入の防止

- 花之江河の流路（水路）の縦侵食（路床侵食）を防止し、水深が深くなりすぎるのを防いで、洪水時の湛水域（冠水域）を適度に増加させる。
- 例えば、流路（水路）の縦侵食（路床侵食）の著しい場所では、多くが合わせてヤクシカの踏み跡で法侵食が進行している。
- 例えば、現地の石礫を流路（水路）の路床に並べて侵食を防ぐとともに、洪水時に周辺が適度に湛水（冠水）しやすいようにする。なお、横方向の侵食防止にもなる。
- 小花之江河の登山道からのマサ土の流入堆積箇所の排土を行い、洪水時の湛水域（冠水域）を適度に増加させることもモニタリングを進めながら今後の検討課題とする。

#### ③ 夏季最高水温の上昇の軽減（気候変動の影響に対する適応策）

- ミズゴケ域を拡大し蒸発散を増加させ、潜熱による水温上昇の軽減を図る。
- 湛水域（冠水域）が増加すると日射による水温上昇が起こる可能性があるため、湛水面（冠水面）を覆う形でミズゴケやハリコウガイセキショウ等の植生で被覆させる。
- 小花之江河のように湛水域（冠水域）の多い湿原では、今後も日射による水温上昇が起こる可能性が高いので、湛水面（冠水面）を覆う形でハリコウガイセキショウやミズゴケ等の植生を被覆させる。

5. 気候変動の影響に係るモニタリングと適応策の検討について



図6 屋久島の世界自然遺産地域と気象庁アメダス観測所の位置

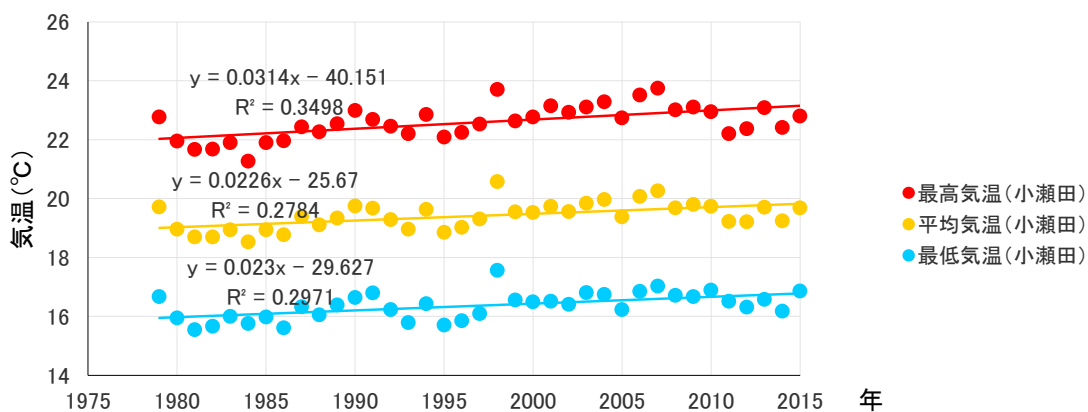
(1) 屋久島地域のOUVに対する気候変動の影響に係るストレス要因とその現状

① 気温

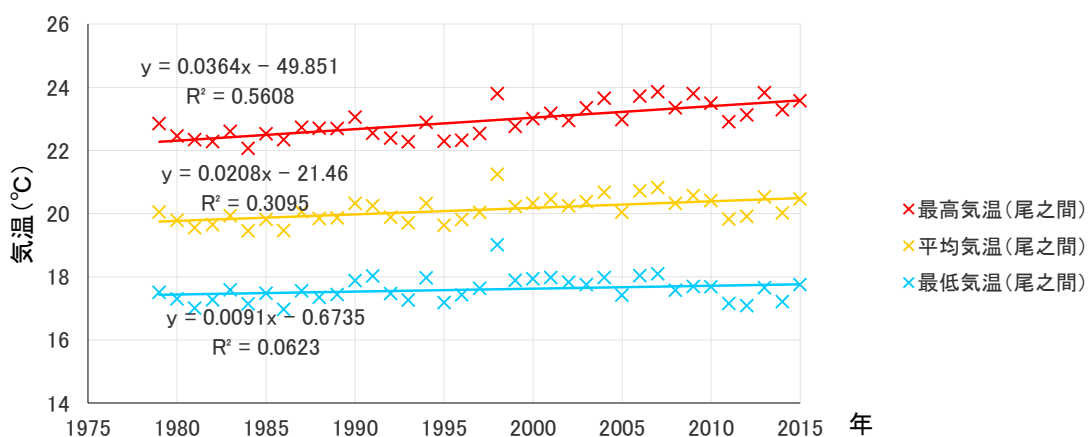
・現状

小瀬田・尾之間の日平均気温・日最高気温・日最低気温の年間平均値について、気象庁 HP よりアメダスデータを基に、近年の変動を整理したところ、上昇傾向が見られる。

小瀬田における日最高・日平均・日最低気温の年間平均値の経年変化



尾之間における日最高・日平均・日最低気温の年間平均値の経年変化



(1980～1989年及び2006年～2015年の比較)

観測地	日平均気温平均値 (°C)			日最高気温平均値 (°C)			日最低気温平均値 (°C)		
	1980-89	2006-15	変化量	1980-89	2006-15	変化量	1980-89	2006-15	変化量
小瀬田	18.94	19.66	+ 0.72	21.96	22.92	+ 0.96	15.93	16.66	+ 0.73
尾之間	19.74	20.36	+ 0.62	22.47	23.49	+ 1.02	17.31	17.59	+ 0.28

・将来予測

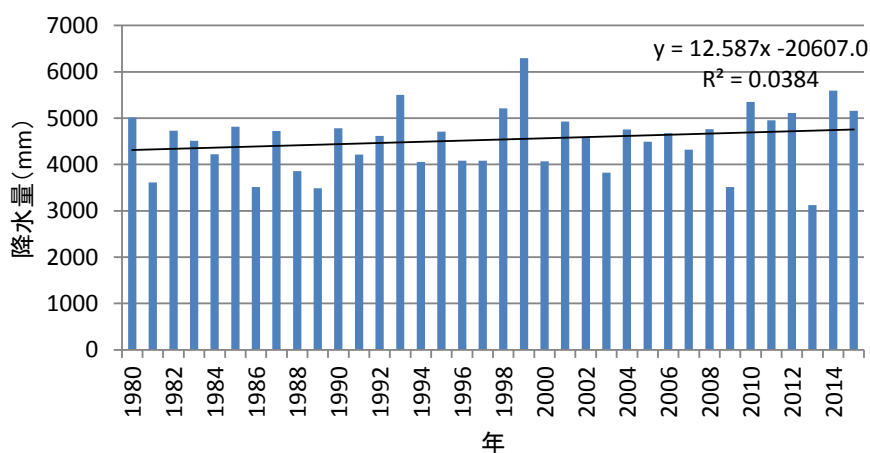
全ての項目で気温の上昇傾向が見られたため、今後も気温上昇が続くことはほぼ確実と考えるべきである。

## ② 降水量

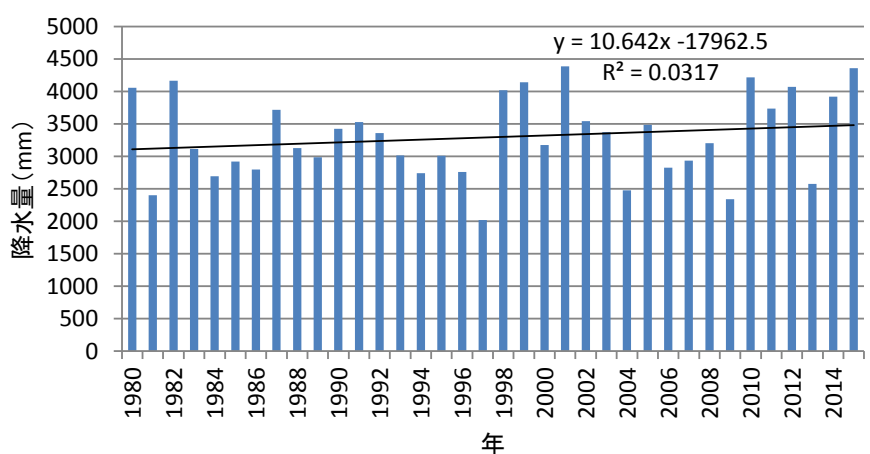
### ・現状

小瀬田・尾之間における年間降水量について、気象庁HPのアメダスデータを基に近年の変動を整理したところ、平均年間降水量は増加しているものの、年変動が大きく、増加或いは減少の傾向はわからない。

小瀬田における年間降水量の経年変化



尾之間における年間降水量の経年変化



(1980～1989年及び2006年～2015年の比較)

観測地	平均年間降水量 (mm)		
	1980-89	2006-15	変化量
小瀬田	4246.9	4655.9	+ 409.0
尾之間	3198.2	3418.8	+ 220.6

### ・将来予測

当地域の気候変動に関する詳細な予測は行われていない。また、近年の傾向がはっきりしないため、降水や無降雨日数が今後増加する或いは減少すると推測することも困難である。

### ③ 積雪深

#### ③-1 黒味岳【積雪深】自動撮影カメラ（継続）

##### i 目的

屋久島世界自然遺産地域における高標高域の気象を観測するために、黒味岳において自動撮影カメラを設置し、積雪の気象観測を行った。

##### ii 調査方法

観測期間は平成25年12月15日～平成28年7月15日まで（現在も設置中）で、撮影間隔は1時間とした。

自動撮影カメラ設置の様子を以下の写真に示す。

自動撮影調査中、シカにより基準となる支柱が倒されたが、最初の基準を基に積雪深を判定した。



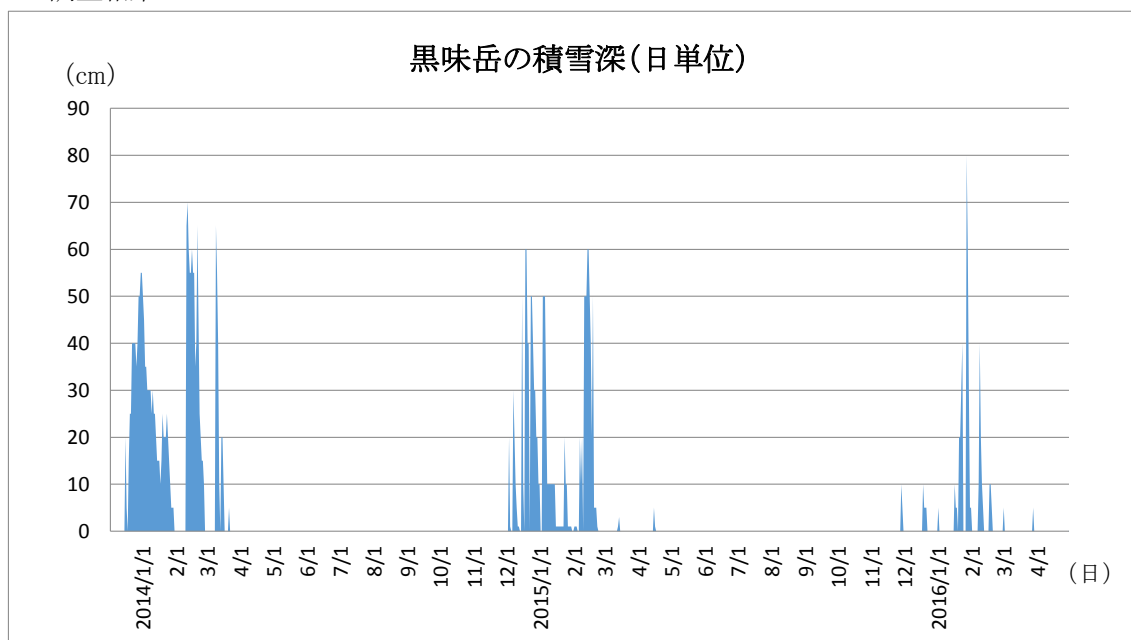
積雪深 60cm と判定  
(平成28年1月23日 10:00)



積雪深 30cm と判定  
(平成28年1月29日 10:00)



iii 調査結果



シーズン年度	根雪期間	最大積雪深
平成 25 年度	初雪は不明（測定開始時、既に雪あり） 平成 25 年 12 月 19 日～平成 26 年 1 月 29 日 平成 26 年 2 月 10 日～26 日 平成 26 年 3 月 9 日～12 日、14 日～16 日、21 日	70cm (平成 26 年 2 月 11 日)
平成 26 年度	平成 26 年 12 月 2 日～平成 27 年 1 月 29 日 平成 27 年 1 月 31 日～2 月 3 日 平成 27 年 2 月 5 日～22 日 平成 27 年 3 月 10 日～14 日 平成 27 年 4 月 15 日～16 日	60cm (平成 26 年 12 月 18, 19 日、平成 27 年 2 月 13, 14 日)
平成 27 年度	不明（測定開始時、既に雪あり） 平成 27 年 12 月 17 日～21 日 平成 28 年 1 月 1 日、13 日～31 日 平成 28 年 2 月 6 日～11 日、15 日～19 日 平成 28 年 3 月 1 日、28 日	80cm (平成 28 年 1 月 27 日)

### ③-2 花之江河【積雪深】自動撮影カメラ (H28 回収)

#### i 目的

屋久島世界自然遺産地域における高標高域の気象及び日本最南部の高層湿原に係わる気象を観測するために、花之江河において自動撮影カメラを設置し、積雪の気象観測を行った。

#### ii 調査方法

観測期間は平成 25 年 12 月 15 日～平成 28 年 7 月 15 日までで、撮影間隔は 1 時間とした。自動撮影カメラ設置の様子を以下の写真に示す。

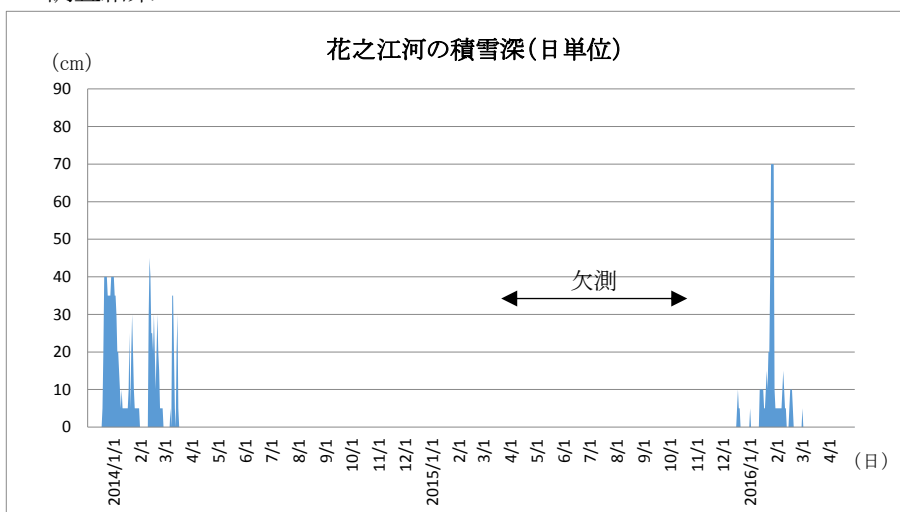


積雪深 40cm と判定  
(平成 28 年 1 月 24 日 10:00)



積雪深 70cm と判定。  
(平成 28 年 1 月 28 日 10:00)

#### iii 調査結果

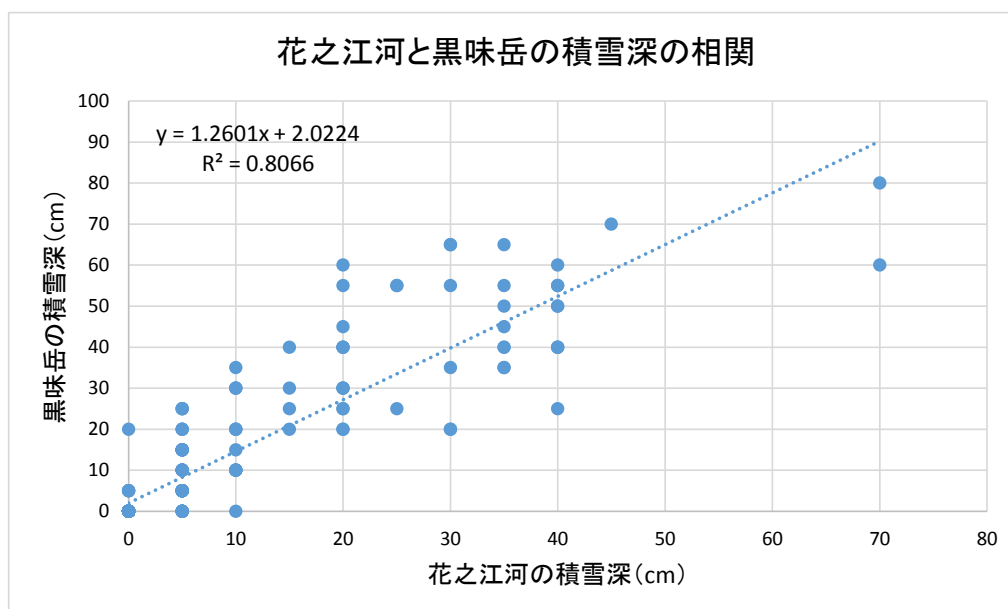


※平成 26 年度シーズンのデータは欠測

シーズン年度	根雪期間	最大積雪深
平成 25 年度	初雪は不明（測定開始時、既に雪あり） 平成 25 年 12 月 19 日～平成 26 年 1 月 30 日 平成 26 年 2 月 10 日～26 日 平成 26 年 3 月 7 日、9 日～12 日、14 日～16 日	45cm (平成 26 年 2 月 11 日)
平成 26 年度	自動撮影カメラの故障により欠測	同左
平成 27 年度	不明（測定開始時、既に雪あり） 平成 27 年 12 月 17 日～20 日 平成 28 年 1 月 1 日、12 日～2 月 11 日 平成 28 年 2 月 15 日～19 日、3 月 1 日	70cm (平成 28 年 1 月 25 日～ 28 日)

## iv 考察

## 【花之江河と黒味岳の積雪深の相関】



- ・  $R^2$  値は 0.8066 と、高い相関が見られた
- ・ 今後において、花之江河または黒味岳どちらかの自動撮影カメラが正常に作動していれば、積雪深の推測が可能になると考えられた。

## ④ 高層湿原の水溫、泥炭溫度、ミズゴケ直下の溫度

## i 目的

屋久島世界自然遺産地域における高標高域の気象及び日本最南部の高層湿原において、温暖化による泥炭の分解とそれに伴う水場の消失の懸念、希少動植物の生息環境の把握のために、水溫、泥炭溫度、ミズゴケ直下の溫度、気温の観測を行った。

## ii 調査方法

各箇所「Tidbit」を設置し、水溫、泥炭溫度、気温の気象観測を行った。観測期間は下表に示すとおりであり（現在も観測中）、観測間隔はいずれも1時間とした。

観測内容	観測期間
水溫	平成 25 年 12 月 16 日（小花之江河は平成 26 年 6 月 9 日） ～観測中（今回の分析は平成 28 年 7 月 15 日まで）
泥炭溫度、気温	平成 28 年 7 月 16 日～観測中 （今回の分析は 10 月 27 日まで）
ミズゴケ直下の溫度	平成 28 年 9 月 5 日～観測中 （今回の分析は 10 月 27 日まで）

Tidbit 設置の様子を以下の写真に示す。



水溫観測の様子（左：花之江河、右：小花之江河）



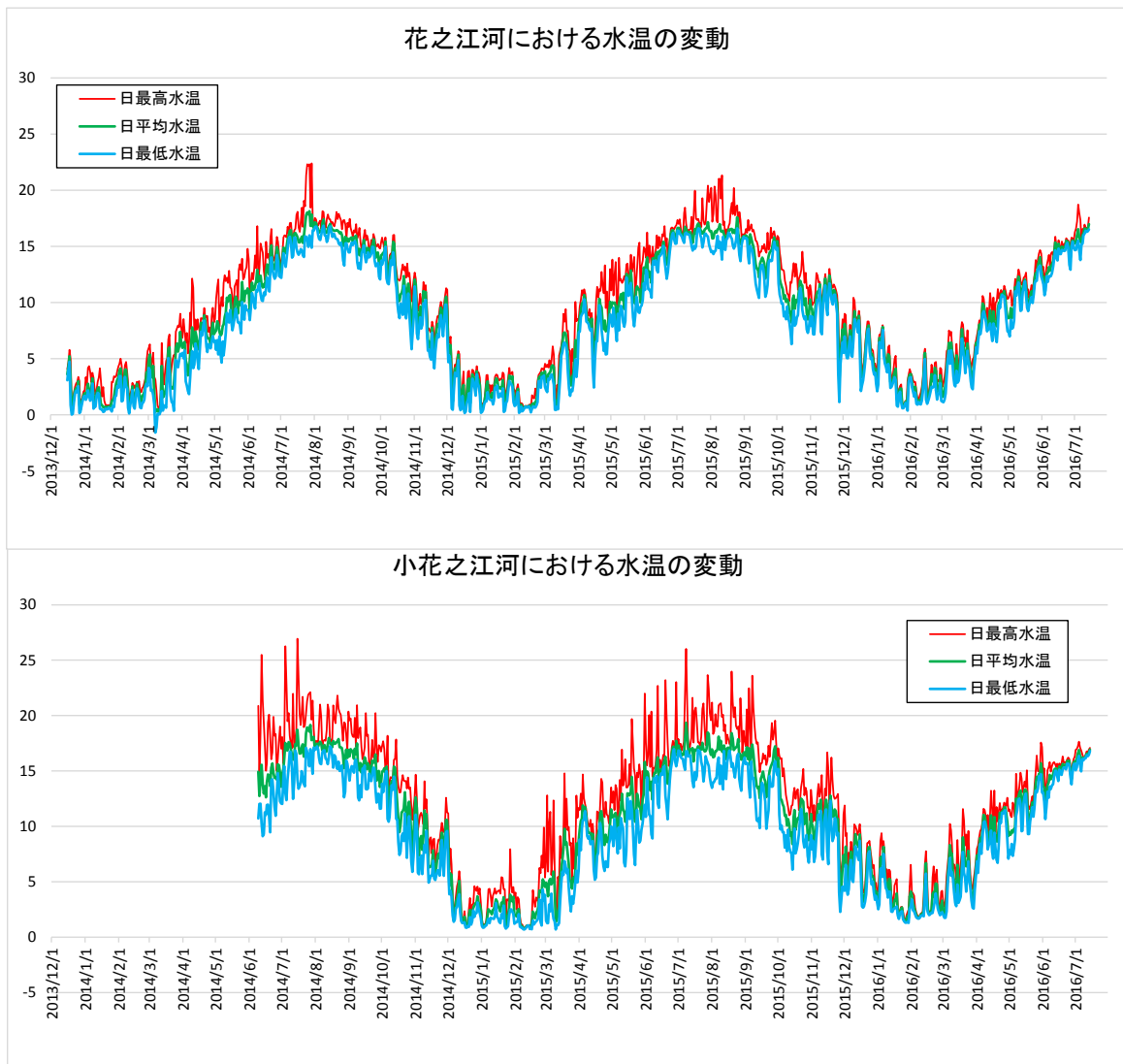
泥炭溫度、ミズゴケ直下観測の様子（左：泥炭、右：ミズゴケ直下）

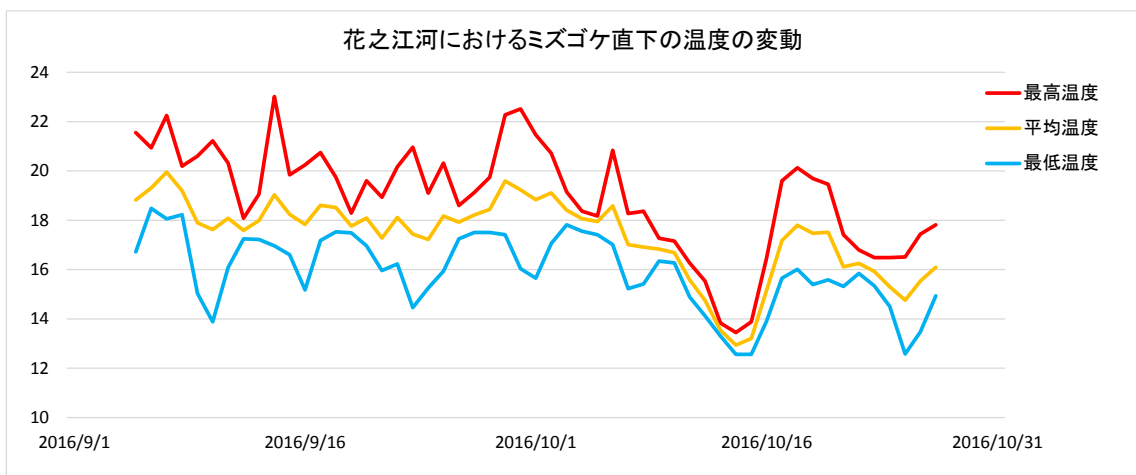
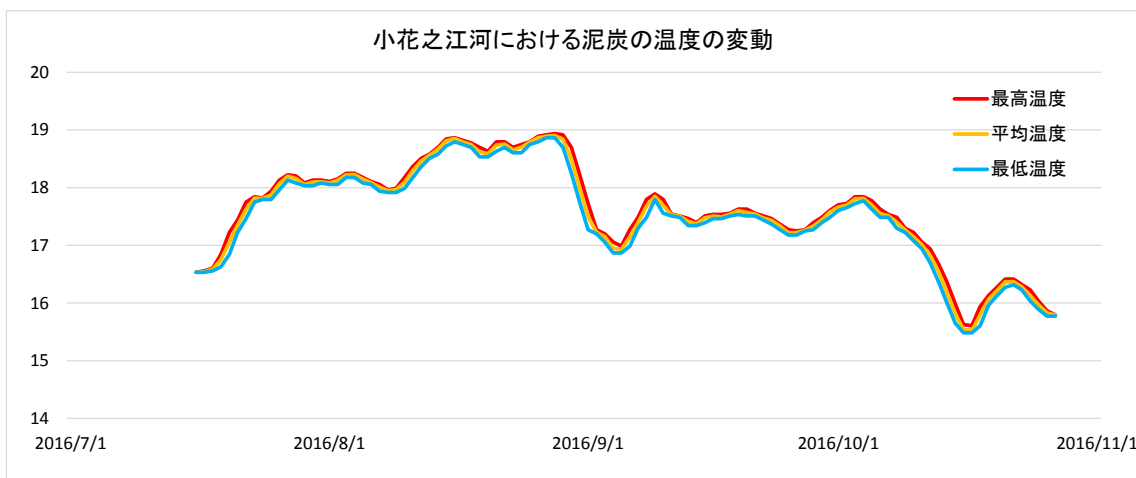
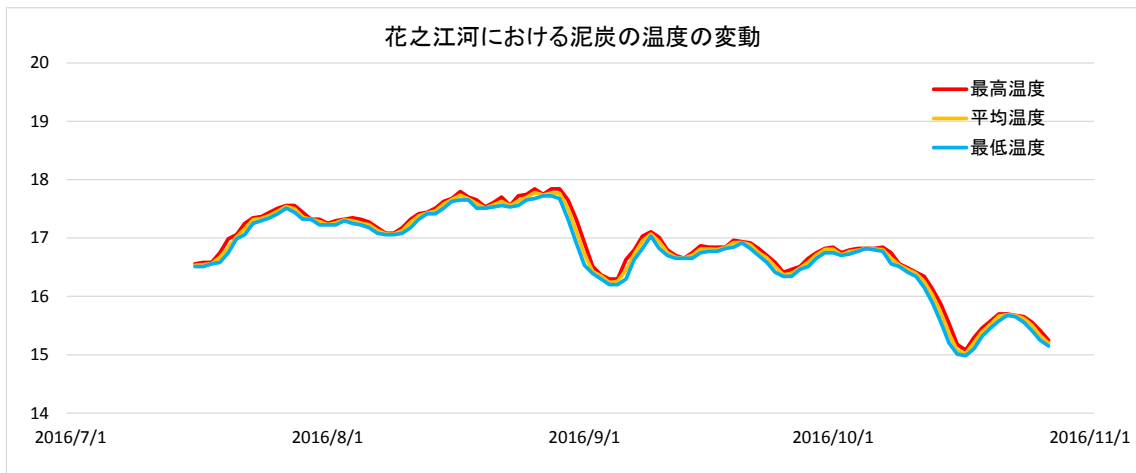


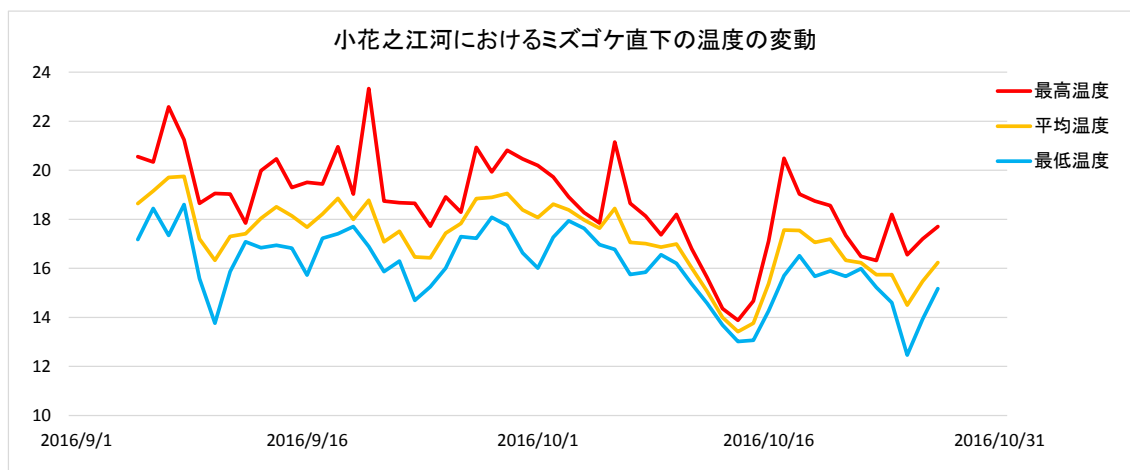


気温観測の様子

iii 調査結果



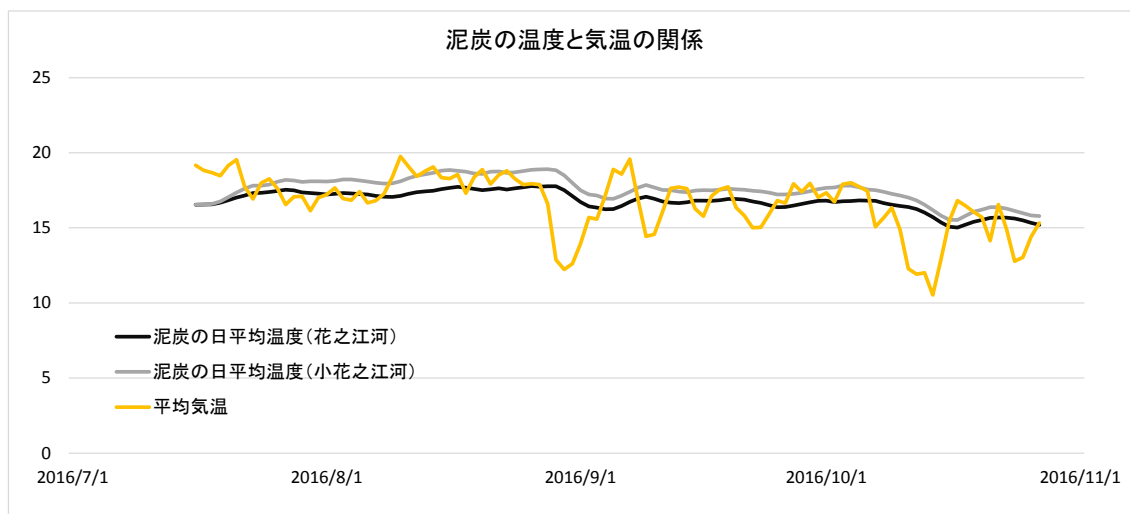




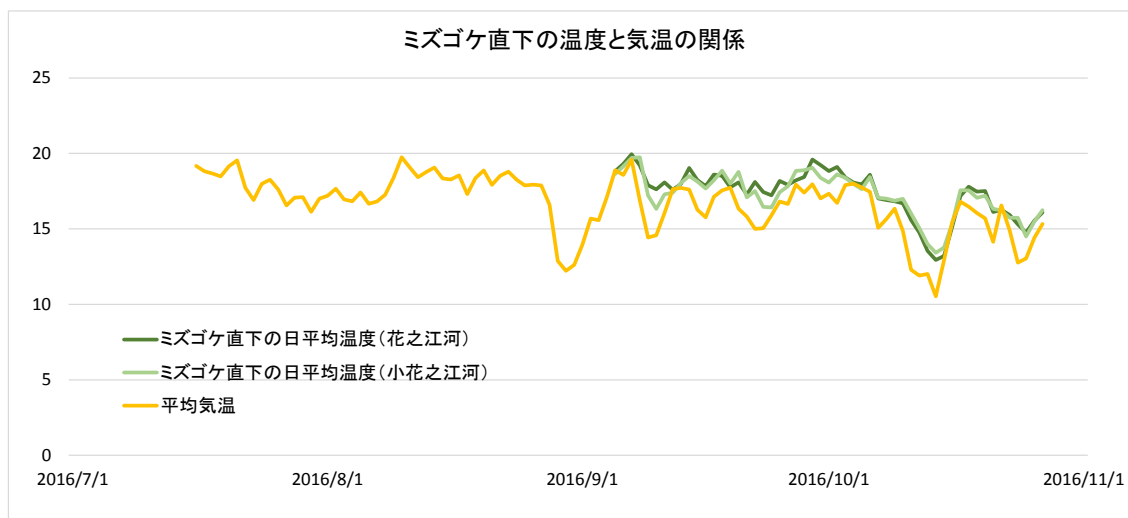
iv 考察

- ・夏季最高水温が 20℃を超える日が、花之江河では平成 26 年度 5 日、27 年度 7 日、小花之江河では平成 26 年度、27 年度ともに 32 日観測されている。仮に温暖化の影響で将来泥炭が分解し始めれば、水分が地下に抜け、湿原の乾燥化が進行する恐れがある。

【泥炭の温度と気温の関係】



【ミズゴケ直下の温度と気温の関係】

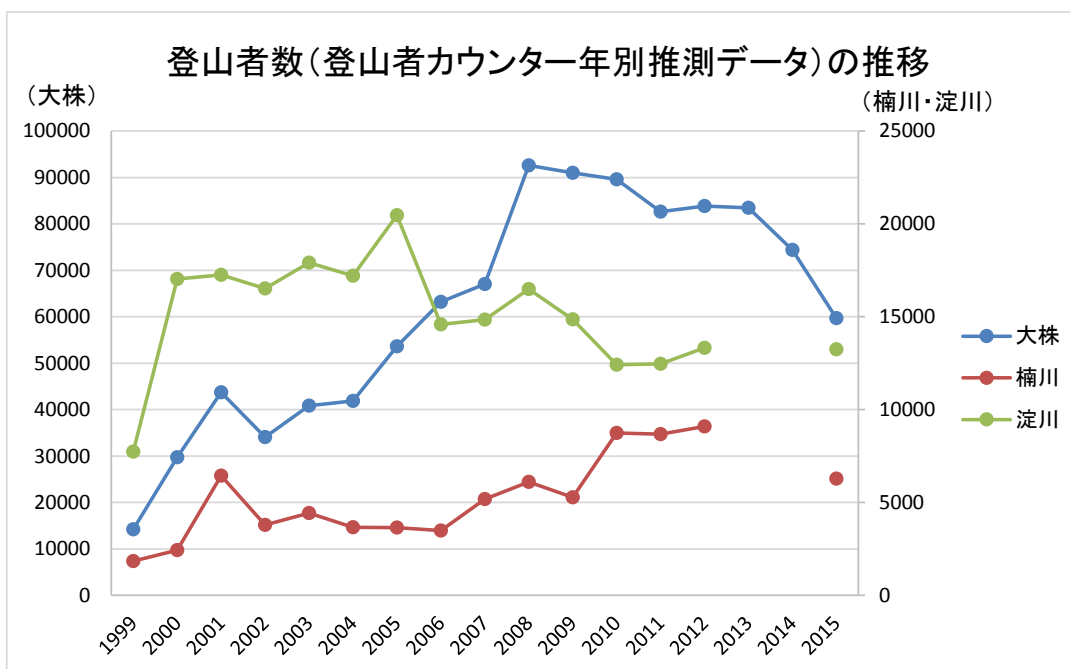


- ・泥炭の温度は大きな変動がなく比較的安定しているが、気温が下がった数日後に泥炭の温度も下がっている（時間差がある）
- ・ミズゴケ直下の温度は気温に連動して変化しており（時間差がない）、気温よりも1～3℃ほど高い傾向が見られる。
- ・ミズゴケ域が拡大すれば蒸発散が増加し潜熱による水温上昇の軽減が図れる可能性がある。
- ・泥炭の調査結果（湿原内5箇所での断面調査結果）によると、現時点では特に泥炭が分解している兆候は見られないが、湛水（冠水）域の減少と相まって、将来的には何らかの影響が生じる恐れがある。



⑤ その他（気候変動以外のストレス）

屋久島の高層湿原では、登山者数増加に伴う花之江河における土砂流出防止事業に伴う縦侵食（路床侵食）の進行や、小花之江河における登山道からの土砂流入による直接的な被害、また自然植生に対するヤクシカによる食害の影響が既に生じている。



(平成 27 年度第 2 回屋久島世界遺産地域科学委員会資料より)

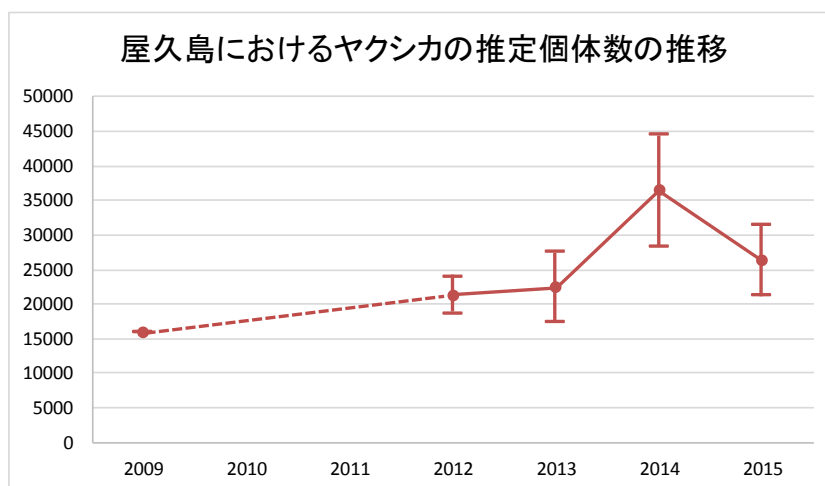
森林内の希少食物（絶滅危惧種）に対するヤクシカの食害（平成 26 年度野生鳥獣報告書）

地域	食害の著しい希少種	備考
北部・北東部 (※標高 700～800m程度までの照葉樹林帯が対象)	ツルラン、オオタニワタリ	ツルランは食害頻度が多いと矮小化する。
南東部・南部 (※標高 700～800m程度までの照葉樹林帯が対象)	ツルラン、ヤクシマラン、キシマエビネ、カンラン	ツルランは食害頻度が多いと矮小化する。
西部 (※標高 700～800m程度までの照葉樹林帯が対象)	ヤクシマラン、オオタニワタリ	ヤクシマランは食害頻度が多いと矮小化する。
中央部 (※標高 700～800m以上の照葉樹林帯～スギ樹林帯～ヤクシマダケ草原帯が対象)	カンラン、ヤクシマシライトソウ、ヤクシマホシクサ、ヤクイヌワラビ	ヤクイヌワラビは植生保護柵外では見かけない。

(注) シカの立ち寄れる場所でおおむね 7 割以上の個体が食害を受けている希少種を示した。なおここに提示した希少種は、環境省絶滅危惧 I A・I B・II 類又は鹿児島県絶滅危惧 I・II 類である。

ヤクシカの糞粒調査地点数と推定個体数の推移

年度	2009年	2012年	2013年	2014年	2015年
糞粒調査地点数	61	37	49	20	83
推定個体数(頭)	16,015	18,677 ~23,882	17,307 ~27,523	28,392 ~44,624	21,206 ~31,330



(平成 28 年度第 1 回屋久島世界遺産地域科学委員会) の鹿児島県資料からの推定個体数)

花之江河において確認されているヤクシカの採餌 (九州森林管理局 HP より)



## (2) 影響が懸念される森林生態系構成要素

屋久島では、i) 自然景観として、際立った標高差とヤクスギの原生的な森林が作り出す壮大な景観、ii) 生態系として、亜熱帯性植物を含む海岸植生、山地の温帯雨林から山頂付近の冷温帯性ササ草原や高層湿原に及ぶ植生の垂直分布、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2つのストレス要因に強く影響を受けるものとして、植生垂直分布の最上端に位置する「ヤクシマダケ群落」、及び「高層湿原」の2つを取り上げることとする。

## ① ヤクシマダケ群落

## 【ストレス要因との関連】

ヤクシマダケ群落は、冬期に積雪の中で生育することで真冬の寒風及び乾燥から守られおり、森林限界上の標高 1,500m より上域に優占的に見られる。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】

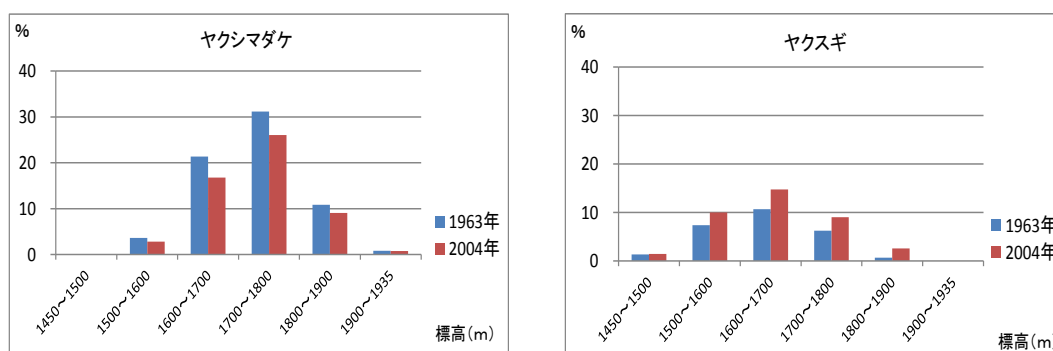
気温の上昇および降雪の減少に伴い、海岸部の亜熱帯植物（アコウやガジュマル等）や中標高域以下に生育するシイ・カシの照葉樹林が生育可能高度を上げるとともに、中標高～高標高域に生育するヤクスギが上昇し、高標高域のみに成立するヤクシマダケを被圧し、垂直分布の多様性が低下することが予測される。

## 【影響の深刻度】

屋久島の生態系において、ヤクシマダケは多様な植生帯が織り成す植生の垂直分布の重要な構成要素であるため、その消失による影響（垂直分布の多様性の低下）は深刻と考えられる。

## 【今後影響が生じる可能性】

気候変動によるストレス影響が大きいと考えられる高標高域の植生については、平成 24 年度事業で航空写真判読結果を分析しており、1963 年と 2004 年のヤクシマダケ（ヤクザサ）、ヤクスギの分布域の面積率を比較している。その結果を見ると、森林限界付近に生育するヤクザサの面積が減少している一方、ヤクスギが増加し、垂直分布の構造に変化が認められ、予測される影響が既に生じていると考えられる。なお、当地域ではヤクシカによるヤクシマダケの採餌も確認されているが、今のところ稈高を低くしているが、面積に変化は与えていないと考えられる。



（平成 24 年度報告書より）

## 【防止策・低減策とその効果】

ストレス要因である気温上昇及び降雪減少に対しては、有効な防止策・低減策はないと考えられる。

ただし、気候変動要因ではないものの、ヤクシカの食害が見られる場合には、それがヤクシマダケ群落への影響をさらに悪化させる可能性が考えられる。特にヤクシマダケが一斉開花して枯れるときにヤクシカの被食圧が大きいとヤクシマダケの分布範囲が減少する可能性が考え

られる。このため、モニタリングをしていながら、ヤクシカの管理をしていくことが更なる悪化を低減させる可能性がある。

## ② 高層湿原

### 【ストレス要因との関連】

降水量の減少や春先の融雪量の減少が、湿原の乾燥化を招く可能性があり、非湿原植物の侵入を促す可能性が考えられる。また、気温の上昇が積雪量の減少や泥炭分解（微生物活性の増加）に大きく関わっている。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】

降水量・降雪量減少に伴う乾燥化や気温上昇に伴う泥炭分解による希少な湿原植生の変化・消失が予測される。

### 【影響の深刻度】

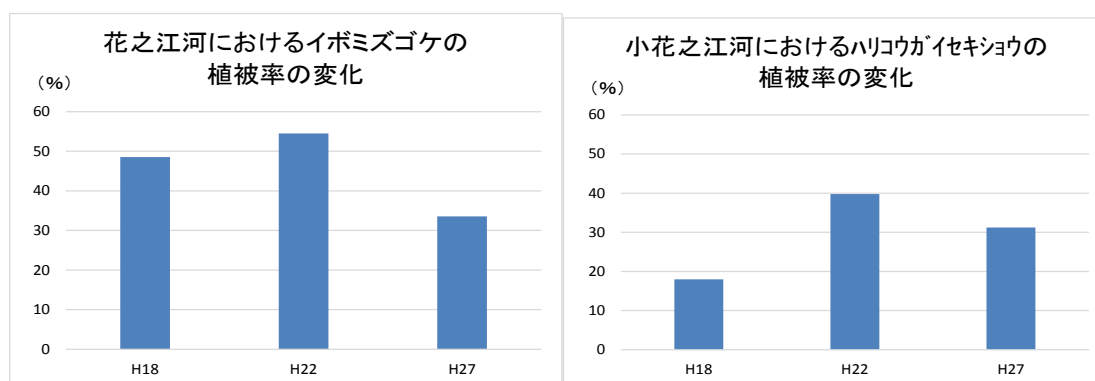
屋久島の生態系において、湿原植生は多様な植生帯が織り成す植生の垂直分布の重要な構成要素であるため、その消失による影響は深刻と考えられる。

### 【今後影響が生じる可能性】

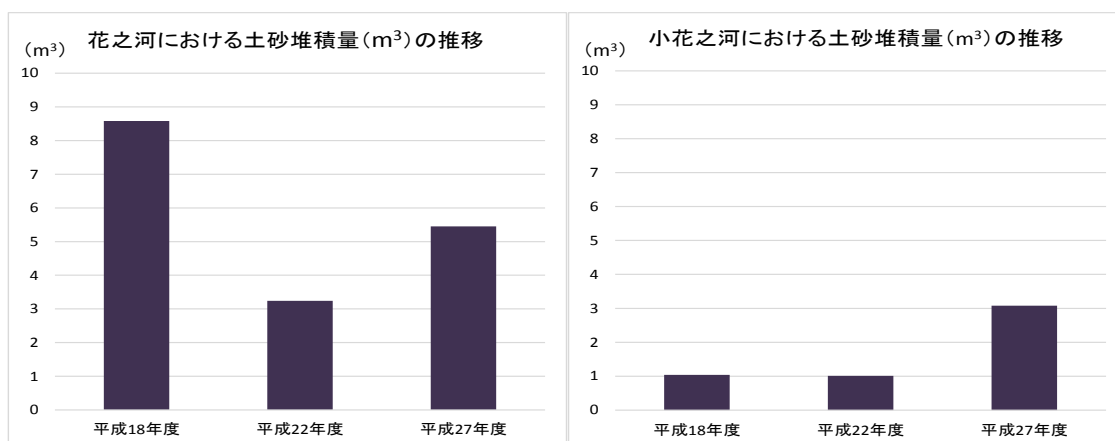
当地域において湿原面積の変化については知られていないが、林野庁九州森林管理局で平成9年度より高層湿原である花之江河と小花之江河において植生調査を実施しているほか、縦断測量も実施しており、地盤高の変化から土砂堆積量の推移をモニタリングしている。

植生については、各地域に特徴的なミズゴケ及びハリコウガイセキショウの減少が見られ、土砂堆積については、平成13～14年度の湿原保全対策により一時的に防止されたものの、平成22年度から平成27年度にかけて小花之江河で僅かながら再び堆積量が増加している。

また、当地域にはヤクシカが生息し、湿原域での採餌行動も確認されているほか、登山者数も多いことから、湿原植物の減少についてはヤクシカによる影響、土砂堆積量の増加についてもヤクシカ及び登山者による影響も大きいと考えられることから、モニタリングを継続的に行うことが重要である。







(「平成28年度第1回屋久島世界遺産地域科学委員会」資料より)

#### 【防止策・低減策とその効果】

ストレス要因である気温の上昇や降水・降雪の減少に対しては、有効な防止策・低減策はないと考えられる。

ただし、気候変動要因ではないものの、路床侵食及び土砂流入や、自然植生に対するヤクシカの食害が出ており、これらも高層湿原に維持に影響を与えていると考えられる。高層湿原は気候変動影響により脆弱化している可能性があるため、これらの気候変動以外のストレスも排除することが望ましい。

#### (3) 屋久島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見直しについて

平成24年度の屋久島地域科学委員会にて、屋久島の森林生態系における気候変動の影響のモニタリングの方策(モニタリングプログラム)の案を提出し、関係機関にて気候変動の影響に係るモニタリングを実施してきたところである。

ただし、当時は項目数が多く予算や技術面から困難なものも含まれていたことと、その後修正された屋久島世界遺産地域の管理計画「モニタリング計画」との整合を考え、次のようにモニタリングプログラム(案)を修正したので提案する。

表3 屋久島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 (案: 1/2)

指標及びモニタリング項目		調査方法				OUVとの関連	脆弱性	計測し易さ	計測コスト	各モニタリング項目の継続の必要性及び修正・継続理由	優先度	
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							
(1) 気象の変動	①低標高(小瀬田・尾之間)の気温、降水量、積雪深、風速、日照時間及び台風等における異常気象	①気象庁アメダス気象観測データの整理(台風の整理等も含む)・分析	①小瀬田・尾之間	①②③ 観測:毎年データ収集(回収):毎年分析:5年毎	①② ・気象の経年変化 ・台風襲来の頻度や規模の経年変化	—	—	◎	◎	①気温の上昇傾向が見られるほか、アメダスにより定期的に観測され、モニタリングの労力がかからない	高	
	②低～高標高(環境省、林野庁、鹿児島県の各観測地点)の降水量、気温、地温等	②環境省、林野庁、鹿児島県による気象観測データの整理・分析	②屋久島各所の32地点			—	—	◎	◎	②環境省、林野庁、鹿児島県にて、定期的、継続的にモニタリング	高	
	③高標高(黒味岳)の気温、最大積雪深、ヤクシマダケ群落等の冠雪状況	③黒味岳の気象観測を実施・分析	③黒味岳		③ ・気象の経年変化 ・①②のデータとの比較	—	—	▲	○	③高標高域は、気候変動ストレスが大きいと予測され、OUVの植生垂直分布の最上部であり、重要な部分のため、黒味岳で継続	高	
森林生態系	(2) 低標高から高標高までの植生の垂直分布の変動	④ 標高毎の植生	標高毎の植生調査(出現種・優占種・被度・群度・多様度指数)、立木の毎木調査(胸高直径等)の実施・分析	遺産地域内の東西南北中央部の海岸林から山頂までの標高毎に設定した40地点	毎年(毎年8地点程度ずつ実施し、5年で一巡)	・植生の経年変化 ・植生の変動と気象の変動との相関	◎	○	○	○	④標高ごとの植生は、OUVである植生垂直分布の変化を見るために重要である	中
	(3) 宮之浦岳周辺のヤクシマダケ群落の変動	⑤ ヤクシマダケ群落の分布	航空写真判読調査による、森林限界付近(ヤクスギ・矮性低木・ヤクシマダケ群落)の分布域の調査と分析	宮之浦岳周辺の各1.5×2km四方	・航空写真撮影:10年毎 ・航空写真判読・分析:10年毎(航空写真撮影の翌年)	・群落域面的・垂直的分布の変動 ・群落域の変動と気象の変動との相関	○	◎	◎	○	⑤ヤクシマダケ群落は、屋久島のOUVである植生垂直分布の上端部に成立し、航空写真判読は労力が比較的小ないため継続が望まれる。	高

(注1) OUVとの関連性は、関連性の高いものを「◎」、あるものを「○」、少ないものを「▲」で示した。  
 (注2) 脆弱性は、顕著なものを「◎」、脆弱だが中庸なものを「○」、脆弱ではないものを「▲」で示した。  
 (注3) 計測(現地計測・観測・データ収集整理)のし易さを、技術的、精度的な観点から「◎:し易い」、「○:中庸」、「▲:し難い」で3区分した。データ分析については含めていない。  
 (注4) 計測(現地計測・観測・データ収集整理)に係る年間コストを、「▲:かかる」、「○:中庸」、「▲:それほどかからない」でおおまかに3区分した。このコストは、調査項目や箇所数により大きく異なるもので、あくまで参考的、目安的な概算値である。また現場までの交通費や宿泊費、日当等の旅費に係る軽費は含めていない。さらに分析にあたっては別途コストがかかる。

表3 屋久島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 (案: 2/2)

指標及びモニタリング項目		調査方法				OUVとの関連	脆弱性	計測し易さ	計測コスト	各モニタリング項目の継続の必要性及び修正・継続理由	優先度	
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							
森林生態系	(4) 高層湿原(花之江河・小花之江河)の環境の変動	⑥湿原の水溫	⑥湿原の水溫調査の実施・分析	⑥花之江河・小花之江河の流水箇所各1点	⑥⑦⑧⑨ 調査・分析: 5年毎	⑥⑦⑧⑨ ・湿原の環境の変動 ・湿原の環境の変動と気象の変動との相関	○	◎	○	○	⑥⑦⑧⑨ 湿原は気候変動ストレスが表れやすい個所で、湿原植生は屋久島のOUVである植生の垂直分布の多様性を豊かにする要素である。また気候変動の影響を受けやすい上端部に存在する。なお、気候変動による影響なのかシカによる影響なのかを考察するうえでも重要となる。	高
		⑦湿原の水域環境(流路・溜池の状況)	⑦湿原の水域環境調査(流路・溜池状況)の調査の実施・分析	⑦花之江河・小花之江河					○	○		高
		⑧湿原の植生	⑧湿原の植生調査(群落分布、出現種数・優占種・植被率・被度・群度)の実施・分析	⑧花之江河・小花之江河全体と内計6地点					○	○		高
		⑨湿原の泥炭の厚さ・分解状況	⑨湿原の泥炭の厚さ・分解状況の調査の実施・分析	⑨花之江河・小花之江河の計10地点					○	○		高
(5) 広域的な植生の変動	⑩登山道付近、登山道沿いの植生	登山道沿いの植生調査(出現種数・優占種・被度・群度)を実施・分析	遺産地域内の登山道沿いの50地点(散在的に設定)	毎年(毎年10箇所ずつ実施し、5年で一巡)	・植生の経年変化 ・地域・地形・標高毎の植生変動と気象変動との相関	◎	○	○	○	⑩広域的な植生は、屋久島のOUVである植生垂直分布の変化を見るために重要。調査地点を適正に検討して実施する。	中	
(6) 台風・異常気象等による森林生態系への被害の変動	⑪森林生態系の被害状況	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、将来的に経年変化を分析	○	◎	—	—	⑪台風や異常気象は遺産地域内の森林生態系及びOUVに大きな影響を与えると考えられるため、継続。	—	

(注1) OUVとの関連性は、関連性の高いものを「◎」、あるものを「○」、少ないものを「▲」で示した。

(注2) 脆弱性は、顕著なものを「◎」、脆弱だが中庸なものを「○」、脆弱ではないものを「▲」で示した。

(注3) 計測(現地計測・観測・データ収集整理)のし易さを、技術的、精度的な観点から「◎: し易い」、「○: 中庸」、「▲: し難い」で3区分した。データ分析については含めていない。

(注4) 計測(現地計測・観測・データ収集整理)に係る年間コストを、「▲: かかる」、「○: 中庸」、「▲: それほどかからない」でおおまかに3区分した。このコストは、調査項目や箇所数により大きく異なるもので、あくまで参考的、目安的な概算値である。また現場までの交通費や宿泊費、日当等の旅費に係る軽費は含めていない。さらに分析にあたっては別途コストがかかる。

(4) 屋久島世界自然遺産地域における気候変動適応策の検討(案)について

遺産名	ストレス要因		高標高地域のヤクスミダケ群落				高層湿原						
	要因の種類	現状	予測される影響	影響の深刻度	実態	影響の可能性	防止策・低減策とその効果	予測される影響	影響の深刻度	実態	影響の可能性	防止策・低減策とその効果	
屋久島	【気温の上昇】 平均気温、最高/最低気温の上昇 確実性:ほぼ確実	小瀬田、尾之間で平均、最高、最低気温の全てが上昇傾向(アメダスデータ)	早期融雪による寒風、雪や他樹木(ヤクスミダケ等)の侵入による被害のおそれ	大	1963年と2004年の比較では高標高地域においてヤクスミダケが減少傾向、ヤクスミダケ増加増加傾向(H24報告書)	高	現時点の知見では有効な対策なし 効果:-	泥炭分解や非湿原植生の侵入による希少な湿原植生衰退のおそれ	大	2010年と2015年の比較では、ボスミコケやワリコガシケキョウなどの種被率の減少が見られる(H28科学委員会資料:九州森林管理局)	高	現時点の知見では有効な対策なし 効果:-	
	【降雪の減少】 年間の降雪量及び日数の減少 可能性:不明	データなし	早期融雪による寒風、雪や他樹木(ヤクスミダケ等)の侵入による被害のおそれ	大					泥炭分解や非湿原植生の侵入による希少な湿原植生衰退のおそれ	大	2006年と2015年と比較すると小花之江河では土砂堆積量が増加し、2010年と2015年の比較では、花之江河・小花之江河ともに増加している。(H28科学委員会資料:九州森林管理局)	高	・路床浸食、土砂流入の防止(植生の再生) 効果:大
	【登山者の増加】 土砂流入の増加、土砂流入対策による路床浸食(縦浸食)	1999年から急激に増えたが、2008年前後は増えなくなった。減少傾向にある(H27科学委員会資料:環境省)						土砂堆積量増加による遡水地域の減少(小花之江河)	大				
	【ヤクスミダケの増加】 遺産地域での捕獲規制による個体数の増加	推定個体数は2009年から2014年まで増加したが2015年には減少(H28科学委員会資料:鹿児島県)						食害による湿原植生(ミズケ等)の消失	大	花之江河の湿原植生域においてシカの採餌が確認されている。(九州森林管理局HP)	高	・個体数調整、シカ捕の設置(植生の再生) 効果:大	

注:影響の可能性と防止策・低減策の効果については、本年度業務の分析や専門委員へのヒアリングを踏まえ、最終的に決定するものとする。