

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資料

目次

1 適応策の考え方.....	1
2 適応策の検討の進め方.....	1
3-4 屋久島世界自然遺産地域.....	2
3-4-1. ストレス要因とその現状.....	3
(1) 気温.....	3
(2) 降水量.....	5
(3) 降雪.....	7
(4) その他（気候変動以外のストレス）.....	8
3-4-2. 影響が懸念される森林生態系構成要素.....	10
(1) ヤクシマダケ群落.....	10
(2) 高層湿原.....	13

※恐れ入りますが、本検討資料及びモニタリングプログラム修正案についての意見を下記に頂きますようよろしくお願い申し上げます。

連絡先：東京都千代田区六番町7番地
一般社団法人 日本森林技術協会 事業部
森林保全グループ
中村俊彦（t_nakamura@jafta.or.jp）
植松優介（uematsu-y@jafta.or.jp）
TEL 03-3261-5438、FAX 03-3261-3840

1 適応策の考え方

これまでに実施した平成 25 年度・平成 26 年度事業では、適応策の概念的な考え方やオプションを整理するなど、適応策の素案の検討を開始したところであるが、我が国の世界自然遺産地域における気候変動への「適応策」の定義については、共通認識を得るには至っていなかった。

このため、昨年度事業において、「適応策」の定義のベースとなりうる既存文書を検討した結果、2015 年に閣議決定された「気候変動の影響への適応計画」の中で述べられている「自然生態系分野の基本的考え方」が最も適当であると考えられた。

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

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

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

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

ここでは「気候変動以外の要因によるストレスにも着目」とされているが、平成 27 年度の検討委員会や専門家ヒアリングにおいても、人為的要因の検討も重要との指摘や、人為的要因によるストレスの方が適応策を講じやすく、比較的短期間で成果を得やすいとの意見があった。

本事業では、上記の「自然生態系分野の基本的考え方」をベースとして、「気候変動への適応策」の定義を下記のとおりとしたい。

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

なお、「適応策」の実行にあたっては、各遺産地域の関係機関、関係団体との人的ネットワークや周辺環境との生態系ネットワークの構築など、中・長期的なレジリエンス向上のための取り組みも必要である。

2 適応策の検討の進め方

前述の適応策の考え方を踏まえ、検討委員や、関係する専門家、科学委員会及び地域連絡会議の事務局等と連携し、適応策の検討を次のような手順を進めていくこととする。

- ① 各遺産地域において、気候変動や他の要因をリストアップし、これらが OUV を成す森林生態系や生物種に与えるストレスとその強度を検討
 - ② 重大なストレスについて防止策や低減策を検討
 - ③ 防止・低減策について効果の程度を評価
 - ④ これらの結果をとりまとめ、各遺産地域に対して提案を行う「適応策」を作成
- 以上より、次節では、上記の手順（①～③）に沿って検討内容を整理した。

3-4 屋久島世界自然遺産地域

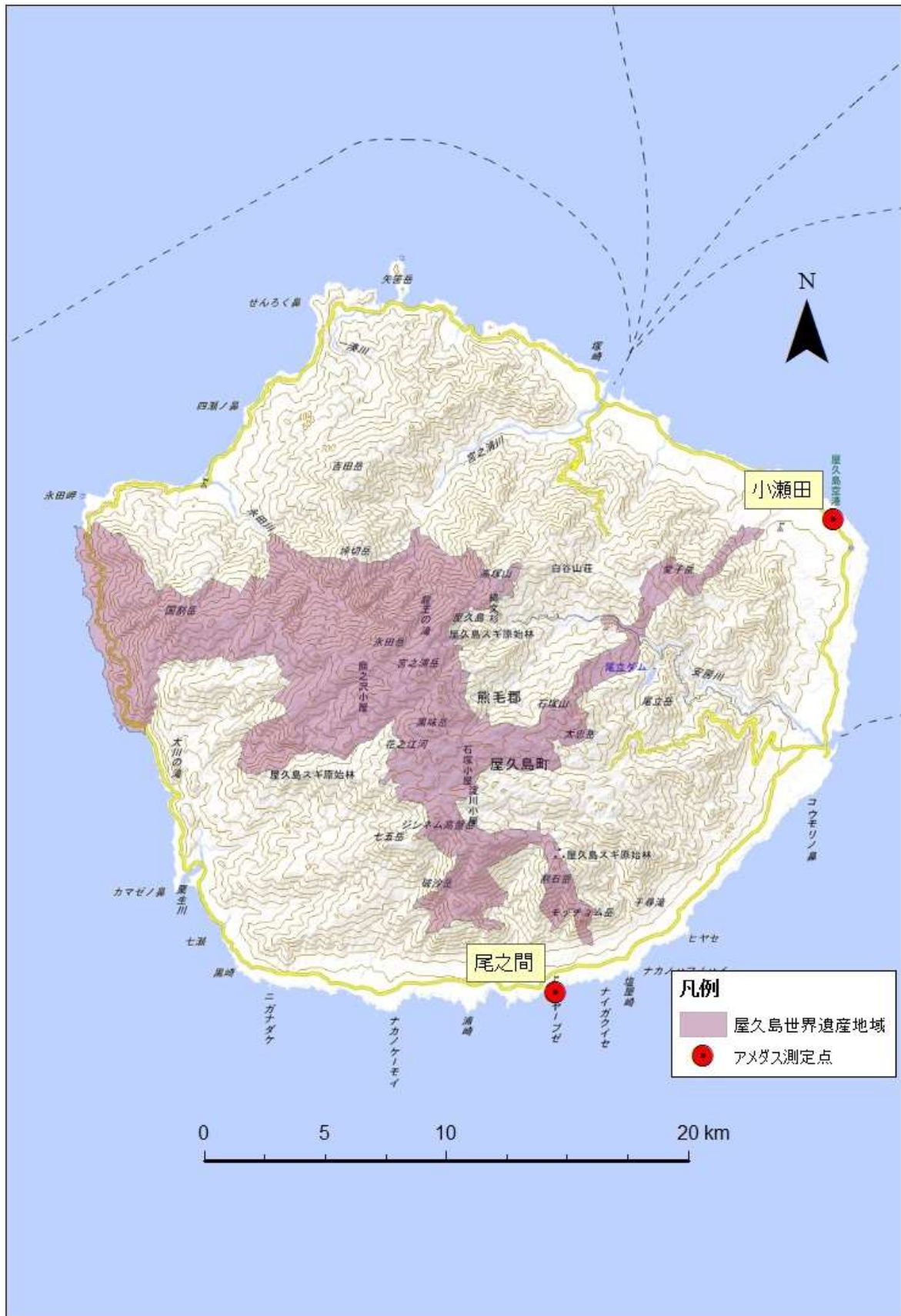


図1 屋久島世界自然遺産地域

3-4-1. 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。

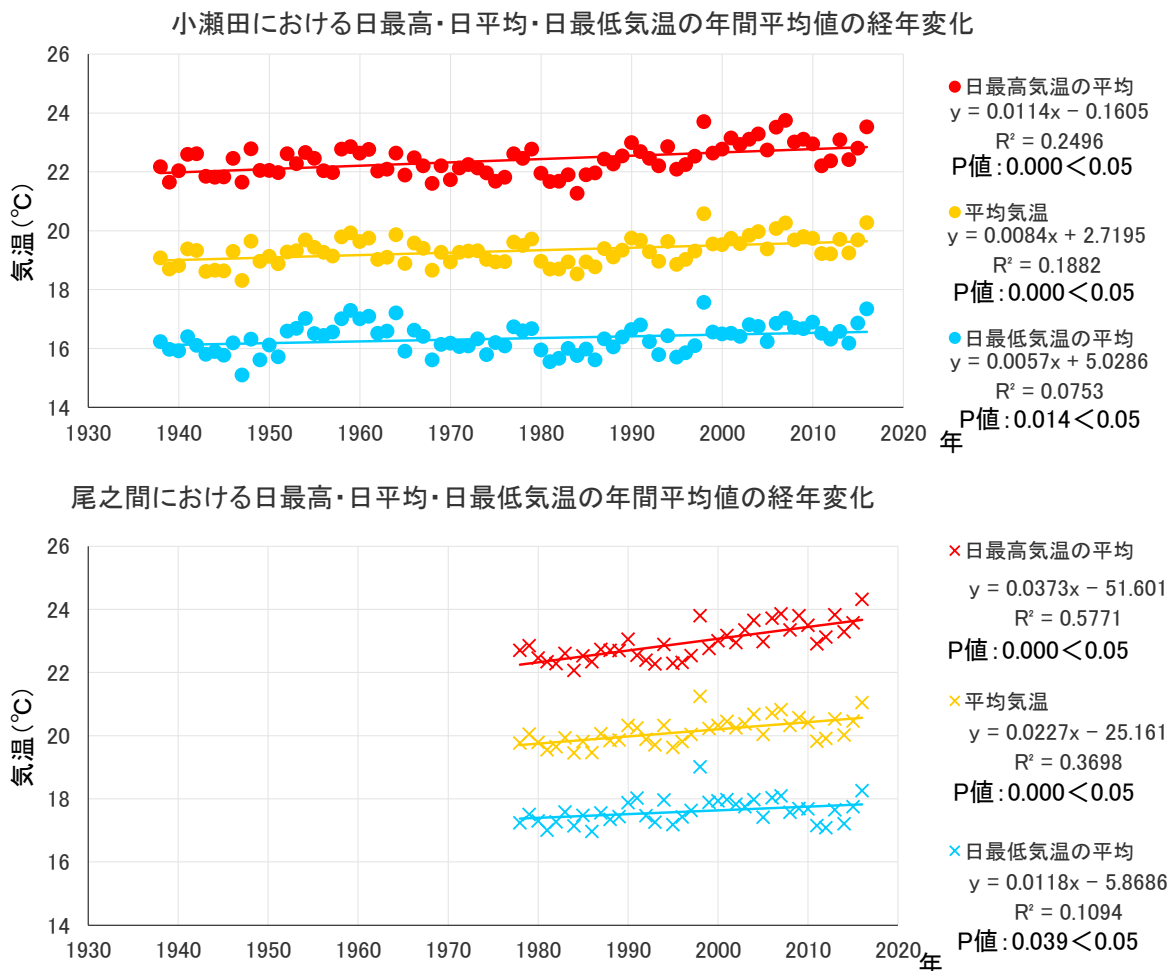


図 2 小瀬田・尾之間における日最高・日平均・日最低気温の年間平均値の経年変化

表 1 1978～1997年及び1997年～2016年の日最高・日平均・日最低気温の年間平均値の比較

観測地	平均気温 (小瀬田)			平均気温 (尾之間)		
	日平均気温 の平均	日最高気温 の平均	日最低気温 の平均	平均気温 の平均	日最高気温 の平均	日最低気温 の平均
1978年～1997年	19.2	22.2	16.1	19.9	22.5	17.4
1997年～2016年	19.7	23.0	16.7	20.4	23.4	17.8
差※1	+0.6	+0.7	+0.6	+0.6	+0.8	+0.3
有意性(t検定)※2	P<0.01	P<0.01	P<0.01	P<0.01	P<0.01	P<0.01

※1 気温が高くなった箇所を背景色オレンジ色で表している。

※2 P<0.01 または P<0.05 で有意に差が見られた箇所を緑色で表している。

また、気温の変動を季節ごとに整理した。小瀬田及び尾之間のいずれにおいても、全ての季節で増加傾向にあった。

表 2 小瀬田と尾之間における 1978~1997 年及び 1997 年~2016 年の季節ごとの気温の比較

季節	観測地	小瀬田			尾之間		
	気温 (°C)	日平均気温 の平均	日最高気温 の平均	日最低気温 の平均	日最高気温 の平均	日平均気温 の平均	日最低気温 の平均
春 3~5月	1978-1997年	17.3	20.6	14.1	18.0	20.7	15.5
	1997-2016年	17.9	21.5	14.4	18.6	21.7	15.7
	差※1	+0.5	+0.9	+0.4	+0.6	+1.0	+0.2
	有意性(t検定)※2	P<0.01	P<0.01	P>0.05	P<0.01	P<0.01	P>0.05
夏 6~8月	1978-1997年	25.7	29.1	22.7	26.1	28.6	24.0
	1997-2016年	26.1	29.5	23.3	26.6	29.3	24.3
	差※1	+0.4	+0.4	+0.5	+0.4	+0.8	+0.3
	有意性(t検定)※2	P<0.05	P<0.05	P<0.01	P<0.01	P<0.01	P>0.05
秋 9~11 月	1978-1997年	21.4	24.4	18.5	22.2	24.9	19.9
	1997-2016年	22.1	25.2	19.2	22.8	25.7	20.4
	差※1	+0.7	+0.8	+0.7	+0.7	+0.8	+0.5
	有意性(t検定)※2	P<0.01	P<0.01	P<0.01	P<0.01	P<0.01	P<0.05
冬 12~2 月	1978-1997年	12.1	14.9	9.1	13.1	15.9	10.4
	1997-2016年	12.7	15.7	9.7	13.6	16.7	10.7
	差※1	+0.6	+0.8	+0.6	+0.6	+0.8	+0.3
	有意性(t検定)※2	P<0.05	P<0.01	P<0.05	P<0.05	P<0.01	P>0.05

※1 気温が高くなった箇所を背景色オレンジ色で表している。

※2 P<0.01 または P<0.05 で有意に差が見られた箇所を緑色で表している。

・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可能性は高い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。

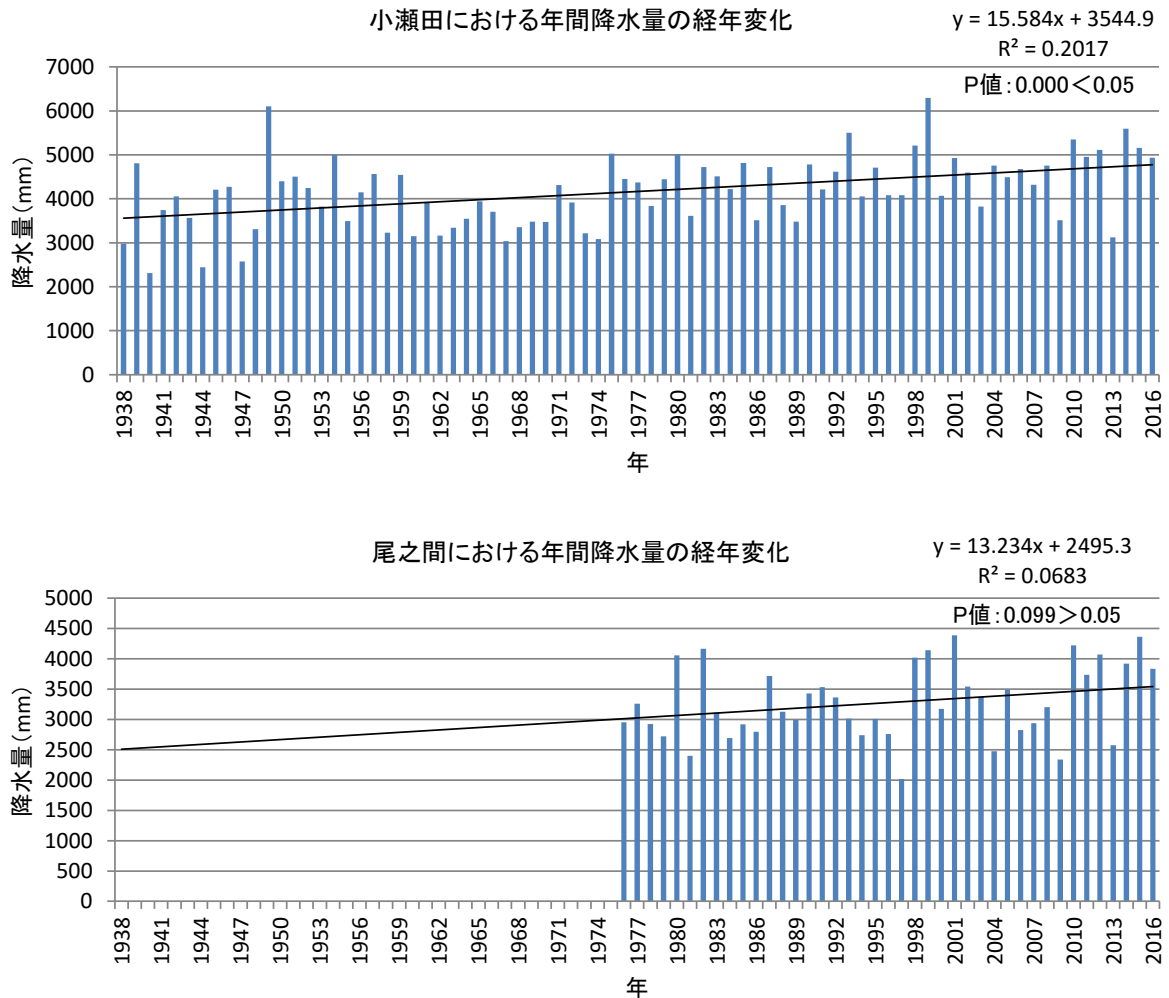


図 3 小瀬田・尾之間における年間降水量の経年変化

表 3 1976～1995 年及び 1997 年～2016 年の平均年間降水量の比較

平均年間降水量 (mm)	小瀬田	尾之間
1976 年～1995 年	4373.3	3146.4
1997 年～2016 年	4687.5	3431.8
差※1	+314.2	+285.4
有意性(t 検定)	P>0.05	P>0.05

※1 気温が高くなった箇所を背景色オレンジ色で表している。

また、降水量の変動を季節ごとに整理した。小瀬田及び尾之間のいずれにおいても、春（3～5月）に減少傾向で、その他の季節は全て増加傾向にあった。

表 4 1976～1995年及び1997年～2016年の季節ごとの降水量の比較

季節	観測地	宇登呂	羅臼
春 3～5月	1976年～1995年	1389.2	1089.3
	1997年～2016年	1251.5	997.0
	差※1	-137.7	-92.3
	有意性(t検定)※2	P>0.05	P>0.05
夏 6～8月	1976年～1995年	1083.4	1112.9
	1997年～2016年	1431.8	1263.4
	差※1	+348.4	+150.5
	有意性(t検定)※2	P>0.05	P>0.05
秋 9～11月	1976年～1995年	996.2	468.1
	1997年～2016年	1103.2	724.0
	差※1	+107.0	+255.9
	有意性(t検定)※2	P>0.05	P<0.05
冬 12～2月	1976年～1995年	801.5	408.2
	1997年～2016年	901.0	447.6
	差※1	+99.5	+39.4
	有意性(t検定)※2	P>0.05	P>0.05

※1 降水量が多くなった箇所を背景色オレンジ、少なくなった箇所を青色で表している。

※2 P<0.01 または P<0.05 で有意に差が見られた箇所を緑色で表している。

・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) 降雪

・現状

屋久島の年間降雪量・降雪日数については、気温や降水量等のデータをとっている気象庁、林野庁、鹿児島県のいずれにおいてもデータはない。

・将来予測

降雪の将来予測は行われていない。また、データがないため今後の傾向を推測することも困難である。

(4) その他（気候変動以外のストレス）

屋久島の高層湿原では、自然植生に対するヤクシカによる食害や、登山者数増加に伴う花之江河における土砂流出防止対策による縦侵食（路床侵食）の進行、小花之江河における登山者からの直接的な土砂流入の影響が既に生じている。

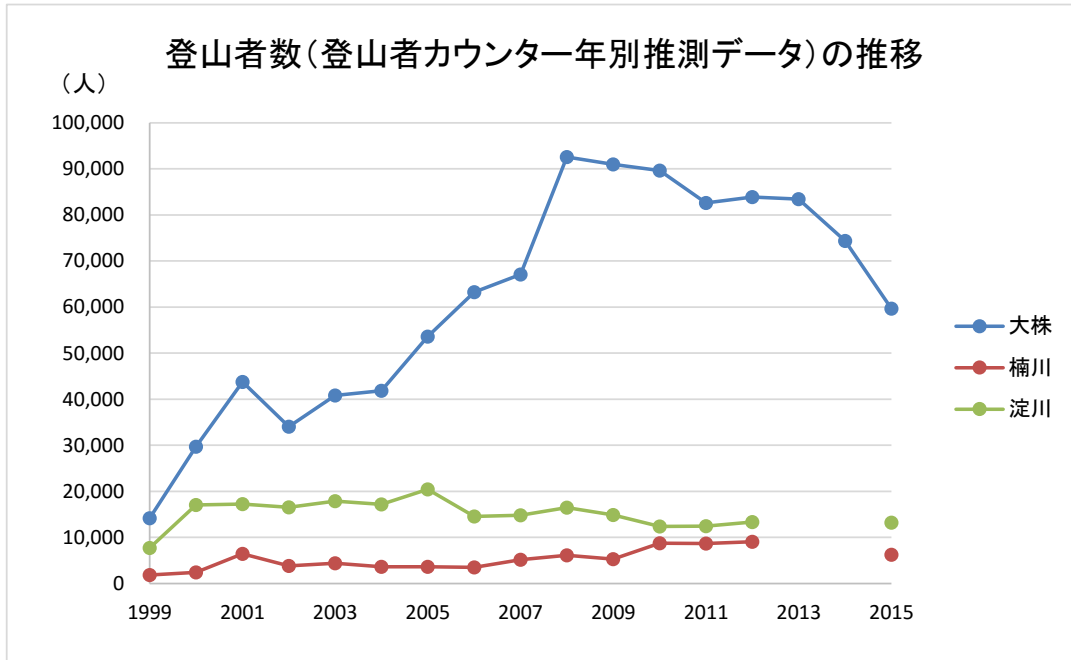


図4 屋久島（大株・楠川・淀川）における登山者数の推移
（平成27年度第2回屋久島世界遺産地域科学委員会資料より）

表5 森林内の希少植物（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、キリシマエビネ、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ⅠA・ⅠB・Ⅱ類又は鹿児島県絶滅危惧Ⅰ・Ⅱ類である。

表 6 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

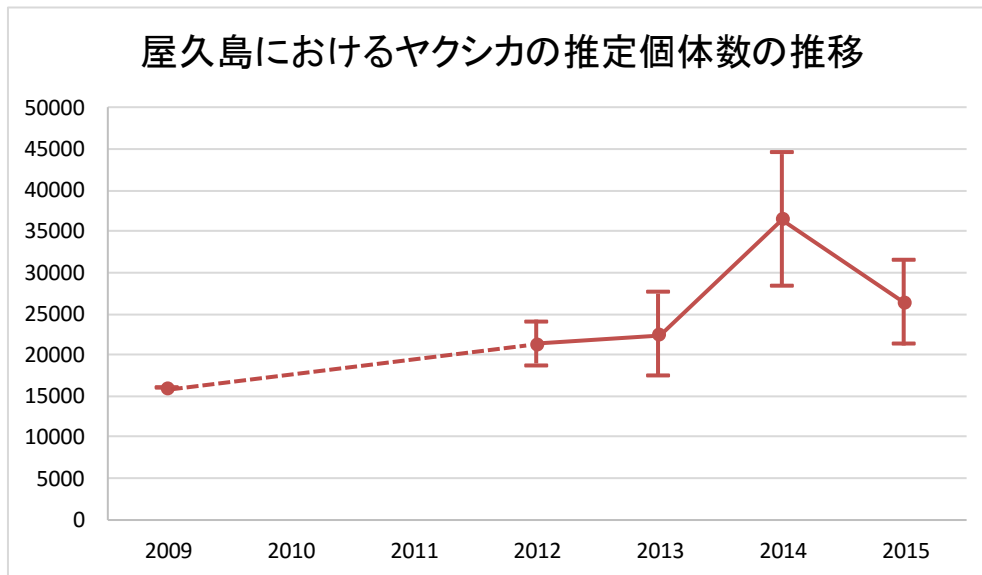


図 5 屋久島におけるヤクシカの推定個体数の推移
(平成 28 年度第 1 回屋久島世界遺産地域科学委員会」の鹿児島県資料からの推定個体数)

ヤクシカの採餌 (左: 花之江河、右: 小花之江河)



3-4-2. 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ており、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すると考えられる。種は異なるものの、チシマザサでは一斉開花後の回復に 7~27 年かかり、ササの開花枯死以前に平均樹高 18.2cm であったトドマツがササの枯死後 32 年間でササの稈高を超えたことが報告されている¹。ヤクスギの樹高成長は平均年間 0.5~0.6m で成長の良いものでは 1m 近く伸長することが報告されているため²、高標高域のみに成立するヤクシマダケが一斉開花して枯死した後、ヤクスギ等が進入し、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、2009 年度～2012 年度事業で宮之浦岳から安房岳にかけての奥岳周辺 300ha において、航空写真判読を実施しており、1963 年と 2004 年の植生（広葉樹灌木林、ヤクシマダケ（ヤクザサ）、ヤクスギ（密・中・疎）、岩石地）の分布面積率の比較が行われている。ヤクシマダケとヤクスギの分布面積率の変化を見ると、森林限界付近に生育するヤクシマダケの面積が減少している一方、ヤクスギ（密）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。

¹ 工藤・門松・野田・秋林・夏目・金子(1999)「一斉開花後に更新したチシマザサと臨床植物の 31 年間の成長と変化」(北海道大学農学部演習林研究報告 第 56 巻第 1 号: 30-40)

² 九州森林管理局(1998)「平成 10 年度屋久島生態系モニタリング調査報告書」

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程度で、面積を減少させるには至っていないと考えられる。

表 7 航空写真判読による植生区分

植生区分	概要
広葉樹灌木林	アセビやヤクシマシャクナゲを主とする広葉樹低木が優占する灌木林。
ヤクシマダケ	ヤクシマダケが優占するササ覆地。
ヤクスギ(密)	ヤクスギの樹冠疎密度が70%以上のヤクスギ優占林。
ヤクスギ(中)	ヤクスギの樹冠疎密度が40~70%以上のヤクスギ優占林。下層はヤクシマダケか灌木で覆われている。
ヤクスギ(疎)	ヤクスギの樹冠疎密度が20~40%でヤクスギの低木が優占する林。下層はヤクシマダケか灌木で覆われ、ヤクシマダケからヤクスギへの移行帯となっている。
岩石地	稜線東側斜面上部の急傾斜な岩場。水触崩壊地の源頭部の岩場が該当する。

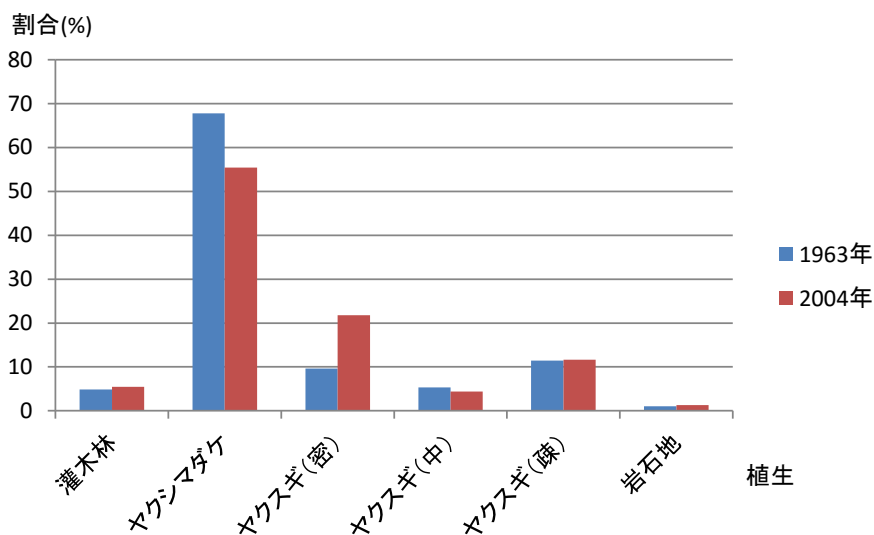


図 6 航空写真判読による宮之浦岳周辺の植物群落分布域の面積率の変化
(平成 21 年度・22 年度本事業報告書より)

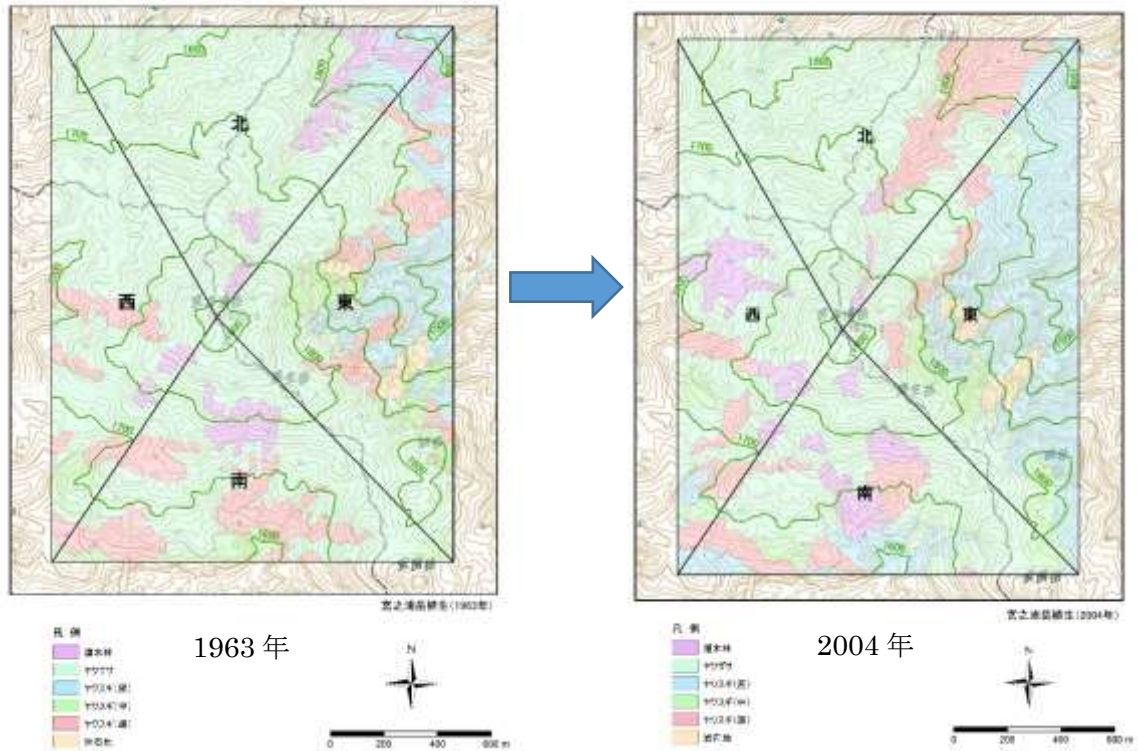


図7 宮之浦岳周辺の新旧航空写真の比較による植物群落分布域の変動

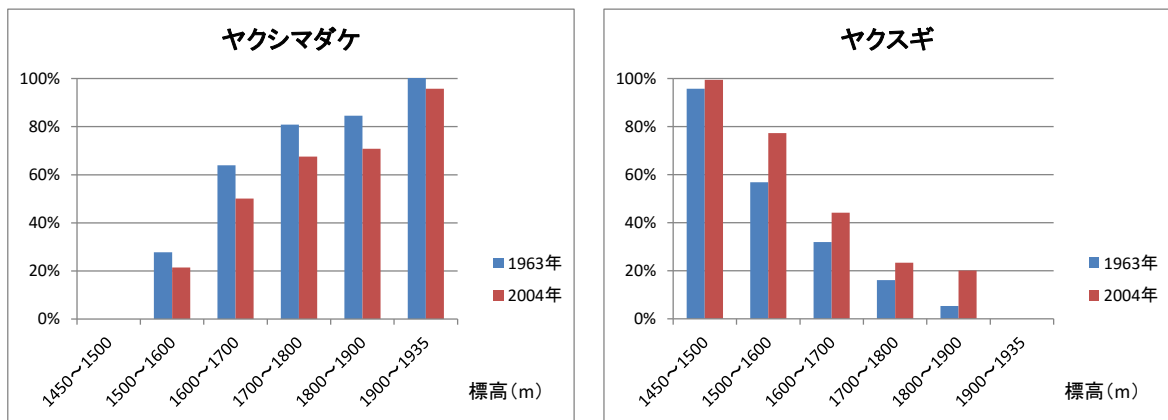


図8 航空写真判読によるヤクシマダケとヤクスギの面積率（標高帯ごとの面積に対する割合）の変化

【防止策・低減策とその効果】

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、気候変動ストレスではないものの、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】

気候変動が泥炭の分解に作用しているため、湿原植生に影響が生じている可能性は十分に考えられ、植生については、平成 22 年～27 年にかけて花之江河ではイボミズゴケ、小花之江河ではハリコウガイセキショウの減少が見られている。気温上昇が今後も続くことはほぼ確実であり、今後影響が生じる可能性は高いと考えられる。

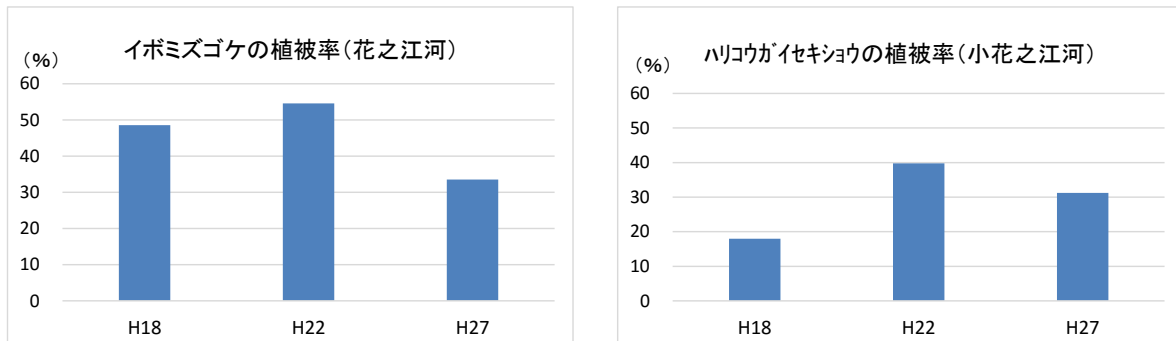


図 9 花之江河・小花之江河におけるイボミズゴケを優占とする湿原植生群落内に設けた植生調査プロット内の希少水生植物の植被率の変化

(「平成 28 年度第 1 回屋久島世界遺産地域科学委員会」資料、「平成 27 年度屋久島世界遺産地域等における森林生態系に関するモニタリング調査報告書」より (一部改変))

【防止策・低減策とその効果】

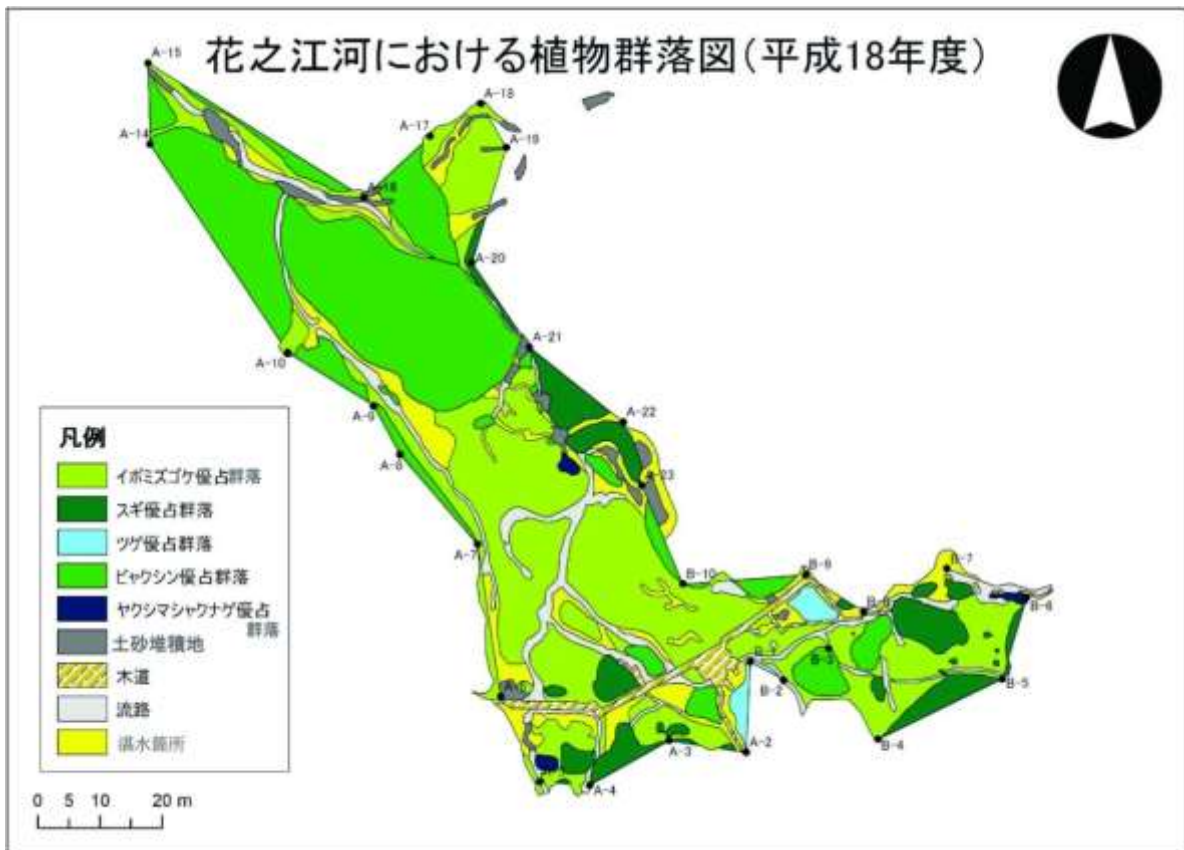
ストレス要因である気温の上昇や降水・降雪の減少に対しては、有効な防止策・低減策はないと考えられる。

ただし、気候変動ストレスではないものの、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、これらも高層湿原の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。

参考①花之江河の植物群落と土砂堆積量の変化

表 8 花之江河における植生群落の経年変化

群落名	平成 18 年度		平成 22 年度		平成 27 年度	
	面積 (m ²)	面積率 (%)	面積 (m ²)	面積率 (%)	面積 (m ²)	面積率 (%)
スギを優占とする群落	416.3	7.9	416.3	7.9	416.3	7.9
ビャクシンを優占とする群落	1,492.9	28.5	1,472.5	28.1	1,472.5	28.1
ツゲを優占とする群落	53.8	1.0	53.8	1.0	53.8	1.0
ヤクシマシャクナゲ等を優占とする群落	23.2	0.4	23.2	0.4	23.2	0.4
イボミズゴケを優占とする湿原植生群落	1,829.1	34.9	1,880.5	35.9	1,885.1	36.0
湛水箇所の裸地を含む湿原植生群落	385.4	7.4	392.3	7.5	475.2	9.1
土砂堆積地	143.1	2.7	53.9	1.0	108.9	2.1
流路・溜池	775.1	14.8	826.4	15.8	683.9	13.0
木道	124.2	2.4	124.2	2.4	124.2	2.4
計	5,243.1	100.0	5,243.1	100.0	5,243.1	100.0



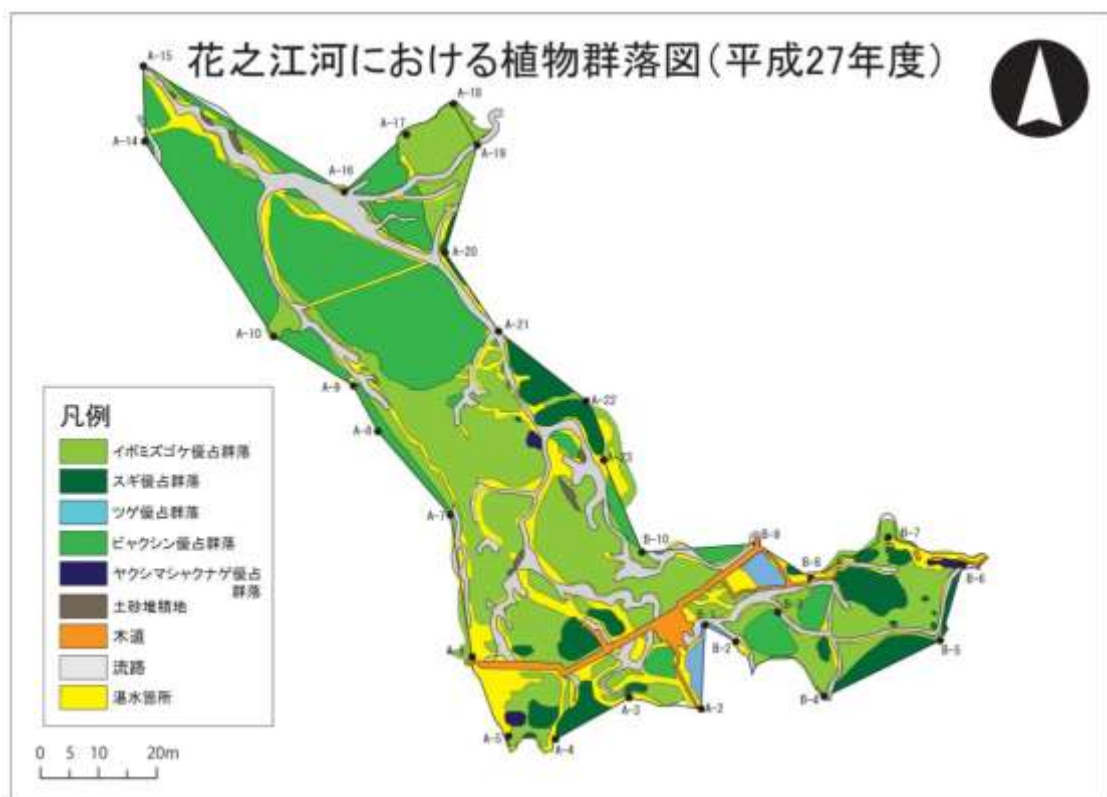
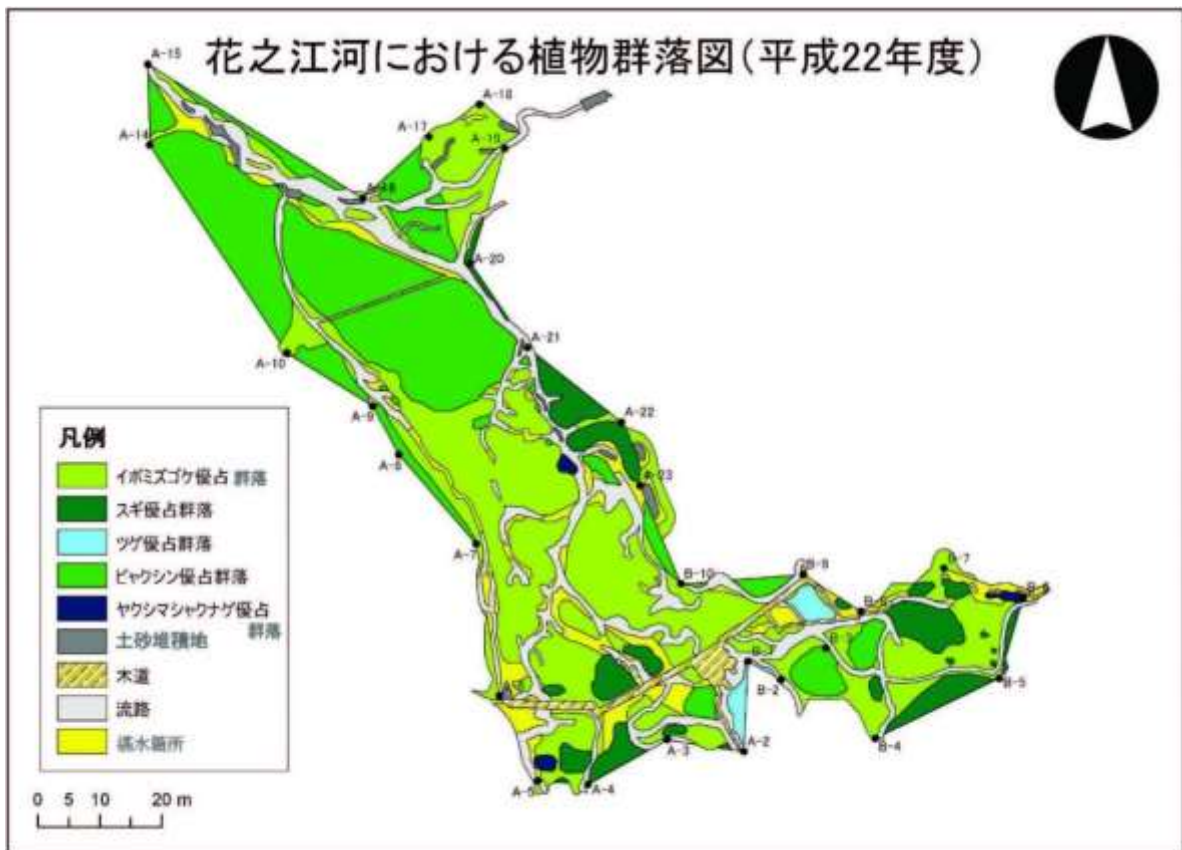
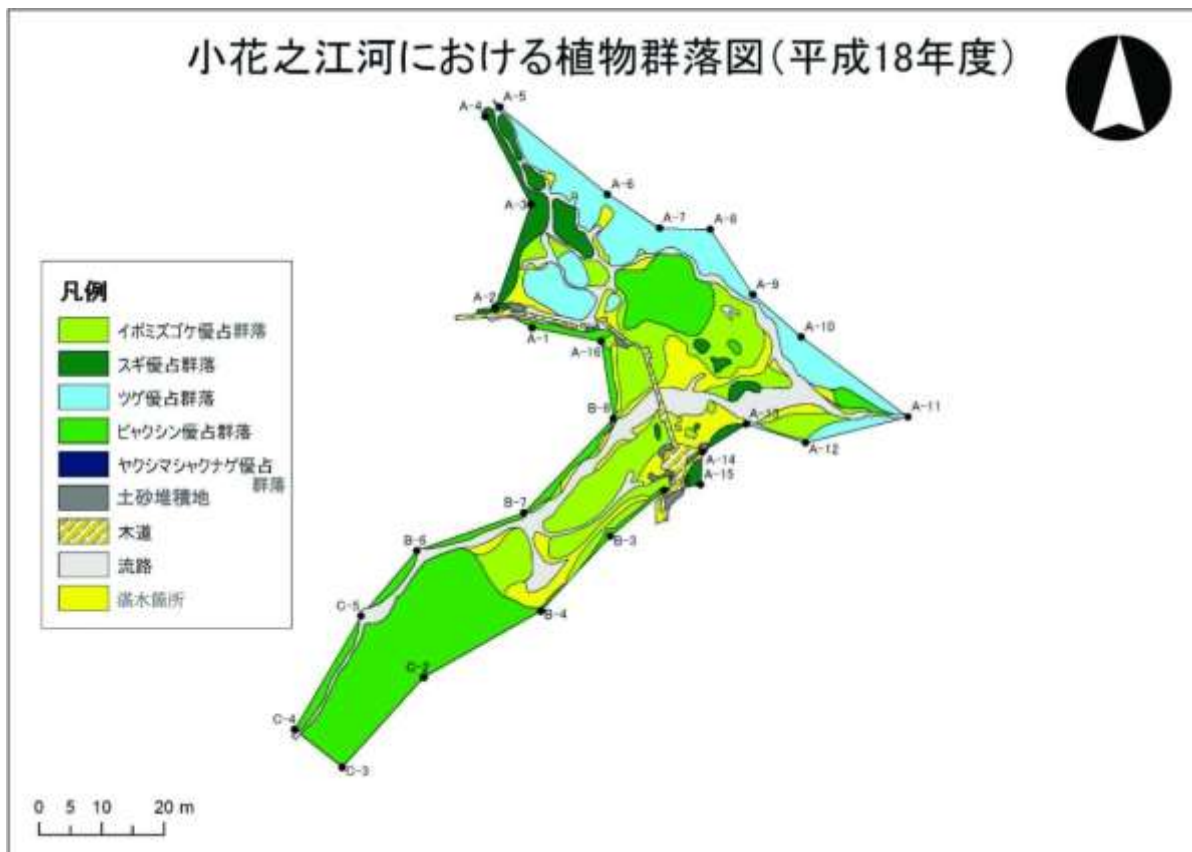


図 10 平成 18 年度、22 年度、27 年度における花之江河の植物群落
(平成 27 年度屋久島世界遺産地域等における森林生態系に関するモニタリング調査)

参考②小花之江河の植物群落と土砂堆積量の変化

表 9 小花之江河における植生群落の経年変化

群落名	平成 18 年度		平成 22 年度		平成 27 年度	
	面積 (m ²)	面積率 (%)	面積 (m ²)	面積率 (%)	面積 (m ²)	面積率 (%)
スギを優占とする群落	147.1	5.4	151.0	5.5	151.1	5.5
ビャクシンを優占とする群落	758.5	27.8	726.5	26.6	762.5	27.9
ツゲを優占とする群落	407.6	14.9	407.0	14.9	408.0	14.9
ヤクシマシャクナゲ等を優占とする群落	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
イボミズゴケを優占とする湿原植生群落	511.0	18.7	557.9	20.4	482.2	17.7
湛水箇所の裸地を含む湿原植生群落	275.0	10.1	234.6	8.6	277.5	10.2
土砂堆積地	20.7	0.8	20.1	0.7	61.6	2.2
流路・溜池	551.9	20.2	574.7	21.0	528.9	19.3
木道	58.4	2.1	58.4	2.1	58.4	2.1
計	2,730.2	100.0	2,730.2	100.0	2,730.2	100.0



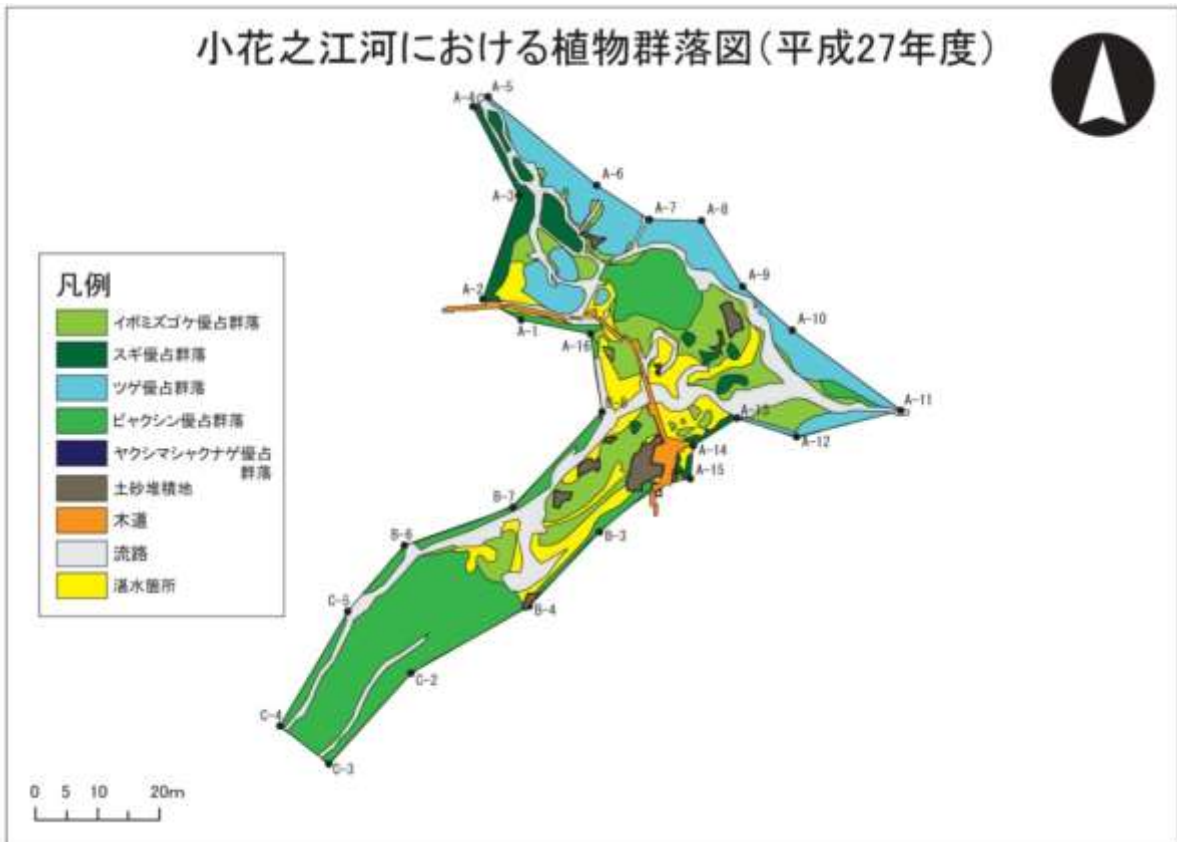
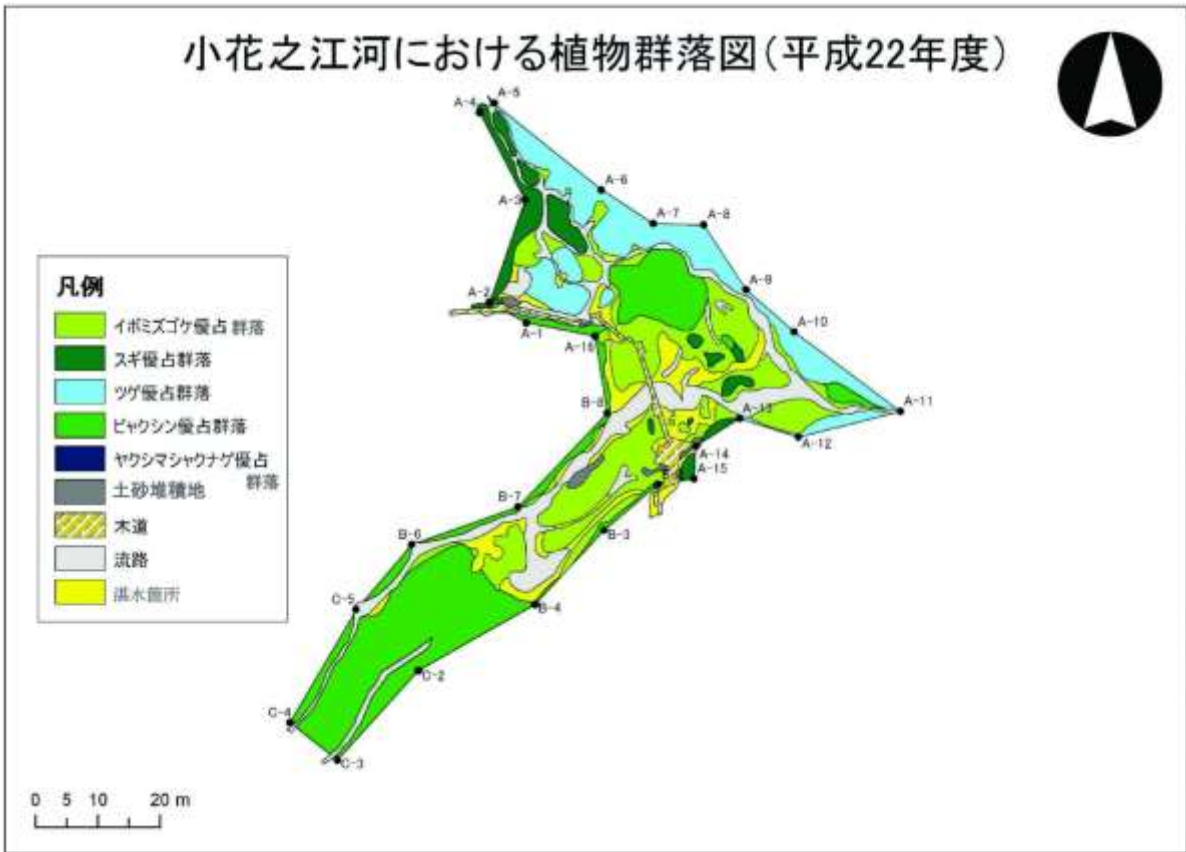


図 11 平成 18 年度、22 年度、27 年度における小花之江河の植物群落
(平成 27 年度屋久島世界遺産地域等における森林生態系に関するモニタリング調査)

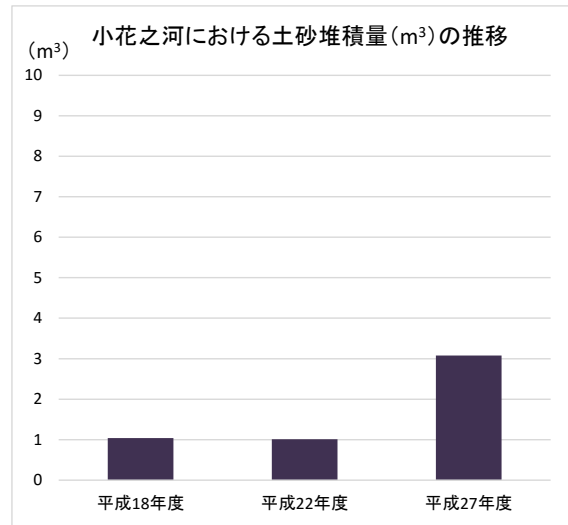
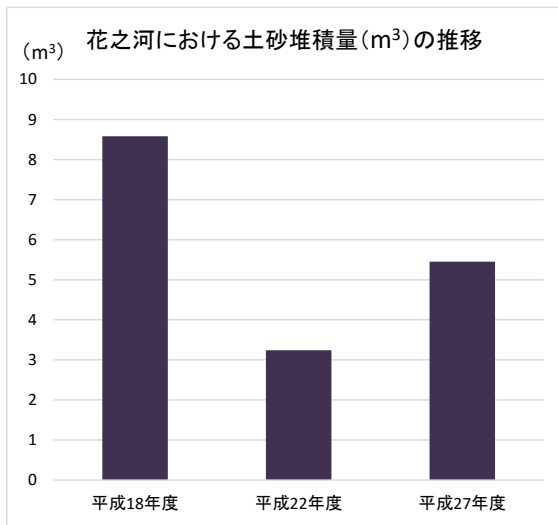


図 12 花之江河・小花之江河における土砂堆積量の推移

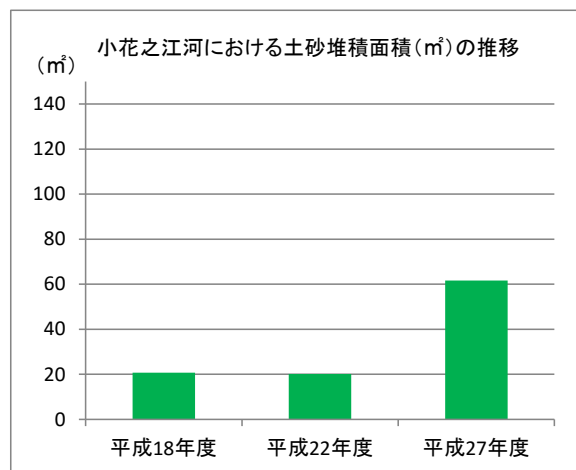
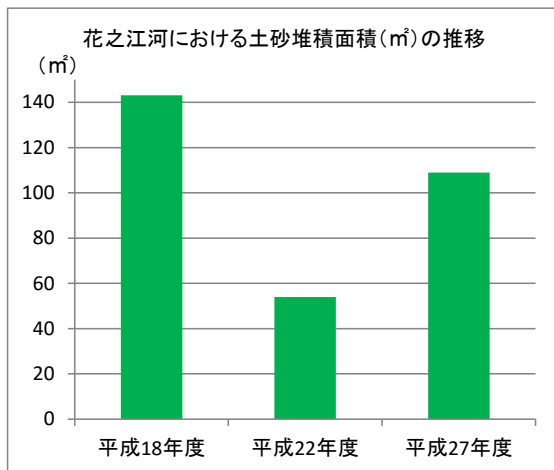


図 13 花之江河・小花之江河における土砂堆積量の推移

(「平成 28 年度第 1 回屋久島世界遺産地域科学委員会」資料、「平成 27 年度屋久島世界遺産地域等における森林生態系に関するモニタリング調査報告書」より)