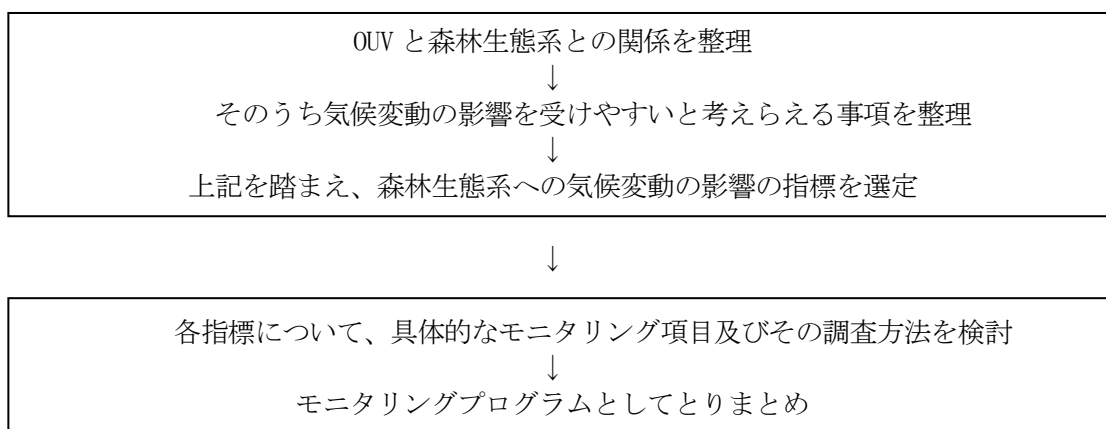


屋久島世界自然遺産地域の森林生態系における気候変動の影響の  
モニタリングプログラムの概要

1. 気候変動の影響のモニタリングプログラムの検討手順

屋久島世界自然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、次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) 屋久島の OUV と森林生態系との関係の整理

屋久島の OUV については、次の 2 点が認められている。

- i) ヤクスギの原生林がつくりだす自然景観 (クライテリア (vii))
- ii) 植生の垂直分布の連続性 (クライテリア (ix))

これらと森林生態系との関係を次のとおり整理した。

- i) ヤクスギの原生林がつくりだす自然景観 (クライテリア (vii))
  - ・ 樹齢千年を超えるヤクスギの原生林がつくりだす景観は、OUV そのものである。
- ii) 植生の垂直分布の連続性 (クライテリア (ix))
  - ・ 海岸から屋久島中央部の山岳地域に至る標高差約 1,900m の間、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地や高層湿原におよぶ植生分布の連続性を保持しており、それは OUV そのものである。

(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

上記 (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 低標高域から高標高域に至る植生の垂直分布
  - ・ 気温の上昇に伴い、海岸や森林限界付近の植生が変化する可能性がある。
- ② 高標高地域のヤクシマダケ群落
  - ・ 気温上昇、積雪減少、早期雪解けは、高標高地域のヤクシマダケ群落に影響を与える。ヤクシマダケ群落は、積雪の中に埋もれて生育していることにより、真冬の寒

風及び乾燥から守られている。また、ヤクシマダケ群落域にヤクシマシャクナゲ等の森林限界上域の低木性の植物群落やヤクスギ等の森林が進入し、森林限界が垂直上昇する可能性がある。

③ 高層湿原（花之江河）

- ・気温上昇に伴い湿原域の水温が上昇すると、泥炭の分解、湿原水域の変化、湿原域の乾燥化、湿原植生の消滅が懸念される。

④ 広域的な植生分布

- ・上記①②の影響は、遺産地域全域で発生する可能性がある。

(3) 留意事項

- ・標高 1,600m に存在する高層湿原の花之江河（含む小花之江河）は、日本最南端の高層湿原と言われ、希少な植物等が生育している。また、湿原の中に生立するヤクスギは、代表的な自然景観となっている。この花之江河は、ヤクスギの原生林とヤクシマダケ群落との境界付近（森林限界付近）にあり、植生の垂直分布の観点でも重要である。
- ・近年、ヤクシカの増加に伴い、海岸線の森林からヤクシマダケ群落に至るまで、ヤクシカの食害が多く発生しており、遺産地域内の希少種の消滅、萌芽更新の阻害など、森林生態系に大きな影響を及ぼしている。このヤクシカによる食害が、気候変動による植生変化の影響をさらに助長する可能性がある。
- ・なお、指標の選定ににおいては、ヤクシカの影響を完全に排除することはできないので、気候変動の影響を検証する際には、ヤクシカの影響と区別する必要がある。

(4) 森林生態系への気候変動の影響の指標の選定

前述（1）及び（2）を踏まえ、屋久島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) 低標高域から高標高域までの植生の垂直分布の変動
- 指標 3) 宮之浦岳周辺のヤクシマダケ群落の変動
- 指標 4) 高層湿原（花之江河・小花之江河）の環境の変動
- 指標 5) 広域的な植生の変動
- 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の内容一覧

気候変動の影響のモニタリングプログラムの内容の一覧を表-1-1～2に示す。

---

(注) 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は平成 21 年度から 24 年度まで実施された林野庁の補助事業であり、現地調査等を(株)ブレック研究所が、プログラムの開発等を(一社)日本森林技術協会が実施した。なお、平成 25 年度における一部モニタリングの暫定的実施については、平成 25 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への適応策検討等事業（林野庁補助事業）の中で(一社)日本森林技術協会が実施している。

表-1-1 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)

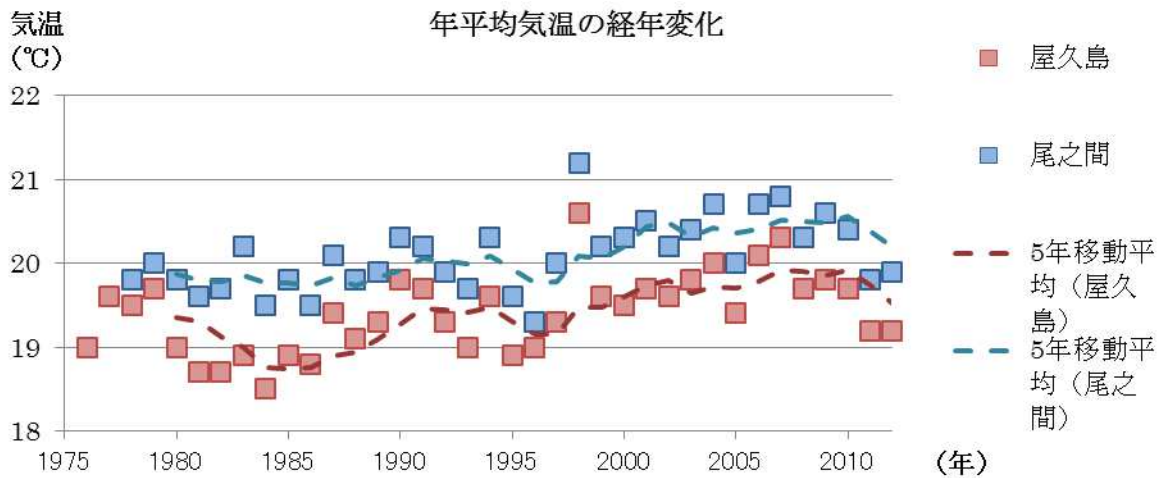
| 地域    | 指標及びモニタリング項目                                  | モニタリング項目                                       | 調査の必要性   | 調査方法   | 調査場所  | 調査頻度                                     | 分析の要点  | 実施主体  | 留意点   | モニタリングの実施<br>(H25年度)   |
|-------|---|--|--|--|---|--|--|---|---|--|
| 屋久島   | 1) 気象の変動                                      | 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 | 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。<br>積雪期間の短縮、積雪深の低下による寒冷な環境にある高標高域ほど影響が出やすいため、黒味岳や花之江河に於ける気象観測は重要。 | ① 気象庁メダスデータによる気象観測データの整理(台風の規模等を含む)・分析<br>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<br>③ 黒味岳、花之江河での気象観測の実施・分析               | ① 小瀬田・尾之間<br>② 屋久島各所の32地点<br>③ 黒味岳、花之江河         | ① ② ③<br>観測：毎年<br>データ収集(回収)：毎年<br>分析：5年毎 | ① ②<br>気象の経年変化<br>台風襲来の頻度や規模の経年変化<br>③<br>気象の経年変化<br>① ② ③ データとの比較 | ① 気象庁<br>② 環境省・林野庁<br>③ 鹿児島県<br>未定<br>データ収集(回収)・整理<br>① ② ③ 未定<br>分析：① ② ③ 未定   | ③<br>高標高域の気象観測装置は、豪雪時の雪圧による破損を受けにくい自動撮影カメラによる観測とする。<br>ヤクシマダケ群落の冠雪状況の調査は、自動撮影カメラで行うが、その際、ピントは最大積雪深計の測定目盛りに合わせている。 | ① 気象資料の収集・整理<br>② 林野庁観測気象資料の収集・整理<br>③ 黒味岳・花之江河の気温・最大積雪深の観測・ヤクシマダケ群落等の冠雪状況(器材・自動撮影カメラ)の設置<br>※ ①～③ 暫定実施(日林協) |
|       |   | ② 低標高(黒味岳・花之江河)の気温、最大積雪深、ヤクシマダケ群落の冠雪状況         |  | ④ 高標高(黒味岳・花之江河)の気温、最大積雪深、ヤクシマダケ群落の冠雪状況   | 遺産地域内の東部・西部・南部・北部・中央部に分け、海岸林から山頂までの標高毎に設定した40地点 | 毎年(毎年地点程度ずつ実施し、5年で一巡)                    | 植生の経年変化<br>植生の変動と気象の変動との相関   | 調査・分析：林野庁・環境省   | ヤク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。   | ・ 屋久島南部地域(林野庁)<br>・ 屋久島西部地域(環境省)   |
| 森林生態系 | 2) 低標高から高標高までの垂直分布の変動<br>3) 宮之浦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                                  | 高標高域の森林限界(ヤクスギ群落)及びその境界上部の矮性低木群落(ヤクシマヤクシマダケ群落)の生育するヤクシマダケ群落の減少に伴い、変動する可能性あり。                             | 標高毎の植生調査(出径種数・感度・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<br>航空写真判読調査による、森林限界(ヤクスギ群落)、矮性低木群落(ヤクシマヤクシマダケ群落)の分布域の調査の実施・分析 | 宮之浦周辺の各1.5×2km四方                                | 航空写真判読・分析：5年毎<br>航空写真判読・分析(航空写真撮影の翌年)    | ・ 群落域的・垂直的分布の変動<br>・ 群落域の変動と気象の変動との相関                              | 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。<br>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する。<br>ヤクシマダケ群落は、数10年に一度、一斉開花により数haの全面種枯れを起こす。そう、というタイミングで温暖化が進行すると、群落域の変動が起こりやすい。 |   |  |

表-1-2 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   |  |  |  |   | 留意点                                   | モニタリングの実施<br>(H25年度) |
|-------|---|--|--|--|--|--|---|---------------------------------------|----------------------|
|       |   |  | 調査方法   | 調査場所   | 調査頻度   | 分析の要点  | 実施主体  |                                       |                      |
| 屋久島   | ⑥ 湿原の水温水域環境(流路・溜池の状況)<br>⑦ 湿原の植生<br>⑧ 湿原の泥炭の厚さ・分解状況 | ・気温上昇に伴い、湿原水温水域の分解、湿原水温水域の乾燥変化が進み、植物群落、希少種の生息状況が変動する可能性あり。 | ⑥ 湿原の水温水域環境の実施・分析<br>⑦ 湿原の水温水域環境調査(流路・溜池状況)の調査の実施・分析<br>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<br>⑨ 湿原の泥炭の厚さ・分解状況の調査の実施・分析 | ⑥ 花之江河水域の流水面所の各1地点<br>⑦ 花之江・小花之江・小花之江河全体と内計8地点<br>⑧ 花之江河・小花之江河の計10地点 | ⑥ ⑦ ⑧ ⑨<br>・湿原の環境の変動<br>・湿原の環境の変動と気象の変動との相関性 | 調査・分析:<br>⑥ 未定<br>⑦ ⑧ ⑨ 林野庁                  | ⑥ ⑦ ⑧ ⑨<br>・調査地点の決定に当たっては、水気環境や登山道との位置を勘案する必要がある。<br>・ヤクシカによる影響があるため、長期的な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。<br>・希少動植物の位置情報の取扱いに十分注意する。                          | ⑥ 花之江河の水温水域環境(器材の設置)<br>※ ⑥ 普及実施(日林協) |                      |
| 森林生態系 | ⑤ 広域的な植生の変動   | ・気温上昇等の気候変動による森林生態系への影響は、遺産地域の全域において発生する可能性あり。             | 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200地点(散在的に設定)  | ・植生の経年変化<br>・地域・地形・標高等毎の植生の変動と気象の変動との相関性     | 調査・分析:未定                                     | ・調査地点は、矢原徹一氏が2005年に、地域生態系の保全・再生に関する合意形成とそれを支えるモニタリング技術の開発「匠久島をモデルとした陸域の生態系管理手法に関する研究」のために設定したものを活用する。<br>・ヤクシカによる影響があるため、長期的な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。 |                                       |                      |
|       | ⑥ 台風・異常気象等による森林生態系への被害の増加                           | ・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                                     | 当面は記録のとりまとめにどめ、将来的に経年変化を分析                   | 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) | 現地調査:管理機関等<br>記録:管理機関等<br>記録とりまとめ:世界遺産地域連絡会議事務局   | ・平成25年度は、現在までのところ顕著な被害報告なし            |                      |

a. 気象の変動の資料収集・整理事例

【年平均気温】



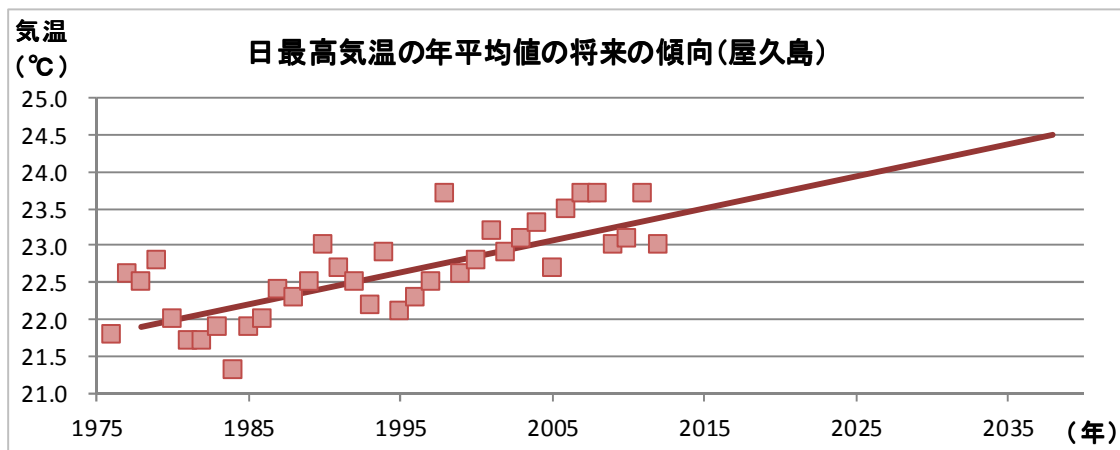
図－1－1 屋久島・尾之間観測所における年平均気温の経年変化

【考察】

年平均気温は、尾之間よりも屋久島の方が低い。5年移動平均値を見ると、経年変化は高低を波状に繰り返しながら、徐々に増加しつつある。1984～1986年、1996～1997年は一時的に低い傾向を示し、2001年以降は高い傾向を示した。2011～2012年は、若干低い傾向を示している。

【日最高気温の年平均値（屋久島）】

$y = 0.0431x + -63.3530$       相関係数 = 0.5592      N = 37

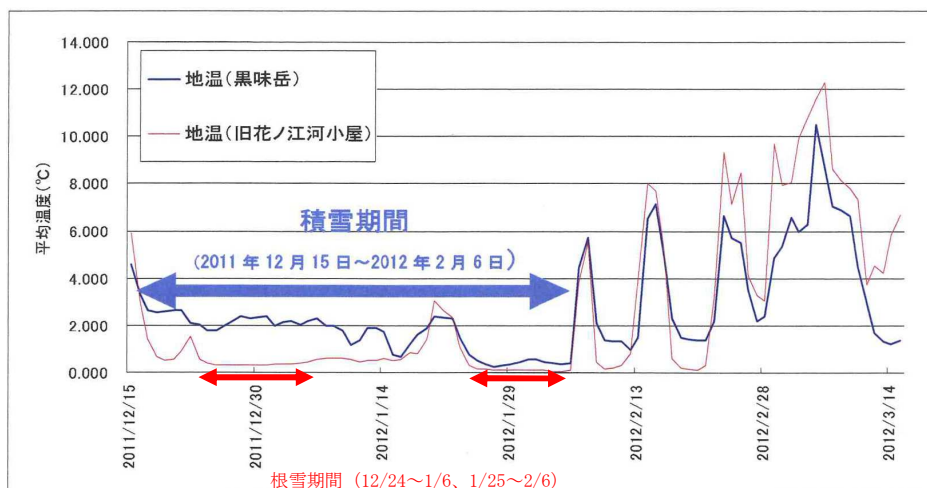


図－1－2 屋久島観測所における日最高気温の年平均値の将来の傾向

【考察】

屋久島における日最高気温の年平均は、過去から上昇傾向にある（ただし相関係数は小さい）。尾之間もほぼ同様な傾向を示している。

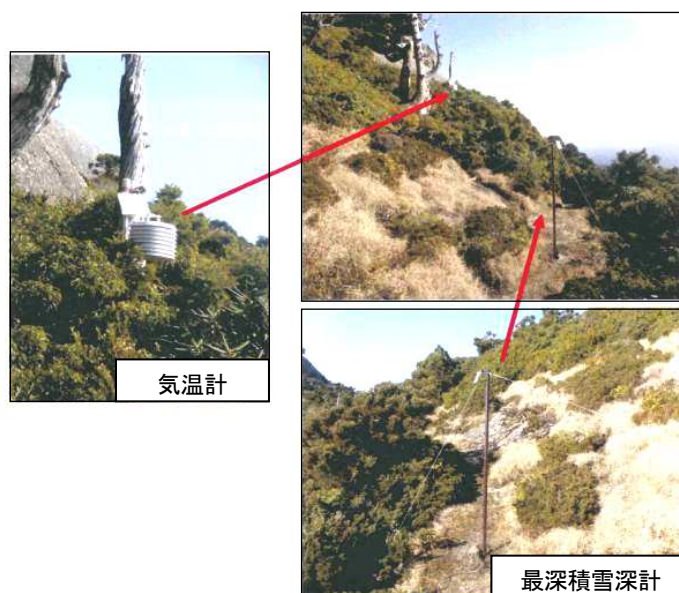
【積雪期間】



図－１－３ 黒味岳・花之江河における地温観測結果と根雪期間の例

【考察】

- ・ 黒味岳及び花之江河における 2011～2013 年度の年最深積雪深は、0.3～1.6mである。
- ・ 地温の遞減曲線の状況から推測すると、2011 年～2012 年の積雪期間は、おおむね 12 月中旬から 2 月上旬であり、2012 年～2013 年は 12 月中旬から 1 月下旬であった。
- ・ 2011 年～2012 年は、地温が 0℃弱で推移していた 12 月下旬～2 月下旬にかけ、1 月 17～21 日に 1 度融雪したが、その後再び根雪となり 2 月上旬まで積雪が続いていた。
- ・ 一方、2012 年～2013 年は、12 月 31 日～1 月 3 日、1 月 19 日～22 日、1 月 27 日～31 日とその前後のみ積雪が解けない根雪となったが、それ以外の日々は積雪はあったものの地温 0℃弱で推移し、根雪にはならなかったものと思われる。
- ・ 地温の変化が激しく、積雪期間を明確に推測するには限界があるので、2013 年 12 月からは自動撮影カメラによる積雪観測を暫定的に開始した。



写真－１ 黒味岳における最深積雪深計と気温観測の状況

b. 宮之浦岳周辺のヤクシマダケ群落の変動事例

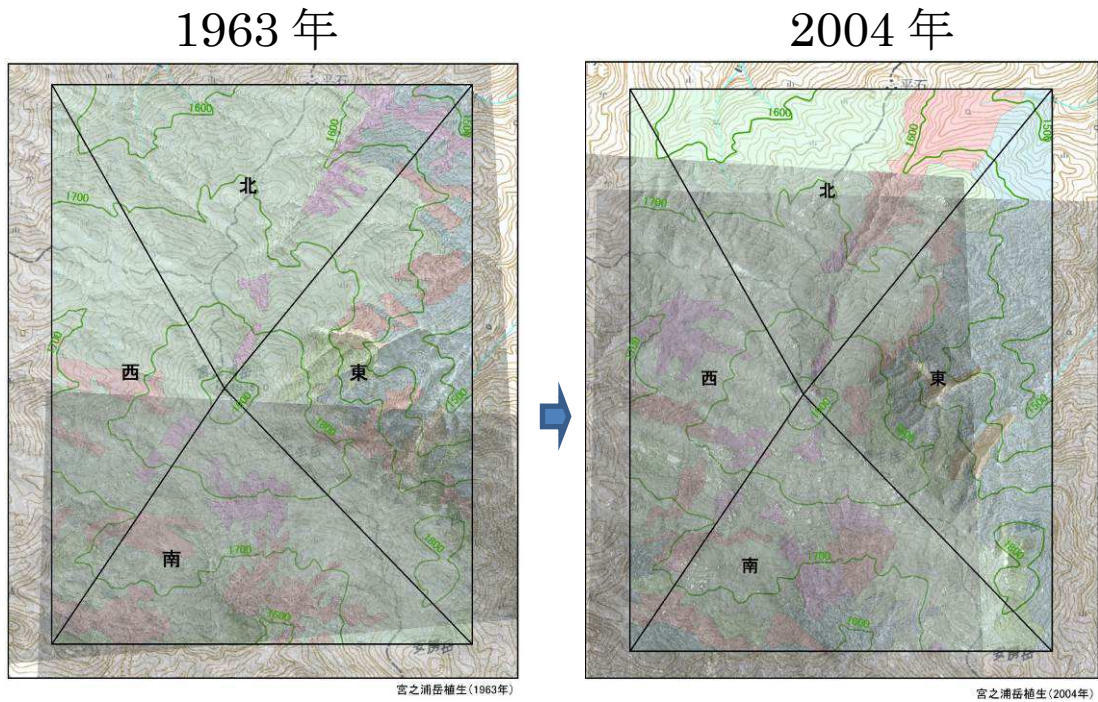


図-2-1 宮之浦岳周辺の新旧航空写真の比較による植物群落分布域

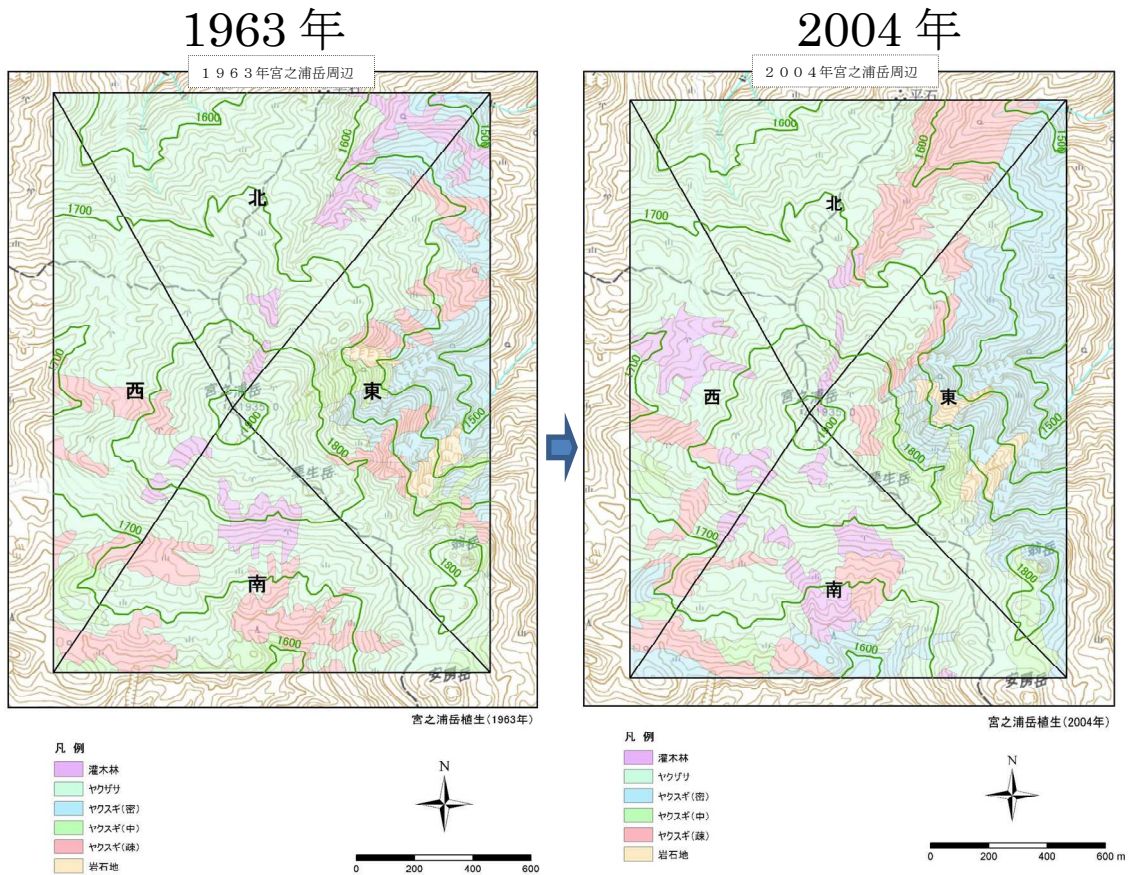


図-2-2 宮之浦岳周辺の新旧航空写真の比較による植物群落分布域の変動

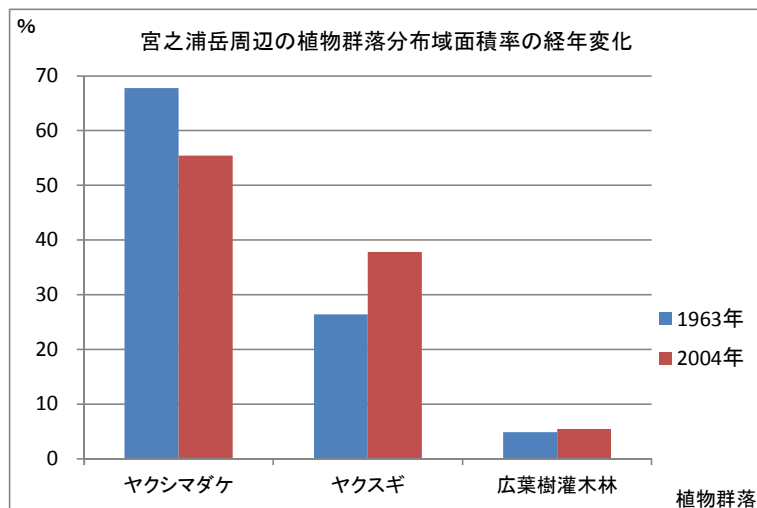


図-2-3 主な植物群落分布域の面積率の経年変化

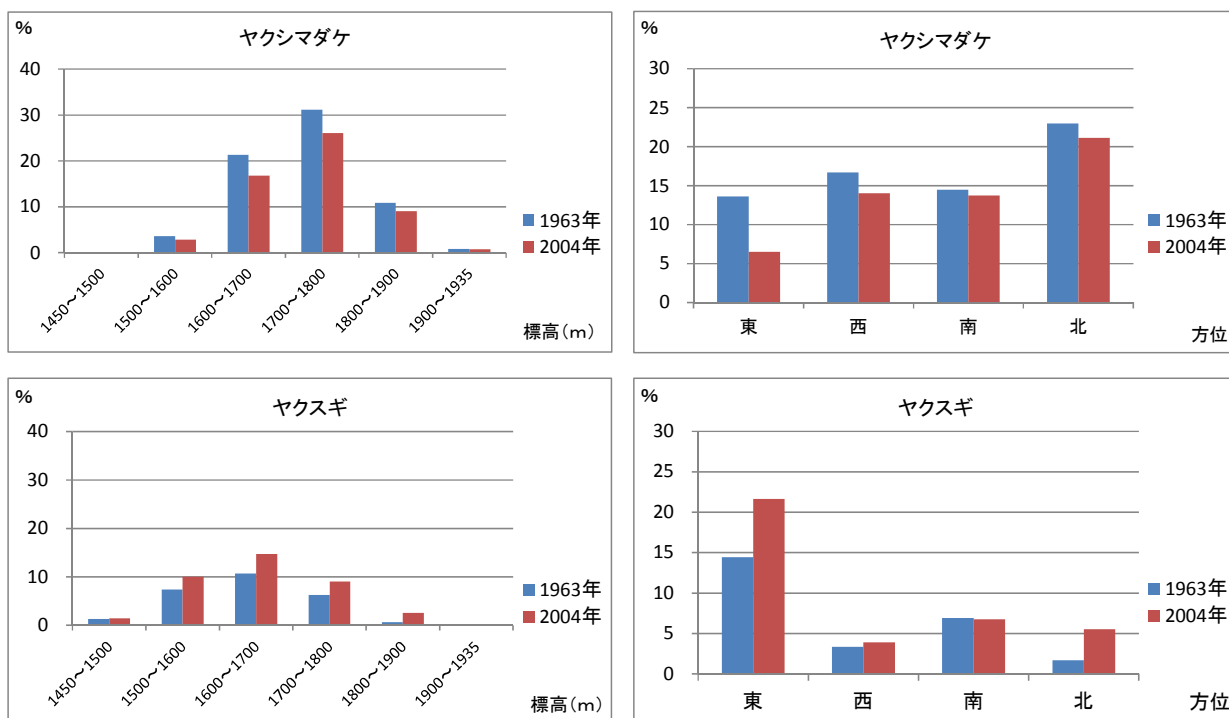


図-2-4 ヤクシマダケ・ヤクスギ群落分布域面積率の地形区分別の経年変化

【考察】

- ・宮之浦岳の山頂付近は、低標高から高標高に向かいヤクスギ林→広葉樹灌木林（ヤクシマシャクナゲ・アセビ林等）→ヤクシマダケ群落と変化しており、ヤクシマダケ群落は、森林限界上の標高1,500mより上域に優占的に見られる。
- ・1963年から2004年までの経年変化を見ると、ヤクスギ林が増加し、ヤクシマダケ群落域が減少した。
- ・全ての方向の斜面でヤクシマダケ群落域が減少している。
- ・特に、標高1,600m~1,800m区間で、上記傾向が顕著である。
- ・このまま推移していくと、将来、ヤクシマダケ群落は最標高域の一部地域（宮之浦岳山頂等）に追いやられ、数10ha以上の一定のまとまった面積の群落域が消滅する恐れがある。



【参考資料（モニタリング事例の一部紹介）】

- ・さらに、近年、ヤクシカによるヤクシマダケへの食害も増えており、上記傾向が促進される恐れがあるので、今後も継続的に本モニタリングを実施し、実態を把握していく意義は高い。

c. 花之江河・小花之江河の湿原植生群落域の変動事例

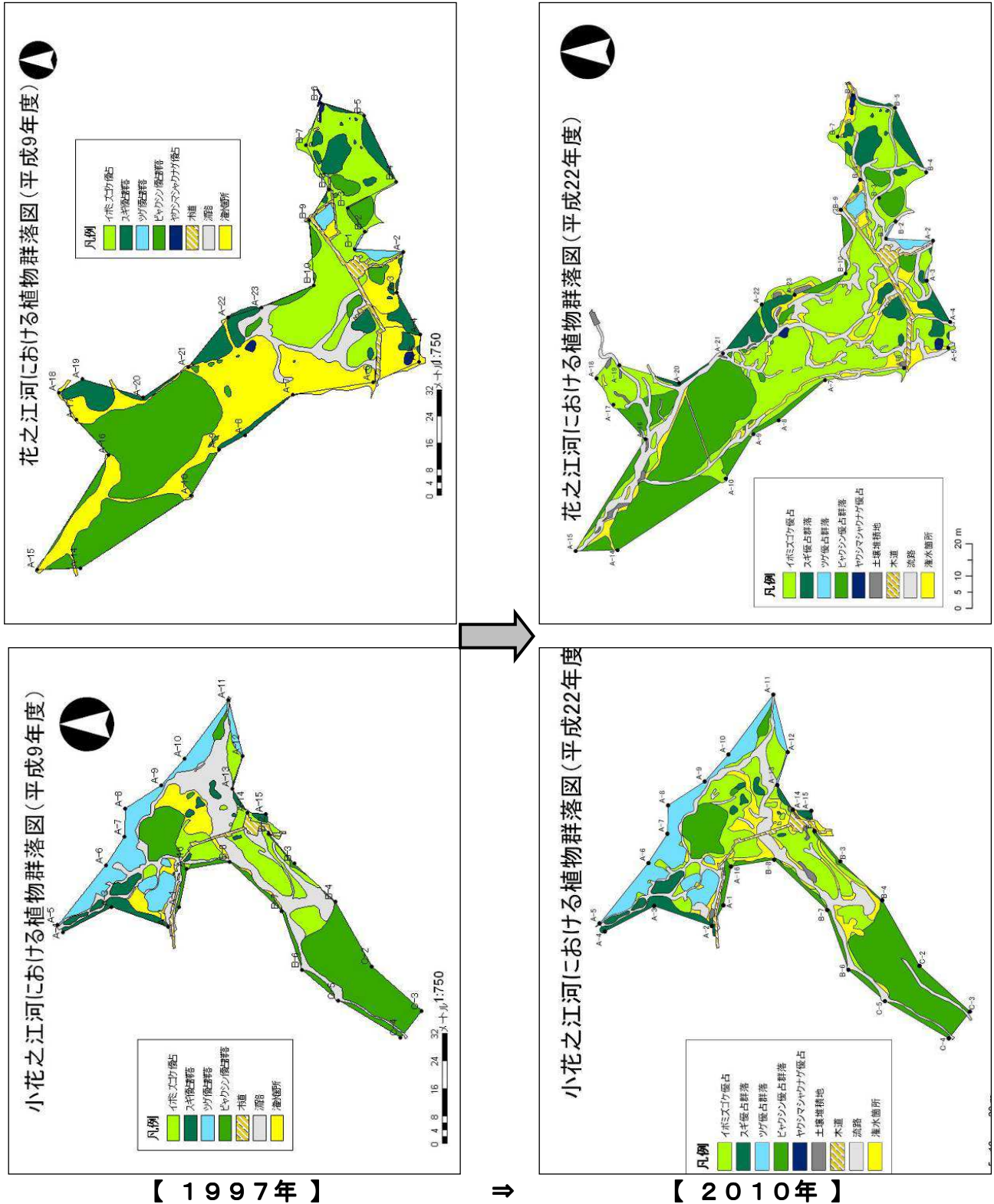


図-3-1 花之江河・小花之江河の植生群落の経年変化

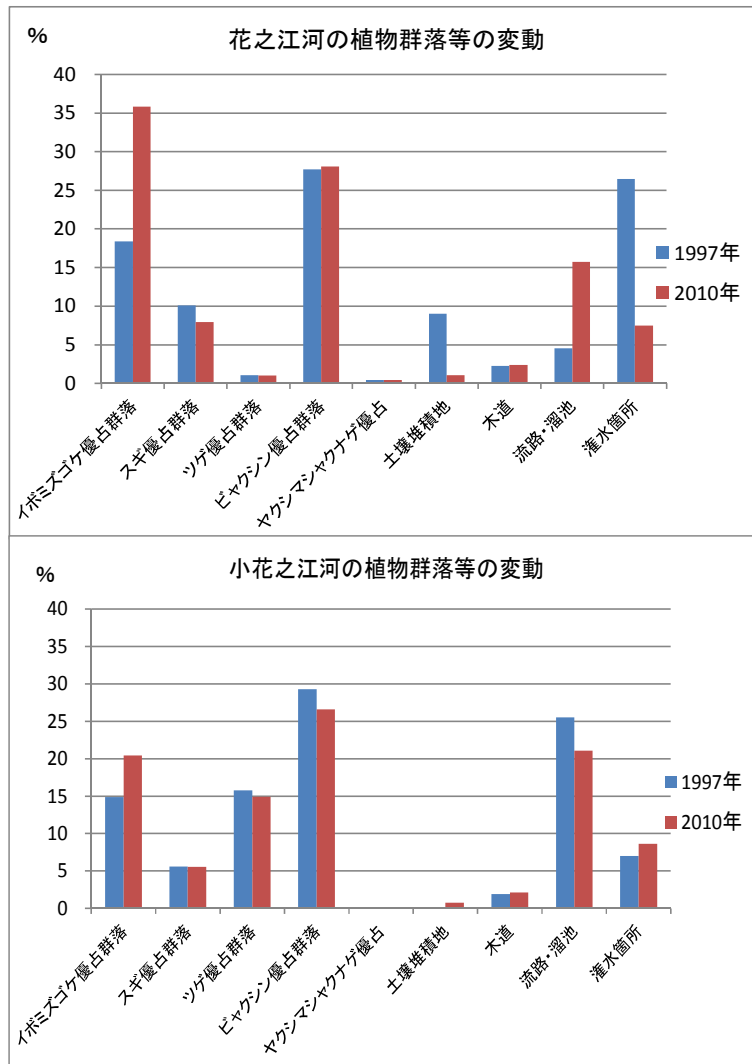


図-3-2 花之江河・小花之江河の湿原植生の群落分布域面積率の経年変化（1997年と2010年）

【考察】

- 花之江河は、1997年度から2010年度に、イボミズゴケ群落が増加し、スゲ・ホシクサ類群落は減少した。また、小花之江河は、イボミズゴケ群落が増加し、スゲ・ホシクサ類群落は増加した。
- 両湿原ともに、湿原保全対策事業（土砂流出防止対策：平成13～14年度〔林野庁〕）の実施によって、流域からの土砂流入が減少したことや、流路の路床浸食による高水深化が進み、恒常的な流路と流れの緩い適度な灌水域との二分極化が進行して、流水に押し流されやすいイボミズゴケが定着しつつあると推定される。
- 特に、イボミズゴケ域の増加は、その環境を好む、コケスミレ、ヒメコナスビ、ヤクシマオトギリ等の生育域の拡大に繋がった。
- ただし、希少種のヤクシマホシクサは、ヤクシカ食害により少なくなっている。
- 現段階では、土砂流入やその対策による影響及びヤクシカによる影響が大きく、気候変動の影響を把握するには至っていない。今後のモニタリングにおいては、気候変動の影響を抽出する手法の開発が望まれる。