

## 小笠原諸島世界自然遺産地域における気候変動適応策の検討結果

| 遺産名 | ストレス要因      |                                                       | 影響を受ける生態系・生物種(OUVの指標)       |        |                                          |        |                         |                                                   |        |                                                 |        |                                |
|-----|-------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|--------|------------------------------------------|--------|-------------------------|---------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|--------|--------------------------------|
|     | 要因の種類       | 現状                                                    | 乾性低木林(父島、兄島)                |        |                                          |        |                         | 雲霧林(母島)                                           |        |                                                 |        |                                |
|     |             |                                                       | ストレス要因が与える影響                | 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            | ストレス要因が与える影響                                      | 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                   |
| 小笠原 | 気候変動に起因する要因 | 【気温の上昇】<br>・平均気温、最高／最低気温の上昇<br>可能性:ほぼ確実               | 乾燥化による乾性低木林を構成する固有種の生育環境の悪化 | 大      | 1980年の干ばつにより林冠構成樹種の50～70%が枯死(清水(1982))   | 中      | 現時点の知見では有効な対策なし<br>効果:ー | 乾燥化によるワダンノキ群落の衰退、及びそれに伴う陸産貝類の減少                   | 大      | 気候変動に起因する湿性高木林への影響の調査・研究例が不足                    | 不明     | 現時点の知見では有効な対策なし<br>効果:ー        |
|     |             | 【降水量の減少及び夏季無降雨期間の増加】<br>・降水量の減少及び夏季無降雨期間の増加<br>可能性:不明 | 乾燥化による乾性低木林を構成する固有種の生育環境の悪化 |        |                                          |        |                         | 乾燥化によるワダンノキ群落の衰退、及びそれに伴う陸産貝類の減少                   |        |                                                 |        |                                |
|     |             | 【蒸発量のポテンシャル】<br>・ポテンシャル蒸発量の増加<br>可能性:ほぼ確実             | 乾燥化による乾性低木林を構成する固有種の生育環境の悪化 |        |                                          |        |                         | 乾燥化によるワダンノキ群落の衰退、及びそれに伴う陸産貝類の減少                   |        |                                                 |        |                                |
|     |             | 【雲霧発生量の減少】<br>平均雲量の減少<br>可能性:不明                       | 乾燥化による乾性低木林を構成する固有種の生育環境の悪化 |        |                                          |        |                         | 乾燥化によるワダンノキ群落の衰退、及びそれに伴う陸産貝類の減少                   |        |                                                 |        |                                |
|     | その他         | 【外来種の侵入】<br>外来種の定着と増殖による在来種の駆逐                        | 多くの外来種の侵入が報告(富山(1998))      | 大      | モクマオウ、リュウキュウマツ、ギンネム、ノヤギ、クマネズミ等の外来種が侵入・定着 | 高      | ・外来種の駆除(在来種の生育環境悪化の緩和)  | 外来植物との競合による湿性矮低木林の衰退<br><br>外来動物との競合・捕食による陸産貝類の衰退 | 大      | アカギ、ギンネム、シマグワ、クマネズミ、小型ウズムシ類、アフリカマイマイ等の外来種が侵入・定着 | 高      | ・外来種の駆除(在来種の生育環境悪化の緩和)<br>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て最終的に決定するものとする。



# 小笠原諸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 小笠原諸島世界自然遺産地域における適応策の検討 ..... | 2 |
| 3－1．ストレス要因とその現状 .....           | 3 |
| (1) 気温 .....                    | 3 |
| (2) 降水量 .....                   | 4 |
| (3) 蒸発量のポテンシャル .....            | 6 |
| (4) 雲霧 .....                    | 7 |
| (5) その他（気候変動以外のストレス） .....      | 7 |
| 3－2．影響が懸念される森林生態系構成要素 .....     | 8 |
| (1) 乾性低木林（父島・兄島） .....          | 8 |
| (2) 雲霧林（母島） .....               | 9 |

※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）  
関根 亨（toru@jafta.or.jp）  
TEL 03-3261-5438、FAX 03-3261-3840

## 1 適応策の考え方

平成 25 年度・平成 26 年度の世界自然遺産の森林生態系における気候変動適応策検討事業では、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。

そのため、昨年度の当該事業において、「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、人為的な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。

このため、当該事業では、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。

『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 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』

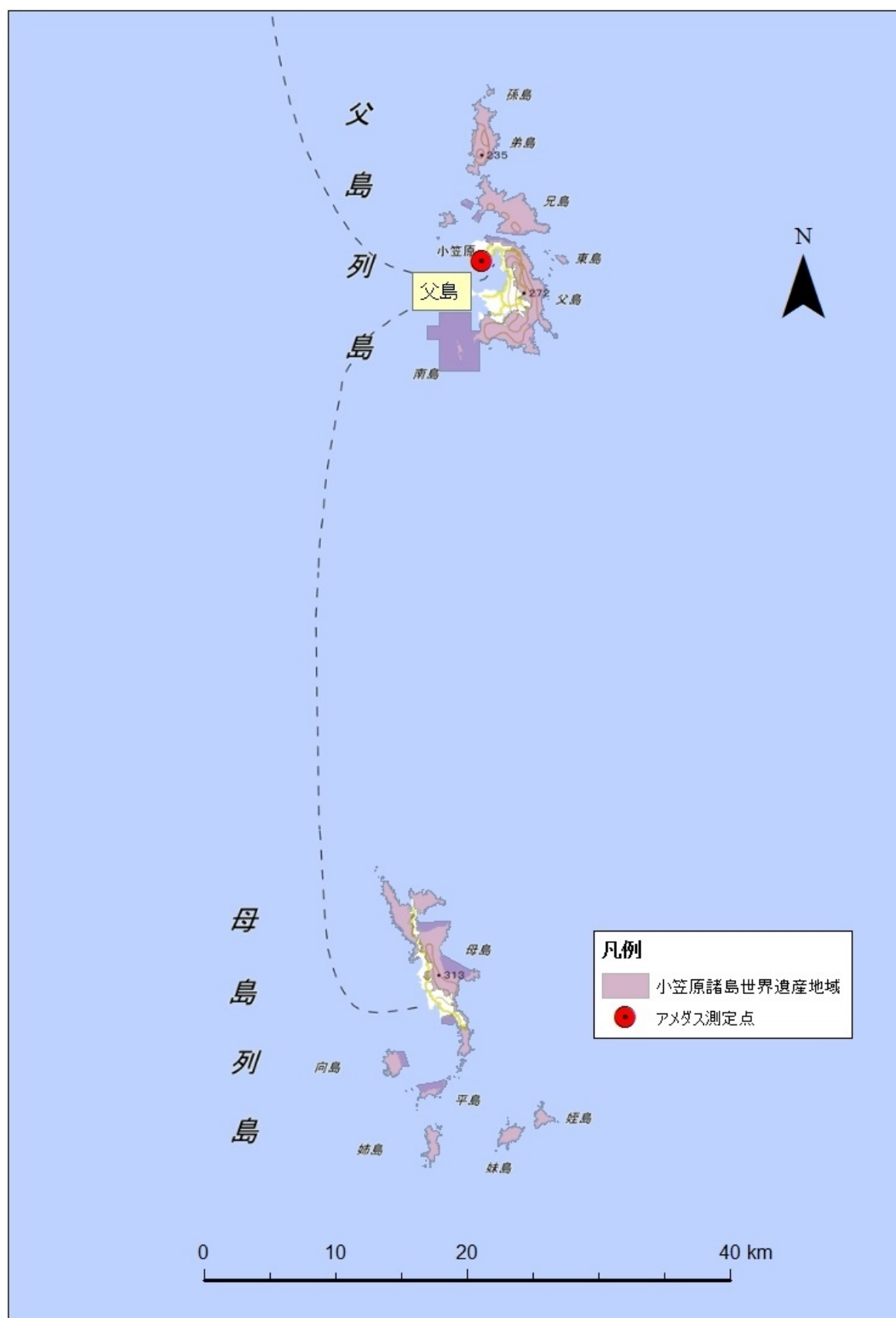
## 2 適応策の検討の進め方

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で進めていくこととした。

- 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 小笠原諸島世界自然遺産地域における適応策の検討



小笠原諸島世界自然遺産地域

### 3-1. ストレス要因とその現状

#### (1) 気温

##### ・現状

小笠原諸島（父島）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。

また、母島については、長期にわたる気象観測データはない。

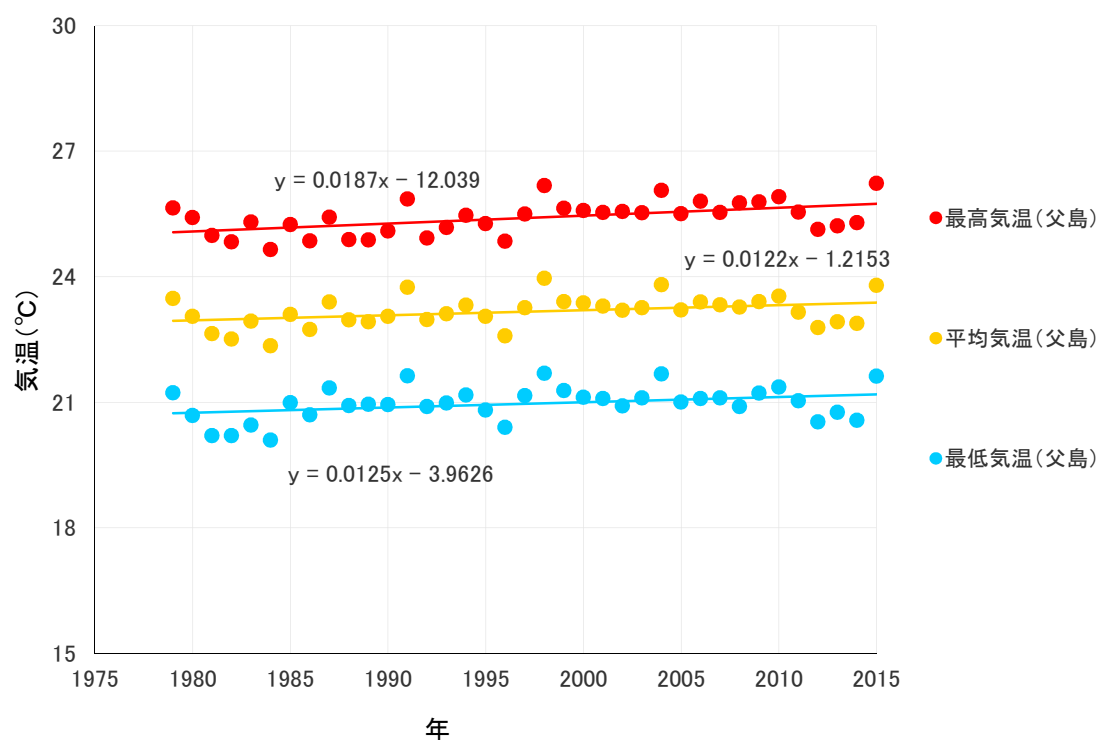


図 1 父島における日最高・日平均・日最低気温の年間平均値の経年変化

表 1 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    |
| 父島  | 22.86         | 23.24   | + 0.39 | 25.04         | 25.62   | + 0.57 | 20.65         | 21.02   | + 0.37 |

また、吉田・飯島(2009)<sup>1</sup>によると、父島では 20 世紀中に 0.75°C/100 年の上昇率で気温が上昇していたが、その傾向は 21 世紀に入っても継続しているとのことである。

##### ・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が、近年の傾向を踏まえると、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。

<sup>1</sup> 吉田・飯島(2009)「小笠原諸島における最近 10 年間の水文気候環境」(陸水学雑誌 70:13-20)

## (2) 降水量

### ・現状

小笠原諸島（父島）の総降水量・夏季降水量、及び年間無降雨日数・夏季無降雨日数について、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、年変動が大きく、増加或いは減少の傾向はわからない。

ただし、長期（1906 年～2007 年）で見た場合、前出の吉田・飯島(2009)によると、1998 年～2007 年における年降水量は平年値（1971 年～2000 年）ほぼ同様であるが、第二次世界大戦前と比較すると 20%程度降水量が減少しているとのことである。また、1980 年と 1990 年の夏季降水量は顕著に少なく、小笠原諸島の世界遺産一覧表記載推薦書でも著しい干ばつが生じたことを報告している<sup>2</sup>。なお、乾燥化の原因となる可能性のあるエルニーニョが 1987 年、1991 年、1997 年、2002 年、2009 年、2015 年に 3 季節以上の期間発生したが、無降雨日数との関係は見られなかった。

また、母島については、長期にわたる気象観測データはない。

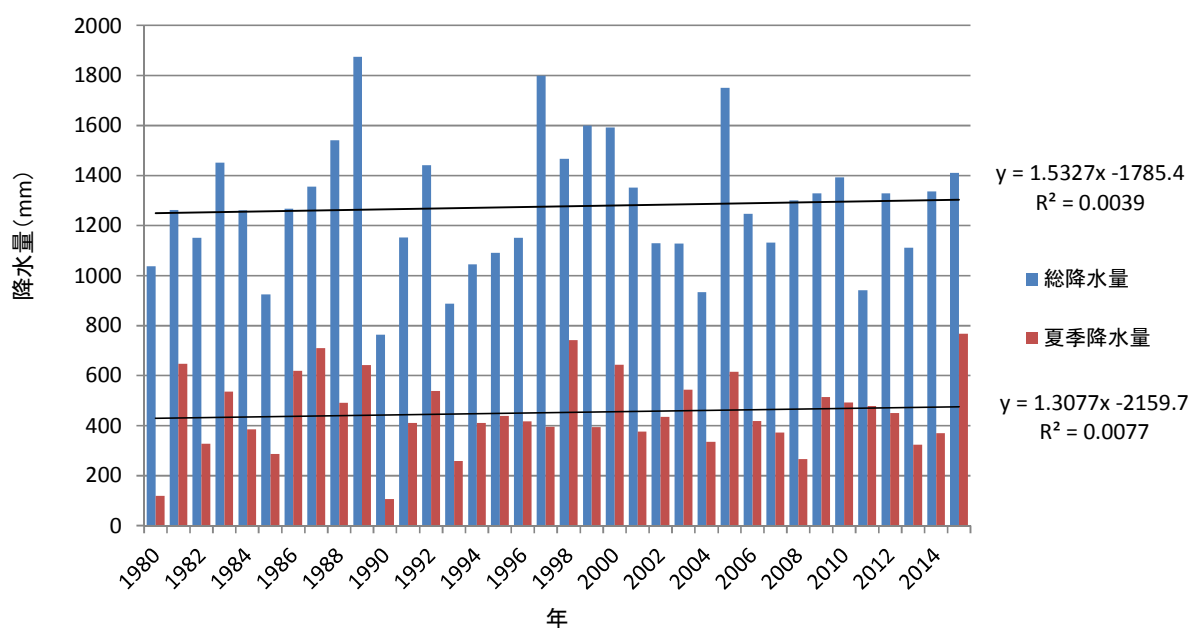


図 2 父島における総降水量と夏季降水量の経年変化

表 2 1980 年代からみた 2006 年～2015 年の降水量の平均値の変化

| 観測地 | 平均年間降水量 (mm) |         |       | 平均夏季(6 月～9 月)降水量(mm) |         |       |
|-----|--------------|---------|-------|----------------------|---------|-------|
|     | 1980-89      | 2006-15 | 変化量   | 1980-89              | 2006-15 | 変化量   |
| 父島  | 1312.8       | 1252.9  | －59.9 | 476.6                | 445.6   | －31.1 |

<sup>2</sup> 日本政府(2010)「世界遺産一覧表記載推薦書 小笠原諸島」

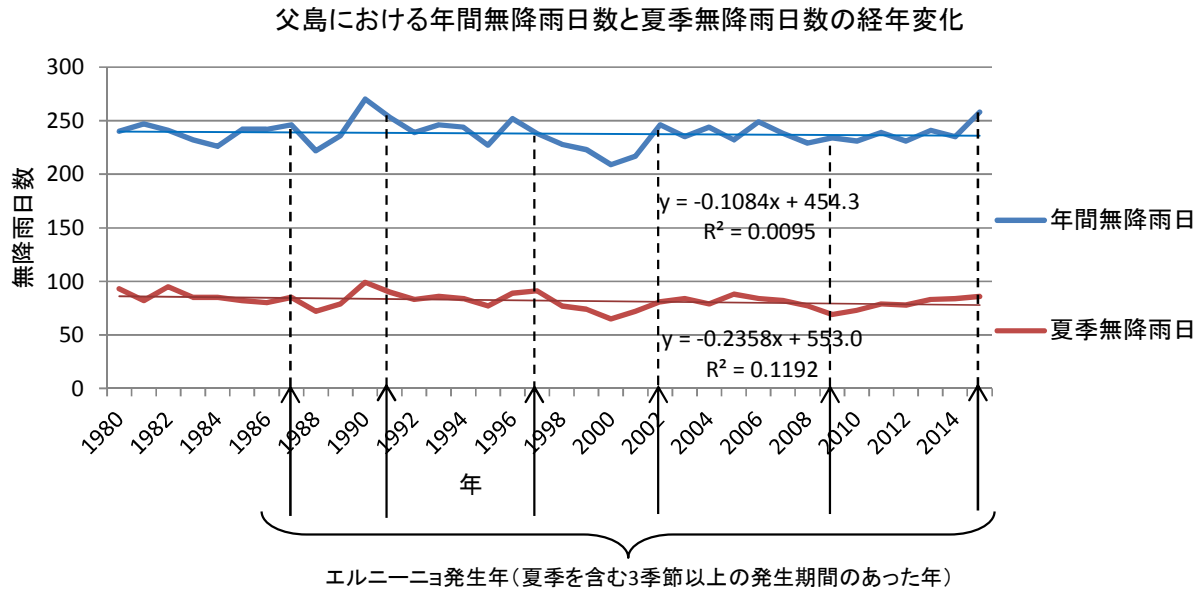


図 3 父島における年間無降雨日数と夏季無降雨日数の経年変化

表 3 1980 年代からみた 2006 年～2015 年の無降雨日数の平均値の変化

| 観測地 | 平均年間無降雨日数（日） |         |       | 平均夏季（6 月～9 月）無降雨日数（日） |         |       |
|-----|--------------|---------|-------|-----------------------|---------|-------|
|     | 1980-89      | 2006-15 | 変化量   | 1980-89               | 2006-15 | 変化量   |
| 父島  | 237.4        | 238.5   | + 1.1 | 83.8                  | 79.5    | - 4.3 |

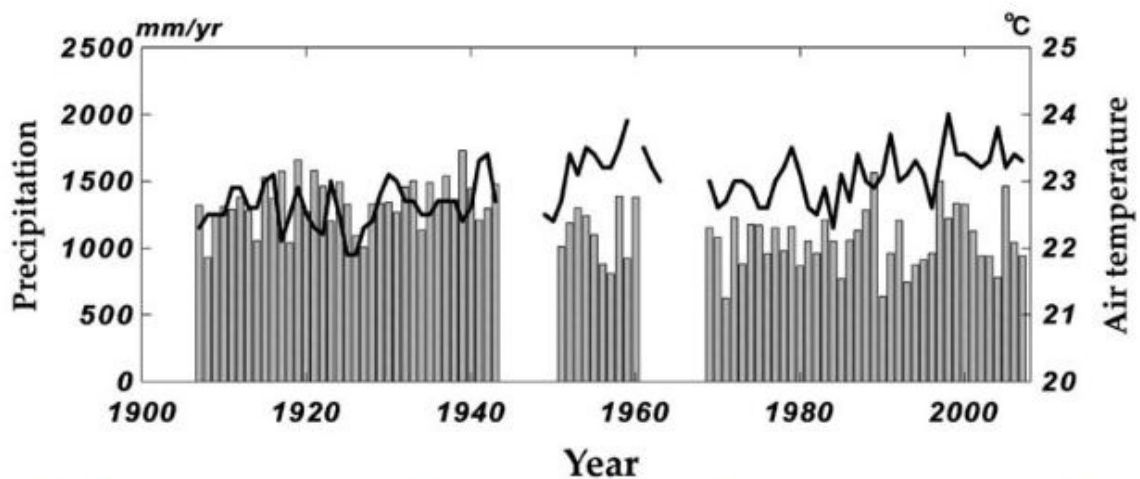


Fig. 2. Time series of mean annual air temperature (bold line) and annual amount of precipitation (bar) on Chichi-jima Island (redrawn from Fig. 4. of Yoshida et al., 2006).

図 4 父島気象観測所の年平均気温（折れ線）と降水量（棒）

（吉田・飯島(2009)「小笠原諸島における最近 10 年間の水文気候環境」（陸水学雑誌）から抜粋）

#### ・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、戦前と比較すると全体的に減少しているが、近年については傾向がはっきりしないため、今後の傾向を推測することも困難である。



### (3) 蒸発量のポテンシャル

#### ・現状

蒸発量に関するアメダスデータはないが、吉田・飯島(2009)は、日平均の気温、相対湿度、現地気圧、風速と、日積算日射量、日降水量から最近 10 年間（1998 年～2007 年）の年ポテンシャル蒸発量を算出しており、2002 年以降は 2005 年を除いて年ポテンシャル蒸発量が年降水量を上回ったことを報告している。ただし、期間が短いため、もう少し長期間の傾向を見る必要がある。

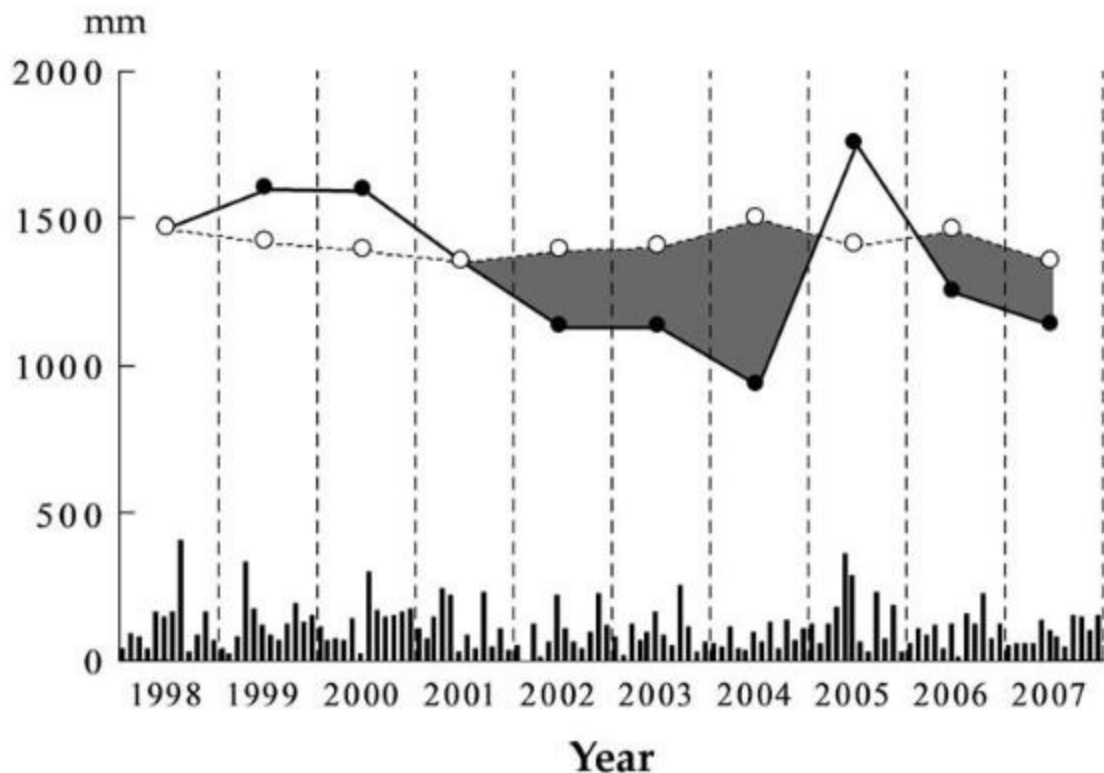


Fig. 3. Monthly (bar) and annual (thick line) of precipitation and annual Kondo and Xu potential evaporation (broken line) at Chichi-jima Observatory during 1998-2007. Gray areas denote dry ( $WI < 1.0$ ) periods.

図 5 父島観測点における 1998 年～2007 年の月積算降水量（棒）、年降水量（太線）、および年ポテンシャル蒸発量（折れ線）、灰色部は気候湿潤度が 1.0 以下の乾燥期間を示す。  
（吉田・飯島(2009)「小笠原諸島における最近 10 年間の水文気候環境」（陸水学雑誌）から抜粋）

※ポテンシャル蒸発量：仮想的な湿潤面での地表面温度が日平均の熱収支で決まる「平衡温度」にある時の可能蒸発量

#### ・将来予測

当地域における蒸発量に関する予測は行われていないが、気温の上昇傾向を踏まえると、今後蒸発量が増加していく可能性がある。

#### （４）雲霧

##### ・現状

小笠原諸島（父島）の雲量については、気象庁 HP のアメダスデータがあるものの、雲霧についての長期的な観測データはない。

ただし、凝結高度により雲霧帯高度を推定する方法が岡上・大谷(1981)により報告されている<sup>3</sup>。報告によれば、雲霧帯の下限高度  $H$  (m) は次の式で求められる。

$$H = h_0 + h$$
$$h \doteq 125 (T_0 - t_0)$$

$h_0$  : 観測地点の高度 (m)

$h$  : 観測地点からの凝結高度

$T_0$  : 観測地点の温度 (°C)

$t_0$  : 観測地点の露点温度 (°C)

父島ではアメダスにより気温及び露点温度が観測されているため、これらのアメダスデータから雲霧帯の下限高度の推移状況を推測できる可能性がある。

しかしながら、アメダスデータは観測地点の情報であり、場所が限定されている。このため、雲霧帯の発生が重要な場所において継続的にモニタリングを実施することが重要である。なお、現在本業務では中央山及び乳房山において自動撮影カメラにより雲霧の発生状況を観測しているところである。

##### ・将来予測

当地域の雲霧量の変化に関する予測は行われていないが、気温の上昇傾向を踏まえると、今後水蒸気の凝結高度が上がり、雲霧の発生頻度が減少していく可能性がある。

#### （５）その他（気候変動以外のストレス）

小笠原諸島ではギンネム、モクマオウ、リュウキュウマツ、アカギ、シマグワ、オオヒキガエル、クマネズミ、ノヤギ等の外来生物の定着と増殖・分布拡大が既に確認されている<sup>45</sup>。外来植物については、被陰やアレロパシー作用による乾性低木林や湿性高木林の構成種の生育を阻害するほか、分解されにくい落葉による在来植生の更新を妨げること、外来動物については、固有植物の食害や湿性林内に生育する陸産貝類を捕食していること<sup>6</sup>が報告されており、外来生物による影響が大きい。

---

<sup>3</sup> 岡上・大谷(1981)「雲霧帯高度の推定法について」(森林立地 7 : 31-34)

<sup>4</sup> 大河内(2007)「東洋のガラパゴス・小笠原を外来種から守れ」(環境省環境研究総合推進費公開シンポジウム資料)

<sup>5</sup> 富山(1998)「小笠原諸島の移入動植物による島嶼生態系への影響」(日本生態学会誌 48 : 63-72)

<sup>6</sup> 千葉・和田・森 (2012)「小笠原諸島母島における陸産貝類の現況とその価値について」(小笠原研究年報 35 : 1-16)

### 3-2. 影響が懸念される森林生態系構成要素

小笠原では、陸産貝類の進化及び植物の固有種における適応放散という、海洋島生態系の現在進行中の進化の過程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4つのストレス要因に強く影響を受けるものとして、希少な固有植物の生育地となっている父島・兄島の「乾性低木林」、希少固有植物や適応放散的種分化の見られる陸産貝類の重要な生育地となっている母島の「湿性林」の2つを取り上げる。

#### （1）乾性低木林（父島・兄島）

##### 【ストレス要因との関連】

乾性低木林は、単純に乾性な立地に成立する低木林ではなく、乾湿のバランスの上に維持されている<sup>7</sup>。また、乾性低木林の成立環境では夏季乾燥期に土壤水分が他の期間と比べて著しく減少することが報告されている<sup>8</sup>。このため、乾燥条件に係る気温・蒸発量や、湿潤条件に係る降水量・降水期間・雲霧発生頻度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】

気温上昇、蒸発量・無降雨期間の増加、降水量・雲霧発生頻度の減少は、乾湿のバランスや土壤水分量に影響を与えるため、乾性低木林内の固有植物の生育環境が悪化することが予測される。

##### 【影響の深刻度】

小笠原諸島父島（中央山の東平、夜明平）・兄島（ほぼ全域）の山頂緩斜面を中心に広がる乾性低木林内では69種の固有植物種が確認されている。固有種率は67%（木本のみでは80.6%）と非常に多く、小笠原における生態系の重要な構成要素である。乾性低木林に生じる変化は、OUVを成す固有植物の生育環境の変化でもあるため、影響は深刻と考えられる。

##### 【今後影響が生じる可能性】

乾性低木林について気候変動に起因する調査・研究例として、清水(1982)は、1980年の干ばつにより、父島の中央山東平付近尾根部の最も著しい場所では林冠を構成する樹木のうち50~70%が枯死したことを報告している<sup>9</sup>。近年の気温の上昇傾向と蒸発量の増加傾向も、乾燥化を引き起こし、乾性低木林の多様性に影響を及ぼしているおそれがあることから、継続的にモニタリングを実施し、どの種が影響を受けやすいのか把握することが重要である。現時点では、過去の干ばつで枯死した割合が多かったシマイスノキや、清水(2009)による31年間にわたる個体群動態研究に<sup>10</sup>より減少が指摘されているシマムラサキ、トキワイヌビワ、オオミトベラ、ナガバキブシ、チチジマクロキ、シロテツ、ムニンネズミモチについては、特に注意していく必要がある。

<sup>7</sup> 清水(2008)「小笠原の「乾性低木林」とは何か」（首都大学東京小笠原研究年報31号：1-17）

<sup>8</sup> 吉田ほか(2002)「水文気象条件からみた小笠原諸島父島における乾性低木林の立地環境」（地学雑誌111(5)：711-725）

<sup>9</sup> 清水(1982)「1980年の干ばつが父島の植生に与えた影響について」（東京都立大学自然環境現況調査班（編），小笠原諸島自然環境現況調査報告書(2)，31-37，東京都環境保全局）

<sup>10</sup> 清水(2009)「小笠原諸島父島の乾性低木林における31年間の個体群動態」（地域学研究第22号：69-93）

### 【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、蒸発量の増加、降水量の減少、無降雨期間の増加、雲霧発生頻度の減少に伴う乾燥化に対しては、有効な対策はないと考えられる。

ただし、乾性低木林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、モクマオウ、ギンネム、ノヤギ、クマネズミなどの外来生物の侵入等、気候変動以外のストレスが見られる場合には、それらも排除することが望ましく、その効果は大きいと考えられる。

## （２）雲霧林（母島）

### 【ストレス要因との関連】

湿性高木林のうち母島の乳房山主稜線部の雲霧帯では、特有の植物や着生植物の多い雲霧林（弱湿性風衝地低木林）が見られる。雲霧帯は、湿潤空気が断熱的に上昇する過程で、相対湿度が上昇し、水蒸気の凝結により霧が発生することにより形成される。また、雲霧帯では樹雨、降雨が発生しやすいほか、土壤水分を増加させることが特徴である。このことから、気温上昇により水蒸気の凝結高度が上がり、雲霧帯が消失することによってストレスを受ける。

### 【ストレス要因が与える影響】

気温上昇による雲霧発生頻度の減少や、それに伴う土壤の乾燥化により、固有種を多く含む雲霧林及びそこに生育する陸産貝類の衰退・減少を招くことが予測される。

### 【影響の深刻度】

母島の雲霧林には、小笠原諸島固有種であるワダンノキが群集状に生育するほか、同じく希少な固有種であるハハジマノボタンが生育している。また、適応放散的種分化の見られる陸産貝類の重要な生育地となっており、小笠原における生態系の重要な構成要素である。雲霧林の消失は、OUVである現在進行中の進化過程が見られる場の消失であるため、影響は深刻と考えられる。

### 【今後影響が生じる可能性】

気候変動に起因する湿性高木林の影響に関する調査・研究例は知られていないが、気候変動が雲霧の発生に作用しているため、実態がわかっていないものの、雲霧林に影響が生じている可能性が十分に考えられる。特に土壤水分量と植物の生育は密接に関わっているため、これらを調査・モニタリングし、どの種が影響を受けやすいのか把握することが重要である。

### 【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、無降雨期間の増加、雲霧量の減少に伴う乾燥化に対しては、有効な対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、アカギ等の外来生物の侵入によるワダンノキ群落等、雲霧林内の希少植物群落への影響も報告されている<sup>11</sup>。雲霧林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、これらの外来生物によるストレスも排除することが望ましく、その効果は大きいと考えられる。

---

<sup>11</sup> 清水(2001)「小笠原諸島母島におけるワダンノキの現状と更新様式」(駒沢地理 No.38:17-36)

表1 世界自然遺産「小笠原諸島」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内容一覧（1／2）

| 地域    | 指標及びモニタリング項目 |                                              | 調査方法                                                                                     |                                          |                                   |                                                                   | 既存モニタリングの有無          | 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                                                             |                      |          |     |       |       |                                                                                     |     |
| 小笠原諸島 | (1) 気象の変動    | ①低標高（父島・母島）の気温、降水量、湿度、風速、日照時間、台風・大雨・強風・干ばつ   | ①気象庁アメダスによる気象観測データの整理・分析                                                                 | ①父島及び母島                                  | ①②③<br>観測：毎年データ収集（回収）・整理：毎年分析：5年毎 | ①②<br>・気象の経年変化<br>・台風・大雨・強風・干ばつの頻度や規模の経年変化<br>・将来の傾向の分析           | △<br>Amedas（データ収集のみ） |          |     | ◎     | ◎     | ①父島については、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ため、継続。                       | 高   |
|       |              | ②低標高（母島沖村浄水場）の降水量                            | ②小笠原村による気象観測データの整理・分析                                                                    | ②母島沖村浄水場                                 |                                   |                                                                   | △<br>小笠原村（データ収集のみ）   |          |     | ◎     | ◎     | ②母島はアメダス観測所は島の突端部であるため、アメダス情報の補足として継続実施。                                            | 高   |
|       |              | ③中標高（父島初寝山→ <del>兄島見返山</del> ）の気温、降水量、土壌水分量等 | ③父島初根山→ <del>兄島見返山</del> での気象観測の実施と観測データの整理・分析                                           | ③父島初寝山及び <del>兄島見返山</del>                | ④<br>観測：5年毎データ回収・整理：5年毎分析：5年毎     | ③<br>・気象の経年変化<br>・ポテンシャル蒸発量と気候湿潤度の季節変動                            | —                    |          |     | ▲     | ○     | ③土壌水分量は雲霧帯との関連が高いため、父島初寝山については継続、兄島見返山には、チャーター船で行く必要があり、頻繁なメンテナンスが困難のため、削除。         | 中   |
|       |              | ④雲霧域の気温、湿度                                   | ④母島乳房山での気象観測の実施と観測データの整理・分析                                                              | ④母島乳房山稜線の <del>5</del> → <del>3</del> 地点 |                                   |                                                                   | —                    |          |     | ▲     | ○     | ④湿度は、雲霧の発生量を表す指標として必ずしも十分ではないが、湿性林の成立や適応放散的種分化の見られる陸産貝類の生息環境にとって重要なため、調査箇所数を減らして実施。 | 高   |
|       |              | ⑤雲霧の発生状況                                     | ⑤父島の中央稜線、母島の乳房山稜線における雲霧の発生量を <del>自動撮影カメラにより観測・分析</del> ①のデータから岡上・大谷(1981)による推定式で推定      | <del>⑤父島小学校、母島小中学校</del>                 | ⑤⑥<br>観測：毎年データ回収・整理：毎年分析：5年毎      | ⑤<br>・雲霧の出現頻度の経年変化<br>・上記①～④の変動と雲霧の発生頻度の変動の相関<br>・雲霧発生頻度と⑧⑨植生との相関 | —                    |          |     | ○     | ○     | ⑤雲霧は湿性林の成立にとって重要であるため、継続の必要性があるが、推定式が有用であることが確認されたほか、コストもかかるため、推定式を活用して実施。          | 高   |
|       |              | ⑥雲霧域の溜池の水位                                   | ⑥父島の中央稜線の雲霧域（東平）の溜池に、自動 <del>観察撮影</del> カメラを設置して、水位を観測し記録、または <del>圧力水位計を設置して観測し記録</del> | ⑥父島東平アカガシラカラスバトサンクチュアリー周辺                |                                   |                                                                   | —                    |          |     | ○     | ○     | ⑥溜池はアカガシラカラスバトやオガサワラカワラヒワ、オガサワライトトンボ等の固有（亜）種にとって重要であるため、継続。                         | 中   |

(注1) 既存モニタリングの有無については、整理・分析も含めてあるものを「○」、データ収集のみ等、部分的にあるものを「△」、ないものを「—」で示した。

(注2) 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3) 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4) 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5) 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2 世界自然遺産「小笠原諸島」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内容一覧（2／2）

| 地域    | 指標及びモニタリング項目                |                    | 調査方法                                                   |                                                                 |                                              |                                                          | 既存モニタリングの有無      | 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                                                    |                  |          |     |       |       |                                                                                               |     |
| 小笠原諸島 | (2) 乾性低木林の植生の変動             | ⑦ 乾性低木林の植生         | 植生調査（出現種数・優先度・被度・群度）を実施・分析                             | 父島の3地点及び兄島の3地点（種間相互作用モニタリングサイト）                                 | 現地調査・分析：5年毎                                  | ・植生の経年変化<br>・植生の変動と気象の変動との相関                             | ○<br>種間相互作用WG    | ◎        | ◎   | ○     | ○     | ⑦乾性低木林は気候変動ストレスとの関連性が高く、種間相互作用WGで実施しているため、そのデータを活用することで継続。                                    | 高   |
|       | (3) 湿性林の植生の変動               | ⑧ 雲霧域に存在する湿性雲霧林の植生 | 標高毎の植生調査（出現種数・優占種・被度・群度）を実施・分析                         | 母島乳房山の標高が異なる5地点                                                 | 現地調査・分析：5年毎                                  | ・植生の経年変化<br>・胸高断面積合計、直径階別種別本数の経年変化<br>・植生の変動と気象の変動との相関   | —                | ◎        | ◎   | ○     | ○     | ⑧雲霧林は気候変動ストレスとの関連性が高いので継続。                                                                    | 高   |
|       |                             | ⑨ 湿性高木林の植生         | 毎木調査、景観写真撮影、落葉落枝・落下種子調査を実施・分析                          | 母島石門上の段（モニタリングサイト1000）                                          | 現地調査・分析：5年毎                                  | ・植生の経年変化<br>・植生の変動と気象の変動との相関                             | ○<br>環境省         | ○        | ◎   | ○     | ○     | ⑨湿性高木林は気候変動ストレスとの関連性が高く、モニタリングサイト1000に選定されているため、そのデータを活用することで継続。                              | 中   |
|       | (4) 乾性低木林の分布の変動             | ⑩ 乾性低木林の群落分布       | 航空写真判読による乾性低木林の群落分布域の調査を実施・分析                          | 兄島中央台地上の1km四方（種間相互作用モニタリングサイト4地点を含む）                            | 航空写真撮影：10年毎（予定）<br>分析：10年毎（航空写真撮影の翌年）        | ・分布域の面的・垂直的な分布の変動<br>・分布域の変動と気象の変動との相関                   | —                | ◎        | ◎   | ◎     | ○     | ⑩乾性低木林は気候変動ストレスとの関連性が高く、航空写真判読は労力が比較的少ないため、継続<br>・航空写真が10年以上新しくなったときに実施。                      | 高   |
|       | (5) 陸産貝類の生息状況の変動            | ⑪ 陸産貝類の生息状況        | 登山道沿いのライン区間（10m×5mの50㎡）の樹上に生育している陸産貝類の種別生息数調査を実施・分析    | 母島の乳房山の稜線部（標高400～450m）に位置する既設のラインセンサスサイト9地点及び低標高部（210m、320m）2地点 | 現地調査・分析：5年毎                                  | ・生息状況の経年変化<br>・気象（気温、湿度、雲霧発生頻度）の変動との相関性の分析<br>・植生の変動との相関 | △<br>環境省（情報収集のみ） | ◎        | ◎   | ○     | ○     | ⑪適応放散的種分化の見られる陸産貝類はOUVを成す重要な構成要素であり、気候変動ストレスとの関連性も高いので継続。また調査箇所は⑧湿性高木林の植生調査を行っている低標高部2箇所でも実施。 | 高   |
|       | (6) 水生昆虫類の生息状況の変動           | ⑫ 水生昆虫類の生息状況       | ⑫小笠原固有種の希少なトンボ3種を対象に、兄島、父島、母島等の水系を現地踏査し、成虫の個体数調査を実施・分析 | ⑫弟島、兄島、父島、母島の4島73水系                                             | 現地調査・分析：5年毎                                  | ・生息状況の経年変化<br>・河川の水域環境（水枯れ等）の変動との相関                      | ○<br>環境省         | ▲        | ○   | ○     | ○     | ⑫弟島は渡船する必要があるほか、別途環境省により、保全目的の調査が行われているため、項目削除                                                | 低   |
|       | (7) 台風・異常気象等による森林生態系への被害の変動 | ⑬ 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                              | —                | ○        | ◎   | —     | —     | ⑬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られため、継続。                                                    | —   |

(注1) 既存モニタリングの有無については、整理・分析も含めてあるものを「○」、データ収集のみ等、部分的にあるものを「△」、ないものを「—」で示した。

(注2) 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3) 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4) 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5) 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。