

巖島（宮島）におけるモミ林の成立過程の考察

沖 宗一郎*・山田 俊弘**・海堀 正博**・奥田 敏統**

* 広島大学大学院総合科学研究科環境科学部門自然環境研究領域

** 広島大学大学院総合科学研究科自然環境研究講座

Historical and ecological background of *Abies firma* forest in the Itsukushima Island

Souichiro OKI, Toshihiro YAMADA, Masahiro KAIBORI and Toshinori OKUDA

Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,
Kagamiyama 1-7-1, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8521, Japan

Abstract

Abies firma has still been controversial whether it is a climax forest species in the warm temperate region or not. This is because that in the warm temperate, the species is merely seen except in the remnant forest patches such as in the shrine gardens. Towards this question, we surveyed its distribution in a part of Itsukushima Island, Hiroshima Prefecture. In our observation, the mature trees with reproductive size ($35 \text{ cm} < D$) were found mostly in valley bottom, while they were much less abundant in the ridge tops of the study site. Contrary to this, saplings ($D < 1 \text{ cm}$) were much less in the valley bottom while these tree size classes are quite abundant in the ridge tops. Light environment in the valley bottom was very low in comparison to the ridge top due to the dense canopy. However, even in the valley bottom, middle size ($1 \leq D \leq 35 \text{ cm}$) trees are quite abundant in the vicinity area of check dam where the vegetation was once opened for its construction. These findings imply ecological characteristics of *A. firma* as a secondary species, namely, unless any disturbance happen occasionally, it can not continuously regenerate in the study site.

はじめに

広島県南西部に位置する宮島は、潜在的には常緑広葉樹林が優占する暖温帯域の植生帯に含まれるが、巖島神社周辺域の海岸付近から弥山山頂付近にかけての北西斜面では、モミ *Abies firma* Sieb. et Zuccと常緑広葉樹林が混交している（鈴木ほか 1975；Kuroda et al. 2003）。同様の傾向は、同じ暖温帯域の筑波山や春日山といった社寺林内でも見

られる（佐方 1965；茨城県 1978；奈良市教育委員会 1985；谷本 1992；前迫 2004）。

こういった低地暖温帯域における大規模な社寺林の多くは潜在自然植生要素の種が多く分布していることから、気候的極相林とされる傾向があるが、モミが気候的極相林を構成する種となりうるかどうかは多くの議論がなされてきた。例えば、鈴木ほか（1975）は宮島の森林植生の群落識別を行い、低地に見られるモミの優占する林を構成種

に落葉樹が乏しいことから、本土にみられる中間温帯林とは異なる異例な林としながらも、モミ・ミミズバイ群落とし極相林として扱っている。また、蒲谷（1975）は房総半島でのモミ林の生態的位置について研究し、極相林であるとしたが、梶（1975）は、モミとシイ・カシのサイズ構造および個体の分布から、房総半島のモミ林はコナラ *Quercus serrata* やアカマツ *Pinus densiflora* が優占する森林から常緑広葉樹林へと遷移する途中相であると述べている。

常緑広葉樹林とモミが混交する森林の林床にはモミの稚樹がほとんど見られないという報告もあり（鈴木 1984; 中尾 1985）、暖温帯の気候的極相林においてモミがその構成種となりうるかどうかはいまだに明らかになっていない。モミがこの地域の極相林を構成する種となりうるならば、少なくとも自立的更新を行っている必要がある。

よって本論文ではモミのサイズ構造、成熟木と稚樹の生育環境からモミの自立的更新が可能かどうかを調べ、宮島のような低地暖温帯域の気候的極相林においてモミがその構成種となりうるかどうかを明らかにすることを目的とした。

調査地

調査地は広島市の南西約20 kmにある宮島で、北緯約34度16分、東経約132度19分に位置する（図1）。宮島は長さ約10 km、幅約4 kmの矩形型の島で、本土との距離は最短0.5 kmで、全島が瀬戸内海国立公園に含まれている。全島花崗岩からできているため風化しやすく、地形は急峻である。宮島の最高点は標高529.8 m（弥山）である。調査地に最寄のアメダス観測点（大竹市）での年平均気温は15.4℃、年間降水量1689.1mmである（1979 - 2000年平均、気象庁電子閲覧室 <http://www.data.kishou.go.jp>, 2007年12月参照）。

宮島島内の植生の約90%はアカマツ林などの二次林であるが（鈴木ほか1975）、人為的自然破壊が比較的少なかったため本土の二次林とは種組成が異なり、この地域の潜在自然植生である常緑広葉樹林構成種が多く分布している（豊原・鈴木1975）。また、鈴木ほか（1975）はモミやツガ *Tsuga sieboldii*、常緑広葉樹の混交する林を極相林と考えており（島の面積の6%に相当する）、その地域は都市公園に指定されている。調査は主に都市公園内で行った。

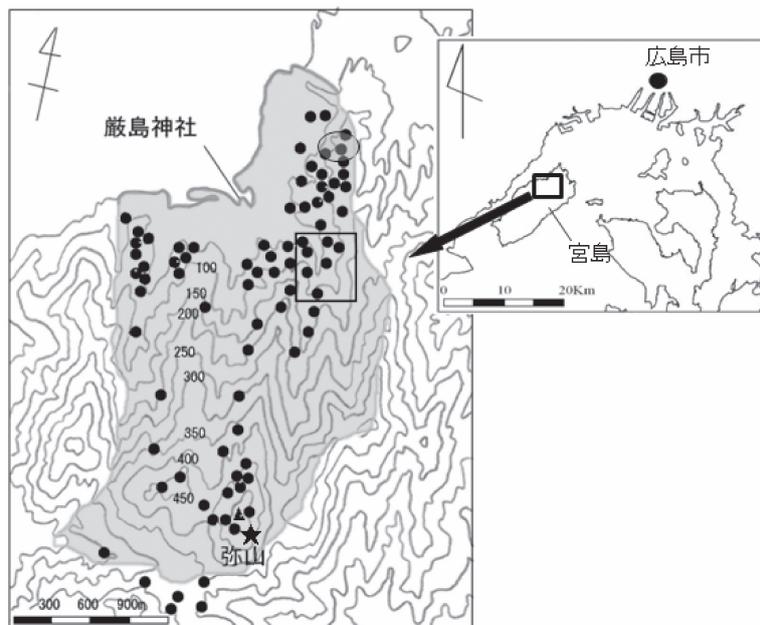


図1 調査対象地

●は広域植生調査用の15m四方の調査区を設置した場所を、□は調査区を設置した砂防ダムを、★は弥山山頂付近に位置する求聞持寺を、は長期観察用調査区を設置した位置を、薄い灰色で塗られた部分は都市公園の範囲を示す。

調査と解析方法

1. 広域植生調査

2007年8月から12月にかけて15 m四方の調査区を81個設置し(図1), 植生調査を行った。谷から尾根を越えて調査をする場合, 谷, 尾根で各1つずつ調査区を設置し, 各地形に設置した調査区数が同程度になるように配慮した。地形区分は目視によって行い, 谷-斜面下部を谷部, 尾根-斜面上部を尾根部と定義し, 斜面中部では設置しなかった。植生調査では, 調査区内に出現する全ての種子植物の植被率を階層別(高木層, 亜高木層, 低木層, 草本層)に評価し, 調査区の位置する斜面の方位, 標高を記録した。植被率は各調査区の面積(15 m×15 m)に対して5%以下, 5-10%, 10-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%に区分し評価した。

また, モミに関しては調査区内に出現した全個体の直径を測定した。ただし, 樹高130cm以上の個体は地上130cmの位置で直径を, 樹高130cm以下の個体は地際直径を測定した。

2. 広域植生調査の解析

1) 調査区の座標付け

出現頻度上位27種の植被率を変数として主成分分析を行い, 調査区の座標付けを行った。27種とはシキミ *Illicium anisatum*, イヌガシ *Neolitsea aciculata*, ヒサカキ *Eurya japonica*, ミミズバイ *Symplocos glauca*, アセビ *Pieris japonica*, モミ, サカキ *Cleyera japonica*, クロバイ *Symplocos prunifolia*, ヤブツバキ *Camellia japonica*, シロダモ *Neolitsea sericea*, ウリハダカエデ *Acer rufinerve*, マンリョウ *Ardisia crenata*, ソヨゴ *Ilex pedunculosa*, ネジキ *Lyonia ovalifolia* var. *elliptica*, テイカカズラ *Trachelospermum Asiaticum*, サルトリイバラ *Smilax china*, アラカシ *Quercus glauca*, クスノキ *Cinnamomum camphora*, アカマツ, サカキカズラ *Anodendron affine*, カヤ *Torreya nucifera*, ヤブニッケイ *Cinnamomum japonicum*, ツガ, ヤマハゼ *Rhus sylvestris*, ヤマツツジ *Rhododendron kaempferi*, ネズミモチ *Ligustrum japonicum*, クロキ *Symplocos kuroki*である。

2) 地形による成熟木, 稚樹個体数, サイズ構造の違いの解析

モミの結実年齢は60-70年とされ(藤島1930), モミの結実と直径の関係を調べた過去の研究結果(荒上1987)から結実が始まる直径を推定すると, 概ね直径35 cm以上から結実すると考えられる。よって, 本研究では便宜的に, 直径が35 cmより大きい個体を種子生産可能個体と見なし成熟木と定義した。解析ではまず, 成熟木数を地形別に集計し, 谷部と尾根部に分布する成熟木数を算出した。次に全調査区数に対する谷部・尾根部の割合と成熟木個体数の合計の積から尾根部・谷部に分布する成熟木の期待個体数を算出した。谷部・尾根部に分布する成熟木数が期待個体数と統計的有意な差があるかどうかを χ^2 検定で検定した。また, 稚樹(直径<1 cm)の地形による個体数の違いも同様に検定した。

さらに, 標高150 m未満の地域の谷部, 尾根部の調査資料を用いて直径階構造の比較解析を行った。

3) 攪乱地における植生とサイズ構造の解析

モミの稚樹は陽性立地に対する選好性が強い樹種ともいわれている。野地(1923)は, モミの母樹と保護樹帯を残して林冠鬱閉度75%程度になるよう伐採し, 地表処理で表土を露出させることによって稚樹の良好な発生と生長が認められるとしている。そのため過去に人為的攪乱を受けた地域に多く分布している可能性がある。

宮島は1945年の枕崎台風で巖島神社が被害を受けて以来, 1950-60年代にかけて多くの砂防ダムが建設された(海堀 2001)。砂防ダムは土壌を安定させるが, 一方で建設時には伐採や土砂採掘など人為的攪乱が生じるため, 攪乱に依存した植物種が定着していると考えられる。モミの分布と定着にもこのような攪乱作用が密接に絡んでいると考えられたため, 砂防ダム周辺域でモミの直径と分布を調べた。

まず15 m四方の調査区を砂防ダム周辺で9箇所設置し植生調査(各種の植被率を階層別に記録)およびモミの毎木調査を行った(図2)。植生については全植被量における各種の植被率から相対優

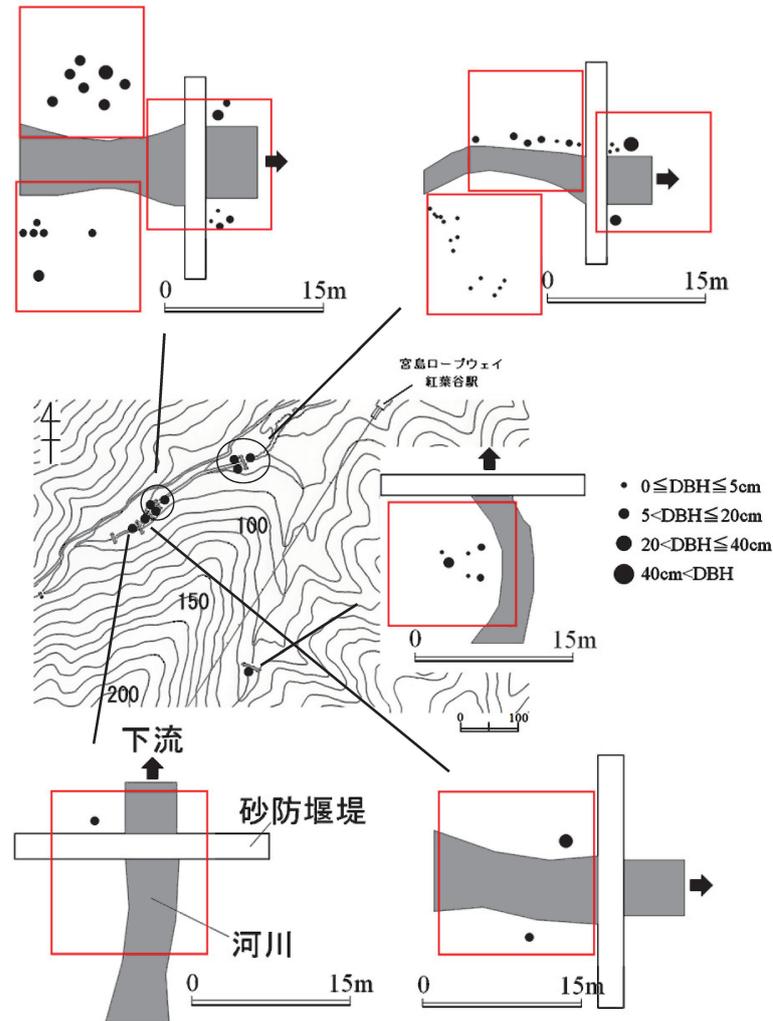


図2 砂防ダム周辺の地図

■は15 m四方の調査区を設置した場所を示す。●はモミの個体の位置を示し、●の大きさは直径の大きさを表す。

占度を算出した。モミについては直径階頻度分布図を作成した。砂防ダム建設という人為的攪乱に依存してモミがその地域で更新したのならば、砂防ダムの建設は最近50年以内に行われたと考えられるため、中径木 ($1\text{cm} \leq \text{直径} \leq 35\text{cm}$) が多く分布しているはずである。よって砂防ダム周辺に分布する中径木の個体数が谷部・尾根部のそれと比較して違いがあるかどうかを調べた。まず、中径木の個体数を谷部・尾根部・砂防ダム周辺に分けて集計した。次に全調査区数に対する谷部・尾根部・砂防ダム周辺の調査区の割合と中径木の全個体数の積から期待個体数を算出した。尾根部・谷部・砂防ダム周辺に分布する中径木の個体数が期待個体数と統計的に有意差があるかどうかを X^2 検定で検定した。

3. 長期観察用調査区

広域植生調査で得た結果を踏まえ、モミの分布、動態と環境要因との関係をより詳細に明らかにするため、長期観察用調査区を設置し、モミの全個体調査を行った。

2007年6月にポケットコンパス(牛方商会製)を用いて測量し、 $60\text{ m} \times 100\text{ m}$ (0.6ha) の長期観察用調査区を設置した(図1)。2007年10月に調査区内のモミ全個体の直径(樹高130cm以上の個体は地上130cmで、樹高130cm以下の個体は地際直径)、高さ、位置を記録した。各個体の位置はコンパスグラス(石神井計器製作所製)とトランスポンダー(Haglöf社製)を用いて角度と水平距離を測り算出した。

この調査区を60個の小区画($10\text{ m} \times 10\text{ m}$)に再区分し、各小区画の地形をYamakura et al (1995)

の方法に準じて評価した。まず、小区画の四隅の格子点の標高を用いて平均標高を算出した。次に、この小区画を囲む12の格子点の平均標高も算出し、(小区画の平均標高-周囲の平均標高) ≥ 2 ならば小区画は尾根、(小区画の平均標高-周囲の平均標高) ≤ -2 ならば谷、 $-2 <$ (小区画の平均標高-周囲の平均標高) < 2 ならば斜面とした。なお、調査区の端は調査区を拡張して標高を調べた(なお、閾値を1m, 3mにしても定性的な違いはなかった)。

また、各小区画の中央、地上高1mで、Fisheyeレンズ(FC-E8, Nikon社製)を取り付けたデジタルカメラ(COOLPIX 990, 3.34 megapixels, Nikon社製)を用いて全天写真を撮影した。その画像を画像解析ソフトHemi View(ΔT 社製)を用いて解析し、各小区画の林冠開空度を算出した。林冠開空度0-5%は“林冠が閉鎖して林床が暗い状態”, 5-20%は“適度に林冠が疎開している状態”, 20%以上は“完全に疎開している状態”, とし、各小区画を3つの光環境で評価した。

4. 長期観察用調査区の解析

1) 生育地と個体の分布の関係

林冠開空度と地形によって各小区画を9つの属性に区分した。9つの属性とは林冠が閉鎖して林床が暗い尾根(LR)・斜面(LS)・谷(LV), 適度に林冠が疎開している尾根(NR)・斜面(NS)・谷(NV), 完全に疎開している尾根(HR)・斜面(HS)・谷(HV)である。各属性の小区画数、稚樹(直径<1cm)の個体数を算出し、全区画数に対する各小区画数の割合と全個体数の積から各小区画の期待個体数を算出した。各小区画の期待個体数と実際に観察された個体数に違いがあるかどうかを χ^2 検定によって調べた。また、交互作用を調べるため、可能な全ての組み合わせ(=9通り, 各小区画とそれ以外の小区画)の多重比較を χ^2 検定を用いて行った。多重性の問題があるため、 $P < 0.05$ の場合に統計的有意な差があるとし、解析にはR2.5.0(R Development Core Team 2005)を用いた。

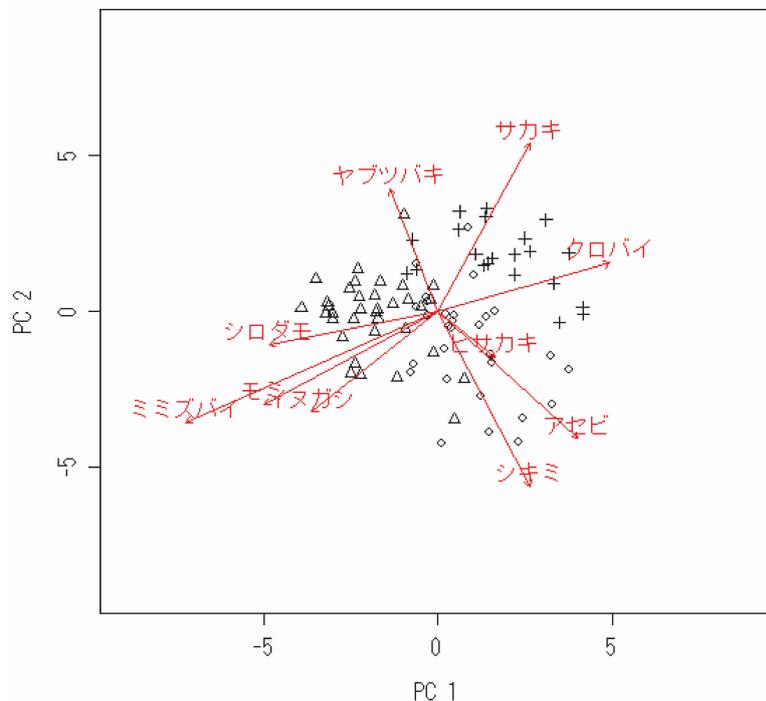


図3 主成分分析による調査区の座標付け

Δ , \circ はそれぞれ標高150 m以下の低海拔地の谷部, 尾根部に設置した調査区, $+$ は標高150 m以上の高海拔地に設置した調査区を示す。矢印は各種の主成分負荷量を示す。

結果

1. 調査区の座標付け

主成分分析による調査区の座標付けの結果を図3に示した。第一主成分は固有値4.05，寄与率15.08%，第二主成分は固有値2.97，寄与率11.00%だった。調査区を設置した立地環境（低海拔地の谷部，低海拔地の尾根部，高海拔地）によって調査区を3つのグループに分類できた。第一主成分において主成分得点が高い調査区は低海拔地の尾根部，高海拔地に設置したものであった。一般的に尾根部や高海拔地は土壌が乾燥しているため，第一主成分を「土壌の湿り具合の指標」とした。第二主成分において主成分負荷量が正で大きな値を示した種はサカキ (0.541)，ヤブツバキ (0.394)，ツガ (0.477)，負で大きな値を示した種はシキミ (-0.564)，イヌガシ (-0.324)，ミミズバイ (-0.357)，アセビ (-0.408)，ソヨゴ (-0.404)，ネジキ (-0.550)，サカキカズラ (-0.422)，ヤマハゼ (-0.466)，ヤマツツジ (-0.547) だった。本調査地においてツガは標高150 m以上の高海拔地に，ミミズバイは低海拔地に多く分布しており，第二主成分は標高と正の相関を示した ($P < 0.01$ ，ピアソンの相関係数の検定)。そのため第二主成分を「標高の指標」とした。

2. 成熟木の分布

1) 垂直分布

広域植生調査においてモミが出現した調査区の標高を，図4に示した。モミの出現した調査区のほとんどは標高150 m未満の地域だった。標高150 m未満に調査区を62箇所設置したが，そのうち57箇所にモミが出現した。標高150 m以上には調査区を22箇所設置したが，そのうちモミが出現したのは標高300 m以上に3箇所であった。

2) 地形による成熟木個体数の違い

モミが分布していた調査区で，成熟木は地形によって偏って分布

していることが分かった (χ^2 検定, $P < 0.05$, 図5)。すなわち，谷部に分布している成熟木の個体数は，尾根部に比べて有意に多かった。

3. 稚樹の分布

1) 広域植生調査における稚樹の分布

稚樹 (DBH < 1 cm) は地形によって偏って分布していることがわかった (χ^2 検定, $P < 0.01$, 図5)。すなわち，尾根部に分布している稚樹の個体数は，谷部に比べて有意に多かった。

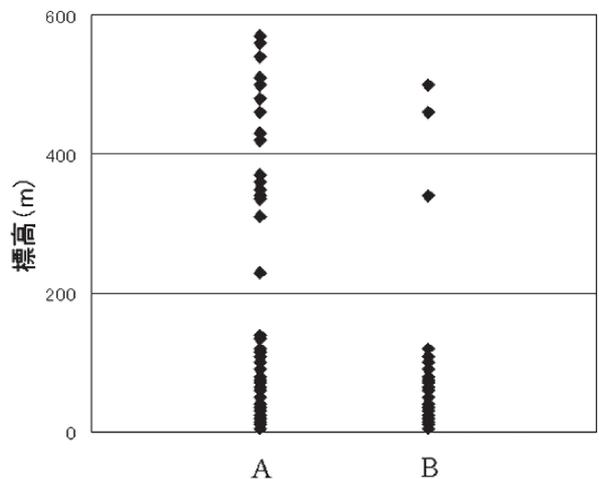


図4 標高とモミの出現頻度

Aは調査区を設置した標高，Bはそのうちでモミが出現した調査区の標高を示す。

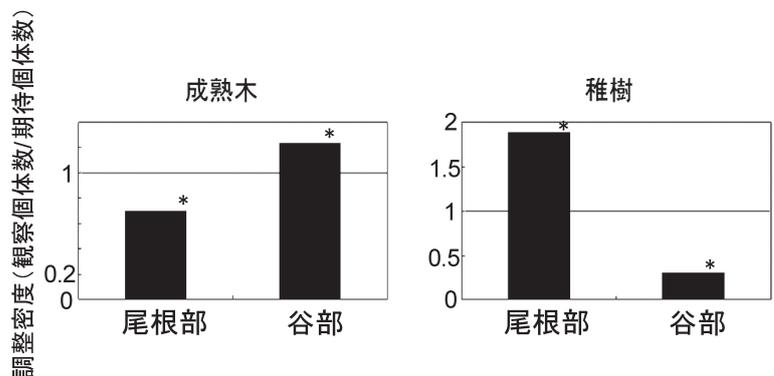


図5 地形による成熟木と稚樹の分布の偏り

尾根部と谷部の成熟木 (35 cm < 直径)，稚樹 (直径 < 1 cm) の観察個体数と期待個体数に統計的有意な差があるかを調べた。調整密度が1の場合，期待個体数と観察個体数が等しいことを表し，*は観察個体数と期待個体数に統計的な有意差があることを示す (χ^2 -Test, $P < 0.05$)。

2) 地形と林冠開空度の関係

長期観察用調査区の地形と林冠開空度の関係を示した(図6)。尾根は、斜面、谷よりも平均林冠開空度が大きいことが分かった(Fisher PLSD, $P < 0.01$)。尾根は平均林冠開空度が15%を超え、林冠木の少ない非常に明るい環境が多いことが分かった。一方で谷は平均林冠開空度が2%ほどであり、林冠木の被陰によって暗い環境であり、斜面は両者の中間程度の明るさであることが分かった。

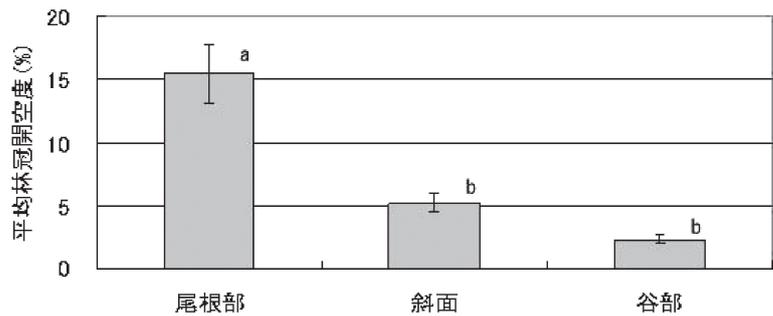


図6 林冠開空度と地形の関係

エラーバーは標準偏差を示す。アルファベットが異なるのは統計的に有意な差があることを示す (FisherのPLSD, $P < 0.01$)。

3) 稚樹の分布と生育地の関係

地形と林冠開空度が稚樹(直径 < 1 cm)の分布に与える影響を調べるための χ^2 検定の結果、地形と林冠開空度はそれぞれモミの分布に影響を与えていることが分かった(χ^2 検定, $P < 0.05$)。また、多重性検定の結果、適度に林冠が疎開した谷(NV)と斜面(NS)の個体数は、期待個体数と比べて多いことが分かった(χ^2 検定, $P < 0.05$, 図7)。また、林冠が閉鎖して林床が暗い谷(LV)の個体数は、期待個体数と比べて少ないことが分かった(χ^2 検定, $P < 0.05$)。なお、完全に疎開した谷(HV)は本調査区内には存在せず、完全に疎開した斜面(HS)に稚樹は存在しなかった。

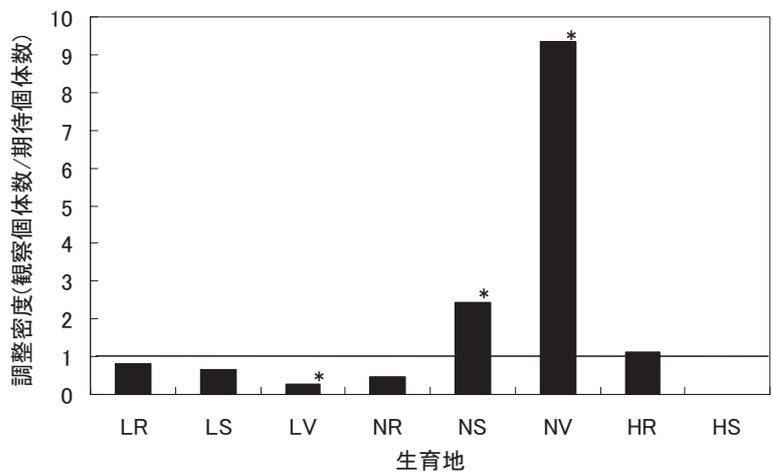


図7 稚樹の分布と生育地の関係を調べた多重性検定の結果

2つのアルファベットで生育地の環境を表し、左のアルファベットで林冠開空度(Lは林冠開空度が0-5%, Nは5-20%, Hは20%以上)を示す。右のアルファベットで地形(Rは尾根, Sは斜面, Vは谷)を示す。調整密度が1の場合、期待個体数と観察個体数が等しいことを表し、*は観察個体数と期待個体数が統計的に有意に異なっていることを示す(χ^2 -Test, $P < 0.01$)。

4. サイズ構造の違い

1) 地形によるサイズ構造の違い

モミの直径階構造を地形別に比較すると、統計的に有意に異なっていることが分かった(コルモゴロフスミルノフの二標本検定, $P < 0.05$, 図8)。すなわち、稚樹(直径 < 1 cm)は尾根部に多く、谷部

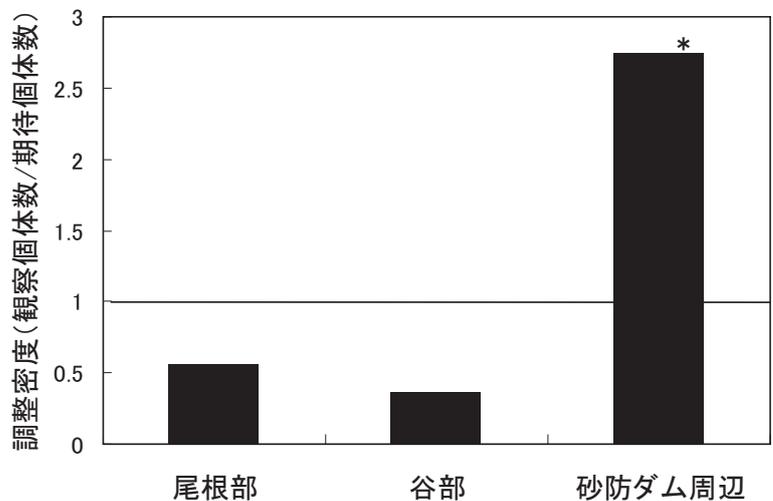


図8 尾根部と谷部、砂防ダム周辺でのモミの直径階構造

尾根部、谷部、砂防ダム周辺それぞれに出現した1調査区(15m×15m)当たりの平均個体数を直径サイズ別に示した。

に少ないことがわかった。一方、成熟木（35 cm < 直径）は谷部に多く、尾根部では少なかった。また、ともに中径木（1 ≤ 直径 ≤ 35 cm）の個体数は少ない傾向だった。

尾根部・谷部では1調査区当たり直径<1cmの個体がそれぞれ平均で31個体、5個体分布し、それ以上の階級の個体は全て平均1個体以下しか分布しなかった。

2) 攪乱地における植生とモミのサイズ構造

砂防ダムおよび周辺域の調査区における各種の相対優占度を示した（表1）。砂防ダム周辺域にはウリハダカエデやヤマハゼ、アラカシなど攪乱地や乾燥立地に多く見られる種の相対優占度が高かった。

砂防ダムおよび周辺域の9つの調査区におけるモミの直径サイズ毎の頻度分布図を作成した（図8）。その結果、1 ≤ 直径 ≤ 35 cmの個体が他の調査地に比べて多く分布していることが分かった（ χ^2 検定、 $P < 0.01$ 、図9）。

また、砂防ダムおよび周辺域においてモミは、水に浸かるような場所には分布せず、堆積地や川の流路脇、砂防ダムの脇に分布していた。

考察

1. 宮島におけるモミの更新過程

高海拔地

モミの成熟木は標高150 m未満の低海拔地に多く分布し（モミの生育する調査区の95%が標高150 m未満に分布していた）、低海拔地では尾根部よりも谷部に偏って分布していることが示唆された。モミの生育には水分条件の良好な深い土壌が必要で（中尾 1985）、宮島でもモミは土壌の深い暖斜地に多く分布していると報告されている（戸田 1975）。標高150 m以上の地域には19箇所調査区を設置し乾地性土壌でよく見られる植物が高頻度で出現した（19箇所のうちサカキ、ツガ、クロバイ、ソヨゴ、アカガシ、ネジキ、アセビ、アカマツの出現率はそれぞれ100%、78%、68%、47%、42%、42%、42%、37%）。よって、標高150 m以上の地域は土壌が乾燥しやすいためモミ

は生育しづらい可能性がある。

また、1991、1999、2004、2005年に広島県は台風による土砂災害が発生し、宮島の弥山山頂でも風倒木や幹折れなど植生に大きな被害を与えている（海堀ほか 1999、2006、谷口ほか 2005）。台風によって高海拔地のモミは大きな被害を受けたと言われているため、現在の高海拔地にはモミがあまり見られなかった可能性がある。調査時には標高400m以上の地域で台風被害を受けたモミを伐採したと思われる切り株が数本見られた。なお、台風被害後、高海拔地のモミの更新については、実生の動態など詳細な調査を行っていないため不明である。

2. 地形によるサイズ構造の違い

本研究では樹齢構成を直接調べられなかったため、直径階構造からモミの自律的更新が行われているかどうかを考察した。尾根部と谷部のサイズ構造を比較すると稚樹（直径<1 cm）は尾根部に多く、種子生産可能な成熟木（35 cm < 直径）は谷部に多く分布し、成熟木（35 cm < 直径）が谷部に多いため種子生産は主に谷部で行われている

表1 砂防ダム周辺域における植物の優占度

種名	相対優占度
ウリハダカエデ	0.1783
サカキ	0.1070
モミ	0.0802
ヤマハゼ	0.0624
シロダモ	0.0446
ヒサカキ	0.0357
アラカシ	0.0267
ミズバイ	0.0267
クスノキ	0.0267
イヌガシ	0.0267
シキミ	0.0267
ネズミモチ	0.0196
タマミズキ	0.0178
カゴノキ	0.0178
アセビ	0.0178
ミツバアケビ	0.0178
ヤブツバキ	0.0178
ハスノハカズラ	0.0178
ミヤマガマズミ	0.0089
イヌビワ	0.0089
ヤマツツジ	0.0089
マンリョウ	0.0053
テイカカズラ	0.0036

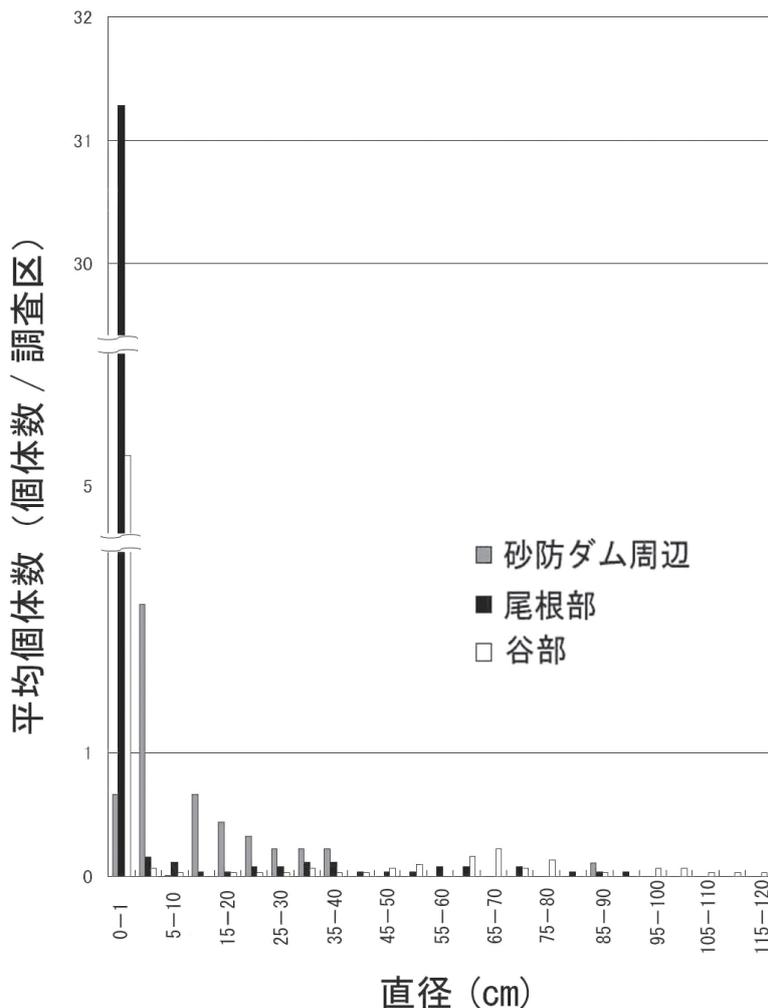


図9 砂防ダム周辺と尾根部・谷部に設置した調査区における中径木 ($1 \leq \text{DBH} \leq 35 \text{ cm}$) の個体数の比較
調整密度が1の場合、期待個体数と観察個体数が等しいことを表し、*は観察個体数と期待個体数に統計的有意差があることを示す (χ^2 -Test, $P < 0.01$)。

と示唆された。しかし、尾根部、谷部ともに中径木 ($1 \text{ cm} \leq \text{直径} \leq 35 \text{ cm}$) の個体数が少ないため、稚樹から中径木へ生長するチャンスが非常に少ないと考えられる。

林冠が疎開すれば谷部に多くの稚樹が分布すると考えられるが、図6に示したように、調査地において谷の林床は通常非常に暗く、林冠が適度に疎開した谷は非常に少ないと考えられる。

林冠が閉鎖したままでも実生は4月から5月にかけて母樹周辺に多数発生するが、林冠が閉鎖したままだと実生は生長できず、発生・消長を繰り返すことが知られている (鈴木1980, 1984; 西園ほか2001)。よって、稚樹が分布し生長するには谷で林冠が疎開する必要があると考えられる。

調査地内では砂防ダム周辺に尾根部・谷部と比

べてモミの中径木が多く分布し、個体の大きさが似通っているため、1950-60年代にかけて砂防ダムの建設が盛んだった時期に集中して更新したと考えられる。砂防ダムは谷に建設されるため、もともと土壌が深く水分条件も良い。加えて建設時には工事によって光条件が改善し、一時的に更新条件が整い更新したと考えられる。

過去の研究では、かつて人為的攪乱作用を受けた場所でモミが優占しているという報告がある。例えば、鈴木 (1981) は高知県でモミとツガ、アカマツなどが優占する林での樹幹解析の結果、かつて焼畑を行った場所でモミとアカマツが共に分布していたことを報告している。また、モミをはじめとする針葉樹の優占する林内には稚樹が少なく、数百年程度の間隔で起こる林冠の疎開によ

て林床の光環境が改善して稚樹が生長するという時間的に不連続な更新をしているという報告がある(鈴木 1979, 1980, 1981, 1984)。

よって本調査地においては母樹となりうるサイズのモミが残された状態で林冠が大きく疎開する砂防ダム周辺のような大規模な攪乱がなければ、モミが更新する機会は非常に少なく、自律的更新は困難だと考えられる。

3. 宮島におけるモミ林の成立過程の考察

低地暖温帯においてモミ林が残されている場所は社寺林として人為的攪乱から一定期間保護されてきた林が多い。特に宮島の都市公園内は厳島神社があるため人為的攪乱の少ない極相林だと考えられてきた(鈴木ほか 1975)。

数本単位の林冠木が破壊されるような小規模な攪乱パッチによって個体の更新が行われることをパッチダイナミクスと呼ぶ(宮下・野田 2003)。宮島の低海拔地のモミ林でパッチダイナミクスによってモミの自然更新が起こるのならば林床に中径木集団が形成されるはずである。なぜなら、林冠が疎開した時に林冠層まで達することができるのは、林冠が疎開される前から林床に存在していた個体であり、林冠疎開後に発芽した個体は林冠層にまで達することはできないと考えられるからである(Suzuki and Tsukahara 1987)。しかし、宮島においては砂防ダム周辺のみの中径木が見られ、そのほかの場所ではL字型のサイズ構造をしているため稚樹から中径木へと生長するチャンスが恒常的に非常に少ないと考えられる。また、本研究の調査から数本単位で林冠が疎開した場所には中径木は存在せず稚樹しか分布していない。これらのことから宮島におけるモミの更新には小規模攪乱ではなく何らかの大規模攪乱が必要だと考えられる。

過去の宮島の植生についての資料としては、江戸時代後半の頼杏坪の『芸藩通志』に毎日200人以上の住民が生活の薪を採取するため島内の雑木

を伐っていたという記述がある。さらに、大願寺所有の宮島全島の絵図(17世紀終わりから18世紀初めのもので推定)では山の樹木がアカマツ、モミとツガ、スギ*Cryptomeria japonica*、広葉樹が描き分けられているが、モミやツガと思われる樹木は神社仏閣周辺に数本描かれているのみで、現在常緑広葉樹林とモミが混交している都市公園内はほとんどアカマツしか描かれていなかった(広島大学総合博物館 第二回企画展)。絵図であるため当時の植生がどこまで反映されているかは議論の余地があるが、これらのことから現在は常緑広葉樹とモミに覆われて、鈴木ほか(1975)が極相林であるとした森林でも、江戸時代後半は人為的に伐採され、アカマツの優占する明るい林だった可能性がある。その後、明治・大正・昭和は保護・育林政策がとられたことで植生は大きく回復した(戸田 1975)。母樹さえあればモミはアカマツ林に侵入しやすいという報告もあるため(梶 1975)、当時はモミが定着しやすい環境だった可能性がある。

また、モミは古くから信仰の対象として神社仏閣の境内に植栽さえることが多かったと言われていた(松井 2005)。宮島でモミと常緑広葉樹が混交し、鈴木ほか(1975)が極相林であるとしたのは現在の都市公園内だけで、それ以外の地域でモミは見られない。このことから、都市公園内は厳島神社の背後にあり社寺林としての意味合いが濃く、意図的に母樹となりえるモミを残した可能性がある。

以上のことから、何らかの大規模攪乱なしには現在の宮島においてモミが自律的更新を行うことは難しいと考えられる。また、宮島における都市公園域はかつては人為的攪乱によってアカマツが優占し林床が明るい林で、信仰のため選択的に残されたモミの母樹から散布された種子が定着してモミ林が形成されたとも考えられ、モミの更新には人為的攪乱が関与している可能性がある。

謝 辞

本研究の遂行、実施に当たっては(財)砂防・地すべり技術センターによる「保護されたエリアでの山腹崩壊発生地における自然環境の再生に関

する研究」(代表 海堀正博准教授)による資金的支援を受けた。

引用文献

- 荒上和利(1987)九州中部山岳地帯におけるモミ・ツガ極相林の成立過程に関する研究.九州大学農学部演習林報告 57:17-107.
- 藤島信太郎(1930)造林学.養賢堂,東京
- 茨城県(編)(1978)第二回自然環境保全基礎調査.特定植物群落調査報告書
- 海堀正博・石川芳治・牛山素行・久保田哲也・平松晋也・藤田正治・三好岩生・山下祐一(1999)1999年6月29日広島土砂災害に関する緊急報告(速報).砂防学会誌 52(3):34-43.
- 海堀正博(2001)宮島の土砂災害と砂防.日本研究 1:13-20.
- 海堀正博・浦真・吉村正徳・藤本英治.(2006)2005年9月6日広島県宮島で発生した土石流災害.砂防学会誌 58(5):18-21.
- 蒲谷肇(1975)房総丘陵の植生に関する生態学的研究 I.モミ・ツガ天然林の分布と構造.東京大学農学部演習林報告 67:51-62.
- 梶幹男(1975)房総半島におけるモミ林の生態的位置に関する研究.東京大学農学部演習林報告 68:1-23.
- Kuroda, A., Kai, T., Mukai, S. & Toyohara, G (2003) Floristic composition and vertical distribution of *Abies firma*-*Tsuga sieboldii* forest of the Mt. Misen primeval forest on Miyajima Island, SW Japan. *Hikobia* 14: 15-24.
- 前迫ゆり(2004)春日山原始林の特定群落(コジイ林)における17年間の動態.奈良佐保短期大学紀要 11:37-43.
- 松井圭介(2005)樹木信仰からみた日本の風土と森林文化.日本山岳文化学会論集 2:37-45.
- 宮下直・野田隆史(2003)群集生態学.東京大学出版会,東京
- 中尾登志雄(1985)九州におけるモミ・ツガ林の生態学的研究.宮崎大学農学部演習林報告 11:1-165.
- 奈良市教育委員会(1985)奈良市現存植生調査報告
- 西園朋広・神蘭博明・吉田茂二郎・今田盛生(2001)霧島山系におけるモミ・ツガ極相林の施業に関する研究(Ⅳ)-択伐林内の光環境の変化とモミ・ツガ稚樹の伸長成長.九州大学大学院農学研究院学芸雑誌 55(2):149-159.
- 野地策三(1923)とがさわら,つが,ひのき,もみ天然下種更新試験.林試彙報 10:21-62.
- R Development Core Team (2005) Royal: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria
- 佐方華子(1965)春日山の暖帯林植生.奈良女子大学生物學會誌 15:21-24.
- 鈴木英治(1979)ツガ極相林の更新 I.樹幹解析によって推定した成熟林分の動態.日本生態学会誌 29:375-386.
- (1980)ツガ極相林の更新 II-約260年前および50年前におこった2回の更新過程-.日本生態学会誌 30:333-346.
- (1981)ツガ極相林の更新 IV-久保谷山周辺の温帯針葉樹林植生-.日本生態学会誌 31:421-434.
- (1984)暖温帯におけるモミ・ツガ林の更新.遺伝 38(4):56-62.
- Suzuki, E. & Tsukahara, J (1987) Age structure and regeneration of old growth *Cryptomeria japonica* forests on Yakushima Island. *Bot. Mag. Tokyo* 100: 223-241.
- 鈴木兵二・豊原源太郎・神野展三・福嶋司・石橋昇(1975)厳島(宮島)の森林植生.厳島の自然-総合学術調査研究報告:133-151.
- 谷口義信・内田太郎・木村寛・落合博貴・海堀正博・久保田哲也・笹原克夫・地頭蘭隆・清水収・下川悦郎・寺田秀樹・寺本行芳・日浦啓全・吉田真也(2005)2005年9月台風14号による土砂災害.砂防学会誌 58(4):46-53.
- 谷本丈夫(1992)筑波山の植生.(つくばの自然誌/学園都市の自然と親しむ会編)筑波山:42-52.
- 戸田春光(1975)宮島(宮島)の土壌.厳島の自然-総合学術研究報告:101-116.
- 豊原源太郎・鈴木兵二(1975)厳島(宮島)と本土の

アカマツ林の比較研究. 巖島の自然－総合学術研究
報告: 119-131.
Yamakura, T., Kanzaki, M., Itoh, A., Ohk-ubo, T., Ogino, K.,

Chai, OKE., Lee, HS., & Ashton, PS (1995) Topography
of a large-scale research plot established within a tropical
rain forest at Lambir, Sarawaku. *Tropics* 5: 41-56.