

## 論文

ヤクスギ天然林 3 固定試験地における林分構造とその動態解析<sup>\*1</sup>

高嶋敦史<sup>\*2</sup> ・ 舩木順二<sup>\*2</sup> ・ 光田 靖<sup>\*3</sup>  
 吉田茂二郎<sup>\*4</sup> ・ 村上拓彦<sup>\*4</sup> ・ 今田盛生<sup>\*4</sup>

高嶋敦史・舩木順二・光田 靖・吉田茂二郎・村上拓彦・今田盛生：ヤクスギ天然林 3 固定試験地における林分構造とその動態解析 九州森林研究 56：42-47, 2003 ヤクスギ天然林内に設置された、いずれも面積 1 ha の 3 固定試験地の第 1 回 (1973年), 第 2 回 (1988～91年), 第 3 回 (1998～2002年) 測定結果を基に, その林分構造と動態を明らかにした。解析では, 第 1 回測定と第 2 回測定の間を I 期, 第 2 回測定と第 3 回測定の間を II 期とする。ヤクスギを含む針葉樹の胸高断面積比は, 高い試験地で全体の 77～86%, 低い試験地で 66～68% だった。直径階別本数分布は, 全立木では天然林の異齢林の典型的な型を呈し, 針葉樹だけでは正規分布に近い形を呈した。枯死は巨大な台風が襲来した II 期に多く見られた。特に, 針葉樹の大径木の枯死は II 期に集中していた。進界も同様に II 期に多く見られた。しかし, 進界の大半は低木性の広葉樹で, 針葉樹の更新はほとんど見られなかった。行列モデルを用いた動態予測では, ヤクスギを含む針葉樹の個体数は減少し, 大径木の割合が増加するという結果が得られた。

キーワード：ヤクスギ, 屋久島, 天然林, 行列モデル

Takashima, A., Masuki, J., Mitsuda, Y., Yoshida, S., Murakami, T. and Imada, M.: **The structure and dynamics of three permanent plots of natural *Cryptomeria japonica* stands on Yakushima Island Kyushu J. For. Res. 56: 42-47, 2003** Three permanent plots of natural *Cryptomeria japonica* stands were established in Yakushima in 1973. Each of the plots is one ha and has been measured three times (first: 1973, second: 1988-91, third: 1998-2002). In this study, the term between first measurement and second measurement is called first period, and between second and third is second period. This study aims to examine the structure and dynamics of natural *Cryptomeria japonica* stands by analyzing the obtained data. The relative basal area of conifers including *Cryptomeria japonica* was 77-86% at high value plot and 66-68% at low value plot. The DBH distribution of all trees showed the typical pattern of natural uneven-aged forest and conifers showed almost normal distribution. The mortality of all species happened more frequently at second period with a strong typhoon. Especially, the mortality of large conifers happened intensively at this period. The ingrowth increased at this period, too. However, most of the ingrowth species were broadleaved trees and conifers were very rare. The future stand structure predicted by a matrix model indicated that the number of conifers including *Cryptomeria japonica* would decrease and the proportion of large trees would increase.

Key words: *Cryptomeria japonica*, Yakushima, natural stand, matrix model

## I. はじめに

屋久島は, 九州本土最南端の佐多岬から南へ約 70km の場所に位置する, 面積約 500km<sup>2</sup> のほぼ円形の島である。中心部には, 標高 1,935m の宮之浦岳とそれを取り囲む 1,800～1,900m 級の峰が連なっており, 狭い範囲で典型的な植生の垂直分布を見てとれる。この屋久島の標高 800～1,800m 地点には, ヤクスギ天然林が広く分布している (1)。スギ天然林は, 北限・青森県鱈ヶ沢町矢倉山国有林から南限・屋久島まで広く分布しているものの, 屋久島のようにまとまっている例は限られる (2)。よって, このヤクスギ天然林はスギの自然条件下での動態を解明できる貴重な林と言える。ヤクスギ天然林に関しては, 過去に荒川流域におい

て林分構造と過去の動態を明らかにした研究 (3) や, 4ヶ所の固定試験地で, 設定時と約 15 年経過時の 2 時点の測定結果をもとに, その林分構造と成長を明らかにした研究 (4) などが存在する。本研究では, 後者の研究で用いられた 4 試験地のうち 3 試験地で完了した 3 度目の測定までのデータを使用し, より長期的な林分動態の把握を試みた。解析は樹種構成, 直径階別本数分布, 枯死, 進界について行い, 行列モデルを用いた動態予測に反映できるようにした。

<sup>\*1</sup> Takashima, A., Masuki, J., Mitsuda, Y., Yoshida, S., Murakami, T. and Imada, M.: The structure and dynamics of three permanent plots of natural *Cryptomeria japonica* stands on Yakushima Island

<sup>\*2</sup> 九州大学大学院生物資源環境科学府 Grad. Sch. Biores. and Bioenvir. Sci., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

<sup>\*3</sup> 宮崎大学農学部 Fac. Agric., Miyazaki Univ., Miyazaki 889-2192

<sup>\*4</sup> 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

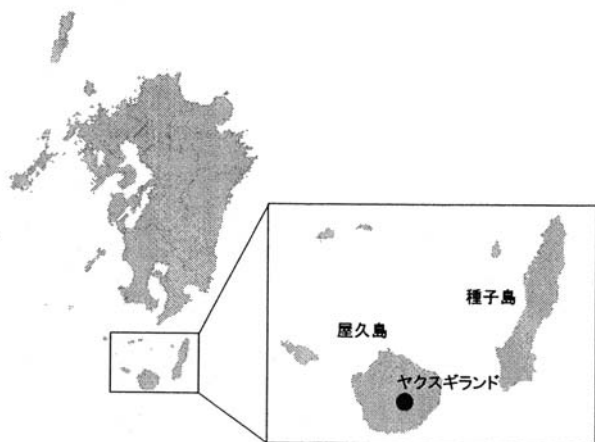


図-1. 対象地周辺図

## II. 対象地

対象地は、図-1で示す鹿児島県熊毛郡屋久町のヤクスギランド(屋久島自然休養林[荒川地区])内に位置する「小花山」,「天文の森」,「二人だけの小径」の3つの固定試験地である。面積はそれぞれ100m×100mの1haで(表-1),内部は20m×20mのブロック25個に区分されている。ヤクスギ天然林は、江戸時代の1642年に伐採が開始されて以来(5),明治維新に至る約200年の間に大部分が伐採利用された。これらの3試験地もその後形成された二次林と考えられる。また、屋久島の森林は台風により被害を受けることが多い。最近では1993年の第13号で多大な被害を受けたとされている(6)。

表-1. 3固定試験地の概要

	標高	斜面方向	第1回測定	第2回測定	第3回測定
小花山	1,100m	南西	1973	1988	1998
天文の森	1,200m	南	1973	1988	2001
二人だけの小径	1,000m	北東	1973	1991	2002

## III. 調査方法

測定対象は胸高直径(DBH)4cm以上の全ての立木で、それらについて樹高、DBHを測定した。なお、便宜上1回目の測定と2回目の測定の間をI期、2回目の測定と3回目の測定の間をII期と呼ぶことにする。

## IV. 解析方法

樹種構成は胸高断面積と個体数を指標にした。直径階別本数分布は階級幅5cmで把握した。林分の階層構造については、DBHを因子として判別分析(7)を行った。また、枯死と進界についても解析を行った。さらに、行列モデルを用いて針葉樹の動態をとらえた。今回用いた行列モデルの基本式は下記のとおりである。

$$\vec{N}(t+1) = A\vec{N}(t) + \vec{I}(t+1) \quad (1)$$

ただし、 $N$ :期末本数、 $I$ :進界本数、 $A$ :遷移行列である。遷移行列は進級率(期間内に直径階が上がる確率)、停止確率(期間内に直径階が変化しない確率)、進界本数(期間内に最小直径階に進級してくる個体数)から成る。これらの値には、実測値から得られたデータを用いた。ここでは、期間内に起こる全ての事象は進級、停止、枯死の3とおりに分類される。なお、攪乱要素として対象地に甚大な被害をもたらす台風(瞬間最大風速50m以上とする)は、表-2に示す過去の記録(6)から49年間に2個襲来していたことが判明した。よって、このような台風の襲来頻度は25年に1度程度と仮定した。今回の測定では、I期が15~18年間、II期が10~13年間でありI期とII期の合計は25~29年間である。よって、台風被害が見られなかったI期、見られたII期の遷移行列を交互に組み合わせることによって、台風による攪乱を取り入れた行列モデルを組んだ。予測は、誤差を抑えつつ傾向を把握できるよう、I期II期の組み合わせを5回繰り返す時点まで行った。よって、小花山では第3回測定の125年後の2123年、天文の森では140年後の2141年、二人だけの小径では145年後の2147年の結果を提示している。

表-2. 戦後の大型台風

年月日	名称	瞬間最大風速(m/s)
1951.10.14	第15号	41.4
1954.09.24	洞爺丸	35.2
1955.09.28	第22号	48.2
1957.09.05	第10号	42.6
1961.09.14	第2室戸	47.1
1964.09.23	第20号	57.5
1985.08.30	第13号	45.7
1989.07.27	第11号	49.5
1990.09.19	第19号	44.4
1990.09.28	第20号	47.6
1993.09.01	第13号	59.1

注:最大瞬間風速は種子島測候所の測定値

## V. 結果および考察

### 1. 樹種構成

小花山では、スギの胸高断面積合計は1973年に83.6m<sup>2</sup>/ha、1988年に89.9m<sup>2</sup>/ha、1998年に85.3m<sup>2</sup>/haとなっていた(図-2)。II期に減少しているが、これはDBH250cm、胸高断面積4.9m<sup>2</sup>の「蛇紋杉」をはじめとする大径木に枯死が発生したためと考えられる。胸高断面積比は、3期間を通じてスギが75.0~76.5%を占めていた。針葉樹はスギ以外に存在しなかった。広葉樹では、大径木のヤマグルマがI期II期を通じて13.9%から10.7%に減少していた。全個体数は、1973年が1,038本、1988年が1,040本、1998年が1,233本だった(図-3)。個体数比は、スギがI期II期を通じて20.5%から15.5%に減少していた。サクラツツジもI期II期を通じて38.0%から32.0%に減少していた。一方、ハイノキはI期で3.2%から5.6%に微増した後、II期では5.6%から16.1%へと大きく増加していた。シキミは13.9~15.1%で推移し

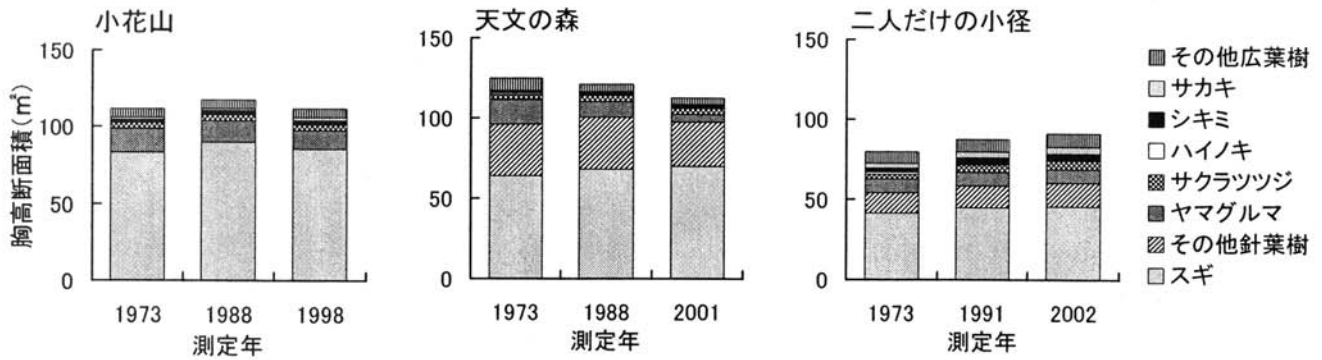


図- 2. 胸高断面積別樹種構成

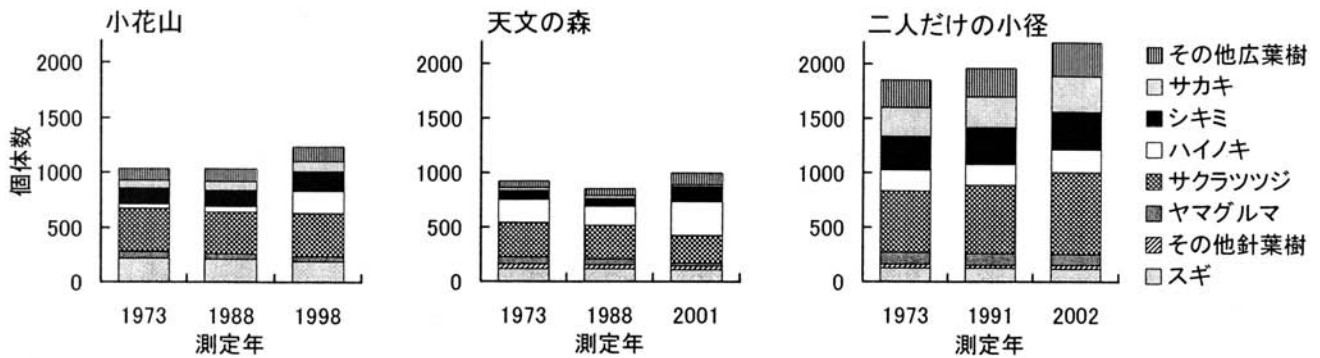


図- 3. 個体数別樹種構成

ていた。

天文の森では、スギの胸高断面積合計は1973年に64.1m<sup>2</sup>/ha、1988年に68.3m<sup>2</sup>/ha、2001年に70.3m<sup>2</sup>/haと増加傾向にあった。その他の針葉樹では、モミとツガの胸高断面積合計がⅡ期にそれぞれ16.1m<sup>2</sup>/haから13.7m<sup>2</sup>/ha、16.4m<sup>2</sup>/haから13.3m<sup>2</sup>/haへと減少していた。これらも大径木の枯死が原因とみられる。針葉樹全体では、Ⅰ期に増加した後Ⅱ期に減少するという、小花山と同じ傾向が見られた。胸高断面積比は、スギがⅠ期Ⅱ期を通じて51.3%から62.2%まで増加していた。モミは12.1~13.3%、ツガは11.8~13.6%で推移していた。一方、ヤマグルマはⅠ期Ⅱ期を通じて12.2%から4.7%に減少した。ヤマグルマの枯死に伴う減少が、相対的にスギの割合を増加させたと考えられる。全個体数は、1973年が924本、1988年が851本、2001年が1,000本だった。個体数比は、スギがⅠ期に13.1%から13.9%まで微増するものの、Ⅱ期では10.9%へと減少していた。サクラツツジは、Ⅰ期Ⅱ期を通じて35.1%から25.6%に減少していた。小花山でⅡ期に大きく増加したハイノキは、天文の森でもⅠ期では22.7%から19.9%に減少するものの、Ⅱ期には19.9%から30.4%まで大きく増加していた。シキミは、Ⅰ期Ⅱ期を通じて8.7%から13.5%に増加していた。

二人だけの小径でも、スギの胸高断面積合計は1973年に41.3m<sup>2</sup>/ha、1991年に44.9m<sup>2</sup>/ha、2002年に45.9m<sup>2</sup>/haと増加傾向にあった。他の針葉樹(ツガ・モミ・ヒノキ)を合計しても、徐々に増加する傾向にあった。胸高断面積比は、スギが50.2~

51.6%を占めていた。ツガは13.6~14.3%、モミは1.5%、ヒノキは0.6~0.7%で推移していた。全個体数は、1973年が1,852本、1991年が1,963本、2002年が2,200本で、小花山、天文の森の約2倍に及んだ。個体数比は、スギがⅠ期Ⅱ期を通じて7.1%から5.5%に減少していた。広葉樹ではサクラツツジが30.0~34.3%で推移していた。また、他の2試験地では値の低いサカキが13.9~14.7%を占めているのが特徴的だった。小花山と天文の森のⅡ期で大きく増加していたハイノキは、二人だけの小径ではⅠ期に10.6%から9.9%に減少し、Ⅱ期でも9.9%から9.4%に減少していた。シキミは15.8~16.7%で推移していた。二人だけの小径では、全体的に主要樹種の胸高断面積比、個体数比の変動がほとんど見られなかった。

3試験地を比較すると、小花山がスギの純度の高い林分、天文の森はスギにモミ・ツガが混交する林分、二人だけの小径はスギにツガが主に混交する林分といえる。広葉樹に関しては、全体的にサクラツツジが高い割合を占めていた。シキミも一定の割合を占めていた。ハイノキとサカキは試験地間の出現頻度に差が見られたが、これは試験地の位置、地形、斜面方位等の要因が関係していると考えられる。

#### 2. 直径階別本数分布

全林木を対象にした直径階別本数分布は、3試験地ともL字型を呈し、天然林の異齢林の特徴を示した(図-4)。次に針葉樹だけに着目すると、3試験地ともDBH110cm以下の個体はおおよそ正規分布に近い形を呈した。また、それより大きな個体は一様

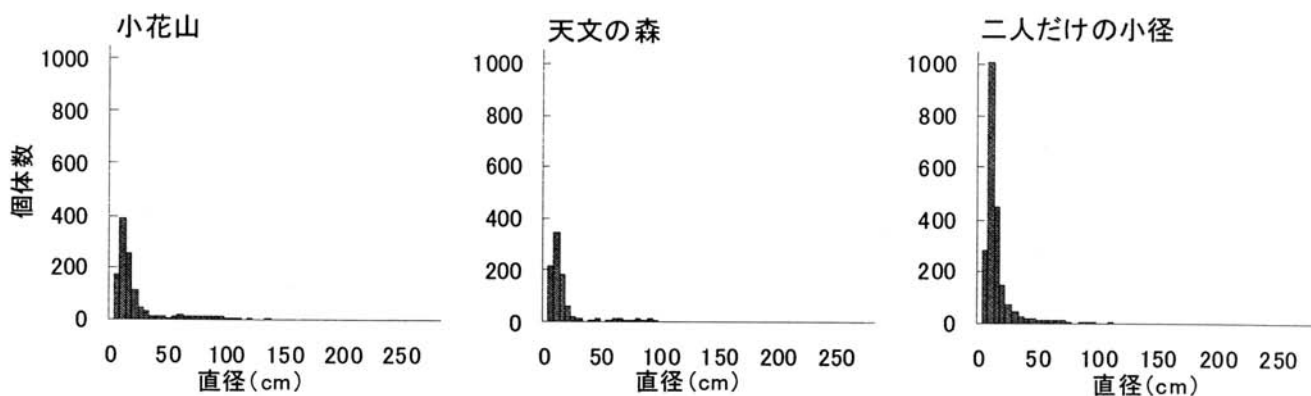


図-4. 第3回測定時の直径階別本数分布 (全立木)

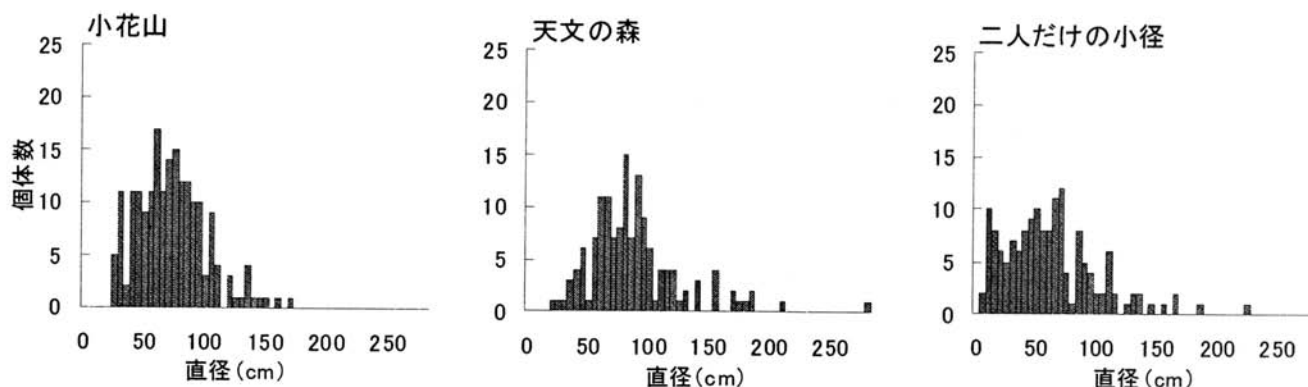


図-5. 第3回測定時の直径階別本数分布 (針葉樹)

分布に近い形を呈した (図-5)。DBH110cm より大きな個体は、江戸時代の強度伐採の際に伐採を免れたもの、DBH110cm 以下の個体はその後一斉更新で発生したものと考えられる。また、針葉樹の分布を判別分析により2階層に分けると、小花山と天文の森では閾値がDBH110cm 付近に出現するのに対し、二人だけの小径では同70cm 付近に出現した。二人だけの小径は、DBH70~80cm の個体が少なく、江戸時代の伐採の後にも何らかの攪乱を受けたものと考えられる。さらに二人だけの小径には、小花山と天文の森にほとんど存在しないDBH20cm 以下の針葉樹の個体が26個存在していることも、特徴的である。

### 3. 枯死

枯死木は、小花山と天文の森においてはI期よりII期のほうが多かった。小花山ではII期がI期の2.4倍、天文の森では1.5倍に及んだ (表-3)。これは、1993年の台風13号等による大きな攪乱があったためと考えられる。一方、二人だけの小径の枯死木は、II期がI期の0.9倍と逆の結果が出た。よって、二人だけの小径は、II期の間に大きな攪乱を受けていないといえる。よって、枯死にも樹種構成と同様に試験地の位置、地形、斜面方位等の要因が関係していると考えられる。また、針葉樹の直径階別枯死率に着目すると、I期はDBH40cm 以下の個体に枯死が偏って発生していた (図-6)。一方、II期ではDBH50cm 以下の枯死率がI期を大きく上回り、同70cm 以上でも枯死が発生していた。

表-3. 試験地別枯死本数

試験地	I期	II期
小花山	99(7)	235(15)
天文の森	183(5)	275(15)
二人だけの小径	271(6)	235(8)

※ ( ) 内は針葉樹

### 4. 進界

進界木は大半が広葉樹であった。小花山と天文の森ではハイノキ、サクラツツジ、シキミが多く、二人だけの小径では、上記の3樹種とサカキが多かった。本数はI期よりII期に多く、小花山で4.2倍、天文の森で3.9倍、二人だけの小径で1.2倍に及んだ (図-7)。II期における増加は、攪乱による影響で多くのギャップが生じたためと考えられる。しかし、ここでも二人だけの小径は大きな攪乱を受けていないことがわかる。針葉樹は、小花山と天文の森では2期間を通じて1本も存在せず、二人だけの小径でI期に3本 (うちスギ2本)、II期に4本 (うちスギ3本) 存在するだけだった。ヤクスギ天然林内において、スギの更新はほとんど起きていないと言える。

### 5. 動態予測

行列モデルを用いた針葉樹の動態予測の結果を、直径階別本数分布の推移で表した (図-8)。個体数は、3試験地とも減少している。具体的には、小花山が191本 (1998年) から135本 (2123年)、天文の森が141本 (2001年) から89本 (2141年)、二人だけ

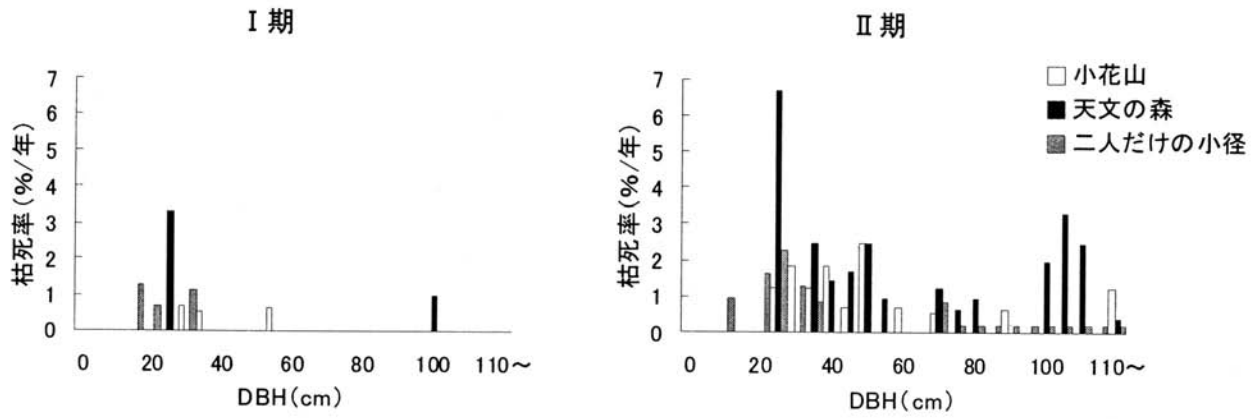


図-6. 針葉樹の直径階別枯死率

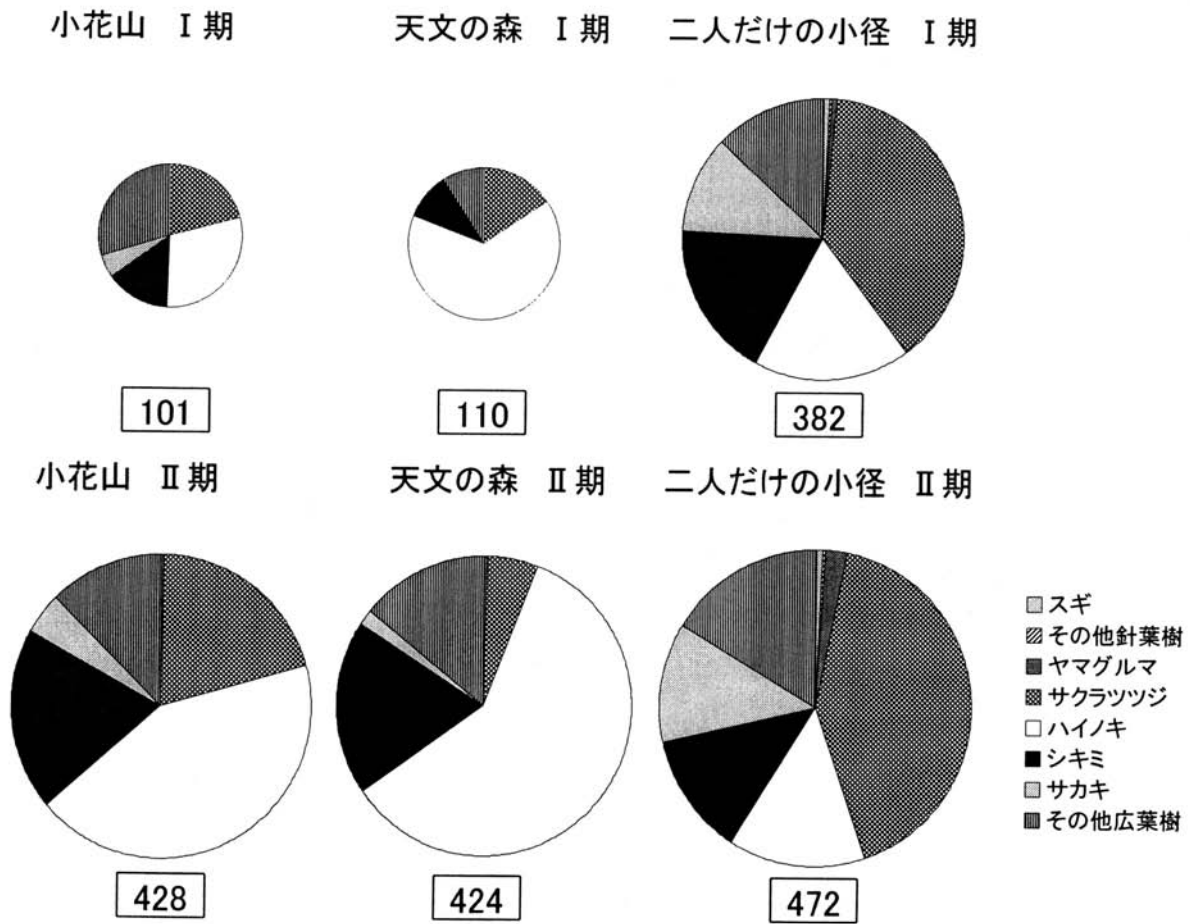


図-7. 樹種別進界木割合  
(□内は進界本数, 円の面積は本数に比例する)

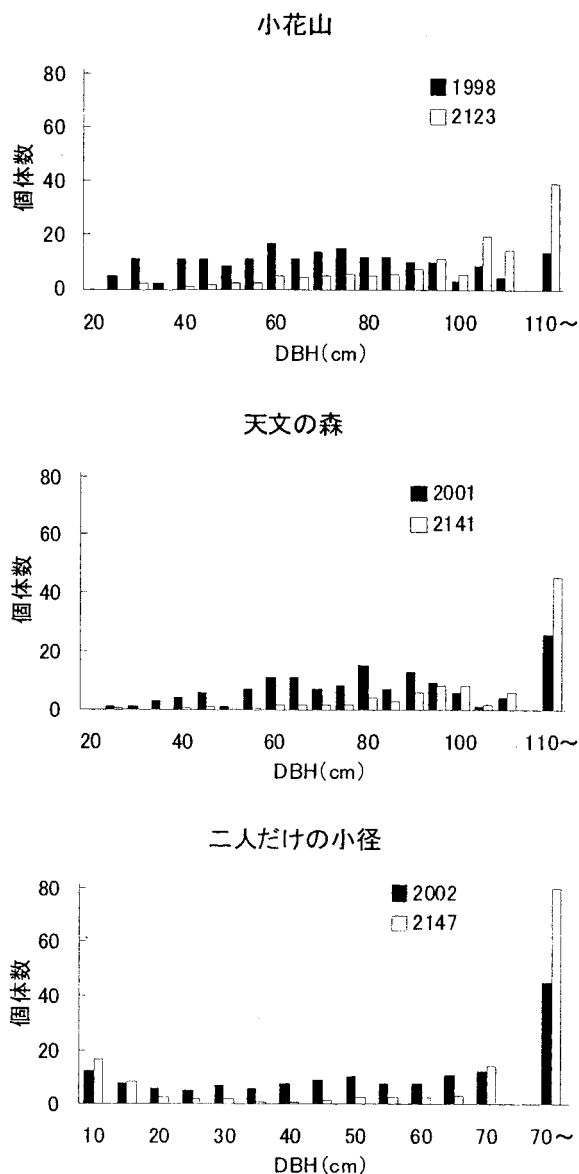


図-8. 針葉樹の動態予測結果

の小径が155本（2002年）から140本（2147年）となった。小花山と天文の森では大幅な減少が見られるが、これは枯死が多いにもかかわらず、進界がまったく見られないためと考えられる。一方、二人だけの小径は、減少のペースが他の2つの試験地ほど速くない。これは逆に、枯死が少なかったにもかかわらず多少の進界が存在したためと考えられる。また、大径木の割合が増加する傾向も見てとれた。これは、進界がほとんど存在せず、さらにDBH50cm以下の個体は枯死率が高いという結果が影響しているものと考えられる。

## VI. おわりに

今回の調査結果から、ヤクスギ天然林においてヤクスギの個体数は減少し、そこに生じたギャップにはハイノキを中心とした低木性の広葉樹が多く侵入しているという短期動態を見てとれた。しかし、ギャップを形成したとされる1993年の台風13号から第3回測定までは5～9年しか経過しておらず、樹齢1,000年を超えるヤクスギ天然林の更新システムや長期動態を解析するには、さらなる継続調査が必要と考えられる。

## 引用文献

- (1) 宮脇昭 (1980) スギ林, (日本植生誌 屋久島, 376pp, 至文堂, 東京) 59-65, 85-97.
- (2) 前田禎三 (1983) 天然分布, (スギのすべて, 坂口勝美監修, 629pp, 全林協, 東京), 8-27.
- (3) Suzuki, E. and Tsukahara, J. (1987) Botanical Magazine Tokyo 100: 223-241.
- (4) 吉田茂二郎・今永正明 (1990) 日林誌 72 (2): 131-138.
- (5) 鹿屋営林署 (1954) 屋久杉の研究: 20-44.
- (6) 石井弘ほか (1996) 平成7年度文部省科研報告書 (課題番号06660914), 2-10.
- (7) Inoue, A. *et al.* (1998) J. Forest Planning. 4: 35-38.

(2003年1月8日 受理)