

青木ヶ原樹海針葉樹林の動態；林分構造の 13 年間の変化

城取陽一郎¹・山村靖夫¹・中野隆志²・安田泰輔²・大塚俊之³

(2016 年 10 月 31 日受付 2017 年 8 月 21 日受理)

Dynamics of Aokigahara coniferous forest ; changes in the stand structure for 13 years

Yoichiro SHIROTORI¹, Yasuo YAMAMURA¹, Takashi NAKANO²,
Taisuke YASUDA², Toshiyuki OHTSUKA³

要 旨

青木ヶ原樹海針葉樹林におけるツガ・ヒノキ混交林の遷移過程とギャップ更新機構を解明するために、2000 年に設置した永久方形区を再調査し、13 年間の植生変化を解析した。方形区内はツガとヒノキの優占する「ツガパッチ」とヒノキ・ツガと落葉広葉樹が混交する「落葉樹パッチ」に区分され、各パッチでの樹木の加入、生残、成長から遷移過程を推定した。「ツガパッチ」の林冠木では、幹の平均肥大成長速度はツガよりヒノキのほうが有意に高かった。また、両調査年での稚樹の個体数は、ツガよりもヒノキが多かった。このことから、「ツガパッチ」はヒノキ優占林へ変化すると推測された。「落葉樹パッチ」では、「ツガパッチ」と同様にツガよりヒノキの方が高い成長を示し、ヒノキは林冠層に達していたが、ツガは達していなかった。また、ヒノキに比べ、ツガの成木（高さ 1.3 m 以上）の新規加入数は少なく、成木の枯死数は多かった。このことから、「落葉樹パッチ」の遷移では、ツガ優占林を経ずにヒノキ優占林に変化すると推測された。「落葉樹パッチ」の林冠を形成している落葉樹のうち、ミズメの成長速度は林冠の針葉樹よりも有意に高いが、ミヤマザクラの成長速度は針葉樹と有意差がなかった。ギャップに侵入・定着した先駆種の多くは早い段階で衰退するが、ミズメは針葉樹林の林冠木として単木的に残存することができると考えられた。

キーワード：青木ヶ原樹海、ギャップ更新、植生遷移、ツガ、ヒノキ

I 序論

北半球の温帯針葉樹林は日本から台湾、中国南部、ヒマラヤにつながる地域、アメリカ合衆国北西部、カナダ西部に存在する（飯泉・菊池 1980；酒井 1995；Parish and Antos 2004；Nagal et al. 2014）。日本の温帯針葉樹林は、暖温帯から冷温帯にまたがる中間温帯および冷温帯に存在し、典型的な種としてモミ及びツガが優占する（山中 1979）。このような針葉樹林としては、九州山地のモミ・ツガ林、四国山地のツガ・ヒノキ・モミ林などが挙げられ、これまでに種構成や林分構造、遷移過程、更新機構について研究が行われている（鈴木 1979, 1980, 1981a,b；國崎・今田 1998；酒井ほか 1998；岡野 1999；別所ほか 2009）。一方で土地的極相とみなされる温帯の針葉樹

林も存在する。そのような針葉樹林は尾根筋や急斜面、蛇紋岩上、溶岩流上などの特殊な立地に成立し（山中 1957, 1979；飯泉・菊池 1980）、これまでに種構成や林分構造、遷移過程、更新機構についていくつかの研究が行われている（蒲谷 1975；藤原ほか 2003；Hoshino et al. 2003）。しかしながら、溶岩流上に土地的極相として成立した針葉樹林の研究は少なく、その更新・維持機構は明らかになっていない。

青木ヶ原樹海は富士山北西麓の溶岩流上に成立したヒノキ *Chamaecyparis obtusa* とツガ *Tsuga sieboldii* が優占する常緑針葉樹林である（宮脇 1971；沼田・岩瀬 2002）。日本の山地帯においてはブナ林などの夏緑広葉樹林が気候的極相となるが、青木ヶ原樹海では常緑針葉樹林が土地的極相として成立しているとい

1. 茨城大学理学部 2. 山梨県富士山科学研究所 3. 岐阜大学流域圏科学研究センター

Corresponding author: Yasuo YAMAMURA E-mail: yasuo.yamanura.sci@vc.ibaraki.ao.jp

われている（山中 1979；沼田・岩瀬 2002）。青木ヶ原樹海針葉樹林の遷移については、常に小規模な破壊と更新が起き、動的平衡に達していることが推定されており（大賀・沼田 1971）、アカマツ林からツガ林を経てヒノキ林に至る遷移系列が存在するとされている（呉ほか 1989）。

一方で、青木ヶ原樹海針葉樹林内には落葉広葉樹も高い常在度で生育している。大塚ほか（2008）は、青木ヶ原樹海針葉樹林内に永久方形区を設置し、針葉樹林内でのパッチ構造の解析と針葉樹林内に存在する落葉広葉樹の生態学的な位置づけの検討を行った。その結果として、ツガ・ヒノキ混交林はやがてヒノキ林へ遷移していくこと、林冠ギャップが形成されると、ミズメ *Betula grossa* やミヤマザクラ *Prunus maximowiczii* などの落葉広葉樹が先駆性パッチを形成することを推定した。しかしながら、ツガ・ヒノキ混交林がどのような過程を経てヒノキ林へ遷移するか、また、林冠ギャップに形成された先駆樹種パッチがどのような過程を経て針葉樹林に遷移するかは明らかでない。ツガ・ヒノキ混交林の遷移過程とギャップ更新過程をより明確にするためには、さらに長期間の追跡調査を行うことが必要である。

本研究の目的は、長期間の追跡調査に基づいて青木ヶ原樹海針葉樹林におけるツガ・ヒノキ混交林の遷移過程とギャップ更新機構を解明することである。そのために、大塚ほか（2008）が 2000 年に設置した永久方形区を再調査し、13 年間の植生変化を解析した。

II 方法

1. 調査地

本研究は、山梨県南都留郡鳴沢村および富士河口湖町に属する青木ヶ原樹海で行った。青木ヶ原樹海は標高約 900 m から 1300 m に広がる青木ヶ原丸尾と呼ばれる溶岩流上に成立した針葉樹林であり、その面積は約 3000 ha である。青木ヶ原丸尾は、西暦 864 年から 866 年に富士山の寄生火山の 1 つである長尾山付近から流出した玄武岩質の溶岩からなり、全体としては扇型の傾斜地である（高橋ほか 2007）。

調査は、ヒノキとツガが優占する針葉樹林内に 2000 年に設置された永久方形区（50 m × 50 m；標高約 1030 m；35° 28′ N, 138° 40′ E）で行った。この調査区は 2001 年と 2005 年に植生調査が行われており、樹高 1.3 m 以上の個体はナンバーテープにより標識され、樹種、位置、胸高直径が記録されており、個体の生残・枯死を追うことができる。調

査地の地表は溶岩が露出し、土壌は未発達である。調査地から約 9 km 離れた気象庁河口湖特別地域気象観測所（標高：859.6 m；35° 30′ N, 138° 46′ E；<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> 2014 年参照）によると、年平均気温は 10.7 °C、最暖月平均気温は 8 月の 22.4 °C、最寒月平均気温は 2 月の - 0.2 °C、年降水量は 1523 mm であった。青木ヶ原樹海の気温はこれより低く、年降水量は 2000 mm を越える（宮脇 1971）。

2. 植生調査

樹高 1.3 m 以上の個体を成木、当年生実生を除く樹高 1.3 m 未満の個体を稚樹と定義し、それぞれについて調査を行った。

永久方形区を 25 個の小方形区（10 m × 10 m）に分割し、小方形区ごとに 2001 年の調査時に標識した成木の生残・枯死の確認と胸高直径（DBH）の測定を行った。また、新たに成木に加入した個体に標識をつけ、位置と DBH を測定した。

それぞれの小方形区を 4 区画（5 m × 5 m）に分け、そこに出現するすべての稚樹の個体数を樹種ごとに数えた。

3. データ解析

今回の調査で得られたデータと 2001 年のデータから、幹の平均肥大成長速度を下記の式で計算し、解析を行った。

$$\text{平均肥大成長速度 (cm year}^{-1}\text{)} = (D_{14} - D_{01}) / t$$

D_{01} ：2001 年の調査時の DBH (cm)
 D_{14} ：2014 年の調査時の DBH (cm)
 t ：調査間隔（13 年）

大塚ほか（2008）は TWINSpan により群落を「ツガパッチ」と「落葉樹パッチ」に分類し、解析を行った。「ツガパッチ」の林冠はツガとヒノキに占められ、少数のミズメが出現する。「落葉樹パッチ」の林冠にはミズメやミヤマザクラなどの落葉広葉樹が出現するとともに、ヒノキも出現し、中・下層にはツガとヒノキの小径木が見られる。「ツガパッチ」と「落葉樹パッチ」は異なる形成時期のギャップに成立した林分と見なすことができる（大塚ほか 2008）。そこで本研究においてもこの分類された 2 つのパッチについて、異なるパッチごとの林分構造の変化の解析をおこなった。

III 結果

1. 樹木の生残と成長

永久方形区内では30種の樹木が出現した。13年間で各種の幹数はほとんどの種において減少し、特にソヨゴやコミネカエデなどの亜高木種とアセビやクロソヨゴなどの低木種で減少が大きかった(図1)。

方形区全体の胸高断面積合計(BA)は2001年から2014年で60.93 m²ha⁻¹から63.88 m²ha⁻¹に増加した。BAが特に大きいヒノキとツガでは、ヒノキのBAが増加した一方で、ツガはほとんど変化し

なかった。また落葉広葉樹では、ミズメのBAの増加が大きかった(図2)。

永久方形区における各樹種のDBHクラス頻度分布の13年間の変化では、DBH 10 cm以下のサイズクラスにおいて主要構成種4種(ヒノキ、ツガ、ミズメ、ミヤマザクラ)以外の種の幹数が大きく減少した(図3)。また、落葉広葉樹のミズメとミヤマザクラの頻度分布のピークはより大きいクラスに移行した。

方形区全体の樹木についての樹高1.3 m以上への

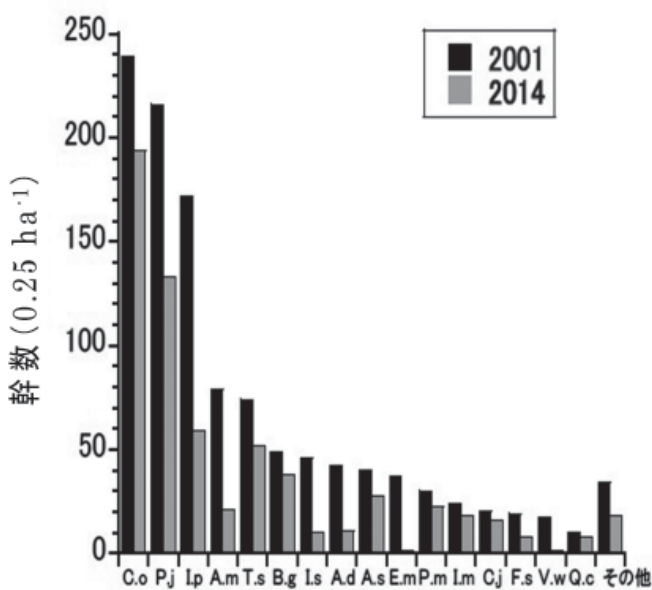


図1. 永久方形区における各樹種の幹数の変化

黒塗り部分は2001年、灰色の部分は2014年を示す。C.oはヒノキ *Chamaecyparis obtusa*、P.jはアセビ *Pieris japonica*、I.pはソヨゴ *Ilex pedunculosa*、A.mはコミネカエデ *Acer micranthum*、T.sはツガ *Tsuga sieboldii*、B.gはミズメ *Betula grossa*、I.sはクロソヨゴ *Ilex sugerokii*、A.dはヒトツバカエデ *Acer distylum*、A.sはコハウチワカエデ *Acer sieboldianum*、E.mはヒロハツリバナ *Euonymus macropterus*、P.mはミヤマザクラ *Prunus maximowiczii*、I.mはアオハダ *Ilex macropoda*、C.jはクマシデ *Carpinus japonica*、F.sはマルバアオダモ *Fraxinus sieboldiana*、V.wはミヤマガマズミ *Viburnum wrightii*、Q.cはミズナラ *Quercus crispula*をそれぞれ示す。その他にはヒメコマツ *Pinus parviflora*、リョウブ *Clethra barvinervis*、コシアブラ *Acanthopanax sciadophylloides*、タカノツメ *Evodiopanax innovans*、シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*、ベニドウダン *Enkianthus cernuus*、ツリバナ *Euonymus oxyphyllus*、ナンキンナナカマド *Sorbus gracilis*、イタヤカエデ *Acer mono* var. *marmoratum*、ウラジロモミ *Abies homolepis*、ダケカンバ *Betula ermanii*、ネジキ *Lyonia ovalifolia* var. *elliptica*、バイカウツギ *Philadelphus satsumi*、ハリモミ *Picea torano*を含む。

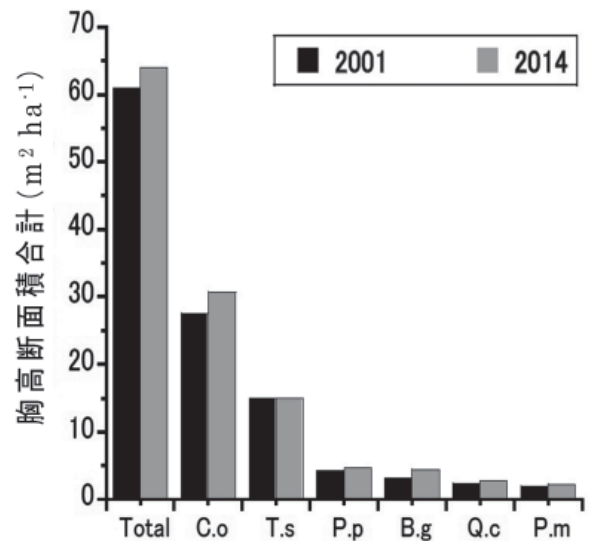


図2. 永久方形区全体と主要構成種の胸高断面積合計(BA) 黒塗り部分は2001年、灰色の部分は2014年を示す。Totalは全種の合計、C.oはヒノキ、T.sはツガ、P.pはヒメコマツ、B.gはミズメ、Q.cはミズナラ、P.mはミヤマザクラをそれぞれ示す。

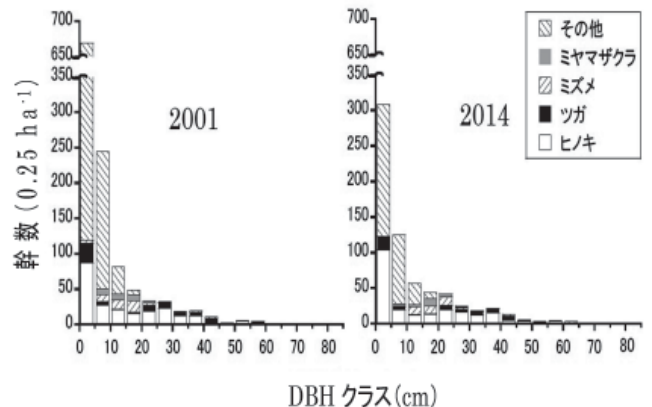


図3. 永久方形区における各樹種のDBHクラス幹数分布の変化

左の図は2001年、右の図は2014年をそれぞれ示す。その他は主要構成種4種(ヒノキ、ツガ、ミズメ、ミヤマザクラ)以外の種を含む。

加入、成長によるサイズクラス移行および枯死個体の数を DBH クラスごとに図 4 に示す。枯死個体は DBH 15 cm 以下のクラスに集中し、その数は加入個体数を大きく上まわった。

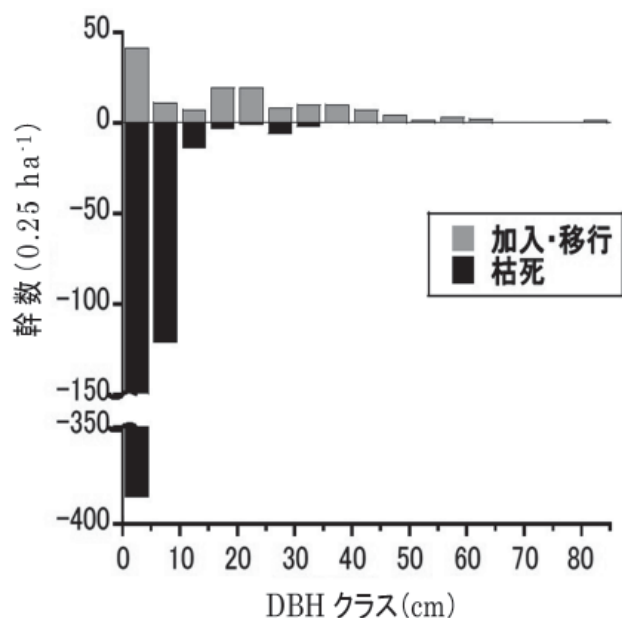


図 4. 永久方形区全体の加入・移行および枯死個体の DBH クラス頻度分布
加入・移行は、DBH クラスが 0-5 cm では成木（樹高 1.3 m 以上）に加入した個体を、DBH クラスが 5 cm 以上ではより大きい DBH クラスへ移行した個体を示す。枯死個体数は負の値として示す。

2. 各パッチ内の林分構造と幹数の変化

2001 年の時点で「ツガパッチ」と「落葉樹パッチ」の林分構造の違いが明らかだったので（大塚ほか 2008）、パッチごとに林分構造の変化を解析した。2001 年と 2014 年の各パッチでの主要構成種 4 種の DBH クラス頻度分布を比較すると、「ツガパッチ」の林冠層は両年ともヒノキとツガが優占し、新規加入は 4 種のうちヒノキのみで見られた（図 5）。また、より大きい DBH クラスへの移行は他の種に比べてヒノキが多かった。「落葉樹パッチ」の林冠層は主にミズメ・ミヤマザクラ・ヒノキが優占していた（図 5）。新規加入はヒノキとツガで見られたが、ツガよりもヒノキの加入が多かった。また、ツガは新規加入よりも枯死が多かった。成長による DBH クラスの移行はミズメ・ミヤマザクラ・ヒノキで多く、ツガでは全くなかった。

2001 年には、ヒノキとツガの稚樹は「落葉樹パッチ」に多く出現し、「ツガパッチ」にはあまり出現しなかった（大塚ほか 2008）。また、落葉広葉樹のミズメとミズナラはどちらのパッチにも全く出現しなかった。一方 2014 年では、ヒノキとツガは両パッチに多数見られ、ツガよりもヒノキの個体数が多く、特にヒノキは「落葉樹パッチ」に多く出現した（図 6）。ミズメとミヤマザクラは小さい個体のみが両パッチに出現し、ミズナラは全く出現しなかった。

3. 各パッチでの主要構成種の幹の肥大成長速度

ヒノキ、ツガ、ミズメ、ミヤマザクラの DBH クラス別の平均幹肥大成長速度を二つのパッチに分けて示した（図 7）。それをみると、「ツガパッチ」ではヒノキの 5-15 cm のクラスの成長速度は低いが、15 cm 以上のクラスでは成長速度が高く、25 cm 以上ではツガよりも有意に高かった（ $P < 0.05$; Tukey - Kramer の多重比較）。一方「落葉樹パッチ」では、ヒノキが出現するすべての DBH クラスでヒノキとツガの成長速度に有意差はなかった。また、落葉広葉樹は 25 cm 以上のクラスには出現せず、ミズメの成長速度は 15-25 cm のクラスで針葉樹よりも有意に高いが（ $P < 0.05$ ）、ミヤマザクラの成長速度は針葉樹と有意差はなかった。

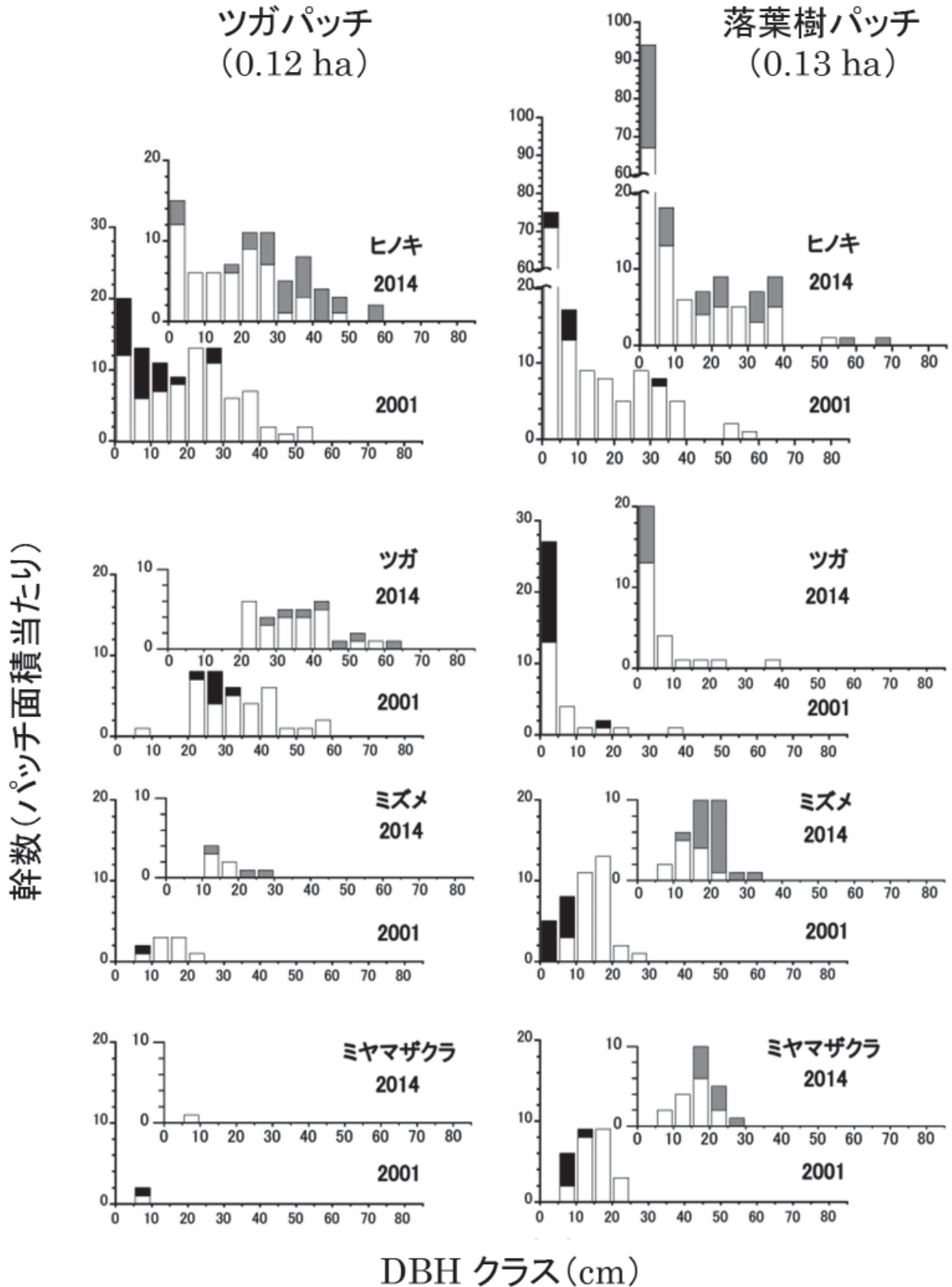


図5. パッチ別主要構成種のDBHクラス幹数分布
 左の列が「ツガパッチ」(面積 0.12 ha)、右の列が「落葉樹パッチ」(面積 0.13 ha)を示す。それぞれの種について2001年と2014年のDBHクラス幹数分布を示す。2001年の図中の黒塗り部分は2014年までの枯死を、2014年の図中の灰色の部分は成木(樹高 1.3 m 以上)への加入(DBHクラス 0-5 cm)とより大きいDBHクラスへの移行(DBHクラス 5 cm 以上)を示す。

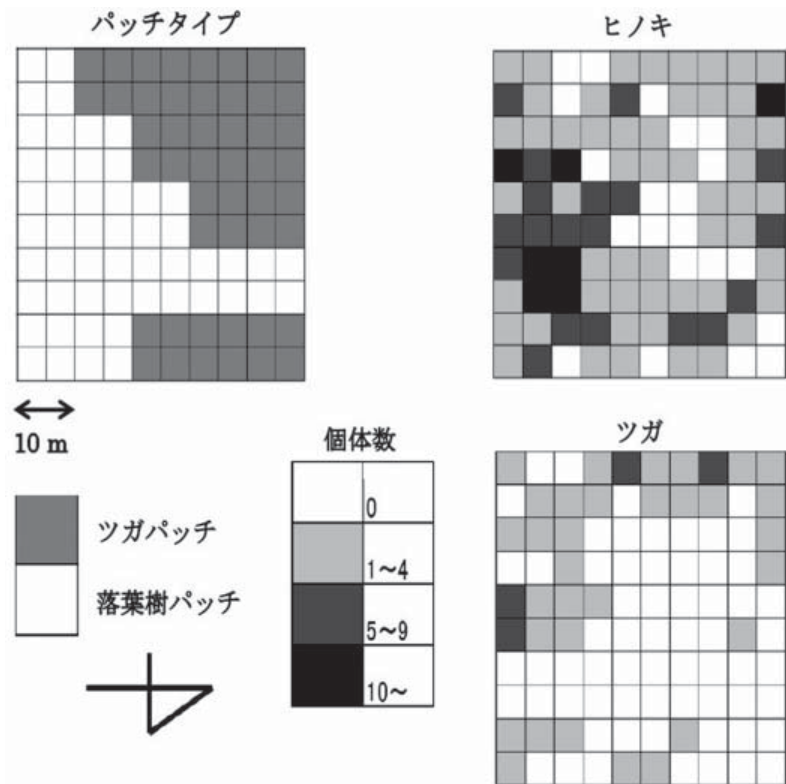


図6. 2014年におけるヒノキとツガの稚樹の空間分布
各区画に出現する個体数は、図中の表のように明暗で示す。

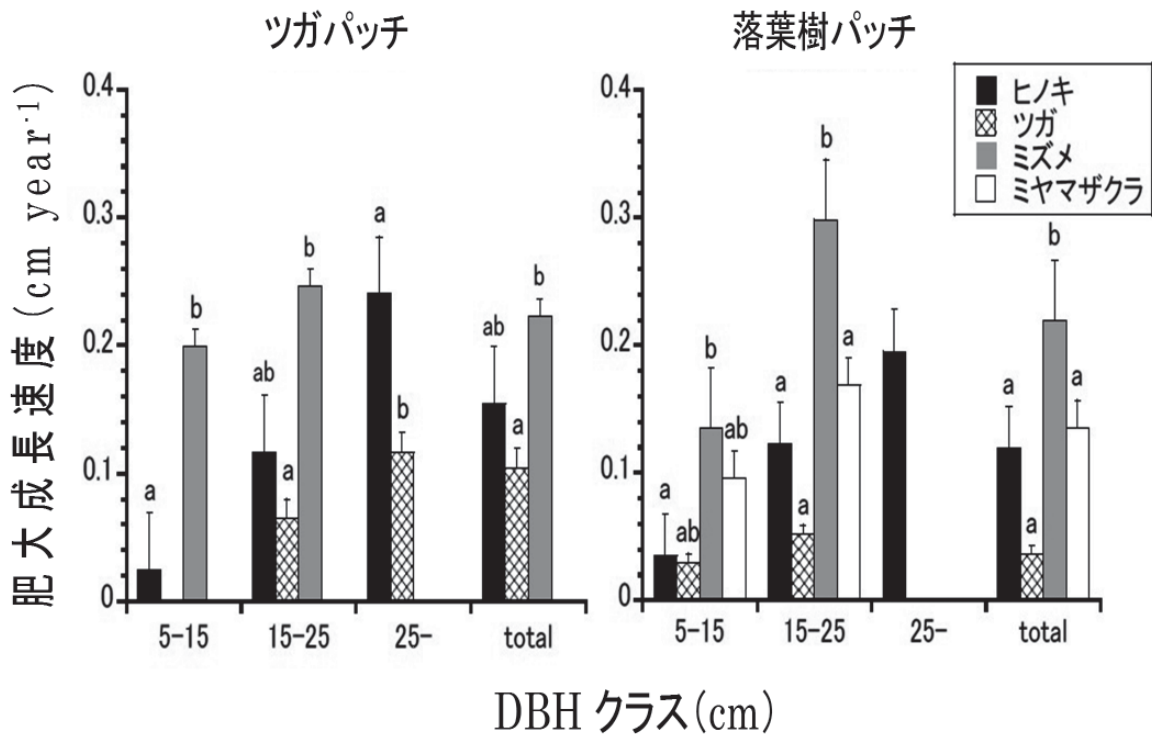


図7. 主要構成種4種のDBHクラス別の平均肥大成長速度

左の図は「ツガパッチ」、右の図は「落葉樹パッチ」の平均肥大成長速度を示す。エラーバーは標準誤差を示す。図中のアルファベット文字の違いは、有意差 ($P < 0.05$) があることを示す。同じサイズクラスの中での種間の平均値の差を、Tukey - Kramer の多重比較によって検定した。

IV 考察

1. 永久方形区のエ分構造の変化

永久方形区全体では13年間にでほとんどの種の幹数が減少し、特に小径木の枯死は加入数をはるかに上まわる速度で進行した。結果として成木の幹密度は13年間で当初の56%に減少した。その一方で林分全体の胸高断面積合計(BA)は4.8%増加しており、林分のバイオマスが増加したことを示した。表1は、BAの値で上位6種のBA値とその比率として計算した相対優占度(RD%)を2001年と2014年で比較したものである。6種のRDの合計は89.0%から93.2%に増加し、特にヒノキの優占度の増加が最も大きく、反対にツガの優占度は減少した。以上のことから、永久方形区内のエ分は発達の上途にあり、幹密度の減少を伴って、大径木が成長することで、ヒノキ優占のより成熟した森林に移行していると考えられる。

樹種	2001年		2014年	
	BA(m ² ha ⁻¹)	RD(%)	BA(m ² ha ⁻¹)	RD(%)
ヒノキ	27.51	45.1	30.71	48.1
ツガ	14.98	24.6	14.92	23.4
ヒメコマツ	4.27	7.0	4.58	7.2
ミズメ	3.16	5.2	4.38	6.9
ミズナラ	2.38	3.9	2.73	4.3
ミヤマザクラ	1.94	3.2	2.23	3.5
6種合計	54.23	89.0	59.54	93.2
全種合計	60.93		63.88	

表1. 林冠を構成する主要樹種6種の胸高断面積合計(BA)と相対優占度(RD)の13年間の変化

2. ヒノキとツガの更新特性

呉ほか(1989)は、青木ヶ原樹海の針葉樹ではアカマツ林からツガ林を経てヒノキ林へ至る遷移系列が存在すると推定した。また、大塚ほか(2008)は、「ツガパッチ」においてヒノキより相対的に初期成長の早いツガが先に侵入して林冠を形成し、その後ヒノキが侵入して現在のツガ・ヒノキ混交林が形成されたことを樹齢データから明らかにし、ツガ・ヒノキ混交林はヒノキ林へ遷移すると推定した。「ツガパッチ」の13年間に於いても、林冠に達している25 cm以上のサイズクラスではツガよりもヒノキの平均肥大成長速度が有意に高く(図7)、実生・稚木の加入数も、ツガよりもヒノキが多かった(図5,6)。本研究の結果は、ツガ・ヒノキ混交林がやがてヒノ

キ林へ遷移するとする推定(呉ほか1989;大塚ほか2008)を支持する。

一方「落葉樹パッチ」では、ヒノキは林冠層に達していたが、ツガは達していなかった(図5)。また、成木(樹高1.3 m以上)への加入とより大きいDBHクラスへの移行はツガよりもヒノキが多く、ツガは枯死が多かった。この結果は、「落葉樹パッチ」の遷移過程は「ツガパッチ」のそれと異なり、ツガ優占林を経ずに、ヒノキ優占林に遷移することを示唆する。一時的に落葉広葉樹の林冠が形成されることがヒノキ優占パッチの形成に関わっていると考えられる。

「落葉樹パッチ」と「ツガパッチ」の遷移過程の違いには光環境が関係するかもしれない。酒井ほか(1998)は四国のヒノキ、ツガ、モミを主体とする天然林において、種子散布と実生の発生・消長について検討し、実生の定着が光に依存する度合いがヒノキ、ツガ、モミの順に高く、ヒノキがより大きな攪乱に適応していると推定した。永久方形区の「落葉樹パッチ」は1300 m²以上の面積をもち、規模の大きな攪乱によって生じた広い林冠ギャップに形成されたと見られる。ギャップ地の光環境はギャップの面積に依存するので、このギャップが形成された当初の光環境は、ツガよりヒノキにとってより好適であったと考えられる。また、落葉樹パッチは、春の展葉前(4月)において、林床の相対光量子密度がツガパッチよりも高い(大塚ほか2008)。これらのことから、「落葉樹パッチ」においては、ツガよりもヒノキの実生の定着や成長が良いために、ツガが林冠層に達する前にヒノキが林冠層に達したと推定される。しかしながら、この推定は広大な青木ヶ原樹海の一部のエ分で得られた結果であり、標高やギャップ規模によって遷移過程は異なるかもしれない。よって、今後より広域的に様々な面積のギャップやパッチを調査し、ギャップを介したこの遷移過程が一般的なものであるか検証する必要がある。

3. 落葉広葉樹の更新特性

「落葉樹パッチ」の林冠を形成する落葉広葉樹のうち、ミズメの成長速度は針葉樹よりも有意に高いが、ミヤマザクラの成長速度は針葉樹と有意差がなかった(図7)。また、ミズメのDBH 5 cm以上の個体はツガパッチにも出現するが、ミヤマザクラはツガパッチにはほとんど出現しない(大塚ほか2008)。このことから、ギャップに侵入・定着した

先駆種の多くは早い段階で衰退するが、ミズメは針葉樹林の林冠木として単木的に残存することができると考えられる。

4. 動的平衡と土地的極相

呉ほか(1989)は、植生図によってツガ優占林は標高の低い場所で多く、ヒノキ優占林は標高の高い場所で多いことを示した。アカマツ林からツガ林を経てヒノキ林へ至る遷移系列(呉ほか1989)が青木ヶ原針葉樹林に一般的であると仮定すると、標高の低い場所では何らかの要因により遷移が遅れたため、ツガ優占林が多い可能性が示唆される。本研究では中程度の標高にある「ツガパッチ」と「落葉樹パッチ」からなる林分がヒノキ優占林への遷移途上にあることが示された。したがって、青木ヶ原樹海針葉樹林が溶岩流上での土地的極相林(山中1979; 沼田・岩瀬2002)として動的平衡状態に達している(大賀・沼田1979)か、それともいまだ遷移途上にあるのかという問題について、より詳しい調査に基づく検討が必要である。

5. 遷移過程への環境要因と人為的攪乱等の影響

鈴木(1980,1981b)は四国のヒノキやモミなどの針葉樹を交えたツガ天然林において更新過程を検討し、針葉樹林の攪乱後の更新では攪乱前に存在していた前生稚樹が大きな役割を果たすだけでなく、攪乱後に発生した実生もツガ、ヒノキともに更新に関与することを報告した。しかしながら、このツガ天然林ではツガ優占からヒノキ優占への遷移の方向は認められず、その点で青木ヶ原針葉樹林とは異なる遷移過程を有していると思われる。この違いには気候や土壌・地形・地質などの環境要因が関係するかもしれない。鈴木(1980,1981b)が調査したツガ天然林は標高が400 mから870 mにあり、気候的には暖温帯上部に属する。急傾斜地が多く、土壌は浅く露岩も多い。基岩は頁岩と砂岩の互層で、埴土または礫質埴土で覆われている。一方青木ヶ原樹海は標高が900 mから1300 mであり、冷温帯気候に属し、溶岩流上に成立し(高橋ほか2007)、土壌は未発達である。このような気候や土壌・地形・地質などの環境要因の違いがツガとヒノキの更新過程に影響し、遷移過程の違いが生じているかもしれない。

また四国のツガ天然林と青木ヶ原針葉樹林では、過去の人為的攪乱がヒノキの樹齡構造や分布に影響

している可能性が示唆されている(鈴木1981b; 清藤1991; 大塚ほか2008)。そのため、両調査地における針葉樹林の遷移過程の違いには人為的攪乱が関わっている可能性もあり、今後の検討が必要である。

富士山山麓の山地帯、亜高山帯の森林ではニホンジカによる樹木の食害が顕著になっており、森林の維持と保全、生物多様性への影響が懸念されている。青木ヶ原樹海でもウラジロモミなどの針葉樹やミズキ、リョウブなど数種の広葉樹で樹皮剥ぎの被害が頻繁に観察される。永久調査区内では目立った食害は観察されなかったが、ニホンジカの食害が青木ヶ原樹海の樹木の更新と森林の遷移に与える影響について調査する必要がある。

V 謝辞

本研究をおこなうにあたり、茨城大学の堀良通名誉教授、遠藤泰彦教授、及川真平准教授に貴重な助言をいただいた。また、茨城大学理学部生態学研究室の白土和麿氏、鍋田健人氏、紺野由佳氏、宮内直樹氏には野外調査を手伝っていただいた。これらの方々に厚く御礼申し上げる。

VI 引用文献

- 別所直樹, 上條隆志, 小川みふゆ, 津山幾太郎(2009) 異なる立地におけるウラジロモミの更新様式の違いとその要因. 植生学会誌 26: 89-102
- 藤原佳香, 辻村千尋, 青木賢人, 小泉武栄(2003) 河畔に発達するアカマツ林の分布とその規定要因. 学芸地理 58: 23-35
- Hoshino D, Nishimura N, Yamamoto S (2003) Effects of canopy conditions on the regeneration of major tree species in an old-growth *Chamaecyparis obtuse* forest in central Japan. *Forest Ecology and Management* 175: 141-152
- 飯泉茂, 菊池多賀夫(1980) 植物群落とその生活. 東海大学出版会, 東京, pp.53-55,63
- 蒲谷肇(1975) 房総丘陵の植生に関する生態学的研究 1. モミ-ツガ天然林の分布と構造. 東大演報 67: 51-62
- 國崎貴嗣, 今田盛生(1998) 九州中部山岳地帯におけるアカマツ-ツガ・モミ二次林の林分構造. 森林計画誌 30: 15-23
- 宮脇昭(1971) 富士山の植生「富士山-富士山総合

- 学術調査報告書一」(国立公園協会編). 富士急行, 東京, pp.695
- Nagel TA, Svoboda M, Kopal M (2014) Disturbance, life history traits, and dynamics in an old-growth forest landscape of southeastern Europe. *Ecological Applications* 24(4): 663-679
- 沼田真, 岩瀬徹 (2002) 図説日本の植生. 講談社学術文庫, 東京
- 大賀宣彦, 沼田真 (1971) 富士山における遷移系列とその解析「富士山－富士山総合学術調査報告書一」(国立公園協会編). 富士急行, 東京, pp.422-455
- 岡野哲郎 (1999) 九州山地のモミ・ツガ天然林における12年間の林分構造の変化. *日林誌* 81 (1): 1-9
- 大塚俊之, 横澤隆夫, 大竹勝 (2008) 富士北麓青木ヶ原溶岩流上における針葉樹林の構造と動態. *植生学会誌* 25: 95-107
- Parish R, Antos JA (2004) Structure and dynamics of an ancient montane forest in coastal British Columbia. *Oecologia* 141: 562-576
- 酒井昭 (1995) 植物の分布と環境適応－熱帯から極地・砂漠へ－. 朝倉書店, 東京, pp.82
- 酒井武, 倉本恵生, 大黒正, 田淵隆一 (1998) ヒノキ、ツガ、モミの種子散布と実生の発生・消長. *森林応用研究* 7: 71-74
- 清藤城宏 (1991) 富士山青木ヶ原におけるヒノキ天然林の樹齢とその分布. *日本林学会関東支部論文集* 42: 33-36
- 鈴木英治 (1979) ツガ天然林の更新 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
- 鈴木英治 (1980) ツガ天然林の更新 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
- 鈴木英治 (1981a) ツガ天然林の更新 III. 針葉樹稚樹が少ない林冠ギャップ下の更新とギャップ形成時の一推定法. *日本生態学会誌* 31: 307-316
- 鈴木英治 (1981b) ツガ天然林の更新 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
- 高橋正樹, 松田文彦, 安井真也, 千葉達朗, 宮地直道 (2007) 富士火山貞観噴火と青木ヶ原溶岩「富士火山」(荒牧重雄・藤井敏嗣・中田節也・宮地直道編). 山梨県環境科学研究所, 富士古田, pp.303-338
- 呉建業, 中村俊彦, 濱屋稔夫 (1989) 富士山青木ヶ原における針葉樹林の分布と群落構造. *東大農学部演習林報告* 81: 69-94
- 山中二男 (1957) 四国地方のヒノキ林について. *日本生態学会誌* 6 (4): 149-152
- 山中二男 (1979) 日本の森林植生. 築地書館, 東京, pp.40-56, 130-133