

論文

鳥取大学蒜山演習林における落葉性広葉樹二次林
の樹種構成と種多様性

— 攪乱履歴の異なる2つのサイトの比較 —

佐野 淳之*・大塚 次郎**

Species Composition and Diversity of Secondary Forests
in the Hiruzen Experimental Forest of Tottori University

- A Comparison of Two Sites with Different Disturbance Histories -

Junji SANO * and Jiro OHTSUKA **

Summary

The patterns of species composition in secondary forests were examined after different disturbance events (burning and cutting) in the Hiruzen Experimental Forest of Tottori University (133°35'E, 35°17'N) in western Japan. The Experimental Forest is mainly covered with deciduous broad-leaved secondary forests and consists of the western part (351 ha), the "WEST", and the eastern part (224 ha), the "EAST." Although the substrate and topography are fairly homogeneous in both sites, they have different disturbance histories. The WEST had been burned prior to Tottori University's acquisition of the property in 1954, whereas the EAST had been cut selectively until 1963 when this area was incorporated into the Daisen-Oki National Park.

We set up a 0.16 ha plot on a level or gently sloping ridge in each site, and measured the DBH (diameter at 1.3 m) and height of trees (DBH \geq 4 cm). The densities of stems including sprouts (DBH \geq 4 cm) were 1362.5 / ha and 1743.8 / ha in the WEST and EAST, respectively. The BA (basal area) was 39.96 m² / ha and 36.18m² / ha at each site. The total number of species was 30, and the number of common species in each site was 10. The WEST had 19 broad-leaved tree species with the highest dominance of *Quercus serrata* (95.8 %), while the dominance of the EAST was shared by 21 broad-leaved tree species.

A lower diversity (species richness, H' and J') was shown in the WEST which had been burned, whereas a higher diversity was shown in the EAST which had been cut. Moreover, the diversity of the understories (4 \leq DBH < 10 cm) was higher than that of the overstories (DBH \geq 10 cm) in the WEST, and *vice versa* in the EAST. This suggested that species diversity would gradually increase in sites after fire and decrease in sites after selective cutting. In conclusion, species composition is affected by different disturbance histories in secondary forests.

*鳥取大学農学部 農林総合科学科 森林生産学講座

Department of Forestry Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

**鳥取大学大学院 農学研究科 農林環境科学専攻

Department of Forestry Science, Graduate School of Agriculture, Tottori University

I はじめに

台風、山火事、伐採などの攪乱後に成立した森林は、二次林として発達していく。日本においてもこのような二次林が多く、特に落葉性広葉樹二次林は全国に広く分布している (13)。また、暖温帯においては、ブナ科コナラ属 (*Quercus*) の広葉樹林が優占し、それらは風倒や山火事のような大規模な攪乱によって維持されているといわれている (17)。

森林は、安定した存在というよりも、むしろ様々な自然攪乱によって維持されているの方がより一般的であるという認識が広まってきた (31)。様々な攪乱は、森林を構成するそれぞれの樹種の生活史戦略の違いによって、種組成や種多様性に影響を及ぼす (5)。また、種組成だけではなく、林分構造も攪乱後の森林の発達様式によって影響を受けることが知られている (21)。森林に対する攪乱は、自然攪乱であっても人為的な攪乱であっても、種組成や林分構造の変化を通して、群集レベルや景観レベルにまで影響を及ぼすことには違いない。

したがって、自然あるいは人為的攪乱と樹種構成および種多様性の関係を明らかにすることは、これからの二次林の取り扱いを考える上での基本的な情報となる生物相保全に関する知見を得るためにとても重要である。本研究の調査対象地とした鳥取大学農学部附属蒜山演習林は、主に落葉性広葉樹の優占する二次林で覆われており、攪乱履歴の異なる2つの区域(西側と東側)から構成されている。これまで、西側の広葉樹二次林の樹種構成や林分構造についてはいくつかの報告があるが (23, 7, 9, 15, 18, 19, 20, 25), 東側についてはほとんどない (28, 25, 27)。また、蒜山演習林における樹種構成を、攪乱との関連で検討した研究はこれまで行われていない。したがって、本論文の目的は、攪乱履歴の違いが鳥取大学蒜山演習林における落葉性広葉樹二次林の樹種構成と種多様性にどのような影響を与えたのかを明らかにすることにある。

II 調査地と方法

1. 調査地

調査地は、岡山県真庭郡川上村の西北端に位置する鳥取大学農学部附属蒜山演習林 (133°35'E, 35°17'N) である。演習林の標高は580~869mで、大山 (133°33'E, 35°22'N; 標高1,729m) の南東に位置している。演習林は、面積573haのうち、約344haが落葉性広葉樹二次林を主体とする天然林である (30)。また、移管時期の違いにより、第1林班から第30林班までの西側の部分(サイト名をWESTとする)と第31林班から第50林班の東側の部分(サイト名をEASTとする)に分けられる(図1)。西側は、村有地および民有地であったが、昭和10(1935)年に旧陸軍省の蒜山原陸軍演習場として買収された。終戦に伴い昭和20(1945)年11月に大蔵省に引き継がれ、昭和29(1954)年7月に、第1林班~第30林班(351.2032ha)が鳥取大学に移管された。東側は、昭和48(1973)年3月に、第31林班~第50林班(224.1771ha)が大蔵省からの所管換えによって移管された。なお、演習林全域を含む蒜山地区は、昭和11(1936)年に国立公園に指定されていた大山隠岐国立公園に、昭和38(1963)年に編入された(28)。

橋詰(9)によると、演習林の管理になるまでは地元住民が自由に入林し、大径木および利用価値の高い形質優良木の択伐および薪炭材の採取が行われていたらしい。西側は、明治32(1899)年に軍馬の放牧地として接収され、その後所有者が民間人に換り、第二次大戦中は再び軍用地となった。古い木に焼け跡があることから、放牧地として利用されていた軍用地時代

に山焼きが行われていたらしい。なお、鳥取大学への移管後は伐採や火入れなどは行われていない。

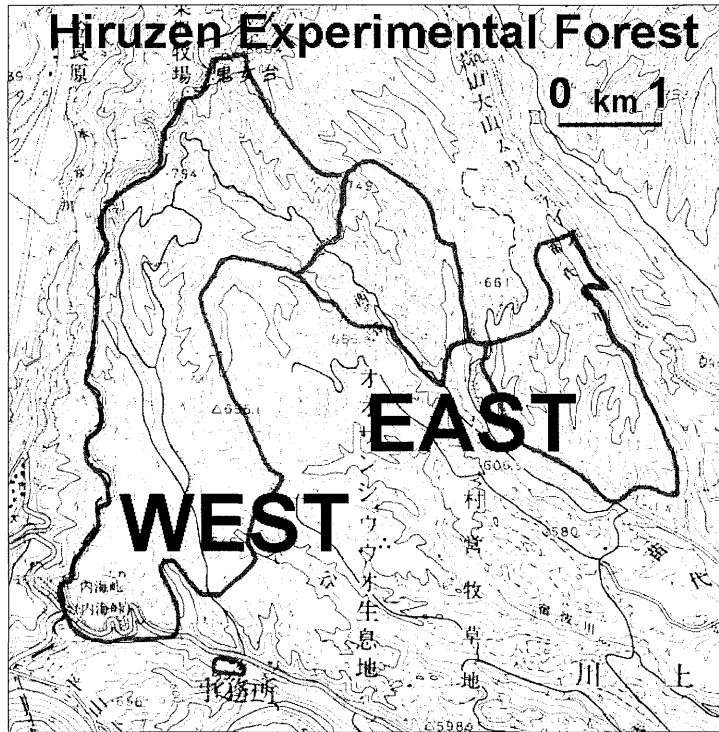


図1 調査対象地(蒜山演習林：西側と東側のサイト)

Fig.1 Study area (Hiruzen Experimental Forest: WEST and EAST sites)

したがって、鳥取大学への移管以前は、西側および東側とも現在の演習林全域にわたって大径木および薪炭材の伐採が行われ、さらに西側は放牧地として火入れが行われていたことになる。その時期や強度は明らかではないが、移管後の樹種構成や林分構造に影響を与えたことは十分に考えられる。現在の面積および蓄積は、西側では人工林が213.47ha (17,486.4m³),

表1 鳥取大学蒜山演習林における2つのサイト (WESTとEAST) の概要

Table 1 General description of two sites in the Hiruzen Experimental Forest of Tottori University

	WEST	EAST
Compartment	1-30	31-50
Area (ha)	351	224
plantations (ha)	214	3
secondary forests (ha)	137	221
Transfer to Tottori University (year)	1954	1973
Incorporation into the National Park (year)	1963	1963
Main disturbance	burning	cutting

天然林が136.88ha (10,517.4m³)、東側では人工林は面積が2.48haあるが蓄積は計上されず、天然林が221.10ha (17,675.6m³)となっている (29)。それぞれのサイトの概要をまとめると表1のようになる。

2. 蒜山演習林東側 (第31~50林班) における攪乱履歴

西側のサイト (第1~30林班) は、明治時代から軍馬放牧地として火入れが行われており、森林の調査も古くから行われているが (23)、東側のサイト (第31~50林班) については、演習林に移管以前は薪などの採取のため択伐が行われていたと伝えられている以外に記録はほとんど残されていない。したがって、演習林東側における移管以前の攪乱履歴を調べるために、演習林と隣接する川上村下徳山の住民に聞き取り調査を行った。その結果をまとめると以下のようになる。

明治時代には苗代谷に木地師が住んでおり、屋敷跡や斜面を切り崩して作った釜の形跡が残っているとのことである。また、70年前 (1927) くらいまでは第50林班の方に大きな木があったが、下徳山では細い木しかなかった。昭和5~6 (1930~1931) 年頃までは、タバコを火力乾燥するために薪 (樹種はナラ類とクリ) をたくさん使っていた。しかし、これ以降、タバコ栽培が終了する昭和10~12 (1935~1937) 年頃までは天日乾燥に代ったため、薪を使う量が減った。昭和37 (1962) 年頃までは、冬季のみ山に入って薪を採取していたが、昭和20 (1945) 年以降は以前ほど多くは伐採していなかったようだ。リョウブなど萌芽性の高い樹種は、2~3年生の萌芽幹を伐採し、籠やはでぎ (稲を干す台) を作っていた。また、第二次大戦後から昭和30 (1955) 年頃までは、朝鮮半島から渡ってきた人たちが炭焼きをしており、炭にするためのナラ類および火付け用としての他樹種も一年中大量に伐採されていたらしい。すなわち、この頃までは、様々な樹種が大規模に択伐されていたことになる。

堆肥を作るための野焼きは、春5月頃に1軒から男が2人ずつ出て昭和37 (1962) 年まで毎年行っていた一大行事であった。焼いたのは第46, 39, 40林班に連なる尾根から西側の村有地の方だけである。ただし、たまに鬼女台の方まで延焼することがあった。また、第47林班と第48林班にまたがる民有地に接する部分は、屋根や囲いを作るためのカヤをとるため頻繁に火入れがされていた。昭和27~28 (1952~1953) 年頃には、鳥取で行われた野焼きが延焼し、鬼女台の方から第34林班あたりまで焼けたらしい。なお、過去に所管していた旧陸軍省および大蔵省による東側のサイトでの伐採や火入れはなく、国立公園に編入された昭和38 (1963) 年以降は、地元住民による野焼きおよび伐採も行われていない。

3. 方法

1996年に蒜山演習林の西側 (WEST) と東側 (EAST) の2つのサイトにおいて、40m×40m (0.16ha) のプロットを1つずつ設定した。なお、西側では、20m×20mの方形区を4つ (第24, 25林班に2つずつ) 設定して集計した。樹種の分布は地形によって異なることが考えられるので (16,10)、それぞれのサイトにおけるプロットを平坦な尾根上に統一して設定した。東側のサイトでは、火入れを受けていないと考えられる第45林班の尾根上にプロットを設定した。それぞれのプロットにおいて、胸高直径 (DBH: 高さ1.3m) が4 cm以上の全立木 (萌芽幹を含む) の樹種を同定し、胸高直径と樹高を測定した。

互いのサイトの群集類似度としては、以下のような Sørensen の共通係数 (CC) および類似

度百分率 (PS') (12) を用いた。なお、種組成という質的な尺度には共通係数を、相対幹本数および優占度 (相対胸高断面積) という量的な尺度には類似度百分率を適用した。これらの指数は、両方のサイトに共通する種が出現しなければ0、完全に組成および量的配分が同じであれば1をとる。

$$CC = 2a / (2a + b + c)$$

ここで、 a は両方のサイトに共通する種数、 b および c はそれぞれのサイトにのみ出現した種数である。

$$PS' = \sum \min(x_i, y_i)$$

ここで、 x_i と y_i は、それぞれのサイトに出現したそれぞれの樹種の相対的な量である。

種多様性は、出現した樹種数と多様度を用いて西側と東側で比較した。多様度の算出には、次の H' (26) を用いた。

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

ここで、優占度 p_i はそれぞれの樹種の胸高断面積合計 (BA) で、対数の底は2 (bit) である。また、優占度の配分の均等度を表す指標として、次の J' (22) を用いた。

$$J' = H' / \log S$$

ここで、 S は種数で、 $\log S$ は与えられた種数での多様度の最大値を表す。対数の底は2 (bit) である。

III 結果

1. 樹種構成

調査された2つのサイトを合わせると、出現した樹種数 (DBH \geq 4 cm) は30種であった (表2)。両サイトに共通して出現した樹種は、コナラ、リョウブ、ウワミズザクラ、アオハダ、ウリハダカエデ、ミズナラ、コシアブラなどの10種であった。西側 (WEST) には19種、東側 (EAST) には21種が出現したが、西側だけに出現した樹種は、クロモジ、ナナカマド、ヤマザクラなどの9種、東側だけに出現した樹種は、クリ、タムシバ、エゴノキ、ソヨゴ、ヤマボウシなどの11種であった。

出現幹数 (DBH 4 cm以上の萌芽幹を含む) は、西側が218 (1,362.5/ha)、東側が279 (1,743.8/ha) で、それぞれの樹種の優占度を表す指標として用いた胸高断面積の合計は、西側が39.96m²/ha、東側が36.18m²/haであった。これらのことは、東側より西側の方がより発達したサイトであり、それぞれのサイトが最後に攪乱を受けた時期を反映していると考えられる。すなわち、詳細については樹齢構造の解明を待たねばならないが、西側は鳥取大学に移管された昭和29 (1954) 年の直前まで、東側は国立公園に編入された昭和38 (1963) 年の直前まで伐採などの攪乱を受けていた可能性がある。

表2より、Sørensenの共通係数は50.0%で、類似度百分率は、相対幹本数では11.6%、相対胸高断面積では9.4%となり、樹種数の違いよりもむしろ樹種ごとの幹本数の違い、さらにはそれぞれの樹種の優占度の違いの方が2つのサイトの違いを際立たせていることを示していた。このことは、樹種数では東側が2種だけ多く出現し、大きな差は見られなかったが、樹種ごとの幹数および優占度には大きな違いが認められること (表2) により裏付けられる。すなわち、火入れを受けた西側では、コナラの優占度が圧倒的に高かった。コナラは、相対幹数で69.27%を占めていたのに対して、相対胸高断面積では95.82%を占めていた。相対胸高断面積が1

表2 それぞれのサイトにおける樹種構成と優占度(相対幹数と相対胸高断面積)
Table 2 Species composition and dominance (relative number of stems and basal area) in each site

Species	Relative Number of Stems(%)		Relative Basal Area (%)	
	WEST	EAST	WEST	EAST
コナラ (<i>Quercus serrata</i>)	69.27	1.43	95.82	6.65
リョウブ (<i>Clethra barbinervis</i>)	1.38	29.03	0.09	15.25
クリ (<i>Castanea crenata</i>)		5.73		14.88
タムシバ (<i>Magnolia salicifolia</i>)		12.19		7.46
ウワミズザクラ (<i>Prunus grayana</i>)	1.38	8.24	0.10	8.42
アオハダ (<i>Ilex macropoda</i>)	1.83	7.89	0.25	7.09
ウリハダカエデ (<i>Acer rufinerve</i>)	0.46	3.23	0.05	12.73
ミズナラ (<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>)	1.83	5.02	0.76	7.86
コシアブラ (<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>)	8.72	1.08	1.18	2.55
エゴノキ (<i>Styrax japonica</i>)		7.53		4.70
ソヨゴ (<i>Ilex pedunculosa</i>)		5.38		3.30
ヤマボウシ (<i>Cornus kousa</i>)		4.30		2.52
コハウチワカエデ (<i>Acer sieboldianum</i>)	1.83	0.72	0.15	2.45
ヤマトアオダモ (<i>Fraxinus langicuspis</i>)		2.15		2.12
オオカメノキ (<i>Viburnum furcatum</i>)	3.21	0.72	0.21	0.09
アワブキ (<i>Meliosma myriantha</i>)		1.79		0.69
ウラジロノキ (<i>Sorbus japonica</i>)	0.92	0.72	0.07	0.70
クロモジ (<i>Lindera umbellata</i>)	2.29		0.11	
ナナカマド (<i>Sorbus commixta</i>)	1.83		0.16	
ツリバナ (<i>Euonymus oxyphyllum</i>)		1.43		0.21
ヤマザクラ (<i>Prunus jamasakura</i>)	1.38		0.10	
ハウチワカエデ (<i>Acer japonicum</i>)	0.92		0.24	
タカノツメ (<i>Evodiopanax innovans</i>)	0.92		0.16	
ミズキ (<i>Cornus controversa</i>)	0.46		0.39	
オオモミジ (<i>Acer amoenum</i>)		0.72		0.12
ブナ (<i>Fagus crenata</i>)	0.46		0.10	
フジキ (<i>Cladrastis platycarpa</i>)		0.36		0.19
ハクウンボク (<i>Styrax obassia</i>)	0.46		0.03	
ヤマウルシ (<i>Rhus trichocarpa</i>)	0.46		0.03	
イロハモミジ (<i>Acer palmatum</i>)		0.36		0.04

%を超えていた樹種は、コナラの他にはコシアブラのみであった。一方、火入れを受けておらず、主な攪乱が伐採である東側では、様々な樹種が優占度を分けあっていた。相対幹数および相対胸高断面積で最も優占していたのはリョウブであるが、相対幹数ではタムシバ、ウワミズザクラ、アオハダ、エゴノキ、ソヨゴなどの割合も高かった。相対胸高断面積ではクリ、ウリハダカエデ、ウワミズザクラ、ミズナラなどの割合も高かった。相対胸高断面積が1%を超えていた樹種は14種であった。

それぞれのサイトにおける優占度の配分様式を、相対胸高断面積に基づいた種順位曲線を用いて図2に表す。西側における第1位の樹種はコナラで、他の樹種は相対的に低い値を示していた。一方、東側ではそれぞれの樹種の優占度の配分に大きな差はなく、高い多様性を示唆する配分様式を呈していた。

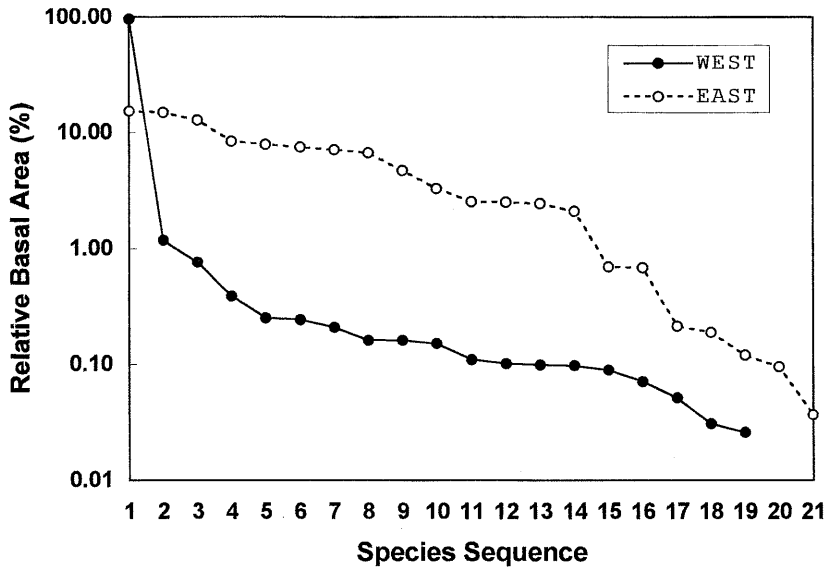


図2 それぞれのサイトにおける樹種の相対胸高断面積に基づく種順位曲線
Fig.2 Species sequence curve based on relative basal area of each species in each site

2. 種多様性

それぞれのサイトにおける樹木 (DBH \geq 4 cm) の種多様性を、それぞれの樹種の優占度 (相対胸高断面積) に基づいて算出した (表3)。西側と東側で、種数はそれぞれ19種と21種で、2種しか変わらないものの、西側の H' (0.394) および J' (0.093) が極めて低く、優占度の配分が少数の種すなわちコナラ (表2参照) に極端に偏り、種多様性が低くなっていることを示していた。それに対し、東側の H' (3.648) および J' (0.831) は高く、優占度の配分の均等性が高いため種多様性が高くなっていることを示していた。

表3 それぞれのサイトにおける種多様度と均等度
Table 3 Species diversity and evenness in each site

	WEST	EAST
Number of Stems (/plot)	218	279
Number of Species	19	21
H' (bit)	0.394	3.648
J'	0.093	0.831

現在の林分構造から、将来の種多様性の変化を予測するため、それぞれの幹を胸高直径10cmを基準にして下層および上層に区分し、階層別に種多様性を算出した (表4)。西側は、種数では上層 (5種) より下層 (17種) で多く、 H' および J' も上層 (それぞれ0.148, 0.064) より下層 (それぞれ3.405, 0.833) で高い値を示した。東側は、種数では上層 (17種) より下層

(14種)で少なく、 H' および J' も上層(それぞれ3.615, 0.884)より下層(それぞれ2.624, 0.689)で低い値を示した。

表4 胸高直径により区分した下層および上層における種多様度と均等度*
Table 4 Species diversity and evenness of each stratum classified by DBH in each site *

	WEST		EAST	
	Understory	Overstory	Understory	Overstory
Number of Stems (/plot)	62	156	105	174
Number of Species	17	5	14	17
H' (bit)	3.405	0.148	2.624	3.615
J'	0.833	0.064	0.689	0.884

*Understory, 4cm \leq DBH < 10cm; Overstory, 10cm \leq DBH

IV 考察

鳥取大学蒜山演習林における落葉性広葉樹二次林の種多様性は、火入れを受けた西側で低く、火入れを受けず主な攪乱が伐採であった東側では高かった(表3)。このことは、異なった攪乱が、その後の樹種構成や種多様性に大きな影響を与えたことを意味している。攪乱の中でも、火入れのような大規模な攪乱では、その環境に適応できる少数の種が優占するといわれており(6)、本研究の結果も同様であった。特に、火入れを受けた西側でコナラ(*Quercus serrata*)の優占度が高かったこと(表2)は、「*Quercus*の優占は火事に依存する」という仮説(1)を裏付けていた。種組成と定着様式は、その後の林分の発達にも影響を与えるので(21,4)、コナラの圧倒的な優占が他樹種の更新に影響し、火入れを受けた林分の種多様性を著しく低いものにしていったといえる。

西側の上層では、コナラが圧倒的に優占していたが、下層では様々な樹種が優占を分けあって種多様性が増加していた(表4)。このことは、他の落葉性*Quercus*でも観察されることから(2,8)、これらの耐陰性の低さおよび遷移初期に出現する特徴を表している。しかし、樹齢500年以上の老齢なミズナラ(*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*)林では、100年くらいの周期で更新の集中性がみられること(24)から、本調査地のコナラ林もあと数十年以上たてば再び更新が盛んになる可能性もあるので、長期的な観察によって推移を見守っていく必要がある。

一方、種多様性の高かった東側では、繰り返し高頻度で伐採された二次林にも常に出現するといわれるリョウブ(14)の優占度が比較的高かったが、様々な樹種が優占度を分けあっていた。このことは、火入れを受けた西側とは攪乱の質が異なることの影響であろう。すなわち、火入れのように大面積に均質な環境を作り出す攪乱ではなく(6)、様々な林内環境が作り出される伐採という攪乱後の、樹種特性の異なる樹種の共存による種多様性の増加(3,11)と考えられる。しかし、階層別にみた種多様性の結果(表4)より、現在の種多様性が低い西側では、将来の種多様性が高くなっていく可能性があるのに対して、現在の種多様性が高い東側では、今後特定の種が優占することによって優占度の均等度が低くなり種多様性が低下していく可能性を示していた。このことは、将来的には両サイトの種多様性が類似することを示唆しており、この点でも長期的な推移の観察が望まれる。

V おわりに

鳥取大学蒜山演習林の二次林の種多様性は、異なった攪乱の影響を受けていた。すなわち、火入れを受けた西側のサイトではコナラの優占により種多様性が低く、火入れを受けていない東側のサイトでは様々な樹種が優占を分けあって高い種多様性を示していた。さらに、階層別に種多様性をみると、将来、これら2つのサイトの種多様性が類似していく傾向を示していた。

今後の課題として、2つのサイトにおける攪乱履歴の詳細、種多様性に及ぼす萌芽の影響などを調査し、二次林における樹種構成と林分構造との関連を検証する必要がある。また、現在の林分構造や樹種構成およびそれらの量的配分が今後どのように変化していくかは、様々な攪乱や個体の置かれた環境条件と競合樹種に対するそれぞれの樹種の反応および長期継続調査を含めた詳細な検討が必要である。

本研究を進めるに当たり様々なご協力を頂いた鳥取大学農学部小笠原隆三教授および蒜山演習林の谷田真人、福富正昭、松原研一の各氏に深謝します。蒜山演習林の攪乱履歴に関しては、川上村の長恒真司、池田晴雄、池田覚の各氏および蔵光厚助役から、演習林の地図や昭和51年撮影の空中写真などを使われながら大変貴重なご教示を賜わり、深く感謝いたします。また、野外調査では、青年海外協力隊員としてタンザニアに赴任された武田信仁氏をはじめとする森林計画学研究室の学生諸氏の多大な貢献を頂きました。最後に、調査地に足を運ばれ有益な論議をしていただいたペンシルバニア州立大学の Marc D. Abrams 教授にお礼申し上げます。

引用文献

- (1) Abrams, M. D. (1992) Fire and development of oak forests. *Bioscience* **42**: 346-353.
- (2) Abrams, M. D. (1995) Dendroecological analysis of successional dynamics for a presettlement-origin white-pine-mixed-oak forest in the southern Appalachians, USA. *J. Ecol.* **83**: 123-133.
- (3) Barden, L. S. (1980) Tree replacement in a cove hardwood forest of the southern Appalachians. *Oikos* **35**: 16-19.
- (4) Cobb, D. F., O'Hara, K. L. and Oliver, C. D. (1992) Effects of variations in stand structure on development of mixed-species stands in eastern Washington. *Can. J. For. Res.* **23**: 545-552.
- (5) Denslow, J. S. (1980) Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia* **46**: 18-21.
- (6) Denslow, J. S. (1985) Disturbance-mediated coexistence of species. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. (eds. S. T. A. Pickett and P. S. White), 472pp. Academic Press, New York, 307-323.
- (7) 藤江勲・安井鈞 (1980) 鳥取大学蒜山演習林におけるコナラ林の林分構成及び現存量. 鳥根大学農学部研究報告 **14**: 37-43.
- (8) Goebel, P. C. and Hix, D. M. (1996) Development of mixed-oak forests in southeastern Ohio: a comparison of second-growth and old-growth forests. *For. Ecol. Manage.* **84**: 1-21.
- (9) 橋詰隼人 (1991) 二次林の再生過程に関する研究 (II) 鳥取大学蒜山演習林の落葉広葉樹二次林の林分構成と樹齢構成について. 広葉樹研究 **6**: 17-30.
- (10) 橋詰隼人・金川悟・小谷二郎 (1989) コナラ二次林の地位指数曲線の作成及び立地条件と成長との関係について. 広葉樹研究 **5**: 215-221.

- (11) Huston, M. A. (1994) *Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscapes*. 681 pp. Cambridge University Press, New York.
- (12) 伊藤秀三 (1977) 群落の組成と構造. 332 pp. 朝倉書店, 東京.
- (13) Itow, S. (1983) Secondary forests and coppices in southwestern Japan. *Man's Impact on Vegetation*. (eds. W. Holzner, M. J. A. Werger and I. Ikushima), 370pp. Dr. W. Junk, The Netherlands, 317-326.
- (14) 紙谷智彦 (1987) 薪炭林としての伐採周期の違いがブナ-ミズナラ二次林の再生後の樹種構成におよぼす影響. 日林誌 **69**: 29-32.
- (15) 韓海榮・橋詰隼人 (1991) コナラの萌芽更新に関する研究 (I) 壮齡林の伐根における萌芽の発生について. 広葉樹研究 **6**: 99-110.
- (16) 片桐成夫・藤江勲・石井弘 (1985) 三瓶演習林の落葉広葉樹林における林分現存量と乾湿度指数との関係. 山陰地域研究 (森林資源) **1**: 39-49.
- (17) Nakashizuka, T. and Iida, S. (1995) Composition, dynamics and disturbance regime of temperate deciduous forests in monsoon Asia. *Vegetatio* **121**: 23-30.
- (18) 小笠原隆三 (1987) 広葉樹二次林の有効利用と森林施業に関する基礎的研究—クヌギ二次林について. 広葉樹研究 **4**: 85-118.
- (19) 小笠原隆三・佐々木英義・古田修一 (1987) コナラ二次林の林分構造. 広葉樹研究 **4**: 263-270.
- (20) 大塚次郎 (1997) 密度からみた天然林の林分構造: 落葉性広葉樹二次林の収量密度図. 鳥取大学農学部学士論文. 57pp. +XXVI.
- (21) Oliver, C. D. (1981) Forest development in North America following major disturbances. *For. Ecol. Manage.* **3**: 153-168.
- (22) Pielou, E. C. (1969) *An Introduction to Mathematical Ecology*. 286 pp. John Wiley, New York.
- (23) 齊藤雄一・近藤芳五郎・岸本潤・橋詰隼人 (1958) 蒜山演習林植物誌 I 木本の部. 鳥取大学農学部演習林報告 **1**: 1-20.
- (24) Sano, J. (1997) Age and size distribution in a long-term forest dynamics. *For. Ecol. Manage.* **92**: 39-44.
- (25) 佐野淳之・武田信仁・大塚次郎 (1997) 鳥取大学蒜山演習林における広葉樹林の構造と動態. 森林応用研究 **6**: 17-20.
- (26) Shannon, C. E. and Weaver, W. (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. 136 pp. University of Illinois Press, Urbana.
- (27) 武田信仁 (1997) 落葉性広葉樹二次林の林分構造: 主要樹種の生態的特性の解析. 鳥取大学農学部学士論文 54pp. +XXX.
- (28) 鳥取大学農学部附属演習林 (1979) 施業計画説明書. 241 pp. 鳥取大学農学部附属演習林.
- (29) 鳥取大学農学部附属演習林 (1994) 第4次施業計画書. 32 pp. 鳥取大学農学部附属演習林.
- (30) 鳥取大学農学部附属演習林 (1996) 演習林の概要. 18 pp. 鳥取大学農学部附属演習林.
- (31) White, P. S. (1979) Pattern, process, and natural disturbance in vegetation. *Bot. Rev.* **45**: 229-299.