

栃木県の 2 つの天然ヒノキ林の林分構造と立地環境 Stand structure and forest environment of two *Chamaecyparis obtusa* natural forests in Tochigi Prefecture

安崎 沙耶香¹・逢沢 峰昭¹・大久保 達弘¹
Sayaka YASUZAKI¹, Mineaki AIZAWA¹, Tatsuhiro OHKUBO¹

¹宇都宮大学農学部森林科学科 〒321-8505 宇都宮市峰町 350
¹Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University,
350 Mine-machi, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan

要 旨

栃木県内には塩谷町大名沢と日光市原付の 2 つの天然ヒノキ林があり、林野庁の保護林に指定されている。しかし、天然ヒノキ林の保全・管理に必要な、林分構造、更新状況、立地環境に関する基礎的知見は乏しい。本研究では、栃木県の天然ヒノキ林の林分構造と更新状況および立地環境を明らかにするとともに、平地にある原付天然ヒノキ林が植栽に由来するか検討した。大名沢では、ヒノキは他樹種と混交しており、土壌型は B_{D(d)} で、関東地方および周辺の天然ヒノキ林と樹種組成や立地環境が類似していた。しかし、ヒノキ稚樹はみられず、ヒノキの天然更新は困難と考えられた。原付では、ヒノキは高木層で圧倒的に優占していた。下層植生は豊富で、ヒノキ稚樹がみられ、ヒノキの天然更新の可能性が示唆された。原付のヒノキ林の土壌型は B/b で天然ヒノキ林ではあまりみられないタイプであり、微粒炭分析の結果、土壌表層部から微粒炭が多量に観察された。これらの結果および文献記録から、原付の林分は、過去に人為的な火入れがあった場所に成立した林であることが明らかになった。また、文献記録から、江戸時代後期の 1801 年に植栽された人工林である可能性が示唆された。

キーワード：土壌型、天然更新、微粒炭、樹種組成、稚樹

ABSTRACT

Tochigi Prefecture has two natural Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) forests in Ohnasawa, Shioya, and Haratsuki, Nikko, which have been designated as forest reserves by the Forest Agency of Japan. However, basic knowledge for the preservation and management of natural Hinoki cypress forest, including forest structure, status of natural regeneration, and the forest environment, is lacking. Furthermore, the Haratsuki forest may be a plantation rather than a natural forest, because it is located in flatland near human habitation. This study aimed to investigate the structure, regeneration, and environment of these two natural Hinoki cypress forests, and to examine whether the Haratsuki forest is naturally occurring rather than plantation. In the Ohnasawa forest, Hinoki cypress trees were mixed with other tree species and established on B_{D(d)} soil type, which is common in natural Hinoki cypress forests. Tree species assemblage and the forest environment were also similar to those reported in natural Hinoki cypress forests in the Kanto district and surrounding regions. However, saplings of Hinoki cypress were absent, implying that natural regeneration may be difficult for this species. By contrast, in the Haratsuki forest, Hinoki cypress was exclusively dominant in the canopy layer and saplings of Hinoki cypress were abundant with rich forest floor vegetation, implying that natural regeneration of the species is possible. Moreover, Haratsuki forest has B/b soil type, which is uncommon in natural Hinoki cypress forests; abundant microscopic charcoal, indicative of past fires, was observed in the soil surface. These results suggest that the Haratsuki forest likely established in flatland where human-induced fires had occurred. Our literature survey also implies that the Haratsuki forest could be a plantation established in 1801 in the latter part of the Edo era.

Key words: soil type, natural regeneration, microscopic charcoal, tree species composition, sapling

はじめに

ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl. は日本・台湾に分布する常緑針葉高木である。関東以西の太平洋岸山地を中心に分布し、国内の分布北限は福島県いわき市赤井岳、南限は鹿児島県屋久島である(林 1951)。ヒノキは日本の主要林業樹種であり、日本の全人工林面積の 25% を占める(林野庁 2015) が、天然ヒノキ林は古くから寺社仏閣の建立等のため大規模伐採が繰り返されてきた(佐藤 1971)。明治以降も伐採が進み、比較的大きな天然林は極めて少なくなり分断化が進む一方で、これらの天然林におけるヒノキの天然更新は目立って進んでいない(例えば、赤井 1974; Hoshino *et al.* 2001; 赤井・浅田 1967)。したがって、現在天然ヒノキ林は、保護林としてごくわずかな面積しか残されておらず、貴重な林である(松本 2014)。また、ヒノキの遺伝的変異を調べた研究では、天然林が人工林に比べて著しく高い遺伝的変異を有していることが明らかにされており、天然ヒノキ林のもつ遺伝子資源としての重要性も指摘されている(Shiraishi *et al.* 1987)。

栃木県内では塩谷町大名沢と日光市原付の 2 つの天然ヒノキ林が知られており、林野庁の保護林に指定されている。これらの天然ヒノキ林については、全国的な天然ヒノキ林の遺伝的変異を把握するための遺伝解析がなされている(Shiraishi *et al.* 1987; Matsumoto *et al.* 2010) もの、今後の天然ヒノキ林の保全・管理の一助とするために必要な、林分構造、更新状況、立地環境といった基礎的知見は乏しい。



図-1 調査地、調査プロット (D および H) および土壌調査用の試孔 (SD および SH) の位置
カシミール 3D 地理院地図を基に作成。

また、原付の天然ヒノキ林は平地にあり、この付近は「萱場」という地区名がある(図-1)ことから、採草のための火入れが行われていた土地に植栽されたヒノキに由来する可能性もある。

本研究では、(1) 栃木県の天然ヒノキ林の林分構造、更新状況、立地環境を明らかにするとともに、(2) 日光市の天然ヒノキ林が植栽に由来するものかどうか、栃木県内の 2 つの天然ヒノキ林の樹種組成や微粒炭数の比較から検討することを目的とした。

材料と方法

1. 調査地

本研究の調査地は、栃木県内の林野庁の保護林に指定されている天然ヒノキ林 2 ヶ所である。1 つは塩谷郡塩谷町大字上寺島字寺島入国有林 329 林班ほ小班の大名沢(おおなさわ)天然ヒノキ林、もう 1 つは日光市(旧今市市)塩野室町大字原付 73 林班い外小班的原付(はらつき)天然ヒノキ林である(図-1, 2)。



図-2 大名沢 (a) と原付 (b) の天然ヒノキ林
a, ビニール紐が巻かれているのが天然ヒノキ (2015.5.7 撮影)
b, 2015.4.23 撮影。

大名沢天然ヒノキ林は平成 2 年に保護林に設定され、森林調査簿によると平成 22 年時点で林齢は 101 年(平成 22 年時点で、101 年以上の林齢のものはすべて 101 年と表記される)である。保護林面積は 1.6 ha で、標高 500 ~ 590 m、傾斜約 37° の尾根筋に発達している。急傾斜地で土壌の流亡が激しく石礫も多いため、林床植生はほとんど発達していない。獣害(クマおよびシカ)痕のみられる幹もあり、獣害防止のためヒノキ大径木の幹にはネットやポリエチレン製テープが巻かれている(図-2)。塩谷郡塩

谷町大字田所にある気象庁塩谷観測所（北緯 36 度 45.4 分、東経 139 度 53.0 分、標高 225m）の 2006～2015 年の過去 10 年間の年平均降水量は 3087.2 mm、年平均気温は 12.5°C である（気象庁 2016）。

原付天然ヒノキ林は平成 5 年に保護林に設定され、特別母樹林に指定されている。森林調査簿によると平成 20 年時点の林齢は 101 年（前述同様に少なくとも平成 20 年時点で 101 年以上ということを示す）とされる。保護林面積は 9.01 ha、標高 280 m、傾斜のない平地林で、保護林の周辺は農用地となっている。日光市瀬川にある気象庁今市観測所（緯度：北緯 36 度 43.6 分、経度：東経 139 度 40.6 分、標高 414 m）の 2006～2015 年の過去 10 年間の年平均降水量は 2051.5 mm、年平均気温は 12.0°C である（気象庁 2016）。

調査プロット

大名沢天然ヒノキ林では 20 m×10 m の長方形プロットを 2 つ（D1 および D2）、20 m×20 m の正方形プロットを 1 つ（D3）、合計 3 つのプロットを設置した（図-1）。D1 は標高 530 m、傾斜 37.4°、尾根の斜面上部に設置した。D2 は標高 553 m、傾斜 39.1°の斜面上部に設置した。D3 は標高 577 m、傾斜 36°の斜面上部に設置した。原付天然ヒノキ林には 20 m×20 m の正方形のプロットを 3 つ（H1～H3）設置した（図-1）。

毎木調査

毎木調査は 2015 年 6 月～10 月にかけて行った。プロットごとに樹高 1.3 m 以上、胸高直径（DBH：胸高位置 1.3 m）5 cm 以上の幹を対象に、樹高（m）、胸高直径（cm）を測定した。さらに、立木位置図、樹冠投影図の作成を行った。

植生調査および高木層の被度に基づくクラスター解析

各プロット内に 10 m×10 m の調査枠（以下、小プロット）を 1 ヶ所設け、種ごとの被度・群度（Braun-Blanquet 法；Braun-Blanquet 1964）を記録した。また、栃木県の天然ヒノキ林の樹種組成を、関東地方および周辺地域の他の天然ヒノキ林と比較するため、高木層の被度データに基づくクラスター解析を行った。クラスター解析には、本調査データに加え、天然ヒノキの分布の北限であるいわき（I；大関 1976）、関東地方の秩父山地（C1～C17；前田 1951；永戸・永野 1971）、富士青木ヶ原（FA1～FA9；前田 1951）のデータを比較に供した。この際、高木層の被度を優占度百分率（宮川 1993）に置き換えて使用した。解析は R version 3.1.1（R Core Team 2014）の vegan パッケージ（Oksanen *et al.* 2015）を用い、各プロット間の Bray-Curtis 距離（非類似度）を算出し、群平均法によってクラスタリングを行った。

稚樹調査

稚樹調査は上述の小プロット内において樹高 1.3 m 以上、胸高直径 5 cm 未満の若木を対象に、種名と樹高を調べた。

病害・獣害調査

毎木調査を行ったヒノキ幹において、とっくり病、漏脂病の発生の有無を調べた。また、毎木調査を行っ

た全ての幹において、獣害の有無を調べた。また、稚樹調査個体については、獣害の有無のみを調べた。

土壌断面調査と試料採取

大名沢の D2 および D3 プロット近くの 2 ヶ所（SD2 と SD3）、原付の H1 および H2 プロット近くの 2 ヶ所（SH1 と SH2）に試孔を掘り（図-1）、土壌断面記載を行った。試孔サイズは、大名沢では 50 cm×55～60 cm（幅×深さ）、原付では 50 cm×100 cm（幅×深さ）とした。また、大名沢においては、SD2 は A 層約 5 cm、B 層約 20 cm、C 層約 40 cm の深さで、SD3 は A 層約 5 cm、B 層約 30 cm の深さで、原付においてはどちらの試孔も A₁ 層約 5 cm、A₂ 層約 40 cm の深さで土壌試料を採取した。

炭素含有率の測定

採取した土壌試料はプラスチックバックに入れて実験室に持ち帰り、風乾させた後に 2 mm の篩を用いて精製した（風乾細土試料）。風乾細土試料を 0.5 mm の円孔篩に通し、秤量ビンに入れ、105°C のオーブンで 24 時間乾燥させ絶乾にした。この絶乾試料について NC-Analyzer（SUMIGRAPH, NC-22F、住化分析センター）を使用して炭素含有率（%）を測定した。試料は各層 3 サンプルとし、計 27 サンプルを分析した。

微粒炭分析

火入れの有無の有効な検出法として微粒炭分析がある。微粒炭とは、林野火災や火入れ等の植物燃焼によって生成した黒色植物片である（井上・吉川 2005）。生成された微粒炭のうち、100 μm 以上の微粒炭は、火災により生成した後、沈積するまでに遠くへは飛散しないとされる（Whitlock and Larsen 2001）。また、500 μm 以上の微粒炭の多くは飛散せずに沈積するため、土壌から微粒炭が検出された場合、その地点で火災や火入れがあったと考えられる（Ohlson and Tryterud 2000）。

本研究では、約 100 μm 以上の微粒炭を測定する篩分け法（井上ら 2005；井上・吉川 2005；井上 2007）を参考にし、調査地から検出される微粒炭数に着目して、過去の火入れの有無を調べた。篩分け法は以下の手順で行った。風乾細土試料約 0.2 g を秤量後、分散と有機物の分解・漂白のため、市販の 3% オキシドール（健栄製薬）を加えて 50°C で約 48 時間の放置を 2 度繰り返した。その後、125 μm の篩に通し、125 μm 以上の残査についてグリッドのついたシャーレ上に展開し、乾燥後、実体顕微鏡を用いて微粒炭の個数をカウントした。微粒炭は、Ohlson and Tryterud（2000）を基に、(i) 完全に黒色で不透明、(ii) 末端の破断部が角ばる、(iii) 表面に光沢がある、(iv) 木材の細胞構造をもつ、の 4 つの条件を満たすものと定義した。長軸長 500 μm 以上の微粒炭はシャーレを全面検鏡し、微粒炭数をカウントし、1 g あたりの微粒炭の個数を算出した。長軸長 500 μm 未満の微粒炭は、シャーレ上の任意のグリッド（25 mm²）を 8 つ選び、微粒炭数をカウントし、1 グリッド当たりの微粒炭数の平均値（N = 8）を求めた後、シャーレの面積と供試細土試料重量から、1 g あたりの微粒炭の個数を推定した。

分析は、大名沢においてはA層土壌を、原付においてはA₁層の土壌を使用して、各プロット3サンプルとし、計12サンプルについて行った。

文献調査

原付天然ヒノキ林は平地に分布するといった特異性があることから、植栽に関する記述がないか、いまいち市史通史編・別編I(今市市史編さん委員会1980)、同通史編・別編II(今市市史編さん委員会1992)、同史料編・近世IV(今市市史編さん委員会1978)同史料編・近現代I(今市市史編さん専門委員会1974)、農林省編纂(1971)「日本林制史資料江戸時代・皇室御料・公家領・社寺領」、東京営林局報等について調べた。

結果

毎木調査

大名沢と原付の天然ヒノキ林における樹種組成を表-1に示した。大名沢のヒノキの相対優占度(%; RBA)は、D1で64.1%、D2で58.4%、D3で75.6%であった。また、小径木~大径木までヒノキとその他の樹種が混交していた。原付のヒノキの相対優占度はH1で99.4%、H2で97.0%、H3で98.4%であり、ヒノキが著しく優占していた。

各プロットにおける胸高直径階分布を図-3に示した。大名沢では、ヒノキは各プロットでDBH 5cmの小径木~約60cmの大径木まで広く分布していた。D3においてはDBH70~75cmの階級のヒノキが存在していた。D1とD2において、ヒノキの生存木はDBH10~15cmの階級が最も多かった。また、DBH15cmまでの個体で枯死木がみられた。原付では、ヒノキはDBH5cmの小径木~DBH約70cmの大径木まで広く分布していた。枯死木は少なかった。

表-1 大名沢(D)と原付(H)の天然ヒノキ林の樹種組成

| 種名 | 学名 | D1 | | | | | D2 | | | | | D3 | | | | |
|----------|----------------------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------|
| | | N (0.02 ha) | BA (cm ² /0.02 ha) | BA (m ² /ha) | RBA (%) | Max. DBH (cm) | N (0.02 ha) | BA (cm ² /0.02 ha) | BA (m ² /ha) | RBA (%) | Max. DBH (cm) | N (0.04 ha) | BA (cm ² /0.04 ha) | BA (m ² /ha) | RBA (%) | Max. DBH (cm) |
| 生木 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヒノキ | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | 15 | 10497.1 | 52.5 | 64.1 | 56.3 | 17 | 11190.2 | 56.0 | 58.4 | 55.9 | 17 | 24908.9 | 62.3 | 75.6 | 73.8 |
| ツガ | <i>Tsuga sieboldii</i> | 6 | 4808.2 | 24.0 | 29.4 | 47.0 | 9 | 5666.5 | 28.3 | 29.6 | 43.0 | 5 | 5027.5 | 12.6 | 15.3 | 65.7 |
| アオハダ | <i>Ilex macropoda</i> | 1 | 317.3 | 1.6 | 1.9 | 20.1 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| ネジキ | <i>Lyonia ovalifolia</i> | 5 | 213.6 | 1.1 | 1.3 | 8.9 | 4 | 292.6 | 1.5 | 1.5 | 12.2 | • | • | • | • | • |
| アオダモ | <i>Fraxinus lanuginosa</i> | 1 | 126.7 | 0.6 | 0.8 | 12.7 | • | • | • | • | • | 2 | 656.5 | 1.6 | 2.0 | 22.3 |
| リョウブ | <i>Clethra barbinervis</i> | 2 | 125.2 | 0.6 | 0.8 | 10.7 | 1 | 23.8 | 0.1 | 0.1 | 5.5 | 2 | 134.2 | 0.3 | 0.4 | 11.4 |
| モミ | <i>Abies firma</i> | 1 | 95.0 | 0.5 | 0.6 | 11.0 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| アカヤシオ | <i>Rhododendron pentaphyllum</i> | 2 | 52.3 | 0.3 | 0.3 | 6.2 | 5 | 141.4 | 0.7 | 0.7 | • | • | • | • | • | • |
| コハウチワカエデ | <i>Acer sieboldianum</i> | 1 | 51.5 | 0.3 | 0.3 | 8.1 | • | • | • | • | • | 1 | 229.7 | 0.6 | 0.7 | 17.1 |
| シラキ | <i>Neoshirakia japonica</i> | 1 | 47.8 | 0.2 | 0.3 | 7.8 | • | • | • | • | • | 1 | 143.1 | 0.4 | 0.4 | 13.5 |
| アブラツツジ | <i>Enkianthus subsessilis</i> | 2 | 44.1 | 0.2 | 0.3 | 5.4 | • | • | • | • | • | 1 | 23.8 | 0.1 | 0.1 | 5.5 |
| アカマツ | <i>Pinus densiflora</i> | • | • | • | • | • | 3 | 1841.7 | 9.2 | 9.6 | 40.3 | • | • | • | • | • |
| イヌブナ | <i>Fagus japonica</i> | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 3 | 749.6 | 1.9 | 2.3 | 25.4 |
| ミズメ | <i>Betula grossa</i> | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 1 | 585.3 | 1.5 | 1.8 | 27.3 |
| コナラ | <i>Quercus serrata</i> | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 1 | 292.6 | 0.7 | 0.9 | 19.3 |
| ヤシヤブシ | <i>Alnus firma</i> | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 1 | 203.6 | 0.5 | 0.6 | 16.1 |
| Total | | 37 | 16378.8 | 81.9 | 100 | 56.3 | 39 | 19156.2 | 95.8 | 100 | 55.9 | 35 | 32954.7 | 82.4 | 100 | 73.8 |
| 枯死木 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヒノキ | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | 3 | 234.3 | 1.2 | • | 14.0 | 5 | 191.8 | 1.0 | • | 8.4 | 3 | 250.2 | 0.6 | • | 11.5 |
| ネジキ | <i>Lyonia ovalifolia</i> | 1 | 115.0 | 0.6 | • | 12.1 | • | • | • | • | • | 2 | 168.5 | 0.4 | • | 12.7 |
| ツガ | <i>Tsuga sieboldii</i> | 1 | 105.7 | 0.5 | • | 11.6 | 3 | 159.7 | 0.8 | • | 9.9 | 3 | 4090.3 | 10.2 | • | 71.2 |
| 樹種不明広葉樹 | unknown broad-leaved tree | • | • | • | • | • | 2 | 70.3 | 0.4 | • | 7.9 | 1 | 145.3 | 0.4 | • | 13.6 |
| Total | | 5 | 454.9 | 2.3 | • | 14.0 | 10 | 421.8 | 2.1 | • | 9.9 | 9 | 4654.3 | 11.6 | • | 71.2 |

| 種名 | 学名 | H1 | | | | | H2 | | | | | H3 | | | | |
|---------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------|---------------------|
| | | N (0.04 ha) | BA (cm ² /0.04 ha) | BA (m ² /ha) | RBA (%) | Max. DBH (cm) | N (0.04 ha) | BA (cm ² /0.04 ha) | BA (m ² /ha) | RBA (%) | Max. DBH (cm) | N (0.04 ha) | BA (cm ² /0.04 ha) | BA (m ² /ha) | RBA (%) | Max. DBH (cm) |
| 生木 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヒノキ | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | 15 | 19614.1 | 49.0 | 99.4 | 66.0 | 15 | 26121.4 | 65.3 | 97.0 | 71.9 | 13 | 21556.2 | 53.9 | 98.4 | 66.4 |
| モウソウチク | <i>Phyllostachys pubescens</i> | 2 | 50.0 | 0.1 | 0.3 | 6.3 | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| ウワミズザクラ | <i>Padus grayana</i> | 2 | 48.9 | 0.1 | 0.2 | 6.1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 5 | 1 | 40 | 0 | 0 | 7 |
| シラカシ | <i>Quercus myrsinaefolia</i> | 1 | 22.9 | 0.1 | 0.1 | 5.4 | 1 | 19.6 | 0.0 | 0.1 | 5.0 | 4 | 148 | 0 | 1 | 8 |
| クリ | <i>Castanea crenata</i> | • | • | • | • | • | 1 | 774 | 2 | 3 | 31 | • | • | • | • | • |
| ヒサカキ | <i>Eurya japonica</i> | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 2 | 55.8 | 0.1 | 0.3 | 6.3 |
| イロハモミジ | <i>Acer palmatum</i> | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 1 | 45 | 0 | 0 | 8 |
| ミズキ | <i>Cornus controversa</i> | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 1 | 27 | 0 | 0 | 6 |
| スギ | <i>Cryptomeria japonica</i> | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 1 | 23.8 | 0.1 | 0.1 | 5.5 |
| Total | | 20 | 19735.9 | 49.3 | 100 | 66.0 | 18 | 26936.6 | 67.3 | 100 | 71.9 | 23 | 21896.3 | 54.7 | 100 | 66.4 |
| 枯死木 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヒノキ | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | • | • | • | • | • | 1 | 84.9 | 0.2 | • | 10.4 | 1 | 2197.9 | 5.5 | • | 52.9 |
| 樹種不明広葉樹 | | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | 1 | 229.7 | 0.6 | • | 17.1 |
| Total | | • | • | • | • | • | 1 | 84.9 | 0.2 | • | 10.4 | 2 | 2427.5 | 6.1 | • | 52.9 |

N, 本数; BA, 胸高断面積合計; RBA, 相対優占度; MaxDBH, 最大胸高直径

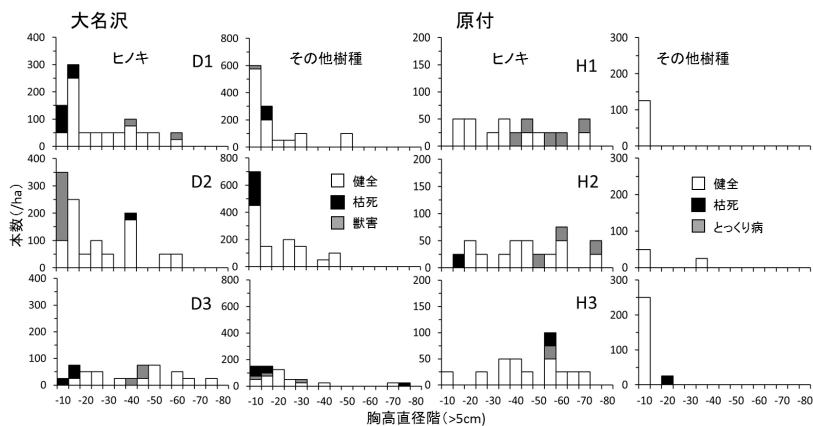


図-3 大名沢 (D) と原付 (H) の天然ヒノキ林における各プロットの胸高直径階分布
大名沢ではとっくり病、原付では獣害はみられなかった。

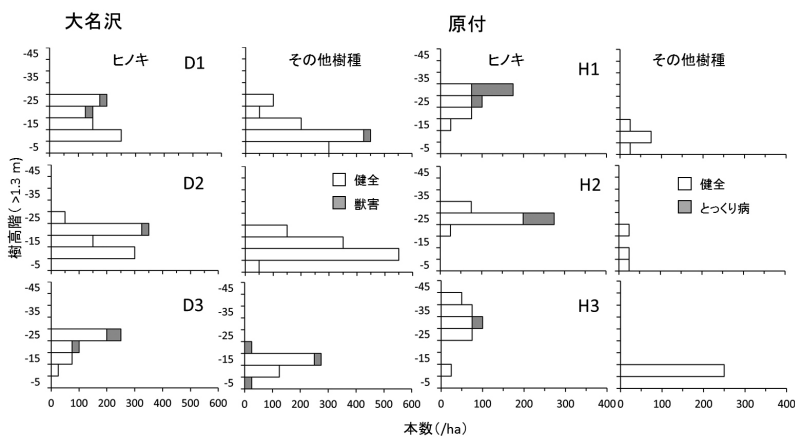


図-4 大名沢 (D) と原付 (H) の天然ヒノキ林における各プロットの樹高階分布
大名沢ではとっくり病、原付では獣害はみられなかった。

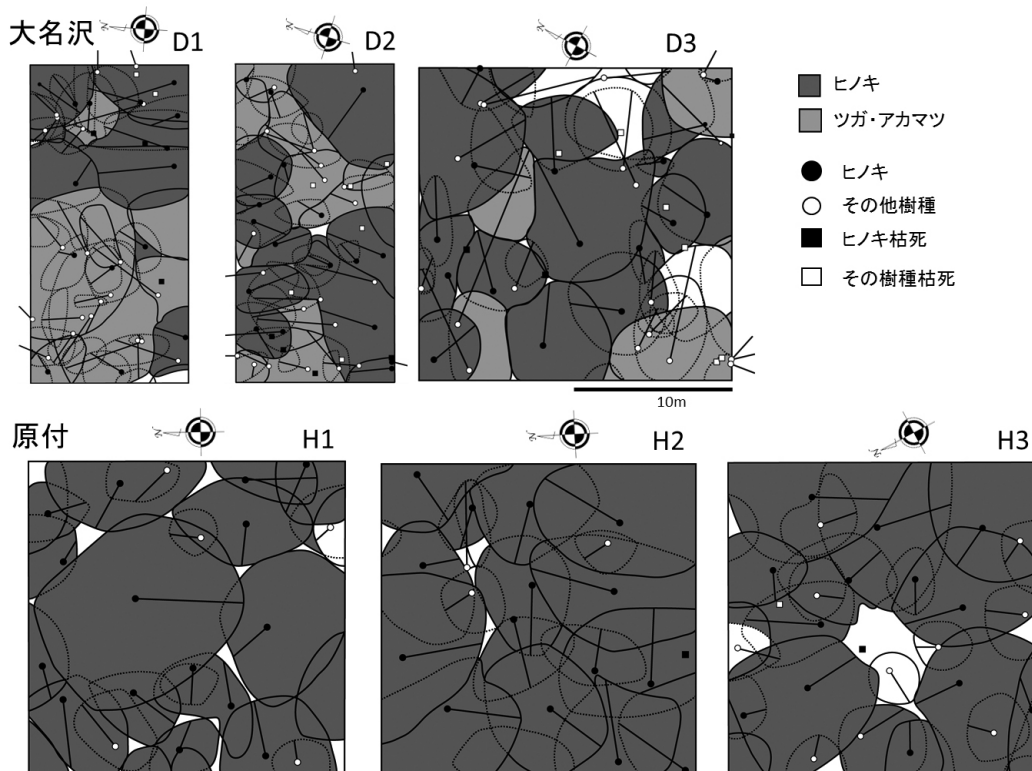


図-5 大名沢 (D) と原付 (H) の天然ヒノキ林における各プロットの樹冠投影図

各プロットにおける樹高階分布を図-4に示した。大名沢では、ヒノキは樹高5~25mの範囲に分布していた。原付ではヒノキは樹高20~40mの高木に集中して分布していた。

各プロットにおける樹冠投影図を図-5に示した。大名沢では、林冠は、ヒノキの他にツガ *Tsuga sieboldii* Carrière およびアカマツ *Pinus densiflora* (Siebold. et. Zucc.) Carrière で構成されていた。原付では林冠の9割以上がヒノキのみで構成されており、大名沢のようにツガやアカマツの混交はみられなかった。

病害は大名沢においては確認されなかった。原付ではとっくり病が確認された。とっくり病が発生していたのはDBH35cm以上、樹高20m以上の幹であった(図-3、4)。漏脂病は両調査地とも確認されなかった。獣害は大名沢で発生しており、ヒノキはDBH35cm以上、樹高15m以上の幹で剥皮痕が確認されたが、その他の樹種は小径木を中心に被害がみられた(図-3、4)。

植生調査および高木層の被度に基づくクラスター解析

各プロットにおける植生調査の結果を附表-1に示した。大名沢天然ヒノキ林においては、高木層にヒノキ、ツガ、アカマツがみられた。しかしD1においてはツガのみがみられ、ヒノキはみられなかつ

た。亜高木層ではどのプロットにおいてもヒノキがみられ、アカヤシオ *Rhododendron pentaphyllum* Maxim. var. *nikoense* Komatsu やリョウブ *Clethra barbinervis* Siebold et Zucc. などの樹種も多かった。低木層ではアブラツジ *Enkianthus subsessilis* (Miq.) Makino の被度が高く、ヒノキはどのプロットにもみられなかった。草本層では植生が少ないものの、アブラツジやリョウブの稚樹などが全てのプロットでみられた。また被度、群度は小さいものの、ヒノキの実生(樹高<1.3m)も全プロットでみられた。一方、原付天然ヒノキ林においては、高木層はヒノキのみで構成されており、H1とH2の亜高木層ではヒノキはみられなかった。低木層ではヒノキがみられ、他にもアオキ *Aucuba japonica* Thunb.、ヤマウルシ *Toxicodendron trichocarpum* (Miq.) Kuntze 等がみられた。草本層ではベニシダ *Dryopteris erythrosora* (D.C.Eaton) Kuntze、アズマザサ *Sasaella ramose* Makino の被度、群度が高く、全てのプロットでみられた。H2以外のプロットではヒノキの実生も確認できた。

関東地方および周辺地域の天然ヒノキ林の高木層の被度に基づくクラスター分析の結果を図-6に示した。原付天然ヒノキ林のH1~H3は全て同じクラスターに分類された。大名沢天然ヒノキ林は、それぞれ別のクラスターに分類された。

稚樹調査

各プロットにおける稚樹の樹高階分布を図-7に示した。大名沢天然ヒノキ林においては、ヒノキの稚樹はなく、その他の樹種の稚樹が占めていた。一方、原付天然ヒノキ林では低木を中心にヒノキの稚樹が確認できた。ヒノキ稚樹の本数は、H1が300本/ha、H2が800本/ha、H3が2,300本/haであった。

土壌断面と炭素含有率

各調査地における土壌断面図を図-8に示した。大名沢天然ヒノキ林では、SD2はA層(深さ0~5cm)、B層(深さ5~32cm)、C層(深さ32~55cm)で構成されており、SD3はA層(深さ0~5cm)、B層(深さ5~60cm)で構成されていた。A層は腐植に富むが、B、C層は腐植に乏しく、B層は半腐朽の石礫が、C層は未風化の石礫がみられた。大名沢天然ヒノキ林の土壌型は両試孔ともB_d(4)であった。原付天然ヒノキ林では、SH1、SH2両試孔ともA₁層(深さ約0~5cm)、A₂層(深さ約5~80cm)、七本桜軽石層(深さ80~100cm)で構成されていた。A層が厚く、A₁、A₂層ともに腐植はすこぶる富んでいた。原付天然ヒノキ林の土壌型は両試孔ともB_{1d}であった。

各土壌層位における炭素含有率を図-9に示した。大名沢天然ヒノキ林の両プロットにおいて、A層は20%以上の炭素含有率を示し、B、C層は3%未満であった。原付天然ヒノキ林の両プロットにおいて、A₁層は20%以上、A₂層は10%以上の炭素含有率を示した。

微粒炭分析

各天然ヒノキ林のA層土壌に含まれている微粒炭数を図-10に示した。500μm以上の微粒炭数をみる

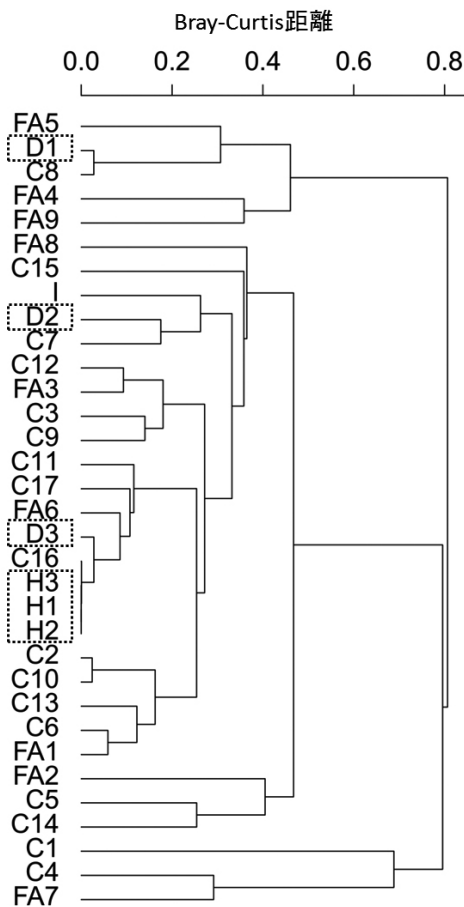


図-6 関東地方および周辺地域における天然ヒノキ林の高木層の被度に基づくクラスター分析の結果

D1-D3, 大名沢; H1-H3, 原付; C1-C17,

秩父山地; FA1-FA9, 富士青木ヶ原; I, いわき市赤井岳

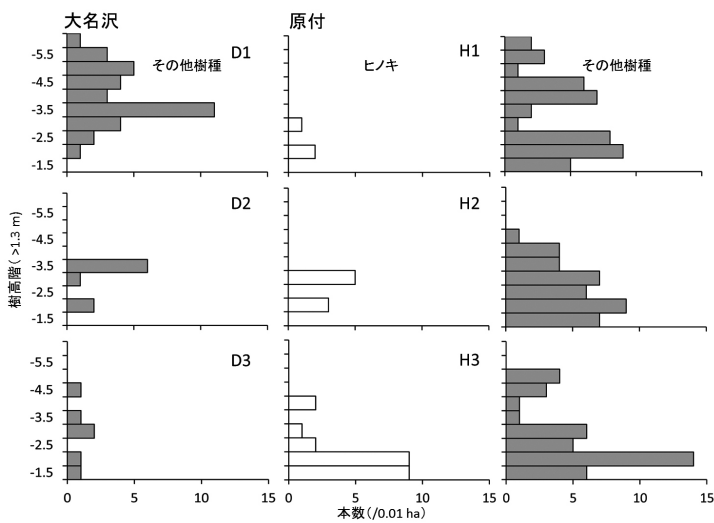


図-7 大名沢 (D) と原付 (H) の天然ヒノキ林における各プロットの稚樹の樹高階分布
大名沢ではヒノキの稚樹はみられなかった。

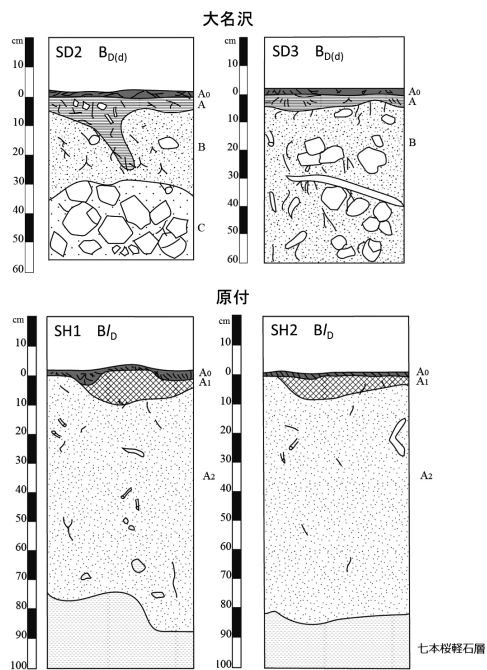


図-8 大名沢 (SD) と原付 (SH) の天然ヒノキ林の土壌断面図

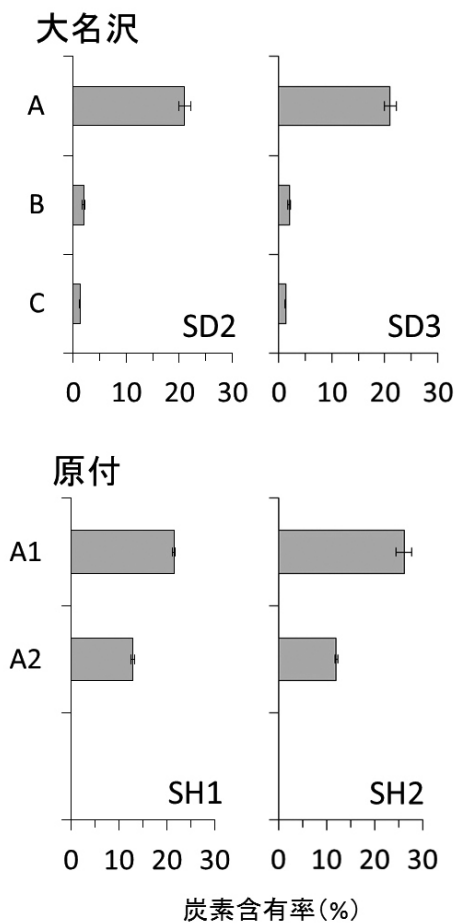


図-9 大名沢 (SD) と原付 (SH) の天然ヒノキ林における各土層層位の炭素含有率
エラーバーは標準偏差を示す (N=3)。

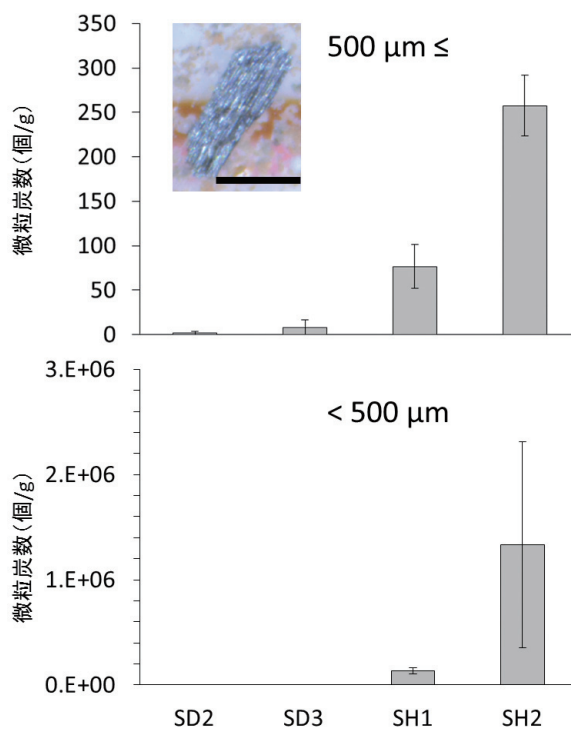


図-10 大名沢 (SD) と原付 (SH) の天然ヒノキ林のA層土壌 (深度約5cm) に含まれる微粒炭数
エラーバーは標準偏差をしめす (N=3)。写真は原付の天然ヒノキ林 (SH2) で検出された微粒炭で、スケールバーは1000 μm 。

と、大名沢では10個/g未満とごく少ないが、原付のSH1では約75個/g、SH2では約260個/gと非常に多かった。500 μ m未満の微粒炭数をみると、大名沢では微粒炭は観察できず、SH1では 1.33×10^5 個/g、SH2では 1.33×10^6 個/gであった。

文献調査

現在、原付のヒノキ林がある場所は、明治18年に編纂された「地誌編輯材料取調書」（今市市史編さん専門委員会1974）の「塩野室村」によると、「塩野室村字原附式」である。この場所は、江戸時代後期には、西に針貝村、南に大室村・矢野口村の計3村が隣接していた。この場所を含む塩野室村と針貝村の境一帯には、1617年（元和3年）から1744年（延享元年）にかけて、萱場が設定され、1822年（文政5年）の「地境改め」によって境界が確定するまで、この萱場の使用をめぐって、両村および周辺村との間に入会争論が頻繁に発生していた（今市市史編さん委員会1992）。このように、原付のヒノキ林の場所は、江戸時代後期には萱場として利用されていたことがわかった。

今市市史編さん委員会（1978）の「慶応四年八月河内郡塩野室村明細帳」によると、塩野室村の秣場（萱場）は針谷村との入会地として1箇所あること、また、「内享和二戌年御林御取立二付」とあり、この秣場の一部が1802年（享和2年）に御林（おはやし）になったことが記されていた。この詳細は、農林省編纂（1971）「日本林制史資料」の「日光東照宮領」の中の大河内豊橋家譜にあり、「信明享和元年九月檜・槻・赤松等苗木十五萬四千八百株植於野州河内郡鹽野室村秣野之内貳拾五町八段歩之地寄進之此東照宮・大猷公因御林御取立所植也、」とあった。すなわち、松平信明が、1801年（享和元年）、塩野室村の秣場の25ヘクタールに、ヒノキ、ケヤキ、アカマツなどの苗木を15万4800本植栽し、東照宮・大猷公に献上するための人工林（御林）を造ったことが記されていた。

塩野室に隣接する地域一帯では、1853年（嘉永6年）に二宮尊徳による日光神領の報徳仕法が始まると、信州木曾のヒノキ種子を用いて育苗が行われ、1853年（嘉永6年）から1868年（慶応4年）の15年間に日光神領の22ヶ村で約9万本（ヒノキ5万本、スギ4万本）の植林が野場や山地などで行われた（今市市史編さん委員会1980）。また、塩野室村に隣接する大室村は報徳仕法としての植林はないが、同村明主関根矢之介（矢作）によって、1820年代（文政年間）から1866年（慶応2年）までに、5,886本のスギ・ヒノキが独自に植林された（今市市史編さん委員会1980）。一方、今市市史編さん委員会（1980）には村ごとの植林本数、樹種、地種などの情報が出ているが、塩野室村は日光神領に属していなかったため、植林記録はなかった。このように、江戸時代末期には塩野室村に隣接する日光神領では野場といった平地を含めて植林が進んだが、塩野室村で植林が行われたことを示す記述はなかった。

また、原付のヒノキ林に関して、東京營林局報に今市營林局管内の天然ヒノキの分布を調べた瀧澤・

長田（1937）および母樹林として種子の豊凶や採取量を調べた長田（1937）の報告があった。長田（1937）には、「河内郡篠井村大字鹽の室字原付国有林宇都宮事業区12は、区域面積27.5812ha」で、「海拔高280m」とあり、現在の原付天然ヒノキ林の保護林面積（9.01ha）と林班名（73林班）とは異なるものの、地名、標高が一致していることから、同一林分と考えられる。そして、瀧澤・長田（1937）には「林況は扁柏【安崎注：ヒノキ】赤松等の天然生に、少量の杉、花柏【安崎注：サワラ】の天然生を混じ、潤葉樹は檜を主とし、其他楓類シテ類並灌木類を混ざる」とあり、「針葉樹の内一部人工植栽による扁柏を存するも、（明治二十四年植栽）、天然生ものは稚幼樹から七、八十年に近いものの成立を見、扁柏の最も大なるものは、胸高直径60 cm に達するものもある。」との記述があった。長田（1937）には、「扁柏は天然生赤松及櫻、檜、栗、其他の潤葉樹に混生せる天然生であって、母樹数500本餘其樹齡60乃至80年平均70年位と思います。」とあり、さらに、「本母樹は明治初年頃、採草地に発生した天然生と稱され其後に赤松及檜栗櫻等の潤葉樹が成立して、現在は混淆林を形成し本母樹は赤松と共に、上層木となつてゐる」との記述があった。また、長田（1937）には、「昭和三、四年度に全林に對し、アカマツ其他潤葉樹を凡二〇%（本數）の擇伐を行い、母樹の支障木を除去し其後昭和九年度に母樹の周邊の支障木を伐採しました」との記述があり、原付のヒノキ林で択伐施業が行われたことがわかった。

考察

栃木県の天然ヒノキ林の林分構造と更新状況

毎木調査の結果、大名沢では、ヒノキはツガやアカマツ等の他樹種と混交しており、ヒノキの胸高断面面積合計（BA）は52.5～62.3 m^2/ha であった（表-1）。木曾の赤沢天然ヒノキ保存林のヒノキの胸高断面面積合計は、人為攪乱のない良く成熟した林分で66.5 m^2/ha （Matsushita *et al.* 2014）、ほとんど人為攪乱のない良く成熟した林分で64.8 m^2/ha （Hoshino *et al.* 2001）とされる。大名沢のヒノキ林の胸高断面面積合計はこれらの値よりやや小さいが概ね匹敵する値であり、最大胸高直径も73 cm であることから、良く成熟した林分と考えられる。土壌は天然ヒノキ林に主としてみられる褐色森林土であり（佐藤1971）、土炭素含有率は適度に多く、ヒノキの適地とされる土壌型（脇1993）であった。

稚樹の更新に関して、木曾の良く成熟した天然ヒノキ林では、ヒノキの稚樹はほとんどみられない（Yamamoto and Suto 1994; Hoshino *et al.* 2001; Matsushita *et al.* 2014）。これは、ヒノキ稚樹が比較的陽性を持つため（脇1993）、光の遮断効果の大きいヒノキ林下の暗い林床（赤井1980）では生育できないためと考えられる。したがって、大名沢において実生・稚樹がほとんどみられなかったのも、林冠の鬱閉による林床の光環境の悪化が原因の一つと考えられる。また、大名沢は地形が急峻で林床植生に乏しかったことから、表土の移動が起きていると予

想され、赤井(1975)で指摘されているように、これによってヒノキの実生定着が阻害されていることも考えられる。また、本研究では実生の獣害調査は行わなかったが、当年生実生の死亡要因のなかで獣害による死亡が多いという先行研究もある(山本・堤 1980)。大名沢ではヒノキ以外の樹種の稚樹やヒノキ成木で獣害が発生していたことから、ヒノキ実生・稚樹でも獣害が発生している可能性がある。これらの点から、現状では大名沢天然ヒノキ林ではヒノキの天然更新は難しいと考えられる。

原付における毎木調査の結果、高木層ではヒノキが優占し、林冠の9割以上をヒノキが占めており、ヒノキの胸高断面積合計は49.0～65.3 m²/haであった(表-1)。上述の赤沢天然ヒノキ保存林と比較すると、大名沢同様に、やや小さいか概ね匹敵する値であり、老齢ヒノキ林分と考えられる。一方で大名沢と異なり、下層植生は多く、植生および稚樹調査において全てのプロットでヒノキの稚樹が確認された。これは、原付は傾斜のない平坦地にあるため土壌の流亡はほとんどないことや、農地の中に短冊状に残された林分であるため(図-1)、側方からの光が入りやすく、林床が明るいためと考えられる。これらの稚樹は、現段階で林床を覆うベニシダやアズマザサの高さ(0.5 m程度)を超え、光を獲得できる樹高に達した稚樹も多かった(図-7)。2年生以上のヒノキ稚樹は、不適當な環境に対する抵抗性も少しずつ高くなり、光と水分の生存条件がある程度得られれば枯死することはめったにない(赤井 1974)とされており、原付のヒノキ稚樹は今後も生存していく可能性がある。佐藤(1971)は、ヒノキの天然更新が可能な例の一つとして、宇賀(1943)の高知県魚梁瀬事業区和田山のスギ、ツガ、モミ、ヒノキが混交した林分の択伐後(本数と材積でそれぞれ34%および40%)14年目のヒノキの稚樹調査の結果を挙げている。宇賀(1943)によると、ここでは、稚樹の発生がよいのは、尾根と斜面中腹であり、1 m以上のヒノキの稚樹が尾根と斜面中腹でそれぞれha当たり96本と29本あった。また、兵庫県の書写山のアカマツなどの混交したヒノキ天然林における、択伐後(本数と材積でそれぞれ64%および46%)4年後のヒノキの稚樹調査では、平均高44 cmのヒノキ稚樹が3,411本/haみられた。原付における1.3 m以上の稚樹密度が300～2,300本/haであることを考慮すると、原付の稚樹密度は佐藤(1971)に示されたものと遜色ない本数といえる。以上の点から、原付天然ヒノキ林では天然更新が可能といえるかもしれない。ただし、本調査でもとっくり病が観察されたように(図-3、4)、土壌型がB_{1b}でヒノキにとっては肥沃であるため、とっくり病が発生する可能性がより高い(諫本 1989)と考えられる。

原付天然ヒノキ林の由来

大名沢天然ヒノキ林は、他樹種と混交した樹種組成を示し、分布の北限であるいわきや、関東の秩父、富士青木ヶ原等、他地域の天然ヒノキ林と林分組成が類似していた。また、土壌型は、秩父のツガが比

較的多いヒノキ林の土壌型(永戸・永野 1971の土壌断面図から判読するとB_c～B_{D(a)})と類似していた。一方、原付の林分は他地域の天然ヒノキ林と比較して特異性がみられた。まず土壌についてみると、一般的に天然ヒノキ林は褐色森林土かポドソル土壌に成立している(前田 1951; 佐藤 1971)が、原付の土壌型はB_{1b}で、全層位で炭素含有率と腐植が多く、天然ヒノキ林ではあまりみられないタイプ(佐藤 1971)であった。また、微粒炭分析の結果、500 μm以上の微粒炭や、500 μm未満の微粒炭が多量に観察された。井上・吉川(2005)は琵琶湖周辺に分布する黒色土中の微粒炭を調べ、500 μm以上の微粒炭を土壌深度20 cm以浅で約20個/g、最も多く検出された土壌深度20～25 cmでは60個/g以上検出し、過去に火入れが行われていたと推測した。原付天然ヒノキ林で観察された500 μm以上の微粒炭数は、SH1では約75個/g、SH2では約260個/g(両試料共に土壌深度5 cm)で、井上・吉川(2005)と比較して非常に多かった。したがって、原付天然ヒノキ林の場所は過去に火災が発生したところと考えられる。そして、江戸時代後期には原付一帯は萱場であったという記述(今市市史編さん委員会 1992)、本林分が採草地に更新したとの記述(長田 1937)、さらに、黒色土がススキなどの草原に起源するという知見(例えば、河室・鳥居 1986; Ishizuka *et al.* 2014)と併せると、原付天然ヒノキ林は、自然火災ではなく、過去に茅場として利用するための人為的な火入れが行われていた場所に更新したものと考えられる。なお、大名沢でも500 μm以上の微粒炭がごく僅かに観察されたが、急傾斜という地形条件を考慮すると、大名沢で人為的な火入れが行われていたとは考えにくく、高原山一帯では明治20年以降に度重なる山火事があった(栗田 1933)ことを考慮すると、山火事に由来するものと推察される。

文献調査の結果、塩野室の秣場25ヘクタールに1801年(享和元年)にヒノキなどの人工林が造成されたことが明らかになった。現在の原付のヒノキ林は約9 haであるが、1933年(昭和8年)時点で29.8264 ha(今市営林局 1933)、1937年(昭和12年)には27.5812 ha(長田 1937)とあり、1801年の植栽面積をほぼ一致している。また、瀧澤・長田(1937)には、詳しいDBH分布はわからないが、大きなものでDBH 60 cm、長田(1937)にはDBH 22～56 cm、樹高13～22 mとある。関東のヒノキ林分収獲表(林野庁林業試験場 1961)によると、地位1、林齢60年のヒノキ主林木の平均DBHは29.2 cm、また、千葉県(千葉県農林水産技術会議 2013)によると、地位上、林齢100年のヒノキ主林木の平均DBHは37.4 cmである。長田(1937)の伝聞のように原付のヒノキ林が「明治初年頃、採草地に発生した」とすれば、長田(1937)の1937年(昭和12年)時点でおおよそ70年生であり、上述の一般的なヒノキの成長を考えるとやや成長が良すぎるように思える。一方、原付の林が1801年植栽だとすると1937年(昭和12年)時点で樹齢136年となり、サイズから考えても概ね妥当といえる。これらのことから、

原付のヒノキ林は、1801年に植栽された人工林に由来する可能性が示唆される。塩野室においては、江戸末期の報徳仕法による植栽記録はなかったことから、原付のヒノキ林は御林として維持され、明治になると、「地誌編輯材料取調書(明治18年作成)」(今市市史編さん専門委員会1974)の「塩野室村」に「原附官林」の記述があることから、官林となったと考えられる。また、今市営林局(1933)には、原付国有林宇都宮事業区12林班の「に」小班は明治24年植栽地とあることから、この官林は明治に入り一部皆伐・植栽が行われるとともに、その後土地の一部が国有林でなくなり、現在9haのみが残されていると考えられる。現在、原付のヒノキ林が天然林と扱われるに至った根拠は、瀧澤・長田(1937)および長田(1937)にあると考えられる。

クラスター分析の結果、比較したいわきや秩父、富士青木ヶ原の天然ヒノキ林はアカマツやツガ等の他樹種と混交していた。しかし、原付天然ヒノキ林はヒノキの優占度が著しく高く、その点で他地域の天然ヒノキ林とは大きく異なっており、特異的といえる(図-6)。木曾の天然ヒノキ林の中には、原付のような純林状の林も多く、これは江戸時代の人為的影響のためといわれている(帝室林野局1938; 砂原1939a, b)。本調査の毎木調査結果および長田(1937)の文献記載に基づく、原付天然ヒノキ林におけるヒノキの優占は、度重なる択伐施業の結果と考えられる。

以上から、大名沢のヒノキ林は天然林と考えられたが、原付のヒノキ林は過去に人為的な火入れがあった場所に成立し、その後施業が行われてきた林分であることが明らかになった。そして、江戸時代後期の文献調査の結果、原付のヒノキ林は1801年に造成された人工林に由来する可能性が示唆された。今後年輪解析を行うことで、この仮説の検証が可能となろう。

謝辞

本研究を行うに当たり、日光森林管理署ならびに塩那森林管理署より調査許可と調査資料をいただいた。また、塩谷町役場より栃木県自然環境保全地域内での土壌調査と土壌採取に関して、許可をいただいた。土壌分析にあたり、宇都宮大学農学部生物資源学科土壌学研究室の平井英明教授ならびに星野幸一氏よりご助言・ご指導をいただいた。文献調査に際しては、日光市歴史民俗資料館の齋藤康則氏より貴重は文献情報をご教示いただいた。また、同学部森林科学科森林政策学研究室の山本美穂教授より江戸時代後期の日光地域の林制についてご教示いただいた。現地調査に際しては、同学部森林科学科森林生態学・育林学研究室の皆様のご協力をいただいた。2名の査読者の方々より有益なコメントをいただいた。以上の方々にご心よりお礼申し上げます。

引用文献

赤井龍男(1974)ヒノキの天然更新機構。(ヒノキ林-その生態と天然更新。四手井綱英・赤井龍男・

齋藤秀樹・河原輝彦, 地球社)。211-354。

赤井龍男(1975)天然更新に関する研究(III):尾鷲地方におけるヒノキ林の更新。京大演報47:34-47。

赤井龍男(1980)ヒノキ林の林地保全と天然更新。森林立地22:1-7。

赤井龍男・浅田節夫(1967)天然更新に関する研究(I):木曾地方湿性ポドゾル地帯におけるヒノキ属の更新。京大演報39:35-63。

Braun-Blanquet J(1964)Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetation-skunde.Springer-Verlag。

林 弥榮(1951)日本産重要樹種の天然分布針葉樹(第1報)。林試研報48:179-207。

千葉県農林水産技術会議(2013)長伐期施業の進め方。千葉県農林水産技術会議。

Hoshino D, Nishimura N, Yamamoto S(2001)Age, size structure and spatial pattern of major tree species on an old-growth *Chamaecyparis obtusa* forest, central Japan. For Ecol Manage 152:31-43。

今市営林局(1933)ヒノキの撫育に關する一考察。東京営林局報(8):1-6。

今市市史編さん委員会(1978)いまいち市史 史料編・近世IV。

今市市史編さん委員会(1980)いまいち市史 通史編・別編I。

今市市史編さん委員会(1992)いまいち市史 通史編・別編II。

今市市史編さん専門委員会(1974)いまいち市史 史料編・近現代I。

井上 淳(2007)火災史を考える上での macro-charcoal 研究の重要性と分析方法-日本の火災史研究におけるその役割-。植生史研究15:77-84。

井上 淳・高原 光・千々和一豊・吉川周作(2005)滋賀県曾根沼堆積物の微粒炭分析による約17000年前以降の火事の歴史。植生史研究13:47-54。

井上 淳・吉川周作(2005)琵琶湖周辺に分布する黒色土中の黒色植物片について-黒色土中の微粒炭研究の新たな取り組み-。第四紀研究44:289-296。

諫本信義(1989)ヒノキのとっくり病に関する研究。大分林試研報(11):1-125。

Ishizuka S, Kawamuro K, Imaya A, Torii A, Morisada K(2014)Latitudinal gradient of C₄ grass contribution to Black Soil organic carbon and correlation between $\delta^{13}\text{C}$ and the melanic index in Japanese forest stands. Biogeochemistry 118:339-355。

河室公康・鳥居厚志(1986)長野県黒姫山に分布する火山灰由来の黒色土と褐色森林土の成因的特徴-とくに過去の植被の違いについて-。第四紀研究25:81-98。

気象庁(2016)<http://www.data.jma.go.jp>(2016/01/23アクセス)

栗田勲(1933)高原山森林植生の分布に就て。東京営林局報(1):16-36。

前田禎三(1951)ヒノキ林の群落組成と日本海要素について。東大演報8:21-44。

- 松本麻子 (2014) 日本の森林樹木の地理的遺伝構造 (6) ヒノキ (ヒノキ科ヒノキ属). 森林遺伝育種 3: 118-122.
- Matsumoto A, Uchida K, Taguchi Y, Tani N, Tsumura Y (2010) Genetic diversity and structure of natural fragmented *Chamaecyparis obtusa* populations as revealed by microsatellite markers. J Plant Res 123: 689-699.
- Matsushita M, Hoshino D, Yamamoto S, Nishimura N (2014) Twenty-three years of stand dynamics in an old-growth *Chamaecyparis* forest in central Japan. J For Res 19: 134-142.
- 宮川 清 (1993) 土壌と植生 - 植生の環境指標. (森林土壌の調べ方とその性質 (改訂版). 森林土壌研究会編, 財団法人林野弘済会). 129-153.
- 永戸 健・永野 巖 (1971) 秩父鉦山地域に発達するヒノキ林. 秩父自然科学博物館研報 16: 49-56.
- 農林省編纂 (1971) 日本林制史資料 江戸時代・皇室御料・公家領・社寺領. 明文堂.
- Ohlson M, Tryterud E (2000) Interpretation of the charcoal record in forest soils: forest fires and their production and deposition of macroscopic charcoal. The Holocene 10: 519-525.
- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H (2015). vegan: Community ecology package. R package version 2.0-7. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- 長田保男 (1937) 母樹林に於ける種子の豊凶並採取可能量に就て. 東京營林局報 (45): 156-161.
- 大関昌平 (1976) ヒノキ林に関する研究 - ヒノキ天然生北限林の特性調査 -. 福島林試研報 (11): 1-12.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- 林野庁 (2015) 第II章 森林の整備・保全. (平成27年度版 森林・林業白書. 林野庁編, 一般社団法人 全国林業改良普及協会). 48.
- 林野庁林業試験場 (1961) 関東地方ひのき林分収穫表調製説明書. 農林省林業試験場.
- 佐藤敬二 (1971) 日本のヒノキ <上巻>. 全国林業改良普及協会.
- Shiraishi S, Kaminaka H, Ohyama N (1987) Genetic variation and differentiation recognized at two allozyme loci in Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*). Jap For Sci 69: 88-93.
- 砂原英治 (1939a) 王瀧御料林成立に関する一考察 (一). 御料林 (137): 53-67.
- 砂原英治 (1939b) 王瀧御料林成立に関する一考察 (二). 御料林 (138): 52-67.
- 瀧澤今朝・長田保男 (1937) 扁柏天然林の分布に就て. 東京營林局報 (45): 152-155.
- 皇室林野局 (1938) ひのき分布考. 林野会.
- 脇 孝介 (1993) 林木の成長と土壌との関係. (森林土壌の調べ方とその性質 (改訂版). 森林土壌研究会編, 財団法人林野弘済会). 323-327.
- Whitlock C, Larsen C (2001) Charcoal as a fire proxy. In: Tracking environmental change using lake sediments Vol.3. Smol JP, Birks HJ, Last WM (eds), 75-97.
- 宇賀和彦 (1943) 局部地形が天然更新に及ぼす影響に就て. 昭和17年度日林論: 465-472.
- 山本進一・堤 利夫 (1980) ヒノキ人工林における天然性ヒノキ稚樹の個体群動態 (II) 当年生稚樹の死亡要因. 日林誌 62: 343-349.
- Yamamoto S, Suto A (1994) Occurrence pattern of *Thujaopsis dolabrata* saplings in the understory of an old-growth *Chamaecyparis* forest, Akasawa Forest Reserve, central Japan. Jap J For Soc 76: 553-559.

附表-1 大名沢 (D) と原付 (H) の天然ヒノキ林の植生

| 階層 | 樹種 | 学名 | D1 | D2 | D3 | H1 | H2 | H3 | |
|----------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 高木層 | ヒノキ | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | | 5・3 | 5・1 | 5・3 | 5・3 | 5・3 | |
| | ツガ | <i>Tsuga sieboldii</i> | 5・1 | 2・1 | 1・1 | | | | |
| | アカマツ | <i>Pinus densiflora</i> | | 3・1 | | | | | |
| 亜高木層 | ヒノキ | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | 2・1 | 1・1 | 1・1 | | | 1・1 | |
| | アカヤシオ | <i>Rhododendron pentaphyllum</i> | 2・1 | 3・2 | | | | | |
| | リョウブ | <i>Clethra barbinervis</i> | 2・1 | 1・1 | | | | | |
| | アブラツツジ | <i>Enkianthus subsessilis</i> | 2・1 | 1・1 | | | | | |
| | ネジキ | <i>Lyonia ovalifolia</i> | 2・1 | 1・1 | | | | | |
| | コハウチワカエデ | <i>Acer sieboldianum</i> | + | | | | | 2・1 | |
| | ウワミズザクラ | <i>Padus grayana</i> | | | | | | 2・1 | |
| | クリ | <i>Castanea crenata</i> | | | | | 2・1 | | |
| | シラカシ | <i>Quercus myrsinaefolia</i> | | | | | | 2・1 | |
| | アオハダ | <i>Ilex macropoda</i> | 2・1 | | | | | | |
| | ツガ | <i>Tsuga sieboldii</i> | | | 1・1 | | | | |
| | スギ | <i>Cryptomeria japonica</i> | | | | | | 1・1 | |
| | モウソウチク | <i>Phyllostachys pubescens</i> | | | | 1・1 | | | |
| | ヤシャブシ | <i>Alnus firma</i> | | | 1・1 | | | | |
| | ヤマウルシ | <i>Toxicodendron trichocarpum</i> | | | | | | 1・1 | |
| | ナツハゼ | <i>Vaccinium oldhamii</i> | | | | | | 1・1 | |
| | アオダモ | <i>Fraxinus lanuginosa</i> | + | | | | | | |
| | 低木層 | アオキ | <i>Aucuba japonica</i> | | | | 2・2 | 1・2 | 2・2 |
| | | ヒノキ | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | | | | 1・1 | 1・1 | 3・3 |
| | | ヤマウルシ | <i>Toxicodendron trichocarpum</i> | | | | 3・3 | | 2・1 |
| アブラツツジ | | <i>Enkianthus subsessilis</i> | | | | | | | |
| ヒサカキ | | <i>Eurya japonica</i> | 3・2 | 1・1 | 1・1 | 1・1 | 1・1 | 1・1 | |
| コシアブラ | | <i>Acanthopanax sciadophylloides</i> | | | | 1・2 | | 1・2 | |
| ウワミズザクラ | | <i>Padus grayana</i> | | | | 1・1 | 2・1 | | |
| アオハダ | | <i>Ilex macropoda</i> | | | | 1・1 | + | + | |
| ナツハゼ | | <i>Vaccinium oldhamii</i> | | | | 1・1 | + | | |
| アオダモ | | <i>Fraxinus lanuginosa</i> | | | | 1・1 | + | | |
| ツガ | | <i>Tsuga sieboldii</i> | | | 1・1 | | | | |
| スギ | | <i>Cryptomeria japonica</i> | | | | | | 1・1 | |
| フジ | | <i>Wisteria floribunda</i> | | | | | 1・1 | | |
| ウラジロノキ | | <i>Aria japonica</i> | | | 1・1 | | | | |
| アカヤシオ | | <i>Rhododendron pentaphyllum</i> | 1・1 | | | | | | |
| シロヤシオ | | <i>Rhododendron quinquefolium</i> | | | 1・1 | | | | |
| ヤマツツジ | | <i>Rhododendron kaempferi</i> | | | + | + | + | | |
| サワフタギ | | <i>Symplocos sawafutagi</i> | | | | + | + | | |
| イヌツゲ | | <i>Ilex crenata</i> | | | | + | + | | |
| ウメモドキ | | <i>Ilex serrata</i> | | | | + | + | | |
| モミ | <i>Abies firma</i> | | | + | | | | | |
| ヤマコウバシ | <i>Lindera glauca</i> | | | | | + | | | |
| シラカシ | <i>Quercus myrsinaefolia</i> | | | | | + | | | |
| ミズキ | <i>Cornus controversa</i> | | | | + | | | | |
| オオバアサガラ | <i>Pterostyrax hispida</i> | | | | | | + | | |
| バイカツツジ | <i>Rhododendron semibarbatum</i> | | | + | | | | | |
| ツツジ科不明種1 | <i>Ericaceae spl</i> | | | | | | 1・1 | | |
| 草本層 | ベニシダ | <i>Dryopteris erythrosora</i> | | | | 4・4 | 3・3 | 2・3 | |
| | アズマザサ | <i>Sasaella ramosa</i> | | | | 4・4 | 2・3 | 3・3 | |
| | トウゲシバ | <i>Lycopodium serratum</i> | | | | + | 1・2 | 3・3 | |
| | テイカカズラ | <i>Trachelospermum asiaticum</i> | | | | 1・3 | 1・2 | 1・2 | |
| | アブラツツジ | <i>Enkianthus subsessilis</i> | 1・2 | 1・2 | 1・2 | | | | |
| | アオキ | <i>Aucuba japonica</i> | | | | 1・2 | | 2・3 | |
| | リョウブ | <i>Clethra barbinervis</i> | 1・2 | + | 1・2 | + | | | |
| | ヤブコウジ | <i>Ardisia japonica</i> | | | | 1・2 | + | 1・2 | |

附表-1 大名沢 (D) と原付 (H) の天然ヒノキ林の植生 (続き)

| 階層 | 樹種 | 学名 | D1 | D2 | D3 | H1 | H2 | H3 |
|-------------|----------------------------|--------------------------------------|----|-----|-----|----|----|-----|
| | ヒノキ | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | + | 1・2 | 1・1 | + | | + |
| | バイカツツジ | <i>Rhododendron semibarbatum</i> | + | 1・1 | 1・2 | | | + |
| | ハリガネワラビ | <i>Parathelypteris japonica</i> | + | + | + | + | + | 1・2 |
| | トウゴクミツバツツジ | <i>Rhododendron wadatum</i> | + | + | 1・2 | | | + |
| | ツガ | <i>Tsuga sieboldii</i> | + | 1・1 | + | | | |
| | マルバサンキライ | <i>Smilax stans</i> | | | | | | 1・1 |
| | ウスノキ | <i>Vaccinium hirtum</i> | + | 1・1 | + | | | |
| | チゴユリ | <i>Disporum smilacinum</i> | + | | | + | + | + |
| | エゴノキ | <i>Styrax japonica</i> | + | | + | + | | + |
| | アオハダ | <i>Ilex macropoda</i> | + | + | + | | | + |
| | コシアブラ | <i>Chengiopanax sciadophylloides</i> | + | + | + | + | | |
| | モミ | <i>Abies firma</i> | + | + | + | | | |
| | コナラ | <i>Quercus serrata</i> | + | + | + | | | |
| | シラキ | <i>Neoshirakia japonica</i> | + | + | + | | | |
| | ツタウルシ | <i>Toxicodendron orientale</i> | | | | + | + | + |
| | ヤマウルシ | <i>Toxicodendron trichocarpum</i> | + | + | + | | | |
| | オトコヨウゾメ | <i>Viburnum phlebotrichum</i> | | | + | + | | + |
| | タカノツメ | <i>Gamblea innovans</i> | + | + | + | | | |
| | シシガシラ | <i>Blechnum niponicum</i> | | | | | + | + |
| | ホソバナライシダ | <i>Arachniodes borealis</i> | | | | + | | + |
| | クロモジ | <i>Lindera umbellata</i> | + | | + | | | |
| | オニドコロ | <i>Dioscorea tokoro</i> | | | | + | + | |
| | チヂミザサ | <i>Oplismenus undulatifolius</i> | + | | | | | + |
| | コミネカエデ | <i>Acer micranthum</i> | + | + | | | | |
| | イロハモミジ | <i>Acer palmatum</i> | | | + | | | + |
| | ウリハダカエデ | <i>Acer rufinerve</i> | | + | + | | | |
| 草 本 層 | コアジサイ | <i>Hydrangea hirta</i> | + | | + | | | |
| | ヒサカキ | <i>Eurya japonica</i> | | | | + | | + |
| | ネジキ | <i>Lyonia ovalifolia</i> | + | | + | | | |
| | ツルリンドウ | <i>Tripterospermum japonicum</i> | | + | + | | | |
| | コケシノブ | <i>Mecodium wrtighii</i> | + | | | | | |
| | ミゾシダ | <i>Leptogramma mollissima</i> | | | | | | + |
| | ミサキカグマ | <i>Dryopteris chinensis</i> | | | | | + | 1・1 |
| | イヌガヤ | <i>Cephalotaxus harringtonia</i> | | | | | | + |
| | コブシ | <i>Magnolia kobus</i> | | + | | | | |
| | タチシオデ | <i>Smilax nipponica</i> | | | | | | + |
| | マンサク | <i>Hamamelis japonica</i> | | | + | | | |
| | ミヤマザクラ | <i>Cerasus maximowiczii</i> | | + | | | | |
| | ウワミズザクラ | <i>Padus grayana</i> | | | + | | | |
| | クリ | <i>Castanea crenata</i> | | | | | | + |
| | ヤシャブシ | <i>Alnus firma</i> | | | + | | | |
| | アマチャヅル | <i>Gynostemma pentaphyllum</i> | | | | | | + |
| | タチツボスミレ | <i>Viola grypoceras</i> | | | | | | + |
| | コハウチワカエデ | <i>Acer sieboldianum</i> | | | + | | | |
| | イワガラミ | <i>Schizophragma hydrangeoides</i> | | | | + | | |
| | チャノキ | <i>Camellia sinensis</i> | | | | + | | |
| アオダモ | <i>Fraxinus lanuginosa</i> | | | + | | | | |
| ムラサキシキブ | <i>Callicarpa japonica</i> | + | | | | | | |
| ヤブムラサキ | <i>Callicarpa mollis</i> | | | | | | + | |
| イヌツゲ | <i>Ilex crenata</i> | | | | + | | | |
| ウメモドキ | <i>Ilex serrata</i> | | | | | | + | |
| キッコウハグマ | <i>Ainsliaea apiculata</i> | + | | | | | | |
| ツクバネウツギ | <i>Abelia spathulata</i> | + | | | | | | |
| スイカズラ | <i>Lonicera japonica</i> | | | | | + | | |
| ツツジ科不明種2 | <i>Ericaceae sp2</i> | | | | | | + | |

被度・群度の順に示した。