京阪奈丘陵の二次林の林分構造と土壌硬度との関係

伊 東 宏 樹^{*1}・佐久間大輔²・柳 沢 直³・白 井 宏 尚⁴

伊東宏樹・佐久間大輔・柳沢 直・白井宏尚：京阪奈丘陵の二次林の林分構造と土壌硬度との関係 日林誌 88：42~45, 2006 京都府南部・京阪奈丘陵の大阪層群上に成立する二次林において、林分構造とそれに関わる要因について検討した。27 方形区を設定して毎木調査を行い、クラスター分析により類型化を行ったところ、二つの大きな林分タイプが抽出された。一つはコナラを優占種とするタイプで、もう一つはアカマツおよびソヨゴを優占種とするタイプであった。それぞれの位置する土壌条件について比較すると、前者は、後者と比較して土壌硬度が大きい場所、すなわち礫を多く含む場所には存在しないことがわかった。樹齢の比較および既存の知見から、コナラは後から侵入もしくは定着したと考えられ、その後の成長速度が土壌条件に依存したことが分布の違いの原因として考えられた。

キーワード：アカマツ、大阪層群、クラスター分析、コナラ、土壌硬度

Itô, H., Sakuma, D., Yanagisawa, N., and Shirai, H.: Relationship between Stand Structure of a Secondary Forest on the Keihanna Hills and Soil Hardness. J. Jpn. For. Soc. 88: 42~45, 2006 The stand structure of a secondary forest established on the Osaka group and related factors were analyzed. Twenty-seven quadrats were set in the forest, and every tree in those quadrats was measured. A cluster analysis conducted based on the results showed that there were two major stand types, *Quercus serrata*-dominated type and *Pinus densiflora*-*Ilex pedunculosa*-dominated type. The former type did not exist at locations with harder soil including more gravel. *Q. serrata* included fewer older stems than *P. densiflora*, and known evidence showed that rare *Q. serrata* once existed on the study site. We conjectured that differences in the growth rate of *Q. serrata* according to the soil conditions caused the differences between two stand types in this secondary forest.

Key words: cluster analysis, Osaka group, *Pinus densiflora*, *Quercus serrata*, soil hardness

I. は じ め に

都市近郊二次林については、かつての薪炭林利用がなくなり放置される一方で、身近な自然としての再評価も進み、各地で保全活動が行われている（倉本，2004；奥，2004）。このような保全活動の際には、地域ごとの特性を把握しておくことが望ましい（奥，2004）。二次林の林分構造に影響を及ぼす地域ごとの特性には、人為に関わるものと自然環境の両方がある。前者については、紙谷（1987）がブナ・ミズナラ林について、鎌田・中越（1990）がアカマツ林・ナラ林について研究した例などがあり、伐採周期や下刈の有無によって植生構造に差が生じることが知られている。

一方、自然環境に属する要因としては、大局的には気候が挙げられる（飯田・谷本，1992）が、局所的には林分の成立する斜面位置が影響を及ぼすことも指摘されている（Yanagisawa and Fujita, 1999）。また、京阪奈丘陵に広く分布する大阪層群は、さまざまな粒径の層が何層にも積み重なって成立している（三田村，1992）が、このような

地質上に成立する林分では、斜面位置よりもどの層が地表面にあらわれているかによって植生が影響を受けることが指摘されている（同志社大学校地学術調査委員会，1984）。かつての京阪奈丘陵には広大な面積の二次林が広がっていたが、近年の関西文化学術研究都市に関連した開発により、森林面積の減少、断片化が進行した。残存した林分の保全を考えるうえでは、どのような林分構造がどのような特性によって成立していたかを知っておく必要がある。本報告では大阪層群上に成立した二次林の林分構造についてこの点の検討を行った。

II. 方 法

1. 現 地 調 査

調査は、1993 年から 95 年にかけて、京都府南部に位置する綴喜郡田辺町（現：京田辺市）田辺地区内の二次林で実施した。調査地域の表層地質はほとんどが、前述の大阪層群に属する第四紀更新統の堆積物である。標高はおおよそ 50~100 m の範囲にあった。調査地域内の 27 カ所に 10 m×10 m の方形区を設置した。方形区は、過度に恣意

* 連絡・別刷請求先（Corresponding author） E-mail: hiroki@affrc.go.jp

¹ 森林総合研究所関西支所（612-0855 京都市伏見区桃山町永井久太郎 68）

Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 68 Nagaikyūtaro, Momoyama, Kyoto 612-0855, Japan.

² 大阪市立自然史博物館（546-0034 大阪市東住吉区長居公園 1-23）

Osaka Museum of Natural History, 1-23 Nagai Park, Higashi-Sumiyoshi-ku, Osaka 546-0034, Japan.

³ 岐阜県立森林文化アカデミー（501-3714 美濃市曾代 88）

Gifu Academy of Forest Science and Culture, 88 Sodai, Mino 501-3714, Japan.

⁴ ウェスコ岡山支社（700-0033 岡山市島田本町 2-5-35）

Okayama Branch, Wesco Co., Ltd., 2-5-35 Shimada-honmachi, Okayama 700-0033, Japan.

（2005 年 7 月 7 日受付；2005 年 9 月 12 日受理）

図-1. クラスター分析の結果の樹状図

図中の番号(1~27)は方形区番号を示す。

的にならないように配慮しつつ、代表的な地形や林相が含まれるように設置した。各方形区には1~27の番号を付けて識別した。各方形区内の胸高直径(DBH)3 cm以上の木竹を対象として毎木調査を行った。DBHが3 cm未満のものについては、その幹数を数えた。

各方形区において、長谷川式土壌貫入計により、土壌硬度の測定を行った。本研究においては、貫入計を地下40 cmにまで打ち込むのに要した落錘落下回数を土壌硬度指数として使用した。この値は、礫が多い土壌では増加し、少ない土壌では減少する。ただし、礫が少ない場合でも固く締まっているような土壌では、この値は増加する。しかし、各方形区において掘り取りを行った限りでは、そのような土壌はみられず、むしろ礫の多い土壌において、礫の間を埋める部分が固く締まっている事例がみられた。この土壌硬度の測定は、一つの方区につき4回、場所を移動させて行った。このほか、斜面位置を記録し、斜面方位・傾斜をクリノメーターにより測定した。

また、調査地域内の樹木(方形区外のものも含む)から成長錐により年輪サンプルを採取し、樹齢を測定した。方形区外の樹齢測定木についてはDBHを測定した。

2. 解 析

クラスター分析により、林分タイプの類型化を行った。まず、各方形区ごとに、出現樹種の胸高断面積合計の割合を求め、この値を用いて、Piankaの重複度指数 α (Pianka, 1973)を各方形区間について求めた。そして、 $1-\alpha$ を各方形区間の距離として用いて最短距離法によりクラスター分析を行った。使用したソフトウェアは、R(バージョン2.0.1, R Development Core Team, 2004)である(以下の統計解析でも同様)。

次に、クラスター分析により抽出された林分タイプ間

表-1. 両林分タイプにおいて胸高断面積の大きかった種コナラタイプ

和 名	学 名	胸高断面積比(%)
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	61.7
タカノツメ	<i>Evodiapanax innovans</i>	9.2
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	6.7
モウソウチク	<i>Phyllostachys heterocycla</i>	6.6
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	5.4
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	3.7
ヒノキ	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	1.3
クロバイ	<i>Ilex pedunculosa</i>	1.2

アカマツ・ソヨゴタイプ

和 名	学 名	胸高断面積比(%)
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	32.8
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	26.8
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	12.4
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	7.5
タカノツメ	<i>Evodiapanax innovans</i>	6.2
カナメモチ	<i>Photinia glabra</i>	3.4
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	3.1
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	1.8

で、立地する土壌硬度に差があるかを一般化線形混合モデルにより検定した。土壌硬度指数(落錘落下回数)を従属変数として、これがポアソン分布に従うことを仮定した。独立変数としては、林分タイプの別を因子として使用した。方形区の別をブロック因子とみなし、これがランダム効果を切片に及ぼすという統計モデルを作成し、検定を行った。

斜面位置については、頂部斜面~上部谷壁斜面と下部谷壁斜面~谷底面とに大きく分け、林分タイプ間で両者の頻度に偏りが認められるかをFisherの正確確率検定により検定した。斜面方位については、北向き、南向き、東向きおよび西向き、の三つに分け、同様にFisherの正確確率検定により検定した。傾斜については、Wilcoxonの検定により、林分タイプ間で差があるかを検定した。

III. 結 果 と 考 察

27方形区の調査では、46樹種が確認された。うち、DBH 3 cm以上の幹のあるものは28種であった(竹類を含む)。全体の胸高断面積合計は32.6 m²/ha、幹密度は0.96本/m²だった。クラスター分析の結果を図-1に示す。方形区番号2, 14, 24, 17, 19, 23, 25, 12, 7, 4, 3からなるクラスターと、方形区番号6, 8, 9, 16, 10, 13, 21, 20, 11, 15, 18からなるクラスターの二つの大きなクラスターが認識された。それぞれのクラスターに属する方形区群での、主要樹種の胸高断面積合計の比を表-1に示す。方形区番号2などからなるクラスターでは、コナラの優占度が高く、胸高断面積合計の比で60%以上を占めていた。一方、方形区番号6などからなるクラスターでは、アカマツの比率が最も高く、次いでソヨゴだった。前者を「コナラタイプ」、後者を「アカマツ・ソヨゴタイプ」と呼ぶこととする。どちらにも属しなかった5方形区での優占種は、クヌギ(方形区番号1)、タカノツメ(方形区番号5、

表-2. 両林分タイプにおいて幹密度の高かった種
コナラタイプ

和 名	学 名	幹密度 (本/m ²)
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	0.17
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	0.11
モチツツジ	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	0.08
コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	0.07
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	0.07
タカノツメ	<i>Evodiopanax innovans</i>	0.07
アラカシ	<i>Quercus glauca</i>	0.04
モウソウチク	<i>Phyllostachys heterocycla</i>	0.03

アカマツ・ソヨゴタイプ

和 名	学 名	幹密度 (本/m ²)
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	0.30
コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	0.25
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	0.16
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	0.10
カナメモチ	<i>Photinia glabra</i>	0.07
モチツツジ	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	0.06
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	0.04
タカノツメ	<i>Evodiopanax innovans</i>	0.03

図-2. 林分タイプ別の土壌硬度

26), リョウブ (方形区番号 22), モウソウチク (方形区番号 27) であった。また、それぞれのタイプにおける幹密度 (DBH 3 cm 未満の幹を含む) の高かった種を表-2 に示す。全体の幹密度はコナラタイプで 0.79 本/m², アカマツ・ソヨゴタイプで 1.15 本/m² であった。前者ではネジキおよびヒサカキが、後者ではヒサカキおよびコバノミツバツツジが多かった。

コナラタイプとアカマツ・ソヨゴタイプの方形区の土壌硬度指数についての統計的検定の結果、アカマツ・ソヨゴタイプで、土壌硬度指数が有意に大きいことが示された ($p < 0.05$)。その散布図を図-2 に示す。一方、斜面位置・方位・傾斜については、いずれについても有意な差は認められなかった。アカマツ・ソヨゴタイプの方形区では土壌硬度指数が大きいものが存在する (最大 367, 最小 16, 平均 74.9) 一方で、コナラタイプでは比較的小さい値しかとらなかった (最大 78, 最小 3, 平均 30.3)。アカマツ・ソヨゴタイプは礫の多い層から少ない層にまで分布することが可能であるのに対し、コナラタイプは比較的小さい層

図-3. 胸高直径階分布

a) コナラ, b) アカマツ, c) ソヨゴ。白はコナラタイプの方形区, 黒はアカマツ・ソヨゴタイプの方形区, 網かけはその他の方形区における頻度をそれぞれ示す。

に分布するものと考えられる。二次堆積の可能性も考慮する必要があるため、礫の多少がそのまま礫層—(砂礫層)—砂層に対応するとはいえないが、この関係は、斜面位置・方位・傾斜との関係よりも明瞭であると考えられた。

優占度の高かったコナラ・アカマツ・ソヨゴの3種について、DBH の相対頻度分布 (DBH 3 cm 未満の幹を含む) を図-3 に示す。コナラとアカマツは DBH 5 cm 以下の小径木が少なくなっていた。この傾向はアカマツで特に著しかった。ソヨゴについては、DBH 15 cm 以下の幹が大半を占めていた。同じ樹種について、齢級の相対頻度分布を図-4 に示す。標本数は、コナラが 18, アカマツが 23, ソヨゴが 15 である。樹齢の範囲は、コナラが 33~55 年, アカマツが 28~107 年, ソヨゴが 33~87 年であった。今回採取した標本の範囲内では、アカマツおよびソヨゴには樹齢 60 年を越えるものがあつたのに対して、コナラには存在しなかった。コナラの DBH の相対頻度分布 (図-3a) をみると、コナラタイプの方形区にあつたものよりも、アカマツ・ソヨゴタイプにあつたものの方が小さかつた ($p < 0.001$, 一般化線形モデルによる検定)。

Yanagisawa and Fujita (1999) は、花崗岩上に成立する二次林の樹種構成と斜面位置との関係について論じ、尾根部では土壌が薄く、水分環境も悪いために浅根性のアカマツなどが、斜面下部では土壌が厚いため、水分条件が良くなる深さにまで根を伸ばせる深根性のコナラなどがそれぞれ優占するとしている。大阪層群上においても、砂層と礫層との間で水分条件に差があることが指摘されている (同志社大学地学調査委員会, 1984)。礫の多い層では水分条件が厳しいためにコナラの優占が妨げられる可能性

図-4. 齢級の頻度分布

a) コナラ, b) アカマツ, c) ソヨゴ。

が考えられる。

本調査地の明治中期の植生景観は、樹高の低いマツ林とはげ山であった（小椋，2002）。また、民俗調査によれば、京阪奈丘陵地域の昭和初期までの森林利用は、マツなどの針葉樹の生産以外では、クヌギを中心とした短伐期萌芽林施業による割木の生産と、柴・落葉落枝・草本の採取が中心であった（京都府立山城郷土資料館，1990）。調査地域のコナラは、明治中期より後に侵入または定着し、さらにその後、上記のような森林利用の衰退とともに成長してきたものであると考えられる。アカマツ・ソヨゴタイプの方形区ではコナラのDBHが小さかったことを考慮すると、このときのコナラの成長速度が土壌条件の違いにより異なっていたことが、異なる林分タイプの成因となった可能性が考えられる。一方、本調査地においては1979年にはマツ枯れ被害が発生していたことが当年の空中写真から読み取れる。マツ枯れが比較的早くから進行した部分でコナラの成長がよくなり、そうでない部分ではソヨゴがアカマツの下に優占したという可能性も考えられるが、コナラタイプの方形区中に存在したコナラの年輪からは、その頃から急に成長が良くなった形跡は認められなかった。

コナラタイプの林分に特徴的にみられた種に、アラカシとモウソウチクがあった（表-1, 2）。アラカシは、放置された二次林で優占度を増しつつあることが知られており（勝木ら，2003；後藤ら，2004），また、ともに深根性であ

るコナラとアラカシは出現する立地に近い（Yanagisawa and Fujita, 1999）。コナラタイプの林分は通常ならアラカシが優占する林分へ移行すると考えられる。しかし、実際にはモウソウチクの侵入している場所がよくみられた。モウソウチクは、大阪層群のうち礫層以外の部分には侵入可能であることが知られているが（鳥居・井鷲，1997），これはコナラタイプの林分が成立していた場所と一致する。このままモウソウチクが放置された場合、コナラタイプの林分の多くが、アラカシの優占する林分ではなく、モウソウチク林におきかわる可能性も考えられる。

調査計画の設定にあたっては、田端英雄京都大学助教授（現、岐阜県立森林文化アカデミー教授）のご指導を仰いだ。また、森林総合研究所関西支所の大住克博博士には貴重なご意見をいただいた。感謝申し上げる。本研究の一部は、日本生命財団助成研究「南山城の更新統の丘陵上に発達する里山の総合研究」（1993～1994年度）により行った。

引用文献

- 同志社大学校地学術調査委員会（1984）同志社田辺校地の植生と植物相—特に植生と土壌および地質との関連性について—。55 pp, 同志社大学校地学術調査委員会, 京都。
- 後藤義明・玉井幸治・深山貴文・小南裕志（2004）京都府南部における広葉樹二次林の構造と5年間の林分動態。日生態会誌 54: 71-84。
- 飯田滋生・谷本丈夫（1992）都市近郊二次林の遷移と管理。森林科学 4: 22-27。
- 鎌田磨人・中越信和（1990）農村周辺の1960年代以降における二次植生の分布構造とその変遷。日生態会誌 40: 137-150。
- 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及ぼす影響。日林誌 69: 29-32。
- 勝木俊雄・島田和則・西山嘉彦（2003）関東南部の人工林跡地に成立した放置二次林における高木種組成の変化。日林誌 85: 265-272。
- 倉本 宣（2004）市民による里山の維持管理。森林科学 42: 10-17。
- 京都府立山城郷土資料館（1990）関西文化学術研究都市開発地区緊急民俗調査報告書。168 pp, 京都府立山城郷土資料館, 京都。
- 三田村宗樹（1992）京阪奈丘陵の大阪層群の層序と地質構造。第四紀研究 31: 159-177。
- 小椋純一（2002）明治中期における京都府南部の里山の植生景観。（京都府レッドデータブック下巻。京都府企画環境部環境企画課編, 472 pp, 京都府, 京都）。354-371。
- 奥 敬一（2004）里山と市民活動。森林科学 42: 24-25。
- Pianka, E.R. (1973) The structure of lizard communities. Ann. Rev. Ecol. Syst. 4: 53-74。
- R Development Core Team (2004) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna。
- 鳥居厚志・井鷲裕司（1997）京都府南部地域における竹林の分布拡大。日生態会誌 47: 31-41。
- Yanagisawa, N. and Fujita, N. (1999) Different distribution patterns of woody species on a slope in relation to vertical root distribution and dynamics of soil moisture profiles. Ecol. Res. 14: 165-177。