

〈資料〉

奈良県内の社寺林に生育しているスギの梢端枯れの進行状況

米田吉宏・木南正美・松嶋 博・衣田雅人

Decline in the Japanese Cedar (*Cryptomeria japonica*) at Shrines in Nara Prefecture

Yoshihiro YONEDA, Masami KOMINAMI, Hiroshi MATSUSHIMA and Masahito KINUTA

奈良県におけるスギ梢端枯れの進行を明らかにするために、126カ所349本のスギを対象に、過去2回の調査に引き続いて3回目の調査を行った。梢端枯れがみられた神社の割合は、第1回調査では37%、第2回調査では50%、第3回調査では57%と増加した。梢端枯れがみられた神社は、標高が低く、降水量の少ない場所に多い傾向が認められた。個体レベルでみた場合でも、第3回調査時の生育木300本のうち梢端枯れがみられた個体の割合は、第1回調査では18%、第2回調査では30%、第3回調査では34%と増加した。梢端枯れには、成熟度の指標とした胸高直径、標高や年間降水量といった環境条件、根元周辺の踏み固めや土壌pHなどの立地環境が影響することが明らかになった。

1. はじめに

酸性降下物等による森林被害が懸念されはじめた1980年代後半、関東地方のスギ大径木の梢端枯れが問題となった¹⁾。同様の衰退は北陸地方の平野部^{2,3)}や近畿・瀬戸内地方⁴⁾においても報告されている。これらのスギ衰退の原因として、酸性降下物¹⁾、乾燥による水ストレス^{5,6)}、オキシダント等^{7,8)}、グライ層や地下水など土壌条件^{9,11)}の影響が論じられてきた。酸性雨の影響に関しては、スギ苗に対する人工酸性雨暴露試験^{7,12,13)}の結果から、現状で観測されるレベルの雨水pHでは樹木への直接被害は生じないとされている。

奈良県においては1989年から1992年にかけて、県内129カ所366本のスギを対象に衰退実態調査が実施され¹⁴⁾、1996年から1999年には追跡調査が実施されている。本調査は、県内のスギ衰退の進行状況を明らかにすることを目的として、第3回目の追跡調査を実施した結果である。スギ衰退の進行を示すとともに、スギ梢端枯れに影響する要因として、各個体の成熟度、環境条件および立地環境について検討した。

なお、本調査は「奈良県酸性雨問題検討会」の取り組みである「酸性雨総合モニタリング調査」の一環として平成16～19年度に実施した。

2. 調査方法

2.1 調査項目

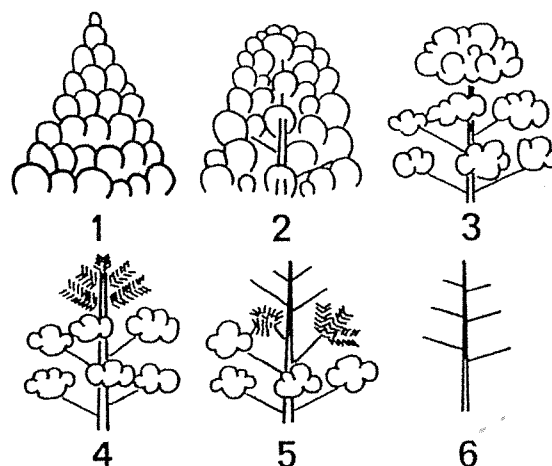


図1 スギ衰退度の評価基準：山家¹⁶⁾を改変
 衰退度が1から6へ進むにしたがって衰退が進行する
 衰退度1：梢端がとがっている
 衰退度2：梢端は丸い
 衰退度3：葉量が少ない
 衰退度4：梢端が枯れる
 衰退度5：さらに梢端の枯れが進む
 衰退度6：枯死

1989年10月から1992年2月に実施した第1回調査、1996年10月から1999年3月に実施した第2回調査に引き続き、2005年1月から2007年2月に、県内126カ所の社寺を対象に第3回目の調査を実施した。これまでと同様に、調査対象木の衰退度、樹高、梢端枯れ長、枝下高お

よび胸高直径を測定した。衰退度は、山家の基準¹⁶⁾を参考に、樹冠形状を健全から枯死までの6段階で評価した(図1)。樹高、梢端枯れ長および枝下高は、BERTEX測高器あるいはシュピーゲルレラスコープを用いて測定した。胸高直径は、直径巻尺を用いて測定した。同時に、生育に影響を及ぼすと考えられる要因として、土壌水分、踏圧の程度、構造物の有無、舗装の有無、病虫害発生状況および交通量の影響を記録した。土壌水分は3段階(川や池の傍の過湿環境、普通、凸地形)、踏圧の程度は3段階(なし、あり、踏圧+石積)、構造物は2段階(なし、あり)、舗装は2段階(なし、あり)、病虫害発生状況は2段階(痕跡なし、あり)に区分して記録した。交通量の影響は、幹線道路からの距離を測定した。また、調査対象神社の標高を国土地理院発行の5万分の1地形図から読み取った。年間降水量は、関西地区林業試験研究機関連絡協議会編の資料¹⁷⁾から読み取った。

2.2 解析方法

梢端枯れを引き起こす要因を明らかにするために、第3回調査時の梢端枯れの有無を目的変数とし、胸高直径、標高、年間降水量、土壌pH、土壌水分、踏圧の程度、構造物の有無、舗装の有無を説明変数とする一般化線形モデルを構築した。梢端枯れの有無は、二項分布に従うものとした。そして赤池情報量規準¹⁸⁾を用いて最適なモデル、すなわち出来るだけ少ない説明変数で、梢端枯れをうまく説明できるモデルを選択した。説明変数の中で、胸高直径は成熟度を表す指標として、標高および年間降水量は環境条件として、土壌pH、土壌水分、踏圧の程度、構造物の有無および舗装の有無は、立地環境の指標として解析に使用した。土壌pHは第2回調査時に測定した値を使用した。これは、樹幹から半径2m以内で落葉層を除いた深さ10cm未満の土壌を風乾し、風乾土壌20gと蒸留水50ccとを混合した懸濁液を、ガラス電極pHメータを用いて測定したものである¹⁵⁾。なお、大径木樹冠部の病虫害発生状況を正確に観察することは困難であったこと、幹線道路の車両通行量を把握できなかったことから、調査項目にあった病虫害発生状況および交通量の影響は説明変数から除外した。

3. 結果

3.1 衰退の進行状況

調査対象本数は、第1回調査では129カ所366本であったが、台風被害、神社の移転、伐倒などにより対象木が減少した。その結果、第2回調査では126カ所349本、第3回調査では121カ所300本が調査対象となった。

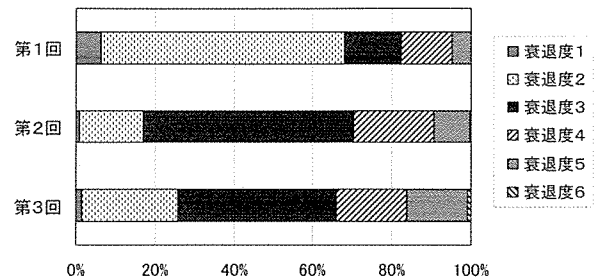


図2 衰退度別本数割合の推移

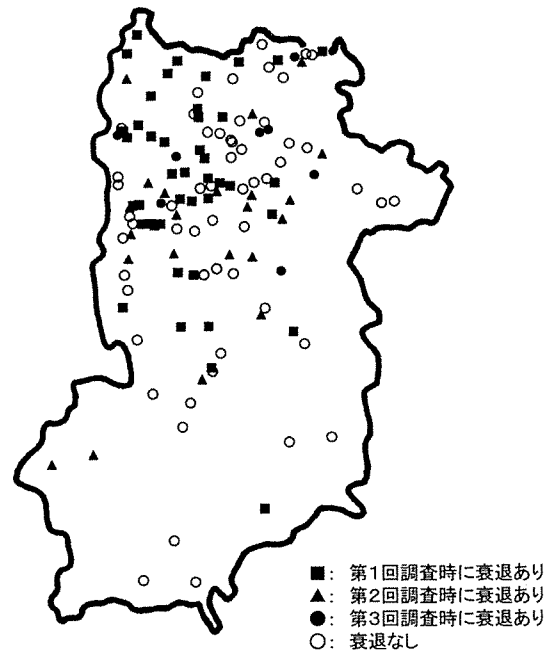


図3 衰退のみられた神社の分布

第1回調査以降、樹木の衰退が進行しているかを調べるために、第3回調査時に生育していた300本を対象に、各調査時の衰退度別本数割合を示した(図2)。梢端枯れがみられる個体(衰退木)の割合は、第1回調査時が18%、第2回が30%、第3回が34%と増加していることが明らかになった。衰退木の中でも、衰退度5や6の割合が増加傾向にあり、梢端の枯れ下がりが増進していることが明らかになった。また、第1回調査時に比べて第2回、第3回調査時には、衰退度1や2の割合が減少し、衰退度3の割合が増加していることが明らかになった。

3.2 衰退木のみられた神社の分布

各調査時において、調査対象神社の中で、衰退度4以上の樹木が1本でもあれば「衰退あり」と判定し、129カ所の神社を区分した。第1回調査で「衰退あり」と判定された神社は48カ所(37%)、第2回調査では65カ所(50%)、第3回調査では73カ所(57%)であり、「衰退あり」と判定された神社は増加していることが明らかになった。これら129カ所の神社の分布を、「第1回調査時

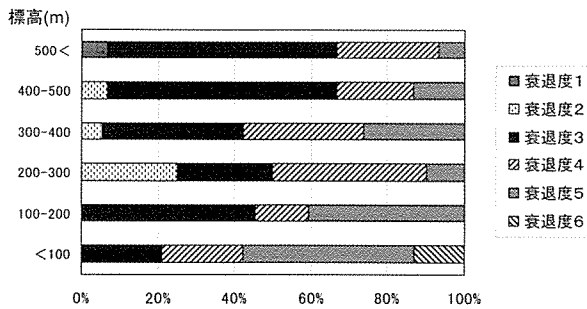


図4 標高別にみた神社の衰退度の割合

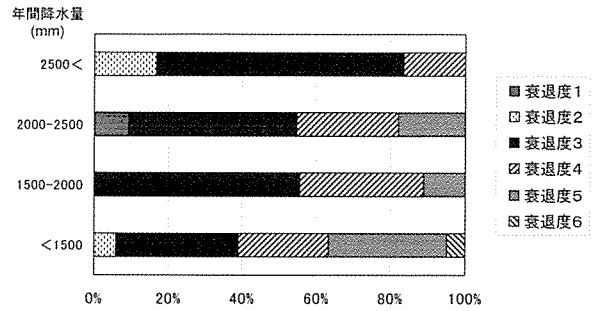


図5 年間降水量別にみた神社の衰退度の割合

に衰退あり」、「第2回調査時に衰退あり」、「第3回調査時に衰退あり」および「衰退なし」に4区分して地図上に記した(図3)。第1回調査時に衰退のみられた神社は、奈良盆地に集中していたが、それ以降、「衰退あり」と判定された神社は、奈良盆地周辺部を中心に広い範囲で認められるようになった。

3.3 衰退のみられた場所と環境条件

衰退のみられた神社の分布と環境条件との関係を検討した。まず、標高別に神社を区分して、神社の衰退度の出現割合を示した(図4)。衰退度6の神社は標高100m以下にだけみられ、衰退度1の神社は標高500m以上にだけみられた。標高が低くなるほど衰退度の高い神社が多い傾向がみられた。つぎに、年間降水量別に神社を区分して、神社の衰退度の出現割合を示した(図5)。衰退度6の神社は、年間降水量が1500mm以下の場所にみられた。年間降水量が少ないほど、衰退度の高い神社の割合が多い傾向がみられた。

3.4 衰退に影響する要因

梢端枯れが起きるかどうかを説明する要因として、胸高直径、標高、年間降水量、土壌pH、土壌水分、踏圧の程度、構造物の有無、舗装の有無について検討した結果、胸高直径、標高、年間降水量、土壌pHおよび踏圧の程度が要因として選ばれた。胸高直径が大きいほど、標高が低く、年間降水量が少なく、土壌pHが低いほど、そして踏圧の影響が大きいほど、梢端枯れが引き起こされる可能性が高いことが明らかになった。

4. 考察

これまでスギ梢端枯れの原因については、酸性降下物¹⁾、水ストレス^{5,6)}、オゾン^{7,8)}、土壌条件⁹⁻¹¹⁾、などの影響が論じられてきた。小川¹⁹⁾は、関東地方のスギ衰退のみられた時期と環境変化との関連に整合性のあるのは、「気温上昇」、「湿度低下」、「降水量減少」、「オゾン」および「酸性雨」であり、中でも「湿度低下」との整合性が高

いことを指摘している。そして、降水量の少ない地域の水ストレス状態にあるスギに乾燥が加わることで梢端枯れが起きるのではないかと述べている。奈良県においても梢端枯れのみられた神社は、気温が高く、標高が低く、降水量の少ない奈良盆地周辺に多いことが示されている^{14,15)}。この結果は、スギは通導抵抗が大きくて水ストレスを受けやすい樹種であり、降水量の少ない地域や湿度低下の大きい地域で衰退しているという報告⁵⁾とも一致している。1950年代から現在までの奈良市における気象データ²⁰⁾をみると、年平均気温は1980年代以降、上昇傾向を示していた。1950年代以降、年間降水量は減少傾向、相対湿度は低下傾向にあり、霧発生日数は1970年代以降激減していた。観測データが1980年代以降に限られるが、針・大宇陀・五條・上北山・風屋の観測地点における年平均気温²⁰⁾は、奈良市と同様に上昇傾向を示していた。また、針・大宇陀・五條・田原本の観測地点における年間降水量²⁰⁾は、奈良市と同様の傾向を示しており、五條・田原本の降水量は奈良市よりやや少ない値で推移していた。今回の調査で明らかになったスギ衰退の進行には、奈良盆地を中心とした乾燥化が影響していると考えられる。

ここまではスギ衰退要因として気象条件などの環境条件に着目してきたが、梢端枯れには各個体の成熟度や立地環境も影響すると考えられる。スギは老齢木になると梢端が丸みを帯び、葉量が減少することが知られている。胸高直径が、梢端枯れに影響する一要因であるという今回の結果は、胸高直径の大きい老齢木、すなわち樹木が成熟するほど樹勢が衰え、梢端枯れが生じやすくなることを意味している。また、踏圧の有無や土壌pHといった立地環境も衰退に影響することが示された。根元周辺の踏み固めや土壌酸性化による土壌理化学性の悪化は根系への障害をもたらし、根系の吸水機能を低下させると考えられる。その結果、スギ樹体内での水収支バランスが保てなくなり、梢端枯れが引き起こされたと考えられた。

5. おわりに

今回の調査から、奈良県においてスギ大径木の衰退が進行していることが明らかになった。そして衰退原因としては、成熟度、環境条件および立地環境が影響していることが示された。大気汚染物質や降水量などの生育環境と樹木衰退との関連を更に検討するには、大気観測データや気象観測データを充実させるとともに、調査地点の追加が必要である。また、立地環境の影響を評価するためには、1調査地点における対象木を増やし、踏圧の程度や構造物の有無など、どのような要因が衰退に大きく関与しているのかを検討する必要があるだろう。今後は、調査目的に応じて調査地および調査対象木を選定し直す必要があると考えられる。

引用文献

- 1) 高橋啓二, 沖津進, 植田洋匡: 関東地方におけるスギの衰退と酸性降水による可能性. 森林立地. 28 (1), 11-17 (1986)
- 2) 福井県公害会議: 福井平野におけるスギの樹勢衰退要因に関する調査書. 福井県, 1986
- 3) 安田洋: 環境変化によるスギの衰退調査-平野部におけるスギ衰退分布と生育土壌(1)-. 富山県林試研報. 8, 47-54 (1982)
- 4) 梨本真, 高橋啓二: 関東甲信・関西瀬戸内地方におけるスギの衰退現象. 森林立地. 32 (2), 70-78 (1990)
- 5) 松本陽介, 丸山温, 森川靖: スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動-樹木の衰退現象に関連して-. 森林立地. 34 (1), 2-13 (1992)
- 6) 松本陽介, 丸山温, 森川靖: 酸性雨等によるスギ衰退の原因を考察する-水ストレス説-. 資源環境対策. 29 (2), 51-56 (1993)
- 7) 三輪誠, 伊豆田猛, 戸塚績: スギ苗の生長に対する人工酸性雨とオゾンの単独および複合影響. 大気汚染学会誌. 28 (5), 279-287 (1993)
- 8) 高橋啓二, 梨本真, 植田洋匡: 関西・瀬戸内地方におけるスギ衰退とオキシダント指数-降雨量との関係-. 環境科学会誌. 4, 51-57 (1991)
- 9) 伊藤江梨子, 吉永秀一郎, 大貫靖浩, 志知浩治, 松本陽介, 埴田宏: 関東平野におけるスギ林衰退と土壌要因. 森林立地. 44 (2), 37-43 (2002)
- 10) 横堀誠: 茨城県内のスギ樹勢衰退とその要因に関する研究. 茨城県林試報告. 13, 1-32 (1981)
- 11) 松浦陽次郎, 堀田庸, 荒木誠: 関東地方におけるスギ林表層土壌のpH低下. 森林立地. 32 (2), 65-69 (1990)
- 12) 伊豆田猛, 三輪誠, 三宅博, 戸塚績: スギ苗の生長に対する人工酸性雨の影響. 人間と環境. 16 (2), 44-53 (1990)
- 13) 河野吉久, 松村秀幸, 小林卓也: 樹木の可視害発現におよぼす人工酸性雨の影響. 大気汚染学会誌. 29, 206-219 (1994)
- 14) 柴田徹次, 米田吉宏, 和口美明, 隅孝紀: 奈良県における神社のスギの衰退. 奈良県林試研報. 22, 10-13 (1992)
- 15) 衣田雅人: 奈良県内の社寺林におけるスギの衰退(第2報). 奈良県林試林業資料. 15, 25-27 (2000)
- 16) 山家義人: 東京都内における樹木衰退の実態. 林試研報. 257, 101-107 (1973)
- 17) 関西地区林業試験研究機関連絡協議会立地部会: 立地区区分(北陸・近畿, 中国・四国). 1981
- 18) 坂元慶行, 石黒真木夫, 北川源四郎: 情報量統計学. 東京, 共立出版株式会社, 1983.
- 19) 小川和雄: 平地のスギ枯損の原因はわかったのか?. 第23回気象環境研究会資料-大気環境変化と植物の応答-. 13-19 (2007)
- 20) 気象庁ホームページ: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>. 気象統計情報-過去の気象データ検索-

(2009年1月9日受理)