

兵庫県西宮市, 日野神社社寺林のクスノキの衰退と 土壤化学性

伊藤和男*¹, 三好洸希*², 城津卓己*³

Tree decline and soil chemistry in the camphor tree (*Cinnamomum camphora*) forest at Hino shrine in Nishinomiya city, Hyogo prefecture, Japan

Kazuo ITO*¹, Mitsuki MIYOSHI*², Takuki SHIROTSU*³

要旨

歴史のある社寺林が、関西圏には多く存在している。いくつかの社寺林において、樹木の衰退および土壤の酸性化が見だされた。そこで、本研究では、兵庫県西宮市の日野神社社寺林のクスノキについて調査を行った。その結果クスノキの衰退が確認され、幹周辺土壤の土壤 pH が比較的 low、交換性栄養塩もそれほど多くないことがわかった。また、クスノキ衰退と土壤 pH には相関が認められ、pH が低いほど衰退が進行していた。クスノキの衰退の 1 つの原因として、土壤の劣化が示唆された。

キーワード: 森林土壤, 社寺林, 土壤酸性化, 樹木衰退, クスノキ, 西宮市

1. はじめに

全国の都市部に存在している社寺林は、都市化の進行で緑地が急激に減少した結果、貴重な都市緑地となっている^[1]。さらに、社寺林は、都市住民の精神的健全性によい影響を与えている^[2]。また社寺林は、自然度が高く、生物多様性の観点から、生態学的価値が高いと考えられる。

しかし、社寺林の衰退が日本各地で報告されている。例えば関東・甲信地方での梨本ほかの報告 (1993)^[3]では、調査した多くのスギ社寺林に衰退がみられた。また関西でも、社寺林の衰退がスギやヒノキ、ブナをはじめ、いくつもの樹種で観測されている^[4-12]。その原因については、いろいろな説があるが、1つは土壤の酸性化を主な原因とするものである。梨本ほか (1993)^[3]は、関東・甲信地方のスギの衰退と土壤の酸性化に関係があることを、そして、Ito et al. (2011)^[4]は京都の2ヶ所の社寺林において、スギおよびヒノキの衰退と土壤酸性化に関係があることを指摘している。さらに、大阪府と和歌山県の境に位置する、国の天然記念物であるブナ林でも、衰退が認められ、土壤酸性化が衰退原因の1つとして示

唆されている^[5]。また、スギやブナの苗を使った実験で、土壤 pH が低下すると、苗の生長量が減少することが明らかになっている^[13]。

北アメリカ^[14]やヨーロッパ^[15]の研究において、森林衰退の原因の一つが土壤酸性化である可能性が示唆された。そしてこれらの土壤酸性化は酸性雨により引き起こされていることが示された^{[16][17]}。森林土壤の酸緩衝能を越える長期間の酸性雨の流入により、森林土壤中の塩基が溶脱されて H⁺ イオンに置き換わり、土壤が酸性化していくことが観測された^{[16][17]}。本研究では、兵庫県西宮市の日野神社社寺林のクスノキについて、衰退状況および土壤の化学性について調査した。

2. 研究方法

2.1 調査地

調査地は、兵庫県西宮市の日野神社の社寺林である。日野神社は、室町時代の創建とされ、その見事な社寺林は、日野神社社叢として、ひょうごの森百選に選定されている。日野神社の社寺林の面積は全体で約 14000 m²あり、そのうち、本殿に向かって参道左側のクスノキ林を調査した。このクスノキ林は、広さ約 2900 m²であった。日野神社社寺林は、西宮市街地にあり、周辺は住宅に囲まれている。社寺林は海拔 10m の平地に位置している。土壤タイプは、土色調査より、日本の森林で一般的な褐色森林土と推定された^[18]。土壤の母材は自然堤防堆積物である^[19]。

2019年 8月 20日 受理

*1 現在、総合工学システム学科 環境物質化学コース 名誉教授
(Dept. of Technological Systems: Environmental & Materials Chemistry Course)

*2 現在、ツジカワ株式会社 (Tsuji-kawa, Co. Ltd.)

*3 現在、総合工学システム学科 環境物質化学コース

2. 2 調査および分析方法

調査は、社寺林のクスノキのうち、9本を選んで行った。調査木は平均化するため、約10m間隔で選定した。まず、選定したクスノキの衰退指数を決定した。衰退指数は、環境省の基準（葉量、樹皮の健全性、枝ぶり等より判断）により、0.0~4.0の数値で求められるが、ここでは、有効数字1ケタの数値で表わした^[20]。衰退指数0は健康木、1は軽度の衰退、2は中程度の衰退、3は顕著な衰退、4は衰退が進んで枯損に近い状態に相当する。

次に、クスノキ周辺の土壌を採取した。土壌採取は、調査木の幹から50cmの距離で0~20cmの深さの土壌層とし、調査木1本につき1試料とした。幹から50cm離れた土壌は、樹冠通過雨の影響を強く受ける土壌である。幹のごく近傍は、化学性の大きく異なる樹幹流の影響を強く受ける。また、幹から離れ過ぎると、やはり、化学性が大きく異なる林外雨の影響を受けるため、幹から50cm離れた土壌とした。また、表面から数センチの表層土壌は、有機酸の影響を強く受けるため、土壌pHが特に低くなると考えられる。そこで、平均化するため、0~20cm層とした。土壌化学分析の前に、定法^[21]に従い最表層の落葉層、小石、根などを除去した。土壌pHも定法により（乾燥土壌：水、が重量%で1：2.5）、pHメーター（堀場製作所）で測定した^[21]。交換性陽イオンは、亀和田および柴田（1997）による、簡便法（Sr振とう法）により測定した^[22]。交換イオンとしてはSrを用いている^[23]（Matsue and Wada, 1985）。イオンの測定は、結合プラズマ原子発光分析法（ICP-AES：ICP-7000、島津製作所）を用いた。なお、ストロンチウムの干渉を補正するために、マトリックスマッチング法を用いている^[24]。なお、調査日は2017年10月である。

3. 結果と考察

3. 1 樹木の衰退と土壌化学性

図1は、調査したクスノキ9本の衰退指数の分布である。ほぼ枯損状態の木が11%（1本）、衰退の顕著木が22%（2本）、中程度の衰退木が45%（4本）であった。衰退指数の平均値は、2.2となった。図2は、衰退したクスノキの写真である。葉量が大きく減少していた。

図3は、クスノキの表層土壌（0~20cm層）のpHの分析結果である。最低値は4.49で、最高値は5.46となり、平均pHは4.99であった。クスノキに最適なpH範囲についてのデータはないが、都市再生機構による緑地の客土についての基準では、一般的樹木の生育に悪影響を与えない土壌pHを、pH5~7としている^[25]。日野神社の土壌pHは、平均値が5以下であり、約70%の土壌が、5未満であった。調査した日野神社のクスノキ林の土壌は、大部分がクスノキの生育に不適切な程度に酸性化してい

ると考えられる。

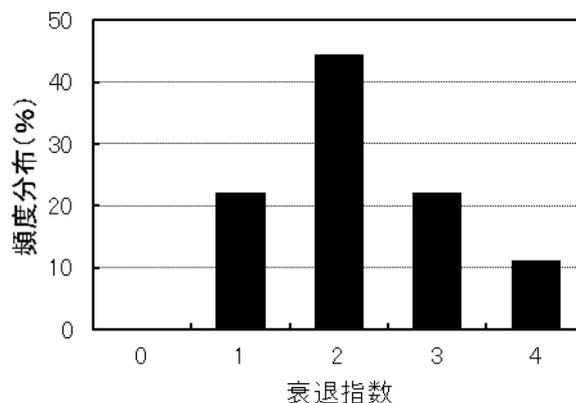


図1 クスノキの衰退指数分布



図2 衰退したクスノキ（衰退指数3）

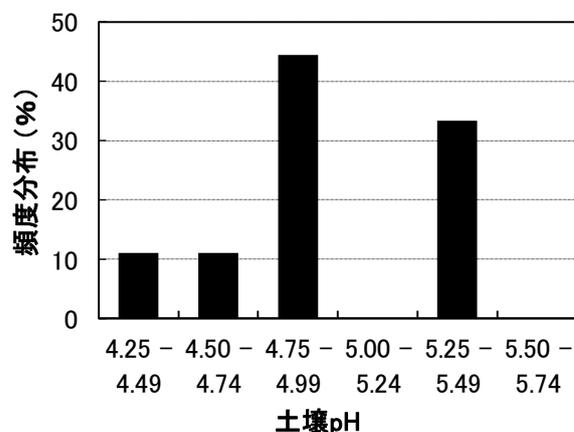


図3 クスノキの土壌pH分布

関西圏の他の社寺林の土壌 pH と比較すると以下のようになった。兵庫県神戸市の、樹木衰退が観測された社寺林のコナラ（妙法寺）の平均土壌 pH は、4.42^[9]、またマテバシイ（田井畑神社）の平均土壌 pH は、4.34 であった^[9]。どちらも日野神社の値より低かった。また、大阪府と和歌山県の境にある、和泉葛城山の山頂神社の社寺林で、国の天然記念物になっているブナの周辺土壌の平均 pH は、4.13 であった^[5]。やはりブナは衰退が観測されている^[5]。また、針葉樹の社寺林では、世界文化遺産に登録されている、奈良春日大社のスギの平均土壌 pH は、4.15 と低く、やはりスギの衰退が観測された^[10]。一方、世界文化遺産に指定されている、和歌山県の社寺林のコナラ（丹生都比売神社）の平均土壌 pH は、6.12 と高く、この社寺林のコナラには衰退の兆候はなかった^[26]。

図 4 は、周辺土壌の各交換性栄養塩量 (Ca, Mg, K) を示した。比較のため、日本の平均値も示した^[27]。交換性 Ca は日本の平均値とほぼ同程度で、Mg は半分程度で、K は同程度であった。栄養塩の合計 (Ca+Mg+K) は、6.39 cmol_c/kg となり、日本の平均値、10.8 cmol_c/kg より少なかった。ただし、日本の平均値の測定法は、本論文の方法とは、すこし異なっているため (交換性イオンとして NH₄⁺を用いている)、厳密な比較はできない。

今回の測定値と関西圏内の他の土壌と比較すると、以下のようになった。兵庫県神戸市の妙法寺社寺林のコナラの交換性栄養塩の合計は、1.3 cmol_c/kg で^[9]、田井畑神社社寺林のマテバシイの合計は、3.8 cmol_c/kg であった^[9]。どちらも、日野神社クスノキより低い値であった。また、和泉葛城山の山頂神社社寺林のブナの周辺土壌では、交換性栄養塩の合計が 1.99 cmol_c/kg で、日野神社よりも低い値であった^[5]。また、針葉樹である奈良春日大社のスギの値は、0.35 cmol_c/kg と、やはり相当に少ない値であった^[10]。一方、樹木衰退が見られない、和歌山県の社寺林のコナラ（丹生都比売神社）では、26.4 cmol_c/kg で、日野神社よりかなり高い値であった^[26]。なお、これに関西圏の土壌データは、本研究と同じ測定法である。

3. 2 衰退指数と土壌化学性および胸高直径の関係

図 5 には、クスノキの衰退指数と土壌 pH の関係を示した。衰退指数が大きいほど土壌 pH が低くなっている傾向があった。両者のピアソンの相関係数 (rp) を計算すると、rp=-0.599 となり、中程度の相関が認められた。しかし、p=0.06 であり、統計的には有意性がなかった。次に、スピアマンの相関係数を計算すると、rs=-0.644 となり、中程度の相関が認められ、さらに、p<0.05 となり、統計的にも有意な結果となった。なお、クスノキの衰退指数と胸高直径の間には、統計的に有意な相関はなかった。したがって、このクスノキの衰退原因の 1 つとして、土壌の酸性化が考えられる。特に、衰退が進んでいた、衰

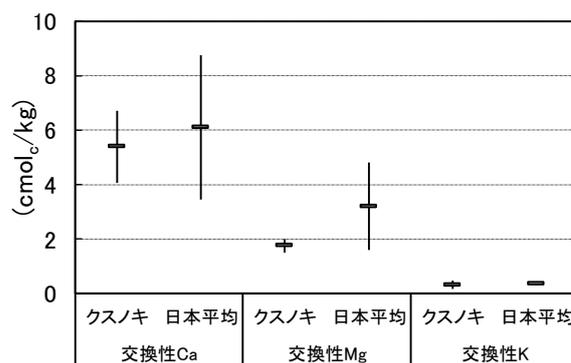


図 4 土壌中交換性栄養塩 (Ca,Mg,K) 量

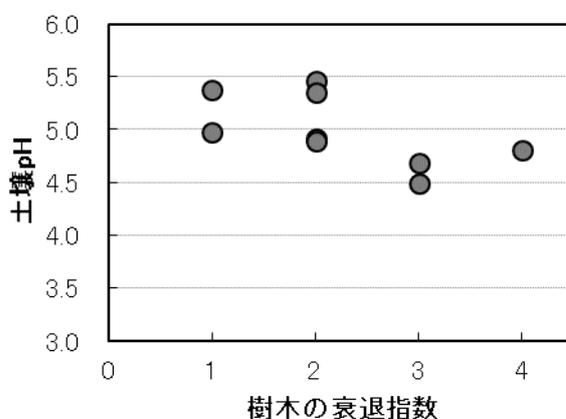


図 5 クスノキの衰退指数と土壌 pH の関係

退指数 3 および 4 のクスノキは、土壌 pH が低く、4.49 ~ 4.80 であった。しかし、幹周辺土壌の pH が 5.0 以上のクスノキにも軽度および中程度の衰退が認められた。

そこで、土壌酸性化以外にも衰退原因があると考えられる。樹木の衰退の原因の 1 つとして、乾燥化が考えられている^[28]。日野神社は、都市部の住宅地域にあり、郊外の大きな社寺林と比較して、社寺林の敷地面積は比較的狭い。また、すぐ隣に住宅が迫っており、境界はブロック塀で仕切られている。したがって土壌水の流れが滞り、土壌の乾燥化が進んでいる可能性が考えられる。しかし、調査地点での十分なデータがないため、乾燥化についての詳細は不明である。

謝辞

本論文は、大阪府立大学高専、伊藤研究室の卒業研究の測定データを精査して、まとめ直したものである。著者以外の多くの卒業研究生の蓄積した研究成果も大きな寄与をしている。卒業研究生に感謝致します。

また、社寺林の調査にご協力頂きました、兵庫県西宮

市の日野神社宮司様に、深く感謝致します。

参考文献

- [1] Ishii et al., 2010, Integrating ecological and cultural values toward conservation and utilization of shrine/temple forests as urban green space in Japanese cities, *Landscape and Ecological Engineering*, 6, 307-315.
- [2] 青島一平 他, 2017, 満足度指標を用いた都市緑地の経済価値評価, *環境科学会誌*, 30, 238-249.
- [3] 梨本 真, 高橋啓二, 芦原昭一, 1993, 関東・甲信地方におけるスギ社寺林の衰退地と健全地の土壌化学性の比較, *環境科学会誌*, 6, 121-130.
- [4] Ito, K., Uchiyama, Y., Kurokami, N., Sugano, K., and Nakanishi, Y., 2011, Soil acidification and decline of trees in forests within the precincts of shrines in Kyoto (Japan), *Water, Air, Soil Pollution*. 214, 197-204.
- [5] 伊藤和男, 慈幸真志, 竹内康晃, 岡田和也, 2015, 和泉葛城山ブナ林の衰退と土壌化学性の劣化, *地域自然史と保全*, 37, 115-124.
- [6] 伊藤和男, 福島 航, 2017, 美多彌神社(大阪府堺市)のシリブカガシ林の衰退と土壌化学性の劣化, *社叢学研究*, 15, 80-88.
- [7] 伊藤和男, 谷野弘樹, 2017, 歴史的なスギ樹木の衰退と土壌酸性化の関係 -兵庫伊和神社社寺林について-, *環境情報科学 学術研究論文集* 31, 283-286.
- [8] 伊藤和男, 小田翔太, 山本浩嗣, 河邑満希, 2017, 四国香川県における歴史的社寺林の衰退状況と土壌化学性, *大阪府立大学高専研究紀要*, 51, 15-20.
- [9] 伊藤和男, 坂 隆裕, 岡田賢治, 福島洋太, 2017, 兵庫県神戸市におけるコナラ, マテバシイ社寺林の衰退状況と土壌酸性化, *大阪府立大学高専研究紀要*, 51, 21-26.
- [10] 伊藤和男, 児玉良太, 安部太一, 植村修平, 2018, 奈良春日大社社寺林(社叢)のスギ衰退と土壌酸性化, *社叢学研究*, 16, 64-72.
- [11] Ito, K. and Nishioka, K., 2018, Tree decline and soil acidification in the Japanese Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) grove at the Awaga shrine in Hyogo Japan, *Journal of Environmental Information Science*, 2018-1, 73-79.
- [12] 伊藤和男, 直川新也, 2018, 大阪府内社寺林のコジイおよびアラカシの衰退と土壌 pH との関係 *環境情報科学 学術研究論文集* 32, 309-3012.
- [13] Izuta, T., Ohtani, T. and Totsuka, T., 1997, Growth and nutrient status of *Cryptomeria japonica* seedlings grown in brown forest soil acidified with H₂SO₄ solution. *Environmental Science*, 5, 177-189.
- [14] Driscoll, C. T., Driscoll, K. M., Mitchell, M. J. and Raynal, D. J., 2003, Effects of acidic deposition on forest and aquatic ecosystems in New York State. *Environmental Pollution*, 123, 327-336.
- [15] Schulze, E.D., Lange, O.L. and Oren, R., 1989, Forest decline and air pollution: A study of spruce (*Picea abies*) on acid soils, Springer-Verlag, New York.
- [16] Bresser, A.H.M. and Salomons, W., 1990, Adriano, D.C., Havas, M. (Eds.), *Acidic Deposition*. Springer-Verlag, New York.
- [17] Tamm, C.O. and Hallbacken, L., 1988, Changes in soil acidity in two forest areas with different acid deposition: 1920s to 1980s, *Ambio*, 17, 56-61.
- [18] 農林水産省農林水産技術会議事務局, (財)日本色彩研究所, 2003, 標準土色帖, 農林水産省(東京).
- [19] 地質調査総合センター, 2017, 地質図 Navi, シームレス地質図 V2, <https://gbank.gsj.jp/geonavi/> (参照8月10日, 2019).
- [20] 環境省, 土壌・植生モニタリング手引書, 2.4 森林モニタリング手法. https://www.env.go.jp/air/acidrain/man/soil_veget/index.html (参照9月20日, 2018).
- [21] 日本土壌肥料学会, 1986, 土壌標準分析・測定法, 土壌標準分析・測定法委員会, 博友社, 東京.
- [22] 亀和田國彦, 柴田和幸, 1997, 陽イオン交換容量の測定を要さない土壌試料のための簡易な交換性陽イオンの浸出法, *日本土壌肥料学雑誌*, 68, 61-64.
- [23] Matsue, N. and Wada, K., 1985, New equilibration method for cation-exchange capacity measurement, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 574-578.
- [24] 井田 巖, 小塚祥二, 望月 正, 2008, 原子スペクトル法, *ぶんせき*, 2008, 206-214.
- [25] 都市再生機構, 2000, 客土品質基準, 技術資料 No. 02-5-2, 平成12年度.
- [26] 伊藤和男, 小林穩岳, 2019, 和歌山県, 丹生都比売神社社寺林(社叢)の土壌化学性, *社叢学研究*, 17, 70-77.
- [27] Acid Deposition and Oxidant Research Center, 2003, Data Sets of Japan Acid Deposition Survey 20, Ministry of the Environment.
- [28] 小川和雄, 1999, 埼玉県におけるスギ平地林の衰退要因, *全国公害研誌*, 24, 2-10.