

岡山県岡山市, 吉備津彦神社社寺林のヒノキの 衰退と土壤化学性

伊藤和男^{*1}, 河邑満希^{*2}, 田中祐介^{*3}, 山根悠^{*4} 宮田英和^{*5}

Tree decline and soil chemistry in the Japanese Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) forest at
Kibitsuhiro shrine in Okayama city, Okayama prefecture, Japan

Kazuo ITO^{*1}, Mitsuki KAWAMURA^{*2}, Yusuke TANAKA^{*3}, Yu YAMANE^{*4}, Hidekazu MIYATA^{*5}

要旨

都市緑地として重要な社寺林について、樹木の衰退と土壤の劣化について調査を続けている。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出された。そこで、本研究では、岡山県岡山市の吉備津彦神社社寺林のヒノキについて調査を行った。その結果ヒノキの衰退が確認され、幹周辺土壤の土壤 pH は 4.9 で、ヒノキの生育に適する範囲より少し低い値であった。しかし、土壤 pH とヒノキの衰退指数との間に相関がないことより、ヒノキ衰退の主要な原因は土壤酸性化ではなく、別の原因があると推定された。調査地のヒノキの周辺環境が、広い駐車場や、車の通行する広い参道であるため、それらによる、土壤の固結や乾燥化が主な衰退原因であるかもしれない。

キーワード: 森林土壤, 社寺林, 土壤酸性化, 樹木衰退, ヒノキ, 岡山市

1. はじめに

社寺林は都市化が進む現在も、神聖な場所として保存されており、貴重な都市緑地となっている^[1]。社寺林が、都市住民の精神的健全性に良い影響を与えることも明らかにされている^[2]。さらに、社寺林は、自然度が高く、生物多様性の観点から、生態学的価値が大きい。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で衰退がみられた。また関西でも、社寺林の衰退がスギをはじめ、いくつか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。またスギやブナの苗を使った実験で、土壤 pH の低下により、苗の生長量が低下することが明らかになっている^[13]。

海外では、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が原因であることが示唆された^{[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、岡山県岡山市の吉備津彦神社社寺林のヒノキについて、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、岡山県岡山市の吉備津彦神社の社寺林である。吉備津彦神社は備前の一宮で、文書の記録から、平安時代後期の創建と推定される。社伝によれば、桃太郎伝説ゆかりの神社とされる。吉備津彦神社は、ご神体の吉備中山(海拔 160m)のふもとに位置しており、吉備中山を含めると広大な社寺林を有している(約 4 km²)。調査地の主要樹種はヒノキおよびスギであった。

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、紀本電子工業株式会社 (KIMOTO ELECTRIC Co., Ltd.)

*3 現在、日本農薬株式会社 (Nihon Nohyaku Co., Ltd.)

*4 現在、(株)河合塾進学研究社 (kawai juku shingakukenyusha Co.,
Ltd.)

*5 総合工学システム学科 環境物質化学コース 4 学年修了

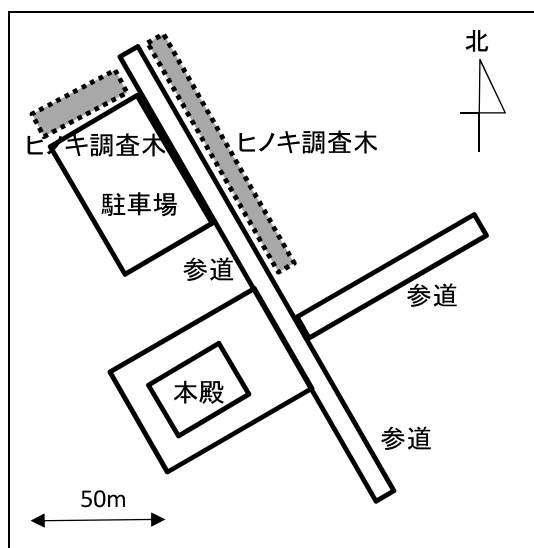


図1 調査地点の略図

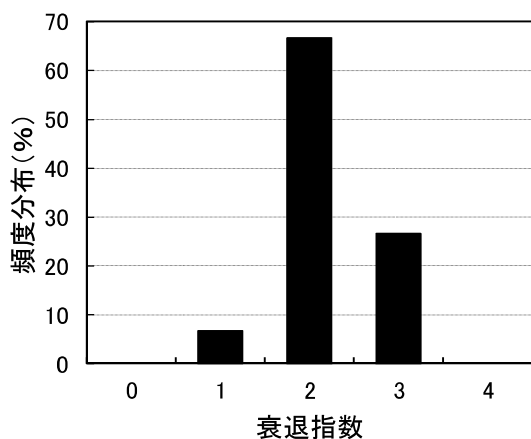


図2 調査したヒノキの衰退指数分布



図3 ヒノキの衰退木 (衰退指数3)

調査は、図1に示した参道に沿って行った。神社の南西側は吉備中山で、森林が続いているが、それ以外は住宅地に囲まれている。調査をした神社境内は、谷底平野で、海拔5mである。土壌タイプは、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]。土壌の母材は平野堆積物^[19]である。調査は2013年7月に行った。

2.2 調査および分析方法

調査木は、図1示した参道または駐車場に沿って、ヒノキ15本を平均化するため、約5m間隔で選定した。まず選定したヒノキの衰退指数を決定した。衰退指数は、環境省の基準により、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は衰退が進み、枯損に近い状態に相当する。

続いて、ヒ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の土壌は、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cm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、ストロンチウムを交換イオンとして使用する亀和田他(1997)の方法を用いて行った^[22]。化学成分分析は、プラズマ発光分析装置(SHIMAZU ICPS-7000)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^[23]。

3. 結果と考察

3.1 樹木の衰退状況および胸高直径

ヒノキ15本の衰退指数の分布を図2に示した。衰退が目立つ樹木が多く、顕著な衰退木が26.7%(4本)、中程度の衰退木が66.7%(10本)であった。しかも、健全木はなく、軽度の衰退木も6.7%(1本)であった。中程度以上の衰退木が全体の90%を越えていた。衰退指数の平均値は、2.2となった。図3は衰退したヒノキの写真で、樹形が大きく乱れ、葉量も大幅に減少していた。調査したヒノキの胸高直径は、19.3cmから50.9cm

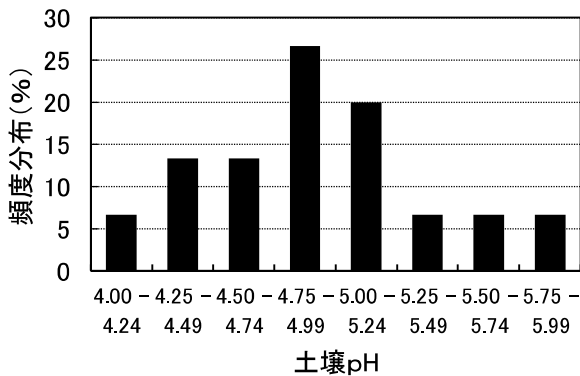


図4 ヒノキ幹周辺土壌の土壌 pH の頻度分布

まで分布し、平均は 28.4 ± 2.4 cm であった。

3. 2 調査木の土壌化学性

図 4 は、ヒノキの表層土壌 (0~20 cm 層) の pH の分析結果である。最低値は 4.01 で、最高値は 5.78 となり、平均 pH は 4.90 ± 0.13 であった。一般にヒノキが十分に生育できる土壌 pH の範囲は、5.0~8.0 とされている^[24]。平均値は、適正値をわずかに下回っていた。適切な範囲を大幅に下回る (4.5 以下) ヒノキは 20% (3 本) であった。適正値内に入っていた樹木は、6 本で、全体の 40% であった。60% のヒノキがヒ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。

吉備津彦神社のヒノキ幹周辺の土壌 pH を、当研究室で調査・発表済みの、関西圏の他のヒノキ社寺林の幹周辺土壌 pH と比較すると、以下ようになった。衰退が目立っていた京都市の伏見稲荷大社のヒノキでは、土壌 pH の平均値は、 4.28 ± 0.13 であった。同様に衰退がみられた大原野神社のヒノキでは、 4.17 ± 0.05 となった。また、衰退が進んでいた兵庫県の粟鹿神社のヒノキでは、 3.69 ± 0.03 と低かった。しかし、衰退が観測されなかった和歌山の丹生都比売神社のヒノキでは pH が高く、 5.06 ± 0.53 であった^[25]。

次に、樹木の生育に必要な栄養塩である、カルシウム、マグネシウム、カリウムについて、土壌に吸着している、交換性の含有量 (交換性栄養塩量) を測定した。表 1 には、吉備津彦神社の測定値を示した。比較のため、各地のヒノキ幹周辺土壌の測定値も示した。文献値はすべて、褐色森林土、深さ 0~20cm 土壌層で、測定法も全く同じである。吉備津彦神社の各栄養塩の値は、ヒノキの衰退が目立っていた京都市や朝来市の値よりは高い。しかし、衰退の見られなかった和歌山の値よりは、低い値であった。したがって、栄養塩量はそれほど少なくないが、十分な量ではないかもしれない。

表 1 土壌中の交換性栄養塩量 (Ca, Mg, K) の比較

調査地点	交換性栄養塩量 (cmol _c /kg)		
	Ca	Mg	K
吉備津彦神社 (岡山市) 衰退指数: 2.2	1.74 ± 0.30	0.74 ± 0.12	0.13 ± 0.01
丹生都比売神社 (和歌山県伊都郡) 衰退指数: 0.0 文献[25]より	12.8 ± 0.7	9.63 ± 1.02	3.59 ± 0.06
伏見稲荷大社 (京都市京都市) 衰退指数: 2.2 文献[4]より	0.30 ± 0.07	0.24 ± 0.05	0.27 ± 0.05
大原野神社 (京都市京都市) 衰退指数: 2.3 文献[4]より	0.42 ± 0.04	0.15 ± 0.02	0.26 ± 0.04
粟鹿神社 (兵庫県朝来市) 衰退指数: 2.4 文献[11]より	0.07 ± 0.006	0.13 ± 0.01	0.01 ± 0.006

3. 3 衰退指数と土壌化学性および胸高直径の関係

次に、ピアソンの相関係数 (r) を計算して、ヒノキの衰退指数と土壌 pH、交換性栄養塩の和、Ca + Mg + K の値、および胸高直径との相関分析を行った。その結果、ヒノキの衰退指数には土壌 pH との相関が認められなかった (r=0.17)。したがって、土壌 pH (土壌の酸性化) は、ヒノキ衰退の主要な要因ではないかもしれない。また、栄養塩量の和もヒノキの衰退指数と相関がみられなかった (r=0.02)。土壌中の栄養塩の減少も、衰退の主要な原因でないように見える。しかし、衰退指数と胸高直径との間には、中程度の負の相関がみられた (r=-0.43)。直径が小さいヒノキほど、衰退指数が大きい傾向が認められた。衰退しているヒノキは、成長量が低下し、幹の直径が小さい傾向を示すのかもしれない。

土壌酸性化がヒノキ衰退の主要な原因でないとすれば、ヒノキの衰退の原因の 1 つとして、乾燥化が考えられる^[26]。調査したヒノキは、参道および駐車場に沿って並んでいた。そのため、密集した林と異なり、風がよく通り、乾燥が進みやすいと考えられる。また、駐車場や自動車の通行する広い参道であるため、土は固く固められていた。したがって、土壌が固くなり、樹木の生長には不適切であると考えられる。しかし、乾燥化や土の固結については、調査地点での十分なデ

ータがないため、詳細は不明である。

謝辞

社寺林の調査にご協力頂きました、岡山県岡山市の吉備津彦神社の皆様には、深く感謝致します。また、本論文は、大阪府立大学高専当研究室で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努力にも感謝致します。

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, *兵庫県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, 309-312.
- [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., 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., 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 8月10日, 2019).
- [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] 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.
- [24] Woody Plants Database, Horticulture Section of the School of Integrative Plant Science, Cornell University, <http://woodyplants.cals.cornell.edu/plant/55>, (参照 8月10日, 2019).
- [25] 伊藤和男, 小林穂岳, 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.
- [26] 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.