



三重県伊賀市の敢國神社スギ林の衰退状況と土壌酸性化

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-01-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 伊藤, 和男, 高井, 草介, 渋谷, 祐貴, 谷野, 弘樹 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007502

三重県伊賀市の敢國神社スギ林の衰退状況と土壤酸性化

伊藤和男^{*1}, 高井草介^{*2}, 渋川祐貴^{*3}, 谷野弘樹^{*4}

Decline and Soil Acidification of Japanese Cedar (*Cryptomeria japonica*) of Aekuni Shrine Forest in Iga City, Mie Prefecture, Japan

Kazuo ITO^{*1}, Sosuke TAKAI^{*2}, Yuki SHIBUKAWA^{*3}, Hiroki TANINO^{*4}

要旨

近畿圏内の歴史ある社寺林において、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だされた。そこで、本研究では、三重県伊賀市の敢國神社社寺林のスギについて調査を行った。その結果スギの衰退が確認され、幹周辺土壤の土壤 pH が低く（酸性化）および交換性陽イオンの少ないことが認められた。また、スギ衰退と土壤 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。スギの衰退の 1 つの原因として、土壤の酸性化が示唆された。

キーワード: 森林土壤, 社寺林, 土壤酸性化, 森林衰退, スギ, 三重県

1. はじめに

社寺林は、自然度が高い森林であり、生物多様性の観点から、生態学的価値を有している。神聖な存在として長い間保護されてきたため、歴史的、文化的価値も大きい。また近年では、都市化の進行により緑地が急激に減少したため、都市緑地として重要度が増している^[1]。社寺林が、都市住民の精神的健全性により影響を与えることも明らかにされている^[2]。

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、いくつもの樹種で観測されている^[4-11]。その原因については、いろいろな説が指摘されている。1 つは土壤の酸性化が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 Izuta et al. (1997)^[12]はスギ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を明らかにした。

北アメリカ^[13]やヨーロッパ^[14]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ことが示唆された。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^{[15][16]}。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^{[15][16]}。また、中国の亜熱帯地域^[17]でも、酸性雨によると考えられる土壤酸性化が観測されている。本研究では、三重県の敢國神社社寺林のスギについて、衰退状況および土壤の酸性化について調査した。

2. 研究方法

2. 1 調査地

調査地は、三重県伊賀市の敢國神社の社寺林である。敢國神社は、伊賀地方の一宮で、平安時代中期の延喜式神名帳に記載があり、少なくとも、1100 年程度の歴史を有している。敢國神社の社寺林の面積は全体で 7000 m² 以上あり、そのうち、表参道と中参道間の社寺林を調査した。この社寺林は、広さ約 2500 m² で、スギおよびヒノキの混合林であった。敢國神社の社寺林周辺は、北側、南側および西側には農地が広がっている。また東側には森林が続いている。ただし、西約 200 m には、自動車の通行量の多い、名阪国道が走っている。社寺林は標高 96 m の台地に位置している。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。母材は砂岩である。

2. 2 調査および分析方法

2018 年 8 月 20 日 受理

*1 総合工学システム学科 環境物質化学コース

(Dept. of Technological Systems: Environmental & Materials Chemistry Course)

*2 バンタンデザイン研究所 (Vantan Design Institute)

*3 京セラ株式会社 (KYOCERA Corporation)

*4 シオノギ分析センター (Shionogi Analysis Center Co., Ltd.)

調査は、社寺林のスギ約 50 本のうち、15 本を選んで行った。調査木は約 10 m 間隔で選定した。まず、選定したスギの衰退指数を決定した。衰退指数は、環境省の基準により、1.0~5.0 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^[18]。衰退指数 1 は健康木、2 は軽度の衰退、3 は中程度の衰退、4 は顕著な衰退、5 は衰退が激しく、枯損に近い状態に相当する。

次に、スギ周辺の土壌を採取した。土壌採取は、調査木の幹から 50 cm の距離で 0-20 cm の深さの土壌とし、調査木 1 本につき 1 試料とした。幹から 50 cm の土壌は、樹冠通過雨の影響を強く受ける土壌である。幹に近過ぎると、強い酸性の樹幹流の影響を強く受ける。また、幹から離れ過ぎると、林外雨の影響を受けるため、50 cm 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。そこで、平均化するため、0-20 cm 層とした。土壌化学分析の前に、定法^[19]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^[19]。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^[20]。交換イオンとしては Sr を用いている^[21]（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。調査日は 2016 年 4 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、スギ 15 本の衰退指数の分布である。衰退が顕著な樹木が多く、枯損に近いスギが 2 本、激しい衰退木が 2 本、中程度以上の衰退木が全体の 70% を越えていた。衰退指数の平均値は、3.1 となった。衰退したスギの写真を図 2 に示した。

図 3 は、スギの表層土壌（0~20 cm 層）の pH の分析結果である。最低値は 3.70 で、最高値は 4.86 となり、平均 pH は 4.17 であった。調査した土壌試料、すべてが pH 5 以下であった。4 以下の土壌も 30% 以上あった。一般にスギの生育に適する土壌 pH は 5.5~6.5 とされ、土壌 pH 4.5~7.0 でも相当に生育するとされている^[16]。さらに Izuta ほか（1997）は、土壌 pH が 4.5 を下回るとスギ苗の生長量が低下することを実験的に示した^[12]。調査した敢國神社のスギ林の土壌は、大部分がスギの生育に不適切な程度に酸性化していると考えられる。

表 1 には、調査した樹木の胸高直径と周辺土壌の各交換性陽イオン量を示した。調査したスギは、胸高直径が 16.6~70.1 cm までの範囲で平均直径は 32.6 cm であ

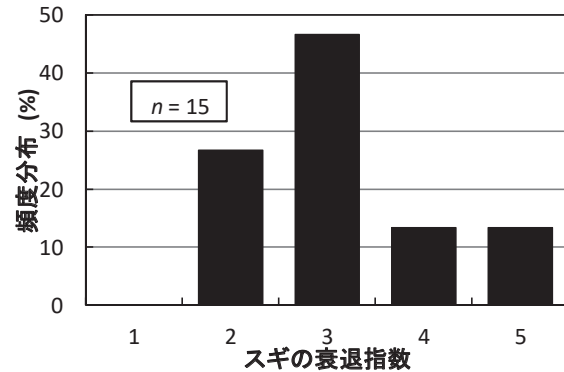


図 1 スギの衰退指数分布



図 2 衰退したスギ

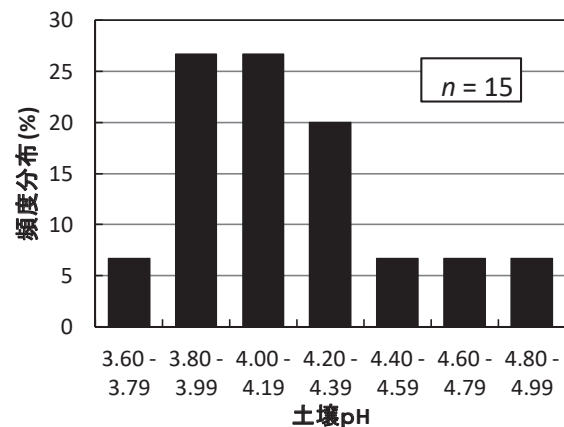


図 3 スギの土壌 pH 分布

った。胸高直径から推定すると、平均樹齢は 45 年程度と推定され、70.1 cm の大木は、100 年をはるかに越えていると推定される^[22]。

次に測定した Ca, Mg および K の和を、他の土壌と比較した。スギの衰退が大きく、土壌が酸性化している、京都の 2 社寺林では、Ca+Mg+K の値が、それぞれ、1.10 および 1.34 cmol_c/kg であった。また、それぞれの栄養塩の平均値は、Ca が 0.36 と 0.68 cmol_c/kg, Mg が 0.19 と 0.28 cmol_c/kg, K が 0.27 と 0.45 cmol_c/kg であった。また、同様にスギの衰退が顕著で、土壌が酸性化している、兵庫県の伊和神社社寺林では、Ca+Mg+K の値が、1.99

cmol_c/kg となり、栄養塩の平均値は、Ca が 1.73 cmol_c/kg、Mg が 0.38 cmol_c/kg、K が 0.17 cmol_c/kg であった^[7]。また、衰退が見られる、奈良県の春日大社スギ林では、栄養塩和が 0.35 cmol_c/kg であった^[10]。

したがって敢國神社社寺林のスギ周辺土壤の栄養塩和は、京都よりは多く、伊和神社スギ林より少し多い結果となった。ただし、Ca 量は、伊和神社より少ない結果となった。また、環境省の全国調査の結果、樹木の衰退が顕在化していない、健全な森林土壤の栄養塩和、Ca+Mg+K の全国平均値は、10.8 cmol_c/kg であった^[23]。したがって、敢國神社社寺林のスギ林土壤の値は、相当低く、栄養塩の状態が劣化していると考えられる。

3. 2 衰退指数と土壤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) を計算することによって樹木の衰退指数と土壤 pH、交換性陽イオンの和 Ca + Mg + K の値、および胸高直径との相関分析を行った(表 2)。その結果、スギの衰退指数は土壤 pH と中程度の負の相関が認められた。土壤 pH が低いほど衰退が進んでいる結果になった。また、この結果は、統計的に十分有意な値であった (p<0.05)。しかし、交換性の Ca、Mg、K の和と衰退指数と間には、相関が見られなかった。また、胸高直径と衰退指数との間にも相関が認められなかった。したがって、このスギの衰退の原因の 1 つとして、土壤の酸性化が考えられる。

土壤の酸性化の原因として、肥料の添加が知られている。しかし、このスギ林では、肥料の添加は行われていないため、肥料は原因とはならない。

また、ヨーロッパの森林土壤の研究により、土壤の酸性化の原因として、長期間の酸性雨が指摘されている。三重県の観測によれば、三重県内でもヨーロッパ同様に酸性雨が長期間観測されている^[24]。今回調査した社寺林土壤は褐色森林土で、酸性雨に対する耐性は黒色土ほど強くなく中程度とされている^[25]。したがって酸性雨による酸性化の可能性が考えられる。大阪府の和泉葛城山のブナ林の褐色森林土では、十数年間の土壤 pH の低下および交換性陽イオンの低下が観測されている^[6]。また、京都の 2 つの社寺林の土壤も酸性化しており、酸性雨が原因である可能性が指摘されている^[4]。さらに松浦ほか (1991)^[26]は、スギ林土壤の pH 低下に、酸性雨により酸性度がさらに強くなった樹幹流の影響を指摘している。

また、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^[27]。しかし、調査地点での十分なデータがないため、乾燥化については不明である。

以上をまとめると、三重県伊賀市の歴史のある、敢國神社の社寺林において、スギの衰退状況および土壤の化学性について調査した。スギには中程度の衰退が確認された。また幹周辺の土壤では、土壤 pH が低くまた交換性

表 1 スギの胸高直径と土壤の各交換性陽イオン量

試料番号	胸高直径 (cm)	交換性陽イオン量 (cmol _c /kg)			
		Ca	Mg	K	Ca+Mg+K
1	70.1	2.38	0.90	0.47	3.75
2	62.1	2.77	0.68	0.42	3.87
3	38.9	3.94	0.64	0.37	4.95
4	38.9	1.03	0.31	0.75	2.09
5	36.3	1.21	0.54	0.53	2.28
6	34.9	0.31	0.14	0.40	0.85
7	34.3	1.54	0.48	0.49	2.50
8	29.6	1.17	0.57	0.47	2.21
9	26.2	0.96	0.43	0.45	1.84
10	25.1	0.82	0.28	0.46	1.56
11	22.5	1.21	0.81	0.46	2.47
12	18.5	0.80	0.48	0.41	1.69
13	18.3	2.78	0.75	0.80	4.33
14	16.9	1.20	0.42	0.64	2.27
15	16.6	0.63	0.42	0.39	1.44
平均 (±S.E.)	32.6 (±4.1)	1.52 (±0.26)	0.52 (±0.05)	0.5 (±0.03)	2.54 (±0.30)

表 2 スギの衰退指数と土壤化学性等の相関

	衰退指数	土壤 pH	交換性陽イオン和 Ca+Mg+K (cmol _c /kg)	胸高直径 (cm)
衰退指数	1			
土壤 pH	-0.557*	1		
交換性 Ca+Mg+K	-0.227	0.447	1	
胸高直径	0.125	-0.479	0.442	1

* p < 0.05

の栄養塩 (Ca, Mg, K など) が少ないなど、土壤の酸性化の進行が疑われた。また、ピアソンの相関係数から、スギの衰退指数と土壤 pH の間に、中程度の相関が見られた。これらの結果より、土壤の酸性化が、敢國神社社寺林でのスギ衰退の原因の 1 つである可能性が考えられる。

謝辞

本論文は、大阪府立大学高専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す。著者以外の多くの卒業研究生の蓄積したものが大きく寄与しています。ここで、謝意を表します。

また、社寺林の調査にご協力頂きました、三重県伊賀市の敢國神社の皆様には、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)のシロ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 一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*, No.1, 73-79.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [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(3), 327~336.
- [15] Bresser, A.H.M., Salomons, W., 1990, Adriano, D.C., Havas, M. (Eds.), *Acidic Deposition*. springer-Verlag, New York.
- [16] 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.
- [17] Liu, K. H. et al., 2010, Soil Acidification in Response to Acid Deposition in Three Subtropical Forests of Subtropical China. *Pedosphere*. 20(3), 399~408.
- [18] 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).
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] Matsue, N. and Wada, K., 1985, New equilibration method for cation-exchange capacity measurement. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 574-578.
- [22] 石田敏之 (2016) 群馬県内スギ人工林における樹冠と直径の関係, *群馬県林業試験所研究報告*, 20, 44-51.
- [23] Acid Deposition and Oxidant Research Center. (2003) Data Sets of Japan Acid Deposition Survey 20, Ministry of the Environment.
- [24] 三重県 保健環境研究所, 三重県の酸性雨, <http://www.pref.mie.lg.jp/hokan/hp/09917007518.htm> (参照8月20日, 2018)
- [25] Sato, K. and Ohkishi, H., 1993, Rapid acid neutralizing capacity of surface soils in Japan, *Ambio*, 22, 232-235.
- [26] 松浦陽次郎, 堀田庸, 荒木誠, 1991, 関東地方におけるスギ林表層土壌のpH低下, *森林立地*, 32, 65-69.
- [27] 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.