

滋賀県大津市石山寺のサクラ社寺林の樹木衰退と 土壤酸性化

伊藤和男*, 関口貫志朗**

Tree decline and soil acidification in the cherry (*Prunus* spp.) groves at the Ishiyamadera temple in Otsu city, Shiga prefecture, Japan

Kazuo ITO*, Kanshiro SEKIGUCHI**

要旨

関西圏の社寺林の樹木衰退状況および社寺林土壌の酸性化について調査を続けている。その結果多くの社寺林で衰退が観測され、その土壌は酸性化していた。ここでは、関西圏のサクラの名所の一つである、滋賀県大津市の石山寺社寺林のサクラについて調査した。調査の結果、調査木すべてに衰退が観測された。また、その土壌は、pH が低く酸性化の傾向が認められた。また、土壌中の栄養塩も少なく、さらに、植物の生長に有害とされる交換性アルミニウム量も多かった。土壌の酸性化が、衰退の原因の1つである可能性が考えられる。また、衰退指数と土壌pH、および衰退指数と交換性アルミニウムには、中程度の相関が見られたが、統計的には十分有意でなかった。

キーワード： 樹木衰退, サクラ, 土壤酸性化, 滋賀県, 土壌pH, 社寺林

1. はじめに

サクラは、日本を代表する樹木で、全国各地に植えられている。春の開花時期には、多くの人々が、各地のサクラ林へ花見に訪れ、大切な観光資源となっている。しかし、日本で一番の規模といわれる吉野山のサクラに衰退が観測されている。その原因についていくつかの考察がされているが、はっきりした原因はわかっていない^[1]。

ところで、関西各地の森林で、樹木の衰退が観測されている。例えば、京都市でのスギ、ヒノキの衰退^[2]、大阪府の和泉葛城山のブナの衰退^[3]、兵庫県神戸市のコナラの衰退^[4]、三重県伊賀市のスギの衰退^[5]、奈良県のヒノキの衰退^[6]などである。そこで、その衰退の原因を明らかにして、樹木の衰退を防ぎ、保全を進めることが求められている。

関西圏の樹木が衰退していた調査林では、幹周辺の土壌のpHが低く、栄養塩量(交換性カルシウム、マグネシウム、カリウム量)が少なく、土壌の酸性化が、衰退の

原因の1つである可能性が指摘されている^[2-6]。さらに、北米^[7]およびヨーロッパ^[8]の研究でも、土壤酸性化による樹木の衰退が指摘されている。そしてその酸性化の原因は酸性雨である可能性が指摘されている^[9]。

そこで、本研究では、関西圏のサクラの名所の1つである、滋賀県の石山寺サクラ林について調査した。調査は、2008年に行われたが、測定したデータを統計的に再検討したところ、新しい知見が得られたので、ここで報告する。

2. 調査地点および方法

2.1 調査地点

滋賀県大津市の石山寺境内のサクラ林について調査を行った。境内には、サクラが約600本植えられ、花見の時期には多くの観光客が訪れる^[10]。調査したサクラは、すべてソメイヨシノであった。ここでは、参道の両側のサクラを調査した。

なお、調査地の石山寺は、日本遺産に登録されている、西国三十三所巡礼の札所として多くの参詣者が訪れる。また、紫式部が源氏物語を着想したという伝承で知られている^[10]。石山寺社寺林は、伽藍山(239m)の南側山麓に位置し、約100万m²の緑地帯の中に位置している。伽藍山の周辺は、住宅地になっているが、東側には瀬田川

2021年8月27日 受理

* 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)

** 現在、日本ペイント株式会社 (Nippon Paint. Co. Ltd.)

があり、西側は山地が続いている。土壌タイプは、土色調査^[11]および森林土壌図^[12]より褐色森林土と推定した。

2.2 調査方法

調査は、石山寺参道両側のサクラを約10m間隔で8本選んで行った。選定したサクラの衰退指数は、以下のように決定した。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^[13]。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は枯損木に相当する。

続いて、サクラ幹周辺の土壌を採取した。土壌採取は、調査木の幹から20cm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。土壌化学分析の前処理として、日本土壌肥料学会の方法^[14]に従い最表層の落葉層、小石、根などを除去した。土壌pHも日本土壌肥料学会の方法に準じて行ったが^[14]、できるだけ実際の土壌水のpHに近づけるため、乾燥土壌:水、を重量%で1:1として行った。pHメーター（堀場製作所）で測定した。交換性陽イオン（Ca、Mg、K）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^[15]。陽イオンの測定は、原子吸光分析法（SHIMADU AA-6200、島津製作所）を用いた。なお、バックグラウンド補正によって、ストロンチウムの干渉を補正している。なお、交換性Alは、滴定法で測定した^[13]。調査日は2008年6月である。

3. 結果および考察

3.1 サクラ調査木の衰退状況

図1に、10m間隔に選定した参道両側のサクラ8本の衰退指数を示した。図1のように、すべての樹木が衰退していた。健康木は無く、軽度の衰退木が25%に対して、中程度の衰退木が37.5%、顕著な衰退木が25%、枯損木は12.5%であった。平均の衰退指数は2.25となった。

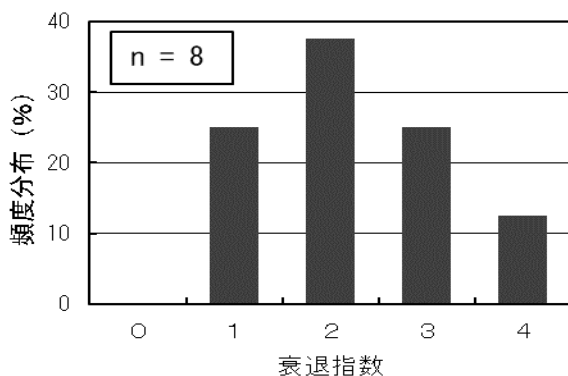


図1 サクラの衰退指数分布

3.2 サクラ調査木の胸高直径

図2には、調査したサクラの胸高直径の分布を示した。胸高直径は、最小20.1cm、最大48.4cmで、平均値は34.0cmとなった。胸高直径には、偏りはなく、幅広く分布していた。

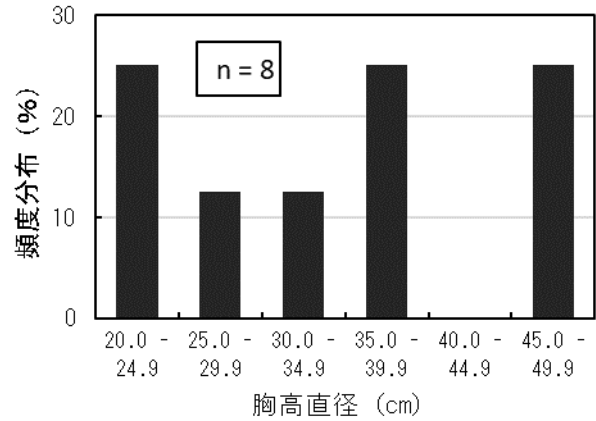


図2 サクラの胸高直径分布

3.3 サクラ調査木幹周辺の土壌pH

調査した8本のサクラの幹周辺の土壌pHは、図3のように、最小4.12、最大5.43で、平均は、4.64となった。

幹周辺の土壌pHは、それぞれ値の異なる、樹幹流のpH、樹冠通過雨のpHおよび林外雨のpH^[16]のバランスが影響すると考えられる。例えば、幹周辺土壌面に勾配があれば、樹幹流の流れが変化する。また、土壌面が平面でなく、くぼみがあれば、くぼみ部分に樹幹流などが集まると考えられる。また、樹冠が発達していない部分では、林外雨の影響を強く受けると考えられる。調査地点の土壌pHの平均値、4.64は、環境省の全国調査^[17]での平均値、5.0と比較すると、低い値であった。サクラの適正pHは、5.0~7.4とされている^[18]。石山寺社寺林のサクラの土壌pHは、大部分5.0以下であり、サクラの生育に不適切な程度に酸性化していたと考えられる。

3.4 サクラ調査木幹周辺土壌のAl量および栄養塩量

土壌が酸性化すると、土壌中のアルミニウムが増加する^[19]。また、アルミニウムは、植物にとって有害な金属であり、アルミニウム量の増加は、植物の生長を阻害すると言われている^[20]。図4に、サクラ幹周辺土壌の交換性アルミニウムの測定値を示した。最大、最小値、及び平均値を表している。平均値は2.24 cmol_c/kgであった。環境省の全国調査^[17]での平均値、1.9 cmol_c/kgより多かった。また、土壌の肥沃状態の指標として、交換性カルシウム量、交換性マグネシウム量、交換性カリウム量の測定が行われている。図4は、サクラ幹周辺土壌、8

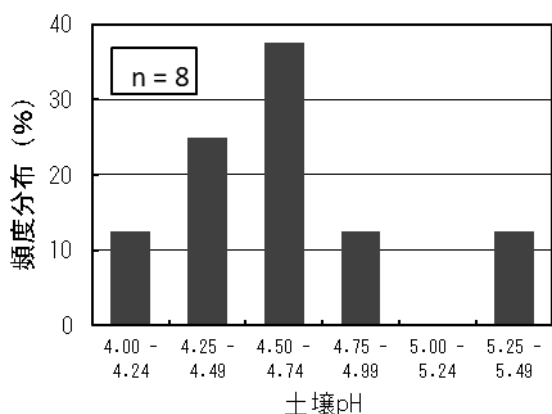


図3 サクラ幹周辺の土壌pH分布

試料の測定値である。各イオンの最大値と最小値、および平均値である。カルシウムでは、最大値と最小値の差が、他のイオンと比較して大きい。平均値は、カルシウムが、1.30 cmol_c/kg、マグネシウムが、0.27 cmol_c/kg、カリウムが、0.24 cmol_c/kgであった。カルシウムが多く、マグネシウムとカリウムはその1/4以下であった。環境省の全国調査^[17]での平均値は、Caが6.1 cmol_c/kg、Mgが3.2 cmol_c/kg、Kが0.4 cmol_c/kgであった。本調査での値は、全国平均より相当少ない結果となった。なお、全国調査の値は、いろいろな樹種を含み、本調査と同様な土壌タイプである、褐色森林土の、0~20cm層の平均である。ただし、測定法が少し異なり、交換イオンとして、アンモニウムを用いているので、厳密な比較はできない。

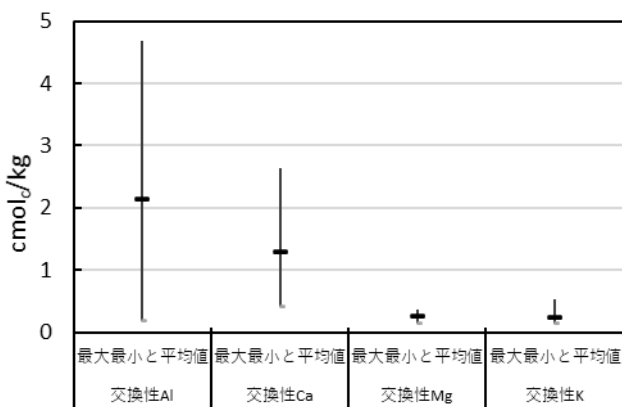


図4 土壌中の交換性陽イオン量

3.5 サクラの衰退指数と土壌pH, 栄養塩量, 交換性Alおよび胸高直径との関係

サクラの衰退と相関性のある因子を見出すために、相関係数を計算した。表1はサクラの衰退指数と土壌pH, 栄養塩量, 交換性Alおよび胸高直径のピアソンの相関係数(r)である。その結果、衰退指数と土壌pHでは、r =

-0.46で、中程度の負の相関が認められたが、統計的有意性は乏しかった(p>0.05)^[21]。同様に、衰退指数と交換性アルミニウムでは、r = 0.51で、中程度の相関がみとめられたが、統計的有意性は不十分であった(p>0.05)^[21]。また、衰退指数と交換性Ca+Mg+Kの間には、統計的に有意な負の相関が認められた(r = -0.74, p<0.05)^[21]。衰退指数と胸高直径の間では、r = -0.15と、相関が認められなかった。

なお、交換性アルミニウムは、土壌pHと統計的有意な負の相関が認められた(r = -0.91, p<0.05)^[21]。交換性アルミニウムのこのような相関は、他の研究にもみられている^[19]。また、交換性Ca+Mg+Kは、胸高直径と統計的に有意な負の相関が認められた(r = -0.83, p<0.05)^[21]。

関西圏での、いくつかの調査において、樹木の衰退と土壌pHの間に、統計的に有意な負の相関が認められている。今回の調査においても、相関が認められたが、統計的に有意ではなかった。それは、他の研究と比べて、試料数が少ないため、統計的有意な結果が得られなかったものと考えられる。

表1 衰退指数と土壌pH, 栄養塩量, 交換性Alおよび胸高直径との相関

	衰退指数	土壌pH	交換性Al (cmol _c /kg)	交換性Ca+Mg+K (cmol _c /kg)	胸高直径 (cm)
衰退指数	1				
土壌pH	-0.46	1			
交換性Al	0.51	-0.91*	1		
交換性Ca+Mg+K	-0.74*	0.33	-0.49	1	
胸高直径	-0.15	0.15	-0.19	-0.83*	1

(*: p<0.05)

最後に、関西圏の他の調査地と比較を行った。関西圏の他の林において、多くの樹木に衰退が認められており、針葉樹では、スギ、ヒノキが、広葉樹では、ブナ、コナラ、マテバシイ、シロブカガシ、コジイ、アラカシなどに衰退が認められている^[2-6,22-26]。今回の調査により、サクラにも衰退が認められた。関西圏での今までの研究において、ほとんどの調査地で、土壌pHが、日本の平均値より低くなっていた^[2-6,22-26]。今回の研究においても同様に低い値を示した。また、これまでの調査において、多くの割合で、樹木の衰退と土壌pHの間に、相関が認められ、土壌pHが低いほど、樹木の衰退が進む傾向が認められた^[3-6,22,23]。本研究でも、統計的に不十分であったが、相関が表われた。また、土壌中

の栄養塩量も、関西圏の調査林のほとんどで、日本の平均より低い傾向があり^[2-6,22-25]、石山寺のサクラにおいても、同様に低かった。

謝辞

社寺林の調査に許可を頂きました、滋賀県大津市の石山寺の皆様には、深く感謝致します。

参考文献

- [1] 吉野山サクラ調査チーム編, 2011, 平成20-22年度 吉野山サクラ調査報告書, 吉野山サクラ調査チーム, 京都.
- [2] 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.
- [3] 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壤化学性の劣化, *地域自然史と保全*, 37, 115-124.
- [4] 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壤酸性化, *大阪府立大学高専 研究紀要*, 51, 21-26.
- [5] 伊藤和男, 高井草介, 渋川祐貴, 谷野弘樹, 2018, 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, *大阪府立大学高専 研究紀要*, 52, 31-34.
- [6] Ito, K. and Katagiri, Y., 2021, Relation of Tree Decline and, Soil pH and Exchangeable Cations Contents in a *Chamaecyparis obtusa* Shrine Grove, Nara Japan, *Environmental Science*, 34, 208-213.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 石山寺公式HP, <https://www.ishiyamadera.or.jp/> (2021, 11 参照)
- [11] 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).
- [12] 森林立地懇話会編, 1972, 日本森林立地図, 森林土壤図.
- [13] 環境省, 土壤・植生モニタリング手引書, 2.4 森林、土壤モニタリング手法. https://www.env.go.jp/air/acidrain/man/soil_veget/index.html. (2021, 11 参照).
- [14] 日本土壤肥料学会, 1986, 土壤標準分析・測定法, 土壤標準分析・測定法委員会, 博友社, 東京.
- [15] 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壤試料のための簡易な交換性陽イオンの浸出法, *日本土壤肥料学雑誌*, 68, 61-64.
- [16] 片山幸士, 岸田多代, 1996, 各種の林分における降水, 樹幹流および樹冠通過雨の pH と EC, *環境技術*, 25, 589-592.
- [17] Acid Deposition and Oxidant Research Center, 2003, Data Sets of Japan Acid Deposition Survey 20, Ministry of the Environment.
- [18] Woody Plants Database, Horticulture Section of the School of Integrative Plant Science, Cornell University. <http://woodyplants.cals.cornell.edu/plant/194> (2021, 11 参照)
- [19] 山田 武, 大野原 基, 佐藤昌憲, 山田 悦, 1996, 京都里山の土壤の酸性度と化学組成, *環境科学会誌*, 9, 211-219.
- [20] 日本化学会編, 1989, 化学総説, 土の化学, 学会出版センター, 東京. pp166.
- [21] 実験計画学 (2009 年度版) 第 12 回, 島根大学生物資源科学部. http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/food/kobayasi/kougil2_2008.html (2021, 11 参照)
- [22] 伊藤和男, 谷野弘樹, 2017, 歴史的なスギ樹木の衰退と土壤酸性化の関係 - 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.
- [23] 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.
- [24] 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) のスギ衰退と土壤酸性化, *社叢学研究*, 16, 64-72.
- [25] 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壤化学性の劣化, *社叢学研究*, 15, 80-88.
- [26] 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壤 pH との関係 *環境情報科学 学術研究論文集* 32, 309-3012.