



四国香川県における歴史的社寺林の衰退状況および 土壌化学性

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-04-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 伊藤, 和男, 小田, 翔太, 山本, 浩嗣, 河邑, 満希 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007514

四国香川県における歴史的社寺林の衰退状況および 土壌化学性

伊藤和男*1, 小田翔太*2, 山本浩嗣*3, 河邑満希*4

Decline and Soil Chemistry of Historical Forests of Temples in Kagawa Prefecture, Shikoku,
Japan

Kazuo ITO *1, Shota ODA *2, Koji YAMAMOTO *3, Mitsuki KAWAMURA *4

要旨

四国八十八ヶ所霊場はその歴史的、文化的価値により、日本遺産に登録されている。その寺院の多くが有する自然度が高い社寺林は、長期間保護され歴史的な価値が高い。また生物多様性の観点からも生態学的価値は大きい。さらに重要な都市緑地として機能している。しかし各地の社寺林で樹木の衰退が報告されている。衰退の原因の1つとして土壌の酸性化が指摘されている。ここでは、香川県の2つの歴史的な社寺林において、スギ、タカオカエデ（根香寺、高松市）およびコナラ（弥谷寺、三豊市）の衰退状況および土壌の化学性について調べた。その結果すべての樹木で衰退が確認された。一部の土壌では土壌pHの低下および交換性陽イオンの減少（土壌酸性化）が認められた。しかし土壌化学性と樹木の衰退指数の間に相関が見られたのは、タカオカエデのみであった。その他の樹種では相関が見られず、土壌酸性化だけでなく、その他の衰退要因が複合的に関与していると考えられた。

キーワード: 森林土壌, 社寺林, 土壌化学性, 土壌酸性化, 森林衰退, 四国八十八ヶ所霊場, 香川県

1. はじめに

四国八十八ヶ所霊場は、歴史的にも、文化的にも価値が高く、2015年に日本遺産に登録された。そのうちの多くの寺院は、広く自然度が高い社寺林を有している。このような社寺林は、神聖な存在として長い間保護されてきたため、歴史的、文化的価値が高い。また自然度が高いため、生物多様性の観点から、生態学的価値も大きい。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、都市緑地の重要な存在として機能している^[1]。さらに都市緑地についての心理学的研究により、社寺林が、都市住民の精神的健全性に顕著な影響を与えていることが明らかにされた^[2]。

しかし日本各地の社寺林で、衰退が報告されている。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38地点のスギ社寺林のうち、26地点で衰

退がみられた。また関西でも社寺林の衰退が観測されている^[4]。その原因についてはいろいろな考えが指摘されている。1つは土壌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壌酸性化に関係があることを指摘している。また Ito et al. (2011)^[5]は、京都市の2ヶ所の社寺林において、スギの衰退原因として、土壌酸性化が指摘されている。大阪の社寺林では、シリブカガシの衰退木の土壌が酸性化していることが示された^[6]。さらに大阪と和歌山の境に位置する、和泉葛城山のブナ林の衰退の原因として、土壌の酸性化が示唆されている^[7]。また、Izuta et al. (1997)^[8]は数種の樹木の苗を使った実験で、土壌pHの低下、および土壌溶液のモル比と苗の生長量との間に相関があることを明らかにした。

ヨーロッパ^[9]および北アメリカ^[10]での研究では、土壌酸性化が森林衰退の原因の一つであることが示唆された。そしてこれらの土壌酸性化は酸性沈着に起因していることが示された^{[11][12]}。また土壌酸性化は世界の様々な地域で認められている。例えば、ヘルシンキ、フィンランド^[13]、チェコの東部のズデーテン山脈^[14]、ウクライナのカルパチア山脈^[15]、中国の亜熱帯地域^[16]、アメリカのニューヨーク州^[17]などである。そしてこれらの土壌酸性化は、酸性雨が原因と考えられている。

2017年8月21日 受理

*1 総合工学システム学科 環境物質化学コース

(Department of Technological Systems : Environmental and Materials Chemistry Course)

*2 日本ブチル株式会社 (JAPAN BUTYL Co., Ltd.)

*3 岡山大学大学院 (Graduate School, Okayama University)

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

2. 研究方法

2.1 調査地

香川県内の2ヶ所の社寺林について調査を行った。1つは香川県高松市中山町の根香寺(ねごろじ)社寺林である。根香寺は、四国八十八ヶ所霊場の第八十二番札所となっており、観光地となっている五色台の青峰山に位置している。寺伝によると1200年以上の歴史があるとされている。

根香寺の社寺林の面積は、全体で40000 m²程度と見積もられる。調査したのは参道周辺のスギ林および本殿東側のタカオカエデ(モミジ)林である。調査したスギ林は4000 m²程度、タカオカエデ(モミジ)林も4000 m²程度であった。社寺林周辺はすべて森林であり、標高は355 mである。土壌タイプは日本で一般的な褐色森林土である。

もう一ヶ所は香川県三豊市三野町の弥谷寺(いやだにじ)社寺林である。弥谷寺は四国八十八ヶ所霊場の第七十一番札所で、標高382 mの弥谷山南麓(192 m)に位置している。周辺はすべて森林である。寺伝によると1200年以上の歴史があるとされている。調査は本殿東側奥の広葉樹林のコナラについて行った。コナラがこの広葉樹林の占有種になっている。調査した範囲は林道周辺の約2000 m²である。土壌タイプは根香寺と同様に、日本で一般的な褐色森林土である。

2.2 実験方法

調査した、根香寺参道周辺スギ林は、50本程度で、その中の10本を無作為に選び調査した。また、タカオカエデ(モミジ)林も50本程度で、その中の10本を無作為に選んだ。また弥谷寺の林道周辺のコナラ林は、50本程度で、そのうち12本を無作為に選んだ。調査項目は、樹木の衰退指数の決定、樹木周辺土壌の採取、化学分析である。調査日は、2012年8月である。土壌採取は、調査樹木の幹から50 cmの距離で0-20 cmの深さの土壌と

し、樹木1本につき1試料採取した。土壌化学分析の前に、定法に従い最表層の落葉層、小石、根などを除去した。交換性陽イオンは、結合プラズマ原子発光分析法(ICP-AES: ICP-7000, 島津製作所)により行い、交換イオンとしてSrを用いた^[16]。また、土壌:水、が重量%で1:1の水抽出液について、pHメーター(堀場製作所)でpH(土壌pH)を測定し、ICPにより主要な陽イオンCa, Mg, K, Alの濃度(土壌溶液中の濃度の近似値)を測定した。陰イオンはイオンクロマトグラフ(ICA-2000: TOA-DKK)により測定した。

3. 結果と考察

3.1 根香寺社寺林の樹木の衰退と土壌化学性

調査した根香寺のスギは、胸高直径が22~81 cmまでの範囲で、平均直径は42 cmであった。平均樹齢は50年程度と推定される。またタカオカエデは、胸高直径が15~53 cmまでの範囲で、平均直径は30 cmであった。平均樹齢は70年程度と推定される。

調査した樹木の衰退状況は、衰退指数として1~5の数値で表わした。衰退指数は林野庁の基準を元にして、決定した^[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、枯損に近い状態に対応する。

図1はスギ10本およびタカオカエデ10本の衰退指数の分布である。スギでは衰退指数3および4のみであり、すべて中程度以上の衰退であった。衰退指数の平均値は3.6となった。またタカオカエデは、60%に中程度以上の衰退があり、健全木は10%であった。平均値は2.7となった。

図2は、スギおよびタカオカエデの表層土壌(0~20 cm層)のpHの分析結果である。スギでは、最低値は4.19で、最高値は5.59となり、平均pHは4.75であった。調査した土壌試料の60%がpH4.5以下であった。スギ苗を

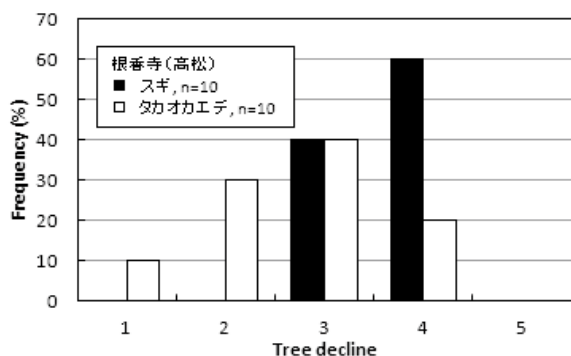


図1 根香寺社寺林の衰退指数分布

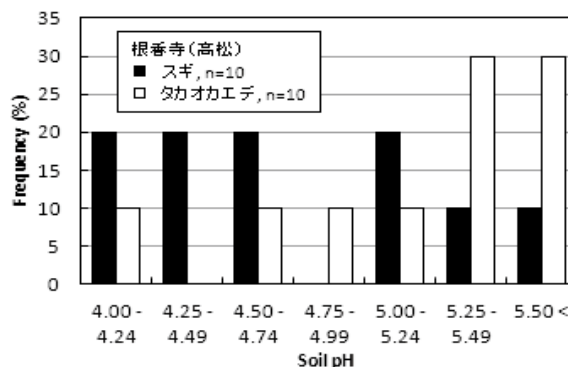


図2 根香寺社寺林の土壌pH分布

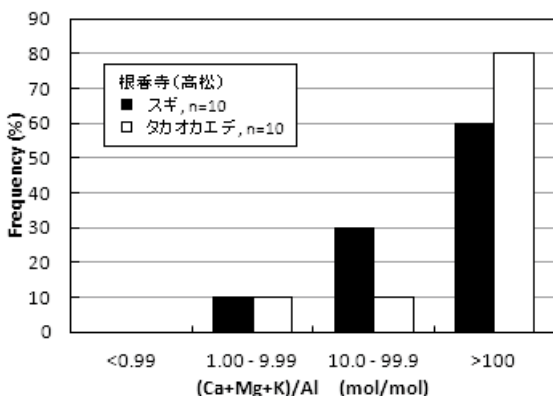


図3 根香寺社寺林の(Ca+Mg+K)/Al モル比分布

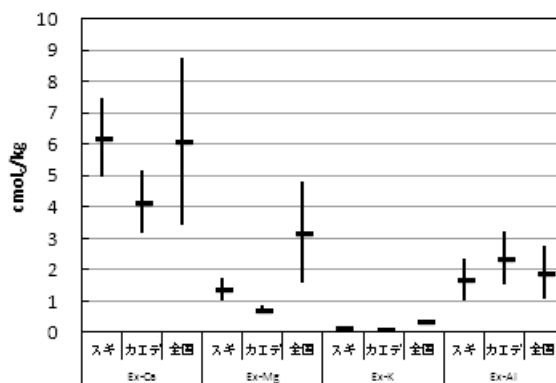


図4 根香寺社寺林の交換性陽イオン量

使った実験により、pH4.5以下から生長量の低下が見られている。pH4.0では生長量が60%程度になり、pH3.5では50%以下に低下する結果が得られている^[6]。一般にスギに適するpHは5.5~6.5とされ、pH4.5~7.0で相当に生育するとされている^[20]。

タカオカエデの土壌pHは、最低値は4.20で、最高値は5.81となり、平均pHは5.20であった。調査した土壌試料の30%がpH5.0未満であった。タカオカエデの適正pHについての実験データはないが、一般的樹木の生育に悪影響を与えない客土の基準pHは、pH5~7と規定されている^[21]。一般的にpH5.0未満の土壌は不適切と考えられている。

図3は土壌酸性化の指標^[22]として使用される、土壌溶液の(Ca+Mg+K)/Alモル比の測定結果である。ただし1:1水抽出液で近似した値である。この値が低いと土壌酸性化が進んでいることを示している。例えば、ブナ、スギ、ヒノキおよびマツのそれぞれの苗を用いた実験により、モル比が10を下回ると生長量が減少することが知られている^[23]。

スギでは、調査した土壌のうちモル比が10以下のものが全体の10%で、大部分が10以上であった。モル比の値からは、酸性化が進行していない健全な土壌であると考えられる。またタカオカエデのモル比も大部分が10以上であった。なおモル比の算出に用いたAl³⁺濃度は、ギブサイト^[24]の溶解平衡定数に基づいて計算した。

図4には、調査した樹木周辺土壌の、各交換性陽イオン量と日本の平均値を示した。植物の生長に必要な栄養塩である、Ca、Mg、Kおよび有害な金属であるAlについて調査した。スギのそれぞれの平均値は、Caが6.20 cmol/kg、Mgが1.38 cmol/kg、Kが0.16 cmol/kg、そして樹木に有害なAlイオンは、1.7 cmol/kgであった。タカオカエデのそれぞれの平均値は、Caが4.18 cmol/kg、Mgが0.74 cmol/kg、Kが0.12 cmol/kg、そして樹木に有害なAlイオンは2.4 cmol/kgであった。一方同じ層(20 cmの深さ)の褐色森林土の全国平均値は、

Caは6.1 cmol/kg、Mgは3.2 cmol/kg、Kは0.4 cmol/kg、そして樹木に有害なAlイオンは1.9 cmol/kgであった^[25]。スギの交換性陽イオンは、全国平均と比べてCaはほぼ同程度、Mg、Kが約半分であり、Alはほぼ同程度であった。タカオカエデの平均値は、全国平均と比較するとCaは60%程度、Mgが20%程度、Kが30%程度しかなかった。有害なAlイオンは少し多かった。タカオカエデ周辺の土壌の栄養状態は、かなり劣化している可能性がある。

図5はそれぞれの樹木周辺土壌の各陰イオンの濃度である。Cl⁻(塩化物)イオンは、スギが0.28 mmol/L、タカオカエデが0.29 mmol/Lでほぼ同程度であった。NO₃⁻(硝酸)イオンは、スギが1.31 mmol/L、タカオカエデが1.15 mmol/Lで、スギがすこし高い。SO₄²⁻(硫酸)イオンは、スギが0.24 mmol/L、タカオカエデが0.15 mmol/Lで、スギがすこし高い値であった。針葉樹のスギは、葉の密度が大きく葉の形状も複雑で、乾性降下物を補足しやすいことが、スギの値が大きい理由と考えられる。

次に、土壌化学性と樹木の衰退指数との相関について検討した。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壌pH、(Ca+Mg+K)/Alモル比、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。タカオカエデについては、表1に示したように相関が認められた。タカオカエデの衰退指数は土壌pHと中程度の負の相関が認められた(r=-0.641)。統計的に十分有意な結果であった(p<0.05)。土壌pHが低いほど衰退が進んでいる結果になった。また、衰退指数と(Ca+Mg+K)/Alモル比の間にも中程度の負の相関が認められ、モル比が小さいほど衰退が進んでいた。しかし統計的に十分な有意な値ではなかった(p>0.05)。交換性のCa、Mg、Kの和と衰退指数との間には、相関が見られなかった。

またNO₃⁻イオン濃度と衰退指数との間にも、弱い正の相関がみられた(ただしp>0.05)。NO₃⁻イオン濃度が高いと衰退が進むことを示している。この土壌のNO₃⁻イオン濃度

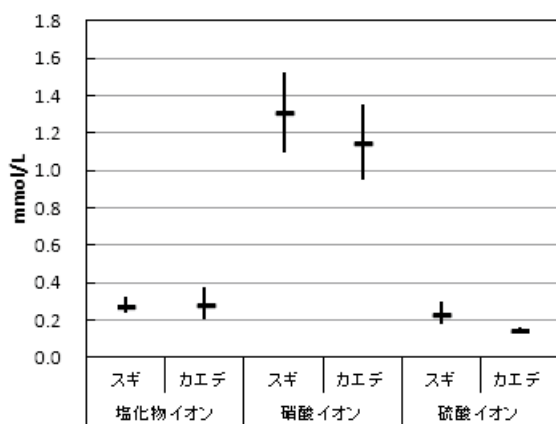


図5 根香寺社寺林の陰イオン濃度

は 1.17mmol/L と、非常に高い値を示した。例えば、京都市のスギ林の値、0.288 mmol/L^[5]と比べてもかなり大きい。この結果は、調査土壌の窒素が過剰に高く、タカオカエデの健全な生育に不適切状態になっている可能性を示している。土壌の窒素過剰による、樹木の衰退については、いくつかの地域ですでに報告がある^[26]。このような窒素過剰は、酸性降下物が原因とされている^[26]。したがって、タカオカエデの衰退に関しては、土壌の化学性の劣化が関与している可能性が示唆された。

一方スギについては、土壌pHを含め、土壌化学性と衰退指数との間には、相関が認められなかった。また胸高直径との間にも相関はなかった。スギの土壌pHは、健全な生長には不適切な低い値を示す土壌が60%あり、酸性化傾向を示したが、相関が表れなかった。またNO₃⁻イオン濃度との相関もなかった。したがって、スギ衰退に関する原因が、土壌化学性以外に存在することを示唆している。

スギは塩害に弱いことが知られている^[27]。根香寺社寺林は五色台という台地の青峰山頂上付近に位置している。五色台は瀬戸内海に面し、海岸から急に上っている地形である。したがって根香寺社寺林は、海に近く(海岸からは1.4 km)、海風を直接受けている可能性があり、塩害が衰退の原因の1つと考えることもできる。

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。都市化の進行による緑地の減少などにより、地表付近の乾燥が進んでいると考えられている。例えば、スギを用いた実験では、乾燥化がスギの生長を阻害することが示された^[28]。香川県、高松市の年間降水量の平均30年間)は1082 mm^[29]で、全国平均、約1700 mmよりかなり低く、乾燥化が進みやすい地域であると考えられる。

3.2 弥谷寺社寺林の樹木の衰退と土壌化学性

表1 タカオカエデの衰退指数と土壌化学性の相関

	衰退指数	土壌pH	モル比 (mol/mol)	交換性 Ca+Mg+K (cmol _c /kg)	硝酸イオン (mmol/L)	胸高直径 (cm)
衰退指数	1					
土壌pH	-0.641*	1				
モル比	-0.414	0.652*	1			
交換性 Ca+Mg+K	-0.171	0.740*	0.768*	1		
硝酸イオン	0.337	-0.096	-0.146	0.337	1	
胸高直径	-0.452	-0.107	-0.155	-0.467	-0.590	1

* p < 0.05

表2は、弥谷寺コナラ林の調査木12本の衰退指数、胸高直径、土壌pHの値である。衰退状況は、衰退の顕著な衰退指数4の木が1本、中程度の衰退である衰退指数3が6本、軽度衰退の衰退指数2が3本、健康木が1本であった。平均は2.75となりコナラの衰退が進んでいると考えられる。胸高直径は28.7 cmで、樹齢は60年程度と推定される。土壌pHの平均が4.85で、一般的樹木の生育に悪影響を与えない客土の基準pH、pH5~7^[21]を下まわっている。基準よりもすこし酸性度の強い土壌であった。

表3は、樹木の生長に重要な栄養塩の交換性イオン量を示した。Caは全国平均の半分程度、Mgは30%程度、Kは40%程度で、栄養塩は全体的に少なかった。また表4は、土:水=1:1(wt%)の水溶性陽イオンの濃度である。

弥谷寺コナラ林について、コナラの衰退指数と土壌の測定値について相関性を調べたが、相関は見られなかった。したがって、土壌化学性以外の因子がコナラの衰退に関与していると考えられる。弥谷寺の位置する三豊市の年平均降水量は1189 mm(30年間)^[29]で、全国平均よりかなり少ない。原因の1つとして、乾燥化が考えられる。都市化の進行による緑地の減少などにより、地表付近の乾燥が進んでいると考えられている。

また近年コナラ類では、カシノナガキクイムシの被害が、一部地域で報告されている。しかし四国地方では、まだ被害の報告がなく、カシノナガキクイムシ害が原因とは考えにくい。弥谷寺コナラ林は海岸から1.5 kmと近く、しかもコナラが塩害に対して弱い樹種であるため^[30]、塩害の影響を受けている可能性がある。

以上をまとめると、日本遺産に登録されている、四国八十八ヶ所霊場である、香川県の根香寺(高松市)および弥谷寺(三豊市)の歴史的な社寺林を調査した結果、根香寺ではスギ林およびモミジ林に衰退が認められた。スギ林では土壌分析の結果、土壌pHが低く土壌劣化

表2 弥谷寺コナラ林の衰退指数, 胸高直径, 土壌 pH

	衰退指数	胸高直径 (cm)	土壌pH
平均(標準誤差)	2.75±0.25	28.7±3.97	4.85±0.06
最小~最大	1~4	3.2~54.0	4.53~5.08

表3 弥谷寺コナラ林の交換性陽イオン量

陽イオン種	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
	(cmol _c /kg)			
平均(標準誤差)	2.75±0.41	2.48±0.36	0.32±0.05	0.09±0.006
最小~最大	1.01~5.81	0.94~4.61	0.15~0.70	0.57~0.124
全国平均	6.1±2.65	3.2±1.6	0.35±0.05	-

表4 弥谷寺コナラ林の陽イオン濃度(土:水=1:1)

陽イオン種	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
	(mmol/L)			
平均(標準誤差)	0.227±0.037	0.192±0.020	0.471±0.04	0.175±0.016
最小~最大	0.075~0.537	0.112~0.342	0.283~0.684	0.082~0.259

傾向が認められたが、衰退指数との相関は認められなかった。衰退の要因として、乾燥化、塩害などが複合的に関与しているのかもしれない。タカオカエデ林では、土壌 pH と衰退指数とに相関が認められたため、土壌の酸性化が衰退に関与している可能性がある。またスギ林およびタカオカエデ林とも、土壌中の NO₃⁻イオン濃度が非常に高く、窒素飽和により、健全な生長を阻害している可能性がある。

弥谷寺では、コナラ林に衰退傾向が認められた。土壌の酸性度は全国平均より低い結果であった。しかし衰退指数との間には相関は認められなかった。衰退には、その他の原因(乾燥化、塩害など)も複合的に関与している可能性がある。

謝辞

社寺林の調査にご協力頂きました、香川県高松市の根香寺および三豊市の弥谷寺の皆様には、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] 山本暁人, 松本正義, 友膳幸典, 三輪真理子, 三原啓子, 2004, 京都市内における杉の生育とその周辺土壌の基礎調査, *京都市衛生公害研究所年報*, 70, 111~121.

[5] 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.

[6] 伊藤和男, 福島航, 2017, 美多彌神社のシリブカガシ林衰退と土壌化学性の劣化, *社叢学研究*, 15, 80-88.

[7] 伊藤和男 他, 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.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 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.

[11] Bresser, A.H.M., Salomons, W., 1990, Adriano, D.C., Havas, M. (Eds.), *Acidic Deposition*. Springer-Verlag, New York.

[12] 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.

[13] Ahokas, H., 1997, Acidification of forest top soils in 60 years to the southwest of Helsinki. *Forest Ecology and Management*. 94, 187~193.

[14] Hédli, R., Petřík, P., Boublík, K., 2011, Long-term patterns in soil acidification due to pollution in forests of the Eastern Sudetes Mountains. *Environmental Pollution*. 159(10), 2586~2593.

[15] Šebesta, J., Šamonil, P., Lacina, J., Oulehle,

- F., Houška, J., Bucěk, A., 2011, Acidification of primeval forests in the Ukraine Carpathians: Vegetation and soil changes over six decades. *Forest Ecology and Management*. 262, 1265~1279.
- [16] Liu, K. H., Fang, Y. T., Yu, F. M., Liu, Q., Li, F. R., Peng, S. L., 2010, Soil Acidification in Response to Acid Deposition in Three Subtropical Forests of Subtropical China. *Pedosphere*. 20(3), 399~408.
- [17] Johnson, A. H., 1994, Acid rain and soils of the Adirondacks. 3. Rates of soil acidification in a montane spruce-fir forest at Whiteface Mountain, New York. *Canadian Journal of Forest Research*. 24(4), 663~669.
- [18] Matsue, N. and Wada, K., 1985, New equilibration method for cation-exchange capacity measurement. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 574~578.
- [19] 環境庁・林野庁. 1986. 関東地方におけるスギ林の衰退と酸性降下物の影響に関する緊急調査結果. pp. 72. 東京.
- [20] 大政正隆, 1935, スギ人工林土壌の酸度並びに塩基飽和度に就て, 林試報告, 3, 1-42.
- [21] 都市再生機構, 客土品質基準, 技術資料 No.02-5-2, 平成12年度.
- [22] Sverdrup, H. and de Vries, W. 1994. Calculating critical loads for acidity with the simple mass balance method. *Water, Air, Soil Pollution*. 72, 143~162.
- [23] Choi, D. et al., 2005, Effect of soil acidification on the growth of Korean pine seedlings in a granite-derived forest soil, *Environmental Science*. 12, 33~47.
- [24] Hem, J. D., 1968, Graphical methods for studies of aqueous aluminum hydroxide, fluoride and sulfate complexes. *Geol. Suev. Water Supply Pap.* 1827-B, 1~33.
- [25] Acid Deposition and Oxidant Research Center. 2003, Data Sets of Japan Acid Deposition Survey 20, Ministry of the Environment.
- [26] 伊豆田猛, 大気環境学会誌, 森林生態系における窒素飽和とその樹木に対する影響, 2001, 36, A1-A13.
- [27] 小野賢二, 平井敬三, 森林総合研究所研究報告, 2013, 東北地方太平洋沖地震による大津波を受けた三陸沿岸のスギ林土壌における塩害とその後の土壌変化, 12, 41-47
- [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.
- [29] 気温と雨量の統計 (気象庁データより), <https://weather.time-j.net/> (2017年8月23日参照)
- [30] 中村克典, 2014, 56, 21-26, 森林立地, 東日本大震災津波による海岸マツ林の被害と再生に向けた植栽試験.