

③ 自然教育園ひょうたん池集水域の土壤

田代 崇*・渡邊眞紀子**・赤坂郁美***・坂上伸生****・村田智吉*****

Soil properties of the Hyotan-pond catchment area in the Institute
for Nature Study

Takashi Tashiro*, Makiko Watanabe**, Ikumi Akasaka***,
Nobuo Sakagami****, Tomoyoshi Murata*****

はじめに

自然教育園の館遺跡や土塁は室町時代に遡るとされ、種々の人間活動の影響が、土壤に残されている(浜田ほか1974)。これを踏まえて、平山ほか(1978)では、土壤に与えられる環境要因を、人間の活動による影響か、植生・地形などの自然によるものかを分け、各要因が強くあらわれる土壤断面上の特徴にもとづき土壤を分類し、自然教育園の土壤図の作成を試みた。そのために、土壤断面の形態、土性・土色、土壤の構造、土壤の乾湿、堆積腐植層の厚さと構形成態の4つの特徴を自然・地形などの自然によるものとし、軟らかい土層の厚さを人間活動の指標と設定し、園内120点で調査を行い、これによって得られた土壤の特徴を総合化し、自然教育園の環境自然度を4段階評の相対的な評価区分図を示した。例えば、築造されてから約500年が経過している土塁上の地域は、黒色層の厚さが比較的薄いですが、層の分化がかなり進んでいることから、自然が最も良く残っているランクⅣもしくは自然が良く残っているランクⅢと評価づけられている。一方で、地形の影響により、黒色層の厚さは、斜面中部から上部平坦地は、中程度の厚さを示し、下部で厚くなることが説明されている。軟らかい土層が10cm以下、10～30cm、30～60cmの厚さの土壤の分布は、それぞれ園内の5%以下、33%、54%を占めていた。また、60cm以上の厚さのものは、低地部と北西土塁に一部分布していて、面積割合は8%と算出されている。

1970年代における自然教育園の詳細な土壤調査(浜田ほか1974, 平山ほか1978, 坂上ほか1978)から20数年後に実施された土壤調査(平山・須永2001)では、園内の代表的植生における土壤水分

*日本大学, Nihon University

**首都大学東京, Tokyo Metropolitan University

***専修大学, Senshu University

****茨城大学, Ibaraki University

*****国立環境研究所, National Institute for Environmental Studies

環境には、ほとんど変化が見られなかったが、今後都市化によって乾燥化がより進む可能性が高いことが報告されている。自然教育園の土壌硬度の鉛直分布を多点で調べた魚井ほか(2012)は、土壌硬度が小さく、樹木の支持基盤としては弱い膨軟層が、土塁上で測定した地点に多くみられたことを報告している。土塁の斜面上部では最も土壌が乾燥している(浜田ほか1990)。土塁のようなやせ尾根をもつ地形においては、樹齢の高いスダジイの存在や造成後の経過時間など複合的な影響に加えて、今後乾燥化が進行することにより、膨軟な層がさらに深部まで形成されるプロセスが、これまでの研究によって指摘されてきている。

近年では、都市部の降水パターンの変化が注視されており、東京(大手町)における暖候期の16~20時を中心に短時間降水が増加傾向にある(Fujibe et al. 2009)。自然教育園における1990年7月~2011年6月の降水特性とその経年変化について調べた赤坂ほか(2018)によれば、自然教育園では、日降水量20mm以上50mm未満の割合が2000年頃から、日降水量50mm以上の割合が2003年頃から、それぞれそれ以前と比べて大きくなってきている。年降水量に占める階級別の降水割合においても、1999年頃から日降水量20mm未満の割合が小さくなる一方、50mm以上の降水割合は大きくなる傾向があり、この傾向は大手町よりも自然教育園で明瞭に認められた。

自然教育園のように樹林地が自然に近い状態で維持されている場所では、土壌の表層の構造や硬度は現植生をもとに比較的早い速度で回復・再生していくとみられる。一方で、土壌は、過去の人間活動の影響だけでなく、短時間強雨に伴う土壌侵食や樹木の根返りに伴うマスマーブメントなど、気候・植生要因の影響を比較的短い時間スケールで受けて変化することも予想される。そこで、本稿では、自然の湿地であり、江戸時代には回遊式庭園の中心であったとされるひょうたん池(桜井1981)の集水域を対象として、土塁等を分水界とする斜面地形を踏まえて、土壌の黒色層の層厚と土層の軟らかさの特徴について調べた結果を報告する。

調査方法

調査対象地

本稿では、ひょうたん池の集水域を対象として、図1に示す3つの測線(A, B, C)を選定した(図1参照)。対象エリア内には、南東から北西への下り坂となっている園路が通っており、園路からひょうたん池側へは、増水時に園路の排水を目的とした排水パイプがひょうたん池側に設けられている。図1に示す園路集水域の境界は、園路から西側斜面への水の流入は無いと仮定したものである。

測線Aは、ひょうたん池の西側土塁の平坦地から斜面下部まで、測線Bはひょうたん池東側土塁から園路までと、園路からひょうたん池上流低地部にいたるまで、測線Cは館跡からひょうたん池の上流低地部にいたる斜面で、急傾斜部では土止め施工がなされている。測線Aはタブノキ、ミズキ、コナラ、シロダモ、イヌシデ、測線Bは園路を境に東斜面はクロマツ、シラカシ、スダジイ、イロハモミジ、エノキが、園路から西に下りる斜面はイロハモミジ、ミズキ、シュロ、アオキ、ササが、測線Cはイイギリ、ヤブツバキ、シロダモ、イロハモミジが分布し、ひょうたん池上流部の低地の植生はシュロによって特徴づけられていた。

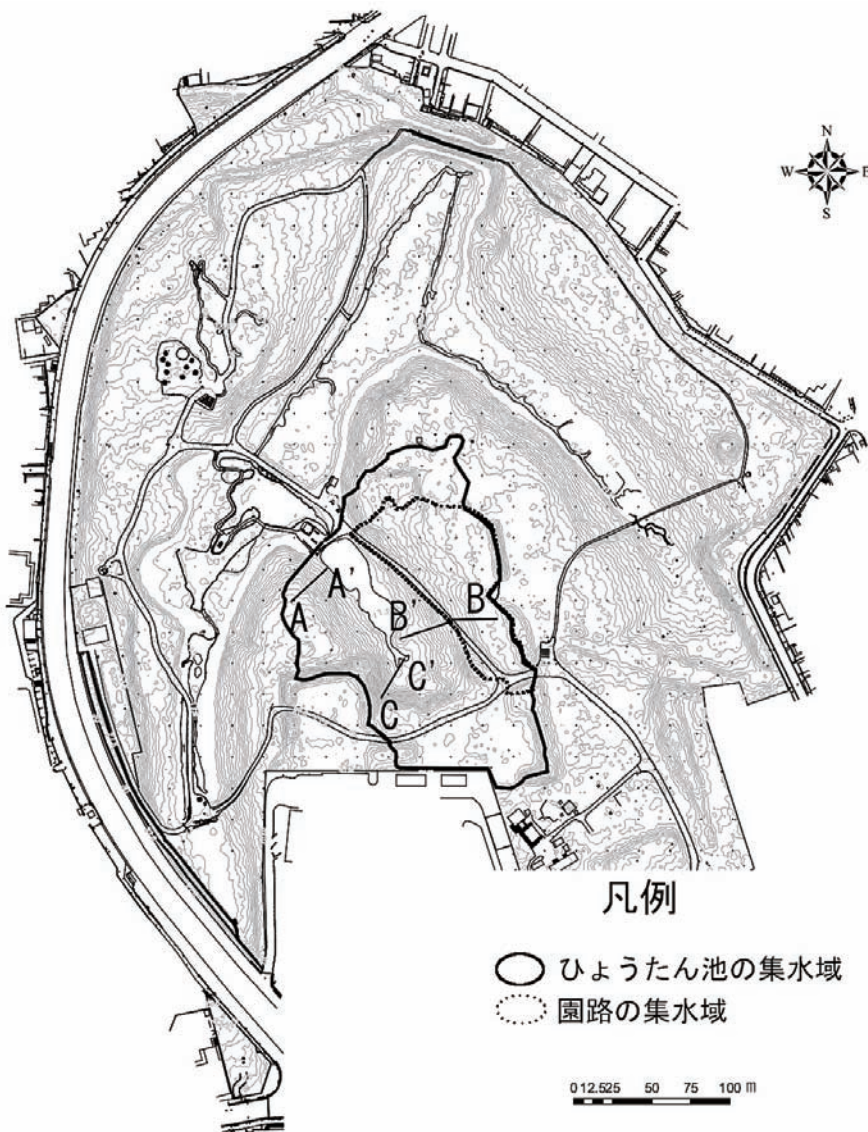


図1 自然教育園ひょうたん池の集水域と調査地点

土壌断面形態の観察

平山ほか (1978) では、黒色層 (マンセル表色系による色相・明度/彩度が7.5YR3/2以下の黒褐色～黒色) の厚さが薄いほど、また土層が堅いほど、人間活動の影響が大きいという判断基準が与えられている。

本稿では、検土杖 (DIK-1640, 大起理化工業) を使用して、最大深度90cmまでの土色 (マンセル表色系) と土性を調べた。土色については、平山ほか (1978) に準じて、本稿でも、土色が7.5YR3/2以下 (測線Bでは10YR3/2以下) の黒色・黒褐色の土層を「黒色層」とした。

土壤硬度鉛直分布の計測

貫入式土壤硬度計 (DIK-5531, 大起理化工業) を用いて, 最大深度 90cm までの土壤硬度鉛直分布を調べた。本装置は, 人の力で荷重をかけて地中へ鉛直方向にコーンを挿入する際の抵抗値を計測することにより, 土壤硬度の鉛直分布を取得する。コーン底面積は 2cm^2 , 測定範囲は $0\sim 2.5\text{MPa}$ である。なお, 平山ほか (1978) が記述した, 検土杖が軽く入れられる「軟らかい土層」は, 本稿では, 貫入抵抗値 $< 1\text{MPa}$ の土層に概ね対応するとして, 表層 (0cm) から軟らかい土層が連続して出現する深度 (cm) を求めた。

結 果

図 2 に, 1/2000 地形図 (自然教育園提供) の等高線から, 測線 A, B, C のそれぞれの地形断面図を示す。また, 図 3a ~ c に, 各測線における土壤断面 (土色・土性) と土壤硬度鉛直分布の結果を示す。

まず, 測線 A-A' では, 「黒色層」の層厚は, 斜面上部平坦地 (A-1) で表層から 30cm まで 7.5YR2/1, 30-60cm で 7.5YR2/2 の合計 60cm の明度が低い厚い土層がみられ, 下位のローム層の土色 (土性) は 7.5YR3/4 (CL) であった。斜面中腹部 (A-2, 3, 4) では, 黒色層の層厚は 22-28cm と薄くなり, 明度 3 で平坦部に比べて黒味が弱くなっていた。下位のローム層は, 7.5YR4/4 (LiC) であった。斜面下部 (A-5, 6) の「黒色層」の厚さは 40-60cm と厚く, 明度も 2 と斜面上部平坦地と同様の暗色を示した。下位のローム層は 7.5YR4/3-3/3 (LiC) となっていた。土壤硬度は, 斜面上部平坦部では, 「軟らかい層」(土壤貫入計抵抗値 $< 1\text{MPa}$) は 50cm 深まで, 中腹部では, 30-45cm, 斜面下部では 70-90cm 以上となっていた。ローム層の貫入抵抗値は, $1.5\sim 2.5\text{MPa}$ の数値を示していた。

測線 B-B' における「黒色層」の層厚は, 園路東側斜面の最上部地点 (B-1) で 10cm と薄く, 斜面中腹部 (B-2, 3, 4, 5) では, 黒色層の厚さは 50cm 前後, 土性はいずれも CL-LiC であった。園路を超えた西側斜面の上部 (地点 B-6) では「黒色層」の厚さは 40cm で園路東側斜面と類似した特性をもつが, 「軟らかい層」の深度は園路の東側斜面よりも大きくなっていた。さらに, 地点 B-7, 8, 9, 10 における「黒色層」の層厚は, いずれも 90cm と厚くなっていると共に, 円礫や園路の砂利様の礫が混在する層が認められた。土壤硬度については, 「軟らかい層」の出現深度が斜面上部の B-1 と B-2 で 25cm と 40-60cm と, 斜面下部に向かって軟らかい層の層厚が漸増していた。1.5MPa の貫入抵抗値をもつ土層は, 各地点とも互層をなしていた。これに対して, 園路西側の斜面では, B-7, 8, 9 の各地点で 1MPa の軟らかい土層は 90cm 以上と厚くなっており, 上述の礫の混在を含めて, 表層土壤の移動と再堆積を示す特徴が認められた。ひょうたん池近傍 (B-10) では 50cm 深まで黒色層があり, 50-75cm にローム層が, 75cm 以深に黒色層 (LiC) があった。

測線 C-C' では, 「黒色層」の厚さは斜面上部 (C-1) で 30cm, C-2 地点で 5cm, C-3 地点で 50cm と変化が大きく, C-4 地点では 20cm となっていた。また, いずれの地点でも, 軽植土 (LiC) もしくは重植土 (HC) の黒色層が 50-80cm 以深で再び出現し, 過去に斜面上で規模の大きい土砂移動があったとみられる。土壤硬度については, 斜面上部 (C-1) で 90cm 深まで, 斜面中部 (C-2) で 65cm まで, C-3, 4 地点で 50-60cm まで「軟らかい層」がみられた。上述の黒色粘土層の出現深度と対応して, 貫入抵抗値が 1.5MPa 以上と大きくなる傾向がみられた。

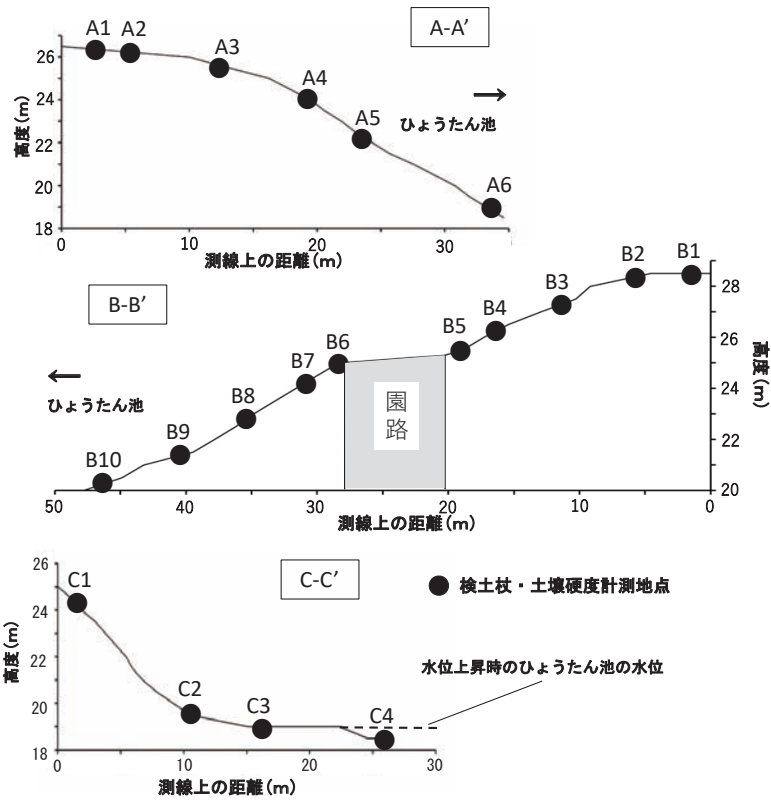


図2 測線 A, B, C の地形断面図と土壤調査地点

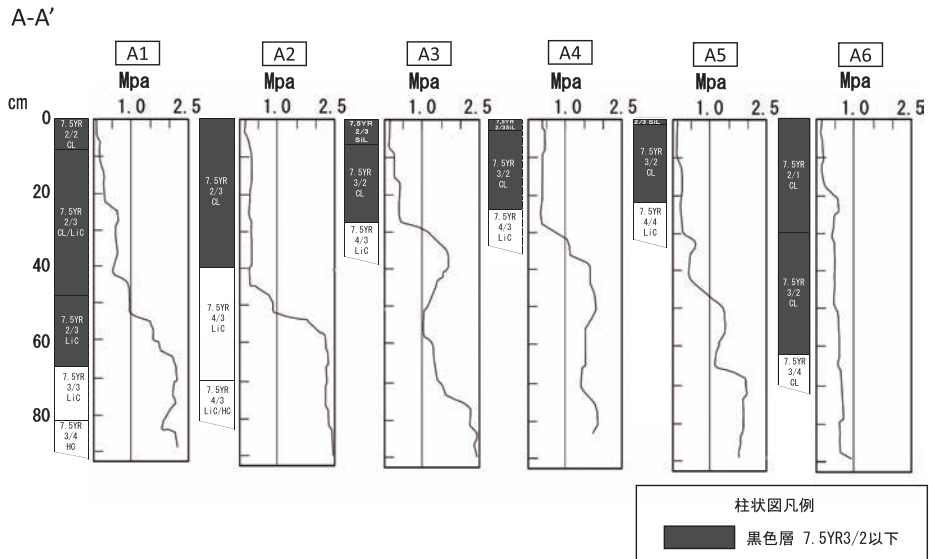


図3a 測線 A-A' における土壤断面 (土色, 土性) および土壤硬度の鉛直分布の調査結果

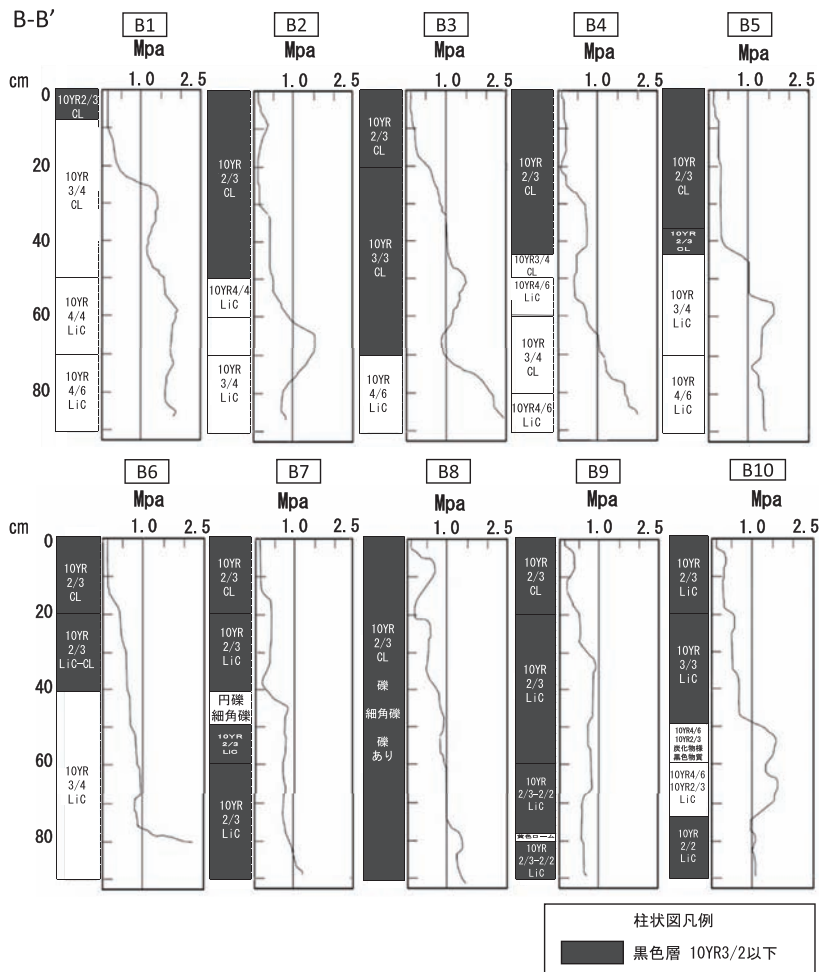


図 3b 測線 B-B' における土壌断面（土色，土性）および土壌硬度の鉛直分布の調査結果

ま と め

ひょうたん池集水域内の斜面を対象として、検土杖と貫入式土壌硬度計を用いた簡易土壌調査の結果、ひょうたん池西側の土壘斜面（測線 A）については、土壘斜面上部平坦面で 60cm 以上、斜面中部で 30cm、斜面下部で 60cm 以上となっており、平山ほか（1978）で示されている「黒色層」の厚さ分布図と対比させると、斜面上部平坦地で「黒色層」が厚いという違いがみられたものの、概ね同様な結果が得られた。また、「軟らかい層」の厚さを平山ほか（1978）の分布図と比べた場合、特筆すべき差異はなかった。一方、ひょうたん池東側斜面（測線 B）の黒色層の層厚は、平山ほか（1978）の分布図上と同じであったが、「軟らかい層」の厚さについては、平山ほか（1978）よりも 10～40cm 大きいという結果が得られた。また、館跡の東側斜面（測線 C）では、「黒色層」の層厚が斜面

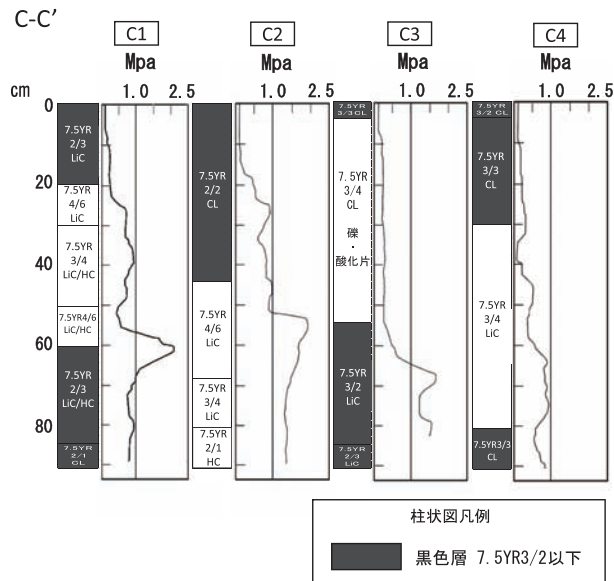


図 3c 測線 C-C' における土壌断面（土色，土性）および土壌硬度の鉛直分布の調査結果

上部で薄く，下部で厚くなっていた平山ほか（1978）の分布図で示された傾向とは異なった。測線 C では，斜面地形との対応はみられず，斜面上部の地点で 90cm 深に埋没黒色層が出現するなど，自然の土砂移動や土止め施工によるとみられる表層の攪乱が顕著に認められ，この傾向は「軟らかい層」の厚さの変化にも現われていた。

降雨強度が浸透能を上回ることによって発生する表面流が斜面地形に影響を及ぼす（砂防学会，1992）。土壘斜面においても，「軟らかい層」の層厚分布と心土（ローム層）の出現深度・硬度（貫入抵抗値の大きさ）は土砂移動の基盤情報として取得していく必要がある。その動態は，降雨観測と合わせたモニタリングを行うことによって捉えていくことができる。本稿では，土壌層厚と土壌硬度計測の測線をいずれも尾根状斜面もしくは直線状斜面に設定したが，谷状斜面で同様に検討することも必要である。

謝 辞

自然教育園における現地調査や資料提供において，矢野亮様，遠藤拓洋様には大変お世話になりました。この場をかりてお礼申し上げます。

引用文献

- 赤坂郁美・遠藤拓洋・渡邊眞紀子・矢野 亮. 2018. 自然教育園における1990年以降の降水特性と
その変化. 自然教育園報告, 49: 41-48.
- 魚井夏子・渡邊眞紀子・村田智吉 (2012) 自然教育園における鉛直方向の土壌硬度と土地利用履歴と
の関係. 自然教育園報告, 43: 37-45.
- 川井伸郎・村田智吉・田中治夫. 2013. 自然教育園における歴史的な人為からの土壌の自然再生. 自
然教育園報告, 44: 25-36.
- 坂上寛一・山崎美津子・平山良治・浜田竜之介 (1978) 自然教育園の代表的植生の土壌と水分環境.
自然教育園報告, 8: 20-38.
- 桜井信夫 (1981) 『自然教育園』. 東京都公園協会監修・東京公園文庫 25, 郷学舎. 88 ページ.
- 砂防学会監修 (1992) 『斜面の土砂移動現象』. 山海堂.
- 平山良治・山崎美津子・坂上寛一・浜田竜之介. 1978. 自然教育園の土壌図. 自然教育園報告, 8:
39-49.
- 平山良治・須永薫子 (2001) 自然教育園の代表的植生の土壌水分環境変化. 自然教育園報告, 33:
437-444.
- 浜田竜之介・村岡政行・鈴木創三. 1974. 自然教育園の土壌. 沼田真編『文部省特定研究 都市生態
系の特性に関する基礎的研究』, 181-186.
- 浜田竜之介・田中治夫・村田智吉・坂上寛一 (1990) 自然教育園内のハイドロカタナの土壌 (1)
—水分条件と断面形態—. 自然教育園報告, 21: 87-96.
- Fujibe, F., Togawa, H. & Sakata, M. 2009. Long-term change and spatial anomaly of warm season
afternoon precipitation in Tokyo. *SOLA*, 5: 17-20.