

自然教育園内における土塁の地形的特性

田代 崇^{1,*}・長田強志²・村田智吉³・遠藤拓洋⁴・矢野 亮⁴・渡邊眞紀子²

¹ 日本大学, ² 東京都立大学, ³ 国立環境研究所, ⁴ 国立科学博物館附属自然教育園

Takashi Tashiro¹, Tsuyoshi Osada², Tomoyoshi Murata³, Takumi Endo⁴, Makoto Yano⁴, Makiko Watanabe²: Geomorphological properties of the earthworks in the Institute for Nature Study. Miscellaneous Reports of the Institute for Nature Study (52): 7-12, 2020.

¹Nihon University, ²Tokyo Metropolitan University, ³National Institute for Environmental Studies, ⁴Institute of Nature Study

はじめに

旧白金御料地として天然記念物及び史跡に指定されている自然教育園は、過去における武蔵野の情景を現在に伝える貴重な存在として保存されてきた。なかでも園内に分布する土塁は、室町時代に白金長者屋敷を取り囲む外壁として築かれ、後の明治時代には火薬庫、戦時中には防空壕として様々な利用履歴を持っており、都内では数少ない貴重な二次的自然として残されている（桜井, 1981）。岡本（1984）によれば、土塁の分布は、概ね2つのタイプに分類される。一つは、自然教育園の外周を取り囲むように分布する外周土塁であり、もう一つは、園内部の館跡を取り囲むように分布するものおよび、園路に沿うように分布する園内の土塁である。岡本（1984）の外周土塁調査によれば、園内北側を取り囲む外周土塁の一部は、園中央部に位置する谷戸状の谷部を堰き止めるように構築されていることから、排水等の影響を受けるため、土塁の一部が崩壊を繰り返しており、天然記念物である周辺の樹木等に対して影響を与え始めていることが指摘されている。川井ほか（2013）では、土塁群の分布エリアにおける土壌は、改変強度が強く、盛土材の不規則な混和が起きており、間隙率が高い構造が見受けられるため、土塁内部の水分が蒸発し乾燥状態が形成されやすい環境が発生していることを明らかにしている。こうした状況を踏まえ、土塁を含む園内の土壌硬度鉛直分布を調べた魚井ほか（2016）は、土塁のようなやせ尾根をもつ地形においては、今後乾燥化が進行することに

より、膨軟な土層が下層まで形成される可能性を指摘している。これら土塁に関する一連の先行研究から、土塁の地形形状は様々な環境要因により、今後さらに変化していくと予想される。現在の土塁形状およびその形態的特徴を把握し、土塁形状の特性と植生を含む地表環境との関係性を理解することは、今後の土塁の保護・管理上で有用と考えられる。

そこで、本稿では、自然教育園内に分布する土塁ごとの地形的特性を記載することを目的として、土塁の地形形状を解析した結果を報告する。

研究方法

本研究では、2010年にレーザー測量により作成された自然教育園0.5 m DEMデータを用いて、QGIS上にて画像解析をおこない、園内に分布する土塁の地形的特徴を抽出し形状の比較をおこなった。本稿では、地形変量として標高と傾斜角度の2変量のみを使用した。土塁の断面地形形状は、土塁稜線に接線を引いて作成した。対象とした土塁は、既往の自然教育園案内図に土塁として記されるものを主とし、これ以外に、岡本（1984）において土塁と定義される比高8～15m程度の周囲から隔絶される丘陵状の小地形も対象として分析対象とした。図1に解析をおこなった土塁（①～⑩）の位置を示す。

*E-mail: tashiro-takashi@nihon-u.ac.jp

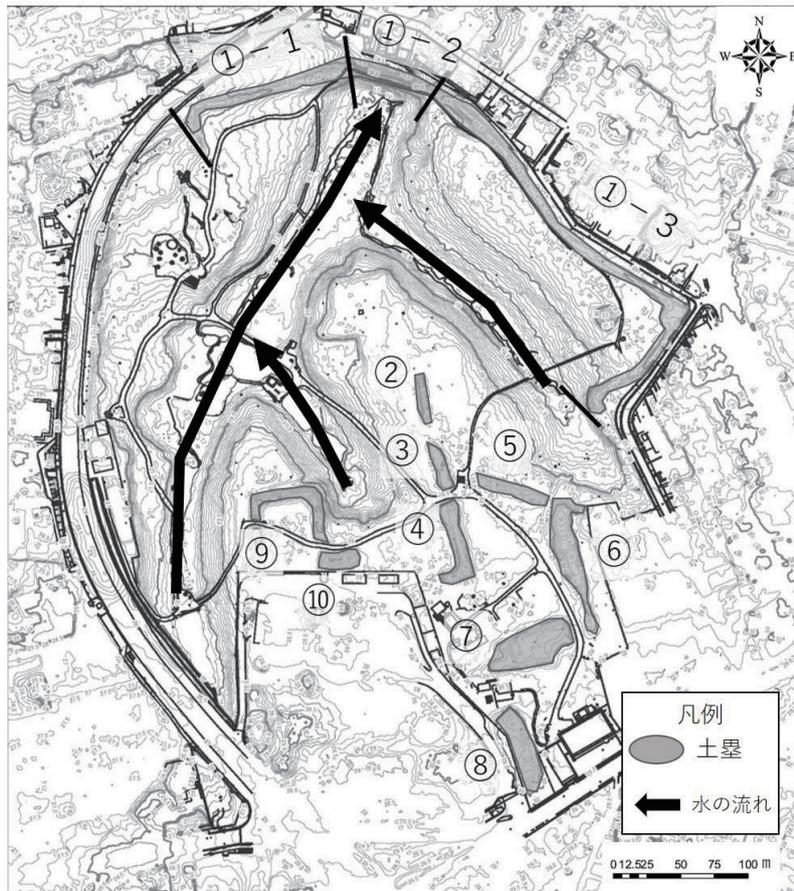


図1. 本研究で対象とした自然教育園における土塁（①～⑩）の位置と園内の水の流れ。

研究結果

地形形状の解析をはじめにあたり、DEM 地形情報をもとに土塁稜線に接線を引き（図2）、各土塁6～10本の地形断面を重ね合わせた。その結果を図3に示す。外周土塁中の最も北側の部分にあたる外周土塁①-1においては、各部の比高は概ね1～2.5mであり、北側斜面の平均傾斜角は11.0～24.8°、南側斜面では11.4～28.5°となっていた。また、形態的な特徴としては、図2A中の断面1のみ南側斜面が崩落しており、その他の断面では北側へ崩落している様子がみられた（図3A）。外周土塁①-2では、2007～2008年に土塁修復工事が実施されている。当時の工事資料によれば、増水時に園内の水を排水するために、φ400mmの鋼管とφ300mmの塩ビ管の埋設と木製の旧排水路埋戻し工事が行われた。土塁山頂には擁壁が築かれ、旧排水路の埋戻しには山砂と発生土が合計41.4m³使われていることから、この工事に伴い、土塁の形状が修整されたとみられる。修整の影響は、土塁断面の形態的特徴に表われており、

各断面の比高は概ね6mとほぼ均一であり、平均傾斜角も北側斜面で28.5～36.1°、南側斜面で29.6～38.1°と対称的な形状を示していた（図3B）。また、図2B中の断面1の南側斜面を除いた断面で平均傾斜30°を超える急傾斜となっていた。外周土塁①-3においては、比高は概ね2～3m、北側斜面の平均傾斜角は9.1～38.5°、南側斜面は3.1～30.4°となっていた。また、図2C中の断面3、4が南側へ、断面15、16の断面が園外側へ平均傾斜30°を超える急傾斜な斜面を形成していた（図3C）。

園内部の土塁②では、比高は概ね2～2.5m、平均傾斜角は東側斜面で13.5～31.4°、西側斜面では14.9～26.8°となっていた。東側斜面では図2D中の断面2のみ31.4°の急傾斜をなしており、西側斜面では、断面4のみが26.8°とやや急な斜面を形成していた。形態的な特徴としては、断面1、2の東側斜面のみ崩落しており、この部分が急崖となることで30°を超える急傾斜を呈していた（図3D）。土塁③では、比高は概ね1.5～2m、平均傾斜角は東側斜面で9.3～11.3°、西側斜面では6.9～11.9°となっていた。形態的特徴としては、東西のいず

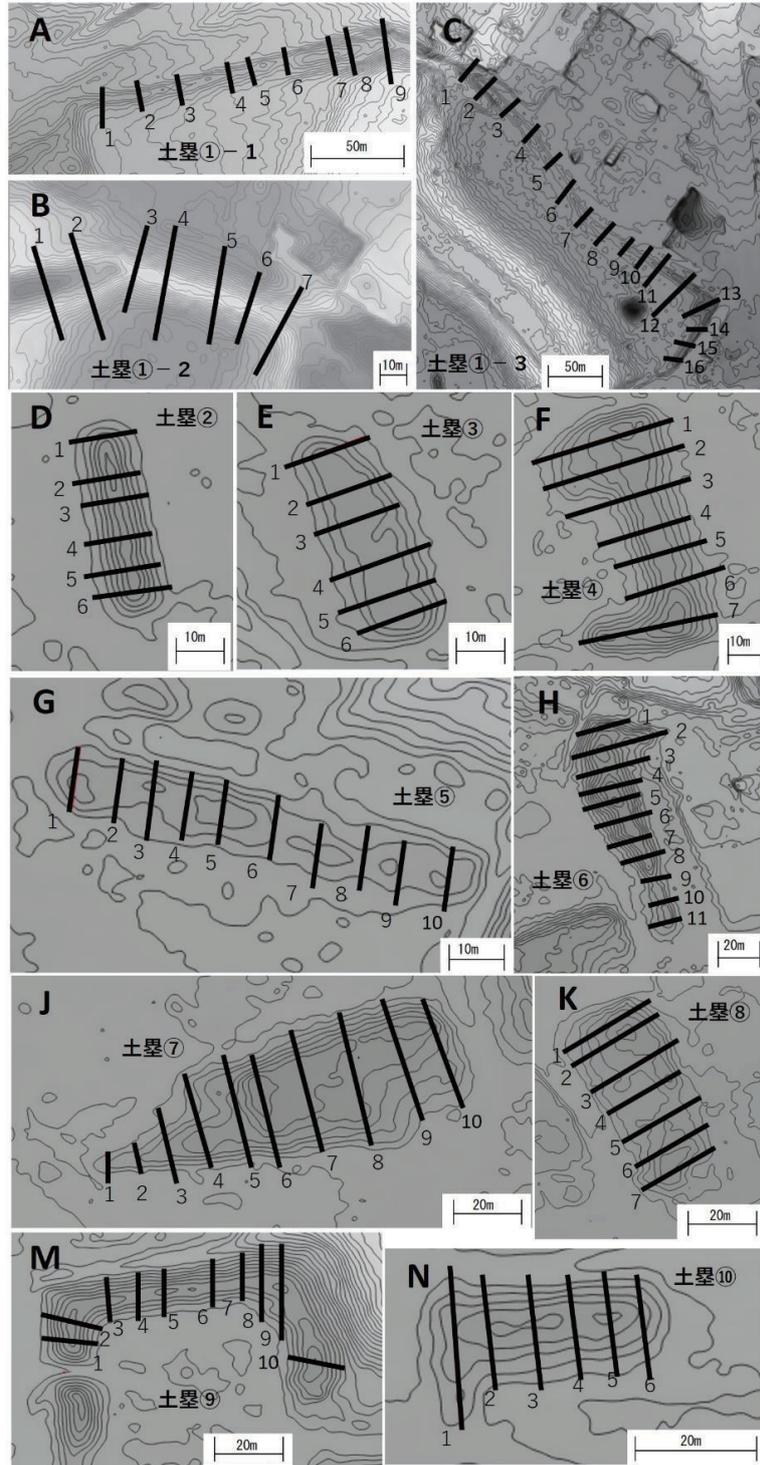


図2. 土塁の断面位置図.

A: 土塁①-1, B: 土塁①-2, C: 土塁①-3, D: 土塁②, E: 土塁③, F: 土塁④, G: 土塁⑤, H: 土塁⑥, J: 土塁⑦, K: 土塁⑧, M: 土塁⑨, N: 土塁⑩

れの斜面も対称的な形状を保っており、目立った崩壊は認められなかった (図3 E)。土塁④は、比高は概ね2.6～3.7m、平均傾斜角は東側斜面で10.2～16.4°、西側斜面では5.7～14.5°となっていた。また、図2 F中の断面4, 5, 6は東西対称的な形状を示すのに対し、断面1, 2,

3, 7の西側斜面は大きく非対称な地形を呈していた (図3 F)。土塁⑤では、比高は概ね1.5～2.0m、平均傾斜角は北側斜面で7.2～22.8°、南側斜面では8.7～40.5°であった。断面3と4は南側斜面で崩落が起こっており、大きく非対称な形状となっているほか、図2 G中の断面1,

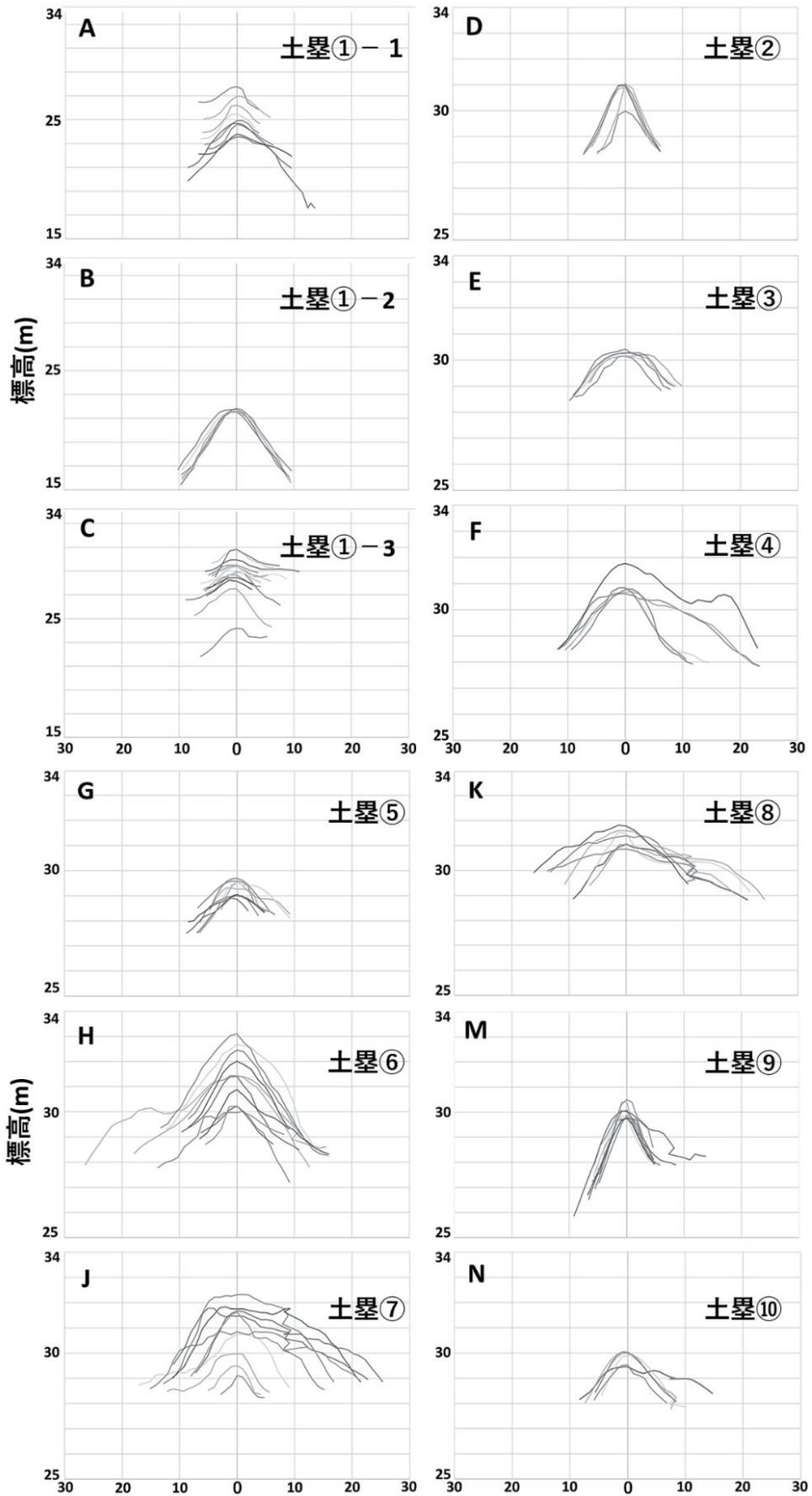


图 3. 土塁断面图.

A : 土塁①-1, B : 土塁①-2, C : 土塁①-3, D : 土塁②, E : 土塁③, F : 土塁④,
G : 土塁⑤, H : 土塁⑥, J : 土塁⑦, K : 土塁⑧, M : 土塁⑨, N : 土塁⑩

8, 10では北側斜面と比べ、南側斜面の傾斜角が著しく大きな値となっていた。とくに断面8では、北側斜面の8.7°に対し、南側斜面が40.5°となっており、園北東部の谷戸へ大きく落ち込む形状となっていた(図3 G)。土塁⑥では、比高は概ね1.5～4.0m、平均傾斜角は東側斜面で7.8～18.3°、西側斜面では7.6～17.4°となっていた。図2 H中の断面2の東側斜面のみが園北東部の谷戸の谷頭方向(北東)へ大きく伸びており、これにより非対称な形態を呈していた(図3 H)。土塁⑦では、比高は概ね0.5～3.7m、平均傾斜角は北側斜面で6.6～19.8°、南側斜面では5.9～15.7°となっていた。図2 J中の断面1, 2, 3, 4以外の断面はいずれも複数の頂点を持つ複雑な起伏を呈しており、断面3, 4を除く他の断面では概ね北側が急斜面、南側が緩斜面となる傾向が見られた(図3 J)。土塁⑧では、比高は概ね1.5～2.5m、平均傾斜角は東側斜面で3.7～15.2°、西側斜面では4.9～12.2°となっていた。図2 K中の断面7以外では、東側斜面と比較して西側斜面が緩斜面を呈している傾向が見受けられた(図3 K)。土塁⑨では、比高は概ね3.0～5.0m、平均傾斜角は北側斜面で10.9～32.1°、南側斜面では7.9～23.8°となっていた。図2 M中の断面9が大きく非対称な形状となっている以外は、概ね対称的な形状をしている。また、断面5の北側斜面のみが32.1°と急傾斜となっていた(図3 M)。断面土塁⑩では、比高は概ね1.7

～2.0m、平均傾斜角は北側斜面で13.8～20.3°、南側斜面では12.6～16.7°であった。図2 N中の断面1以外の断面は概ね南北両斜面で対称的な形状を呈していた。一方で、断面1では北側と比較して南側斜面が緩斜面となっており、大きく非対称な形状を呈していた(図3 N)。

まとめと今後の課題

先行研究によれば、現存する土塁は、概ね館跡を取り囲む園内側に配置される小規模なものと同外周を取り囲む大規模な土塁の2つのタイプが捉えられており、後者に関しては、比高がおよそ8～15m、基底幅がおよそ20mの二等辺三角形の断面をしていることが示されている(東京都港区教育委員会, 1974; 岡本, 1984)。本研究で対象とした土塁の中で比高が最も大きくなったのは、園内の谷部の水流を堰き止めるように構築されている外周土塁①-2における6mであった。この値は、比高計測の基底面にもよるが、岡本(1984)の報告に比べて小さく、①-2以外の外周土塁および園内土塁も比高は0.5～5mとなっていた。また、両側の斜面に対称性がみられる二等辺三角形の断面をなしている土塁は、排水路の修復工事が行われた外周土塁①-2と園内の3つの土塁(土塁②, ④, ⑨)のみであった。先行研究により示



図4. 北側外周土塁の景観写真。
1～2: 土塁①-1, 3: 土塁①-2, 4～6: 土塁①-3

されてきた土塁は、人為により形成されかつ意図的に整形された結果、上記外周土塁の様に二等辺三角形に近い形状を呈するか、もしくは向かい合う両斜面の対称性が示されることが多いと予想された。しかしながら、本解析結果における土塁は、外周および園内部の一部の土塁を除いて非対称な形状を呈することが示された。仮に、造成当初は上記の整形を受け、対称的な形状を呈していたと仮定した場合、土塁を構成する土質や植生変遷の調査を行うことにより、現在の形状に至る地形形成プロセスを明らかにすることができると考えられる。

加瀬（1994）は、館跡を囲む土塁と外周土塁との形成年代や土塁上の植生履歴の差異、もしくはこれに関わる人為的影響の差異の存在を指摘している。とくに外周土塁と園内部の館跡を取り囲む土塁に関しては、両土塁上の表層堆積物中における花粉分析やその年代測定結果により、スダジイを主成分とする現在の植生景観の形成時期や土塁形状の整形履歴などに関して土塁ごとに再考の余地があるとの見解を示している。

Matsuoka（2001）によれば、土地被覆が森林である場合の傾斜地における土壌を含めた表層堆積物の移動現象は、その実態が十分に理解されていないことが指摘されている。更に、今泉・上治（2012）では、こうした森林被覆を持つ傾斜地においては、ソイルクリープなどの土粒子に作用する重力性の恒常的土砂移動現象が、土砂移動要因の多くを占めることが報告されている。このように、降雨等の影響による表面流出に伴う侵食作用以外の現象が発生することによっても、表土の貧弱化や立ち木の損傷を誘発することも同時に指摘されている（今泉・上治、2012など）。このため、本研究結果に見られる土塁断面の形態的特徴及びその変化過程を知ることは、土塁の起源と機能の更なる理解を深めることにつながっており、学術的にも意義深いと言える。

また、自然教育園における土塁形状の時系列的な変化の理解は、斜面の崩落や水害の抑制を考えた際に、今後の予測をおこなう上で重要な資料となりうる。土塁の景

観写真（図4）に示されるように、土塁縁辺部での樹木根の露出と土壌侵食が進行している箇所があり、土塁斜面の樹木の生育に伴い、土塁地形のさらなる改変が進むことが予想される。土塁を含め、過去から現在にかけて人為的影響を受けた履歴を持つ土壌断面やその形態を比較考察することで、園内における土壌の人為的改変とその改変強度だけでなく、この後の自然再生度の評価を行うことができると川井ほか（2013）は述べている。土塁は人工改変地形であるが、自然教育園内の集水環境を規定する環境要素である。土塁の形状変化は、生態システムにも影響を及ぼすことになると考えられる。

引用文献

- 今泉文寿・上治雄介. 2012. 山岳域人工林内での土砂移動と間伐材を利用したその抑止手法. 日本森林学会誌, 94-1: 24-30.
- 加瀬文雄. 1994. 白金館址と柳下氏. 港区立郷土博物館研究紀要, 3: 1-17.
- 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.
- Matsuoka N. 2001. Solifluction rates, processes and landforms: a global review. Earth-Science Reviews, 55: 107-134.
- 岡本東三. 1984. 自然教育園（旧白金御料地）外周土塁の調査. 自然教育園報告, 15: 33-42.
- 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
- 東京都港区教育委員会. 1974. 『港区の文化財. 第10集（高輪・白金その2）』, pp.38-43.
- 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.