

酸性土壌の植生復元に伴う土壌環境変化に関する経時調査

酒井美月*¹・荒井輝*²・大塚翔太*³

Temporal change of acid soil associated with vegetation restoration

SAKAI Mizuki, ARAI hikaru, OTSUKA syota

Acidic soil is ubiquity distributed in Japan and its effect on the civil engineering structures because of its chemical properties. In this study, the distribution of pH in 2013 and 2018 in small slope area at Shiga Kogen was compared to clear the change in soil pH caused by the temporal change over 5 years, and to examine the relationship with the plant restoration. Restoration was confirmed middle and lower parts of slope, and the pH of surface soil in the surrounding area was approaching neutrality in 5 years. It was considered that acidity was declined by hold of neutral soil by plants and soil formation by deposition of defoliation.

キーワード：酸性土壌，中性化，植生分布，経時変化

1. 本研究の背景と目的

道路や河川の造成など建設の現場において、酸性土壌が露出する事例がある。日本においては掘削地の斜面の約 20%が pH4.9 以下の極酸性土壌であるという報告がある¹⁾。また、近年の気候変動により降雨強度が大きくなったことにより森林域で小規模な土砂崩れが増加しているが、その現場においても酸性土壌が露出する事例がある²⁾。土壌は、物理的風化・化学的風化・生物的風化によって形成されるが風化を受ける母岩・母材となるものによって、形成される土壌の性質は大きく変化する³⁾。形成の過程で環境により変質を受け、粘土となっているものが多いほか、変質には土壌を強酸性に変化させるものがあり、海底の隆起や火山活動などにより陸化した日本列島においては、海成層が雨水や大気と反応し、変質する酸化作用によって強酸性硫酸塩土壌の生成が広範囲で生じる。火山付近では、凝灰岩や長石が高温の水によって変質する熱水変質作用により、強酸性を示す酸性白土が生じる。降雨の多い日本にお

いては、酸性作用により土壌の酸性化は免れない⁴⁾。農業、建設、環境などの様々な場面で、酸性土壌の中性化が必要とされており、酸性土や酸性残土に対してより適切な対策を検討することが重要である。

本研究室では過去に、2001 年度に治山事業において法面緑化修復が行われたが、酸性土壌が一因となり植生の復元が抑制されている斜面において、中性化に関する検討を実地検証試験にて行った。その際、実地試験に先立ち、全域の pH 分布調査を 2013 年度に行った。植生による被覆や、土質の状態など、土壌表面の状態により pH の状況が異なり、裸地では強酸性 (pH 3 以下) を示した一方、わずかながら植生の存在するエリアではその酸性度が低め (pH 4 以上) であることを確認した。この結果において、強酸性の裸地では土壌由来の酸性成分が植生を阻害しているが、一部植生が復元している部分では植物が上流からの土砂を捕らえ、酸性土壌の上に中性に近い土壌を保持することで、植物を繁殖させやすい状況を作っているのではないかと仮定した。すなわち、植物が生えることにより、正のフィードバックを受け、経時変化で土壌 pH が改善していく可能性があるのではないかと考えた。

そこで本研究では、土壌の酸性状態の変化要因を、植生分布も含め経時変化による影響の観点から検証することとした。対象地において 2013 年と 2018 年の pH 分布図の比較により、5 年間の経時変化による

*1 環境都市工学科 准教授

*2 現 北陸地方整備局

(平成 30 年度 環境都市工学科卒業)

*3 現 長野市

(平成 25 年度 専攻科生産環境専攻修了)

原稿受付 2019 年 5 月 20 日

pH の変化を定性的に評価し、植生状態と pH 変化について検討した。

2. 調査対象の概要

対象地は志賀高原の中心部に位置し上信越国立公園に指定される区域である、長野県下高井郡大字平穂志賀高原発哺（標高 1583m、北緯 36°43'40" 東経 138°30'19"）にある斜面である（図 1）。

志賀高原から菅平高原にかけての山並みを、河東山地と呼び、長野県下の他の山並みと違ったいくつかの特徴を持っている。この山並みの脊梁部には火山が数多く線上に分布し、厚い火山噴出物が山体を作っており、斜面は北西側が広く緩やかで、南東側が狭く急な非対称を示し、長野盆地川に面した北西斜面には、夜間瀬川・松川など脊梁に直行する方向の直線的な深い谷が等間隔に発達している⁵⁾。志賀高原は、このような山地の北部にあたり、起伏の変化に富んだ火山によってつくられた亜高山の山々である。河東山地の中でも志賀高原の周辺には、たくさんの火山が集中し、その分布密度は大きい。また、火山の種類も様々である。長野県内の酸性土壌地帯は、火山地帯を中心に分布し、局所的には温泉が噴出している地域にも分布している。本研究における調査対象地はまさに火山地帯に位置しており、対象地付近にも温泉地が存在している。対象斜面もこの影響により酸性を示しているものと示唆される。

3. 調査方法

3-1 測量および植生分布調査

対象地域の測量図をトラバース測量により、作成した。縦 1m×横 1m のメッシュで区切り、メッシュの中央点で pH および硬度を測定し、分布図を作成するための基礎データとした。対象地における植生の分布は、目視により観測した上で、測量の際にそのエリアを測量図に示すためデータ採取した。

3-2 硬度測定

測定は山中式硬度計で土壌硬度（mm）を求めることにより行った。酸性土壌であるため、斜面にはところどころに白色化した粘性土が見られた。粘性土は条件により硬化している場合があり、状態によっては植生の発達において種子の発芽や生育に影響があると考えた。

3-3 pH 測定

pH は、地盤工学会基準(JGS0211-200*)土混濁液の pH 試験方法に準拠し測定した⁶⁾。測定には LAQUA twin（HORIBA）を使用した。

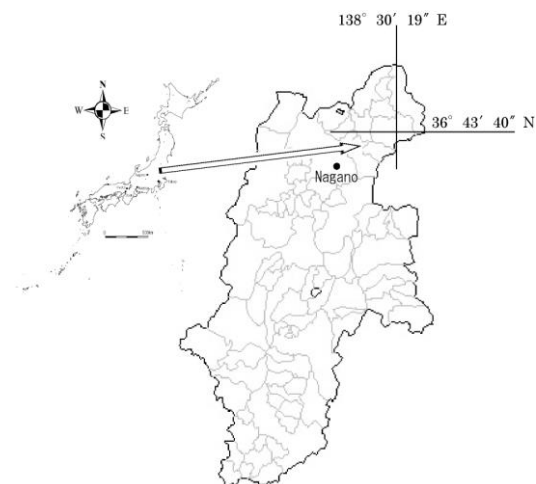


図 1 調査対象地域 志賀高原

4. 調査の成果

4-1 調査対象地の現況変化

調査対象地の現在の状態と 5 年前の状態を比較する（図 2）。撮影が、2013 年は 5 月、2018 年は 10 月に行われているため、植物の生育状況・葉のつき方に差がある。経時変化により鉄線の劣化で、角形じゃかごの上部分が大きく崩れていることがわかる。斜面中央部で植生が広く分布、密度が増加し、5 年間で一部エリアにて植生の復元が起きていることが確認された。粘土質の白色の表土が減少しており、粘土地盤上で土砂が捕らえられていた。植生の復元



図 2 酸性土壌地（上図：2013 年下図：2018 年）

は、粘土地盤上に中性に近い土壌が堆積し、植物が繁殖しやすい状況が作られたためと考えられる。

対象地域の下方では白色の表土の上に苔類の繁茂が確認されとくに多くの植生が復元していた。植生遷移においては、裸地から、苔・地衣類の生育による有機物の蓄積により少しずつ土壌が形成される。対象地域では、苔類・地衣類の繁茂による土壌の形成と、それに上流からの土壌がトラップされることによる効果で少しずつ表層土壌が復元し、植生の範囲が広がっていることが確認された。このことはpH測定用土壌試料を採取している際にも確認され、表層断面が苔類、茶褐色の土壌、白色粘土、淡褐色礫層のように層状を示していた。

4-2 測量調査結果および硬度分布

測量の結果から縦19m、横19m、面積260m²の略三角形の図面が得られた。平均傾斜は29度であり変化はしていない。植生の発達が困難となる傾斜は、一般に60°以上と言われるため、両年において、傾斜による植生への影響は大きくないと考えられる。対象地域の平均硬度はともに16度となり、測定値に大きな変化はなかった。土壌硬度の測定値は含水比など土壌の状態に大きく影響され、特に粘性土の被覆がある対象地では水分状態による硬度への影響は大きい。2013年、2018年の平均土壌含水比はそれぞれ、35.4%、39.4%であった。目視による観測では粘性土の上に堆積している層、あるいは地衣類が確認されたが、硬度から変化は確認できなかった。

4-3 pH分布の比較

2018年に実施した現地測量では、2013年に比べ植生の繁茂するエリアがはっきりしていたため、測量図に植生の位置を測量し記入した(図3、右図、白色部)。このエリアでは植生により硬度測定および

pH測定のための土壌の採取が困難であった。そのため、2013年には225地点で測定および採取した土壌試料は、2018年では197地点であった。両年におけるpH分布図を図3に示す。共通地点について、平均値はそれぞれ、3.22と3.53となった。2013年2018年ともに、中央部から右下にかけてじゃかごの上部分まで帯状に強酸性のエリアが広がっていた。

このエリアでは、表土のほとんどが粘土質であった。これは、この部分が降雨時などに流路になり、雨水・風等によって土壌が流亡したことによる影響であると考えられる。pHの上昇が見られなかったのは、上流からの比較的酸性度が低い地盤を保持できなかったためであり、流路上には土壌が保持されず、苔・地衣類の繁茂など遷移も始まらないため、それらが上流からの土壌を保持することもない状態が続いていると考えられる。

2018年のpH値から2013年のpH値を引いたものを、差の段階にて色分けし、測量図の1mメッシュにて示す(図4)。2018年において2013年よりアルカリ性に傾いたものを青の段階で、酸性に傾いたものを赤の段階で示した。すなわち、青色が濃いほどpHの上昇率が高い。2018年に測定を行えなかった範囲は灰色で示した。全体の72%で青色を示し、対象地全域でpHが高くなり、酸性度が低下していることが確認された。また、角形じゃかごの下部や、調査範囲の頂点部、測量図の境界付近および植生が成長・復元していた箇所の付近においては、特に土壌の酸性度が低下していることが確認できた。pH分布の比較では、中央部から右下にかけて帯状の強酸性のエリアが確認されたが、このエリアについても他の地点より酸性度は高いものの、2013年と2018年の比較では特に下部において、酸性度が和らいで

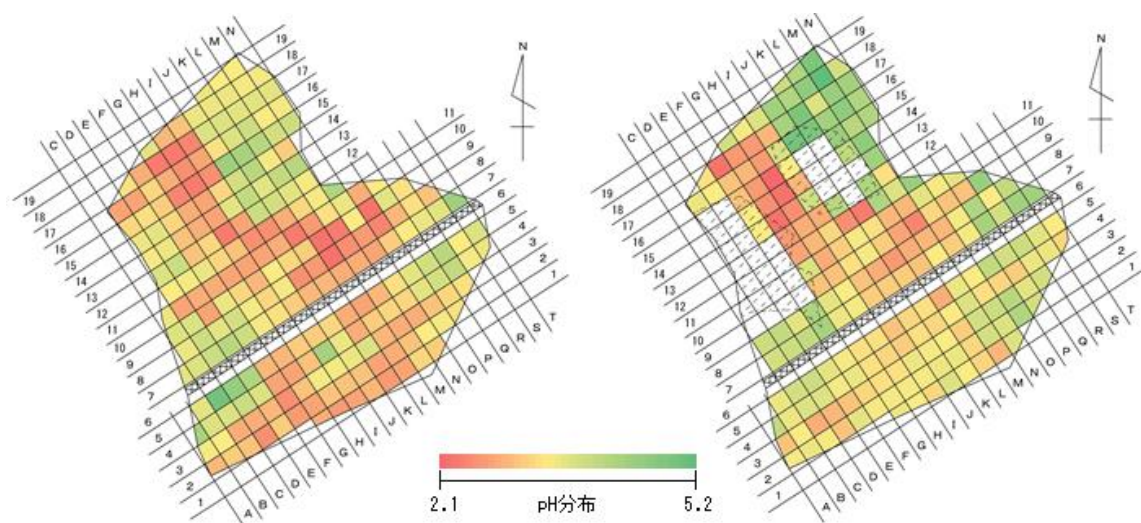


図3 測量結果およびpH分布図(左図:2013,右図:2018)

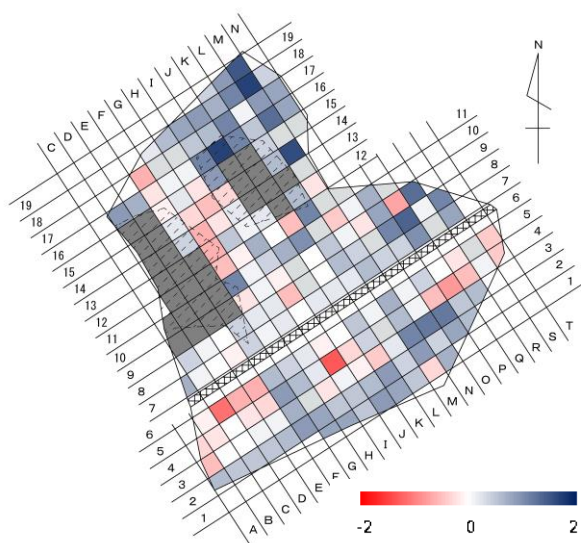


図4 2013年と2018年におけるpH変化
2013年の数値を基準とした2018年における増減

いる傾向が確認された。

本研究により、表面流が生じない範囲においては、経年によって正のフィードバックを受け、植生の復元が達成される可能性があることが確認された。

5. まとめ

本調査対象地は、斜面崩壊により2001年に土留め工と法面緑化修復がなされた傾斜地であるが、酸性土壌が一因となり法面緑化は定着せず、長年、植生の復元が抑制されていた。この対象地は火山地帯に位置し、付近には温泉が存在している。また、対象地の土壌は極酸性であり、表土には白色粘土の分布が確認されていた。立地条件から、対象地の土壌が酸性を示す理由として、降雨や降雨時の上流からの供給ではなく、斜面地本来の強酸性硫酸塩土壌や酸性白土の存在が考えられた。

2013年と2018年のpH分布調査により、5年の間に植生の復元・繁茂が著しいエリアが確認された。これは5年前にも表土の保持・植生が確認されていた範囲と重なり、植物が土を保持し、植物が繁茂の勢いを増していた。また、5年の間にその周辺表土のpHが中性に近づいていることも明らかになった。これより、経時変化により土壌pHが改善する正のフィードバックが確認できた。角形じゃかごの下部で低木の増加、比較的傾斜の緩やかで土砂の流亡が抑えられている対象地域の下方面では地衣類の繁茂が確認された。全体として調査対象地の72%で酸性度

が低下していた。しかしながら、降雨時などに流路となっていると考えられる帯状の範囲においては、土壌を流れる雨水が植生の基盤となるものを流し、生育の障害になっているため、植生の復元は確認できなかった。

本研究により、きっかけとなる植生による土砂の保持、およびその流亡を防ぐことが酸性土壌法面緑化の足掛かりとなることが確認された。表層の土砂移動を防ぐには、積雪や雨滴及び表面流が直接的に表土に接触しないことが必要であり、対象地において、植生状況・環境を改善するには、法面緑化の施工だけでなく、きっかけとなる低層木の植生、水路工による表面水の規制といった対策が必要であったと考えられる。また、今回のように、植生の繁茂によりわずかずつでも土壌が中性化し、さらなる植生が可能な状況になることは、自然の営みの中で好ましいことであるが、自然の営力によって植生が回復し、森林化に移行する現場は多くない。特に、酸性土壌などの特殊土壌では、保護管理を実施し、施工地の継続的な状況把握を行うことが重要である。

参考文献

- 1) 松下英次,山本哲朗,鈴木素之:土のコンシステンシーに及ぼすpHの影響,土木学会論文集No.617,pp.283-297,1999
- 2) 川越清樹,風間聡:温暖化に対する土砂災害の影響評価,地球環境 pp.143-152,2009
- 3) 関陽児:土壌・風化帯の形成と水質変化,地質調査所月報 No12,pp.639-667,1998
- 4) 国立環境研究所,地球環境研究センター,全国酸性雨データベース (<http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/summary.html>)
- 5) 赤羽貞幸,宮下忠,西沢芳智,山岸猪久馬:長野盆地周辺の山と高原(長野盆地周辺の山と高原-菅平高原・志賀高原・戸隠山の自然-),地学教育と科学運動 No.17,pp.i-20,1998
- 6) 地盤工学会基準(JGS-0211-200*)土懸濁液のpH試験方法 Test Method for pH of Suspended Soils
- 7) 国土交通省,四国地方整備局,四国技術事務所,技術研究,在来木本類(播種)による法面緑化の手引き,P2-43(在来木本類播種工による法面緑化復元技術)(平成12~13年度)