

17.山梨県の農地における浸透特性の計測と維持管理が与える影響に関する基礎的検討

相馬 一義^{1*}・小林 勇太²・武藤 慎一¹・
石平 博³・馬籠 純³・吉田 純司¹

¹山梨大学大学院総合研究部工学域土木環境工学系（〒400-8511山梨県甲府市武田4-3-11）

²山梨大学工学部附属ものづくり教育実践センター（〒400-8510 山梨県甲府市武田4-4-37）

³山梨大学大学院総合研究部生命環境学域環境科学系（〒400-8510 山梨県甲府市武田4-4-37）

* E-mail: ksohma@yamanashi.ac.jp

本研究では山梨県の果樹園・畑を対象に、管理された農地と耕作放棄地の鉛直飽和透水係数を原位置透水試験装置により計測した。計測に必要とされる大量の水を、レジアスエースパン・水中ポンプ・2kVA発電機を組み合わせて試験孔に供給する手法を検討した。管理された農地2地点、耕作放棄地3地点を対象に計測を行い得られた値を、土壌サンプルに対する粒度試験から推定される土壌分類に基づく推定値と比較した。現地計測した鉛直飽和透水係数の土壌分類に基づく推定値に対する比を求めたところ、管理された農地で高い値を、耕作放棄地で低い値を示す傾向がみられた。果樹園及び畑で行われている水はけを維持する土壌管理が耕作放棄地では行われなくなり、土壌が締め固まる影響が現れたと考えられる。

Key Words : vertical saturated hydraulic conductivity, orchard, vegetable field, abandoned farmland, field survey

1. はじめに

近年日本では、令和2年7月豪雨や豪雨による浸水被害が多発している。豪雨の際には、降った雨のうち地中に浸透せず流れ下って河川へ流入する水量が多いほど河川流量が増大しやすい。森林土壌におおわれた勾配が急な山地域では浸透した雨水が側方に流出して河川に到達する側方浸透が卓越する一方、平野部や盆地底では鉛直方向の浸透が大きな影響を与える。

急峻な山々に囲まれた山梨県では、急流河川（釜無川、笛吹川など）の扇状地や谷底平野上に人口が集中しており、ひとたび豪雨が降ると大きな被害につながる危険がある。一方、山梨県には盆地内に果樹園や畑が多く、鉛直方向の高い透水性により洪水・浸水を軽減してきた可能性がある。しかし、近年の少子高齢化による後継者不足から、耕作放棄地が広く存在する。耕作放棄地が増加・長期化すると土壌が締め固まり、降った雨が浸透せずに流下し、洪水時の河川流量増加が急になり、浸水被害を深刻化する可能性がある。そのため、鉛直方向の透水性（透水係数）の実態把握が急務である。

しかし、これまで管理された農地と耕作放棄地で透水係数を計測した研究の多くは水田を対象としており（例えば南部ら、2013）¹⁾、山梨県に特徴的な果樹園や畑地についての研究事例は非常に少ないのが現状である。

以上を踏まえて本研究では山梨県を対象として、管理された農地（現在耕作されている果樹園）と耕作放棄地（現在耕作されていない果樹園・畑）における鉛直飽和透水係数を現地計測する手法を検討し、計測結果を土壌特性から推定される値と比較して検討を行う。

2. 透水係数現地計測手法の概要

本研究では、管理された農地と耕作放棄地において鉛直方向の飽和透水係数を、図1に示す5地点を対象に現地計測した。透水係数現地計測の手法として、本研究では原位置透水試験装置「水華YC-K1型」を使用した。この装置は、締め固めた地盤の透水試験方法における注水装置（地盤工学会基準JGS 1316-2012）と同様にマリOTTサイフォンの原理を用いている²⁾。

透水試験の手順は以下の通りである．まず直径約30cm，深さ約30cmの円筒状の試験孔を掘削し，試験孔の直径，深さを計測した（図2）．試験孔掘削時に出た土砂について，土粒子の密度試験，土の含水比試験，土の粒度試験用サンプルとして2.5kg程度を2重のポリ袋に入れて採取した．次いで，ネットに詰めた碎石を試験孔に敷き（図3），試験装置に充水した．その後，試験孔に注水を開始し，孔内水位がほぼ安定した時点で試験装置を碎石の上に水準を計りながら設置した（図4）．最後に試験装置の注水口の止水栓を抜き，試験装置の気密水槽内の水位と経過時間を連続測定した．測定は3回以上繰り返し行った．

試験孔に注水を開始し孔内水位がほぼ安定して計測可能になるまで，管理された農地においても耕作放棄地においてもおよそ1時間以上の事前注水が必要で，1試験孔の計測を行うためには500kg以上の水を用意する必要がある．山梨大学生命環境学部附属小曲農場では散水機を使用可能であるが，それ以外の測定地点では水源を確保することは難しい．そのため，本事業ではレジアスペースバン（最大積載重量1200kg程度）に水タンクを搭載して，山梨大学構内から必要な水を輸送することとした．十分な注水量を確保するため，水中ポンプにホースをつないで水タンク内に設置して注水を行い，ポンプの電力は2kVA発電機を用いて確保した．

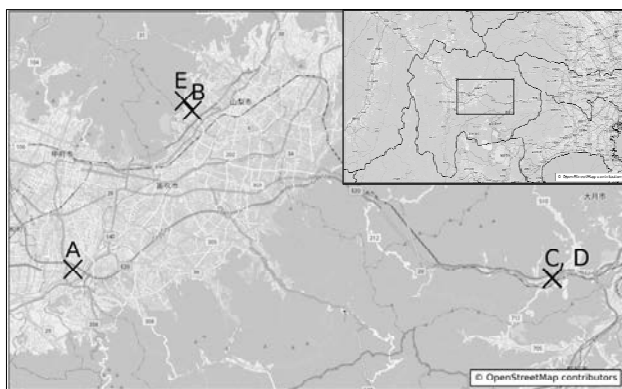


図-1 透水係数計測を行った地点（Open Street Map を基に作成）．地点CとDは道路を挟んで隣接した農地．

表-1 透水係数計測を行った地点の概要．

地点	場所	耕作の有無	計測日
A	山梨県中央市	有（果樹園；山梨大学生命環境学部附属小曲農場）	2020年8月19日
B	山梨県山梨市	有（果樹園）	2020年12月4日
C	山梨県大月市	10年程度無（畑）	2020年12月24日
D	山梨県大月市	10年程度無（畑）	2020年12月25日
E	山梨県笛吹市～山梨市	3年程度無（果樹園）	2021年2月21日

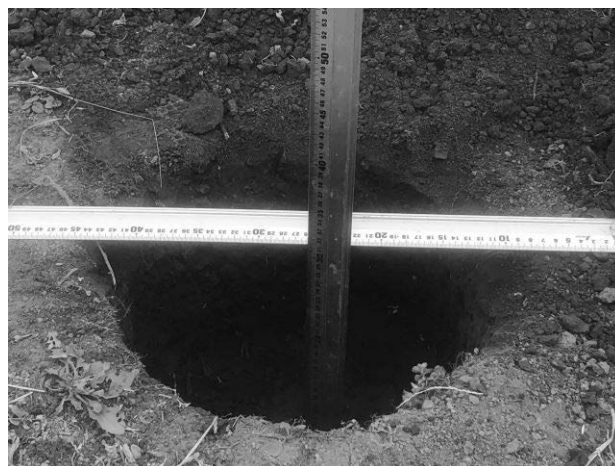


図-2 碎石を詰める前の試験孔．



図-3 碎石を詰めた後の試験孔．



図-4 試験孔に設置した透水係数計測装置．



図-5 水タンクを積載したレジアスエースバン，水中ポンプ，2kVA発電機を用いた計測の概況。

3. 透水係数現地計測の結果

山梨大学生命環境学部附属小曲農場（果樹園；図1の地点A）における調査は2020年8月19日に行った。本試験では計測を4回行い，最後の3回を平均して結果を整理したところ，鉛直飽和透水係数は 4.3×10^{-5} [m/s]という結果が得られた。土壌サンプルの試験結果にSoil texture triangle defined by USDA³⁾による土壌分類を適用するとSilty clay loamに分類され，RRI manual ver. 1.4.2⁴⁾に基づく鉛直飽和透水係数は 5.56×10^{-7} [m/s]となる。

山梨市の管理された農地（果樹園；図1の地点B）における調査は2020年12月4日に行った。本試験では計測を6回行い，最後の3回を平均して結果を整理したところ，鉛直飽和透水係数は 2.6×10^{-4} [m/s]という結果が得られた。土壌サンプルの粒度試験結果にSoil texture triangle defined by USDA³⁾による土壌分類を適用するとClay loamに分類され，RRI manual ver. 1.4.2⁴⁾に基づく鉛直飽和透水係数は 5.56×10^{-7} [m/s]となる。

大月市の耕作放棄地（耕作時は畑であり，耕作を行っていない期間は10年程度）における調査は2020年12月24日～25日に行った。24日には図1の地点Cの計測を行った。本試験では計測を5回行い，最後の3回を平均して結果を整理したところ，鉛直飽和透水係数は 5.2×10^{-5} [m/s]という結果が得られた。土壌サンプルの粒度試験結果にSoil texture triangle defined by USDA³⁾による土壌分類を適用するとLoamに分類され，RRI manual ver. 1.4.2⁴⁾に基づく鉛直飽和透水係数は 3.67×10^{-6} [m/s]となる。

25日には図1の地点Cと道路を挟んで隣接する区画で地点Dで計測を行った。本試験では計測を7回行い，最後の3回を平均して結果を整理したところ，鉛直飽和透

水係数は 1.9×10^{-5} [m/s]という結果が得られた。土壌サンプルの粒度試験結果にSoil texture triangle defined by USDA³⁾による土壌分類を適用するとSandy clay loamに分類され，RRI manual ver. 1.4.2⁴⁾に基づく鉛直飽和透水係数は 8.33×10^{-7} [m/s]となる。

笛吹市～山梨市の耕作放棄地（耕作時は果樹園であり，耕作を行っていない期間は3年程度；図1の地点E）における調査は2021年2月21日に行った。本試験では計測を8回行い，最後の3回を平均して結果を整理したところ，透水係数は 3.3×10^{-5} [m/s]という結果が得られた。土壌サンプルの粒度試験結果にSoil texture triangle defined by USDA³⁾による土壌分類を適用するとClay loamに分類され，RRI manual ver. 1.4.2⁴⁾に基づく透水係数は 5.56×10^{-7} [m/s]となる。

土壌サンプルの粒度試験結果から推定される鉛直飽和透水係数で現地計測した鉛直飽和透水係数を割った比を求めると，管理された農地については地点Aで77，地点Bで470，耕作放棄地では地点Cで14，地点Dで23，地点Eで59となった。

表-2 土壌サンプルの粒度試験結果から推定されるSoil texture triangle defined by USDA³⁾による土壌分類。

地点	砂及び礫[%]	シルト[%]	粘土[%]	土壌分類
A	15.4	51.6	33.0	Silty clay loam
B	36.3	28.0	35.7	Clay loam
C	44.1	30.8	25.1	Loam
D	56.0	19.8	24.2	Sandy Clay Loam
E	27.1	45.1	27.8	Clay loam

表-3 土壌分類から推定される飽和鉛直透水係数⁴⁾と，現地計測結果から得られた飽和鉛直透水係数の比較。

地点	土壌分類による推定値[m/s]	計測結果[m/s]	比
A	5.56×10^{-7}	4.3×10^{-5}	77
B	5.56×10^{-7}	2.6×10^{-4}	470
C	3.67×10^{-6}	5.2×10^{-5}	14
D	8.33×10^{-7}	1.9×10^{-5}	23
E	5.56×10^{-7}	3.3×10^{-5}	59

土壌サンプルの粒度試験結果から推定される鉛直飽和透水係数と現地計測とで違いが生じる理由は、土壌の締め固め度の違い、植物の根による水みちの存在などが考えられる。水田について管理された農地と耕作放棄地とを比較した既往研究の多くでは、耕作放棄地で透水性が増大することが指摘されており（例えば南部ら¹⁾）、水田で湛水を行うために表層での透水性を抑制する管理が行われなくなること、亀裂等による水みちが増える影響と考えられている。本研究で対象とした果樹園及び畑では管理された農地で透水性が高い結果となり、耕作放棄地では水はけを維持する土壌管理が行われなくなると同時に、土壌が締め固まる影響が現れたと考えられる。

管理された農地の中でも、地点Aと地点Bで大きな差がみられる。これは、地点Aが山梨大学の附属農場として透水性の低い水田から果樹園に転作した農地であること、地点Aは釜無川と笛吹川の合流点に近い扇状地の下流部（山梨県中央市）に位置し、地下水面から地表面までの距離が小さく地下水の影響を受けやすいことが考えられる。

4. まとめと今後の展望

本研究では、山梨県の果樹園・畑を対象として、管理された農地と耕作放棄地から数地点を選定し鉛直飽和透水係数の現地計測を行った。現地計測結果と土壌サンプルから推定される透水係数との比を求めたところ、管理された農地で高い値を、耕作放棄地で低い値を示す傾向がみられた。耕作放棄地では水はけを維持する土壌管理が行われなくなり、土壌が締め固まる影響が現れたと考えられる。

本研究で行った現地計測では、計測に要する時間と水タンクの容量の制限から1日に1試験孔の計測が限界であり、多くの試験孔を計測することは大きな困難を伴う。さらに、計測場所を提供していただける協力者の確保も困難な課題である。しかし今後、協力者を継続的に探して試験孔数を少しずつ増やし、計測結果の信頼性を向上させていくことが必要である。

計測結果の信頼性を向上させた後、土壌分類から推定される透水係数を基に、耕作放棄地の統計データと現地計測結果を重ね合わせることで山梨県における鉛直飽和

透水係数マップを作成可能となる。作成したマップを降雨流出氾濫モデル（RRI；佐山ら⁵⁾）を用いた山梨県における浸水シミュレーション（相馬ら⁶⁾）に導入し、耕作放棄地を復旧した場合、管理された農地がすべて耕作放棄地になった場合の仮想計算を比較して、農地管理が洪水・浸水被害軽減に与える効果を評価することが期待される。

謝辞：本研究は山梨県建設技術センター社会資本整備に関する研究助成事業による支援を受け、その報告書をもとに本論文は作成されました。また、本研究の一部は山梨大学学内融合研究プロジェクト、JSPS 科研費 JP19H02246、JST RISTEX JPMJRX19I5（代表：山梨大学西田継教授）の支援を受けました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 南部卓也, 桜井亘, 薬師敏宏, 内田太郎, 斉藤泰久: 中山間地域における棚田耕作地・耕作放棄地の浸透特性, 砂防学会誌, 66(4), pp.3-14, 2013.
- 2) (株) 四電技術コンサルタント: 原位置透水試験装置「水華 YC-K1 型」「水華 YC-K2 型」取り扱い説明書・試験の手順, p.28.
- 3) USDA: Soil Texture Calculator | NRCS Soils - USDA, https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167, 2021 年 7 月 24 日閲覧
- 4) Takahiro Sayama: Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model ver.1.4.2 Manual, p.124., 2020 年 5 月 29 日閲覧
- 5) 佐山敬洋, Nay Myo LIN, 深見和彦, 田中茂信, 竹内邦良: 降雨流出氾濫モデルによるサイクロナルギス高潮氾濫シミュレーション, 土木学会論文集 B1 (水工学), 67, pp.I_529-I_534, 2011.
- 6) 相馬一義, 正村拓也, 神原啓多, 保坂勇飛: 降雨流出氾濫モデルの山梨県笛吹川流域への適用に関する検討, 第 46 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, II-19, 2019.