

国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所 桜井 亘
国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所 薬師 敏宏
独立行政法人 土木研究所 内田 太郎
独立行政法人 土木研究所 横山 修
パシフィックコンサルタンツ株式会社 斉藤 泰久
パシフィックコンサルタンツ株式会社 ○南部 卓也

1. はじめに

中山間地域では、地すべり地帯で棚田が発達しているところが多く見受けられる。棚田の持つ国土保全機能については、洪水防止等が考えられるが、現時点では不明な点が多い。また、棚田の持つ国土保全機能を考察する上で、棚田が広がる中山間地域の水循環について評価、検討することが重要であると考えられるが、棚田の耕作地が放棄された後、降雨浸透面となる地表面付近の透水性等の物性値にどのような違いがあるか調査された事例は少ない。

そこで、本稿では、高知県大豊町怒田・八畝地域の地すべり地帯に広がる棚田を対象として、怒田地区の土地利用の変遷状況と、棚田耕作地と耕作放棄地(以下、放棄地)、ならびに山林区域の自然斜面の地表面付近の物理・保水性・浸透特性を調査した。その結果に基づき、棚田の耕作地・放棄地の地表面付近の物性変化メカニズム・プロセスについて考察した。

2. 怒田・八畝地域の土地利用の変遷

怒田・八畝地域の地すべり防止区域内(約 400ha)¹⁾において、棚田の耕作地と耕作放棄地等の分布がどのように変遷してきたかを調査した。対象年は国土地理院発行の航空写真²⁾が入手できた 1975 年と 2010 年とし、現地踏査(2010 年のみ)と航空写真に 2010 年の地形図を重ね合わせ、写真から読み取った面積をそれぞれ累計した。怒田・八畝地域の地すべり防止区域内の約 23%が農地である。図-1 に農地の土地利用面積率の変遷を示す。1975 年では、農地全体における耕作水田と畑が占める割合が高いが、2010 年では、耕作水田と畑が 1975 年の 6 割程度の面積率まで縮小される。

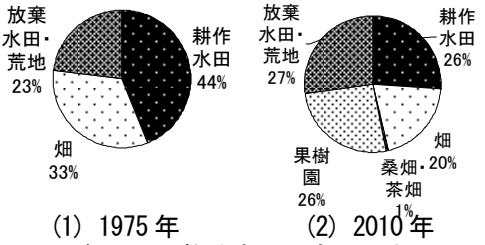


図-1 怒田・八畝地すべり防止区域内の農地の土地利用面積率の変遷

3. 棚田の地表面付近の物性調査

3.1 物性の実態調査方法

棚田の耕作地と耕作放棄地、森林が覆う自然斜面において、地表面付近の土壌の物性の実態を調査した。物性として、物理特性、保水性、透水性に着目し、原位置・室内土質試験を実施した。まず、棚田と自然斜面の地表面付近の土壌構成を、目視観察により表-1 に示すようにそれぞれ区分した。本稿では、地表から 0.3m 程度までの耕作土壌・表土を「表層」、0.3m～1.0m 程度までの基礎地盤を「浅層」と呼び、この 2 層を調査対象とした。

調査方法は、物理・保水性試験は JIS,JGS に示された試験方法で実施した

3). 透水性は現地浸透試験³⁾や棚田を利用した湛水時の水収支調査(以下、

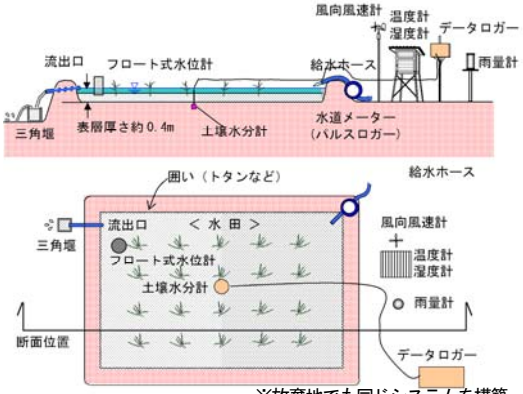


図-2 棚田を利用した水収支調査システム

表-1 棚田の耕作地と耕作放棄地、森林が覆う自然斜面の表層土壌区分

区分	山林-自然斜面	棚田-耕作地	棚田-耕作放棄地																											
土地利用イメージ																														
地表面付近の土壌構成	<table><tr><th>層</th><th>区分</th><th>土質</th></tr><tr><td>表層</td><td>表土</td><td>砂混じり礫質シルト 粒度幅が広い、植物根侵入あり</td></tr><tr><td>浅層</td><td>基礎地盤</td><td>砂混じり礫・シルト 全体的に礫分多く、間隙を砂・細粒度分で充填される</td></tr></table>	層	区分	土質	表層	表土	砂混じり礫質シルト 粒度幅が広い、植物根侵入あり	浅層	基礎地盤	砂混じり礫・シルト 全体的に礫分多く、間隙を砂・細粒度分で充填される	<table><tr><th>層</th><th>区分</th><th>土質</th></tr><tr><td>表層</td><td>耕作土</td><td>砂混じりシルト 全体的に湿っぽい、有機物も含有</td></tr><tr><td>浅層</td><td>基礎地盤</td><td>砂混じり礫・シルト 耕盤を敷設するため、基礎地盤を整地</td></tr></table>	層	区分	土質	表層	耕作土	砂混じりシルト 全体的に湿っぽい、有機物も含有	浅層	基礎地盤	砂混じり礫・シルト 耕盤を敷設するため、基礎地盤を整地	<table><tr><th>層</th><th>区分</th><th>土質</th></tr><tr><td>表層</td><td>旧耕作土</td><td>砂混じりシルト 全体的に乾燥している、植物根侵入あり</td></tr><tr><td>浅層</td><td>基礎地盤</td><td>砂混じり礫・シルト 耕盤を敷設するため、基礎地盤を整地、植物根侵入あり</td></tr></table>	層	区分	土質	表層	旧耕作土	砂混じりシルト 全体的に乾燥している、植物根侵入あり	浅層	基礎地盤	砂混じり礫・シルト 耕盤を敷設するため、基礎地盤を整地、植物根侵入あり
層	区分	土質																												
表層	表土	砂混じり礫質シルト 粒度幅が広い、植物根侵入あり																												
浅層	基礎地盤	砂混じり礫・シルト 全体的に礫分多く、間隙を砂・細粒度分で充填される																												
層	区分	土質																												
表層	耕作土	砂混じりシルト 全体的に湿っぽい、有機物も含有																												
浅層	基礎地盤	砂混じり礫・シルト 耕盤を敷設するため、基礎地盤を整地																												
層	区分	土質																												
表層	旧耕作土	砂混じりシルト 全体的に乾燥している、植物根侵入あり																												
浅層	基礎地盤	砂混じり礫・シルト 耕盤を敷設するため、基礎地盤を整地、植物根侵入あり																												

棚田水収支調査)により把握した。棚田収支調査面積は、耕作地で約9～31m²、放棄地で約5m²、湛水位は両者とも約50mmとした。図-2に棚田水収支調査の概要図を示す。

3.2 物性の実態調査結果

表-3に棚田の地表面付近の物性調査結果を示す。耕作地・放棄地・自然斜面でそれぞれ3～5箇所程度実施した物理・保水性試験と現地浸透試験、耕作地・耕作放棄地でそれぞれ1箇所ずつ実施した棚田水収支調査より、次の傾向を得た。

1) **表層の物理特性** 表層の物理特性は、粒度幅が広い自然斜面(細粒分50%, 砂分13%, 礫分37%)に比較して棚田は粘性土主体(細粒分90%, 砂分4%, 礫分6%)と異なる傾向を示した。棚田では耕作地と放棄地で大きな違いは確認されなかった。また、自然含水比は自然斜面で40%程度比較して、棚田は60～85%と高い傾向を示した。棚田では、耕作地比較して放棄地は10%程度高い傾向を示した。

2) **表層の保水性** 表層の保水性は、今回は棚田のみ調査した。図-3に示すように、耕作地は毛管上昇高が約26cmに比較して、放棄地は6cmと低い。また、サクションが200cm程度までの範囲では、耕作地に比較して放棄地は体積含水率0.03程度保水性が低い傾向を示した。

3) **表層の透水性** 表層の透水性は、自然斜面で透水係数 $k=2.7E-6m/s$ 、耕作地で平均 $6.5E-8m/s$ 、放棄地で平均 $8.9E-7m/s$ と耕作地に比較して自然斜面・放棄地が10倍前後高い傾向を示した。棚田では、図-4に示すように、耕作地では室内透水試験(図中の白抜き記号)、現地浸透試験(図中の塗り潰し記号)、棚田水収支調査(図中の陰付記号)は $k=3.4E-8\sim 2.7E-7m/s$ と類似した範囲内の透水係数が得られたことより、マトリックスレベルの浸透が支配的な傾向が確認された。これに対して、耕作放棄地では、室内透水試験(浸透面積 $7.9E-3m^2$)で $k=7.0E-8m/s$ 、現地浸透試験(浸透面積 $7.1E-2m^2$)で $k=8.9E-7m/s$ 、棚田水収支調査(浸透面積 $4.6m^2$)で $k=6.7E-6m/s$ と、浸透面積が大きくなるに従い、透水係数の値が大きくなる傾向が確認された。これより、耕作放棄により原位置に存在する空隙等の不均質性に起因した浸透が支配的となっているものと推察される。

4) **浅層の物理特性** 浅層の物理特性は、粘性土と礫分が主体(細粒分40%, 分20%, 礫分40%)で、地点によってそれぞれ混入率が変化する。土地利用との相関性が確認されなかった。

5) **浅層の保水性** 浅層の保水性は、毛管上昇高は6cm前後と、表層の耕作地より低い傾向を示した。保水性曲線の形状は比較的類似するものの、間隙比(飽和度100%に対する体積含水率)にばらつきがあった。また、土地利用との相関性が確認されなかった。

6) **浅層の透水性** 浅層の透水性は、現地浸透試験のみで確認した(浸透面積: 底面 $7.1E-2m^2$, 側面 $2.8E-1m^2$)。その結果、 $k=4.2E-6\sim 1.5E-4m/s$ と表層よりやや高い傾向を示し、土地利用との明確な相関性は確認されなかった。

3.3 物性変化のメカニズム・プロセスの推察

物性の実態調査から、自然斜面から棚田の耕作地、耕作放棄地へ変遷する物性変化のメカニズム・プロセスを推察した。自然斜面に堆積していた表土や基礎地盤を開墾して、代掻きによる圃場の形成を繰り返すことにより、粒度幅が広い表土が細粒土分主体の耕作土壌に変化する。放棄後、耕作土壌がそのまま残地されていることより、土粒子の状態は変化しないが、土壤動物活動の穴・根茎侵入や、降雨・蒸発散による乾湿繰り返しにより、土壌中に空隙等の不均質な状態が形成される。この空隙・土壌構造の変化が物性変化を引き起こす要因と推察される。また、浅層は元々の基礎地盤の特性を示すものと考えられ、土地利用との相関性はあまりなく、地形的な堆積状況の影響などにより土質性状がバラついていると考えられる。

4. おわりに

本稿では、中山間地域の地すべり地帯に広がる棚田の耕作地と耕作放棄地、及び森林が覆う自然斜面の地表面付近の物性の実態と物性変化のプロセスについて考察した。今後は、物性データの蓄積や、灌漑期や豪雨時などの豊水期における棚田の水収支状況などを確認することにより、棚田の物性の変化による雨水浸透量や湛水状況の変化といった水の流れの変化を把握することが課題である。

【参考文献】 1) 国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所ホームページ <http://www.skr.mlit.go.jp/sabo/> 2) 国土地理院 空中写真整理番号CSI-75-12 3) 地盤工学会 不飽和地盤の挙動と評価編集委員会: 不飽和地盤の挙動と評価, (社)地盤工学会, pp.67-76, 2004.

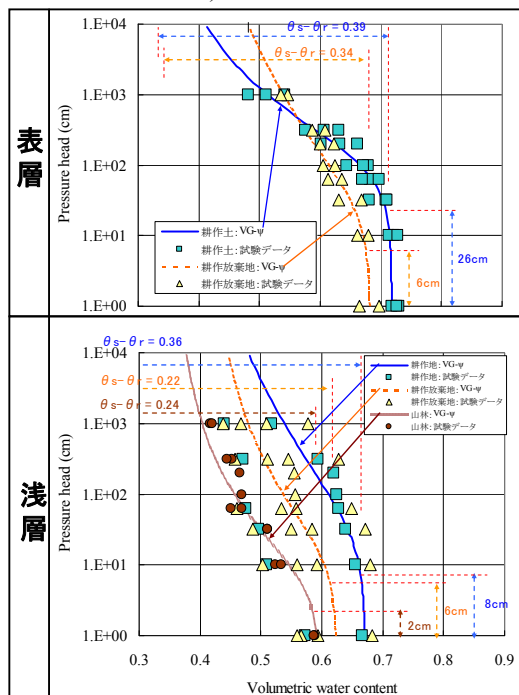


図-3 保水性の試験結果の比較

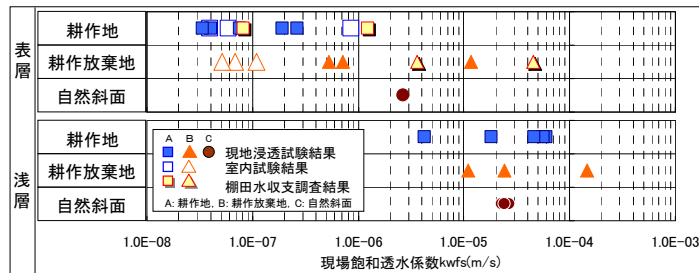


図-4 透水性の試験結果の比較