

中山間地域における棚田耕作地・耕作放棄地の水収支特性

国土交通省 四国山地砂防事務所 桜井 亘 (現 紀伊山地砂防事務所)

薬師 敏宏 内田 拓治(現 四国地方整備局河川部)

国土技術政策総合研究所 内田 太郎

パシフィックコンサルタンツ株式会社 斉藤 泰久 ○南部 卓也

1. はじめに

棚田の持つ国土保全機能として、洪水流出・地すべり抑制機能が考えられるが、現時点では不明な点が多い。棚田の国土保全機能を評価するためには、まず、降雨や灌漑用水の貯留・浸透効果といった棚田の水循環特性を明らかにすることが重要と考えられる。この際、過疎化の進展等に伴う耕作放棄といった、土地利用の多様化を踏まえて評価することが望ましい。しかし、棚田の耕作放棄に伴う物性や水循環特性の変化を調査・分析した事例は極めて少ない。

そこで、本研究では、高知県大豊町怒田地域の地すべり地帯¹⁾を対象として、土地利用の変遷や、地表付近の物性・水循環特性について調査した。本稿では、耕作地・耕作放棄地の棚田1枚当たりの水収支観測より得られた調査対象棚田の灌漑期・非灌漑期の長期水収支特性、豪雨時の短期水収支特性を示し、棚田の国土保全機能評価のための課題について考察した。

2. 棚田水収支調査・検討方法

(1) 調査対象箇所 調査対象とした棚田の耕作地は管理された水田、放棄地は耕作放棄後10年以上経過し、年1回草刈をされる以外は放置され、葎等の草根侵入やモグラ等の土壌生物の活動の場となっている。地表付近の土壌の物性調査を行った結果、棚田の土地の人的な改変効果は、地表から0.3mまでの耕作土壌・表土に凝縮され、放棄地では、物理特性は大きな変化はないが、透水性が1オーダー以上高くなる傾向等が確認された²⁾。

(2) 調査方法 棚田水収支調査は、図-1に示すように、畦波シート(塩化ビニール製)を0.2m根入れした状態で棚田を閉鎖し、その閉鎖空間内で例年通り、耕作地は稲作を行い、放棄地は放置状態とした。観測項目として、気象項目(雨量・気温・相対湿度・全天日射量・風向・風速:WS-GP1(Delta-T社製))、地表流入量(耕作地のみ:パルス出力付水道メーター)、地表流出量(三角堰・自記水位計:MC-1100W(STS社製))、水田内水位(フロート式:RR-200(株池田計器製作所製)、及び静電容量式:SE-TR/WT500(Trutrack社製))、ならびに耕作土壌直下の基礎地盤の土壌水分量(ADRセンサー:ThetaProbe ML2x(Delta-T社製))とした。なお、蒸発散量は、既存の文献等³⁾を参考にして蒸発散比やアルベドを設定し、Penman式より算定した。観測期間は2011.5.15~2011.12.31で、10分間隔で連続観測を行った。

(3) 検討方法 検討期間毎に棚田水収支調査の各項目の観測結果を集計し、図-2に示す水収支計算を行い、対象期間における地下浸透量を算定した。長期水収支特性として、耕作地・放棄地の観測期間の水収支の総水量を整理し、長期的な総地下浸透量を比較した。短期水収支として、降雨期間における、耕作地の灌漑期(湛水時や水抜き時)、非灌漑期(裸地放置)など、時期別に耕作地・放棄地の地下浸透量を比較した。ここで、0.2mm/時の降雨が12時間以上続いた時点までを1降雨時期とし、灌漑・非灌漑期における豪雨・台風時の24~72時間の降雨イベント9ケースを対象とした。

3. 棚田耕作地・耕作放棄地の水収支特性

(1) 長期水収支特性(観測期間、灌漑期の総地下浸透量)

観測期間中(230日間)の総地下浸透量は、放棄地2558mm/m²に対して、耕作地が6071mm/m²と約2.3倍多い。このうち、灌漑期(湛水時:101日間)における耕作地の総地下浸透量は4960mm/m²で、放棄地の約4.2倍、同期間中の総降雨量の約2.9倍であった。当該地では、棚田が広がる地すべりブロック面積は約75haに対して、流域外から6m³/分の灌漑用水が引水されている。そのため、灌漑期は、流域内の降雨以外に、流域外の灌漑用水が耕作地を介した涵養源となるため、総地下浸透量が多くなる。なお、耕作地の減水深は、稲が育成した8月において約26mm/日(1時間あたり約1mmの浸透)である。

(2) 短期水収支特性(豪雨・台風時の地下浸透量の比較)

図-3に豪雨・台風時における地下浸透量の比較図を示す。豪雨・台風は、1)~6)は3日累積、7)~9)は1日累積である。

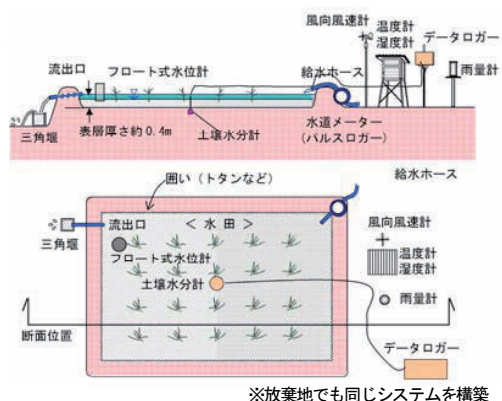
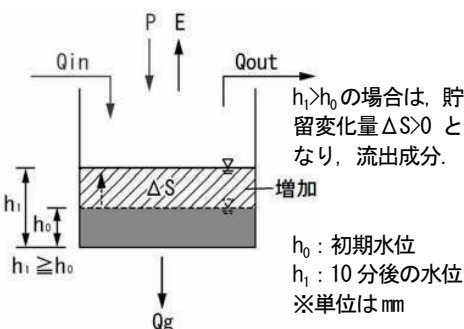


図-1 棚田を利用した水収支調査システム



$$Q_g = P - E + Q_{in} - Q_{out} - \Delta S$$

Q_g : 地下浸透量,

P : 降雨量, E : 蒸発散量,

Q_{in} : 地表流入量, Q_{out} : 地表流出量

図-2 棚田水収支算定方法

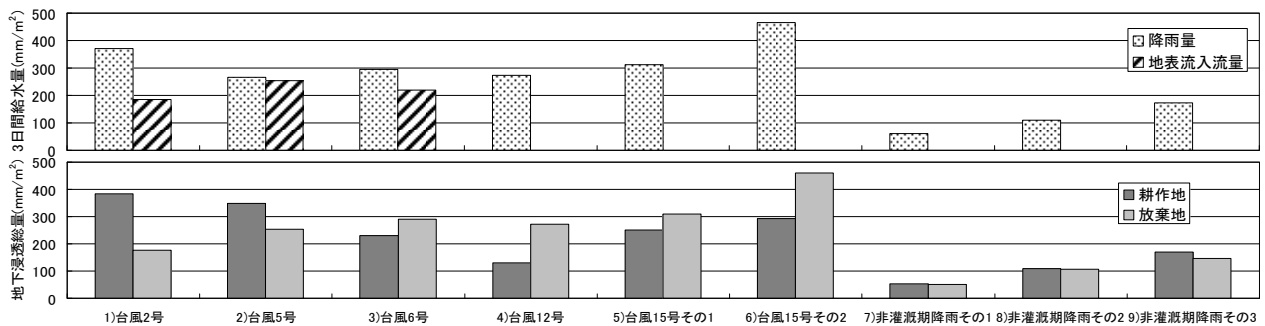
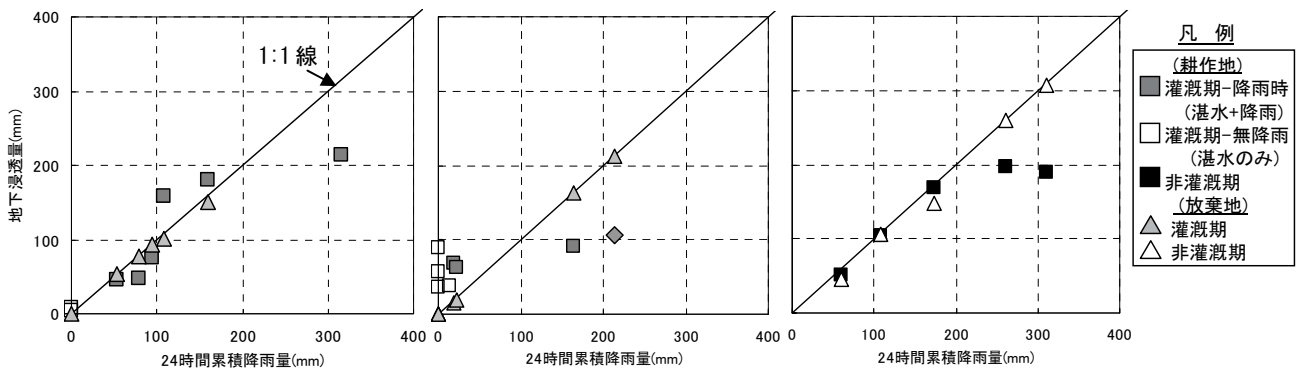


図-3 棚田耕作地・放棄地の豪雨・台風時における総地下浸透量の比較図



(1) 灌漑期(湛水初期: 5, 6 月) (2) 灌漑期(湛水・中干期): 7, 8 月) (3) 非灌漑期(裸地: 9~12 月)

図-4 棚田耕作地・放棄地の豪雨・台風時の日降雨量と日地下浸透量の相関図

図-4 に時期別の日降雨量と日地下浸透量の相関図を示す。なお、耕作地において同図で 1:1 線より上位にプロットされた点は、耕作地は灌漑期の湛水状態で、降雨以外の地表流入が供給されているため、降雨量より地下浸透量が多くなっている。

a) 灌漑期 対象の降雨イベントは、図-3 のうち、1)台風 2 号(5/27-30)、2)台風 5 号(6/25-28)、3)台風 6 号(7/18-20)、4)台風 12 号(9/1-4)である。図-4(1)より、耕作地・放棄地ともに、日雨量が約 200mm/日まではすべて地下浸透する。ただし、耕作地では、地表流入により、全給水量が放棄地の約 1.5 倍多い条件下であったことに留意する必要がある。湛水後 2 ヶ月程度経過した 7 月以降は、図-4(2)より、放棄地ではほぼすべての降雨が浸透するが、耕作地では地下浸透量が 100mm/日程度で頭打ちとなる。この傾向は、耕作地で 8 月末から稲刈りに向けて水を抜いた時期も、同様に地下浸透量が抑制される。

なお、1)台風 2 号時は、最大 60mm/h 相当の強い雨が短時間降った以外、先行・後続雨量が少なかった。そのため、放棄地では地表流出が発生したが、本調査では上流側からの地表流入がないように囲いをしていた。したがって、実際には、上流側の棚田放棄地から地表流入があり、降雨強度が低下した時点で、地表流出から地下浸透に切り替わるものと考えられるため、地下浸透量がやや少なく算定された可能性がある。

b) 非灌漑期 対象の降雨イベントは、図-3 のうち、5)台風 15 号その 1(9/16-18)、6) 台風 15 号その 2(9/19-21)と、7)~9)の秋・冬の 60~110mm/日の降雨継続時間が約 1 日の降雨である。この時期は、耕作地は湛水されておらず、降雨のみが供給量となる。非灌漑期は、灌漑期後期の 7, 8 月に比較して地下浸透量は多くなる。しかし、図-4(3)より、放棄地では 300mm/日以上降雨でもほぼすべて浸透するが、耕作地では地下浸透量が 200mm/日程度で頭打ちとなる。

4. おわりに(棚田の国土保全機能評価のための課題)

棚田水収支調査の結果、耕作地では 100~200mm/日までの降雨のとき、浸透量は降雨量に比べて小さくなるが、放棄地では浸透量は降雨量とほぼ等しかった。さらに、観測期間中に確認された 310mm/日程度の降雨であっても、放棄地ではほぼすべて雨水が地下浸透することが確認された。一方、耕作地では、灌漑期に常時湛水による継続的な地下浸透が生じて、総浸透量が放棄地より多くなった。この要因は、灌漑用水を多量に流域外から引水したためであった可能性も考えられた。

以上のことから、棚田を耕作地として維持することにより、長期的に地下水の上昇を引き起こすおそれがある一方、豪雨時の地下水位の上昇を抑える効果がある可能性が考えられた。今後は、本調査で得られた棚田の水循環機構の知見に加えて、地すべり地背後の山林域の流出特性等も調査し、棚田耕作地・放棄地が広がる地すべり地内へどのような地下水涵養がなされているか検討・評価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) 桜井・薬師・内田・横山・斉藤・南部: 中山間地域における棚田の国土保全機能に関する研究, 平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.156-157, 2011.5. 3) 塚本: 現代の林学・6 森林水文学, 文永堂出版(株), pp.58,77, 1992.