

棚田が広がる地すべりブロックの水収支特性の検討事例

国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 桜井 百

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 (現 徳島河川国道事務所)

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、棚田の水循環機構に加えて、地すべり地背後の山林域の流出特性なども考慮し、棚田耕作地・放棄地が広がる地すべりブロックの水循環機構に関して検討・評価を行う必要がある。

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を対象として、棚田の水収支特性^{1),2)}や山林域の流出特性を調査し、棚田が広がる地すべりブロックの水収支特性を検討した。本稿では、地すべりブロックを対象とした簡易な水収支モデルを構築し、地すべりブロック内の貯留変化量を平均的な地下水位の変化と考え、長期的な地下水位観測結果の再現を試みた上で、地すべりブロックへの地下水涵養源について考察した。

2. 地すべりブロックの水収支検討方法

地すべり地において、土地利用の状態に応じた地下水涵養源の実態や、地すべり土塊内の平均的な地下水位の応答の傾向を概略的に評価することを目的として、地すべり土塊内の水収支に着目し、図-1に示す地すべりブロックの簡易水収支モデルを構築した。ブロック内の水収支は次式により算定した。

$$Q_{out} + \Delta S + W = Q_{in} + I \quad (2.1)$$

ここに、 Q_{gin} ：ブロック外からの地下水流入量、 Q_{gout} ：地下水流出量、 I ：ブロック上からの地下浸透量、 W ：集水井戸からの概略排水量、 ΔS ：地すべりブロック内の貯留変化量で、 $\Delta S \geq 0$ は貯留を表す。また、地すべり土塊内の平均的な地下水位の変動量は、貯留変化量に相当すると考えた。

$$h_i = \Delta S / A_n / n \quad (2.2)$$

ここに、 h_i ：地下水位変動量、 A_p ：地すべりブロックの面積、 n ：地すべり土塊の有効間隙率である。なお、地下水流出量 Q_{out} は、図-2 示すように、地すべり面より下位基盤への漏水が極めて少なく、地すべり土塊内の地下水位が平均的に変動すると仮定し、次式により概略的に算定した。

$$Q_{\text{out}} = A_v \cdot v = B \cdot h_v \cdot k \cdot i \quad (2.3)$$

ここに、 A_s ：地下水流出箇所^①の断面積、 v ：平均的な地下水流速、 B ：地すべり舌端部の幅（図-3 参照）、 h_v ：地すべりブロック内への総給水量に対応した地下水位変動量（図-2 参照）、 k ：地すべり土塊の平均的な透水係数、 i ：地すべり土塊内の平均的な動水勾配（地形、もしくは地すべり面の勾配とした）である。

3. 検討条件

(1) **検討対象箇所** 検討対象は、図-3 に示すとおり、水系頂部が分水嶺上に位置する初生滑落外で形成されている流域内における中～下流域の地すべりブロックとした。地すべりブロックの面積は約 75ha で、図-4 に示す土地利用の割合で棚田（耕作地）や旧棚田（放棄地など）、山林が分布している。

(2) **ブロック外からの地下水流入量** Q_{gin} Q_{gin} は、最上流の地すべり区域の背後の山林域からの地下水流入量とした。地下水流入量は、図-3 の R1,R2 流域末で実施した流量連続観測結果に基づき、図-5 に示すとおり、タンクモデル³⁾に基づく山林域の水収支より単位面積当たりの地下水流入量を求め、流域面積(76ha)を乗じて算定した。なお、山林域の流出率は100%を超えることがなく、流域外からの地下水流入はないと考えた。

(3) **ブロック上からの地下浸透量** I は、棚田（耕作地）や旧棚田（放棄地）で実施した水収支観測結果¹⁾に基づき、単位面積当たりの地下浸透量に土地利用面積を乗じて算定した。なお、表層の土壌特性²⁾をふまえて、

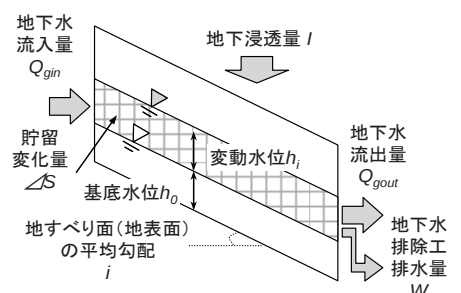


図-1 地すべりブロックの簡易水収支モデル

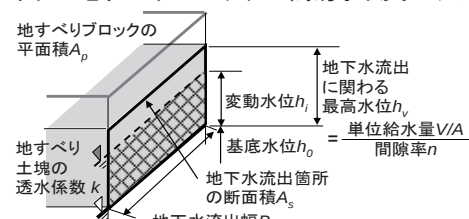


図-2 地下水流出量の簡易計算方法

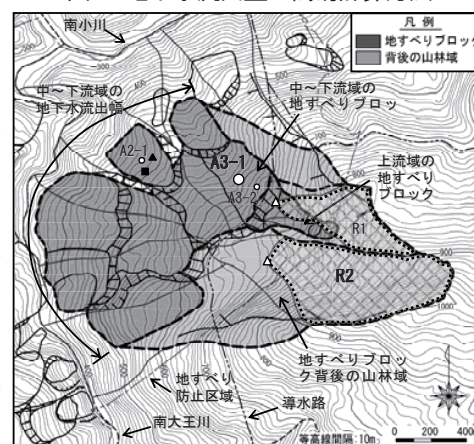


図-3 検討対象範囲の概略図

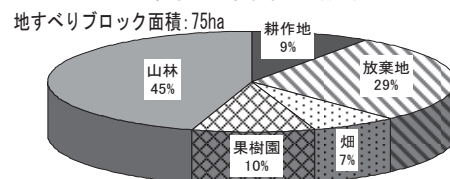


図-4 地すべりブロックの土地利用面積割合

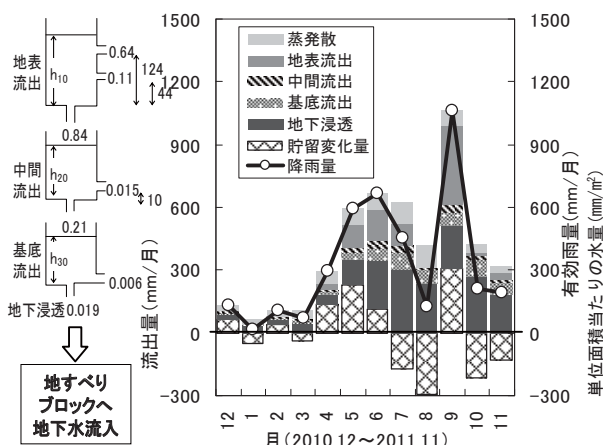


図-5 地すべり背後の山林区域の水収支

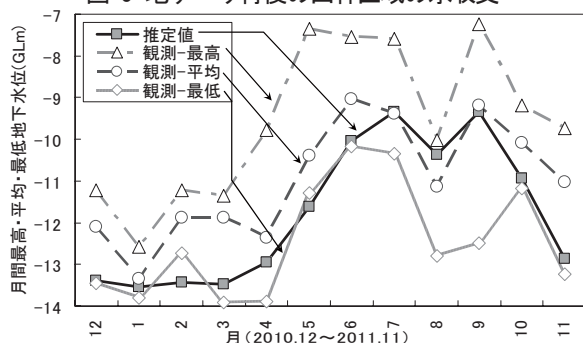


図-6 月間平均地下水位の観測結果と推定結果の比較

旧棚田（畑・果樹園）は旧棚田（放棄地）と同等とし、地すべりブロック上の山林は背後の山林域の半分の地表流出が発生するものと想定し、地下浸透量を設定した。

(4) その他の条件 W は集水井の点検時に確認した排水量より想定した。また、地すべり土塊の透水係数は、既存のボーリング調査の透水試験で確認された平均値 (3×10^{-5} m/s) とし、有効間隙率は、土質（粘土混じり～粘土質砂礫）と既存文献⁴⁾を参考にして、0.3 とした。

4. 検討結果

図-3 の A3-1 地点にて観測された地すべり土塊内の月間平均地下水位と、地すべりブロックの水収支計算に基づく推定結果を比較した。なお、水収支計算に基づく推定結果は、初期値を A3-1 地点の湧水位とし、式 (2.2) より算定した月間地下水位変動量を累積した値を月間平均地下水位相当とみなした。図-6 に月間平均地下水位の観測結果と推定結果の比較結果を示す。これより、非灌漑期における推定結果が観測結果より 1～2m 程度低いものの、年間を通じた月間平均地下水位の傾向は、概ね再現された。これより、図-1 の地すべりブロックの簡易水収支モデルにより、地すべりブロックへの地下水涵養状況について概略的な傾向は表現されているものと判断した。

図-7 に地すべりブロックの月間水収支を、表-1 に時期別地下水涵養量を示す。怒田地区の棚田が広がる地すべりブロックの水収支特性として、灌漑期・多雨期は地すべりブロック上からの浸透が支配的であり、特に、大型台風が到来した 9 月は浸透量の 8 割近くを締める。土地利用別にみると、旧棚田（放棄地）や山林からの浸透が多く、灌漑地表給水量が多い 7 月や夏季渇水期である 8 月に棚田（耕作地）からの浸透量の割合が増加する。また、非灌漑期（冬季）は、山林区域で貯留された地下水流入が地すべりブロック内の涵養源となり、年間の地下水位の基底値を確保しているものと推察される。

4. おわりに（棚田の国土保全機能評価のための課題）

以上のことから、怒田地すべりのような棚田が広がる地すべりブロックの地下水涵養源は、地すべりブロック上と背後の山林区域からの地下水流入が考えられ、涵養量としては、地すべりブロック上からの浸透が支配的であることが推察された。

今後は、短期的な豪雨・台風時の水収支特性や、降雨量と地下水位や地すべり移動量の関係もふまえた上で、棚田の土地利用が地すべりブロックの水循環機構にどのような影響を及ぼしているか検討・評価することが課題である。

【参考文献】 1) 桜井ら：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 2) 桜井ら：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,平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集,pp.242-243,2012 3) 菅原：流出解析法,共立出版,257p.,1972 4) 日本地下水学会：地下水シミュレーション,pp.88,2010

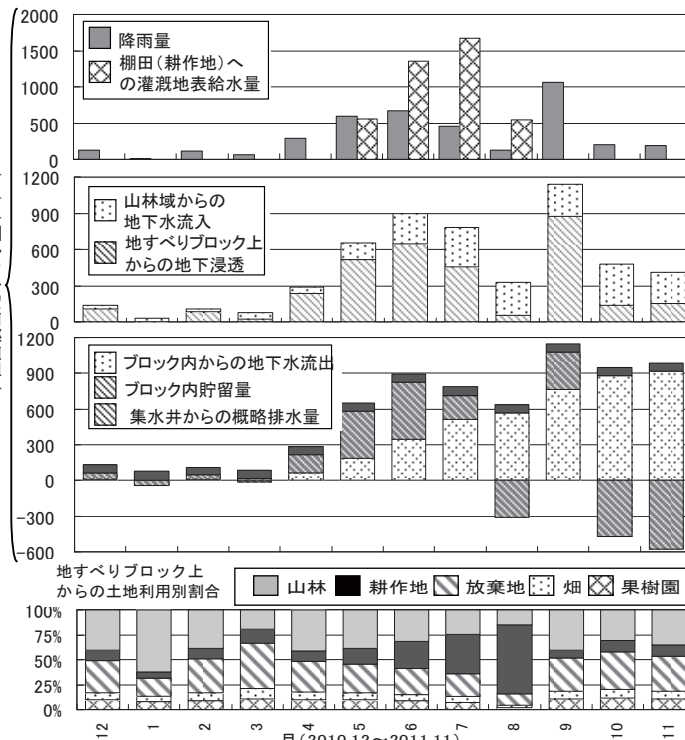


図-7 地すべりブロックの月間水収支

表-1 地すべりブロック内の時期別地下水涵養量の比較

時期	ブロック上への涵養源				ブロック内への地下水流入量	
	降雨量	棚田(耕作地)への灌漑地表給水量	地すべりブロック上	山林域	ブロック上から	ブロック外から
年間	3926 (51%)	4126 (49%)	3277 (62%)	2047 (38%)		
灌漑期(5～8月)	1839 (31%)	4126 (69%)	1671 (63%)	989 (37%)		
非灌漑期(10～3月)	730 (100%)	0 (0%)	498 (40%)	738 (60%)		
台風月(9月)	1060 (100%)	0 (0%)	876 (77%)	267 (23%)		