

## 1 はじめに

1997年に深層崩壊が発生した針原川流域で河川水や地下水の水文観測を実施している。深層崩壊発生場の予測法を開発する上で、実際の崩壊発生地においてその要因を分析することは重要である。1999～2002年に得られた水文観測データに基づき、針原川流域および深層崩壊地周辺の水文地形的特性について検討した。

## 2 調査地の地形・地質

2,500分の1地形図から求めた針原川流域(図1)の地形因子を表1に示す。流域の地質は輝石安山岩と同質凝灰角礫岩の互層からなり、平面的には標高100～250m付近と350～450m付近に安山岩が分布し、それ以外には凝灰角礫岩が分布している。安山岩層や凝灰角礫岩層はやや西に傾斜した地質構造をしている。

崩壊斜面の表層には強風化から風化した安山岩層(An-w)が分布している(図2b)。斜面上部では、An-w層の下位に弱風化から新鮮な安山岩層(An)がみられ、さらに下位は一部凝灰岩を含む凝灰角礫岩層(Tb)となっている。斜面下部では、An-w層の下位にAn層はみられない。Tb層の下位には自破碎した安山岩層(Ab)が分布している。An-w層には水みちや帯水層が関係して還元状態で強風化を受けた部分がみられる。崩壊地付近の縦断方向の斜面内部は地表面とほぼ並行して安山岩層と凝灰角礫岩層が積み重なる地質構造をしている。An-w層の下位に分布するTb層に崩壊地付近で落差がみられる(図2c)。この落差の原因は埋没谷や断層などが考えられている。崩壊地の右岸側にはAn-w層の下位にAn層がみられるが、左岸側にはみられない。

## 3 水文観測

針原川の標高84m(H1)と117m(H2)に量水堰を設置し(図1)、河川流量、河川水の電気伝導度(EC)・水温を測定している。崩壊地下部からは常時湧水がみられ、その中で最も水量が多い湧水(H0)を量水装置に導き、流量、EC、水温を測定している。また崩壊地を取り囲むB1～B7地点(図2a)で地下水位を測定している。

## 4 結果および考察

深層崩壊地からの湧水は涸れることはなく、安定した流量がみられた(図3b)。崩壊地より上流側の河川水は冬季の渇水時に涸れることがあったが、崩壊地より下流側では湧水の流入により常に流水があった。無降雨時の河川水のECは、崩壊地の下流側では7mS/m前後であったが、下流側では12mS/m前後と高かった。これは崩壊地から14mS/m前後の湧水が河川に流入しているからである。

崩壊地周辺の地下水位は、冬季の少雨期には徐々に低下し、梅雨前に最も低くなり、梅雨の大雨で上昇して夏季の多雨期は高い状態が続き、それを過ぎると再び徐々に低下するという年変動をしている(図3c)。崩壊地左岸側の地下水位は、右岸側のそれに比べて年間の変動幅が小さく、多雨期から少雨期にかけての低下も非常に緩やかである。崩壊地を挟んでほぼ同じ標高の地下水位を比べると、常に崩壊地左岸側の地下水位が高く、10～20mの標高差が生じている。1997年崩壊直後、崩壊地内の主に左岸側斜面から湧水が観察され、その背後に地下水が集中する地下構造が予想されたが、今回明らかになった崩壊地周辺の地下水特性はこれを裏付けるものである。

4ヵ年間に得られた一連続雨量が100mm以上となった降雨について、河川水や崩壊地からの湧水の流量・EC、崩壊地周辺の地下水位、地下水のECなどの降雨応答を時間単位で解析した(図4)。雨量と河川流量のピーク時間差は平均で1時間であった(表2)。一方、湧水流量のピークは降雨ピークから4～9時間(平均6時間)の遅れがみられた。斜面地下水位のピークはさらに遅れ、降雨ピークから平均値で37時間後に現れた。

針原川流域は、総雨量100mm程度までは直接流出率6%未満であり、直接流出量が少ないという火山地域特有の流出特性を示した。また、針原川の年間水収支(表3)を求めると、年流出量が少なく、深部浸透量あるいは地下部における流域外への流出量が多い流域であることが明らかになった。

4ヵ年間に得られた実測データに基づいて大雨時の河川流量、崩壊地からの湧水流量および斜面地下水位の降雨応答をタンクモデルに当てはめ、1997年崩壊時の針原川の河川流量および斜面地下水位を再現した(図5)。崩壊が発生した7月10日1時前には河川流量は0.5m<sup>3</sup>/s程度に減水していたこと、一方崩壊した斜面付近の地下水位は上昇中であったことが明らかになった。

**謝辞** 本研究は鹿児島県と共同で実施しているものである。研究の実施にあたっては、鹿児島県土木部および出水土木事務所の皆様に多大なご協力を頂いている。また、西日本技術開発株式会社にはさまざまな便宜をお図りして頂いている。ここに記して謝意を表します。

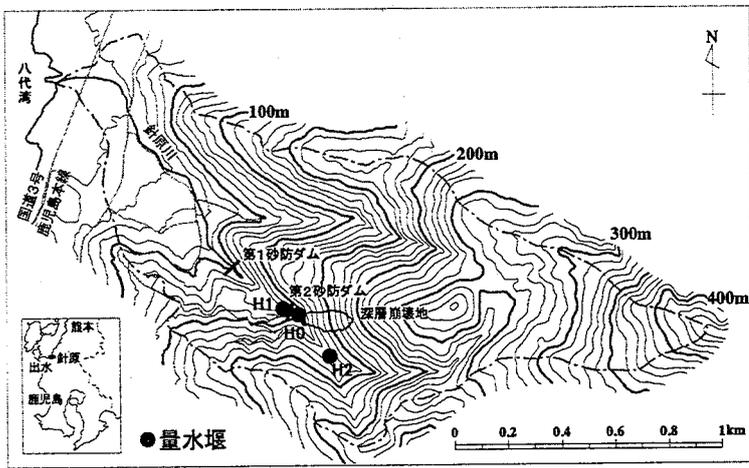


図1 針原川流域の地形

表1 流域の地形因子

流域面積	1.55 km <sup>2</sup>
高度分布	0~445 m
本川総延長	3.2 km
流域周囲長	6.6 km
本川平均勾配	8 度
流域平均幅	0.48 km
流域平均勾配	19 度

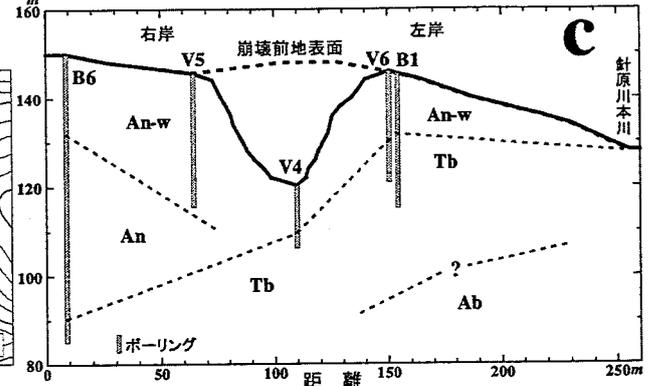
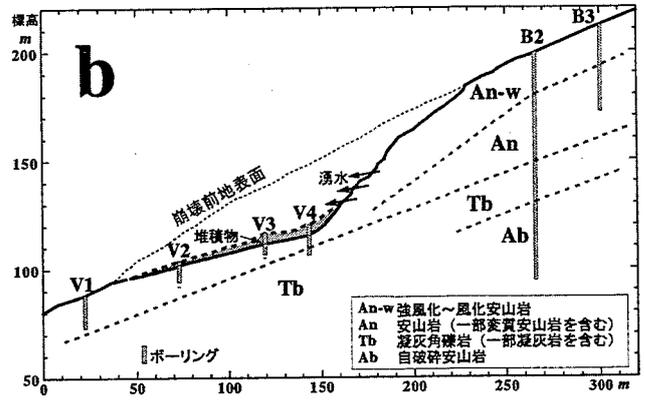
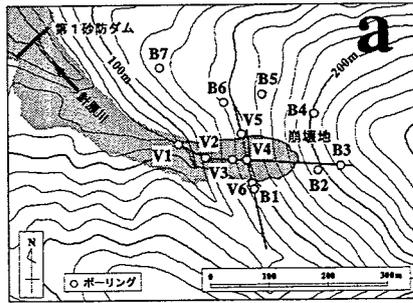


図2 深層崩壊地の平面図・縦断面図・横断面図

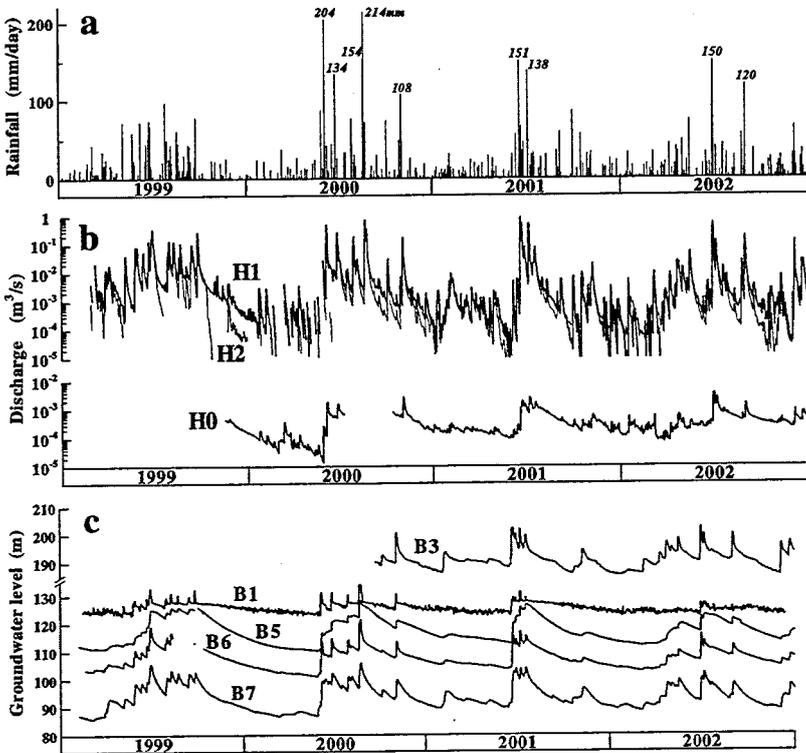


図3 1999~2002年の水文データの日変化

表2 降雨ピークと河川流量・湧水流量・地下水位ピークの時間差

年月日	総雨量 mm	最大日 雨量 mm/day	最大時 間雨量 mm/hr	降雨ピークとの時間差 hr								
				H1 河川 流量	H2 湧水 流量	H0 電流法 雨量	B1 地下 水位	B3 地下 水位	B5 地下 水位	B6 地下 水位	B7 地下 水位	B1~B7 の平均
2000/06/03	252	204	50	1	4	43	31	-	52	54	65	51
2000/06/24	135	134	29	1	7	31	-	-	15	38	26	26
2000/07/25	188	77	24	2	-	34	-	-	26	15	27	23
2000/08/18	577	214	74	1	-	-	77	-	79	79	80	79
2000/11/01	165	108	18	2	4	-	-	27	-	30	47	35
2001/06/20	177	151	20	1	9	46	-	37	-	45	-	41
2001/07/06	191	138	69	1	4	31	27	29	31	28	39	31
2002/06/30	152	150	40	0	7	49	8	7	17	14	33	18
2002/08/31	130	120	26	2	6	30	-	24	25	32	44	31
平均				1	6	38	36	25	38	35	46	37

表3 年間水収支

年	年降雨量 mm	年流出量 mm	年消失量 mm
1999	2068	820	1248
2000	2466	809	1657
2001	2070	639	1430
2002	2117	417	1100
平均	2180	671	1509

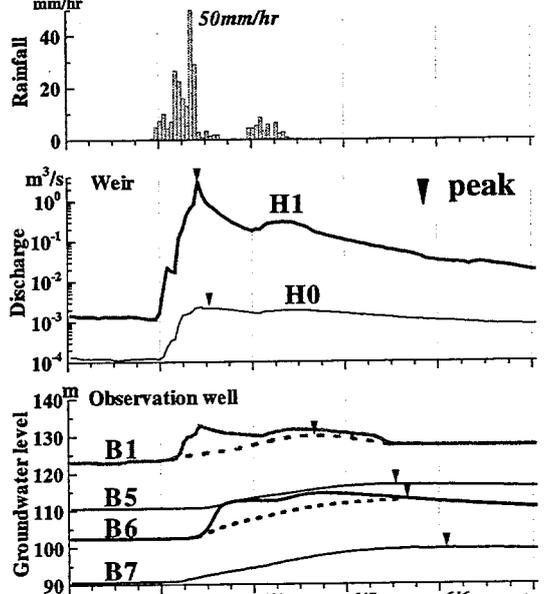


図4 河川水・崩壊地湧水・地下水の降雨応答

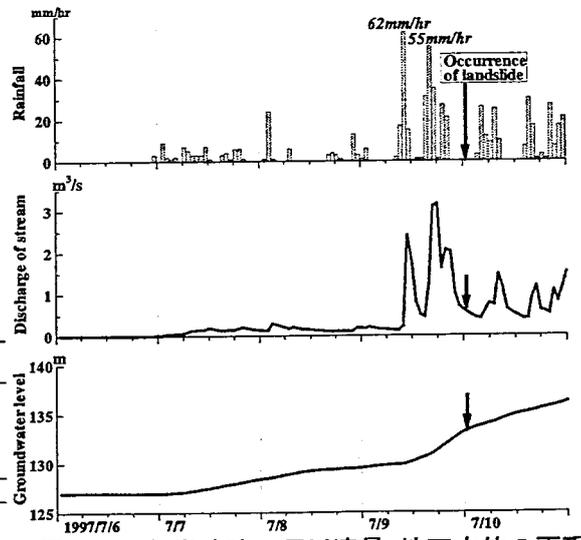


図5 1997年崩壊時の河川流量・地下水位の再現