2.2　斜面災害

2.2.1　斜面災害の全体状況

平成 30 年 7 月豪雨（前線及び台風第 7 号による大雨）は，愛媛県域に数多くの斜面災害を引き起こした。本項では今回の斜面災害の全体状況について，愛媛県域における過去の異常気象豪雨による斜面災害の履歴と今回の災害規模，降雨量の工学的な分布特性，斜面災害の発生個所の分布状況などをまとめる。

なお，本項の 7 月豪雨災害による斜面災害の発生箇所数は愛媛県砂防課の集計 [1] による。これは主に人家裏の斜面崩壊等の集計であり，本調査団による崩壊箇所を主体に集計したものなどとは数量が異なる。

(1)　過去の斜面災害の履歴と今回の災害規模

本項末の**表 2.2.1-1** に，愛媛県域における昭和 25 年以降の異常気象豪雨による斜面災害の履歴を示す（文献 1)～5)より作成）。表中には平成 28，29 年のデータが入っていないが両年にも一部地方に復旧対応を必要とする風水害が発生している。これより，現在から遡る約 70 年間には斜面災害を引き起こした豪雨災害（表中には斜面災害が未発生または不明・未確認な情報も人的被害がある場合は掲載）は，約 135 件（1 年間に 2 件平均）が発生している。表中には斜面災害（大規模崩壊や土石流が推定されるもの，がけ崩れ，地すべり，一部は治山施設被害などの合計）の発生件数が 50 ヶ所を越える豪雨イベントにはハッチングを施した。なお，この中で前線の停滞による降雨で長期に渡るものは，雨量や災害数が累積されて大きいものが含まれる。

以上のデータより，**図 2.2.1-1** に斜面災害の情報が残された昭和 51 年以降の期間降雨量と斜面災害発生数の分布を示す。図中の横軸は，各降雨観測地点の期間降雨量より最大値を示した。この雨量は前述のように梅雨前線等の停滞によるものは大きい場合がある。縦軸は，豪雨イベントにおける全体的な災害規模を示すものとして道路の損壊と被害（農道被害と林道被害を含む）の発生個所数を示した。この両軸の関係上に各豪雨イベントによる斜面災害の発生個所数を円の大きさで示し件数を併記した。図に示されるように，斜面災害が多発した豪雨イベントは次のようである。

まず図の表示範囲を超える斜面災害（↑）は，昭和 51 年 9 月 8 日～13 日に発生した台風第 17 号と秋雨前線による被害である。この 5 日間に，特に東予地方において 2,189 ヶ所の膨大な斜面災害が発生している。次に，昭和 54 年 6 月 26 日～7 月 4 日の梅雨前線では 9 日間に 514 ヶ所の被害が県下全域で発生している（南予・中予の雨量が大きい）。そして，平成 16 年には新居浜市域を中心として東予東部で複数の大きな豪雨イベントが続いた。8 月 16 日～19 日の台風第 15 号，9 月 28 日～30 日の台風第 21 号，10 月 18 日～21 日の台風第 23 号により，合計で 800 ヶ所近い斜面災害が発生している。また，同年には南予地方においても，7 月 30 日～8 月 2 日の台風第 10 号や 8 月 29 日～31 日の台風第 16 号などにより 150 箇所近い斜面災害が発生している。今回の 7 月豪雨による斜面災害は，愛媛県砂防課の集計 [1] によれば 413 ヶ所である。これは社会生活に影響を及ぼした斜面災害を主とする箇所数であり，単なる崩壊箇所も含めればそれは 3000 ヶ所を優に超える（2.1.5 参照）。また，図中の期間降雨量（最大値）は成就社（石鎚山）において観測された 965.5mm であるが [3]，災害地域では 400～500mm である。この雨量が近代において経験したことのいない規模であったことは以下に述べる。このように，今回の斜面災害の発生状況は過去 70 年間において最大規模の災害であったといえる。

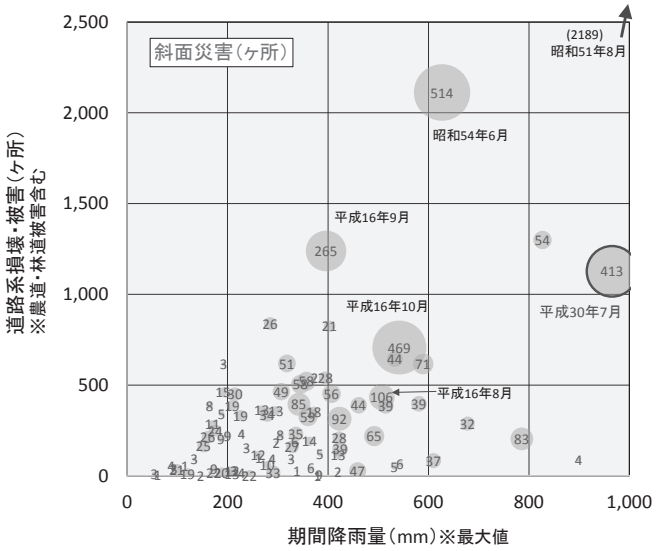


図 2.2.1-1　愛媛県域の豪雨斜面災害規模の履歴分布
－昭和 51 年以降の期間降雨量と斜面災害発生数－
（各データは愛媛県地域防災計画資料編 [1] より引用）
（H30 年度 7 月豪雨のデータは各公表資料 [2),3),4)] より引用）

(2) 降雨量の工学的な分布特性

今回の異常気象による愛媛県内の降雨状況については 1.1.2 に詳しい。そのうち，気象庁アメダスによる期間降水量（7 月 5 日 0 時～8 日 24 時）の分布 [6] を**図 2.2.1-2** に示す。6 月末から 7 月上旬にかけて台風第 7 号および梅雨前線の影響により西日本の広範囲に降雨した記録的な大雨は，6 月 28 日～7 月 8 日の 11 日間の総雨量が徳島県南部から高知県中東部で 1,000mm を超え，愛媛県域においては高知県との県境に沿うようにそのピークが分布している。一方，**図 2.2.1-3** に降雨指標雨量（工学的に斜面崩壊等の発生指標とされる）が過去の最大観測記録を更新した観測点の分布 [6] を示す。この 24 時間雨量 R_{h24} と 48 時間雨量 R_{h42}，72 時間雨量 R_{h72} の 3 つの指標の降雨量と過去の最大観測記録を比較すると，四国内の 69 地点のうちの 20 箇所のアメダス観測点が記録を更新し，愛媛県域では 19 地点のうちの 12 箇所が更新している。しかも 3 つの降雨量がともに更新した地点は南予の宇和島市から東予の今治市をつなぐように，瀬戸内海に沿うエリアに帯状に分布している。この領域は次に示す斜面災害が多発した分布域に対応している。

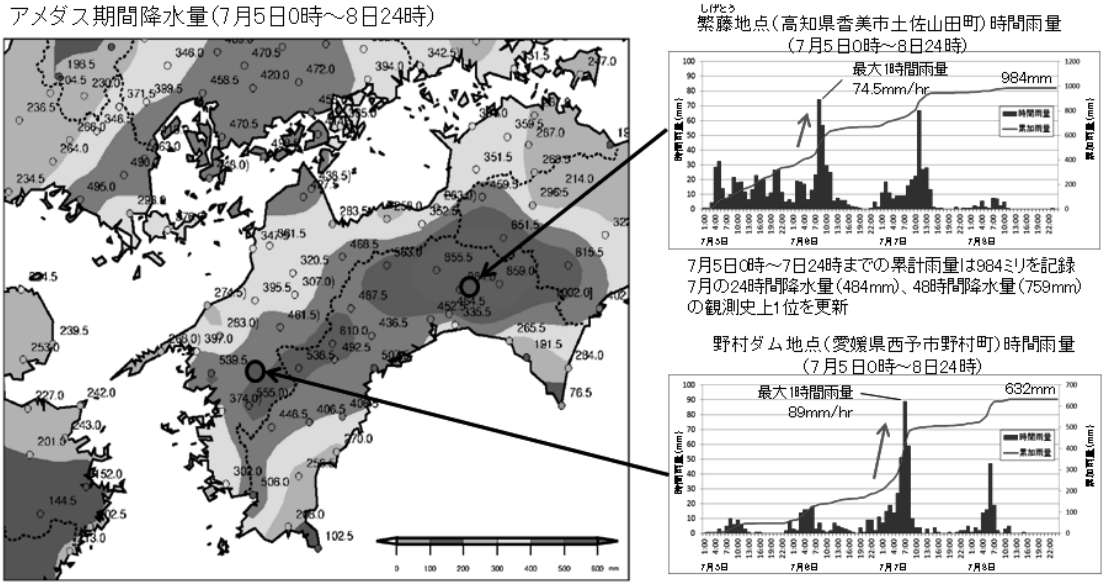


図2.2.1-2 平成30年7月豪雨の気象庁アメダスによる期間降水量（7月5日0時～8日24時）の分布 [6]

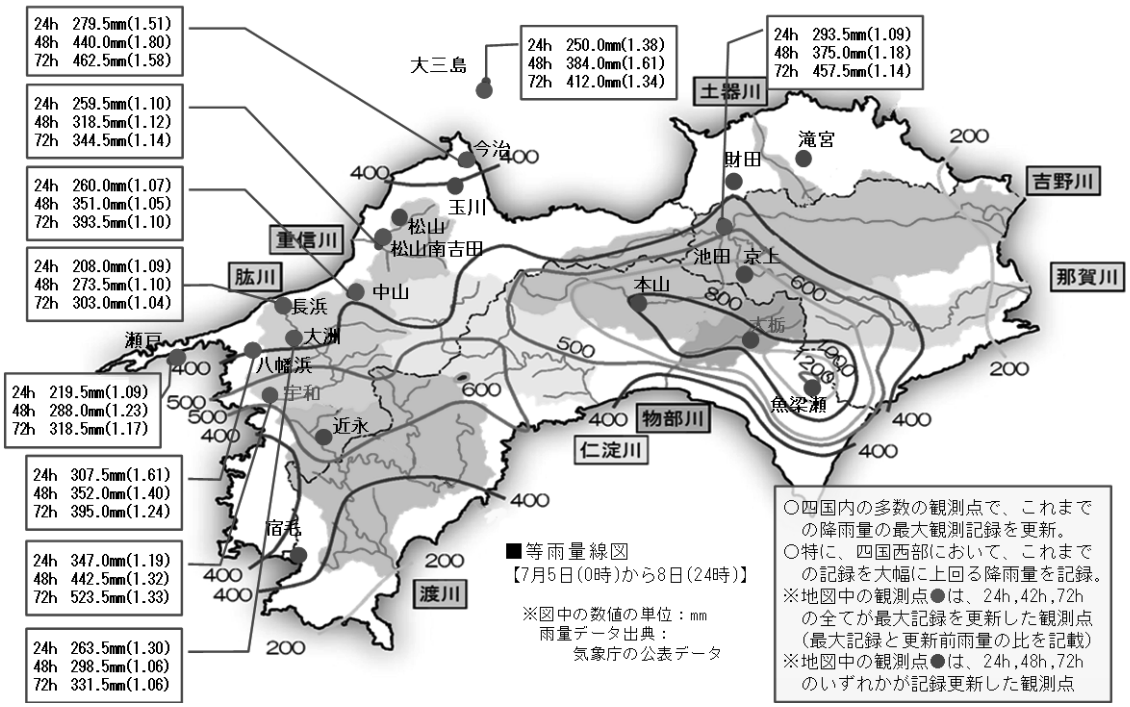


図 2.2.1-3 平成 30 年 7 月豪雨において降雨指標雨量の最大観測記録を更新した観測点の分布 [6]

(3) 斜面災害の発生個所の分布

図 2.2.1-4 に愛媛県域における斜面災害の分布（愛媛県砂防課調べ）[1] を示す。図に示されるように，7 月豪雨による斜面災害は東予地方から南予地方まで広く分布し，特に今治市の島嶼部周辺（大三島，伯方島，大島など），松山市周辺，宇和島市吉田町付近で多発し，さらに大洲市・八幡浜市・西予市・内子町にも分布している。これらの分布域は，**図 2.2.1-3** に示した指標雨量が過去の観測値の記録を上回ったゾーンに対応している。このことは，日頃から多雨の地域と少雨の地域を比較すれば，両地域において斜面崩壊が発生する限界の雨量は多雨地域の方が大きい（降雨に対する崩壊の“慣れ”の問題）という経験的事象に相応している。

表 2.2.1-2 に，各市町の斜面災害の被害数（愛媛県砂防課調べ）[1] を示す。土砂災害の発生個所数は 413 ヶ所で，これら斜面災害による県内の死者数は 17 名（全 27 名のうち約 6 割）である。同じく負傷者数も 33 名のうちの 26 名を占めており，斜面災害が人命にあたえる影響の大きさがうかがえる。

表 2.2.1-2 平成 30 年 7 月豪雨による各市町の斜面災害の被害数 [3]

市町名	土石流	地すべり	がけ崩れ	小計	人的被害	
					死亡（人）	負傷者（人）
四国中央市		4	2	6		
新居浜市			1	1		
今治市	7		45	52	2	6
上島町			14	14		
松山市	11		62	73	3	2
伊予市	1	1	4	6		
東温市	1			1		
砥部町			1	1		
久万高原町			1	1		
大洲市			39	39	1	
内子町	1	1	8	10		
八幡浜市	2	1	11	14		
西予市	4		23	27		
宇和島市	51		102	153	11	18
鬼北町	3		6	9		
松野町			1	1		
愛南町			5	5		
総計	81	7	325	413	17	26

平成30年9月13日時点

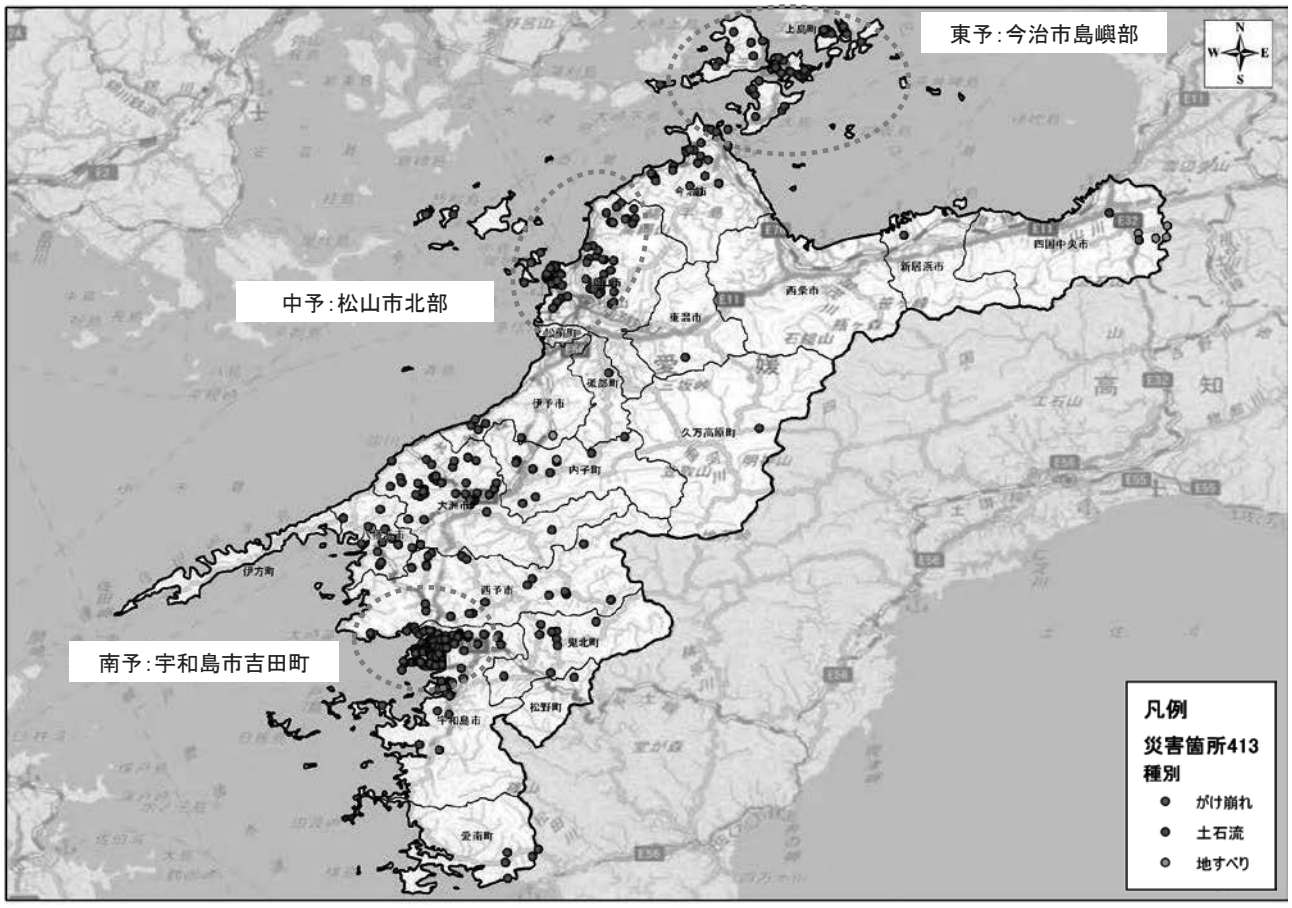


図 2.2.1-4 平成 30 年 7 月豪雨による愛媛県域の斜面災害の分布 [1]

図 2.2.1-5 に四国の地質分類の分布を示す。これと図 2.2.1-4 を対比してわかるように，今治市の島嶼部（東予地方）から松山市周辺（中予地方）は，領家帯（Gc）の花崗岩類の風化によるまさ土斜面が分布する地域にあたり，過去にも瀬戸内海を挟んだ広島地域とともに豪雨時に斜面崩壊が多発してきた地質環境の地域である。また大洲市・八幡浜市と宇和島市吉田町付近（南予地方）は，三波川帯（S）や秩父帯（C），四万十帯（Sn）の地質地帯に位置し，崩壊土砂は砂岩・泥岩の強風化状態にあったことが観察されている。これらの地域は，過去には斜面崩壊の発生は顕著でない。また，宇和島市吉田町などのように樹園地（みかん畑）として農地化されている斜面の崩壊が多く見られた。これも今回の斜面災害の特徴の一つであった。

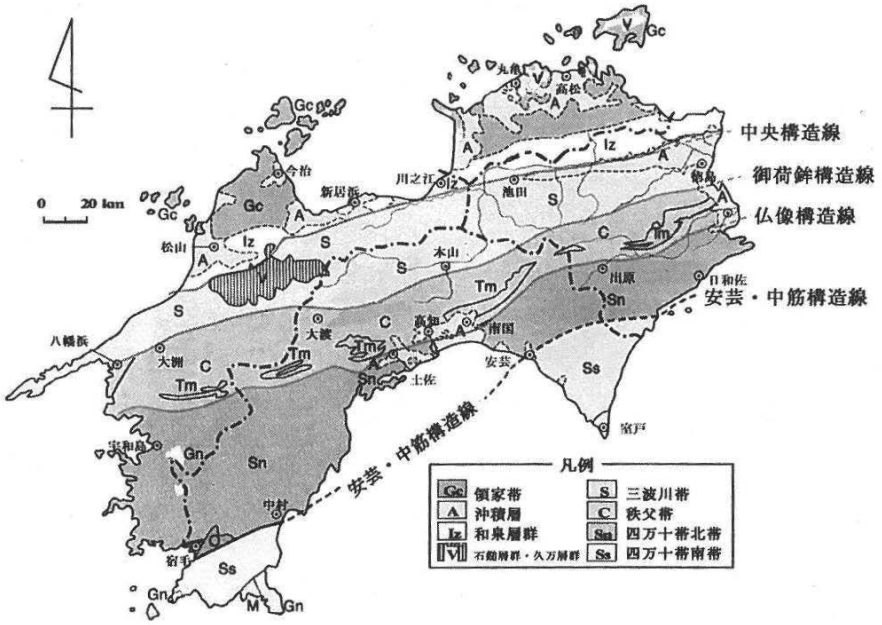


図 2.2.1-5　四国の地質分類図

(4)　まとめ

今回の 7 月豪雨による斜面災害の全体的な状況は次のようである。

A) 今回の斜面災害の発生状況は過去 70 年間において最大規模の災害であったといえる。

B) 今回の豪雨による斜面災害は愛媛県内において 413 ヶ所（愛媛県砂防課調べ）におよぶ。それらは，降雨量（指標雨量）が過去の降雨観測値の記録を上回ったエリアに分布している。

C) 崩壊斜面の地質は，今治市の島嶼部（東予地方）から松山市周辺（中予地方）は領家帯の花崗岩類に，宇和島市周辺など（南予地方）は三波川帯や秩父帯，四万十帯に位置している。

D) 各地域において，樹園地（みかん畑）の斜面が数多く崩壊したことも今回の斜面災害の特徴である。このことは被災地における生活再建の前提となる産業復興に大きく関わる問題である。

参考文献

1) 愛媛県砂防課：第 1 回 警戒避難体制強化のため土砂災害対策検討委員会　資料，2018.

2) 愛媛県：地域防災計画（資料編），1-2 愛媛県の主な気象災害（大正元年～平成 27 年）（防災危機管理課），https://www.pref.ehime.jp/bosai/bosaikeikaku/documents/01.pdf，2017.

3) 気象庁：平成 30 年 7 月豪雨（前線及び台風第 7 号による大雨等），https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sokuji20180628-0708.pdf，2018.

4) 愛媛県：平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について（第 100 報）（10 月 5 日 12 時時点），https://www.pref.ehime.jp/h12200/documents/higai100.pdf，2018.

5) 愛媛県：平成 30 年 7 月豪雨による人的被害状況及び住家被害状況（12/10 時点）https://www.pref.ehime.jp/h12200/documents/20181210jinteki_juuka.pdf，2018.

6) 国土交通省四国地方整備局：平成 30 年自然災害フォーラム四国地方整備局講演資料，2018.

表 2. 2. 1-1(1)　愛媛県域の豪雨による斜面災害の履歴（昭和 25 年以降）

No	年	月日	気象	被害地域	期間降雨量（mm）	死者・不明（人）	負傷者（人）	住家全壊（棟）	半壊（棟）	斜面災害（ヶ所）	道路被害（ヶ所）	被害総額（千円）
1	昭和25年	9月11～14日	キジア台風	県下全域	下灘 636	6	13	294		**542**	不明	不明
2	昭和26年	10月12～14日	ルース台風	県下全域	千定山 428	44	415	6,280		(685)	不明	不明
3	昭和28年	6月25～29日	梅雨前線	県下全域	吉野 456	4	13	457		0	不明	不明
4	昭和29年	9月12～14日	台風第12号	県下全域	中津 520	3	24	810		(239)	不明	不明
5	〃	9月25～26日	洞爺丸台風	県下全域	三島 291	16	7	1,917		(149)	不明	不明
6	昭和30年	9月28～30日	台風第22号	県下全域	大森山 426	—	5	117		(62)	不明	不明
7	昭和32年	9月6～7日	台風第10号	県下全域	大森山 312	—	—	627		(17)	不明	不明
8	昭和34年	8月6～9日	台風第6号	県下全域	大保木 733	—	—	15		(343)	不明	不明
9	〃	9月25～26日	伊勢湾台風	県下全域	大保木 237	2	7	36		(230)	不明	不明
10	昭和35年	8月28～30日	台風第16号	県下全域	美川 333	1	—	—	—	(6)	不明	不明
11	昭和36年	9月14～16日	第2室戸台風	県下全域	大保木 491	1	16	32		(347)	不明	不明
12	昭和38年	8月8～10日	台風第9号	県下全域	宇和 517	2	10	109		**581**	1,326	3,700,000
13	昭和39年	9月24～25日	台風第20号	県下全域	大森山 330	1	13	91		**142**	378	4,560,000
14	昭和40年	9月9～10日	台風第23号	県下全域，特に東予	大保木 301	2	7	—	2	**20**	433	1,090,000
15	〃	9月14～17日	台風第24号	県下全域	富郷 584	—	18	23		**319**	442	1,710,000
16	昭和41年	9月7～9日	台風第19号	県下全域	大森山 237	1	—	2		不明	77	570,000
17	〃	9月17～18日	台風第21号	県下全域	菊間 259	—	—	—	—	不明	250	710,000
18	〃	9月22～25日	台風第24号	県下全域	大森山 371	—	—	7	5	不明	92	330,000
19	昭和42年	7月8～9日	梅雨前線	県下全域	小田町 210	9	11	36	86	不明	455	2,400,000
20	昭和43年	8月25～29日	台風第10号	県下全域	大森山 393	1	6	13	26	不明	201	1,600,000
21	〃	9月24～25日	台風第16号	県下全域	大森山 364	1	2	4		不明	137	920,000
22	昭和44年	6月25～7月10日	梅雨前線	県下全域	宇和島 872	2	4	13	—	不明	607	1,580,000
23	昭和45年	6月14～7月6日	梅雨前線，台風第2号	県下全域	大森山 516	—	—	1		不明	212	1,000,000
24	〃	8月15～21日	台風第9・10号	県下全域	大保木 378	2	168	1,118		不明	815	40,500,000
25	昭和46年	8月3～5日	台風第19号	県下全域	大保木 570	5	34	7		不明	438	3,950,000
26	〃	8月28～30日	台風第23号	県下全域	大保木 542	—	2	8		不明	306	3,200,000
27	昭和47年	6月6～7月25日	梅雨前線，台風第9号	県下全域，特に中予・南予	美川 1189	2	7	—	—	不明	1,196	5,080,000
28	〃	9月6～18日	梅雨前線，台風第9号	県下全域，特に東予	新立 719	5	18	—	39	不明	432	9,500,000
29	昭和48年	5月7～8日	日本海低気圧	県下全域	下鍵山 169	1	1	9		不明	201	400,000
30	〃	6月26～27日	梅雨前線	県下全域	菊間 184	—	—	1		不明	185	360,000
31	〃	7月26～28日	熱帯低気圧	中予・南予	宇和島 157	—	—	—	—	不明	107	280,000
32	昭和49年	4月7～9日	低気圧	県下全域，特に東予・中予	中山 202	—	—	2	1	不明	237	757,904
33	〃	7月5～7日	台風第8号	県下全域，特に東予	新立 311	—	—	—	—	不明	95	1,045,087
34	〃	7月15～17日	梅雨前線	県下全域	波止浜 271	—	—	—	3	不明	72	200,444
35	〃	9月1日	台風第16号	県下全域，特に東中予	富郷 153	5	4	11		不明	236	7,376,192
36	〃	9月8～9日	台風第18号	県下全域	新立 284	—	—	12		不明	415	3,334,904
35	昭和50年	6月17～25日	梅雨前線	県下全域	宇和町 370	—	—	—	—	不明	733	3,135,967
36	〃	8月16～18日	台風第5号	県下全域	富郷 379	4	42	93		不明	913	21,372,299
37	〃	8月22～23日	台風第6号	県下全域	富郷 366	—	—	2	—	不明	198	1,342,058
37	昭和51年	4月13～14日	低気圧	県下全域	宇和島 146	—	—	—	—	**0**	175	615,476
38	〃	6月22～25日	梅雨前線	県下全域	宇和島 244	—	—	1	—	**0**	653	2,496,814
39	〃	7月23～25日	台風第11・12号	県下全域	富郷 197	—	—	—	1	**0**	67	258,738
40	〃	9月8～13日	台風第17号，秋雨前線	県下全域、特に東予	富郷 1,174	11	47	57	110	**2,189**	3,847	67,483,758
41	昭和52年	6月15～7月17日	梅雨前線	県下全域	御荘 395	—	—	1	1	**28**	539	1,608,559
42	〃	8月22～25日	台風第7号	県下全域	松野 93	—	—	—	—	**3**	38	172,582
43	〃	9月8～11日	秋雨前線、台風第9号	県下全域	美川 170	—	—	—	—	**11**	284	1,131,484
44	昭和53年	6月10～23日	梅雨前線，台風第3号	県下全域	獅子越峠 238	—	—	—	—	**3**	153	229,584
45	〃	8月2～3日	台風第8号	県下全域	獅子越峠 188	—	—	—	—	**5**	342	1,101,808
46	昭和54年	6月26～7月4日	梅雨前線	県下全域	宇和 627	—	11	12	7	**514**	2,112	20,468,084
47	〃	9月3～4日	台風第12号	県下全域	近永 200	2	2	—	1	**9**	221	1,551,558
48	〃	9月30～10月1日	台風第16号	県下全域	成就社 279	—	3	1	3	**34**	338	3,938,148
49	〃	10月18～19日	台風第20号	県下全域	成就社 423	—	3	—	2	**92**	315	3,966,186
50	昭和55年	5月20～22日	前線,台風第3号	県下全域	成就社 226	—	—	—	1	**19**	333	1,863,574
51	〃	6月30～7月2日	梅雨前線	県下全域	久万 192	—	1	1	1	**3**	616	2,389,534
52	〃	7月7～14日	梅雨前線	県下全域	大三島 268	2	8	3	7	**13**	363	3,969,198
53	〃	8月3～6日	停滞前線	県下全域	御荘 373	—	—	1	—	**2**	542	2,752,909
54	〃	9月10～11日	台風第13号	県下全域	獅子越峠 297	2	23	1	3	**13**	360	12,210,798
55	〃	10月12～14日	台風第19号	県下全域	御荘 209	—	1	—	2	**19**	388	2,519,988
56	昭和56年	6月25～27日	梅雨前線	県下全域	成就社 175	—	—	—	—	**24**	250	1,497,641
57	昭和57年	7月11～25日	梅雨前線	県下全域	宇和 827	—	—	—	1	**54**	1,299	6,213,627
58	〃	8月26～27日	台風第13号	県下全域	成就社 533	—	8	1	2	**44**	643	9,738,820
59	〃	9月24～25日	台風第19号	県下全域	成就社 307	2	4	2	—	**49**	464	6,421,581
60	昭和58年	9月25～28日	台風第10号	県下全域	富郷 461	—	—	—	2	**44**	389	3,525,971
61	昭和59年	6月8～10日	梅雨前線	県下全域	御荘 187	—	—	—	—	**9**	204	1,050,684
62	〃	6月22～23日	梅雨前線	県下全域	成就社 152	—	—	—	—	**25**	164	1,997,122
63	〃	8月21～22日	台風第10号	県下全域	富郷 165	—	—	—	—	**2**	18	155,511
64	昭和60年	6月21～7月12日	梅雨前線	東予・中予	大三島 589	—	—	—	—	**71**	617	5,141,647
65	昭和61年	7月4～13日	梅雨前線	県下全域	久万 228	—	1	2	1	**4**	233	1,328,342
66	昭和62年	5月12～14日	南岸低気圧	県下全域，特に南予	宇和 161	—	—	—	—	**26**	213	2,466,259
67	〃	7月14～20日	台風第5号，梅雨前線	県下全域	獅子越峠 403	—	—	3	1	**21**	824	8,302,763

表 2.2.1-1(2)　愛媛県域の豪雨による斜面災害の履歴（昭和 25 年以降）

No	年	月日	気象	被害地域	期間降雨量（mm）	死者・不明（人）	負傷者（人）	住家全壊（棟）	半壊（棟）	斜面災害（ヶ所）	道路被害（ヶ所）	被害総額（千円）
68	昭和62年	8月30～31日	台風第12号	県下全域，特に東予・中予	富郷 131	—	1	1	1	**0**	6	1,754,188
69	〃	10月15～17日	台風第19号	県下全域	富郷 407	—	1	—	—	**56**	453	9,796,146
70	昭和63年	6月1～3日	低気圧	南予	近永 215	—	—	—	—	**30**	450	3,304,257
71	〃	6月23～25日	梅雨前線，台風第4号	南予	宇和島 285	4	19	5	6	**26**	839	8,190,679
72	平成1年	8月26～27日	台風第17号	県下全域，特に東予	成就社 345	—	3	1	—	**58**	504	6,532,214
73	〃	9月12～14日	秋雨前線，台風第19号	南予	三崎 329	—	—	1	1	**27**	160	1,923,814
74	〃	9月18～19日	台風第22号	県下全域	成就社 191	1	—	1	6	**15**	461	4,124,652
75	平成2年	7月1～3日	梅雨前線	南予	御荘 134	—	—	—	—	**3**	91	1,043,134
76	〃	8月21～23日	台風第14号	南予	成就社 305	—	16	6	68	**8**	226	10,427,520
77	〃	9月17～20日	台風第19号	県下，城川町	富郷 678	4	—	3	—	**32**	288	8,696,804
78	平成3年	7月4～5日	梅雨前線	中予・南予	長浜 164	3	—	1	1	**8**	388	5,215,235
79	〃	9月27～28日	台風第19号	県下全域	成就社 262	1	49	64	158	**1**	97	51,654,392
80	平成4年	8月7～9日	台風第10号	県下全域	成就社 334	—	5	—	—	**6**	186	5,867,759
81	〃	8月17～19日	台風第11号	中予・南予	成就社 420	—	1	—	—	**13**	118	1,367,604
82	平成5年	6月17～23日	梅雨前線	南予	宇和 297	—	—	—	—	**2**	184	1,800,221
83	〃	6月28～7月5日	梅雨前線	県下全域	宇和 515	1	—	1	1	**39**	385	4,824,276
84	〃	7月26～30日	台風第5,6号	県下全域，特	成就社 581	—	1	2	—	**39**	397	7,932,561
85	〃	8月9～10日	台風第7号	県下全域	成就社 384	—	—	—	1	**5**	121	3,478,337
86	〃	9月3～4日	台風第13号	県下全域	成就社 357	2	5	2	—	**58**	521	12,840,790
87	平成7年	7月3～6日	梅雨前線	県下全域，大洲市	獅子越峠 379	—	—	—	—	**1**	0	9,279,794
88	平成8年	6月19～21日	梅雨前線	中予・南予	獅子越峠 209	—	—	—	—	**13**	11	1,015,121
89	〃	7月18～22日	台風第6号	中予・南予	成就社 338	—	—	—	—	**1**	27	3,549,354
90	〃	8月13～15日	台風第12号	県下全域	成就社 357	2	6	—	—	**0**	23	3,687,472
91	平成9年	9月14～17日	台風第19号	県下全域	成就社 422	—	2	—	—	**28**	208	5,661,498
92	平成10年	7月25～26日	梅雨前線	中予・南予	近永 289	—	—	—	—	**4**	95	1,344,333
93	〃	9月24～25日	秋雨前線	中予・南予	宇和島 213	—	—	—	—	**3**	29	1,001,034
94	〃	10月17～18日	台風第10号	県下全域	成就社 360	2	2	5	2	**59**	326	11,296,505
95	平成11年	6月24～7月3日	梅雨前線	県下全域	中山 363	—	—	—	—	**14**	190	2,612,924
96	〃	7月26～29日	台風第5号	県下全域	成就社 899	—	—	—	—	**4**	89	1,292,075
97	〃	8月17～18日	熱帯低気圧	県下全域	宇和 261	—	3	—	3	**12**	114	2,008,904
98	〃	9月14～15日	台風第16号	県下全域	成就社 318	—	1	—	2	**51**	619	22,291,227
99	〃	9月23～24日	台風第18号	県下全域	成就社 280	—	9	—	—	**0**	23	4,772,748
100	平成13年	6月18～7月1日	梅雨前線	県下全域	松山 342	1	8	1	3	**85**	394	5,006,528
101	平成14年	8月28～9月1日	台風第15号	県下全域	成就社 420	—	—	—	—	**2**	19	270,396
102	平成15年	8月8～9日	台風第10号	県下全域	成就社 327	2	2	—	—	**3**	91	2,076,889
103	〃	8月14日	豪雨	南予	成就社 115	—	—	—	—	**1**	56	403,926
104	平成16年	6月25日	梅雨前線	松山市他	松山 88	—	—	—	—	**4**	53	416,945
105	〃	7月30～8月2日	台風第10号	南予他	富郷 492	1	1	—	2	**65**	219	2,424,991
106	〃	8月16～19日	台風第15号	新居浜市他	富郷 610	4	2	13	80	**37**	84	1,033,795
107	〃	8月29～31日	台風第16号	大洲市他	成就社 507	4	13	4	5	**106**	433	14,847,719
108	〃	9月5～7日	台風第18号	中予他	成就社 543	1	24	1	17	**6**	66	9,511,954
109	〃	9月28～30日	台風第21号	東予東部他	富郷 396	14	15	31	281	**265**	1,239	13,809,447
110	〃	10月18～21日	台風第23号	東予東部他	富郷 542	5	5	7	8	**469**	707	13,197,161
111	平成17年	7月3日	梅雨前線	松山市他	獅子越峠 244	1	—	2	—	**22**	0	1,054,330
112	〃	7月9～10日	梅雨前線	中予他	宇和 173	—	—	1	—	**9**	37	716,703
113	〃	9月6～7日	台風第14号	県下全域	成就社 786	—	3	2	2	**83**	204	6,011,180
114	平成18年	6月23日	梅雨前線	南予北部	獅子越峠 99	—	2	—	—	**21**	34	582,225
115	〃	9月17～18日	台風第13号	県下全域	成就社 146	—	1	—	—	**2**	0	181,388
116	平成19年	7月7日	梅雨前線	南予南部	御荘 93	1	—	—	—	**0**	7	151,539
117	〃	7月13～15日	台風第4号	県下全域	成就社 532	—	1	—	—	**5**	49	876,285
118	〃	8月2～3日	台風第5号	県下全域	成就社 356	—	1	—	—	**0**	1	469,642
119	平成21年	7月1日	豪雨	中予	松山 61	—	1	—	—	**1**	5	44,412
120	〃	8月9～10日	豪雨	東予東部，中	近永 228	—	1	—	1	**4**	14	274,194
121	平成23年	5月29～30日	台風第2号	東予	富郷 279	1	—	—	—	**10**	61	457,142
122	〃	7月18～20日	台風第6号	県下全域	成就社 383	—	2	—	—	**0**	17	142,308
123	〃	9月2～4日	台風第12号	県下全域	成就社 424	1	1	—	—	**39**	147	3,769,541
124	〃	9月20～21日	台風第15号	県下全域	成就社 336	1	—	1	—	**35**	231	2,764,243
125	平成24年	6月21～22日	大雨・洪水	東予・南予	御荘 180	—	—	1	—	**2**	15	330,095
126	〃	10月17日	大雨・洪水	南予	瀬戸 87	1	—	—	—	**0**	2	4,631
127	平成25年	9月2～4日	大雨・洪水	県下全域	富郷 372	—	2	—	1	**18**	352	1,191,164
128	〃	10月24～25日	大雨	県下全域	成就社 382	—	—	1	—	**9**	7	639,415
129	平成26年	7月8～10日	台風第8号	県下全域	成就社 209	1	—	—	—	**12**	28	190,283
130	〃	8月8～10日	台風第12号	県下全域	成就社 459	—	2	—	—	**47**	28	742,506
131	〃	10月13日	台風第19号	県下全域	成就社 291	2	1	—	—	**33**	17	1,400,812
132	平成27年	7月1日	大雨	南予	宇和 120	—	—	—	—	**19**	12	231,684
133	〃	7月9日	大雨	県下全域	玉川 54	—	—	—	—	**3**	13	26,434
134	〃	7月16～17日	台風第11号	県下全域	成就社 366	—	1	—	—	**6**	41	941,998
135	〃	8月31～9月2日	大雨・洪水	県下全域	宇和島 188	—	—	—	—	**20**	16	307,787
	平成30年	7月5～8日	前線,台風第7号	県下全域	成就社 966 ※1	28 ※2	33	625 ※2	3,108	**413** ※3	1,127 ※4	106,905,000 ※4

【データ引用】

※ 愛媛県：地域防災計画（資料編），1-2 愛媛県の主な気象災害（大正元年～平成 27 年）（防災危機管理課）

※1 気象庁：平成30年7月豪雨（前線及び台風第7号による大雨等）

※2 愛媛県：平成30年7月豪雨による人的被害状況及び住家被害状況（12/10時点）

※3 愛媛県砂防課：第1回 警戒避難体制強化のため土砂災害対策検討委員会　資料

※4 愛媛県：平成30年7月豪雨による被害状況等について（第100報）（10月5日12時時点）

2.2.2　東予地方の斜面災害（今治市島嶼部の調査）

本項には，災害調査団の各団員による現地調査結果より，東予地方の今治市島嶼部における斜面災害の調査情報をとりまとめる。なお，この地域は領家帯花崗岩帯に位置し，花崗岩が風化したまさ土斜面の崩壊が当地方における斜面災害の特徴である。

(1)　概要

東予地方においては，四国中央市と新居浜市，今治市，上島町で 73 ヶ所の斜面災害が確認されている（**表 2.2.1-2** 参照；愛媛県砂防課集計）。このうち，土石流については今治市に 7 ヶ所が発生し，そのほとんどが島嶼部（大三島，伯方島，大島）に分布する。人的被害（死亡 2 名，負傷者 6 名）もその中で発生している。

図 2.2.2-1 に，東予地方（今治市島嶼部）の調査結果より主な斜面災害の分布を示す。ここでの斜面災害は以下のように分けられる。

土石流 ‥ 大三島（上浦町井口地区），伯方島（有津地区，前島港地区），大島（吉見町泊地区）など
斜面崩壊（がけ崩れ）‥ 伯方島の山中道路斜面（無対策工）などの崩壊
道路盛土斜面の崩壊 ‥ 大島（吉海町田浦地区）など
その他 ‥ 伯方島等の周辺道路沿いの斜面に崩壊（崖崩れ）が散見

図 2.2.2-1　東予地方（今治市島嶼部）の斜面災害の分布（調査地点）

(2) 大三島：上浦町井口地区の土石流

図 2.2.2-2 に，今治市上浦町井口地区における土石流の発生位置を示す。発生した斜面崩壊により，崩壊土砂が果樹園および住宅地に流入した。また，戸板川に崩壊土砂が流入し，河道埋塞が生じた。

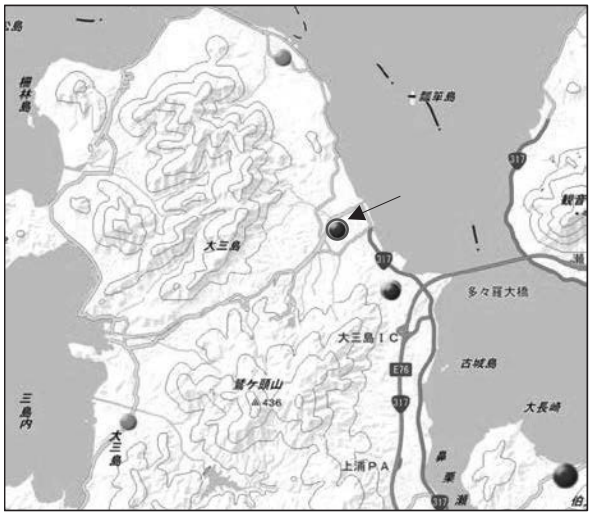


図 2.2.2-2　上浦町井口地区の土石流位置

図 2.2.2-3 に斜面崩壊の概要を示す。源頭部から谷地形に沿って約 680m を土砂が流下し，下流に広がる住宅地に流れ込んだ。大三島一帯は領家帯花崗岩地域に属しており，花崗岩が風化したまさ土斜面の崩壊である。源頭部から順に写真撮影および簡易レーザー測量を実施した。計測地点を**図 2.2.2-4** に示す。撮影した写真の位置情報をGoogleマップ上に落とし込んだものである。図から南西部で発生した斜面崩壊の崩壊土砂が谷地形に沿って流下したことが明瞭である。等高線から源頭部は一帯が開けた緩やかな谷地形であることが確認され，過去にも同様の崩壊が発生していた可能性も考えられる。降雨量と集水面積の計算が今後必要とされる。

写真 2.2.2-1 は，源頭部を狭窄部から上流方向に撮影したものである。源頭部の中央奥には幅 6m×長さ 35m 程度の範囲の未崩壊部を残し，その両側から崩壊が発生した形となっている。未崩壊部は周囲に残存する地表面と比較してやや低く，写真からも源頭部は谷地形であったことがわかる。**図 2.2.2-4** にはレーザー測量した結果を基に推定した源頭部の崩壊範囲を示している。限られた計測点から得られた概算値であるものの，崩壊面積は約 3,400m^2 と見積もられる。滑りの深さは約 5.5m であったことから，崩壊土砂の体積は 19,000m^3 程度と概算できる。滑落崖の角度は下部で約 40 度，上部で 70~80 度である（**写真 2.2.2-2**）．目視から，3~4m 程度の風化土が依然として堆積している様子が確認され，小規模な崩壊が再び発生する可能性も考えられる。

図 2.2.2-5 に，**図 2.2.2-4** に示した流下経路の縦断図を示す。ここでは，谷出口の標高と水平距離をそれぞれ 0m と定義しており，水平距離 680m の位置が源頭部を表している。崩壊土砂は，約 115m 下流の幅約 15m の狭窄部（**写真 2.2.2-1** の撮影位置）まで 10 度前後の勾配で流下した。狭窄部から 25m 程度下流には破壊したコンクリート擁壁が確認されたものの，擁壁の厚さは 30cm 程度と薄く，砂防の機能を期待するものではないと考えられる（**写真 2.2.2-3**）。狭窄部から 155m 程度下流では斜面勾配が急変し，約 27 度の勾配となる（**写真 2.2.2-4**）。ここでは流下幅はさらに狭くなり，7.5m 程度となっている。その後，再び 10 度前後の勾配を保ちながら 13m 程度の幅をもって土砂は流下した。流下経路には上流からの水の流れが確認され，その底部には岩が露出していた。流水部の両脇に確認された風化土の厚さも 1~2m 程度と薄いことから（**写真 2.2.2-5**），崩壊土砂による流下経路の風化土の巻き込み量は比較的少ないと推測される。

狭窄部から約 390m 下流において，崩壊土砂は谷地形に沿って上流から見て右方向に流下した（**写真 2.2.2-6**）。斜面勾配は 5 度程度の緩勾配となり，流下幅は 9m 程度である。この屈曲部付近から崩壊土砂が堆積するとともに，小さな岩石が散乱するようになる（**写真 2.2.2-7**）。屈曲した先には，流下方向に向かって右側に高さ約 2.3m，幅約 5.0m の砂防堰堤が確認された（**写真 2.2.2-8**）。堰堤は天端まですべて土砂で埋没しており，その想定規模を遥かに超える土砂量であったといえる。周辺では厚さ 2m 程度の土砂が堆積していたものの，流水部付近の堆積は少なく，崩壊土砂の堆積後，さらなる雨水の流下により下方に流されたことがわかる。

谷の出口付近には，流下方向に向かって左側に擁壁が築かれているものの，土砂が直撃したことにより擁壁は破壊され，その大部分が土砂に埋もれている（**写真 2.2.2-9**）。擁壁の下部にはコンクリート製の矩形水路が設置されているものの，90 度回転する形で破壊されており，流下土砂の衝撃が伺い知れる（**写真 2.2.2-10**）。

下流の平地部には流下土砂のまさ土が広範囲に堆積した。被災前の様子から，谷の出口には果樹園が広がり，さらに下流には住宅が広がっていることがわかる（**写真 2.2.2-12**）。崩壊発生 4 日後の 7 月 11 日に撮影されたドローン画像（愛媛県土木部提供）を確認すると，果樹園はほとんどが土砂に覆われ，下流の住宅にも広く土砂が流入している（**写真 2.2.2-13**）。**図 2.2.2-4** に泥水が到達した範囲を示しており，その面積は約 40,000m^2 である。付近を流れる戸板川にも土砂が流入し河道埋塞が生じたことで，山地からの雨水を十分に排水できず，被害範囲が拡大したと考えられる（**写真 2.2.2-11**）。**写真 2.2.2-13** の中央奥にも，多々羅温泉の脇を流下する別の斜面崩壊によ

る土砂の流入が確認される。よって，一帯の堆積土砂のボリュームは二箇所の崩壊土砂の合計であると考えられ，さらなる調査が必要である。

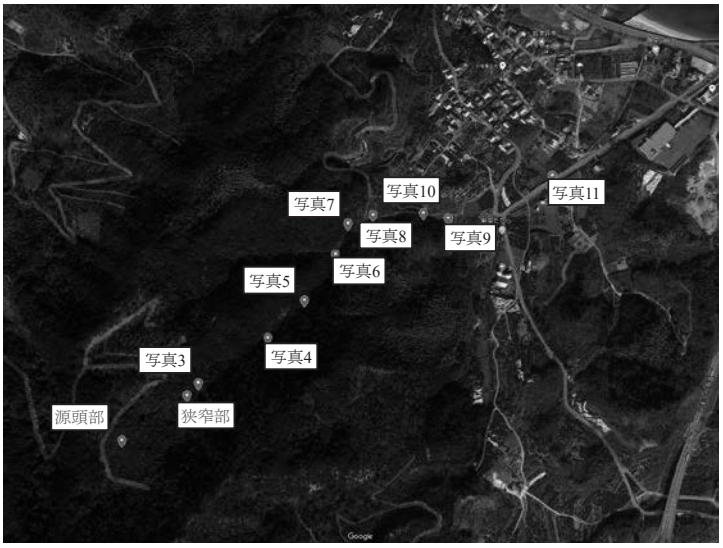


図 2. 2. 2-3　現場位置図（Google マップ）

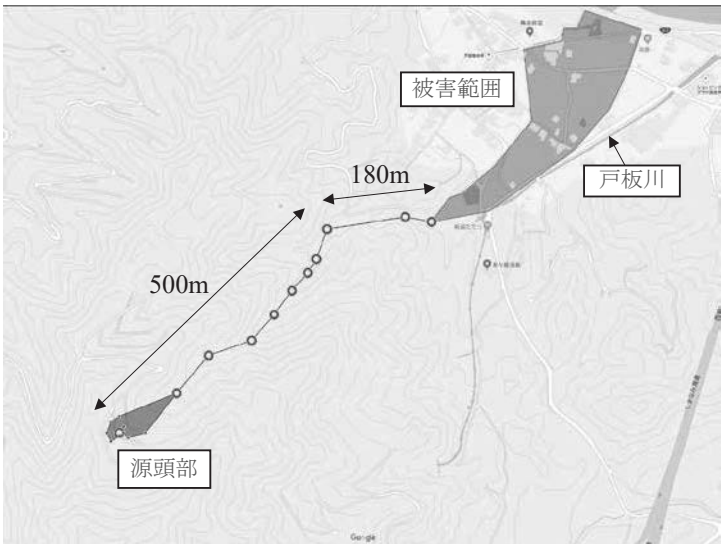


図 2. 2. 2-4　計測位置図（Google マップ）

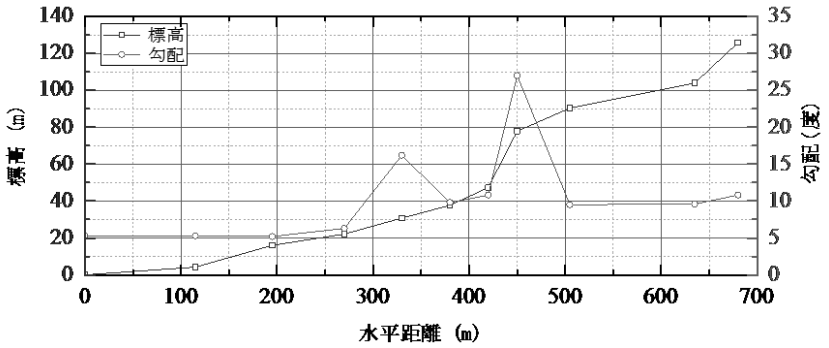


図 2. 2. 2-5　縦断図

写真 2.2.2-1　源頭部（中央奥に未崩壊部が残る）（上流方向に撮影）

写真 2.2.2-2　源頭部の北側斜面
（下流方向に撮影）

写真 2.2.2-3　コンクリート擁壁
（上流方向に撮影）

写真 2.2.2-4　勾配の変化地点
（下流方向に撮影）

写真 2.2.2-5　風化土の堆積の様子

写真 2.2.2-6　流下経路
（下流方向に撮影）

写真 2.2.2-7　小さな岩石の散乱
（下流方向に撮影）

写真 2.2.2-8　砂防堰堤

写真 2.2.2-9　コンクリート擁壁
（上流方向に撮影）

写真 2.2.2-10　破壊された小水路

写真 2.2.2-11　戸板川の河道埋塞

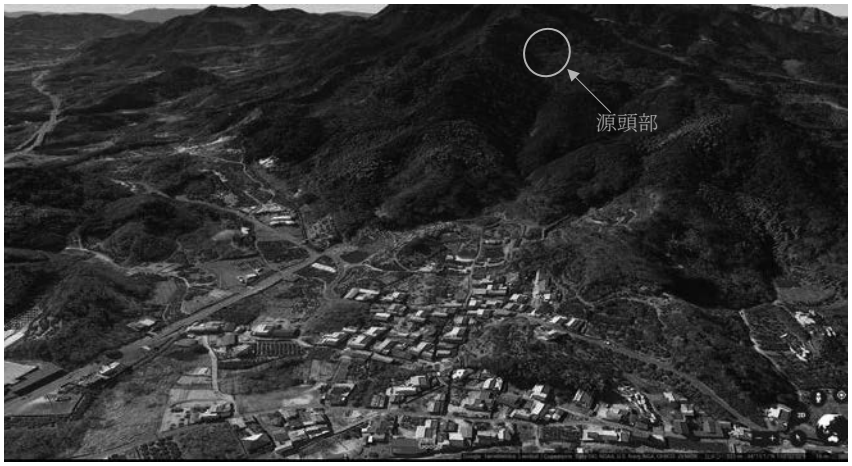


写真 2.2.2-12　被災前の様子（Google earth）

写真 2.2.2-13　ドローン画像（愛媛県土木部提供　7/11 撮影）

(3)　伯方島：有津地区の土石流

図 2.2.2-6 に伯方島（はかたじま）の有津（あろうず）地区に発生した大規模土石流の位置を示す。**図 2.2.2-7** は土石流のおおよその発生範囲である。

図 2.2.2-8 に本土石流発生地域の地質図を示す。伯方島全体は花崗岩の塊であり，今回の土石流発生地域も風化花崗岩地域内にある。花崗岩は，風化しやすく降雨による斜面崩壊や土石流の最も脆弱な岩類である。愛媛県域では，松山市以北で領家帯の花崗岩の分布が多く見当たり，過去にも豪雨時の斜面崩壊が多発している。

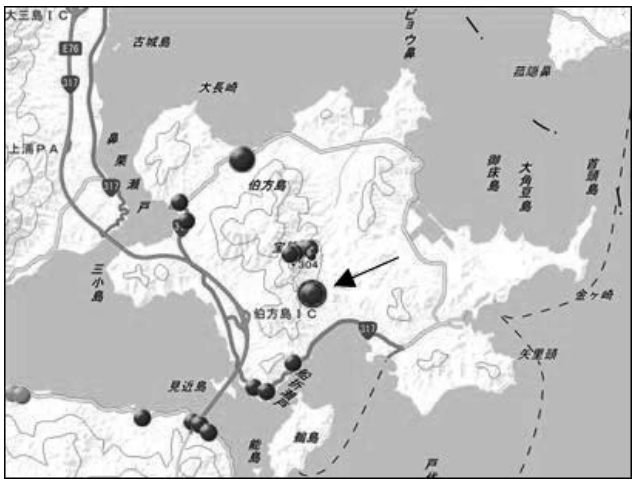


図 2.2.2-6　伯方島：有津地区の斜面災害位置

本災害地における土石流の流下長は約 600m に及ぶ。源頭部は宝股山（ほこやま）の頂上周辺に敷設された遊歩道（現在は使われていない様子）より傾斜角約 35 度の基盤岩上を崩落している。その様子を**写真 2.2.2-14** に示す。また，源頭部と直撃被害にあった人家位置の高低差が約 165m であり，その平均勾配は約 16 度である。その様子を**図 2.2.2-9** に土石流が発生した沢の推定断面に示す。

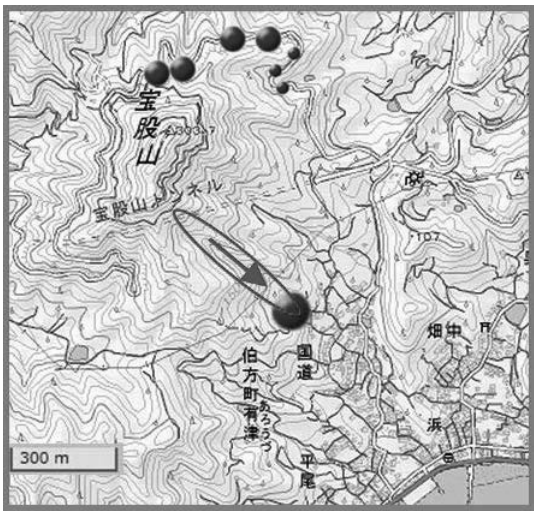


図 2.2.2-7　有津地区の土石流範囲

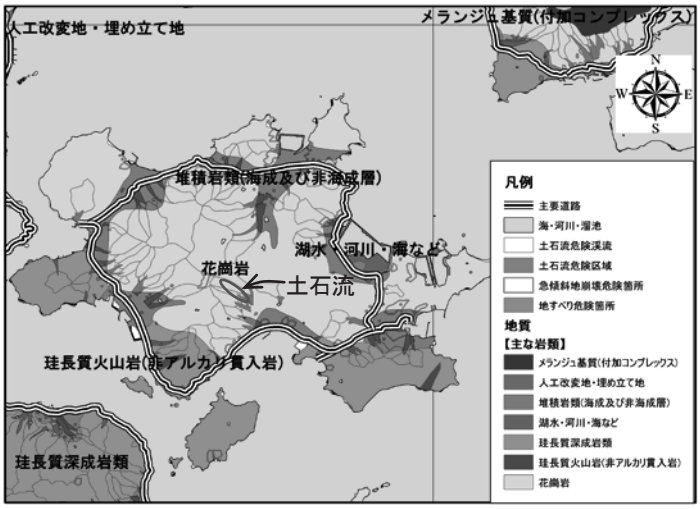


図 2.2.2-8　伯方島全体の地質図

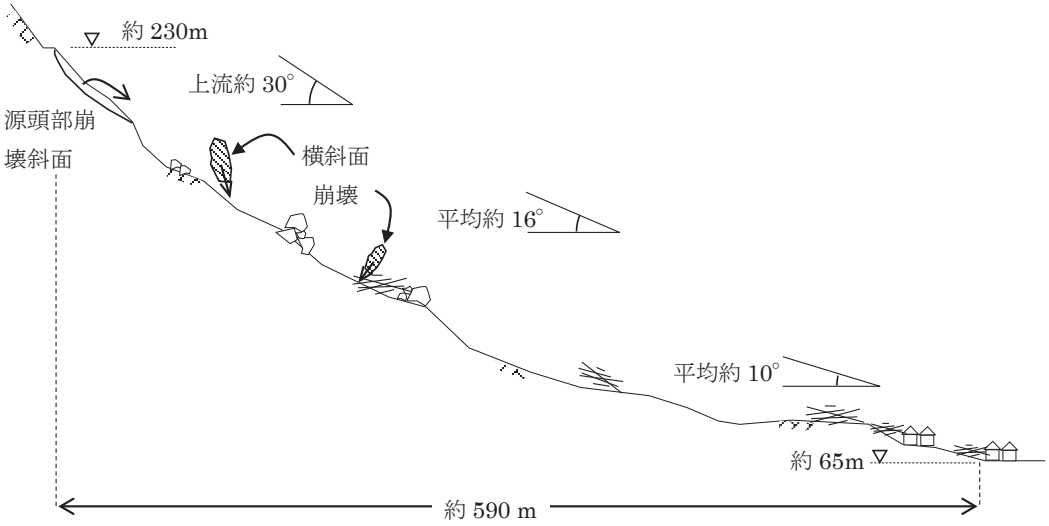


図 2.2.2-9　土石流が発生した沢の推定断

現地確認では，土石流として土砂が流れた沢の下流側の左右斜面も数カ所で崩壊しており，沢を流れる水を一時的にせき止めたと考えられる。せき止めたという痕跡自体は確認できなかったが，横の斜面が崩壊しており，その土砂が水道にたまるとせき止めダムが生成されることによって一旦水が溜まり小さなダム湖ができる。その後，時間が経つにつれて，せき止めた土砂が少しずつ崩れていくか，溜まった水が土砂を越流して土砂崩壊が起きることにより，かなりの破壊力を持った土砂と水が一気に下流へ流れ下る。これが一般的な土石流の発生メカニズムであるが，今回伯方島の有津地区に発生した土石流でも同じ現象が見られた。平均的な流下勾配はやや低いが，沢が狭く土砂量も多いため，土石流の破壊力はかなり大きいと予想できる。

写真 2.2.2-14　源頭部

本土石流の基になった斜面崩壊は源頭部での幅約 40m と表層崩壊であった（**写真 2.2.2-14**）。崩壊深さは平均約 2m と推定できたので，長さも幅と同等な規模で考えれば，約 3,000m^3 の土砂が崩壊し，流下したであろう。流下道である沢は下流のところどころかなり狭く（**写真 2.2.2-15**），また数カ所での横斜面の崩壊土も併せて

10,000m^{3}以上の土砂が土石流となって流下したと考えられる。下流での流木もやや見られ（**写真 2.2.2-16**），土砂と流木による被害は比較的大きかった。また，**写真 2.2.2-17** にはかつて存在した水田の痕跡が確認でき，以前はおだやかな沢部であったことが分かる。なお，土石流に直撃され被害を受けた人家は，6～7 軒であり（**写真 2.2.2-18**，**写真 2.2.2-19**），残念ながら 1 名の方が犠牲になった。

写真 2.2.2-15　土石流の中流部

写真 2.2.2-16　土石流の先端部

写真 2.2.2-17　かつての水田跡

写真 2.2.2-18　被害状況

写真 2.2.2-19　人家の被害状況（土石流直撃箇所）

(4)　伯方島：前島港新町地区の土石流

図 2.2.2-10 に伯方島の前島港新町地区に発生した大規模土石流の位置を示す。**図 2.2.2-11** は土石流のおおよその発生範囲である。当地は伯方島の中央に鎮座する宝股山を挟んで，有津地区に発生した大規模土石流の反対側（北側斜面）に位置する。土石流発生地域の地質は，**図 2.2.2-12** に示すように，有津地区に同じく花崗岩である。

図 2.2.2-13 に土石流発生地の概略平面と地形を示す。また，**図 2.2.2-14** に土石流が発生した沢の推定断面を示す。本災害地の流下長は約 600m に及ぶ。源頭部は旧石切場跡と推察され，**写真 2.2.2-20** からうかがえるように，急傾斜で平らな岩盤上の堆積土（土塊）が雨水浸透による自重の増加と滑り面の摩擦力の低減とともに洗い流されるように崩落したと

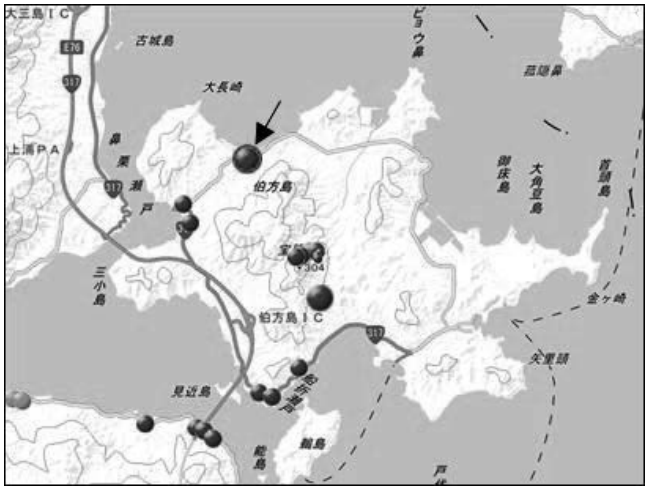


図 2.2.2-10　伯方島：前島港新町地区の斜面災害位置

図 2.2.2-11　前島港新町地区の土石流範囲

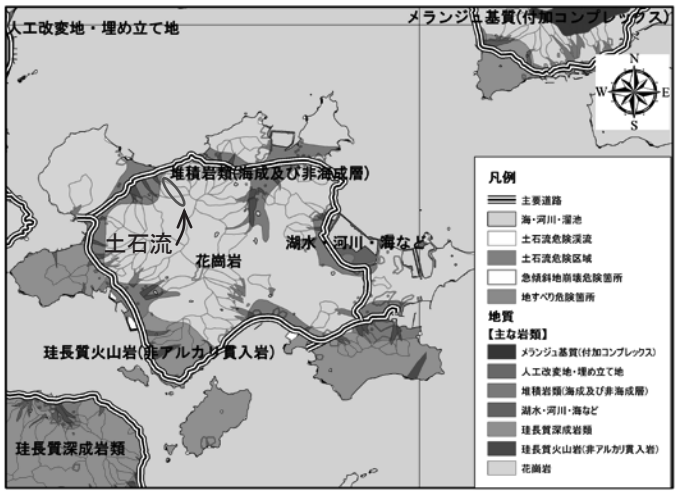


図 2.2.2-12　伯方島全体の地質図

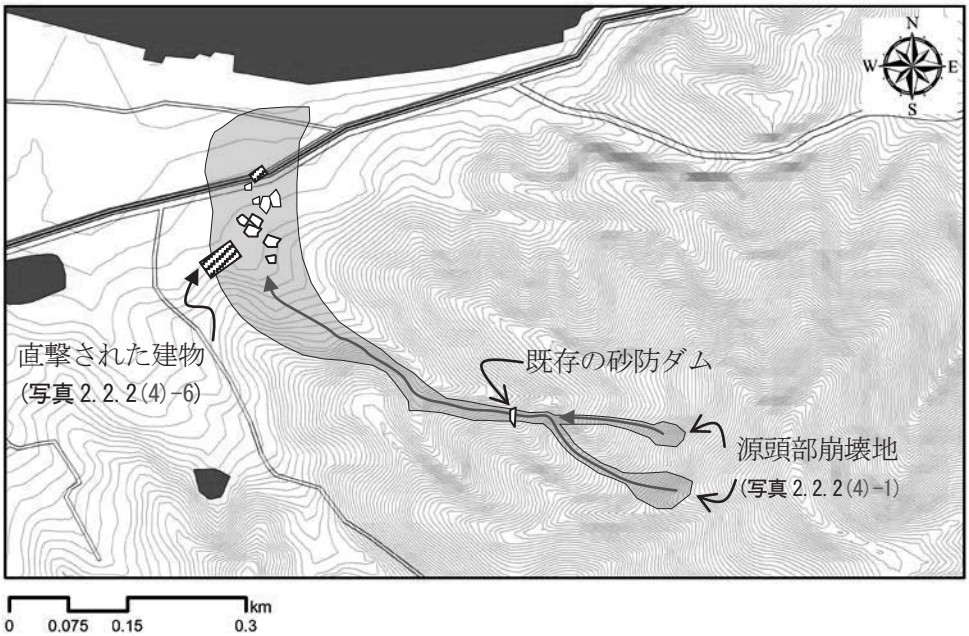


図 2.2.2-13　土石流発生地の概略平面と地形

考えられる。このすべり面（岩盤）の傾斜角は約 35 度と推定される（**図 2. 2. 2-13，14** 参照）。なお，源頭部の最頂部は危険なため確認できていない。

推定される流下距離は，**図 2. 2. 2-14** に示すように約 700m で，源頭部から土砂到達点の県道 50 号線までの推定の高低差は約 175m である。これより，平均流下勾配は約 14 度と算出できるが，下流では勾配がやや低く，上流の斜面が比較的急で勾配を 35 度以上と推定される。また，**写真 2. 2. 2-21** に示されるように，中流部においても硬質な花崗岩が露になっていることが分かる。この箇所においても，岩盤上に堆積していた土砂（まさ土）が，上流からの液状化した土砂の流れに巻き込まれながら，洗い流されるように滑り落ちたと推察される。また，有津地区の土石流で見られたと同様に，本土石流においても横斜面崩壊が多数見られた。流木もかなり目立った。上流を登ってみると，県道 50 号線より上流約 350m の位置に既存の砂防堰堤も見られ，過去にも何度か土石流が発生した渓流であったと推察される。

中流付近に設置された砂防堰堤については，ほぼ土砂で満杯になっており，追加工事をされたとみられる堰堤上部は今回の土砂流出によって破壊されていた。**写真 2. 2. 2-22** にその損壊の様子を示す。この堰堤の上部は，既存の堰堤に乗せたような構造であり，一体となるように固定されていたとは思えなかった。

各写真を見ると，**写真 2. 2. 2-20** からは表層土と共に岩盤崩壊も生じたこととが，**写真 2. 2. 2-21** からは河床岩盤は層理面のような亀裂が多く，崩壊し易いものであったことが推察される。その結果，**写真 2. 2. 2-24** に示すように，直径 2m～3m の転石も沢を下って最終到達点まで至っていた。この被災地では，幸い人的被害がなく済んだが，道路，家屋や土地等の被害は目立った。被害の一例として，**写真 2. 2. 2-25** に土石流が建物側面に直撃した様子を示す。また，現地を確認した 7 月 19，20 日時点ではすでに県道に覆いかぶさった土砂は撤去されて道路啓開は終了していたが，**写真 2. 2. 2-26** に示すように多量の土砂が道路を越えて，人家周辺に土砂災害を及ぼした状況が残されていた。

なお，現地調査の際に住民の方にうかがった話では，崩壊時刻は 7 月 7 日朝 8 時頃であり，流出した土砂が道路を越えた場所の人家に流れ込んだため，そこにお住まいの年配者の救出（建物内から連れ出すこと）に労力を要したとのこと。また，この周辺では海岸付近に巨石が多く点在しており（現在は埋め立てにより見ることは出来ない），災害地近くの住家にも巨石が残っている（**写真 2. 2. 2-27**）とのことであった。それが昔の石切り場の名残なのか，過去に生じた土石流の痕跡なのかは確認していないが，地域の特徴を示すものの一つとして興味深い。

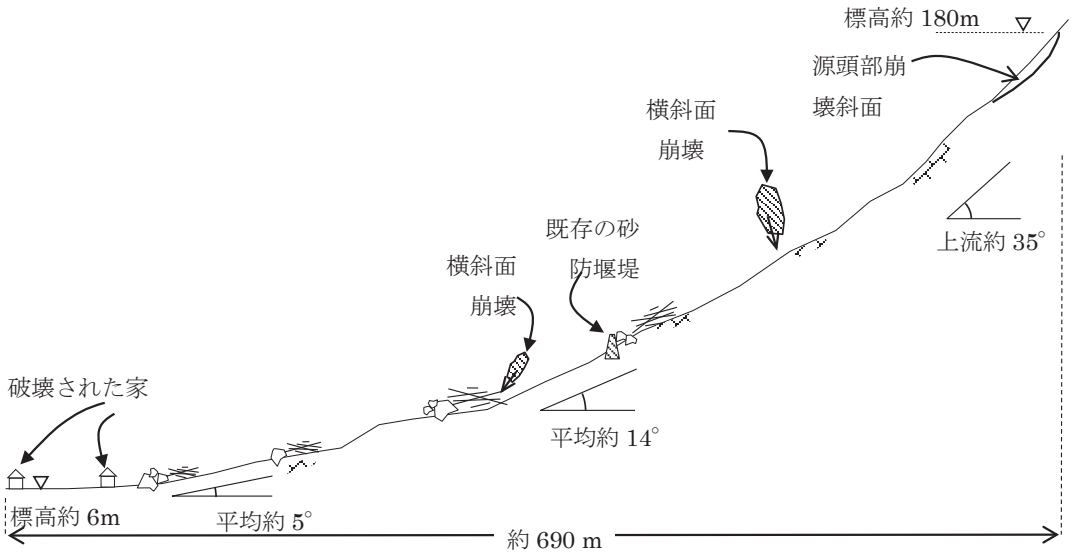


図 2. 2. 2-14　土石流が発生した沢の推定断面（GoogleEarth 参考に作成）

写真 2.2.2-20　源頭部

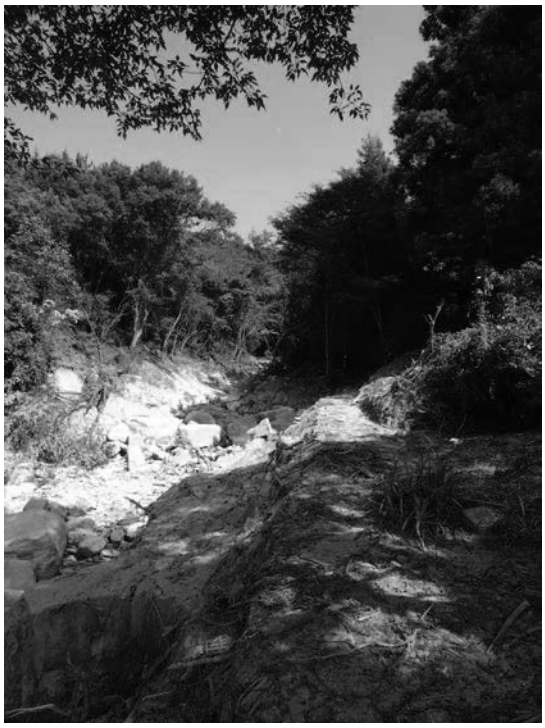


写真 2.2.2-21　土石流の中流部

写真 2.2.2-22　堰堤（上部）の損壊

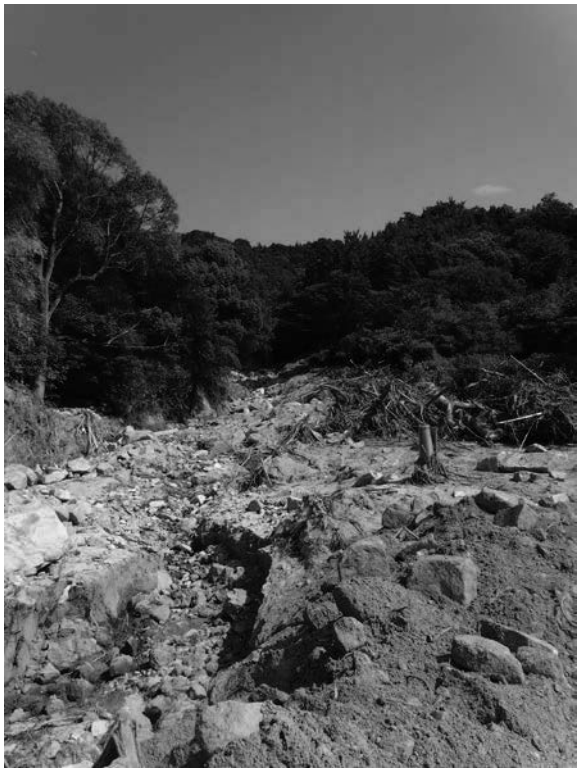


写真 2.2.2-23　土石流の先端部

写真 2.2.2-24　転石

写真 2.2.2-25　被害状況（家屋の損壊）

写真 2.2.2-26　被害状況（道路を越えた土砂）

写真 2.2.2-27　被災地近くの住家に残る巨石

(5)　伯方島：山中道路斜面の崩壊

図 2.2.2-15, 16 に，宝股山を外周する山中道路において，その上部の道路斜面に多発した崩壊の確認位置を示す。これらは，図中に示す有津地区の土石流の源頭部よりも高位に敷設された狭隘な道路部の斜面に発生した崩壊である。確認地点は図中〇印の 8 地点であるが（小さい〇は，位置座標が確定的でない），諸環境を勘案すれば，踏査しなかった場所にも同様な斜面崩壊が多数，発生していたと推察される。

写真 2.2.2-28～30 に示すように，各崩壊箇所の斜面は補強工が施されておらず未整備状況の林道であるため，道路わきの斜面の小規模崩壊がやや目立った。また，小規模土石流と見られた沢もいくつか存在していて，破壊力はそれほど大きいとは確認できなった。小規模斜面崩壊は，平均深さが約 1m，幅 3m～6m，そして斜面長が 3m～10m ほどのものだった（**写真 2.2.2-28～30**）。

また，これらの崩壊による被害は特に確認できなかったが，崩壊土砂が道路を塞いだりしている箇所も確認できた（**写真 2.2.2-28**）。路肩斜面の崩壊による，ガードレールの破損等も確認できた。

各崩壊地はすべて島中央部で確認したものであるため，地質は花崗岩である。しかし，崩壊土のほとんどが風化花崗岩からなるまさ土であったことが分かった。

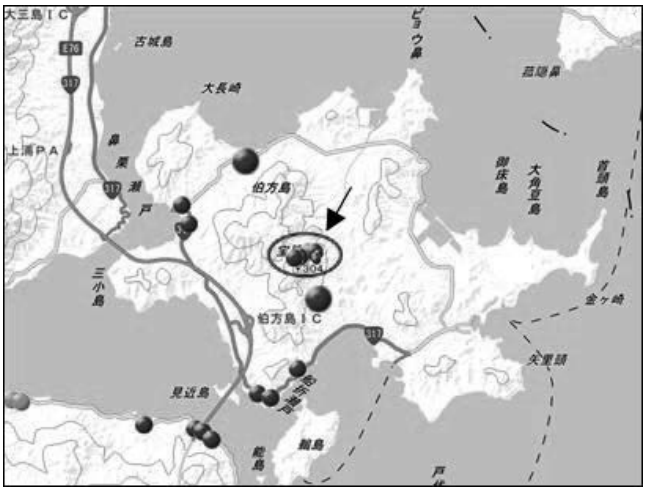


図 2.2.2-15　伯方島：山中道路斜面の崩壊位置

図 2.2.2-16　調査確認範囲と崩壊位置

写真 2.2.2-28　崩壊状況（1）

写真 2.2.2-29　崩壊状況（2）

写真 2.2.2-30　崩壊状況（3）

(6) 大島：吉海町田浦地区などの道路盛土崩壊

図 2.2.2-17 に大島の吉海町田浦地区に発生した道路盛土斜面崩壊の位置を示す。図中，左側（西）が田浦地区の大きめの崩壊で，右側は早川地区のやや小規模な崩壊が発生している。その間には，土石流も発生している。

現地確認からは，**写真 2.2.2-31** のように本崩壊は完全に谷間の盛土が擁壁変動（転倒？）に伴い斜面崩壊を引き起こしたとわかる。もともと谷地形の場所であり，盛土して道路は作られたが谷地形から流れてくる表流水の水道が不十分であったと見え，今回の大量雨水がきちんと流れず，擁壁に設計値を超える水圧が働き，変動または転倒の原因になったと考えられる。盛土部分はほぼ完全に崩壊しているため，道路（県道 49 号線）は山ぎわの 2m ほどの幅が残り，普通車が通れない状況になっていた。また，盛土崩壊によりガードレールが破損されていた。

写真 2.2.2-32 と**写真 2.2.2-33** は，早川地区における道路盛土の崩壊と土石流の様子である。

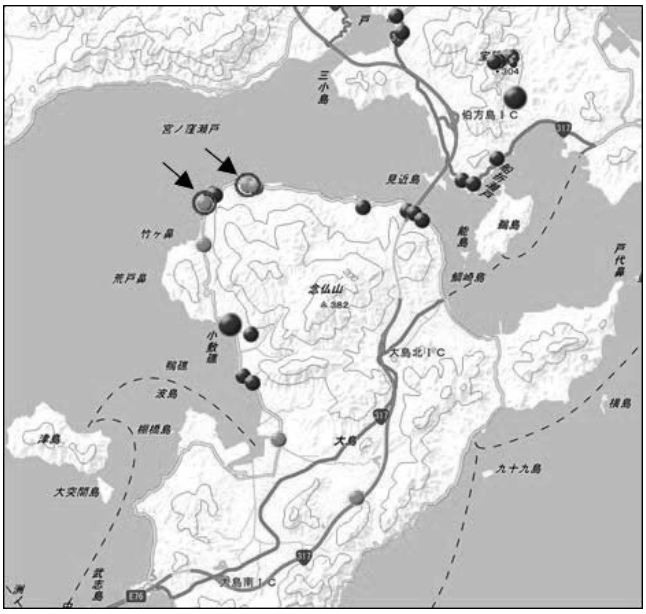


図 2.2.2-17　大島：吉海町田浦地区の道路盛土崩壊位置

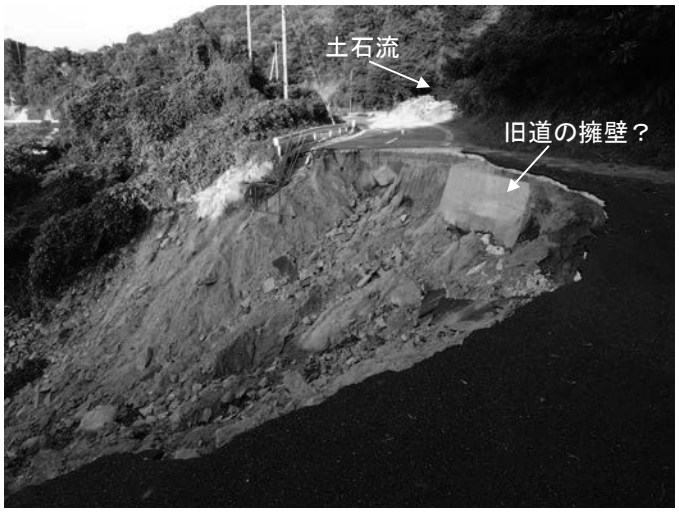


写真 2.2.2-31　道路盛土斜面の崩壊（田浦地区）※右写真は見下ろした方向

写真 2.2.2-32　道路盛土斜面の崩壊（早川地区）

写真 2.2.2-33
道路上部斜面谷部の土石流（早川地区）

2.2.3　中予地方の斜面災害（松山市周辺の調査）

本項には，災害調査団の各団員による現地調査より，中予地方の松山市周辺における斜面災害の調査情報をとりまとめる。なお，この地域は領家帯花崗岩帯に位置し，花崗岩が風化したまさ土斜面の崩壊が当地域における斜面災害の特徴である。

(1)　概要

中予地方においては，松山市の西北部周辺と島嶼部において 73 ヶ所の斜面災害が発生しており，伊予市，東温市，砥部町，久万高原町の斜面災害は数ヶ所に留まっている（**表 2.2.1–2** 参照；愛媛県砂防課集計）。地質的には松山市周辺がまさ土地帯であることが大きな違いである。このうち土石流は松山市において 11 ヶ所が発生し，多大な被害をもたらしている。人的被害（死者 3 名）は怒和島の上怒和地区の土石流により発生した。

図 2.2.3–1，2 に，中予地方の北条・下難波地区と高浜地区など地域の調査結果より主な斜面災害の分布を示す。ここでの斜面災害は以下のように分けられる。

土石流 ‥ 怒和島（上怒和地区），北条・下難波（庄地区，才之原地区），高浜地区，客地区など
斜面崩壊（がけ崩れ）‥興居島など，道後地区などにおける道路斜面等の崩壊
樹園地斜面の崩壊（みかん畑の崩壊，土石流）‥ 松山市内
その他 ‥ 高浜地区では冠水被害や土砂流入によるトンネル坑口の閉塞なども発生

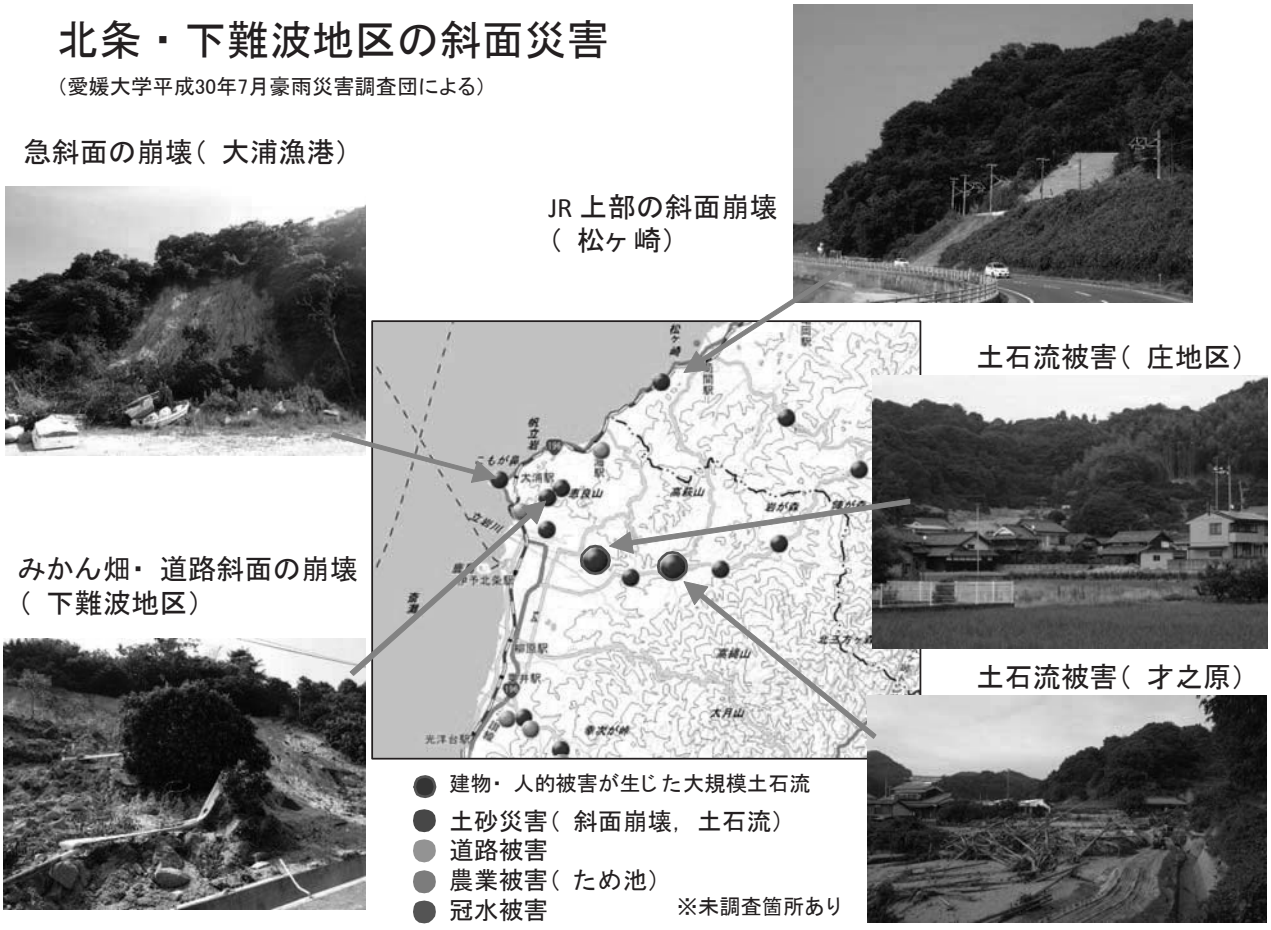


図 2.2.3–1　中予地方（松山市周辺：北条・下難波地区）の斜面災害の分布（調査地点）

図 2.2.3-2　中予地方（松山市周辺：高浜地区など）の斜面災害の分布（調査地点）

(2)　島嶼部：松山市怒和島上怒和地区の土石流

図 2.2.3-3 に，松山市の怒和島における土石流の発生位置を示す。斜面崩壊により，土砂が住宅 1 軒に流入，人的被害が生じた。

災害地は，**図 2.2.3-4** に示す怒和島の上怒和地区であり，崩壊斜面の全長は約 105m である。地質図から判断すると，怒和島は領家帯花崗岩地域に属している。

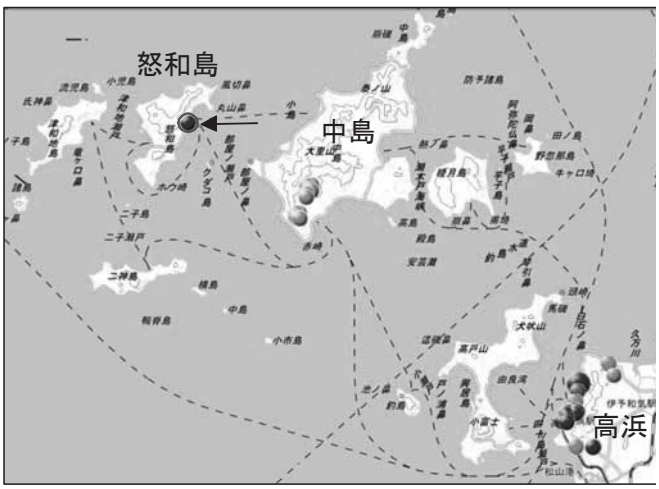


図 2.2.3-3　上怒和地区の土石流位置

斜面崩壊の全景を**写真 2.2.3-1** に示す。写真中央に擁壁の一部が残存しているものの，写真左側から土砂が下流に流亡し，住宅 1 軒に流れ込んだ。**写真 2.2.3-2** は源頭部を捉えたものである。崩壊幅は約 7.5m，平均的な崩壊角度は約 31 度である。崩壊部はやや谷地形になっており，雨水を集水しやすい地形であったと推察される。源頭部付近にクラックは確認されず，即座に新たな崩壊が生じる状態ではない。源頭部の上部には，耕作放棄されたと思われる石積みの段畑が確認できる（**写真 2.2.3-3**）。下流の堆積土砂にも同様の石が散乱していたことから，崩壊部においても同様の石積みが存在していたと推測される。

源頭部直下の崩壊斜面中央には，一部崩壊を免れた箇所が確認される（**写真 2.2.3-4**）。未崩壊部は左右の植生が残る地盤よりもやや低くなっており，谷地形であったことが伺える。未崩壊部を含めた崩壊幅は約 6.5m であり，

源頭部よりやや狭くなっている。写真右側には畑作業用と思われるモノレールが写っている。レールの固定具の高さから推定するに，崩壊斜面の厚さは 1m 程度である。

そこから 44m 程度下部の斜面勾配は 24 度程度であり，上部より緩くなっている。崩壊幅は約 11.8m であり，一度狭くなった崩壊幅が再び拡大している。斜面には水流により崩壊土砂が掘削された跡が残っている（**写真 2.2.3-5**）。その深さは 2m 強であるが，この流水跡の底にも岩盤の露出は確認できなかった。上部の崩壊厚さは 1m 前後で薄いこと，岩盤が現れていないこと，未崩壊部が残っていることから，表層崩壊である可能性が高い。上述のように石積みの段畑地形であるため，その土地利用が崩壊に影響した可能性も考えられるが，さらなる検証が必要である。

さらに 11m 下部の斜面勾配は 19.5 度であり，勾配は減少しているものの依然として比較的大きな勾配を保っている。崩壊幅は 10.8m であり，ある程度一定の幅を保っている。住宅のすぐ背後には擁壁が築かれていたものの，下流側から見て左側の擁壁は破断し，残存部分も下部が折れ，全体的に前面に押し出されている（**写真 2.2.3-6**）。破壊された左側部分の元々の構造に関しては確認が必要である。

下流の住宅には土砂が流入し，住宅は完全に分断され，写真右側の部分はさらに下流に流されている（**写真 2.2.3-7**）。残存する左側部分も土砂で埋まっており，裏口の埋まり具合から 0.8m 程度の土砂が堆積しているものと推定される（**写真 2.2.3-8**）。

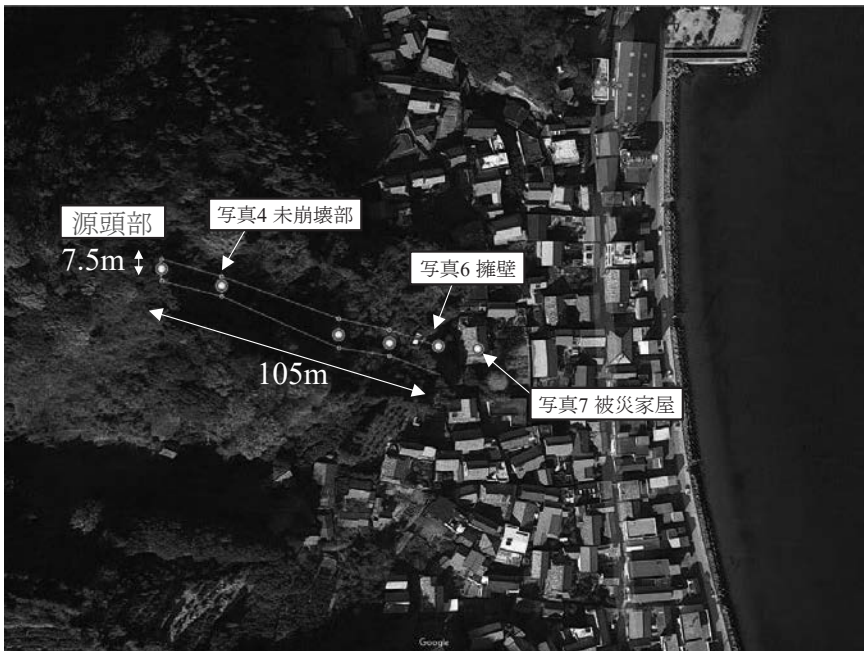


図 2.2.3-4　現場位置図（Google マップ）

写真 2.2.3-1　被害の全景

写真 2.2.3-2　源頭部

写真 2.2.3-3　源頭部上部の石積み
（上流方向に撮影）

写真 2.2.3-4　崩壊斜面（下流方向に撮影）
（右側にモノレールが写る）

写真 2.2.3-5　斜面下部
（上流方向に撮影）

写真 2.2.3-6　崩壊した擁壁

写真 2.2.3-7　被害を受けた住宅の全景

写真 2.2.3-8　住宅に流入した土砂

(3) 島嶼部：松山市興居島の斜面崩壊と土石流

図 2.2.3-5 に興居島における斜面災害分布を示す。8 月 20 日に調査し，興居島では 39 箇所（2 箇所は地図で未特定）の斜面崩壊を確認した。**図 2.2.3-6** に興居島の地質を産総研シームレス地質図より示すが，斜面崩壊地のほとんどが花崗岩地帯であることがわかる。

以下，**図 2.2.3-7** に示す崩壊箇所の地名にしたがって，各斜面の崩壊状況を述べる。

(A) 旧・泊小学校西側斜面

松山市泊町（興居島）の旧・泊小学校西側の斜面において小規模な崩壊が起き，松山市が民間活用でレストランとして活用してもらっていることから，その後の危険性の判断と安全対応策の立案が必要となり，8 月 20 日に現地調査した。

図 2.2.3-8 に愛媛土砂災害情報マップと旧・泊小学校の位置を示す。旧・泊小学校の西側に隣接する斜面においてがけ崩れが生じ，樹木が落下して，土が露出する被害が生じた。**写真 2.2.3-9** に旧・泊小学校の崩壊斜面を示す。プール背後の敷地西側斜面の 4 箇所で変状が確認できた。正面から見える土が露出した崩壊斜面 B の左右に崩壊部がある。右側（北側）の崩壊部 A の幅は約 16m，崩壊部 B は幅約 6m，崩壊部 C は幅が約 4m，崩壊部 D は幅が約 2m であり，崩壊部 A は地すべり性で，他は表層崩壊である。**図 2.2.3-9** に旧・泊小学校西側斜面の崩壊部 A～D の状況を示す。

(a) 崩壊 A

写真 2.2.3-10 に崩壊 A 部分を示す。幅 16m，滑落高さ 3.0m で，地盤が立木をそのまま平行移動したように下方に移動していた。地すべりのような移動形態。細かく見ると，北側 11m 幅，南側 5m 幅の二つの馬蹄形のすべりすべり面を持ち，滑落していた。滑落崖は，最上部 50cm は表土であるが，その下は風化花崗岩であり，切削抵抗は大きかった。

図 2.2.3-8 愛媛土砂災害情報マップと旧・泊小学校の斜面崩壊

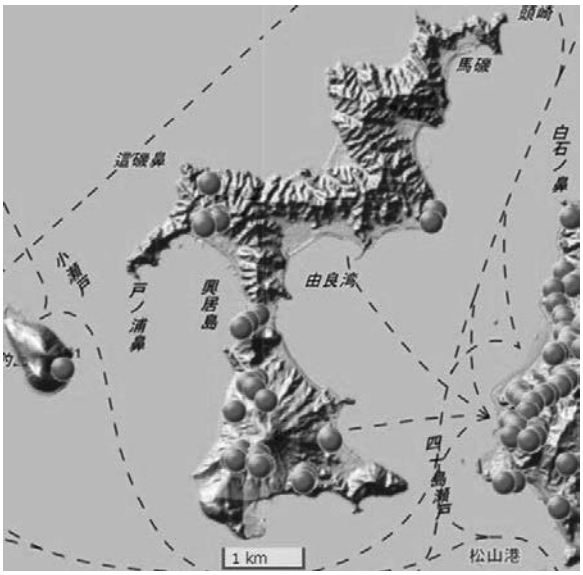


図 2.2.3-5 興居島における斜面災害分布

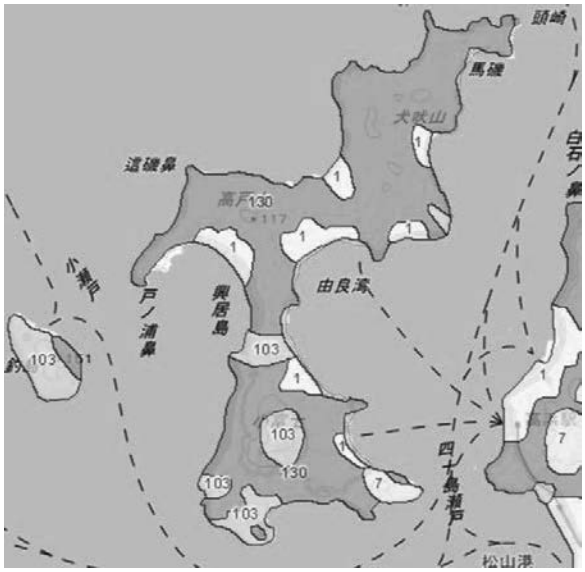


図 2.2.3-6 興居島の地質
（産総研シームレス地質図）

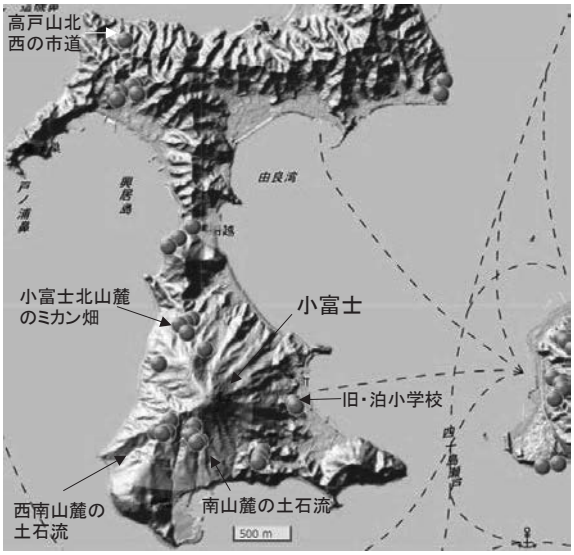


図 2.2.3-7 斜面崩壊箇所の地名

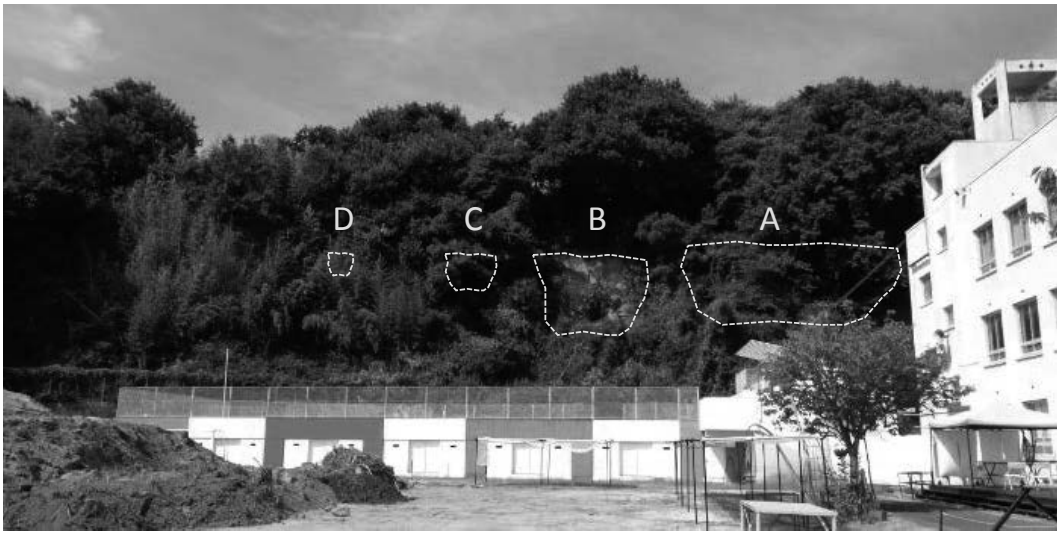


写真 2. 2. 3-9　松山市泊町（興居島）の旧・泊小学校の崩壊斜面（8 月 7 日）

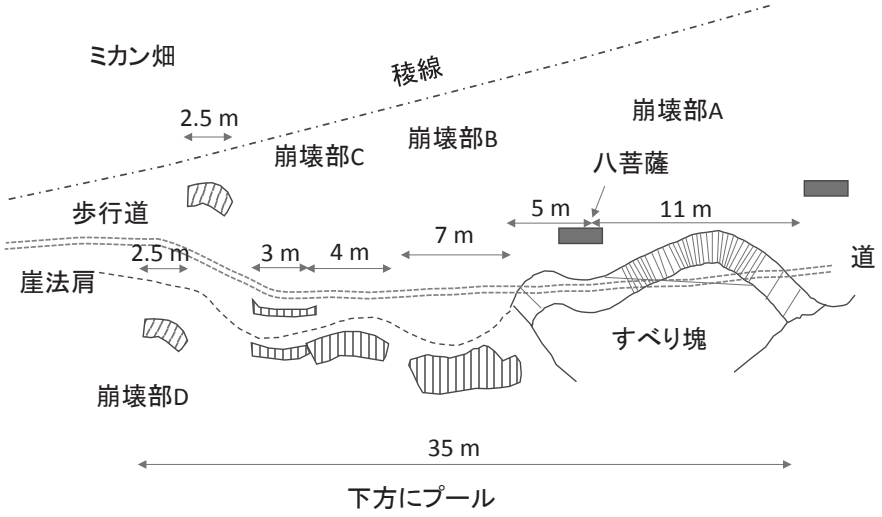


図 2. 2. 3-9　旧・泊小学校西側斜面の崩壊部 A～D

深さ 80cm のところにソイルパイプらしき穴跡が認められた。滑落面は傾斜が 56～63 度であった。移動土塊の幅あたりの断面積は，5×6＋4×5/2=30+10=40 m^2 であるとすると，体積は 16×40=640 m^3 となる。したがって，潜在的に最大 640m^2 の崩壊土砂が敷地側に落下してくる可能性がある。

(b) 崩壊 B

写真 2. 2. 3-9 で唯一，崩壊 B は斜面崩壊面の土砂が露出している部分である。**写真 2. 2. 3-11** に崩壊部 B の状況を示す。幅 6m に亘り長さ 5m の表層崩壊が起きていた。斜面の勾配は 60 度で，滑った表層の厚さは 0.2～0.8m である。崩落土砂はまさ土である。滑落土砂崩壊の中央堆積部には，斜面上の樹木が，樹冠を下にして落下していた。根系の深さは 70cm であった。平均 0.6m とすると 6×5×0.6=18m^3 である。

(c) 崩壊 C

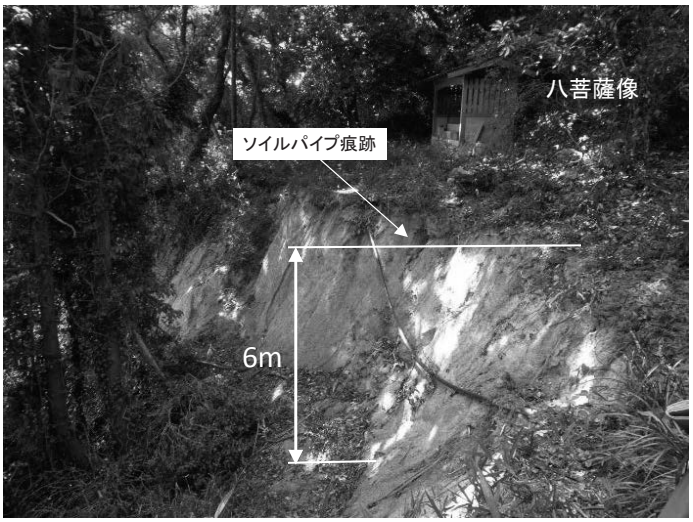


写真 2. 2. 3-10　旧・泊小学校の崩壊斜面の崩壊部 A～D

崩壊部 C は，北側に幅 4m，高さ 4m の滑落崖，南側に連続して幅 3m，高さ 1.2m の滑落崖が認められた。厚さはいずれも 0.6m 程度である。また，この崩壊部の背後 2m のところに地盤に 80cm の段差があった。したがって，この斜面の法肩部には法線平行方向に節理があり，またはそれが発達して亀裂となり，表面水が浸み込みやすい環境にある。これより，法線直交方向に連続的に法線平行方向亀裂が入り，これが豪雨時に活動したものと推察される。この区間の法線は凹んでおり，過去の滑落崖と見ることができる。

(d) 崩壊 D

崩壊部 D は，約 2.5m 幅で滑落していた。それより稜線側（ミカン畑との境界部斜面）には幅 2.5m の過去の小規模崩落痕があった。

(e) 崩壊斜面全体

旧・泊小学校のプールの西側に近接する斜面は傾斜が北西に伸びる稜線があり標高 40m 以上に達するが，その中腹 20m から 25m の高さに遷緩線と遷急線に挟まれた人道があり，遷急線の東側がプールに隣接する斜面となっている。斜面下端は強風化花崗岩，斜面上端ではまさ土化した花崗岩であった。

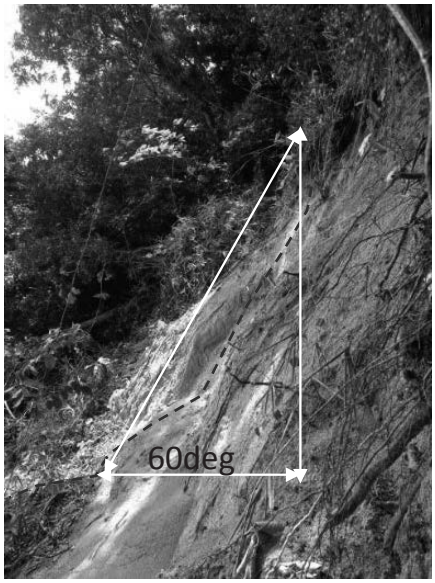


写真 2. 2. 3-11　旧・泊小学校の崩壊斜面の崩壊部 B

(a)から(d)で記述した崩壊部 4 箇所で合計 35m にわたり大小の崩落が認められ，豪雨時にこれらの全体がすべる可能性も否定できない。これら崩壊部 4 箇所はいずれもミカン畑側に稜線を有し，集水地形となっており，崩壊部 A から D までを図に描くと，おおむね道に沿う遷急線に沿って並んでいる。この中で崩壊部 A はすべり土塊が大きく，潜在崩落土量も 640m^3 と大きい。崩壊部 C の崩落土量も潜在的に大きく A の 3/5，すなわち 256m^3，崩壊部 B は表層すべりなので崩落土量は 50m^3 で重要度は低い。崩壊部 D は B の 2.5/7，すなわち 18m^3 である。以上を合計して，640+256+50+18=964 m^3 の潜在崩壊土量があると判断した。

(B) 高戸山北西部の市道

図 2. 2. 3-10 に興居島の高戸山北西部の市道の崩落位置の地形を示す。崩落した道路は崩壊地形を通る。滑落崖は稜線よりも少し下方にある。**写真 2. 2. 3-12** に市道の崩落の状況を示す。市道が谷の上方から幅 40m にわたり崩落していた。滑落崖部分では幅は広くなかったが，市道付近で一気に幅が広がったように見える。

写真 2. 2. 3-13 に市道より上方にある源頭部滑落崖の状況を示す。斜面表面より 80cm と 2m の深さにソイルパイプが認められた。稜線よりも幾分下にあり，水の供給量も多かったのかもしれない。**写真 2. 2. 3-14** に崩壊市道の基礎地盤の状況を示すが，2.5～5.2m に花崗岩や砂岩が出てきており，それまではまさ土であった。しかし，砂岩や凝灰岩の岩塊も混じっていた。したがって，2～7m の深さの表層まさ土が流下したものと推察される。**写真 2. 2. 3-15** に崩落した土砂と斜面の状況を示す。土砂が幅 40m～20m にわたって流下して海岸線にまで達していた。未風化花崗岩が見られたが，よく見ると花崗岩の造形物であった。

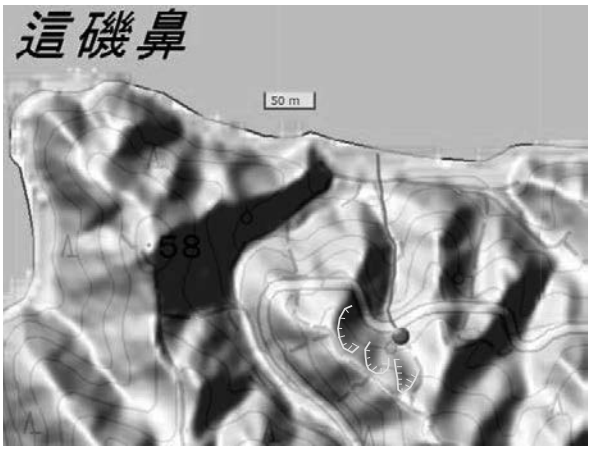


図 2. 2. 3-10　興居島の高戸山北西部の市道の崩落位置の地形

写真 2. 2. 3-12　興居島の高戸山北西部の市道の崩落（8 月 7 日）

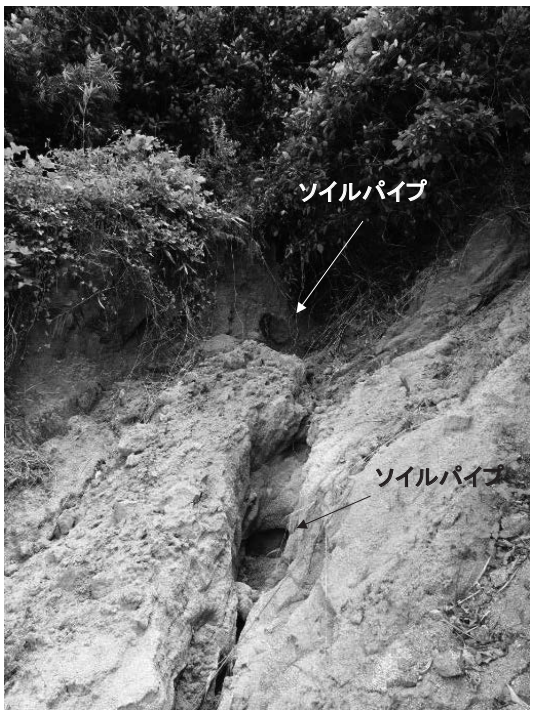


写真 2.2.3-13　興居島高戸山北西部の崩壊市道の源頭部
（ソイルパイプが 2 つ認められた）

写真 2.2.3-14　興居島高戸山北西部の崩壊市道の基礎地盤

写真 2.2.3-15　興居島の高戸山北西部の市道の斜面崩壊

(C) 興居島の小富士北山麓

図 2.2.3-11 に興居島の小富士北山麓の崩落斜面の地形を示す。この図には 4 つの滑落崖と 2 箇所の土石流と 1 箇所の斜面崩壊を示す。いずれも稜線の下，遷急線直下に滑落崖がある崩壊である。これ以外にも山麓東側に 2 箇所の大規模な斜面崩壊があった。

写真 2.2.3-16 に山麓斜面の最大の崩落を示す。幅 10m の土石流となり 230m 流下して，下方で道路を越えてため池に達し完全に埋塞していた。調査したのが 8 月 7 日で，1 ヶ月経過して崩壊斜面にもすっかり草が生えていた。ミカン畑の放棄地のようであった。**写真 2.2.3-17** にこの崩落斜面の源頭部滑落崖の様子を示す。まさ土斜面で，滑落崖の高さは約 0.8m であり，滑落部は 15m 程度であり，崩壊土量は 10m×15m×0.8m=120m^3 程度であり，途中の斜面を流出させながら流下したものである。ガリーの最大深さは 1m にもなり，表土巻き込み量も多かった可能性がある。

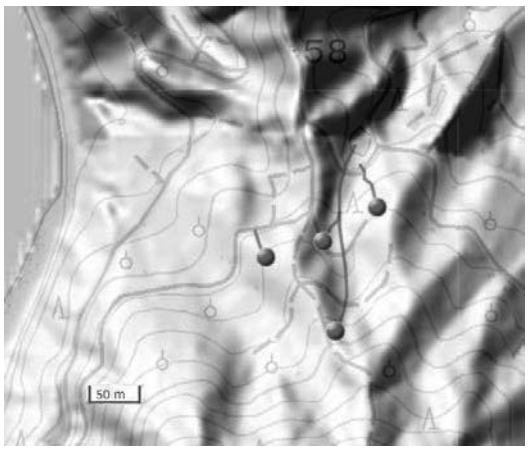


図 2.2.3-11　興居島の小富士北山麓の崩落斜面の地形

写真 2.2.3-16　興居島の小富士北部の山麓斜面の崩落（8 月 7 日）

写真 2.2.3-18 に隣接するミカン畑の崩壊斜面を示す。滑落崖の深さは 1.6～2.5m であり，すべてまさ土であった。

(D) 小富士西南山麓の土石流

図 2.2.3-12 に興居島の小富士西南・南山麓の崩落斜面の地形を示す。この地図に示したように 2 箇所で土石流が生じている。表層のまさ土を移動物質とする土石流は，西南山麓では 500m，南山麓では 460m の長さになる。道路と農地が被災した。

写真 2.2.3-19 に小富士西南山麓の土石流の上流側を，**写真 2.2.3-20** に下流側を示す。幅 10m 程度でミカン畑の農地と果樹や器具などが流下した。

(E) 小富士南山麓の土石流

写真 2.2.3-21 に小富士南山麓の土石流の上流側を示す。幅 4～5m，深さ 4m の断面で侵食した土石流で，まさ土の中に長径 40～80cm の花崗岩が多く混ざっている。大きくはないが，コアストーン由来であると思われる。

写真 2.2.3-22, 15 に土石流の出口である道路脇に建っていた 2 棟の建物を示す。建物外壁の痕跡から，土砂の堆積厚さは最大で 2.8m に達していた。左右に延びる道路脇のコンクリートブロック擁壁にも堆積痕跡がついており，左右に 40m 程度離れて堆積がなくなっていた。土石流は道路を越えて下流に流下して，幅 4～5m，深さ 4m の断面で侵食していた。

写真 2.2.3-17　興居島の小富士北部の崩落斜面の源頭部滑落崖

写真 2.2.3-18　興居島の小富士北部の崩落斜面の源頭部滑落崖

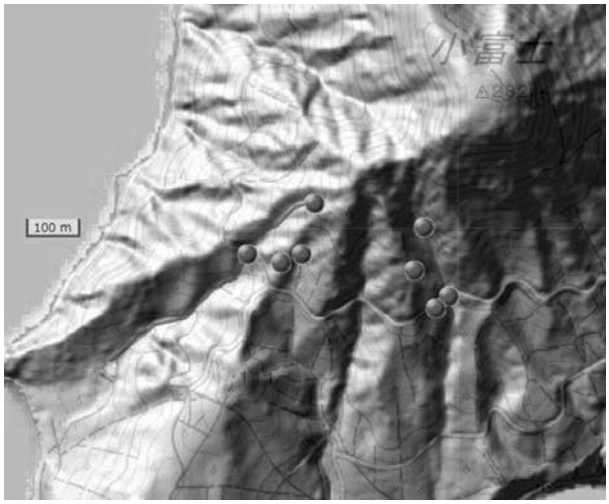


図 2.2.3-12　興居島の小富士西南・南山麓の崩落斜面の地形

写真 2.2.3-19　興居島の小富士西南山麓の土石流（上）

写真 2.2.3-20　興居島の小富士西南山麓の土石流（下）

写真 2.2.3-21　興居島の小富士南山麓の土石流（上）

写真 2.2.3-22　興居島の小富士南山麓の土石流堆積

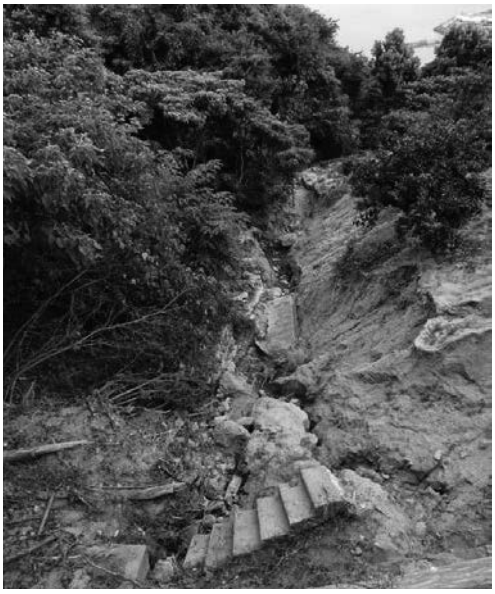


写真 2.2.3-23　興居島の小富士西南山麓土石流の上流側

(4) 松山市北条庄地区の土石流

本調査は，7 月 12 日に松山市北条庄地区における斜面崩壊（土石流）を踏査したものである（**図 2.2.3-13，14**）。斜面崩壊による土砂が住宅地に流入し，家屋全壊 5 軒（暫定数），半壊および土砂流入による被害はおよそ 15 軒（暫定数）が発生している。

現場の地質は，**図 2.2.3-15** に示すように，領家帯花崗岩地域であり，風化花崗岩（まさ土）斜面の崩壊である。

図 2.2.3-16 に崩壊地の全体図を衛星写真（Google Earth）上に示す。崩壊はゴルフ場下の斜面から始まり，崩壊した土砂が流下経路の土砂を巻き込み土砂ボリュームを増しながら狭窄部を通過し，その後緩斜面を広がりながら流下したものと考えられる。この崩壊地は源頭部を除き周囲よりも樹木が繁茂しておらず，過去にも崩壊が生じたものと考えられる。また源頭部周辺は緩やかな沢地形をなしているが隣接する同様の皿鉢系との距離は小さく，すなわち集水面積は狭い。土砂のきっかけとなった雨水の集中には，崩壊地直上にあるゴルフ場から水が侵入したことも可能性としてありうるので，今後は適切に雨水処理がなされていることを確認する必要がある。

源頭部から流出した崩壊土砂は約 140m 下方の狭窄部までの約 25° の斜面を流下し，幅約 15m の狭窄部を通過後の 10° 程度の緩斜面を側方に大きく広がりながらさらに流下した。流下方向に向かって右側には古墳があり，この古墳も流出土砂をかぶっている（県指定記念物（史跡）難波奥の谷古墳（横穴式石室墳），土石流により石室の羨道全面の天井石や側壁の石積みが流出，玄室の天井石の一部と被覆墳丘が洗われるなどの被害が発生）。流下土砂の主流は流れに向かって左側であり，この主流上にあたる家屋が全壊している。古墳の横で土石流の主流上にあたる位置に，小規模な砂防堰堤と思われる構造物の上面部が存在していた。これは，通常の擁壁の天端（幅 20cm 程度）と比べて幅の広いコンクリート構造物であったためこのように推測したが，ほぼ完全に土砂に埋没しているため確認はできなかった。このあたりの緩斜面はミカンの木が植えられていたが，今回の崩壊土砂流出により植生は全て流出し土砂で覆われた。

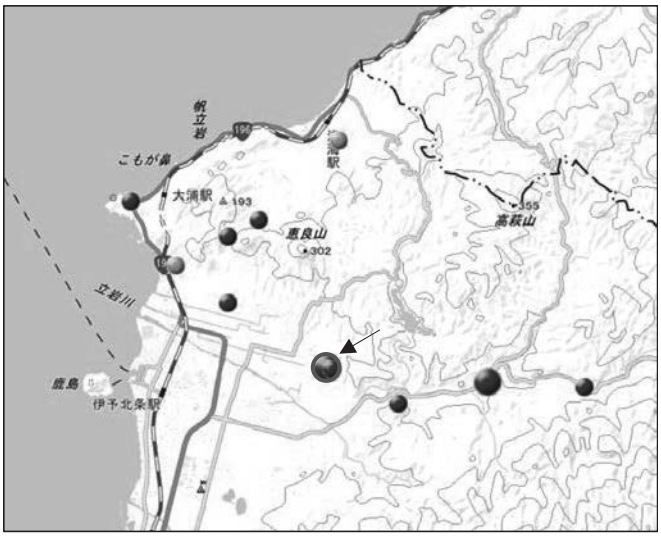


図 2.2.3-13 北条庄地区における斜面災害位置

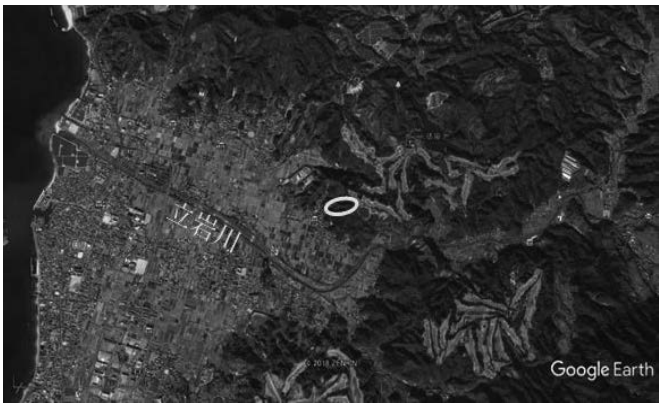


図 2.2.3-14 北条庄地区における斜面災害位置

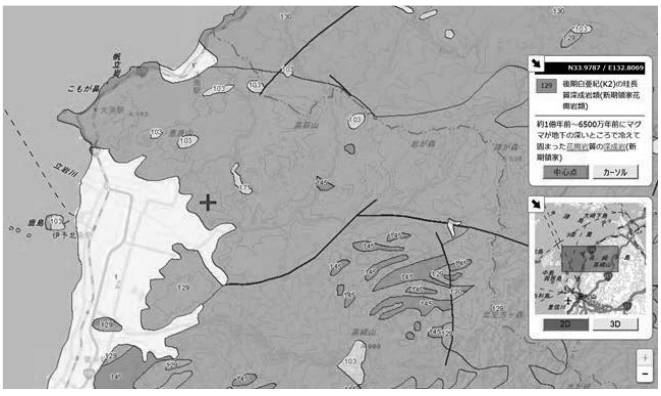


図 2.2.3-15 現場周辺の地質図
(産総研 HP，https://gbank.gsj.jp/seamless/2d3d/?center=33.9787,132.8069&z=13)

流出した土砂は 5cm 以上の大きなレキをほとんど含まないまさ土の砂質土である。流下経路には少なくとも厚さ 1.5m 以上の崩壊土（細粒分をほとんど含まない砂）が堆積しており，基盤の岩は確認できない。このあたりでの細粒分含有率は目視と触感より 10%程度以下である。細粒分はさらに下流側に流出し，住宅地域では泥寧化した土砂を確認した。

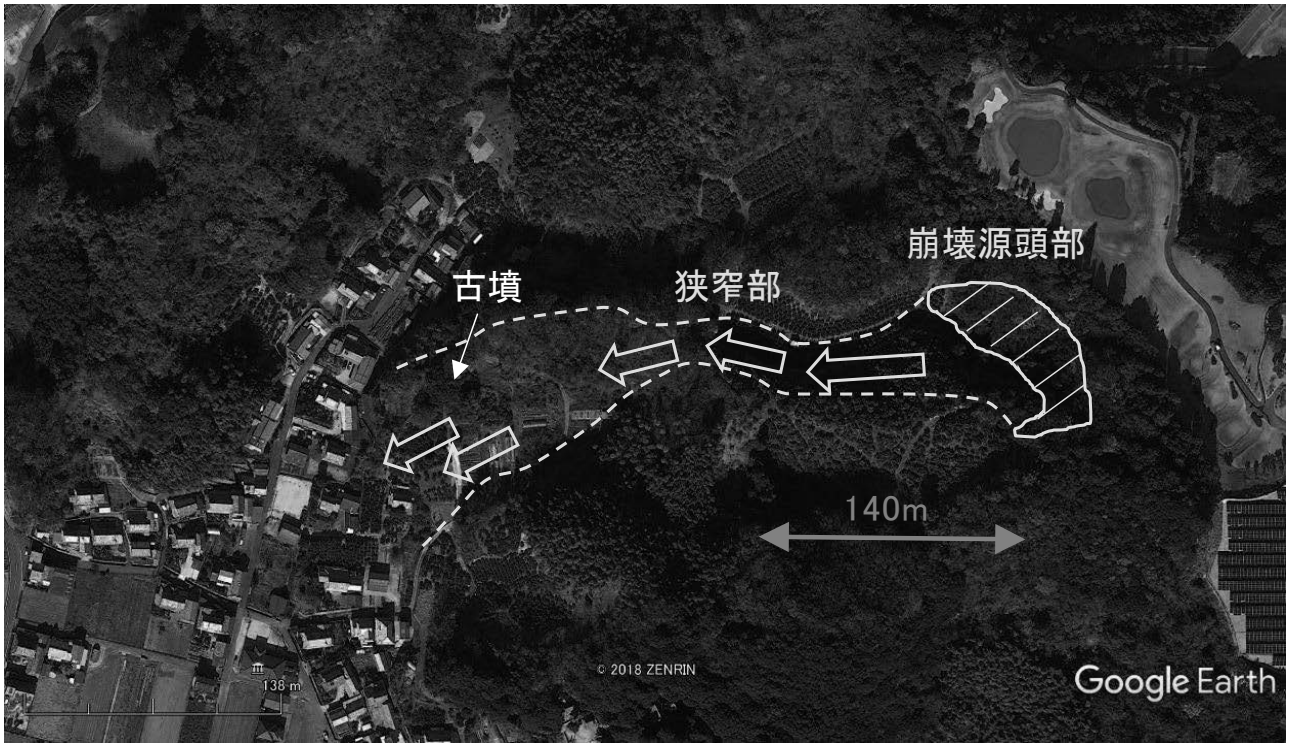


図 2.2.3-16　北条庄地区における崩壊地の全体図

前述したように，土砂流出経路はやや谷地形で樹木が繁茂しておらず，崩積土が厚く堆積していることから，過去にも崩壊が生じて今回のような土砂流下経路とていたものと考えられる。崩壊源頭部には，今回と同様の崩壊を生じ得るかなりの量の土砂がゴルフ場までの間に存在すること，また流下経路には多くの土砂が残っていることから，今回と同程度の降雨があれば再度崩壊と土石流が生じる可能性が高いものと判断できる。

写真 2.2.3-24 は源頭部で，崩壊面は高さ約 5m の急こう配の斜面。崩壊部の幅は 80m 程度。この奥にゴルフ場がある。写真の手前側は流下堆積した土砂で，主な崩壊後に水が流れ続けたことにより，水みちで深く侵食された流路が形成されている。

写真 2.2.3-25，26 はそれぞれ狭窄部を上流方向および下流方向に撮影した写真である。左右に竹林が迫って狭窄していることがわかる。ここでも水みちで深く侵食された流路（深さ 1.5m 前後以下の部分が多い）が見える。

写真 2.2.3-27 は狭窄部周辺をさらに下流から撮影したものである。この写真の右側が主な流路であり，左側では流速は小さかったものと推測される。この，狭窄部から下流側が幅 100m 程度の広い緩斜面である（**写真 2.2.3-28**）。**写真 2.2.3-28** の中央付近に小規模な堰堤らしきものが埋没していた（**写真 2.2.3-29**）。また**写真 2.2.3-28** の右側に古墳がある（**写真 2.2.3-30**）。この緩斜面の下流端から住宅があり，被害を受けている（**写真 2.2.3-31**）。

写真 2.2.3-32，33 は周辺道路から撮影した状況である。

写真 2.2.3-24　源頭部

写真 2.2.3-25　狭窄部（奥に見えるのが源頭部）

写真 2.2.3-26　上流側からみた狭窄部

写真 2.2.3-27　狭窄部の出口（奥）から広がった土砂

写真 2.2.3-28　狭窄部付近から下流を望む
（2 枚写真の合成）

写真 2.2.3-29　砂防堰堤らしきもの

写真 2.2.3-30　古墳（中央上）

写真 2.2.3-31　さらに下流を望む
（2 枚写真の合成）

写真 2.2.3-32　道路からみた住宅地

写真 2.2.3-33　土砂の直撃で全壊した住宅

(5)　松山市才之原地区の土石流

図 2.2.3-17 に，松山市才之原地区における斜面崩壊（土石流）の位置を示す。当地は県道 17 号北条玉川線に沿う立岩川に流下する小川に源流（沢部）を頭源部とする土石流である。特に，多くの流木が発生したことが他の土石流に比して特徴的である。

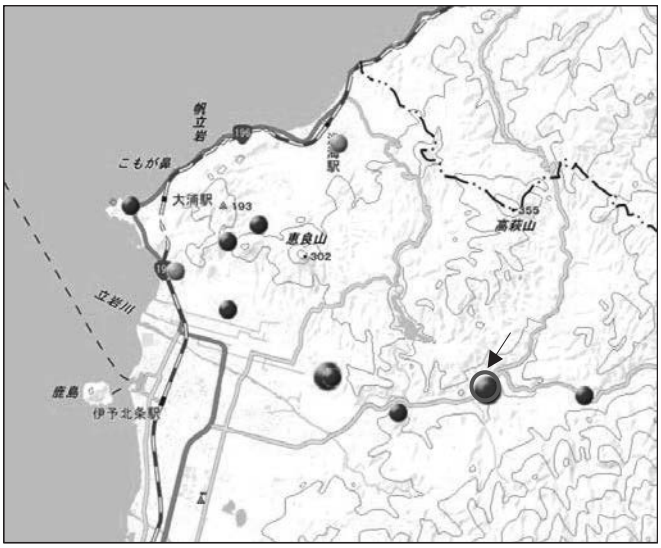


図 2.2.3-17　才之原地区における斜面災害位置

図 2.2.3-18 に，空中写真（Google Map）上に，土石流の全体図を示す。図中①～⑥は，次ページに示す各写真の撮影方向と位置である。土石流は矢印の方向に，人工的に整備された水路に沿って流下し，④の箇所で流下の方向が左折している。中流部には小規模な水田が分布しており，今回の土石流によりその半分が削り取られている。

調査では頭源部を確定できなかったが，**写真 2.2.3-34**（①）に示すように，その箇所は沢部に位置する。日頃は穏やかに少量の水流であったと考えられる沢部において，今回の豪雨により大量の激しい水流が生じたことによって，自然のままの岸の低位に樹勢していた樹木が削り取られるように流木化したと想像される。**写真 2.2.3-35**（②）には，土石流の途中に側面の斜面がいくつも崩壊していることが見て取れる。これより流木とともに，多くの土砂供給となり，土石流の勢いが増したと考えられる。**写真 2.2.3-36**（③）はその状況を逆方向に見た状況である。水路に整備された U 字溝の痕跡上に土石流により削り取られた流路があり，写真左手の上部に残された水田の一部がみられる。**写真 2.2.3-37**（④）には，流木が人家を直撃し損壊を与えた状況が示されている。土石流はこの箇所で流向を左手に変え，**写真 2.2.3-38**（⑤），39（⑥）に示すように県道 17 号付近が先端部となっている。

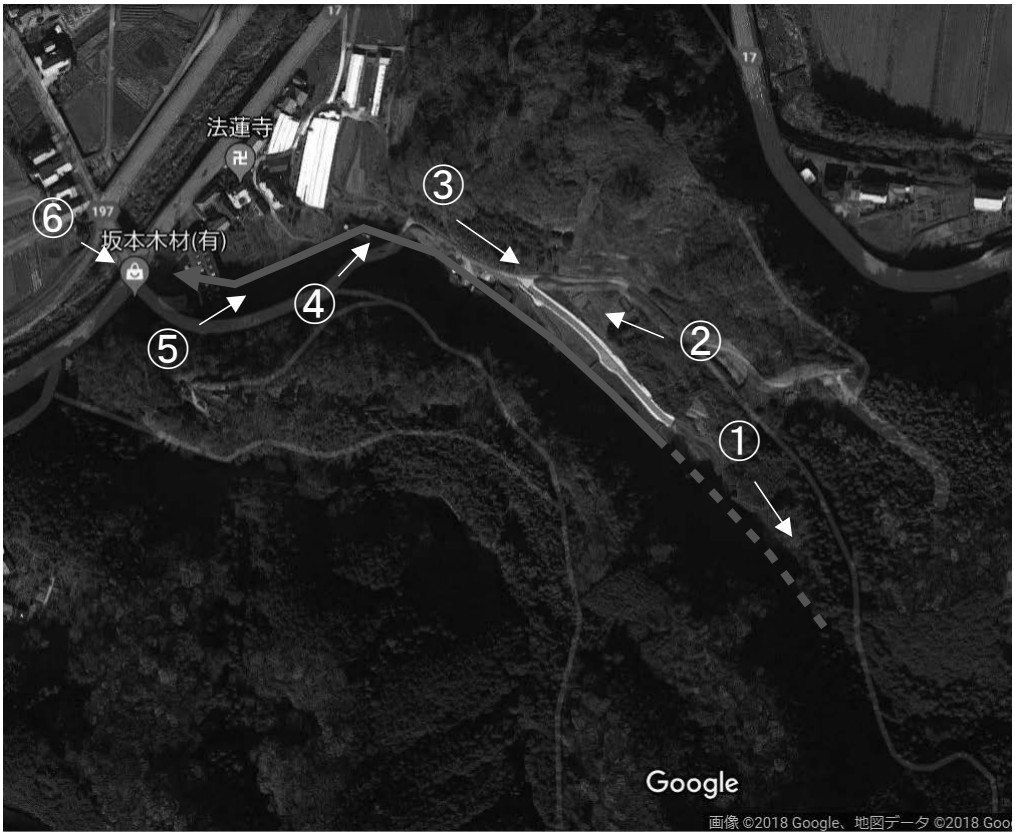


図 2.2.3-18　才之原地区における土石流の全体図（①～⑥は写真撮影方向）

写真 2.2.3-34　源頭部
（沢部における倒木状況①）

写真 2.2.3-35　土石流の中流部
（斜面の崩壊と流木②）

写真 2.2.3-36　土石流の中流部
（水路に沿う流木と土砂の流下③）

写真 2.2.3-37　土石流の下流部
（流木による家屋の直撃被害④）

写真 2.2.3-38　土石流の下流部
（流下方向が左折し流木と土砂が広がる⑤）

写真 2.2.3-39　先端部
（⑥）

(6) 松山市高浜地区と隣接地区の斜面災害

高浜地区では，高浜 1 丁目から高浜 6 丁目の高浜町で 52 箇所，梅津寺・新浜・石風呂・松ノ木 2 丁目で 16 箇所と合計 68 箇所で，同じ地質帯で隣接する勝岡町では 7 箇所で，総計 75 箇所の斜面崩壊（滑落崖を数えた）が確認できた。主に現地調査，UAV 撮影映像によったが，新浜・石風呂・松ノ木 2 丁目については地元の高浜自主防災連合会資料も参考にした。

図 2. 2. 3-19 に高浜地区と隣接地区における土砂災害分布を示す。報告者は，7 月 17 日，10 月 29 日，11 月 8 日，12 月 1 日にこれら地区の斜面の現地調査を実施し，12 月 4 日と 12 月 24 日に自主防災役員と住民に豪雨時の災害の進展と避難行動などのインタビュー調査を行った。

図 2. 2. 3-20 に松山市高浜地区の主な斜面崩壊地（A1～A4，B1～B2，C1～C4）を国土地理院の地形図に示す。斜面崩壊はいずれも滑落崖が遷急線に近接している。**図 2. 2. 3-21** に国土地理院の陰影起伏図の上に滑落崖と崩土の流動線を示す。山腹崩壊と渓流部崩壊が見られるが，山腹崩壊でもわずかに窪み両側に集水境界を有しており，谷奥行きが谷幅より小さい 0 次谷の崩壊が多い。

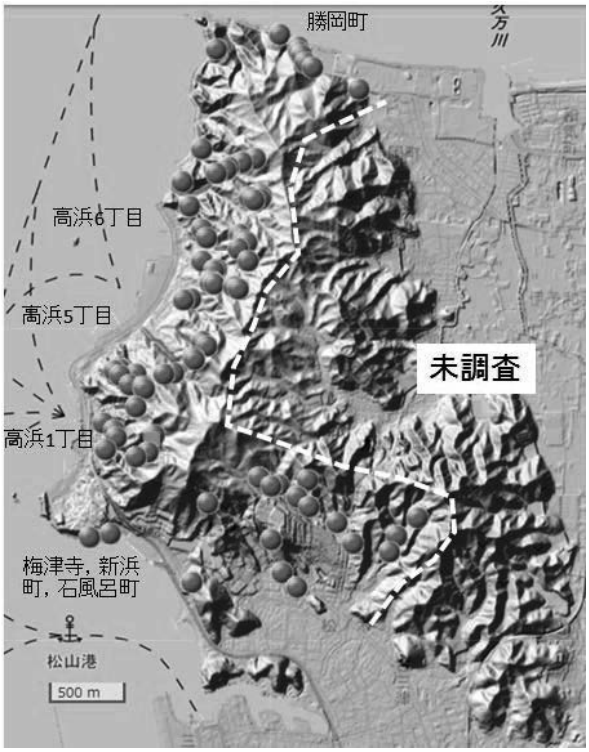


図 2. 2. 3-19 高浜地区と隣接地区における斜面災害分布

写真 2. 2. 3-40 は，高浜地区を UAV で北西より撮影した斜め空中写真である。この空中写真は，高浜地区自主防災連合会（蔭原正徳会長）が 7 月 18 日に撮影し，松山市消防より提供されたドローン動画より得たものである（以降の空中写真も同様である）。高浜地区は，1 丁目から 5 丁目までは主に稜線で区分されているが，この写真では主に 2 丁目，3 丁目，4 丁目で生じた斜面崩壊の面が視認できる。高浜 3 丁目にある墓地が崩土堆積の被害を被っており，この崩土を生産した土石流は 4 丁目の 3 箇所の斜面崩壊（A1,A2,A3）による。西南側の谷（2 丁目）でも斜面崩壊（A4）が起きているが，4 丁目の最大の斜面崩壊の崩土は，3 丁目と 2 丁目の境界である稜線を越えて 2 丁目の谷に流れ込んでいる。これらの北東隣の谷（5 丁目，6 丁目）でも高浜トンネルを塞いだ崩壊斜面（南西側，北東側）が起きており，その内の北東側の 2 つ（C3,C4）が左奥に見える。

以下，各地区の崩壊状況を示す。

図 2. 2. 3-20 高浜地区中心の主な斜面災害分布
（背景：国土地理院の地形図）

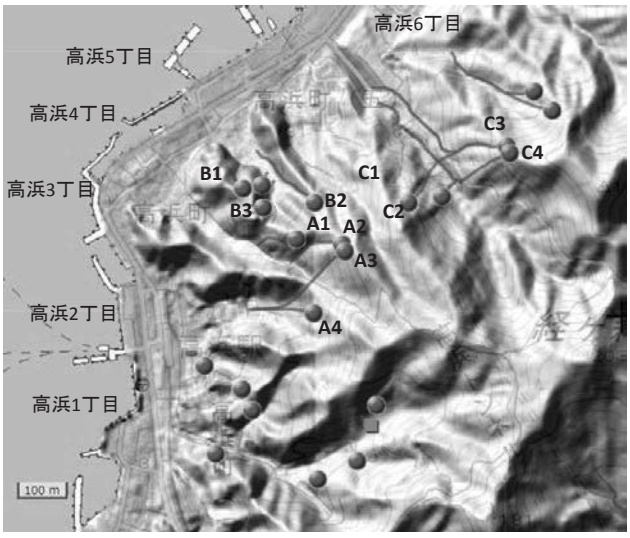


図 2. 2. 3-21 高浜地区中心の主な斜面災害分布
（背景：国土地理院の陰影起伏図）

写真 2. 2. 3-40　高浜地区の斜面災害全景
（高浜地区自主防災連合会撮影のドローン動画より，撮影 2018-0718）

(A) 高浜 2〜4 丁目

高浜地区では高浜 2 丁目，3 丁目，4 丁目で生じた斜面崩壊が大量の土砂と流木を流下させ，2 丁目と 4 丁目の家屋被害，3 丁目の墓地の墓石流出被害と崩土堆積，2 丁目・3 丁目・4 丁目の土砂堆積被害など地区に最も被害をもたらした。**写真 2. 2. 3-41** に土砂災害の起きた日の墓地の被害の様子を示す。大量の土砂と流木が流下して墓地を覆っていた。**写真 2. 2. 3-42** に墓地の崩土堆積と墓石の流出の被害（7 月 9 日，住民撮影）の様子を示す。墓石が流出し，崩土が全面を覆っていた。お盆を前にして墓地の惨状を地区住民で知って共有するために UAV による調査を実施したものだと言う。

3 丁目の墓地の崩土堆積被害の原因は，4 丁目側の 3 つの斜面（A1, A2, A3）の表層崩壊と土砂流下によるものである。**写真 2. 2. 3-43** に墓地全体の被害状況を示す。約 9 割の敷地に土砂が堆積し，北東側（写真下側）から南西方向（写真上方向）に向かって流下した土砂流が，北西に下る水路を横切って上り勾配の墓地を駆け上がって行き，北西に方向を変えながら水路に戻って 3 丁目住宅地内へ流下した。住宅地内の街路での土砂堆積厚さは南北の流下主要街路では 40cm に，東西の街路では路面が下がっていたため 60cm に及び，住宅では床下まで，ひどい所

写真 2. 2. 3-41　墓地の崩土堆積と墓石の流出の被害（7 月 7 日 14:26，住民撮影）

写真 2. 2. 3-42　墓地の崩土堆積と墓石の流出の被害（7 月 9 日，住民撮影）

では床上にまで浸水した。10 月 26 日時点では土砂排除，通路・水路・墓地の清掃，墓石置き直しなど応急復旧が進んではいたが，ほとんどの墓石が著しく損傷・汚損しており，また竿石が逸失・不明状態の墓石があった。

写真 2. 2. 3-44 に高浜 2・3・4 丁目の斜面崩壊（A1～A4）と墓地の全貌を示す。**写真 2. 2. 3-45** には崩壊斜面 A2 と A3 の滑落崖冠部を示す。A3 滑落崖は，幅 2m 程度の尾根（両側の遷急線間距離が 2m）である稜線の直下に位置しており，源頭部崩壊である。A3 源頭部の斜面勾配は 37 度と大きく，崩壊土砂の初速を大きくすると思われる。住民へのインタビュー調査から，7 月 6 日，最初に 18 時頃に A1 が，次に 20 時頃に A2 が崩壊し，翌 7 月 7 日 5:45 頃に A3 が崩壊したもの考えられる。稜線の低い斜面源頭部から崩壊が始まるものと理解できる。

写真 2. 2. 3-46 に A3 斜面の崩落した面を示す。崩壊して土砂が流下した後の降雨によって，崩壊斜面中央にくっきりとしたガリーが認められる。滑落崖は 2 つ認められ，向かって右側の滑落崖は高さが 30cm 程度で，そこから延びるガリーは左下に延び下部ではやや不連続になり崩壊斜面の最深部より上位に位置する。一方，左側の滑落崖は高さが 1.3m あり，そこからはガリーが写真正面真下に延びており，どの高さも斜面水平断面の最深部（最大ガリーの肩）を結ぶ位置を貫いている。ガリーの深さは圧倒的に左上部から真下に延びる方が，幅が広く深い。また，崩壊部の深さは左側が深い。したがって，最初に向かって右側斜面で浅い表層崩壊が起こり，崩土は通路と水路に沿って墓地の方に流下し，次いで時間を置いて左側斜面が深い表層崩壊を起こし，大量の土砂が一気に流下して尾根を越えて 2 丁目の谷に流下したものと推察できる。

写真 2. 2. 3-43　墓地の崩土堆積被害（7 月 18 日）

写真 2. 2. 3-44　高浜 2・3・4 丁目の斜面崩壊（A1～A4）と墓

写真 2. 2. 3-45　崩壊斜面 A2 と A3 の滑落崖冠部

写真 2. 2. 3-47 に崩壊斜面 A3 のガリーに見られるおびただしい凝灰岩塊を示す。領家帯であり花崗岩類が卓越する地域であり，崩土のほとんどはまさ土であったが，表層はまさ土の中に凝灰岩塊が混ざった崩積土であると考えられる。A3 の斜面崩壊の崩土が，流下した方向と直交する稜線を交差して，すなわち尾根を越えて 2 丁目の谷の斜面を流下している。

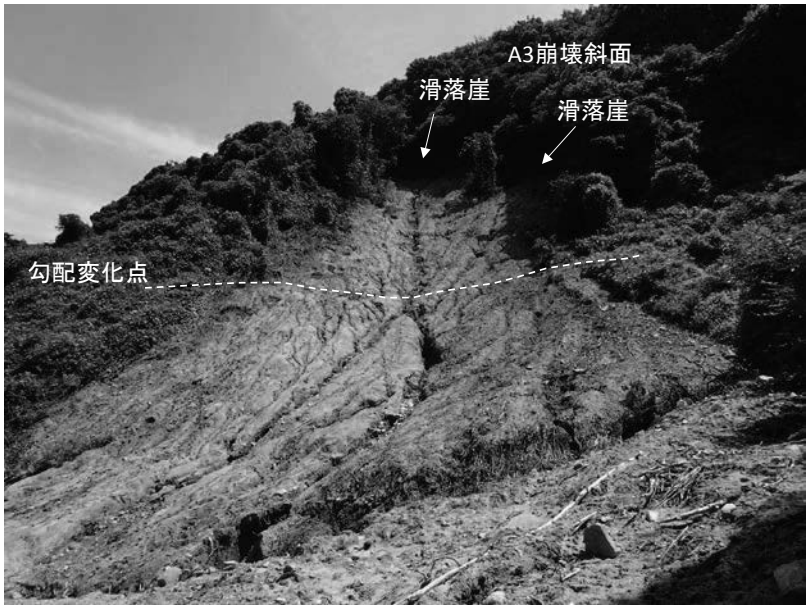


写真 2. 2. 3-46　崩壊斜面 A3 の崩壊面の形状と
ガリー侵食の状況（7 月 13 日 10:51 住民撮影）

写真 2. 2. 3-47　崩壊斜面 A3 のガリーに
見られるおびただしい凝灰岩塊
（12 月 1 日）

図 2. 2. 3-22 に崩壊斜面 A3 の渓流最深部線に沿う断面を示す。尾根を越えて 2 丁目の谷を流下している土石流の中心部を通る断面である。実線は崩壊後の断面であり, A3 斜面の渓流直上の稜線を基点に描いてある。断面は，12 月 1 日に，稜線より 2 丁目住宅まで渓流最深部に沿いながら，水平距離 2m 間隔でバブルレベル付き赤白ポール標尺と鋼製巻尺（コンベックス）で計測したものである。標高については，稜線との交点位置を簡易 GPS での計測値 112m を基にしている。稜線より水平距離で 4m 離れたところに遷急線があり, それ以降 32～35 度の勾配の斜面が続き，稜線より水平距離 44.4m，鉛直距離 30.4m，斜め距離 53.4m の位置に滑落崖冠部が位置する。

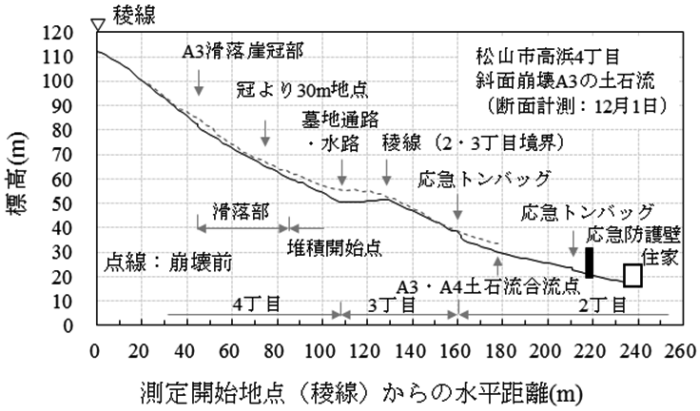


図 2. 2. 3-22　崩壊斜面 A3 の渓流最深部線に沿う断面

また，崩壊（土石流発生）区間は，崩壊面の傾斜が下方に向かって 28 度から 25 度と緩やかに変化するなかで，冠部から水平に 41.2m，斜めに 46.5m 離れた地点で勾配変化がはじまり，さらに水平に 6m 離れた地点に急な勾配変化点が現れて 27 度程度となり元の勾配に戻る。このことから，崩落部は水平方向に 47.2m，斜め方向に 52.5m の長さであることがわかる。滑落崖の高さは 70cm であるが，滑落崖の最深部の深さは側方滑落崖の肩部を基準にすると, 1.0～1.6m となる。滑落崖より斜め下方に 21m,30m,41m 離れた地点での崩壊部幅は, それぞれ 24m,20m,18m であった。この A3 斜面の発生土量は, 47×20×1.0=940m3 となる。この図には崩壊前の断面を点線で描いている。これは国土地理院の地理院地図で断面計測したものであり，DEM5A（ 航空レーザ測量，約 5m 四方，精度 0.3m）の標高データを基にしたものである。滑落崖より上部および 2・3 丁目境界より下部の斜面では，崩壊後の斜面位置とほとんど同じであり，信頼度が確認できる。これによれば，2・3 丁目境界の稜線位置では尾根形状とはなっておらず，A3 斜面の下部は墓地通路・水路延長線あたりは勾配が小さいが，十分な堆積区間としては機能せず，流下区間としての機能しか望めなかったことがわかる。また，A3 斜面の崩壊部では，前述の崩壊部の崩壊深さが検証されたと言える。

写真 2. 2. 3-48 に流下土砂が越えた尾根の様子を示す。流下土砂は直進して谷を越え，越えた部分では約 1.5m 尾根が削剥されている。越えた後の 2 丁目側の斜面上のリルも発達しており，水の供給が豊富で，削られやすい土質であることがわかる。

写真 2. 2. 3-49 に高浜 2 丁目の土石流が A4 斜面と A3 斜面から合流した地点を示す。2 丁目の谷では，2 丁目奥の A4 斜面が崩壊し崩土が流下している。2 丁目住民へのインタビュー調査から，2 丁目では 7 月 6 日 21:30 頃に A4 斜面が崩壊して，崩土が水と混じって流下して，土砂の混ざった水がひざの高さまで達した。それでも，避難所への避難をしなかった人が少なくなかった。7 月 7 日 5:45 頃の A3 の崩壊により尾根を越えて来た土石流は流木と合わせて，谷の最も奥に位置する 2 棟の 2 階建て住家を直撃した（**写真 2. 2. 3-50**）。**写真 2. 2. 3-51** に高浜2丁目の最も谷奥に位置する住家（7 月 9 日住民撮影）を示す。高さ約 2m まで土砂と太い流木が堆積している様子がわかる。この住宅は建設後 7 年の木造住宅であり，谷側面の壁などに損傷を受けたが，残る 3 面に損傷は認められなかった。その後，解体されることになったが，解体工事中に観察したが，躯体の柱梁接合には頑丈な補強金物が施工されており，躯体の残留変形も認められなかった。耐震性の高い住宅は，2m の厚さの土砂と直径 40cm の流木の衝突を受けても十分な抵抗力があることがわかった。

写真 2. 2. 3-48　流下土砂が越えた尾根の様子

写真 2. 2. 3-49　高浜 2 丁目の土石流が A4 斜面と A3 斜面から合流した地点

写真 2. 2. 3-52, 53 に谷奥から 2 列目に位置する住家（7 月 8 日住民撮影）を示す。家の前では最大で約 1.6m 土砂が堆積し細い流木が認められる。この 2 棟の住家によって大半の流木や土石は堰き止められた。**写真 2. 2. 3-54** に高浜 2 丁目の谷奥から 3 列目に位置する住家を示す。堰き止められなかった流木と奥の家屋の屋外用品が流れ着き，7 月 7 日の朝 6 時前（5:45 頃）に起きた土石流から 7 時間以上が経過した 13:22 になっても，滔々と水が流れていたのがわかる。

写真 2. 2. 3-50　土石流が A4 斜面と A3 斜面から合流した高浜 2 丁目の状況

写真 2. 2. 3-55 は最初の土砂崩壊（18 時頃）直後に高浜 4 丁目の街路を流れる濁流（7 月 6 日 18:09）を示す。避難の呼びかけがなされている頃だが，ここまでなると避難に介助が必要な人の避難行動はかなり困難となるのがわかる。また，その後に斜面崩壊や土石流が続いて起きる可能性が高まっていることを考えれば，この時点での避難所への避難は危険であり，自宅の 2 階への屋内避難や，平屋に住む人は 2 階建て隣家への避難などが現実的であることが理解できる。

写真 2. 2. 3-56 に豪雨の直後，高浜 4 丁目の街路に堆積した土砂（まさ土）（7 月 8 日 7:42）を示す。堆積厚さは 40cm を越える。このような堆積土砂の除去が応急復旧時のボランティアに期待され。また実施された仕事となった。

写真 2.2.3-51　高浜 2 丁目の最も谷奥に位置する住家（7 月 9 日，高浜自主防災連合会）

写真 2.2.3-52　高浜 2 丁目の谷奥より 2 列目に位置する住家（高浜自主防災連合会，7 月 9 日 10:19）

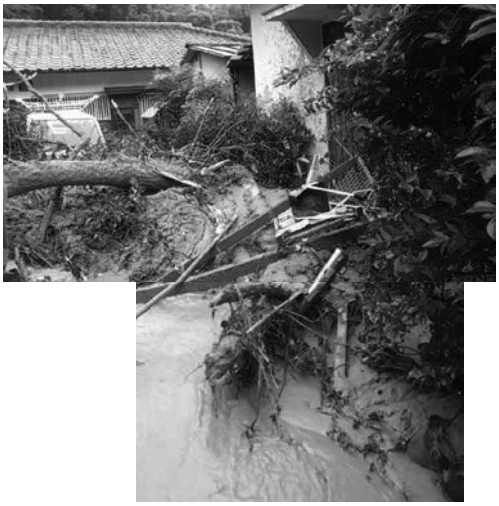


写真 2.2.3-53　高浜 2 丁目の谷奥より 2 列目住家の間から 3 列目の住家敷地に流下してきた崩土・流木・がれき（高浜自主防災連合会，7 月 9 日 10:20）

写真 2.2.3-54　高浜 2 丁目の谷奥から 3 列目に位置する住家（住民撮影の 2 枚を合成，7 月 7 日 13:22）

写真 2.2.3-55　最初の土砂崩壊直後に高浜 4 丁目の街路を流れる濁流（住民撮影，7 月 6 日 18:09）

写真 2.2.3-56　高浜 4 丁目の街路に堆積した土砂（まさ土）（住民撮影，7 月 8 日 7:42）

(B)　高浜 5 丁目

写真 2. 2. 3-57 に高浜 4 丁目の斜面崩壊（B2）とそれにより倒壊した高浜 5 丁目の平屋の空中写真（7 月 18 日撮影）を示す。谷奥の渓流に沿って流下する土石流と谷右側の尾根直下の斜面崩壊（B1）が認められる。右側の B2 の斜面崩壊で流下土砂が住家を直撃して，木造平屋の住家は倒壊した。**写真 2. 2. 3-58** にこの木造平屋を倒壊させた B2 崩壊斜面の源頭部を示す。基盤は強風化花崗岩で，表層 2m はまさ土であり，滑落崖が高さ 1.0m 程度，傾斜が 20 度の表層崩壊である。崩壊斜面のリルは深く，水の供給が多かったことを示す。崩壊部は深さ最大 2m，平均 1m，幅 8m，長さ 30m であるので，流下土量は 240m^3 と見積もられる。

写真 2. 2. 3-59 に高浜 5 丁目の木造平屋住家の倒壊の様子を示す。住家前の道路に面する流下斜面は，幅 20m，長さ 10m であり，削剥された厚さは不明瞭（0.5m と仮定）だが，100m^3 と推定。これが加算され，合計 240+100=340m^3 の土砂が崩落した。発生は 7 月 6 日の 22 時頃である。

B1 斜面では，谷奥の渓流上流の斜面で幅 10m，長さ 12m，深さ 1m 程度が崩落して土砂流として流下した。**写真 2. 2. 3-60** に谷奥側に寄った住家が流木と土砂を堰き止めている様子を示す。勾配は，滑落崖位置では 29 度，家の手前で 9 度であったので，谷奥側の家の位置は堆積域であり，住家にぶつかって停止したものと思われる。

写真 2. 2. 3-61 に高浜 5 丁目における高浜トンネル上部の斜面災害全景（C1～C4）を示す。滑落崖が稜線の少し

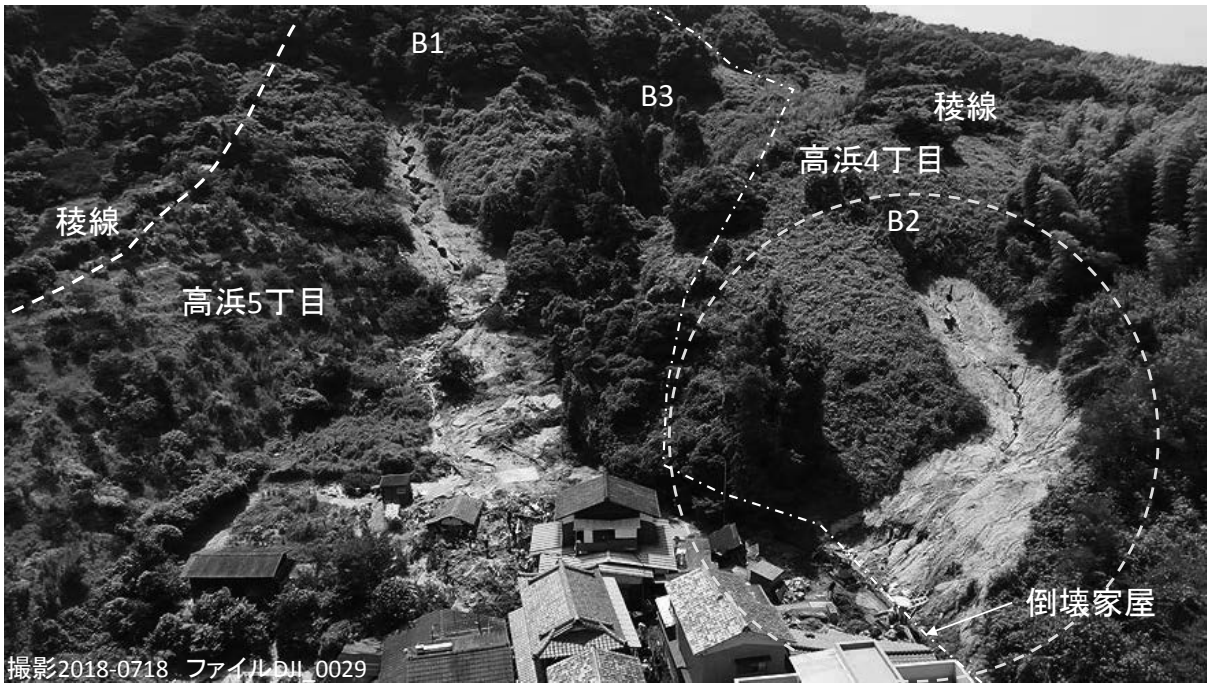


写真 2. 2. 3-57　高浜 4 丁目の斜面崩壊とそれにより倒壊した高浜 5 丁目の平屋（7 月 18 日）

写真 2. 2. 3-58　高浜 5 丁目の木造平屋を倒壊させた B2 崩壊斜面の源頭部（7 月 17 日）

写真 2.2.3-59　高浜 5 丁目の B2 崩壊斜面下の木造平屋住家の倒壊

写真 2.2.3-60　高浜 5 丁目の B1 土砂災害の最も谷奥の住家に到達した土砂

下にあり，源頭部崩壊であることがわかる。この斜面崩壊の土砂がトンネル坑口に流出して堆積したことで通行止めとなった。高浜トンネルのある県道 19 号と海岸の沿う県道 39 号が直角の合流する交差点（写真中の矢印）からは崩壊斜面が見えないため，この斜面崩壊はあまり知られなかった。

写真 2.2.3-62 に高浜トンネル上部の北西～南東に走る谷の南西側斜面（C1）の崩壊の様子（7 月 17 日現地調査）を示す。滑落崖は比高 40m 程度の高さにあり，遠望目視で崩壊部は幅 6～8m，長さ 20m，深さ 60cm 程度であり，滑落土砂はその下部のミカン畑の表土と果樹を流下させて斜面下にあったため池を埋塞していた。また，斜面上にミカン箱が散乱していた。崩落した表層の土砂はまさ土であり，中に凝灰岩の岩塊が混入していた。谷を挟み北東側でも 2 箇所で斜面崩壊があった。

写真 2.2.3-63 は高浜トンネル北東側の奥の斜面崩壊（C4）である。崩壊斜面上の崩土の中に乳白色の岩塊が見られ，凝灰岩であった。比高 100m 程度の高さに滑落崖があり，崩壊部は遠望目視と空中写真から推測して，幅 15m，長さ 30m，深さ 1.5m 程度であった。

写真 2.2.3-64 は土砂堆積した高浜トンネル坑口の 7 月 7 日の様子である。この堆積により道路は通行止めとなった。警察への通報記録によれば，7 月 6 日の 21:30 に土砂堆積が通報されていたので，この時間帯で斜面崩落したものと考えられる。

写真 2.2.3-65 は土砂堆積した高浜トンネル坑口への土砂供給の痕跡を示す。4 箇所の斜面崩壊と土砂の流下流路として高

写真 2.2.3-61　高浜 5 丁目の高浜トンネル上部の斜面災害全景

写真 2.2.3-62　松山市高浜 5 丁目，高浜トンネル上部の谷南西斜面（C1）の表層崩壊（7 月 17 日）

写真 2.2.3-63　高浜トンネル北東側の奥の斜面崩壊（C4）（7 月 17 日）

浜トンネルの坑口に向かう農道が機能し，接続する道路を越え，人工斜面を下り，トンネル坑口に土砂が効率よく落ちて，坑口が土砂にせき止められたことが理解できた。トンネル坑口へ崩壊土砂が流入しないような工夫が必要なことがわかった。また，この高浜トンネル上部の斜面は，松山市のハザードマップで土石流危険区域に指定されていた。

写真 2.2.3-64　高浜トンネル坑口への土砂流入と堆積（7 月 7 日，住民撮影）

写真 2.2.3-65　土砂堆積した高浜トンネル坑口への土砂供給の痕跡（7 月 17 日）

(C) 高浜 1 丁目

写真 2.2.3-66 に高浜 1 丁目の 6 箇所の斜面崩壊を鳥瞰した写真を示す。高浜 1 丁目では 1952 年（昭和 27 年）7 月 7 日に 9 名が犠牲になった土砂災害があり，この写真に写っている砂防ダムは，その後に建設されたものである。この砂防ダムより上流側では 1 箇所がけ崩れ（E1）があった。また，この砂防ダムより下流側に渓流と道路があるが，300m 下流に治山ダムがある。この治山ダムから 100m 下流の道路沿いに犠牲者の慰霊碑がある。斜面崩壊 E2,E3,E4 はいずれも治山ダムより上流側であった。**写真 2.2.3-67** に治山ダムの北側の斜面崩壊を示す。この斜面崩壊による崩土が流れ出し，治山ダム堤体上流側に沿って建てられていた住家 4 棟の前の道路に砂が堆積した。また，この治山ダムの南側堤体は除去されて道路が通っている。

写真 2.2.3-68 に高浜 1 丁目の慰霊碑を示す。表に「供養塔」，裏に「昭和 27 年 7 月 7 日　水害罹災者」の文字，9 名の氏名・年齢，建立昭和 28 年 7 月の文字が刻まれている。県内 14 名の犠牲者の内の 9 名が高浜 1 丁目の犠牲者である。2004 年 9 月時点の高浜 3 丁目自主防災組織の役員にインタビューしたが，「土砂災害の怖さは地元の人で知らない人はいない。でも，もう昔のことで最近の人は知らないかもしれない。」とのことであった。2018 年で 66 年が経過している。高浜 1 丁目の自主避難者は早かったことから，災害の経験と伝承がどの程度活かされたか興味のあるところであり，調査する必要がある。

写真 2. 2. 3-66　高浜 1 丁目の砂防ダムの上下流の 5 箇所の斜面崩壊
（砂防ダムは 1952 年の 9 名死亡の土砂災害の後に建設）

写真 2. 2. 3-67　高浜 1 丁目の治山ダムの
北側の斜面崩壊

写真 2. 2. 3-68
高浜 1 丁目の慰霊碑
（「昭和 27 年 7 月 7 日水害罹災者」と 9 名の氏名・年齢が書かれている。建立昭和 28 年 7 月）

(D) 高浜 6 丁目

図 2. 2. 3-19 に示したように高浜 6 丁目は高浜 1～5 丁目に比して面積が広い。南半分で斜面崩壊が多かった。**図 2. 2. 3-23** に高浜 6 丁目における斜面崩壊の分布を示す。D1～D8 の崩壊斜面は代表的なものである。いずれも稜線直下から滑落しており，源頭部崩壊であると言える。**写真 2. 2. 3-69** に高浜 6 丁目中心地付近の斜面崩壊（D1～D6）を示す。D1, D3 を除き，人家がない領域での崩壊である。

写真 2. 2. 3-70 に台地端部の崖が崩れた斜面崩壊（D1）を示す（7 月 17 日撮影）。高さ 10～15m 程度の崖で，6 箇所の滑落が連続して起き，40m ほどの幅広い崖崩れとなっている。崖に近接して人家が建っており，写真では，がけ 1,2 の下では崩落土砂が除去されているが，がけ 3,4,5 では崩落土砂がかなりあり，人家の 1 階に迫っていた可能性がある。

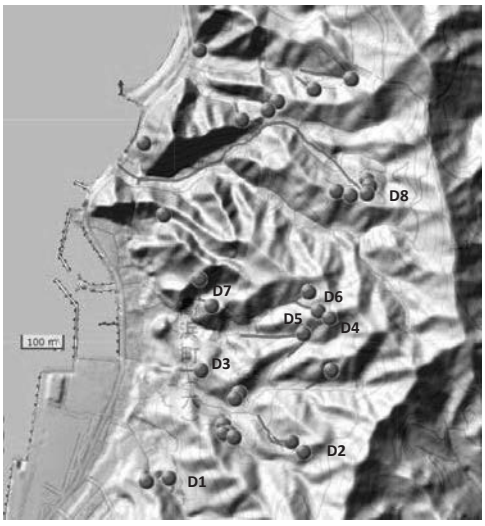


図 2. 2. 3-23　高浜 6 丁目における斜面崩壊
の分布

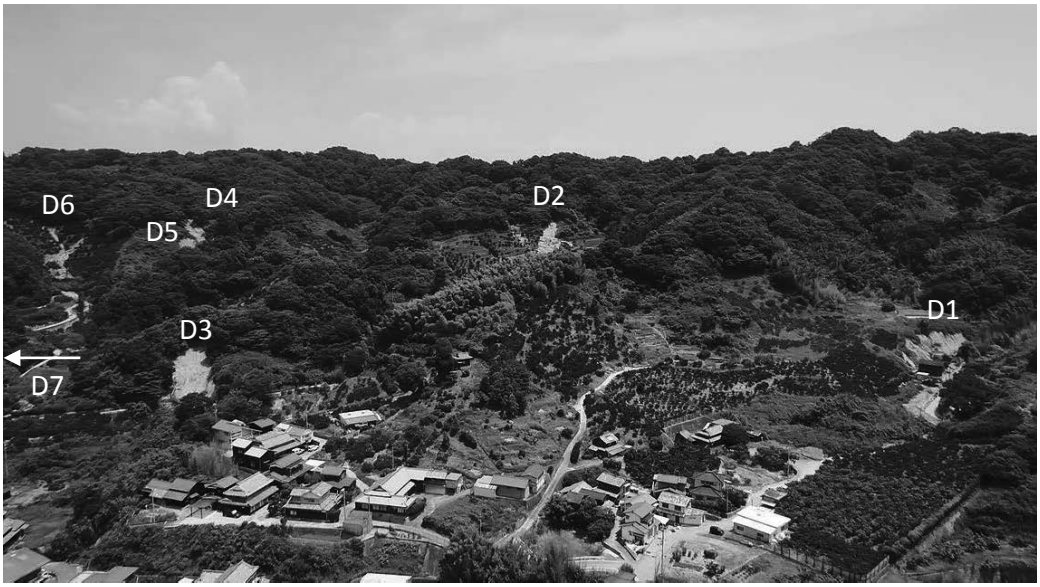


写真 2.2.3-69　高浜 6 丁目中心地付近の斜面崩壊（D1～D6）

写真 2.2.3-70　高浜 6 丁目 D1 斜面の崖崩れ（7 月 17 日）

写真 2.2.3-71 に高浜 6 丁目の D2 斜面崩壊を示す。源頭部が崩壊して，流下土砂がその下のミカン畑の表土流出を促進させたと思われる。**写真 2.2.3-72** に D3 斜面崩壊を示す。道路斜面の崩壊であるが，崩土の流下したところにため池があり，埋塞している。ため池の水があることから，堤体の崩壊には到っていない。**写真 2.2.3-73** に高浜 6 丁目 D4,D5,D63 斜面の崩壊 D4・D5 斜面崩壊は林地で起きたものであり，崩壊部は 20m 程度であるが流下長はそれぞれ 120m と 160m である。D6 はミカン畑で起きたものであり，遷急線直下の滑落をきっかけとした崩壊で，崩土は多くなく 150m 流下して斜面途中で止まっていた。

写真 2.2.3-74 に高浜 6 丁目地先の D8 斜面の大規模土石流を示す。水平距離 680m にわたる大規模土石流である。**写真 2.2.3-75** に源頭崩壊部の様子を示す。谷奥と谷の左右斜面が 2 段階にわたって崩落しているように見える。下側の崩壊部にはミカンの木はほとんどなく，この部分が滑落したものと思われる。上側の崩壊部にはミカンの木が多く残っており，この部分は滑落したというより，下の斜面がなくなった後に徐々に流下していったようである。

図 2.2.3-24 に高浜 6 丁目の大規模土石流の流下中心線に沿う崩壊前の断面を示す。国土地理院の地理院地図の断面計測機能（前述）により得たものである。基準点は正面滑落崖の冠部とした。流下中心線は，ドローンにより撮影された動画に基づき，最も太いガリーをなぞるようにして決定した。全長で 680m である。この土石流は水平距離で基準点より 11m, 31m, 82m, 545m の 4 箇所で交差する道路を流出させるか土砂を堆積させている。また，ため池が 100-118m, 374-390m, 606-625m の 3 箇所にあり，1 つ目は堤体を残し土砂で埋塞，2 つ目は完全埋塞，3 つ目は堤体で土砂の流出を止めており，県道への土砂を低減できていた。斜面の勾配は，着目点により斜面長 20m 程度以上の区間で算定する。正面滑落崖の付近では勾配が 22 度であり，そこより下にため池までは 22～25 度であ

る。崩壊した斜面部分はため池より上の部分であり，斜面長さで 113m である。幅は 25～50m（平均 30m）で流出した道路部分で深さ 6～8m 程度の V 字谷状に崩落しているので，崩壊土量は 100m×30m×3.5m=約 10,000m3 と見積もられる。この土砂が土石流となってため池を通過してさらに水を含んだ土石流となって幅 20～30m で，9～6 度に徐々に勾配が小さくなる斜面を流下した。流下しながら非住家建物やコンクリート製倉庫を破壊した。

写真 2. 2. 3-71　高浜 6 丁目の D2 斜面（表土流出）

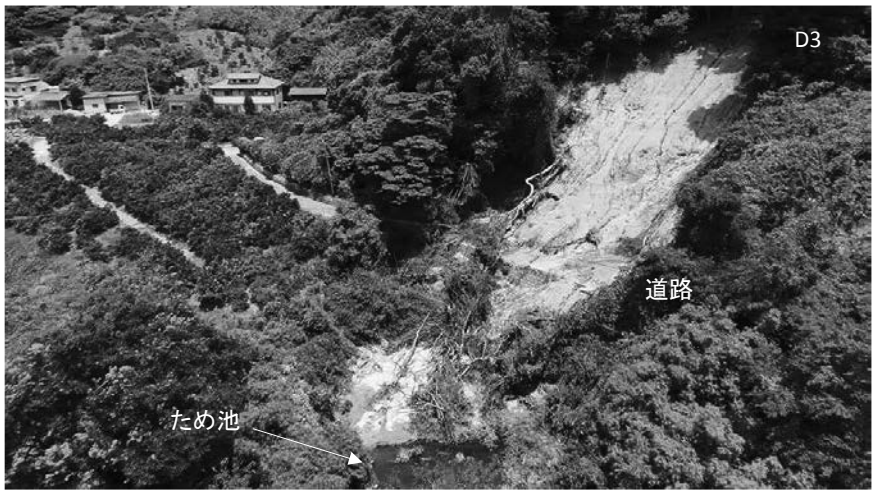


写真 2. 2. 3-72　高浜 6 丁目 D3 斜面の崩壊と埋塞されたため池

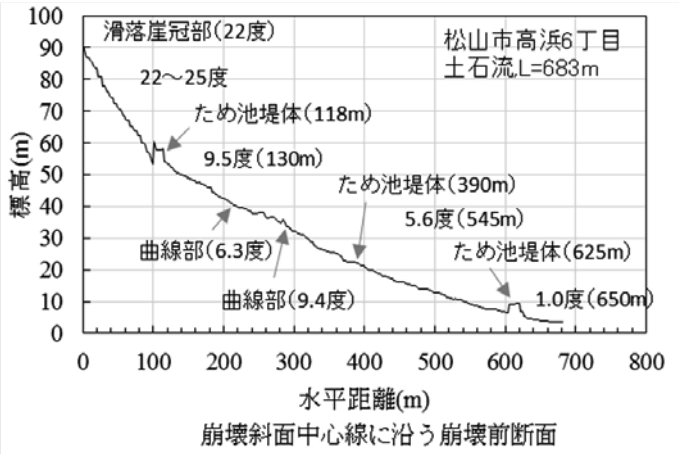
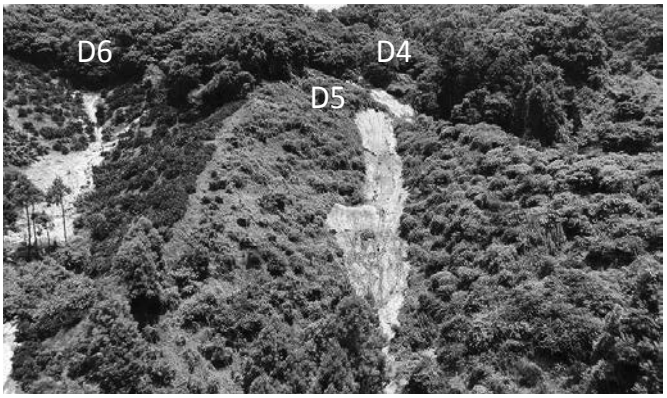
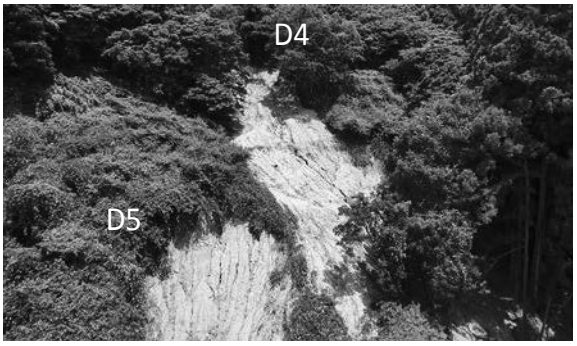


図 2. 2. 3-24　高浜 6 丁目の大規模土石流の流下中心線に沿う崩壊前の断面





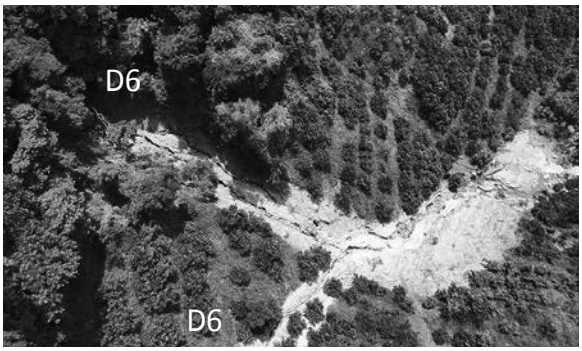


写真 2. 2. 3-73　高浜 6 丁目 D4,D5,D63 斜面の崩壊

写真 2. 2. 3-74　高浜 6 丁目地先の D8 斜面の大規模土石流

写真 2. 2. 3-75　高浜 6 丁目地先の大規模土石流の源頭部

写真 2. 2. 3-76 に破壊され大きく変形して流されたコンクリート製倉庫(上流側より)を示す。また,**写真 2. 2. 3-77** に 550m 地点での土石流（下流側より 7 月 7 日 11:31 住民撮影）の様子を示す。水の量がとても多いことがわかる。600m を過ぎて 3 つ目のため池に入り，ため池堤体で土砂の多くはせき止められたが，一部は堤体を越流して，勾配 1 度のミカン畑を通り県道に出た。**写真 2. 2. 3-78** に土石流による泥水が県道 39 号松山港内宮線を覆い，防波堤の海側には道路より勢いよく排水されている水の噴出が見られる（7 月 7 日 11:28 住民撮影）。

図 2. 2. 3-19 でも判別できるが，北西向きの土石流は，急な曲線部で南西に向きを変え，北西と大きく 2 度向きを変えながら 680m を下っている。この向きを変える曲線部では，土石流のせり上がりが見られた。**写真 2. 2. 3-79** に 210～235m の曲線部における状況を示す。ミカンの収穫ボックスが散乱し，曲線部の外側斜面には道路面より 7～8m 土砂がせりあがった跡が見られる。曲線部内側は道路と石積み擁壁があり，擁壁の下部 1m に土砂堆積の痕跡がある。曲線半径を決定できれば，等速円運動を仮定して速度の概略値を求めることができる。

写真 2. 2. 3-76　大きく変形して流された倉庫
（上流側より）

写真 2. 2. 3-77　高浜 6 丁目地先の土石流
（下流側より，7 月 7 日 11:31 住民撮影）

写真 2. 2. 3-78　高浜 6 丁目地先の土石流が到達して
土砂で埋まった県道 39 号松山港内宮線
（7 月 7 日 11:28 住民撮影）

写真 2. 2. 3-79　高浜 6 丁目地先の大規模
土石流の曲線部(7 月 17 日)

(E) 高浜町における斜面崩壊とハザードマップによる注意喚起

図 2.2.3-25 に松山市ハザードマップに高浜 1〜5 丁目の主な斜面崩壊地点を併せて示す。高浜 1 丁目では，その奥で過去に土砂災害があったため山腹崩壊危険地に指定されていた。また，治山ダムの下流の崩壊地は急傾斜崩壊危険地に指定されていた。高浜 2 丁目・3 丁目・4 丁目では，いずれも松山市のハザードマップでは山腹崩壊危険地に指定されていた。高浜トンネルの上部の斜面崩壊地は，山腹崩壊危険地には指定されていなかったが，トンネル坑口付近から下方には土石流危険地域に指定されていた。保全対象となる人家を考えれば，土石流危険地域の指定は，その奥の山腹崩壊危険を考慮されていた可能性がある。

以上に記述したように，高浜 1〜5 丁目の斜面災害は，ほぼ全てハザードマップで山腹崩壊危険地や土石流危険地域に指定されており，リスクマネジメントの第一歩であるリスクの特定という視点からは万全であった。

図 2.2.3-25　松山市ハザードマップと主な斜面崩壊地点

(F) 松山市勝岡町

勝岡町では県道 39 号線に沿って斜面崩壊が 4 箇所であった。**写真 2.2.3-80** に勝岡町坂浪の斜面崩壊を示す。平均傾斜 40 度の斜面が長さ 80m にわたって崩壊していた。最高高さ約 40m，最大崩落層厚は約 3m，滑落部斜面傾斜は 50〜60 度である。表層崩壊部分の表層厚は 1m 未満である。**写真 2.2.3-81** に崩壊斜面滑落崖冠部に見られる植物根を示す。源頭部の崩壊面には長さ 4-5m の植物の根が宙吊状態であり，節理が発達した隙間に根を伸ばしていたものと推察される。このように節理の発達した風化岩であった。多量の雨水が節理に満杯となり，水圧が節理より前面の岩盤に作用して滑落したと推察される。

写真 2.2.3-80　松山市勝岡町坂浪の斜面崩壊

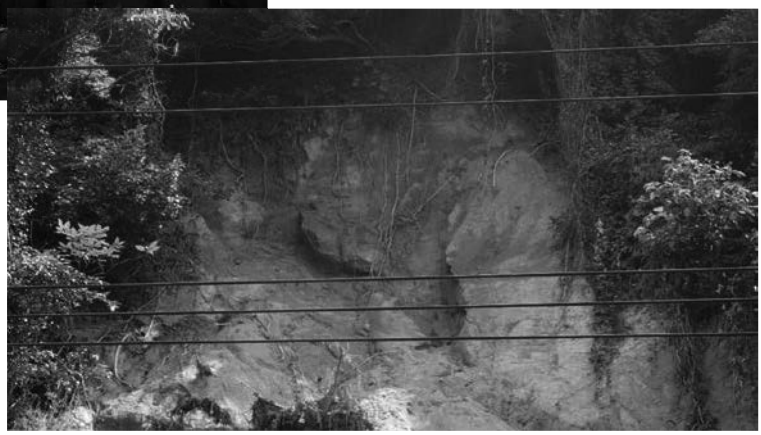


写真 2.2.3-81　松山市勝岡町坂浪の崩壊斜面滑落崖冠部に見られる植物根

(7) その他の斜面崩壊

ここには，以上に述べた松山市周辺の斜面災害の他に，**図 2.2.3-1** と**図 2.2.3-2** の位置図上に示した斜面災害について概要を示す。各々は，現地確認を行ったのみの情報である。いずれも，斜面の土質条件はまさ土地盤である。また，道路斜面の崩壊では通行止め等の影響が生じている。

(A) 大浦漁港における急斜面の崩壊

写真 2.2.3-82 に，松山市の大浦漁港における急斜面の崩壊事例を示す。崩壊斜面の上部縁辺に道路があり，そこを境に斜面が崩壊している。このような事例は多い。この確認日は 8 月 3 日であったが，大浦漁港へ入る道路は塞がれた状況のままに残されていた。

(B) 下難波地区におけるみかん畑・道路斜面の崩壊

写真 2.2.3-83 に，下難波地区におけるみかん畑・道路斜面の崩壊事例を示す。この崩壊では，斜面上部（崩壊頭部）に既存道路があり，その部分に崩壊以前の補修工事跡が確認できる。もともと変状が生じていた箇所に大量な雨水の浸透があったため崩壊に至ったと考えられる。また，この斜面部分はみかん畑である。柑橘類は根が浅いために，表層崩壊が生じやすいこととも条件が重なったと想像される。

なお，斜面環境は異なるが，みかん畑を主とする樹園地において多くの斜面崩壊が発生したことは，今回の豪雨における斜面災害の特徴であった。松山市周辺地域おいても同様な斜面崩壊が多く見られた。

(C) 道後地区における小規模な斜面崩壊

写真 2.2.3-84 に，道後地区周辺における小規模な斜面崩壊を示す。主に，道路沿いの斜面において，このような小崩壊が発生した。そのほとんどが軽度の表層崩壊であり，道路閉塞にまで至った事例は少ない。

写真 2.2.3-82　大浦漁港における急斜面の崩壊

みかん畑・道路斜面の崩壊
（下難波地区）

崩壊斜面上部の縁辺（ 人工的な遷急線； 補修跡）

写真 2.2.3-83　下難波地区におけるみかん畑・道路斜面の崩壊

道後周辺の小規模な斜面崩壊
（湯山公園横の斜面）

（溝辺町）

（横谷調整池まるやま橋近く）

（松山北条線妙清寺近く）

写真 2.2.3-84　道後地区周辺における小規模な斜面崩壊

2.2.4　南予地方の斜面災害（宇和島市・西予市周辺などの調査）

本項には災害調査団の各団員による現地調査より，南予地方の宇和島市・西予市周辺などにおける斜面災害の調査情報をとりまとめる。この地域の地質は秩父帯または四万十帯北帯に位置し，東予・中予地方の花崗岩地帯におけるまさ土斜面の崩壊とは異なり，表層部の岩相が強風化した斜面や樹園地に耕作された斜面において大規模な崩壊（過去には崩壊事例が少ない）が発生している。また，宇和島市吉田町周辺では，多数の人的被害も発生している。

(1)　概要

南予地方においては，愛媛県砂防課の集計（**表 2.2.1-2** 参照）より，大洲市，内子町，八幡浜市，西予市，宇和島市，鬼北町，松野町，愛南町に 258 件の崩壊イベント（人家裏の崩壊等）が発生している。その分布状況は，小規模な崩壊箇所も含めると総数が 3000 件を上回る（2.2.5 に詳細）。また，災害発生の誘因である降雨規模は，各降雨観測点において各種降雨指標雨量が最大観測記録を大きく更新しており（2.2.1 参照），この地域では過去（観測期間内）に経験の無い降雨状況に晒されたことを示している。

また，宇和島市吉田町一帯においては多発した斜面崩壊のために人的被害も多かった。**図 2.2.4-1** に示すように死者は 11 名に達し，負傷者は 26 名となっている（2.2.1 参照）。一方，西予市ほかの地域では幸いにも人的被害は発生していないが，道路網の寸断等の影響が出ている。

図 2.2.4-2，3 に，南予地方の宇和島市吉田町周辺と西予市周辺の宇和町 R29 沿いの各被災地区の調査結果より主な斜面災害の分布を示す。ここでの斜面災害は以下のように分けられる。

大規模斜面崩壊 ‥ 宇和島市吉田町周辺の各地区（樹園地斜面や岩盤強風化斜面の崩壊が顕著），
　　西予市の宇和町 R29 沿いの明間地区など
土石流 ‥ 宇和町 R29 沿いの斜面崩壊（擁壁倒壊）や土石流（砂防堰堤の倒壊）による道路閉塞など
その他 ‥ 内子町の上大久保地区では，小規模な崩壊土塊の斜面すべりによる被害など

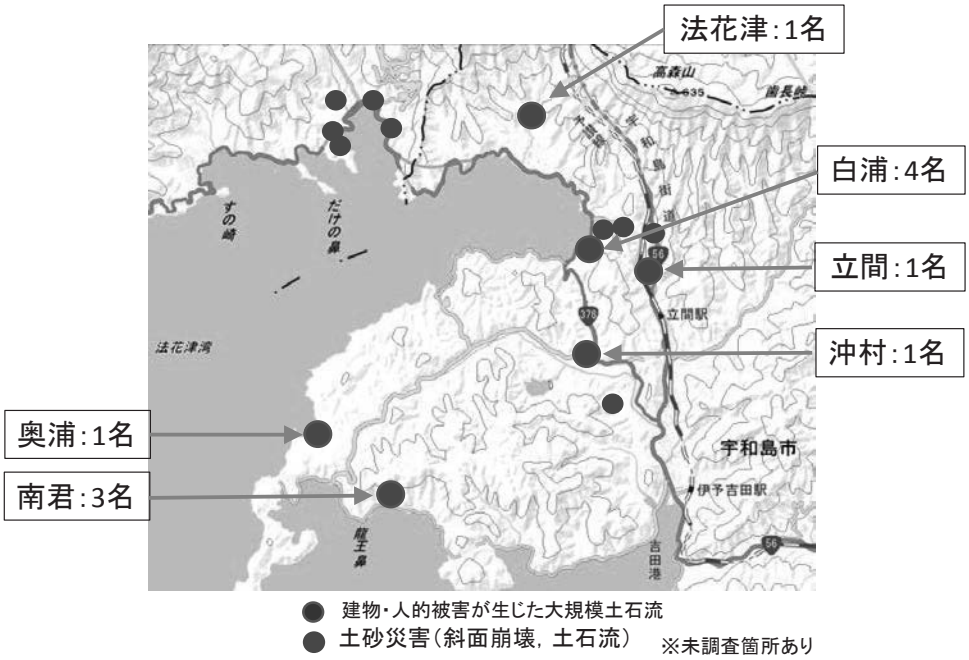


図 2.2.4-1　宇和島市吉田町における斜面崩壊による人的被害（死者）

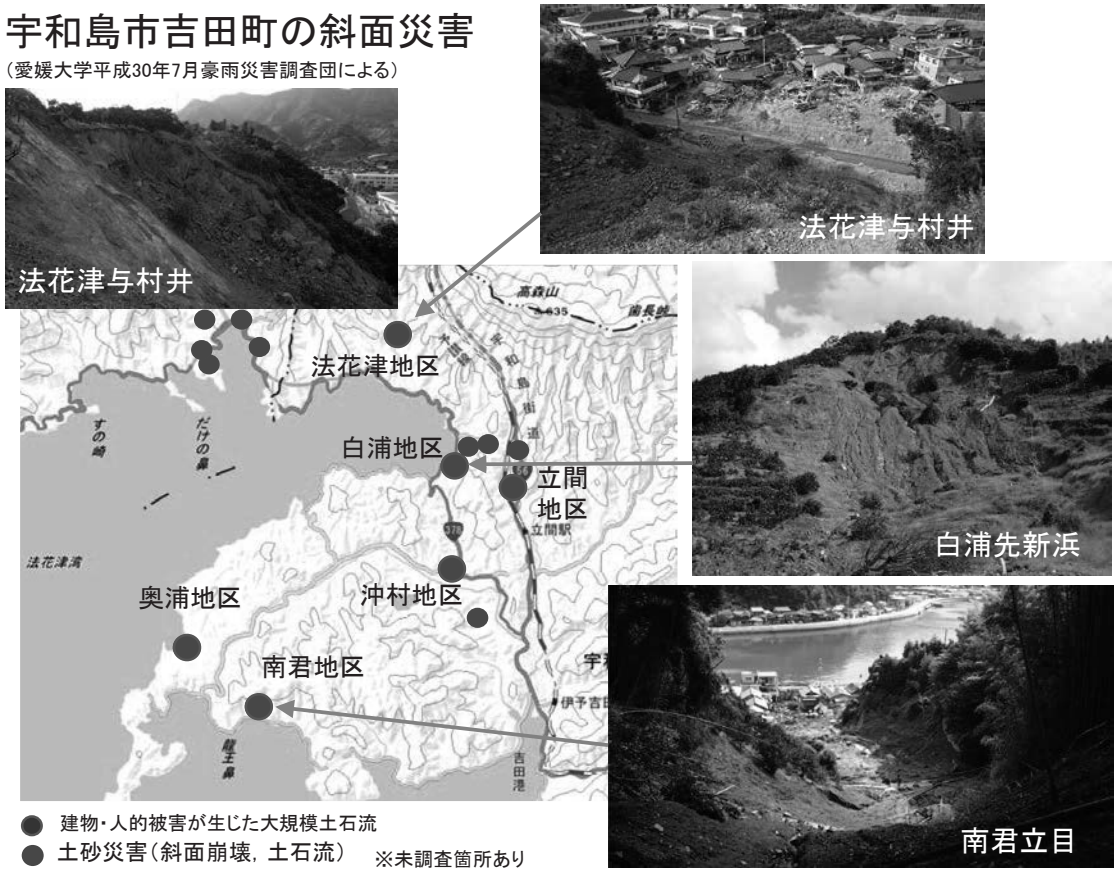


図 2.2.4-2　南予地方（宇和島市吉田町周辺）の斜面災害の分布（調査地点）

図 2.2.4-3　南予地方（西予市の宇和町 R29 沿い周辺）の斜面災害の分布（調査地点）

(2)　宇和島市吉田町周辺の斜面崩壊

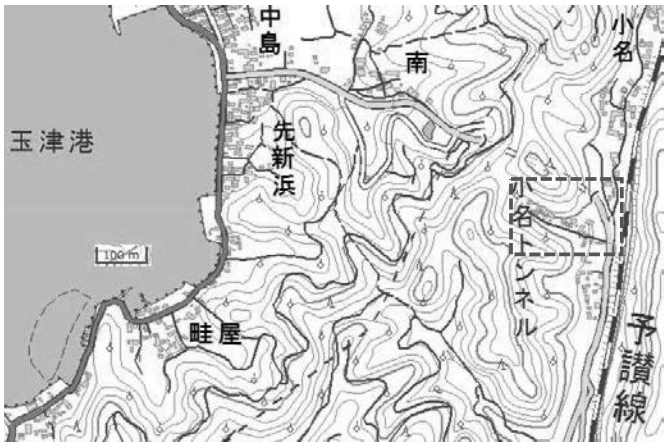
宇和島市吉田町周辺における斜面崩壊（**図 2.2.4-1**）は，山腹の樹園地（みかん畑）の斜面崩壊が目立った。このうち，人的被害や道路・インフラ被害など大きな災害に結びついたものは，ほとんどが基盤層と表層の境界ですべる表層崩壊ではなく，すべり面が基盤層の中に達する深層崩壊であった。

また，みかん畑の透水性の良い土壌は，雨量強度の大きい場合には自重を大きく増加させ（素因），基盤の風化岩盤の節理への雨水の浸透をたやすくさせ，間隙水圧の増加とすべり抵抗の低下につながった（誘因）と考えられる。

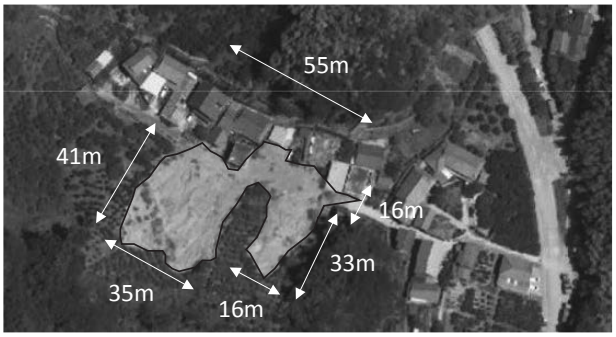
以下には，吉田町周辺の各地区における斜面崩壊の状況を写真と共に示す。

(A) 吉田町小名地区

図 2.2.4-4 に吉田町小名地区の斜面崩壊を示す。当地は小名トンネルの直上に位置する集落の南側の斜面が崩壊したものである。**写真 2.2.4-1** のように崩壊土砂によって住家が崩壊し，車両が土砂に埋没している。この斜面崩壊により高齢者 1 名が犠牲となった。



国土地理院地形図
https://maps.gsi.go.jp



国土地理院　平成30年7月豪雨 正射画像　宇和島地区（7月11日撮影）https://maps.gsi.go.jp

国際航業
http://www.kkc.co.jp/service/bousai/csr/disaster/201807_west/index.html

北緯33° 18′26.0″
東経132° 32′06.9″

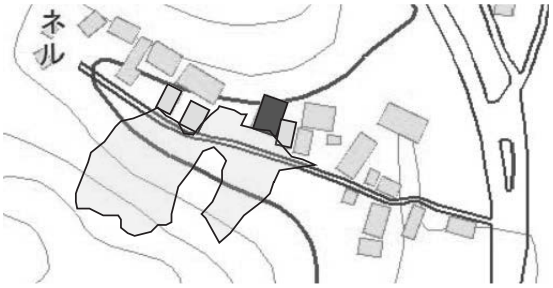


図 2.2.4-4　小名地区の斜面崩壊

写真 2.2.4-1　小名地区の斜面崩壊による被災状況（7 月 18 日 13:26 撮影）

崩壊状況は遠くから見ると，みかん山の表層すべりのように思えるが，崩壊斜面の上部（源頭部）には岩盤が見えることから，深層崩壊と考えられる。**写真 2.2.4-2～4** にその崩壊状況を示す。崩壊の深さは 6.5m の岩盤崩壊である。地質は四万十川層群にあたり，節理の発達した粘板岩が強風化した岩盤のすべりとなっている。傾斜が急であるので，一気に崩れ，下部のミカン畑の表層を根こそぎ削って滑り落ちたものと推察される。

写真 2.2.4-2　小名地区の斜面崩状況（法先より見上げる）

写真 2.2.4-3　小名地区の斜面崩状況
（源頭部付近より見下げる）

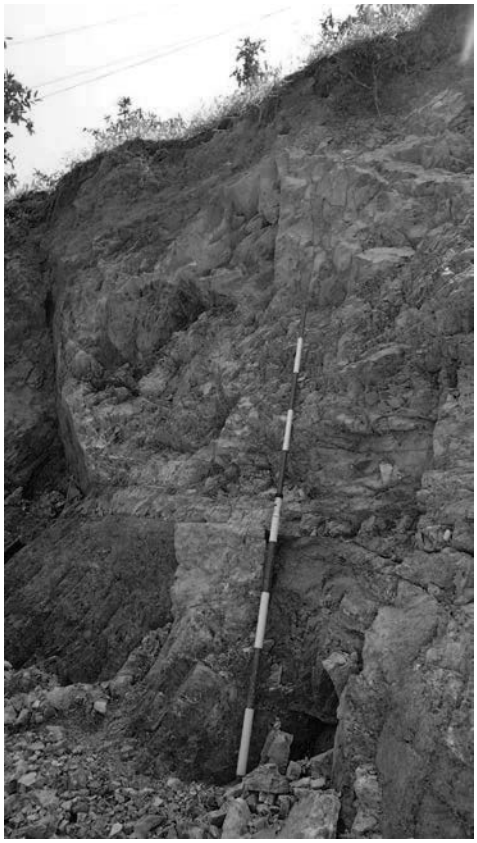


写真 2.2.4-4　源頭部の地盤

(B) 吉田町法花津与村井地区

図 2.2.4-5 に法花津与村井地区の斜面崩壊を示す。斜面崩壊の規模は，水平距離約 65m，高さ約 40m，長さ約 73m であり，深さ 5m～12m の岩盤崩壊をなしている。地質は四万十川層群にあたり，節理の発達した風化岩盤のすべりとなっている。斜面崩壊部の土砂量は 33m×35m×7m＝8,085m^3，流下区間が 32m×40m×0.6m＝768m^3 で合計 8,853m^3 である。流下区間での堆積を考慮して約 8,000m^3 の土砂が道路宅地に堆積した可能性があり，この土砂量の斜面が一気に崩れて下部のみかん畑の表層を根こそぎ削って滑り落ちたものと思われる。**写真 2.2.4-5** に斜面崩壊による被災状況を示す。9～10 棟が全半壊に至ったと推定され，1 名の犠牲者が出ている。

写真 2.2.4-6 に源頭部の岩盤すべりの状況を示す。これは，南南東から北北西を見ている。走向はやや西に振っており，すべり面は流れ盤で深さ 5m（南南東）～12m（北北西）である。

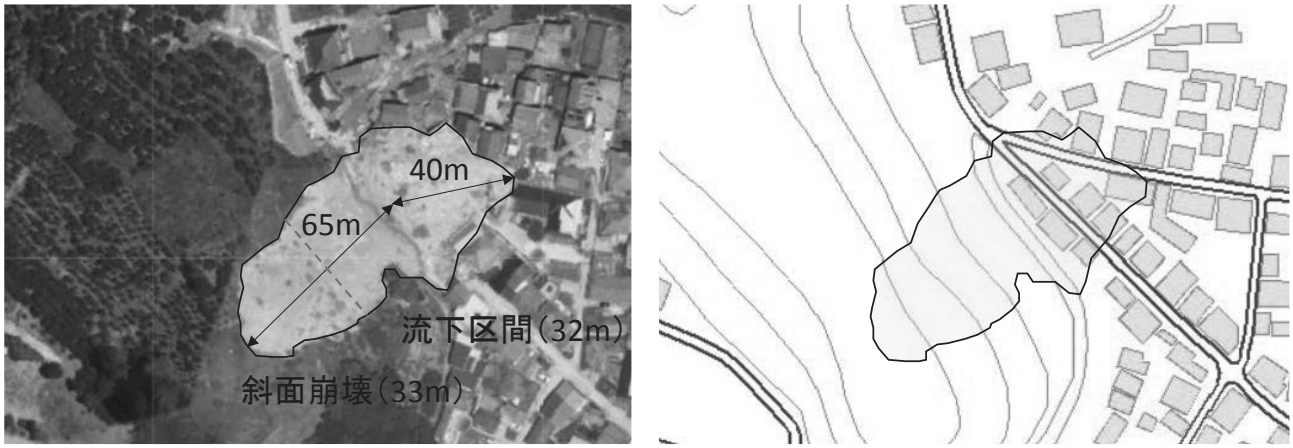


図 2.2.4-5　法花津与村井地区の斜面崩壊

写真 2.2.4-5　法花津与村井地区の斜面崩壊による被災状況（7 月 18 日 16:40 撮影）

写真 2.2.4-6　法花津与村井地区の斜面崩壊の状況（源頭部の岩盤すべり）

写真 2.2.4-7 に，崩壊部における強風化で節理の発達した泥岩の様子を示す。また，**写真 2.2.4-8** は，ソイルパイプを確認したものである。住民証言として「ひと抱えある太さの水が噴出」したとのことから，大量の雨水浸透により岩盤面との間に高い水圧面が生じて，その境界部がすべり面となったと推察される。

写真 2.2.4-7　法花津与村井地区の斜面崩壊に見られる強風化で節理の発達した泥岩

写真 2.2.4-8　法花津与村井地区の斜面崩壊におけるソイルパイプの確認

(C) 吉田町先新浜地区

図 2.2.4-6 に先新浜地区の斜面崩壊位置を示す。また，**写真 2.2.4-9** に斜面崩壊状況を示す。当地もみかん畑の斜面が崩壊したものである。源頭部のすべり層厚は最大 5，6m の岩盤崩壊で，この崩落が下部の表層をこそげ落とし，土石流となったと考えられる。**写真 2.2.4-10** に示す源頭部付近より見下げた景観より，この斜面崩壊によって，海の中にまで大量の土砂が運搬された様子がうかがえる。これは，ただの表層すべりではなく，岩盤崩壊が元凶となったことを示している。住民証言として「前触れなく，一気に大量の土石流が襲ってきた」とのことであり，その状況は岩盤すべりの特徴そのものである。

写真 2.2.4-11～13 に源頭部の様子を示す。地質は仏像構造線の少し南にある四万十川層群にあたり，粘板岩の節理の発達した風化岩盤のすべりの情況を呈している。

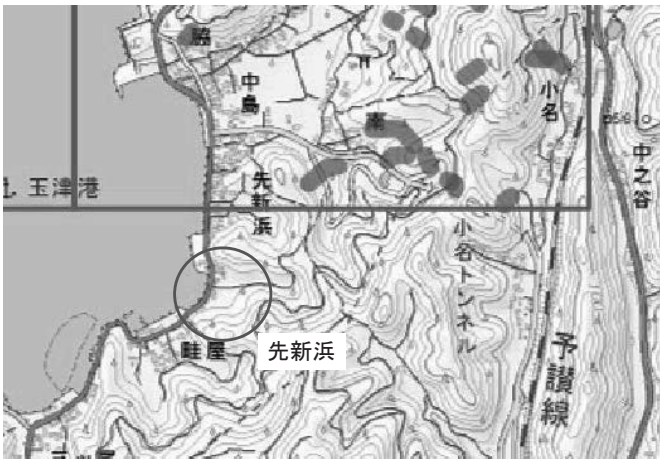


図 2.2.4-6　先新浜地区の斜面崩壊位置

写真 2.2.4-9　先新浜地区の斜面崩壊状況（法先より見上げる）

写真 2.2.4-10　先新浜地区の斜面崩壊状況（源頭部付近より見下げる）

写真 2.2.4-11　先新浜地区の斜面崩壊（源頭部の崩壊状況）

写真 2.2.4-12　先新浜地区の斜面崩壊
（源頭部の崩壊状況；斜面中腹に通っていた道路は擁壁・道路一体で崩壊）

写真 2.2.4-13　源頭部の地盤

(D) 吉田町中島地区

図 2.2.4-7 に中島地区の斜面崩壊を地形図上に示す。また，**写真 2.2.4-14** に斜面崩壊状況を示す。標高 110m から 24m の間において，最大幅 72m，延長 230m に渡って崩壊している。これより，斜面中腹に通っていた道路は全て擁壁・道路一体で崩壊した。

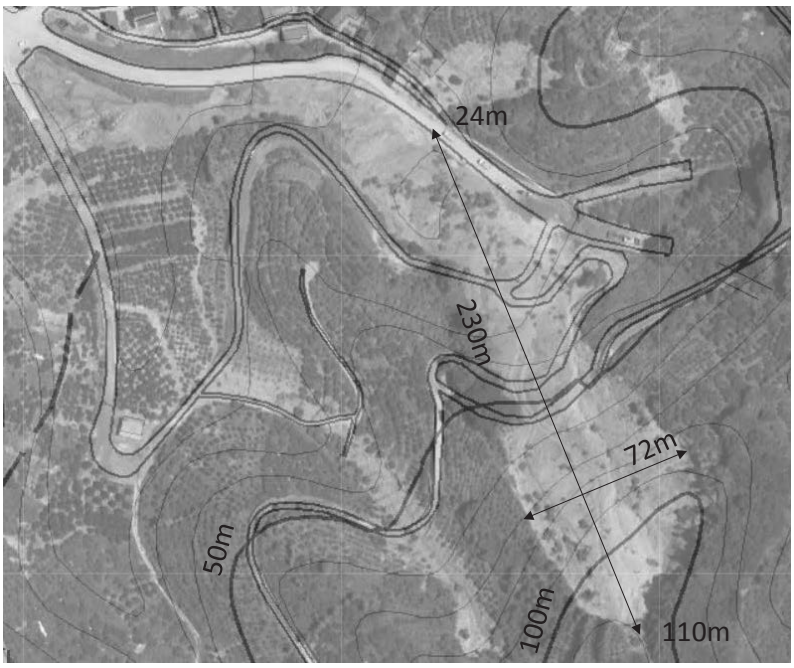


図 2.2.4-7　中島地区の斜面崩壊

写真 2.2.4-14　中島地区の斜面崩壊
（斜面中腹に通っていた道路の損壊状況）

（E）吉田町南君立目地区

図 2.2.4-8 に南君（なぎみ）立目地区の斜面崩壊を示す。図に示すように，280m 四方の領域に 4 つの斜面崩壊がある。崩壊 1 が最大で住家を直撃して 3 人が犠牲となった。崩壊 2 は強風化岩盤の崩壊で，コンクリート擁壁を崩壊して物置を全壊させた。崩壊 3，4 は表層すべりである。これらの崩壊により，一体は土砂に覆われた。**写真 2.2.4-15** は斜面崩壊 2 の全景である。L=168m の流下域と堆積域はいずれもみかん畑で，周囲もみかん畑である。源頭部の高さには竹林があり，右下の広葉樹林は天満宮の森である。これより，**写真 2.2.4-16** のような被害状況となった。崩落土砂は渓流中央の家を直撃し，他も 0.5-1.5m の土砂堆積となった。

写真 2.2.4-17 に示す流下域と堆積域はいずれもみかん畑である。流下域では削り取られた表層は 0.5～1m であり，源頭部に生えていた竹は悉く堆積域まで流下していた。**写真 2.2.4-18** は崩壊 2 である。同じく流下域と堆積域はいずれもみかん畑で，流下域では削り取られた表層は 0.5～1m である。**写真 2.2.4-18** は源頭部

の崩壊状況である。崩壊斜面の源頭部（馬蹄形）では強風化した粘板岩が見られた。一部に風化岩と粘土化した風化岩の層の抜け出しが見られ，深さ 1～2m，平均 1.5m 程度（最大深さは 3m）の崩壊となっている。

図 2.2.4-8　南君立目地区の斜面崩壊

写真 2.2.4-15　南君立目地区の斜面崩壊 2 の状況

写真 2.2.4-16　南君立目地区の斜面崩壊による被害状況

写真 2.2.4-17　南君立目地区の斜面崩壊（流下域と堆積域）

写真 2.2.4-18　南君立目地区の斜面崩壊（流下域と堆積域）

写真 2.2.4-19　南君立目地区の斜面崩壊（源頭部の崩壊状況）

(3)　西予市明間地区の大規模斜面崩壊

図 2.2.4-9 に西予市の明間（あかんま）地区に発生した大規模斜面崩壊の位置を示す。明間地区は野村ダムの上流 1～2km に位置する。

図 2.2.4-10 に斜面崩壊状況の立体図を，**写真 2.2.4-20** に斜面崩壊の全景を示す。この地域は，植林等による森林地域であり，樹木が多い斜面となっていて，斜面崩壊と共に流木も多くみられる。基本的に表層土の崩壊のように見え，大きな石と岩が転んできた跡がなく，流木と石混じり泥による被害が見られた。

図 2.2.4-11 は斜面崩壊の位置と人家との関係である。**写真 2.2.4-21** に，国土地理院による空中写真より，その拡大図を示す。崩壊により前面の住家 4 棟が倒壊し，土砂がその下段の住家に流れ込んでいる様子が見てとれる。

図 2.2.4-12 に明間地区の地質図（産業技術総合研究所地質調査総合センター）を示す。今回の崩壊地は，

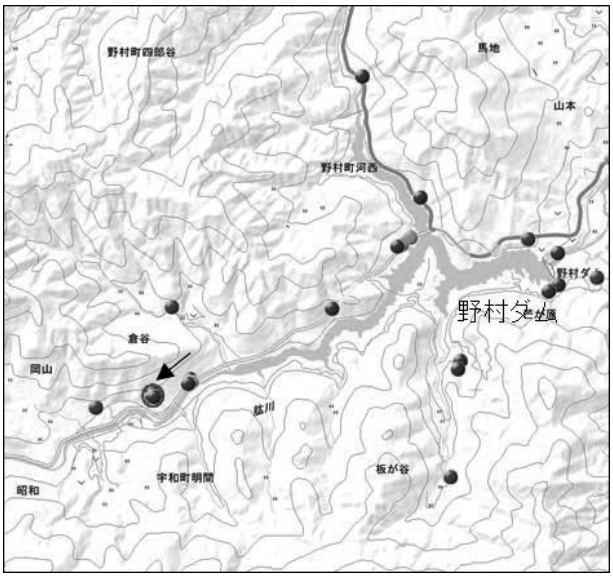


図 2.2.4-9　西予市：明間地区の斜面崩壊位置

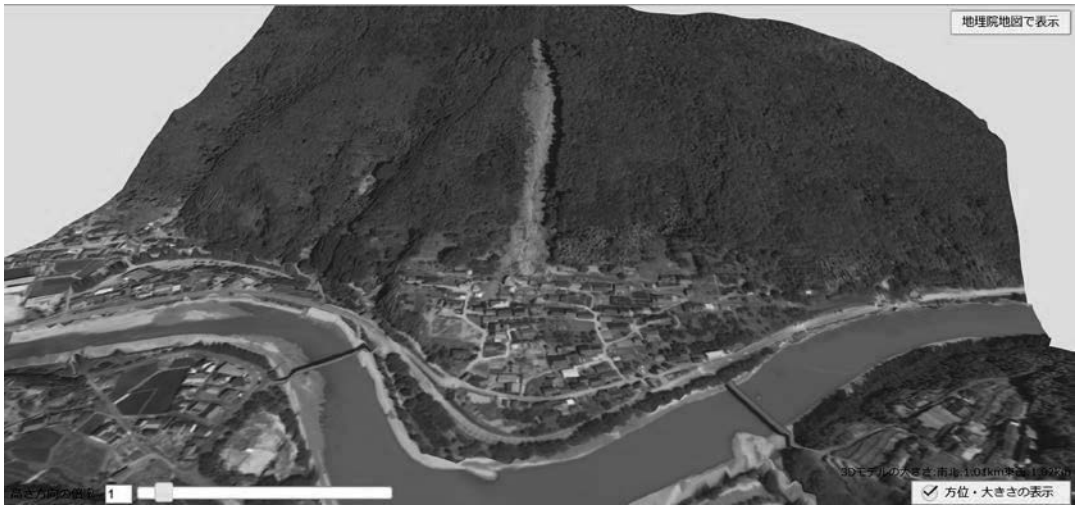


図 2.2.4-10　明間地区の斜面崩壊状況の立体図（地理院地図により作成）

写真 2.2.4-20　明間地区の斜面崩壊の全景

「チャートブロック」と「砂岩層」から成る地質であり，その上に過去の崩壊土とみられる「中位段丘堆積物」も存在している。今回の崩壊は丁度この段丘堆積物上に起きたと考えられる。また，**写真 2.2.4-22** に示す源頭部の状況からも，チャート岩石を多量に含む崩積土層を上に載った土壌化した泥岩の斜面崩壊であることが分かる。

写真 2.2.4-23 に崩壊前と崩壊後の空中写真を示す。左写真の点線で囲んだ箇所は，過去に崩壊した斜面と見られるものである。このように，今回の崩壊地周辺には過去の斜面崩壊痕跡も見てとれ，今回の崩壊は実線で囲んだ斜面に発生した。その平均斜面勾配は約 25 度であり，崩壊斜面の全長は約 330m，最大幅は約 50m である。実際に崩壊した範囲は，上部約 1／3～1／5 の部分だと考えられる。地形的には，当地はやや谷地形であり，平均斜面勾配が約 25° で比較的緩やかな斜面である。

この地域の地質は，砂岩層が大分部占めており，中位段丘堆積物も元が砂岩であるとすると，崩壊土砂が砂質土であると言える。砂質土は，透水性が比較的良く，通常の降雨では雨水がほとんど浸透しても地下水位生成に間に合わないため斜面崩壊まで至らないが，今回の降雨は長く降っており，時間雨量もやや高かったため，斜面崩壊を引き起こす地下水位の上昇に伴い表層土と比較的硬い岩盤の境目の摩擦抵抗が低下したと考えられる。これが，斜面崩壊の一般的なメカニズムであり，この斜面でも同様な現象が考えられる。源頭部付近では，崩壊の深さは 1m～2m と予測できる。平均深さは 1m で，平均幅が 30m と全長約 330m で計算すると，流動土砂量は約 10,000m^3 となる。

本斜面崩壊は，今回愛媛県域で発生した斜面崩壊の規模からいうと，やや大きいと言える。特に，愛媛県南予地方に起きた斜面災害の多くは，果樹園中心で起きた小中規模表層崩壊であったが，本崩壊は最大幅が約 50m で，予測長さは 100m 以上であり，その流動距離が 300m 以上である。比較的緩い斜面であり，流木も土砂に混ざっていたため，破壊力はやや弱まれたと考えられる。そのため，下流の 4 件ほどの人家だけが全壊になり，比較的小規模被害であったと言える。

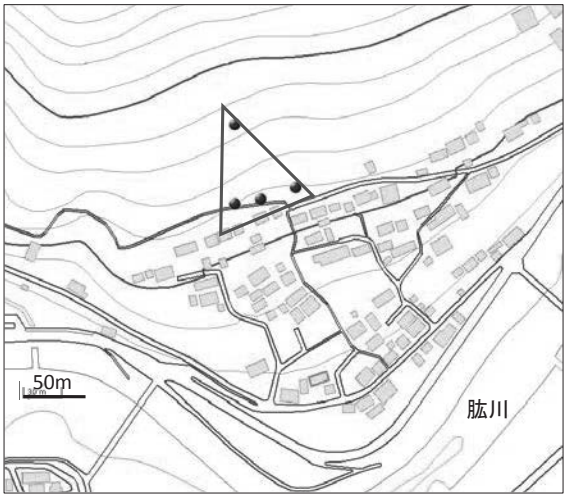


図 2.2.4-11　明間地区斜面崩壊の位置と住家

図 2.2.4-12　明間地区地質図（産総研）

写真 2.2.4-21　空中写真（国土地理院）

写真 2.2.4-22　斜面崩壊の源頭部

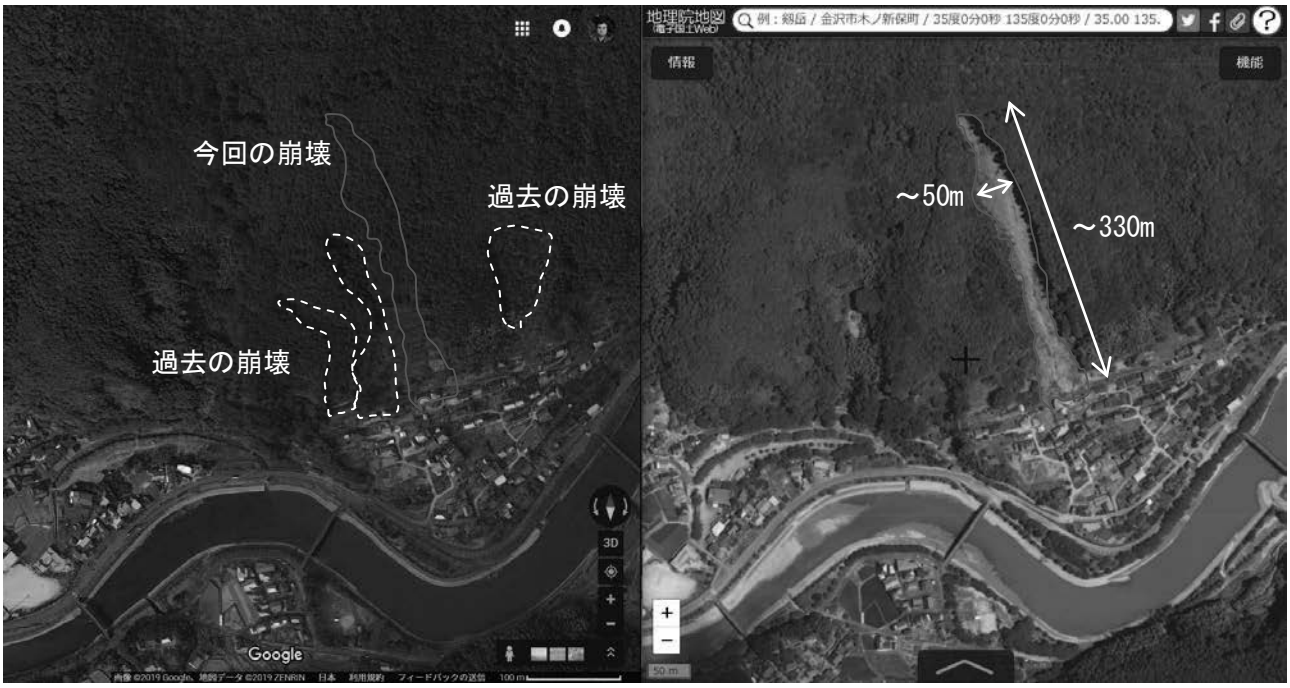


写真 2.2.4-23　崩壊前と崩壊後の空中写真（左：GoogleEarth，右：国土地理院）

(8)　内子町上大久保地区の斜面災害

南予東端の中予地方に沿って位置する内子町においても数箇所の斜面災害が発生している。そのうち，**図 2.2.4-13** に上大久保地区に発生した斜面災害の位置を示す。同地区の斜面崩壊はいずれも小規模であったが，後半の 2 事例は地質が秩父帯または三波川帯に位置する事例として特徴的である。

写真 2.2.4-24 は栗畑斜面の崩壊である（①）。宇和島市吉田町周辺における樹園地の崩壊よりは浅く表層が崩壊している。**写真 2.2.4-25** は，人家裏の斜面上部が小規模に崩壊し，その土塊が斜面上を滑り落ち（草が倒れている状況から推察される），家屋に直撃して損壊し，全半壊の被害となった（②）。同様な崩壊状況は，**写真 2.2.4-26** の道路斜面の崩壊にも見られた（③）。斜面地盤の土質は，泥岩が強風化したものとなっている（**写真 2.2.4-27**）。

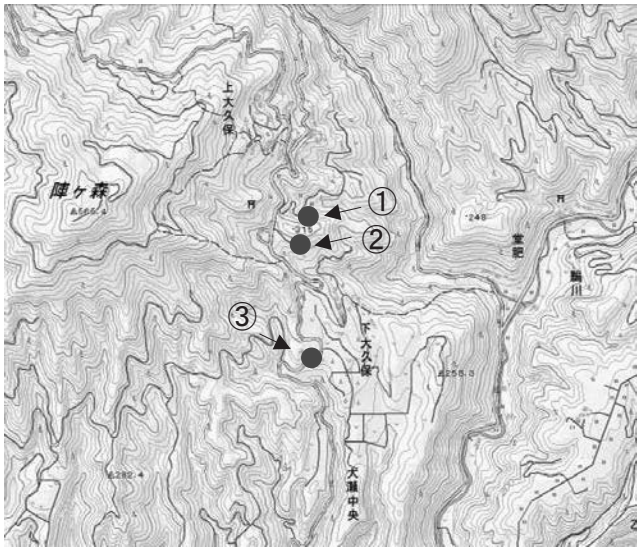


図 2.2.4-13　上大久保地区の斜面災害位置

写真 2.2.4-24　栗畑斜面の崩壊

写真 2.2.4-25　小崩壊による土塊と家屋被害

写真 2.2.4-26　道路斜面の崩壊
（草の茂る斜面を落下）

写真 2.2.4-27　崩壊斜面の土質
（泥岩の強風化）

2.2.5 南予地方の航空写真判読と空間分布

平成 30 年 7 月豪雨によって，愛媛県内において多数の斜面崩壊が発生した。筆者らは，愛媛県内において発生した斜面崩壊等の分布を可能な限り詳細に把握するため，災害直後から国土地理院が被災地を撮影・公開した航空写真の判読を中心とした崩壊地の分布の把握を試みた。その結果，航空写真が撮影された大洲地区，宇和島地区，肱川下流地区の範囲において，少なくとも 3,410 箇所の斜面崩壊を確認した。本稿は愛媛県内において多発した斜面崩壊の分布の特徴について整理する。

(1) 斜面崩壊箇所の特定に用いた使用データと基準

・使用データ

本調査においては，主に地理院地図を用いて，愛媛県内の斜面崩壊の箇所を目視で判読することにより，斜面崩壊の発生場所の特定を試みた。

平成 30 年 7 月豪雨の被災地は西日本の全域に及ぶが，中でも顕著な被害が広範囲に多発した，広島県，岡山県，愛媛県の 3 県については，国土地理院によって迅速に航空写真が撮影された。

航空写真と地図とを重ね合わせて表示することができるように調整されたオルソ画像が，地理院地図のプラットフォーム上に順次公開された。撮影及び公開範囲を**図 2.2.5-1** に示す。愛媛県における航空写真はカラー，デジタルで撮影されたものである。大洲地区および宇和島地区は 2018 年 7 月 11 日に，肱川下流付近は同 18 日に撮影された。撮影範囲は約 1,200 km^2であった。これにより，被災直後の被災地の航空写真を，誰もが自由に閲覧できる状況となった。この航空写真を注意深く観察することにより，特に専門的な技術を必要とせず，今回の災害によるものと思われる斜面崩壊の痕跡を十分に判読可能である。

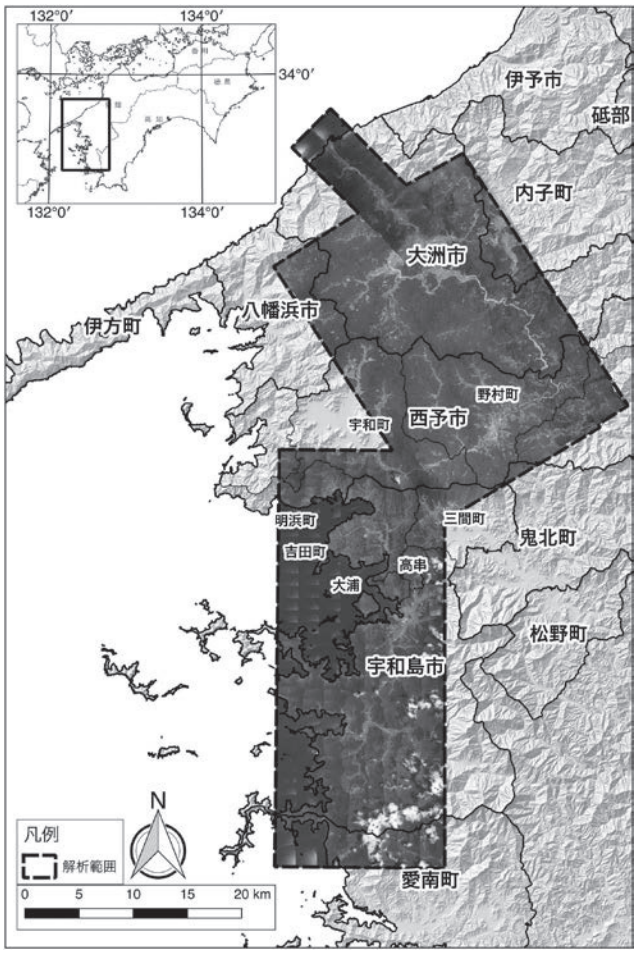


図 2.2.5-1 被災直後の航空写真撮影および公開範囲

・斜面崩壊地の判読基準

斜面崩壊が発生した場所は，周囲の植被の状況とは明らかに異なり，茶褐色の地肌が露出している（**図 2.2.5-2**）。これらの場所は，一見して斜面崩壊が発生したことが判断できる場合が多い。地肌の露出以外にも，土砂の流入や堆積によるアスファルト舗装面の変色等も，斜面崩壊の証拠とした。地肌の露出等が，今回の災害によるものか，あるいはそれ以前からなのか判断に迷う場合は，2004 年に撮影された航空写真と見比べることによって，判断の一助とした。なお，崩壊箇所のカウントは，崩壊が始まった場所の数とした。したがって，例えば 2 箇所から発生した斜面崩壊が，その先で合流している場合でも，崩壊箇所数は「2」とした。

・地理院地図による崩壊位置等のデータの作成と集約

地理院地図は，国土地理院が管理・公開している地図等の表示サービスである。閲覧可能な情報は，基本となる地形図（標準地図）をはじめとして，複数時期の航空写真，地形を立体的に表現した陰影図やアナグリフ等，活断層図，過去の顕著な地震の震源（震央）や台風等の浸水実績図等の各種災害に関する情報など，多岐にわたる。これらのデータを画面上で表示／非表示を切り替えることにより，様々な情報を重ね合わせることが可能である。

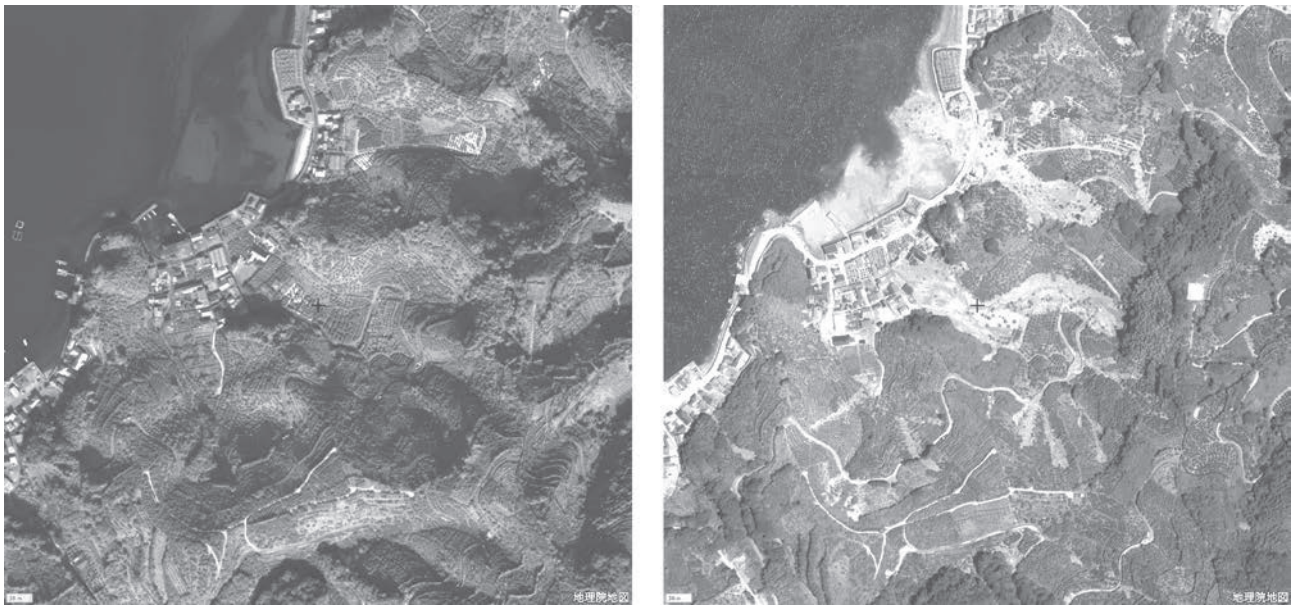


図 2.2.5-2 地理院地図による被災前後の航空写真の比較。被災前の樹園地（左）が大規模な斜面崩壊によって地肌が露出している（右）。図中の＋マークはほぼ同一の場所。場所は宇和島市吉田町白浦地区。

また，地理院地図は表示された地図上に点（ポイント）・線（ライン）・面（ポリゴン）を描画することが可能で，操作者は正しい位置情報を持ったデータを作図し，保存や共有が可能である。これらの作業は，従来は GIS（Geographic Information System）と呼ばれる空間情報解析のツールを用いる必要があったが，簡易な作図であれば地理院地図上で完結できるようになった。なお，作業によって作図されるデータの保存形式は現在のところ Geojson と kml の二種類である。いずれも GIS ソフトウエアでの取り扱いが可能であり汎用性がある。特に kml は一般に広く普及している Google Earth での表示が可能である。

崩壊地は，斜面崩壊の最高標高の地点（斜面崩壊開始点）と，崩壊した土砂が到達した地点（到達点）の両方を判読した。ただし，崩壊開始地点は比較的容易に特定できるものの，その土砂がどこまで到達したかを正確に判読することは非常に困難であった。基本方針として，崩壊が合流する場合は，その崩壊は合流地点まで継続したと判断し，開始点から到達点までをラインデータとしてトレースした（**図 2.2.5-3**）。

実際の判読作業には，愛媛大学法文学部地理学教室の学生有志が参加した。発災から 1 週間が経過し，航空写真が公開され各地の被害が明らかになってきた段階で，斜面崩壊の分布状況を正確に把握する必要性を強く感じ，斜面崩壊に関する判読チームを結成する呼びかけを地理学教室の学生に対して実施した。その結果，2 回生から 4 回生の 9 名（本稿（4）参照）が呼びかけに応じ，災害の概況の情報共有と，判読基準およびデータ作成手順の確認のための打ち合わせを実施した。

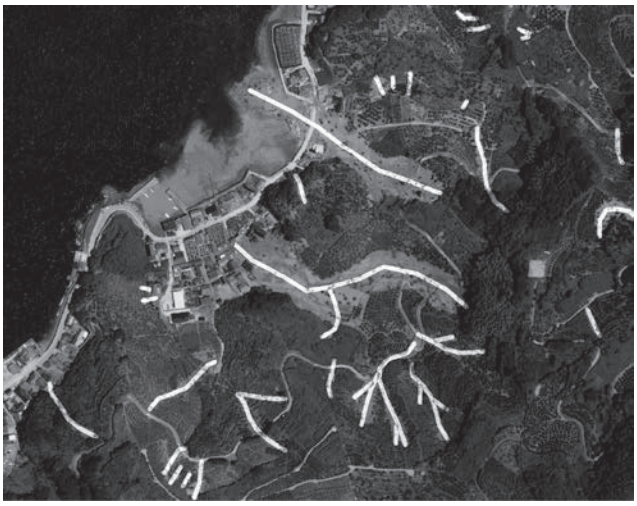


図 2.2.5-3 判読結果の例。白線が斜面崩壊した箇所を示す。場所は**図 2.2.5-2** に同じ。

航空写真判読の方針等を確認した上で，判読の範囲を分割し，各々が判読を開始するエリアを決定した。区割りは，2 次地域区画（約 10 km 四方）を 4 等分した，1 辺が約 5km の範囲を基本とした（**図 2.2.5-4**）。担当エリアの判読が完了次第,完了情報の周知ののち，未判読のエリアに順次着手する方式を採用した。担当エリアの判読完了と次のエリアの着手の際には，作業が重複しないよう，全員で表計算ソフトによる情報共有を行った。

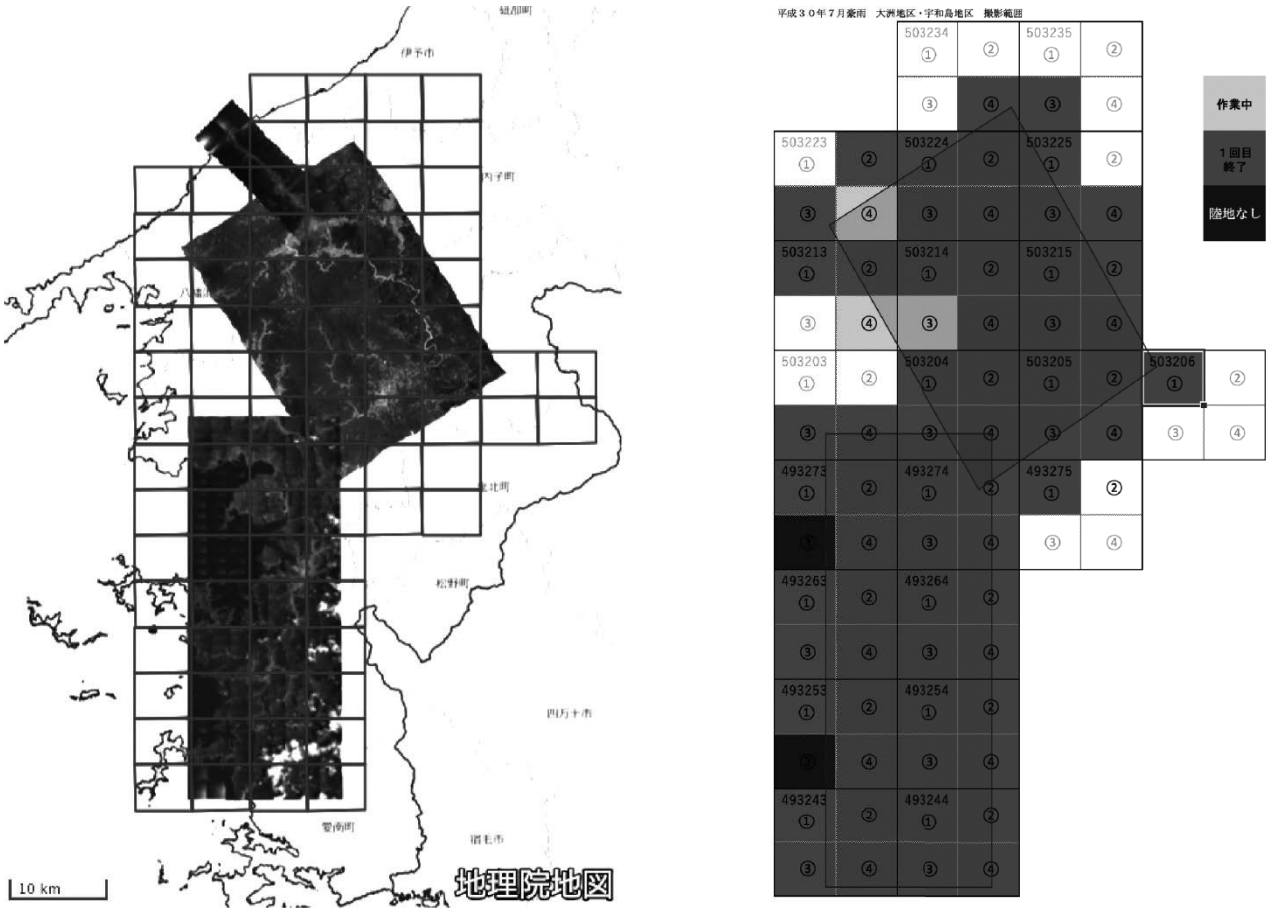


図 2.2.5-4 判読範囲の区割り図。2 次地域区画を東西・南北にそれぞれ 2 分割し，4 等分した範囲を基本とした（右）。表計算ソフトにより，判読済みや作業中の情報共有を行った（左）。肱川下流部については作業開始後に航空写真が公開されたため，追加で判読を実施した。

・判読ミスの防止と修正

判読する航空写真は，オルソ画像である。写真に写っている地物の影や周囲の土地利用などから，ある程度の起伏を感じ取ることは可能である。また，一般に斜面崩壊は開始点から到達点に向けて広がる平面形状をしていることから，崩壊の開始点と到達点を概ね判断できる。しかし，実態視判読を行なっているわけではないため，斜面崩壊の形状によっては，崩壊開始点と土砂が到達した地点とを逆に判断してしまう可能性がある。この判断ミスを避けるために，次の二つの作業を行なった。

まず，判読作業中においては，等高線を読み取ることにより開始点よりも到達点の方が標高が低いことを確認した。それでも生じる人為的な錯誤を修正するために，次に，全てのトレースが揃ってから，トレースの始点と終点にポイントを作成してペアとした。これらペアの標高を DEM から取得した上で引き算することにより，始点と終点の標高が逆転しているペアを抽出した。逆転していた箇所については，改めてオルソ画像と等高線を確認し，判読ミスであることを確認の上，修正した。

(2) 判読の結果

本研究において判読した範囲において，少なくとも 3,410 箇所の斜面崩壊を確認した。全体像を**図 2.2.5-5** に示す。また，崩壊箇所が多かった宇和島市，西予市，大洲市，八幡浜市について，それぞれ主要な分布を**図 2.2.5-6** から**図 2.2.5-8** に示す。特に崩壊が集中的に発生した町等を中心とした集計を，**表 2.2.5-1** と**表 2.2.5-2** に，また大洲市，八幡浜市およびその他の地域における崩壊箇所の分布を**表 2.2.5-3** に示す。

場所によっては小さな斜面崩壊が多数発生し，それらが合流して，あたかも支流が本流に合流する河川網のように見える場所があった。崩壊箇所数としては，開始点の数をカウントした。これらの作業は無償の GIS ソフトウエアである QGIS（v 2.18）を用いた。

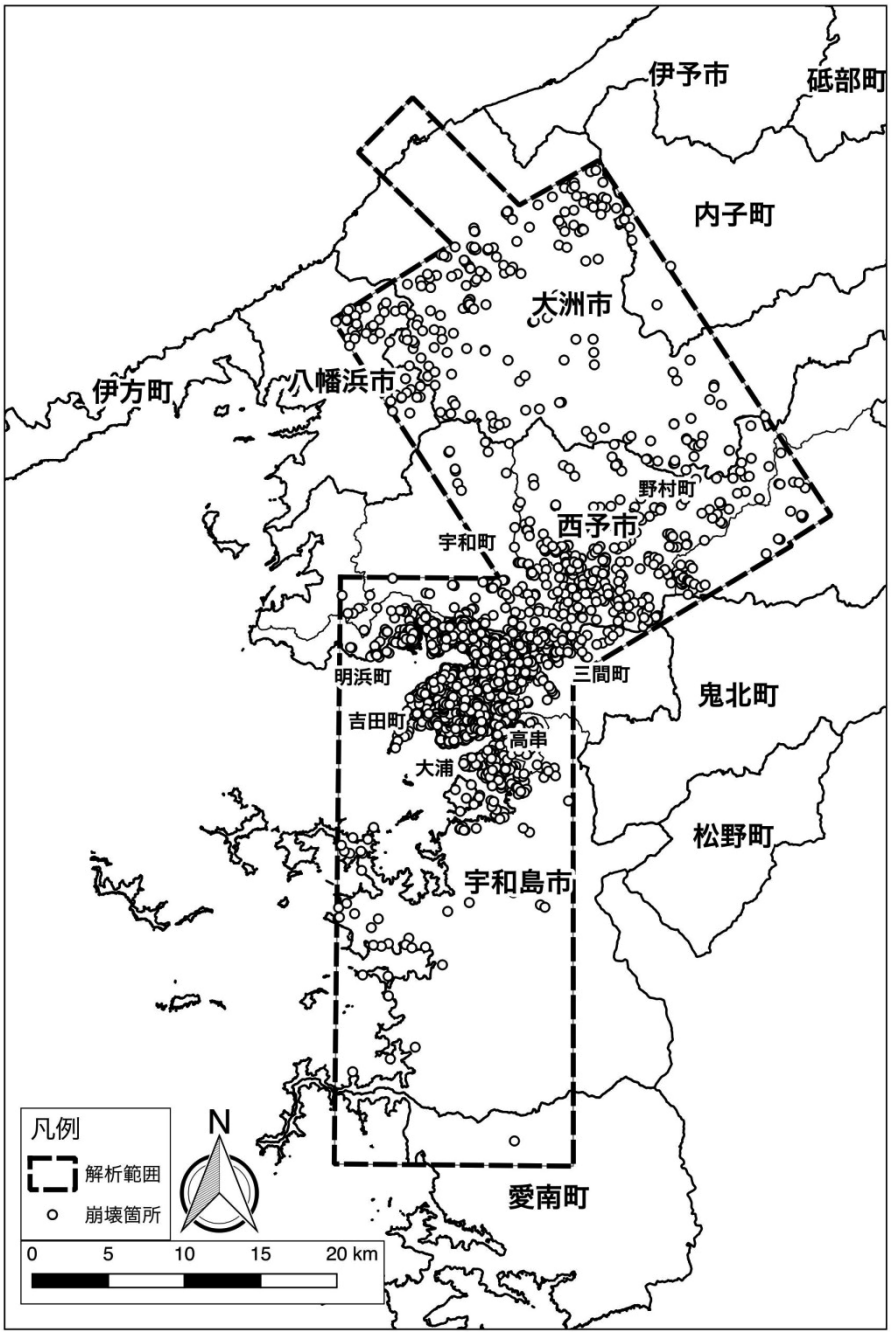


図 2.2.5-5　判読範囲における斜面崩壊の分布図

表 2.2.5-1　宇和島市における崩壊箇所数，判読面積，および崩壊発生密度

	箇所数	全面積 (km^2)	判読面積 (km^2)	判読面積割合	有効密度（箇所/km^2）
吉田町（全域）	2,271	47.8	47.8	100%	47.5
三間町（一部）	91	56.9	25.1	44%	3.6
大浦（全域）	74	6.4	6.4	100%	11.6
高串（全域）	24	7.5	7.5	100%	3.2
その他の地域	78	351.2	253.2	72%	-
計	2,538	469.8	340.0	72%	7.5

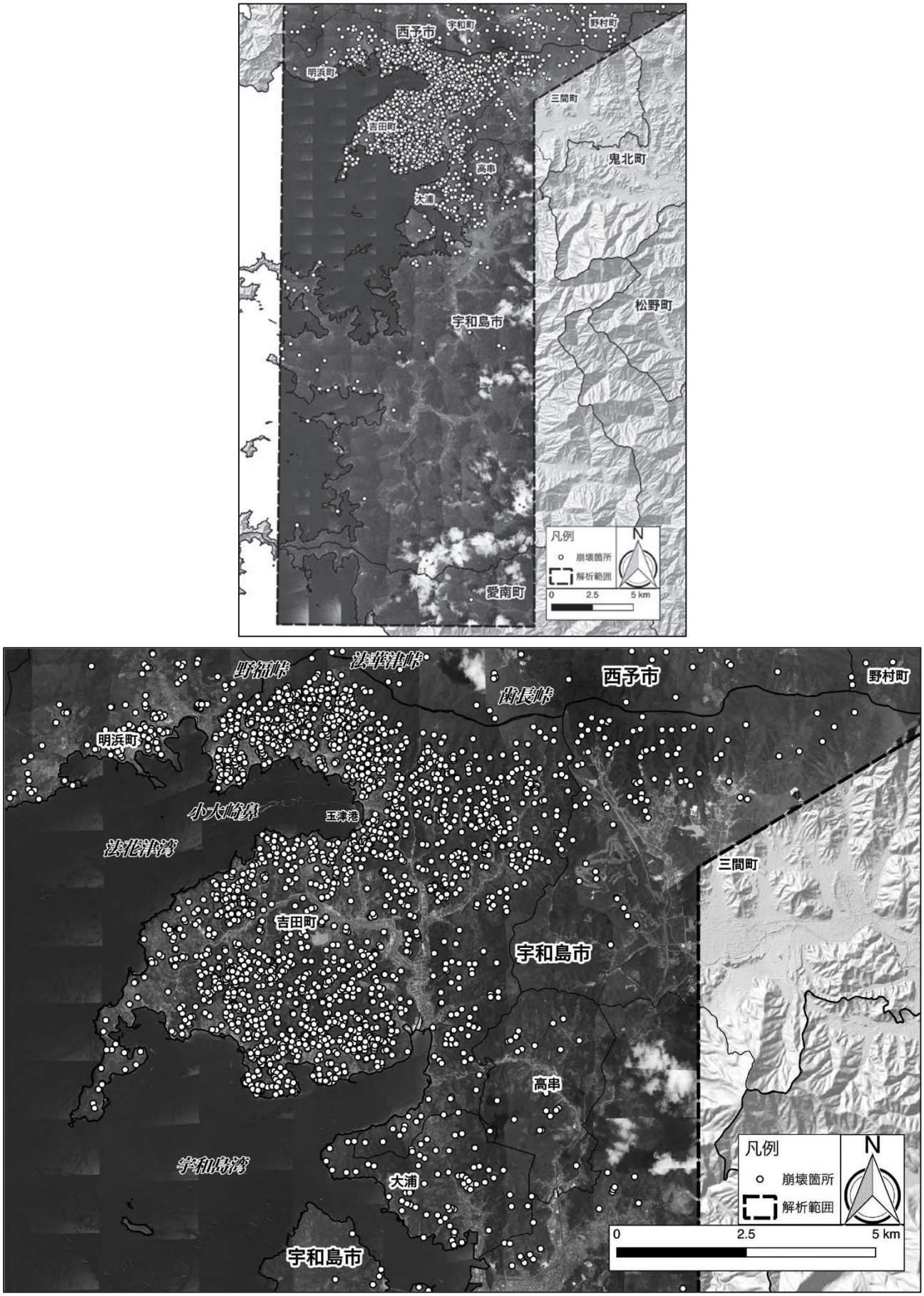


図 2.2.5-6　宇和島市における斜面崩壊の分布。全体（上）と吉田町付近の拡大図（下）。

表 2.2.5-2　西予市における崩壊箇所数，判読面積，および崩壊発生密度

	箇所数	全面積 (km^2)	判読面積 (km^2)	判読面積割合	有効密度（箇所/km^2）
野村町（一部）	237	187.8	132.0	70%	1.8
明浜町（一部）	200	25.9	17.4	67%	11.5
宇和町（一部）	126	132.4	89.3	67%	1.4
その他	42	168.3	43.6	26%	-
計	605	514.3	282.4	55%	2.1

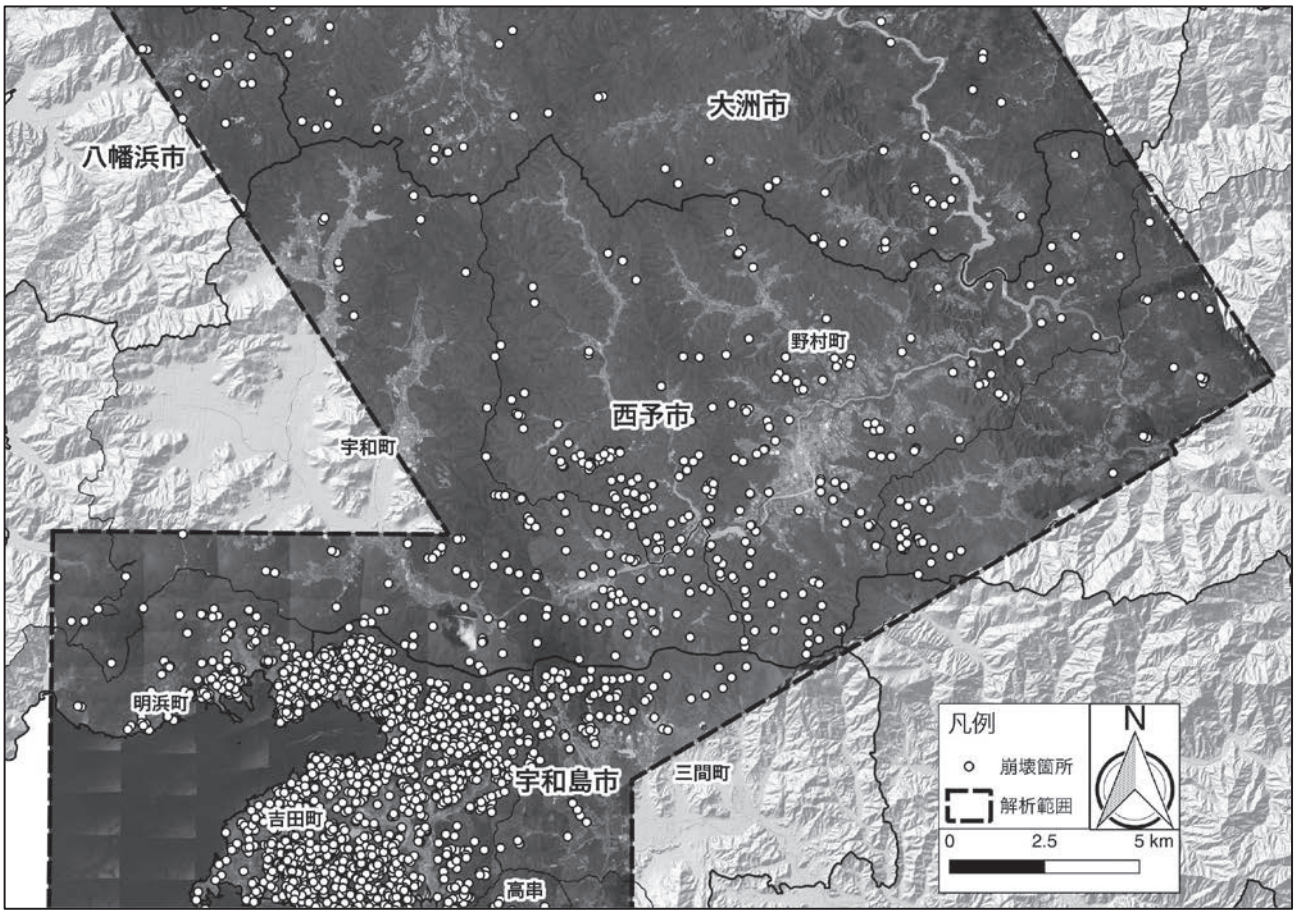


図 2.2.5-7　西予市における斜面崩壊の分布

表 2.2.5-3　大洲市，八幡浜市およびその他の地域における崩壊箇所数等

	箇所数	全面積 (km^2)	判読面積 (km^2)	判読面積割合	有効密度（箇所/km^2）
大洲市	203	432.2	310.2	72%	0.7
八幡浜市	53	132.7	29.9	23%	1.8
その他の市等	11	-	-	-	-

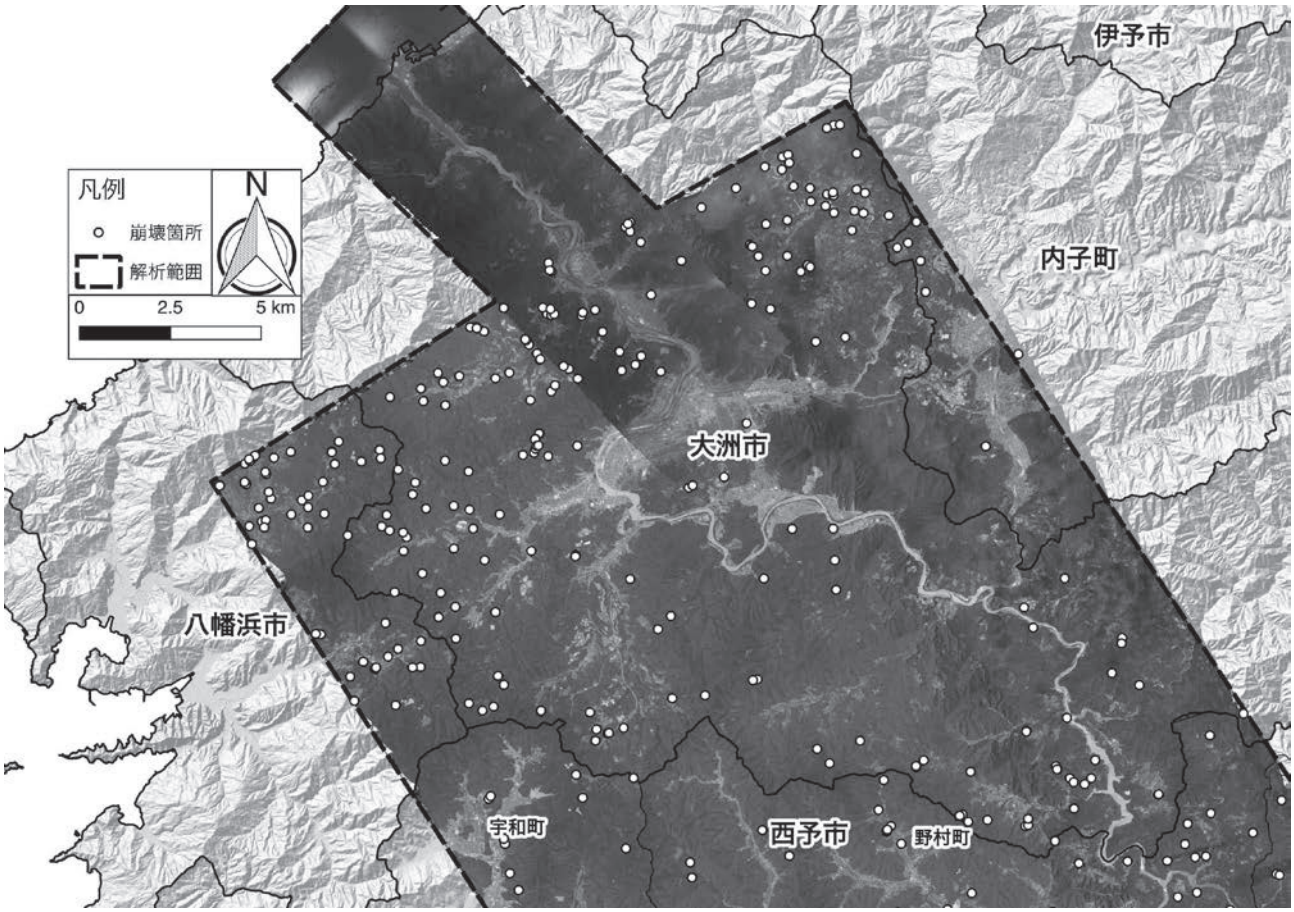


図 2.2.5-8　大洲市における斜面崩壊の分布

判読の結果をまとめると，次の通り整理される。

A) 崩壊の件数

少なくとも 3,410 箇所の斜面崩壊を確認した。

B) 斜面崩壊が発生した範囲と分布

判読した範囲内で，明らかな地域的偏りが見られる。宇和島市吉田町，三間町，大浦において極めて多数の崩壊が発生した。吉田町の範囲では，2,271 箇所に及ぶ。

崩壊地の発生数は，西予市と宇和島市の市境となっている東西方向の山地（歯長峠，法華津峠，野福峠を経て法花津湾北岸の小大崎鼻に至る）の，南北で明らかな違いがあり，崩壊は山地の南斜面に集中している。

C) 斜面崩壊の特徴

斜面崩壊の様式に幾つかのパターンがみられる（**図 2.2.5-9**）。

- 樹木等の位置は変わらず，地表を土砂が流れ，覆っているように見えるもの
- 崩壊開始部分が直線状であるもの
- 崩壊開始部分が馬蹄形または鋭角のもの
- 幅が狭く，長いもの，または幅が広く，短いもの
- 幅，長さともに長く，大規模であるもの

また，果樹園における崩壊や，山地と平野の境界部における崩壊は，比較的小規模なものが多いものの，道路を塞いでいるように見える箇所が多数確認できる。これに対し，山地内における崩壊は規模が大きいものが多いように見受けられる。

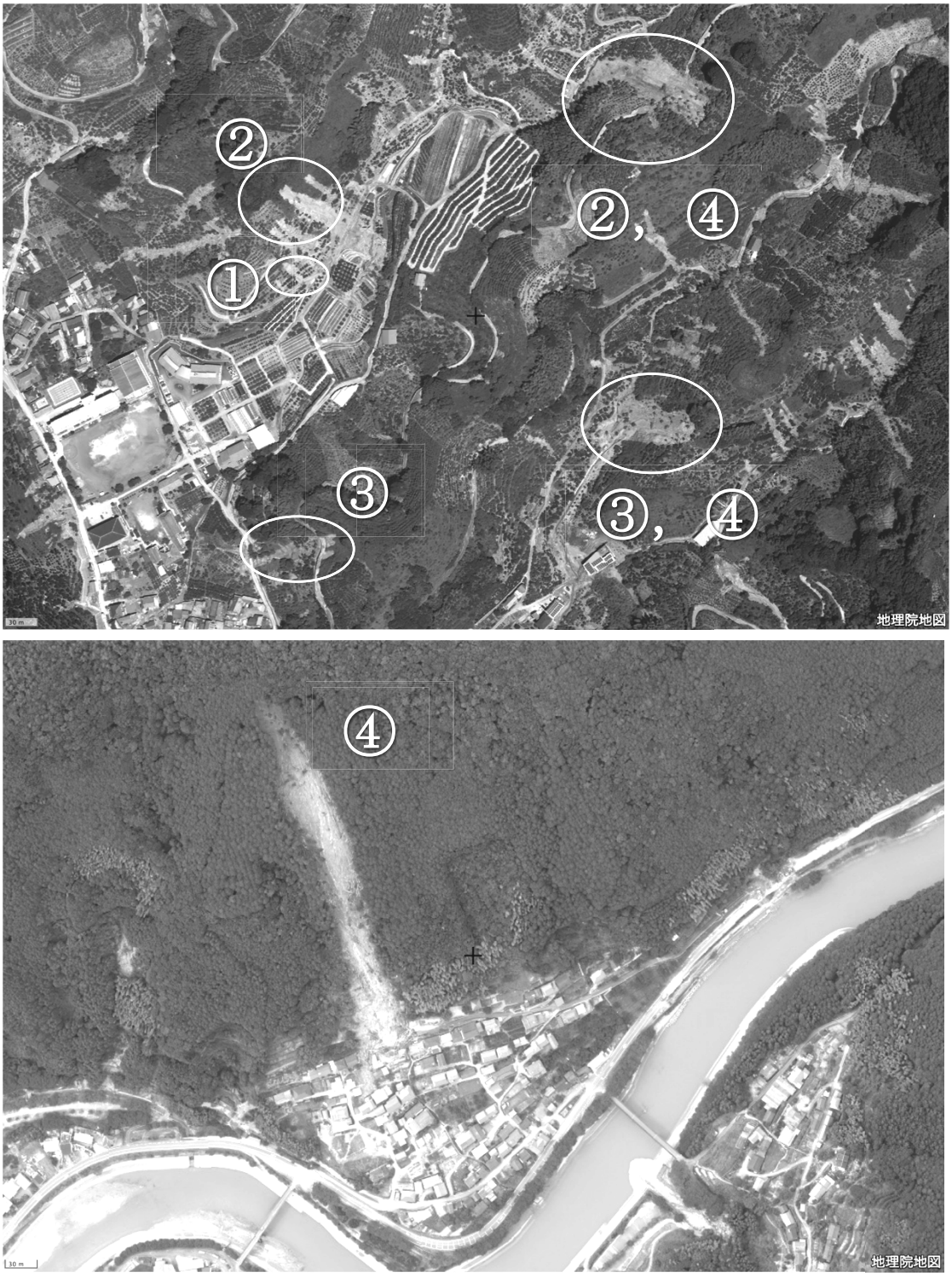


図 2.2.5-9　宇和島市吉田町法花津における斜面崩壊（上）と西予市宇和町明間における斜面崩壊（下）。①樹木等の位置は変わらず，地表を土砂が流れ，覆っているように見えるもの，②崩壊開始部分が直線状であるもの，③崩壊開始部分が馬蹄形または鋭角のもの
④幅，長さともに長く，大規模であるもの。

(3) まとめ

本調査は，平成 30 年 7 月豪雨に伴い愛媛県内において発生した，斜面崩壊等の分布を可能な限り詳細に把握した。災害直後の 7 月 11 日および 18 日に国土地理院が撮影した航空写真の判読を実施した。これにより，航空写真が撮影された県内の約 1,200 km^2において，少なくとも 3,410 箇所の斜面崩壊を確認した。

斜面崩壊の発生箇所には，明らかな地域的偏在が認められた。特に斜面崩壊が多発したのは，法花津湾北岸の南斜面，法華津湾奥部の玉津港周辺の斜面，法花津湾と宇和島湾に挟まれた半島内（以上は概ね宇和島市吉田町の範囲に相当）であった。宇和島市吉田町の範囲において，実に 2,271 箇所が発生していた。これは，解析範囲内で発生した全斜面崩壊数のおよそ 66.6%に相当し，同町の面積が解析範囲のわずか 4.1%であることから考えても，特に異常に高い密度で斜面崩壊が発生したことがわかる。この他にも，宇和島市三間町，大浦付近でも多くの斜面崩壊が認められた。

斜面崩壊の地域的偏在は，降水量分布，地形，地質，土地利用等の，複数の要因が関係していると考えられる。これらの因果関係はあらゆる可能性を考慮して，慎重に検討しなくてはならない。また，今回の災害後に撮影された航空写真は，県内全域を網羅しているわけではなく，本調査で判読した範囲以外にも多数の斜面崩壊が発生している可能性が高い。県内全域を現地調査によって網羅的に調査することは現実的ではなく，高解像度の衛星画像分析や，追加の航空写真撮影と全県における正確な斜面崩壊分布図の作成および因果関係の解明が望まれる。

(4) 分布図作成メンバー

平成 30 年 7 月豪雨愛媛大学災害調査団（地理学グループ）

法文学部　講　師　石黒聡士
法文学部　学部生　近藤祐平
法文学部　学部生　新殿　栞
法文学部　学部生　神野愛海
法文学部　学部生　杉谷大樹
法文学部　学部生　細野岳大
法文学部　学部生　矢野千尋
法文学部　学部生　大和田誠人
法文学部　学部生　春兼結子
法文学部　学部生　東　美帆

2.2.6　内子町立山地区の斜面モニタリング

今回の豪雨災害では，愛媛大学を含めた産官学連携で開発中の斜面変状モニタリングシステムを試験導入した内子町立山地区の道路斜面において豪雨時の斜面変状を確認した。本項では，その斜面変状モニタリングシステムの概要と実際の計測結果について説明する。

(1)　システムの概要

近年，地球温暖化などの影響により台風が大型化していると言われている。その結果，台風等に起因する集中豪雨によって斜面が不安定化し崩壊に至る事例が後を絶たない。斜面災害から人的・物的資産を守るためには，より広範囲で，低コストの斜面災害監視システムの開発が求められている。既存の斜面災害監視システムは，崩壊の危険性のある斜面に観測機器を設置し，変状を管理するものが一般的である。ところが，従来の観測システムは設置・運用コストが高いため全国 50 万か所以上と言われる土砂災害危険個所に対してごく一部しか導入されていないのが現状である。そこで，従来技術と同程度の精度で，従来技術よりも低コスト化できる斜面変状モニタリングシステムの開発を目指している。具体的には，IoT 向け無線通信ネットワーク技術（Low Power Wide Area：LPWA）を用いて，四国域内に無線通信ネットワークを構築し，域内の管理斜面の変状をリアルタイムで検知するシステムの開発を考えている。

IoT 向け無線技術として最近大きな注目を集めているのが LPWA であり，データ送受信速度を低く抑える代わりに，1 デバイス当たり「単 3 乾電池 2 本で 10 年以上」という高い省エネ性能，10km を超える長距離伝送能力，免許不要な周波数帯域（920 MHz）を有する。本件でも LPWA 方式の 1 つである LoRa 規格を用いてシステムの開発を行っている。本システムの概要を**図 2.2.6-1** に示す。

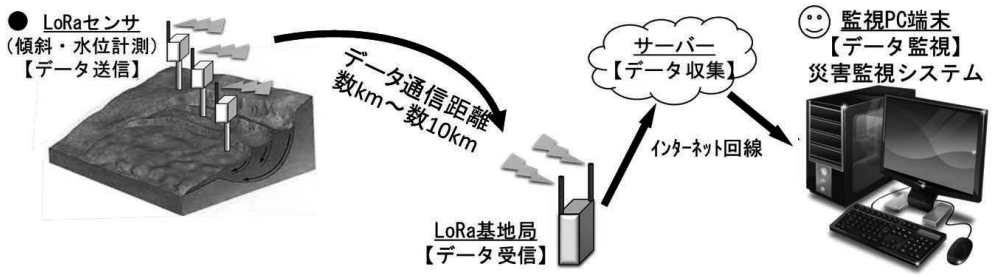


図 2.2.6-1　斜面変状モニタリングシステムの概要

現在開発中のシステムは，傾斜センサ（測定範囲：±5°，測定精度：0.01°），地下水位センサ（測定範囲：0～150 kPa，測定精度：±0.2%），温度センサ（測定範囲：-55～125℃，測定精度：±0.5℃）をそれぞれ通信部基盤に接続したセンサーボックスを斜面に杭固定し，斜面の傾斜角度，地下水位，気温を連続的に計測するものである。また，通信部基盤から設定された頻度でデータを基地局に送信する。なお，データ計測および基地局へのデータ送信は，センサーボックス内に設置した乾電池の電力のみで行い，AC 電源などの外部電力は使用していない。基地局でのデータ受信後は，サーバー上にデータを収集し，インターネット上で計測結果を確認することができるシステムである。その結果，リアルタイムの斜面変状モニタリングが可能となる。今回，本システムを内子町立山地区の道路斜面に試験導入した事例について以下に示す。

(2)　斜面変状モニタリング結果

本システムを試験導入した斜面は，喜多郡内子町立山地区の国道 56 号線沿いにあり，伊予立川駅前面の斜面である。対象地域は三波川帯に位置し，三波川結晶片岩類に分類され，主に苦鉄質片岩，泥質片岩，砂質片岩，珪質片岩からなる [1]。計測対象斜面は，標高 100～150m 付近で，傾斜約 40° の急傾斜となっている。斜面の模式図とセンサーボックス設置状況について**図 2.2.6-2** に示す。傾斜センサを含むセンサーボックスは，計測斜面の 10 か所（A～J 地点）に設置しており，そのうち 1 か所については地下水位を計測する水位センサも併せて接続している。センサーボックスの設置位置は標高 120～150m 付近で，それぞれ Slope A～Slope J と呼称する（**図 2.2.6-2** 参照）。なお，水位センサは Slope F に設置している。計測斜面からデータ受信基地局までは直線距離で約 8.5 km 離れており，データ送信は 10 分間に 1 回の頻度である。データ受信基地

局設置に当たり，十分な精度で計測地データを受信できることを事前確認している。

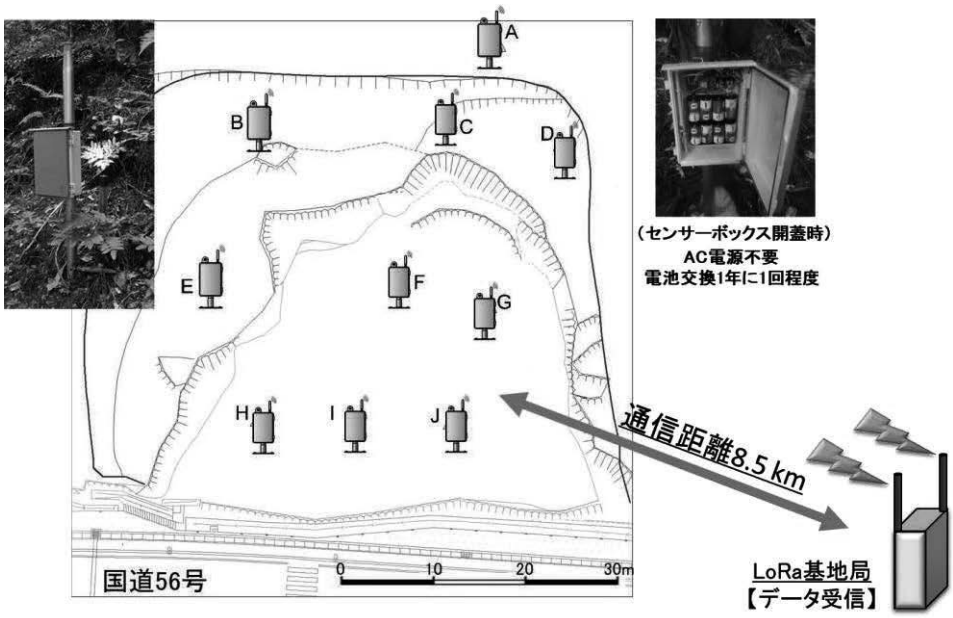


図 2.2.6-2　計測斜面の模式図とセンサーボックス設置状況

本システムは 2018 年 3 月 1 日より試験運用を開始しており，継続的にデータを計測している。インターネット専用サイトで確認できる計測結果の一例を**図 2.2.6-3** に示す。専用サイトでは，Slope A～J までの傾斜角度・気温・地下水位データをリアルタイムに確認することができ，また，地図上の各センサ位置をクリックすることで，計測の時系列データを確認できる仕組みとなっている。

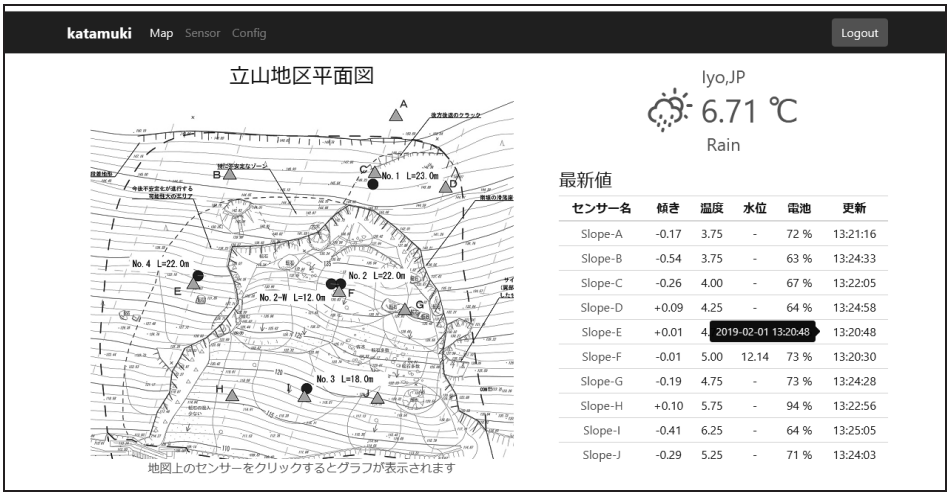


図 2.2.6-3　計測データ管理サイトと傾斜データ計測結果の一例

今回の豪雨で，本システムを試験導入した上記斜面で小規模崩壊を確認した。崩壊発生個所とその外観を**図 2.2.6-4** に示す。この崩壊により，Slope H が巻き込まれデータ送信停止状態となった。なお，今回の崩壊は小規模であり，発生した土砂は落石防護柵で完全に止められており，道路への被害は一切発生していないことを明記しておく。

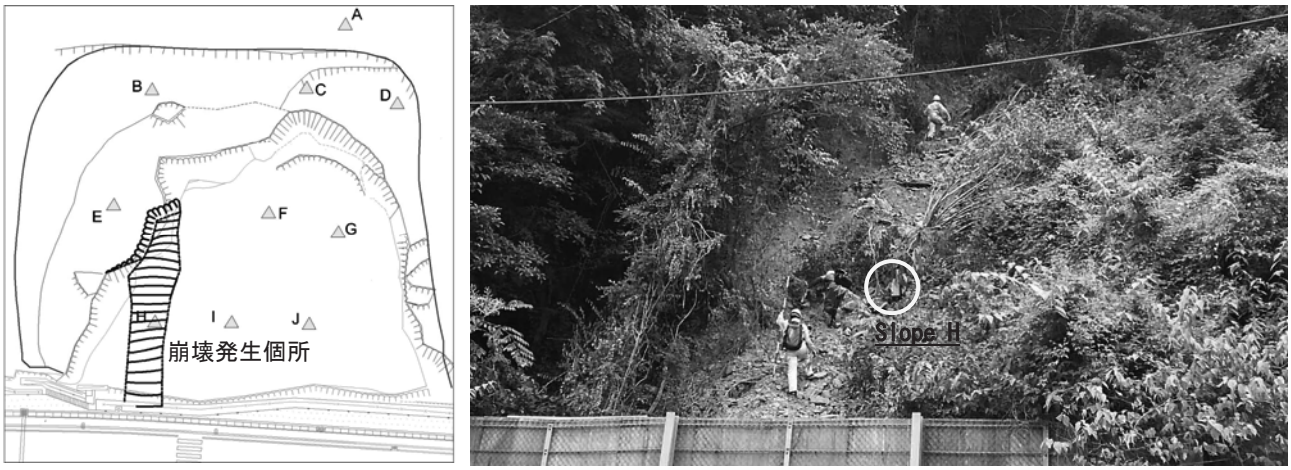


図 2.2.6-4　斜面崩壊発生個所とその外観

次に，2018 年 7 月 5～8 日の各計測地点における傾斜計測結果と，降水量データの結果を**図 2.2.6-5** に示す。降水量データは，気象庁が伊予市中山町中山丑地区にて計測したデータであり，管理斜面からも最も近い場所（2 地点間距離約 6 km）の計測データである。図の降水量データより，7 月 6 日正午前後と 7 日未明にピークが確認できる。特に，7 日未明のピーク時には，まず Slope F で変状（傾斜の急増）を検知し，その後，Slope H でも変状を検知している。最終的に，Slope H は発生した小規模崩壊に巻き込まれデータ送信が停止している。Slope F については，変状を検知したものの斜面崩壊には至っていないため，その後の計測データは安定している。

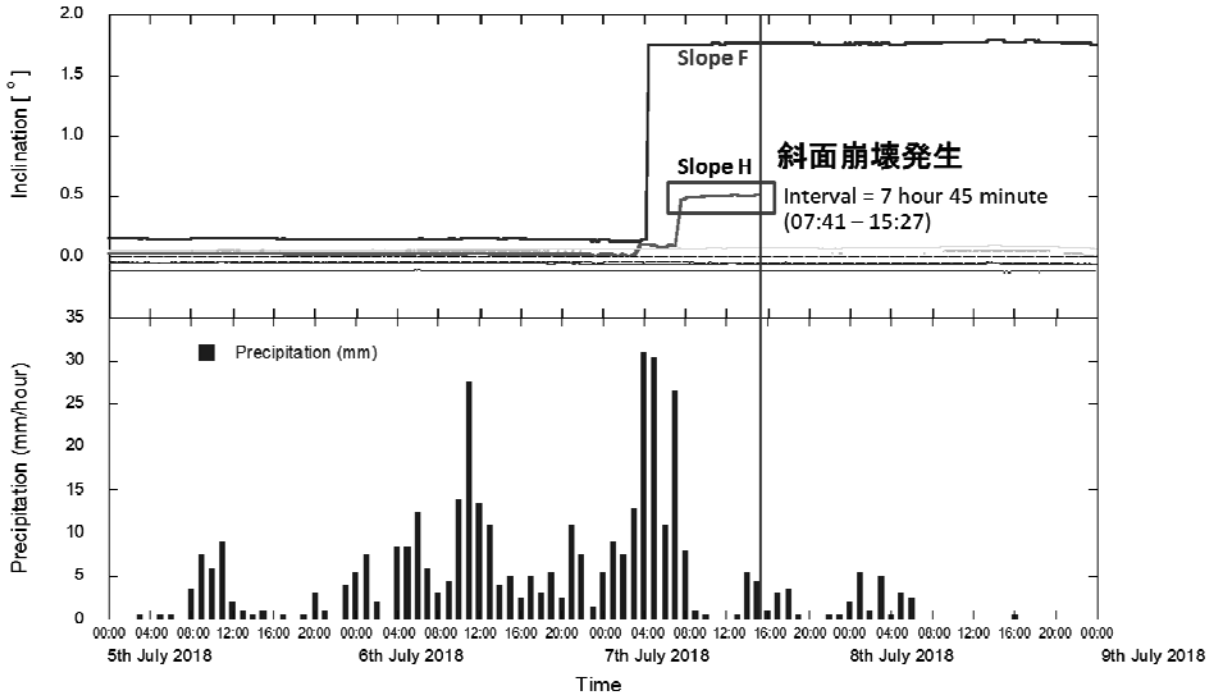


図 2.2.6-5　傾斜計測結果と降水量データ（2018 年 7 月 5～8 日）

Slope H の変状検知日時は 7 月 7 日（土）7 時 41 分であり，小規模崩壊発生日時と考えられるデータ送信停止日時は同日 15 時 27 分である。つまり，変状検知から崩壊まで約 8 時間のタイムラグがあり，当該斜面から離れる時間は十分にある。地震の揺れに起因する斜面崩壊とは異なり，豪雨災害の場合は斜面崩壊に至るまでに必ず変状が現れるので，その変状を検知することができれば，斜面災害による人的・物的被害の軽減につながると考える。今回，試験導入した本システムにより斜面変状を検知することができたが，今後実証実験を繰り返すことでシステムを高度化し多くの斜面に実装する必要がある。

(3) まとめ

本項では，現在開発中の斜面変状モニタリングシステムを内子町立山地区の道路斜面に試験導入した結果について説明した。今回の豪雨災害で，従来から認識されているように，豪雨に起因する斜面崩壊の場合には崩壊前に変状が発生することを傾斜センサで検知することができ，本システムの有用性を確認することができた。本システムの優位性は，既存の斜面変状管理システムと比べて設置・管理コストを大幅に低減させる可能性があることである。今回の豪雨災害を教訓として，今後は本システムを高度化させ，四国地域の多くの斜面に実装することで斜面災害から人的・物的資産を守るシステムを構築しなければならない。

参考文献

1) 坂野靖行，水野清秀，宮崎一博：大洲地域の地質，地域地質研究報告: 5 万分の 1 地質図幅 / 地質調査所 [編]，高知(13)第 59 号 NI-53-34-7，産業技術総合研究所地質調査総合センター，59pp.，2010.

2.2.7　斜面災害の特徴とメカニズム

(1)　愛媛県内の降雨状況と土砂災害の概要

A) 豪雨の際の降雨状況と平年降雨特性

平成 30 年 7 月豪雨では, 6 月 28 日から 7 月 8 日にかけて西日本を中心に広い範囲で記録的な大雨となった（気象庁 2018a）[1]。愛媛県内では 7 月 5 日から 8 日にかけて大雨となり（松山地方気象台 2018）[2]，気象庁アメダス観測所全 22 地点の内，10 地点で 24 時間降雨量，12 地点で 48 時間降雨量，11 点で 72 時間降雨量の観測史上 1 位を更新した（気象庁，2018b）[3]。**図 2.2.7-1** に解析雨量（気象庁，2018c）[4] に基づく 7 月 4 日から 8 日までの期間雨量分布を示す。愛媛県全域で 300mm を越えており，県南東に位置する高知県境のある四国山地では 600mm 以上に達している。また，東予地方（県東部）西部に位置する今治市北部の島嶼部と上島町，南予地方（県南部）南部の西予市や宇和島市では 400mm を越えている。

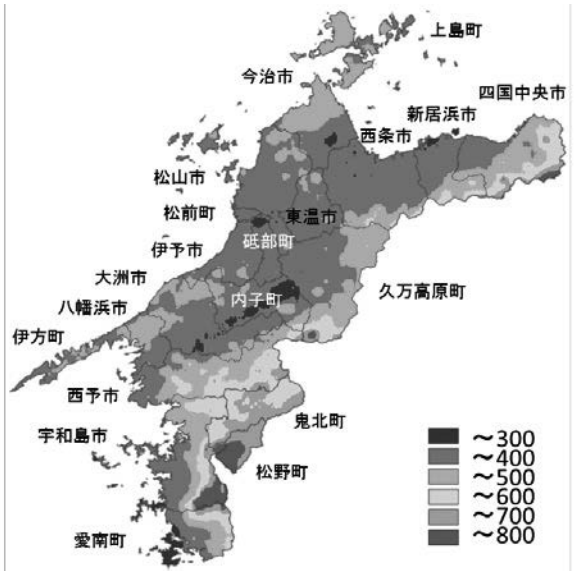


図 2.2.7-1　気象庁の解析雨量に基づく 7 月 4 日から 8 日までの期間雨量

図 2.2.7-2 に 7 月の月降水量の 2010 平年値（気象庁，2012）[5] の分布を示す。今治市と島嶼部（大島，伯方島，大三島ほか）と上島町（岩城島ほか）の島々は瀬戸内海にあり 150～200mm であり，最も寡雨な地域である。松山市と周辺島嶼部（興居島，中島，怒和島ほか）でも 150～250mm であり，少雨の地域である。それらに対して，南予地方の沿岸部では 200～250mm, 内陸山間部では 250～300mm と相対的に降雨の多い地域である。さらに，中予地方（県中部）の久万高原町を筆頭に東予・南予地方でも高知県境に寄った山間地では 300～500mm とさらに降雨の多い地域となっている。このように地域によって 7 月の月降水量には 2～3 倍の開きがある。

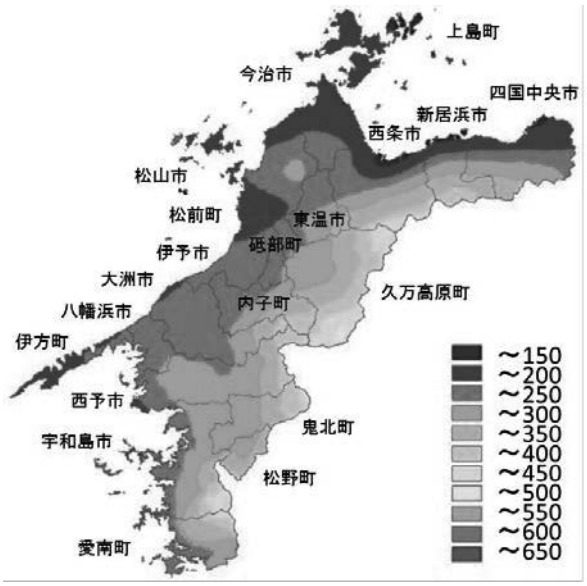


図 2.2.7-2　7 月の月降水量の 2010 平年値（気象庁，2012）[5] の分布

図 2.2.7-1 と**図 2.2.7-2** の比較から，今次の降雨は，南北の高知県境付近の山間部を除き，愛媛県全域で 300mm 以上あることから，7 月の月降水量を大きく上回る降雨であった。特に，今治市と島嶼部，大洲市と八幡浜市の伊予灘側，宇和島市と西予市の宇和海沿岸地域では 7 月の月降水量の 2 倍を上回る期間降雨があった。

B) 土砂災害の統計と災害の特性

表 2.2.7-1 に愛媛県における土砂災害の箇所数と人的被害・人家被害の数を示す（内閣府,2018，国土交通省,2018）[6, 7]。データは国土交通省（2018）による 2019 年 1 月現在での統計である。土砂災害は，土石流・地すべり・がけ崩れに分類されて集計されていた。宇和島市，松山市，今治市で多く，県内での全数が 413 箇所にのぼる。宇和島市では土石流の割合が多い。愛媛県災害対策本部の統計 [8] は，全数で 997 箇所であり，国土交通省資料に比べて多い傾向があり，特に上島町，松山市，内子町で際立って多い。一方，今治市と八幡浜市では，それぞれ国土交通省資料の約 1/5 と約 1/2 である。すなわち，国土交通省に比べて極端に多かったり少なかったりする傾向がある。

国土交通省のものは砂防部が各都道府県の砂防部局を通して保全対象のある土砂災害の箇所数を集計したものと考えられ，愛媛県では砂防課が各市町の土木関連部署を通じて集約したものと考えられるのに対して，愛媛県災害対策本部の統計は，危機管理課が各市町の危機管理や消防・防災の部局からの情報を集約したものと推察され，集計の対象が市町間で統一されていない可能性がある。そこで，以降は国土交通省資料に基づいて検討する。

なお，愛媛県では，保全対象として人家・公共建物などがなくても，斜面侵食・斜面崩壊による農地・農業施設の被害が目立った。**表 2.2.7-1** には，農地・農業施設の被害（農地，農道，ため池，水路）の数（データ：愛媛県農林水産部）も併せて示した。現地調査から判断して，それらのほとんどが斜面災害であると言ってもよい。斜面災害数としては重ねて数えられている可能性があるが，土砂災害（砂防）の箇所数の 3〜30 倍の数となる。愛媛県では斜面災害が県の基幹産業である柑橘を中心とした農業への甚大な災害となった。

さて，**図 2.2.7-3** に国土交通省の統計に基づく土砂災害箇所数の分布を示す。**図 2.2.7-4** に愛媛県農林水産部統計による農地・農業施設被害数の分布を示す。宇和島市，松山市，今治市への集中的な土砂災害の発生が認められる。農地等被害数では加えて西予市への集中が認められる。このような災害の集中は，前述の降雨特性の考察と併せれば，平年に寡雨な地域に連続的に多量の降雨があったためであると言える。

表 2.2.7-1　愛媛県における土砂災害（砂防）の箇所数と人的被害・人家被害・農業被害の数 [7)]

地方	市町	土砂災害箇所数					人的被害			人家被害			農業
		土石流	地すべり	がけ崩れ	合計国交省*	合計愛媛県**	死者	行方不明者	負傷者	全壊	半壊	一部損壊	農地農業施設被害
東予	四国中央市		4	2	6	4							5
	新居浜市			1	1	1							5
	西条市				0	0							49
	今治市	7		45	52	10	2		3	4	4	27	697
	上島町			14	14	148							41
中予	松山市	11		62	73	269	3		2	16	25	23	850
	伊予市	1	1	4	6	2							63
	東温市	1			1	1							40
	松前町				0	0							0
	砥部町			1	1	0							20
	久万高原町			1	1	0						1	8
南予	大洲市			39	39	58	1			1		5	262
	内子町	1	1	8	10	66				1		3	117
	八幡浜市	2	1	11	14	6				2	2	1	57
	伊方町				0	0							12
	西予市	4		23	27	53						4	1,595
	宇和島市	51		102	153	363	11		18	25	21	19	1,851
	松野町			1	1	0							63
	鬼北町	3		6	9	8					2	3	316
	愛南町			5	5	8						2	164
	合計	81	7	325	413	997	17	0	23	49	54	88	6,215

表 2.2.7-1 より，土砂災害の形態の内訳は，土石流とがけ崩れの比は 2:8 である。しかしながら，土石流とがけ崩れの比は，人的被害（死者）と人家被害（全半壊）では，それぞれ 7:3 と 6:4 となる。土砂災害発生件数あたりの死者数の割合は，15%と 1.5%となり，土石流はがけ崩れに比べて 10 倍死者率が高くなっている。同様に人家全半壊の割合は，72%と 13%となり，5 倍以上に高くなっている。

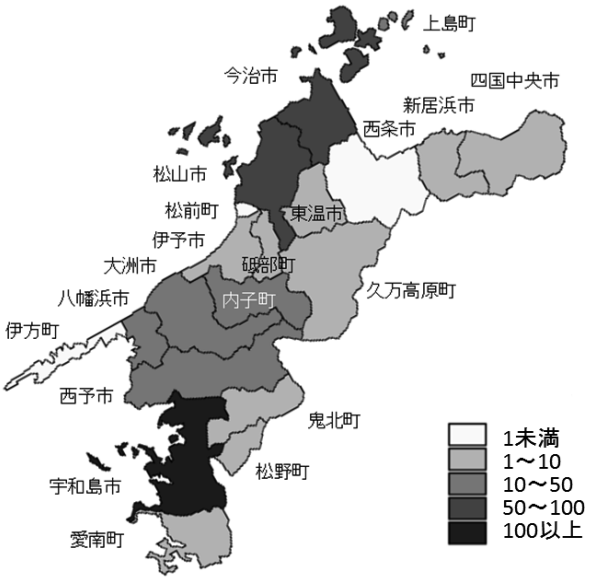


図 2.2.7-3　国土交通省の統計に基づく土砂災害箇所数の分布

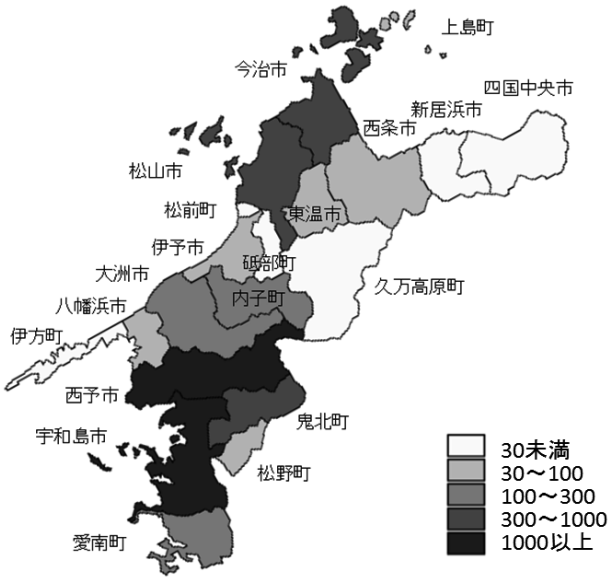


図 2.2.7-4　愛媛県農林水産部統計による農地・農業施設被害数の分布

(2) 愛媛県の地質と土砂災害の特徴

A) 愛媛県の地質の概要

図 2.2.7-5 に四国地方の地質図（国土交通省四国地方整備局，国土地理院，2003）[9] と今回の豪雨における愛媛県の主な土砂災害発生地域を示す。四国地方は中央構造線より北側（瀬戸内海側）の内帯と南側の外帯に分けられ，地形が著しく違う。内帯は花崗岩が主体の領家帯が分布し，外帯は御荷鉾構造線，仏像構造線により三波川帯（結晶片岩），秩父帯（中・古生層），四万十帯（古第三紀層）に分けられ，地質帯は東西に帯状に分布している。地質構造は複雑で広域に破砕を受けており，四国の地形や斜面災害はこれらに強く支配されている。

領家花崗岩は，中央構造線が横切る松山市の北部・島嶼部（興居島，中島，怒和島），今治市の丘陵と島嶼部（大島，伯方島，大三島）に分布するが，大三島の北部より北側（伯方島を含む）は，広島型花崗岩（領家帯花崗岩より新しく，中生代から新生代初期）である（永井，1987）[10]。

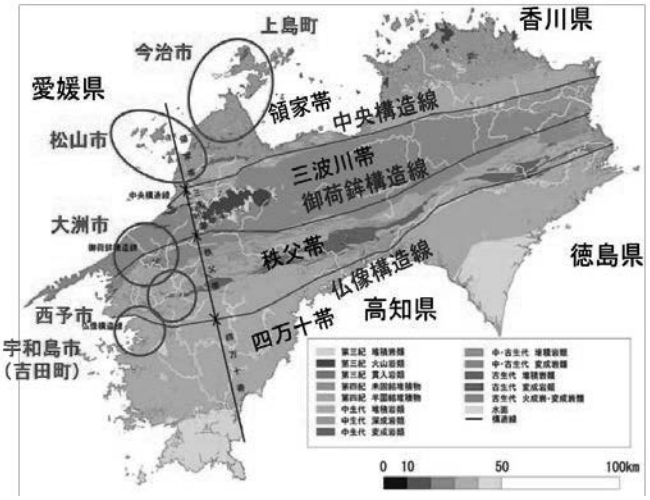


図 2.2.7-5 四国地方の地質と平成 30 年 7 月豪雨における愛媛県の主な土砂災害発生地域

表 2.2.7-2 地質帯別の土砂災害形態別の集計表

	土石流	地すべり	がけ崩れ	合計	割合
領家帯	18		121	139	34%
三波川帯	5	7	28	40	10%
秩父帯	4		62	66	16%
四万十帯	54		114	168	41%
合計	81	7	325	413	
割合	19.6%	1.7%	78.7%		

B) 地質帯別の斜面災害の特徴

今回の豪雨では 4 つのいずれの地質帯でも斜面災害があった。地質による土砂崩壊特性については土砂崩壊地点を詳しく調査することや調査結果をまとめて分析することが必要であるが，ここでは，県内 19 市町村（斜面のない松前町を除く）の過半を占める地質帯として整理するとおおよその傾向がつかめると思われる。そこで大胆ではあるが，**表 2.2.7-1** に示された 1 つの市町に 1 つの地質帯を当てはめる。

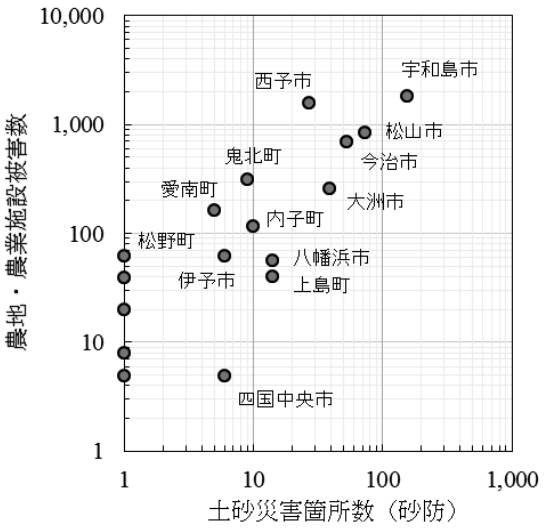
表 2.2.7-2 にそのようにして得られた地質帯別にした砂防の観点での土砂災害形態別の集計表を示す。地質帯別で見れば，四万十帯が最多で，次いで領家帯である。秩父帯と三波川帯では土砂災害が少ない。地すべりは全て三波川帯に位置する。愛媛県の資料によれば，いずれも既往地すべりの再移動が起きたもので，規模も大きくない。また，国土地理院の撮影した空中写真によれば，秩父帯では延長の長い土石流などが見られていたが，土砂災害の件数としては多くない。土石流とがけ崩れの比は，土砂災害の合計件数では約 2:8，地質帯別であると，領家帯では約 1:9，秩父帯では約 1:9，四万十帯では約 3:7 である。すなわち，四万十帯の土砂災害は，領家帯と秩父帯に比べて土石流の占める割合が約 3 倍である。以上の考察から，宇和島市で死者の多いのは四万十帯で土石流が発生しやすかったからであると読み取ることができる。以上の理解は，大胆な仮定を基にしたものであるので，今後，個別の土砂災害地点の位置から地質帯を特定することにより確認する必要がある。

C) 斜面災害のメカニズム

表 2.2.7-1 によれば，最も災害の酷かったのは南予地方の宇和島市，なかでも吉田半島に位置する吉田町である。四万十帯に位置し，砂岩または泥岩またはそれらの互層が優勢である。先の例示のように吉田半島や法花湾沿いでは深層崩壊の割合が高く，人的被害の出た斜面崩壊は，そのほとんどが強風化の砂岩地域での深層崩壊であることが現地調査により確認された。全体では表層崩壊や表土侵食が 8 割以上となると見込まれる。次いで災害箇所数の多いのが中予地方の松山市，東予地方西部の今治市である。土砂災害の大多数が領家帯（大三島北部・伯方島以北は広島型）花崗岩の優勢なところであり，強風化したまさ土の侵食，表層崩壊による土石流とがけ崩れである。それらに続くのが大洲市，西予市で，大部分が秩父帯に位置する。

表 2.2.7-1 に基づいて，**図 2.2.7-6** に土砂災害（砂防）箇所数と農地・農業施設被害数の関係を示す。両対数軸で表すと両者はおおむね線形の関係にあり，後者は前者のおおむね 10～30 倍である。宇和島市，松山市，今治市，

大洲市，内子町，伊予市などはおよそ 10 倍の関係にある。これらの市町は土砂災害の件数が多いところである。一方で，西予市，鬼北町，愛南町などでは，後者は前者の 30～40 倍となっており，土砂災害件数に比して農地・農業施設被害数の件数が多くなっている。これは，後者の被害が砂防でカウントされる斜面災害ではなく，侵食や表層崩壊などの軽度の斜面災害の形態をとっているためであると推察される。



土砂災害箇所数と農地・農業施設被害数

図 2. 2. 7-6　土砂災害（砂防）箇所数と農地・農業施設被害数の関係

(3)　降雨耐性

降雨による土砂災害は，単純に災害が起きるときの降雨量だけによるものではなく，地域の降雨特性，地形・地質，土砂災害履歴により異なることはよく知られている。降雨の際に斜面上の土層が示す土砂移動に対する抵抗性を降雨耐性と呼ぶことにする。土砂移動が開始し土砂災害が発生し始める降雨特性を以て降雨耐性を議論することができる。降雨耐性の低い斜面上の土層は，降雨により崩壊して土砂移動が起これば，降雨耐性の高い斜面上の土層が表層付近に露れて，降雨耐性の高い斜面になる。しかし，時間経過とともに風化が進み斜面の降雨耐性は低下する。そのような降雨耐性の変化のメカニズムを仮説として想定すれば，土砂災害が発生するのに必要な降雨量は，多雨の地域と少雨の地域で異なることになる。このような状況から論理的には，ある地域に着目すれば，土砂発生のない期間の降雨の履歴最大値と土砂災害の発生時の降雨を基に，はさみうちの原理で土砂災害発生降雨特性を決定することができることになる。土砂災害発生を左右する降雨特性としては，短期間雨量特性と長期間雨量特性を組み合わせて研究がなされてきたが，現在では，気象庁では，短期雨量には 1 時間雨量が，長期間雨量特性には土壌雨量指数が用いられている。大雨に伴って発生する土砂災害（がけ崩れ・土石流）には，現在降っている雨だけでなく，これまでに降った雨による土壌中の水分量が深く関係しており，土壌雨量指数は，降った雨が土壌中に水分量としてどれだけ溜まっているかを，タンクモデルを用いて数値化したもので，各地の気象台が発表する大雨警報（土砂災害）や土砂災害警戒情報等の判断基準に用いられている[11]。このような原理から，土壌雨量指数に基づいた土砂災害警戒情報の地域ごとの警報基準（1km メッシュ：実質的には 5km メッシュ）やその市町村内最低値を用いて市町村単位の大雨警報（土砂）が決められている[12),13)]。

このように特定の地域の斜面の降雨耐性は，それらの警報基準に反映されていると考えられる。**表 2. 2. 7-3** には愛媛県各市町の庁舎に近い降雨量観測点での土壌雨量指数の最大値と市町での大雨警報基準値の最大・最小値（最小値が県の大雨警報基準となる）を示す。

表 2. 2. 7-3　各市町での大雨警報の基準となる土壌雨量指数の下限と上限，および各市町の代表雨量観測地点とそこでの期間雨量および土壌雨量指数の最大値

地方	市町	内閣府 (N=413)	愛媛県 (N=997)	土壌雨量指数の警報基準		最大値/基準値		雨量観測点	期間雨量	最大土壌雨量指数
				下限	上限	下限	上限			
東予	今治市	52	10	104	165	2.11	1.33	JMA今治	464	219
	新居浜市	1	1	124	210	1.08	0.64	JMA新居浜	284.5	134
	西条市	0	0	122	211	1.28	0.74	JMA西条	284	156
	四国中央市	6	4	135	229	1.12	0.66	JMA四国中央	373.5	151
	上島町	14	148	99	121	2.07	1.69	県・岩城	406	204
中予	松山市	73	269	128	177	1.44	1.04	JMA松山	361.5	185
	伊予市	6	2	130	185	1.57	1.10	JMA中山	397	204
	東温市	1	1	130	193	1.26	0.85	国河川・山之内	306	164
	久万高原町	1	0	149	311	1.03	0.49	JMA久万	334	153
	松前町							県・伊予	250	137
	砥部町	1	0	136	177	1.35	1.04	国河川・砥部	315	183
南予	宇和島市	153	363	112	179	1.77	1.11	JMA宇和島	384	198
	八幡浜市	14	6	121	229	1.73	0.92	JMA八幡浜	397.5	210
	大洲市	39	58	126	229	1.49	0.82	JMA大洲	340	188
	西予市	27	53	116	226	2.17	1.11	JMA宇和	543	251
	内子町	10	66	128	226	1.32	0.75	国河川・内子	329	169
	伊方町	0	0	140	180	1.14	0.88	JMA瀬戸	321	159
	松野町	1	0	147	179	1.89	1.55	国河川・目黒*	705	277
	鬼北町	9	8	138	241	1.79	1.02	JMA近永	584.5	247
	愛南町	5	8	114	166	1.46	1.00	JMA御荘	302	167
	合計	413	997							

愛媛県内では，市町村単位で 99（上島町）から 149（久万高原町）まで約 1.5 倍の開きがある。市町村内の基準値の最大値は 311（久万高原町）であるので，約 3 倍の開きがある。すなわち，愛媛県内では，地域により降雨耐性に約 3 倍の違いがあるわけである。

そこで，**図 2.2.7-7** に大雨警報の土壌雨量基準値（下限）の市町村分布を示す。久万高原町，松野町，鬼北町など警報基準値の大きいところは四国山地に接している多雨の市町である。一方，上島町，今治市などの四国山地から離れた瀬戸内に面する少雨の市町は基準値が低いほか，南予の西予市，宇和島市，愛南町でも低い。このように年間降雨の多少は降雨耐性の高低として評価されていることがわかる。**図 2.2.7-2** に示した 7 月の月降水量の 2010 平年値の分布を見ると，平年の月降水量の多いところは**図 2.2.7-7** で大雨警報の土壌雨量基準値（下限）が大きく，地域の降雨耐性が反映されていると理解できる。このような地域の降雨耐性は，住民の意識を高めるだけでなく，具体的な防災・避難行動に大きく影響を与えるものと考えられる。しかしながら，このような降雨耐性が気象庁や愛媛県などの防災行政やテレビ・新聞のメディアから示された事例を知らない。防災研究者の研究論文や解説記事などであるかどうか調べる必要がある。

このような降雨耐性と今回の豪雨による土砂災害箇所数の関係を見てみる。**図 2.2.7-8** に市町別の大雨警報基準値（下限）と土砂災害箇所数の関係を示す。ここには今回の降雨量の情報は考慮されていないにもかかわらず，土壌雨量指数の大雨警報基準値が小さいほど土砂災害の数が大きくなるという半対数紙上での逆相関の関係が読み取れる。土壌雨量指数の大雨警報基準値がその地域の斜面の降雨耐性を現すと考えるならば，降雨耐性が低いほど土砂災害の箇所数が多くなると言うことができる。

警報基準値を上回る雨量があるほど災害の発生箇所数の増加や災害の程度の重篤化に関連すると思われる。そこで，**図 2.2.7-9** に土壌雨量指数の大雨警報基準値に対する発生最大値の比に対する土砂災害箇所数の関係を市町別にして示す。最大土壌雨量指数の大雨警報基準値に対する比が大きいほど土砂災害数が増える傾向にあることがわかる。

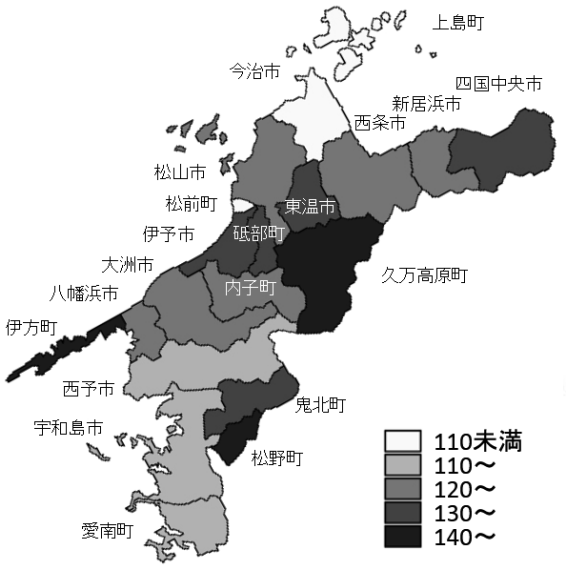


図 2.2.7-7　大雨警報の土壌雨量基準値（下限）の市町村分布

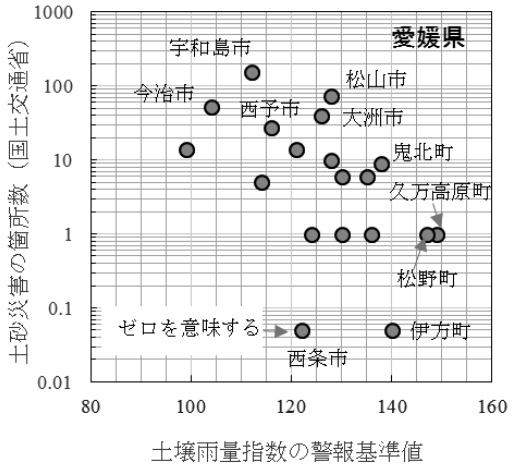


図 2.2.7-8　市町別の大雨警報基準値（下限）と土砂災害箇所数の関係

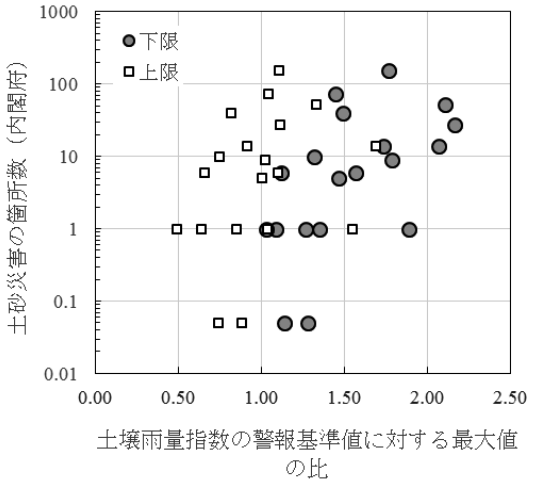


図 2.2.7-9　土壌雨量指数の大雨警報基準値に対する発生最大値の比に対する土砂災害箇所数の関係

参考文献

1) 気象庁：平成 30 年 7 月豪雨（前線及び台風第 7 号による大雨等），2018a, https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sokuji20180628-0708.pdf（2019 年 1 月 31 日閲覧）
2) 松山地方気象台：平成 30 年 7 月 5 日から 8 日にかけての梅雨前線による大雨について（愛媛県の気象速報），2018.7.9. https://www.jma-net.go.jp/matsuyama/saigai/H30/sokuho20180709.pdf（2019 年 1 月 31 日閲覧）
3) 気象庁：観測史上 1 位を更新した地点（6 月 28 日 0 時～7 月 8 日 24 時），2018b, https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/kyokutihyou20181023.pdf（2019 年 1 月 31 日閲覧）
4) 気象庁：解析雨量 2018 年 1-9 月，（一財）気象業務支援センター，2018c,
5) 気象庁：メッシュ平年値 2010 統計期間 1981～2010 年，（一財）気象業務支援センター，2012.
6) 内閣府：平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について（第 32 報），2019.1.9. http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109_1700_h30typhoon7_01.pdf（2019 年 1 月 31 日閲覧）
7) 国土交通省：平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について（第 52 報），2019.1.9. http://www.mlit.go.jp/common/001268344.pdf（2019 年 1 月 31 日閲覧）
8) 愛媛県災害対策本部：平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について（第 100 報），2018.10.5. https://www.pref.ehime.jp/h12200/documents/higai100.pdf （2019 年 1 月 31 日閲覧）
9) 国土交通省四国地方整備局、国土地理院：四国地方の古地理に関する調査報告書 川と人との歴史物語, 117p., 2003.3. https://www.skr.mlit.go.jp/kasen/data/hitotokawatonomonogatari.pdf（2019 年 1 月 31 日閲覧）
10) 永井浩三：愛媛県地質ガイド 愛媛県の地質とそのおいたち，コロナ社，150p.,1987.
11) 気象庁：土壌雨量指数，https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/bosai/dojoshisu.html（2019 年 1 月 31 日閲覧）
12) 気象庁：警報・注意報発表基準一覧表， https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/kijun/（2019 年 1 月 31 日閲覧）
13) 気象庁：（別添）大雨警報・注意報の土壌雨量指数基準値（平成 22 年 5 月 27 日現在），2000, https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/kijun/ehime/dosha_ehime.pdf（2019 年 1 月 31 日閲覧）

2.3　土木インフラの被害

2.3.1　河川堤防

今回の豪雨災害では広範囲に河川氾濫が発生し，その浸水被害は甚大なものであった。その災害事象は種々の条件（強い降雨に加えて治水対策中の箇所も存在など）が重なって広域的に越水氾濫が発生したことにより生じたものであり，河川堤防そのものの損壊や決壊によるものではなかった。その中で，河川堤防の一部には変状等の被害が発生している。本項では，肱川沿いの河川堤防に見られた被害状況について調査箇所の状況をまとめる。

(1)　概要（調査場所と変状の概要）

調査対象地域は，肱川堤防の左岸 18.2k 付近である。図 2.3.1-1 に被災堤防の位置（上図；Google Earth）と治水地形分類図（下図，国土地理院）を示す。被災堤防は肱川に沿う大洲城の北に位置する。この箇所に生じた被害として変状の概要は，図 2.3.1-2 に示すとおりである。堤防の堤内側へののり面滑り，陥没，噴砂が見られ，一部家屋に沈下・傾斜の被害が発生している。

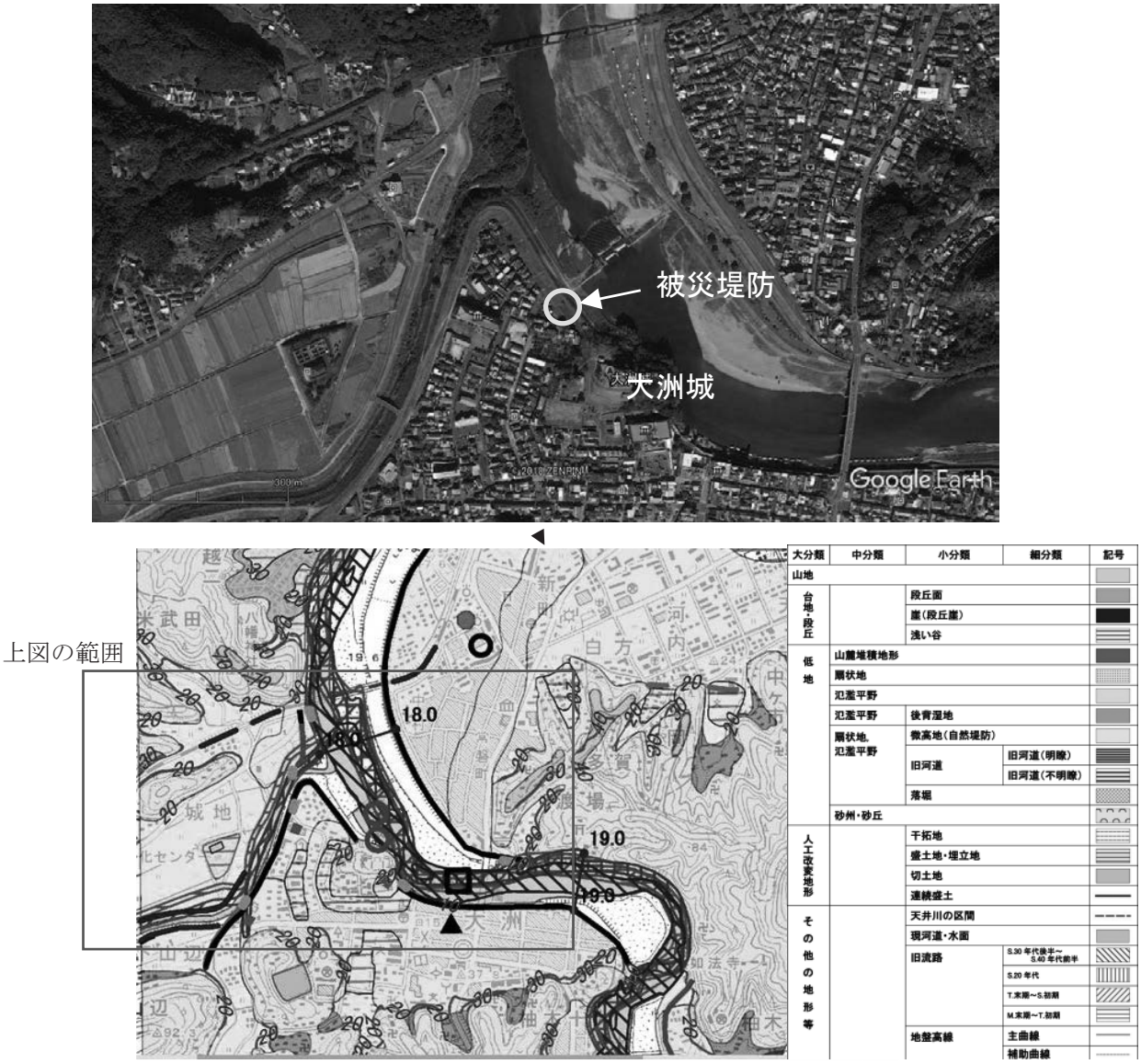


図 2.3.1-1　被災堤防の位置（上図；Google Earth）と治水地形分類図（下図；国土地理院）

図 2.3.1-2　被災堤防の変状の概要

(2)　地盤の地質

直近の L18.2k において川表法，天端，川裏法の 3 か所で行われた地盤調査結果によると，堤体直下の地盤は表層から約 2m が砂質シルト（砂分 20～40%，細粒分 50～70%），その下に砂質の礫層または礫層が 20m 程度続いている。比較的薄い表層の難透水層と透水堰の高い基盤層からなる典型的な透水性基盤の条件となっており，今回発生した基盤漏水やそれに伴う変状の原因となっている。

(3)　被災状況

被災堤防箇所を**図 2.3.1-1** に示した。被災した堤防は，18.2k にある堰の付近にあり，治水地形分類図から埋め土となっており，ここは大洲城の堀を埋めた地盤であると推定される。しかしながら，噴砂は小規模ながら下流側法尻部にも生じているため，このあたりの地盤特性を調査した上で被災の原因，ならびに復旧や対策を検討する際の範囲の決定をすることが望ましい。

写真 2.3.1-1 は被災した堤防を下流から撮影したものである。写真の右端にあるトタン屋根の小屋を**写真 2.3.1-2** に示す。この小屋の周辺部に噴砂が見られ小屋が大きく沈下・傾斜している。住民の話によると，高水位が低下し始めた 7 月 7 日の昼過ぎに家に帰ってきたところ，噴砂と噴水が継続しており小屋が傾斜していた。

写真 2.3.1-1　下流から被災堤防を望む

写真 2.3.1-2　大きく沈下・傾斜した小屋（トタン屋根）

この小屋の川側堤防法面が滑り沈下している。法尻部（この小屋のあたり）の噴砂によって土の強度が失われたため，堤体の法滑りが生じたものと考えられる。滑り域周辺の段差は 10～20cm であり，この土塊が全体的に沈下している。通常の円弧滑りの場合には，土塊の上方は沈下するが下方は逆の盛り上がることが多い。当該地点の土塊は全体的に沈下しており，また堤内側への水平変位は明確には見られないことから，この土塊の破壊モードは滑りよりも沈下が卓越しているようである（**写真 2.3.1-3** に示すように周辺家屋の直下地盤も盛り上がらずに沈下している）。ここで沈下が卓越したことの原因としては，パイピングによって下部の砂が流出したことが考えられる。その場合，この沈下体積に見合う量の噴砂が発生しているはずであり，この被災目神ズムを確認するためには法面の沈下体積を計測し，この周辺で発生している噴砂の体積を把握して比較することが必要である。そのためには除草をしたうえで MMS または UAV による法面のレーザー測量が有効である。

写真 2.3.1-3　家屋の基礎直下沈下し空洞が生じている

パイピングによって法面下の砂が流出している場合，これによる緩み域の範囲が調査することが重要である。緩み域が法尻部付近に留まっていれば，次の出水時にもパイピングによる破堤にまで至ることは考えにくいが，緩み域が堤体下にまで広がっている場合には次回の出水時に破堤する危険性も含めて慎重に検討し対策する必要があると考えられる。ゆるみの調査は，上述のレーザー測量による表面形状調査に加え，高密度の貫入試験（ミニラムなど）が有効である。

この周辺の法尻部にある腰止め擁壁（高さおおそ 1.5m）のつま先で噴砂が見られ，堤体には小規模ながら陥没が生じている（**写真 2.3.1-4，5**）。この陥没は仮に放置しても川表側に進展し堤体の損傷が拡大するものではないと考えられる。また，法面のすべり・沈下の状況は，**写真 2.3.1-6** に示すようである。注記するように，小段の肩に段差が発生し，クラックが発生した内側が全体的に滑るとともに沈下している。

写真 2.3.1-4　擁壁脇の沈下

写真 2.3.1-5　擁壁近くの堤体の陥没
（土嚢で埋められている）

写真 2.3.1-6　法面のすべりと沈下

2.3.2　橋梁

平成 30 年 7 月豪雨では，肱川に代表とされる様々な河川で洪水・氾濫の被害があった。住宅や公共建築物など様々な構造物が被害を受けたが，橋梁も例外ではなく，多くの橋梁が被害を受けた。愛媛県内では，愛媛県管理の橋梁が 3 橋，宇和島市管理の橋梁が 10 橋，西予市管理の橋梁が 2 橋，大洲市管理の橋梁が 1 橋，重大被害を被ったと報告されている。以下では，代表的な橋梁についてその被害状況を記載する。

(1)　大成橋

大成橋は大洲市の肱川に架かる，大洲市が管理する橋長 117.7m の橋梁である。橋梁の位置を**図 2.3.2-1** に，被害前の様子を**写真 2.3.2-1** に，被害を受けた後の様子を**写真 2.3.2-2** から**写真 2.3.2-6** に示す。**写真 2.3.2-2**, **写真 2.3.2-3** よりわかるように，橋脚が横方向の力を受けて折れている。これは，土砂を含む密度の高い水流が上流側の桁に当たり，大きな水圧を受けたためであると考えられる。鉄筋もまたその影響で破断している様子がわかる。**写真 2.3.2-5** に示すように桁のうちの 1 つは 50m 程度流されてしまっている。**写真 2.3.2-6** は桁を接写したものであるが，大変形が生じている様子がよくわかる。これは水圧により受けた力，河床に衝突することで受けた力の双方が原因であると考えられる。

図 2.3.2-1　大成橋の位置図

写真 2.3.2-1　大成橋被害前

写真 2.3.2-2　大成橋被害後（橋脚）

写真 2.3.2-3　大成橋被害後（橋脚拡大図）

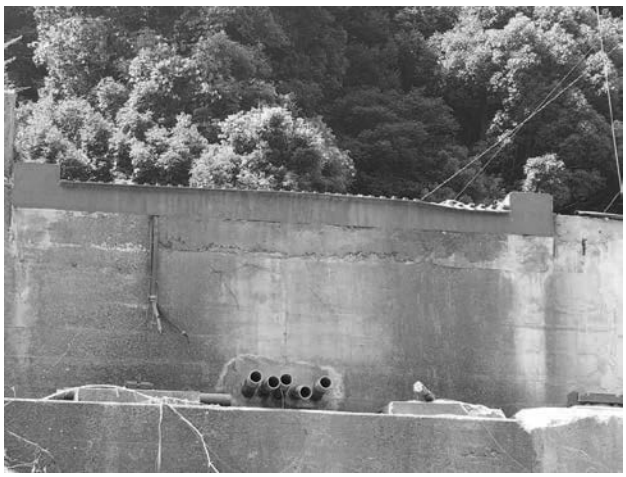


写真 2.3.2-4　大成橋被害後（橋台）

写真 2.3.2-5　大成橋被害後（鋼桁）

写真 2.3.2-6　大成橋被害後（鋼桁）

(2)　鹿野川大橋

鹿野川大橋は大洲市の肱川に架かる，愛媛県管理の橋梁である。橋梁の位置を**図 2.3.2-2** に，被害前の様子を写真 2.3.2-7 に，被害を受けた後の様子を**写真 2.3.2-8** から**写真 2.3.2-10** に示す。本橋梁については，**写真 2.3.2-8** に示すように上部工などに顕著な被害はないが（欄干に草木が詰まっているなどの程度），**写真 2.3.2-9**，**写真 2.3.2-10** に示すように橋台背面の洗掘が重大である。

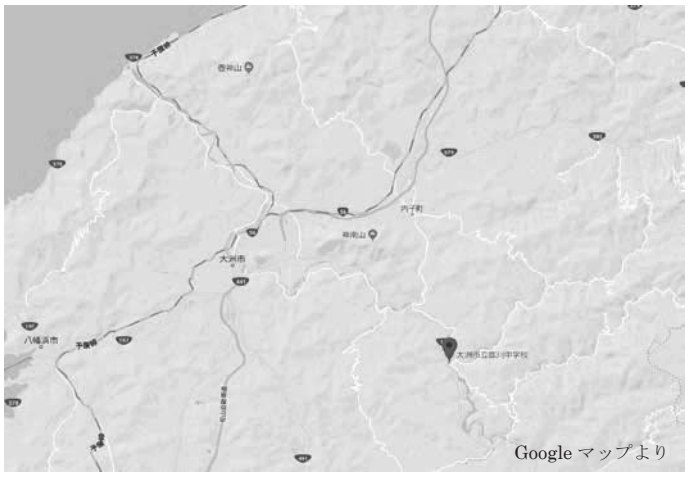


図 2.3.2-2　鹿野川大橋の位置図

写真 2.3.2-7　鹿野川大橋被害前

写真 2.3.2-8　鹿野川大橋被害後

写真 2.3.2-9　鹿野川大橋被害後（ジョイント部）

写真 2.3.2-10　鹿野川大橋被害後（ジョイント部）

(3)　門田橋

門田橋は宇和島市吉田町にある宇和島市管理の橋長 3m の橋梁である。橋梁の位置を**図 2.3.2-3** に，被害前の様子を**写真 2.3.2-11** に，被害を受けた後の様子を**写真 2.3.2-12** から**写真 2.3.2-17** に示す。なお被害後写真に映っているトラスは，応急的に自衛隊より架けられた仮設橋である。門田橋は，橋台背面または基礎下部から洗掘がはじまり，そこからの相乗効果で双方に被害が発生し，上部工が崩落したと推定される。

図 2.3.2-3　門田橋の位置図

写真 2.3.2-11　門田橋被害前

写真 2.3.2-12　門田橋被害後

写真 2.3.2-13　門田橋被害後

写真 2.3.2-14　門田橋被害後

写真 2.3.2-15　門田橋被害後

写真 2.3.2-16　門田橋被害後

写真 2.3.2-17　門田橋被害後

(4)　中島橋

中島橋は宇和島市吉田町にある宇和島市管理の橋長 3m の橋梁である。橋梁の位置を**図 2.3.2-4** に，被害前の写真は存在しないが，被害を受けた後の様子を**写真 2.3.2-18** から**写真 2.3.2-23** に示す。中島橋も門田橋と同様，橋台背面または基礎下部から洗掘がはじまり，そこからの相乗効果で双方に被害が発生し，上部工が崩落したと推定される。

図 2.3.2-4　中島橋の位置図

写真 2.3.2-18　中島橋被害後

写真 2.3.2-19　中島橋被害後

写真 2.3.2-20　中島橋被害後

写真 2.3.2-21　中島橋被害後

写真 2.3.2-22　中島橋被害後

写真 2.3.2-23　中島橋被害後

(5)　まとめ

本調査で得られた主な知見をまとめると次のとおりである。

A) 大成橋については，上部工に直接水圧が作用することで被害に至った。

B) 鹿野川大橋，門田橋，中島橋については，まず橋台背面，または基礎下部の洗掘が発生した。そして門田橋，中島橋についてはそこから上部工の崩壊に至った。このように，洗掘による被害は非常に重大となるため，対策や現象の解明が今後の災害に備えるため必要である。

2.3.3　港湾・海岸施設

今回の豪雨では土砂の流出が海岸にまで到達することも多く，海岸に港湾や堤防等の施設が有る場合には，こうした土砂による被害を受けた。被害は土砂流入により港湾が埋塞して機能が失われる場合と土砂により構造物が破壊される場合に大別されるが，愛媛県災害対策本部の集計[1)]によれば泊地埋塞，養浜流出，護岸倒壊，漂着物流入といった状況が発生している。被災範囲は 8 月 5 日時点の集計[1)]によれば大三島から御荘に至る広い範囲にわたり，今治市，松山市，伊予市，伊方町，西予市，宇和島市，愛南町に点在する港湾・海岸施設（30 箇所）が被災箇所として挙げられている。ここではこれら 30 箇所のうち 7 月 14 日時点に被災箇所として掲載[1)]されていた伊方越漁港，宇和島市吉田町白浦，西予市明浜町高山漁港海岸を例示する。調査担当者は「海岸工学」を専門分野としているが，当該分野では津波や高波，高潮といった海側からの外力を対象としており，豪雨による土砂流入といった陸側からの外力に対しては考察が困難であったため，ここでは現地調査結果を示すにとどめる。

(1)　伊方越漁港（7 月 13 日調査）

図 2.3.3-1 に伊方越漁港の概略の位置と亀浦トンネル西口付近から見た遠景を示す。同漁港の中央部には突堤があり，その付根付近から土砂が港内に扇状に流入し，泊地が埋塞した。 **図 2.3.3-2(1)** は埋塞状況を示したものであり，流入した土砂は(2)に示すように 20cm～30cm 程の石礫が多い。

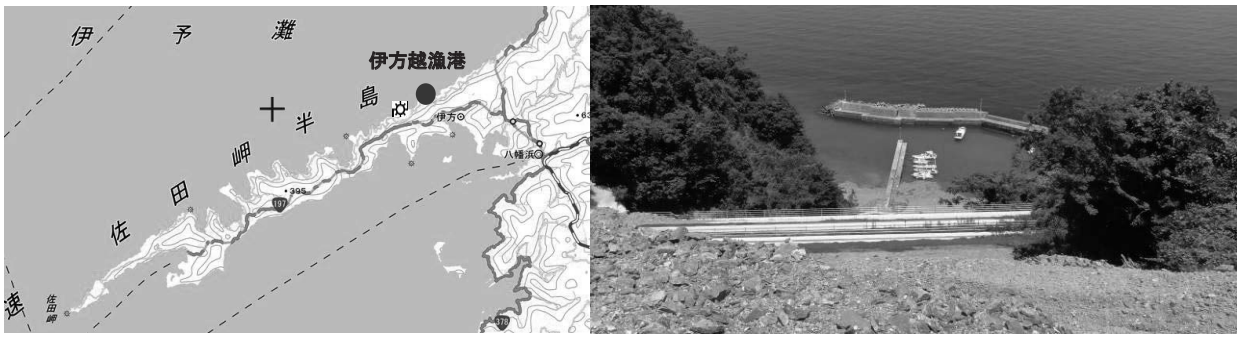


図 2.3.3-1　伊方越漁港の位置と遠景

(1)　　(2)

図 2.3.3-2　伊方越漁港の埋塞状況(1)と流入した石礫(2)

(2)　宇和島市吉田町白浦(7 月 16 日調査)

吉田町白浦の概略位置を高山漁港海岸の位置とともに**図 2.3.3-3** に示す。**図 2.3.3-4** に被災前後の比較と**図 2.3.3-5** における撮影方向[1]～[4]を示す。**図 3-5** の[4](山側)から[3] (海側)に土砂が流出し，[2]に示されるように護岸が破壊されている。[3]および南から見た[1]によれば，栽培されていたミカンの木や家屋の一部も海に押し流されていることがわかる。

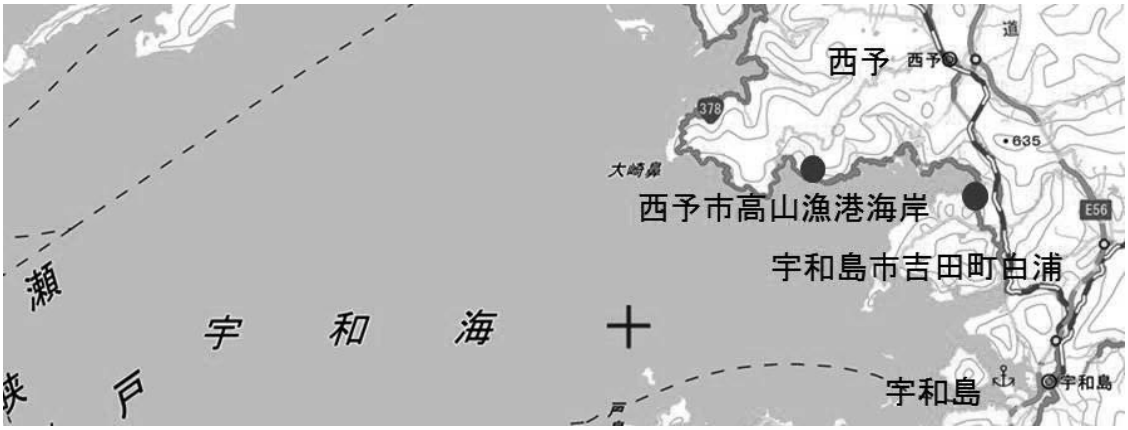


図 2.3.3-3　吉田町白浦と高山漁港海岸の位置

(被災前)　　(被災後)

図 2.3.3-4　吉田町白浦の被災前後（Google より）

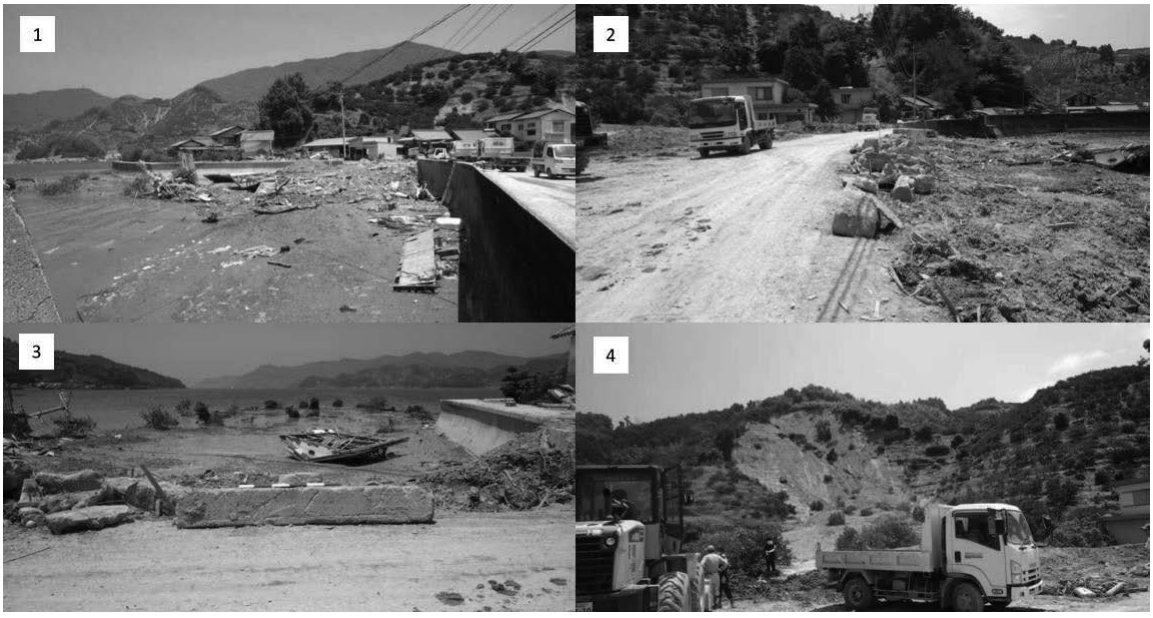


図 2.3.3-5　吉田町白浦 1～4 の状況

(3)　西予市明浜町高山漁港海岸(7 月 16 日調査)

高山漁港海岸の大早津海水浴場付近の被災前後の様子と**図 2.3.3-7** 中の撮影方向[1]～[4]を**図 2.3.3-6** に示す。[2] のように緩傾斜護岸付近に 0.5m 程度の段差を生じた養浜砂の流出が見られる。これは[3]の小河川に加えて，[1]に道路の海側縁石に砂が堆積していることから，山側から道路を越えて大量の雨水が砂浜に流れ込んだことによると推定される。

（被災前）　　（被災後）

図 2.3.3-6　高山漁港海岸の被災前後（Google より）

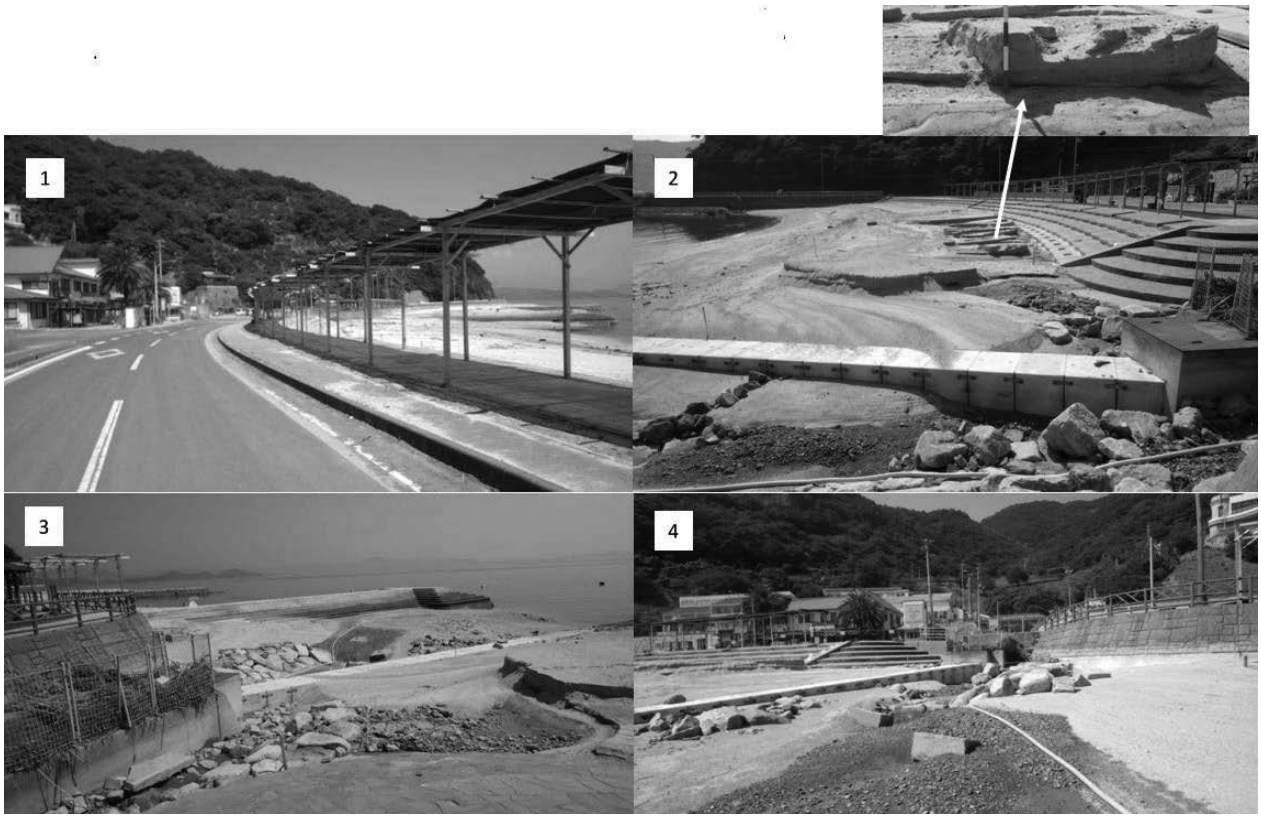


図 2.3.3-7　高山漁港海岸 1～4 の状況

参考文献

1)　愛媛県災害対策本部・災害警戒本部関係情報 ,http://ehime.force.com/PUB_VF_Detail_Docs.

2.4　農業被害

2.4.1　農業インフラ（農地，ため池など）の被害

(1)　調査行程

西日本豪雨の一週間後から，**図 2.4.1-1**，**表 2.4.1-1** に示す被災地で調査を行った。

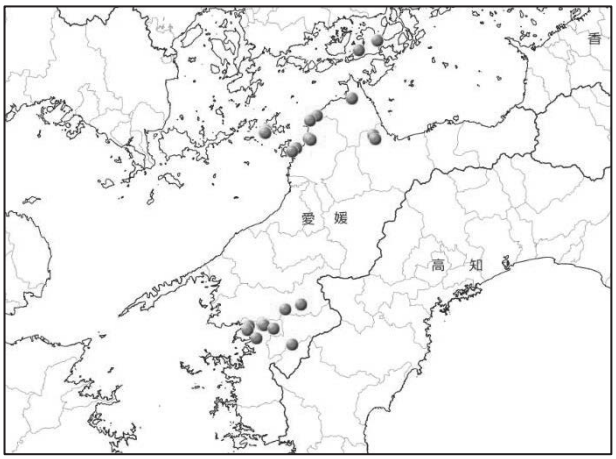


図 2.4.1-1　被害調査位置（地理院地図より作成）

表 2.4.1-1　調査行程

日時	場所	調査者
2018 年 7 月 16 日	松山市中島	小林，武山，泉
2018 年 7 月 20 日	宇和島市三間	小林，泉
2018 年 7 月 21 日	宇和島市吉田，高串 西予市城川	小林，泉
2018 年 7 月 22 日	西条市玉原 今治市野間，大三島 松山市北条	小林，泉
2018 年 7 月 25 日	松山市中島	武山
2018 年 7 月 26 日	松山市北条，高浜	小林

(2)　農地（樹園地，水田，畑地）被害

写真 2.4.1-1(a) に松山市中島，**写真 2.4.1-1(b)** に宇和島市吉田の樹園地被害を示す。(a)はモノラックの破損状況を示しているが，他には樹園地や農道への土砂流入，排水路付近や谷部での斜面崩壊，石垣の損壊等が多数見られた。(b)は樹園地での深層崩壊である。本樹園地の下流にあった小谷池は崩壊土の流入により完全に埋没した。

瀬戸内海に面する松山市や今治市はまさ土地帯であり，被災箇所数はそれほど多くないが，崩壊規模の大きいものが多い。一方，南予地域にある宇和島市吉田の地質は，砂岩や砂岩泥岩互層であり，崩壊規模の大きい深層崩壊も多数あるが，薄い表層崩壊も多い。また，崩壊した園地は耕作放棄地が多く，耕作園地に比べ，排水溝の詰まり等が起きやすく排水性が下がった可能性に加え，表層崩壊の場合は果樹木の枯死による樹根支持力の低下および野生動物（主にイノシシ）による蔓植物の根等の掘り返しによる植被の損失等が，素因として存在した可能性が考えられる。

(a)　モノラックの損傷（松山市中島）

(b)　樹園地の深層崩壊（宇和島市吉田）

写真 2.4.1-1　樹園地被害

(a)　水田畦畔・河川護岸の崩壊

(b)　農地への土砂流入

写真 2.4.1-2　水田・畑地被害

写真 2.4.1-2 は水田および畑地の被害状況である。この付近の農地では，畦畔や水路，暗渠管などが損壊（**写真 2.4.1-2(a)**）するともに農地への土砂の流入（**写真 2.4.1-2(b)**）も見られ，農地基盤への深刻なダメージが確認できた。さらに，河川の氾濫により下流の民家も床上浸水していた。

その他，大洲盆地の水田・畑地にも河川からの浸水が見られた。地元農家への聞き取りによると，稲は浸水により倒伏が見られたものの豪雨から 3 日後には回復していた。また，このあたりの田植えは 6/10～6/20 頃で，豪雨時は穂が出る前であったため，稲作への被害は少ないと予想される。一方で，ハウス栽培のイチゴ，メロンは大きな被害を受け，今年の収入はゼロという農家もあったとのことであった。

(3)　ため池被害

愛媛県内のため池被害は 187 件であったが，そのほとんどが後背地からの土砂が貯水池に流入するというものであった。**写真 2.4.1-3** は土砂流入の規模が大きく埋没したため池である。

(a)　小谷池（宇和島市吉田）

(b)　戸板池（今治市上浦）

写真 2.4.1-3　ため池被害（埋没）

写真 2.4.1-4 は堤体に損傷があったため池被害である。(a)は 7 月 7 日 6:51 から越流が始まり，16 分後に破堤している。余水吐付近で越流の痕跡が見られた。(b)は下流側法面がすべり破壊を起こしたものであり，(c)は余水吐流末部が崩壊し，堤体にも損傷が及んだ事例である。また，(d)は左岸側斜面からため池へ土砂流入があり，余水吐を含む堤体が損傷している。

豪雨によるため池の破壊形態は，浸透破壊，すべり破壊，越流破壊の 3 タイプがあるが，愛媛県での破壊形態はほとんどがすべり破壊であった。

(a)　鳥首池（宇和島市吉田）

(b)　谷池（松山市和田）

(c)　ダグラ池（西予市城川）

(d)　蓮上池（今治市野間）

写真 2.4.1-4　ため池被害（堤体の損傷）

A)　余水吐幅の簡易算定

洪水流量は下式の合理式で算定された流量とする。

$$Q = \frac{1}{3.6} \times f \times r \times A \tag{2.4.1-1}$$

ここに，Q：洪水流量 (m^3/s)，A：流域面積 (km^2)，f：流出係数（= 0.70：山地），r：降雨強度（洪水到達時間内）(mm/h)。

洪水吐の形式により異なるが，水路幅を以下の式で算定する。

$$B = \frac{Q_d}{1.704C \times H_d^{3/2}} \tag{2.4.1-2}$$

ここに，B：水路幅 (m)（等幅とする），Q_d：設計洪水流量 (m^3/s)（洪水流量 Q の 1.2 倍），C：流入係数（水路入口の側壁形状直角：0.82），H_d：設計水頭（速度水頭を含む越流総水頭）(m)。

降雨強度を1/200年確率雨量として水路幅を算定すると，流域面積を0.01 km^2と非常に小さな値にしても，幅1.4m以上が必要になる。

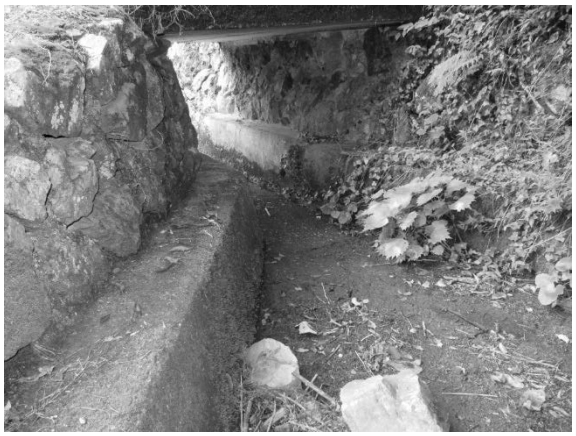
B)　余水吐幅に対する考察

写真 2.4.1-5 に被災したため池の余水吐の例を示す。被災ため池の余水吐幅は，0.30m～1.0m 程度であり，1.4m を下回っていることがわかった。

大量の降雨が堤体内に浸透したこともあるが，余水吐能力が低いために，計画高水位を越えるよう貯水となり，堤体内の浸潤線が大きく上昇したことが下流側法面のすべり破壊の原因となったと考えられる。

(a)　鳥首池（宇和島市吉田）

(b)　谷池（松山市和田）



(c)　ダグラ池（西予市城川）

(d)　本村中池（宇和島市高串）

写真 2.4.1-5　各ため池の余水吐

(4)　土壌雨量指数（SWI）からみた農地・ため池への被害

平成 30 年 7 月豪雨では記録的な大雨によって引き起こされた土砂災害により，農地およびため池に大きな被害をもたらした。この大雨による土砂災害発生の危険度の高まりを把握するための指標として土壌雨量指数（SWI：Soil Water Index）[1)]がある。ここでは，被害の大きかった地点における SWI を算出し，SWI からみた農地およびため池への被害についてまとめる。

A)　SWI とは

SWI とは，降雨によって土壌中に貯留される水分量を Ishihara and Kobatake[2)]の直列 3 段タンクモデルを用いて数値化したものであり，気象庁では，解析雨量の空間解像度に合わせて 1 km メッシュごとに SWI を算出し，各地の気象台が発表する気象警報や土砂災害警戒情報等の判断基準に用いられている。基準値となる SWI の値は，特別警報については市町村ごと，警報および注意報については 1 km メッシュごとに定められている。また，この基準値は，過去の土砂災害発生時の SWI を調査した上で設定されているため，各メッシュにおける地盤の崩れやすさの違いなども（SWI の算出において陽的には考慮されていないが）一定程度反映されている。そのため，SWI そのものは相対的な土砂災害の危険度を示した指標であるが，基準値と比較することで土砂災害の危険度を判断することができる。

B)　SWI の算出方法

SWI は，**図 2.4.1-2** に示す直列 3 段タンクモデルを用いて得られる各タンクの貯留高 S_1，S_2，S_3 から次式によって算出される。

$$SWI(t) = S_1(t) + S_2(t) + S_3(t) \tag{2.4.1-3}$$

各タンクの貯留高は以下の各タンクの水収支式を前進差分により離散化した差分方程式を解くことで求められる。

$$\frac{dS_1(t)}{dt} = R(t) - q_1(t) - \beta_1 S_1(t) \tag{2.4.1-4}$$

$$\frac{dS_2(t)}{dt} = \beta_1 S_1(t) - q_2(t) - \beta_2 S_2(t) \tag{2.4.1-5}$$

$$\frac{dS_3(t)}{dt} = \beta_2 S_2(t) - q_3(t) - \beta_3 S_3(t) \tag{2.4.1-6}$$

ここで，β_1，β_2，β_3 は各タンクの浸透流出孔の浸透係数，q_1，q_2，q_3 は各タンクの側面孔からの流出量，t は時間，R は降水量である。各タンクの側面孔からの流出量は以下のように表される。

$$q_1(t) = \begin{cases} \alpha_1(S_1(t) - L_1) + \alpha_2(S_1(t) - L_2), & L_2 < S_1(t) \\ \alpha_1(S_1(t) - L_1), & L_1 < S_1(t) < L_2 \\ 0, & S_1(t) < L_1 \end{cases} \tag{2.4.1-7}$$

$$q_2(t) = \begin{cases} \alpha_2(S_2(t) - L_3), & L_3 < S_2(t) \\ 0, & S_2(t) < L_3 \end{cases} \tag{2.4.1-8}$$

$$q_3(t) = \begin{cases} \alpha_3(S_3(t) - L_4), & L_4 < S_3(t) \\ 0, & S_3(t) < L_4 \end{cases} \tag{2.4.1-9}$$

ここで，α_1，α_2，α_3，α_4 は各側面孔の流出係数，L_1，L_2，L_3，L_4 は各側面孔の高さである。また，浸透係数や流出係数，側面孔の高さといったモデルパラメータは，一般に，地質の違いによって値が異なるが，SWI を算出するためのパラメータ値は，**表 2.4.1-2** に示すような Ishihara and Kobatake[2)]による花崗岩を多く含む地層の値が一律に採用されている。

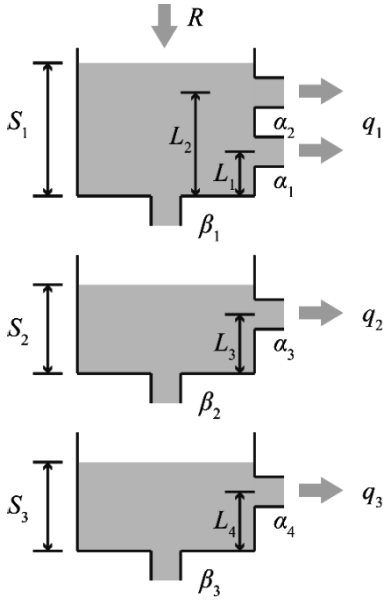


図 2.4.1-2 直列 3 段タンクモデル

表 2.4.1-2 タンクモデルのパラメータ

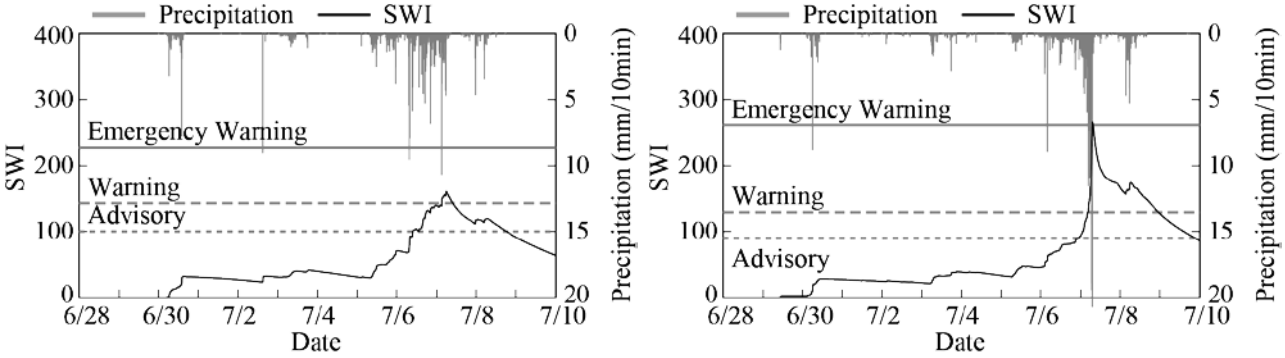
	一段目のタンク	二段目のタンク	三段目のタンク
側面孔の高さ（mm）	$L_1 = 15$	$L_3 = 15$	$L_4 = 15$
	$L_2 = 60$		
流出係数（1/hr）	$\alpha_1 = 0.1$	$\alpha_3 = 0.05$	$\alpha_4 = 0.01$
	$\alpha_2 = 0.15$		
浸透係数（1/hr）	$\beta_1 = 0.12$	$\beta_2 = 0.05$	$\beta_3 = 0.01$

C) SWI の算出結果

2.4.1(2)節および **2.4.1(3)節**の樹園地の斜面崩壊が見られた地点，ため池が埋没した地点，ため池の堤体が損傷した地点における SWI の経時変化について，それぞれ，**図 2.4.1-3**，**図 2.4.1-4**，**図 2.4.1-5** に示す。また，それぞれの図には，特別警報，警報および注意報の基準値を示す。なお，これらの SWI を算出するために必要な降水量データとして，データ統合・解析システムの DIAS から国土交通省より提供された XRAIN データを取得して利用した。

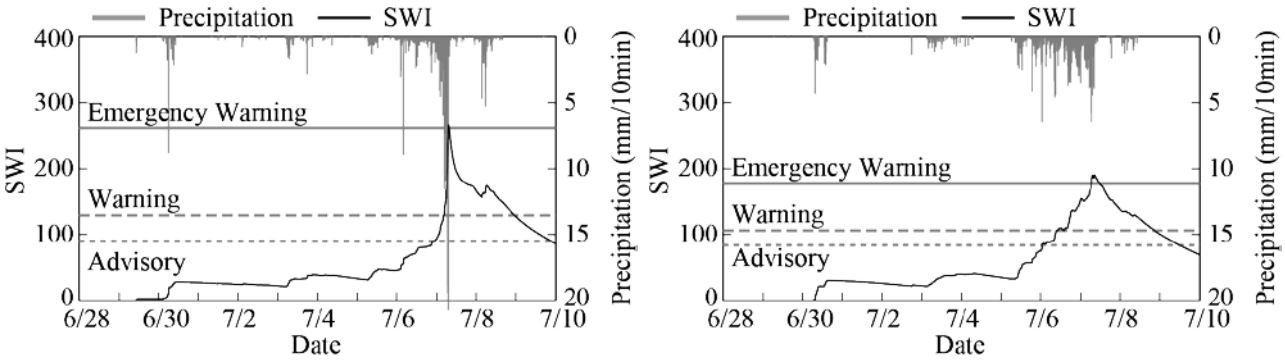
図 2.4.1-3 より，SWI のピーク値は，松山市中島の樹園地では警報基準，宇和島市吉田の樹園地では特別警報基準を超えていたことが分かる。また**図 2.4.1-4** より，ため池が埋没した地点（小谷池，戸板池）では，両地点とも SWI のピーク値は警報基準を超えていたことが分かる。さらに**図 2.4.1-5** より，ため池の堤体が損傷した地点（鳥首池，谷池，ダグラ池，蓮上池）では，すべての地点で警報基準を超え，特に鳥首池では特別警報基準を超え

ていたことが分かる。



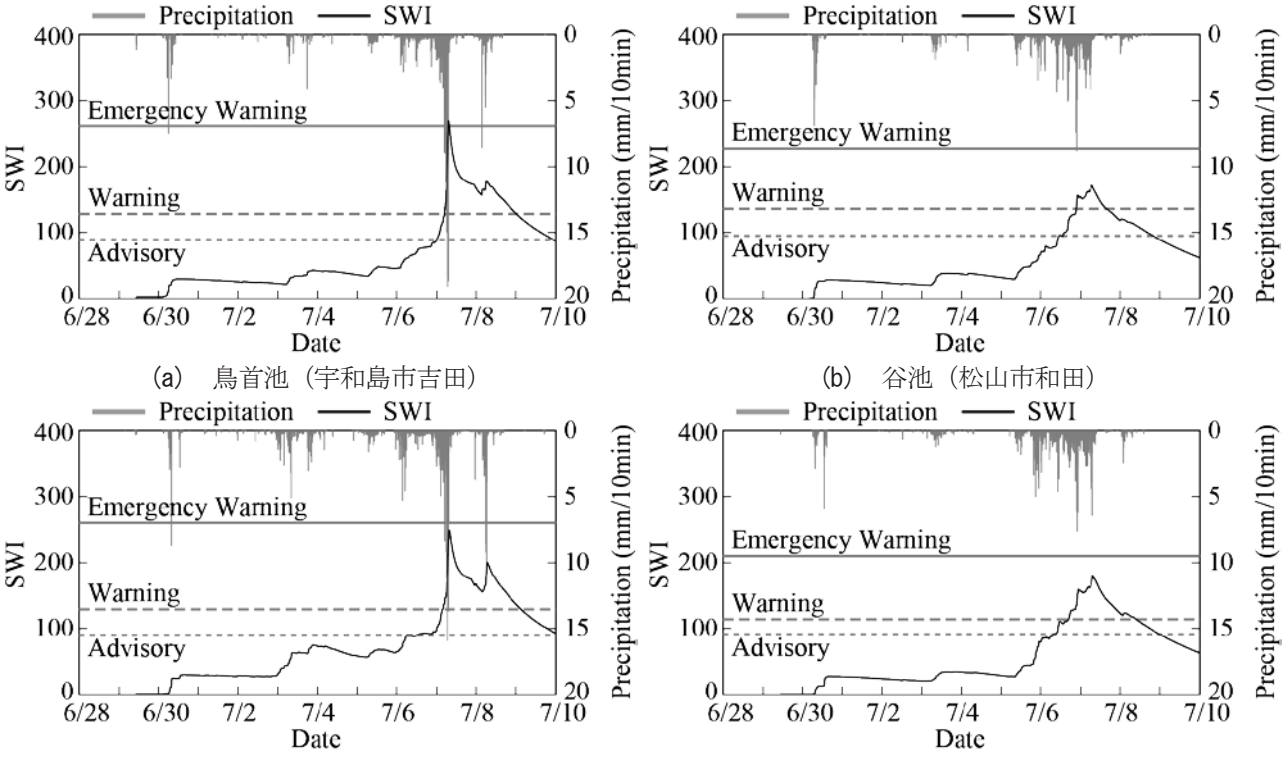
(a)　松山市中島（樹園地）　　(b)　宇和島市吉田（樹園地）

図 2.4.1-3　樹園地被害地点における SWI の経時変化



(a)　小谷池（宇和島市吉田）　　(b)　戸板池（今治市上浦）

図 2.4.1-4　ため池被害（埋没）地点における SWI の経時変化



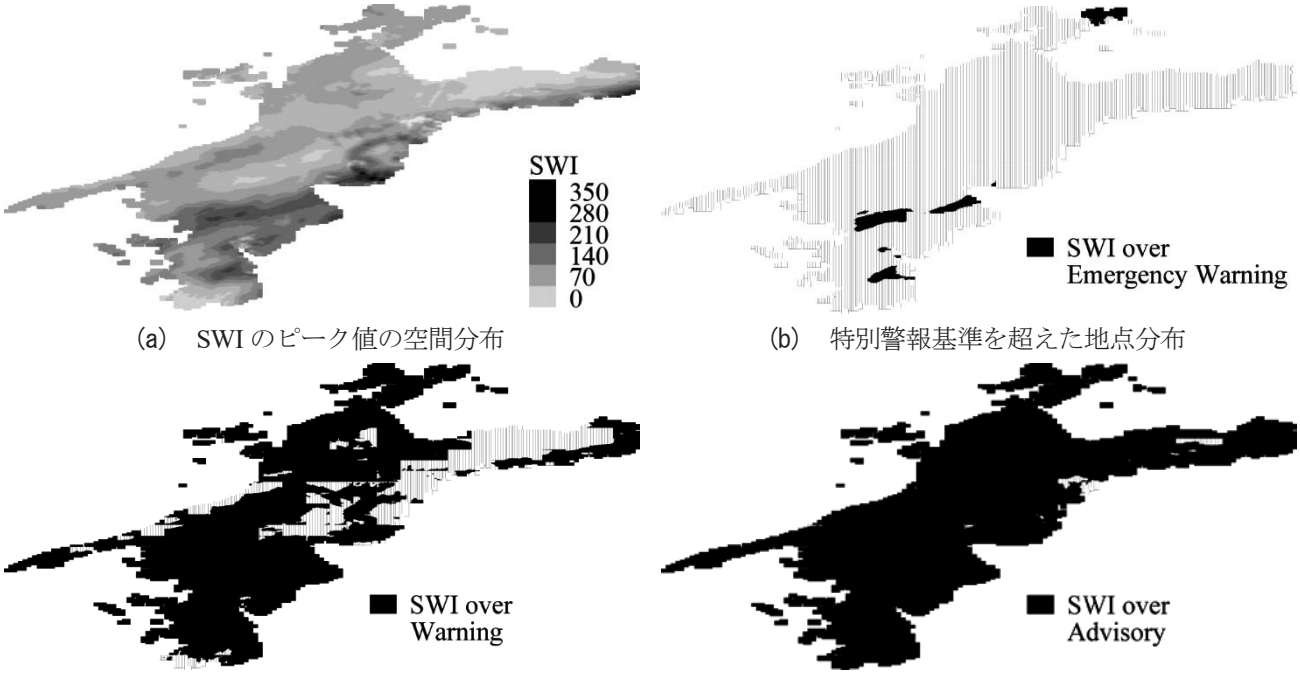
(a)　鳥首池（宇和島市吉田）　　(b)　谷池（松山市和田）

(c)　ダグラ池（西予市城川）　　(d)　蓮上池（今治市野間）

図 2.4.1-5　ため池被害（堤体の損傷）地点における SWI の経時変化

以上のように，農地やため池に大きな被害を与えた土砂災害が発生した地点の多くでは，SWI が特別警報基準を超えていたことが分かった。これらの地点では，10 分間に 15mm を超えるような短時間に多量の降水があり，これにともなって SWI も急激に上昇している。一方で，SWI が特別警報基準を超えなかった地点（松山市中島の樹園地，松山市和田の谷池，今治市野間の蓮上池）は，先述したように，まさ土地帯である。したがって，SWI が比較的小さくても土砂災害が多数発生したことは地質の影響もあったと考えられる。

最後に，**図 2.4.1-6**(a)，(b)，(c)，(d)に，それぞれ，SWI のピーク値の分布，特別警報基準を超えた地点分布，警報基準を超えた地点分布，注意報基準を超えた地点分布を示す。**図 2.4.1-6**(a)より，大きな被害が報告されている西予市，宇和島市，鬼北町といった南予地域と高知県との県境において SWI のピーク値が大きかったことが分かる。しかしながら，SWI は相対的な土砂災害の危険度を示したものであるため，同じような高い値であっても，普段から雨の多い地域よりも雨が少ない地域の方が危険度が高い [1]。したがって，当該地点における土砂災害の危険度を判断するためには，既往の土砂災害の発生状況をもとに定められた基準値と比較することが有効である。そこで(b)より，特別警報基準を超えた地域は，SWI の大きかった南予地域に加えて，上島町などの島嶼部にも見られることが分かる。さらに，(c)より，四国中央市，新居浜市，久万高原町などの一部を除く地域で警報基準を超え，(d)より，注意報基準は県内のほど全域で超えていたことが分かる。これらのことから，SWI は土砂災害発生の危険度を判断する上で有効であることが再確認された。



(a)　SWI のピーク値の空間分布　　(b)　特別警報基準を超えた地点分布

(c)　警報基準を超えた地点分布　　(d)　注意報基準を超えた地点分布

図 2.4.1-6　SWI の空間分布

謝辞

利用したデータセットは，文部科学省の委託事業により開発・運用されているデータ統合・解析システム（DIAS）の下で，収集・提供されたものである。

参考文献

1) 岡田憲治・牧原康隆・新保明彦・永田和彦・国次雅司・斉藤　清：土壌雨量指数，天気，48(5)，pp.59-66，2001.
2) Ishihara, Y., Kobatake, S.: Runoff model for flood forecasting, Bull. Disaster Prevention Res. Inst., Kyoto Univ., 29, pp.27-43, 1979.
3) 泉　智揮・佐藤嘉展・武山絵美・小林範之：平成 30 年 7 月豪雨時の愛媛県内の降水量と土壌雨量指数，日本雨水システム学会第 26 回研究発表会講演要旨集，pp.5-10，2018.
4) 小林範之・武山絵美・泉　智揮：愛媛県における平成 30 年 7 月豪雨による農業災害，日本雨水システム学会第 26 回研究発表会講演要旨集，pp.11-13，2018.

2.4.2　農作物の被害等

本項では，農業被害の中で，農林水産関係の被害（報告書作成時点）と松山市興居島及び宇和島市吉田町での現地調査の結果等について述べる。なお，農作物等の被害に関する現地調査は松山市興居島で 2 回，宇和島市吉田町で 1 回行った。

(1) 県内の農林水産関係の被害

ここでは，愛媛県が取りまとめた資料を基にして，平成 30 年 11 月 14 日現在の県内の被害状況について説明する。なお，愛媛県では災害発生直後より逐次被害のとりまとめを行ってきており，農道等の復旧次第では今後，新たな被害状況が確認される可能性はあるが，概ね被害の全容は把握できつつあると考えられる。

まず**表 2.4.2-1** に県全体と主な市町村別の被害状況（金額ベース）について示す。

表 2-4-2-1　県全体と主な市町村別の被害額

（単位：千円）

市町		農林水産関係の被害額	うち農業の被害額	うち林業の被害額
県全体		64,988,430	47,028,402	17,466,452
	宇和島市	25,897,023(39.8%)	21,419,191(45.5%)	4,247,832(24.3%)
	西予市	9,926,603(15.3%)	6,581,479(14.0%)	3,304,772(18.9%)
	松山市	7,377,342(11.4%)	6,509,562(13.8%)	857,780(4.9%)
	今治市	6,075,245(9.3%)	4,623,756(9.8%)	1,438,600(8.3%)
	大洲市	5,721,227(8.8%)	3,599,137(7.7%)	2,079,300(11.9%)
	八幡浜市	1,140,030(1.8%)	1,017,477(2.2%)	74,553(0.4%)

資料：愛媛県

表注 1）平成 30 年 11 月 14 日現在

表 2.4.2-1 に示したように，農林水産全体の被害額は約 650 億円となっている。これまで最も被害を受けたのが平成 16 年の台風被害の時で，この時の被害額が約 314 億円であった。このことから，平成 30 年 7 月豪雨による被害額は過去最高額であり，かつこれまで最も被害を受けた際の約 2 倍であることからこの度の災害により農林水産業への被害が甚大であったことがわかる。また，農林水産関係の被害額（約 650 億円）のうち約 72.4%（約 470 億円）が農業関係の被害であったことから，特に農業への被害が深刻な状況にある。

次に**表 2.4.2-1** の結果を市町村別にみてみる。

農業，林業ともに深刻な被害を受けたのが県全体の農業被害額の 45.5%（約 214 億円），林業被害額の 24.3%（約 42.5 億円）を占める宇和島市であることがわかる。なお，ここには掲出していないが，自治体別で漁業被害が最も大きかったのも宇和島市で，県の被害額に占める宇和島市の被害額の割合 45.2%である。

その他，農業被害の規模が大きな自治体として，西予市（約 66 億円），松山市（約 65 億円），今治市（約 46 億円）で被害が大きかったことが分かる。

農業関係の被害に関して，**表 2.4.2-2** には農業を行うための重要な資源である農地・農業用施設等の被害の内訳，**表 2.4.2-3** には農作物等の被害の内訳を示した。

表 2.4.2-2 より，農地に関する被害額が約 150 億円，農業水利施設（スプリンクラー等）に関する被害額が約 86 億円，農道に関する被害額が約 77 億円，ため池に関する被害額が約 33 億円であることがわかる。これ以外にもモノレールや倉庫等の被害もあるが，ここには計上されていないため，農地・農業用施設等の被害額は実際にはさらに大きいものと思われる。

表 2. 4. 2-2　農地・農業用施設等の内訳

項目	件数等	被害額（千円）
農地	2,720	14,745,000
ため池	187	3,272,000
農業水利施設	1,273	8,623,000
農道	1,984	7,731,000
海岸保全施設	27	752,000
地滑り防止施設	14	199,000
農村生活環境施設	10	47,000
計	6,215	35,369,000

資料：愛媛県

表注 1）平成 30 年 11 月 14 日現在

表 2. 4. 2-3　農産物等の内訳

項目	面積・件数等	被害額(千円)
農作物	1,332.8ha	3,105,741
樹体	442.7ha	1,579,554
農業用ハウス等	10,586 件	5,737,454
共同利用施設	17 件	403,899
面積計	1,775.5ha	
件数計	10,603 件	
被害額計		10,826,648

資料：愛媛県

表注 1）平成 30 年 11 月 14 日現在

また，1 件あたりの被害の規模をみてみると，ため池の被害に着目できる。近年，離農等によりため池の受益者が少なくなり管理が行き届かないため池が増えているといわれている。しかしながら，ため池自体や流入路，排水路を含めた適切な管理が行われなければ，豪雨時に越水，崩落の危険性があり，その結果，被害が広範囲に及ぶ可能性もある。

表 2. 4. 2-2 から，ため池の復旧工事等には多額の費用がかかることが分かる。これは日々のため池の管理にも相応の費用がかかることを示唆しており，受益者が少なくなったため池を中心に，今後のため池管理のあり方を考えていく必要があろう。

表 2. 4. 2-3 は，次の**表 2. 4. 2-4** に示した主な市町別の農作物の被害額と，例年の農業産出額との比較と関連が深いため，解釈については後述する。

表 2. 4. 2-4　主な市町別の農作物の被害額と例年の農業産出額との比較

（単位：千円）

市町		農作物の被害額	樹体の被害額	平成 28 年の農業産出額	うち果実
県全体		3,105,741	1,579,554	134,100,000	55,517,400
	宇和島市	1,748,805	1,130,543	13,580,000	10,250,000
	松山市	360,847	192,547	14,660,000	7,370,000
	今治市	229,134	71,640	12,890,000	4,430,000
	西予市	235,008	48,780	18,010,000	3,850,000
	八幡浜市	154,155	114,249	13,050,000	11,770,000
	大洲市	99,060	116	8,700,000	1,530,000

表注 1：県の農業産出額は愛媛県農林水産部『愛媛農業の動向 平成 30 年度版』より引用

表注 2：各市の農業産出額は農林水産省のホームページより引用

表 2. 4. 2-3 及び**表 2. 4. 3-4** に示すように，農作物が約 31 億 500 万円，樹体の被害額が 15 億 8,000 万円であることがわかる。この結果を平成 27～28 年の県全体の果樹産出額約 555 億円と比較すると，金額ベースで例年の農業産出額の約 6%の被害があったことになる。面積ベースでみてみると，被害面積 1,332.8ha のうち，栽培継続可能な面積が 886.4ha，次作栽培可能な面積が 58.3ha である。土砂崩れ等により，ほ場復旧が必要な面積は 388.1ha であり，このうち 8 割が果樹である。このことから，傾斜地農業を主とする果樹の被害が大きいことが改めて認識できる。

ここで，単純な比較として，**表 2. 4. 2-4** について，特に被害の大きかった宇和島市に着目してみると，宇和島市は平成 28 年度比で例年の農業産出額の約 13%の被害を受けている。ただし，宇和島市の農業産出額の約 75%が果実であることを考えると，その割合はさらに高くなると考えられるので，このような社会経済データからみてみても豪雨による農業被害は甚大であるといえる。実際の農業産出額に関する経済的な影響は，今シーズンの出荷が終

わり販売実績等が確定してから詳細に検討する必要があろう。

また，被害の面積から宇和島市の被害状況をみてみる。宇和島市の畑耕地面積は約 3,820ha であるが，農業産出額に占める果樹の割合から推察するに，耕地面積のほとんどが果樹（柑橘）であることが考えられる。一方，今回の災害における宇和島市の農地関連の被害面積（農作物+樹体）が 869.6ha であったことから被害の大きさがみてとれる。ただし，これより詳細な検討については，園地の被害状況が明らかになってから改めて行う必要がある。

なお，**表 2.4.3-4** を読み解くに当たって，農業産出額に占める果樹の割合が特に高い宇和島市や八幡浜市以外の自治体については果樹，野菜，水田の被害の割合を把握する必要がある

（2）松山市興居島における第 1 回現地調査とそこからみえた課題

① 調査の概要

ここでは，興居島における災害発生時直後の復興（復旧）における農家の役割や，行動について調査を行った 1 回目の調査結果に基づいて述べることとする[注1)]。

調査日は，平成 30 年 8 月 21 日である。調査内容は，興居島で柑橘栽培を営む農家 A 氏へのヒアリングと興居島内の被害状況の把握（外観）とした。調査者は，農学研究科の間々田理彦と山本和博である。

② A 氏へのヒアリング結果

まず豪雨災害の発生した 7 月 7 日以降の A 氏及び周辺農家の行動を時系列順に示す。

- 7 月 7 日，早朝より外に出て被害状況の確認
- A 氏の倉庫（倉庫内のユンボ・トラック）の無事が確認される
- A 氏の園地に至る農道の土砂を撤去する
- A 氏が関係する農道の土砂撤去が一段落した後，その他の農道や島内の周回道路の土砂撤去を始める
- 周囲の農家で重機を所有している農家，更にブルドーザーを所有している酪農家も作業に加わる
- 7 月 14,15 日には水路の掘り起こし作業にユンボを投入する

A 氏らは，3 日目までに主要な園地へ通行可能にすることを目標に作業を行った。結果として 7 月 10 日に防除再開できた。A 氏によると，A 氏の地区では 4 件程度の農家が重機を供出，土砂撤去作業に参加したのではないかとしている。

A 氏らがこのような動きが可能だった背景として，土砂の撤去及び運搬するために重機やトラックが個人の所有であったこと，農家が重機等を動かすための免許を保有していたことがある。もっとも前提条件として，それらが保管されている倉庫等が無事でなければこれらの重機やトラックを動かすことはできなかった。

A 氏をはじめとするこの地区の農家が自発的に行動した背景として，防除等作業期限が迫っており，少しでも早く道路を開通させることが必要であったことがある。つまり，災害が起きた際，どれだけ早く園地に行けるかが重要という意識である。

次に作業の順序として，まずは自分の園地に関する箇所の復旧をした後あるいは自分の園地を優先しつつ同時進行的に，共同で使用している農道や島の周回道路等，受益者（利用者）の多い道といった，公共性の高い部分で作業することとした。

これらの判断は，普段の農作業や他の農家との情報交換等による経験則に寄るものであった。その理由として，園地の現状や農道がマップ化，データ化されていないためである。また，当時，現場で対応していた農家と農協の情報共有もあり，被災箇所の把握や効率的な復旧作業が可能であったとのことである。

確かに，A 氏の農地は興居島にあるため，土砂災害の復旧・復興に欠かすことができない重機等を本土に頼らなければならない事情もあり，このような自発的な行動を迅速に起こさざるを得ないという一種の外的要因が働いていたことも十分に考えられる。ただし，それを含めても，農地や農道，栽培・運搬に必要なインフラ（道路）を「農業に関連する地域の資源」として捉える意識が高かったことが，行動の大きな要因であったと認識するのには十分であると考えられた。

以上のことから，調査結果からみえてきた将来に向けた課題等について整理する。

まず，災害発生が予測される際の農家所有重機の出動態勢の整備である。今回の調査で，地域単位での初期復旧作業において農家の所有する重機が重要な役割を果たしていることが見て取れた。このことから，政策的な課題として，次の 2 点が考えられる。一点目は，仕組み作りで，これには所有重機の確認と農家への協力依頼がある。二点目は，燃料等の補助である。今般の復旧作業時の燃料代は，農家の自己負担によるものであった。公共的な場所

（県道・市道・農道・公共施設等）と私的な場所（農地・園地・私道・宅地等）の分別等，解決すべき項目は数多くあるものの，一点目の農家への協力依頼と合わせて制度設計を検討すべきと考えられる。

次に，被災時の情報共有の重要性をあげる。やはり普段のコミュニケーションとして，自治会や消防団との連携，農家と農協との協働体制，農家間での情報共有は必要不可欠であることが改めて認識された。地域として情報を共有することで，迅速な復旧・復興作業に結びつくことが明らかとなったので，地域の営農状況や農地の情報をデータ化，マップ化し，管理・共有していく必要性が考えられた。

これらの課題は，少しでも早い復興・復旧に向けた取組みと，それを支援するための重要な示唆を与えていると考えられる

③　興居島内の被害状況の把握（平成 30 年 8 月 21 日時点）

注：すべて公道から筆者による撮影

図 2.4.2-1　平成 30 年 8 月 21 日時点における興居島内の農業関連の被害

(3) 松山市興居島における第 2 回現地調査とそこからみえた課題

① 調査の概要

ここでは，興居島における土砂災害現場と，ため池の調査を行った第 2 回目の調査結果に基づいて述べる。

調査日は，平成 30 年 10 月 25 日である。調査内容は，第 1 回目の調査に協力いただいた A 氏に改めて調査協力依頼し，土砂災害の被害を被った園地とため池の調査とした。調査者は，農学研究科の間々田理彦と山本和博である。

② 土砂災害を受けた園地の調査

A 氏の協力の下で調査した園地は，高齢農家の園地であった。農家の高齢化のため，災害発生時の 7 月には撤去されているはずのビニールハウスのビニールが撤去されておらず，それが復旧の支障になっているとのことであった（**図 2.4.2-2**）。また，該当園地から流出したビニールが下流のため池に流れ込んでおり，これも撤去の必要がある。

注：すべて A 氏の許可を受け筆者による撮影

図 2.4.2-2 被害を受けた園地（平成 30 年 10 月 25 日時点）

③ 土砂災害の受けたため池の調査

まず A 氏に X 池を案内いただいた（**図 2.4.2-3**）。X 池は，池に土砂が流入したことで洪水吐きが詰まってしまい，越水したため池である。通常，ため池は越水すると強度が極端に落ちるといわれるが，このため池は改修後だったため今のところ大きな損傷はみられなかった[注 2)]。今回の事例では洪水吐きの原因が土砂流入によるものであったが，ため池の管理不足でも大雨と重なると容易に発生する問題であるため，適切な管理の必要性が改めて認識された。

また，X 池は土砂流入によって水深が浅くなってしまい，ため池の貯留能力が落ちてしまっている。これにより今までよりも少ない降雨量で越水してしまう可能性があることから早急な対策が求められている。ただし，X 池の管理者は松山市なため土砂撤去作業への意志決定は容易であるものの，費用は受益者負担となることから，ため池を使用する農家への金銭的負担が増すことになる。

次に，土砂が流入した結果，堤の一部が決壊した Y 池に案内いただいた（**図 2.4.2-4**）。Y 池では堤の一部が決壊した結果，下流部に大量の水が流れ，園地が被害を受けた。また，それによりため池の貯留可能量が減少している。

このことから，X池と同様に以前よりも少ない降雨量で水があふれる危険性が指摘される。

注：すべてＡ氏の許可を受け筆者による撮影

図 2.4.2-3　X 池の様子

注：すべてＡ氏の許可を受け筆者による撮影

図 2.4.2-4　Y 池の様子（矢印は決壊箇所を示す）

(4) 宇和島市吉田町における現地調査とそこからみえた課題

① 調査の概要

ここでは，県内でも特に甚大な被害を受けた宇和島市吉田町での調査結果について述べる。調査は吉田町玉津共選にて平成 30 年 12 月 6 日に行った。調査者は，農学研究科の山本和博である。

② 調査結果

玉津共選は出荷者 181 名のうち，40 歳以下の出荷者が約 60 名程度いることから，若い農家が多い地区である。また，この 60 名はすべて農家の跡継ぎであり，Uターンした農業者である。若い農家が多く，営農意欲も高いことから農地が不足している現状である。

玉津共選では，樹園地 400ha のうち，80ha が被災した。割合としては樹園地の 20%にあたり甚大な被害を受けたことが分かる。ただし，被災の程度は園地のよって全く異なり，国や県の整備事業等で復旧可能な園地がある一方で，崩落等による園地の流失により復旧が不可能な園地も存在する。

玉津共選管内でも先述した興居島の事例同様，よほどの重機が必要な箇所以外の農道（概ね 100km）は農家が所有する重機を拠出し，農道の復旧・開通作業にあたった。

③ 復興に向けて

前述したように，玉津共選では若手農家が多い。このことから，いかに農家の営農意欲を失わせないか，外に出さないかが復興にあたっての重要な課題である。しかしながら，被災した園地では今後整備事業の導入や改植により中長期的に未収入期間が発生し，その期間，いかにして地区内で収入を確保するかが鍵となる。

そこで，玉津共選では若手農家を中心に（株）玉津柑橘倶楽部を設立し，農家の収入口の確保を模索している。具体的には，会社を通じて園地を確保し，そこでの作業（農作業）に従事して収入を得ることと，生果やジュース販売による利益を農家に分配することを目指している。

(5) 小活

最後に，農業被害の現状やヒアリング結果から考えられる復旧・復興に関する今後の課題等について述べるにあたり，**図 2.4.2-5** に考えられる課題を時系列に整理したものを示す。

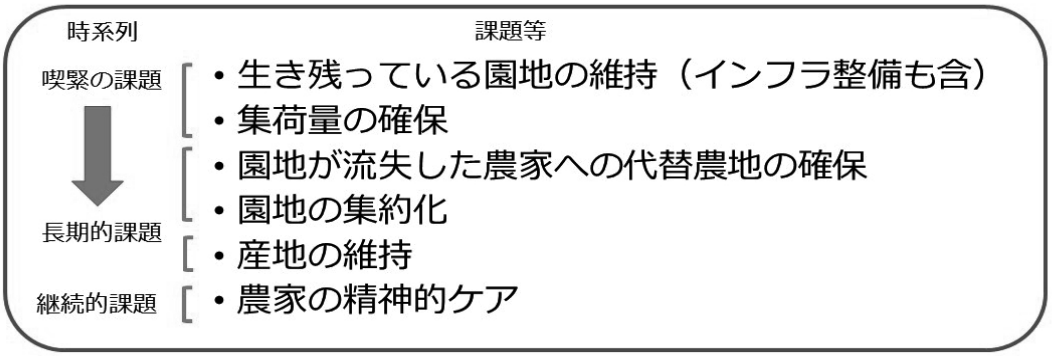


図 2.4.2-5 農業の復旧・復興に関する今後の課題

まず，喫緊の課題としては，無事だった園地の維持と集荷量の確保である。ただし，本報告書執筆時の平成 30 年 12 月下旬時点では，すでに今シーズンの温州みかんの出荷はピークを迎えており，出荷量のデータが取りまとめられている時期にさしかかっていると思われるが，それについては今後詳細に検討する必要がある。

今後の大きな課題として，代替農地確保や園地の集約化，園地の構造改善等があげられる。また，今後の国や県の整備計画を進める中で，今回の災害を契機として，園地のあり方自体を検討する余地も出てくるであろう。この検討においては，今後の産地の維持とも強く関連してくるため，慎重な議論と制度設計の上での国・自治体・農家・農協等による政策的合意が求められると考えられる。

一方で，農家単位での課題としては，自力再建に向けた補助事業のあり方を検討する必要性を強く感じた。具体的には，設備の整備補助（倉庫，灌漑設備，モノラック等），苗木の補助，ため池改修への補助，重機購入の支援，重機拠出時の燃料代の支援等である。また，早期の復旧を図るためにも，農地の状況に関する現況や農道利用実績調査等を農家や農協の暗黙知とせず，データ化やマップ化することも重要であろう。

注 1）ここでの内容やそれに関する論拠は，興居島に限定したものであることに注意されたい。
2）ただし，専門家による調査は必要と思われる。