

山地災害の発生機構について

4. 荒廃の実態

- 4.1 現地調査による荒廃地の抽出 4-1-1
- 4.2 土砂収支計算 4-2-1

5. 荒廃の誘因

- 5.1 災害発生時の降雨 5-1-1
- 5.2 過去の降雨状況 5-2-1

6. 荒廃の素因

- 6.1 崩壊の発生形態 6-1-1
- 6.2 崩壊の素因 6-2-1

7. 山地荒廃発生時における水理特性の再現

- 7.1 三次元浸透流解析 7-1-1
- 7.2 豪雨発生時における崩壊危険箇所の抽出 7-2-1

4. 荒廃の実態

4.1 現地調査による荒廃地の抽出

調査対象地周辺における写真判読による土砂流出範囲(国土地理院, 2014)を図 4.1.1 に示す。調査対象地の中でも、寺側、高松山、東山、登龍、犬戻鳴山、美濃越、宇那木山周辺で多くの土砂流出が確認されている。調査対象地における荒廃状況を確認するために、調査対象地にて荒廃現況調査を実施した。

荒廃現況調査では、調査対象地における荒廃溪流及び山腹崩壊地について、幅、推定深(縦横断方向の地形や検土杖により確認)及び延長を現地で簡易計測し、荒廃地調査票に整理し荒廃面積、荒廃溪流長を算定した。

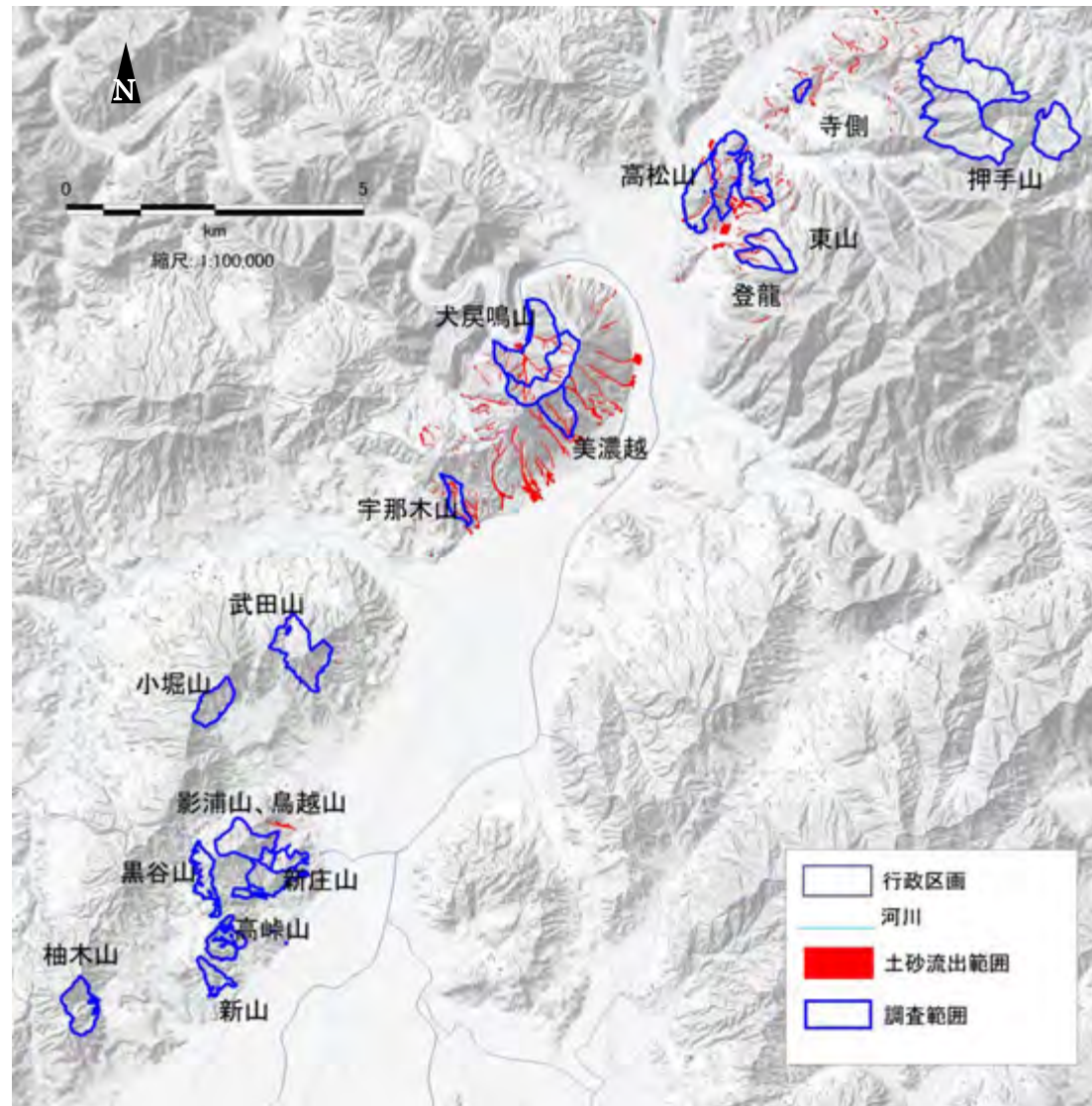


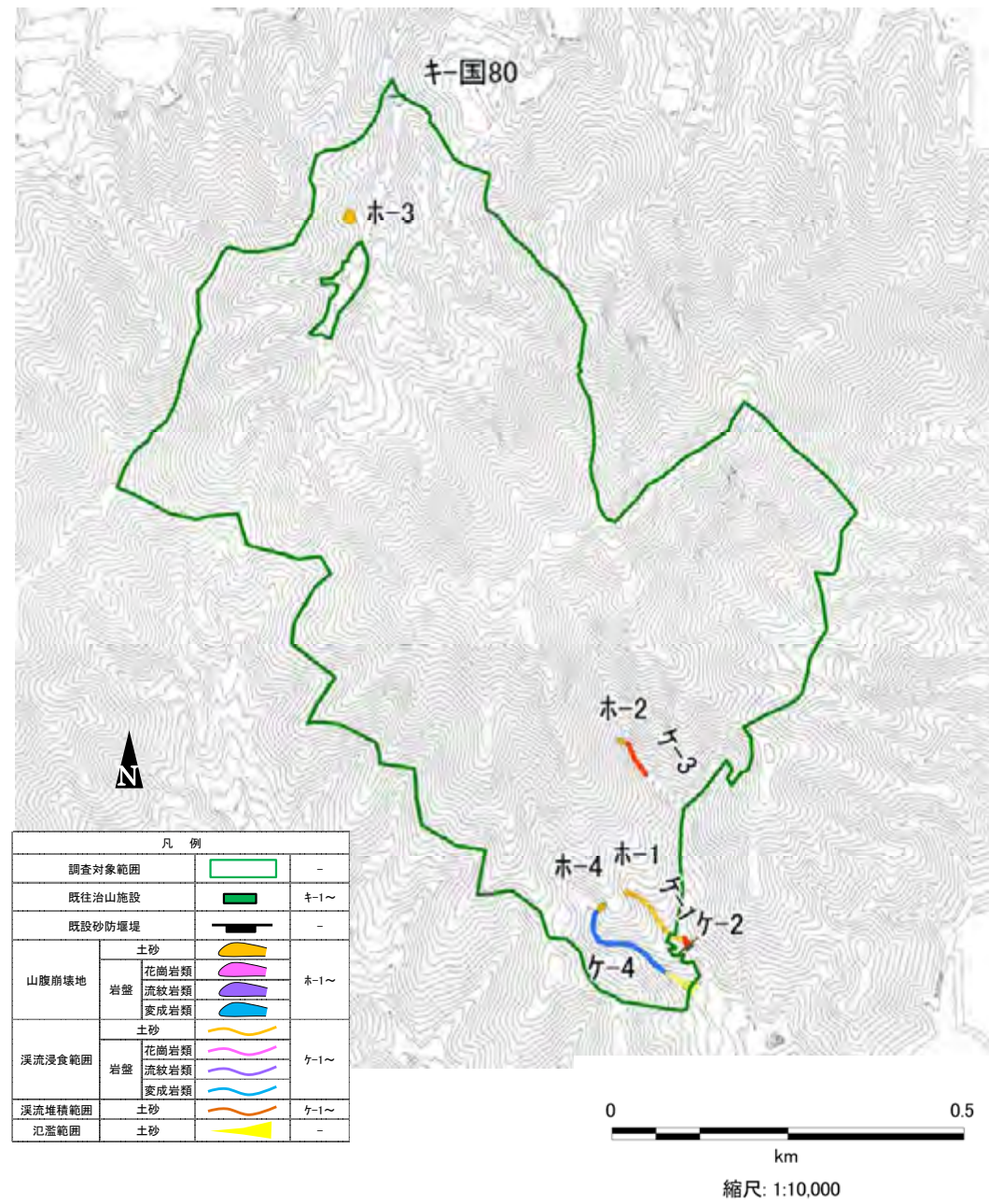
図 4.1.1 調査対象地周辺の土砂流出範囲

参考：平成 26 年(2014 年)8 月豪雨による被害状況に関する情報、国土地理院 HP、
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h26-0816heavyrain-index.html>

荒廃現地調査結果より荒廃率を算出した(表 4.1.1)。次ページ以降に調査対象地毎の荒廃現況図を示す。荒廃面積率が大きく、荒廃が流域の広い範囲で確認された国有林⑨高松山、⑩犬戻鳴山、民有林①宇那木山、②美濃越、③登龍、④東山、⑤寺側について、差分図を作成した(4.2 章)。

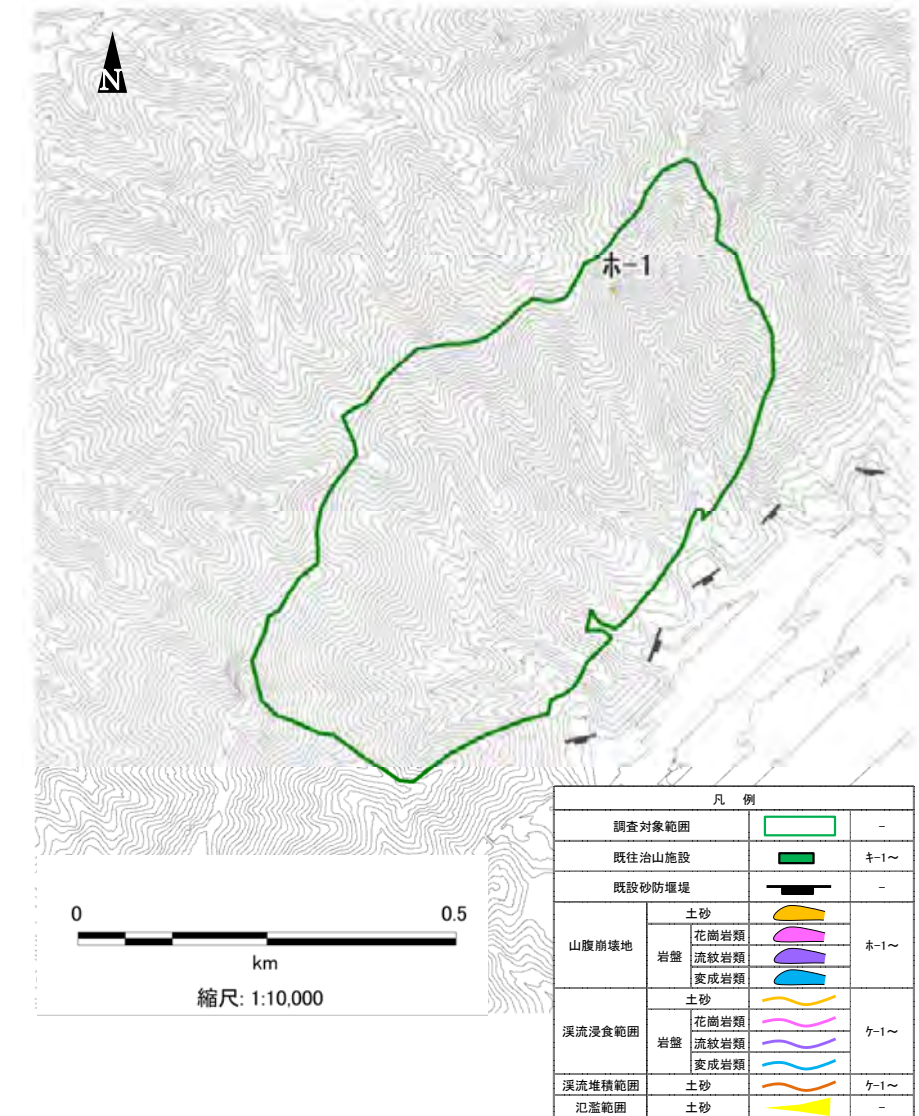
表 4.1.1 調査対象地における荒廃面積率

地区名	No.	山名	荒廃面積(ha)		対象面積(ha)	荒廃面積率(%)	備考
			崩壊地	溪流			
国有林	1	武田山	0.07	0.12	62.62	0.3%	
	2	小堀山	0.01	0	30.75	0.0%	
	3	影浦山	0.17	0.6	19.83	3.9%	
	4	鳥越山	0.04	0.19	33.13	0.7%	
	5	新庄山	0.07	0.5	33.81	1.7%	
	6	高峯山	0	0	26.31	0.0%	
	7	新山	0	0	15.74	0.0%	
	8	柚木山	0.01	0	36.67	0.0%	
	9	高松山	3.06	1.63	116.53	4.0%	
	10	黒谷山	0	0	25.10	0.0%	
	11	犬戻鳴山	1.05	4.58	140.78	4.0%	流域面積にて算出
	12	押手山	0.03	1.23	254.61	0.5%	
民有林	1	宇那木山	0.28	0.54	16.80	4.9%	
	2	美濃越	0.08	0.69	29.04	2.7%	
	3	登龍	0.28	0.45	17.50	4.2%	
	4	東山	0.13	0.67	24.58	3.3%	
	5	寺側	0.14	0.26	5.40	7.4%	



※国土交通省太田川河川事務所および朝日航洋株式会社提供の航空レーザー測量データ(H26)を基に作成

図 4.1.2 荒廃現況図(国有林①_武田山)



※国土交通省太田川河川事務所および朝日航洋株式会社提供の航空レーザー測量データ(H26)を基に作成

図 4.1.3 荒廃現況図(国有林②_小堀山)

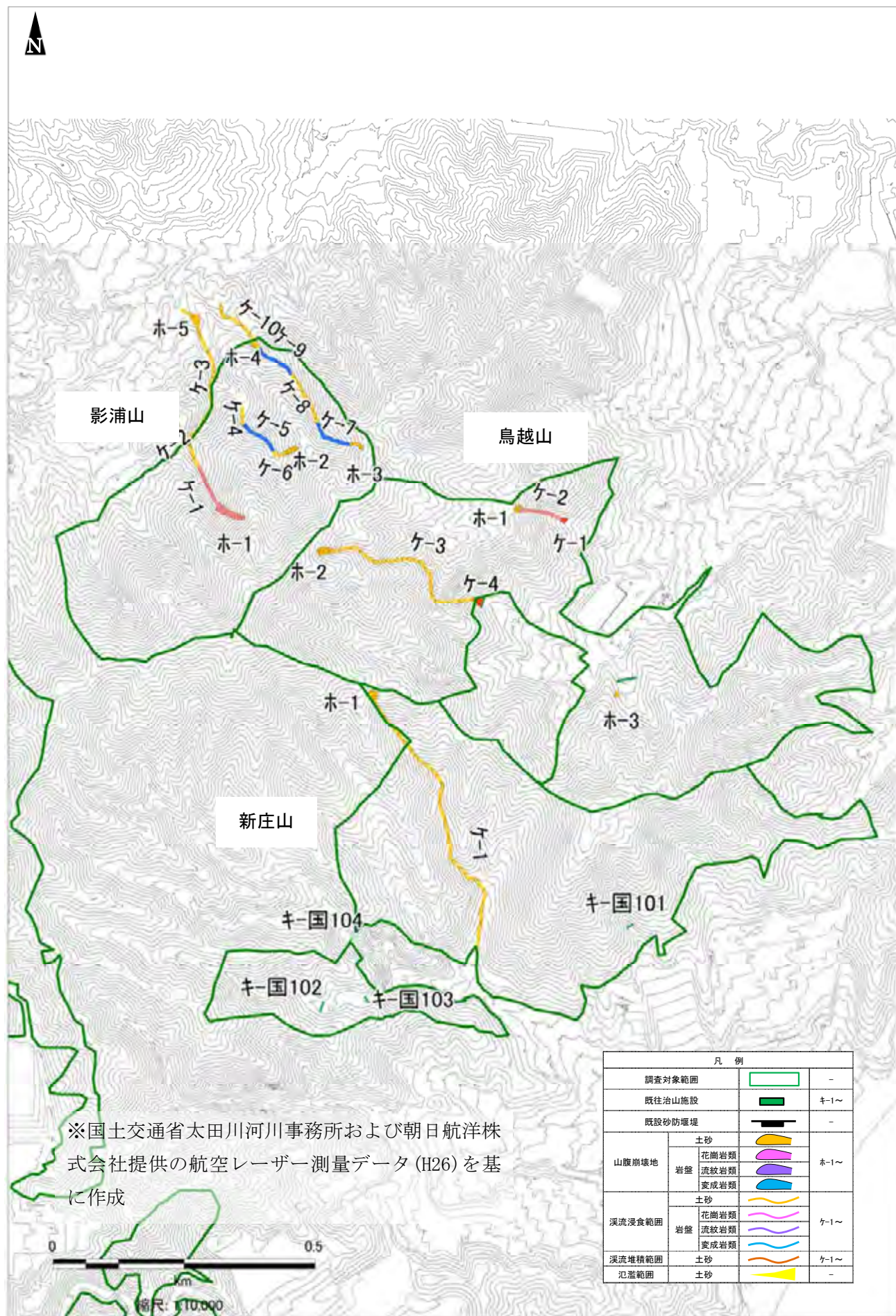


写真 影浦ホ-1



写真 影浦ホ-3



写真 影浦ケ-2



写真 影浦ケ-4



写真 影浦ケ-7



写真 影浦ケ-9



写真 鳥越ホ-1



写真 鳥越ホ-2



写真 鳥越ケ-3



写真 新庄ホ-1



写真 新庄ケ-1

図 4.1.4 荒廃現況図(国有林③影浦山、④鳥越山、⑤新庄山)

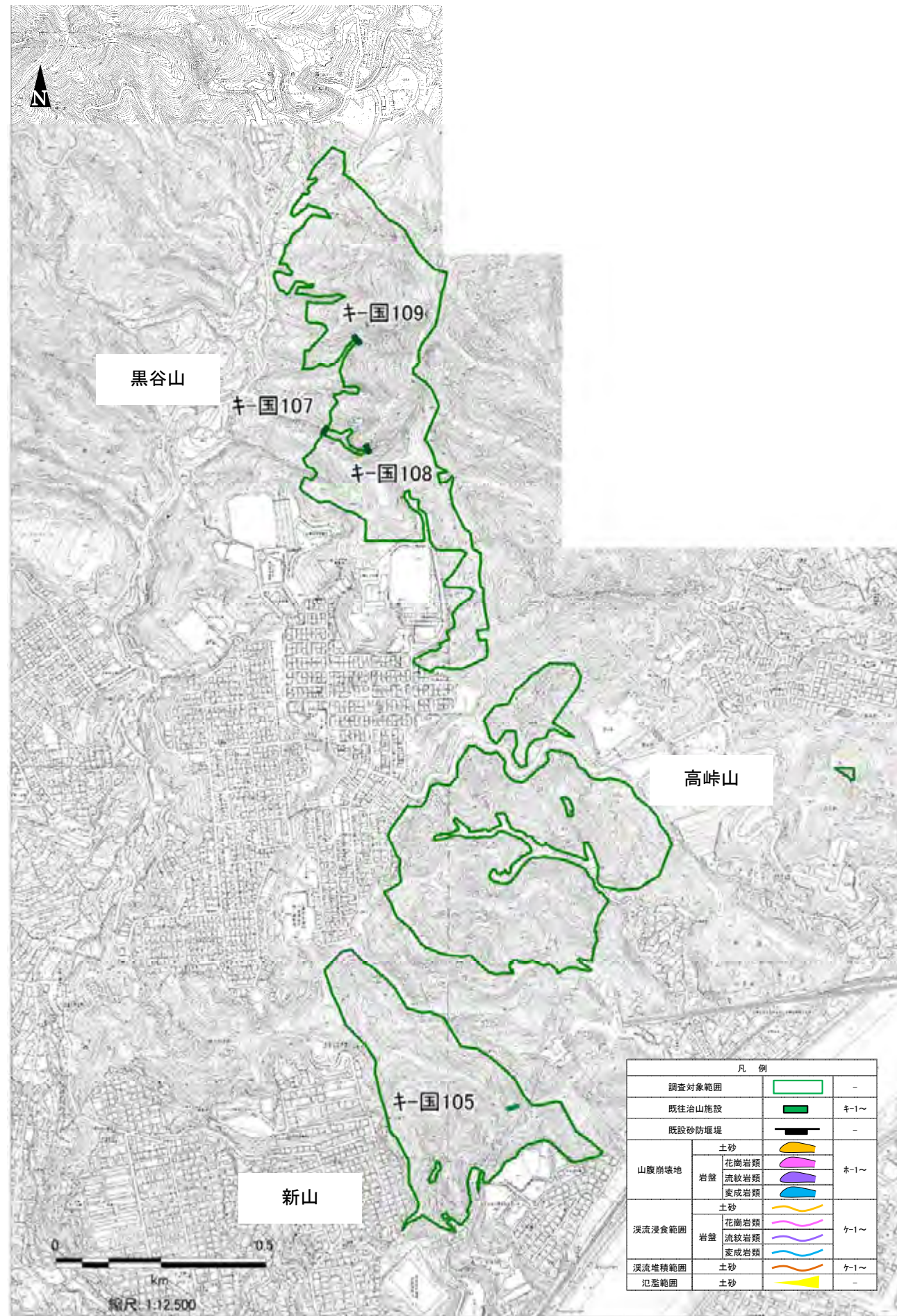


図 4.1.4 荒廃現況図(国有林⑥高峠山、⑦新山、⑩黒谷山)

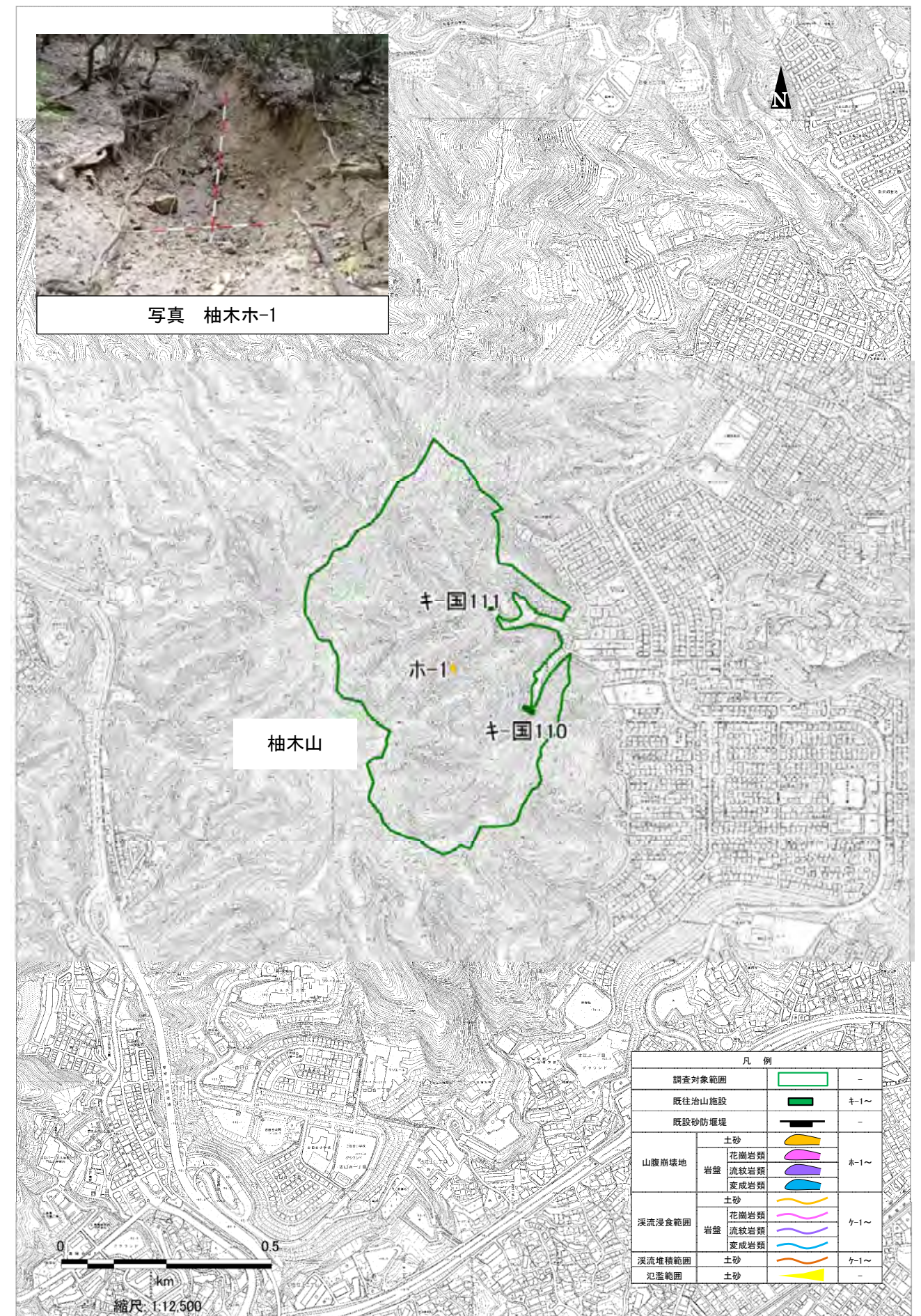


図 4.1.7 荒廃現況図(国有林⑧_柚木山)

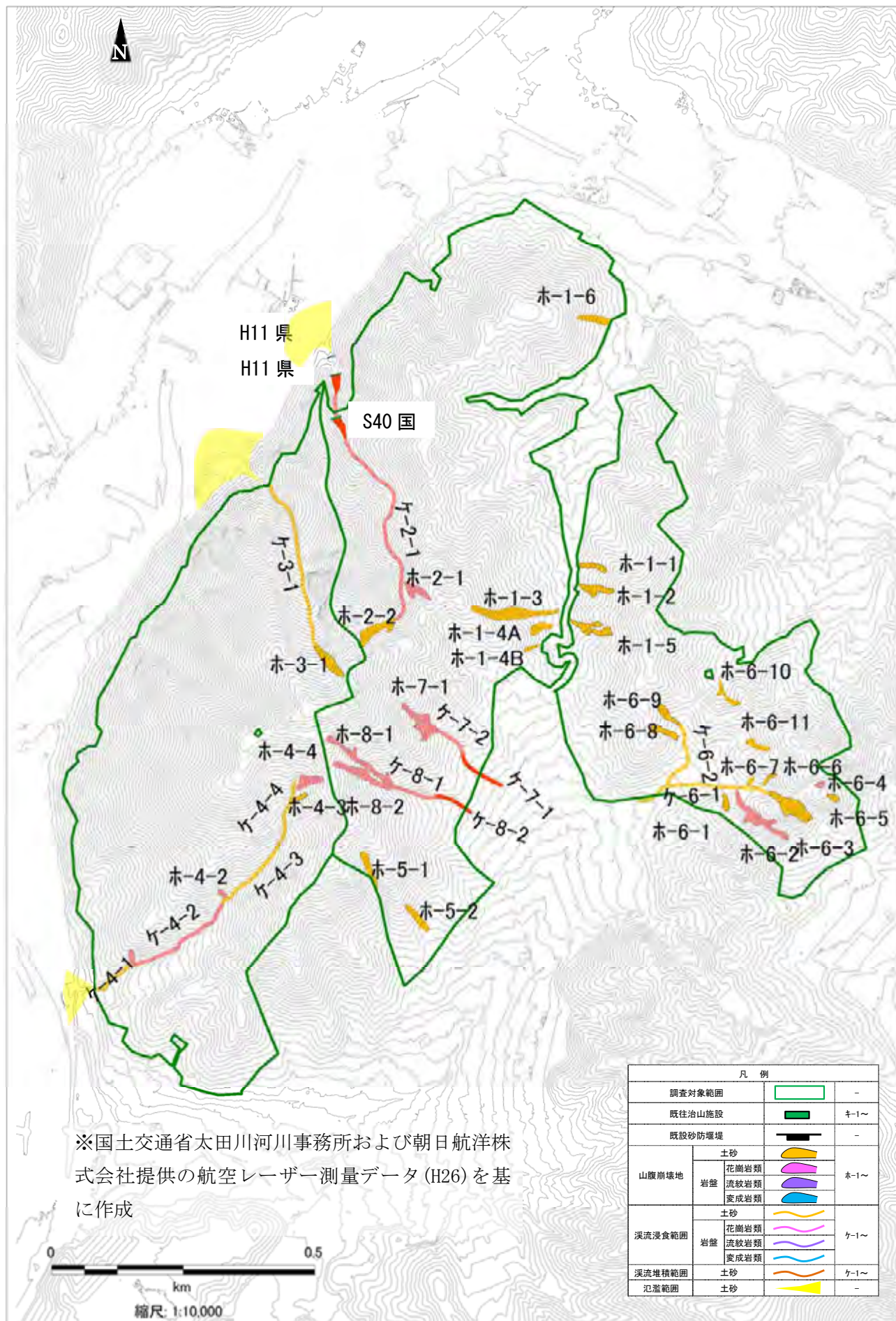


図 4.1.8 荒廃現況図(国有林⑨_高松山)1/2





写真 高松山ホ-6-3



写真 高松山ホ-6-4



写真 高松山ホ-6-5



写真 高松山ホ-6-6



写真 高松山ホ-6-7



写真 高松山ホ-6-8



写真 高松山ホ-6-9



写真 高松山ホ-6-10



写真 高松山ホ-6-11



写真 高松山ホ-7-1



写真 高松山ホ-8-1



写真 高松山ホ-8-2



写真 高松山ケ-2-1



写真 高松山ケ-3



写真 高松山ケ-4-1



写真 高松山ケ-4-2



写真 高松山ケ-4-3



写真 高松山ケ-4-4



写真 高松山ケ-6-1



写真 高松山ケ-6-2



写真 高松山ケ-7-1



写真 高松山ケ-7-2

图 4.1.8 荒廃現況図(国有林⑨_高松山) 2/2

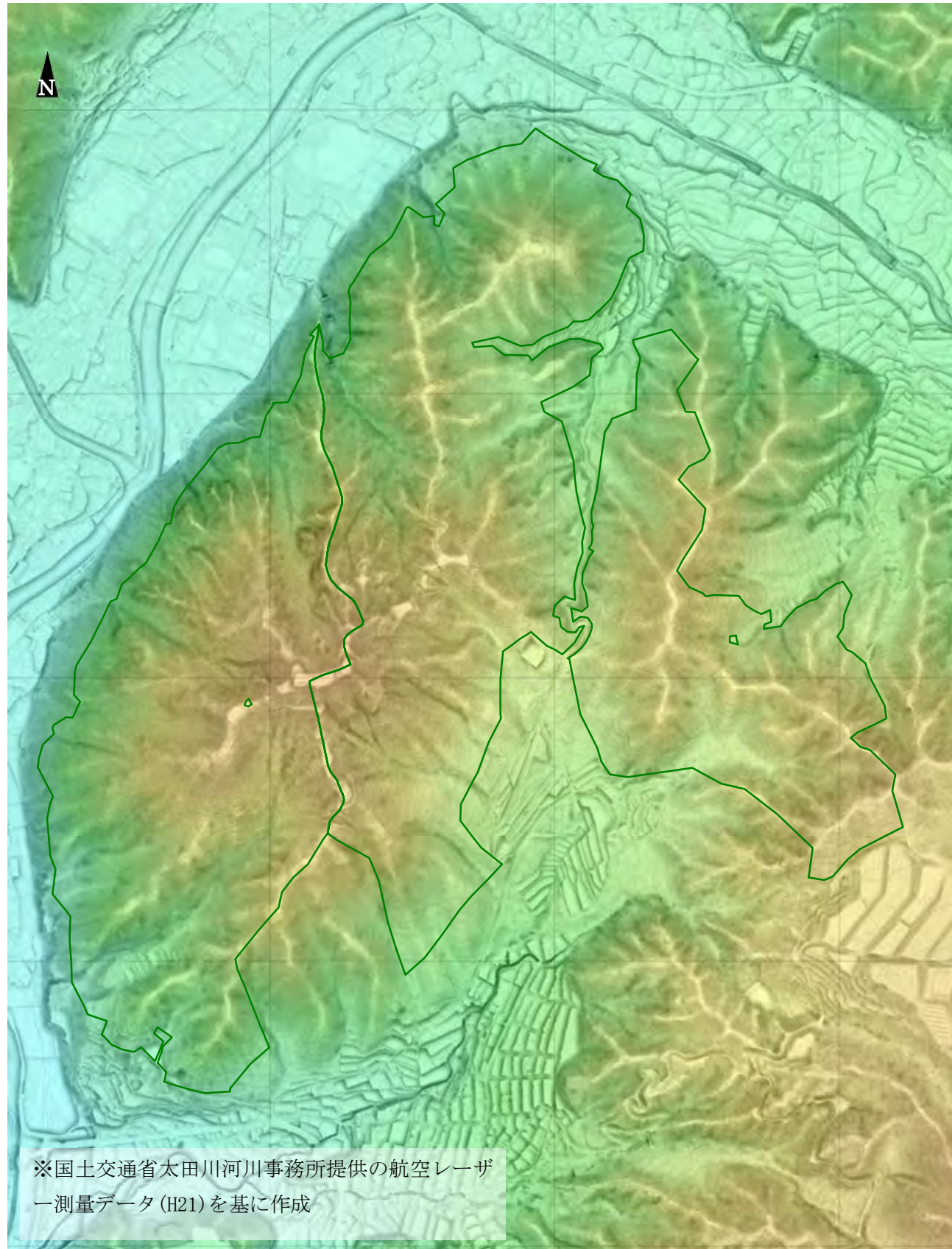


図 4.1.9 災害前 (H21) 標高段彩図 1 (地上開度図重ね) (国有林⑨_高松山)

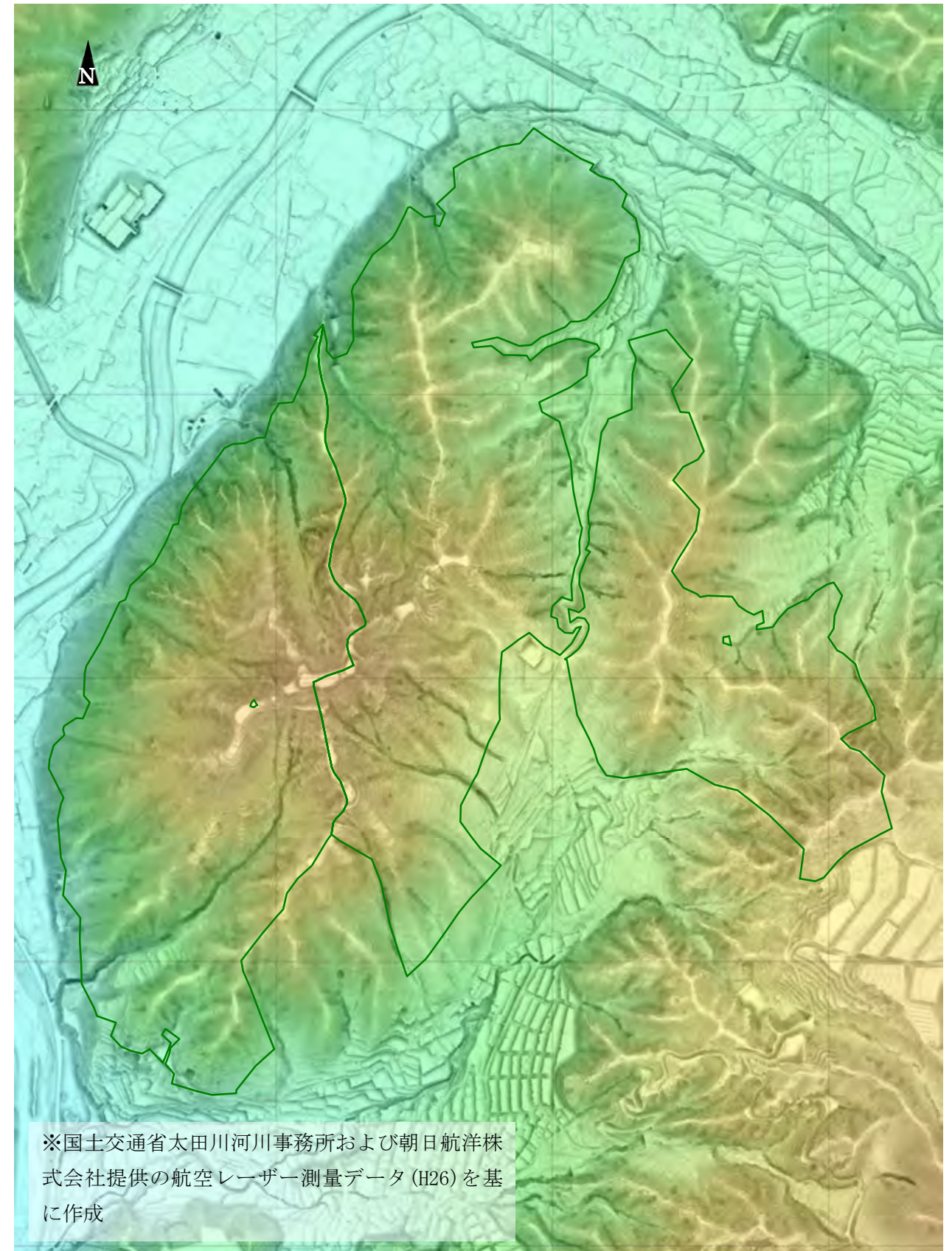


図 4.1.10 災害後 (H26) 標高段彩図 2 (地上開度図重ね) (国有林⑨_高松山)

凡例			
調査対象範囲			-
既往治山施設			キ-1
既設砂防堰堤			-
山腹崩壊地	土砂		ホ-1
	花崗岩類		
	流紋岩類		
	変成岩類		
渓流浸食範囲	土砂		ケ-1
	岩盤		
	流紋岩類		
	変成岩類		
渓流堆積範囲	土砂		ケ-1
氾濫範囲	土砂		-

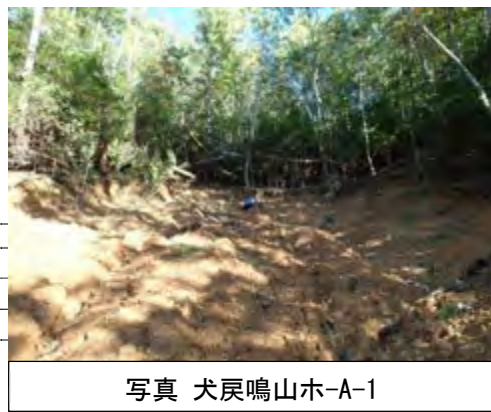


写真 犬戻鳴山ホ-A-1



写真 犬戻鳴山ホ-A-2



写真 犬戻鳴山ホ-B-1

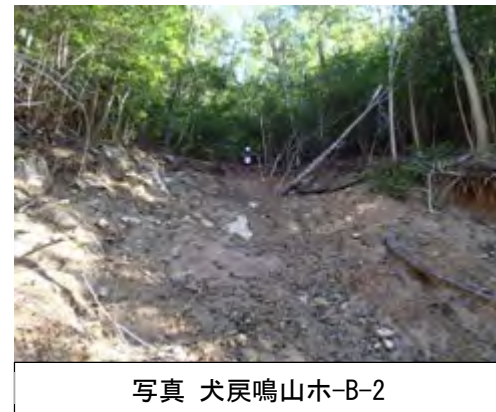


写真 犬戻鳴山ホ-B-2



写真 犬戻鳴山ホ-B-3

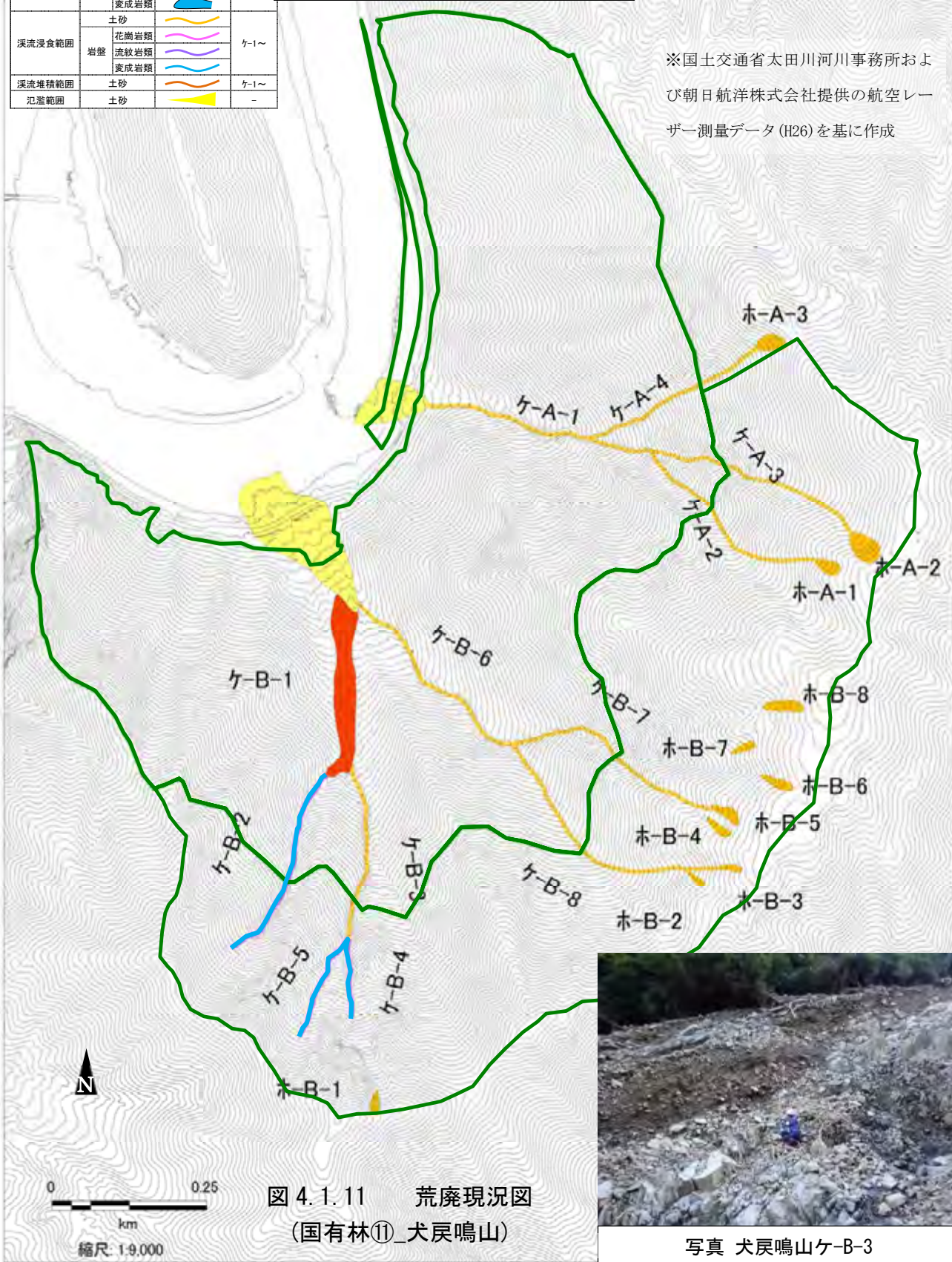


写真 犬戻鳴山ホ-B-4



写真 犬戻鳴山ホ-B-5



写真 犬戻鳴山ホ-B-6



写真 犬戻鳴山ホ-B-7



写真 犬戻鳴山ホ-B-8



写真 犬戻鳴山ケ-A-1



写真 犬戻鳴山ケ-A-2



写真 犬戻鳴山ケ-B-1



写真 犬戻鳴山ケ-B-2



写真 犬戻鳴山ケ-B-3



写真 犬戻鳴山ケ-B-4



写真 犬戻鳴山ケ-B-5



写真 犬戻鳴山ケ-B-6

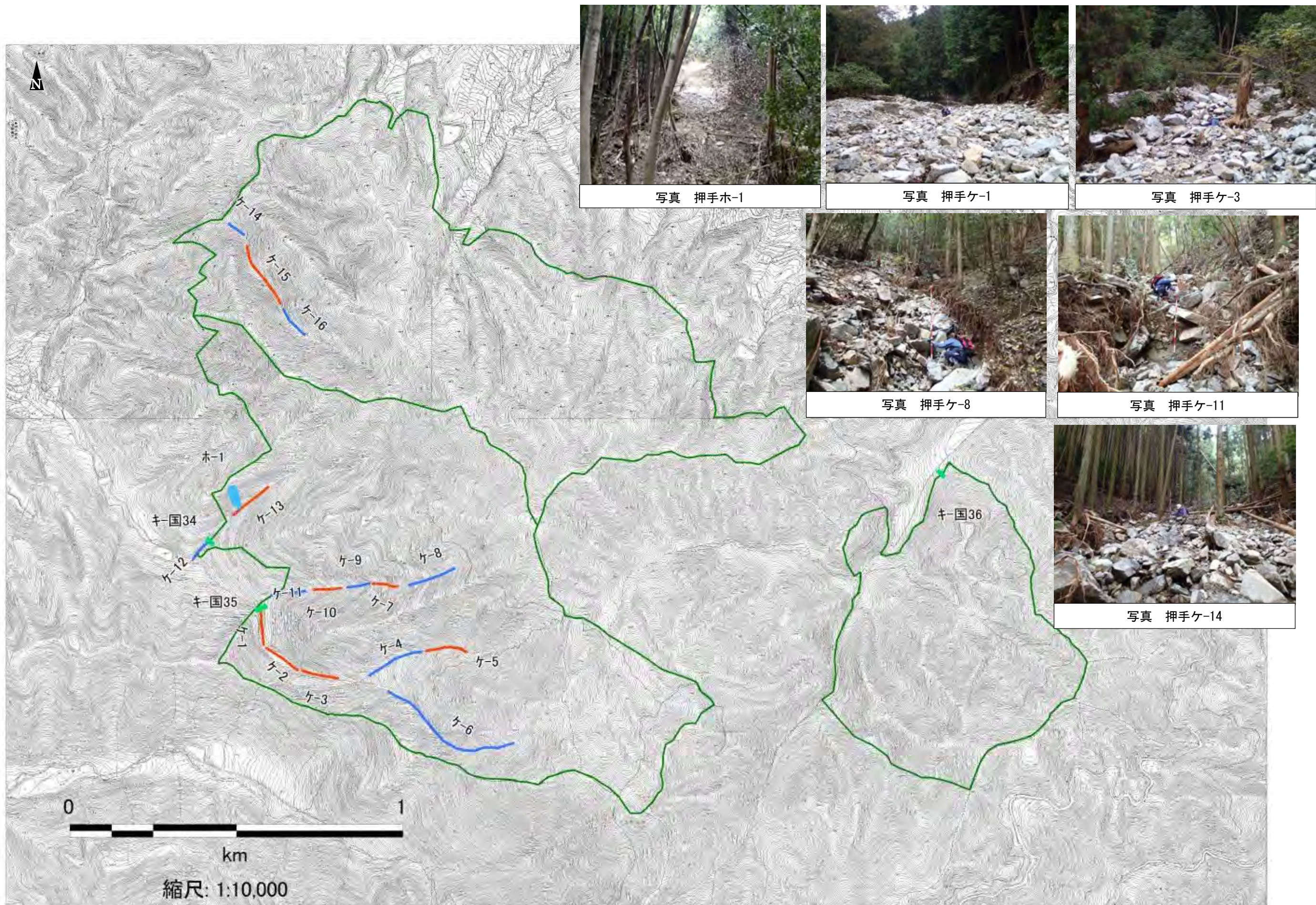


图 4.1.12 荒廢現況図(国有林㊼_押手山)

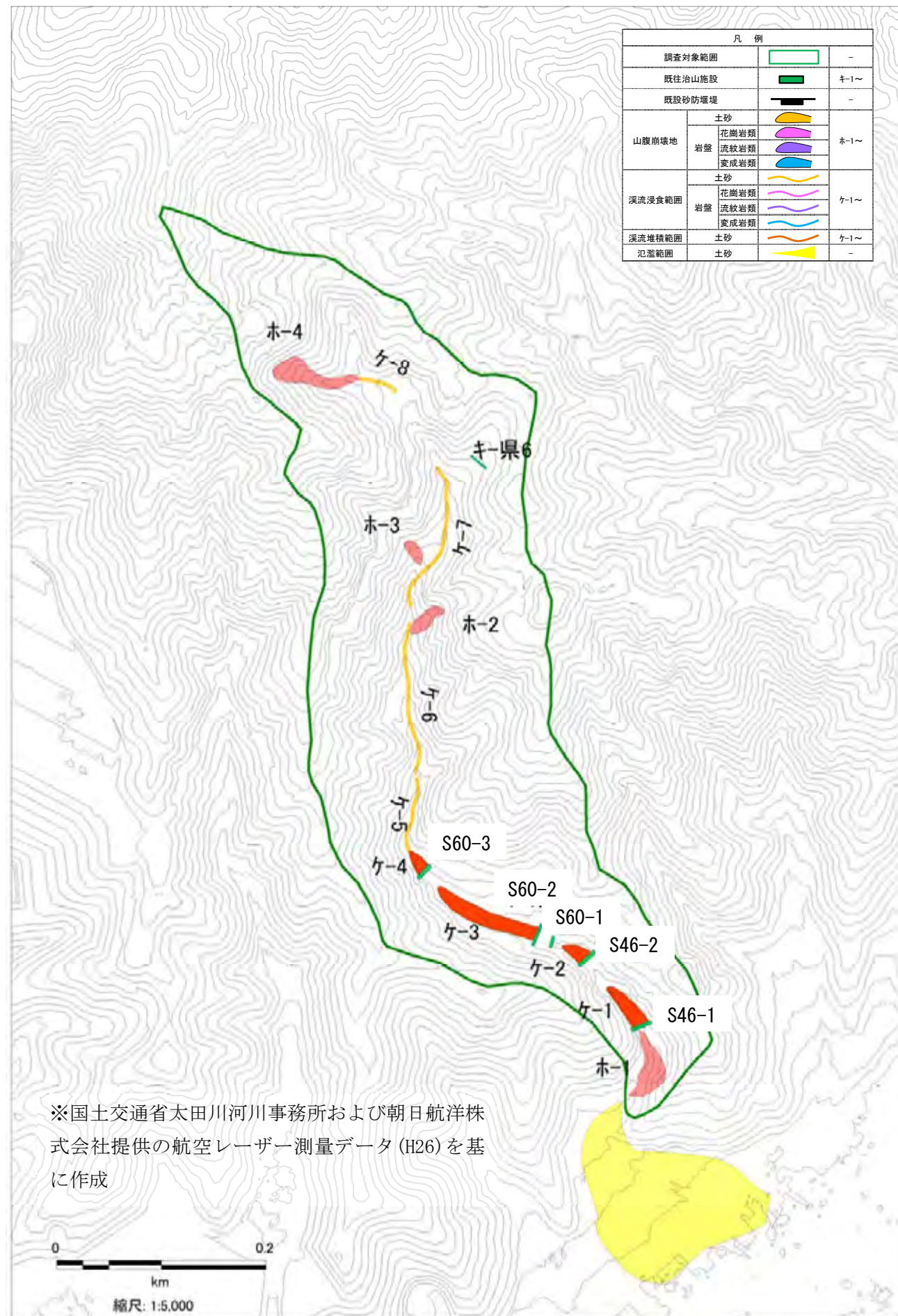


写真 宇那木山ホ-1



写真 宇那木山ホ-2



写真 宇那木山ホ-3



写真 宇那木山ホ-4



写真 宇那木山ケ-1



写真 宇那木山ケ-2



写真 宇那木山ケ-3



写真 宇那木山ケ-4



写真 宇那木山ケ-5



写真 宇那木山ケ-6



写真 宇那木山ケ-7



写真 宇那木山ケ-8

図 4. 1. 13 荒廃現況図(民有林①_宇那木山)



図 4. 1. 14 災害前 (H21) 標高段彩図 1 (地上開度図重ね) (民有林①_宇那木山)

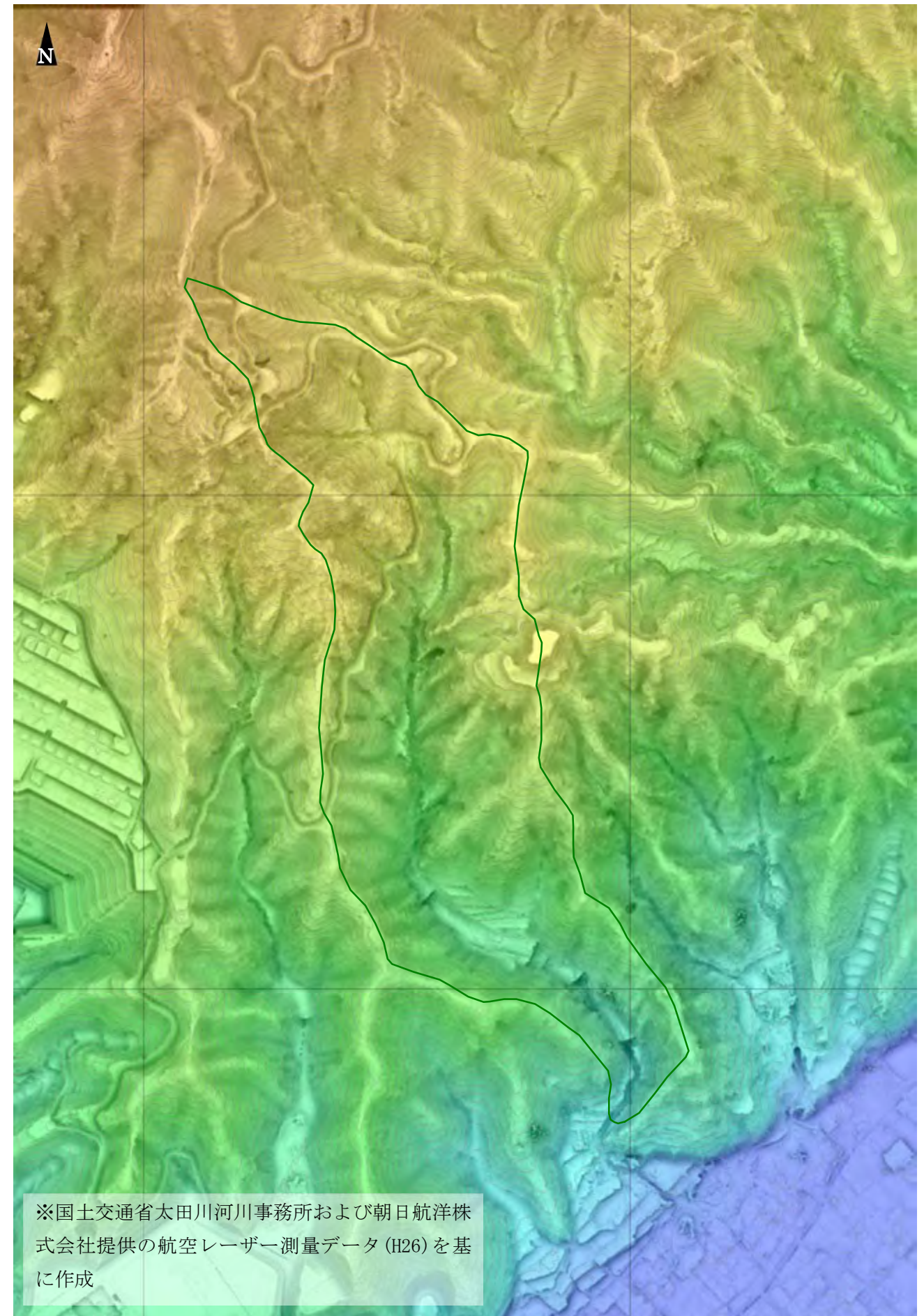


図 4. 1. 15 災害後 (H26) 標高段彩図 2 (地上開度図重ね) (民有林①_宇那木山)

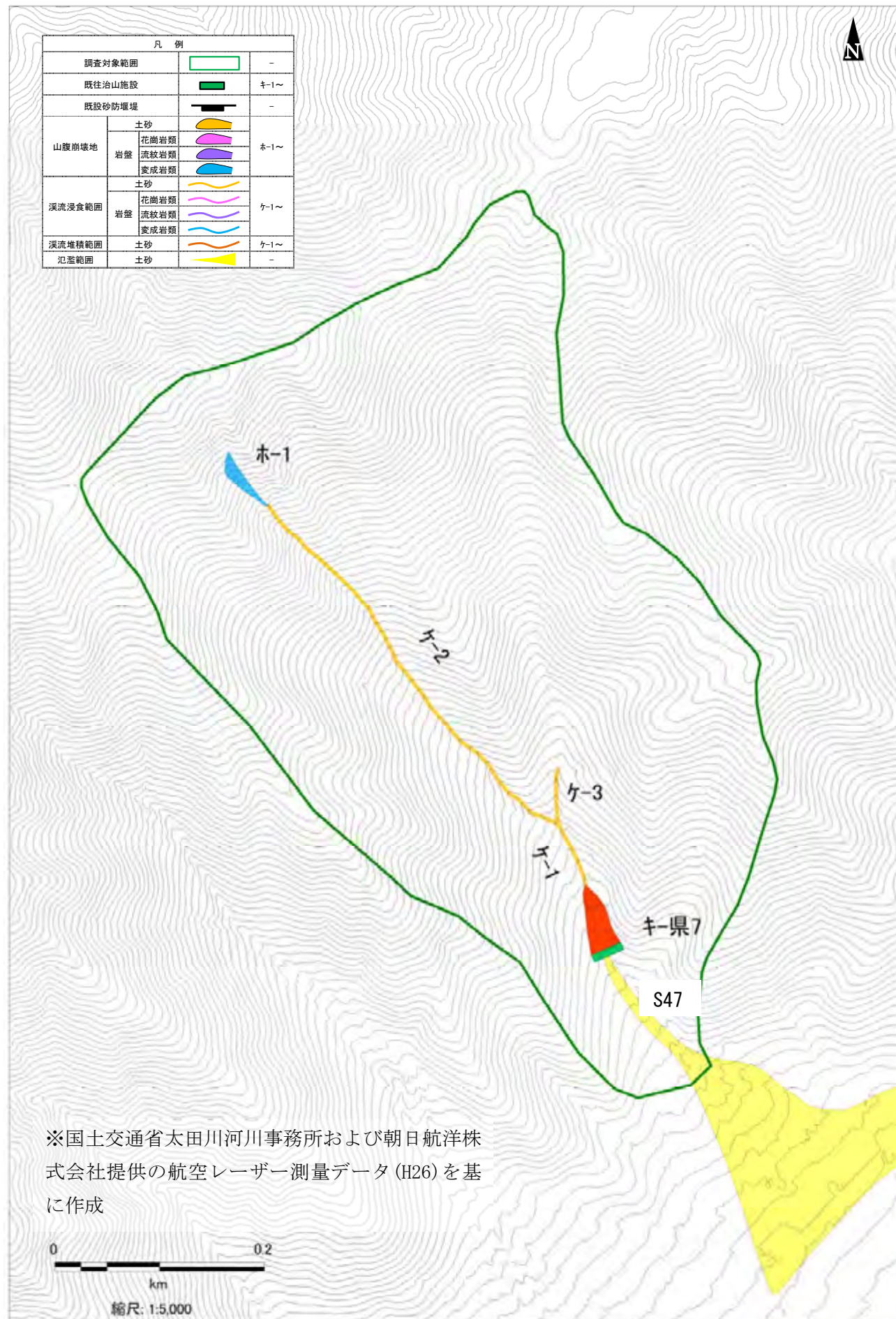


写真 美濃越木-1①

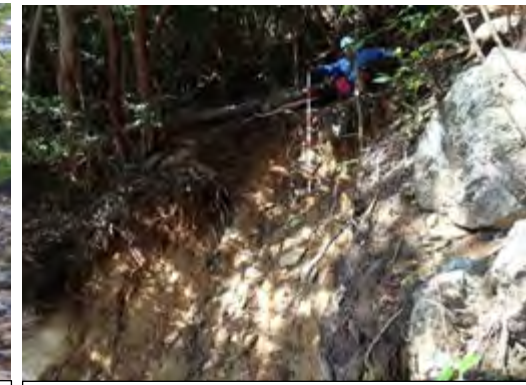


写真 美濃越木-1②



写真 美濃越ケ-1



写真 美濃越ケ-2



写真 美濃越ケ-3

図 4.1.16 荒廃現況図(民有林②_美濃越)

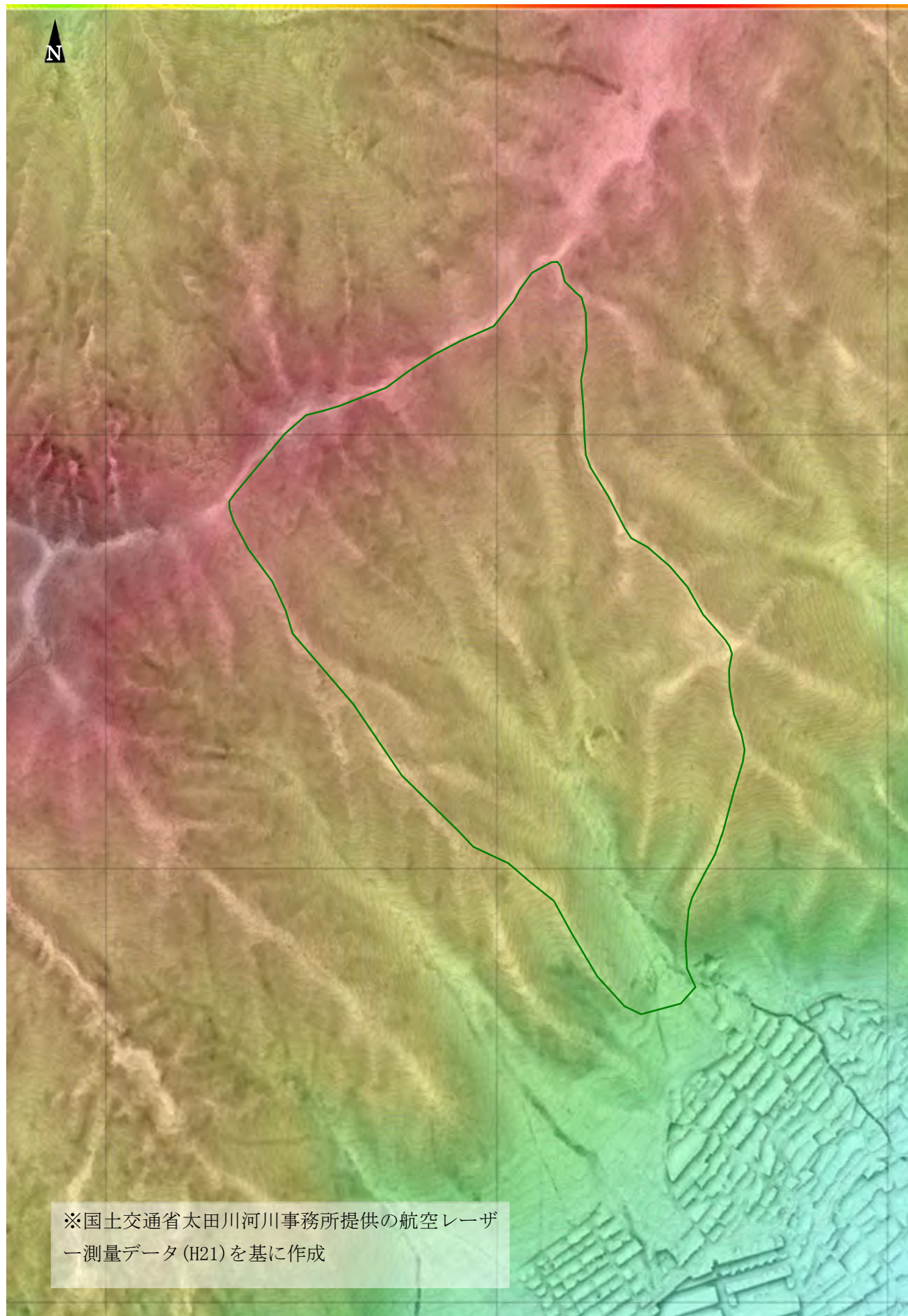


図 4.1.17 災害前 (H21) 標高段彩図 1 (地上開度図重ね) (民有林②_美濃越)

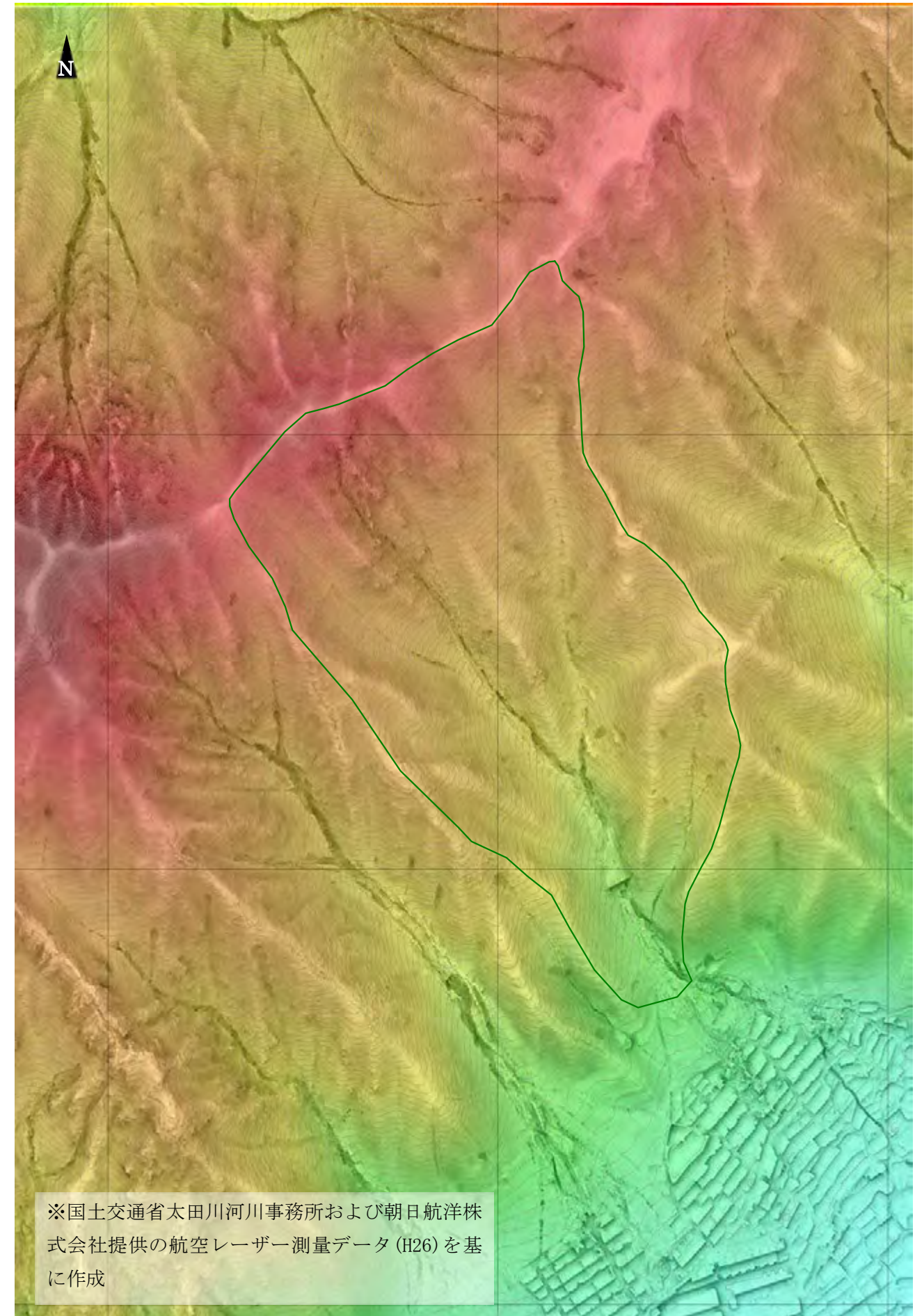


図 4.1.18 災害後 (H26) 標高段彩図 2 (地上開度図重ね) (民有林②_美濃越)

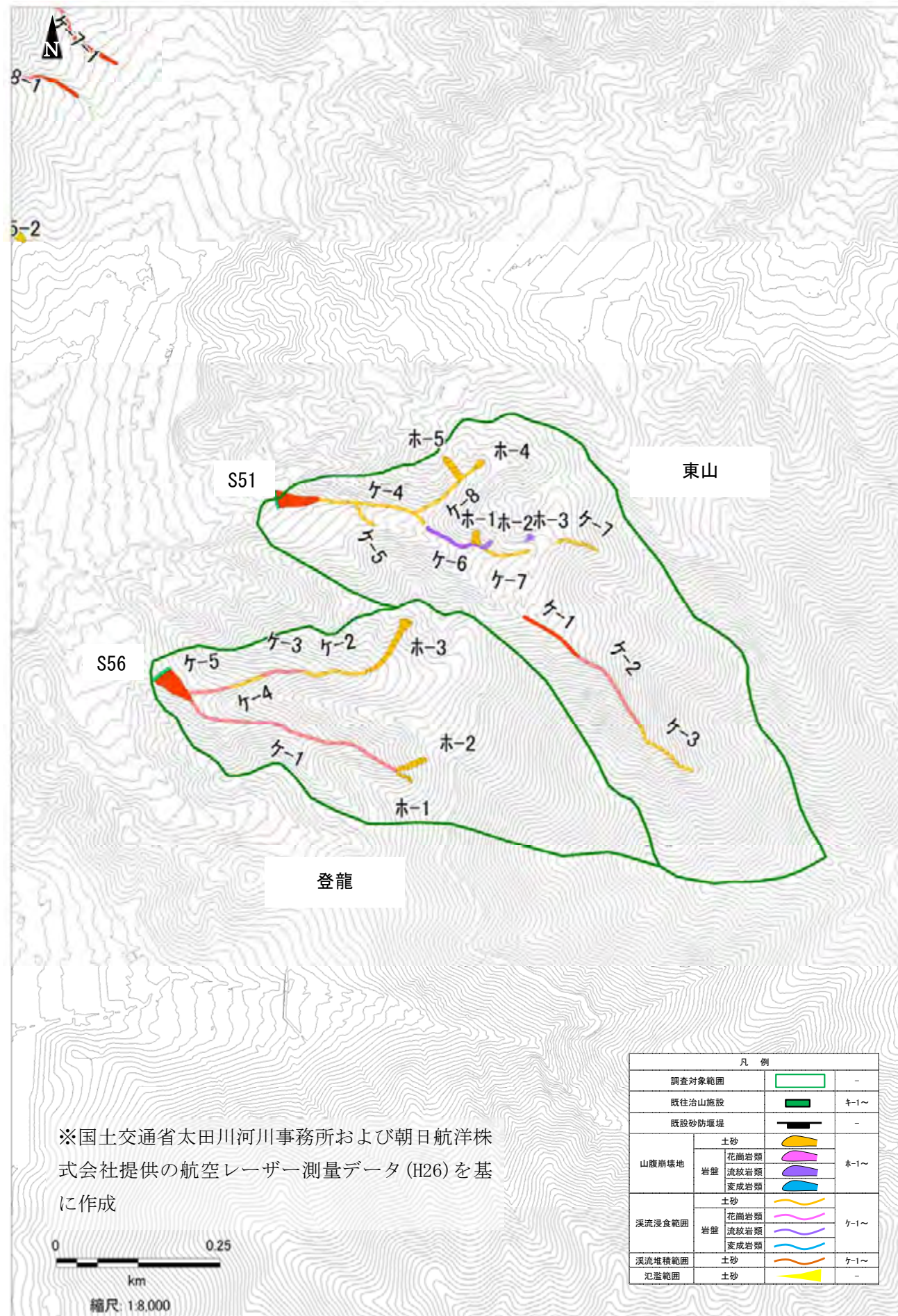


図 4.1.19 荒廃現況図(民有林③_登龍)



写真 登龍木-1



写真 登龍木-2



写真 登龍木-3



写真 登龍木-4



写真 登龍ケ-1



写真 登龍ケ-2



写真 登龍ケ-3



写真 登龍ケ-4



写真 登龍ケ-5

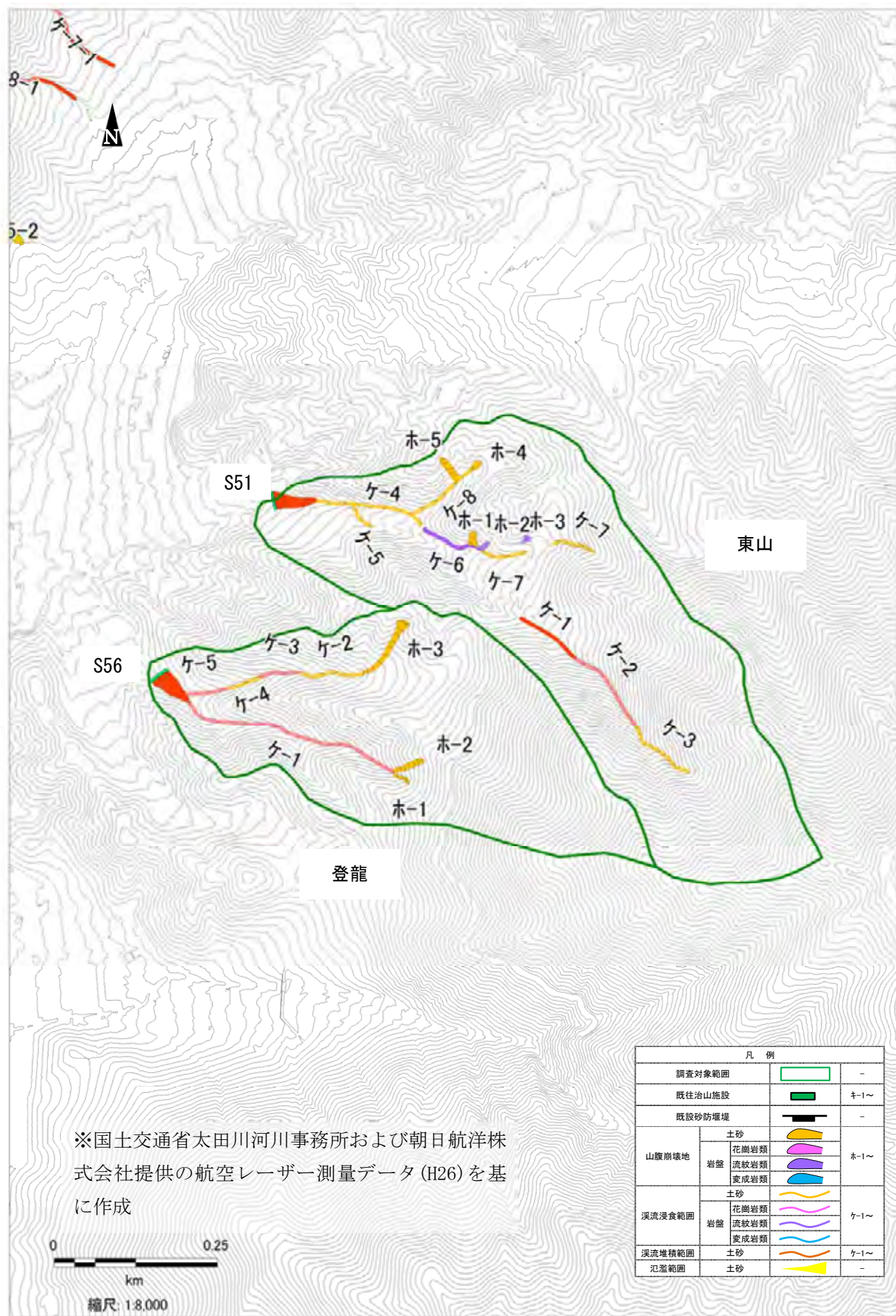


図 4.1.20 荒廃現況図(民有林④_東山)



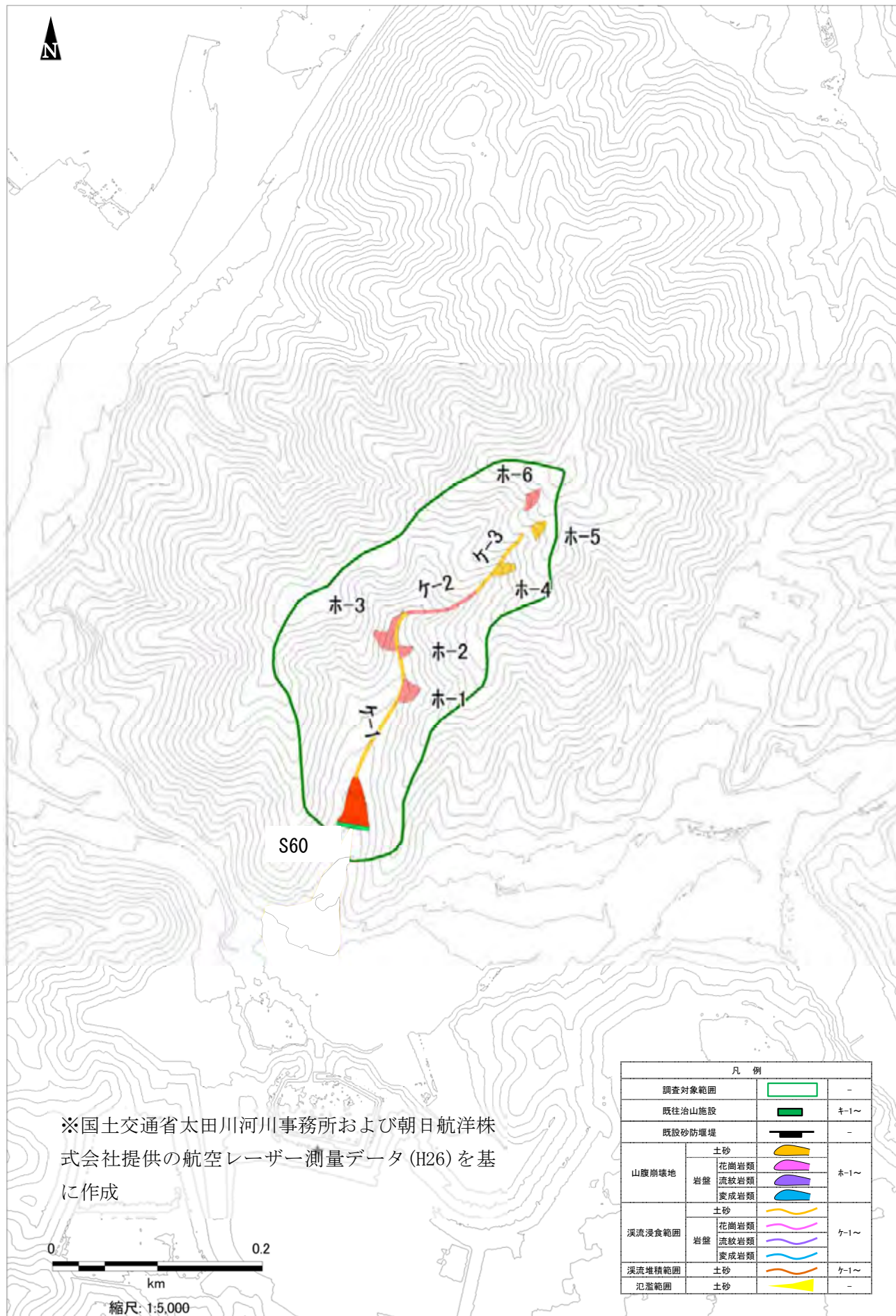


図 4. 1. 21 荒廃現況図(民有林⑤_寺側)



写真 寺側木-1



写真 寺側木-2



写真 寺側木-3



写真 寺側木-4



写真 寺側木-5



写真 寺側木-6



写真 寺側ケ-1



写真 寺側ケ-2



写真 寺側ケ-3

4.2 土砂収支計算

(1) 差分図の作成

航空レーザー測量により作成した数値地図データを用いて、災害前後の地形変化量の差分図を作成した。

作成に用いた数値地図データは、今回災害後（H26）および災害前（H21）である。格子点間隔は1mとし、同一格子点の標高を差し引くことで地形変化量（崩壊・侵食・堆積深）を求めた。

以下に差分図作成の概念図を示す。

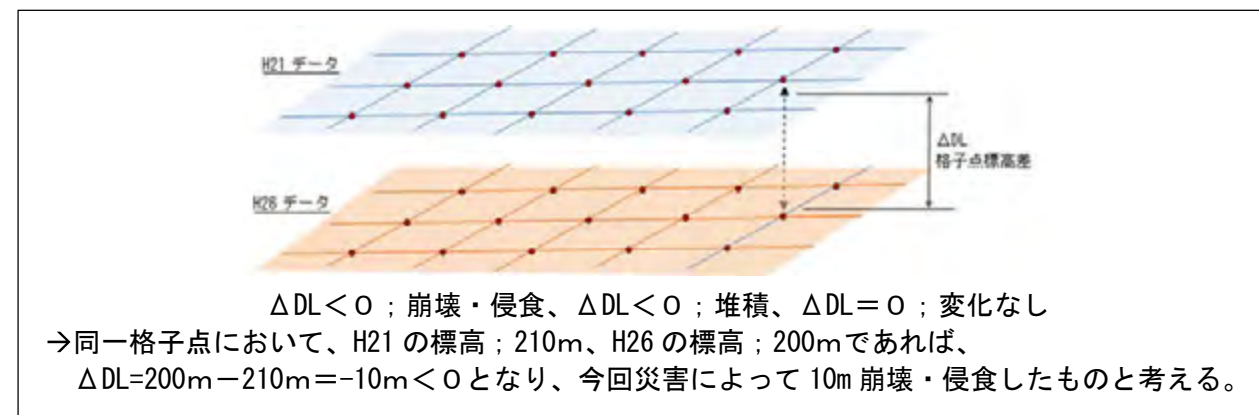


図 4.2.1 差分図作成の概念図

(2) 土砂収支計算

作成した差分解析図及び現地調査結果である荒廃現況図に基づき、単位流域における溪流・山腹荒廃地（流域内）と氾濫域における土砂堆積範囲を特定した。これらについて、格子点のサイズ（ここでは1m×1m）及び崩壊・侵食・堆積深を用いて、各荒廃地の崩壊土砂量（山腹荒廃地）、侵食土砂量（溪流荒廃地）、堆積土砂量（山腹及び溪流荒廃地）及び氾濫堆積土砂量（氾濫域）を算定した。

崩壊土砂量及び侵食土砂量を今回災害による生産土砂量とし、これから堆積土砂量を差し引くことで流出土砂量を算定することで土砂収支計算を行った。

以下に土砂収支計算の概念図を示す。

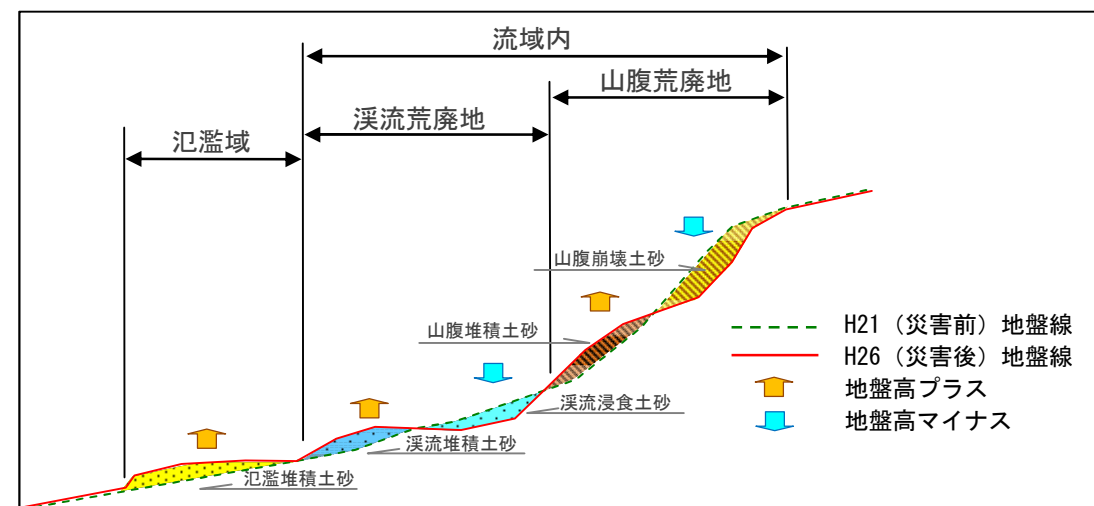


図 4.2.2 土砂収支計算の概念図

土砂収支計算はH26及びH21の航空レーザー測量結果が得られた国有林（高松山、犬戻鳴山）、民有林（宇那木山、美濃越、寺側、登龍、東山）について実施した。

各調査地における土砂量及び単位面積(k㎡)あたりの生産土砂量及び流出土砂量結果を算定した。この結果について表4.2.1及び図4.2.3に示す。また、各調査地の差分図及び土砂収支計算結果を次頁以降に示す。

表 4.2.1 土砂量集計結果

区分	箇所	単位	花崗岩類							変成岩類			
			高松山ケ-2	高松山ケ-3	高松山ケ-4	高松山ケ-6	宇那木山	登龍	東山	寺側	犬戻鳴山ケ-A	犬戻鳴山ケ-B	美濃越
集水面積		km ²	0.101	0.061	0.114	0.073	0.168	0.175	0.246	0.054	0.314	0.628	0.246
土砂量	流出土砂量	m ³	17,684	27,206	17,285	12,962	18,305	5,706	3,177	3,381	52,376	87,768	11,986
	生産土砂量		18,831	27,599	17,987	15,330	24,551	7,789	10,076	3,775	65,865	139,523	15,397
	堆積土砂量		1,147	393	702	2,368	6,246	2,083	6,900	393	13,488	51,755	3,411
当り土砂量	流出土砂量	m ³ /km ²	175,089	446,000	151,623	177,562	108,966	32,610	12,920	62,572	166,781	139,661	48,699
	生産土砂量		186,446	452,443	157,781	210,000	146,144	44,514	40,986	69,849	209,732	222,016	62,558
	堆積土砂量		11,356	6,443	6,158	32,438	37,178	11,904	28,065	7,277	42,951	82,355	13,859

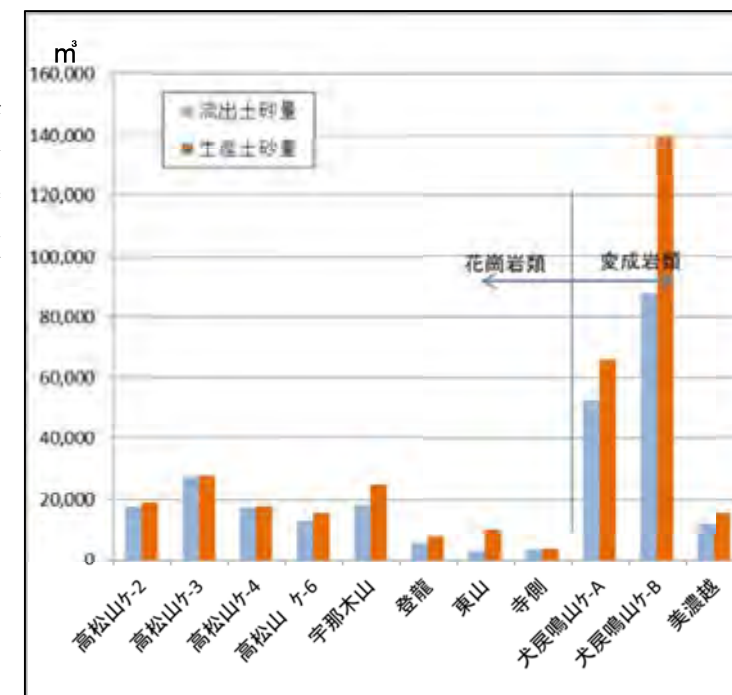


図 4.2.3(1) 各調査箇所の生産・土砂量

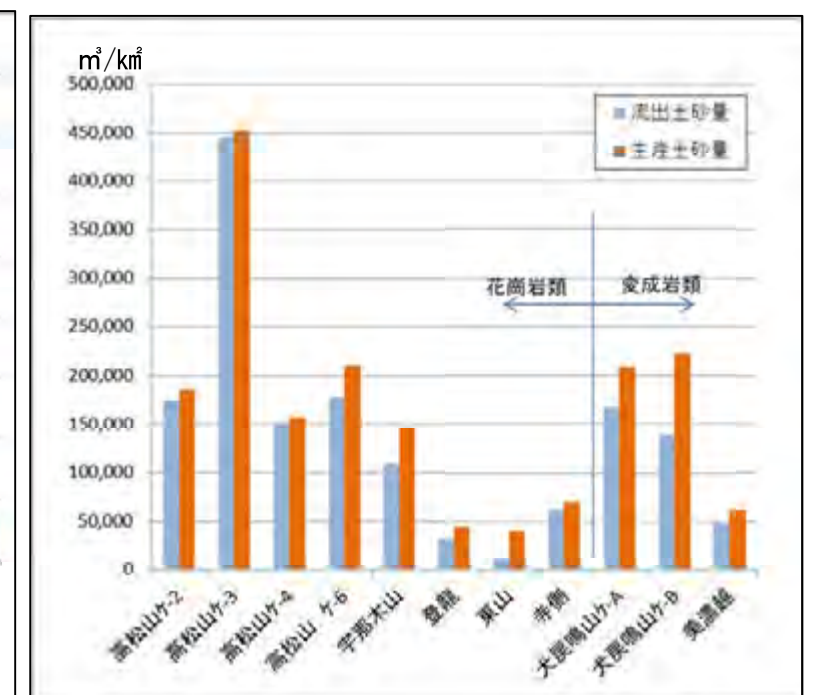
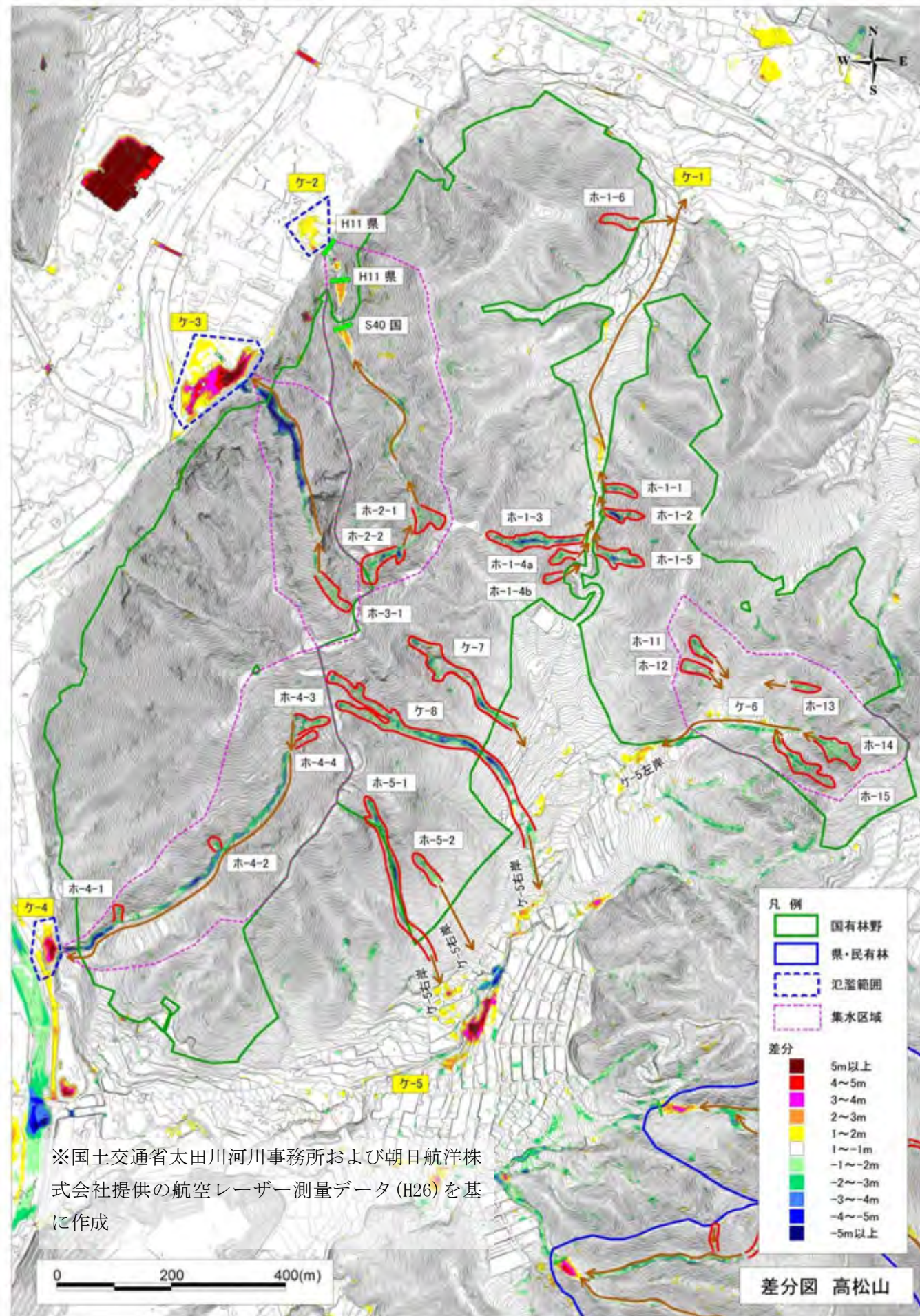


図 4.2.3(2) 単位面積(k㎡)あたりの土砂量



* H26 数値地図データ；朝日航洋（株）提供

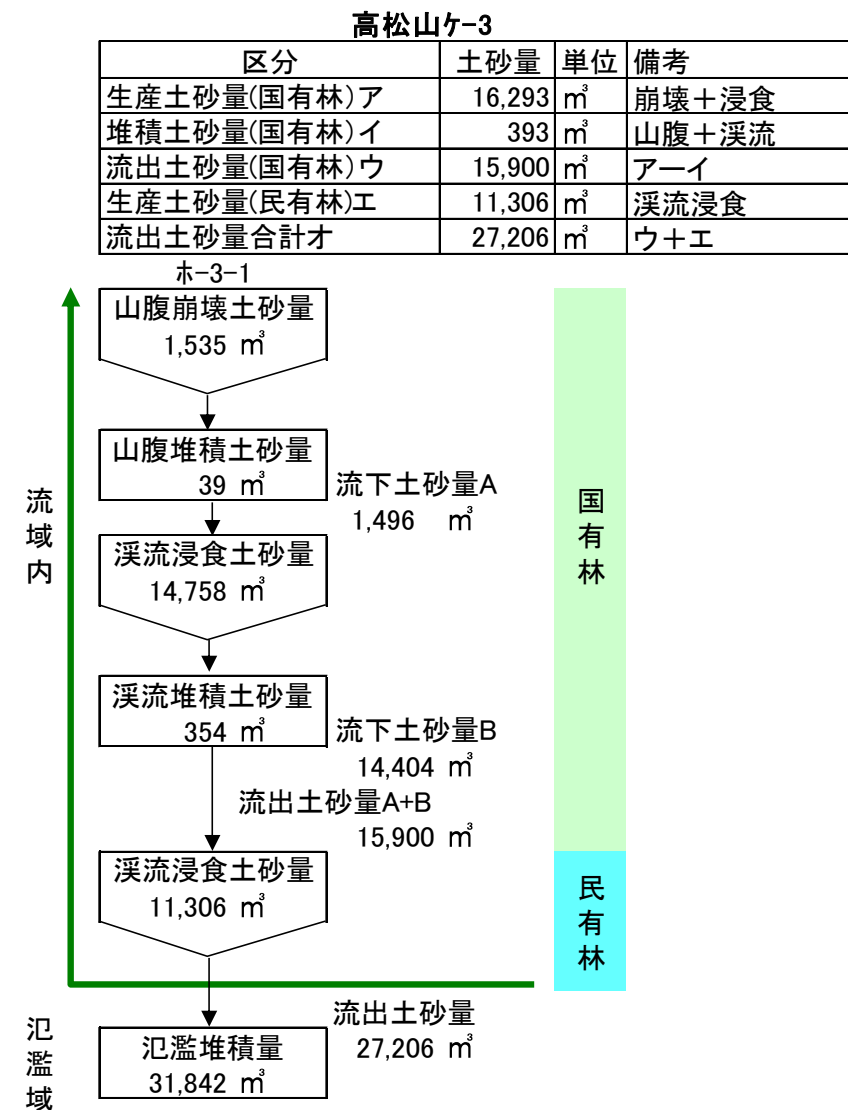
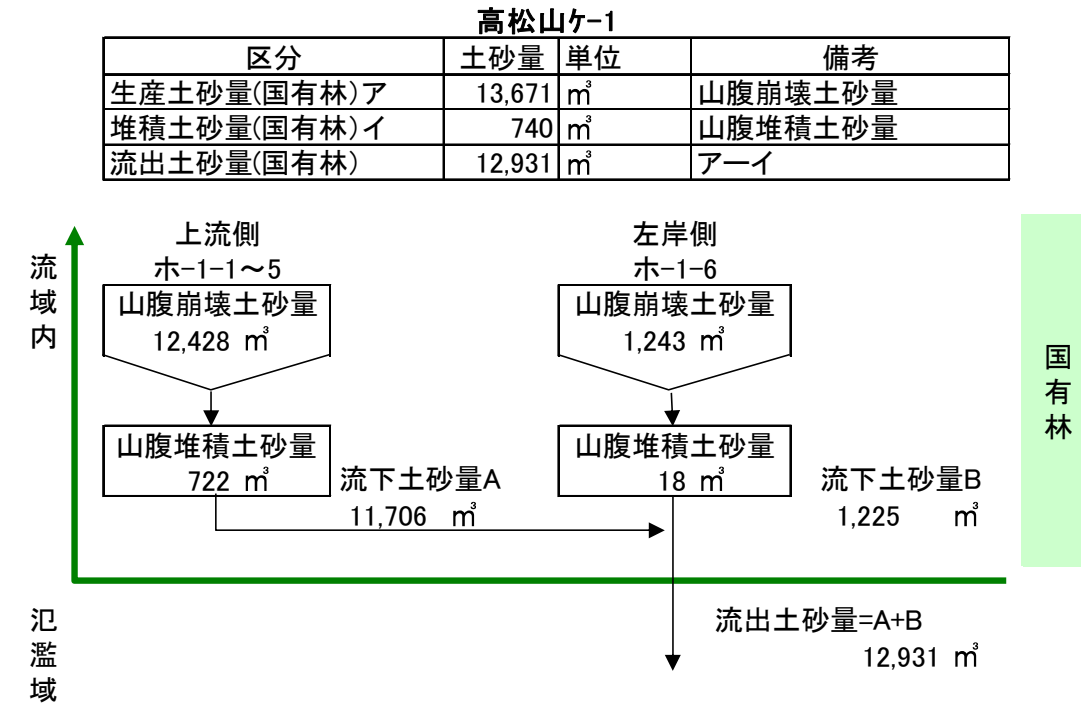


図 4.2.4(1) 高松山国有林 差分図及び土砂収支図

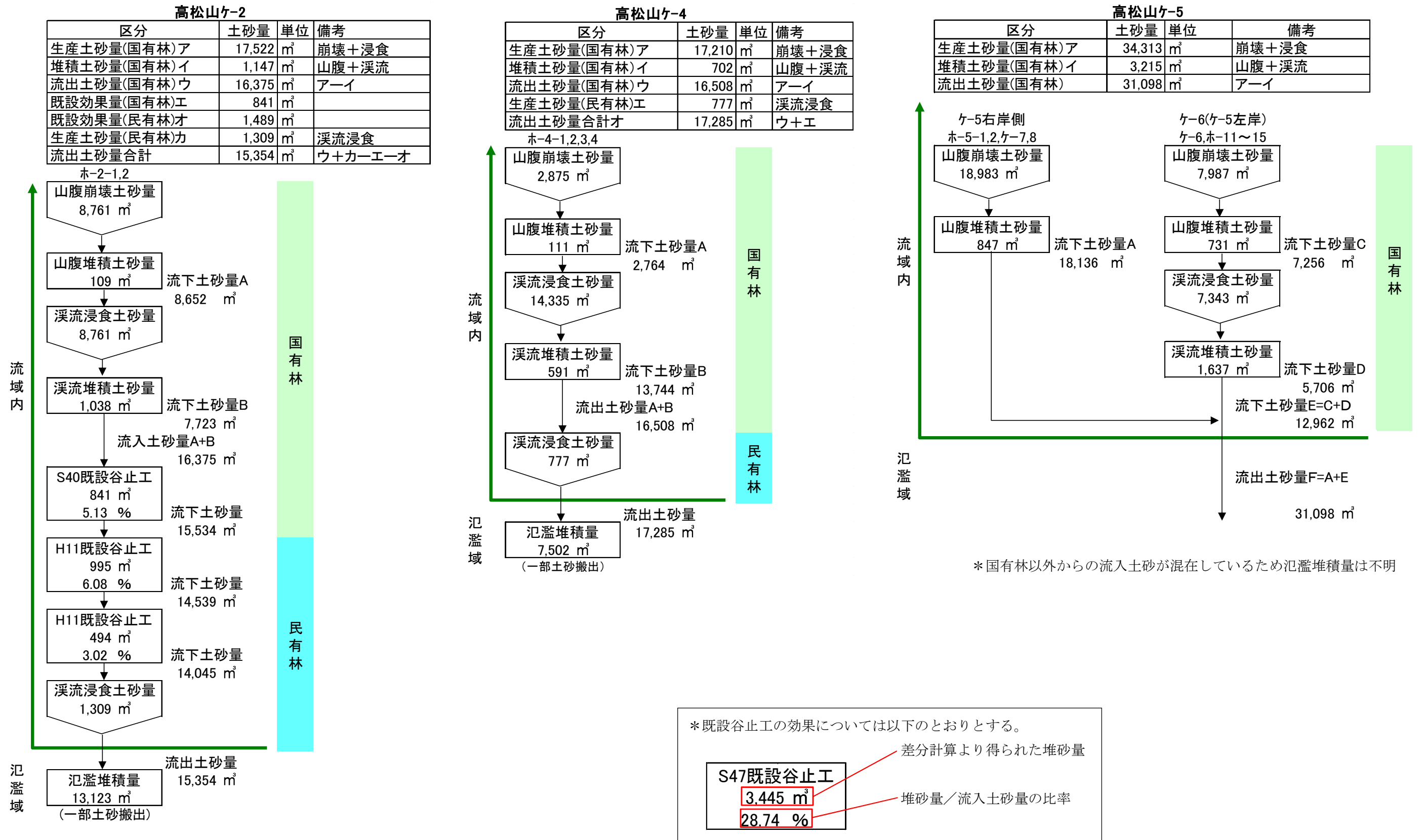
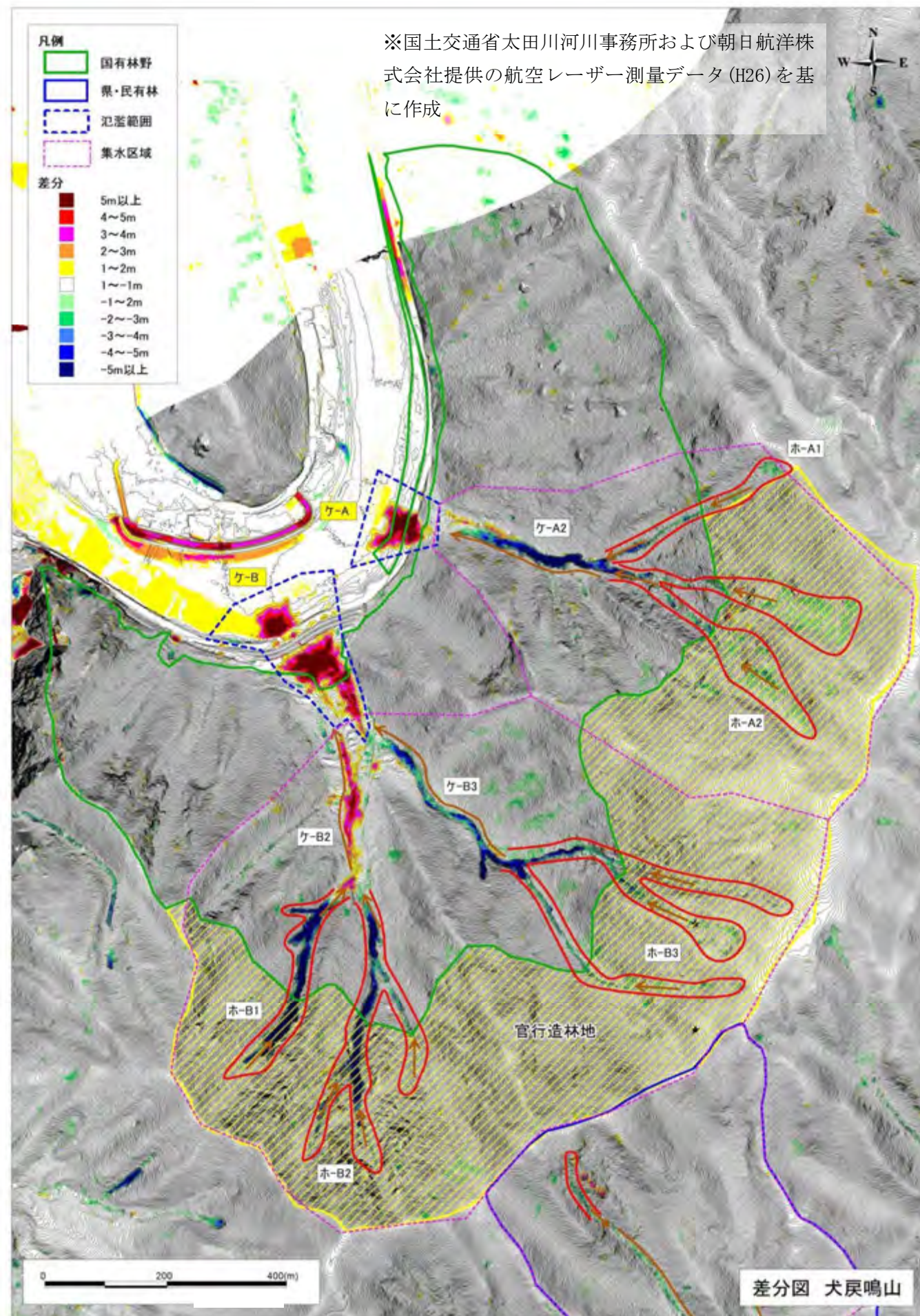


図 4. 2. 4 (2) 高松山国有林 土砂収支図



* H26 数値地図データ ; 朝日航洋 (株) 提供

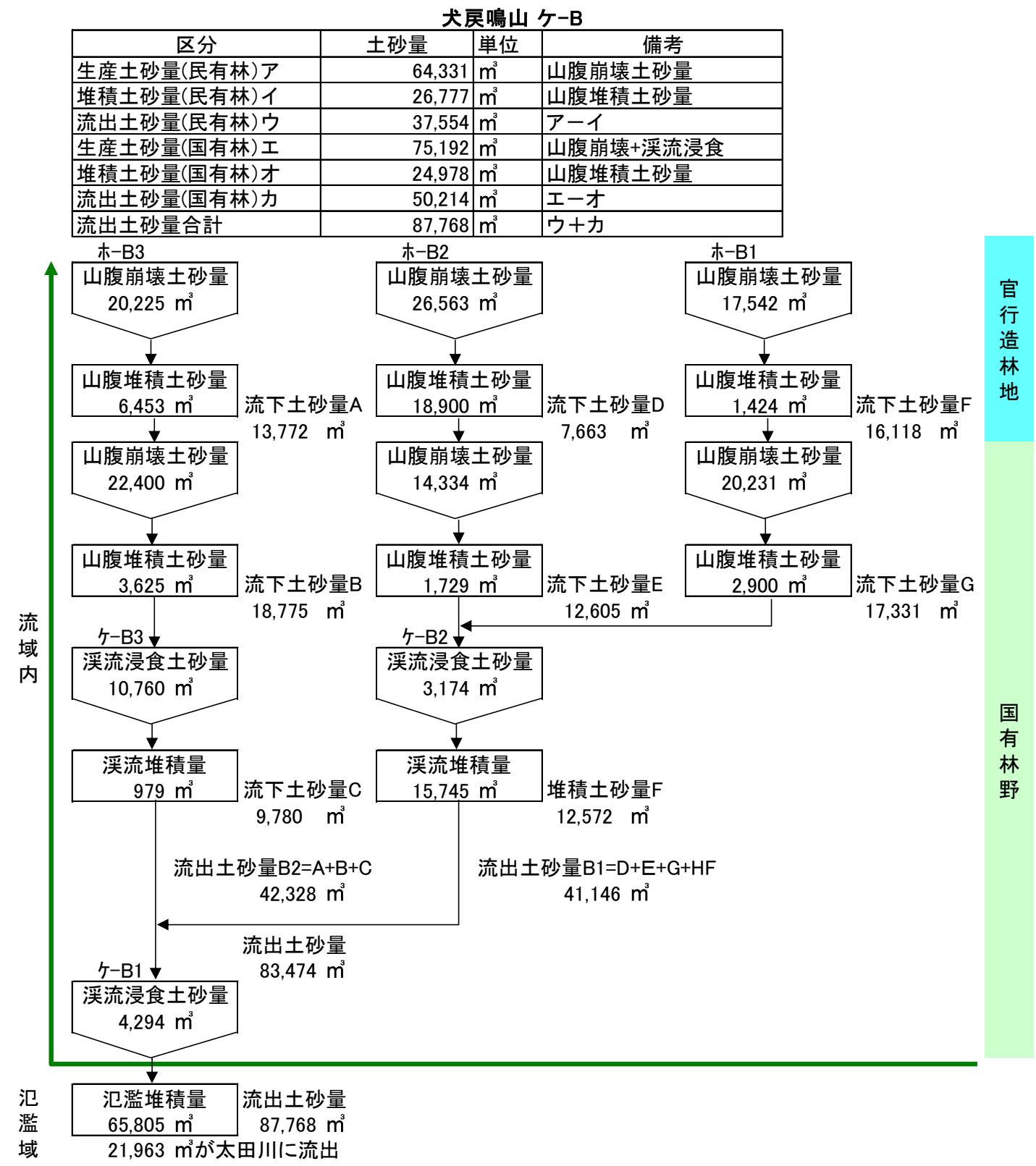


図 4.2.5(1) 犬戻鳴山国有林 差分図及び土砂收支支図

犬戻鳴山 ケ-A

区分	土砂量	単位	備考
生産土砂量(民有林)ア	34,214	m ³	山腹崩壊土砂量
堆積土砂量(民有林)イ	5,803	m ³	山腹堆積土砂量
流出土砂量(民有林)ウ	28,411	m ³	ア-イ
生産土砂量(国有林)エ	31,651	m ³	山腹崩壊+溪流浸食
堆積土砂量(国有林)オ	7,686	m ³	山腹堆積土砂量
流出土砂量(国有林)カ	23,965	m ³	エ-オ
流出土砂量合計	52,376	m ³	ウ+カ

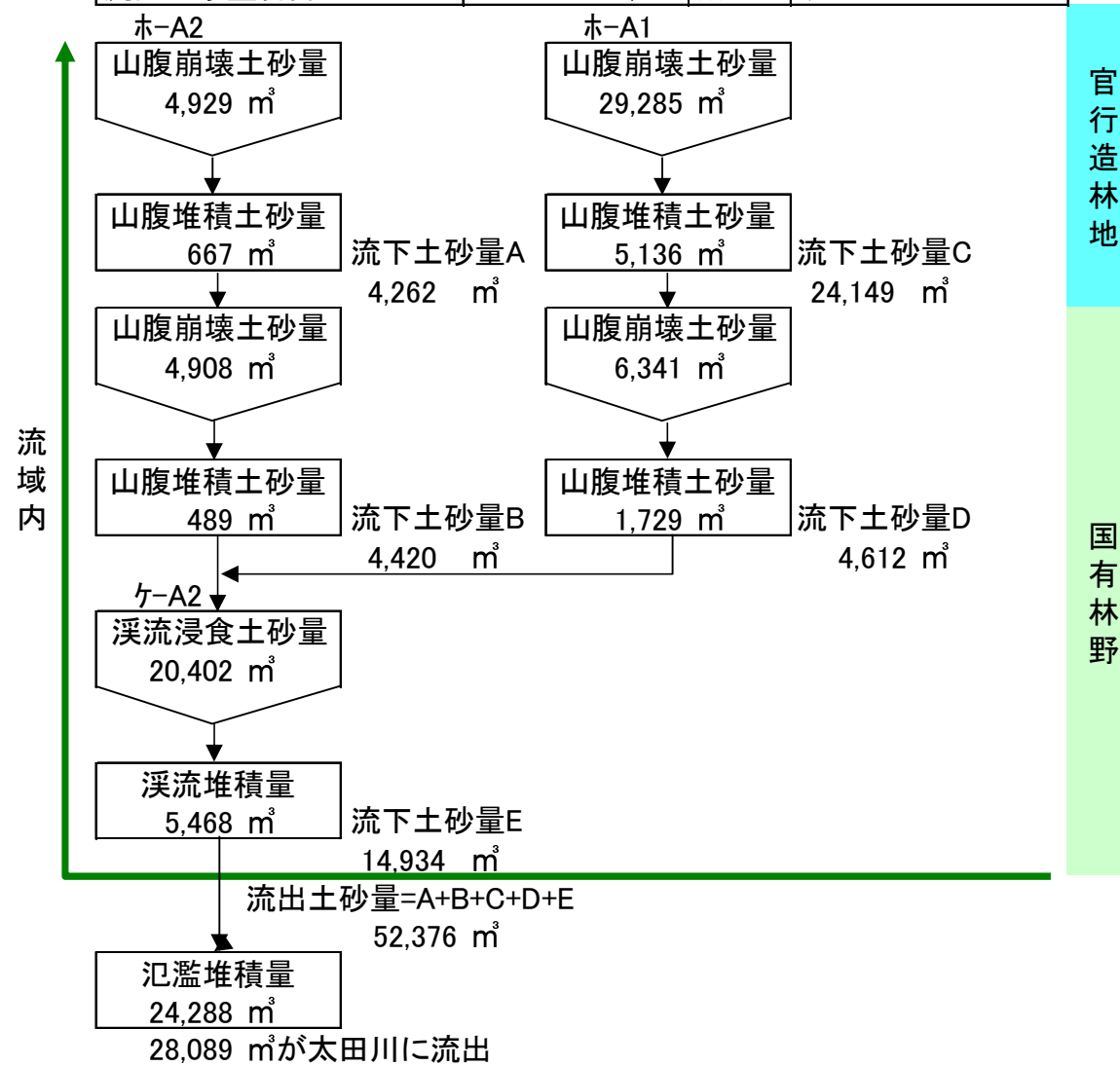
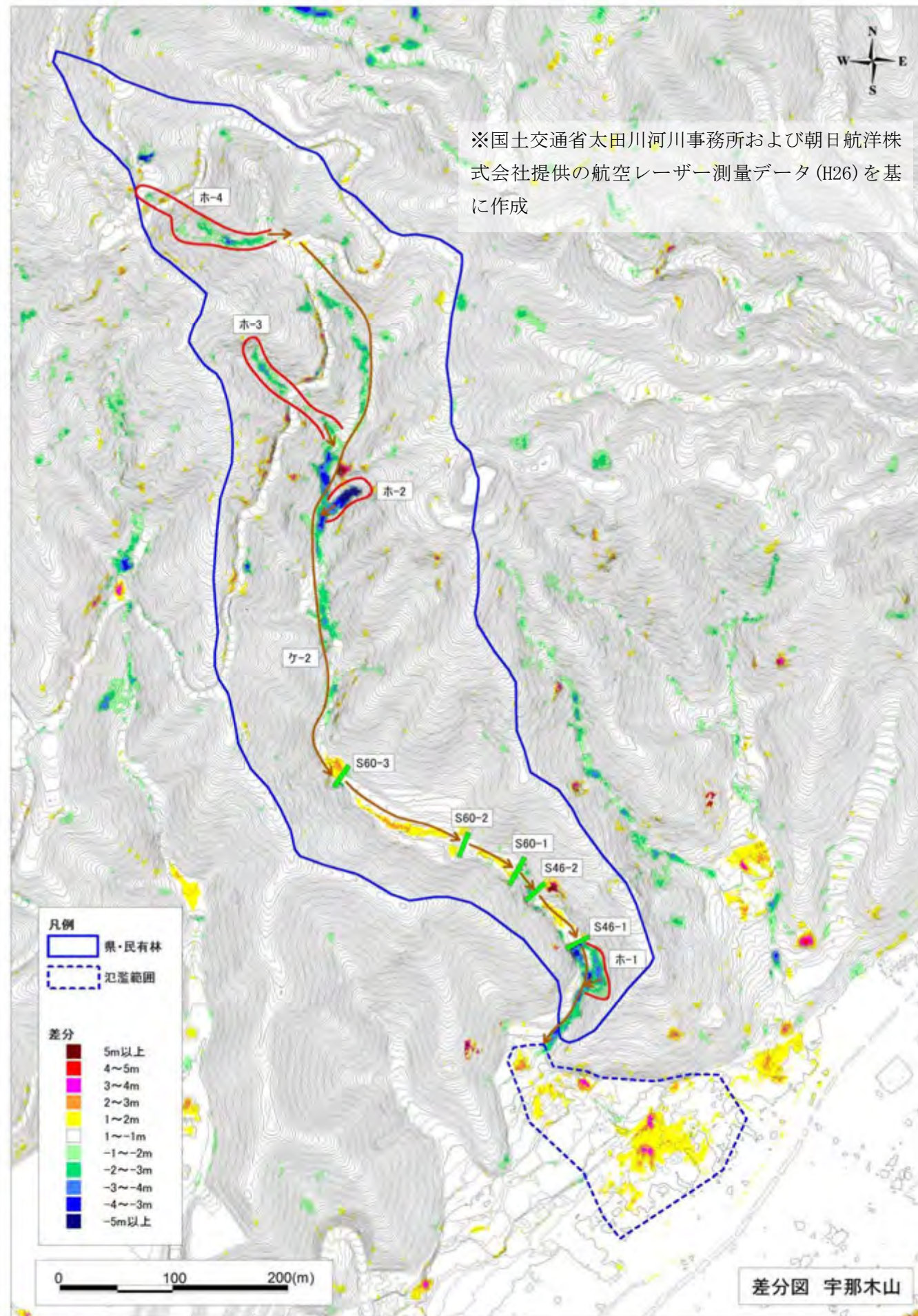


図 4. 2. 5 (2) 犬戻鳴山国有林 土砂収支図



宇那木山

区分	土砂量	単位	備考
生産土砂量(民有林)ア	24,551	m ³	崩壊+浸食
堆積土砂量(民有林)イ	6,246	m ³	山腹+溪流
既設効果量(民有林)ウ	3,267	m ³	
流出土砂量合計	15,038	m ³	ア-イ-ウ

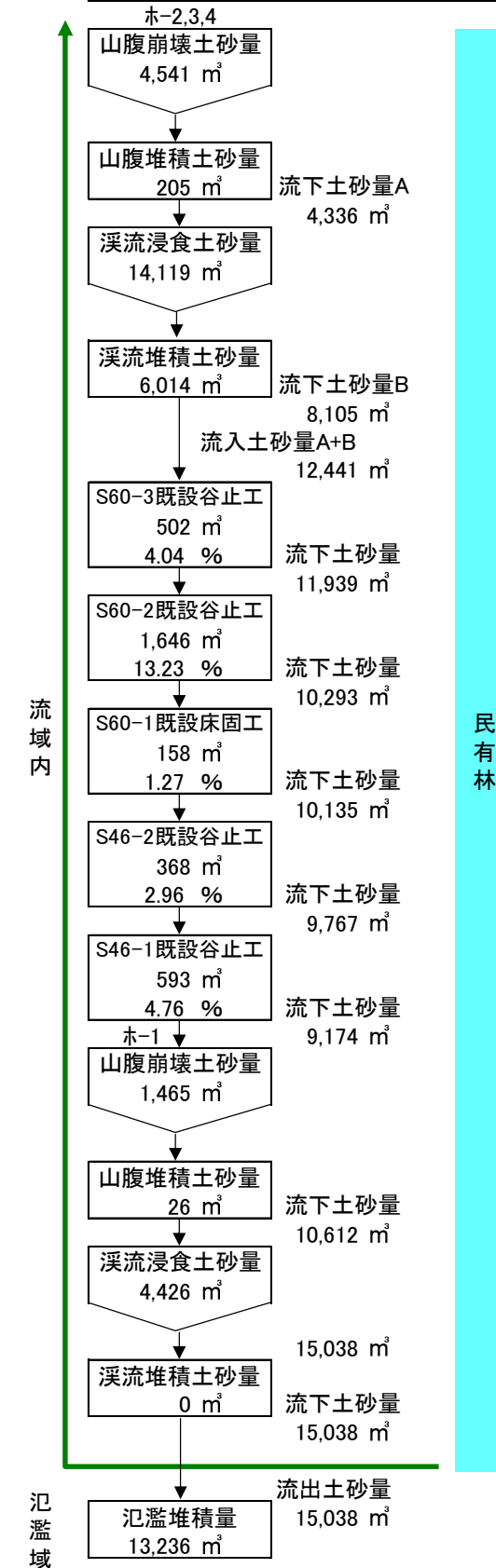


図 4.2.6 宇那木山(民有林) 差分図及び土砂収支図

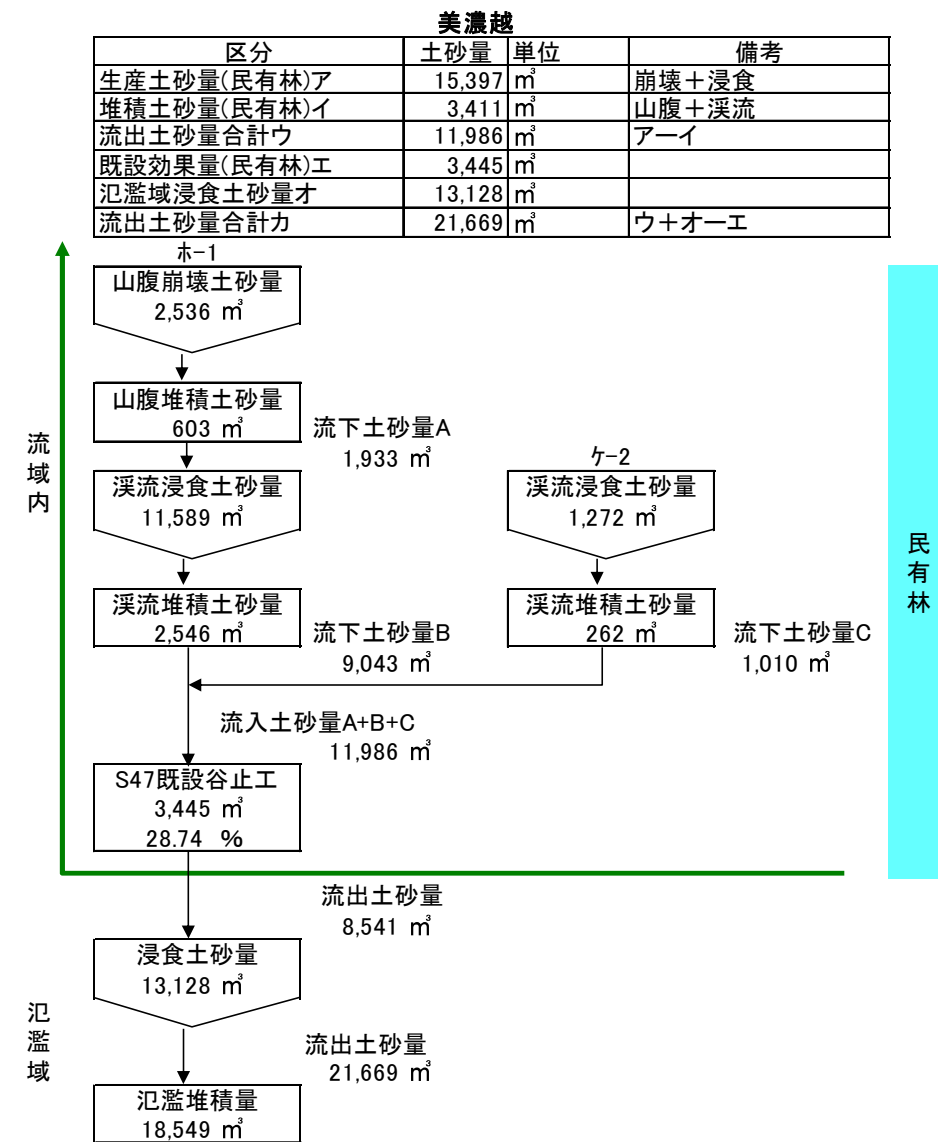
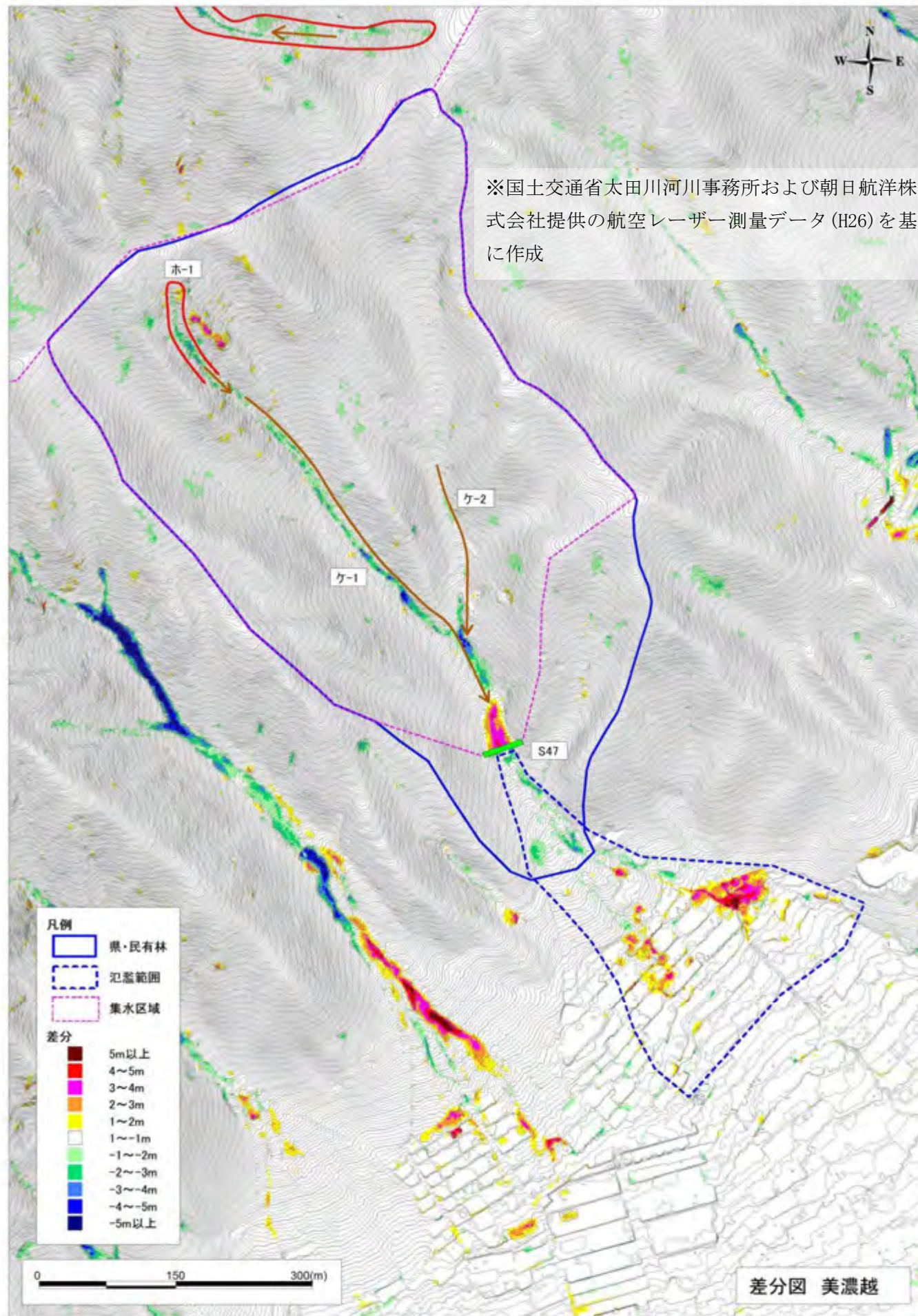
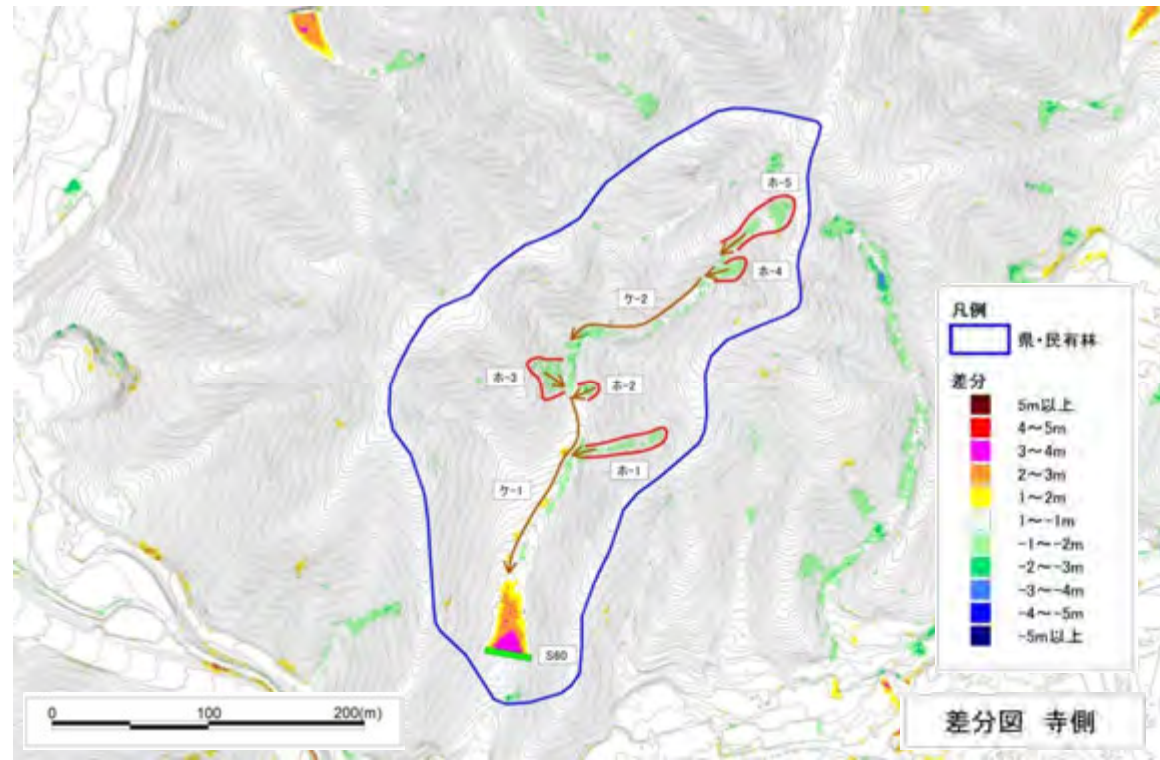


図 4.2.7 美濃越 (民有林) 差分図及び土砂収支図



※国土交通省太田川河川事務所および朝日航洋株式会社提供の航空レーザー測量データ(H26)を基に作成

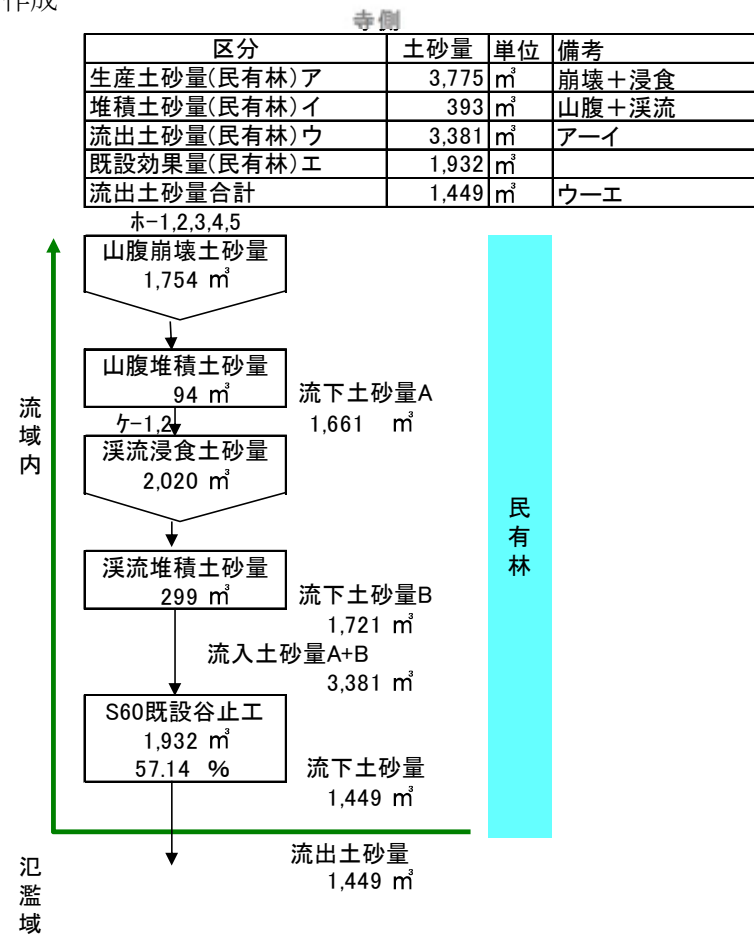


図 4.2.8 寺側（民有林） 差分図及び土砂収支図

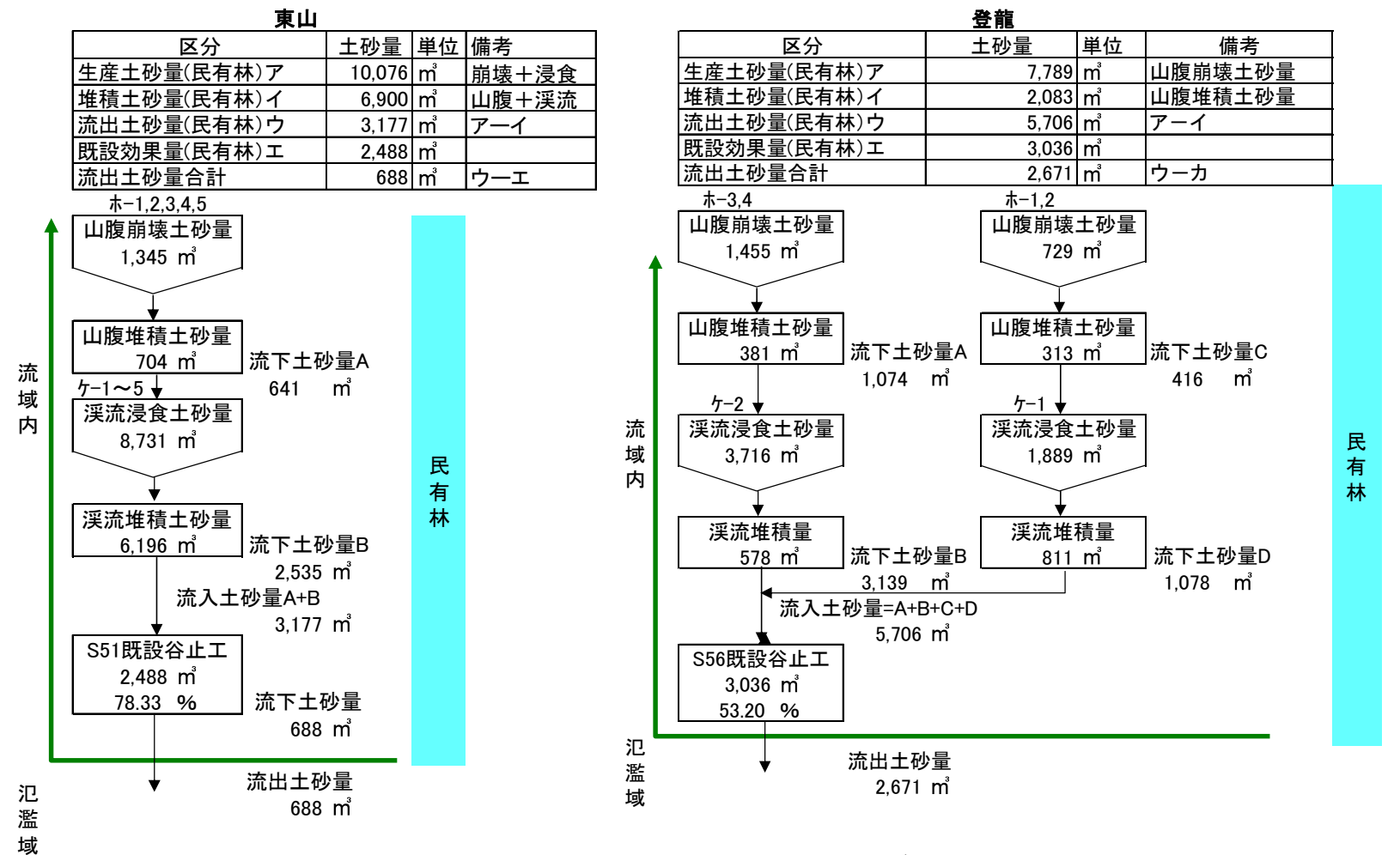
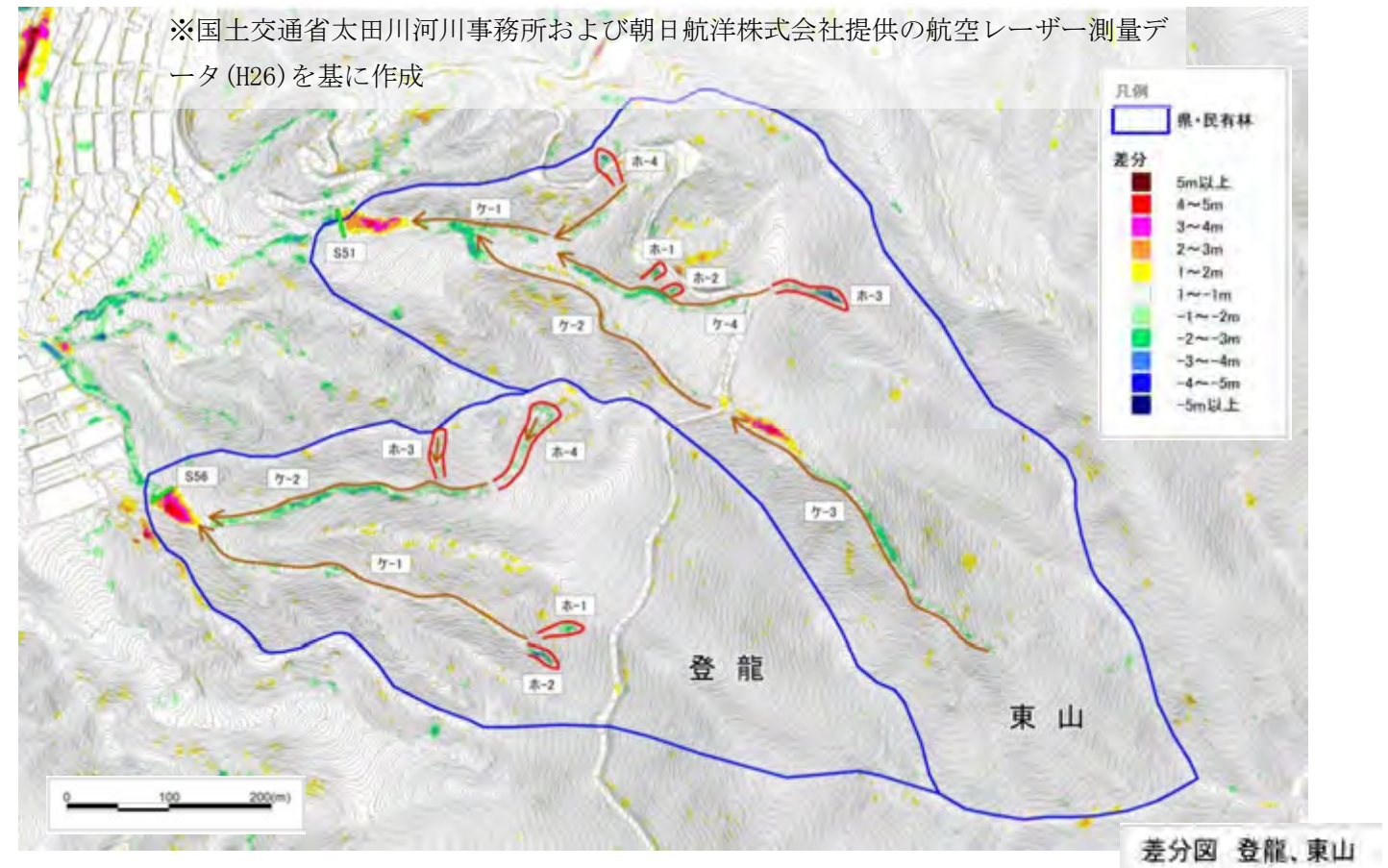


図 4.2.9 東山、登龍（民有林） 差分図及び土砂収支図

※国土交通省太田川河川事務所の航空レーザー測量データ (H21) を基に作成

*参考；調査箇所の溪床縦断勾配（災害前）
高松山ヶ-3 とヶ-6 の単位面積あたり流出土砂量は、それぞれ 446 千 m^3/km^2 、338 千 m^3/km^2 と極めて大きい。一方、両者の縦断線を見ると、延長、勾配、線形いずれも全く異なっている。

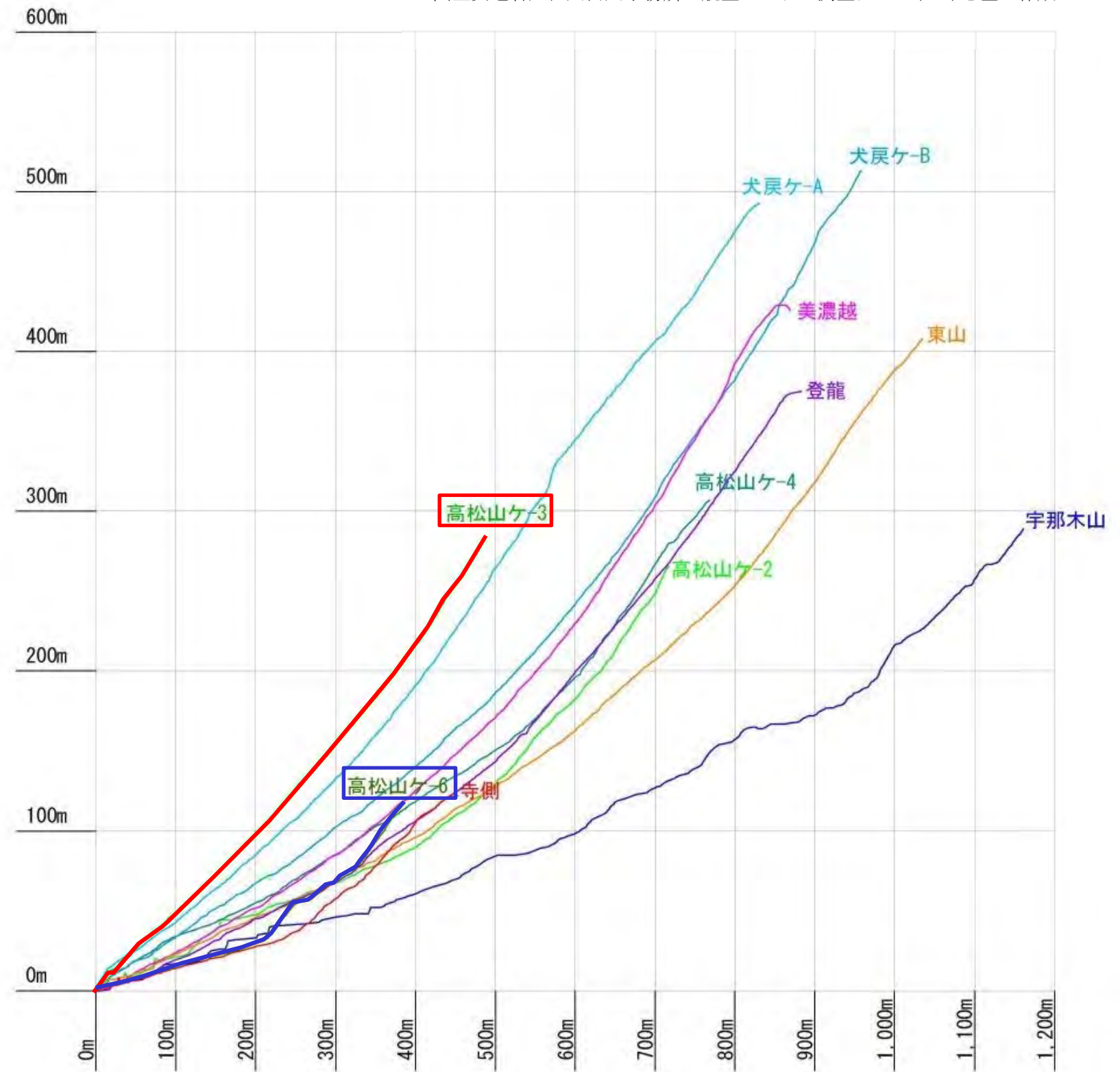


図 4.2.10 各調査箇所の溪床縦断の比高 (H21；今回災害以前)

5. 荒廃の誘因

5.1 災害発生時の降雨

(1) 概要

- ・ 8月15日から20日にかけて、前線が本州付近に停滞し、前線上を低気圧が東に進んだ。前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ影響で、西日本と東日本の広い範囲で大気の状態が非常に不安定となった。
- ・ 19日から20日にかけては、九州北部地方や中国地方を中心に大雨となり、局地的に猛烈な雨が降った。
- ・ 広島県周辺では、バックビルディング形成による、南西から北東に延びる線状降水帯が形成された。
- ・ 19日から20日にかけては、広島県広島市三入において最大1時間降水量が101.0ミリ、最大3時間降水量が217.5ミリ、最大24時間降水量が257.0ミリとなり、いずれも観測史上1位の値を更新した。

天気図、衛星赤外面像、解析雨量を図5.1.1に示す。累積雨量が100mm以上の雨域が広島県の南西から東北に延びて線上に狭い幅で分布している。最も降雨強度が大きかった地域に位置している三入観測所(気象庁)、高瀬観測所(国土交通省)での今回の観測値の年超過確率は100年以上であり(表5.1.1)、観測以来の1位の記録となっている(表5.1.2)。

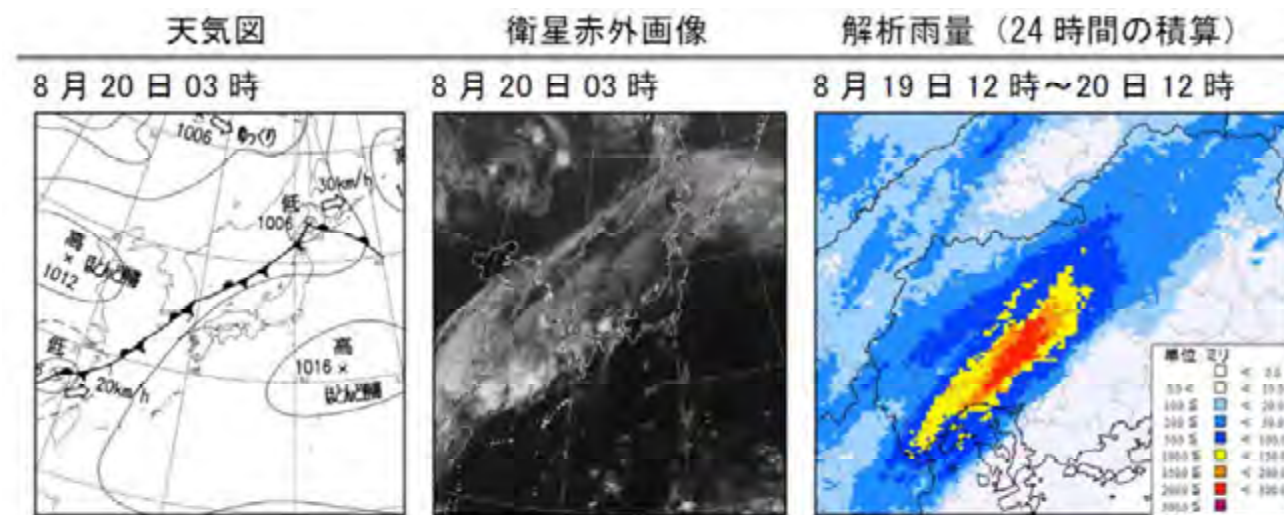


図 5.1.1 災害発生時の天気図、衛星赤外面像および解析雨量

引用：前線による大雨，気象庁 2014 年 8 月 21 日

表 5.1.1 高瀬および三入観測所の降雨年超過確率

観測所	所管	観測期間	雨量	年超過確率
高瀬	国土交 通省	1975 年	時間雨量：87mm	300～400 年(GEV 分布)
		～	3 時間雨量：187mm	500 年以上(GEV 分布)
		2013 年	24 時間雨量：247mm	200～300 年(GEV 分布)
三入	気象庁	1976 年	時間雨量：101mm	500 年以上(岩井分布)
		～	3 時間雨量：217.5mm	500 年以上(Gumbel 分布)
		2013 年	24 時間雨量：257mm	100～200 年(GEV 分布)

参考：調査結果に関する速報，2014 年 8 月広島大規模土砂災害緊急調査団，公益社団法人砂防学会

表 5.1.2 観測以来の高瀬および三入観測所の極値

時間雨量				
順位	高瀬(1975～)		三入(1976～)	
	降水量(mm)	発生日	降水量(mm)	発生日
1	87	2014/8/20	101	2014/8/20
2	70	2000/7/4	60	1997/8/5
3	49	1988/7/21	58.5	2008/8/14
4	47	1984/7/19, 2008/8/14	56	1998/7/22
5	44	1997/8/5	48	1986/7/10, 1997/9/7
3 時間雨量				
順位	高瀬(1975～)		三入(1976～)	
	降水量(mm)	発生日	降水量(mm)	発生日
1	187	2014/8/20	217.5	2014/8/20
2	101	1988/7/21	101	1997/8/5
3	98	2010/7/13	88	1997/9/7
4	80	1997/8/5	85	2006/9/16
5	72	2000/7/4	83	1988/7/21
24 時間雨量				
順位	高瀬(1975～)		三入(1976～)	
	降水量(mm)	発生日	降水量(mm)	発生日
1	247	2014/8/20	257	2014/8/20
2	221	1995/7/2	234	1995/7/2
3	199	1983/9/27	219	1983/9/27
4	196	2010/7/13	211	1985/6/23
5	192	1985/6/23	195	2006/9/16

引用：調査結果に関する速報，2014 年 8 月広島大規模土砂災害緊急調査団，公益社団法人砂防学会

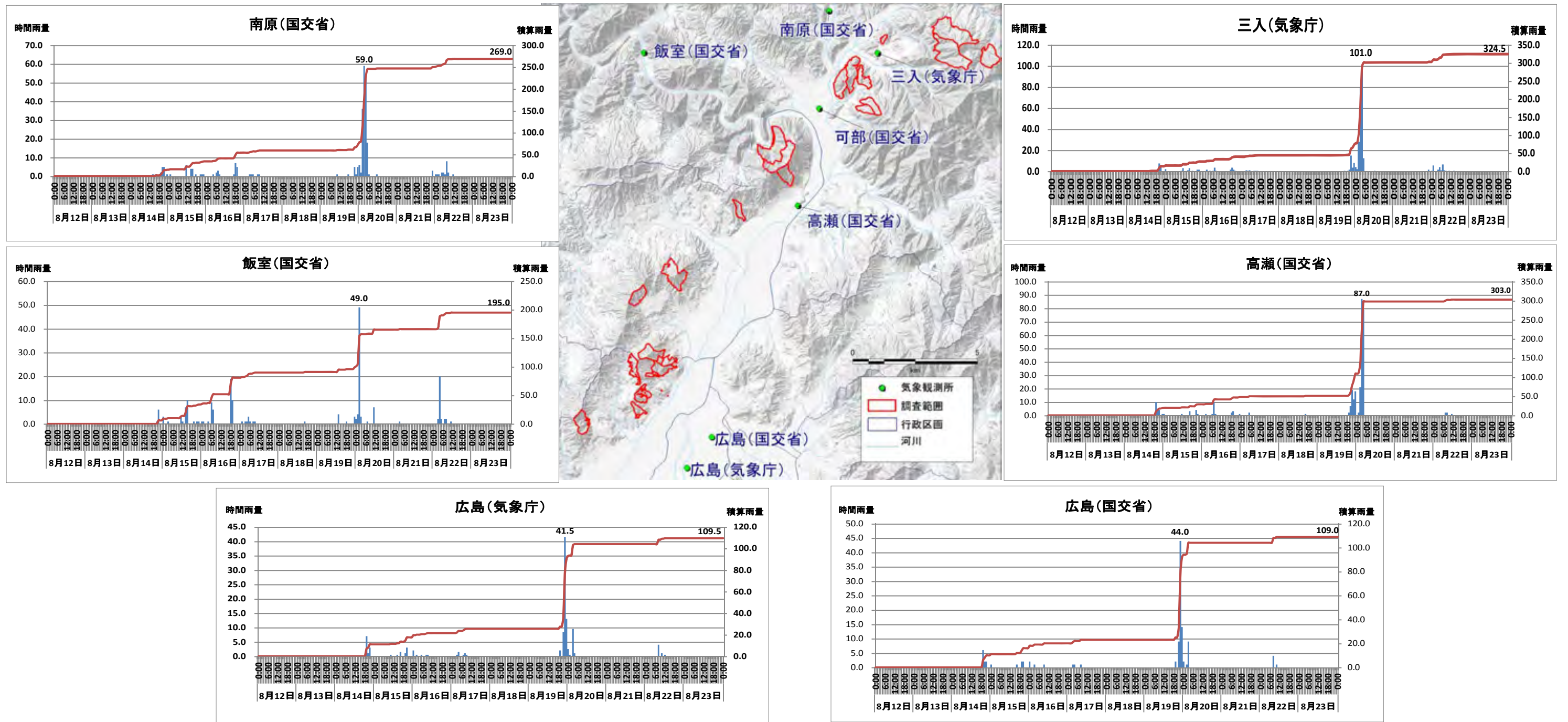


図 5.1.2 調査対象地周辺の雨量観測値

参考：1)アメダス観測値(気象庁 HP、<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)

2)水文水質データベース(国土交通省水文水質データベース HP、<http://www1.river.go.jp/>)

欠測：可部(期間すべて)、南原(8/18 10:00~18:00)、高瀬(8/19 11:00~18:00)

5.2 過去の降雨状況

過去の降雨として、1999年6月29日に発生した土砂災害(6.29災害)時の降雨と今回の降雨の比較を行った。

(1) 6.29災害の概要

1999年6月29日未明から降り始めた梅雨前線豪雨によって広島県内ではまさ土斜面を中心に、多数のがけ崩れと土石流(土砂流)等が発生し、死者31名、行方不明者1名、合計32名の人的被害を出した。被害の発生箇所は廿日市市、広島県佐伯区、安佐南区、安佐北区を中心とする広島市西部地域と呉市周辺に集中していた。これらの場所では、1時間雨量にして40mm~70mmの雨が記録された。

(2) 今回の災害との比較

6.29災害時の最大2時間雨量および累計雨量の分布図を図5.2.1および5.2.2に示す。6.29災害と比較すると、今回の災害時の雨域は範囲が狭い。今回と6.29災害の降雨のハイエトグラフを比較すると、今回の災害時では、先行降雨が少なく、時間雨量の大きい雨が短時間に集中している。

【6.29災害との違い】

- 1) 雨域が局所的であった。
- 2) 先行降雨が少なかった。
- 3) 短時間に強い強度の雨が降った。
- 4) 雨量のピーク時が深夜~明け方(就寝時刻)であった。

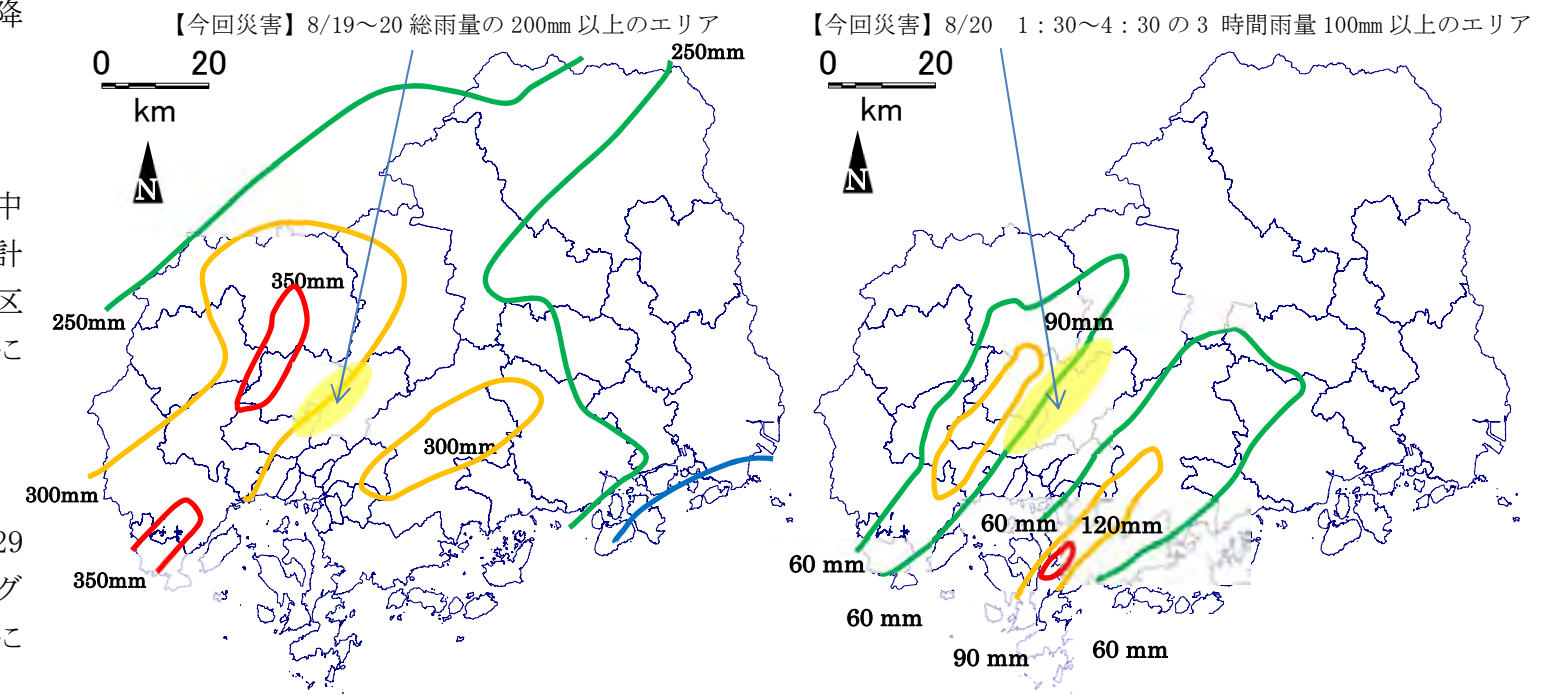


図 5.2.1 6.29 災害における累計雨量(6/23-29)

図 5.2.2 6.29 災害における最大 2 時間雨量

参考：1) 渡邊・福岡(2003)1999年6月広島土砂災害時における豪雨の特性とレーダー雨量情報の意義、自然災害科学、22-2、pp167-185

2) 公益社団法人土木学会・土木学会中国支部・公益社団法人地盤工学会(2014)平成26年広島豪雨災害合同緊急調査団調査報告書

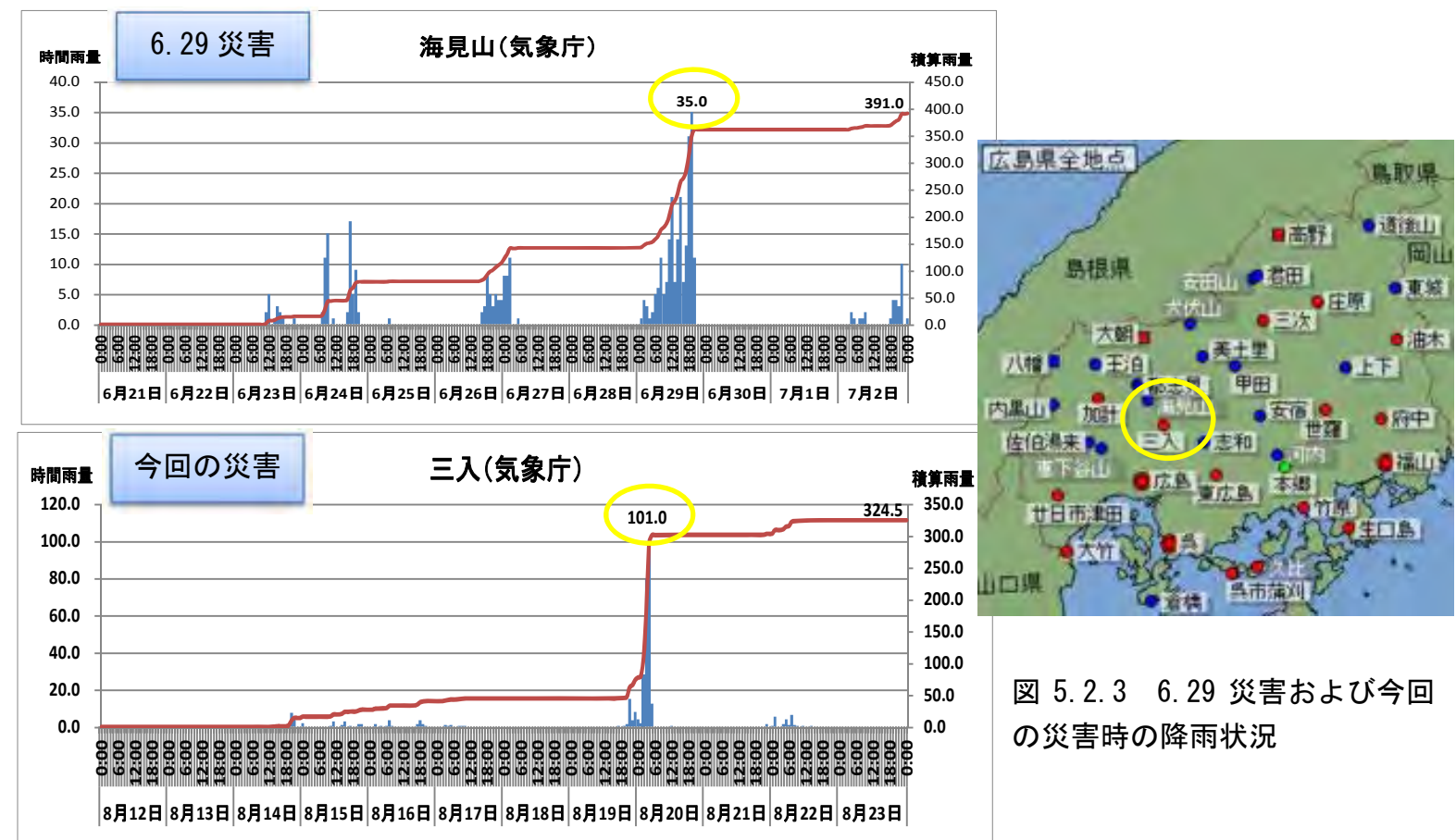


図 5.2.3 6.29 災害および今回の災害時の降雨状況

参考：アメダス観測データ、気象庁 HP、<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>