

第 9 回 那賀川総合土砂管理技術検討会

【ダム上流域における土砂生産検討の概要】

令和 8 年 2 月 2 0 日

那賀川総合土砂管理検討協議会

目 次

1. 土砂生産検討の位置付け・進め方	1
(1) 総合土砂管理計画における土砂生産検討の位置付け	1
(2) 総合土砂管理計画策定に向けたスケジュール	2
2. 土砂生産モデルの概要	3
3. 表層崩壊モデルの精度向上	4
(1) 計算メッシュの細分化	4
(2) 土壌定数の客観的な設定	5
(3) 崩壊発生確率の設定	8
(4) 崩壊深の設定	9
(5) 土砂生産量の検証	10
4. 表土侵食モデルの精度向上	11
(1) 現地調査による地被状況別の土砂流出の容易性確認	11
(2) 表土流出の領域設定	13
(3) 近似式の細分化	14
5. 河道領域の土砂生産・土砂移動	15
(1) 土砂移動予測モデル検討の与条件	15
(2) 土砂移動予測モデルの検証および各支川流域からの土砂流出量	17
6. 総合土砂管理計画における対策検討の方針	18
(1) 土砂生産域における対策検討の流れ	18
(2) 対策工の分類	19
7. 参考資料	22

1. 土砂生産検討の位置付け・進め方

(1) 総合土砂管理計画における土砂生産検討の位置付け

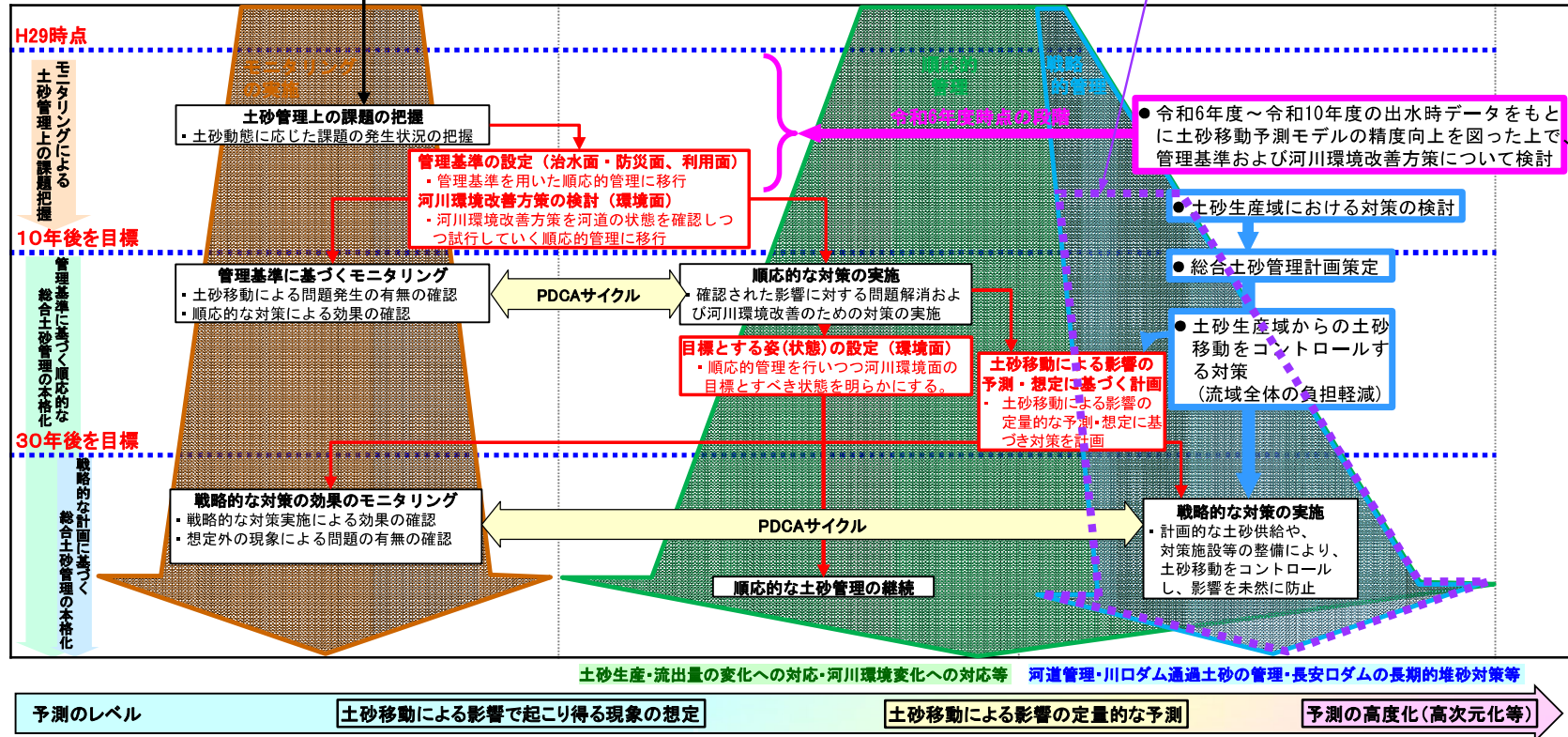
- 土砂生産検討では、総合土砂管理計画の「戦略的管理」における土砂生産量の算出、戦略的な対策の実施等に資するための検討を行う。
- なお本検討では、土砂生産モデルの構築を通じて、土砂流出が多発する支川流域の把握、将来の土砂量予測、そして想定される対策効果の評価を図る。

出典：中間とりまとめ【第2版】(R6.3)

本検討に関わる範囲

【参考資料】

平成30年3月策定・令和6年3月更新「那賀川における総合土砂管理計画に向けた取り組み 中間とりまとめ【第2版】」
 現状と課題の整理：各領域の土砂動態の現状と土砂管理上の課題の整理
 モニタリング実施内容のとりまとめ：各領域の土砂動態の把握状況や土砂動態変化と課題発生状況等を踏まえた当面（5年程度の期間）のモニタリング実施内容



那賀川における段階的な総合土砂管理の進め方の参考イメージ

(本図の内容は、令和5年度段階の試案であり、今後の総合土砂管理に向けた検討において修正・変更等が加えられる可能性がある)

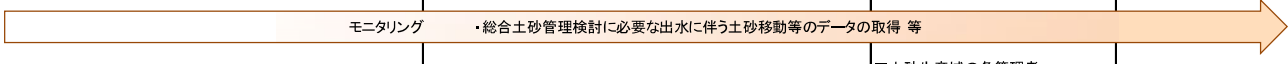
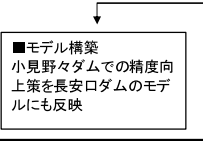
出典：那賀川の総合土砂管理に向けた取り組み 中間とりまとめ【第2版】【第2編 モニタリング実施内容】令和6年3月

1. 土砂生産検討の概要・進め方

(2) 総合土砂管理計画策定に向けたスケジュール

- 那賀川ダム上流域の土砂生産に関する検討状況は下表のとおりであり、令和7年度までに土砂生産モデルを構築し、令和8年度以降は土砂量の**将来予測**、**対策後の土砂量**を検討する。

表 1.1 那賀川ダム上流域「土砂生産検討」年間スケジュール

区分	～令和6年度まで		令和7年度		令和8年度	令和9年度	令和10年度
	長安口ダム直接流入域 227.5km ²	小見野々ダム上流域 266.8km ²	長安口ダム直接流入域 227.5km ²	小見野々ダム上流域 266.8km ²	長安口・小見野々ダム上流域	長安口・小見野々ダム上流域	長安口・小見野々ダム上流域
総合土砂管理に向けた取り組み	 モニタリング ・総合土砂管理検討に必要な出水に伴う土砂移動等のデータの取得 等						那賀川総合土砂管理 計画策定
土砂生産検討 (山地斜面から生産される土砂量の算出)	再現	■モデル構築 ・表層崩壊(100mメッシュ) ・裸地侵食(近似式)	■モデル構築 ・表層崩壊(20mメッシュ) ・裸地侵食(近似式)	 ■モデル構築 小見野々ダムでの精度向上策を長安口ダムのモデルにも反映	■モデル構築 ・表層崩壊(20mメッシュ) →精度向上・妥当性の確認中 ・裸地侵食(近似式) →精度向上・妥当性の確認中		
		■土砂生産量の検証 ・表層崩壊→実績(LP推定)と検証 ・裸地侵食→ダム堆砂量と検証		■土砂生産量の検証 ・表層崩壊→実績(LP推定)と検証 ・裸地侵食→ダム堆砂量と検証			
	長期予測	■土砂生産量を予測(100年間)	-	-	-	■土砂生産量を 予測(100年間)	
対策検討	-	-	-	-	■土砂生産予測を踏まえ、ダム堆砂計画を考慮した 抑制量の検討	■土砂生産予測を踏まえ、ダム堆砂計画を考慮した 抑制量の検討 ・関係機関調整(関係機関が対策方針を検討)	■取りまとめ
土砂移動予測 (山地域→ダム貯水池)	再現	■モデルの構築 ・渓床からの土砂生産を考慮した河床変動解析 ■流入土砂量の検証 ・ダム堆砂量と比較検証	-	-	■モデルの構築 ・渓床からの土砂生産を考慮した河床変動解析 ■流入土砂量の検証 ・ダム堆砂量と比較検証		
	長期予測	■流入土砂量を予測(100年間)	-	-	-	■流入土砂量を 予測(100年間)	
	対策検討	-	-	-	-	■流入土砂量予測を踏まえ、ダム堆砂計画を考慮した 抑制量の検討	■流入土砂量予測を踏まえ、ダム堆砂計画を考慮した 抑制量の検討 ・関係機関調整(関係機関が対策方針を検討)
現地調査・資料収集	土壌調査(土層厚、透水係数、空隙率、減水能、粒度分布) 植生調査(優占種、胸高直径、樹幹距離) 崩壊地情報の整理(各崩壊地の面積、土砂量、崩壊深) →崩壊地範囲はGISデータ(SHP形式)で整理		表土流出の想定範囲の面積変化に関する情報整理 (林野庁、徳島県、那賀町) 表土流出の想定範囲(代表箇所)のドローン調査				
関連業務	那賀川 河川事務所	平成29～30年度 那賀川水系植生調査検討業務 平成30年度 那賀川上流域土砂生産検討業務 令和3年度 長安口ダム上流堆砂対策検討業務 令和4～5年度 那賀川上流域土砂生産検討業務 令和6年度 那賀川上流域土砂生産モデル検討業務		令和7年度 那賀川上流域土砂生産検討業務			
	四国山地 砂防事務所	令和6年度 四国管内土砂生産・流出実態調査業務		令和7年度 四国管内土砂生産・流出実態調査業務			

2. 土砂生産モデルの概要

1) 土砂生産モデルの全体構成

- 那賀川ダム上流域においては、「①表層崩壊モデル」、「②表土侵食モデル」、「③土砂移動予測モデル」の3つの数値モデルにより、山地域から生産された土砂がダム貯水池に流入する状況を検討している。
- 今後、ダム貯水池に流入する土砂量の将来予測、山地域での土砂流出抑制対策の効果量などの検討を行うため、これらの数値モデルの妥当性を実績のダム堆砂量を基本として検証を実施した。

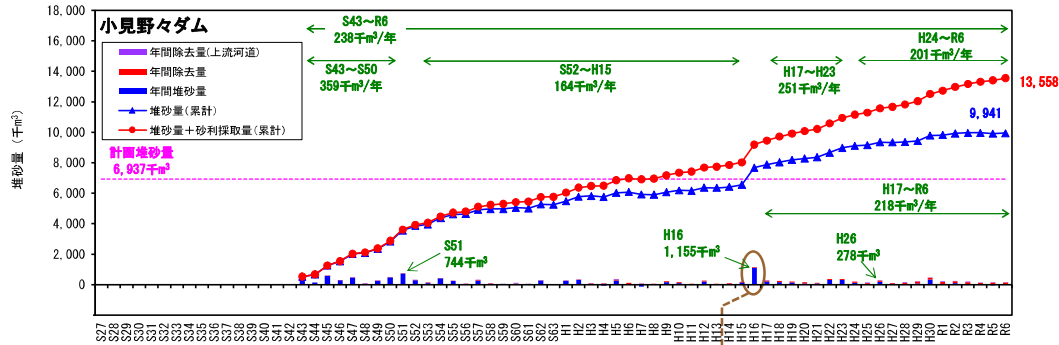


図 2.1 実績ダム堆砂量「小見野々ダム」

H16.8洪水（1洪水の期間）の土砂生産量

H16~R6（21年間※）の土砂生産量

※H16.8洪水期間を除く

①表層崩壊モデル

- ・大規模な豪雨（H16.8洪水）時など、表層崩壊によって生産される土砂量を算出する。

主な改良点

- ・計算メッシュサイズ：100m→20mに細分化
- ・土砂生産量の算定式：崩壊地が多い領域、少ない領域に分けて設定

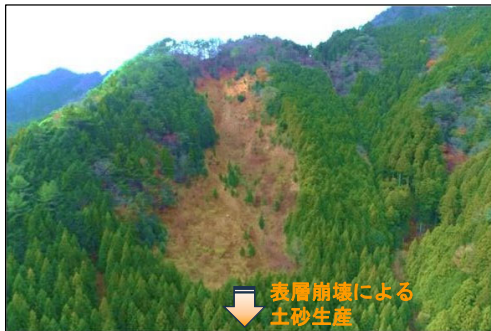


図 2.3 表層崩壊による土砂生産の状況

②表土侵食モデル

- ・崩壊非発生年（平常年）において、表土が露出した非樹林帯の一部から表土侵食によって生産される土砂量を算出する。

主な改良点

- ・土砂生産量の算定式：土砂量が多い期間、少ない期間に分けて設定
- ・土砂生産域：表土が侵食されると考えられる領域に設定（下図参照）



図 2.4 表土侵食による土砂生産の状況

③土砂移動予測モデル

土砂移動

土砂は、河道領域の勾配変化点、淵などに一時貯留しながらダム貯水池まで移動

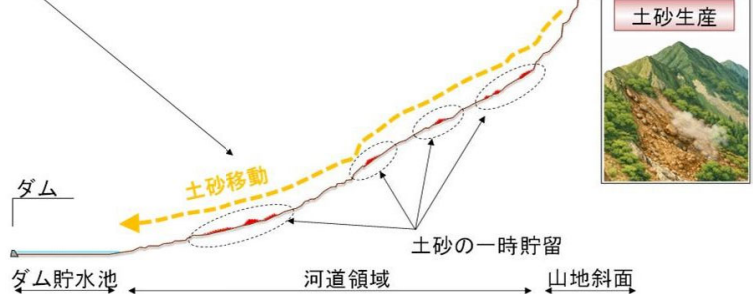


図 2.5 土砂移動の縦断的なイメージ図

3つの数値モデルにより、ダム貯水池に流入する土砂量を算出



図 2.2 土砂生産モデル 全体構成イメージ

3. 表層崩壊モデルの精度向上 (1) 計算メッシュの細分化

※本章では表層崩壊のみを対象(深層崩壊は対象外)

土砂生産モデルに反映

課題【No. 15~16】 / 表層崩壊モデルの精度向上※

- ・斜面安全率が大きい(1.8等)計算メッシュに崩壊地が含まれる理由を確認する。

過年度の計算メッシュは100m×100mで構築されていることもあり、メッシュ地盤高の平均化によって斜面勾配が適切に表現されていない可能性が考えられる。

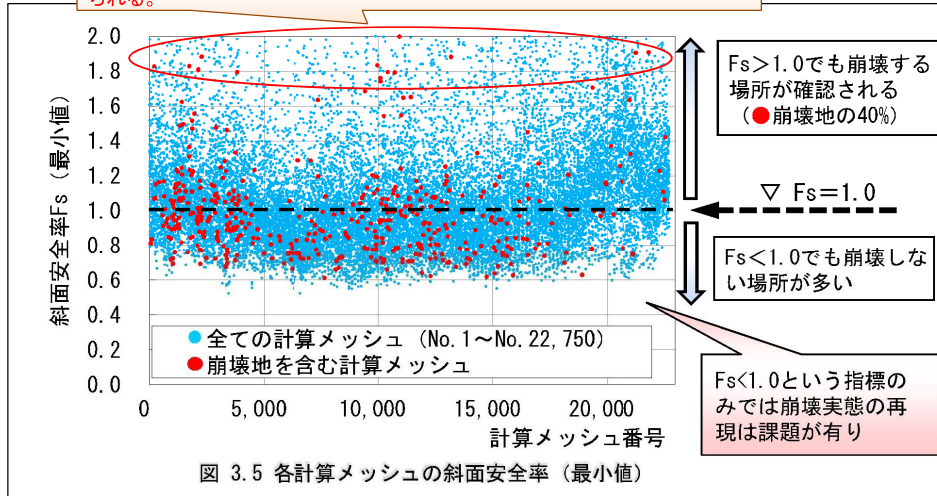


図 3.5 各計算メッシュの斜面安全率(最小値)

第8回 那賀川総合土砂管理技術検討会資料

図 3.1 過年度検討における斜面安全率解析の結果

【土砂生産モデルの精度上の課題】

- ・メッシュ地盤高の平均化によって斜面勾配が適切に表現されていない可能性が考えられる。
- ・指標としている斜面安全率Fsは、洪水期間中の最小値で評価しているが、Fsの経時変化のも踏まえ、崩壊の発生要因について分析する必要がある。

■精度向上の方針

対応方針(1): 計算メッシュの細分化

対応方針(2): 土壌定数(粘着力c、内部摩擦角φ)の客観的な設定手法

(1)~(2)の2つの観点から土砂生産モデルの精度向上を図る。

対応方針(1): 計算メッシュの細分化

- ・実績の表層崩壊地の面積(頻度分布)を勘案して計算メッシュを細分化する。
- ・本検討では、計算メッシュを20m×20mとして土砂生産モデルを再構築した。

降雨流出解析: 100m×100mメッシュ

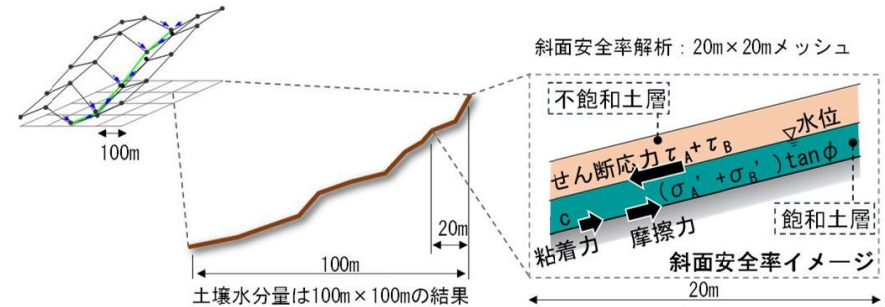


図 3.2 計算メッシュサイズの細分化イメージ

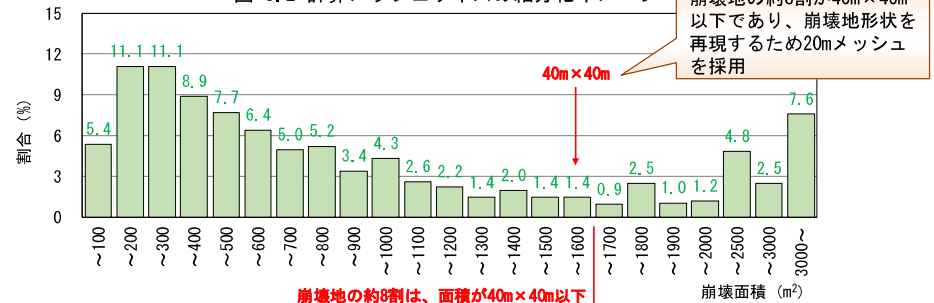


図 3.3 崩壊地面積の割合「H16.8洪水」

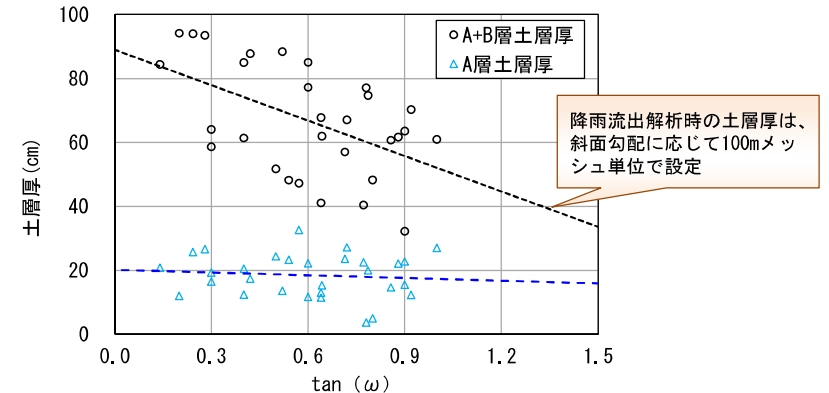


図 3.4 斜面勾配に応じた土層厚の設定

3. 表層崩壊モデルの精度向上 (2) 土壌定数の客観的な設定

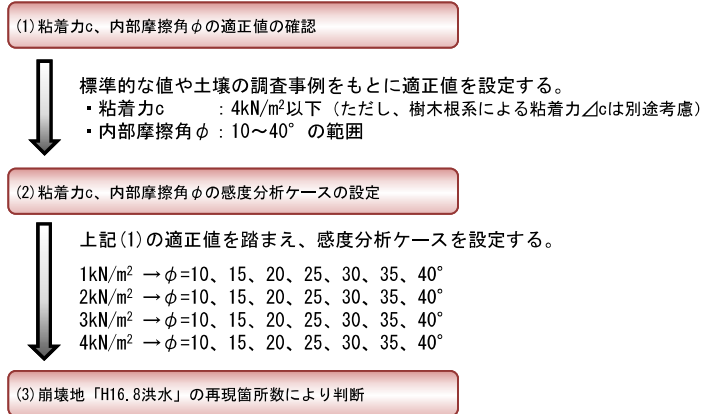
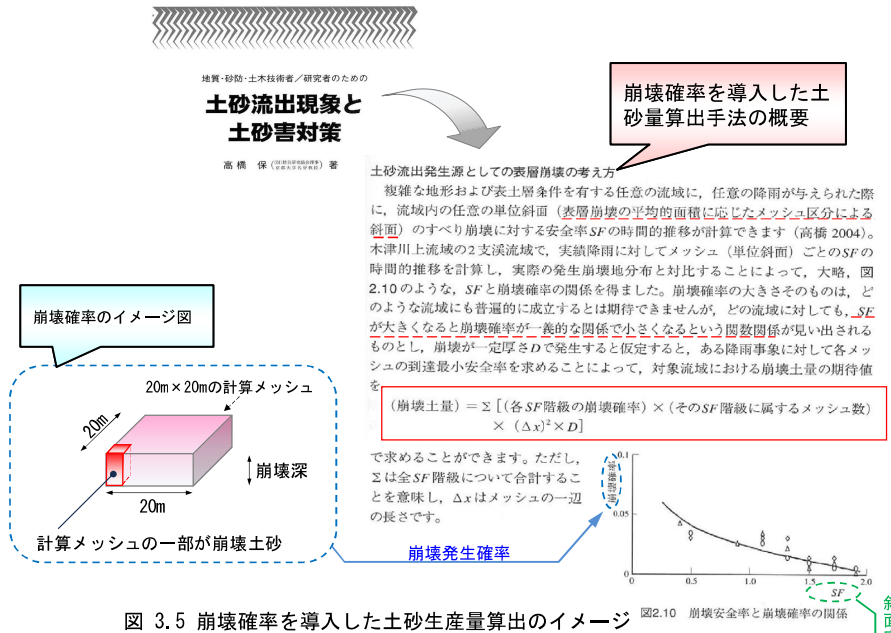
対応方針(2)：土壌定数(粘着力c、内部摩擦角φ)の客観的な設定手法

- ダム上流域における土砂生産モデルについては、様々な課題(安全率と崩壊発生確率で評価方法、平均崩壊深の評価方法等)があり今後も検討する。
- 海岸域も含めてモニタリングや実施できる方策の検討、方策を取り入れた時にどのような変化があるか将来予測の検討をする。

土砂生産モデルに反映

1) 粘着力、内部摩擦角の感度分析ケースの設定

- 粘着力c、内部摩擦角φといった2つの定数がともに、山地部の土壌状態を示す結果となるように設定する。
- 具体的には、下図の流れによってH16.8洪水の表層崩壊地の箇所数が再現可能な定数となるように設定する。



H16.8.1洪水時の崩壊メッシュ数が再現でき、かつ標準的な値や土壌の調査事例を踏まえても適正な値の範囲と考えられる粘着力、内部摩擦角を設定する。

図 3.6 土壌定数の設定フロー

φは10~40°が考えられる

cは粘性がない場合は1桁前半と考えられる

【土砂生産モデルの課題】

- 斜面安全率の与条件の粘着力c、内部摩擦角φの設定は、客観的な根拠が必要となる。
- 土砂生産モデルのより詳細な精度検証等を勘案した場合は、現地観測による実績データが必要であり、モニタリングなどの実施が必要と考えられる

表 3-1-44 土質定数の一般値(設計要領第一集 土工編H22) 東・中・西日本高速度鉄道株式会社

土質	粘着力c (kN/m ²)	内部摩擦角φ (°)
1. 砂	0.0	30
2. 砂質土	0.0	35
3. 粘質土	0.5	20
4. 粘土	1.0	15
5. 硬質土	1.5	10
6. 軟弱土	0.2	15
7. 堆積土	0.5	20
8. 礫土	0.0	35
9. 砂礫土	0.0	35
10. 粘質土	0.5	20
11. 粘土	1.0	15
12. 硬質土	1.5	10
13. 軟弱土	0.2	15
14. 堆積土	0.5	20
15. 礫土	0.0	35
16. 砂礫土	0.0	35

3. 表層崩壊モデルの精度向上 (2) 土壌定数の客観的な設定

2) 平成16年8月洪水時の崩壊箇所数の再現

・外力となる降雨量を平成16年8月洪水とした場合に、崩壊地の箇所数が再現可能な粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ の組合せを逆算する。

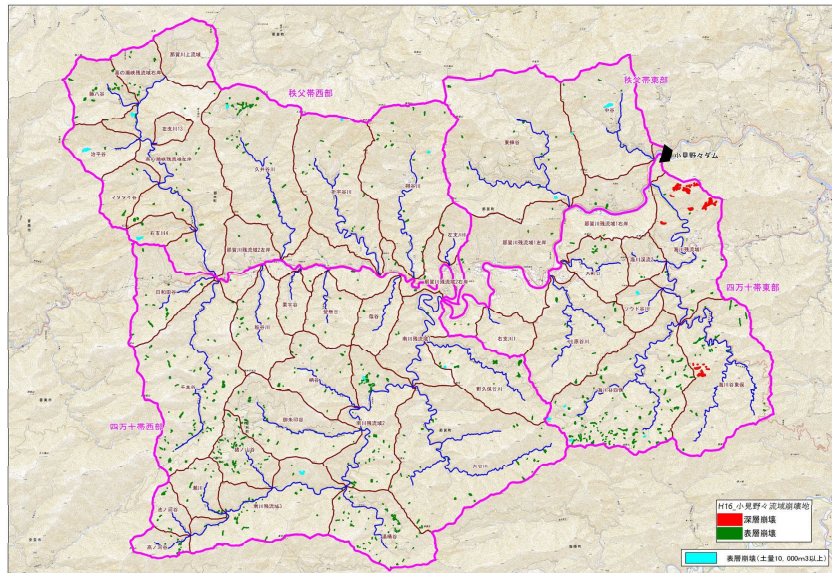


図 3.7 崩壊発生箇所 (H16.8洪水)

表 3.1 粘着力・内部摩擦角の感度分析による崩壊地の再現箇所数「H16.8洪水」

崩壊地箇所数	粘着力		内部摩擦角 $\phi=10\sim40$ における崩壊地の再現箇所数 (箇所) (斜面安全率 $F_s<1.0$ 以下の崩壊地箇所数)						
	C (kN/m^2)	$C+\Delta C$ (kN/m^2)	$\phi=10^\circ$	$\phi=15^\circ$	$\phi=20^\circ$	$\phi=25^\circ$	$\phi=30^\circ$	$\phi=35^\circ$	$\phi=40^\circ$
754	1	2.5	754	754	753	740	681	627	532
	2	3.5	753	725	681	625	548	429	291
	3	4.5	664	607	522	420	293	211	124
	4	5.5	467	368	264	180	113	54	11

表 3.2 粘着力・内部摩擦角の感度分析による崩壊地の再現割合「H16.8洪水」

粘着力		内部摩擦角 $\phi=10\sim40$ における崩壊地の再現箇所数 (箇所) (斜面安全率 $F_s<1.0$ 以下の崩壊地箇所数)							崩壊地カバー率の ϕ		
C (kN/m^2)	$C+\Delta C$ (kN/m^2)	$\phi=10^\circ$	$\phi=15^\circ$	$\phi=20^\circ$	$\phi=25^\circ$	$\phi=30^\circ$	$\phi=35^\circ$	$\phi=40^\circ$	100%	75%	50%
1	2.5	1.00	1.00	1.00	0.98	0.90	0.83	0.71	20.0	38.2	—
2	3.5	1.00	0.96	0.90	0.83	0.73	0.57	0.39	10.0	28.9	36.9
3	4.5	0.88	0.81	0.69	0.56	0.39	0.28	0.16	—	17.4	26.7
4	5.5	0.62	0.49	0.35	0.24	0.15	0.07	0.01	—	—	14.5

： 斜面安全率 $F_s<1.0$ 以下の崩壊地の個数/崩壊地個数が0.75以上

※本章では表層崩壊のみを対象(深層崩壊は対象外)

■崩壊トリガーマッシュ:

- ・平成16年8月洪水における崩壊地の総個数は754箇所であり、各崩壊地において最も斜面安全率が小さい計算メッシュを「崩壊トリガーマッシュ」と仮定した。
- ・この粘着力・内部摩擦角の感度分析を実施する場合、「崩壊トリガーマッシュ」の斜面安全率が1.0を下回ると、当該崩壊地の斜面は崩壊したという判定を前提とした。

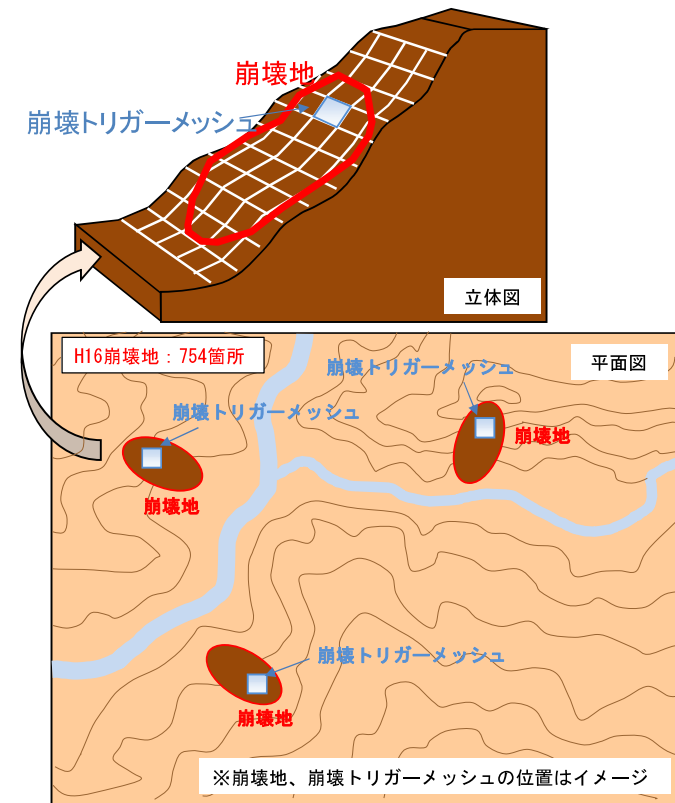


図 3.8 崩壊トリガーマッシュのイメージ図

- ・崩壊地個数の再現割合を100%とすると、内部摩擦角が $\phi=20^\circ$ と標準値より小さい傾向となる。
- ・崩壊地個数の再現割合を75%とすると、内部摩擦角が $\phi=38.2^\circ$ と妥当な数値に設定できると考えられる。

以上より、粘着力 $=2.5\text{kN/m}^2$ 、内部摩擦角 $\phi=38.2^\circ$ が妥当と判断した。

3. 表層崩壊モデルの精度向上 (2) 土壌定数の客観的な設定

3) 計算メッシュ細分化・土壌定数再設定後の斜面安全率の結果

- ・計算メッシュサイズを過年度の100mから20mに見直した後の斜面安全率 (Fs) 解析の結果を下図に示す。
- ・この図は、ダム上流域にH16.8洪水の降雨を与えた場合の結果であり、個数割合で100%、75%、50%の崩壊地のFsが1を下回るように土壌定数 (粘着力c、内部摩擦角φ) を設定した。
- ・崩壊地の箇所数を100%再現する場合は内部摩擦角が20° と過度に小さく、50%再現では内部摩擦角の数値は妥当であるものの再現性が低い。このため、崩壊地の箇所数を75%再現可能な粘着力2.5kN/m²、内部摩擦角=38.2° のケースを土砂生産モデルの土壌定数として採用した。
- ・斜面安全率は、過年度では2.0程度と大きい崩壊地が存在したが、計算メッシュを細分化したことにより、地形勾配を適切に表現できたことで最大でも1.5程度に留まる結果となった。

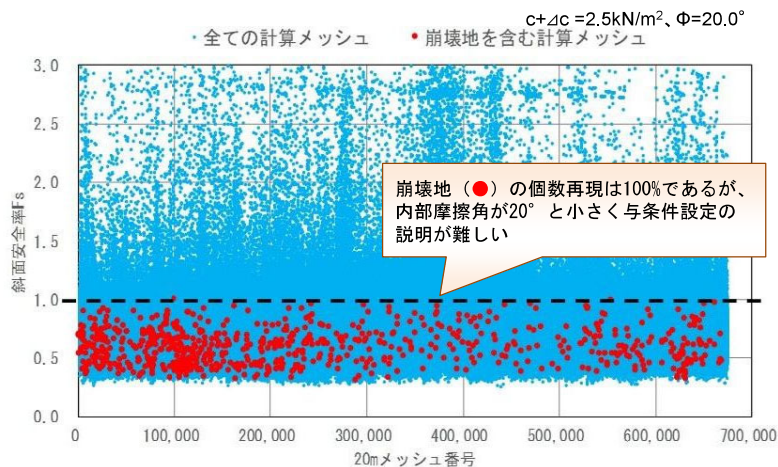


図 3.9 計算メッシュ20m細分化後の斜面安全率「Fs<1が100%」

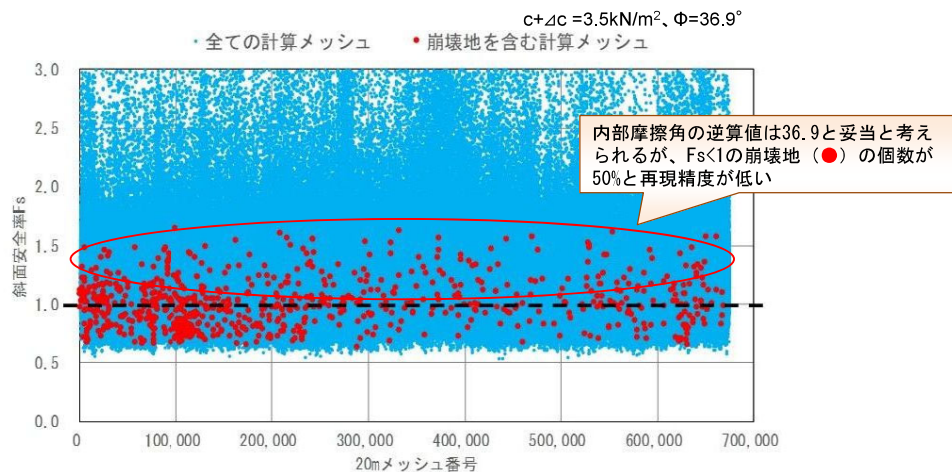


図 3.10 計算メッシュ20m細分化後の斜面安全率「Fs<1が50%」

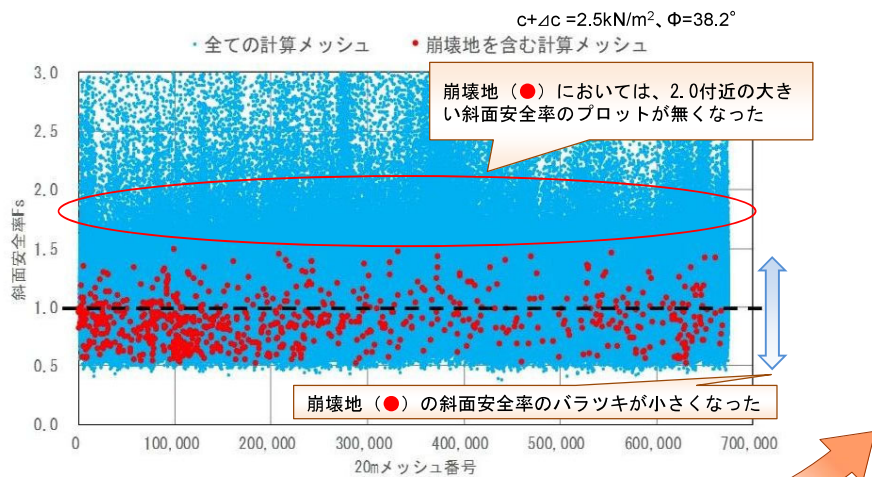


図 3.11 計算メッシュ20m細分化後の斜面安全率「Fs<1が75%」

Fs0.1間隔でメッシュ面積(●)、崩壊地面積(●)を集計

表 3.3 崩壊発生確率の設定結果

Fsランク (0.1間隔)	Fsランク別のメッシュ面積 (km ²)	H16.8洪水時の表層崩壊面積 (km ²)	崩壊発生確率 P (Fs)
①	②	③	③/②
0.0~0.1以下	0.000	0.000	0.00%
0.1~0.2以下	0.000	0.000	0.00%
0.2~0.3以下	0.000	0.000	0.00%
0.3~0.4以下	0.001	0.000	0.00%
0.4~0.5以下	0.121	0.000	0.00%
0.5~0.6以下	3,547	0.075	2.12%
0.6~0.7以下	10,803	0.135	1.25%
0.7~0.8以下	16,307	0.123	0.76%
0.8~0.9以下	29,854	0.155	0.52%
0.9~1.0以下	34,452	0.103	0.30%
1.0~1.1以下	33,018	0.064	0.19%
1.1~1.2以下	31,955	0.043	0.14%
1.2~1.3以下	26,594	0.016	0.06%
1.3~1.4以下	18,163	0.006	0.04%
1.4~1.5以下	10,932	0.005	0.04%
1.5~1.6以下	6,499	0.000	0.00%

表の数値を図化

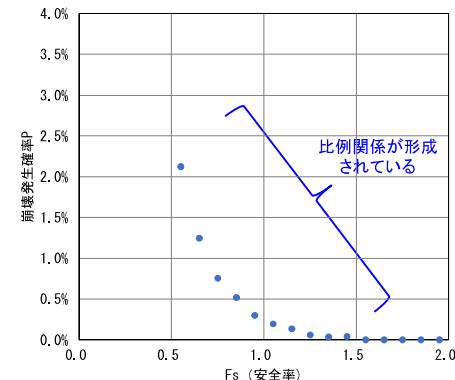


図 3.12 斜面安全率と崩壊発生確率関係「ダム上流域」

3. 表層崩壊モデルの精度向上 (3) 崩壊発生確率の設定

・斜面安全率と崩壊発生確率の関係は、崩壊地が多い支川流域と少ない支川流域で分布が異なるため、崩壊地が多い支川流域と少ない支川流域に区分（図3.14）して崩壊発生確率を設定した。

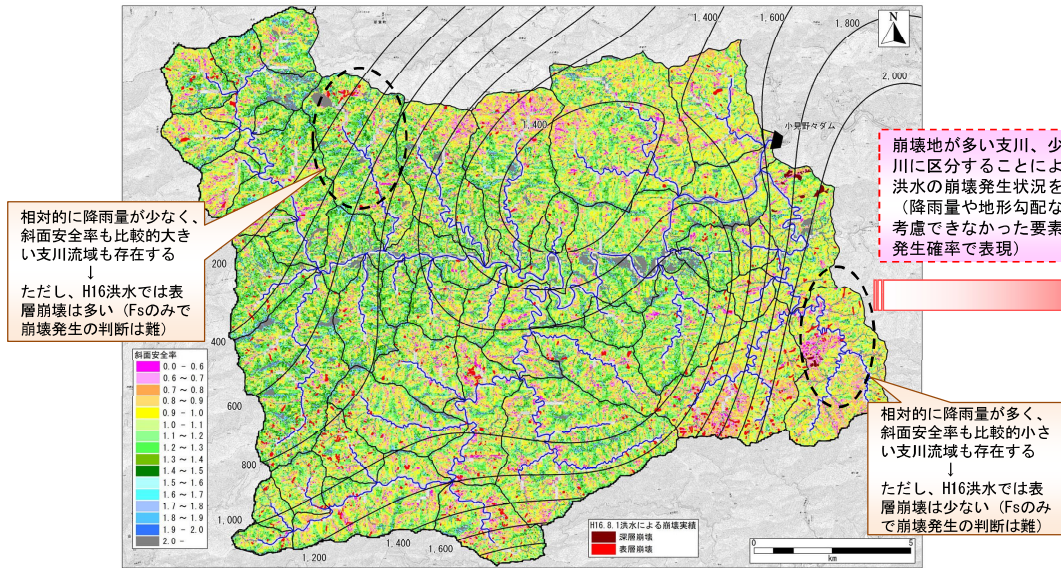


図 3.13 斜面安全率の算出結果

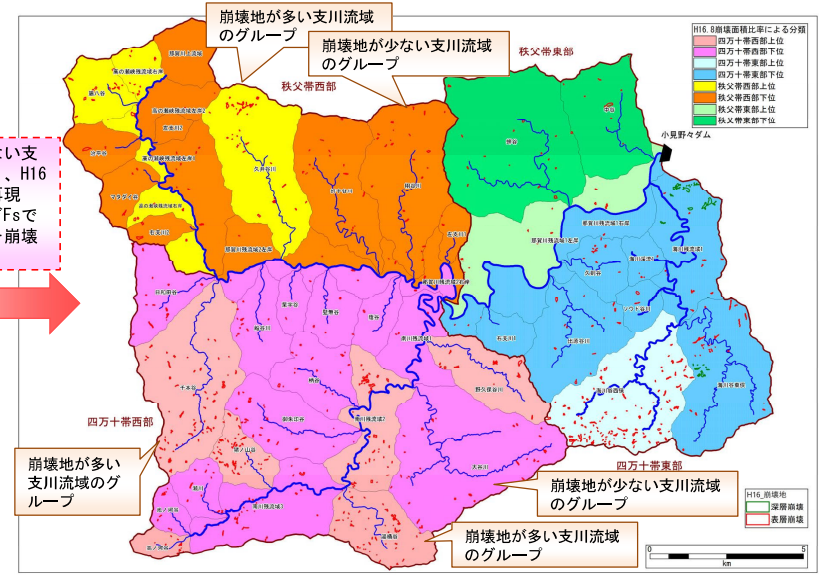
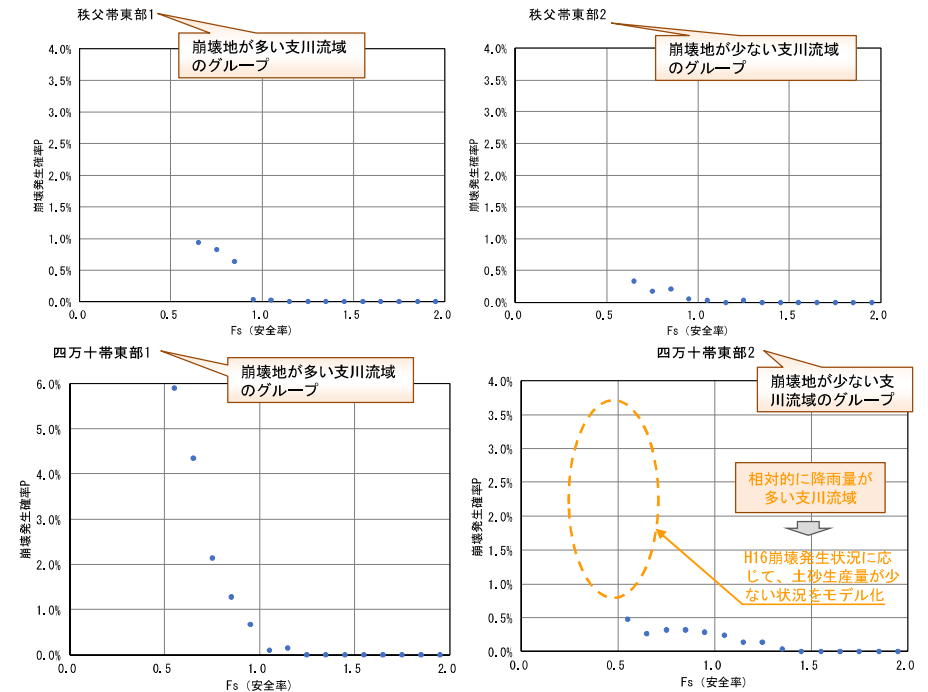
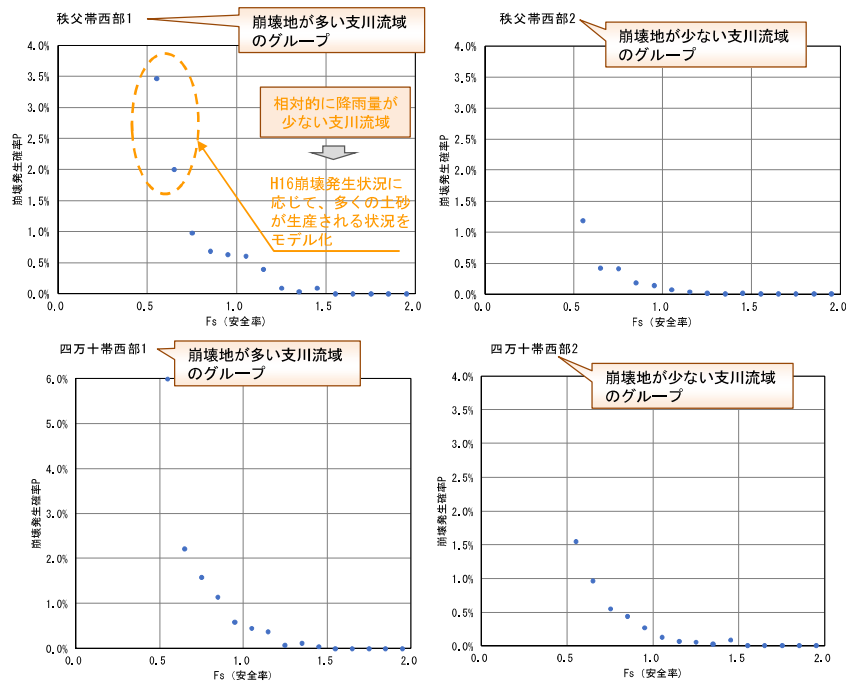


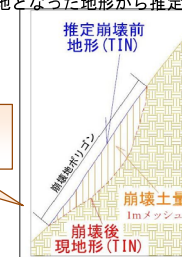
図 3.14 崩壊発生確率のエリア分割



3. 表層崩壊モデルの精度向上 (4) 崩壊深の設定

- 各崩壊地の崩壊深は、右図に示すように航空レーザ計測データの窪地となった地形から推定した。
- 土砂生産量を算出する際に必要となる崩壊深は、各崩壊地の崩壊深を4つに分割したエリア毎で平均した値を採用した。

<補足>各崩壊地の土砂量・崩壊深の推定方法
※LPデータの窪地となった地形から推定



それぞれの崩壊地における崩壊深は、LPデータの地形から推定

<土砂量の算出式> 表層崩壊による土砂生産量の算出式

- 各計算メッシュ単位で降雨期間中のFs最小値を抽出し、Fsランクに応じた崩壊発生確率P(Fs)に計算メッシュ面積aと平均崩壊深hを乗じて表層崩壊の土砂生産量を算定する。

$$【土砂生産量 V = \sum (P(Fs) \times a \times h)】$$

P(Fs) : 崩壊発生確率
a : 計算メッシュ面積 (20m×20m)
h : 平均崩壊深 (崩壊実績をもとに設定)

各エリアで設定した「崩壊深」は、土砂生産モデルの計算式に反映する

(出典：土砂流出現象と土砂害対策/高橋 保 P61)

各エリアの崩壊深を設定

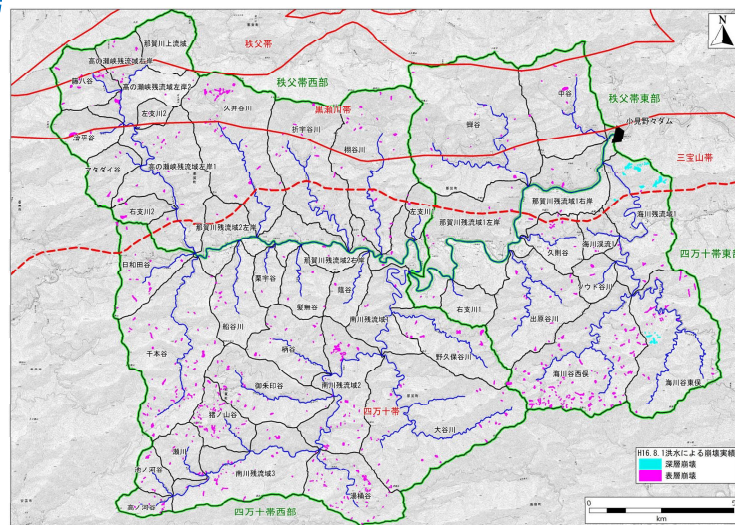
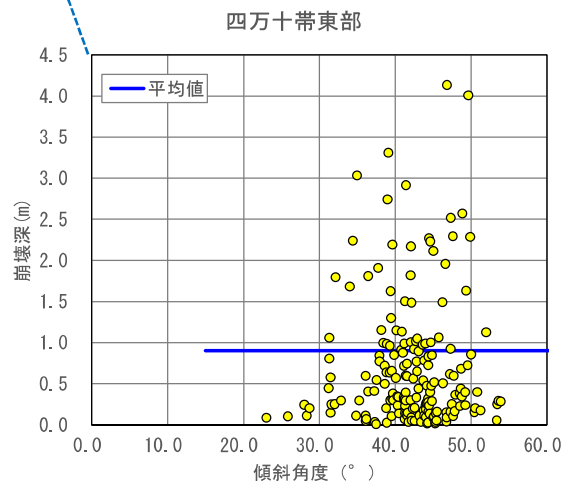
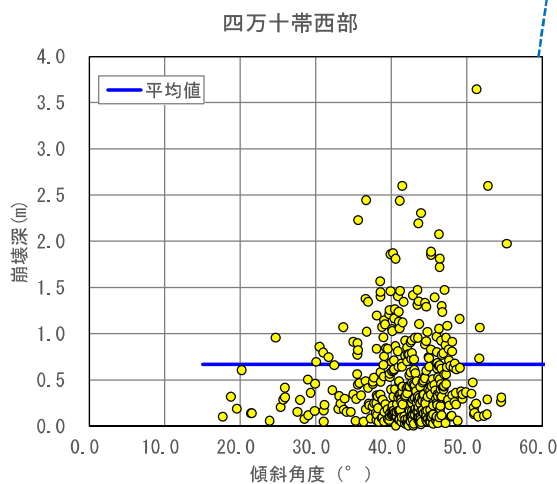
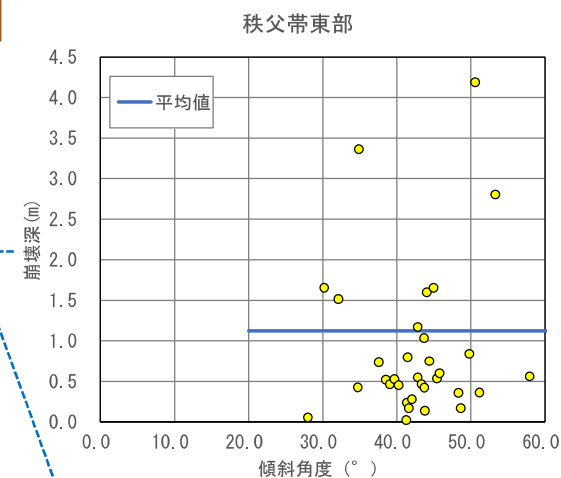
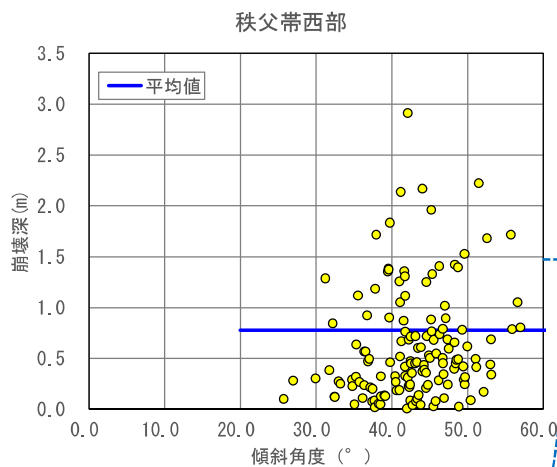


図 3.15 崩壊地の位置図「平成16年8月洪水」

3. 表層崩壊モデルの精度向上 (5) 土砂生産量の検証

- ・本検討によって算出した各支川流域からの表層崩壊による土砂量を下図のとおりであり、実績と若干差異がある支川流域も一部では存在するが、実績の土砂量が多い支川では計算による土砂量も多く、相対的には概ね再現はできていると判断した。
- ・この表層崩壊モデルにおける崩壊確率は、崩壊地の数が多い、少ないといった崩壊地の密度によって適用性が異なるため、崩壊地の密度が類似する支川ごとに近似式を設定することが重要と考えられる。

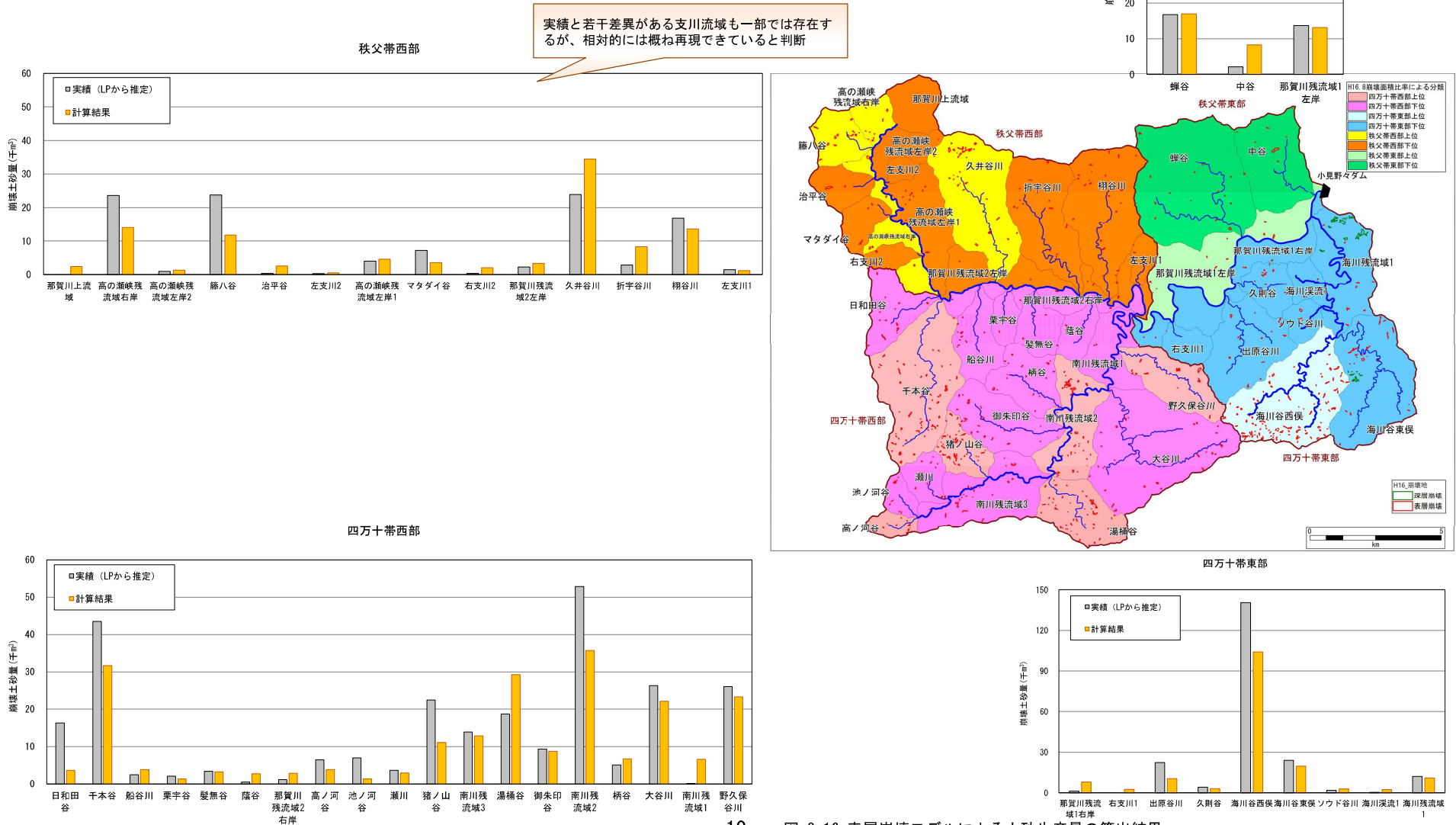


図 3.16 表層崩壊モデルによる土砂生産量の算出結果

4. 表土侵食モデルの精度向上

(1) 現地調査による地被状況別の土砂流出の容易性確認

課題【No. 12】 / 表土侵食モデルの精度向上

- ・ H16災害後のような土砂が生産されやすい期間とそうでない期間では、土砂流出の容易性が異なることから、表土侵食モデルの精度向上を図る。
- ・ 特に規模の大きい崩壊地には多量の土砂が堆積している可能性があることから、地被状況別に土砂の流出状況を分析する。

- ・ 下図は、過年度検討（令和6年度）で算出された斜面崩壊の土砂量および平常年の土砂量を簡便的に検証するため、実績ダム堆砂量と比較した結果である。

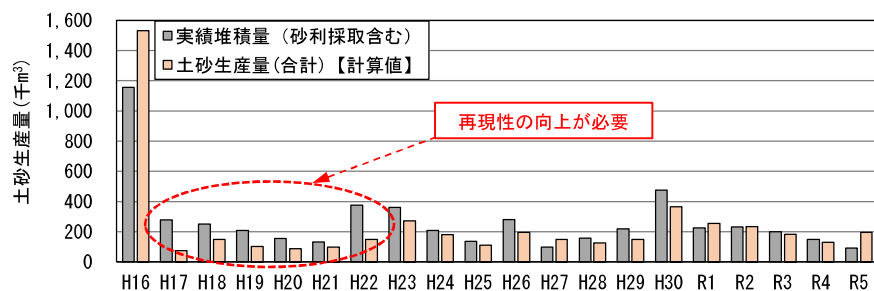


図 4.1 土砂生産モデル（斜面崩壊＋平常年土砂量）と実績値の比較



【再現性の課題】

1) 山地域からダムまでの土砂移動を考慮

- ・ 令和6年度検討では、土砂移動予測モデルによる経年的な土砂移動を未実施
→土砂移動予測モデルを構築し各年の再現性を確認
(7. 河道領域の土砂生産・土砂移動の結果を参照)

2) 表土侵食モデルの精度向上

対応方針(1)：現地調査による地被状況別の土砂流出の容易性確認

対応方針(2)：表土侵食の近似式を細分化

(1)～(2)の2つの観点から表土侵食モデルの精度向上を図る。

基礎資料の確からしさを確認

1) 現地調査箇所

対応方針(1)：現地調査による地被状況別の土砂流出の容易性確認

表土流出が想定される箇所※を地被状況別に分類して土砂流出の容易性をUAVにより現地確認する。

※深層崩壊跡地、表層崩壊跡地、人為的な伐採地、その他荒地など

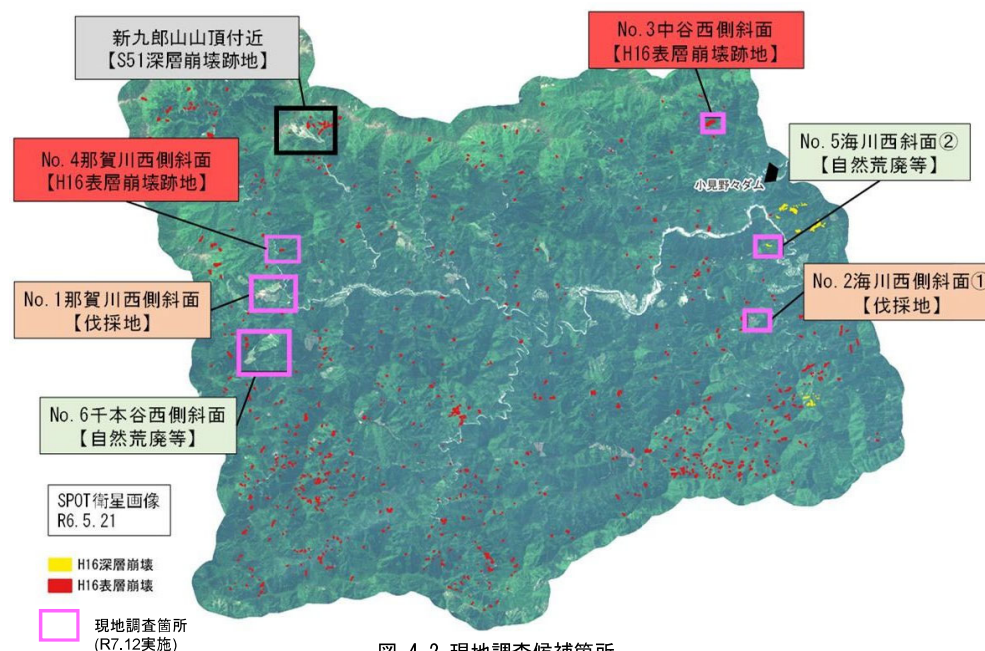


図 4.2 現地調査候補箇所

表 4.1 現地調査 候補箇所「表土流出想定箇所の分類」

No.	調査候補地	分類	アクセス	選定理由
1	那賀川西側斜面	伐採地	対象箇所までアクセス可能	・ 近年の比較的大きな伐採地 ・ 各年の衛星写真を比較し、表土流出想定箇所の分布が発生・拡大が見られた箇所 ・ 切株や管理用通路を確認し、伐採地として選定
2	海川西側斜面①	伐採地	対象箇所までアクセス可能	
3	中谷西側斜面	表層崩壊地	対象箇所の付近までアクセス可能 (道路から森林を越えて対象箇所：約120m先)	・ H16.8.1洪水で発生した表層崩壊跡地 ・ 現在も崩壊跡地が確認できる箇所
4	那賀川西側斜面	表層崩壊地	対象箇所までアクセス可能	
-	新九郎山山頂付近	深層崩壊地	対象箇所までアクセス可能	・ S51.9.11洪水で発生した深層崩壊跡地 ・ 対策あり
5	海川西側斜面②	自然荒地等	対象箇所までアクセス可能	・ ラスター画像等で浸食が顕著に見られた表土流出想定箇所
6	千本谷西側斜面	自然荒地等	対象箇所の対岸までアクセス可能 (道路から河川を越えて対象箇所：約80m先)	

落石で対象箇所までアクセス不可

4. 表土侵食モデルの精度向上

(1) 現地調査による地被状況別の土砂流出の容易性確認

No.6 千本谷西側斜面 【自然荒廃等】

- ・千本谷西側斜面【自然荒廃等】では、山頂付近から山麓付近まで谷筋やガリ侵食が見られ、その箇所から表土が流出している。非樹林帯のうち、下層植生で被覆された範囲では、顕著な表土侵食やガリの形成は確認されなかった。
- ・したがって、非樹林帯のうち、実際に表土の流出が想定されるのは、谷筋やガリ侵食等の限定された範囲である。その範囲は非樹林帯の一部に限られると考えられる。

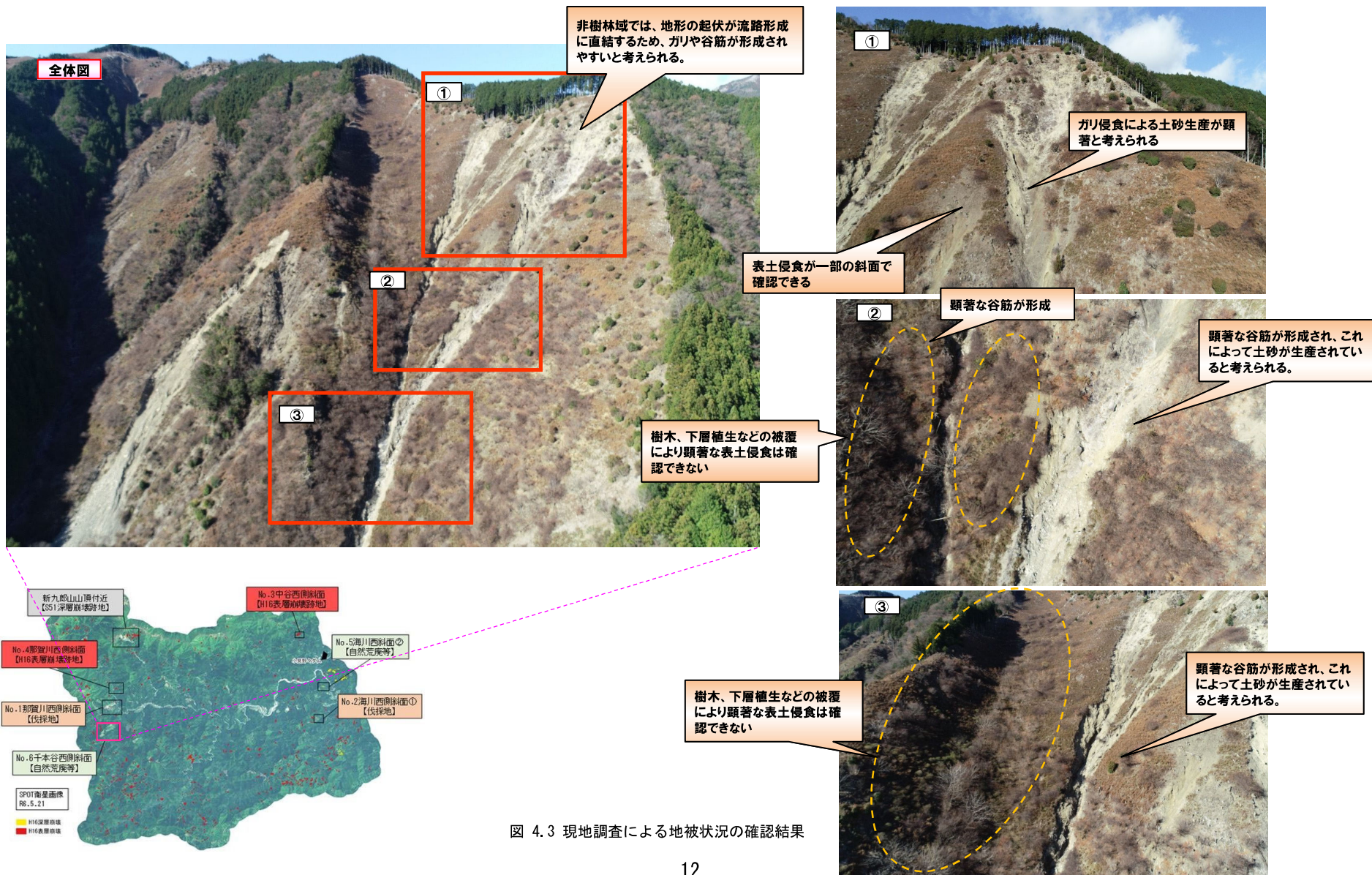


図 4.3 現地調査による地被状況の確認結果

4. 表土侵食モデルの精度向上 (2) 表土流出の領域設定

- ・非樹林帯のうち、実際に表土の流出が想定される範囲を、平常年（非崩壊発生年）における土砂生産源域として設定した。
- ・表土の流出が想定される範囲とは、下図の水色で示した箇所であり、谷筋やガリ侵食等により表土が流出すると考えられる場所である。
- ・なお、この範囲は、非樹林帯全体の一部に限られる。

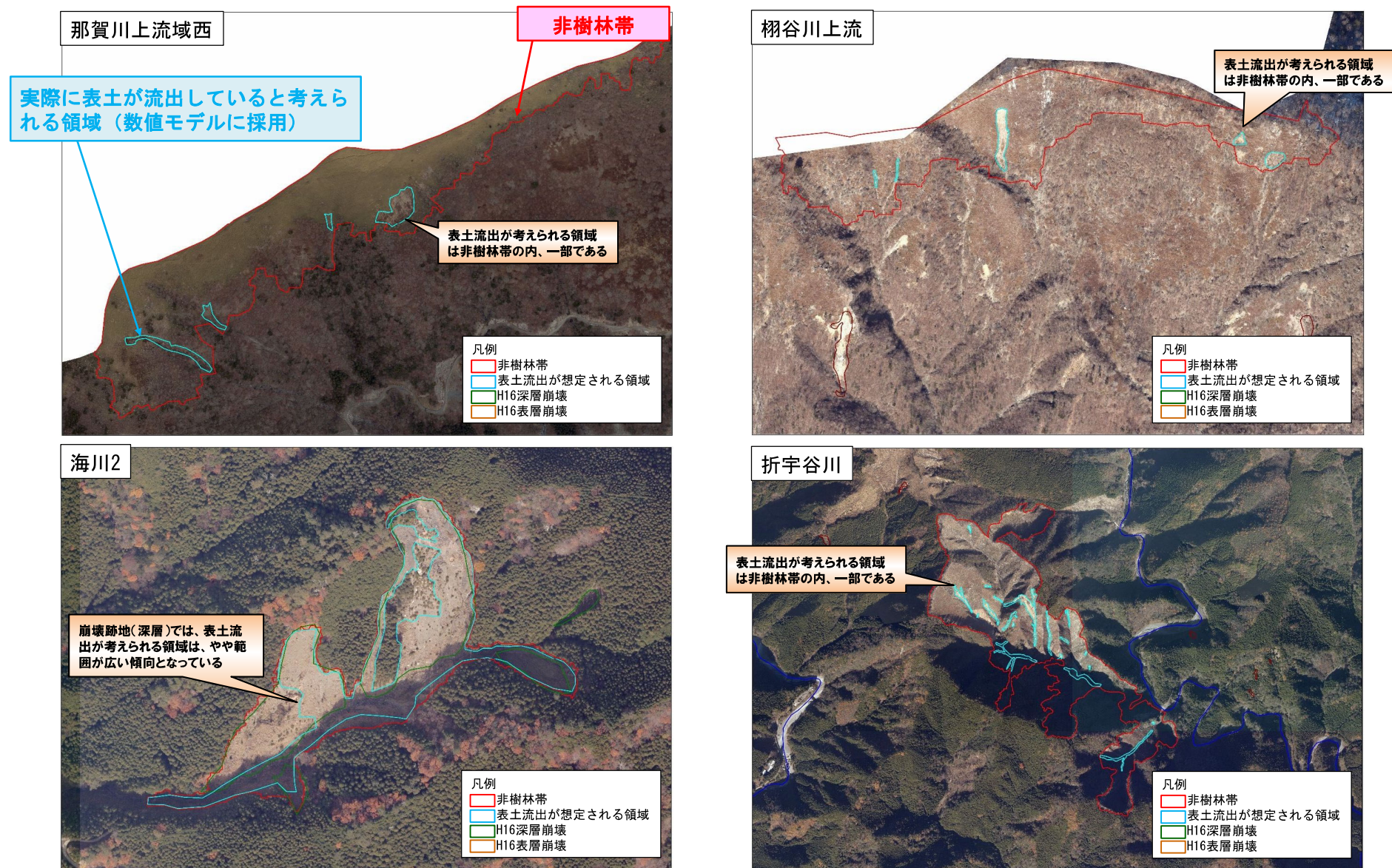


図 4.4 表土流出の領域設定

4. 表土侵食モデルの精度向上 (3) 近似式の細分化

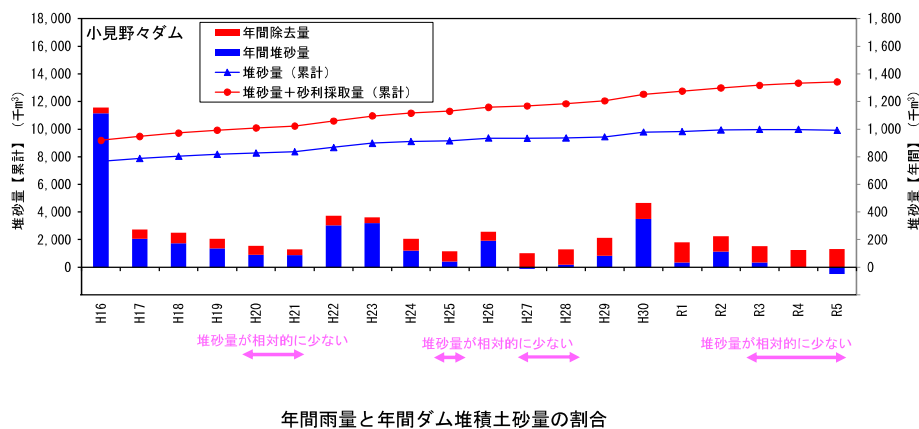
対応方針(2) : 表土侵食の近似式を細分化

土砂生産モデルに反映

・表土侵食によって土砂が流出しやすい期間（H16洪水の数年後など）と、そうでない期間の近似式を分けて設定することで土砂生産量の精度向上を図る。

1) 土砂生産の活発期・安定期の区分

- ・各ダム堆砂量の変化傾向を踏まえ、活発期と安定期を区分する。
- ・年間雨量と年ダム堆砂量の割合を基本に、H17～H22が活発期、H23～R5を安定期と判断した。



(年間ダム堆積土砂量/年間雨量)

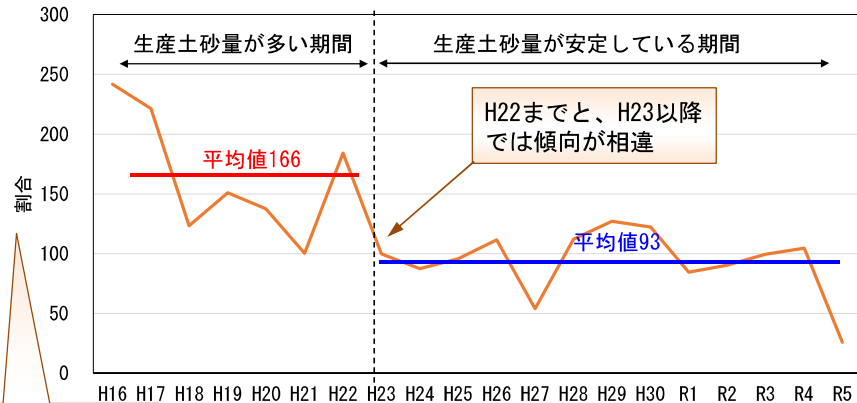


図 4.5 ダム堆砂量経年変化（小見野々ダム）

【割合】

$$= \frac{\text{年ダム堆積土砂量}}{\text{年雨量}}$$

2) 近似式の細分化

- ・過年度検討の土砂量は、全期間を一つの近似式で算出していた。
- ・本検討では、平成16年8月洪水後の土砂生産が活発な時期（△H17～H22）と、近年の安定期（●H23～R5）に近似式を細分化する。

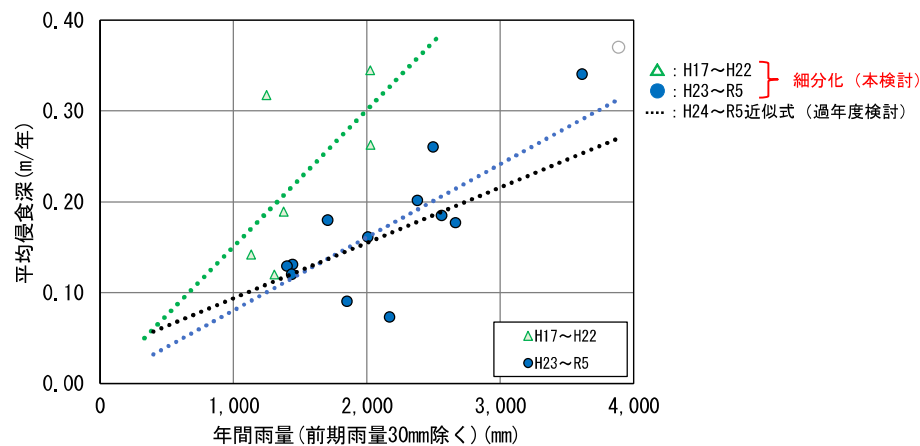


図 4.6 総雨量(前雨30mm除外)と平均侵食深

3) 土砂生産量の概略的な確認

- ・下図に示す通り、近似式の細分化によってH17～H22年の再現精度の向上が確認できた。

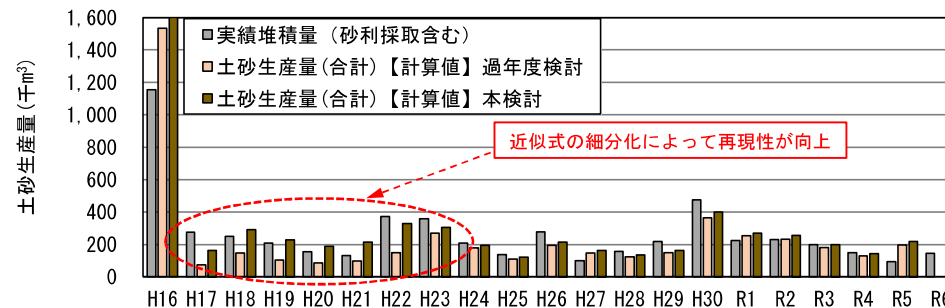


図 4.7 近似式細分化後の土砂生産量の検証結果

5. 河道領域の土砂生産・土砂移動

(1) 土砂移動予測モデル検討の与条件

1) 解析モデルの位置付け

- 本検討では、各支川流域からの土砂生産量が実績のダム堆砂量を再現可能なレベルで把握できることが重要と考えている。
- 流域内の土砂移動現象は、例えば多量の土砂生産があったとしても、流量が少なればダムへ到達する土量が少ない、あるいは遅れて到達することが予想される。
- そこで、山地域から生産された土砂が、溪床からの土砂生産も踏まえつつダム貯水池まで移動する現象が表現可能な土砂移動予測モデルを構築した。

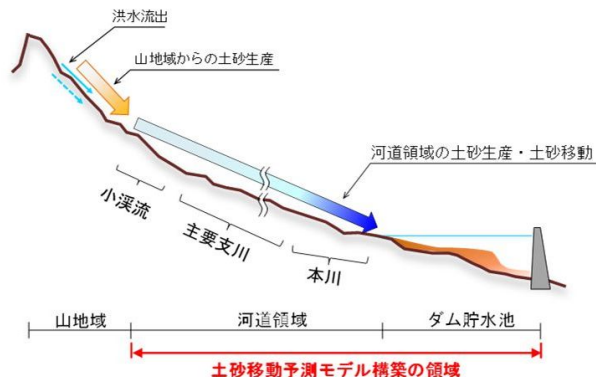


図 5.1 土砂移動予測モデル構築の領域 イメージ図

2) 与条件の設定

- 計算手法は一次元河床変動解析を採用し、以下の与条件を設定した。

表 5.1 土砂移動予測モデルの条件表

項目	設定条件
計算手法	一次元河床変動解析
流量式	土石流: 高橋の式(河床勾配が0.03より急な場合)
	掃流砂: 芦田・道上式
	浮遊砂およびウォッシュロード: 板倉・岸式
初期河床形状	河道域: 平成21年レーザ測量結果から断面形状を設定(ΔX=50~100m) ※横断方向に均等に5区分(貯水池は地形変化が少ないため3区分)
	小見野々ダム貯水池: 平成15年深淺測量(ΔX=約80~400m)
初期河床材料	既往の河道内河床材料調査結果(S52)
粗度係数	水理公式集(H11)の標準値を初期値とし、実績の河床高、ダム堆砂量の再現状況を踏まえて設定 南川下流n=0.040、南川上流n=0.050
出発水位(貯水ダム)	小見野々ダム: 貯水位ハイドログラフ(実績)
生産土砂粒度	平成30年度の山地斜面の粒度調査結果、ダム貯水池内の粒度調査結果、昭和52年河床材料調査結果などをもとに、ダム貯水池内の粒度が再現可能な粒度を設定
流量ハイドロ	河道測線に地点上流域の流量ハイドロ(解析結果)を設定

3) 土砂生産量の検証手順

- 前章までに算出した土砂生産量は、土砂移動予測モデルによって山地域からダム貯水池までの土砂の移動現象や溪床からの土砂生産を考慮して確定させる。

【検証手順】

- 1) 深層崩壊、表層崩壊、表土侵食による土砂量を土砂生産量の初期値として設定
- 2) この土砂生産量の初期値を土砂移動予測モデルの河道領域の上流端に与え、ダム堆砂量(計算値)を算出
- 3) 上記2)で算出したダム堆砂量(計算値)と実績のダム堆砂量(実績)を比較し、ダム堆砂量(実績)見合いで近似式を作成した表土侵食の土砂生産量には倍率を考慮して検証する。
- 4) ダム堆砂量が再現できた条件下の土砂生産量を山地域の土砂生産量として採用する。

前章までに示した表土侵食による土砂生産量に倍率を考慮して実績のダム堆砂量を再現

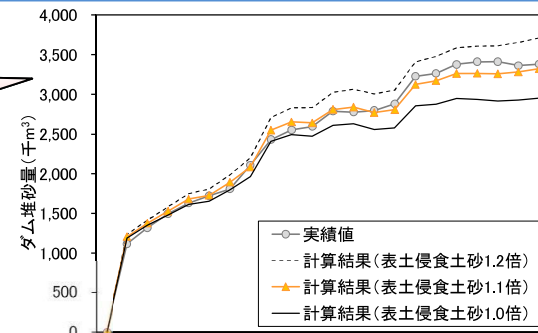


図 5.2 土砂生産量(初期値)への倍率設定

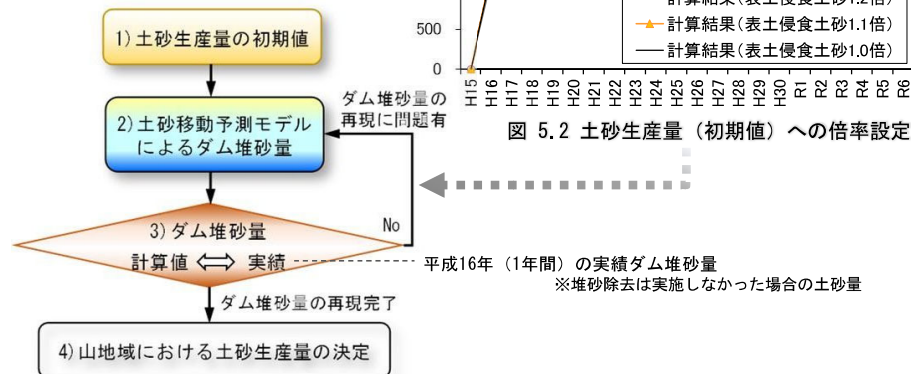


図 5.3 土砂生産量を確定させるまでの流れ

4) 土砂移動予測モデルの概要

- 前章で整理した山地域からの土砂生産量は、溪床に移動可能な土砂として以下のとおり設定した。(次頁の土砂移動予測モデルの概要図を参照)

- 1) 表層崩壊による土砂生産量: 地点上流の流域面積比
- 2) 平常年の土砂生産量(表土侵食): 地点上流の裸地面積比
- 3) 深層崩壊による土砂生産量: 崩壊発生箇所近傍の溪流に設定

5. 河道領域の土砂生産・土砂移動

(1) 土砂移動予測モデル検討の与条件

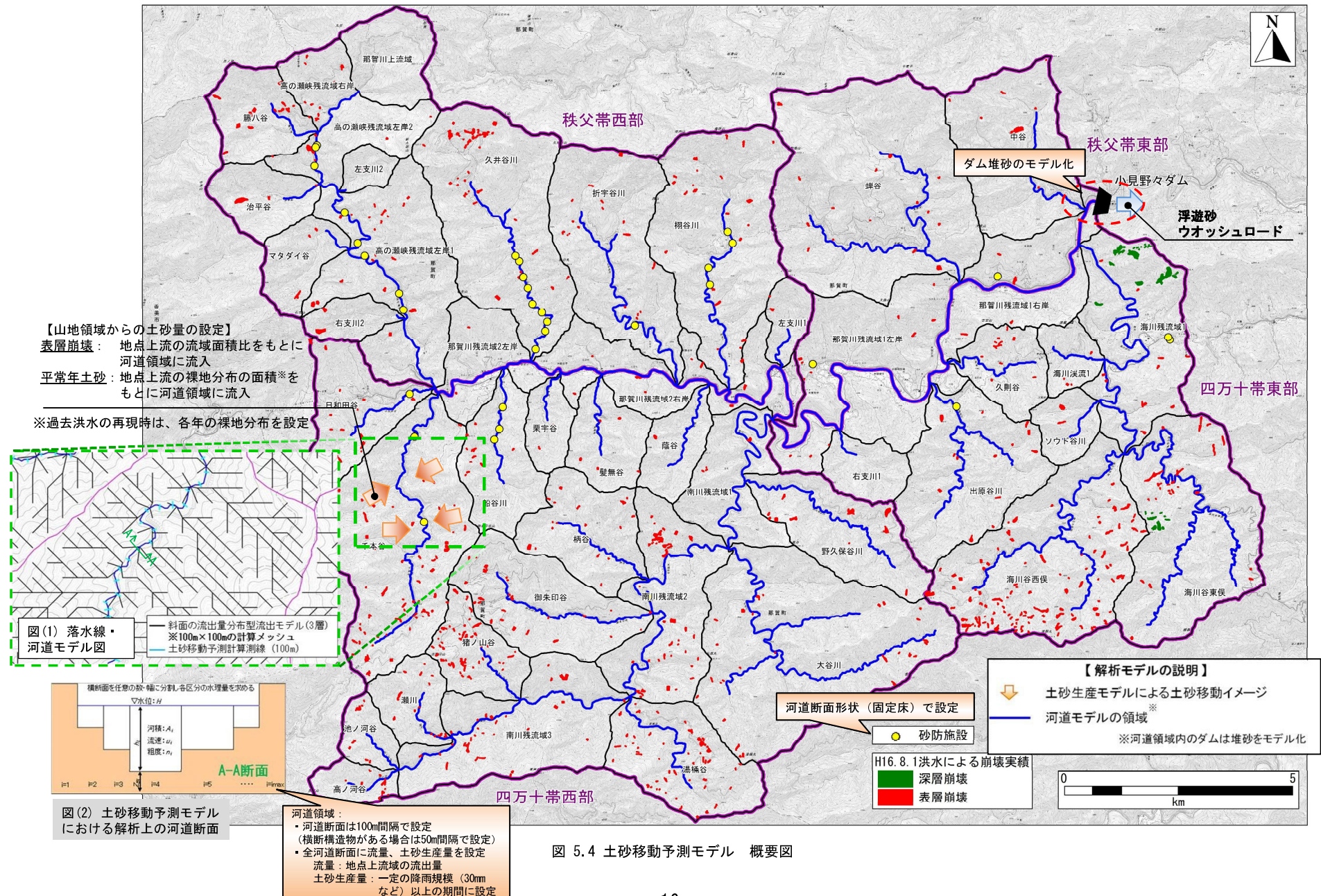


図 5.4 土砂移動予測モデル 概要図

5. 河道領域の土砂生産・土砂移動

(2) 土砂移動予測モデルの検証および各支川流域からの土砂流出量

1) ダム堆砂量・河床高による検証結果

- 小見野々ダムの堆砂量、河床高の再現結果より、大規模な斜面崩壊が発生した平成16年を含む令和6年までの21年間の堆砂量が概ね再現できていることが確認できた。

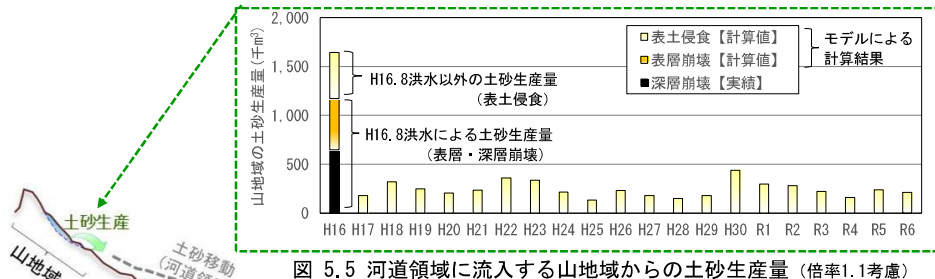
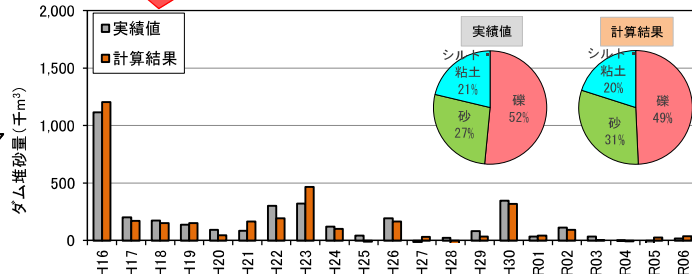
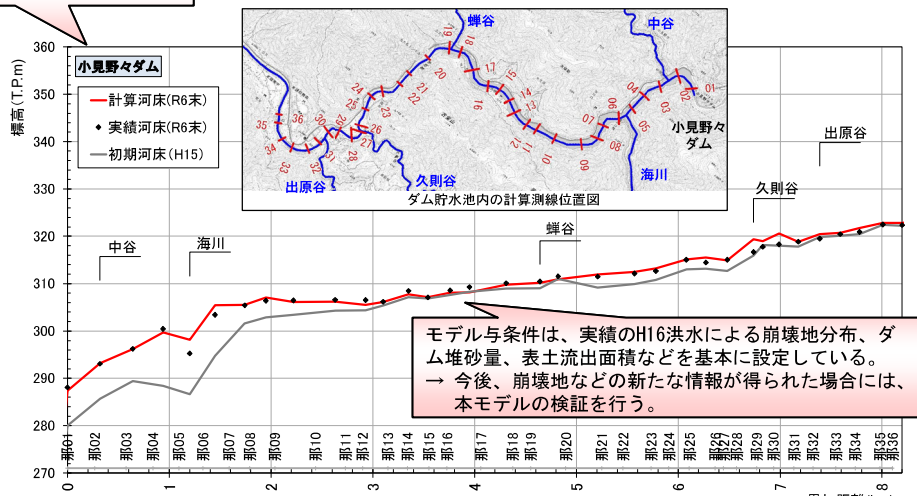


図 5.6 土砂移動予測モデルイメージ図
平成16年～令和6年(21年間)のダム堆砂量の計算結果を実績データと検証



土砂生産モデルによる計算結果(■)は、実績値(■)を概ね再現できている

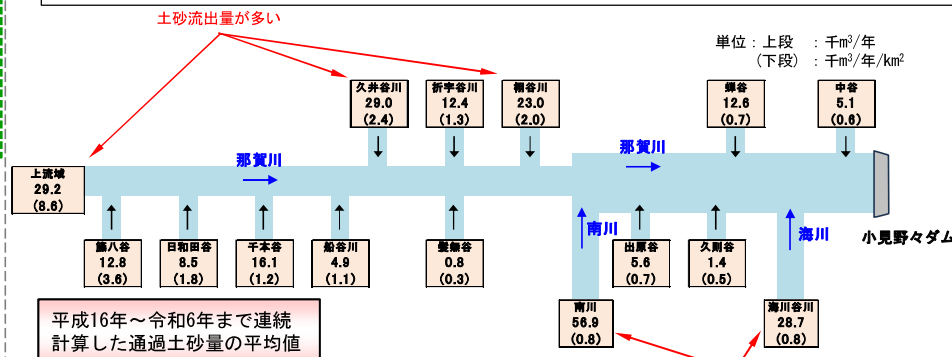
H15～R6(21年間)の河床高の検証結果



モデルと条件は、実績のH16洪水による崩壊地分布、ダム堆砂量、表土流出面積などを基本に設定している。
→ 今後、崩壊地などの新たな情報が得られた場合には、本モデルの検証を行う。

2) 各支川流域からの土砂流出量

- 各支川流域からの土砂量を把握するため、土砂移動予測モデルにおける各支川流域の下流端における年平均の通過土砂量(千 m^3 /年)を整理した。
- 各支川流域からの年平均通過土砂量を数値で示したものが図5.9であり、色表示でマップ化したものが図5.10である。
- これらの結果を整理したことにより、那賀川本川の上流域、久井谷川、棚谷川のほか、南川、海川谷川などでは、土砂流出量が多い結果となっていることが確認できた。



6. 総合土砂管理計画における対策検討の方針

(1) 土砂生産域における対策検討の流れ

- 土砂生産域では、砂防施設の整備、森林整備、治山施設整備が進められているものの、現状では土砂生産・流出量が多大であり、ダム貯水池の堆砂量は増加傾向となっている。
- これらの課題解決に向けては、関係する構成機関の協働によって取り組み予定となっており、下図に示すように計画的に進めることが考えられる。
- 今後の検討として、ステップ3の段階では、関係する構成機関が取組む対策の状況を把握し、現在構築している土砂生産モデルで定量評価可能な対策については効果量を把握する(対策を実施した場合、しなかった場合の将来の土砂量を予測)。
- ステップ4の段階では、土砂量が多い支川を把握するなど面的な土砂生産・土砂流出の特性を踏まえた上で、支川流域などの領域ごとに抑制量の目標値を設定する。
- ステップ5の段階では、目標を達成するための具体的な対策工を関係する構成機関との協議を踏まえて整理し、その内容を那賀川総合土砂管理計画に反映する方針とする。

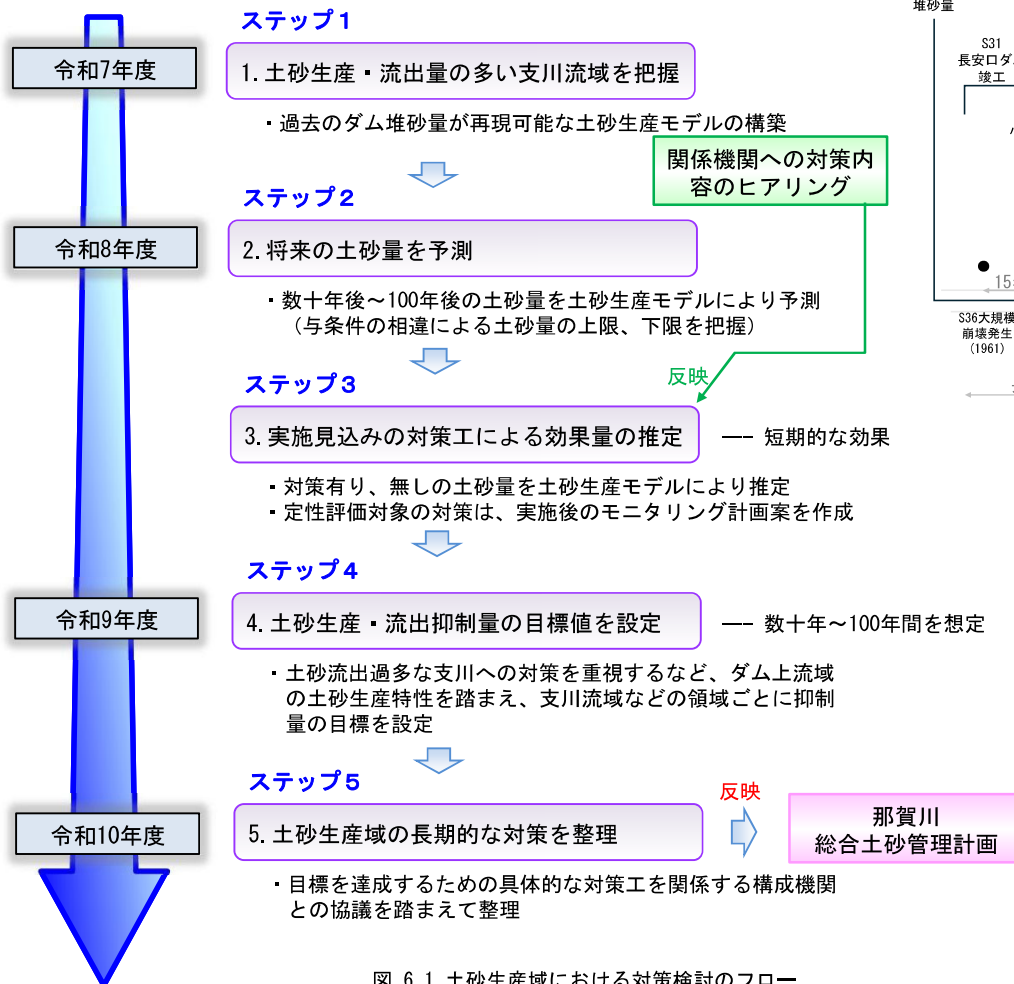


図 6.1 土砂生産域における対策検討のフロー

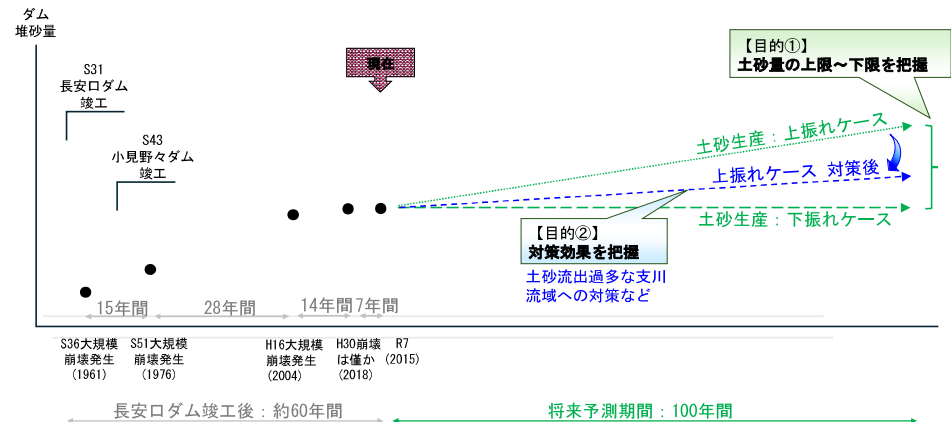


図 6.2 ダム堆砂量の将来予測イメージ

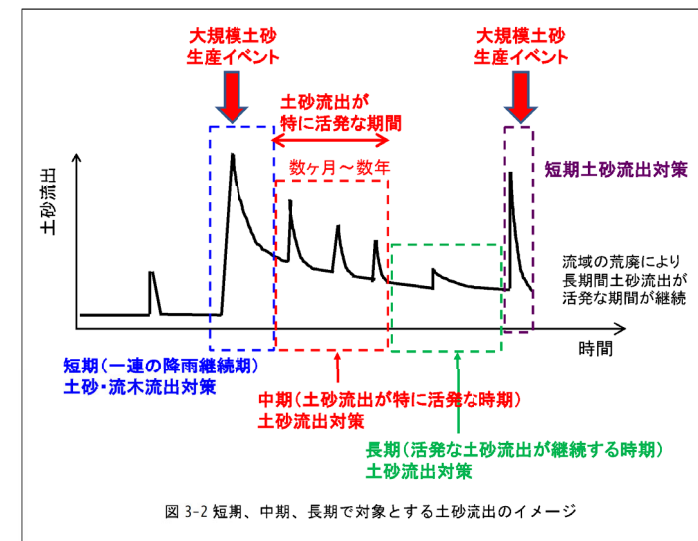


図 3-2 短期、中期、長期を対象とする土砂流出のイメージ

出典：河川砂防技術基準 計画編 第3章 砂防(土砂災害等対策)計画

6. 総合土砂管理計画における対策検討の方針

(2) 対策工の分類

- 第7回 技術検討会資料(R6.2.9)で示した考え得る対策方法も踏まえ、(1)土砂捕捉施設の整備、(2)崩壊裸地および崩壊残土の侵食抑制、(3)森林整備による土砂生産・流出抑制に大別することを基本に、対策工を整理する方針とする。

出典：第7回 技術検討会資料 (R6.2.9)

3章 土砂生産域に関する今後の目指すべき姿

3.2 土砂生産域における土砂管理対策として考え得る方法

- 土砂生産域において、土砂管理対策として考え得る対策方法について、以下の3つの分類に整理した。

土砂捕捉施設の整備：崩壊発生・流出土砂の捕捉、崩壊後の残留土砂の流出、崩壊裸地の侵食および伐採裸地の侵食による生産・流出土砂を捕捉し土砂流出を抑制する。
崩壊裸地および崩壊残土の侵食抑制：崩壊地において、山腹工等による侵食抑制を図るとともに、崩壊残留土砂の侵食抑制を図る。
森林整備による土砂生産・流出抑制：間伐による根系の発達促進等、崩壊発生の抑制に適した森林整備を図る。また、伐採裸地における植林により、伐採裸地における侵食抑制を図る。

発生源	崩壊生産土砂					崩壊裸地の侵食			伐採裸地の侵食			
	崩壊発生の抑制		崩壊発生・流出土砂の捕捉	崩壊後の残留土砂の流出抑制		崩壊斜面の侵食抑制		伐採裸地の侵食抑制				
対策方法	森林整備による崩壊発生抑制	山腹固定による崩壊発生抑制	砂防堰堤等による崩壊発生・流出土砂の捕捉	崩壊残留土砂の植栽による流出抑制	崩壊残留土砂の固定化による流出抑制	崩壊残留土砂の掘削除去	崩壊斜面の植栽による侵食抑制	崩壊斜面の固定化による侵食抑制	侵食流出土砂（崩壊斜面）の捕捉施設の整備	伐採裸地の植栽による侵食抑制	伐採裸地の固定化による侵食抑制	侵食流出土砂（伐採裸地）の捕捉施設の整備
概要	<ul style="list-style-type: none"> 森林の根系の働きによる表層崩壊の抑制など、崩壊発生の抑制に適した森林に整備 	<ul style="list-style-type: none"> 砂防堰堤・治山堰堤による浜岸固定 山腹工、崩壊対策、斜面地すべり対策による崩壊拡大防止 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂捕捉施設（砂防堰堤等）の整備 	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊発生後の速やかな植林等による土砂流出を抑制 	<ul style="list-style-type: none"> 砂防堰堤、のり枠工等の構造物による崩壊残土の固定化 	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊残土を掘削除去する 	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊斜面において植林を行うことにより侵食抑制を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> 山腹工、崩壊対策、斜面地すべり対策による侵食抑制 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂捕捉施設（砂防堰堤等）の整備 	<ul style="list-style-type: none"> 伐採裸地における再植林 	<ul style="list-style-type: none"> 山腹工による侵食抑制 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂捕捉施設（砂防堰堤等）の整備
生産土砂に占める割合	約89%					約9%			約2%			
検討課題等	<ul style="list-style-type: none"> 森林整備による崩壊発生抑制効果を定量的な評価が困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな崩壊発生箇所を推定して適用するのは難しく、侵食抑制と併せて崩壊の拡大を抑制する目的で適用する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂生産域からの流出土砂抑制を図る上では、多数の施設や規模の大きい施設の設置が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 樹木が生育して効果が発揮されるまで10～20年程度の期間がかかる。 	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な対象地の状況から適用可能性を検討する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> アクセス道路が無くダンプ運搬が困難な箇所が存在することが多い 	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊斜面は急勾配であるため山腹工と併せて実施する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 山腹固定による崩壊発生抑制（崩壊地拡大の抑制）と兼用となる 	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊発生・流出土砂の捕捉に挙げた捕捉施設と兼用となる 	<ul style="list-style-type: none"> 樹木が生育して侵食抑制効果が発揮されるまで10～20年程度の期間がかかる 	<ul style="list-style-type: none"> 再植林を基本とし、侵食が著しい箇所等の対象地の状況から適用を検討する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 崩壊発生・流出土砂の捕捉に挙げた捕捉施設と兼用となる
対策面の分類	<p style="color: red;">土砂捕捉施設の整備</p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊発生・流出土砂の捕捉、崩壊後の残留土砂の流出、崩壊裸地の侵食および伐採裸地の侵食による生産土砂を捕捉し流出を抑制する。 					<p style="color: blue;">崩壊裸地および崩壊残土の侵食抑制</p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊地において、山腹工等による侵食抑制を図るとともに、崩壊残留土砂の侵食抑制を図る。 			<p style="color: green;">森林整備による土砂生産・流出抑制</p> <ul style="list-style-type: none"> 間伐による根系の発達促進等、崩壊発生の抑制に適した森林整備を図る。 伐採裸地における植林により、伐採裸地における侵食抑制を図る 			

6. 総合土砂管理計画における対策検討の方針

(2) 対策工の分類

- 以下の内容は、前頁で示した対策工における整備の目的や工種の詳細内容を示したものである。

出典：第7回 技術検討会資料 (R6. 2. 9)

3章 土砂生産域に関する今後の目指すべき姿

3.2 土砂生産域における土砂管理対策として考え得る方法

■ 土砂捕捉施設の整備の例

砂防堰堤

- 砂防堰堤は、土石流を直接捕捉して下流における土石流被害を防止することや、出水に伴い流出する土砂を捕捉して下流河道の河床上昇を抑制し、土砂と洪水の氾濫を防ぐことを目的として設置される施設である。
- 砂防堰堤には、水通し部に開口部を持たない不透過型砂防堰堤と、水通し部に大きな開口部を持つ透過型砂防堰堤がある。

■ 不透過型砂防堰堤



見栄堂(たまんきら谷)砂防堰堤 (H24完成)

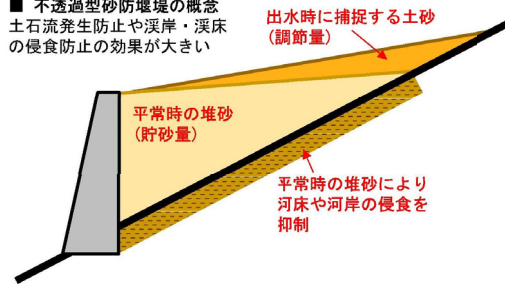
■ 透過型砂防堰堤



東谷川砂防堰堤 (H24完成)

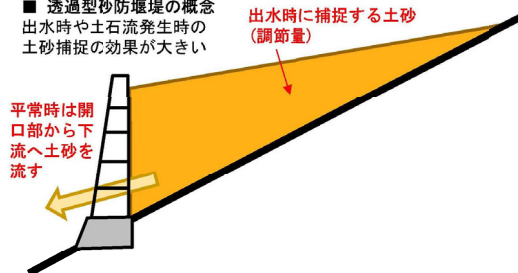
■ 不透過型砂防堰堤の概念

土石流発生防止や渓岸・渓床の侵食防止の効果が大きい



■ 透過型砂防堰堤の概念

出水時や土石流発生時の土砂捕捉の効果が大きい



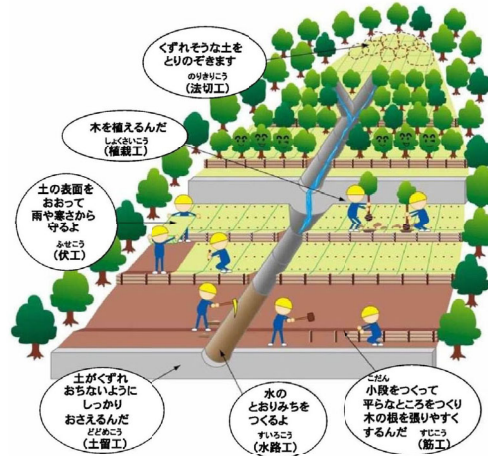
■ 崩壊裸地および崩壊残土の侵食抑制

山腹工

- 山腹工は、崩壊斜面の侵食や拡大崩壊を防ぐとともに、植生の回復による森林への復旧を促進し、崩壊発生の予防や防災機能の高い森林を形成することが目的として整備される。
- 斜面の安定を図り、植生の導入を行うための環境を整備する山腹基礎工、斜面上の落石を固定化したり柵を設けて防止する落石防止工、斜面を緑化する山腹緑化工を組み合わせる施工される。

■ 山腹工の概念

くずれた山を直接であてして森林にもどします。



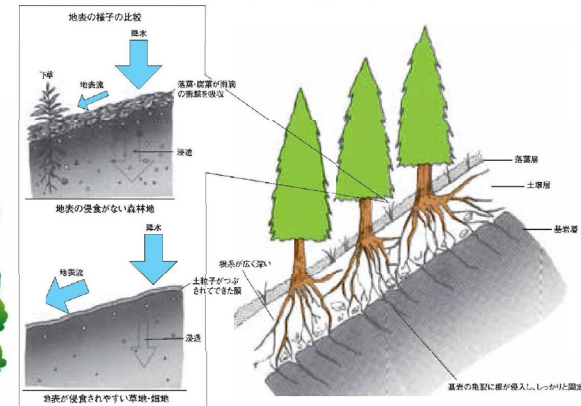
出典：林野庁 中部森林管理局HP
<https://www.rinya.maff.go.jp/chubu/inadani/kousyukouho.html>

■ 森林整備による土砂生産・流出抑制の例

森林の山地災害防止機能／土壌保全機能の概念

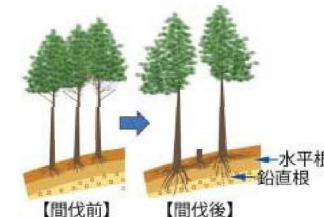
- 森林には、雨水等による土壌の侵食・流出を防ぐとともに、樹木の根が山腹の土砂や岩石等を固定することにより崩壊発生や土砂の流出を防ぐ機能がある。
- 間伐の実施により森林を適切な密度にして根系を発達させることにより、崩壊発生を抑制する機能が向上する。

■ 森林の山地災害防止機能／土壌保全機能の概念



出典：平成25年度 森林・林業白書(平成26年5月30日公表) 林野庁

■ 間伐と根系の発達の様式図



【間伐と根系の発達の様式図】

間伐等の森林整備により水平根と鉛直根が成長し森林根系ネットワークが発達します

出典：災害に強い森林づくり指針 H20.1 長野県林務部

6. 総合土砂管理計画における対策検討の方針

(2) 対策工の分類

- 以下の内容は、前頁で示した対策工の分類のそれぞれについて、土砂管理方策への取り組み方針を示したものである。

3章 土砂生産域に関する今後の目指すべき姿

出典：第7回 技術検討会資料 (R6.2.9)

3.3 土砂生産域における土砂管理方策への取り組み方針

- 土砂生産域では、砂防施設の整備、森林整備、治山施設整備が進められているものの、現状では土砂生産・流出量が多大であり、小見野々ダムでは四国電力、長安口ダムでは国土交通省那賀川河川事務所が堆砂除去量を増強してダム機能の維持を図っているが、堆砂は増加傾向となっている。また、堆砂除去土砂の一部は下流河道への土砂還元や、骨材・盛土材等への利用を図っているものの、一部は山地や谷を埋めて処理している。
- 那賀川流砂系・漂砂系全体の課題解決に向けて、土砂生産域に関係する構成機関は協働し、土砂生産域からの土砂生産・流出への対策に取り組むものとする。
- 土砂生産域からの生産・流出土砂量への対策、有効活用等の課題解決に向けた取り組みについては、流砂系・漂砂系として全関係機関が連携し取り組むものとする。

■土砂生産域における土砂管理対策への取り組み方針

項目	内容	取り組み方針	関係する構成機関
土砂捕捉施設の整備	・ 崩壊発生等による生産・流出土砂を捕捉し土砂流出を抑制する。	・ 砂防施設整備等により、土砂災害から人命、財産及び公共施設等を保全するとともに、土砂生産・流出の抑制を図る。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国土交通省 那賀川河川事務所 ・ 林野庁 徳島森林管理署 ・ 徳島県 森林整備課 ・ 徳島県 砂防・気候防災課 ・ 那賀町 ・ 四国電力
崩壊裸地および崩壊残土の侵食抑制	・ 山腹工等により崩壊裸地および崩壊残留土砂の侵食・流出抑制を図る。	・ 治山施設整備等により、森林の有する多面的な機能の発揮を高めつつ、土砂生産・流出の抑制を図る。	
森林整備による土砂生産・流出抑制	・ 崩壊発生抑制および侵食抑制に適した森林の育成を図る。	・ 森林整備を実施するとともに、森林所有者等による森林整備を推進し、森林の有する多面的な機能の発揮により、土砂生産・流出の抑制を図る。	
ダムにおける堆砂除去	・ ダム貯水池に堆積した土砂を除去することにより貯水池機能を維持する。	・ 貯水池堆砂を掘削除去し、土砂還元による下流河道への土砂供給や骨材・盛土材利用等の有効活用を図る。	

■土砂生産域における土砂管理対策に向けた関係機関の連携事項

項目	内容
土砂管理対策	・ 土砂生産域からの生産・流出土砂の対応として、那賀川流砂系・漂砂系の各領域において、長期的な影響や下流への影響を考慮の上で、土砂の安全な流下や効率的な排除等の対策の確立・推進を図る。
土砂の有効活用	・ 対策によって生じる土砂については、下流への土砂移動の連続性確保や環境改善等に利用するとともに、骨材、盛土材等への有効活用を視野に入れる。
モニタリング	・ 流砂系・漂砂系全体での対策の効率化に向けて、土砂生産域からの生産・流出土砂が移動する過程について全領域でモニタリングによる把握に努める。
大規模な災害等への対応	・ 大規模な土砂生産・流出、洪水等が発生した場合は、流砂系・漂砂系全体が協力して状況を把握し、必要に応じて対策の内容・方法等を見直す。

参 考 资 料

2. 第8回技術検討会(R7. 3. 11)の意見および対応方針
(1) 意見および対応方針

表 2.1 第8回技術検討会の意見および対応表(要約版)

No.	発言者	意見	回答	対応方針	本資料の記載頁
10	鈴木委員	<ul style="list-style-type: none"> 河川砂防技術基準では、降雨指標と崩壊面積率の関係に基づき崩壊土砂量を推定する方法が用いられている。 この方法で得られる土砂生産量を把握し、その結果と本検討(土砂生産モデル)で得られた成果がどの程度異なるか教えてほしい。 	<ul style="list-style-type: none"> 降雨指標と崩壊面積率の関係の検討については、本検討では実施していない。 	<ul style="list-style-type: none"> 河川砂防技術基準の方法を踏まえて土砂生産量を算出し、本検討の結果と比較することで他手法との結果の差異を確認する。 	P. 8~P. 9
12	鈴木委員	<ul style="list-style-type: none"> H16災害後のような土砂が生産されやすい期間とそうでない期間について、表面侵食モデルに反映できないか。 また、H16の崩壊地には、深層崩壊、表層崩壊が混在しており、特に規模の大きい崩壊地には多量の土砂が堆積している可能性があることから、これらの違いを見比べるなどできないか。 	<ul style="list-style-type: none"> 現段階のモデルでは、大規模崩壊後の影響で崩れ易くなっている箇所等を反映出来ていない。 この点についても検討出来ればと思うが、どのように改良すべきか即答できる状態ではない。 	<ul style="list-style-type: none"> 地表面の侵食によって土砂が流出しやすい期間(H16洪水の数年後など)と、そうでない期間の近似式を分けて設定する。 現地調査により、地被状況別の土砂流出の容易性を確認する。 	P. 17~P. 23
13	佐藤委員	<ul style="list-style-type: none"> H30~R1に表土流出候補箇所の面積が増加した箇所や増加した理由、R1~R2に表土流出候補箇所の面積が増加していない理由が分かるか? 	<ul style="list-style-type: none"> 解析の精度を上げている段階であり、これまで衛星画像を用いて検討していたが、表土流出候補箇所については林道などが含まれている可能性があるため、直近のレーザー計測やオルソ画像を組み合わせて絞り込みを行っている。 現段階では原因を特定して回答できる状況ではない。 	<ul style="list-style-type: none"> 衛星画像を活用して規模の大きい崩壊跡地の変化に着目するほか、伐採など人為的影響の情報を集約して変化傾向が説明可能な理由を整理する。 	P. 24~P. 26
15	長田委員	<ul style="list-style-type: none"> 斜面安全率が大きい(1.8等)計算メッシュに崩壊地が含まれる理由を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 100m×100mのメッシュで検討しているが、表層崩壊地の面積と比較して大きいメッシュを用いていることが要因として考えられる。 メッシュを細かくすることによる精度向上について検討中である。 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂生産モデルの計算メッシュを細分化(20m)する。 	P. 10、P13
16	武藤委員	<ul style="list-style-type: none"> 土砂生産モデルについては、様々な課題(安全率と崩壊発生確率で評価することがよいのか、平均崩壊深の評価方法等)があり今後も検討する。 海岸域も含めてモニタリングや実施できる方策の検討、方策を取り入れた時にどのような変化があるか将来予測の検討をする。 	—	<ul style="list-style-type: none"> 土砂生産モデルは、土壌定数(粘着力c、内部摩擦角φ)の客観的な手法を検討する。 本格的な土砂生産域のモニタリングは、今後の課題と考えられる。 	P. 11~P. 16

No. 10~No. 16それぞれの対応方針は、次頁以降に示す。

2. 第8回技術検討会(R7.3.11)の意見および対応方針 (1) 意見および対応方針

参考資料: 第8回技術検討会の意見および対応表

表 2.2

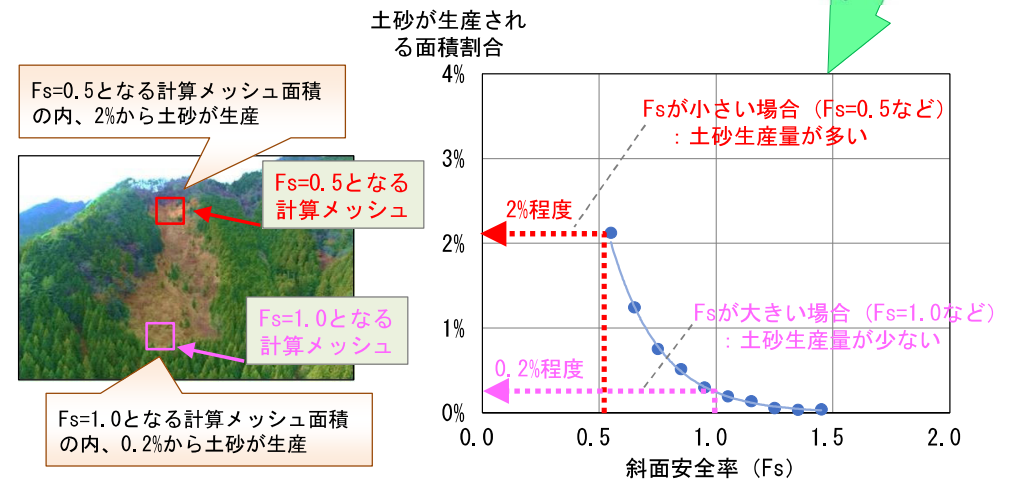
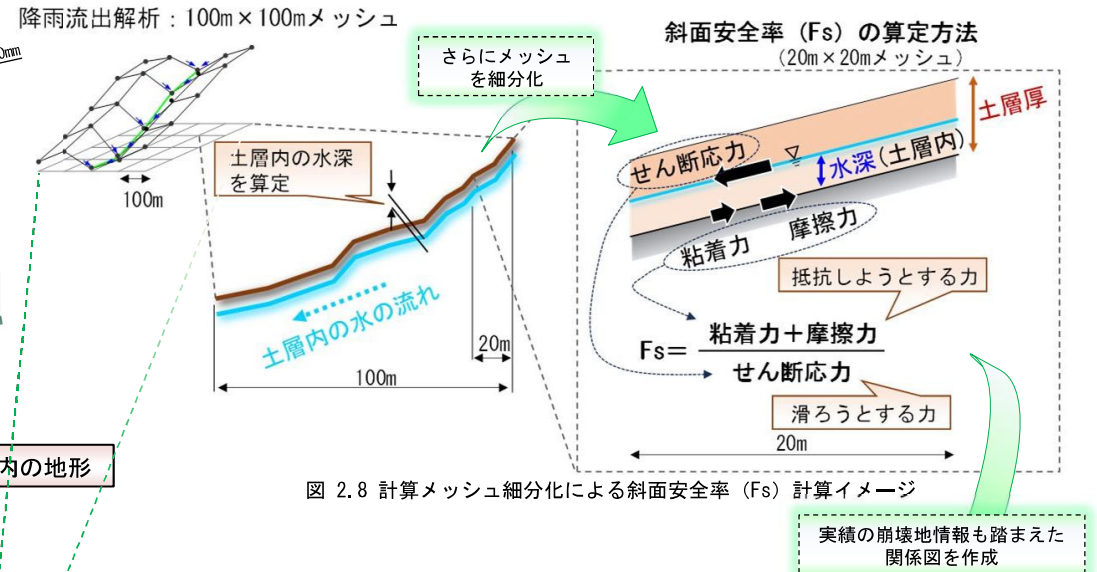
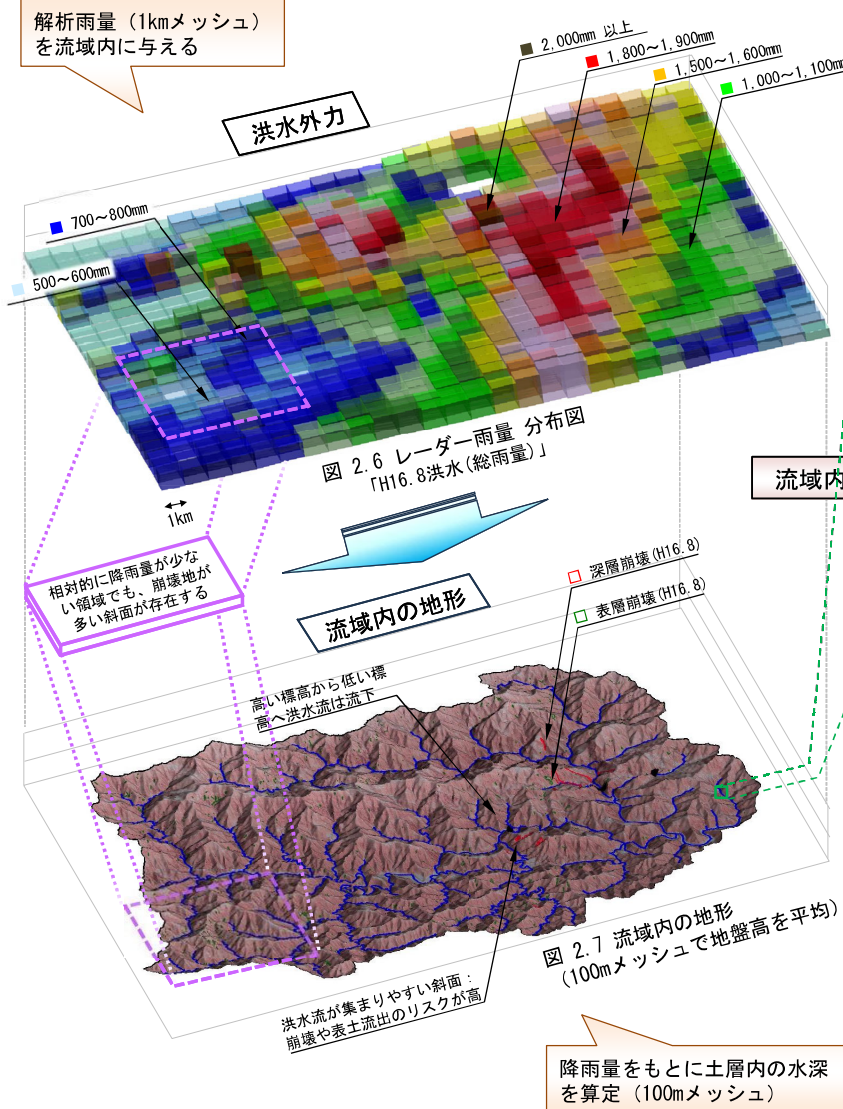
第8回 那賀川総合土砂管理技術検討会 意見集約表 令和7年3月11日(火) 10:00~12:00

No.	委員	指摘箇所	意見	技術検討会における回答	対応・回答(案)
9	鈴木委員	資料4 ダム上流域における土砂生産モデルの検討概要	P3 深層崩壊については実績値を加算するというところであるが、将来を予測する上でどのように取り扱うのか? 降雨規模と深層崩壊の起こり得る規模について確たる知見が無いので、将来に持ち越すということでは了解した。	深層崩壊・大規模崩壊について、新たに参考に出来る手法等があれば取り入れるが、現段階では知見が十分に無いので実績を用いることで進めるしかないと考えている。新たな知見があれば見直すことも考える。	対応無し (今後の課題)
10	鈴木委員	"	P2 P2に示されている通り、降雨指標と崩壊面積率の関係から崩壊土砂量を推定することが多い。今回の検討ではモデルを組み込んで安全率と崩壊地面積率の関係から推定しているが、降雨指標と崩壊面積率の関係を整理した上で検討を進めているのであれば、結果がどの程度異なるか教えてほしい。 降雨指標と崩壊地面積率の関係については分析・整理してみても、どのような手法が良いかという検証をすると良い。	降雨指標と崩壊面積率の関係の検討については、本検討では実施していない。	指摘のあった河川砂防技術基準の方法を踏まえて土砂生産量を算出し、本検討の結果と比較検証する。
11	鈴木委員	"	P9 崩壊地面積率については小流域毎に分かるのに対して、安全率については個々のメッシュ毎に算出されると思うが、各時点の安全率をどのように入れているか? P9の図3.5において、青いプロットと赤いプロットの横方向の比率が崩壊発生確率になるということでは理解した。	P9に示しているように、メッシュ毎に算出された安全率のランク毎に実績の崩壊地面積を集計して崩壊発生確率を算出している。	対応無し (回答済)
12	鈴木委員	"	P14 モデルを構築した後にH16以降の再現において、表面侵食のモデルについてはH24以降の裸地面積とダム堆砂を比較して検証しているが、H16~H23は外挿的に評価されている。 一般的に大きなイベントの直後は活発な土砂流出期となり、H16~H23の期間はこれに該当するため、表面侵食のモデルを当てはめるとH18、H21、H23の土砂生産量に差異がある。 表面侵食のモデルの採用が場合によっては厳しいと思うがどのように考えているか? H16の崩壊裸地について、深層崩壊に起因するものと表層崩壊に起因するものがあり、規模の大きい崩壊に多くの土砂が溜まっているのではないかと考えられる。同じ崩壊面積でも土砂流出が多い崩壊地と少ない崩壊地があり、深層崩壊に起因するものと表層崩壊に起因するものを見比べるなど分析の余地が無いかと思う。 H16以降の活発な土砂流出期間については、国総研でも手法を考えていく必要があり、今後コミュニケーションをとりながら進めていければと思う。	現段階のモデルでは、大規模崩壊後の影響で崩れ易くなっている箇所等を反映出来ていない。この点についても検討出来ればと思うが、どのように改良すべきか即答できる状態ではない。	地表面の侵食によって土砂が流出しやすい期間(H16洪水の数年後など)と、そうでない期間の近似式を分けて設定するなど、実態分析を踏まえて検討を行う。
13	佐藤委員	"	P14 図3.18の裸地面積の経年変化においてH30~R1に裸地面積が増えている。H30とR1に出水が発生しているが、H30~R1に裸地面積が増加した箇所や増加した理由、R1~R2に裸地面積が増加していない理由が分かるか? 特徴的に裸地面積が増加したエリアなどについて、今後の対策にも必要になると思うので分析を進めてほしい。	この点については、解析の精度を上げている段階であり、これまで衛星画像を用いて検討していたが、裸地については林道などが含まれている可能性があるため、直近のレーザ計測やオルソ画像を組み合わせたり絞り込みを行っているところである。現段階では原因を特定して回答できる状況ではない。	衛星画像を活用して規模の大きい裸地の変化に着目するほか、伐採など人為的影響の情報を集約して変化傾向が説明可能な理由を整理する。
14	柴田委員	"	P14 P17 図3.21とP17の図5.2でダム堆砂量の実績値が異なっているが、意味が違うものか?	確認する。	対応無し (検討会後、回答済)
15	長田委員	"	P9 P20 図3.5において安全率1.8で崩壊している場所があるが、要因として何が考えられるか?	100m×100mのメッシュで検討しているが、表層崩壊地の面積と比較して大きいメッシュを用いていることが要因として考えられる。 メッシュを細かくすることによる精度向上について検討中である。	対応無し 【今年度の検討方針】 低い安全率の継続時間を指標に追加し、崩壊の(トリガーに相当する)要因を分析する。
16	武藤委員	総括	モニタリングについては、ここ数年に大きな出水がなく変化が見にくいところであるが、どのような変化が起こるか見落とさずに把握できる体制を構築してほしい。 川口ダムの通過土砂量に関する検討について、平面二次元河床変動解析モデルを構築したことで、色々なことが判明しどの様な影響があるか把握出来た。但し、解析モデルが確固としたものであるかという点で、もう少し詳細に検討が必要との意見があった。 スルーシグの影響予測と評価については、今後、一次元解析で予測するということが、さらに踏み込んで環境面のモニタリングについて事前に何が必要か踏まえてモニタリング計画を十分に検討してほしい。 ダム上流域における土砂生産モデルについては、安全率と崩壊発生確率で評価することがよいのか等、平均崩壊深の評価方法等、様々な課題があり今後も検討頂くべきことが多くあり引き続き御検討いただきたい。また、現地のモニタリングについても、考えて頂くとう良いと思う。 土砂管理計画の策定が目標であり、そのための体制づくりについてもお話し頂いた。 海岸域も含めてモニタリングや実施できる方策の検討、方策を取り入れた時にどのような変化があるかという予測を進めてほしい。		指摘のとおり、土砂生産モデルは引き続き検討を実施する。 本格的な土砂生産域のモニタリングは、今後の課題と考えられる。 (調査方法の案などは検討可能) (将来予測は、次年度以降に実施予定)

2. 第8回技術検討会(R7. 3. 11)の意見および対応方針 (2) 土砂生産モデルの概要

2) 表層崩壊モデル

- 平成16年8月洪水(1洪水の期間)の表層崩壊による土砂生産量は、レーダー雨量を外力として流域に与え、20mメッシュ毎に算出された土砂量を支川流域単位で集計する。
- この数値モデルでは、地形の勾配が急峻な斜面や降雨量が多い斜面における崩壊のしやすさは斜面安全率の指標で表現し、それ以外の要素は「崩壊発生確率」の指標を導入することにより、当該流域の崩壊発生状況に応じた結果が算出できることが特色である。



2. 第8回技術検討会(R7.3.11)の意見および対応方針 (2) 土砂生産モデルの概要

3) 表土侵食モデル

- 航空レーザ計測結果や衛星画像、実績のダム堆砂量、降雨量といった情報を基本に、崩壊非発生年(平常年)の土砂生産量が算出可能な近似式を作成する。
- この近似式は、各実績データの相関などから設定した簡易的なものではあるものの、任意の降雨量が外力として設定でき、各支川流域における崩壊跡地、伐採地など表土流出が考えられる領域からの土砂生産量が面的に算出可能なことが特徴である。

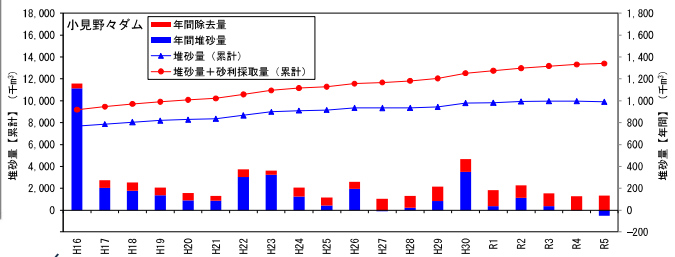
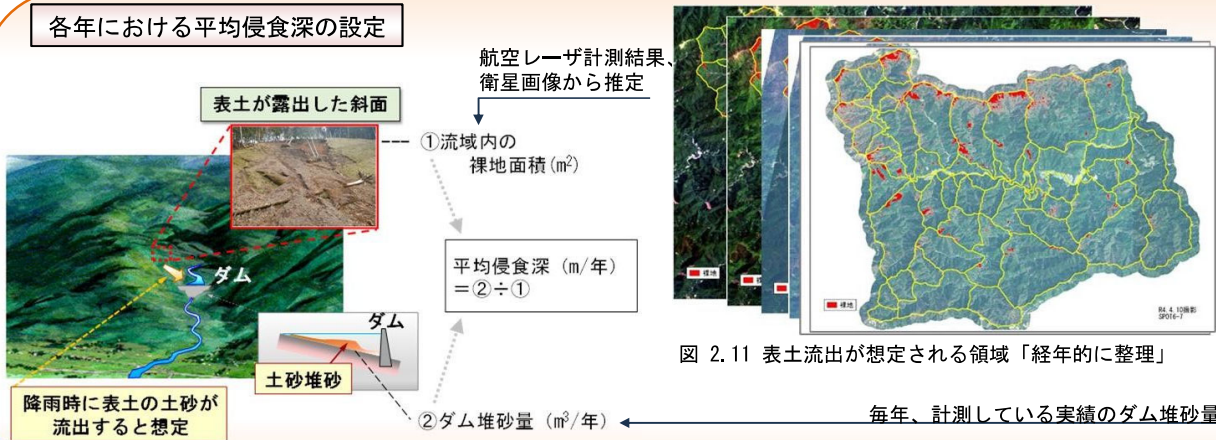


図 2.10 表土侵食モデルにおける「平均侵食深/年」の考え方

ダム堆砂量と相関のある降雨量を設定

- ・ 任意の降雨量によって土砂生産量が算出可能な数値モデルとするため、各年の「ダム堆砂量」と相関のある「降雨量」を分析する。

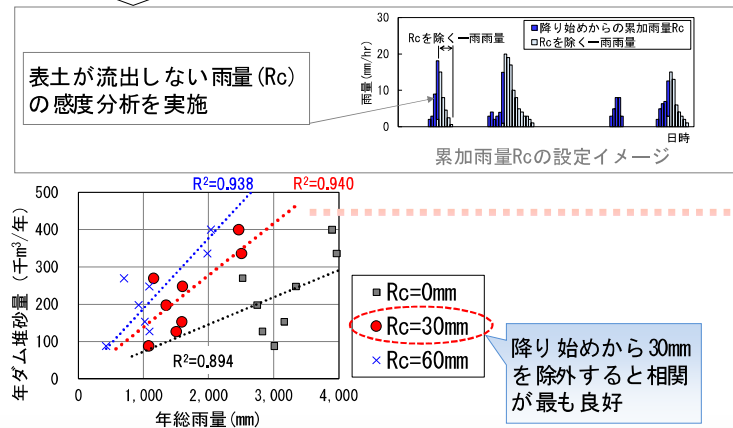


図 2.13 ダム堆砂量と相関のある降雨量の設定イメージ

図2.13のY軸の「ダム堆砂量」を
各年の「平均侵食深」に更新

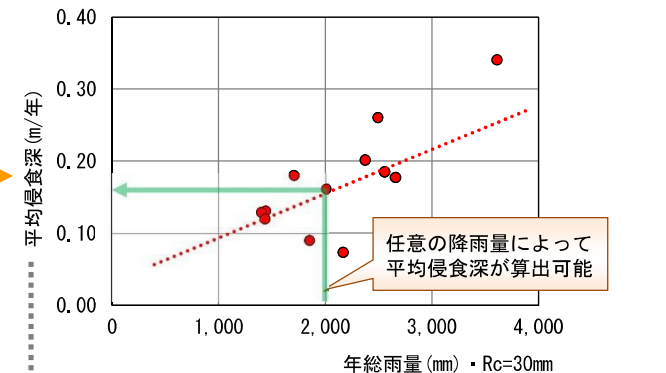


図 2.14 降雨量に応じた「平均侵食深(m/年)」設定イメージ

■非崩壊発生年(平常年)における土砂生産量の算定式

$$\text{土砂生産量} = \text{平均侵食深(m/年)} \times \text{裸地面積(m}^2\text{)}$$

経年的に整理した裸地面積を使用

3. 砂防計画の土砂生産量算出手法（河川砂防技術基準）

課題【No. 10】 / 他手法との比較

他手法との結果の差異を確認

・河川砂防技術基準では、崩壊面積率と雨量の相関から土砂量を推定する方法が示されている。
 ・この方法で得られる土砂生産量を把握し、その結果と本検討（土砂生産モデル）で得られた結果と比較することにより、他手法との差異を確認する。

- ・河川砂防技術基準では、以下(1)～(3)の3手法が示されており、(1)により土砂量を試算する。
- (1) 過去実績に基づいた経験的な手法
 - (2) 数値計算などの解析的な手法
 - (3) 経験的な手法と解析的な手法を組み合わせた手法がある。

<標準>

土砂・洪水氾濫対策計画では、計画で扱う土砂量として計画生産土砂量と計画流出土砂量を設定することを基本とする。計画生産土砂量は、計画区域の現況調査資料、既往の災害資料、類似地域の資料等を用いて過去の実績に基づき経験的に設定する手法と、数値計算など解析的に設定する手法若しくはそれら両者を組み合わせた手法を適切に選択し、設定することを基本とする。計画生産土砂量を設定するに当たっては、土砂の量及び質（粒径）、土砂生産の形態、生産される場所、発生のタイミングを想定した上で設定することを基本とする。計画流出土砂量は、流出解析、河床変動計算によって設定することを基本とする。

なお、生産土砂量に関する調査については、河川砂防技術基準（調査編）の「砂防調査」を参考にする。

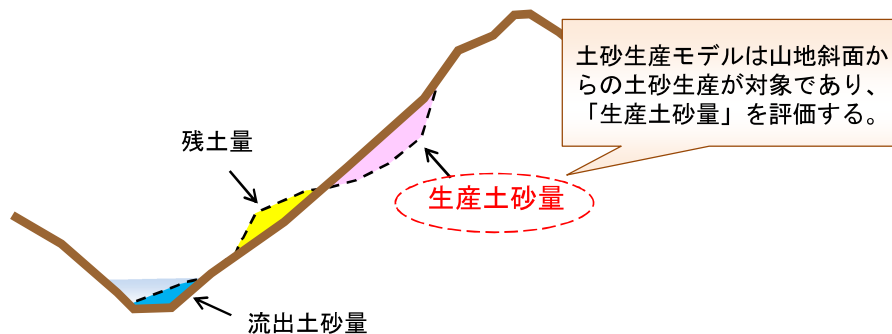


図 3.1 生産土砂量、残土量、流出土砂量のイメージ図

※生産土砂量-残土量=流出土砂量
 （残土量：土砂移動予測モデルのパラメータ調整の過程で考慮）

(1) 過去実績に基づいた経験的な手法

1) 河川砂防技術基準における土砂生産量算出の考え方

河川砂防技術基準計画編 基本計画編

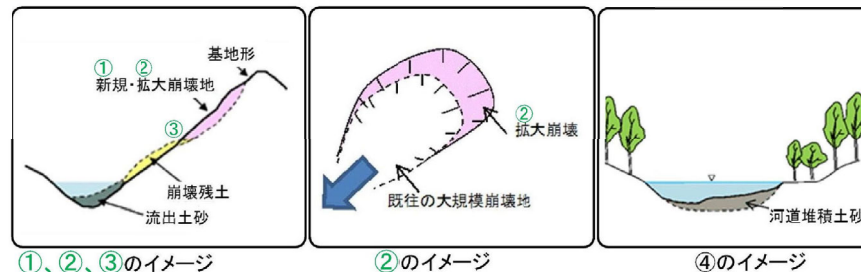
【参考】河川砂防基準「砂防」に関する公表資料

2.2.4 計画土砂量等 解説

計画生産土砂量とは、山腹及び溪岸における

- ①新規崩壊土砂量、
 - ②既崩壊拡大見込み土砂量、
 - ③既崩壊残存土砂量のうち崩壊等の発生する時点で河道に流出するもの
 - ④溪床等に堆積している土砂量のうち二次侵食を受けるもの
- をいい、計画対象区域の現況調査資料、既往の災害資料、類似地域の資料等を基に定める。

※河川砂防技術基準計画編同解説に加筆



①、②、③のイメージ

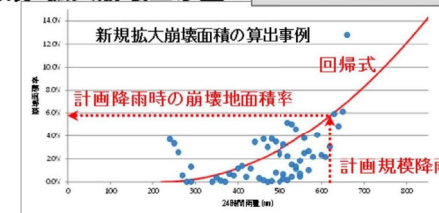
②のイメージ

④のイメージ

ダム上流域において、レーダー雨量で算出した24時間雨量（x軸）と、H16.8斜面崩壊実績から設定した崩壊面積率（y軸）から土砂量を算出する。

① ② 新規・拡大崩壊土砂量

【参考】河川砂防基準による検討事例



崩壊地の発生と降雨の関係から回帰式を作成し（流域毎地質毎）計画規模降雨時の崩壊地面積を推定。崩壊地面積に現地調査による深さ、残土率を乗じ算出

出典：（一部、○番号を内容に合致するようにHPIに揭示された資料を更新：○番号、緑文字）
 水管理・国土保全トップ >> 砂防 >> 土砂・洪水氾濫対策ワーキンググループ
 「土砂・洪水氾濫対策ワーキンググループ」配付資料 平成31年2月7日 開催 /
 資料2-1 生産土砂量の算出 / https://www.mlit.go.jp/river/sabo/working_group_dosyakozui.html

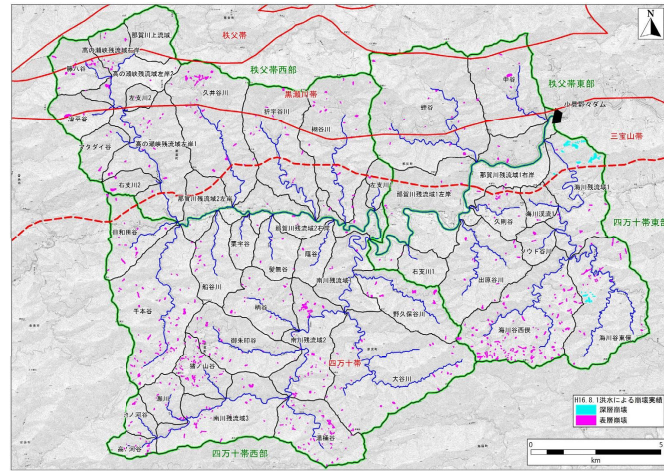
3. 砂防計画の土砂生産量算出手法（河川砂防技術基準）

2) 手法としての妥当性の確認結果

- ・本業務において、平成16年8月洪水の崩壊面積、24時間雨量などの情報をもとに土砂生産量を算出するための近似式を作成した。
- ・河川砂防技術基準に基づいた土砂量は、実績、本業務の土砂生産モデルで算出した結果より、微小に大きいものの概ね同等程度となった。
- ・これより、ダム上流域全体の土砂生産量としては、河川砂防技術基準による手法、本業務の土砂生産モデルは、差異が小さいことが確認できた。

【近似式の作成方法】

- ・小流域毎（44流域）に24時間雨量と崩壊面積率のグラフを作成し、そのグラフから回帰式で土砂生産量を算出する（河川砂防技術基準の方法）。
- ・24時間雨量は、H16.8洪水のレーダ雨量をもとに各小流域で流域平均を採用する。
- ・H16.8洪水の崩壊面積比率は、小流域毎（44流域）に、崩壊面積と流域面積から算出する。



それぞれの小流域で以下を算出
 ・24時間雨量
 ・崩壊面積率

図 3.2 小見野々ダム上流域における小流域

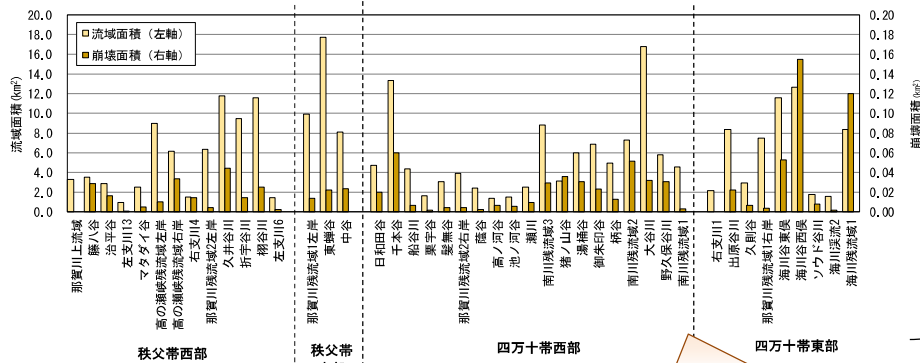


図 3.3 小流域毎の流域面積と崩壊面積
 崩壊面積率 = 崩壊面積 / 流域面積

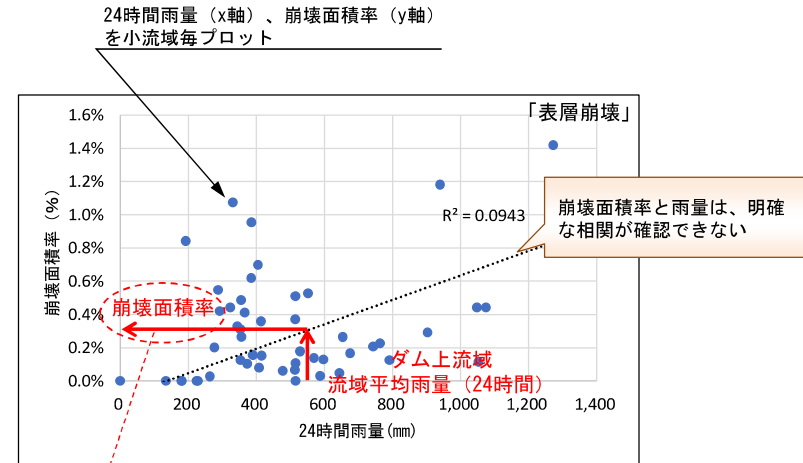


図 3.4 河川砂防技術基準に基づいた崩壊面積率・雨量の相関

近似式から崩壊面積率を算出（ダム上流域）

表層崩壊の土量 = ダム上流域の面積 × 崩壊面積率 × 平均崩壊深（LPから推定）

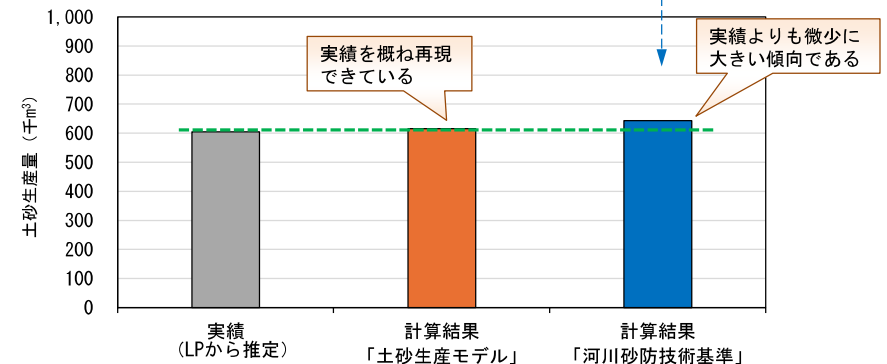


図 3.5 算出手法別の土砂生産量の比較「表層崩壊」

5. 表土侵食モデルの精度向上

(1) 現地調査による地被状況別の土砂流出の容易性確認

2) 現地調査の結果

No.1 那賀川西側斜面 【伐採地】

- ・那賀川西側斜面【伐採地】では、谷筋やその近傍の非樹林域で土砂生産が顕著であった。非樹林帯のうち、下層植生で被覆された範囲では、顕著な表土侵食が確認されなかった。
- ・したがって、実際に表土の流出が想定されるのは、谷筋やその近傍の非樹林域に限定された範囲である。その範囲は非樹林帯の一部に限られると考えられる。



全体図

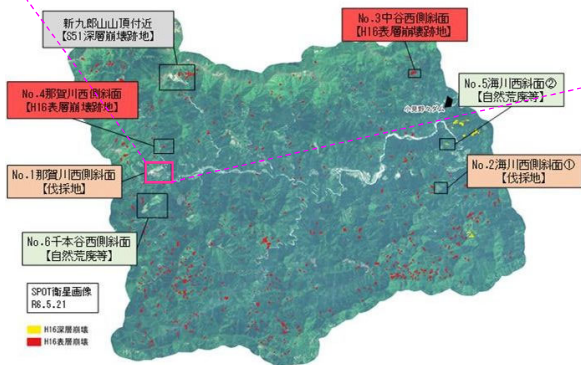
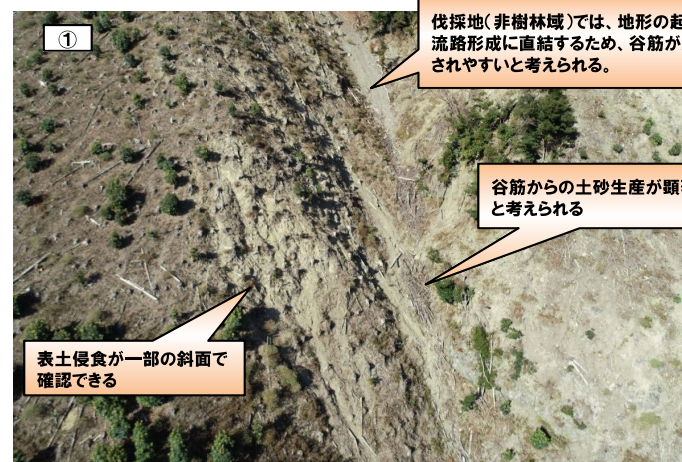


図 5.3 現地調査による地被状況の確認結果 (1/2)

5. 表土侵食モデルの精度向上 (2) 表土流出の領域設定

・崩壊跡地の海川1、海川2の箇所では、伐採地や荒廃地と比較すると、表土が流出する領域は、やや広い傾向であることが確認できた。

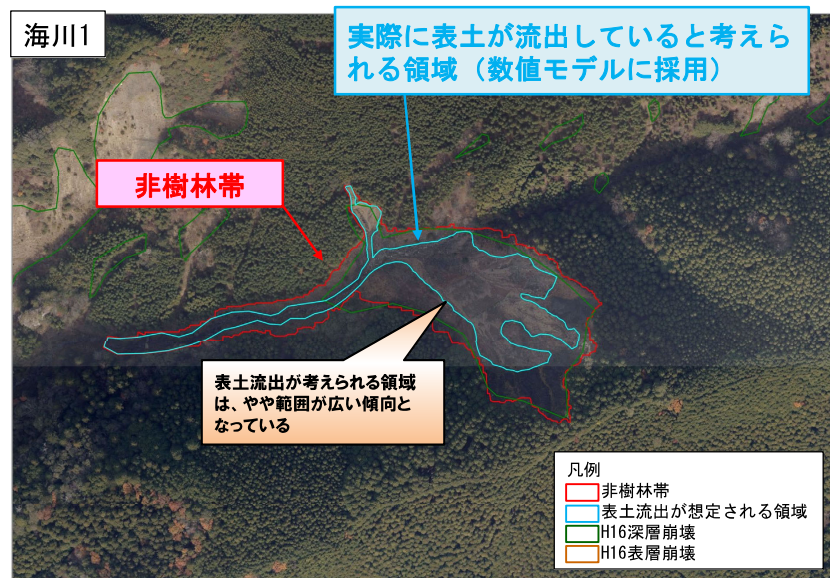
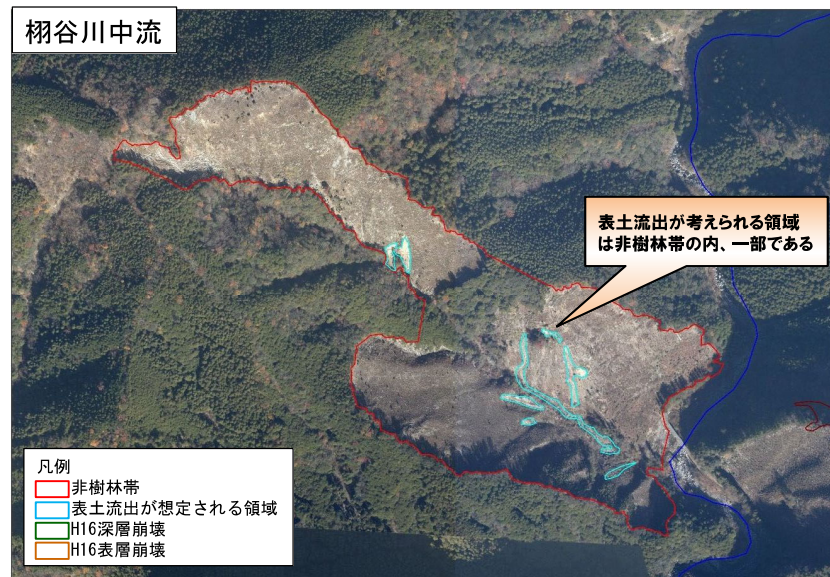


図 5.6 表土流出の領域設定 (2/3)

5. 表土侵食モデルの精度向上 (2) 表土流出の領域設定

・ 荒地等（栩谷川中流、久則谷）では、非樹林帯の内、表土が流出すると考えられるのは一部の領域と推定できる。

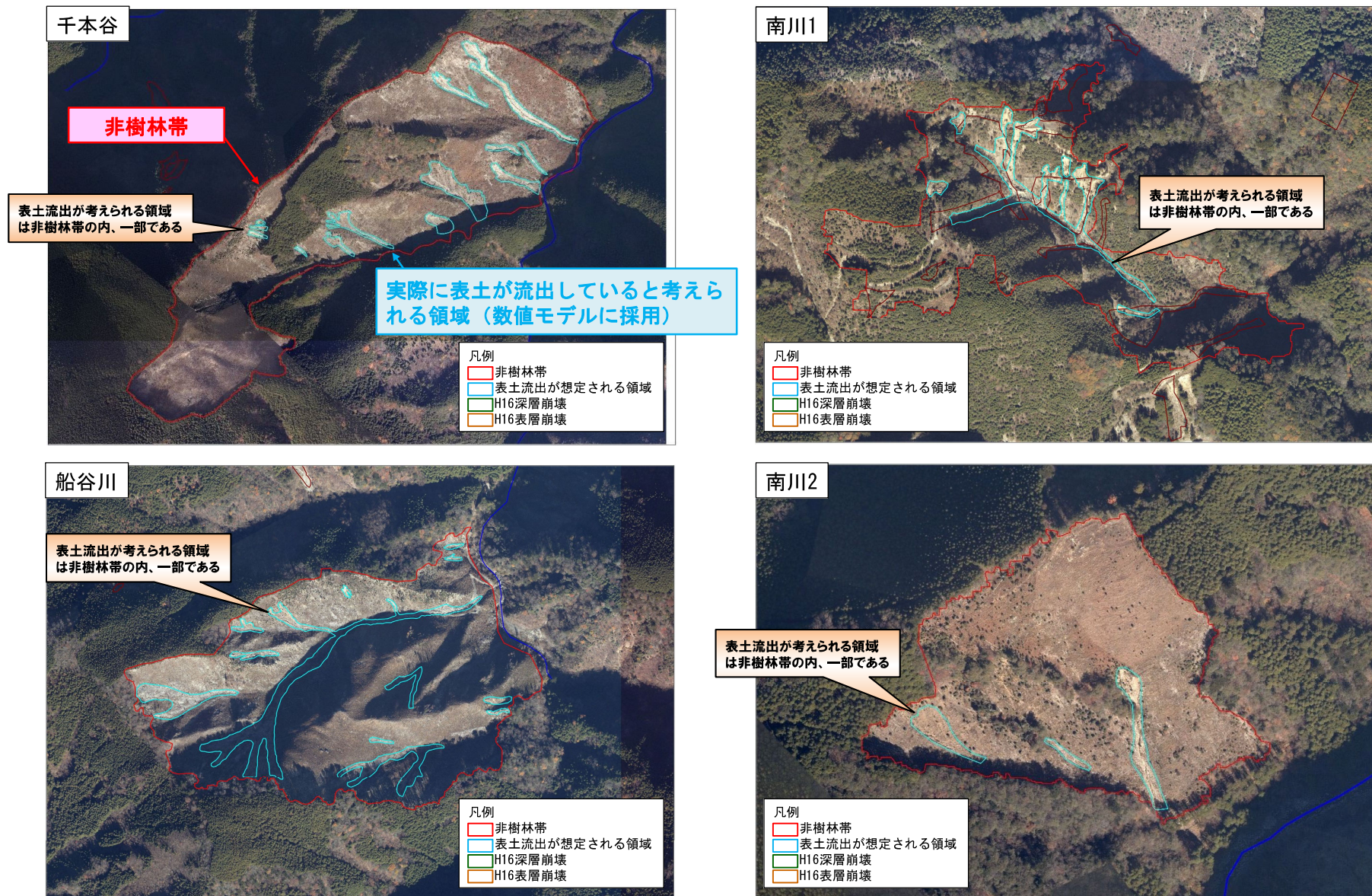


図 5.7 表土流出の領域設定 (3/3)

6. 表土流出候補箇所の面積・分布の変化理由の分析

(1) 衛星画像による確認

課題【No. 13】/表土流出候補箇所の面積・分布の分析

平常年（非崩壊発生年）における表土流出候補箇所※からの土砂流出は、地被状況によって異なることが考えられるため、崩壊地、伐採地、その他それぞれについて面積・分布の変化傾向を確認する。

※深層崩壊跡地、表層崩壊跡地、人為的な伐採地、その他荒地など

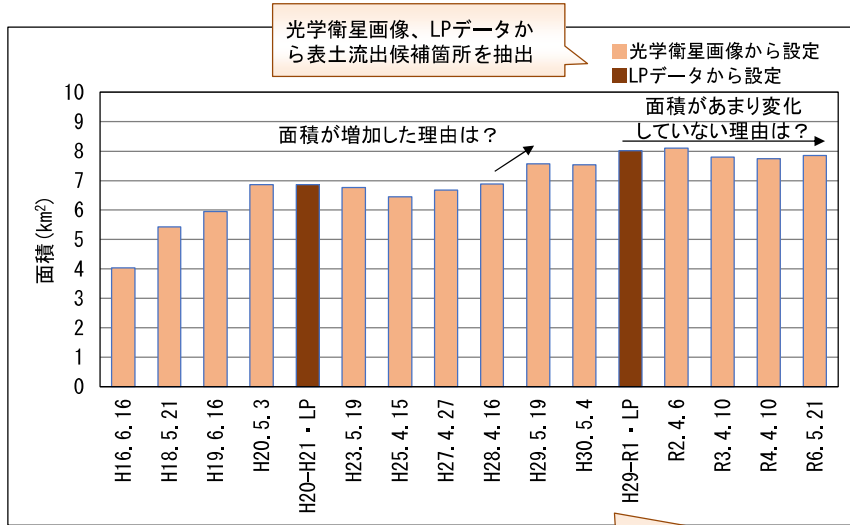


図 6.1 表土流出候補箇所の面積の経年変化

光学衛星画像の撮影年月日：樹林化が顕著な夏季～秋季、積雪が確認される冬季を極力避けて抽出

【基礎情報としての精度上の課題】

- 面積や分布は、平常年の土砂量を算出する際の「生産場」としての重要な指標である。
- その一方、平成27年から平成29年頃までの面積の急増や、近年で面積の変化が安定傾向となっている理由が不明確であり、基礎情報としての確からしさの確認が必要である。

■精度確認の方針

- 対応方針(1)：衛星画像による地被状況別の面積変化の確認
- 対応方針(2)：衛星画像で抽出した代表的な表土流出候補箇所と関係機関から把握した情報による経年変化の確認
- 対応方針(3)：崩壊跡地における面積変化の確認

(1)～(3)の3つの観点から基礎情報としての精度確認を行う。

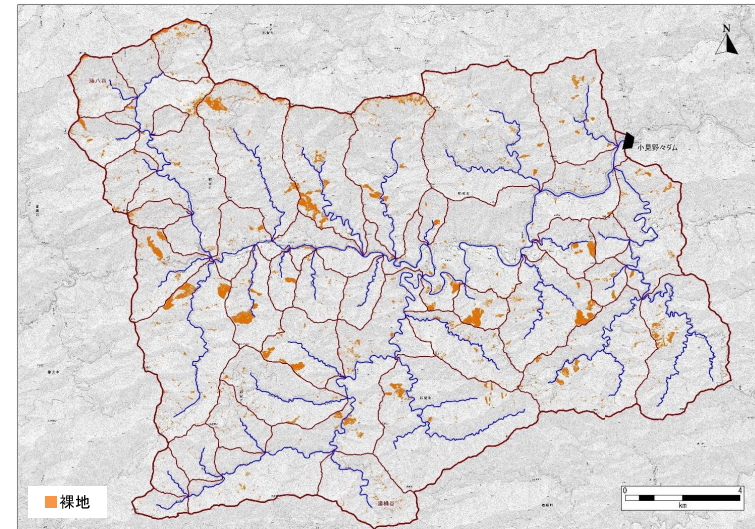


図 6.2 レーザ計測結果 (H29-R1) から推定した表土流出の候補箇所

基礎資料の確からしさを確認

対応方針(1)：衛星画像による地被状況別の面積変化の確認

- 小見野々ダム上流域を対象に、光学衛星画像を活用して①崩壊地、②伐採地、③崩壊地・伐採地以外)の変化に着目して変化傾向が顕著な地被状況を確認する。
- 確認の結果、伐採地が多くなっていることが「H29年頃からの面積の増加傾向」の理由の一つとして考えられる。

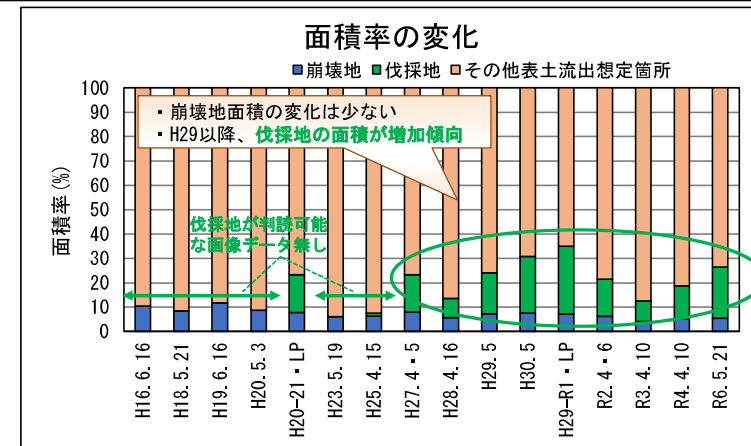


図 6.3 表土流出候補箇所の割合 (崩壊地、伐採地、崩壊地・伐採地以外)
※伐採地は航空写真等により、切株や管理用通路を確認し、伐採地として選定

6. 表土流出候補箇所の面積・分布の変化理由の分析 (2) 関係機関から把握した情報による確認

基礎資料の確からしさを確認

対応方針(2) : 衛星画像で抽出した代表的な表土流出候補箇所と関係機関から把握した情報による経年変化の確認

・関係機関から提供を受けた情報をもとに、次項について寄与する要因を確認する。

- ①平成29年頃から表土流出候補箇所の面積が増加傾向
- ②近年、表土流出候補箇所の面積の変化が小

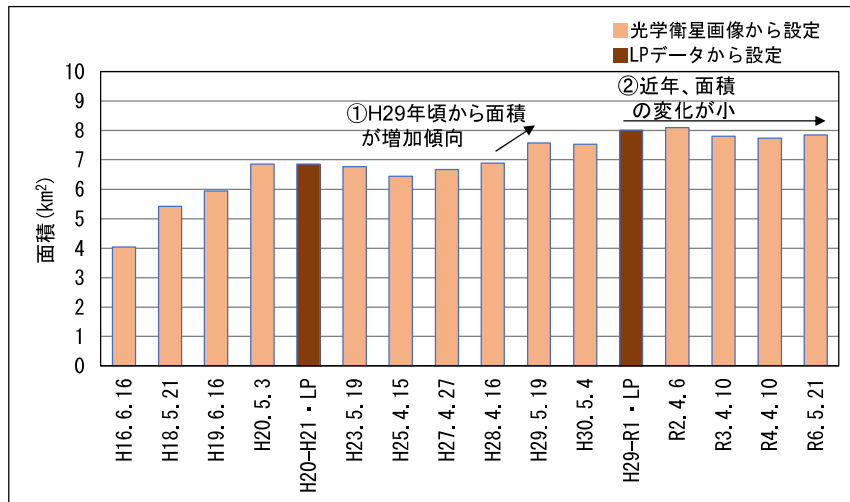


図 6.4 表土流出候補箇所の面積の経年変化

表 6.1 関係機関から提供を受けた表土流出候補箇所の面積変化に関する情報

収集機関	
林野庁	<p>【伐採関係などの森林整備】 ・伐採に関する面積や施業実施箇所が整理されているが、実施年は不明な項目がある。</p> <p>【治山関係】 ・H16～R5の国有林およびH20～R2の民有林に関する治山工事に関する資料が整理されており、工種・工事面積・工事箇所が記載しているため、経年的な工事面積の推移を確認できる。</p>
徳島県	<p>【伐採関係などの森林整備】 ・H22～R6の森林整備について作業区分（主採、間伐、植栽、獣害対策）や作業実施箇所が整理されているが、伐採面積の推移は確認できなかった。 →伐採は、H28が2箇所、H29が3箇所、H30が4箇所であり、伐採箇所数が年々増加傾向である。 ・R2～R6の伐採届が整理※されており、伐採面積・実施箇所が記載されているため、経年的な伐採推移を確認できる。 ・R2～R6の保安林（水源の涵養、土砂災害の防止等）伐採に関する図面、面積が整理されており、皆伐等の箇所が確認できる。</p> <p>【治山関係】 ・H15～R6の工事図面が整理されており、工事実施箇所・面積の集計が確認できる。 →H28～H29で対策面積が増加しているものの、H16災害後の対策面積に比べると相対的に規模が小さい。</p> <p>【砂防関係】 ・H29～R2の地すべり防止施設位置図が整理されており、地すべりブロック台帳にすべり面形状（横断方向、縦断方向）・施工年・数量等が確認できる。 ・堰堤の事業については既存道路が近くにあり、管理道路は未施工（伐採地なし）</p>
那賀町	<p>【伐採関係などの森林整備】 ・H24～R6の伐採届が整理※されており、伐採面積、その後の対策面積（植栽面積等）、実施箇所（市町村）が記載しているため、経年的な推移を確認できる。 ※伐採者が事業者であり、届出はほぼ100%提出されていることを確認</p> <p>・その後の対策面積（植栽面積等）はH28～から整理されていることを確認した。</p> <p>・シカの食害に関する情報として、R5～R7の3年間について捕獲頭数の情報を収集した。</p>

6. 表土流出候補箇所の面積・分布の変化理由の分析

(2) 関係機関から把握した情報による確認

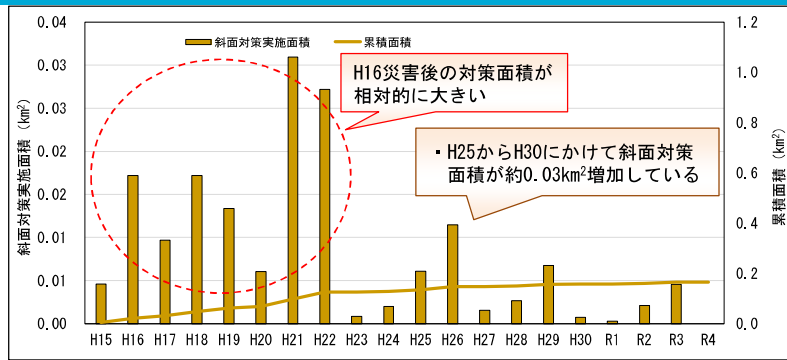


図 6.5 治山関係における斜面对策実施面積の経年変化 (徳島県提供データを再整理)

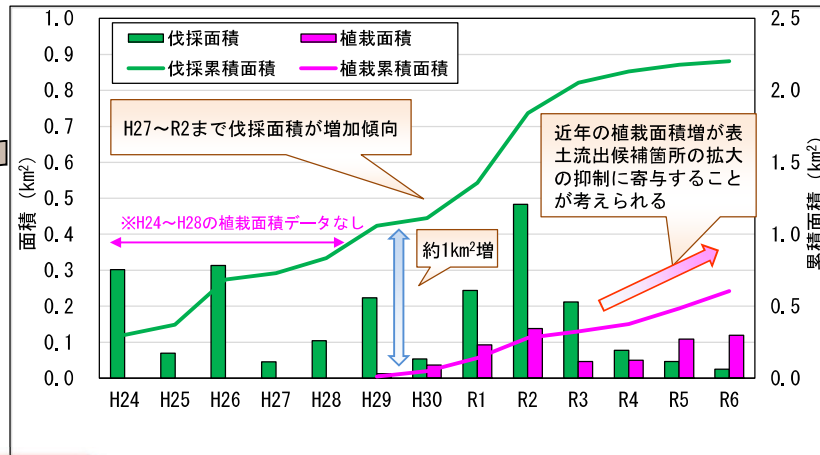


図 6.6 伐採関係における経年変化 (那賀町提供データを再整理)

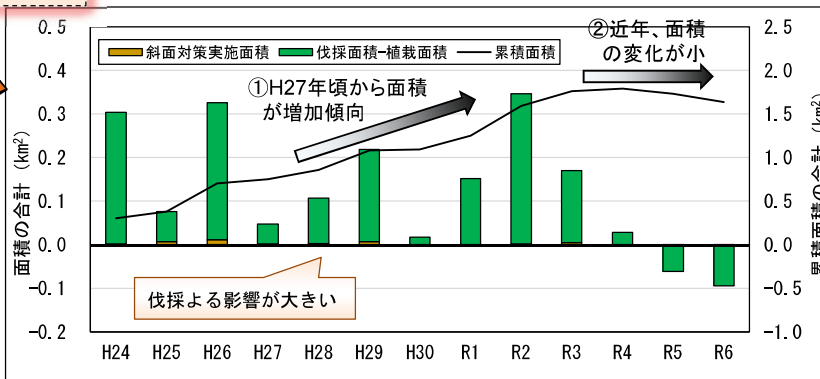


図 6.7 治山関係および伐採関係における経年変化

(3) 崩壊跡地における面積変化の確認

基礎資料の確からしさを確認

対応方針 (3) : 崩壊跡地における面積変化の確認

- 衛星画像を活用して規模の大きい崩壊跡地の変化に着目して変化傾向を確認した。
- その結果、面積の変化は小さいことが確認できた。

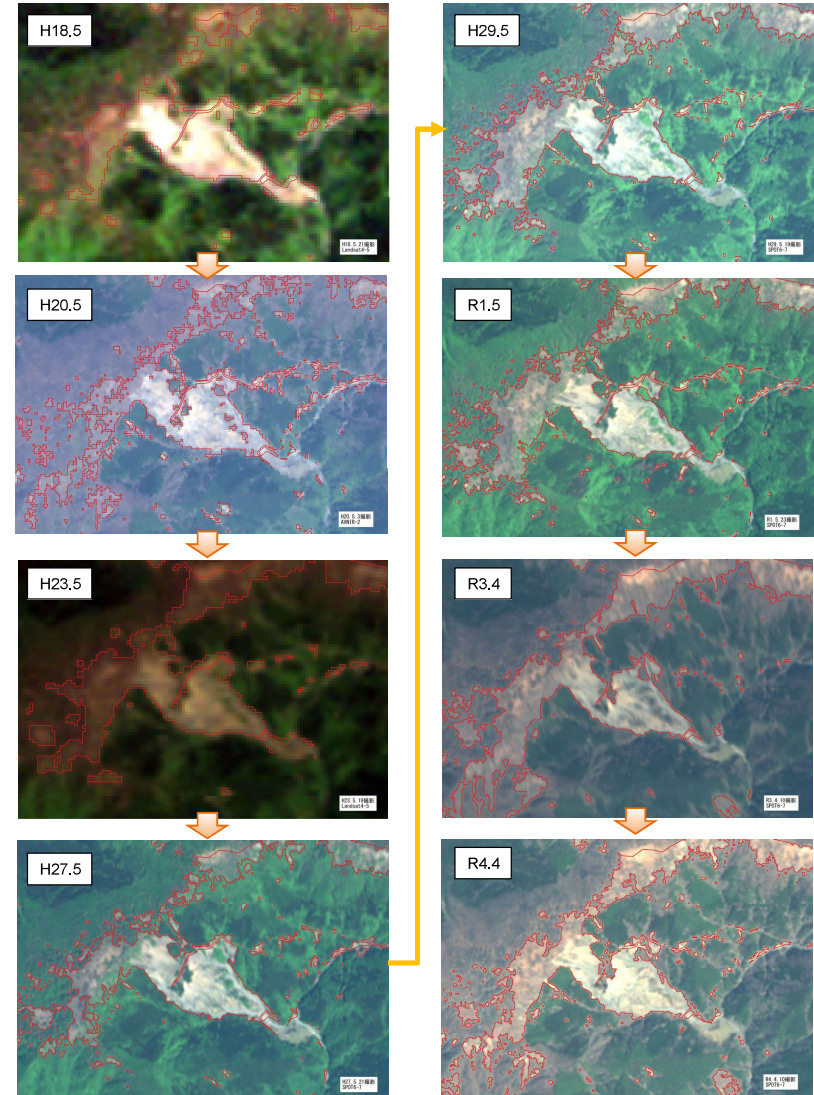


図 6.8 規模の大きい崩壊跡地の経年変化

図5.5と図5.6の合計