

### 2-2.3 治山事業の保全対象

茂倉沢における治山事業の保全対象は表 2-3 のとおりです。写真 2-18 に、保全対象を示します。

表 2-3 茂倉沢における治山事業の保全対象

位置	保全対象	備考
①茂倉沢内	○ 農業用水施設（赤谷川土地改良区用水） ○ 歩道橋	灌漑面積 188ha（田 46ha, 畑 139ha, その他 3ha）
②合流点付近	○ 人家 3 戸（富士新田） ○ 東京発電（株）・赤谷川第二発電所・寮（無人） ○ 東京発電（株）・第三調整池・取入口	対岸 対岸 下流
③赤谷川下流	○ 赤谷川広場（猿ヶ京カップ公園） ○ オートキャンプ場 ○ 東京発電（株）・赤谷川第三発電所 ○ 相俣ダム・赤谷湖	7 月 30 日カップ祭 700 名 キャンプ場利用者 3000 名/年  平成 5 年、土砂流入防止の湖中ダム建設



写真 2-18 茂倉沢と赤谷川の合流地点付近に位置する保全対象の民家

### 3. 茂倉沢における治山事業の経緯と概要

#### 3-1 茂倉沢における治山事業の経緯

- 昭和 27 年～昭和 56 年にかけて、カスリーン台風により荒廃した溪流の復旧や、流域内の若齢林の健全な育成を目的として、従来型の治山事業を実施しました。
- 平成 17 年～平成 24 年にかけて、茂倉沢流域の自然的・社会的特徴の現状を踏まえ、生態系と調和した治山事業を実施しました。

茂倉沢では、昭和 27 年～昭和 56 年にかけて治山ダムを計 13 基設置しました。これを、本章では「従来型の治山事業」としています。また、平成 17 年～平成 24 年にかけて、治山ダムの一部撤去を含む治山事業を実施しました。これを、本章では「生態系と調和した治山事業」としています。

以下に、それぞれの治山事業の経緯を整理しました。

#### 3-1.1 従来型の治山事業の経緯

2 章において整理した茂倉沢流域の自然的・社会的特徴を踏まえ、茂倉沢において従来型の治山事業が実施された経緯は、以下のとおりです。

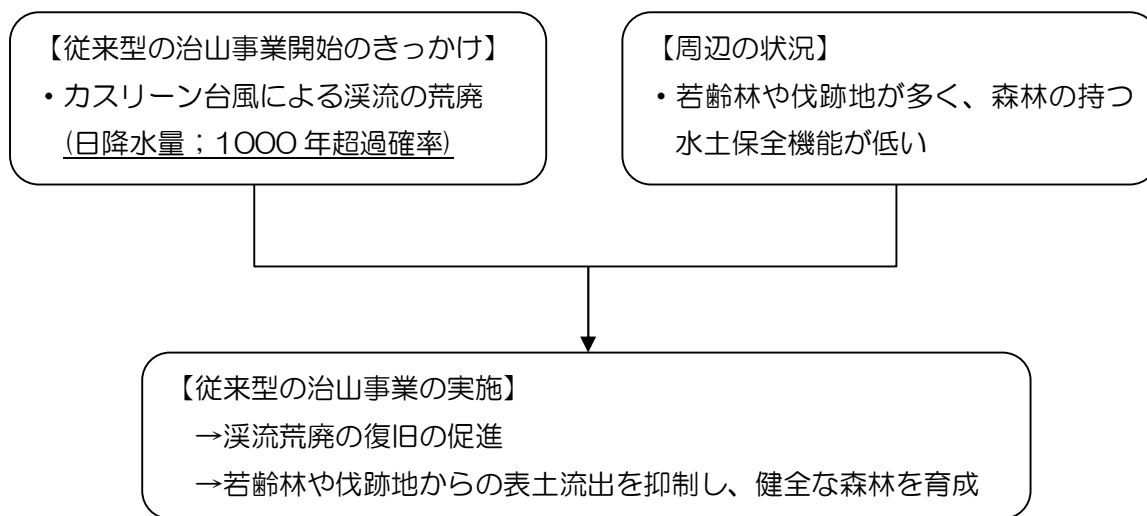


図 3-1 従来型の治山事業実施の経緯

### 3-1.2 生態系と調和した治山事業の実施

茂倉沢流域の自然的・社会的特徴を踏まえ、茂倉沢において生態系と調和した治山事業が実施された経緯は、以下のとおりです。

図より、治山施設の一部撤去を含む生態系と調和した治山事業は、様々な条件が整っていたため、実施が可能となりました。以下に、その主な条件を整理しました。

#### 【生態系と調和した治山事業を実施するための主な条件】

- ・流域内の造林地(人工林)が成熟し、水土保持機能の高度発揮が期待できること
- ・溪床の勾配が土石流堆積区間に相当し、流域外に土石流が達する可能性が比較的低いこと
- ・流域内の最下流に基幹ダムが位置しており、上流側の施設を撤去した場合でも、大規模な土砂移動に対しての防災上の安全・安心が担保できること
- ・撤去の対象施設が既に損傷しており、その機能が低下していたこと
- ・保全対象が比較的少ないこと
- ・生物多様性の維持・向上が望まれること

#### 【生態系と調和した治山事業開始のきっかけ】

- ・施設の老朽化に伴い、既往治山施設が損壊  
→新たな治山事業実施の必要性

#### 【生態系と調和した治山事業を実施するための条件の成立】

##### 【社会的状況】

- ・赤谷プロジェクトによる茂倉沢の溪流環境回復の要請
- ・保全対象が少なく、かつ溪流の勾配が緩いため、大規模な土石流災害が発生する可能性が低い
- ・最下流に基幹ダムとなる No.1 ダムが位置し、当面は防災上の安全・安心が担保できる
- ・撤去の対象施設が損傷しており、その機能が既に低下している

##### 【自然的状況】

- ・流域内の造林地(人工林)が成熟し、水土保持機能を高度に発揮
- ・生物多様性の維持・向上が望まれる

#### 【生態系と調和した治山事業の実施】

- 治山ダムの一部を撤去し、溪流の連続性を回復
- 新規施設を設置する場合も、溪流の連続性の維持や、周辺自然环境に与える影響の低減に最大限配慮

図 3-2 生態系と調和した治山事業実施の経緯

### 3-1.3 経緯のまとめ

3-1.1 章、3-1.2 章で述べた治山事業の経緯を、以下のとおり整理しました。

- ①カスリーン台風の襲来等により、茂倉沢において荒廃が進行しました。
- ②昭和 27 年以降、従来型の治山事業を実施しました。
- ③茂倉沢流域の森林が成熟し、水土保持機能が向上したことに加え、治山施設が効果を発揮し、茂倉沢における荒廃地は徐々に復旧しました。
- ④治山施設が老朽化し、施設の一部が損壊したため、諸条件を考慮し、生態系と調和した治山事業を実施しました。

以上の経緯を、模式図として図 3-3 に示します。

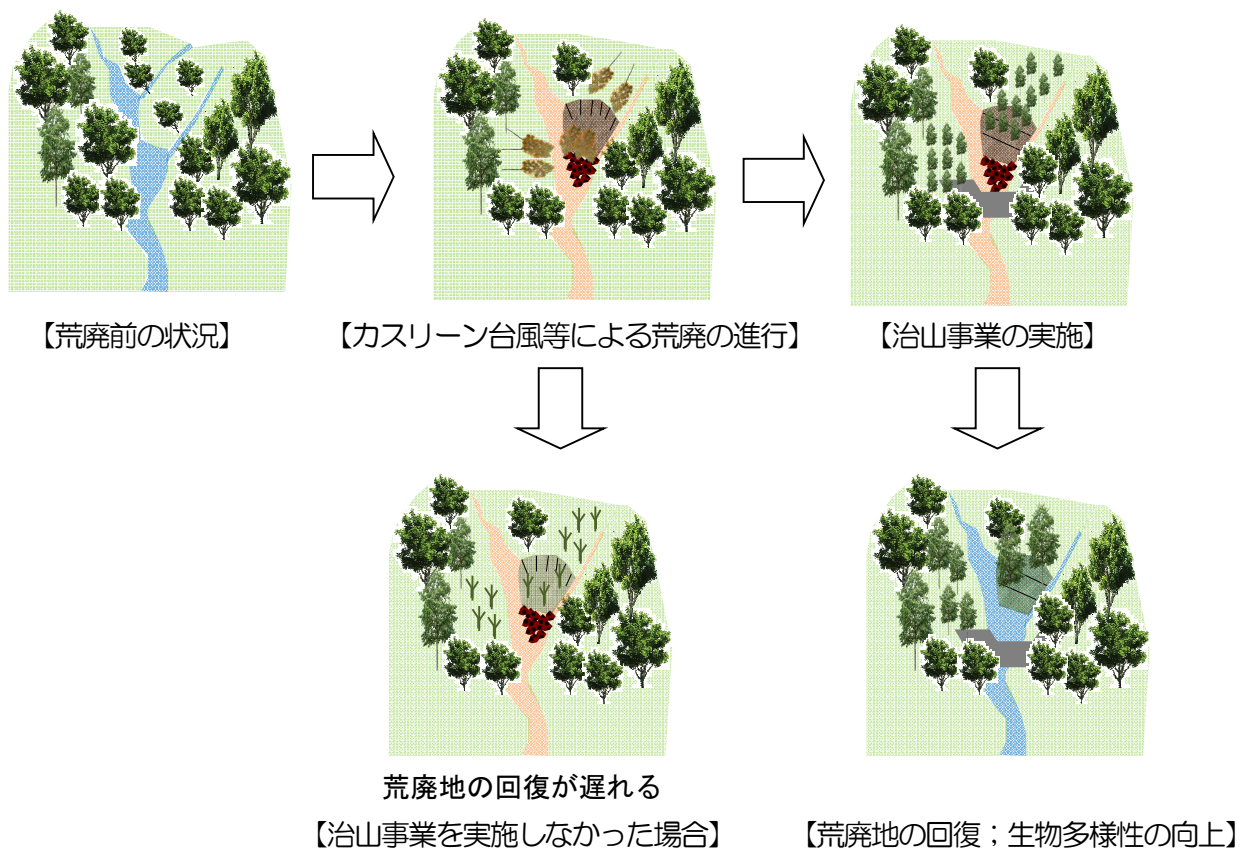


図 3-3 茂倉沢における治山事業の経緯



### 3-2 茂倉沢における治山事業の概要

- 従来型の治山事業では、本流に計 8 基（副堤を入ると 12 基）、支流に計 5 基、合計で 13 基（副堤を入ると 17 基）の治山ダムを設置しました。
- 防災と溪流環境復元の両立を可能とする治山事業では、損傷が見られる No.2 ダム、No.3 ダムの中央部を撤去しました。その一方で、防災上の安全・安心を担保するため、No.1 ダム本堤の増厚、嵩上げ、No.1 ダム副堤及び No.6 ダム副堤の根固め、保全工及び No.5-1 ダム、No.5-2 ダムの新規設置を実施しました。

#### 3-2.1 茂倉沢における治山事業年表

茂倉沢において実施された治山事業について、主要なイベント等と合わせ、年表を図 3-4 に整理しました。

年代	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
項目	S20	S25	S30	S35	S40	S45	S50	S55	S60	H2	H7	H12	H17	H22	H27
治山施設の設置・改修	No.3ダム			No.2ダム No.2副ダム			No.9, No.10ダム				保全工 No.5-1ダム				No.1ダム増厚 No.1副ダム根固め
治山施設の損壊	No.5, No.6ダム			No.7ダム			No.13ダム								No.6副ダム根固め No.5-2ダム
治山施設の撤去		No.1ダム No.3副ダム		No.4, No.11ダム No.6副ダム		No.1副ダム No.12ダム		No.3ダム No.3副ダム		No.2ダム No.2副ダム No.4ダム		No.5ダム 底抜け		No.2ダム No.3ダム	No.5ダム 倒壊
主なイベント	カスリーン 台風	キティ台風		台風18号 151mm/日		台風10号 111mm/日		台風4号+前線 179mm/日		台風11号 138mm/日		台風6号+前線 116mm/日		集中豪雨 115mm/日	台風15号 110mm/日
荒廃の程度	大 ←-----→ 小														
空中写真判読	撮影番号 U1198			撮影番号 山-448			撮影番号 82-41				撮影番号 C04-7		撮影番号 C10-17		

治山施設整備事業概成  
茂倉沢治山事業全体計画策定

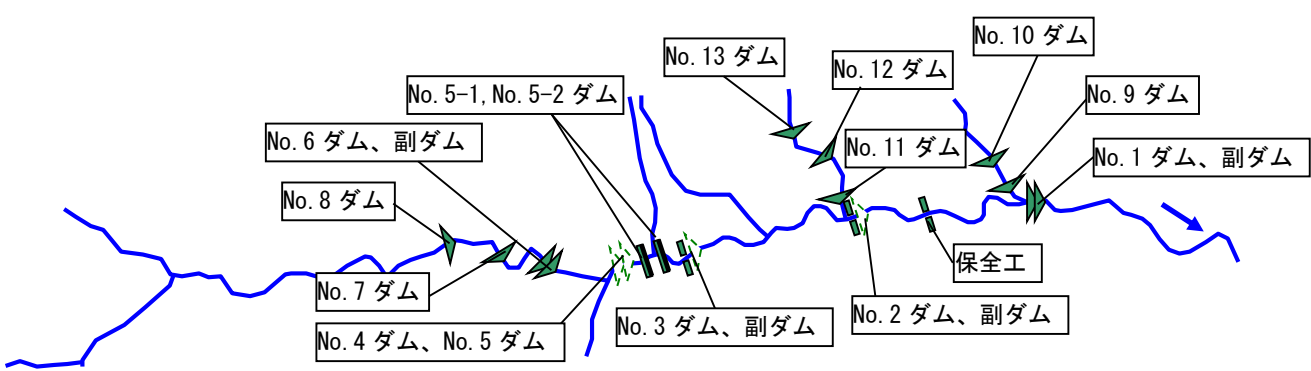


図 3-4 茂倉沢における治山事業年表および治山施設位置

### 3-2.2 従来型の治山事業の概要

従来型の治山事業では、茂倉沢本流に計 8 基(副堤を入れると 12 基)、茂倉沢支流に計 5 基の治山ダムを設置しました。なお、これらの治山ダムは、図 3-5 に示すように昭和 23 年撮影の空中写真から判読した崩壊地の近傍に設置しました。これらの治山ダムは、前述のようにカスリーン台風により荒廃した溪流の復旧促進を主な目的として設置したものです。具体的には、特に以下の機能を期待して設置されたものです。

- 堆積した不安定土砂の末端部を固定することにより、不安定土砂の再移動や荒廃の拡大を防ぐ。
- 崩壊地の山脚部を固定し、崩壊地の早期復旧を図る。

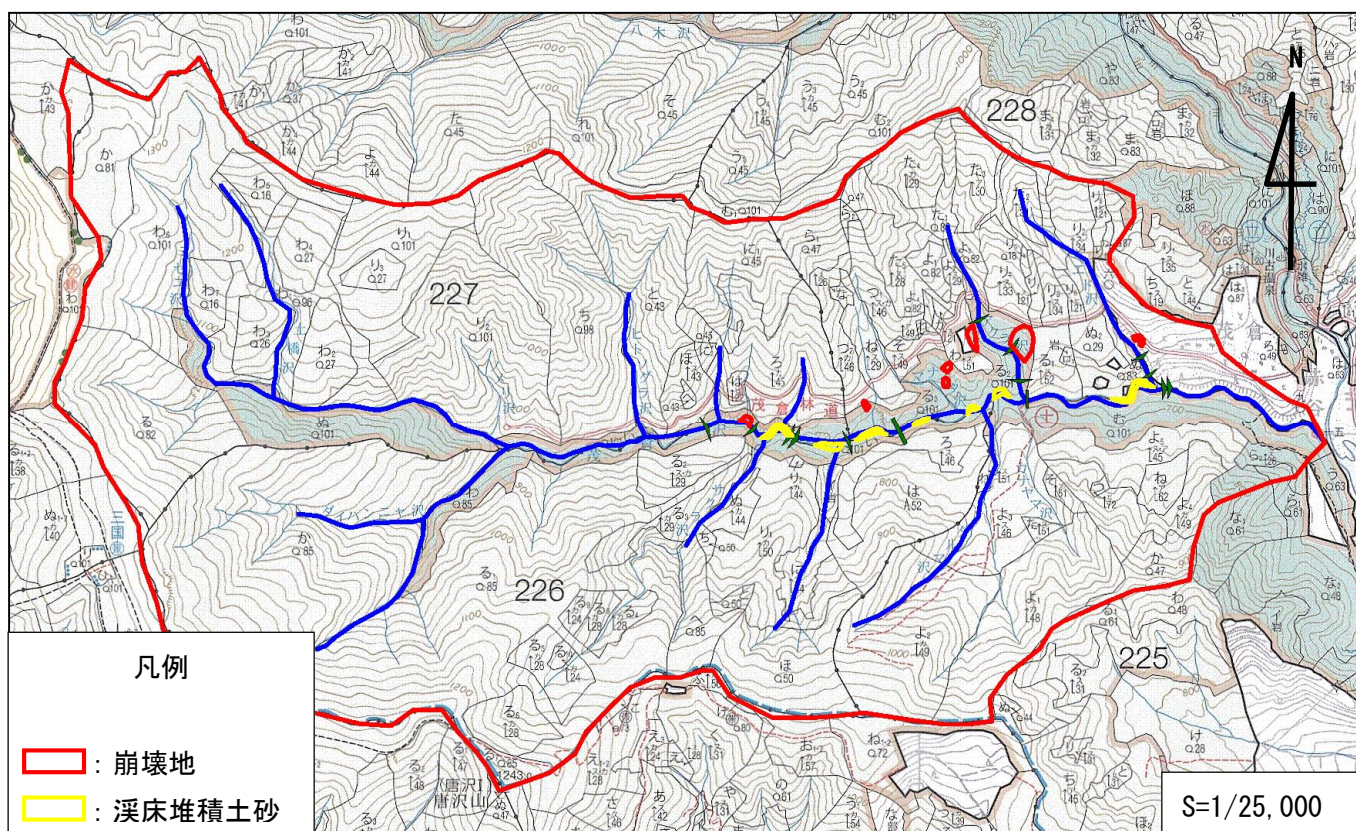


図 3-5 昭和 23 年撮影の空中写真判読結果と治山ダム設置位置の重ね合わせ図

### 3-2.3 生態系と調和した治山事業の概要

#### 1) AKAYA プロジェクトとの連携及び専門家による技術検討委員会の設置

生態系と調和した治山事業は我が国でも初の試みであるため、専門家から構成される治山事業調査検討委員会を設置し、事業の方針等についての検討を行いました。

この治山事業調査検討委員会には、AKAYA プロジェクトのワーキンググループの 1 つである溪流環境復元 WG から委員が参加し、AKAYA プロジェクトの意思・意向を治山事業に反映する仕組みが取られています(図 3-6 参照)。表 3-1 に、治山事業調査検討委員会の委員名簿を示します。

表 3-1 治山事業調査検討委員会名簿

区分	氏名	所属・役職
委員長	太田 猛彦	東京大学 名誉教授
委員	石川 芳治	東京農工大学大学院 農学研究院 教授
委員	高橋 剛一郎	富山県立大学 工学部 環境工学科 教授
委員	中井 達郎*	国土館大学 文学部 地理学教室 講師

※赤谷プロジェクト溪流環境復元 WG のメンバーを兼ねる

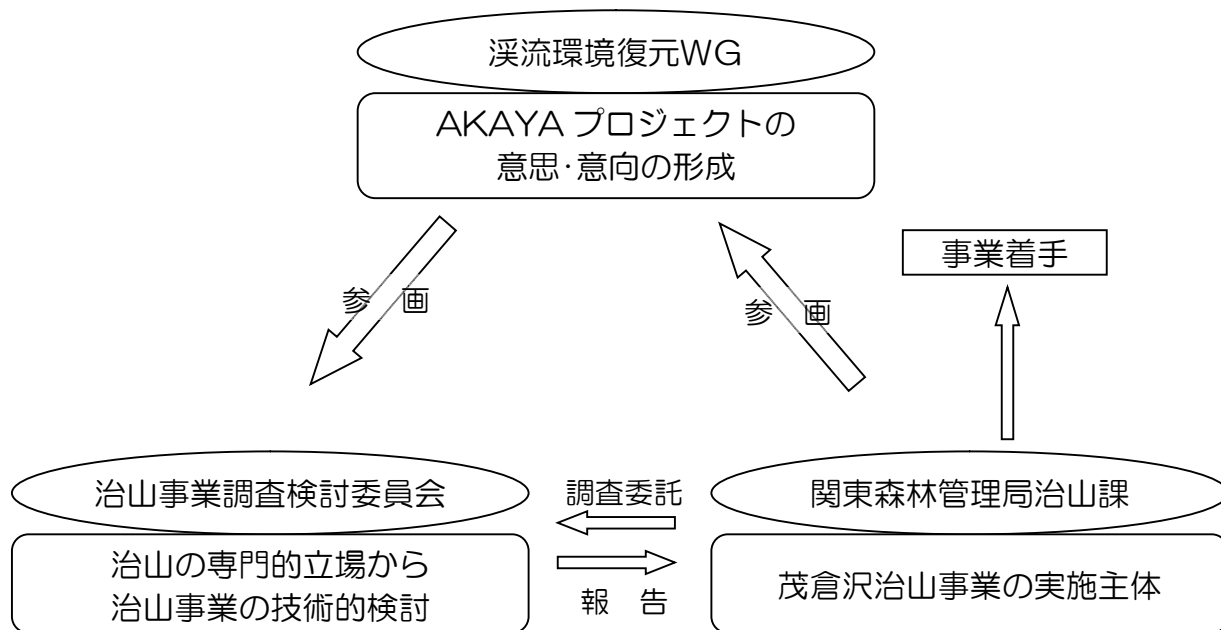


図 3-6 茂倉沢における治山事業実施の仕組み



## 2) 個別の施設の概要

### ① 溪流環境復元のための施設 (No.2 ダム、No.3 ダム)

溪流環境の復元、具体的には、主に溪流の連続性の回復を目指して、既に損傷が確認されていた No.2 ダム、No.3 ダムの補修を行わず、その中央部の撤去を行いました。その特徴等は以下のとおりです。

#### 【技術的特徴】

- 平水時の溪床の土砂移動を妨げることがないように、根入れ部分まで撤去を行いました。
- 袖部は残し、側方浸食の防止及び出水時の土砂移動調整機能を期待しました(写真 3-1 参照)。
- 施設の下流側の縦浸食を防止するため、木工沈床を設置しました。

#### 【施工時の環境面への配慮事項】

- 建設機材等の搬入については、変更が少なく、環境に与える影響の少ないルートを検討しました。
- 茂倉沢においてはクマタカの生息が確認されているため、クマタカの繁殖期を回避して工事を実施しました。

#### 【課題】

- 現時点では特に課題はありません。



写真 3-1 平成 21 年度に中央部を撤去した No.2 ダム



②防災上の担保としての施設(No.1 ダム副堤、本堤、保全工)

No.2 ダムの中央部撤去に伴い、撤去前と比較してより多くの土砂が下流側に到達する可能性が懸念された、防災上のリスクを担保するための施設として、No.2 ダムの下流側に保全工を新たに設置しました。

また、既に設置されているものの、施設の老朽化が見られた No.1 ダム副堤および本堤は、補強を行いました。具体的には、基部の洗掘が見られた No.1 ダム副堤の根固工を行いました。堤体の老朽化に伴う漏水が確認された No.1 ダム本堤は、堤体の増厚および嵩上げを行いました。

以上の施設の特徴等は以下のとおりです。

【保全工の技術的特徴】

- 左右岸の堤体が独立しており、中央部は完全に不連続となっています(写真 3-2 参照)。
- 施設の下流側の縦浸食を防止するため、木工沈床を設置しました。

【施工時の環境面への配慮事項】

- 建設機材等の搬入は、改変が少なく、環境に与える影響の少ないルートを検討しました。
- 茂倉沢ではクマタカの生息が確認されているため、クマタカの繁殖期を回避して工事を実施しました。

【課題】

- 現時点では特に課題はありません。



写真 3-2 平成 21 年度に設置した保全工

③No.5 ダム底抜けに伴う対策施設(No.5-1 ダム、No.5-2 ダム、No.6 ダム副堤)

平成 21 年の出水に伴い、老朽化していた No.5 ダムが底抜けし、およそ 3,000m<sup>3</sup>の堆積土砂が下流に流出しました。また、No.5 ダムの上流側におよそ 13,000m<sup>3</sup>、下流側におよそ 3,000m<sup>3</sup>の不安定土砂が残存していたため、この対策を、治山事業調査検討委員会で検討しました。

検討の結果、No.5 ダムの下流側に 2 基、上流側に 3 基、計 5 基の低ダムを施工し、合わせて上流側の No.6 ダム副堤の根固工を施工する案を採用しました。この中で、下流側の 2 基の低ダム及び No.6 ダム副堤の根固工は施工の優先度が高いと判断し、平成 21 年度～平成 22 年度に施工しました。

平成 22 年度に、低ダムが 2 基の状態でも 100 年超過確率の降雨があった場合、渓床がどのように変化するか確認するためのシミュレーションを行いました。この結果、低ダムが 2 基の状態でも下流側への急激な土砂の流出は阻止されること、また、No.5 ダムの上流側の渓床は縦浸食を受けるが、No.6 ダム副堤の根固工の施工により、No.6 ダム副堤の根入れは十分であることが明らかになりました。このため、No.5 ダム上流側の計 3 基の低ダムの施工は見送りました。

以上の経緯について、図 3-7 に示します。また、以上の施設について、その特徴等は次頁のとおりです。

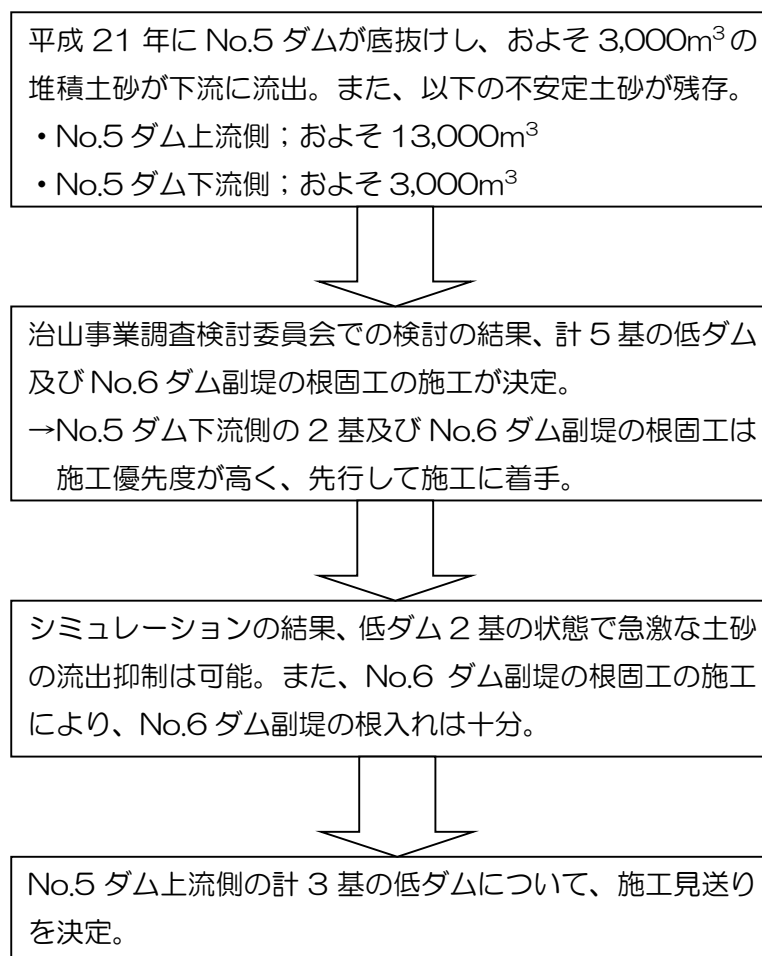


図 3-7 No.5 ダム底抜けに伴う対策の決定フロー



【No.5-1 ダム、No.5-2 ダムの技術的特徴】

- 溪流の連続性を維持することを目的に、全断面型斜路式の魚道を付帯施設として計画しました(写真 3-3 参照)。
- 魚道の下流側の洗掘を避けるため、魚道の根入れは深めにとりました。

【施工時の環境面への配慮事項】

- 建設機材等の搬入は、改変が少なく、環境に与える影響の少ないルートを検討しました。
- 茂倉沢にはクマタカの生息が確認されていたため、クマタカの繁殖期を回避して工事を実施しました。

【課題】

- No.5-1 ダムおよび No.5-2 ダムは、No.5 ダムから流出した不安定土砂の上に設置したため、濁水時には流水が伏流し、瀬切れが発生しています。
- No.5-1 ダムは、下流側の溪床が魚道の末端部まで低下しています。



写真 3-3 平成 21 年度に設置した No.5-1 ダム

#### 4. 生態系と調和した治山事業の評価

##### 4-1 生態系と調和した治山事業の評価方針

茂倉沢における治山事業の最終目標は、大規模な土砂移動を抑制して防災上の安全水準を維持・向上させつつ、溪流の連続性、生物多様性を確保することとしました。

・防災上の目標の観点からは、以下の項目により評価を行いました。

###### 【茂倉沢全体】

- ①茂倉沢における荒廃の復旧の程度
- ②茂倉沢における土砂移動の状況

###### 【保全工、No.2 ダム、No.3 ダム】

- ①山腹崩壊の抑制機能維持
- ②災害発生につながる土砂移動の抑制機能の維持
- ③平常時の土砂連続性確保

###### 【No.5-1 ダム、No.5-2 ダム】

- ①No.5 ダムの底抜けに伴い発生した溪床不安定土砂の移動抑制

・生態系のレスポンスの観点からは、以下の項目により評価を行いました。

###### 【茂倉沢全体】

- ①溪床・溪岸の適度な攪乱と移動土砂量の回復；溪畔林植生の回復
- ②細粒の河床材料の供給（河床材料の多様化）；底生動物群集の多様性回復
- ③溪流の分断の解消、瀬切れの解消、倒流木の回復、瀬淵構造の多様化；水生生物の生息場所・産卵場所、魚食性動物の行動圏の拡大と個体数の増加

###### 【改良工事を行う各治山施設】

- ①治山施設の上下流の、生物の生息・生育状況の変化
- ②工事後の生物の連続性の回復状況

従来型の治山事業及び、生態系と調和した治山事業の実施による生態系への影響について、図 4-1 に示したような考え方を仮説として整理しました。なお、事業を評価するにあたり、以下の観点による評価を基本としました。

- ①防災上の目的が達成・維持されたか
- ②想定したインパクトと、それに対する生態系のレスポンスが現れてきたか



自然溪流である茂倉沢に、従来型の治山施設を設置したことによって、どのようなことが起こっていたのかという視点から、生態系と調和した治山事業により、想定される生態系のレスポンスを下図のフローに整理しました。また、治山施設の本来の目的である、防災上の観点についても示しました。本資料では、下図のように仮説として考えられるフローに対して、現地調査データに基づいて、科学的に検証を行いました。

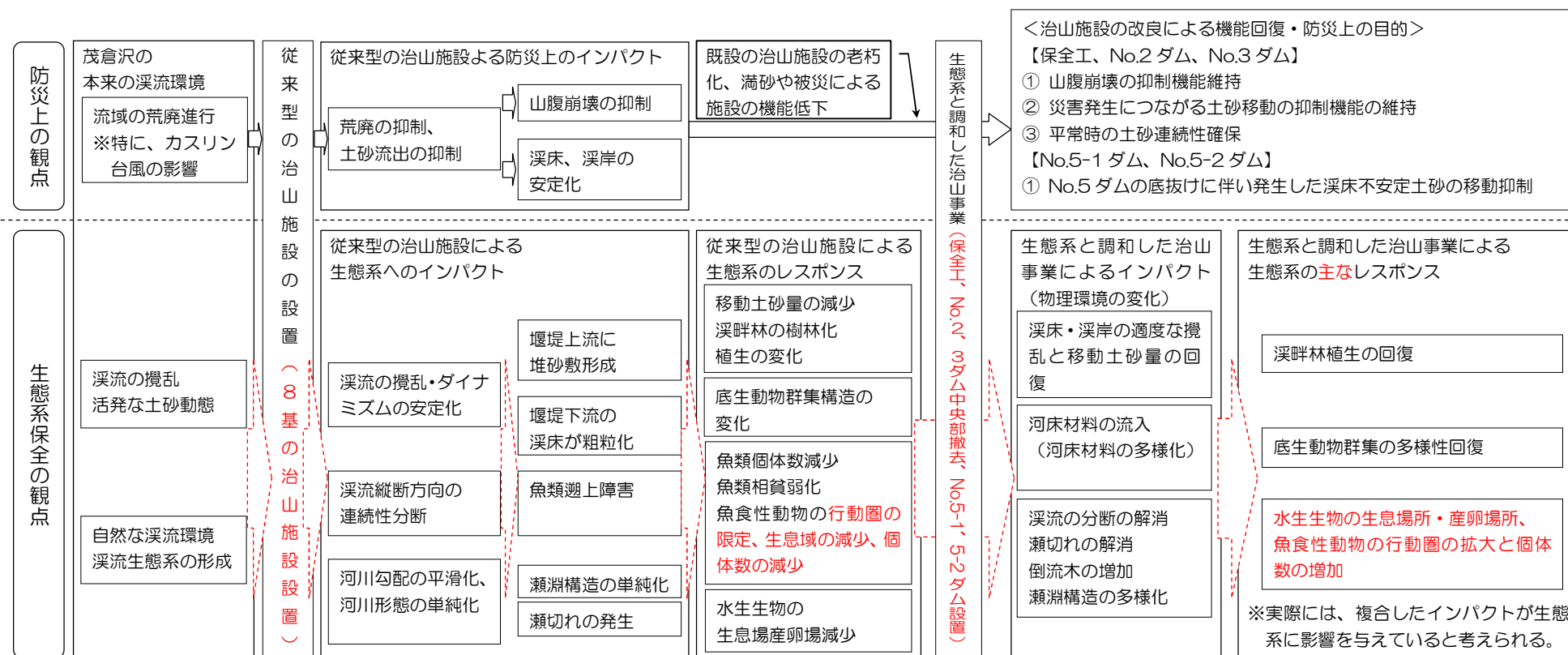


図 4-1 治山事業によるインパクト・レスポンスフロー（評価するための概略的な仮説）

4-2 生態系と調和した治山事業の評価項目の決定

- ・防災上の目標の観点からは、以下の現地調査結果を用いて評価を行いました。
  - ①流量・流速・水質等調査、②定点地点撮影・定点カメラ画像観測、⑥土砂移動量調査、
  - ⑦応力計等データ観測、⑧既往施設調査、⑨崩壊地調査
- ・生態系の観点からは、以下の現地調査結果を用いて評価を行いました。
  - ③水生生物調査（カワネズミ、底生動物、魚類）、④植生調査、⑤物理環境調査、⑥土砂移動量調査

茂倉沢では、平成 17 年度の治山全体計画策定以降、表 4-1 に示す現地調査を実施しました。前項で検討した評価方針をもとに、評価に適した調査項目を選定しました。

表 4-1 平成 17 年度以降の茂倉沢における調査項目一覧

調査項目		年度								
		H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
流量・流速・ 水質等調査	水質計データ観測		●	●	●	●	●		●	
	水質定量分析		●	●	●	●	●			
	水質定点観測	●		●	●	●	●			
	水位計データ観測		●	●	●	●	●	●	●	●
	流速・流量観測			●	●	●	●	●	●	●
	気圧計データ観測					●	●	●	●	
	雨量計データ観測					●	●	●	●	●
	気象データ収集		●	●	●	●	●	●	●	●
定点地点撮影 定点カメラ 画像観測	定点写真撮影		●	●	●	●	●	●	●	●
	自動撮影画像観測			●	●	●	●	●	●	●
水生生物調査	カワネズミ分布調査				●	●	●	●	●	●
	底生動物調査					●	●	●	●	●
	魚類調査			●			●	●	●	●
植生調査	溪畔林分布状況調査			●		●				●
	帯線調査	●		●		●		●		●
物理環境調査	瀬淵分布調査				●		●	●		
	倒流木調査				●		●	●		
	表面礫径調査				●		●	●		
	伏流区間の把握	●	●	●	●	●	●	●		
	ベルトトランセクト調査							●	●	
土砂移動量 調査	河床縦横断測量	●	●	●	●	●	●	●	●	●
応力計等 データ観測	応力計データ観測					●	●	●	●	
	土圧計データ観測					●	●	●	●	
	間隙水圧計データ観測					●	●	●	●	
既往施設調査		●		●	●		●	●	●	
崩壊地調査		●						●		

#### 4-2.1 防災上の目的の観点

茂倉沢全体における治山事業の防災上の評価、及び個別の治山施設の防災上の評価を試みました。ただし、図 4-2 に示すように、平成 17 年の治山全体計画策定後、大きな降雨は確認されていません。このため、現時点では小規模出水に対する防災上の評価を与えたのみであり、中規模出水～大規模出水に対する防災上の評価については、今後さらに検討を行う必要があります。

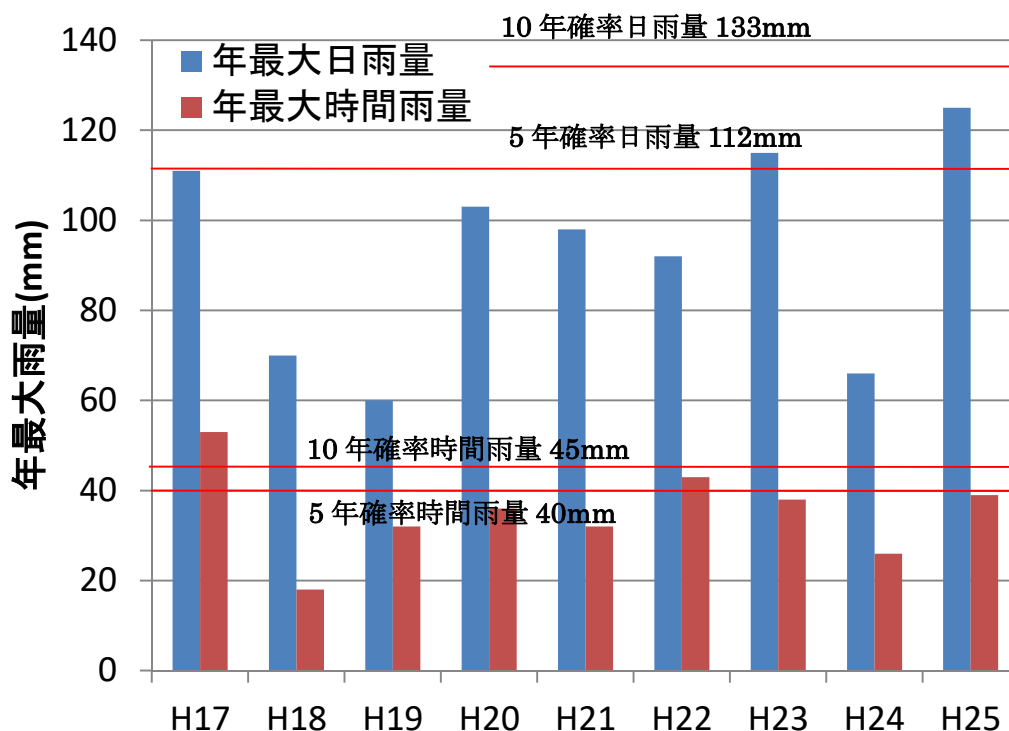


図 4-2 平成 17 年以降の年最大日雨量及び年最大時間雨量の変遷

## 1) 茂倉沢全体の評価

茂倉沢全体に対して、以下の観点から評価を行いました。

### ①茂倉沢における荒廃の復旧の程度

崩壊地調査による崩壊地の復旧状況の確認により評価を行いました。

### ②茂倉沢における土砂移動の状況

土砂移動量調査による土砂の移動状況の確認により評価を行いました。

## 2) 個別の施設の評価

治山ダム機能は、「平成 21 年度 治山技術基準解説 [総則・山地治山編] P144～145」に記載されています。これらの機能に対し、No.2 ダム、No.3 ダム及び保全工は中央部撤去あるいは中央部のない構造物であり、No.5-1 ダムおよび No.5-2 ダムは、ダム高が低い床固工であることから、構造上機能発揮が期待できないものは除外し、対象とする機能を評価方法と合わせて以下に整理しました。

### ①溪床勾配の緩和により、安定勾配に導き、災害につながるような縦侵食を防止

溪床高さの変動状況の確認により評価を行いました。

### ②堆砂による溪岸部の保護や溪床幅の拡大により、災害につながるような横侵食を防止

流路の横断的な変動および溪岸浸食の発生状況の確認により評価を行いました。

### ③溪床不安定土砂の移動防止

土砂移動量調査結果による溪床不安定土砂の移動量を整理し評価を行いました。

### ④常時の流出土砂の流下と洪水時の土砂、流木の流下抑止

保全工および No.2 ダムの自動撮影カメラによる一時土砂貯留効果の確認により評価を行いました。

これらの機能に対し、前項で設定した評価項目は以下のとおりです。これらの評価項目に対し、特に合致する治山ダムの機能を合わせて示しました。

#### 【保全工、No.2 ダム、No.3 ダム】

- 山腹崩壊の抑制機能維持：②横侵食防止
- 災害発生につながる土砂移動の抑制機能の維持：④洪水時の土砂、流木の流下抑止
- 平常時の土砂連続性確保：④常時の流出土砂の流下

#### 【No.5-1 ダム、No.5-2 ダム】

- No.5 ダムの底抜けに伴い発生した溪床不安定土砂の移動抑制：③溪床不安定土砂の移動防止



#### 4-2.2 生態系のインパクト・レスポンスの観点

##### 1) 茂倉沢全体の評価

茂倉沢の特徴は、大きくは溪流環境の残っている区間と、ダム設置区間の2つに分かれています。溪流環境の残っている区間は、No.8 ダム上流部および No.1 ダム下流部であり、河道は狭く V 字谷地形を呈し、溪畔林が生育し、瀬淵が繰り返し連続するステップアンドプールが分布し、溪流性のイワナやヤマメが多く生息しています。一方、ダム設置区間は、茂倉沢の中流部に該当し、ダムの堆砂敷が形成されている区間は、河道が広く一部河畔林も生育し、平瀬か早瀬の比較的単調な河道からなり、カジカ等が比較的多く生息しています。以下の観点で現地調査データを整理し、図 4-1 に示しました治山事業によるインパクトおよび生態系のレスポンスという観点で評価を試みました。

##### <物理環境>

- 溪流の縦断的、横断的な地形変化
- 溪流全体の土砂収支、河床材料（表面礫径）の変化
- 河川形態、瀬淵の面積分布、瀬切れ区間の変化

##### <生態系>

- 優占する樹林タイプ（溪畔林、河畔林）の変化
- 各魚種の生息密度の変化、生息範囲の拡大の有無、回遊性魚類の遡上降下の状況、魚類産卵場、漁協放流状況
- 底生動物群集の経年的、縦断的な変化
- 工事前後のカワネズミの生息拡大の変化

茂倉沢における生物調査では、調査範囲（茂倉沢本流、3,480m 区間）におけるデータ集計の基本単位となる環境区分を、以下のように設定しました。

表 4-2 生態系に関する調査における環境区分の設定

環境区分	区間	区間長	区間設定理由、位置づけ等
区間 1	赤谷川合流部 ～No.1 ダム副堤	約 570m	赤谷川合流部から No.1 ダムまでの区間で、他所管の小型の堰も設置されているが、比較的自然に近い溪流区間となっています。
区間 2	No.1 ダム副堤～保全工	約 410m	区間 2 と区間 3 は保全工を境界としており、保全工が生態系や土砂移動等に与える影響を把握することを主な目的としました。
区間 3	保全工～No.5-1 ダム	約 770m	
区間 4	No.5-1 ダム～No.6 ダム副堤	約 320m	区間 3 と区間 4 は No.5-1 ダムを境界としており、No.5-1 ダムが生態系や土砂移動等に与える影響を把握することを主な目的としました。
区間 5	No.6 ダム副堤～No.8 ダム	約 330m	No.6 ダムから No.8 ダムまでの区間。既設堰堤の設置区間であり、河道が分断されています。
区間 6	No.8 ダム～最上流端	約 1,080m	No.8 ダムから調査範囲の最上流端までの区間。治山ダムが設置されておらず、連続性が確保されている区間です。

注) 区間 3 と区間 6 については、流況等の状況を考慮して、以下のように細分しています。

- 区間 3-1 : 保全工～No.2 ダム (210m)、区間 3-2 : No.2 ダム～No.5-1 ダム (560m)
- 区間 6-1 : No.8 ダム～同ダム堆砂敷末端 (170m)、区間 6-2 : No.8 ダム堆砂敷末端～大湾 (910m)

① 溪床・溪岸の適度な攪乱と移動土砂量の回復による溪畔林植生の回復

治山ダム中央部撤去により、堆砂域が無くなり、土砂移動が回復するというインパクトが期待されました。

これに対する生態系のレスポンスとして、治山ダム撤去により、ダム上流に形成されていた堆砂敷、止水域的な環境が解消され、元の溪流的な植生に回復することが期待されました。

これらのインパクト・レスポンスを確認するために、表 4-3 に示す調査を実施し、検証を行いました。

表 4-3 期待されるインパクト・レスポンス

期待されるインパクト	整理検証したデータ
<ul style="list-style-type: none"> <li>移動土砂量の回復：治山ダム撤去により堆砂域が無くなり、土砂移動が回復することが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>河床縦横断測量：治山ダム中央部撤去前後の移動土砂量の増減、横断形状の変化を把握しました。</li> </ul>
期待される生態系のレスポンス	整理検証したデータ
<ul style="list-style-type: none"> <li>溪畔林植生の適度な攪乱、溪畔林植生の回復：治山ダム撤去により、堆砂敷、止水域的な環境が解消され、元の溪流的な植生に回復することが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>溪畔林調査：特に溪畔林と河畔林との各区間の比率を整理し、土砂変化量・横断形状との相関関係を把握しました。</li> <li>帯線調査：下層植生の優占種、種構成変化を把握しました。</li> </ul>

②細粒の河床材料の供給（河床材料の多様化）による底生動物群集の多様性回復

治山ダム中央部撤去により、堰堤上流に堆砂した細粒礫が下流に供給され、多様な溪床環境が回復するというインパクトが期待されました。

これに対する生態系のレスポンスとして、治山ダムの中央部撤去により、堰堤上流に堆砂した細粒礫が下流に供給され、土砂移動の連続性が回復する。堰堤の上下流に出来た緩流的な環境、粗粒な河床環境を好む底生動物群集から、元の溪流環境を好む底生動物群集に回復するということが期待されました。

これらのインパクト・レスポンスを確認するために、表 4-4 に示す調査を実施し、検証を行いました。

表 4-4 期待されるインパクト・レスポンス

期待されるインパクト	整理検証したデータ
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 溪床の河床構成材料の多様化：治山ダム中央部撤去により、堰堤上流に堆砂した細粒礫が下流に供給され、多様な溪床環境が回復することが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 表面礫径調査：治山ダム中央部撤去前後の溪床の礫径（平均粒径）の変化を把握しました。</li> </ul>
期待される生態系のレスポンス	整理検証したデータ
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 底生動物群集構造の回復：治山ダムの中央部撤去により、堰堤上流に堆砂した細粒礫が下流に供給され、土砂移動の連続性が回復することが期待されました。更に、堰堤の上下流に出来た緩流的な環境、粗粒な河床環境を好む底生動物群集から、元の溪流環境を好む底生動物群集に回復することが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 底生動物調査：底生動物群集構造の変化の把握。生活型や特定の種に着目した整理、多様度指数、EPT 指数の変化を把握しました。また、河床材料、土砂移動量等の物理環境データと合わせた解析により把握しました。</li> </ul>

③溪流の分断の解消、瀬切れの解消、倒流木の回復、瀬淵構造の多様化による水生生物の生息場所・産卵場所、魚食性動物の行動圏の拡大と個体数の増加

治山ダム中央部撤去により、堆砂敷が無くなり、水生生物の生息場に適さない瀬切れ区間が短くなる。縦断方向の連続性が回復し、倒流木が増加し、堆砂敷の単調な沢から瀬淵構造をもつ溪流に回復するというインパクトが期待されました。

これに対する生態系のレスポンスとして、回遊性魚類等の生息利用しやすい環境が上流に広がり、多様な魚類が生息する範囲が回復することが期待されました。また、縦断方向の連続性が回復し、単調な沢から瀬淵構造をもつ溪流環境に回復し、水生生物の産卵環境が回復し、生息利用できる環境が拡大することが期待されました。更に、魚食性動物（カワネズミ）の餌の分布が広がり、魚食性動物（カワネズミ）の行動圏が拡大し、個体数が増加していくということが期待されました。

これらのインパクト・レスポンスを確認するために、表 4-5 に示す調査を実施し、検証を行いました。

表 4-5 期待されるインパクト・レスポンスと検証に必要なデータ

期待されるインパクト	整理検証したデータ
<ul style="list-style-type: none"> <li>治山ダム中央部撤去により、堆砂敷が無くなり、水生生物の生息場に適さない瀬切れ区間が短くなることが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>伏流区間の把握調査：整備区間の伏流区間の範囲変化を把握しました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>倒流木の増加：治山ダム中央部撤去により、縦断方向の連続性が回復し、倒流木が増加することが期待されました。</li> <li>瀬淵の多様化：治山ダム中央部撤去により、堆砂敷の単調な沢から瀬淵構造をもつ溪流に回復することが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>倒流木調査：治山ダム撤去前後で、整備区間の倒流木による局所的な溪床状況の変化を生み出しているかを把握しました。</li> <li>瀬淵分布調査：整備区間の淵の分布箇所数の変化を把握しました。</li> </ul>
期待される生態系のレスポンス	整理検証したデータ
<ul style="list-style-type: none"> <li>回遊性魚類等の移動範囲が上流に広がり、多様な魚類が生息する範囲が回復することが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>魚類捕獲調査：区間ごとの魚類相、個体数、体長組成の変化、標識再捕獲個体の移動状況の変化を把握しました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>水生生物の産卵環境の回復：治山ダム撤去により、縦断方向の連続性が回復し、単調な沢から瀬淵構造をもつ溪流環境に回復し、水生生物の産卵環境が拡大することが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>魚類産卵場調査：サケ科魚類の産卵場の変化を把握しました。</li> <li>瀬淵分布調査：整備区間の淵の分布箇所数の変化を把握しました。</li> <li>河床材料調査：河床の表層粒径の変化を把握しました。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>魚食性動物（カワネズミ）の餌の分布が広がり、魚食性動物（カワネズミ）の行動圏が拡大し、個体数が増加することが期待されました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カワネズミ調査：生息痕跡の確認箇所数の変化を把握しました。</li> </ul>

## 2) 個別の施設の評価

治山施設のインパクト・レスポンスを適切に捉えるには、環境変化がある区間と無い区間において、調査結果を比較し、生物の生息状況の差を検出することが必要です。更に、評価したい地点は自然条件の中にある複雑系であり、工事前後の比較だけでは厳密な比較となりません。そのため、可能な限り、科学的に評価を行うことを目標として、以下の方法により、評価を試みました（図 4-3 および図 4-4 参照）。

- 工事前と工事後を比較
- 工事の影響の無い場所（コントロール）、工事の影響のある場所（インパクト）を比較

上記の考えを茂倉沢の個別の治山施設の生態系への評価に適応し、No.2 ダム中央部撤去、No.3 ダム中央部撤去、No.5-1、5-2 ダム設置、保全工設置による生態系への影響について評価を試みました。

評価は、治山施設の上下流に調査地点を配置し、定量的なデータを蓄積している底生動物、魚類およびカワネズミの調査データを用いて、有意差検定を行いました。なお、工事前データが無い場合は、厳密な評価は出来ないものの、コントロール地点とインパクト地点での比較を行いました。

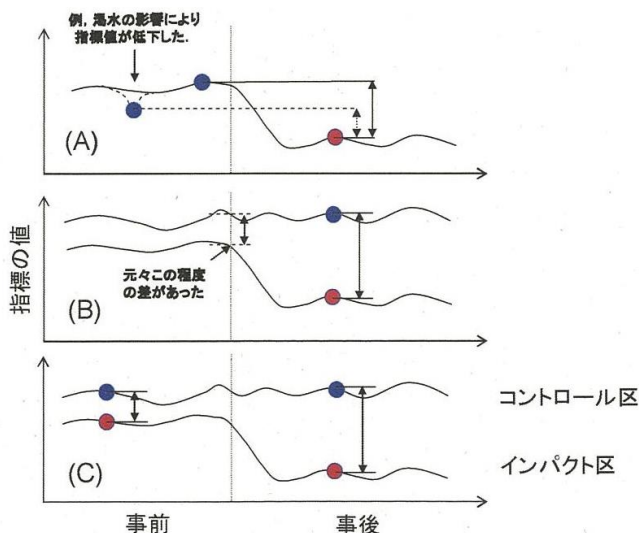


図 4-3 BACI デザインによる比較の考え方（引用：国総研資料第 521 号\_p.5-4）

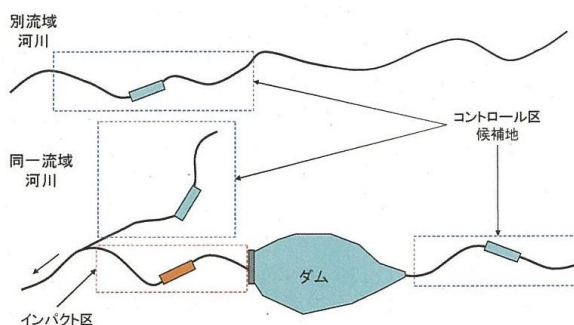


図 4-4 コントロール区とインパクト区の設定の考え方（引用：国総研資料第 521 号\_p.5-7）

## 5. 生態系と調和した治山事業による効果の評価

### 5-1 防災上の目的の観点からの評価

【茂倉沢全体】

①茂倉沢の山腹崩壊地は復旧傾向にあります。このことから、治山事業により、茂倉沢は大規模な山腹崩壊が発生しにくい状態に保たれていると考えられます。

②茂倉沢における単位延長当たりの総土砂収支は、比較的低いレベルにとどまっています。また、年最大日雨量と単位延長当たりの土砂移動量には直線的な関係が見られ、茂倉沢における土砂の移動がコントロールされている状況が伺えます。

【保全工、No.2 ダム、No.3 ダム】

防災上の目的に特に合致する機能は発揮されています。

【No.5-1 ダム、No.5-2 ダム】

防災上の目的に特に合致する機能は発揮されています。

#### 5-1.1 茂倉沢全体における治山事業の防災上の評価

##### 1) 茂倉沢における荒廃の復旧の程度

平成 17 年度時点と、平成 25 年度時点の茂倉沢における山腹崩壊地の分布状況を比較して表 5-1、写真 5-1 に示します。

これらの状況から、茂倉沢の山腹崩壊地は、平成 17 年度時点と比較して、平成 25 年度時点は復旧傾向にあり、新規の崩壊地はほとんど発生していないことが分かります。このため、茂倉沢において実施されている治山事業により、茂倉沢は大規模な山腹崩壊が発生しにくい状態に保たれていると考えられます。

表 5-1 茂倉沢における山腹崩壊地の変化

崩壊地番号	平成17年度						平成25年度												
	崩壊地の規模				傾斜(°)	形状	植生復旧		崩壊地の規模				傾斜(°)	形状	植生復旧				
斜長(m)	水平長(m)	幅(m)	深さ(m)	面積(ha)			種類	占有度	斜長(m)	水平長(m)	幅(m)	深さ(m)			面積(ha)	種類	占有度		
ホ-1	24	20	8	0.5	0.02	35	板状	草	少	25	20	10	5	0.5	0.02	35	板状	草	中
ホ-2	20	15	5	0.5	0.01	40	線状	草	中	20	15	5	5	0.5	0.01	40	板状	草・木	多
ホ-3	40	35	10	0.5	0.04	30	線状	草	多	30	26	5	5	0.5	0.01	30	板状	草・木	多
ホ-4	46	35	25	0.8	0.09	40	板状	草	少	25	19	15	15	0.8	0.03	40	板状	草	中
ホ-5	55	45	30	0.8	0.14	35	線状	草	少	20	16	15	15	0.8	0.02	35	板状	草	中
ホ-6	17	10	15	0.5	0.02	55	溪岸	草	少	10	6	5	5	0.5	0.003	55	板状	草	中
ホ-7	31	20	50	0.5	0.10	50	溪岸	草	多	30	19	35	50	0.8	0.07	50	板状	草	中
ホ-8	21	15	20	0.5	0.03	45	溪岸	草・木	多	20	14	12	12	0.5	0.02	45	板状	草・木	多
ホ-9	39	25	40	0.8	0.10	50	溪岸	草・木	多	13	8	40	40	0.8	0.03	50	溪岸	草	なし
ホ-10	39	25	45	1.0	0.11	50	溪岸	草	多	25	16	40	45	1	0.07	50	板状	草	多
ホ-11	31	25	10	0.5	0.03	35	板状	草	少			復旧							
ホ-12	37	30	8	0.5	0.02	35	線状	草	多	30	25	8	8	0.5	0.02	35	板状	草・木	多
ホ-13	30	15	35	0.5	0.05	60	溪岸	草	少			ホ-14と一体化							
ホ-14	26	15	30	0.5	0.05	55	溪岸	草	中	30	17	30	30	0.5	0.05	55	溪岸	草	少
ホ-15	35	20	35	0.8	0.07	55	溪岸	草	多	20	11	35	35	0.8	0.04	55	板状	草	多
ホ-16	24	20	30	0.8	0.06	35	溪岸	草	多			復旧				35			
ホ-17	14	10	15	1.0	0.02	45	板状	草・木	少	10	7	8	8	1	0.01	45			
ホ-18	37	30	40	0.5	0.12	35	板状	草・木	少・多	25	20	20	20	0.5	0.04	35			
ホ-19	37	30	15	1.0	0.05	35	板状	草	中	30	25	15	15	1	0.04	35			
ホ-20	12	10	35	1.0	0.04	35	板状	草	無			復旧				35			
ホ-21	49	40	15	1.0	0.06	35	線状	草	中			なし							
ホ-22	24	20	15	0.8	0.03	35	貝状	草	多			復旧							
ホ-23	37	30	40	1.5	0.12	35	板状	草	無			なし							
ホ-24	18	15	5	0.5	0.01	35	線状	草	無			ホ-25と一体化				35			
ホ-25	28	20	20	0.5	0.04	45	溪岸	草	中	7	5	20	20	0.5	0.01	45	板状	草	なし
ホ-26	24	20	10	0.5	0.02	35	板状	草	少	15	12	4	4	0.5	0.005	35	板状	草	なし
ホ-27	24	20	15	1.0	0.03	35	貝状	草	少			なし							
既調査崩壊地計					1.48										0.50				
Nホ-1										25	20	4	4	0.5	0.01	35	溪岸	草	なし
Nホ-2										12	10	3	3	0.5	0.003	35	線状	草	少
Nホ-3										3	2	20	20	0.3	0.004	45	溪岸	草	なし
Nホ-4										5	4	20	3	0.1	0.01	40	溪岸	草	中
Nホ-5										10	9	3	3	0.3	0.003	30	線状	草	なし
Nホ-6										9	7	15	15	0.5	0.01	35	溪岸	草	なし
Nホ-7										5	5	10	10	0.5	0.01	25	溪岸	草	少
Nホ-8										15	11	35	35	0.8	0.04	40	溪岸	草	中
Nホ-9										15	11	10	10	1	0.01	45	板状	草	なし
合計															0.58				



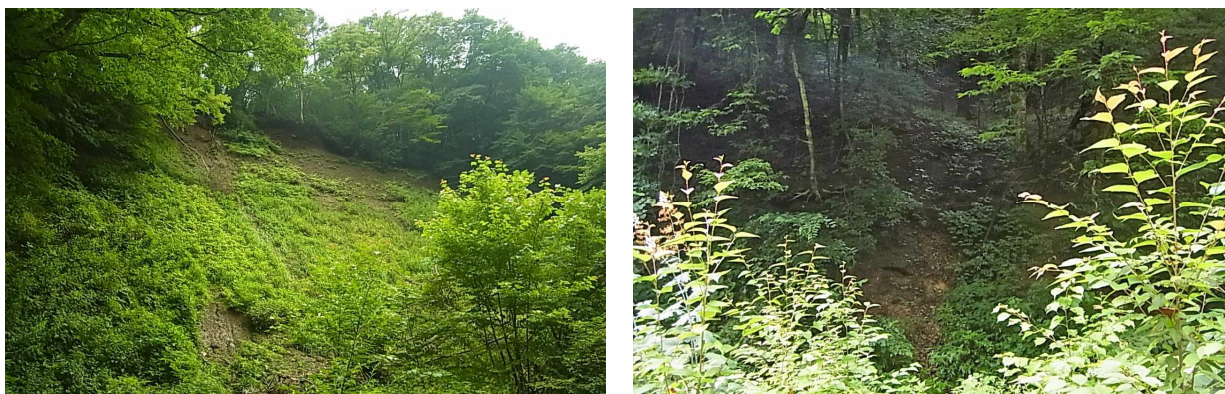


写真 5-1 復旧傾向にある山腹崩壊地(左：ホー10 右：ホー22)

## 2) 茂倉沢における土砂移動の状況

No1 ダム～No8 ダム上流までを 8 つの区間に分割し、その区間ごとに単位延長（100m）当りの平成 18 年～平成 25 年までの 8 年間の総土砂収支合計を比較すると、下図に示すように、次の 3 区間では特に土砂の侵食や堆積が顕著であることがわかります。それぞれの区間の特徴を合わせて示します。

- No1 ダム～No2 ダム間：H24 に No1 ダム嵩上げ
- No2 ダム～No3 ダム間：H21 に No.2 ダムの中央部撤去
- No5 ダム～No6 副ダム間：H20 に No.5 ダム底抜け

以上のことから、ダムの底抜けや中央部撤去、嵩上げといった顕著な変化があった区間については、土砂の堆積や侵食が比較的活発であることが伺えます。しかしながら、茂倉沢全体では単位延長当たりの総土砂収支は比較的低いレベルにとどまっており、茂倉沢全体としては土砂の移動がコントロールされていることが伺えます。

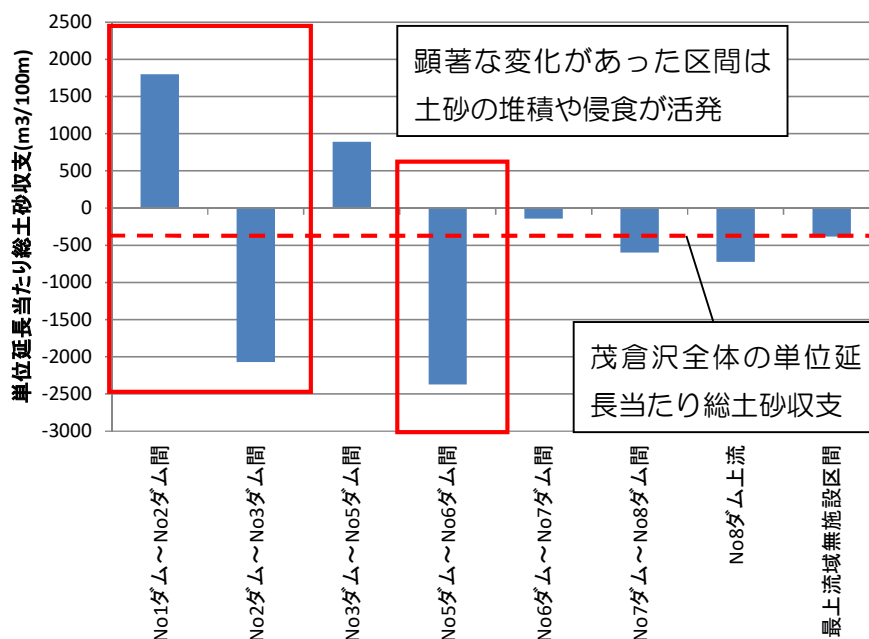


図 5-1 ダム設置区間別の単位延長当たり総土砂収支合計に対する割合

また、茂倉沢において土砂移動量が経年的に測定されている平成 18 年度以降から平成 25 年度までの、単位延長当たり土砂移動量と年最大日雨量との関係を整理し、図 5-2 に示しました。ただし、No.5 ダムの底抜けが発生した平成 20 年度と、その翌年の平成 21 年度は、茂倉沢全体の土砂移動量に対するダム底抜けの影響が大きいと判断し、整理対象から除外しています。

図から、茂倉沢における単位延長あたりの土砂移動量と、年最大日雨量には直線的な関係が認められました。このことは、茂倉沢において強度の降雨イベントが発生した際にも、極端な土砂移動が生じていないことを示すものと考えられます。

整理期間中最大の年最大日雨量（125mm/日）が観測された平成 25 年においても、大規模な山腹崩壊等は発生しなかったことも考え合わせると、茂倉沢において実施されている治山事業が防災上の効果を発揮し、全体的には土砂移動をコントロールしている可能性を示しています。

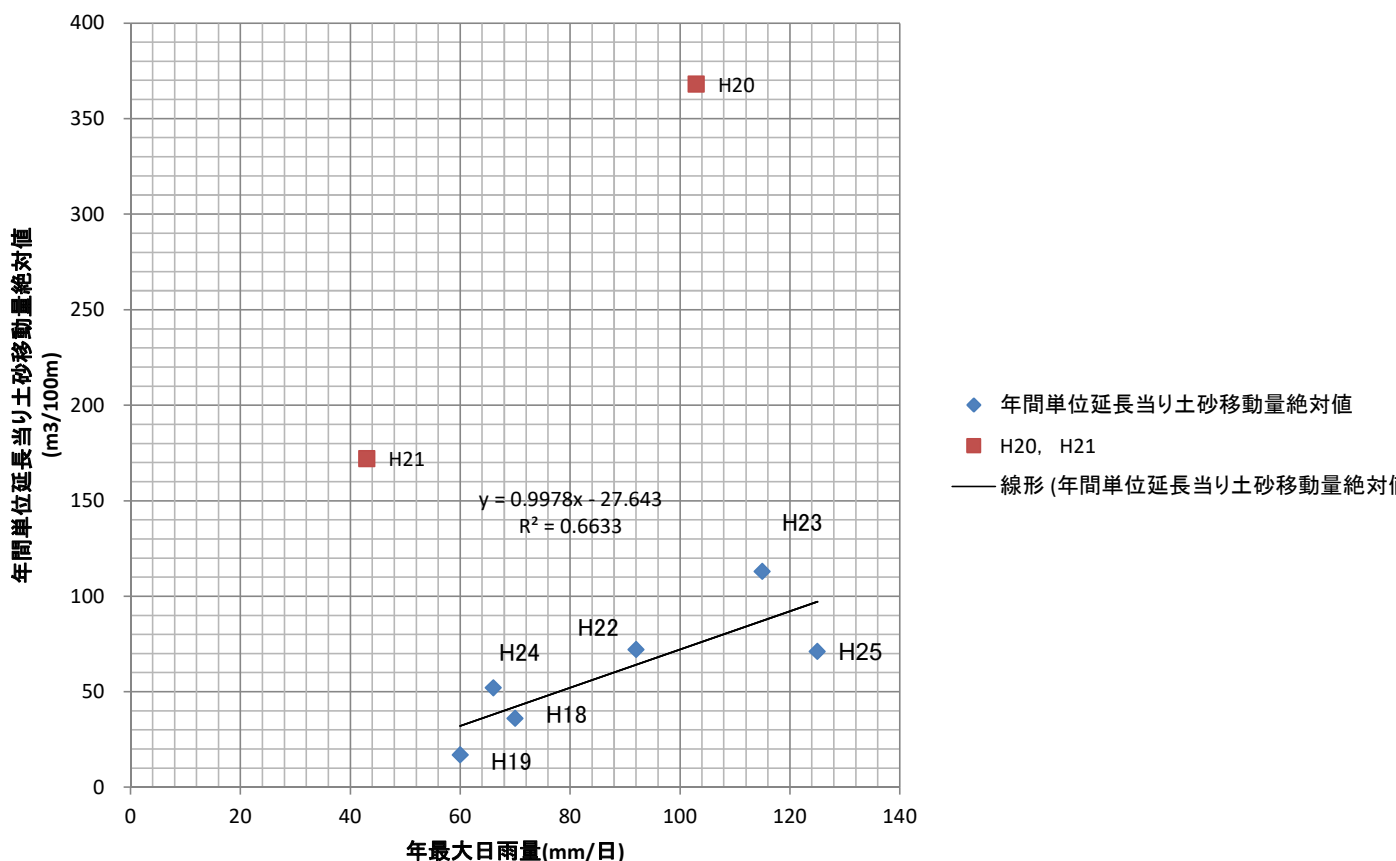


図 5-2 平成 18 年度から平成 25 年度までの茂倉沢における単位延長当たり土砂移動量と年最大日雨量との関係

### 5-1.2 個別の施設の防災上の評価

評価結果の概要を、表 5-2 に整理しました。表より、それぞれの施設はこれらの機能を発揮していることから、これらの施設は防災上の目的を達成しているものと判断されます。また、No.2 ダムについては、袖部を残したことにより防災上の安全が担保されつつも、中央部の撤去に伴い縦侵食や土砂移動が活発化しており、溪流が本来持つダイナミクスが回復している状況が示唆されました。なお、各施設の防災上の目的に特に合致する機能は以下のとおりです。

保全工、No.2 ダム、No.3 ダム：横侵食防止、および出水時の土砂流出抑止機能が特に求められている。

No.5-1 ダム、No.5-2 ダム：渓床不安定土砂の移動防止が特に求められている。

ただし、今後のモニタリングが必要と考えられる施設の状況は以下のとおりです。

No.3 ダム：中央部撤去から 1 年しか経過していません。

No.5-1 ダム：斜路末端部の洗掘がみられます。

表 5-2 個別の治山施設の防災上の評価結果一覧

評価結果		治 山 施 設					
		保全工	No.2 ダム	No.3 ダム	No.5-1 ダム	No.5-2 ダム	
治山ダムの機能	①縦侵食防止	○	☆	-	○	○	
	②横侵食防止	◎	◎	◎	○	○	
	③渓床不安定土砂の移動防止	○	☆	-	◎	◎	
	④洪水時の土砂、流木の流下抑止	◎	◎	-			
	④常時の流出土砂の流下	◎	◎	-	-	-	
総合評価		○ 防災上の目的に特に合致する機能は発揮されている。また、No.2 ダムは縦侵食防止や渓床不安定土砂の移動防止機能は減少しているが、このことは平常時土砂連続性の確保に寄与している。		○ 現時点で確認できる範囲内で、防災上の目的に特に合致する機能は発揮されている。		○ 防災上の目的に特に合致する機能は発揮されている。	
備考		H25 は No.1 ダム嵩上げの影響を受けている		工事からの経過年数が少なく、今後のモニタリングが必要		斜路先端部の洗掘あり	

◎：各施設の防災上の目的に特に合致し機能が発揮されている ○：機能の発揮が見られる  
 ☆：防災上の安全が担保されつつ溪流が本来持つダイナミクスが回復している -：評価不能  
 ◎：それぞれの治山施設の防災上の目的に特に合致する機能

## 5-2 生態系のインパクト・レスポンスの観点からの評価

### 5-2.1 茂倉沢全体における治山事業の生態系からの評価

茂倉沢の溪流全体における生態系のインパクト・レスポンスに対する評価を、表 5-3 に整理しました。図 5-3 に茂倉沢において行った生態系に関する現地調査位置を示し、図 5-4 に現地調査結果の整理総括図を示します。

表 5-3 溪流全体の生態系のインパクト・レスポンスのまとめ（評価と課題）

インパクト	レスポンス	まとめ評価	課題
溪床、溪岸の適度な攪乱と移動土砂量の回復	溪畔林植生の回復	<ul style="list-style-type: none"> <li>•溪流環境の中に当初設置された治山設備によりダム上流に堆砂敷が形成され、そこに下流的な環境に生育する河畔林が生育している状況となっています。</li> <li>•中央部を撤去した No.2 ダム下流で、倒流木密度が増え、淵も増加し、攪乱の回復を確認しました。</li> <li>•現状は、工事による改変範囲は、主に草本群落が分布していました。</li> <li>•No.2 ダムおよび No.5 ダム上流には、ダム堆砂敷に形成された河畔林の分布が残っており、今後の大規模な攪乱の発生後の変化を見極めた上での評価する必要があります。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•今後、溪流の連続性が回復した No.2 ダム、No.5 ダムの上下流について、植生分布の変化が長期的に進行していく可能性があります。</li> <li>•大規模な攪乱が発生した際に、溪岸の変化と合わせて、植生変化の把握（特に、自然裸地、草本群落、河畔林などの分布の変化）をしていくことが今後の課題であり、長期的なモニタリングが必要と考えています。</li> </ul>
細河床材料の流入（河床材料の多様化）	底生動物群集の多様性回復	<ul style="list-style-type: none"> <li>•治山施設が連続する区間の多様性指数は、本来の溪流環境に近い最上下流地点の多様性指数よりも低い傾向がみられました。</li> <li>•No.2 ダム中央部撤去等の主な工事が行われた直後の平成 21 年および中規模の出水が発生した平成 25 年の多様性指数が最も低い傾向がみられました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•底生動物の年変動幅が大きく、今後のデータの推移をみる必要があります。特に、中規模攪乱後の底生動物相の変化に注意していく必要があると考えています。</li> </ul>
溪流の分断の解消、瀬切れの解消、倒流木の増加、瀬淵構造の多様化	水生生物の生息場所・産卵場所、魚食性動物の行動圏の拡大と個体数の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>•魚類の連続性は回復傾向にあり、茂倉沢の溪流全体として、生息利用しやすい環境が拡大していきつています。魚類産卵場所（産卵床）に適した環境も回復傾向がみられました。</li> <li>•カワネズミの行動圏の連続性と場所毎の利用密度が高まってきた傾向がみられました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•イワナ、ヤマメは、毎年利根漁業協同組合によって、茂倉沢に放流がされています。また、釣り人も多くその影響を受けているデータを取り扱っています。</li> </ul>



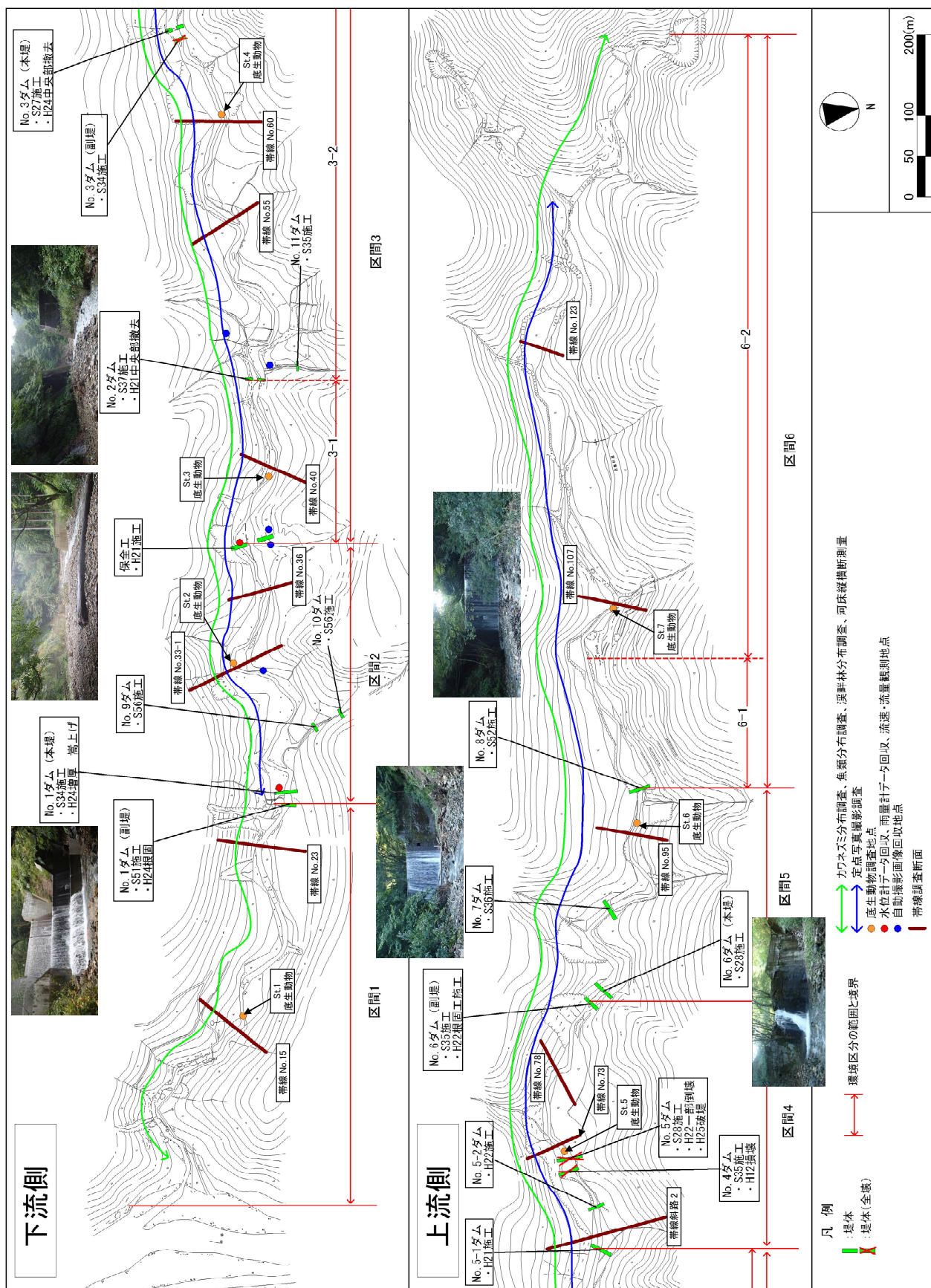


図 5-3 茂倉沢における治山施設位置、環境区分および現地調査位置図



5-2.2 個別の施設の生態系からの評価

治山施設の上下流に調査地点を配置しており、定量的なデータを蓄積している底生動物、魚類およびカワネズミのデータの事前・事後、コントロール・インパクトの比較を行うことによって、個別の施設による事業の効果の評価を試みました。その結果を表 5-4 に示します。

表 5-4 個別の施設による事業の効果の評価と課題

対象とする 治山施設	事前・事後、コントロール・インパクトの比較			課題
	底生動物	魚類	カワネズミ	
No.2 ダム 中央部撤去	○ダム上下流で底生動物の多様度や個体数等は大きくは変わりませんでした。	○魚類の生息利用できる環境は拡大しています。 ○標識魚類の再捕獲結果から、魚類の連続性は確保されています。	△カワネズミの生息利用可能な範囲が広がったことにより生息分布の人為的な偏りが緩和され、生息環境が回復しつつありますが、ダム有り区間と比べ有意な変化はなく、ダム無し区間と比べると回復していませんでした。	△底生動物および魚類の回復がみられました。しかし、これら水生生物を餌として捕食し、溪流の生態系の上位に位置するカワネズミの行動圏の拡大と個体数の増加までには至っていませんでした。
No.3 ダム 中央部撤去	○ダム上下流で底生動物の多様度や個体数等は大きくは変わりませんでした。	○魚類の生息利用できる環境は拡大しています。 ○標識魚類の再捕獲結果から、魚類の連続性は確保されています。	△カワネズミの生息利用可能な範囲が広がったことにより生息分布の人為的な偏りが緩和され、生息環境が回復しつつありますが、ダム有り区間と比べ有意な変化はなく、ダム無し区間と比べると回復していませんでした。	△ No.5-1 ダム～No.5-2 間で瀬切れが発生していました。瀬切れの発生する頻度、範囲、時期によっては、魚類の移動に影響を与える可能性を懸念しています。
No.5-1 ダム No.5-2 ダム 設置				△溪流の生態系の上位に位置するカワネズミの行動圏の拡大と個体数の増加までには至っていませんでした。
保全工設置	○保全工の上下流で底生動物の多様度や個体数等はほとんど変わりませんでした。	○連続性は確保されました。	○データ数が少なく評価することは難しいですが、溪流を横断する構造物ではなく、大きな影響は無いと考えられます。	—
全体	△ダム有り区間、ダム撤去区間は、最上流最下流の区間と比べると多様度指数、種数が低い傾向がみられました。 △工事前に調査が実施できませんでしたので、厳密な評価は出来ませんでした。	○魚類の生息利用できる環境が拡大していることを確認しました。	△カワネズミの生息利用可能な範囲が広がったことにより生息分布の人為的な偏りが緩和され、生息環境が回復しつつありますが、データ数が少なくデータの蓄積が必要と考えています。	△個別施設に対する評価の結果は、工事前のデータが無いあるいは少ない状況です。工事後のデータも統計的な評価をするには少なく今後のデータの蓄積が必要と考えています。 △溪流の生態系の上位に位置するカワネズミの行動圏の拡大と個体数の増加を今後も見ていく必要があると考えています。

### 5-3 茂倉沢における生態系と調和した治山事業の総合的な評価

表 5-5 に、茂倉沢における生態系と調和した治山事業の総合的な評価結果を示します。評価結果の概要は以下のとおりです。

#### 【茂倉沢全体の評価】

- 生態系の面からは、溪畔林のような変化に長時間を要するものの変化は確認できていませんが、水生生物については、概ね期待した生態系の変化が生じています。
- 防災面からは、茂倉沢における治山事業の目的は達成されています。

#### 【個別の施設の評価】

- 生態系の面からは、魚類の連続性は維持・回復している。底生動物やカワネズミについては、データが不足しており厳密な評価は出来ていない状況です
- 防災面からは、個別の施設は治山事業の目的を達成しています。ただし、No.3 ダムについては評価のためのデータが不足している状況です。

#### 【事業全体の評価】

- 生態系は、個別の施設の観点ではデータが不足している等の課題もありますが、茂倉沢全体については、概ね期待した治山施設改良工事による効果が得られていると考えています。従って、総合的には、事業の目的は概ね達成されていると評価しました。
- 防災面は、茂倉沢全体、また、個別の施設のいずれの視点からも、治山事業の目的が達成されていると評価しました。
- 治山施設の機能の発揮により防災上の安全が担保されつつ、土砂移動や侵食が活発になる等、溪流が本来持つダイナミクスが回復している状況が示唆されています。一方で生態系の連続性は回復しつつあり、防災面と生態面の両面を重視し、バランスを取って事業を進めていった効果が得られていると評価しました。





## 6. 今後の対応

### 6-1 明らかになったことと不明なこと

これまでの現地調査および検討で明らかになったこと、不明なことを項目別に整理し、課題と今後の方向性を表 6-1 に示しました。

表 6-1(1) これまでの調査および検討で明らかになったことの整理(1/4)

調査・検討項目		これまでの調査で明らかになったこと、不明なこと		
		明らかになったこと	不明なこと・課題	今後の方向性
流量・流速・ 水質等調査	水質計データ観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>茂倉沢の水質の傾向を把握しました。</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>工事が発生する場合以外は、実施しないものとします。</li> </ul>
	水質定量分析			
	水質定点観測			
	水位計データ観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>No.1 ダムの放水路付近における水位変動は、約 5 年の観測データを蓄積しています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>出水時の流量の把握が課題となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本年作成した水位—流量曲線を用いて出水時の流量を把握するために、水位計による観測のみを継続します。</li> </ul>
	流速・流量観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>水位と流量の関係を把握しました。</li> </ul>		
	気圧計データ観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>H21 に保全工に雨量計設置し、茂倉沢での降雨状況を把握し、川古観測所データと大きくは変わらないことを確認しました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>雨量計の故障により欠測が発生しました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国土交通省川古観測所のデータ収集で代替可能であるため、今後の調査は実施しないものとします。</li> </ul>
	雨量計データ観測			
気象データ収集				
定点地点 撮影 定点カメラ 画像観測	定点写真撮影	<ul style="list-style-type: none"> <li>溪床の変動や溪床浸食の発生状況、既往施設や山腹崩壊地の変化等について把握しました。</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>これまでの調査で溪流の視覚的な状況の変化は把握できたため、実施しないものとします。</li> </ul>
	自動撮影画像観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>豪雨時の溪流状況の変化を撮影したデータを得ており、保全工や No.2 ダムの土捕捉機能を確認しています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No.5-1、5-2 ダムにおける瀬切れの状況が確認できていません。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No.5-1、5-2 ダム間の瀬切れ区間の発生状況を把握するために自動撮影カメラを移設して新規に調査していきます。</li> </ul>

表 6-1(2) これまでの調査および検討で明らかになったことの整理(2/4)

調査・検討項目		これまでの調査で明らかになったこと、不明なこと		
		明らかになったこと	不明なこと・課題	今後の方向性
水生生物 調査	カワネズミ 分布調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・H23 以降、<b>生息痕跡</b>の確認地点が連続しつつありますが、明瞭な連続性の回復までは確認できていません。</li> <li>・カワネズミは魚食性ですが、糞内容物分析から、主に底生動物を餌としていることがわかりました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カワネズミの生息分布状況による連続性の明瞭な回復状況が把握できていません。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダム中央部撤去による<b>生息利用しやすい環境</b>の回復状況を把握するために調査を継続していきます。</li> <li>・ただし、自動撮影を用いたトラップ調査は継続せず、<b>生息痕跡</b>調査のみを継続します。</li> </ul>
	底生動物調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多様度指数は、溪流環境が残っている区間が高く、ダムが点在する区間は、相対的に低い傾向がありました。</li> <li>・H21 以降、多様度指数の回復傾向がみられましたが、H25 は台風による出水の影響を受け、攪乱により、多様度指数等が低下しました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・底生動物は、河床材料との関係があると考えられていますが、粒径の変化は小さくなく、河床材料との関係は確認できませんでした。</li> <li>・工事や、出水等の複合した物理環境要因が関与している可能性があるため、ダム中央部撤去による明瞭な変化が把握できていません。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダム中央部撤去による溪流環境の変化を把握するために調査を継続します。</li> <li>・調査時には河床材料との関係を把握するため表面粒径の計測も試料採取地点で行っていきます。</li> </ul>
	魚類調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央部撤去された No.2 ダム地点、No.5-1、5-2 ダム設置地点をまたいで遡上・降下したサケ科魚類個体を確認しました。</li> <li>・工事前は、魚類の生息密度が高い範囲が断続的でしたが、平成 23 年度以降は、連続して高い傾向がみられます。</li> <li>・サケ科魚類産卵場は、上流に偏って分布しています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地元の漁協による放流等もされており、自然分布の状況が不明瞭となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダム中央部撤去による連続性の回復状況の把握はカワネズミ調査に代表させ、魚類調査は実施しないものとします。</li> </ul>

表 6-1(3) これまでの調査および検討で明らかになったことの整理(3/4)

調査・検討項目		これまでの調査で明らかになったこと、不明なこと		
		明らかになったこと	不明なこと・課題	今後の方向性
植生調査	溪畔林分布調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 溪流環境の中に形成されたダム上流の堆砂敷に、河畔林が生育しています</li> <li>・ 現状では、工事施工範囲は草本群落が生育しています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ No.2 ダム中央部撤去、No.5 ダム底抜け倒壊によって、植生が長期的に変化する可能性が考えられますが、現段階での評価は出来ませんでした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 5～10 年間隔で、No.2、5 ダムを中心とした相観植生図作成し、H25 からの変化を把握していきます。</li> </ul>
	帯線調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 溪流全体の溪岸の植生の現状を等間隔に把握するための基礎データを取得しました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 比較的大きな攪乱が発生した後の溪流全体の溪岸の長期的な植生変化が不明となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 比較的大きな攪乱（10 年確率以上の日雨量）が発生した場合、ダム有り区間（No.2、5 ダム上流）およびダム無し区間の 3 測線を中心に帯線調査を実施していきます。</li> </ul>
物理環境調査	瀬淵分布調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ No.8 ダム上流および No.1 ダム下流はステップアンドプールで小規模な瀬淵が繰り返し多様な環境が形成されています。一方で、ダム堆砂敷では平瀬が続き比較的単調な環境となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大規模な出水発生後の変化が不明となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 比較的大きな攪乱（10 年確率以上の日雨量）が発生した場合に実施していきます。</li> </ul>
	倒流木調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 明瞭な経年変化は確認されていません。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大規模な出水発生後の発生が不明となっています。</li> </ul>	
	表面礫径調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上流の区間 6 以外は、縦断的な粒径の変化はほとんど無い状況です。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大規模な出水発生時の河床の攪乱の程度が不明となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 表明礫径は底生動物調査で把握するため、実施しないものとします。</li> </ul>
	伏流区間の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 主に、ダム上流の堆砂敷で発生していることを把握しています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特に、No.5-1 ダム、No.5-2 ダム間の瀬切れ発生の頻度、範囲、時期が不明となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動撮影画像観測を行うことによって No.5-1、5-2 ダム間の瀬切れの状況を監視していきます。</li> </ul>
	ベルトトランセクト調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上流の区間 6 以外は、縦断的な粒径の変化はほとんどありません。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大規模出水発生時の河床材料の変化が不明となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 帯線調査にて把握していきます。</li> </ul>



表 6-1(4) これまでの調査および検討で明らかになったことの整理(4/4)

調査・検討項目		過年度までの調査で明らかになったこと、不明なこと		
		明らかになった事象	不明な事象・課題	今後の方向性
土砂移動量調査	河床縦横断測量	<ul style="list-style-type: none"> <li>近年、土砂収支はマイナスで、河床は低下傾向となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模出水発生時の土砂移動が不明となっています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>河床変動は毎年みられるため、継続データを収集し、かつ大出水時に前年の状況と比較することを目的として調査を継続実施していきます。</li> </ul>
応力計等データ観測	応力計データ観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>保全工が変状するような土砂移動等は発生していませんでした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測器の異常や欠測が発生しています。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測機器異常が発生しやすく、かつ応力計については再設置が困難なため、調査は実施しないものとしします。</li> </ul>
	土圧計データ観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>土圧は、間隙水圧計による水位と同様な変動を示していました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測器の異常や欠測が発生しています。</li> </ul>	
	間隙水圧計データ観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>台風等による豪雨時には、間隙水圧の上昇を抑えていました。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測器の異常や欠測が発生しています。</li> </ul>	
既往施設調査		<ul style="list-style-type: none"> <li>各ダムの洗掘、劣化、底抜け等を確認しています。</li> </ul>	—	—
崩壊地調査		<ul style="list-style-type: none"> <li>崩壊地の回復傾向がみられました。</li> </ul>	—	—

## 6-2 治山施設の課題

- No.5-1 ダムの斜路先端部が洗掘しています。
- No.5-1 ダム、No.5-2 ダムで瀨切れが発生しています。
- No.3 ダムでは急激な溪床の低下が見られましたが、工事からの経過年数が少なく、今後のモニタリングが必要です。

### 6-2.1 No.5-1 ダム、No.5-2 ダム

No.5-1 ダムでは、斜路先端部の洗掘削が進行し、写真 6-1 に示すように、斜路の先端部と溪床の間にわずかに落差が生じています。

また、濁水時には、写真 6-2 に示すように瀨切れが発生しています。



写真 6-1 No.5-1 ダムの斜路先端部の洗掘状況  
(平成 25 年 12 月 2 日撮影)



写真 6-2 No.5-1 ダム～No.5-2 ダム間の瀨切れ状況  
(平成 25 年 12 月 5 日撮影)

### 6-2.2 No.3 ダム

No.3 ダムでは、図 6-1 に示すように中央部の撤去に伴い急激な溪床の低下が見られました。No.3 ダムについては中央部の撤去から 1 年しか経過しておらず、今後のモニタリングが必要と考えています。

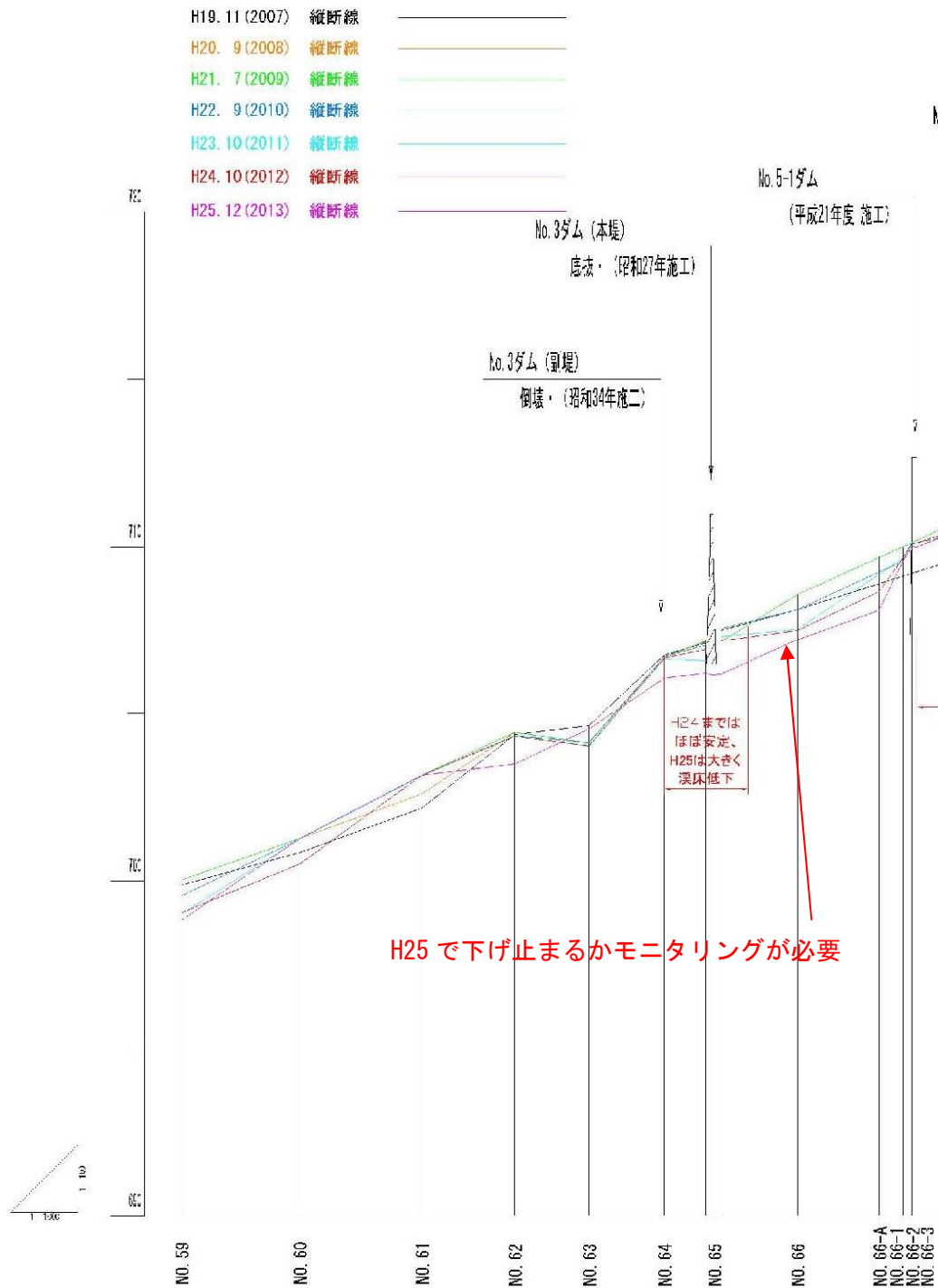


図 6-1 No.3 ダム（中央部撤去）上下流の溪床縦断図

## 6-3 今後の対応方針

## 6-3.1 今後のモニタリングについて

今後もAKAYAプロジェクトと連携しつつ、これまで不明となっていることについて、継続的に調査を行い、茂倉沢流域の溪流環境および森林環境について、「生物多様性の復元」と「持続的な地域づくり」を引き続き順応的に管理しながら進めていきます。今後、必要なモニタリングの方針について、現段階の方針を表 6-2 に示します。

表 6-2 今後も必要と考えているモニタリングの項目

調査項目		調査頻度	備考
水位・気象等 調査	水位計観測	通年	・データ回収およびメンテナンスは半年に 1 回程度（洪水期直前、積雪期直前）行うものとします。
	気象データ収集	通年	・適宜収集するものとします。
定点カメラ 画像観測	自動撮影画像 観測	年 3 回	・既往の自動撮影カメラについては全て撤去し、No.5-1 ダム、No.5-2 ダム付近の瀬切れ状況を確認するために 2 台を新規設置するものとします。
水生生物調査	カワネズミ 分布調査	2 年に 1 回	・底生動物調査を実施する冬季（12 月）に生息痕跡調査を実施するものとします。
	底生動物調査	年 1 回	・冬季（12 月）に 7 定点で実施するものとします。 ・調査地点の表面礫径の計測も併せて実施するものとします。
植生調査	溪畔林分布調査	5～10 年 に 1 回	・氾濫原範囲の相観植生図作成を実施するものとします。
	帯線調査	5～10 年 に 1 回	・溪岸部の樹林植生の記録、氾濫原範囲の表面粒径の計測を実施するものとします。
物理環境調査	瀬淵分布調査 倒流木調査	10 年確率以上の降雨が発生時に実施	・河床材料分布図も併せて作成するものとします。
土砂移動量 調査	河床縦横断測量	年 1 回	・台風シーズンの後（秋季）に実施するものとします。



### 6-3.2 治山施設の改良方針

- No.5-1 ダムの斜路先端部の洗掘が進行した場合、木工沈床により洗掘の進行を抑制します。
- No.5-1 ダム、No.5-2 ダムの瀬切れについては、モニタリングを行います。

No.5-1 ダムは、現状では斜路末端部と水面の落差は生じておらず、概ね設計通りの状況であるため、現時点での対策は必要ないと考えています。

No.5-1 ダムの斜路は階段式魚道的一种ですが、「魚がのぼりやすい川づくりの手引き（国土交通省河川局、平成 17 年 3 月）」によると、階段式魚道の落差は 10～20cm が適当とされています。そこで、これを目安とし、斜路の末端部と水面に 20cm 以上の落差が生じた場合、対策を検討します。

具体的には、ダム直下の土砂の移動を抑制することを目的として、写真 6-3 に示すような木工沈床等による対策を検討します。

また、No.5-1 ダム、No.5-2 ダムの瀬切れについては、自動撮影カメラによりモニタリングを行い、瀬切れの頻度を把握し、必要に応じて対策を検討します。



写真 6-3 木工沈床による根固工の施工例：岐阜県岩手川