

3. 産官学民の連携による 耳川流域における総合土砂管理について

中原 学^{1*}・大谷 睦彦¹・杉尾 哲²・加来 睦宏³

¹宮崎県 県土整備部 河川課 (〒880-0805 宮崎県宮崎市橋通東2丁目10-1)

²九州河川研究所 (〒880-0926 宮崎県宮崎市月見ヶ丘2丁目4-8-102)

³九州電力 耳川水力整備事務所 (〒883-8533 宮崎県日向市北町1丁目112番地)

* E-mail: kasen@pref.miyazaki.lg.jp

耳川水系では、平成17年の台風14号により、流域市町村に甚大な浸水被害が発生した。特に諸塚村中心部の洪水被害については、河川やダムに流入してくる土砂の堆積が一因となっており、耳川水系の山地から河川、ダム、河口域までの土砂に起因する様々な課題が浮彫りとなった。そこで、関係機関と情報を共有しながら連携・協力し、総合的な土砂管理上の課題解決に向けて技術的に検討するため、学識経験者等からなる技術検討会を設置し、「耳川水系総合土砂管理計画」を平成23年10月に策定した。また、平成24年より、産官学民連携による「耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会」を設置し、各種事業に対する評価改善サイクルを回しているところである。本稿では、これらの耳川水系総合土砂管理に関する取組みについて報告する。

Key Words : *integrated sediment flow management, adaptive management, consensus-building, sluicing*

1. はじめに

耳川は、九州の南東部をほぼ東に流れて日向灘に注ぐ幹川流路延長94.8km、流域面積884.1km²¹⁾の宮崎県有数の二級河川である(図-1)。流域の大半を急峻な山地が占める九州地方有数の急流河川であるとともに、中流部では崩壊しやすい四万十累層群が広範囲で分布しており、山腹崩壊が発生しやすい地形・地質条件となっている。

耳川では、昭和の初めから、豊富な水量と落差を利用した電源開発が行われ、現在、7つの水力発電用ダム

(九州電力)が存在し、最大出力34万kWを誇る九州最大の水力発電地域となっている。また、豊富な水量と良好な水質を有する耳川の水は、流域の灌漑用水や最下流に位置する日向市の工業用水及び水道用水としても利用されている。

平成17年9月に襲来した台風14号は、宮崎県をはじめ日本各地に大規模な被害を与えた。宮崎県の山間部では総雨量1,300mmを越える記録的な大雨に見舞われ、特に山須原ダム貯水池上流端付近に位置する諸塚中心部は壊滅的な被害を受けた²⁾(図-2)。耳川流域では、大小約



図-1 耳川水系の概要



図-2 諸塚中心部被災状況 (H179)

500箇所の山腹崩壊が発生し、河川やダム貯水池に大量の土砂や流木が流れ込んだことも洪水被害が拡大した原因の一つであったと考えられる。

このため、宮崎県では、土砂に起因する甚大な被害の発生を踏まえ、流域全体の関係者による行動（対策）を体系化した、「耳川水系総合土砂管理計画」を平成23年10月に策定した。

また、平成24年7月には、同計画に基づく行動（対策）が流域共通の目標に向かっているかを評価し、行動の改善提案を住民参加で協議する「評価・改善委員会」を設置するなど、現在、総合土砂管理に向けた取り組みが、流域関係者の参加と協働により推進されている。

本稿では、産官学民の連携による耳川水系での総合土砂管理に関する取り組みについて報告する。

2. 耳川水系総合土砂管理計画の策定

(1) 耳川水系河川整備計画の変更（H21.3）

耳川水系の河川沿いの平地では、家屋や農地などが低いところがあるため、しばしば浸水被害が発生しており、近年においては平成5年8月の台風7号、平成9年9月の台風19号、平成16年8月の台風16号及び平成17年9月の台風14号等により大きな浸水被害を受けている。

特に、平成17年9月に発生した台風14号は宮崎県全域に未曾有の被害をもたらし、耳川流域では平成9年9月の台風19号洪水による浸水家屋数（268戸）を大きく上回る浸水被害（浸水家屋424戸）が発生した。このうち、洪水流や土砂災害等により全壊・半壊・流出した家屋は198戸に上った。

耳川流域における河川の整備状況は、比較的河川沿いの平地が多く資産が集中している河口部から八重原橋下流（河口より約18km地点）については広域基幹河川改修事業や土地利用一体型水防災事業、床上浸水対策特別緊急事業による築堤・宅地嵩上げ・河床掘削等の整備を行っている。その一方、本川の八重原橋から上流については、災害復旧等以外の計画的な河川改修をこれまで実施しておらず、流下能力が低い区間が存在する。

平成17年台風14号洪水では、諸塚村中心部等で、家屋の全壊・半壊を含め、被害戸数70戸の甚大な浸水被害が発生した。このため、整備を進めている河口から八重原橋下流までの区間に加え、山須原ダム貯水池上流部の柳原川合流点から山瀬橋下流までの区間について、設定した規模の洪水（概ね40年に1回程度発生する洪水）に対して家屋の浸水を防止するための対策を検討した。

対策の技術的な検討にあたり、宮崎大学、国土技術政策総合研究所、九州地方整備局、電力中央研究所及び九州電力から構成される「耳川水系河川整備及び管理に関

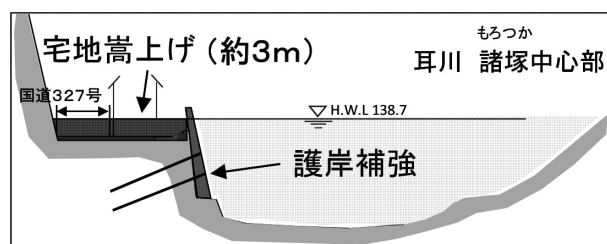


図3 諸塚中心部の水防災事業（宅地嵩上げ）

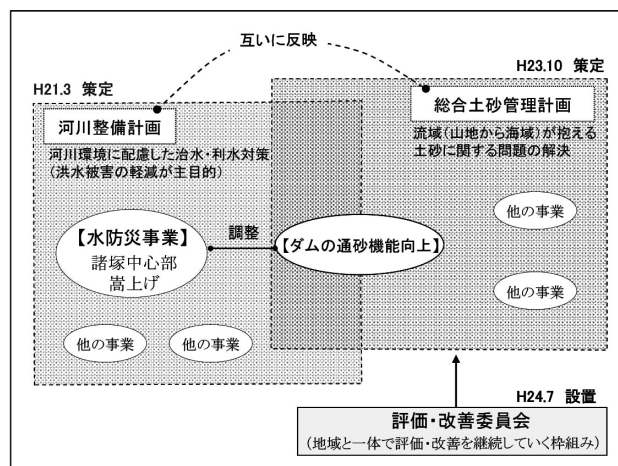


図4 河川整備計画と総合土砂管理の関係

する技術検討会」を平成18年度に計5回開催し、技術・政策的側面の議論がなされ、今後の耳川水系の河川整備と管理のあり方に関する骨格を定めた。

このうち、耳川上流域においては、宅地嵩上げなどの「水防災事業」（図-3）と「ダムの通砂機能向上」を組み合わせた整備手法について、耳川水系河川整備計画（H21.3）に位置付けるとともに、通砂のための既設ダムの改造を含め、関係機関の連携の下、流域の関係者が一体となって総合土砂管理に取り組んでいくことを明記した（図-4）。

(2) 総合土砂管理計画の策定（H23.10）

山地から海に至るまでの一貫した土砂管理の取り組みを流域住民や関係機関の共通認識の下、連携して実施するためには、土砂に起因する様々な課題に対して、①目標や役割の明確化、②具体的な取り組みに向けた仕組みづくりが必要となる。

このため、耳川水系の山地からダム、河道、河口・海岸域までの土砂に起因する様々な課題に対して、関係機関と情報を共有しながら連携・協力し、課題解決に向けた技術的な検討を行うことを目的として、関係市町村首長、宮崎大学、電力中央研究所、九州電力、国土交通省及び宮崎県関係部局から構成される「耳川水系総合土砂管理に関する技術検討会（以下、技術検討会）」を平成20年3月に設置した。

また、総合土砂管理の実施にあたっては、関係市町村、

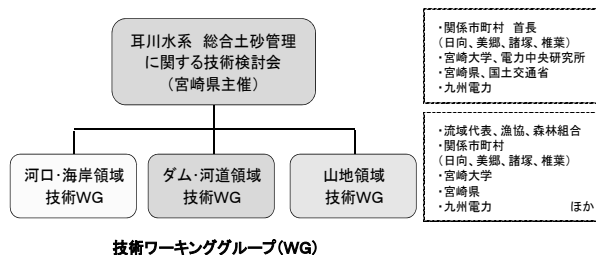


図-5 技術検討会の体制

関係団体、地域の方々との合意形成が重要であることから、地域の方々を含めて議論できる場として、「河口・海岸」、「ダム・河道」、「山地」の3つの領域毎にワーキンググループを設置した（図-5）。

平成20年度以降、5回の技術検討会、9回の技術ワーキンググループでの議論や5回の地元説明会における地域住民からの意見聴取を通じ、耳川の土砂に関わる問題の現状と課題を領域別に整理し（表-1）、各領域の目指すべき方向性を定めるとともに目標実現のための役割分担（行動計画）を明確にした。

表-1 土砂に関わる問題の現状と課題

①山地領域	・地形地質特性や近年の降雨特性や近年の降雨パターンの変化により、今後も山腹崩壊に伴う土砂流出が予測される。 ・崩壊の増加および手入れの行き届かない森林の増加により、多量の流木が発生している。
②ダム領域	・ダム貯水池内の堆砂の進行により、貯水池直上流部で治水安全度や利水容量が低下している。 ・流木により取水・放流設備の機能障害の発生が懸念される。
③河道領域	・ダムからの供給土砂量の減少に伴う河床低下により、橋脚や護岸の安定性や取水の不安定化が懸念される。また、粗粒化や瀬・淵の消失により生物生息環境が変化していることが懸念される。 ・洪水時の流木により、氾濫が発生した場合の被害を助長していることが懸念される。
④河口・海岸領域	・汀線後退により、防災機能や親水空間が減少している。一方で、河口部は、河床上昇傾向のため、港湾機能や治水安全度維持のための掘削を実施している。 ・流木漂流等により、海岸環境や船舶の航行への支障が発生している。

(a) 基本的な考え方

耳川水系のあるべき姿は、現在顕在化している問題が軽減され、生物の多様性に富み、川と人が共生する状態を取り戻すことであり、復元としてのイメージを捉えやすいが、耳川水系では昭和初期から電源開発を目的としたダム建設が行われ、半世紀以上に渡って利水ダムが既存している状況である。

このため、ダムがあることを前提として、多様な生物が共生でき、人が川と親しめるような川の機能の再生を目指し、流域共通の目標を「耳川をいい川にする。～森林とダムと川と海のつながり～」として設定した。

さらに、耳川の土砂に関わる問題の現状とこれに対するあるべき姿の整理を踏まえ、耳川水系総合土砂管理における基本理念を設定した上で、各領域の目指すべき方向性を定めた（表-2）。領域毎の目指すべき方向性を示したことで、各領域の課題に対し流域の関係者が実施すべき行動（対策）を分かりやすく関連付けることができ、

表-2 基本理念と領域毎の目指すべき方向性

【耳川水系総合土砂管理における基本理念】 耳川に関わる様々な人々の連携によって、地域の安全と安心の確保及び多様で豊かな生物が人と共有できる耳川を再生する。	
①山地領域	森林保全や治山・砂防の推進により、土砂・流木の流出抑制を目指す。
②ダム領域	土砂移動の連続性を回復させ、ダムの適切な運用・管理により川の機能の再生を目指す。
③河道領域	適切な河川管理により、安全・安心と生物多様性を実現し、人と川が親しめるよう、川の機能の再生を目指す。
④河口・海岸領域	水系一貫した土砂の適正管理による持続的な河口・海岸領域の保全を目指す。

役割分担の明確化につながった。

総合土砂管理計画策定の発端は、平成17年台風14号災害を契機とした土砂管理と治水安全度向上を目的とするものであったが、土砂に起因する問題・課題を広く捉え、地域住民の意見も踏まえながら、流域のあるべき姿を描くことで、河川再生を基本方針に掲げた全国的にも例のない総合土砂管理計画を策定することができた。

(b) 行動計画

「基本的な考え方」に基づき、地域住民や関係機関と連携を図りながら総合土砂管理を継続的に実行するための行動計画（役割分担）とその時間軸を明確にした。

行動計画については、地域住民や関係機関が実施する各種行動（対策）が耳川における問題・課題に対してどのような役割を有しているのかを示すと同時に、他の機関等が実施している行動との関係性を明らかにし、流域の様々な関係機関等の連携強化を図ることとした。また、それぞれの関係機関等が主体的に課題解決に向けた行動（対策）を実施するよう、各行政機関がそれぞれの目指すべき方向性を示した各種計画（総合長期計画等）のうち、総合土砂管理の課題解決に繋がる行動や、関係機関・地域住民が主体的に取り組む行動を「骨格的な行動」と位置づけた。

この結果、山地からダム、河道、河口・海岸における土砂に関わる問題・課題と関連付けられた行政・企業・住民による58事業を行動計画（役割分担）として整理した（表-3）。

表-3 行動計画の一例

行動計画（役割分担）			
領域	事業名	担当事業者	事業数
①山地領域	・森林整備事業 ・間伐等促進事業 ほか	(県)環境森林部 流域市町村 など	35
②ダム領域	・調整池内護岸補強工事 ・調整池内土砂移動工事 ・ダム通砂運用 (山須原・西郷・大内原ダム)	九州電力	3
③河道領域	・広域河川改修事業 ・土地利用一体型水防事業 ・身近な水辺モニター ほか	(県)県土整備部 流域市町村 など	18
④河口・海岸領域	・海岸漂着物地域対策推進事業 ・県単港湾維持管理事業	(県)県土整備部	2
計			58

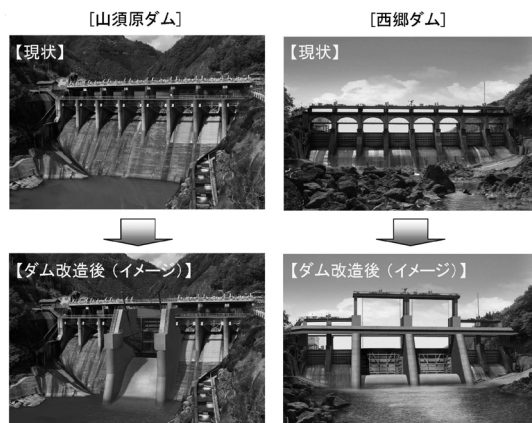


図-6 ダム改造イメージ

表-4 モニタリング項目の一例

項 目	実施主体	頻度	関連する問題・課題
1.水質	九州電力	1回/2月	・生物生息環境の変化 ほか
	日向市	1回/年	・取水の不安定化
2.河床材料	九州電力	1回/年	・生物生息空間の連続性遮断 ほか
5.河道縦横断	宮崎県、九州電力	1回/年	・橋脚の不安定化 ・治水安全度の低下 ほか
6.魚類	九州電力	2回/2年	・生物生息環境の変化
	漁協組合	1回/年	・漁協（操業）の支障 ほか
11.裸地面積	宮崎県、九州電力		・崩壊地からの土砂流出 ほか
12.ダム堆砂	九州電力	1回/年	・崩壊地からの土砂流出 ほか
14.土石流危険 渓流整備率	宮崎県	1回/年	・土石流等の土砂災害の発生
29.水質、底生 動物	地域住民	1回/年	・生物生息環境の変化
30.ヒアリング	漁協組合	出水後	・船舶の航行（操業上）の支障 ほか
	広域森林組合	3回/月	・崩壊地からの土砂流出 ほか

なお、これらの事業の中には、台風などの大規模出水時に上流からダムに流れ込む土砂を下流に流すダム通砂運用など、全国的にも例の少ない先進的な事業も含まれており、現在、平成28年度からの運用開始に向け、ダム設置者である九州電力が既存のダムに通砂機能を付加するためのダム改造工事や運用方法に関する技術検討³⁾を進めている（図-6）。

耳川水系総合土砂管理計画は、策定の段階から地域住民を含む関係者と一体となり、耳川流域が抱える課題や目標の共有化を図ってきた経緯がある。このため、行動計画に基づき実施した対策（事業）の効果を評価し、行動計画を順応的に改善する取り組みにおいても地域住民とともに実施していくこととした。このような評価改善

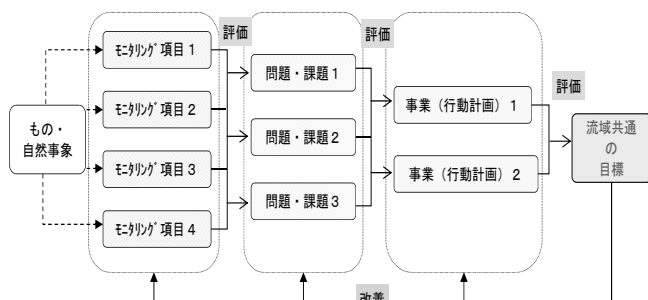


図-7 モニタリング項目、問題・課題及び行動計画の評価のイメージ

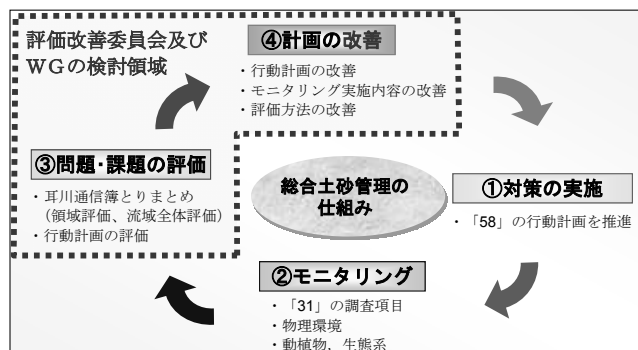


図-8 総合土砂管理と評価・改善委員会の位置づけ



図-9 評価・改善委員会の体制

システムは本県の行政では初めての取り組みである（耳川方式）。

行動計画の評価は、以下に掲げる2つの方法の組み合わせで行うこととした。

① 各行動の目標値に対する事業者による自己評価（行動計画カルテ）

事業者が行動計画毎にカルテを作成し、毎年度末に当年度の活動実績を記入する。さらに、事業者が設定する中長期等の目標に対し、どれだけ達成できたのか事業者が主体的に評価する（○、△、×での評価）。

② モニタリング調査結果による問題・課題の状況評価及び行動計画の評価

土砂に起因する問題・課題の状況を推し量るためのモニタリング調査項目を設定し（表-4）、各機関が実施するモニタリング調査結果を踏まえ、領域毎の問題・課題の状況や関連する行動計画を評価する（図-7）。

これらの評価及び改善提案を検討協議するため、学識経験者、関係行政機関、関係機関、地域住民代表で構成する「耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会」を平成24年7月に設置した（図-8）。また、委員会には、地域住民や関係者から幅広く意見を聴くために、ワーキンググループを設置し、平成24年度以降、毎年開催している（図-9）。

3. 総合土砂管理計画に採用した新たな評価手法

(1) 評価の考え方

耳川水系総合土砂管理の評価は、モニタリング調査結果を踏まえ、各種事業（行動計画）を実施した結果がどうであったかを評価（変化を評価）するものであるが、

①耳川自体の回復力ポテンシャルや、②降雨などの自然事象の影響が混在する形での評価になるため、各種事業の効果により良くなったのかどうか見えづらい等の課題が存在していた。

この課題を改善するために、評価において以下の2つの考え方を新たに採用することにした。

① 方向性と状態の二つの視点からの評価

表-5に方向性評価と状態評価の事業別概念、図-10に方向性評価と状態評価のイメージを示す。

方向性評価については、各種事業により改善に向かって変化しているのかどうかの視点で、至近3年間のデータとの比較により、モニタリング結果の変化状況の評価することとした。評価のランク区分は、改善傾向「A」、維持傾向「B」、悪化傾向「C」とした。

状態評価については、耳川そのもののがどのような状態にあるのかの視点で、基準値（目標値）との比較により状態を評価することとした。基準値が設定できない項目については、基準年データとの比較により状態を評価することとした。

表-5 方向性評価と状態評価の事業別概念

分類	事業全体の項目	
	ダム通砂関連項目	
方向性評価	至近3年間	至近3年間
状態評価	(1) 基準値	基準年 (ダム通砂事業実施前)
	(2) 基準年	
	(3) その他(定性)	

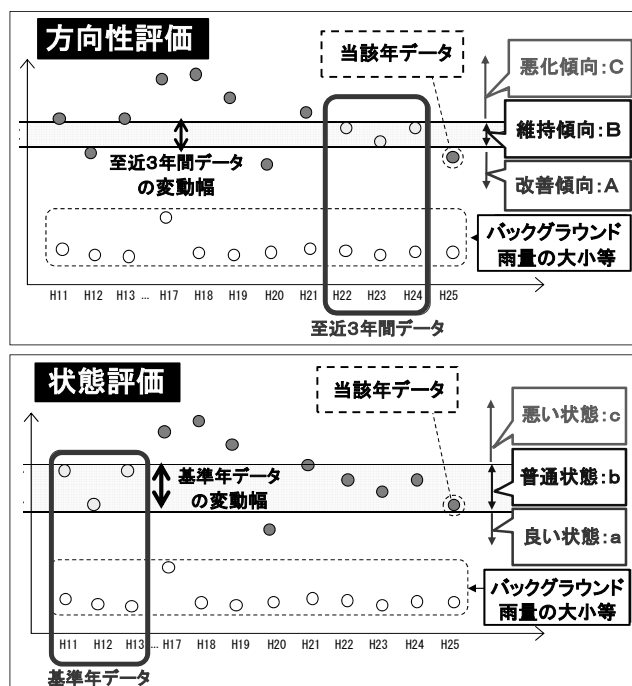


図-10 方向性評価と状態評価のイメージ

さらに、基準値や基準年データによる基準設定ができない項目については、定性的に状態を評価することとした。評価のランク区分は、良い状態「a」、普通状態「b」、悪い状態「c」とした。

基準年の設定については、甚大な台風災害により、流域で多数の斜面崩壊が発生し、土砂に起因する問題・課題を取り巻く状況の変化が生じた平成16、17年以前で設定する必要がある。そこで、平成16年以前の10か年のうち、連続して出水規模の大中型を捉えることができる平成11～13年を基準年とすることとした。

なお、平成28年度からの実施を計画しているダム通砂については、ダム通砂実施前の状態との比較により状態評価を行うこととしている。

② モニタリングデータから出水等の影響を除去

出水等の影響を直接的に受けるモニタリング項目（裸地面積、堆砂量、流木塵芥引揚げ量、流況）については、出水の影響を除去して評価することが望ましい。一方、出水等の影響が間接的であり、その影響が良い方向に寄与する可能性があるモニタリング項目については、出水の影響を除去することは適切ではない。

そこで、出水の影響を直接受ける項目について、出水を表すデータとの関連性を確認した結果、耳川最下流に位置する大内原ダムの年間最大日流量との高い相関を有することが判明したため、その関係式を導くこと等により、出水等の影響を除去することとした。（図-11）

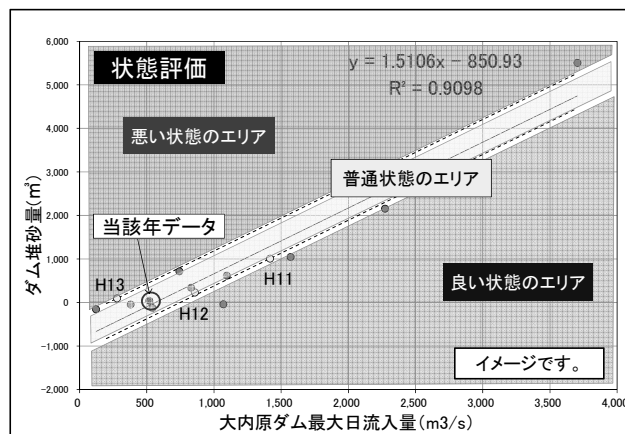


図-11 出水の影響を直接受ける項目の評価方法

(2) 評価結果の整理

耳川流域の土砂に起因する問題・課題の解決に向けた各関係者の取り組みである58項目の行動計画並びに行動の効果の評価するための31のモニタリング項目が規定され、平成24年度より耳川水系総合土砂管理の具体的取り組みを開始した。

これら計画の評価・改善を流域住民を含む関係者がわかりやすく、納得できる形で継続させていくために、評価結果の整理方法にも工夫を施している。

① 問題・課題の評価

図-12に問題・課題の評価シートを示す。耳川水系の土砂に起因する問題・課題は、関連するモニタリング項目をグルーピングして評価することとした。また、モニタリング項目のうち、当該問題・課題との関連が特に強い項目について重み付けを行い、方向性・状態別の評価結果（点数）をマトリクス図上に表し、視覚的に分かり易い形で整理した。

問題・課題（山地領域）				方向性			
(1)崩壊地からの土砂流出							
モニタリング項目		方向性		状態			
		ランク	重み付け		改善傾向	維持傾向	悪化傾向
11 主	裸地面積	A	3 × 2	a	3 × 2	6	
12 主	ダム堆砂量	C	1 × 2	b	2 × 2	4	
30	ヒアリング	A	3 × 1	c	1 × 1	1	
イメージです。							
小 計				-	-	× 5	11
重心(加重平均)				11/5= 2.2点	11/5= 2.2点		

図-12 問題・課題の評価シート

② 行動計画の評価と改善

図-13に行動計画の評価シートを示す。まず、58項目の行動計画（事業）をそれぞれの特性を踏まえ、領域毎にグルーピングした。次に、グループ化された行動計画に関連する問題・課題の評価結果をマトリクス図上に整理した。

上記の整理により、行動計画（事業）の効果を経年的に捉えることができるため、行動計画の改善提案を含む総合的な評価検討が可能となった。

これら評価の方法並びに整理の方法については、平成25年7月の評価・改善委員会を踏まえ、見直し検討を行い、平成26年2月の領域ワーキンググループより採用している。

行動計画（山地領域）				方向性			
基盤事業							
グルーピング							
・森林整備事業 ・治山事業 ・砂防事業 ・間伐等促進事業 ・造林事業 ほか							
問題・課題		評価点		状態			
		方向性	状態		改善傾向	維持傾向	悪化傾向
(1) 崩壊地からの土砂流出		2.2	2.2	良い状態【a】	3点		
(2) 土砂災害の発生		3.0	3.0	普通状態【b】	2点		
(3) 保水機能の低下		2.0	1.3	悪い状態【c】	1点		
(4) 砂防施設容量減少		1.0	3.0				
イメージです。							
重心（平均）				2.1	2.4		

図-13 行動計画の評価シート



写真-1 評価・改善委員会ワーキンググループの様子(H26.2)

ワーキンググループでは、ホワイトボード上のマトリクス図に評価結果を整理しながら、流域住民の委員と議論を深めた結果、約9割の委員から「わかりやすい」若しくは「ふつう」とのアンケート結果を得ることができた（写真-1）。

今後も、流域関係者の様々な意見を踏まえながら、適正かつ分かりやすい評価方法について継続的に検討していく必要がある。

4. おわりに

耳川水系総合土砂管理計画は、二つの大きな特徴を有している。一つは、河川再生を基本方針に掲げたこれまでにない斬新な土砂管理計画である点であり、もう一つは、順応的な評価改善システムに基づき、産官学民による流域一体での取組を定着させた点である。

今後も、評価・改善委員会等の運営に関し、流域住民が積極的に参加できる仕組みづくりに努めるとともに、耳川流域の土砂問題の解決を目指し、関係者との連携による取組を進めていく所存である。

これらの取組が、今後しっかりと耳川流域に根付き、流域関係者が共通の目標として掲げた「いい耳川」になることを望む。

参考文献

- 1) 宮崎県：耳川水系河川整備計画，2009。
- 2) 杉尾哲：2005年台風14号による九州地域の豪雨災害，河川災害に関するシンポジウム，pp.25-36，2006。
- 3) 前島龍三，山口健太郎，柴田徹：耳川水系ダム通砂運用に伴う山須原ダム，西郷ダム改造計画，電力土木 pp.19-22，2012。