

ISSN 1346-7328
国総研資料第 580 号
平成 22 年 2 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.580

February 2010

溪流空間の多様性を保全する溪流保全工整備の手引き

— 2010年版 —

危機管理技術研究センター砂防研究室

**Guideline on channel works to conserve diversity of stream environments
— version 2010 —**

Erosion and Sediment Control Division Research Center for Disaster Risk Management

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

溪流空間の多様性を保全する溪流保全工の手引き
- 2010 年版 -
危機管理技術研究センター砂防研究室

Guideline on channel works to conserve diversity of stream environments
- version 2010 -

Erosion and Sediment Control Division Research Center for Disaster Risk Management

概要

本資料は、地域の安全を確保し、溪流の生態系に配慮した溪流保全工に関する調査・計画・設計・工事実施上の配慮事項・維持管理について、基本的な考え方と基礎技術を示したものである。

キーワード : 溪流空間、溪畔林、機能・効果、維持管理

Synopsis

This technical note describes the basic guidelines and techniques for investigation, planning, design, consideration points for construction, and maintenance of channel works to ensure safety of the area and conserve the stream environments.

Keywords : Channel environments, riparian forests, function and effect, maintenance

溪流空間の多様性を保全する 溪流保全工整備の手引き

平成 22 年 2 月

—この冊子の読み方—

本手引きは、下記の章で構成されている。各章において重要となる内容について簡単に示した。

1. 総説

本手引きの目的、適用範囲、構成、運用、用語の説明である。とくに溪流保全工においては、溪畔林を含む溪流空間を認識して計画することが重要であり、この溪流空間の定義が重要である。なお、ここでは土石流流下区間より下流の溪畔林を対象とする。

2. 溪流保全工の効果の考え方について

溪流保全工の効果は、砂防効果（土砂災害防止効果）、その他の防災効果、環境保全に関する効果がある。それぞれの効果の内容と、これらの効果の相互的な関係を整理した。

3. 溪流保全工の概要

溪流保全工の基本となる、①地域の治水安全度の確保、②溪流の生態系の保全、③溪流保全工の整備の考え方を示した。溪流保全工は、溪流空間を対象とした空間整備であることから、この空間整備の概念が重要となる。

4. 溪流保全工整備のための調査

溪流保全工の整備のために必要な調査をとりまとめた。調査内容は、河川砂防技術基準に基づいて実施する他、溪畔林調査や景観デザイン調査等、溪流保全工の整備で重要な調査内容及び方法について参考にして頂きたい。

5. 溪流保全工の計画

溪流保全工は、その地域を取り巻く環境を考慮しながら、地域の治水安全度を確保し、溪流の生態系の保全をはかるための溪流の空間整備である。このため、溪流保全工の対象範囲（空間）の設定の基本的な考え方と、自然河道を尊重した平面・縦断・横断計画及び空間整備を前提とした施設配置計画の考え方が重要である。溪畔林は様々な機能をもち自然環境保全効果などのプラスの効果を発揮するが、流木の原因となる可能性もあるため、流木止工等の施設を計画するなどの視点が重要となる。

6. 溪流保全工の設計

溪流保全工の設計は、溪流保全工に求められる機能が発揮されるように設計することが重要であり、溪流の多様性・連続性に配慮した溪流保全工の設計方法について参考にして頂きたい。

7. 工事実施上の留意事項

溪流保全工の工事実施にあたって、現状の溪流の生態系に大きな影響を与えないように、計画から施工まで一貫した認識を持つことが重要である。

8. 溪流保全工の維持管理

時間の経過に伴う溪流の各種条件の変化に対応して維持管理を実施することが重要であること、また、構造物及び溪畔林の維持管理の実施が重要である。

はじめに

本手引きは、洪水流の乱流および溪床高の過度の変動を抑制するための横工、側岸侵食を防止するための護岸工を組み合わせ、対象区間の溪流を安定化させる溪流保全工の調査、計画、設計、維持管理方法を示したものである。

山地溪流の溪岸は、陸域と水域との接点にあり、常に不安定な、しかし多様な環境条件下にある。そこに生育する植物は、洪水による水位変化や立地の消滅・再生など、水量の変動に伴う物理的、化学的な影響を受けながら生育し、そこには時間的にも空間的にも極めて変化に富んだ多彩な植物群落が形成される。多彩な植物群落は、多種多様な生物を共存・生育させるなど、生物の多様性を保持する場となっている。同時に、溪岸の植物は、侵食の防止や水質浄化機能などによって溪流環境の物理的・化学的な安定性に寄与している。このことは、溪流において砂防事業を行う際に溪畔域の植生を保全することの有用性を示している。しかしながら、その一方で流木化に伴い災害を助長する例もある。溪流保全工の実施に際しては、植生の持つプラスの効果と不確定要素の双方に着目することが肝要である。

また、事業の実施に際し、景観緑三法および外来生物法で定められた法的な枠組みに対して整合を図ることも重要である。

なお、溪流保全工は、溪流保全工適用区間を対象に整備するものである。そのため、これより上流の土石流流下区間では砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)による対応とする。

目次

1. 総説.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 適用範囲.....	2
1.3 構成.....	3
1.4 運用.....	3
1.5 用語.....	4
2. 溪流保全工の効果.....	6
2.1 溪流保全工の効果の考え方.....	6
2.2 砂防効果.....	7
2.3 その他の防災効果.....	7
2.4 環境に関する効果.....	8
2.5 流木の発生源としてのマイナスの影響.....	8
3. 溪流保全工の概要.....	11
3.1 溪流保全工の基本.....	11
3.2 溪流保全工の構成.....	16
3.3 溪流保全工の管理の基本.....	18
3.4 溪流保全工の計画の手順.....	19
4. 溪流保全工整備のための調査.....	21
4.1 調査の目的.....	21
4.2 降雨・流量調査.....	21
4.3 溪畔林調査.....	22
4.4 土地利用調査.....	25
4.5 景観デザイン調査.....	25
5. 溪流保全工の計画.....	27
5.1 基本方針.....	27
5.2 溪流保全工の対象範囲の設定.....	29
5.3 計画対象流量.....	31
5.4 法線.....	41
5.5 計画高水位.....	43
5.6 縦断計画.....	44
5.7 計画断面.....	48
5.8 溪流保全工における砂防構造物の計画.....	59
5.9 溪畔林計画.....	70
5.10 流木対策計画.....	73
6. 溪流保全工の設計.....	74
6.1 設計の基本方針.....	74
6.2 床固工.....	74

6.3	帯工	79
6.4	護岸工	79
6.5	水制工	82
6.6	溪床保護工	85
6.7	付属物の設計	87
7.	工事実施上の留意事項	90
8.	溪流保全工の維持管理（アダプティブ・マネジメント）	92
8.1	維持管理の基本	92
8.2	砂防構造物	94
8.3	溪畔林	94

1. 総説

1.1 目的

本手引きは、地域の安全を確保し、溪流の生態系に配慮した溪流保全工に関する調査・計画・設計・工事実施上の配慮事項・維持管理について、基本的な考え方と基礎技術を述べるものである。

<解説>

溪流空間^{*1}は、陸域と水域との接点に位置し、常に不安定であるが変化に富んだ環境下にあり、そこに生活する動植物は、洪水による水位変化や立地の消滅・再生など、水量の変動に伴う物理的・化学的な影響を受け、時間的にも空間的にもきわめて変化に富んだ多彩な生態系が形成されている。このような水文や地形などの物理現象と生物現象の相互作用によって、その地域に適応した動植物の多様性が維持されている。また、溪流はその地域の生活や文化・風土を支えてきた基盤であり、人と重要な関わりも持っている。

このようなことから、地域の安全を確保し、溪流の生態系に配慮した事業を行うためには、溪流の自然・社会特性（流域の土砂生産・流出の特性、溪床や溪岸の状態、自然環境、土地利用状況、保全対象、文化と風土等）をもとに治水安全上の課題を整理し、人と溪流との関わりも考慮しながら、溪流保全工の基本方針を（溪流環境整備計画に基づいて）設定し、溪流空間全体を対象として整備する。

*1 溪流空間の定義については、1.5用語で述べる。

1.2 適用範囲

本手引きは、溪流保全工適用区間に適用する。

<解説>

土石流対策を行う土石流発生・流下区間を除く区間を対象とする。

溪流の流送土砂の量やその移動形態によって、溪流の特性は大きく異なる。溪流保全工を計画するにあたっては、土砂の生産・流出状況を十分に把握することが必要である。

溪流保全工の前提条件としては、「国土交通省河川砂防技術基準 計画編 施設配置等計画編 第3-2章 砂防施設配置計画 溪流保全工」*2で定められている内容に準拠する。

①上流の砂防工事（砂防えん堤などの土砂調節効果を持つ工事）が未施工の場合

→溪流保全工の着手には時期が早すぎる

②上流の砂防工事が施工中の場合

→上流の砂防工事によって土砂の生産や流出が抑制され、溪流保全工の計画地域において大規模な土砂の流出が抑制されている状態であれば可

③上流の砂防工事が概成している場合

→溪流保全工の着手は可

また、溪流の上流部が現在荒廃していなくても、または砂防工事が施工済みであっても、予測できないような現象が発生する可能性があるため、溪流保全工の計画に先立って上流端には原則として砂防構造物が必要である。

一方、溪畔林の取り扱いに関しては、「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)」における流木対策調査の対象範囲が河床勾配5°以上の流域と明記されており、溪床勾配5°以上が土石流・流木対策で対応する区間である。よって、本手引き（案）では溪床勾配5°未満についての区間を対象とする。

*2これらの基準との関係については、1.4運用で述べる。

1.3 構成

本手引きは、以下の構成からなる。

- (1) 総説
- (2) 溪流保全工の効果
- (3) 溪流保全工の概要
- (4) 溪流保全工整備のための調査
- (5) 溪流保全工の計画
- (6) 溪流保全工の設計
- (7) 工事実施上の留意事項
- (8) 溪流保全工の維持管理

<解説>

本手引きの記述方式は、本文・解説型とした。枠内の本文には基本的な考え方、遵守すべき事項、基準等を記述し、解説には本文の理解を深め、その適用にあたって判断を誤ることがないように説明等を記述した。

1.4 運用

本手引きは、国土交通省河川砂防技術基準に準拠する。

<解説>

土石流が発生する可能性が高い溪流については、「土石流・流木対策設計技術指針」等を用いるなど、その溪流の特性に応じた各種指針を適用する。

1.5 用語

1. 溪流空間

溪流の溪床や溪岸、河岸段丘等、土砂の流出により攪乱を受けて変動する不安定な立地および溪畔林を含めた溪床変動の場を示す。

2. 溪畔林

溪流空間に分布する溪岸および溪床に生育する樹林群。「土砂の流出により溪床が変動する不安定な立地に成立する植生」および「溪流沿いに位置し溪床が変動する可能性は少ないが溪流に物理的・化学的・生物学的に影響を与える範囲に分布する植生」を指す。

3. 溪畔林の機能・効果

表 2-1に溪畔林の機能・効果を示す。

4. 砂防構造物

砂防のために築造する人工構造物。

<解 説>

1) 溪流空間

溪流空間は、陸域と水域との接点に位置し、その特性から時間的にも空間的にもきわめて変化に富んだ動植物からなる生態系が形成される(図 1-1)。このような水文や地形などの様々な要素が複合することにより形成される物理特性とその特性に応じて特徴的な生物が生息・生育することにより、地域に適した生物の多様性が維持されている。これら生物の生育・生息域を含めた空間を溪流空間とする。

2) 溪畔林

溪流空間に分布する植生全般で、洪水による水位変化や立地の消滅・再生など、水量の変動に伴う物理的・化学的な影響を受けながら生育し、時間的にも空間的にもきわめて変化に富んだ多彩な植生を示す。

3) 溪畔林の機能・効果

溪畔林の一般的な機能及び効果を表 2-1に示す。機能とは溪畔林のもつ様々な働き(作用)であり、効果とは対象(この場合、人間や生態系など)に対する諸機能の具体的発現の結果として得られるものである。

溪畔林は様々な機能を有しているが、これらの機能は場の条件により正の効果と負の効果の双方を発現する。たとえば、自然環境の保全や生物の多様性については主に正の効果を発揮するが、積極的に防災的な機能を発揮させるのには限界がある。また、原則として砂防構造物を併用するものとし、溪流の特性により、溪畔林が流木化しやすい場合などは特に留意する。

4) 砂防構造物

砂防のために築造する人工構造物であり、床固工、護岸工、帯工、水制工等を示す。

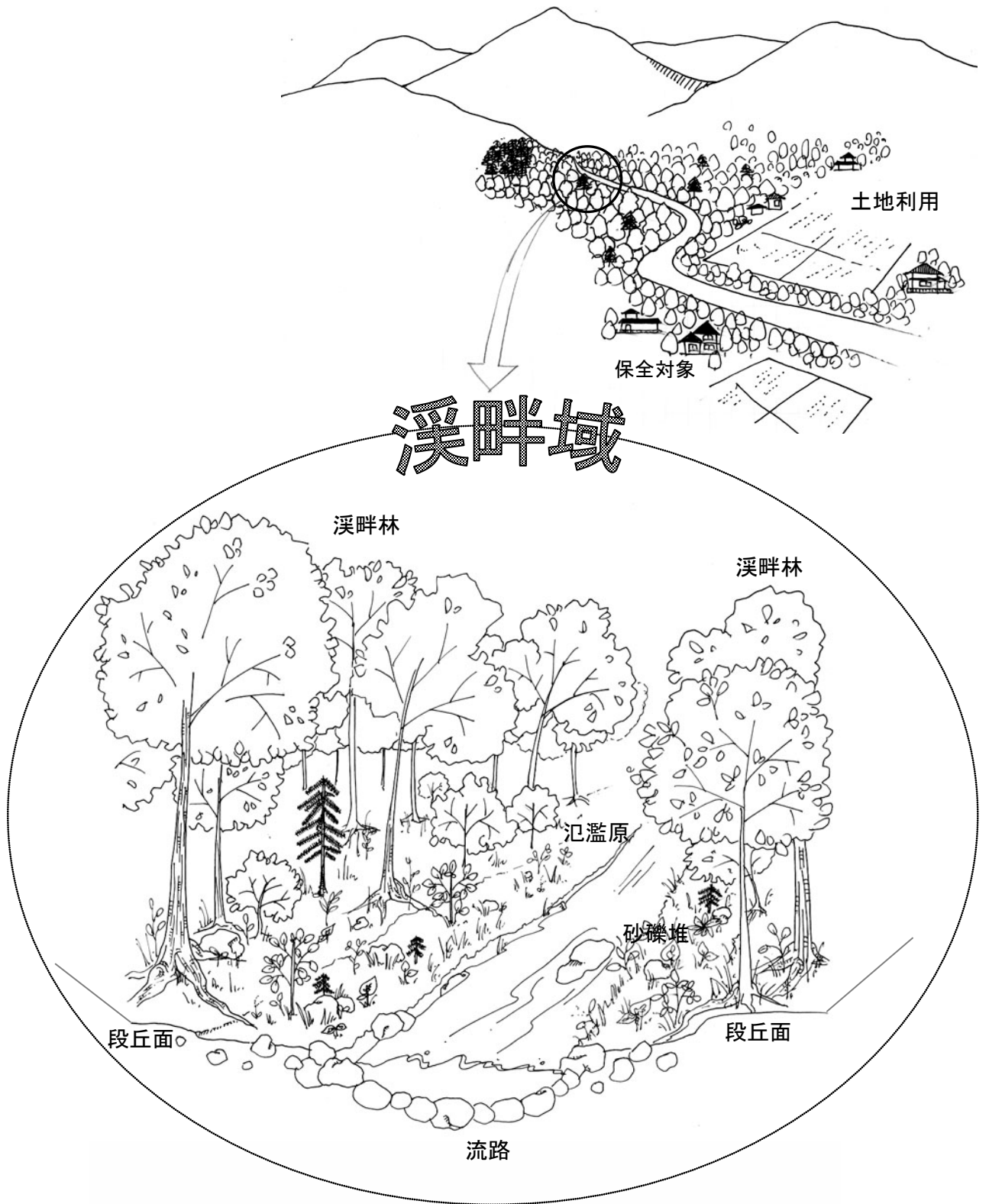


図1-1 溪流空間の概念図(例)

2. 溪流保全工の効果

2.1 溪流保全工の効果の考え方

溪流保全工の効果には、砂防効果（土砂災害防止効果）、土砂災害以外の防災効果や環境に関する効果がある。

<解説>

溪流保全工の最も重要な効果は、砂防効果（土砂災害防止効果）である。溪流保全工を整備することによって溪流空間が確保できるため、溪畔林が成立する。その結果、溪畔林の持つ、土砂災害以外の災害に対する防災効果や環境に関する効果のある程度期待することができる（表 2-1）。

なお、溪流保全工の効果は、各効果が相互的に関与しており、個別の効果だけでなく各効果の関係に留意して、その地域に求められる効果が得られるように配慮する。

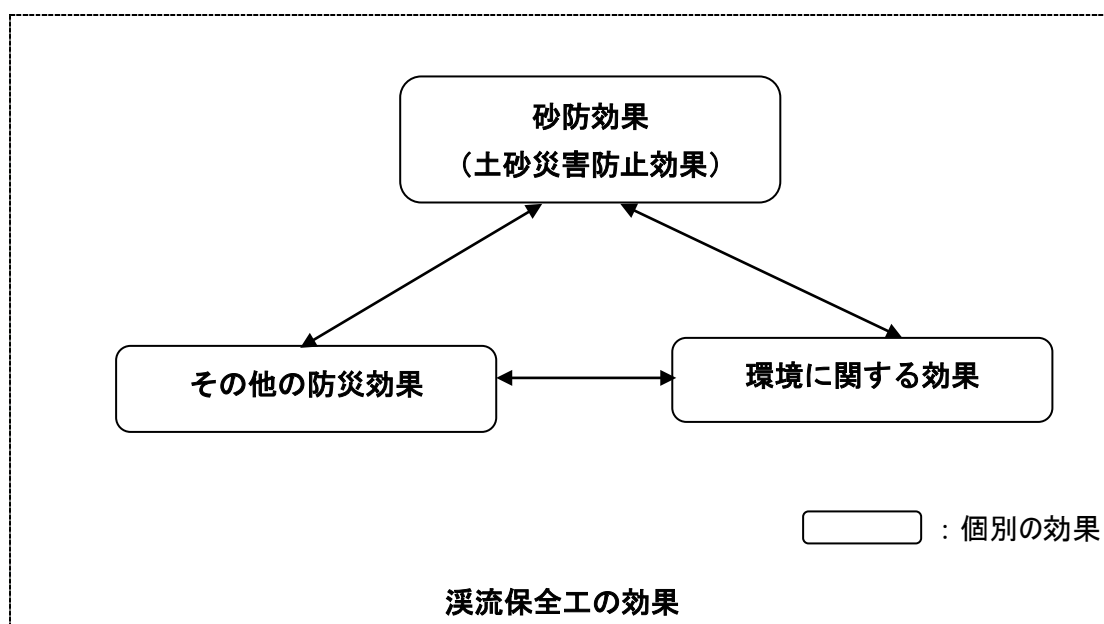


図2-1 溪流保全工の効果と相互関係

2.2 砂防効果

溪流保全工の砂防効果は、土砂生産抑制、流出土砂抑制、流出土砂調節、土地利用誘導の機能によって得られる効果である。

<解説>

溪流保全工の最も重要な効果として、砂防効果（土砂災害防止効果）がある。この効果は、土砂生産抑制、流出土砂抑制、流出土砂調節、土地利用誘導の機能によって得られるものである。これらの効果量としては、定性的な効果として表現する。

これらの効果量の算定は、砂防計画上の土砂処理計画に基づいて効果量を算定する。なお、溪畔林の効果量については、溪畔林が存在している空間について算定するものとし、堆積量を効果量として計上する。溪畔林の効果量としては、「緑の砂防ゾーン計画策定指針(案)」を参考にできる。

2.3 その他の防災効果

溪流保全工のその他の防災効果には、防風効果、防火効果、防霧効果、水資源保全効果がある。

<解説>

溪流保全工のその他の防災効果には、以下の効果がある。

① 防風効果

防風効果については、溪畔林が生育していることが前提となる。これらの溪畔林によって溪流付近の人家等への防風による影響を軽減する。

② 防火効果

溪流空間及び溪畔林によって火災の延焼を防止する。

③ 防霧効果

防霧効果については、溪畔林が生育していることが前提となる。これらの溪畔林によって交通障害となる濃霧の発生を抑制または軽減する。

④ 水資源保全効果

水源保全効果については、溪畔林が生育していることが前提となる。これらの溪畔林によって水源がかん養され、洪水流量の低減、通常の流量が平準化される。

2.4 環境に関する効果

溪流保全工の環境に関する効果には、水資源保全効果、大気浄化効果、気象緩和効果、生態系維持効果、景観保全効果、レクリエーション効果、CO₂固定効果、癒し効果がある。

<解説>

溪流保全工の環境に関する効果としては、以下の効果がある。

① 水資源保全効果

流出水の水質を浄化する効果であり、溪畔林が生育していることによって一層の効果が得られる。

② 大気浄化効果

流水や溪畔林によって、塵埃が流水や樹木の枝葉に吸着されたり、植物の呼吸によって大気が浄化される。

③ 気象緩和効果

気象緩和効果については、溪畔林が生育していることが前提となる。これらの溪畔林によって大気の炭素が固定され、さらに太陽エネルギーを気化熱に変換することによって、気温変動を緩和させる。

④ 生態系維持効果

溪流及び溪畔林が物質循環や熱収支を介して生態系を維持する。これらの生態系維持効果によって、生物多様性が維持される。

⑤ 景観保全効果

流水や溪畔林によって構成される溪流の景観の保全及び向上に寄与し、地域性および文化・風土を維持、継承する。

⑥ レクリエーション効果

溪流及び溪畔林を活用して溪流の利用を促し、レクリエーションの向上に寄与する。ただし、レクリエーション効果については、溪流の利用面を目的として整備しなければこれらの効果は発揮されない。

⑦ CO₂固定効果

砂防構造物設置によって安定した地盤面に形成された「新たな森林」（河畔林、溪畔林）は二酸化炭素の吸収効果を持つといえる。

⑧ 癒し（アメニティ）効果

森林や河川空間へ行くことによってストレス緩和効果がもたらされる可能性が確認されている。

2.5 流木の発生源としてのマイナスの影響

溪畔林は、洪水時に流木化し、悪影響を及ぼす恐れがある。

表 2-1 溪畔林の主たる機能・効果一覧

効果や影響		機 能	内 容	
プラス面	砂防効果	土砂災害防止効果	・土砂生産抑制機能*1	溪岸や溪床にある堆積物の侵食を抑制する機能
			・流出土砂抑制機能*2	主に掃流、土砂流などの形態で流出する土砂を抑制し減少させる機能
			・流出土砂調節機能*3	細粒土砂を堆積させる機能
			・土地利用誘導機能*4	溪畔林を保全することにより、安全な生活空間を誘導する機能
	その他の防災効果	①防風効果	・風速緩和機能	風の流れを乱し風速を緩和させる機能
		②防火効果	・延焼防止機能	火災の拡大を防止する機能
		③防霧効果	・大気水分捕捉機能	大気水分（霧）を樹体に付着させ補足する機能
		④水資源保全効果	・水量調節機能	河川、溪流の洪水流量の低減等、流量を平準化する機能
	環境に関する効果	①水資源保全効果	・水質浄化機能	流出水の水質を良い状態にする機能
		②大気浄化効果	・汚染物質吸収機能	ガス状の汚染物質を気孔から吸収する機能
			・塵埃吸着機能	大気中の塵埃を樹体表面に吸着させる機能
		③気象緩和効果	・炭素固定機能	光合成作用により大気中の炭素を固定する機能
			・気温変動緩和機能	太陽エネルギーを気化熱に変換し気温変動を緩和させる機能
		④生態系維持効果	・生態系維持機能	森林が物質循環や熱収支を介して生態系を維持する機能
⑤景観保全効果		・景観保全機能	緑によって景観の保全・向上に寄与する状態	
⑥レクリエーション効果*5		・レクリエーション機能	緑によってレクリエーションを向上する機能	
⑦CO2 固定効果	・CO2 固定機能	安定した地盤面に形成された「新たな森林」（河畔林、溪畔林）がもつ二酸化炭素の吸収機能		
⑧癒し（アメニティ）効果	・ストレス緩和機能	森林や河川空間へ行くことによって得られるストレス緩和機能		
マイナス面	流木の発生源		溪畔林の流出と流木化による橋梁の閉塞、およびそれに伴う洪水等の災害の助長	

（樹林の砂防学的効果に関する研究の現状（2000,土木研究所資料第 3679 号）に一部加筆）

*1～*4：原則として砂防構造物と併用する

*5：これを目的に整備しなければ効果は発揮されない

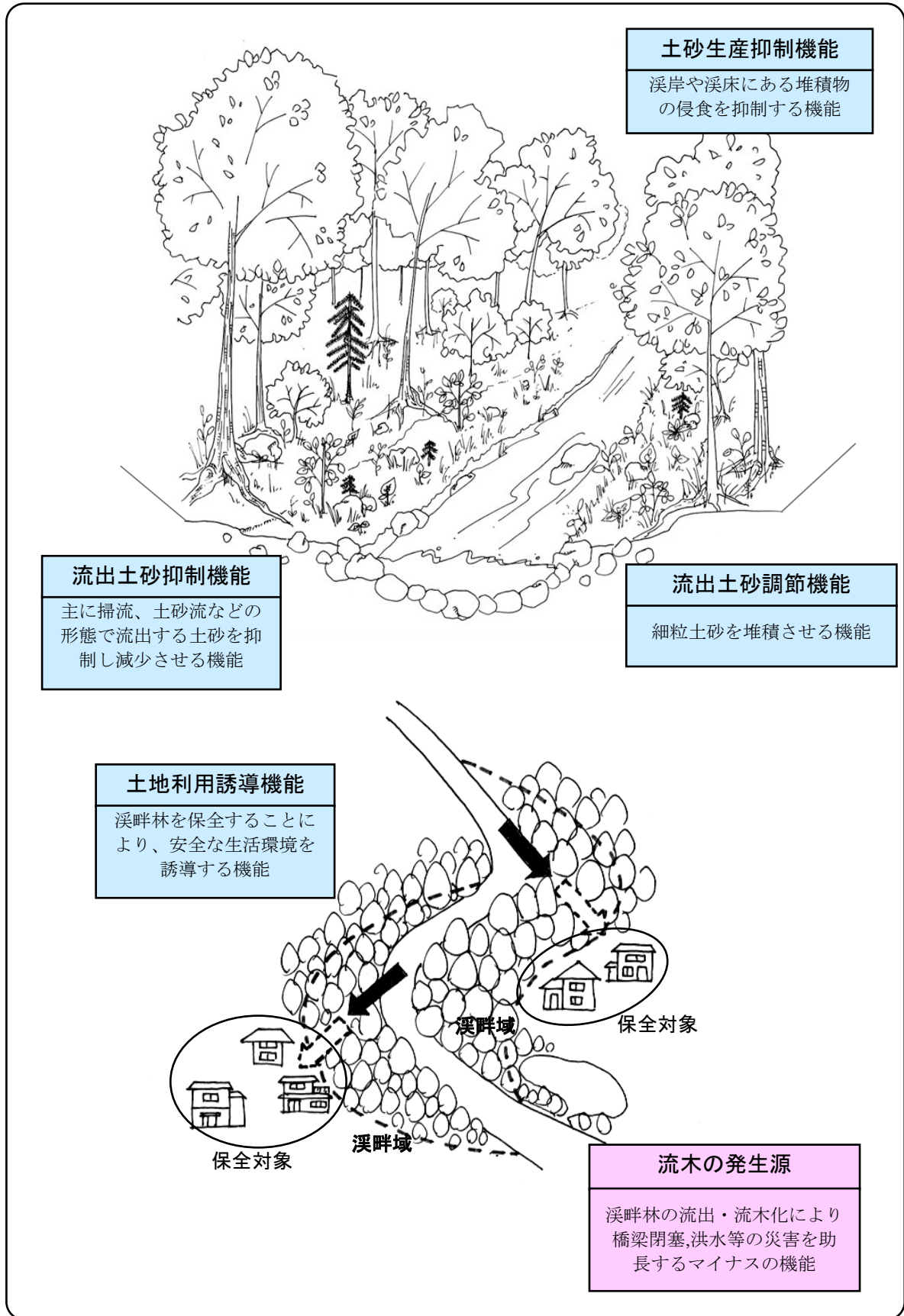


図2-2 溪畔林の主たる機能（砂防効果とマイナスの防災効果）

3. 溪流保全工の概要

3.1 溪流保全工の基本

溪流保全工は、安全に土砂や洪水を流下させることを目的とし、さらに、現況の溪流を極力改変しないように計画・施工を行い、治水上の安全の確保と溪流の生態系の保全をはかるものである。

<解説>

溪流には生物の多様性が維持される場として、また、人と溪流のふれあいの場としての意義が社会的に求められてきている。

しかし一方で、土地利用の進展によって農地や住宅等の保全対象が溪流に接して存在する地域については、洪水流の乱流・氾濫及び溪床高の過度な変動、溪岸侵食等により災害が発生する可能性があり、これを防止することが重要である。溪流保全工は、地域の治水上の安全の確保と溪流の生態系の保全をはかり、その地域にふさわしい溪流づくりに資するものとして整備するものである。溪流の生態系を保全するためには、溪流の連続性・多様性を保つこと、つまり溪流空間を自然の状態で維持することであり、自然溪流を対象とする場合においてはその状態をなるべく改変しないようにする。また、やむなく改変した場合には、改変した箇所の復元に努めるものとする。さらに、すでに整備されている溪流を対象とする場合には、溪流の連続性・多様性を創造することも考えて整備を行うものとする。

① 地域の治水上安全上の確保

1) 土砂災害の防止

洪水流の乱流・氾濫及び溪床高の過度な変動、溪岸侵食等により災害が発生する可能性がある地域については、砂防構造物を適切に配置して災害を防止し、地域の安全を確保する。

2) 緩衝的な空間の確保

住宅等の保全対象が溪流に隣接して存在することは、豪雨時に被災する可能性が高くなり、溪流と保全対象にはある程度の緩衝的な空間を確保すべきであるという認識に至る。溪流空間を緩衝的な空間（滞留空間）として活用することによって、災害の危険性を低減させることが可能であり、溪流空間を広く確保して土地利用の誘導を図ることは有効な災害予防策の一つである。しかしながら、すでに土地利用が過度に進展して緩衝的な空間を確保することができない場合には、洪水流を安全に流下することに重点をおく必要があるため、土地利用形態や保全対象の分布状況等を十分に勘案して、その整備の方法を適切に使い分けるものとする。

② 溪流の生態系の保全

1) 溪流空間の確保

溪流空間には、溪流の溪床や溪岸、河岸段丘等の様々な地形要素が存在し、また、土砂の流出や冠水等による様々な攪乱頻度があり、これらが複合的に作用して、特有の植生や動物類の生息環境が形成され、その地域に特有の景観を創り出している。溪流空間を確保することが可能な地域については、溪畔林等を含めて積極的にこれらの空間を取り込むものとする。

2) 溪流空間の多様性・連続性の保全

溪流空間は、平面的な広がりだけではなく水中、土中、溪流の上空等を含めた立体的な空間であり、この空間内は多種多様な生物の生息環境となっている。溪岸や溪床の微地形をもとにその立地に適した植生が生育し、やがてその場に適応した生物が生息するようになり、多様な生物の生息域が溪流空間内に連続的に形成される。これが溪流の多様性・連続性であり、これらを保全するために人為的な営力の加わっていない自然性の高い溪流においては、現在の地形をなるべく改変しないように配慮する。

特に、ケシヨウヤナギなどの希少種を保全するためには、これらの種の生育特性を十分に把握し、立地条件について十分留意する必要がある。その一方、外来生物法で指定されている侵略的外来生物(植物)についても、地域の自然環境に対する悪影響等が予想される場合には様々な視点で検討し、必要があれば、例えば巻き枯らしなどの効率的な除伐手法を用いて対応することが望ましい。

既に整備がなされている溪流については、溪流の多様性・連続性を創造することも考慮して基本方針を設定する。

3) 砂防構造物の材料

砂防構造物は生態系に対する影響を最小限に抑え、溪流の多様性・連続性の保全に配慮するものとし、施設に求められる機能に応じて透水性の高い材料や植生等が侵入しやすい材料、さらに景観との調和も考慮し材料選定を行うものとする。ただし、土砂や木材などの自然材料を用いようとする場合には、あくまでもその現場または現場周辺で砂防工事等によって生じた土砂・伐採木、または流通している自然材料(粗朶など)の利用にとどめ、材料入手のために新たに掘削・伐採を行うことは避けるものとする。(自然材料を利用した砂防構造物の築造については、土木研究所資料第 3729 号を参照。)

③ 溪流保全工の整備の考え方

1) 溪流保全工の基本方針の明確化

対象とする地域における各種の要請（治水上の安全、生態系の保全、溪流の利用等）について、どのような整備が望まれているのかを明らかにし、その地域における溪流保全工の基本方針を明確にする。溪流環境整備計画がすでに策定されている場合には、その方針に基づき設定する。

また、溪流保全工を整備する地方自治体(市町村レベル)で景観に関する基本理念が検討されていたり、景観地区等（歴史砂防を含む）に含まれるか隣接する場合にはこれらとの整合性について十分検討を行う。

2) 整備の方針

溪流保全工は、土地利用形態、保全対象の分布等、溪流の特性等を踏まえて、緩衝空間となる溪流空間が存在する地域では積極的にこれらの空間を滞留空間として活用する。一方、保全対象が溪流に隣接しており洪水流を安全に流下させることが必要な地域では洪水流をすみやかに流下させる。

土石流区間を除く区間では土地利用条件等により溪畔林を残すことを選択できる。溪畔林を残す場合は、そこに成立する樹木群を対象とし、土石流発生・流下（堆積）に伴う溪岸侵食により生産される流木量（材積）を調査した上で、必要に応じて流木止の設置を検討する。

◇保全対象が隣接していない地域

保全対象が溪流に隣接せず、洪水の乱流や溪床変動による影響が保全対象に与える危険性が小さい区間では、溪床変動を許容できる溪流空間を整備する。

◇保全対象が隣接している地域

保全対象が溪流に隣接しており、洪水の乱流や過度な溪床変動による土砂災害の危険性が高い区間では、洪水流の安全な流下を図るものとする。

3) 溪流空間の確保

溪流保全工における溪流空間は、洪水や土砂の一時的な滞留の場として防災的に機能する空間であり、かつ日常的には生態系の保全に寄与する空間として整備されるものである。整備にあたっては、濘筋の変遷など過去の溪流の移り変わりを把握し、現在の土地利用状況を勘案しながら、空間を確保するものとし、これらの空間の用地取得を行い砂防指定地として指定し、適切に管理を行うものとする。

4) 溪畔林の保全と利用

溪畔林は大規模な出水や過度の溪床変動によって流失する可能性が高いため、溪畔林を保全する場合には、必ず砂防構造物（床固工、帯工、護岸工、水制工等）を併用してその安全性を確保するものとし、また流木災害が発生しないように留意する。安全確保のために溪畔林を伐採する方針をたてる場合、掃流力を勘案し、次の溪床勾配を目安に判断する。

- ・ 溪床勾配 5° 以上 : 「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)」における流木対策調査の対象範囲が河床勾配 5° 以上の流域と明記されており、土石流対策で対応する区間であるため、本手引き(案)の対象外とする。
- ・ 溪床勾配 2° ~5° : 基本的には伐採するが、流水の掃流力、川幅、周辺の地形条件を考慮して残すことが望ましいと判断された場合、残すことができる。
- ・ 溪床勾配 2° 未満 : 溪畔林を残すことが望ましい。溪畔林を残す(利用する)場合には、流木災害が発生しないよう、流木止の設置等の対策を検討する。

溪流保全工における溪畔林は、原則として新たな植栽は行わないものとする。

5)レクリエーションの場としての活用

溪流保全工の整備にあたって人とのふれあいの場としての要請が高い場合には、溪流の利用を計画に反映させるものとする。その場合には、地域のニーズ等を十分に把握してこれらの要請に配慮する。

6)維持管理

溪流空間は時間的・空間的に常に変動する場であり、これらの影響を受けて溪流空間の溪床の状態、動植物も変化する。また、各種の砂防構造物もこれらの変動の影響を受けて機能が低下する可能性がある。溪流保全工の機能を発揮させるためには、定期的なモニタリングを行い、問題があればアダプティブ・マネジメント(順応的管理)を実施する。

溪流保全工の維持管理では、施工計画案に対するインパクトレスポンスとして航空レーザ測量による高精度データを利用した二次元氾濫シミュレーションを検討することが望ましい。また、モニタリングは流量・流砂量・粒径・植生を対象にして実施する。そして、自然の反応をモニタリングしながら状況に応じて計画の内容にフィードバックさせ、柔軟な対策を実施するといった計画の立案を行うものとする。

更に、対策工法の事例をデータベース化することにより技術的・経験的な対応の蓄積を行うこと、アダプティブ・マネジメントの一環として、施設のアセット・マネジメント(長寿命化)を行うことも検討する(P.93のコラム参照)。

また、溪流保全工の実施に際しては、効能面のみならず地域住民との関わりなどについても配慮すべきであることから、事業実施における課題についても検討の対象とする。事業の実施および維持管理等には、住民参加が欠かせない。たとえば溪流保全工の施工に際してのデザインなど、地域住民との連携・協働によって実施していくことも視野に入れておくべきであると考えられる。

溪畔林の維持管理にあたっては、住民との合意形成や協働が欠かせないことから、検討会、ワークショップ、委員会等を実施することにより、地域住民との合意形成を進めることが望ましい。

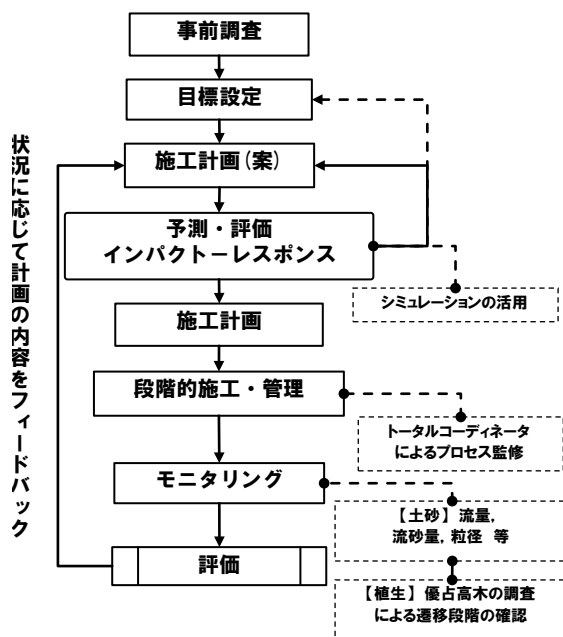


図3-1 アダプティブ・マネジメント

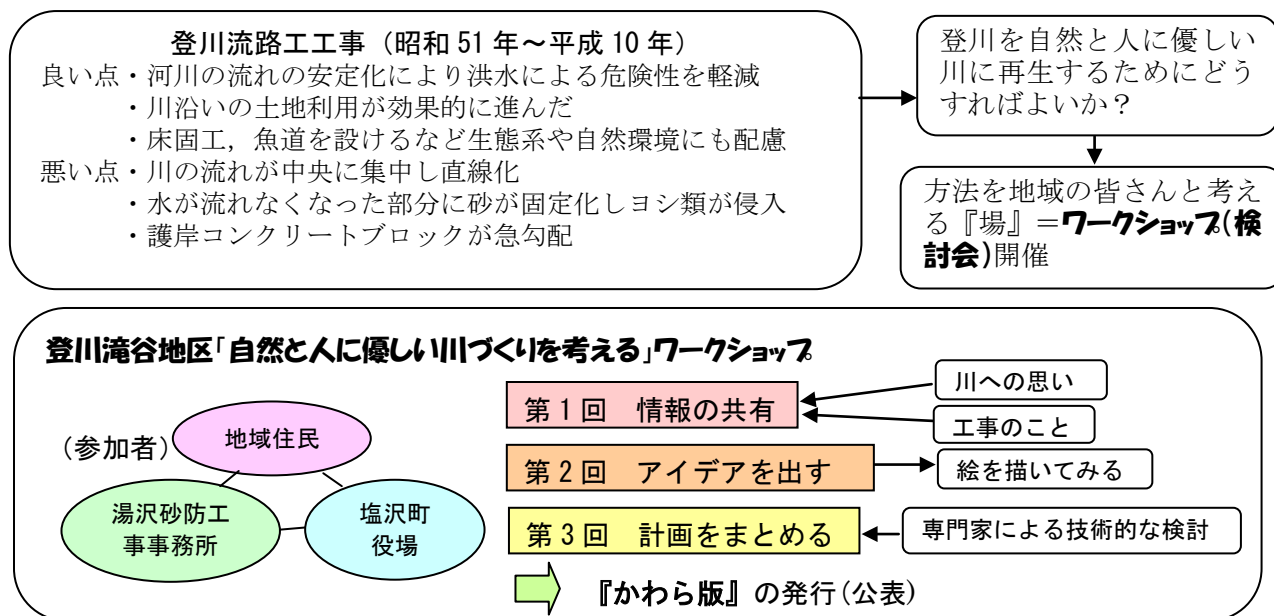


図 3-2 ワークショップの事例(登川流路工自然再生計画(湯沢砂防事務所))

3.2 溪流保全工の構成

溪流保全工は、洪水流の乱流・氾濫および溪床高の過度の変動を抑制するための施設（床固工、帯工等）、側岸侵食を防止するための施設（護岸工、水制工等）などで構成することを基本とし、治水上の安全を確保するために必要となる砂防構造物を溪流空間に適切に配置する。

<解説>

溪流保全工は、砂防構造物と溪流空間がもつ土地利用誘導的な機能（バッファゾーン）等を活用しながら、溪流を総合的に整備するものであり、治水上の課題を解決するために必要となる砂防構造物を溪流空間に適切に配置する。また、砂防構造物の配置にあたっては、溪流の多様性・連続性を損なうことにならないよう配慮し、溪流の生態系の維持についても配慮する。生態系の維持にあたっては、砂防工事による既存植生の除去、地形改変を極力少なくすることが有効であり、流路部分のみで集中的に工事を行うのではなく、広い溪流空間を確保して、砂防構造物の工種、配置、規模、建設材料、施工方法について検討することが必要である。

① 溪流保全工の整備のあり方

土石流流下区間より下流を対象として、土地利用形態、保全対象の分布、溪流特性を勘案して、洪水流の安全な流下をはかることが必要である区間、溪床高の変動をある程度許容して、現在の地形をなるべく改変せずに溪流の多様性・連続性を保全することが可能な区間を分けるものとする。そして溪流空間を積極的に活用する区間については溪流空間を砂防指定地によってその範囲を確保し、その空間全体で土砂処理を検討する。

なお、既に整備されている区間を対象とする場合には、溪流の多様性・連続性を創造することも考慮して基本方針を設定する。

② 保全対象が隣接していない地域

現在の溪流の状態をなるべく改変しないように整備する。床固工、帯工、護岸工、水制工、溪畔林等を溪流空間内の特性にあわせて適切に配置し、溪畔林の持つ環境保全機能を活用して、溪流の多様性・連続性を確保する。

ただし、下流側の土地利用等を考慮し、必要に応じて流木捕捉工、流木発生抑制工等の流木対策を実施する。

③ 保全対象が隣接している地域

洪水流を安全に流下させ、洪水の乱流や過度な溪床変動を抑制するために、床固工、帯工、護岸工、水制工を適切に配置する。

溪畔林は、治水安全上基本的には残さない方針とし、河道内の溪畔林は伐採する。ただし、地域の文化・歴史と深い関わりがある場合や地域の自然環境として生態的価値の高い場合は、十分留意し、防災上の検討を加えて個別に対応する。

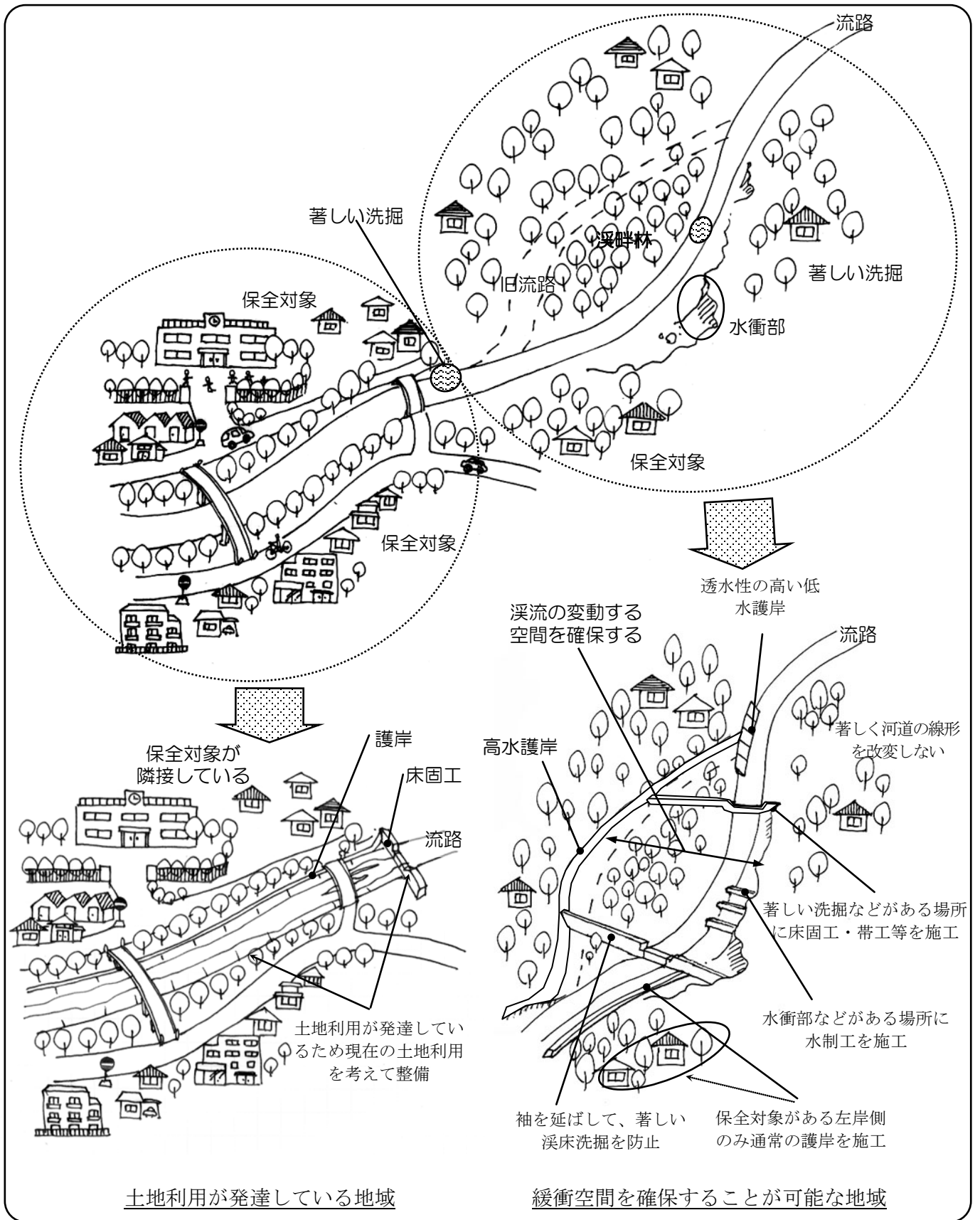


図3-3 溪流保全工の構成

3.3 溪流保全工の管理の基本

溪流保全工の機能を常に発揮させるために、時間経過に伴う溪流特性の変化を把握するためにモニタリングを行い、必要に応じて適切な維持管理を実施する。また、自然・社会条件が大きく変化した場合には当初計画にこだわらずにその変化に応じて計画を見直し、処置する。

<解説>

溪流は時間的・空間的に常に変動する場であり、流域の自然・社会特性が変化に応じて、適切な維持管理を実施する。これらの変動の影響によって各種砂防構造物の機能が低下する可能性がある。このため、溪流保全工の管理として以下の項目について定期的もしくは大規模出水後にモニタリングを行い必要に応じて維持管理を行うものとする。

- ① 砂防構造物
- ② 溪畔林の流失・遷移・侵入および生育状況等の変化
- ③ 溪岸侵食・堆積
- ④ 土地の管理（空間管理）：不法占用、不法採取、不法投棄の防止

上流域の土砂の生産・流出形態の影響を受けて、溪流空間の平面・縦断・横断形状や滯筋、溪畔林の流失・遷移・侵入および生育状況は変化する。これらの変化を把握するために、定期的に溪畔林の流失・遷移・侵入および生育状況および溪流空間の微地形、縦横断形状、粒径の変化についてモニタリングを行うものとする。これらの変化は砂防構造物に影響し、機能低下を引き起こす可能性がある。したがって、上記①～③については、出水前（5年に1回程度）及び大規模出水後にモニタリングを実施するものとし、必要に応じて維持管理を実施する。溪流特性が大きく変化し、当初の計画で対応できない場合には計画を見直して処置する。

土地の管理は、不法占用・不法採取・不法投棄を防止して、溪流空間の土砂処理機能の確保、環境的な影響の防止など公有地を適正に維持するために行うもので、現地立て看板により注意喚起を行うとともに定期的（出水期前には必ず）にパトロールを行い、異常の発見・処置を行う。

なお溪畔林は、立地する空間そのものが計画の中に取り込まれているものであるから、流失しても原則として植栽せずに自然の回復にまかせるものとする。しかし、溪岸の侵食が著しく進行する可能性が認められたり、流木が下流側の保全対象に対して災害を発生させる要因になる等の恐れがある時は、流木捕捉工などの流木対策施設を配置して対処する。

3.4 溪流保全工の計画の手順

溪流保全工の計画は、溪流保全工の基本方針を明確にし、溪流保全工を計画する空間を設定して、基本方針にもとづいて溪流の空間整備を行うものである。

<解説>

溪流保全工の計画は、第一に基本方針を明確にすることからはじめる。溪流保全工の基本方針とは、その地域の自然・社会条件をもとに、治水上の課題、自然環境、その地域において要請される各種事項を把握して設定する。溪流保全工の整備の最も重要な基本方針は地域の治水上の安全の確保であり、その実施にあたっては溪流の生態系の保全に配慮するということである。このほか、その地域の生活と溪流のつながり、すなわち、溪流と人の関わりも重要である。健全な溪流の生態系を維持していくためには、溪流の物質運搬、流路変動などの攪乱をうける不安定な立地、魚類等の水生生物の生息空間をなるべく損なわないようにしなければならない。溪流保全工の計画は以下のミティゲーションの考え方を適用する。

- ①回避：護岸や床固工の設置を極力少なくして、下流に導流堤や遊砂地をつくる。
- ②最小化：護岸や床固工の規模を抑える。透水性の高い材料を用いる。
- ③代償：瀬淵や魚類の産卵床、特殊な生物の生息場を別に確保する。
- ④修復・回復：工事によって改変した地形等を工事前の状況にもどす。

①回避及び②最小化としては、構造物の配置をなるべく少なくすること、流路の横断形状を全て矩形断面のように画一的に固定するのではなく、ある程度は変動するような余裕を確保すること、あるいは、背後地の状況等を勘案して洪水流や土砂の滞留区間を設定できる場合には、溪畔林等を含めてその空間を積極的に取り込むなど、現況の溪流の平面・縦断・横断形状を尊重しながら、溪流空間のもつバッファゾーンの機能を有効に活用して土砂処理を行い、環境への影響を最小限に留めるものとする。また、数年～十数年に一度起こり得るような発生頻度の高い自然攪乱を抑制しすぎないように配慮することも必要である。このほか、自然河道を残したまま、用地買収により川幅を拡張し氾濫に対応するという手法も有効である。また、材料としては現地発生材（土砂）を利用するものとし、新たな材料入手は避ける。③代償としては、流路の整備によって失われる環境（魚類の産卵床、瀬淵、特殊な生物の生息場および自然環境のビオトープネットワークとしての溪畔林等）を別に確保するものとし、④修復・回復としては、施工などによって地形を改変した場合には、復元レベルを明確に設定して、このレベルに達するように環境を復元する。なお、検討会を設置する場合、調査時、計画時、設計・施工時、維持管理時といった各段階で行うことが望ましい。溪流保全工の計画の手順を図3-4に示す。

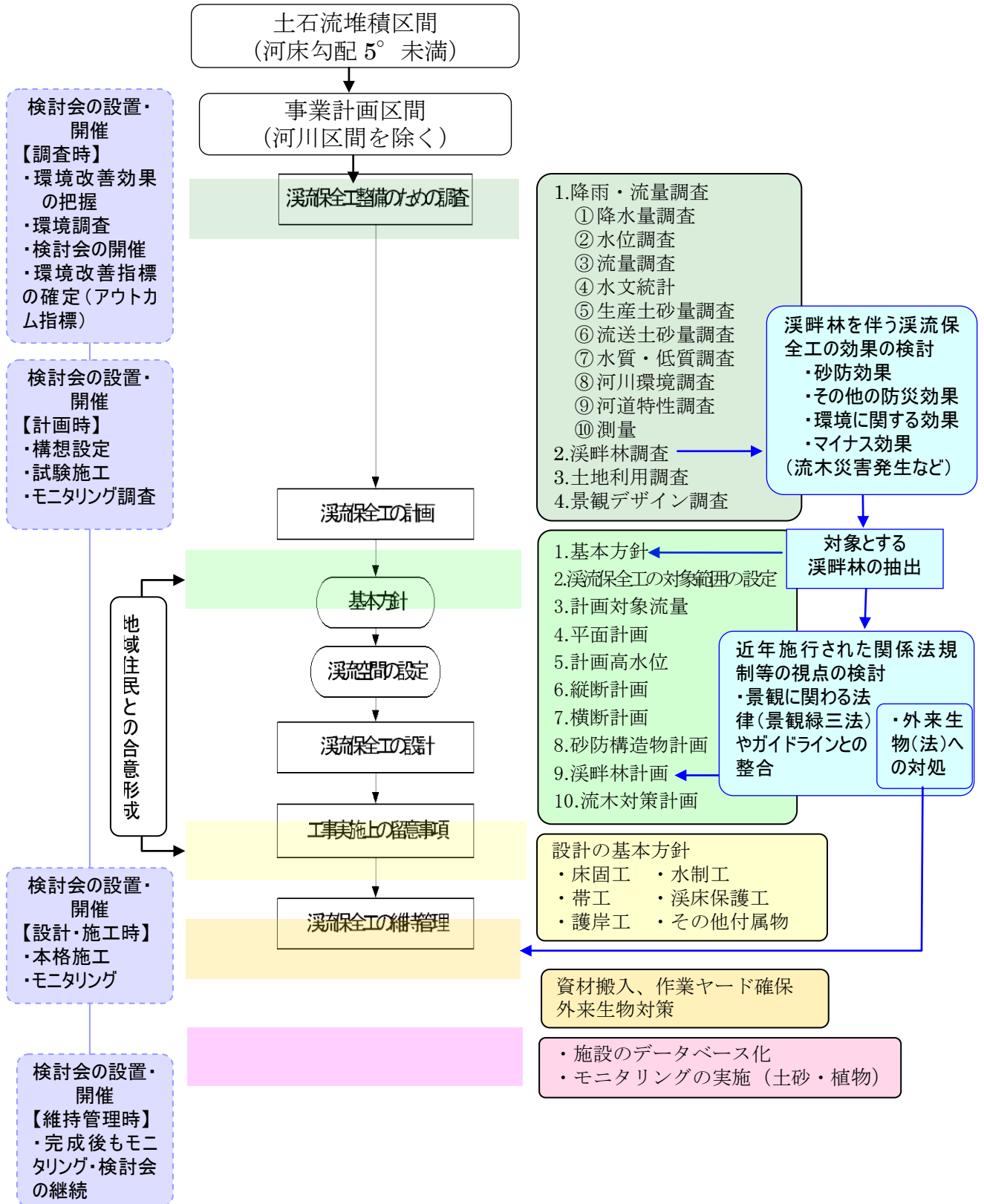


図3-4 渓流保全工の計画策定の手順(例)

4. 溪流保全工整備のための調査

4.1 調査の目的

調査は、溪流保全工の計画や設計を行うために必要な条件を得ることを目的として行うものとする。

<解説>

溪流保全工の計画および設計を行うにあたっては、その地域における防災、自然環境、利用状況等を整理して溪流保全工の基本方針を明確化し、この基本方針にもとづいて計画を策定する。この溪流保全工の計画にあたっては、国土交通省の河川砂防技術基準調査編に準拠して、主に下記の調査を必要に応じて実施する。

- ① 降水量調査
- ② 水位調査
- ③ 流量調査
- ④ 水文統計
- ⑤ 生産土砂量調査
- ⑥ 流送土砂量調査
- ⑦ 水質・低質調査
- ⑧ 河川環境調査
- ⑨ 河道特性調査
- ⑩ 測量

なお、溪流保全工の計画および設計にあたって重要となる降雨・流量、溪畔林、土地利用、景観デザインについては4.2～4.5に示す内容について十分に調査する。

4.2 降雨・流量調査

本調査は、溪流保全工の計画規模を設定する他、溪流空間の生態系の維持に関わる降雨・流量の規模を把握するために行うものである。降雨・流量調査は資料調査ならびに資料整理・解析から構成される。

<解説>

降雨・流量調査は、溪流保全工の計画規模を設定するために行うものであるが、溪流保全工では、この計画規模の他に、溪流空間の生態系の維持に関わる中小出水時、平常時の降雨・流量データを収集して流量等を把握する。これらの降雨・流量データは、基本的に以下のような変化が生じた時期のものを収集する。

- ① 滲筋が大きく変化した時
- ② 溪流周辺の植生が比較的広範囲で流失した時

過去の空中写真等を用いて、滞筋、植生が比較的大きく変化した時期に着目し、この変化に関わったと考えられる降雨や流量の規模を推定する。

これらの結果は、溪流空間の生態系を維持するために必要な中小出水・平常時の降雨・流量の規模と位置づけ、溪流保全工の計画において、これらの規模による攪乱を許容する。

4.3 溪畔林調査

溪畔林調査は、溪畔林を指標として過去の洪水や土砂移動状況を推定し、溪流空間の変動状況（変動範囲および変動に関わる降雨や流量の規模）を把握するために行うものである。

<解説>

溪畔林は水文や地形などの物理現象と生物現象の相互作用の結果を反映したものである。したがって、この溪畔林の群落特性、樹種、樹齢等からその溪流空間における過去の洪水や土砂移動の発生時期、その範囲を把握することができる。これらの調査にあたっては空中写真判読により、過去の溪畔林の流失や侵入の状況を整理しておくものとする。また、この時期の降雨や流量を整理して、溪畔林の推移に関わる降雨や流量の規模についても把握する。

① 過去の洪水および土砂移動の把握

溪畔林は、攪乱を受けた裸地に先駆植生として侵入し成長することから、攪乱を受けた一帯は溪畔林が一斉に生育して一斉同齢林を形成することが多く、これら溪畔林の群落特性をもとに一斉同齢林の樹齢から攪乱を受けた時期及びそれに関わった降雨及び流量を推定する。

② 溪畔林の調査内容

溪畔林は、洪水や土砂移動による攪乱を受け、水文や地形などの物理現象と生物現象の相互作用によって、その地域に適応した生物の多様性が維持されている。この範囲は、溪畔林を指標にしてその生育範囲を調査することによって把握することができる。ただし、溪畔林が人為的に伐採される場合もあるため、注意が必要である。また、溪畔林を把握するにあたっては、3.4 土地利用調査等により、過去の滞筋の位置を地形図より整理することも併せて行うことが望ましい。以下に、現地調査における溪畔林の調査方法を示す。

1) 溪畔林の成立条件

溪畔林の生育基盤の成立条件を流域的視点（広域的視点）で把握する。

◇対象溪流の降水量などの広域的な気象

・「4.2降雨・流量調査」を参照。

◇対象溪流の流量、流速、水位変動などの広域的な水文条件

・既往調査資料及び現地調査をもとに整理する。

◇対象溪流の断面形態や流路規模、溪岸の冠水条件（平水時の水深、洪水時の水深） 溪床勾配、洪水履歴などの攪乱条件、溪畔林の立地の安定性（溪床変動の規模や頻度）

・既往災害調査報告書、現地調査をもとに整理する。

2) 溪畔林の生育環境の把握

溪畔林における生育環境をその地域的な視点（縦断・横断的・微地形的な視点、粒径分布）で把握する。

◇溪畔林の断面形状（横断形状）、微地形条件

- ・ 溪畔林の生育状況が異なる代表的ないくつかの地点をもとに、溪畔林の横断方向に調査測線を設定し、この測線上の微地形の変化点を記録し、その地点の標高差を実測する。
この調査結果より地形断面図を作成する

◇堆積土砂の層位、粒径、土壌の特性、乾湿状態などの物理特性と腐植含有量などの化学特性

- ・ 調査測線上の微地形の変換点間の溪畔林の生育環境として微細な違いのみられる各々の区間において、検土丈等を用いて堆積土砂の層位、粒径、土壌の土性、乾湿状態などの物理特性を調査する。また、同様な箇所でも土壌を採取し、腐植含有量などの化学特性について分析を行う。

3) 溪畔林の分布状況と群落特性の把握

溪畔林の分布特性と群落特性を流域的視点とその地域的な視点に応じた各種条件との対応をもとに把握する。

◇溪畔林の現存植生の分布状況

- ・ 空中写真の判読を事前調査として実施し、溪畔林の予察分布図を作成して現地調査によって補完し、植生群落のタイプと分布状況を把握する。群落タイプの分類にあたっては、溪流の横断方向の微地形条件等の違いに応じた群落構造の微細な違いに留意する。

◇溪畔林の群落特性

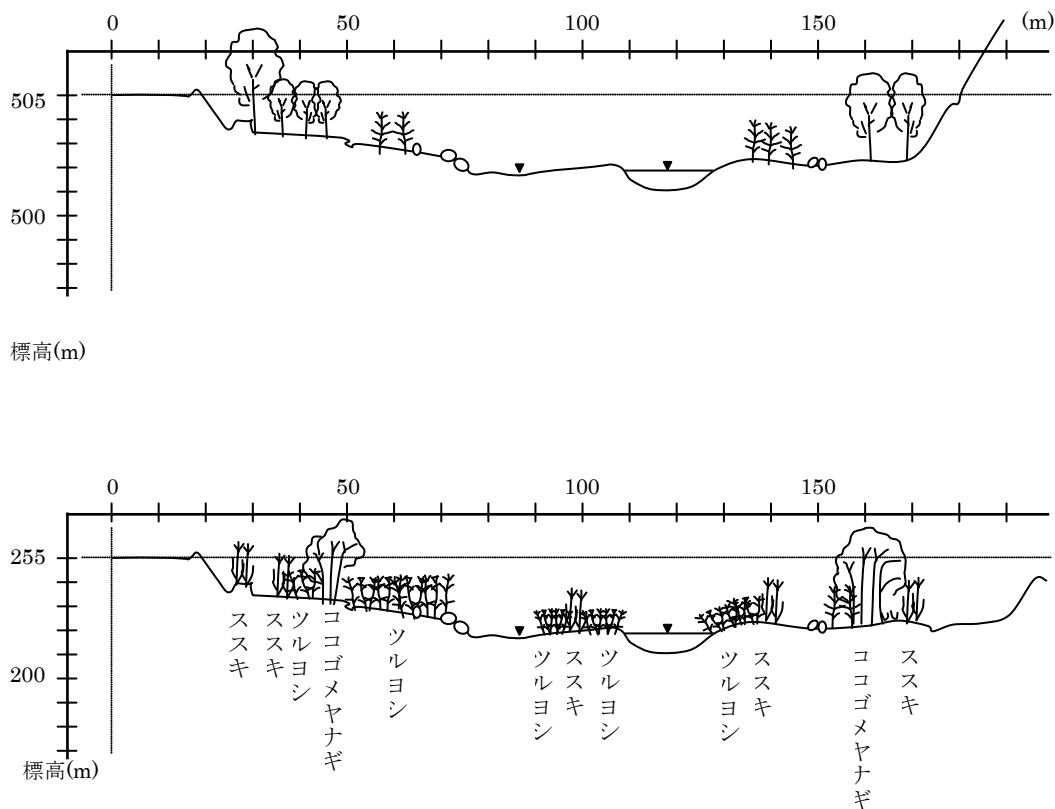
- ・ 溪流の横断方向に設定した調査測線上の微地形の変換点間の溪畔林の生育環境と微細な違いのみられる各々の区間において、それぞれ代表的な構造を示している区域を抽出の上、群落高、階層構造、階層ごとの優占種、被度・群度、主要種の根本直径、胸高直径、稚樹の更新状態を調査する。また、数カ所に調査地点を選定し、コドラート調査やベルトトランセクト調査等を実施して、群落の特性を整理する。

これらの3つの視点から溪畔林を調査し、溪畔林の広域的・地域的な視点から植生遷移と溪畔林の成立状況を整理し、溪流保全工の計画の基礎資料とする。

とくに溪畔林の生育環境の把握にあたっては、溪床の微地形の成因とサイズを捉えるために、図4-1に示すように溪床微地形の配置とスケールを断面図に整理する。

〈溪床微地形の成因とサイズを捉える〉

溪床微地形の配置とスケールを断面図で表記する。



流れに沿った縦断測量と横断測量による水深などの地形の変化点を捉える表記法とともに、流速の併記によりその成因を捉える。また、比較的捉えにくい溪床の微地形については、水際の洗掘状況、石・砂礫などの組み合わせ、植生カバーなど配置とスケールを断面図で表記する。

図4-1 溪床微地形の配置とスケールの調査

4.4 土地利用調査

土地利用調査は、その地域の保全対象の分布状況、溪流背後地の土地の利用状況を把握し、洪水氾濫等に対する滞留空間として利用可能な地域を把握するために行うものである。

<解説>

土地利用など人為的な影響等によって溪流空間の範囲が移り変わっている場合がある。溪流保全工の計画にあたっては、過去の溪流空間の変遷を整理し、その溪流が持つ本来の特性を把握して計画に反映させる必要がある。

また、地域開発計画等をもとに今後の土地利用の変化についても予測し、これに伴う治水上の課題を整理して、滞留空間の確保が可能な場合には積極的に溪流保全工の対象区間として取り入れる。

4.5 景観デザイン調査

景観デザイン調査は、溪流保全工の計画における基本方針を設定するために必要となる、その地域の文化や風土、景観について調査するものである。

<解説>

景観は、その地域の地形や気候等の基盤条件、これらをもとに形成される生態系、文化や風土より構成されるものであり、単なる風景や色彩を示すものではない。つまり、景観は、溪流空間の攪乱や土地利用によって形成される生態系や文化的な特性によって造られるものであり、景観デザインとは、その景観を構成する特性を明らかにして、その地域の生態系と地域の住民の文化や風土を損なわないように計画および設計することである。したがって、溪畔林調査、土地利用調査等をもとに景観の構造となる特性を把握して、溪流保全工の基本方針を明確化し、これをもとに溪流保全工の計画および設計を行うものとする。

これらの調査にあたっては、地域の特性を十分に把握するものとし、以下の項目に留意する。なお、計画段階において、地方自治体(市町村レベル)で景観緑三法に基づく景観に関する基本理念との整合を図り、景観要素・資源に対する配慮とその対策を検討する必要がある。また、砂防景観ガイドラインや歴史的砂防施設ガイドラインに則した景観要素・資源に対する配慮とその対策も講じるものとする。

- ①**安全性**：治水上の課題の解決が前提であり、その課題が何であるか、解決のためにどのような対応が必要であるのかを常に明確にし、利害関係者との情報交換を確実に行う。
- ②**持続性**：短期間のデザインの志向にとらわれずに、長期的な視野にたってデザインする。
- ③**公共性**：多数の住民の意見等を取り入れるものとし、特定の傾向に偏らないデザインとする。溪流保全工を計画する地区で基本理念あるいは景観地区、歴史的砂防施設等に指定されている場合には、これらとの整合を図る。
- ④**環境性**：溪流保全工の対象とする空間は、一般的に規模が大きくなるため、地域の自然、

歴史、文化や周辺施設に十分配慮することが必要であることから、河川のホスピタリティ表現等のデザイン活用を行うことによって、その空間の整備が地域全体の景観を考慮することが重要である。

5. 溪流保全工の計画

5.1 基本方針

溪流保全工の計画は、地域の安全の確保、溪流の生態系の保全等、溪流保全工に求められる機能を発揮できるように、溪流空間内に砂防構造物（床固工、護岸工、帯工、水制工等）を適切に配置するものである。

<解説>

溪流保全工は、その地域を取り巻く環境に併せて計画する必要がある、4章に示す調査をもとに、溪流空間に求められる機能を整理し、計画の基本方針を策定する。なお、この基本方針は整備中・整備後の環境変化に応じて見直すことができるものとする。

① 基本方針の設定

溪流保全工の基本方針は、溪流保全工に求められる機能を明確にして、これをもとに定めるものとする。地域の安全の確保という観点からは、溪流と保全対象との位置関係や溪流周辺の土地利用状況および溪流上流部の荒廃状況が大きく関係するものであり、次のように考えるものとする。

1) 保全対象が隣接していない地域

このような地域では、現在の溪流をなるべく改変しないように配慮するものとし、溪流の多様性・連続性を十分に確保する。現在は保全対象が隣接していなくても、将来的に土地利用が高度化して溪流の近くまで開発が進行すると災害の危険性が高まるため、緩衝的な空間をあらかじめ確保しておくことが必要である。これらの空間は、土砂や洪水の一時的な貯留の場となり、周辺及び下流域の保全対象の安全を高める効果を有する。このような緩衝的な空間を確保することが可能な地域については、積極的に取り込むものとする。

土石流流下区間より下流では、溪畔林の環境保全機能を発揮させたい場合、治水上の安全を確保した上で残すことができる。この場合、洪水時における土砂の2次移動や溪畔林の流木化により、下流への影響が考えられるため、流木捕捉工など流木対策施設の設置を検討する。

2) 保全対象が隣接している地域

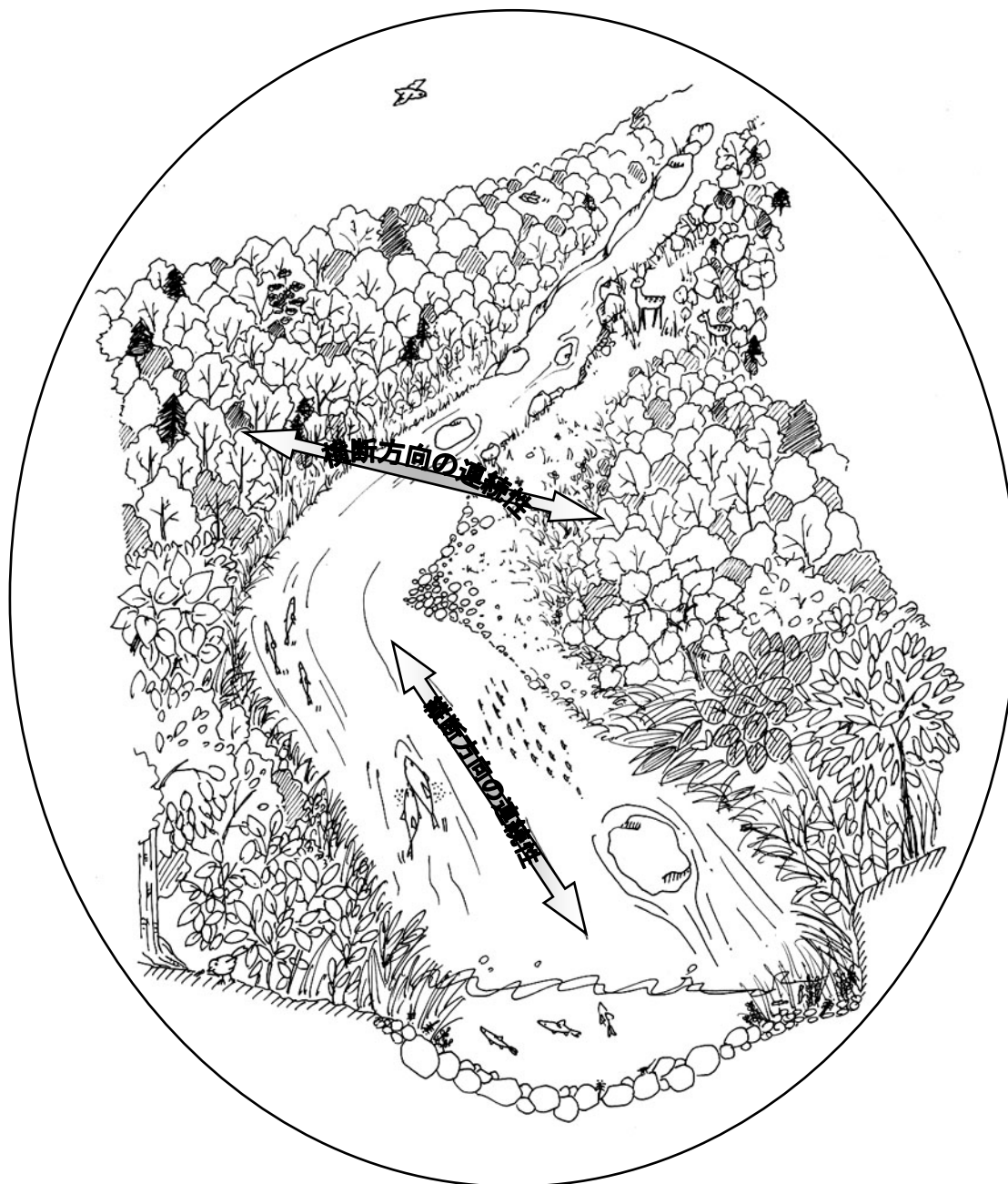
土地利用が進行している都市部や郊外では、溪流に隣接した保全対象が、洪水流の乱流及び溪床高の過度な変動、溪岸侵食等により被災する可能性がある。このような地域では、事前に溪流上流部の荒廃状況を十分に検討した上で洪水流を安全に流下させることで災害を防止する。

土石流流下区間より下流では、治水上の安全を確保した上で溪畔林を残すことができるが、溪畔林の成立基盤が侵食を受けると考えられる範囲では、基本的には伐採し、床固工、護岸工等を適切に配置する。ただし、溪床勾配 2° 未満を目安とした区間では、溪畔林を残すことが望ましい。

以上のように、溪流保全工は保全対象との位置関係や土地利用状況、あるいは関係法令（景観緑三法、外来生物法等）を勘案して計画することが重要である（図3-3参照）。

② 溪流の多様性・連続性の保全

溪流の生態系を保全するためには、溪流の多様性・連続性を維持することが必要である。したがって、自然溪流においては、溪流の横断形状、縦断形状をなるべく改変せずに安全度を確保する手法を検討する。



< 溪流の多様性・連続性の保全に配慮する >

図5-1 溪流保全工の計画

5.2 溪流保全工の対象範囲の設定

溪流保全工の対象とする範囲は、過去の滞筋の変遷や溪畔林の生育範囲などの水量の変動に伴う物理的・化学的な影響範囲や土地利用状況等を勘案して設定する。

<解説>

溪流の多様性・連続性を維持するためには、溪床や溪岸、河岸段丘等、土砂の流出により攪乱を受けて変動する不安定な立地を溪流保全工の対象範囲として設定することが望ましい。

高度経済成長期以降、土地利用の高度化に伴い住宅地等の保全対象が溪流に隣接するようになり、溪流と保全対象との間には緩衝的な空間が少なくなっている。現状においてこのような状況でない場合には、溪流保全工の対象範囲を広く設定することによって緩衝空間を確保し、保全対象を土砂災害の危険から未然に防止することが必要である。

このようなことから、溪流保全工の対象とする範囲は、溪流の溪床や溪岸、河岸段丘等、土砂の流出により攪乱を受けて変動する不安定な立地までを確保し、2.で示した土砂災害防止効果のうちの土地利用誘導機能を発揮させる意味においても、なるべく広く設定することが望ましい。

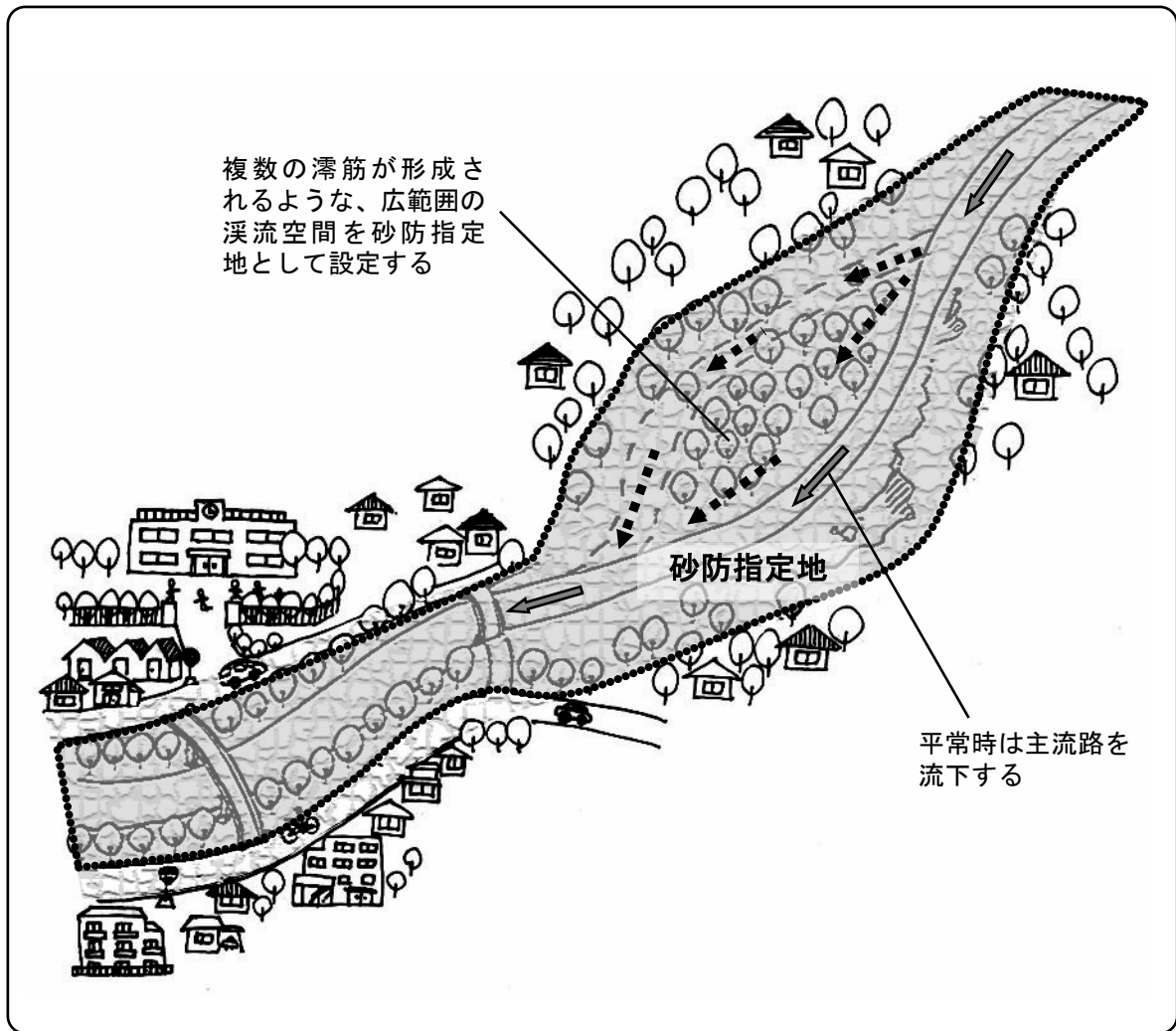


図5-2 溪流保全工の対象範囲の考え方

◇溪流保全工の対象範囲

溪流空間（過去の滞筋の変遷や溪畔林の生育範囲などの水量の変動に伴う物理的・化学的な影響範囲）を基本とし、溪畔林調査や土地利用調査などから溪流空間の変遷を把握して、現在の土地利用状況を勘案しながらできる限り広範囲に設定する。

◇管理幅

溪流保全工の対象範囲は管理用道路も含めて設定する。

◇土地利用の誘導機能

溪流保全工の対象範囲では土地利用を制限され適切に誘導されるため、土砂災害を未然に防止するものである。

5.3 計画対象流量

計画対象流量は、過去の災害履歴、計画対象流域の大きさ、対象となる地域社会の経済的重要性、想定される災害等から総合的に判断する。

<解説>

計画対象流量は、基本的には計画降雨量の年超過確率（計画規模）で評価する。とくに大きな災害が発生した溪流については、これらの災害実績を十分に勘案して設定することを原則とする。ただし、下流河川の整備規模と整合を図る上で決定する計画規模においては、その地域または周辺でこれまでに発生した災害の規模等について整理し、住民との合意をはかりながら決定することが望ましい。

計画規模は、おおよその基準として、河川とその重要度に応じて、A級、B級、C級、D級及びE級の5段階に区分した場合の、その区分に応じた対象降雨の基準を示すと、表5-1のとおりである。

表 5-1 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度	計画の規模（計画降雨の降雨量の超過確率年）*
A 級	200 以上
B 級	100～200
C 級	50～100
D 級	10～ 50
E 級	10 以下

*年超過確率の逆数

（建設省河川砂防技術基準(案)同解説計画編 2.4.2)

計画規模が定まったら、計画対象流量を砂防設計公式集に示す下記の方法により決定する。

計画対象流量は、計画降雨量により算出した流量に土砂含有率を考慮した値とし、一般的にラショナル式が用いられる。

$$Q = Q' \times (1 + \alpha)$$

$$Q' = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r \cdot A$$

Q : 対象流量 (m³/sec)

Q' : ラショナル式によって求めるピーク流量 (m³/sec)

α : 土砂含有率

f : 流出係数

r : 洪水到達時間内の平均雨量強度 (mm/h)

A : 流域面積 (k m²)

このほかに比流量により対象流量を求める方法もあるが、降雨データがない流域や他の式によって求めた値が異常に大きい場合等には、こちらの方法を用いることもある。

ラショナル式の適用が適当な河川は、流域面積が比較的小さく（概ね 100 km²未満または流

域の最遠点からの到達時間が概ね2時間程度まで)、かつ流域に貯留現象がなく、または貯留現象を考慮する必要がない河川等であり、その他河川では必要に応じ貯留関数法や単位図法が用いられることがある。

ラショナル式によって流量を求める場合にその概略値を知るために図 5-3を用いる。

なお、この計画対象流量のほかに、溪流空間の多様性・連続性を維持するために必要となる流量規模の参考値として、中小出水時・平常時の流量も整理する。

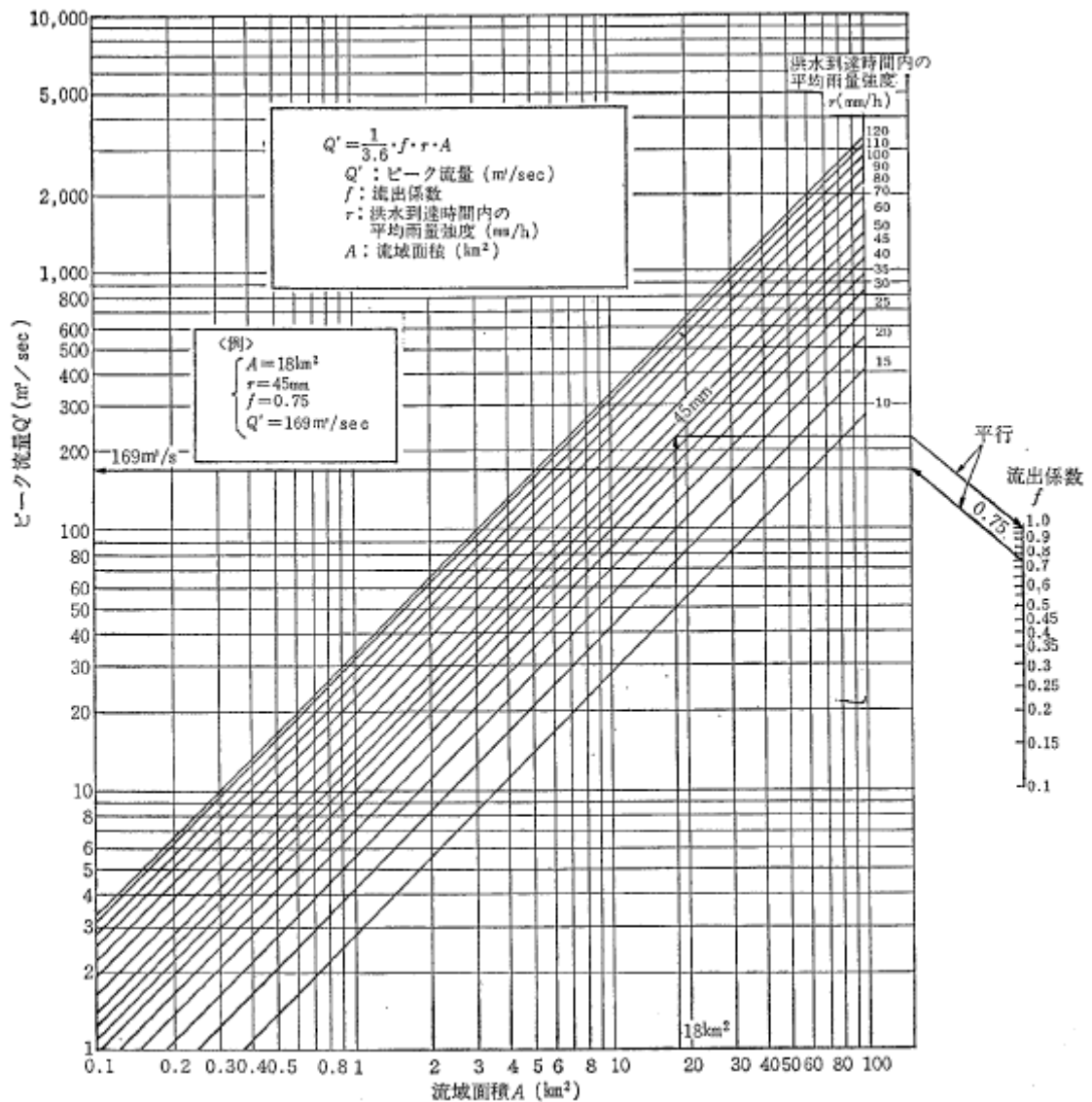


図 5-3 ラショナル式によってピーク流量を求める図(砂防設計公式集(マニュアル))

① 流出係数

ラショナル式において用いる流出係数 f は、流域の地質、地被、植生、形状、開発状況等を勘察して決定する。日本内地河川の洪水時の物部の値(調査編第5章参照)と標準的な流出係数(同計画編第2章参照)のほか、表 5-2~表 5-50 を参考にすることができる。

表 5-2 日本内地河川の流出係数 f (物部)

(本間ほか)

急峻な山地	0.75~0.90
三紀層山岳	0.70~0.80
起伏のある土地および樹林	0.50~0.75
平坦な耕地	0.45~0.60
かんがい中の水田	0.70~0.80
山地河川	0.75~0.85
平地小河川	0.45~0.75
流域のなかば以上が平地である大河川	0.50~0.75

表 5-3 標準的な流出係数(河川砂防技術基準(案)計画編)

密集市街地	0.9
一般市街地	0.8
畑, 原野	0.6
水田	0.7
山地	0.7

表 5-4 砂防指定地および地すべり防止区域内における宅地造成等の大規模開発審査基準

(建設省河川局砂防部)

三紀層山地	0.7 ~0.8
起伏のある土地および樹林	0.5 ~0.75
平坦な耕地	0.45~0.60
水田	0.7 ~0.8
宅地造成後の地域	0.85~1.0
パイロット事業地, ゴルフ場	0.75~1.0

表 5-5 防災調節池の洪水吐等の設計流量算定に用いる流出係数の標準値

(地域振興整備公団,1979)

土地利用状況	流出係数	備 考
開発前	0.6~0.7	山林・原野・畑地面積率が70%以上の流域
開発後(1)	0.8	不浸透面積率がほぼ40%以下の流域
開発後(2)	0.9	不浸透面積率がほぼ40%以上の流域

不浸透面積とは、おおむね建物の屋根面積、舗装道路面積および舗装された駐車場面積等の和である。

② 洪水到達時間

ラショナル式に用いられる洪水到達時間は、流域の最遠点に降った雨がその流域の出口に達するまでに要する時間として定義され、原則として「雨水が流域から河道に至る流入時間」と「河

道内の洪水伝播時間（流下時間）」の和とする。ある程度大きな流域では、流入時間が流下時間に比べ大幅に小さい場合は流入時間を無視することが多いが、小流域では常時流水が存在する河道が少ないため、流入時間を無視することはできない。しかし、この流入時間の値は大まかな標準値しかないため、この方法に代わる方法として、河道のとり方を谷形態をなすところまで伸ばし、流下時間として算出することもある。

1) 洪水流下時間 (T_0)

・ Kraven 式

$$T_0 = L/W$$

T_0 : 洪水流下時間(sec)

L : 流路長 (m)

W : 洪水流出速度 (m/sec)

I : 流路勾配

I	1/100 以上	1/100~1/200	1/200 以下
W	3.5 m/sec	3.0 m/sec	2.1 m/sec

(砂防設計公式集)

・ Bayern 地方公式 (Rziha 式)

$$T_0 = L/W$$

$$W = 20 \cdot (H/L)^{0.6}$$

T_0 : 洪水流下時間 (sec)

W : 洪水流出速度 (m/sec)

H : 流路高低差 (m)

L : 流路長 (m)

〈適用範囲〉 流路平均勾配 $H/L > 1/20$

・ (参考) 土研式

$$\text{都市流域} \quad T = 2.40 \times 10^{-4} (l/\sqrt{s})^{0.7}$$

$$\text{自然流域} \quad T = 1.67 \times 10^{-3} (l/\sqrt{s})^{0.7}$$

T : 洪水到達時間 (h)

l : 流域最遠点から流量計算地点までの流路長 (m)

s : 流域最遠点から流量計算地点までの平均勾配

〈適用範囲〉 ・ 都市流域 : 流域面積 $< 10 \text{ km}^2$ 平均勾配 $s > 1/300$

・ 自然流域 : 流域面積 $< 50 \text{ km}^2$ 平均勾配 $s > 1/500$

図 5-4は Kraven 式、図 5-5は土研式によって洪水到達時間を求める場合に、概略値を知ることができる。

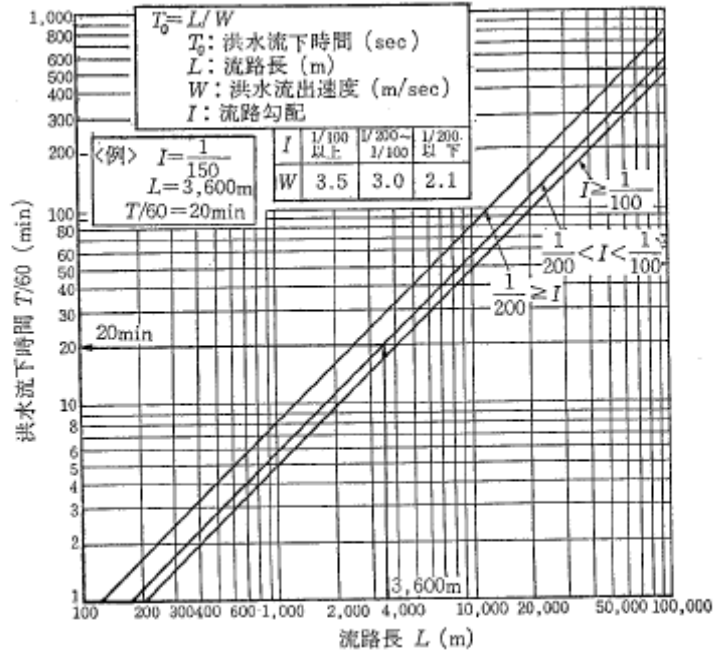


図 5-4 洪水流下時間(Kraven 式)(砂防設計公式集)

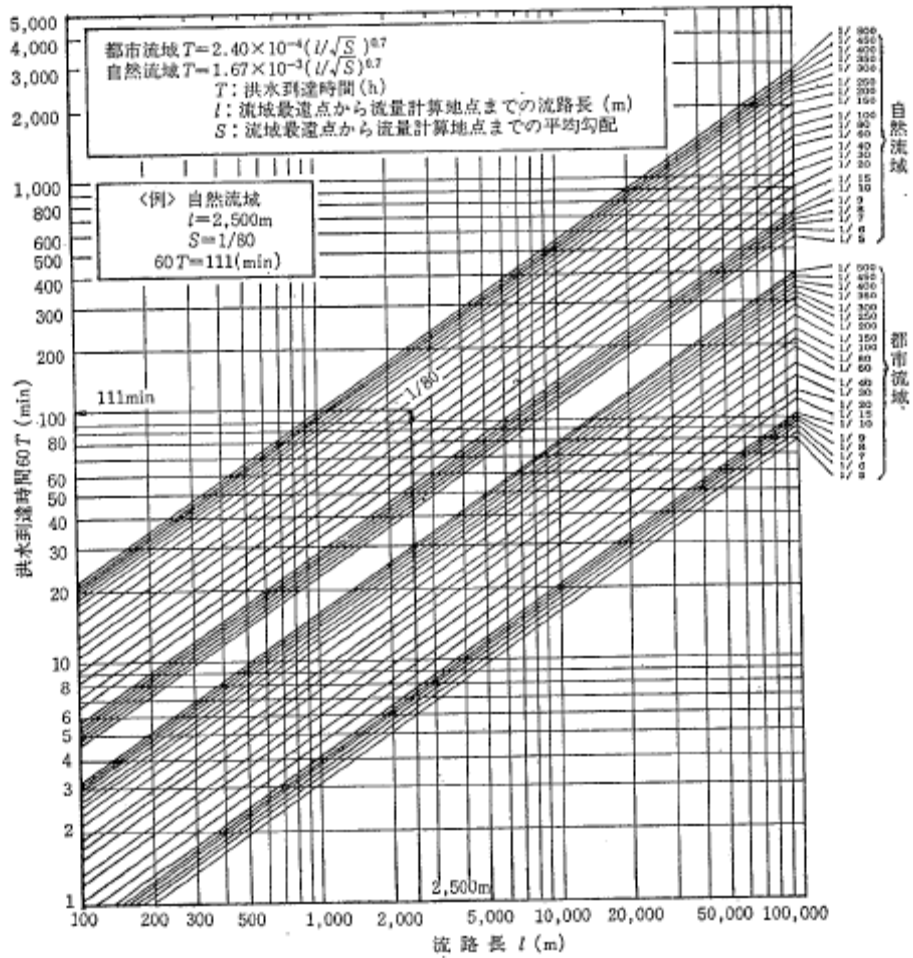


図 5-5洪水到達時間(土研式)(砂防設計公式集)

2) 洪水流入時間 (T¹)

洪水流入時間（流路内での河道に達する平均流下時間をいう）は流域の排水路の整備状況によって異なるが、将来の整備状況を推定して定める。一般には次の式を標準として定めてもよい。

山地流域	2 km ²	30min
特に急傾斜面流域	2 km ²	30min

③ 洪水到達時間内の平均雨量強度

洪水到達時間内の平均雨量強度は、各地での降雨量の実測値を基に統計処理されて、降雨継続時間との関係で Talbot 型、Sherman 型など、種々の型で表現される。

日雨量だけが与えられた場合の任意継続時間中の雨量強度推定式としては次式がある。

1) 物部式

$$r_t = \frac{r_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^K$$

r_t : t 時間内の平均雨量強度 (mm/h)

r_{24} : 日雨量 (mm)

t : 洪水到達時間 (h)

K : 2/3

この式により t 時間内の平均雨量強度を求める場合には、図 5-6 を用いてその概略値を知ることができる。

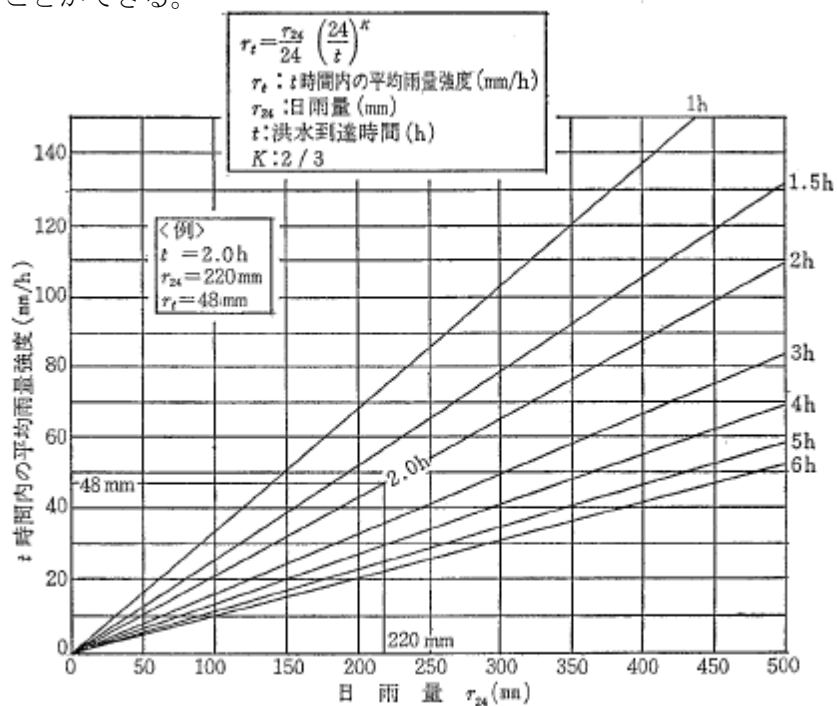


図 5-6 日雨量から t 時間内の平均雨量強度を推定する式 (物部式)

(砂防設計公式集)

2) 飯塚式

$$r_t = \frac{C_t}{100} \cdot r_{24}$$

$$C_t = \frac{34,710}{t^{1.35} + 1,502}$$

r_t : t 時間内の平均雨量強度 (mm/h)

R_{24} : 日雨量 (mm)

t : 洪水到達時間 (min)

C_t : 雨量強度係数 (%)

なお、 C_t と t との関係を表 5-6 に、また上記の式により t 時間内の平均雨量強度を求める場合にその概略値を確認する図を図 5-7 に示した。

表 5-6 雨量強度係数

(砂防設計公式集)

t (min)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
C_t (%)	22.8	22.3	21.7	21.1	20.4	19.8	19.2	18.5	17.9	17.3	16.8	16.2

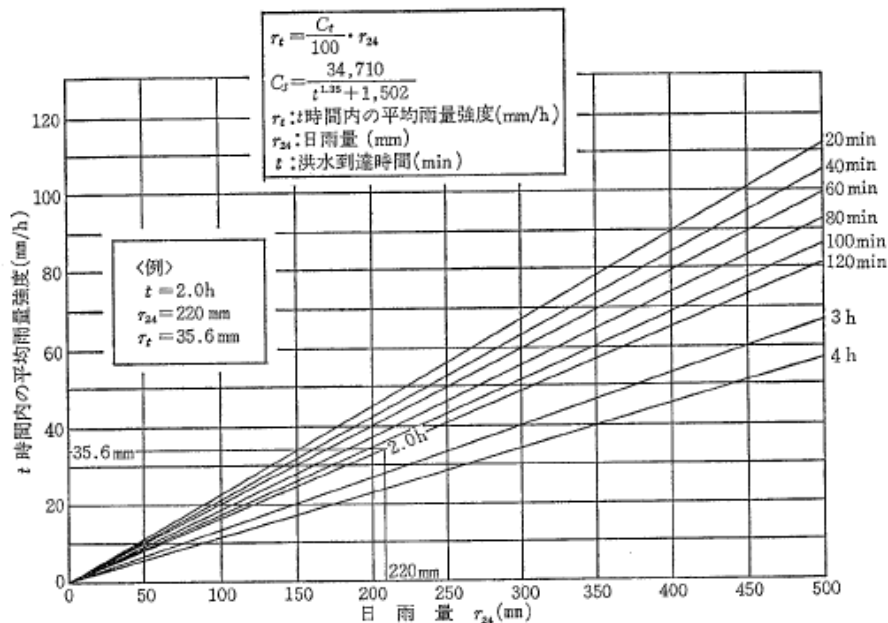


図 5-7 日雨量から t 時間内の平均雨量強度を推定する式 (飯塚式)

(砂防設計公式集)

④ 土砂含有率

土砂含有率は、流域の水理条件や土砂流出の特性などによって異なる。溪流保全工の場合、上流域の砂防工事がある程度進捗してから計画される。従って、その対象流量は土砂含有率の減少した洪水流を対象とすることから、以下の値を計画に用いている。

- ・ 砂防工事が施工中(上流の砂防工事が計画流出土砂量に対し 50%以上完了)および屈曲, 乱流防止の場合……………10%
- ・ 砂防工事が施工済みの場合……………5%

⑤ 比流量

溪流保全工を施工している河川での流域面積と比流量の関係例を図 5-8に、直轄砂防工事を実施している水系の工事実施地点での例を図 5-8～図 5-12に示した。

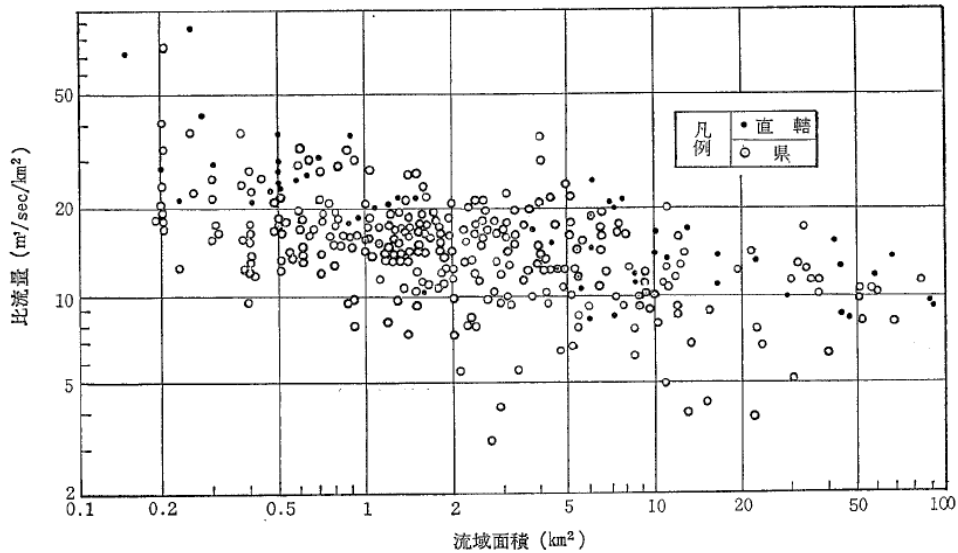


図 5-8 比流量と流域面積の関係(溪流保全工施工河川の例)(土木研究所,1974)

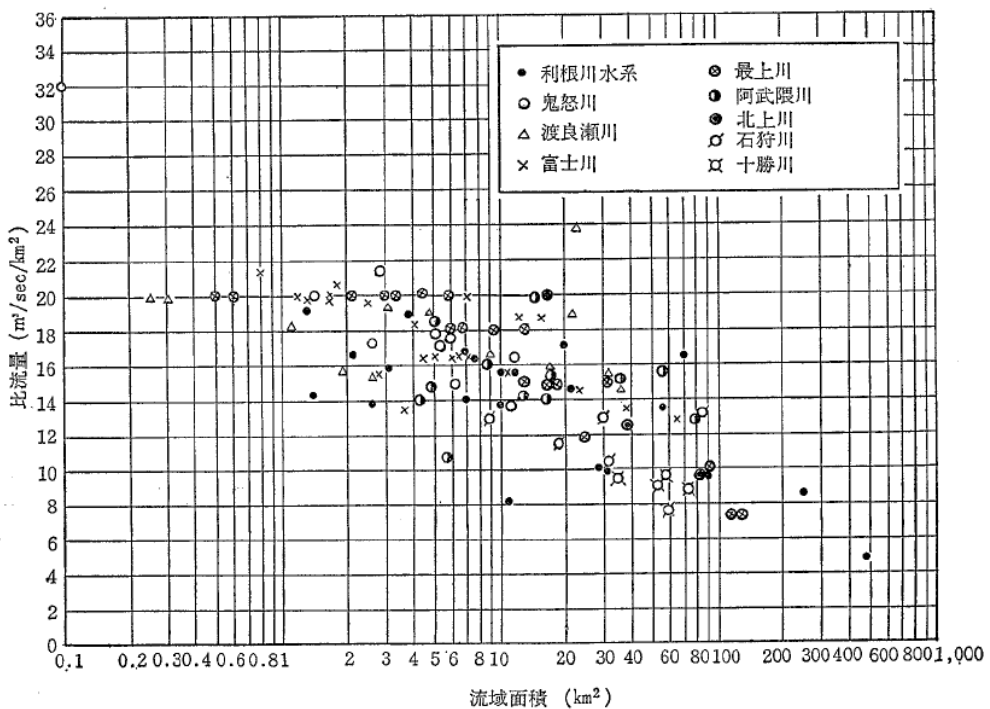


図 5-9 直轄砂防施工河川流域面積～比流量(北海道, 東北, 関東)(砂防設計公式集)

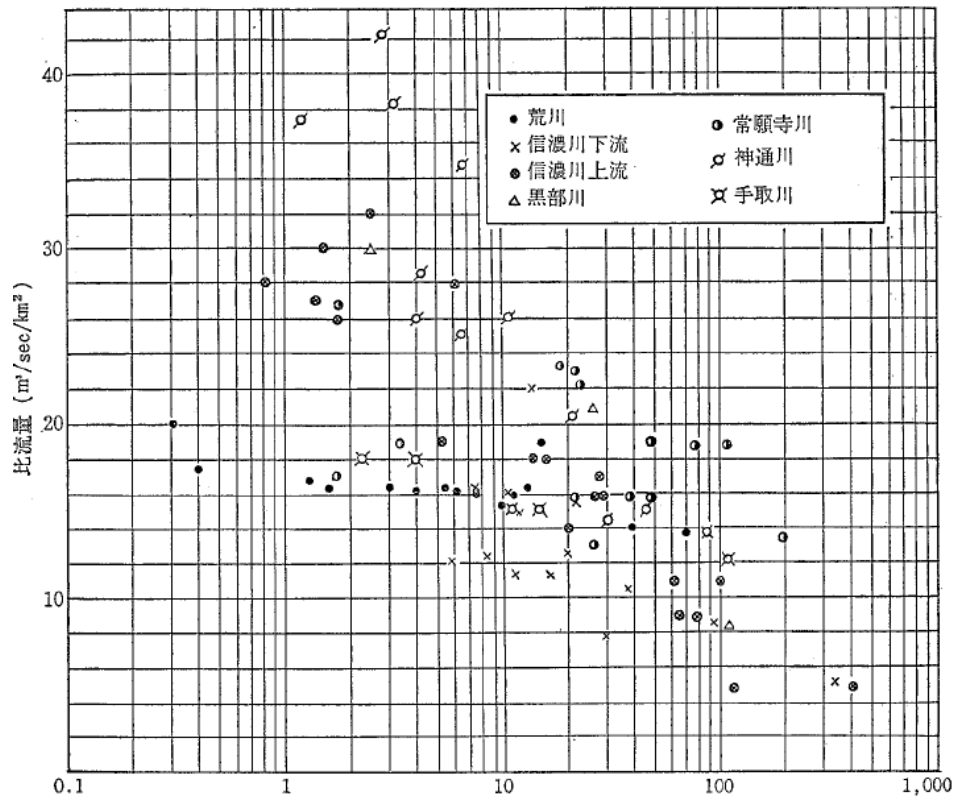


图 5-10 直轄砂防施工河川流域面積～比流量(北陸)(砂防設計公式集)

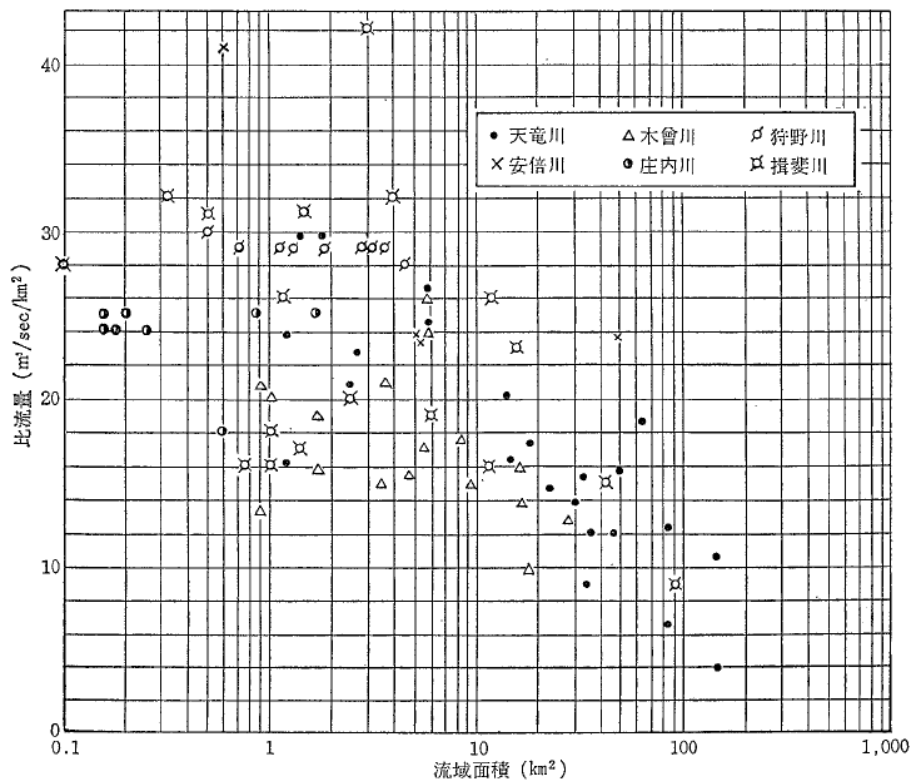


图 5-11 直轄砂防施工河川流域面積～比流量(中部)(砂防設計公式集)

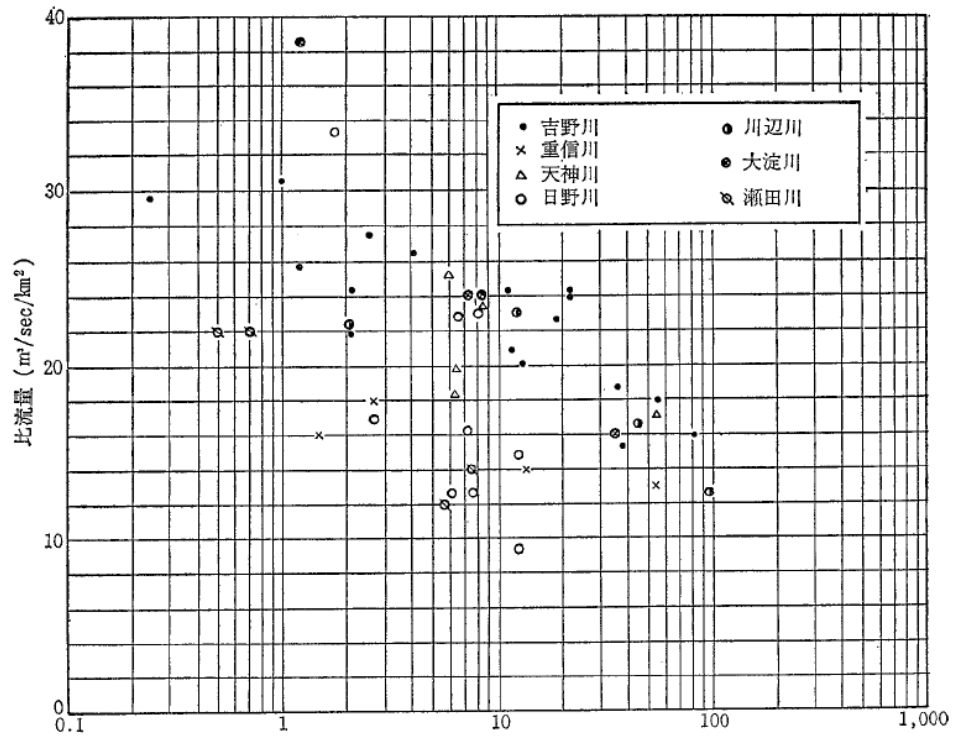


图 5-12 直轄砂防施工河川流域面積～比流量(近畿, 中国, 四国, 九州)
(砂防設計公式集)

5.4 法線

法線は溪流の連続性・多様性を考慮して、自然河道の平面形状を尊重しながら設定するが、屈曲が著しく治水安全上好ましくない場合には、法線形を緩くするものとする。

<解説>

これまで溪流保全工の法線は、流水のスムーズな流下を図るため、また、将来における維持のために直線に近いことが望ましいとされてきた。しかし、直線的な法線は、溪流空間の多様性を考慮した場合、課題がある。このことから、治水安全上の問題のないことを前提に法線形状は、5.2で設定した溪流保全工の対象範囲をもとに、過去の滯筋の変化や溪畔林の分布特性や構造特性、河道内における流路の変動幅、土地利用形態等を勘案して設定する。

屈曲が著しく治水安全上好ましくない場合には、以下の方法により法線を設定する。

- ・ 曲線半径と計画河幅の比を、10～20 以上、湾曲度を 60° 以上とする。やむを得ない場合であっても曲線半径と計画河幅の比を 5 以上とする。
- ・ やむを得ず反曲線を設ける場合には、曲線部と反曲線部には計画河幅の 6 倍以上の直線部を設けることが望ましい。

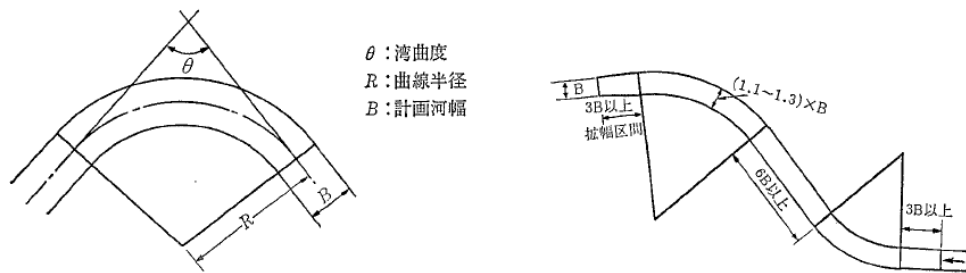
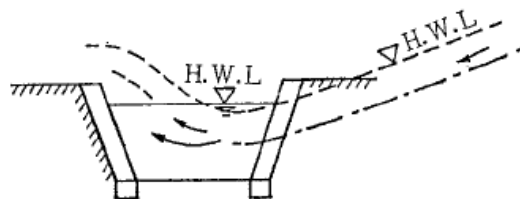


図 5-13 法線(池谷, 1977)

また、支川が合流する場合には、十分な支川処理を行う。一般に支川の方が、流路勾配が急な場合が多く射流となる時があるが、対して本川の方は常流とすることが原則であることから、たとえ洪水のピーク到達時間がずれていたとしても、射流から常流に変わる際に跳水現象を起こし、対岸に乗り上げる危険性がある。このため、支川の流量等が本川に比べ無視できる程度のもを除き、合流点直上流部の支川に落差工を設け、支川の縦断勾配を修正して合流させるなど、合流点付近の縦断勾配や平面形状等を十分検討し、本川にスムーズに合流させなければならない。特に、合流する支川が比較的大きく、本川への影響が大きいときは十分に注意する必要がある。



支川からの跳水により本川の護岸を乗り越える危険がある。

図 5-14 支川の影響(池谷, 1977)

＜低水路の法線計画〔鳥居川〕＞

水生生物の生息環境確保のための平水時の水深確保、流れの多様化、急な河床勾配と小出水時でも大きい掃流力による護岸の洗掘を防止するため、低水路流量を設定している。その際、低水路は洪水時に流れに対して大きな抵抗となることから、むやみに蛇行させずに現況の河道周期に調和するよう計画した。計画規模の出水があった場合の流水のイメージには「河道中央方式」と「洪水主流方式」があるが、ここでは洪水時の水衝部の位相と同調させ、低水路の安定を図ることが可能となる「洪水主流方式」を採用している。

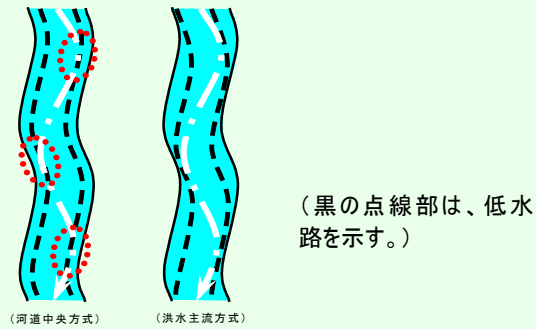


図 5-15 低水路の法線形状(長野県建設部砂防課, 2009)

5.5 計画高水位

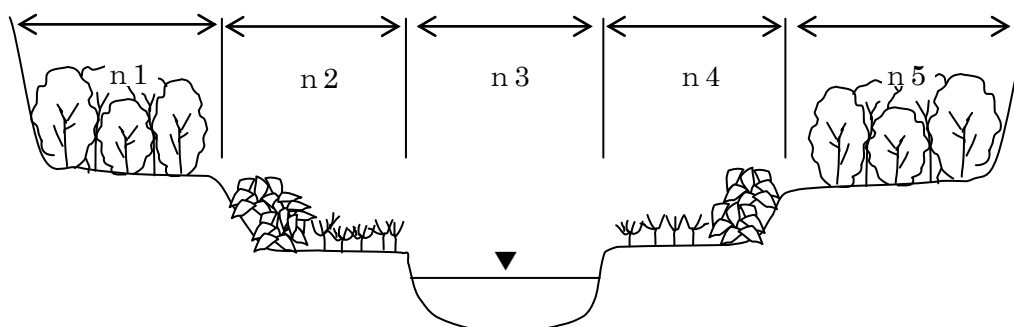
計画高水位は、計画河床の維持の面から縦断形および横断形と相互に関連して決定するものとし、周辺の地形状況をもとに設定する。

<解説>

計画高水位は、与えられた対象流量をもとに流れが等流であると仮定して基本的には等流計算により求める場合が多いが、急流河川等では水面のうねり、跳水、過度な溪床変動、蛇行位置の変化による水位の変動が大きいので、模型実験を必要とする場合もある。また、不等流計算を行って水位の変動を把握して計画高水位を設定する方法もある。

また、横断計画を自然状態とした場合には、溪床の状態をもとに断面を区分してそれぞれ粗度係数を設定して計画高水位を求め、横断計画に反映させる方法もある。

溪畔林等の植生を考慮して、流下能力の算定を行い、治水上の安全性を確保する。



断面を区分して個々に粗度係数を設定する。

溪畔林を保全するにあたっては、植生部の流下能力の低減を見込んで流量を算定し、治水上安全な断面を確保する必要がある。流路内を区分して、それぞれの粗度係数を設定し、流下能力をチェックすることが必要である。

図5-16 流下能力の算定

5.6 縦断計画

縦断計画は河床の安定を十分に考慮し、将来の維持管理等も勘案するとともに、溪流の連続性・多様性を考慮して、自然河道の縦断形状を尊重しながら、勾配の変化をあまり急激に行わないように設定する。

<解説>

溪流保全工の縦断計画は、河川砂防技術基準（案）同解説設計編第 6.3 に定める内容を基本とする。

① 勾配変化

勾配変化は、あまり急激に行うと変化点付近に洗掘や堆積の現象が生じ、溪流保全工の維持に困難な場合もあるので、勾配変化点においては、その上下流で掃流力が 50%以上変化しないように勾配ならびに水深を設定するのが望ましい。

図 5-17 の場合、掃流力を $u_*^2 = g \cdot H \cdot I$ で示すと（ $g = 9.8 \text{m/sec}^2$, H : 水深, I : 勾配）

$$\text{A 区間での掃流力は } u_{*A}^2 = g \cdot H_A \cdot I_A$$

$$\text{B 区間での掃流力は } u_{*B}^2 = g \cdot H_B \cdot I_B$$

$$\text{ここで計画水深を同じとすれば } H_A = H_B$$

そこで掃流力の変化は u_{*A}^2 / u_{*B}^2 で示されたこの値は、

$$\frac{u_{*A}^2}{u_{*B}^2} = \frac{g \cdot H_A \cdot I_A}{g \cdot H_B \cdot I_B} = \frac{I_A}{I_B}$$

と計画河床勾配の比で示されることになる。そこで、掃流力の急変とは A, B 区間の掃流力の比の大きな変化と考えられることから、計画にあたっては縦断勾配の比 $I_A = I_B$ の値を大きくならないようにする必要がある。一般的には、

$$I_A \geq 1/30 \text{ の場合、 } u_{*A}^2 / u_{*B}^2 \leq 2$$

$$I_A < 1/30 \text{ の場合、 } u_{*A}^2 / u_{*B}^2 \leq 1.5$$

程度を目安に計画するとよい。

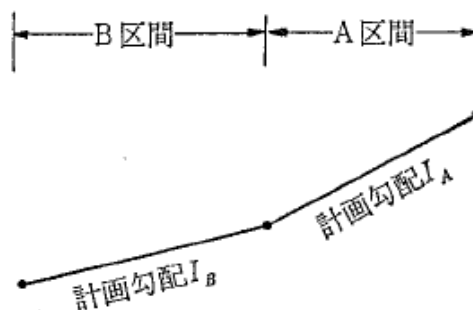


図 5-17 縦断勾配の比(池谷, 1977)

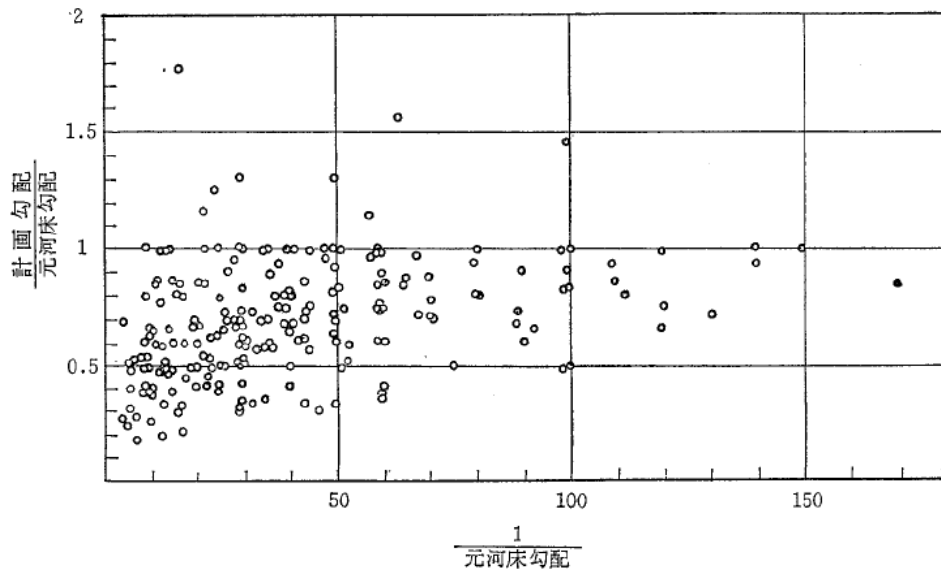


図 5-18 元河床勾配と計画勾配との関係(土木研究所,1974)

② 河床勾配を求める方法 (縦断形状)

1) 保全対象が隣接している地域

保全対象が隣接しており、勾配の変化点で局所的洗掘が著しい箇所、また、支川が合流している地点においては、洗掘、堆積等に留意して、床固工等により落差を設けることを原則とする。また、落差は、現状の河床勾配と静的平均勾配、及び動的平均勾配の関係を整理したうえで設定するものとし、極力、溪流の連続性を考慮した縦断計画を立案する。

2) 保全対象などが隣接していない地域

治水上の問題が生じない限り自然河道の縦断形状を尊重する。

一つの勾配が長い距離で続く場合、中間部での河床変動を抑制するために帯工を設けるのが一般的であるが、溪床変動による影響が治水上の問題とならない場合は帯工を設置しないことも選択肢に入れてもよい。このほか、露岩している箇所などを帯工として代用するなど、現在の溪流の特性を活用する。

治水安全上重要なポイント以外は、縦断を規制せず自然縦断形状に任せるのがよい。ただし、人工的に瀬淵を設置する場合には、計画河床高に対して、その位置が著しく逸脱しないように設定することが望ましい。

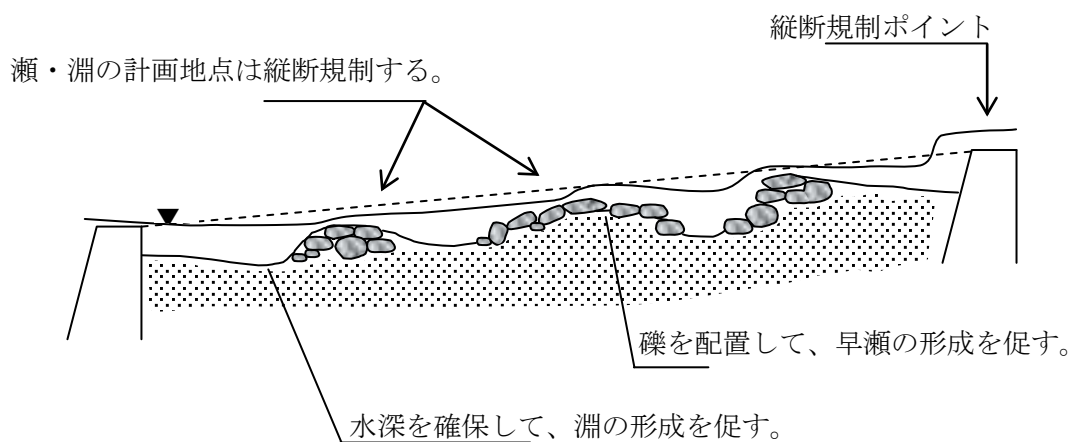


図5-19 縦断形状の規制

瀬淵の計画は、水制工と組み合わせて行うことにより、より有効に機能させることができる場合もある。

③ 溪畔林

溪畔林は防風、防火、防霧、水源涵養などの防災機能や環境保全機能を持つことから、場の条件が整えば溪畔林を残すことが望ましい。とくにケショウヤナギなどの希少種が生育している場合や、既に多様化した環境を有した溪畔林が形成されている場合等の環境要素に配慮すべき場合や、周辺地区による保全の要望等が強い場合には個別に残す手立てを考える必要がある。

なお、溪畔林は流木化する恐れがあることから、溪床勾配を目安に伐採・保全等を判断する必要がある。

- ・ 溪床勾配 5° 以上 : 「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)」に明記されている、土石流対策で対応する区間であるため、本手引き(案)の対象外とする。
- ・ 溪床勾配 2° ～ 5° : 基本的には伐採するが、流水の掃流力、川幅、周辺の地形条件を考慮して残すことが望ましいと判断された場合、残すことができる。
- ・ 溪床勾配 2° 未満 : 溪畔林を残すことが望ましい。溪畔林を残す(利用する)場合には、流木災害が発生しないよう、流木捕捉工の設置等の対策を検討する。

〈流木災害の発生と流域面積の関係事例〉

過去に発生した流木災害を整理すると、流木発生地点の勾配は 2° 以上となっており、その上流の流域面積を調べると、概ね 1km^2 以下の小溪流であった。このことは、流木の発生が流量や掃流力に大きく関わっていることを示している。

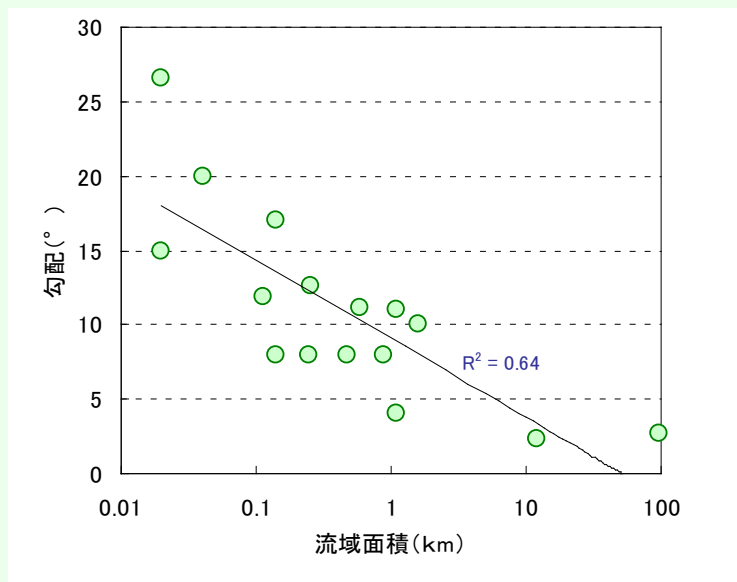


図 5-20 流木が発生した流域の流域面積と勾配の関係

5.7 計画断面

計画断面は、対象流量、流路の縦断勾配、平面形状、背後地の土地利用状況、溪畔林の分布特性や構造特性等、溪流の連続性・多様性を考慮して定めるものとする。

<解説>

溪流保全工の計画断面は、河川砂防技術基準（案）同解説設計編第 6.4 に定める内容を基本とする。

計画断面は、治水上の安全が確保される場合には、5.2で設定した溪流保全工の対象範囲をもとに、過去の滲筋の変化や溪畔林の分布特性や構造特性、河道内における流路の変動幅、土地利用形態等を勘案して設定する。また、現況の河道断面を尊重し、溪床整正は行わず河道断面はできるだけ広く設定するのがよい。なお、現在の溪流の横断形状は、洪水や土砂移動、冠水の頻度の影響等を反映していることから、この横断形状を尊重して設定することが望ましい（図 4-1参照）。

流路の縦横侵食による流出土砂が下流で堆積して砂礫堆を形成し側岸侵食を助長することがないように複断面形状も考慮した計画流路幅や計画流路勾配を設定する必要がある。また、これと併せて上流土砂生産域での流出土砂の制御も必要である。流量の増大に伴い土砂移動量が増加し、流路中央に規模の大きい砂礫堆が形成される。この砂礫堆が流れを側方に向けて侵食を助長するという現象が発生するが、無樹林区間よりも樹林帯区間が、また樹林帯内においては樹林帯密度が高い溪岸で側方侵食の幅が抑制される。

① 計画幅

1) 保全対象が隣接している区間

通常流水が流下する幅として必要な河道幅は、以下の式から求められる幅とし、この幅を下回らないように配慮する。

$$B = \alpha Q^{1/2}$$

B：河幅(m)、Q：流量(m³/s)、 α 係数、A流域面積(km²)

表 5-7 α の値(池谷, 1977)

流域面積Aの大きさ (km ²)	α の値
$A \leq 1.0$	2~3
$1.0 < A \leq 10.0$	2~4
$10.0 < A \leq 100$	3~5
$100 < A$	3~6

2) 保全対象が隣接していない区間

5.2で設定した溪流保全工の対象範囲を計画幅として、現在の溪流の状態を維持するようにする。ただし、今後の土地利用、維持管理等を考慮し、1)における式で想定される幅については計画幅として確保しておく必要がある。

＜溪畔植生を創出させるための川幅等の設定＞

『溪畔植生の成立基盤を確保するための流路横断形状の設定方法（小山内ほか，2001）』では、利根川水系大谷川流路工を例として、砂防工事（低水護岸の設置）が溪畔植生に与える影響調査を行い、その結果を川幅・径深・植生の関係図にとりまとめている。

小山内ら(2001)は、川幅（B）径深（R）の座標平面（B-R平面と呼ぶ）に植生成立状況を整理し、さらにB-R平面にレジーム則（ $B = \alpha Q^{1/2}$ ）とマニング式から得られる補助線を追加して、植物群落ごとの成立立地を、流量規模やレジーム則の α との関連づけて整理している。関係式は次のとおりである。

$$\log R = 3/5 \cdot \log B + 3/5 \cdot \log(1/K \alpha^2) \quad \dots \dots \text{(式-1)}$$

$$\log R = -3/5 \cdot \log B + 3/5 \cdot \log(Q/K) \quad \dots \dots \text{(式-2)}$$

※式-1はレジーム則を一定の値としたとき、式-2は流量が一定としたとき

B：川幅 V：流速 Q：流量 A：通水断面積 n：粗度係数 R：径深
I：河床勾配 α ：レジーム係数 K： $1/n \cdot I^{1/2}$

考え方は、以下の図に示すように現地調査の結果、3種類の植物群落（X,Y,Z）が溪畔に存在していると仮定した場合（図 5-21）、B-R平面上にこれらの関係をプロットし包絡線を描くと図 5-22のようになる。Y群落の成立する流量の範囲は、Qに関する補助線より $Q_{y1} \sim Q_{y2}$ となることがわかり、植物群落の生育立地が水理条件と関連づけて整理することができる。

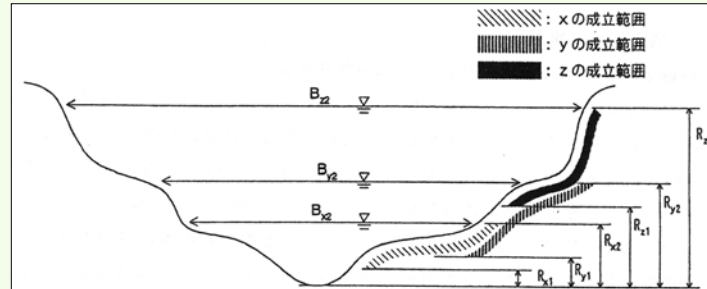


図 5-21 溪流植生成立状況模式図(小山内ら,2001)

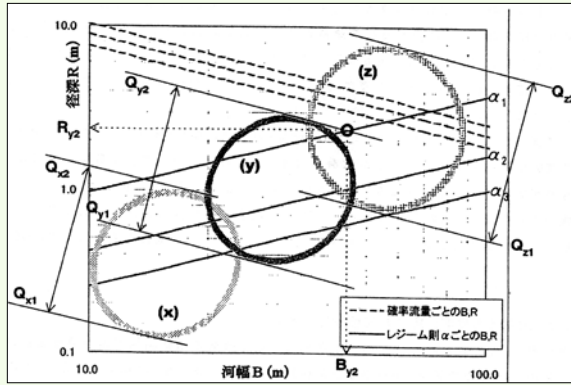
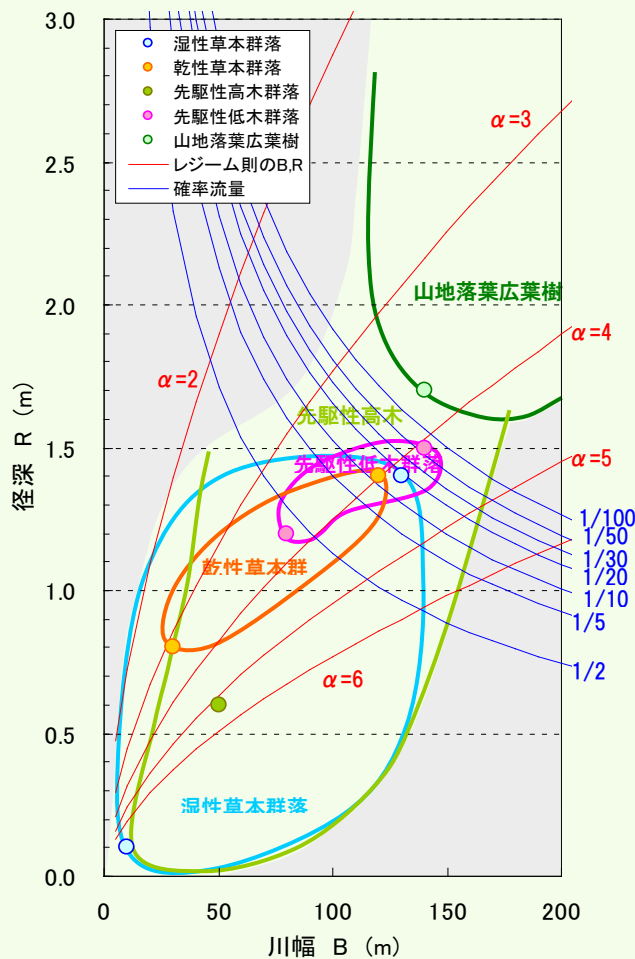


図 5-22 川幅-径深(B-R)平面の模式図(小山内ら,2001※)

すなわち、一連の区間においてY群落を成立させるためには、標準的な α 値が決定されれば、 Q_{r2} を流しうる川幅 (B_{y2}) と径深 (R_{y2}) を目安とした流路形状を全河道幅内に設定すればよいと考えられる。この関係を大谷川流域にあてはめたものが図 5-23である。



(小山内ら,2001 を改変)

図5-23 川幅・径深・植生の関係

表 5-8 植生タイプごとの成立範囲

植生タイプと主な群落名	下限				上限			
	川幅	径深	流量	確率年	川幅	径深	流量	確率年
①湿性草本群落 ツルヨシ群落	10	0.1	1	*	130	1.4	840	<1/10
②乾性草本群落 カワラヨモギ・ホッスガヤ群落	30	0.8	80	*	120	1.4	780	<1/5
③先駆性高木群落 オノエヤナギ群落	50	0.6	80	*	-	-	-	-
④先駆性低木群落 アキグミ群落	80	1.2	400	*	140	1.5	1,020	>1/30
⑤山地落葉広葉樹 コナラ群落	140	1.7	1,250	1/100	-	-	-	-

川幅：m 径深：m 流量：m³/s ※「*」は2年超過確率流量よりも小さいを示す。

表 5-9 調査範囲の確率流量

超過確率年	流量(m ³ /s)
2	528
5	757
10	869
20	996
30	1070
50	1153
100	1270

小山内ら(2001^{*})より

この手法は、川幅と径深を用いた座標平面に、レジーム則に従う河幅と径深の関係の補助線、および一定流量における河幅と径深の関係の補助線を示し、そこに植生成立状況を整理することにより植物群落の成立状況が分かり易く表現することができる。

この手法を用いることにより、溪流保全工を整備を実施する河川・溪流において、出現させたい植生（植生の出現を望まない場合を含む）を考えた際に、設定すべき川幅を B-R 平面から設定する際の目安として活用することができる。

^{*} 小山内ら(2001)：溪流植生の成立基盤を確保するための流路整備手法に関する実験，土木技術資料，Vol.41

② 余裕高

溪流保全工の余裕高は、原則として対象流量によって設定する（表 5-10）。

ただし、勾配の急な溪流では、河床変動や土砂流出が起りやすく、また流速も大きいことから、水面の変動が大きい。このため十分な余裕高を必要とする。

一方で、余裕高は川幅との関係もあり、同一の流量では川幅が広いほど計画高水位の水深が小さくなり、規定の余裕高でも十分に安全となる。

そこで、余裕高は河床勾配によっても変化するものとし、計画高水位（H）に対する余裕高（ ΔH ）との比（ $\Delta H/H$ ）は表 5-11の値以下とならないようにする。

表 5-10 対象流量と余裕高（河川砂防技術基準(案)同解説計画編）

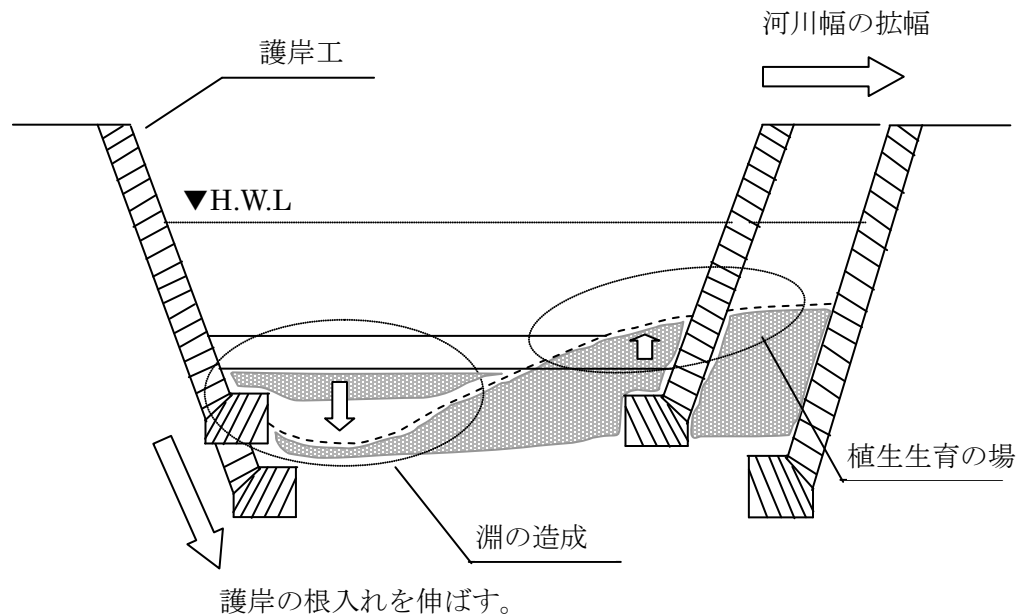
対象流量	余裕高
200m ³ /s 未満	0.6 m
200~500 m ³ /s	0.8 m
500 m ³ /s 以上	1.0 m

表 5-11 計画河床勾配と余裕高比（河川砂防技術基準(案)同解説計画編）

勾配	~1/10	1/10~1/30	1/30~1/50	1/50~1/70	1/70~1/100	1/100~1/200
$\Delta H/H$ 値	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10

なお、余裕高部分については、治水上の問題がない限りにおいては、できるだけ土羽で処理するものとし、コンクリート等を使用する場合には、盛土等でこれらの余裕高を覆って環境や景観に配慮する。

溪流空間を有効に活用し、断面変化を設けることで微地形を発達させて多様な流況を確保する。



多様な流況を確保するためには、流水を蛇行させ、微地形の発達をうながすことが必要である。そのため、断面の拡幅などを行い、砂礫堆の形成などを促進させる。また、中州がある時には出水時の流況に悪影響を与えないように対応したうえで、なるべく保全するようにし、流路断面を拡幅して治水上の安全な断面を確保する。この際、護岸高は不等流計算などによって求め、安全性をチェックする事が望ましい。

図5-24 護岸の配置の工夫

③ 湾曲部の横断形状

湾曲部では、外カーブには水のせり上がり、また内カーブには土砂の堆積現象が発生するため、断面を十分確保する必要がある。

ナップによれば、静水面を仮定したとき、水路外側壁における水面高と静水面との差 h は次式で表される。

$$h = b \cdot v^2 / r \cdot g$$

b : 水路幅(m)

v : 水路曲線部の平均流速 (m/sec)

r : 水路中心線の曲率半径 (m)

三面張りの場合は、このような曲がりによる水位差を消去し、流れが曲線水路に沿って安定して流れるようにするため、水路床に横断勾配を付ける。ただしこの横断勾配を水路曲線の始点に急に設けても流れはかえって不安定になるので、適当な緩和区間を必要とする。

横断勾配 (カントの式) は次式で表される。

$$\tan \phi = v^2 / r \cdot g$$

ϕ : 水路上の傾斜角 (度)

v : 水路曲線部の平均流速 (m/sec)

r : 水路中心線の曲率半径 (m)

このほかグラシヨアの式

$$h = (v^2 / g) \times \{2303(\log R_2 - \log R_1)\}$$

R_1 : 水路内側の曲率半径 (m)

R_2 : 水路外側の曲率半径 (m)

があるがほとんど同様な値を与える。

なお、極端な S 字形の曲線や、流れが水路外側に偏ってしまうような急な曲がりの場合には、これらの式は適用できない。この場合は法線形を改める必要がある。

曲線部の外カーブ側は、洪水時には流水が集中して流下するため、強度の洗掘力が働く。そこで直線部の護岸工よりも構造的に強固なものとする必要がある。特に二面張りの場合には、根入れの深さを考慮する等洗掘に対処する構造とする。

④ 支川処理

本川、支川ともに土砂の流出が少なく、河床勾配、計画高水位が同じような溪流の場合には (両方の掃流力が同じ場合)、合流点下流の溪流保全工の幅は本川、支川の各流路幅の和をもって計画河幅とするのがよい。これは、本・支川が同一勾配、同一水深の場合に適用できる。そして、これらの計画河幅は水深と勾配から決められる。当然合流点の下流に横工を設ける必要がある。

また、本川の掃流力が支川よりも大きい場合は、支川の土砂は本川の流水とともに流下するので問題はないが、支川の掃流力の方が大きい場合には、合流点下流に土砂の堆積が生じ断面の不足を起こす恐れがある。

そこで、このような場合には α は $\alpha_1 + \alpha_2$ の和よりも小さくして掃流力を大きくすることに

よって土砂堆積を防止することが考えられる。極端な場合 $\alpha_3 \doteq \alpha_1$ とすることもある。

この場合、掃流力が増すということは水位が大きくなることを意味するので、護岸破壊の危険や洗掘の問題を生じる。そこで、このような合流点処理に際しては、計画高水位の取り方に十分注意する必要がある。

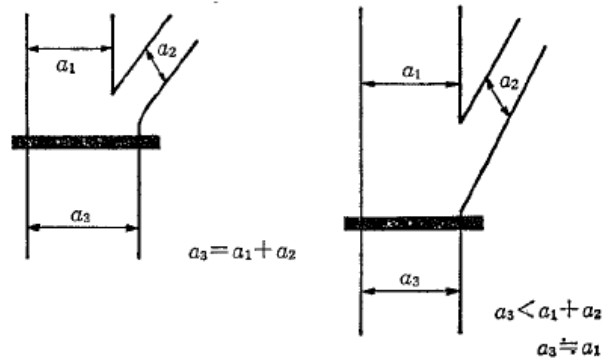


図 5-25 本川と支川の河幅(池谷,1977)

⑤ 上流端処理 (止工)

溪流保全工の上流端にはその溪流の荒廃状況、砂防工事の進捗状況を問わず、万一の土砂流出に対応するため、流出土砂抑制・調節効果を持つ砂防えん堤もしくは床固工を施工する必要がある。この砂防えん堤もしくは床固工はしゃ水機能をも有するよう袖の嵌入等は十分考慮して計画することが必要である。

ただし、砂防えん堤の副ダムまたは垂直壁に溪流保全工を取り付ける場合は、超過流出土砂がえん堤に安全に貯留されることが必要条件であり、砂防えん堤自体が調節効果、縦横侵食防止等の目的を持つ場合であればそのような砂防えん堤と溪流保全工の直結は土砂害を招く恐れが生ずることから、砂防えん堤と溪流保全工の間には、適当な長さの土砂調節区間を設けることが望ましい。

最上流端の砂防えん堤または床固工は、堰の断面として計画するが、溪流保全工の断面は開水路の流路断面とするため、その間に取合せ部が必要となる。このとき取合せ部は水理条件を急変させないよう適切な長さとする。

射流域において床固工の袖を流路内に出しておくところでは水位が上昇して越流をする可能性が出てくる。

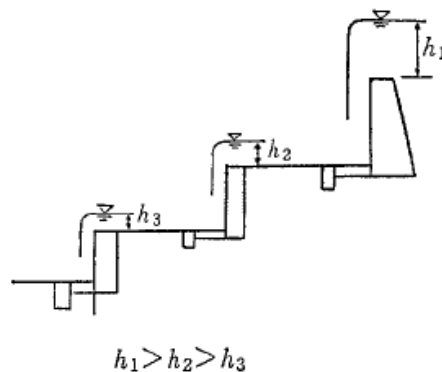


図 5-26 すり合わせによる水位の変化(池谷,1977)

土木研究所の実験によれば、袖の上流部のすり付けがあまり急すぎると床固工下流部に衝撃波が発生して河床を乱す場合があることから、注意を要する。

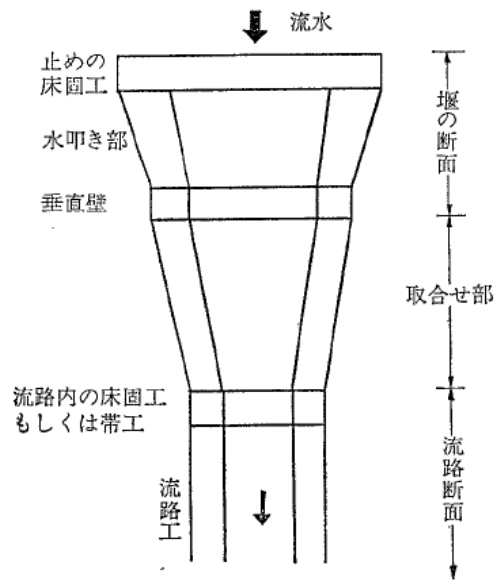


図 5-27 床固工からのすり合わせ例(池谷, 1977)

⑥ 溪畔林保全対策

溪畔植生の成立基盤を確保する場合は、流路の横断形状や配置について個別に設定する。溪畔林は、防風、防火などの防災効果や環境に関する効果等を持つことから、場の条件が整えば溪畔林を残すことが可能である。そのため、以下のような整備方針で整理する。

滲筋が変動する不安定帯、小規模出水で氾濫の影響をある程度受ける半安定帯、高木が成立できる安定帯というような、「場の多様性」を確保できる溪流横断構造を必要な川幅で保全する。

現況溪畔林の保全を行うには、既存樹林帯密度を測定し、数値シミュレーションモデルによる効果の算定を行う等の方法で検討したうえで、維持・管理すべき流路形状を決定する。

流路保全工の整備に伴い溪畔林が導入（植樹または自然侵入を促進する）を図る場合には、目標とする樹林帯密度を検討して導入方針を決定する。溪畔林による側岸侵食抑制効果は、実験結果からある程度確認されたものの、実験で与えている樹林帯密度が最低でも約0.4%であり、過去に実測された樹林帯密度（例えば水山，1990）と比較するとかなり高い密度であること、実験のように樹林帯を支持する段丘面が侵食される場合には、実際にも側岸侵食が崖状に進行し樹林の安定が損なわれる場合が多く見られること（小山内ら，1999）を考慮すると、樹林帯による側岸侵食抑制効果は限定的範囲で考えるべきである。よって樹林帯による側岸侵食抑制効果を見込もうとする場合には、流路全体の構造の工夫で側岸侵食を抑えた上で、側岸付近の流れを土砂移動が少なくなるフルード数1程度以下の緩やかなもののできる範囲に限定して考える必要がある。さらに、目標とする群落を成立させるためには一定の年月を要するため、粗度として働く補助構造物の併用も考慮する必要がある。

植生導入には、周辺溪流内の自然植生の群落状況を把握した上で、ヤナギ等の先駆性樹種Ⅰは河床に近い比高の部分から、先駆性広葉樹等の先駆性樹種Ⅱは洪水段丘に相当する比高の部分から上に配置するといった配慮が必要である。

＜溪畔林を含めた砂防計画＞

溪畔林を含めた砂防計画として、過去の河床変動状況や2次元氾濫シミュレーションを実施し河道幅の設定、基礎工の配置を行うことが考えられる。

以下の事例では、現地調査で確認した溪畔林の抵抗力、及び根系発達状況を基に2次元氾濫シミュレーションを参考に、侵食深及び流体力を求め、これらの結果と樹高分布等からGISを用いて解析することにより、流木化する箇所を整理し、発生流量量を推定している。

計画規模は、大規模洪水時(1/100年)と、砂防林の生態的空間が維持され、防災上の効果の発揮を可能とすると考えられる中小洪水時における氾濫域の確保を図るために中小洪水時(1/30年)の2つを考慮している。そして現状での大規模洪水時と中小洪水時のシミュレーション計算を行い、大規模洪水時における防災上の問題点を解決するための施設配置計画を提案し、その最適案について中小洪水時のシミュレーション計算を実施することにより、砂防林の生態学的空間が確保されているかについても検討している。計算は対象範囲を10m×10mの正方形メッシュに分割して行っている。

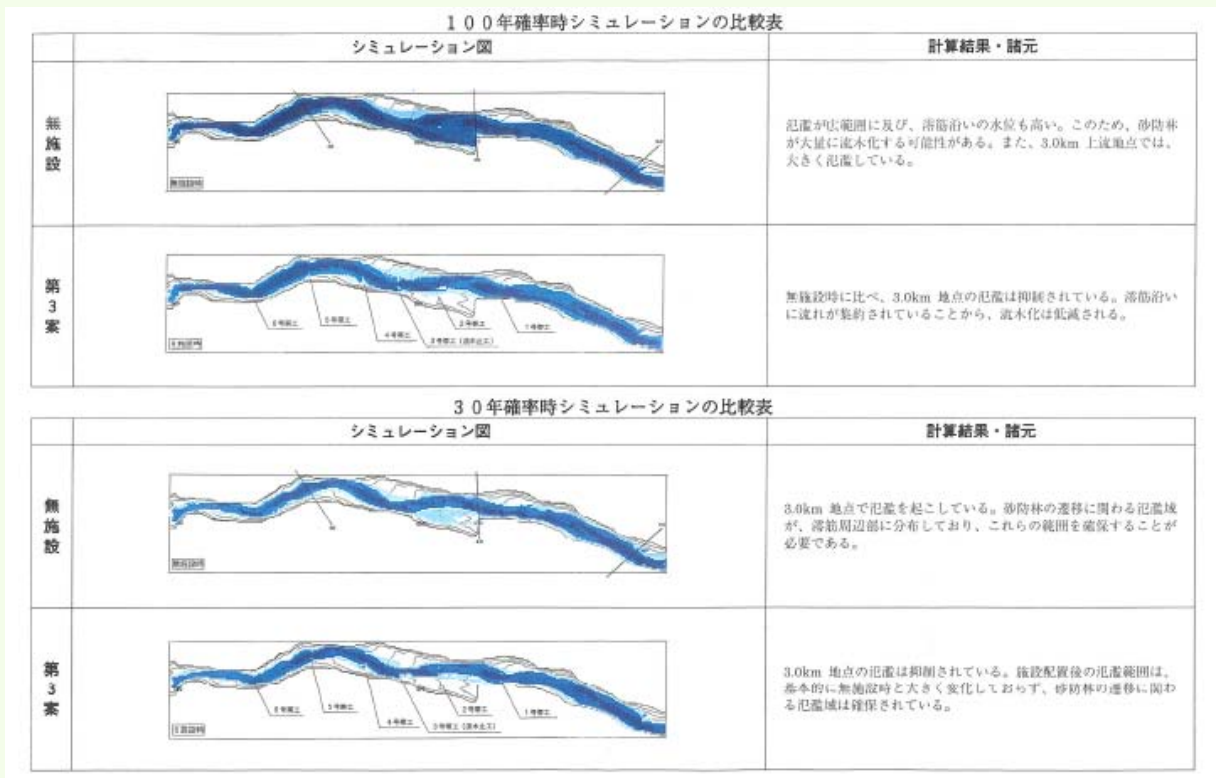


図 5-28 シミュレーション結果事例

5.8 溪流保全工における砂防構造物の計画

対象とした溪流保全工に求められる機能を達成するため、溪流保全工の対象範囲内の各場所において必要とされる諸機能が発揮されるように、各種砂防構造物（床固工、帯工、護岸工、水制工等）を適切に組み合わせて配置する。

<解説>

溪流保全工は空間整備を基本としており、溪流保全工全体に求められる機能が達成されるように、各種砂防構造物を配置する。

なお、保全対象等が隣接していない区間においては、なるべく流路を固定するのではなく、河床変動や溪床の攪乱をある程度許容する。

また、これまで用いられてきた河川砂防技術基準や砂防設計公式集のほかにも、実験・研究等から得られた成果やシミュレーション計算等の最新技術を活用し、施設計画の立案や諸元の設定を行ってもよい。

① 床固工

溪流保全工における床固工は、計画河床を安定させるとともに維持するために設けられるものであり、その位置は、一般に溪流保全工の上下流端、計画河床勾配の変化点、流路底張り部の上下流端、計画河床の決定において必要となる箇所に設けられるものである。

1) 間隔と高さ

床固工の計画は、設定された計画河床勾配を保つ必要から、床固工の間隔と高さを相互に組み合わせて検討を行い、最終案を決定する。

床固工間隔と高さは、次式を参考として決定することができる。

$$l = \frac{m \cdot n}{m - n} \cdot h$$

l : 床固工の間隔 (m)

h : 床固工の落差 (m)

$1/n$: 現在の溪床勾配

$1/m$: 計画溪床勾配

〈適用範囲〉床固工の落差を一定とする場合で、同一計画河床勾配とする区間)

計画された溪流保全工の目的が乱流または偏流防止を目的としている場合には、以下の式を用いる。

$$l = (1.5 \sim 2.0)B$$

B : 流路工幅

また、経験的には、以下の値が得られている。

$$1/30 > 1/m > 1/60 \text{ のとき } l = (1.0 \sim 2.0) \cdot m$$

$$1/60 > 1/m \text{ のとき } l = (1.0 \sim 1.5) \cdot m$$

m : 静的平衡勾配の分母 ($1/m$)

l : 横工の間隔 (床固工もしくは帯工)

床固工は、万が一護岸工が破壊した場合、構造物の被害を最小限に留める役割を持っていることから、やむを得ず溪流保全工の一部を築堤とする場合でも、床固工は現在の地盤に修まる所に位置を設定することが原則となる。また、曲流部等偏流する区間には位置を設定せず、偏流による河床低下を防止するためにも偏流の下流端に床固工の位置を設定することが望ましい。

床固工間隔が狭い場合、流れが広がりやすく、砂礫堆の発達や側岸侵食は抑制される。ただし、流れが広がりくいため、水深が深く流速が速い状態で床固工の袖背面に当たるため、床固工直上流付近での流水の乱れが大きくなる。逆に床固工間隔が広い場合、通水初期に河床低下が起こるため、中規模洪水時に砂礫堆が発達しにくく、側岸侵食が進まない。

床固工地点での工夫により流れの広がりを抑えても、床固工の間隔により、洗掘・堆積が発生することがあるため、床固工間隔をある程度以下に抑えるよう、設定する必要がある。この場合、シミュレーションを用いる方法が有効である。

阿部ら(1981)***によると、横工間隔が流路工幅の2倍以下のときに砂礫堆の高さが小さくなるとあることを実験にて示している。また、砂礫堆の発達および側岸侵食が抑えられるのは、床固工間隔が流路工幅の1/2であるケースで、水通し幅の約1.9倍であったとされており、この値が今後の床固工間隔の設定の際の1つの目安となると考えられる。

なお、樹林帯区間では河床侵食により勾配が緩くなるが、無樹林区間では樹林帯区間ほど顕著ではない結果が得られている。これは、無樹林区間で樹林帯区間より多少側岸侵食が進むためと考えられている。ピーク流量時には河床上昇が進むが流れの直進性は見られず、無樹林区間では砂礫堆が水路幅いっぱいになり、ピーク流量後も砂礫堆が残存し、左右岸に水みちが固定された状態となり、無樹林区間では実験水路側壁脚部を長時間洗掘する状況となる。

側岸侵食の発生に配慮し、これが予想されるような流量の時には床固工が潜り堰となるよう、落差高を低くする。また、床固工間隔を短くしすぎると、経済性が悪くなるため、流れのスムーズさを確保するために床固工前面を斜路式とするなど、工夫の方向性や対策の検討をすることが望ましい。

床固工落差高は、低落差の場合は側岸侵食が抑えられ、反対に高落差の場合は、流れの直進性が強い場合でも砂礫堆が残存し流れが側方に向かうが、実験・計算ともに床固工前庭洗掘を考慮すると、広がって流れる。このことから、床固工落差高を小さくして潜り堰の状態にすること等により、床固工を通過する流れをスムーズにすると、流れの広がる角度が抑えられ、側岸侵食抑制に効果があると考えられた。ただし、流れの広がる角度を抑えても、床固工等による流路幅制限が無いと最終的には芦田ら(1975)*の示した自然に形成される流路幅(B_s :安定流路幅、 $B_s = \alpha Q^{1/2}$ 、このとき α :係数、 Q :流量)程度まで広がり、砂礫堆の発生や流路の分裂も予想される。

*** 阿部ら(1981):単列砂礫堆地形領域での横工の効果,砂防学会誌 Vol.34,No.2,p.27-34

* 芦田ら(1975):流路工計画に関する水理学的研究,砂防学会誌 Vol.28,No.2,p.9-16

2) 床固工の重複高

溪流保全工における床固工群は、階段状に設けられる。溪床が転石の累積あるいはそれに近い場合は、相互に隣接する床固工の水通しと基礎高を水平としてもよいが、溪床が砂あるいは砂利層である場合は、床固工基礎は、前庭洗掘対策のため、下流床固工の水通し天端と重複させなければならない（ただし、三面張りの場合はこの限りではない）。

② 帯工

溪流保全工における帯工の間隔は通常その勾配を表す分数の分母の数を距離に読みかえた程度を原則とする。ただし、横工の設置は溪流の特性をもとに現地にあわせて決定することを基本とする。

③ 護岸

溪流保全工における護岸は、床固工袖部の保護や溪岸の侵食や崩壊を防止することを目的に設置する。このため護岸の計画は、治水安全上必要最低限の範囲のみとし、溪流の横断的な連続性をできる限り確保した計画とする。

④ 水制工

荒廃溪流においては、次のような場合には水制工を計画する。

- 1) 流水の方向を変えて横侵食を防止する。
- 2) 流勢を緩和して土砂の堆積をはかり、護岸の保護をする。
- 3) 流路幅を限定し乱流偏流を防止して横侵食を防ぐ。

なお、床固工の各区間の中間点に側岸侵食抑制のために水制工を設けると、ピーク流量時でも砂礫堆が消失せず、水制工による堰上げの影響で水制工上流側の側岸侵食が樹林帯区間でも大きくなる。また、水制工には砂礫堆を分断する効果はなく、水制工下流側でも砂礫堆が側岸侵食を助長するため、設置を考える場合には注意が必要である。

⑤ 溪床の計画

溪床勾配が急で、河床材料のみで安定させることができない所や、床固工間隔が大きく縦侵食が想定される場合、局所侵食が想定される場合は、帯工（前述）や底張工、護床工、によって、計画河床や安定勾配を維持する必要がある。

＜周辺環境に調和した流路整備の留意点＞

周辺環境に調和した流路整備を実施するため、流路断面に多様性を持たせる工夫をしてもよい（例えば崎尾ら 1995^{***}，小山内ら，1999^{****}）。その場合には、過去に報告されている水理模型実験（例えば小山内，2000）等を活用することも可能である。この実験から、低水路部分を護岸で固定せず、袖の長い床固工群により自然に近い流路断面形状を作り出し、溪畔林の成立を可能にする手法や、実験結果の再現が可能なシミュレーションモデルの検討を行い、汎用性のある施設設計手法の提示までを行うことができる。

床固工を設置すると、水通しを通過した流れは側方に広がり、側岸にある程度の角度を持って衝突し、側岸侵食が発生する。また、流路幅が拡大すると、流路中央部で砂礫堆が発達し、流れを側方に向け、側岸侵食を助長する（図 5-29）。図 5-30に示すように、側岸侵食を断面で模式的に示すと、(a)通水初期には水面より下部の侵食と水中崩落が起り、崩落した側岸が更に侵食を受けて側岸の後退が助長され、(b)さらに、水中崩落の繰り返しにより側岸が鉛直化し崩落土砂が河床に堆積するが、その堆積土砂が侵食されることによって河床低下、側岸高が拡大し、更に鉛直方向への崩落を続けるという現象が起きる。

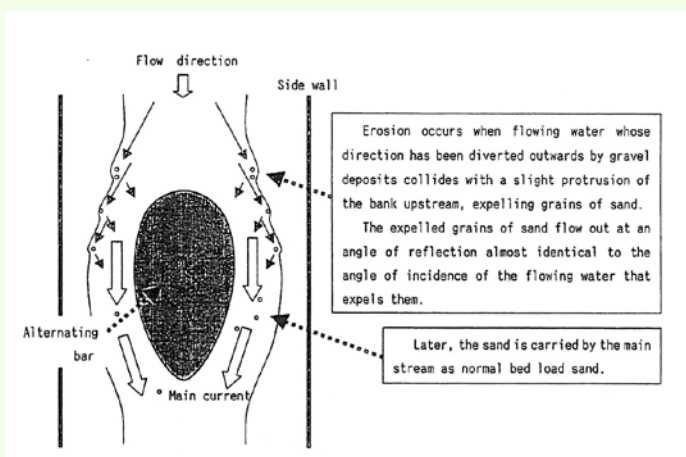


図 5-29側岸侵食過程の観察結果(平面図)

(小山内ら，1999)

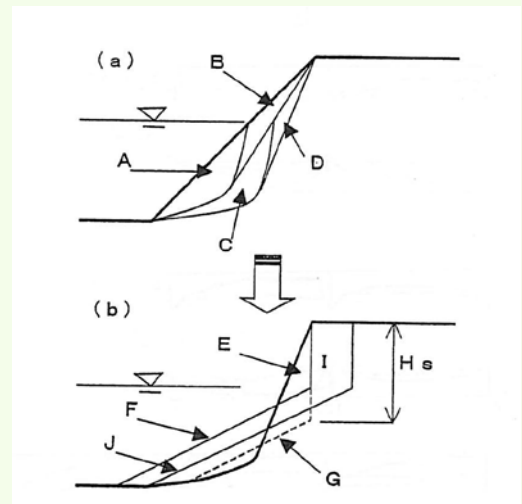


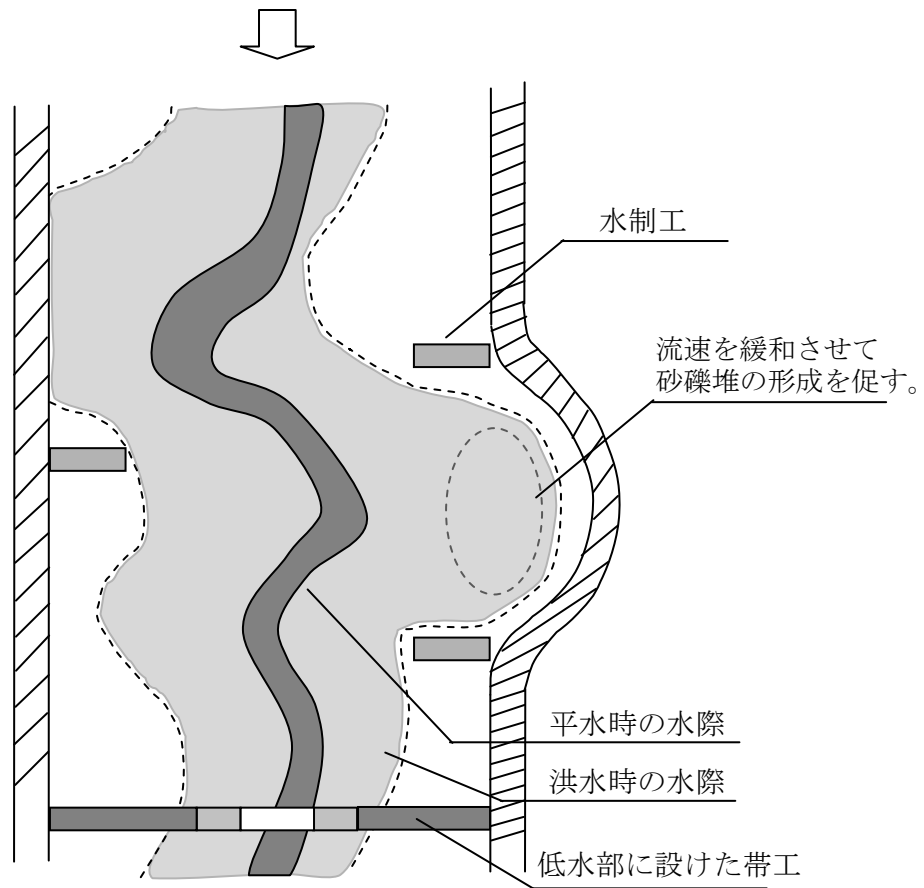
図 5-30側岸侵食過程の観察結果(側岸断面図)

(小山内ら，2000)

*** 崎尾ら(1995):河畔林・溪畔林研究の現状と課題,日本生態学会誌 Vol. 45, No. 3, p. 291-294

****小山内ら(1999):砂防溪流における溪畔林の成立実態と溪流保全のあり方に関する研究,砂防学会誌, Vol. 52, No. 1, p. 10-20

＜水制工の設置による多様な流況の創出＞



※（水制工を併設することにより多様な状況をつくり出すことができる）

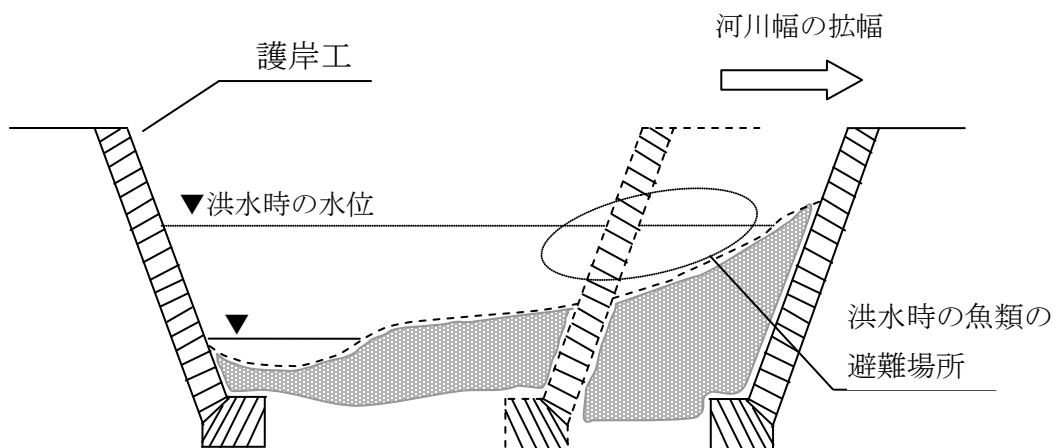
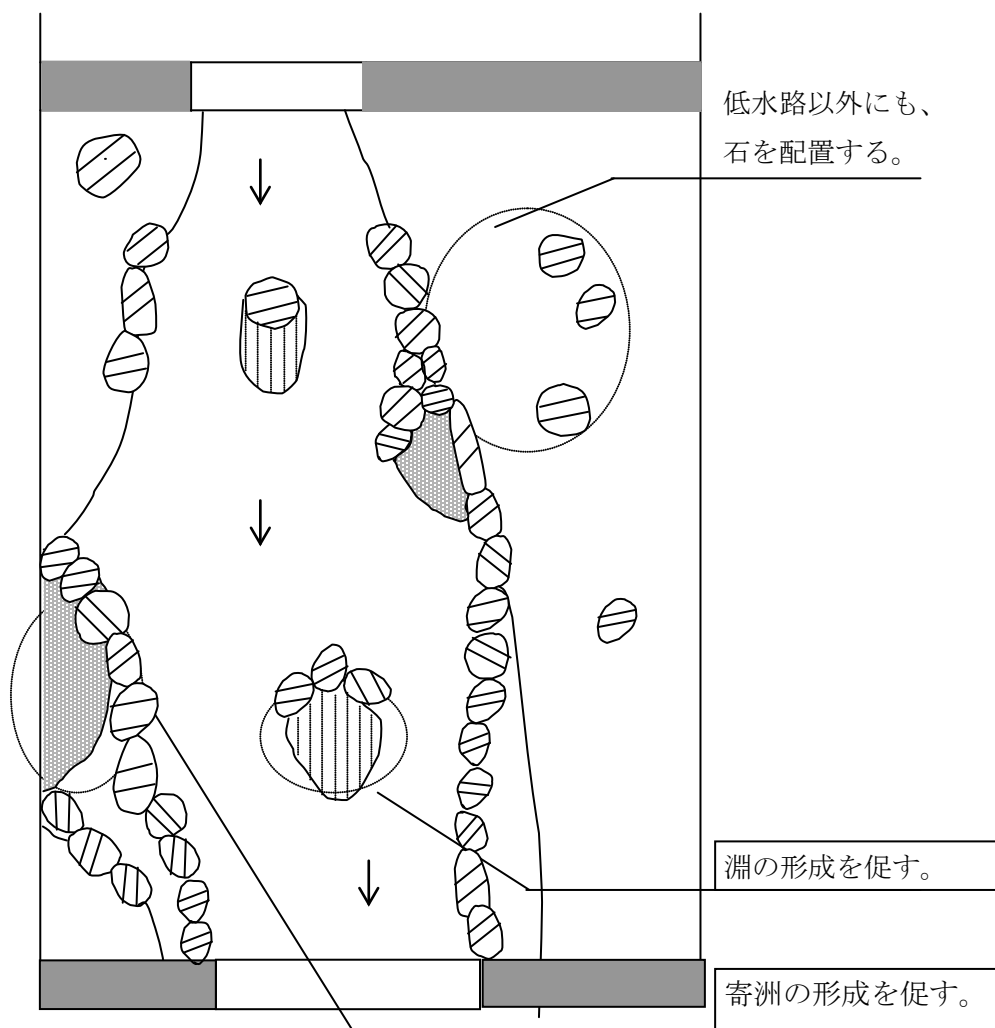


図5-31 断面の拡幅

〈多様な流況の創出〉

低水路に礫を配置して、小落差のステップや瀬淵の形成をうながし、多様な流況をつくる。



砂礫堆や瀬淵の形成を目的として、礫を配置する。使用する礫は、中小洪水で流出しない程度とし、基本的には現況河道の礫径を目安とする。また、低水路以外の流路についても礫を配置し、微地形の発達をうながすものとする。

図5-32 礫の配置

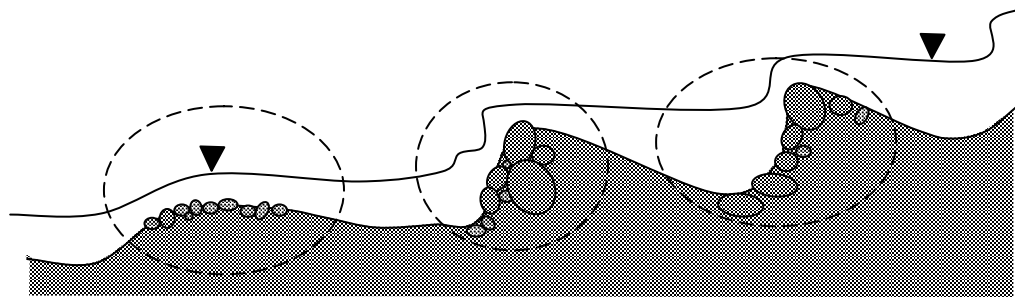
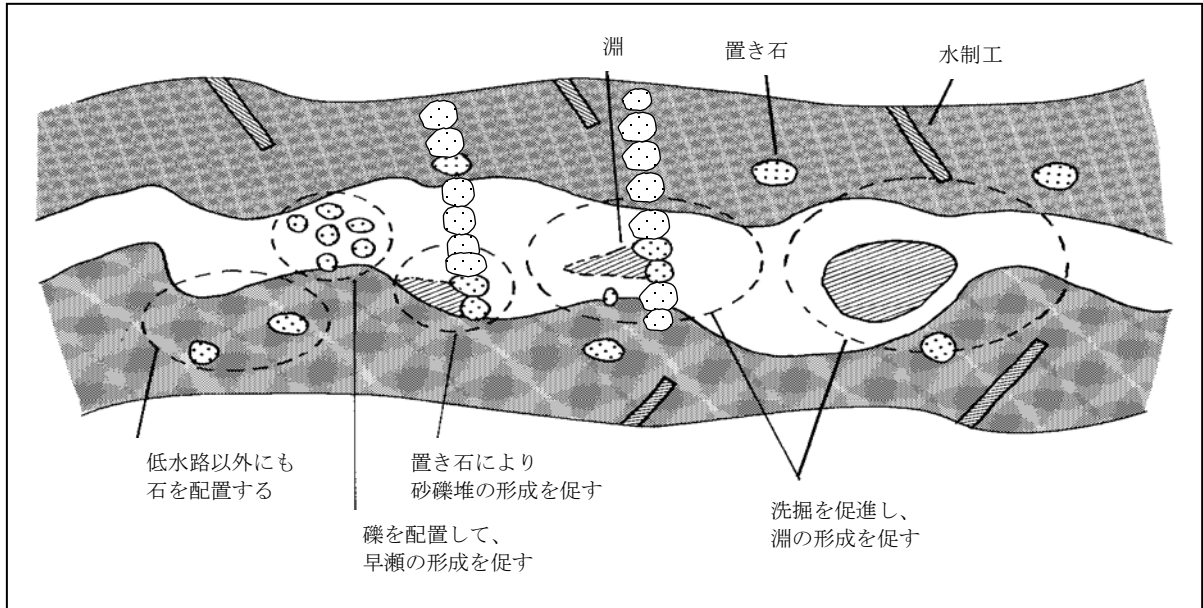


図5-33 水制工を組み合わせて配置し、多様な流況を作る

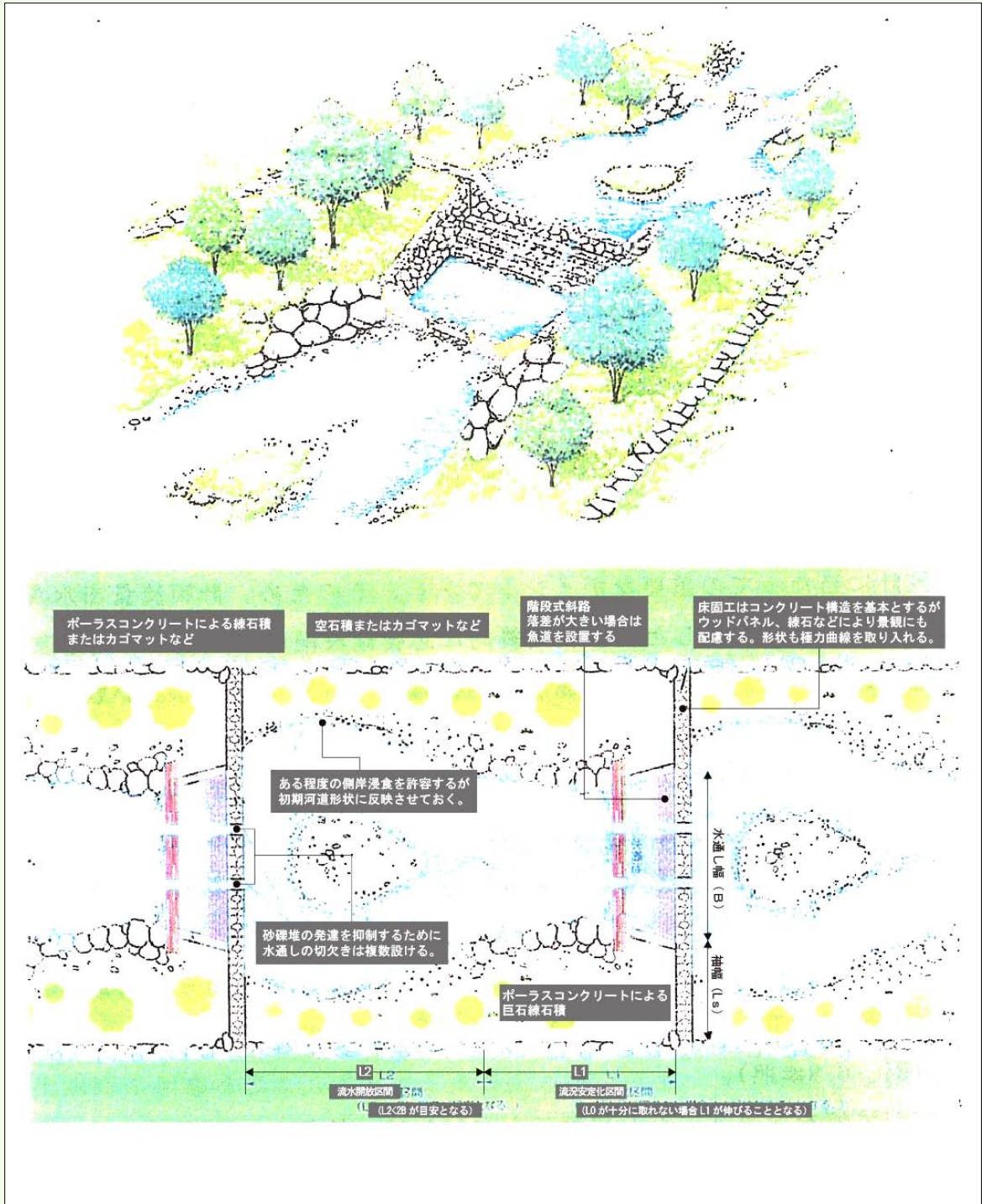


図 5-34 溪畔林の導入が可能な溪流保全手法概念図(掃流区間)
 (小山内, 2002)

コラム: 鳥居川における伝統工法を用いた低水路施設設計

■ 近自然型根固水制(低水洪水用水制群)

近年、自然型川づくり等の自然環境に配慮した工法が注目されていますが、河道内の自然環境を復元する手法の一つとして、伝統工法による水制工が見直されてきています。治水等の防災対策により拡幅された河川・溪流の平水時は水の流れが遅く、かつ一様な水深及び流速になりがちで、河川を取り巻く生態系を底辺から支える水生生物の生息環境(ハビタット)としては望ましい状態ではない傾向にあります。

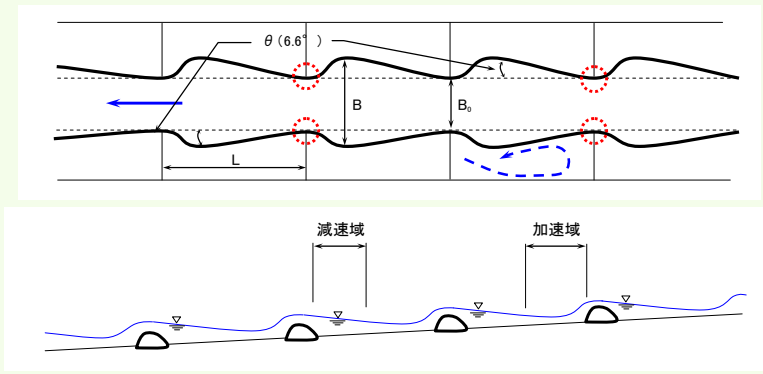


そこで、長野県鳥居川では、平水時でも従来からの流水幅が確保でき、多様な流れを創出することを可能とし、更に水制工の下流側には流速0の堆砂域が形成されることによってヤナギ類等河川植物群落の生育基盤を提供する水制工(近自然型根固水制工)が計画・施工されました。

【特徴】

● 水制工の設置間隔

水制工の設置間隔は、水制工の横断方向の長さの1.5～2.0倍程度が良いとされている文献が多いですが、ここでは、平水流量においても低水路の中で最低15cm程度の水深が確保されるよう設定しています。



Bの断面においても水深15cmが確保されるよう、水制工間隔Lを調整・設定している。

図 5-35 水制工の配置間隔と水理特性(長野県建設部砂防課, 2009)

● 構成材料

水制工の用いる巨石類は、現地産利用を基本とし、石の重さ(大きさ)については、想定する洪水流に対して施設維持が可能なものでなければなりません。

鳥居川の場合、試験区間が曲線部であるため、湾曲部の流速補正を行ったうえで、移動限界粒径を算定しています。

構成材料の大きさ

$$d = 1211 \cdot h^2 \cdot n^2 \cdot V^2 \cdot h^{-1/3} \dots\dots\dots \text{岩垣の式}$$

※但し、低水路部に面する巨石については経年的な洗掘を勘案して粒径を30%増しとした。

移動限界粒径・・・45～80cm(3年確率洪水), 50～100cm(30年確率洪水、計画規模)

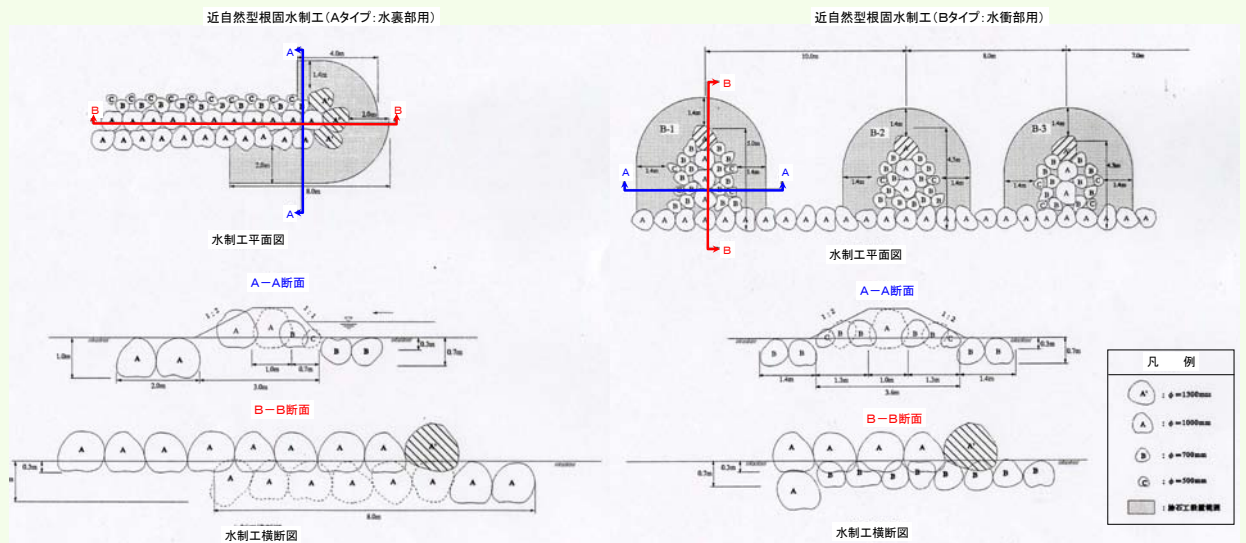


図 5-36 近自然型根固水制工の構造(長野県建設部砂防課, 2009)

但し、現地産の巨石を使用する場合、河床部に接する巨石の面が必ずしも水平でないこと、水制工前方(低水路中心部に向かって)は加速域であることを踏まえ、移動限界よりも大き目の巨石を用いる必要があると判断しました。特に 赤の部分は低水路の骨格部分であることから、粒径 130 cm以上の巨石を使用し、低水路の機能を維持させています。

■ 近自然型床固工(分散型床固工)

近自然型床固工は、多様な流れを創出し、水生生物の生息環境(ハビタット)の多様化を図ることを目的として、近自然根固水制により作られた低水路内に巨石を配置したものです。また、近自然型床固工は、環境調査から得られた流速を再現するため施設の上流に背水区間を人工的に創出し、縦断的な流速分布に変化を与えることができるものです。



【特徴】

低水路内に巨石を配置することにより、流れの多様化を図り、水生生物の生息環境の多様化も同時に実現させています。

● 床固工の配置

近自然型床固工は低水路を横断する形に配置し、背水区間を創出するとともに、縦断的な流速分布に変化を与えることができます。平面的には低水路の内接円の上流部に凸の半円状に設置します。これにより流水は低水路の中心に誘導され、床固工直下流に淵を創出することができます。

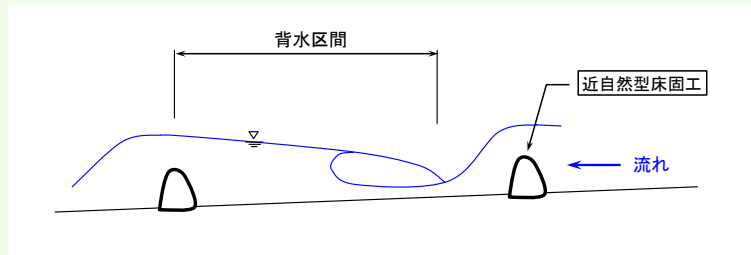


図 5-37 水面形のイメージ(長野県建設部砂防課, 2009)

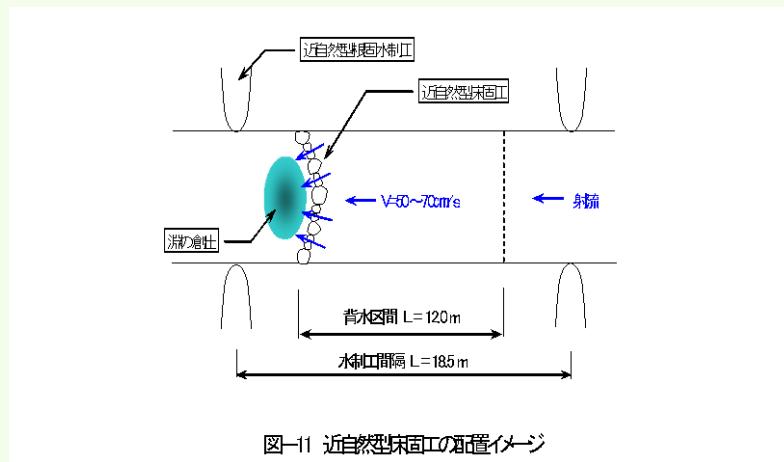


図-11 近自然型床固工の配置イメージ

図 5-38 近自然型床固工の配置イメージ(長野県建設部砂防課, 2009)

※計算上では、75～120 cm/sである流速を背水区間で 50～70 cm/sに抑えられる。

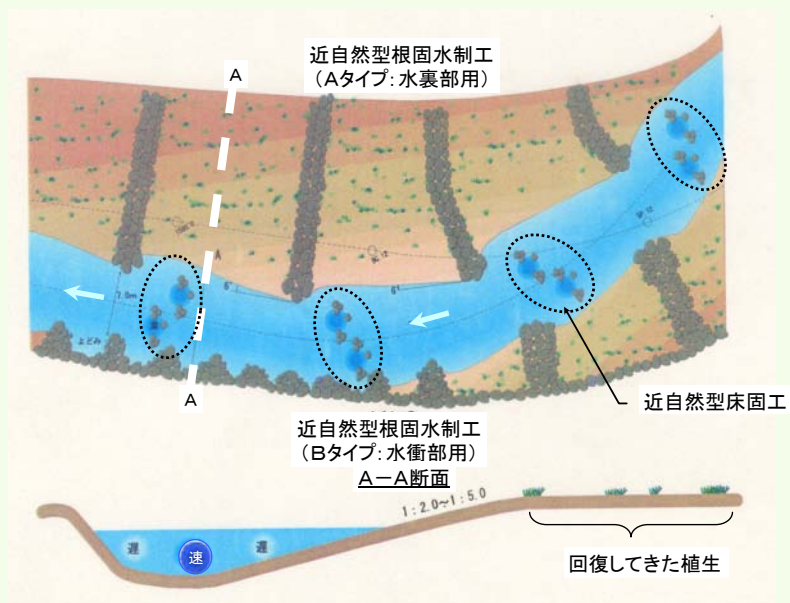


図 5-39 低水路の横断イメージ図(長野県建設部砂防課, 2009)

5.9 溪畔林計画

溪畔林は、治水上の安全が保たれる場合は、活用を考えるものとし、積極的な植樹・導入は行わない。溪畔植生の成立基盤を確保するためには、砂防構造物と組み合わせて流路の横断形状や配置を決定する。

<解説>

溪畔林は、水や土砂による攪乱を受けながらその場の環境特性に適応して成立しており、新たに溪畔林を導入することはその地域の生態系を人為的に変化させ、大きな影響を与える可能性がある。このため、溪畔林を新たに導入するのではなく、すでに成立している溪畔林を保全することを原則とする。日常的な水や土砂による攪乱を過度に防止することは溪畔林の遷移を阻害するため、樹木の生育にとっては有効とはいえない。したがって、溪畔林の維持にこだわるあまり、日常的な水や土砂による攪乱を防止しないようにする。なお、溪流の土砂生産・流出特性などにより、溪畔林の流木化やそれに伴う災害が予想される場合には、伐採あるいは流木捕捉工を下流に設置する等の検討を行う。

溪畔林の導入は、自然環境保全を目的とした場合と、レクリエーション等人の利用を目的とした場合が想定される。とくに人の利用を目的とする場合には、流木化に留意する。

① 溪畔林の導入手順

溪畔林調査の結果に基づき、以下に示した手順で検討する。

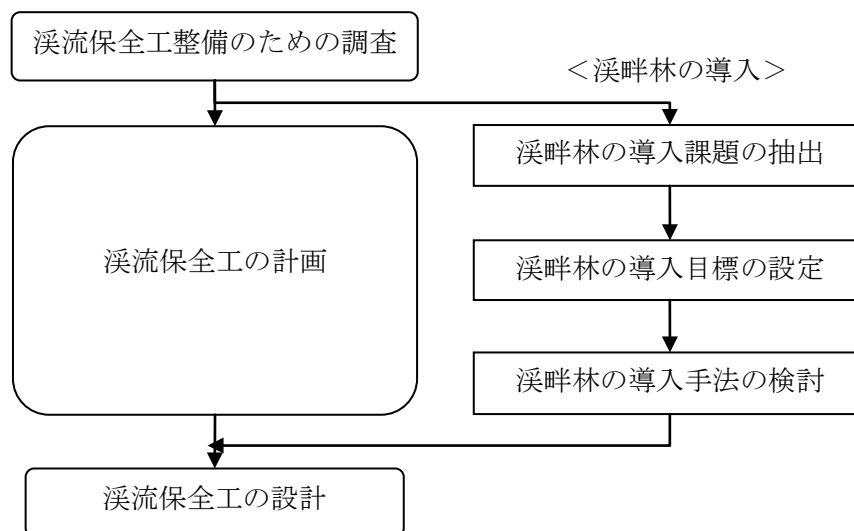


図 5-40 溪畔林導入の手順

1) 溪畔林の導入課題の抽出

求められる効果を十分に発揮させていくための溪畔林の導入上の課題を整理する。

2) 溪畔林の導入目標の設定

求められる効果を整理して、溪畔林の導入目標を設定する。

3) 溪畔林の導入手法の選択

目標達成のための効率的な導入手法を選択する。導入の考え方としては、回復型と創造型の2つがある。

a) 回復型

自然の力によって導入をはかるものであり、基本的には現在の溪畔林の生育環境を保全・確保する。

b) 創造型

植栽を行い、生態系保全の場あるいはレクリエーションの場等の確保のために溪畔林を創造するものである。

② 溪畔林の導入手法

1) 溪流空間の確保（回復型・創造型）

回復型と創造型ともに、溪畔林の生育基盤となる溪流空間を確保する。流水で常に攪乱を受ける場所では、溪畔林が侵入することができないので、土壌の安定化を図るための床固工の袖構造の検討や、常に流水にさらされないように冠水頻度を下げないように、透水性の高い護岸等（中小洪水は完全に遮断するものではなく、ある程度は攪乱を受けるようにする）の設置などを検討する。また、溪畔林の持つ環境に関する効果を発現させる手法として、流下断面を広めに確保することで樹木の伐採を回避するという方法も考えられる。

2) 植栽（創造型）

ミティゲーションあるいはレクリエーション等の目的から早急に溪畔林の造成が必要とされる場合、溪畔域の確保に加えて植栽を行う場合がある。工事実施に伴い生物の重要な生息環境となっている樹木の復元や魚付林の復元等が必要となる場合には、施工段階において導入方法を検討し、植栽を実施する。また、レクリエーション効果や癒し効果等が求められる場合には、人による公園的利用や景観面に配慮した植栽方法を検討・導入する。

植栽樹種については、その地域にふさわしい樹種とする。溪畔林の導入にあたっては、溪流の特性を十分把握して、維持管理等を実施しながら、慎重に対応する。

コラム：環境に関する効果を期待した溪畔林の導入

河川を取り巻く溪畔林が生物にとって重要な意味を持つことが知られています。そこで樹林と小型哺乳類の分布状況について解析し、その結果、溪畔林が河川生態系に深く関わり、自然環境のピオトープネットワークとして機能していることを確認することができました。このような場所での対策として、ミティゲーション（回避、縮小、代償）による取り組みが挙げられます。

①ミティゲーション（代償）

計画流量の流下を可能にするため、唐松を主体とした樹林の一部を伐採して流下断面とし、残りの繁茂している部分を溪畔林として活用するものです。また、この範囲は河川と森林・山地を結ぶ環境移行帯（エコトーン）としての機能も期待して断面計画を策定しています。

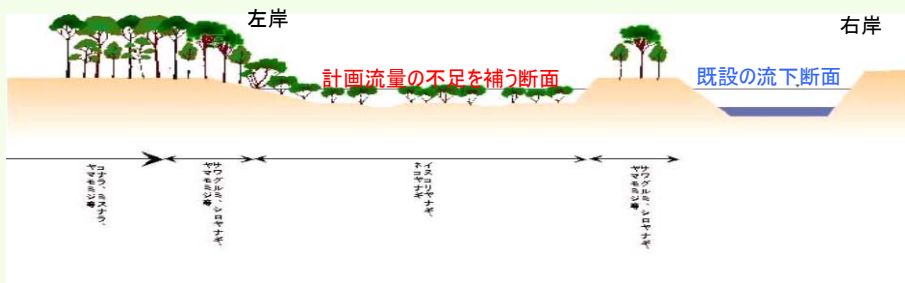


図 5-41 溪畔林を利用した計画（ミティゲーション（代償）による）（長野県建設部砂防課，2009）

②ミティゲーション（回避）

災害対策を実施する前から溪畔林の連続性が途切れている箇所があったことから、この区間では計画流量に整合した河積拡大による樹林の伐採を回避し、溪畔林を氾濫原として位置づける断面計画を策定しています。

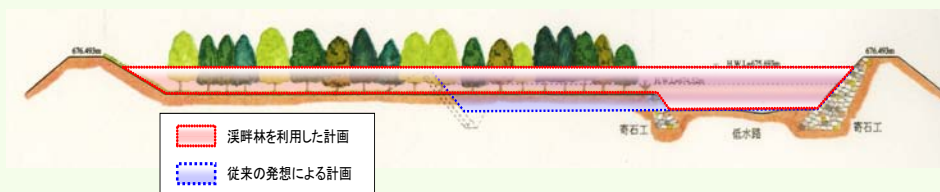


図 5-42 溪畔林を利用した計画（ミティゲーション（回避）による）（長野県建設部砂防課，2009）

5.10 流木対策計画

溪畔林を保全する場合は、洪水時に流木化する可能性があることから、下流域の状況（保全対象の分布、変化）を考慮し、下流の砂防構造物（床固工・護岸工等）とあわせて流木捕捉工などの流木対策施設の設置を検討する。

<解説>

樹木があれば河川の上流から下流まで如何なる場所でも流木が発生し得る。土石流発生・流下区間における流木対策については、「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)」で対応する。この指針では、流木対策調査の対象範囲を河床勾配 5° 以上の流域と明記している。

したがって、本手引き(案)では、砂防えん堤、流木捕捉施設より下流の区間についての対策方針を示すものである。河床勾配 2° ～ 5° の区間は土石流堆積区間に含まれるため、ここに溪畔林が形成されている場合は、基本的には伐採する。しかし土石流対策施設の整備に伴い治水上の安全が保たれる場合で、地域の要望等により溪畔林を保全する方針となった場合には、流木対策施設を計画する。この場合、「流木対策指針(案)」(平成12年7月建設省河川局砂防部砂防課)を引用する。

溪流空間全体を考えたときに溪畔林の環境保全機能を期待する、あるいは地域との連携において溪畔林を伐採しない方針が立てられた場合などに流木対策計画を検討する。

6. 溪流保全工の設計

6.1 設計の基本方針

溪流保全工の設計は、計画した溪流保全工の所定の機能が発揮できるように構成される各砂防構造物を設計する。

<解説>

設計にあたっては、建設省 河川砂防技術基準 設計編に準拠するものとし、計画した溪流保全工の基本方針を達成するために必要な各施設に求められる所定の機能が発揮されるように設計する。

また、溪流環境や景観デザインの視点を含めて地域の文化や風土にふさわしい砂防構造物を設計するものとし、施設の構造や使用する材料については設置場所に求められる所定の安全度と強度を確保するよう検討を行うものとする。

また、関係法令（景観緑三法や外来生物法等）の視点を溪流保全工の設計思想に反映させることが重要である。

6.2 床固工

溪流保全工における床固工は、河床勾配を緩やかにして、計画河床の安定化を図り、渓床堆積物の流出防止を図ることを主な目的とする。設計にあたっては、溪流保全工の計画において必要とされる機能が発揮されるようにするとともに、維持管理面等についても考慮する。

<解説>

床固工の規模、位置の選定については、溪流特性を十分に検討して決定する。

床固工の位置は溪流保全工の計画断面、縦断形等を総合的に検討して位置を選定する必要がある。とくに溪流保全工における床固工は、計画河床勾配を安定させるとともに維持するために設けられるものであり、その位置は、一般に溪流保全工の上下流端、計画河床勾配の変化点、溪流底張り区間の上下流端、計画河床の決定において必要となる箇所設けられるものである。なお、床固工の設計については、砂防えん堤に準ずる。

また、床固工を設置することにより渓床の連続性に障害をきたす場合には、魚類等の遡上を確保するために、必要に応じて斜路及び魚道を設置する。

① 床固工の断面

床固工の断面は、砂防えん堤に準じて安定計算をすることにより決定することを原則とするが、一般に高さ（全高）は5 m以下が多い。

② 水通し断面の設定

水通し断面は計画対象流量をもとに設定する。

流路幅が護岸等によりほぼ一定に計画されている場合には、床固工の水通し断面は平均流速と計画流量とから求められる必要な流水の断面積に余裕高を考慮して決定する。一方で、

床固工が一連の施設ではなく単独に配置されている場合には、床固工の水通し幅よりも溪流保全工の計画幅の方が大きく床固工上流部に流水が滞留することを考慮して、せきの越流公式を用いて水通し断面を設定する。また、溪流保全工の最上流端に位置する止めの床固工は、砂防えん堤と同様に上流側に湛水することを考慮して、せきの越流公式により水通し断面を決定する。

なお、水通し断面の設定にあたっては、治水上の問題がない限りにおいて、現況の溪流の横断形状を反映させて、溪床の微地形の発達を促すように配慮する（図 6-2～図 6-3）。

設置する床固工に複数の切り欠きを設定することで、砂礫堆の発達を抑制することができる。河床勾配が緩い場合には、流量が大きくても直進性が勝るため、砂礫堆は形成されず、結果的に側岸侵食幅が小さくなる。逆に、急勾配の場合、流量が少なくても土砂移動が活発になり、河道の中央に砂礫堆が形成され側岸侵食が起きる。

砂礫堆は上流側の侵食により形成され、無樹林区間では水際線が側岸に達した後、上流から順に河床低下が始まり、流れが中央に集中する。流量が多い場合は、側岸侵食範囲は広がる。床固工の水通し部分で流水を集中させると、流量が少なくても砂礫堆が発達し、側岸侵食が助長される。

これに切り欠きを設けると、流量が少なくても砂礫堆が発達し、側岸が侵食されるが、流量が多くなると水通しが無い場合と同じ状況を示す。初期流路幅が狭い場合も側岸侵食が激しく、側岸から供給された土砂が下流側で堆積し、河床を直ちに上昇させるとともに砂礫堆を発達させ、側岸侵食を助長させ、ピーク流量後は河床低下が進みにくく、みお筋は水通し前面に堆積した土砂により流れの向きが変えられ、蛇行する流れをつくる。

③ 床固工の方向

床固工の方向は下流流心の方向を左右する作用が著しく、洪水時においてはこの作用が顕著となるため、床固工の方向は必ず下流流心に対して直角として、下流の護岸や溪岸が水衝部となり破壊されないように設定する。

④ 前庭保護工

1) 水叩き

水叩きの長さ L は、基本的に砂防えん堤の副ダムを求める式を準用するが、経験式を用いる場合、越流水面から水叩き面までの高さ (H) に対して次のように設定する。

$$L = (2 \sim 3)H$$

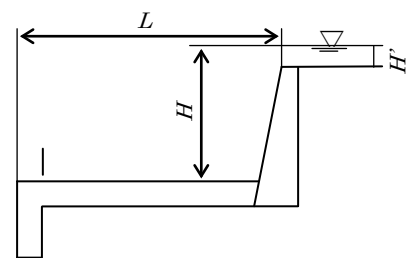


図 6-1 床固工（砂防設計公式集）

越流水面高 (H) が大きいほど水叩き長も長くし、水叩きの厚さは一般に 1.0m を標準とする。また、水叩きは、斜勾配で施工すると床固工の底抜けやそれに起因する床固工の破壊につながる可能性があるため、原則的に水平として設計する。また、水叩きは基本的にコンクリート構造とするが、周辺に堅い石礫がある場合にはそれらを用いて摩耗に配慮することを検討する。

なお、水理模型実験により、砂礫堆の形成、発達には側岸侵食と密接に関係しており、そのため、床固工落差高および初期流路形状を設定することにより側岸侵食のしかたを変え、さらに砂礫堆の形成、発達を抑制することが可能である。減勢が必要な区間では、落差前面や斜路部下流端に水褥池を設ける等の対策の検討が必要である。

また、側岸侵食の発生が予想されるような流量の時には床固工が潜り堰となるように、落差高を低くしたり、経済性を考慮し、床固工間隔を短くせずに流れのスムーズさを確保するために床固工前面を斜路式としたりする等の対策を検討する。

2) 側壁護岸

側壁護岸を床固工に取り付ける場合は、落下水に叩かれないように側壁護岸基礎を水通し肩から垂直に下した線より後退させるものとする。また、側壁護岸は落下水が越流しないような十分な高さを有することが必要である。

3) 垂直壁

垂直壁の天端幅は1.0m程度を標準とする。垂直壁の高さ（根入れ）はその溪流の性質、とくに計画流量、溪床粒度、溪床変動および床固工の落差などをよく把握し、垂直壁下流側の洗掘に配慮して設定する（通常2～3m）。また、垂直壁下流部では、洗掘防止のための対策を考慮することも重要である。

⑤ 袖の設置

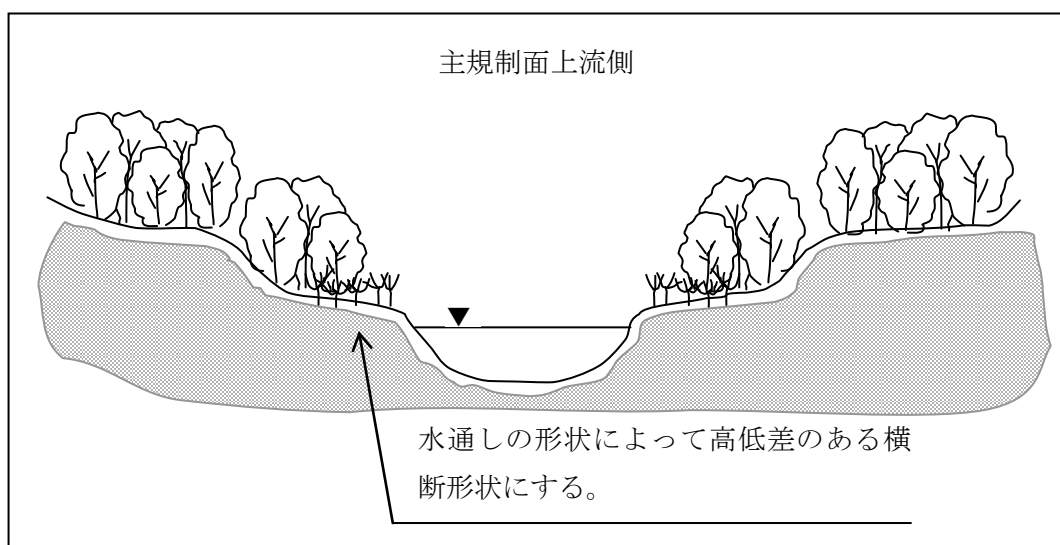
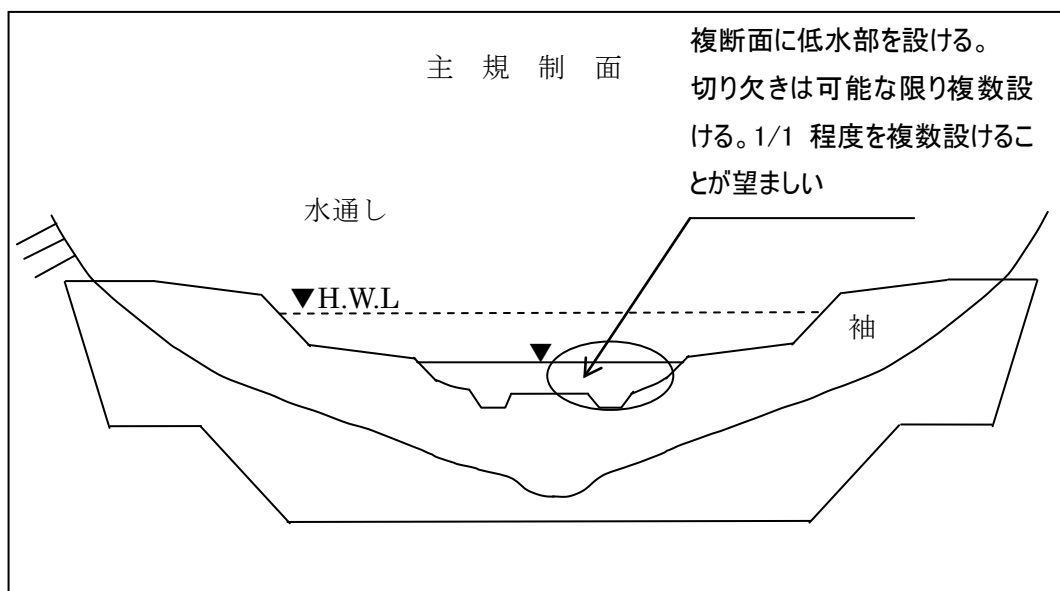
床固工の袖は地山に取り付けることが望ましく、とくに護岸等を設置しない床固工については、溪流保全工の対象とする範囲幅の両端まで袖を確保する。

⑥ その他

最上流端等の床固工と護岸工等を併用し流路の間では、断面形状の違いにより、その間に取合わせ部が必要となる場合がある。取合わせ部の長さは、水理条件を急変させないように適切な長さを設定する。また、止めの床固工の水通し高さは現溪床高より高くし、流水が完全に集水できる位置とすることが望ましい。

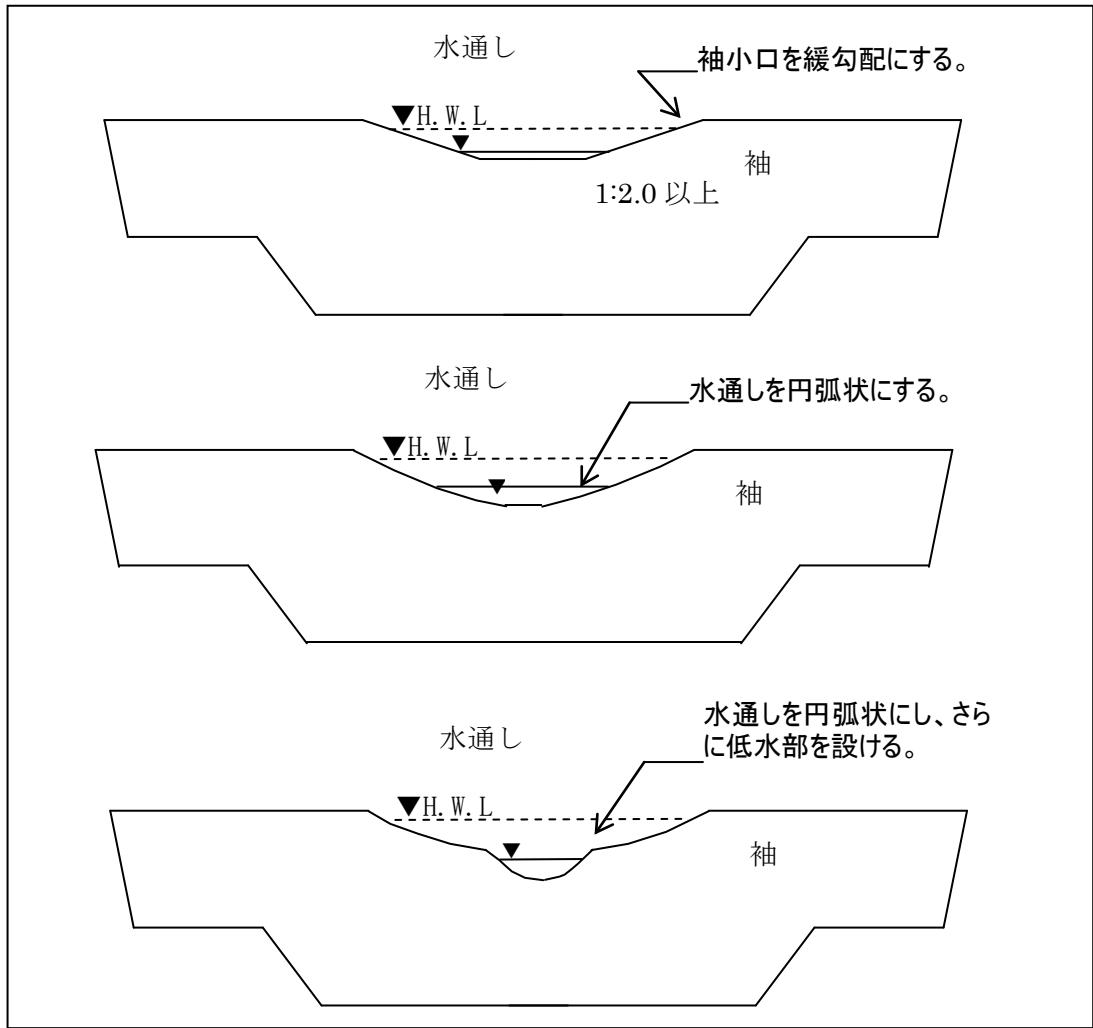
〈横工の水通し形状に横断方向の高低差をつける〉

主規制面となる横工の水通しに高低差をつけ、溪床に高低差を与えることにより、冠水頻度に変化が生じ、溪床の多様性（微地形）を発達させる。



植生は攪乱及び冠水の頻度に応じて分布していると考えられることから、植生変化点ごとに溪床面からの比高差を調査し、その植生が冠水する水位を想定し、この結果を用いて溪床高を割り付け、水通しの形状や河道の断面を設定する。

図6-2 水通し形状の工夫(1)



低水路をつくる場合の水通し主規制面の形状例

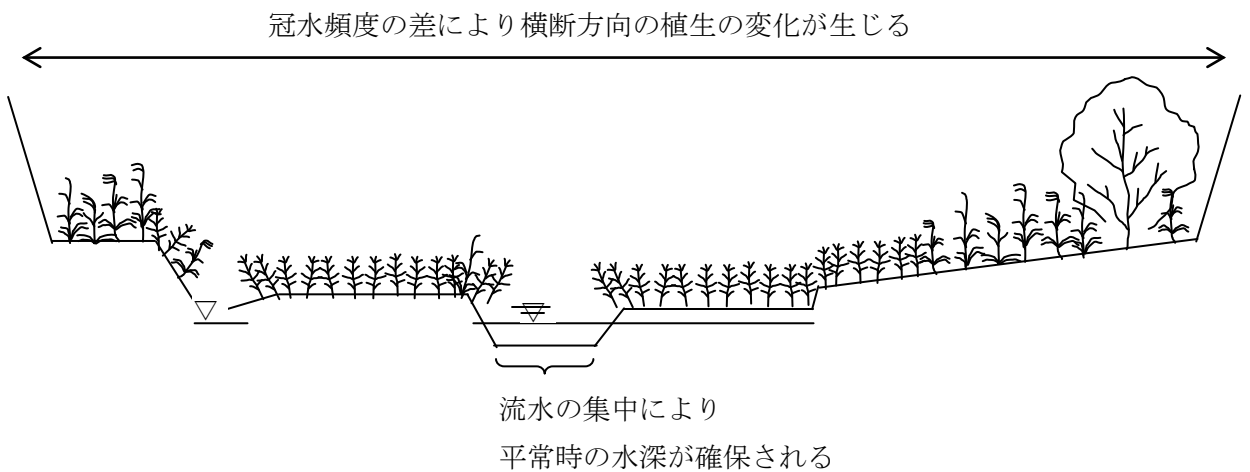


図6-3 水通し形状の工夫(2)

6.3 帯工

溪流保全工における帯工は、縦侵食を防止することを目的とし、溪流保全工の計画において必要とされる機能が発揮されるようにする。

<解説>

帯工は、床固工間において間隔が広いために縦侵食が著しく、それらの影響によって河岸を侵食して治水上問題となる場合の対策として、また、上流床固工の基礎の洗掘を防止するために用いられるものである。

なお、治水上問題がない限りにおいて、設置場所の特性に応じて柔軟な設計を行うものとする。例えば、河道の微地形が発達するように計画断面を複断面化している場合は、複断面に対応した横断形状を持った帯工とするなどの対応をはかるものとする。

帯工の設計は、原則的には床固工の項を参照して計画する。帯工は溪床の過度の洗掘を防止するために施工されるものであり、一般には高さ（根入れ）2m程度である。また天端高は計画溪床高と同一として落差はつけないものとする。

また、縦断的な連続性を確保する必要がある場合には、設置した帯工を埋め戻しても良い。断面決定に際しては天端幅 0.5～1.5m程度とし、上流法は垂直、下流法は安定計算から求めるものとするが通常2分とする。

袖部の設計は床固工に準じて行うものとする。

6.4 護岸工

溪流保全工における護岸工は、溪岸の横侵食防止するとともに、床固工の袖部を保護するために設けられるものであり、設計にあたっては、溪流保全工の計画において必要とされる機能が発揮されるようにするとともに、維持管理面等についても考慮する。

<解説>

溪流保全工における護岸工の機能としては、溪岸崩壊防止、溪岸の横侵食防止、床固工の袖部の保護等がある。護岸工の破壊は局所洗掘や両端の巻留め付近の決壊によることが多く、洪水時に土砂や転石等の衝撃を受けやすいところでは、これらの安全性に十分留意する。

なお、治水上の問題がない限りにおいて、堤外地へ繋がる一連の植生等の溪流環境の連続性への影響を考慮して、透水性の高い材料や護岸表面に植生が侵入しやすい形状・材質ものを採用する。

1) 護岸の型式（種類）

コンクリート護岸工、コンクリートブロック護岸工、石積護岸工(一般的に)

2) 護岸高

護岸高は計画高水位に余裕高を加えた高さとする。一般に溪流部では溪床変動が激しいので、溪床変動の幅を考慮した高さの確保が必要である。また、垂直壁直下流においては跳水による水位上昇がおこりやすいので、十分安全な高さを必要とする。

なお、余裕高の部分については、治水安全上問題の無い場合には土羽を用いても良い。また、治水安全上好ましくない場合には、コンクリート等のコアを持った構造としてこの部分を土羽で埋め戻すなど景観等に対する十分な配慮が重要となる。

3) 前のり勾配

砂防河川の場合、のり勾配は流水及び砂礫による磨耗や破壊を防ぐため5分（特に磨耗・破壊のおそれのある場合は3分）が一般的である。また、比較的緩勾配区間で摩擦・破壊が少ないと考えられる区間での護岸工ののり勾配は、周辺の環境・景観との調和および親水性に配慮し緩勾配とする。

4) 根入れ

護岸の根入れについては、一般的に1m程度であるが、溪床変動をある程度許容する箇所については、これよりも深く設定する（図6-4）。

5) 床固工との取り付け

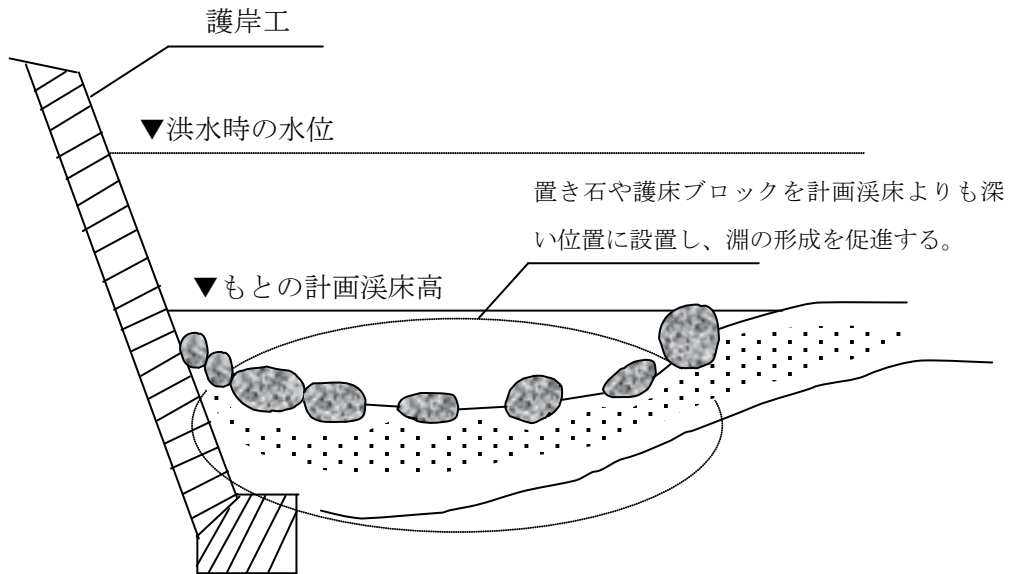
床固工上流に計画する護岸工天端は、床固工の袖天端と同高またはそれ以上の高さに取り付けなければならない。床固工の袖高は水通しにおける計画高水位以上にとってあるから、この天端と同高またはそれ以上に護岸工の天端を取り付けることが必要であって、これを怠ると洪水流が護岸を越流して床固工の袖の地山取付部分が決壊する恐れがある。

6) 根固工

河床変動の激しい溪流や屈曲部凹部、水衝部等における護岸工基礎部など著しい河床洗掘が予想される場所では、洗掘を軽減するために根固工を検討する必要がある。根固工には捨石工、ブロック工、ふとん籠工等が用いられる。

〈護岸根入れの設定〉

淵の造成を考慮して、護岸の根入れを深く設定する。また、根固工や護床工についても計画溪床高よりも低く設定し、淵の形成をうながす。



護岸の根入れは、計画溪床高よりも1 m以上深く確保するよう定められているが、実際には1 m程度に設定されることが多い。淵の形成は護岸倒壊につながる治水上の問題となるので、淵をつくる場合にはあらかじめ護岸の根入れを十分に確保し、護岸の倒壊を防止する。また、護床工・根固工は、溪床高を規制し、淵の形成を抑制しており、これらについても、淵の形成を見込んで、計画溪床高よりも深く設置する。

図6-4 護岸の根入れの工夫

6.5 水制工

水制工は、流水や流送土砂をはねて溪岸侵食を防止するものと、流水や流送土砂の流速を減少させて縦侵食の防止をはかるものがある。設計にあたっては、溪流保全工の計画において必要とされる機能が発揮されるようにするとともに、維持管理面等についても考慮する。

<解説>

水制工の効果としては、①溪岸構造物の保護や溪岸侵食の防止、②縦侵食の防止が主なものであるが、これに加えて、瀬・淵の創出といった環境上の効果も期待できる。

①の場合は、非越流、不透過水制工を用い、②の場合は、越流、透過水制工を用いる。

① 水制工の分類

流水が水制の天端を越流するか否かによって越流水制と不越流水制に分けられる。砂防工事としての水制は一般に不越流とするのが原則である。

② 水制の方向

水制の方向が流心に対して直角であるか、上向きであるか、下向きであるかによって以下のように分類される。

1) 直角水制

水制間の中央に土砂の堆積を生じ、頭部における溪床の洗掘は比較的弱い。

2) 上向き水制

水制間の砂礫堆積は直角水制より少なく、また頭部の洗掘は最も弱い。

3) 下向き水制

水制間の砂礫の堆積は溪岸や水制に沿い前二者よりもはるかに多いが、頭部の洗掘作用は最も強い。

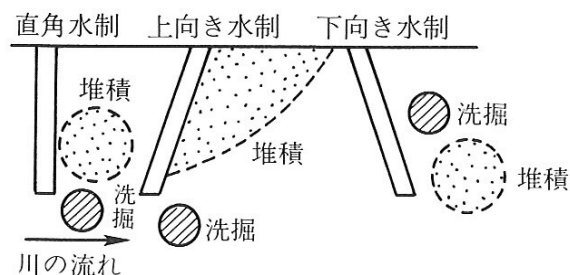


図 6-5 水制工(砂防設計公式集)

溪流において流水が水制を越流する場合、直角水制では偏流を生ずることはないが下向き水制では岸に向かって偏流し、上向き水制では溪流の中心に向かって偏流する。したがって溪流においては少しの障害物によっても流水が激変するものであるから、一般に直角水制が多く用いられる。

③ 水制工の形状

1) 曲出し

溪流に対して直角方向に一直線に出したもの

2) 丁出し

曲出しの先端に縦工を付したもの

3) 鎌出し

曲出しの先端を折り曲げて縦工横工に兼用するもの

4) 鍵出し

2), 3) の縦工の突端に短い横工を付したもの

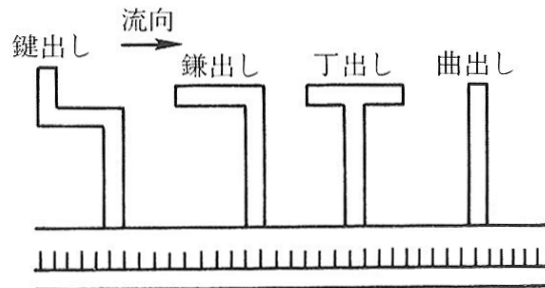


図 6-6 水制工の形状(砂防設計公式集)

荒廃溪流には一般に曲出しが使用されるが、砂礫堆積地帯において幅員を限定する場合には丁出しを用いることがある。

④ 水制工の種類

水制工にはその使用材料によって次のような種類のものがある。

- 1) コンクリート水制
- 2) コンクリートブロック水制
- 3) 枠水制
- 4) 水制沈床
- 5) かご水制
- 6) 石組水制

コンクリート水制は不透水制の代表で、砂防溪流での施工はこの水制が多い。急流河川(1/200程度)で使用され比較的良い結果を得ているものにコンクリートブロック水制がある。また蛇籠による水制の施工や石組水制の場合は、対象とする溪流の特性に併せて適切な種類を選定する。

⑤ 計画および設計

1) 配置

- i) 崩壊地が短区域の場合にはその上流端に不越流の下向き水制を1か所設けることによって、流水を崩壊地から遠ざけ、その拡大を防止することがある。しかし、このように水制を設けた場合には対岸が水衝部となることが多いことから、対岸は岩盤のように強固であることが必要である。
- ii) 崩壊地が長区間にわたる場合は直角水制を用い、その天端は全く不越流とするか、あるいは流心に向かって傾斜させる。
- iii) 砂礫堆積地で河幅が広く、乱流・偏流によって溪岸侵食、砂礫堆の移動の顕著な場合には兩岸の水制頭部をお互いに対向させ、不越流直角水制とすることが望ましい。

2) 取付け

溪流においては水勢が激しいために流水が水制に激突する場合、根部において渦流を生

じ溪岸を侵食しやすいことから、根部はしっかりした地山であることが望ましい。溪岸が岩盤である場合は問題ないが、強固でない場合は溪岸貫入部の掘削跡はしっかりと間詰めを行うか、あるいは元付護岸工を施工しなければならない。元付護岸の上下流端は流水が裏にまわるのを防止するために溪岸に十分巻き込んでおくことが荒廃溪流においてはとくに必要である。

3) 高さ

溪流における水制は不越流水制とする場合が多く、したがって流水の激突によって洪水位が上昇することから、水制の高さは砂防えん堤、床固工の袖の余裕高と同様に考えるものとする。

4) 長さ

荒廃溪流に設けられる水制は緩流河川の水制と異なり、その作用は顕著でかつ複雑であることから、とくに長さの問題は慎重に検討する。

溪流では普通河幅が狭く、そのうえ流勢が激しいことから水制は短めのほうがよい。水制長を決定しようとする場合には流路の状況をよく調査して流水の法線を決定し、水制の先端をこれに合わせるように計画する。そしてこの計画にしたがってまず最小限度に短いものを施工し、その後の河状をよく見極めて後に漸次延長して計画の長さには達するようにする。

5) 間隔

水制工の間隔は主として水制の長さ、種類、流水の方向、溪床勾配、形状などを考慮して決定する。

水制間隔は上流の先端から流水が溪岸に達する前に下流側の水制で受けるように決定するのが普通であり、一般に凹岸部においては概ね水制長の2倍、直線部においては、2.5～3.0倍、凸岸部においては3倍以上とする。水制間隔が広すぎると横流を生じ、水制域内の護岸工および溪岸を破壊することがあるから注意する必要がある。

6) 形状

荒廃溪流における水制頭部は流水および転石の衝撃を最も強く受けることから堅固に造る必要があり、また、洗掘に対し安定するよう頭部を長く、深く溪床中に掘り入れるのがよい。

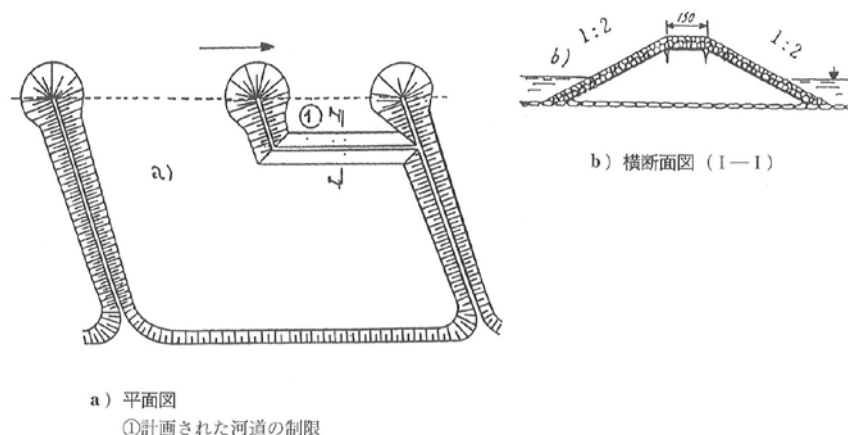


図 6-7 カギ型水制の設計例(イヴァン・ニキティン, 1995)

6.6 溪床保護工

溪流保全工は原則として底張りやコンクリートブロックによる溪床固定を行わないものとする。ただし、溪床保護が必要であると判断される場合には、溪床を保護する対策を行うものとする。

<解説>

溪流保全工においては、溪床の固定は原則として行わない。ただし、溪床が著しく洗掘され治水上の問題が生ずる場合には、溪床を著しい洗掘から保護する対策を実施する。この場合、コンクリート張りやコンクリートブロック等、永久的に一定の溪床変動が許容されない構造や植生等が侵入しにくくなる構造は極力避ける。

6.6.1 底張工

溪流保全工を計画する際には、原則として底を張らない構造とする。溪床勾配等で、河床の抵抗力より掃流力が勝る場合においても、計画段階から勾配緩和等を考え、できるだけ三面張りは避ける。しかし、勾配緩和・河幅拡大等を考慮しても、なおかつ掃流力のほうが抵抗力を上回る場合には部分的に底張りも考える。

底張りは、流勢および磨耗に耐えうる構造とする。

<解説>

一般的に、計画河幅が2～3m以下の場合には、二面張りより三面張りのほうが経済的となる場合が多い。

①溪流保全工の底張りにはコンクリート張り、ブロック張り等がある。一般には溪流保全工の計画河床幅が狭く流域面積が2 km²以下の小規模な溪流では厚さ0.3m程度のコンクリート張り（三面張り）が採用されている例が多い。磨耗の著しい火山地帯では厚さ0.5～0.7mとしている溪流もある。また、河幅の広い場合や軟弱地盤の場合は破壊されることも考えられることから、梁として対処しなければならない場合もある。

②三面張りの溪流保全工から二面張り溪流保全工に移行する部分では、流速の差により二面張り溪流保全工の上流端付近の護岸基礎部分に洗掘が生じる恐れがあることから、護床工、減勢工を必要とする場合がある。また三面張り下流端には少なくとも帯工を設け、吸出しの防止を図るものとする。

③一般に、溪床に岩盤が露出する場合は、底を張らないが、岩盤によっては流水の接するところが侵食されやすい岩質のものもあることから、三面張りとしなければならない場合もあるため、計画時の確認が必要である。

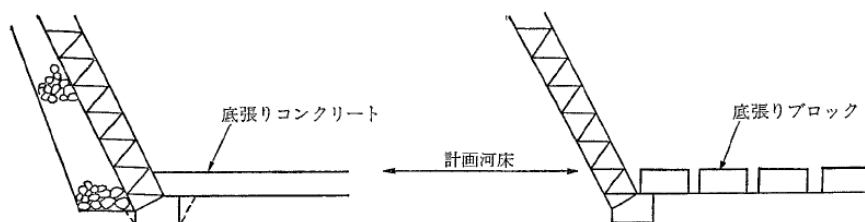


図 6-8 底張工の位置
(砂防設計公式集)

6.6.2 護床工・根固工

止工の砂防えん堤や床固工，帯工等の横工の下流、または護岸工付近は、河床材料との粗度が異なるため、局所洗掘を起ししやすい。このため、これらの構造物の根を保護するため、護床工や根固工を計画することがある。

<解説>

横工と平行に設けるものを護床工、護岸工の直前に平行に設けるものを根固工といい、自重と粗度により洗掘を防止するもので、その構造は屈撓性のあるものとするのが望ましい。

① 材料

護床工や根固工の材料は、掘削した土砂等に巨礫や岩塊等が得られる場合は、捨石を行うが、得られない場合にはフトン籠や蛇籠、コンクリートブロック等を用いる。

② 大きさ

護床工や根固工に用いるコンクリートブロックの大きさは、以下の砂防えん堤等における取合工に用いられる安定条件を参考に計算する。

(ア) 滑動に対する安全

$$\frac{R}{P} \geq n$$

$$P = C_D \cdot W_0 \cdot \varepsilon \cdot A \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$R = f \cdot W_0$$

$$W_b = \left(1 - \frac{W_0}{W_c}\right) W \cdot K$$

P:ブロックに作用する動水圧(t)

n:安定率(一般に1.0~1.5程度)

R:ブロックの抵抗力(t)

C_D :動水圧係数(一般に1.0を用いることが多い)

W_0 :流水の単位体積重量(t/m^3)

ε :遮へい係数(単体:1, 群体:0.35~0.40)

A:投影面積(群体の場合は全体の高さ×幅)(m^2)

v:流水の流速(m/sec)

g:重力の加速度(m/sec^2)

f:抵抗係数(摩擦係数, 一般に0.8)

W_b :水中におけるブロック重量(t)

W_c :ブロックの空中単位体積重量(t/m^3)

W:ブロックの空中重量(t)

K:ブロックの個数

一般に単体として計算するほうが安全である。

(イ) 転倒に対する安定

$$XW_b > YP$$

X: ブロックの支点から重心までの水平距離(m)

Y: ブロックの支点から重心までの鉛直距離(m)

上記式は、河床が水平である場合の式であり、勾配がある場合には修正する必要がある。

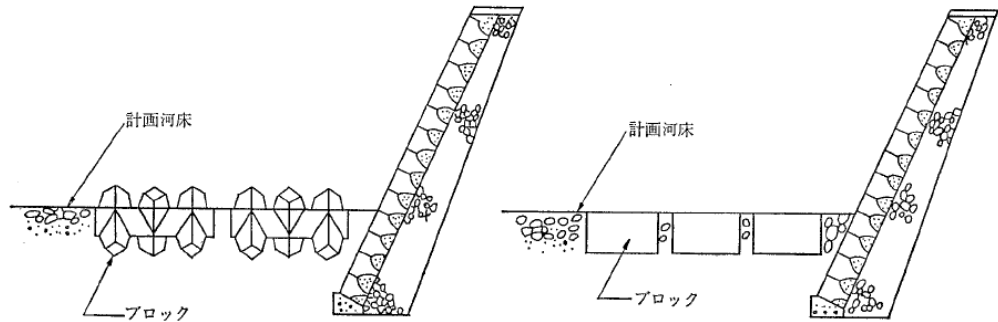


図 6-9 根固工(砂防設計公式集)

6.7 付属物の設計

6.7.1 取水工

溪流保全工を設置する溪流に既設の取水口等がある場合には、その補償工事として取水工を設置する。

<解説>

取水工は、一般には自然流入方式を用いるが、河川管理施設等構造令では水路方式として堤外水路を極力避けるように規定している。しかし、掘込み方式とする必要がある場合には、堤内水路とすると水路が暗渠化したり深い開水路となるため維持管理が困難となるため、堤外水路を検討する。

取水工の設計には、以下の点に留意する。

- ① 堤外水路の構造は完全分離方式を原則とする。
- ② 取水能力の限界は、原有機能までとし、必要量以上流れ込まないようにする。
- ③ 洪水時において、堤内地で浸水等の被害を起こさないような構造とする。
- ④ 堤外水路は溪流保全工の規定断面内に設けない。また、溪床の維持に支障とならない構造とする。

6.7.2 排水工

溪流保全工を設置する溪流に既設の田圃からの用水の排水、家庭用水の排水等がある場合には、排水工を設置する。

<解説>

排水工の設計には、以下の点に留意する。

- ①洪水時に内水氾濫を起こさないよう、護岸の計画高水位より上部に設ける。
- ②家庭用水の排水からの汚物が入らないよう溜枘等を設置する。
- ③田圃からの排水は水量が多いため、溪床に局部洗掘が起こる場合があるので、護床工が必要な場合もある。
- ④配水管や溝からの漏水が護岸の後部へ回り、護岸が破壊しないような構造にする。
- ⑤配水管や溝が流路工内へ出すぎて、流木やゴミ等が詰まらないよう最小限の長さにする。

6.7.3 浸透水対策工

三面張りの溪流保全工の場合、浸透水対策工として、底張工底部の伏流水による底張りの破壊を防止する目的の浸透水排除工と、地下水補給を目的とする流水浸透工がある。

<解説>

浸透水排除工は、排除しやすいよう床固上流部に設ける。流水浸透工は、流水が浸透しやすいよう帯工上流部に設ける。

両者は設置する場所が異なるだけで、図 6-10のように三面張りの一部にコンクリートブロックやフトン籠を設置する工法が一般的である。

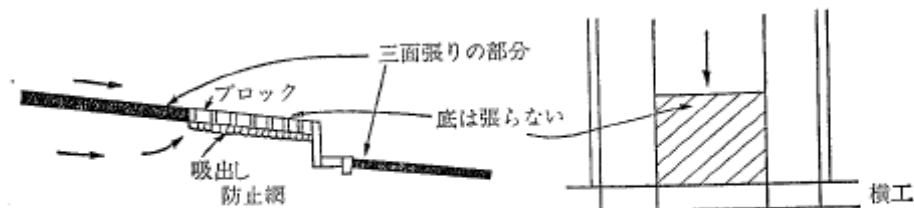


図 6-10 浸透水排除工(池谷,1977)

6.7.4 橋梁等横断構造物

橋梁等の横断構造物は、洪水時に流木等が詰まって災害の原因となりやすいため、必要最小限の設置とするべきで、統廃合を図ることとする。

<解説>

やむを得ず設置する場合には、上流からの流木等による破壊を防ぐため、河川としての余裕高に 0.5m 以上加えた高さを取ることが望ましい。

橋を統合する場合、地元から幅員の拡幅を要望がある場合は、耐荷重が同等のものを対象とし、拡幅によって設計荷重以上のものが通過しないまでの幅員を限度とする。

溪流保全工の上部を通過する構造物は、流水の跳ね上がりによる落下や詰まりを防止するため、落差工の上下流 15m 程度は設置を避けることが望ましい。

6.7.5 魚道工

溪流保全工内に設けられる魚道は、取水工同様規定断面外に設けなければならないが、落差工では水通し断面の拡幅によって設ける場合が多い。

6.7.6 土留工

溪流保全工の計画河床勾配と現況河床勾配が異なるため、地山を護岸高以上に切らなければならない場合には、土留工を設置する。

<解説>

土留工は、溪流保全工の維持管理をしやすくするため、可能な限り護岸工との間に通路や小段を設けて分離する。

背後に田圃がある場合には、土留工の裏に水が回らないよう畦畔とは兼用しないこととする。

6.7.7 防護柵

溪流保全工が道路や人家部・耕作地と近接する場合、人間や車等の落下防止のため防護柵を必要とする場合がある。但し、溪流保全工の維持管理に支障とならないよう必要最低限とすることが望ましい。兼用道路以外は管理幅の外側に設けることとする。

6.7.8 階段工および斜路工

階段工および斜路工を必要とする場合は、危険を防止するため落差工の直上流には設けないようにする。また、必要に応じて侵入防止のための門扉を設ける。

<解説>

護岸と平行に設ける場合は、上流より下流へ下るようにし、上流へ下るような構造は避ける。但し、階段工が弱点となって護岸が破壊しないよう設計に留意する必要がある。

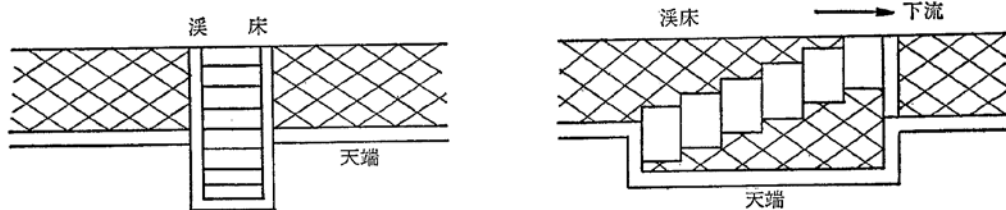


図 6-11 階段工(砂防設計公式集)

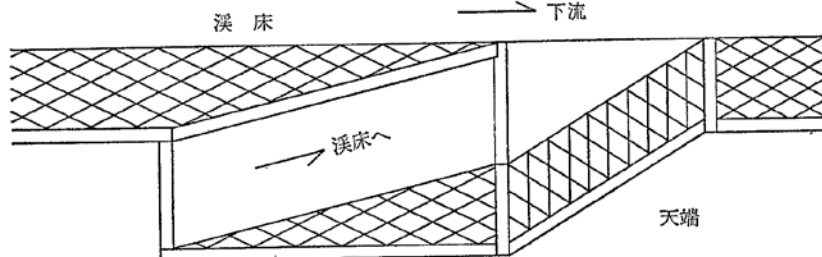


図 6-12 斜路工(砂防設計公式集)

7. 工事実施上の留意事項

溪流保全工の工事実施にあたっては、工事そのものが溪流に現存する生態系に大きな影響を与えないよう配慮して行うものとする。

<解説>

工事の実施にあたっては、工事そのものが現状の溪流の生態系へ大きな影響を与えないよう、計画から施工まで一貫した認識のもと一連の作業を行うものとする。特に施工段階においては、資材の搬入作業、作業ヤードの確保など、目的の施設を存在させる土地以外での作業が多く、期間も長期となることから、予め作業上の留意事項を発注者・受注者間で確認し、施工計画に反映させることが大切である。特に外来生物法で指定されている侵略的外来生物については、工事実施時に種子等が混入しないよう十分配慮して工事を実施する必要がある。

このことから、工事実施に係る一連の作業の流れを統率するトータルコーディネータもしくはアドバイザーによる監理体制の確立が望まれる。トータルコーディネータを配することにより、作業中に施工者が設計思想を確認しながら具現化することが可能となる。トータルコーディネータには大学の教員、学識経験者、コンサルタント、検討会を設置する場合はその設置者を配することが考えられる。

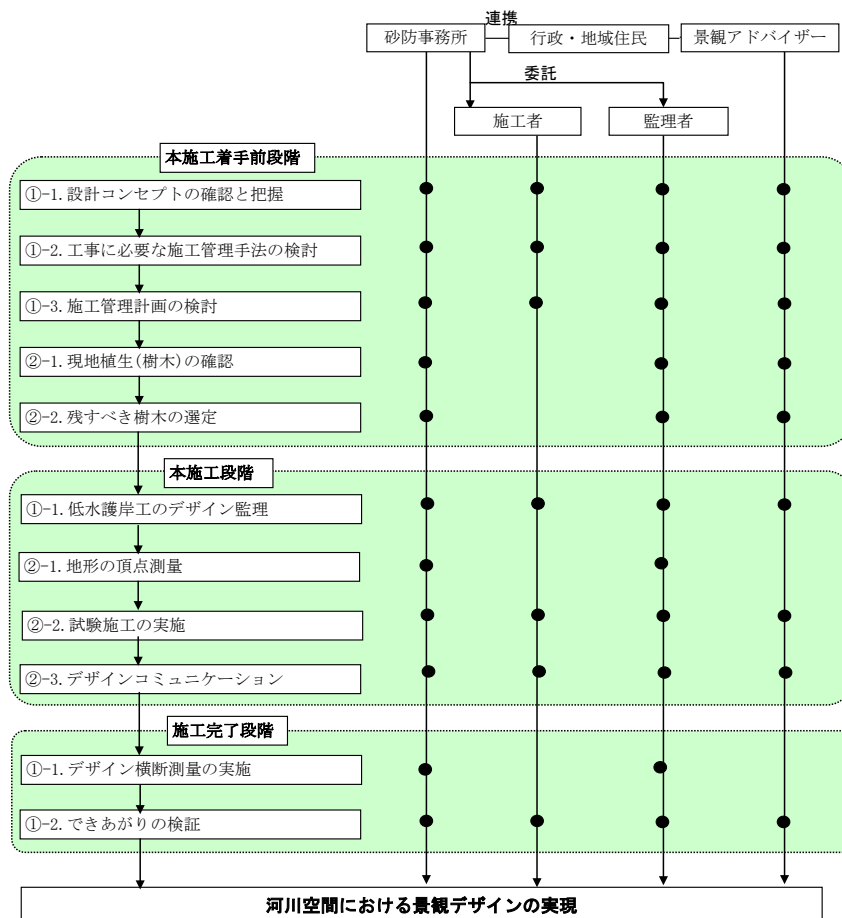


図 7-1 工事実施時におけるアドバイザー対応事例(景観デザイン監理)

また、作業上の留意事項についてまとめた工事用のガイドブックの作成を行うこと等が有効である。工事用ガイドブックの参考資料としては、近畿地方整備局六甲砂防事務所が作成・運用している「自然と共生するために一六甲山系における砂防工事ガイドブック」を基に、現場でそのまま活用できるように編集された「自然と共生するために 砂防工事ガイドブック」（土木研究所砂防部緑のグループ発行、H12. 3. 31）がある。

【ガイドブックの構成】	
1. 自然と共生する砂防工事とは ……P.1～2	
<p>＜自然環境保全7箇条＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 動植物へ配慮する ② 変更は最小限にする ③ 施工区域外に影響を及ぼさない ④ 環境の復元を図る ⑤ 環境資源を有効に利用する ⑥ 景観へ配慮する ⑦ 自然環境への意識を高める 	
2. 施工計画時に ……P.3～10	
<p>(1) 動植物へ配慮する…(7箇条 ①)…P.3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工計画にあたって自然環境調査結果を十分に把握する。 ・ 施工期間、工法は動植物に配慮したものとする。 ・ 動植物の保全対策を計画に盛り込む。 <p>□□□□ 水と緑の深流づくり調査…P.5</p> <p>□□□□ 深流環境整備計画…P.6</p> <p>(2) 変更は最小限にする…(7箇条 ②)…P.7</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工区域は必要最小限に設定する。 <p>(3) 施工区域外に影響を及ぼさない…(7箇条 ③)…P.9</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 土砂崩壊防止策、排水、廃材の処理方法等を計画に盛り込む。 <p>(4) 環境の復元を図る…(7箇条 ④)…P.9</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工後の復旧方法を計画に盛り込む。 <p>(5) 環境資源を有効に利用する…(7箇条 ⑤)…P.9</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 樹木、表土など環境資源の有効活用を計画に盛り込む。 <p>(6) 景観へ配慮する…(7箇条 ⑥)…P.9</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 景観保全対策を計画に盛り込む。 <p>(7) 自然環境への意識を高める…(7箇条 ⑦)…P.10</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 自然環境保全に関する広報、啓発計画を盛り込む。 	
資料編：地域の動植物 ……巻末	
	<p>3. 工事を始める前に ……P.11～20</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 動植物へ配慮する…(7箇条 ①)…P.11 <ul style="list-style-type: none"> ・ 着工前に貴重動植物の有無を確認する。 (2) 変更は最小限にする…(7箇条 ②)…P.11 <ul style="list-style-type: none"> ・ 樹木の伐採、除草は最小限にする。 (3) 施工区域外に影響を及ぼさない…(7箇条 ③)…P.12 <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工区域を明示する。 (4) 環境資源を有効に利用する…(7箇条 ④)…P.14 <ul style="list-style-type: none"> ・ 植生の復元に向けて活用できる資源(萌芽する樹木の切り株、幼木、表土)を残す。 <p>□□□□ 萌芽しやすい樹木…P.14</p> <p>□□□□ 幼木の移植…P.15</p> <p>□□□□ 表土を活用しよう…P.16</p> <ul style="list-style-type: none"> (5) 景観へ配慮する…(7箇条 ⑥)…P.18 <ul style="list-style-type: none"> ・ 大径木、花木、紅葉の美しい樹木はできるだけ残す。 □□□□ 大きな樹木を守ろう…P.19 (6) 自然環境への意識を高める…(7箇条 ⑦)…P.20 <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工区域及び周辺の自然環境を十分に把握する。 <p>4. 工事中に ……P.21～31</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 動植物へ配慮する…(7箇条 ①)…P.21 <ul style="list-style-type: none"> ・ 動植物をどったり、脅かしたりしない。 ・ 仮設備に樹木を利用しない。 ・ 騒音、振動、夜間照明は必要最小限にする。 (2) 施工区域外に影響を及ぼさない…(7箇条 ③)…P.24 <ul style="list-style-type: none"> ・ 区域外に立ち入らない。 ・ 区域外に土砂、濁水、コンクリート等を流さない。 ・ 区域外の植生、表土、地形を傷つけない。 ・ 絶対に火災を起こさない。 (3) 景観へ配慮する…(7箇条 ⑥)…P.30 <ul style="list-style-type: none"> ・ 工事現場は常にきれいにしておく。 (4) 自然環境への意識を高める…(7箇条 ⑦)…P.31 <ul style="list-style-type: none"> ・ 自然環境保全に関する問題が生じたときには対策について協議する。 <p>5. 工事後に ……P.32～37</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 環境の復元を図る…(7箇条 ④)…P.32 <ul style="list-style-type: none"> ・ 仮施設、廃材はすべて撤去する。 ・ 傷ついた樹木を手当する。 ・ 表土をまき出す。 ・ 植栽する。 <p>□□□□ 樹木の手当法…P.34</p> <p>□□□□ 緑化種の選定…P.35</p>

図 7-2 砂防工事ガイドブックの構成(事例)
 (「自然と共生するために 砂防工事ハンドブック」より)

8. 溪流保全工の維持管理（アダプティブ・マネジメント）

8.1 維持管理の基本

溪流保全工の維持管理は、時間の経過に伴う溪流の各種条件の変化に対応させて行うものとする。

<解説>

溪流の環境は常に変化し続けるものである。したがって、その流域の気候や流域の土砂生産・流出による土砂移動条件、溪畔域の生態系、土地利用形態等、環境特性の変化に対応して、その時の溪流保全工に必要な機能が発揮できるように定期的なモニタリングを実施し、総合的な評価に基づいて次の対策に活かすこと（アダプティブ・マネジメント）が重要である。この場合、流域の土砂生産・流出特性の変化、土地利用の変化、溪岸の著しい侵食や溪畔林の流失や枯死、施設の破損や破壊の状況を調査し、溪畔域の変化を把握することが重要であるとともに、当初のデザインの維持に固執するのではなく、現況に合わせた施設整備を行うことが重要である。このため、動植物に対しては河川砂防技術基準（案）調査編におけるハビタット調査も適宜行うものとする。

コラム: 砂防構造物のアセット・マネジメント(予防保全)

砂防構造物の寿命を伸ばすための取り組みとしてアセット・マネジメント(予防保全)の概念を取り入れることが考えられます。

アセット・マネジメントとは、地方自治体が保有する施設に対して更新時期を平準化するために、ライフサイクルコストを考慮した効率的な資産管理を行う手法として近年実施されてきたもので、主に道路構造物に関して用いられています。従来砂防構造物の維持管理は予防保全型ではなく事後保全型に限られると考えられてきましたが、溪流保全工の場合、施設に手入れをしながら長く利用し、その際の施設管理データを整備することによって適切な機能維持を図ることができると考えられます。アセット・マネジメントの概念を導入するためには、考え得るあらゆる事態にも対応できるよう既往施設のデータベース化やモニタリング事例、補修・設計のための技術のデータベース化を進めることが重要となります。

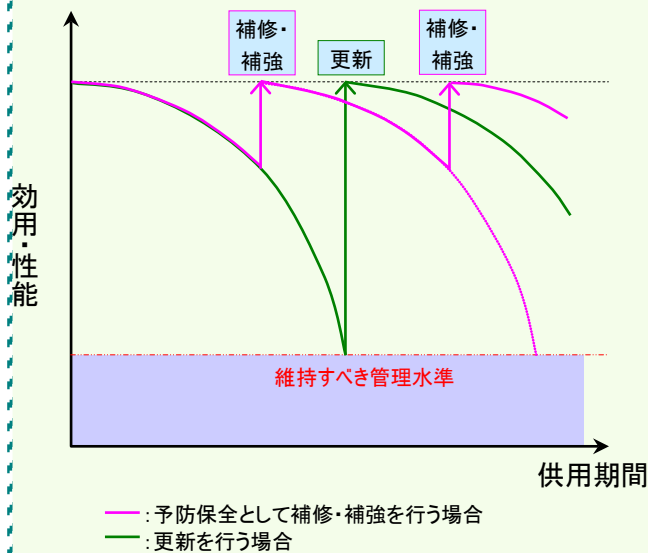


図 8-1 アセット・マネジメントの概念図

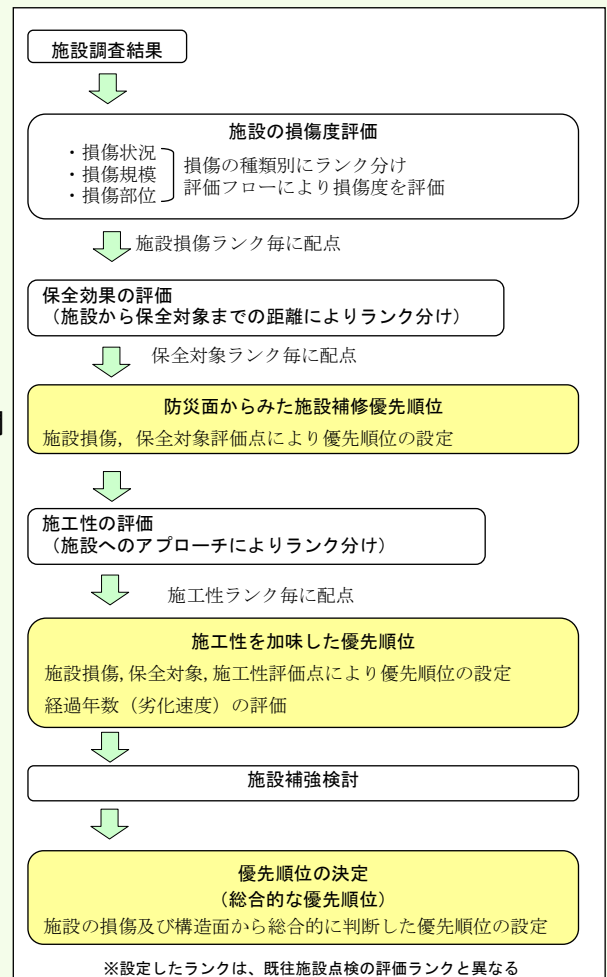


図 8-2 アセット・マネジメントの例(砂防施設の補修優先順位検討のフロー)

8.2 砂防構造物

砂防構造物に、摩耗や破損または変形等が認められ、その機能が損なわれると判断された場合、または損なわれた場合には、速やかに補修・修繕する。また、流木対策施設における流木除去を行う。

<解説>

砂防構造物の点検は、出水期前に一度、また一定規模の出水後速やかに行うこととする。点検にあたっては、点検台帳を作成して情報を整理・保管し、さらにそれらのデータをGIS等で管理すれば情報共有がスムーズになる。

点検によって、砂防構造物の機能が損なわれると判断された場合には、速やかに補修・修繕をはかるものとする。なお、破損の程度が大きく、補修・修繕の緊急性が高い場合には、応急的な処置を施すなどの対応をはかるものとする。

流木対策施設の維持管理については、『土石流・流木対策設計技術指針，第3節除石（流木の除去を含む）』に準拠する。

8.3 溪畔林

溪畔林は人工的な手を加えずに、自然の状態とすることを原則とする。

<解説>

溪畔林の点検時期、点検記録の管理は8.2に準ずる。溪畔林は自然の状態とすることを原則とするが、定期的にモニタリングを実施し、レクリエーション等としての溪畔林が流失または枯死した場合には、溪畔林を回復または創出する。なお、流域の土砂生産・流出の特性が変化して、溪畔林が流失して流木災害が発生すると予想された場合には、溪畔林の伐採および下流側に流木対策施設の設置を検討する。なお外来種の侵入等への対処法については、地域の利用実態や自然環境への悪影響など、様々な視点から検討を加えるものとし、必要に応じて個別対応とする。

参考文献

- ◇ (社)全国治水砂防協会(1984):「改訂版 砂防設計公式集」昭和59年
- ◇ 池谷ほか(2001):「現場技術者のための砂防・地すべり・がけ崩れ・雪崩防止工事ポケットブック」, 山海堂, 380p
- ◇ 砂防学会編(1999):「水辺域ポイントブック—これからの管理と保全」, 古今書院, 60p
- ◇ 中村太士(1999):「流域一貫—森と川と人のつながりを求めて」, 築地書館, 138p
- ◇ 鷺谷いづみ(1999):「生物保全の生態学(新・生態学への招待)」, 共立出版, 181p
- ◇ 鷺谷いづみ・矢原徹一(1996):「保全生態学入門—遺伝子から景観まで」, 共立出版, 270p
- ◇ 日本地形学連合(1998):「水辺環境の保全と地形学(地形工学セミナー)」, 古今書院, 186p
- ◇ 建設省土木研究所(2000):「樹林の砂防学的効果に関する研究の現状」, 土木研究所資料第3679号
- ◇ 建設省土木研究所(2000):「自然材料を利用した砂防構造物の築造」, 土木研究所資料第3729号
- ◇ 建設省河川局砂防部砂防課(1988):「緑の砂防ゾーン計画策定指針(案)」
- ◇ 土木研究所砂防部緑のグループ(2000):「自然と共生するために 砂防工事ガイドブック」
- ◇ 国土交通省都市・地域整備局都市計画課(2005):「景観法の概要」,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/plan/townscape/keikan/pdf/keikanhou-gaiyou050901.pdf>
- ◇ 国土交通省都市・地域整備局公園緑地課(2005):「公園緑地行政の新たな展開—都市緑地法等の改正について—」,
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/plan/townscape/keikan/pdf/toshiryokuchi-kaisei.pdf>
- ◇ 国土交通省砂防部(2007):「砂防関係事業における景観形成ガイドライン」
- ◇ 国土交通省河川局砂防部保全課・文化庁文化財部建造物課(2003):「歴史的砂防施設の保存活用ガイドライン」
- ◇ 国土交通省河川局(2006):河川景観ガイドライン「河川景観の形成と保全の考え方」
<https://www.mlit.go.jp/river/kankyou/riverscape/pdf/ref.pdf>
- ◇ 環境省自然環境局:「外来生物法—特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律—ホームページ」, <http://www.env.go.jp/nature/intro/index.html> (環境省自然環境局内)
- ◇ 国土交通省(2004):「国土交通省 河川砂防技術基準 計画編」
- ◇ 建設省:「建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編」
- ◇ 建設省:「建設省河川砂防技術基準(案)同解説設計編I, II」
- ◇ 国土交通省(2007):「砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)」
- ◇ 国土交通省(2007):「土石流・流木対策設計技術指針」
- ◇ 水山高久・井良沢道也・福本晃久(1990):「樹林帯の土石流制御効果に関する水理模型試験報告書」, 土木研究所資料No.2837
- ◇ 小山内信智・南哲行・竹崎伸司・小林富士香・溝口昌晴(1999):「砂防溪流における溪畔林の成立実態と溪流保全のあり方に関する研究」, 砂防学会誌第52巻第1号(通巻222号)
- ◇ 小山内信智・南哲行・竹崎伸司・小林富士香・東樹芳雄(2001):「溪畔植生の成立基盤を確保するための流路横断形状の設定手法」, 砂防学会誌第53巻第5号(通巻232号)
- ◇ 小山内信智(2002):「砂防事業区域における植生の機能とその保全・導入手法に関する研究」
- ◇ (社)砂防学会監修(1993):「砂防学講座第5巻-2 土砂災害対策—水系砂防(2)—」, 山海堂
- ◇ 長野県建設部砂防課(2009):「水生生物の多様性を目指した近自然工法の試みとその効果の検証—施工後10年目の評価から—」

- ◇ 長野県長野建設事務所（2001）：「砂防河川 鳥居川 水辺環境施設設計の手引き」
- ◇ イヴァン・ニキティン（1995）：「水制の理論と計算－近自然河川工法の発想を助けるために－」
- ◇ 建設省河川局砂防部（1977）：「砂防指定地及び地滑り防止区域内における宅地造成等の大規模開発審査基準（案）」
- ◇ 地域振興整備公団（1979）：「防災調節池技術基準検討委員会報告書」，昭和54年12月
- ◇ 建設省土木研究所（1974）：「流路工に関する研究（Ⅱ）」，土木研究所資料943，昭和49年3月
- ◇ 建設省土木研究所（1974）：「流路工に関する研究（Ⅲ）」，土木研究所資料944，昭和49年3月
- ◇ 本間 仁，安芸皎一（1962）：「物部水理学」，岩波書店
- ◇ 池谷浩（1977）：「砂防流路工の計画と実際」，全建技術シリーズ25，全日本建設技術協会，昭和52年8月
- ◇ 中村太士（1995）：「河畔域における森林と河川の相互作用」，日本生態学会誌 Vol. 45, pp. 295～300
- ◇ （財）リバーフロント整備センター編集（1994）：「河道内の樹木の伐採・植樹のためのガイドライン（案）」，山海堂，p. 3
- ◇ 山口県土木建築部砂防課（1997）：「山口県緑の砂防ゾーン計画のためのガイドライン（案）」

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No.580

February 2010

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL029-864-2675