

第2章 計 画

第1節 総説

水系砂防計画は、水系を対象に土砂生産域である山地の山腹、溪流から河川までの有害な土砂移動を制御し、土砂災害を防止・軽減することによって河川の治水上・利水上の機能の確保と、環境の保全を図ることを目的として策定するものとする。

水系砂防計画では、計画土砂量等に基づき、有害な土砂を合理的かつ効果的に処理するための土砂処理計画を策定するものとする。

また、土砂移動に関する問題が顕在化している水系等においては、総合的な土砂管理の推進に配慮し計画を策定するものとする。

【解 説】

水系砂防計画の策定にあたっては、土砂量のみならず、土砂の量および質(粒径)および土砂移動で対象とする時間、の3要素を考慮して設定することが望ましい。

参考までに、土砂の量および質(粒径)、土砂移動で対象とする時間、の3要素により構成された水系砂防計画における土砂移動の概念を図I-2-1に示す。この概念に基づき水系砂防計画を策定するには土砂、流量等のデータの蓄積等が必要であるため、土砂のモニタリングに関する調査等を実施する必要がある。

なお土砂移動で対象とする時間スケールは短期・中期・長期の3期間に区分し、各々の区分に応じて土砂移動現象を設定するよう努める。

短期は、計画規模の現象が発生する一連の降雨継続期間を目安に設定する。

中期は、短期の降雨により生産された土砂が移動する影響期間とし数年から数十年程度を目安に設定する。

長期は、計画の対象とする必要のある、短期・中期を含む数十年間程度またはそれ以上の期間を設定する。

【水系砂防編】

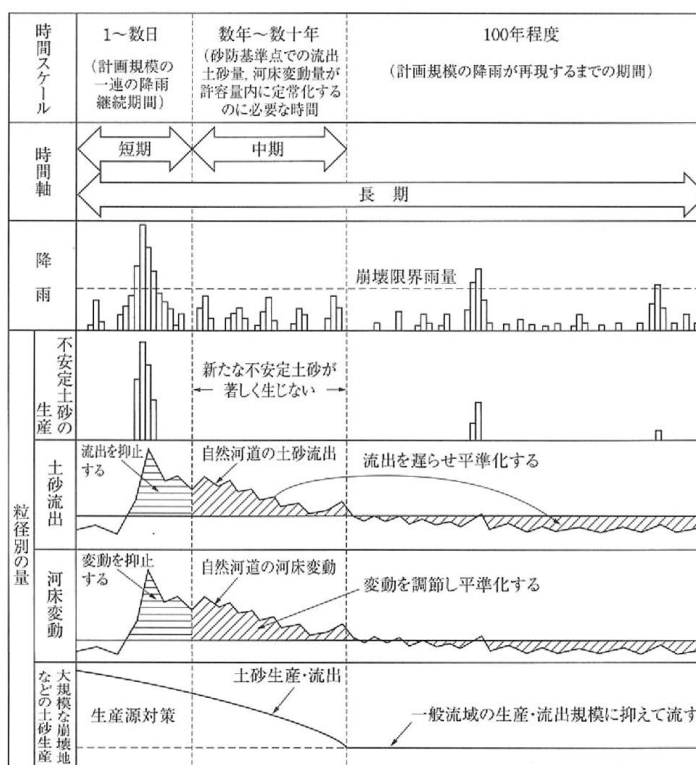


図 I - 2-2 水系砂防計画の概念図

第2節 基本計画

砂防基本計画は、流域における土砂の生産及びその流出による土砂災害を防止することによって、望ましい環境の確保と河川の治水上、利水上の機能の保全を図ることを目的として策定するものとする。

砂防基本計画は、有害な土砂を砂防計画区域内において、合理的かつ効果的に処理するよう策定するものとする。

【解説】

ここで、土砂の生産とは、豪雨・融雪・地震等による山崩れや地すべりを始めとし、河床・河岸の侵食等の現象に伴って不安定土砂が発生することをいう。

土砂災害の防止とは、山崩れ、土石流の直撃等の直接土砂害、あるいは流出土砂による貯水池の埋没や、河床の上昇による洪水氾濫等の間接土砂害から、国民の生命、財産及び生活環境、自然環境を守ることをいう。

有害な土砂とは、土砂災害を起こすような生産土砂、流出土砂をいう。

流域の状況が、新しい崩壊、土石流の発生、地震による斜面の不安定化等の自然要因または、開発等の人為要因により大きく変化した場合は、計画流出土砂量等の見直しを行い必要に応じて砂防基本計画を改訂する必要がある。

治水計画は、上流水源から下流河口に至るまで、一貫した常に調和のとれた計画でなければな

らない。水系全体にわたって、一貫した水と土砂の処理が考えられなければならないのであって、合理的かつ効果的な土砂の処理が砂防工事の分野である。

砂防基本計画は流域における土砂の生産及びその流出による土砂災害を防止することによって望ましい環境の確保と河川治水上、利水上の機能の保全を図ることを目的として策定する。

(1) 水系砂防（流域対策計画）

主として水源部での崩壊・地すべりなどからの土砂流出をコントロールして、下流河川での土砂災害を防止すべく、治水事業の一環として水源山部を保全して水系一貫した対策を計画するものである。

(2) 流域防災砂防（土石流対策計画を含む）

大河川の流域に存在する荒廃地対策を主とする水系砂防計画の中で、中小河川で発生する土砂災害、とくに人的災害をもたらす土砂災害を主とした土砂災害を防除するための砂防計画を地域防災砂防という。

砂防基本計画を樹立する手順は、

計画基準点の決定——計画規模の決定——基本土砂量の計画 である。

基本計画で扱う土砂量には、生産土砂量、流出土砂量、許容流砂量、超過土砂量があり、砂防施設による土砂量として、扞止量、貯砂量、調節量がある。

砂防基本計画は土砂処理の対象となる超過土砂量（流出土砂量－許容流砂量）を合理的かつ効果的に処理するよう樹立する。

2.1 基準点の設定

基準点は、砂防基本計画で扱う土砂量を決定する地点である。基準点は砂防計画区域の最下流点及び河川計画との関連地点のほか、保全対象地区の上流、土石流区域と掃流区域の境界地点などその地域的特性を考慮して必要な地点に設けるものとする。

【解 説】

「基準点」は、「計画基準点」と「補助基準点」の2種類からなる。

「計画基準点」：砂防基本計画で扱う土砂量を決定する地点に設ける。

「補助基準点」：計画基準点での土砂処理計画の流域全体としての整合性を図るとともに、その妥当性の確認を行うために流域特性に応じて当該流域内に設定する。

「計画基準点」は、土石流等による土砂災害に対して保全人家の安全性を把握するために、保全人家上流での土砂量を把握するために設ける場合や、下流河川に流出する土砂量を把握するため河川との合流部に設ける場合などがある。

「補助基準点」は、その溪流の地域的特性を判断するとともに、効果的な土砂処理計画を策定するため、既設の砂防堰堤や支川の合流部等必要な地点に設ける。

【水系砂防編】

特に、砂防計画対象区域の最下流点を砂防原点といい、一般に河川工事と砂防工事の目安として、現河床勾配 1/100 の地点を砂防原点としている。

- (1) 河川計画との関連地点（河川管理者と協議して決定する。）

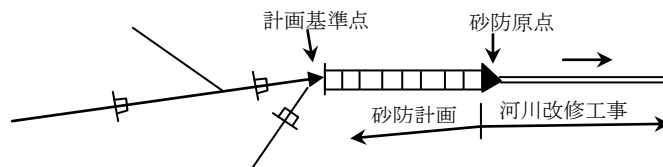


図 I - 2-3 計画基準点位置(河川計画を考慮)

- (2) 保全対象地区の上流（砂防施設の保全対象に対する整備率・安全率をチェック）

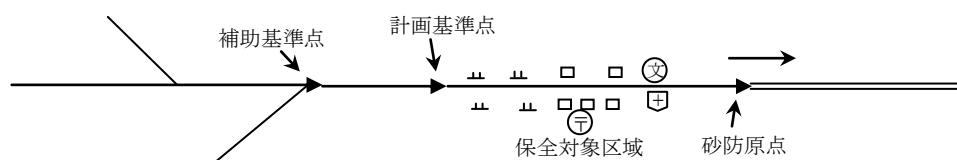


図 I - 2-4 計画基準点位置(保全対象を考慮)

- (3) 土石流区域と掃流区域の境界点（生産土砂量を算定する場合必要となる）

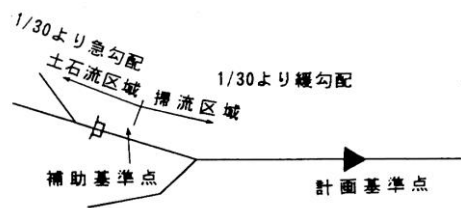


図 I - 2-5 計画基準点位置(河床勾配を考慮)

- (4) 現河床勾配が 1/100 の地点

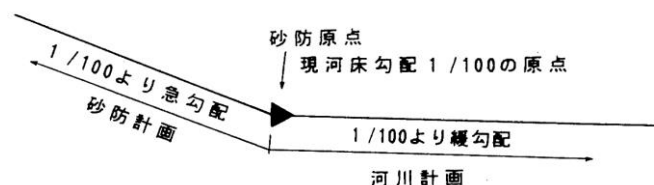


図 I - 2-6 計画基準点位置(河床勾配 1/100 を考慮)

- (5) その他地域的特性を考慮して、必要な地点に設ける。

2.2 計画の規模

砂防基本計画の規模は、土石流区域においては、想定される土石流の規模とし、掃流区域においては、既往の災害、計画対象区域等の重要度、事業効果等を考慮して定めるものとし一般的には計画降雨量の年超過確率で評価するものとする。

【解説】

砂防基本計画の規模は、土砂量の規模と洪水流量の規模を別けて定める。

土砂量の規模は想定される最大規模の土砂量を対象に計画規模を定める。

土砂量はその規模に中間段階を想定することが困難なため、原則として想定される最大洪水流砂量又は年平均流砂量で評価する。洪水流量の規模は、計画降雨量の年超過確率で評価する。

砂防堰堤、床固工の洪水流量は 1/100 年超過確率で計画することを原則とし、溪流保全工は 1/50 年超過確率を原則とする。但し、溪流保全工止めの床固工は溪流保全工に準ずる。

2.3 計画で扱う土砂量

2.3.1 計画生産土砂量

計画生産土砂量とは、山腹及び溪岸における新規崩壊土砂量、既崩壊拡大見込土砂量、既崩壊残存土砂量のうち崩壊等の発生する時点で河道に流出するもの及び河床等において堆積している土砂量のうち 2 次侵食を受けるものをいう。

計画生産土砂量は、砂防基本計画の対象となる計画超過土砂量算定の基礎となる土砂量で、計画対象区域の現況調査資料、既往の災害資料、類似地域の資料等をもとに定める。

【解説】

生産土砂量とは、計画基準点より上流流域の山腹溪岸及び河床の土砂が想定される降雨により生産された土砂量をいう。

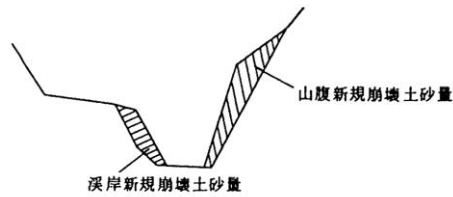
生産土砂量の原因となるものには次のものがある。

- (イ) 山腹及び溪岸の新規崩壊土砂量
- (ロ) 既崩壊拡大見込土砂量
- (ハ) 既崩壊残存土砂量
- (二) 河床堆積物の二次侵食による土砂量

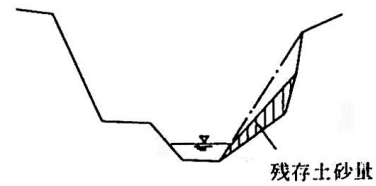
生産土砂量は基準点ごとに、その上流流域を対象として土砂の生産形態別に流域内に生産土砂抑制施設がない状態で算定する。流域内の状況に著しい変化が生じた場合には、必要に応じ改訂する。

【水系砂防編】

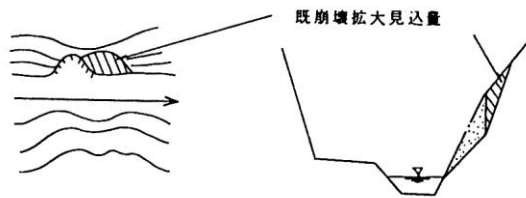
(イ) 山腹及び溪岸の新規崩壊土砂量



(ハ) 既崩壊残存土砂量



(ロ) 既崩壊拡大見込土砂量



(二) 河床堆積物の二次侵食による土砂量

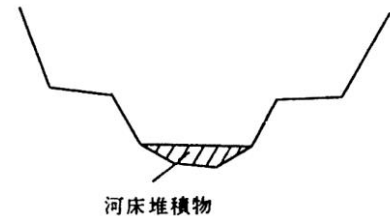


図 I - 2-7 生産土砂量設定の模式図

2.3.2 河道調節量

河道には、勾配、川巾、わん曲、河道延長等により洪水時の流下土砂を一時河道内に貯留し、その後の流水により、土砂を徐々に下流に流下させる機能がある。

この一時貯留される土砂量を河道調節量という。又河道調節量と生産土砂量の百分率を河道調節率といい、

$$\text{河道調節率 } \alpha = \frac{\text{河道調節量}}{\text{生産土砂量}} \times 100 \text{ で表される。}$$

本県では

- ・水系砂防計画：20%
- ・土石流対策計画：0% とする。

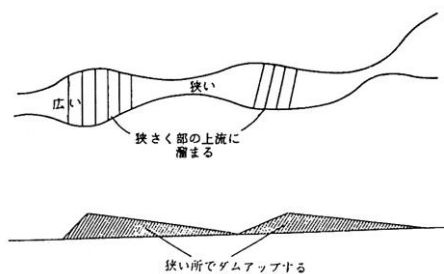
ただし、水系砂防計画の場合で土砂水理学的手法（河床変動計算）により河道調節量を把握する場合は河道特性により基準点間の河道調節率は異なる。

河道の勾配の変化（緩急）が激しく、川巾の狭さく部が多く乱流しており、河道延長が長い場合は多くとり、河道の勾配、川巾がある程度一定であり、わん曲が少なく比較的河道延長が短い場合は少なくとる。

(イ) 勾配の変化点に溜まる



(ロ) 川が狭くなる上流に溜まる



(ク) 湾曲部に溜まる

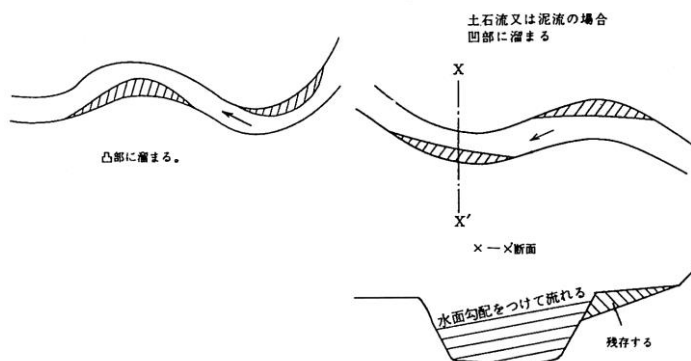


図 I - 2-8 河道特性模式図

2.3.3 計画流出土砂量

計画流出土砂量とは、計画生産土砂量のうち、土石流又は流水の掃流力等により運搬されて計画基準点に流出する土砂量であって、既往の土砂流出、流域の地形、植生の状況、河道の調節力等を考慮して定める。

【解説】

土砂流出の実態解明は、砂防計画に重要な研究課題であって、各地で実態調査が行われているところである。現状では、解明されていない多くの問題があるが、さし当たっての取り扱いとしては、流域に土砂流出防除のための施設がない状態で次のように算定する。

2.3.3.1 土石流区域

土石流区域における計画流出土砂量の算定は、「Ⅱ. 土石流・流木対策編」を参照。

2.3.3.2 掃流区域

掃流区域では、当該計画基準点の直上流の基準点（複数の場合もある）における洪水時の計画流出土砂量に、両計画基準点間の流域の生産土砂量からその間の河道調節量を差し引いた量を加算して定めるものとする。

流域内の代表的な基準点において、計画流量時の土砂の最大輸送可能量が算出されれば、これは計画流出土砂量（最大洪水流砂量）と言える。

掃流区域については、この計画流出土砂量を掃流砂公式によって求めることができる。

【水系砂防編】

その際、河道全区域で矛盾が生じないかどうかの検討を行い、計画流出土砂量を算出する。

流砂量公式には、様々な式が提案されているが、砂防関係において使用頻度の高い Brown 公式と芦田・高橋・水山式を例として示す。

(イ) 掃流力 $\tau_o = \rho g R I = \rho U_*^2$ 摩擦速度 $U_*^2 = g R I$

ρ : 水の密度

g : 重力の加速度

R : 径 深

I : 水面勾配

(ロ) 限界掃流力 $\tau_c = \rho U_{*c}^2$

限界摩擦速度 U_{*c} を求めるには、次の式が一般的である。

・岩垣公式

$$U_{*c}^2 = 80.9d \quad d \geq 0.303 \quad (rd = 2.65 \text{ とする})$$

$$U_{*c}^2 = 134.6^{31/22} \quad 0.303 > d \geq 0.118 \quad (\quad \quad \quad)$$

d : 砂礫の平均粒径 rd : 砂礫の比重

(ハ) 流砂量公式

①Brown 公式 $q_B = 10 \cdot U_* d \left\{ \frac{U_*^2}{(\sigma/\rho - 1)g \cdot d} \right\}^2 \quad (cm^3 / sec / cm)$

②芦田・高橋・水山式

$$\frac{q_B}{\sqrt{(\sigma/\rho - 1) \cdot g \cdot dm^3}} = \frac{12 - 24\sqrt{\tan\theta}}{\cos\theta} \tau_*^{(1.5 - \sqrt{\tan\theta})} \cdot \left[1 - \alpha^2 \cdot \frac{\tau_{*c}}{\tau_*} \right] \left[1 - \alpha \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}} \right]$$

ここに、 $\tan\theta$: 河床勾配

τ_* : 掃流力の無次元表示

σ : 下式によりにより求められる定数

$$\alpha = \frac{2 \left[\mu f - \frac{s}{s-1} \tan\theta \right]}{1 - \frac{s}{s-1} \tan\theta}$$

μf : 粒子の動摩擦係数 (0.425)

s : 砂礫の比重 (σ/ρ)

τ_{*c} : 限界掃流力の無次元表示

対象流域内での掃流砂量算出に関する諸情報が無く、かつ地すべり型大規模崩壊の発生が予想されない場合は、次の値を参考に定めてもよい。

掃流区域（標準流域面積 10 km²，年超過確率 1/50 の場合，1/100 の場合は倍とする）

- 1) 花崗岩地帯 45,000～60 000 m³/km²/1 洪水
- 2) 火山噴出物地帯 60,000～80 000
- 3) 第 3 紀層地帯 40,000～50 000
- 4) 破碎帯地帯 100,000～125 000
- 5) その他の地帯 20,000～30 000

流域面積が標準の 10 倍の場合には数値は 0.5 倍，1/10 倍の場合は 3 倍程度として用いることができる（建設省河川局砂防部調べ）。

貯水池上流河川、あるいは流出土砂が多く平年においても土砂害を生ずる河川では、計画年平均流出土砂量を用いる場合がある。計画年平均流出土砂量とは、数年間の年間流出土砂量の累計をその累計年で除したものであり、貯水池の堆砂量測定資料、あるいは河床変動資料を参考にし、て定める。

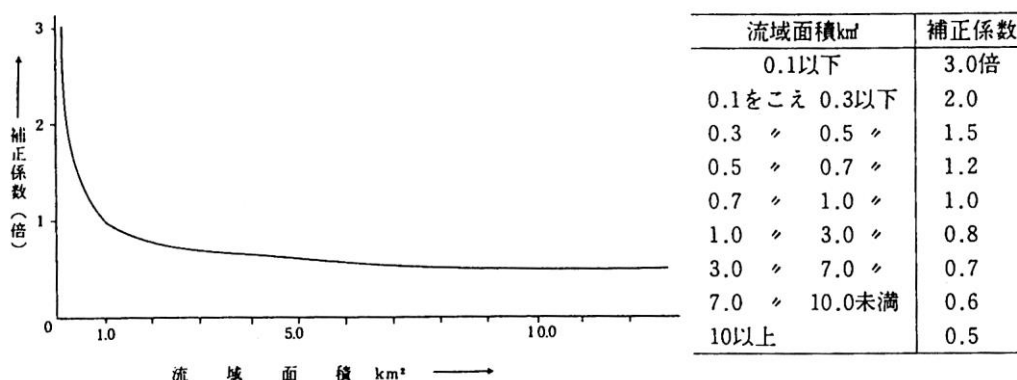


図 I - 2-9 流域面積による比流出土砂量の補正

砂防基本計画等流出土砂量の資料があるものは利用するものとし、資料の無い場合は 30,000m³/km/1 洪水としてよい。

【水系砂防編】

2.3.4 計画許容流砂量

計画許容流砂量とは、計画基準点から下流河川等に対して無害、かつ必要な土砂として流送すべき量であり、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して河道の現況及びその計画に基づいて定めるものとする。

掃流区域で基準点が複数ある場合は、計画許容流砂量は上下流間において整合のとれたものとしなければならない。

【解説】

許容流砂量とは、計画基準点から下流河川等に対して無害かつ必要な土砂として流送すべき量である。許容流砂量の決定にあたっては、水系を一貫して眺め河道および流域の状況、海岸等への影響を総合的に考慮する。水系内に基準点が複数あれば、相互の許容流砂量は技術的効果的に調和のとれたものにする。

許容流砂量の決定にあたっては、つぎの事項を考慮する。

- イ) 下流の河川計画
- ロ) 流水の掃流力
- ハ) 流出土砂の粒径
- ニ) 保全対象地域の被害状況

許容流砂量には、計画流出土砂量の種類により次の2種類がある。

- イ) 最大洪水流砂量（計画流出土砂量）を流出土砂量とする場合→洪水時許容流砂量
- ロ) 年平均流砂量を流出土砂量とする場合→年平均許容流砂量

一般に許容流砂量は、最大洪水流砂量（計画流出土砂量）の5%～15%といわれており下流河川の状況により決定する。許容流砂量決定の基礎となるものは、計画基準点より下流河道の水深、勾配、礫径、川幅等である。河道の水深が深く、勾配が急であり、礫径が小さい場合は15%をとり、逆の場合は5%で算出する例が多い。

又、許容流砂量決定には、流砂量公式（第3章第1節3-3参照）により求める場合もある。これは洪水流量と流出土砂量の関係が明確な場合、ある程度精度のあるものを求めることが出来る。

- ・水系砂防計画：許容流砂量は計画流出土砂量の10%とする。
- ・土石流対策計画＝許容流砂量は見込まない

表 I-2-1 許容流砂量の考え方

定義者等	定義	解説
木村弘太郎 (「新砂防」砂防計画の発展とあゆみ)	洪水時に流れてもよい土砂量	下流河床の変化を調べる(河川担当者に決定させる)とか、洪水流量曲線のピーク時の流量の何割と推定するとかして決定する(最大流砂量の2割内外)
矢野義男 (「砂防調査及計画」土木ライブラリー2)	$QT = \lambda Q^{1.9} + \frac{B}{H} Q^2$ で与えられる流砂量	この値は限界流砂量で、したがって流水に含まれる流量の飽和状態の値
佐藤清一 (「河道の設計について」土木学会誌 42-4)	$\frac{\partial \theta T}{\partial x} = 0$ という条件のもとでの計画浮遊流砂量	許容流砂量という言葉は使っていないが、浮遊流砂量=許容流砂量と考えられる。
谷 勲 (「わが国における山地の荒廃と砂防計画」水利科学 No. 19)	砂防堰堤の調節量のなしくずしの流下量	調節された土砂は、その後の流水で除々に許容流砂量となって下流に流下するので、したがって言いかえれば、許容流砂量となるべき土砂量が一時砂防堰堤上流に調節量として貯留され、その後除々に許容流砂量に移行していく。
柿 徳市 (「流砂量と砂防計画について」新砂防, 31)	下流平地河川の年間総流出量の比を求めて計算する。	すなわち、年平均含砂率を求めてこれによって計算される年間の平均掃流土砂量を許容流送土砂量の一つの指標と考えている。
西畑勇夫 (「河道計画における流送土砂の問題」新砂防, 95)	下流に適正な掃流土砂量を供給して土砂による災害を軽減すること。	砂防施設計画立案のためには(山地の生産土砂量の推定)安全な流下量をふまえてその均衡をはかるべきもの。
矢野勝正 (「砂防工学の研究課題」新砂防, 23)	下流に流すために必要な土砂量	許容とか無害とかいった観念ではなく、総合砂防の観点から必要流送土砂量をいうものである。
打萩珠男 (「砂防計画について」新砂防, 77)	水理的総流砂量	水理的運搬量+安全河道調節量
平尾公一	許容流砂量=許容河床変動量、許容土砂濃度	土砂害の実態をふまえて社会経済的に許容し得るかにより決められたもの。

建設省中部地建河川計画課：許容流砂量について 1977

【水系砂防編】

2.3.5 計画超過土砂量

計画超過土砂量は、砂防基本計画における土砂処理の計画の対象となる土量であり、基準点ごとに計画流出土砂量から、計画許容流砂量を差し引いた量で定める。

【解説】

計画超過土砂量は、貯水池上流においては浮遊土砂を含めた量で設定され、計画年平均許容流砂量（ダムの計画堆砂量）を差し引いた計画年平均超過土砂量を採用するものとする。

第3節 砂防基本計画の作成

3.1 計画作成の基本

砂防基本計画は、土砂処理の対象となる計画超過土砂量を合理的かつ効果的に処理するために策定するものであり、土石流危険渓流や土石流区域を対象とする

土石流対策計画とそれ以外の流域（掃流区域：河床勾配 2 度未満）を対象とする流砂調節計画（水系砂防計画）より成る。

土石流対策計画、流砂調整計画（水系砂防計画）はそれぞれ土砂生産抑制計画、流出土砂抑制計画、流出土砂調節計画より成る。これ等の計画はいずれも相互に関連するものである。

【解 説】

砂防基本計画は、土石流等による災害を防止するための土石流対策計画及び掃流区域における流砂に起因する災害を防止するための流砂調整計画（水系砂防計画）より成る。

両計画における土砂処理の計画は、当該基準点の上流域から直上流の基準点（複数の場合もある）の上流域を除いた、両基準点間の流域を対象に、次式より計画生産抑制土砂量、計画流出抑制土砂量、計画流出調節土砂量を定めて行うものとする（図 3-2-1 参照）。

$$E = (Q + A - B)(1 - \alpha) - C - D$$

E : 計画許容流砂量

Q : 当該基準点の直上流の基準点（複数の場合もある）における洪水の計画流出土砂量

A : 計画生産土砂量

B : 計画生産抑制土砂量

α : 河道調節土砂量の $(Q + A - B)$ に対する割合

C : 計画流出抑制土砂量

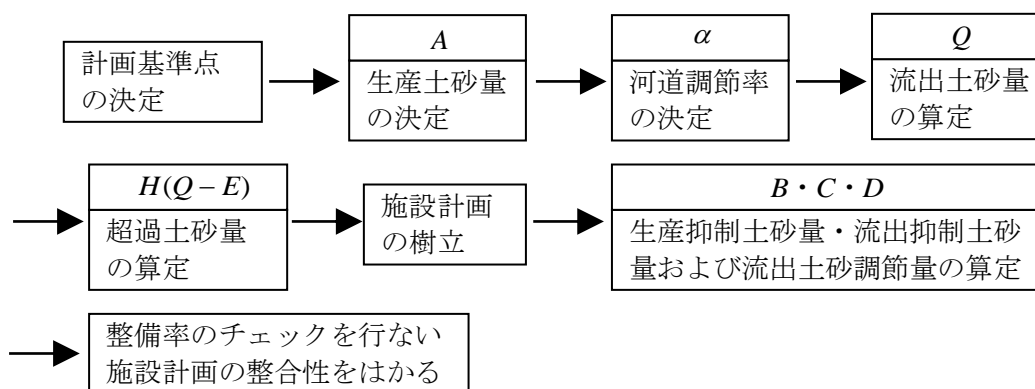
D : 計画流出調節土砂量

流出土砂抑制計画は流出土砂を貯留してその流出を抑制する砂防堰堤等の機能を評価するもので、堆砂によってその機能は失われることになる。したがって、その回復を必要とする場合を砂防基本計画に組み込んでおかねばならない。

流砂調整計画は、流砂量だけでなく、流砂の粒径の調整をも含んだものであって、河道における堆積土砂の粒度分布等の現況調査資料、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して河道の現況及びその計画と整合するよう定めるものとする。

これ等の計画の中には流木による災害の増大に対処するため流木対策を含めて定める必要がある。

3.1.1 計画策定の基本方針

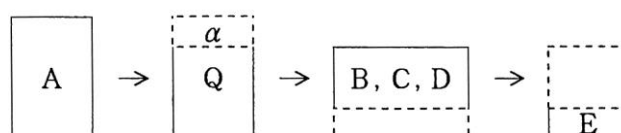


基本計画作成のフローチャート

なお、基準点が複数の場合、生産土砂量は $A + Q'$ となる。

Q' : 上流からの流入土砂量

E : 許容流砂量



3.1.2 計画基準点

原則として砂防計画区域の最下流点および河川計画との関連地点、土石流区域と掃流区域の境界地点などその地域的特性を考慮して、必要な地点に設けるものとする。

【解説】

具体的には、第2章、第1節、1.1 計画基準点の設定の項に示した。

3.1.3 計画の規模

計画の規模は、計画降雨量の年超過確率で評価するものとし、降雨量の年超過確率は砂防堰堤工については、1/100、溪流保全工については、1/50 程度とする。

3.1.4 計画流出土砂量

水系砂防対策では、流域内に土石流区域、掃流区域が存在するのが一般的であることから、区域ごとにそれぞれ土石流、掃流に応じた計画流出土砂量を把握する必要がある。

【水系砂防編】

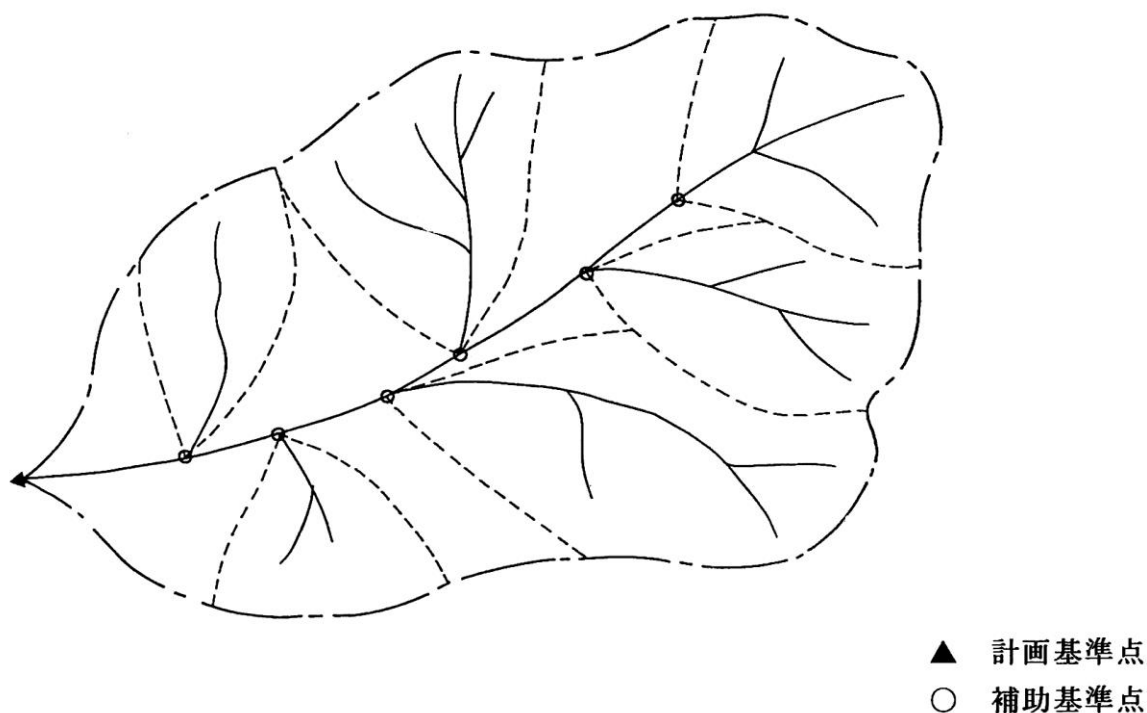


図 I - 2-11 流域水系網図と基準点

【解説】

図 I - 2-12 に示すように補助基準点を設け、補助基準点ごとに本川河道へ流出する流出土砂量を算出する必要がある。

土石流区域、掃流区域における計画流出土砂量の算出方法については、それぞれ「Ⅱ土石流・流木対策編」第3節3.1の項及び第2章第1節1.3.3.2掃流区域の項に示した。

3.2 土砂生産抑制計画

土砂生産抑制計画は、降雨等による山崩れ、地すべり、河床・河岸の侵食等を抑制することによって生産源地域の荒廃を復旧し、更に新規荒廃の発生を防止するとともに、有害な土砂の生産を抑制するための計画であって、計画の策定に当たっては、生産源の状況、土砂の生産形態、土砂の流出形態、保全対象地区等を考慮して計画生産抑制土砂量を砂防堰堤、溪流保全工、山腹工等に合理的に配分するものとする。

【解説】

土砂生産抑制計画は、山崩れ、溪流・溪流の侵食等を直接抑制することによって生産源地域の荒廃を復旧し、さらに新規荒廃の発生を防止するとともに有害な土砂の生産を抑制するための計画である。

生産源の状況、土砂の生産形態、土砂の流出形態、保全対象区域等を考慮し、砂防堰堤工、溪流保全工、護岸工、山腹工等を合理的に配分する。

【水系砂防編】

現地を詳細に調査した結果により、生産土砂量（溪床不安定土砂量）を算出する場合は、施設による抑制量はその区間で生産土砂量が評価されている場合のみ土砂生産抑制量を考慮する。

また、一般の溪流で 1km² 当りで生産土砂量（扞止量）を算出している場合には次の方法で生産抑制量を算出してもよい。ただし、生産抑制量（扞止量）が生産土砂量より多くなることはありえないので注意する。

なお、生産抑制量には以下のものがある。

①砂防堰堤工、床固工による抑制量（ B_1 ）

②溪流保全工による抑制量（ B_2 ）

③護岸工による抑制量（ B_3 ）

④山腹工による抑制量（ B_4 ）

⑤治山施設による抑制量

なお、砂防堰堤および砂溜工の流出土砂抑制量は、実測の横断面図がある場合とない場合で次のようにするものとする。

実測による 計画段階で実測横断面図があるもの

既設砂防堰堤で実測による過去の資料があるもの

推定式による 計画段階で実測横断面図が無いもの

全体計画で実測データの無いものあるいは無い部分

既設砂防堰堤で実測による過去の資料が無いもの

①砂防堰堤工、床固工による抑制量（ B_1 ）

（イ）縦断方向については、現河床勾配の 1/2 勾配（計画推砂勾配）までの河床推積物および溪岸に連続した山腹の崩壊見込量を扞止する。

（ロ）横断方向については、計画貯砂高程度までの河床推積物および山腹の崩壊見込み量を扞止する。

（ハ）土石流域における計画土石流発生抑制量については「Ⅱ土石流・流木対策編」第 4 節 4.4 計画発生（流出）抑制量に示す。

【水系砂防編】

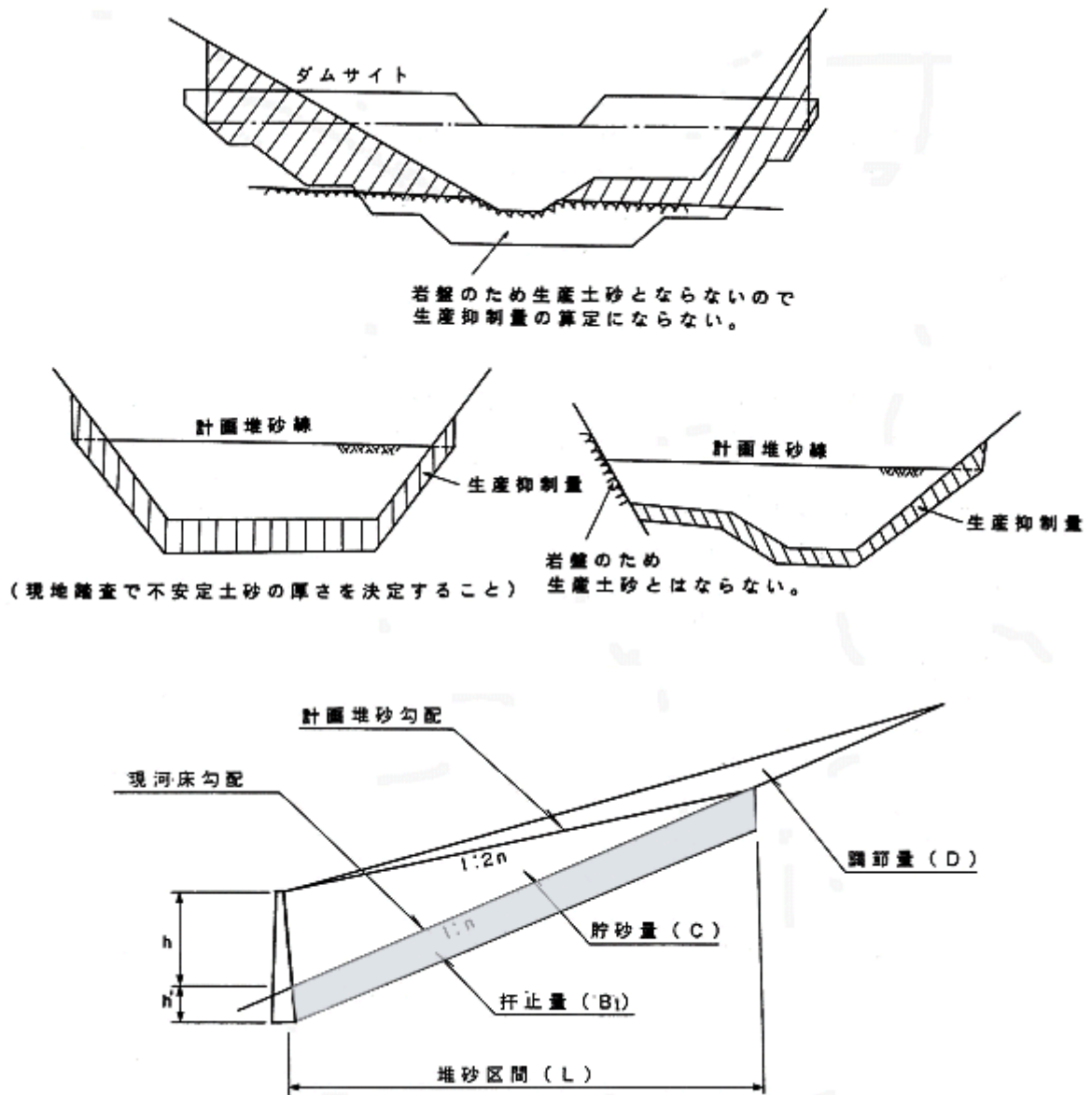


図 I - 2-13 砂防堰堤による生産抑制量 (扞止量…掃流区間)

従って、扞止量 (計画生産抑制土砂量) は、砂防堰堤推砂域に推積した土砂により、河床に推積している不安定土砂の 2 次移動を防げるものであり、実測横断面図 (20m ピッチ程度) がある場合には、この横断面図により扞止量を求め、無い場合には下式により算定する。

$$B_1 = b \cdot h' \cdot 2 \cdot n \cdot h$$

B_1 : 抑制量

b : 平均侵食幅

n : 現河床勾配 (1 : n の n)

h : 砂防堰堤有効高

h' : 不安定土砂厚 (溪床推積土砂厚)

② 溪流保全工による抑制量 (B_2)

(イ) 溪流保全工計画の前提

溪流保全工を計画する場合、一般的には河川上流部の荒廃状況を検討する必要がある。「建設省河川砂防技術基準（案）計画編」では次のように定められている。

- ・ 上流の砂防工事（砂防堰堤などの土砂調節効果をもつ工事）が未施工の場合
…溪流保全工の着手には時期尚早
- ・ 上流の砂防工事が施工中の場合…計画流出土砂量に対し、50%以上、上流の砂防工事による整備が完了した場合には、溪流保全工の計画・施工をすることは可
- ・ 上流の砂防工事が概成している場合…溪流保全工の計画・施工は可

(ロ) 溪流保全工による抑制量

溪流保全工による抑制量は溪流保全工設置区間内で評価される計画流出土砂量（溪床不安定土砂量）を上回らないものとし、下式により算出する。

$$B_2 = b \cdot h' \cdot L_1$$

B_2 : 抑制量

b : 平均侵食幅（流路工幅）

h' : 不安定土砂厚（溪床推積土砂厚）

L : 溪流保全工長

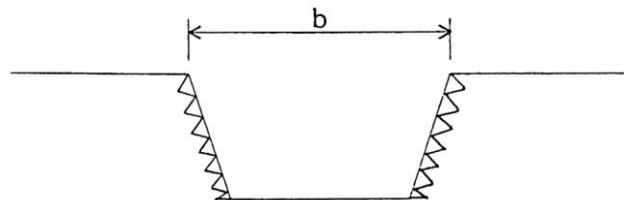
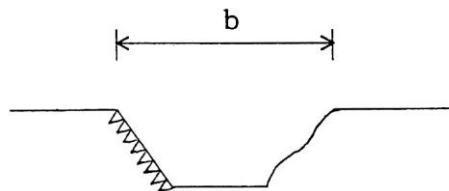


図 I - 2-14 溪流保全工模式図

③ 護岸工による抑制量 (B_3)



$$B_3 = \frac{1}{2} \times (b \times h' \times L)$$

B_3 : 抑制量

h' : 不安定土砂厚

L : 護岸工長

図 I - 2-15 護岸工模式図

注) W の代わりに W_1 を使用することも多い。

【水系砂防編】

④山腹工による抑制量（ B_4 ）

工事施工面積に表層厚（現場判断する。標準としては1.0～2.0m）を乗ずる。

⑤治山施設による抑制量

砂防施設による場合に準じる。

3.3 流出土砂抑制計画

流出土砂抑制計画は、有害な流出土砂を砂防施設に貯留してその流出を抑制するための計画であって、計画の策定に当たっては土砂の流出形態、保全対象地区、地形、河床勾配、計画超過土砂量及び粒径、河道等の荒廃状況、砂防施設の土砂捕捉機能等を考慮して、計画流出抑制土砂量を砂防堰堤、砂溜工の計画貯砂量に合理的に配分するものとする。

【解説】

流出土砂抑制計画は有害な流出土砂を砂防施設に貯留して、土砂の流出を防ぐ計画であり、砂防堰堤・砂溜工等により、流出土砂を合理的に配分する。なお、土石流対策砂防堰堤は除石工を含めて計画する。

(イ) 砂防堰堤……計画堆砂勾配は現河床勾配の1/2程度とし、20mピッチの横断面図により算出することを原則とするが、以下の簡便式によってもよい。

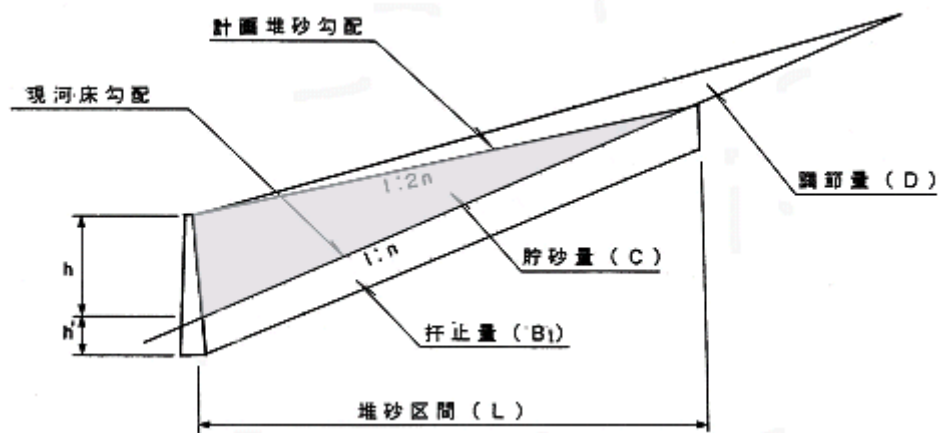


図 I - 2-16 砂防堰堤による流出土砂抑制量（貯砂量）

①貯砂量の算出

・溪流の横断面を梯形とした場合の貯砂量

$$\text{貯砂量 } C = \frac{1}{2} \frac{m \cdot n}{m - n} \left\{ b + \frac{1}{3} (m' + n') h \right\} h^2$$

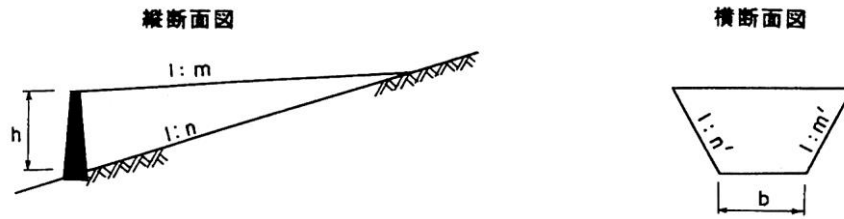


図 I - 2-17 貯砂量算定模式図

1:n : 河床勾配
 1:m : 計画堆砂勾配
 b : 平均河床幅
 n', m' : 左右岩の勾配

・ $m = 2 \cdot n$ とした場合の貯砂量

$$\text{貯砂量 } C = n \cdot B \cdot h^2$$

$$a, b = b, c = h$$

c, d Level

d, b を結ぶと 1 : m となる

$$m = 2 \cdot n$$

B を平均幅とし、短形とすると

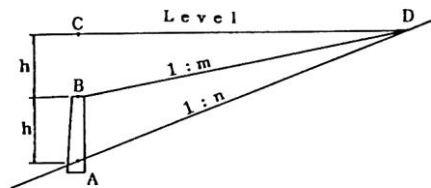


図 I - 2-18 貯砂量算定模式図

(ロ) 砂溜工……実測横断面図により求める。

流出土砂抑制量は貯砂量とも言われている。

3.4 流出土砂調節計画

流出土砂調節計画は、有害な流出土砂を砂防施設に一時的に貯留して、その後の流水によって安全に下流に流下させる量の調節のほか、流出土砂の粒径を調節するための計画であって、計画の策定に当たっては、土砂流出の形態、量、粒径、河道の現況及びその計画、保全対象地区等を考慮して、計画流出調節土砂を砂防堰堤等に合理的に配分するものとする。

【解 説】

流出土砂調節計画は、有害な土砂を砂防施設に一時的に貯溜して、その後の流水によって土砂を安全に流下させる調節機能のほか、流出土砂の粒径を調節する計画である。水抜孔の大きさ、配置を工夫したり砂防堰堤の水通しにスリットを設けたりするなどして、その機能の増大を図る。

【水系砂防編】

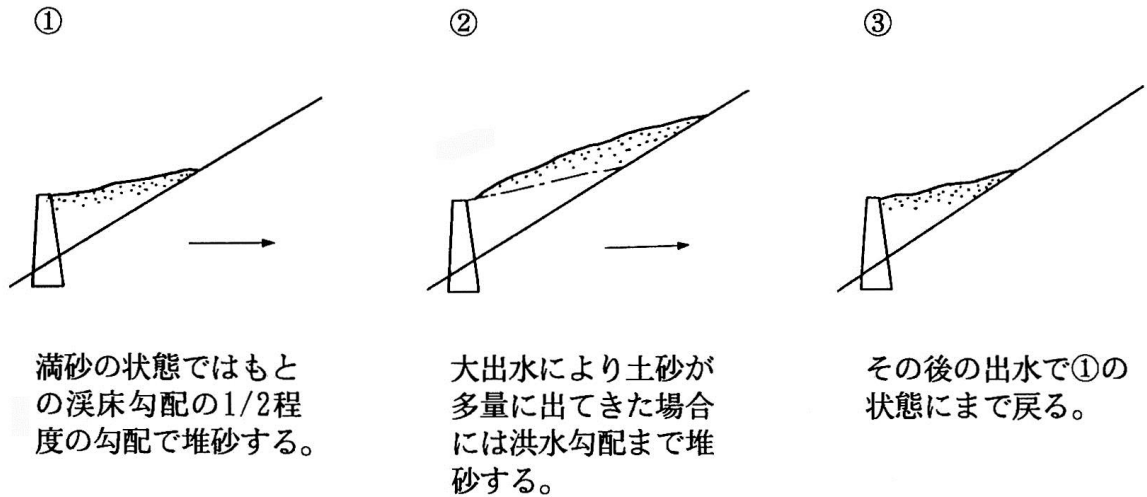


図 I - 2-19 砂防堰堤の調節機能

流出土砂調節量（調節量）は、原則として貯砂量の10%とする。

また、土石流区域における計画捕捉量は「Ⅱ. 土石流・流木対策編」第4節4.2にて示してある。

なお、簡便式により算定する場合は、計画堆砂勾配を現溪床勾配の2/3勾配とし、平常時堆砂勾配は、現溪床勾配の1/2勾配として下式により算定する。

(土石流区域) $D = \frac{1}{2} \cdot B \cdot h \cdot 3nh - \frac{1}{2} \cdot B \cdot h \cdot 2nh = 0.5nBh^2$ (除石無)

$D = \frac{1}{2} \cdot B \cdot h \cdot 3nh = 1.5nBh^2$ (除石有)

(掃流区域) $D = 0.1nBh^2$

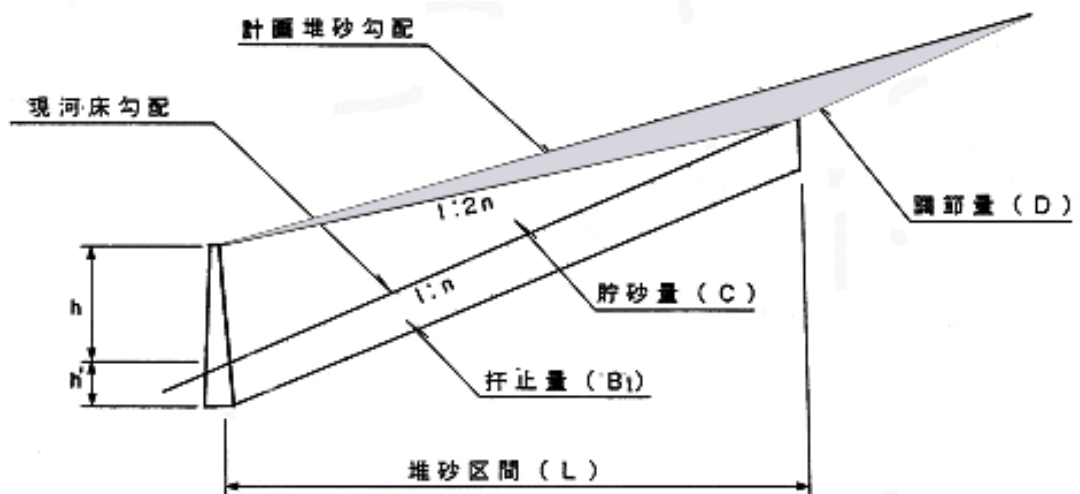


図 I - 2-20 砂防堰堤による流出土砂量説量（調節量）

3.5 整備率

整備率は貯砂能力を無視し、溪流のその地点での施設による整備状況を把握するものであり、暫定整備率は貯砂量を考慮して、その地点での計画等の安全性を検討するものである。

整備率は次の式により算出する。

$$(イ) \text{ 整備率} = \frac{\text{整備土砂量 (O)}}{\text{超過土砂量 (P)}} = \frac{\text{扞止量}\{B \cdot (1-\alpha)\} + \text{調節量 (D)}}{\text{流出土砂量 (Q)} - \text{許容流砂量 (E)}}$$

$$(ロ) \text{ 暫定整備率} = \frac{\text{暫定整備土砂量 (R)}}{\text{超過土砂量 (P)}} \\ = \frac{\text{扞止量}\{B \cdot (1-\alpha)\} + \text{調節量 (D)} + \text{貯砂量 (C)}}{\text{流出土砂量 (Q)} - \text{許容流砂量 (E)}}$$

$$(ハ) \text{ 土石流整備率} = \frac{\text{整備土砂量 (O)}}{\text{超過土砂量 (P)}} \text{ 又は } \frac{\text{暫定整備土砂量 (R)}}{\text{超過土砂量 (P)}} \\ = \frac{\text{扞止量}\{B \cdot (1-\alpha)\} + (\text{貯砂量 (C)}) + \text{調節量 (D)}}{\text{流出土砂量 (Q)}}$$

(注 1) 除石を行う場合のみ、その機能回復量として見込む（この場合に限り、暫定整備土砂量 (R) を用いる）。

α は河道調節率である。

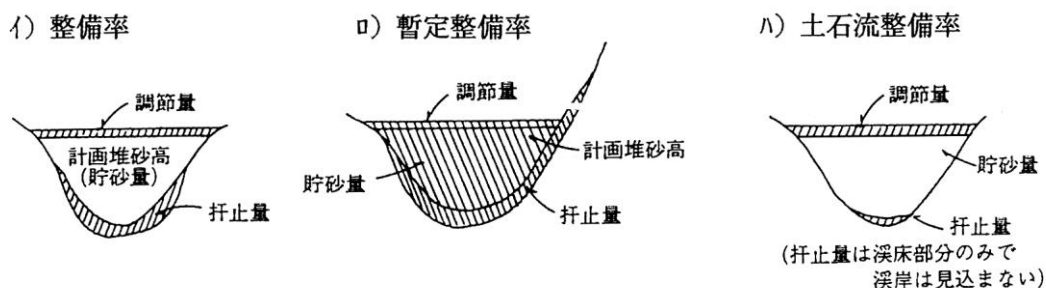


図 I - 2-21 整備率の概念図

一般に砂防施設の計画に際しては、整備率の目標が必要であり、従来から埼玉県で使用されてきた目標整備率設定基準に従うものとし、その基準を下の表 I - 2-2 に示す。

表 I - 2-3 目標整備率設定基準

階段	対象溪流	目標整備率	記 事
1	全 溪 流	50%以上	流路工計画の次期については上流の整備率が50%以上となった時期としている。
2	水系砂防 } 溪流 土石流相当 }	最終目標 70%以上	水系砂防・土石流相当溪流としては現実的には70%以上の整備率で概成とする。
	土石流危険溪流 指定済・ 未指定のもの	最終目標 100%	土石流危険溪流としては、極めて重要性が高いため100%の整備率で既成とする。

3.6 砂防施設配置計画

砂防施設の計画は、災害の原因となる土砂の生産・移動現象を制御するため、流域の自然的・社会的条件に応じた各種の砂防施設の組み合わせと配置を、それぞれの施設の機能が十分発揮されるようにする。

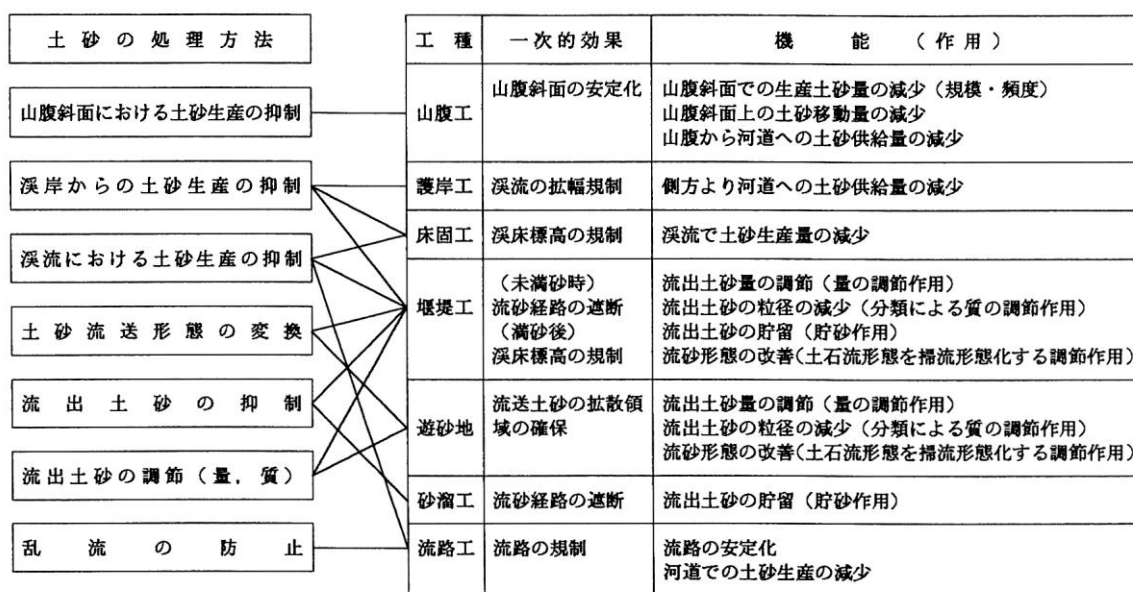


図 I - 2-22 土砂の処理方法と砂防施設

個々の砂防施設は、図 I - 2-22 土砂の処理方法と砂防施設に示されるような機能を有するが、流域の諸条件に応じて各種の施設を相互に組み合わせて配置することにより、はじめて流域全体の土砂の生産・移動現象の制御が可能になる。

砂防事業は、一般に全体計画が完了するまでに長期間の工期を必要とする事業で、この事業実施途中で発生する災害に対しても考慮されなければならない。

従って、一般には、事業着手の当初においては、貯砂容量の大きい数基の砂防堰堤を河川改修区域に近い所から順次上流に施工して、これらの砂防堰堤の貯砂効果を期待しながら、上流域での土砂の生産抑制工および下流の溪流保全工の施工を進める手順が取られる。

3.6.1 砂防施設配置計画実施の順位

着手順序

- (1) A流域において、地すべり性巨大崩壊地があり、溪流に不安定土砂が著しく堆積しており、これが土石流となって下流へ流下した場合保全対象に災害をもたらす恐れがある。従って第1号砂防堰堤を最初に着手する。
- (2) B流域、C流域とも同様に荒廃しており、上流の有害土砂をとめる必要がある。最も効果的にとめられる第2号砂防堰堤に着手する。
- (3) C流域に最近崩壊が発生し、不安定土砂が推積しているため次に第3号砂防堰堤に着手する。
- (4) D流域の溪流は、乱流侵食により、災害を受けているので上流部の整備状況を見て、まず第4号砂防堰堤に着手し、上流域の土砂整備率が50%を超えたので、次に溪流保全工に着手する。
- (5) C流域の山腹工かB流域の第6号砂防堰堤に着手するかは流域状況を考慮して決める。

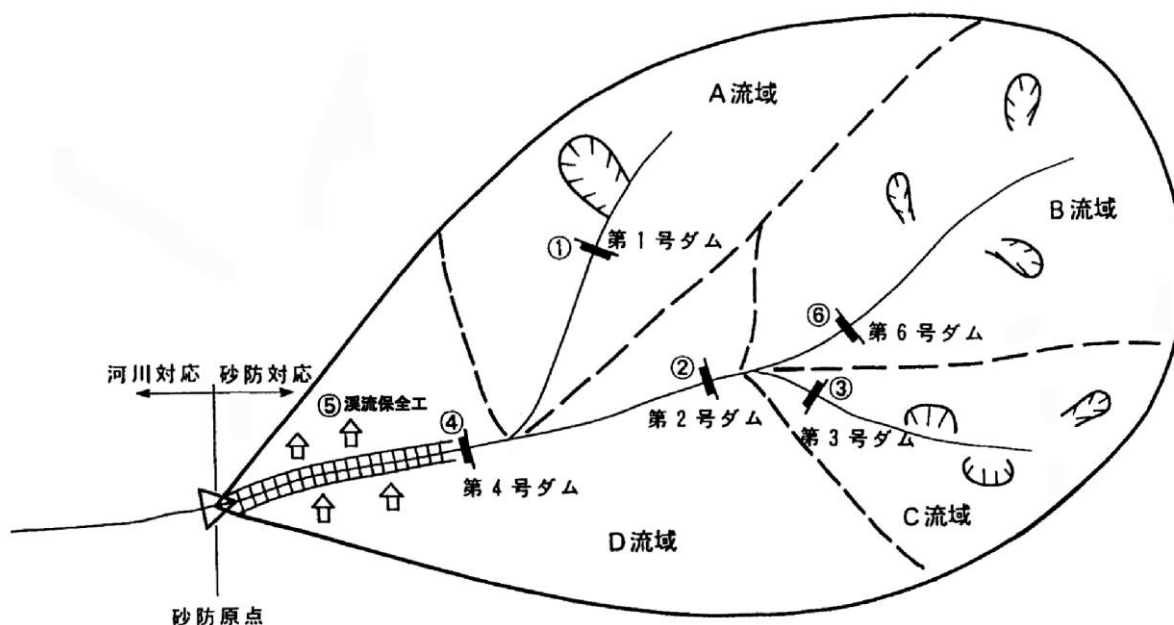


図 I - 2-23 砂防施設配置計画のイメージ

【水系砂防編】

第4節 水系における流木対策計画

4.1 総説

我国では、一般に山地溪流の流域は森林で覆われている場合が多い。このような所で崩壊等により土砂が発生・流下する場合には、必然的に流木も発生・流下する。これらの土砂とともに発生・流下する多量の流木は、溪流や河道を流下する際に狭窄部や橋梁、ボックスカルバート等に詰まり土砂等の氾濫を引き起こしたり、橋桁を流失させて人命、人家、道路等に多大な被害を与える場合がある。

このような災害例は、流木が土砂と共に流出する場合特に著しく、流木対策は土砂災害対策の一環として行う必要がある。

流木対策は、土砂の生産、流出にともなう流木の発生・流出が予想される溪流を対象として、土砂とともに流出する流木による災害から生命、財産、生活環境および自然環境を守ることを目的として行うものである。

次頁の図 I - 2-24 に流木対策の全体の流れを示す。

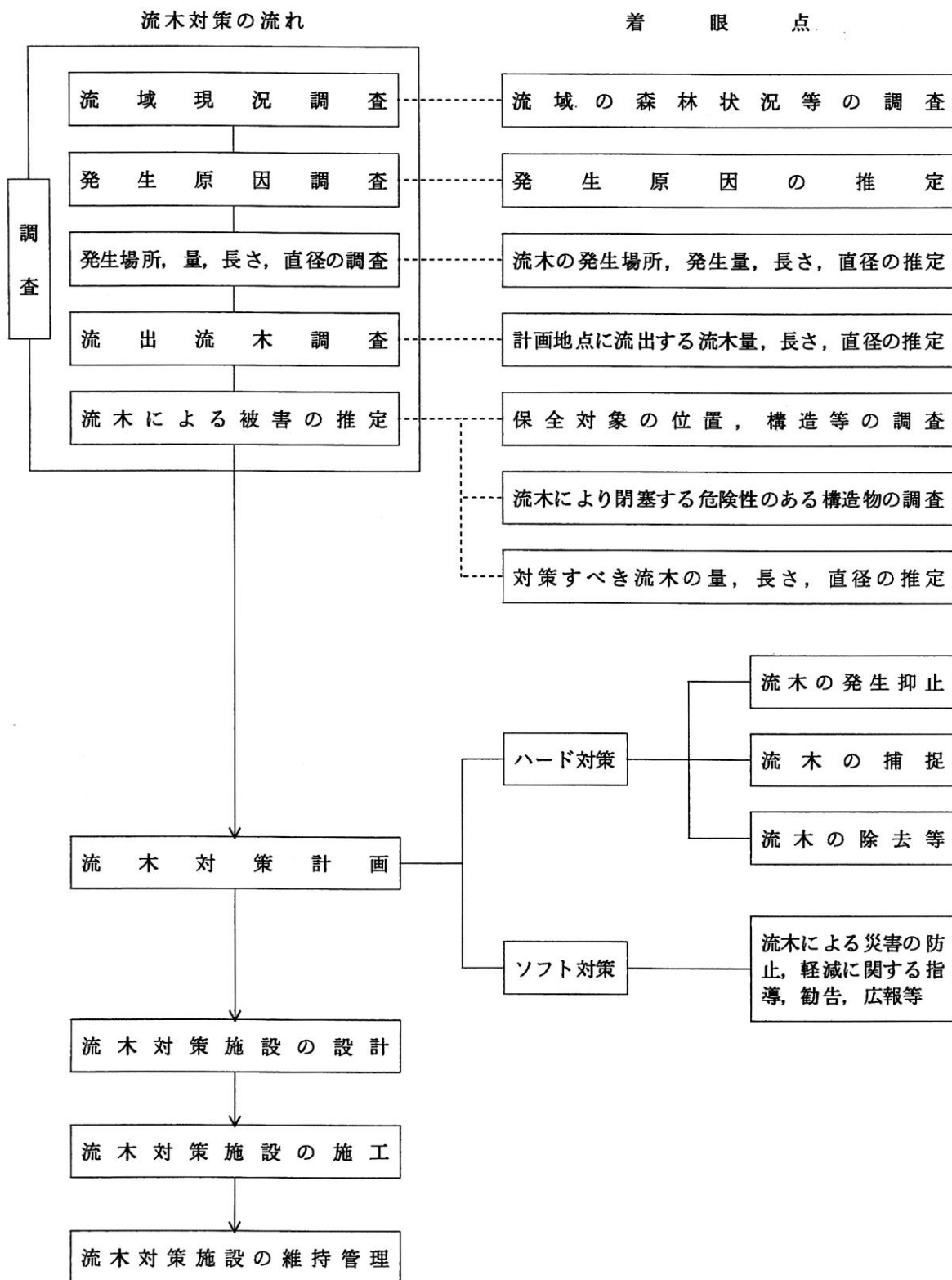


図 I - 2-24 流木対策の流れ

【水系砂防編】

4.2 流木対策の基本

4.2.1 流木対策の対象溪流

砂防事業における流木対策は、土砂とともに流出する流木による災害の防止・軽減のため、砂防事業対象溪流の内、流木対策を必要とする溪流を対象に行う。

流木対策を必要とする溪流とは、土砂の生産にともない流木の発生が予想される溪流で、土砂とともに流出する流木による災害の発生の恐れがある溪流とする。

4.2.2 流木対策の基本

流木対策の基本は、下流で被害を与える恐れのある土砂とともに流出する流木を砂防事業対象溪流内で抑止することである。

流木の抑止とは、土砂とともに流出する流木の発生を防ぐこと、および土砂とともに流出する流木を捕捉・推積させて下流への流下を防ぐことをいう。

4.2.3 計画流木量

流木対策の計画にあたっては、砂防計画基準点等に土砂とともに流出する流木量を地形、地質、林相、過去の記録、現地調査等により、総合的に決定するものとする。

計画流木量は実立積で表現するものとし、流域に土砂と流木の発生抑止、流出土砂の貯砂・調節および流木捕捉のための施設が無い状態で想定する。

計画流木量の想定においては、斜面崩壊・溪岸崩壊等の発生が予想される山腹や谷筋の樹林の樹種、材齢、材積等の構成が定常的に推移すると判定できる場合は、流域現況調査資料と砂防計画の新規崩壊面積（新規山腹崩壊面積＋新規溪岸崩壊面積等）から想定する。樹林の構成によっては、流域現況調査資料の代わりに、地方別に定められる樹種別基準立木量を参考としてもよい。

4.3 流木対策のための調査

「Ⅱ. 土石流・流木対策編」を参照。

4.4 流木対策計画

土砂とともに流出する流木の対策には、施設による対策と施設によらない対策があるが、原則として施設による対策を基本とする。

施設による対策には、大別して流木の発生防止を目的とするもの（流木発生抑止）と、発生した流木を溪流や河道で捕捉して下流への流出の防止を目的とするもの（流木捕捉）とがあり、これらの施設は、流出土砂対策のための施設と密接な関連を持つ。施設によらない対策には警戒・避難体制の整備等がある。

(1) 流木対策施設

流木対策施設は、土砂の発生や流下形態に応じた流木の挙動を考慮したものでなければならない。

流木発生抑止のための施設には、主に崩壊地あるいは土石流が発生・流下・堆積する区間（以下、土石流区間という）に設ける斜面安定工、護岸工、床固工、砂防堰堤工等と、主に溪流の土砂が掃流状態で運搬される区間（以下、掃流区間という）に設ける溪流保全工、護岸工等がある。

流木捕捉のための施設には、主に土石流区間に設ける透過型砂防堰堤工、部分透過型砂防堰堤工等と、おもに掃流区間に設ける不透過型砂防堰堤＋流木止め工（副砂防堰堤等に設置）、透過型砂防堰堤工、遊砂地（砂溜工を含む）＋流木止め工等がある。

なお、図 I - 2-25 に一般的な流木対策施設の種類を示す。

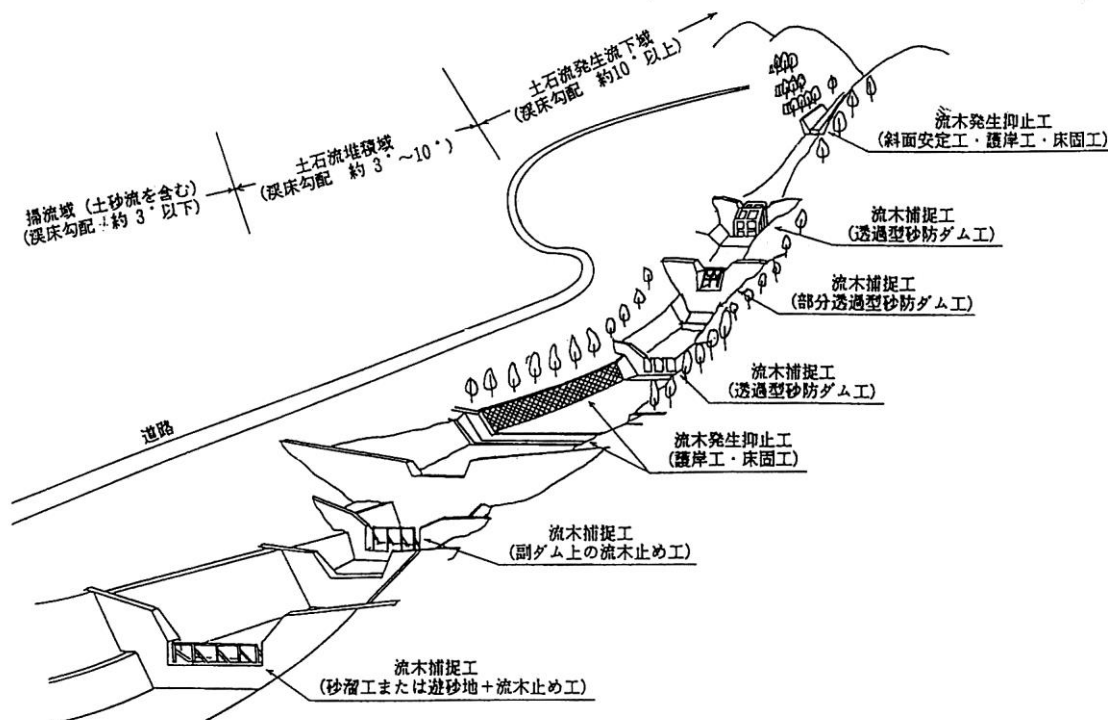


図 I - 2-26 流木対策施設の種類

【水系砂防編】

4.4.1 流木対策施設の計画

(1) 流木発生抑止工

流木発生抑止工は、溪岸、溪床等を保護して土砂の生産を防止することにより、流木の発生を防止するものであり、土砂および流木の発生源に計画する。

これらの施設は砂防計画で対象とする土砂の生産防止のための施設と整合するように計画することが重要である。

(2) 流木捕捉工

流木捕捉工は、土砂とともに流下する流木を捕捉するものである。土石流区間と掃流区間とは、施設の捕捉機能に違いがあることに注意して計画する。

土石流区間では、流木も土石流の一部とみなして透過型砂防堰堤あるいは部分透過型砂防堰堤工等により土砂と流木を同時に捕捉する。

下流の掃流区間へ流下する流木や、下流域で発生する流木は、砂溜工等と組み合わせた流木止め工や砂防堰堤の副砂防堰堤等に設置した流木止め工等により捕捉する。

(3) 流木捕捉工の効果量

土石流の発生・流下・推積区間において土石流とともに流下する流木を捕捉するための流木捕捉工の効果量は、「Ⅱ.土石流・流木対策編」を参照のこと。

掃流区間に設ける流木捕捉工の場合、流木止めにより捕捉される流木の量は、堆積木相互に隙間はあるが施設の付近ではある程度の重なりがあることを考慮して、堆砂面を流木が（一層で）全て覆いつくすものとして算定する。一方、捕捉される流木の投影面積は、流木の平均長さ（ λ_{av} ）×流木の平均直径（ d_{av} ）の合計により算定される。

これらにより、計画対象流木捕捉量を捕捉するために必要な流木止め上流の堆砂地、または湛水池の面積（ A_d ）は、次式により推定する。

$$A_d \cong \sum (\lambda_{av} \times d_{av})$$

このとき、推砂地または湛水池に堆積する流木実立積（ V_{r2} ）は、

$$V_{r2} \doteq A_d \cdot d_{av}$$

とする。

(4) 流木捕捉施設の規模

流木捕捉施設については、計画流木量から既設砂防施設の流木抑止量（流木流出率×発生抑止量+捕捉量）、流木発生抑止量（流木流出率×発生抑止量）を差し引いた量を各施設に合理的に配分してそれぞれの施設規模を決定する。

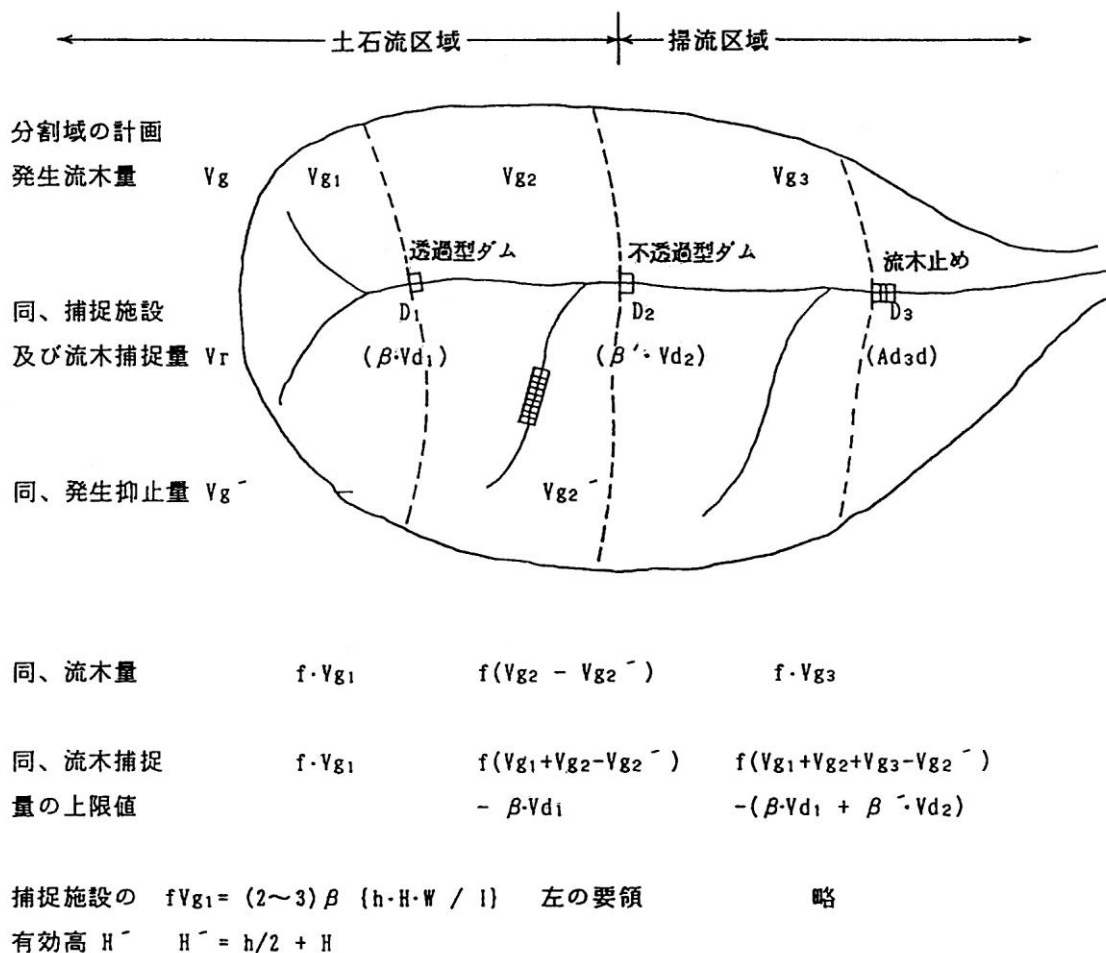


図 I - 2-27 流木捕捉量算定のイメージ

V_g : 発生流木量

$V_{g'}$: 流木発生抑止量 (崩壊防止工事等が及ぼす流木発生抑止量)

f : 流木流出率 (0.8~0.9)

D : 流木捕捉施設 (流出土砂対策と兼用の施設を含む)

V_d : 土石流区間の透過・部分透過型砂防堰堤工の見かけ流木捕捉容量

(透過部対応容量に相当し、貯砂横断図あるいは次式等により算定する)

$$V_g = (2 \sim 3) \{hHW / l\} \text{ 不透過型砂防堰堤では除石工対象容量など}$$

β : 土石流区間の透過・部分透過型砂防堰堤工の V_d 対応の流木容積率 (0.3)

β' : 土石流区間の不透過型砂防堰堤の計画捕捉量に対する流木容積率 (0.02)

Ad : 掃流区間の流木捕捉工の推砂地または湛水池の面積

d : 流木の平均直径

V_r : 施設の流木捕捉量 (土石流区間 $V_r = (\beta \text{ or } \beta')V_d$ 、掃流区間 $V_r = Ad \cdot d$)

【水系砂防編】

(5) 計画の模式図

(イ) 土石流区間

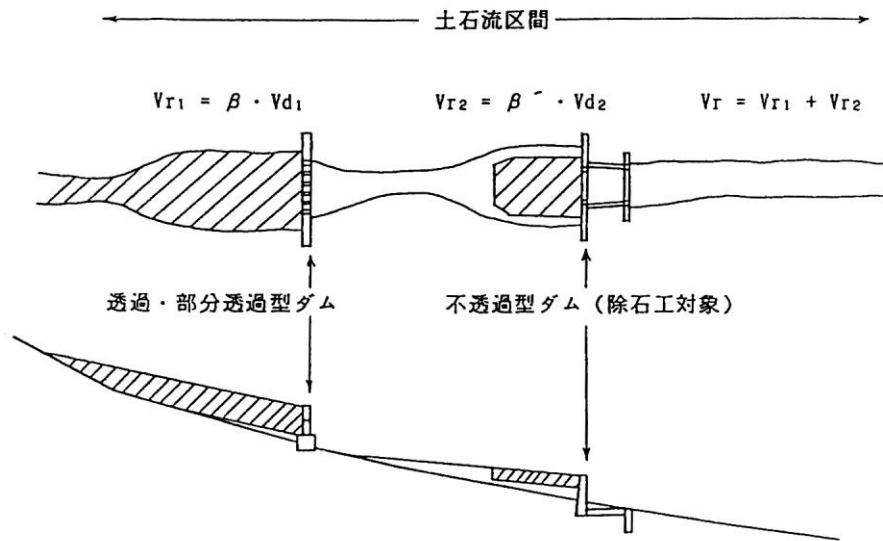


図 I - 2-28 流木対策施設配置のイメージ

注) 土石流区間の空堆砂容量を持つ不透過型砂防堰堤工 Vd の対応の流木容量率 β' は当面 0.02 とする。

(ロ) 土石流区間+掃流区間

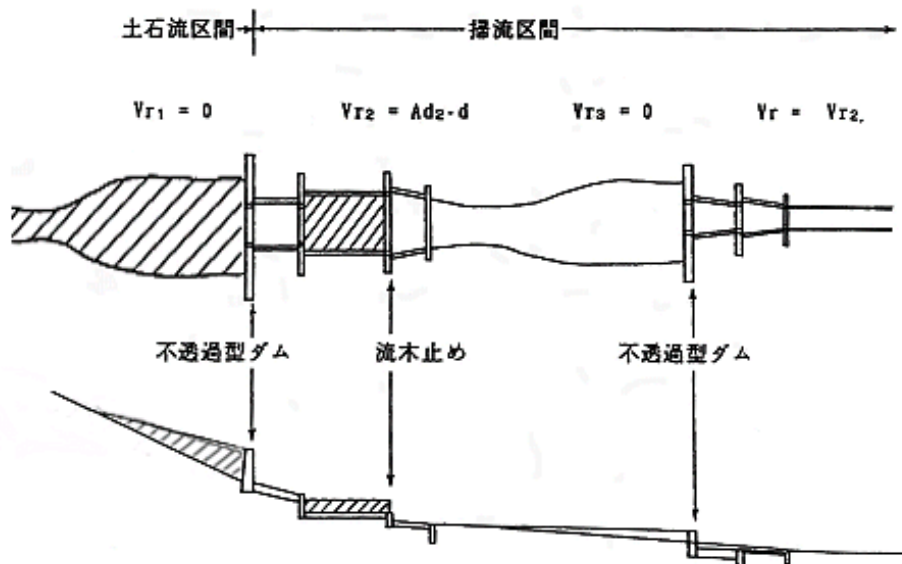


図 I - 2-29 流木対策施設配置のイメージ

注) 掃流区域において流木は、土砂と分離して流水の表面を流下すると考えられるので、不透過型砂防堰堤の流木捕捉効果は無いものとする。

(ハ) 掃流区間

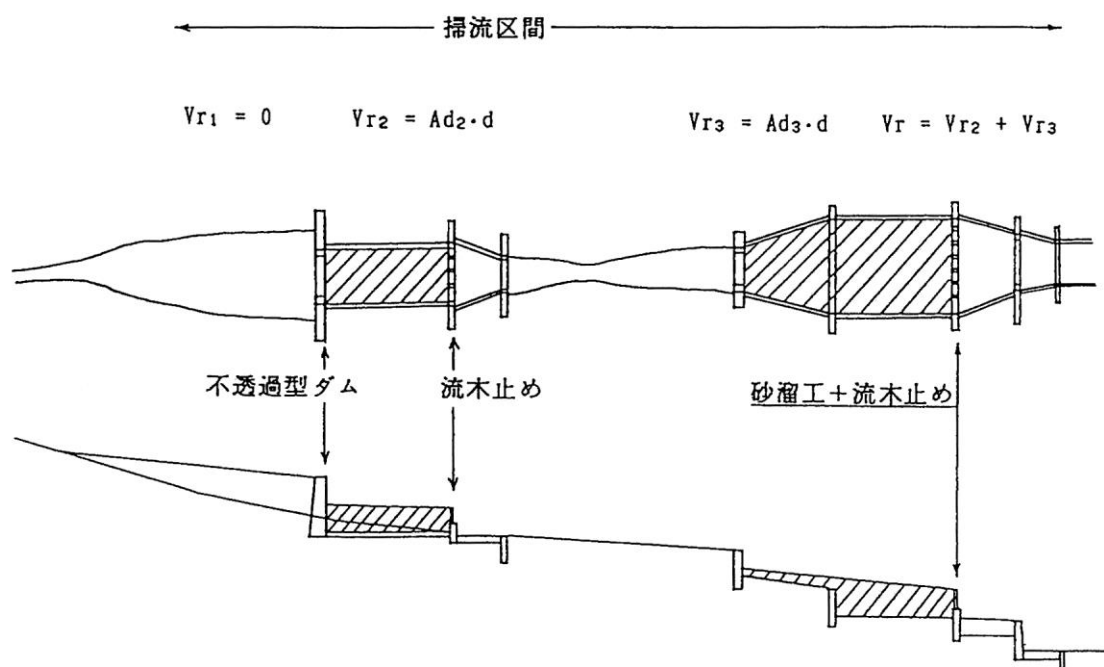


図 I - 2-30 流木対策施設配置のイメージ

4.5 流木対策施設の維持・管理

「Ⅱ. 土石流・流木対策編」を参照

【水系砂防編】

第5節 環境保全との整合

5.1 砂防環境整備事業計画の基本

砂防設備およびその周辺を整備して土砂災害の防止機能の高揚を図るとともに、環境の保全、育成を図るため、砂防設備周辺の環境の整備を図るものとする。これにより、砂防設備と周辺の景観との調和を図るとともに、親しみやすい水辺や緑地など自然空間を確保し、県民が親しめる砂防設備周辺環境の創造に資することが望ましい。

砂防設備は、自然環境の保全、回復、育成を図ることによる土砂災害の防止を主目的とした施設である。砂防環境整備事業計画としては積極的な砂防設備周辺の公園化などによりレクリエーション機能の付加・充実を図ろうとするものである。

また自然環境にマッチした防災設備として、天然石等現地資材の利用、工学的手法のみではなく樹林帯等を取り込んだ自然素材の活用を図る必要がある。

また高水敷や流路沿いの空間は、異常洪水に対する安全弁として防災機能を確保しつつ、平常時は公園、緑地、レクリエーションの場として活用を図る。

5.2 環境に配慮した施設計画

砂防施設計画の策定、砂防事業の実施に当たっては、溪流環境設備計画などを基本とし、計画対象流域および計画箇所周辺の自然環境や景観の保全と創造、溪流の利用に配慮した整備計画を策定する。

砂防事業を実施している地域の多くは、これまで幾度となく土砂災害が発生し、また土砂災害の発生の恐れがあるところで、地域住民に脅威を与えている。しかし一方では、景観が優れ、貴重な動植物が存在するなど自然環境が優れている地域が多く、これらは人々の憩いの場となっている。このため、砂防事業は土砂災害を防止しつつも良好な自然を後世の人々に残すことが求められる。

このようなニーズを実現するために、溪流環境整備計画が策定されており、これに基づいた砂防事業を展開する。

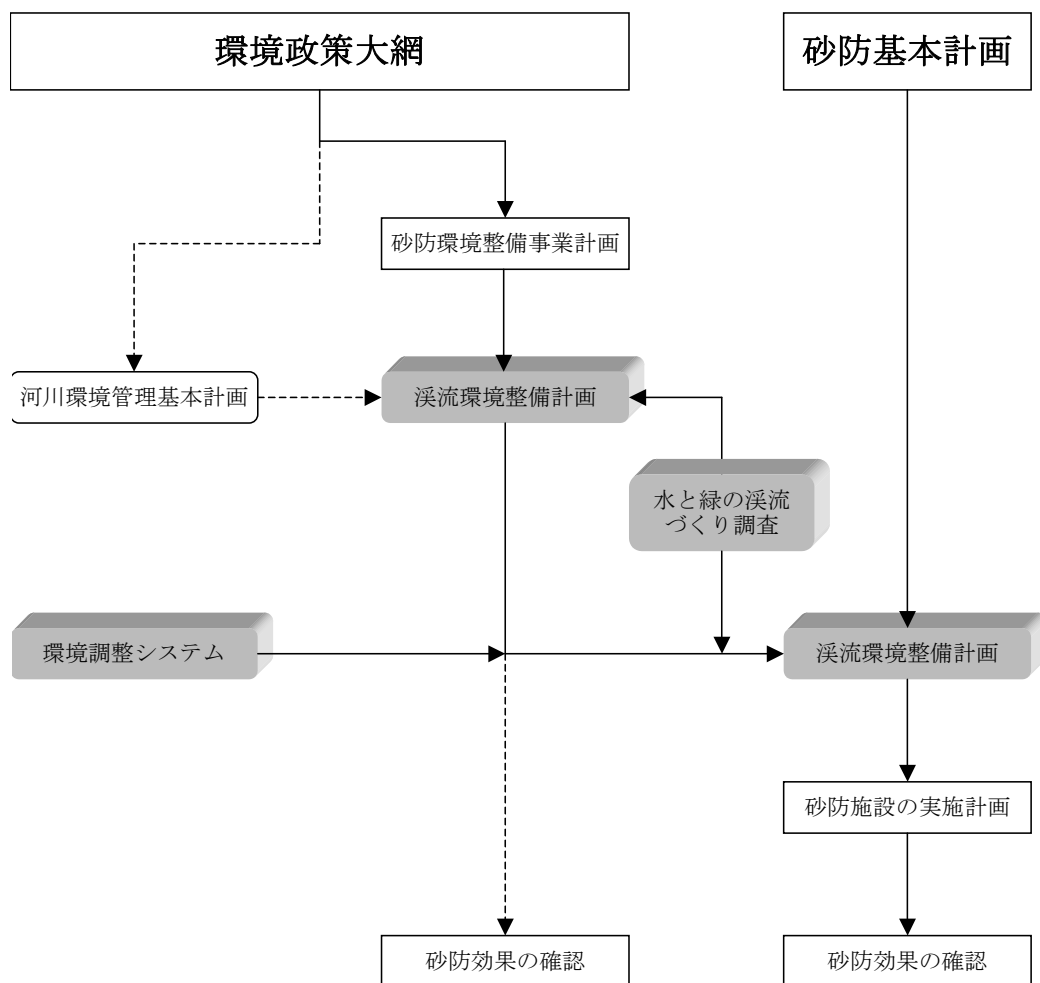


図 I - 2-31 砂防事業における環境対応の流れ