

### 第3章 流域保全における土壌侵食対策手法の適応方法

前章までのところで、堂平地区の土壌侵食問題に対するサイトスケールおよびメソスケールでの対策の適応方法を示した。それは、問題のメカニズムを整理することによって、原因対策と結果対策から効果的な対策を選択するものであった。しかし、前述のように、根本的な原因は堂平地区に限られる要因ではないため、堂平地区だけでは問題解決しない。一方、結果として発生する問題も、現状整理で述べたように、堂平地区に限らず流域全体の問題に発展する恐れがある。

そのため、さらに大きな視点での対策も必要である。ここでは、堂平地区を含む塩水川流域を例に、マクロスケール（流域レベル）における土壌侵食対策を中心とした事業実施計画の策定手順についての検討結果を示した。なお、この章に関しては、委員会での議論が十分でないことから、考え方を素案として示すことに留める。そのため、今後、更に検討を加え具体的な策定手順として作りあげていく必要がある。

### 3-1 流域スケールでの土壌保全対策実施計画の策定手順

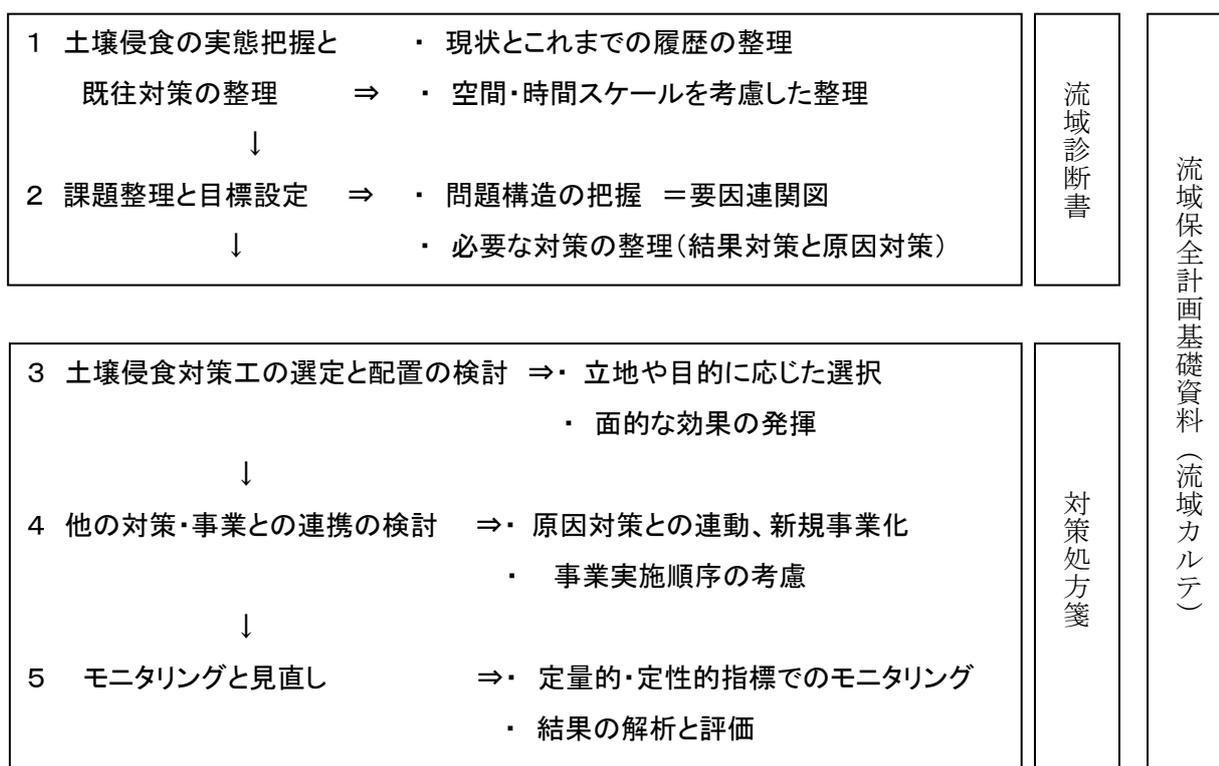
前述したように、塩水川流域の土壌侵食問題は、当該流域における自然環境問題の結果として生じている現象であるが、その深刻さのために、当面は各種の土壌侵食問題に対する結果対策を講じることが課題である。しかし、根本的な問題解決には、原因の除去や軽減といった原因対策も講じなければならない。また、これらの対策は、既に示したように空間的、時間的なスケールと対応して適切に講じることが必要であるため、少なくとも問題発生箇所を含む流域全体を範囲とする事業実施計画を策定することが求められる。

そこで、そのような事業実施計画については、次に示すような手順にそって作業し、策定することが望ましい。

この策定手順によって、最終的には、土壌侵食問題をめぐる現状および課題、目標などから成る診断結果（「流域診断書」）と、対策方針および対策内容とスケジュール、モニタリングなどが示された処方箋（「対策処方箋」）の2つで構成される「流域保全計画基礎資料（流域カルテ）」を作成する。

作業項目

視 点



### 3-2 実態把握・課題整理と再生方向の設定

#### (1) 流域概況把握

既存資料・報告書を活用して効率的にとりまとめる。

概況把握項目は、次に示した自然的条件、社会的条件、法規制状況などを整理する。

自然的条件調査 地形・地質 植生分布 ブナ林等の分布状況 人工林の分布状況 ニホンジカの生息状況 崩壊地分布および変遷 希少動植物など	社会的条件調査 土地利用 土地所有 路網状況 登山道・展望台 レクリエーション施設など	法規制状況 自然公園（地種区分別） 自然環境保全地域 保安林 鳥獣保護区 史跡・名勝・天然記念物など
--	--	---

#### □法規制項目一覧

法令等	主な調査項目
森林法	保安林、保安施設地区
地すべり等防止法	地すべり防止区域（地すべり危険地区）等
漁業法	内水面における漁業権
水産資源保護法	保護水面
文化財保護法	史跡、名勝、天然記念物
河川法	河川区域
砂防法	砂防指定地（土石流危険溪流）
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域（急傾斜地崩壊危険箇所）
自然公園法	国立公園、国定公園、都道府県立自然公園（特別保護地区、第1、2、3種特別地域、普通地域）
自然環境保全法	自然環境保全地域
絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区
鳥獣保護及び狩猟に関する法律	鳥獣保護区・特別鳥獣保護区
土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（土砂災害防止法）	土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域

## (2) 土壌侵食実態の把握

土壌状態および植生状態に関する情報収集および補完調査を行い、「土壌侵食現状マップ」を作成する。既存資料による概況調査を補完し、土壌侵食状況、ブナ林等での林床植生の被覆状況、人工林の管理状況や土壌侵食状況、シカによる林床植生の被害状況などを把握するため、必要に応じて現地調査を行う。

### ① 土壌侵食状況

土壌侵食状況の調査では、層状侵食、リル侵食、ガリー侵食などの形状を測定し、表 3-2-1 に示す判定表によって進行レベルを評価し、その位置を地形図に記入する。

表 3-2-1 土壌侵食状況の判定表

指標		レベル 1	レベル 2	レベル 3
指標 1	層状侵食*1	倒木や落枝の斜面上方に侵食された土壌がたまっているのが見られる	立木の根上がりが目立つ倒木や落枝の斜面上方に侵食された土壌がたまっているのが見られる	立木の根がむき出しになっているのが斜面全体として目立つ
指標 2	リル侵食*2	溝の深さは小さいが、地表流が集中した形跡が降雨後に見られる	溝の形状が明瞭に見られる（深さ 10cm 程度）	溝の形状が明瞭に見られる（深さ 30cm 程度）
指標 3	ガリー侵食 *3	ガリーの深さ：1m未満 集水面積：2ha 未満	ガリーの深さ：1～5m 集水面積：2～20ha	ガリーの深さ：5m以上 集水面積：20ha 以上

\*1：層状侵食：斜面表層に薄く流れる地表流によって、表層に均一に侵食が発生する。侵食の痕跡からは、雨滴侵食との区別が難しいため、ここでは雨滴侵食も含める。

\*2：リル：水の浸透量が少なく軟弱な物質からなる滑らかな斜面で、降水の一部がその斜面上のわずかなくぼみに集中し、洗掘によって生じた浅い溝。雨溝、細溝ともいう。一般に、リルは直線的でそれが網状に連絡している。リルがさらに成長し、急斜面の側壁をもつとガリーになる。

\*3：ガリー（雨裂）：降雨中または降雨後に一時的な流水によるできる雨裂・地隙。ガリーは、平常時にはほとんど流水がみられず侵食は少ないが、豪雨時には縦横侵食が著しく多量の土砂を流出させる。

## ② 林床植生の被覆状況

林床植生の被覆状況については、「ニホンジカ生息状況の判定基準」（表-3-2-2）を用いて、林床植生の被覆状況を把握し、林床植生がなく地面が露出する区域などを地形図に記入する。

スギ・ヒノキ人工林では、立木密度や平均樹高、平均胸高直径などの林分構造、間伐等の管理状況を把握し、管理状態を、「良好」、「普通」、「手入れ遅れ」、「管理放置」の4段階で評価する。

表 3-2-2 ニホンジカによる採食圧状況の判定基準

レベル		1 健全	2 影響あり	3 強い影響
指標 1	林床植物の 状況	下草が地表ほぼ前面被覆。不嗜好植物出現わずか。	被度が低下し、地面が目立つようになる。不嗜好植物が出現。	下草がほとんどなく、広く地面が露出。下草は不嗜好植物が優占。
指標 2	ササ類	高さ1m以上。葉が密生。見通しが悪い。	1に葉が3枚以下の先に葉がない。枯れたが目立つ・見通しが良くなる。	枯れたのみが目立つ。葉が50cm以下につく。葉がほとんどない。見通しは良好。
指標 3	多幹木萌芽 枝形状*1	萌芽枝が健全。食痕はほとんどない。葉のサイズも性状。	萌芽枝先に食痕が目立つ。萌芽枝が盆栽樹形をやや呈する。	萌芽枝は短く、盆栽樹形。萌芽枝がほとんどない。
指標 4	わい性灌木 出現*2	自然樹形を形成。枝葉に食痕がない。	枝葉には食痕が目立つ。	盆栽樹形多数の食痕。
指標 5	不嗜好植物 *3	わずかに出現。	目立ち始める。	林床にまとまって優占。
指標 6	表層土壌侵 食状況	土壌侵食はほとんどない。	ガリーなどの土壌侵食がみられる。	ガリーなどの土壌侵食が目立つ。

\*1<指標種>アブラチャン、クモジ、フサダケなど。\*2<指標種>コアカリ、ウツギ、シマボタ

\*3<指標種>フタシズカ、マツゼリウ、アヒ、シキ

出典：神奈川県水源の森林づくり広葉樹林整備マニュアル 水源かん養エリア編（神奈川県環境農政部）を一部追加。

(3) 既往事業の整理

① 事業実績の整理

既往の保全対策工や流域における関連事業の実施状況を過去にさかのぼって（少なくとも20-30年）調査し、「流域の事業体系図」および「事業実績マップ」を作成する。

事業体系は、事業主体、事業目的別に整理し、体系図化する。体系図は、上位法令に則した、または独自の県計画に基づく事業ごとに、事業内容と対策手法を整理し、これを並列させる形で、事業主体別に体系を図示する。そして、これらを、土壌保全対策の観点から、結果対策と原因対策に分類して再整理して描く（図3-2-1）。この結果、事業主体別の対策手法が、土壌保全対策の観点で、どのような対策メニューが実施されており、どの対策が不足しているかを明らかにすることが出来る。

続いて、対象流域に於ける事業の空白地帯の発見、事業間の空間的な関係性の確認などをねらって、流域における事業実施状況を視覚化した「事業実績マップ」を作成する。ここでは、主要事業の実施箇所を、事業名と事業実施年などの属性を付加した記号を、縮尺1/10,000～1/50,000程度の縮尺の「土壌侵食現状マップ」に重ねて図示する。

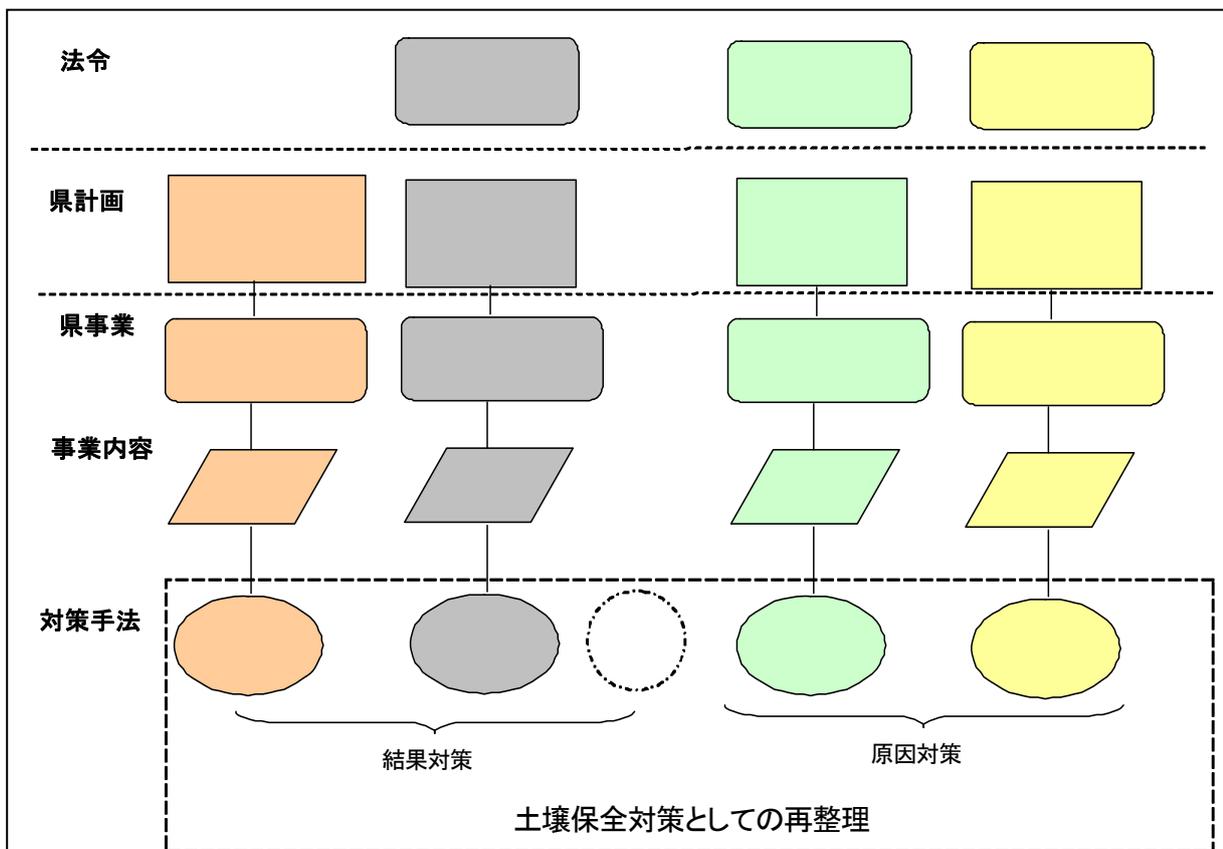


図 3-2-1 土壌保全対策に関する「流域の事業体系図」の概念図

## ② 流域年表の作成

流域における主な出来事、各種問題、対策事業及び関連事業の実施状況を、時系列的に整理して、「流域年表」を作成する。ねらいは、現状の土壌侵食問題と原因となる要因の時系列関係を把握するとともに、既往の事業実績との関係を把握することであり、後述する流域における要因関連図作成の参考となる。

年表に記載する主な事象では、土壌侵食に関連する事項を中心に、災害発生や新たな法規制の設定など流域で特徴的な出来事に加えて、土壌侵食と関連があると思われる出来事、問題もあわせて整理、記載することが望ましい。

年表の年代の刻みは、過去 30 年に関しては、10 年ないし 5 年程度とし、それ以前はまとめるか 20-25 年刻みとする。

年表に示す主要な事象の図示方法、事象の開始時期と終了時期、規模・量の変遷を、横棒線（程度に応じて太さを変えるなど）で示して直感的にわかりやすいように図示する。

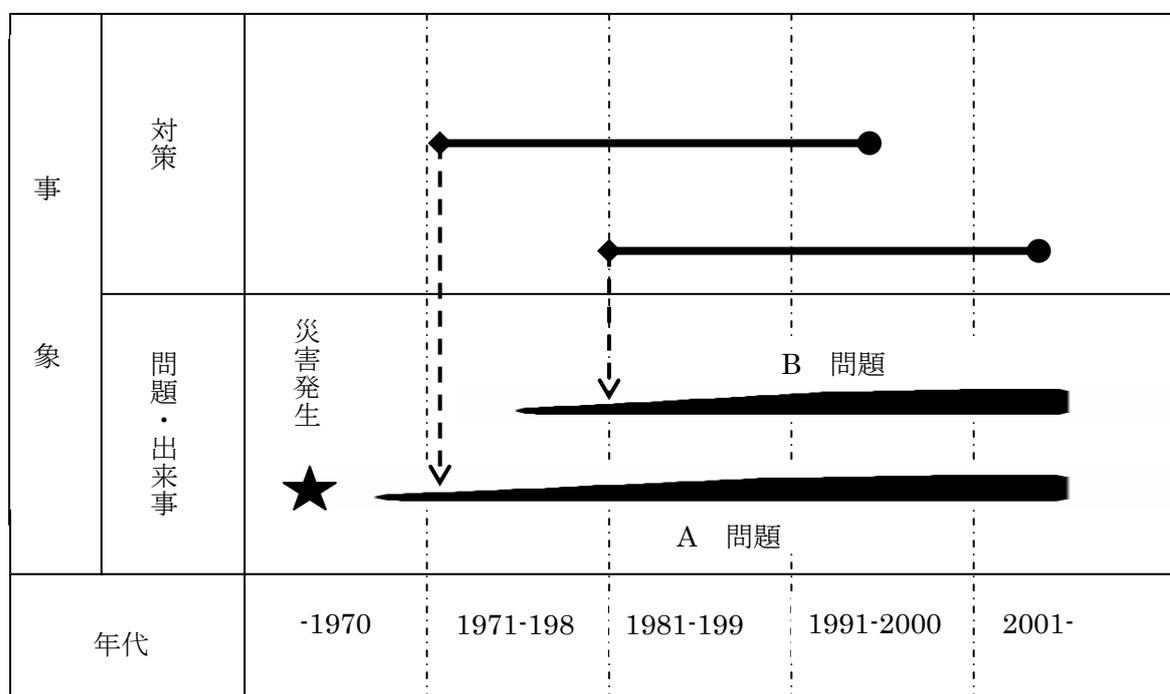
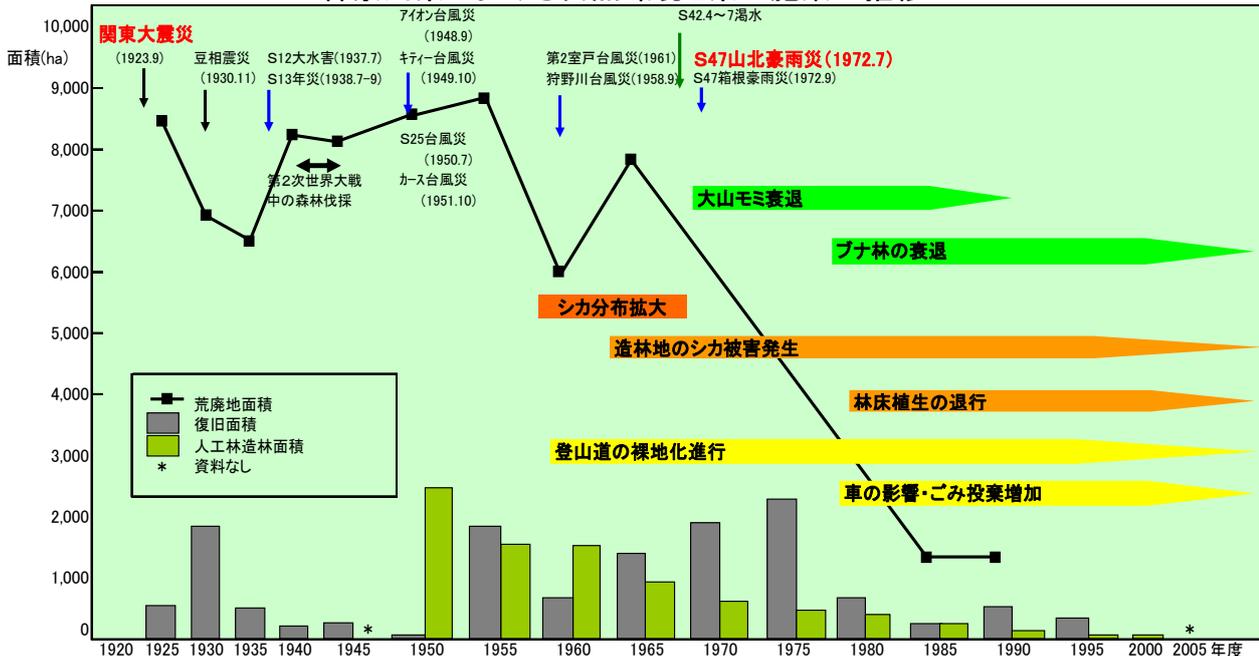


図-3-2-2 流域年表の様式と記載例

(参考)

### 神奈川県における自然環境と県の施策の推移



丹沢大山 保全対策	国定公園指定			総合 調査	現行保全計画
野生鳥獣	シカ猟禁止		オスジカ猟解禁・猟区設定		シカ保護管理計画
森林	神奈川県地域森林計画			かながわ森林づくり計画 水源の森林づくり計	
治山	第1期森林治水事業	水源林造成事業	第1次～第9次治山事業		
水利用	相模ダム完成		三保ダム完成	宮ヶ瀬ダム完成	

出典：神奈川県治山事業データベース「林地荒廃の推移」、丹沢大山自然環境報告書1994、シカ保護管理計画、神奈川県林政史、神奈川県農林水産業動向年報2004等より作成

#### (4) 問題構造の把握

流域における土壌侵食をめぐる要因連関図を、これまで整理した情報に基づいて描く。

要因連関図は、①土壌侵食を引き起こしている直接的原因と背景的な原因、さらには素因を、その関係を矢印で結び、②土壌侵食の影響に関しても、直接的な影響からそのさらなる影響まで矢印で結ぶ、という手順で、幅広い関係者と論議しながら描く。この際、要因間の結びつき(矢印)に関する定性的、定量的な根拠を整理することが望ましい。

土壌侵食に関する直接的な原因では、これまでの調査研究から過密化したシカによる過度な採食による植生退行、人工林の管理の遅れによる植生退行などの要因が指摘されているので、これらの実態を踏まえた検討が必要である。また、このように、景観域をまたがって連関する場合は、まず景観域内の要因連関を整理し、さらに流域全体として連関を結びつけると良い。

背景的な要因(素因)も重要である。例えばシカの過密化に関しては、保護管理の履歴や鳥獣保護区の配置、エサの偏在といった原因に加えて、シカの生息に適した南向き緩斜面の割合といった地形的な素因なども関係するなど、現地実態に即した検討が不可欠である。

要因連関図は、多様な関係者を交えて現地実態を多角的に検討し、修正・改良を行い、簡潔かつ適切に問題構造が表現されるようにする。

#### (5) 自然再生の目標設定

再生目標は、短期的な目標と中長期的な目標の二つを設定し、それぞれ5~10年後、20~50年後など具体的な達成時期を示す。中長期的な目標は、土壌保全に加えて、生物多様性保全や森林資源の利用など、多様な森林機能との調和も視野に入れて設定し、短期的な目標は、その整合を念頭に置く。短期的な目標のゴールは、例えば「5年間で、土壌侵食に関する結果対策をブナ林域の土壌侵食の進んだ地域で集中的、重点的に行い、侵食の進んだ場所の面積を半分にする」など、結果対策を軸とした具体的で定量可能なゴールを示したものとする。この際、付随的な原因対策に関しても、具体的で定量可能なゴールを設定することが望ましい。

中長期的な目標のゴールは、できるだけ具体的な内容として、定量的なゴールと定性的なゴールを組み合わせるとともに、流域全体あるいは、さらにその上位スケールの再生目標との整合も念頭に置く。ここでは、要因連関図全体を視野に入れ、原因対策にも力点を置いた内容とする。

### 3-3 対策のシナリオ設定、実施と見直し

前述の目標を達成するため、事業実施計画に必要な要素は、①対策メニュー、②対策の空間配置、③対策の実施順序である。ここでは、最初に対策メニューの選定の考え方について、土壌侵食の防止、回復のための結果対策と、土壌侵食の原因に対する対策（原因対策）に分けて示す。次に、対策の空間配置や実施順序といった対策のシナリオ設定について示す。

#### (1) 適切な結果対策の選択

土壌侵食の種類、程度、侵食の空間的広がりなどの現状に基づいて達成目標（効果の内容と期限）を明確化し、第2章で示した対策手法の適応方法を参考に、対象地域の法規制や景観への影響など総合的な観点から適切な工法を選択する。

#### (2) 原因対策のリストアップと選択

要因関連図から明らかなように、その原因への対策を講じないと問題の根本的解決にならない。このため、土壌侵食対策以外の原因対策を既存事業と連携、協調して進める必要がある。

この際、前述したように個々の対策手法は、異なる体系の事業のもとで実施されているため、土壌保全対策としての位置づけを再整理しリストアップし、課題認識やゴールについての調整が必要な事業や対策を明らかにしておく必要がある。また、原因対策の実効性を高めるには、事業実施箇所や内容、実施手順などについて、関係機関での十分な情報共有と実施に関する調整が求められる。

このような、土壌侵食に対する総合的な事業展開には、事業関係者による調整会議を必要に応じて開くことが有効である。

#### (3) 対策のシナリオと対策マップの作成

実施する対策の優先ランクに関する基本方針を作成する。優先ランクは、原則として緊急対策・短期対策・中長期対策に分け、次に示すような判定基準にそって区分する。

表 3-3-1 対策の優先ランク

	緊急	短期	中長期
結果対策	深刻かつ即応性を要する問題の対策	深刻な問題への対策	問題の予防的対策
原因対策	即効性のある原因対策	直接的に問題を引き起こしている原因への対策	その他の問題構造における重要原因への対策

次に、対策マップを作成し、対象流域内の事業の空間的配置計画を明らかにする。対策マップは、縮尺 1/10,000~1/50,000 程度の地形図に表示する。

原因対策については、必要に応じて相互作用に関するモデルを構築し、複数の対策シナリオによる効果予測を行い、対策選定の参考とする。

(コラム) シカー森林管理－林床植生－土壌状態モデルによる総合的な原因対策効果の予測

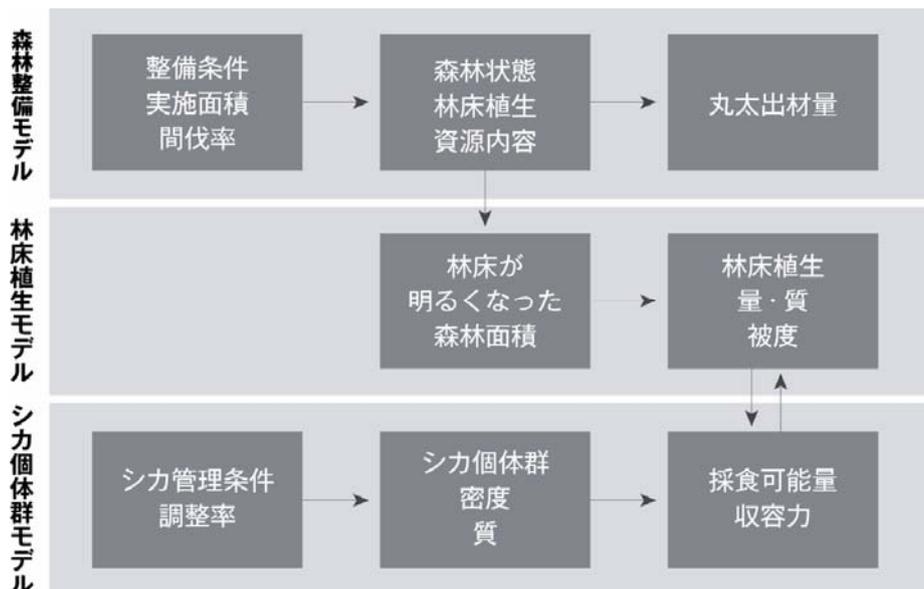
丹沢大山総合調査では、林床植生状態を通じた土壌侵食の原因対策のあり方について、システムダイナミクス(SD)に基づく人工林管理－林床植生－シカ個体群の動態予測モデルを構築し検討している。このモデルは、人工林管理による林分構造の変化、それに対する林床植生の反応、さらにシカ個体群の変動とその採食による林床植生影響の個別モデルを構築して、統合するというものである。

神奈川県丹沢山地中津川流域を対象として、人工林・二次林域でシカと共生していく際に参考となるような森林整備とシカの管理の組み合わせに関する典型的な 2 種類のシナリオを与えて計算を行ったところ、メス主体の強めの捕獲によりシカの密度管理を続けたシナリオでは、10 年程度で林床植生が大幅に回復して、シカの密度が安定して推移すると予測している。

この結果から、強度の利用間伐を行う森林管理とメス成獣を中心とした強めのシカ個体数管理の統合的実行が基本的方向であると考えられる。

特定の流域において、シカの分散・移動がないと仮定すると、以下のような基本情報をこのモデルに与えて計算処理を行うと、総合的な原因対策効果のラフな予測が可能となる。

- ・ 流域ニホンジカ個体群に関する情報 :シカの生息数と構成、捕獲シナリオ
- ・ 流域の林床植生に関する情報:現存量、採食に対する反応(回復率)
- ・ 森林管理に関する情報:樹種別年齢構成(面積、蓄積量)、間伐シナリオ



SDに基づく人工林管理－林床植生－シカ個体群の動態予測モデル

#### (4) 順応的な対策実施

対策の優占ランクに応じて、結果対策と原因対策を実施していく。まず、問題の深刻な場所を選んで結果対策から優先的に着手するが、原因対策を併用しないと根本的な解決は難しいので、即効的な原因対策を同時に大胆に実施することが望ましい。

必要な対策メニューが既存事業に見当たらない場合は、新規事業化を図って総合的な対策を進める。とりわけ優占ランクの高い事業が不足している場合は、緊急試験施工、モデル事業など、通常の事業実施方法にとられない手法により、柔軟な事業展開を図る。

新たな対策・手法を実施する際には、工法・手法開発を並行した試験施工、小規模なモデル事業から段階的・順応的に対策実施を行い、有効な工法・手法を絞り込んでから、事業規模を拡大していく。

現状では、問題の程度は軽微だが、将来的な問題発生リスクが高いと予想される場所では、問題の発生を防ぐ視点で、中長期的な視点で予防的な対策を行う。

#### (5) モニタリングの設計と実施

工事や事業の有効性を評価するため、範囲（どこで）と事象（何を）を明確化して、事業実行内容（Action）と反応変化（Reaction）について、定量的、定性的なモニタリングを実施する必要がある。

土壌侵食対策のモニタリングは、結果対策に関するものと、原因対策に関するもの区分して実施する。

結果対策に関するモニタリングは、

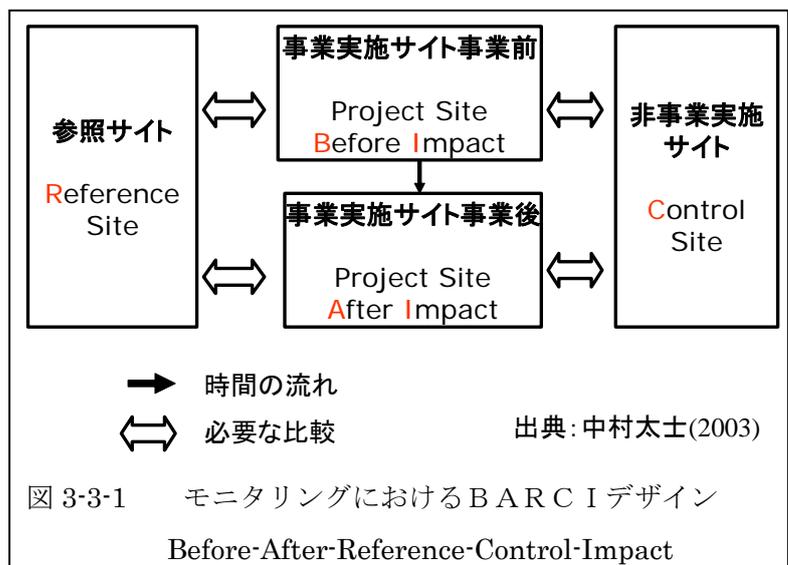
対策事業実施前後の林床植生量・被度、土壌侵食量などの定量指標を設定し、その変化を定期的に調査して対策の効果を把握する。

原因対策に関するモニタリングは、直接・間接に土壌侵食に関連する事象を選んで、対策事業実施前後の変化について、定性指標または定量指標を設定して調べる。土壌侵食に強い関連がある環境情報として、近隣の降水量などの気象についても日単位の時系列情報を集積しておくことが望ましい。

モニタリングは、事業実施前後および、目標とする参照サイトや、事業を実施しないサイト（対照区）などとの比較を行うことが望ましい（図 3-3-1）。

モニタリング間隔は、全般的には5年程度とするが、実験的な事業の場合は1年あるいはそれより短いサイクルで行う。特に、即効的な効果を期待する対策では、短期間での効果を検証する。

関連事業については、各事業に組み込まれているモニタリングを活用するとともに、土壌侵食対策との関連で補完的なモニタリングの実施も検討する。



モニタリング結果は、図 3-3-2 に示すように、評価して保全対策事業の見直しを行うとともに（意思決定系）、情報集積し、モニタリング方法の見直しや技術開発、情報発信などにも活用する（情報管理系）。

