

日野川流砂系の総合土砂管理計画

平成 27 年 3 月

日野川水系及び皆生海岸
総合土砂管理連絡協議会

目 次

1. はじめに	1
2. 日野川流砂系の概要	3
2.1 流域の概要	3
2.2 地形・地質	4
2.3 自然環境	5
3. 流砂系の範囲と領域区分	7
4. 前提条件	8
5. 流砂系を構成する粒径集団	10
6. 現状と課題	11
6.1 砂防域	11
6.2 ダム域	14
6.3 河道域	17
6.4 河口域	24
6.5 海岸域	27
6.6 土砂に関するインパクトとレスポンス	36
6.7 土砂動態マップ	39
6.8 まとめ	41
7. 総合土砂管理計画	44
7.1 計画対象期間	44
7.2 適用範囲	44
7.3 目指すべき姿	46
7.4 土砂管理目標	47
7.5 土砂管理対策	48
7.6 土砂管理指標	56
7.7 モニタリング計画	57
8. 実施体制	58
付録	59

1 はじめに

日野川流砂系¹では、かつてたたら製鉄に伴う「鉄穴^{かんな}流し」が盛んに行われ白砂青松の海浜が形成されたが、大正末期の鉄穴流しの終焉後、上流からの流出土砂の減少により海岸侵食が始まった。秋季から冬季の波浪によって海岸侵食は激しくなり、皆生海岸では約 300m の砂浜が後退したと言われている。こうした侵食を防ぐため、鳥取県では昭和 8 年に最初の対策として護岸を施工したが、数年のうちに崩壊し、皆生温泉は危機的な状況となった。昭和 22 年には鳥取県漂砂対策協議会が発足し、昭和 34 年にかけて突堤群や護岸を施工した。しかし、その効果は十分とはいえず、台風の波浪などで被害を受け、復旧や対策工事を迫られることとなった。昭和 35 年 4 月に全国で最初の直轄海岸工事区域の指定を受け、緩傾斜護岸や離岸堤、人工リーフの整備、サンドリサイクル等の海岸保全事業を実施した。これらの事業は、海岸侵食の防止に対して効果を挙げているが、海岸保全施設を整備した下手側は依然として侵食が進行していることや沖合侵食により離岸堤法先部の洗掘、消波ブロックの沈下が生じており、今後、これらの対策が必要となっている。

一方、流域には解体期を迎えている大山が存在し、豪雨時にしばしば土砂流出が生じている。昭和 7 年から鳥取県が大山山系の砂防事業に着手し、昭和 49 年に大山 7 溪流を直轄化し砂防堰堤等の整備により土砂災害の発生防止に努めている。大山山系以外においては鳥取県が砂防事業を実施しており、流域全体で 376 基の砂防堰堤が整備されている（H24 年度末）。砂防堰堤は土砂災害を防止する一方、下流河道での河床低下や海域への土砂供給の減少を招く恐れがあるため、直轄では平成 6 年度より、砂防堰堤の堆砂容量の確保と、平常時の下流域への土砂供給を目的に透過型砂防堰堤の整備・改良を進めている。また、昭和 15 年以降、水利用や洪水調節などのため流域内には 6 基の貯水ダムが建設された。これらのダムでは、現時点で想定を下回る堆砂であるが、今後、大規模な洪水の発生に伴いダム貯水池への堆砂が進行することも考えられる。河道域においては、昭和 48 年の砂利採取禁止まで大量の砂利採取が行われており、鉄穴流し終焉後の流出土砂の減少等と相俟って河床低下が進行した。その後、昭和 40 年代後半頃から樹木繁茂による砂州の固定化と土砂の捕捉で、みお筋の局所洗掘が進行しており、河道断面の適切な維持管理が必要となっている。

このように、日野川流砂系ではさまざまな問題が生じており、その対策は、各領域で個別に実施されている。しかし、土砂に関する問題は個別の対策だけでは不十分な場合があり、流砂系全体の問題として解決を図る必要がある。このため、鳥取県では、平成 13 年に策定した「鳥取県沿岸海岸保全基本計画」を上位計画とし、沿岸・海岸保全の問題を山地から海岸までの流砂系一貫の立場から、各管理者等が連携しながら解決していくために、全国初の取り組みである「鳥取県沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン」を平成 17 年 6 月に策定した。このガイドラインに基づき総合的な海岸保全を行うため

¹ 流域の源頭部から海岸までの一貫した土砂の運動領域のこと

「鳥取県西部海岸管理協議会」を平成20年8月に設立している。

平成21年3月には「日野川水系河川整備基本方針」が策定され、土砂管理目標を「海岸保全対策により海岸線を維持しつつ、日野川からの土砂供給の増加に努める」と定めており、この目標を実現するため、平成23年9月に関係機関からなる「日野川水系及び皆生海岸総合土砂管理連絡協議会（以下、連絡協議会）」を設立した。連絡協議会では、日野川流砂系の現状と課題を共有し、目指すべき姿や土砂の流れの改善に向けた対策等について議論が行われ、関係機関が連携して総合的に土砂動態の改善を図っていくことを確認した。本書は、連絡協議会の成果を「日野川流砂系の総合土砂管理計画」としてとりまとめたものである。

本計画では、流砂系内の土砂は有限な資源であるから有効に利用すること、そのための情報共有を図り、各領域における基本計画等上位計画に基づく施策の範囲で、関係機関で協議し連携方策を実施すること、モニタリングを行い効果や影響を確認すること等を定めている。ただし、土砂移動現象は非常に複雑で現時点の知見では予測できないこともあると考えられるため、対策実施後のモニタリングによりデータを蓄積し、必要に応じて見直していくこととする。

2 日野川流砂系の概要

2.1 流域の概要

日野川は、その源を広島・島根の県境に位置する三国山に発し、途中で印賀川や俣野川等の支川を合わせ、下流で法勝寺川と合流し、日本海（美保湾）に注ぐ、流域面積 870km²、幹川流路延長 77km の一級河川である。

流域の地形は、大きくは 伯耆 橋付近を扇頂部とする扇状地性氾濫平野とそれを取りまく山地部に二分される。伯耆町溝口では河岸段丘が見られ、日野川上流西方から島根県側にかけての奥日野地域の山地部には、標高 500～600m の準平原が分布する。この平坦面上の一部には、花崗岩が風化した真砂土から砂鉄を取り出す「鉄穴流し」によって人為的に形成された棚田地形が見られる。大山は、白山火山帯に属する火山であり、その美しい姿を称えて「伯耆富士」の別名を持つ。日野川が江府町付近で北東流から向きを転じるのは、大山の火山活動の影響によるものである。



図 2.1 日野川流域図

2.2 地形・地質

河床勾配は、上流部で 1/30 程度、中流部で 1/190 程度、下流部でも 1/620 程度であり、中国地方の河川の中でも有数の急流河川である（図 2.2）。

流域の地質は、下流部の沖積層、流域東部に位置する大山の噴火に係る安山岩類や凝灰岩類、流域中上流部は花崗岩類等で占められている（図 2.3）。本川の谷筋は、一般に谷底平野の狭いV字谷を形成しているが、中流から下流では扇状地が広がっている。なお、大山は、山麓に大量の火山礫や火山灰の堆積物を保有しているほか、火山活動が約 1 万年前に活動を終息し、解体期に入っているため源頭部の崩落傾向が著しく、重荒廃地域に指定されている。

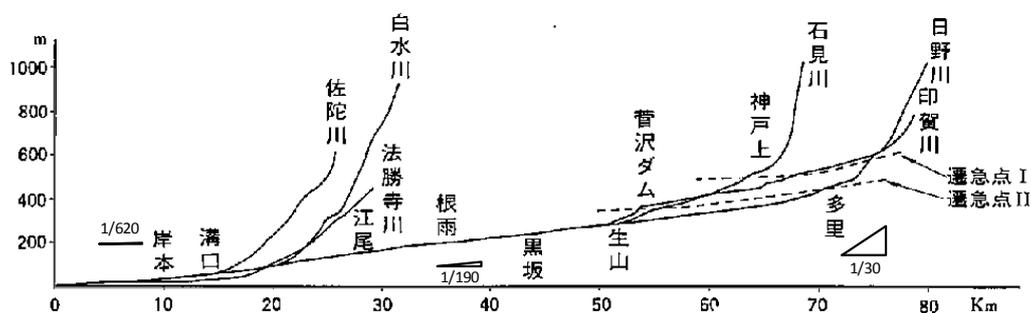


図 2.2 日野川の河床勾配



図 2.3 日野川流域の地質²

² 「中国地方土木地質図、昭和 59 年 3 月」に一部加筆

2.3 自然環境

源流から 江府町と伯耆町の町境までの上流部は、河道には河畔林が水面を覆うように生育し、山地溪流の様相を呈している。魚類ではヤマメ等の溪流魚が生息するほか、国の特別天然記念物であるオオサンショウウオの生息地が存在する。

日野町 多里 から江府町と伯耆町の町境までの区間は、局部的な変化のない滑らかな曲線形状を示している。この区間では2箇所^{せんきゆう}に遷急点（下流側が急勾配、上流側が緩勾配となる急激な勾配の変化点）が存在し、地盤の隆起等の急激な地殻変動がこの地域にあったことを示しており、下流部よりも緩い勾配で、穿入蛇行する区間では、寝覚 峡やキシツツジが咲き誇る岩場等の美しい景観を見ることができる。初夏には清流の象徴であるカジカガエルの美しい鳴き声を聞くことができ、日野町では美しい羽を持つオシドリが越冬のため姿を見せる。また、瀬や淵の連続する区間も多く、アユ釣りに訪れる人も多い。



図 2.4 上流部の自然環境

江府町と伯耆町の町境から 車尾 床止までの中流部は、背後に大山を望む扇状地性の河道で河道幅は200~400m程度となり広々とした河川景観を見せている。河道内の砂州にはカワヂシャやナガミノツルキケマン等の重要な種が生息しているほか、ツルヨシ等が繁茂する水際の砂泥河床には、スナヤツメが生息している。中流部で合流する法勝寺川は、その流送土砂により、流域内で最も肥沃な平地部を形成している。緩やかな流れの砂底には、環境省レッドリストにおいて絶滅のおそれのある地域個体群に指定される二枚貝を産卵床とするアカヒレタビラが生息している。



図 2.5 中流部の自然環境

車尾床止から河口までの下流部は感潮域となっており、トモエガモやミコアイサなど多くの水鳥の越冬地となっている。また、日本海からの強い季節風が河口砂州を形成し、河口砂州には砂丘植物のコウボウムギが生育し、夏鳥として渡ってくるコアシサシが営巣する。

魚類としては、アユやサケ等の回遊魚が見られ、感潮域上流の瀬である車尾床止下流の瀬は、日野川におけるアユの産卵場となっている。感潮域では、マハゼやボラ等の汽水魚が生息・繁殖し、シロウオやカマキリなどが遡上・降河している。



図 2.6 中流部の自然環境

3 流砂系の範囲と領域区分

日野川流砂系は日野川流域と皆生海岸で構成され、砂防域、ダム域、河道域、河口域、海岸域の5つに区分する(図3.1)。砂防域、ダム域、河道域は、各管理者の事業領域を範囲として区分し、河口域は日野川河口部、海岸域は日野川からの土砂供給の影響を受ける境港から淀江漁港までの領域とする。



図 3.1 日野川流砂系と領域区分

4 前提条件

本管理計画は、国土の維持・保全に必要な土砂を流砂系内でまかなうことを基本原則とし、砂防域、ダム域、河道域、河口域、海岸域の連携のもと、各領域での防災対策と土砂の連続性の確保を両立した流砂系を目指すものである。

本管理計画の検討にあたっては、現時点における流砂系の土砂動態の実態解明を行いながら、効果的、効率的な土砂管理対策について検討を進めてきた。

具体的には、横断測量、河床材料調査等の既往調査により蓄積されたデータを最大限活用すると共に、流砂量観測や航空レーザ測量等の手法を用いて土砂動態の分析を行った。また、それらを検証データとして流域土砂動態解析モデル及び一次元河床変動計算モデルを構築し、土砂動態マップの作成や土砂管理対策による効果の検討を行った。これは、現時点で得られる情報を可能な限り用いて検討の信頼性を確認するなど、現時点での技術的知見に基づく検討成果である。

一方、流砂系の土砂動態や地形は、過去からの長い年月をかけて形成されたものであり、これまでに蓄積されたデータの量や質、現在のシミュレーション技術などの状況から、日野川流砂系の土砂動態を完全に解明できる状況には至っていない。

このような状況に対し、各領域で発生する土砂課題に対して、各領域で個別に対策を進めていくと他の領域に影響を与える場合がある。このことから、各領域での対策の整合を図り、流砂系全体の土砂動態を勘案した適切な対策を早期に講じていく必要があり、本管理計画を策定した。

なお、土砂管理対策による効果や影響については、治水、利水、環境等の幅広い観点からの検討が必要である。しかし、上記の理由で現時点の技術的知見に基づく検討成果には課題も残されているため、今後も土砂移動のモニタリングを継続し、データの蓄積を図るとともに、得られた知見に応じて適宜計画の見直を行っていくものとする。

【各領域を構成する粒径集団の設定】

各領域を構成する主たる粒径集団（有効粒径集団）について、既往調査結果（山地域：平成 20 年度調査、河川域：県管理区間は平成 20 年度、直轄管理区間は平成 23 年度調査、海岸域：平成 20 年度調査）により分析し、4つの粒径集団を設定した。

【流砂系の土砂動態の実態把握】

定期横断測量や河床材料調査等の既往調査に加え、流砂量観測や航空レーザ測量等の手法を用いて、土砂動態の実態把握を行った。特に、日野川流砂系では海岸侵食が課題となっていることから、海浜構成材料（粒径 0.1mm～2.0mm の花崗岩質砂）に着目し、ダム湖や河道内の植生域に多く堆積していること、関係機関が治水・利水機能の維持や確保のために実施している土砂搬出の実態等を明らかにした。

【土砂移動シミュレーションモデルの構築】

山地から河口までの流域全体の土砂移動を追跡できるモデルとするため、山地域には流域土砂動態解析モデル、平野部（菅沢ダム下流河道、法勝寺川直轄管理区間）には一次元河床変動計算モデルを適用し、それらを組み合わせて流域全体を解析するモデルを構築した。なお、河道内の植生繁茂による土砂堆積を考慮するため、一次元河床変動計算モデルには植生消長モデルを用い、昭和 60 年初～平成 24 年末の 28 年間を対象として検証計算を行い、モデルの信頼性を確認した。

【土砂管理対策の検討】

各領域の課題や土砂搬出の実態、日野川 6.2k の試験施工結果等を踏まえ、実現可能な土砂管理対策案を抽出し、上記モデルにより対策の効果を検討した。これらの土砂管理対策を実施することにより、河口への土砂供給量が増加すること（海浜構成材料で約 2 倍）を示し、流域対策と海岸保全対策の両輪で海岸線の維持、回復を図る方針を示した。

5 流砂系を構成する粒径集団

海岸域を構成する粒径は、日野川河口部を除いてほぼ0.075(≒0.1)～2.0mmの砂成分であり、その中でも中砂(0.25～0.85mm)が多くを占める。皆生工区～両三柳工区には粗砂(0.85～2.0mm)が含まれたやや粗い砂であるが、西側の境港工区へ向かうと徐々に細砂(0.075～0.25mm)の割合が多くなり粒径は細くなる。これは、皆生海岸では西向きの沿岸漂砂が卓越しており、細かい粒径が動きやすいため日野川河口部から西側へ行くほど細くなっている。

日野川河口から1.6kの区間は、河床勾配が1/2,000程度と緩く、中砂～粗砂が多くを占める。しかし、1.6kより上流区間では河床勾配が1/320以上と急になり、河床材料は礫(2.0～75.0mm)から石分(75.0mm以上)が80%程度を占めるようになる。9.4k～48.0k付近までは河床勾配、河床材料は概ね同程度である。

山地域の河床材料は、ほとんどの河川で礫(2.0～75.0mm)から石分(75.0mm以上)が80%程度を占めており、日野川本川の上流区間(17.0kより上流)と同程度の粒度構成である。

以上より、日野川1.6k上流区間では、主たる構成材料は礫～石分であり、河口部では粗砂分、海岸域では細砂～中砂が主たる構成材料となっている。

表 5.1 河床材料の主たる構成材料の場所

粒径区分	主たる構成材料の場所
シルト・粘土分(～0.075mm)	なし
細砂分(0.075～0.25mm)	旧日吉津工区(海岸域)
中砂分(0.25～0.85mm)	境港工区～皆生工区(海岸域)
粗砂分(0.85～2.0mm)	河口部
礫分(2.0～75.0mm)	日野川1.6k上流域(河道域、砂防域)

6 現状と課題

日野川流砂系における土砂動態の現状と課題を以下に示す。

6.1 砂防域

1) 土砂災害の発生状況

日野川流域には解体期を迎えた火山である大山が存在し、山頂部付近には大規模な崩壊地がある。山麓斜面は侵食にきわめて脆い火山堆積物が厚く堆積し、豪雨時にしばしば土砂流出が発生する。大山環状道路では、大山源頭部の崩壊により毎年のように通行止めが生じている。また、平成23年9月洪水では斜面崩壊や護岸崩落、溪流からの氾濫が生じており、近年も土砂災害が発生している（図6.1）。



大山山頂部の崩壊地



大山環状道路上の土砂堆積



土石流の発生（三の沢、ライブカメラ映像）



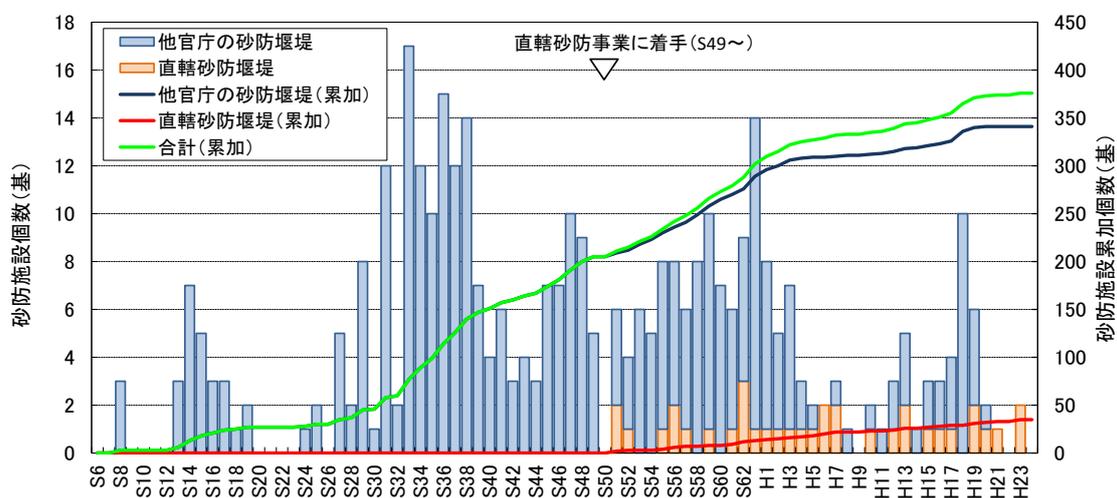
護岸崩壊（別所川、伯耆町久古）

図 6.1 土砂災害の発生状況

2) 砂防堰堤の整備状況

日野川流域の砂防工事は、鳥取県により昭和7年から行われ、昭和49年度から直轄砂防事業に着手した。直轄砂防事業では、H24年度末までに35基の砂防堰堤が整備され、他官庁等の整備土砂量を含めた場合の整備率は基本整備土砂量（約1,400万 m^3 ）に対して約48.5%となっている（H24年度末）。流域全体の砂防堰堤は376基であり、そのうち多くは大山流域に存在している（図6.2）。

砂防堰堤は土砂災害を防止する一方、下流河道での河床低下や河口部への流出土砂の減少を招く恐れがあるため、直轄砂防では、平成6年度より砂防堰堤の堆砂容量の確保と平常時の下流域への土砂供給を目的に、透過型砂防堰堤の整備、既設の不透過型砂防堰堤のスリット化を進めている（図6.3、H24年度末で3基）。県管理（日野振興センター）の砂防堰堤についても不透過型と透過型が存在している。



※他官庁：鳥取県（西部総合事務所）、林野庁（鳥取森林管理署）

図 6.2 日野川流域内の砂防堰堤数の経年変化



図 6.3 透過型砂防堰堤（左：袋原砂防堰堤、右：栗尾砂防堰堤）

3) 砂防域の課題

大山源頭部には大規模な崩壊地があり、豪雨時に崩落土砂が溪流・沢沿いに流出している。現在の砂防施設による整備率は約 48.5%と低く（H24 年度末）、土砂災害が発生する危険性があることから、計画的な砂防施設の整備が必要である。

砂防堰堤は土砂災害を防止する一方、下流河道での河床低下や河口部への流出土砂の減少を招く恐れがあるため、透過型砂防堰堤の整備、既設の不透過型砂防堰堤のスリット化を進めているが、スリット化により溪岸侵食を助長しないこと、現況の堆砂状況、堰堤の構造等を勘案して整備を進めていく必要がある。ただし、透過型砂防堰堤は、除石管理が必要となっている。

6.2 ダム域

1) ダム貯水池の堆砂状況

流域には治水・利水ダムが全部で6基ある。これらのダムの堆砂量は、現時点で想定を下回る堆砂であるが、大規模な洪水時には堆砂量が多くなっている。

なお、大宮ダムでは取水機能の維持等のため、不定期に浚渫が行われている。菅沢ダム・大宮ダムのある印賀川流域の地質は花崗岩が広く分布し、ダム貯水池には海浜構成材料に近い花崗岩質の砂が多く堆積している。

表 6.1 日野川流域内の貯水ダム

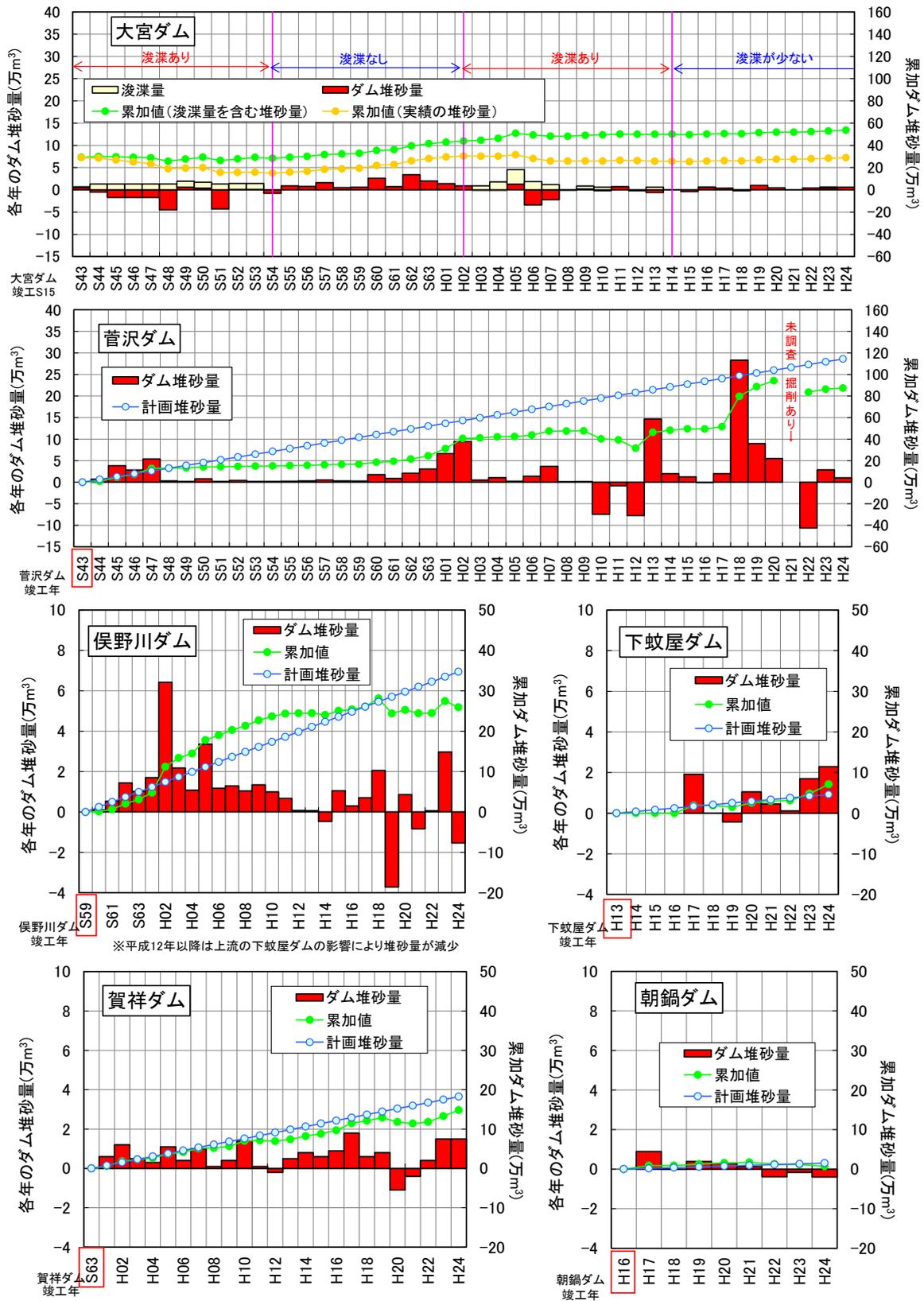
ダム名	目的 ※1)	管理者	竣工	流域面積 (km ²)	有効貯水容量 /総貯水容量 (万m ³)	計画堆砂量 (万m ³)	H24末時点 の堆砂量 (万m ³)	堆砂率 (%)
菅沢ダム	FAIP	国	S43	85.0	1720/1980	260	87.4	34 (44年間)
大宮ダム	P	中国電力	S15	64.9	24/50	(なし)	29.0	—
賀祥ダム	FNW	県	H1	26.0	669/745	76	14.8	19 (24年間)
俣野川ダム	P	中国電力	S59	48.9	670/794	124	25.9	21 (28年間)
下蚊屋ダム	A	中四国 農政局	H13	13.0	344/386	42	7.1	17 (11年間)
朝鍋ダム	FN	県	H15	6.2	119/138	19	0.7	4 (8年間)

※1)F:洪水調節 A:かんがい用水 N:不特定用水 W:上水道用水 I:工業用水 P:発電用水

※2)大宮ダムの実績堆砂量は維持浚渫量を考慮後(維持浚渫量を加えた数値)



図 6.4 日野川流域内の貯水ダムの位置図



※上図の計画堆砂量は、計画堆砂量が計画期間中で均等に堆砂した場合の線を便宜的に示したものと

図 6.5 貯水ダムの堆砂量の経年変化

2) ダム域の課題

ダム建設後、大きな洪水が少なく現時点では想定を下回る堆砂であるが、平成 18 年には大規模な洪水によって堆砂が大きく進んだ実績があり、今後、大規模な洪水に伴いダム貯水池への堆砂が進行することが懸念される。

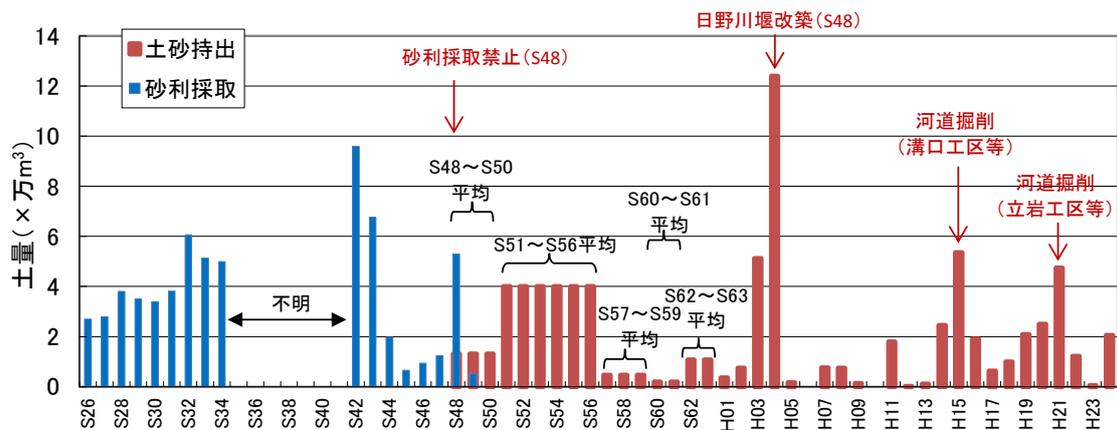
菅沢ダムの直上流に位置する大宮ダムの堆砂が洪水吐ゲート上部付近まで達しており、土砂が大宮ダムを越流しやすくなっており、菅沢ダムの堆砂量が増大することが懸念される。また、大宮ダムでは取水機能の維持のため掘削・浚渫が必要となっている。

昭和 59 年竣工の俣野川ダムでは、建設後に堆砂が計画以上の速度で進行していたが、下蚊屋ダム（H13 年竣工）が上流側に建設されて以降、堆砂はほとんど進行していない。下蚊屋ダムの堆砂量は、概ね計画どおりに進行しているが、管理開始後 10 年程度しか経過していないため、引き続き堆砂状況を把握していく。

6.3 河道域

1) 土砂持ち出し量と河床変動土量

直轄管理区間の砂利採取量、河道掘削による土砂持ち出し量の経年変化を図 6.6 に示す。戦後、建設骨材の需要の高まりに伴い、日野川での砂利採取量は急激に増加した。その結果、砂利採取量は昭和 20 年代で 3 万 m^3 /年、昭和 30 年代前半で 4~5 万 m^3 /年、昭和 30 年代後半から昭和 40 年代が 5~10 万 m^3 /年と増加した。昭和 48 年に砂利採取が禁止となり、砂利採取禁止後の河床変動土量は、日野川堰改築工事 (H5 年完成) による減少を除いて、近年は概ね安定している (図 6.7)。



(出典：砂利採取 S26~S34 は倉吉工事事務所四十年史 S53.3)

図 6.6 砂利採取、河道掘削等による土砂持ち出し量

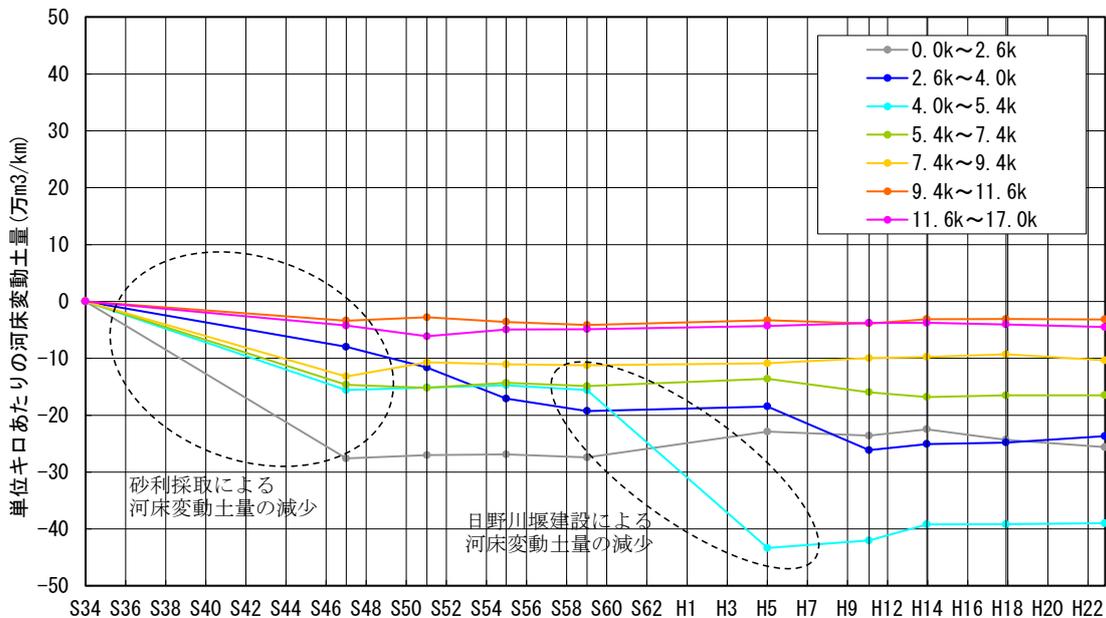


図 6.7 日野川河道の河床変動土量の経年変化

2) 河道の変遷

図 6.8 に航空写真による河道の変遷を示す。昭和 23 年には砂州上に植生はほとんど見られないが、昭和 46 年には裸地と植生域が混在した河道となり、その後、徐々に植生域が広がり、平成 25 年にはほとんどの砂州に植生が繁茂している。

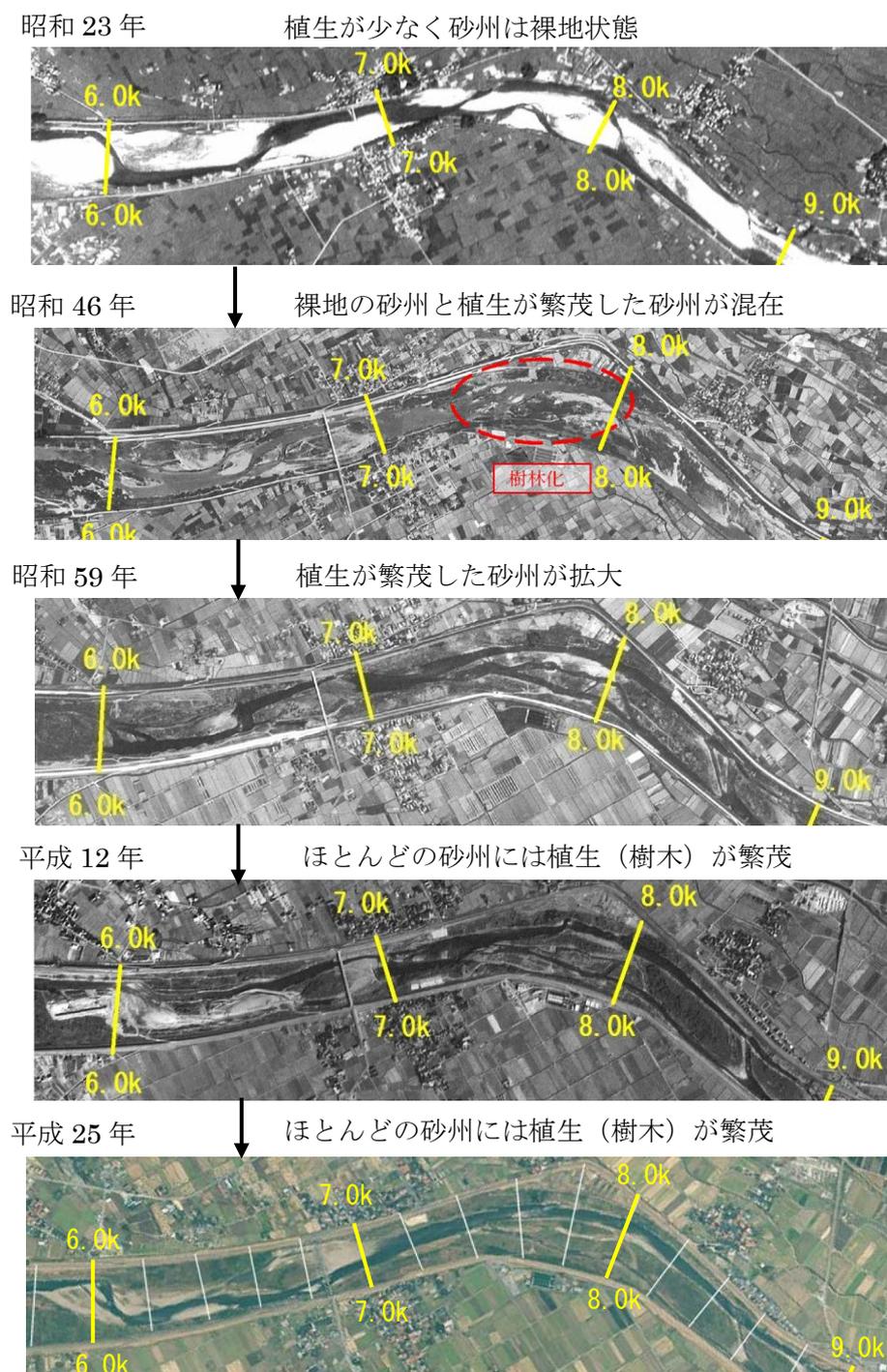


図 6.8 日野川河道の変遷

3) 河道横断形状の変化

昭和 59 年から平成 23 年における河床変動高を図 6.9 に示す。昭和 59 年から平成 23 年における河道幅全体の変動高は概ね安定しているが、植生域では堆積、みお筋部（最深河床高）は低下傾向である。図 6.10 に示すように、砂州部（植生域）は上昇、みお筋部は低下する河道横断形状の二極化が主に 11.0km より下流区間で生じている。

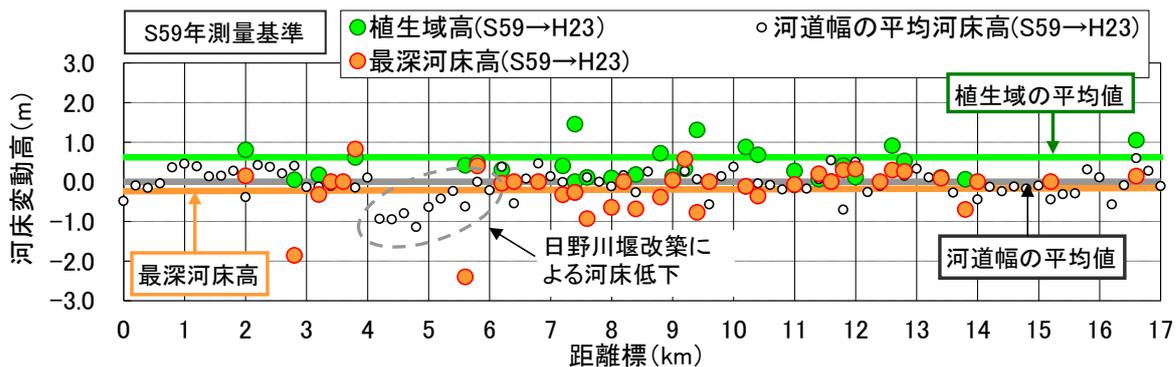


図 6.9 植生域とみお筋部における河床変動高

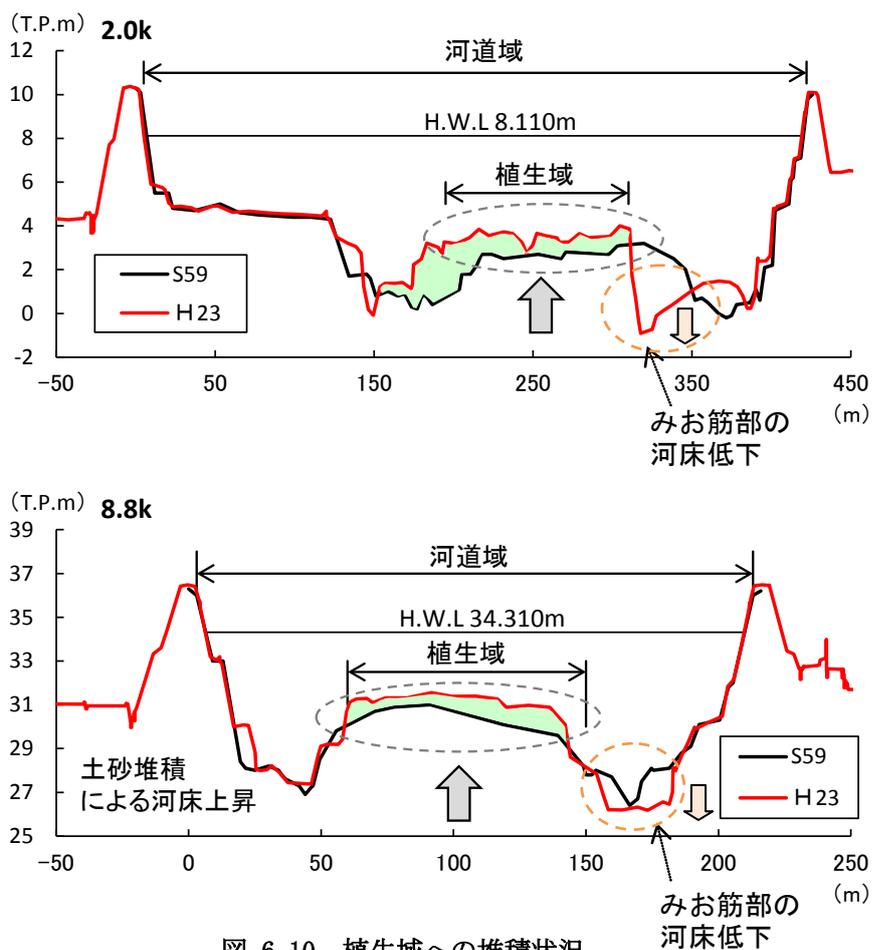


図 6.10 植生域への堆積状況

日野川直轄管理区間の河床材料平均粒径の変化を図 6.11 に示す。昭和 39 年度から昭和 42 年度にかけて概ね 5.0k より上流区間で河床材料は粗粒化し、昭和 42 年度から昭和 46 年度にかけて 1.0k 上流区間まで粗粒化が進行した。この期間は、鉄穴流し終焉後の土砂供給の減少と砂利採取等により河床低下が生じた期間であり、人為的攪乱とともに洪水によって河床から細かい成分が流出し、粗粒化が生じたと考えられる。近年の調査では、日野川堰上流の湛水区間等で昭和 39 年度と同程度の細かい粒径となっている箇所もあるが、その他の区間では粗い粒径が継続している。

一方、砂州の植生域には、河床材料と異なる細かい粒径が堆積しており、その多くは海浜構成材料(粒径 0.1~2.0mm 程度の砂で河床材料と異なる材料)である(図 6.10、図 6.12)。このように、上流域からの流出した海浜構成材料の一部が植生に捕捉されるため、近年は海岸への流出土砂が減少していると考えられる。

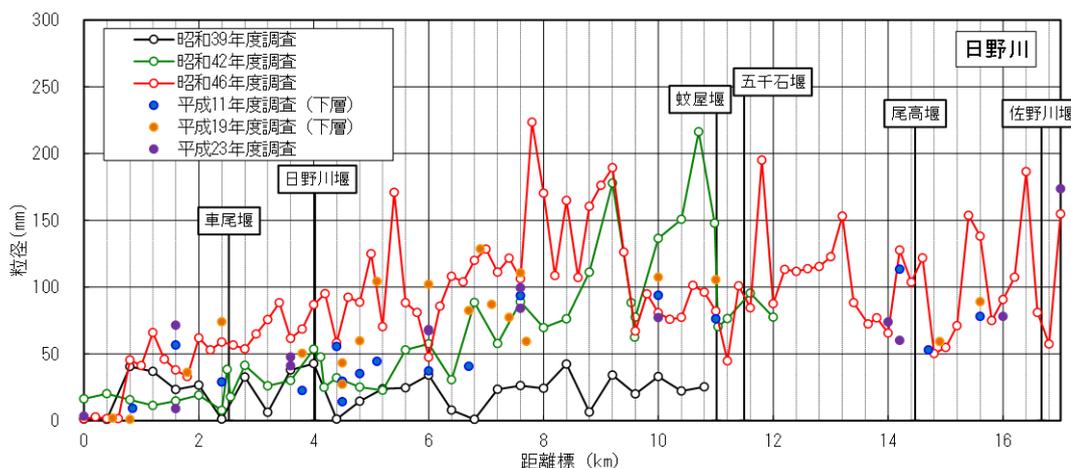
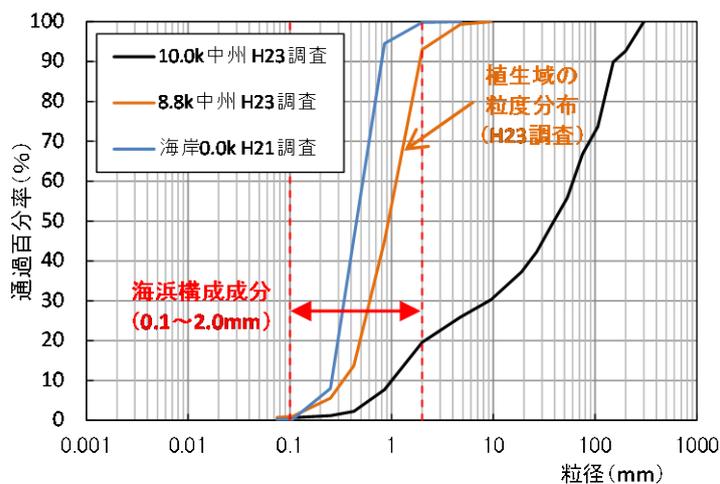


図 6.11 河床材料平均粒径の変化



10.0k 河床 (H23.11 調査)



8.8k 砂州 (H23.10 調査)

図 6.12 植生域の堆積土砂の粒度分布

4) 海岸域への土砂供給能力

日野川の河道の変遷は、上記に示したとおり昭和 30 年頃から現在までに大きく変化している（表 6.2）。このような直轄管理区間（0.0k～17.0k）の河道変化による海岸への土砂供給量の違いを一次元河床変動計算により算出し、日野川流域からの土砂供給能力を推定した。なお、直轄管理区間より上流域の河道条件は現況河道（H23 年河道）と同様として比較を行った。

表 6.2 日野川河道の変遷の特徴

対象河道	河床材料	特徴
S34 年河道	S39 年度調査	<ul style="list-style-type: none"> 低水路幅が広く平らな河道形状である。 砂州上に植生が少なく裸地状態の砂州が存在し、河床材料が細かい。
S47 年河道	S46 年度調査	<ul style="list-style-type: none"> 砂州固定化が進行する前の河道で、比較的平らな河道形状である。 植生が繁茂している砂州と裸地の砂州とが混在している。 河床材料は粗粒化が進行している。
H23 年河道	H23 年度調査	<ul style="list-style-type: none"> 河道の二極化が進行し、濇筋と砂州の比高差が大きい。 裸地域は少なく、多くの砂州には植生（樹木）が繁茂している。 日野川堰上流の湛水区間等で昭和 39 年度と同程度の細かい粒径となっている箇所もあるが、その他の区間では粗い粒径が継続している。

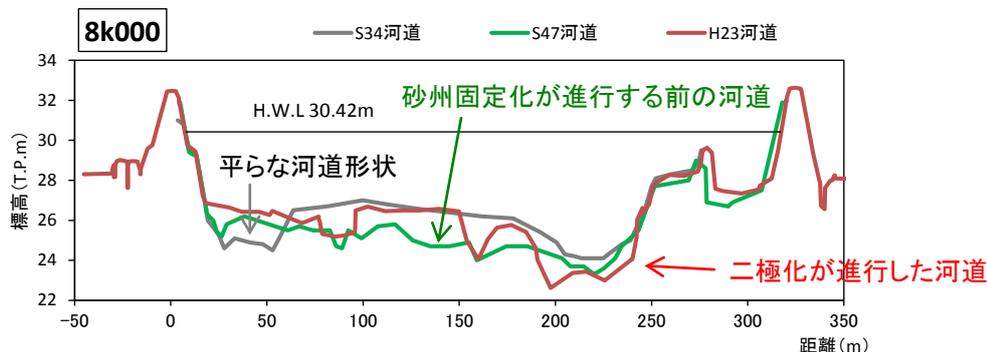


図 6.13 河道の横断形状の変化

S34年河道、S47年河道、H23年河道で河床変動計算を行い、海岸への海浜構成材料の流出土砂量を比較した。計算結果を表 6.3 に示す。

S34年河道では、海岸への流出土砂量（海浜構成材料）は約 2.7 万 m³/年（現況は 1.5 万 m³減少）であるのに対し、S47年河道では約 1.2 万 m³/年となり現況と同程度となる。S34年河道と S47年河道では河道形状と植生域に大きな違いはないが、河床材料が大きく異なる（S34年河道では、砂成分が多い河床材料）。このことから、河床に細かい土砂が多く存在すれば、河口への供給土砂の増加が期待できると考えられる。

表 6.3 海岸への流出土砂量（年平均値：海浜構成材料）

計算ケース	海岸への流出土砂量
S34年河道	2.7 万 m ³ /年
S47年河道	1.2 万 m ³ /年
H23年河道	1.2 万 m ³ /年

※計算対象流況：S58年～H24年（30年間）、車尾で日流量 200m³/s 以上の洪水

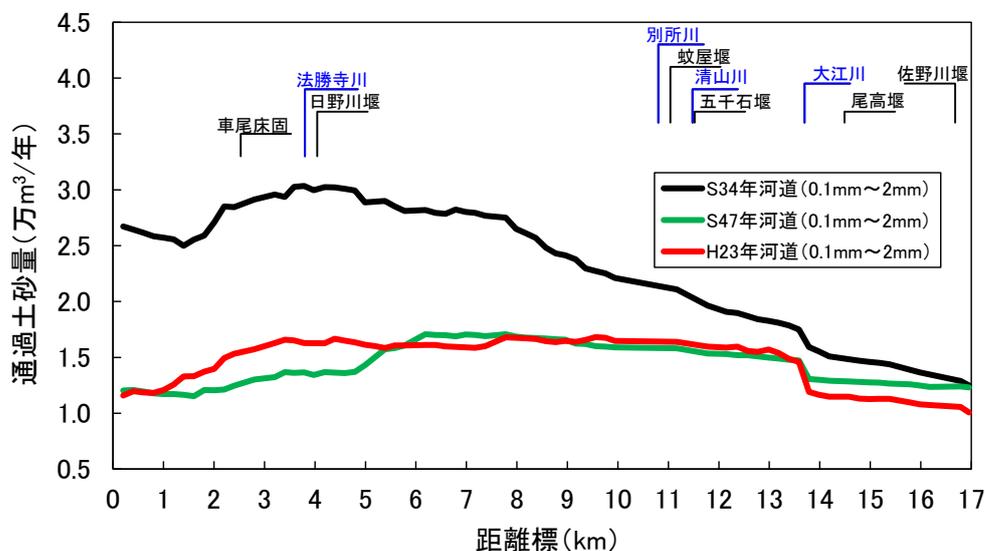


図 6.14 年平均の通過土砂量縦断面図（海浜構成材料）

5) 河道域の課題

河道横断形状の二極化（みお筋部の洗掘、砂州の植生域化と土砂堆積）が進行しており、局所洗掘による堤防護岸の被災の危険性の増大、及び河道内樹木の繁茂による河積阻害が懸念される（図 6.15、図 6.16）。

このような砂州の植生域化と土砂堆積、側岸侵食や局所洗掘に対し、継続的なモニタリングを行い、原因を分析した上で計画的かつ効率的な対策を試行的に実施する必要がある。



図 6.15 局所洗掘の進行と護岸災害の発生

(左：H25年・日野川 6.6k 左岸、右：H23年・日野川 15.3k 左岸)

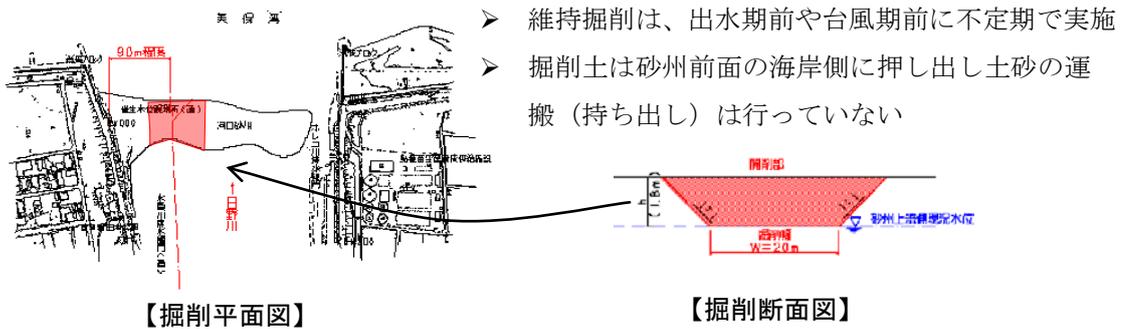


図 6.16 立岩地区の樹木伐採

6.4 河口域

1) 河口域の土砂動態

日野川河口部には発達した河口砂州が存在しており、内水被害防止のために維持掘削が行われている（図 6.17）。洪水により砂州フラッシュの規模が異なるが、洪水ピーク流量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 以下の洪水からフラッシュすることが確認されている（図 6.18）。



【掘削平面図】

【掘削断面図】

図 6.17 河口砂州の維持掘削事例（H20 年度）

平成5年9月4日洪水後
(車尾 $713\text{m}^3/\text{s}$)



平成8年6月26日洪水後
(車尾 $306\text{m}^3/\text{s}$)



平成9年7月12日洪水後
(車尾 $1,494\text{m}^3/\text{s}$)



平成18年7月19日洪水後
(車尾 $2,333\text{m}^3/\text{s}$)



平成23年9月3日洪水後
(車尾 $2,517\text{m}^3/\text{s}$)

砂州の大部分が流出



図 6.18 洪水後の河口砂州の状況

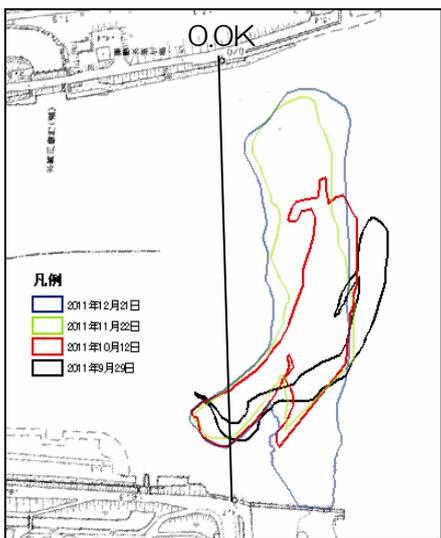
平成 23 年 9 月洪水でフラッシュされた後の河口砂州の変化について、写真測量によりモニタリングを行ったところ、洪水後の数か月で砂州は復元した（図 6.19）。

また、深淺測量成果を基に河口部周辺の洪水前後の土砂動態を分析すると、洪水直後の河口部前面の堆積土砂量に対し、その後の河口砂州への堆積土砂量は小さいことから、河口部前面に堆積した土砂の一部は河口砂州へ戻るが、その多くは沿岸漂砂として移動していると考えられる。

H17.6.9 撮影



H23.9.9 撮影



H24.3.16 撮影



図 6.19 平成 23 年 9 月洪水による河口砂州のフラッシュと復元

2) 河口域の課題

日野川河口部には発達した河口砂州が存在し、洪水によりフラッシュされても数か月で復元するため、今後も内水被害防止のために継続的な維持掘削が必要となっている。河口砂州の堆積土砂は海浜構成材料よりもやや粗く侵食されにくいことから、海岸侵食部への養浜材料として期待されている（図 6.20）。

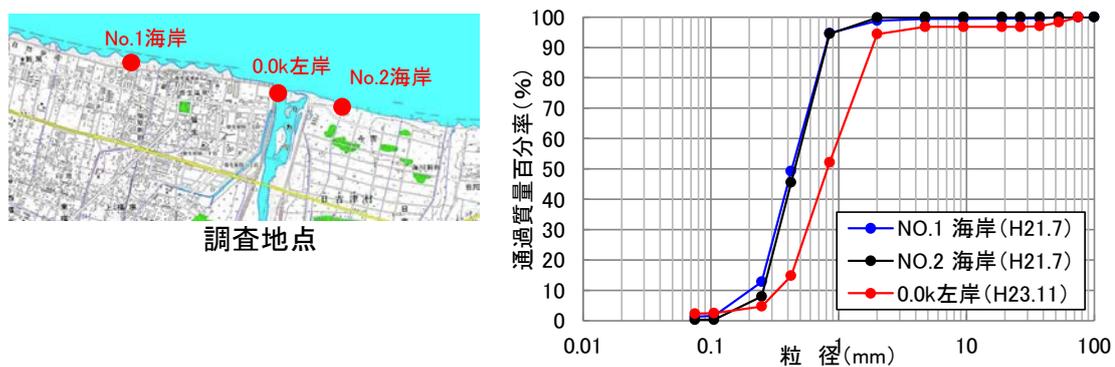


図 6.20 河口および海浜構成材料の粒度分布

6.5 海岸域

1) 鉄穴流し

良質な砂鉄に恵まれた日野川上流域では、17世紀前半から「鉄穴流し^{かんな}」によって風化した花崗岩層などを掘り崩し、砂鉄を採取して「たたら製鉄」が盛んに行われた。鉄穴流しにより、排出された大量の土砂は、洪水によって中下流に運ばれ、河床を高めるとともに、米子平野や弓浜半島の拡大に寄与してきた。鉄穴流しによる流出土砂量は、貞方³らによると、「鉄穴流し」跡地の廃土量から2.0億～2.7億m³とされている。

鉄穴流しの終焉とともに主な土砂生産域は、鉄穴流しを行っていた「上流域」の割合が減り、「大山流域」の割合が増えシフトしてきている(図6.22)。鉄穴流し時代に供給された土砂は、日野川上流域に広く分布する花崗岩系が主体の白色砂であったが、現在の供給土砂は、大山流域に広く分布する安山岩系(大山火山岩類)が主体の黒色砂が多くなっている。ただし、皆生海岸を構成している土砂の概ね20%が安山岩系の土砂であり、大山流域からの土砂も海岸線の維持に寄与している(図6.23)。

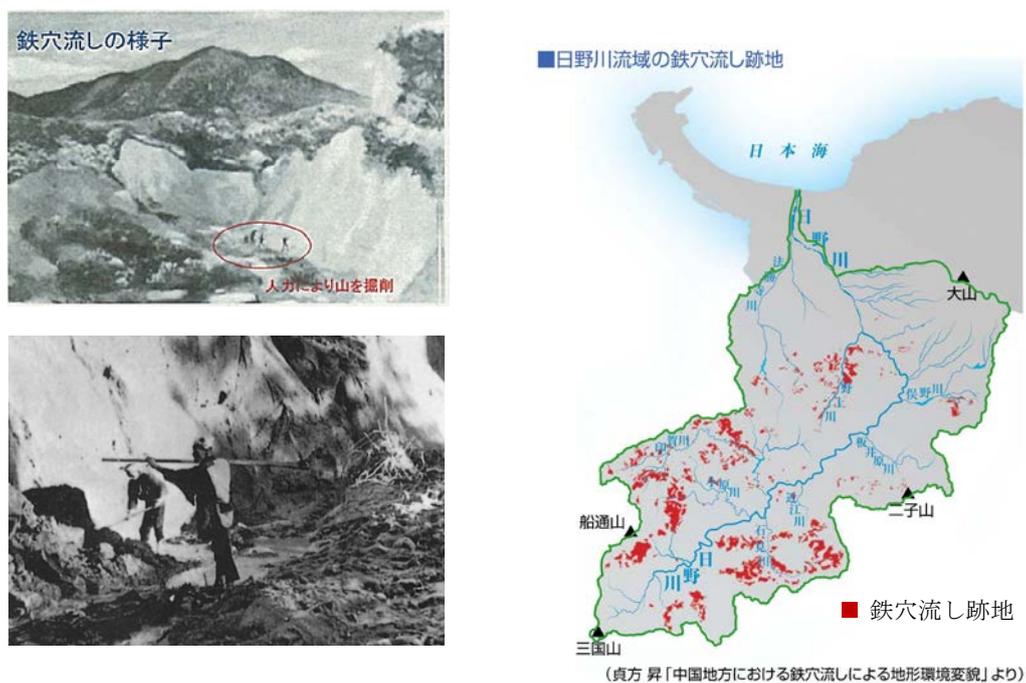


図 6.21 鉄穴流しの様子と鉄穴流し跡地の分布

³貞方,赤木:鳥取県日野川流域の鉄穴流しによる地形改変,たたら研究第27号,pp.1-13,1985.12

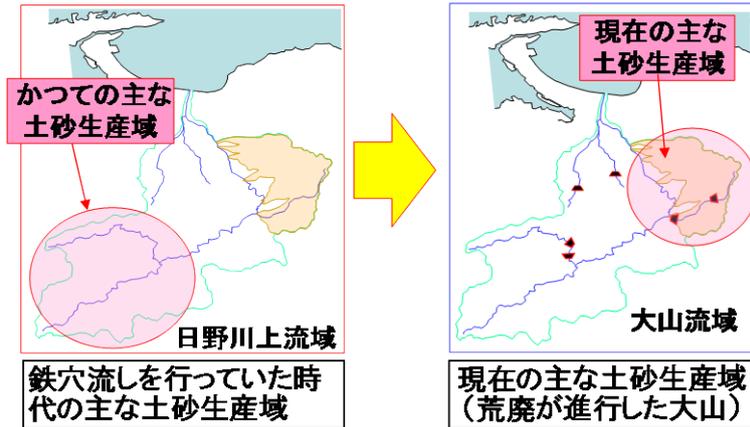


図 6.22 大山流域からの土砂生産

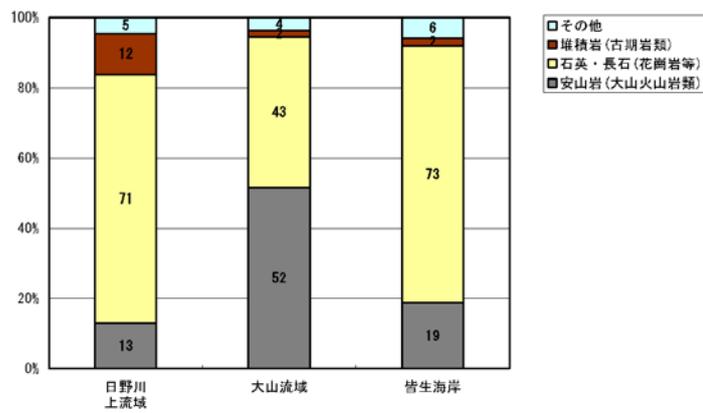
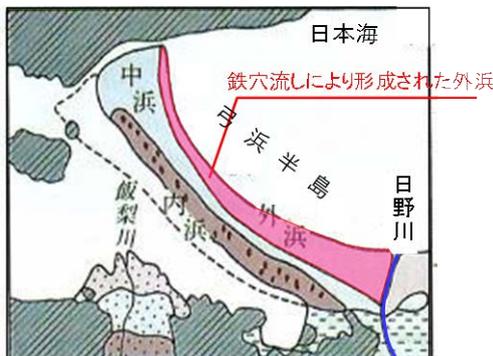


図 6.23 各領域における鉱物組成比率の違い⁴

2) 皆生海岸の侵食

大正時代の後期にたたら製鉄は終わりを迎え、これを契機とするように皆生温泉付近から海岸線の後退が始まった。その後、秋季から冬季の波浪によって海岸侵食は激しくなり、現在の護岸となるまでに最大で約 300m の砂浜が後退したと言われており、温泉旅館や泉源などが波にのまれて沈んでいった (図 6.24)。



弓浜半島の形成



波の犠牲となった金魚亭 (昭和 17 年 2 月)

図 6.24 弓浜半島の外浜形成と海岸侵食

⁴ 日野川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料 国土交通省河川局、平成 21 年 3 月

3) 鳥取県による施工

海岸侵食を防止するため、昭和 8 年に最初の対策として護岸が施工されたが、数年のうちに崩壊し、皆生温泉は危機的な状況となった。戦後、昭和 22 年には鳥取県は対策委員会を設置し、昭和 34 年にかけて突堤群や護岸を施工した。突堤群の効果により一時的に砂浜は回復したが、再び侵食被害を受けることとなった。



昭和初期の海岸侵食（昭和 15 年 9 月）



皆生温泉付近の海岸侵食（昭和 30 年）



皆生温泉付近の突堤整備（昭和 40 年）



回復した砂浜（昭和 40 年前半）

図 6.25 昭和 30 年代までの被災状況および突堤整備後の状況

4) 直轄による施工

昭和 35 年 4 月に全国で最初の直轄海岸工事区域に指定された。直轄海岸事業の着手により、旧日吉津工区（H8.9 鳥取県に管理移行）、皆生工区、両三柳工区、夜見・富益工区において昭和 40 年代から現在に至るまで離岸堤の整備を中心に海岸保全が行われ、汀線維持が図られてきた。平成 6 年以降、夜見・富益工区の海岸侵食、皆生海岸末端の境港での土砂堆積を抑制するため、夜見・富益工区～境港工区でサンドリサイクルが実施されている。平成 6 年から平成 24 年までに行われたサンドリサイクル量は、平均で約 2.6 万 m^3 /年である。皆生工区において、平成 16 年からは沖合侵食の低減や自然景観の復元を目指して、クレスト型人工リーフの整備を実施している。しかし、海岸保全施設を整備した下手側は依然として侵食が進行していることや沖合侵食により離岸堤法先部の洗掘、消波ブロックの沈下が生じている（図 6.28）。

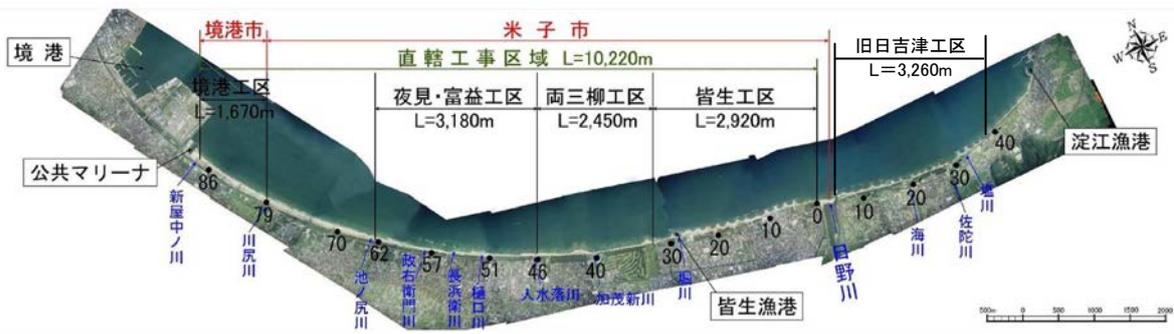


図 6.26 直轄海岸工事区域



1号離岸堤設置 (昭和46年)



両三柳突堤 (昭和61年)

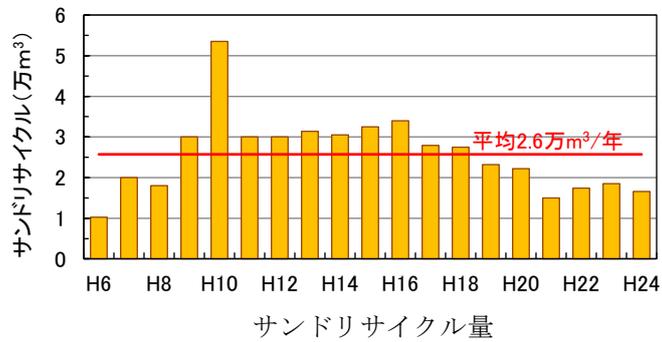
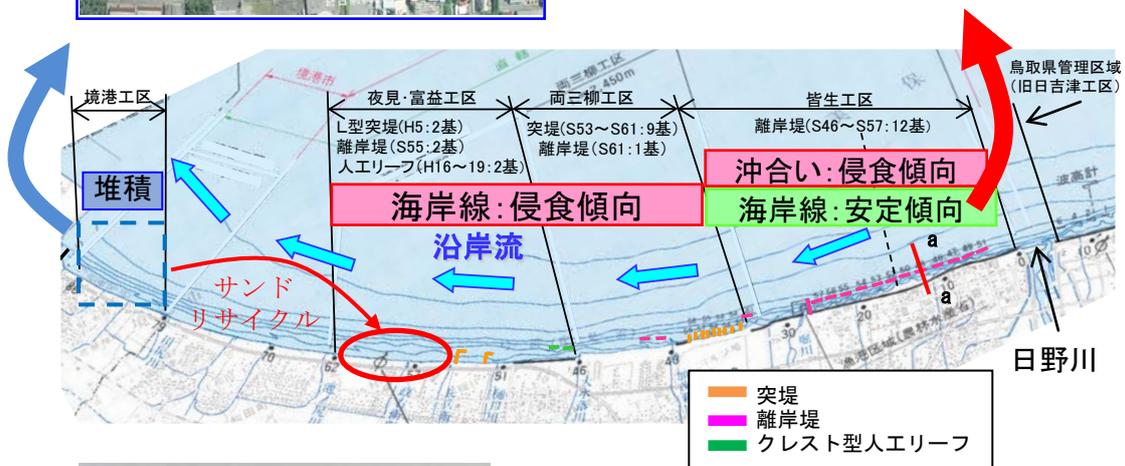
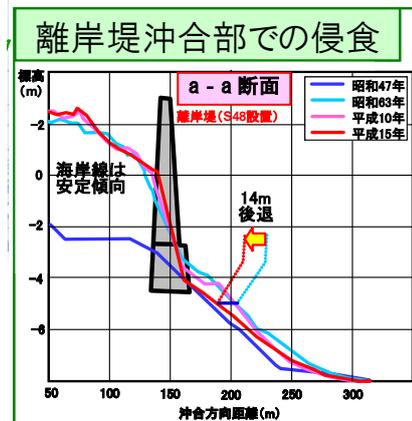
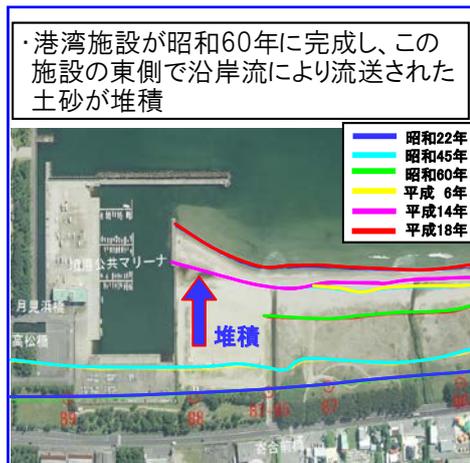


図 6.27 海岸保全事業



海岸侵食状況
(平成10年9月台風5号)



海岸保全施設



緩傾斜護岸の被害状況 (平成19年1月)

図 6.28 皆生海岸の地形変化と侵食状況

5) 現状と施設対策

現在、直轄海岸工事区域では、白砂青松の優れた景観保全と海岸利用を促進する安全、快適な海岸の創出を目指し、海岸保全事業を実施している。皆生工区においては、沖合侵食により離岸堤法先部の侵食が生じており、施設改良が必要となったが、改良にあたり、海岸線からの眺望等に配慮し、人工リーフによる改良も行っている（図 6.30）。両三柳工区においては、突堤、離岸堤等が整備されているが、その下手側では侵食が進んでおり、背後地の両三柳地区、河崎地区では宅地化が進んでいることから、沖合防護施設の整備を計画している。富益工区においては、既設の海岸保全施設の下手側で侵食が生じている一方で、港湾施設では堆砂が進行しており航路維持のための掘削を行っている。この掘削土及び堆砂が進行している境港工区を掘削し、サンドリサイクル（養浜）を実施している（図 6.28）。

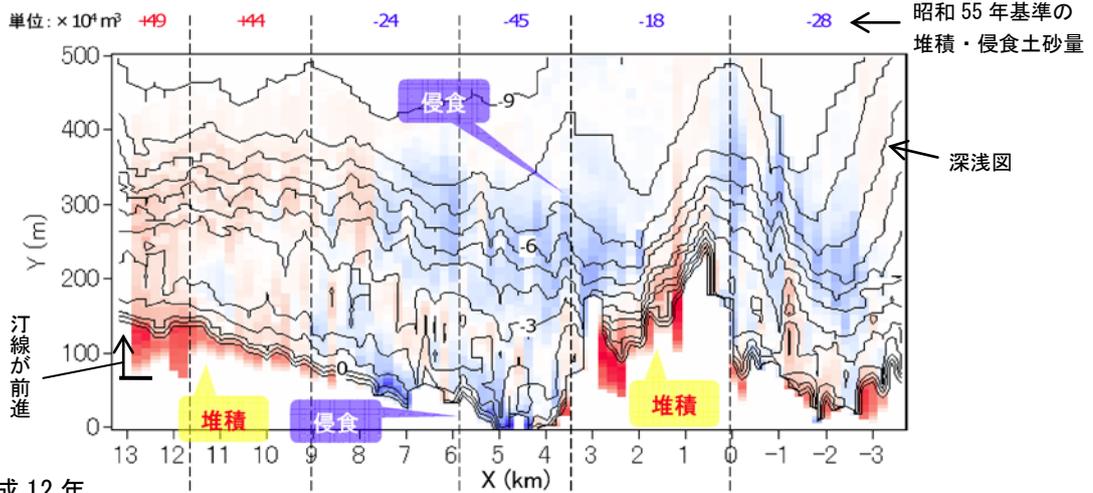
鳥取県では、総合的な海岸保全を行うため、平成 20 年 8 月に「鳥取県西部海岸管理協議会」を設立しており、現在、協議会の立ち上げから概ね 5 年が経過している。協議会では、これまでの蓄積されたデータを活用して、土砂管理計画の点検を行い、より効率的、効果的な土砂管理方策を検討している。しかし、サンドリサイクルは、一定の海浜安定効果を得ているものの継続的に繰り返している状態であり、コスト縮減や効果の最大化の観点から、効率のよいサンドリサイクルの方法とすることが求められている。

6) 海岸域の課題（砂を供給する必要性）

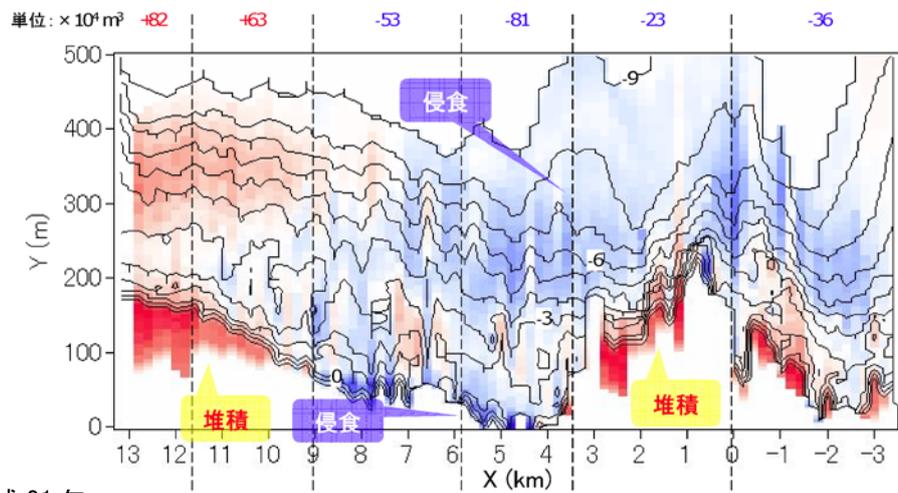
皆生工区、両三柳工区では侵食に対し施設対策を実施しているが、その一方でサンドリサイクルを実施している富益工区では、サンドリサイクル実施前（S62~H5）の汀線変化量と比べ、実施後（H6~H25）の汀線変化量は大幅に改善されているものの現在でも侵食傾向である（図 6.31）。サンドリサイクルに使用している砂は沿岸漂砂により選択された細かい粒径成分であり、対策実施後の歩留まりが悪いことから粗い砂の確保が課題となっている。このため、粒径の粗い河口部の土砂を養浜へ利用することや日野川からの流出土砂を増加させることが重要となっている。

また、西向きの沿岸流により港湾施設での堆砂が発生しており、航路維持のため堆砂対策が必要となっている。

平成 2 年



平成 12 年



平成 21 年

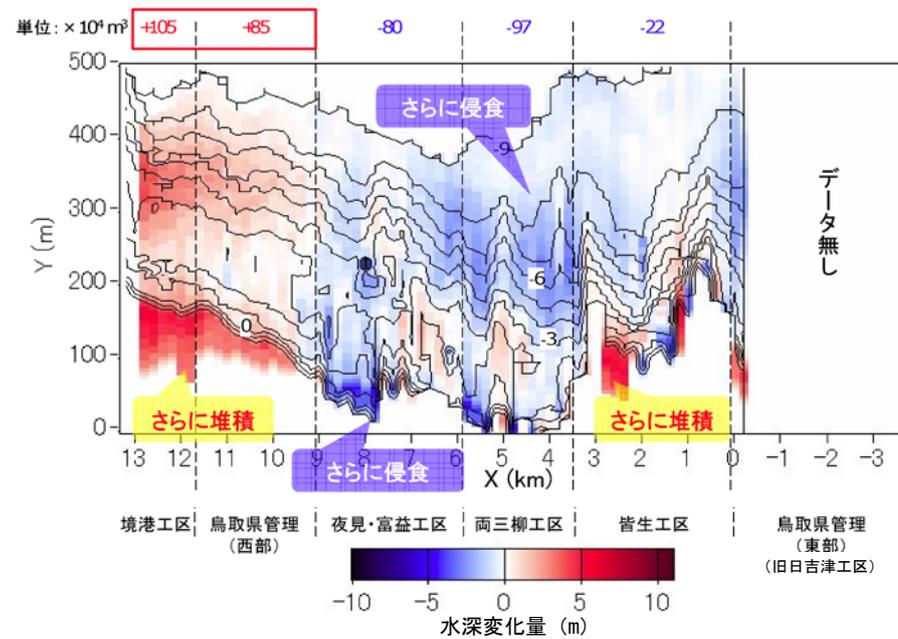


図 6.29 各年度の深浅図と昭和 55 年の深浅測量を基準とした水深変化量



図 6.30 皆生工区の離岸堤と改良された人工リーフ

富益工区の侵食が進行した昭和 62 年からサンドリサイクルを実施する直前の平成 5 年まで汀線の年平均変動量

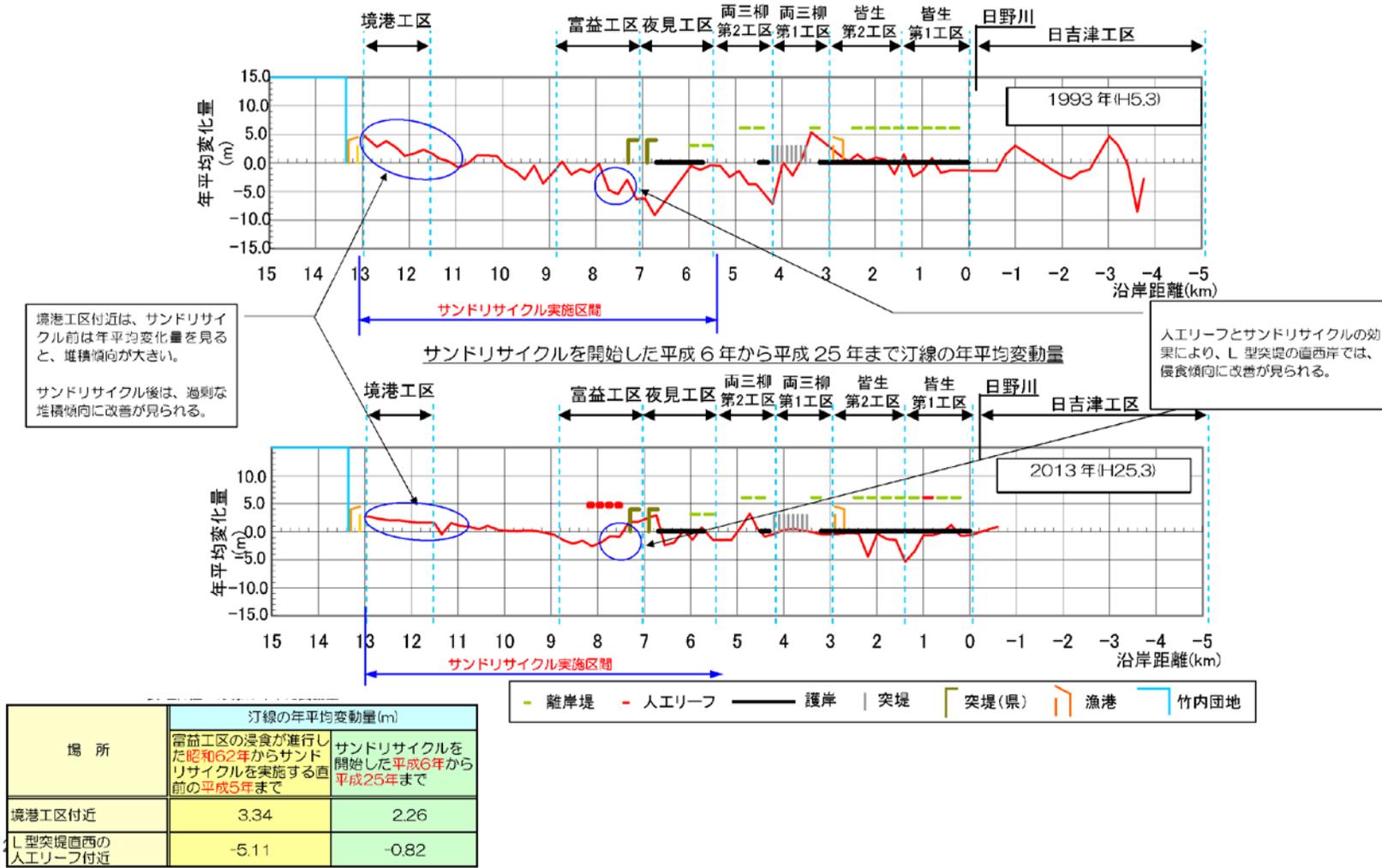


図 6.31 サンドリサイクル実施前後の汀線の年平均変動量 (標高 T. P. 0.0m の等深線の変動)

6.6 土砂に関するインパクトとレスポンス

日野川流砂系の土砂動態に与えたインパクトとレスポンスの関係を以下に示す。

- 鉄穴流しの終焉後、これまで前進傾向であった皆生海岸が侵食傾向になった。
- 海岸保全施設の整備やサンドリサイクル等により汀線の維持を図っているが、海岸侵食の傾向は現在まで続いている。
- 鉄穴流しの終焉後、上流からの土砂供給の減少とともに、貯水ダム・砂防施設の建設、河道の砂利採取等の人為的なインパクトが生じ、海岸侵食とともに河床低下が顕著に生じた。
- 平均河床高は概ね安定しているが、S40年代後半頃から砂州の樹林化と滞筋部の局所洗掘が生じ、砂州の植生域に細かい土砂が捕捉され、海岸への供給土砂は減少している。
- 鉄穴流しの時代には平均 70~90 万 m³/年⁵の人為的な土砂供給が行われ、約 60 万 m³/年⁶の土砂が外浜に堆積したと言われているが、現在は鉄穴流し当時のような大量の土砂供給は期待できない。

⁵ 「鳥取県日野川流域の鉄穴流しによる地形改変、貞方昇・赤木祥彦、たたら研究、1985.12」より、日野川流域では鉄穴流しにより 2.0~2.7 億 m³の掘削が行われたと推定されており、300年間と仮定すると年平均 70~90 万 m³程度となる。

⁶ 「中国地方における鉄穴流しによる地形環境変貌、貞方昇、溪水社、1996.2」より、外浜堆積物の土量から鉄穴流しの期間に約 1.75 億 m³の土砂が海岸に堆積したと推定されており、300年間と仮定すると年平均 60 万 m³程度となる。

表 6.4 日野川流砂系の土砂動態に与えたインパクトとレスポンス

	江戸	明治	大正	昭和												平成			備考
				初期	10年代	20年代	30年代	40年代	50年代	60年代	初期	10年代	20年代						
自然インパクト	大規模洪水 (車尾ピーク流量)		M26.10 M19.9 明治最大	S9.9 室戸台風				S40.7 1,865m³/s	S47.7 1,801m³/s	S54.10 1,693m³/s			H9.7 1,494m³/s	H16.10 1,551m³/s	H18.7 1,587m³/s	H23.9 2,113m³/s			
	大規模土砂災害		M19.9 土石流 M26.10 土石流	T7.9 道路 堤防 崩壊	S9.9 山林崩壊		S34.9 砂防被害	S39.7 土石流 及び 土石流	S40.7 土石流			S62.10 土石流	S63.7 土石流						
人為インパクト	鉄穴流し	17世紀前半頃	鉄穴流し	大正末期	総掘崩土量：2.0億～2.7億m³(推定)												2.0億m³ ～2.7億m³ (鉄穴流しによる 総掘崩土量)		
	貯水ダム			大宮ダム S15年竣工				菅沢ダム S43年竣工		俣野川ダム S59年竣工	賀祥ダム S63年竣工		下蚊屋ダム H11年竣工	朝鍋ダム H15年竣工		190万m³ (H24現在の 貯水ダム 堆積土量)			
	砂防堰堤 (大山以外も含む)																194万m³ (直轄砂防の 計画堆砂量)		
	砂利採取 (及び河道掘削によ る土砂持ち出し)																112万m³ (S26-H14 における 砂利採取量)		
	海浜工事				S13年 コンクリートブロック投入	S22年 突堤	S34年 突堤	S46年 離岸堤	S53年 突堤	S55年 離岸堤	S57年 離岸堤	S59年 三柳工区:9基	S62.10 日吉津工区:6基	H6年 皆生工区:12基	H8年 サンドリサイクル	H11年 境港～夜見富益工区 人工リーフ	H15年 夜見富益・皆生工区		
レスポンス	河川	17世紀前半頃	鉄穴流し終了 による汀線後退	大正末期	S10年	S34年	S47年	S62.10	S62.10	S62.10	S62.10	S62.10	H14年	H14年	H23年	239万m³ (S34-H23 における 河川堆積土量)			
	海岸 (皆生海岸の変化量)		鉄穴流し	大正末期	S20年代	S30年代	S51年	S54年	H1年	H4年	H15年					砂州の樹林化により、 海岸への供給土砂 の更なる減少			

①鉄穴流しが行われていた時代
(江戸～大正)



インパクト ⇒ **レスポンス**

- 鉄穴流し
- 河床上昇
- 海岸侵食 (汀線前進)



※明治時代には汀線が毎年2m程度前進していた

②鉄穴流しの終了
(大正～昭和初期)



インパクト ⇒ **レスポンス**

- 鉄穴流しの終了
- 河床低下
- 海岸侵食 (汀線後退)



※海岸旅館(清風荘)前の海岸侵食 (昭和15年9月)

③高度経済成長の時代
(昭和30～40年代)



インパクト ⇒ **レスポンス**

- 貯水ダムの建設 (S15大宮ダム) (S43菅沢ダム)
- 砂防堰堤の建設 (S50年頃約220基)
- 砂利採取
- 河床低下
- 海岸侵食 (汀線後退)

④近年
(昭和50年代以降)



インパクト ⇒ **レスポンス**

- 貯水ダムの建設 (S59俣野川ダム) (S63賀祥ダム) (H11下蚊屋ダム) (H15朝鍋ダム)
- 砂防堰堤の建設 (H19年頃約360基)
- 砂利採取の禁止 (S48)
- 河道安定化 (滞筋の固定化、局所洗掘)
- 河積減少 (砂州の樹林化)
- 海岸侵食 (汀線後退)

図 6.32 日野川流砂系の現状と課題

6.7 土砂動態マップ

土砂移動現象は不確定・不連続であり、長時間に及ぶ現象である。これまでに蓄積されたデータの量や質、現在のシミュレーション技術などの課題から、日野川流砂系の土砂動態を完全に解明できる状況には至っていない。

しかしながら、日野川流砂系では、山地部での土砂流出や河道部での局所洗掘及び河道内樹木の繁茂による河積阻害、海岸侵食といった各領域における課題が顕在化しており、土砂管理計画を早期に策定し、対応を講じる必要がある。

一方、限られたデータではあるが、蓄積された既知情報から流砂系の土砂移動を概略的に把握することは可能と考えられる。したがって、不連続で長期間に及ぶ土砂移動現象を概略的に捉え、平均的な土砂移動の傾向を把握するため、既往の調査結果（ダム堆砂量、河床変動土量等）や土砂移動予測モデル⁷による計算結果等の既知情報を基に、土砂動態マップを作成した。ただし、今後も土砂移動のモニタリングを継続し、データの蓄積を図るとともに、得られた知見に応じて順次見直していくものとする。

全粒径に対する土砂動態マップを図 6.33、海浜構成材料（粒径 0.1～2.0mm）に対する土砂動態マップを図 6.34 に示す。

日野川流域からの海岸への流出土砂量（S60～H24）は、全粒径で約 3.4 万 m³/年、海浜構成材料で約 1.2 万 m³/年である。海浜構成材料に着目すると、流域内の菅沢ダム・大宮ダムに堆積している土砂には、海浜を構成する粒径の材料が含まれており、河道の植生域に堆積している量が多い。一方、海岸域では、海岸保全対策を行っているものの皆生・両三柳～夜見・富益工区では、年平均で約 3.4 万 m³/年の侵食が生じている。

表 6.5 土砂動態マップの算定根拠

項目	全粒径	海浜構成材料（0.1～2.0mm）
①ダム堆砂量	・実績値（竣工後～H24）	・各ダムの堆積土砂の材料調査結果（俣野川ダムは下蚊屋ダムの調査結果を適用）
②河床変動量、植生域の堆積土量、河道掘削量	・定期横断測量成果から算出（S59～H23）	・砂州の植生域の粒径調査結果（H23）
③河道の流出土砂量	・土砂移動予測モデルによる計算値（S60～H24）	・土砂移動予測モデルによる計算値（S60～H24）
④海岸の変動土量	・深浅測量による実績値（H7～H24、T.P. -9.0 まで）	・各工区の底質粒径調査結果（H20）
⑤サンドリサイクル量	・実績値（H6～H24）	・全粒径が 0.1～2.0mm と仮定
⑥沖合流出土砂量	—	・ADCP・濁度計等による観測値（H20）
⑦沿岸漂砂量	—	・上記④～⑥より土砂収支が成立するように算定（片押し法）

⁷ 日野川流域全体の土砂移動を計算するモデルであり、降雨流出計算と河床変動計算が一体化した「流域土砂動態解析モデル」と河道域の「一次元河床変動計算モデル（植生消長考慮）」からなる。モデルの詳細は付録に示す。

6.8 まとめ

日野川流砂系における現状と課題を「各領域」と「土砂移動の連続性」の観点で整理した（表 6.6）。

表 6.6 日野川流砂系の現状と課題(1)

領域		各領域	土砂移動の連続性
砂防域	現状 と 課題	<ul style="list-style-type: none"> ・豪雨時に崩落土砂が溪流・沢沿いに流出しているが、砂防施設による整備率は約 48.5%（H24 年度末）と低く、今後も砂防施設の整備が必要となっている ・土砂災害の発生防止（砂防堰堤等の整備） 	<ul style="list-style-type: none"> ・砂防堰堤が下流への土砂供給量の減少を招く恐れがあるため、透過型砂防堰堤の整備、既設の不透過型砂防堰堤のスリット化を進めている ・透過型砂防堰堤では、除石管理が必要となっている ・下流への土砂供給量の回復
ダム域	現状 と 課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム建設後、大きな洪水が少なく現時点では想定を下回る堆砂であるが、平成 18 年には大規模な洪水によって堆砂が大きく進んだ実績があり、今後、大規模な洪水に伴いダム貯水池への堆砂が進行することが懸念される ・大宮ダムでは取水機能の維持のため掘削・浚渫が必要となっている 	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム貯水池内に海浜構成材料（粒径 0.1～2.0mm）が堆積しており、ダム下流への土砂供給量が減少している ・ダム下流への土砂供給量の回復

表 6.6 日野川流砂系の現状と課題(2)

領域		各領域	土砂移動の連続性
河道域	現状 と 課題	<ul style="list-style-type: none"> ・砂州と濇筋の固定化が生じ、砂州部では植生域化（樹林化）により流下能力の減少、濇筋部では局所洗掘が進行し護岸災害が発生している ・砂州の植生域化（樹林化）や土砂堆積に対する流下能力の維持 ・局所洗掘に対する河岸及び堤防の防護 	<ul style="list-style-type: none"> ・砂州の植生域化（樹林化）により洪水時の下流への流下土砂が捕捉されている。また、河床の粗粒化により下流への供給土砂量が減少している ・河口、海岸への土砂供給量の回復
河口域	現状 と 課題	<ul style="list-style-type: none"> ・河口閉塞による内水被害防止のため、出水期前に河口砂州の維持掘削（土砂の海側への押出し）を行っている ・河口砂州は洪水でフラッシュされても数か月で復元する ・河口閉塞の防止 	<ul style="list-style-type: none"> ・河口砂州の堆積土砂は、海浜構成材料よりもやや粗いことから養浜材料として適している ・河口砂州の海岸の養浜材料としての利用
海岸域	現状 と 課題	<ul style="list-style-type: none"> ・海岸侵食箇所について、海岸保全施設（護岸、離岸堤等）、サンドリサイクル等の対策を実施している ・沿岸流により港湾施設内に土砂が堆積するため、維持浚渫を行っている ・海岸侵食対策による汀線の維持 ・港湾施設の航路維持 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄穴流しの終焉に伴い、60万m³/年程度もあったとされる土砂供給量が著しく減少 ・日野川からの土砂供給量の減少に伴い海岸侵食が始まり、汀線の維持のため、海岸保全施設を整備中 ・海岸保全施設による沿岸漂砂の遮断 ・沖合部で侵食が進行 ・日野川流域からの土砂供給の増加による効果把握

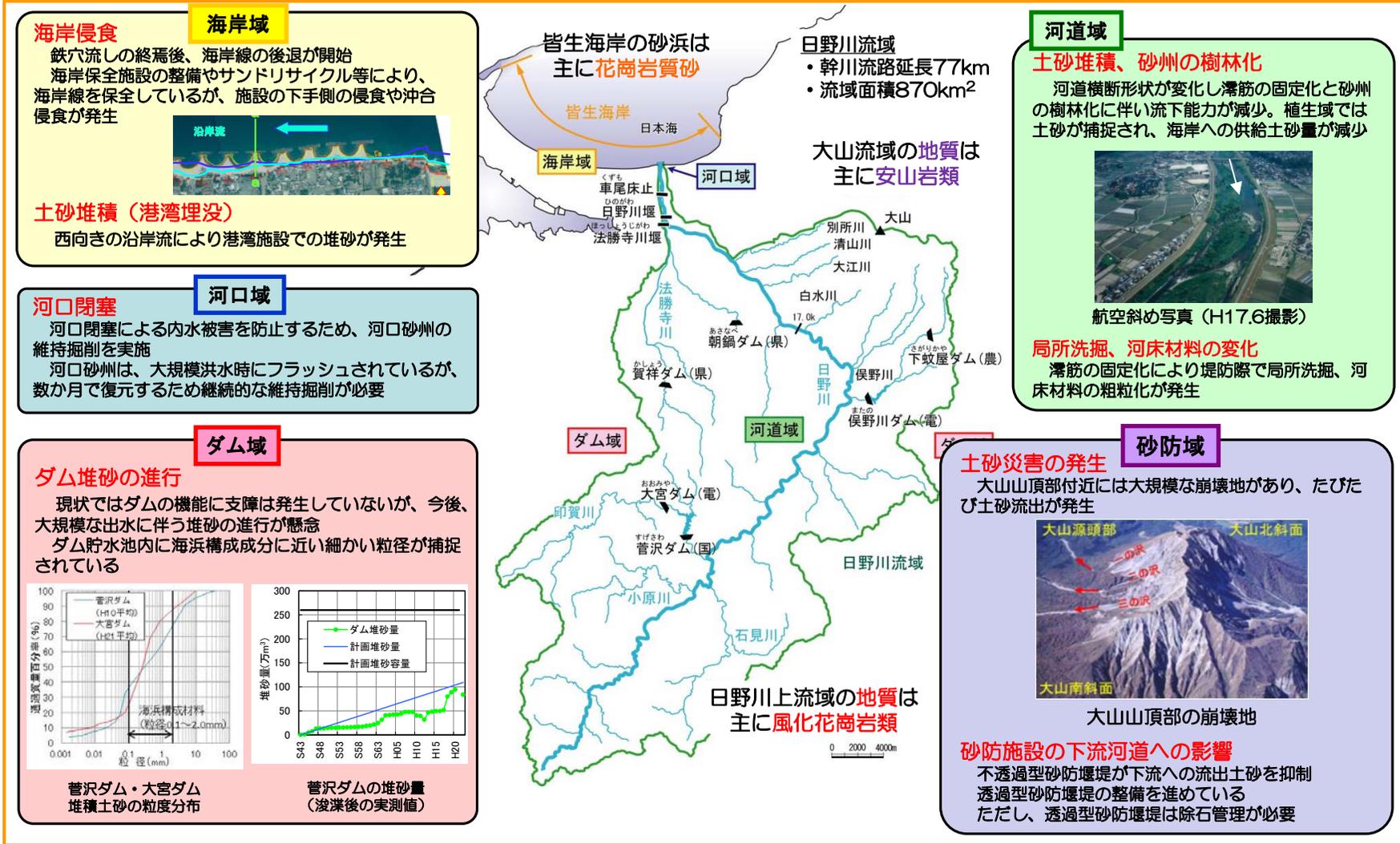


図 6.35 日野川流砂系の現状と課題

7 総合土砂管理計画

7.1 計画対象期間

土砂動態を評価する計画対象期間は数十年間（30年程度）とし、5年程度を一応のサイクルとして、計画も含めて適宜見直しを行う。

7.2 適用範囲

本計画の適用範囲は日野川流砂系（日野川流域と皆生海岸）であり、流砂系内には複数の関係機関が存在する（図 7.1、表 7.1 参照）。

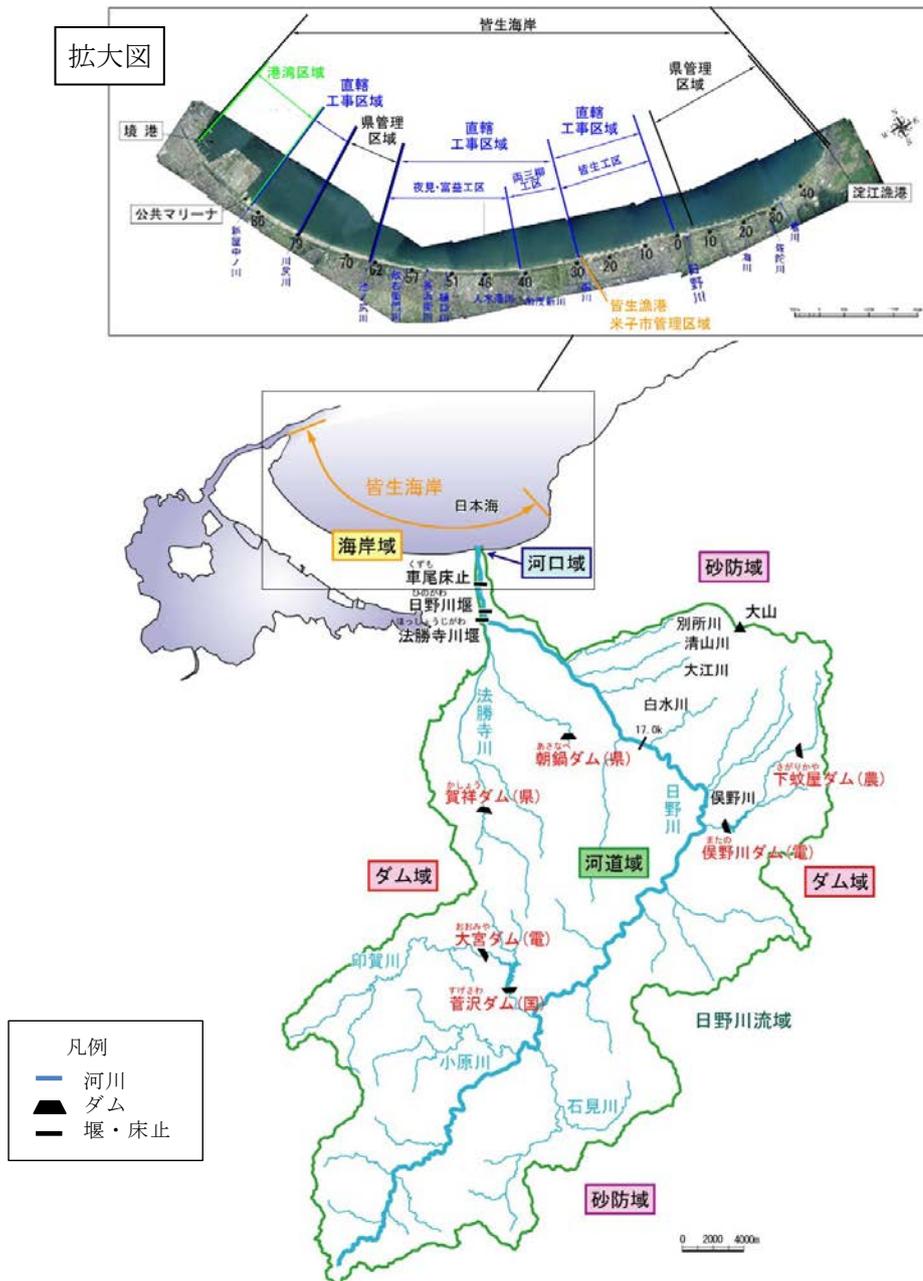


図 7.1 適用範囲

表 7.1 領域ごとの適用範囲と関係機関

領域	適用範囲	関係機関
砂防域	国及び県の事業領域	国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所 林野庁鳥取森林管理署、鳥取県
ダム域 (貯水池)	菅沢ダム	国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所
	大宮ダム	中国電力株式会社
	賀祥ダム	鳥取県西部総合事務所米子県土整備局
	俣野川ダム	中国電力株式会社
	下蚊屋ダム	農林水産省中国四国農政局
	朝鍋ダム	鳥取県西部総合事務所米子県土整備局
河道域	大臣管理区間 (直轄管理区間)	(日野川 0.0～17.0k、法勝寺川 0.0k～10.9k) 国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所
	指定区間 (県管理区間)	(西伯郡内：日野川は 17.0k～21.0k 付近) 鳥取県西部総合事務所米子県土整備局 (日野郡内：日野川は 21.0k 付近の上流) 鳥取県西部総合事務所日野振興センター
	準用河川	大山町、南部町、伯耆町、日南町、日野町、 江府町、日吉津村
河口域	日野川河口	国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所
海岸域	港湾区域	境港管理組合 国土交通省中国地方整備局境港湾・空港整備 事務所
	直轄工事区域	国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所
	県管理区域	鳥取県西部総合事務所
	皆生漁港	米子市

7.3 目指すべき姿

日野川流砂系の目指すべき姿を表 7.2 に示す。

表 7.2 日野川流砂系の目指すべき姿

領域	目指すべき姿
日野川流砂系	流砂系内での事業等を実施する各関係機関が現状と課題を共有し、各領域での対策の整合を図り的確な対策を実施することにより、可能な限り海岸域への土砂供給を行い、風水害に対して安全で自然豊かな流砂系の実現を目指す。

また、各領域での目指すべき姿を表 7.3 に示す。

表 7.3 各領域での目指すべき姿

領域	目指すべき姿
1. 砂防域	土砂災害を抑制しながら、下流への土砂供給の増加、回復を目指す。
2. ダム域	適正なダム機能（洪水調節、取水、発電）を維持するとともに、これにあわせて、下流への土砂供給の増加、回復を目指す。
3. 河道域	洪水に対する安全性を確保（流下能力の維持、局所洗掘による災害の発生防止）するとともに、安定的に下流へ土砂を移動させる（不良土を除き、系外への土砂の持ち出しを制限）。
4. 河口域	河口閉塞による内水被害の発生防止に努める。なお、河口砂州の粒径は粗いため海浜の侵食防止材としても利用可能である。
5. 海岸域	高潮・越波災害に対する安全、白砂青松の優れた景観保全・海浜利用のため、海岸線の維持・回復を目指す。また、港湾、漁港が埋没しないように適正に管理する。

7.4 土砂管理目標

日野川流砂系の目指すべき姿を具体化するにあたり、現在、海岸域では富益～皆生工区で約 3.4 万 m³/年の侵食傾向にあるが、日野川流域から鉄穴流し当時の規模（60 万 m³/年程度）で土砂を供給させることは困難であり、逆に河道部に土砂堆積が生じ災害を招く危険性がある。一方、海岸域では、海岸保全対策を実施し、現況の日野川からの土砂供給においても汀線を維持することを目標としている。しかし、サンドリサイクル等に使用している土砂の粒径は沿岸漂砂により選択された細かい粒径成分であり、対策実施後の歩留まりが悪く、継続的に海岸侵食が生じている状態である。このため、日野川から流出する粗い粒径成分を増加させることが求められている。このような状況を踏まえ、日野川流砂系における土砂管理目標は表 7.4 に示すとおりとする。

表 7.4 土砂管理目標

日野川河道が持つ土砂供給能力を最大限に引き出し、日野川流域からの土砂供給の人為的な減少分の回復に努めるとともに、海岸保全対策により、海岸線の維持、回復を図る。



※数値は年平均の通過土砂量を示し、土砂移動予測モデルによる計算値、上段は全粒径、下段は海浜構成材料（粒径 0.1～2.0mm）を示す

※土砂移動予測モデルの向上に伴い通過土砂量の数値が更新される可能性がある

※土砂移動予測モデルによる通過土砂量の数値は、参考値とする

図 7.2 土砂管理目標 (土砂管理対策実施後)

7.5 土砂管理対策

総合土砂管理計画では、海岸域への土砂供給を各領域が努力をする観点から目標を設定し、表 7.5 に示す方針で土砂動態改善のための対策を実施する。

表 7.5 土砂管理の実施方針

領域	対応方針
1. 砂防域	透過型砂防堰堤の整備と適正な管理により、大規模洪水時の急激な土砂流出を抑制するとともに、中小洪水時に下流へ土砂を流出させる。
2. ダム域	維持掘削・浚渫土の粒径成分を確認した上で、下流域に必要な土砂をダム下流へ流出させる。
3. 河道域	河積確保のための掘削土を流下能力や河川環境に配慮しながら河道内に置き土し、洪水により下流へ流出させる。 なお、河積確保のため実施する河道内の樹林化対策として、砂州に堆積している海浜構成材料を下流へ流出させることも含め実施に向けた検討を行う。
4. 河口域	河口砂州の堆積土砂を内水被害防止のために維持掘削するとともに、海岸域と連携し、掘削土を養浜材料として利用する。
5. 海岸域	海岸線の維持・回復を図るため、海岸保全事業（施設整備、サンドリサイクル等）を進めるとともに、日野川からの土砂供給の増加、河口砂州の堆積土砂の利用を図る。 港湾、漁港の埋没に対して、防砂突堤の整備や堆積土砂のサンドリサイクル等を行い、漂砂の適切な移動に努める。

土砂管理対策の実施にあたっては、流砂系内の土砂は有限な資源であることを考慮した上で、関係機関が連携して対策の実施方法、作業分担、利水者等への周知等を事前に協議し対策に取り組む（連携対策）。各領域において実施する事業については、流砂系の土砂動態（下流への土砂供給、土砂移動の連続性）を勘案し、それを改善するための対策を実施していく。なお、可能な限り土砂を有効に利用するが、置き土への利用が難しい不良土については、災害防止の観点から搬出、処分等を行う。

1) 砂防域の対策

①情報共有

砂防・治山堰堤の整備状況、今後の整備計画、現況の堆砂状況等について連絡協議会に報告し、情報共有を図る。

②個別対策で実施

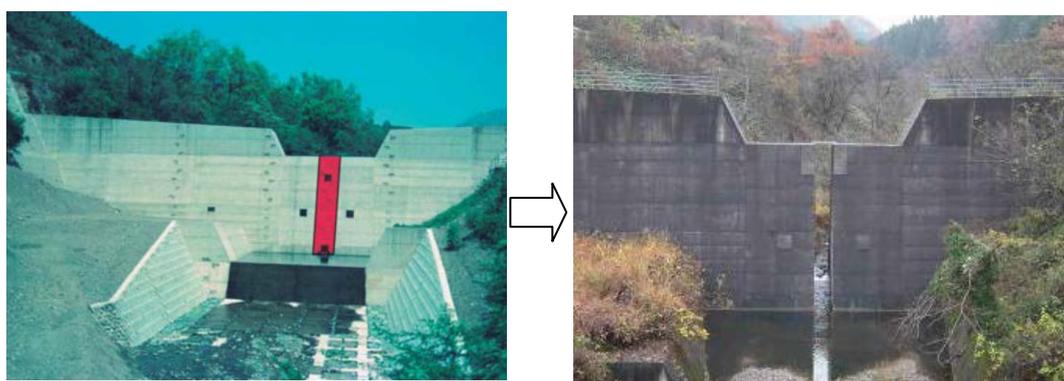
新規の砂防堰堤整備にあたっては、土砂移動の連続性の確保のため、計画上・安全上に問題がない箇所について透過型砂防堰堤を整備する。

土砂移動の連続性を大幅に阻害している既設砂防堰堤（例えば、未満砂の不透過型で堆砂が進行している堰堤）について、土砂移動の阻害状況、溪岸侵食の助長の危険性、下流への影響、堰堤自体の構造等に問題がないかを確認した上で、実施可能な堰堤についてスリット化を行う（図 7.3）。

透過型砂防堰堤は計画捕捉量の容量を常時確保しておかなければならないため、除石管理が必要である。除石の目安として有効高の 30%⁸が示されているため、土砂移動の連続性の確保、土砂の有効利用の観点から、除石管理が必要となる前に以下の対策を実施し、洪水時に下流へ堆積土砂を流下させる（図 7.4）。

（砂防域の土砂供給方策）

- ✓ 堆砂が進行した透過型砂防堰堤について、スリット部周辺の巨石や樹木を除去し、粒径の細かい土砂は現地に存置（置き土）する。
- ✓ 粒径の仕分けは、バックホウのスケルトンバケットにて行う。（例えば、作業効率を考慮して粒径 20cm で分別）
- ✓ 粒径の細かい土砂を現地に残すことにより、洪水時に下流へ堆積土砂が流下することを期待する。



（袋原砂防堰堤、スリット化前）

（袋原砂防堰堤、H15.3 スリット化）

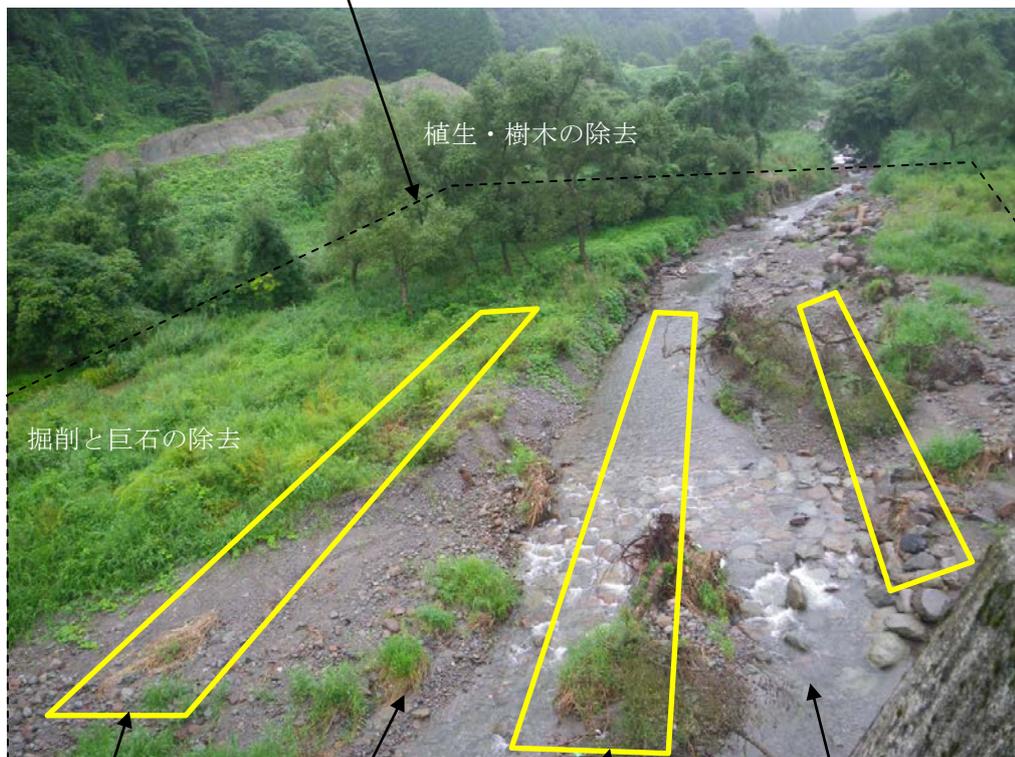
図 7.3 既設砂防堰堤のスリット化

⁸ 鋼製砂防構造物設計便覧 平成 21 年度 財団法人砂防・地すべり技術センター、p150

堆砂が進行（有効高の 30%以下）
堰堤上流部の巨石や樹木を除去



- ✓ 植生・樹木を除去した後、バックホウにより掘削し、巨石を除去する。
- ✓ 粒径の小さい砂礫については、中小洪水で流れやすいように存置（置き土）する。



置き土し、洪水時の側岸侵食等による流出に期待

滞筋を残す

置き土し、洪水時の側岸侵食等による流出に期待

滞筋を残す

図 7.4 透過型砂防堰堤の維持掘削+置き土

2) ダム域の対策

①情報共有

ダム堆砂量と質（粒径）、維持掘削・浚渫の実態について連絡協議会に報告し、情報共有を図る。

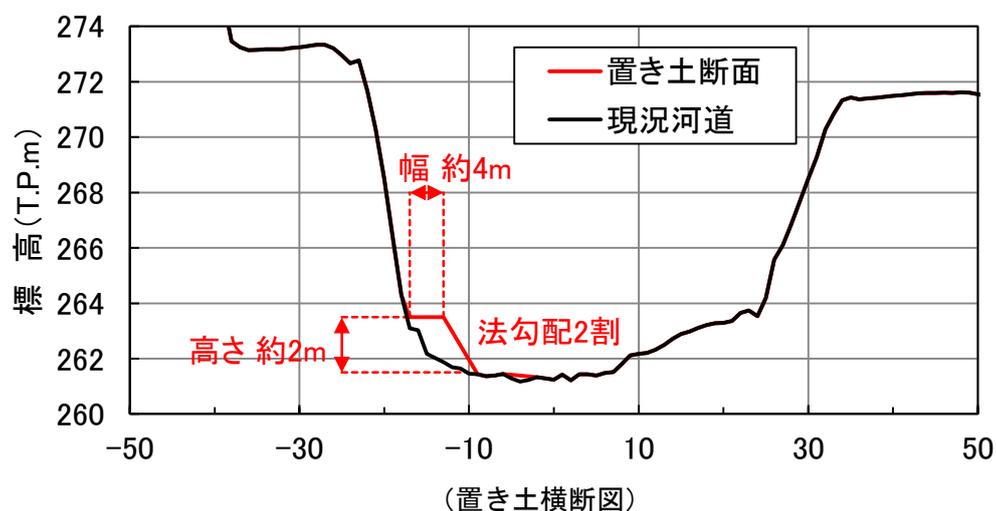
②連携対策で実施

ダム堆砂が進行し、維持掘削・浚渫が必要な堰堤について、土砂の粒径を確認した上で関係機関と置き土の協議等を行い、下流河道へ置き土を実施する（図 7.5 参照）。なお、河道の流下能力への影響、利水・環境（生物）への影響にも留意した河道形状や置き土時期等を検討し、関係者との調整を行った上で実施する。



(下流側)

(上流側)



※ダムからの運搬距離、河道の流下能力、施工性、洪水時の掃流力等を考慮して置き土地点を選定する

図 7.5 ダム堆積土砂の維持浚渫+置き土（例）

3) 河道域の対策

①情報共有

河道掘削や堰改築等の土砂動態に関する実態について、連絡協議会に報告し、情報共有を図る。

②個別対策で実施

樹木繁茂や土砂堆積に対する維持掘削、流下能力確保のための河道掘削等により発生する掘削土を有効に利用し、河道内に置き土し洪水時に下流へ流下させる(図 7.6)。河積確保のため実施する河道内の樹林化対策として、樹林化した砂州の一部を掘削し洪水の自然の営力により土砂を流出させる手法も活用する。なお、治水(流下能力、局所洗掘)・利水・環境(生物)への影響に留意した河道形状や置き土時期等を検討し、関係者との調整を行った上で置き土を実施する。

なお、横断工作物の改築を行う際には、土砂移動の連続性を勘案して対策を行う。

③連携対策で実施

掘削箇所周辺での置き土が困難な場合、他の関係機関への置き土について検討し、関係機関で協議等を行い、可能な場合に実施する。



※砂州部への置き土は、海浜構成材料(粒径0.1~2.0mm)を置くのが理想であるが、施工性や経済性等を考慮して、バックホウのスケルトンバケットで容易にふるい分けができる大きさ(現時点では20cm)とする

図 7.6 河道掘削+置き土

4) 河口域の対策

①情報共有

河口砂州の維持掘削や養浜材への使用状況について、連絡協議会に報告し、情報共有を図る。

②連携対策で実施

河口砂州で維持掘削を行い、その掘削土を用いて海岸の侵食域（皆生工区、富益工区）への養浜を行う。海岸域で実施しているサンドリサイクルの効果を上げるため、サンドリサイクルによる養浜後に粒径の粗い河口砂州の砂で被覆する。

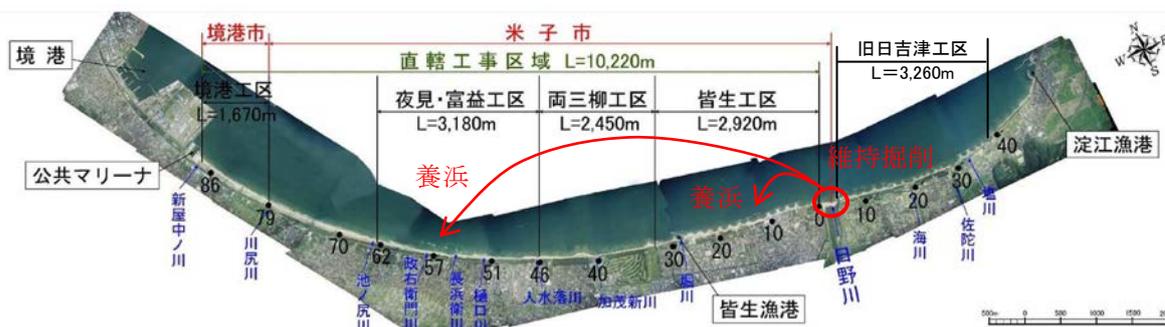


図 7.7 河口砂州の維持掘削+養浜

5) 海岸域の対策

①情報共有

海浜地形変化、サンドリサイクル、養浜、維持浚渫等の実施状況について、連絡協議会及び「鳥取県西部海岸管理協議会」に報告し、情報共有を図る。

②個別対策で実施

海浜地形変化の状況に応じて、侵食域へのサンドリサイクル、養浜、沖合防護施設の設置等を行う。また、公共マリーナの航路維持のため防砂突堤の整備を行うとともに、皆生漁港の堆積土砂の維持浚渫、サンドリサイクル等を行う。

③連携対策で実施

「鳥取県西部海岸管理協議会」等において関係機関で協議の上、連携する。



図 7.8 海岸域の土砂管理対策

6) 土砂管理対策のまとめ

各領域における土砂管理対策を表 7.6 にまとめて示す。なお、具体的な実施方法は、モニタリングにより対策の効果や影響を把握しながら順応的に採用していく。

表 7.6 土砂管理対策（まとめ）

領域	実施・連携機関	土砂管理対策	内容
砂防域	砂防事業者 (国、県)	透過型砂防堰堤の整備	土砂移動の連続性の確保ため透過型砂防堰堤を整備
		既設砂防堰堤のスリット化	周辺環境や安全性を考慮の上、既設砂防堰堤のスリット化を実施
		維持掘削+置き土 (砂防域の土砂供給方策)	透過型砂防堰堤について、除石が必要となる前に掘削を行い、粒径の細かい土砂を置き土する(砂防域の土砂供給方策)
ダム域	ダム管理者 (国、県、中電) 河川管理者 (県)	掘削・浚渫したダム堆積土砂を置き土	掘削・浚渫したダム堆積土砂を、ダム下流河川の河道内に置き土することにより土砂供給を行う(事前に粒度試験を行い、海浜を構成する粒径の土砂をできるだけ利用)
河道域	河川管理者(国、県、市町村)	河道掘削+置き土 (河道域の土砂供給方策)	流下能力向上のための掘削土を河道内に置き土し、洪水により下流へ流出させる河積確保のため実施する河道内の樹林化対策として、樹林化した砂州の一部を掘削し、砂州の側岸侵食を誘発させるとともに、掘削土を置き土することにより、海浜構成材料を下流に供給させる(河道域の土砂供給方策)
河口域	河川管理者 (国) 海岸事業者 (国)	維持掘削+養浜	内水被害防止のための河口砂州の維持掘削と掘削土を用いた養浜を実施(海岸域のサンドリサイクル、養浜と合わせて実施し効果を上げる)
海岸域	海岸事業者 (国、県)	沖合防護施設の整備	沖合防護施設の整備により、海岸線の維持、回復を図る
	海岸事業者 (国、県)	サンドリサイクル、養浜	施設の下手側や前面の侵食に対して、サンドリサイクル、養浜を実施
	港湾関係者 (国、境港管理組合) 漁港管理者 (米子市)	防砂突堤の整備、維持浚渫、サンドリサイクル等	公共マリーナの航路維持のための防砂突堤を整備。皆生漁港の堆積土砂の維持浚渫と浚渫土砂の利用(サンドリサイクル等)



図 7.9 土砂管理対策（まとめ）

7.6 土砂管理指標

土砂管理対策の効果に示す数値を目標とするが、実際の管理にあたっては、この目標値での状況の把握及び管理は困難である。このため実際の管理では、地形等による各領域の土砂管理指標として設定しておく必要がある。

各領域での土砂移動に関する課題の観点から管理指標を抽出し、管理のための各指標の目安を表 7.7 のとおり設定した。この管理指標と目安については、今後の継続的なモニタリングにより、より効果的な値を検討していく。

表 7.7 各領域の土砂管理指標

領域	領域の課題	管理指標	管理の目安
砂防域	砂防堰堤上流の堆砂	砂防堰堤地点の堆積高	有効高の 20%程度 (30%を上回らない) ※ ¹
ダム域	堆砂	ダム堆砂量	計画堆砂量を上回らない
		取水口前面の河床高	取水口の敷高
河道域	砂州高の上昇と局所洗掘の進行(二極化)	河道流下断面	維持管理目標流量
		構造物付近の河床高	護岸等の構造物の基礎高を下回らない
河口域	河口閉塞	河口砂州の砂州高	必要河積を確保する
海岸域	海岸侵食	汀線位置※ ²	現況汀線位置を維持する
	港湾の埋没	港湾入口の標高	必要喫水深を確保する

※1：透過型砂防堰堤の維持管理において、有効高の 30%以上で除石が必要となることから、30%を上回る前に、土砂管理対策を実施する。その目安として 20%程度と設定したが、効果的な高さについて今後知見の蓄積が必要

※2：離岸堤前面の洗掘などが生じていることから、汀線だけではなく水中の地形（海浜断面、等深線）についても監視することが望ましい

7.7 モニタリング計画

対策実施の必要性の把握、対策実施後の効果と影響を把握するためのモニタリングに加え、土砂動態の実態把握や土砂移動予測モデルの精度向上のためのモニタリングを実施する。これらのモニタリング結果により得られたデータを用いて、対策の評価等を行い適宜見直していくものとする。

なお、流域対策による海岸侵食への改善効果を把握するため、海岸域のシミュレーションモデルを構築するなどの定量化を行う手法を用いて検討し、海岸域の土砂管理対策の効率的、効果的な対策を検討していく。

表 7.8 モニタリングの目的

① 対策実施の必要性の把握、効果と影響の把握
② 土砂動態実態の把握
③ 土砂移動予測モデルの精度向上

表 7.9 モニタリングの内容

領域	項目	目的
砂防域	・ 砂防堰堤の堆砂量 ・ 河床変動	・ 砂防堰堤の堆砂状況および対策の必要性の把握 ・ スリット化の効果と影響の把握
	・ 流出土砂量	・ 砂防域からの流出土砂量、粒径の把握
	・ 河床材料	・ 砂防堰堤の効果と影響の把握 ・ 土砂動態実態の把握
ダム域	・ ダム堆砂量の把握	・ ダムの堆砂量および対策の必要性の把握
	・ 堆積土砂の粒径の把握	・ 土砂管理対策検討のためのデータ取得 ・ 土砂動態実態の把握
河道域	・ 河床変動	・ 対策の必要性、効果と影響の把握 ・ 土砂動態実態の把握
	・ 河床材料	・ 対策の効果と影響の把握 ・ 土砂動態実態の把握 ・ 環境への影響の把握
	・ 植生分布	・ 対策の必要性、効果と影響の把握 ・ 環境への影響の把握
	・ 通過土砂量	・ 対策の効果と影響の把握 ・ 土砂動態実態の把握
	・ 土砂移動	・ 置き土後の土砂移動実態の把握
河口域	・ 地形変化	・ 対策の必要性の把握 ・ 土砂動態実態の把握
	・ 河床材料	・ 土砂管理対策検討のためのデータ取得 ・ 環境への影響の把握
海岸域	・ 地形変化	・ 対策の必要性の把握 ・ 土砂動態実態の把握
	・ 底質調査	・ 対策の効果と影響の把握 ・ 土砂動態実態の把握
	・ 漂砂移動	・ 漂砂系の土砂収支の把握

※最低限実施すべきモニタリング（地形変化）は赤字で記載

※モニタリング内容についてもPDCAサイクルにより適宜見直しを行っていく

8 実施体制

総合土砂管理計画の策定後も継続的に情報共有を図り、モニタリングの実施、対策効果の評価を行い、必要に応じて対策の見直しを行っていく（PDCA サイクル型の管理計画）。連絡協議会は定期的で開催し、土砂に関する情報共有を図る（毎年1回程度開催）。概ね5年サイクルで事後評価・今後の当面の目標設定を行う。必要に応じて情報公開（広報誌、インターネット等）を行い、継続的に土砂管理が実施される仕組みとする。

- ・『連絡協議会』日野川水系及び皆生海岸の河川・砂防・海岸等の各管理者や事業者等で構成される。総合的な土砂管理の方策の検討や調整を図る。なお、連絡協議会の会長は、必要に応じて学識経験者等から技術的な指導・助言を頂き、検討に反映する。

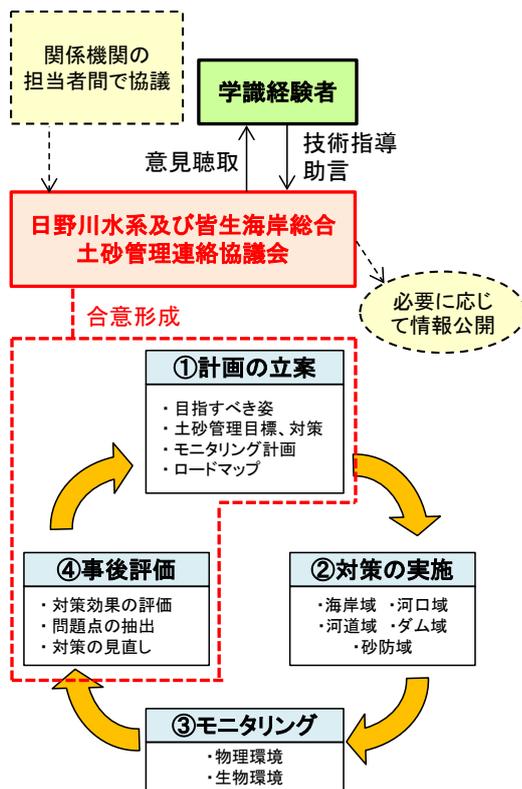


図 8.1 総合土砂管理の PDCA サイクル

付録

本検討に用いた土砂移動予測モデルの概要を以下に示す。

A.1 モデルの概要

土砂移動予測モデルは、山地から河口までの流域全体の土砂移動を追跡できるモデルとするため、山地域には流域土砂動態解析モデル、平野部（菅沢ダム下流河道、法勝寺川直轄管理区間）には一次元河床変動計算モデルを組み合わせたモデルを用いた（図 A.1、表 A.1）。これらのモデルの接続部では、流域土砂動態解析モデルで計算した流出量や土砂移動量を、下流の一次元河床変動計算モデルの上流端境界条件として与え、モデル間の整合を図った。



図 A.1 日野川流域の土砂移動予測モデル

表 A.1 モデルの構成と特徴

予測モデル	対象範囲	特徴
①流域土砂動態解析モデル	流域全体（山地～日野川、法勝寺川合流点まで）	日野川流域で降った雨データを基に、日野川および法勝寺川に流入する流量と流砂量（粒径別）を解析する。
②一次元河床変動計算モデル（植生消長を考慮）	河道域（菅沢ダム下流の日野川本川、賀祥ダム下流の法勝寺川）	定期横断測量成果と河道内植生繁茂状況を基に、植生の流失・再繁茂や細粒土砂の捕捉を考慮し、河道内の流砂量を解析する。

A.2 流域土砂動態解析モデルの構成

流域土砂動態解析モデルは、降雨流出計算（表面流、中間流、基底流）と土砂流出・河床変動計算を一体化したモデルであり、任意地点（単位河道ごと）の流出量と粒径別通過土砂量が算出される。本検討に用いた流域土砂動態モデルの構成及び計算イメージを表 A.2、図 A.2～A.3 に示す。

表 A.2 流域土砂動態解析モデルの構成

領域	山地部	
流水	斜面系	表面流・中間流統合型の降雨流出計算 (表面流：kinematic wave、中間流：ダルシー則)
	河道系	等流計算
土砂移動	掃流砂	芦田・道上式
	浮遊砂	芦田・藤田式
	ウォッシュロード*	Bed material load の移動に伴い、存在割合に応じて河床から供給
データの受け渡し	モデル接続地点における時々刻々の流量と粒径別通過土砂量を一次元河床変動計算モデルの上流端境界条件とする。	

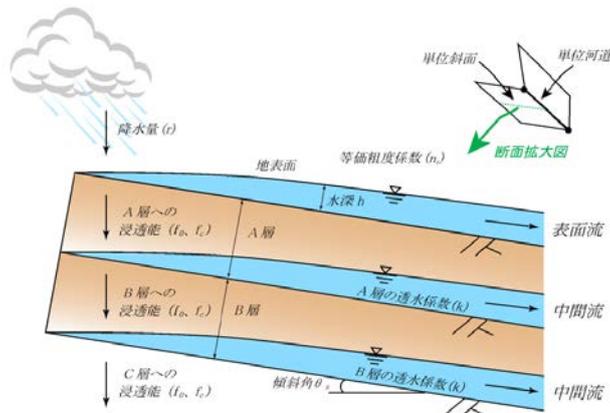


図 A.2 斜面域の計算のイメージ

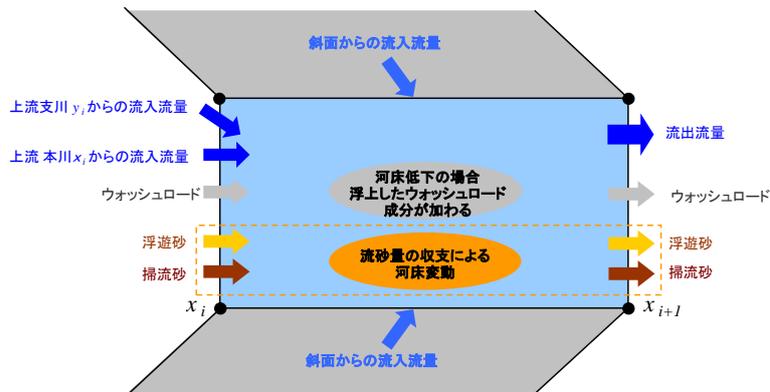


図 A.3 単位河道内の流水と土砂収支のイメージ

また、実流域へのモデル化は、流域の複雑な河道を図 A.4 のように一本の河道（単位河道）と定義し、連結することで表現した。流域、河道分割の概要を表 A.3 に示す。

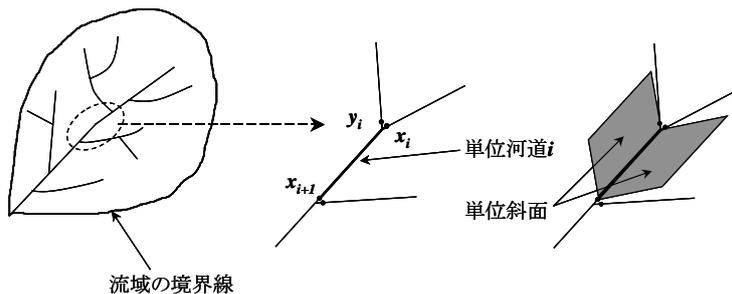


図 A.4 単位斜面、単位河道のモデル化

表 A.3 流域・河道分割

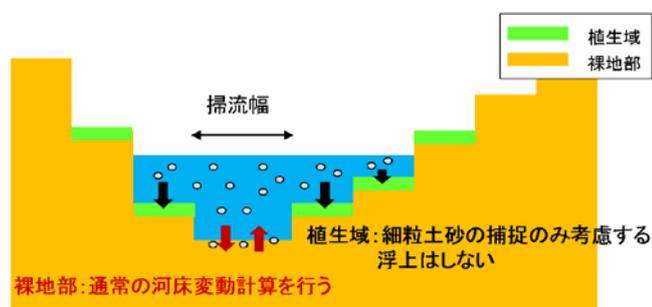
流域の地形データ	1/25,000 地形図より作成
河道の地形データ	直轄管理区間：S60.3 測量 県管理区間：H18 年度 LP データによる河道横断
粗度係数	平野部 : 0.035 山地河道 : 0.042 (植生域は草丈水深比で設定した値) 土砂生産域 : 0.100 (勾配 $4^\circ \sim 10^\circ$ の河道)
河床材料	平野部 : H11 年度調査 (河道区分ごとに与える) 山地部 : H7 年度調査 (溪流ごとに平均値) 土砂生産域 : H7 年度調査を基にウォッシュロードを加えて作成
単位河道数	394 (平均河道長は約 3.0km、直轄管理区間は約 0.2km)
斜面数	253 (平均斜面面積 (片側) 約 3.4km^2 、平均斜面勾配は約 8°)

A.3 一次元河床変動計算モデルの構成

河道部の計算は、掘削後の植生繁茂や土砂堆積が考慮できる、植生消長を考慮した一次元河床変動計算モデルにより河床変動、通過土砂量等を解析する。

表 A.4 一次元河床変動計算モデルの仕様

項目		モデル仕様
断面形状		横断形状を分割してモデル化
境界条件	出発水位	等流計算により流量から水位算定 (0.2k 地点)
	供給土砂	流域土砂動態解析モデルによる土砂流出計算結果を与える
流量配分		流域土砂動態解析モデルによる降雨流出結果を与える
河床材料		河床材料調査結果を考慮した粒径別の流砂量計算を行う
水理量の算出		<ul style="list-style-type: none"> ・水位は不等流計算により下流端から追跡計算 ・射流発生時には限界水深に置換
流砂量の算出 (掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロード)		芦田・道上式
植生の取り扱い	河床変動への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・細粒土砂捕捉率により浮遊砂・ウォッシュロードの捕捉を考慮する。 ・植生域には掃流砂の流入がないものと仮定する ・植生域は侵食されないものと仮定する (植生流出後は侵食される)
	消長条件	<ul style="list-style-type: none"> ・無次元掃流力が閾値を超えるととき流失されたものとする ・流失から一定期間が過ぎた場合再繁茂すると仮定する ※国総研の植生消長モデルを参考



植生域のモデル化イメージ

・掃流幅を設定し、掃流幅内の平均摩擦速度から流砂量を算出
 ・前後断面の流砂量の収支により、掃流幅全体で一様な変動が起こるものとする

図 A.5 流砂量計算の概念図

A.4 土砂移動予測モデルの検証

S60 年初～H24 年末の 28 年間を対象として、表 A.5 に示すデータを用いて検証計算を行った。

表 A.5 モデルの検証に用いたデータ

	領域	項目	検証データ
降雨流出計算	山地部 平野部	①流量ハイドログラフ	<ul style="list-style-type: none"> ダム流入量（菅沢ダム、俣野川ダム、賀祥ダム） 時刻流量（溝口、車尾、福市）
土砂移動計算	山地部	②砂防堰堤の堆砂量	<ul style="list-style-type: none"> 大山流域の砂防堰堤の堆積土砂調査結果（砂防堰堤 19 基の竣工から H24 年度までの年平均堆砂量）
		③支川からの流出土砂量	<ul style="list-style-type: none"> 大江川（一の沢）、白水川（二の沢）、小江尾川（三の沢）からの流出土砂量（H21 年度～H24 年度までの源頭部から支川下流端までの土砂変動量）
		④ダム堆砂量	<ul style="list-style-type: none"> 実績のダム堆砂量（大宮ダム+菅沢ダム、俣野川ダム、賀祥ダム、下蚊屋ダム、朝鍋ダムの S60 年もしくは竣工後～H23 年までの堆砂量）
	山地部 平野部	⑤ウォッシュロード、浮遊砂の通過量	<ul style="list-style-type: none"> 採水観測結果（H13 年～H23 年までの 10 地点）
	平野部	⑥河床変動土量・変動高	<ul style="list-style-type: none"> 定期横断測量（S59 年～H23 年までの直轄管理区間の変動土量、変動高および植生域の堆積土砂量）
		⑦植生域の粒度分布	<ul style="list-style-type: none"> 植生域のトレンチ調査結果（H24 年調査）



図 A.5 モデルの検証地点

