

酒匂川における総合的な土砂管理 ～土砂移動と河道変動のメカニズム～

早稲田大学理工学術院 教授
関根 正人

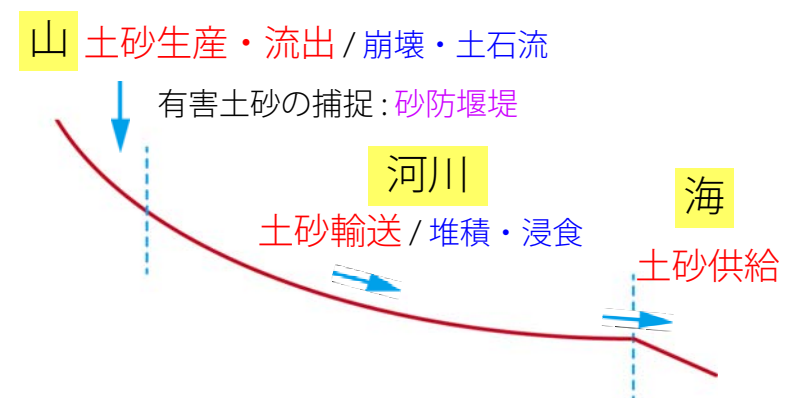
はじめに

- 近年、気候が極端化が顕著になってきている状況下で、我々はいかに安全・安心で自然豊かな流域を作り出していけばよいのでしょうか？
- 酒匂川流域では、2004年に新たな取り組みをスタートさせ、「総合的な土砂管理」をキーワードとした検討が続けられてきました。
- この検討もようやく節目を迎えることができ、その成果は県民の皆様にも広く周知され、ご意見をお聞きしてきていると理解しております。

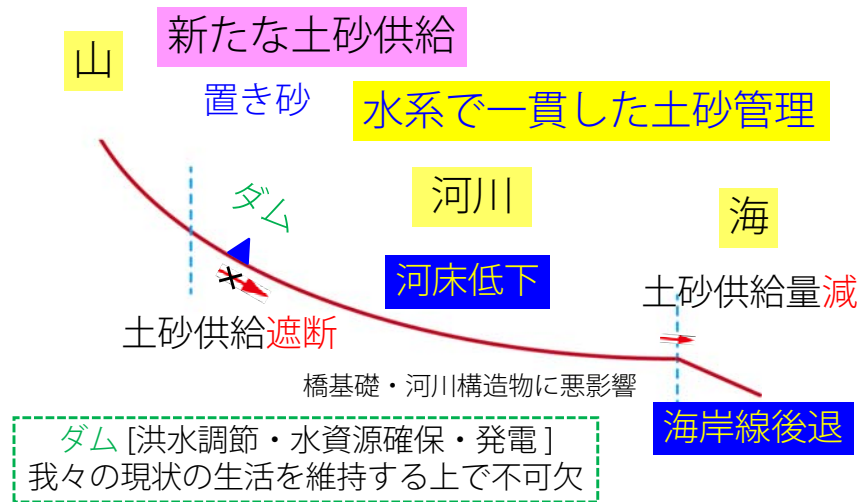
本日の講演の内容

- 流域全体の防災ならびに環境について考えるためには、河川内の「土砂移動とこれに伴う河道変動のメカニズム」についての理解が必要になります。まずはこれについてお話しします。
- その後、県によりまとめられた「酒匂川総合土砂管理プラン」について改めてご紹介します。

水系内の土砂移動の連続性



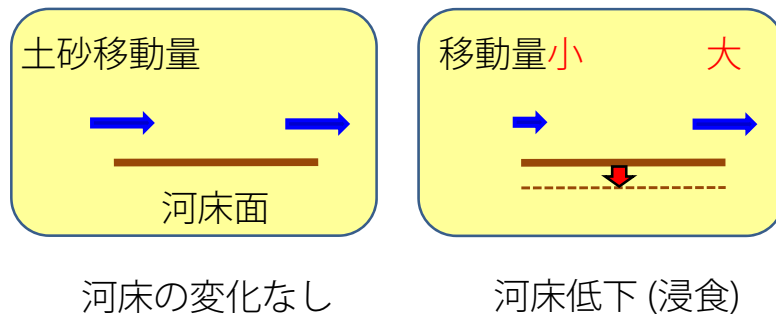
水系内の土砂移動の連続性



土砂輸送と地形の変動

- 河道は様々な大きさ(粒径)の土砂により構成されており、上流側ほど大きな材料が多く存在する。
- 輸送可能な土砂量は、流れの速さと地形の勾配に応じて決まり、その値は粒径毎に異なる。
- 河床上に本来あるべき粒径の材料が十分でない場合には、上記の量に等しい輸送は起こらない。

土砂輸送と地形の変動



土砂輸送と地形の変動

- 土砂輸送量の違いだけでなく、河床を構成する土砂の粒径分布に違いが生じると土砂移動量も変わるため、河川はその姿を変えます。
- もちろん、ある地点の河床を掘削すると、水の流れならびに土砂移動量が変化するために、河川地形の変化はその上下流側に順次伝搬していきます。

土砂輸送と地形の変動

- 河川は自らを律して姿を変えるメカニズム(「自律形成機能」)を持っています。
- 河道を望ましい姿に変え、それを維持していくためには、この自律形成機能についての十分な理解を踏まえて、河道自体が自らで姿を変えていく力を活かしていくことが望ましいと考えます。
- この際、河川上流域から河口までの全区間にわたっての「土砂移動量のバランス」が重要です。

土砂輸送と地形の変動

- この際、河川上流域から河口までの全区間にわたっての「土砂移動量のバランス」が重要です。
- ただし、現実には突発的に生じる豪雨とこれに伴う洪水によって、河道に大きなインパクトが加わることがあります。この場合には、人為的な制御の手を河道に加えていくことが不可欠になります。

水系一貫土砂管理

- 土砂管理を考える際には、**土砂の量ならびに質の連続性**が重要であり、これに留意した対策が重要になります。
- そのためには、河川各地点におけるモニタリングを通じて、流砂そのものあるいは河道変動のメカニズムを解明し、常に河川の状況を把握するようにしていくことが必要です。[**河道の健康診断**]

河川管理

- この結果を踏まえて、**河川管理の方向性**を軌道修正していくことが求められます。
- 河川をできるだけ人工的でなく自然なものとして維持していけるのが第一である。しかし、今後発生が懸念される極端に高強度の豪雨に対しても、できるだけ安全・安心な河川であってほしい。
- 「そのために何をすべきか？何ができるか？」について考えていかなければなりません。

酒匂川とは？

- 酒匂川は、富士山から噴出した堆積物でできた平地を刻むように流れる河川であり、**わが国有数の急勾配河川**です。
- 元々は暴れ川であり、平地上を動き回るように位置を変えていました。
- これを連続堤防をつくることにより、現在の位置に固定化しました。これに伴い、我々の生活空間と河川とは切り離されることになりました。
- 治水が難しい川であることに変わりはありません。

酒匂川総合土砂管理プラン

総合土砂管理検討について

- 酒匂川水系では、ダムや堰での土砂堆積、河川の河床低下や堆積、海岸の浸食など、様々な課題が顕在化しています。
- そこで、学識経験者等からなる「酒匂川水系土砂管理検討委員会」を平成16年に設置し、山・川・海の土砂の流れの連続性を捉えた総合的な土砂管理を推進するために検討を行っています。
- 平成22年9月の台風第9号により、上流の山腹崩壊等によって河川内に大量の土砂が流入し濁りが長期化して、生物の生育環境に大きな影響を与えるとともに、土砂の堆積により、治水や利水にも課題が生じました。

総合土砂管理検討について

- これらの対応策も含めて総合的な土砂管理を進めるためには、流域全体の各管理者が様々な対策を実施することが必要かつ効果的であり、河川管理者のみならず、森林・砂防・ダム・堰・海岸の各管理者などの協力を得て、酒匂川総合土砂管理プランを策定しました。

基本的な考え方

人々の暮らしを支えてきた酒匂川を次世代に継承していくに当たり、その土砂環境を回復・保全するための対策の基本方針・目標を示し、目標達成に向けた具体的な対策や仕組みを示すためにまとめ上げたのが、酒匂川総合土砂管理プランである。

基本方針：
治水・利水安全度を向上させながら生態系に配慮した土砂環境の改善を目指す。

「酒匂川水系土砂管理検討委員会」 (H16.3~)

酒匂川水系における総合的な土砂管理を推進するために必要な基本方針、目標を設定するとともに、技術的検討及び対応策の実施と検証を行う

技術的検討

- 土砂動態解析モデルによる土砂供給量の検討
- 土砂回復目標の設定

対応策の実施と検証

- 置き砂や河床整理等の実施
- モニタリング結果の検証

総合土砂管理プラン

- 土砂管理の基本方針を示し、目標達成に向けた対応策や仕組みを示す

1. 酒匂川の概要【流域及び河川の概要】

第4回 山・川・海の連続性を考える県民会議

- 富士山麓を源とする鮎沢川が静岡県を流下し、神奈川県では酒匂川と名称を変えます。また、丹沢山地の地質は、グリーンタフ・変成岩類・深成岩類（トータル岩類）・火成岩類と多岐に亘り、様々な岩石が河原の礫として見られます。
- 流域市町村は、4市5町（神奈川県秦野市、小田原市、南足柄市、大井町、松田町、山北町、開成町、静岡県御殿場市、小山町）からなり、土地利用は山林・原野が45%、田・畑が26%、宅地が19%、その他が10%となっています。
- 酒匂川は三保ダム下流において平均河床勾配が1/100~1/200程度であり、日本でも有数の急勾配河川です。

河床勾配 : 上流域の鮎沢川で1/100程度、中流域で1/130程度
下流域で1/200程度(三保ダム上流で1/20程度下流の河内川で1/110程度)

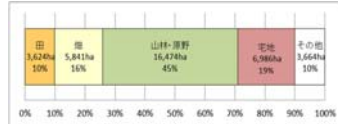


図 土地利用状況図

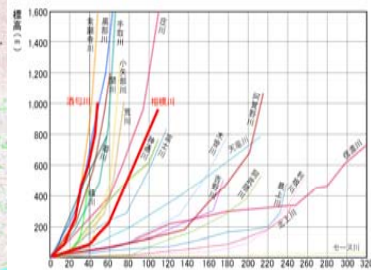


図 日本の代表的な河川の河床勾配（より）

1. 酒匂川の概要【地形・地質の概要】

- 鮎沢川は、富士及び箱根火山の山麓を流れるので両者の溶岩礫を多量に含んでいます。一方、丹沢山地の地質は、グリーンタフ・変成岩類・深成岩類（トータル岩類）・火成岩類と多岐に亘り、様々な岩石が河原の礫として見られます。
- 酒匂川の砂は、河原の石の組成と異なり、富士溶岩が目立ちます。これは2300年前、御殿場泥流という泥流が富士山南東斜面で発生し、御殿場から鮎沢川に沿って流下し、足柄平野を越えて相模湾に達し、酒匂川河床を埋めたものと考えられています。

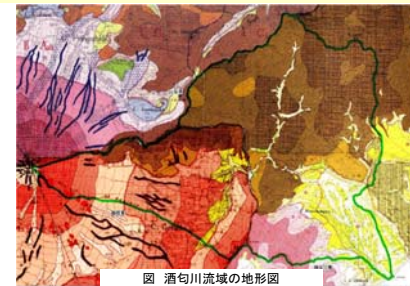


図 酒匂川流域の地形図



図 酒匂川流域の地質図

凡例
静岡県

凡例
神奈川県

地域	主な地形	主な地質
1 富士山麓	扇状地	礫、砂
2 箱根火山	箱根火山伴走山	火山灰、火砕流堆積物、凝灰岩礫層
3 丹沢山地	30度多し急傾斜地多しつ仕舞山地	花崗岩類、閃輝綠岩類、丹沢層群（安山岩、流紋岩、玄武岩等、凝灰岩）
4 足柄山地	隆起と侵食の途絶な低山地	足柄層群（砂岩、泥岩、礫岩）
5 大磯丘陵	標高100~300mの丘陵地	段丘堆積物（礫、砂、泥）
6 足柄平野	過剰の氾濫地	礫、砂、泥

1. 酒匂川の概要【主要施設の概要】

- 酒匂川水系における主な施設としては、河内川に昭和53年に完成した三保ダムがあり洪水調節を行っています。
- また、利水面においては、水道、農業用水のための取水堰や発電所などがあり、県民の暮らしを支えています。



1. 酒匂川の概要【環境の概要】

- 河道部では、山岳地帯から低地帯まで変化に富んだ流れが、様々な瀬や淵を作り、多様な生物を育てており、礫床の瀬を好むアユなどの魚種が生息するほか、アユカケ（カマキリ）、ボウズハゼなどの神奈川県レッドデータブックに記載されている魚種やメダカやヤマメなど絶滅危惧A類も生息しています。

魚類・植物

上流	中流	下流
<p>【環境レッドリスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> アユ(魚) アユカケ(カマキリ) メダカ ヤマメ 	<p>【環境レッドリスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> ボウズハゼ(魚) アユカケ(カマキリ) メダカ ヤマメ 	<p>【環境レッドリスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> アユ(魚) アユカケ(カマキリ) メダカ ヤマメ
<p>【特定外来種】</p> <ul style="list-style-type: none"> オオクチバス 	<p>【特定外来種】</p> <ul style="list-style-type: none"> オオクチバス 	<p>【特定外来種】</p> <ul style="list-style-type: none"> オオクチバス

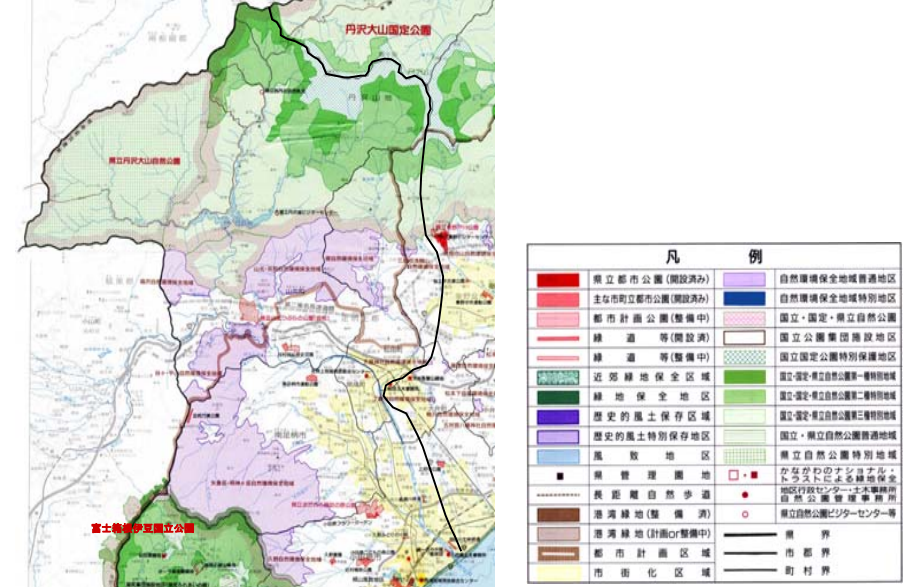
生態系指標

上流	中流	下流
<p>【環境レッドリスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> コヤジサシ ミソゴイ チュウヒ 	<p>【環境レッドリスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> コヤジサシ ミソゴイ チュウヒ 	<p>【環境レッドリスト】</p> <ul style="list-style-type: none"> コヤジサシ ミソゴイ チュウヒ

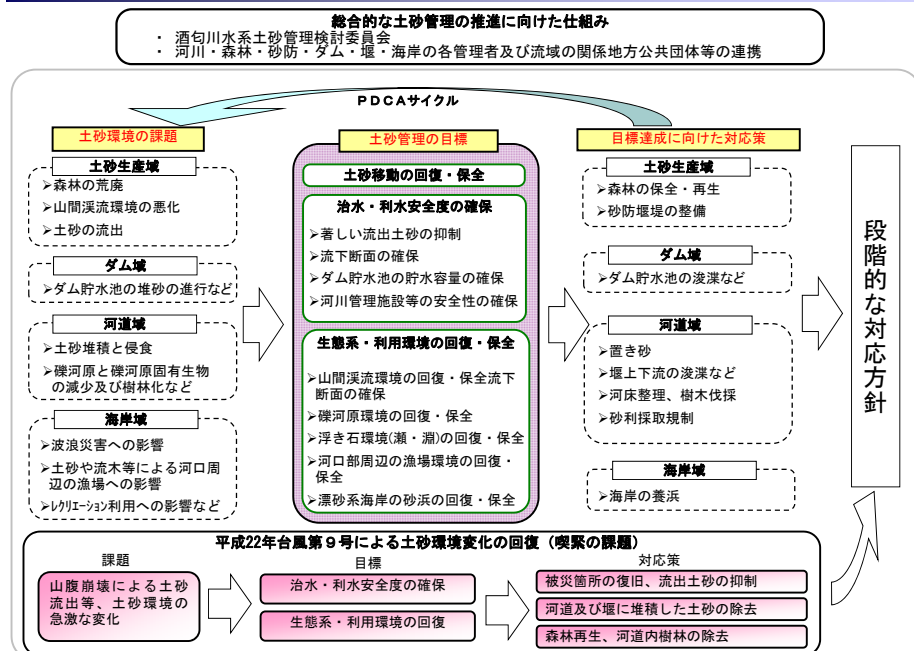
カワチシメ、ボウズハゼ、コヤジサシ、ミソゴイ、チュウヒ

1. 酒匂川の概要【環境の概要】

- 酒匂川の源流である富士山麓や丹沢山地は、富士箱根伊豆国立公園、丹沢大山国定公園、県立丹沢大山自然公園、そして丹沢山地の一部と箱根外輪山は自然環境保全地域があるなど自然環境豊かな山地を抱えるほか、河川敷を利用したキャンプや釣りのレジャー、スポーツ、サイクリングなどのレクリエーション活動が盛んに行われるなど、県民の憩いの場となっています。

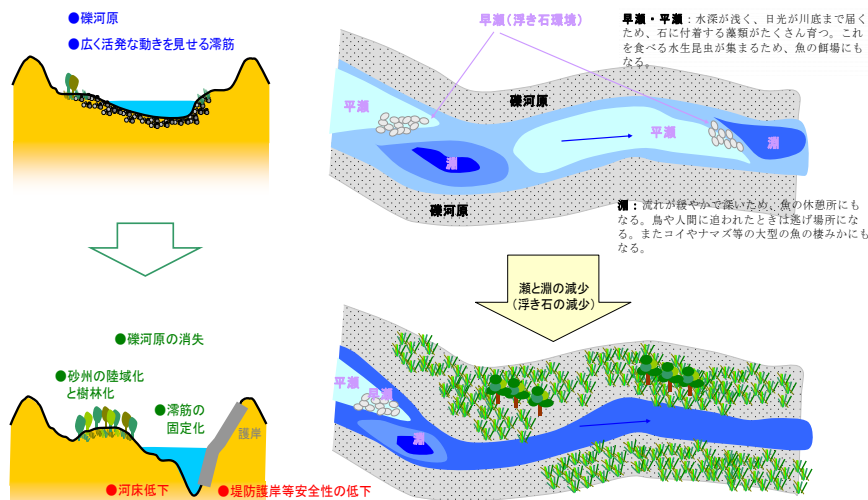


2. 酒匂川土砂管理と具体的な対応策



3. 酒匂川流砂系の課題(河道域)

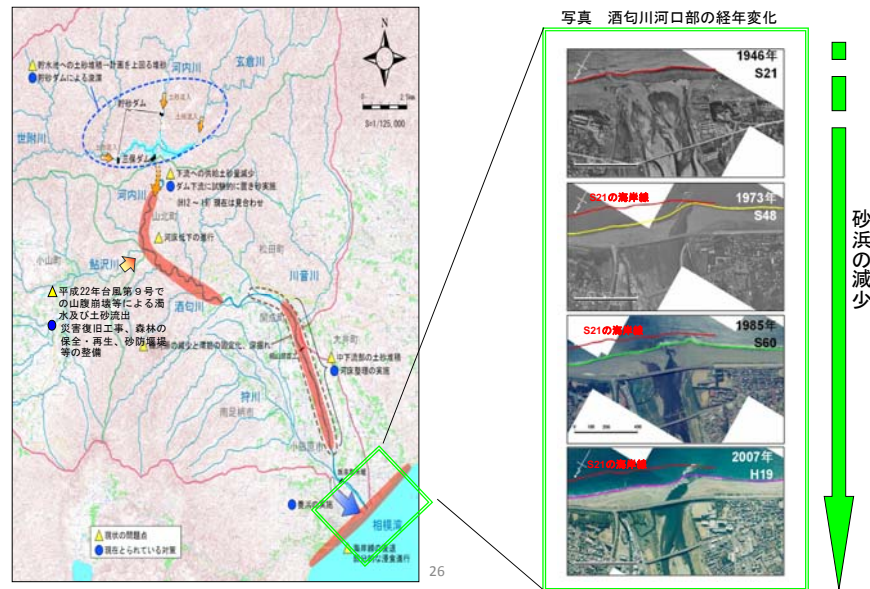
- 河川・海岸の土砂環境は、上流域からの土砂供給、洪水時の土砂移動に大きく影響されます。
- しかし、ダムや取水堰等の横断工作物の整備、高度成長期を中心とした砂利の採取などにより、土砂環境が大きく変化し、酒匂川水系においても礫河原の消失や高水敷の樹林といった課題が生じています。



25

3. 酒匂川流砂系の課題(海岸域)

- 大磯港から小田原海岸に至る西湘海岸は、酒匂川の供給土砂の影響を受ける酒匂川流砂系の海岸です。
- 昭和21年からの空中写真を比較すると、小田原海岸における海岸線が後退していることが確認できます。



26

4. 酒匂川土砂管理プランにおける目標

- 基本方針である「治水・利水安全度を向上させながら、生態系に配慮した土砂環境の改善を目指す」に基づき、三つの目標を設定しました。

(1) 土砂移動の回復・保全

出水による流量の変動や河川のかく乱(たとえば河床の砂礫の移動)など河川そのものがもつ自然の力により、連続した土砂の流れの回復・保全を目指す。

(2) 治水・利水安全度の確保

【著しい流出土砂の抑制】

台風や集中豪雨等に備えて、森林の保全・再生や砂防堰堤等を整備し、著しい流出土砂の抑制や、土砂災害を防止する。

【流下断面の確保】

大規模出水に備えて河川内の堆積土砂の除去を行い、流下断面を確保し治水安全度の向上を図る。

【ダム貯水池の貯水容量の確保】

三保ダムの安定した洪水調節機能と水供給の維持のため、計画堆砂量を上回るペースで堆積している三保ダムへの土砂流入を抑制し、貯水容量の確保を図る。

【河川管理施設等の安全性の確保】

河床低下などの影響により低下した河川管理施設等の安全性を確保する。

(3) 生態系・利用環境の回復・保全

【山間渓流環境の回復・保全】

流路及び土砂移動の連続性を確保し、山間渓流本来の水棲生物の生息環境の回復・保全を目指す。

【礫河原環境の回復・保全】

かつて見られた礫河原を回復・保全することにより、礫河原固有の生物の生息・生育環境の回復・保全を目指す。

【浮き石環境(瀬・淵)の回復・保全】

浮き石のある河床環境(瀬・淵)の回復・保全により、アユなどの水棲生物の生息場の回復・保全を目指す。

【河口部周辺の漁場環境の回復・保全】

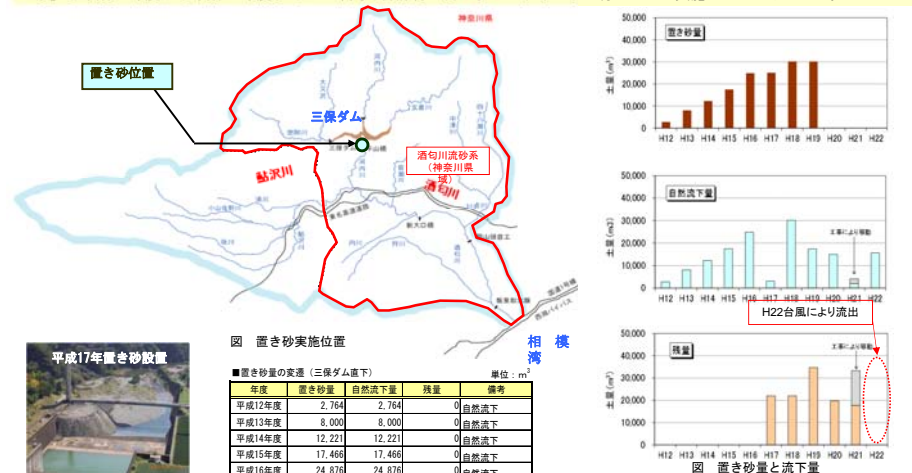
河川からの著しい流出土砂を抑制するとともに、継続的な森林の保全・再生や河道内樹林の除去による流木等の抑制に努め、漁場環境の回復・保全を目指す。

【漂砂系海岸の砂浜の回復・保全】

海岸の砂浜の回復・保全による海岸環境の再生と海岸利用の促進を図る。

5. 酒匂川流砂系における現在までの取組み(置き砂)

- 連続した土砂の流れを回復する試みとして、三保ダム下流の河内川において、三保ダム貯水池に堆積した土砂を使用した「置き砂」を平成12年度から平成19年度までの8年間で合計約15万 m^3 、モニタリングを行いながら実施してまいりました。

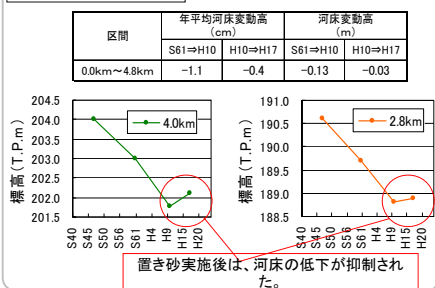


置き砂の流下量は、年により異なりますが、台風などによる洪水により、平成17年度から概ね年間2万 m^3 程度の土砂が自然流下した。平成22年台風第9号により、残っていた約1.5万 m^3 が流下し、現在は全量が流下した。

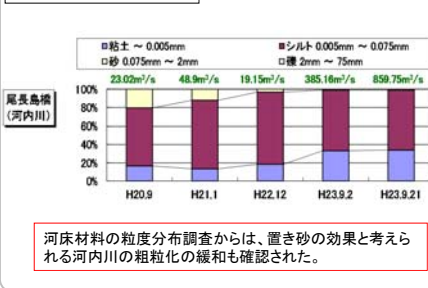
5. 酒匂川流砂系における現在までの取組み(置き砂・帯工の効果と影響)

- モニタリング結果から、河内川の河床の低下や粗粒化の緩和が確認されました。
- また酒匂川に設置した帯工によって、河床の侵食が食い止められ堆積へ転じていることがわかりました。

河内川の河床変動量



河内川の河床材料の変化



帯工による河床変動への効果

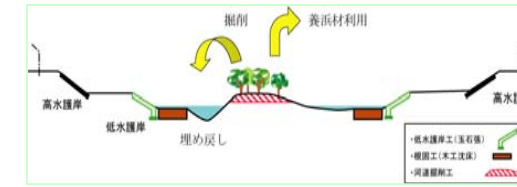
区間	年平均河床変動高 (cm)		河床変動高 (m)	
	帯工設置中⇒帯工設置後	帯工設置後⇒台風9号前	帯工設置中⇒帯工設置後	帯工設置後⇒台風9号前
下流 0.2km~6.8km	-1.8	+3.7	-0.11	+0.15
中流 7.0km~18.2km	-1.4	-0.6	-0.10	-0.04
上流 18.4km~28.6km	-	+1.4	-	+0.23

酒匂川の狩川合流点~6.8kmには平成2年から平成11年までに10基の帯工が設置され、設置中(平成10年頃)から設置後(平成16年頃)にかけての河床変動は、中下流で年平均1.5cm程度の侵食であったのに対し、帯工設置以降は下流域で年平均3.7cmの堆積となった。

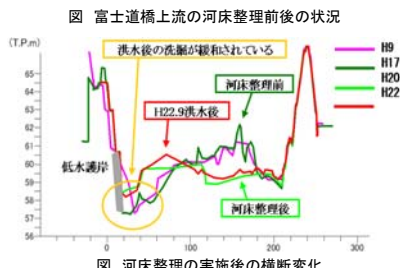
結果として、中流域では侵食が緩やかとなり、帯工の効果が発揮されたためと考えられる。

5. 酒匂川流砂系における現在までの取組み(河床整理)

- 治水上の河床整理の目的は大きく分けて二つあります。一つには、堆積土砂を掘削し流下断面の阻害を解消し、低水路の深掘れ部を埋め戻すことによって、河床の低下による河川管理施設等の構造物の安全性を確保すること。
- もう一つが、また、河道内の樹木を伐採し、固定化した高水敷の切り下げること、河床の粗粒化と高水敷の樹林化を抑制し、隣河原等の保全・再生に取組み、下流部及び海岸域への土砂流下を促進することです。



- 河床かく乱と植生回復が繰り返されるような河川の動的な環境の回復を目指して、平成18年から「河床掘削」と「河道内樹林の伐採」を中心とした河床整理を実施している。
- 掘削土砂量は、平成22年台風第9号の喫緊の対応を含め、平成23年までの合計で約53万m³を実施した。



6. 酒匂川総合土砂管理プランにおける対応策

- (上流から海岸までの土砂の流れである) 流砂系一貫で各管理者が対応策を進めていきます。
- 計画・実施・点検・再検討いわゆるPDCAサイクルを回し、必要に応じて内容の見直しも行っていきます。

土砂生産域	ダム域(三保ダム)	河道域	海岸域
<ul style="list-style-type: none"> ■ 森林の保全・再生 ■ 砂防堰堤の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ダム貯水池の浚渫 ■ 排砂施設の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 置き砂 ■ ダムによる流量制御 ■ 堰上下流の浚渫 ■ 固定堰の改良 ■ 河床整理 ■ 樹木伐採 ■ 砂利採取規制 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 海岸の養浜
<p>写真 透過型砂防堰堤 (酒匂川水系 大雄川)</p>	<p>写真 H22.9洪水前後の河内貯砂ダムの土砂堆積状況</p>	<p>写真 相模湾沿岸侵食対策計画を策定する海岸</p>	
	<p>台風後</p>	<p>樹木・植生の繁茂による土砂堆積</p> <p>図 河道の樹木繁茂状況</p>	

7. 平成22年台風第9号による土砂環境の変化と回復

- 平成22年の台風第9号は、降り始めの9月8日4時から9日0時までの降水量は、山北町丹沢湖で495.5mm、小田原で238.5mmを観測し、1976年以降の観測データで一日あたりの降水量が観測史上1位を記録するほどの豪雨となりました。また、静岡県小山町においても、一日あたりの降水量490mmを記録し、同じく観測史上1位を記録しました。
- 記録的な豪雨となった台風第9号では、酒匂川上流の鮎沢川水系の野沢川や須川などにおいて、山腹の前壊や土石流が発生し、治山や砂防、河川等の公共土木施設でおよそ100箇所が被災しました。さらに、河道閉塞、貯水池堆砂、濁り、土砂堆積、アユ生育、海域流木など様々な影響が発生した。

降雨の概要	洪水による河道の濁りの状況
<p>図 平成22年台風第9号の概況</p>	<p>図 16 平成22年9月台風9号とその後の濁度状況 (飯泉取水堰導水管内原水 9/1~10/25)</p>
<p>写真9 台風第9号による被害状況(静岡県小山町)</p>	<p>写真10 酒匂川河口具沖の流木の堆積状況 水深14m (H23.1.28撮影)</p>

8. 段階的な対応方針

- 土砂環境の改善に資する対応策を実施し、モニタリングなどにより効果を検証し、段階ごとに点検・再検討を行いながら、柔軟に課題に対応しながら目標の達成を図っていく。
- まず、第1段階は、喫緊の課題である平成22年台風第9号による土砂環境変化の回復を目指します。そして、河床整理などの対応策を実施し、その効果検証と新たな知見などを踏まえて、次の段階的に進めていきます。

エリア	対応策	対応主体	第1段階 (約5年間)	第2段階 (約5年間)	第3段階
土砂生産域	森林の保全・再生	森林管理者	回復	対応策を実施	
	砂防堰堤の整備	砂防管理者	回復	対応策を実施	
ダム域	ダム貯水池の浚渫	ダム管理者	対応策を実施		
	排砂施設の調査・検討	ダム管理者	必要に応じて、調査・検討		
河道域	置き砂	ダム管理者 河川管理者	検討	試行	効果検証し、必要に応じて実施
	ダムを利用した流量制御	ダム管理者 河川管理者	必要に応じて、調査・検討		
	堰上下流の浚渫	堰管理者	必要に応じて、調査・検討		
	固定堰の改良	堰管理者	回復	対応策を実施	
	河床整理	河川管理者	回復	対応策を実施	
	樹木伐採	河川管理者	対応策を実施		
	砂利採取規制	河川管理者	回復養浜	維持養浜	
	海岸域	海岸の養浜	海岸管理者	必要に応じて、内容を見直し	
内容の見直し					

9. 酒匂川総合土砂管理プランの推進に向けた仕組み

■ 酒匂川水系土砂管理検討委員会

酒匂川総合土砂管理プランを推進するために、学識経験者、関係機関、関係行政等で構成する「酒匂川水系土砂管理検討委員会」において技術的検討について議論を深め、各対応策の実施にあたっては、モニタリングを通して効果検証を行う。

■ 河川、森林、砂防、ダム、堰、海岸の各管理者及び流域の関係地方公共団体等の連携

流域が一体となって総合的な土砂管理に取り組むために、静岡県域も含めた河川、森林、砂防、ダム、堰、海岸の各管理者及び流域の関係地方公共団体等が連携し、各管理者間で連携しながら、流域全体で必要な対応策を実施する。

□ 対応策の実施

流砂系全体での取組みが不可欠であることから、関係機関と連携を図りながら進めていく。

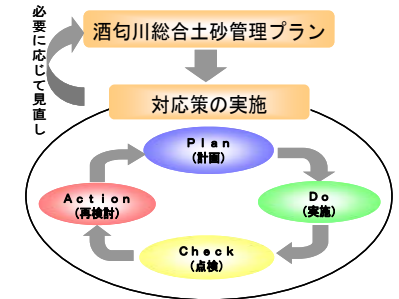
実施していく対応策は、目標に対する効果をモニタリングにより確認しながら、実施の量や質の順応的管理のもと、PDCAを行い、必要に応じて内容を見直しを行っていく。

□ モニタリング方針

土砂動態の把握と対策の効果の検証を目的としてモニタリングを行う。

各対応策の実施にあたっては、土砂移動、河床材料の変化等を調査・分析し、極力定量的な効果検証を行う。結果は、段階的な対応策を実施する中で、点検及び再検討に活用する。

同時に、平成22年台風第9号による濁水の発生、土砂動態の変化、生態系や漁業への影響等について継続調査し、データの蓄積と活用を図る。



34

おわりに

- 酒匂川流域が環境・防災両面においてさらに望ましい空間となることを目指して、我々は英知を結集し取り組んでいかなければなりません。そのための準備が整いつつあります。
- ただし、これは官学だけで進められるものではなく、ご参集の方々をはじめ**広く県民の皆様**の**理解と協力**とが必要であることは言うまでもありません。本日のこの会議が、今後に向けた重要なステップとなることを願っております。

End !!