

# 沼川新放水路 放流口の技術的検討について

田中 昇

静岡県交通基盤部 河川砂防局 河川企画課（〒420-8601 静岡市葵区追手町9番6号）  
（前 沼津土木事務所 工事第1課（〒410-0055 静岡県沼津市高島本町1-3））

静岡県沼津市を流れる一級河川沼川の周辺は、海岸沿いに形成された砂礫州と北側の愛鷹山地に囲まれた「浮島沼」と称される船底型の低地が広がっており、内水の排水不良を主因とする浸水被害が度々発生している。その抜本的対策として計画されたのが高橋川及び沼川と海岸を結ぶ「沼川新放水路」である。

沼川新放水路の建設にあたり想定される多くの技術的課題の中で、最も難易度が高いのが「『放流口の土砂の埋塞防止』と『海岸地形への影響抑制』の両立」である。これに対し、既設構造物で起きている課題の整理、継続的な現地観測、シミュレーションによる土砂埋塞・海浜地形への影響検討、水理模型実験による検証等の過程を経て、海岸に形成される“バーム”に着目した「セットバック型放水路」の放流口構造を決定した。

キーワード：セットバック型放水路，現地観測，水理模型実験，沼川，富士海岸

## 1. 検討の背景

沼川は、沼津市西部の愛鷹山麓に源を発し、高橋川、赤淵川、滝川など愛鷹山麓や富士山麓から流下する支川と合流しながら西流して田子の浦港から駿河湾に注ぐ、流域面積433km<sup>2</sup>、延長14.1kmの一級河川である（図-1、図-2）。その流域は、北側を愛鷹山の火山地形、南側を駿河湾沿いに形成された砂礫州に囲まれ、その間に形「浮島低地」と称される船底型の低地帯が東西約14km、南北約1～2kmで広がっている。沼川はこの浮島低地の南端を1/1,000～1/4,000という極めて緩い勾配で西流している。

沖積世初期、海岸線は愛鷹山麓にあったが、富士川・狩野川が運ぶ大量の砂礫により形成された沿岸砂礫が次第に発達し、愛鷹山麓との間に海跡湖状の潟湖が生じた。やがて愛鷹山を刻む河川の堆積作用により潟湖が浮島沼となり、さらに堆積が進み浮島ヶ原になったとされる（図-3）。

沼川流域の低地部は、その地形的な特徴から長年にわたって浸水被害に悩まされてきた。放水路の整備や河川改修が進んだ近年は浸水範囲こそ小さくなったものの、市街化の進展も相まって、内水の排水不良による浸水被害は度々発生している。

「(仮称) 沼川新放水路」(以下、沼川新放水路)は、こういった沼川や高橋川沿いで発生する浸水被害解消のための抜本的な対策として計画されたもので計画高水流量は150m<sup>3</sup>/s、延長は約2.3kmである。

沼川新放水路は、浮島低地の軟弱地盤と既存市街地の中に計画されていることに加え、国道やJRなど、多くの主要交通を横断するなど多くの課題が想定されてい

る。中でも放水路の河口を設ける富士海岸は、高波浪に加え、沿岸を移動する土砂量が多く、既存放水路は河口埋塞に悩まされ、その一方で海岸侵食を助長してきた。この「放流口の土砂の埋塞防止」と「海岸地形への影響抑制」を両立することが最大の技術的課題である。本報告は、その解決策として採用を決定した「セットバック型放水路」の概要と、その選定に至る過程を明らかにするものである。



図-1 沼川位置図



図-2 沼川流域図

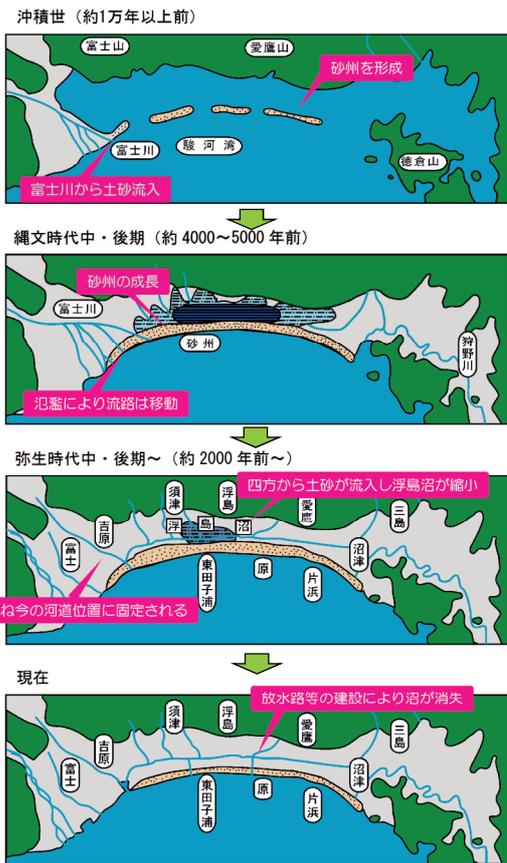


図-3 沼川の成り立ち



写真-1 沼川新放水路予定地

## 2. 沼川新放水路の技術的課題及び解決の方策

沼川新放水路は高橋川及び沼川の洪水を直接海域へ放流するための放水路であり、その全延長は約2.3km(写真-1, 図-4)となる。放水路延長のうち、箇所ごとに技術的な課題があり、以下のとおり大別される。

- ①高橋川及び沼川の分合流部構造
- ②国道1号上流区間の軟弱地盤対策
- ③住宅地内の暗渠構造と地下水対策
- ④海岸放流口の構造及び沿岸漂砂、海岸汀線への影響
- ⑤既設横断工作物との交差(国道、県道、市道、河川、JR東海道線、海岸堤防、地下埋設物)

- ⑥津波・高潮など海水遡上対策
- ⑦高波浪時における構造物の損傷対策

### (1) 沼川新放水路構造・環境検討会

上記に示した課題のうち特に海岸吐け口部の構造及び沿岸漂砂、海岸汀線への影響は新放水路の成否そのものを左右する最大の課題の一つであり、慎重かつ十分な検討が必要であった。

このため、海岸地形に与える影響や放流口の埋塞、水環境や生物の生息生育環境などへの影響が懸念されることから、これらを学術的に評価し、今後の維持管理を含めた最適な放水路の構造や対策を検討するため、有識者等による「沼川新放水路構造・環境検討会」を設立し、約2年間の検討を経て、H27年に最終報告書を公表した。図-5に検討フローを示す。

### (2) 既設放水路の課題

富士川～沼津港における富士海岸には、既設の放水路が存在し、それぞれ課題を抱えている。既設放水路の課題点は、構造物により沿岸漂砂が阻害され下手側(富士海岸の場合は東側)における海岸侵食の原因となり、高潮に対する安全性が低下すること、高波浪時に大量の土砂が移動し、構造物が損傷するとともに函体内に進入、埋塞し、排水能力が確保できないこと等がある(写真-2)。

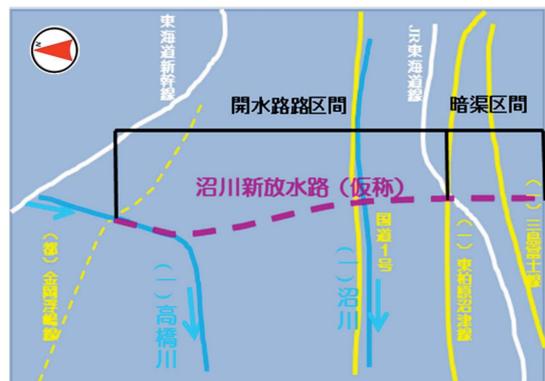


図-4-1 沼川新放水路区間イメージ図

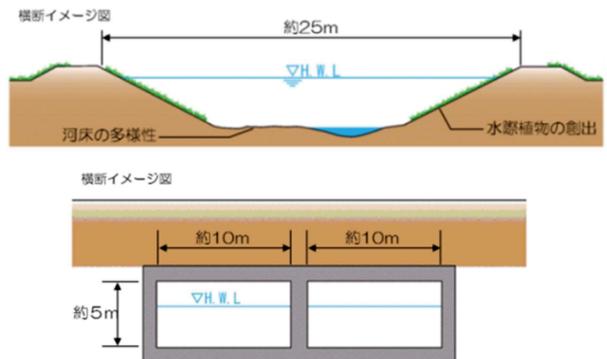


図-4-2 沼川新放水路横断面図

(上：開水路路区間 (JR東海道線以北))

(下：暗渠区間 (JR東海道線以南))

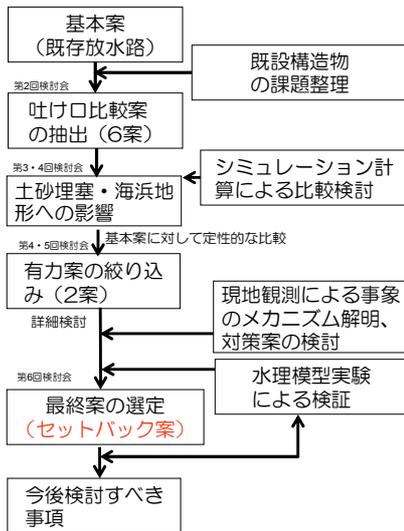


図-5 構造比較検討フロー

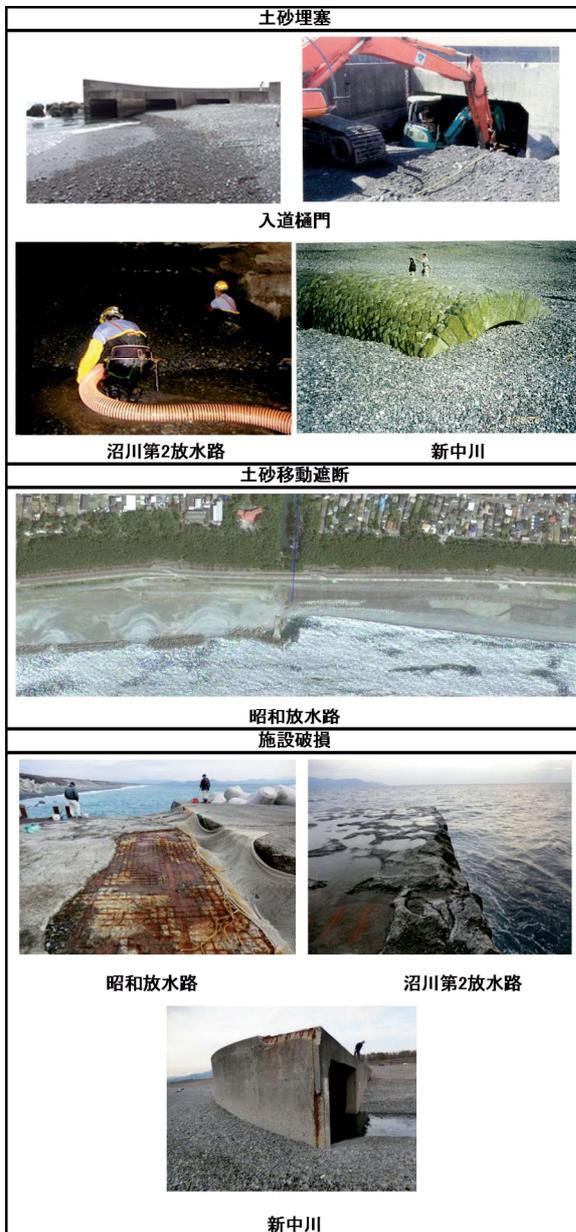


写真-2 既設放水路の状況 (課題)

### (3) 新放水路放流口検討

#### a) 放流口構造案

放流口の構造案は当初6案 (図-6) を案出した。各案の特徴は、下記のとおりである。

##### ①基本案

富士海岸にある既存施設 (沼川第2放水路, 新中川, 入道樋門など) を参考に東側へ90度曲げる形状とする。海岸侵食に対してはサンドバイパスにより砂を補充する。

##### ②天端を下げた案

沿岸付近の土砂移動を阻害しないため、①基本案に対して函体の高さを約2m低くし、放流口部の流れを良くするため東側へ45度曲げる形状とする。海岸侵食に対してはサンドバイパスにより砂を補充するが、サンドバイパス量は①基本案に対して小さくする。

##### ③開水路案

②天端を下げた案の想定される埋塞土砂を機械により掘削しやすくするため、放流口部分を開水路とする。

##### ④先端位置を防潮堤側に引いた案 (セットバック案)

沿岸付近の土砂移動を阻害しないため、また高波浪時の函体への影響を小さくするため、放流口位置は汀線付近を避け、砂浜の中間付近とする。

##### ⑤突出案

沿岸付近の土砂移動を阻害することになるが、函体内に土砂が入り込みにくくする位置まで放流口を沖合に突き出す。海岸侵食に対してはサンドバイパスにより砂を補充する。

##### ⑥水門案

防潮堤に水門を設け砂浜に開水路を設ける。沿岸付近の土砂移動を阻害しにくくすることや埋塞した土砂はどこからでも機械により掘削しやすくする。

上記6案に対し、シミュレーション計算による沿岸付近の土砂移動 (海岸侵食) への影響、維持管理の課題、高波浪における構造物の耐久性、建設費用などの観点で相対的な比較検討を行った結果、海岸侵食への影響が比較的小さい、「②天端を下げた案」・「④先端位置を防潮堤側に引いた案 (セットバック案)」 (以下セットバック案) に絞り込んだ。

#### b) 採用構造

定性的な評価により、絞り込んだ「②天端を下げた案」「④セットバック案」について、さらに詳細に定量的評価をし、最適案の選定に大きな役割を果たしたのが、後述する現地観測によるメカニズム解明、水理模型実験による現地観測の裏付けである。

次項で詳述する現地観測や水理模型実験等による詳細な検討を行った結果、表-1に示すように、「④セットバック案」を最良案として選定した。

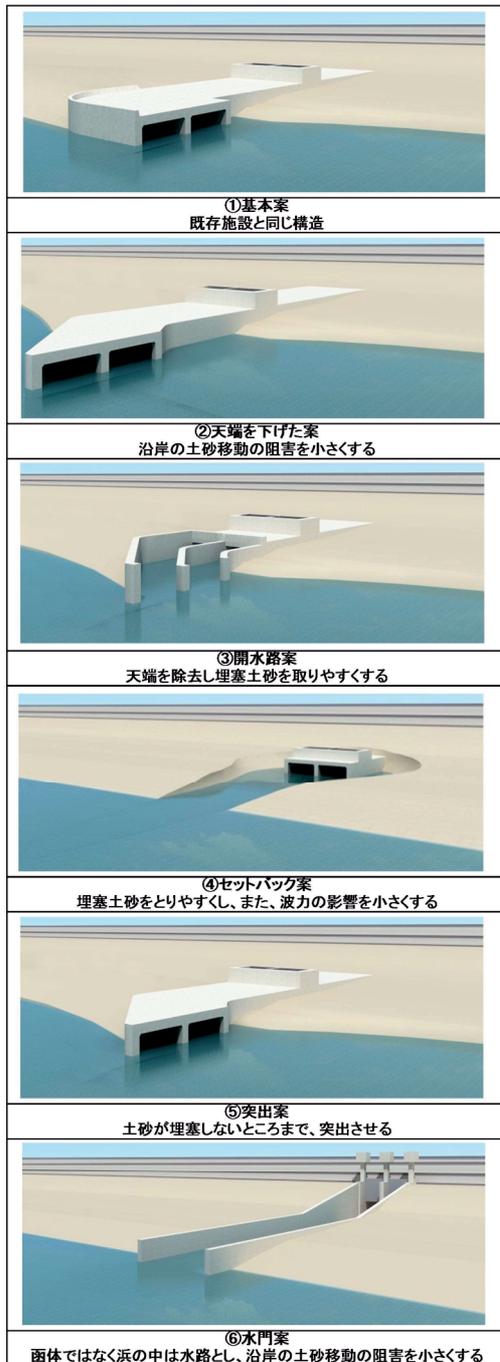


図-6 放流口構造案(6案)

放水路に求められる機能	①基本案	②天端を下げた案	③開水路案	④セットバック案	⑤突出案	⑥水門案
土砂の流入防止	○	-	×	○	○	×
容易な土砂排除	○	-	○	◎	-	×
沿岸付近の土砂移動を確保	○	○	-	◎	-	○
高波浪に対する構造物の安全性	○	-	×	○	×	×
浜幅維持に必要なサンドパイパス量	○	○	-	◎	-	○
建設コストの軽減	○	-	-	○	-	-
維持管理コストの軽減	○	○	×	◎	○	○

表-1 放流口構造案比較検討表(基本案との構造比較)

#### (4) 技術的検証

##### a) 現地観測

新放水路の放流口のセットバック案は、既存施設である新中川放流口の形状に類似している。したがって、新中川放流口におけるバーム※形状(土砂堆積)や、流水によりバームがフラッシュ(崩壊)される等の地形変化状況を把握することを目的として、現地観測を実施した。新中川の放流口は、波の作用により形成されるバームに対し、小規模な出水( $Q=1.9\sim 2.6\text{ m}^3/\text{s}$ )によりバームを越流することで、フラッシュされ、放水路の機能が確保されていることを確認した。

また、高波浪時には放流口をほぼ埋塞させるほどのバームが形成されることが確認されているが、河川の流水は浜の礫間を浸透し海に流れるため、河川の水位が上昇する影響範囲は限定的で住宅地に被害を及ぼすようなことはないことが確認されている。この埋塞土砂も小規模な出水によりバームを越流することで、フラッシュされることが確認された(写真-3)。

主なフラッシュ過程は以下に示す通りと考えられる(図-7)。

##### (地形変化前)

- ・放流口前面に土砂が堆積しており、完全埋塞している。
- ・常時流量により放水路前面に湛水面ができ、前面土砂を浸透して流れている。

##### (フラッシュ)

- ①流量の増加に伴い、放水路前面の湛水位が上昇する。
- ②湛水位の上昇により、浸透流の水頭差が大きくなり、流速が増大する。
- ③浸透流の勢いが増すことで、吹き出し点が移動する。
- ④湛水位が前面堆積土砂頂部を越流することで、フラッシュが加速される。

※バーム…静穏な波浪で形成される砂の堆積

##### b) 水理模型実験

実験条件は、表-2に示すとおりであり、実験では、富士海岸のバーム高(+3 m)と同程度のバームが形成される波浪条件を与え、一方向沿岸漂砂により放水路からの流水の作用でバームが削られたとしても、波による堆積作用が継続する条件下で吐口周辺の地形変化状況を観察した<sup>2)</sup>。

水理模型実験は、以下の点を確認することを目的として実施した(写真-4, 写真-5)。

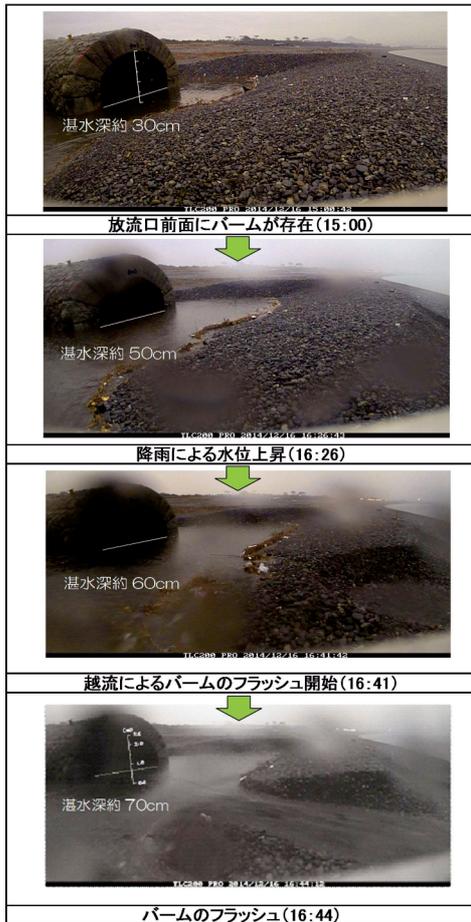


写真-3 新中川放流口のバームフラッシュ状況 (H26.12撮影)

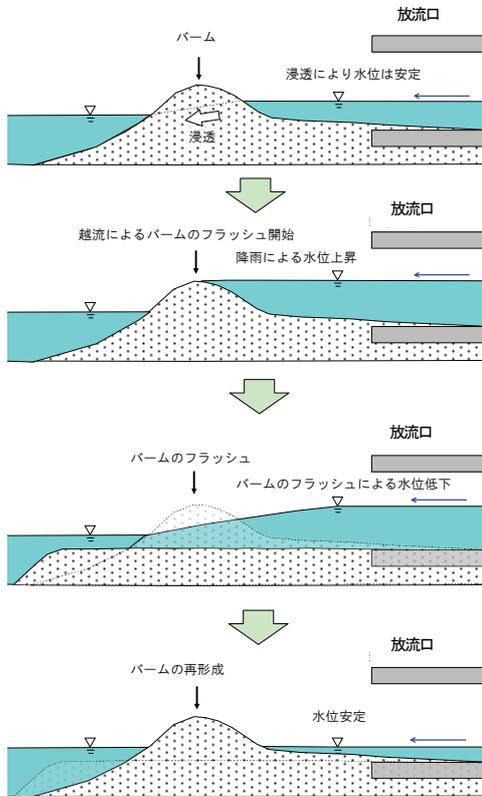


図-7 新中川放流口のバーム形成～フラッシュ～再形成過程模式図

表-2 実験条件

水槽	東海大学海洋学部水理実験施設 平面水槽 22m×23m h=1.2m
造波機	多方向不規則波造波方式 (スネーク式) Hmax=20cm T=0.5~5s 波向±45°
実験方法	移動床模型実験 (一方向沿岸漂砂が卓越する動的平衡状態, 前浜勾配, バーム高を再現)
実験縮尺	1/50
実験時間	4hours (予備実験より設定)
実験波浪	規則波: 海浜模型に対し斜めに入射 H=3.0cm T=1.2s (現地H=1.5m T=8.5s)
水位	海域MSL※±0cm 内水位 (地下水位) +3cm (現地 T. P. +1.5m)
粒径	d50=0.26mm (現地13mm)
海浜模型	移動床 初期海底勾配1/7 初期地形は左向きの一方向沿岸漂砂が卓越するよう、汀線の方向角を波の入射角に対して10°傾斜させた。
放水路模型	3タイプ: セットバック型 (IV案)
透明なアクリル製 (放流口内への砂の堆積状況を観察可能)	
整備計画 (150m <sup>3</sup> /s) の放水路は、現地スケール幅24.5mなので、模型上では49cmとなる。平面水槽中央に設置	

※MSL: 平均海面のこと



写真-4 実験の状況 (計画高水流量 (Q=150m<sup>3</sup>/s) の状況)



写真-5 実験の状況 (バームに対しフラッシュ放流した状況)

目的①: 堆積状況の確認

波の作用による放水路周辺の地形変化と放流口の堆積状況を調べる (現地との再現性の確認) .

目的②: 維持放流による堆砂軽減効果の確認

維持放流による堆砂状況の変化 (堆砂の軽減, バーム高の軽減) を調べる.

### 目的③：放水路機能の確認

放流口で堆砂が進んだ（バームが形成された）状態において、月1回程度発生する流量、フラッシュ流量、（維持管理施設により供給可能な流量）および計画流量 $150\text{m}^3/\text{s}$ を与えたときの堆積土砂（バーム）のフラッシュ状況を確認し、放水路機能が確保できるかを調べる。

### 目的④：高波浪時の状況の再現

高波浪により埋塞した土砂に対し、フラッシュ放流し、放水路機能が確保できるかを調べる。

実験の結果、放流口前面まで周辺地形と同様の地形を造成しても、フラッシュ開始後に水位が上昇しバームを超えて海側に水が流れることが確認された。

具体的には、フラッシュ流量（3分間（現地約20分））を作用させると1分後には放流口前面に水溜りができ、水位が急速に上昇し、2分後には吐口前面の砂州を全面的に覆うようにして越流が起き始めた。その後、砂州中央部に流れが集中し、4分後には放流口前面の砂州を縦断する流路が形成され、河川水位は急激に低下した。

セットバック案は、出水時に前面のバームをフラッシュし、計画流量を適切に放流できなければならない。水理模型実験で確認できた要点を以下に整理する。

#### ①通常時の状況再現

- ・維持流量による、バームにおける流路の形成  
ある程度の維持流量があれば、バームによる埋塞を避けることは可能
- ・フラッシュ放流による、バーム崩壊～バーム再形成過程の確認  
フラッシュ放流により、バームを切り欠き、流路形成すること、また、流路が形成されれば、フラッシュ放流を繰り返すよりも維持流量を確保することにより、河川水位を下げることは可能

#### ②高波浪時の状況再現

- ・函体内土砂埋塞過程確認  
天端を下げた案は、函体内が完全埋塞したが、セットバック案は完全埋塞しなかった
- ・フラッシュ放流の効果確認  
高波浪による埋塞に対してもフラッシュ放流により土砂排除が可能

#### ③計画流量における放水路機能の確認

前面に土砂がある場合でも、計画流量を安全に流すことは可能

### 3. まとめ

既存放水路を基本とし、既設構造物の課題整理により放流口比較案を抽出し、シミュレーション計算による比較検討、現地観測によるメカニズム解明を経て、有力案を絞り込んだ。さらに、水理模型実験による検証を行うことにより、土砂が埋塞しても容易に排除可能な放流口構造を決定することができた。

放流口構造は決定したが、引き続き検討しなければならない課題を下記に挙げる。

#### ①隣接の既設放水路である沼川第2放水路における現地実証

検討会においては、現地観測により得られた結果を基に水理模型実験により複数のケースを想定し検討したが、さらに現地データを収集し、現地実証実験を実施することが必要である。

#### ②埋塞土砂の管理方法

水理模型実験においては通常の波浪で形成されるバームや高波浪により打ち込まれる土砂に対して、フラッシュ放流を繰り返し実施することにより迅速かつ確実に除去することが確認されたが、緊急時の機械掘削等の対応を含めた埋塞土砂に対する管理体制の構築の必要がある。

#### ③安全対策

新放水路の放流口付近は一般の海岸利用があるため、海岸利用者に対する安全確保が必要である。

これらの課題を解決するため、今後さらに検討を深めていく必要がある。沼川新放水路が早期に完成できるよう、事業を進めている。

### 参考文献

- 1) 宇多高明、渡邊晋作、曾根裕介、管野由人、田子洋一：富士海岸の沼川新放水路計画地点付近の地形形成機構に関する研究、海岸工学論文集、第47巻、pp.661-665、2000。
- 2) 石野 巧・鈴木 悟・岡本 光永・宇多 高明・石川 仁憲・田中 博通・居波 智也・櫻田 哲生：セットバック型放水路の機能性に関する移動床平面実験、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol71 No.2、p.709-714、2015。