

### 3.4 スtockヤード幅の比較検討(抽出模型実験)

#### 土砂排出機能の比較(抽出実験:固定床、移動床疑似河床)

【Stockヤード内の水理量の比較】(固定床:空虚)

第3回委員会時に報告を行ったStockヤード幅「80m案」、「60m案」に、「40m案」を加え空虚時におけるStockヤード内の水理量(流況、摩擦速度)を比較した。

【土砂排出機能の比較】(疑似河床:満砂時)

流水の拡がり不十分な「80m案」を除くStockヤード幅「60m案」と「40m案」で疑似河床を用いた土砂排砂状況の比較を行い、Stockヤード内の土砂排出状況を確認した。

表 空虚時におけるStockヤード内の水理量の比較

ケース	Stockヤード幅	流量	河床材	ケース数	確認事項	計測項目
II-1-1	60m案	50m <sup>3</sup> /s 1	空虚	1	ヤード内の水理量	・流況 ・水面形 ・流速
II-1-2	80m案			1		
II-1-3	40m案			1		

表 疑似河床における土砂排出機能の比較

ケース	Stockヤード幅	流量	堆積厚	ケース数	確認事項	計測項目
II-2-1	60m案	50m <sup>3</sup> /s 1	3.0m	1	Stockヤード内の土砂排出状況	・流況 ・土砂排出状況
II-2-2	40m案		2	1		

実験の与条件については、ヤード幅の影響を比較するために、全て同一条件(初期設定値の「60m案」の条件)を用いて実験を実施している。

1 流量 : Stockヤード幅60mにおいて0.044m/sの摩擦速度を確保するための流量(50m<sup>3</sup>/s)に設定。

2 土砂堆積厚: Stockヤード幅60mにおいて土砂量が30,000m<sup>3</sup>となる土砂厚(3.0m)に設定。

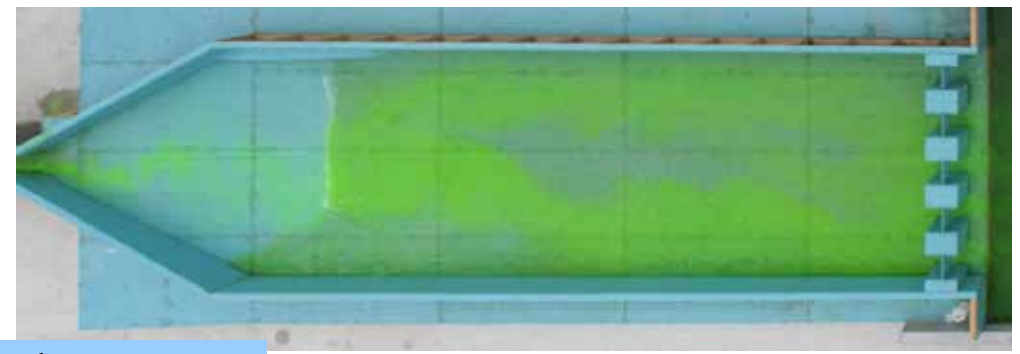
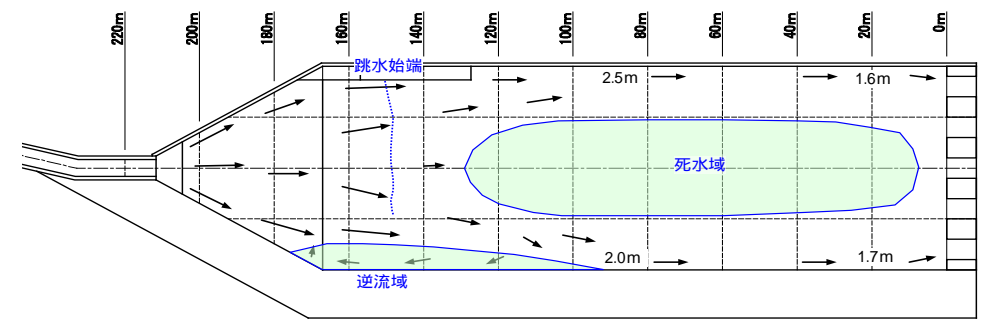
3 ヤード流入部漸縮部の底面形状: Stockヤード幅60mでの約8%勾配(傾斜)に設定。

### 3.4 スtockヤード幅の比較検討 (抽出模型実験)

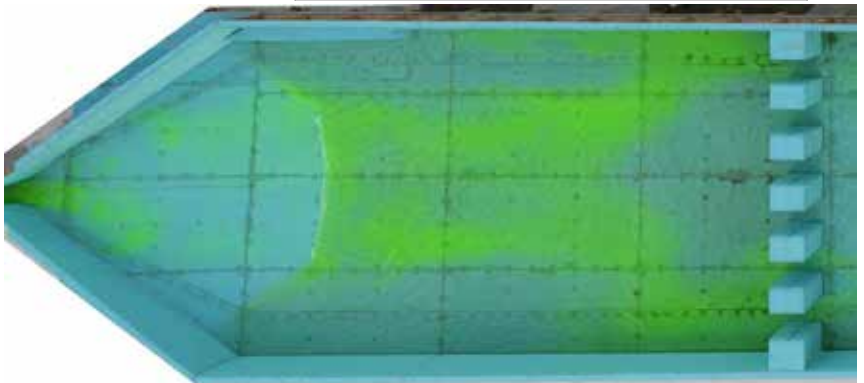
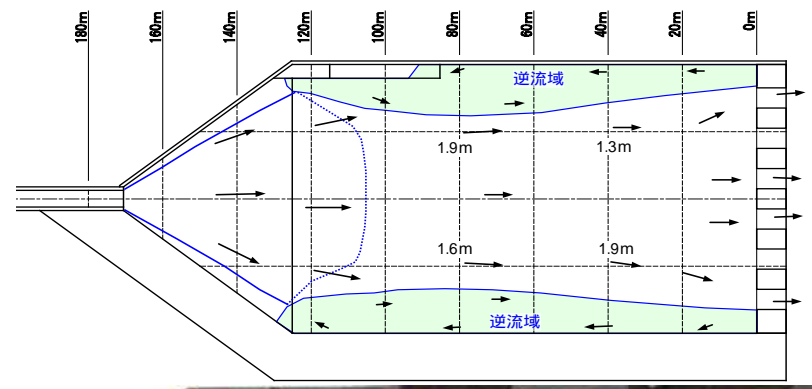
#### ○空虚時におけるstockヤード内の水理量の比較 (ヤード内流況)

- ・80m案では、流れが流入部から十分に拡散せず、左右岸に流速の小さい逆流域が形成される。
  - ・60m案では、流れが左右岸に集中し河道中央部に死水域が形成される。
  - ・40m案では、ヤード中央部にやや流れが小さい箇所があるものの、ヤード全体に流れが拡がり下流側まで流下している。
- ヤード全体を安定して流下させるためには、stockヤード幅を40m程度とすることが望ましい。

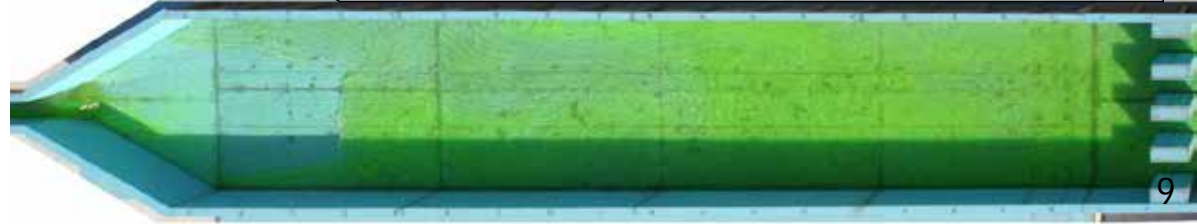
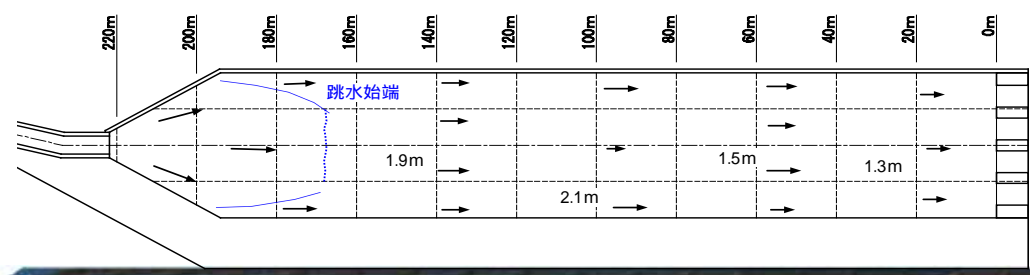
60m案 (Q=50m<sup>3</sup>/s)



80m案 (Q=50m<sup>3</sup>/s)



40m案 (Q=50m<sup>3</sup>/s)

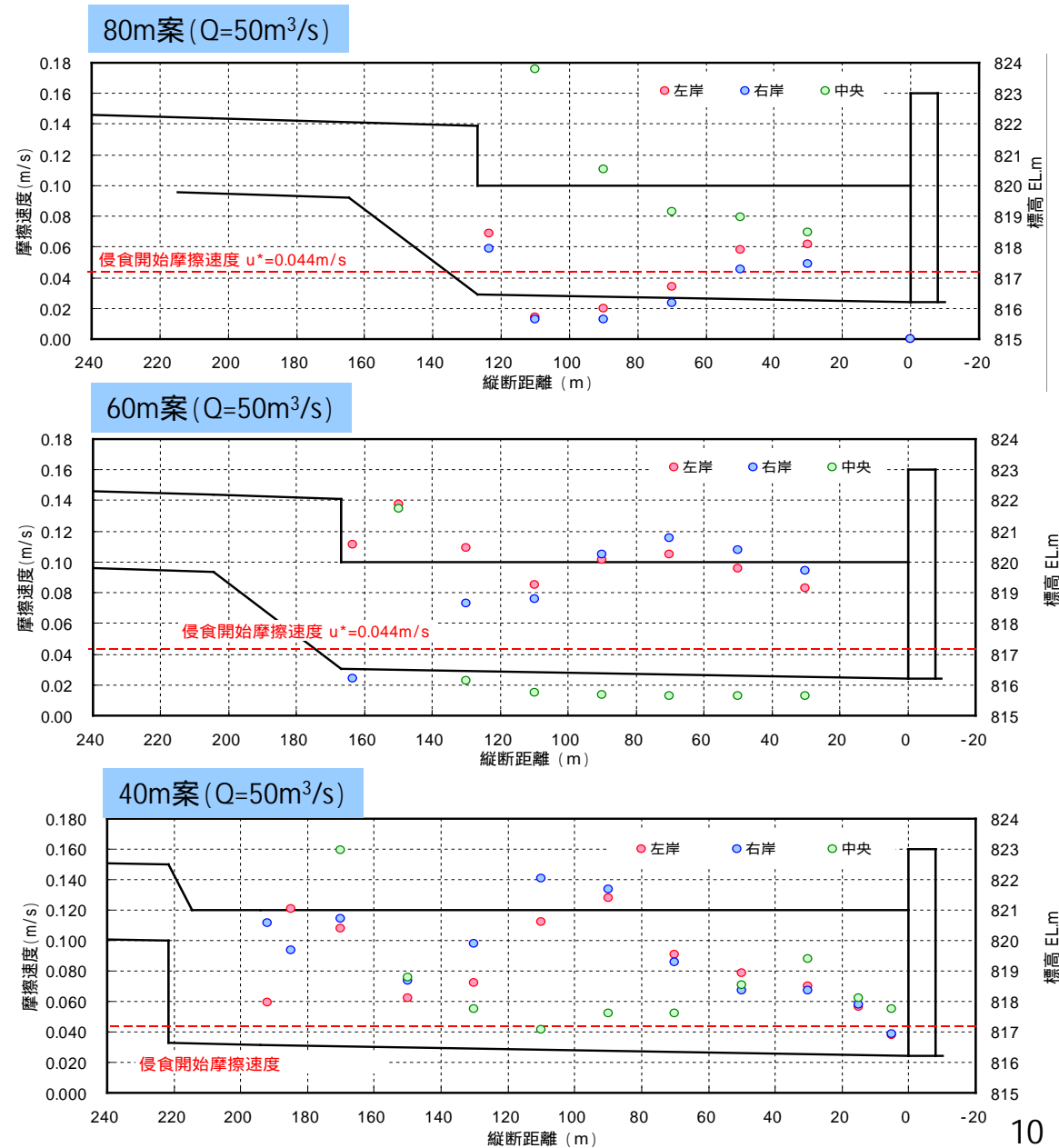


### 3.4 スtockヤード幅の比較検討 (抽出模型実験)

#### ○空虚時におけるstockヤード内の水理量の比較 (摩擦速度)

- ・80m案では流速の遅い逆流域を形成される縦断距離60～80m区間の左右岸部において、侵食開始摩擦速度 $u^*=0.044\text{m/s}$ を大幅に下回っている
- ・60m案では死水域を形成するヤード中央部で全体的に摩擦速度が $0.044\text{m/s}$ を下回っている。
- ・40m案では一部箇所(中央部、下流端部)を除き、概ね全区間で摩擦速度が $0.044\text{m/s}$ 以上となっている。

- × : 「80m案」、「60m案」では、摩擦速度が $0.044\text{m/s}$ を下回る領域が広く、ヤード内に多くの土砂が残存する恐れがある。
- : 「40m案」では、流水が全幅に拡散されるため概ね全区間で摩擦速度が $0.044\text{m/s}$ 以上となっているが、ヤード中央の流速が小さくなっている一部区間の摩擦速度は $0.044\text{m/s}$ 以下となっている箇所があり、摩擦速度を高めるための対応が必要である。



### 3.4 スtockヤード幅の比較検討 (抽出模型実験)

#### ○疑似河床 における土砂排砂状況の比較

- ・全てのStockヤード幅の実験において、落下流の法肩侵食で排出された土砂が、ヤード下流側で再堆積する。
- ・落下流による法肩侵食が上流端に達したのち、みお筋が形成される (再堆積した土砂を摩擦速度により部分的に排出することにより発生)。
- ・形成されるみお筋は蛇行しており、Stockヤード幅が広がるほどその振幅が大きくなる傾向である。
- Stockヤード幅が広い場合、みお筋が蛇行し河床勾配が緩くなることにより、流水のエネルギー損失が大きくなり、流水力による土砂排出能力が低下すると考えられる。



疑似河床とは、実物の移動限界摩擦速度が侵食開始摩擦速度0.044m/sとほぼ一致する粒径(2.5mm程度)を掃流砂の相似則に基づき模型換算した材料である(模型0.01mmの単一粒径土砂)。

60m案 (Q=50m<sup>3</sup>/s)

落下流の攪乱による法肩侵食の進行



40m案 (Q=50m<sup>3</sup>/s)

落下流の攪乱による法肩侵食の進行

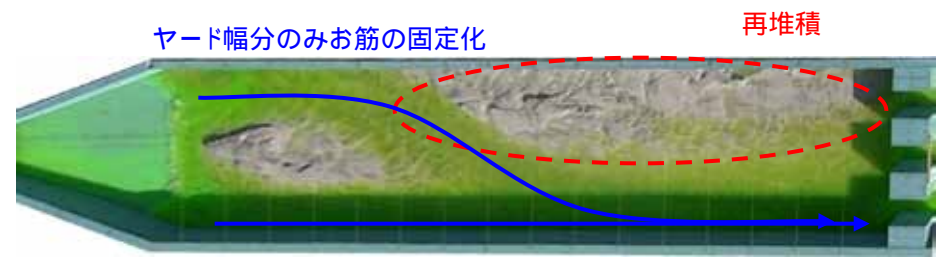
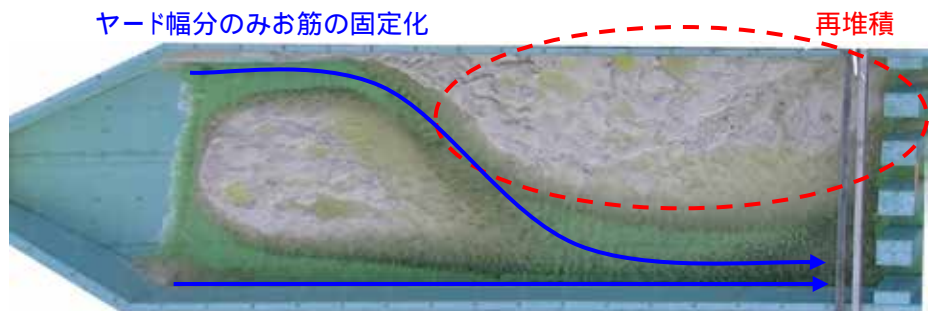
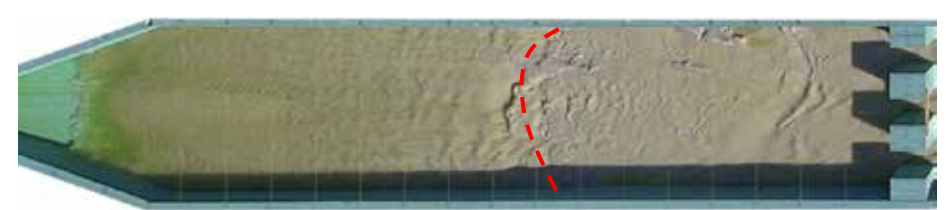


図 疑似河床における土砂の排出状況

## 3.4 スtockヤード幅の比較検討

### Stockヤード幅の比較検討結果のまとめ

#### 【分派堰周辺流況及び分派特性の比較(全体模型実験)】

- ・「80m案」はStockヤード右岸側の側壁部が死水域から張出している影響により、Stockヤード配置区間の流線が右岸側に偏る。
- ・「60m案」・「40m案」はともにStockヤード設置による影響は殆どなく「Stockヤード無し」と同様の流況となっており、暫拵部終端の流水の剥離もない。
- ・分派堰周辺の流況はヤード幅が広いほど河道部の水面変動が大きくなるが、流況の変化が分派特性に与える影響は小さく、全てのヤード幅において水のみの方派特性(バイパス流量と分派堰上流水位、貯砂ダム地点流量とバイパス流量の関係)は変化しない。

➤ 80m案でも水の方派特性には影響しないが、分派堰周辺(右岸側河道部)は幅が広いほど水面変動が大きくなり、土砂の方派機能に影響する可能性があるため、可能な限り狭い方がよい。

(※第3回委員会で提示した平面解析では、80mでは土砂分派機能に影響し、60mであれば土砂分派機能に影響しない)

#### 【空虚時のStockヤード内の水理量の比較(抽出模型実験)】

- ・「80m案」では流れの拡散が不十分となり、「60m案」ではヤード下流中央部に死水域が形成されるため、摩擦速度が侵食開始摩擦速度0.044m/s以下となる区間が形成される。
- ・「40m案」では、概ね全区間で摩擦速度が0.044m/s以上となっており、流水が拡散するためのヤード幅としては十分である可能性があるが、摩擦速度が0.044m/s以下となっている区間の対応(流入部形状の改良や隔壁の設置等)が必要となる。

➤ 空虚時の摩擦速度を0.044m/s以上に設定するためには、Stockヤード幅は40m程度が望ましい。

#### 【疑似河床による土砂排出状況の比較(抽出模型実験)】

- ・排砂初期は落下流による法肩侵食が進行するが、法肩侵食が上流端まで到達すると、みお筋が形成される。
- ・形成されるみお筋は、ヤード幅が広いほど蛇行が大きくなる傾向となっている。  
→みお筋の蛇行が大きくなると流水のエネルギー損失が大きくなり、流水力による土砂排出能力が低下する。

➤ みお筋の蛇行を抑えるためには、ヤード幅を極力小さくすることが望ましい。

## 3.5 みお筋対策の検討

みお筋の蛇行による排砂効率の低下に対し、ヤード中央に隔壁を設置した場合について、現地土砂を用いた検討を行った。対象とするストックヤード形状は40m、60m、80mのうち、水理的な観点で最も有利な40m案(堆積厚3.8m)とした。

### 【実験基本条件の再設定】

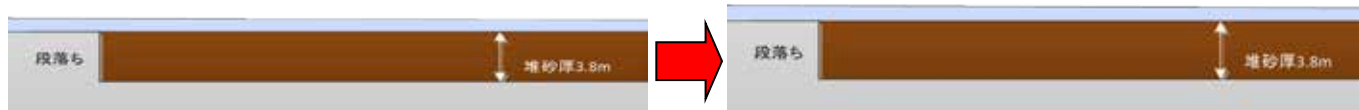
みお筋対策の検討を「40m案」で実施するにあたり、ストックヤード内の土砂量を30,000m<sup>3</sup>確保するため、実験対象の基本条件を再設定した。

(土砂の堆積厚)

3.0m→3.8m

(流入部の漸拡部形状)

約8%勾配のスロープ→段落ち形状



## 隔壁の諸元設定の考え方

### 【設置する隔壁諸元】

- ・水路中央に堆砂面より上方まで高くした隔壁を設置する(隔壁を乗り越える流れの発生防止のため)。
- ・隔壁上流端は両側の流水の往来を妨げないように、10m程度の隙間をあける(一方のゲートを閉めることで他方の水路のみで流下できるようにする)。

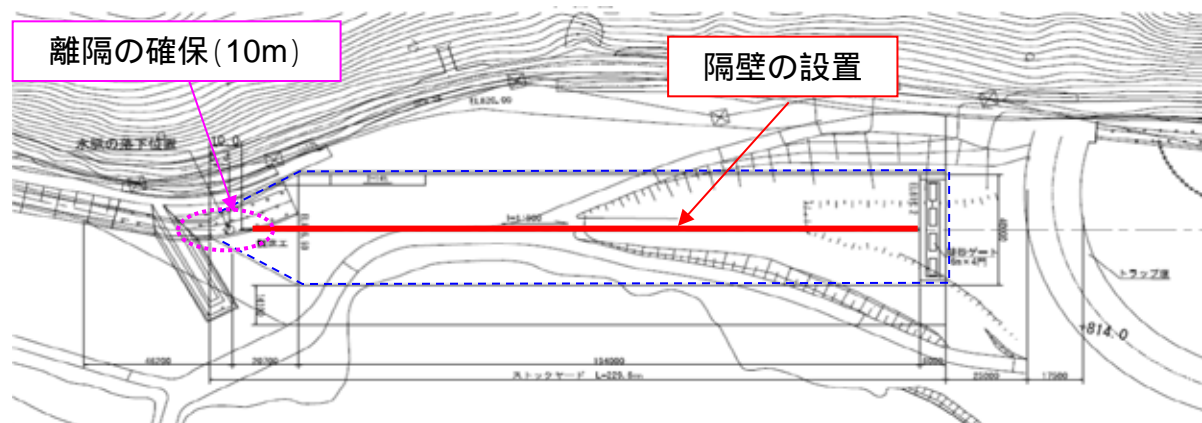
### 【隔壁の設置により期待する効果】

(排砂機能)

- ・みお筋の蛇行を軽減させることで、流下距離の増加に起因する摩擦速度の低下を軽減する。

(施設運用)

- ・ある年の集泥量が3万m<sup>3</sup>に満たない、例えば1万m<sup>3</sup>程度の場合、薄く広く堆積させるよりも、厚く狭く堆積させた方が排砂効率は向上するため、隔壁を用いて堆積箇所を選定することが可能となる。



## 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

### みお筋対策としての隔壁設置効果の確認実験

実験はストックヤード内における現象に着目し、「隔壁設置なし案」、「隔壁設置あり：両側通水案」「隔壁設置あり：片側通水案」の3形状案について、空虚時におけるストックヤード内の水理量を把握するとともに、現地土砂を用いて土砂排出機能の比較を行った。

表 空虚時におけるストックヤード内の水理量の比較

ケース	ストックヤード形状 <sup>1, 2</sup>	通水条件	流量	河床材	ケース数	確認事項	計測項目
II-1-1	隔壁なし(40m)	-	50m <sup>3</sup> /s	空虚	1	ヤード内の水理量	・流況 ・水面形 ・流速
II-1-2	隔壁あり(40m)	全幅			1		
II-1-3	隔壁あり(40m)	片側 <sup>3</sup>			1		

表 土砂排出機能の比較

ケース	ストックヤード形状 <sup>1, 2</sup>	通水条件	流量	河床材 ・堆積厚	ケース数	確認事項	計測項目
-3-1	隔壁なし(40m)	-	50m <sup>3</sup> /s	現地土砂 <sup>3</sup> 3.8m	1	定常流により、みお筋の形成状況や排砂量を確認する	・侵食肩の位置 ・流況 ・実験後河床
-3-2	隔壁あり(40m)	全幅			1		
-3-3	隔壁あり(40m)	片側			1		
参考	隔壁なし <sup>4</sup> (二次元7.5m相当幅の模型)	-			1		

1:ストックヤード幅の検討結果、河道に対する影響及び土砂排出機能が最も有利な「40m案」を基本形状とする。

2:第3回委員会での意見にあったみお筋対策として水路中央部に隔壁を設置した案(隔壁案)の比較検討を行う。

(隔壁案については、片側水路のみを通水した場合についての流況も検討する。)

3:現地での洗掘された土砂の挙動を確認するために「現地土砂」を対象とする。

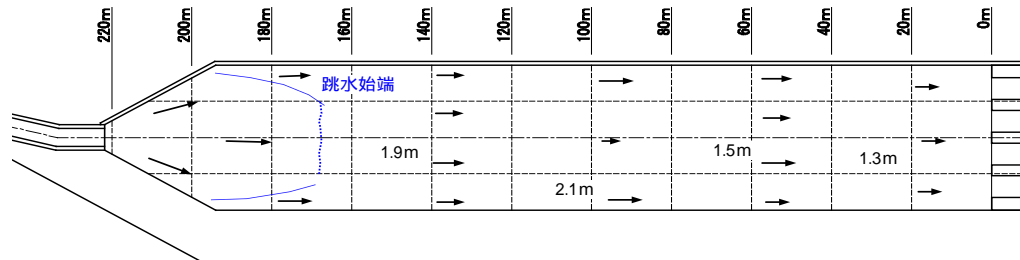
4:落下流による法肩侵食現象の模型縮尺の影響を把握するため、参考実験として縮尺1/15模型相当の実験を行う。

# 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

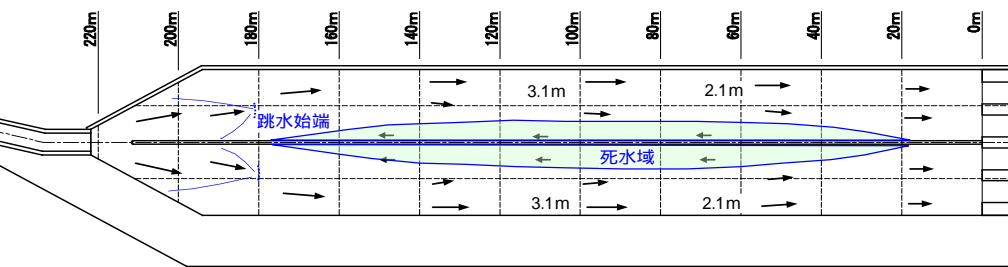
## 空虚時におけるストックヤード内の水理量の比較(流況)

- ・「隔壁なし案」は、縦断距離約170m近傍で跳水が発生し、跳水部下流では中央部で流速の小さい区間が生じるが全体的に流れが拡散する。
- ・「隔壁あり:両側通水案」は、縦断距離約180m近傍で跳水が発生し、跳水部下流の中央部に死水域が形成される。
- ・「隔壁あり:片側通水案」は、「両側通水案」と比較して単位幅流量が増加する効果により、下流に向かう流れが強くなり、水路中央部に形成されていたが殆どない状態となる。

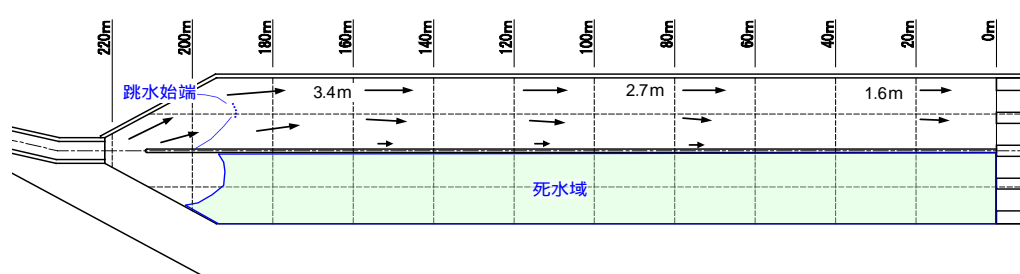
隔壁なし案



隔壁あり:両側通水案(40m案)



隔壁あり:片側通水案(40m案)



隔壁を設置することにより死水域が形成される理由

- ・隔壁部で流入流量を左右岸水路に分流するため、流線方向が流下方向から両岸側壁方向に角度が付くため、中央部の隔壁周辺では死水域が形成される。

両側通水案と片側通水案で流速値が同程度となる理由

- ・「両側通水案」では中央部に約水路幅の半分程度の死水域が形成されるため、流水断面積は「片側通水時」と大きく変わらず流速値の違いが小さいと考えられる。

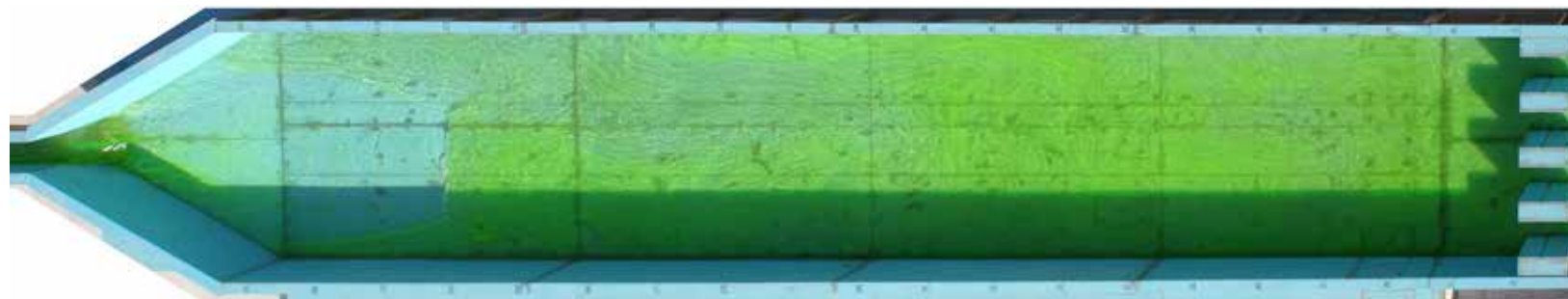
図 スtockヤード内流況図



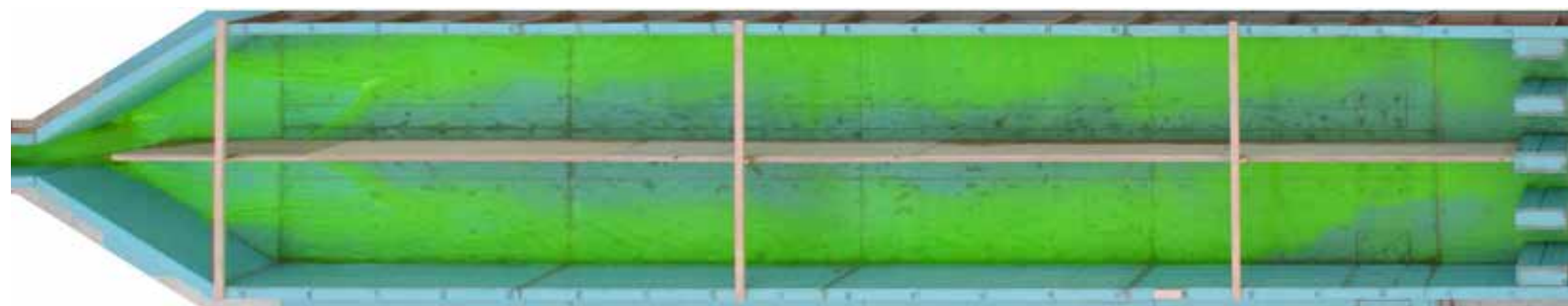
### 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

#### 空虚時におけるストックヤード内の水理量の比較(流況)

隔壁なし案



隔壁設置:両側通水案(40m)



隔壁設置:片側通水案(40m)

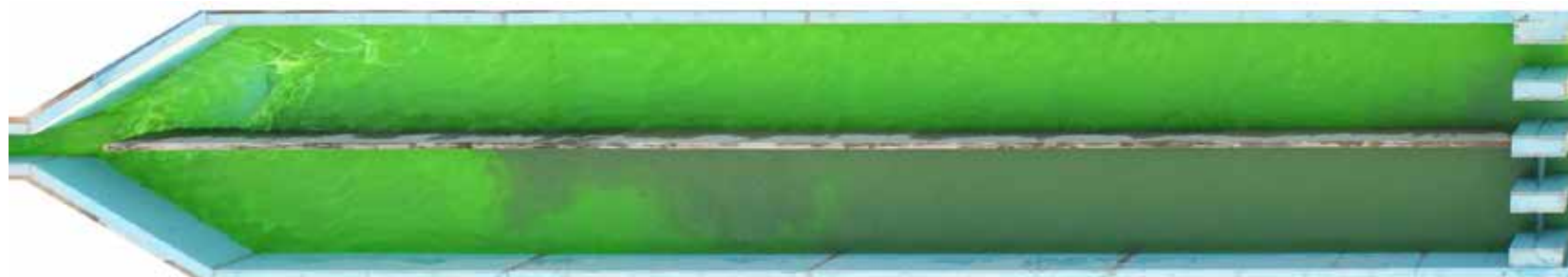


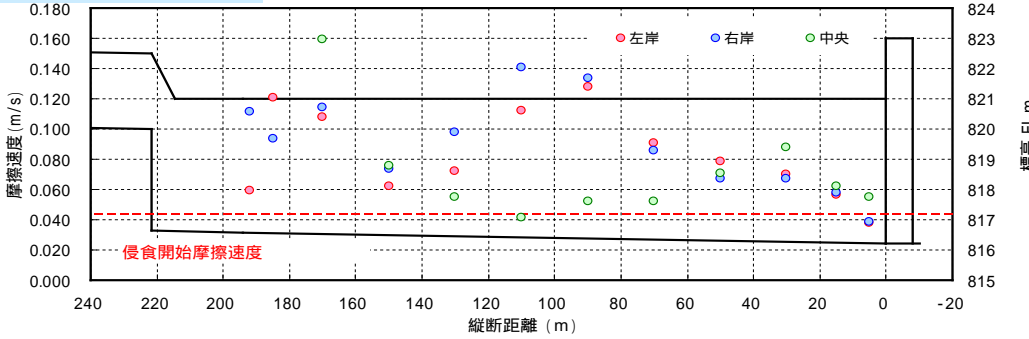
図 スtockヤード内流況動画

# 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

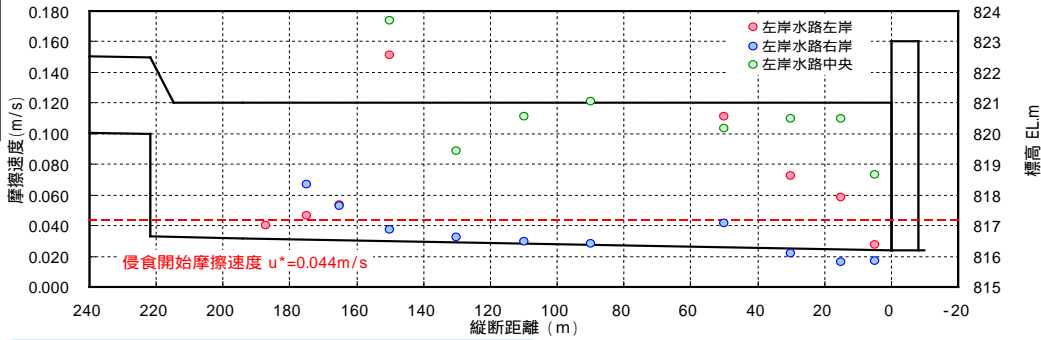
## 空虚時におけるストックヤード内水理量の比較 (摩擦速度)

- 「隔壁なし案」では、ヤード中央部及び下流端部に一部摩擦速度が小さくなる区間が生じるが、概ね全ての区間で侵食開始摩擦速度0.044m/s以上となる。
  - 「隔壁あり:両側通水案」では、下流端部と隔壁近傍部の死水域で摩擦速度が0.044m/sより小さくなる。
  - 「隔壁あり:片側通水案」では、隔壁近傍で摩擦速度が比較的小さい領域があるが、全ての区間で摩擦速度が0.044m/sとなる。
- 「隔壁あり:両側通水案」以外の2ケースは概ね全ての区間で摩擦速度が0.044m/s以上となる。
  - 「隔壁なし案」と「隔壁あり:両側通水案」では、摩擦速度が0.044m/s以下の区間があるが、「隔壁あり:片側通水案」では、ヤード全体で0.044m/sを超えている。

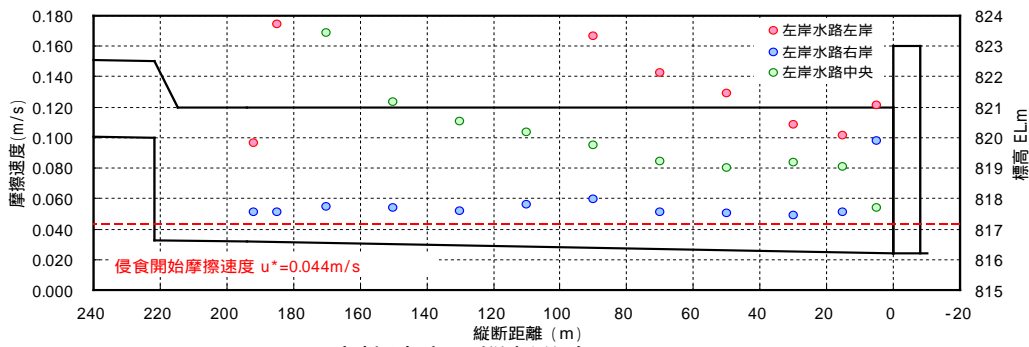
### 隔壁なし案



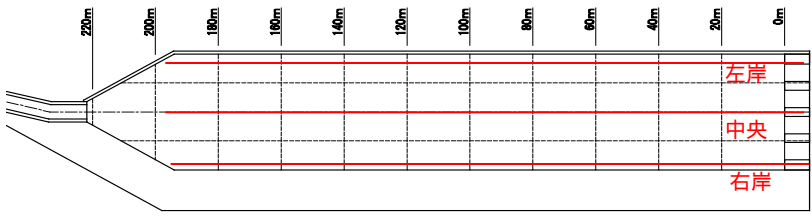
### 隔壁あり:両側通水案 (40m案)



### 隔壁あり:片側通水案 (40m案)



### 隔壁なし案



### 隔壁あり:両側・片側通水案

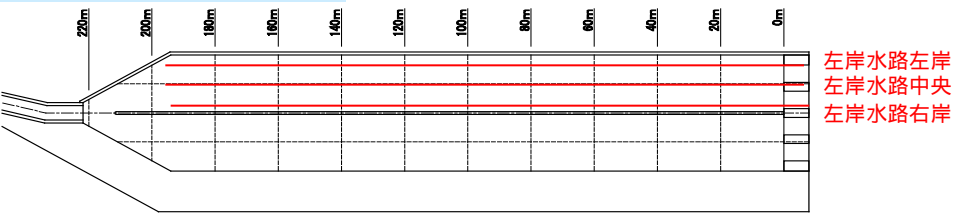


図 測線位置図

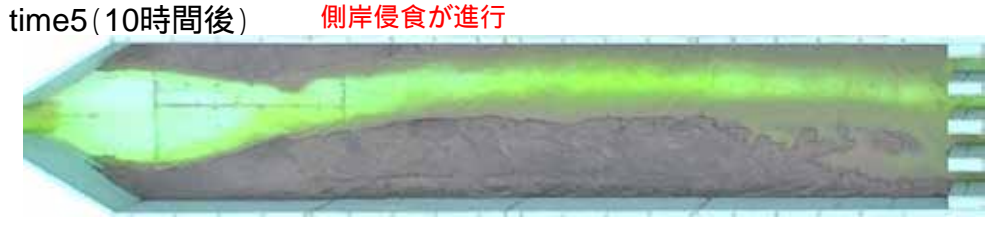
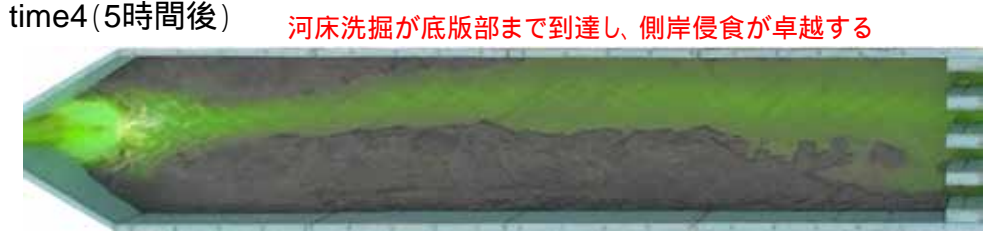
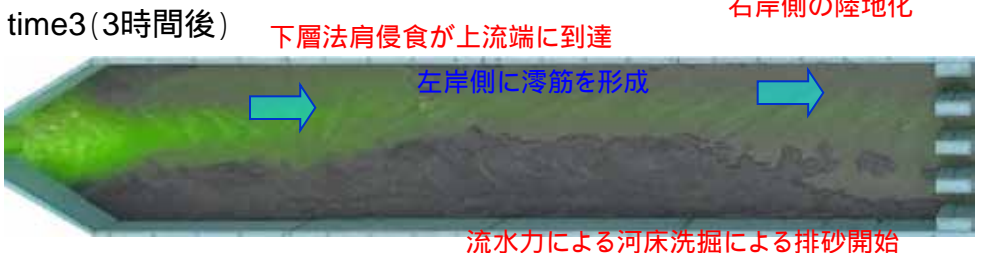
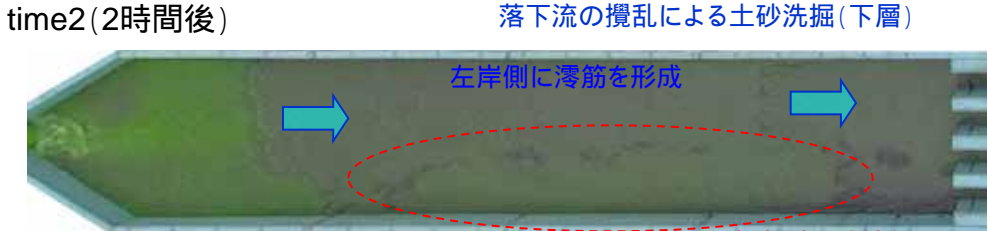
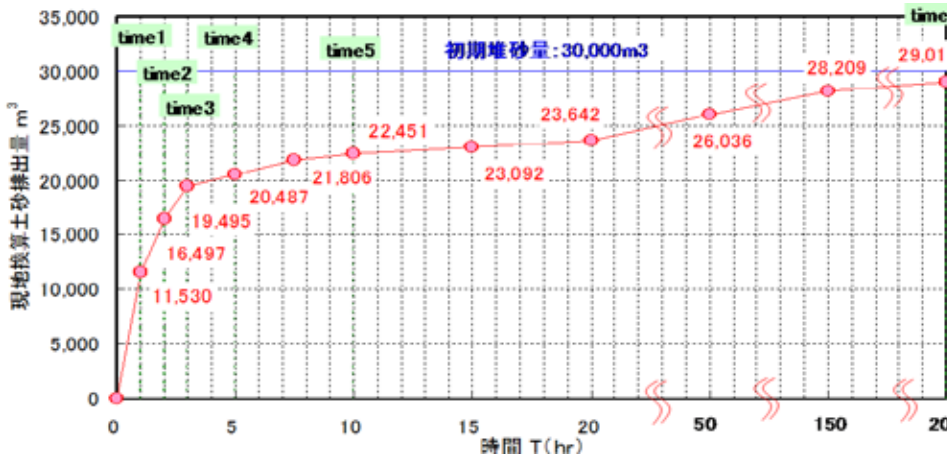
図 摩擦速度の縦断分布図

# 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

## 土砂排砂状況(隔壁なし案)

- ・縮尺1/25模型では、土砂を洗掘させる外力が小さいため、落下流による洗掘がヤード底面まで到達せず、下層面の土砂が一部残る。
- ・疑似河床実験で発生した洗掘土砂の再堆積は発生しない。
- ・下層の法肩が上流端に達した以降は、みお筋ではほぼヤード底面まで排砂され、流水力による侵食が確認される。
- ・200hr時点で流水力によりストックヤード内の土砂は概ね排出される。

➢初期の落下流による法肩侵食で残存した土砂が陸地化し、みお筋が形成され排砂速度が大幅に低下する。

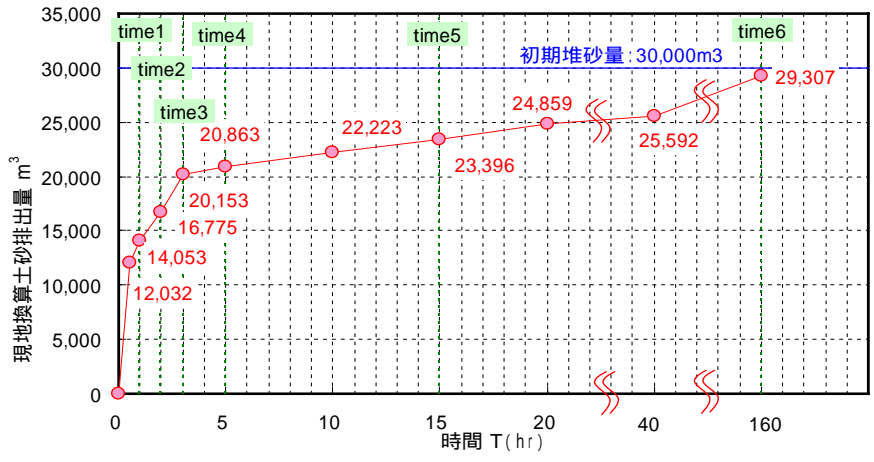


# 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

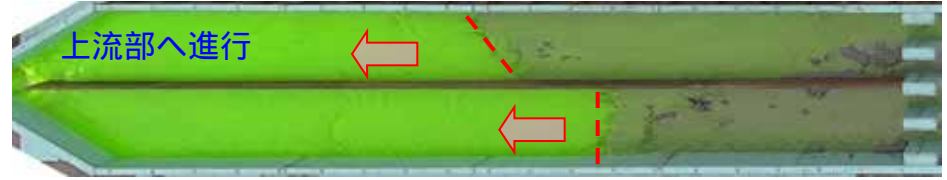
## 土砂排砂状況 (隔壁あり: 両側通水案)

- ・隔壁なしの40m案と同様に、落下流による法肩侵食がヤード底面まで到達せず、下層面の土砂が一部残存する。
- ・3.0hrに左岸水路の法肩侵食が上流端に到達し、左岸側に流れが集中(みお筋の形成)する。
- ・5.0hrに右岸水路も落下流による法肩侵食が上流端に到達し、右岸側の流れが回復し、右岸側にもみお筋が形成される。
- ・左右岸の水路で、流水力による河床洗掘・側岸侵食により土砂排出が進行し、160hrで概ね全量の土砂を排出する。

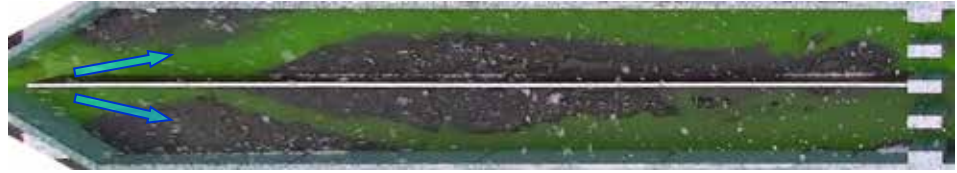
➢ 今回の実験では、左岸側の法肩侵食が上流端に到達後、右岸側にも流水が供給されたが、右岸側への流水が完全に遮断された場合、右岸側の土砂が排出できないことが懸念される。



time1 (1時間後) 落下流の攪乱による土砂洗掘(表層)



time4 (5時間後) 右岸側の法肩侵食が上流端に達し、右岸側に流れが回復



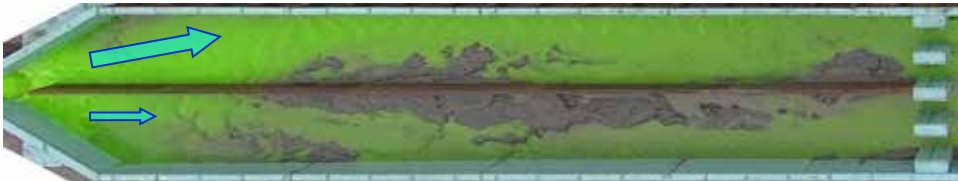
time2 (2時間後) 左岸側の法肩侵食が先行して上流へ進行



time5 (10時間後) 両岸で側岸侵食が進行



time3 (3時間後) 左岸側の法肩侵食が上流端に達し、左岸側に流れが偏る



time6 (160時間後)



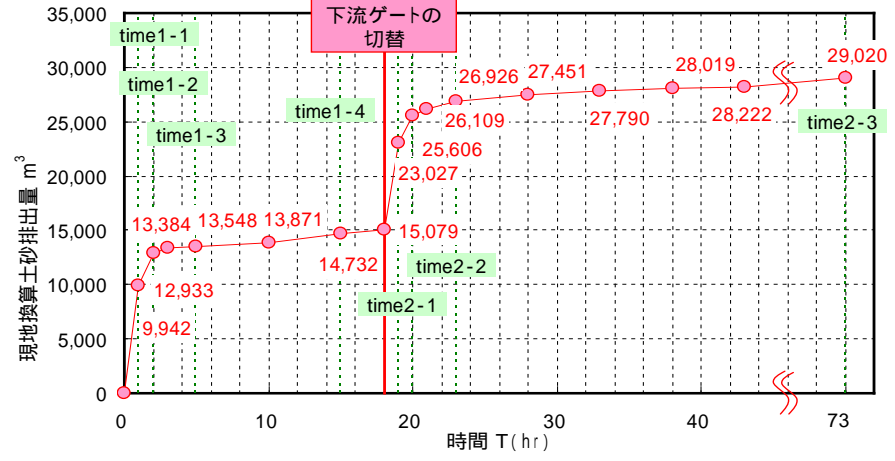
右岸側の流量が減少し、法肩侵食の進行速度が低下する

# 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

## 土砂排砂状況 (隔壁あり:片側通水案)

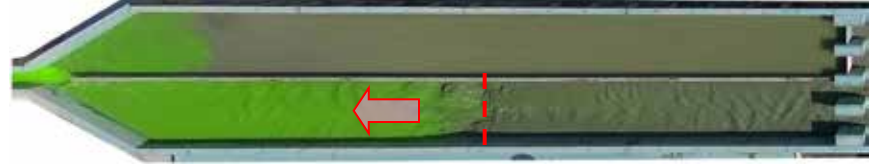
- ・隔壁による水路幅縮小の効果により、幅方向の土砂の不均質性の影響が小さくなり、落下流による洗掘での土砂の残存量が小さくなる。
- ・単位幅あたりの流量が大きくなることにより、落下流による法肩侵食が水路底部まで到達する。
- ・73hr後に概ね土砂の排出が終了する。

➤ 流水のエネルギーが片側水路に集中する効果により、土砂排出速度が両側通水時と比較して大きくなり、排砂効率が向上する。



time1-1 (1時間後)

落下流の攪乱による土砂洗掘



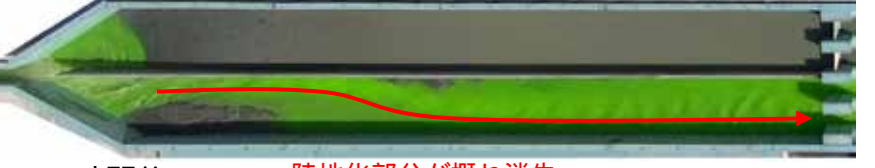
time1-2 (2時間後)

法肩侵食が上流端に到達し、みお筋を形成



time1-3 (5時間後)

流水力による河床洗掘・側岸侵食の進行



time1-4 (15時間後)

陸地化部分が概ね消失



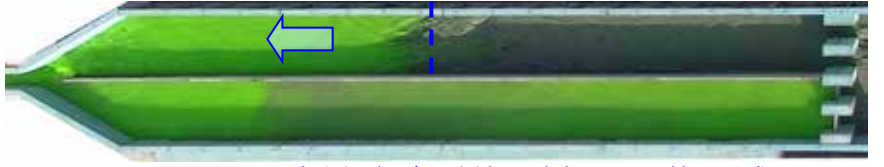
下流ゲートの切替 (18時間後)

左岸ゲート開放と同時に右岸ゲートの締切



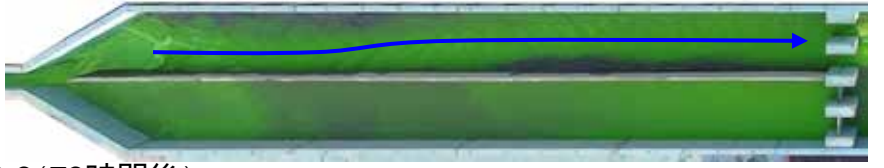
time2-1 (19時間後)

落下流の攪乱による土砂洗掘



time2-2 (23時間後)

法肩侵食が上流端に到達し、みお筋を形成



time2-3 (73時間後)

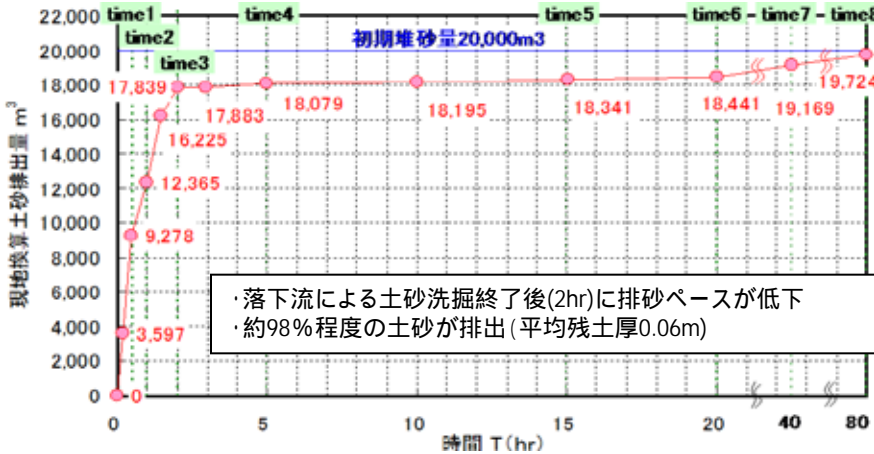


# 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

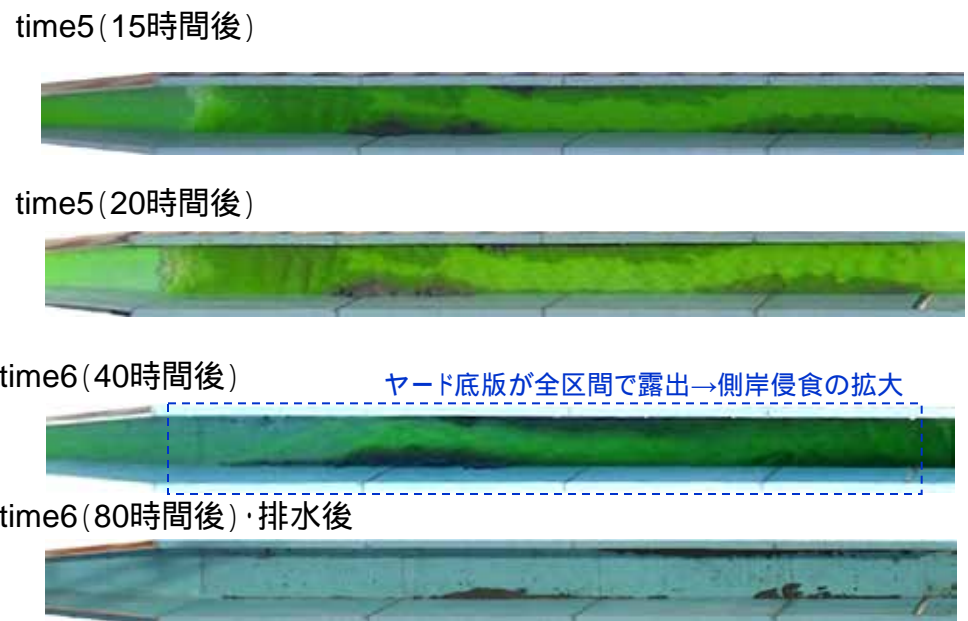
## 参考: 土砂排砂状況 (縮尺1/15: 二次元実験)

- 縮尺1/15模型では、縮尺1/25模型と比較して土砂洗掘外力が大きくなるため (縮尺1/25模型の約3.7倍のエネルギー)、落下流による洗掘が下層面まで到達し、縮尺1/25模型実験と比較して土砂の排出量が大きくなる。
- 縮尺1/25模型と同様に土砂の不均質性により、一部みお筋が形成される。
- 落下流による侵食が上流端に達したのちは、残置された土砂は時間をかけて流水力により侵食され、ストックヤード内の土砂は概ね排出される。

➤ 縮尺1/25、1/15模型ともに落下流による洗掘のみでは一部の土砂が残存するが、その後の流水力による河床侵食、側岸侵食によりストックヤード内の土砂が概ね排出される。



落下流による法肩侵食の縮尺効果を確認するための参考実験  
 ・堆砂厚は60m案の基本堆砂厚3.0mに設定している。



# 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

## 隔壁設置によるみお筋の形成状況と土砂特性の比較

- 【みお筋の形成状況】**
- ・「隔壁なし案」では、みお筋が左岸側に偏って形成され上流側左岸部、水路全体右岸側部が陸地化している。
  - ・「隔壁あり・両側通水案」では、隔壁で分岐した2本の水路に各々みお筋が形成されているが、左岸側に流れが偏り、ほぼ片側通水状態となる状況が発生する(右岸側への流れが回復しない可能性がある)。
  - ・「隔壁あり・片側通水案」では、みお筋の蛇行が小さくなっており、陸地化する範囲が小さくなる。
- 【土砂排砂特性】**
- ・隔壁なしと隔壁あり・両側通水では、落下流による洗掘はヤード底面に達しないが、落下流のエネルギーの大きい隔壁あり・片側通水では、洗掘がヤード底面に達することから、単位幅流量を大きくすることにより、法肩侵食による排砂効率は高まる。
  - ・法肩侵食の進行速度は、「隔壁あり・片側通水案」が他の2案の2倍以上となり、法肩侵食による排砂時間は片側通水時が短くなる。
- 隔壁を設置し、片側ずつ通水することで、みお筋の蛇行軽減及び排砂効率向上(単位幅流量の増加による法肩侵食の排砂量増加と、側岸侵食量の増加)が可能となる。**

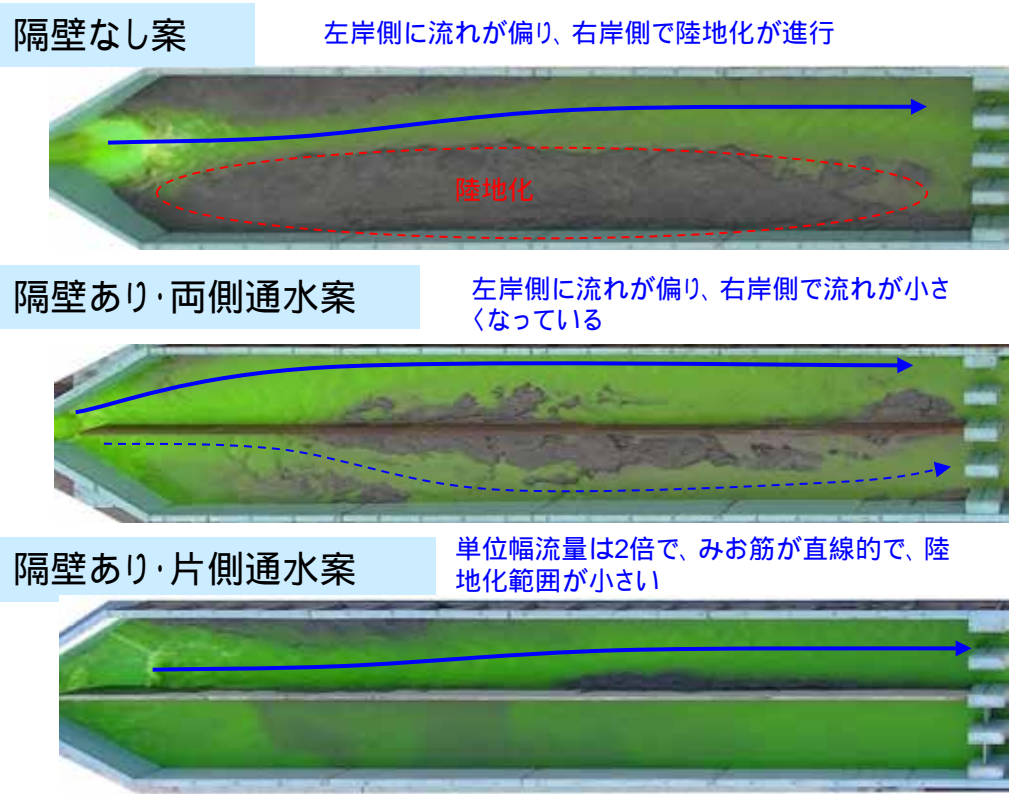
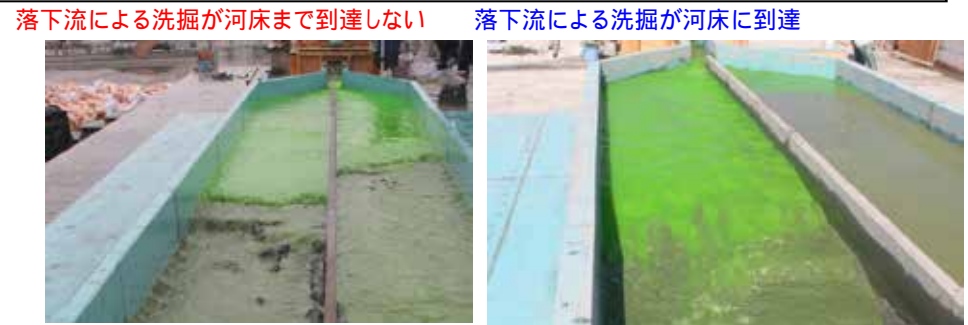


図 みお筋の形成状況



隔壁あり・両側通水案 隔壁あり・片側通水案  
図 法肩侵食肩付近の流況

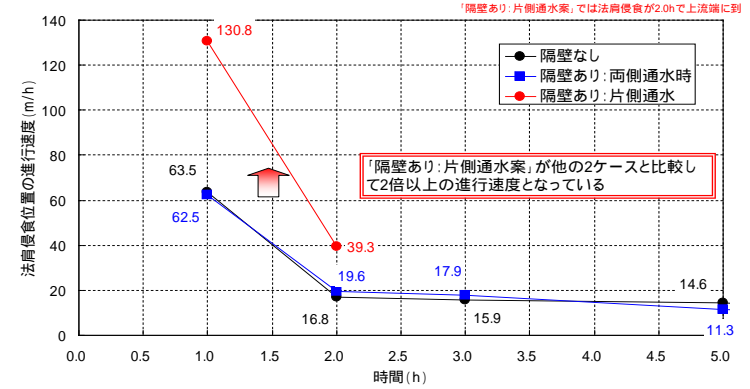

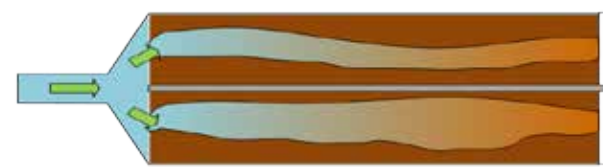
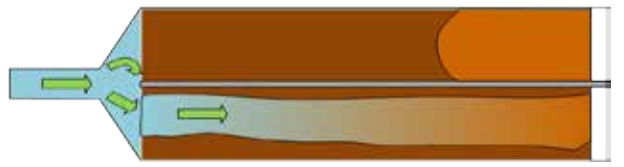
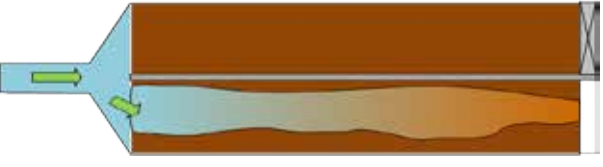



図 法肩侵食の進行速度の比較

### 3.5 みお筋対策のための隔壁設置効果の確認

みお筋対策のための隔壁設置効果の比較表

	期待する状況	想定されるリスク	評価
隔壁なし案		 <ul style="list-style-type: none"> <li>落下流による法肩侵食が上流端に達した後、みお筋が蛇行し流水の損失が大きくなり、ヤード内土砂排出まで時間を要する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>集泥量が少ない年は特に落下流による法肩侵食を期待できないため排砂に要する時間が大きくなる。</li> </ul>
隔壁あり 両側通水案	 <ul style="list-style-type: none"> <li>流れを分散させることでみお筋の蛇行を軽減し、かつ側方侵食を4方で行う。</li> <li>隔壁無しに比べ側岸侵食が早まり、排砂効率が向上。</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>落下流による法肩侵食が左右の水路で差が生じた場合、侵食が遅い水路(上図左岸側)には流水が流れず、隔壁が排砂を阻害することになる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>法肩侵食の進行速度が両水路で差異が生ずることは十分に考えられる。</li> <li>排砂中のヤード内の土砂量を把握することは困難で排砂操作中に下流ゲートを切り替える等の操作はできない。</li> <li>→全幅流下とすると隔壁の有意性はない</li> </ul>
隔壁あり 片側通水案	 <ul style="list-style-type: none"> <li>下流側のゲートの開閉により、片側ずつ排砂することで、単位幅流量を2倍とし、流水による土砂洗掘のエネルギーが増大。</li> <li>取水量を全量流下させると、落下エネルギー及び側岸侵食エネルギーが増加するため、隔壁無しに比べて排砂効率が向上。</li> </ul>	 <p>陸地化の懸念 右側水路終了後に通水</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>後から操作する水路は堆積土砂が陸地化し、固結する可能性がある。</li> <li>単位幅流量を全幅流下と同一とすると、法肩侵食及び河床侵食が水路2本分になるため、理論上排砂時間は2倍になる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>集泥量が少ない年は片側にストックする等により効率的に排砂することが可能</li> <li>全幅流量と同一流量を流下させることにより、法肩侵食及び側岸侵食速度も高まり、排砂効率は高まる。</li> <li>→排砂効率の観点からは隔壁無に対するメリットは大きい</li> </ul>