

# 第3回 碓氷川河床低下対策検討部会

## 河床低下対策（案）

群馬県 県土整備部 河川課

平成30年3月28日

## 碓氷川河床低下対策計画（案）

### 1. 河川の概況

碓氷川の概要

### 2. 河床低下の現況と課題

河床低下の現状、要因分析

碓氷川の経年変化や現況調査結果等を踏まえて、河床低下の要因と課題を整理。

### 3. 目標

治水・利水・環境に対する目標設定

### 4. 河床低下対策

現地調査結果、河床変動予測を踏まえた対策優先度の設定

試験施工の成果やモニタリング結果を踏まえて、碓氷川に適した河床変動モデルを構築する。  
将来的に河床低下が進行する箇所を抽出し、対策効果を予測した上で、対策優先度を設定する。

### 5. モニタリング

対策効果の把握や経過観察のためのモニタリング計画

対策箇所や試験施工の効果、碓氷川の経年変化を把握するためのモニタリング計画を定める。

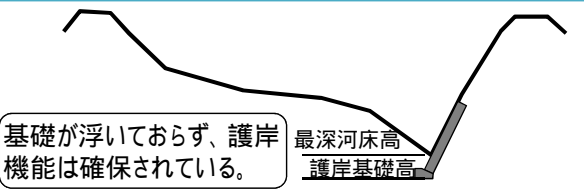

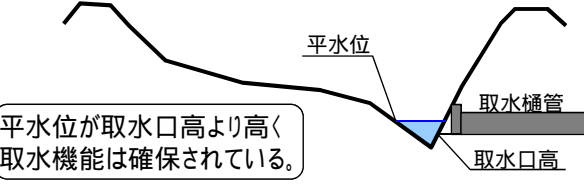
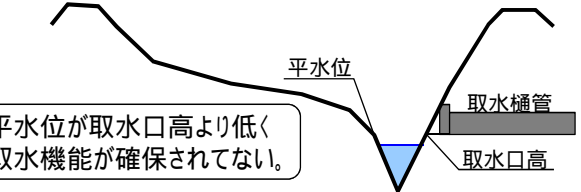

### 6. 計画の推進

モニタリング結果、対策工等の状況を踏まえ、PDCAサイクルによる確認

モニタリング結果を踏まえ、定期的に河床低下対策、モニタリング内容等の見直しを行う。

# 露岩箇所危険度評価 [ 管理指標と判定方法 ]

- 対策目標毎に危険度を評価する。
- 【治水】・【利水】に関する危険度に該当する箇所の中から要対策箇所を抽出する。
- 【環境】は、上述の対策を実施した際の影響について評価する。

対策目標と視点		管理指標	判定方法	
治水	<対策目標> 洗掘・侵食に対する河川構造物の安全性の確保	河床高	護岸機能が確保されている。 □ 最深河床高 > 護岸基礎高	護岸機能が確保されていない。 □ 最深河床高 < 護岸基礎高
	<視点> 河川構造物の被災・変状等により資産被害が発生する可能性		 <p>基礎が浮いておらず、護岸機能は確保されている。</p>	 <p>基礎が浮いており、護岸機能が確保されてない。</p>
利水	<対策目標> 河床低下に対する取水機能の維持	平水位	取水機能が確保されている。 □ 平水位 > 取水口高	取水機能が確保されていない。 □ 平水位 < 取水口高
	<視点> 取水口前面河床の低下により、取水機能が喪失する可能性		 <p>平水位が取水口高より高く取水機能は確保されている。</p>	 <p>平水位が取水口高より低く取水機能が確保されてない。</p>
環境	<対策目標> 砂礫域の増加	河床砂礫の有無	岩上に砂礫が確保されている。 □ 砂礫床形成箇所	岩上に砂礫層が確保されていない。 □ 露岩箇所
	<視点> 露岩箇所増大により魚類の生息・生育環境が悪化する可能性		 <p>砂礫床が形成され河床環境が複雑となり生息・生育環境が確保されている。</p>	 <p>露岩により河床環境が単調となり生息・生育環境が確保されていない。</p>

# 河床低下対策の必要性判断基準

- 今後30年内での河床変動予測を踏まえて危険度を4段階で評価する。
- 治水の危険度については、背後地資産が無い場合に危険度をワンランクダウンする。

対策視点		管理指標	判断基準	
治水	河川構造物 安全性確保	河床高 資産状況	D 措置段階 □現状 最深河床高 < 護岸基礎高	B 要監視 □今後20年内 最深河床高 < 護岸基礎高
			C 予防保全段階 □今後10年内 最深河床高 < 護岸基礎高	A 対策不要 □今後20年以降 最深河床高 < 護岸基礎高
		背後地資産が無い場合危険度を ワンランクダウン		
利水	取水機能の 維持	平水位	D 措置段階 □現状 平水位 < 取水口高	B 要監視 □今後20年内 平水位 < 取水口高
			C 予防保全段階 □今後10年内 平水位 < 取水口高	A 対策不要 □今後20年以降 平水位 < 取水口高
環境	河床健全性	砂礫	環境評価は、砂礫層の被覆率（砂礫延長/河川延長）により評価 現状、10年目、20年目、30年目のそれぞれの時点における砂礫層の被覆率 により判断	

護岸基礎高：現在（H29年2月）の平均河床高より-1mの高さと想定  
 取水口高：現在（H29年2月）の平水位より-0.1m（取水深）の高さと想定  
 今後モニタリングにより明らかにしていく必要あり

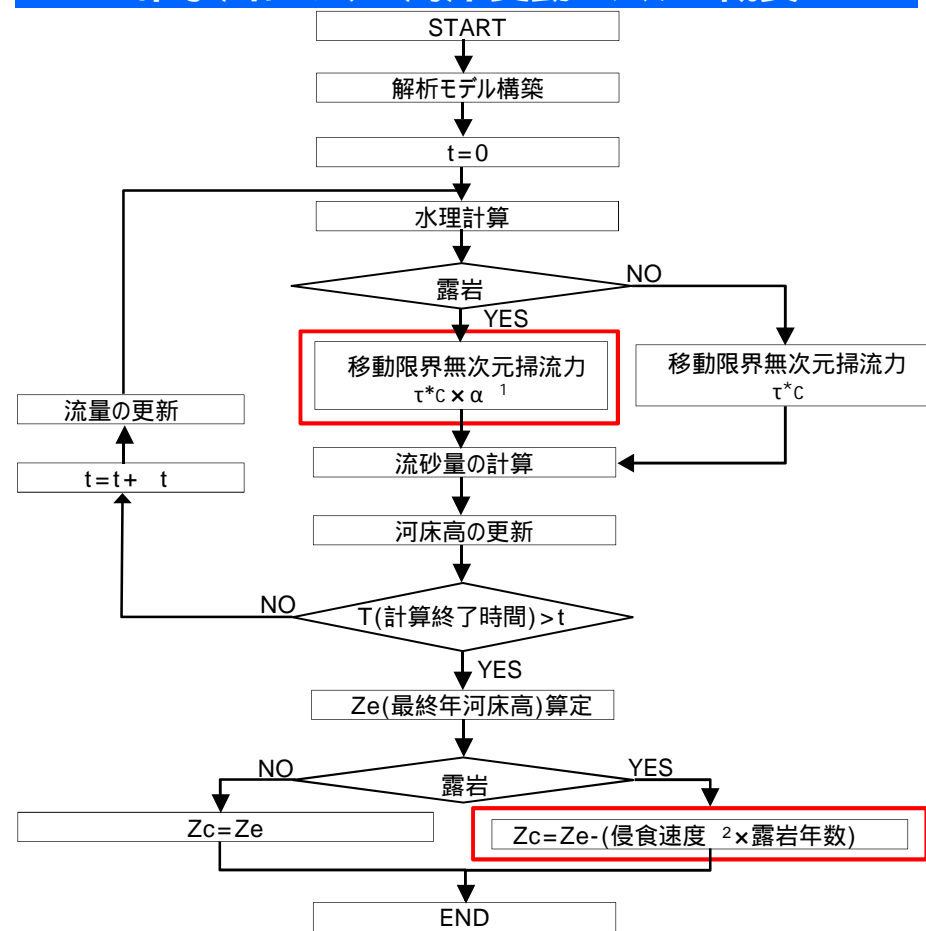
# 河床変動予測 [ 予測計算モデルの概要 ]

- H28年度に測量したグリーンレーザによる地形データや現況調査結果等を基に、露岩箇所  
の侵食度合いを考慮した碓氷川に適した河床変動モデルを構築した。

## 計算条件

大項目	中項目	設定条件
計算手法	流れ	一次元不定流計算
	流砂量	コボックス・パーカーモデル
計算対象区間		烏川合流点～霧積川合流点(L 28km)
計算対象期間		今後30年間
地形条件		初期河道・・・H29年2月 グリーンレーザ計測結果
流量条件上流端		H07年～H27年の安中観測所実績流量を流域面積按分で付与 H27年以降は上記流量を繰り返すことで30年間分の流量を作成
水位条件下流端		解析モデル下流端で等流水位を付与
河床材料		70mm ( 平均的な代表粒径 )・・・H29年8月 調査結果
流入土砂量		解析モデル上流端で平衡給砂量を付与
粗度係数		河川砂防技術基準 ( 案 ) 調査編を参考に0.035を設定
河床条件		床止め設置箇所：固定床として設定 露岩箇所：H29年2月の航空写真より露岩範囲を固定床として設定 現地調査を踏まえて侵食速度を想定 礫床部：移動床とし、砂礫層厚を想定し掘止まり高を設定

## 碓氷川における河床変動モデルの概要



- 1 α : 補正係数(0.1)  
露岩による抵抗の減少を表現したもの  
数値は仮定であり、今後のモニタリングにより明らかにする必要あり
- 2 侵食速度 : 現地侵食試験より0.015m/年と設定  
今後のモニタリングにより、流体力や耐力に応じた値とする必要あり

# 河床変動予測 [ 解析モデルへの露岩特性の反映 ]

- 碓氷川は全川的に露岩している箇所があり、通常の河床変動計算では土砂移動特性の評価が困難である。
- そこで、**露岩部については、下記を考慮することによりその特性を予測計算に反映することとする。**

固定床の設定：航空写真にて確認される露岩箇所、及び床止め設置箇所を固定床として設定

露岩河床の低下量：ピンによる侵食試験結果を踏まえて侵食速度を設定

掘止り高：露岩箇所における最深河床高を元に礫床部の掘止り高を想定

土砂移動条件：露岩部では急激に土砂が移動し易くなる特性を踏まえ、土砂移動条件を設定

種別	解析条件
露岩部	通常の河床変動計算に露岩部の河床変動特性を踏まえて補正： に相当
礫床部	通常の河床変動計算

## 固定床の設定

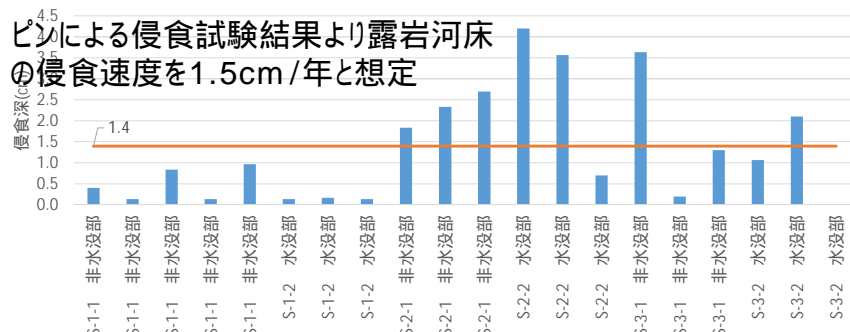
航空写真により露岩箇所を把握し、現在の河床標高を固定床として設定



現地露岩状況

## 露岩河床の低下量

碓氷川侵食試験結果[H29年度]



## 土砂移動条件

露岩部では、移動限界無次元掃流力(  $\tau_c$  )を0.005と礫床部の1/10として設定

礫床部では、 $\tau_c = 0.05$ を超えた場合に土砂移動が発生

参考文献：井上卓也ら：軟岩上の限界掃流力と軟岩の洗掘速度に関する実験，河川技術論文集

## 掘止り高

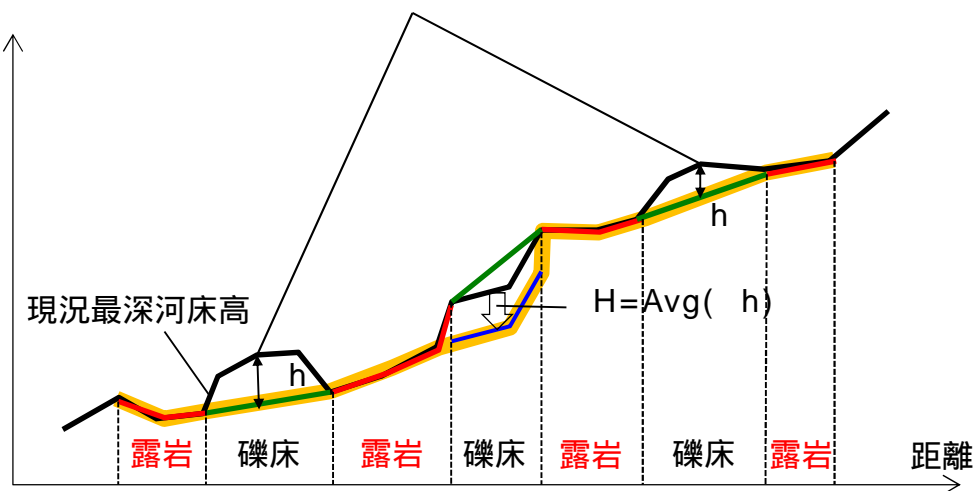
下記により設定される河床高を包絡した標高を掘止り高として設定 ⇨

：露岩河床の最深河床高を設定 ⇨

： を直線で補間 ⇨

： の内、岩想定河床高(一次設定値) < 現況最深河床高についての掘止り高は、 を採用

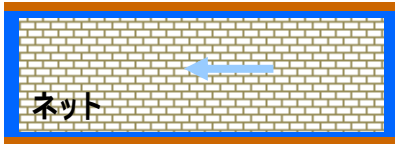
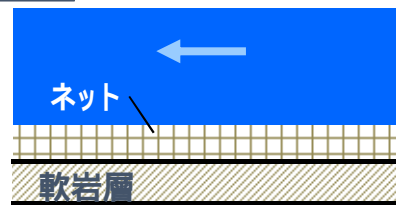
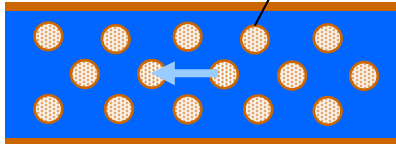
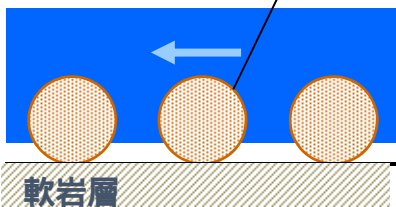
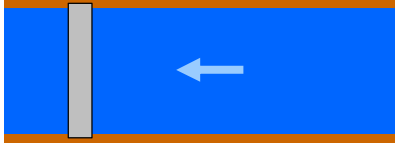
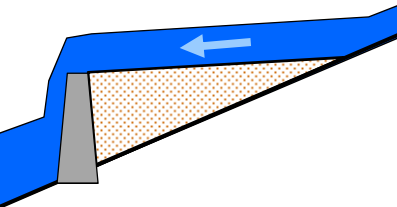
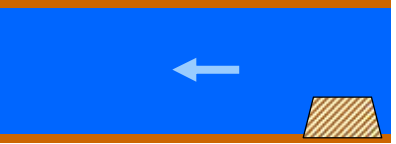
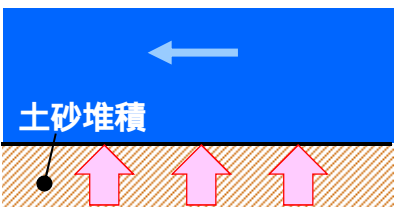
標高



： の内、岩想定河床高(一次設定値) > 現況最深河床高についての掘止り高は、平均堆積厚  $H$ 分 (1.23m) を最深河床高から引き下げた を採用

# 対策工法の設定 [工法概要]

- 河床低下箇所に対して、主に河床の土砂流出や侵食を軽減する観点から対策工法を選定する。
- 想定する対策工は下記に示す4種類であり、対策を講じた場合の危険度を予測計算にて比較する。

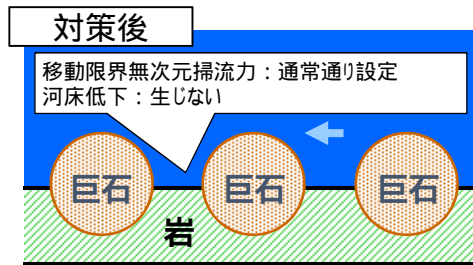
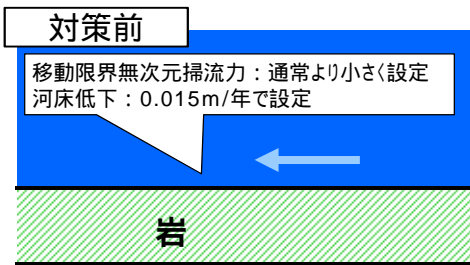
種別	ネット	巨石	床止め工	置土 [補助工法]
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 露岩部の河床を防護ネットで覆うことで、直接的な砂礫の衝突を防止</li> <li>● ネットに土砂を充填</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 河床に巨石を配置することで、掃流力低減による土砂堆積を期待</li> <li>● 巨石配置箇所周辺における生態系の多様性回復を期待</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 床止め工を配置し、床止め工上流側における掃流力低減による土砂堆積を期待</li> <li>● 床止め工設置箇所上流側で生態系の多様性回復を期待</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 多目的ダムや砂防ダムの堆積土砂を置土や堰堤のスリット化により河川に還元し、河床への土砂堆積を期待</li> <li>● 置土下流側での生態系の多様性回復を期待</li> </ul>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ネット設置のため、施工が比較的容易</li> <li>● ネットの流出防止が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現地材が使用できれば比較的簡易に対応可能</li> <li>● 流下土砂が少ない場合効果が小さい可能性あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 床止め工上流では確実な土砂堆積が期待出来る</li> <li>● 床止め工下流の効果は期待できない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ダム堆砂対策についても効果発現を期待出来る</li> <li>● 土砂流下に伴う露岩部の侵食増大が懸念される</li> </ul>
対策イメージ	<p>平面</p>  <p>縦断</p> 	<p>平面</p>  <p>縦断</p> 	<p>平面</p>  <p>縦断</p> 	<p>平面</p>  <p>縦断</p> 
適用箇所	・比較的平坦な露岩箇所	・比較的広範囲の露岩箇所	・河床高管理が必要な箇所	・土砂の仮置可能箇所
評価視点	土砂堆積(露岩抑制)状況			

# 対策効果の確認 [河床変動解析の計算条件]

- 一次元河床変動計算により、露岩箇所各対策工を実施した場合の効果を確認した。計算は、対策なし、巨石、床止め工、ネットの4ケースである。
- 計算結果については現況、10年目、20年目、30年目の計算結果を用いて整理する。

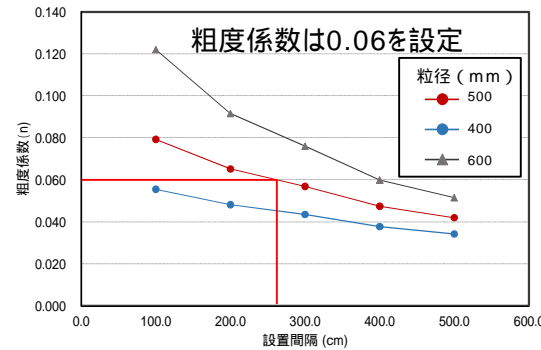
## 対策による露岩部河床変動特性の取り扱い

- 対策による露岩部の河床変動特性は、移動限界無次元掃流力( \*c)、及び 河床低下速度の両面から考慮
- 対策実施後の \*cは砂礫河床と同等とし、対策箇所の河床低下は生じないものとして取り扱う



## 巨石粗度の推算値

- 巨石設置時の粗度係数はイボ粗度を用いる。

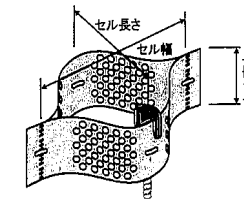


出典：足立昭平：人工粗度の実験的研究，土木学会論文集，1964。

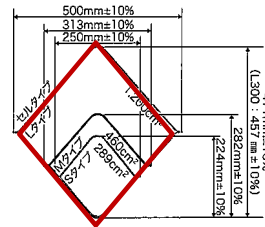
## ネット粗度の推算値

- ネット設置時の粗度係数は、現況の粗度係数を用いる。

### ジオグリッド形状



粗度係数は0.035を設定



項目	対策無し	巨石	床止め工	ネット
粗度係数	0.035	0.060	0.035	0.035
対策範囲		露岩範囲の全域	露岩範囲の下流端	露岩範囲の全域
対策工高		現河床	現河床+1.5m	現河床+0.3m
露岩部の *cの倍率	0.1倍	1.0倍	1.0倍	1.0倍

露岩箇所は固定床とするが、侵食による河床低下を考慮  
 今後、モニタリングや試験施工を踏まえて、条件設定を見直す必要あり

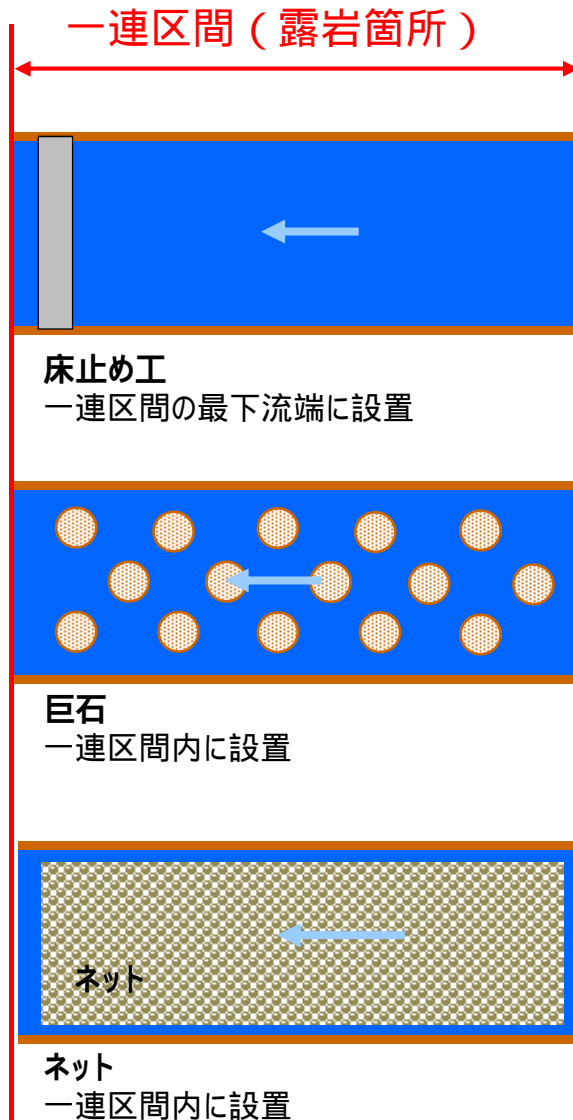
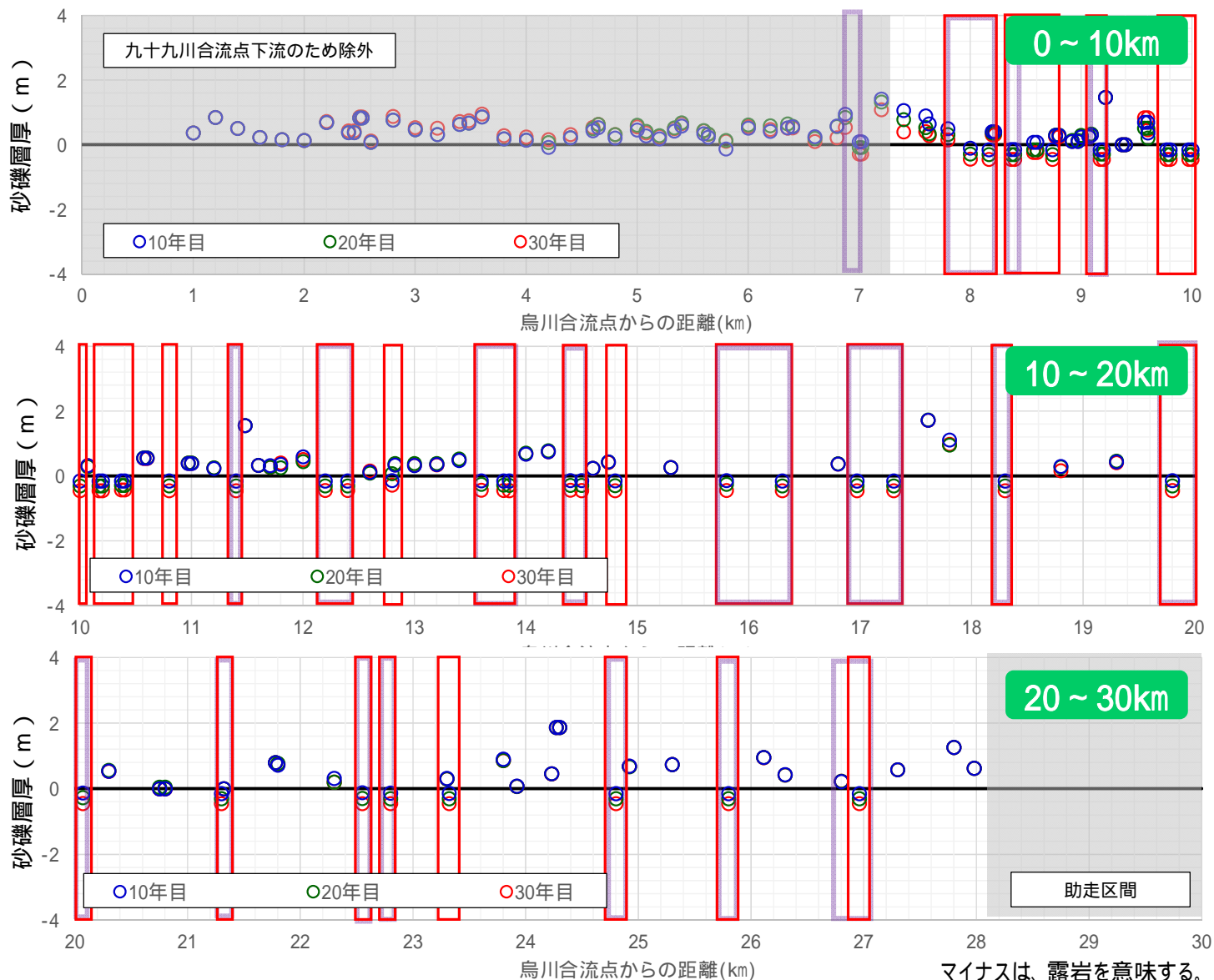


# 対策工法の設定 [対策位置]

- 対策箇所は、無対策時の河床変動予測結果より、**30年後に露岩する箇所**を抽出
- 床止め工は一連区間の下流端に設置、他の対策は一連区間内の全てに設置

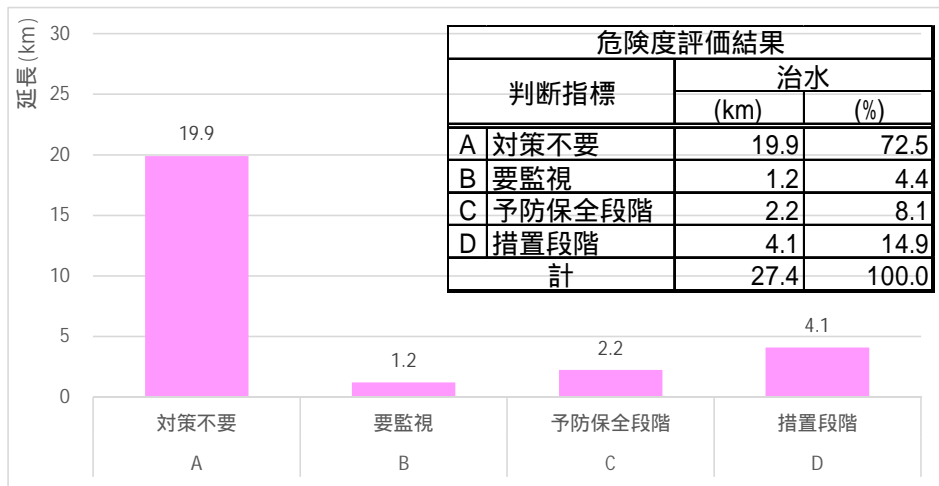
初期露岩箇所 (H29年2月航空写真より判読)

30年後露岩箇所



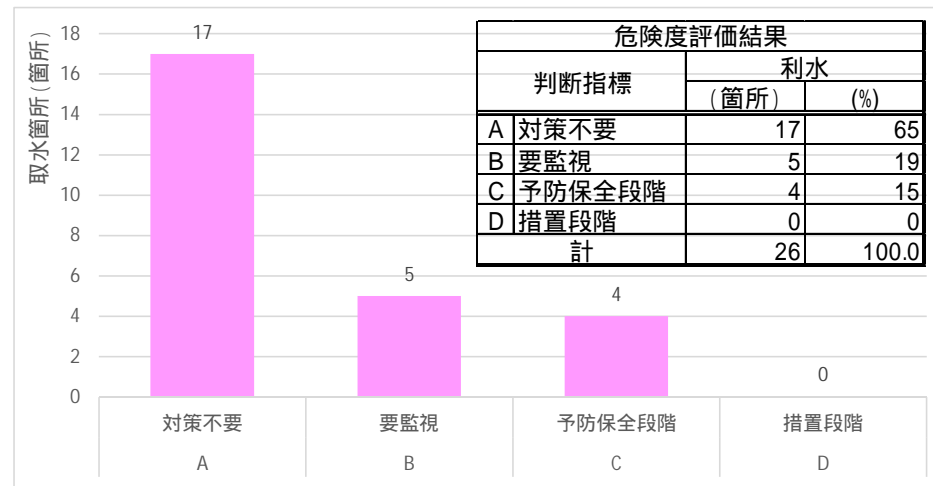
# 露岩箇所危険度評価 [評価結果：無対策時] スライド10

## 治水



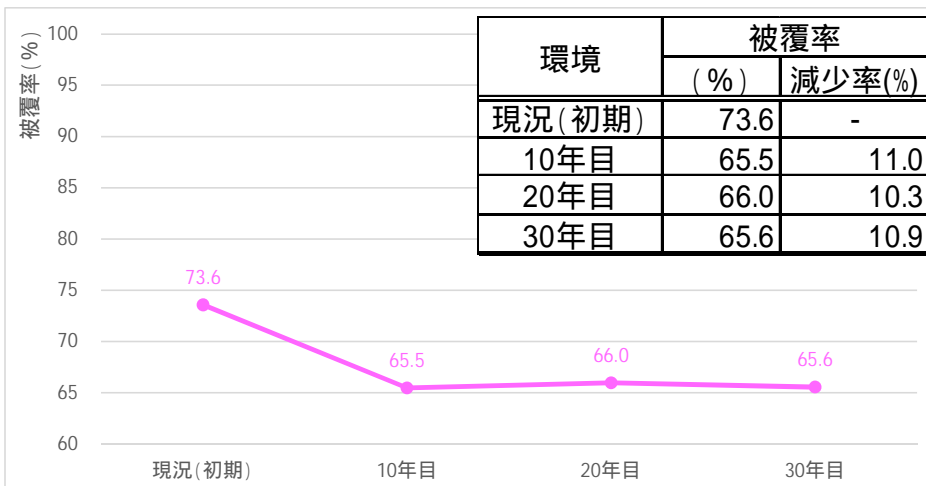
護岸基礎高：現在（H29年2月）の平均河床高より-1mの高さと想定

## 利水



取水口高：現在（H29年2月）の平水位より-0.1m（取水深）の高さと想定

## 環境



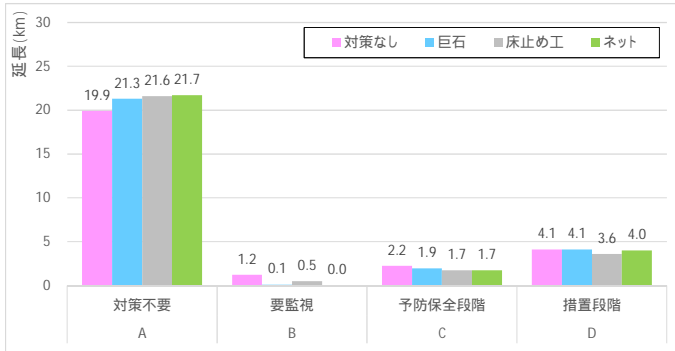
**治水**：現状で措置が必要（D）と判断される延長は約4.1km、予防保全が必要（C）と判断される延長は約2.2kmであり、両者併せて碓氷川全体の23%程度

**利水**：現状で措置が必要（D）と判断される箇所は0箇所、予防保全が必要（C）とされる箇所は4箇所である。

**環境**：現状の砂礫層の被覆率は74%程度であるが、30年後には66%程度に減少する。

## 治水

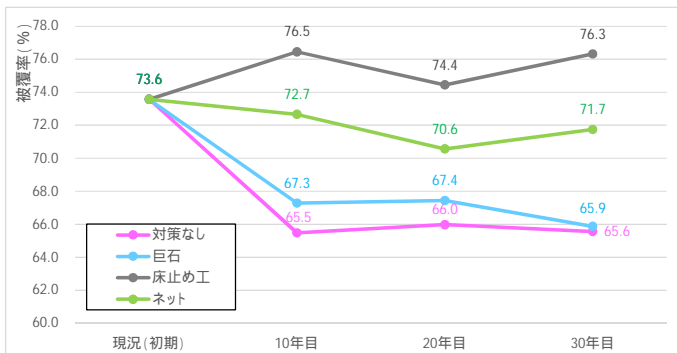
判断指標	判定結果 (km)			
	対策なし	巨石	床止め工	ネット
A 対策不要	19.9	21.3	21.6	21.7
B 要監視	1.2	0.1	0.5	0.0
C 予防保全段階	2.2	1.9	1.7	1.7
D 措置段階	4.1	4.1	3.6	4.0
計	27.4	27.4	27.4	27.4
C+D	6.3	6.0	5.3	5.7



護岸基礎高：現在（H29年2月）の平均河床高より-1mの高さと想定

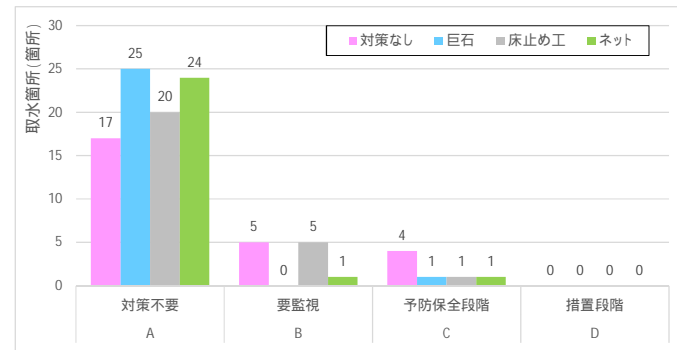
## 環境

	被覆率 (%)			
	対策なし	巨石	床止め工	ネット
現況 (初期)	73.6	73.6	73.6	73.6
10年目	65.5	67.3	76.5	72.7
20年目	66.0	67.4	74.4	70.6
30年目	65.6	65.9	76.3	71.7



## 利水

判断指標	判定結果 (箇所)			
	対策なし	巨石	床止め工	ネット
A 対策不要	17	25	20	24
B 要監視	5	0	5	1
C 予防保全段階	4	1	1	1
D 措置段階	0	0	0	0
計	26	26	26	26



取水口高：現在（H29年2月）の平水位より-0.1m（取水深）の高さと想定

### 治水

- 対策なしと比較すると、3案ともC予防保全段階・D措置段階の合計延長は減少している。
- 特に、床止め工については他案に比べやや効果が大きく、他の2案に比べ効果的である。

### 利水

- 対策なしと比較すると、巨石とネットの効果が大きい。
- 床止め工は、影響範囲が設置箇所上流に限られるため、露岩箇所と取水口の位置によって効果が限定的となる。

### 環境

- 対策なしと比べると、3案ともに改善している。
- 特に、床止め工は現状より改善する効果がみられた。

# 露岩箇所危険度評価

- UAVにより把握したH30年3月時点における露岩箇所、及び河床変動予測結果を基に危険度評価を実施した。
- 河床変動予測結果を基に治水、利水において、10年以内に要対策箇所となる箇所を抽出（赤色着色）し、現地調査を踏まえ、緊急的に対策を要する箇所（赤枠）を選定した。

NO.	距離km	範囲・規模		形態	河川の評価	
		全体	一部		治	環
1	6.80~7.00	全体		板鼻堰下流 湯ノ入橋上流	治	D
		B	50 m		利	C
		L	200 m		環	C
2	7.30~7.60	全体		久芳橋下流	治	A
		B	55 m		利	△
		L	300 m		環	D
3	7.63~8.17	全体	完全	石丸積下流	治	A
		B	55 m		利	△
		L	460 m		環	D
4	8.24~8.90	全体	一部	常谷橋～伝新橋 石丸積下流	治	A
		B	25 m		利	△
		L	650 m		環	C
5	8.95~9.04	全体	一部	石丸積下流 安中大橋～常谷橋	治	A
		B	30 m		利	△
		L	90 m		環	C
6	9.10~9.20	全体	一部	中宿堰下流	治	A
		B	25 m		利	C
		L	100 m		環	C
7	9.83~10.05	全体	一部	七曲橋下流	治	C
		B	22 m		利	△
		L	220 m		環	C
8	10.11~10.80 クリーンセンター取水	全体	一部	湾曲部 七曲橋上流	治	D
		B	40 m		利	D
		L	690 m		環	C
9	10.84~11.44	全体	一部	安中堰下流	治	A
		B	30 m		利	C
		L	600 m		環	C
10	11.90~12.52	全体	一部	湾曲部 中橋下流	治	D
		B	20 m		利	△
		L	620 m		環	C
11	13.05~13.35	左岸側	一部	直線部 やなせ大橋下流	治	D
		B	20 m		利	△
		L	300 m		環	C
12	13.60~14.00	全体	一部	やなせ大橋上流 堰上下流	治	D
		B	45 m		利	C
		L	400 m		環	C

NO.	距離km	範囲・規模		形態	河川の評価	
		全体	一部		治	環
13	14.20~14.50	全体	一部	湾曲部 石丸積下流 愛妻橋下	治	D
		B	10 m		利	C
		L	300 m		環	C
14	14.74~15.26 鉱泉橋橋脚	全体	一部	湾曲部 堰下流 鉱泉橋下	治	D
		B	20 m		利	△
		L	520 m		環	C
15	15.30~15.46	右岸側	一部	石丸積下流	治	A
		B	15 m		利	△
		L	160 m		環	C
16	15.50~16.50	全体	一部	石丸積上流 堰下流	治	B
		B	20 m		利	△
		L	1000 m		環	C
17	16.76~17.60 水路橋橋脚	全体	完全	湾曲部 人見堰下流 碓氷大橋下	治	D
		B	45 m		利	C
		L	840 m		環	D
18	18.00~18.62	左岸側	一部	湾曲部	治	△
		B	5 m		利	△
		L	620 m		環	C
19	18.80~19.08	右岸側	一部	湾曲部 石丸積下流	治	D
		B	25 m		利	△
		L	280 m		環	C
20	19.34~20.10	全体	完全	湾曲部 広谷橋下流 石丸積上流	治	D
		B	35 m		利	C
		L	760 m		環	D
21	20.50~20.51	左岸側	一部	石丸積下流	治	D
		B	10 m		利	△
		L	10 m		環	C
22	20.74~21.30	全体	一部	中瀬橋～中瀬大橋 堰下流	治	D
		B	45 m		利	C
		L	560 m		環	C
23	21.77~21.79 護岸基礎部破損	左岸側	一部	JR橋 湾曲部	治	D
		B	20 m		利	△
		L	20 m		環	C
24	21.89~22.09	左岸側	一部	湾曲部	治	D
		B	40 m		利	A
		L	200 m		環	C

NO.	距離km	範囲・規模		形態	河川の評価	
		全体	一部		治	環
25	22.40~23.02 護岸基礎部破損	左岸側	一部	直線部	治	D
		B	60 m		利	C
		L	620 m		環	C
26	23.50~23.69 碓氷製糸取水	左岸側	一部	中河原橋上流 堰上流 湾曲部	治	D
		B	35 m		利	D
		L	190 m		環	C
27	23.90 農業用取水堰	-	-	堰近傍	治	A
		B	- m		利	△
		L	- m		環	△
28	24.41~24.89 農業用取水堰	全体	一部	湾曲部 贅沢橋下流	治	C
		B	30 m		利	D
		L	480 m		環	C
29	25.30~25.87	左岸側	一部	弁天橋下流	治	△
		B	20 m		利	△
		L	570 m		環	C
30	26.23~26.30	左岸側	一部	直線部 弁天橋上流	治	△
		B	15 m		利	△
		L	70 m		環	C
31	26.60~26.73	左岸側	一部	石丸積下流	治	△
		B	35 m		利	A
		L	130 m		環	C
32	27.11~27.90 農業用取水堰	全体	一部	湾曲部 中木橋上流	治	D
		B	40 m		利	D
		L	790 m		環	C
33	27.98~28.80	全体	一部	湾曲部	治	D
		B	30 m		利	△
		L	980 m		環	C
34	9.30~9.39	-	-	直線部 堰上流 橋上下流	治	B
		B	- m		利	△
		L	90 m		環	D
35	9.69~9.79	-	-	直線部 堰上流 橋上下流	治	B
		B	- m		利	△
		L	200 m		環	D
36	11.54~11.65	-	-	直線部	治	A
		B	- m		利	C
		L	110 m		環	D
37	12.70~12.81	-	-	直線部 橋下流	治	△
		B	- m		利	△
		L	110 m		環	C
38	23.31~23.50	-	-	直線部 橋下流	治	A
		B	- m		利	△
		L	190 m		環	D

治水、利水に関する危険度評価は、河床変動予測結果の他、現地確認で対策が必要と判断された箇所もD判定する。

34～38は、モデル予測により、将来（30年後）、新たに露岩が生じると考えられる箇所