

# 魚類迷入(吸い込み)防止対策(案)について

# 目 次

1. 魚類迷入試験の目的 P3
2. 魚類迷入試験の対象魚種 P4
3. 魚類迷入試験施設 P5
4. 対象魚種ごとの対策(案) P6
5. 魚類迷入試験のスケジュール P10
6. 仔アユ:夜間取水停止の効果 P11
  6. 1. 調査概要 P12
  6. 2. 調査結果の概要 P14
  6. 3. 夜間取水停止の効果 P19
7. 稚アユ・稚サケ:スクリーンと吹き流し・除塵ネットの効果 P21
  7. 1. 試験概要 P22
  7. 2. 試験結果の概要:試験時の流況 P24
  7. 3. 試験結果の概要:スクリーン P25
  7. 4. 試験結果の概要:スクリーンと吹き流し P26
  7. 5. 試験結果の概要:スクリーンと除塵ネット P27
  7. 6. 試験結果の概要:スクリーンと除塵ネット・吹き流し P28
  7. 7 .スクリーン目合いについて:維持管理性 P30
8. モクズガニ・底生魚:魚返し・誘導ロープの効果 P31
  8. 1. 調査概要 P32
  8. 2. 試験結果の概要 P33
  8. 3. 魚返し・誘導ロープの効果 P34
9. 魚類迷入(吸い込み)防止対策(案) P36

# 1. 魚類迷入試験の目的

魚類迷入試験は、魚類迷入防止対策(案)(以降、対策(案)という。)について、迷入防止効果の検証を行うことを目的として実施した。

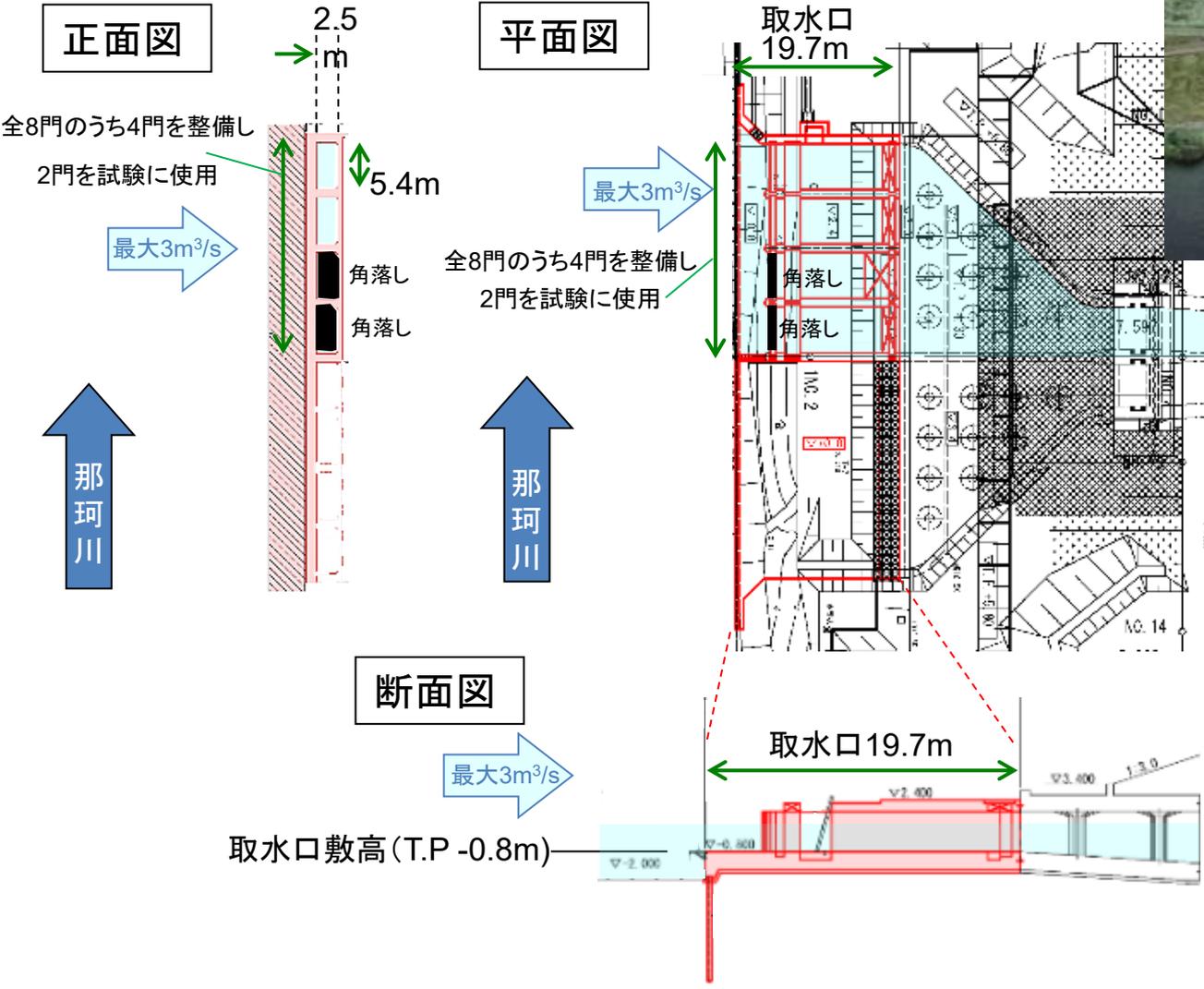
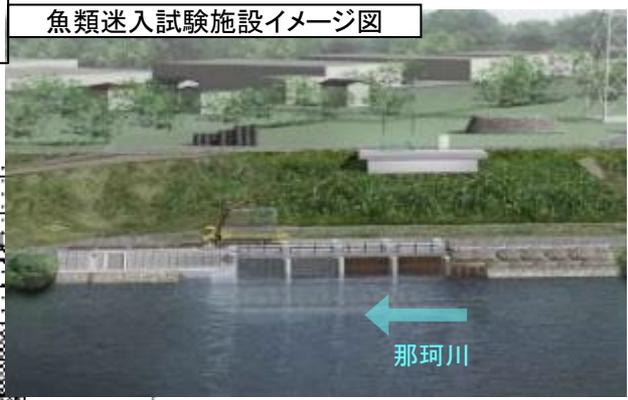


- 凡例
-  魚類迷入試験による水の流れ
  -  迷入試験施設



# 3. 魚類迷入試験施設

魚類迷入試験は、那珂樋管の取水口全8門のうち、魚類迷入試験施設として整備した4門のうち2門を用いて実施した。  
 1門あたりの取水量は、完成時 $1.875\text{m}^3/\text{s}$ (8門, $15\text{m}^3/\text{s}$ )に対して試験時は $1.5\text{m}^3/\text{s}$ (2門, $3\text{m}^3/\text{s}$ )とし、完成時の流況を概ね再現した状況で試験を実施した。



## 4. 対象魚種ごとの対策(案)

魚類迷入試験では、仔アユには夜間取水停止、稚アユ・稚サケにはスクリーン及び吹き流し・除塵ネット、モクズガニには誘導ロープ、底生魚には魚返しと、魚種ごとに対策(案)の迷入防止効果を検証した。

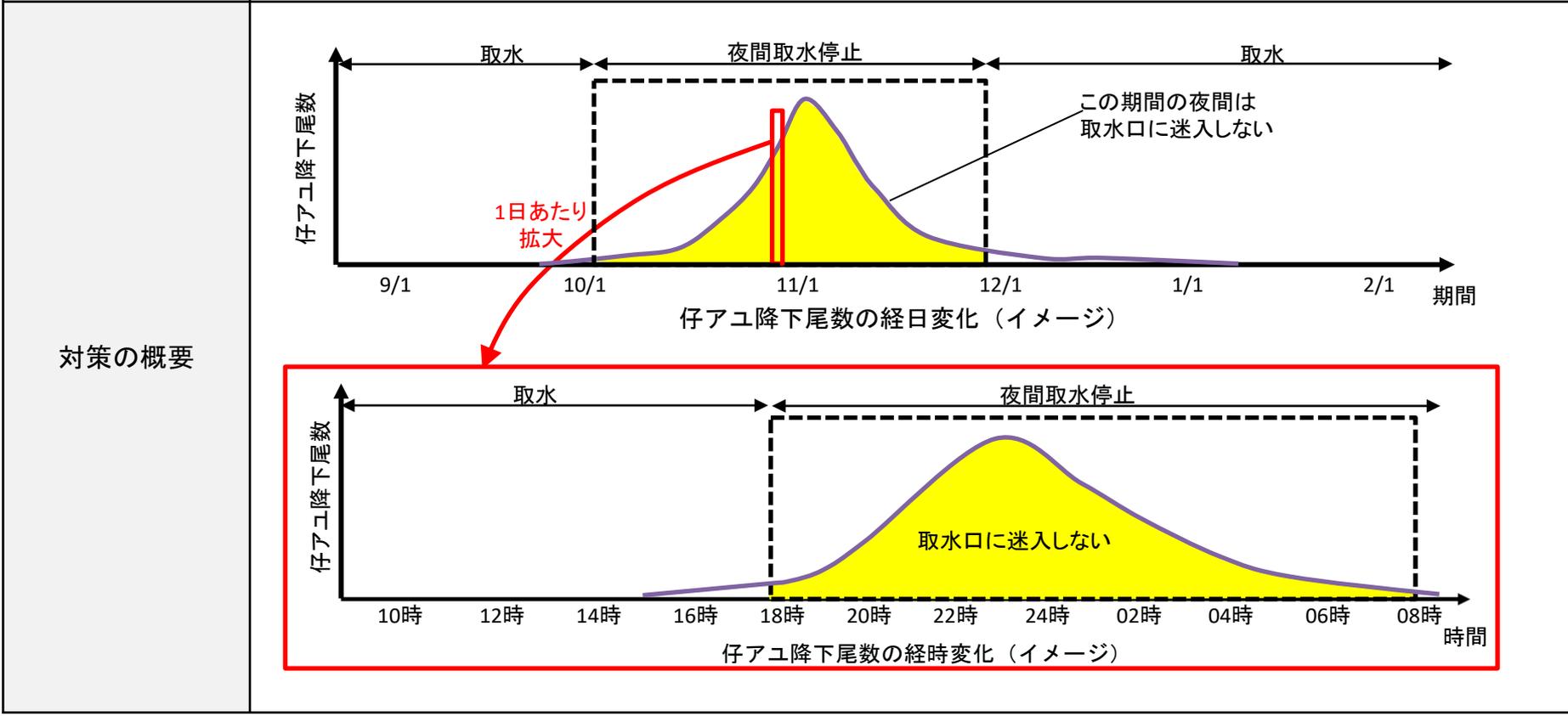
次ページ以降に各対策(案)の概要を示す。

<対象魚種>	<対策(案)>	<魚類迷入試験における効果検証方針>
仔アユ	夜間取水停止	<p>仔アユ降下量と仔アユ迷入量試験を実施し、夜間取水停止の効果を検証</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・那珂川本川の仔アユを採捕し降下特性(期間、時間)を調査</li> <li>・試験施設へ迷入する仔アユを採捕し、本川の仔アユ降下量との関係を調査</li> </ul>
稚アユ 稚サケ	スクリーン  吹き流し  除塵ネット  除塵ネット + 吹き流し	<p>対策案(スクリーン、除塵ネット、吹き流し)の組み合わせを変えて試験を実施し、対策案による効果を検証</p> <p>スクリーンの目合いや除塵ネット等の組合せを変えて試験を実施し、維持管理性を確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試験魚(稚アユ・稚サケ)を放流し、対策案の効果(忌避行動)をビデオ・写真撮影により定性的に調査。また、試験施設への迷入魚を採捕し、迷入量を調査。</li> <li>・スクリーン目合いや除塵ネットの有無を変えて試験を実施し、ゴミ・塵芥等の付着量、スクリーン前後の水位差等を調査。</li> </ul>
モクズガニ	誘導ロープ	<p>対策案周辺における対象魚等の挙動を把握し、対策案による効果を検証</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・対策案の効果をビデオ・写真撮影により定性的に調査。</li> </ul>
底生魚	魚返し	

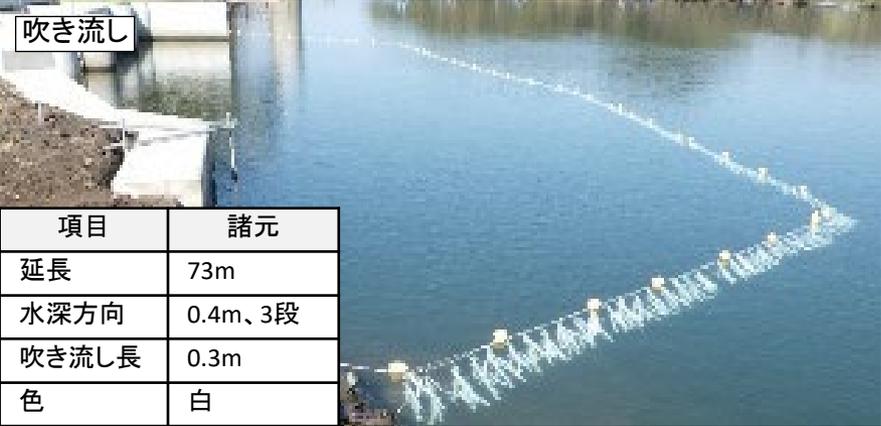
# 4. 対象魚種ごとの対策(案) 夜間取水停止

仔アユに対する迷入対策(案)は、仔アユの主な降下時期の夜間に取水を停止することで迷入量を低減する対策。

項目	説明
対象魚	仔アユ
対策案	夜間取水停止

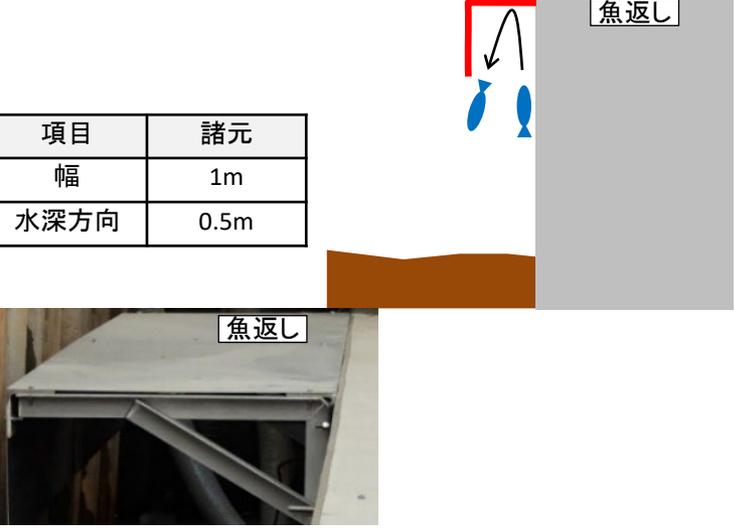


稚アユ・稚サケに対する迷入対策(案)は、取水口にスクリーンを設置、取水口前面に吹き流しと除塵ネットを設置することで忌避させ、取水口への迷入量を低減する対策。

項目	説明																				
対象魚	稚アユ・稚サケ																				
対策案	スクリーン、除塵ネット、吹き流し																				
対策の概要	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  <p>スクリーン</p> </div> <table border="1" data-bbox="1120 656 1607 768"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>諸元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>目合い</td> <td>5×5mm、10×10mm、15×15mm</td> </tr> </tbody> </table> </div>		項目	諸元	目合い	5×5mm、10×10mm、15×15mm															
	項目	諸元																			
	目合い	5×5mm、10×10mm、15×15mm																			
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>除塵ネット</p> <table border="1" data-bbox="293 1006 763 1225"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>諸元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>延長</td> <td>73m(20m×4基)</td> </tr> <tr> <td>網長(水深方向)</td> <td>1.5m</td> </tr> <tr> <td>目合い</td> <td>25×25mm</td> </tr> <tr> <td>網の色</td> <td>白</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 45%;">  <p>吹き流し</p> <table border="1" data-bbox="950 1006 1290 1225"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>諸元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>延長</td> <td>73m</td> </tr> <tr> <td>水深方向</td> <td>0.4m、3段</td> </tr> <tr> <td>吹き流し長</td> <td>0.3m</td> </tr> <tr> <td>色</td> <td>白</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>		項目	諸元	延長	73m(20m×4基)	網長(水深方向)	1.5m	目合い	25×25mm	網の色	白	項目	諸元	延長	73m	水深方向	0.4m、3段	吹き流し長	0.3m	色
項目	諸元																				
延長	73m(20m×4基)																				
網長(水深方向)	1.5m																				
目合い	25×25mm																				
網の色	白																				
項目	諸元																				
延長	73m																				
水深方向	0.4m、3段																				
吹き流し長	0.3m																				
色	白																				

# 4. 対象魚種ごとの対策(案) 誘導ロープ・魚返し

- モクスガニに対する迷入対策(案)は、取水口前面の河床付近に誘導ロープを設置し、モクスガニを上下流に誘導することで、取水口への迷入量を低減する対策。
- 底生魚に対する迷入対策(案)は、取水口前面に魚返しを設置して、底生魚を河床方向へ押し返すことで、取水口への迷入量を低減する対策。

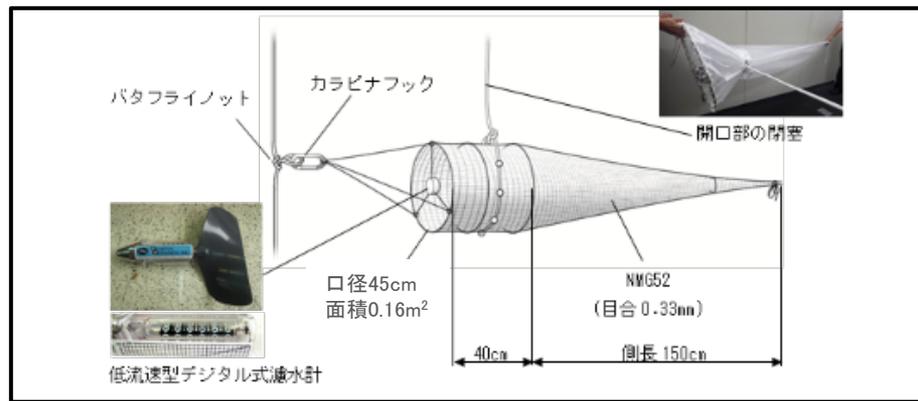
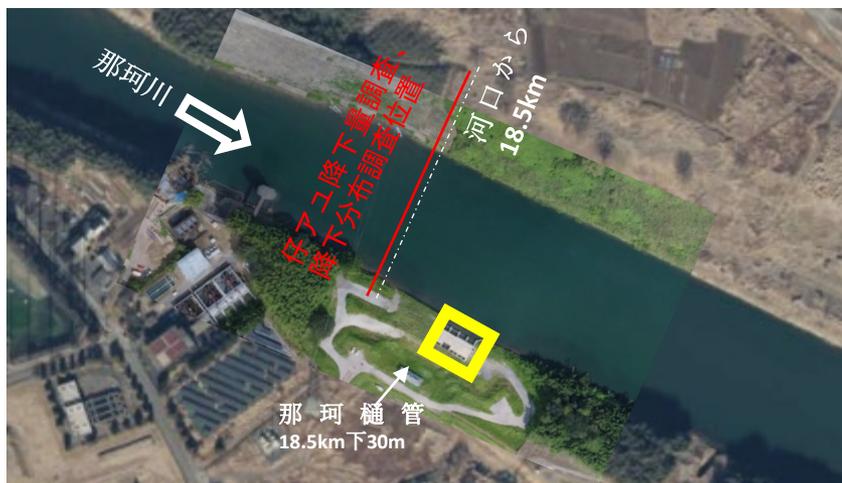
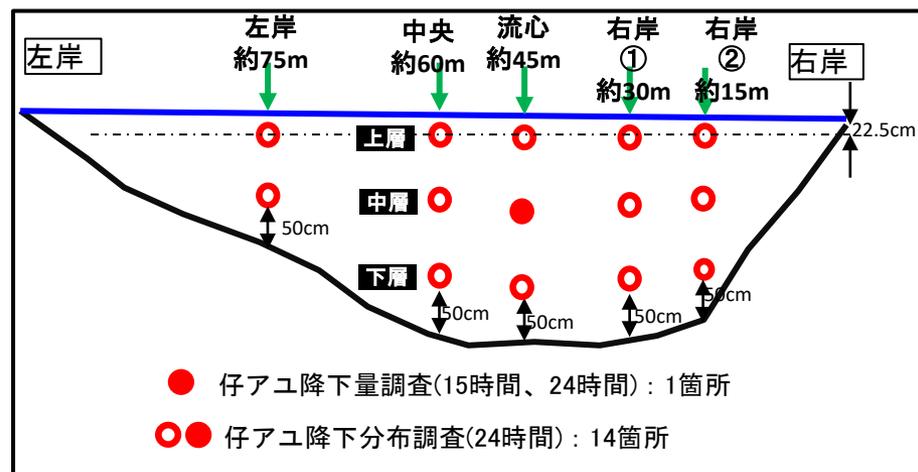
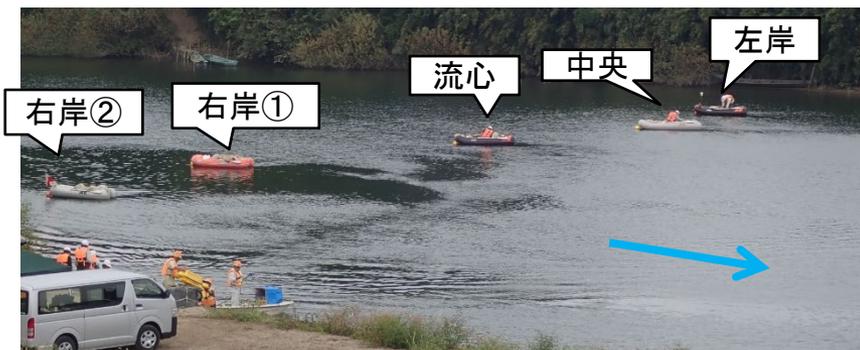
項目	説明																	
対象魚	モクスガニ	底生魚																
対策案	誘導ロープ	魚返し																
対策の概要	 <table border="1" data-bbox="324 896 645 1116"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>諸元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>直径</td> <td>5cm</td> </tr> <tr> <td>延長</td> <td>50m</td> </tr> <tr> <td>材質</td> <td>麻</td> </tr> <tr> <td>比重</td> <td>1.2~1.3</td> </tr> </tbody> </table>	項目	諸元	直径	5cm	延長	50m	材質	麻	比重	1.2~1.3	 <table border="1" data-bbox="1124 645 1445 773"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>諸元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>幅</td> <td>1m</td> </tr> <tr> <td>水深方向</td> <td>0.5m</td> </tr> </tbody> </table>	項目	諸元	幅	1m	水深方向	0.5m
項目	諸元																	
直径	5cm																	
延長	50m																	
材質	麻																	
比重	1.2~1.3																	
項目	諸元																	
幅	1m																	
水深方向	0.5m																	



## 6. 仔アユ: 夜間取水停止の効果

① 目的	仔アユ降下特性(時期、時間)を把握するために、那珂川において仔アユを採捕し降下量特性を調査した。	
② 調査時期	1年目(令和元年度)から3年目(令和3年度)までの主に9月から主に翌1月まで実施した。	
③ 計測項目	計測対象	計測方法
	仔アユ降下魚	<p>那珂川を降下する仔アユを、ノルパックネットにより採捕した。あわせて、濾水量を計測した。</p> <p>仔アユの採捕尾数及び濾水量より仔アユ降下密度を算出し、流量を乗じて仔アユ降下量を推定した。</p> <p>仔アユ降下密度(尾/m<sup>3</sup>)=採捕数(尾)÷濾水量(m<sup>3</sup>)</p> <p>仔アユ降下量(尾/s)=仔アユ降下密度(尾/m<sup>3</sup>)×流量(m<sup>3</sup>/s)</p> <p>採捕箇所について、降下量調査(15時間、24時間)は1箇所(流心・中層)、降下分布調査(24時間)は、14箇所(横断方向5ヶ所(左岸、中央、流心・右岸①②)、水深方向2~3層(上層、中層、下層))とした。</p>

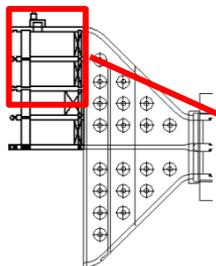
※水温と濁度は毎正時、那珂川本川の取水口近傍の表層(1点)で計測。3年目は照度を毎正時、取水口周辺の地上で計測。



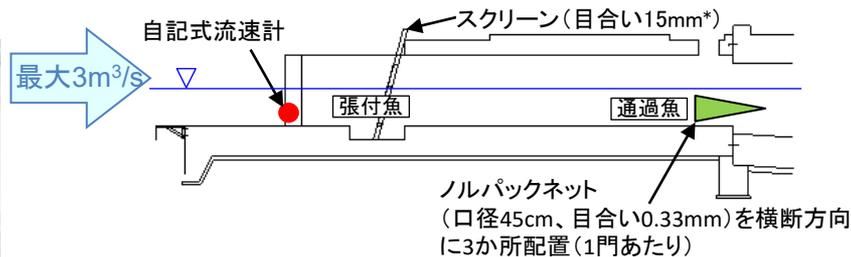
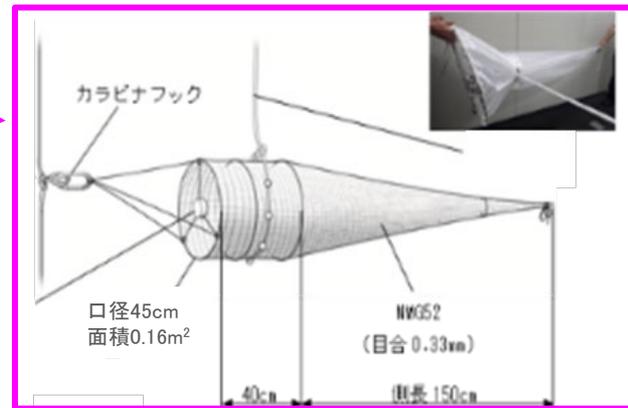
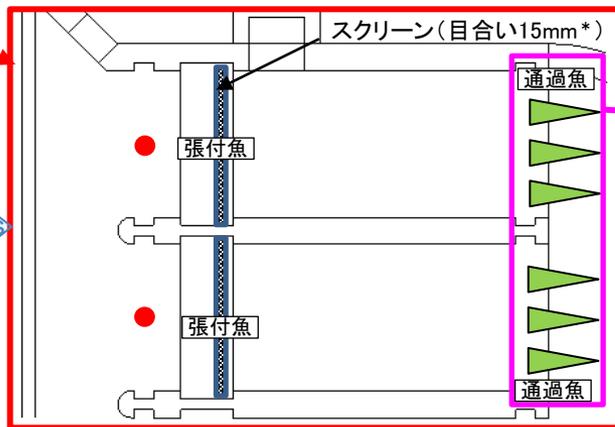
① 目的	那珂川仔アユ降下量の内、魚類迷入試験施設内に迷入する割合を把握するため、魚類迷入試験施設内において仔アユ迷入量を採捕し調査した。
② 調査時期	迷入量調査は1年目(令和元年度)から3年目(令和3年度)までの10月から12月まで実施した。迷入量調査は仔アユ降下量調査に合わせて実施した。
③ 計測項目	取水口への張付魚と通過魚を計測した。

計測項目	計測方法
張付魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>スクリーンに張り付いた仔アユ個体数を計測した。</li> <li>1回あたり(24時間)の調査が終了後に、仔アユ個体数を計測した。</li> </ul>
通過魚	<ul style="list-style-type: none"> <li>スクリーン背面にノルパックネットを設置して採捕した。ネットに濾水計を装着し、濾水量を測定した。</li> </ul>

※ 水温と濁度は毎正時、那珂川本川の取水口近傍の表層(1点)で計測。3年目は照度を毎正時、取水口周辺の地上で計測。



最大3m<sup>3</sup>/s

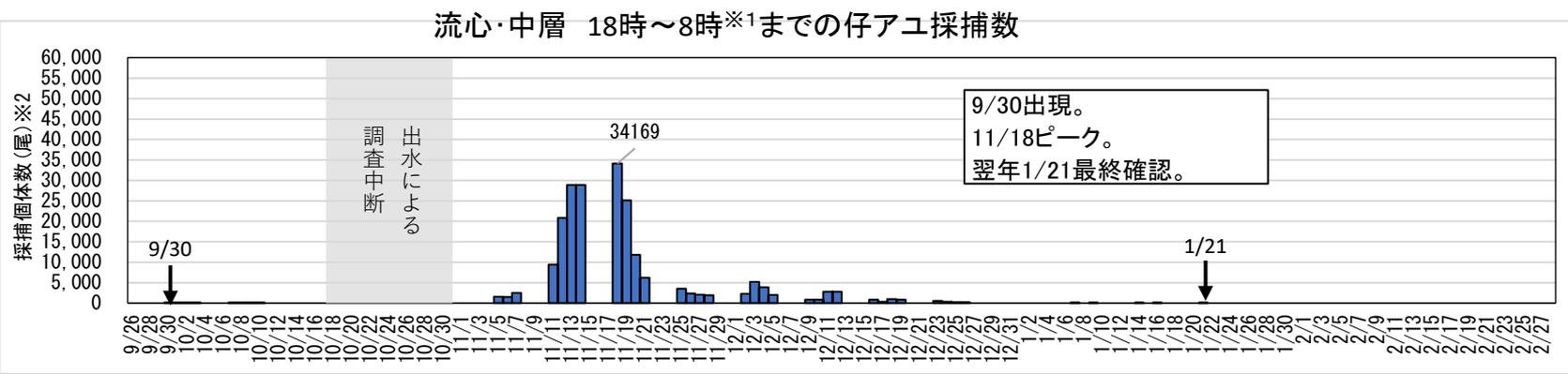


凡例

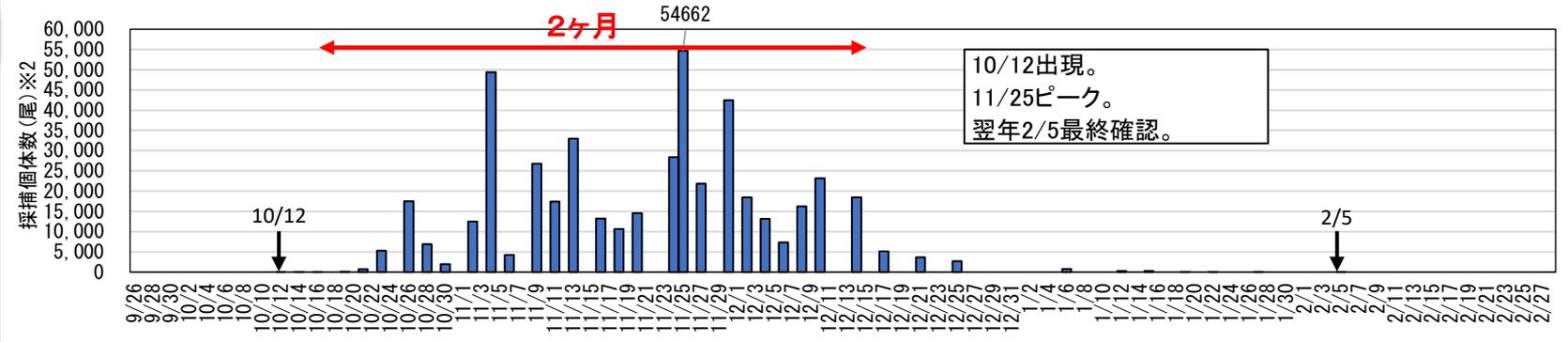
- 自記式流速計による流速連続測定
- ▲ ノルパックネットによる個体採捕

・仔アユの降下時期は年変動はあるが、おおむね約2ヶ月間で降下する。

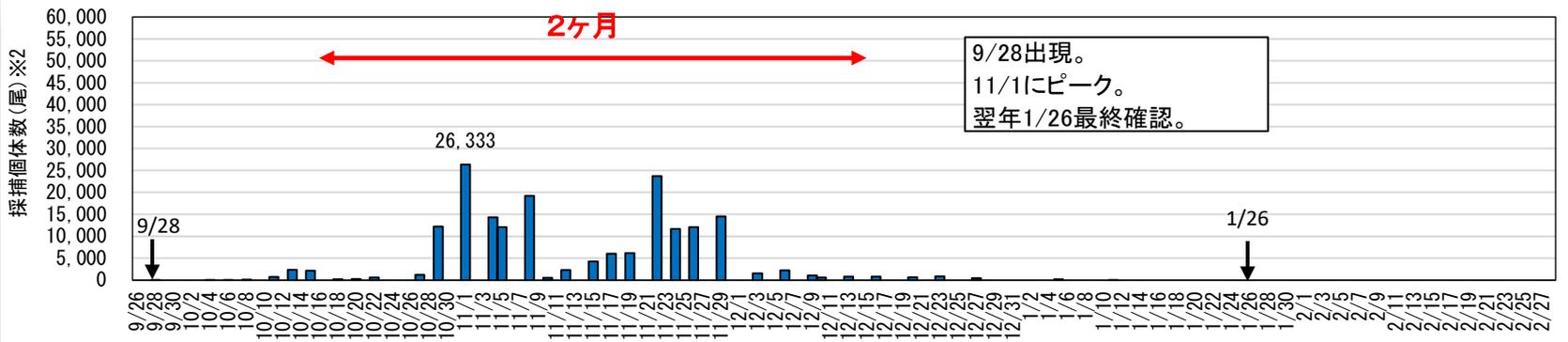
令和元年度



令和2年度



令和3年度



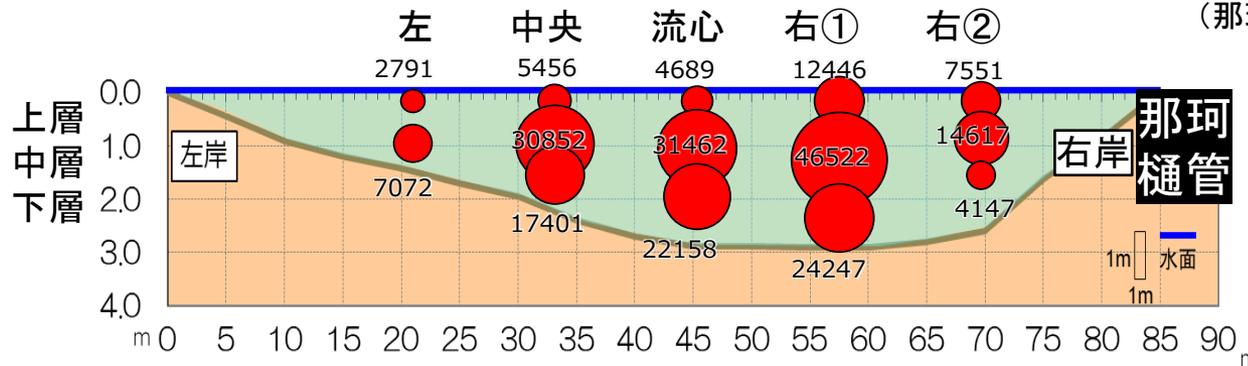
※1. 降下量は、仔アユの降下が集中する18時～8時の採捕個体数を表示した。※2. 採捕個体数は10分間の採捕数。

- 仔アユの降下分布は、流心付近(中央～右①)、中層付近を多く降下する。
- 左右岸辺り(左、右②)は分布が少ない。

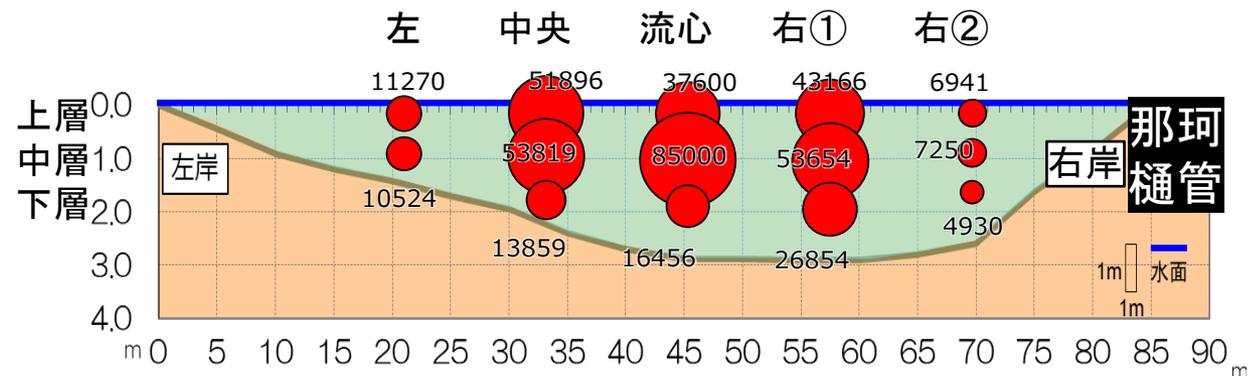
単位:(尾)

(那珂川18.5km)

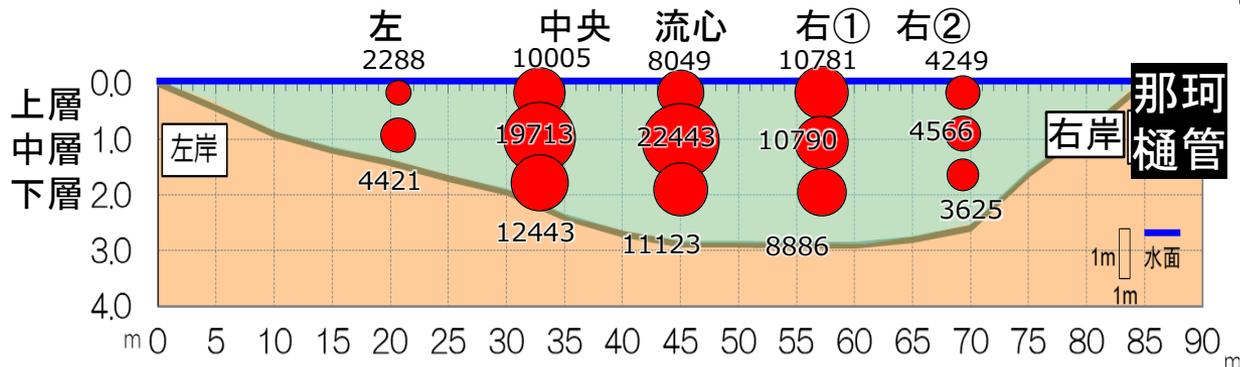
1年目(令和元年度)調査  
10回分調査の合計



2年目(令和2年度)調査  
4回分調査の合計



3年目(令和3年度)調査  
4回分調査の合計



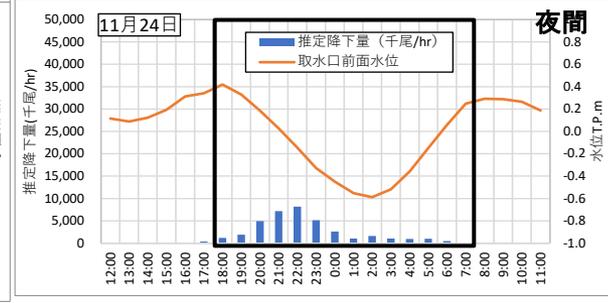
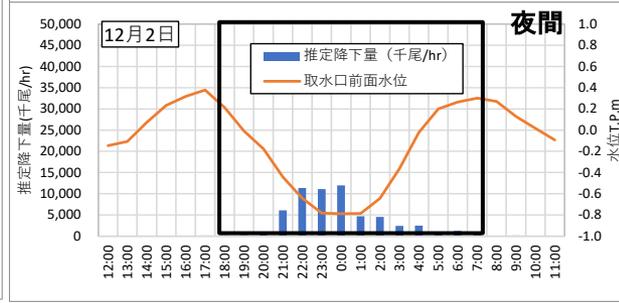
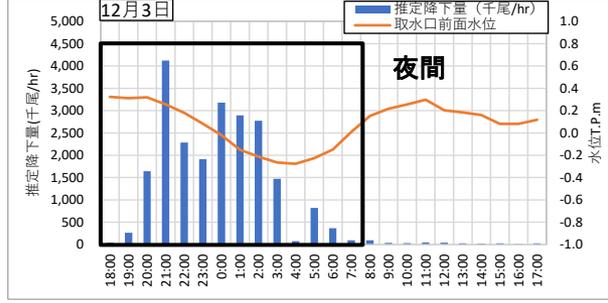
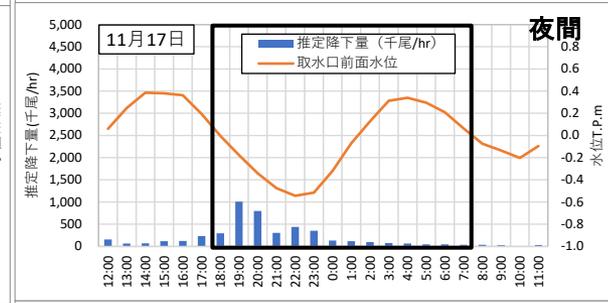
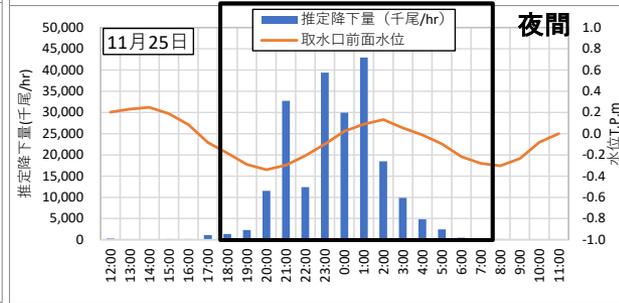
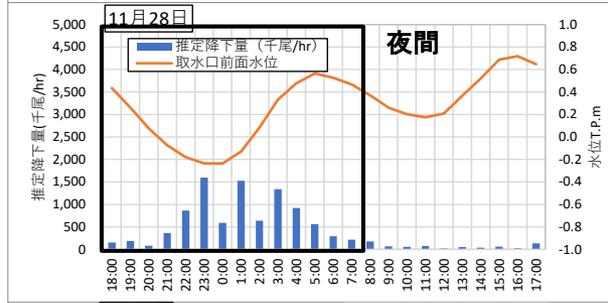
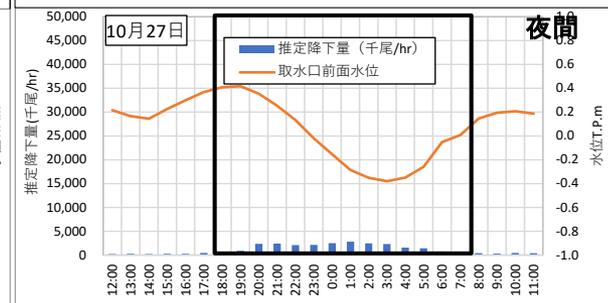
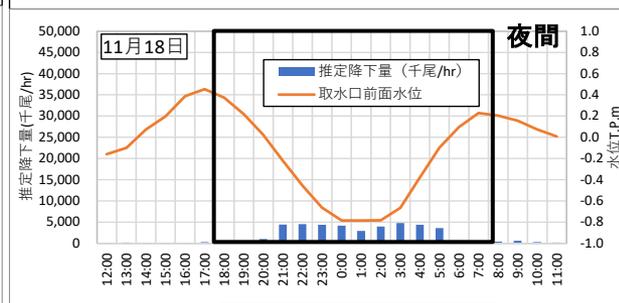
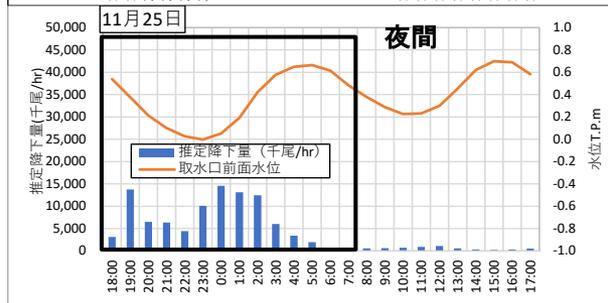
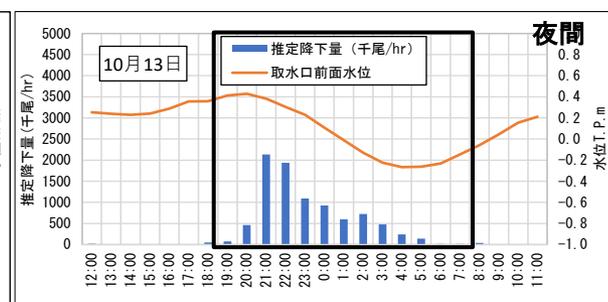
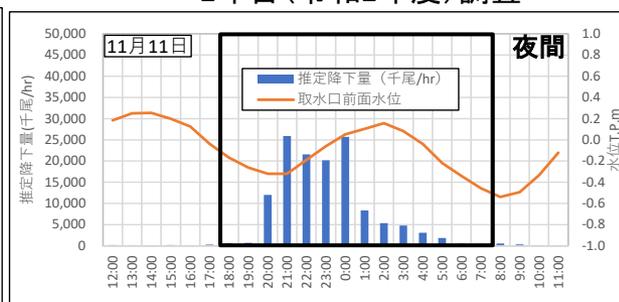
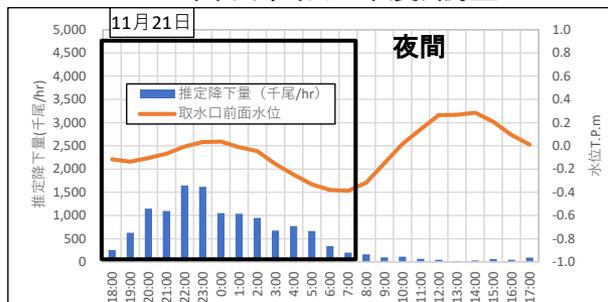
・仔アユの大部分は、夜間(18時～8時)に降下する。

※24hr調査と24hr分布調査の中で仔アユ降下量の多い日を表示した。3年目は2峰形であったことから、10月と11月について表示した。

1年目(令和元年度)調査

2年目(令和2年度)調査

3年目(令和3年度)調査



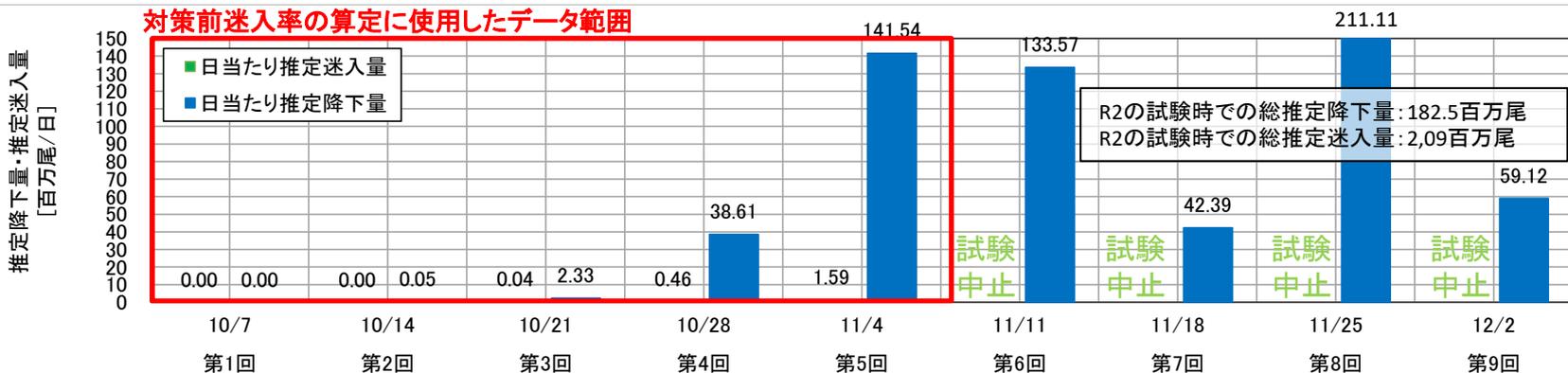
# 6. 2. 調査結果の概要 ④対策前迷入率

• 3ヶ年の試験時における仔アユの総降下量は153.5～182.5百万尾と推定され、魚類迷入試験施設への総迷入量は1.34～3.11百万尾と推定される。

1年目  
(令和元  
年度)



2年目  
(令和2  
年度)



3年目  
(令和3  
年度)



・3カ年の調査結果より対策前迷入率を以下のとおり推定した。

$$\text{対策前迷入率} = \text{推定迷入量} \div \text{推定降下量} (\text{②} \div \text{①}) = 35.3 \div 513.4 = 6.9\%$$

①: 3カ年(令和元年度から令和3年度)の仔アユ降下量調査における推定降下尾数の合計値

②: 3カ年(令和元年度から令和3年度)の仔アユ迷入量調査における推定迷入尾数の合計値を計画取水量(15m<sup>3</sup>/s)相当に換算した値

①: 3カ年(令和元年度から令和3年度)の仔アユ降下量調査における推定降下尾数の合計値513.4百万尾

単位: 百万尾

	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	第9回	第10回	合計
1年目(R元年)	0.01	0.01	12.82	102.72	28.90	17.95	6.71	4.53	2.01	1.65	177.31
2年目(R2年)	0.00	0.05	2.33	38.61	141.54	-	-	-	-	-	182.53
3年目(R3年)	8.97	0.91	6.68	55.45	14.74	28.14	38.65	-	-	-	153.54
											513.4

...①

②: 3カ年(令和元年度から令和3年度)の仔アユ迷入量調査における推定迷入尾数の合計値35.3百万尾

3カ年(令和元年度から令和3年度)の仔アユ迷入量調査における推定迷入尾数の合計値

単位: 百万尾

	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	第9回	第10回	合計
1年目(R元年)	0.00	0.00	0.07	0.32	0.42	0.38	0.05	0.05	0.02	0.03	1.34
2年目(R2年)	0.00	0.00	0.04	0.46	1.59	-	-	-	-	-	2.09
3年目(R3年)	0.12	0.01	0.05	1.77	0.50	0.21	0.45	-	-	-	3.11
											6.54

...②'

【計画取水量(15m<sup>3</sup>/s)相当への換算】

②' 試験時の仔アユ総推定迷入尾数(6.54百万尾)に、計画取水量(15m<sup>3</sup>/s)と仔アユ迷入量調査時の平均取水量(2.8m<sup>3</sup>/s)の比率5.4(15m<sup>3</sup>/s ÷ 2.8m<sup>3</sup>/s)を乗じて算出。

計画取水量(15m<sup>3</sup>/s)相当の仔アユ総推定迷入尾数

$$6.54 \times 5.4 = 35.3(\text{百万尾}) \dots \text{②}$$

### 対策前迷入率α

仔アユ総降下尾数①  
約513.4百万尾

調査期間での那珂川の  
推定降下尾数の合計

仔アユ総迷入尾数②

試験での推定迷入尾数の合計を計画取水量(15m<sup>3</sup>/s)相当に換算した値

約35.3百万尾

対策前迷入率α(② ÷ ①)  
6.9%

取水口

・夜間取水停止後の対策後迷入率を以下のとおり推定した。

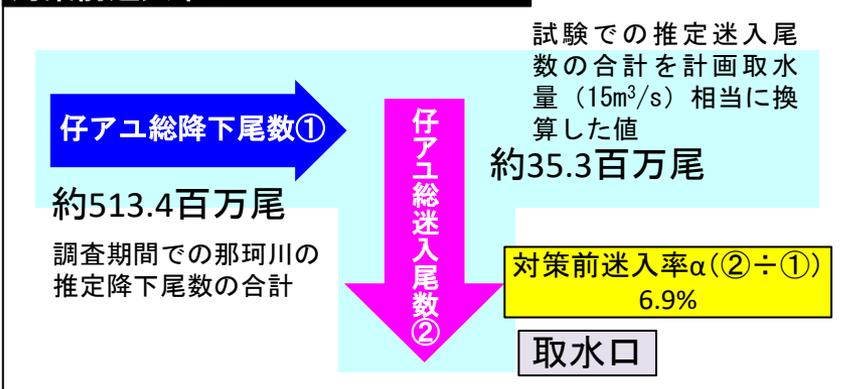
$$\text{対策後迷入率} = (1 - AB)\alpha = (1 - 0.91 \times 0.97) \times 0.069 = 0.8\%$$

A: 9カ年の仔アユ降下量調査結果より求めた年間総仔アユ降下量に占める10/1～11/30の降下量の割合(91%)

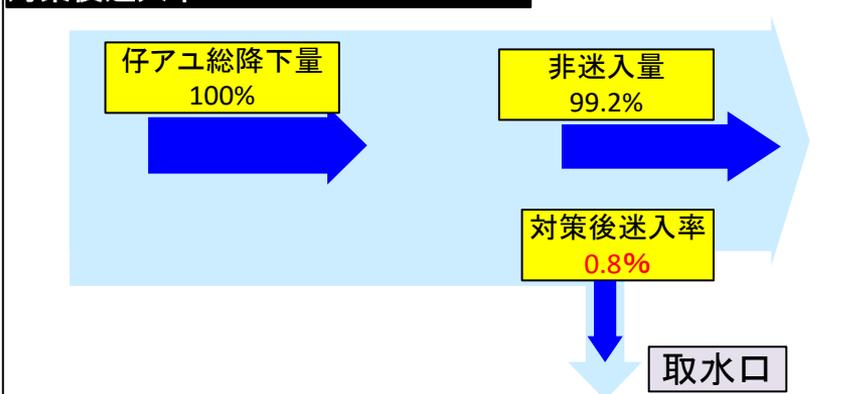
B: 8カ年の仔アユ降下量調査結果より求めた日あたりの仔アユ降下量に占める夜間(18時～8時)の降下量の割合(97%)

$\alpha$ : 対策前迷入率(6.9%)

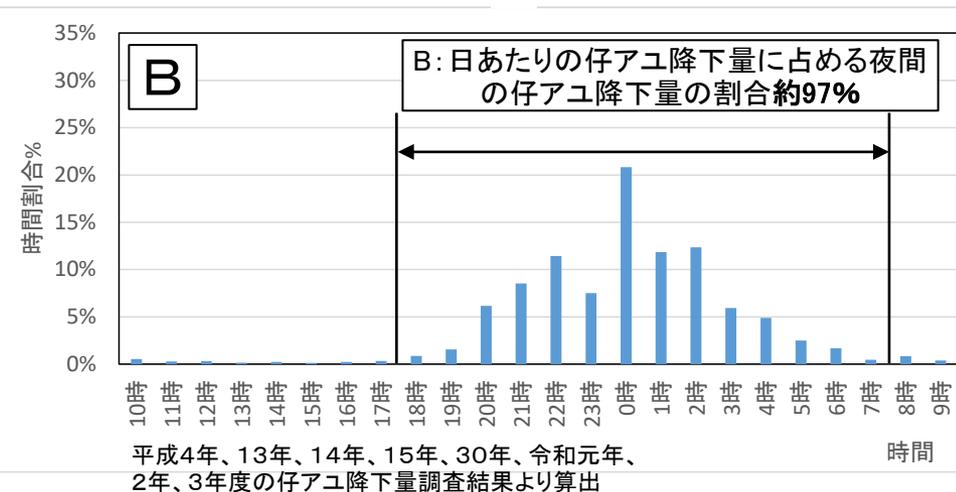
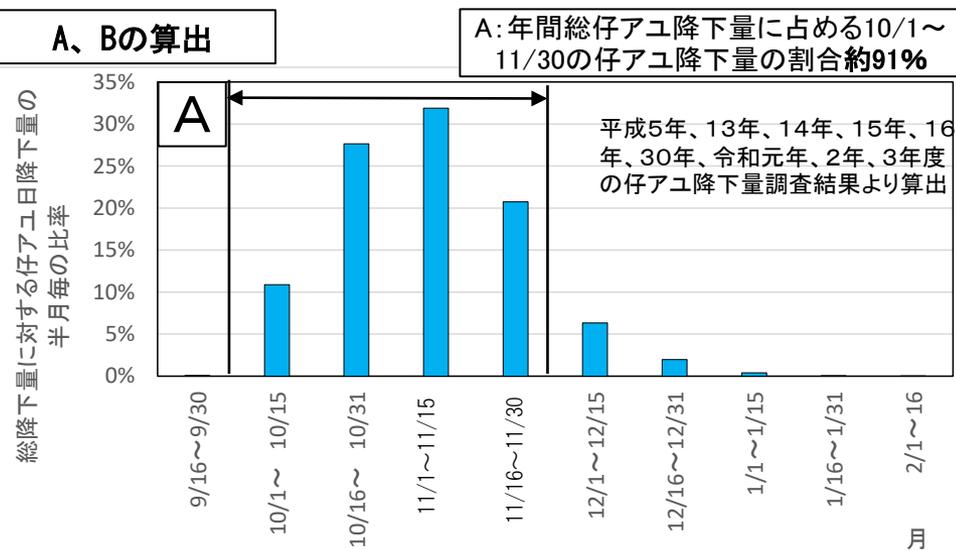
## 対策前迷入率 $\alpha$



## 対策後迷入率



## A、Bの算出



平成4年～令和3年の間の、10ヶ年の調査結果からは、対策後迷入率が最も小さくなる夜間取水停止の期間（2ヶ月間）は「10/1～11/30」の場合であった。（なお、AとBの算出方法はP19と同じ）

取水停止期間と対策後迷入率「 $(1-AB)\alpha$ 」

2ヶ月取水停止

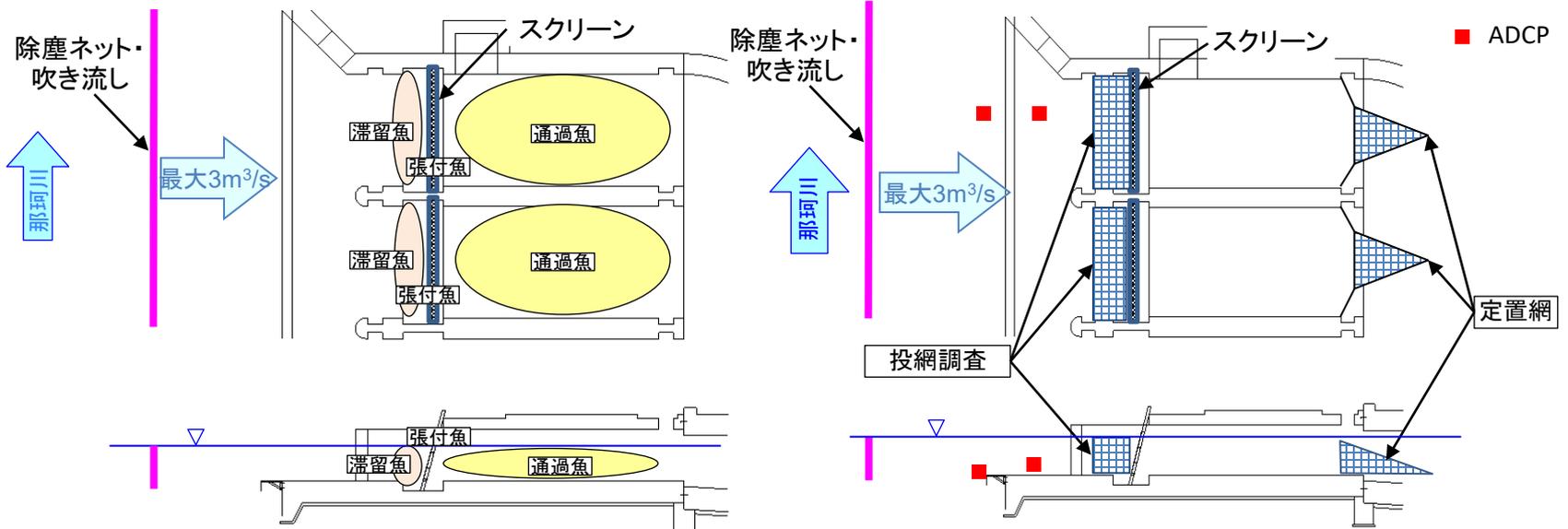
夜間取水停止期間	対策前迷入率 $\alpha$	A	B	対策後迷入率 $((1-AB)\alpha)$
10/1～11/30取水停止	0.069	0.91	0.97	0.8%
10/16～12/15取水停止	0.069	0.87	0.97	1.1%
11/1～12/31取水停止	0.069	0.61	0.97	2.8%

## 7. 稚アユ・稚サケ： スクリーンと吹き流し・除塵ネットの効果

① 目的	スクリーン、除塵ネット、吹き流しによる稚アユ・稚サケの迷入防止効果を把握するため、魚類迷入試験施設における忌避行動を調査した。
② 調査時期	稚アユの遡上時期・稚サケの降下時期に相当する主に2～5月に実施した。
③ 計測項目・計測方法	対策案に対する忌避行動等を水中カメラ及び水中ビデオカメラにより撮影した。取水口周辺の水位・流速を計測した。稚サケ・稚アユ試験魚を放流し、取水口への迷入量を採捕して把握した。(試験魚を放流しないケースを含む)

計測項目	試験魚の放流方法	計測内容	観測方法
迷入防止効果	・除塵ネット・吹き流し付近に、稚アユと稚サケの試験魚を放流し、行動(忌避・誘因)を撮影・確認した。 ▶ 稚アユの放流箇所は吹き流し・除塵ネット下流端から放流。 ▶ 稚サケの放流箇所は吹き流し・除塵ネット上流端から放流。	吹き流し・除塵ネット通過魚個体数	吹き流しと試験施設間を投網等で採捕 試験魚放流後3時間ピッチに実施することを基本とする
		スクリーン通過魚個体数	定置網(片目4mm)を設置して採捕 試験魚放流後3時間ピッチに実施することを基本とする
魚類の忌避行動		吹き流し・除塵ネット付近の魚	・吹き流し・除塵ネット付近 固定式の水中カメラ 2台(静止画) 10分ピッチで撮影
		吹き流し・除塵ネット付近放流直後の様子(動画)	水中ビデオカメラ1台(動画) 標識魚放流直後に吹き流し・除塵ネット付近の状況を20分間程度、動画撮影。1年目はダイバーによる撮影。2・3年目は固定設置。
		スクリーン前の魚	・スクリーン前面2箇所 固定式の水中カメラ 4台(静止画) (2か所×2門)10分ピッチで撮影
流速	—	魚返し先端、床板上	ADCPにより計測

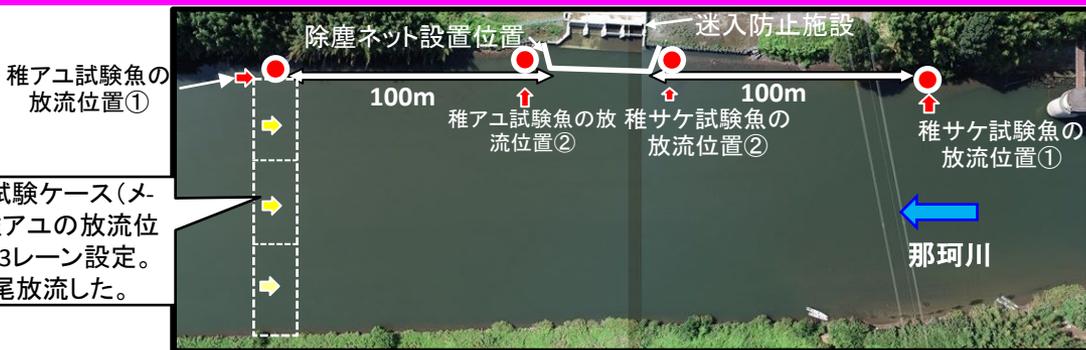
※ 夜間の固定式水中カメラの撮影は、魚の集光性による影響を極力回避するためにストロボ撮影を行う。  
 ※ 水温と濁度は毎正時、取水口近傍の表層(1点)で計測。



滞留魚・張付魚・通過魚の計測方法、流速の計測位置

# 7. 1. 試験概要：試験実施イメージ（スクリーンと吹き流し・除塵ネット） 23

## 【設置位置】



1年目試験時実施した試験ケース(メ-1-1～メ-1-3)における稚アユの放流位置は、河道を3等分して3レーン設定。各レーンより650～700尾放流した。

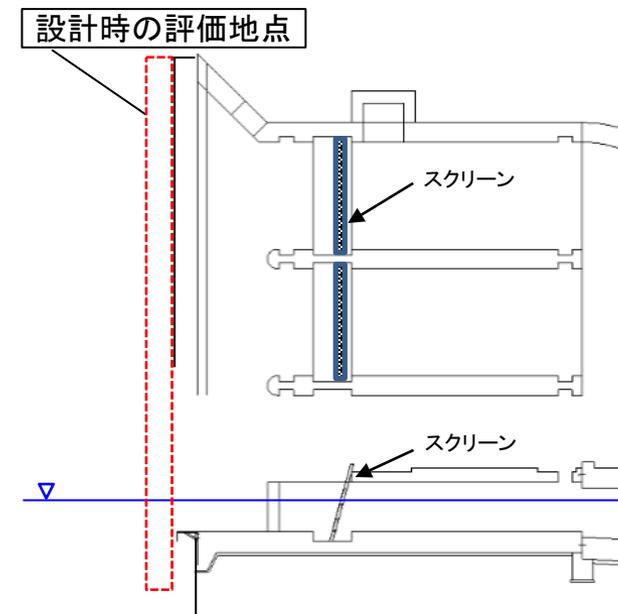
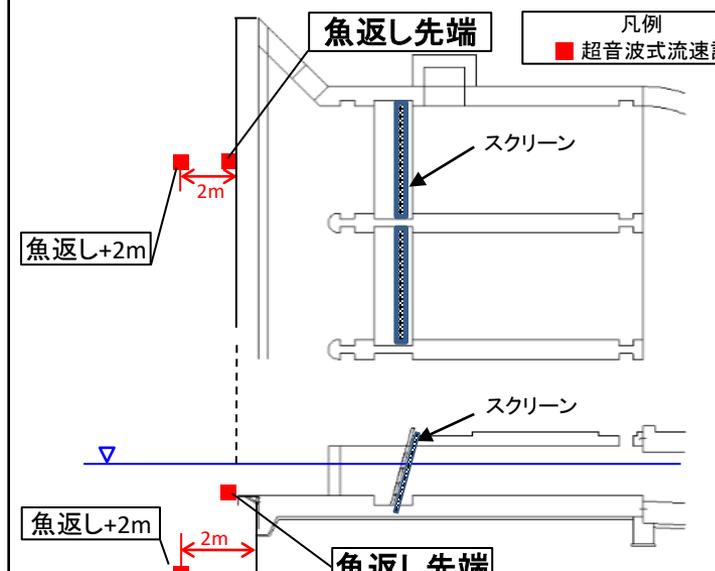


稚アユは吹き流し・除塵ネットの下流側から放流した。

稚サケは吹き流し・除塵ネットの上流側から放流した。

※水中カメラは稚サケ放流時に上流側2台、稚アユ放流時に下流側2台を設置した。  
 ※水中ビデオカメラは稚サケ放流時に上流側1台、稚アユ放流時に下流側1台を設置した。  
 ※水位中カメラ、水中ビデオカメラの設置位置は濁りの状況等を踏まえて適宜設定した。

- 取水口前面（魚返し先端）の試験時の平均流速は、0.17m/sとなっていた。
- 同様に、試験時の最大流速は0.4m/sとなっており、いずれも設計値より小さい流速となっていた。

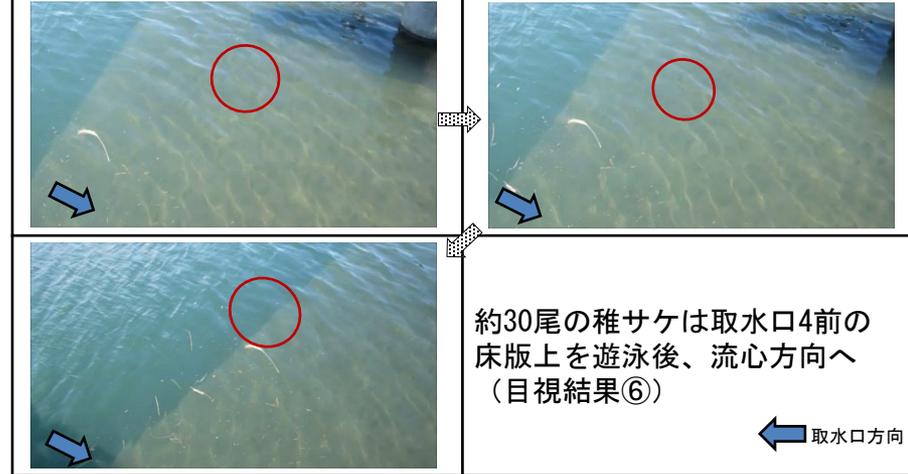
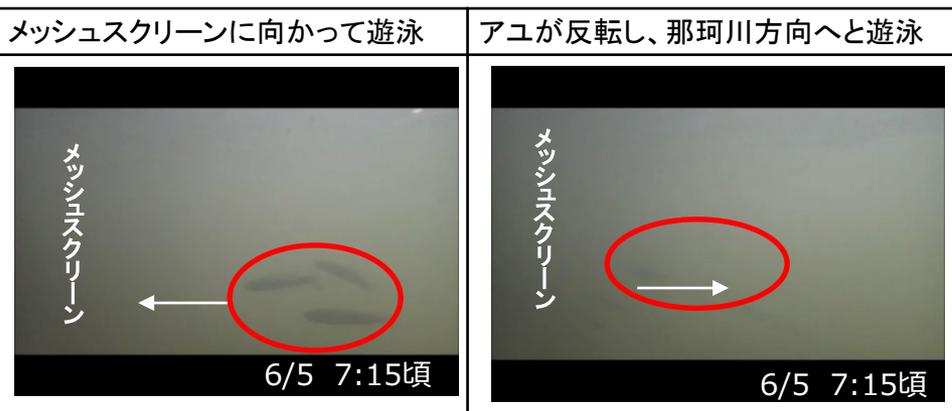
	設計時	試験時
取水量	最大15m <sup>3</sup> /s	最大3m <sup>3</sup> /s
樋門数	8門	2門
1門あたり取水量	1.875m <sup>3</sup> /s	1.5m <sup>3</sup> /s
平均流速	0.3m/s	魚返し先端：平均0.17m/s※ <sup>1</sup> (参考：魚返し+2m：平均0.09m/s※ <sup>2</sup> )
最大流速	0.7m/s	魚返し先端：0.4m/s
評価地点 (観測地点)	 <p>設計時の評価地点</p> <p>スクリーン</p> <p>スクリーン</p> <p>設計時の検討で用いた平成3～12年のデータより整理</p>	 <p>魚返し先端</p> <p>魚返し+2m</p> <p>凡例 ■ 超音波式流速計</p> <p>スクリーン</p> <p>スクリーン</p> <p>魚返し先端</p> <p>魚返し+2m</p> <p>試験時において、計7回の24時間連続観測データより整理</p>
	<p>・流量条件：平均81m<sup>3</sup>/s</p> <p>・水位条件：平均T.P.+0.26m</p>	<p>・流量状況：平均63m<sup>3</sup>/s</p> <p>・水位状況：平均T.P.+0.01m</p>

※1：7回の24時間連続観測の平均値

※2：13回の24時間流向・流速連続観測の平均値

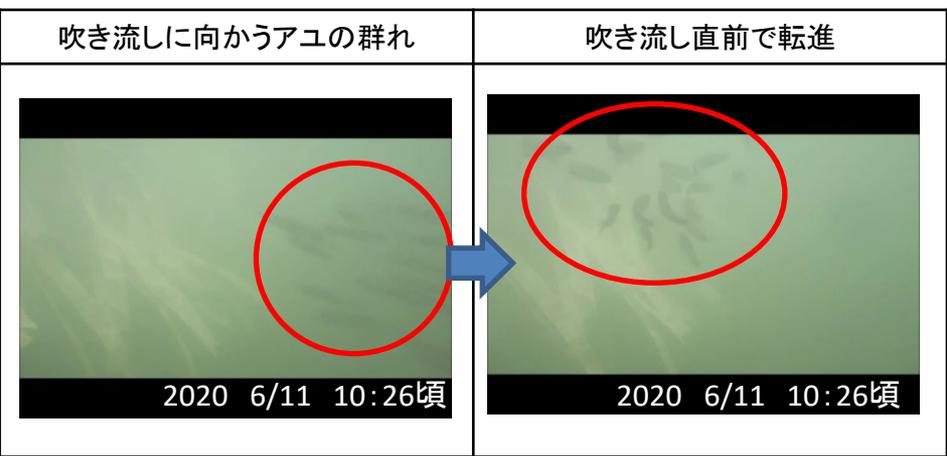
# 7. 3. 試験結果の概要：スクリーン

- ・ 稚アユはスクリーンに対して忌避行動を示した。
- ・ 取水有りの条件で、稚アユ試験魚の迷入状況は、試験魚15,450尾を放流し、7尾であった。
- ・ 取水無しの場合で、稚アユ試験魚の迷入状況は、試験魚3,000尾を放流し、迷入はなかった。
- ・ 取水無しの場合で、稚サケ試験魚の迷入状況は、試験魚14,200尾を放流し、迷入はなかった。



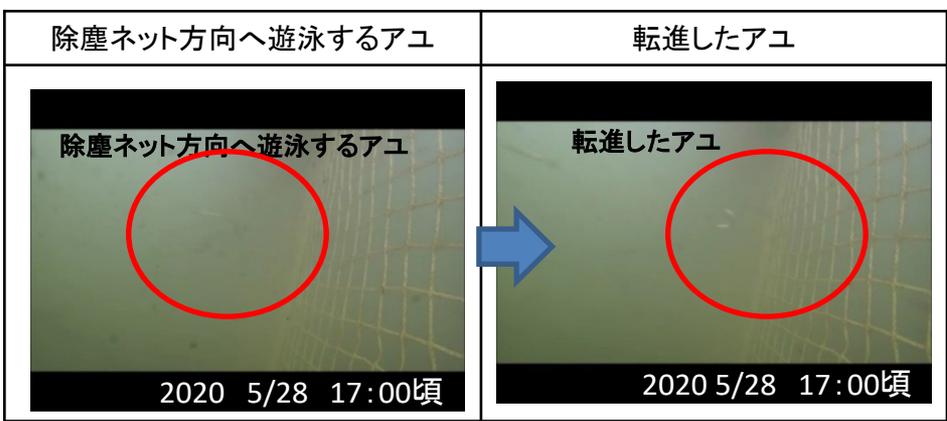
対策	試験条件	試験時期	試験魚放流尾数	迷入魚 (張付魚+通過魚)	滞留魚	スクリーン 目合い
スクリーン	取水有り	稚アユ遡上時期 ・令和2年5月×1回	稚アユ6,000尾	4尾(アユ4)	0尾	15mm
		稚アユ遡上時期 ・令和2年5月×1回	稚アユ6,000尾	3尾(アユ3)	0尾	10mm
		稚アユ遡上時期 ・令和2年6月×1回	稚アユ1,950尾	0尾	0尾	5mm
		稚アユ遡上時期 ・令和2年6月×1回	稚アユ1,500尾	0尾	0尾	15mm
	取水無し	稚アユ遡上時期 ・令和2年6月×1回	稚アユ3,000尾	0尾	0尾	15mm
		稚サケ降下時期 ・令和4年2月×1回	稚サケ6,500尾	0尾	0尾	15mm
		稚サケ降下時期 ・令和4年2月×1回	稚サケ7,700尾	0尾	0尾	10mm

- 稚アユ・稚サケはスクリーンと吹き流しに対して忌避行動を示した。
- 取水有りの条件で、天然魚の迷入状況は、10尾(アユ9、サケ1)であった。
- 取水無しの場合で、稚アユ試験魚の迷入状況は、試験魚26, 400尾を放流し、迷入はなかった。
- 取水無しの場合で、稚サケ試験魚の迷入状況は、試験魚11, 700尾を放流し、1尾であった。



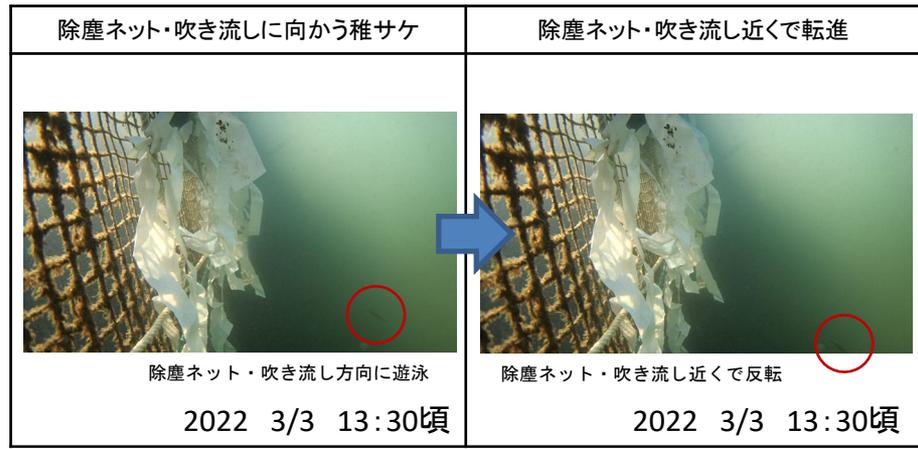
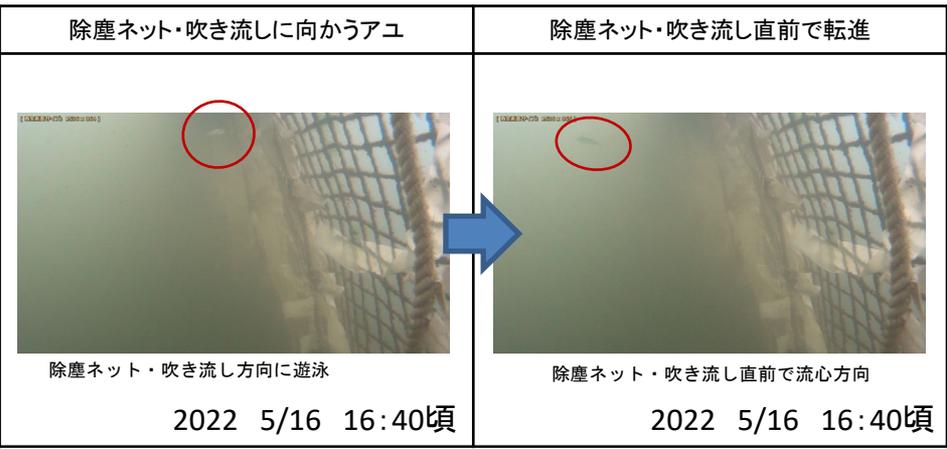
対策	試験条件	試験時期	試験魚放流尾数	迷入魚 (張付魚+通過魚)	滞留魚	スクリーン 目合い
スクリーン 吹き流し	取水有り	稚アユ遡上時期 ・令和3年4月×1回	試験魚放流無し	10尾(アユ9,サケ1)	0尾	10mm
		稚サケ降下時期 ・令和2年3月×2回		0尾	0尾	15mm
	取水無し	稚アユ遡上時期 ・令和2年5月×1回 ・令和2年6月×1回 ・令和3年4月×1回	稚アユ11,700尾	0尾	0尾	15mm
		稚アユ遡上時期 ・令和3年4月×1回	稚アユ14,700尾	0尾	1尾(アユ1)	10mm
		稚サケ降下時期 ・令和3年3月×1回	稚サケ11,700尾	1尾(サケ1)	12尾(サケ12)	15mm

- 稚アユ・稚サケはスクリーンと除塵ネットに対して忌避行動を示した。
- 取水有りの条件で、稚アユ試験魚の迷入状況は、試験魚48,000尾を放流し、4尾が迷入した。
- 取水無しの場合で、稚アユ試験魚の迷入状況は、試験魚6,000尾を放流し、迷入はなかった。
- 取水無しの場合で、稚サケ試験魚の迷入状況は、試験魚23,900尾を放流し、2尾が迷入した。



対策	試験条件	試験時期	試験魚放流尾数	迷入魚 (張付魚+通過魚)	滞留魚	スクリーン 目合い
スクリーン 除塵ネット	取水有り	稚アユ遡上時期 ・令和2年5月×1回 ・令和2年6月×1回 ・令和3年5月×1回 ・令和4年5月×2回	稚アユ45,000尾	3尾(アユ3)	0尾	15mm
		稚アユ遡上時期 ・令和3年5月×1回	稚アユ3,000尾	1尾(アユ1)	0尾	10mm
	取水無し	稚アユ遡上時期 ・令和2年6月×1回	稚アユ6,000尾	0尾	0尾	15mm
		稚サケ降下時期 ・令和3年2月×1回	稚サケ12,200尾	0尾	1尾(サケ1)	15mm
		稚サケ降下時期 ・令和3年3月×1回	稚サケ11,700尾	2尾(サケ2)	0尾	10mm

- 稚アユ・稚サケはスクリーンと除塵ネット・吹き流しに対して忌避行動を示した。
- 取水有りの条件で、天然魚の迷入状況は、2尾であった。
- 取水有りの条件で、稚アユ試験魚の迷入状況は、試験魚15,000尾を放流し、9尾が迷入した。
- 取水無しの場合で、稚アユ試験魚の迷入状況は、試験魚3,000尾を放流し、迷入はなかった。
- 取水無しの場合で、稚サケ試験魚の迷入状況は、試験魚7,300尾を放流し、迷入はなかった。



対策	試験条件	試験時期	試験魚放流尾数	迷入魚 (張付魚+通過魚)	滞留魚	スクリーン 目合い
スクリーン 除塵ネット 吹き流し	取水有り	稚アユ遡上時期 ・令和4年5月×1回	稚アユ15,000尾	9尾(アユ9)	0尾	10mm
		稚サケ降下時期 ・令和4年3月×1回	無し	2尾(アユ2)	0尾	15mm
	取水無し	稚アユ遡上時期 ・令和4年4月×1回	稚アユ3,000尾	0尾	0尾	15mm
		稚サケ降下時期 ・令和4年3月×1回	稚サケ7,300尾	0尾	0尾	15mm
		稚サケ降下時期 ・令和4年3月×1回	無し	0尾	0尾	10mm

・スクリーン目合いやスクリーン前面の対策に関わらず迷入魚は0～10尾と少なく、迷入防止効果は同程度である。

※取水有りの条件での試験結果よりまとめて示す。

### スクリーン目合いごとのまとめ(試験放流魚と迷入魚数)

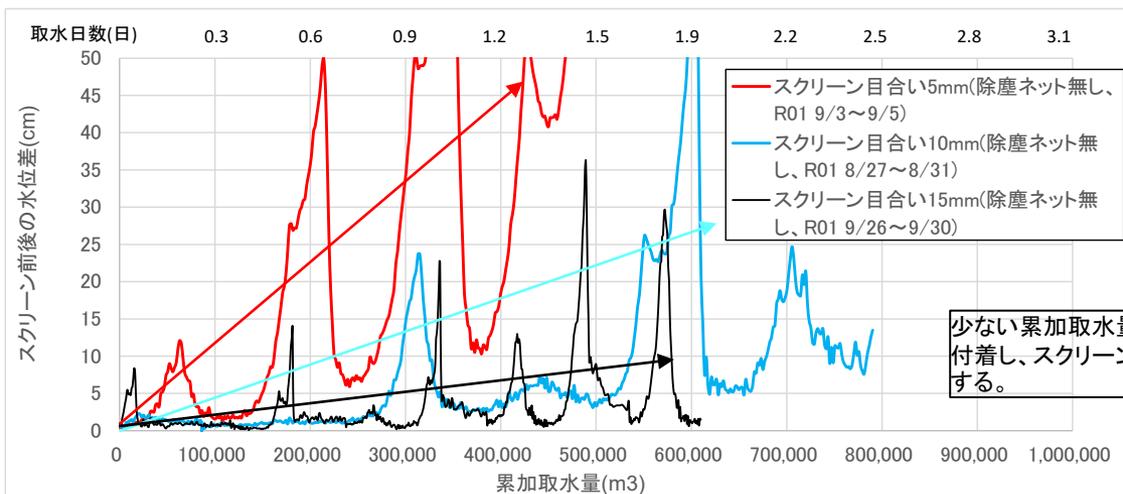
スクリーン目合い	前面对策	試験魚放流尾数	迷入魚(張付魚+通過魚)
15mm	無し	稚アユ7,500尾	4尾(アユ4)
	吹き流し	試験魚放流無し	0尾
	除塵ネット	稚アユ45,000尾	3尾(アユ3)
	除塵ネット・吹き流し	試験魚放流無し	2尾(アユ2)
10mm	無し	稚アユ6,000尾	3尾(アユ3)
	吹き流し	試験魚放流無し	10尾(アユ9,サケ1)
	除塵ネット	稚アユ3,000尾	1尾(アユ1)
	除塵ネット・吹き流し	稚アユ15,000尾	9尾(アユ9)
5mm	無し	稚アユ1,950尾	0尾

### スクリーン前面の対策ごとのまとめ(試験放流魚と迷入魚数)

前面对策	スクリーン目合い	試験魚放流尾数	迷入魚(張付魚+通過魚)
吹き流し	15mm	試験魚放流無し	0尾
	10mm	試験魚放流無し	10尾(アユ9,サケ1)
除塵ネット	15mm	稚アユ45,000尾	3尾(アユ3)
	10mm	稚アユ3,000尾	1尾(アユ1)
除塵ネット 吹き流し	15mm	試験魚放流無し	2尾(アユ2)
	10mm	稚アユ15,000尾	9尾(アユ9)

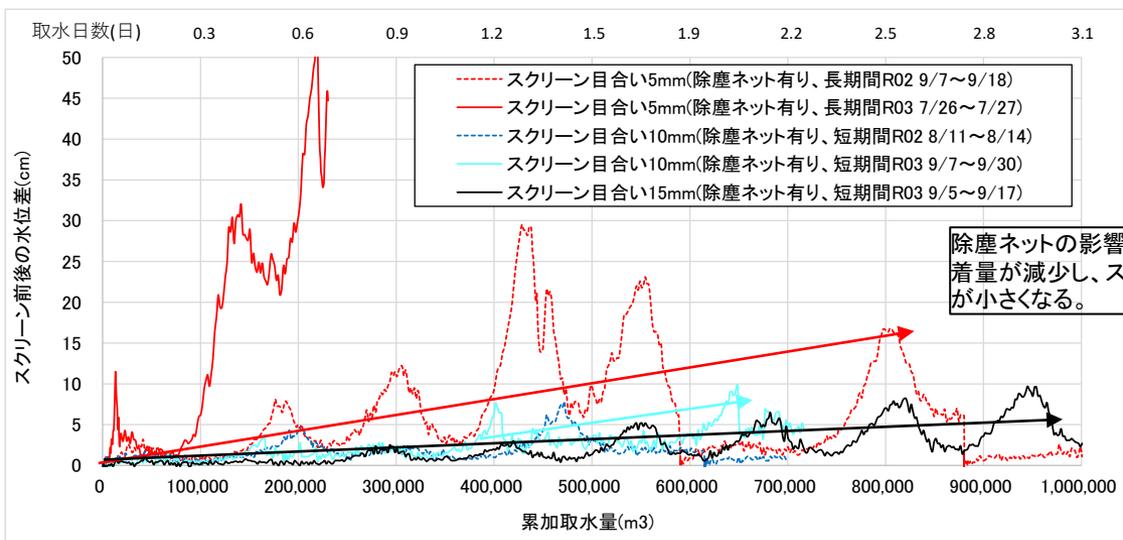
- 除塵ネットを設置すると、ゴミの付着量が減少しスクリーン前後に発生する水位差が小さくなる。
- 除塵ネットを設置した上で、スクリーン目合いを15mmにすると、ゴミの付着量が減少しスクリーン前後に発生する水位差が小さくなる。
- スクリーン目合いはゴミの付着量の少ない15mmが優位である。

## 除塵ネット無し



少ない累加取水量でスクリーンにゴミが付着し、スクリーン前後の水位差が上昇する。

## 除塵ネット有り



除塵ネットの影響でスクリーンへのゴミ付着量が減少し、スクリーン前後の水位差が小さくなる。

※主に累加取水量が450千m<sup>3</sup>以上のデータを抽出した

※(参考) 15m<sup>3</sup>/s取水時の2門あたりの24時間取水量は162,000m<sup>3</sup>

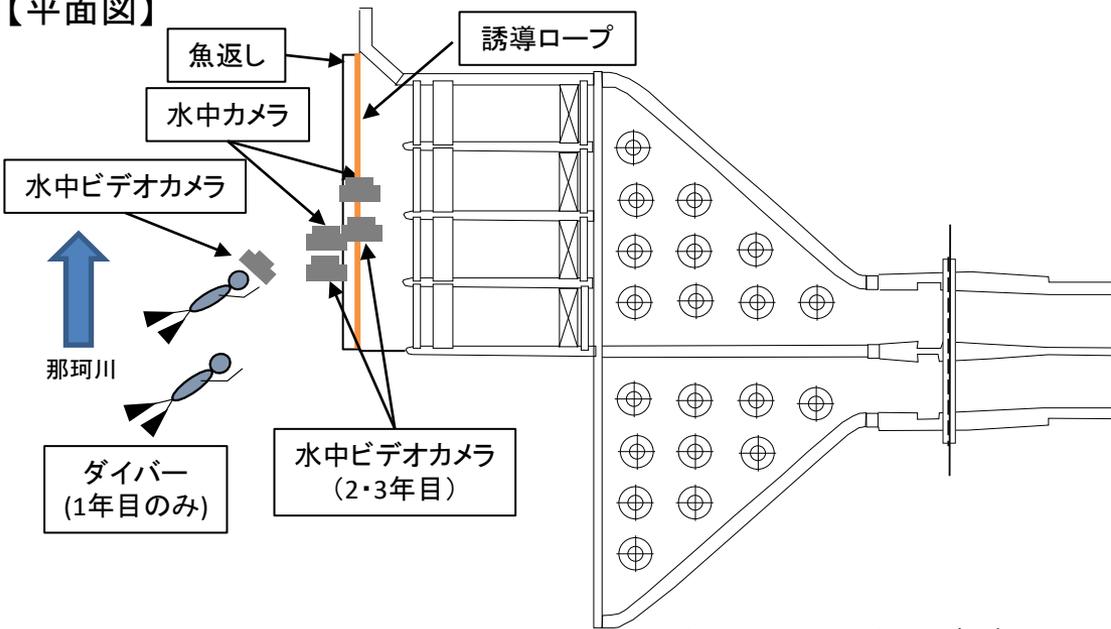
## 8. モクズガニ・底生魚： 魚返し・誘導ロープの効果

① 目的	魚返し・誘導ロープによるモクスガニ・底生魚の迷入防止効果を把握するため、魚類迷入試験施設における忌避行動を調査した。
② 調査時期	魚返し・誘導ロープ等による迷入防止効果の調査は、通年で毎月1回を目安に実施した。(全36回)
③ 計測項目・計測方法	魚返し・誘導ロープに対する魚介類の行動を水中カメラ及び水中ビデオカメラにより撮影した。

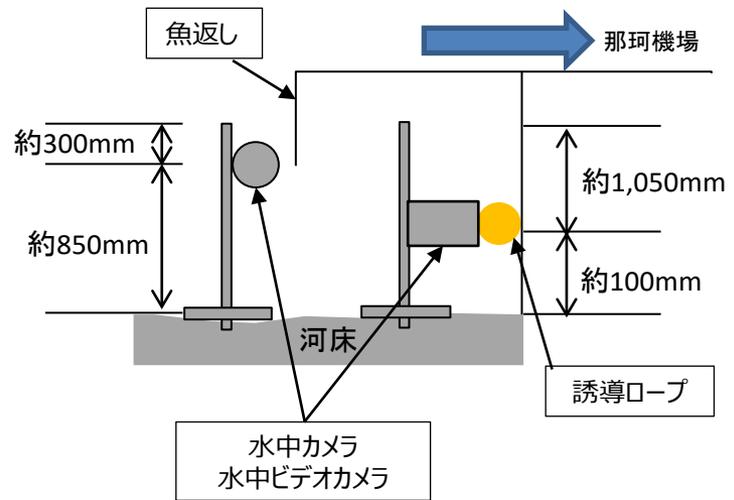
計測内容	計測機器×台数	場所	観測期間
底生魚の忌避行動・誘導状況	・水中カメラ2台 (2門×1箇所)(静止画)	・取水口前面2箇所	・24時間観測。10分ピッチで撮影(夜間ストロボ使用)することを基本とする。
	・水中ビデオカメラ1台 (動画)	・取水口前面	・日中、ダイバーにより水中ビデオカメラで動画を撮影(1年目)。 ・日中、水中ビデオカメラを固定して動画を撮影(2・3年目)、試験中、時間を変えて、2か所で動画を撮影

※ 夜間の固定式水中カメラの撮影は、魚の集光性による影響を極力回避するため、ストロボ撮影を行う。  
 ※ ダイバーの撮影位置は、魚介類の行動への影響及び、魚返し・誘導ロープに対する魚介類の行動の視認性(河川水の透明度に依存)を踏まえて、適宜設定する。  
 ※ 水温と濁度は毎正時、那珂川本川の取水口近傍の表層(2点)で計測。

【平面図】



【断面図】



水中カメラ、水中ビデオカメラ設置位置図

- ・対象魚(モクズガニ)が誘導ロープを移動する状況が確認できた。
- ・カジカ、マハゼは試験期間を通して確認されていない。
- ・魚返しにより魚が戻っていく状況が確認できた。

#### 誘導ロープの試験結果概要

	試験結果概要	備考
1年目	・対象魚(モクズガニ)が誘導ロープを移動する状況は確認されなかった。	
2年目	・対象魚(モクズガニ)が誘導ロープを移動する状況が確認できた。	2021年1月21日4:50～5:10
3年目	・対象魚(モクズガニ)が誘導ロープを移動する状況が確認できた。	2021年11月4日17:00 2022年2月24日12:30、17:10

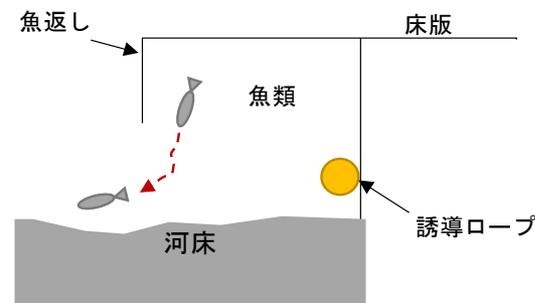
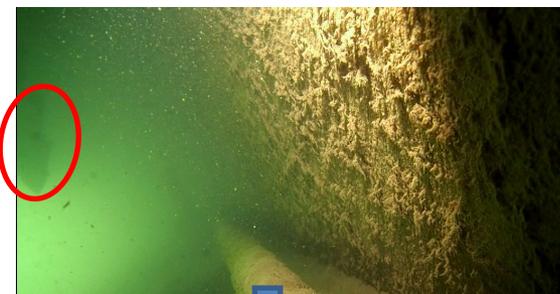
#### 魚返しの試験結果概要

	試験結果概要	備考
1年目	・魚返し周辺に魚類(コクチバス、マルタ等)が撮影される。	
	・魚返し対策の対象魚となる底生魚は撮影されていない。	
2年目	・魚返し対策の対象魚となる底生魚は撮影されていない。	
3年目	・魚返しにより、魚返しから河床に向けて遊泳する状況が確認される。 ・魚種は不明	2021年9月7日11:40頃

•対象魚(モクズガニ)が誘導ロープを移動する状況が確認できた。



•魚返しにより魚が戻っていく状況が確認できた。



•3年間(稚アユ・稚サケ)の試験(計30回)を通じて、8回の試験でモクズガニ合計24匹、ニホンウナギ合計2尾が迷入している。

ケース	スクリーン 目合い	試験 日時	取水 状況	採捕時間			結果概要	備考
				滞留魚	通過魚	張付魚		
—	5mm	2020 3/25 ~ 3/26 14:00	最大 3m <sup>3</sup> /s	—	—	—	•ニホンウナギ:滞0、通0、張1	予備試験
吹-2-1	15mm	2021 3/18 10:00 ~ 3/19 14:00	取水 なし	12:00,14:30, 15:00,15:30,16:00,18: 00,21:00,0:00,3:00,6: 00,9:00,12:00, 14:00	12:00,15:00,18:00,2 1:00,0:00,3:00,6:00, 9:00,12:00,14:00	14:00 (試験終了時)	•モクズガニ:滞0、通2、張0	
除-2-2	10mm	2021 3/8 10:00 ~ 3/9 14:00	取水 なし	12:00,14:30, 15:00,15:30,16:00,18: 00,21:00,0:00,3:00,6: 00, 9:00,12:00, 14:00	12:00,15:00, 18:00,21:00, 0:00,3:00, 6:00,9:00, 12:00,14:00	14:00 (試験終了時)	•モクズガニ:滞0、通4、張0	
除-2-3	15mm	2021 5/20 10:00 ~ 5/21 12:00	最大 3m <sup>3</sup> /s	12:00,12:30,13:00,13: 30,14:00,15:00,18:00, 21:00,0:00,3:00,6:00, 9:00,12:00	12:00,15:00, 18:00,21:00, 0:00,3:00, 6:00,9:00, 12:00	12:00 (試験終了時)	•ニホンウナギ:滞0、通0、張1 •モクズガニ:滞0、通2、張0	
メ-3-2	10mm	2022 2/24 10:00 ~ 2/25 12:00	取水 なし	12:00,13:30,14:00,15: 00,18:00,21:00,0:00,3: :00,6:00, 9:00,12:00	12:00,15:00, 18:00,21:00, 0:00,3:00, 6:00,9:00	12:00 (試験終了時)	•モクズガニ:滞0、通:12、張0	
除-3-1	15mm	2022 5/23 13:00 ~ 5/24 12:00	最大 3m <sup>3</sup> /s	15:00,18:00,21:00,0:0 0,3:00,6:00,7:00,7:30, 9:00,12:00	15:00,18:00,21:00,0 :00,3:00,6:00,9:00,1 2:00	12:00 (試験終了時)	•モクズガニ:滞0、通:1、張0	
除吹-3-2	10mm	2022 3/10 10:00 ~3/11 12:00	取水 なし	12:00,15:00,18:00,21: 00,0:00、 3:00,6:00,9:00,12:00	12:00,15:00,18:00,2 1:00,0:00,3:00,6:00, 9:00,12:00	12:00 (試験終了時)	•モクズガニ:滞0、通:2、張0	
除吹-3-4	15mm	2022 4/26 10:00 ~ 4/27 12:00	取水 なし	12:00,15:00,18:00,21: 00,0:00,3:00,6:00,9:0 0,11:30,12:00	12:00,15:00,18:00,2 1:00,0:00,3:00,6:00, 9:00,12:00	12:00 (試験終了時)	•モクズガニ:滞0、通:1、張0	
合計							•モクズガニ:滞0、通24、張0 •ニホンウナギ:滞0、通0、張2	

## 9. 魚類迷入(吸い込み)防止対策(案)

- 対象魚種の魚類迷入（吸い込み）防止対策（案）を以下のとおりとする。



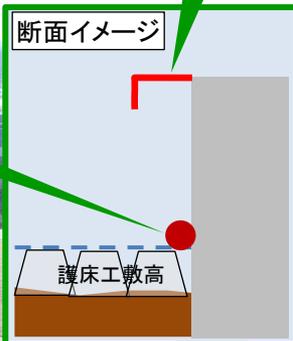
魚返し  
【底生魚】

スクリーン（目合い15mm）  
【稚アユ、稚サケ】



誘導ロープ  
【モクズガニ】

誘導ロープ



未施工（イメージ）

吹き流し、除塵ネット  
【稚アユ・稚サケ】

夜間の取水停止  
期間：10月1日～11月30日  
時間：18～8時  
【仔アユ】



• 対象魚種の対策概要とその効果を以下に示す。

対象魚種	仔アユ	稚アユ・稚サケ	モクズガニ	底生魚
対策概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>•夜間取水停止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•スクリーン</li> <li>•吹き流し、除塵ネット</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•誘導ロープ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•魚返し</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>•対象魚の主な降下期間の夜間は取水をしないことで迷入量を低減する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•取水口にスクリーン設置、取水口前面に吹き流しと除塵ネットを設置することで、迷入量を低減する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•取水口前面の河床付近に誘導ロープを設置し、モクズガニを上下流に誘導することで、迷入量を低減する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•取水口前面に魚返しを設置して、底生魚を河床方向へ押し返すことで、迷入量を低減する。</li> </ul>
対策効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>•10月1日から11月30日の2ヶ月間の、夜間(18:00～8:00)に取水停止すると、取水口に迷入する仔アユ尾数は総降下尾数の0.8%程度と推定される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•スクリーン、吹き流し、除塵ネットに対して忌避行動を示す。</li> <li>•対策を行った条件で、稚アユ・稚サケの迷入はほとんど無い。(取水有り条件下の試験15回において、稚アユが合計31尾、稚サケが合計1尾迷入)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•対象魚(モクズガニ)が誘導ロープを移動する状況を確認した。</li> <li>•対策を行った条件で、モクズガニの迷入はほとんど無い。(稚アユ・稚サケの取水有り条件下の試験3回を通じて、モクズガニが合計3匹迷入)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•魚返しにより魚が戻っていく状況を確認した。</li> <li>•対策を行った条件で、底生魚の迷入はほとんど無い。(稚アユ・稚サケの取水有り条件下の試験3回を通じて、ニホンウナギが合計2尾迷入)</li> </ul>