

来島ダムからの常時毎秒 2 m³放流に伴う下流河川の環境変化の 状況について

【ダイジェスト版】

神戸川の河川環境等に関する協議会

中国電力株式会社
2021年12月23日

報告事項

- 来島ダムからの常時毎秒 2 m³放流（2013年6月13日から試験的増放流として常時毎秒 2 m³，2017年3月10日以降は確認書に基づく環境放流として常時毎秒 2 m³）による，来島ダム下流河川の環境変化の状況について報告する。
- 調査内容については，神戸川の河川環境に関する専門委員会の提言を反映した取組を継続実施している。

1. 常時毎秒 2 m³放流の検証 P3

(1) 河川調査 P4

(2) 流量データ確認 P9

(3) 生物調査 P16

2. 常時毎秒 2 m³放流の検証 (まとめ) P26

1. 常時毎秒 2 m³放流の検証（来島ダムからの常時毎秒 2 m³の実施状況）

- 2013年6月4日から魚道流量を増加。
- 2013年6月13日から来島ダムからの試験放流（毎秒 2 m³）を開始し、窪田発電所および乙立発電所の各堰から増放流相当分の放流を開始。
- 2017年3月10日以降は確認書に基づく環境放流として常時毎秒 2 m³の放流を継続中。

来島ダム



2013.6.12以前
窪田堰（魚道）
放流量 毎秒0.078m³以上



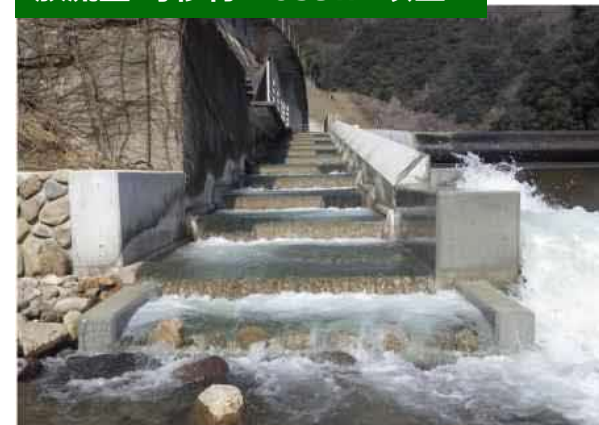
2013.6.13以降
窪田堰（魚道+切欠き部）
放流量 毎秒約2.078m³以上



2013.6.12以前
八幡原堰（魚道）
放流量 毎秒0.059m³以上



2013.6.13以降
八幡原堰（魚道）
放流量 毎秒約2.059m³以上

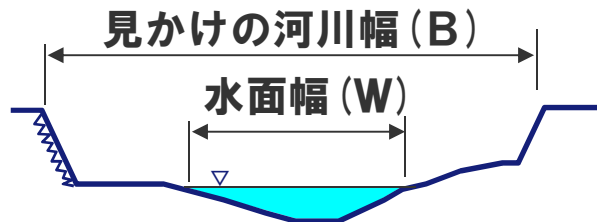


(1) 河川調査

目 的	写真撮影と現地調査により，河川の水量感の変化を確認
調査内容	a. 写真撮影 水面幅（W）と見かけの河川幅（B）の割合（W/B）により水量感を確認 b. 現地調査 減水区間の水面幅と水深を実測
調査地点	a. 写真撮影 来島ダム直下から馬木堰までの10地点 b. 現地調査 窪田・乙立発電所の減水区間
調査日	2013年5月～2017年3月（1回/月），2017年5月～ 継続中（1回/3箇月）

水量感調査（W/B）の評価基準

W/Bの河川断面イメージ



国交省の「正常流量検討の手引き(案) (平成19年9月)」によると、W/Bが20%以上あれば水量感が豊かであるとの評価が得られている。

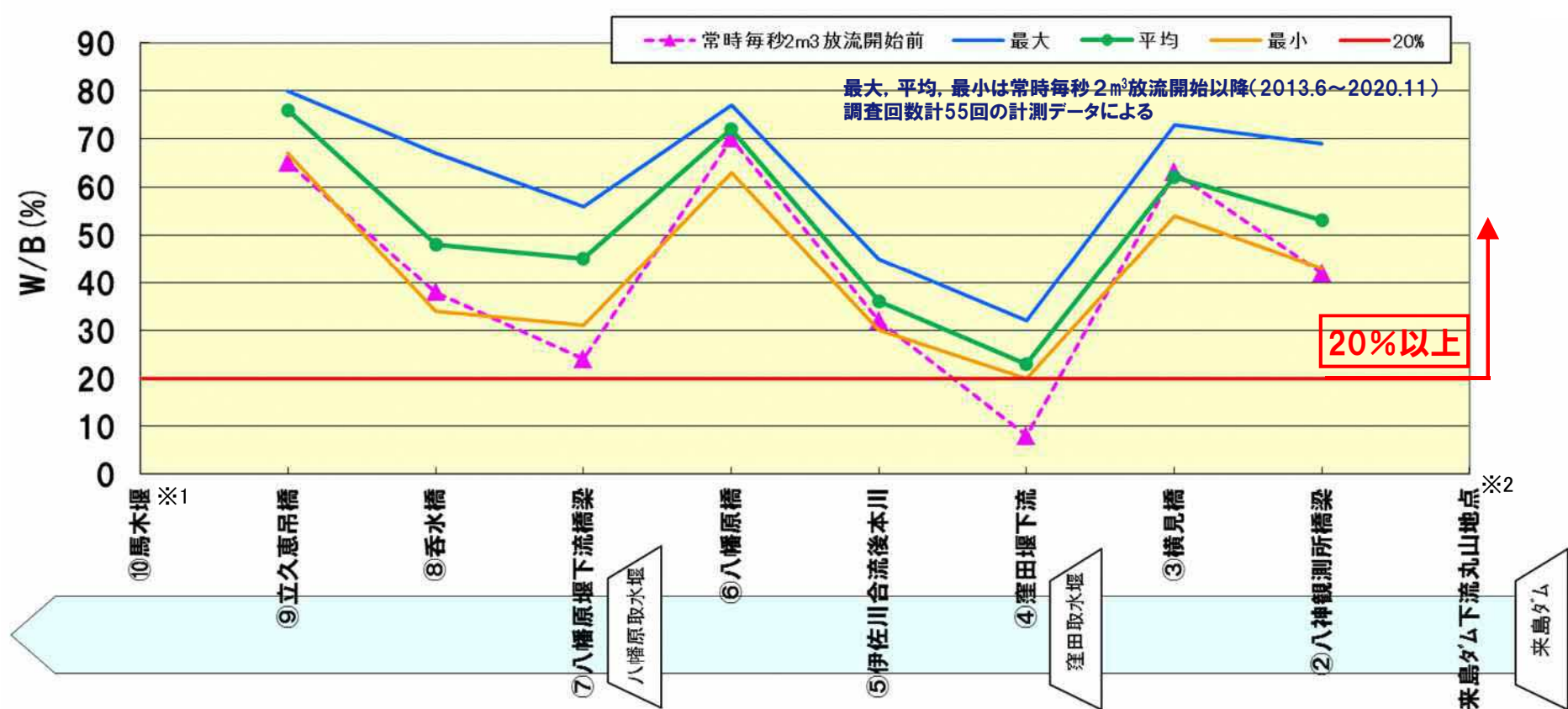
(1) 河川調査 a. 写真撮影〔水量感調査〕位置図

調査地点	
①	来島ダム下流丸山地点
②	八神観測所橋梁
③	横見橋
④	窪田堰下流アーチ橋
⑤	伊佐川合流後本川
⑥	八幡原橋
⑦	八幡原堰下流橋梁
⑧	香水橋
⑨	立久恵吊橋
⑩	馬木堰



(1) 河川調査 a. 写真撮影 各調査地点のW/B

- W/Bは、常時毎秒2m³放流開始前に比べて各地点において大きくなる傾向が認められ、特に窪田発電所および乙立発電所減水区間の増加が著しい。
- 常時毎秒2m³放流開始後のW/Bは、全ての箇所において水量感が豊富であるとされる20%以上に概ねなっている。



※1 馬木堰部であり、河川形状の特性からW/B評価はできない。

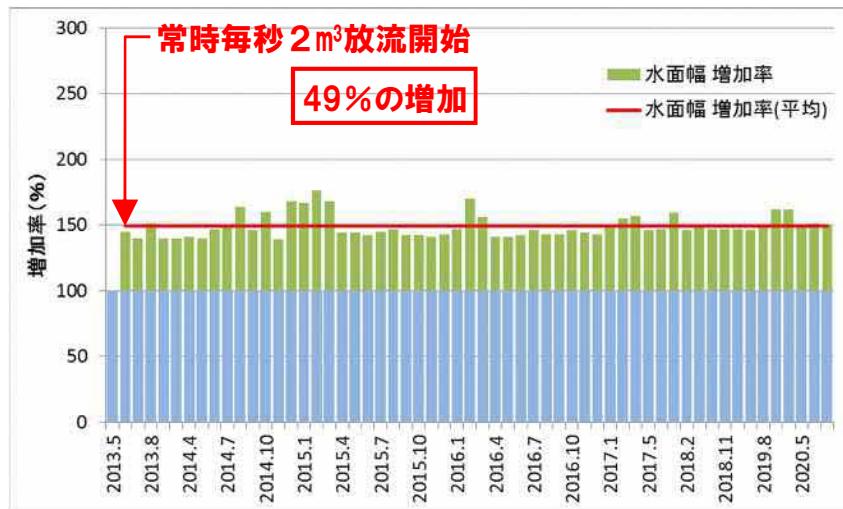
※2 来島ダム直下の支流合流部であり、河川形状の特性からW/B評価はできない。

(1) 河川調査 b. 現地調査 (窪田発電所 減水区間)

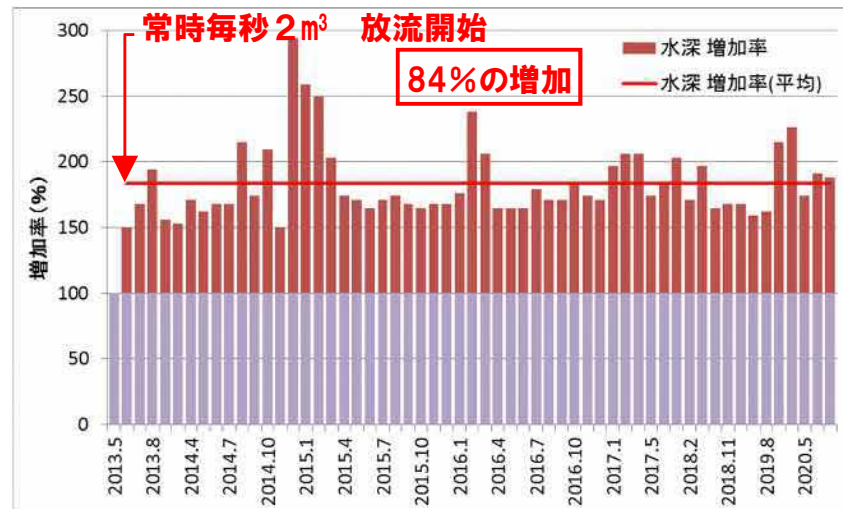
- 常時毎秒 2 m³放流後は露出していた転石のほとんどが水没し，平均水面幅および平均水深の増加率が常時毎秒 2 m³放流前に比べて水面幅49%，水深84%増加している。
- 水量感が改善され約 7 年経過後も継続している。



【水面幅 増加率※】



【水深 増加率※】



※ 増加率：常時 2 m³/s放流開始前を100%とした。

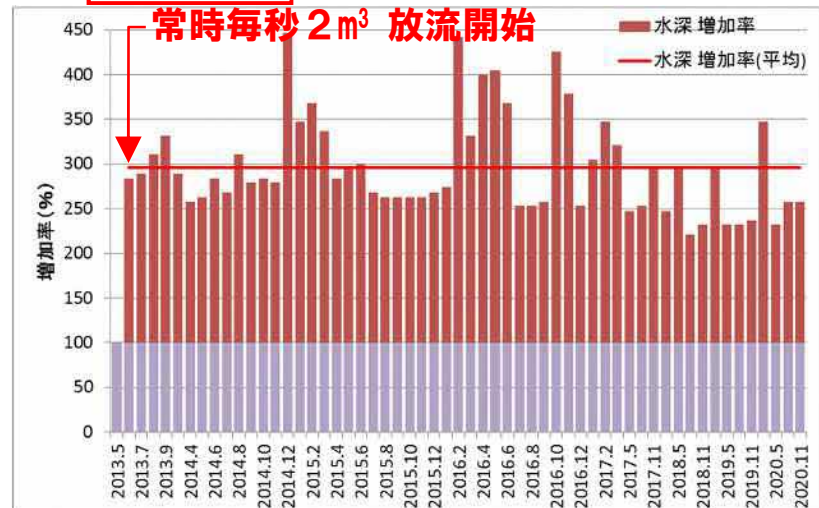
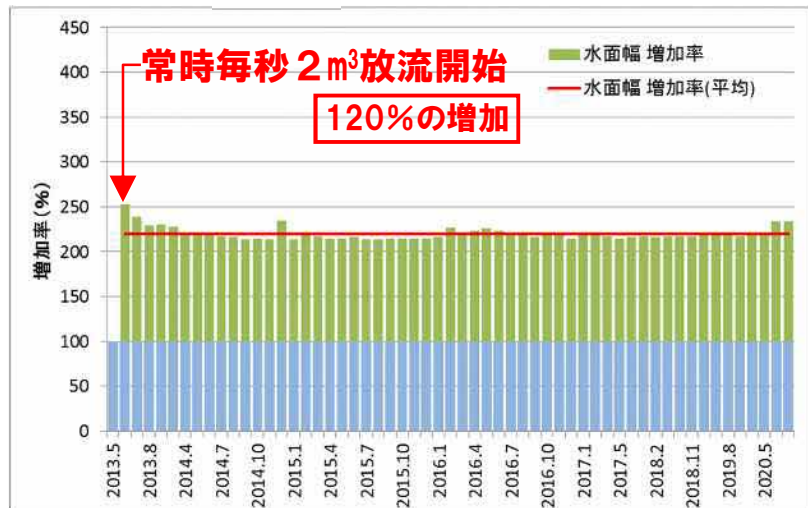
(1) 河川調査 b. 現地調査 (乙立発電所 減水区間)

- 常時毎秒 2 m³放流後は露出していた転石のほとんどが水没し、平均水面幅および平均水深の増加率が常時毎秒 2 m³放流前に比べて水面幅120%、水深196%増加している。
- 水量感が改善され約 7 年経過後も継続している。



【水面幅 増加率※】

196%の増加 【水深 増加率※】



※ 増加率：常時 2 m³/s放流開始前を100%とした。

(2) 流量データ確認

目 的	常時毎秒 2 m ³ 放流量の流下状況を確認
調査内容	堰の放流量, 観測所の流量のデータを確認
調査地点	窪田・乙立発電所の堰, 八神・菅田・馬木の観測所
調 査 日	2013年6月13日～ 継続中

(2) 流量データ確認 位置図

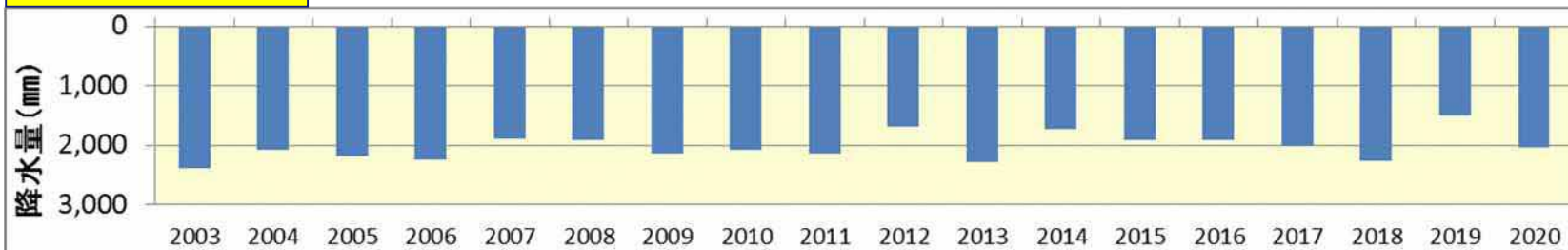
流量データ確認地点	
①	八神観測所
②	窪田堰
③	菅田測水所
④	八幡原堰
⑤	馬木観測所



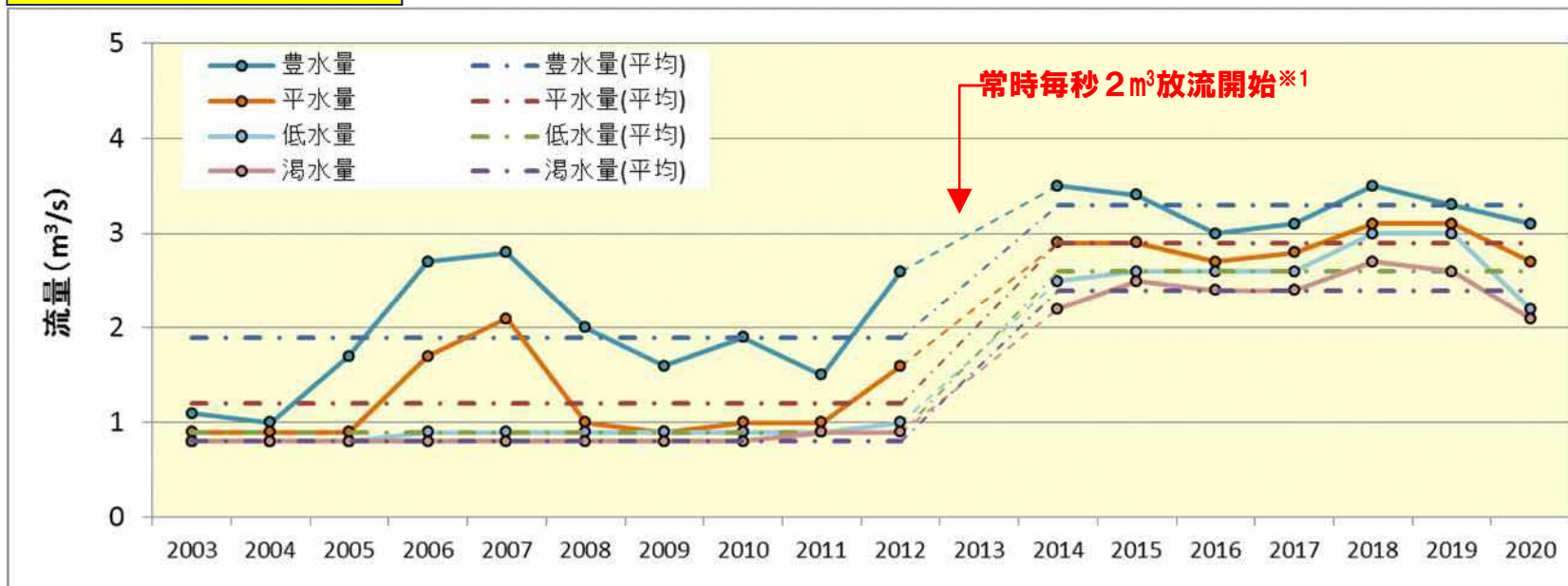
(2) 流量データ確認 (①八神水位観測所の河川流量)

○八神水位観測所地点では、常時毎秒2m³放流前の10年平均流況に比べて常時毎秒2m³放流後の流況は大幅に増加し、常時毎秒2m³の効果が維持されている。

来島ダム年間降水量



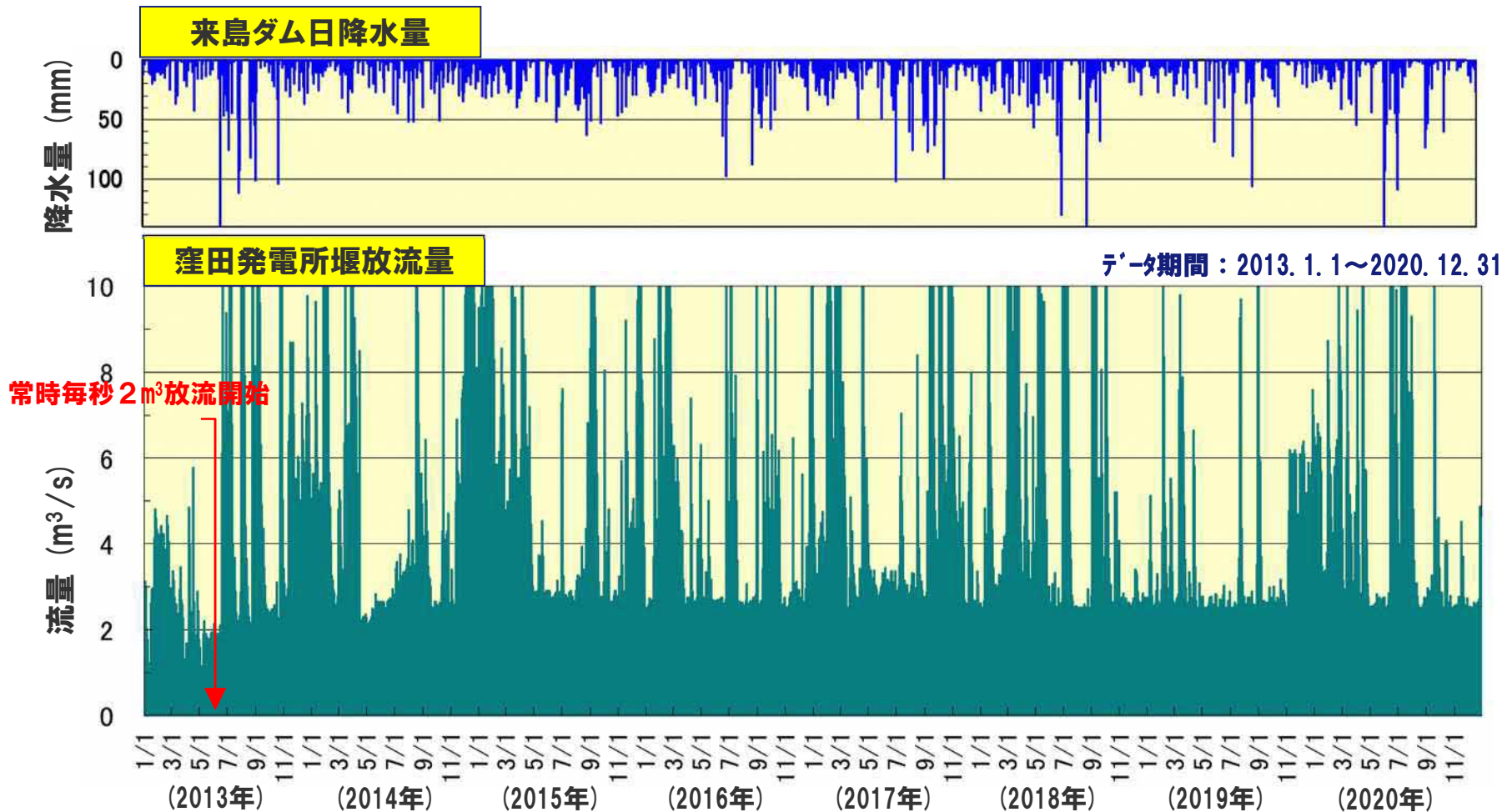
八神水位観測所河川流量



※1 2013年6月から増放流を開始しているため、2013年の流況は表示しない。

(2) 流量データ確認 (②窪田発電所窪田堰の放流量)

○窪田発電所窪田堰は,増放流前から堰越流の頻度が高く, 常時毎秒 2 m³放流後はさらに堰下流への放流量が増加し,河川流況が安定している。

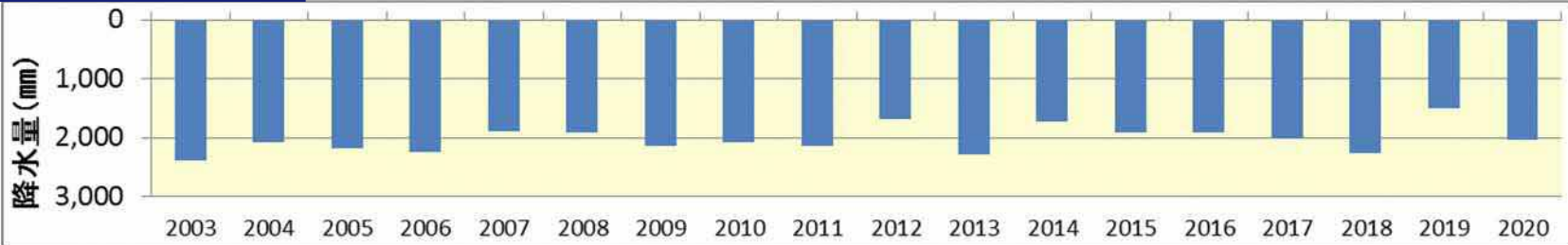


注 : 期間中, 断水作業等のため放流量が算定できない場合は, 菅田流量 - 残流域流量により放流量を計算。

(2) 流量データ確認 (③菅田測水所の河川流量)

○菅田測水所地点では、常時毎秒2m³放流前の10年平均流況に比べて常時毎秒2m³放流後の流量が増加し、常時毎秒2m³放流の効果が維持されている。

来島ダム年間降水量



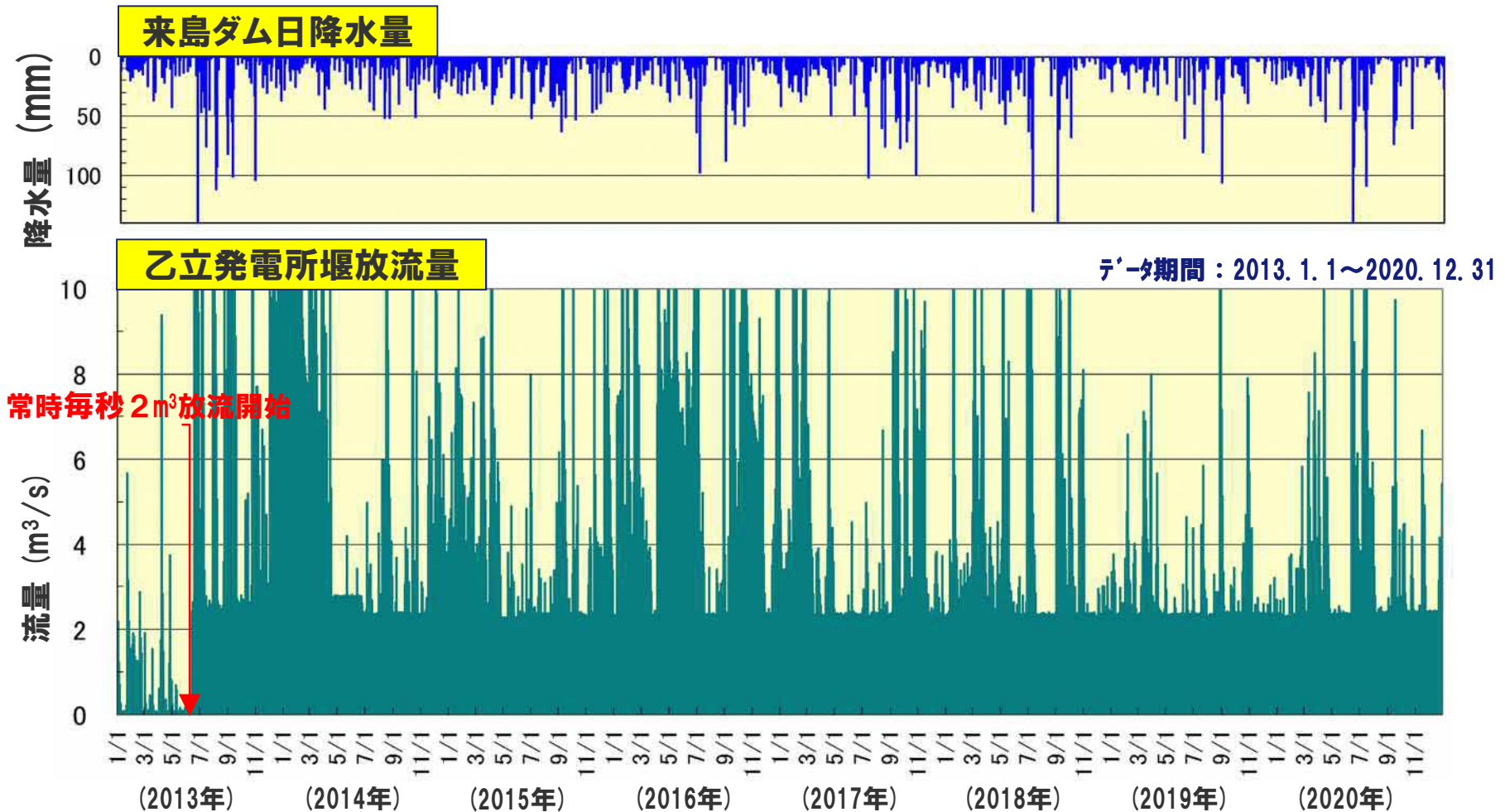
菅田測水所河川流量



※1 2013年6月から増放流を開始しているため、2013年の流況は表示しない。

(2) 流量データ確認 (④乙立発電所八幡原堰の放流量)

○乙立発電所八幡原堰では、増放流前の堰越流の頻度が低かったが、常時毎秒2m³放流後は、波多川合流地点までの減水区間の流況が大幅に改善され、河川流況が安定し続けている。

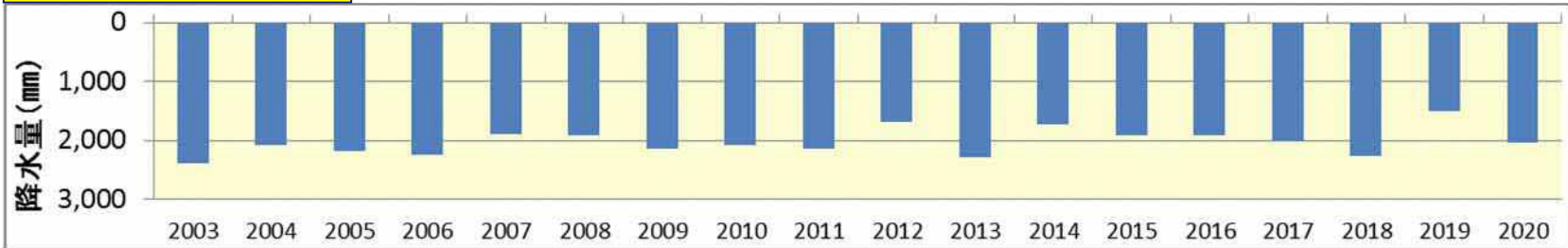


注：期間中、断水作業等のため放流量が算定できない場合は、菅田流量－残流域流量により放流量を計算。

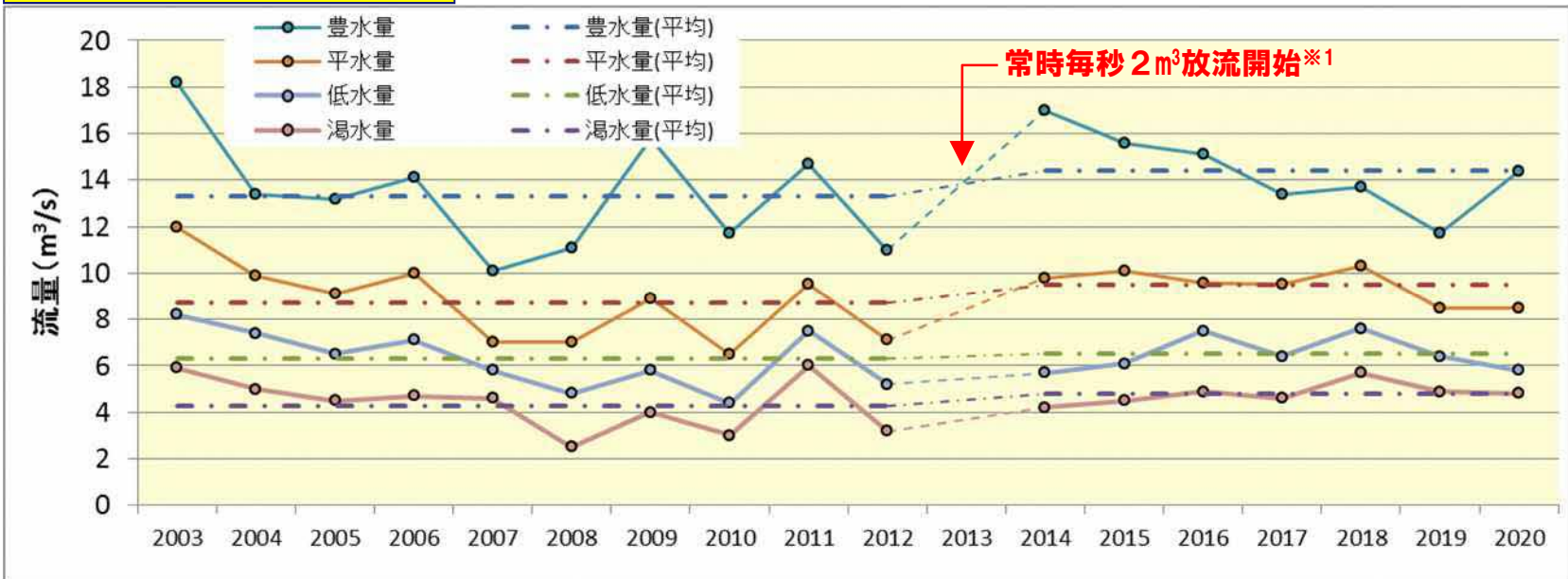
(2) 流量データ確認 (⑤馬木水位観測所の河川流量)

○馬木水位観測所地点では、残流域の影響が大きく流量の増加は表れにくいですが、常時毎秒2 m³放流により渇水時流量の安定化が図れたと考えられる。

来島ダム年間降水量



馬木水位観測所河川流量



※1 2013年6月から増放流を開始しているため、2013年の流況は表示しない。

(3) 生物調査

2013年度	目的	発電所減水区間の魚類の分布・生息状況の変化を確認
	調査内容※	a. 採捕調査 (神戸川漁協の調査協力により実施)
	調査地点	窪田発電所の減水区間(全域:約2.4km) 乙立発電所の減水区間(八幡原取水堰～波多川合流地点:約1.5km)
	調査日	2013年6月～ 継続中
2014年度	目的	堰上下流の生態系の変化を確認
	調査内容※	b. 潜水観察調査, c. 採餌調査, d. 底生動物調査, e. 付着藻類調査
	調査地点	窪田・乙立発電所の堰上下流
	調査日	2014年6月～ 継続中

※ 生物調査は、平成28年度版 河川水辺の国勢基本調査マニュアル(平成28年1月)等に準拠した調査方法により実施

(3) 生物調査 位置図

調査項目	調査地点	
a. 採捕調査	—	発電所減水区間 (乙立は波多川合流地点まで)
b. 潜水調査	★	窪田・八幡原堰上下流地点
c. 採餌調査		
d. 底生動物調査		
e. 付着藻類調査		

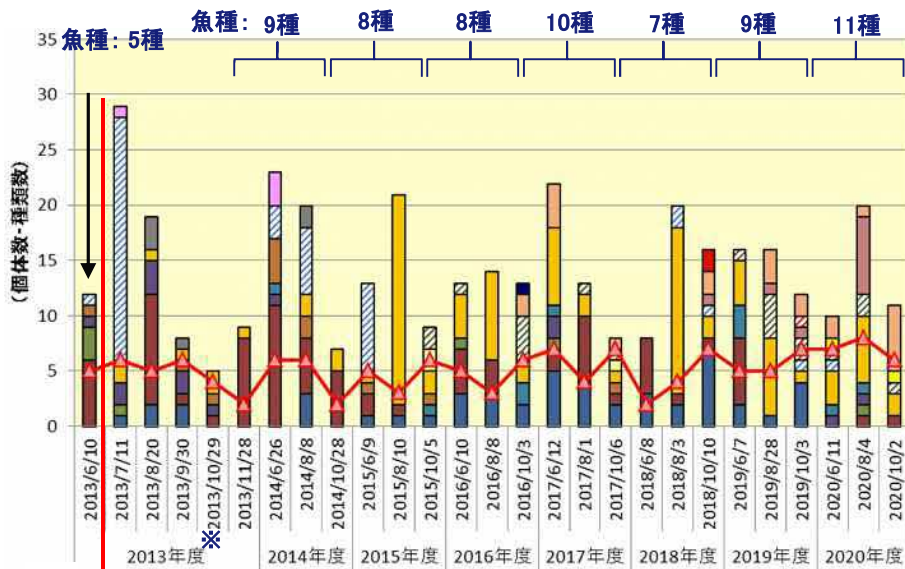


(3) 生物調査 a. 採捕調査：2013年～

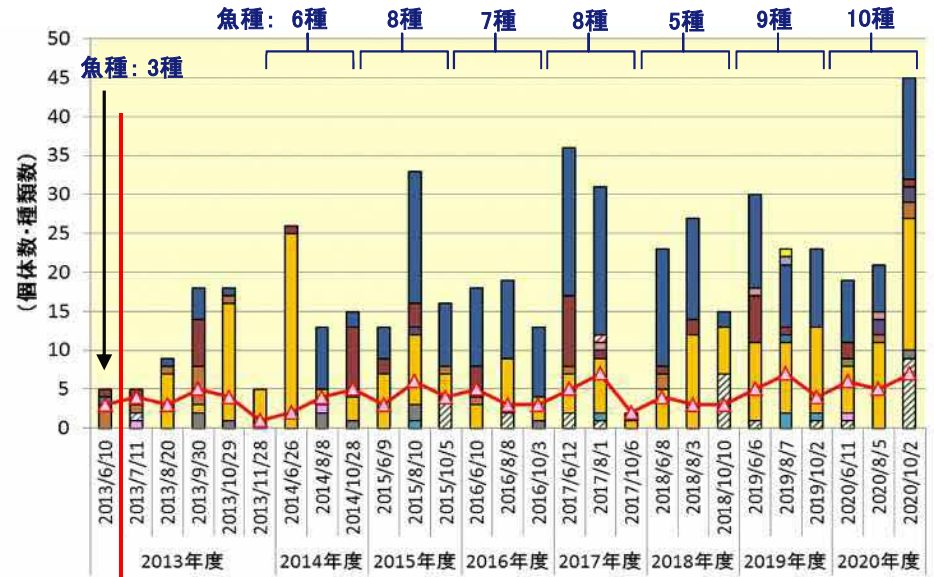
○窪田(発), 乙立(発)の減水区間で食物連鎖の上位に位置するカメが安定的に捕獲されている。
 また, 窪田(発)減水区間では, 2018年度以降, ギギが捕獲されている。

【窪田発電所減水区間】

【乙立発電所減水区間】



常時毎秒2m³放流開始後



常時毎秒2m³放流開始後

※：2013. 11. 28は河川水量が多く、一部の地点で実施

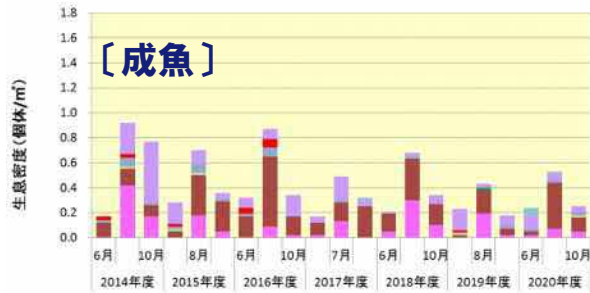
(4) 生物調査 b. 潜水観察調査 (窪田堰) : 2014年～

○常時毎秒 2 m³放流開始後の魚類の生息密度・種類数に大きな変化は見られない。
 ○良好な瀬の生態系の指標と考えられるカワヨシノボリは、堰上下流で確認されている。

【窪田堰上流】

(種類数 : 2014年 7種, 2015年 6種, 2016年 7種, 2017年 7種,
 2018年 4種, 2019年 7種, 2020年 6種)

カワヨシノボリ アユ ナマズ シマドジョウ
 フナ類 ニゴイ類 カマツカ ウグイ
 カワムツ オイカワ ムギツク



【窪田堰下流】

(種類数 : 2014年 10種, 2015年 10種, 2016年 10種, 2017年 8種,
 2018年 8種, 2019年 8種, 2020年 7種)

カワヨシノボリ アユ ナマズ シマドジョウ
 フナ類 ニゴイ類 カマツカ ウグイ
 カワムツ オイカワ ムギツク



- ・成魚: 成魚または外部形態が成魚と同じまで成長している個体。
- ・稚魚: 成魚と外部形態が異なり、今年に生まれたばかりと思われる個体。
- ・幼魚: 成魚と外部形態は同じであるが、明らかにサイズが小さい個体。未成魚。

(4) 生物調査 b. 潜水観察調査 (八幡原堰) : 2014年～

○2014年に比べ2015年は取水堰下流の成魚と幼魚の生息密度・種類数に増加傾向が認められたが、2016年以降の調査では大きな変化は見られない。
 ○良好な瀬の生態系の指標と考えられるカワヨシノボリは、堰上下流で確認されている。

【八幡原堰上流】

(種類数：2014年 13種, 2015年 11種, 2016年 9種, 2017年 11種, 2018年 6種, 2019年 7種, 2020年 8種)



【八幡原堰下流】

(種類数：2014年 10種, 2015年 12種, 2016年 8種, 2017年 9種, 2018年 11種, 2019年 10種, 2020年 10種)



・成魚: 成魚または外部形態が成魚と同じまで成長している個体。
 ・幼魚: 成魚と外部形態は同じであるが、明らかにサイズが小さい個体。未成魚。

・稚魚: 成魚と外部形態が異なり、今年に生まれたばかりと思われる個体。

(4) 生物調査 c. 採餌調査：2014年～（1/2）

○魚類の胃内容物調査の結果は、各魚種とも一般的な食性を示している。
ここでは、代表としてアユの調査結果を記載する。

主な内容物

－：捕獲されず

魚種	地点	調査年度	区分	窪田堰		八幡原堰		総評
				上流	下流	上流	下流	
アユ	2014年	藻類(藍藻)	－	・ホモエオスリックス	－	・ホモエオスリックス	藻類食という食性を反映し、藍藻と珪藻を主に採餌	
		藻類(珪藻)	－	－	－	・ツメケイソウ, フネケイソウ		
	2016年	藻類(藍藻)	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス		
		藻類(珪藻)	・ツメケイソウ	・ツメケイソウ	－	・ツメケイソウ		
	2017年	藻類(藍藻)	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス		
		藻類(珪藻)	・ツメケイソウ	・ツメケイソウ	・ツメケイソウ	・ツメケイソウ		
	2018年	藻類(藍藻)	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス	・ホモエオスリックス		
		藻類(珪藻)	・ツメケイソウ	・ツメケイソウ	・ツメケイソウ	・ツメケイソウ		
	2019年	藻類(藍藻)	－	・タビノスリックス ※	・タビノスリックス ※	・タビノスリックス ※		
		藻類(珪藻)	・ツメケイソウ	・メロシラ, ウルナニア	・ツメケイソウ	・メロシラ, ウルナニア		
	2020年	藻類(藍藻)	・タビノスリックス ※	・タビノスリックス ※	－	・タビノスリックス ※, フォルミジウム		
		藻類(珪藻)	・ツメケイソウ, クサビケイソウ	・ツメケイソウ	－	・ウルナリア, ツメケイソウ, クチビルケイソウ		

※タビノスリックスとは、ホモエオスリックスの新称である（2019年度から学名が変更）。

(4) 生物調査 c. 採餌調査：2014年～（2/2）

○空胃個体（胃中が空の個体）は、2014年は各取水堰で確認されたが、2015年は確認されず、2016年は1個体、2017年は4個体、2018年は1個体、2019年および2020年は確認されなかった。
○いずれの堰の下流でも経年的に空胃個体が見られないことから、増放流による堰下流の環境の変化が確認できる。

調査年	魚種	窪田(発)窪田堰										乙立(発)八幡原堰										備考
		上流					下流					上流					下流					
		10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	
2014	アユ カワヨシノボリ カワムツ	■					■	■				■					■					空胃個体なし
2015	アユ カワヨシノボリ カワムツ																					空胃個体なし 空胃個体なし 空胃個体なし
2016	アユ カワヨシノボリ カワムツ											■	■									空胃個体なし 空胃個体なし
2017	アユ カワヨシノボリ カワムツ											■	■	■	■		■					空胃個体なし
2018	アユ カワヨシノボリ カワムツ						■	■														空胃個体なし 空胃個体なし
2019	アユ カワヨシノボリ カワムツ																					空胃個体なし 空胃個体なし 空胃個体なし
2020	アユ カワヨシノボリ カワムツ																					空胃個体なし 空胃個体なし 空胃個体なし

空胃個体率（%：アユ、カワヨシノボリ、カワムツをそれぞれ5～10個体捕獲、消化管内に食物の残渣が入っていなかった個体の割合）

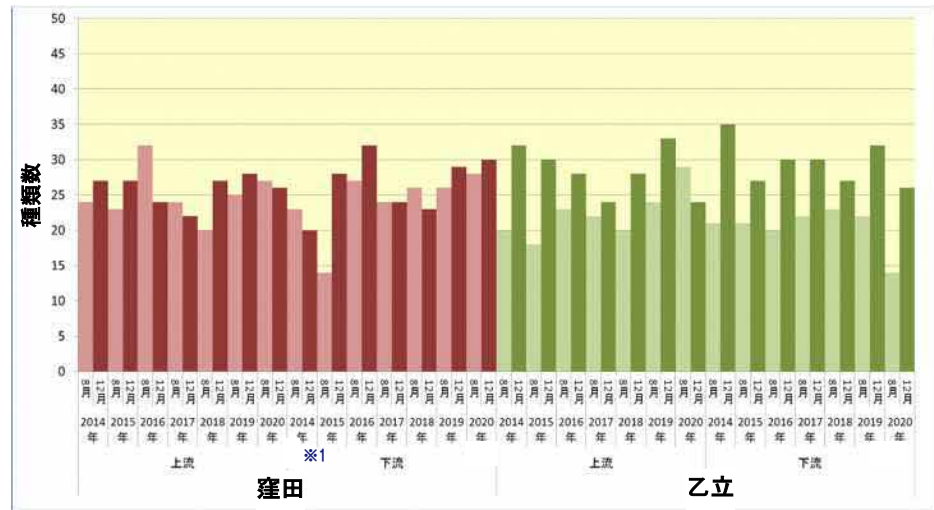
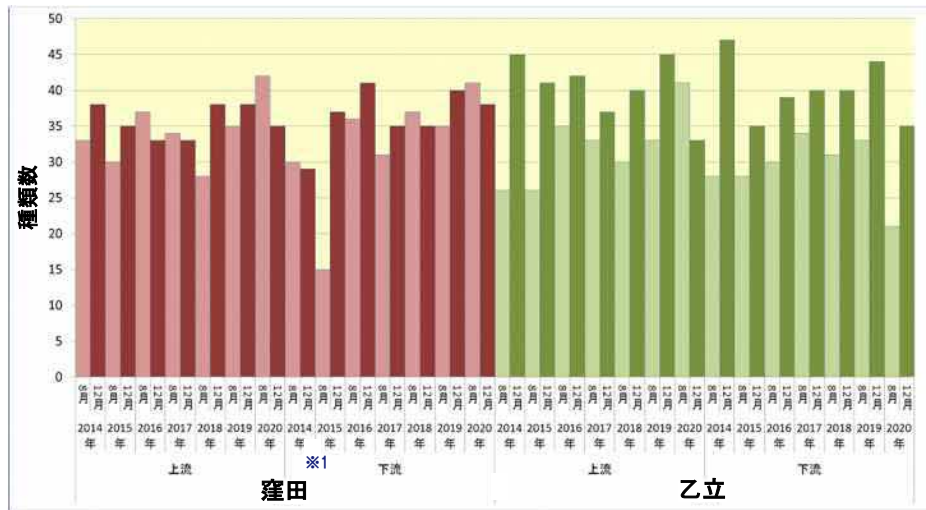
(5) 生物調査 d. 底生動物調査 (定量採取) : 2014年～

- 各堰上下流の底生動物の全種類数は、大きな差異はみられない。
また、底生動物の主要分類群であるトビケラ目・カゲロ目・カゲラ目の種類数についても、同様の傾向であった。
- 安定した早瀬の指標となる大型の造網型昆虫であるヒゲナガカワトビケラ科や大型カワゲラ類（カミムラカワゲラ等）が各堰で確認された。

定量採取結果（早瀬の中央付近で採取し、種の同定と現存量を確認）

【全種類数】

【トビケラ目・カゲロ目・カゲラ目の種類数】



※1 2014年は、12月調査時に河川流量が多かったため、1月に実施。

凡例

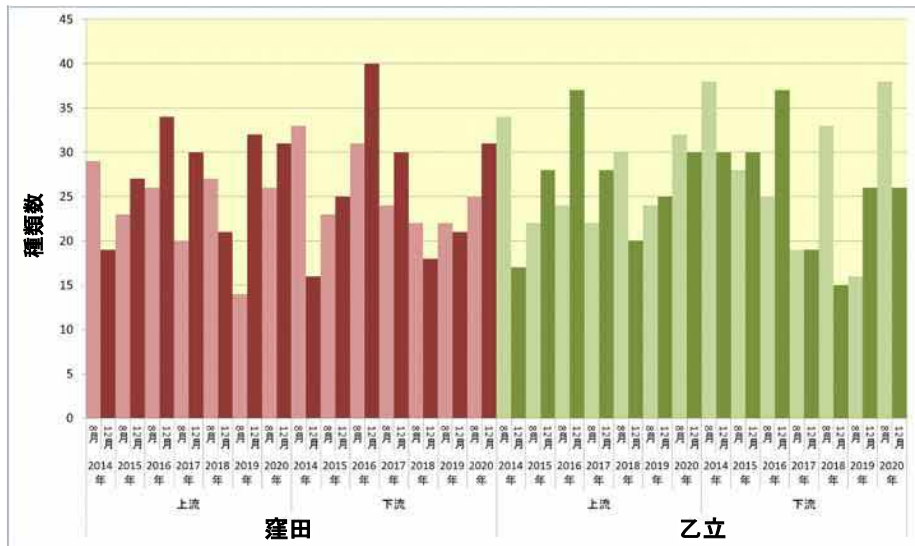
- 上期調査分 (窪田) ■ 下期調査分 (窪田)
- 上期調査分 (乙立) ■ 下期調査分 (乙立)

(5) 生物調査 d. 底生動物調査 (定性採取) : 2014年～

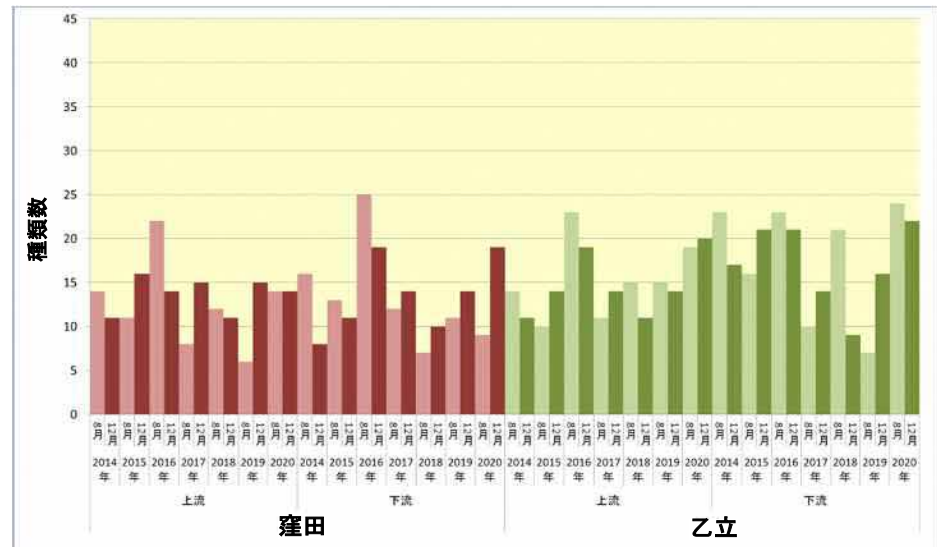
○各堰上下流の底生動物の全種類数は、大きな差異はみられない。
 また、底生動物の主要分類群であるトビケラ目・カゲロウ目・カワゲラ目に加え、
 流れが緩やかな所に多く食物連鎖の上位に位置するトンボ目も各堰で確認された。

定性採取結果（淵、沈水植物群落内等の環境別に採取し種を同定）

【全種類数】



【トビケラ目・カゲロウ目・カワゲラ目の種類数】



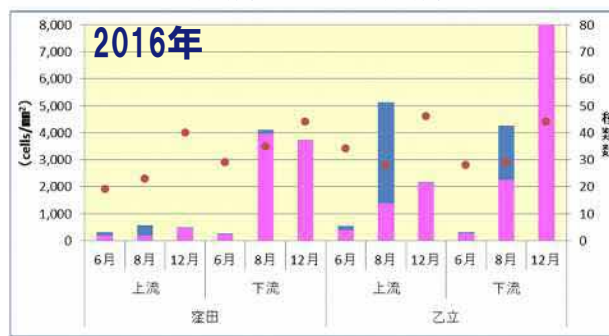
凡例
■ 前期調査分(窪田) ■ 下期調査分(窪田)
■ 前期調査分(乙立) ■ 下期調査分(乙立)

(6) 生物調査 e. 付着藻類調査：2014年～

○川底の石に付着している藻類(植物)はアユの餌料となる珪藻が主に確認されている。藍藻ではアユの生育に必要とされるタピノスリックスが確認された。
 ○アユの餌場となる目安として、強熱減量40%以上という知見※¹があり、経年的に強熱減量(石表面付着物の総有機物量)が減っている傾向があるが、付着藻類の分類群別の出現量を見ると、アユの餌場の指標である藍藻網は増加傾向にあった。

付着藻類数※²・種類数

■ 藍藻網 ■ 珪藻網 ■ 緑藻網 ■ 紅藻網 ● 種類数



強熱減量



※¹ アユの餌資源としての観点からみた河床付着物の評価：土木研究所
 ※² 藍藻網は、群体数，糸状体数を計数
 ※³ 12月調査時に河川流量が多かったため，1月に実施。

2. 常時毎秒 2 m³放流の検証（まとめ）

調査項目		確認した河川環境改善効果
河川調査 (写真撮影・現地調査)		水面幅・水深の増加により水量感の増加が見られる。 特に窪田(発), 乙立(発)の減水区間の水量感の増加が顕著である。
流量データ確認		常時毎秒 2 m ³ 放流後, 全ての地点で流況が改善された。
生物調査	採捕調査 ※	常時毎秒 2 m ³ 放流後, 窪田(発), 乙立(発)の減水区間で魚種・個体数が増加し, カメが安定して捕獲できるようになった。また, 窪田(発)では, 2018年度以降, ギギが捕獲できるようになり, 良い傾向が見られている。
	潜水調査 ※	健全な生態系の指標とされるカワヨシノボリがいずれの地点でも確認できた。
	採餌調査 ※	胃の中の空の個体がなく, 採餌環境が良好と考えられる。
	底生動物調査 ※	安定した早瀬の指標であるヒゲナガカワトビケラ科や大型カワゲラ類がいずれの地点でも確認できた。
	付着藻類調査	藻類は経年的に増加傾向であり, アユの餌料となる珪藻, アユの生育に必要とされるタピノスリックスが確認できた。
<p>※上記「採捕, 潜水, 採餌, 底生動物調査」の専門家（広島大学大学院生物圏科学研究科 海野教授）のご見解。 「経年的に良好な変化が見られる環境要素（空胃率, 魚類生息密度等）があり, 増放流による河川環境の改善傾向が確認できる。」</p>		

常時毎秒 2 m³放流の実施により, 一定の環境改善効果が継続しているものと認識する。