

写真-1 手取川空中写真

(3) 設定経緯

前述の通り、手取川の大正管理区間（河口～白山合口堰堤）は加賀平野を流下する典型的な扇状地河川である。扇状地は河川が山肌を削り取って形成されるため、礫によって形成される。そのため地面は水が浸透しやすく、地下に水が染み込んで流れる。この水のことを伏流水というが、水は標高が高い扇頂から低い扇端へと流れるため、伏流水が扇端部分に集まった結果、扇端部分では湧き水が取れることが多い。水が浸透し流量が減少したことを伏没、湧き出したことにより流量が増加したことを還元というが、手取川でも、伏没・還元現象が顕著に見られることが知られている。その一方で、伏没・還元を起す地点やその量といった実態が明らかになっていなかったため、河川整備基本方針の策定時に設定する正常流量について、未設定であった。その後、1992～2016年にかけて計35回実施した同時流量観測結果を分析することで伏没・還元傾向が明らかとなったため、「動植物の生息地又は生育地の状況及び漁業」、「景観」、「流水の清潔の保持」等の項目別に必要な流量を算出し、その流量に伏没・還元傾向を考慮して、正常流量を設定した。その設定方法について、以下に述べる。

2. 水利用及び河川流況、水質

(1) 水利用状況

手取川における既得水利は、発電用水として約644.5m³/s、水道用水として約3.48m³/s、農業用水として約59.6m³/s、消雪用水約0.1m³/s、合計約707.7m³/sである。

表-1 手取川水系における許可量一覧（単位：m³/s）

許可量 水利の種類	白山合口堰堤 上流 (指定区間)		白山合口堰堤 下流 (指定区間外)		計		備考
	件数	許可量	件数	許可量	件数	許可量	
発電用水	20	506.120	8	138.380	28	644.500	最大出力 526.838kW
上水道用水	1	3.480	0	0.000	1	3.480	石川県水道 灌漑面 8,360.5ha
農業用水	3	3.664	3	55.950	6	59.614	
消雪用水	0	0.000	2	0.117	2	0.117	
計	24	513.264	13	194.447	37	707.711	

※農業用水許可件数は、上下流とも補給水1件を含む。

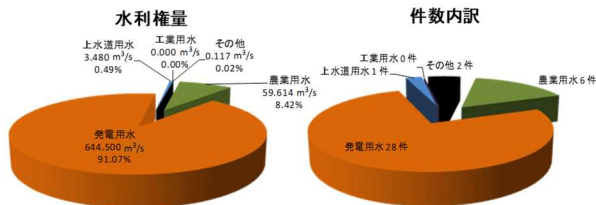


図-2 手取川水系における水利権量の内訳

表-2 中島地点実績流量（1997～2021年の25年間）

項目	単位	豊水流量	平水流量	低水流量	湛水流量
平均	(m ³ /s)	94.32	61.87	44.86	27.03
最大	(m ³ /s)	133.59	77.83	53.46	33.31
最小	(m ³ /s)	73.92	50.16	34.90	21.09
w=1/10	(m ³ /s)	80.97	51.53	37.72	23.97
	(m ³ /s/100km ²)	11.06	7.04	5.15	3.27

※w=1/10：1997～2021年の第3位/25年、流域面積：732.0km²

発電用水の7割以上が白山合口堰堤上流域で収支を完結させているが、最大の減水区間は白山合口堰堤（直轄区間上流端）～明島放水路（12.3k）の約4.4kmである。

農業用水は許可水利6件があり、かんがい面積は約8,360haとなっている。許可水利権量は最大で約59.6m³/sであり、このうち約56.0m³/sを白山合口堰堤から、約3.7m³/sを手取川第二ダム及び大日ダムより取水している。

中島地点下流における水利流量は、発電用水約138.4m³/s、農業用水約56.0m³/s、消雪用水約0.1m³/s、合計約194.4m³/sである。（表-1、図-2）

(2) 河川流況

中島地点の過去25年間（1997～2021年）の平均濁水流量は約27.0m³/s、平均低水流量は約44.9m³/sであり、近年安定傾向にある。（表-2、図-3）

(3) 河川水質

手取川の水質汚濁に係わる環境基準の類型指定を表-3に示す。手取川下流（手取川橋から河口まで）はB類型、中流（風嵐谷川が合流する地点から手取川橋まで）はA類型、上流（風嵐谷川が合流する地点から上流）はAA類型に指定されている。水質の経年変化は図-4に示すとおり、全区間で環境基準を満足している。

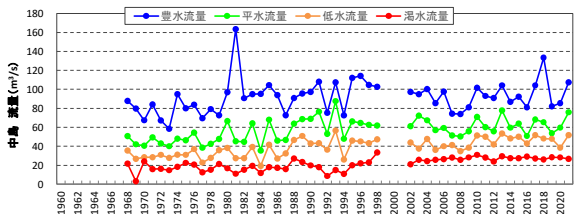
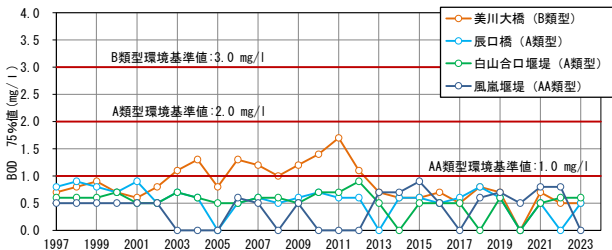


図-3 実績流況経年変化（中島地点）

表-3 手取川環境基準設定状況（2022年4月時点）

水域	類型	達成期間	環境基準点	指定年月日
手取川上流（風嵐谷川合流点～上流）	AA	直ちに達成	風嵐堰堤	1975年 3月28日
手取川中流（風嵐谷川合流点～手取川橋）	A		白山合口堰堤、辰口橋	
手取川下流（手取川橋～河口）	B		美川大橋	

出典：石川県環境部水環境創造課水環境グループ資料



※プロット値0は観測簿表記「<0.5（検出されず）」を表す。

図-4 手取川 BOD75%値の経年変化

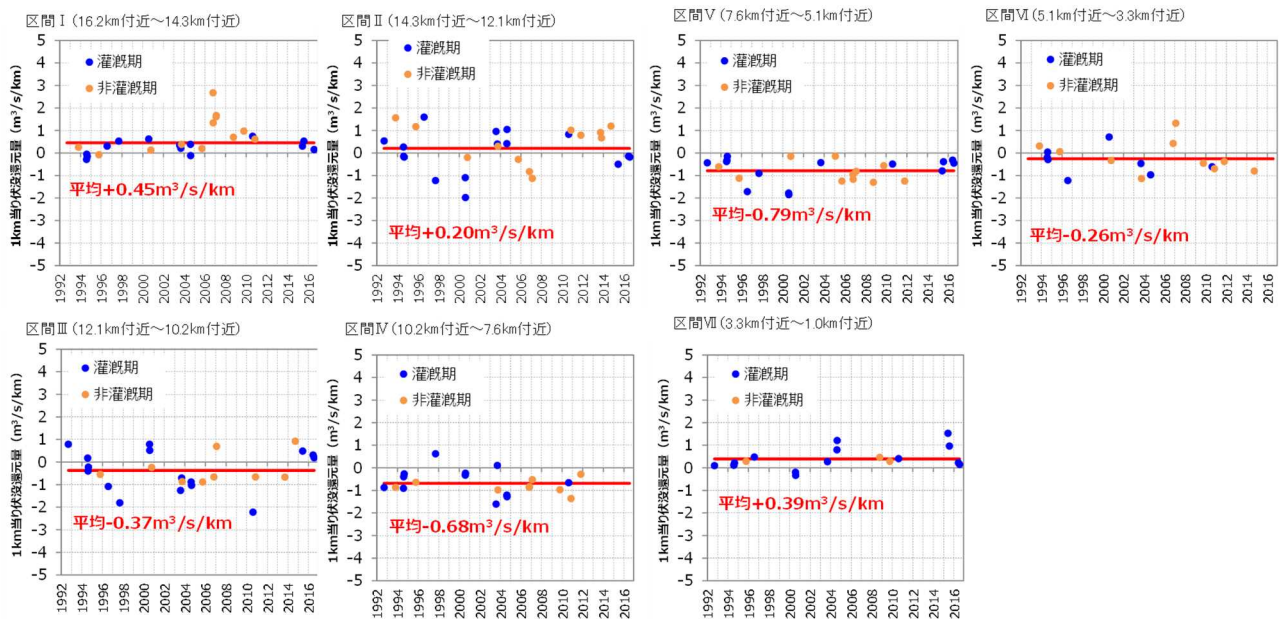


図-6 区間別の伏設・還元量の設定

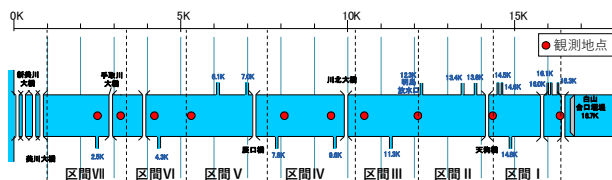


図-5 同時流量観測地点の区分及び主要流入箇所模式図

3. 正常流量の検討方針

「正常流量検討の手引き(案)り」に基づき、維持流量、水利流量を検討し、正常流量を設定した。扇状地河川特有の河川水の伏設・還元を考慮するため、地下水動態メカニズムの検討を行って、正常流量設定に反映した。

(1) 基準地点の設定

流水の正常な機能を維持するため必要な流量の設定に関する基準地点は、「潮位の影響を受けず、流量管理・監視が行いやすい地点であること」、「低水管理のみならず手取川の流況を代表できる地点であること」、「流量把握が可能で、過去の水文資料が十分に備わっている地点であること」を勘案して、白山合口堰堤より上流の中島地点(19.0K)とした。

(2) 伏設・還元量の推定

1992～2016年に実施された同時流量観測結果を基に、伏設・還元量を整理した。調査年毎に、対象地点や地点数が異なっており、統一的に整理するために、1km当たりの伏設・還元量を整理し、7区間(図-5)に設定した。図-6では各区間別に1kmあたりの伏設・還元量を示しているが、区間ごとに伏設・還元量に差が確認される。また、図-6で算出した各区間毎の伏設・還元量の平均値を上流からの累加したものを図-7で示す。上流からの累加

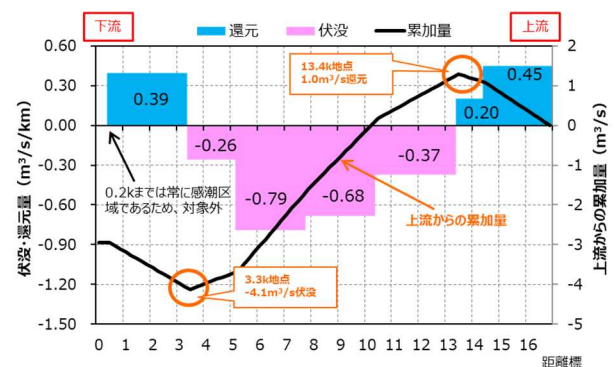


図-7 伏設・還元量の設定

量を見ると、上流区間では最大で約1.0m³/sの還元があるが、それより下流では最小で約4.1m³/s伏設する可能性があることが明らかになった。正常流量設定にあたっては、約4.1m³/sとなる3.3k地点において、伏設・還元を考慮した正常流量を設定する。

4. 正常流量の設定

(1) 項目別必要流量の検討

手取川における正常流量については、河川流況や水利使用等を勘案し、「動植物の生息地又は生育地の状況及び漁業」、「景観」、「流水の清潔の保持」等の各項目についてそれぞれ検討し、その値に伏設・還元の関係を考慮した流量を設定する。各項目の検討内容について、以下に詳細を説明する。

(2) 動植物の生息地又は生育地の状況及び漁業

手取川に生息・生育・繁殖する魚種から河川流量に影響を受ける魚種として、ウグイ、アユ、サケ、サクラマス、ヨシノボリを抽出し、産卵や移動に必要な水理条件（水深、流速）を設定した。（表-4）その結果、中島地点（19.0K）において、期間1（12/1～1/31）、期間4（6/1～9/10）では、サケ・サクラマスの産卵、移動に必要な水深30cmを確保する必要がある、これを満足するための流量は約2.40m³/sとなる。期間2（2/1～3/19）、期間3（3/20～5/31）では、ウグイの産卵に必要な流速30cm/sを確保する必要がある、これを満足するための流量は約2.56m³/sとなる。期間5（9/11～11/30）では、アユの産卵に必要な水深60cmを確保する必要がある、これを満足するための流量は約2.70m³/sとなる。（表-5）

(3) 景観

手取川では、河川流量の増減に直接関係する景勝地はない。このため、人と河川との関わりの深い地点や多くの人が河川を眺める地点を選定し、景観を損なわない水面幅を確保する必要流量を検討した。（表-6）手取川の特性を踏まえるため、選定場所において流量規模毎のフォトモンタージュ写真を用いた河川景観アンケート調査を行い、それに基づき、半数が許容できる流

量を必要流量とした。この結果、景観検討地点「天狗橋上流」におけるアンケート調査結果から、累加率で50%の人が許容できる景観としての流量は1.4m³/sとなる。（表-7）

(4) 流水の清潔の保持

現況水質は図4に示したように、概ね環境基準を満足する水質を保持している。流水の清潔の保持のために必要な流量については、現況水質の推移等を勘案しつつ、流域内の下水道総合計画を基に、渇水時の負荷量に対して水質環境基準の2倍を満足する流量を算定した。この結果、必要流量が最大値となるのは辰口橋地点における約0.76m³/sとなる。（表-8）

(5) その他項目

手取川水系における舟運は、美川漁港～河口の範囲に限られ、河口閉塞防止策として、毎年浚渫が実施され、導流堤も設置されているため、「舟運」からの必要流量は設定しない。手取川最下流の取水施設は白山合口堰堤であり、河口部の感潮区間（河口～1.14k）に取水施設はないため、「塩害の防止」からの必要流量は設定しない。現在、手取川河口部では、前段でも述べたとおり、河口閉塞対策として毎年浚渫が実施されており、また導流堤も完成しているため、「河口閉塞」からの必要流量は設定しない。近年、護岸、樋管等の河川管理施設、許可工作物は永久構造化が進んでおり、木製の施設等の腐食懸念のある施設がないため、「河川管理施設の保護」からの必要流量は設定しない。過去の渇水時において、河川水位低下に起因した地下水への障害等の被害を受けた実績は報告されていないため、「地下水位の維持」からの必要流量は設定しない。

表-4 対象魚種及び必要水理条件³⁾

魚種名	産卵箇所の流速 (cm/s)	産卵箇所の水深 (cm)	移動時の水深 (cm)	成魚の全長 (cm)	成魚の体高 (cm)	産卵期	稚仔魚の発生	産卵場所方法等
ウグイ	30	30	15	30	6.0	2～5月	約1週間後孵化し10日ほど稚仔の中で過ごした後に浮上	下流に向かって深くならないように浮石状態の河床に産卵
アユ	60	30	15	30	5.5	10月※1	2週間程度で孵化し、直ちに流下	80～85cm移行部付近の河床の砂礫に産卵
サケ	20	30	30	65	14.2	10月中旬～12月	3～5月に浮上	河床を掘り産卵床を形成し産卵、その後砂利で覆う
サクラマス	20	30	30	60	13.6	9月※2	4～5月に浮上	河床を掘り産卵床を形成し産卵、その後砂利で覆う
ヨシノボリ類	10	20	10	100	1.3	5～8月	約84時間で孵化し直ちに流下	河床の石の下に砂を除去して巣を作り石の天井面に産着

参考1：手取川漁業協同組合聞き取り調査結果（アユの産卵時期）
参考2：「河川水辺の国勢調査」アドバイザー聞き取り調査結果（サクラマスの産卵時期）

表-5 動植物の生息地又は生育地の状況からの必要流量

地点番号	項目	期間①												期間②	期間③	期間④	期間⑤
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月				
評価基準	水深 cm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	水深 cm	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	水深 cm	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721	0.721
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837	0.837
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	水深 cm	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735	0.735
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	水深 cm	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749	0.749
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	水深 cm	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	水深 cm	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356	1.356
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	水深 cm	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713	0.713
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	水深 cm	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
評価基準	必要流量 m³/s	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399	2.399
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1
	流速 cm/s	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076
	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1

※1：サケ・サクラマス産卵保全 ※2：サケ・サクラマス稚仔魚保全 ※3：サケ産卵・サクラマス産卵保全

表-6 検討対象地点（景観）

視点場	距離 (km)	河川景観の特徴
手取川橋	3.9	河川景観は河原が広く、瀬の部分が多く白波が立っている。河川敷に駐車場があり、釣り人等入出が多い。
辰口橋	7.2	川幅が広く、扇状河川の様相を呈している。この付近では釣り人が多い。河川敷に駐車場があり、釣り人等入出が多い。
川北大橋	9.9	三反田付近の漁場であり、浅釣りが好きな人向けの釣り場になっている。釣り人等入出が多い。
天狗橋	14.1	右岸側が河川敷公園で、対岸の山並みを背景に、河道内の岩等と瀬瀬の流れが扇状河川の特徴的な河川景観を形成している。十八原河川敷公園があり、入出が多い。

表-7 景観からの必要流量

地点名	距離 (km)	景観からの必要流量 (m³/s)
手取川橋上流	3.9	0.8
辰口橋上流	7.2	1.3
川北大橋上流	9.9	1.3
天狗橋上流	14.1	1.4

表-8 流水の清潔の保持からの必要流量

ブロック	排出負荷量 (kg/日)	流出率	流出負荷量 (kg/日)	評価基準 (BOD: mg/l)	必要流量 (m³/s)
美川大橋	1,039.0	0.37	384.4	6.0	0.742
辰口橋	711.3		263.2	4.0	0.762
白山合口堰堤	346.5		128.2	4.0	0.371

表-9 項目別必要流量一覧

検討項目	検討内容	中島地点で必要な流量(m ³ /s)				
		期間1	期間2	期間3	期間4	期間5
①動植物の生息地又は生育地の状況	動植物の生息生育に必要な流量	27.64	27.81	49.33	49.16	27.94
②景観	フォトモンタージュによるアンケートにより、50%程度の人が許容できる流量	26.64	26.64	48.16	48.16	26.64
③流水の清潔の保持	生活環境に係る被害が生じない水質の確保	26.00	26.00	47.52	47.52	26.00
④舟運	舟運の航行に必要な吃水深の確保	—	—	—	—	—
⑤塩害の防止	取水地点における塩害の防止	—	—	—	—	—
⑥河口閉塞の防止	現況河口の確保	—	—	—	—	—
⑦河川管理施設の保護	河川構造物の保護	—	—	—	—	—
⑧地下水位の維持	地下水取水に支障のない河川水位の確保	—	—	—	—	—

※期間1：12/1～1/31、期間2：2/1～3/19、期間3：3/20～5/31、期間4：6/1～9/10、期間5：9/11～11/30

表-10 伏没・還元を考慮した正常流量

代表地点	正常流量 (m ³ /s)					現況状況 (m ³ /s)
中島	期間① 12/1～ 1/31	期間② 2/1～ 3/19	期間③ 3/20～ 5/31	期間④ 6/1～ 9/10	期間⑤ 9/11～ 11/30	平均濁水流量 27.03
	27.64 最低値	27.81	49.33 最大値	49.16	27.94	1/10濁水流量 23.97
設定根拠	サクラマ ス等生息	ウグイ 産卵	ウグイ 産卵	サクラマ ス等生息	アユ 産卵	

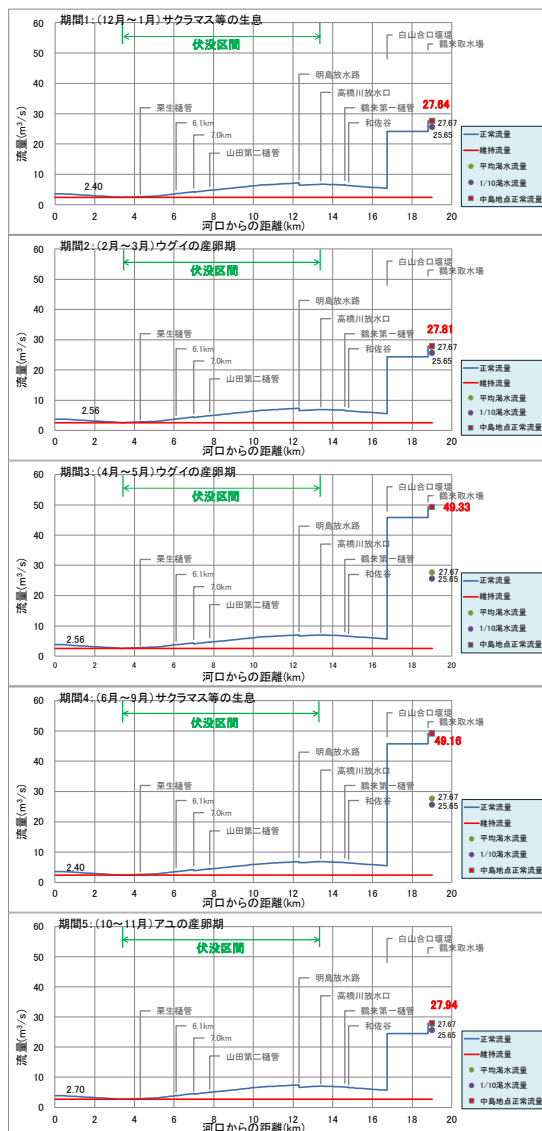


図-8 手取川正常流量縦断面図

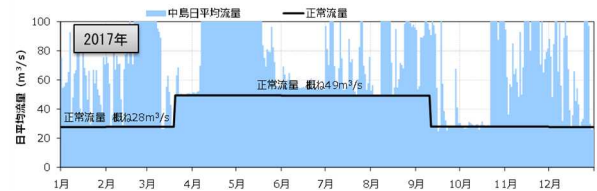


図-9 正常流量と実績流量の関係



写真-2 手取川空中写真（距離標4kより上流を望む）

(6) 伏没還元傾向を考慮した正常流量設定

各項目について、伏没量が最大となる3.3k地点で維持流量を満足するように設定し、全区間に伏没・還元の累加量、及び樋管等の流入を反映させ、その時の中島地点での必要流量を算出した。（表-9）

各項目の必要流量を比較したところ、いずれの期間においても「動植物の生息地又は生息地の状況及び漁業」における必要流量が最大値となる。そのため、中島地点における正常流量は、灌漑期（3月20日～9月10日）49.3m³/s、非灌漑期（9月11日～3月19日）27.9m³/sとする。（表-10、図-8）

5. 正常流量の確保方策について

中島地点の正常流量と過去の実績流量を比較したところ、図-9のとおり、実績流量が正常流量を概ね満足しているが、一部で下回っている期間も確認できる。手取川に生息している動植物や景観、流水の清潔等を守りながら、関係者との協議や合意形成を実施し、正常流量の管理を進めていきたい。

謝辞：本論文を作成するにあたり、ご指導ご協力いただいた関係者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 国土交通省河川局河川環境課：正常流量検討の手引き（案），2007年9月。
- 独立行政法人土木研究所 今村仁紀ら：河川における低水流量観測技術基準の再評価,第19回（2006年度）水文・水資源学会総会・研究発表会
- 河川における魚類生態検討会：正常流量検討における魚類からみた必要流量について,1999年12月