

第4章 天ヶ瀬ダムによる魚類等の遡上・降下への影響評価

「第3章」において、河川横断工作物の建設年代と魚類等の生息分布の変化を調査した結果、河川横断工作物は、魚類等の遡上・降下に対して影響を及ぼしていると判断された。しかしながら、ダム建設の影響は、落差による上下流の分断だけではない。貯水池の出現により、河川の流速等が大きく変化することになり、さらに天ヶ瀬ダムでは、貯水池を利用した揚水発電による流量・流速の時間単位での変化や、発電水路を経由した放流などの影響が加わる。

魚類等の遡上・降下を改善し、具体的な対策を検討するためには、ダムの建設によって物理的どのような要因が生じているかその要因を明らかにし、そのうちの要因が特に大きく影響しているかを把握する必要がある。

本章においては、天ヶ瀬ダム、天ヶ瀬発電所、そのたの発電に伴う変化を対象にし、これらによる遡上・降下への影響要因を抽出して影響評価を行った。

4.1 遡上・降下に対する影響要因

4.1.1 要因の抽出

天ヶ瀬ダムおよび周辺の発電所による影響には、次のものが考えられる。

(1) ダムによる落差の存在：

天ヶ瀬ダムは、堤高73.0mのドーム型アーチ式コンクリートダムで、この落差を迂回できるような何らかの方策をとらない限り、魚類等は遡上できない。一方、降下に対しては、増水時にはゲートから放流するため、限定的ではあるが降下は可能である。しかしながら、アーチ式ダムという構造上の特徴から、ゲート吐口から空中に放流され、減勢池へ着水する際に大きな衝撃を受けることが予想される。この衝撃により、魚類等が生存できるかが降下ルートとしての可能性を評価するうえでのポイントになる。

(2) 貯水池による流速の低減

貯水池区間は、ダム建設前の河川に比べて、流速が極端に低下する。

通常、渓谷にある急流河川では、平常時の流速が数m/s程度であるのに対し、ダム貯水池では、場所によって差はあるが0に近くなるものもある。流速が0に近いと、遡上または降下しようとする魚類は、上下流方向の判断がつかなくなる可能性がある。

(3) 揚水発電による逆流区間の存在

ADCPを用いた貯水池内流速観測の結果によると、揚水発電による放流が行われている時刻では、貯水池の一部（揚水発電放流口より下流の区間）で下流から上流向への逆流が生じていることが明らかになった（「2.2.3 ダム及び貯水池の状況」参照）。逆流区間は揚水時や放流量がダム流入量を下回る場合には発生していないが、逆流が生じている時間帯に移動する魚類等においては、上記の流速の低減よりもさらに大きな影響を受けるものと考えられる。

(4) 発電水車による魚類等への衝撃

天ヶ瀬ダムでは、平常時の放流のほとんどは天ヶ瀬発電所を経由しているため、ダム地点を通過する約75%が発電水車を通過する。放流水とともに魚類等が降下する際に、水車に接触すると魚体は大きな衝撃を受け、斃死に至ると考えられる。

発電水路は、降下ルートとして機能する可能性があるが、水車の衝撃による影響がどの程度であるかが重要なポイントとなる。

4.1.2 ダムによる落差の存在による影響

洪水放流によって落下した魚類等がどの程度の影響を受けるかを推測するため、天ヶ瀬ダム直下で採取した魚類を用いてダムから落下させ、生存率を調査した。また、落下による影響について調査・研究されている文献を調べた。

(1) 落下生存率調査

洪水放流では、水とともに落下した魚類が水面にたたきつけられることでダメージを受けると推察される。

洪水放流によって落下した魚類等がどの程度の影響を受けるかを推測するため、ダム堤体より魚類を落下させる調査が平成 16 年度及び平成 17 年度の 2 回実施された。

調査は、ダム堤体天端（クレストゲートからの放流による落下を再現、落差約 65m）及びコンジット設置標高にあるキャットウォーク（コンジットからの放流による落下を再現、落差約 22m）から魚類を図 4.1-1 のように落下させた。落下後、ダム下のプールで再捕獲した魚類の落下直後の状態（生死、遊泳の状態等）と 24 時間下流河川で経過させた後の状態を観察することにより行った。平成 16 年度は天ヶ瀬ダム直下流で採捕した魚類を用い、平成 17 年度は直下流での採捕の他、宇治川漁協より放流用アユを購入して調査に用いた。

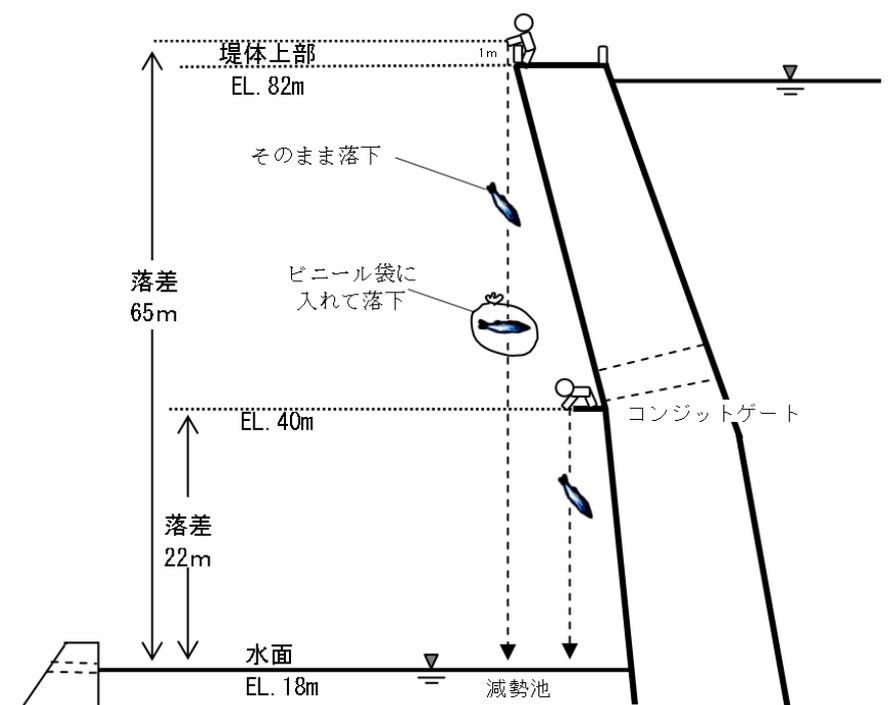


図 4.1-1 落下生存試験の方法

調査の結果を表 4.1-1 に、また、落下させた魚類の状態を写真 4.1-1 に示す。

表 4.1-1 (1) 魚類落下調査結果 (平成 16 年度)

試験区 (生存率) ^{注1)}	魚種	全長(mm)	標準体長(mm)	落下直後 ^{注2)}	24 時間後
落下させなかった個体 (落下直後: 5/5) (24 時間後: 3/5)	オイカワ	104	83	(落下なし)	×
	オイカワ	102	83	(落下なし)	
	オイカワ	108	93	(落下なし)	
	オイカワ	107	87	(落下なし)	×
	オイカワ	110	90	(落下なし)	
落差 22m (袋有) (落下直後: 5/5) (24 時間後: 2/5)	オイカワ	103	88		×
	オイカワ	113	83		×
	オイカワ	103	85		×
	オイカワ	107	88		
	オイカワ	153	127		
落差 22m (袋無) (落下直後: 4/5) (24 時間後: 3/5)	オイカワ	120	98		
	オイカワ	110	89		
	オイカワ	118	95	×	×
	オイカワ	107	85		×
	コウライニゴイ	450	370		
落差 65m (袋有) (落下直後: 4/4) (24 時間後: 0/4)	オイカワ	113	93		×
	オイカワ	102	85		×
	オイカワ	108	88		×
	カマツカ	152	128		×
落差 65m (袋無) (落下直後: 6/6) (24 時間後: 2/6)	オイカワ	105	88		×
	オイカワ	105	86		
	オイカワ	103	83		×
	カマツカ	185	160		
	コウライニゴイ	450	380		×
	コイ	470	390		×

注 1) 袋有: 魚類を水とともにビニール袋に入れて、袋の口を縛った状態で落下させた。

袋無: 魚類を水とともにバケツから落下させた。

注 2) : 生存 (正常な遊泳が可能) : 生存 (弱っており正常な遊泳が不可能) × : 死亡

表 4.1-1 (2) 魚類落下調査結果 (平成 17 年度)

試験区 (生存率) ^{注1)}	魚種	全長(mm)	標準体長(mm)	落下直後 ^{注2)}	24 時間後
落下させなかった個体 (落下直後: 22/22) (24 時間後: 22/22)	アユ (21 個体)	81-115	68-96		
	コイ	575	470		
落差 22m (袋無) (落下直後: 12/13) (24 時間後: 10/13)	アユ (10 個体)	85-113	70-93		
	コウライニゴイ	480	410	×	×
	オオクチバス	490	400		×
	オオクチバス	385	315		×
落差 65m (袋無) (落下直後: 11/15) (24 時間後: 11/15)	アユ (1 個体)	103	85	×	×
	アユ (11 個体)	87-122	71-98		
	コイ	590	480	×	×
	オオクチバス	440	355	×	×
	オオクチバス	420	350	×	×

注 1) 袋無: 魚類を水とともにバケツから落下させた。

注 2) : 生存 (正常な遊泳が可能) : 生存 (弱っており正常な遊泳が不可能) × : 死亡



落差 22m (袋有) 落下直後



落差 65m (袋無) 落下直後



落差 22m (袋有) 一日後



落差 22m (袋無) 一日後



落差 65m (袋有) 一日後



落差 65m (袋無) 一日後

写真 4.1-1 落下後の魚類の状況 (平成 16 年度)

調査の結果は、次のようにまとめられる。

- ・平成 16 年度、キャットウォークから落下させた個体は、落下直後は 10 個体中 9 個体が生存した。
- ・平成 16 年度、堤体天端から落下させた個体は、落下直後は 10 個体中 10 個体が生存したがほぼすべての個体が正常に泳げない等の弱った状態であった。
- ・平成 16 年度、キャットウォークから落下させた魚類は約 24 時間後には 10 個体中 2 個体、堤体天端では 10 個体中 2 個体が生存した。
- ・平成 17 年度、キャットウォーク及び堤体天端落下させた小型のアユは、落下直後、24 時間後ともほとんどが生存した。
- ・袋有は、袋無に比べて、生存率が低い。実際の洪水放流では、水に包まれた状態で魚類が落下することから類似条件の再現を目指したが、実際には、袋は轟音とともに破裂した。落下に際に袋内の圧力が急激に高まったことが予想され、意図したものと逆の結果になったようである。
- ・平成 16 年度、比較のために落下させなかった対照個体 5 個体は、落下調査日にはすべての個体が生存したが、約 24 時間後には 2 個体が死亡していた。魚類の採取に投網を用いたため、採取時に魚体が弱っていた可能性がある。一方、平成 17 年度に用いた放流用アユは全て生存していた。

(2) 既存文献による推察

土居ら(2003)¹⁾によると、15mの落差で魚類を落下させた実験では、落下後 21 日間の飼育ではイワナ成魚で 15~30%、イワナ稚魚で 5~25%の死亡率であったことが報告されている。

また、Shirahata(1970)²⁾によると、高さ 55mの滝においてニジマスを落下させた実験では、生存の可能性が 60%以上であった。

(3) まとめ

1) 遡上に対する影響

ダムによる落差を迂回するような方策を採らない限り、魚類等が遡上することはできない。

2) 降下に対する影響

落下させていない個体に比べて、落下させた個体の生存率は大型の個体ほど明らかに低下するが、ダム堤体から落下させた魚類の一部は 24 時間後も生存した。特に小型のアユは、ほとんどが生存した。ダムの洪水放流の際は、魚類は大量の水に包まれた状態で落下するため、落下の際の衝撃は今回行った調査よりも小さいと推察される。

また既存の文献では、15mの落差等から落下した魚類がある程度の割合は落下後生存することが報告されている。

以上より、洪水放流にとともに落下する魚類は、一部がダメージを受けるが生存する可能性もある。

4.1.3 貯水池による流速の低減の影響

(1) 遡上への影響

天ヶ瀬ダムの貯水池においてドップラー流速計（ADCP）による断面流速分布調査結果によると、天ヶ瀬ダム流入量が $35\text{m}^3/\text{s}$ 、揚水発電による放流がほぼ $0\text{m}^3/\text{s}$ の時に貯水池上流端～ダム堤体にかけて $5\sim 10\text{cm}/\text{s}$ の流れが確認された。貯水池内は河川域よりも流速が遅いが、天ヶ瀬ダムは一般の貯水池と比較するといわゆる「流れダム」に分類される。

したがって、天ヶ瀬ダム貯水池に入った魚類等は上流の方向を認識し遡上することが可能であると考えられる。

(2) 降下への影響

貯水池内は河川域よりも流速が遅いが、上流端からダム堤体にかけてある程度の流れがあることから、貯水池に入った魚類等は、ウナギ等の産卵降下時の能動的な降下時には下流の方向を認識し降下することが可能であると考えられる。ただし、受動的に流れに乗るだけの遊泳能力の小さい仔魚や貝類は貯水池に滞留すると考えられる。

4.1.4 揚水発電による逆流区間の存在による影響

(1) 観測結果

ドップラー式流速計（ADCP）による流速分布調査（平成 16 年 8 月 10 日～11 日実施 流入量 $35\text{m}^3/\text{s}$ ）によると、揚水発電所揚水時において、放水口から貯水池下流にかけて下流から上流向きに逆流が生じていることが確認された。

最も逆流向きの流速が大きい放水口直下流の断面流速分布を図 4.1-2 に示す。この結果より、断面全体にわたって逆流が生じており、最大流速は $40\text{cm}/\text{s}$ 程度であることがわかる。

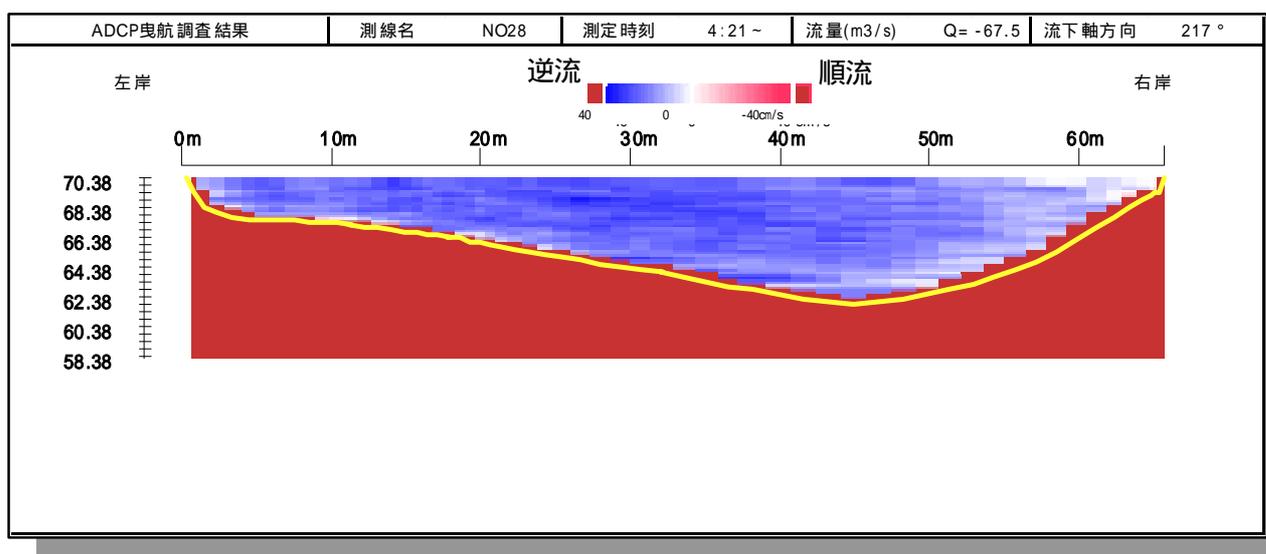


図 4.1-2 貯水池内の逆流の状況（8月11日 4:21）

逆流は、ダム流入量と揚水発電からの取水・放流量の関係によって、図 4.1-3 に示した場合に生じる。

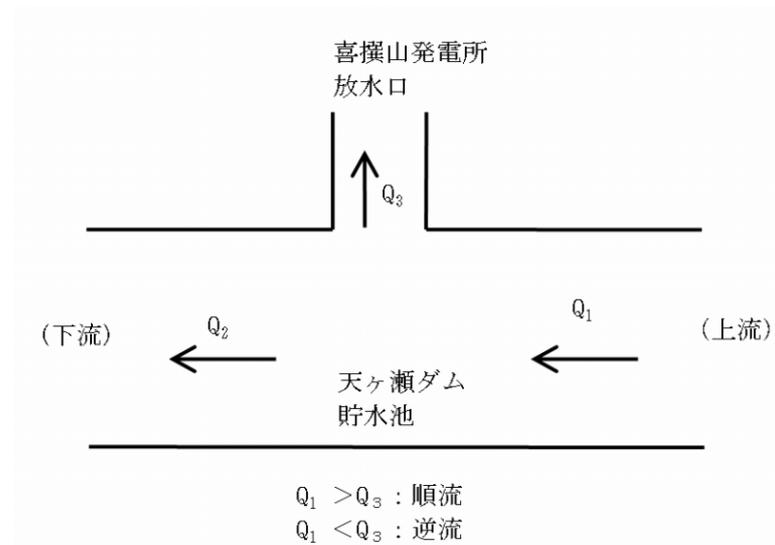


図 4.1-3 逆流が生じる条件

通常、揚水発電は1日を周期とし、夜間の余剰電力によって取水（揚水）し、昼間に放流して発電する。喜撰山発電所の場合、0時～翌朝8時までが揚水時間にあたる。これにダム貯水池への流入量を考慮すると、流速観測時 ($Q_1=35\text{m}^3/\text{s}$) では、2時～7時ごろに逆流が生じると考えられる（図 4.1-4）。

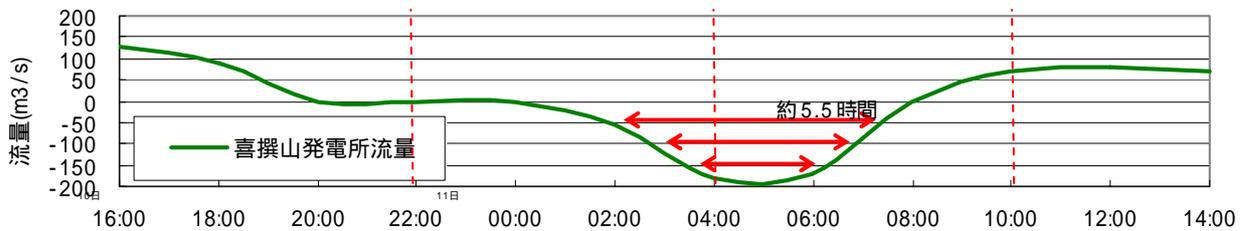


図 4.1-4 揚水発電流量の時間変化（平成 16 年 8 月 10 日～11 日）

(2) 逆流が生じる時期および時間帯

天ヶ瀬ダム貯水池への流入量は、季節による変化が大きい。6月～10月の洪水期は流入量が大きく、冬季～春季には小さくなる。至近10年間(平成4年から平成13年)までの天ヶ瀬ダム流入量の月別データと、魚類別の遡上・降下時期を図 4.1-5 に整理した。この結果より、以下のことが言える。

洪水期は、天ヶ瀬ダムの流入量が大きいいため逆流が生じていない日(流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ 以上)が 20% 程度ある。

特に非洪水期から洪水期への移行期である 6 月には逆流が生じない日が 30% 程度である。

逆流が生じる時間帯は、深夜から明け方であり、天ヶ瀬ダムからの流入量により逆流の時間は変わる。

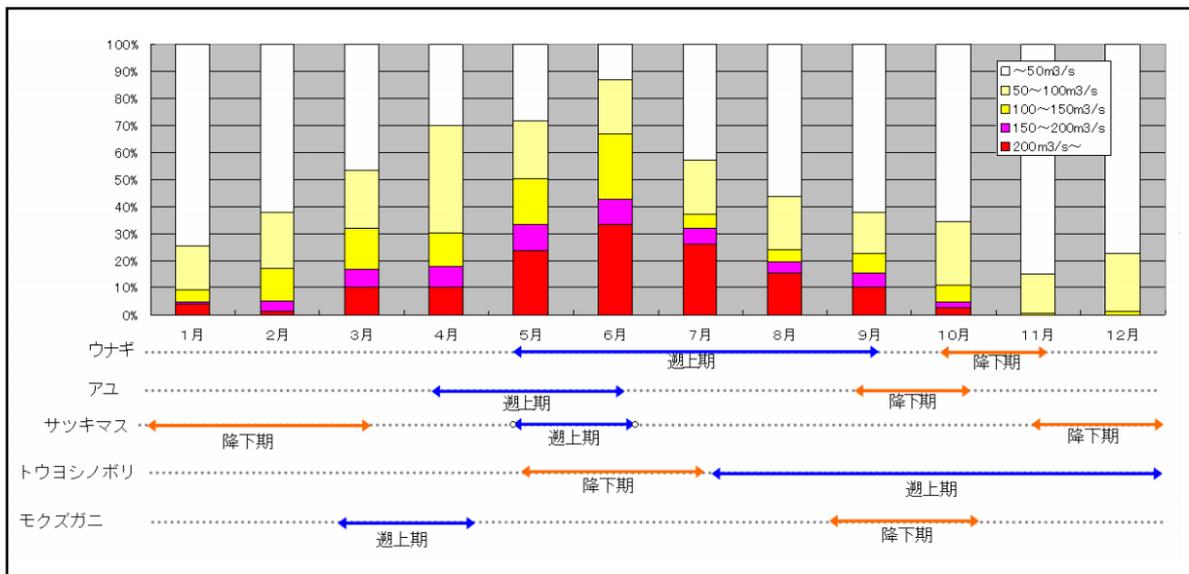


図 4.1-5 天ヶ瀬ダム流入量の月別流量

(3) 逆流区間の存在による影響のまとめ

1) 遡上への影響

貯水池内で逆流が生じていることにより、魚類等が上流の方向を認識できず遡上が阻害される可能性がある。逆流は、主に天ヶ瀬ダムへの流入量の少ない秋季から冬季にかけての深夜から明け方（午前2時頃～7時頃）に起こっており、この時期に遡上する魚類等には影響があると考えられる。

2) 降下への影響

貯水池内で逆流が生じていることにより、魚類等が下流の方向を認識できず降下が阻害される可能性がある。特に主に天ヶ瀬ダムへの流入量の少ない秋季から冬季にかけての深夜から明け方（午前2時頃～7時頃）に降下する魚類等には影響があると考えられる。

4.1.5 発電放流の水車による衝撃

(1) 天ヶ瀬発電所からの放流実績

天ヶ瀬ダムでは天ヶ瀬発電所において発電放流が常時行われている。通常は186.14m³/sまでは発電放流で、それを越える流量はコンジットから放流される。発電放流量と洪水放流量の割合は表4.1-2に示すとおり、豊水年で約60%、渇水年で約90%程度、10ヵ年平均で75%となっている。

季別にみると、4～10月にかけて発電所以外からの放流が比較的多い。これは、融雪期の出水(4～5月)、貯水位低下時(6月)、台風などによる出水(7～10月)によるものと考えられる。このように、ダム地点通過流量の約6～9割を占める発電放流が魚類等の有力な降下ルートの一つとなる可能性がある。

表4.1-2 天ヶ瀬ダム全放流量に対する天ヶ瀬発電所からの放流量比率

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年計
平成6年	97%	98%	95%	98%	99%	97%	97%	96%	79%	41%	100%	100%	96%
平成7年	88%	95%	94%	欠測	欠測	93%							
平成8年	71%	94%	97%	94%	97%	64%	69%	59%	76%	92%	92%	95%	78%
平成9年	96%	81%	80%	50%	73%	87%	38%	58%	94%	93%	94%	91%	64%
平成10年	53%	81%	82%	72%	56%	59%	94%	93%	33%	58%	92%	93%	63%
平成11年	94%	94%	75%	81%	53%	43%	39%	82%	78%	97%	93%	95%	67%
平成12年	97%	97%	96%	80%	90%	80%	99%	99%	97%	97%	99%	99%	92%
平成13年	100%	100%	75%	99%	99%	76%	99%	95%	89%	94%	98%	99%	90%
平成14年	99%	99%	98%	98%	99%	98%	65%	98%	97%	74%	88%	86%	89%
平成15年	96%	96%	98%	74%	80%	58%	60%	43%	99%	97%	97%	99%	65%
月平均	87%	93%	84%	78%	77%	68%	57%	66%	72%	78%	96%	97%	75%

(2) 発電水車の形式と致死率の関係

しかしながら、天ヶ瀬ダムの発電放流では魚類等が発電所内を通過する際に発電水車に巻き込まれ個体が損傷・斃死する可能性がある。天ヶ瀬ダムの発電水車は図4.1-7に示すように斜流式である。斜流水車は、水車の羽根が斜め下向きに取り付けられた斜流可動羽根水車である。

C.Gossetら(1994)は、発電水車の形式による魚類の死亡率の実績をもとに、下式の回帰式を提案している。³⁾

これによると、サケ科魚類が水車を通過する場合の死亡率は、カプラン式の場合は大体5～20%の間であり、ウナギの場合はそれよりも大きい。

【カプラン式水車の死亡率回帰式】

$$\text{(サケ科魚類稚魚の場合)} \quad P = (\sin(13.4 + 42.8 \cdot (TL/esp)))^2 \quad (R = 0.59)$$

$$\text{(ウナギの場合)} \quad P = (\sin(28.6 + 48.7 \cdot (TL/esp)))^2 \quad (R = 0.85)$$

P: 死亡率 TL: 体長(m) esp: 可動羽根の midpoint における羽根間の間隔(m)

天ヶ瀬発電所で使用されている斜流式水車における死亡率回帰式は得られていないため、今後の調査が必要である。ただし、斜流式水車はカプラン式と同じプロペラ式に属し構造も近いため、カプラン式水車の回帰式を適用すれば、致死率は図4.1-6のとおりとなる。

なお、この図では、天ヶ瀬発電所の羽根(ランナ)間隔を1.0m(関西電力天ヶ瀬発電所への聞き取り調査による)として計算している。

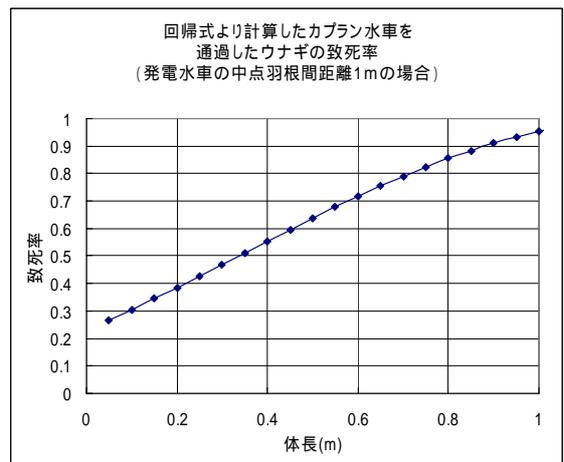
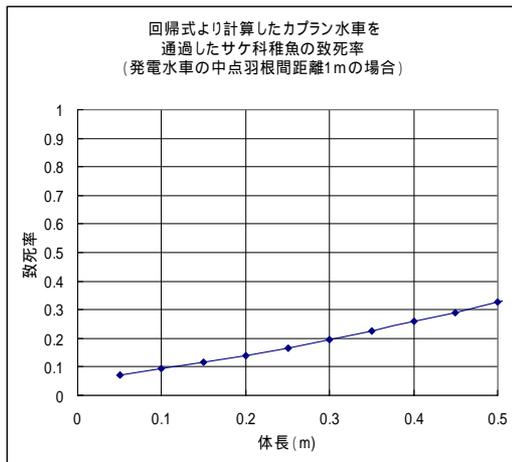


図 4.1-6 発電水車を通過する際の致死率³⁾

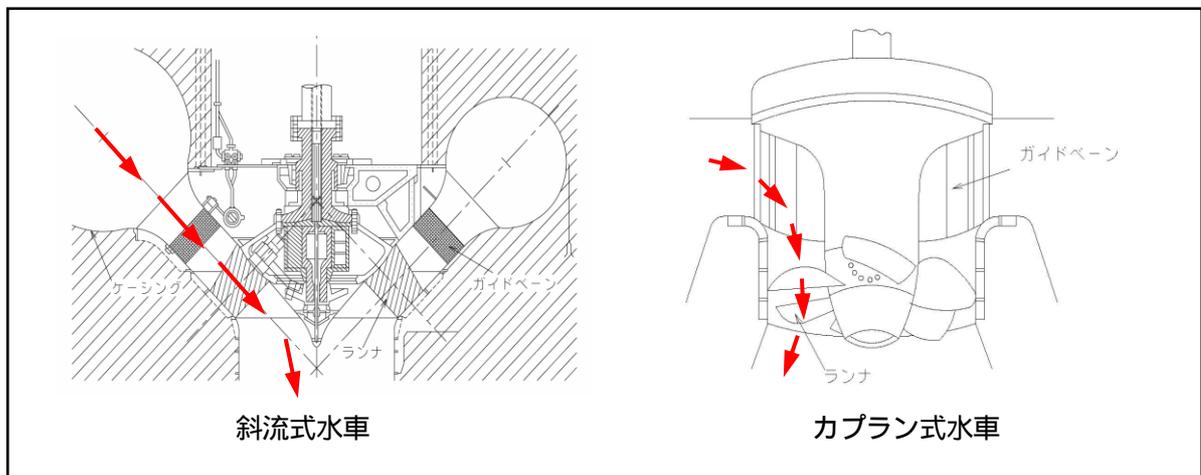


図 4.1-7 斜流式水車及びカプラン式水車の対比 (模式図)

(3) 天ヶ瀬発電所における魚類等降下調査（現地調査）

天ヶ瀬ダムの発電放流における魚類等の降下への影響を把握するため、河川管理者により、定置網等による捕獲調査が実施された。

1) 調査時期

調査は平成 17 年度夏季の 8 月初旬及び秋季の 10 月下旬に実施された。

2) 調査方法

定置網を用いて発電水路を通過して降下してくる魚類等を捕獲し、確認された魚類の種及び量を記録した。また、カゴ網及び延縄等を用いて放流路付近に滞留する魚類等を捕獲した。図 4.1-8 に定置網等の設置位置を示す。

定置網は、夏季は 1 号放水路、秋季は 2 号放水路出口付近に設置し、1 日 2 回（朝夕）網内の魚類等を捕獲した。カゴ網及び延縄は放水ゲート付近に設置し、定置網と同様 1 日 2 回捕獲を行った。また、釣り及びタモ網等を適宜用いて放水路内及びゲート室内の溝に滞留する魚類等の確認に努めた。捕獲した魚類等は種名、体長、体重等の記入、写真撮影を行った。

また、調査地点の水温等も測定した。調査期間中のダム放流量については、後日整理した。

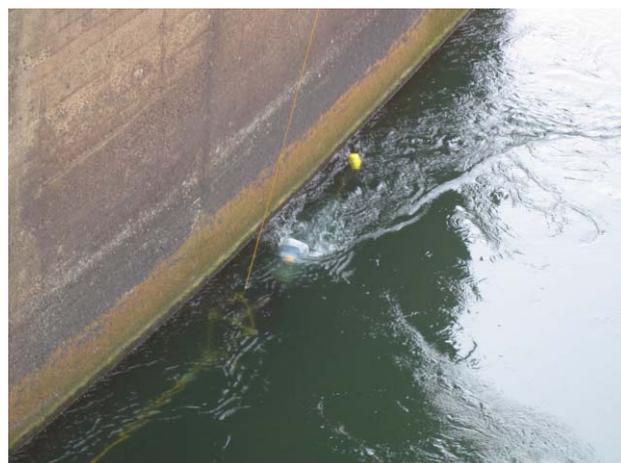


写真 4.1-2 定置網設置状況

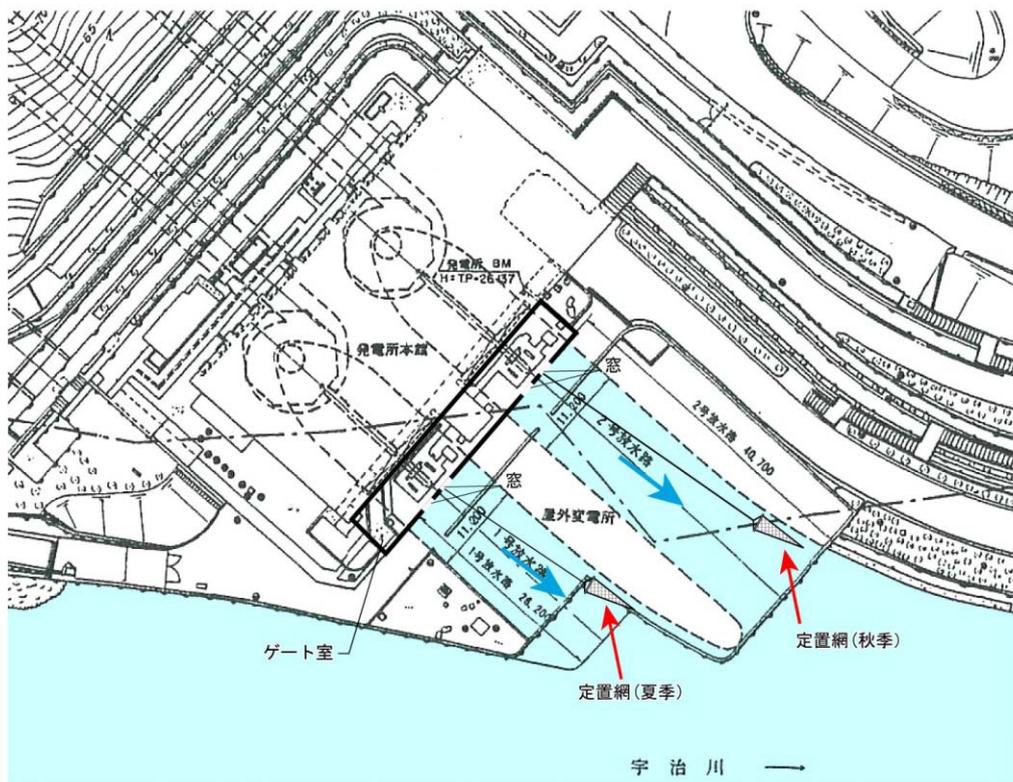


図 4.1-8 (1) 定置網設置位置 (平面図)

出典：関西電力株式会社 資料「放水路構造図」⁴⁾

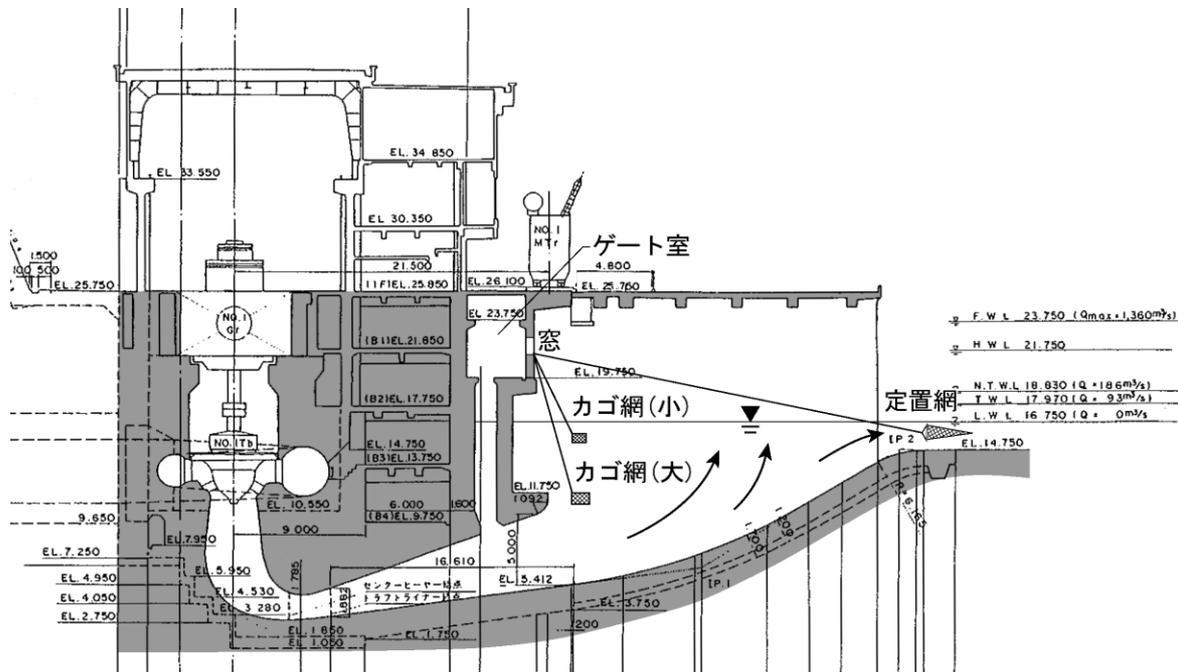


図 4.1-8 (2) 定置網設置位置 (断面図：1号放水路)

出典：関西電力株式会社 資料「放水路構造図」⁴⁾

3) 調査結果

調査期間中の水温等は表 4.1-3 に示すとおりである。夏季においては、水温は 29 前後、pH は 8 前後、秋季においては、19~20 前後、pH は 7.5 前後で安定していた。

ダム放流量の変化は図 4.1-9 に示すとおりである。

夏季：調査期間中は 16~25m³/s で推移していたが、3 日の 3:00~6:00 にかけて一時的に 55m³/s に増加した。天候は 2 日午後に一時的な激しい降雨がみられた以外は概ね晴天が続いた。

秋季：調査 1 日目の午後からそれまでの 33m³/s から急激に減少し、17m³/s 程度となった。3 日目を以降徐々に増加し、最終日には 1 日目と同程度の放流量となった。

表 4.1-3 調査地点の水温等

夏季				秋季			
月日	時間	水温	pH	月日	時間	水温	pH
2005/8/1	14:00	28.6	8.67	2005/10/24	17:00	20.5	7.50
2005/8/2	9:00	28.6	8.02	2005/10/25	8:30	19.1	7.65
2005/8/2	16:00	29.4	8.08	2005/10/25	16:30	19.7	7.64
2005/8/3	9:00	28.7	7.86	2005/10/26	8:30	19.1	7.48
2005/8/3	16:30	29.0	7.87	2005/10/26	16:30	19.9	7.74
2005/8/4	9:00	28.5	7.81	2005/10/27	8:30	19.2	7.45
2005/8/4	16:00	29.3	7.88	2005/10/27	16:00	18.6	7.43
2005/8/5	9:00	28.9	7.77	2005/10/28	8:30	18.6	7.56
2005/8/5	17:00	29.5	7.95	2005/10/28	16:30	19.0	7.70

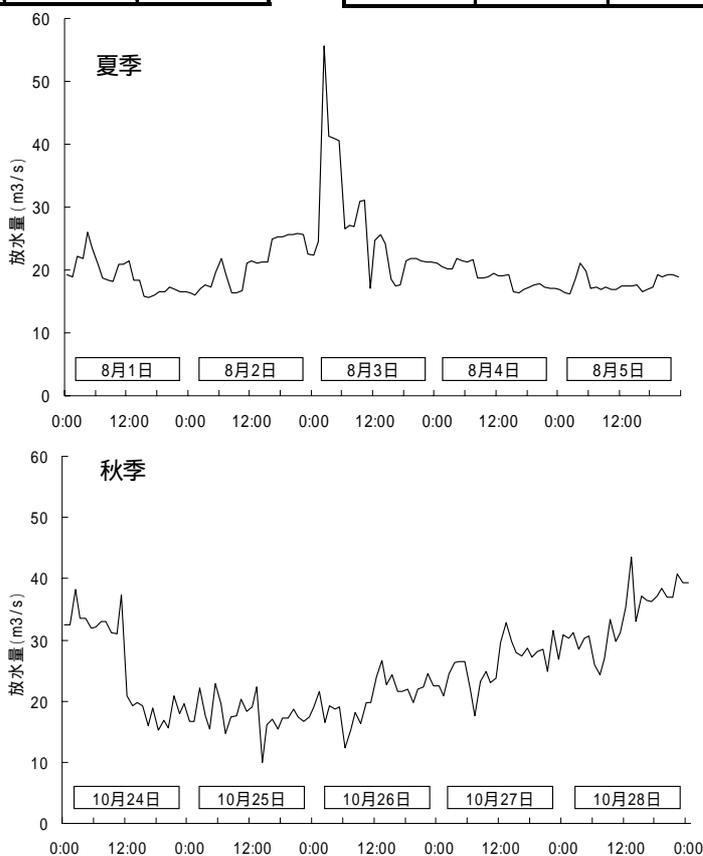


図 4.1-9 調査期間中の天ヶ瀬ダム放流量

出典：国土交通省ダム諸量データベースより作成

漁法別の魚類等の確認状況は、表 4.1-4 に示すとおりである。

【夏季】

定置網ではウナギ、オイカワ等 8 種の魚類及びテナガエビ等 2 種の甲殻類が確認された。カゴ網ではウナギ、スゴモロコ属等 3 種の魚類が確認された。また、ゲート室内ではニゴイ属等 3 種の魚類及びモクスガニ等 2 種の甲殻類が確認された。採捕された魚類はいずれも体長 5～10cm 程度の小型個体で、ウナギは約 30～35cm だった。また、体長 1～2cm のヨシノボリ属及びブルーギル稚魚も採捕された。

また、捕獲した以外の魚類も放水口周辺で目視により多数確認された(コイ、ビワコオオナマズ、オオクチバス等)。

【秋季】

定置網ではスゴモロコ属、ヌマチチブ等の 3 種の魚類及びテナガエビが確認された。ゲート室内ではオイカワ、ハス等の魚類及びテナガエビ、モクスガニの甲殻類が確認された。採捕個体数は全般的に少なく、採捕日に傾向はみられなかった。

表 4.1-4 魚類等の確認状況

分類群	種名	定置網		カゴ網		ゲート室内		計
		夏季	秋季	夏季	秋季	夏季	秋季	
魚類	ウナギ	1		1				2
	ニゴイ属					1		1
	オイカワ	78			1			79
	ハス	35			4			39
	スゴモロコ属	10	1	19	3	2		35
	ギギ	1						1
	ドンコ	1						1
	トウヨシノボリ					4		4
	ヨシノボリ属稚魚	1	1					2
	ヌマチチブ		1					1
	オオクチバス*						2	2
	ブルーギル	1		2				3
	ブルーギル稚魚	12						12
甲殻類	ヌマエビ	1						1
	テナガエビ	692	17		2	1		712
	モクスガニ				1	3		4
	個体数合計	833	20	22	10	8	2	895
	種数	10	4	3	5	5	1	14

注) 網掛けは回遊性の魚類・甲殻類 * : 釣りにより捕獲

4) 調査のまとめ

ヨシノボリ属稚魚及びブルーギル稚魚(定置網入網時の生死は不明)を除き、明らかに発電水車を通過したと考えられる魚類等は確認できず、発電放流の魚類等の降下への影響を把握することができなかった。

遊泳力の弱い稚魚及びエビ類等の一部は放流量の増加により貯水池から流下していると考えられ、これらについては発電放流を降下経路とすることが可能であると考えられる。

ゲート室内で確認された魚類等は、約 1 ヶ月前の全開放流時の水位上昇に伴い、ゲート室内に入り込み取り残されたものと考えられる。

4.2 遡上・降下の魚種別、要因別の影響評価

天ヶ瀬ダムによる魚類等の遡上・降下に対する影響としては、「ダムによる落差の存在」「貯水池による流速の低減」「揚水発電による逆流区間の存在」「発電放流による水車の衝撃」の4つを抽出し、これらの影響要因について遡上・降下に対する影響を検討した。

影響検討の結果および魚種ごと回遊特性(表 4.2-2)をもとに、魚種別に影響をまとめると表 4.2-1 に示すとおりとなる。

- ダムによる落差の存在については、遡上に対して全ての魚類等に対して、全ての個体が影響を受けると考えられた。また、降下に対しては一部の個体が落下によるダメージを受けるものの、一部は生存して降下する可能性が高いと推定される。
- 貯水池による流速の低減では、貯水池内にある程度の流速があることから、魚類等の遡上への影響は小さいと考えられた。また、降下に対しては、流れに乗って降下するだけの仔魚や貝類については、滞留する等の影響を受けるあとと考えられた。
- 揚水発電による逆流区間の存在については、遡上・降下ともに魚類等のそれぞれの遡上時期や季節等の違いによって影響の大きさが異なると考えられた。天ヶ瀬ダム流入量の大きな春季、夏季に遡上・降下するものに対しては影響が小さいと考えられた。
- 天ヶ瀬ダムの発電水車による衝撃については、降下時に発電水車に巻き込まれるが、一部の個体は生存して降下すると考えられた。

以上の結果から、ダムによる落差の存在が魚類等の遡上に対して与える影響がもっとも大きく、揚水発電による逆流区間の存在では、夜間～早朝にかけて遡上・降下を行う魚種に影響があると考えた。

これに対し、貯水池による流速の低減、および、発電放流による水車の衝撃では、一部の魚類等が影響を受ける可能性はあるが、遡上・降下を決定的に困難にしている要因とはなっておらず、現状のままの状況が維持されても、魚類等の遡上・降下は可能であると推定される。

表 4.2-1 天ヶ瀬ダムによる遡上・降下に対する影響把握一覧表

種 名		影響要因と種別ごとの影響							
		構造物・落差の存在	貯水池による流速の低減	揚水発電による逆流	天ヶ瀬ダムの発電放流による水車の衝撃				
魚 類	ウナギ 【降下回遊魚】	遡上	回遊の際の遡上、洪水後の復帰遡上はいずれも困難と考えられる。	x	貯水池内にはある程度の流れがあることから、稚魚の遡上に対する影響は小さいと考えられる。	夜行性であり、揚水発電による逆流が起こる2時頃～夜明けの間は影響を受けるが、その時間は限定される。遡上期である春～夏季は比較的流量が多いため、逆流の発生日数はやや減少する。	-		
		降下	洪水放流で落下した場合、大型個体の一部がダメージを受ける可能性はあるが、多くの個体は生存して降下すると考えられる。		成熟したウナギが産卵のための降下時に、一部の個体が流出口を見付けするのが困難となっている可能性がある。	夜行性であり、揚水発電による逆流が起こる2時頃～夜明けの間は影響を受けるが、その時間は限定される。降下期である秋季には比較的流量が少ないため、逆流の発生日数はやや増加する。	降下時に、発電水車に巻き込まれるが、降下への影響は不明である。しかし、既存の降下ルート(天ヶ瀬ダムコンジットゲート、宇治発電所等)が一部の機能を果たすと考えられる。		
	アユ(海産) 【両側回遊魚】	遡上	回遊の際の遡上、洪水後の復帰遡上はいずれも困難と考えられる。	x	貯水池内にはある程度の流れがあることから、若魚の遡上に対する影響は小さいと考えられる。	昼行性であり、夜明け～7時頃の間は影響を受けるが、その時間は限定される。遡上期である春季(4～6月)は比較的流量が多いため、逆流の発生日数はやや減少する。	-		
		降下	洪水放流で落下した場合、多くの個体が生存して降下すると考えられる。		ダムより上流に遡上した場合、産卵のための降下時に一部の個体が流出口(発電取水口、放流口)を見付けするのが困難となっている可能性がある。	昼行性であり、夜明け～7時頃の間は影響を受けるが、その時間は限定される。成魚の降下期である秋季(9～11月)は比較的流量が小さいため逆流の発生日数はやや増加する。	降下時に、発電水車に巻き込まれるが、降下への影響は不明である。しかし、既存の降下ルート(天ヶ瀬ダムコンジットゲート、宇治発電所等)が一部の機能を果たすと考えられる。		
	サツキマス 【遡回遊魚】	遡上	産卵のための遡上、洪水後の復帰遡上はいずれも困難と考えられる。	x	貯水池内にはある程度の流れがあることから、産卵のための遡上に対する影響は小さいと考えられる。	昼行性であり、夜明け～7時頃の間は影響を受けるが、その時間は限定される。遡上期の8月～9月は比較的流量が多いため、逆流の発生日数はやや減少する。	-		
		降下	洪水放流で落下した場合、大型個体の一部がダメージを受ける可能性はあるが、多くの個体は生存して降下すると考えられる。		ダムより上流に遡上した場合、スモルト化して降海する稚魚の一部の個体が流出口(発電取水口、放流口)を見付けするのが困難となっている可能性がある。	昼行性であり、夜明け～7時頃の間は影響を受けるが、その時間は限定される。成魚の降下期である11月～3月は比較的流量が小さいため逆流の発生日数はやや増加する。	降下時に、発電水車に巻き込まれるが、降下への影響は不明である。しかし、既存の降下ルート(天ヶ瀬ダムコンジットゲート、宇治発電所等)が一部の機能を果たすと考えられる。		
	トウヨシノボリ 【両側回遊魚】	遡上	回遊の際の遡上、洪水後の復帰遡上はいずれも困難と考えられる。	x	貯水池内にはある程度の流れがあることから、回遊の際の遡上には影響は小さいと考えられる。	昼行性であり、夜明け～7時頃の間は影響を受けるがその時間は限定される。遡上期である夏季は比較的流量が多いため、逆流の発生日数はやや減少する。	-		
		降下	洪水放流で落下した場合、多くの個体が生存して降下すると考えられる。		上流で孵化した仔魚が、貯水池で滞留することで、降海できずに陸封されると考えられる。	仔魚は、流れに乗って流下するため、逆流の影響を受けると考えられる。降下期である5月～7月は比較的流量が多いため、逆流の発生日数はやや減少する。	降下時に、発電水車に巻き込まれるが、降下への影響は不明である。しかし、既存の降下ルート(天ヶ瀬ダムコンジットゲート、宇治発電所等)が一部の機能を果たすと考えられる。		
	コイ、オイカワ、カネヒラ等の純淡水魚、ボラ等の遡上する海水魚	遡上	洪水後の復帰遡上は困難と考えられる。	x	貯水池内にはある程度の流れがあることから、復帰遡上には影響は小さいと考えられる。	夜行性の種は、復帰遡上の際に逆流の影響を受け、昼行性の種は、夜明け～7時頃の間は影響を受けるがその時間は限定される。	-		
		降下	洪水放流で落下した場合、大型個体の一部がダメージを受ける可能性はあるが、多くの個体は生存して降下すると考えられる。		洪水後には貯水池があることにより滞留しやすくなり、ダムより下流に流下しにくいと考えられる。	回遊を行わないため、逆流による影響は小さいと考えられる。	降下時に、発電水車に巻き込まれるが、降下への影響は不明である。しかし、既存の降下ルート(天ヶ瀬ダムコンジットゲート、宇治発電所等)が一部の機能を果たすと考えられる。		
甲 殻 類	回遊性	遡上	回遊の際の遡上は困難と考えられるが、モクズガニの一部の個体は琵琶湖まで遡上している。	~ x	貯水池内にはある程度の流れがあることから、回遊の際の遡上に対する影響は小さいと考えられる。	夜行性であり、揚水発電が行われ逆流が起こる2時頃～夜明けの間は影響を受けるが時間は限定される。遡上期である春～夏季は比較的流量が多いため、逆流の発生日数はやや減少する。	-		
		降下	洪水放流で落下した場合、大型個体の一部がダメージを受ける可能性はあるが、多くの個体は生存して降下すると考えられる。		産卵のために降下する個体が滞留しやすくなり、ダムより下流に流下しにくいと考えられる。	夜行性であり、揚水発電が行われ逆流が起こる2時頃～夜明けの間は影響を受けるが時間は限定される。降下期である秋季には比較的流量が少ないため逆流の発生日数はやや増加する。	降下時に、発電水車に巻き込まれるが、降下への影響は不明である。しかし、既存の降下ルート(天ヶ瀬ダムコンジットゲート、宇治発電所等)が一部の機能を果たすと考えられる。		
	淡水性	テナガエビ等の淡水性甲殻類【淡水性】	遡上	洪水後の復帰遡上は困難と考えられる。	x	貯水池内にはある程度の流れがあることから、復帰遡上に対する影響は小さいと考えられる。	夜行性の種は、復帰遡上の際に逆流の影響を受け、昼行性の種は、夜明け～7時頃の間は影響を受けるがその時間は限定される。	-	
		降下	洪水放流で落下した場合、多くの個体が生存して降下すると考えられる。		洪水後には貯水池があることにより滞留しやすくなり、ダムより下流に流下しにくいと考えられる。	回遊を行わないため、逆流による影響は小さいと考えられる。	降下時に、発電水車に巻き込まれるが、降下への影響は不明である。しかし、既存の降下ルート(天ヶ瀬ダムコンジットゲート、宇治発電所等)が一部の機能を果たすと考えられる。		
貝 類	淡水性	イシガイ類【淡水性】	遡上	幼生が付着するヨシノボリの遡上が阻害されているため、イシガイ類の遡上も困難となる。	x	貯水池内にはある程度の流れがあることから、幼生が付着するヨシノボリの遡上に対する影響は小さいと考えられる。	幼生が主に付着するヨシノボリ類は昼行性であり、夜明け～7時頃の間は影響を受けるが、時間は限定される。遡上期である夏季は比較的流量が多いため、逆流の発生日数はやや減少する。	-	
			降下			洪水後には貯水池があることにより滞留しやすくなり、ダムより下流に流下しにくいと考えられる。	幼生が主に付着するヨシノボリ類は昼行性であり、夜明け～7時頃の間は影響を受けるが、その時間は限定される。遡上した場合、成魚の降下期である11月～3月は比較的流量が小さいため逆流の発生日数はやや増加する。	幼生が主に付着するヨシノボリ等の魚類が降下時に、発電水車に巻き込まれるが、降下への影響は不明である。しかし、既存の降下ルート(天ヶ瀬ダムコンジットゲート、宇治発電所等)が一部の機能を果たすと考えられる。	*
		イボカワニナ、セタジミ等の淡水性貝類【淡水性】	遡上	遡上力はもともと小さいと考えられるため影響は小さいと考えられる。					
		降下			洪水後には貯水池があることにより滞留しやすくなり、ダムより下流に流下しにくいと考えられる。	移動能力がもともと小さいと考えられるため、影響は小さいと考えられる。	-	貯水池で滞留すると考えられるため、発電水車による影響は想定されない。	-
備 考		【江戸～明治時代(大峯ダム建設前)】 5m程度の自然落差のみであった。 【大正～昭和時代(大峯ダム建設後)】 大峯ダム(落差 約30m)が存在したが、魚道が設置されていた。 【天ヶ瀬ダム建設以降】 天ヶ瀬ダム(落差 約70m)が存在し、魚道は設置されていない。		【江戸～明治時代(大峯ダム建設前)】 急流の河川だった。 【大正～昭和時代(大峯ダム建設後)】 大峯ダムの貯水池が存在したが、ある程度の流れがあったと考えられる。 【天ヶ瀬ダム建設以降】 天ヶ瀬ダムの貯水池が存在するが、ある程度の流れがあったと考えられる。		【江戸～明治時代(大峯ダム建設前)】 急流の河川であり、逆流は起こっていなかった。 【大正～昭和時代(大峯ダム建設後)】 大峯ダムの貯水池が存在したが、揚水発電はなく逆流は起こっていなかった。 【天ヶ瀬ダム建設以降】 天ヶ瀬ダムの貯水池で、揚水発電による逆流が起こっている。		【江戸～明治時代(大峯ダム建設前)】 急流の河川であり、発電は行われていなかった。 【大正～昭和時代(大峯ダム建設後)】 大峯ダムで発電放流が行われていた。 【天ヶ瀬ダム建設以降】 天ヶ瀬ダムで発電放流が行われていた。	

凡例: 大きな問題はないと考えられる 一部の個体が影響を受けると考えられる x すべての個体が影響を受けると考えられる

表 4.2-2(1) 回遊性の魚類等の生態情報

種名 項目	ウナギ	アユ(海産)	サツキマス
回遊生態	降下回遊	両側回遊	遡河回遊
遡上時期	春～夏季	春季(4～6月)	5～6月
降下時期	秋季	秋季(9～11月)	11～3月
昼行性 / 夜行性	夜行性で、旧瀬田川洗堰の遡上調査では深夜が遡上のピーク	遡上を行う成魚は昼行性で、午後1～2時が遡上のピーク 降下する仔魚は夜行性	昼行性
一般生態	 <p>河川の中～下流域や河口域、湖に生息する。シラスウナギの状態、海から河川へ遡上し、成熟年齢に達すると海へ下る。産卵場所は、フィリピン東方からマリアナ海域と推定されている。 肉食性で水生昆虫、小型魚類、貝類、エビ類等を捕食する。</p>	 <p>海(沿岸部)～河川中流域に生息する。孵化した仔魚はすぐに海に降り、翌春河川へ遡上する。産卵場所は、中流域と下流域の境目付近にある砂礫底の瀬である。 仔稚魚は動物プランクトン、成魚では主に付着藻類を摂食する。</p>	<p>河川上流域から沿岸域に生息する。一部のスマルト化した個体が海へ下る。翌春河川へ遡上をはじめ。産卵場所は、河川上流域の砂礫底である。 カゲロウやトビケラなどの水生昆虫や陸生の落下昆虫などを摂食する。降海した個体は沿岸域の魚類や甲殻類なども摂食する。</p>
種名 項目	トウヨシノボリ	モクズガニ	
回遊生態	両側回遊	両側回遊	
遡上時期	7～12月	春～夏季	
降下時期	5～7月	秋季(9～10月頃)	
昼行性 / 夜行性	昼行性	夜行性	
一般生態	 <p>淡水湖と汽水湖およびその流入河川に生息する。孵化した仔魚はすぐに海や湖に下る。全長15mm程度に育つと川を上り始める。産卵場所は、中流域のやや流れの速い部分の石の下面である。 雑食性で、付着藻類や小型の水生昆虫などを摂食する。</p>	 <p>河川上流域から河口域に生息する。産卵のため秋(9～10月頃)海に降下し、孵化して、約半年後遡上する。河口域で交尾し、受精卵をもった雌は河口から沖合に出て産卵する。 動物質を中心とした雑食性で、カワナなどの貝や魚の死骸などを好んで食べる。</p>	

表 4.2-2(2) 回遊性の魚類等の生態情報

種名 項目	スジエビ	ヌマエビ	イシガイ類
回遊生態	両側回遊	両側回遊	グロキジウム幼生が、ヨシノボリ類等の魚類に付着して移動
遡上時期			
降下時期			
昼行性 / 夜行性	夜行性	夜行性	
一般生態	 <p>河川や湖沼に生息する。湖沼には陸封型が生息する。繁殖期は3～10月。海域で孵化した幼生は、稚エビに変態後、河川を遡上する。 雑食性で、ミミズ、ヨコエビ類、貝類などの他、水生昆虫や魚の死体などを食べる。</p>	 <p>河口から上流域まで生息する。回遊性と淡水性の2つの型がある。繁殖期は3～10月。 付着藻類およびデトリタスなどの雑食性。</p>	<p>河川や湖沼に生息する。繁殖期は春から夏で、初夏がピークである。幼生はヨシノボリ類等の魚類に寄生して移動する。 濾過食性で、水中の浮遊懸濁物質やピコプランクトンを摂食する。</p>

参考文献

- 1) 土居隆秀 福富則夫 (2003) イワナ等渓流魚適正増殖手法開発事業 イワナの堤落下試験 栃木県水産試験場研究報告 46 : 108-118
- 2) Shirahata S. (1970) Survival of trout dropped from a waterfall Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory 20 : 93-100
- 3) C.Gosset ら (1994) 魚道及び降下対策の知識と設計 (翻訳監修中村俊六・東信行)
- 4) 関西電力株式会社 (2003) 天ヶ瀬発電所 放水路構造図