

第 7 章 改善策実施にあたっての構造上の課題の抽出

「第 5 章」において天ヶ瀬ダムにおける遡上・降下改善策が必要であることが明らかとなった。

本章においては、実際に遡上及び降下に対する魚道等の構造物等による改善策の検討を行い、実施にあたっての課題の抽出を行った。

7.1 魚類等の遡上を促進するための改善策

河川横断工作物の建設時期と魚類等の分布状況の変遷を「第 3 章」および「第 4 章」で整理した。この結果、これらの構造物は魚類等の遡上・降下に対して影響を及ぼしており、特に天ヶ瀬ダムは、ダム直下流の河川と貯水池に約 70m の落差を生じていること、貯水池の出現は、河川本来の水理特性を大きく変化させるものであることを確認した。

琵琶湖・淀川水系において、かつて、天ヶ瀬ダム地点を遡上・降下していたすべての魚類等を対象として、再び以前の姿に回復させるためには、天ヶ瀬ダム・貯水池の改善が最も重要である。しかし、天ヶ瀬ダム周辺の切り立った地形や、アーチ式ダムという構造の特殊性から、構造物による改善策の実現には様々な困難が伴うものと予想される。このため、遡上を促進するための方策として、構造物による方策に加え、採捕による移動も視野にいれた検討を行う。

7.1.1 改善すべき阻害要因

魚類等の遡上を阻害している天ヶ瀬ダム及び貯水池の要因としては、「4.2 遡上・降下の魚種別、要因別の影響評価」に示したように「ダムによる落差の存在」、「貯水池内による流速の低減」、「揚水発電による逆流区間の存在」の 3 つが考えられる。それぞれの要因について考察した結果を表 7.1-1 に示す。

これより、遡上を促進するためには、「ダムによる落差の存在」、及び「揚水発電による逆流区間の存在」の 2 要因に対応する必要がある。

表 7.1-1 魚類等の遡上に対する阻害要因の評価

阻害要因	考え方	評価
ダムによる構造物・落差の存在	・モクズガニにおいて一部の個体が遡上している以外は、基本的に全ての魚類等に対して影響を及ぼすと考えられる。	影響有り
貯水池内による流速の低減	・天ヶ瀬ダム貯水池が、通常のダム貯水池に比べて流速が速く、いわゆる流れダムに分類されるために、遡上については絶対的な阻害要因になっていないものと考えられる。	大きな問題はない
揚水発電による逆流区間の存在	・天ヶ瀬ダム流入量の大きな春季、夏季に遡上するものについては影響が比較的小さいと考えられるが、それ以外については、影響をある程度受けるものと考えられる。しかし、影響の時間や時期が限定されるため、決定的な影響要因とはならないと考えられる。	一部の個体が影響を受けると考えられる

注) 詳細は、表 4.2-1 参照。

7.1.2 改善策の条件

かつてダム地点を遡上していたすべての魚種を再び遡上させる方策としては、大別して以下の2つが考えられる。

新たに魚道を設置する方策

遡上しようとしている魚類等を採捕し、人の手で上流に移動させる方策

(1) 新たに魚道を設置する方策

現在、用いられている魚道の形式としては、表7.1-2に示すものがある。基本的には対象とする魚種に見合った水深・流速が確保できるように人工水路に工夫を加えたものである。このような魚道では魚種が限定される結果を招く可能性が高く、対象とする魚類以外の適応性に効果の小さいものもある。

このため、新たに魚道を設置する案を検討するに際しては、できるだけ多くの魚類等が対象となるように、できる限り自然の河川に似せた、せせらぎ魚道を基本とした。そのイメージ図を、図7.1-1に示す。

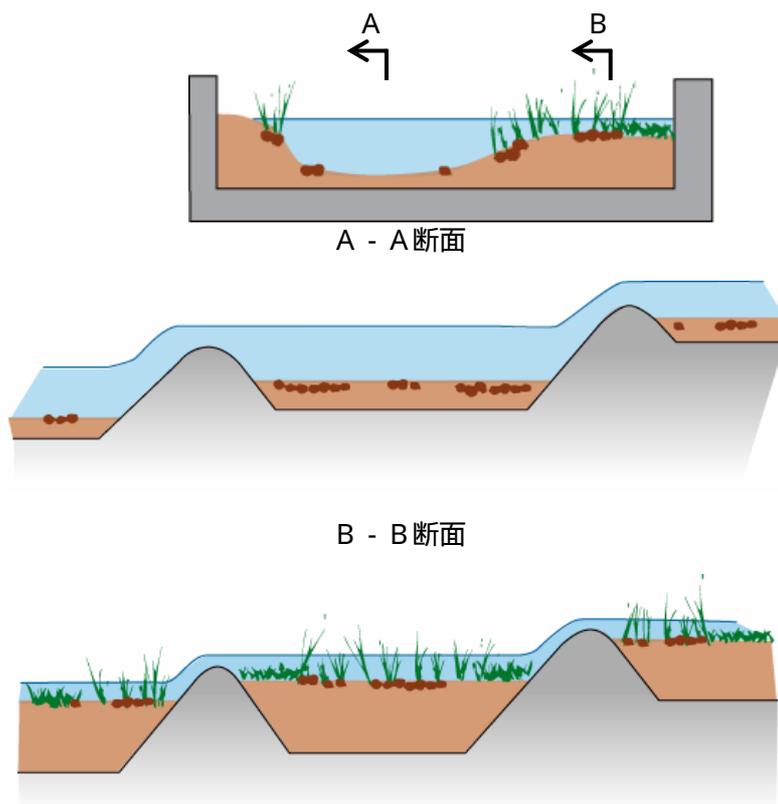


図7.1-1 せせらぎ魚道のイメージ

表 7.1-2 魚道型式の概要

分類名	概 要	一般的な適用性
プールタイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 隔壁によって形成されるプールを連続させることによって魚の休憩場所を確保しつつ、高さをかせぐタイプ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術的には高落差を遡上させることは可能である。 ・ 開渠方式以外に、トンネル式も考えられる。 ・ 狭いところで設置可能な、トラック式スパイラル魚道形式や橋梁式がある。 ・ 貯水池の水位変動に対しては、水位追従施設を設けるなどの工夫が必要である。
水路タイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一定勾配の水路を連続させるタイプ。基本的にプール部分が無く、止水部分が無いもの。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 疑似河川の様相（せせらぎ魚道）とできれば、多様な魚種(生物)に対応することが可能である。 ・ 緩勾配としなければならないため、落差が大きい場合には水路延長が長くなる。 ・ 開渠方式以外に、トンネル式も考えられる。 ・ 貯水池の水位変動に対しては、水位追従施設を設けるなどの工夫が必要である。
阻流板式 (デニール式)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水路式ではあるが、流れを制御する隔壁等により、止水部分を設けたもの。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高落差では流水が加速する恐れがあり、効果に疑問がある。
エレベータ式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 魚を魚槽に誘い込み、魚槽そのものを移動させることにより、高落差を克服するもの。 ・ 魚槽に導くための施設が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高落差に対応できる形式であり、貯水池の水位変動には影響を受けない。 ・ インクラインなどの傾斜した構造の場合には、ダムサイト下流の地山に配置することが可能である。
底生魚用魚道	<ul style="list-style-type: none"> ・ 底生魚などの遊泳力の小さい魚種を対象としたもの。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流速を小さくする工夫が必要であるが、魚道型式としては、プールタイプ、水路タイプが考えられる。 ・ 開渠方式以外に、トンネル式も考えられる。
ウナギ用魚道	<ul style="list-style-type: none"> ・ ウナギ専用と考えられた魚道。甲殻類などにも有効である可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水路内が湿潤していれば、急勾配でも設置可能である。このため、地山等に配置することが可能である。
モクズガニ用魚道	<ul style="list-style-type: none"> ・ モクズガニ等甲殻類用に考えられた魚道。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 甲殻類の歩行する特性を利用するため、急勾配でも設置可能である。このため、地山にパイプ等を利用して配置することが可能である。

(2) 地形条件・周辺構造物条件

天ヶ瀬ダム下流の地形条件・周辺構造物条件を整理すると以下に示すとおりである(図7.1-2、図7.1-3)。

- ダムサイト右岸側は地形が急峻なため、階段式魚道などの配置は困難である。このため、右支川の志津川(現在でもアユの遡上が確認されている)を遡上ルートとして利用することが考えられる。
- ダムサイト左岸側には既設道路(東海自然歩道、県道大津南郷宇治線)があり、これを利用することが考えられる。また、天ヶ瀬発電所及びダム管理所については、これを迂回する必要がある。
- 天ヶ瀬ダム本体を迂回する方法としてダム堤体に孔をあけることが考えられるが、これは技術的に難易度が高く、また工事費が増大することとなる。このため、開渠あるいはトンネルにて、ダムを迂回するのが望ましい。
- 逆流区間の影響を軽減する場合、貯水池右岸側は比較的急傾斜の自然斜面であることから、開渠の配置は困難と考えられるため、トンネルにより迂回する。一方、貯水池左岸側については、県道(大津南郷宇治線)を利用して迂回する。



図7.1-2 周辺条件



図 7.1-3 志津川の河道状況

(3) 落差条件

ダム直下(減勢工下流)の河床高はEL.16.5m程度であることから(図2.2-4減勢池縦断面図参照)、水深1mとすると下流水位はEL.17.5mとなる。一方、対象とする貯水位としては、常時満水位がEL.78.5m、制限水位がEL.72.0mであるが、過去の貯水池運用を見ると、「2.2.3 ダム及び貯水池の状況」に示すように、EL.68.5m～EL.78.5mの間である。

以上から、ダム地点における落差条件としては、下記に示すように51.0m～61.0mである。

- ダム地点最小水位差 = EL.68.5m - EL.17.5m = 51.0m
- ダム地点最大水位差 = EL.78.5m - EL.17.5m = 61.0m

7.1.3 考えられる改善策(案)

前項で示した条件に基づくと、魚道の配置は大別して以下の2案が考えられる。

- ダム左岸にある道路等を利用して魚道を設置する方策(以下、左岸ルートと称する)
- ダム右岸側直下流で合流する支川志津川を利用する方策(以下、右岸ルートと称する)

従って、改善策としては、左岸ルート魚道設置案、右岸ルート魚道設置案、採捕案の3案が基本となる。

これらに対して、「ダムによる落差の存在」、「揚水発電による逆流区間の存在」をそれぞれ改善した場合について、その改善効果および概算工事費用を検討した。その検討結果の総括を表3.5-3に示す。

なお、「揚水発電による逆流区間の存在」については、その影響度合いが限定的であること、及び改善に要する費用が莫大であることから、優先的に取組む必要はないものと考えられる。

表 7.1-3 天ヶ瀬ダムにおける魚類等の遡上に対する改善策（案）

基本的な方策		ダムによる落差の存在に対する改善策		揚水発電による逆流区間の存在に対する改善策		対象魚種に対する効果									概算工事費 (魚道工のみ)				
		改善策	改善策案に対する考察	改善策	改善策案に対する考察	回遊魚			純淡水魚		回遊性の甲殻類	淡水性の甲殻類	淡水性の貝類						
						ウナギ	アユ	サツキマス	ヨシノボリ類	その他遊泳魚	その他底生魚	モクズガニ	その他甲殻類	イシガイ類					
左岸ルート 魚道設置案	せせらぎ魚道を基本に、自然な流れの中で遡上させる。	現道に沿って、せせらぎ魚道を設置する。	魚類に対して、現状では理想的な対策である。 魚道の川幅を2m、水深を0.2mとする場合は、0.6m ³ /sの流量を確保する必要がある。 魚道の設置により現道幅が狭まり、交通に支障がある。特に天ヶ瀬発電所付近では、道幅が狭いため魚道の設置により車道から歩道に変更する必要がある。 府道3号(大津南郷宇治線)を利用する場合は平均水路勾配1/20と急勾配になり、流速を低減する工夫が必要である。 東海自然歩道を利用した場合の最急勾配は天ヶ瀬発電所付近で約1/7である。このため、階段式魚道などせせらぎ水路以外の方策と組み合わせる必要がある。	現道に張り出す形で、せせらぎ魚道を設置する。	魚類に対して、現状では理想的な対策である。 魚道の川幅を2m、水深を0.3mとする場合には、0.2m ³ /sの流量を確保する必要がある。 支川横断面では橋梁型式となるため、構造物が多くなる。													37.1億円	
			せせらぎ魚道の設置前に先行的に設置することが可能である。	モクズガニ用魚道	急勾配魚道(甲殻類やヨシノボリ類等の魚道)やパイプ利用の簡易魚道の事例や研究例がある。	対策なし	工事コストが低く、維持管理も容易である。 逆流による影響を受ける可能性がある。												7.4億円
																		750万円	
右岸ルート 魚道設置案	右岸側に、階段式魚道 [*] を設置し、人工的な水路の流れで遡上させる。	志津川を利用し、階段式魚道を組み合わせる。(開渠+トンネル) その他、エレベータ式や志津川トンネルの利用による対応策も考えられる。	一般的な魚道型式であり、一定の効果は期待できる。 志津川を利用する場合、全て階段式魚道を用いるより構造物は少ない。 ダムを迂回するために約300mのトンネル魚道となり、その効果の確実性に課題がある。 高落差のため距離が長くなることから、休息用施設が必要となる。なお、長距離の場合の効果の確実性に課題がある。	階段式魚道 (トンネル L=3.4km、i=1/350)	せせらぎ魚道とするよりも、必要な流量は小さい。 トンネル部分が長くなるため(約3.4km)、その効果の確実性に課題がある。 ウナギ、ヨシノボリ類に対しては工夫が必要。他の方式の組み合わせが必要。													95.7億円	
			対策なし	工事コストが低く、維持管理も容易である。 逆流による影響を受ける可能性がある。															19.2億円
	魚道の形式によって、対応魚種が限定されるため、他の方策を組み合わせる。	ウナギ用魚道	パイプ利用などの簡易施設の実例がある。 国内でのハイダムへの適用事例はない。															1.6億円	
		階段式魚道で対応できない魚種の対策 (採捕による輸送)	確実に遡上させることができる。 採捕時に魚類等がストレスや物理的ダメージを受けることがある。 適切な回数の運搬にしないと、遡上できない魚類等が多く残存する。	採捕した魚類等を逆流の影響がない箇所まで放流する。															5.5億円
	[*] 右岸側は地形が急峻なため、せせらぎ魚道の配置は困難である。	複合効果		対策あり															102.8億円
			対策なし															26.3億円	
採捕案	全魚種を対象に採捕による輸送を行う。	採捕による輸送	全ての魚類等を遡上させることができる。 魚類等の自然な遡上では無い。 採捕時に魚類等がストレスや物理的ダメージを受けることがある。 適切な回数の運搬にしないと、遡上できない魚類等が多く残存する。	採捕した魚類等を逆流の影響がない箇所まで放流する。														7.7億円 (50年分、採捕施設を含む)	

:遡上が可能
 :貯水池内の逆流の影響を受ける可能性有り
 :魚道内に工夫を行えば遡上可能

左岸ルート魚道設置案

【落差対策】せせらぎ魚道（図7.1-4）

基本レイアウト

右岸側は地形が急峻なため、せせらぎ魚道の配置は困難である。左岸の道路を利用してせせらぎ魚道を整備する。この場合、府道3号(大津南郷宇治線)を利用するルートと東海自然歩道を利用するルートがある。東海自然歩道を利用する場合、天ヶ瀬発電所付近で勾配が急になるために階段式魚道と組み合わせる。

概算工事費(魚道工のみ：用地費、付帯工などを除く)

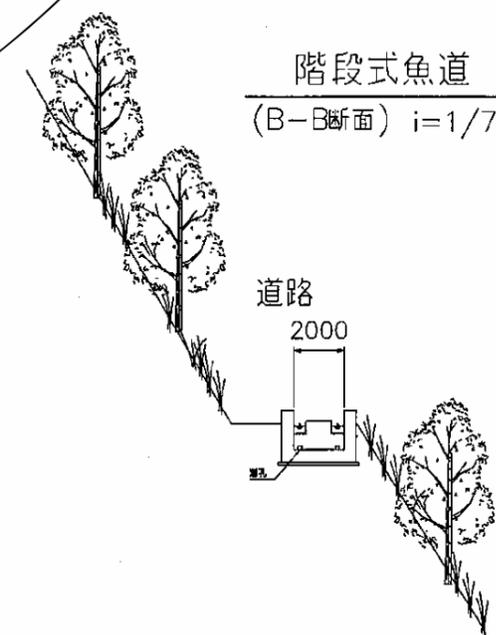
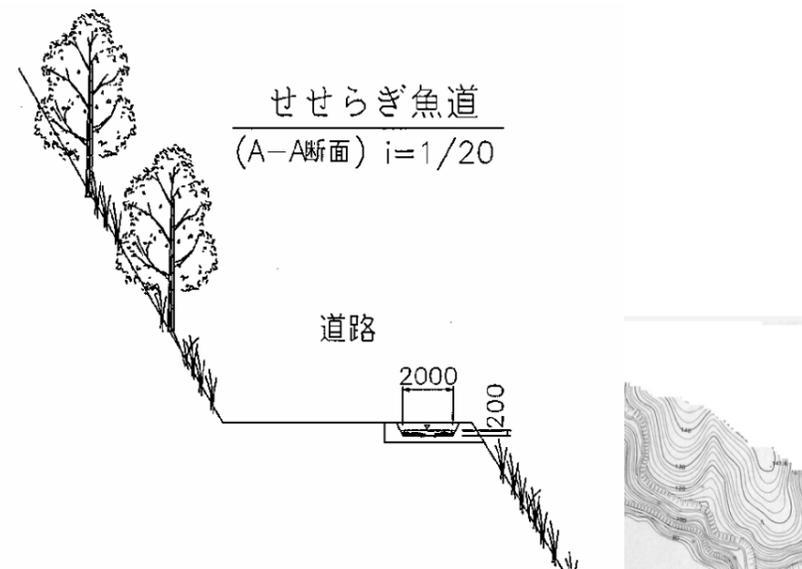
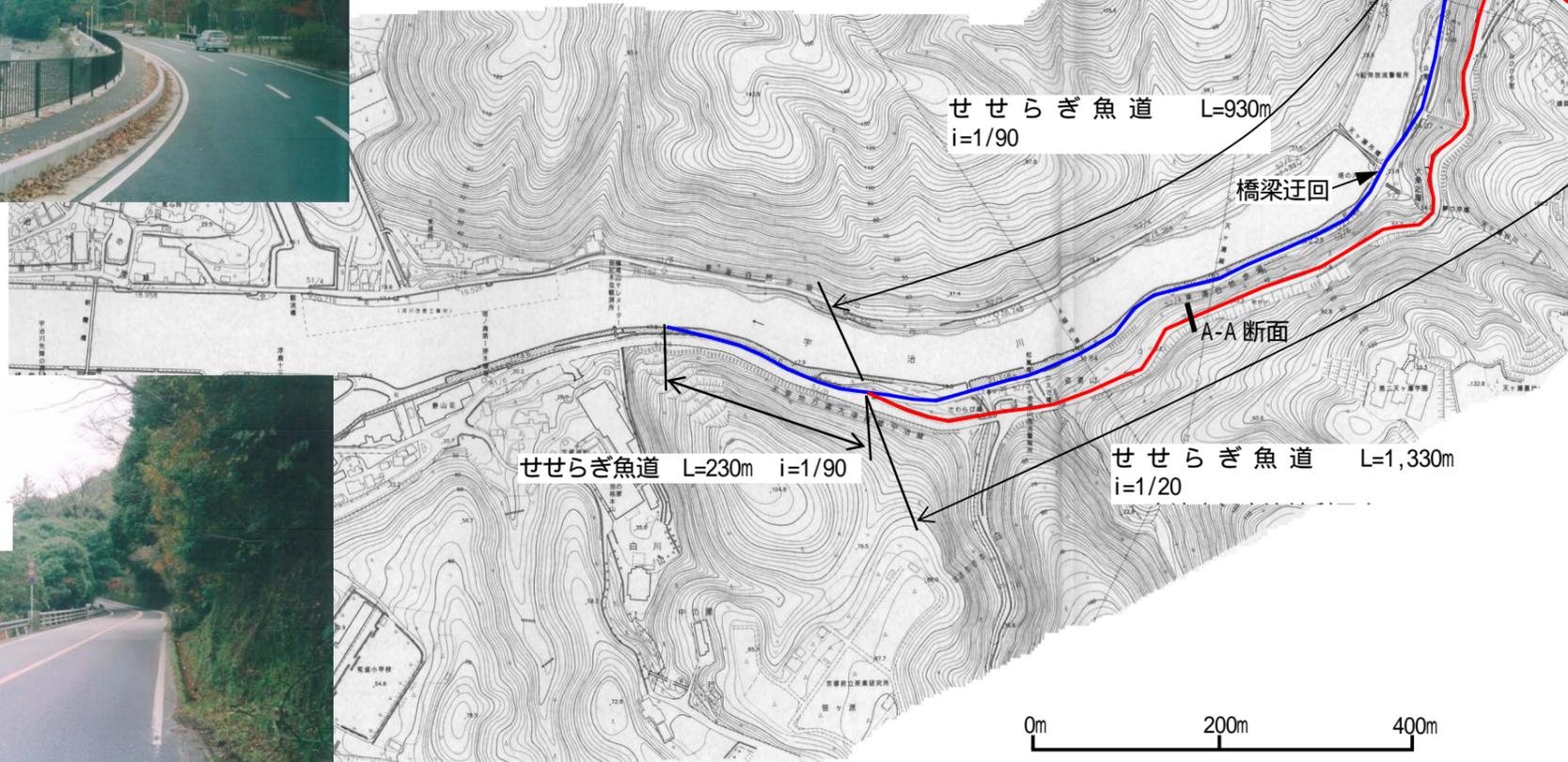
【落差対策】せせらぎ魚道

大津南郷宇治線利用

せせらぎ魚道	1,640m × 0.3 百万円 =	490 百万円
諸経費(約 50%)		250 百万円
	合計	740 百万円

東海自然歩道利用

せせらぎ魚道	1,240m × 0.3 百万円 =	370 百万円
階段式	430 × 1.0 百万円 =	430 百万円
	小計	800 百万円
諸経費(約 50%)		400 百万円
	合計	1,200 百万円



0m 200m 400m

図 7.1-4 左岸ルート魚道設置案(落差対策：せせらぎ魚道)

【逆流対策】せせらぎ魚道

基本レイアウト(図7.1-5)

貯水池の逆流対策としてせせらぎ魚道を整備する場合は、府道3号(大津南郷宇治線)を利用する。この区間は道路幅が狭いため、現道に張り出す形でせせらぎ魚道を設置する。

概算工事費(魚道工のみ：用地費、付帯工などを除く)

【逆流対策】せせらぎ魚道

せせらぎ魚道	6,600m × 0.3 百万円 =	1,980 百万円
諸経費(約 50%)		990 百万円
	合計	2,970 百万円

左岸ルート魚道設置案

せせらぎ魚道(落差対策) + せせらぎ魚道(逆流対策)

740 百万円 + 2,970 百万円 = 3,710 百万円

左岸ルート魚道設置案(逆流対策なし)

せせらぎ魚道(落差対策) + 対策なし(逆流対策)

740 百万円

)せせらぎ魚道(落差対策)については事業費の小さい大津南郷宇治線利用案の値を用いた。

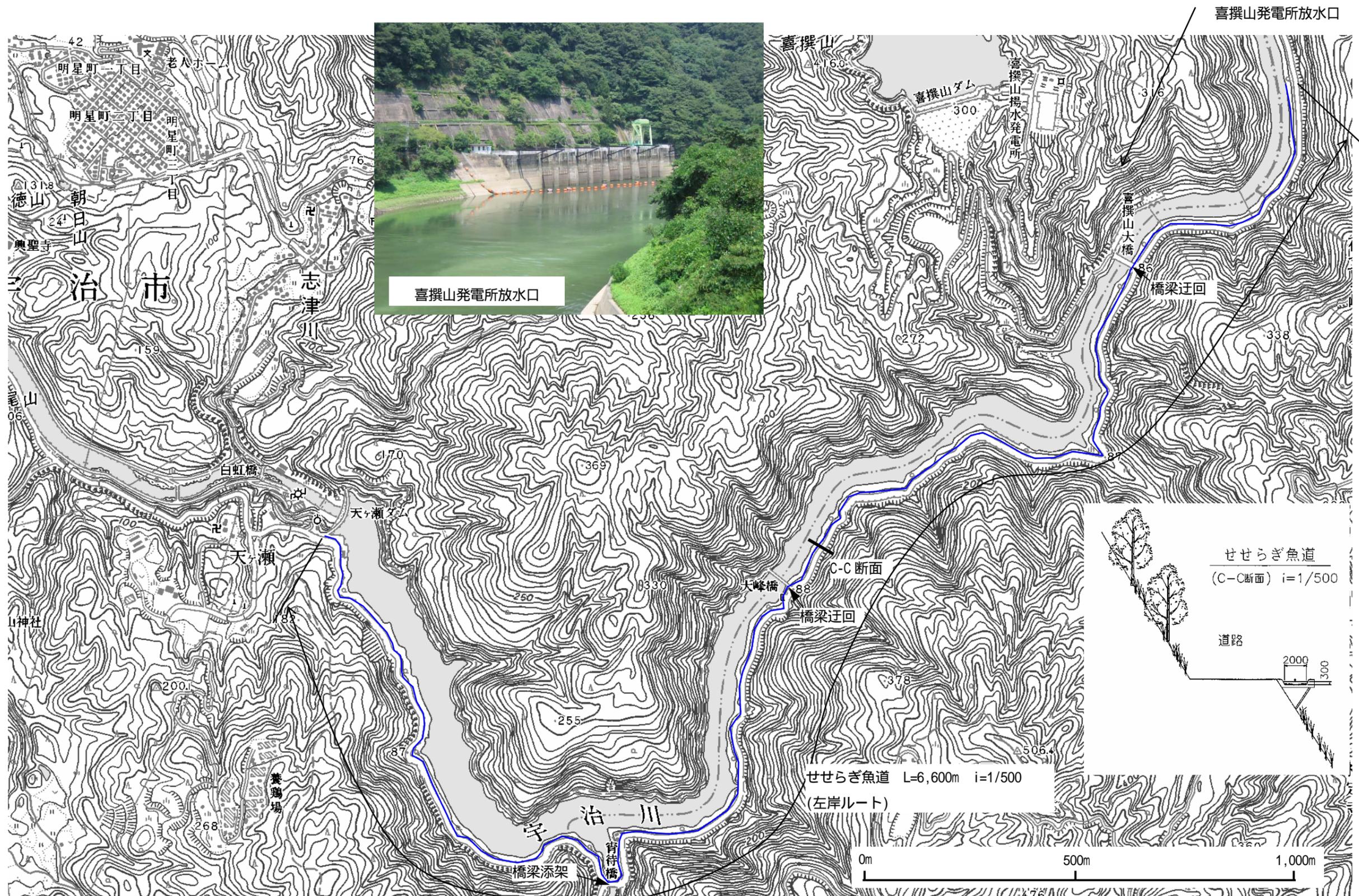


図7.1-5 左岸ルート魚道設置案(逆流対策：せせらぎ魚道)

左岸ルート魚道設置案

【落差対策】モクズガニ用魚道（図7.1-6）

せせらぎ魚道を設ける場合には特に不要である。しかし、その設置に時間を要するなどの理由から、モクズガニ専用の魚道を先行的に配置することが考えられる。その際の考え方を以下に整理する。

基本レイアウト

- 1)副ダム側魚道入口：副ダム直下の左岸側壁に魚道(U字側溝)を設置する。既設の排水を利用して呼び水にする。
- 2)側壁水路：既設の側溝を利用する。
- 3)堤体直下魚道入口：副ダムを越えた個体のための入口。管理用階段の脇に魚道を設置する。
- 4)急傾斜斜路：フーチングに沿って魚道を設置する。適宜休憩プール（水深0.1m程度）を設ける。
- 5)出口誘導施設：ダム湖からの揚水を一部利用し、シューターへ誘導する。
- 6)誘導管：円形パイプ。モクズガニが途中で止らないように工夫する。

概算工事費(魚道工のみ：用地費、付帯工などを除く)

【落差対策】モクズガニ用魚道

水路部	200m × 10千円	=	2,000千円
上流端施設			1,500千円
給水施設等			1,500千円
小計			5,000千円
諸経費(約50%)			2,500千円
合計			7,500千円

魚道設置ルートイメージ

魚道設置位置イメージ
鳥やタヌキ等による食害防止のために、魚道上部に何らかのカバーが必要。

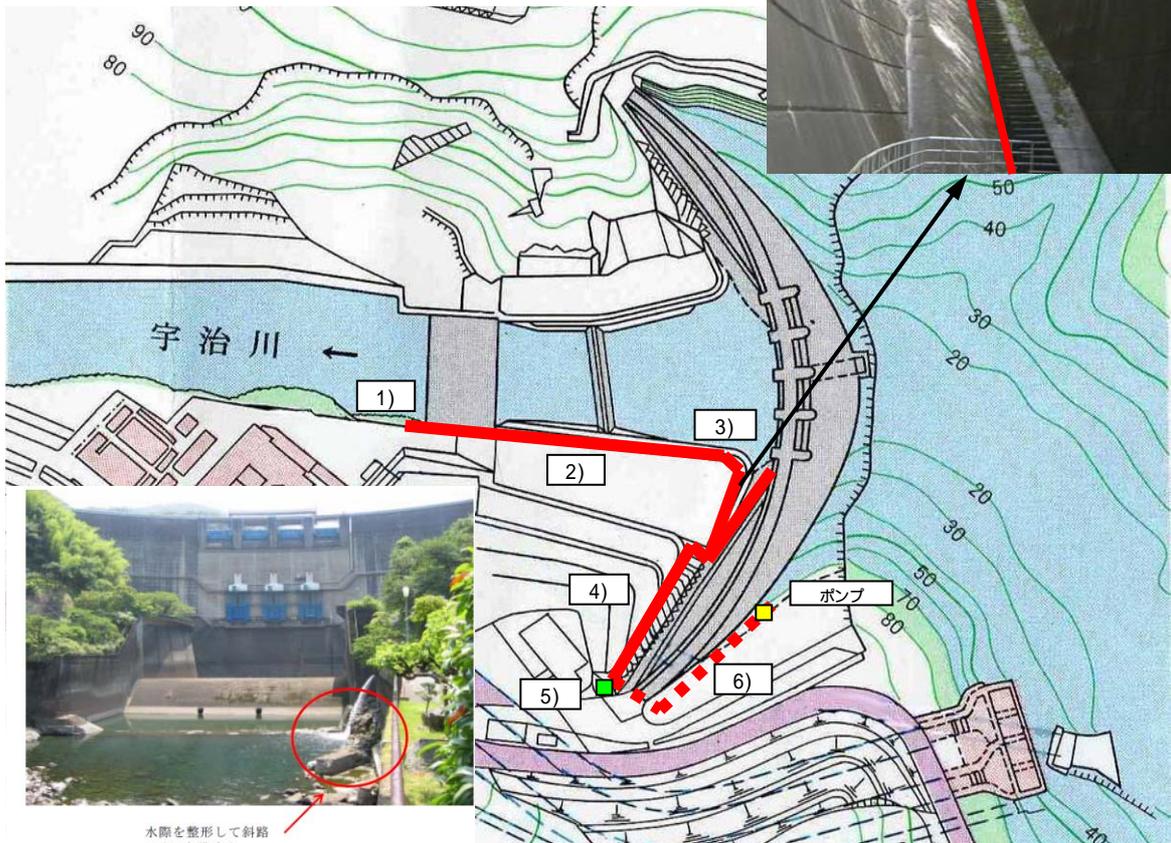


図 7.1-6 モクスガニ用魚道案

右岸ルート魚道設置案

【落差対策】志津川利用 + 階段式魚道 (図7.1-7)

基本レイアウト

天ヶ瀬ダム下流約400m付近において右岸から合流する支川志津川は、下流の狭隘山間の一部に急流部を持つものの、アユの良好な釣り場となっているなど溯上に対する支障はないと考えられる。このため、溯上経路としての利用が考えられる。

合流点上流に志津川への溯上を促す誘導堰(魚止堰)を設置し、志津川の自然河道を溯上させ、既設床止工を利用して魚道へと集魚する。その後、水路橋式の階段魚道により貯水池近傍に導く。

概略図



地図の出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図(宇治)¹⁾

図7.1-7(1) 右岸魚道設置案(落差対策：志津川利用+階段式魚道)

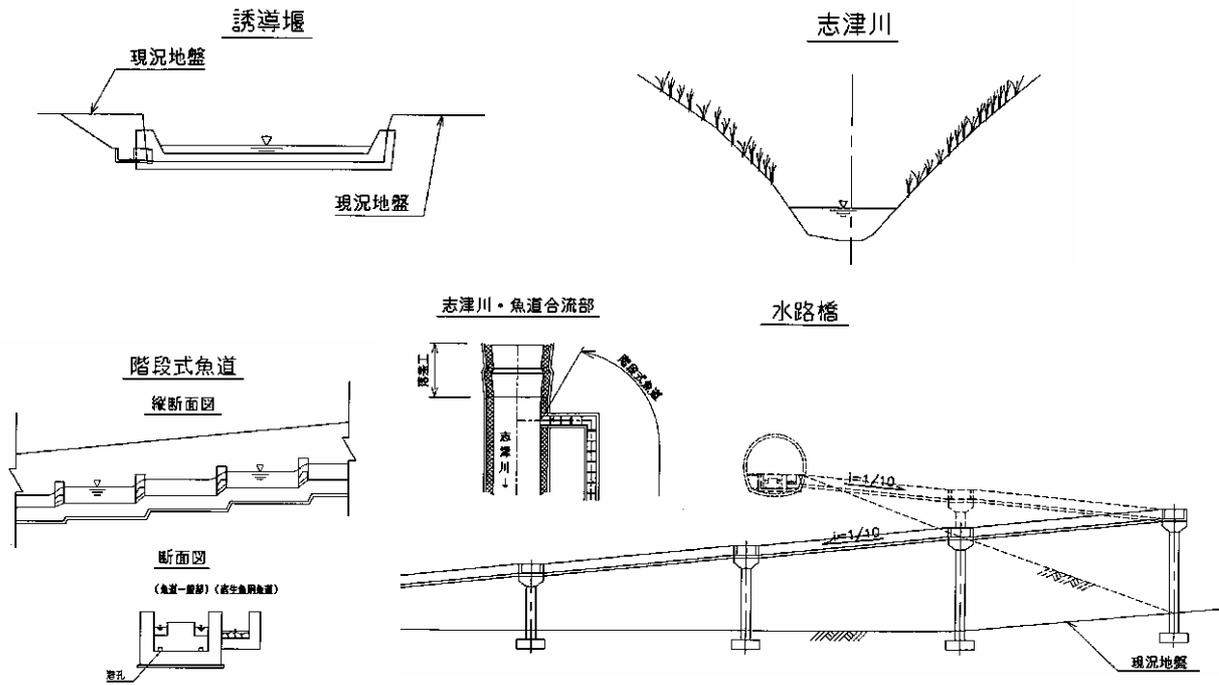


図 7.1-7(2) 右岸魚道設置案(落差対策：志津川利用 + 階段式魚道)

概算工事費(魚道工のみ：用地費、付帯工などを除く)

【落差対策】 志津川利用 + 階段式魚道

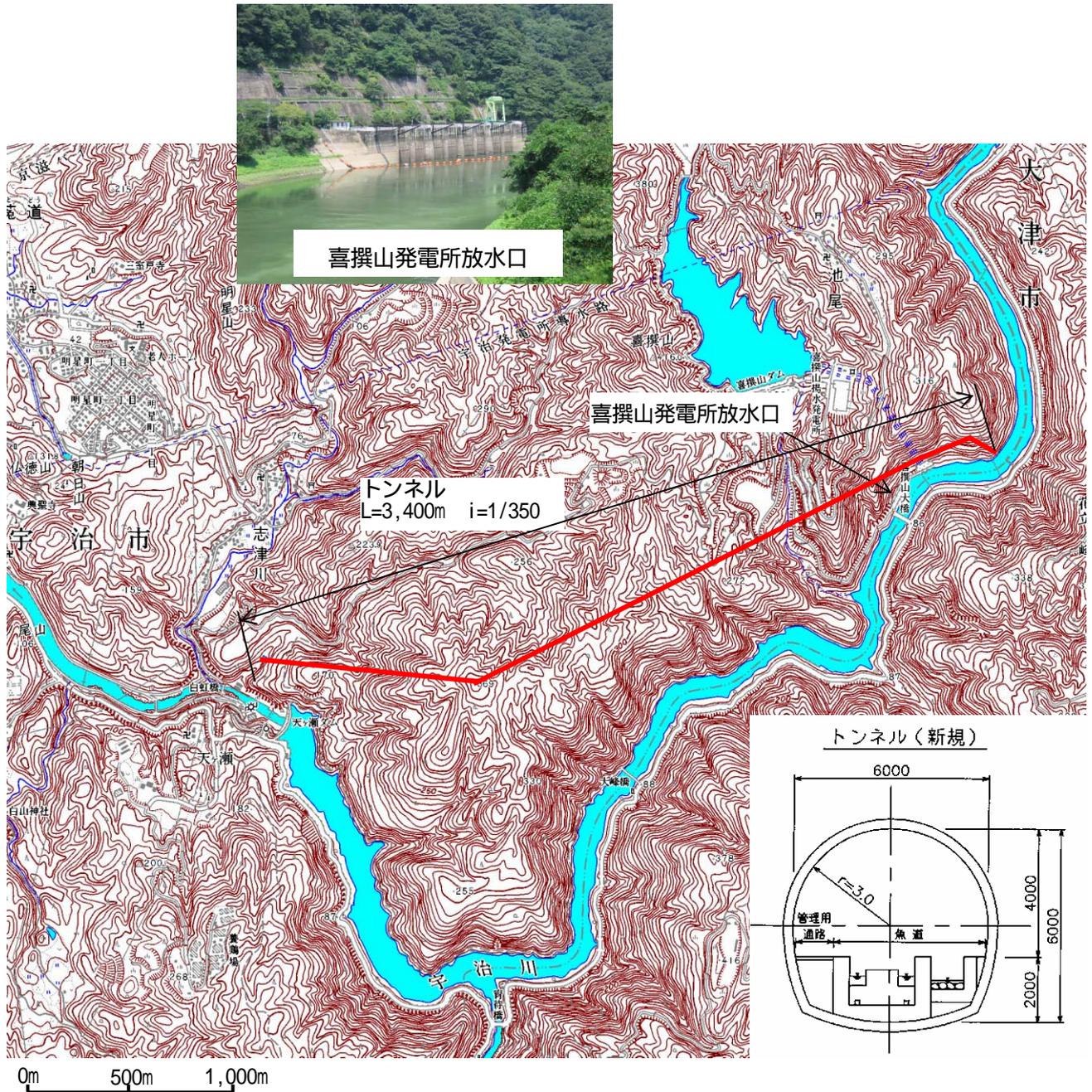
誘導堰(1基)		50 百万円
階段式	420m × 1.0 百万円 =	420 百万円
トンネル部	540m × 1.5 百万円 =	810 百万円
	小計	1,280 百万円
諸経費(約 50%)		640 百万円
	合計	1,920 百万円

【逆流対策】 階段式魚道[トンネル] (図 7.1-8)

基本レイアウト

逆流区間を迂回させるために、喜撰山発電所放水口上流までトンネルを設ける。

概略図



地図の出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図(宇治)¹⁾

図 7.1-8 右岸魚道設置案(逆流対策)

概算工事費(魚道工のみ：用地費、付帯工などを除く)

【逆流対策】 階段式魚道[トンネル]

トンネル部	3,400m × 1.5 百万円 =	5,100 百万円
諸経費(約 50%)		2,550 百万円
合計		7,650 百万円

右岸ルート魚道設置案

志津川利用(落差対策) + 階段式魚道[トンネル](逆流対策)
1,920 百万円 + 7,650 百万円 = 9,570 百万円

右岸ルート魚道設置案(逆流対策なし)

志津川利用(落差対策) + 対策なし(逆流対策)
1,920 百万円

【落差対策】ウナギ用魚道案

基本レイアウト (図 7.1-9)

ウナギ用魚道は比較的急峻な斜面でも設置可能である。ここでは、下記理由によりダム下流右岸側の地山に配置するものとした。

- ・ 景観性を考慮すると左岸側に設置する方が望ましい。ただし、ウナギを集魚する施設が天ヶ瀬発電所放水口と近接することになるため、巧く機能するか疑問がある。
- ・ 堤体に固定することも考えられるが、堤体下流面はオーバーハングしているため、その設置及び維持管理が困難である。

なお、管理用通路を迂回するように、また上流端でウナギを貯水池内に落とすための施設を設ける。施設が小規模であることから、景観に及ぼす影響が少なくなるような工夫が可能と考えられる。

概要図

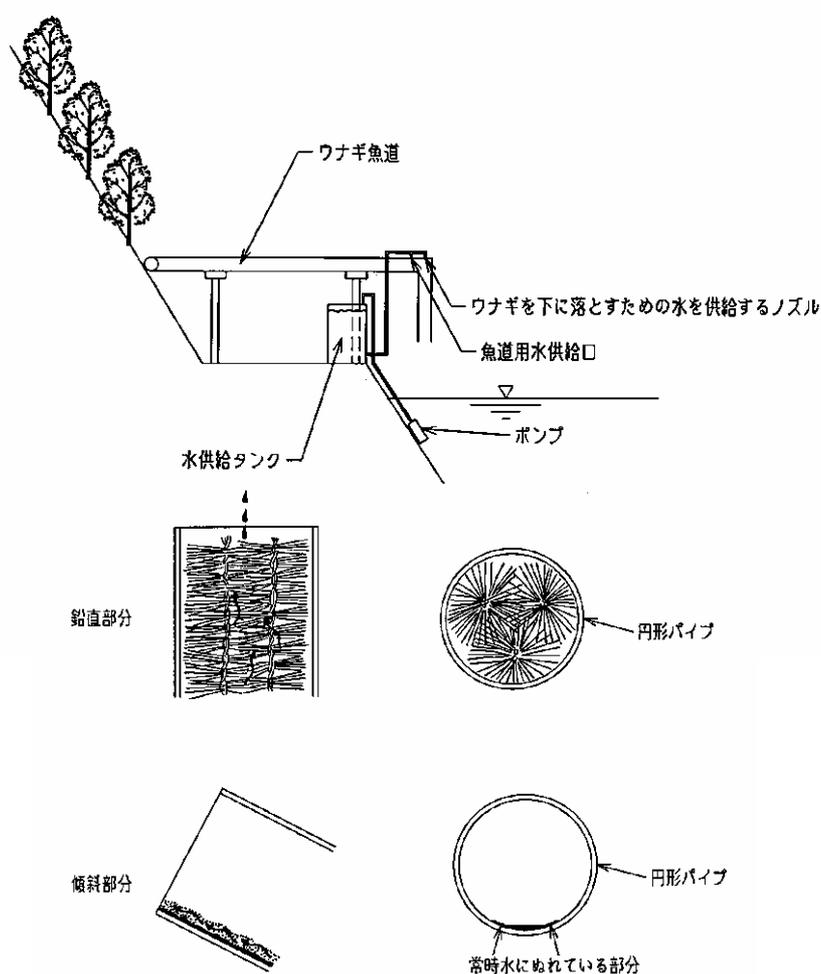


図 7.1-9(1) ウナギ用魚道案(落差対策)

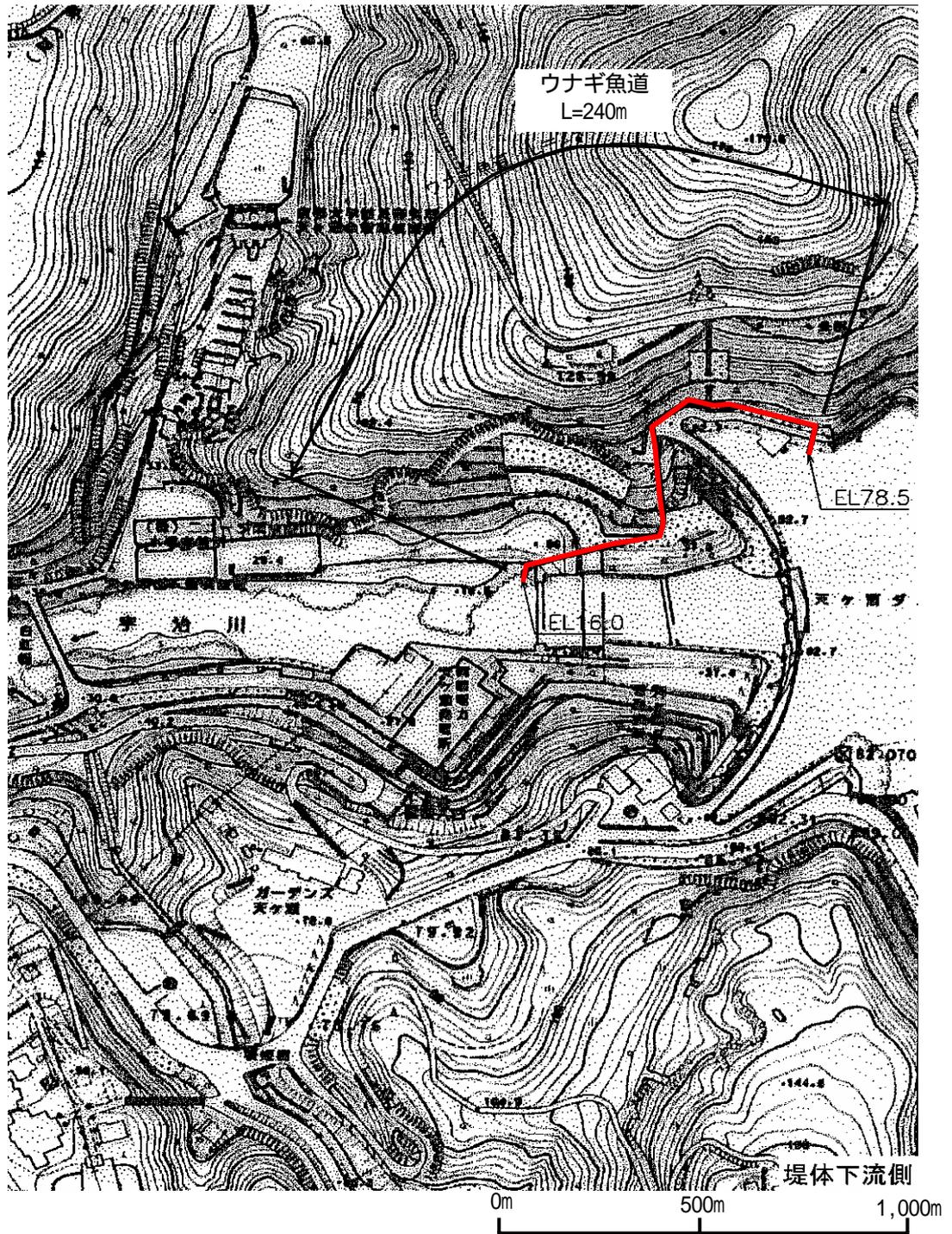


図 7.1-9(2) ウナギ用魚道案(落差対策)

概算工事費(魚道工のみ：用地費、付帯工などを除く)

【落差対策】ウナギ用魚道(落差)

集魚施設		40 百万円
ウナギ用魚道	240m × 0.2 百万円 =	48 百万円
上流端施設		20 百万円
	小計	108 百万円
諸経費(約 50%)		52 百万円
	合計	160 百万円

採捕案

魚道に代替する方法として、図 7.1-10 に示すとおり、魚類を捕獲して人による運搬を対象とする。なお、採捕用施設は新規に設けるものとする。その他、検討条件としては以下と仮定した。

- ・ 1 回当りの運搬魚類数 1,000 匹程度
- ・ 運搬頻度 通常期：朝、夕の 2 回 繁忙期：日中 10 回程度(アユの遡上期に対応)
- ・ 作業体制 トラックの運転手 1 名及び作業員 1 名の計 2 名を 1 班とする。

全ての魚類等を対象に採捕する場合

・ 1 日当たりの概算費用

作業としては、遡上・降下を代替することとする。1 日の作業量としては、運搬距離を貯水池上流端付近(常時満水位付近)と考えて 9km 程度とすると、トラック運搬の単位数量が 0.15 日であることから、作業回数約 6 回(6 往復)で 6m³ の運搬が可能となる。また、人力積込は 0.13 人であり、1 日 1 人当たりの作業可能数量は約 7.7m³/日である。従って、6m³ 以内であれば作業員は一人でもよい。ただし、積込作業にあたっては普通作業員 1 名を拘束すると考えて費用を算出する。なお、ここでは、作業は普通作業員 1 名とトラックの運転手 1 名の計 2 名で作業を実施するものとする。

ただし、6m³ 以上となる場合には、作業員及びトラックの数量を増加して対応する。つまり、採捕・積込作業は 2 名体制で行うものとするため、トラック台数を増加する場合には、普通作業員も増員するものとする。

従って、1 日当たり概算費用は以下のとおりとなる。

通常期(2,000 匹/日：運搬 2 回)

トラック台数：1 台

作業体制：2 名(普通作業員 1 名、トラック運転手 1 名)

$14,100 \times 1 + 3,800 \times 2 = 21,700$ 円/日

アユ遡上期(10,000 匹/日：運搬 10 回)

トラック台数：2 台

作業体制：4 名(普通作業員 2 名、トラック運転手 2 名)

$14,100 \times 2 + 3,800 \times 10 = 66,200$ 円/日

・ 年間運搬費用の算出

以上までの検討結果を基に、年間の運搬にかかる費用を算出する。なお、直接費、間接費(諸経費)とに分けるものとし、間接費は直接費の 50%を見込むものとした。

直接費

$21,700 \text{ 円/日} \times 335 \text{ 日} + 66,200 \text{ 円/日} \times 30 \text{ 日} = 9,256$ 千円

間接費(諸経費)

$9,265 \text{ 千円} \times 50\%$

$= 4,633$ 千円

計 13,889 千円/年

・採捕用施設

採捕用施設を、図 7.1-10 に示すとおり、貯水池上流側及び下流側にそれぞれ 1 箇所設けるものとする(誘導堰と採捕用水路の組合せ)。

誘導堰は川幅程度で落差 2~3m 程度の固定堰とする。採捕用施設の概算工事費(初期投資額)は諸経費込みで概ね 75 百万円(=50 百万円×1.5)とする。

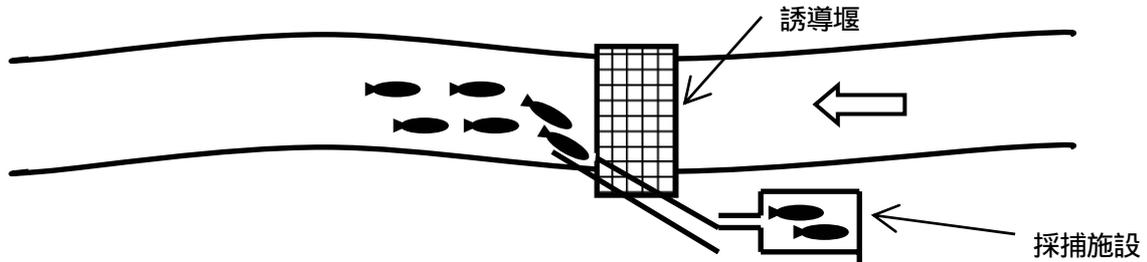


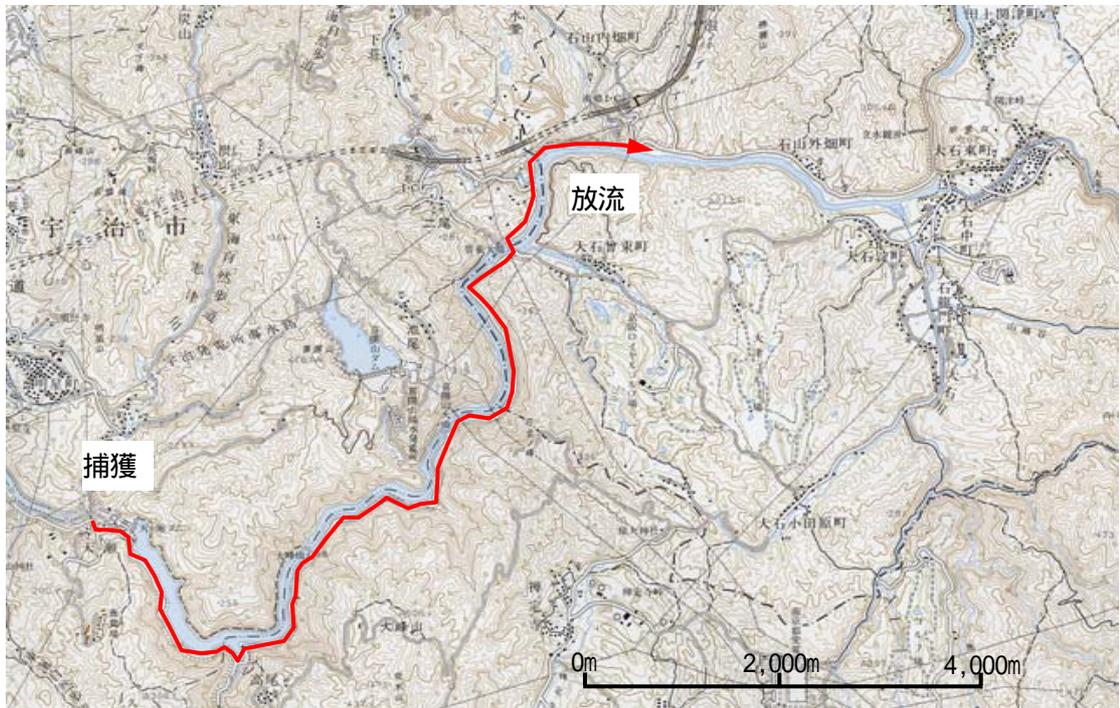
図 7.1-10 採捕施設のイメージ

・費用の算出

魚道施設の耐用年数を 50 年と仮定して、採捕した場合の費用を算出する。なお、耐用年数は、治水経済調査における堤防方式の値を参考とした(「河川砂防技術基準(案)調査編」P.547 参照)。

採捕案(落差、逆流)

$$\text{採捕費用} = 13,889 \text{ 千円} \times 50 \text{ 年} + 75 \text{ 百万円} = 770 \text{ 百万円}$$



地図の出典：国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図(宇治)¹⁾

図 7.1-11 採捕案(捕獲位置及び放流位置)

右岸ルート魚道設置案の階段式魚道で対応できない魚種への改善策の場合

・運搬1回、アユの遡上期なしとして算定する。

トラック台数：1台

作業体制：2名（普通作業員1名、トラック運転手1名）

$$14,100 \times 1 + 3,800 \times 1 = 17,900 \text{ 円/日}$$

・年間運搬費用の算出

$$\text{直接費 } 17,900 \text{ 円/日} \times 365 \text{ 日} = 6,534 \text{ 千円}$$

$$\text{間接費(諸経費)} 6,534 \text{ 千円} \times 50\% = 3,267 \text{ 千円}$$

$$\text{計 } 9,801 \text{ 千円/年}$$

・費用の算出

$$\text{採捕費用} = 9,801 \text{ 千円} \times 50 \text{ 年} + 75 \text{ 百万円} = 550 \text{ (百万円)}$$

1) 改善策の効果

前述の3案についての改善効果は次のようにまとめられる。

左岸ルート魚道設置案

- ・ 落差の解消には、さほど大きな費用は必要としない。
- ・ ただし、逆流区間も同時に解消しようとするれば、魚道の延長が非常に長くなり、費用が大幅に増大する。
- ・ 道路敷地を利用して魚道を設置するためには、ダム管理上の通行および近傍の住民や観光客の車両の通行の確保との兼ね合い等、道路管理者から同意を得ることに課題がある。

右岸ルート魚道設置案

- ・ 志津川から貯水池に至る区間をトンネル構造にする必要があるため、工事費が増大する。
- ・ 逆流区間も改善するためには総延長3.4kmのトンネルが必要となり、100億円の巨費が必要と予想される。

採捕案

- ・ 全ての魚種に効果があると考えられ、費用は安価である。
- ・ ただし、人力により対応するため、効果の度合いが実施頻度に支配される。
- ・ 比較的短期間の改善を行う案としては現実的であるが、本質的な改善策とは考えにくい。

7.2 魚類等の降下を促進するための改善策

天ヶ瀬ダムにおいては、貯水池をバイパスするものを含む発電水路を始めとする様々な水路がある。遡上改善策を含む、降下ルートについて、最も効果的な手法について検討を行う。

7.2.1 改善すべき阻害要因

魚類等の降下を阻害する要因としては、「ダムによる落差の存在」、「貯水池内による流速の低減」、「揚水発電による逆流区間の存在」、「発電水車による衝撃」の4つが考えられる。それぞれの要因について考察した結果を表7.2-1に示す。

これより、まだ不明な点も多く、明確な阻害要因は明らかになっていない。

表 7.2-1 魚類等の降下に対する阻害要因の評価

阻害要因	考え方	評価
ダムによる落差の存在	・洪水放流などにおいて落下した場合の個体がダメージを受ける可能性があるものの、条件によっては一部が生存したまま降下できる可能性がある。	大きな問題はないと考えられる
貯水池内による流速の低減	・天ヶ瀬ダム貯水池が、通常のダム貯水池に比べて流速が速く、いわゆる流れダムに分類されるために、能動的に下流を目指して降下する魚類については絶対的な阻害要因になっていないものと考えられる。 ・流れにまかせて受動的に降下する仔魚や貝類については、滞留しやすくなり、ダムより下流に流下し難いものと考えられる。	一部の個体が影響を受けると考えられる
揚水発電による逆流区間の存在	・降下時期、時刻によっては影響を受ける魚種はあるものの、完全に降下を阻害する要因にはなっていないものと考えられる。	一部の個体が影響を受けると考えられる
発電水車による衝撃	・発電水車に巻き込まれるものの、一部の個体は生存して降下すると考えられるが、実際の発電水車との形式の関係等、明らかでない点も多い。	影響不明

注) 詳細は、表 4.3-3 参照

7.2.2 考えられる改善策(案)

前述したように各要因については、絶対的な阻害要因にはなっていないものの、若干の影響があることは否めない。

降下の改善策としては、下記に示す3つの考え方に大別できる。それぞれについて、考察を加える。

遡上改善策として設置する魚道を利用する場合

天ヶ瀬ダム貯水池は年間約10mの水位変動があること、また、揚水発電の影響で日間も最大5m程度の水位変動がある。また、天ヶ瀬ダムの放流量に対し、魚道の流量は相対的に非常に小さくせざるを得ない。このため、降下する魚類等に魚道の上流端に誘導する工夫は困難と考えられる。このため、降下しようとする魚類等に対しては効果が小さいものと考えられる。

採捕式

遡上に対する改善策と同様な方法に魚類等を集めて採捕し、下流に放流することも考えられる。しかし、ある程度の効果はあると考えられるが、本質的な改善策とは言えない。

現状において琵琶湖と天ヶ瀬ダム下流を結ぶ水路を利用する方策

現状において、琵琶湖と天ヶ瀬ダム下流を結ぶ水路としては、天ヶ瀬発電所、天ヶ瀬ダムコンジット、宇治発電所、琵琶湖疏水の4ルートがある。これらは、現状として、ある程度、降下ルートとして一定の効果を挙げている可能性がある。

以上に示すように、琵琶湖と天ヶ瀬ダム下流を結んでいる水路が、ある程度効果を挙げている可能性があることから、当面はこれらを利用する(または、効果を期待する)方策が現実的と考えられる。

以下に、各水路の効果について考察を行う。

7.2.3 各降下ルートの魚類等の利用度合いの推定

魚類等が各降下ルートを利用している度合いを推定する目安として、流量比率の整理を行う。各降下ルートの至近10カ年の流量及びその比率を表7.2-2、図7.2-1~2に示す。なお、天ヶ瀬発電所、天ヶ瀬ダムコンジットの流量に関しては、琵琶湖からの流入量分のみとするために、大戸川等の残流域流入分を控除した。

これによると、宇治発電所と琵琶湖疏水の取水量が琵琶湖からの流出量の約5割を占めていることが分かる。また、宇治発電所と天ヶ瀬発電所の流量比率が各々37%と最も大きいことから、降下ルートとしては効果が大きいものと考えられる。なお、天ヶ瀬ダムコンジットからの放流は、11月から2月についてはほとんどなく、4~9月に集中している。

表 7.2-2 降下ルート別の月別流量比率(H6～H15 平均値)

	単位: m ³ /s												平均	年間総流量 (百万m ³ /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		
天ヶ瀬ダム発電所	35.8 37%	36.7 39%	49.3 42%	53.1 43%	68.2 41%	85.2 43%	45.7 30%	46.1 33%	42.3 34%	33.0 31%	23.3 27%	36.4 37%	46.6 37%	1,470
天ヶ瀬ダムコンジット	5.6 6%	2.8 3%	9.4 8%	15.3 12%	20.2 12%	40.0 20%	35.0 23%	24.3 18%	16.7 13%	9.4 9%	1.0 1%	1.2 1%	15.7 12%	500
宇治発電所	42.9 44%	43.7 46%	45.9 39%	33.2 27%	54.1 33%	52.9 27%	52.1 34%	49.1 36%	47.5 38%	45.6 43%	44.4 51%	42.4 44%	46.2 37%	1,460
琵琶湖疏水 (第一疏水)	1.1 1%	0.5 1%	1.9 2%	7.6 6%	7.5 5%	7.2 4%	6.5 4%	5.0 4%	4.4 4%	4.5 4%	4.3 5%	3.8 4%	4.5 4%	140
琵琶湖疏水 (第二疏水)	11.7 12%	11.1 12%	11.9 10%	14.3 12%	14.3 9%	14.2 7%	14.1 9%	13.6 10%	13.5 11%	13.9 13%	13.8 16%	13.5 14%	13.3 10%	420
合計														3,990

- 1) 下段は、琵琶湖からの流出量の比率を示す。
- 2) 天ヶ瀬ダム発電所、天ヶ瀬ダムコンジットの流量については、大戸川等残流域流入分を控除した。

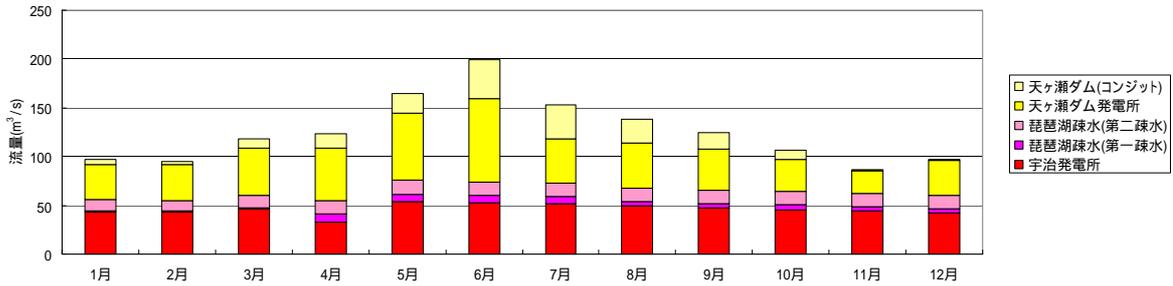
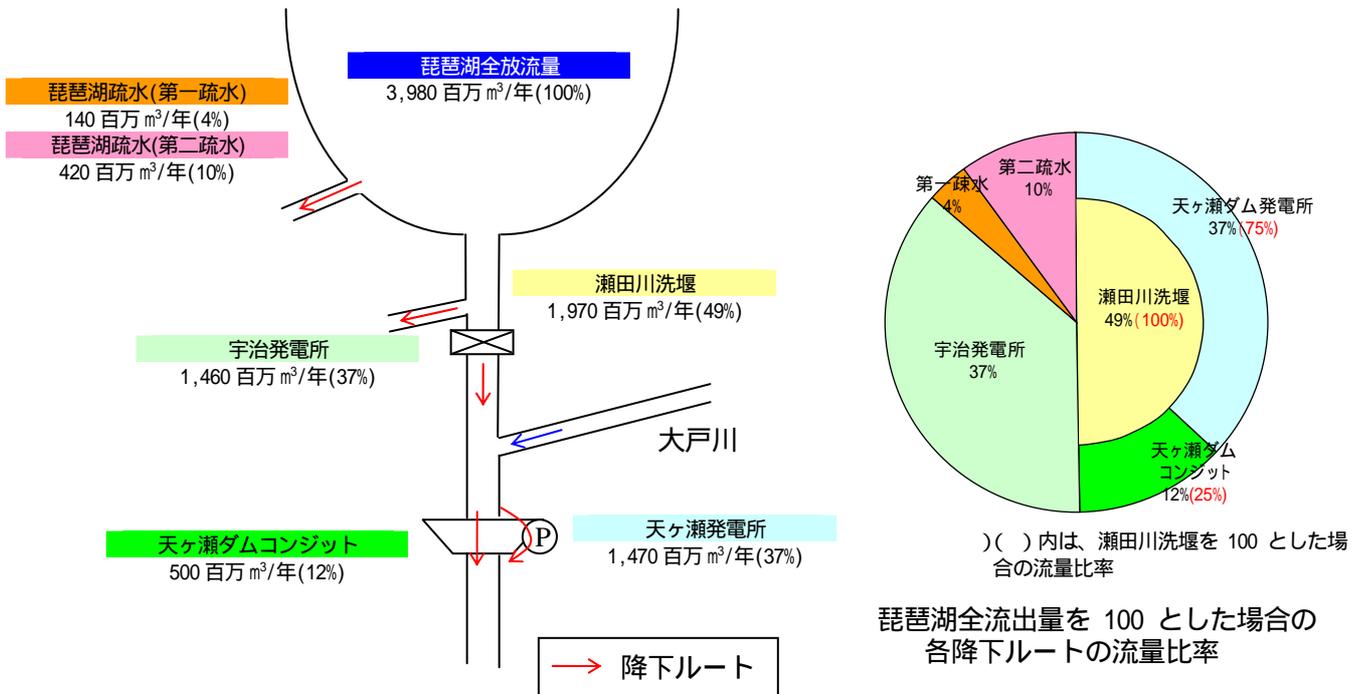


図 7.2-1 降下ルート別の月別流量比率



- 1) 数値は年間総流量で、H6～H15の平均値
- 2) 天ヶ瀬ダムコンジット、天ヶ瀬発電所の年間総流量は、大戸川等残流域流入分を控除した値

図 7.2-2 降下ルート別流量

7.2.4 各降下ルート of 課題の整理

天ヶ瀬発電所、天ヶ瀬ダムコンジット、宇治発電所及び琵琶湖疏水についての、降下ルートとしての課題について以下にまとめた。

(1) 天ヶ瀬発電所

天ヶ瀬発電所を経由する場合、通過の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。

発電水車による致死率は、C.Gosset ら(1994)が発電水車の型式・大きさと魚種・魚の体長をパラメータとして、実績をもとに予測式を提案している²⁾。天ヶ瀬発電所では斜流式水車を使用しており、この型式の予測式は得られていない。しかし、同じプロペラ式に属するカプラン式水車の予測式を適用すると、サケ科魚類の場合は5~20%、ウナギの場合はそれよりも大きく25~70%程度となり、ある程度の損傷は生じるが、降下ルートとしては十分に機能すると予想される(「4.1.5 発電放流の水車による衝撃」参照)。

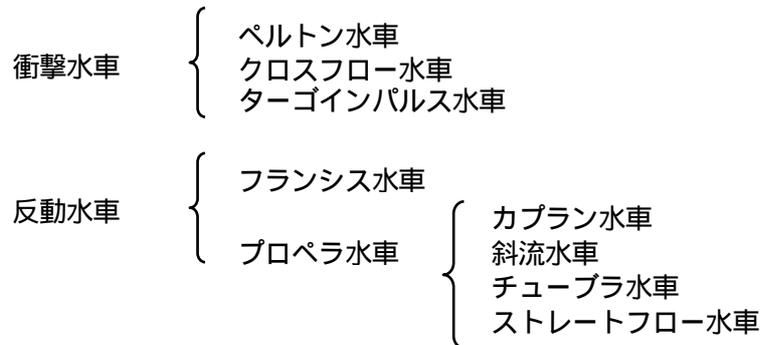


図7.2-3 水車の種類

天ヶ瀬発電所における現地調査結果によると、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なかったものの、遊泳力の弱い稚魚やエビ類等の一部は貯水池から流下していると考えられる。

(2) 天ヶ瀬ダムコンジット

コンジットからの放流では、減勢池に着水する際に魚体に大きな衝撃を受け、損傷あるいは斃死する可能性がある。河川管理者が、天ヶ瀬ダム魚類等遡上・降下影響評価検討委員会と並行して、ダム近傍で採取した魚類及び宇治川漁協から購入した放流用アユを落下させる現地調査を実施した。コンジットゲートを想定してキャットウォーク(落差 22m)、クレストゲートを想定し堤体上部(落差 65m)からそれぞれ落下させた結果、落下前に魚類が弱っていなければ、放流用アユ等の小型魚(全長 100mm 以下)ではほとんど影響はみられず、コイやコウライニゴイ等大型魚では斃死等の影響がみられた。10 個体中 2 個体が約 24 時間後も生存することが確認された。

この現地調査では、コンジット放流時とは異なり、魚体が水に包まれない状態で着水したため、より大きな衝撃を受けた可能性があること等から判断して、実際の洪水放流時の生存率は今回の結果よりも大きくなると考えられる(「4.1.2 ダムによる落差の存在による影響」参照)。

したがってコンジット放流は、放流頻度は少ないものの、洪水時に降下する魚類等の降下ルートとなる可能性があるものと判断される。

(3) 宇治発電所

宇治発電所の水車型式はフランス式水車であり、この型式の場合の魚類の死亡率は5～90%程度であることが報告されている(「4.1.5 発電放流の水車による衝撃」参照)。

平成13年2月に宇治発電所内で行われた調査によると、発電所放流口の水路内において表7.2-3に示す魚類等の生息が確認されており、これらは琵琶湖から流下してきたものである可能性がある。

表7.2-3 宇治川発電所放流口内で確認された魚類等³⁾

種名	個体数	種名	個体数
魚類		二枚貝類	
ニゴロブナ	1	ドブガイ	1
ギンブナ	+++	タテボシガイ	+++
ゲンゴロウブナ	++	メンカラスガイ	2
オイカワ	++++	ササノハガイ	+++
ウグイ	2	マツカサガイ	1
ウナギ	2	マシジミ	+++
ブルーギル	++++	カワヒバリガイ	++++
オオクチバス	++++	巻貝類	
カネヒラ	1	ナカセコカワニナ	+++
ギギ	+	イボカワニナ	+
トウヨシノボリ	++++	ハベカワニナ	++
ヌマチチブ	-	チリメンカワニナ	++
ニゴイ	++	カワニナ	+
ハス	++	タテヒダカワニナ	++
ワタカ	++	ヒメタニシ	+++
ビワヒガイ	++	甲殻類	
ビワコオオナマズ	1	テナガエビ	++++
スゴモロコ	++		
コイ	1		
カマツカ	++		

出典：平成12年度 淀川生態環境調査検討業務(8/8)(その2)報告書
(平成13年3月 財団法人 河川環境管理財団/河川環境総合研究所)を元に作成
：琵琶湖から宇治発電所を通過して流下してきたものである可能性がある。

また、宇治川漁協では、秋～冬にかけて宇治川発電所導水路を下ってくるウナギをもんどり(鉄製の籠)を使用して捕獲しており、それらの漁獲尾数は表7.2-4に示すとおりである。

平成12年～平成17年まで毎年50～120尾程度のウナギ(体重500g～1kg程度)が採捕されている。体長・体重等の採捕個体に関する詳細な記録はとられていないが、宇治川漁協へのヒアリング及び採捕されている時期から、琵琶湖から産卵のために海へ下るウナギが宇治発電所導水路を降下していることが考えられる。

表 7.2-4 宇治川発電所導水路におけるウナギ漁獲量（尾数）

	平成12年	平成13年	平成14年	平成15年	平成16年	平成17年
9月	45	21	54	54	24	25
10月		21	39	56	30	39
11月		13	6	18	13	6
合計	45	55	99	128	67	70

出典：宇治川漁業協同組合資料より作成

宇治川漁協へのヒアリングによれば、宇治発電所の下流で、宇治発電所導水路を降下したウナギが確認されており、損傷している大型個体と無傷で遊泳する大型個体の双方がいることから、宇治川発電所水車を一部が損傷し、一部が生存したまま通過していると考えられる。

(4) 琵琶湖疏水

琵琶湖疏水の降下ルートとしての有効性を確認するため、河川管理者が平成 17 年 8 月及び 10 月に第一疏水流路内の 3 地点（第 1 トンネル西口付近（上流） 夷川ダム付近（中間地点） 疏水-濠川境界付近（下流））で実施した現地調査の結果は、以下のようにまとめられる。また、確認された魚類等は、表 7.2-5 に示すとおりである。

- ・流れの滞留している場所では、琵琶湖固有種である魚類のビワヒガイ、貝類のササノハガイ、カワニナ類等が確認され、これらは琵琶湖から降下し定着したものである可能性が考えられる。しかし、稚魚ネット調査では、疏水を降下している魚類等は確認できなかったことから、アユ等の魚類の降下は非常に少ないものと考えられる。
- ・琵琶湖疏水は、利水のために流量が一定に管理されていることから、出水により流下する魚類等の移動経路としては十分でない可能性が考えられる。

表 7.2-5 琵琶湖疏水における魚類等の確認状況

分類群	種名	地点			地点			地点			計
		夏季	秋季	計	夏季	秋季	計	夏季	秋季	計	
魚類	ウナギ			0	1		1		1	1	2
	コイ		2	2			0	1		1	3
	ニゴイ属の一種	5		5	3		3	11		11	19
	カマツカ			0			0	22		22	22
	オイカワ			0			0	3		3	3
	ビワヒガイ			0	2	1	3			0	3
	ヒガイ類			0			0	5		5	5
	ヌマチチブ		3	3	2		2			0	5
	トウヨシノボリ			0		1	1			0	1
	カワヨシノボリ			0			0		1	1	1
	ヨシノボリ属の一種	1		1		1	1			0	2
	オオクチバス	7	1	8	6	3	9	22	6	28	45
	ブルーギル	4	11	15	78	4	82	2		2	99
	個体数合計	17	17	34	92	10	102	66	8	74	210
	種数	4	4	8	6	4	10	7	3	10	28
甲殻類	テナガエビ		7	7			0			0	7
	ヌマエビ			0		2	2			0	2
	アメリカザリガニ			0	1		1			0	1
	サワガニ		1	1			0			0	1
	個体数合計	0	8	8	1	2	3	0	0	0	11
	種数		2	2	1	1	2	0	0	0	4
貝類	タテボシガイ**			0	23	18	41	3	1	4	45
	メンカラスガイ*			0	3		3			0	3
	ドブガイ**			0	2		2			0	2
	マルドブガイ*			0	1		1			0	1
	マツカサガイ			0		1	1			0	1
	ササノハガイ*			0	4	2	6			0	6
	セタシジミ			0	1		1			0	1
	マシジミ			0	4		4			0	4
	カネツケシジミ			0	2		2			0	2
	シジミ属の一種		7	7			0	1	3	4	11
	シジミ属の数種			0	2		2			0	2
	カワヒバリガイ		3	3			0			0	3
	ヒメタニシ		10	10	12	9	21			0	31
	チリメンカワニナ		2	2	42	48	90	16	104	120	212
	カワニナ			0	3		3		3	3	6
	ナカセコカワニナ			0	4	12	16		91	91	107
	ヤマトカワニナ			0		1	1			0	1
	イボカワニナ		1	1	8	26	34			0	35
	ハベカワニナ			0	5	23	28			0	28
	サカマキガイ		2	2		1	1			0	3
個体数合計	0	25	25	116	141	257	20	202	222	504	
種数	0	6	6	14	10	24	3	5	8	33	

- 注1) 確認種数は目視、捕獲を含む。
 注2) は琵琶湖固有種・亜種。
 注3) * : 死貝 ** : 死貝を含む

(5) まとめ

各ルートの課題の整理結果は、表 7.2-6 に示すとおりである。いずれのルートも限定的ながら魚類等の降下に対し機能していることが考えられた。現状で最も期待できるのは、流量比率が多く、降下魚類等の確認もされている宇治発電所のルートであると考えられる。しかし、発電水車による魚類等への影響の検討は不十分であることから、現地調査等を実施することにより影響の程度を詳細に把握する必要がある。また、それらの調査、検討結果から、必要に応じて発電水車の変更等の改善策を検討することが望ましい。

表 7.2-6 降下ルートの課題

降下ルート	降下ルートとしての課題
天ヶ瀬発電所	発電水車の構造から、ある程度魚類等へ影響を与える可能性があるが、降下ルートとして機能すると考えられた。
天ヶ瀬ダムコンジット	降下経路の一部として機能していると考えられるが、流量比率も少なく、放流も一時的なものであるため、降下経路としては限られる。
宇治発電所導水路	発電水車の衝撃により、一部個体は損傷するが、一部は通過しており、降下経路として一部機能していると考えられた。
琵琶湖疏水	降下経路の一部として機能していると考えられるが、流量比率が少なく、琵琶湖からの流量が一定に管理されているため、降下経路として利用できる種は限られる。

参考文献

- 1) 国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図 (宇治)
- 2) 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)
- 3) 財団法人 河川環境管理財団/河川環境総合研究所 (2001) 平成 12 年度 淀川生態環境調査 検討業務 (8/8) その 2 報告書
- 4) 京都の動物編集委員会 (1988) 京都の動物 魚類・淡水生物・昆虫とクモ