５．３．４　水路断面・工法選定の考え方

環境との調和に配慮した水路の断面・護岸等の工法については、用水路・排水路それぞれの特徴を踏まえて選定するものとする。

工法選定は、現況水路断面の改良を基本にした数種類の比較案を検討し、基本的な断面・護岸構造を決定するものとする。

【解説】

用水路及び排水路における工法の選定例、工法比較例を別添参考資料 p30 ～ 31「用水路の断面検討例」、「排水の断面検討例」に掲げる。

［生物の生息・生育環境から見た用水路・排水路の一般的な特徴］

用　水　路		排　水　路
・通水期間を通して流速が速い ・通水期間は水深が確保されるが、非かんがい期は通水がないことが多い ・通水期間は流量変動が比較的少ない	通水状況	・洪水時以外では、流速は比較的遅く、魚類等の生息に適した空間を創出しやすい ・降雨等を受け入れるため、一年を通して通水があり水面を確保できる ・洪水時等流量変動が大きい
・幹線系では、ほ場との連続性に乏しいなど周辺環境とは縁が切れることが多い ・パイプラインやトンネルなど生態系への配慮が困難な区間が多い	水の連続性	・ほ場・水路・河川との連続性が確保しやすく、魚類等の生息環境を広範囲に確保しやすい ・開水路がほとんどであり、生態系への配慮が可能な区間が確保しやすい
・矩形断面が多く、通水期間における水路断面の余裕は排水路と比較して小さい	水路断面	・洪水量により断面規模が定まるため、洪水時以外では通水断面に余裕があり、用水路と比較して断面を工夫しやすい
・漏水防止・経済性等からコンクリート三面張とする場合が多いが、地下水位等の状況により、底面をライニングしないなど検討の余地がある	水路構造	・柵渠、積みブロック等による二面張りで、底面をライニングしない場合が多い
・上記の特徴から、生物の生息・生育環境の確保にあたり、区間や工法等の選択に十分な検討が必要である	総　合 （生物の生息・生育環境）	・上記の特徴から生物の生息・生育環境の確保にあたり、用水路に比べて選択できる工法等の範囲に自由度がある

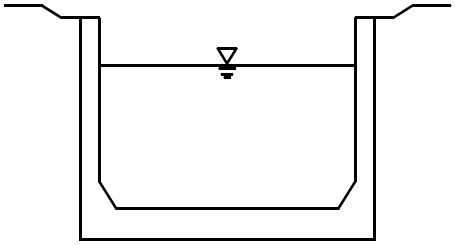
（１）用水路における工法選定例

（現況が三面張矩形水路の場合）

○現況水路（三面張水路）

・流速が速い

・水生植物等の生物の生育は困難である



○工法選定のための比較案

・現況水路断面の改良を基本に、数種類の比較案を検討

①検討レベル１：三面張り＋底面礫敷き
（魚類等の生息環境に配慮して、水路底に割石や玉石を設置する）

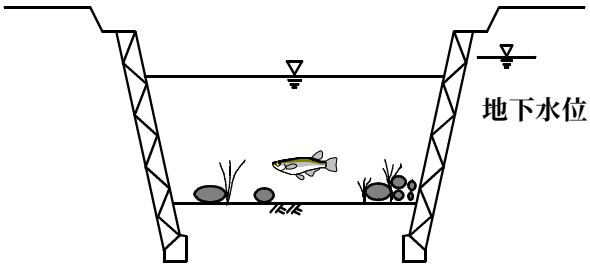
②検討レベル２：二面張り（積みブロック）
（底質を土とすることにより、水草の生育や魚類等の産卵環境を確保する）

③検討レベル３：二面張り＋休息・避難場所の確保

（採用案）

○水路断面工法の決定

・地下水が高く、漏水量が許容範囲であれば、底質を土とし、生物の生息・生育環境を現況と比べ確保できる

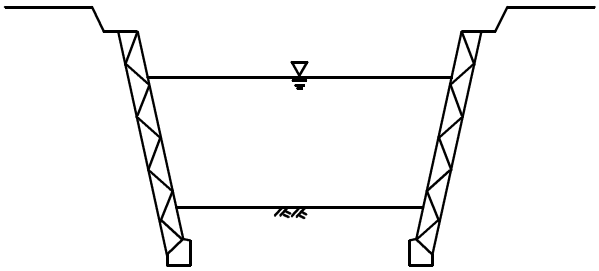


（２）排水路における工法選定例

（現況が二面張台形水路の場合）

○現況水路（二面張水路）

・現況水路では、常時流量時に生物の生息・生育に適した水深が確保できない



○工法選定のための比較案

・現況水路断面の改良を基本に、数種類の比較案を検討

①検討レベル１：二面張り＋複断面

（木柵水路の設置により、常時流量時でも生物の生息・生育に必要な水深の確保が可能）

②検討レベル２：二面張り＋休息場所等＋底面変化

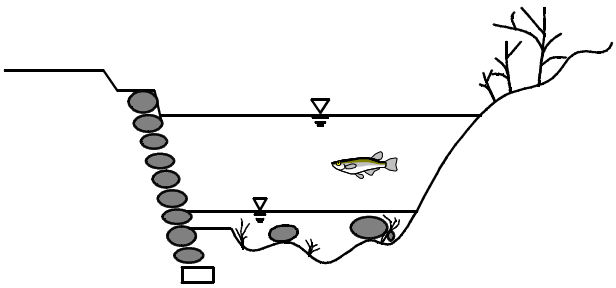
（水路底に変化をつけることにより多様な生物や餌の保全が可能）

③検討レベル３：石積み片側護岸

（採用案）

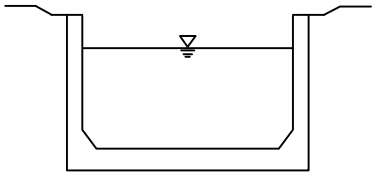
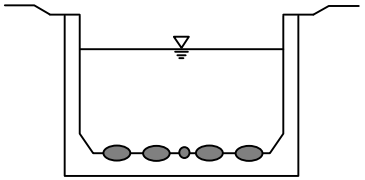
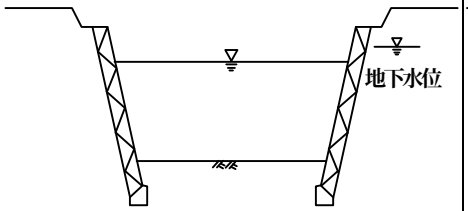
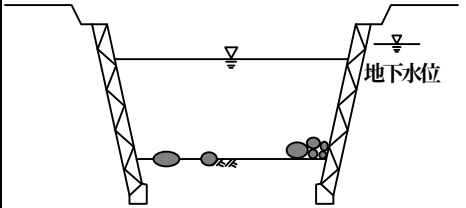
○水路断面工法の決定

・山側を流れる場所では両岸整備しないで、片側整備とし、山側の自然を復元し、生物の生息・生育環境を確保できる

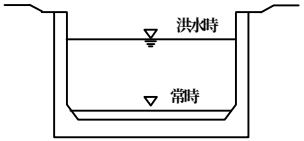
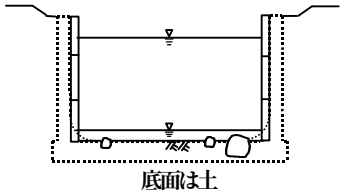
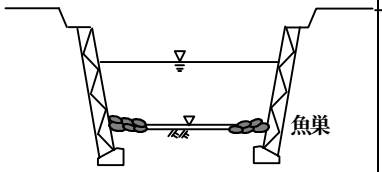
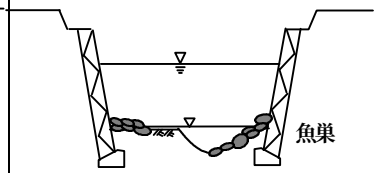
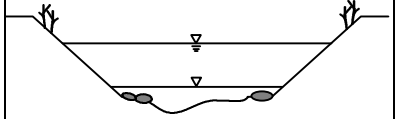


（参考－１）用水路の工法比較例

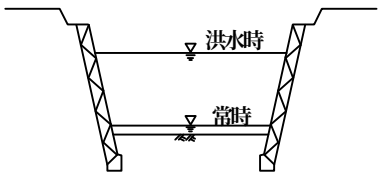
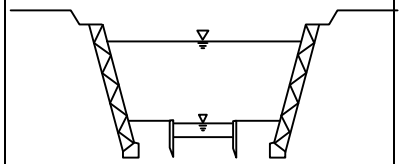
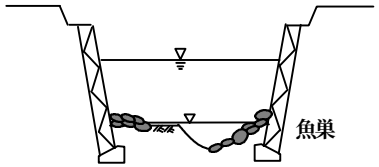
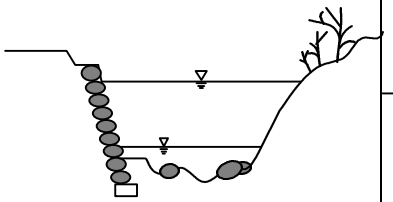
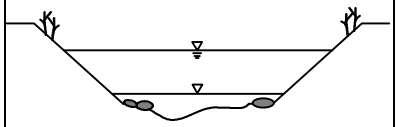
ここでは、配慮レベル３までしか示していないが、レベル４として生態系に配慮するためのバイパス水路を設置するなど、さらに高いレベルで生態系に配慮する工法も比較案として検討することが望ましい。

	現況水路	配慮レベル１	配慮レベル２	配慮レベル３
水路断面形	・三面張り 	・三面張り＋底面礫敷き 	・二面張り（積みブロック等） 	・二面張り＋休息・避難場所の確保 
地下水位	・地下水位の条件に係らず、整備が可能である。	・同左	・かんがい期を通して地下水位が設計水位より高く漏水量が許容範囲内の場合であれば、底面を土とすることが可能である。	・同左
生態系	・魚類の通路とはなり得ても、産卵を含めた生息条件は満足しない。 ・水生昆虫や付着性藻類等の動植物の生息・生育には適さない。	・魚類の休息や待避場所を確保するためコンクリート底面に礫を敷く。 ・水生昆虫等の生息も三面張り水路と比較するとやや改善する。	・底面を土とすることによって水草の生育が可能となり、魚類の産卵条件に加えて餌の保全を図ることができる場合がある。	・左記に加えて、魚類の休息や増水時の避難場所となる置石を行うことで、より生態系に配慮した水路となる場合が多い。
用地条件	・通水能力が同等の計画であれば現況水路用地内で整備が可能である。	・粗度係数の増大により断面拡大の可能性もあるが、ほぼ現況水路用地内での整備が可能である。	・積みブロックの傾斜、粗度係数の増大による断面拡大により、現況幅よりも広い水路用地を必要とする。	・同左
維持管理	・現況維持管理レベルで対応が可能である。	・同左	・流水を阻害するような水草の繁茂がある場合には、刈り取りが必要となる。 ・土砂の堆積が起こる可能性が高くなり、土砂上げの手間が増える。	・同左
経済性	・水路断面規模によるが、中小規模の水路では最も経済的である。	・粗度係数の増大による断面の拡大及び礫敷きによる底版を厚くすることで工事費が増大する。	・水路断面規模によるが中小規模の水路では工事費が増大する可能性がある。 ・用地買収費が必要となる	・左記に加えて、置石の工事費が増大して、本比較案中では最も高価となる可能性が高い。
景観	・通水機能を重視した断面であり、景観へ配慮することが難しい。	・流況に基づく景観面での変化は見られるが、景観向上とは言いがたい。	・垂直の単一側壁に比べ、傾斜があり変化のある側壁になり、安定感を感じる場合が多い。	・同左

（参考－２）排水路の工法比較例①：現況水路が三面張水路の場合

	現況水路	配慮レベル１	配慮レベル２	配慮レベル３	配慮レベル４
水路断面形	・三面張り 	・組立て柵渠＋底面は土 	・二面張り（積みブロック等） ＋休息・避難場所の確保 	・二面張り（積みブロック等） ＋休息・避難場所の確保 ＋底面変化 	・土水路 
生態系	・魚類の通路とはなり得ても、産卵を含めた生息条件は満足しない。 ・水生昆虫や付着性藻類等の動植物の生息・生育には適さない。	・底面を土とすることによって水草の生育が可能で、魚類の産卵条件・餌の保全を図ることができる。	・左記に加えて、魚類の産卵場所や増水時の避難場所としての機能を持つ魚巣を整備し、生態系保全レベルの向上をさせることができる。	・底面に変化をつけることによって、多様な魚種や餌の保全が可能になる。	・水路敷き全体で生態系保全レベルの向上を図ることができる。
用地条件	・通水能力が同等の計画であれば現況水路用地内で整備が可能である。	・粗度係数の増大により断面拡大の可能性もあるが、ほぼ現況水路用地内での整備が可能である場合が多い。	・積みブロックの傾斜、粗度係数の増大による断面拡大により、現況幅よりも広い水路用地を必要とする。	・同左	・水路側勾配を緩くする必要があるとともに、粗度係数の増大による断面拡大が必要で、レベル２、３よりも広い水路用地を必要とする。
維持管理	・現況維持管理レベルで対応が可能である。	・流水を阻害するような水草の繁茂がある場合には刈り取りが必要となる。	・同左	・底面の草刈手間が増大する可能性が高い。	・草刈面積が比較案中で最も広くなり、維持管理手間は最大となる。
経済性	・水路断面規模によるが、小規模の水路では比較的経済的である。	・比較案中最も安価である場合が多い。	・小規模の水路では工事費が増大する可能性がある。 ・用地買収費が必要となる。	・左記に加えて底面に変化をつけるための、木杭・置石等の工事費が増大する。	・用地買収費の増加は確実で、用地単価によっては、工事費の減を上回る場合も考えられる。
景観	・通水機能を重視した断面であり景観へ配慮することが難しい。	・現況の水路景観を保全できるが景観の向上は難しい。	・垂直の単一側壁に比べ、傾斜があり変化のある側壁になり、安定感を感じる場合が多い。	・底面では自然状態に近い多様な流れを創出することができ、洪水時以外の景観を向上することができる。	・比較案中で最も自然状態に近い景観を創造することができる。

（参考－３）排水路の工法比較例②：現況水路が積みブロック護岸の場合

	現況水路	配慮レベル１	配慮レベル２	配慮レベル３	配慮レベル４
水路断面形	・二面張り（積みブロック） 	・二面張り（積みブロック） ＋複断面 	・二面張り（積みブロック等） ＋休息・避難場所の確保 ＋底面変化 	・石積み片側護岸 	・土水路 
生態系	・現況通りの底面を土とすることによって水草の生育が可能で、魚類の産卵条件・餌の保全を図ることができる。	・左記に加えて、木杭板柵水路を設置することによって、常時流量時でも魚類の生息に必要な水深を確保することができる。	・底面に変化をつけることによって、多様な生物や餌の保全が可能になる。	・左記に加えて、山側を流れる場所では、片側のみ護岸を整備することで、山側は自然を復元することができる。	・水路敷き全体で生態系保全レベルの向上を図ることができる。
用地条件	・通水能力が同等の計画であれば現況水路用地内で整備が可能である。	・粗度係数の増大により断面拡大の可能性もあるが、底面を掘り下げる等により、ほぼ現況水路用地内での整備が可能である。	・同左	・土羽部の勾配及び粗度係数の増大による断面拡大が必要で、レベル１、２よりも広い水路用地を必要とする。	・水路側勾配を緩くする必要があるとともに、粗度係数の増大による断面拡大が必要で、レベル３よりも広い水路用地を必要とする。
維持管理	・現況維持管理レベルでの対応が可能である。	・底面の草刈手間が増大する可能性が高い。	・同左	・底面に加えて、山側の草刈手間が増える。	・草刈面積が比較案中で最も広くなり、維持管理手間は最大となる。
経済性	・比較案中最も安価である。	・左記に加えて木杭板柵水路の工事費が増大する。	・底面に変化をつけるための、木杭･置石等の工事費が増大する。	・護岸を施工するのは片側であり工事費は安価になる。 ・用地買収費が必要となる。	・用地買収費の増加は確実で、用地単価によっては、工事費の減を上回る場合も考えられる。
景観	・現況の水路景観を保全できるが景観の向上は難しい。	・同左	・底面では自然状態に近い多様な流れを創出することができ、洪水時以外の景観を向上することができる。	・山側の自然景観が復元できる。	・比較案中で最も自然状態に近い景観を創造することができる。

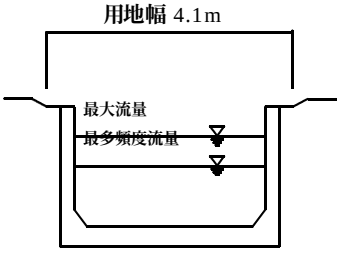
５．３．５　水理設計

環境との調和に配慮した水路の水理設計は、①計画最大流量（設計流量）を安全に流下させられるか（送水機能の発揮）、②最多頻度流量、最小流量（非かんがい期の水量）などの流量について、生物の生息・生育に適した水深、流速を確保できるかという観点から、水路の縦断面及び横断面の規模・形状・構造について検討するものとする。

また、生物の生息・生育に適した流速を断面平均流速で確保しようとすると、水路断面が大幅に拡大する場合があるので、水路断面内の流速分布を考慮し、断面の一部に生物の生息・生育に適した空間を確保することを検討するものとする。

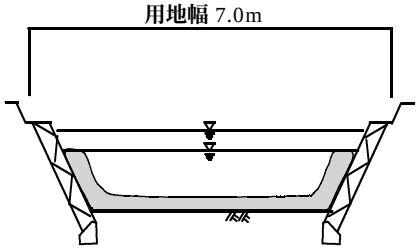
【解説】

１．水路の断面の規模・形状・構造と流量・断面平均流速と生態系配慮に与える影響との関係の検討例（対象魚類等の生息に適した流速が 0.5m/s 以下の場合）



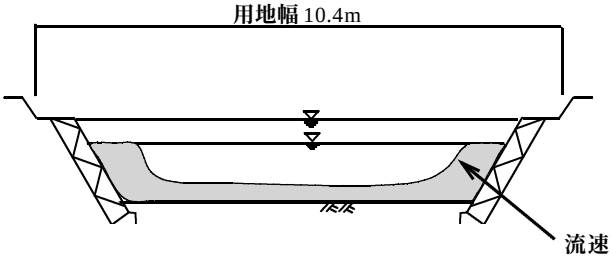
Q＝ 7.0m^3/s（最大流量）
n＝ 0.015 （粗度係数）
I ＝ 1/1,000（水路勾配）
V＝ 1.69m/s（最大流速（断面平均））

魚類等の生息に適する流速 0.5m/s の空間がほとんどない



Q＝ 7.0m^3/s
n＝ 0.025
I ＝ 1/1,000
V＝ 1.17m/s

最多頻度流量時の流速を 1.0m/s 程度とし、三面張りより広い魚類等の生息空間を確保する（粗度係数は将来の植物の繁茂等の変化も含めた選定が重要）



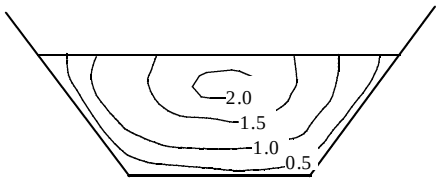
Q＝ 7.0m^3/s
n＝ 0.026
I ＝ 1/5,000
V＝ 0.59m/s

最多頻度流量時の流速を 0.5m/s 程度とし、さらに多様な生物の生息・生育空間を確保する

２．断面内の流速分布

水路内の流速は、自由水面の存在と水路側壁に沿う摩擦により断面内で一様に分布しておらず、側壁面・底面に近いほど流速が緩やかである。水理設計では、このような流速分布を考慮し、生物の生息・生育に適した空間（緩やかな流速の空間）をできるだけ広く確保することを検討することが望ましい。

台形断面水路の流速分布図



※等流流速を 1.0 とした場合の流速分布

出典：開水路の水理

また、水路底面に置石、乱杭、沈床工などを設置するなどにより、流速を緩和することが可能である。

○粗度係数 n の値

① ライニング、擁壁水路

水路の材料と状態	粗度係数		
	最小値	標準値	最大値
コンクリート（現場打ちﾌﾙｰﾑ,暗渠等）	0.012	0.015	0.016
コンクリートブロック	0.014	0.016	0.017
コンクリート（既製ﾌﾘｭｰﾑ等）	0.012	0.014	0.016
石工（粗石練積）	0.017	0.025	0.030
石工（粗石空積）	0.023	0.032	0.035
草生被覆（張芝）	0.030	0.040	0.050

② 掘削または浚渫の水路

水路の材料と状態	粗度係数		
	最小値	標準値	最大値
土、直線で一様な場合			
1.雑草なし（完成直後）	0.016	0.018	0.020
2.雑草なし（野ざらし）	0.018	0.022	0.025
3.砂利（雑草なし）	0.022	0.025	0.030
4.短い草はあるが雑草は少ない	0.022	0.027	0.033
土、湾曲し一様でない場合			
1.植物の被覆なし	0.023	0.025	0.030
2.若干の雑草	0.025	0.030	0.033
3.雑草又は水草密生深い	0.030	0.035	0.040
4.底面は土で側面は粗石	0.028	0.030	0.035
5.底面は石で側面は雑草	0.025	0.035	0.040
6.底面は玉石で側面は雑草なし	0.030	0.040	0.050

③ 自然流路

水路の材料と状態	粗度係数		
	最小値	標準値	最大値
平野の小流路			
1.雑草なく、直線で満水位の場合、割れ目や淵がない	0.025	0.030	0.033
2.同上、ただし石や雑草が多い	0.030	0.035	0.040
3.雑草はないが蛇行し、若干の淵や浅瀬がある	0.033	0.040	0.045
4.同上、ただし若干の石、雑草がある	0.035	0.045	0.050
5.同上、ただし低水位で勾配や断面の変化が少ない	0.040	0.048	0.055
6.4.と同じであるが、更に石が多い	0.045	0.050	0.060
7.穏やかな流れの区間で雑草や深い淵がある	0.050	0.070	0.080
8.雑草の密生した区間、深い淵あるいは木立等が多い	0.075	0.100	0.115
山地流路で水路内に植物なく、河岸は急勾配で河岸沿いの木やかん木は高水位で水につかる			
1.河床は玉石、砂利	0.030	0.040	0.050
2.河床は大きな玉石	0.040	0.050	0.070
大流路			
1.大玉石やかん木のない規則断面	0.025		0.060
2.不規則な粗い断面	0.035		0.100

出典：
土地改良事業計画設計基準設計「水路工」技術書

注）環境との調和に配慮した水路に用いられることの多い水路構成材料別の粗度係数の現場実測値がない場合は、土地改良事業計画設計基準設計「水路工」の「6.2.2　粗度係数の選定」、表-6.2.の最小値及び最大値の両方を用いて水理状況を検討する。

- 最大値を使用して必要な余裕高の確保を図り、また最小値を使用して水路に必要な水位や水深並びに流速の検討を行う。
- 粗度係数の選定に当たっては水路の表面粗度、草生、水路の湾曲、断面形状、流速、径深、土砂の堆積、洗掘、浮遊　物質及び維持管理条件（草の繁茂など）等多くの要素によって変化するので慎重な考慮が必要である。
- 潤辺の粗度係数が部分により異なる水路断面においては、全潤辺に対する合成粗度係数を計算して流速を求める。

５．３．６　縦断設計（連続性の確保）

魚類等の生息環境として、縦断方向での生物の立場から見た水域の連続性及び流況の変化は重要である。

このため、魚類等の移動可能な流速・水深を確保するため縦断勾配を緩勾配としたり、縦断方向の落差を、対象種の移動を妨げないようできるだけ小さくするとともに、工法を工夫することが望ましい。また、多様な流れを創出する瀬・淵等が至る所に形成されることが望ましく、そのための仕掛けづくりが重要である。特に常時流れの速い水路にあっては、淵・よどみは魚類等の休息場所となることから重要である。

【解説】

１．落差工における設計上のポイントとして、次のようなことがあげられる（別紙２ p10「地区事例」参照）。

① １段の落差が大きい場合、小落差の複数段とする。

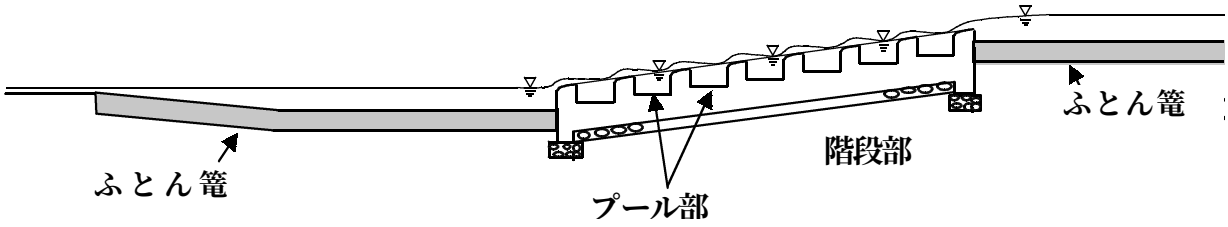
② 落差上下流に深みを設置し水深を確保する。

③ 落差下流に淵（減勢工を併用）を設置する。

④ 落差部の角は、丸みをつける。

⑤ 階段式落差工のプール部は、魚類の遡上に有効であるが、土砂が堆積するため維持管理が必要となる。

例）階段式落差工



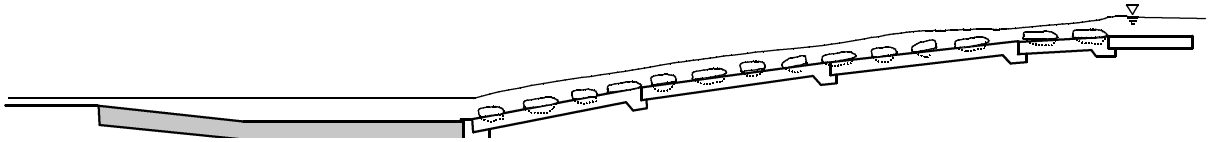
２．急流工における設計上のポイントとして、次のようなことがあげられる。（別紙２ p18「地区事例」参照）

① 粗石（自然石）を設置することにより減勢する。

② 急流工下流に淵（減勢工を併用）を設置する。

③ 魚類の遡上時の休憩場所が確保しづらく遡上効果は階段式落差工に劣るが、土砂堆積の心配が少ない。

例）粗石付き急流工

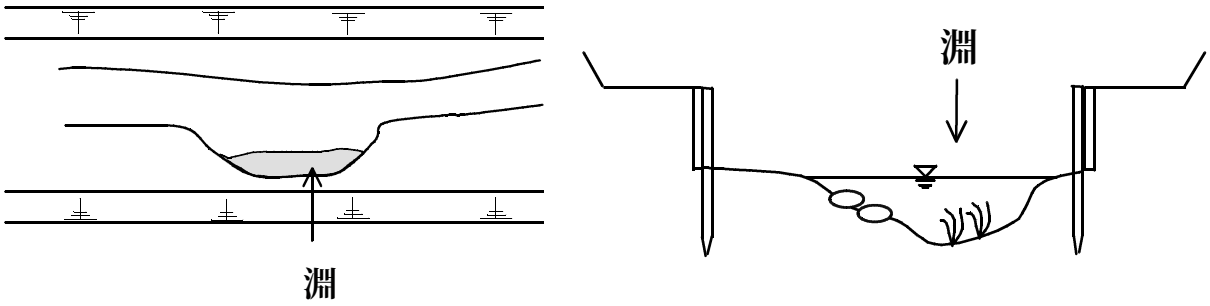


３．瀬・淵・よどみの設計上のポイントとして、次のようなことがあげられる。

① 流路（縦断・横断方向）を考慮した瀬･淵･よどみを設置する。

② 瀬は流速が速いため石礫底とする。

③ 淵の深さは対象魚類から設定する。

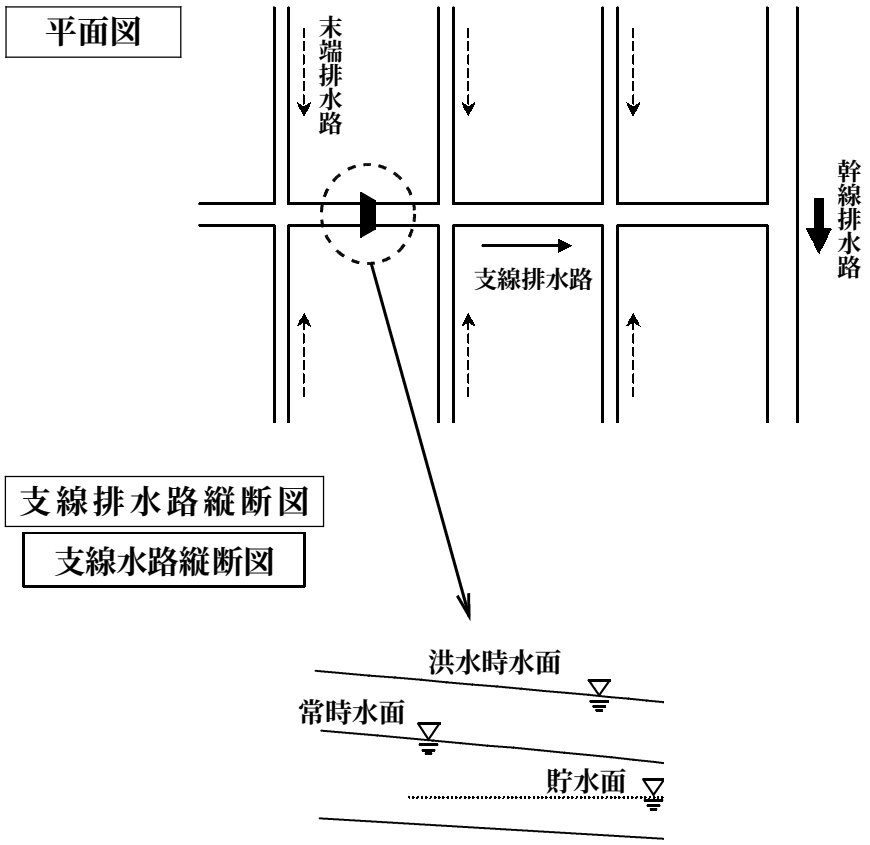


4．排水路は、一般的に農地からの常時の排水とともに降雨の排水を行なうため、年間を通じて上流域からの流入があるなど、用水路と比較して通水期間が長い。

このため、排水路では環境への配慮が比較的容易であり、水田から幹線排水路までの広範囲に生物の生息・生育に好ましい環境を確保することが可能である場合が多い。（用水路においても、通年通水が可能な場合及び用排水兼用の場合などは、流水の連続性を確保することが可能である。）

① 支線・末端排水路における水量確保

支線・末端排水路では水がほとんど流れていない場合が多いため、より長い期間水を確保し、水生生物の生息・生育環境を創出する手法として、排水路の途中に 10 ～ 15cm 程度を人為的に堰上げ、排水路で常時貯水する方法がある。堰上げの構造は、セキ板の設置または切欠き付き簡易堰、もぐり堰等が考えられる。



② 排水路落差部等への小型魚道の設置

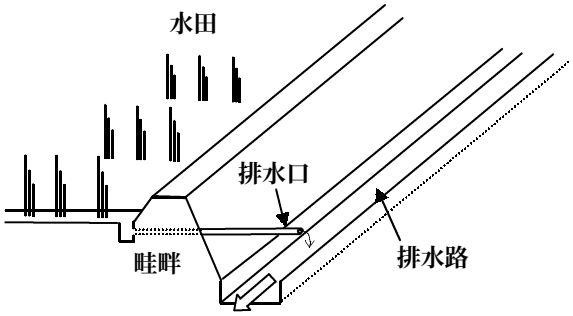
末端排水路と支線排水路、支線排水路と幹線排水路のつなぎ部分においては、段差があり魚類の遡上を阻んでいる場合が多く、小型魚道等の設置を検討する必要がある。

③ 水田へのアクセス施設の設置

全ての水田を産卵の場とする必要はないが、一部の水田（掛け流し等の水管理、休耕田の活用を含む)について魚類の遡上を可能とするアクセス施設を設けることを検討することが望ましい。

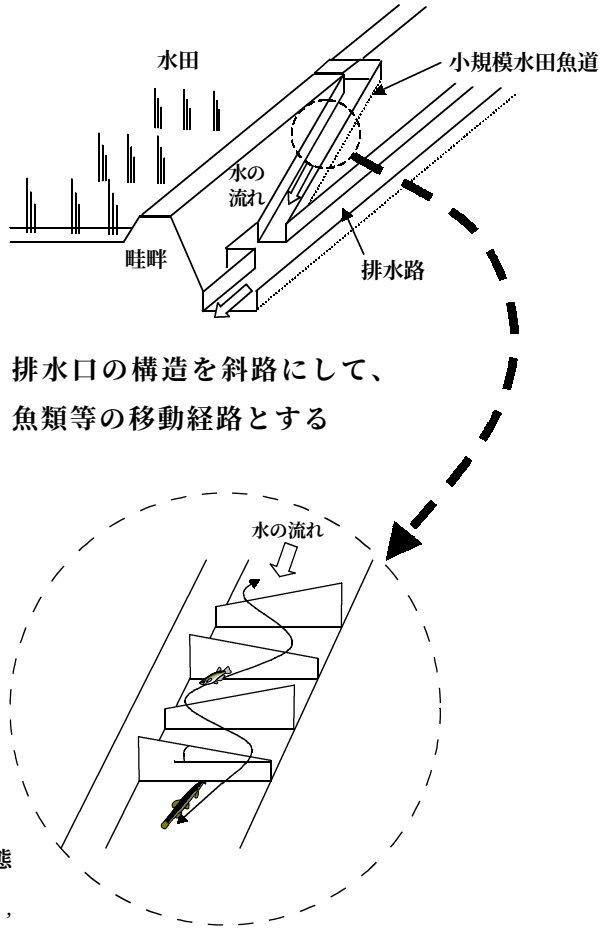
末端排水路の敷高を水田に近いレベル（落差 20cm 程度以下）まで高くとると、魚類の移動が可能となるほか、落差がある場合でも斜路を設置して小規模な魚道としての機能を持たせる等の方法も考えられる。

［現況］



排水口から滝のように落水し、
魚類等が移動できない

［整備例］小規模水田魚道を斜路に用いた例



排水口の構造を斜路にして、
魚類等の移動経路とする

小規模水田魚道

「生物相保全に配慮した農業水利施設の整備手法」（社）農村環境整備センター をもとに作成

出典：農業土木学会誌 Vol.68（12）,「水田生態系保全のための小規模水田魚道の開発」,
鈴木正貴,水谷正一,後藤章

④ 湧水等の利用による水量の確保

排水路に湧水や農業集落排水の処理水を流入させる等の方法による水量確保の可能性についても検討する必要がある。