

# 玄手川水路底改修に伴う水生植物の回復

広瀬 慎一

(短期大学部農業技術学科農業土木専攻)

従来の河川や水路の改修においては、水管理や江ザライの省力化を目的として、コンクリートを多用した底張りや護岸が行われてきた。そのため、改修工事を行なった水路で、水生動植物などの野生生物が減少・絶滅するという現象が起き、生物の多様性が危ぶまれるようになった。しかし近年、自然環境に対する社会的関心が高まり、治水・利水等の機能の維持と、河川・水路のもつ自然環境を調和させた生物のすみやすい近自然工法が注目されている。ところが、近自然工法が適用されても、施工後その効果の追跡調査が十分行われていないので、その工法が適正であったかどうかは数量的にはわからない場合が多い。本研究では、玄手川の水路底が水環境整備事業によって新しい工法で施工された後、従来の水草がどのような経過をたどってどれだけ再生したかを明らかにした。

キーワード：枠ブロック玉石詰工法、地下茎、ナガエミクリ、準絶滅危惧種、植被率

## 1. 玄手川の概要

### 1.1 地形

玄手川をとりまく本地域は、南部の飛騨高地から富山湾に注ぐ東端の庄川と西端の小矢部川が運んだ莫大な量の砂礫の堆積によって形成され、標高10~20mに展開する比較的緩傾斜の扇状地性低地である。

玄手川は、この庄川扇状地の扇端部に位置し、夏の渇水期にも枯れることのない清流で豊かな伏流水が自噴する湧水地帯を流下している。湧水のため冬期もほぼ一定の水温が保たれており、一年を通じて水生動植物が生育する自然豊かな水路である。庄川合口ダム左岸から取水された千保用水と舟戸口用水がかり403haの水田排水と扇状地地下水の湧水を集め、高岡市戸出付近で灌漑期に堰止めされて全量が五十玉用水として取水されており、そこから下流で千保川に合流する間約3,000mを玄手川と称している。



図1 玄手川の位置

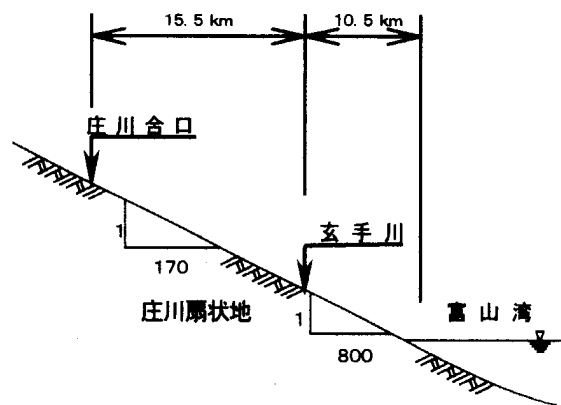


図2 庄川扇状地断面

### 1.2 生物諸相<sup>1)</sup>

玄手川近辺の水生植物としては、湧水地帯であるため、ナガエミクリ、バイカモ、ヤナギモ、コカナダモ、ヤナギタデ、エビモ等が生育している。特に貴重種であるナガエミクリや、清水指標性が強いバイカモが優占している。水生昆虫としては、ヨコエビ、トビケラ等が多く生息している。

魚類としては、スナヤツメ、ニジマス、ウグイ、ドジョウ、トミヨ等が生息している。また、湧水地帯であるためトミヨが優占種となっている。

### 1.3 護岸の改修 (1970~1972)

玄手川は地域の主要な排水路として、また夏季灌漑期は、下流部で堰上げ取水され、木津用水の水源として重要な役割を担っている。1970~72年にかけて県営灌漑排水事業としてコンクリートブロックによる空積みにより護岸が改修された。その仕様は、延長 3028.5m、勾配 1/500、護岸高 1.0~1.2m、底幅 4.1~5.1m、流速 1.45~1.92m/s、流量 6.04~18.25m<sup>3</sup>/s である。また、排水路のため水路底は改修されず、土のままとされた。

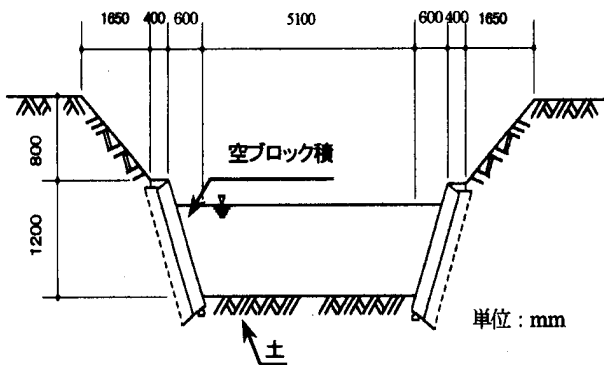


図3 1次改修断面

## 2. 近自然工法による水路底の改修

玄手川は以上のように護岸は改修されたが、湧水による護岸の吸出し現象などにより、空積ブロック護岸の基礎部が不安定になってきた。また水路底は未舗装で、ナガエミクリなどの水草が繁茂して通水能力を著しく阻害するため、定期的な水草刈りが必要であるが、地元民にとってこのような維持管理の負担は過重なものとなっていた。そのため水路の底張りの要望が多かったが、このことは北陸を南限とするトミヨや、準絶滅危惧種であるナガエミクリなどの生息環境の破壊をもたらすことになる。そこで水路底の改修に先立って生物種の生存と水路整備事業との間の矛盾を解決する工法を見出すための試験工法が行われた。

### 2.1 水路底改修のための試験工法 (1990)

1990年、玄手川上流部 No.48 付近(光ヶ丘病院前)の第3号断面(底幅 4.1m)の区間において3種類の試験工法が施工された。各試験工法の概要は次のとおりである。

#### ① 枠ブロック玉石詰工法

延長 33.0m にわたりクラッシャーランを平均厚 12cm で平坦に敷均し、その上にコンクリート製の枠ブロック (0.9×0.9m) を布張りに敷き詰めたものである。51,000 円/m

#### ② 平ブロック張工法

延長 33.0m にわたりクラッシャーランを平均厚 15cm で敷均し、その上にコンクリート製の平ブロック (0.9×0.9m) を布張りに敷き詰めたものである。48,000 円/m

#### ③ コンクリート張工法

通常の水路の底張り工法と全く同様のもので、延長 27.0m にわたりクラッシャーランを平均厚 15cm で平坦に敷均し、全面打設を行ったものである。21,000 円/m

### 2.2 試験結果<sup>1)</sup>

以上の各試験工法における植生回復状況が調査され、それぞれの植被率(水路底が水草で覆われている割合)の大きさは、コンクリート<平ブロック<枠ブロック玉石=対照区(底は土)となった。枠ブロック玉石工区と対照工区は非常に近似した高い植被率を示している反面、コンクリート工区と平ブロック工区は著しく低い値を示していた。従って、植物生態学的な観点から評価する限り、枠ブロック玉石工法は砂礫の自然河床とほぼ同様のものであると考えられた。以上の結果より、植生への影響が少ないことと維持管理が容易であることの両面から、平ブロックと枠ブロックを組み合わせながら敷き詰め、枠ブロック内やブロック間の空隙に詰め石を行う工法が適当とされた。

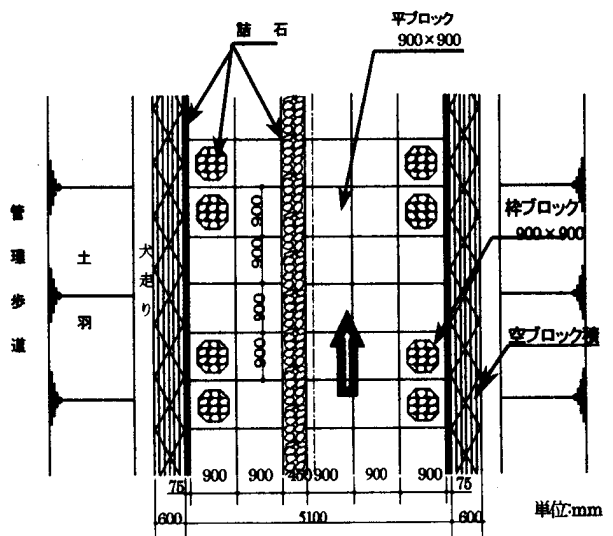


図4 2次改修平面

### 2.3 水路底の改修 (1995~2001)

1995~2001 年にかけて、県営水環境整備事業によって玄手川延長 3,000m の水路底の改修が順次行われることになった。採用された工法は試験工法の調査結果に基づいて、平ブロックと玉石詰め枠ブロックを組み合わせたもので、底幅に対するコンクリート率は平ブロック中心の断面で 87.7%、枠ブロック中心の断面で 74.0%となり、平均で 80.8%である。この工法による水路底改修の効果を水収支、維持管理、水生

植物、魚類に関して継続的に調査している。主な調査区間は M1 から木津用水堰までの 890m で、M1~M2 が最も早く 97 年春に竣工し、その後順次下流側が施工され、2000 年春に M1 の上流が竣工した。調査の基本データを得るため、M1 直下流で水位・水温・水質、木津用水堰で水位・水温・気温・雨量・水質を測定している。また、M1、M2、M3 で年十数回流量観測を実施している。これらの測定結果から、全川のほぼ中間に位置する M1 地点の流れを概括する。

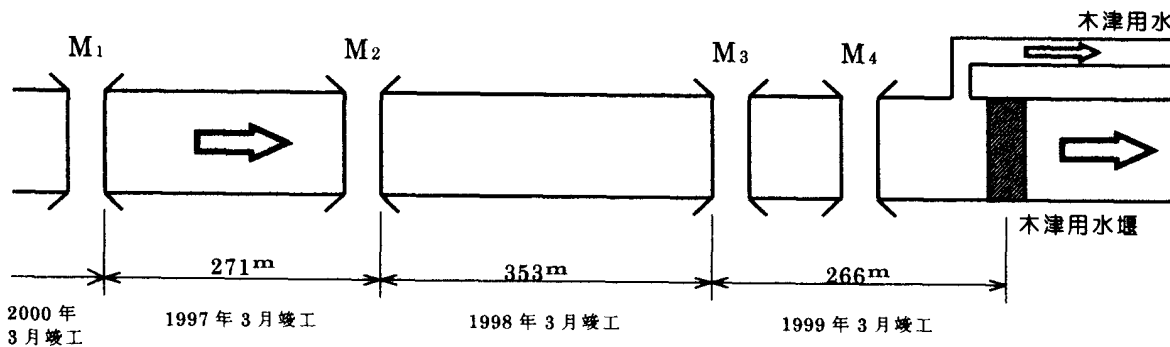


図5 調査区間

#### ①水位

毎年7月下旬に、沿川農家により全川で江ザライが行われ、水草が刈り取られる。その結果月平均水位で見れば、粗度係数が改善された8月が最も水位が低下する。一方、江ザライ直前で水草が繁茂している6,7月が最も水位が上昇する。M1 下流は

97年春に竣工したが、施工前後の水位を比較すると、施工前年96年の年平均水位は79.3cmであったが、97年は改修による粗度係数の改善により、49.5cmと29.8cmも低下した。その後水草が回復するにつれて上昇し、99年は53.5cmとなった。

表1 M1の平均水位

	1996年	1997年	1998年	1999年
6月	108.3cm	50.8	53.5	65.4
8月	59.8cm	34.5	40.5	39.2
年平均	79.3cm	49.5	53.6	53.5
年雨量	2006.5mm	2268.0	2478.0	2742.0

#### ②流速

流量が一定であれば、水位と流速はほぼ反比例の関係にある。したがって、水位の変動の状況から見ても施工前に比べ施工後はかなり流速が増えるが、水草が回復するにつれ流速が再び低下する。年十数回の流量観測時の結果をみても、施工前年96年の平均流速は32.3cm/sであったが、97年は粗度係数の改善により、55.8cm/sと23.5cm/sも速くなった。その後水草が回復するにつれて流速も遅くなり、99年は44.6cm/sとなった。

#### ③水質

水路底改修に起因する水質の変化は考えられないが、年十数回の流量観測時に水質観測を行っており、参考までに99、00両年のデータから、M1地点の水質を概括する。

- ・ pH : 6.9~9.0 とすこし高めである。流域から流入する産業排水の影響と思われる。
- ・ 導電率 : 0.11~0.15mS/cm と極めて小さく、汚れの少ない流れである。

- ・ 濁度：多くは0～20NTUの範囲で、濁りの少ない流れである。時には上流からの影響か、測定ミスかは分からないが、200前後の値も観測される。
- ・ 溶存酸素：7.6～11.4mg/lと比較的大きく、水生生物にとっては好条件である。
- ・ 水温：半旬平均でみると、最低は2月中に生じる10℃、最高は8月中に生じる20℃である。湧水の影響を受け、気温と比べて夏は冷たく、冬は温かい。
- ・ 塩分濃度：0.0%であり、塩分は殆んど含まれていない。

### 3. 水生植物の種類と繁殖特性

#### 3.1 種類と繁殖特性<sup>2)</sup>

93年から行なわれた試験工法の結果の調査の中で、15種の水生子植物と2種の水生コケ植物が確認された。そのうち主なものはナガエミクリ、バイカモ、コカナダモ、ヤナギタデ、エビモ、ヤナギモの6種類であり、他はわずかであった。

##### ① ナガエミクリ

北海道南西部と本州、四国、九州の湖沼、ため池、河川、水路などに生育する多年生の抽水～浮葉植物。特に流水域における出現頻度が高く、沈水状態も見られる。全高70～130cm、葉は幅(5～)8～14mm。花期は6～9月。花序は分枝しない。流水中にあると開花しないこともあって、正しく同定されないことが多いが、本州各地の湧水河川に群生するミクリ属の植物は多くの場合本種である。分布：アジア極東地域



図6 ナガエミクリ

##### ② バイカモ

北海道と本州の河川、水路、湧水地などに生育する常緑の沈水植物。冷水を好むため、本州南西部の生育地は河川の上流や湧水のある地域にほぼ限られるが、北日本では低地の水路などにも見られる。葉は互生、葉柄の長さ0.5～2cm。全体の輪郭は扇状または筆状となる。葉身の全長は3～7cm。花期は長く、春から秋まで時には冬でも花をみる。花が水中にあって花弁を展開できなくても結実する。分布：日本固有



図7 バイカモ

##### ③ コカナダモ

北米原産。本州、四国、九州の湖沼、ため池、河川、水路などにも群生する。水質汚濁の進行した水域にも生育するが、湧水のある清水域への進入も目立つ。全長はときに1mを超え、上部の茎は盛んに分枝する。葉身は線形で長さ5～15mm、幅1～2.5mm。日本に帰化しているのは雄株だけ。花期は5～9月。野性化は1961年琵琶湖で発見されたのが最初。以後、各地に急速に分布を広げている。初期成長も速く異常繁茂する水域が見られる一方、衰退する現象も各地で観察されている。



図8 コカナダモ

##### ④ ヤナギタデ

日本各地の河川のほとりや、湿地、あるいは水辺に生える1年生草本であるが、時には田のなかにあつて越年し、春早く花が咲き、あるいは水中にあつて多年生となることがある。茎の高さは40～60cmぐらい。辛味があつて食料になる蓼は、みなこの種からでた変種である。分布：北半球の温帯から亜熱帯



図9 ヤナギタデ

茎の断面は中央のくびれた楕円形。葉は広線形、無柄で先端は丸いかやや尖る。長さ(2~)3~10cm、幅3~9(~12)mm。花期は5~9月。秋まで殖芽の形成を続けながら通年生育する。ここでは殖芽は栄養繁殖の手段となる。分布：南米を除く世界中。北米へは帰化したとの説もある。

⑥ ヤナギモ

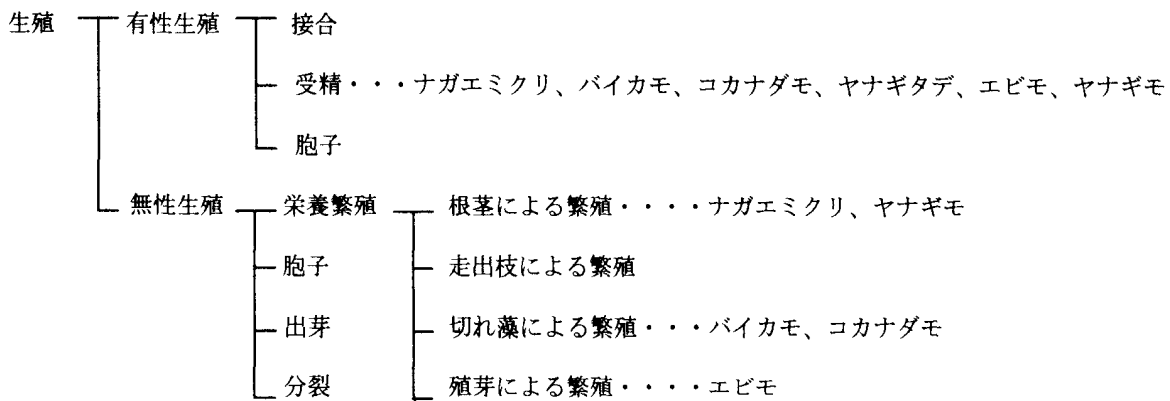
全国の河川や水路、稀にため池などにも生育する常緑性の沈水植物。水中茎の断面は楕円形。葉は無柄、線形で鋭尖頭、しばしば茎側に湾曲する。長さ5~12(~16)cm、幅(1.5~)2~5mm。花期は5~9月。分布：アジア東部

⑤ エビモ

全国の湖沼、ため池、河川、水路など、様々な水域に生育する沈水植物。流水域では最も普通な種で水質汚濁にも強い。水中

3.2 生殖法の一覧

水生植物の繁殖方法には様々な方法がある。これらの方法を体系化したのが以下である。



①有性生殖—受精<sup>2)</sup>

配偶子とよぶ生殖細胞の合一によって新しい個体をつくるもので、ほとんど全ての植物でこの生殖法が認められている。

②無性生殖—栄養繁殖<sup>2)</sup>

栄養器官(根、茎、葉)によって無性的におこなわれる繁殖である。水草の繁殖の一つとしてこの栄養繁殖が発達しており、多様な種類がある。

- ・ 根茎による繁殖—特に地下茎の場合、地中に埋まって生活する茎のことであり、変形し、節につく葉は退化して鱗片

状となっている。

- ・ 走出枝による繁殖—地表面に特に長い茎を出し、数節間を隔てはじめて先端に葉、腋芽および根をつける。
- ・ 切れ藻による繁殖—最も単純な栄養繁殖様式の一つ。植物体(切れ藻)からの再生、すなわち切れ藻が不定根を出して別の場所に定着することである。
- ・ 殖芽による繁殖—形態的あるいは生理的に何らかの特殊化を伴った部分が越冬や栄養繁殖の手段となる場合、水草ではこれらを殖芽と呼んでいる。

表2 玄手川の水生植物の繁殖特性

植物名	生育形	花期	主な繁殖方法	その他
ミクリ科 ミクリ属 ナガエミクリ	抽水・浮葉植物 多年草	6~9月	地下茎 走出枝	環境庁レッドデータブックの 準絶滅危惧種 泥か砂地が適している
キンボウゲ科 キンボウゲ属 バイカモ	沈水植物 多年草	6~8月	地下茎 切れ藻	冷水を好む、茎が丈夫 砂礫か固形度の高い砂地が適している
トチカガミ科 カナダモ属 コカナダモ	沈水植物 多年草	5~9月	切れ藻 地下茎	雄株のみが帰化 初期成長が速い
タデ科 イヌタデ属 ヤナギタデ	沈水・抽水植物 1年草・多年草	7~10月	種子 地下茎	食べることができる 初期成長が速い
ヒルムシロ科 ヒルムシロ属 エビモ	沈水植物 多年草	5~9月	萌芽 地下茎	砂礫、水深が深いところでは繁殖しにくい
ヒルムシロ科 ヒルムシロ属 ヤナギモ	沈水植物 多年草	5~9月	地下茎 種子	砂礫、水深が深いところでは繁殖しにくい

\* 太字下線は主な繁殖方法

#### 4. 施工後の水生植物の回復

玄手川の水路底改修に伴い、従来の土水路の水草の植生がどのように影響を受け、復元したかを経年的に調査した。定点コドラート内の全ての水草の種類別重量を計って水草の構成比率を求める構成比率調査と、調査区域全川の水路底が水草で覆われている割合を計ることによって水草の回復量を求める植被率調査を行った。

##### 4.1 群落構成種の種別現存量の遷移

水路底を施工していない区間 (M1の上流)、97年3月に竣工した区間 (M1~M2)、98年3月に竣工した区間 (M2~M3)、

99年3月に竣工した区間 (M3~M4) の4つの区間にそれぞれ1ヶ所ずつ定点調査箇所を設けた。

1つの調査箇所では、横断方向は底幅 (5.1m) とし、流下方向は、平ブロック2個 (0.9m×2) + 枠ブロック2個 (0.9m×2) を基本とした。このようにして測った近接した2ヶ所のデータを平均して1つの観測データとした。調査は毎年1回水草の生育の落ち着いた10月~11月に行った。採取は手でむしり取る方法とし、直ちに種類分けを行った後、3日間 (3泊4日) 屋内で自然乾燥させた。重量の計測は、エイ・アンド・ディ社製の台秤 (FW150-K、最大150kg、精度0.05kg) で行なった。

表3 水生植物の種別現存量の変動 (1)

調査日 調査日\調査位置	土	4点平均*	施工1年目			施工2年目			施工3年目
			1998	1999	左の平均	1998	1999	左の平均	1999
			10/27 平 I, K 枠 J, L	10/29 平 M, O 枠 N, P		11/2 平 A, C 枠 B, D	10/29 平 I, K 枠 J, L		10/29 平 A, C 枠 B, D
ナガエミクリ		2.23	0.10	0.12	0.11	0.23	0.40	0.31	0.35
バイカモ		0.50	0.15	0.38	0.26	0.07	0.50	0.28	0.17
コカナダモ		0.24	3.03	0.82	1.92	0.18	0.51	0.34	0.05
ヤナギタデ		0.06	0.15	0.63	0.39	0.11	0.05	0.08	0.15
エビモ		0.00	0.00	0.02	0.01	0.04	0.03	0.04	0.00
ヤナギモ		0.01	0.00	0.01	0.01	0.21	0.00	0.10	0.00
小計		3.04	3.42	1.99	2.70	0.83	1.48	1.16	0.72
ナガエミクリ			0.00	0.00	0.00	0.29	0.22	0.26	0.63
バイカモ			0.39	0.52	0.45	0.00	0.44	0.22	0.57
コカナダモ			3.47	1.16	2.31	0.50	0.33	0.42	0.17
ヤナギタデ			0.08	1.14	0.61	0.35	0.51	0.43	0.05
エビモ			0.23	0.02	0.12	0.08	0.10	0.09	0.00
ヤナギモ			0.03	0.05	0.04	0.12	0.01	0.07	0.01
小計			4.20	2.88	3.54	1.36	1.62	1.49	1.43

\* 1998/12/14(S, T) 1999/10/29(S, T) 1999/12/3(U, V) 1999/12/3(W, X)

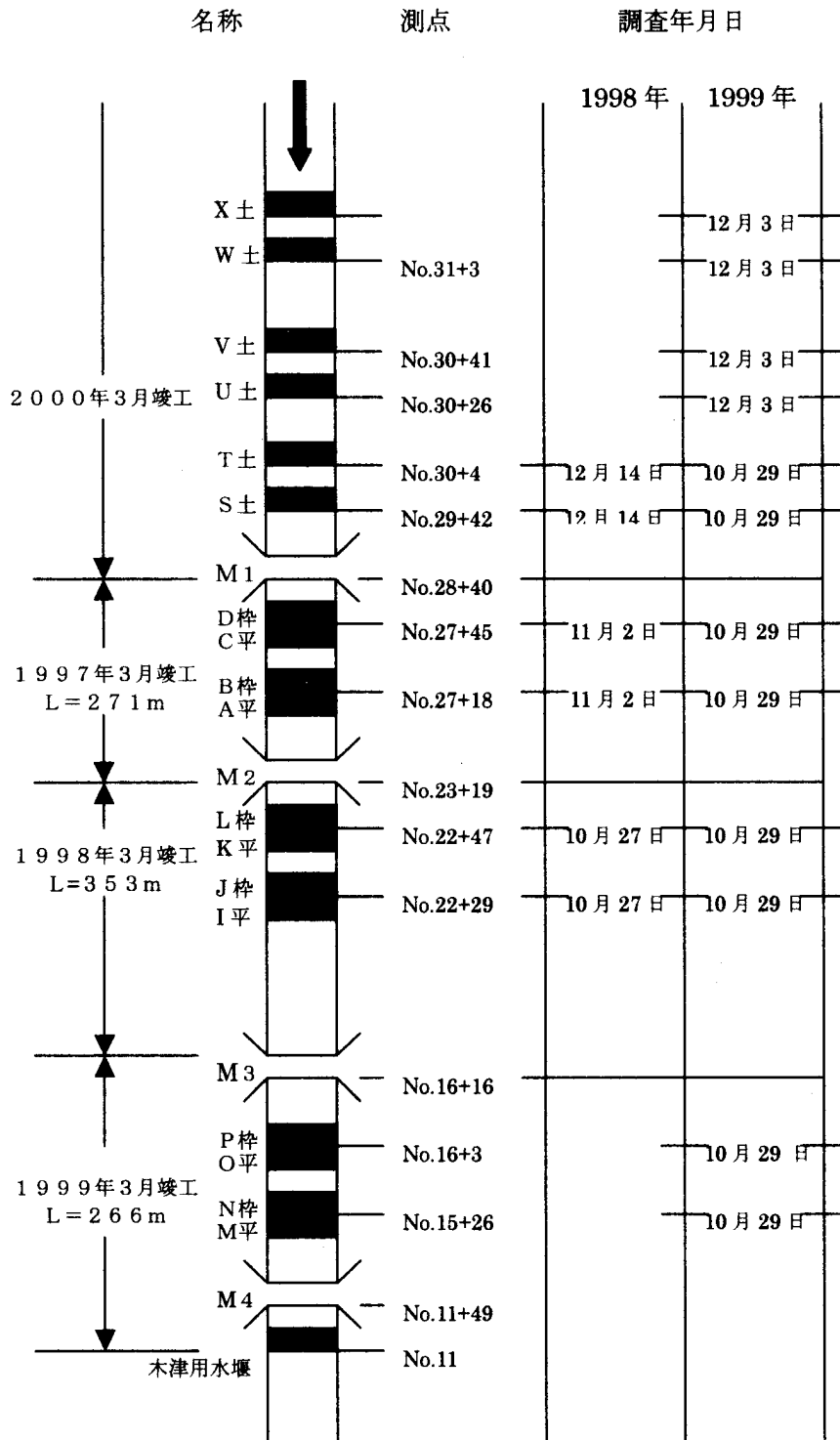


図10 群落構成種の調査位置

**結果と考察**

構成比率調査における水草の重量は、水路底施工後1年目は施工前とあまり差は無いが、施工2年目、3年目と徐々に減少している。これは7~8月にかけて行う江ザライのとき、水草のかなりの量を刈り取ってしまうのと、10~11月の構成比率調査

の際にほとんどの水草をむしり取っているために、水草は毎年かなりのダメージを受けて減少したと思われる。しかしながら水草の種類構成比率の経年変化を知る場合、毎年調査箇所をアットランダムに選定するよりも、このような構成比率調査の方が傾向を知る手段として適当であろうと思われる。

まず、枠ブロックと平ブロックに分けて比較を行った。平ブロック中心の断面の川底幅に対する礫率は 12.3%、枠ブロック中心の断面の礫率は 26.0%である。枠ブロックの方が平ブロックよりも 2.1 倍礫の面積が多い。施工 3 年目、平ブロックに生育していた水草は 0.72kg/m<sup>2</sup>、枠ブロックは 1.43 kg/m<sup>2</sup>であり、枠ブロックの方が 2.0 倍多く、礫の面積割合と同じになった。

次に、水草全体の構成としては、施工 1 年目にコカナダモ、ヤナギタデが爆発的な増加をし、ナガエミクリが激減した。しかし、施工 2 年目にはナガエミクリは徐々に回復し、コカナダモは激減した。施工 3 年目になるとさらにナガエミクリがかなり回復し、他の水草も施工前の構成比率に戻りつつある。以下に種類別に評価する。

表 4 水生植物の種類別現存量の変動 (2)

水草の種類	施工前 4点平均		施工1年目 枠と平ブロックの平均		施工2年目 枠と平ブロックの平均		施工3年目 枠と平ブロックの平均	
	Kg/m <sup>2</sup>	%	Kg/m <sup>2</sup>	%	Kg/m <sup>2</sup>	%	Kg/m <sup>2</sup>	%
ナガエミクリ	2.23	73.36	0.06	1.92	0.28	21.21	0.49	45.79
バイカモ	0.50	16.45	0.36	11.54	0.25	18.94	0.37	34.58
コカナダモ	0.24	7.89	2.12	67.95	0.38	28.79	0.11	10.28
ヤナギタデ	0.06	1.97	0.50	16.03	0.26	19.70	0.10	9.35
エビモ	0.00	0.00	0.07	2.24	0.06	4.55	0.00	0.00
ヤナギモ	0.01	0.33	0.02	0.64	0.09	6.82	0.00	0.00
計	3.04	100	3.12	100	1.32	100	1.07	100

①ナガエミクリ

ナガエミクリは環境庁のレッドデータブックの準絶滅危惧種に指定されており、玄手川の水生植物の優先種である。

施工前は、水草の全体の 73%を占めているが、施工 1 年目に急激に減少し、2%になっている。この理由は、ナガエミクリは主に地下茎で繁殖するため、水路底施工の際に地下茎が取り除かれた 1 年目は、種子や地下茎が定着するのに十分な時間が無かったものと思われる。施工 2 年目は、21%と増加した。これは、ようやく堆積した土や砂礫の中を地下茎によって増殖したと思われる。施工 3 年目は、水草全体の 46% (施工前の 63%) までに回復している。ナガエミクリは地下茎を広げて増えていくので、間もなくほぼ元通りになると予想される。

②バイカモ

バイカモは冷水を好む沈水植物で、湧水のある地域に生育し、清水の指標植物でもある。また、ナガエミクリに次ぐ玄手川の優先種である。

施工前は、ナガエミクリに次いで多く、水草全体の 16%を占めている。施工 1 年目は 12%と若干減少したものの、2 年目には 19%と回復した。バイカモは、地下茎だけでなく切れ藻でも繁殖をするので、地下茎が無くなった 1 年目でも極端には減少しない。施工 2、3 年後になると次第に地下茎が発達し、徐々に増加回復したものと思われる。

③コカナダモ

コカナダモは北米原産の外来種で、水質汚濁の進行した水域にも生育する。また、初期成長も速い。

施工前は水草全体のわずか 8%を占めていたが、水路底施工後 1

年目に全体の 68%にまで増加した。この理由としては、コカナダモは主に切れ藻によって繁殖し、帰化植物でもあり、環境変化に強く、初期成長が速い。また、施工 1 年目はナガエミクリが激減していたので、その後を襲ってコカナダモが増加したと思われる。施工 2 年目になると 29%と急激に減少する。これは、他の水草が増加するとその勢いに負けてコカナダモが減少したと思われる。施工 3 年目になるとさらに 10%に減少し、ほぼ元通りの割合となった。

④ヤナギタデ

施工前は全体の 2%しかなかったものが、施工 1 年目は全体の 16%、2 年目は 20%にまで増加した。ヤナギタデは主に種子で繁殖する 1 年草であり、一般的に初期成長が速いといわれている。施工 1、2 年目は環境の変化に適応し、激減したナガエミクリの後を襲い増加したと思われる。施工 3 年目は 9%と減少し、水路底施工前の割合に戻りつつある。これは、他の水草が増加するにつれて減少したと思われる。

⑤エビモ

エビモは砂礫で水位が高いところでは生育しにくいという傾向がある。施工前はごくわずかだったが、施工 1 年目にナガエミクリが激減したこと、水路底を施工したことによって流れがスムーズになり水位が低下したことで、1 年目、2 年目はエビモにとって繁殖しやすい環境になったので微増したと思われる。しかし、3 年目になると激減していたナガエミクリの復活や水位が上昇したことにより、元通りごく僅かとなった。

⑥ヤナギモ

ヤナギモの消長はエビモと同じ傾向をたどった。



表5 水生植物の種類別の経年変化のまとめ

水草の種類	施工前	水路底改修後			まとめ
		1年目	2年目	3年目	
ナガエミクリ	★★★★★ ★★★★	★	★★★	★★★★★	主に地下茎で繁殖するので、水路底改修の影響をまともに受けて1、2年目は激減するが、3年目にはほぼ回復する。
バイカモ	★★	★★	★★	★★★★★	地下茎だけでなく切れ藻でも繁殖するので、あまり大きな変化はない。
コカナダモ	★	★★★★★ ★★	★★★	★	1、2年目は環境の激変に対し、外来種であること（コカナダモ）、一年草であること（ヤナギタデ）などが有利に働き激増するが、3年目からはナガエミクリの復活に伴い、元通りに減少する。
ヤナギタデ	★	★★	★★	★	
エビモ	NG	★	★	NG	1、2年目は、水深が浅くなるなど環境の変化に応じて微増するが、3年目は元に戻ってごく僅かとなる。
ヤナギモ	NG	NG	★	NG	

全水草量における当該水草の割合	★の数	全水草量における当該水草の割合	★の数	全水草量における当該水草の割合	★の数
1~10%	1	41~50%	5	81~90%	9
11~20%	2	51~60%	6	91~100%	10
21~30%	3	61~70%	7		
31~40%	4	71~80%	8		

4.2 植被率の遷移

調査区間 M3~M4(200m)、M2~M3(340m)、M1~M2(260m)の3区間、合計延長 800mで水草の植被率（水路底が水草で覆われている割合）、ナガエミクリ率（水路底がナガエミクリで覆われている割合：被度）の調査を2000年6月、7月の2回行った。調査区間ごとに施工年度が異なるので、M3~M4は2年目、M2~M3は3年目、M1~M2は4年目に相当する。施工前

（水路底が土）の値については、太田が94、95、96年の各7月にM1直下流で行なった調査結果<sup>1)</sup>を用いる。植被率調査におけるコドラートの大きさは横断方向は底幅（5.1m）とし、流下方向は10m区切りで調査区間全川を調査した。調査の方法は3人の調査員（竹中妙子、広瀬慎一、佐藤久三）の目視によって行った。まず植被率を求め、次に水草に占めるナガエミクリの割合を求めた後に、水路底に対するナガエミクリ率に換算した。

表6 植被率・ナガエミクリ率の遷移

調査区間	調査対象面積 (m <sup>2</sup> )	竣工 (経過年)	調査日	植被率 (%)	ナガエミクリ率 (%)
M1 周辺 (定点3)	5.5×5.5	未施工 (0)	94/7/11	90.0	37.5
			95/7/24	40.0	37.5
			96/7/01	70.0	62.5
			平均	66.7	45.8
M4~M3	5.1×200	99年3月 (2)	00/6/02	56.5	4.4
			00/7/26	38.0	4.5
			平均	47.3	4.5
M3~M2	5.1×340	98年3月 (3)	00/6/02	59.1	32.7
			00/7/26	53.2	24.2
			平均	56.2	28.5
M2~M1	5.1×260	97年3月 (4)	00/6/02	66.5	44.1
			00/7/26	63.5	43.7
			平均	65.0	43.9

## 結果と考察

施工前、水草全体の植被率が67%であったものが、施工2年目に47%と減少した。しかし、施工3年目には56%と増加し、施工4年目には施工前とほぼ同じ65%に植生は回復した。

水草の中でも玄手川に特徴的なナガエミクリの率は施工前に46%あったものが、施工2年目には4%と激減した。しかし、施工3年目には28%と激増し、施工4年目には施工前とほぼ同じ44%まで回復した。

以上のことから、水草の植被率もその中のナガエミクリ率も、水路底施工から4年後に元の植生の状態に回復したことが確認された。

## 5. まとめ

1) 構成比率調査により水草の種類別の経年変化を調べた結果、次の4グループに分けられることが分かった。

### ①ナガエミクリ

主に地下茎で繁殖するので、水路底改修の影響をまともに受けて1、2年目は激減するが、3年目には施工前の63%までに回復する。

### ②バイカモ

地下茎だけでなく切れ藻でも繁殖するのであまり大きな変化はない。

### ③コカナダモ、ヤナギタデ

1、2年目は環境の激変に対し、外来種であること(コカナダモ)、一年草であること(ヤナギタデ)などが有利に働き激増するが、3年目からはナガエミクリの復活に伴い、元通りに減少しつつある。

### ④エビモ、ヤナギモ

1、2年目は、水深が浅くなるなど環境の変化に応じて微増する

が、3年目は元に戻ってごく僅かとなる。

これらの水草の構成比率は、水路底施工後3年目に施工前の構成比率にほぼ戻ることがわかった。

2) 枠ブロック中心の断面の礫の面積は、平ブロック中心の断面の礫の面積の2.1倍である。両者に生えた水草量の比は、施工後3年目に2.0倍と礫の面積の比にほぼ等しくなった。

3) 延長800mにわたり水草の植被率を調べたところ、水路底施工後4年目に施工前の67%とほぼ同じ状態に回復することがわかった。ナガエミクリの被度についても水路底施工後4年目に施工前の46%にほぼ回復した。

4) 以上の調査結果から、玄手川においては水路底のコンクリート率が約80%の場合、水草の植生は水路底施工後4年経過時点で施工前に近い状態に回復しつつあることがわかった。

## 謝辞

調査の計画・実施にあたり、日本陸水学会会員佐藤久三の協力を得た。本学短期大学部卒業生田村悟志・水野慎介・笹島大輔・工藤勝彦・中塔賢治・折川文清・金川直人が調査を行った。同じく専攻科卒業生竹中妙子が全体のとりまとめを行った。富山市科学文化センター太田道人、富山県中央植物園大宮徹には水草についての専門知識を教わった。調査にあたり富山県高岡農地林務事務所の便宜を得た。とりまとめにあたり多自然水路研究会(代表者 広瀬慎一)の議論を参考にした。調査費用として富山県立大学の特別研究費、(株)ウエノより教育研究奨励寄付金を得たことを感謝する。

## 参考文献

- 1)北陸農政局：環境変化追跡調査総合報告書—富山県高岡地区一、(1999)
- 2)角野康郎：日本水草図鑑、(1994)

# Restoration of waterweeds in a remodeled channel

Shin-ichi HIROSE

Section of Agricultural Engineering, Department of Agricultural Technology, College of Technology

The river Gente is a 3,000m-long river used as a drainage channel and flows north down the northernmost part of the Shogawa alluvial fan. The stream is fairly clean thanks to an abundant supply of seepage water welling up out of the underground and abounds in aquatic plants and animals such as Tomiyo and Sparganium, the latter of which is already listed as a semi-endangered species in the red data book.

The revetments of the river were once renovated using dry concrete blocks (1970-1972) but the soil riverbed

was left untouched, as was usual with the renovation of a drainage channel in those days. Thus waterweeds still grew wild, incurring both a reduction in the drainage performance of the channel and an increase in its M & O cost. This predicament prompted a further renovation of the channel. This time 80% of the riverbed was covered alternately with flat concrete blocks and gravel-filled blocks (1996-2000). This construction design was adopted for the dual purpose of facilitating waterweed control and minimizing damage to aquatic life.

I surveyed the effects this riverbed renovation has produced on the ecosystem of this river. In this research, for an indication of the restoration of the aquatic ecosystem I focused on the waterweeds, in which fish nest. 70% of the waterweeds had originally been accounted for by *Sparganium*, and the rest mainly by five other kinds of waterweeds such as *Ranunculus*. I found the original ratios of these plants were restoring in about 3 years. And the coverage rate of waterweeds over the riverbed, which had been 67% before the riverbed renovation, was restored in about 4 years. This shows that it takes at most four years after a riverbed renovation for the original state of the waterweeds to be restored on both counts.

*Key words* : cobble-filled block, subterranean, *sparganium*, semi-endangered species, coverage rate of waterweed over the bottom