

江津湖における固有種ヒラモの生育環境改善

IMPROVEMENT ON THE GROWTH ENVIRONMENT OF ENDANGERED SPECIES

大本照憲¹・平川隆一²・竹本重博³・原田敬一郎³

Terunori OHMOTO, Ryuichi HIRAKAWA, Shigehiro TAKEMOTO and Keiichiro HARADA

¹正会員 工博 熊本大学助教授 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号)

²正会員 博(工) 熊本大学 大学院自然科学研究科 (同 上)

³正会員 株式会社 原風景 (〒862-0086 熊本市尾ノ上4丁目1番22号)

Vallisneria higoensis which is an aquatic plant peculiar to Kumamoto Prefecture is on the verge of the present extinction. In this study, it aimed at an improvement of the growth environment of a water plant by making the flow velocity increase using groyne. The indoor experiment considered groyne arrangement. Consequently, it turns out that the one-bank groynes increases the flow velocity of a mainstream part by about 5% compared with a case without a groyne, and it is increasing about 10% in the both-banks groynes. It was admitted by the result of a field survey that the flow velocity in main flow region after both-bank groynes installation was increasing about 11 to 23% compared with before installation. It turns out that 5m distribution expansion was seen at the maximum about growth of aquatic plant, and the area of a aquiferbosa is also expanded.

Key Words : Endangered species, *Vallisneria higoensis*, Groyne, Lake Ezu, PIV

1. 序論

ヒラモ (学名: *Vallisneria higoensis*)¹⁾ は被子植物・単子葉類・トチカガミ科・セキショウモ属の沈水性多年草であり, 江津湖をタイプ標本産地とする熊本県固有種とされている. しかしながら昭和10年頃には江津この湖底を覆っていた物がわずかに残る程度まで減少しており, 1997年発行の環境庁レッドデータブック²⁾ には絶滅の危険が増大している種として「絶滅危惧Ⅱ類」に指定され, さらに2000年発行の同庁レッドデータブック³⁾ においては近い将来における野生での絶滅の危険が高いものとして「絶滅危惧ⅠB類(EN)」に修正された.

江津湖において現在ヒラモ群落が残るのは砂取湧水地帯と神水湧水地帯, 上江津湖内では上流部右岸よりと江津斉藤橋, 下江津湖では上流端の江津橋である. すなわち江津湖内の生息地はどれも浚渫を免れたところで流速が他に比べて大きく, 他の種が着床しづらい箇所である. このうち, 図-1に示す江津斉藤橋は狭窄部となっていることから流速が大きく土砂の堆積が抑制されている. しかしヒラモ植生群落下流では左岸側のワンドのために川幅が増大して主流速が低減し, 植物体の断片 (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

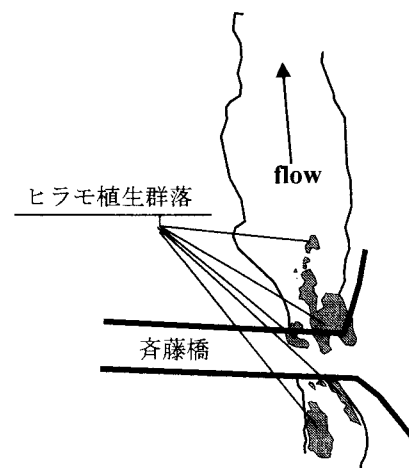


図-1 江津斉藤橋直下流域概略図

に定着するオオカナダモが繁茂している. 流速の低下は葉への土の粒子や有機物等の浮遊物質の付着を促し, このために光合成量が低下し生育に影響を与える. またオオカナダモは, 富栄養化に耐性が強く切れ藻で急激に分布域を広げることから, ヒラモが増殖しやすい環境を作り出すにはオオカナダモが繁殖しにくい条件を整える必要がある.

そこで本研究では, オオカナダモの切れ藻が着床しにくく, かつヒラモの生育に適した流況を水制工によって

表-2 表面流速計測結果

Case No.	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
水制長 (mm)	無し	125	125	125	145	145	145	145	145	無し	125	125	125	145	145	145	145	145
ワット上下流端粗度(20 mm)	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	有り	有り	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	有り	有り
右岸粗度(20 mm)の個数	無し	無し	3	5	無し	3	5	無し	5	無し	無し	3	5	無し	3	5	無し	5
ワット上流側流速(cm/s)	4.5	4.4	4.4	4.5	4.5	4.4	4.4	4.6	4.5	9.4	9.8	9.8	9.6	9.8	9.5	9.7	9.5	10
ワット区域主流部流速(cm/s)	4.4	4.4	4.6	4.7	4.7	4.7	4.9	4.9	5.0	9.4	9.8	10	10	9.8	10.6	11	10	11.3
ワット域流速増加率(%)		0	4.5	4.4	4.4	6.8	11.4	6.5	11.1		0	5.1	4.2	0.0	11.6	13.4	6.3	13.0

表-1 室内実験条件

	平水時(Case A)	洪水時(Case B)
流量(l/s)	0.24	0.48
水深(mm)	28	31
水路勾配	1/1700	1/1700

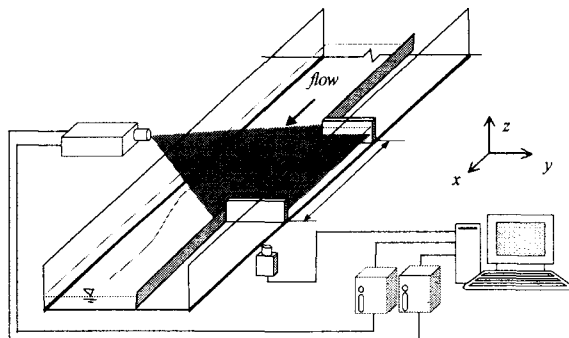


図-2 流れの計測システム

つくり出すことでヒラモが分布域を下流側へ拡大するのではないかという仮説をたて、室内実験及び現地調査にて検証を行う。

2. 室内実験

(1) 相似則

流体力学的現象を室内実験水路に忠実に再現するためには、幾何学的相似条件、運動学的相似条件および力学的相似条件の3者を満足しなければならない⁴⁾。特に、開水路流れにおいては、力学的相似条件を満足する上で重要な無次元変数としてレイノルズ数とフルード数がある。レイノルズ数が十分に大きい場合には、一般に開水路流れを規定する力学量は慣性力と重力であり、底面近傍を除けば粘性力は無視できる。そのため、本実験では流れが十分発達した乱流状態で、フルード数を実河川と室内実験で一致させている。

(2) 歪み模型

一般の河川においては、河幅 B と水深 h との比であるアスペクト比 B/h は10に比べて十分に大きい。模型実験では、水平縮尺と鉛直縮尺を同一にして河川幅に合わせて縮尺比を決定した場合には、水深が極端に小さくなり次のような下記の様な問題を生じることがある。す

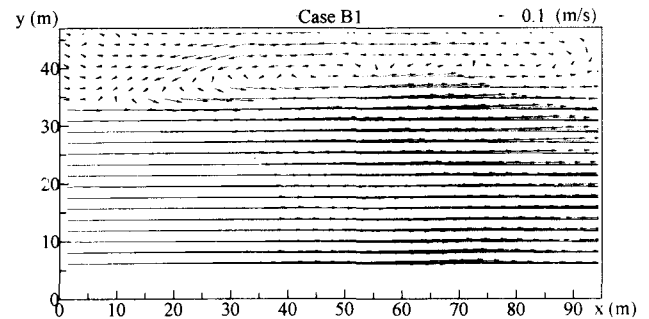


図-3 平均流速場 (Case B1)

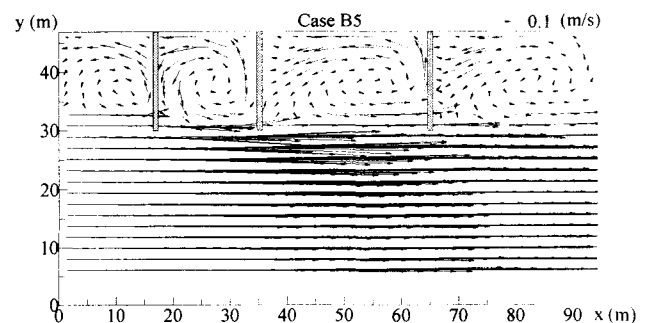


図-4 平均流速場 (Case B5)

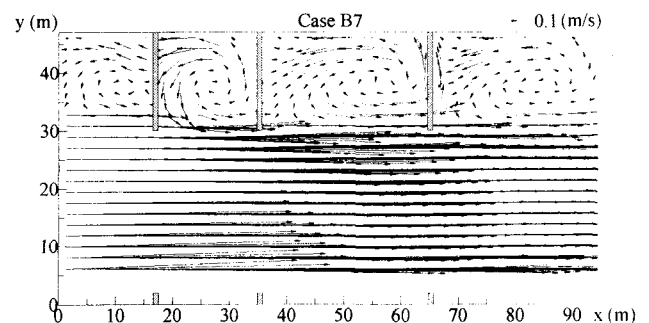


図-5 平均流速場 (Case B7)

なわち、1)実河川では乱流であるが、室内実験水路では層流となり、実現象を再現しない恐れがある、2)水深が極端に小さくなった場合には、表面張力および粘性の影響が強く現れ、力学的相似条件を満足しなくなる。無歪模型では上記の問題点を有することから、本実験では歪模型実験を実施した。模型を歪ませる方法には、(a)水平と鉛直の縮尺比を変化させる、(b)模型の勾配を変化させる、(c)流量を変化させる、(d)粗度係数を変化させる方法があるが、ここでは一般的な(a)の方法を採用した。

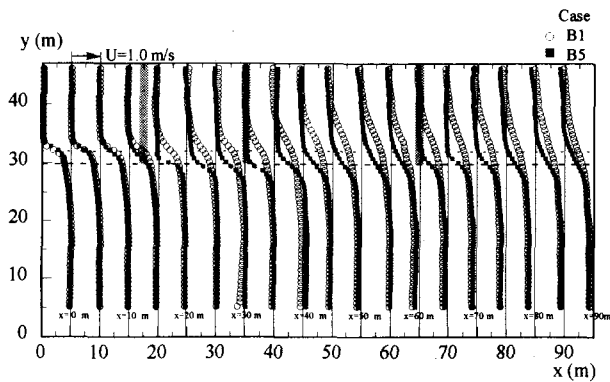


図-6 片岸水制工の主流速への影響

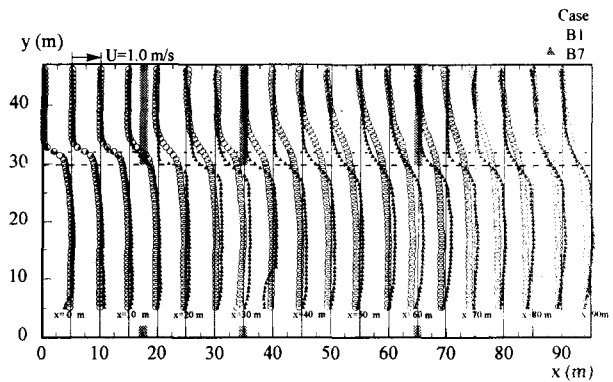


図-7 両岸水制工の主流速への影響

(3) 歪み度

本実験が対象とする流れ場は、川幅と水深の比 B/h が10を大きく超える流れであり、鉛直方向の運動量交換に比べて水平面内の運動量交換が卓越することから、模型を歪ませた影響は比較的小さい⁵⁾。但し、歪みの度合いには制約があり、一般的には歪度は5以下に抑えられている。本実験では、水平縮尺を1/120、鉛直縮尺を1/30とし、歪み度を「4」に設定した。

(4) 実験装置及び実験方法

実験に使用した水路は、長さ10m、幅40cm、高さ30cmの可変勾配型の循環式直線水路である。計測部は、側壁および底面からレーザ光が照射可能なように全面がアクリル製となっている。座標系は流下方向を x 軸、水路横断方向を y 軸、鉛直上向きを z 軸とし、其々に対応した流速変動成分を u 、 v および w とする。水制には長さ14.5cm、幅0.5cm、高さ4cm のステンレス製角柱を使用した。水理条件を表-1に示す。

実験は、表-2に示すように、平水時を対象にしたCase Aと洪水時を対象としたCase Bの2種類に、ワンド内の水制の配置により、ワンド域主流部での流速増加率を把握するために、各ケースとも9種類を想定した。

流れの計測システムには、図-2に示すPIV法を用いた。

(5) 表面流速結果

水制の配置が、表面流速に与える影響を把握するために、浮子を用いた計測を行った。その実験結果を表-2に示す。表より水制の長さをワンドの奥行きに一致させたCase A2およびCase B2では、ワンド外の主流部における流速は、水制が無い場合に比べて平水時には殆ど変化無く、洪水時においても4%の増分にすぎないことがわかる。一方、水制の長さをワンドの奥行きに川幅の5%の長さを加えたCase A5およびCase B5では、平水時には5%の増分、洪水時には増分は無かった。

Case A7およびCase B7では、両岸の対称性を保ち、滞り筋部の安定性を保つために、右岸側に川幅の5%の長さを有する水制群を設置した。主流速は、平水時には10%の増分、洪水時には17%の増分を示している。

(6) PIV計測

浮子を用いた実験結果から、Case A1, Case A5, Case A7 およびCase B1, Case B5, Case B7の6ケースについてPIVを用いた詳細な流れの計測を行った。ここでは洪水時における平均流速場を図-3～5に示す。

洪水時における実験は、主流部における主流速が平水時における流速の約2倍程度の大きさに実施している。図-3よりワンド内に水制の無いCase B1において、主流速の空間分布は平水時と同様にワンドと主流部の境界線上で大きく変化し、横断方向には境界線から離れた所ではほぼ一様に近く、流下方向には減少傾向にあることが分かる。これは、主流部の運動量が横断方向の移流成分 V によりワンド内に取り込まれ、そのために流速が減少するためである。ワンド内の循環流は、平水時に比べて明瞭に現れていた。

一方、図-4より、ワンド内に水制が設置されたCase B5では、主流部の流速はCase B1と同様に横断方向には、ワンド境界付近を除けば水路中央部で一様に近く、若干左岸側に較べて右岸側で流速が大きくなっている。Case B1に較べて、流下方向の流速低下傾向は無く、全般的にはほぼ一様に近いことが分かる。また、水制間での循環流も明瞭に現れており、さらに洪水時における魚の退避場所として機能も有していることが期待される。

図-5より、ワンド内の水制と同時に右岸側にも小規模の水制を設置したCase B7では、全般的にはCase B5の場合と類似の傾向を示す。但し、右岸側の水制周辺では、水制による流速低減機能により流速は小さく、また、流向制御機能により水路中央部付近で流速は極大値を示し、Case B5に較べて左岸側と右岸側での非対称性が是正されていることが分かる。

図-6および図-7は、それぞれ洪水時における片岸水制および両岸水制が主流速の横断分布へ与える影響を示したものである。水制の影響が強く現れるのは、ワンドと主流部との境界 $y=30\text{m}$ よりワンド側の $y=30\sim 40\text{m}$ の間である。水制がない場合には、境界部の主流速は流下方向に増大するのに対して、水制を設置した場合には境界付近における主流速は流下方向に大きく変化せず、ワンド内の主流速は小さい。また、主流部では、全体的に水制

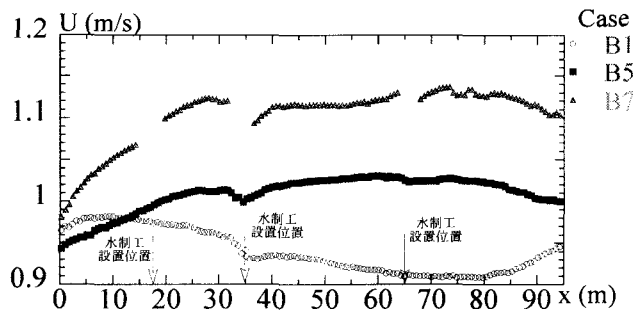


図-8 主流速の流下方向変化
(滞筋部 $y=16.3\text{m}$)

の設置によって若干大きくなり、その影響は兩岸において大きいことが認められる。

図-8は、CaseB1、CaseB5およびCaseB7に対する水路中央部における主流速の流下方向変化を示したものである。ワンド内のみ水制を設置したCaseB5は、ワンド内に水制の無いCaseB1に比べて約10%程度の流速の増分があり、兩岸に水制を設置したCaseB7はCaseB1に比べ約20%の増分があることがわかる。

図-9には、CaseB1、CaseB5およびCaseB7に対するワンド境界付近における主流速の流下方向変化を示す。 $x=0\sim15\text{m}$ までの上流部ではほとんど変化は見られないが、 $x=20\sim90\text{m}$ の間では、主流速はCaseB1、CaseB7、CaseB5の順で大きくなっている。これは水制がワンド内への移流を弱めたことにより起こったと考えられる。また、CaseB7がCaseB5より流速が大きくなっていることは右岸側の水制による影響と予想される。

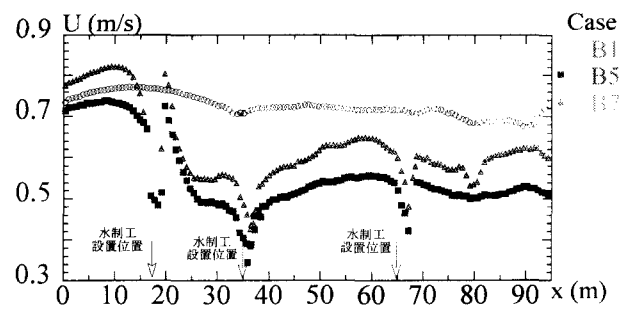


図-9 主流速の流下方向変化
(水制工先端部 $y=29.4\text{m}$)

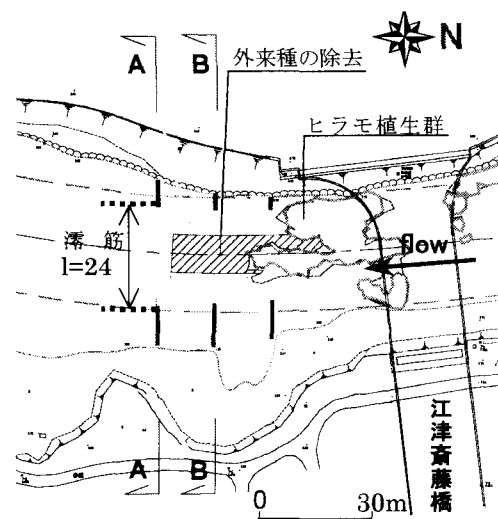


図-10 流速測定概念図

3. 現地観測結果

室内実験をもとに、主流部の流速が、洪水時においても水制設置前より10%程度の増加になるよう、江津斎藤橋下流部のワンド内に水制工を設置した。水制工は、杉の間伐材（末口径9cm、長さ2.0m）を0.6m間隔で打ち込み竹柵を搔いた不透過型とした。また、ヒラモ群落（A-13）の下流側への生育分布拡大を促すために、図-10に示すように幅10m、長さ20m程度にわたってオオカナダモを除去（湿潤重量約1.5t）した。

水制工設置前後における流速を、3列の水制工のうち図-8に示す下流側2列について横断方向に1m間隔で表層、中層、下層を測定した。使用した計測器はプロペラ流速計である。図-11～14には表層と中層の結果を示す。

水制工設置前におけるB-B断面（図-11,12）での流速が大きいのは、滞筋幅の中央よりやや左寄りにあり、ヒラモ群落が最も下流へと延びている部分と一致している。このような流速が大きいところでは、切れ藻で増殖するオオカナダモの着床が抑制されてきた物と考えられる。一方、右岸よりの最河床部分はオオカナダモが繁茂して

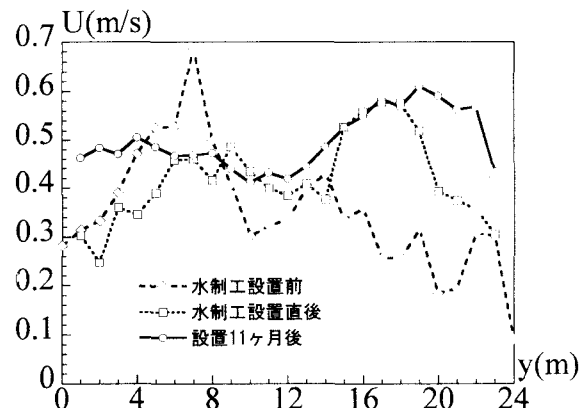


図-11 主流速の横断方向変化
(B-B断面、表層)

おり下層近傍の計測が行われていないが、流速低下が生じていると考えられる。一方、B-B断面より15m下流に位置するA-A断面（図-13,14）では滞筋幅の中央より右岸よりに流線があり、最河床部と一致している。

このときの流速増加率は、10.9%～22.8%程度であり、室内模型実験よりも大きな値を示した。

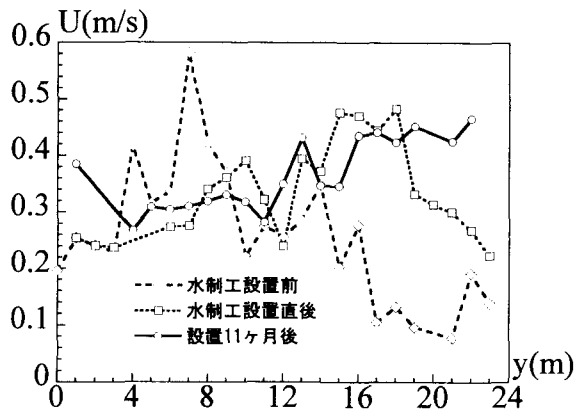


図-12 主流速の横断方向変化
(B-B断面, 中層)

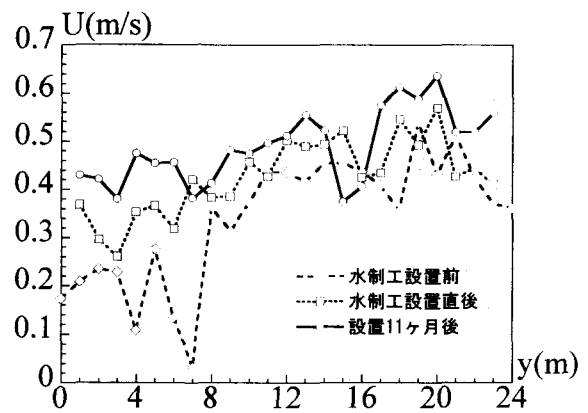


図-13 主流速の横断方向変化
(A-A断面, 表層)

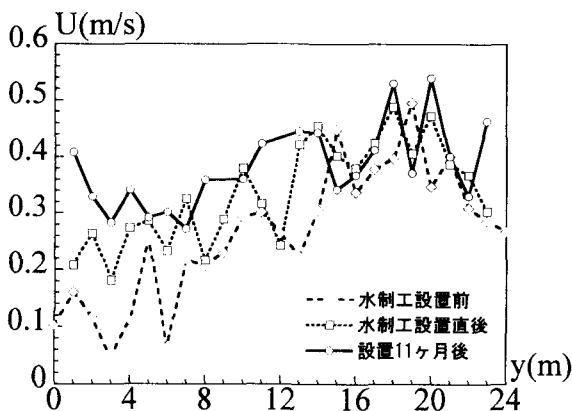


図-14 主流速の横断方向変化
(A-A断面, 中層)

水制工の設置によって、図-15に示すヒラモ群落 (A-13-1, A-19) で水制工の設置時と比較して下流側への分布拡大がみられた。表-3にはヒラモ調査結果を示す。表中の株数はコドラート法により求めている。

A-13-1, A-13-2の群落をみると、2001年ではA-13 (面積620.82㎡) というひとつの群落であった物が、支川から流入する土砂が流入部に大きな砂州を形成した事による流況の変化と、土砂の堆積による河床の上昇によってヒラモが非灌漑樹に大気さらされ枯死したことにより、水制工設置直後では分離しており、面積が105.11㎡減少している。しかし水制工の設置11ヶ月後では面積は578.07㎡と62.36㎡増大している。ただしA-13-2の群落は、葉の表面への付着物が多く生育状況も良くないことから、このままでは消失してしまうことが予想される。一方、水制設置領域であるA-13-1の群落の下流端では表層、中層の流速が0.45cm/s以上と大きく、最大で5mの分布域拡大がみられる。

このような流速が大きいところではオオカナダモが河床に伏せた状態になることから、ヒラモに対する光合成阻害も生じにくく、混成による分布域拡大も可能である

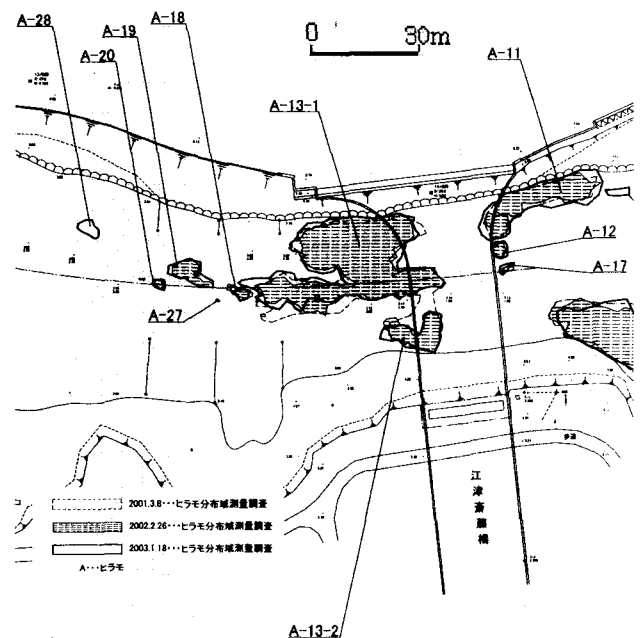


図-15 ヒラモ群落調査図

と考えられる。

4. 結論

熊本県固有の水生植物であり、現在絶滅の危機に瀕しているヒラモの生育環境を改善するために、川幅拡大部に水制工を設置することを提案し、室内模型実験および現地調査から以下の結論を得た。

室内実験における表面流速は、水制の長さをワンドの奥行きに一致させた場合、主流部の流速の増分はほとんど無かった。そこで、川幅の5%の長さを加えた水制工を両岸に対称に設置したところ10%以上の流速増加の可能性があると判明した。

また、江津斎藤橋下流部のワンドにおける試験施工および11ヶ月の観測より水制工の有用性を示す資料を得た。水制工設置直後の流速増加率は最大で約23%であり、水

表-3 ヒラモ調査結果

				面積 (㎡)			コドラート調査 (株)			数量 (株)				
							50cm×50cm							
調査 日	2001 3.8	2002 3.11	2003 1.22	2001 3.8	2002 3.11	2003 1.22	2001 3.8	2002 3.11	2003 1.22	2001 3.8	2002 3.11	2003 1.22		
調 査 ポ イ ン ト	A-11	A-11-1	A-11	124.39	97.96	119.52	173.36	57	56	62	28,361	21,943	27,290	42,993
		A-11-2			21.56				62			5,347		
	A-12	A-12	A-12	4.64	6.94	11.30	64	57	60	1,188	1,582	2,712		
	A-13	A-13-1	A-13-1	620.82	453.33	512.96	64	63	66	158,930	114,239	124,787	135,421	
		A-13-2	A-13-2		61.25	65.11		42	40		10,290		10,418	
		A-13-3			0.59	-		50	-		118		-	
		A-13-4	-		0.54	-		65	-		140		-	
	-	A-17	A-17	-	3.06	4.33	-	53	56	-	649	970		
	-	A-18	A-18	-	7.59	7.39	-	58	57	-	1,761	1,685		
	-	A-19	A-19	-	25.66	35.68	-	60	64	-	6,158	9,134		
	-	A-20	A-20	-	4.21	4.31	-	52	55	-	876	948		
	-	-	A-27	-	-	0.23	-	-	-	-	-	45		
	-	-	A-28	-	-	12.28	-	-	54	-	-	2,652		
小計				749.85	682.69	826.95				188,479	163,103	206,978		

制工設置11ヶ月後においては約30%であった。ワンド入り口部のヒラモ群落の面積は、水制工設置11ヶ月後では578.11㎡であり水制工設置直後に比べて62.36㎡増大していることが分かった。その群落の下流端では最大5mの分布域の拡大が認められた。したがって、水制工の設置によって主流部の流速を増大させれば、他の種によるヒラモへの光合成阻害が生じにくくなり、走出枝で分布域を拡大するヒラモの生育環境改善に十分な効果があると判断される。

5. 今後の課題

本研究における現地調査では、プロペラ流速計を用いた流速測定であったため、PIVによる表面流況の把握およびADCPを用いた流速の計測を行うつもりである。

環境面では現地の水制域内において水制工の流速低減効果によって中央部と根付け部に土砂の堆積が進行して

いた。今後はこのような作用によって形成されるエコトーンにおいて、江津湖の岸边から姿を消しつつある湿性、抽水性の植物の育成や、タナゴ類やメダカ等の魚類の繁殖についても調査していく必要がある。

謝辞：本研究を行うに当たり、解析に協力いただいた当時学部生の小柳亮二氏に謝意を表する。

参考文献

- 1) 三木茂：山城水草論，京都府史蹟名勝天然記念物調査報告書，第18冊別刷，1937.
- 2) 環境庁：植物版レッドリスト，1997.8.
- 3) 環境庁：レッドデータブック＜植物Ⅰ＞，2000，8.
- 4) 椎貝博美：水理実験法，森北出版，1976.
- 5) 須賀堯三 編者：水理模型実験法，山海堂，1990.

(2003.9.30受付)