

流域圏(四万十)学会誌

プレビュー号



1999

May

Preview Version

流域圏（四万十）学会誌プレビュー号への招待

日本人にとって川は心のふるさとであり、人と川は切っても切れない関係を保ってきました。人々の生活や文化はかつて「河川・流域」を中心に営まれてきましたが、その関係が今失われつつあります。

高知県は四万十川の自然環境を保全創造し、これを基に流域振興を図る「清流四万十川総合プラン21」を策定し、山・川・海のつながりを重視した「流域圏」的視点による地域づくりを進めています。

今日の流域には、河川環境、山林保全、経済構造、過疎・過密、地域文化伝承などの問題があり、これは四万十川に限らず、全国の河川に共通するものと認識されます。また、個別でなく相互に連携する形で対応しなければ問題の解決は困難であり、これらへの学問的取り組みには、「流域圏」を共通項とした新しい学際システムの設立が重要です。

このため、平成9年11月、高知県の呼びかけで流域圏（四万十）学会設立検討会を結成し、新しい学際システムの組織体制や運営手法の調査研究を行ってきました。この結果、研究者のネットワークによる、流域圏問題への対応策を全国に発信する場を構築することが重要であるとの結論に至りました。今後、本来は有形無形の合理的な機能単位である「流域圏」をもう一度現代的視点でとらえ直し、山・川・海のつながりや人々の生活・文化等の相互関係を解明する総合学「流域圏（四万十）学」確立に向けて、活動していくたいと考えています。

今回、四万十川流域に見られる流域圏的諸問題を明らかにし、学会設立に向けての第一歩とするために、流域圏（四万十）学会誌プレビュー号を発刊する運びとなりました。

プレビュー号の発刊を契機として、四万十川をひとつの舞台とした議論が行われ、新しい認識や多くの発見が得られるとともに、この活動が全国の流域圏へ拡がり相互理解が進むことを期待します。

平成11年5月

流域圏（四万十）学会設立検討会

目次

(頁)

卷頭言

流域学会に寄せる想い

宇多高明(建設省土木研究所 河川部) 1

総説

四万十川総合対策の歩み

市原利行(高知県文化環境部 四万十川対策室) 3

森と川の経済学

依光良三(高知大学 農学部) 8

森と川—河辺の植物生態系

石川慎吾(高知大学 理学部) 14

森と川—森林の機能

西村武二(高知大学 農学部) 19

”気づき”が育てる四万十川の景観

石井忠彦(石井空間研究所) 23

川と暮らし

坂本正夫(高知県立歴史民族資料館) 27

解説論文

環境保全と河川工法の今後の展望

福留脩文(西日本科学研究所(株)) 33

高知'98水害と多自然型河川護岸

村上雅博、岩貞光祐(高知工科大学 社会システム工学科)

佐々木慶太(高知工科大学 物質環境システム工学科)

松田誠祐、大年邦雄(高知大学 農学部)

池澤禮司、藤原一司(高知県土木部 河川課) 41

RESTORATION AND MANAGEMENT OF ARTIFICIAL SHALLOW LAKE WITH ADVANCED

TERTIARY TREATMENT AS SHIMANTO METHOD IN JAPAN

村上雅博、有元和哉、西森望(高知工科大学 社会システム工学科) 51

研究論文

ダム・河川開発と環境配慮における新パラダイム

村上雅博、伊藤彰記、九之池伸哉(高知工科大学 社会システム工学科) 58

四万十川の河口域で暮らすアユ仔稚魚—知られざる生態と資源保護—

高橋勇夫(西日本科学研究所(株)) 66

研究ノート

四万十川水系の生物調査

伊藤瑞穂、堀内泰男(高知県環境研究センター) 73

基本構想

流域圏(四万十)学会設立の基本的考え方

流域圏(四万十)学会設立検討会 85

流域圏学会に寄せる想い



建設省土木研究所河川部長 宇多高明*

効率化・合理化された分業体制のもたらしたもの

戦後から高度経済成長期を経て、今日まで日本人はせかせかと働き続けてきた。河川や海岸などで行われてきた事業もまた大局的にはこの流れに乗っており、それぞれの担当部署の技術者は、それぞれの目標の達成をめざして働いてきた。個々に設定された目標は、その狭い世界においては合理性を有していた。しかし、ものごとを合理的に、かつ効率的に進めるための分業体制であるという認識が希薄になり、あたかもそれぞれの目標達成自体が絶対的な価値を有するものであるとの錯覚が広まつた。この結果、水やそれによって運ばれる土砂などの流れは至る所で切断され、各所でほころびが出てきたのである。森、川、海、そしてそこに存在する生態系は単独で存在するものではなく、相互に複雑に関連して成立しているのであるが、それが人間業によって分断されたのである。分断された自然はやがて環境変化を通じて人間生活に大きな影響を持つことになった。このような現実空間での変化とともに、これらを扱う学問体系もまた縦割りが進んで来た。かくして全体を俯瞰することができなくなったのである。本来であれば、全体を俯瞰した上でそれぞれの位置づけを明らかにし、それに基づいて価値判断がなされ、その上で工事がなされなければならないはずである。こうした状況は、流域全体を見る視点が必要なことを、そしてそれぞれの行為が全体に及ぼす影響を絶えず考えて進めるべきことを示している。全体への影響は容易に把握できないかも知れないが、だからと言ってそれらを切り捨ててよいものではない。

地域の歴史・文化への配慮

河川や海岸の至る所でなされた工事の結果、どこも同じような風景になった。小さい子供時分、小豆ナウナギが生息していた石造りの護岸は直線的なコンクリートに覆われてしまい、誰も知らない自分だけの秘密の場所は完全に消失した。そうしてもう誰も小魚を取りにくることもなくなった川がなんと多いことか。また、小さい頃遊んだ海辺の砂浜も久しぶりに訪れるとき、侵食されて消波ブロックで覆われた人工海岸に変わっていた。こうしたことへの反省から、河川の事業において

も地域の自然、歴史や文化に十分配慮した川づくりが強く求められている。いわゆる「金太郎飴型工事」への反省である。こうした場合、河川技術者が長い間親しんできた、マニュアル化された既存の技術のみでは対応が難しいことは明らかであろう^①。異なった分野からの知識が必要となったのである。異分野間での相互理解が必要となった。技術者集団も、またそれを支援する学会も、知らず知らずのうちに「技術上の隠語」を使ったり、あるいは異分野の人々には理解不能な言葉を使用することが当然となって、互いの相互理解ができなくなりつつある。流域全体の話をするには、今一度それぞれの敷居を下げて、率直に話し合う場が必要であろう。その中では、工学的な話も、民族学的な話も興味のある限り自由に話しあうことが必要である。そして「素人っぽい質問だからくだらない」と言わず、にそうした議論の中から相互理解を進め、新しい方向性を見いだす努力が必要である。そして始めて地域の歴史・文化に配慮した事業も可能になろう。

専門家と市民

我が国では、いわゆる専門家として呼ばれる学者・研究者がおり、これらの専門家は研究論文を書くことを生業としてきている。しかし複雑化し、多様化した現在の世の中では、先端論文は一般の技術者が理解できないほどに先端的となっている。それでいて現場や一般市民の間では、比較的単純なことさえ理解が進んでいないという事態が起こっている。このため、仮に新しいアイデアが創造されたとしても、その新しいアイデアが広がらないことになる。これまた行きすぎた分業化の結果の一部であろう。こういう状態は、従来型の研究者の活動に再考を促しているように思われる。市民も行政の批判をするのみではなく、理解の進んだ市民から行政に逆に提案を行うことができるような雰囲気が必要であり、そのためには緩い連合体として、流域全体のことに関心がある人々の知識レベルを向上させる場が必要である。このためにいわゆる専門家と言われる人々も、市民との連携に努力する必要があろう。分からないう�あれば聞きに来ればいい、というのではなく、腰を低くして、知識を広めることに力を注

*建設省土木研究所河川部 〒305 茨城県つくば市旭1

Tel:0298-64-2830, Fax:0298-64-1168, E-Mail:uda@pwri.go.jp

ぐことが必要である。一方、行政も市民に対して説得ではなく、事実を分かり易くそしゃくして話すということを日頃から行う必要がある。自然相手の研究者も、従来は研論究文を書いていればそれで世の中よくなると考えてきたと思われるが、現実には大した変化は起きず、現場では同じ失敗が繰り返されている。そうした状況を変えるには新しい試みが必要である。

難しい話はやめて皆で現地へ行こう！

色々難しい話をしたが、現地の流域を多くの人々と見に出かけよう。巡検は本来楽しいものである。楽しくなければ長続きしない。そこでは、それぞれ知識のある人々が観察結果などを多くの人々に披露し、それともとに考えるのである。このように実物を目の前にして議論を行えば、新しい認識や多くの発見が得られるとともに、相互理解が進むであろう。

参考文献

- 1) 清野聰子・宇多高明(1999)：新河川法の理念の実現可能性-河川事業において普遍性と個別性の統合化は可能か?-、河川技術に関する論文集、第5巻。

四万十川総合対策の歩み



高知県文化環境部四万十川対策室 市原利行*

1はじめに

高知県西南部を流れる四万十川は、全国的に高い評価を得られているが、そのきっかけをつくったといわれるのが、昭和58年のNHK特集－土佐・四万十川－である。

この中で報道された「日本最後の清流」は、今や四万十川の代名詞となっている。以来15年余、一過性のブームに終わらず、むしろ年ごとに人気が高まりつつある。この人気の背景には、未知へのあこがれが含まれているとは思われるが、21世紀を目前に控え、本物の川、自然が残り人々の生活と調和した川が全国的に少なくなったことへの裏返しではないかと考える。

四万十川は日本の川には珍しい特徴をいくつもつてはいるものの、決して特別な河川ではない。かつて全国の各地に見られた自然の姿を比較的とどめていけるにすぎない。そのような普通の川が見直されてきているのである。

日本は、昭和39年の東京オリンピックを契機として高度成長期に突入していくが、折しもこの年に公布された河川法が治水、利水のみを目的としていたことから、わずか30年間に、人の生活と密接にかかわり生活の糧を得ていた河川が大きく変貌した。コンクリートの堤防が築かれ、三面張り水路に代表されるように、川は水路的な視点で扱われ、一日でも早く一時間でも早く海へ洪水を流す政策がとられてきた。

これに対して、四万十川は辺境の地にあり高度成長期の開発の波にさらされなかつたため、比較的自然の姿を保つことができた。言い換えれば、「まわれ右」すればトップの位置にいたということになる。

この四万十川も、地域の道路整備や森林の荒廃などにより20～30年で大きく変わってきた。このまま放置すれば全国の川と同じ道を歩む恐れがあつたが、その変化は「今ならまだ間に合う」程度であったため、平成7年4月に河川名を冠した全国で初めての組織である「四万十川対策室」が設置された。

2「清流四万十川総合プラン21」の策定

(1) 策定の背景

四万十川及び流域の自然の保全と住民の生活の

向上を目指してさまざまな取り組みがされていたが、次のような背景があり、四万十川対策室が中心になって、流域の基本方針(羅針盤)として、平成8年3月に、「清流四万十川総合プラン21」(以下、四万十川プラン)を策定した。

- ①四万十川の位置付けや流域の進むべき方向(方針)が明確でなく、土木や環境など各事業が連携なく行われ、総合対策になっていたこと。
- ②「日本最後の清流」のイメージが一人歩きし、多くの問題があるにも係わらず、具体的な解決への取り組みがほとんどされていなかったこと。
- ③四万十川を巡る3つのギャップがあり、調整が困難であったこと。

ア:イメージと現実のギャップ

日本最後の清流＝美しいイメージに対して、実際は透明度の低下、コンクリート擁壁の出現やゴミの散乱等が起きていたこと。

イ:都市といなかの想いのギャップ

都市の人は自然に手を加えないで欲しいと言いたい、いなかは保全よりは一日も早く道路整備をして欲しい等の声が非常に強いこと。

ウ:上流と下流の想いのギャップ

上流は浄化対策等に取り組んでも下流に益をもたらすだけと言い、下流は上流から汚れやゴミを流してくる等の声が強いこと。

(2) 内容

高知県内の四万十川流域(関係8市町村)を対象とした流域圏計画であり、期間は平成8年度から17年度の10年間である。

四万十川プランでは、四万十川を流域住民はもとより、「高知県民、国民共有の財産」として位置付け、人と川(自然)とが密接な関係を取り戻し、それを後生に引き継いでいくことを目指している。

具体的な内容は次の通りである。

①基本理念

環境への負担を可能な限り小さくする「循環」、開発と保全との「調和」、治療的視点ではなく「予防」的視点を重視した3つの理念を設定した。

*高知県文化環境部 四万十川対策室 〒780-8570 高知県高知市丸の内2丁目4番1号

Tel:0888-23-9794 Fax:0888-23-9296 E-Mail:s14102@ken.pref.kochi.jp

②目標

10年後の目標を「人と人　人と川とが語り合う　心はずむ清流四万十の　里」とした。なお、2020年頃の四万十川及び流域のイメージも合わせて明記した。

③対象分野

河川をベースにしたプランではあるが、最終目標は四万十川ブランドを活用した流域の振興であるので、対象とする分野は、環境はもとより土木、農業、森林、水産、商工、教育など全てを網羅している。

④独自方針

四万十川流域の独自方針として、流域条例の制定や新たな利水ダムの建設抑制等5事業を明記した。

⑤新たな試み

四万十川流域での新たな試みとして、木の香る道づくり事業(写真1)、四万十川方式水処理技術(写真2)の推進、四万十川ルールの制定及び流域圏(四万十)学会の創設等11事業を明記した。

⑥配慮指針

流域で行われる公共事業など17事業に対して、自然保全への配慮などを義務づける指針を明示した。

⑦目標指標

10年度の達成目標として、四万十川の透明度を現行の4mから8mにすることなど44項目を明記した。

⑧特に重視した点

河川は体に例えれば「血液」の役割を果たすことになる。宮城県の畠山重篤氏が提唱されている「海の恋人」運動は、森と海の密接な関係を訴えているが、四万十川プランでも、森と川と海のつながりが最も重要であることを指摘し、森(山)を変えない限り川は生き返らないとの考え方から、「祖母なる山(森)・母なる川・娘なる海」と表現し森づくりを重視している。

3 課題研究

高知県においてはプランに基づき様々な課題研究を続けており、主なものをあげると次のとおりである。

①四万十川の自然・環境の価値評価研究(H8年度:高知県政策総合研究所)

四万十川の自然・環境価値を環境経済的手法で、最大6,150億円、最小1,400億円と試し、「四万十川トラスト設立」等を提言。

②四万十川にごり浄化機構解析研究(H7~9年度:四万十川にごり浄化機構解析研究会)



写真1:木の香る道づくり事業(窪川町)

のり面をコンクリートで固めず、間伐材の土留めと自生種の植樹による工法を採用。景観・生態系の復元とともに、地域林業の活性化にも貢献している。



写真2:四万十川方式水処理技術

(窪川町河床埋没型)

化学薬品を使わず、土壤還元可能な自然素材を中心とした充填材の組み合わせによる生活排水処理技術。環境への負担をかけずに窒素・リンの除去効果が高い。

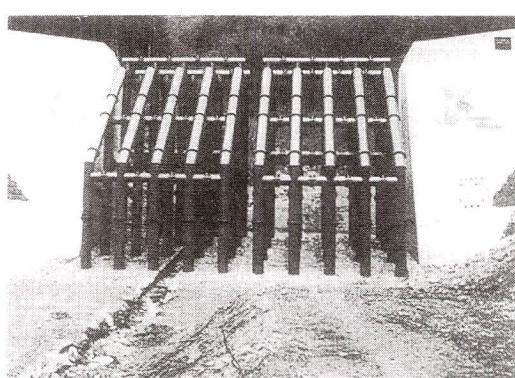


写真3:鋼製スリットダム(十和村)

四万十川は河床勾配が小さく汚濁に対し非常に弱い体质を持ち、とくに清流の命ともいえる透明度を低下させ河床泥を堆積させる「にごり」対策は緊急の課題となっている。このため「にごり」現象が特に顕著な広見川を主な対象として、にごりの実態と発生機構を研究。

③持続可能な森林経営のあり方(H8~17年度:森林総合研究所他)

四万十川と北海道の国内2ヶ所で、持続可能な森林経営のあり方を長期研究。

④自然循環型水処理技術研究(H5~11年度:四万十川方式水処理技術研究会)

自然の浄化機構に学んだ新しい自然循環型の水処理技術について実証研究。

⑤四万十川アワ発生機構解析研究(H10~11年度:高知県)

⑥四万十川伝統漁法等民族文化調査(H8年度~:高知県)

4 四万十川プラン策定後の取り組み

四万十川対策室では、プランの基本理念である予防的視点に立ち全国に先取りした総合対策を進めているが、いくつかの点で問題も生じてきている。その主なものと今後の取り組みは次のとおりである。

(1)四万十川プランは、知事が承認した県の計画とはいえない法定計画ではなく、実効性を担保するものがない。このため、配慮指針に従わない例も現れてきている。個々の事例に対しては、問題点を指摘し改善を図ってきているが、最終的には、平成11年度策定を目指して作業を進めている「清流四万十川の保全と流域の振興に関する基本条例」(仮称)で、実効性を担保する予定である。

(2)二者択一までには行かなくとも、保全を重視すれば経費的にも時間的にも開発を抑制することになる。保全が四万十ブランドの評価を高めると言っても、地域の人は道路が1mでも早く改良されることを望んでいる。この着地点をどこにするかが非常に困難である。このための対策としては、外からの情報(評価)を多く入れながら、市町村長や住民へのねばり強い対話が必要と考えている。

(3)県が限定された地域に取り組む根拠が弱く、かつ市町村との役割分担が不明であったため、四万十川プランでは、四万十川を「流域住民はもとより県民、国民共有の財産」として位置づけ、県と市町村との役割分担を明記した。しかしながら、流域以外からは、なぜ四万十川に力を入れるのかといった声が寄せられている。四万十川が全国ブランドであることを説明し、かつ四万十川流域での成功例を他の流域に波及させる旨の説明を行い理解を得ている。さらに、平成11年度には産・学・官・民による「四万十川財團」(仮称)を設立する予定である。

(4)流域行政は、従来の鉄道や道路を基本とした広域行政と根本的に異なる。上流から下流までは文化の違いや想いの違いもあり、かつ利害も相反する場合が多く、調整が非常に困難である。このため、流域8市町村長で構成する組織(四万十川総合保全機構)を設置し調整を図っている。

(5)行政主導型のプランになっており、より住民や民間参加の形を目指す必要がある。このため、流域で活動している住民グループを「四万十川流域住民ネットワーク」として組織化し、住民を主体とし産・学・官が支援する地域づくりの方向を目指している。

(6)宝酒造(株)の全面的な協力を得て、クリーンキャンペーンや森づくりなど四万十川流域の保全に係る各種事業を官民一体で進める取り組みも定着してきている。

【参考資料】四万十川年表

図1：体系表



四万十川年報

1999.4.1

- 1989.12 : 高知県清流保全条例制定
1991.10 : 四万十川清流保全計画策定
1993. 3 : 四万十川方式 1 号機が中流域の十和村に設置
1993. 4 : 高知県自然循環方式水処理技術研究会発足 (~1996.3)
1994. 3: : 高知県と宝酒造(株)との官民一体の「四万十川の清流を守ろうキャンペーン」開始 (~1999)
1994. 7 : 渡川から四万十川に名称変更 (四万十川の日に指定)
1994. 8 : 流域 8 市町村長で組織する「四万十川総合保全機構」設立
: 宝酒造(株)からの協賛金をベースに、四万十川ファンドを創設
1994. 9 : 高知県行政改革検討委員会から、「明日の高知県のために」の提言 (*)
1995. 4 : 高知県四万十川対策室設置
1996. 3 : 四万十川流域の基本指針となる「清流四万十川総合プラン 21」策定
1996. 9 : 四万十川方式水処理技術研究会設置 (2000.3)
1996.11 : 「四万十川フォーラム 21」開催 (2 日間で約 1500 人参加)
1996.12 : 四万十川流域で、流域住民など約 500 人参加の「清流の森づくり」キャンペーンを開催 (以後毎年実施)
1997. 2 : 四万十川流域住民ネットワーク設立
1997. 7 : 清流通信「四万十川物語」スタート (毎月 10 日に FAX)
: 四万十フレンドシップ俱楽部制度創設
1997. 9 : 四万十大使制度創設
: ホームページ「四万十川」開設
1998. 7 : 四万十川沈下橋保存方針策定 (県・保全機構)
: 四万十川ルール策定 (保全機構)
1998. 9 : 四万十りんりんサイクル試行スタート (9/10~11/30)
* 1999.4 から観光振興課事業に移管

(予定)

- 1999 : 四万十川流域条例(仮称)制定
: 四万十川財団(仮称)創設
: 四万十なんでも辞典の作成
: 人と自然の調和モデル事例集の作成

* 日本最後の清流と証される四万十川は、今や国民的資源として本県が後世に伝えるべき大きな責務を負っている。

流域の地域開発、基盤整備等ハード事業も含めて、安全、快適な地域住民の生活と自然保全の調和がとれた総合対策を推進できる体制を整備し、今後のモデル行政となすべきものである。



森と川の経済学

高知大学農学部 依光良三*

はじめに

最初に原稿を依頼された時は、「森と川と海の経済学」という課題であった。川を軸として森と海は深い何かわりをもつことは周知の事実となっている。とくに、豊かな森の養分が海藻などを育て、海の生態系に好影響を与えることによって魚介類を育み、高い生産力・経済効果がもたらされるのである。逆に、森が荒廃していると、濁った土砂が海に流れ出し、ヘドロが堆積して海の生産力を著しく損ねてしまう。「森は海の恋人」といわれ、漁民が山に植林する例もみられるほどである。

そのような、大きな生態系連関の中でみていくべきであるが、筆者のこれまでの調査研究は森と川の段階までにとどまっており、時間的余裕もないことから海については省かせていただいた。そこで、本稿では四万十川流域のこれまでの調査や資料をもとに、森と川の経済、すなわち人の営みがどうかかわってきたのか、その変化と現状、課題の概略について述べておこう。

1. 森と川の社会経済史

最初の課題は、歴史的に森と川と人がどうかかわってきたかを社会経済的に分析することである。各市町村史には、かなり詳しく分析されているものもあるが、四万十川流域として体系だったものはたぶんないであろう。幡多地域ないしは高知県西部地域の林業といった形でまとめたものは散見される。

四万十川流域も、他の山村と同様にかつては農林業中心の産業構造にあって、米や野菜などの自給作物をつくるとともに、山間の村々では商品作物として1960年頃までは薪炭材が主に生産され、中上流域の山地では和紙の原料のみつまたなども栽培されていた。その時代の四万十川は木炭や木材をも含め、上流から下流に運ぶための諸資材の輸送路として主に利用され、木炭など中村市の下田から船で関西方

面に移出された。

また、川自体の恵も豊かな時代があった。アユやウナギなどの川魚が大量に捕れ、美味で貴重な蛋白源として自家消費に供されるだけでなく、塩アユ、焼きアユ、薰製アユ、煮アユなどにして商品化し、市場も開設されるなど、経済面で流域の人々に恵みをもたらしていた。とくにダムが造られ濁りができる前は、漁法もかけ釣り(しゃくり、友釣り)が中心で、大アユ、巨アユが捕れたばかりでなく、手づかみ漁も行われていたことからも明らかなように、今日とは比較にならないほど川の幸にも恵まれていた。

このように、歴史的には、農林水産業が流域を支える重要な産業であり、四万十川は地域の人々にとって、生活の糧を得る場ならびに運輸手段として重要な役割を担っていた。その後、日本経済が高度経済成長期を経て、工業化・都市化社会に移行するとともに農林業も変化したし、同時に四万十川の利用の形も大きく変わり、他地域との交流が飛躍的に拡大した。生活と経済の基軸ともいえる四万十川と流域の人々とのかかわりの歴史に関する分析が第一の課題となろう。

2. 木材資源利用の経済分析

現代の森をめぐっては市場経済にかかわる部分と公益・環境という非市場経済の両面がある。本項では市場経済にかかわる木材生産の経済についてふれ、次項で環境資源としての森林である非市場経済の側面についてふれておこう。

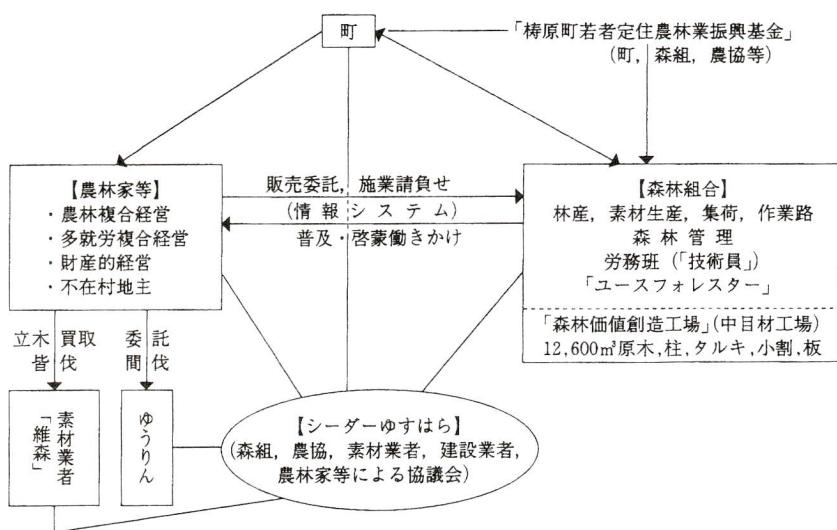
今日の流域の森林・木材資源は、ヒノキ、スギを中心とする戦後植林木(人工林率60%台)が大半を占め、その林齢は20~40年生の間にあって、まだ成育途中、ないしは成熟間近にある。これまで、国有林には「特別経営期」(明治期末から昭和戦前期)に植えられたヒノキ林があって、良質の丸太が産出され、窪川や中村、宿毛などで製材加工されてきた。その製品は、

*高知大学農学部 〒783-0093 高知県南国市物部乙 200
Tel:0888-64-5209, Fax:0888-64-5210, E-mail:yorimitu@fs.kochi-u.ac.jp

「幡多ヒノキ」として塙川と宿毛の製品市場で取り引きされ、「吉野ヒノキ」や「東濃ヒノキ」に次ぐ、第二レベルの銘柄材としてランクされていた。それゆえ、とくに1960年代後半から80年代にかけては東海、京阪神、遠くは関東地域から大勢の仲買人がやってきて、产地市場としてにぎわいを見せた。だが、今日では国有林の優良資源(戦前期の植林木)はおおむね切り尽くされて残り少くなり、戦後植林木の成熟を待つという過渡期におかれているのである。

そんな中で、民有林では例えば、上流の樋原町では林業を基幹産業として位置づける「木の里づくり運動」を展開し、町、森林組合、農林家が一体となっ保

育間伐から収入間伐への「参加型」の取り組みを積極的にすすめてきた。今では森林の成長・木材資源の成熟と軌を一につつ、伐出生产、製材加工も含めた商品化に向けての組織的対応、地域林業のシステム化がほぼできあがってきた。それによって地域規模の経済が發揮でき、今日の困難な林業経営環境(国際化の中での低価格競争)の中において、次の時代に備える態勢が築かれてきており、村づくり型林業システムの形成として評価されよう。だが、一方では、他町村同様農林家の過疎・高齢化がとどまることなく進行しており、森を守り育てる後継者の育成が基本的な課題となっている。



出所) 栗栖祐子・依光良三「新興林業における組織化と担い手再編」『林業経済研究』Vol. 44, No. 1, 1998年.

樋原町における住民参加型林業システム

むろん、他町村でも、林業を基幹産業の一つとして村づくりの発展戦略に組み込むならば、後継者問題とともに効率的に農林家の参加型地域林業のシステムをどう形成していくか、ということが課題となる。

それと同時に、四万十川の流域では林業活性化センターが発足し、流域単位での取り組みが始まっているが、森林資源がなお未成熟なこと、町村単位での林業に取り組む姿勢が異なること、森林組合等の性格や活動内容が異なることなどのために合意形成が容易でなく、流域に適した機能的なシステムをどう構築するかが課題となっている。

3. 森の効用の経済と環境保全

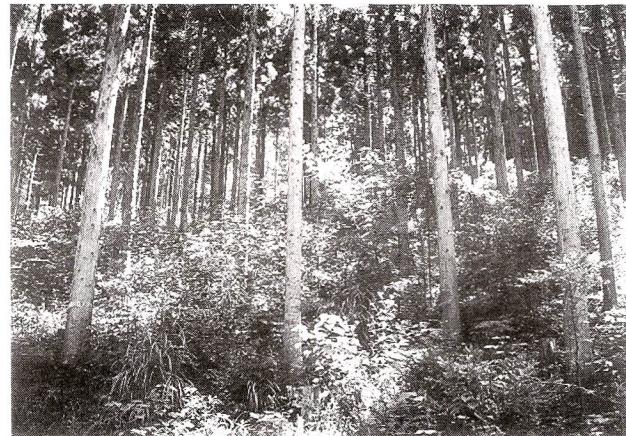
環境資源としての森の役割や評価は、現代社会においては大きくなる一方である。水源としての役割、洪水等災害防備、森林浴などレクリエーションとしての役割、そして四万十川流域の場合、清流とマッチしたみどり森林景観の織りなす風景など、森林の効用価値は高い。みどり森林あるいは環境資源としての森林の効用は非市場的価値であるため、社会経済システムには含まれない。森林・林業のもつ外部経済効果いわゆる公益機能の評価は、林野庁で全国レベルで試みられてはいるが、簡単に計量できるものではない。まして、流域単位では容易でないが、外部経済効果、非

市場的効果の大きさを認識し、山・森を守ることの大切さをみんなが知る指標として、みどり森林の効用の評価を試みることも一つの課題といえよう。もともと、途上国で森林が失われて環境問題が深刻な地域と比較すればこのことを容易に知りうるであろう。

もし森林の乱伐が行われ、植林もしないまま流域の山々がはげ山となった場合、清流が失われるばかりでなく、川には大量の土砂が流出して濁水と化し、川床が上昇し河原の様相は荒れに荒れ、その結果大洪水災害と水源の枯渇問題が頻発するであろう。昨年夏の中国の長江大洪水災害やバングラデシュ、フィリピンなどで毎年起きている人為的要素をもつた洪水災害など、流域の森林の荒廃が最大の原因とされている。また、大河で知られる黄河の下流が97年には河口から1,000kmにもわたって干上がってしまい、中流域の黄土高原の飲み水は10年以内に枯渇するともいわれる。これもまた、薪採取や農耕のために森林が大規模に失われ、大地がむき出しになった結果もある。

のことからも明らかのように、健全な森があつてこそ素晴らしい清流が保たれ、流域の安全が維持されるのである。川は流域の森の健全性を映し出す鏡でもある。そういう観点からは、四万十川流域の森林は環境保全面では良好に保たれているといって良い。

しかし、流域に住む人々は、昔と比べてスギ・ヒノキの植林のために平常時には川の流量は減り、大雨の際には出水がはやくなつたという。つまり、かつて自然林や薪炭林(雑木林)が多くあった時代に比べ、今日の森林・植林のもつ保水機能は低下していると判断されているのである。これは必ずしも的外れではないであろう。源流域の国有林地帯には原生林に近い高齢の自然林が分布していたが、伐採開発によってその機能は大きく低下し、今日は植林木の成長によってかなり回復過程にあるのである。里山周辺の民有林にあってもパルプ材などに伐採した後、スギやヒノキの植林がかなり行われた。自然林や雑木林に比べて植林地の公益機能は劣るとみられがちだが、手入れがきちんと行われている限り、人工林であつても機能は低下することはないと云ふべきである。



良く手入れの行き届いた人工林は公益機能面でも優れるが、現実には過疎と林業危機のために手入れがなされていない林が多い。

現実には、国際競争を強いられる市場経済の中で、農林家の山離れ、後継者不足が深刻化し、手入れをしたくてもできない状況に追い込まれているのであり、そのことが、植林地の保水機能の低下につながっているのである。それ故、森を守り育てる農林家の後継者を確保する方法の検討、環境保全と経済が両立しうるシステムの形成の検討、そして同時に、どんなに頑張っても今日の国際競争下では埋められない林業の経営赤字構造を補填する仕組み、デカップリングなどの検討、などの課題があげられよう。

4. 川漁の経済価値と川の効用価値

四万十川の産物といえばアユやウナギ、川エビ、ごりなどである。筆者が1988年時点でのアユの市場調査を行ったが、その時のデータによると、さすがに四万十川流域は県下第一で、中村、西土佐、窪川の市場や鮎商人の取扱量が35トンであった。これに、市場を経ないで鮎漁師が直接料理屋や魚屋に持ち込むもの、また、産直の形で取り引きするものなどが加わる。

また、四万十川の漁獲量で最も多いのは、中村市の下流での落ちアユ漁で、少ないときでも300トン、多いときには1,000トン前後に達するという。全国トップクラスの漁獲高は、この落ち鮎漁に支えられている側面が強い。下流で捕獲されたアユの多くは地元の人々が個人的に消費し、とくに11月の一条祭には、アユ料理が欠かせないし、余ったアユは冷凍にして正月料理にも使われる。川漁師が市場に出荷したり、料理屋等に販売するのはせいぜい1割程度だといわれ

る。

アユの経済価値は商品化されるものが、1~2億円(年によって豊凶の差が大きい)で、商品化されないで個人消費されるものが、市場価格を当てはめると10~20億円の価値に達する。これにウナギ、エビなどの他の魚種も加わって若干上乗せされよう。

だが、川漁の効用価値はこれだけにとどまらない。とくに、一般的の釣り人が1日5匹しかアユが釣れなかつたとしても、彼は清流で遊べたことの効用がつり上げたアユの市場価値よりも大きいのである。アユ釣りに魅せられた者にとっては、たとえばゴルフよりも釣りを選択するとすれば、アユ釣りにそれだけの効用価値をみいだしているのであり、釣り人が多ければ多いほど、川の効用価値は高まる。

川の効用価値といえば、近年四万十川で流行しているカヌー下りや屋形船での遊覧、そして川遊び、キャンプなど、アウトドアブームに乗って都会からやってくる人々の満足度もまた、大きくなる一方である。四万十川を見に来る人々も含めて、都会から多額の交通費・宿泊費を支払ってそれに値する効用価値が来訪者にもたらされるのであり、その総計は相当なものになろう。

ところで、四万十川の価値を考えるとき、とくに清流と流域の自然景観は今や国民的財産ともいえるものとして評価が高まっている。全国各地にあった自然河川がダムで寸断されて清流が失われた結果、比較的自然要素が残っている四万十川の希少価値が大きく高まったのである。その結果、世界遺産とか国立公園・国定公園への指定に向けての検討も課題の一つとなってきた。国定公園についてはかつて、県議会において四国カルストと四万十川を結合して指定の検討がなされたことがあるが、四国カルストの半分と大野ヶ原を管理する愛媛県の協力が得られないという理由で立ち消えになった。一方では足摺・宇和海国立公園と結合して国立公園に編入することも考えられよう。清流の希少化によって「わが国の風景を代表するに足りる傑出した自然の風景地」の一つに四万十川は値するようになってきたのである。

そうした中で、間もなく更新期を迎える家地川堰堤問題が浮上してきている。家地川堰堤の水は太平洋側に放流されるために、窪川町から大正町そして十和村の津賀ダム放水口までの間は減水区となって、豊

かな景観を損ねるばかりか、夏季には水温が上がりすぎてアユも釣れなくなることもしばしばである。そのため失われる川の効用価値は相当大きなものとなる。それ故、清流保全と川の生態系保護そして効用価値を高めるためには、家地川堰堤の問題は撤去も含めて検討課題となってきた。

5. グリーン・ツーリズムと地域振興

四万十川とその周辺の森からなる自然的要素に農業などを営む人里の風景は、日本人にとっていわば「ふるさと原風景」のような風情を醸し出す。また、文化遺産ともいえる沈下橋とマッチした風景はどこか暖かみがあって、都会の人々にはふるさとの景観の中に異文化を感じさせるものがある。

グリーン・ツーリズムというのは、農山村の民宿等に宿泊滞在して、森や川、人里の田園景観やふるさとの風景を楽しみ、農村生活や農林業・農林産物加工・川漁体験などを通じて地域の人々と交流を行ったりして、自然と文化が融合した田舎の生活を楽しむ小規模な農山村型リゾートといったものである。ヨーロッパでは、農家民宿に長期滞在しながら、美しい農山村風景の中で、散策や交流を楽しみながらのんびり休暇を過ごすというバカンスを楽しむという習慣が1980年ごろから広く普及してきた。これは、70年代の自然破壊を引き起こす大規模リゾート開発の反省に立って、美しい農山村風景を守り育てようという観点から、行政の支援、都市の人々、農山村の人々によるパートナーシップのもとに、育成・発展してきたものである。

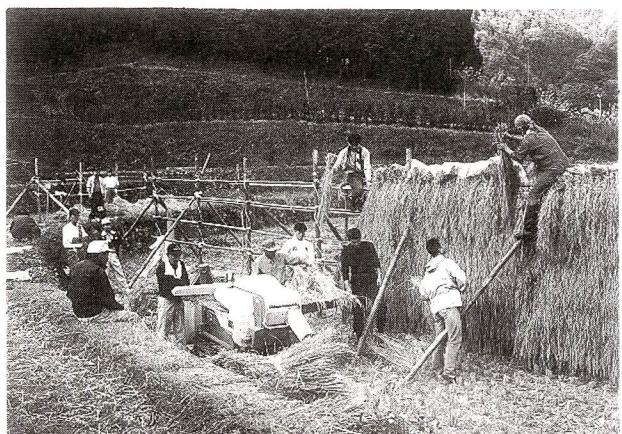
日本でもこの考え方が、1980年代後半には取り入れられ、四全総計画における都市と農山村の交流関連事業、そしてガット・ウルグアイ・ラウンド決着(農林産物輸入自由化)にともない打撃を受ける中山間地域の対策として、グリーン・ツーリズム関連政策が続々と打ち出された。

四万十川流域では、梼原町の千枚田オーナー制交流とカントリー・ハウス(農家の離れを改修した民宿)が、ヨーロッパ型のミニ版といえよう。本来は、こうした民宿の育成があって地元の人々との交流を深め、かつ農家の所得にもつながっていく形があるべき姿であろう。確かに、梼原町や大正町では「滞在型カントリー・ライフ施設整備推進事業」(県単)で民宿の育成が図られているが、本格的な取り組みには至っていない。

現実には、四万十川流域を含めて日本の山村の多くで実施されているのは、オートキャンプ場、コテージ、バンガローなどの建設であり、宿泊施設をともなった交流施設などである。農水省や国土庁、林野庁、あるいは県単の事業などによってとくに90年代には活発に整備が進められていった。四万十川流域では、たとえば梼原町では千枚田と「森林公園」をはさんで隣りあう「雲の上のホテル」やライダーハウスなどが整備され、大正町ではオートキャンプ場「ウェル花夢」、西土佐村では「カヌー館」や「星羅四万十」などが完成をみた。それらのてつとり早い施設整備によって、いわば四万十観光、山村観光の拠点が造られてきたという段階にある。そうした拠点の必要性は否定しないが、それらは住民との連携・交流に欠ける傾向がみられる。流域の住民がより恩恵を受けるためには、参加型のシステムを形成することが必要であり、そのことが、これから大きな課題となる。



森と川と人々の生活文化の融合した風景(西土佐村半家)



都市の人々との交流風景(梼原町千枚田オーナー制)

6. 地域資源の融合と住民参加による活性化

ここでは前項の課題をもう少し掘り下げておこう。地域資源は、グリーン・ツーリズムで述べたように四万十川、周辺の森、人里・田園風景などであるが、この活用が、単なる四万十観光に終わるのではなく、地域住民の利益に結びついていくようにすることが課題となる。今、大正町、西土佐村、十和村の共同出資による第三セクター「四万十ドラマ」の取り組みがある程度それに近いものがある。会員制交流によるいろいろな体験や地域の人的資源、物的資源を把握した上で一定の住民参加のもとに農産物、林産物の商品開発に取り組み、あるいはアユなどの川魚も含めて産直販売をすすめている。また、流域には少人数ながらいくつかのグループが仲間づくりや商品開発の活動を行っている。十和村の「五縁の会」、大正町の「四万十生産」など、しいたけやアユなど特産物加工によって一定の成功を収めている。現段階はまだ、小規模なものにすぎないが、その輪が広がり、このようなグループ活動が増えればふえるほど、さらにはグループ間の連携や交流に進展していくけば、地域の活力を高める可能性につながっていく。

こうした交流を通じての内発的なチエ(シーズ)に加えて外からのチエ(ニーズ)を取り入れ、両様あいまって、地域の農林水産物の高付加価値化ないしは流通に乗らない規格外産物の商品化などによって、四万十ブランドの製品開発も重要な課題であることはいうまでもない。その点、四万十ドラマの試みは、一つの芽として評価できよう。さらに、もう少しいえれば底辺の厚い住民参加のシステムをどう築くかということも地域づくりにとって、大切なこととなる。行政ならびに三セクと住民とのパートナーシップのもとに、地域づくりの企画・計画段階から地域資源の利用と参加のあり方と一緒に考えながら、実施に向けての合意形成を図ることが成功への鍵を握る。

これまで、筆者は地域づくりと環境保全を両立させた「住民参加型村づくり」を愛媛県の久万町や岐阜県、長野県の山間地などいくつかの事例を調査してきたが、住民が誇れる地域づくりや「美しい村づくり」を実践しているところは、村人が活き活きとして、生き甲斐づくりにもなっているのである。参加によって人づくりが行われ、人づくりが村を活性化させるという好循環を生んでいるのである。その逆に、過疎の悪循環に陥つ

てぬけだせないところも散見される。

さて、四万十川を軸とする環境保全、村民が誇れる美しい村づくり、そして豊かな自然を中心とする地域資源の総合的活用と農林水産業等との融合化や農林家、川漁師など地域住民のメリットとなる参加型システムのあり方はどうあれば良いのか、森と川の経済学を考える時、環境保全と共生できる住民の視点を原点においていたシステムの形成が最も重要な課題の一つであるといえよう。

参考文献

- (1)林野庁(半田良一他)、山村経済実態調査書—木炭流通機構篇第4号、1955
- (2)大平英輔、高知県における林業発展の類型と地域性に関する研究、高知大学農学部紀要第25号、1974
- (3)依光良三、旧薪炭林の再開発の展開—高知県幡多地域の分析—、高知大学演報第13号、1986
- (4)谷口順彦他、土佐のアユ、高知県内水面漁業協同組合連合会、1989
- (5)高知県内水面漁業協同組合連合会、土佐の川、1992
- (6)鈴木あやき他、国際化時代の山村農林業問題、高知市文化振興事業団、1995
- (7)依光良三他、グリーン・ツーリズムの可能性、日本経済評論社、1996
- (8)依光良三、森と環境の世纪—住民参加型システムを考える、日本経済評論社、1999

森と川 — 河辺の植物生態系



高知大学 石川慎吾*

1. はじめに

四万十川が日本最後の清流と言われだしてから久しい。その魅力については、すでに専門を異にするいろいろな立場の人が、本や写真集として公表しており（例えば 澤良木 1988、澤田 1995）、広く全国に知れわたっている。今更それを繰り返す必要はないが、河川周辺の植生も四万十川の魅力を語る上では重要な要素である。それとともに、流域の重要な生態系の一つを形成している。

四万十川の河辺植生を上流から下流まで概観すると、山間地を流れる中・上流域と、中村平野を流れる下流域に大別できる。そのうち中・上流域は山間地を流れているので氾濫原は狭いものの、蛇行部に形成されるポイントバー（point bar）などの砂礫堆が適度に配置され、中・上流域の河川景観の重要な要素になっている。従来はこれらの砂礫堆を形成する礫はマトリックス（礫間を充填する砂やシルト）が少なく植被率も低かったようである。すなわち、河川から山腹へ至る全体の景観は、まず青々とした流水があり、次に白い礫河原が広がり、川岸の低木林やメダケ林から山腹の緑へと変化していくという配列であった。そのつながりが本来の四万十川らしさであると表現する人も多い。最近は、その白い砂礫質の河原にツルヨシなどの群落が旺盛に繁殖しているところが目立つようになん、昔の景色を知る人は河川環境の何かが変化していることを指摘している。このことについては後述するが、本来みられていた四万十川の河辺植生の動態から少し外れてきていると考えたほうがよさそうである。中・上流域でもう一つ重要な植生は、川岸の岩上に発達するいわゆる「渓流沿い植物」が形成する群落である。それらには絶滅危惧植物といわれるものも多く含まれ、景観的にも美しいことから、河川特有な植物の生育地としてだけでなく、四万十川らしい景観を保全するという意味でも重要な植生である。道路の拡幅工事などで大きく破壊を受けてきたのも、実はこのような植生が主であった。

中村平野を流れる下流域の河辺植生には、特に四万十川らしいという植生は見当らないが、入田地区には四国の河川では珍しく広い範囲にわたってヤナギ林（ヨシノヤナギやアカメヤナギなどの混交林）が発達している。しかし、ここのヤナギ林も以前に比べて広

がりすぎているという指摘を受けており、最近、建設省中村工事事務所の指導のもとにアカメヤナギが優占するヤナギ低木林を除去する工事を行っている。この問題点についても後述する。また、坂本背割堤には巨石を用いた水制が多数配置された多自然型川作り工事が施され、景観的には以前のコンクリートブロックを用いた水制と比較してかなり改善された。この多自然型川作り施工場所が自然植生の立地としてどのような役割を果たしているのか、また水域から陸域に移行するエコトーンとしてどのような機能を果たしているのかを評価するために、動植物の群集の継続的な調査が望まれるところである。

以上述べてきた四万十川の河辺植生の特徴と問題点、更にはそれらが河川生態系に果たす役割について明らかにするために、今後どのような調査・研究を行っていくべきなのかを以下に述べていきたい。

2. 渓流沿い植物群落

中・上流域の四万十川は山間部を大きく蛇行しながら流れ、河岸には崖が発達したり岩の露出している部分が多い。このような流域は、下流の平野部と異なり、洪水時には広い集水域から集まつた水が激流となって流れ下り、水位の上昇も激しい。逆に渇水期には水位が低くなり、岩上は高温と乾燥にさらされることになる。そのため、河岸には水位の変動による沈水状態や乾燥などに伴う様々なストレス、あるいは流水による物理的な破壊作用に対して抵抗力のある植物、いわゆる渓流沿い植物といわれる一群の植物が生育する（van Steenis 1981）。

我が国における渓流沿い植物の研究は少なく、植生構造や各種の生態学的特性の解明も十分でない。四国の河川におけるこの分野の研究には森下・山中（1956）、山中・竹崎（1959）、Ishikawa（1997）などがあるが、四万十川の渓流沿い植物については山中（1989）の解説がある。これによると、種子植物ではカワラハシノキ、トサシモツケ、キシツツジ、シショウゲ、ヤシャゼンマイ、アワモリショウマ、タニガワコンギクなどがあり、そのほかに葉状地衣の1種であるカワイワタケ科カワイワタケや蘚類の1種であるツルゴケ科カワブチゴケなどがある。これらのうち、トサシモツケ、シショウゲは高知県版レッドリスト（絶滅危惧植物リスト）の

*高知大学理学部自然環境科学科 〒780-8520 高知県高知市曙町2-5-1

Tel:0888-44-8312

E-Mail:ishikawa@cc.kochi-u.ac.jp

掲載種である。

河岸岩上の植生構造をみると、河道からの距離や水面からの比高、さらには岩の傾斜角度や傾斜方位(流水に対して水衝側か水背側かということ)などに関連して成立する植物群落が異なる(Ishikawa 1997)。また岩の隙間の多少やそこに堆積したマトリックスの種類などによっても定着する種が異なっており、そのような立地の不均一性が厳しい環境のわりには意外と多様な植物を支えている受け皿になっている。



写真1: 大野見村の四万十川河岸の渓流沿い植物群落



写真2: 水際の岩上に生育するネコヤナギとキシツツジ

写真1と2は大野見村の四万十川河岸の植生であり、水際にはネコヤナギ、その上部にキシツツジの大群落が成立している。キシツツジは春にピンクの美しい花を咲かせる河岸に群生するツツジで、大野見村では村民の有志が破壊された河岸にキシツツジを植栽して自然の景観を取り戻すための努力を続けている。草本ではイワカンスゲ、ツリガネニンジン、スミレ、コバノタツナミ、ヒメヤブラン、セキショウ、アワモリショウマなどが生育し、群落は多様な種によって構成されている。

はじめにでも述べたように、渓流沿い植物が生育する河岸岩上の植物群落は、好ましい河川景観として重要な位置を占めている。特にそのような植生が広範囲

に成立している四万十川においては、その植生構造と構成種の生態学的特性の解明、さらに河岸の生態系における機能の解明と保全に関する知識の集積は、四万十川の景観保全にとって重要なことである。自然石を利用した水制などの多自然型川作りを施工していく場合にも、渓流沿い植物を積極的に配置していくような植栽技術が不可欠になるであろうし、それらの種を人工的に繁殖させて苗や株を生産する必要性も生じてくるであろう。

3. 砂礫堆の植生の変化

上流から下流までの多くの砂礫堆で、近年ツルヨシなどの大型のイネ科多年生草本群落がその面積を拡大している。また入田など下流部の一部の砂礫堆では、ヤナギ林の異常な繁殖が指摘されていることは前述の通りである。この現象が河辺植生の自然な動態の範囲内でのことであるのならば、そのまま放置しておくべきであろう。それが河川生態系が良好な状態に保持されるための一一番良い方法だからである。しかし、昔から四万十川沿いに生活し、その変遷を見てこられた識者の多くが、近年のツルヨシやヤナギ類の繁殖を異常と感じている。私も委員として参加している建設省四万十川エコリバー研究会の多く委員がそのような旨の発言をされている。その原因として人為的な原因による何らかの環境の変化が考えられるが、砂礫堆を構成する堆積物の粒径をみると、シルトや細砂などの細粒なマトリックスの割合が増加していることが指摘できる。



写真3: 上流域の河辺に発達するツルヨシ群落

写真3は上流域の河辺に発達するツルヨシ群落である。このツルヨシ群落の発達程度は通常の範囲内であり、河床や砂礫堆一面を覆い尽くすには至っていない。礫間のマトリックスも特に多いということはない。それにひきかえ写真4(下流域の入田の砂礫堆)では、河道の近くまで細粒な物質が厚く堆積しているのがわかる。この砂礫堆のすぐ下流にアユの産卵場があり、漁業協同組合から出てきたアユの産卵に必要な細か

い礫が少なくなったとの訴えを建設省が汲み取る形で、アカメヤナギ低木林の伐採と抜根作業を行っているところである。



写真4：下流域の中村市入田の砂礫堆。

アカメヤナギの抜根作業をしているところ。

細粒な土壤が厚く堆積している。

細粒なマトリックスの増加が、入田の砂礫堆においてヤナギ類が異常に繁殖するようになった原因の一つであることは疑いのないところである。もう一つの原因として、ヤナギ類の種子散布時期の水位が昔に比べて低下した結果、ヤナギ類の実生が定着しやすくなつたという指摘を澤良木委員がされていたが、これも大きな原因の一つであろう。細粒な物質の供給量増加の原因として、山林の荒廃(手入れ不良な人工林の増加)や流域で行われている道路拡幅工事に伴う土砂の流入などが考えられるが、いずれも人為的に引き起こされたものである。水位の低下の原因としては、これも山林の荒廃が筆頭にあげられることが多い。

ヤナギ類は全国の河辺植生の主要な構成要素であるが、種数・量ともに北にいくほど多く、四国の河川では大群落が発達することは少ない。入田のヤナギ林はその点からは貴重な植生であるが、以下に示すヤナギ類の生態学的な諸特性を考えると今のまま放置しておくのが最良の方法とは考えにくい。

先駆樹種としてのヤナギ類は、河川の植生や生態系をとらえていく上で重要な分類群であるので、それらの生態学的特性について以下に少し詳細に述べる。

ヤナギ類は新しく形成された裸地に最初に侵入・定着し、同齡林分を形成することが多い。ヤナギ類が裸地に最初に侵入・定着できる理由として、以下のようない生生态学的特性を備えていることがあげられる(White 1979)。

- ・軽くて風や水によって運ばれる膨大な数の種子を毎年生産する。
- ・種子の発芽率が高い。
- ・成長が速い。

・損傷を受けた時萌芽を出す能力がある。

・砂礫によって埋没した時、茎から不定根を出す能力がある。

・沈水状態に対する耐性が高い。

しかし一方、種子の寿命が短く、散布されてから約2週間は90%以上の発芽率を保つものの、それ以後は急激に発芽率を落とし、40日を過ぎるとほとんどの種の発芽率は0%になる(Niiyama 1990)。したがって、このように種子の短い散布期間中に発芽・定着に適した状態が保たれていた場所にだけ、新しい群落が形成されることになる。また、ヤナギ類は種類によって種子を散布させる時期が少しずつ異なるので(竹原 1984)、種子の発芽と実生の定着に適した立地があつても、その時に種子を散布させているヤナギだけが定着できることになる。しかも、ヤナギ類は種によって定着に適した立地環境(地下水位や堆積物の粒径組成等)が違い、侵入・定着の段階でそれぞれの種の立地が規定されることが多い(Ishikawa 1994)。したがって、同じ流域の河床でも、数種類のヤナギ群落がモザイク状に発達することが多い。

また、河床は増水によって沈水状態におかれることがあり、これも実生の生残率に影響を与える。ヤナギ類の沈水状態に対する耐性を調べるため実験の結果、ヤナギ類は土壤粒径の違いによって成長速度に影響を受けるものの、沈水期間が2ヶ月にわたってもほとんど損傷を受けず、ほとんどの種で沈水状態に対する強い耐性を示した(石川 1996)。これも水辺で生活していくには好都合な特性である。

ヤナギ類は砂礫による埋没作用に対する耐性も備えている。ネコヤナギなどの低木性のヤナギは特に埋没作用による影響を受け易い。ネコヤナギは砂礫が堆積しても茎から盛んに不定根を出し、上方に成長する特性を備えている。更に、群落が形成されることによって砂礫が捕捉され易くなるので、ネコヤナギ群落とその周囲には砂礫が厚く堆積したマウンドが形成されることが多い(石川 1996)。入田のヤナギ類低木林においても、群落が発達する過程で細粒な土壤が捕捉され群落内部に堆積した結果、細粒な堆積物の集積が更に加速されたものと考えられる。

以上のような生態学的特性を備えているヤナギ類は、河辺における遷移の初期段階で優占することができる。しかし、実生や稚樹の耐陰性が低いので、同じ場所で世代交代をすることができない。寿命も他の樹種と比べて短かいので、最終的に極相樹種へと置き変わっていくことになる。つまり、先駆樹種が個体群を維持していくためには、河床内で立地の破壊と形成が繰り返されることが不可欠であるといえる。

さて入田のヤナギ林について考えなければいけないのは、ヤナギ類の伐採をすることが問題の解決につながるかということである。上流から供給されるの細粒物

質が減少しない限り、伐採した後に新たにヤナギ類が侵入・定着することは明らかである。抜本的な対策は、荒廃した人工林の間伐を急ぐことと、道路工事の残土を河川に流さないように十分注意することである。その対策が進んでも、現状まで進行してしまった細粒物質の堆積状況が昔にもどるまでは時間がかかるであろう。

写真4にみられるように細粒な土壤が厚く堆積してしまった後で、ヤナギ類の伐採・抜根を行った場合、堆積していた細粒土壤が流れ出し、アユの産卵場の礫間に詰まってしまう危険性がある。梅雨時の大雨や台風などで大きな洪水があれば、堆積していた細粒物質は一気に下流から海に流されてしまう確率が高いであろう。しかし、大きな洪水がこなかつた場合には、途中のアユ産卵場の水深が浅い部分には細粒物質が充填されてしまう危険性が高い。ヤナギ類の低木林が土壤を捕捉しないようにするためにには、大きくなる前に排除する必要がある。しかし、すべて排除していたのでは入田のヤナギ林はいずれなくなってしまうことが危惧される。適正な規模のヤナギ林を維持していくためには、漁業関係者や河川管理との折り合いをつけながら新しい群落の形成を促す必要がある。その方法について摸索していくことは、今後に残された重要な課題であろう。

4. 多自然型川作り施工場所の環境評価

河川法が改定されて、今まで治水と利水が最優先されてきた河川工事に環境の視点が加わった。建設省のこの大きな方針の変更は、最近高まりつつある環境の保全、種多様性の保全の重要性が一般の人々にも浸透してきた社会的な背景に後押しされる形で実現してきた。特に都市近郊での河川空間は、都会に残された貴重な自然空間であり、その環境の保全に関して大きな関心が払われるようになってきた。そこで登場したのが、ドイツやスイスを起源とする多自然型河川工法である。従来はいかに効率よく水を流すかということに重点が置かれ、河床の粗度ができる限り低くするために、ひたすら河道が直線化され護岸はコンクリートで固められてきた。それと比較して多自然型川作りは、いかに多様な水辺空間、特に水際線を創造するかという点に力点が置かれ、直線化された河道に再び蛇行を加え本来その地域に生育していた植物を用いた伝統的な河川工法をも再評価しながら進められている。

日本の河川工事にこの工法が取り入れられるようになってから、まだ十年あまりしか経過していないにもかかわらず、すでにその施工箇所は数千箇所に及んでいると聞く。四国の大河川である四万十川や仁淀川などにおいても、多くの箇所で多自然型川作りが取り入れられている。これらの河川では、私も建設省や高知

県から要請されて検討委員として加わっているので、設計段階から工事後のフォローアップ体制まで知っているところが多い。しかし、多自然型河川工法で施工された場所が工事後にどのような変化があり、生物群集の多様性が回復しているかどうかを生態学的な視点でフォローアップ調査しているところはほとんどない。

河川の生物群集がその場所に構築されていく過程は、河川の諸作用つまり洪水などの破壊作用の強度や頻度に加え、地形に応じた堆積作用に大きく影響を受けている。多自然型河川工法によってその過程がどのように変化し、生物群集の構築が進んでいるのかを生態学的に継続調査していくことは、今後の河川工事に大きな示唆を与えるとともに、よりよい河川空間を創造し生物の多様性の保全を含めた河川環境の保全を考えていく上で、欠かすことのできない重要な知見を得ることになる。



写真5: 下流域の坂本背割り堤における多自然型川作り施工場所の水制と低水護岸

写真5は下流域の坂本背割り堤における多自然型川作り施工場所の水制と低水護岸である。水制は自然石である巨石で構築され、その上に河床材を被せており、コンクリートは用いられていない。低水護岸の最下部はコンクリートで固められているが、魚類の生息環境に配慮して枠柵工を施工しておりその上部は小段に分けられて植生シートを固定してある。当初はこの地域の本来の河辺植生に配慮して、ツルヨシ・オギ・メダケなどが植栽されたものの、カモガヤやオニウシノケグサなどの帰化牧草も播種されて、特に護岸上部ではこれらの帰化牧草が優占している。施工後4年が経過しているが、これらの牧草の優占度は徐々に低下しており、在来種に置き換わっている。特に冠水の頻度が高い護岸下部ではその傾向が著しい。

写真6は特に水あたりの強い水制先端部を写したものである。当初被覆された河床材は流されて巨石が露出しており、植物が定着するための基盤に乏しいことから施工後4年を経ても植生がほとんど回復してい



写真6: 巨石で構築された水制の上部から先端部

ないことが分かる。

今後、このような多自然型河川工法によって施工された場所が、植物群落と植物相の保全に、あるいはそれらの発達に伴って変化する陸上動物群集、更には水中の動植物群集を支えるためにどの程度寄与しているかを、立地環境とそれら群集の空間的・時間的变化を追跡ながら把握することが重要である。

引用文献

- Ishikawa S. (1994) Seedling growth traits of three salicaceous species under different conditions of soil and water level. Ecological Review 23:1-6.
- 石川慎吾(1996)河川植物の特性. 「河川環境と水辺植物—植生の保全と管理—」(奥田重俊・佐々木寧編), pp. 116-139. ソフトサイエンス社, 東京.
- Ishikawa (1997) Distribution behavior of riparian plants and species diversity of the vegetation on rocky banks in the Yoshino River in Shikoku, Japan. Memoirs of the Faculty of Science of the Kochi University, Series D (Biology) 9:1-7.
- 森下和男・山中二男(1956)トサシモツケの分布と生態. 日本生態学会誌 2: 50-53.
- Niiyama K. (1990) The role of seed dispersal and seedling traits in colonization and coexistence of *Salix* species in a seasonally flooded habitat. Ecological Research 5: 317-331.
- 竹原明秀(1984)ヤナギ類の生態. 植物と自然 18(1):11-15.
- 澤田佳長(1992)ネイチャーウォッチング 清流四万十川. NHK 出版.
- 澤良木庄一(1988)清流四万十を探る—自然と人と植生の旅-. 高知新聞社.
- van Steenis C.G.G.J. (1981) *Rheophytes of the world*. 407 pp. Sijthoff & Noordhof, the Netherlands.
- White P.S. (1979) Pattern, process and natural disturbance in vegetation. Botanical Review 45 : 229-299.
- 山中二男(1989)四万十川と流域の植物. 日本の自然 3(5) : 18-24.
- 山中二男・竹崎恵子(1959)キツツジの分布と生態 川岸岩上の植生とフロラ. 植物研究雑誌 34 : 215-224.

森と川—森林の機能



高知大学 農学部 西村武二*

はじめに

清らかな水を満々とたたえゆったりと流れる四万十川の中下流の景観は両岸に緑の山々を配して本当に心和む風景である。ところで四万十川の流域面積の87.6%を森林が占めるという。圧倒的に森林面積が多いのである。するとこの四万十川を流れる水は質、量ともにこの森林が育んだといつても過言ではあるまい。加えて流域の人口は減少気味であるし、その密度も低く、大きな市街地や工場地域もない。森林からの流出する良好な水質はあまり大きな汚染も受けずに本流を流下しているのに違いない。そこで流域圈学会誌プレビュー号発刊にあたって、森林が川の水の量や質にどのように関わっているのか、また森林の状態や森林施業の影響はどのようなものであるのか、これらのことに関してどんな研究課題があるのかを考えてみよう。

森林に降った雨水の行方

森林に降った雨がさまざまな経路をたどって溪流に至るまでを図-1が示している。森林に降った雨は一部樹冠部に遮断されて大気中に蒸発していく。残りが

林内雨と樹幹流になって林床にとどく。

林床に到達した雨は森林土壤中に浸透し、斜面の土層に沿って移動する中間流となる。土壤の浸透能をこえる雨量があった場合には地表流が生じ、森林内であっても表面侵食を起こし、溪流に濁水をもたらすことになる。土壤のさらに深部へ浸透した水は基岩の間隙層などに達して地下帶水層となり、そこから地下水水流となって徐々に溪流に流出する。

地表流と比較的浅い中間流が降雨中と降雨直後の流出成分となり、直接流出とよばれる。深い中間流と地下水水流は降雨の有無にかかわらず流出する少量の成分で基底流出とよばれ、無降雨時にはこれが流出することになる。降雨中と降雨直後には少量の基底流出に大量の直接流出が加わることになる。

樹木を主とした植物が消費する水は、樹冠部の葉の気孔から蒸散していく。他に地表面からの蒸発もあり、先の遮断蒸発を加えて蒸発散量とよばれる。森林全体の水収支を考えると降雨量から蒸発散量を差し引いた量が溪流水として流出することになる。したがって森林からの流出水量の多少は森林の蒸発散量の少多にかかわることになる。

森林は水を消費する

世界各地の試験流域で森林が川の流量を増加させるかどうかの実験が行われている。

Bosch and Hewlett(1982)は世界の94例の森林水文試験の資料から森林の伐採率と年流出量の関係を図-2に示した。森林の伐採率が上がれば増水量も多くなる傾向が認められ、遮断量の多い針葉樹林の増加量が広葉樹林よりも多くなっている。森林はあきらかに水を消費しており、その量は森林の葉量にもなって多くなるといえる。

四万十川流域で広葉樹林を伐採してヒノキやスギの拡大造林を進めた結果、川の流量が減少したといわれる原因是、遮断量を含んだ蒸発散量が増加した結果であり、針葉樹の人工林が成熟して来た証といえよう。

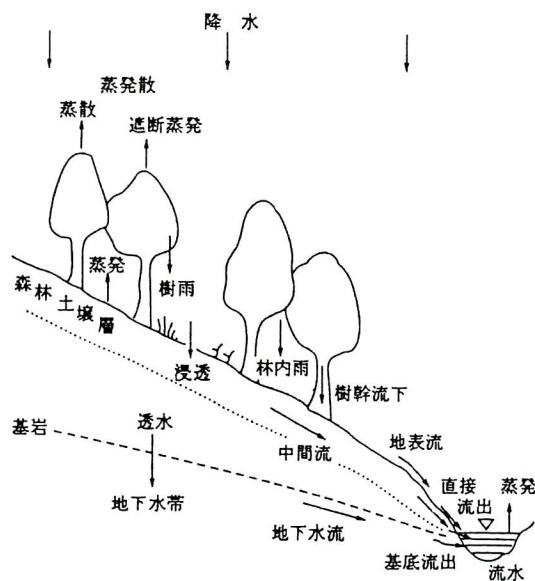


図-1 森林における降雨の行方(中野ら、1989)

*高知大学農学部 森林科学科造林学研究室 〒783-0093 南国市物部乙 200

Tel & Fax : 0888-64-5140, E-mail: nisimura@fs.kochi-u.ac.jp

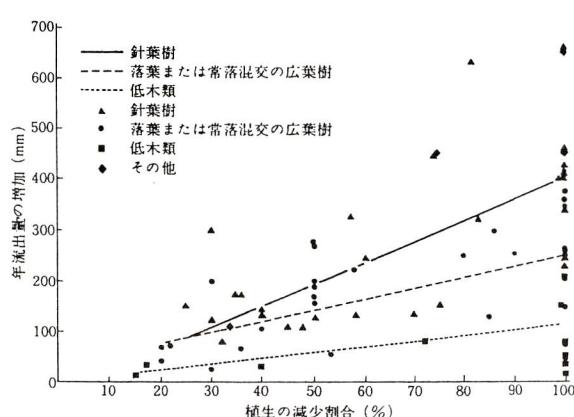


図-2 植生の減少に伴う年流出量の増加
(Bosch & Hewlett, 1982)

言われているところの流量の減少が水位観測で確認できないのは、水位の観測地点が本流に沿った所にあるため、小流域単位の拡大造林の影響を探知できないのであろう。その上流量を増加させる伐採も行われているので問題はさらに難しくなる。数ヘクタールから数十ヘクタール程度の小流域単位での森林施業経過と流量との関係の調査が望まれる。

森林の成熟、伐採によって流量が大きく変化するので、伐採地や様々な齢級の造林地を流域内にどのように時間的、空間的に配置するかは重大な問題である。流域のスケールにもよるが流域単位での森林施業計画が必要なゆえんである。

水土保全には森林土壤の生成と成熟が必要

「十分に閉鎖した森林の葉量は森林のタイプによってほぼきまっている。」は森林生態学の一つの法則性ともいえるものである。したがって葉量に依存する蒸発散量は森林が成熟するとはほぼ一定の値になるから、年間ベースで降雨量からそれを差し引いた流出量もほぼ一定の値になるだろう。水源涵養の点から問題なのは年間の総流出量が直接流出と基底流出にどのように配分されるかということである。直接流出分が減少し、基底流出分が増加し、流量の平準化が望まれるのである。

図-1から森林土壤の浸透能が高くなり、多くの水が土壤深くまで浸透するようになればよい。

福島(1987)は、はげ山の山地小流域に山腹植栽工事を行った後100年間の流出量の変化を水循環モデルによって予測した(図-3)。

裸地に植栽して20年ぐらい経過して地表を樹木が覆うようになるまで蒸発散量は増えていき、その後は葉量がほぼ一定になるので蒸発散量の割合は一定になる。裸地の状態では直接流出の比率は高く、基底流出も蒸発散量が少ないため25%前後配分される。20年後まで直接流出、基底流出ともに減少していく

が、前者の減少が著しい。それ以後は基底流出が増加に転じ、直接流出が減少していく傾向が認められた。これは裸地に森林が回復して行くにつれ表層土壤の流亡が抑えられ、森林土壤が生成されるにともなって浸透能が高まり、基底流出量の増加を導いたものとおもわれる。またこの図から裸地の時の基底流出に復帰するのに50年くらいの長い時間を要することも読みとれる。

林野庁の公益的機能研究会(1985)の研究結果は森林の水土保全に人工林の保育作業の重要性を指摘している(図-4)。

下刈、ツル切り、間伐という保育作業が充分に行われなかつたり、あるいは全く行われなかつたりすると散生地が形成される。そのような林地では落葉落枝類の土壤への供給が少なくなり、皆伐後の著しく低下した表層土壤の粗孔隙率が容易に回復しない。またルートチャンネルによって生成される孔隙量も少ない。

間伐不実施の過密林では林床の植生が欠如するため地表面は雨滴の衝撃によって表層土壤の粗孔隙率は著しく低下し、このため土壤への降雨の浸透が悪くなる。その結果が土壤の侵食をもたらす。

保育が適切に実施された森林では多量の落葉落枝が供給され、分解産物の多量の腐植によって土壤は団粒化され、粗孔隙の多い構造となり、さらにルートチャンネルによる孔隙も加わり、水は土壤深くまで浸透しやすい。

保育が適切に行われた針葉樹人工林と比較して過密林と散生地の水土保全機能を指数で示したのが表-1である。

適切な保育作業を通しての森林土壤の生成、成熟が水源涵養のみならず土壤侵食防止や崩壊発生防止にも有効であることが理解できる。

四万十川流域の昔の航空写真(占領軍撮影)によると、各地にはげ山が散在していたという。それが現在

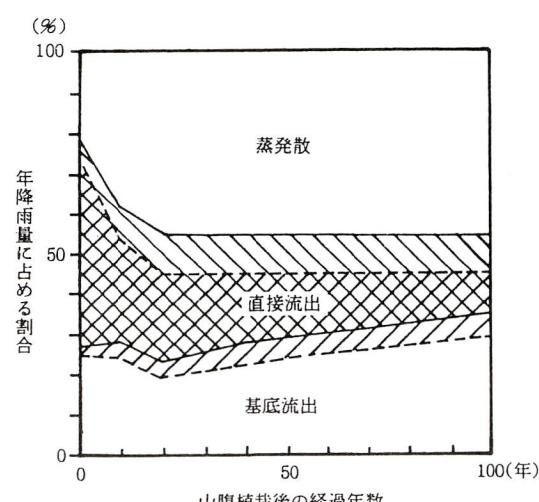


図-3 山腹植栽工事後の水收支の変化
(実線: 多雨年、点線: 少雨年)

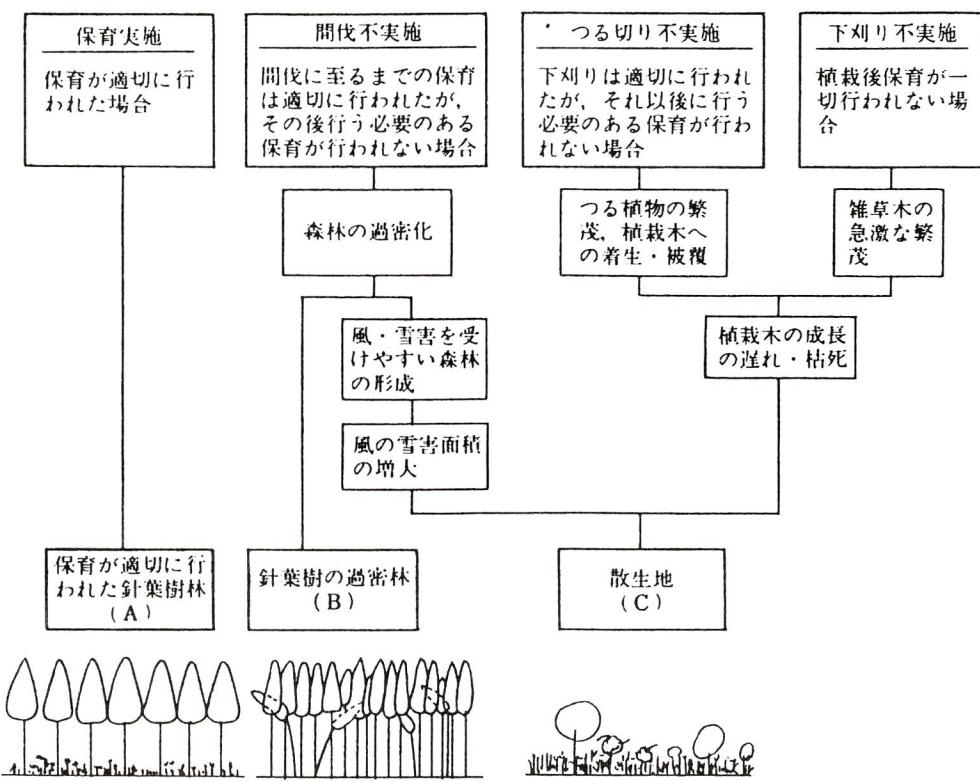


図-4 保育の実施・不実施の結果形成される森林

(林野庁公益的機能研究会, 1985)

表-1 評価の結果表 – 主に水および土の保全の面について(林野庁公益的機能研究会, 1985)

評価因子	評価対象森林		針葉樹の過密林 (B)	散生地 (C)
	スギ (B-1)	ヒノキ (B-2)		
公的機能の評価	(1)洪水時の増水量	1.2	1.3	1.3
	(2)洪水時のピーク流量	1.4	1.5	1.5
	(3)潜流水流量	0.8	0.7	0.7
	(4)土壤侵食量	4.0	14.0	1.5
	(5)崩壊発生面積	1.6	1.8	7.4

(単位: 保育が適切に行われた針葉樹人工林を1としたときの指標)

ではヒノキやスギの人工林となっている。その緑地の復旧には瞠目するものがあるといふ。過去の航空写真や造林の記録を時系列に並べ、造林樹種、面積の実績を調査する必要があろう。また拡大造林の経過も調査するべきであろう。そのような造林や林種の転換により四万十川流域の森林が整備されていったのにとも

なって、洪水被害、山地崩壊、土壤侵食は減少したのか、逆に増えたのか、あるいは変わらないのか、森と川の関係をきちんとおさえるためには是非やらねばならない課題と考える。

また人工林の保水力が低下し、急激な出水が増え、低水位の流量が減少しているといふ。保水力の低下はヒノキ、スギの人工林のせいいか、人工林の手入れ不足のせいいか、きちんと整理をすべきであろう。

森林と河川の水質について

森林から流出する溪流水の水質は一般に清浄である。大気汚染の影響を受けた雨水も、樹冠部の乾性の付着物質を洗い流した林内雨も林床に流下して土壤を通過すると清浄になる。森林の水質浄化機能のためである。

多くの森林流域での水質試験結果によると雨水によって森林に流入した窒素やリンは、溪流水に溶けて森林から出るときには量が減少している。Ca や Mg のような陽イオンは母岩の風化による供給もあって流出量の方が多くなっている。

溪流水に溶けて森林から流出する栄養塩類の量は森林での物質循環の経路が攪乱されなければ恒常的に維持されると考えられる。

森林流域での皆伐は、数年分の大量の落葉落枝を

一時に林床に供給し、その後の落葉落枝が中断し、養分を吸収する林木が無くなるので、物質循環の経路が断ち切られることになる。裸地化した林床では温度や水分などの環境条件が急変して有機物の分解が加速するであろう。当然その影響が溪流水の水質に現れてくるはずである。

わが国で行われた皆伐による水質変化の数少ない研究結果によると、溪流水の硝酸イオン濃度が上昇したというもの(加藤正樹ら,1999)、硝酸イオンの濃度の変動幅が大きくなつたが平均値は皆伐前後でほとんど変化がなかつたというもの(荒木ら,1993)がある。

皆伐にともない攪乱された表層土壌の粗孔隙率は減少し、地表流により溪流への土砂の流失が予想される。土砂や懸濁物質の流出も含めてこの方面的研究事例が大変少ないため、多雨地帯に属する四万十川流域では特に調査研究が望まれる分野であろう。

水の流れを通じて、森—川—海の関係が大きな話題を呼んでいる。沿岸海域の水産資源の保護のため、あるいは生産量の落ちた沿岸漁業を活性化するために漁民による植林活動が各地でなされている。

松永(1993)によると、森林から川に流れ海にまで運ばれるフルボ酸鉄が植物プランクトンや藻類の成長に必須であるという。植物プランクトンや藻類は食物連鎖を通じて魚介類の生産に直接かかわるし、藻類の繁茂したところは魚の産卵場や稚魚の成育の場となる。フルボ酸鉄の多少が魚介類の生産量を左右するというのである。

フルボ酸は森林の土壤有機物の分解産物である腐植の一つのグループであるし、鉄は落葉中に含まれている。その鉄の含有率は一般に広葉樹の方が針葉樹より一ヶタ高いといふ。森林がその生成の場でありながら森林科学の方面からはほとんど研究の対象となつていなかつた分野である。森—川—海の繋がりを研究する上で重要な課題と思われる。

山地小流域での物質循環

私どもの研究室では四万十川上流の森林の山地小流域(面積約30ha)を森林生態系のモデルとして考え、森林における物質循環の調査研究を行つてゐる。

流域内にはスギ、ヒノキの人工林、アカマツ林、コナラが優占する広葉樹林などが団地状にあり、それぞれの林分で落葉落枝、林内雨、樹幹流による養分の林床への移動量や土壤中を水に溶けて移動する養分などを調べている。

また雨水に含まれて流域に入る養分、溪流水に含まれて流域から出していく養分も定量し、流域全体の養分収支を水収支とともに把握しようとしている。

林種によって養分循環や水循環の違いがどのように現れてくるのか、林種が変わればそれがどのように変化するのかなど、興味深い結果を期待しているところ

である。

溪流水の水質に関しては日本各地で行われている同様の調査例と同様に、森林が雨水の水質を浄化し、酸性雨の酸性度を緩和し、下流に富栄養化をもたらす窒素やリンなどの流出量を少なくしていること等、本研究において認められた。

この結果も発達した森林土壌が果たしている機能の一例であり、その様な森林土壌を生成する森林は他のどんな人工的な施設をもってしても代替できない。更新可能であるが最も更新が難しい森林土壌は森林に人手をかけることによってその機能が發揮されることを図-4、表-1は示している。

ところで将来の学際的な多分野にわたる共同研究の課題として、上記の山地小流域での物質循環の研究を四万十川流域全体の物質循環にまで広げられないだろうか。

対象とする物質は色々考えられるが、緊急の課題としては四万十川の水質保全にかかわる問題があるので、森林から溪流、河川、河口に至るまでの水の流れにともなう栄養塩類の移動はどうであろうか。森林、畑地、水田、草地、牧場、集落、市街地といった土地利用の形態別に流域を分けて、そこから流出する栄養塩類の量を調査するのである。それぞれの土地利用が四万十川にどれほどの環境負荷を与えているのかを調査して初めて流域全体を視野に入れた水質保全計画が立てられるのではなかろうか。

引用文献

- 中野秀章・有光一登・森川 靖(1989):森と水のサイエンス,pp176,日林協、東京
Bosch,J.B. and J.D.Hewlett(1982):A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration, J.Hydrol.55:3-23
福島義宏(1987):花崗岩山地における山腹植栽の流出に与える影響, 水利科学 31(4):17-34
林野庁公益的機能研究会(1985):森林のもつ公益的機能の計量的評価—間伐等の保育の不実施の影響—, 林業技術 525:13-16
荒木 誠・松浦陽次郎(1993):ヒノキ林の皆伐による土壤溶液および溪流水の成分変化, 日林論 104,391-392
加藤正樹・池田重人・伊藤優子・金子真司・吉永秀一郎・生沢 均・佐々木重行 (1999):森林と溪流水質, pp98,林業科学技術振興所, 東京
松永勝彦(1993):森が消えれば海も死ぬ—陸と海を結ぶ生態学, pp190,講談社, 東京

"気づき"が育てる四万十の景観



石井空間研究所所長 石井 忠彦

感性に裏うちされない知性は滅びる

我々の脳にインプットされてない事を認めたり、判断したりすることは、どうも脳はにがてのようである。例えば、UFOについても我々はなかなか認めることができないし、カラスの自然死体を見つけたことがないのも、一体どうしてなのでしょう？

とにかく、知性だけではどうしようもないところがたくさんある。見ようとして見えない部分、それは、今までインプットされた情報だけで見ようすることから起きる現象ではないだろうか！見ようとしないところから見える部分があるはずである。即ち、自分の頭をカラップの状態にすれば、その真白い脳のスクリーンに、ほんの些細なことでも映しだされてくる。

私はもう十年も前に、京都大学での人類学セミナーで最初の講師で、精神科の先生のお話したことである。先生はいきなり脇にあったピアノでモーツアルトの曲をひきだしたのである。そして開口一番「感性に裏うちされない知性は滅びる」と言われた。この言葉はまさしく我々の体験をどうしてでも理解出来る。例えば、大学の講義準備のために自分が体験していない情報を話そうとしよう、その記憶は講義が終ったらすぐさま忘れてしまう。しかし、自分の感性を通して得た知識はいつまでも忘れないし、何年たつても自然と出てくるものである。……これこそ生きる知恵に繋がっていくのではと感じながらも、目からうろこが落ちる思いをしたことがある。

このような思いで今、あらためて四万十流域を訪れてみてこの景観には何か私達の感性に訴えて来るものがある。そしてこの長い長い時間を経てきた景観のなかに持続的に生きていく知恵が潜んでいるような気がしてきたのである。

身近な自然への尊厳

昨年、英国のキュー植物園のなかに『人間植物博物館』が誕生した。この博物館、今まで人間様に色々の贈り物をしてきた諸々の植物について…衣、食、住、健康、癒し、そして色々の分野…展示されている。

我々人間は色々な芸術、科学のルーツをややもすれば軽んじてしまう習性があるのでと思うほどである。食物連鎖の基礎も【植物】である。イギリスの国民性のなかにある【植物文化】をベースにした生き方は一体どうして生まれてきたのであろうか？これほど植物に尊厳をもった国民は先住民を除いてはいないのではないか！

更に、先住民のスピリットまで話を進めてみよう！例えばアメリカ先住民（ネイティブ・アメリカン）の生活スタイルはまさに我々がこれから目指そうとする社会のキーワード/持続可能&ホリスティック/という視点そのものである。彼等の歴史始まって以来ず一つと彼等の精神生活の根底に息づいており、それは我々が唱えているレベルじゃなくて普通の生活の中に染み込んでいる。それはまさしく【身近な自然への尊厳】一語に尽きると思われる。私はそんな生活をしている景観を「土着の風景」（ネイティブ・ランドスケープ）と呼んでもいいのではないかと思う。そしてこのような景観をこれから景観づくりの原型として捉えていきたい。自然なる景観はお互いを尊敬していく心から生まれてくるもので、決してハードな[もの]づくりだけから生まれて来るものではないと思われる。物事が一番うまくいくためには人間と人間だけでなく、人間と自然が互いに尊敬しあうことが大切だろう。



*石井空間研究所 〒780-8122 高知市高須新町 2-6-4

Tel:0888-84-0831, Fax:0888-84-0852, e-mail:ba-zukuri@pop21.odn.ne.jp

目に見えない景観を感じ取ろう！

私は目に見えない世界の息吹を感じとらなくてはいつも思っている。【目に見える景観】を生み出しているルーツは四季を通して絶えず生き続けている生命体群ではないかと思うからだ。【目に見える景観】は、私達を色々な感情にさせてくれる。春、夏、秋、冬-四季の景観は、それぞれ言葉に言い表わされない味わいを感じさせてくれる。そして、私達言語を持つている民族は、言葉で言い表し、記録する。とても新緑の緑がよかつたね！…今日の紅葉は格別だ！…言葉で感激してそれで終わってしまう。特に、現代の人達はそうじゃないかと思う。

この四万十(シマムタ)と言う言葉はアイヌの言葉だという。アイヌの人達は“自然の精霊”が全てのものに宿ると思っている。だから自然の資源をいただく時は必ずお礼のお祈りをするという。私達の生活の中の色々な儀式が今でも残っている。しかしその儀式がどう精神のもとに取り行なわれているかはちゃんと子供達に言い伝えていないようだ。私たちは目に見えないこの“自然の精霊”に感謝をしなければならない。そして、目に見えているこの素晴らしい景観の背景にある色々な大地の活動と生命力を感じ取ることが大事なんだと私は自分に言い聞かせている。種から草や木が育ち、花や実や葉として目に見える【形】になっていくプロセス、その生命のルーツは適切な時間を見はからつて美しい姿を現わしてくれるようだ。

これからは科学や技術的な視点だけでなく、全体的な感性でその景観の目に見えないレベルをもつと直観的に感じとっていくことが大事なような気がする。人間は、本来他の生物と同じ様に予知能力や仲間に伝達する能力を持っているんだから！このように直観や感性の度合がアップすれば、きっとお互いのコンセンサスは口角泡を飛ばさなくとも一致するだろう。だから美しと思った時はただ美しい！美しい！と言うだけではなくジーツと黙ってその景観を眺めて見よう！そしたら自然と”ありがとう”という思いが少しづつにじみ出てくるでしょう。

『四万十の川や森、そしてそこに住む人達よ！ありがとう！』

「気づき」が景観を育む

イギリスの北スコットランドにエジンバラという町がある。その北の海沿いにフィンドフォーンという小さなコミューンがある。そこはとても厳しい自然環境で土地も痩せていて野菜や草花が育つような環境ではなかつたという。しかしこの土地でおばけのキャベツが育つたという。俗に言う『フィンドフォーンの奇蹟』である。この奇蹟の原因は今もって解らないと言う。そのコミューンで今「愛のワークショップ」が行われている。そのコースの中で出てくるのが【特性のはしご】です。…私達は自

分が安全でなければ容易に信頼することが出来ない。しかし、一度安全だと解れば信頼がうまれてくるし、更に進めば心がオープンになって色々な情報や動きが入ってくる。しかし、一度心を閉ざせば私達の人生に何が起こっているか気付かなくなってくる。逆にオープンになれば【気づき】が生まれ、その【気づき】がどんどん進んでいけば【愛】や【やすらぎ】をも生みだしていくのだと【特性のはしご】を考えだしたアイリーンキャディは本の中で述べている。

統合
やすらぎ
愛
自由
選択
気づき
オープンであること
信頼
安全

図1. 特性のはしご(*)

このような関係を四万十に照らして考えてみよう。四万十の景観を育てて行きたいと私達は願っている。そのためには【心をオープン】にしなければならない。そして【信頼】関係を作らなければならない。しかし、色々な人達はそれぞれ【特性のはしご】にいる位置が違うと思う。例えば、個人の私生活時には【愛】の段階にいても仕事場に居るときは【安全】の段階で足踏みしているかもしれない。…このように私達の【心のレベル】を気づかせてくれることによって自分たちの言動もチェックできるようになる。私達一人一人の言動が景観づくりに影響を与えている。…しかし、色々な【気づき】が起これば、それは単なる偏見ではなくなる。

環境問題も景観づくりも詰まるところ一個の人間の「心の内」との折り合いということになるだろう。それは流域に住む人達の【こころ】とここを訪れる人達の心のなかの【気づき】によって育てられるということになるだろう！

B. T. C. V. 型景観マネジメントの提案

景観もつねに進化しつづけていると思う。そして今、四万十の景観は私達に貴重な【感性】と【気づき】へのエネルギーを与えつけようとしている一方で、色々な状況も生み出している。環境や景観のひずみであり、人々の暮らしの変化であろう。この少しひずんできた【自然の秩序】を、私達は自分の身体のひずみを整体

術で元にもどすように、四万十を整体していく必要があると思う。そこで私はここで1つ提案したいと思う。B. T. C. V. 型をベースにした、{四万十・環境マネジメント・スクール】を開校してはどうだろうか！

B. T. C. V. とは、【英国環境保全ボランティアトラスト】の略である。このB. T. C. V. トラストは、英国では色々なジャンル；例えば—森林管理、田園地域へのアクセスの整備と景観保全、野性生物の生息環境の保全、などの環境保全を1年間を通して、活動している。1チーム、12人程度でリーダーとサブリーダーのもとに、週末(2泊3日)コース、1週間コース、そして、特別訓練リーダーコースなどがある。リーダーは色々

な知識(生態学的のこと；間伐、浄化、石積、etc. の技術)を習得していく、それが仕事以外の1つのライフ・スタイルとして定着している。単なるボランティアではなく、持続可能な景観マネジメントをしていくための重要な【黒子】的存在である！四万十の環境マネジメントとしてのボランティア活動は必ず、ヴーチャルコミュニティーさえも形成していくもの確信している。

(*)特性のはしご

出典：「愛することを選ぶ」E・キャディ、D. E・ブラック著／誠信書房

BTCVの保全合宿で行われる主要作業項目

1. 森林管理

- 針葉植樹林の伐採・間伐と在来落葉樹種の植栽。
- 過熱薪炭林での伐採、間伐、下刈りによる管理サイクルの再開。
- 帰化樹林(シカモア、シャクナゲなど)の除伐と在来樹種の植栽。
- 林間空地(glade)や林道沿いの伐開と林内歩道の維持管理。
- 放牧畜の侵入防止のための石垣、生垣、フェンスのい維持管理。
- 伐採・間伐木のクラフト材としての選別とクラフトづくり。

2. 田園地帯へのアクセスの整備と景観保全

- 自然遊歩道(footpath)の開設と、小橋、木道、階段などの設置。
- 自然歩道網の改善のための道標やベンチ、野外卓などの設置。
- 歩道沿いの刈取、植樹、ならびに石垣や生垣の復元と維持。
- 敷石による路面の舗装や排水溝の改修による浸食の防止。
- 牧場や耕作地の境界垣を通過するための踏み越え段の設置。

3. 野生生物の生息環境の保全

- 土手に生えてくる低木の刈取、湿地でのアシやスゲの刈取。
 - 池の浚渫、並びに湿性・水生植物の植付による湿原の復元。
 - ヒースや草地に侵入してくるシラカバ、マツ、低木類の除伐。
 - ヒースの火入れやワラビの刈取及び腐植の除去による維持。
 - 湿原や生息地保護のための木道やフェンスの設置。
- (森林と海岸については、1, 4と重複するので省略。)

4. 海岸景観の保全

- 侵入低木の刈取による砂丘の維持・回復と砂丘植生の再生。
- 柵、生垣、石垣の復元・管理による飛砂の安定化。
- 引き船道の維持管理。(1, 2と重複するものは省略。)

5. 歴史的遺産の保全教育

- 歴史的な遺跡や邸宅の庭園、農場などの維持・管理。
- 保全作業に講義、企業、見学などが組み合わされる。

「BTCV・ワーキングホリデー'90」の冊子より抜粋

川と暮らし



高知県立歴史民俗資料館 坂本正夫

川は人間が生活するために、実に大きな役割を果たしてきました。わたしたちが生きるために必要な飲料水を供給し、田畠をうるおし、交通路として利用され、また、わたしたちに魚介を提供する場でもありました。だが、川はわたしたちに恵みを与えるだけの存在ではなく、流域の住民を苦しめる怒りの川でもありました。雨量の多いわが国では洪水によって農地を流され、人命を奪われることも多く、毎年のように襲ってくる洪水に人々は苦しめられたのです。また川は祭りや年中行事、信仰などとも密接な関係があります。このように川と人間とのかかわりは、まことに多方面にわたっているが、ここでは高知県の河川(流域)における具体的な川と暮らしのかわりをいくつか取り上げ、民俗学の立場から紹介してみようと思います。

川と年中行事

若水迎え 高度成長期以前は正月元旦の朝は、まだ暗いうちに恵方(吉の方角)の川や泉、井戸などへ、松明や提灯を灯して若水迎えを行っていたが、途中で誰に会っても言葉を交わすものではないといわれていました。たとえば仁淀川上流の仁淀村大植では持参したオフマ(米)、餅、吊し柿、ナマグサ(ジャコなどの魚)などを水中に投げ込んで水神に供え、「福を汲もうか、徳(得)を汲もうか」と三回唱え、「おっと福を汲んだ」と唱えながら桶にいっぱいの若水を汲んでいました。水を汲み上げるときには「あらたまの年の男が水を汲めば、福を汲む、宝汲み込むぞ」(北川村)、「大判小判、福德幸い」(鏡村)、「福を汲む、徳を汲む、幸い汲む。よろずの宝を汲み込む、汲み込む」(池川町)、「幸い汲んだ、福汲んだ、福汲んなど」(大方町)などと唱えていました。この唱え言葉は地域や家によつて少しづつ異なるが、いずれにしてもめでたい言葉でした。

迎ってきた若水は神棚に供え、茶釜や煮物などに少しづつ入れて使い、家族一同がこの水で口をすすいで顔を洗うが、この水には靈力があり邪気を除くと考えられていました。若水を迎えるのは年男(普通家の主人,)の役目だが、東洋町、室戸市、土佐清水市、

大月町などの一部の漁村では主婦の役目だとされている家もありました。

川原祭り 仁淀川下流の伊野町鹿敷・神谷などでは昭和初期まで、旧暦3月21日に川原祭りが行われていました。この地方は、古くから紙漉きの盛んな所で各地から紙漉き奉公の娘がきていたが、その女たちが組ごとに川原に集まり、川原祭りと称して楽しい慰安の一日を過ごしていました。

春野町では3月21日前後に青年たちが部落ごとに七ヶ所詣り(四国霊場30番札所安楽寺・善樂寺、31番竹林寺、32番峰寺、34番雪渓寺、34番種間寺、35番清瀧寺、36番青竜寺など近辺の7つの札所を巡礼すること)に出かけていたが、帰ってくると仁淀川の川原で盛大なショウジョチ(精進落ち)の慰労宴を開いていました。同じ春野町では旧暦3月3日の桃の節供やその前後に、ご馳走を作りレンゲの花が咲き乱れている田の中や近くの山へ登って飲食したり、仁淀川原へ出て川原遊びをしたりしていました。四万十川流域の中村市三里や西土佐村橋、十和村川口などでも3月3日頃にご馳走を持参して川原遊びをしていました。また四万十川支流・後川流域の中村市大屋敷では3月末~4月初め頃に村人が酒肴を持ち寄り、川原で飲食して楽しく遊んでいました。これは間もなく始まる農作業に備えて、銳気を養うための行事でした。

千体流し 春分の日には、念仏を唱えながら千体の仏一梵字を書いた紙やシキビの葉一を流す千体流し(千枚流し・川流しともいう)が県下のあちこちで行われていたが、これは水を介しての祖靈、施餓鬼供養のまつりです。今でも、物部川流域の香北町朴ノ木にある高照寺(真言宗)では近在の人々が寄り集まって千体流しが行われています。

虫送り 農作物を荒らす害虫を除去する虫送りは、旧暦5月20日から28日頃に行われていました。神社やお寺、お堂などへ集まって祈祷ののち、大草履や幟を吊した青竹を担ぎ、鉦、太鼓を打ち鳴らし、ほら貝を吹き、「斎藤別当実盛、稻の虫ア西へ行け。キビの虫もついて行け」などと大声で喚きながら、部落の上手から下手へあるいは東から西へ虫を送り、村境

*高知県立歴史民俗資料館 〒783-0044 南国市岡豊町八幡 1099

Tel:088-862-2211, Fax:088-862-2110(1999.6.6より),

の川へ大草履や幟を投げ捨てていました。このような虫送りの行事には、害虫を川へ流し去って除去するという心意が潜んでいたのです。

エンコウ祭り 高知平野を中心とする平地農村では、戦前までは旧暦6月15日前後に川祭り一水神祭り一があり、エンコウ(カッパの土佐方言で猿猴と表記)祭りが行われていました。佐川町では6月15日をエンコウサマといい、「エンコウサマにキュウリをあげ(供え)にやあいかん」といって、キュウリを川へ流していました。高知市の朝倉、久万、高須などでは子供たちが川原に祭壇を作つて供え物をし、キュウリに家族全員の名前を書いて川へ流していたが、これで一年中健康に過ごせるといわれていました。南国市稻生にはエンコウを祭った河伯神社があり、毎年6月17日に盛大な祭りが行われ、多くの人々が参拝してキュウリを供えていました。

南国市前浜では今でもエンコウ祭りが行われているが、これは子供組が主催し中学3年生が頭になり、各部落ごとに中学生全員が参加します。祭日は6月17日であったが、今は学校の関係で土曜日に行なうので日は一定していません。午後子供たちが、地区を流れる下田川のほとりに土用竹を骨組みにして菖蒲で小屋(祭壇)を葺くが、太さは組により若干異なるが、間口、奥行きとも50~70センチ、高さ1メートル位のものです。この棚にキュウリ、ナス、お神酒などを供え、周囲には20~30個の提灯を吊します。日暮れ頃からは、大人たちもお神酒とキュウリもみなどの肴を持ってお参りにきます。子供たちは花火を打ち上げてまつりを盛り上げるが、下田川沿いには多くの集落が連なつてるので、互いに盛大さを競いあいます。他の集落の子供たちが押しかけて祭壇を壊したり、提灯を引きずり下ろしたりして小ぜりあいが起つたりすることもあります。

祭りが終わると子供たちは当屋に集まってご馳走を食べ、その夜はここで泊まり翌朝ザン(残りのご馳走を食べること)をして解散します。エンコウ祭りの費用は、子供たちが各家を回つて寄付を集めていました。エンコウまつりは子供が水難に遇うのを防ぐために行なうのだが、エンコウは水神の零落したものだといわれています。

土用の丑の日 立秋の前18日間を夏土用といいます。その夏土用の丑の日には、ウナギや川魚を食べる風習が高知県全域にありました。幡多地方では自分で捕らえた川魚を食べるのがよいといい、古くはこの日には仕事を休んで川漁に出ていた地域もあります。本川村や吾川村、仁淀村などでは、全戸総出で川漁に出ていた部落もあります。

土用の丑の日に水浴びをすると美人になるとか、汚れ物を洗うとよく落ちるという伝承も各地にあるが、これは日本文化の特色である禊ぎと関連があります。この

日寺院では疫病避けの瓜封じ祈祷をしていたが、これはキュウリやナスで身体を撫でてもらい、これに病気を封じ込めてもらい翌日これを川へ流していました。

七夕祭り 旧暦7月6日の夜、笹竹に五色の短冊などを吊して立てる事は県下全域に見られるが、以前は農山村を中心に川に張り渡す特色ある七夕飾りが見られました。たとえば安田町別所では夕方、娘や主婦たちが藁縄を持って七夕宿に集まり、持ち寄った縄で大きな二本の縄を作り、この縄にキュウリ、ナス、ホウズキ、タマネギ、トウモロコシなどの農作物や木製機道具の模型や五色の短冊などを飾りつけ、地域を流れる川の両岸に張り渡します。七夕宿の周囲には家内安全、五穀豊穣、病気快癒などと墨書した幟や提灯を吊るし、女たちが遅くまでご馳走を食べながら歌ったり、踊ったりしていました。七夕飾りは部落単位や組単位で行われていたが、若い衆が行なっていた所や個人で行なっている所もありました。

このような川に張り渡す七夕飾りは、山村ではほとんど全域に見られたが、仁淀川、四万十川流域には遅くまで残り、吾北村、仁淀村、東津野村などでは今も行われております。なお高吾北や北幡の七夕飾りには、短冊や農作物などと一緒に藁製の牛馬が吊されております。

七夕縄を川に張り渡すことの意味を説明する民話が各地にあるが、その多くは川渡しと洪水に関するものです。たとえば「七夕さまが天の川を渡つて好きな人に逢いに行くため」「藁馬を吊すのはキュウリの水に流されて、向うへ渡れぬようになったときに使用するため」などといわれています。この七夕飾りの縄は自然に落ちるまで放置するが、3年続いて残つたら幸運に恵まれるといわれていました。

7月7日をナヌカボン(七日盆)といい、この日までに墓掃除や墓地へ通ずる道の刈り明け、仏壇の掃除などをするものだといわれていました。7月7日に身体を洗ったり、牛馬に水浴びさせたりする風は、西部の海岸地帯をはじめ県下各地にありました。逆にこの日には水泳をしたり、出漁したりしてはいけないといつてゐる所もあります。7日の朝早く髪や汚れ物を洗うと、きれいに落ちるという伝承が全域にあり、窪川町や大方町では髪を洗うと美人になるといわれていました。七夕には必ず雨が降るものだといい伝承も各地にあり梼原町や十和村では七夕に雨が降らなかったら悪病が流行するといわれていました。

このような7月7日の水浴びの習俗や雨、水に関する伝承は、かつてこの日が禊ぎをして穢れを祓い、物忌みに服していた日であったことの名残りであろうといわれています。今日ではタナバタという語が一般化し、星祭りとしての感覚が強いけれども、本来は7月15日を中心とする盆行事の一環としての性格を持つ行事だったのだといわれています。

盆の精靈迎え 盆月の13日か14日に精靈迎えをするが、過去1年間の新精靈は13日、他は14日というのが一般的です。迎えに行く場所は墓地、川、海などいろいろだが、上流の村々では川から迎えるという所が多いようです。

たとえば野根川流域や奈半利川流域の村々では朝川原に石を二つ並べ、それを柱にしてシキミの小枝、タイモ(里イモ)の葉、ヒイナなどで屋根を葺いて小屋の形にし、その前で松明を灯して精靈迎えをしていました。仁淀川上流の仁淀村大植では14日の朝、近くの谷川へソウハギ1本とオフマ(米)を持参して松明を灯し、「ご先祖さん、お迎えに参りましたので、どうぞわたくしに背負われてください」といながら茶碗に水を汲んで帰り、盆棚へ供えていました。四万十川上流の大正町では夕方川原で迎え火を焚き、「お爺さんも、お婆さんも、この明かりで帰らんせ」といって迎える家がありました。海村では海辺で同じような方法で迎える所もありました。

佐賀町荷稻では近くの川へ迎えに行き、きれいな水を茶碗に入れて持ち帰るが、ここでは仏さまが帰ってくると盆棚でジーンという音が聞こえるといっています。同じ佐賀町の橋川では、古くは朝早く戸を開け灯明を点じ、帯を持って出迎えていたが、帯は年老いた精靈さまを背負ってくるためのものだといわれていました。土佐清水市貝ノ川では夕方、川原で迎え火を焚き小さな手製の竹柄杓で招くしぐさをしながら、「何爺さんヨー、早うきんせ(帰って)やー」というように、死者の名前を呼んでいました。この柄杓は水を汲むためのものであるが、同時に精靈の依り憑く呪具でもあったのです。

精靈送りは15日の所と16日の所があるが、送る場所は精靈迎えをした所とは必ずしも一致しません。盆棚の飾り物は川、海、山などへアマス(捨てる)が、墓地へ持って行く所や焼き捨てる所、精靈舟で川や海へ流す所があります。四万十川や吉野川沿いの村には、美しく飾った精靈舟にお土産を載せて流す所もあります。

盆飯 15日または16日には子供たちが各家を回つて米を集め、川原でボンメシを炊いて食べることが、昭和初期までは県下各地で行われていました。

川漁

土佐の河川には多種多様な魚が棲息しており、古くから突き漁、釣り漁、網漁をはじめ、まことにいろいろな川漁が行われているが、ここでは原始的漁法を中心取り上げてみました。

石打ち漁 戦前まで山間の村々では、川の中の石を玄能(大型の鉄の槌)で強く叩き、その激しい振動で魚を一時的に麻痺させ、素手で掴み捕ったり、網ですくい捕ったりする原始的な川漁が各地で行われています。

した。

この漁法を物部村や仁淀村、葉山村などではユキドリと呼んでいたが、これは雪の降るような寒い日に行なう川漁という意味でした。吾北村や池川町ではオドシ(脅し)、東洋町や北川村ではタタキ(叩き)、東津野村でイワウチ(岩打ち)、十和村ではヒビキ(響き)といい、イダ(ウゲイ)やハヤ(オイカワ)、ウナギなどを手掴みにしたり、網ですくい捕ったりしていたが、金梃で石をこね動かして捕ることもありました。

松田川流域の宿毛市楠山や京法ではゴーツウチといい、玄能で叩いたり、石を落としかけたりしていましたが、冬期以外にも行われていました。石を落としかけて捕るのをイシゴーツウチといっていたが、ゴーツは叩いたり、蹴ったりすることを意味するゴーツクという土佐方言と関連がある呼称でした。安芸市古井や西土佐村敷ヶ市でも石を落としかけて、出てきた魚を捕っていました。

上記のような石打ち漁は四国はもちろん北は東北地方から、南は九州まで全国各地の川で行われていたことが報告されているが、おそらくこの漁法は縄文、弥生時代から行われていたものだろうと思います。はじめは近くにある適当な石を落としかけて出てきた魚を手掴みにしていたが、後には使いやすくて効率のよい玄能を使用するようになり、さらに金梃や網などを使用するように発展してきたのです。

アユの手掴み漁 アユの手掴み漁は夜間漁が普通だが、大雨で急に増水したり、洪水のときなどには昼間の漁も行われていました。夜間の掴み捕り漁は県西部の新莊川や四万十川(およびその支流)では昭和40年代(1965~74)まで行われていたが、仁淀川以東の河川では大正時代以降ほとんど見られなくなりました。

たとえば四万十川下流の中村市久保川では、昭和30年代までオサエ(押え)と呼ばれる手掴み漁が行われていました。雨が降って少し増水した闇夜に川縁の浅い瀬に入り、腰をかがめ川下に向かってゆっくり進みながらアユを素掴みにしていました。雨で四万十川本流が少し増水し、本流に流れ込んでいる谷川の方へ少し水が入り込む位になると、そこへアユが上って行くのでその付近が一番よい漁場になります。中流の西土佐村ではツカミ(掴み)、ツカミドリなどといい、真夏の闇夜に行なっていました。日が暮れると瀬の浅い所へ、股を広げて足をハの字形にして坐り、近寄ってくるアユを手で掴み捕っていたが、しばらくツカムと順次下流の方へ下がって行きます。上流の窪川町越行ではニギリ(握り)とかニギリトリといい男女とも行なっていましたが、どちらかといえば女が行なうことが多く、一晩に30尾も40尾も捕る者もありました。支流の黒尊川、目黒川、吉野川、梼原川などでも同じような手掴み漁が行われていました。

新莊川でも昭和30年代まで手掴み漁が行われていたが、この漁法を葉山村ではツマミと呼んでいました。暗闇の晩に午後九時頃から誘い合って何人かで出かけることが多かったが、浅い瀬に何人かの者が股を広げ、足をハの字形にして下流に向かって坐り、アユがくると素手で掴み捕っていました。

県東部の奈半利川の下流では昭和30年代まで昼間の手掴み漁が行われていたが、これをサグリ(探し)とよんでいました。河口に近い場所に川原があるが、上流で大雨が降り急に増水したときに、この場所で行われていました。水が濁るとアユは石の裏に入り込む習性があるので、両手で石の裏を上から下へ、下から上へというように押えながら握り捕るが、すべり止めに両手に網を巻くこともありました。

ゴリ掘り 真冬にゴリを捕る漁法で、土地によりゴリトリ、ゴリオコシ、シビゴリトリ(シビは凍えることを意味するシビルという語の略)などと呼ばれています。ゴリは寒くなると清水の湧き出るところに密集しているので、その場所をこね起こして砂を掘り除き、手掴みにしたり網でくさび捕ったりしていました。

コイの抱き捕り コイは冬の寒い時は深い淵の底でじっとして動かなくなる習性があるので、これを潜水して抱き捕る漁法でコイノダッコとかコイノダキドリなどと呼ばれていました。明治・大正時代(一部では昭和ひとけた時代)まで、吉野川、仁淀川、四万十川などで行われていたが、この漁には特殊な技術が必要だったので、コイの抱き捕りのできる漁師は多くはいませんでした。川原へ大火を焚き、暖をとりながら短時間潜っていたと伝えられているが、体温を高めるために醤油を飲むこともあったということです。

カンゴイ(淵の中にいる冬のコイ)は頭へ手を触れても絶対に動くことがないので、まず手で眼を押えて見えないようにしてから、魚体を横向けにしないように注意しながら、素早く小脇に抱き抱えるのがコツだと春野町仁野の漁師は語っていました。中村市川登ではコイの頭を押えて小脇に抱え、反対側の手指をコイの口の中に突っ込んで動けぬようにして水面に出るが、水面に出たとき気をつけないと尾びれで叩かれて怪我することがあります。

イタチバカシ 冬の寒いときにイタチの皮を竹竿や棒の先につけて岩の中に突き込み、出てきたイダ(ウグイ)を網でくさび捕る漁法でイタチバカシ、イタチコブリ、オイコミ、フユイダトリなどと呼ばれ、鏡川、仁淀川の中・上流と支流の上八川川・池川川・長者川・大桐川、新莊川、四万十川上流・梼原川などで行われていました。

イダのいる岩は分かっているので、その周囲へ立て網を張り回しておいて突き込むが、しばらくするとイタチの皮についている脂の臭いが嫌いなイダが出てくるので捕獲します。なお仁淀村の森や川渡、吾川村下

名野川ではイタチの代わりに鳥の羽根を使用することもありました。

土佐の河川では上記の他にも桶カブセ、ウナギタタキ、柴ヅケ、石グロ、毒流など特色ある原始漁法があります。また鵜を使役して魚を捕る鵜飼は物部川、仁淀川、四万十川の3大河川はもちろん県下のほとんどすべての河川で行われていました。

このように近年まで原始的な川漁が数多く残存していたことは、食生活の中で川漁の比重が高かつたことを意味しています。だから日本の生活文化史をあきらかにするためには川漁の調査研究は欠くことのできない、大事なテーマのひとつなのです。

川と交通

汽車や自動車などの近代交通機関が出現するまで、海岸部と内陸部を結ぶ主要な輸送路は河川でした。日本の河川は急流、激流が多く、しかも川床が浅くて決して舟運に適したものではなかったがわたしたちの祖先はこのような悪条件を克服して河川舟運を発達させてきました。川幅が広く水量の豊かな利根川や信濃川、筑後川などはもちろん日本の主要河川で、舟運の発達していなかったところはありませんでした。四国でも徳島県の吉野川、那賀川、愛媛県の肱川、高知県の物部川、仁淀川、四万十川、下田川、松田川、下ノ加江川などが内陸水路として利用されていました。

山地が多く激流の多いわが国の河川は、下る時はよいとしても、遡航にはいろいろな困難がありました。そのため水量や傾斜、岩礁などの川の条件により、上流まで同一船型で遡航できるもの、上流と下流で型の異なる舟に乗り替える二段水路や三段水路などがありました。

物部川の舟運 物部川で物資運搬に使用されていた川舟はヒラダ舟と呼ばれていたが、行先や所属集落により奥舟、大柄舟、高知舟などと呼ばれたり、積荷の種類によって保佐舟、薪舟、石舟などと呼ばれることもありました。物部川は近世初期にはすでに内陸水路として利用されていたというが、この川は仁淀川とともに城下町高知に近く、しかも流域には豊富な林産資源が存在し、開発も進んでいたので利用価値は高かったです。だが、河口付近が荒川になっていたので舟の通行ができず、そのため高知城下と直接結ぶことができないという欠陥がありました。

野中兼山がその欠陥を解消するために山田堰を造り、万治3年(1660)に舟入川を疎通させたが、これは高知平野東部扇状地の水田化を促すとともに、物部川上流の楨山、韭生方面の木材や薪炭、穀物を運び、高知城下の商品を運送するための重要な事業でした。こうして舟入川の疎通によって物部村大柄一土佐山田町神母木一南国市後免一高知城下の間に水運が開け、それ以降明治～大正期まで内陸水路として重

要な機能を果たしてきました。

仁淀川の舟運 仁淀川は弘岡井筋(春野町の新川川)を通じて高知市と結ばれており、本流では吾川村川口まで、支流の上八川川では吾北村の思地まで川舟が遡航していたが、新川堰があるため高知市へ直行できず、春野町新川で積荷を積みかえる二段水路でした。

仁淀川の川舟には大舟、中舟、高瀬舟、乗匠舟の四種がありました。大舟、中舟は太さによる呼称であり、主として越知町鎌井田・片岡、伊野町出来地・勝賀瀬辺より下流に就航していました。高瀬舟は大舟、中舟のうちミヨシ(先端部)が二股で水面にそり上がり前後に櫂がついており、主に越知町横畠や吾川村川口、支流の吾北村など急流、激流の多い地域から下る舟でした。乗匠舟は客舟で當時ではなく客のあるときだけに就航するのが普通であったが、主に吾北村の堂ヶ畠と伊野町谷との間に就航していました。新川川では運漕舟を運賃舟と呼び、仁淀川の舟は奥舟と呼ばれていました。

仁淀川には古くから川舟が上り下りして物資の運搬に重要な役割を果たしていたが、河口に良港がなく、いちど外海に出なければ高知城下と連絡できないという難点がありました。藩政初期の執政・野中兼山が巨額の費用を投じて承応元年(1652)に新川川(弘岡井筋)を疎通させたのはこの難点を克服し弘岡平野(春野町)の水田化と併せて、この川を物資を輸送する運河として利用しようと意図したものでした。この新川川の開削によって仁淀川水系の物産を城下町高知に輸送し、また城下町の商品を村々へ運ぶことになり、これ以降仁淀川水運はいちじるしく活況を呈することになりました。

高知県中央部の交通運輸の動脈であった仁淀川

水運も明治末～大正期以降、荷車や馬車、つづいてトラック、バスなどの陸上交通機関が発達するにつれてしまいに衰退し、やがて白帆をあげた川舟が仁淀川を上り下りする風景を見ることはできなくなりました。

四万十川の舟運 四万十川も古くから内陸水路として利用されていたようであり、永禄3年(1560)に土佐へ落ちのびてきた南伊予の大森城主が同年10月口屋内(西土佐村)から四万十川を舟で下り、同月16日実崎(中村市)に着いたことが「清良記」(伊予国宇和郡の戦国武将・土居清良の一代を記した軍記物語)に出ています。また土佐藩政中期の地誌「土佐州郡志」の幡多郡の部には四万十川舟運の記事が散見するが、たとえば下山郷江川村(西土佐村)の項には「村東有流其源出下田此間十二里有舟便運漕」とあり、戦国時代から近世中期にかけての舟運の状況を垣間見ることができます。だが、近世においては四万十川

流域の経済的価値は物部川や仁淀川流域よりも低かったが、明治になると流域の木材、薪炭などへの需要が高まり舟運が活況を呈することになりました。

四万十川は流水経路が長く、しかも大小多数の支流があるので水量豊かで流れの緩やかな下流にはセンバ、中流には高瀬舟、急流、激流の多い上流や支流にはセンビというように川の条件にマッチした構造の舟が就航していました。

センバは江川崎(西土佐村)一下田(中村市)間と支流・中筋川の運漕舟であるが、その呼称の由来は不明です。高瀬舟は十和村の旧十川地区と江川崎の間や河口の下田との間に運航していた舟です。センビは十和村旧昭和地区や支流の後川や黒尊川、目黒川、吉野川などの運漕舟で、高瀬舟よりもミヨシ(先端部)が高くそり上がっていました。上流の大正町や梼原町松原ではこの舟を高瀬舟と呼び、上記十和村旧十川地区の舟を大高瀬舟と呼んで区別していました。センビという呼称は旧昭和地区や支流で使用されていたが、これらの河川のセンビと大正町や梼原町松原などの高瀬舟は構造上はまったく同じものでした。

幡多地方は県下の他地域に比べて道路交通の発達が遅れたので、安価で大量輸送の可能な川舟の利用価値が高く、終戦(1945年)当時まで運漕舟の姿を見る事ができた地域もありました。

渡し舟 近代以前の河川には、一般的には今日のような橋はなかったが、その川を渡るには徒渡り、舟渡し、綱渡し、籠渡し、蔓橋、船橋、丸木橋、筏橋、石橋など、その川の状況によりいろいろな方法がとられていました。明治維新以降はそれまでの渡し場には漸次橋が架けられ、主要街道から渡し舟は姿を消すことになりました。ここでは昭和30～40年代に沈下橋が出現するまで多くの渡し場があった四万十川の場合を紹介しておきます。

四万十川の渡し舟(渡し場)には往還渡し、地下(ジゲ)渡し、私(シ)渡しの別があったが、前二者は造舟費、渡し守給などの費用を地区民が負担し、私渡しは関係者の負担でした。

渡しの方法には渡し舟、橋、徒渡りの3つがあつたが、渡し舟は春から秋にかけての水量の多い時期には櫂や竹竿を用い、水量の少ない冬季には曳き舟方式にすることもありました。橋には石橋(跳び石伝い)、一本橋、土橋、筏橋、竹橋、舟橋などがあつたが、川幅が広く水量の多い中・下流では筏橋、竹橋、舟橋などが利用されていました。上流や支流では通常は一本橋を用い、増水すると渡し舟を使用していました。また最上流や支流の小川では丸木橋、石橋、土橋、徒渡りもありました。

渡し場の施設としては渡し守小屋があり、往還渡し、地下渡しは地区の費用と地域住民の出役で作られていました。増水の状況を判断する水盛り石、計り石、

計り場などと呼ばれる岩などに関する民俗知識には注目すべきものがあります。

結び

以上、簡単に川と暮らしの関係を高知県の場合を取り上げて紹介してみました。

21世紀のキーワードは環境問題だといわれています。このようなとき、わたしたちをとりまく森と川と海の生態系の中で、森と海の仲人役である川の重要性を認識することはきわめて重要なことだと思います。環境問題が世界的規模で注目されている今日、自然科学、人文科学、社会科学その他の研究者や、この問題に関心のある多くの人々が集まり、四万十川(流域圏)学会を設立することはまさに意義深いことだと思います。

環境保全と河川工法の今後の展望



西日本科学研究所 福留脩文

1. 序に変えて

1) 下北半島からのメッセージ

平成2年に、「多自然型川づくり」の全国通達が建設省から出されて、もう9年になる。今日、その概念がどういうものか、まだまだ議論の必要な状態にあることも事実であるが、分かりやすい現場を多くつくることもまた大事である。

一昨年の6月下旬、私に青森県下北半島にある大畠町から一本の電話があった。この町にはその前年、「自然と資源と産業の永続」を統一目標に活動している市民団体の招きで訪れ、県土木部や町の人達に近自然工法の紹介をしたことがあった。そして、その後すぐに、二度目の講演を依頼されていた。しかし、その担当者からの電話の内容は、実に唐突で、前代未聞であった。

河口部で町の中を割って津軽海峡に流れ込む大畠川は、かつて流量が豊富でアユをはじめ多くの魚たちが生息していた。しかし、この川も近年の改修で蛇行は直線化され、大きい石は取り出されて流れや川床が沈静化した。その上、上流域の森林伐採に伴う林道からの土砂流入が増え、かつての自然環境はすっかり失われたという。電話の主は、「講演会翌日に予定している現地見学会の際、貴殿には大畠川を再生させる近自然工法を実地に試みてもらいたい。そこでだが、その際に必要な資材と重機を事前に知らせて欲しい。県の土木事務所も了承済みだ」と言うのである。数日後、現場の写真や図面、大畠川の流量などの資料が届いた。数回にわたる電話とファックスでのやりとりの後、改修イメージと、必要と考えた石材の概算数量を連絡、そしてよいよ当日の朝を迎えた。

午前8時、町長、町の人たち、土木関係者ら約80名が堤防の上から見守る中、川の中で工事が始まった。作業の締め切りはこの日の午後3時である。川の流れを見て当初設計はどんどん変更し、重機を動かして大小の石を次々と河床に配置した。石1個でも、その長さ、高さ、組み合わせ方、角度によって、それにぶつかってくる水の流向や流速が変化する。この

日、現場に準備されていた石は約90トン。これらを下流から、水制や役石として配置していくと、その都度、単調であった川の流れが変わる。堤防の上の人達には、川の中に瀬や淵が再生されるさまを目の当たりに見てもらった。

1ヶ月後、担当者から地元の新聞が送られてきた。一面いっぱいを使った記事には、「近自然工法でアユ群れる」という見出しがついていた。体長15センチほどのアユが40~50匹、改修箇所の流れに逆らうように群れていたというのである。ゴリやウグイの稚魚、海の魚であるサヨリまでが川に戻っていることもその記事は伝えていた。流れが速くなると、砂泥に覆われていた玉石が出てくる。その表面に太陽の光が届くと、魚たちの餌になる藻類が成長する。餌場が復活できれば、魚たちも戻ってくるというのは、実は当たり前の話なのである。



青森県大畠町大畠川

2) 川の流れと会話する

その日の大畠川の大きく湾曲した水衝部河岸の現場には、多分直前の高水で侵食を受けたと思われる堤体法面の崩落箇所が見受けられた。これはちょうど多くの人達に、近自然河川工法の本質を理解してもらうのに格好の現場条件が与えられていたことになる。この工法は何も特別なやり方をするわけではなく、これまで培われてきたあらゆる治水の技術を結集し、新しい思想の元でこれらを再編成するものである。

予め搬入していた石材を使い、その崩落個所のそれ以上の侵食を防ぐと同時に、地元が願うアユの棲める大畠川復活のやり方を一つ示したかったわけである。

かつてはせいぜい数メートルから十数メートルだった中小規模の川が、改修工事により一挙に数倍に拡張された結果は、流速が遅くなることで河床に堆積する砂礫や転石を浮石状態から沈み石状態へと変化させた。そしてちょうどこの日は、広くなった河床の上をゆったりと流れる水面上に、まるでかつての河道の痕跡を示すかのような一本の強い流れが大きく蛇行していた。その蛇行の先端部が、まさにその土手の崩落場所にまともにぶつかり、その強い流れはしばらく岸に沿って流れている。

治水対策には昔から色々あるが、基本のひとつは岸に近寄る強い流れを川岸から遠ざけることである。そこでその簡単な実験をまず示してみた。水深がさほど大きくない当日の様子であったから、基本的には高水時にも単体でその流れに負けない大きさの石を3個用意し、これを変更させようとする流れの方向に直角に並べてみた。その効果に大小はあるが、この日の効果はとくに顕著であった。石の置き方1つで水の流れは変わる。この原理を利用した昔からのノウハウを、治水目的でも河川環境の生態学的な改善のためにも使っていくわけである。伝統工法を使ってもっと強い構造にしようすれば、川底に十分根入れをとつて粗朶を敷き木枠を組んで詰め石をするなどの方法をとればよい。

当日の現場では、次に高水対策として水衝部の護岸基礎を護るために、その3個の石の直上流で、少し岸寄りに頭部をもつ石出し水制を設けた。使った石は1~2トンクラスの巨石であったが、高水時に流失しないよう各石を基本的には長軸を水平に保ち、いわゆる石積みの禁手である重箱積みとならないよう、積み石の谷に上の石の重心を落とすように積み上げていく。この石の群体構造によって、水制の上流側の流れを受け止め、その先端部に速い流れを発生させ、下流側つまり法面崩落個所の前面に緩流水域を作り出した。

これらの治水対策を兼ねた装置は、同時にその直前の状態よりも広い範囲で水面に多様な流れを誕生させた。その結果、砂やシルトなどの細かい材質に広く覆われていた河床から、投石の周辺や水制先端部などの領域において玉石や砂利が現れ、明らかに元より活性度の高い川に変化していく。河床環境に多様性が戻れば、藻類や昆虫類などの底生生物の種も多様性を取り戻し、食物連鎖により上位の魚類や鳥類の生息条件をも高めることにつながっていく。その結果がうまくいって、3週間後のこの現場にアユが群れていたのだろうと思われる。

どこの河川でもこのように良い結果が出るとは限らぬ

いが、土木工法で河川の生態系の復元を図るという考え方と技術のあり方については、基本的な事例として示すことができたと思う。

2. 生態系の復元を図るということ

1)近自然工法との出会い

今や「生態系を復元する」ということは、地球規模で全世界が取り組んで、あるいは取り組もうとしている命題である。スイスやドイツで出発した Naturnaher Wasserbau(筆者らは“近自然河川工法”と訳した)という土木工法は、1970年代のそうした運動の中で生まれたもので、土木の専門家が生態学や景観などの異分野の専門家とともにプロジェクトチームを組んで開発にあたった。

その思想はそのドイツ語の用語自体の中にも込められている。つまり“Natur”は「自然」と訳すと同時に第一義的には「物事の本質」という意味で“naher”はそれに「近づける」の意、“Wasser”は「川」であるが第一義的には「水」で“bau”は「建設」という意味である。合わせて「自然に近づけていく河川工事」となるが、第一義的には「人間が奪っていた自然界の営みを、河川や湖沼では水の本質である生命を育む力を取り戻させる建設工事」ということになる。そして「その目的を達成するためには人間の技術を必要とするが、最終は自然界自らの回復力を待たなければならない」という考え方方が示されている。

わが国の“多自然型川づくり”という事業も、本来はそこから出発しているのは間違いないが、この約10年の経過を見ると、その本質的な視点の異なる事例がかなり多い。例えば、それらは人間にとて好ましい動物や植物だけを生かす手法であったり、またこれまでのコンクリート構造を土や石またはヤナギなどの自然素材に変えただけといったことなどである。これは日本とスイスやドイツの担当者が持つ「生態系」という概念の違いだけでなく、その生まれてきた時代背景も異なるように思える。

この10数年前のわが国は、経済や環境面で国策的に大きな転換期であった。それはつまり、明治以降、近年の高度経済成長期にかけて、わが国は国民生活の安全と経済発展を目指した国土開発を優先し、近年やっと周りの環境を見渡せる余裕が生まれていたところである。例えばコンクリートで固めてしまった河川では、親水護岸や環境護岸という、人々が潤いや憩いを求める環境を再整備しようという動きが起こっていた。階段護岸や護岸コンクリートへの絵画タイル張り、また魚巣ブロックなどの装置整備である。そうしたところへ、1986年にスイスからの近自然工法の情報が入ってきたわけである(1988:NIRA水研究会)。

この情報は自然保护に关心のある人達ばかりでなく、

河川はもとより土木関係の多くの専門家にも最初から多大の共鳴や賛同を得た反面、ヨーロッパと日本の主に自然条件の違いを理由に、最初から無視するだけでなく反対する人達もいた。そうした中で1990年、建設省から全国に向けて“多自然型川づくり”的通達が発表された。それがきっかけで、その後、実に多くの人達がスイスやドイツを訪れ、またそれぞれの得た資料や感じ取った経験で、さらに日本の国内にさまざまな情報が伝えられていった。その情報の中には、世界の環境先進国では、生態系の復元という命題は単に河川だけでなく、土地のすべての領域にわたり、地域や国家単位で取り組まれているという現場の情報も含まれていた。因みに真の工業先進国というのは、今日では環境先進国のことである。

そして1997年、百年ぶりの河川法の改正が行われ、その目的に自然界の生態系を保護し復元していくべきことが明記された。

2) 土木技術者と生態系

この建設省から“多自然型川づくり”的通達が出る前後から、ずっと研究と実践の進んでいた地域では、今日、ヨーロッパの先進国にも劣らない思想と技術で、わが国の風土に合ったすばらしい現場を生み出している。しかし、それでもこの新しい河川工法の概念は、全国的にまだ多くの人達によく理解されているとはいえない。情報すらほとんど入っていない地域もある。

それはこれまでの土木公共事業が、あまりにも全国一律に標準的でありすぎ、それに数10年以上も携わってきた人達の中には、その変わりように付いていけない状況があるかも知れない。しかし、ここで我々がお互いの立場や考え方を主張しようとも、一つ最も注意しておかなければならないことがある。それは、我々は未来のために、この地球のそして地域の「生態系の復元を図る」という、世界中で共通した目的に向かっているのだという認識だけは持っておくことである。

実はその認識のし方でも大小の問題があると思うが、ごく基本的なことで筆者がこれまで感じたところを整理しておきたい。

我々の多くは、この生態系という言葉の概念をあまり明確にしていないようであるが、ここでその各論はさておき、短く『特定立地における非生物と生物とのやりとりで成り立っている関係』と表現しておく。この地球上にはあらゆる地域で固有の地圏・大気圏・水圏の生態系が育つ特定立地があり、これらが地球規模から地域規模にいたる地殻や気候の変動の歴史を経験して、種の絶滅や誕生を繰り返し今日に至っている。それをいま我々人間は、地域でもまた大きく地球規模でも破壊してきたわけで、その破壊した生態系を国際協力のもと、それぞれの国で国家戦略として地域単

位に復元していくことが約束されている。

しかし共通した目的は見えても、そのやり方は一見バラバラである。それは当然のことで、地域によって特定立地は異なり、その生態系の歴史、その生物相、またはその人為改変度は異なるからである。従って、例えばスイスとドイツで同じ目的や思想で新しい川づくりが行われても、そこに描かれる新たな河道や構築物のイメージ、または用いられる工法は異なるのが当然である。

それを理解しようとせず、スイスの近自然河川工法は石やヤナギを使い、水制や枠工などの日本の昔の伝統工法を使っているとか、ドイツの多自然型川づくりはコンクリート護岸を壊し堤防を緩傾斜にし、または氾濫原を広げ昔の蛇行河川を復活しているとかの表面だけを見てしまうと、こちらがスイスのやり方、あちらがドイツの川づくりということになり、あげくがどちらも日本では使えないという議論を果てしなくやることになる。

生態系という地域独自に存在する自然界の不可視の関係をどう復元するか、土木技術者をはじめ関係者の見識が問われている。それを克服する技術を考えるのが課題であって、固定された技術が先にあるのではない。

3. コンクリートと石とヤナギと

新しく河川法が改正されて以来、河川工事では護岸にコンクリートを使わない、または見せないという方針がうたわれ、伝統工法の復活や、コンクリート構造は土や植物で覆うことが推奨されている。言うまでもなくコンクリート本来の特長は、現場で型枠を組みこれにセメントと骨材を水で練って流し込むことにより、容易に一定以上の強度で大型構造物を短期間に施工できることである。例え一時的に極端なコンクリート否定がなされても、このメリットをいつまでも全面的に否定することはできないであろう。

今、コンクリートが指摘されている問題の本質は、とくに自然河岸の水際が本来有していた多孔質な環境を、河川護岸や道路擁壁が完璧なまでに平滑に無機質化してしまったことである。この水陸境界部へのダメージは、その両方の環境に生きる生物相、とくに生態ピラミッドの底辺を構成する層には決定的ともいえる。この欠点を救うのは、そのコンクリートにかつて駆逐された伝統工法である。決して治水の効果が劣っていたわけではなかったのである。コンクリート構造の脚部にこの伝統工法の補強をすれば、本体の安全性も著しく高まる。

しかし、久しく顧みられることのなかったこの伝統工法は、それを残し伝える遺構や技術職人も、全国的に少なくなってきた。それでも幸い地方によっては、現役で機能している河川施設や構築物がわずか

でも残っており、またその技術を保有する人達も発掘すればまだいる。高知県では平成11年3月、県庁内の横断的な呼びかけで、「昔ながらの川づくり」ワーキング・グループを結成し、府内外で関心のある人達にも参加を呼びかけ、伝統工法の発掘やそれらの今後への応用について検討し、実際にそれらを現場で再現させようと努力している。

ところでこの約10年、全国でも多自然型川づくりの進んだ地方では、そうした水制や柳枝工などの伝統工法が復活され、次々と新しい現場に応用されており、地域にそれらの技術が蓄積されていっている。それらが発展するための条件は、昔の優れた技術と、近代の工学および技術の成果を合体させることによる試行錯誤である。

例えば水制や護岸に、今日では治水上の安全面から大量の巨石を使うことがある。大型の建設機械がそれを可能にする。それに対し藩政時代は、高水や地震にも強い城石垣の高度な構築技術で対応していた。とくに間知石が工夫される以前の野石や割石を使う日本独特の技術が、歴史上で最高の完成度を見せるのが戦国時代末期から江戸時代初期にかけてで、その構築様式で築かれた河川護岸が、いまも現役で機能している例を九州や中国地方に見ることができる。

現在は石の重量で安定性を検討するため、大きさが一様でときに巨石ばかり集まることが多い。巨石の採集にはまた別の場所の自然を破壊することもある。伝統技術から学び、大小あるがままの野石を使っていくのが今日の川づくりの目的に合っている。道路や敷地造成工事など、他の土木現場で発生する良質の大小の石や巨石を常に選別して残し、河川工事用に廻すシステムづくりも検討される。

またコンクリート以前の木質系材料では、昔ながらの丸太や角材、生きたヤナギの枝などが再登場している。松丸太は、いつの時代も主に水中で半永久構造扱いであった。しかし今日の時代は、堤防や護岸の法覆い工を生態学的な方法で、また同時に目的のうえからも、その方法で施工する技術が要請されている。生きた植物を植栽しその根系が治水上のはたらきを十分果たすようになるまで、この木材が土留め用の杭柵や枠として機能するシステムも試行されている。スイスやドイツでは、こうした植物のもつ性質を活用し、また植物の生命を生態学的に維持し持続的に生かしつつ、そして同時に護岸や法面保護などの材料として人間が利用していく研究が進んでいる。それは土木生物学(Ingenieur biologie または Bau biologie)とも称する領域で、生物を人間の生存のために活かし、または加工する工業的な研究とは異なるものであろう。高知県では既に「木の香る道づくり」という事業で道路工事にこの手法が登場しているが、今後、長期に

わたりそれらの生態学的な視点からの調査データをそろえていくと、新しい時代の有用な研究となりうるに違いない。

4. 維持管理について

1)生態の専門知識を持つ作業員

生態系を復元する目的の河川事業であっても、植物とくに高木や樹林の成長はどこかで治水上からその限界を設けなければならない。現在、建設省ではこれまでの植栽基準を大きく見直しているが、その植物の成長から動物のビオトープに発展していく段階を維持管理していくときには、従来の管理の考え方や手法を改めると同時に、専門知識を持った作業員の養成やさらに地域住民の協力を必要とするなど、従来の方針とは基本的に異なる新しい視点を持っておく必要がある。

これまで河川の「管理」といえば、河川が治水・利水の機能を發揮するよう諸施設の能力を一定基準以上に「維持」し、「点検」する作業という意味合いである。それに対し、新しい時代の「管理」は、生態系を復元するために準備した装置がその後も合目的的に機能するよう「維持」し、また「点検」して、時には元の装置の形態を変更し、あるいは予期しなかった自然遷移を受け入れて新しい生態系の復元を待ち、その状態が持続的に自己維持(self maintenance)できる段階に達した後は、河川の治水上のはたらきを阻害しないよう「点検」しつつ、動物の生態も含めてその発展的遷移の状態を「維持」するという、「自然との対話による持続発展的な作業」という概念になる。

建設省九州地方建設局での河川技術委員会管理部会では、そうした多自然型川づくりにおける「植生と管理」に関する概念を次のように発表している(1998.10.22 土木学会)。『多自然型川づくりでの植生の管理は、生態学的な環境の保全・創出と河川施設の治水・利水という2つの目的の上から、植生の繁茂と管理の時間的な関係で捉えることができる(図-1)』。

図のA段階とは、工事完了時点から初期目標の環境ができるまでの通常は数年間であろう。この時点では環境の創出が重点目標である。B段階はその後の環境の維持および治水・利水面からの管理段階で、基本的に永続する。同じく図の①は、工事完成後から水の流れや土砂の動きを見て、目標とする環境に向け植生の遷移を助けるための管理である。②は治水・利水上で支障のある植生の繁茂や、土砂の堆積などの対策を講ずることである。従来は②の管理だけであったが、今後は①の管理が欠かせない。なお②の管理は、今後は必要に応じ専門家の指導の下に行うことも考えられる。』(以上要約)

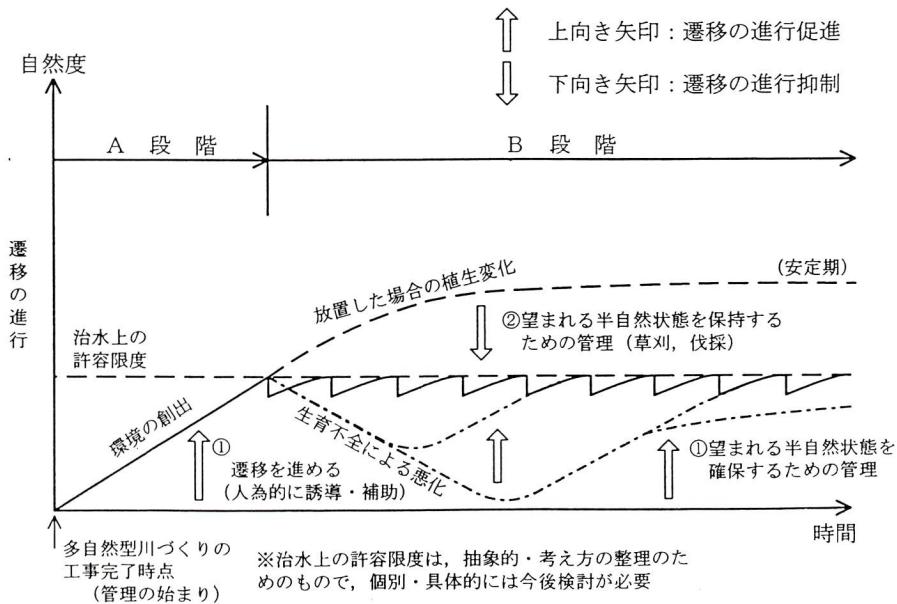


図-1 河川における植生と管理（多自然型川づくりの場合）

※土木学会 環境システム研究論文 発表会(H.10.10.22.)資料より

因みに、スイスで河川や湖沼などの水辺、または道路や公園などの緑地の維持管理をしている現場の作業員の人達は、常に植物や動物につき一定以上の生態学の教育を受け、その目的をよく理解しつつ作業を行っている。

2) 河川管理と技術の鍛磨

現在の多自然型川づくりの現場では、かつての伝統工法を経験した人達が少なくなり、多くの人達が未経験の工法で設計したり施工しているため、安全率を高めるために過剰防衛をしたり、あるいは予測が甘く設計で意図した目標とは全く反対の結果が出ることもある。当面これらは失敗事例として扱うのではなく、その教訓を次の現場に活かせるよう情報を整理していくことも、新しい管理の仕事であろう。

例えばコンクリート護岸の表面に土砂を被せ、これを見せないようにすることが通常に行われるようになっている。しかし、コンクリート構造が必要なのは、基本的に水衝部などの水当たりの強い場所である。そうした箇所でこれまで土を被覆したあと、洪水で剥離された現場もあり、何の被害も受けていない現場もある。前者の場合は、条件が厳しいにもかかわらず被覆土を裸地で無植生のままにしたり、また植物で法面保護をしてあっても、その上流側や下流側に固いコンクリートや石積みの旧護岸などがあって、これに直接擦り付けた場合などによく起きる現象である。

植物による法面保護の効果や、植物の成長段階に応じた引き抜き抵抗力などの研究は、スイスやドイツな

どでは土木生物学の分野でなされている(クリスチャン・ゲルディー, 1988:環境情報科学)。わが国でも同様の研究はあるが、われわれはその成果を期待するだけでなく、それらを基礎として現場での豊かな経験や着想で新しい川づくりに携わる必要がある。どの工法にも言えるが、現場責任者はとくに河川では法面崩壊については敏感で、原因を究明せずに失敗と考え易く、以後そのやり方をすべて否定することがおこる。そうすると、この多自然型川づくりの発展はない。維持管理ではそういう失敗の原因を調査しつつ、それをどう改善していくかを研究しつつ補修していくべきである。

また水辺に淀みや淵を形成させようと水制を設置したところ、土砂が期待しない所に堆積して失敗したということもある。そういう場合、明らかに平面計画上の設計ミスによることが多いが、治水上に問題がないと通常はそのまま放置される。しかしどくに水制は日本古来からの河川工法で、この技術は昔から河川技術者にとってその能力を最もよく發揮できる舞台の一つと言われている。時代を担う若い技術者を育てる上からも、作られた装置のその後の影響・効果を調査して、場合によってその装置の手直しをするなど、維持管理の面からも終始柔軟で一貫した方針を持ちたい。水制の手直しは経費がさほどかからないことが多い。

護岸水制技術鍛磨の意義として高橋裕(1990:河川工学、東京大学出版会)は次のように述べている。

『護岸水制の技術は、河川技術者にとってその能力を最もよく発揮できる舞台の1つである。換言すれば、

この技術駆使において、現場技術者の資質が問われる所以であり、中略～護岸工法を適切に設計施工するには、河相、すなわちその川の特性を変化の過程に注目して把握することなくして不可能である。この技術を磨くには、必然的に常日頃、河川現場を直視しなければならない。換言すれば、書斎技術、実験技術はその補助にはなるが、それのみでは、この技術を高めることはできない。護岸工法技術を理解することは、たとえ自ら工事を実施しなくとも、河川を技術者として見る目を養う恰好の手段である。』

5. 流域の生態系復元に向けて

ところで河川の生態系復元というわが国の「多自然型川づくり」事業が目指している目標は、本来は地球規模の環境問題という視野で、ローカル単位にもっと流域の森や農村さらに集落や都市の中で一体として取り組むべき命題であるというのが、今日の国際的な常識である。スイスやドイツではその取り組みとして、自然の残された林地や沼地など、いわゆる野生の多様な生き物の生活空間であるビオトープを、生態学的に保全・拡大し、それらをネットワーク状に小川や道路緑地または防風林などの線状の環境で結び、そして面的に広げていくという事業が早くから進められている。

このビオトープをネットワークで結んでいくとする時、流域単位でとくに河川が重要な役割を果たすことがわかる。人工的な開発の手が大きく入った地域では、例え農村であっても自然の生態系は至るところで分断され、これらを部分的にでも修復しそして線状に繋げていくということは容易ではない。しかし、河川は人工的に改修されていても、水の流れる河道は一貫して、流域を網目状に水源山地から河口にかけて連続している。またその河川敷は国や地方自治体で管理されている。従って、ここに新しい河川法において、これを生態学的に改善していくことが明確にうたわれたことは意義深い。

その河川に次いで、生態系の復元に大きな役割を果たすのは森林や田園であろう。ドイツ語の文化圏では、河川や森林に農地を含めて人工化されてない自然を中心とした地方を“Landschaft”と呼び、集落として開拓した土地を“Siedlung”と呼ぶ。そしてスイスで近自然工法を生んだチューリッヒ州建設局では、その地球規模の環境問題をローカルに捉えた具体的な運動指針として、小冊子“Mehr Natur in Siedlung und Landschaft”(1985)を発刊している。“Mehr Natur”とは「もっと自然・本質に」という意味で、そこには「身近な町中でも郊外の農地や開拓地域にももっと本来の自然を復活しよう」というさまざまな取り組み方が解説され、土木や建築での近自然工法の基本概念が紹介されている。この小冊子は日本語版で“まちと水辺に

豊かな自然を”(リバーフロント整備センター,1990:山海堂)として出版されている。

この“Landschaft”という概念は、今日のドイツ語で「風景」や「景色」という意味にも使われるが、上記の小冊子が指すのは明らかに「自然を中心とした地方」の意味である。しかし、「景観」という意味で使われる場合でも、それは本来、「自然や農村の風景」のことを指し、また都市の中では「川や公園の森の風景」のことを指している。従って「農村の景観」というと、「人工と自然の形や色彩で構成された風景」という意味合いもあるが、第一義的に景観生態学の立場から「自然界と農業が共存するその土地の生態系により構成された風景」つまり「生態系の集合体」ということになる。

その概念の下に、「農村の景観保全」という今日の重要なテーマが登場する。そのときのスイスでの基本思想の特徴は、工学的または技術的なデザイン以前に、やはり「土地本来の大気・水・土壤のはたらき、そして植物と動物の関係を復活する」ところから始まることがある。これが“近自然 Landschaft”つまり“Naturnahe Landschaft”という概念の基礎になる。そしてこの概念が農山村の地域振興に登場するとき、スイスでは自然界の営みを復活し保全を図るだけでなく、人間の生活や経済活動もその自然本来のはたらきの中で活かそうということになる(Alfred Gerber,1992: Umweltbewusste Berggebietsförderung)。そうした持続的な発展を目指した中山間地方や農村の具体的な振興プロジェクトを、筆者は12年間見てきた。まもなくその報告書を作成する。

わが国では、21世紀の新しい全国総合開発構想に登場する“多自然居住地域”という概念がこれに近いものであろうが、これもそうした地球規模での国際的な動きを視野に入れて討議しないと、重要な視点がぼかされてしまう恐れがある。

6. 終わりに変えて

以上のようにスイスやドイツでの近自然工法は、既に自然界のシステムと人間の社会経済のシステムを統合する「地域開発」というカテゴリー(Messerli,1978:Integrated model of a regional ecologic-economic system)の下でも研究されている。(図-2)ここでそれらを紹介するのは本筋を離れるので別の機会に譲り、最後に河川とともに大いに関係のある森の生態系復元のスイスでの取り組みを紹介をしておきたい。

カール大帝(742~814)の時代には、ヨーロッパ大陸の2/3はまだ広葉樹の原生林に覆っていたが、その後の入植と農業のため12世紀には既に1/4にまで減少し、続く数世紀も収奪的な伐採が繰り返されたという。やがて18世紀後半に近代林業が導入され、ドイツの森は林業生産を主体に管理された人工林が育

てられたが、一方のスイスでは生態学的な森づくりが実践されている。そのスイス林業の基本理念は「造林の効果は林内の土壤と気候が永続的に利用できる状態にあること」(アルフレッド・ギュルノー,1825-98)とし、自然に近い森づくりをしつつ択抜方式で材木を育てている。この一見、非効率的な方式は今日「いずれ避けられない、自然災害などで出るリスク費を森林経営の経理に算定すれば、生態学的な林業の優越性は明らかである」(Hermann Graf Hatzfeldt, 1994: Okologische Waldwirtschaft)と評価されている。そして「エコロジーは長期に見ればエコノミーである」(同)という。

このスイス林業の考え方は、まさに21世紀に予想される地球規模の環境問題に対し、今日の我々の見習うべき課題が示唆されている。しかし、このスイスの森からも、昆虫や鳥や哺乳類など多くの動物が姿を消している。かつての生態学的な林業は、林縁部への配慮がなかったからだという。そして1970年代からの「近自然」運動で、河岸線と同じく林縁の重要性を再認識し(鳥類学者は以前から指摘していた)、ここに本来の自然に近い灌木や草本類の生育する環境の復元が始まった。林縁部での近自然も河岸線と同じく、人間の手と自然の復元力の協同作業で、自然界では風や、昆虫や鳥などの動物たちが主役である。一方で林内の土壤環境を護ることは、昔からスイス林業の基本である。乾燥や人間による踏み圧から護ると同時に、湿地帯の保存や、腐食木や枯死木をそのままに放置することがうたわれている。これらは生態学的

な効果として、生態ピラミッドの底辺や下層部の多様な生き物を育み、そして物質収支面からは水を貯留し林内気候を安定させる。さらに腐植土を通過する水には植物・動物に必要な金属などの栄養素がこれに溶かされ、川を通じて海にまで運ばれる。そこには水源の森から海までの、物質と生物の一大循環システムが形成されている。わが国でもそのシステムの復元の研究(松永勝彦,1998:森林起源のフルボ酸鉄がコンブやワカメの成長に果たす効果)とそれを実践する運動が全国的に広まっている(畠山重篤,1994:森は海の恋人)。

そうした思想のもとに、森の中での近自然工法が生まれてくる。共通する点は用材にその土地の自然素材を使うことである。近年のコンクリートや金属はとくに耐久性の面で多用されてきたが、その耐久性に劣ることで逆に木材が有利になることが特徴である。その耐久性は材質や使用場所により10~50年、水中で100年以上と一定ではないが、それぞれ違ったメリットが評価できる。10年前後の耐久性でよい場合は、例えば法面保護に間伐材や粗朶で枠や柵を組みそこに潜在植生のポット苗を植栽すると、この間伐材は苗木の台座となり、微生物や昆虫により腐朽して土壤になる。そして構造として強度を保てなくなるころ、苗木の根系が成長して法面保護の主役を交代する。高知県では四万十川流域を皮切りに“木の香る道づくり”事業としてこれに取り組んでいる。

この間伐材などの植物材料を使うことは、生産の場でも使用される場所でも、生態学的な環境を持続させ

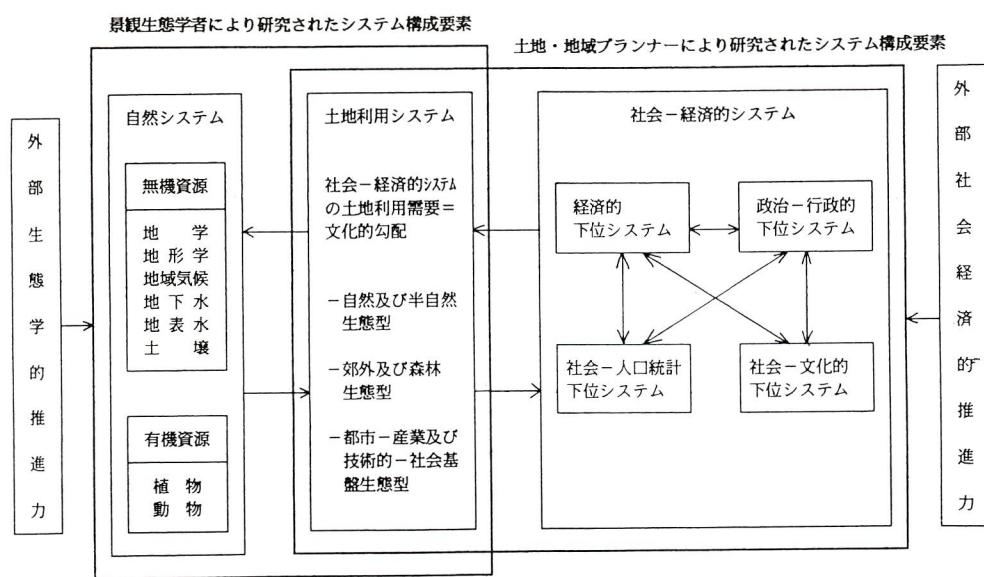
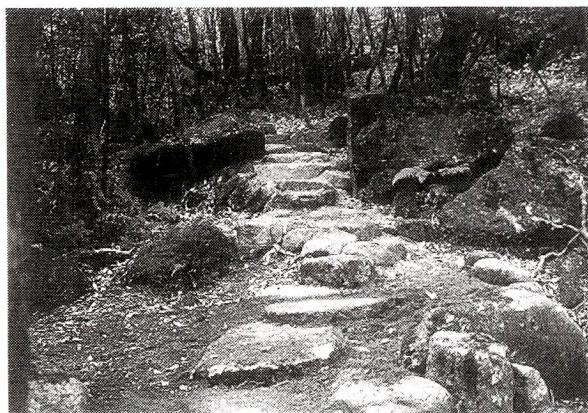


図-2 生態学-経済学的地域システムの統合モデル

るばかりでなく、経済的には中山間地域の林業経営で潜在的な資源開発となり、並行して農閑期での公事事業は地域社会の活性化にも貢献する。粗朶を生産するかつての広葉樹林が復活すれば、自然界の多様な生き物たちも帰ってきて、地域や都会の人々にとつても憩いの場所になる。木漏れ日の射す林の中から、昔の里のどかな風景が見えてきたところで、この原稿をこれから農村景観の生態学的な修復と保全という課題にも繋いでおきたい。



鹿児島県屋久島。試験施工できあがった近自然登山道。世界遺産に登録されて以来、観光客の集中により荒廃が進んだ登山道を再整備し、さらに周辺の自然環境の保全を図ろうとするもの。材料は現地にある自然素材のみを使用し、道具を始め工法まで、各種作業には伝統技術が用いられた。

高知'98水害と伝統的多自然型河川護岸



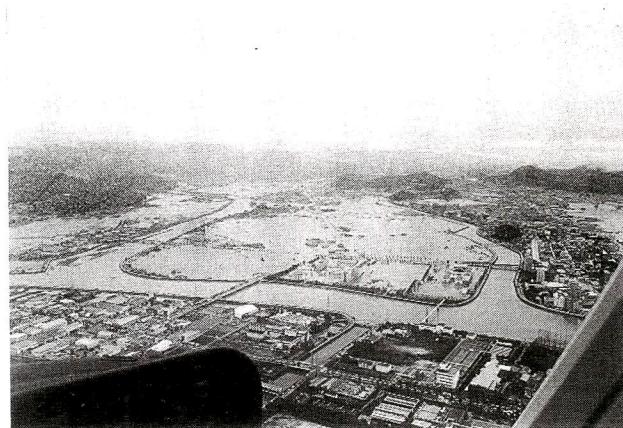
高知工科大学・社会システム工学科 村上雅博*、岩貞光祐*、佐々木慶太**
高知大学・農学部 松田誠祐***、大年邦雄***
高知県・土木部・河川課 池澤禮司****、藤原一司****

1. 高知'98 水害の概要

平成10年9月24－25日にかけて、秋雨前線の影響により高知県地方は県中部を中心に記録的な豪雨となつた。南海からの暖かく湿った空気が前線に向けて流れ込み大気の状態が非常に不安定になつたため、各地で雷を伴つた土砂降り雨が継続し、県内各地で土砂崩れや家屋浸水などの被害が続出した。水害が集中した高知市では24日午後9時からの一時間雨量が112mm、同日の日雨量が628.5mmといずれも高知地方気象台の観測記録を塗り替え、市内の各所で浸水被害が続出した。高知市東部では午後10時すぎに国分川中下流部の堤防の越流が始まり、真夜中に混乱する中を住民が避難を始めたが、至る所で道路が水没して車はあちらこちらで立ち往生、信号機や電話通信回線も使用できず、不安な一夜が明けたときには水没した県都の悲惨な状況を目前にした(図-1、写真-1参照)。県都の大規模な水害は昭和51年の台風17号災害以来22年ぶりという時間の空白と油断の一角をつかれた、今回まさかという悪夢の再来となつた。

高知県対策本部(平成10年10月22日)によれば、県内の水害被害は死者8人、床上浸水13,442戸、床下浸水10,235戸、公共施設等被害は686億円である(表-1 参照)。JR 土讃本線も各所で寸断され、繁藤-土佐山田間の路線復旧は年末までを予定している。広範囲に及んだ浸水被害のため、市内の交通が全面的にマヒし、水が引いた後もゴミで埋まった道路をかきわけるように復旧を行わざるを得ない状況であった。

洪水被害が大きくなつた理由のなかには、河川改修や下水道整備事業を進めるなかで予測を超える緊急時



(平成10年9月25日、早朝、高知県警察本部撮影)
写真1 高知'98 水害、県都水没

の危機管理や救援体制を整備するシステムが出来ていなかった上に 22 年間の水害被害のない時間的なブランクという人が陥りやすい油断の隙をつかれたこと、特に避難を開始する瀬戸際のタイミングには通信(電話)回線が機能せず(もちろん携帯電話もダメ)災害現場は情報欠如のためにパニック状態に陥っていた(村上 1999, 大年 1999)。

一方、県内外から多数の水害ボランティアが被災現場で活躍し、地元の報道や行政機関が水害の被害状況を敏速にインターネットに公開していくことなど、過去の水害の経験では見られなかつた新しい情報社会の動きが出始めている。

*高知工科大学社会システム工学科 〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町宮の口 185 <**物質・環境システム工学科>

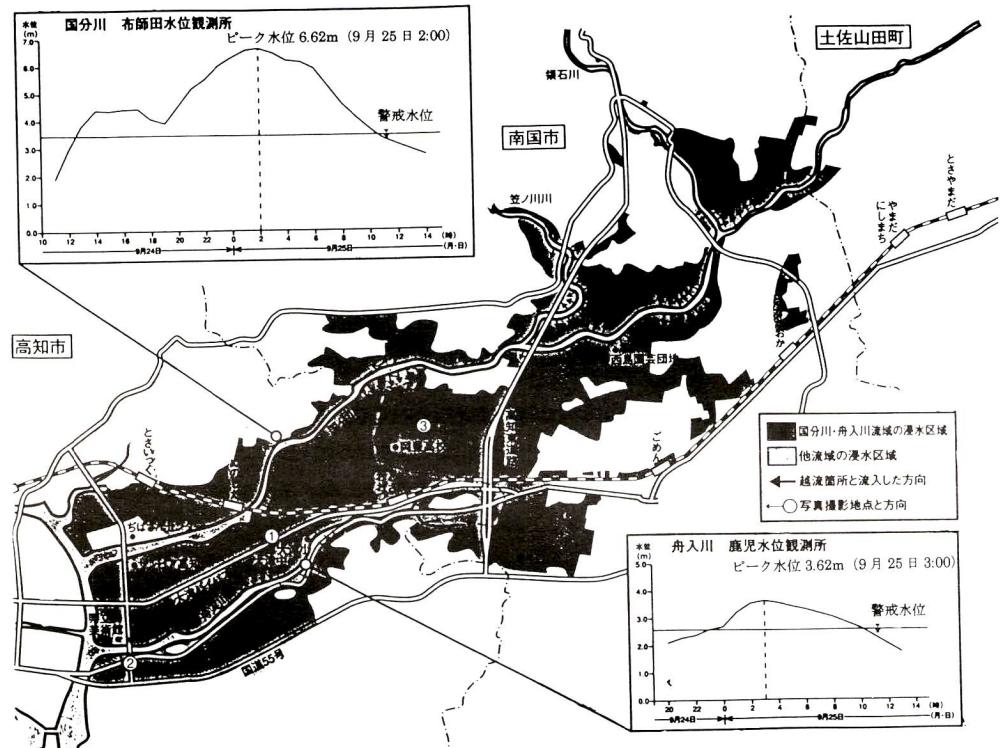
Tel:08875-7-2418, Fax:0887-57-2420, E-Mail: gahaku@infra.kochi-tech.ac.jp

***高知大学農学部 〒783-8502 高知県南国市物部乙 200

Tel:0888-44-0111(代), Fax:0888-64-5198, E-Mail :matsuda@ee.kochi-u.ac.jp, E-Mail :disaster@cc.kochi-u.ac.jp

****高知県土木部河川課 〒783-8570 高知県丸の内 1-2-20

Tel:0888-23-9840, Fax:0888-23-9129



(高知県土木部河川課資料, 1998)

図-1 高知'98 水害の浸水マップ(国分川・舟入川の浸水状況)

表-1 公共施設等被害

市町村	人的被害				住宅被害					非住家被害	
	死者	行方不明	負傷者		全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共施設	その他
			重傷	軽症							
人	人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟
高知市	7		2	8	15	8	11	12,027	7,653		9
土佐山田町	1				4	5	24	56	175		
南国市					1	3	15	679	937	25	99
春野町				1	2		5	280	322		
その他	0	0	1	1	2	4	20	400	1,148	4	15
合計	8		3	10	24	20	75	13,442	10,235	29	123

資料：高知県災害対策本部(1999)

表-2 高知県の水害記録（昭和45年以降）

高知県	高知市
昭和45年 台風10号 (1970年8月21-22日) 県中央部の被害: 死者12名、床上浸水5,363戸 最大瞬間風速54.3m/秒(高知)、満潮と重なる	昭和45年 台風10号災害 (1970年8月21-22日) 死者3名、床上浸水3,954戸、床下浸水5,694戸
昭和50年 台風5号 (1976年8月16-15日) 県中央部: 死者72名、床上浸水12,564戸 雨量: 119mm/時間 <鏡村・柿の叉>	昭和50年 台風5号災害(1976年8月16-15日) 死者0名、床上浸水3,888戸、床下浸水6,304戸
昭和51年 台風17号 (1976年9月12日) 高知県中東部: 死者6名、床上浸水11,720戸 雨量: 525mm/日、 97mm/時間、 27mm/10分 高知市(鏡川)の氾濫	昭和51年 台風17号災害(1976年9月12日) 死者3名、床上浸水11,720戸、床下浸水20,433戸 雨量: 525mm/日、 97mm/時間、 27mm/10分 年間降水量の49%、高知市(鏡川)の氾濫

2. 高知県の水害

高知県の水害の多くは台風や梅雨前線による豪雨に起因するものが殆どであり、今回のように秋雨前線が原因となり甚大な被害を与えた例は過去にない。過去の主要な水害は台風によるもので、1) 昭和45年台風10号では最大瞬間風速 54.3m/秒(高知)、満潮と重なったため、県中央部の被害は死者12名、床上浸水5,363戸、2) 昭和50年台風5号では県中央部<鏡村・柿の叉>で時間雨量 119mm の記録的な豪雨となつたため、死者72名、床上浸水12,564戸、3) 昭和51年台風17号では高知県中東部に豪雨が集中し日雨量 525mm、時間雨量 97mm、10分間雨量 27mm を記録したため県都高知市(鏡川)が氾濫、死者6名、床上浸水 11,720戸、の水害を記録している。

高知市では、昭和45年台風10号災害で死者3名、床上浸水3,954戸、床下浸水5,694戸、昭和50年台風5号災害で死者0名、床上浸水3,888戸、床下浸水6,304、昭和51年台風17号災害で死者3名、床上浸水11,720戸、床下浸水20,433戸の被害が集中した。高潮と重なった昭和45年の台風10号水害を契機に高知海岸、浦戸湾に流れ込む鏡川と国分川などの下流部の高潮対策堤防を整備(50年確率)し、次に、昭和51年の県都高知市の都市型水害問題解決にむけて全国でも屈指の規模を誇る時間雨量 77mm 対応の雨水排水システム(下水道)を整備した。しかし、平成10年災害では防災都市の看板を打ち碎く記録的な豪雨のため、死者8人、床上浸水7,151戸、床下浸水16,910戸の被害が発生した(表-2 参照)。死者の半数以上が老人であり、水害弱者問題がクローズアップされたことも一つの新しい課題を与えている。高知県では昭和51年以降22年間にも亘って顕著な大水害が発生する機会がないまま河川の環境問題に大きな関心が集まるなかで空白の時間が過ぎ、行政側も住民側も自然災害に対する意識と関心が薄れ始めていったことは認めざるを得ず、まさに人間の油断というありがちな盲点を突かれた災害を経験することになった。

3. 高知'98水害の降雨・洪水特性

日本南海上から高知県中央部に流れ込む暖湿気は舌に似た「湿舌」とばれ、国分川流域に沿って局地的に雨を降らせる最悪の大気の動きとなった。雨壺となった国分川上流の繁藤では23日20:00時の降り始めから26日21:00時までの雨量が1,003mm、下流の高知市でも877mmに達した。

高知市で24日午後10時に時間雨量が112.0mmを記録したとき(図-2参照)、全国でも屈指の規模をほこる時間雨量77mm対応の下水道も排水能力の限界に達し、県都各所で浸水被害が拡大し、交通は完全にマヒ状態に陥った。真夜中に水没した道路を避難する途中、流水圧で吹き飛んだ下水道マンホール蓋の下の堅穴に落ち込み水死する事故も、緊急時の避難対策の盲点をつかれたかたちになった。

雨水対策を考慮した下水道が整備されていない高知市東部の国分川・舟入川の下流域は、地質構造的に地盤の低い沖積低地であり昭和21年の南海地震さらに地盤が沈下して海拔零メートル地帯が広がっている。

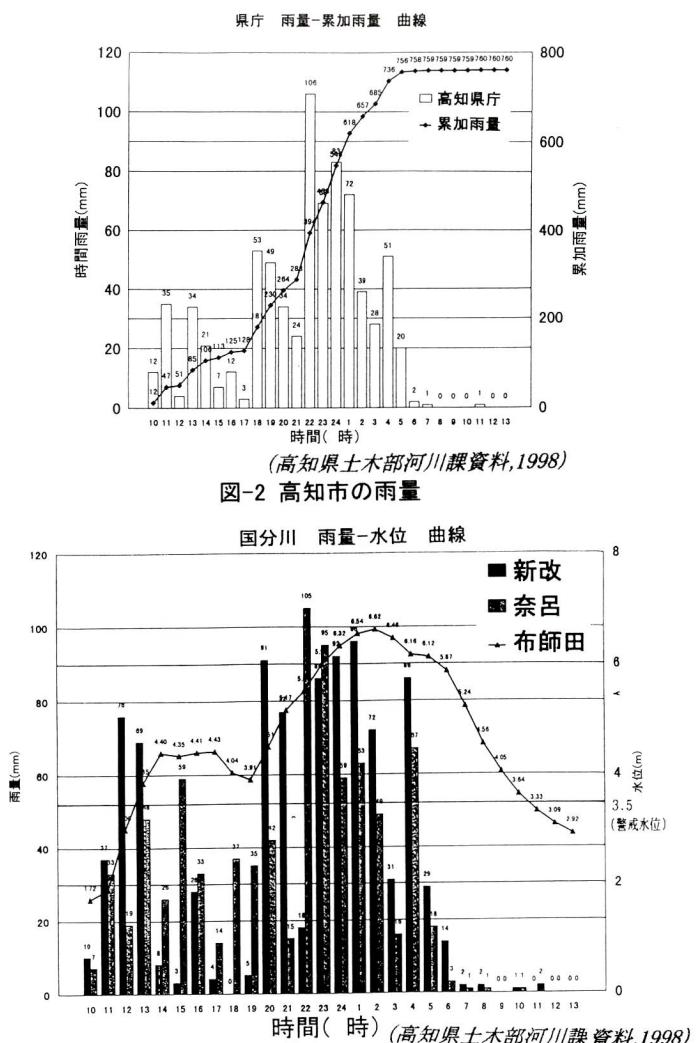


図-2 高知市の雨量

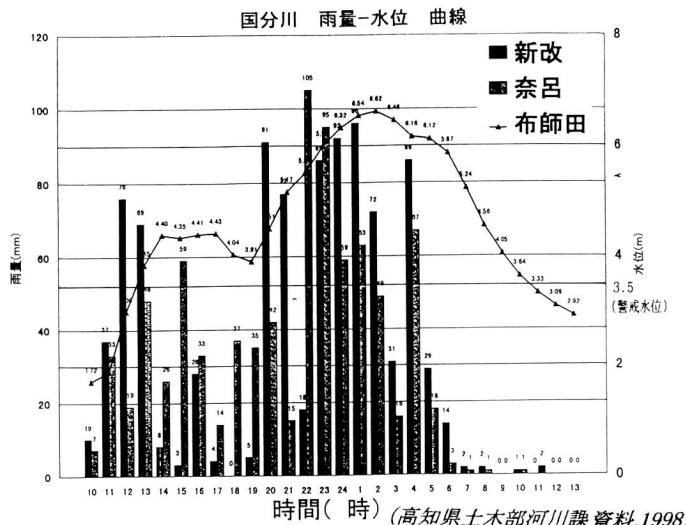


図-3 国分川の雨量-水位曲線

昭和45年の台風10号による高潮災害を契機に国分川下流には高潮対策堤防が整備されて治水の安全度は一段と高まったが、その後に急速に半スプロール化する

状態で進んだ都市化に対応する内水対策が配慮されていないため、中流部の堤防から溢水した洪水と地上の雨水流出が合わさって下流部の高潮堤防で囲まれた沖積低地に溜まり込み最大水深は3.5mを超えた(図-1参照)。同時に、国分川本川の水位も25日真夜中の2時には警戒水位の3.5mを大幅に越える6.62mまで上昇し越流寸前の状況であったため(図-3参照)、かろうじて機能していた布師田地点の農業用排水ポンプの運転を止めざるを得なかった。上流域<繁藤:総雨量1,003mm>の豪雨が国分川に集中し、中流域の各所に残っていた越流堰や霞堰を超えて氾濫するとほぼ同時に、下流平野部も記録的な短時間集中豪雨<高知市:一時間雨量112mm>にみまわれたため構造的な内水氾濫による浸水被害がかさなる、ダブルパンチを受けた状況であった。国分川下流の洪水ピークが真夜中にかけてのことであったり、平野部の内水氾濫のピークとがほぼ重なったことが被害を大きくしたが、洪水ピークが河口の満潮時とは重ならず、強風による影響(高潮)の問題もなかつたことから最悪の事態のトリプルパンチを受けることはなかつた。もし予測を超える最悪の事態が重なれば、国分川下流の強固な堤防が決壊しないという保障はない。

4. 水害特性

高知'98水害の地域特性は、過去の水害被害の経験、その後の雨水排水(下水道)対策と河川改修事業の進展、都市化パターンの相違が、高知平野の東部地区(鏡川流域の市街地・県都)と西部地区で被害が大きく異なつたことにある。

昭和51年の台風17号による深刻な水害を経験した高知平野西部の市街化地域(県都)では、鏡川と江の口川の河川整備と並行して高度な都市下水道整備事業(時間雨量77mm対応の雨水対策)を進めたため、計画降雨をはるかに超える時間雨量112mmに対しても浸水地域は広がつたものの相対的に顕著な被害には至っていない。

一方、東部地区は昭和45年の台風10号の高潮による浸水被害を契機に、高知平野で構造的に地盤標高が最も低くて(零メートル地帯を含む)浸水しやすい国分川と舟入川の下流部に高潮対策を基本とした強固な河川堤防整備が行われているため、堤防からの溢水は主に中流域(布師田から上流)未整備区間の数箇所の越流堤および霞堤からの越流である。

半スプロール化した市街化が進んでいる高知市東部は、都市下水道整備が汚水対策のみで雨水対策は未整備である。内水氾濫対策は旧来の基本的土地利用で

ある水田と農業水路の被害を防ぐための農業用排水ポンプ施設が主体で、今回のような記録的な豪雨と都市排水対策は計画対象外であり、都市排水対策は未整備となっている。

5. 国分川の治水と水害

国分川は高知県の中央部に位置し、香長平野西部を貫流し河口部において久万川、江の口川、舟入川等を合流し浦戸湾に注いでいる。流域面積は153km²、河川延長は21.5km、河川改修工事は昭和26年より着手された二級河川で、当初の計画では布師田地点の計画高水流量は800m³/sである。

流域の土地利用は旧来から基本的に農地(水田)であり、河川堤防の一部には越流堤や霞堤を含み(写真2,3参照)、洪水時には水田や畑の一部が遊水池の機能を受け持ち、下流の災害規模を軽減する工夫がなされている。すなわち、洪水を河道内部に押し込めるのではなく、流域への溢水・遊水機能と共に存を前提にした伝統的



(平成10年9月25日、早朝、高知県警察本部撮影)

写真2 浸水被害状況(低地部の建物の浸水)



平成10年10月1日(撮影:井上寛)

写真-3 洪水被害状況(出水後のゴミの山)

な治水方式が残っている河川が国分川である。一方、国分川下流に合流する舟入川は上流が物部川から農業用水を取り込む小河川で中下流からは排水河川としての性格を併せ持つ中小河川であるため、とくに都市化した下流域では内水氾濫には弱い構造をもっている。

昭和45年(台風10号)の破堤による浸水被害があつたことや、昭和47年の繁藤災害時の豪雨を契機に国分川の基本計画の見直しがあり、計画高水流量は約倍の $1,650\text{m}^3/\text{s}$ に改定された。

国分川中下流域と舟入川流域は構造的に排水が悪い低地地区であるにもかかわらず、昭和51年以降に大津バイパスが完成してから半スプロール状態で急速に都市化が進み土地利用の形態が農地から市街化地域へと大きく変化した。市街化が進むとほぼ比例して不浸透面積が増大し洪水流出のピークが速まり短時間集中降雨で氾濫しやすくなるが、堤防整備を軸にした河川改修には半スプロール化した市街地の雨水排水対策までは事業対象に入っていない。少なくとも、河川と都市と農業部門を管掌するセクター間の総合的な計画調整が今後の治水対策には不可欠である。

今回の洪水は計画高水流量 $1,650\text{m}^3/\text{s}$ を上回る $1,690\text{m}^3/\text{s}$ の出水があったため、国分川の中・上流部の植田地点で、右岸の堤防が百メートル弱決壊し、中流域の各所で支流を含めて堤防を越流した。破堤した溢水個所は農地であり家屋の被害がないため資産流出は最小限に止まった。最上流に位置する堤防決壊であったため、結果として植田地点の遊水機能が下流に対して被害を低減させる効果を生んでいる。国分川中流部の越流堤や霞堤による溢水は下流の周辺低地部に向けて広範に浸水し都市化が急速に進展していた高須、大津、一宮地区に甚大な被害を与えたが、逆説的に言えば結果として県都をひかえる国分川下流の河川堤防の決壊を未然に防ぐ効果には一部貢献していることになる。現実には国分川下流の防潮堤防左岸の布師田地点にフランプ・ゲートと内水排除のための排水機場が設置されている(4-5参照)。本川が警戒水位を超えて余裕高さのレベルに入るとピーク流量の一部はフランプゲートの堤頂を越流する。内水位が高まり本川の水位がゲート底部より下になると、今度は内水の水圧でゲートが開き本川に向けて逆流していく霞堤によく似た構造の洪水ゲート管理システムを組み入れている。

国分川(舟入川)激甚災害対策特別緊急事業は国分川と舟入川の計画高水流量 $1,650\text{m}^3/\text{s}$ と 270m^3 を河道改修と堤防整備を主体に総額280億円(国分川:11.98km, 196億円、舟入川:4.8km, 84億円)を投じて実施するが、河川改修と堤防整備には二つの基本的

な問題点を抱え込んでいる。

第一点は、280億円の事業費を投じて河川堤防を高くしても、確率計算上と今回規模の豪雨の安全性を確保しているにすぎなく、予測の及ばない異常豪雨が再び発生した場合に洪水被害を100%防げるという保証は全くないので、河川堤防に頼り切らない総合的な治水対策と住民参加型の危機管理を想定した防災対策が不可欠である。

第二点は治水目的の河川改修は構造的な強度や水理学的な流下能力に合わせる設計になりがちで、工事の過程で河川の生態・景観環境を破壊してしまう危険性がある。特に深刻な洪水被害を受けた直後は事を急ぐあまりに環境への配慮に欠ける河川工事をおこなってしまい、後に取り返しがつかない放水路が出来あがっていたということにならないためには、今何を考えるべきかを問われている。

河川法改正(1997年)を踏まえて、河川整備は大きな転換期を迎える、環境への配慮に欠けがちであった川づくりが基本的に見直され、新たな川づくりが模索され始める時代に入っている。現代の治水技術においては、必要不可欠な手法である高い強固な堤防の整備とともに、河川環境への配慮と水界生態系の保全が同時に求められている。近代的な多自然型整備とともに、日本古来からの伝統的な河川構造物を再評価した、新たな川づくりへの挑戦が必要であろう。



(平成10年9月25日、早朝、高知県警察本部撮影)

写真-4 国分川のフランプゲート

6. 高知県の洪水と多自然型護岸

高知県は、元来、台風の通り道である上に、太平洋に面し、降雨量は全国第二位の多雨県であため、昔から水害や土砂崩れなど、自然災害と常に隣り合うという宿命にある。今回、22年ぶりの大洪水で被害を受けた河川護岸の多くが昭和40-50年代の高度経済成長期に

かけて施工されたコンクリート護岸である。

一方、あまり被害を行けることがなかったコンクリートを使用しない歴史的な石積・玉石組み護岸は、根固め・沈床部も水流にさからわずにエネルギーを分散させるような空隙を保全する構造を有しているために、結果として多様な生態系と共存できるシステムになり、歴史的な景観構成は地域の自然と生活になじんでいることが多い。さらに、高知県は1980年代にスイスから近自然河川工法が導入され(福留 1994,1995)、早い段階から河川整備に多自然型河川工法が取り入れられてきた経緯がある(図-4、表-3 参照)。昭和60年代から急速に整備が進んだ多自然型護岸は表向きの目的が環境配慮に特化しているにもかかわらず洪水により大きな施設被害を受けていない。

全国的にこの10-20年間、大きな河川災害をうける機会が少なく、最近の10年間に整備の進んだ多自然型護岸の多くは洪水の洗礼を受ける機会がなかった。高知県は、平成9年9月の台風19号と平成10年9月の秋雨前線性豪雨により、各主要河川の基準点で警戒水位を超える出水が発生しており、洪水が多自然型護岸に与える影響を検証する機会をあたえている。以下に高知県内の主要河川の代表的な多自然護岸と洪水との関係を調べた結果を示す(四国の川を考える会、福留1994,1995)。



図-4 高知県の多自然型川づくり

6.1 四万十川

四万十川は、流域面積 $2,270\text{km}^2$ 、流路延長196km、中村市具同付近で、計画高水流量 $14,000\text{m}^3/\text{s}$ 、比流量 $6.09\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$ 、計画規模は1/50である(図-4 参)。

過去から氾濫を繰り返し、下流の中村市を浸水させてきた河川であり、最近でも1997年(平成9年)の台風19

号に伴う豪雨により、6.5mの警戒水位を越える、最大水位8.6mを記録した(表-3 参照)。

四万十川では、日本有数の清流を守ろうという、環境保全の意識の高まりから、早くから、自然景観に配慮しながら、多様な生態環境を守る川づくりが進められてきた。中村市井沢では、アカメをはじめ豊富な魚類が生息。治水上の安全性と深みを確保するため大型魚巣ブロックを使用。流れの少ないところはカワエビ、カニなどの生息場所となっている。高水敷にはキシツツジ、ナノハナ、ヤナギなど四万十川の植物を植え、周辺環境との調和を図っている。同市坂本では、内水面漁業が盛んな区域であり、成魚だけではなく稚魚の生態にも配慮して、魚巣ブロックの隙間に稚魚が身を隠せるように栗石を詰めるなどの方法がとられた。

6.2 仁淀川

西日本最高峰の石鎚山を源とする仁淀川は、流域の伊野町や土佐市で現在も盛んな土佐和紙をはぐくんだ川である(図-4 参照)。流域面積 1560km^2 、幹川流路延長124km、氾濫面積 44.6km^2 、灌漑面積 23.6km^2 、伊野付近で、基本高水流量 $17,000\text{m}^3/\text{s}$ 、計画高水流量 $14,000\text{m}^3/\text{s}$ である。昭和50年8月の5号台風では、当時の基本高水流量に匹敵する $13,461\text{m}^3/\text{s}$ を記録し、本川で用石堤防が破堤したほか、支流の各河川で内水被害が発生した。この災害によって、激特事業が採択され、昭和56年に事業は完了。その後、計画規模を1/100として計画改定がおこなわれ、現在の計画高水流量となっている。

仁淀川の河口付近の支流、宇治川では、短い草が一様に生えた直線的な河道を、約3割の勾配の法面を掘削して約2割の勾配とし、空石張りまたは、連結ブロックを使って、植石工を施したり、もしくは下の方に布団籠なども配置した護岸となっている。これらは、治水の安全性とか、または間詰めに土があって、生物の生息空間なども確保できるようにという効果を期待している。植石工を使った石は、均一的なイメージにならないように、40~200kgの石をばらけて使うなどの工夫がとられた。また、ワンドや瀬や淵などをあって、流れに多様性をもたせるようにしている(福留 1994)。

伊野町の仁淀川の河川伏流水は、地域の重要な給水源となっている。多自然型護岸の構造的な強度と安定性の要として設計される“根がため部”と“根入れ部”と伏流水(地下水脈)との関係について、生態系の保全とともに地下水環境に与える影響にも配慮が必要であろう。

表-3 高知県の多自然型川河川整備と洪水

河川名	河川区分	多自然型川づくりの特徴	最近の洪水発生年/月	洪水による多自然型護岸への大きな被災
四万十川	一級河川	近代的	* 1997年9月	
仁淀川	一級河川	近代的	* 1997年9月	
物部川	一級河川	近代的	**1998年9月	植生マットの剥離
片地川	一級河川(県管理)	伝統的	* 1997年9月	
国分川	二級河川	近代的	**1998年9月	

*台風19号 **秋雨前線豪雨

6.3 物部川

四国山地に端を発し、高知平野の東部を貫流、周辺の田畠を潤しながら太平洋にそぞり込む物部川は、流域面積 508km²、幹川流路延長 71km、氾濫面積 52.5 km²、灌漑面積 37.3 km²の一級河川である(図-4 参照)。下流の深淵付近で、基本高水流量 5,400m³/s、そのうち、660m³/s を上流の永瀬ダムで調整し、計画高水流量 4,740m³/s を現在の計画として定めている。

現在、下流部の 2箇所で、多自然型護岸を用いた川づくりが見られる。下流の右岸側、土佐山田町戸板島で工事が進められている多自然型護岸は、上段を階段にし、水際部は巨石を張りつめ、緩勾配とした組み合わせ護岸であるが、今回 1998 年 9 月の水害では、大きな被害を受けずにすんだ。もう一方の、野市町深淵の多自然型護岸では、表層部の植生マットが剥がれる被害にあった。また、多自然型護岸を整備した場所から 1.2km 下流の野市統合堰下流右岸で、コンクリートの低水護岸の欠損がみられた(写真-5)。

物部川流域では、河川計画と沿岸の市町村の街づくりを一体的にまとめた「STEP UP (Stop Typical Erosion Produce Utopia Plan)ものべ」が平成 4 年に策定され、平成 11 年 4 月に物部川ふるさとの川整備計画をとりまとめ、多自然型川づくり計画を基本にした河川整備が現実に動き始めている。



写真-5 野市統合堰下流右岸低水護岸の欠損

6.4 片地川

片地川は、物部川直轄区間左岸の支流の一級小河川である。また、河川改修の遅れた県管理の河川もある。そのために、河道のところどころで、今も伝統的な河川構造物を見ることができる。特に、物部川との合流部に近い、下流部の護岸は、丸石を積み上げ、護岸の根固部に木工沈床を配し、自然にちかい河川の景観をとどめている(写真-6)。それは近年の、多自然型護岸の原型とも考えられる伝統的な河川護岸である。その上流 250m 付近で、河道がほぼ 90° 曲がっている水衝部の堤防が、昨年9月の豪雨により決壊し(写真-7)、急激な水深 2m 以上の灌水により高齢者 1 名が命を落とされる最悪の事態を招いた。

決壊した個所は、昭和 40 年代にコンクリート護岸に改修されていたが、今回の異常出水に対しては堤防の決壊を防ぎきれなかった。直下流の伝統的な河川構造物は、大きな被害を受けずにすんだが、これは上流側での堤防決壊が水流エネルギーを分散させる結果となり伝統的石積護岸の被害の軽減につながった可能性もあわせて考えなければならない(岩貞 1999)。

要点はコンクリート護岸に改修したからといって強度に代表される堤防システム全体の安全性が 100% 確保されたというわけでもなく、乱流状態の水流エネルギーは構造物の不連続面や根固め沈床の境界部のわずかな隙間をぬって破壊エネルギーに転化する可能性があるということである。反面、コンクリートを使用しない伝統的な石積・玉石組み護岸や木工沈床の組み合わせは、護岸の要である根固め・沈床部が水流にさからわずにエネルギーを分散させるような空隙を保全する構造を有しているために、結果として多様な水界生態系と共に存できる多自然型の環境システムになっている。さらに歴史的・生態的な伝統的河川護岸の景観構成は地域の自然や人々の生活になじんでいることが多い。伝統的な石積河川護岸や木工沈床の組み合わせは、一見、古く、弱そうに見えがちであるが、内部構造的な水流エネルギーの

分散能力と水界生態系多様性を保全・再生する能力を同時に持ちあせているので、むやみに、無神経に治水安全度を上げるという単目的でコンクリート護岸に改修すべきものではなく、総合的治水対策と環境保全の要として河川改修計画の核に位置付ける再評価が必要であろう。伝統的な河川護岸のもつ意味を現代に評価するアプローチを総合治水計画に生かすことが出来るのかどうかは、新河川法(1997年)制定後の新しいパラダイムにおける試金石の一つとして問われている。

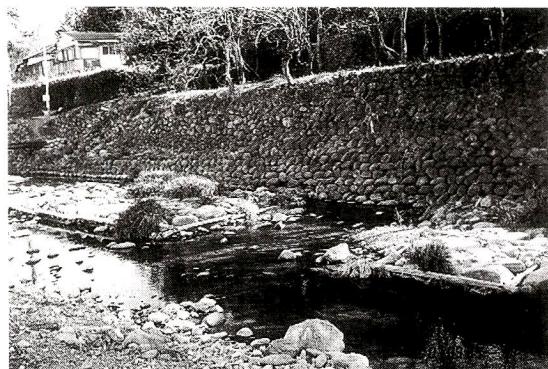


写真-6 片地川の伝統的河川護岸



平成10年9月25日(撮影:田村喜史)

写真-7 決壊した片地川の改修コンクリート護岸

6.5 国分川の護岸整備

国分川河川改修事業は中小河川改修事業として1951年に着手、その計画規模は1/50、集水面積は85.5km²、計画日雨量は358mm/day、洪水到達時間内雨量強度は96mm/hr、計画高水流量は1,650m³/sである。

1970年8月の10号台風による異常高潮位のため、浦戸湾沿岸各地で堤防の決壊、越波による海水の侵入が発生し、高知市街地のほとんどが長時間冠水するという被害のため、河口までの4.2km区間は、河川高潮対策事業として防潮堤の施工が進められてきた。

改修当初の計画高水量は800m³/sとして改修を進めていたが、1972年9月の集中豪雨による布師田地区の

破堤を契機に、計画高水流量を現在の1,650m³/sに改訂し、改修を進めていた時期に、1998年9月に1,690m³/sの出水に見舞われた。

1998年(平成10年)9月の豪雨では、上・中流部の植田地点で右岸のコンクリート護岸の堤防が決壊(写真-8)、中流部にかけて過去の治水工法として残る、水越堤(写真-9)や歴史的な伝統的河川構造物である霞堤(写真-10)からの越流がおこった。



写真-8 国分川上・中流域(植田)の堤防決壊



写真-9 国分川中流域の水越(越流)堤防



写真-10 国分川中流域の霞堤

そのため、堤防の全面的な決壊という最悪の事態は免れたが、下流域には時間雨量 112mm の豪雨が同時に訪れていたために、内水氾濫が激しくなるとともに、下流の低地帯に向けて浸水被害は拡大していった。

国分川の河口から中流域にかけて、河床掘削を暫定計画として施工し、土砂を残したために河道内に州が発達、アシ原が形成された。暫定措置としていたことが結果的に良好な河川環境を生み出したために、国分川のあちらこちらの州において、多数の鳥類の生息が確認されており、絶好のバードウォッチングの場として県民に親しまれ、毎年定期的に野鳥の観察が行われている。

国分川左岸側では、堤防法面はコンクリート法枠、その前面は通常のコンクリートブロックでの低水護岸を施行。低水護岸前面の水際線に多様な生態系を保全するため、この旧堤防の掘削取り除き後に、アシ、タケ、ヤナギを植えて、その後の回復は自然の力に任せることにしている(福留 1994)。

98 年の水害により、流域で 3,142 戸の床上浸水の被害があり、河川激甚災害対策特別緊急事業に採択され、平成 10 年～14 年度の 5 年間に、県が事業主体となつて集中的に河川の防災強化が図られることになった。これを機に、コンクリート護岸むき出しの川であった国分川を、昔のような自然あふれる川に戻そうという声が、流域の住民より高まり、行政サイドもそれに答える姿勢をみせている。水害に強いだけでなく、植物が繁茂し、生物と人がふれあえる川づくりが、再び検討されはじめているなかで、伝統的な河川護岸の持つ意味が再び問い合わせられてきている。

7. 高知‘98水害の問題点と治水計画

国分川流域での破堤を伴う大出水被害は大正末期にさかのぼるため、75 年前の大洪水の被害経験者は殆ど残っていないまま世代交代が進んでいる。昭和 51 年の水害は高知市西部(鏡川・江の口川)に豪雨が集中し、コースから僅かにはずれた東部(国分川)では相対的に被害が軽微であったため、新住民は水害ポテンシャルが高い地域に変貌していることに気がつかずに過去 22 年間に亘り災害への問題意識を殆どもつことなく過ごしてきた。

流域の土地利用(都市化)が急激に変化していることに対応する都市型の治水対策が確立されていないことに加えて、行政側も危機管理と緊急対策に対する意識の継続性への配慮に欠け、水害想定危険地帯における新住民への定期的な啓蒙や避難訓練等を実施することもなく、いざ緊急事態を迎えた災害対策本部にとまどいと混乱が生じたことは情報(電

話)通信網のパンクに全ての責任を転嫁できるものではないであろう。環境には高い関心があつても、基本的な河川の安全性や治水能力の限界についての関心と配慮に欠け、治水対策を先送りしていたその隙間を縫うように突如予期せぬ豪雨と水害が訪れて被害を受けたことに対しては謙虚に反省すべき点が多い。

国分川と舟入川の現況と将来の土地利用(都市化)を考慮すると、下流域の内水氾濫問題を解決するためには伝統的な洪水対策のみでは限界があり、国分川中流部の河川堤防改修による治水安全度の確保と整合性をもった雨水(内水)対策を含む都市下水道整備(ポンプ排水)計画が必要である。しかし、近代的な施設・構造物のみによる自然災害の防止には限度がある。堤防を高くすれば治水安全度は高まるが、確率年の範囲における計算上の安全度である。気候システムが不安定化している過程では過去のトレンドに依存する確率年の内容が変貌しており、予測を上回る豪雨がいつくるかはますますわからなくなってきた。よって堤防の高さを上げて確率を高めることの意味が過去に比べて低下する傾向にあり、堤防が高ければ高いほど、万が一決壊したときは高さに比例した破壊エネルギーをもって水害被害を拡大させてしまう結果となることは予想がつく。

堤防が高くなると確かに洪水被害がでにくくなり、しばらく住民は水害の苦い経験を忘れコンクリート堤防で固められた河川から離れて水害に対する意識や関心が薄れていく。そして、忘れかけたころに突然大自然災害に見舞われる。自然災害と治水の関係において、行政のみならず自分自身を含めて継続する関心と対価を払わないハッピーエンドはありえない。とかく安全と安心にひたり災害への意識と関心が時間と共に薄らいでいく傾向はどこでも変わらない。水害のポテンシャルが本質的に高い高知県では、小学校から市民大学・高齢者までの広い範囲で継続性のある水害問題に対する啓蒙、情報伝達、教育、研究活動は不可欠の要素である。〈喉元すぎて熱さ忘れる、安心と慢心、油断、……と教訓は繰り返される〉 以下に今後の課題をリストアップしたものを見舞われる。自然災害と治水の関係において、行政のみならず自分自身を含めて継続する関心と対価を払わないハッピーエンドはありえない。とかく安全と安心にひたり災害への意識と関心が時間と共に薄らいでいく傾向はどこでも変わらない。水害のポテンシャルが本質的に高い高知県では、小学校から市民大学・高齢者までの広い範囲で継続性のある水害問題に対する啓蒙、情報伝達、教育、研究活動は不可欠の要素である。〈喉元すぎて熱さ忘れる、安心と慢心、油断、……と教訓は繰り返される〉 以下に今後の課題をリストアップしたもの

構造物対策(ハード)と水防対策(ソフト)

<事前・事後対策>

- ・ 万が一の事態を想定し、施設・構造物(堤防)に頼り切らない災害対策
- ・ 不安定化する気候システムで異常豪雨の予測が益々難しくなっている現状から、洪水を河川に治め込むハードな対策(河川堤防整備)のみで

問題解決をはからず、対費用効果を考えた上で水害被害と犠牲者数を少なくすることを目的として、ある程度の範囲で洪水と共に存できる治水システムを確立するための土地利用(都市計画)と社会システムの合意形成

犠牲者数を少なくする方法、水害被害額を軽減させる方法 <ソフトな防災システム>

- ・災害(水害)マップの公示<災害と共に存する土地利用計画のあり方、多目的遊水池公園等>
- ・降雨・河川水位からの警報および緊急時連絡(携帯型無線電話、電源確保)システムの整備
- ・緊急避難のガイドラインと定期的な避難訓練<ハンディキャップ・高齢者配慮>
- ・降雨・流出・氾濫・被害・避難シミュレーションによる予測と啓蒙

水害への自衛意識と郷土の川を自ら守る意識の継承

- ・住民参加(+学識経験者)型の河川管理と災害対策計画
- ・教育現場における自然災害に対する問題意識の継承

環境・生態系・景観と共に存できる新しい河川整備事業と流域管理計画へのチャレンジ

- ・激特事業と多自然型護岸を含む流域の総合的な治水計画と環境管理計画との整合性<新河川法改定後の最初のケース>

8. おわりに

昭和 57 年と平成 6 年の二度に亘り、保革が総力戦を演じた高知市長選挙の争点に市財政の核心に関わる時間雨量 77mm 対応の下水道整備事業が浮上、「規模が大きすぎるから面的整備が遅れる」に対して当時の横山市長は「市民の命を守ることこそ行政の責任」として 77mm に自信を示した。今回の記録的な豪雨はもちろん時間雨量 77mm をはるかに超える 112mm であったが、雨水排水下水道システムが整備された県都(鏡川、江の口川)は各地で浸水被害が拡大したもの甚大な被害には至っていない、一方、スプロール化した都市開発が進展していた市東部の国分川・舟入川の下流域の排水が悪い構造的な低地地帯は都市型の雨水排水(下水道)整備が行われていなかったために内水氾濫が重なり甚大な被害が集中した。宿命的な海拔ゼロメートル地帯の治水問題をこれからどのように解決していくのか? 単純に洪水を技術的に押さえ込もうという発想のみでは対応できかねることを住民と共に理解する必要がある。

大規模な(確率の大きい)下水道施設や河川堤防を整備することのみでは完全な防災対策にはならないという構造的な問題がある一方で、逆に防災施設の整備をしないことの不利益が地元にあることも指摘されている。

災害があるたびに復旧対策と河川改修工事をくりかえすハードな対応に対して、予測を超える豪雨にも配慮して人の命を第一に守り、そして被害を最小限に止める、いわく災害を抑え込む技術だけにたよらないで自然災害とも共存できる社会システムを考慮したソフトな防災対策が同時に求められている。

謝辞

本論をとりまとめるきっかけは、1998年7月に(株)西日本科学研究所の福留修文・所長が高知工科大学第一回水循環(河川・水環境)セミナーで多自然型河川についての特別講演を行い、同時に共著者の一人である岩貞氏が多自然型護岸と洪水・治水に関連する問題点を指摘したことに始まる。高知県そして日本の多自然型(近自然)工法のパイオニアである福留氏には終始体験論にもとづく貴重なご意見をいただきている。田村喜史氏からは片地川氾濫状況の現場写真の提供をいただいた。高知'98水害直後にボランティアを含め災害調査にも尽力いただいた多数の高知工科大学の学生諸氏記も含めて関係各位の協力に記して感謝の意を表します。

参考文献

- イヴアン・ニキティン著、福留修文訳(1995): 水制の理論と計算信山社・サイテック
岩貞光祐(1999): '98 高知水害における河川構造物 被害と多自然型護岸、土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集
大年邦雄・松田誠祐・村上雅博(1999): 平成 10 年 9 月高知水害の調査研究、平成 10 年度河川災害シンポジウム講演概要集
近自然河川工法研究会・福留修文監修(1999): 近自然工法の思想と技術
クリスチャン・ゲルディー、福留修文(1999): 近自然河川工法の研究、信山社・サイテック
四国の川を考える会(1999): あめんぼ, March, Vol.25
村上雅博(1999): 高知'98 水害、土木学会誌 Vol.84, pp35-38

RESTORATION AND MANAGEMENT OF ARTIFICIAL SHALLOW LAKE WITH ADVANCED TERTIARY TREATMENT AS SHIMANTO METHOD IN JAPAN



Masahiro Murakami*, Kazuya Arimoto* and Nozomi Nishimori*

Department of Infrastructure Systems Engineering
Kochi University of Technology

Abstract

The Shimanto method, which is an advanced tertiary waste water treatment system using bio-regulation, is introduced not only to facilitate the water recycling with dual pipe system but also to restore the clean water environment of shallow artificial lake in the campus at Kochi University of Technology. The bio-regulation in line with bio-hydraulic recycling method is being examined to keep the clean water environment of the artificial shallow lake. The intentional management would be able to reduce the potential of eutrophication in April to July to maintain the secchi depth of 1.5m. Combination of the Shimanto method and bio-hydraulic recycling system demonstrates the high efficiency at least cost, restoring and managing the artificial shallow lake in Shikoku Japan.

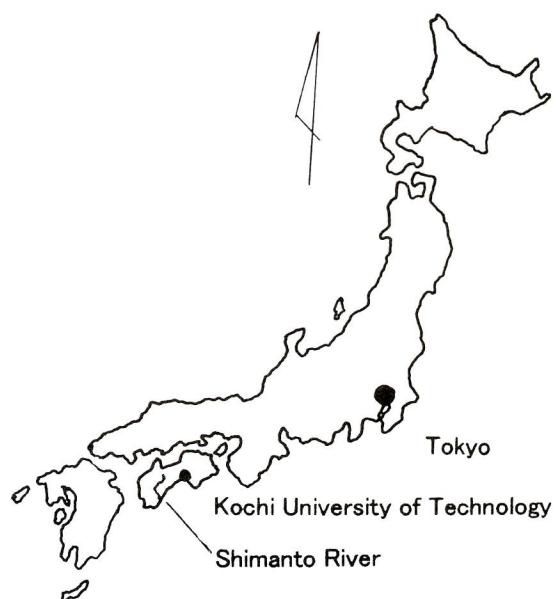
Introduction

Besides being indispensable for human life and eco-system, water is a fundamental substance not only for our social and economic activities but also for sustaining the bio-diversity. Security and scarcity of water resources has become a serious problem in many of water shortage countries in both quantity and quality(Murakami, 1995). Shortage of water and deterioration of the quality of water resources may become formidable impediments to the future supply of water. The problem is particularly acute in the developing countries in arid to semi-arid regions indicating that the water recycling is indispensable not only to manage the water resources but also to restore the clean water environment for the next generation in the 21st century (Adams 1998, Bouwer 1993).

The Kochi University of Technology (KUT) was launched in April 1997 with strong support with the

Kochi prefectural government and local industries to beyond the scope of existing universities, demonstrating the advanced environment infrastructure system which comprises the water recycle system with aim at zero emission (see Fig. 1).

The advanced waste water treatment system as Shimanto method, which was developed in the local industry in Kochi prefecture, is put in a core technology of water recycling with aim at 1) conservation of water resources, 2) preventive measure of environment protection <zero emission>, 3) conservation of energy and material resources, and 4) educational initiatives to demonstrate the efficient water use and environment management. The treated waste water with 1 mg/l of BOD is being used for toilet flushing, garden irrigation and supplementary



<<Fig. 1 Location Map of Study Area>>

*Department of Infrastructure Systems Engineering Kochi University of Technology

185 Miyakuchi Tosayamada-cho, Kochi Prefecture 782-8502 Japan

Tel:0887-57-2418 E-Mail: gahaku@infra.kochi-tech.ac.jp

source of the artificial lake in the campus, which results in preserving the clean water environment of the Monobe river where people enjoy fishing the Japanese river trout (Ayu as sweetfish : *Plecoglossus alteivelis altivelis*).

The architect designer decided to place the artificial lake in the center heart of the university campus, aiming to demonstrate an impressive landscape such as images of “clean and environment sound” campus. It was, however, expected to produce nuisance blooms of algae at the time of spring, even if the artificial lake is filled with portable drinking water. Bio-hydraulic water circulating (BHWC) system was annexed to avoid the eutrophication keeping the clean water environment with high transparency.

The temporal result of water quality monitoring in 1997–1999 is shown to initiate the ecological environment management of the shallow artificial lake in Shikoku Japan. The details of the case study on the bio-manipulation or bio-regulation in the artificial shallow lake in Japan will be reported elsewhere.

Background of water industry and advanced waste water treatment

The Japanese water industry has long been engaged in developing advanced water treatment technologies including desalination and re-use of treated waste water since the Water Re-Use Promotion Center was established in 1973. The research program had a focus to develop membrane separation technology with application of advanced water treatment system including the reverse osmosis (RO), ultra filter (UF) and micro filter (MF), which committed the government initiative research project of “Aqua Renaissance ‘90” in the late 1980s. A significant progress was focused in the development of RO membrane desalination in the 1980s to export the huge seawater desalination plants in the Gulf countries (Murakami 1995).

The most reliable and conceivable method is to use the reverse osmosis membrane not only for desalting the saline water but also treating the municipal waste water for reuse. Reclaimed waste water after the membrane separation including reverse osmosis (RO) and ultra-filter (UF) is being supplied in some of the public parks to restore the clean water environment and amenity of small rivers and lakes in Japan. It is, however, too expensive to use the permeate from the reverse osmosis in recreational water use, taking into account the unit cost of 1 US\$/m³ of the permeate

with WHO drinking water standard (Murakami 1996, Wangnick 1998).

A system, which applies new bio-technology and membrane technology for the treatment of organic materials, has been developed since the end of 1980s. The application of new bio-technology of treating the organic materials has three facets of 1) low energy, 2) low cost and 3) low maintenance, with aim of producing clean water for reuse at a feasible cost. The Shimanto method has been developed since the end of 1980s to remove the organic materials as well as nitrogen and phosphate without using any chemicals at least cost.

The Shimanto river to protect the clean water environment

The Kochi prefecture receives 2,600mm of rainfall per annum, of which the 2nd highest rainfall in Japan resulted in sustaining the clean water environment of the river systems including Shimanto, Niyodo and Monobe where people enjoy to fish the “Ayu” (Japanese river trout : *Plecoglossus alteivelis altivelis*).

The Shimanto river is located in the western part of Kochi prefecture in Japan, with a length of 196km and catchment area of 2,270km²(see Fig. 1). The river system has not been intensively developed to sustain the clean water environment of less than 1mg/l of BOD at the river mouth, introducing cultural reputation in a sense of heritage river such as “the last clean and beautiful river in Japan”.

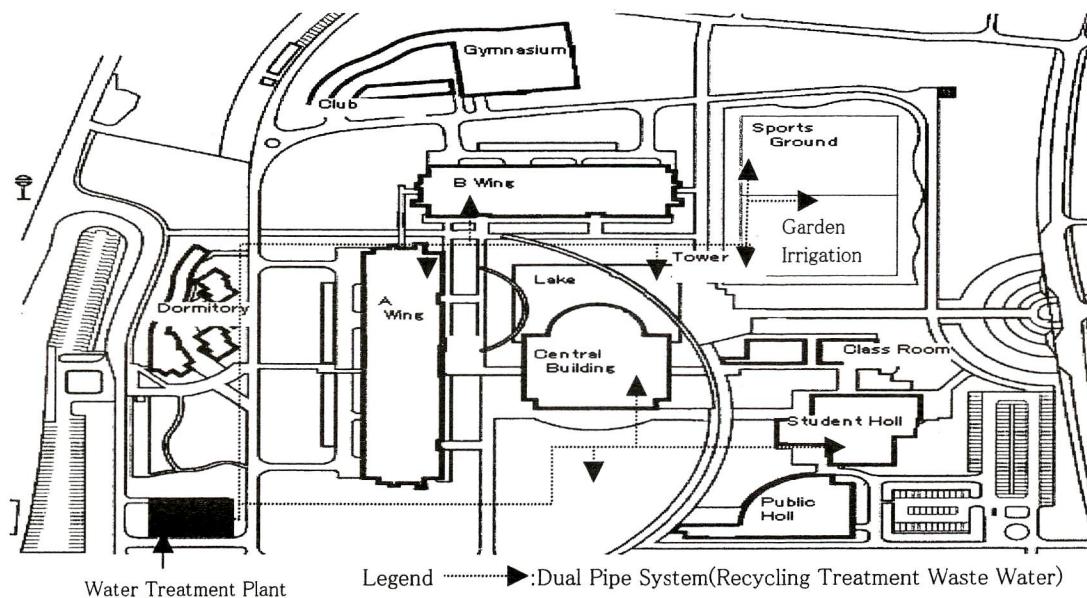
The people living in the watershed have keen interest and willingness to protect the clean water environment by developing a series of small scale waste water treatment system such as Shimanto method since the end of 1980s. The distinctive feature of the Shimanto method includes the 1) low capital cost, 2) simple/low technology and energy, 3) simple operation and less maintenance, and 4) local material use and procurement, which made possible to construct a series of small scale treatment plants by steps in short period even in weak finance capacity villages and towns in the watershed.

The preventive measure of constructing a series of small scale waste water treatment plant namely Shimanto method in the watershed could lead to promote the comprehensive water management, which includes the recycling treated waste water in the upstream area not only for protecting the clean water environment of the downstream but also reducing the amount of water use or conserving the water resources.

Water Environment Infrastructure System

The Shimanto method, which is an advanced tertiary waste water treatment system using bio-regulation, was introduced in the KUT campus in 1997 not only to

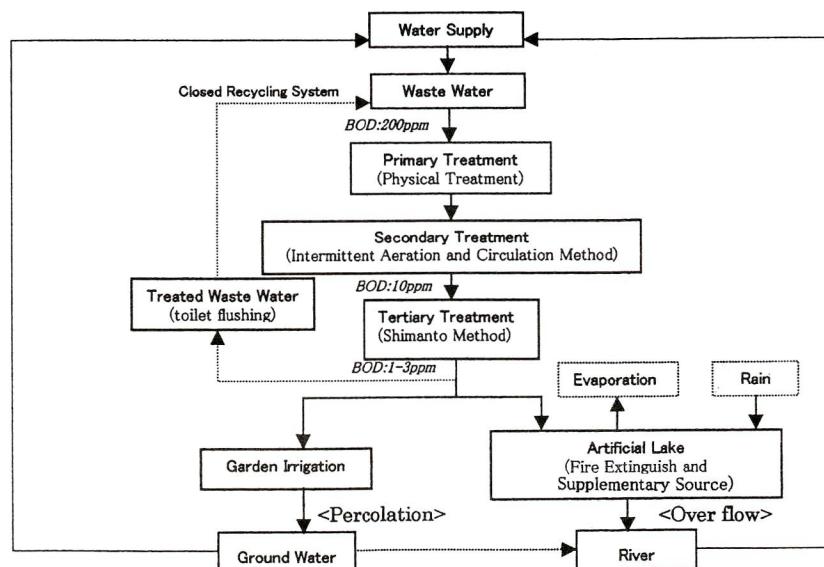
facilitate the water recycling with dual pipe system but also to restore the clean water environment of shallow artificial lake in the center heart of the campus (see Fig.2).



<<Fig. 2. Water Environment Infrastructure System in the KUT Campus>>

The water environment infrastructure in the KUT campus intends to demonstrate the efficient water use conserving water resources as well as environment by recycling treated waste water with aim at zero emission. The waste water in the campus is treated by two steps; 1) secondary treatment as "Intermittent Aeration and Circulation Method (IACM)" and 2) tertiary treatment by "Shimanto Method". The

design capacity is 460 m³/day of the secondary treatment and 525 m³/day of the tertiary treatment. The difference of 65m³/day is the supplementary treated waste water from small local treatment plant at secondary level in the adjacent public park. The system diagram of the water recycling system is shown in Fig.3.



<<Fig. 3. Flow Diagram of Water Recycling System in the KUT Campus>>

Secondary Treatment System as "Intermittent Aeration and Circulation Method"

The secondary treatment system as "Intermittent Aeration and Circulation Method" aims at moving 95% of BOD, 86% of COD, 92% of SS, 70% of T-N, and 50% of T-P as shown in Table 1. The intermittent aeration is being carried out to keep the alternative aerobic environment (30 minutes) and non-aerobic environment (90 minutes) not only to move the organic

materials in the aerobic phase but also to reduce the concentration of nitrogen (T-N) and Phosphate (T-P) in the non-aerobic (zero dissolved oxygen) phase. The monitoring of the operation of waste water treatment have been carried out since April 1997. The temporary result of water quality measurement demonstrates high efficiency to exceed the design criteria as seen in tables 1 & 2 and figures 4 & 5.

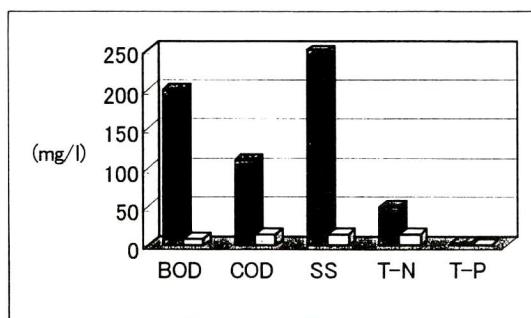
Table 1 Design of Quality Control of the Secondary Treatment Process

Item	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
Influent	200	110	250	50	4
Effluent	10	15	15	15	2
Rejection rate (%)	95	86	92	70	50

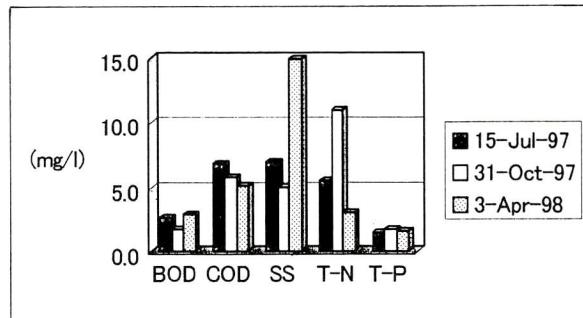
Table 2 Water Quality of Effluent in the Secondary Treatment Unit

Item	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
15-Jul-97	2.7	6.8	7.0	5.5	1.5
31-Oct-97	1.7	5.8	5.0	11.0	1.7
3-Apr-98	2.9	5.2	15.0	3.0	1.6

Remark : by Intermittent Aeration and Circulation Method (IACM)



<<Fig.4. Design of Quality Control of the Secondary Treatment Process>>

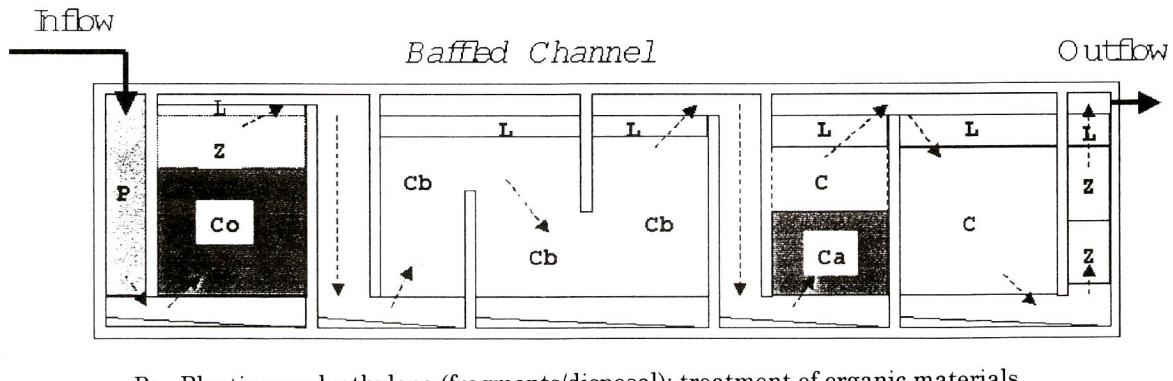


<<Fig.5 Water Quality of Effluent in the Secondary Treatment Unit>>

The Tertiary Treatment System as "Shimanto Method"

The Shimanto method was developed by the small municipalities and local industry in the end of 1980s, by taking into account the technical and financial viability even in weak finance capacity villages and towns in Kochi prefecture. The tertiary treatment system as Shimanto method, which receives the

effluent from the secondary treatment plant, is composed of "over and under" baffled channel system. Fig. 6 shows the schematic diagram of the baffled channel comprising seven treatment unit with alternating. All the materials are not high-tech and obtained from disposals and local market at less expensive cost, to recycle the non-flammable disposals.



- P: Plastic or polyethylene (fragments/disposal); treatment of organic materials and ammonium and nitric acid
- Co: Organic carbon (withered Shiitake mushroom nursery tree); treatment of nitrogen
- Cb: Activated carbon (chitosan coating); treatment of organic material
- Z: Zeolite; treatment of ammonium
- Ca: Calcium ball; treatment of phosphate
- C: Activated carbon; bleaching and deodorizing
- L: Limestone (fragments); absorption of phosphoric acid

<<Fig.6 Schematic Diagram of SHIMANTO Treatment System>>

Each unit of the box chamber <P, Co, Z, Cb, Ca, C, L> is filled with materials to treat the organic materials, nitrogen, ammonium, phosphate as shown below:

- 1) Plastic or polyethylene (fragments/disposal); treatment of organic materials and ammonium and nitric acid <P>
- 2) Organic carbon (withered Shiitake mushroom nursery tree); treatment of nitrogen <Co>
- 3) Activated carbon (chitosan coating); treatment of organic material <Cb>
- 4) Zeolite; treatment of ammonium <Z>
- 5) Calcium ball; treatment of phosphate <Ca>
- 6) Activated carbon; bleaching and deodorizing <C>
- 7) Limestone (fragments); absorption of phosphoric

acid <L>

The Shimanto Method is designed not only to move the organic materials for 50% of BOD, 65% of COD and 90% of SS, but also to reduce the concentration of nitrogen, phosphorus, and LAS for 60% of T-N, 60% of T-P, and 80% of LAS as shown in table 3 and figure 7. The treatment also aims to control the organic materials as well as nitrogen and phosphorus taking into account the eutrophication problems in the warm temperate climate in Kochi. The temporary result of water quality measurement demonstrates high efficiency to exceed the design criteria except for removing the nitrogen (T-N) as seen in table 4 and figure 8.

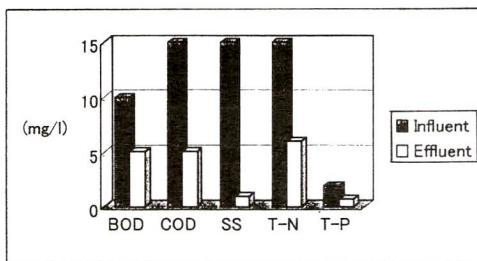
Table 3 Design of Quality Control of the Tertiary Treatment Process

Item	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	LAS (mg/l)
Influent	10	15	15	15	2	
Effluent	5	5	1<	6	0.8	
Rejection rate (%)	50	65	90	60	60	

Table 4 Water Quality of Effluent in the Tertiary Treatment Unit

Item	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	LAS (mg/l)
15-Jul-97	0.8	4.0	1<	3.9	1.5	0.005<
31-Oct-97	0.4	8.4	1<	6.4	1.4	0.005<
3-Apr-98	2.4	3.0	1<	2.4	1.3	0.005<

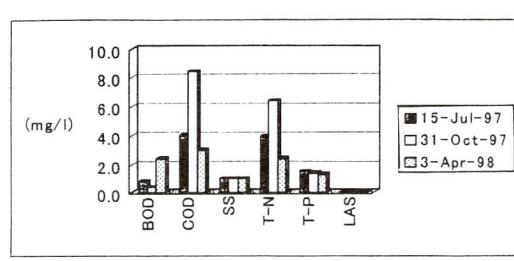
Remark : by Shimanto Method



<<Fig.7 Design of Quality Control
of the Tertiary Treatment Process>>

The advanced waste water treatment system as Shimanto method is used in a core technology of water recycling with aims of;

- 1) Conservation of water resources
- 2) Preventive measure of environment protection
<zero emission>
- 3) Conservation of energy and material resources
- 4) Educational initiatives of environment management

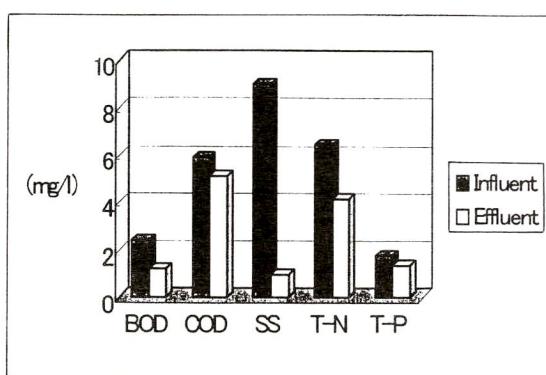


<<Fig.8 Water Quality of Effluent
in the Tertiary Treatment Unit>>

The reclaimed water with 1.2 mg/l of BOD, 5.1 mg/l of COD, less than 1mg/l of suspended solids (SS), 4.2 mg/l of T-N, 1.4 mg/l of T-P and less than 0.005 mg/l of LAS (see table 5 and figure 9) is being used in toilet flushing with dual-pipe system, garden irrigation and supplementary source of the artificial lake in the KUT campus, which results in preserving the clean water environment of the Monobe river and water resources in the region.

Table 5 Water Quality of Influent/Effluent of the Tertiary Treatment Unit

Item	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	LAS (mg/l)
Influent	2.4	5.9	9	6.5	1.8	
Effluent	1.2	5.1	1<	4.2	1.4	0.005<
Rejection rate (%)	50	14	<90>	35	22	<80>



<<Fig.9 Water Quality of Influent/Effluent of the
Tertiary Treatment Unit>>

Bio-hydraulic water circulating (BHWC) system

Architect designer decided to place the artificial lake in the center heart of the university campus, with aim of 1) giving a good landscape image of "transparent, clean and environment sound", and 2) storing water for the emergency fire extinguish works. The lake has a volume of 1,600m³, surface area of 2,600m² and depth in the range of 0.25–1.5m with an average of 0.75m. The lake bottom is covered with concrete surface to protect the seepage.

It was recognized to produce nuisance blooms of algae at the time of middle spring (end of April) to beginning summer (middle of July), when after

impounding the lake even with portable drinking water in May 1997. Bio-hydraulic water circulating (BHWC) system was introduced to avoid the eutrophication of shallow artificial lake keeping the clean water environment with high transparency such as 1.5 m of secchi depth. The system is designed to circulate the lake water body three times a day passing through the fourth treatment unit which comprises;

- 1) mesh screen unit (physical process)
- 2) gravel filter unit percolating at 3 cm/sec (biological process)
- 3) activated carbon unit (biological/chemical/physical process)
- 4) zeolite unit (biological/chemical process)
- 5) disinfection - ultraviolet lamp unit (physical process)

The pump system circulates the lake water 24 hours a day, not only to extinguish the stagnant zone but also maintaining the micro-biological lake eco-system in the lake as well as fourth treatment unit. From the beginning of May to the middle of July 1998, nuisance blooms of algae (*Spirogya sp.*) occupied the shallow artificial lake by decreasing the decchi-depth to less than 0.5m. The eutrophication was resulted in the imbalance of bio-mass and food web chain including *Chlorella*, *Spirulina*, *Rotifera* and *Copepoda* which are common and simple plankton in the shallow lake eco-system (Hapsper 1993, 1997). The failure was mainly owing to the lack of concept and knowledge on the micro-biology, eco-systems and limnology in the stage of design of campus infrastructure system. The bio-manipulation or bio-regulation is being introduced to manage the clean water environment by taking into account the balance of bio-mass and food web chain in the lake eco-system including phytoplankton, zooplankton, planktivorous fish, benthivorous fish and water plant and microphites.

Conclusion

The waste water treatment to combine the secondary treatment as "Intermittent Aeration and Circulation

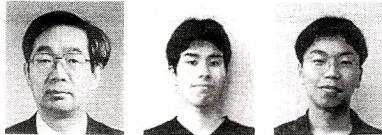
Method (IACM)", and the tertiary treatment as "Shimanto Method" demonstrates high efficiency to reduce not only the organic materials but also nitrogen and phosphate to the level of 1.2 mg/l of BOD, 5.1 mg/l of COD, less than 1mg/l of suspended solids (SS), 4.2 mg/l of T-N, 1.4 mg/l of T-P and less than 0.005 mg/l of LAS, which is being used for 100% of recycling waste water for toilet flushing, garden irrigation and supplementary source of the artificial lake.

The tertiary treatment is not the final solution to manage the water quality of the shallow lake. It is rather desirable to introduce the bio-manipulation or bio-regulation, by taking into account the advantage of bio-diversity and cost in the management of shallow artificial lakes in the typical temperate zone in Japan.

References

- Adham,S., et.al. (1998); Development of an innovative advanced treatment system for indirect portable use, Desalination and Water Reuse, 8/2; .16
- Bouwer, H. (1993); Urban and agricultural competition for water, and water reuse, International journal of water resources development, 9/1; 13-25
- Hosper, S.H., and Meijer M.L. (1993); Biomanipulation, will it work for your lake? A simple test for the assessment of chances for clear water, following drastic fish-stock reduction in shallow eutrophic lakes, Ecological Engineering, Vol.2; 63-72
- Hosper, S.H., (1997); Clearing lakes, an ecosystem approach to the restoration and management of shallow lakes in the Netherlands, ISBN 90-5485-682-3; 63-72
- Murakami, M. (1996); Managing water for peace in the Middle East, Alternative strategies, United Nations University Press, Tokyo-New York-Paris; 251-266.
- Okada, T. and Oba, O. (1993); Recycling of waste water from buildings by application of membrane, Proc. of the IDA and WRPC conference on desalination and water treatment, vol. II; 495-504
- Udagawa, T. (1993); Water recycling system in Tokyo, Proc. of IDA and WRPC conference on desalination and water treatment, vol. II ; 463-470

河川・ダム事業と環境配慮における新パラダイム



高知工科大学 社会システム工学科 村上雅博*、伊藤彰記*、九之池伸哉*

パラダイム・シフト

四国の社会資本整備における新パラダイムとボリシーに関して、おそらく問題が最も先鋭化している河川セクターの既存プロジェクトにみられるパラダイムシフトの傾向把握を行うことが本論の目的である。

日本の河川事業は 1) 河川法制定から昭和 39 年の改正までの間、2) 昭和 39 年の改正から平成 9 年の河川法改正までの間、そして 3) 平成 9 年の河川法改正以降という時代の範疇で大きく変化している。特に平成 9 年の新河川法改正以降は、従来の河川法と比較して、事業の目的および事業実施の方法と意思決定のプロセスが大きく異なる新しいパラダイムにシフトしている傾向が明白である。

特に高知県の河川では発電水利権の更新とダム撤去問題代が目前に迫り、環境問題と地元住民との民主的な合意形成がなされない限り従来型の開発プロジェクト方式が全く進展しないし機能もしていないという現実に直面している。全国を見渡せば高知県と同様に河川占有水利権問題が次々に発生していくことは時間の問題であり、世界を見渡すとヨーロッパや米国においてダムの功罪問題により先鋭的に取り組んでいる事例プロジェクトがある。

以下に各時代の背景を踏まえた日本の河川法の変遷を述べ、次に高知県を例に河川の環境保全および発電水利権の更新とダム撤去問題代、そして最後に、水利権と合意形成の視点から世界のパラダイム・シフトのエンジンとなっている代表的なダム・プロジェクトについて解説を加える。

旧河川法(明治 29 年)

河川法は 1896 年(明治 29 年)に治水三法の一つとして制定された。この中でも河川法は治水のために重要な役割を有していた。この頃は、水害とその被害も多く、河川の氾濫が頻繁にあったことで、治水を基本とした法律が制定された。旧河川法ができたこと

によって、日本全国で堤防の敷設を事業の柱とする河川整備が本格的に始まった。旧河川法は、治水を中心とした法律ではあるものの、治水のみを役割としたものではなく利水をも目的とし、また水利に関する規定も備えていた。水資源の豊かな(降水量は全国第二位)高知県は、その資源を有効に活用するために明治時代から大正そして昭和にかけて数々の流れ込み式発電施設を建設して行った。

河川法(昭和 39 年)

第二次世界大戦によって荒廃した国土を復興するために、日本全国で公共事業が奨励されたが、貧しい財政事情と近代的な機械施行の技術も持ちあわせない状況のなかで地方の土木工事が脈々と行われていた。高知県も河川整備事業に取り掛かっていたが、幾度にもわたる大型台風などによる自然災害に見舞われ復興が妨げられていた。

第二次世界大戦後の混乱やその後の自然災害の傷が癒えると、日本は高度成長期に突入し、日本各地に近代的な社会基盤が敷設されるようになった。

池田内閣が 1960 年(昭和 35 年)に打ち出した経済成長政策、「所得倍増計画」も後押しして、日本は経済大国への道を歩むことになったが、大量のエネルギー消費国にもなっていった。大量のエネルギーを確保するために、政府 1964 年(昭和 39 年)は従来の河川法を治水、利水両面を適正に図ることを目的とした河川法に改正した。

河川法が改正されると日本全国で発電ダムと水力発電所が設けられ、高知県でも大型の発電ダムや多目的ダムが完成し、県内の河川は姿を変えていくようになった。特筆すべきは、災害の時に水害被害が甚大になるのを防ぐために、そして慢性化する水不足を解決し、水力発電を強化するために、大型多目的ダム(永瀬ダムや早明浦ダム)の開発が急速に進んだことである(表-1 参照)。

*高知工科大学社会システム工学科 〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町宮の口 185

TEL:0887-57-2418, FAX:0887-57-2420, E-Mail: gahaku@infra.kochi-tech.ac.jp

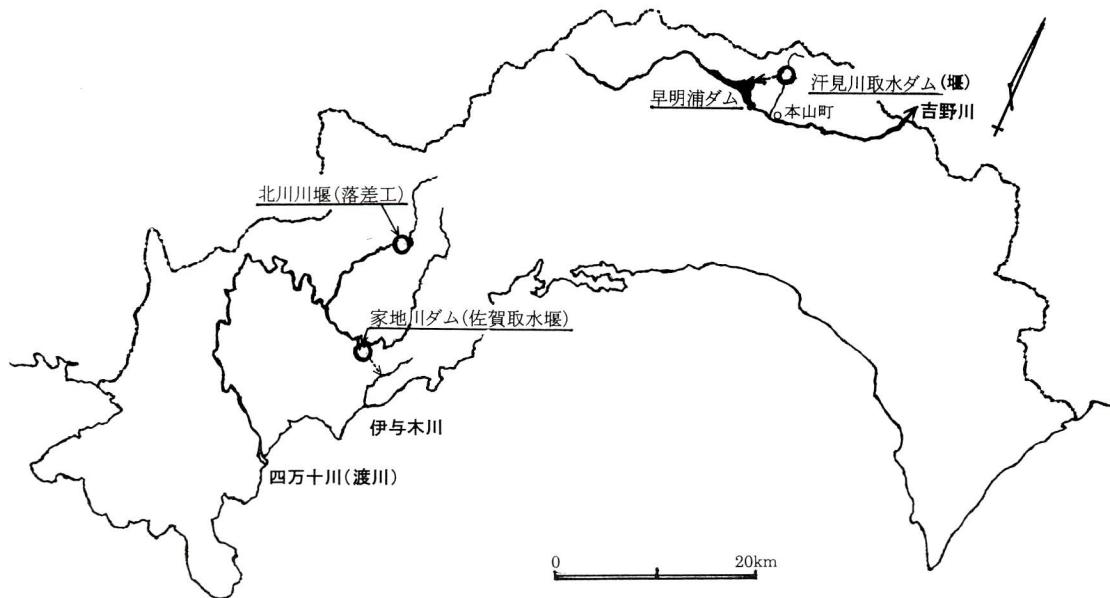


図-1 高知県の発電水利権更新ダムと落差工撤去

新河川法(平成9年)

日本の高度成長期を支えた大型ダムや統合堰の急速な開発によって、日本全国の河川で生態系が大きく変わったり、生物の棲めない河川が増えていった。このままでは、地域の風土、文化を創り出してきた重要な要素の一つと地域独特の川の個性を失ってしまいかねないと、河川の将来を危惧する人が増えていった。

過去に幾たびかの水害に見舞われた高知県は、1976年(昭和51年)を契機に大規模な水害に襲われなくなり、1980～1990年代に入ると、ダムの必要性が疑問視されていく過程でダム開発も下火になってきた。社会経済、生活様式の高度化に伴って、渴水による社会的影響も著しくなってきたことと対極的に、河川に水を戻して多様な生物の生息・生育環境を確保して潤いのある水辺空間を創出するニーズが高まついた。

新しい河川像を求めてパラダイムが変貌していったのは日本だけでなく、すでにスイスやドイツでは河川環境を河辺の生物や景観と水界生態系が一体となって河川構造物と共に共生し、その地域にすんでいる人々のふれあいの場としても利用できる多自然型河川工法が研究され、一部事業化が進められつつあった。高知県はこの多自然型河川工法を日本でいち早く取り入れ応用研究が進められるようになり、地方の河川事業にも変化が生じ始めた。

地球環境問題への配慮も加わり、政府は 1996 年(平成 8 年)12 月に河川審議会で「社会経済の変化を踏まえた今後の河川制度のあり方について」提言し、河川法の改正を示唆して 1997 年(平成 9 年)に河川

法を改正し、各地で河川環境、地域との連携に気を配った河川事業が行われるようになった。

生態系を考慮した河川環境整備においては、高知県は全国に先駆け、法案が改正される前にすでに四万十川水系の一支流の北川川で落差工が 1995 年(平成 7 年)に撤去され、河川に多様な水界生態系が戻ってきた。この自然河川復元の一例は、地元住民から 1) この落差工が原因で鮎が上ってこなくなった、2) コンクリートの壁が剥き出しになっていて景観が見苦しい、などの苦情があがつたことで、高知県が住民の意見に応えた形になった。北川川落差工撤去は、河川法改正以前ということもあり、全国で始めて河川の生態環境復元を考えた河川構造物撤去の一例である。

河川法改正後の1999年(平成11年)に、吉野川水系の支流である汗見川取水ダムが発電占有水利権更新の際、過去の既得権の50%を汗見川に戻し(図-1参照)、さらにダムに水を供給する流域の森林整備に資金協力をすることで当面の合意が形成され、水利権は更新された。

日本最後の清流といわれる四万十川中流の家地川堰(ダム)では、流域変更して太平洋に転流させる伊予木川水系佐賀発電所の占有水利権の2001年更新問題が議論されているが(表-1, 図-1 参照)、問題解決に残された時間は少ない。おそらく四万十川・家地川堰(ダム)発電水利権更新問題の紛争解決と合意形成のプロセスは21世紀の日本の河川行政や住民参加のあり方を具体的に問う試金石の一つになるであろう。

表-1 高知県の河川事業年表

西暦	年号	河川	ダム	被害	備考
1638	寛永15年	野中兼山が唯の川に下連野、下芦山、下トヨの三堰を設けた 木能津川に二堰り立、カタシ山の二堰を設け、行川に井口堰を設けた 森川に新井、井口の二堰、相川の下流に南泉と高須の二堰を設けた 森村溢井から			野中兼山の初事業
1639	寛永16年	井口の二堰、相川の下流に南泉と高須の二堰を設けた 森村溢井から、古宮野まで宮古野橋の完成			延長1.5km、約14.6ha
1648	寛永元年	土佐山田町神田ノ木に山田堰、物部川下流に野市上堰、下堰を設けた 山田堰から右岸に上井、中井、舟入川、左岸に父義寺井に用水路を設けた 野市上幾原から野市上井川、同下堰から同下井川に用水路を設けた			
1652	承応元年	八田堰によって左岸吾南平野を灌漑する			
1654	承応3年	縁田堰によって高岡平野を灌漑する用水路網を作り上げた			
1886	M19	相次ぐ暴風雨で物部湖	決		
1896	M29	旧河川法制定(近代河川制度の発生)			
1925	T14	競川を主導とした治水網の整備を行い、高知市に上水道が引かれる			
1931	S6	台風による集中豪雨		高知県での死者、行方不明	
1934	S9	室戸台風	家路川堰(ダム)完成		発電ダム
1937	S12				
1944	S19	久万川改修工事着工 枕崎台風が日本を中心で被害を与えた 阿久根台風が西日本を中心で被害を与えた		高知県での死者11名 高知県の被害は不明	
1946	S21	本県での戦後初の直轄河川改修工事が物部川で始まる(1961年完成)			
1948	S23	仁淀川			
1949	S24	デラックス台風が九州～東北に被害を与えた		高知県での死者1名	
		シティス台風が九州・四国に被害を与えた		高知県での死者1名	
1950	S25	ジョンソン台風が四国以北(特に大阪)に被害を与えた			
1951	S26	梅雨前線による大雨で中部以西(特に京都)に被害を与える ルース台風が全国(特に山口)に被害を与える	永瀬ダム着工 吉野ダム着工(1953完成)	高知県での死者2名 高知県での死者1名	多目的ダム 発電ダム
1952	S27	ダイナ台風が関東以西で被害を与える 梅雨前線による大雨が全国に被害を与える(南紀豪雨)		高知県での死者1名	
		台風13号が近畿を中心とする全国で被害を与える		高知県での死者1名	
1953	S28	奈半利川下流平島ダム着工(1960完成)		高知県での死者1名	
1954	S29	治山治水基本対策要綱が策定		高知県での死者2名	
1956	S31	洞爺丸台風が全国に被		高知県での死者2名	
1957	S32	杉田ダム着工(1960完成)、大森川ダム着工(1959完成)			発電ダム 発電ダム
1960	S35	伊勢湾台風	奈半利川下流久木ダム着工(1963完成)	全国で死者行方不明者5041名 高知県内で死者4名	発電ダム
1961	S36		穴内川	全国で119名死亡	発電ダム
1963	S38	第2室戸台風 台風9号		全国で死者194名 死者・行方不明者19名	
1964	S39	台風20号	早明浦ダム着工(1973完成)	死者3名	多目的ダム
		河川法改正(治水・利水の体系的な制度の整備)			
1965	S40	豪雨			
1966	S41	仁淀川1級水系に指定			
1967	S42	梅雨前線による大雨 台風34号			
1968	S43		池田ダム着工(1975完成)		発電ダム
1968	S43		津見		発電取水ダム
1970	S45	台風10号・高潮	神宮ダム着工(1976完成)		発電ダム
1972	S47	大雨(昭和47年7月豪雨)		高知県の死者12名	
1973	S48	宇治川排水機場設置	大渡ダム着工(1986完成)	遭難者97名死者60名	崩土量10万m ³ 多目的ダム
1975	S50	台風5号、高瀬川上り大水害		高知県の死者72名	
1976	S51	台風17号		高知県の死者6名	
		激甚災害対策特別緊急事業に適用			
1977	S52	早稻川にトンネル放水路が設けられた	早明浦ダム第2次工事着工(1978完成)		
1978	S53	波介川水門着工(1980完成)	津見ダムの開発開始		
1981	S56				多目的ダム
1982	S57	下田川排水機場完成			
1986	S61	高知市、仁淀川高知取水事業に着工	中務川ダム着工(1998年) 大渡ダム完成)	多目的ダム 多目的ダム
1993	H45	四万十川が正式名称になる			
1994	H46		北川川の落差工敷去		
1997	H9	新河川法改正(治水・離水・環境の総合的な河川制度の整備)			
1998	H10	高知'98豪雨	津見川 化	死者8名	
2001	H13		家路川堰(ダム)の発電用占有水利権の許可期限		

津見ダム水利権更新問題

昭和43年に完成した長岡郡本山町の津見川ダム(図-1 参照)は堤高 18.5m、堤長 63.5m 堤面積 6,200m³、最大取水量 7.0m³/s の重力式コンクリートダムである。水利権者の(株)電源開発と本山町の間で平成11年2月10日に水利権の単純更新を行った。取水ダム下流への責任放流量を 0.36m³/s(昭和52年に設定)から、下流本山町の要望にこたえ、運用面において 0.72m³/s とほぼ倍増する努力協定を行い、さらに水源かん養保全のため流域山林の除間伐に資金協力することで合意した(津見取水運用放流および魚道に関する覚え書き、四国(株)電源開発支社長、本山町町長、高知県河川課長)。

ダム設置者が本山町(人口 4,800 人)に対し、ダム水源地の森林整備に資金協力した例は過去にない。また地元住民から指摘されていたダム内の土砂

滞留問題と下流侵食の問題に対しては下流に砂入れ場と搬入道を 3ヶ所設置し、うち 2ヶ所分の費用を負担し、さらに寺家堰、吉野堰の補修工事費も一部負担することをつぎ加えた。

(株)電源開発は水利権そのものに触れず単純更新し、実際の取水計画の運用面において下流責任放流量を倍増させ、津見川の平常時河川流量を昔の自然の状態に復元する工夫を行い問題を解決した。高知県における渇水期は冬期に発生するが、電力消費量の需要が多い冬場にどのように発電を行うかがダム設置者にとっての課題となっている。(株)電源開発は冬場に高まる電力需要に対し、早明浦貯水池を利用することによって問題を軽くしている。単に、普通の流れ込み式発電ダムであれば取水ダム下流への責任放流量を 2 倍にすれば、渇水時における電力供給がより難しいものとなる。

汗見川ダムの水利権は平成11年1月に水利権を単純更新するなかで取水計画の運用面を工夫することで合意に至ったが、地元の元山町は基本的に100%の河川水を汗見川に戻す方向性で長期的な協議を続けていく方針である。おそらく次回(30年後)の発電水利権更新時には取水施設の老朽化が顕著になるというだけではなく経済的な耐用年数(50年)を終えている状況を勘案することになる。

家地川ダム(四万十川)の水利権更新問題

四万十川は、県境北端の不入山(高岡郡東津野村)から南方の窪川町に流れた後、山間の北幡地域(幡多郡大正町、十和村、西土佐村)へ東西方向に進路を変える(図-1 参照)。平均河床勾配は0.6%であり、この緩やかさが四万十川らしい雄大な景観を生み出す。

高岡郡窪川町の四万十川本流にある家地川ダム(佐賀取水堰)は平成13年4月に水利権更新を控え、紛争の解決と合意形成の試金石になろうとしている。同堰は四国電力が昭和12年(1937年)に完成させ、堤長112.5m、堤高8m、有効貯水量は713,730m³である。堰堤に貯水した水を導水トンネルで佐賀町の伊与木川に流域変更して落とし、約7km離れた幡多郡佐賀町野々川の佐賀発電所で地形落差200mを利用して発電する。佐賀発電所で生産される電力は年間1億80万kw/時、幡多地域で消費する電力の3分1に相当している。四万十川本流から最大毎秒12.5m³が取水され、堰下流での流量は年間で上流のほぼ半分であり、雨の少ない冬場は極端に減り零になることが多い。ダム下流にまったく水が流れない日数は年平均約90日となっており、そのときの四万十川の流量は残さず発電に使用される。

ここ数年目だって水量が減少しており、原因として山の保水量の低下、森林伐採が挙げられている。ダムによる分水が川の自然浄化能力をさらに低下させ、アユなどの生態系の生育を阻害しているとの批判も多い。家地川ダムの集水面積は377km²であり、建設省の河川維持流量確保のためのガイドラインの目安に従えば、更新後は毎秒0.38~1.13tを常時川下に流す必要がある。

家地川ダムによる四万十川から流域変更された分水は発電後に佐賀町では農業用水として二次的に使われる。佐賀町ではいわば、分水中断は農家の死活問題として問題視されており、四国電力の水利権更新を望んでいる。伊与木川化流域では、主に米やキュ

ウリが栽培され、キュウリ栽培では井戸水を用いる農家が多いため、もっとも心配されるのは、伊与木川の流量減少による地下水位低下である。地下水に関して、佐賀町はもう1つ大きな不安を抱える。町中心部の簡易水道は水源を伊与木川河畔の地下30mに設けているが、水源と海岸は500mしか離れておらず、海から浸透する塩を押しやる伏流水が減れば水源に塩分が混ざる可能性があり、人口3300人の給水に影響が出る可能性がある。過去に家地川ダムの沈砂池補修工事のため、四万十川からの分水が止められ、一ヶ月に及ぶ分水中断の間に、伊与木川化流の地下水が出なくなることがあった。伊与木川の流量減による地下水低下が原因ではないかと佐賀町は危惧しているが、ダムができてから60年の間、佐賀町では四万十川から転流してきた豊富な水があることを前提に生活基盤が出来上がった。流域変更を伴う分水の停止や大幅な減少などの激変は、町自体に多大な被害が出る恐れがある一方、過去少なくとも60年間生きてきた住民の生活を守る暫定的(恒久的ではないという意味)な既得権と抗争になる。他方、四万十川を60年以上も前の自然環境に戻すことによって得られる下流住民の権利と真っ向からぶつかっているため、家地川ダムの分水をめぐり、劇的な水取り合戦が繰り広げられているが、問題解決と合意形成の方法は1999年1月に調停に至った汗見川ダム発電水利権問題の紛争解決の手法(均等配分)が一つの参考になるとを考えている。さらに、世界の河川に目を開いて、問題解決を目的にした比較研究の一例を以下に考察する。

世界の河川のパラダイム・シフト : 河川水利権更新とダム撤去問題

世界を概観してみると、南米の大河ブラジルと小国を代表するパラグアイの国境を流れる国際河川パラナ川における世界最大規模のイタイプ水力発電ダムの建設プロジェクトは(図-2 参照)、両国が河川の占有水利権、発電量、建設資金から運転管理、そして貯水池流域の自然保護管理までの全てに亘って50%:50%の均等配分に1982年に合意した。一見合理的とも考えられる“国際河川の水利用に関するヘルシンキ規則”(1966年)の水利権配分のガイドライン(添付資料(1)、第二章第五条を参照)とは別の異なる価値観と尺度で動いた50%:50%配分に至る合意形成の過程は、20年後(1999年1月)の高知県汗見川ダム発電水利権更新の合意形成(水利権に固執しないで弱者にインセンティブを与える水配分の調整を行う)の原形をなすものである(表-2 参照)。

表-2 イタイプ・ダムと汗見取水ダム

	イタイプ・ダム	汗見取水ダム
年代	1982年	1999年(水利権更新時)
対象	ブラジル/パラグアイ	電源開発/本山町
流域管理	貯水池周辺部自然保護と環境管理	水源かん養による森林管理
水配分	ブラジル(50%)/パラグアイ(50%)	ダム下流への放流量: $0.36\text{m}^3/\text{s}$ から $0.72\text{m}^3/\text{s}$ へと倍増
水利権	ヘルシンキ規則に基づかない コンセプトでの国際水利権交渉	河川法に基づく単純更新



図-2 世界の環境水利権紛争とダム撤去

ヨーロッパでは中流域の湿地帯の生物多様性保全をめぐって、ドナウ川下流側に位置するハンガリーが1992年に完成したガブシコバダム(図-2 参照)の建設と発電所の運用管理に対して上流側のスロバキアを訴えるという、世界で始めての国際環境裁判が国連のハーグ国際司法裁判所で争われている。

アメリカではワシントン州エルワ川のエルワ・ダムの水利権更新問題で(図-2 参照)、米国議会とエネルギー委員会は1992年に原告側の環境保護団体と原住民と鮭の保護権利を認め直し、100年以上に及ぼうとする民間製紙会社が占有する河川水利権の更新を

認めず、ダム本体を完全に撤去して元の自然の河川に復元させる勧告が1998年に出ていている。

おわりに

21世紀は、水と環境と開発そして人間・社会との関わりが、人間の根源である生存権と環境権といった本質論をベースに民主的に河川とダムの開発問題が問われる時代になる。日本の公共事業のあり方や評価にも、世界の潮流の方向性にアンテナを張り、パラダイムシフトが起きていることに自覚をもってこれからの展開研究を進めていきたい。

参考資料(1)

国際河川の水利用に関するヘルシンキ規則 (The Helsinki Rules on the Uses of the Waters of International Rivers)

1966年夏、ヘルシンキにおいて開催された国際法協会(I.L.A.)の第52回会議は、国際河川の水利用に関するヘルシンキ規則として知られる決議を採択した。この規則は、I.L.A.内に設置された国際河川委員会(Committee on International Rivers)の12年間にわたる努力の成果であり、一般に承認された国際公法の原則を反映しつつ、二国間または多国間において、相互に関連する水資源の開発利用を個別的または共同的に行なう際の権利義務に関して、国際協定等を締結するうえで有益と思われる定義と指針を提供しようとするものである。以下に示すものは、ヘルシンキ規則の初めの2章である(これに続く各章には、汚染、航行、木材流送、紛争の予防および裁判等に関する規定が置かれている)。

第1章

- 第1条 次の各章中に設定された国際法の一般原則は、国際流域の水の利用に適用されるものとする。ただし、流域国間において条約、協定または拘束力ある慣習による特別の定めがあるときは、この限りではない。
- 第2条 国際流域(international drainage basin)とは、地表水および地下水を含めて、共通の流域に流れる水の機構上の分水界によって区画された2以上の国に拡がる地理的区域を言う。
- 第3条 留意帰国(basin State)とは、国際流域の一部をその領土に含む国を言う。

第2章

- 第4条 各流域国は、その領域内において、国際流域の有効水利用(beneficial and equitable share)を受ける権利を有する。
- 第5条 前条に規定する趣旨における合理的かつ衡平な配分の内容は、それぞれの個別的な事案におけるすべての関連要素を照らして決定されなければならない。

2. 前項の関連要素として考慮されるべき事項には、次に掲げるものを含み、かつ、これらに限定されないものとする。

- a) 流域の地理、特に各流域国の領域が流域に占める割合
- b) 流域の水文、特に各流域国からの水源の寄与
- c) 流域に影響を有する気候

- d) 流域内の従来の水利用、特に現代の水利用
- e) 各流域国の経済的および社会的需要
- f) 各流域国において流域の水に依存する人口
- g) 各流域国の経済的および社会的需要を充たすための代替手段に関する費用比較
- h) 他の資源の利用可能性
- i) 流域の水利用における不要な浪費の回避
- j) 利用に関する紛争を調節する手段としての共流域国(co-basin State)に対する保証の実施可能性
- k) 共流域国に対するかけがえのない損害を発生させることなく流域国の需要を充たせる限度

3. 各要素に付せられる比重は、他の関連要素との比較における重要度によって決定されるものとする。合理的かつ衡平な配分の内容を決定する際には、すべての関連要素を併せて考慮し、総体としての基礎の上に一つの結論が得られなければならない。

- 第6条 一つの利用または利用の類型は、他の利用または他の類型に対して、固有の優先性を有するものとしてされてはならない。
- 第7条 流域国は、国際流域の現代の合理的水利用が共流域国のために将来における同様の水利用を留保するものとなるべきことを、拒否することができない。
- 第8条 既往の合理的利用は、その状態で存続できるものとする。ただし、その存続を正当化する要素以外の要素がこれを優先し、既往の利用と両立しない競合的利用を可能ならしめるために、これを変更し、または廃止すべきものと決定されたときは、この限りではない。

2. a) 事実上行われている利用は、該当利用に直接関係する施設が設置された時期から、またはそのような施設を要しないものであるときは、これに相当する実際の利用行為がなされた時期から、引続いて既往の利用があったとみなされるものとする。
- b) 前段に規定する利用は、これを廃止する意向をもって継続されなくなるまでの間、既往の利用として存続するものとする。
3. 一つの利用は、その行為に着手された際に既往の合理的利用と両立しないものであるときは、既往の利用とはみなされないものとする。

参考資料(2)

国際河川の水利権交渉: パラナ川とイタイプ・ダムの事例

世界の超大国の一角落に位置するブラジルとボリビアにつき南アフリカで最も開発が遅れていた内陸国のパラグアイとの国境に1982年に建設された世界最大級の水力発電所を有するイタイプ・ダムの水資源配分の合意形成について解説する。

南アメリカ南部は石油も石炭もなく、南部の河川は地形的に水力開発にも適していない。パラグアイの経済発展にとって最大の障害はエネルギー資源の配給問題であった。イタイプの水力開発は、隣接するパラナ州と大都市サンパウロをひかえるブラジル南部の工業地帯が将来必要になるエネルギー供給基地として決定的な役割を果たし、またパラグアイにとっては余剰電力の輸出として国内経済の発展を果たしうる可能性を有している。結果として、10年ほどでパラグアイ経済はラテンアメリカの中で最も急速な成長をとげた。ブラジルも1980年代の異常なインフレと国際債務の不払い等の深刻な国家経済の危機を乗り越え、1990年代からは国家経済と国民経済の建て直しが軌道にのりだすなかで、イタリップ・ダムによるピーク電力の供給が当然、重要な役割を果たしたことは言うまでもない。しかし振り返ってみると、ダム完成直後の1980年代はブラジル政府が経済危機に陥り、予算の削減措置の影響を受けてパラグアイからブラジルへの余剰電力の送電が大幅に遅れて、計画は夢と現実のはざまのなかにあると言われた時期もあった。

エネルギー供給の安全保障と安定供給というコンセプトに最も適している水力発電計画を国際協力のもとにプロジェクト化する過程で、巨大開発プロジェクトに対する種々の批判があつたことは事実であり、環境問題に対する配慮を早い段階で組み入れた開発プロジェクトとして注目をよんだ。イタリップ・ダムの功罪は1980年代のブラジルの国家経済が破綻していく過程を問われたプロジェクトでもあるが、ダム完成後10年以上を経て国際共同プロジェクトとして電力供給がフル操業に入った後の時点で、水利権配分問題と巨大貯水周辺環境問題が時間をかけながら解決されていった経過を検証する。

イタイプ・ダムは国際河川の紛争解決と国際協力問題を研究する中で、おそらく唯一といってよいほどに平和的に国際紛争問題をおこさず巨大開発プロジェクトを関係者当事者二国間の国際協力のもとに完成させることができた数少ない事例の一つである。水資源開発、特に国際河川の開発にとって最も基本的な要点は国レベルの協力の意志と合意形成であり、そして公平な資源と利益の配分である。イタイプ・ダムと貯水池はブラジルとパラグアイによって完全に二分されているが、国際河川パラナ川の流域面積と流量分布は

殆どがブラジル側にありパラグアイ側は数%以下を占めるにすぎない。国の面積や人口や経済力を見てもブラジル(面積 851.2 万 km²、人口 153 百万人、GNP 一人当たり 2929US \$)が圧倒的に大きく、パラグアイ(面積 47.4 万 km²、人口 4.44 百万人、GNP 一人当たり 1210 US \$)は南米で下から 2 番目に位置する発展途上国である。国際河川を共有する大国ブラジルと小国パラグアイが、第一に紛争をおこさずに平和的に国際共同開発プロジェクトを進める政治交渉のレベルで、資金配分からダム構造物や発電機等の建設、さらに事業運営から利益(生産される電気)配分までを 1:1 (50%-50%)という完全な均等二等分という方式をとる二国家間の意思決定を行ったことに最大の特徴がある。ダム完成にともない水力発電を開始するにあたって、貯水池の操作管理をブラジルとパラグアイのみならず下流のアルゼンチンを加え、三カ国との合意のもとにしたパラナ協定が調印された。水力発電に伴う水位変動を時間最大で 0.15m、日最大で 2.0m に制限し、貯水池内の水の滞留時間を 35-40 日にコントロールして、下流の水環境に与える影響を軽減している。一方パラナ川流域は 1990 年に歴史的大洪水に見舞われたが、イタイプ・ダム下流のアルゼンチンに対して問題となる影響を与えることはなかった。

イタイプ計画の総投資額は 90 億ドル(当時)、その他のブラジル側のさまざまな機関から 5 億ドルが出資され、外部からの出資比率は 26.2% のみで、これは主に世界銀行が貸付を行い、発電機機材の輸入に用いられ、土木工事の殆どは両国政府の資金でまかなつた。発電プロジェクトの運営管理も 50%-50% のシェアが徹底されており、経営のトップに社長は存在せず、副社長以下、部課長、さらに労務者を含む職員までブラジル人とパラグアイ人が半々の比率で構成されているため、完全合意がすべて意思決定の原則となつている。

生産される電気の配分で一つ問題となつたのが周波数の違いである。ブラジルは 50Hz でパラグアイは 60Hz を採用しているため、一基 700MW の容量を有する発電機を合計 18 基備え付ける過程で周波数ごとに発電機の基数を半分ずつに振り分けた。ダムが完成した後の 1984 年に最初に設置したのは 50Hz の送電周波数を有する発電機でパラグアイの送電網に送り込まれた。力の小さな国でまさに電力を必要としていたパラグアイに最初に電気を送る機会をブラジルが認めたことになる。その後、発電機の備え付け工事は順調に進み、1991 年までに 18 基すべての設置を完成させた。この途中で、余余曲線はあつたにせよ、パラグアイの電力需要の 72% を満たすために必要な電力は

イタイプでパラグアイが均等に有する配分量の 8%にすぎず、残る 92%は変電所で 50Hz の周波数から 60Hz に変換してブラジルに輸出することで外貨を得て建設仮入資金の返済にあてている。現時点で、イタイプ・ダムからの総電力供給量に占める受電量の比率はパラグアイが 4%、ブラジルが 94%である。

巴拉那川を国境として接するブラジルとパラグアイの均等な権利と配分の原則に基づく合意形成の手法は、一見非常に合理的にも見え、世界の水利権や水配分交渉のよりどころとされながらも、結果として具体的な合意に結びつくことが極めてまれな“国際河川の水利用に関するヘルシンキ規則(The Helsinki Rules on the Uses of the Waters of International Rivers)”とは異なるアプローチをとり、紛争を回避することを最優先の課題として平和的に友好的に力関係が大きく異なる大国と小国との間の水利権と水配分に関する問題を解決したことに最大の特色がある。対立する二国間での経済や政治や国力の相違に権利や配分率を執着させないかたちで、大国が小国の立場に立って平等な立場で合意形成をはかる 50%:50%の均等配分手法は一見論理的には見えない単純な発想と短絡させる意見もあるが、現実に世界最大級の水力発電所建設プロジェクトを動かす原動力になったことは事実である。

なぜ国際河川の水利権や水配分の研究をしているのか、单なる世界の河川への興味の問題ではないはずである。日本の水力発電ダム問題に視線を転じてみれば、高知県の汗見取水ダムでは 1999 年 2 月の水利権更新交渉において、(株)電源開発は早明浦ダム貯水池にトンネルで転流させる最大 $7.0\text{m}^3/\text{秒}$ の水利権水量には触れずに地元の元山町と単純更新を行った。その代わりに、発電取水計画の運用面を工夫して、ダム下流への責任放流量を $0.36\text{m}^3/\text{秒}$ から $0.72\text{m}^3/\text{秒}$ へと倍増させ、ダム開発以前の自然の平常流量に近い水量を汗見川に還元することで地元の元山町と合意形成に至った。戦後の日本の高度経済成長を支えるために建設された数多くの発電ダムが 30 年を経た今日次々と水利権更新の時期を迎えており、イタイプ・ダムの合意形成に至るプロセスは、日本の水力発電の利益を代表する開発側の発電会社＜強者＞と地元の河川に水と共に豊かな自然環境を取り戻したい環境保護派の市町村＜弱者＞との間での紛争解決の糸口とヒントを与えていくように思われる。すなわち、強者が弱者の視線に合わせて同じレベルで民主的に透明性の高い交渉を進めるプロセスを踏まえて合意形成をはかることが、予防的に紛争を回避する基本でもある。

四万十川の河口域で暮らすアユ仔稚魚 —知られざる生態と資源保護—



西日本科学技術研究所 高橋勇夫

はじめに

アユは清流の女王として古くから日本人に親しまれてきた。春に川に遡上し、秋にはその一生を閉じるはかなさは古代から日本人の琴線にふれる特別な存在であったと思われる。

研究対象としての歴史も 100 年以上にも及び（白石・竹谷, 1957）、生態に関する研究だけでもこれまで膨大な数にのぼる（白石・竹谷, 1957; 横手, 1978, 1984）。しかし、そのほとんどは私たちに馴染みの深い後半生——河川生活期——のものであり、一生の約半分を過ごす海での生態については、意外にも 1980 年代前半まではほとんど知られていなかった。

もっともこの間研究者達は手をこまねいていたわけではなく、伊勢湾をはじめとして各地でアユ仔稚魚の追跡調査がなされてきた。しかし大量に捕獲することができず、得られる情報も断片的なものにとどまっていた。この当時大量捕獲ができなかつた最大の原因は、実は船を使って主に沖合を調査していたことにあった。

海でのアユの生態研究を大きく前進させる調査が、この高知県で始まつたことは、あまり知られていない。1980 年代半ばになって土佐湾の波打ち際にアユ仔稚魚が大量に分布することが初めて明らかにされ（木下, 1984; Senta and Kinoshita, 1985）、これが海域生活期のアユの生態解明を大きく進める引金となつた。盲点というべきか、彼らの生息場所は水深がせいぜい 1 m 程度の浅海域であった。こういったごく限られた場所がアユの保育場となつていたのである。

この報告をきっかけに各地で海域生活期のアユの研究が急速に進んだ。特に塚本（1988）は、熊野灘で大規模な調査を行い、海でのアユ仔稚魚の回遊経路や成長について多くの情報を提供した。近年まで未知であったアユの一生の前半部も、現在ではかなり解明されつつある。

土佐湾の波打ち際にアユ仔稚魚が大量に分布することが明らかにされた 1984 年、筆者はアオノリを調べるために、四万十川の河口域（汽水域）に通つていて。そこで川漁師さんから思いがけなく

いこと——四万十川の河口域にはアユの子どもがたくさん棲んでいる——を聞かされた。それまで河口域は、川と海を回遊するアユにとって単なる通過点に過ぎないと思い込んでいた私にとって、新鮮な驚きであった。

ちょうど同じ頃、私たちの研究グループが四万十川河口域のアカメをはじめとする仔稚魚の生態研究を開始する矢先であったことから、河口域に棲むアユ仔稚魚の調査も始まつた。1985 年のことである。研究グループのメンバーは、土佐湾の波打ち際にアユを発見した木下泉さん（現在京都大学）をリーダーに、私、藤田真二さん、東健作さんの 4 人であった。仕事が休みの土日を利用して、手作りの網をひたすら曳くという体力まかせの調査が始まつた。

その当時から四万十川の川漁師さん達は研究に対して理解があり、おおらかに私たちを迎えてくれた。研究費がないことを知ると、組合の事務所を宿泊施設として貸して下さり、調査船も無料で使わせて頂いた。沖田保組合長の船外機を壊したことでもあったが、修理費は決して受け取ってくれなかつた。故山崎武さんには晩ご飯をごちそうになつたうえに、河口域の魚について深い知識を授かった。山崎眸さんは今でも息子のように私と接してくれ、拙い論文を持参すると心から喜んで下さる。十和村の土居武夫さんは私たちの研究内容を深く理解して下さり、様々な形で援助してくれた。他にも多くの川漁師さんにお世話になつた。この場をお借りしてお礼申し上げたい。

海に出ないアユ仔稚魚

1985 年から始まつた調査では、月 1 回、流心部と岸沿いの浅所で採集用のネットを曳くことから始めた。初期の目的は、どこに、どれくらい、どんなサイズのアユがいるのかを探ることにあつた。

流心部では体長 7 mm 以下の生まれて間もないアユ仔魚が秋から冬にかけて大量に採集できた。これらはまだ遊泳力に乏しく、流れに身を任せ、流心部を中心に河口域のほぼ全域に分散していた。

*西日本科学技術研究所 〒780-0812 高知県高知市若松町 9-30

TEL:0888-84-5151, FAX:0888-84-5160, E-Mail: nri@ma3.just.net.ne.jp

一方、河口域の浅所で網を曳くと、体長 10-40 mm のアユ(写真 1)が大量に採集された。対照として同様の調査を行った河口周辺の波打ち際のアユと体長を比較すると、採集される時期やサイズに河口域と海域で大きな差はなかった。つまり、河口域のアユも海とほぼ同様の生活様式を持ち、岸沿いの浅所を主な生息場とする「海に出ないアユ」がいることになる。四万十川の河口域は川と海を行き来する際の単なる通過点ではなく、アユの子どもの重要な生息場の一つとなっていたのである。

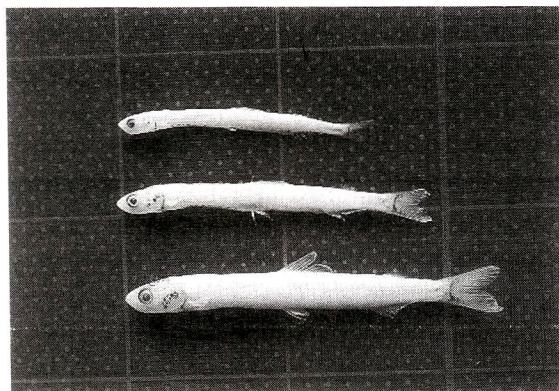


写真1 四万十川河口域で採集されたアユ仔稚魚

謎の生息場

このようにして、調査開始から 2 年ほどで四万十川河口域でのアユの大まかな生活史は把握することができた(高橋ほか, 1990)。調査は順調に成果をあげたかに見えた。ところがデータを詳細に検討するうちに、分からぬことが次第に増えてきた。

図 1 は河口域の流心部と岸沿い浅所で採集されたアユの体長組成を重ね合わせたものである。流心部では体長 7.0 mm 以下のものが大部分で 7.5 mm を越えるものはほとんど出現していない。これらは卵黄(栄養源となるもので、餌を探らなくても 3 日ほどこれを吸収して生き延びることができる)を持ったいわゆる流下仔アユである。他方、岸沿いの浅所では 5.0-7.5 mm までのものと 9.5 mm 以上のものが採集された。一部には流心部と同様に流下仔アユが含まれていたが、10 mm を越えるものが多い。これら 2 水域の体長組成から、河口域に流下してきたアユ仔魚は流心部を漂った後、10 mm 前後に成長すると岸沿いの浅所に接岸している様子が読み取れる。

しかしながら、接岸前の体長 7.5-9.5 mm のものは流心部でも岸沿いでもほとんど採集されていない。わずか 2 mm (日数では 1 週間程度) とはいえ、全くといって良いほど取れないのであ

る。サイズに若干の差異は認められるものの、海域においても接岸前のアユの生息域は同様に不明であった(塚本, 1988)。

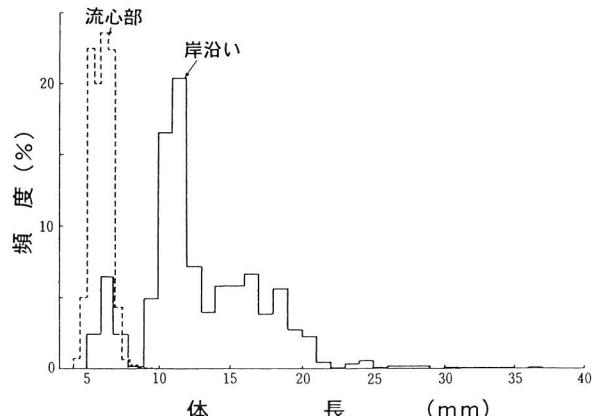


図1 四万十川の流心部と岸沿い浅所で採集されたアユの体長組成(高橋, 1997)

河口域において接岸直前のアユ仔魚が採集されない理由として、まず考えられたのは、接岸前に大部分のアユが一旦海域に出てしまい、10 mm 前後に成長したもののから河口域へと入って来るということであった。そこで海域と河口域の出入りを確認するために、1990 年 12 月に河口部で 24 時間の連続採集を行った。その結果、海域に出たアユが再び河口内に入っている状況はなく、接岸前のアユはやはり河口域のどこかに生息していると判断された。

塚本(1988)は、接岸前の不明な生息域は底層にあるのではないかと想像していた。他方、筆者らはそれまでの調査で、底層を含め河口内でくまなく採集を行っていた。このようなことから、接岸前のアユ仔魚はかなり特殊な分布状態をしていることが想像され、さらに、それは通常のネットでは採集できないような「ごく底層」ではないかと思われた。そこで、「ごく底層」の採集が可能なソリ付きのネット(写真 2)を作成し、1992 年から 93 年にかけて新たな調査を実施した。

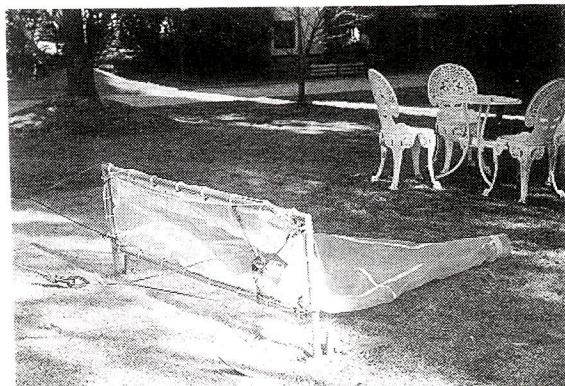


写真2 底層を曳くためのソリ付きネット

その結果、問題のサイズのアユ 一体長 7.5-9.5 mm— は底層から多数採集された(Takahashi et al., 1998)。これまで不明であった接岸前の「謎」の生息場は、やはり「ごく底層」にあった。ソリをつけたネットでないと採集できなかつことから想像すると、この時期のアユ仔魚は河口域の川底に密着するような特殊な形で分布していると思われる。

どのような仕組みで底層へと集まるのか? それを解く鍵の一つはアユ自身の体にあった。底層へ集合する時期は、アユ仔魚がそれまで栄養源としていた卵黄を吸収し終わる時期と一致していた。この時期アユ仔魚の体比重は大きくなり、海水よりも常時大きい(北島ほか, 1998)。簡単に言えば、卵黄を吸収した直後のアユ仔魚は、海水中でも自然沈降してしまうのである。しかしこれでは「なぜアユの仔魚は接岸前に底層に集まるのか?」という疑問に対する本質的な答えとはなっていない。

冒頭で述べたように海域生活期のアユは主に波打ち際のようなごく沿岸域に生息している。したがって、海に流下したアユ仔魚にとって、「いかにして岸(波打ち際)に辿り着くか」は生き残るうえで重要な課題となっていると想像される。もしも、河口を出た段階で表層の流れに身を任せたままでいれば、河川流や潮流によって遙か沖合まで流されてしまう可能性が高い。そうなれば、波打ち際に辿り着くこと一生き残ること一は容易ではなくなる。したがって、アユ仔魚が生き残るためにには、海に流下した後の分散を最小限度にとどめること、言い換えれば岸からあまり遠くまで流されない手段をとる必要がある。

流れの緩い底層への集中は、遊泳力がきわめて弱いこの時期のアユ仔魚にとって接岸を容易にするための有効な手段であり、体比重を大きくすることでエネルギーをほとんど使わずにそれを可能にしたこと、卓抜したアユの適応力を垣間見るのは思がする。四万十川のように河口域の発達したところでは、アユはそこに止まる機会が多く、無効な分散がよりいっそう少なくなると考えられる。

アユは母川回帰するか

これまでアユ仔魚は海で相当広い範囲に分散すると考えられてきたが、先のような接岸前のアユの行動は、アユ自身はあまり広い範囲には分散しようとはしていないことを示唆する。そうすると、アユが生まれた河川に帰つて来る割合は案外高いのかも知れない。

遺伝子を用いた最近の研究で、屋久島では島内の河川集団間である程度遺伝的に分化していることが見出されている(澤志ほか, 1993)。このこ

とは屋久島のような小さな島でも河川間でアユの行き来があまりないということを意味し、母川回帰率の高さを証明するものと言えよう。

もっとも、アユの場合はサケのような厳密な意味での母川回帰ではなく、いわば「結果論的な母川回帰」であるため、土佐湾のような開放的な海域に流れ込むという立地条件では、河川間の交流が無いとは考えにくい。しかし、周辺に大きな河川が無く、かつアユ仔稚魚の生育場となる大きな河口域を持つ四万十川では、そこでふ化したアユが翌年四万十川に帰る割合は相当に高いものと想像される。

四万十川の河口域はアユにとって住み良いか

アユの頭の後ろの方に「耳石」と呼ばれる硬組織があり、これにふ化後1日に1本ずつ輪紋(写真3)が刻まれる(Tsukamoto and Kajihara, 1987)。したがって、この輪紋を数えれば、そのアユの生後日数を正確に知ることができ、アユの誕生日(ふ化日)や成長など様々な情報が得られることになる。

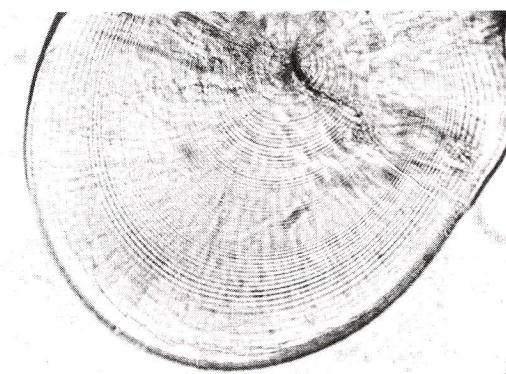


写真3 アユの耳石(1日に1本ずつ輪紋が刻まれる)

図2は四万十川河口域と周辺の海域で採集されたアユの成長をふ化した時期別に比較したものである。10月生まれ、11月生まれのアユとも成長速度は海域よりも河口域で明らかに良好である。11月生まれを例に取れば、日齢50日で海域は20mm程度にしか成長しないが、河口域では25mmにまで達している。

同様の現象は熊野川河口域でも報告されており、河口域と海域の餌料環境の違いが成長スピードの差として表れたと考えられている(塚本ほか, 1989)。四万十川河口域のアユの消化管内を調べると、汽水性の動物プランクトンやハゼ科の仔魚などの河口域独特の餌生物の存在が認められた(高橋ほか, 1990)。これら河口域独特の餌料生物がアユ仔稚魚の良好な成長を支えている可能性がある。

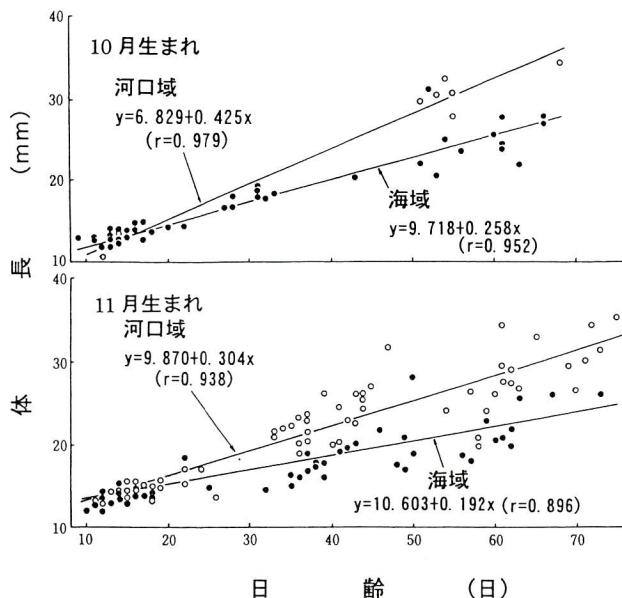


図2 四万十川河口域と周辺海域で採集されたアユの成長の比較(高橋ほか, 1990を改変)

また、アユの飼育実験によると、海水と汽水で飼育した場合、絶食下の生残率は汽水で良好であることが報告されている(伊藤ほか, 1971)。このことは河口域のような汽水中ではアユ仔稚魚のエネルギーの消耗が少ないことを暗示しており、河口域において成長が良好であることの一因となっていると考えられる。

いずれにせよ河口域における良好な成長状態は、河口域がアユ仔稚魚の本来の生息場である海よりも住み良い環境であることを想像させる。

誕生日によって決定されるアユの運命

アユにとって誕生日はかなり大きな意味を持つものらしい。

先に示した図2を詳細に見ると河口域、海域とも11月生まれよりも10月生まれの成長が速いことが判る。このように生まれた時期によって成長に差が生じる現象は、他の海域のアユ(山崎, 1986; 塚本, 1988)のみならず、琵琶湖産のアユにおいても確認されている(Tsukamoto, et al., 1987)。このような成長が良い早生まれアユは、早期に河川を遡上するいわゆる一番仔となっていると考えられる。他にも様々な面で誕生日が関与していることが最近分かってきた。

アユは河川に遡上する前にチリメンジャコに似たシラス型から成魚に近い体型に変態するが、この変態するサイズも誕生日によってかなり異なる(高橋ほか, 1998)。写真4は11月生まれと1月生まれのほぼ同サイズ(約36mm)のアユを

並べたものだが、上の11月生まれはまだシラス型であるのに対して下の1月生まれはほぼ変態を終えている。このような変態サイズの差を反映して、遡上期の初期に河川を上る早生まれのアユはサイズが大きく、遅生まれが主体となる遡上の後期ほど小さいサイズで川へ上るようになる。

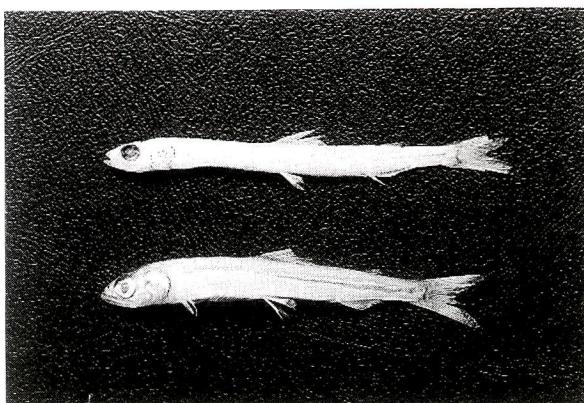


写真4 11月生まれ(上)と1月生まれのアユ(下)の形態の違い(体長約35mm)

遡上時の体型にも違いが見られ、早生まれはスマートで流水に適した体型であるのに対して、遅生まれのアユの体型はややズんぐりしている(高橋ほか, 1998)。このような体型の違いは、河口域や海域で過ごしている間の環境条件に影響されていると考えているが、はっきりとしたことはまだ分からぬ。ただ、流水に適したスマートな体型をした早生まれのアユは上流を指向する傾向が強いのに対し、ズんぐりした—どちらかといえば止水に適した体型をした—遅生まれは下流部に止まる傾向がみられるることは興味が持たれる。

さらに、アユが河口域や海で生活する段階の生残率に誕生日が関係していることもごく最近になって分かってきた(Takahashi et al., 1999)。実は、このことは近年の天然アユの減少に大きな関わりを持つ。

なぜ最近アユが減少したのか

1990年以降、四万十川を含め、高知県のアユの漁獲量は次第に減少している。特に95年以降は過去に例を見ない程の低水準で推移し、慢性化の兆しそう感じられる。

河川での天然アユ(海産アユ)の資源量は年によって大きく変動するが、このような年変動は主に産卵期や海域で生活する時期に決まってしまうと考えられている(水野ほか, 1958; 川那部, 1970)。しかし、その変動要因に関する研究は少なく、その詳細は謎に包まれている。

先のとおり筆者らは1985年から「耳石」を用

いて、そのアユの誕生日（ふ化日）を継続して調べてきた。そのデータを用いて 1980 年代後半から 90 年代にかけてアユのふ化日のピークがどのように変化したかを調べてみた。その結果 90 年代に入って、ふ化のピークが次第に遅れ始めた（図 3）。1996 年には特にその傾向が顕著となり、ピークは 12 月下旬にまでずれ込んだ。ふ化のピークが 11 月上旬頃にあった 80 年代と比較すると実に 2 ヶ月近く遅れたことになる。

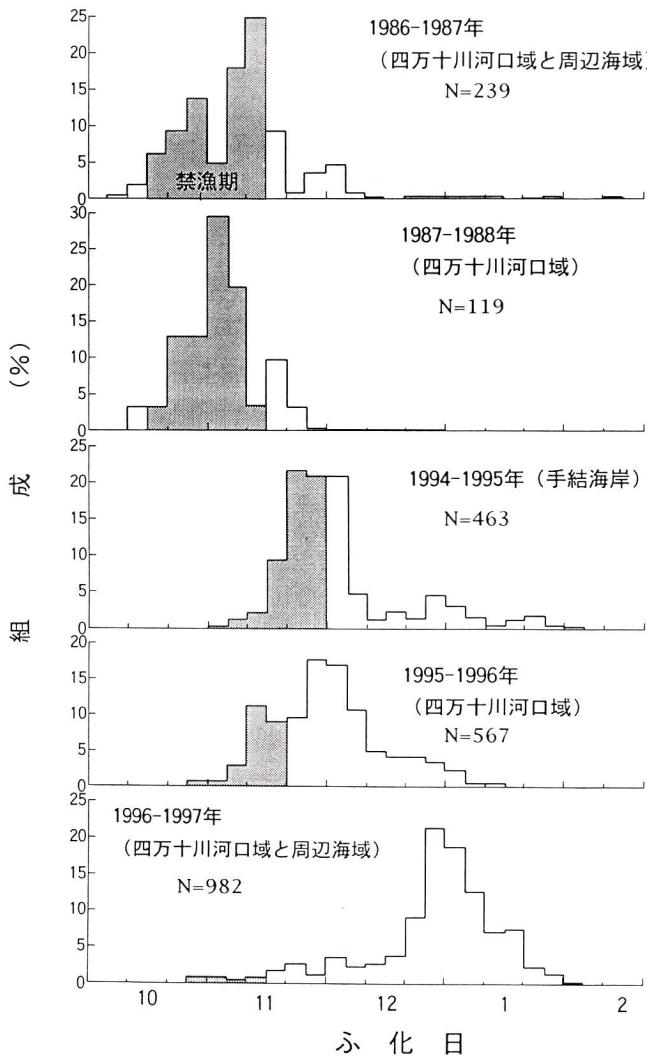


図3 1980 年代から 90 年代にかけてのアユのふ化日組成と禁漁期(高橋, 未発表)

問題の年、1996 年にはさらに詳細な調査を実施していた (Takahashi et al., 1999)。産卵場でのふ化のピークは 11 月中旬にあり、大部分のアユは 11 月にふ化したことは確かであった。しかし、海や河口で採集したアユのふ化日を調べてみると、12 月や 1 月に生まれたものが大部分で、11 月生まれの魚はほとんど現れない。さらに遡上期の稚アユを調べてもこの傾向は変わらなかった

(図 4)。このような現象から導かれる結論は、11 月に大量にふ化したアユは海に降りた段階でそのほとんどが死んでしまったということである。

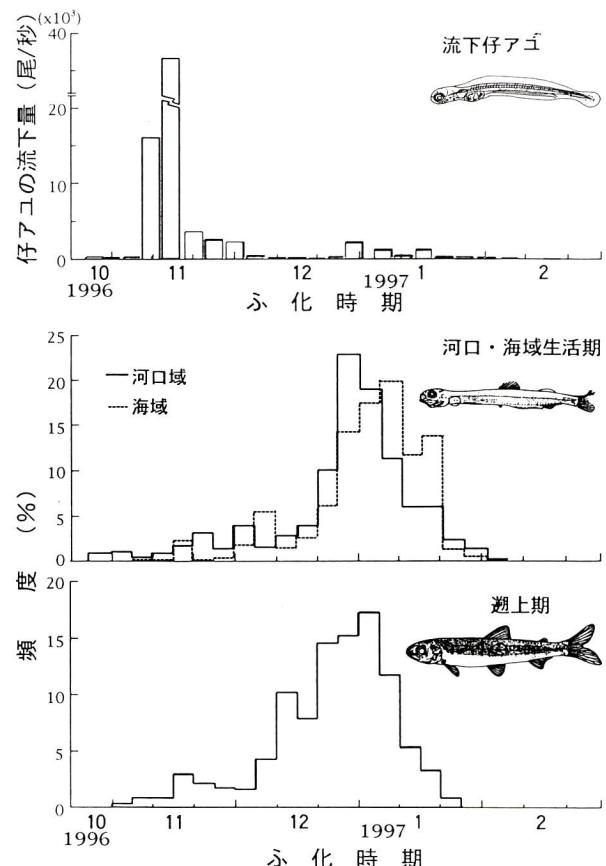


図4 流下期(ふ化直後)・河口および海域生活期・遡上期のふ化日組成の比較(Takahashi et al., 1999 を改変)

この原因として私たちのグループが有力視しているのが海水温の高さである。アユの仔魚は 20 °C 以上では死にやすいことが多くの実験により知られているが (伊藤ほか, 1967; 伊藤ほか, 1968; 伊藤ほか, 1971; 田端・柄多, 1979)、96 年 11 月は特に海水温が高く、過去 20 年間の最高値を記録した (高知県水産試験場測定データ)。もちろんアユの子どもに好適な範囲を大きく越えていた。そのために早生まれ (11 月生まれ) のアユは大部分が死んでしまい、生き残れたのは絶対数の少ない遅生まれ (12 月や 1 月生まれ) のアユであったようだ。

秋 (10-12 月) の海面水温と翌年の漁獲量の関係をみると、海面水温が上昇すると翌年の漁獲量は減少する傾向にある (図 5)。やはり秋の海の水温がアユの仔魚の生き残りに一定の影響を持っていると言えそうである。

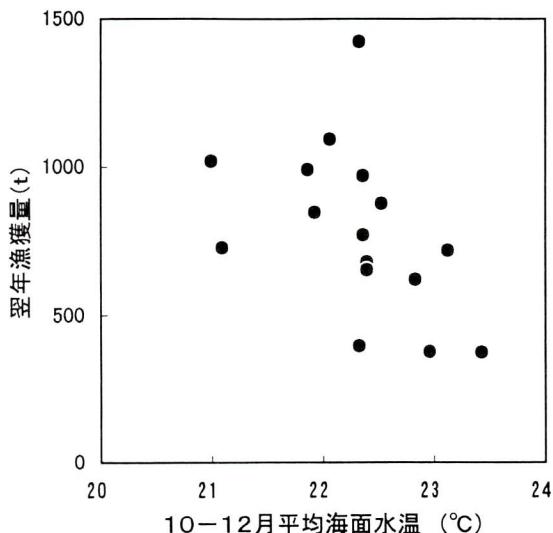


図5 秋の海面水温と翌年のアユ漁獲量の関係

(高橋、未発表)

このように早生まれのアユの子どもが死んでしまう現象は、主に「量」に関しての問題として考えがちであるが、早生まれのアユ 一俗に「一番仔」といわれる優秀なアユ の大部分が死に、遅生まれのアユが相対的に多くなると質的な問題もクローズアップされてくる。子どもの頃の成長や発育過程が生まれた時期によって異なることは先に述べたが、遅生まれのアユは、成魚になっても成長が悪い、ナワバリを作らない、あるいは作ったとしても時期が遅い、という傾向がある。そのため、現在遊漁の主流となっている友釣りの対象とはなりにくく、「釣れない」という質的な問題もはらんできることになると思われる。

話が前後するが、土佐湾沿岸の海水温はこの20年間上昇し続けている。一定の周期性が認められないことから、黒潮の蛇行やエルニーニョの影響ではないように思われる。あるいは地球温暖化の影響かも知れない。ごく最近になって沖縄の珊瑚礁の白化現象も海面水温の上昇が主たる原因となっていることを水産庁黒潮研究所（高知市）の藤岡さんが報告された。この珊瑚礁の問題についても研究者の間では、やはり温暖化の影響として懸念されている。

アユ資源の保全にむけて

先に述べたように、アユの子どもは海に出た後、あまり広い範囲には広がらない 一むしろ自ら広がらないようにしていると思える ことから、アユが生まれた川に戻ってくる割合は、これまで考えられていたよりもはるかに高いことが想像された。そうであれば、四万十川のアユを増やすた

めには、四万十川のアユを保護するということがかわめて大切ということになる。

先に述べたように、近年の資源の減少要因が海水温にあるため、保護対策は難しいが、今私に考えられる唯一の策は、産卵期の保護を強化すること 一禁漁期の延長、産卵場の保護など であり、高知県全体で早急に取り組まなければならない課題と考えている。図3からも明らかのように、少なくとも現在の禁漁期では、本来の目的であった「産卵の保護」はほとんど達成されていないと言える。

付記(おわりにかえて)

今回、アユ資源の減少の理由が海水温の高さにあることを指摘した。このことはあくまで近年一せいいこそ 5 年程度一 の資源の減少を説明する理由に過ぎない。

年輩の川漁師さんはわずか数十年前に今とは比較しようもないほどのおびただしい数のアユがいたことを教えてくれる。私が小学生の時分（今から 30 年ほど前）ですら、落ち鮎の解禁日には子どもでも手づかみでアユが取れたのである。この時代から現在にかけてのアユ資源の減少に、私たち人間活動が大きく影響したことは、もはや疑いの余地はない。

アユにとってみれば、長い間人間活動に傷みつけられたうえに、今、海水温の上昇という自然現象 一温暖化の影響であれば、これも人間活動の影響ということになる によってとどめを刺されようとしているのかもしれない。事態は差し迫っていると私は考えている。

引用文献

- 伊藤隆・岩井寿夫・古市達也, 1967. アユ種苗の人工生産に関する研究 XXXIII, 人工養殖アユの早期採卵ならびに完全人工養殖試験. 木曽三川河口資源調査報告, 4: 359-501.
- 伊藤隆・岩井寿夫・古市達也, 1968. アユ種苗の人工生産に関する研究 LXI, アユの人工孵化仔魚の生残に対する水温の影響. 木曽三川河口資源調査報告, 5: 571-584.
- 伊藤隆・富田達也・岩井寿夫, 1971. アユ種苗の人工生産に関する研究 LXXIV—人工ふ化仔魚の絶食生残に対する塩分濃度および水温の影響—. アユの人工養殖研究 1: 143-163.
- 川那部浩哉, 1970. アユの社会構造と生産II, 15年間の変化をみて. 日本生態学会誌, 20(4):141-151.
- 木下泉, 1984. 土佐湾の碎波帯における仔稚魚の出現. 海洋と生物 35: 409-415.
- 北島力・山根康幸・松井誠一・吉松隆夫, 1998. アユ仔魚の発育に伴う比重の変化. 日本水産学会誌, 64(5):822-829.
- 水野信彦・川那部浩哉・宮地伝三郎・森主一・児玉浩憲・大串竜一・日下部有信・古屋八重子, 1958. 川の魚の生活, I コイ科4種の生活史を中心にして. 京都大学理学部生理生態学研究業績, 81: 1-48.
- 澤志泰正・藤本治彦・東幹夫・西島信昇・西田睦, 1993. 琉球列島北部におけるアユの分布ならびにその遺伝的・形態的特徴. 日本水産学会誌, 59(2): 191-199.
- Senta, T. and I. Kinoshita, 1985. Larval and juvenile fishes occurring in surf zones of Western Japan. Transaction of the American Fisheries Society, 114: 609-618.
- 白石芳一・竹谷月江, 1957. アユ文献目録. 淡水区水産研究所資料, pp.97-91.
- 田畠和男・東幹夫, 1986. 海産, 湖産系および湖産アユ仔魚の海水飼育における生残特性. 兵庫水試研報, 24: 29-34.
- 高橋勇夫, 1997. アユは生き残るかー知られざる半生と資源保護. 矢作川研究, 1: 221-235.
- 高橋勇夫・木下泉・東健作・藤田真二・田中克, 1990. 四万十川河口内に出現するアユ仔魚. 日本水産学会誌, 56(6): 871-878.
- 高橋勇夫・東健作・藤田真二・平賀洋之, 1998. アユ仔稚魚の発育過程とふ化月の関係. 1998年度日本魚類学会講演要旨集.
- Takahashi, I., K. Azuma, S. Fujita and I. Kinoshita, 1998. Spatial distribution of larval ayu *Plecoglossus altivelis* in the Shimanto Estuary, Japan. Fisheries Sci., 64(4): 522-525.
- Takahashi, I., K. Azuma, H. Hiraga and S. Fujita, 1999. Different mortality in larval stage of ayu *Plecoglossus altivelis* in the Shimanto Estuary and adjacent coastal waters. Fisheries Sci., 65(2): 206-210.
- 塚本勝巳, 1988. アユの回遊メカニズムと行動特性. 現代の魚類学 (上野輝彌・沖山宗雄編), 朝倉書店, 東京, pp.100-133.
- Tsukamoto, K. and T. Kajihara, 1987. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, 53(11): 1985-1997.
- Tsukamoto, K., R. Ishida, K. Naka and T. Kajihara, 1987. Switching of size and migratory pattern in successive generations of the landlocked ayu. Common strategies of anadromous and catadromous fishies. American Fisheries Society Symposium 1. American Fisheries Society: 492-506.
- 塚本勝巳・望月賢二・大竹二雄・山崎幸夫, 1989. 川口水域におけるアユ仔稚魚の分布・回遊・成長. 水産土木, 50: 47-57.
- 山崎幸夫, 1986. 海産アユ仔稚魚の摂餌生態に関する研究. 東京大学修士論文, 75pp.
- 横手方, 1978. アユに関する文献集 I. 淡水区水産研究所資料, 112pp.
- 横手方, 1984. アユに関する文献集 II. 淡水区水産研究所資料, 82pp.

四万十川水系の生物調査



高知県環境研究センター 伊藤瑞穂(現高知県下水道公社)*、堀内泰男**

1. はじめに

高知県においては、四万十川を将来にわたって県民・国民共有の財産として保全していくため、「清流四万十川総合プラン 21」を平成8年に策定し、流域圏的な視点による総合対策が進められている。また、これに先立って清流保全の基盤となる水質保全に重点を置いた「四万十川清流保全計画」が平成3年に策定され、総合対策展開の先行施策として取り組みが行われてきた。

当所では、この計画策定の基礎調査として昭和 63 年度～平成元年度に本川 5 地点、支川 7 地点の 12 箇所で底生動物相について事前調査(以下、「第1次調査」という。)を行い、次いで、計画が実施に移された平成 3 年度～6 年度に保全計画に基づくモニタリング調査(以下、「第2次調査」という。)を本川 4 地点、支川 4 地点の 8 箇所で行った。その後も、四万十川にごり機構解析研究事業(平成7～9年度)の一環として調査した他、平成 10 年度には全県的調査事業の中で継続調査(以下、「第3次調査」という。)を実施した。

本報は、第1次～2次調査結果を中心に、現在とりまとめ中の第3次調査結果を一部加えて、底生動物相から見た四万十川の水質状況について概要報告する。

2. 第1次調査結果

2. 1. 調査対象河川

四万十川は高岡郡東津野村の不入山(1336m)に源を発し、高知県西南部を流れて土佐湾に注ぐ流路延長 196km、流域面積 2270km² の 1 級河川である。流域は愛媛県にまたがり、高知県はその 82.5% (1,873km²) を占め、感潮域は河口から 6km 付近までとなっている。四万十川の支流は、大小あわせて 70 の第 1 次支川と 200 以上の第 2 次支川があり、支川の調査は仁井田川、吉見川、樋原川、広見川、目黒川、中筋川、後川の第 1 次支川について行った。

2. 2. 調査地点及び調査期日

調査地点は図 1・表 1 のとおりで、表 2 に調査時期

を示した。

2. 3. 生物調査方法

調査地点は、日当たりの良い早瀬か平瀬の石礫底で、水深がひざ程度の場所を選定した。ただし、河床の状態が悪い場合は、上記の条件になるべく合うような所で行った。

底生動物の採取は 30cm×30cm の金属製の枠を設置してその下流にサーバーネット(ナイロン製 80 メッシュ)を置き、枠内の石礫や小石、砂などを手で洗つたりすくいあげたりして静かにネット内に取り込む。この操作を各地点で 3 回ずつ行った。採集した底生動物は小石やゴミとともにビニール袋に移し、そのあとネットに絡まっている動物をピンセットで拾い入れ、10% ホルマリン溶液で固定し 1 試料とした。同定はできる限り種のレベルまで行い、困難な場合は属、科あるいはそれ以上のレベルにとどめ、1 種として取り扱った。分類は、津田¹⁾、河田²⁾、川合³⁾、上野⁴⁾、岡田⁵⁾に基づいて行った。

2. 4. 底生動物による水質汚濁評価法

各調査地点の生物学的水質階級の評価は、主としてコルクビツ法、生物指数、汚濁指数の 3 方法で行い(表 3)、参考として多様性指数^{9~10)}と優占種法を用いた。また、出現種の指標性は既存資料^{6~8)}によった。

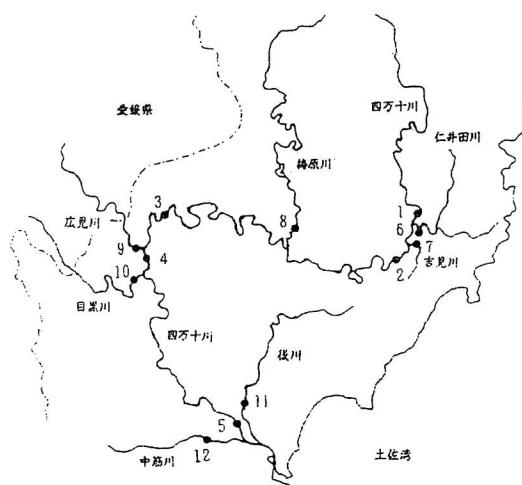


図1. 第一次調査地点

表1. 調査地点表

	河川名	地点名	河口との距離	海拔高
本川	四万十川	鍛治屋瀬橋	129.5 km	214m
	四万十川	天の川	117.5 "	199 "
	四万十川	半家沈下橋	53.5 "	50 "
	四万十川	橋	46.0 "	40 "
	四万十川	四万十川橋	10.0 "	10 "
支川	仁井田川	根々崎橋	128.2 "	214 "
	吉見川	窪川新橋	124.2 "	210 "
	梼原川	江師	97.8 "	143 "
	広見川	川崎橋	48.9 "	46 "
	目黒川	川口沈下橋	33.5 "	40 "
	後川	秋田橋	18.5 "	10 "
	中筋川	五反田橋	13.5 "	7 "

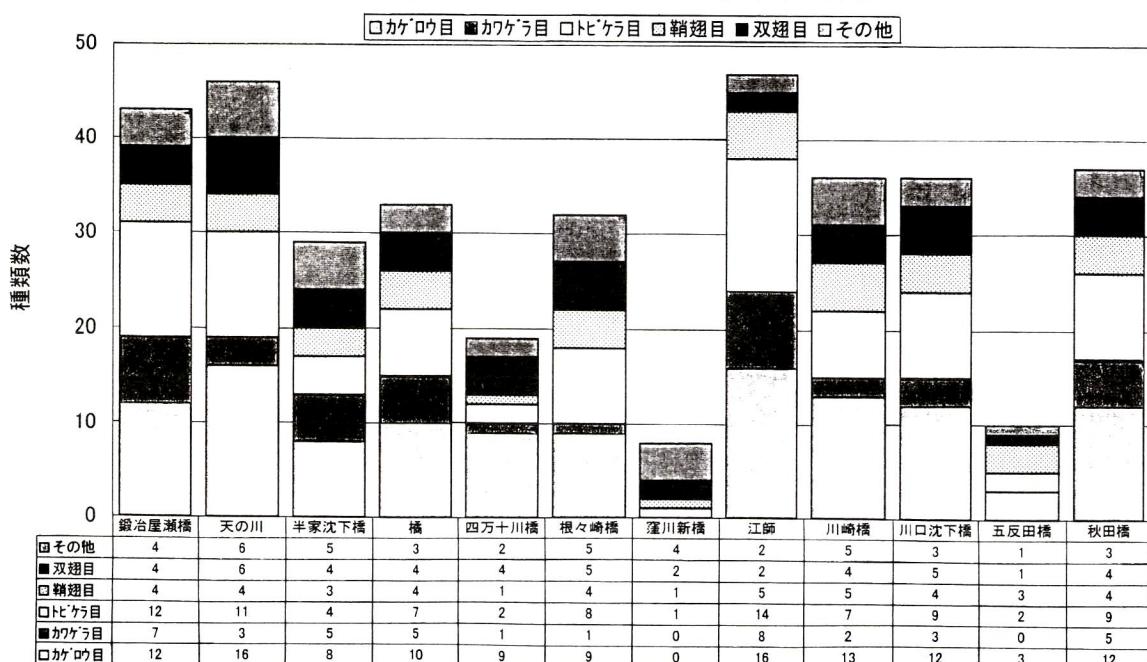
表2. 第1次調査時期

	夏期	冬期
本川	昭和63年10月11日	平成1年2月23日
支川	平成1年8月24日	平成2年3月13日

表3. 生物学的水質階級

階級	略語	意味	BOD のめやす	生物指數	汚濁指數
貧腐水性	OS	きれい	0~2.5 mg/l	20 以上	1.0~1.5
β -中腐水性	β -ms	やや汚れている	2.5~5 mg/l	11~19	1.5~2.5
α -中腐水性	α -ms	汚れている	5~10 mg/l	6~10	2.5~3.5
強腐水性	PS	非常に汚れている	10 mg/l 以上	0~5	3.0~4.0

図2 各地点の分類群別出現種類数(年間)



また、エルモンヒラタカゲロウとシロタニガワカゲロウの2種は、窪川新橋と五反田橋を除いた全地点で多数出現し生物相の主要な構成種となっていた。そのほか、支川の多くでトビケラ目が7~14種平均9.7種と比較的まんべんなく出現した。

四万十川本川の総種類数は、中流の前半に位置する鍛治屋瀬橋と天の川橋で、それぞれ43種、46種と豊富で、中流後半の半家沈下橋や橋の29種、32種と比べて多様な種組成を示した。下流の四万十川橋の総種類数はわずかに19種で、個体数199を加味してもこの地点の生物相は非常に貧弱であった。底生動物相を構成する環境因子として、河川形態や河床の状態及び礫付着物の状態や流速、水質などが考えられるが、この地点はこれらの環境因子のどれをとりあげてみても生息条件としてあまり好ましくないとみえ、底生動物相はおのずから貧弱を呈して単純化していくものと思われた。

5支川における総種類数は、梼原川の江師で47種とすこぶる多く、他の4地点は32~37種で、本川中流後半の半家沈下橋や橋と比べて豊富であった。

年間の総個体数(図3)をみると、天の川橋で約4,000個体、鍛治屋瀬橋で約2,000個体と高密度に生息していたが、その他の地点では約200~1,200個体とバラついていた。なかでも、天の川橋ではエルモンヒラタカゲロウやコカゲロウ属のほかにアカマダラカゲロウやコガタシマトビケラといった4種が他の地点と比べて非常に多く出現していて、総種類数46種のうちこの4種の合計だけで全個体数の4割を占めた。

次に、個体数による優占的な種類(表4)をみると、汚濁に強いユスリカ科の上位優占度は夏期の3例に対し、冬期は5例と高い。四万十川橋では1位に汚濁耐性種のユスリカ科が、2位に非汚濁耐性種のシロタニガワカゲロウといった極端な例が両期で優占して棲み分けている。調査した12地点中、夏期冬期ともに「きれい」な水域の指標種が第1位、2位を占めた地点は四万十川中流の4地点と川崎橋の5地点であった。

ここで少し吉見川について述べる。農耕地や住宅密集地を流れるこの水系は、もともと河川水量が少ないうえに生活排水が多量に流れ込み、四万十川本川の汚濁の一因となっている。そのためか夏期の生物相は9種類41個体ときわめて貧弱なうえにユスリカ科の優占度が異常に高く、また「非常に汚れている」水域種のイトミズ科が2位を占めていたことを考慮すると、底生動物が生息できなくなる限界に近いのではないかと考えられた。ちなみに、汚濁の程度が更に進行すると、水性細菌類のみが生息する水域になると思われる。このことは、冬期にミズワタ(糸状細菌の集合体)^{11~12)}が河床一面に増殖して底生動物が採取できなかったことからみても理解できると思う。

図4に非汚濁耐性種と汚濁耐性種の割合を示した。非汚濁耐性種の割合が最も高い地点は梼原川江師の84%、次いで四万十川鍛治屋瀬橋の82%であった。反対に低い地点は吉見川窪川新橋の33%と後川秋田橋の40%の両支川となっており、他の8地点は62~77%の範囲にあった。

図3 各地点の分類群別出現個体数(年間)

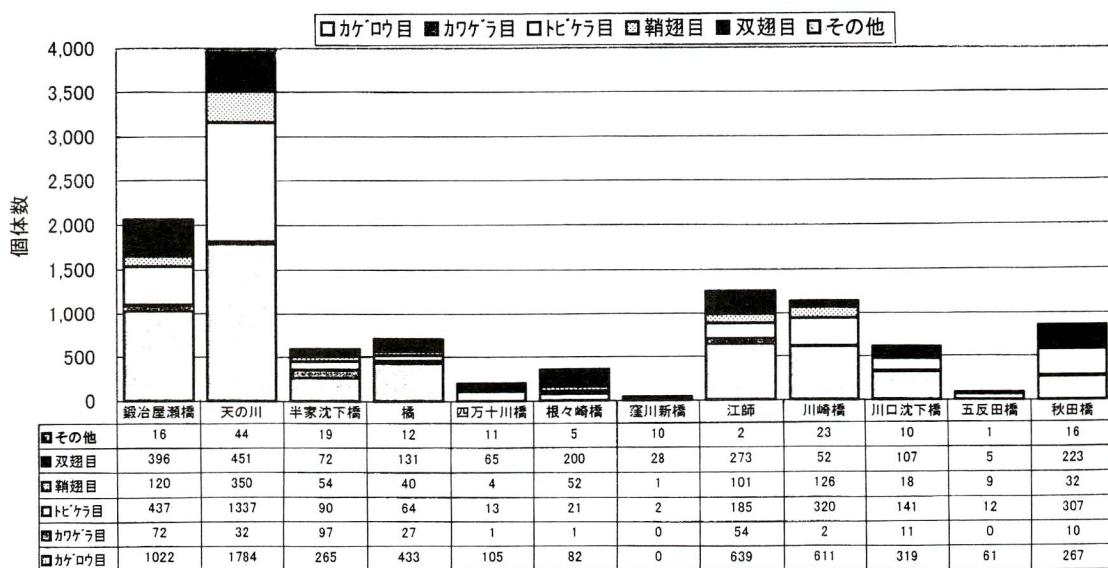
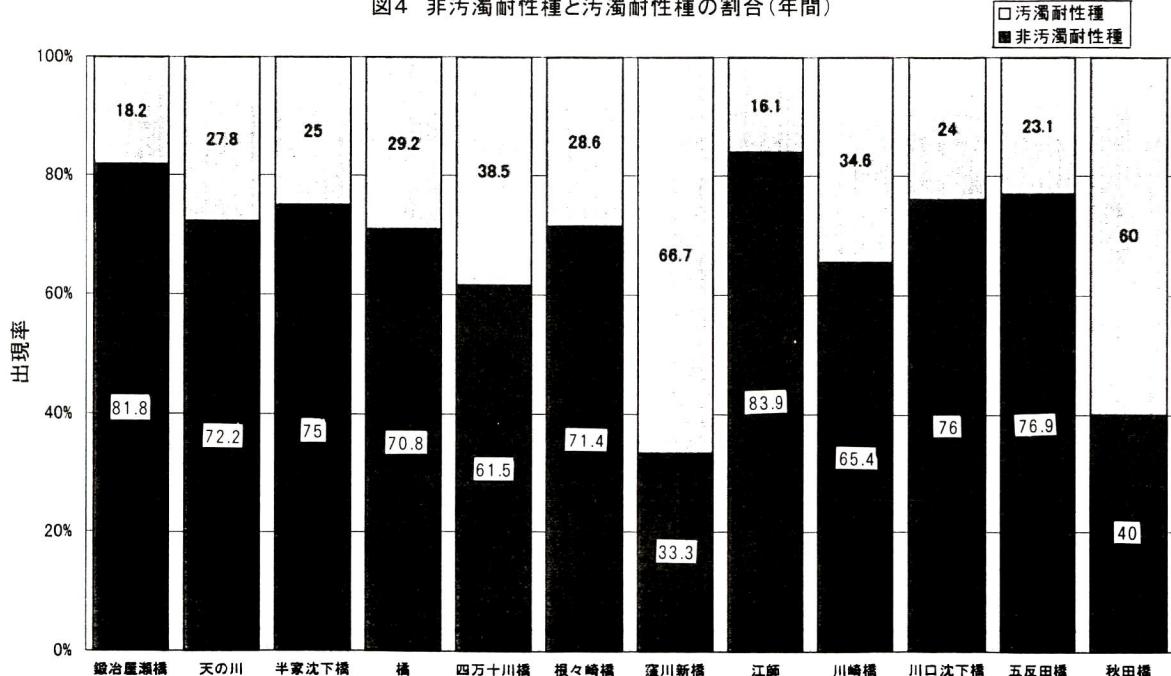


表4. 各地点の個体数による優占種

地占名	年度	出現 種数	出現 個体	夏　　期		出現 種数	出現 個体	冬　　期	
				第1優占種	第2優占種			第1優占種	第2優占種
1 鍛治屋瀬橋	63	29	1056	コカゲロウ属(23)	エルモンヒラタカゲロウ(22)	36	1007	コガタシマトビケラ属(20)	エルモンヒラタカゲロウ(13)
2 天の川橋	63	35	2383	コカゲロウ属(14)	エルモンヒラタカゲロウ(11)	37	1615	ヤマトビケラ属(27)	アカマダラカゲロウ(16)
3 半家沈下橋	63	26	553	コカゲロウ属(21)	ヤマトフタツメカワゲラ(13)	14	44	カワゲラ科(25)	コガタシマトビケラ属(20)
4 橋	63	19	222	シロタニガワカゲロウ(16)	ヒメヒラタカゲロウ(15)	26	485	エルモンヒラタカゲロウ(27)	シロタニガワカゲロウ(25)
5 四万十川橋	63	9	85	ユスリカ科(28)	シロタニガワカゲロウ(24)	16	114	ユスリカ科(32)	シロタニガワカゲロウ(19)
6 根々崎橋	1	19	103	ユスリカ科(53)	シロタニガワカゲロウ(12)	23	258	ユスリカ科(41)	ヒラドロムシ(16)
7 窪川新橋	1	9	41	ユスリカ科(56)	イトミミズ科(10)	0	0	ミズワタ	
8 江師	1	22	132	コカゲロウ属(15)	エルモンヒラタカゲロウ(14)	39	1122	ユスリカ科(18)	コカゲロウ属(16)
9 川崎橋	1	21	612	アカマダラカゲロウ(16)	シロタニガワカゲロウ(13)	29	522	エルモンヒラタカゲロウ(23)	シロタニガワカゲロウ(22)
10 川口沈下橋	1	19	132	コガタシマトビケラ(23)	シロタニガワカゲロウ(18)	29	474	エルモンヒラタカゲロウ(33)	ユスリカ科(15)
11 五反田橋	1	10	88	ヒメトビイロカゲロウ(58)	コガタシマトビケラ(13)	※			
12 秋田橋	1	20	277	ヒメトビイロカゲロウ(19)	コガタシマトビケラ(15)	32	578	ユスリカ科(30)	コガタシマトビケラ属(17)

():出現個体数に占める割合% ※ 河川工事のため不実施

図4 非汚濁耐性種と汚濁耐性種の割合(年間)



2.5.2. 各調査地点の総合的水質評価

表5は各地点における生物学的水質判定結果である。四万十川本川5地点の水質はすべて「きれい」な水域と評価された。そのうち、鍛冶屋瀬橋と天の川椅の2地点は非常に良好であり、またその下流の半家沈下橋や橋もこれといって問題はないが、感潮域に近い四万十川橋で生物指数及び汚濁指数が「やや汚れている」水域との境界にあった。

7支川の水質のうち、仁井田川の根々崎橋、樺原川の江師、広見川の川崎橋、目黒川の川口沈下橋、後川の秋田橋の5支川については「きれい」と評価された。その中で、樺原川の江師は評価の内容が夏期冬期とも非常に高く、水質が生物学的に最も良好であった。吉見川の窪川新橋と中筋川の五反田橋は夏期の評価として「やや汚れている」水域とされた。

3. 第2次調査結果

3.1. 調査対象河川

2.1. で述べた四万十川本川及び、樺原川、仁井田川、広見川、吉見川の第1次支川を実施した。

3.2. 調査地点及び調査期日

調査地点は図5・表6のとおりで、表7に調査時期を示した。

3.3. 調査の方法

2.3. の方法によった。

3.4. 底生動物による水質汚濁評価法

2.4. の方法によった。

3.5. 結果と考察

3.5.1. 四万十川水域の底生動物相

四万十川本川の4地点を河床型から分けると、鍛冶屋瀬橋と大正流量観測所が中流、岩間橋と具同が下流に相当¹³⁾する。この4地点における総種類数は、図6に示すように下流の具同と比べて、その上流部の3地点は各々48種と豊富に出現していた。今回の第1次～第2次調査結果より、四万十川本川の底生動物は上流部を除いた中流から下流にいたる地点全体で112種(水生昆虫が104種、水生昆虫以外の動物が8種)の生息が確認できた。ちなみに、四万十川に生息する底生動物の種類数は淵や瀬などが調べられると、その数は250種～300種位¹³⁾になるといわれる。

表5 底生動物による各地点の生物学的水質判定結果

地点	調査日	コルケヒッツ 法結果	生物指數(BI)			汚濁指數(pI)			多様性指數(DI)			優占 種法	水質総 合結果
			指數値	平均	結果	指數値	平均	結果	指數値	平均	結果		
1 鍛冶屋橋 (四万十川)	S63.10.11	os	57			1.2			3.6			os	
	H1.2.22	os	70	64	os	1.1	1.2	OS	3.9	3.8	清水域	os	os
2 天の川(四 万十川)	S63.10.11	os	59			1.3			4.1			os	
	H1.2.22	os	65	62	os	1.3	1.3	OS	3.6	3.9	清水域	os	os
3 半家沈下橋 (四万十川)	S63.10.11	os	44			1.4			3.7			os	
	H1.2.22	os	26	35	os	1.2	1.3	OS	3.2	3.5	清水域	os	os
4 橋(四万十 川)	S63.10.11	os	32			1.4			3.6			os	
	H1.2.22	os	47	40	os	1.2	1.3	OS	3.1	3.4	清水域	os	os
5 四万十川橋 (四万十川)	S63.10.11	os	13			1.3			2.8			os	
	H1.2.22	os	28	21	os	1.4	1.4	OS	3	2.9	中汚染	os	os
6 根々崎橋 (仁井田川)	H1.8.24	os	35			1.1			2.7			os	
	H2.3.13	os	37	36	os	1.5	1.3	OS	2.9	2.8	中汚染	os	os
7 窪川新橋 (吉見川)	H1.8.24	os ~ β - ms	12		β-ms	2		β-ms	2.3		中汚染	ps	β-ms
	H2.3.13	--	--			--			--			--	
8 江師(樺原 川)	H1.8.24	os	40			1.1			3.8			os	
	H2.3.13	os	73	57	os	1.1	1.1	OS	4	3.9	清水域	os	os
9 川崎橋(広 見川)	H1.8.24	os	35			1.3			3.1			os	
	H2.3.13	os	38	37	os	1.2	1.3	OS	3.4	3.3	清水域	os	os
10 川口沈下橋 (目黒川)	H1.8.24	os	30			1.3			3.4			os	
	H2.3.13	os	55	43	os	1.1	1.2	OS	3.4	3.4	清水域	os	os
11 五反田(中 筋川)	H1.8.24	β-ms	14		β-ms	1.5		OS	2.2		中汚染	β-ms	β-ms
	H2.3.13	--	--			--			--			--	
12 秋田(後川)	H1.8.24	os	34			1.3			3.5			β-ms	
	H2.3.13	os	58	46	os	1.2	1.3	OS	3.5	3.5	清水域	os	os

図6 各地点の分類群別出現種類数(年間)

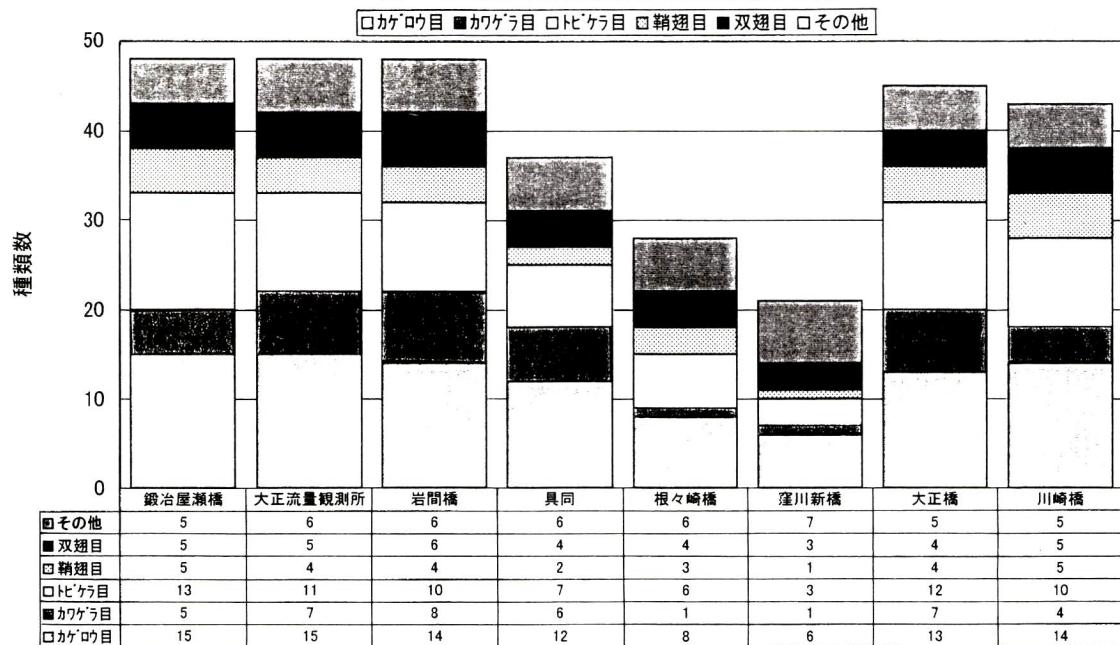


表7. 第2次調査時期

	夏期	冬期
第1回	平成3年8月13日	平成4年2月18日
第2回	平成4年10月12日	平成5年3月4日
第3回	未実施	平成6年2月4日
第4回	平成6年7月14日	平成7年2月8~9日

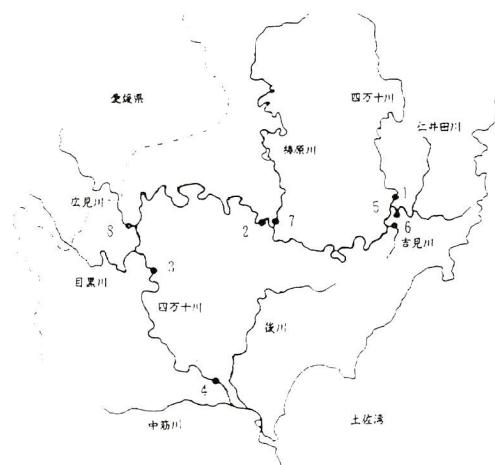


図5. 第2次調査地点

表6. 調査地点表

	河川名	地点名	河口との距離	海拔高
本川	1 四万十川	鎌治屋瀬橋	129.5 km	214m
	2 四万十川	大正流量観測所	93.8 "	143 "
	3 四万十川	岩間橋	40.7 "	40 "
	4 四万十川	具同	11.0 "	10 "
支川	5 仁井田川	根々崎橋	128.2 "	214 "
	6 吉見川	壺川新橋	124.2 "	210 "
	7 植原川	大正橋	94.8 "	143 "
	8 広見川	川崎橋	48.9 "	46 "

吉見川壺川新橋付近の生息種類数が極めて少ないので、先にも述べたように、もともと水量が少ないという間に生活排水が多量に流入する影響によるものと思われる。

一方、仁井田川の根々崎橋の流域付近は一見して生息環境が良好のようにみられるが、上流からの畜産系による汚染が懸念される。4年間のフアウナ・リストによると生物相の主要構成種のカゲロウ目は全体で17種採取されたが、そのうち出現するのは平均8種といったように他の地点(吉見川を除く)と比べて相対的に出現率が低い。同様のことがトビケラ目でもみられたが、この原因については流域周辺の水質や自然環境を詳しく調査する必要があると思われた。

図7は年間平均採取個体数である。広見川の川崎橋で1,775個体と突出しているが、その原因是平成4年と6年に「きれい」な水域種のエルモンヒラタカゲロウやシロタニガワカゲロウ及びウルマーシマトビケラやコガタシマトビケラ属などの種が豊富に出現していたことがあげられる。また吉見川の壺川新橋の「その他」が208と異常に高いのは、平成6年に甲殻類のミズムシと貝類のモノアラガイが著しく増加していたこと

による。本川4地点の個体数をみると、具同を除く上流3地点がだいたい1,000前後であるのに対して、下流の具同はおよそ、その半数であった。また、上流3地点の生物相は種類数をみても、梼原川の大正橋と相似していた。

表8には年度別に各地点で優先的に分布していた上位2種を、図8には各地点の非汚濁耐性種と汚濁耐性種の割合(平均)を示した。8地点で4年間調査した54例のうち、アカマダラカゲロウが優占種になっていたのが8例、エルモンヒラタカゲロウが7例、コカゲロウ属が6例と、「きれい」な水域に棲む種が優占種になっていた場合が多かった。このほか、「少し汚れた」水域種のコガタシマトビケラが圧倒的に優占していた例が広見川の川崎橋でみられた。また、岩間橋でも本種が7例中3例優占していたなど、この2地点の生息環境は河畔や河川の利用状況、その他水の濁りなどに連動して生息条件がたえず変化していたものと思われた。窪川新橋には常在種としてユスリカ科、ミズムシ、コカゲロウ属などがいて、これらのうち汚濁耐性種のユスリカ科の個体数が圧倒的に多く、また有機汚濁に強い種といわれる「汚れている」水域種のミズムシの出現頻度も高いのは、河床の礫に付着物が多いことと流れが停滞しがちであることを意味している。

図8についてみると、本川4地点の非汚濁耐性種の割合は76.5~80%平均78%に村し、支川のそれは吉見川の53.8%から梼原川の80%の範囲にあって平均すると67.4%となっていた。汚濁耐性種のうち、本・支川共通して出現頻度が高い種はユスリカ科とコ

ガタシマトビケラで、あとヒラタドロムシ科も多く出現していた。なかでも、汚濁耐性種の割合が46%の窪川新橋と36%の根々崎橋では、前者で「きたない」水域種のモノアラガイや有機汚濁に最も強いといわれる「非常に汚れている」水域種のサカマキガイが、後者では「やや汚れている」水域種のマシジミや「非常に汚れている」水域種のイトミズなどが特異的に出現していた。

3.5.2 第2次調査における各調査地点の総合的水質評価

第2次調査全体を通じた生物学的水質判定結果を表9に、河川別の評価概要を以下に示す。

(1) 四万十川本川(St.1 鍛治屋瀬橋、St.2 大正流量観測所、St.3 岩間橋、St.4 具同)

中流の鍛治屋瀬橋、大正流量観測所の2地点は、アカマダラカゲロウやエルモンヒラタカゲロウなど「きれい」な水域に生息する種が豊富に出現しており、非汚濁耐性種の割合も高く、種々の判定結果においても非常に清列な地点であることを示していた。また、各指標の経年推移をみても、鍛治屋瀬橋の水質は安定していることが伺える。

下流の2地点は、岩間橋が中流の2地点と同じ評価であったが、具同は生物指標が44と他3地点の64~60に比べ低値で夏期に非汚濁耐性種の密度が低かった。2地点の評価は「きれい」と評価され、四万十川は中流から下流にかけて生物学的に良好な清流を保っていた。

図7 各地点の分類群別出現個体数(年間)

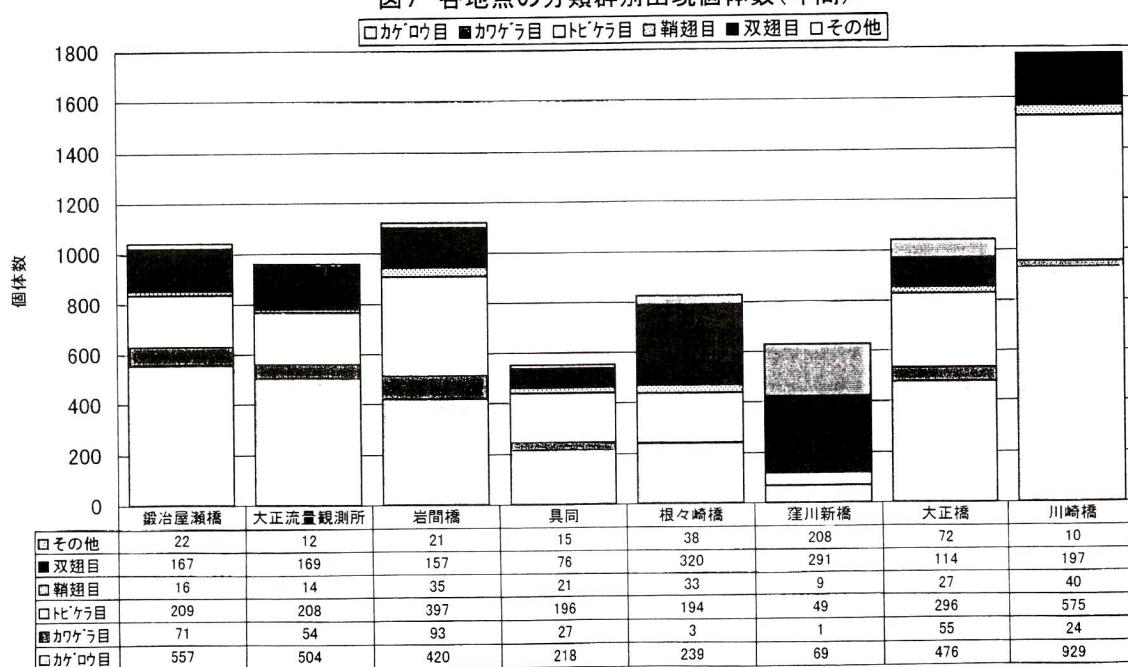
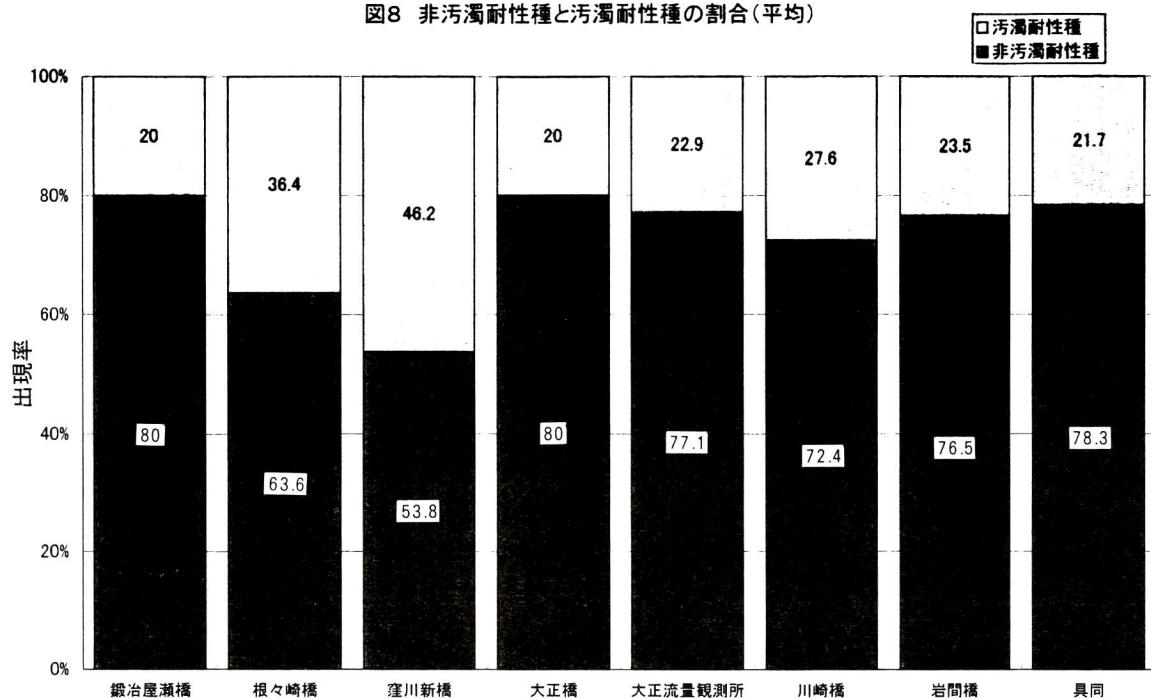


図8 非汚濁耐性種と汚濁耐性種の割合(平均)



(2) 仁井田川支川(St.5 根々崎橋)

ユスリカ科をはじめ「少し汚れた」水域種のオナガサナエやコガタシマトビケラなどの汚濁耐性種が比較的多く出現していたため、生物指数が平均して 35 と吉見川水系に次いで低かった。また、この数値は平成 1 年に行った第1次調査の時とほぼ同じで、すなわちこの時以来毎年のように清流種の生息密度が低い状態で推移していたように思われた。汚濁指数でみると平成 3 年度に 1.5 を示して「少し汚れた」水域との境界にあったが、4 年度以降はこの数値を越えることはなく、より良好となつていて「きれい」な水域と評価された。

(3) 吉見川支川(St.6 窪川新橋)

種類数と非汚濁耐性種の割合が調査地点中最も低く、春先にはよくミズワタが河床一面に成長していて、生物相は一層貧弱にみえた。また、「汚れている」水域種のモノアラガイや有機汚濁に強いサカマキガイが採取されるなど、他の地点にはみられない種が生息していた。

次に、四万十川方式と呼ばれる浄化装置が稼働後の平成 6 年度を中心に、5 年度以前 3 年間(平均)の底生動物の出現状況を比べてみると、種類数は 5 年度以前の 10 種に付して 6 年度には 21 種(2.1 倍)に、個体数も同様に 260 個体に付して 1,136 個体(4.4 倍)と著しく増加した。また、この地点の特色としてユスリカ科の出現率が異常に高いことがあげられるが、それが 5 年度以前は 72% であったのに付して 6 年度は 38% と大幅に減少した。この結果、とくに生物指数(BI)が 14 から 33 に、多様性指数(DI)が 1.3 から 2.7 に推移し有意の上昇を示した。この地点の

総合結果を年度別にみると、平成 3~5 年度は「少し汚れた」水域と評価され、6 年度は「きれい」な水域に推移したが、3 方法の評価は一致しなかつた。

(4) 植原川支川(st.7 大正橋)

「きれい」な水域種の底生動物が豊富に出現し、汚濁耐性種の割合が本川の鍛冶屋瀬橋と同様に調査地点中最も低かった。また、特定の種の優占度が異常に高くなることがない反面、場合によっては水生昆虫以外に属する貝類のカワニナが優占することがある。経年的にも、種々の評価はそれぞれが高い値で推移し安定しており、先の鍛冶屋瀬橋と相似の「きれい」な水質を示した。

(5) 広見川支川(st.8 川崎橋)

平成 3 年度は汚濁指数や多様性指数が「少し汚れた」水域との境界を示し、生物指数も平均の 50 と比べて 37 と低いえ夏期には「少し汚れた」水域種のコガタシマトビケラの生育密度が高かった。また、生物指数が平成 1 年の事前調査の時と同値であったが、おおむね平成 4 年頃から上向くと同時に、清流種が増加しはじめてきたように思われた。総合評価は「きれい」な水域と評価された。

4 第3次調査における吉見川の経年動向

全県的な河川底生生物調査の一環として、平成 10 年度に四万十川水系本川 3 地点・支川 8 地点を対象に調査した。現在、結果の最終とりまとめ中であるが、ここでは特に第1次~第2次調査で経時的变化が注目された吉見川について第3次調査データを加えて経年動向をみる。

表8 各地点の個体数による優占種

地點名	年 度	出現 種數	出現 個體	夏期		出現 種數	出現 個體	冬期	
				第1優占種	第2優占種			第1優占種	第2優占種
1 鐵冶屋瀨橋(四万十川)	3	27	574	アカマダラカゲロウ(33)	コガタシマトビケラ(9)	38	935	ウルマーシマトビケラ(19)	アカマダラカゲロウ(13)
	4	26	176	コカゲロウ属(32)	ユスリカ科(15)	40	1,649	アカマダラカゲロウ(24)	エルモンヒラタカゲロウ(19)
	5					41	1,319	エルモンヒラタカゲロウ(22)	ユスリカ科(17)
	6	28	94	アカマダラカゲロウ(25)	ウルマーシマトビケラ(24)	45	1,493	エルモンヒラタカゲロウ(21)	アカマダラカゲロウ(21)
2 大正流量観測所(四万十川)	3	28	627	シロダニガワカゲロウ(22)	アカマダラカゲロウ(17)	36	567	ユスリカ科(28)	ウスバヒメガバンボ(15)
	4	22	248	コカゲロウ属(31)	シロタニガワカゲロウ(24)	43	1,854	アカマダラカゲロウ(21)	コガタシマトビケラ(10)
	5					42	1,079	エルモンヒラタカゲロウ(17)	コガタシマトビケラ(13)
	6	27	851	アカマダラカゲロウ(21)	コガタシマトビケラ(12)	43	1,483	アカマダラカゲロウ(17)	ウスバヒメガバンボ(14)
3 岩間橋(四万十川)	3	30	649	コガタシマトビケラ(28)	コカゲロウ属(10)	38	756	ブユ科(22)	ヨシノマダラカゲロウ属(11)
	4	26	223	コカゲロウ属(19)	グマガトビケラ(14)	41	1,681	ヨシノマダラカゲロウ属(24)	コガタシマトビケラ(11)
	5					30	572	ヒメヒラタカゲロウ属(47)	ユスリカ科(7)
	6	36	1,992	コガタシマトビケラ(28)	コガタシマトビケラ(19)	41	1,935	コガタシマトビケラ(13)	ウスバヒメガバンボ(11)
4 具同(四万十川)	3								
	4	11	92	コカゲロウ属(46)	ユスリカ科(27)	26	603	シロダニガワカゲロウ(50)	セラクレア(23)
	5					31	780	エルモンヒラタカゲロウ(34)	ヒメヒラタカゲロウ属(29)
	6	26	338	コガタシマトビケラ(20)	ユスリカ科(20)	24	784	グマガトビケラ(53)	ユスリカ科(27)
5 根々崎橋(仁井田川)	3	22	800	アカマダラカゲロウ(24)	ユスリカ科(23)	28	1,878	ユスリカ科(30)	ブユ科(16)
	4	22	169	ユスリカ科(18)	コカゲロウ属(17)	22	736	ユスリカ科(23)	コカゲロウ属(13)
	5					18	265	ユスリカ科(34)	ウルマーシマトビケラ(24)
	6	18	673	ウルマーシマトビケラ(28)	アカマダラカゲロウ(21)	21	1,164	アカマダラカゲロウ(20)	ウルマーシマトビケラ(19)
6 窪川新橋(吉見川)	3	7	326	ユスリカ科(89)	コカゲロウ属(7)	12	183	ユスリカ科(68)	ウスバヒメガバンボ(9)
	4	10	224	コカゲロウ属(59)	ユスリカ科(29)	8	185	ユスリカ科(61)	ミズムシ(16)
	5					12	385	ユスリカ科(79)	コカゲロウ属(8)
	6	20	1,671	ユスリカ科(40)	ミズムシ(22)	22	601	ユスリカ科(35)	ウスバヒメガバンボ(22)
7 大正橋(橋原川)	3	32	739	カワニナ(17)	シロタニガワカゲロウ(15)	29	361	シロタニガワカゲロウ(18)	エルモンヒラタカゲロウ(15)
	4	27	299	カワニナ(16)	エルモンヒラタカゲロウ(12)	41	1,211	テラカゲロウ(14)	アカマダラカゲロウ(12)
	5					39	865	エルモンヒラタカゲロウ(15)	アカマダラカゲロウ(14)
	6	32	525	シロタニガワカゲロウ(14)	アカマダラカゲロウ(11)	41	3,070	アカマダラカゲロウ(17)	コガタシマトビケラ(12)
8 川崎橋(広見川)	3	27	1,945	コガタシマトビケラ(55)	シロタニガワカゲロウ(15)	24	445	エルモンヒラタカゲロウ(26)	コガタシマトビケラ(11)
	4	21	781	シロタニガワカゲロウ(47)	コカゲロウ属(14)	38	2,517	アカマダラカゲロウ(20)	エルモンヒラタカゲロウ(15)
	5					36	1,858	コガタシマトビケラ(18)	エルモンヒラタカゲロウ(14)
	6	18	1,494	コカゲロウ属(21)	シロタニガワカゲロウ(20)	37	3,313	エルモンヒラタカゲロウ(24)	アカマダラカゲロウ(19)

(): 出現個体数に占める割合(%)

* 5 年度の夏は未実施

(1)具同は 4 年度から実施

表9 底生動物による各地点の生物学的水質判定結果

調査地点	年度	コルクビッツ 法結果	生物指数(BI)		汚染指数(pl)		多様性指数(DI)		優占種法	水質総合 結果
			指 数 値	結 果	指 数 値	結 果	指 数 値	結 果		
1 錫治屋瀬橋(四万十川)	3	os	59	os	1.3	os	3.8	清水域	os	os
	4	os	59	os	1.2	os	3.6	清水域	os	os
	5	os	75	os	1.2	os	3.5	清水域	os	os
	6	os	64	os	1.2	os	3.5	清水域	os	os
	平均		64	os	1.2	os	3.6	清水域		
2 大正流量観測所(四万十川)	3	os	56	os	1.4	os	3.8	清水域	os	os
	4	os	38	os	1.2	os	3.6	清水域	os	os
	5	os	77	os	1.2	os	4.0	清水域	os	os
	6	os	63	os	1.2	os	3.9	清水域	os	os
	平均		64	os	1.3	os	3.8	清水域		
3 岩間橋(四万十川)	3	os	59	os	1.3	os	3.9	清水域	os~β-mS	os
	4	os	59	os	1.2	os	3.8	清水域	os	os
	5	os	56	os	1.1	os	3.1	清水域	os	os
	6	os	67	os	1.2	os	3.8	清水域	β-mS	os
	平均		60	os	1.2	os	3.7	清水域		
4 具同(四万十川)	3									
	4	os	32	os	1.3	os	2.4	中汚染	os	os
	5	os	58	os	1.1	os	2.9	中汚染	os	os
	6	os	43	os	1.2	os	2.9	中汚染	os	os
	平均		44	os	1.2	os	2.7	中汚染		
5 根々崎橋(仁井田川)	3	os	40	os	1.5	os	3.2	清水域	os	os
	4	os	36	os	1.3	os	3.6	清水域	os	os
	5	os	29	os	1.4	os	2.9	中汚染	os	os
	6	os	35	os	1.2	os	3.1	清水域	os	os
	平均		35	os	1.3	os	3.2	清水域		
6 窪川新橋(吉見川)	3	os~α-mS	14	β-mS	1.7	β-mS	1.3	中汚染	os	β-mS
	4	os	14	β-mS	1.9	β-mS	1.6	中汚染	os~α-mS	β-mS
	5	os	17	β-mS	2.1	β-mS	1.3	中汚染	os	β-mS
	6	os	33	os	1.8	β-mS	2.7	中汚染	os~α-mS	os
	平均		19	β-mS	1.9	β-mS	1.7	中汚染		
7 大正橋(梼原川)	3	os	55	os	1.2	os	3.8	清水域	os	os
	4	os	61	os	1.2	os	4.0	清水域	os	os
	5	os	73	os	1.1	os	3.9	清水域	os	os
	6	os	66	os	1.2	os	3.9	清水域	os	os
	平均		64	os	1.2	os	3.9	清水域		
8 川崎橋(広見川)	3	os	37	os	1.4	os	3.0	清水域	os~β-mS	os
	4	os	52	os	1.2	os	3.1	清水域	os	os
	5	os	62	os	1.3	os	3.8	清水域	os	os
	6	os	49	os	1.2	os	3.2	清水域	os	os
	平均		50	os	1.3	os	3.3	清水域		

*5 年度の夏期は未実施。

(1)具同は4年度より実施

第3次調査における吉見川(窪川新橋)の結果概要を表10に、第1次～第3次調査期間中の生物学的指數の経年変化を図9に示す。これによると、汚濁指數・多様性指數に明確な変化は見られないが、生物指數・出現種数には明らかな改善傾向が示されている。本流域の汚濁原因は生活排水が70%を占めていたため(四万十川清流保全計画)、先述のとおり四万十川方式と呼ばれる水路直接浄化施設が順次設置され

生活系汚濁の削減対策が進められている。第2次調査においてこの対策効果が現れていることが伺われたが、今回の調査でも改めて確認された。

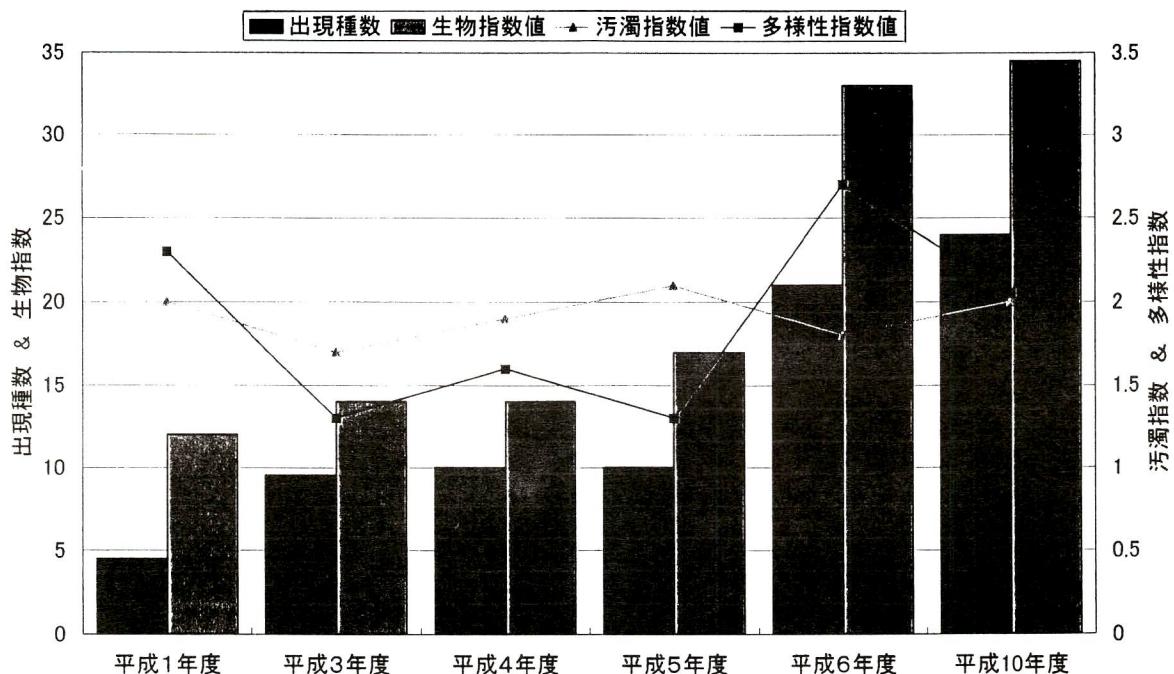
5.まとめ

昭和63年度～平成1年度に「四万十川清流保全計画」策定のため四万十川水系の12地点(本川5地点、支川7地点)で水生生物の生息状況について

表10 第3次調査における吉見川の生物学的水質判定結果

調査 地点	調査時期	出現 種数	最多出現種			コルク ビッツ 法結果	生物指数(BI)		汚濁指數(pI)		多様性指數 (DI)		優占 種 法	水質 総合 結果
			第一優 占種	第二優 占種	優占種 階級		指數値	結果	指數値	結果	指數 値	結果		
窪川 新橋 (吉 見 川)	H10年8 月	25	ユスリカ 科	コカゲ ロウ属	os	os	37	os	2.0	β -ms	2.3	中汚染	os	os
	H11年3 月	21	ユスリカ 科	プラナリ ア	os	os	30	os	2.0	β -ms	1.8	中汚染	os	os
	平均	23	—	—	os	os	34	os	2.0	β -ms	2.1	中汚染	os	os

図9 吉見川(窪川新橋)の生物学的指數の推移



事前調査(第1次調査)を行い、次いで、平成3年度～6年度に計画に基づくモニタリング調査(第2次調査)を8地点(本川4地点、支川4地点)で行った。また、平成10年度にも第3次調査を実施した。これらの結果を要約すると以下のとおりとなった。

(1) 第1次調査結果

地点別には、本川では鍛治屋瀬橋と天の川で各々43種、46種出現し個体数も2,000を超えるなど生物相が非常に豊富であったが、半家沈下橋より下流では19種～31種平均26種、個体数も199～707平均501と減少した。支川については、32種、47種平均38種(中筋川と吉見川を除く)、個体数は361～1,254で、そのうち1,000個体を超えた地点は梼原川の江師及び広見川の川崎橋であった。

季節的には、調査対象12地点の水質は、支川の

中筋川と吉見川は夏期については「やや汚れている」とされたが、残りの10地点は年間を通して「きれい」と評価された。

(2) 第2次調査結果

本川では鍛治屋瀬橋から岩間橋にいたる流域は48種、1,000個体前後あって生息環境が安定していた。感潮域に近い具同では、その上流域と比べて種は減り、個体数も半減していた。支川については、梼原川の大正橋と広見川の川崎橋で各々45種、43種、1000個体以上と豊富であったが、とりわけ川崎橋の個体数は突出していた。これに比べて、畜産系の汚染が懸念される仁井田川の根々崎橋及び生活系による吉見川の窪川新橋では種類数は各々28種に21種、個体数は827に627と著しく貧弱であった。

経時的には、本川4地点の水質はモニタリング調査

を始めて以来「きれい」との評価を維持した。支川の仁井田川、梼原川、広見川も同様に「きれい」との評価を維持した。吉見川の水域は平成3年、5年は「やや汚れている」と評価されたが、平成6年は「きれい」に推移した。

(3) 第3次調査における吉見川の経年動向

現在とりまとめ中の第3次調査データを加えて吉見川の水質の経時動向をみると、生物指数や出現種数等の生物学的指標に改善が見られており、当該水域の主要汚濁源である生活排水に対する汚濁削減対策が実効をあげていることが示唆された。

参考文献

- 1) 津田松苗:水生昆虫学、第7版、北隆館, 1983
- 2) 河田薰ら:日本幼虫図鑑、第9版、北隆館, 1984
- 3) 川合禎次編:日本産水生昆虫検索図説、東海大学出版会, 1985
- 4) 上野益三編:日本淡水生物学、第4版、北隆館, 1986
- 5) 岡田要ら:新日本動物図鑑[中]、第9版、北隆館, 1988
- 6) 御勢久右衛門:自然水域における肉眼的底生動物の環境指標性について、文部省「環境科学」研究報告集, 1982
- 7) 津田松苗、森下郁子:生物による水質調査法、山海堂, 1974
- 8) 森下郁子:指標生物学生物モニタリングの考え方[普及版]、山海堂, 1986
- 9) 森谷清樹:多様性指数による指標による水域環境の生態学的評価、用水と廃水 18, 729~748, 1976
- 10) 広島市衛生研究所:広島市の水生生物、20~21, 1992
- 11) 酒井学:ミズワタの成長について(II), 横浜市環境科学研究所報第18号, 137~139, 1994
- 12) 津田松苗:汚水生物学、第9版、14~20, 68~71、北隆館, 1975
- 13) 伊藤猛夫編:四万十川、161、219、高知市民図書館, 1990
- 14) 森下郁子:生物モニタリングの考え方、151~162、山海堂, 1985

流域圏(四万十)学会設立の基本的考え方

流域圏(四万十)設立検討会

高知県では「日本最後の清流」四万十川を県民・国民共有の財産として位置づけ、後世に引き継ぐための総合対策を積極的に推進している。

四万十川を対象として森・川・海の自然のつながりや、川と人との関係等諸課題を整理していく中で、「流域圏」的視点が重要であることを認識するとともに、流域圏を総合的にとらえた研究や学問間の連携が少ないことに気づいた。

川はかつては人々の暮らしと密接につながり、川の

文化も多く創られていたが、20世紀のわずか20～30年間で大きく変貌してきている。21世紀を目前に控え、川を生活・人の視点から見直し、地域づくりにつなげていこうと考え、県では「流域圏学会(四万十学会)設立検討会」(事務局:高知県四万十川対策室)を発足し、その検討結果をもとに、新学会発足に向けての諸整理を行った。

これまでの検討結果を総括すると、次のとおりである。

- (1) アンケートへの回答者(総数:526名)の 80～90%の高い支持率を得ており、新学会設立は社会的及び研究者個人的にも必要視されていることが確認された。(資料)
- (2) 高い支持を得た要因を集約すると、次の4点に総括される。
 - ①「流域圏」を対象とする新たな学問分野形成への期待。
 - ②研究者間における「異分野学際的機能」の必要性。
 - ③研究者外の住民連携の必要性。(現場重視・実践重視)
 - ④四万十川のモデル的研究を推進し、研究成果を全国波及することへの期待。
- (3) 同時に、上記4点を具体的にどう展開し真に価値ある成果を生み出すかについて期待と疑問が提起されている。

今後は、流域圏(四万十)を対象に、学際的あるいは学民産官連携による実践的取り組みを展開する新しい学会組織を整備するための諸課題の解決に向けて、作業を進めていくこととしている。

1. 名称

名称は、四万十川に対象を特化すべきとの考え方から「四万十学会」とすべきとの意見と、普遍的な全国河川を対象とすべきとの考え方から「流域圏学会」に意見が2分されており、回答者それぞれの主観に左右された形となっている。

これを踏まえ、以下の理由で、次の名称とする。

「流域圏(四万十)学会」

- ①2者択一でなく両者併記することで学会の目指す方向性がイメージ付けられる。
- ②四万十川流域をまずモデル研究するため、主従を付けて()書きとする。

③全国の地域河川学会との連携あるいは連合体を視野において将来の発展姿勢も含ませる。

なお、いきなり学会ではなく「研究会」とする意見も相当数あったが、これについては今後の検討に委ねたい。

2. 運営資金と独立性

- ①会費による運営を原則とし、学会の自主性・独立性を重視する。
- ②但し、趣旨賛同を前提とした賛助会員を置き、賛助会費の受入は可とする。
- ③高知県には、本学会をシンクタンクとして積極活用(委託研究)するよう働きかける。(間接的援助要請)
- ④学会運営は、最近の情報技術を積極活用した情報交流プラザ的機能を重視し、事務局労務の軽減

化・ペーパレス化(学会ジャーナル等の印刷郵送費削減)された低コストの新しい運営形態を目指す。

3. 運営主体

「流域圏学会」として全国視点の活動展開も併せ持つが、当面は「四万十学会」としての先駆モデル的因素が大きく、地元学術機関の事務局担当が適当と考えられ是非御検討をお願いしたい。

4. 学際的活動 及び

学民産官連携活動の具体手法

本学会加入希望者の「学際的機能」に対する高い期待感には、次の背景があると推察される。

- ①個別分野による取り組みに限界を感じ、横断的な取り組みを重要視している。
- ②それぞれの領域で問題意識や研究課題をもちつつ、自分の不足している知識分野・手法等に気付きその獲得を求めている。
- ③異分野の単なる「寄せ集め」は期待していない。

また、本学会加入希望者の「学民産官連携活動」に対する高い期待感には、次の背景があると推察される。

- ①研究のための研究ではない、現場に根ざした実践的な研究を望んでいる。
- ②今後の方向性として、住民等と連携した取り組みの必要性を重視している。

これらを考慮して、単なる寄せ集めではない眞の学際機能が發揮展開していくために、次のような仕組みを用意する。(別図参照)

(1) 第1ステージ

パソコン通信ネット上に次のような会員間の自由な情報交流場を設け、異なる分野・立場の交流を通じて、学際研究や学民産官連携による本格的取り組みが芽吹く場とする(インキュベート機能)。

ここでの情報交流や意見交換が具体的で密度が高い程、次の第2ステージでの本格展開を醸成することとなる。

それに至る前段階のメリットとしても、互いの保有知識等を手軽に相互活用して研究の利便性を高める場としても有益となる。

- ①会員の専門分野・研究テーマ・興味対象等を明示した会員インデックスファイルを作り、会員間で自由に検索し必要に応じ個別連絡可能とする共通ルールを設け、知識の相互活用化を図る。
- ②会員専用の情報交流場としてフリーに意見交換する交流サロンの設置。
この場合、河川水量問題、循環型社会形成(ゼロエミッション)、流域文化圏など流域圏的且つ学際的なテーマを掲示した具体討論場を設け、学際活動が始動する場とする。

(2) 第2ステージ

第1ステージの交流の中から、具体的な学際テーマや学民産官連携が自主発芽した場合の学際研究や連携事業を展開する場とする。

事務局は、発芽形成の円滑化、メンバー不足分野へのメンバー募集支援、研究事業の全体把握などコーディネイトする。

(3) 第3ステージ

第2ステージで得られた成果を、年1回学会誌として発表する。その際、学際研究は論文審査あり、学民産官連携事業は無審査で掲載することを原則とする。

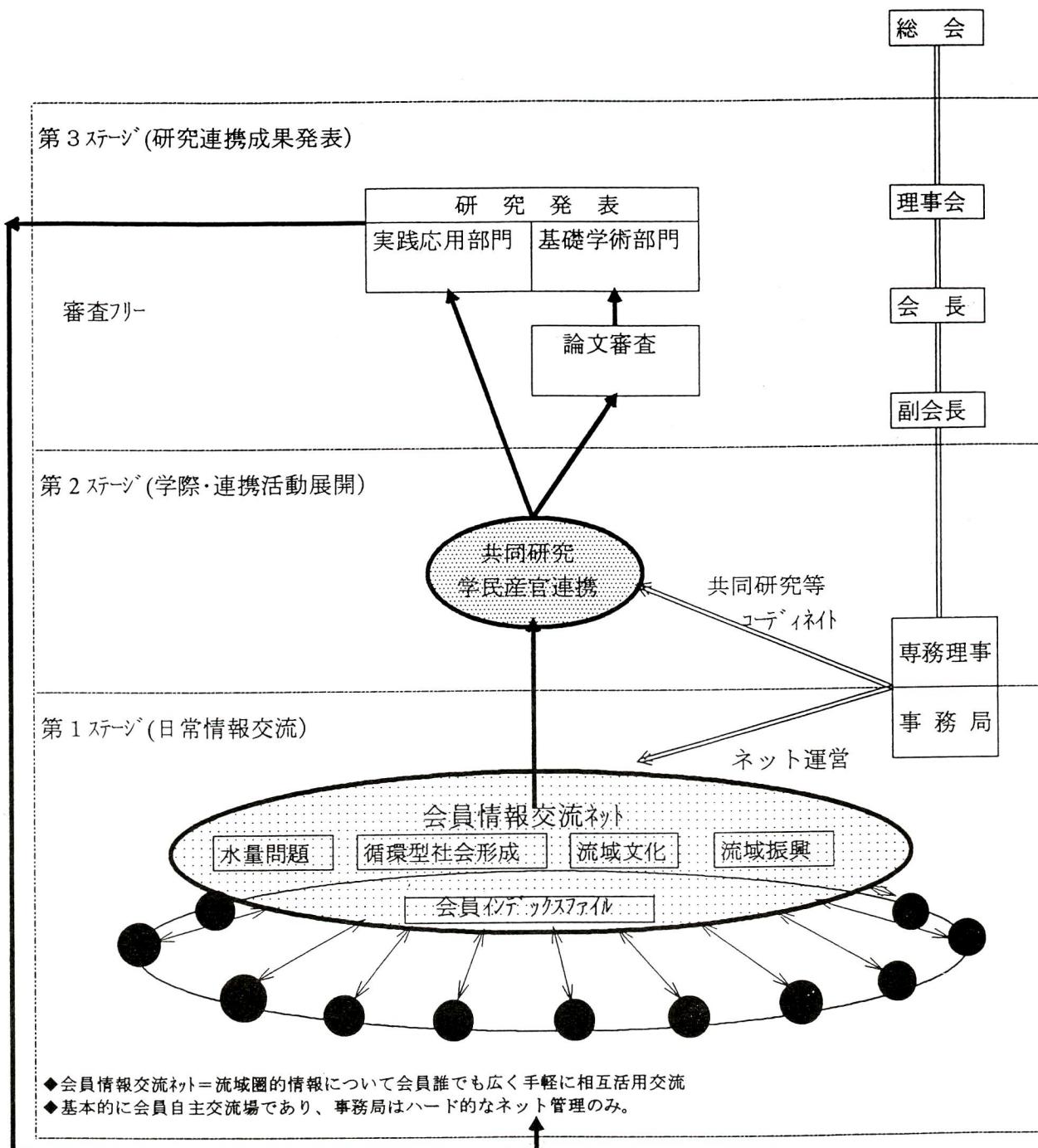
その他、研究発表会や現地エクスカーション等を開催する。

5. 研究水準の確保

異分野交流によるヒントや着想を得る程度の情報交流は、第1ステージの場が中心となる。

しかし、第2ステージの活動は、第1ステージの交流を通じて合意に達した各専門家同士が境界領域や未着手領域に対して相互に補完する形をとりつつ突っ込んだ学際研究をする場であり、個別研究では得られない水準や特徴を持った研究の推進が期待される。

<学際的活動 及び 学民産官連携活動を具体化するための学会運営イメージ>



<会員ルール>

- (1) 流域圏的情報を相互活用できる情報交流ネットを会員自身が利用し育てる。(第1ステージ)
- (2) ネット利用者の交流を通じて具体的な連携需要が発生した場合、学際研究・学民産官連携事業として積極的活動を展開する。(第2ステージ)
- (3) 会員通信目的のジャーナルは発行せず、日常の情報交流ネットを活用し安価かつスムーズな運営とする。学会誌は年1回、共同研究・学民産官連携の成果発表を中心としたものとする。(第3ステージ)
- (4) 中立・客観的な学術組織としてイデオロギーや個人価値観を主張する活動禁止のルールを徹底する。

流域圏的 且つ 学際的な研究テーマ事例 (情報ネット上の交流サロンテーマ)

1 河川水量問題研究

- 長期的気候問題(気象学・地球環境分野)
- 水需要(社会計画・環境衛生工学・農学)
- 河川水量収支(水文学)
- 保水力(林学・地学・土壤学・ダム工学)
- 水源地域の産業構造(経済学等)
- デカッピング(法学)
- 河川防災、河床低下要因(治水・砂防)
- 生態影響
(生態学・水産学・動植物学・微生物学)

2 循環型社会(流域ゼロ・エミッション・システム)の研究

- 環境学(物質循環・土壤)
- システム工学
- 市場経済評価、マーケティング、環境経済学
- 生活文化
- 個別専門分野別工学
(食品・発酵・農学・畜産学・エネルギー工学等)

3 流域圏文化・風土研究

=四万十エコミュージアム研究

- 地域の歴史・風土
(地史、民俗学、博物学、言語学)
- 景観的魅力(景観工学、美学、心理学)
- 自然生態的魅力
(生態学、農学、林学、水産学、動植物学)
- 地域アイデンティティ(社会心理学)
- 社会教育・余暇利用・観光産業

4 流域振興

=地域ブランド化

- (流域共通ブランドの創造活用等)研究
- 地域経済、地域産業構造
 - マーケティング、消費心理、商品デザイン
 - メセナ

資料**アンケート調査の実施概要****1. 調査趣旨**

四万十学会(流域圏学会)(仮称)設立に向けた重要な判断資料として活用するため、全国の研究者等に対しアンケート調査を実施した。

2. 内容・方法

アンケート票を、返信封筒・切手を同封のうえ下記の各部門へ郵送依頼。

3. アンケート調査件数

- ① アンケート送付件数は、958通2681件。(1通に複数件数を同封)
- ② 対象は、大学・国・地方公共団体・民間企業研究者を中心に高等学校・高専教員・NPO等。

発送先内訳		発送件数		回答数	回答率
大 学 等	理学部	73通×5=365件	小計 1731件 558通	272 件	15.7%
	工学部	135通×4=540件			
	農学部(林・水産含む)	42通×5=210件			
	人文学部(経済含む)	100通×3=300件			
	法学部(弁護士含む)	50通×1=50件			
	教育学部	48通×3=144件			
	総合学部	6通×3=18件			
	高専・高校教員 検討会委員推薦者	50通×1=50件 54通×1=54件			
行政(国地方研究機関)		150通×2=300件	300件 150通	129	43.0% (86%)
民間企業研究機関		200通×3=600件	600件 200通	78	13.0% (39.0%)
N P O 団体等		50通×1=50件	50件 50通	6	12.0% (12.0%)
所属無記名回答者				41	—
合 計		通件		526	19.6% (54.9%)

※()は、郵送便数に対する回収率。

4. 実施期間

平成9年12月中旬に発送し、10年1月20日を期限として依頼。

5 調査結果総括……回答件数：526件（回答率：19.6%）

問1. 四万十学会（流域圏学会）（仮称）の基本イメージの内容は？

理解できる	概ね理解可能	理解できない	無回答	計
254 (48%)	242 (46%)	18 (3%)	11 (2%)	525

問2-1 四万十学会（流域圏学会）（仮称）の社会的側面から見た必要性は？

必要性あり	必要性なし	無回答	計
494 (94%)	10 (2%)	22 (4%)	526

問2-2 四万十学会（流域圏学会）（仮称）の個人的に見た必要性は？

必要性あり	必要性なし	無回答	計
396 (75%)	73 (14%)	57 (11%)	526

問3. 四万十学会（流域圏学会）の基本方向は？

よ い	変更すべき	無回答	計
437 (83%)	60 (11%)	29 (6%)	526

問4. 四万十学会（流域圏学会）の対象領域は？

よ い	変更すべき	無回答	計
431 (82%)	65 (12%)	30 (6%)	526

問5. 四万十学会（流域圏学会）の基本的運営方針は？

よ い	変更すべき	無回答	計
444 (84%)	47 (9%)	35 (7%)	526

問6. 学会の名称は？

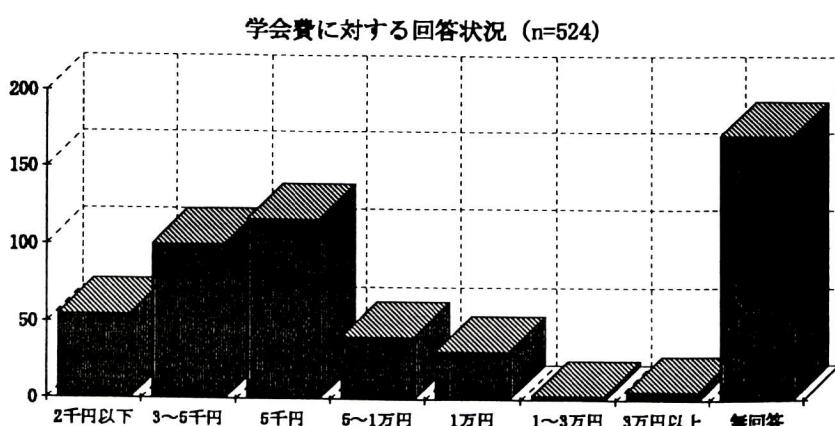
よ い	変更すべき	無回答	計
323 (61%)	172 (33%)	31 (6%)	526

問7. 四万十学会（流域圏学会）への加入意志は？

あ る	条件による	な い	無回答	計
137 (26%)	200 (38%)	170 (32%)	19 (4%)	526

問8. 四万十学会（流域圏学会）への加入に当たって、会費はどの程度が適当と思われますか？

2千円以下	55
3~5千円	100
5千円シヤスト	116
5~1万円	41
1万円シヤスト	32
1~3万円	3
3万円以上	6
無回答	171
小計	524



参考

流域圏(四万十)学会設立検討の結果

平成9年10月 検討会委員決定
11月 第1回検討会（高知県提案説明、基本的考え方協議）
平成9年12月 全国アンケート調査
～10年1月
平成10年2月 第2回検討会（全国アンケート結果の解析評価、基本骨格検討）
3月 第3回検討会（基本骨格検討、今後の取り組み方針）
県主催としての検討会解散

検討会委員名簿(50音順・敬称略)

氏名	所属機関等	役職名	専門分野
上野 智子	高知県人文学部人文学科	教 授	日本語方言学
宇多 高明	建設省土木研究所河川部	部 長	海岸工学、海岸地形学、河川工学、地形学
高橋 文敏	農林水産省森林総合研究所四国支所	支部長	森林計測、森林資源管理
友野 哲彦	高知大学人文学部経済学科	講 師	環境経済学、経済統計学
西嶋 昭生	高知県工業技術センター	所 長	物質工学
西村 武二	高知大学農学部森林科学科	助教授	森林生態学、造林学、森林立地学
古江 正興	高知工科大学環境システム工学科	教 授	錯体化学、高分子化学
水上 淳二	通商産業省四国通称産業局総務企画部	部 長	産業振興
邑岡 和昭	高知県環境研究センター総合環境科	科 長	水環境学
村上 雅博	高知工科大学社会システム工学科	教 授	国際協力、水資源・河川工学、水循環・都市環境システム

(所属機関等および役職名は、平成9年度当時)

流域圏(四万十)学会設立検討会

高知県文化環境部 四万十川対策室

〒780-8570 高知県高知市丸の内2丁目4番1号

Tel:0888-23-9794 Fax:0888-23-9296

この流域圏(四万十)学会誌プレビュー号は河川整備基金によって助成されたものです。

平成11年5月

流域圏(四万十)学会検討委員会
(財)河川環境管理財団

