SHIMANTO

四万十・流域圏学会誌

第1巻　第1号

We Love "SHIMANTO"




2002
February

四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号（2002）

目　　次

巻頭言

連続性*

今井　嘉彦**

一本の川は多くの連続性をもっている。それは尾根から海までのつながりであり，横断方向を見ても，右岸と左岸が川で結ばれている。かつては流域の文化は固有のもので，どの川の流域に住んでいるかを聞けば，その生きざまをうかがうことができたという。今日のように，交通網が発達し，一つの流域から他の流域へと人は移動し，固有の文化を相互に共有して新たな文化を育んできた。たとえば川の姿を見るだけでも様々な連続性を感じさせる。河川工事は農業の発達と共に，洪水からの安全性を高めるために行われ，工事も流域に適した方法が選ばれたにちがいない。やがて，大規模な工事が可能となると次々に改修され，現在のような川の姿になったであろう。現在なお各地で親水施設がつくられ，川は村づくりや町づくりにも一役かっている。今後も川は水の通り道だけでなく，風や霧の通路でもあり，あらゆる生態系の通路として重視されなければならない。ここにも連続性がある。

水を利用する水田が農作業の中心であった時代，豊作を祈念し，各地で水神が祀られた。洪水もまた川の怒りととらえ，それを鎮めるる水神を祀った。また供養のため，施餓鬼，潅頂，川渡りなどの伝統行事も今では信仰からシンボル化されて続いている。そこに川をめぐる連続性を感じさせる。伝統行事の中に，感謝や畏怖などの忘れてはならない教訓が潜んでいるはずである。

水環境学の領域に目を転じても，その特徴は化学，物理，生物，地球科学などの自然科学から，農学，法律，経済，産業，歴史，民俗学や生活に至るまであらゆる分野と関連している。流域圏を対象とするとき，これらの学問的な領域の連続性もまた重要である。どれを取り上げても単独では解決できることではない。

ここで重要なことは，多種多様な情報をどのように統合し，利用してゆくかである。さまざまな分野の情報は，一方的に伝達するだけでなく，相互にも総合的にも活用されなければならない。環境教育の場として川を活用する傾向は，最近急速に増大しつつある。各種の副読本が刊行され，イベントの開催も多くなった。そうした機会にこそ時代を通じての連続性を体験する良い機会である。この学会の流域圏構想もまた包含されている。

このたび研究の成果をここに収録し，情報を広く伝える役割を果たそうとするのも，多面的な流域圏の課題や解決策を生むためのものである。広く活用されることを願ってやまない。

---

*　The Continuity

**　Yoshihiko Imai，四万十・流域圏学会　会長

［四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　2−11　2002］

<基調講演１>

河川環境と民俗　—河口閉塞・峡谷閉塞を事例として—

野　本　寛　一*

1. はじめに

河川にかかわる民俗は，漁撈・通船・木材流送・流送信仰行事など多彩である。環境民俗研究の視点から見ても，河川氾濫への土木的対応の民俗・信仰的対応の民俗，川の遮断性を超克せんとする意図に起因する渡河・架橋の民俗と橋詰の民俗など究明すべきものは多い。さらに，河川環境民俗として，河原の利用・河川感潮域を土壌として生成される多様な民俗がある。「四万十・流域圏学会」でも当然こうした小主題について調査研究を展開すべきであろう。ここでは，河川環境民俗研究の小主題として「河口閉塞」・「山地崩落と峡谷閉塞」の二つをとりあげて小報告を試みる。前者は高知県の四万十川を事例とし，後者は静岡県の大井川を事例とする。なお，報告に先立ち，「四万十川・流域圏学会」の名称を構成する「四万十川」および，その本来の名であった「渡川」の名義について私見を述べる。

2.　河川名義考

2.1　四万十川

四万十川本流は高知県高岡郡東津野村の不入山（いらず）（1336メートル）の東斜面を水源とし，大野見村・窪川町を経て大正町田野々で水系第一の支流檮原川を合せる。檮原川は愛媛県境，四国カルストの五段域（1455.6 メートル）の南斜面を水源とし，途中，四万川（四万川川）・北川（北川川）を合して南流する。本流は窪川町市街地の西から迂迂回曲をくりかえしながら西流して西土佐村江川崎で流れを南に向ける。右岸から吉野川・目黒川・黒尊川・中筋川を合わせ，中村市市街地南で左岸から後川を受けて河口に至る。本流の長さは196キロメートル，流域面積は2270平方キロメートルと言われている。「日本最後の清流」というキャッチフレーズは，テレビ放映の画像と相俟って人びとの憧憬をかきたてテやまない。

彼方から四万十川を想う人々の中にはこの川にはダムがないものと思い込んでいる人も少なくない。しかし，現実にはダムがある。本流では，窪川町松葉川発電所が大正14年に，家地川ダム・佐賀発電所が昭和12年に始動している。檮原川では檮原川第三発電所取水堰が昭和5年，中平に，第二発電所佐渡ダムが昭和12年に，第一発電所山子ダムが昭和14年，そして，津賀発電所用の下道ダムが昭和19年に建設されている。檮原川にダムが多いのは檮原川が本流に比べて峡谷・渓流型の川だからである[1)]。

右のようにダムはあるものの，本流におけるダムの規模が小さく，流域に大型工場もなく，比較的水量豊かなこの川が日本を代表する清流であることはまちがいない。一本の川に浮かぶ小さな川舟の数も際だって多い。「四万十川（しまんとがわ）」という不思議な名もこの川の魅力の一つになっているようだ。『中村市史・続編』によると，長宗我部検地帳に「渡川」とあり，宝永５年（1708）の『土佐物語』には「四万十川合戦」として「わたりかわ」と振仮名があるという。この川は，「渡川」「四万十川」という二つの名で呼ばれてきたのである。しかし，平成６年，それまで公称とされた「渡川」を廃し，「四万十川」を統一呼称とするに至った。「渡川」の語義・名義，命名背景については後に述べることにし，ここでは「四万十川」の名義についてふれておこう。『幡多郡紀行』[2)]の，「四万十川といふ事は数流落集するが中にも津野山郷の四万川と上山の十川と流れ合ふを以てかく言へるとぞ」という記述が大方の支持を得ているかに見える。檮原町の「四万川」と，十和村の「十川」を合わせたと見るのである。他に，大正町田野々の地部田金重さん（大正４年生まれ）は，かつて古老から聞いた話として，四万十川は，四十里の間に四万八谷があるので四万十川というのだと語る。

こうした従来の説に対して，ここに一つの仮説を示しておきたい。筆者が，和歌山県の熊野川流域を歩いていた折，東牟婁郡本宮町土河屋で，熊野川最後の筏師ともいうべき中上喜代種さん（大正14年生まれ）から次の話を聞いた。

*近畿大学文芸学部文化学科　〒577-8502　東大阪市小若江３-４-１　TEL 06-6721-2332（代）

「熊野の山は大きく変ったが，変化したのは山ばかりではなく，川も変った「十万十川（じゅまんとがわ）」と称して，江戸時代，十万石の木材を十回流したことがあったという。その時，土砂が流れ出して熊野川の川床が上ったと言われている。そして，十津川街道の工事でまた川床が高くなった—。」

山で木を伐採し，それを川に入れて流送する方法の単位として「〇万〇川」という，大きな数え方があったのである。例えば「二万五川」「二万十川」という数え方が存在したのである。熊野川が固有名詞であり，流域の山々の木々の流送量（石数）をもって別称すれば，それは「十万十川」となる。これによって考えると，「渡川」という固有の名称を持つ川が，その川の流域山地の流送可能材木石数をもって「四万十川」と別称されたことが考えられるのである。「この流域には四万石の木を十回流送することのできる原生林がある」という意味から，それが流送の舞台となる川の名，その流域を象徴する川の名へと転換し，その別称が，「シマント」という美しいひびきゆえに定着してきたのであろう。

檮原町松原地区の久保谷川ぞいに遡上し，峠越えをして窪川町日野地へぬける山道がある。檮原川と四万十川本流の間にはだかる山を越える峠道である。久保谷林道と呼ばれるこの道は，昭和37年に着工，43年の三月春分の日に開通したことから，峠は春分峠と命名されたという。久保谷側から峠に近づくと，標高800メートルのその山地にモミ・ツガなどの原生林が残っているのに驚かされる。一帯は，「久保谷風景林」として高知営林局大正営林署と檮原町によって保護されている。その風景の中に身を置く時，「四万十川」が示す木材石数量が実感的に理解できた。窪川町側に下ると山々の随所にシイ・カシ類の照葉樹林が見られ，四万十川水系の山の多様な力が知れた。

一条教房の土佐中村下向以降，中世から近現代にかけて四万十川河口の下田港と上方との結びつきは強く，四万十川流域の木材や，炭・和紙などが京阪にむけて大量に運ばれたのであった。こうした中で四万十川流域の豊かな「木の資源」は常に注目され続けてきたのであった。

2.2　渡川

川にかかわる民俗の一つに，川の遮断性を要因とするものがある。それは，その遮断性によって交通・交流・伝播が遮断され，左岸と右岸で生活様式や民俗が異なるといった実態を発生せしむるものであるが，これは河川の大きさ，地形などによって異なり，必ず確認できるというものではない。例えば静岡県を流れる大井川の下流部では，左岸と右岸で民俗のちがいを確認することができる。天神雛の分布を見ると，右岸は三河系の土天神即ち焼き雛で，左岸は駿河天神・志太天神などと呼ばれるもので，オガクズを糊で固めたものである。風呂鍬の鍬台（木製部）の柄を受ける部分の表面（上）を厚く山型にする丹波ベラは大井川右岸，反対に裏面（下）を山型にする平（ひら）ベラは大井川左岸に分布する。[3]

江戸時代，幕府は政策上，大井川の架橋通船を禁止した。このことは，人の意志に反して，川の遮断性を利用したものであり，むしろ人の遮断性超克願望と時代に逆行するものであった。古来，人は川の持つ遮断性を克服するためにさまざまな努力を重ねてきたのである。「川を渡る意志」が多様な軌跡を残してきたと言える。この点は，四万十川においても確かめることができる。それは，橋であり，渡し舟である。四万十川の本名が「渡川（わたり）」であるということの意味は重い。そこには川の遮断性に対する人の意志が象徴されているからである。

四万十川における渡し舟の全貌をここに述べることはできないが，その一部についての聞き書きを紹介してみよう。以下は，十和村小野に住み，筏流しを経験した芝栄馬さん（明治43年生まれ）の，四万十川中・下流域の渡し舟の話にもとづくものである。渡し舟にはおよそ三種類があった。ⓐ架線・滑車式渡し舟—滑車と舟とをワイヤーでつなぎ，流れを利用して動かす[4]。ⓑ架線と手繰り綱を使って舟を動かす。ⓒ櫓舟で渡しを行う。—経営母体からすれば，県営・市営・村営・私営などがある[5]。県営の渡しには，中村・山路・田野々・大井川（昭和町）などがあったという。中村・山路は前記のⓐとして広く知られるところである。四万十川最下流の渡しは青砂島と初崎を結ぶもので，かつての下田の渡しであり，現在まで続いている。さらに，後述するように，竹島と下木戸・実崎間の「遍路渡し」が盛んだった時代が長い。これらに，芝さんが県営だと語った四つ，それに続けて芝さんが列挙したものを加え，さらに学童の渡しを補って下流から並べてみると次のようになる。①下田　②竹島　③山路　④中村　⑤入田　⑥手洗川　⑦勝間（学童の渡しとして現在も生きている）　⑧口屋内　⑨津野川　⑩用井　⑪長生　⑫半家　⑬井崎　⑭鍋谷（十川）　⑮小野　⑯大井川（昭和町）　⑰戸口　⑱轟　⑲里川　⑳田野々　㉑江師。四万十川本流のこれより上流部にも多くの渡しがあったことは言うまでもない。時代による在廃もあり，小さな渡しで見落したものもあるかもしれないし，特に「申し合わせの渡し」と呼ばれる個人の渡しの欠落があるにちがいないが，右によっておよそ

の分布はつかめる。入田の渡しは番人がいて渡し賃をとったという。

昭和 32 年，十川村と昭和村が合併して現十和村が誕生したのであるが，井崎と鍋谷（十川）の渡しは村営で，村民は無料，村外者からは舟賃を取った。昭和村には村営の渡しはなく，小野・戸口・轟・里川は部落の運営だった。小野の場合は昭和初期には 60 戸だったので，年間 6～7 日，順番を決めておいて自分の舟を持ち出して渡しの役をつとめるという方法だった[6]。戦後，村に渡し舟の補助金を出すよう交渉したが，実現しなかった。

渡し舟で注目しておくべきは「遍路の渡し」である。四万十川を挟んでの遍路道は，窪川→佐賀→入野→古津賀→井沢〈大師堂〉竹島→下木戸・実崎→津蔵淵→坂→市野瀬→下ノ加江→足摺，とつながる。以下は井沢の加用増太郎さん（明治 40 年生まれ），下田の中島やすさん（大正 5 年生まれ）の伝承である。

井沢の川土手の道ぞいにはテンヤ（店屋）が 10 軒ほど並んでいた。菓子屋・飲食店・遍路宿などで，菓子屋では羊羹・煎餅・粒飴などを売っていた。井沢の遍路宿では合計 50～60 人を泊めることができた。下木戸にも遍路宿が合ったが，井沢の方が多かった。遍路さんがやってくるのは一月から四月の農閑期で，「お四国をまわらないと縁組みがない」といってやってくる阿波の若い男女も少なくなかった。宿では草鞋も売っていた。地元の者はもとより，具同・中村からも「お接待」にやってきた。お接待には，餅・米一合・金などを持ってきた。お接待は供養になると伝えられている。

古津賀から後川のヒキブネを使って角崎に渡り，山路の渡しを使う者もいたし，井沢から下木戸へ渡る者もいたが，信心深い遍路さんは井沢と竹島の間の天神山（見越山とも）にある大師堂に参ってから川を渡った。井沢には常時 10 艘の舟があり，それは竹島の人と井沢の人のものだった。大師堂へ参った者は竹島から実崎へ渡った。増太郎さんが三十歳の頃までは遍路さんが井沢を通った。昭和初年，舟賃は 25 銭ほどではなかったろうかと語る。時代によって渡し場に若干のずれはあったと思われるが，井沢に河原店屋があり，しかも 50～60 人の遍路を泊めていたこと，遍路さん専用の渡し（1 月～4 月）があったこと，天神山の大師堂に参拝してから川を渡る者が多くいたことなどは動かないところである。

五来重氏によれば，遍路（へんろ）は辺路（へじ）の変化したものであり，「辺路修行」を意味するという[7]。四国遍路は，本来，海辺の辺路修行の道だったのである。

足摺岬は辺路修行の聖地であり，そこには蹉跎（さた）山金剛福寺がある。山号の蹉跎の「蹉」も「跎」も「つまづく」「けつまづく」という意であり，「足摺り」と同義である。ともに，岩場で足をすりむき，けつまづいて足の指先を破って血を出すような厳しい辺路修行を意味している。したがって，蹉跎は足摺りの漢語表現で，両者は同義ということになる。よって蹉跎を「あしずり」と訓むこともできるのである。一方，サタは，佐多岬（鹿児島県），佐田岬（愛媛県）のサタとも通じ，これらが足摺岬と同じ辺路修行の行場であったことを類推させる。五来氏は，足摺岬の燈台の下の断崖に胎蔵窟があって行者が籠ったとの伝承を記している[8]。

『梁塵秘抄』に次の歌がある。

〽我等が修行せしやうは　忍辱袈裟をば肩に掛け　又笈を負ひ　衣はいつとなくしほたれて　四国の辺路をぞ常に踏む

四国の辺路の原初は海辺の辺路であった。そして，その一つの拠点が足摺岬だったのだ。足摺岬の重要性は辺路修行から四国遍路へと継承された。足摺岬の聖地性は四国遍路と四万十川とのかかわりを見る上で見過ごしがたい。海辺路の一貫性からすれば，四万十川の渡渉点・渡河点は当然河口域でなければならないことになる。それがいくら困難なものであっても海から遠く離れるわけにはゆかないのである。その意味で，右に見てきた「遍路の渡し」のポイントは，理に叶ったものであると言えよう。海辺路・四国遍路を信仰空間構造的に見る時，足摺岬と四万十川は不可分なセットとして考えるべきであろう。修行という観点に立てば，大河を渡り，岩をよじて足摺岬に至るところに重い意味があったと言えよう。また，金剛界・胎蔵界の行道を持つ聖地足摺岬，さらに溯源的に考え，常世信仰の拠点である足摺岬への参入を重視すれば，四万十川はまたとない禊の場となる。

この点で武吉孝夫氏が高校三年生の夏，川舟で窪川から中村まで下った折の体験に関する次の発言は見逃し難い[9]。「ある朝，十和村だったと思うのですが出発の準備をしておりますと，対岸で白装束の男性が水垢離をしている様子が見られました。窪川でも石鎚山詣の前には川や谷で禊祓いをすることを聞いておりましたので，それから数日後に，西土佐村で目にした光景は鮮烈でした。早朝，いつものように舟に乗って下っていました。突然人の気配がするので淵となっている岸辺のほうに目をやると，まっ白い全裸の女性が腕立て臥せをするような格好で水に浸かったり浮いたり，そして立って手を合わせていました。」―四

万十川は禊の川である。四万十川を渡ることによって清められ，その清められた体で足摺に籠り，擬死再生をなしとげるのである。擬死再生ということを重視すれば，この川を三途の川と見たてることもできる。このことは，死出の旅路の装束を身にまとう遍路さんの姿を思えば決して突飛な考えとは言えまい。遍路の民俗の中には，仏教以前の信仰要素も潜入しており，修験道の要素も見られる。いずれにせよ，ここでは，海辺路修行から遍路につながる信仰伝統を見つめる時，四万十川が足摺岬と深く結びついていることを主張したいのである。

してみると，この川の本名「渡川」の意もまた，遍路修行とのかかわりから考えるべき示唆が与えられる。「渡し」は他者によって川を渡してもらうことであるが，「渡り」は旅人にしても土地の者にしても自らの力で渡る方法を意味している。「渡川」という名には生活的・土着的な臭いが少ない。足摺岬の名が，土着性からは距離のある信仰地名であることを思えば，川の名もまた信仰的見地からつけられたとしても不思議はない。遠く，『梁塵秘抄』の修行者のごとき者たちが修行のために身を濡らし，自分の力で渡ろうとした川，「渡りをなすべき川」がこの川だったのではなかろうか。渡る修行者にとって渡りの川であるならば，それを見つめる土地の者にとってもこの川は渡りの川だったのである。

いわゆる四国遍路の時代に入り，天神山の大師堂に参ってから川を渡るというのが渡河の儀礼として定着したものと思われる。舟つき場はそれがたとえ川であろうとも，そこは港的な性格を帯びる [10)]。井沢の河原店屋街，中村の渡しの河原店屋街は「川の港町」であった。渡し舟から橋へと渡河の手段が変っても橋詰の地蔵，橋詰の茶店という形で渡河点の重要性は継承されてきた。しかしこれは徒歩の時代の話である。四国遍路の季節が１月から４月という限られた期間であったために遍路宿も河原店屋というような仮設的なものとなった。仮設的なものは形跡もなく，伝承世界にのみ生きているのであるが，今ならまだ辛うじてその伝承に手がとどくような気がする。本格的な調査は急務であろう。

3.　河口閉塞

3.1　河口閉塞の実際

河口閉塞とは，河川吐出土砂や漂海砂が河口部に堆積して河口を塞いでしまうことである。人体における腸閉塞と同様のものと考えることができる。河口閉塞は洪水・氾濫を起こすにとどまらず，河口港の場合，船舶にも被害を与え，通船をも不能にする [11)]。四万十川河口は，右岸が初崎から続く山で崖状をなし，左岸に比べて 120 メートルほど海に突出し，小さな岬をなし，そこに灯台がある。左岸には河口を閉塞するように砂嘴が発達し，その先端が右岸の崖に迫っており，砂嘴は「青砂島」と呼ばれている。先端と右岸の間はわずかに 40 メートルほどである。現在，その砂嘴の先端から右岸の崖に並行する形で海に向かってテトラポッドの堤が築かれており，これが河口閉塞防止に役立っている。

四万十川河口部および下流域の洪水の被害は著しく，堤防が未完成で，河口の防潮や浚渫が未熟だった昭和 10 年代までは毎年 2，3 回田畑や家屋に浸水があったという。洪水は河口閉塞時にその被害を増大させた。例えば昭和 23 年 7 月 6 日の洪水について，『中村市史・続編』では新聞記事を引いて次のように記している [12)]。「下田町は渡川河口閉鎖のため洪水時を気遣われていたが，6 日午前 8 時氾濫した渡川が濁水は役場附近で 2 メートル余となり床上百戸，床下二百戸の浸水家屋を出し，30 メートル余に閉鎖していた河口は砂浜の中央部 500 メートルが大口をあけ大洋へ決壊，滞貨していた阪神向け薪四万石，杭木千五百八十石，木炭一千俵など計二百二十五万四千円，発動漁船など 20 隻，救助ボート 1 隻を流出した。」さらに，昭和 29 年 9 月 13 日，台風十二号の被害にかかわり，次の新聞記事を収載している。「下田港は河水の減少で一時は河口が約 30 メートルまでせばまり，小型機帆船の出入にも危険を感じていた。これが浚渫のため一昨年浚渫船吸江丸が入港できず港口で沈没かく座し，対策として去る 3 月から河口，河州の先端近くから流れに併行して長さ 500 メートルの導流堤築造工事がすすめられていたところ，さきの五号台風で砂洲が約 40 メートル流れ，今度の十二号が更に導流堤近く迄 40 メートルけずってくれた。この結果河口から 200 メートル余に拡大され河口底に堆積した砂洲も押し流され深さ 8 メートル前後，大形機帆船が悠に出入りできるようになった。総予算一億六千万円の大導流堤工事が台風のおかげで一挙に実現したわけ……。」

四万十川河口は，川の吐出する砂泥と波の寄せ返す砂，川の流れと海の波のせめぎ合いで，時に河口が閉塞され，時に砂嘴が決壊するといった具合で，台風時にそれが集中した。閉塞されれば洪水と通船不能，決壊すれば停留貨物や船舶の流失，と二面の被害がくり返されていたのだった。

河口が閉ざされ狭くなった時，どうしても船を通さなけ

ればならないような場合，青年団を中心に，ムラびとたちが鍬やジョレンを持って河口に集まり，砂を除去して船道をつけた。河口の前方で船が座礁するようなこともあり，そんな時には青年団の救助船が出動した。こうした状態であるから，平常時でも，四万十川河口にある下田港への入船には常に危険性があった。船が入れるのか，何トンぐらいの船まで通れるのか，どの位置を通ればよいのか，といった情報が必要になった。そうした情報を提供する者，正確な誘導ができる者，それは，一般にはパイロット，水先案内などと呼ばれるのであるが，下田ではこれを「ミオタテ」「ミオタテさん」と実に古風な名称で呼びならわす。「ミオ」が「水の流れ筋」を意味する古い日本語であることはいうまでもない。「タテ」は，「はっきりとわかるようにすること」を意味しており，水先案内を表す古い言葉である。しかも，「ミオタテさん」とさんづけで呼びならわしているところから，日常的に地域社会の中で親しみと，一種の尊敬の念をもって遇されていることがよくわかる。

下田の青砂島に住む初見儀太郎さん（明治 40 年生まれ）は，大阪通いの機帆船の船長をしていたのだが，昭和 19 年 3 月 13 日の空襲で船を焼かれたのを機にミオタテに転身した。四万十川河口の様子を詳しく知る先輩のミオタテ浜崎駒太郎の指導を受け，次第に腕を磨き，昭和 50 年代まで第一線で活躍した。櫓船をあやつり，休む暇なく河口を観察し，通船の可，不可は旗で示した。赤旗は入港不可，白旗は入港可である。ミナト（川口）が荒れるのは，毎年 8 月末から 10 月初めだった。同じ台風でも「マゼ（南風）はミナトは荒れないが川は荒れる」「コチはミナトは荒れるが川は荒れない」と語る。砂に限れば，コチは吹き出しと称して問題はないが，マゼには砂寄せがあったという。ミオタテさんの案内料は，船のトン数によって異なるが，昭和 50 年ごろで，1000 円～3000 円ほどだったという。

3.2　河口閉塞と開口祈願

下田下区に住む浜口義雄さん（大正 12 年生まれ）によると，昭和 10 年代には河口閉塞時の干潮の時には河口の洲を歩いて渡ることができたという。以下は浜口さんの体験および伝承である。そんな時は通船不可能で，木炭や材木を阪神地方に運ぶ船の船主は困惑した。昭和 10 年ごろ，下田港所属の機帆船は 47 艘あり，機帆船組合もあった。干潮時に河口の洲を歩いて渡れるようにひどい河口閉塞を起こした場合，機帆船組合が主体となり，水戸・下田・串江の青年団，未解放部落の人びとが協力して開口祈願の祭りを行った。

四万十川右岸最下流部にある神社は初崎小字立碆の水戸柱神社（港柱・湊柱とも）であり，その社地は青砂島の対岸に位置する。祭神は秋津彦命・秋津姫命とされる。社前右側には竜宮島と呼ばれる美しい岩島があり，近くに洞窟もある。鎮座地の小字「立碆」は竜宮島と呼ばれる岩島からつけられたものと思われる。社地は狭隘であるが杉の古木もあり，磯から二十段ほどの石段を登ったところにある。竜宮島・洞窟・水戸柱神社々地の集まる部分は，四万十川河口部の聖地だと言えよう。

河口閉塞の開口祈願に際しては，水戸柱神社の御神霊を神輿に移し，青砂島の砂浜にお迎えする。そこで，開口祈願の祭りをし，神輿の前に仮土俵を設けて若者たちが相撲を奉納する。相撲奉納後，神輿は還御する。このようにすると不思議にその翌日は閉塞された洲が開いたものだという。このような祭り，および，水戸柱神社の鎮座地，並びに，「ミナトバシラ」という社名からして，当社が，四万十川の河口を管理し，河口の閉塞解決を司る「水門（みなと）」の神「港」の神であったことはまちがいない。水戸柱神社の鎮座地・社名・河口閉塞にかかわる神事の有機的関連は，環境信仰論・河川環境信仰論の視点に立つとき，とりわけ注目すべきものと言えよう。

水戸柱神社の社殿には，夥しい数の相撲絵馬が奉納されている。板額に描かれた彩色の相撲絵，墨や鉛筆で描かれた力士像や取り組みの図，力士の写真などである。それらに混じって若干の船絵馬もある。諸願を叶えたまえと相撲絵馬を奉納するのである。これらの相撲絵馬が，先に紹介した青砂島における奉納相撲と共通の信仰心意によるものであることは言うまでもない。下田のみならず中村市周辺で相撲が盛んであることを水戸柱神社と相撲の関係の緊密性の根拠とするわけにはゆかない。相撲即ち素舞の本質はシコ踏みにあり，それが地霊を鎮め，悪霊を追う呪的行為であったことは論を待たない。シコ踏みは神事芸能の反閇（へんばい）に相当するものである。河口閉塞は，大地の不自然なゆらぎであり，大地の不安定な状態にほかならず，大地が悪霊に冒されている状態だと見ることもできる。相撲は，そうした不安定な大地を鎮めることにもつながるのである。水戸柱の神霊のもとに展開される相撲にはそうした信仰的意義が内在していたのである。なお，河口閉塞・湖口閉塞と信仰の関係については既に述べたことがある。

4.　山地崩落と峡谷閉塞

山地土砂崩落に関しては，地形学的にも「地滑り」「山

崩れ」などの語が用いられるが，山崩れは傾斜が強い地で，移動物質が原形をとどめないような現象を示すことが多い。山崩れに対して，それに雨水，谷水などが合した場合，「山津波」「土石流」などという語が用いられる。山津波の場合，土砂が70%，水が30%，土石流の場合，土砂・土石が30%，水が70%といった解説もある[13]。

山崩れは方言を以って語られる場合が多い。例えば，宮崎県東臼杵郡椎葉村ではこれを「クエ」と呼ぶ。また，高知県・愛媛県の境界に近い山地村落ではともに「ツエヌケ」という語を用いる。鳥取県東伯郡三朝町では「ズリ」，長野県の一部では「蛇（じゃぬ）抜け」とも呼ぶ。静岡県榛原郡本川根町では一般に山崩れのことを「ナギ」と称するが，岩石の多い崩落地のことは「ガレ」とも呼ぶ。

山崩れが人びとにとって最も脅威となるのは，それが，V字型峡谷ぞいの地で起こる場合である。崩落した土砂が峡谷を堰き止め，峡谷を閉塞させ，一時的にダム湖のような状態をなす。やがて堰き止めていた土砂の堰が崩壊し，土砂と水とが混って一気に流出する。いわゆる「鉄砲水」となった土石流はムラや耕地を呑みこんでしまうのである。V字峡谷では，ナギと峡谷閉塞と鉄砲水が連続する場合が少なくない。大井川上流部に属する本川根町域内にはV字峡谷が多く，それゆえに右のような現象も多く見られた。以下は，静岡県榛原郡本川根町域におけるナギの記憶・ナギの伝承・ナギの伝説などであり，ここには，V字峡谷に暮らす人びとの，山・川とのかかわり，自然環境観の一端を見ることができよう。

4.1　ナギの記憶

新道の桑野山トンネルをぬけ，八木橋を渡って右折する。景観はトンネルに入る前とは異なり，峡谷をなしている。八木の集落に入ると前方に山地崩落の痕が露出しているのが目に入る。その崩落は尾根が大井川左岸に流入する白沢に収まる直前の尾根筋から川原に向かって落ちた形跡をとどめており，幅約40m，高さ約80mにわたって根こそぎにした形で，くすんだ肌色といった印象を与えている。この地ではこのような崩落地のことをナギと呼び，ガレと呼ぶこともある。このような痕跡を残す山崩れが起こったのは昭和57年8月3日，午後8時ごろのことだった。8月1日に台風１０号が通過し，それによる集中豪雨があり，その集中豪雨が原因だった。18年も前の山崩れの跡が今でも痛々しい印象を与えているのである。

川に接した，標高の低い地をこの地ではシマヂあるいは下の段と呼び，山につながるゆるやかな傾斜地をオカヂまたは上の段と呼ぶ。民家は上の段に集中しており，シマヂは現在そのほとんどが茶畑である。昭和57年の山崩れにかかわる水害についてシマヂに住む山下はるさん（大正11年生まれ）は次のように語る。その日は昼間から向かいの山で石が飛んでいた。午後8時ごろものすごい音がし，ただちに消防団が集った。大沢の方まですごい音が響いたといって大沢の人から安否を気づかう電話があった。山崩れで川が塞がれ，それがまた崩れ，増水した。やがて畑が水につかり始めたので，夫の友一さん・姑のかめさん，それに近隣の山下匠一家・山下勝久家・小西家の人びととともに公会堂へふとんを持って避難した。シマヂの茶畑は頭まで水につかり，約半分が根をさらわれた。茶畑の中にあった家々の休み小屋6棟はすぐに流された。この地には，「百年に一回ナギが起こって畑が水につかる」という言い伝えがある。対岸では露になった山の肌から水が吹き出していた。山下家では茶部屋の土台まで浸水を受けた。

昭和57年の山崩れについて八木の上田正さん（大正14年生まれ）は次のように語る。8月3日，夕食後すごい音がした。キャンプシーズンで，キャンプ客が来ていたのでまずその人達を避難させた。左岸から崩落した山土が川を塞ぎ，ナギがダムを築いた。道路が欠壊し，シマヂの茶畑が冠水し，茶の木がこげて流され，河原石が出てきた。災害後土地改良の補助金が二町五反歩に対して出た。茶の木がこげたのは一町歩ほどだった。

シマヂは何度も水害に逢ってきたのである。シマヂの畑も時代によって作物を変えてきた。今は一面に茶畑であるが，上田さんの記憶によると，昭和15年ごろには，茶畑30%，桑畑30%，白畠40%だった。白畠の作物は，表作が甘藷と里芋，裏作が大麦・小麦だったという。同じお茶でも，シマヂの茶は煎が効かないという。つまり，何度もは出ないというのだ。オカジの茶の方が香りが高いともいう。しかし，シマヂは耕地の少い峡谷地形の大井川上流部においてはまことに貴重であった。キャンプ場の向いは雨が降りそうな時には小さな土砂崩れがする。また，土砂崩れが起こる前兆としては，まず，小さな石が落ちるものだという。

4.2　ナギの伝承

①庚申山の下に大ナギというところがある。地滑りを起こす地である。地滑りを起こしやすい地の３～4町歩には川の両側に竹を植えた。水が吹き出すようなところにはナギが起きやすい。祖父の万吉が向山へ山づくり（焼畑）に行くのに竹の杖を突いて行き，山に挿しておいたらそ

の竹がそのまま根づいたと語り伝えている（坂京・中野政男・大正９年生まれ）。

②小長井街道ぞいの地で，台風や梅雨期にナギが起きる所があった。大正末年に，古社の手前とオンマヤシの南に大きなナギが起こったことがあった。そんな時には「道ナデ」と称して人足を出して道をあけた。ナギの落ちる前には石ころが落ちてくるものである（前山・中村武一朗・明治 45 年生まれ）。——道路を塞ぐナギは交通障害を起こすだけでなく，極めて危険であった。川根地方で広く歌われた茶摘唄に次の歌詞がある。〽 地蔵峠と葛篭（つづら）のナギは　一人ゃやれないついてゆく——茶摘娘として川根の山地に入る娘の道中を案じた唄である。ナギのもたらす交通障害と危険性はこの唄によく示されている。また，ムラうちの道に落ちたナギは，「道ナデ」という出合いで処理されていたこともわかった。

③「木出し」即ち木材搬出の際ナギの跡を利用して木を河原まで落とすことがあった。「ナギができると山がだめになる」「ナギができるとその山の持主の家は衰える」「山にナギがたくさんできる家は縁起が悪い」——筒ん沢の奥のナギで川が塞がったが，そこにはヌシの大ヤマメ（アマゴ）が棲んでいたという（沢間・清水初市・大正３年生まれ）。

④何もないのに石がコロコロ落ちるのはナギの知らせだという（大沢・西村芳也・大正十年生まれ）。

⑤池ノ谷の下に松岡山のナギと呼ばれるところがある。大ナギで川が塞がれ，水が閑蔵まで逆流したと伝えられている。ナギが起こりそうな時にはヌケイシ＝抜け石，と称して落石があるものだ（閑蔵・白滝宗一・大正３年生まれ）。

⑥椎茸の乾燥小屋で椎茸を乾燥させていたところ地鳴りがした。「蛇（じゃ）ガレ」＝ナギの危険性を感じたので向う山のホツへ乾燥小屋を移した（大間・望月筆吉・明治 43 年生まれ）。

⑦ムラの後方の山の中に竹薮が点在している。先祖がナギ防止に植えたものである。その竹を竹買いに売ったことがある（平栗・松下　裕・大正 14 年生まれ）。

⑧裸地にナギが起きやすい。「ジャヌケ」という言葉を聞いたことがある（小長井・小長谷吉雄・明治 45 年生まれ）。

⑨犬間の向いでナギが起こり，三軒の家が埋まった。その中の一軒である久保島家は梅地へ避難，筑地家で子供を寝かしたと言われている。長島の若宮神社の元屋敷は宮の滝というところだが，この神社もナギに遭い，高野へ遷座，後に御座松に移ったが，現在は梅地の谺（こだま）石神社に合祀されている。井川閑蔵の横ゾウレでナギか起き，大井川が堰き止められて閑蔵の土地が流された。この時は砂防事業で公の金が出たという。青年が体力検査に出かけた帰り，長島ダムに近い不動の滝付近でナギに遭った。長島の長島惣一さん（大正 11 年生まれ）という人が犠牲になった。山中の大木を倒すと周囲の雑木の根もとが崩れてナギが起こりやすい。植林の場合，25 年目が一番ナギを起こしやすい。石が落ちるのがナギの前兆であり，山林労務を組織的に行っている場合，危険が迫った場合は庄屋が命令を出す（梅地・筑地松巳・大正 13 年生まれ）。

⑩昭和 53 年に大井川左岸の山，猿見石（1115.7m）の西斜面にナギが起こり，その土が川へ入った。流れが堰き止められたので水が軌道の線路まで来た（奥泉・西井戸益南・大正 15 年生まれ）。

⑪渡本の上にナギが落ち・井川線の保線係の人が犠牲になったことがあった。その後，その位置にトンネルができた。木の生えていないところはナギの跡で，そうしたところには再度ナギが起こりやすいと伝えられている（川井・大野忠徳・大正 15 年生まれ）。

右に本川根町の人びとが伝えるナギ，即ち山地崩落に関する諸伝承を瞥見した。その中にいくつかの注目すべき点がある。石が自然に落ちるのをナギの予兆とするということは町内で広く耳にするところであり，事例④⑤にもそれが見られるのだが，⑤において，これを表現する「ヌケイシ」という語彙が語られているのは貴重である。ナギが峡谷閉塞につながったという伝承は③⑤⑨⑩に見られ，V字峡谷におけるナギが，いかに峡谷閉塞につながりやすいかがよくわかる。ナギが道路にかかわる場合は交通障害の要因となるのであるが，このことは事例①によって明らかである。山地崩落を示す語彙としてはナギが最も一般的ではあるが，当地においても，ジャガレ（⑥）・ジャヌケ（⑧）など，蛇，大蛇との関係を以って示す語彙があることがわかった。また，ナギの起こりやすい地に竹を植えてナギ防止とする習慣があったことが事例①②によって知れた。⑨⑩には，ナギによる犠牲者のことが語られており，V字峡谷に暮らす人びとにとってナギがいかに怖ろしいものであったかがわかる。ナギが家の凋落につながるという伝承，ナギあとを木出しに使ったといった伝承も注目される。

4.3　ナギの伝説

(1)大井神社流去伝説

『駿河志料』[14]志太郡上藤川谷畑組の「大井社」の頃に次のように記されている。「大沢にあり。里人云。古へ洪水に社地崩れ，神殿ともに流れし嶋田大井社なり。其社地は川となりしかど，今も其辺りに大木の松ありて，昔大井社の松と枝を並べし松なりと云ふ。此松に時としてあやしきは，蛇大小数多出て，其数を不知，又松の辺に民家あり，蛇出る時は，其家に災ありと云へり。近くかかる事ありしに，其家の人悉く死亡せりとぞ。常は何方に栖るにか。其所在を知らず。島田大井社にも此伝説あり。此地を古社と云ふ。又彼地にも蛇の怪ありと云へり。」——同書，島田大井神社の頃にも次のようにある。「当社鎮座年歴詳ならず。伝云，往古大井河奥谷畠の里，大沢に鎮座ありしが，何れの世にか大水に，大井河の岸崩れ，社地祠ともに流れ，御璽此地に止り，祠を建祭れりと云へり。」——また，『静岡県神社志』島田大井神社の頃にも，「建治２年８月島田町下島に鎮座す。その以前は大井川上流東川根村谷畠大沢に鎮祭せらるると伝へ，今尚旧社地と称する所あり。故に大祭年には同区民の代表者参列するを古例とする。」と記されている[15]。

右の二書に記されている伝承は現在も語り継がれており，大沢小字前島の茶畑の中の小山状をなすところに「大井社旧社跡」と刻まれた石柱が建てられ数本の榊が植えられている。『駿河志料』にある松は今はない。河岸と旧社地の間に自動車道路が通ってはいるが，崖状といった印象がある。

大沢の向いの山，大井神社旧社地と伝えられる地の対岸はツモリ山と呼ばれる標高 520m の山で曲流する大井川の流れに囲まれて島状をなしている。前記の『駿河志料』に洪水・大水と伝えられているのは，単なる増水ではなく，大沢や八木では「ナギ」による河流遮断だと語っている。上田正さんは，八木から奥泉へゆくのに大井川の右岸大沢の対岸の道を使ったという。大井神社旧社地の対岸部は青ナギと呼ばれていたと言う。この部分には九尺道がつけにくかったことがわかる。その位置には桟道がつけられており，傍に地蔵が祭られていたと言う。このことは，かつて，この青ナギの位置に大きなナギが起こり，河流遮断を起こし，それが原因で水位があがり，土塊が決壊するとともに大井神社の社殿が流失したという事情を推察させる。上田さんの伝承は，『駿河志料』の次の記述を想起させる。「桑野山より梅地に通ふ路，青奈岐山の岸を七引と唱ふ。大崩ありて嶮崖の地なり，八間ほど宛七折あり。此際眼下は大井河の岸にて，十余丈ばかり切立たる如き嶮しき路なるに，小石岩にて細き横がり道，足の立どしどろにて，一歩進めば一尺ばかり踏下す。歩む毎に皆かくのごとく，其危きことを知べし。或は藤蔓を木につなぎたるに取すがり，又岩稜に手を掛て越ゆる処もあり。儘此所に足を踏まどひ，命を失ふもあり。爰を打越て大沢へ出，谷畑へ至る。」——なお，桑原藤泰の『駿河記』[16]にも「あをなぎ山」としてほぼ同様の叙述が見られる。これによると，山地土砂崩落は河流遮断とそれによる河川氾濫を起こすにとどまらず，交通障害とそれに連動する二次災害を起こす危険性を孕んでいたことがよくわかる。

島田大井神社の流着鎮座伝承は荒唐無稽のものではなく，山地土砂崩落，即ちナギによる河流遮断，それによる洪水被害を前提としたのである。大井神社流着鎮座伝承を環境民俗学的に見れば，それは山地 V 字峡谷地形の地に住む人びとに対する山地土砂崩落即ちナギと，それによる河流遮断，砂入りの危険性の警鐘にほかならないのである。

大井神社流着鎮座伝承を別な角度から見ると，そこには，島田など下流域からの水源祭祀の心意が投影されていると見ることもできる。下流域の洪水・氾濫を鎮撫し，逆に，水田稲作等にとって不可欠な水を求めるために上流部，水源地を崇める心意である。大井神社の旧社地が上流部の大沢にあったことを語り継ぎ，そこの住民を祭りに招き続けるということは，水源を尊ぶことにほかならないのである。大沢にある「井林」という姓には，水霊を囃し，水の力をさかんにさせるという意味がある。山形県南陽市の吉野川は，米沢盆地の北部水田を潤す川であるが，その水源を管理するムラは「水林」と呼ばれるムラであった[17]。大沢の井林家についてはさらなる調査研究が必要となる。

(2)・蛇骨沢の伝説

桑原藤泰の『駿河記』に次のような伝説がある。「昔，桑野山幽谷地中に潜める於魯地あり。或時暴風駭風夥敷，大地震動して潜る処の於魯地地中に躍出で，山を大井河の中に劈（さ）き分。然るに高山の頂震ひ崩れ，数丈の磐石一度に転倒し，於魯地の上に重り落。於魯地山を劈く勢ありと雖も，終に巌の為に斃れ死。山中洪水蕩々として懐山襄陵。家はこれが為に押潰され，あるは押流さる。人は是が為に押殺され或は溺死す。後世其所より蛇骨を出せり。上藤川化成院の厨司に於魯地の車骨を蹈次とす。大さ碓の如し。是に同じ事骨遠江国家山の里へも流よりて，三光寺の厨司にありし。今は所謂ありて捨たりと云。」——

類似の伝説は現在もムラでは次のように語られている。

・桑の山の裏山のナイダイに大蛇が棲んでおり，ある時大

蛇が暴れて山を崩した。山が大井川を堰き止めてしまったので，現在の沢間の駅のあたりまで池になってしまったという。しかし，大蛇は檜の枝が心臓に刺さって死んでしまった。その死んだところが「蛇骨沢（じゃこつざわ）」だという。ムラびとが蛇骨沢で大きな白骨を拾って薬師堂の踏み台にしたところ，ムラに疫病が流行した。人びとは，これは大蛇の祟りだとして大井川にその骨を納めた。蛇骨沢には石灰岩系の石が多く，今でも落石が多い。蛇骨沢の水は硬水で，飲むと腹を下す(桑野山・森下敏雄・昭和3年生まれ)。

・桑野山に蛇骨沢という所がある。大蛇が棲んでいて，ある時山をひっくり返した。跳ねかえった石が沢間へ飛んだので沢間は石だらけになった。大蛇は怪我をして死んだと言われ，蛇骨沢からは今でも蛇骨のような白い石が出る。その石を桑野山の大井神社の踏み台に使ったら祟りがあったと伝えている(閑蔵・白滝宗一・大正3年生まれ)。

『駿河記』および，ムラで語り継がれている伝説によれば，桑野山の裏山に大蛇が棲んでおり，ある時その大蛇が暴れて山を崩し，大きなナギを起こし，人びとが何らかの被害を受けたと語られている。また，大蛇はおのれが起こしたナギのために自滅し，その跡から蛇骨が出たとしている。現在も石灰岩が露出する沢をムラでは蛇骨沢としている。『駿河記』では化成院，ムラでは薬師堂・大井神社の踏台に蛇骨を使ったとし，ムラの伝説で蛇骨を踏み台にしたことによって祟りがあったと語り伝えている。

この伝説の中では，ナギを起こす原因を大蛇の暴動としている。このことは，長野県・山梨県・静岡県の本川根町でも山地崩落のことを「蛇抜け」と表現する場合がある(ナギの伝承，事例⑧)。山の斜面の一部が崩落し，その部分だけ樹木がなく，土を露出させている有様は，あたかも大蛇が通り抜けて土返したといった印象がある。ナギの伝承，事例⑥の「蛇ガレ」も「蛇ヌケ」と同系の語であり，ガレの形状が大蛇が抜けた跡を印象させるところからできた語と見られる。

森下さんが語るところによれば，山地崩落が峡谷遮断・峡谷閉塞を起こした点が強調されていることがわかる。『駿河記』には直接的に峡谷閉塞は語られてはいないが，民家や人が押流され，人が溺死したとあるから，一旦閉塞された峡谷の流れが一気に決潰したことがわかる。さらに，現在でも石灰岩が崩落する地を「蛇骨沢」と称し，みだりにそこの石を採取して使うと祟りがあると伝えている。このことには，ナギの起こった山の石を持ち出すと再度ナギが起こるというメッセージが込められているのである。

(3)・青ナギの伝説

大間には日庸小屋が13あった。青ナギにも日庸小屋があり，ある時，日庸達が大切な食糧である米俵の上で女郎遊びをしたところ刀のツバが鳴るような響きが起こり，ナギが起った。カシキが1人だけ助かり，あとの者は死んだ。飛竜橋の上の方に小豆淵という淵があり，日庸小屋が小豆淵まで流れてきたとも伝え，今でも小豆淵は時々米の研ぎ汁を流したように白くなるという。湯山の人びとは，小豆淵の水が澄むと翌日は晴れ，黒くなると翌日は雨だと伝えた。また，小豆淵に石を入れると大雨が降るともいう。そして，小豆淵で魚を釣ってはいけないと言い伝えていた(大間・望月筆吉・明治43年生まれ)。

(4)・法印殺しとナギの伝説

昔，坂京から1人の法印さんが追われてきた。青部では，その法印を青部の河原で火焙りにして殺した。死に際して，その法印は，「おれを焼く煙がかかったところはナギにしてやる」と言い残して死んで行ったという。青部にはその法印のことばを思わせるように，道崩れが絶えない所や，山づくり(焼畑)の収穫物のあがらないところがあった。青部の対岸に権現ナギというところがあるが，そのナギが大井川を塞いだという話が伝えられている。大降りなると権現ナギで天狗が太鼓を叩くような音がするとも伝える。山の人びとにとってナギが恐怖の対象，しかもその筆頭にあげられるものであったことがわかる(青部・平野政一・大正11年生まれ)。

右に，人為の祟りとしてのナギの伝説を紹介した。前者では，日庸小屋(山林労務者の宿泊小屋)において米俵の上で女郎遊びをしたことがナギの原因と考えられている。後者は，法印殺しという一種の異人殺しの祟りがナギの原因として語られている。これらを見ると，山の人びとにとってナギはこの上ない恐怖の対象であり，その要因は人知を越えるものであると考えられていたことがわかる。蛇が心意の中で巨大化し，大蛇と化す。その大蛇が暴れるとナギが起こるとする考え方の一端は先に見たのであるが，ここでは悪業の祟りをナギの要因として意識しているのである。特に，法印殺しについては，「おれを焼く煙がかかったところはナギにしてやる」という法印の言葉が伝えられているのであるが，この言葉の中に，山の人びとがいかにナギを恐れていたかという心意が投影されているのである。

・拙稿の「四万十川」に関する部分は，拙著(1999)『四万十川民俗誌』雄山閣によった。

（原稿受付　2001 年 8 月 31 日）

（原稿受理　2002 年 1 月 8 日）

注

1) 四万十川水系のダムに関しては，金井明(1997)『四万十川赤鉄橋の町』高知新聞社に詳しい。
2) 防意軒半開(1858)『幡多紀行』
3) 拙著(1979)『大井川—その風土と文化—』静岡新聞社
4) 前掲 1)に詳しい。
5) 坂本正夫氏は，「四万十川中流域の渡舟習俗」（『土佐民俗』43 号 1984)において，「四万十川の渡場(渡舟)には往還渡し，地下渡し，私渡しの別があったが，前二者は造舟費，渡守給などを地区民全体で負担し，私渡しは関係者の負担であった。」と述べている。なお，同論文には，増水期と渇水期で渡り方が異ったこと，デミズには舟賃がヒラミズ(常水)の倍になったこと(半家)，増水時に渡船停止を判断するハカリ石があったこと(長生)，さらには，江川崎には，見渡し地蔵があったことなど渡し舟にかかわる貴重な資料が記載されている。
6) 前掲 5)ではこのような渡しのことを「マワリワタシ」としている。
7) 五来　重(1989)『遊行と巡礼』角川書店
8) 前掲 7)に同じ。
9) 鼎談・谷川健一・中平大世・武吉孝夫(1996)「四万十川の原風景」日本ナショナルトラスト『自然と文化』51 号
10) 江戸時代，大井川は架橋通船を禁じられていたため，川留めが行われた。そのために島田の宿には増水時には旅人があふれることがあった。遊女も多く，島田髷が発生し，帯幅も次第に広くなり帯祭りも発生した。島田の宿は港町的であった。
11) 拙論(1995)「河口閉塞」『海岸環境民俗論』白水社
12) 中村市史編纂委員会(1984)『中村市史・続編』中村市
13) 奥田節夫(1981)「山津波」『地形学辞典』二宮書店
14) 中村高平(1861)『駿河志料』文久元年(歴史図書社版 1969)
15) 静岡県郷土研究協会(1941)『静岡県神社志』
16) 桑原藤泰(1818)『駿河記』文政元年脱稿(臨川書店版 1974)
17) 拙論(1987)「水林という地名」『生態民俗学序説』白水社

[四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　12−19　2002]

＜基調講演２＞

河川整備における合意形成と科学と情報

島谷幸宏*

1. はじめに

河川法の改正により河川整備計画を立案する際，住民との合意を図ることが義務づけられた。また，河川にかかわる市民団体の数も増加し，積極的に河川の整備に係わりたいと考える人も増えてきている。このような中，全国各地で合意形成の取り組みがなされている。

合意を形成する際には，正確な情報を様々な立場の人が共有することが基本である。しかも良い整備を行うためには，正確なだけではなく質の高い情報が必要である。しかしながら，正確で，質が高い情報を共有することは大変，難しいのが現状である。そのためには，わかりやすく情報を提供できる科学者や柔軟で幅広く深い知識を持った技術者の役割が期待される。

そこでここでは2つの事例をとりあげ，合意形成における科学と情報の役割を考えてみたい。

2. 情報を共有するための繰り返しとデジタルカメラ……黒目川

黒目川（流域面積 37.6km^2，延長 19.1km）は東京都多摩丘陵地帯を水源とし，埼玉県南部を流下し新河岸川に合流する埼玉県管理の1級河川である。この流域は東京の近郊部に当たり，昭和30年代から東京のベッドタウンとして人口が急激に増加した地域である。近年は，人口は横ばいとなってきているが，この間の流域の都市化の進展は急激で，依然と比べ，流出増の著しい地域である。そういうこともあり新河岸川流域では，洪水を河道だけで処理するのではなく，遊水地など流域でも担保する，総合治水事業に取り組んでいる。

黒目川の改修は，昭和63年よりはじめられ，時間雨量50mmの雨に対応するための改修が進められている。現在，新河岸川の合流点から2.7km 間の東武東上線までの改修が終了している。ここで取り上げる事例は，黒目川の東武東上線より黒目橋までの間，約1.7km区間の改修計画についてである。

Fig.1　黒目川　改修前

昭和62年(1989)に立案された計画では，現況の河岸の高さよりも0.5mから2m程度高い堤防を作り，川幅の約1／3程度を1m程度掘り下げる計画になっていた。この計画では，両側の桜並木が無くなってしまうこと，河道の中央部にまっすぐの深い水路ができ，魚が住みにくく，子供達も危険で川に入れなくなること，高い堤防と護岸により人を川から遠ざけてしまうことなど，いくつかの課題が指摘されていた。1999年夏，筆者は市民グループから，「このまま改修を進めると，川沿いの桜の木は伐採され，市民から川を遠ざけてしまうのではないか」などの相談を受けた。それを受けて，2000 年 1 月より埼玉県は，沿川の自治会，黒目川に関係する市民グループ，学識者，学校関係者，行政関係者，議会などの代表者をメンバーとした黒目川改修策定委員会を設置し，何度も話し合いを繰り返し，当初の改修計画を見直した。

当初，委員会を何回開催するかということが，議論され「6回なら6回と決めておかないと話がまとまらない」「6回ではなく6段階だ」などの意見が出されたが，6 回程度，半年を目安にし，半年

＊　国土交通省　九州地方整備局　武雄工事事務所　〒843-0023 武雄市武雄町大字昭和 745　TEL 0954-23-5151

で結論が出ないときはそのときにまた考えるということで合意された。最終的には 8 回の委員会と 2 回のワークショップが行われ，ほぼ 8 ヶ月の時間を要することとなった。

第 1 回目の委員会は，委員長の選出，委員会の主旨説明，黒目川の現況と改修計画についての事務局からの説明，委員会の進め方について議論がなされた。筆者が委員長を引き受けることとなった。1 回目の委員会ということもあり，まだお互いに半信半疑であった。

第 2 回目は，昭和 62 年計画の計画断面についての説明，現地見学が行われた。断面については「一部だけを掘り下げず全体を掘り下げて欲しい」「管理用道路は4mいるのか」「昔より河床が大分上がっている，そのため樋管が埋まり排水がうまくできない」などの意見が出された。

第 3 回目は，事務局から説明があった後，各委員から黒目川の改修について一人一人の意見を述べてもらった。「治水対策が重要で県の今の計画で早く改修をして欲しい」「安全性の問題もあるだろうが環境を第一優先に考えて欲しい」など，さまざまな意見が出されたが，治水も環境も重要であるというのが大半の委員の意見であり，それぞれに重点の置き方が異なることがよく理解できた。

第 1 回ワークショップが開催された。このワークショップは委員長が委員会の原案を作るためのワークショップとして位置付けられた。委員以外のメンバーがワークショップに参加するのはおかしいなど，ワークショップの開催についてもいろいろな意見が出されたが，あくまで委員会に出す原案を作成するということを原則にして，出席者の誰でも意見を述べてよいこととなった。ワークショップでは，横断図と写真を見ながら 1 つ 1 つの断面図をチェックしながら細かく検討し，その結果を水理計算した。写真はデジタルカメラで100mピッチで撮影したものを，横断図はパソコンに取り込んだものを，ホワイトボードにビデオプロジェクターで映し出し，繰り返し写真を見ながら断面について議論した。スクリーンがなかったのでホワイトボードを使った。これは，映し出されたホワイトボードに書き込むことができるという大きなメリットを生み出した。この手法は，合意形成を図るうえで，きわめて有効であった。同じ写真を見ることによって，共通の認識をうることができ，一般論ではなく個別の具体的な話がなされ，その結果がリアルタイムで水位計算に反映された。断面は用地取得が終了している範囲内で，自然環境，人の利用，治水などいろいろな観点から複数案が議論され，その場で水位が計算された。この手法によって，どのような断面であれば計画流量が安全に流下するか，共通認識の下地ができた。

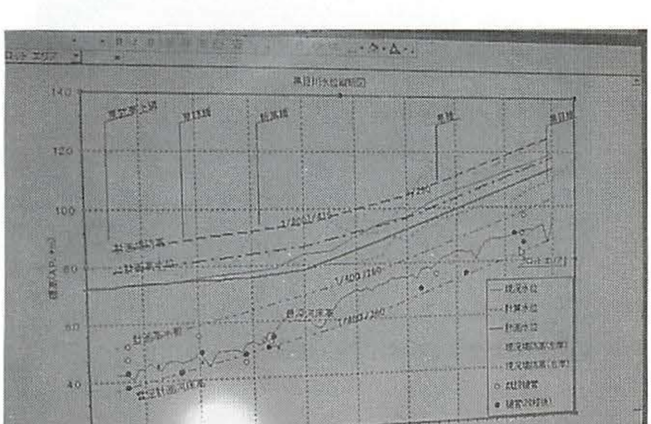


Fig.2 その場で水位が計算される

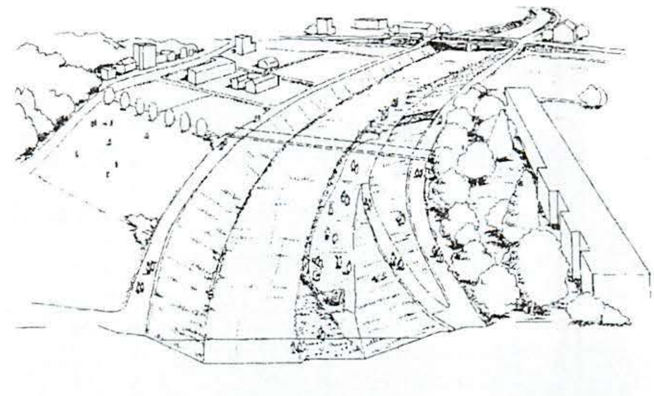


Fig.3 正確なパースは有効である

また第 6 回委員会では，正確なパースが作られ，プロジェクターでホワイトボードに映し出され議論が進められた。周辺の公園や学校との空間的な関係，断面形状のイメージがしやすくなり，さらに詳細な修正がなされた。正確なパースは非常に有効であった。映像が映し出されたホワイトボードにはいくつもの書き込みがなされた。

最終案の主要な点を列挙すれば以下のとおりである。

- 堤防を無くした掘り込みの河道
- 低水路部は前面を掘削する
- 河道内の砂州などの微地形は平行移動して残す
- 河道の流路はもともとの法線形を尊重する
- 管理用道路の位置，堤内地との境界を工夫し桜並木は残す
- 現状の川の流れ（平面形状や瀬や深み）をなるべく残す
- 護岸は水衝部のみとする

最終的な形状は治水安全度も向上し，環境的にも十分に配

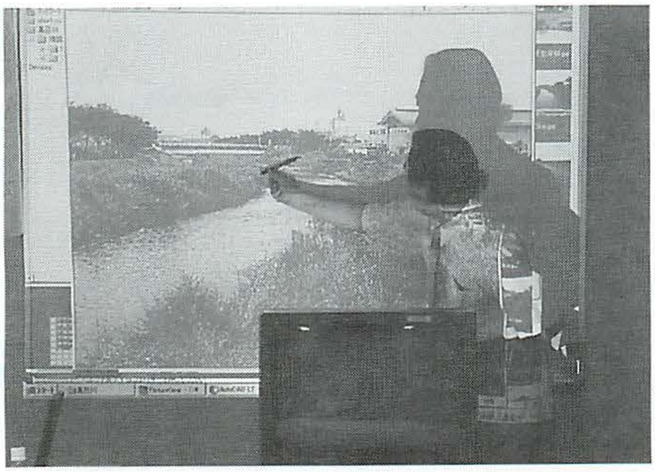


Fig.4　デジタルカメラを用いて場所を共有，ホワイトボードに映すのは有効

慮したものとなった。

以上のように，黒目川の改修計画は長い白熱した議論の結果，満足できるものとなった。この経緯を見てみると，いくつかのポイントがあげられる。

- 話のすすめ方が具体的なところから抽象的なところへと向かった
- 一度決めたことにも固執せず何度も話し合いが繰り返された
- 制約条件を明確にし，計画の自由度がどの程度あるかを明らかにした。
- 環境と治水を同時に議論した。
- デジタル映像，パースなどを最近の IT 技術を駆使し，わかりやすく，またその結果が瞬時に計算できるような情報共有化のための有効な手法が用いられた。
- 学識者を通し，最新の環境に関する知見や計画立案の手法の情報が提供された
- 参加者の真摯な態度が貫かれた。
- 行政の姿勢が柔軟であった。

などである。以上のように，さまざまな新しい考え方と技術的な支えのもと，黒目川の改修は再会されている。話し合いを繰り返すことにより，常識的で科学的な案が練り上げられた。立場の違う人間が集まり合意を形成することは非常に大変であるが，お互いの考え方や立場を理解し，話をぶつけ合うことによって非常によい案ができた。この際，デジタルカメラの映像を用いた共有化のための手法は，議論を発散させないためのきわめて有効な手法であった。

3. 多摩川の例

3.1 はじめに

多摩川は，笠取山（山梨県塩山市，標高 1，941m）を水源とし東京湾に注ぐ，流域面積 1，248.6km^2（山地 68%，平地 32%），流路延長 135.6km の1級河川である。

ここで紹介する多摩川の永田地区は，草花丘陵と立川段丘拝島段丘間の多摩川が形成した古い扇状地の開削地形に位置する。平均河床勾配は約 1/218，川幅 300m 程度，水面幅は 30m 程度である。永田地区の約 0.5km 上流に羽村堰が位置し，羽村堰からの放流量はほぼ永田地区における流量を示すものである。1992 年 5 月以降は，洪水時以外，通年 2m^3/s 放流が行われている。小河内ダムは利水ダムであり洪水調節を行っていないため台風等の洪水時の流量は，建設前と比較しほとんど変化していない。永田地区はここ 20 年間で扇状地河川特有の平たい澪筋が複数出来る単断面的な河道から，複断面の河道へと変化した。その結果，多く見られた河原は減少し，ハリエンジュを主とした樹木が多く繁茂した。[1]変化の主要因は，高度成長期の大量の土砂採取による河道形状の変化，上流からの土砂供給量の

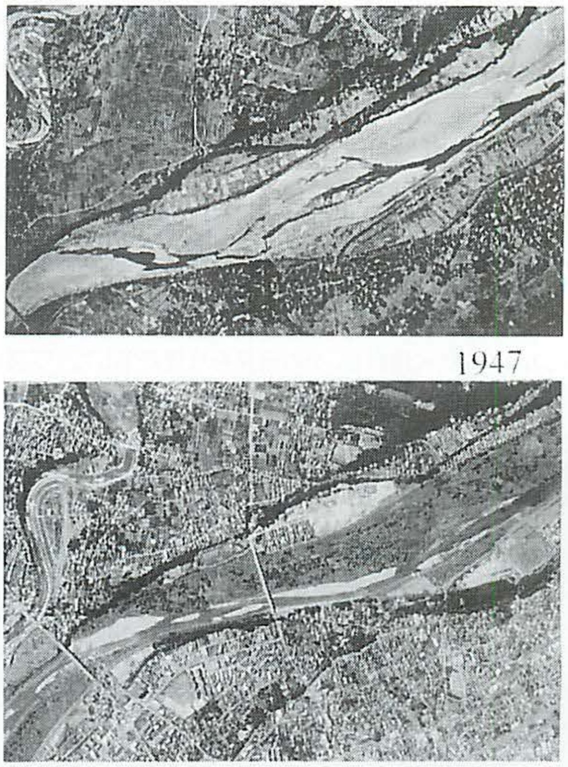


Fig.5　多摩川の環境はここ数十年で大きく変わった。
1947 年に河道に見られる，河原は今は樹林帯に変わっている。

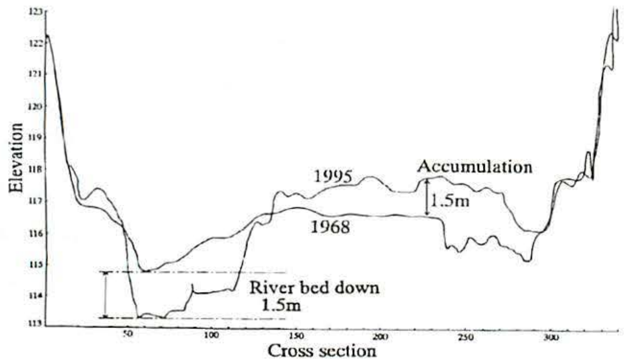


Fig.5　平たい横断形状は，複断面の横断形状に変わった

減少，羽村堰からの取水による流量の安定化の結果と推定されている。[1)2)]これらの変化は永田地区の生物相や生態系に変化や影響を与えた。この地区の流量がきわめて安定しているため，底生動物では造網型のヒゲナガカワトビケラが優占し，その現存量はきわめて多くなっている。[3)]魚類では，以前は永田地区のクリークに見られたホトケドジョウ，ジュズカケハゼなどが近年見られなくなった。[4)]またカワラノギクなどの河原に依存する植物が激減している。

国土交通省関東地方整備局京浜工事事務所(以下京浜工事事務所)は，河原植物の保全を中心的な課題とした樹林の伐採，河道の切り下げを行っている。

3.2 経緯

1995 年 7 月に河川生態学術研究会多摩川研究グループ(以下多摩川研究グループ)が発足し，河川工学，生態学の研究者による総合研究が開始された。研究メンバー及び研究協力者は付着藻類，底生動物，魚類，昆虫，両性は虫類，土壌動物，鳥類，哺乳類，植物，水質，河川工学などの広範囲にわたり総数は 71 名である。

多摩川研究グループは 1997 年より市民向けの発表会を実施した。1998 年 9 月福生市立第四小学校で第 2 回の市民合同発表会を行なったところ，市民側から「ハリエンジュは伐採できないものか？」「多摩川研究グループとしての意見はどうか？」という質問がなされ，討論が行なわれた。この市民合同発表会が，ハリエンジュの伐採，河原の復元などを議論する発端となった。

1999 年 3 月京浜工事事務所は永田地区の植生管理を議論するための検討会を設立した(座長，小倉紀雄：東京農工大学教授，多摩川研究グループ代表)。メンバーは市民グループの代表者，多摩川研究グループの魚類，植物，河川工学の研究者，カワラノギクなどの保全にかかわってきた研究者，あきる野市，福生市，京浜工事事務所の行政担当者から構成される。

市民グループからは「ハリエンジュを帰化植物だからということで伐採するのは極論ではないか？」「ハリエンジュは日陰になることから残すべき所には残すべき。場所により対応が変わる。」などの意見が出された。一方，地元の行政担当者からは，「防犯上の観点，治水上の観点(澪筋が左岸側により河床が低下し河岸が危険である)から，ハリエンジュを伐採して欲しい」との要望があった。また学識者からは，元の河原の環境のほうが多摩川としてふさわしいという意見が大勢を占めたが，河川工学的には土砂動態の管理となるため十分な検討が必要であるという意見がだされた。

また土木研究所から永田地区左右岸の約 2000 世帯に対して行なったアンケート調査の結果 [7)]が紹介され，沿川住民が樹林のない河原の環境をより多摩川らしいと評価していることが報告された。

様々な討議が繰り返され，次のような「基本的な考え方」で合意された。

① ハリエンジュは，流水阻害，植生管理の点から切っても良い。
② 局所的洗掘をこれ以上進めないために高水敷の掘削を行なう。
③ 高水敷掘削はモニタリングをしつつ行なう。
④ 具体的にどこをどのようにするのかというディテールにつ

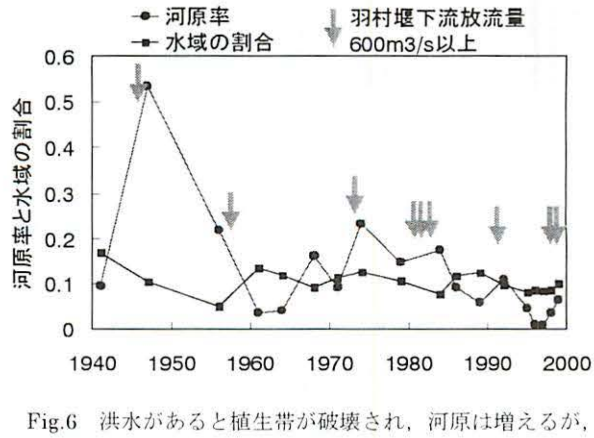


Fig.6　洪水があると植生帯が破壊され，河原は増えるが，1974 年以降，経年的に減少している。

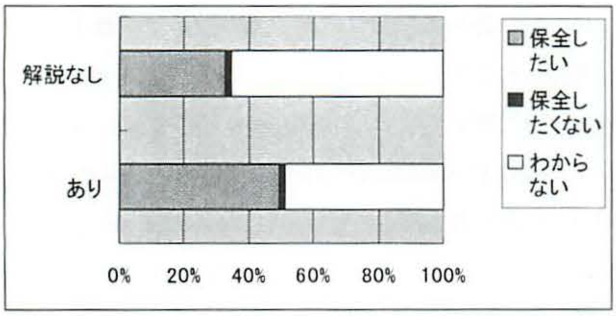


Fig.7　カワラノギクを保全したいか？
解説をつけた被験者群は，保全したほうが良いと言う意見が多い。情報によって，わからないという意見が減っており，判断が可能になっている。

いては水理検討を含め，新たな検討会を設けて行なう。

植生管理計画検討会を受けて具体的な樹林伐採方法と河道掘削手法を検討するための永田地区河道修復計画に関するワーキンググループ(座長:島谷幸宏，藤田光一，土木研究所)が結成された。メンバーは多摩川研究グループの関係研究者，市民グループの代表者および事務局として京浜工事事務所，(財)リバーフロント整備センターである。2001 年 4 月 15 日現在で 7 回の会合および 1 回の現地検討会が行なわれた。

永田地区は河川環境管理計画の生態系保持空間として指定されており，ハリエンジュを中心とする樹林地をどのように考えればよいのかが議論の中心となった。空中写真の重ね合わせなどより，永田地区の数十年前の環境は河原であり，河原に依存する生物が多摩川で絶滅の危機に瀕していることもあって，「樹林地を河原の環境に戻す」ことが，永田地区の目指すべき方向性であるということは，比較的短時間で合意された。外来種であるからといって，単純に伐採という意見には賛同しかねるという市民グループの意見もあったが，ハリエンジュ林は生物相としてそれほど豊かでないということ，治水，防犯の観点からも樹林の伐採が周辺住民から望まれていたことなどが背景となりこのような方向性が短期間で合意されたものと考えられる。またアンケート調査によって，沿川住民が樹林の風景よりも河原の風景をより多摩川らしいと思っていること，樹林化の要因やカワラノギクの減少の解説を示したグループとそうでないグループの比較によって，情報を提示したグループのほうが，ハリエンジュの保全に否定的であることが示された。この結果から，沿川住民に河道修復について十分説明すれば受け入れられると考えられたことも合意が図られた要因の一つと考えられる。

また，具体的な保全目標としてはカワラノギクを代表とする河原の生物の保全を目標とするのか，河原だけではなくワンドなどを含めた平たい微地形に起因する扇状地特有の環境を保全すべきかが議論された。

カワラノギクは，絶滅の危機に瀕しており，まずカワラノギクおよびその生息地である河原の保全が優先されるべきであるという

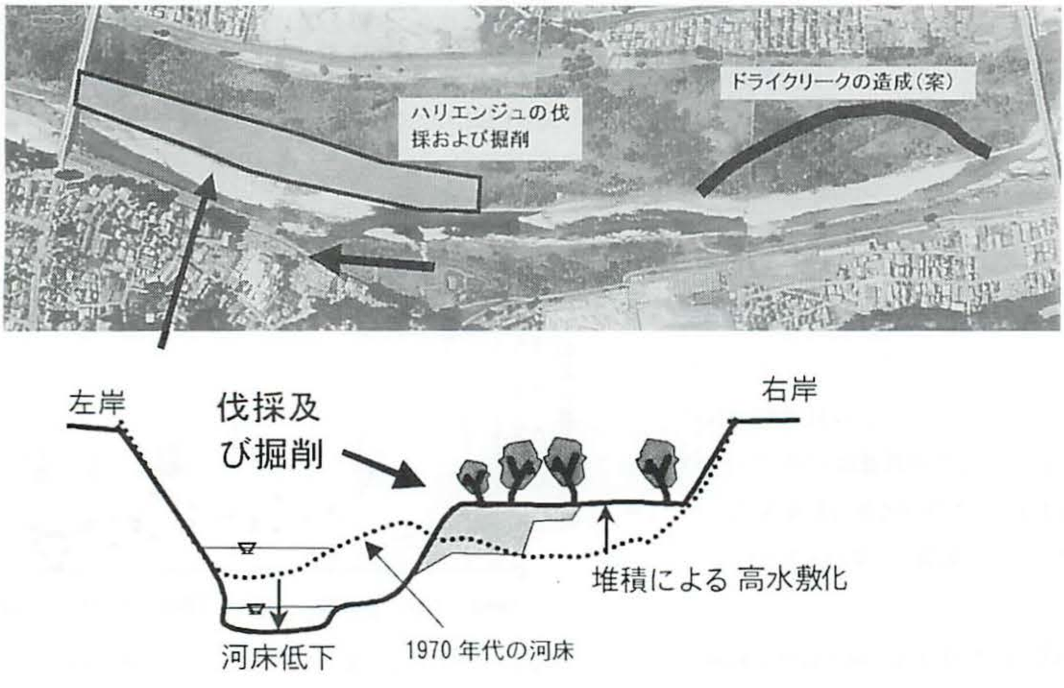


Fig.8　多摩川で行われようとしている復元

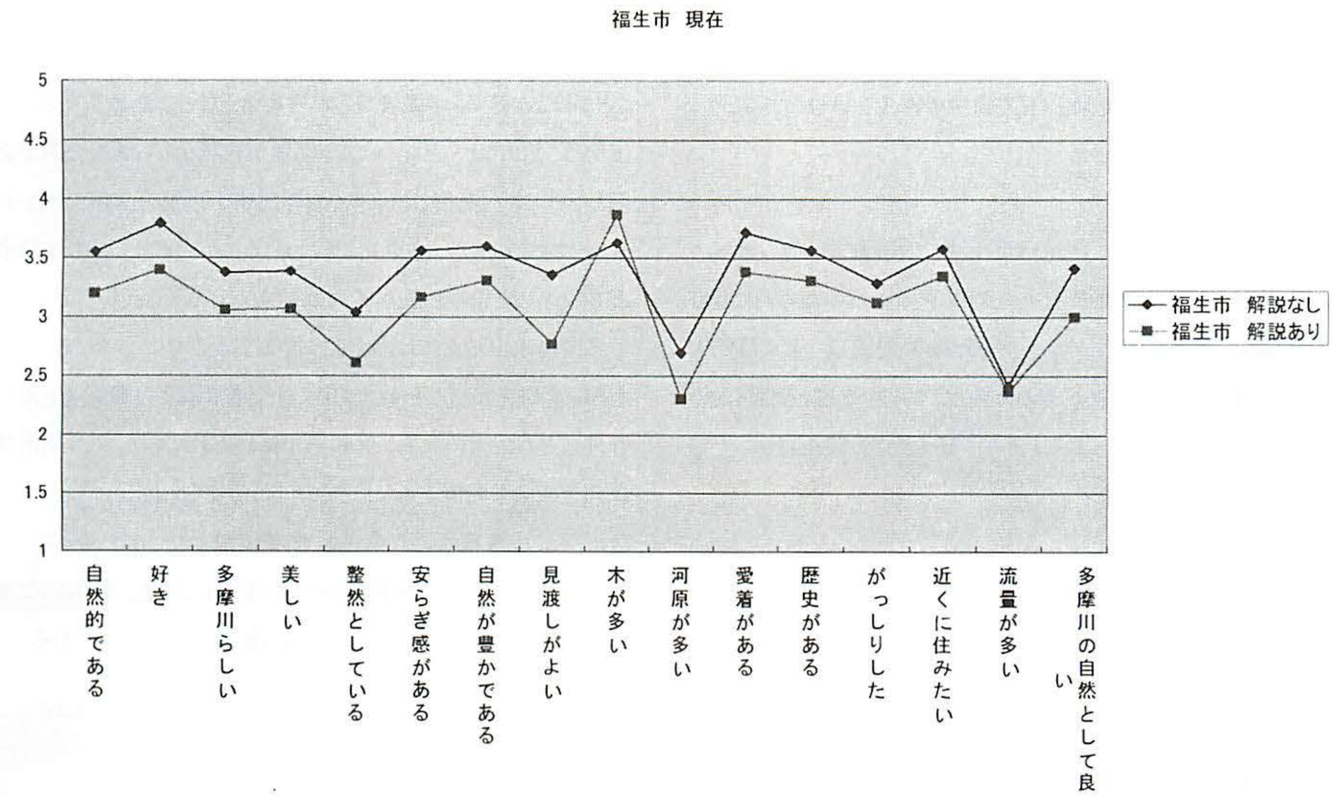


Fig.9 解説を加えると，現在の風景の評価が下がる。アンケートは5段階評価，被験者の平均値を示している。得点が高いほど評価は高い。

●昭和20年ごろ、永田橋付近の多摩川には川原が広がっていました。しかし近年、ニセアカシアなどの木が増加して、川原が植物で覆われるようになってきました。これは、大正から第二次世界大戦後まで盛んに行われてきた砂利採取や山から流れ出す土砂がダムや堰等でせき止められたことによって川底が下がったり、洪水による増水があってもかわらの部分に水がのりにくくなったことが原因と考えられています。これは多摩川だけではなく、その他の多くの川にも見られます。

環境が変化し、ニセアカシアなどの木が増える一方で、河原でしか生きられないカワラノギクは絶滅してきています、カワラノギクは、多摩川や相模川、鬼怒川など関東地方の一部の川のみで見られる植物ですが絶滅の危機にひんしています。また増加しているニセアカシアは、明治時代、山からの土砂を食い止めるため、外国から日本に持ち込まれたものです

ごろごろとした河原は、川にしかない環境です。河原は増水時に洗われ、川底の石が動くことによって維持されています。そこにはカワラノギクのほかにも河原でしか生活することができない生物がいます。カワラバッタ（バッタの仲間）やツマグロキチョウ（チョウの仲間）等も河原のみに見られる昆虫です。また河原はコチドリなど鳥の産卵場所でもあり、生物にとって貴重な環境であるといえます。

Fig.10 アンケートに付け加えた，解説の内容

意見が大半を占めた。その結果，河道修復は2段階で行なわれることとなった。第１ステップではカワラノギクの保全を目標に，第２ステップでは扇状地特有の環境の保全を目標とすることになった。

2000年12月19日，河道修復手法の改善および他の地区の樹木管理に資する計画的なモニタリングの実行のため，河道修復に関するモニタリンググループ（代表：星野義延，東京農工大学）が発足した。モニタリングの範囲は，物理，水理，景観・人の評価，生物（植物，陸上動物，鳥類，底生動物，陸上昆虫，土壌動物，魚類），工法である。

京浜工事事務所は2001年3月より，河道修復工事を開始した。ハリエンジュの伐採，一部表層細粒土砂の掘削が行なわれた。

3.3 考察

多摩川永田地区で行なわれた河道修復計画の特徴を列挙すれば以下のとおりである。

① 河川工学者と生態学者が協力したことによって，環境の現状，環境変化の要因，環境の現状の評価について科学的に明らかになった。

② 環境変化に対する住民の認識を研究の中で把握し，住民が現況の樹林の環境が多摩川の環境としてふさわしいとは限らないことが明らかになった。

③ 河川の復元手法について，行政担当者と研究者が同じテーブルにつき，それぞれの立場から対等に意見を出し計画を練り上げた。

④ 整備手法の立案には，土砂水理学的な検討，保全生態学的な観点など学術的なアプローチがとられた。また，多くの専門家が関与したため，きめの細かい計画の立案ができたと考えられる。

⑤ 整備手法に対して研究者がモニタリング計画を立案し，実施し，計画あるいは施工方法にフィードバックされることとなった。

⑥ 整備は2段階で行われ，第1ステップでは第2ステップあるいは他の多摩川での河道整備に資するような実験的な手法が取り入れられた。

以上のように，研究者が河道整備にかかわることによって，きめが細かく，深い検討が可能であったと考えられる。これまで難しい課題については，学識者による委員会を開催し検討されることがほとんどで，学識者自らが当事者となって計画を立案し検証することはほとんどなかった。問題が複雑化し，情報公開が必須となってきた現状では，多くの専門家が事業の実施にかかわることは必須であり，多摩川で行われたような研究者の参加は増えてくるものと思われ基本的に歓迎すべきである。

多摩川永田地区では，河道修復の実現までに3年以上にわたる総合研究が行なわれており，研究者間および研究者と河川管理者との情報の共有，信頼感が形成されていた。しかも市民合同発表会を開催するなど市民とのかかわりも模索していた。また京浜工事事務所は日常的に地域住民とのかかわりを持っており，地域との一定の信頼関係が形成されていた。そのような準備期間があったことによりスムーズに進んだものと考えられる。

4. おわりに

黒目川や多摩川の例は，技術者や科学者からの情報が大きな役割を果たした一例である。黒目川では，わかりやすく，問題解決のための有効な情報は，対立しがちであった関係を協調的な関係へと導き，治水と環境ともに満たすことが可能な案が提示された。多摩川の例は，科学者からの情報が新たな環境の再生へと向かった。

今後，他の河川においても研究者の事業への参加は重要かつ必要であると考えられるが，その際には以下のような課題を解決する必要がある。

① 市民，行政，研究者の信頼関係の構築

② 正確な情報の共有（確かな手法による調査・研究の存在）

③ モラルの確保（責任感が全員に担保できるか，永田地区の河道修復のワーキングにおいても市民グループから研究者が興味本位でやっているのではないかという質問がなされた）

④ 説明責任（研究者，行政ともに地域住民に対してなぜ行うかなどについてきちんと説明できるか）

⑤ 円滑な合意形成（意思決定に至る過程で円滑に合意形成が図れるか，コーディネーターの重要性）

⑥ 対等的立場の保持

⑦ 柔軟に計画が変更しうるか？

⑧ 自由な議論の保障，

⑨ 情報公開

黒目川，多摩川のいずれの例も，合意形成にはこれら科学的な情報だけではなく，関係者のさまざまな場面での信頼構築のための努力が大きな役割を果たしている。合意を形成するための日常的な信頼関係の構築が何より重要であると考えている。筆者の限られた経験の中から論じてきたが，本文が，合意形成にかかわるさまざまな方の参考になれば幸いである。

（原稿受付　2001年8月31日）
（原稿受理　2002年 1月 8日）

参考文献

1) 李参熙・藤田光一・山本晃一（1999）礫床河道における安定植生域拡大のシナリオ－多摩川上流部を対象とした事例分析より－，水工学論文集第43巻，pp.977-982.

2) 皆川朋子・島谷幸宏（1999）扇状地部における河川の自然環境保全・復元目標の指標化に関する研究－多摩川永田地区を例に－，環境システム研究論文集，Vol.27，pp.237-246.

3) 加賀谷隆（2000）底生動物，多摩川の総合研究―永田地区を中心として－，河川生態学術研究会　多摩川研究グループ.

4) 君塚芳輝（2000）魚類の種組成と現存量の予測，多摩川の総合研究―永田地区を中心として－，河川生態学術研究会　多摩川研究グループ.

5) 倉本宣（1995）多摩川におけるカワラノギクの保全生物学的研究，東京大学大学院緑地学研究室緑地学研究15.

6) 河川生態学術研究会　多摩川研究グループ（2000）多摩川の総合研究―永田地区を中心として－.

7) 皆川朋子・島谷幸宏（1999）人は河川の自然環境の変化をどう捉えるか？―多摩川を事例に河川と人との共生の姿を求めて－，土木計画学研究・講演集No.22(1)，pp.303-306.

8) 建設省土木研究所河川部河川研究室（2000）水系土砂動態変化に伴う河川の自然形成システムの変質とその再生手法に関する調査:，平成11年度年度報告.

9) 星野義延（2000）植生動態，多摩川の総合研究―永田地区を中心として－，河川生態学術研究会　多摩川研究グループ.

10) 島谷幸宏，高野匡裕（2001）河川技術シンポジウム論文集.

11) 島谷幸宏（2001）黒目川，月刊フロント.

12) 小林，黒目川改修，

[四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　20－21　2002]

<記念招待論文1>

仁淀川の河川整備について

鈴木研司*　　横山嘉夫*

1．はじめに

仁淀川は西日本最高峰の愛媛県石鎚山（標高1,982m）に源を発し，蛇行しながらほぼ南東に流れ高知平野西部を貫流して土佐湾に注いでいる。幹線流路延長124km，流域面積1,560km^{2}と，吉野川，四万十川に次いで四国で3番目に大きい河川である。流域は我が国でも有数の豪雨地帯に位置し，昔から激甚な水害に見舞われてきた。さらに，流域のほとんどは急峻な山地で，平地は3％しかなく，本川は河口に至るまで急流な河川である一方，日下川，宇治川，波介川等下流支川は構造線に沿った地質的に脆弱な地層の上を流れる緩流河川で，いずれも典型的な「おぼれ谷地形」を呈しているという特徴を有している。

現在，国土交通省高知工事事務所では本川は河口から約15km，また3支川計約11kmを直轄管理し，河川改修，環境整備等を進めている。

2．河川改修計画

仁淀川水系の治水事業は，昭和23年から建設省直轄河川改修事業として，伊野地点における計画高水流量12,000m^3/sとし，伊野から河口までの区間について改修工事を行ったことに始まる。その後度重なる大洪水発生等による流量改定経緯を踏まえて，現在の改修計画は，昭和50年8月洪水を基本に，基本高水流量を17,000m^3/sと定め，上流ダム群で3,000m^3/s調節し，河道では14,000m^3/sを受持つという配分計画としている。

現在までの河川改修により，仁淀川本川堤防はおおむね概成しているが，河道掘削等を残しており，河道計画流量を流すには十分ではない。現在は近年において浸水被害が頻発しており，治水の安全性が著しく低い支川（波介川，宇治川等）の洪水対策が急務となっており，その促進に努めている。

3．支川の洪水対策

3－1　波介川河口導流事業

波介川は仁淀川の河口から2.2km付近に合流する右支川で，流域面積73.3km^2，流路延長19.0kmで，土佐市を貫流している。洪水時には仁淀川本川の水位が波介川より高くなり，しかも波介川の上流にいくほど地盤が低い地形であるため，土佐市中心部は過去幾多の水害を被ってきた。波介川河口導流事業は，現在の合流点を仁淀川の河口付近まで約2km下流に移すべく土佐市新居地区を開削して導流を行う事業である。昭和60年度に事業着手以来，優良な農地を失うこと，開削に伴い環境への影響が懸念されることなどから地元住民の強い反対運動が続いていたが，県や市等関係機関の尽力もあり，話し合

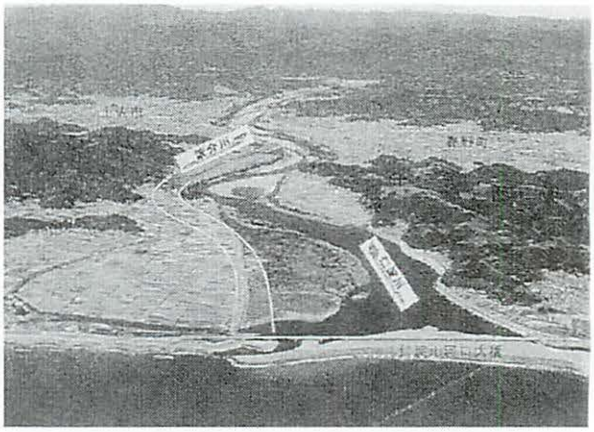


Fig. 1　波介川河口導流事業箇所上空より望む

＊ 国土交通省　高知工事事務所　〒780-8023　高知市六泉寺町96番地7　TEL 088-833-0111（代）

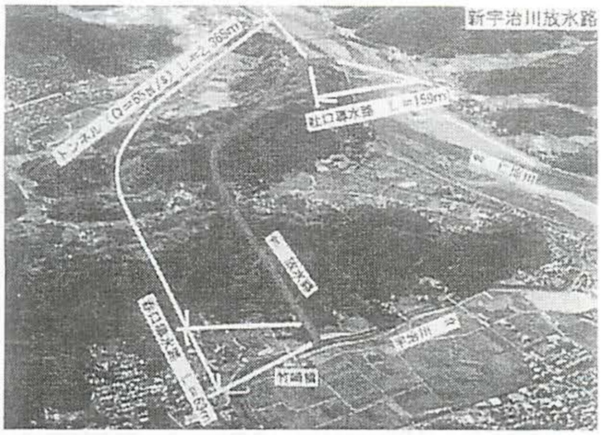


Fig. 2　宇治川放水路事業箇所上空より望む

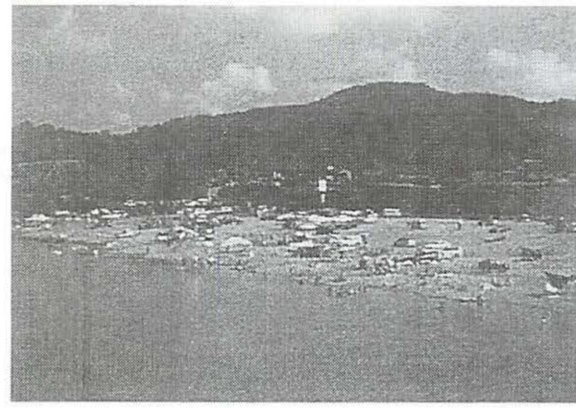


Fig. 3　仁淀川写真右岸河川敷利用状況（波川箇所）

いを継続し，平成13年６月に地元の代表組織「新居を守る会」と国，県，市の四者の間で事業容認に関する覚え書きを締結した。今後詳細な設計施工計画の検討，環境調査，さらには地元の地域振興策の具体化を図る予定である。

３－２　宇治川床上浸水特別緊急事業

宇治川は仁淀川の河口から9.8km付近で合流する左支川で，流域面積14.5km^2，流路延長7.5kmで伊野町を流れている。この流域もまた上流に行くほど地盤が低い上に，近年では高知市のベッドタウンとして都市化が進み，毎年のごとく氾濫被害を被っている。そこで，平成７年度から宇治川床上浸水対策特別緊急事業として，国，県，町が協力し，総合的な治水対策を実施してきている。現在までに排水機場の増設が完了，河道の整備も概成し，今後は新宇治川放水路トンネルの建設促進を図ることとしている。

４．河川環境

仁淀川の清流は昔から地域の人々に豊かな恵みをもたらし，川沿いの人々は鮎，鰻，川エビなどを捕って生計を立てたり，澄んだ水で土佐和紙を製造したり，水を引いて農業を営んだり，水と深く関わりながら暮らしてきた。山間部から河口に至るまで，清澄な水，砂州，樹木等が織りなす景観は，人々に安らぎを与え，また，キャンプ等アウトドアの場としても広く利用されるようになってきている。流域の中で仁淀川を核とした地域づくりを考える会として「仁淀わくわく会議」が，平成３年11月に発足し，仁淀川に関連する様々な情報発信，イベント等の活動が展開されている。

また，伊野町内を流れる宇治川については，近年水質汚濁が著しく平成12年度までの「水環境改善緊急行動計画（清流ルネッサンス21）」で国，県，町，地元住民等により様々な水質改善の取組みを行ってきたが，さらに平成13年８月に第２期計画（清流ルネッサンスII）の対象河川に仁淀川・相生川を含めて選定され，更なる水質浄化が期待されている。

５．おわりに

仁淀川の現状の治水安全性は低く，現在支川の洪水対策を中心に事業を推進しているが，本川においても計画規模の洪水を安全に流下できない現状であり，今後，実現可能な高水処理計画を立案し，治水の安全性を高めて行く必要がある。一方，仁淀川の良好な自然環境を背景に河川利用等も盛んで，治水整備と共に河川環境の保全・利用と調和のとれた計画が課題であり，今後，地元自治体，関係住民等との意見を幅広く聞きながら河川整備計画を策定していく予定である。

仁淀川の清らかな水と川辺を守りつつ，安全で快適な暮らしに寄与できる川づくりが継承されていくよう，流域内連携・交流の促進体制の確立も重要と考えており，積極的に推進していきたい。

（原稿受付　2001年８月31日）
（原稿受理　2002年１月８日）

[四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　22－24　2002]

＜記念招待論文２＞

「四万十川の河川整備について」

亀山　忠*

1．はじめに

四万十川の位置するのは，台風常襲地であるという自然条件や県都高知市から遠距離であるという地理的条件で発展が遅れた高知西南地域。しかし，それがために日本最後の清流といわれる四万十川をはじめ，この地域には今も豊かな自然が残っている。

これを守り育て，地域の振興を図り，そして「人と自然の共生」の場づくりが大切である。

2．流域の概要

四万十川は四国山地の山懐，不入山（標高１３３６ｍ）の東斜面に源を発し，大小あわせて３１８もの支川を集め，四国西南地域を大きく蛇行し，大河となってゆったりと太平洋に注いでいる。

四万十川は，四国の川で１番長い幹線流路延長（１９６km），２番目に広い流域面積（２２７０km²）を誇っており，直轄管理区間は，四万十川１３．５８km，後川１０．２km，中筋川１５．９kmの計３９．６８kmとなっている。

流域には，３市７町６村が広がり，渡川水系は今も昔も四国西南地域の社会・経済・文化，そして人々の暮らしの根幹で息づいている。

その本流四万十川は，毎年のように流域の町や村に洪水の被害をもたらし，なかでも中村地区は，毎夏水没流失するという悲哀の歴史を繰り返してきた。大河四万十川を治め，豊かに利用する。それが，ここに暮らす人々の，今も変わらぬ願いでもある。

下流の中村市は，前関白一条教房公ゆかりの地で，いまでも町並みや伝統行事に名残を留め，「土佐の小京都」と呼ばれて古くから当地域の政治，経済，文化の拠点として栄えてきた。中村市など下流沿川の一帯は高知県西南地域総合開発計画においても，中核都市中村市の再整備，下田港などの基盤整備が計画され，現在も着々と進展しており，今後とも高知西南地域の拠点地区として，大いなる発展が期待されている。

3．治水対策

四万十川の改修工事は，江戸時代に土佐藩の家老野中兼山によって麻生堰，四ケ村溝などの用水改良と共に始められたと伝えられている。

明治に入ってからもたびたび大水害に見舞われてきたが，当地が疎遠の地であったこともあり，道路の整備が優先すると言うことで，わずかに村費，私費をもって既存の堤防などの修復

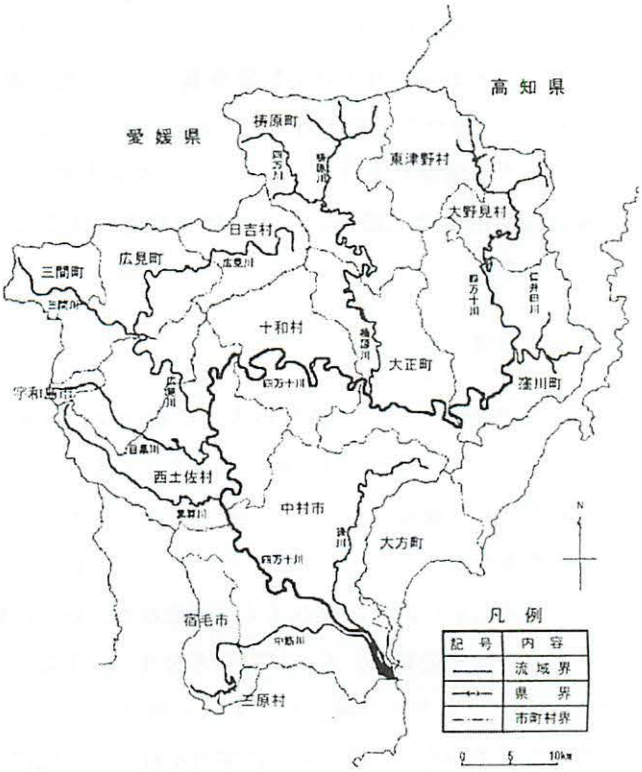


Fig. 1　四万十川流域図

*　国土交通省　中村工事事務所

が行われたに過ぎず，治水には手が廻らなかったようである。

四万十川の本格的な改修は，中村市街地を洪水から守るため，昭和４年から始まった。工事は，まず四万十川や後川の堤防工事及び中筋川合流点の付替工事などを重点に行い，その後，流域内の社会的・経済的な発展などにより，洪水に対する安全を高める必要から，昭和５８年にそれまでの計画（工事実施基本計画）を全面的に変更し，以降，その計画に基づいて整備の遅れている後川，中筋川において，堤防工事とともに，施設の安全性を高める護岸などの工事を実施，また，平成５年から「日本最後の清流四万十川」の名称にふさわしい川として既設護岸の再緑化などを実施している。

河川の現状としては，本川四万十川，支川後川，中筋川とも堤防は，一部無堤部が残っており，既設堤防でも断面不足など，洪水に対して十分な安全性をもっていない区間が残っている。

また，四万十川は，「日本最後の清流」として全国から注目され，生態系，環境に配慮した川づくり等が強く求められている。

今後の河川整備としては，高知県西南地域総合開発計画の中で，中心都市に位置づけられている中村市をはじめ，周辺地域を含めた地域全体を守るため，護岸などによって施設の強さを高めるとともに，それらの工事に当たっては，四万十川サミットの理念に基づき，国民が衆目する「日本最後の清流四万十川」を保全し，自然と共生する地域づくりに向けて，河川の自然環境及び河川や周辺の特色を生かした川づくりに努める必要がある。

４．流域環境

四万十川を２１世紀に向けて守り育てるために，１９９３（平成５）「四万十川サミット」が開催され，そこで「自然と」共生する水系社会の形成を目指して」を基本テーマとして，「流域の振興」，「水」，「景観」，「生態系」，「生活文化」の５つの分野で基本理念が策定された。この考え方をもとに，国・県・流域自治体による四万十川自然環境保全推進協議会が設けられ，「四万十川流域総合浄化プロジェクト」等が動きはじめた。

総合浄化プロジェクトは，まず，四万十川を汚すモノを調べ，汚れの原因を分析し，四万十川にふさわしい浄化技術のアイデアを全国から公募し，専門家の方々の意見も尊重しながら検討を行い，公募アイデアに基づき浄化施設を建設し，試験的な役割を果たしながら，流域の人々の参加による実験・維持管理を続けていくことにより，水質保全の運動を進める。また，得られたデータを公表しあうなどし，四万十川流域全体が一体となり，次世代に美しい四万十川を継承していくことを目指している。

総合緑化プロジェクトは，四万十沿川の水辺は，コンクリートによる河川護岸，道路擁壁などにより，かっての美しい緑が損なわれており，緑化計画として，コンクリートの壁が目立つ水辺に木々を植え，自然の姿を取り戻そうするものである。その結果，鳥や動物たちが住める生態系が復元されることを目指している。

５．多自然川づくり

自然の美しい姿が残された川として，全国から注目される四万十川。四季折々の川の風景と自然のやさしさを求めて全国から観光客が訪れる。そして，一方で日本一の出荷量を誇る天然スジアオノリをはじめ，アユ，川エビなど，豊かな川の恵みを受けて，人々の暮らしが息づいている。

日本人の共通の財産ともいえる四万十川をいつまでも美しく，豊かに残したい。そういった願いから生まれたのが，多自然型川づくりである。良好な自然環境の保全，地域に愛され親しまれる川づくり，魅力あふれる「四万十川の顔」づくりを基本に，美しい自然環境と豊富な生態系を守り育てるための，多様な整備を進めている。

多自然型川づくりの基本方針は，良好な自然環境の保全，地域に愛され親しまれる川づくり，魅力あふれる「四万十川の顔」づくり」の３つの柱から成り立っている。

四万十川を守る工夫として，

・既設護岸の緑化対策は，既設護岸の上に土を盛って，ヤナギ，アキグミなどの植栽を行い，「緑」の連続性」を持たせた，景観の向上。

・河川浄化事業として，水質浄化のあるヨシや木炭　を用いた，清流復活への研究。

・多面的に配置した水際部として，自然や河床材で　ワンド（入江）状の淀みを設け，魚やエビたちの　生息に配慮。

・自然石を使った護岸として，自然石の隙間に土を　被って緑化を促進。

・水中部の魚巣ブロックにも自然石を詰め，生物の　住みやす

い環境を作り出す。

等の工夫を行っている。

6. 将来に向けて

清流四万十川はマスコミを通じて全国的に知られたが，その一方で四万十川の水質，景観の悪化が地元や学識経験者等から指摘され，保全への危機感が高まってきた。そのため，流域１２市町村をはじめ愛媛県，高知県，国が一体となって，この問題を取り組む機運が高まり，１９９３年に「四万十川サミット」を開催し，四万十川と地域が「いつまでも輝き続ける」ための，様々な施策や事業，情報発信を展開している。

四万十川大学院は，流域の地域活性化の中心となるリーダーや，次世代の地域作りを担う人材育成を図るため，さまざまな研修や交流，学習の場として１９９５（平成７年）に開講。四万十川こどもサミットは，四万十川の清流を次代の子どもたちに受け継ぐための第一歩として，１９９６（平成８年）に開催。四万十エコリバー研究会は，２１世紀の四万十川のあり方を学識経験者の意見を聞きながら反映していこうと組織され，その意見は多自然型川づくり等にも生かされている。

7. おわりに

人はかって自然の中で暮らし，多くの物事を学んできました。

気まぐれに訪れる川の「怒り」を鎮めるべく力を注ぎ，積み重ねられた幾多の知恵は，人々に確かな「恵み」をもたらしてきました。

人々が「遊び，学び，暮らす」共生の場所としての創出，また，日本で最後に残された清流「四万十川」の名を未来の子供たちに伝える必要があると思います。

（原稿受付　2001年８月31日）

（原稿受理　2002年１月８日）

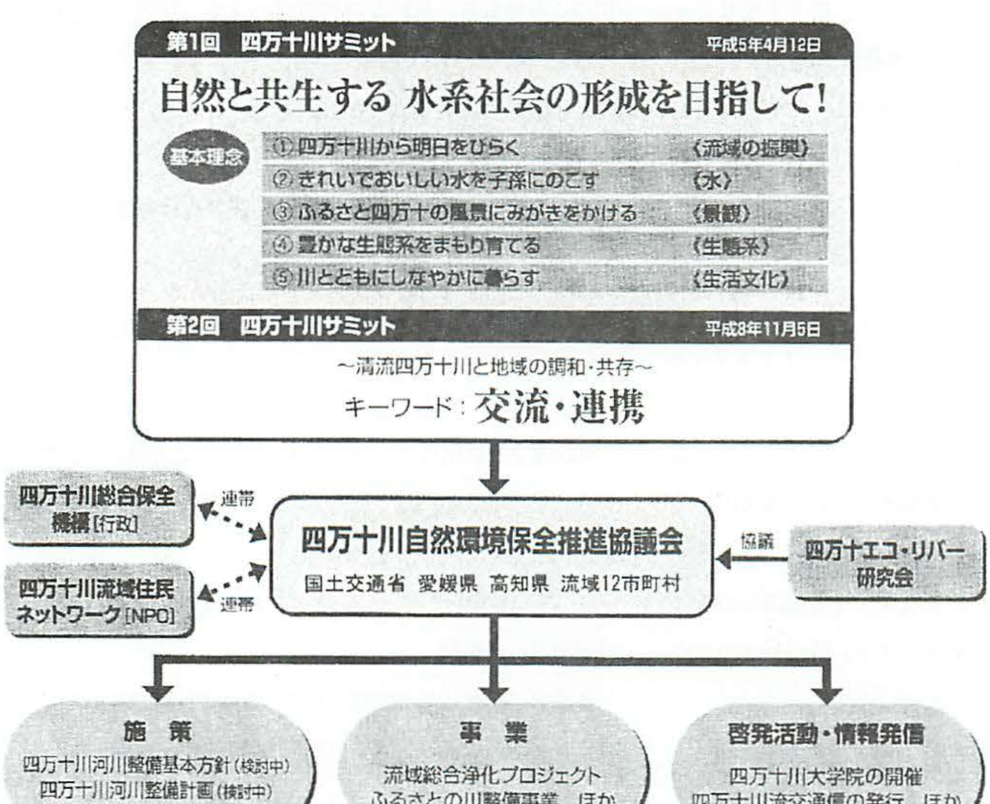


Fig. 2　四万十川流域における連携

[四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　25－33　2002]

<論　文>

小規模河川の流量観測におけるドップラー式超音波流速センサーの簡易適用法

吉 田 正 則*　　　村 上 敏 文*

A Simple Application of a Velocity Sensor based on the Doppler Effect of Ultrasonic Sound Waves for Measurement of Discharge from Small-scale River

Masanori YOSHIDA* and Toshifumi MURAKAMI*

* National Agricultural Research Center for Western Region, 2575 Ikanochou, Zentsuji City, Kagawa 765-0053, Japan

Abstract

A hydrometry of small-scale river using a velocity sensor based on the Doppler effect of ultrasonic sound waves was discussed. Cross-sectionally averaged stream velocity was estimated from velocity measured by the sensor. Then, discharge data including storm runoff were obtained safely and accurately, by the way of multiplying the cross-sectionally averaged stream velocity by cross-sectional area of flow estimated from water level.

In addition, the hydrometry using the sensor was revealed to have advantages as follows:

1) settlement of the sensor in a river is authorized easily,
2) cost spent on equipment and the settlement is low,
3) frequent and automatic measurement is available.

From above results, the hydrometry using the sensor is concluded to be worth utilizing for a long-term monitoring system to evaluate discharge and pollution load from small-scale river located on agricultural watershed in hilly and mountainous region.

Key words : ultrasonic sound wave, the Doppler effect, agricultural watershed, stream velocity, storm runoff

1. はじめに

河川流量の実測データの取得は，農業集水域から発生する環境汚濁負荷量などを算定する際に欠かせない要素となっている[1,2]。しかし，流量せき法[3]や流速計による手計測1点法[4]など従来からの方法を用いた場合，高額の工事経費や河川管理者からの設置許可が必要なこと（前者），あるいは観測者の現地不在によるデータの断片性や観測者が洪水に巻き込まれる危険性があること（後者）などの理由から，連続的な流量データを任意河川で簡易に得ることは必ずしも容易ではなかった。このことは，河川管理者等による定期観測体制を持たない川幅10m程度の小規模河川（中山間農業集水域に多い）においてとりわけ大きな課題であったように思われる。

しかし近年，超音波や電磁波が流水に反射する際の諸特性の変化をもとに河川流速を割り出すセンサーなどが開発され，上述の課題も徐々に解決されつつある。山口・新里[5]によると，超音波を利用した方法としてはこれまでにも，河川横断方向に設置した送受信器により流水中横断方向の平均流速を検知した事例が報告されている。また電磁波を利用した例として山口・新里[5]は，電波流速計（橋梁上から発射された電磁波が水面で反射し，戻ってきたとき周波数のずれをもとに表面流速を測定する装置）による洪水流量の観測を行い，センサーが直接流水に接触しない方式の有利性を認めている。しかし前者は，超音波の伝播速度の変化をもとに流水速度を割り出すため，洪水などで浮遊物質濃度が大きくなると超音波が受信器に到達せず観測不能になる[5]。また後者では，流速が$0.5 m \cdot s^{-1}$を下まわると測定が困難になり[6]，降雨や降雪の影響も受けやすいという[5]。

その他ドップラー効果を利用した超音波流速センサーの例として，沿岸海域における潮流の観測事例[7,8]などが報告されているが，河川や水路など陸水域へ応用した例はあまり報告されていないようである。このように性能面や適用面で改良の余地が大きいセンサー方式ではあるが，その利便性や将来性を考えると，今後はさらに多くの場所でその活用法や適用条件などが検討され，公表される必要があるだろう。

* 近畿中国四国農業研究センター傾斜地基盤部　〒765-0053　香川県善通寺市生野町2575

本研究で用いた超音波流速センサー（以下，センサー）は，河床に沈めた送信器から発せられた周波数500kHzの超音波が流水中の懸濁物質などに反射し，戻ってきた波（反射波）の周波数分布とその強度を検知する。そして反射波の各周波数に対する強度を重みとした加重平均周波数が，発信周波数（500kHz）からどれだけずれたか（ドップラー効果）をもとに流速を割り出すものである。

また本センサーは，圧力トランスデューサーを内蔵しており，河川水に接するダイアフラム外側の圧力と，大気に接するダイアフラム内側の圧力の差（静水圧）を電気的に検出し，水柱高に変換することにより，水位を測定することができる。

その他，本センサーの特徴として，1) 小型・軽量のため河道内への設置が容易であること，2) 大型構造物を要しないので川の流れを妨げるおそれがないこと（したがって河川管理者からの設置許可が得やすい），3) 観測者が川に立ち入らないため洪水流の観測が安全に行えること，4) データロガーと組み合わせることにより無人での多頻度自動計測が可能であること，5) 機器の購入・設置にかかる費用が少額で済むこと，などが挙げられる。

以上のことから，本センサーがもつ特質を活かすことにより，従来法が抱える問題点のいくつかを克服できる可能性が考えられた。そこで本研究では，自動採水装置などとの一体的運用が可能で，入手および取り扱いが容易な上記センサーを例にとり，現地河川への設置方法や流量観測法，得られたデータの特徴とその処理法などについて検討を行ったので報告する。

2．観測地点の概要と調査方法

2.1　観測地点の概要

今回観測を行ったのは，高知県四万十川流域内の農業集水域（集水面積 814ha，1993～1996 年の平均年間降水量 2874mm）を流れる Y 川の末端部である。その河道幅は 11m，河床最深部から川岸までの高さは左岸，右岸とも 3m である。観測地点の選定は，流路が上・下流側とも 100m 程度にわたって直線的であること，大きな岩礫による狭窄や屈曲が存在しないこと，河床勾配の急激な変化が認められないことなどを条件に行った。

流れの特徴としては，右岸側に幅約 2m の砂礫堆があるため流心が河道中央よりやや左岸側に位置すること（平水時）や，観測地点の下流約 100m 地点で合流する H 川の水位上昇の影響をうけて，Y 川の水はけがやや滞る傾向がみられること（洪水時）などがある。なお本報では，豪雨による流量の増加が見込まれる 2000 年 5 月から同年 10 月にかけての 6 ヶ月間を中心にデータの整理を行った。

2.2　河道横断面形状の測量

河道の横断面形状は，右岸上の定位置に設けた基準点から河道内任意地点までの水平・鉛直距離を，光波タキオメーター（測機舎製 SDM3ER）で測量して求めた。この測量は本来，河床形状が変化するたびに行わなければならないものであるが，本報の観測期間中は流量の算定に影響を及ぼすような大きな河床変動が認められなかったことから，2000 年 6 月 6 日の測量結果をもって観測期間中の代表値とすることにした。なお本報では，右岸上に定めた基準点から河道内各地点までの水平・鉛直距離をそれぞれ，単に”水平距離”，”鉛直距離”と呼ぶことがある。

2.3　センサー設置法

今回使用したドップラー式超音波流速センサーは，ISCO 製 AVM750 型（長さ 20cm，幅 4cm，高さ 3cm，重さ 1.8kg）である。このセンサーに，重りを兼ねた金属製の板（長さ 20cm，幅 20cm，高さ 2cm，重さ 6.5kg）を取り付け，予備観測で流心が位置するとみられた河道中央やや左岸よりの河床最深部（水平距離 9m 地点）に，超音波送受信面を上流に向けて沈めた(**Fig. 1 (a)**)。さらに，センサーを固定している金属板に 2 本のステンレスチェーンを連結し，それぞれのチェーンを上流側の左右両岸に向かって V 字型に這わせ，川岸に生育する樹木の幹に巻き付けて固定した（**Fig. 1 (b)**）。

2.4　センサー法

2.4.1　流速測定

センサーによる流速 V_s（添字 s はセンサーの意）は，2000 年 5 月 15 日 12:00 から同年 10 月 11 日 11:00 までの 150 日間，1 時間毎に合計 3576 回自動計測し，データロガーに記録したのちパソコンで回収した。センサーによる 1 回の測定時間は約 10 秒（この時間はセンサー製造元により設定されたもので，使用者による変更は不可）と短いため，ここでの V_s 値は 1 時間おきの瞬間的な流速を与えるに過ぎないが，必要に応じて測定間隔を短くすることはできる。またセンサー製造元によると，超音波の送受信面が本体に対し 45° の角度で取り付けられているため，V_s 値は上流に向かう斜め前方約 45° の深さ方向平均流速を与えるものとされている。

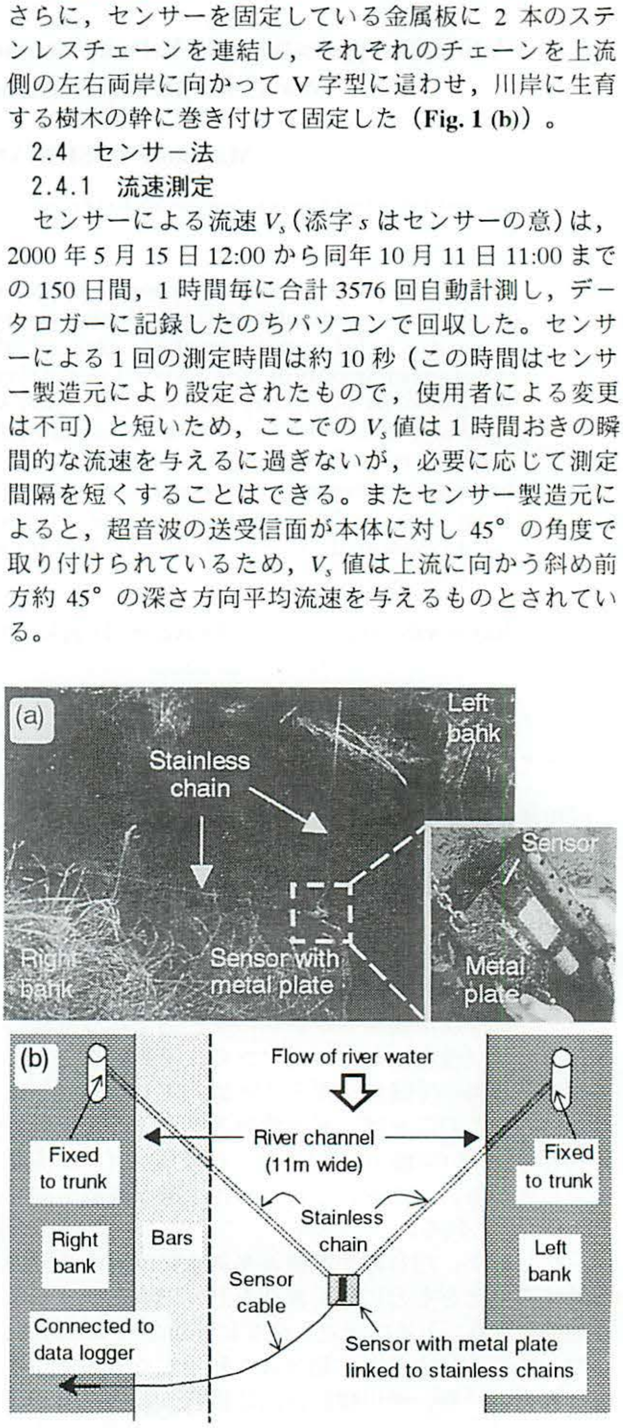


Fig. 1　(a) Settlement of sensor on river bed and (b) schematic diagram of its top view

2.4.2 水位と流水横断面積の測定

任意の水位 H（河床最深部から水面までの鉛直距離）に対する流水横断面積 A は，2.2 の測量結果をもとに作成した鉛直縮尺 17 分の 1，水平縮尺 209 分の 1 の河道横断面図上で，プラニメーター法 [9]（測機舎製Ⅲ型）により測定した。その結果をもとに H と A の関係を回帰分析で定式化し，その回帰式のなかにセンサーによる 1 時間毎の水位データ H_s（測定時間は V_s と同じく約 10 秒）を代入することにより，1 時間毎の流水横断面積 A_s を求めた。なお前述したように，観測期間中は河床形状の大きな変動が認められなかったことから，H と A の関係は 2.2 の測量結果をもとに作成した回帰式で代表させることにした。なお本報では，上記による流速，水位，流水横断面積の求め方を”センサー法（sensor method）”と呼ぶことにする。

2.5 手計測法

上記センサー法とは別に，プロペラ式流速計（三光精密工業製 SV101）を用いた 1 点法（水面から水深の 60％位置（深さ方向平均流速点）における流速を測り，それをもって深さ方向の平均流速とする方法 [3,4]）による流速，およびそれに関連する諸項目の測定を行った。

具体的には，右岸側の水際を起点として流水横断面を約 1m 幅で区切ったときの，それぞれの区分 i（i は区分点番号を示す）の幅 d_i，その中点の水深 h_i，および h_i 測線上の深さ方向平均流速点の流速 V_p^i（下付き添字 p は手計測の意）を測定した。また，このときの流水横断面積 A_p と断面平均流速 V_p^m（流水横断面内流速分布の平均値，上付き添字 m は断面平均の意）は，次式により求めた。

$$A_p = \sum_{i=1}^{n} d_i h_i \tag{1}$$

$$V_p^m = \frac{1}{A_p} \sum_{i=1}^{n} V_p^i d_i h_i \tag{2}$$

ここに，n は区分点の数を示す。さらに，センサー設置位置（すなわち河床最深部）の水位 H_p と深さ方向平均流速点流速 V_p^s を測定した。これら一連の測定は，すべて手作業によることから，ここではまとめて”手計測法”と呼ぶことにする。

手計測法は 2000 年 5 月 24 日 13:00，6 月 6 日 12:00，6 月 20 日 11:00，7 月 5 日 12:00，7 月 18 日 11:00，8 月 1 日 12:00，8 月 16 日 12:00，8 月 29 日 11:00，9 月 27 日 11:00，10 月 11 日 12:00 の各日時に，合計 10 回実施した。また手計測法を行う直前にはセンサー法の定時観測も行われていることから，手計測法の実施に際しては，センサー法とのデータ比較が可能になるようその実施時間をおおむね 10 分以内とした。そして H_p と H_s，A_p と A_s，V_p^s と V_s の比較からセンサー法によるデータの測定精度と信頼性を確認するとともに，V_s と V_p^m の関係をもとにセンサー法による断面平均流速 V_s^m の推定式を求めた。なおプロペラ式流速計による 1 回当たりの測定時間は，V_s の測定精度の確認や V_s と V_p^m の関係把握が正確に行えるよう，また流水横断面方向の多点測定ができるだけ速やかに終了するよう，センサー法の測定時間とほぼ同じ 10 秒とした。

2.6 河川流量

センサー法による流量 Q_s は，2.4.2 で求めた A_s に，2.5 で推定した V_s^m を掛け合わせることにより求めた。手計測法による流量 Q_p は，次式により与えられるものとした。

$$Q_p = \sum_{i=1}^{n} V_p^i d_i h_i \tag{3}$$

2.7 降雨強度

降雨強度は，観測地点の右岸上に設置した転倒マス式雨量計により，1 時間当たりの積算降水量として測定した。

3．結果と考察

3.1 河床横断面形状の変動とセンサー法の欠測頻度

2000 年 6 月 6 日の測量による河床横断面形状（実線）と，手計測法 10 回分の h_i データから求めた河床横断面形状（白丸，ただし測定日時は区別せず一括して示す）を **Fig. 2** に示す。同一の水平距離に対する河床までの鉛直距離をみると，手計測法による h_i から求めた値が 6 月 6 日の測量値を挟んで上下に分布していることがわかる。しかもそれらのずれの大きさは，上側，下側とも 5cm 程度のものであり，河床鉛直距離が測定日時を追うごとに上方，あるいは下方に片寄る傾向もみられなかった。これらのことは，手計測法による鉛直距離と 6 月 6 日測量による鉛直距離のずれが，主として河床面上の石礫などによる局所的な凹凸に由来するものであり，侵食・堆積などのドラスティックな河床変動を示すものではないことを意味する。このことは，センサー法による流水横断面積（すなわち 6 月 6 日の測量結果をもとに算出した流水横断面積）が，手計測法による流水横断面積とほぼ一致したこと（後述）からも明らかである。以上の結果から本報では，6 月 6 日測量時の河床形状をもって全観測期間の代表値としたことは 2.2 で述べたとおりである。

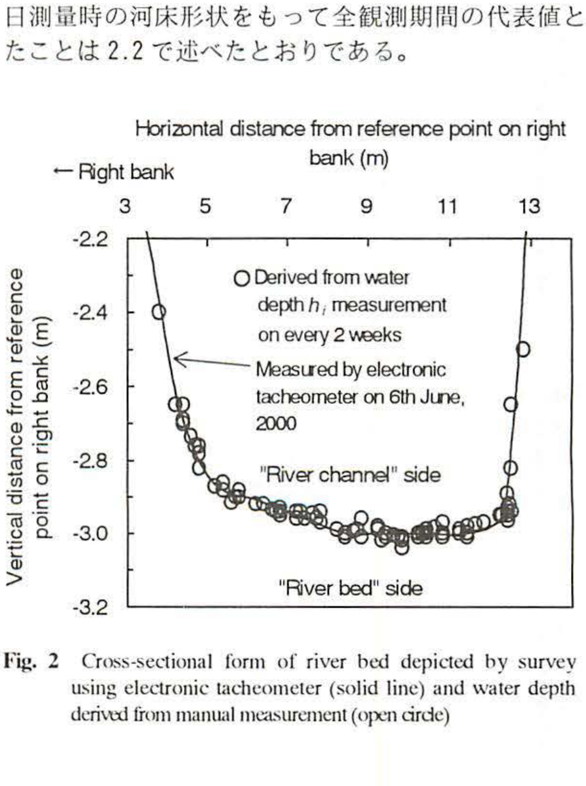


Fig. 2 Cross-sectional form of river bed depicted by survey using electronic tacheometer (solid line) and water depth derived from manual measurement (open circle)

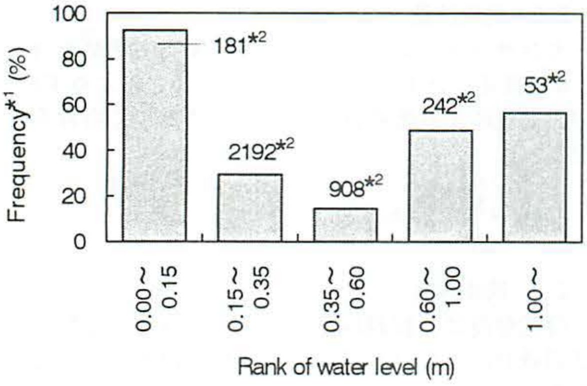


Fig. 3 Frequency of data missing on sensor velocity (*1 ratio of the number of times that measurement is failed to the number of times that measurement is conducted for each rank of water level. *2 the number of times that measurement is conducted)

Fig. 3 は，H_s の値を五階級に区分したときのそれぞれの水位階級における V_s の欠測回数を，測定実施回数（図中の数値）に対する割合として表したものである。水位が 0.35～0.60m のとき，欠測率は 14%と小さく，V_s の測定が最も確実に行われたのに対し，水位が 0.00～0.15m になると欠測率が 92%に上昇し，V_s 測定実施回数の 9 割以上が欠測に終わったことを示している。逆に水位が上昇したときの欠測率は，0.60～1.00m に対して 49%，1.00m 以上に対して 57%となり，低水位に比べて良好な結果を示した。観測期間中の全測定実施回数 3576 回のうち欠測した回数は 1078 回で，平均欠測率は 30%となったが，これは出現頻度が比較的大きかった水位 0.15～0.35m および 0.35～0.60m の欠測率が低い水準に抑えられたためと考えられる。なおセンサー製造元によると，低水位時に欠測率が大きくなるのは，水位の低下とともに流速が遅くなり，反射波における周波数のずれの検出が困難になるためとされている。

以上のことから，センサー法による流速データの取得は，水位 0.15m 以上の広い範囲にわたり 5～7 割程度の確率で可能であることが明らかになった。今回の観測では V_s の測定頻度を 1 時間毎としたが，その頻度をより大きくすることにより，時間単位のデータ欠測が補われるものと期待される。なおセンサー法のもうひとつの自動計測値である H_s に関しては，センサー内蔵型の圧力トランスデューサー方式を採用しているため，観測期間を通して欠測は一度も発生せず，連続データとして安定した応答を示した。

3.2 深さ方向平均流速分布とセンサー設置位置

Fig. 4 は，手計測法による 10 回の観測のうち最大の V_p^s を記録した 2000 年 8 月 1 日 12:00 の V_p^i，V_p^m，および V_s を，河床横断面形状，深さ方向平均流速点（×），センサー設置位置，センサー感知幅（模式的）などとともに示したものである。河床最深部（水平距離 9m 地点）のセンサー位置における V_s が，それに対応する V_p^i の値にほぼ一致していることがわかる。また手計測全 10 回の V_p^i の横断面分布をみると（**Fig. 5**），V_p^i の最大値が，6 月 6 日を除くすべての日時でセンサー設置位置（水平距離 9m）を挟む±1m の範囲内に収まっていることがわかる。これらのことから，河床最深部を目途に定めたセンサー設置位置が，V_s の測定位置として妥当なものであったことが確認できる。

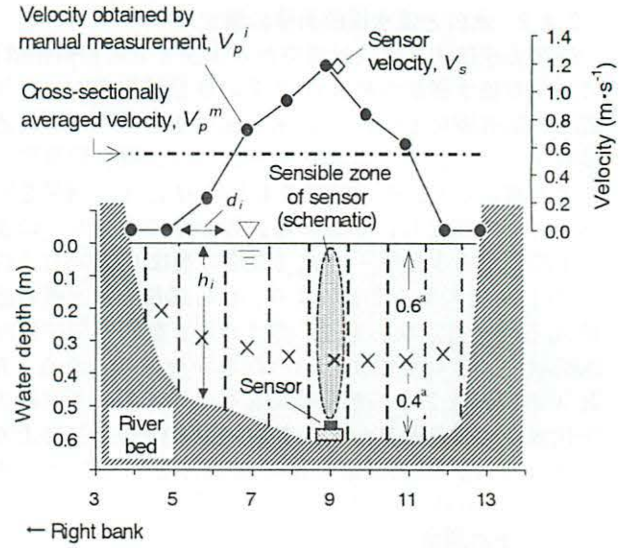


Fig. 4 Velocities obtained by manual measurement, cross-sectionally averaged velocity, and sensor velocity at 12:00, 1st Aug., 2000, with river bed form, position and sensible zone (schematic) of sensor, and measuring point of depth-average velocity (×, a ratio to water depth in unity)

このように本観測地点では，河床最深部と深さ方向平均流速の最大位置がほぼ一致していたため，センサーの位置決めは容易であったが，通常は両者が一致しないことが多いと思われる。そのようなときには，河床最深部と深さ方向平均流速の最大位置ができるだけ近い場所を選んだ上で，河床最深部を優先してセンサーを設置すべきと考える。その理由は，センサーが最大流速位置から多少ずれても V_s と V_p^m の関係把握はある程度可能と考えられるのに対し（後述），センサーが河床最深部からはずれてしまうと，低水時の H_s 測定が不可能になるからである。

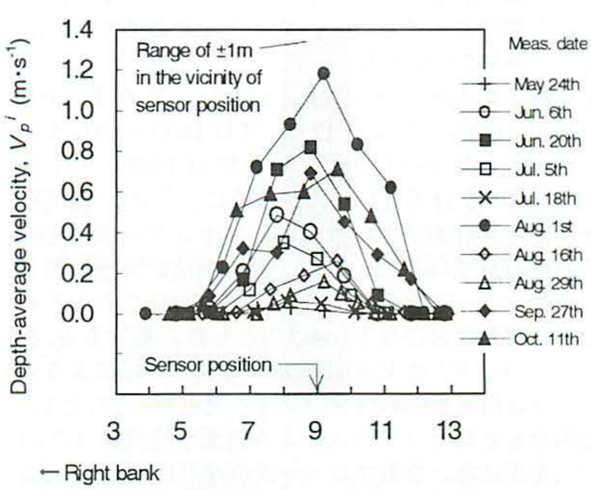


Fig. 5 Cross-sectional distribution of depth-average velocity obtained by manual measurement

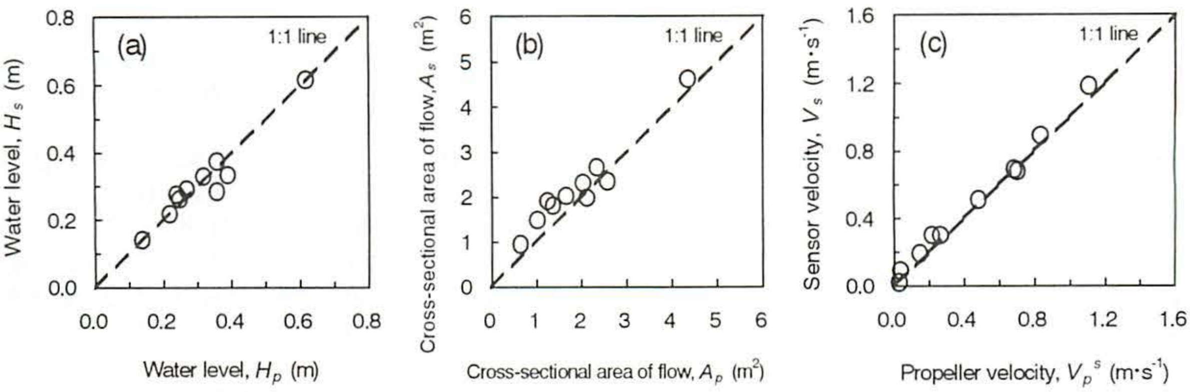


Fig. 6 Comparisons of results from sensor method with that from manual measurement in terms of (a) water level, (b) cross-sectional area of flow, and (c) depth-average velocity at sensor position

3.3 センサー法による水位，流水横断面積，流速，および流量の測定結果

Fig. 6 (a), (b), (c) に，水位，流水横断面積，センサー設置位置流速のそれぞれに関する手計測法全10回の測定値と，その手計測とほぼ同時に観測されたセンサー法測定値（流水横断面積は推定値）との比較結果を示す。いずれの図も，センサー法の測定結果が手計測法のそれによく対応しており，センサー法による水位，流水横断面積，流速の測定結果が妥当なものであることを示している。特に **Fig. 6 (c)** において V_s が V_p^s に一致したことは，V_s 値が深さ方向平均流速として信頼できるものであることを裏付けている。しかし V_s 値が，センサー設置位置の両側 1m 地点の V_p' 値とは明らかに異なる値を示していることから（**Fig. 4**），センサーの感知幅は，**Fig. 4** 中に模式的に示したように，センサーを挟んで両側 1m 以内の範囲に限られるものと推察された。

このように，V_s がセンサー設置位置上の局所的な深さ方向平均流速を与えるに過ぎなかったことから，Q_s を V_s の関数として表わすためには，V_s と V_s^m の関係を明らかにしておく必要があると考えられた。そこでまず，手計測とほぼ同時に観測された V_s と，その手計測結果をもとに(2)式で求めた V_p^m の関係をプロットしたのが **Fig. 7**，○印である。その結果，両者のあいだには，ある一意の関係が存在することが推察された。そこで両者の関係を，V_s を独立変数とする二次の多項式で近似することにし，さらに，その式から計算される値を V_s^m と仮定すると，つぎのような経験式を導くことができる（r^2=0.938）。

$$V_s^m = 0.344V_s + 0.121V_s^2 \tag{4}$$

(4)式の V_s と V_s^m の関係は，本観測地点に固有に認められたものであり，地点が変わればまた別の関係があり得ると考えられる。したがって，今後 $V_s - V_s^m$ 間の関数形式や係数（(4)式の例では，二次多項式，0.344 および 0.121）が，流水横断面形状などとの関連で系統的に明らかにされるまでは，V_s と V_s^m の関係は，観測地点ごとに任意に求めていかなければならないものである。

さて，ひとたび(4)式の関係が得られれば，任意の V_s 値から V_s^m が推定できるようになる。しかし，さらに Q_s の推定を行うためには，V_s の観測時点における A_s を求めておく必要がある。そこで，2.4.2 で述べた方法により，河床横断面図上の H と A の関係をプロットしたのが **Fig. 8** である。ここでも，V_s と V_s^m のときと同様，両者の関係を H の二次多項式で近似することにより，A をつぎのように表すことができた（r^2=0.999）。

$$A = 6.491H + 1.641H^2 \tag{5}$$

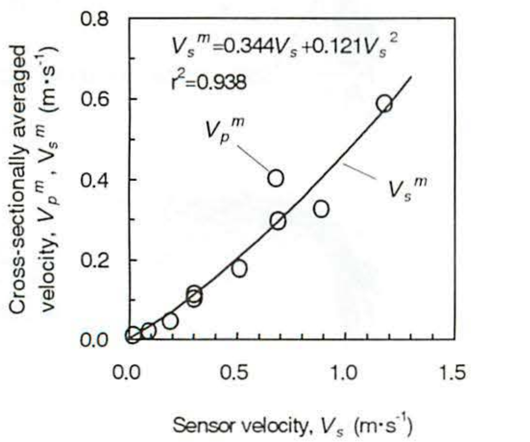


Fig. 7 Relationship between sensor velocity and cross-sectionally averaged velocity derived from manual measurement (○), and regression curve of cross-sectionally averaged velocity as a function of the sensor velocity (—)

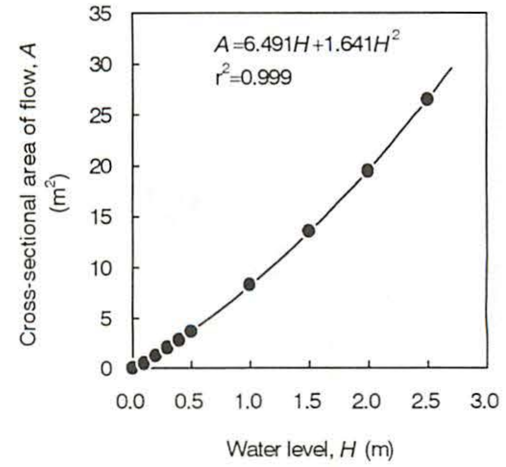


Fig. 8 Relationship between water level and cross-sectional area of flow based on reduced picture drawn by river channel form survey on 6th June, 2000

したがって，(5)式を用いることにより，任意のH_s値に対するA_sを計算することができる。ただしここでのHとAの関係も，河床の横断面形状などによって異なることが予想されるため，観測地点ごとに求め直す必要があるだろう。なお本観測地点において，上記方法で求めたA_s値がおおむね妥当なものであったことは，**Fig. 6 (b)** の手計測法との比較で示したとおりである。

以上の結果を総合すると，Q_sすなわちV_s^mとA_sの積は，(4)および(5)式を代入して整理したつぎの式から推定することができる。

$$Q_s = V_s^m A_s = V_s H_s \quad (2.233 + 0.785V_s + 0.565H_s + 0.199V_s H_s) \tag{6}$$

手計測値をもとに(3)式から求められたQ_pと，その手計測とほぼ同時に観測されたV_s，H_s値から(6)式により計算されたQ_sとの比較結果を **Fig. 9** に示す。Q_pが0.01〜0.1$m^3 \cdot s^{-1}$の低流量範囲において，Q_sがやや過大に評価される傾向がみられたものの（その理由としては，小流水横断面積（**Fig. 6 (b)** の0〜2m^2の範囲）におけるセンサー法推定値（A_s）が，手計測値（A_p）よりも大きめに評価されたことなどが考えられる），流出量や汚濁負荷量の評価に大きな影響をおよぼす高流量範囲（0.1〜10$m^3 \cdot s^{-1}$）については，Q_pとQ_sはほぼ1：1の関係にあることがわかる。

以上のことから，Q_pとQ_sの関係においても，**Fig. 6** の水位，流水横断面積，および深さ方向平均流速に関する手計測法とセンサー法の対応の良さを反映して，おおむね良好な結果が得られたと言え，センサー法に基づく流量推定法が妥当なものであることが示唆された。

3.4 水位流量図におけるセンサー流量の信頼性

Fig. 10 に，観測期間中に測定されたQ_sとV_sの全データ（測定実施回数3576回のうち欠測回数1078回を除く2498点）を，H_sに対する値としてプロットした結果を示す。ここではさらにH_sとQ_sの関係を一意なものとみなし，最小二乗法により二次曲線を当てはめた結果（**Fig. 10 (a)** の中央の曲線）を示した。次式はこのとき求められたQ_sの推定式である（r^2=0.900）。

$$Q_s = -2.195 + 9.312H_s - 1.813H_s^{\,2} \tag{7}$$

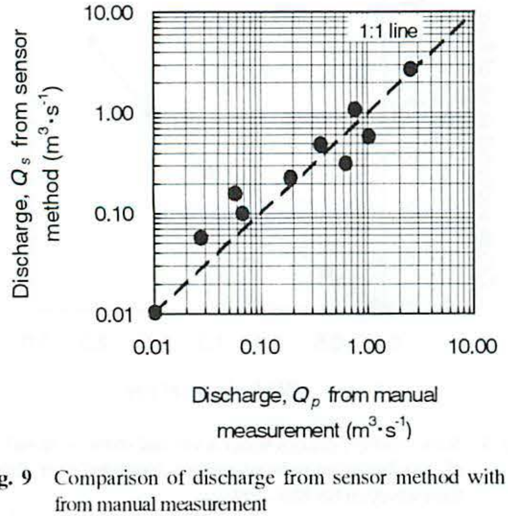


Fig. 9 Comparison of discharge from sensor method with that from manual measurement

ただし今回の観測では，Q_sの最小値が0.01$m^3 \cdot s^{-1}$，H_sの最大値が1.5mであったことから，0.2m(Q_s=0.01$m^3 \cdot s^{-1}$を(7)式に代入したときのH_sの根）〜1.5mがH_sの適用範囲となる。

Fig. 10 (a) のような水位流量図においてQ_s値の推定精度や信頼性を検討する際には，1) 不定流による$H-Q$ループの影響があるか，2) 各水位における流量プロットの平均値が真の流量に対応しているか，3) 流量プロットの（平均値からの）ばらつきがどの程度あるか，の三点に留意する必要がある。以下にそれらの要点をまとめる。

3.4.1 $H-Q$ループの影響

$H-Q$ループとは，洪水時に発生する不定流（各場所での流速や水位が時間的に変動する流れ[10]）により，同一水位に対する流量が増水期に大きく，減水期に小さくなり，水位流量図上のプロットが増水期から減水期にかけて輪を描くように移動する現象をいう[4,11]。丸井[11]によると，観測された不定流の流量Q_fはつぎのように表すことができる。

$$Q_f = AC\sqrt{R\left(I + \frac{1}{\omega}\frac{\partial H}{\partial t}\right)} \tag{8}$$

ここに，Cはシェジー係数，Rは径深，Iは定流としての水面勾配，ωは洪水波形の伝播速度，tは時間である。また，同じHのもとで定流として流れた場合の流量Q_tはつぎのように表される。

$$Q_t = AC\sqrt{RI} \tag{9}$$

したがって(8)式と(9)式の比をとると，Q_fはQ_tの関数としてつぎのように表すことができる。

$$Q_f = Q_t\sqrt{1 + \frac{1}{\omega I}\frac{\partial H}{\partial t}} \tag{10}$$

(10)式によると，洪水期間中のHの経過，すなわち$\partial H/$

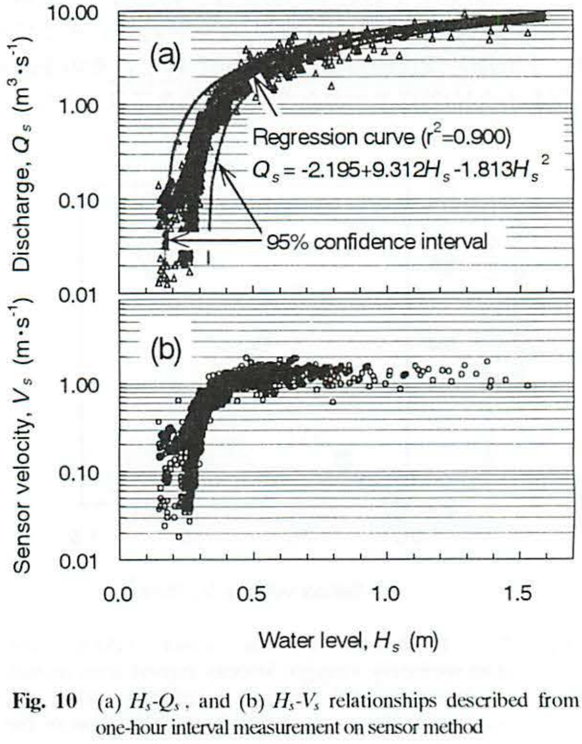


Fig. 10 (a) H_s-Q_s, and (b) H_s-V_s relationships described from one-hour interval measurement on sensor method

$\partial t=0$（洪水前）→ $\partial H/\partial t>0$（増水期）→ $\partial H/\partial t=0$（最高水位）→ $\partial H/\partial t<0$（減水期）→ $\partial H/\partial t=0$（洪水後）に応じて，Q_fの大きさは $Q_f=Q_t$（洪水前）→$Q_f>Q_t$（増水期）→$Q_f=Q_t$（最高水位）→$Q_f<Q_t$（減水期）→$Q_f=Q_t$（洪水後）のように変化し，前述の $H-Q$ ループの動きを定量的に表したことになる。

Table 1 に，本観測期間中に観測された主な降雨イベント 9 例の全降水量，初期降雨強度（降雨開始から 6 時間の降水量），および $H-Q$ ループの有無をまとめて示す。また **Fig. 11 (a), (b)** には，$H-Q$ ループが現れた事例（**Table 1** の No. 8）と現れなかった事例（**Table 1** の No. 9）の水位流量図を，それぞれ 1 例ずつ示す。

いずれの降雨イベントも，全降水量は 40mm 以上と比較的まとまった雨量を記録したが，$H-Q$ ループの発生を認めた事例は 9 例中 2 例と少なかった。現時点で $H-Q$ ループの発生と降雨特性のあいだに明確な関係を見出すことは難しいが，$H-Q$ ループが認められた 2 例（No. 3 と No. 8）は，初期降雨強度が 40mm〜60mm と比較的大きく集中豪雨性のイベントであったのに対し（No. 6 が例外となった理由は不明），それら以外の 6 例は，初期降雨強度が最大でも 25mm 程度と比較的穏やかな降雨イベントであったことが挙げられる。前者の場合，短時間に大量の雨が降り，河川への雨水の集中が速やかに行われた結果，水位の上昇も短時間に一気に生じたとみられる。そのため増水期の $\partial H/\partial t$ が通常のイベントよりも大きくなり，(10)式の Q_f が通常より増大した結果，$H-Q$ ループが明瞭に現れたものと考えられる。これに対し後者では，初期の雨量が少なく，河川への雨水の流入が長い時間をかけてゆっくり行われたため，増水期の $\partial H/\partial t$ が前者ほど大きくならず，(10)式の Q_f も Q_t に近い値のまま推移したため，$H-Q$ ループが明瞭にならなかったと考えられる。その他，本観測地点が H 川との合流点に近く，排水不良の影響を受けやすかったこと（前述）も，$H-Q$ ループの発生頻度が小さかった要因のひとつとみられる。

3.4.2 流量プロット平均値の妥当性

前述したように，水位が 0.6m 以下の範囲では，一部データを除き Q_s が Q_p とよく一致していたことから（**Figs. 6 (a), 9**），**Fig. 10 (a)** の水位 0.6m 以下においては，同一水位に対する Q_s の平均値が真の流量から大きくずれることはなかったと考えられる。一方，手計測による精度確認が難しい水位 0.6m 以上の Q_s 値に関しては，つぎのような解釈を行うことができる。

本観測地点では，下流で合流する H 川の影響を受けて Y 川の排水は妨げられがちである。そのため洪水時には，V_s がおよそ $1.3\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ で頭打ちになるため（**Fig. 10 (b)**），V_s^m が（$V_s=1.3\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ に対応する）$0.6\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ を超えて大きく上昇するとは考え難い。これに対し H_s は，

Table 1 Total precipitation, initial rainfall intensity, and existence of H-Q loop in main rainfall events obserbed in May through October, 2000

No.	Duration	Total precipitation (mm)	Initial rainfall intensity *1 (mm)	H-Q loop
1	19:00, 26th May-23:00, 28th May	82	5	not appeared
2	3:00, 3rd June-21:00, 4th June	40	6	not appeared
3	20:00, 8th June-10:00, 9th June	73	63	appeared
4	2:00, 17th June-1:00, 19th June	104	25	not appeared
5	19:00, 27th June-20:00, 28th June	70	16	not appeared
6	22:00, 24th July-8:00, 25th July	42	41	not appeared
7	16:00, 28th Aug.-5:00, 31th Aug.	79	7	not appeared
8	12:00, 8th Sept.-3:00, 9th Sept.	106	47	appeared
9	0:00, 11th Sept.-16:00, 13th Sept.	234	18	not appeared

*1 Precipitation in 6 hours from the begining of rain.

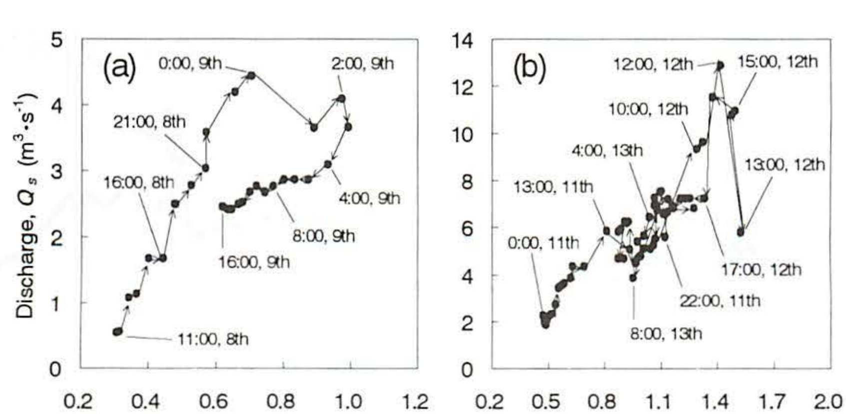


Fig. 11 Time series of H_s-Q_s relationship (a) in a period from 11:00, 8th though 16:00, 9th Sept., 2000 (a case that H_s-Q_s loop is emerged), and (b) in a period from 0:00, 11th through 8:00, 13th Sept., 2000 (a case that H_s-Q_s loop is not appeared)

V_s が 1.3m•s^{-1} で上限に達したあとも顕著に上昇していることから（**Fig. 10 (b)**），洪水期（ここでは水位 0.6m 以上の期間）の Q_s の増加は，V_s^m が一定のもとでの H_s の上昇によるところが大きいと考えられる。さらにこの間，護岸の痕跡などから H_s の精度は十分に維持されたとみられることから，水位 0.6m 以上の Q_s の平均値も，真の流量から大きくはずれることはなかったと判断される。

3.4.3 流量プロットのばらつき度

同一水位に対する流量プロットのばらつき度合いは，流量の増加とともに大きくなる傾向を示すが（**Fig. 10 (a)**），全流量範囲にわたる平均的なばらつき度として Q_s の予測に対する 95%信頼区間を求めたところ（**Fig. 10 (a)**の上下の曲線）±0.7m^3•s^{-1}を得た。これを，観測期間中の最大水位 1.5m を(7)式に代入して得た流量 7.7m^3•s^{-1}に対する比率として表すと±9.1%ととなり，1 点法などによる平均的なばらつき度（±10%程度，著者らによる過去の経験値）とほぼ同等の結果となった。

以上，3.4.1，3.4.2，3.4.3 の考察から，$H-Q$ ループの影響が小さい本観測地点の水位流量図において，Q_s の平均値やばらつき度のなかに特に大きな欠陥が見出せなかったことから，センサー法による流量データの精度および信頼性は，特に高精度な数値を必要とする場合を除き，ほぼ実用的なレベルに達しているものと判断された。

さて，(7)式および **Fig. 10 (a)**の中央に示す曲線（水位流量曲線）を用いると，水位データのみから流量が割り出せるようになるためたいへん便利である（水位流量曲線法）。そのためこの方法は，現在もなお河川管理部局などを中心に広く利用されている。しかし本報で取り上げるような小規模河川では水位流量曲線の作成が行われていないことが多く，流量や汚濁負荷量のモニタリングに活かせないことが多い。このようなときにセンサー法を活用すれば，洪水流を含む広範な流況に対する水位流量曲線を，より少ない労力と費用で効率的に作ることができるであろう。ひとたび水位流量曲線が得られれば，あとは水位観測のみで流量や汚濁負荷量のモニタリングが可能になる。ただし水位流量曲線法を適用するにあたっては，河床横断面形状が大きく変化しないことに加え，$H-Q$ ループが流量の精度に比べて十分に小さいことが条件となる。もし都市域河川などで $H-Q$ ループが顕著なときは，(7)式のような水位流量曲線を頼りにすることはできず，(6)式などの形式によって実測流速から直接的に流量を算出しなければならない。

3.5 センサー法による水位，流速，流量の推移

最後に，センサー法で得られた時系列データの一例として，台風接近にともなう大雨出水時（2000 年 9 月 8 日 6:00～13 日 18:00）の H_s，V_s，および(6)式から得られた Q_s を，降雨強度とともに **Fig. 12** に示す。

V_s および Q_s に関しては，欠測が避けられないことは 3.1 で述べたとおりであるが（図中には，プロット間の線の切れ目で示す），それは観測期間を通じて断続的に発生するため，流速および流量の推移読み取りに支障を来すことはなかった。実際 **Fig. 12** の期間中も，8 日 12:00 および 11 日 0:00 から始まる一連の降雨イベントに対し，V_s および Q_s が H_s とともに機敏に応答している様子がうかがえる。また，H_s の上がり始めから最高位に達するまでの時間とその曲線の形を比べてみると，前者が 14 時間のうちに右肩上がりに一気に頂点に達し

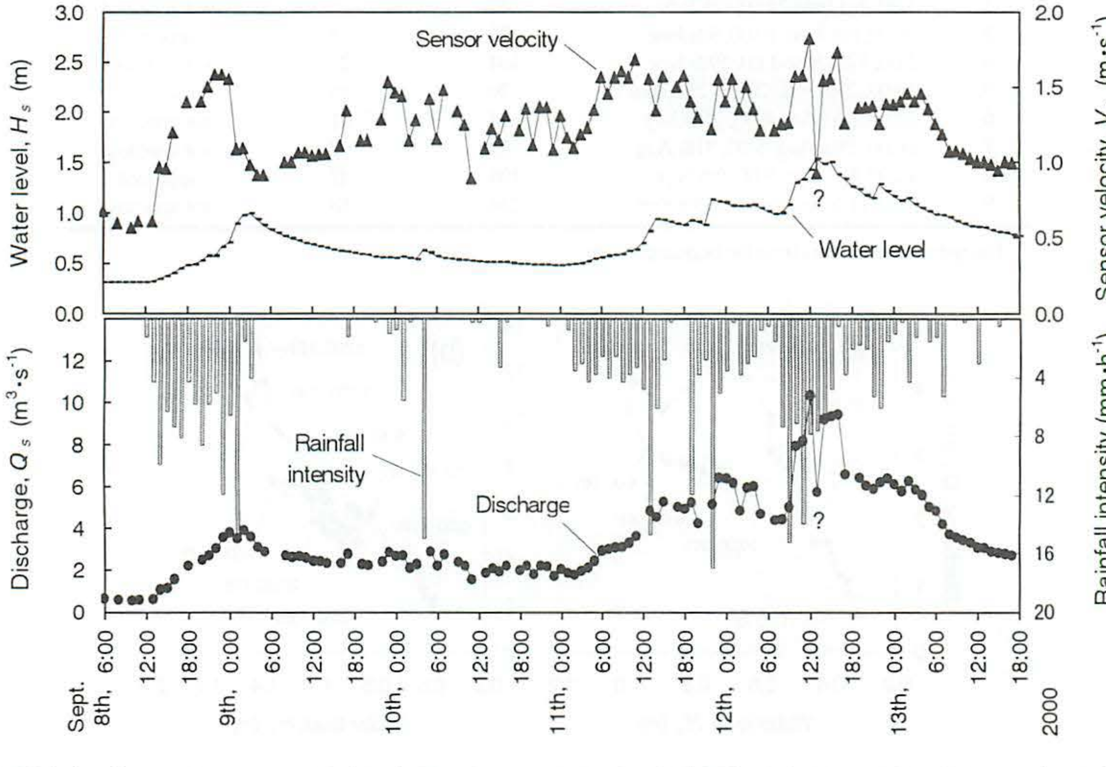


Fig. 12 Variations in water level, sensor velocity, discharge by sensor method, and rainfall intensity measured every one hour in a period from 6:00, 8th through 18:00, 13th Sept., 2000

ているのに対し，後者は小さな上下動を繰り返しながら37時間をかけてゆっくり頂点に達していることがわかる。前者が $H-Q$ ループを認めた事例，後者がそれを認めなかった事例であることを考え合わせると，これらの事実が3.4.1における $H-Q$ ループ発生要因の考察を支持するものであることがわかる。

一方，降雨が小康状態になる9日12:00から10日23:00にかけてをみると，H_s が滑らかに推移したのとは対照的に，V_s が激しく上下動を繰り返していたことがわかる。この間，流速を小刻みに変動させる要因が見当たらないことから，この上下動は測定値のばらつきに起因するものと推測された。このような測定値のばらつきが，**Fig. 10 (a)** における流量プロットのばらつきに反映していることは前述したとおりであり，センサー法による流量観測の精度的限界を示すものといえる。

4．センサー法利用上の留意点

センサー法を現地小規模河川に適用した結果，本法を活用するにあたって留意すべき点がいくつか明らかになった。以下にそれらを述べる。

4.1 設置位置および設置方法

センサーの設置位置は，V_s^m を正しく捉えられる位置でなければならない。本研究では，河道中央付近にある流心が流況によって大きく移動することがなかったため，センサーの位置決めは比較的容易であった。しかし山地渓流など，流れが分岐したり流心が移動しやすい場所では，人工流路を設けるなどの対策が必要になるだろう。

またセンサーの設置方法についても，超音波の送受信を妨げず，かつ洪水に押し流されない工夫が必要である。本研究では，センサーを固定した金属板から上流の両岸に向かってV字型にステンレスチェーンを這わせ，センサーが所定の位置から移動しないようにした。

4.2 流速データの取得法

上述のように川の流れは多様であるから，V_s と V_p^m（ないし V_s^m）の関係は，地点ごとに求め直す必要がある。その際，両者の関係ができるだけ単純になるよう，河床横断面形状の変化が少なく，流速分布が一定している地点を選ぶ。また流れの横断面方向に複数のセンサーを配置することができれば，深さ方向平均流速の横断面分布がセンサーで直接測定できるようになり，V_s^m 把握の簡素化につながるものと考えている。

4.3 埋没，ゴミ付着への対応

超音波の送受信面が底泥などに埋もれると V_s の測定は困難になる。このためセンサー法は，土砂生産が活発な河川には適用しにくい面がある。また通常の河川でも，大雨出水時にはセンサーが埋没するおそれがあるので，減水後速やかにセンサーを確認するとともに，浮き草やビニールゴミなどの付着物を取り除いておくことが肝要である。

5．おわりに

以上，ドップラー式超音波流速センサーによる河川流量測定法の概要を，現地河川への適用事例をもとに述べた。数百ha規模の集水面積をもつ川幅10m程度の小規模河川を考えた場合，センサー法を用いれば，現地への設置手続きが容易になり，設備経費が安く済むうえ(今回使用したAVM750型の場合,一式約90万円)，従来法では困難なことが多かった洪水時観測が安全・確実に行えるようになる。さらに今後は，センサーをつなぐチェーンの張り方を変えてゴミの付着を防いだり，流水の横断面方向に複数のセンサーを配置することなどにより，欠測が少なく，精度の高い流量モニタリングが可能になると予想される。これらのことは，小規模河川が多く分布する農業集水域において，汚濁負荷量の発生メカニズムやその変動特性などを把握するうえで大きな威力を発揮することになるだろう。今後は，本報で紹介したセンサー法が河川の水質管理や流域環境保全などの方面で広く活用されることを期待し，センサー法の精度向上や運用方法の改善に向け検討を進めていく予定である。

謝　辞

本研究を実施するにあたり，ご指導をいただいた中央農業総合研究センターの藤原伸介氏，森林総合研究所の吉永秀一郎氏ならびに関係各位，現地調査でご支援をいただいた高知県土木事務所と自治体関係の皆様，畜産草地研究所の山本　博氏，(株)日科機バイオスの竹田敏之氏，(株)日進機械の高橋好弘氏に深く感謝の意を表します。なお本研究は，環境省公害防止研究の一環として行われたことを付記する。

（原稿受付　2001年8月31日）
（原稿受理　2002年1月8日）

参考・引用文献

1）黒田久雄（1997）非灌漑期農業地区からの NO_3-N日流出負荷量の検討－流出負荷予測タンクモデルに関する研究（II）－，農土論集，**189**，51-58．
2）中曽根英雄，黒田久雄，茂木真司（1997）水田灌漑がなされている小集水域のL－Q式の問題点と期別区分による改善，農土論集，**190**，71-76．
3）石原藤次郎，森　忠次（1965）新版測量学応用編，pp.251-310，丸善，東京．
4）高瀬信忠（1978）河川水文学，pp.61-67，森北，東京．
5）山口高志，新里邦生（1994）電波流速計による洪水流量観測，土木学会論文集，**497**，II－28，41-50．
6）山口高志，佐藤健次，新里邦生，石井敏哉（1990）電波流速計を用いた洪水流量観測システムに関する調査，河川情報研究所報告，**4**，別冊2，1-75．
7）阿保勝之，杜多　哲，高柳和史，藤原建紀（1999）ADCPを用いた五ヶ所湾の内部潮汐観測，海岸工学論文集，**46**，401-405．
8）多田光男，須佐美智嗣，藤原建紀，秋山秀樹（1996）ADCPによる豊後水道の潮流の流動構造の観測，弓削商船高等専門学校紀要，**18**，15-20．
9）米谷栄二，山田善一（1962）新版測量学一般編，pp.320-323，丸善，東京．
10）土木学会編（1999）土木用語大辞典，pp.1106，技報堂，東京．
11）丸井信雄（1966）河川水理学，水工学便覧，pp.263，森北，東京

[四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　34－40　2002]

<研究ノート>

海洋深層水開発における環境保全システムとミチゲーションに関する一考察

大久保　光章*　　福原　隆一*　　村上　雅博*

A Study on the deep seawater desalination system to mitigate the pollution of marine environment with mixing discharge system

Mitsuaki OKUBO*, Ryuichi FUKUHARA* and Masahiro MURAKAMI*

* Department of Infrastructure Systems Engineering, Kochi University of Technology, Tosayamada-cho, Kochi 782-8502 Japan

Abstract

Kochi prefecture is a leading local government to develop deep seawater in Japan. The deep seawater is a strategic water resources in the world with distinctive features of 1) unlimited sources (more than 200m depth in the ocean), 2) steady low water temperature of less than 8 C, and 3) biologically clean with rich minerals and inorganic nutrients, which is being developed in the research stage with a series of pilot plants to aim of (1) producing clean energy/electricity by thermal heat conversion, (2) desalinating seawater by reverse osmosis membrane, (3) farming/nursing sole and other marketable fishes. This study aims to mitigate the adverse environment effect of the brine discharge from the advance RO desalination system on the marine water environment, which is designed to produce more fresh water of permeate with less quantity and high salinity of brine disposal.

Key words : deep seawater development, RO desalination, urban drainage, mitigation of marine pollution

1. はじめに

高知県室戸岬近辺海域は沖合約 2km までが大陸棚で,それより先が急に落ち込んで深くなっており,海洋深層水の開発に適した地形である(**Fig. 1,2** 参照)。昭和60年に科学技術庁のアクアマリン計画「海洋深層資源の有効利用技術の開発に関する研究」のモデル海域に指定され,平成元年にわが国初の海洋深層水研究施設として高知県海洋深層水研究所が建設された[1]。

以来,海洋深層水の資源的有効性の実証とその実用化をめざして,産・学・官が連携して基礎から応用まで幅広い研究が進められている。

高知県東部に位置する室戸地区は，高知市から東へ約80キロに位置し,過疎自立促進法に指定されている典型的な過疎地域である。かつては遠洋マグロ漁業の基地としても栄えたが,基幹産業であった漁業の衰退後は,他地域と結ぶ交通基盤が脆弱であり,また地形的にも用地取得が難しいことなどから新しい事業所などの設置が望めない状況にあった。しかし,海洋深層水の産業利用を開始した平成6年以降,室戸地区では県内企業だけでなく県外企業の誘致にも成功し,海洋深層水関連事業はこの地区の新たな基幹産業となりつつある。

現在,室戸の海洋深層水開発事業では,生活および工業セクターの下水処理水と海洋深層水の淡水化による濃縮塩水が別々に海に放流されており,このままでは工場や都市が発展するに伴って濃縮塩水や下水処理水が増えていくと,周辺の海洋環境に対し負の影響が大きくなることが懸念される。

本研究は,海水淡水化の効率を上げて生産量を増大させながら,かつ海洋環境への影響をミチゲート(緩和)して水質汚染を未然に防止する新しい開発システムを提案し,その効果を検証することが目的である。

Fig. 1　深層水取水地

原図提供 ：海洋科学技術センター

Fig. 2　深層取水模式図

2. 海水の淡水化と逆浸透膜

2.1 世界の水資源

地球上には13億6千万 km^{3}の水が存在する。そのうち97.5%は海水で,残りの 2.5%が淡水である。淡水の量は3,400万km^{3}と推定されているが,その3/4は氷河など氷の状態にあり利用できない。川や湖に流れ込んでいる淡水の量は 20 万 km^{3}で,地球上に存在する水の 0.015%に過ぎない(**Fig.3**)[2)3)]。

世界の人口増加や経済発展に伴い水の需要が増しており,水資源の不足が世界的な大問題になりつつある。とくに乾燥地帯や半乾燥地帯での水の必要性が増大するにつれて,海水や汽水から塩分をとりのぞき飲料水や工業用水をとりだす海水淡水化技術の開発研究が急速に進んだ。近年の膜分離技術の急速な進歩により,造水単価は1.6$/m^3(1990年)[4)]から 0.6-0.9$/m^{3}まで急激に低下してきている。

Fig. 3 地球上の水資源に占める淡水の割合

2.2 逆浸透膜(Reverse-Osmosis)法による淡水化

逆浸透膜法での海水淡水化は,水は通すが塩分は通しにくいという逆浸透膜の性質を利用して,海水に高い圧力をかけ逆浸透膜を通過させ,真水を得る方法である。このシート状の逆浸透膜を渦巻状に巻いた構造になっている(**Fig. 4,5**)。通常この逆浸透モジュールは数十本束にされて使用されている(**Fig. 6**)。

提供: 東レ

Fig. 4 逆浸透膜

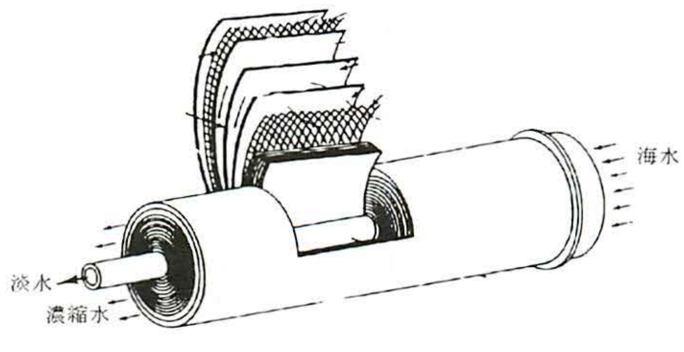
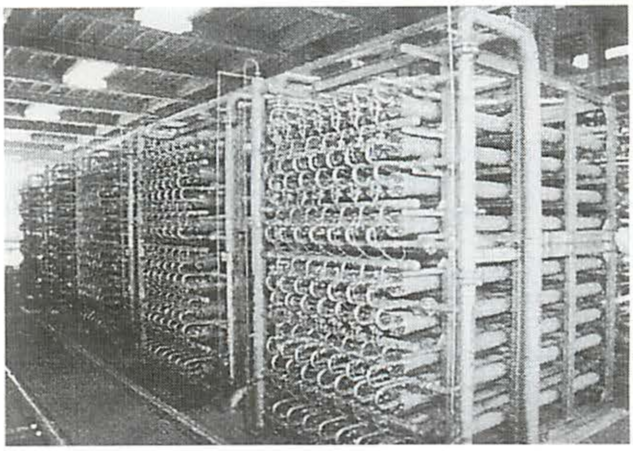


Fig. 5 逆浸透モジュール



提供: 東レ

Fig. 6 逆浸透膜法の淡水化プラント

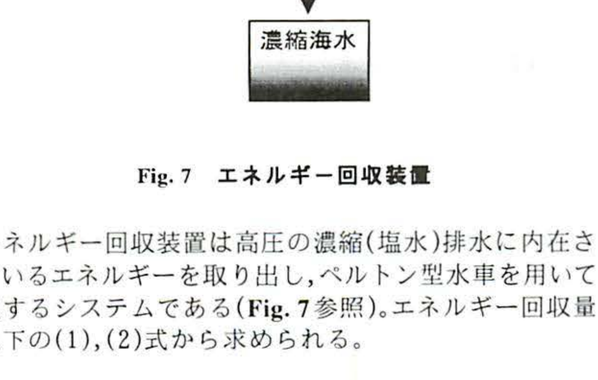


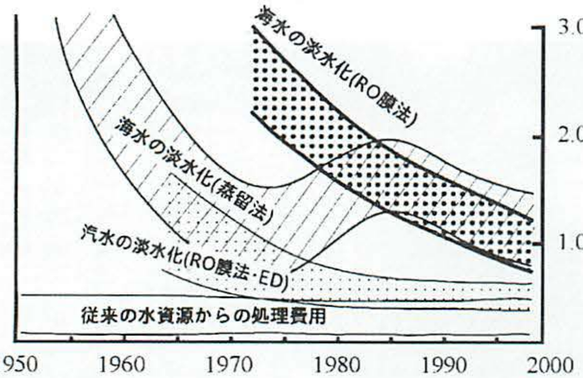
Fig. 7 エネルギー回収装置

エネルギー回収装置は高圧の濃縮(塩水)排水に内在されているエネルギーを取り出し,ペルトン型水車を用いて回収するシステムである(**Fig. 7**参照)。エネルギー回収量は以下の(1),(2)式から求められる。

理論包蔵水力(KW)P_{th} = 9.8 × Q × He･･･(1)
発電施設容量(KW)P = 9.8 × . × Q × He･･･(2)
ここに,Q:流量(m^3/sec),He: 有効落差(m),
(合成効率) = .$_t$(水車効率)× .$_g$(発電機効率)

2.3 逆浸透膜法による淡水化コストの動向

現在世界の海水淡水化事業は従来の蒸留方式から逆浸透膜法に向かいつつある。もともと従来の淡水化方法よりも経済的な観点から有利とされてきた逆浸透膜法であるが，膜自体の性能が年々向上し膜の寿命が延びていることに加え，より低圧で機能する膜の開発が進み，逆浸透膜法のコストの中で大きな割合を占める電力費を低減することが可能になり造水単価が下落していることが大きな理由ある。**Fig. 8** に造水単価の価格推移を[5]，**Table 1** にアメリカ政府が BOT 方式で行った淡水化事業の造水単価を示す。



Source:Buros 1989(until 1989), 1990-2000 data are our study

Fig. 8 海水淡水化コストの推移

Table 1. 最近の海水淡水化のコスト(2000 年)

Place	MCM/year	Unit cost ($/m³)	Years
Tampa Bay (USA)	34	0.55	30
Trinidad Tobacco	40	0.70	23
Cyprus	14	0.82	10

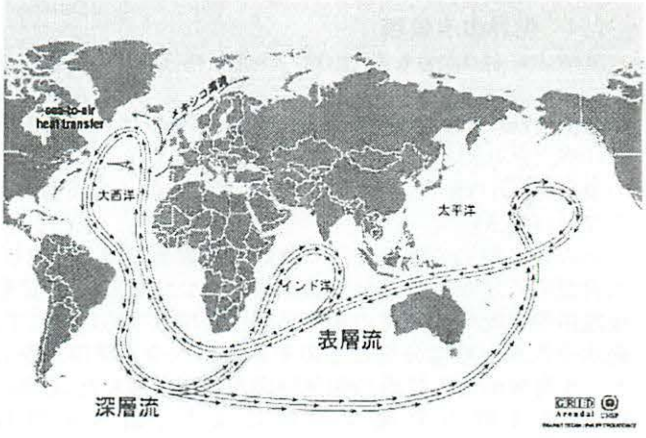
1990 年以降，海水淡水化のコストと河川や地下水といった従来型の水資源からの処理費用の差は急速に縮まっており，海水淡水化はコスト的にも従来型水資源を補完するだけでなく代替可能な選択肢の一つとして世界的には認識されている。特に従来型水資源の枯渇に直面している中東を始めとする乾燥地域の国々では，2025 年までに淡水化による造水量は倍増すると予測されている[6]。

3. 深層海流と深層水

3.1 深層海流

深層海流(Ocean Conveyor Belt)は海洋大循環とも呼ばれており，海水の塩分濃度や温度の差によって起こる地球規模の海水の循環である。

北大西洋の表層水がグリーンランド沖で海中深く沈み込み，深層を流れて大西洋，南極海，インド洋を経てハワイ沖に達すると表層に浮上する。その後は表層流としてインドネシア海域を通ってインド洋に入り，再びグリーンランド沖で深層に潜る(**Fig. 8**)[7]。毎秒2,000万トンという膨大な量で，グリーンランドからハワイ沖まで二千年もの歳月を経て循環している。その影響は海中だけに留まらず，世界の気候にも大きな影響を及ぼしている。地球温暖化が進むと大循環にも影響が生じ，地球上に破局的な気候変動をもたらすとの予測もある。



Source : UNEP/GRID - Arendal を一部改変

Fig. 9 深層海流の循環

3.2 海洋深層水

海洋深層水は海洋学では深度 1,000m 以深の海水と定義しているが，現在産業利用されている一般的な海洋深層水は，太陽光の届かない「無光層」と呼ばれる水深 200m 以深の海水を指す。「海洋深層水」と一まとめにして呼んでいる 200m 以深の海水でも，温度や成分の特性に応じて，北太平洋中層水や北大西洋深層水などというようにそれぞれ固有の名前が付けられた海洋循環が存在する。高知県室戸市で汲み上げられている「深層水」も，海洋学的には北太平洋中層水（オホーツク海を起源にして北太平洋亜熱帯域の水深 300～1000m 付近を流れている）と呼ばれる海水であり，**Fig. 9** で示した水深 4000m 以深を流れる深層海流の海水とは異なることに注意が必要である。

海洋深層水は表層水と比較して，次の特徴を持つ。

1．清浄性
海洋深層水は海面近くの表層水と異なり陸上からの産業排水や生活排水，また河川の影響をほとんど受けることがない。また光合成が行われないため，植物プランクトンは休眠状態となり増殖を止めてしまい，またそれに伴い有機物の発生も抑えられている。

2．無機富栄養性
光合成に必要な窒素やリン珪素などが消費されないため，こうした無機栄養塩類を豊富に含んでいる。

3．低温安定性
太陽光が届かないために年間を通じて温度が低く，生物活動も不活発なため水質の年変動も極めて少ない。

海洋深層水の特徴を生かしたこれまでの研究は水産養殖や食品加工等，農業，水産分野を対象とした単一かつ小規模な利用に関するものが主で，その開発利用を飛躍的に増進させ得ると考えられる資源・エネルギー分野の本格的な研究は未着手の状態である。

2.3 で述べたように今世紀には海水淡水化による新たな水資源の重要はさらに増大すると予想されるが，さらなる技術革新ならびにコストダウンが必要とされている。

一般に逆浸透膜法による海水淡水化は表層 5 m 付近の

海水を取水して行われるが,その際に取水管にフジツボなど海洋生物が付着することによる推進効率の低下や,膜モジュールに原水を流す前に細菌や生物由来の有機物など懸濁物をろ過・沈殿させるための前処理,さらに懸濁物に伴う膜の交換費用などの維持管理費が淡水化コストの削減を阻む要因になっている。一方で表層水と比較して清浄である海洋深層水を取水している高知県海洋深層水研究所の取水管は敷設以来使われており,現在もほぼメンテナンスフリーで使用できる状態にある。[8]また前処理も UV による簡便な方法を取り,また逆浸透膜モジュールの想定耐用年数も表層水使用時と比べて伸びていることから,海洋深層水の淡水化によって造水コストをさらに削減できる可能性がある。

4. 日本の深層水開発の現状

1989 年に海洋深層水研究施設として日本で初めて,世界では三番目に設立された「高知県海洋深層水研究所」,次いで「富山県水産試験場」を拠点に本格的な研究が始まった。

高知県海洋深層水研究所では,産・官・学に開かれた共同研究によって数々の成果が挙がりつつある。海洋深層水の特性把握,機能解明のための基礎研究を始め,上記の海洋深層水の特性を生かしてエネルギー,食品,健康,美容,漁業など幅広い分野において研究開発がなされ,新産業の創出,商品開発などを通じ地域振興を図ろうとしている。深層水商品の売り上げは年間 40 億円近くに達し,また 2000 年 4 月には第 3 の取水施設「アクアファーム」が完成し,海洋深層水のさらなる研究と事業化を企てている。

富山県水産試験場では,1995 年に陸上型取水施設が完成,現在は深海性・冷水性魚介類の栽培漁業の研究を行っている他,県内企業等との共同研究等により,1996年から非水産分野においても本格的に研究を開始した。

研究の開始が比較的早かった高知県は,現在深層水の研究・産業利用に関しては先導的な役割を果たしているが,沖縄県では日量 1 万 3000m^3 と国内最大の取水施設を擁した「沖縄県海洋深層水研究所」が完成,また国の施設としては初めてのものとなる海洋科学技術センターの「深層水分析研究棟」が静岡県焼津市に完成し,他の地域でも北海道,三重県などでも深層水に対する様々な取り組みが始まっており,全国的にも深層水の利活用,実用化の動きは広がっている[9](**Fig. 10**)。

Fig. 10 深層水開発が進められている地域

5. 高知県の深層水開発プロジェクト

高知県では海洋深層水研究所を中心に海洋科学技術研究センターや,地元の大学,民間企業などの協力を得て,海洋深層水のメカニズム解明などの基礎的研究から海洋深層水の特性を活かした魚介類の安全飼育や良質種苗生産など水産分野での実用化研究などに取り組むと共に高知医科大学などとも共同研究を行い,高いレベルでの結果が得られている。またハード運営の面でも取水施設の長期間ノントラブル運転やローコストメンテナンスを実証するなど数多くの経験や実績を積んでいる。

高知県における海洋深層水の研究テーマは,海洋深層水の利用システム開発研究と海洋深層水の産業利用研究に大別することができる。海洋深層水利用システムでは取水・放水技術,モニタリング技術,制御技術,運用技術等がありこれらの技術のシステム化は,海洋深層水の安定的な取水と供給に利用されている。

一方海洋深層水の産業利用の研究には,水質に関する研究,すなわち水温や栄養塩濃度,微量金属類,深海性微生物等の研究をはじめとして,エネルギー分野,水産分野(海藻培養,餌料性プランクトン培養,海洋動物飼育など)の研究など様々な分野がある。海洋深層水の産業利用に際しては,「海洋深層水の多段型利用システム(カスケード利用システム)」の導入や放水(排水)を海域肥沃化に(藻場造成)に活用するなど,大切な天然資源を余すことなく有効利用する研究も進んでいる。

このように高知県では,自然環境と生態系の調和を図りながら,身近な生活利用将来の高度産業利用に至るまで幅広いフィールドでの研究に取り組んでいる[10]。

6. 海洋環境の保全計画

現在,室戸地区では海洋深層水関連商品を生産する事業所が数多くある。主に深層水を用いた飲料水や食品の開発など食品加工業や健康増進施設などを一箇所にまとめ,深層水を用いた食品を開発する企業を誘致し,その工場の運営に伴って地元住民の雇用の場を確保し,域振興を計るのが深層水開発事業の目的である。

その深層水開発の中核地区であり,海洋深層水取水施設のある三津地区と高岡地区では主に上水として河川水を水源としている。その量は合計で 174,675m^3/年であり,この上水を生活水と工業用水に使用しているが,工業用水の一部はリサイクルされている。

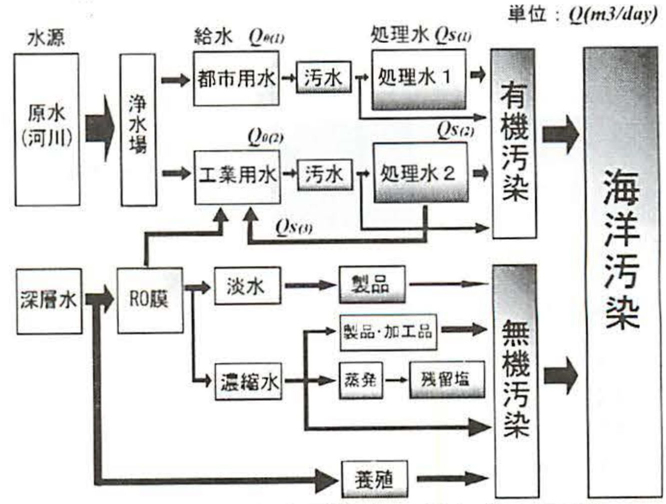


Fig. 11 三津・高岡地区での給水・排水(現状)

海洋深層水は日量4,000m³=1.46×10⁶m³/年取水され,淡水化用に使用されるのは5,840m³である。その作業により発生する淡水量は 1,752m³, 濃縮塩水(排水)の量は4,088m³である。濃縮塩水(排水)は塩分と共にミネラル分が多く,その一部は食品会社などで添加物として利用される他,蒸発処理により高級食塩が精製される。濃縮塩水は塩分濃度が約49,000ppmと塩分濃度が高濃度のためそのまま海へ排出すると海洋生態系への環境負荷が大きく問題になる。現在,室戸では一般排水と濃縮塩水を別々に直接海に放流している(**Fig. 11** 参照)。

現在の生産システムでは淡水化過程で発生する塩分濃度の高い濃縮塩水がそのまま海に放流されており,工業のに伴って濃縮塩水も増加していくため,このままでは海洋環境への負荷がさらに大きくなることが懸念される。そこで淡水製造過程に伴って副次的に発生する濃縮塩水(排水)と一般排水の両者の性質を比較したときに,濃縮塩水(塩分濃度が高くBOD濃度の低い)と一般排水(塩分濃度が低くBOD濃度の高い)を計画的に混合し海に放流することにより海洋汚染を予防的に緩和させるシステムを提案し(**Fig. 12**),以下このシステムの効果について物質収支式に基づいて検討を加える。

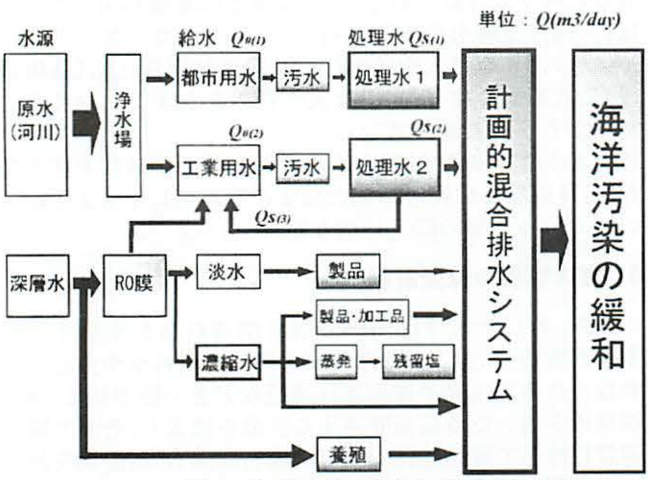
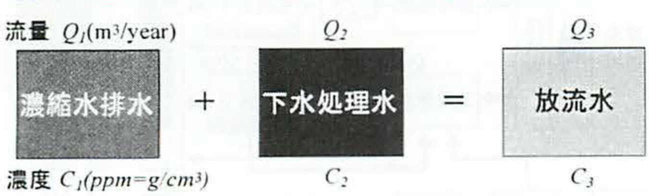


Fig. 12　三津・高岡地区での給水・排水（将来）

<u>混合放流水の塩分濃度</u>

濃縮塩水の濃度,下水処理水の濃度,混合放流水の濃度をそれぞれ C_1, C_2, C_3 としその流量をそれぞれ Q_1, Q_2, Q_3 とし物質収支を以下に検討する。一般排水の処理水はBOD濃度20ppm,塩分濃度200ppm,濃縮塩水はBOD濃度をほぼ0ppm,製造される淡水の塩分濃度は100ppmと仮定した。



$$Q_1 \times C_1 + Q_2 \times C_2 = Q_3 \times C_3$$

$4{,}088 \times 49{,}243 + 125{,}873 \times 200 = 129{,}961 \times C_3$

$C_3 = (Q_1 \times C_1 + Q_2 \times C_2) / Q_3$

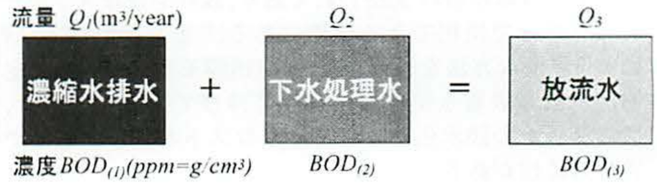
$C_3 = (4{,}088 \times 49{,}243 + 125{,}873) \times 200 / 129{,}961$

$=1{,}743$ $(ppm=g/m^3)$

上記の物質収支式に基づき計算した結果,混合放流水の塩分濃度は1,743ppmとなる

<u>混合放流水のBOD濃度</u>

同様に濃縮塩水のBOD濃度,下水処理水の濃度,混合流水の濃度をそれぞれ $BOD_{(1)}, BOD_{(2)}, BOD_{(3)}$,その流量をそれぞれ Q_1, Q_2, Q_3 と仮定し,BODの物質収支を検討すると混合放流水のBODは19.4ppmとなった。



$$Q_1 \times BOD_{(1)} + Q_2 \times BOD_{(2)} = Q_3 \times BOD_{(3)}$$

$4{,}088 \times 0.5 + 125{,}873 \times 20 = 129{,}961 \times BOD_{(3)}$

$BOD_{(3)} = (Q_1 \times BOD_{(1)} + Q_2 \times BOD_{(2)}) / Q_3$

$BOD_{(3)} = 4{,}088 \times 0.5 + 125{,}873 \times 20 / 129{,}961$

$= 19.4$ $(ppm = g/m^3)$

次に効率よく淡水の生産量を増加させるために最近開発された二段淡水透過システムについて検討を加える。二段淡水透過システムの特徴は,淡水の回収率が従来の30-40%から60%に向上することと,ならびに一段濃縮水に含まれる高水圧エネルギーを二段目の浸透圧力に置き換えて再利用することにより,単位造水量当たりで消費されるトータルエネルギーが節約できるという点である[11),12)] (**Fig. 13, Table 2**)。

この二段淡水透過システムと計画的混合放流システムを同時に導入した場合を検討する。前段と同様に混合放流水の塩分濃度,BOD濃度は以下の物質収支式で求められる。

<u>混合放流水の塩分濃度(二段淡水透過システム)</u>

$$Q_1 \times C_1 + Q_2 \times C_2 = Q_3 \times C_3$$

$2{,}336 \times 86{,}625 + 125{,}873 \times 200 = 127{,}975 \times C_3$

$C_3 = (Q_1 \times C_1 + Q_2 \times C_2) / Q_3$

$C_3 = (2{,}336 \times 86{,}625 + 125{,}873 \times 200) / 127{,}975$

$=1{,}778($ $ppm=g/m^3)$

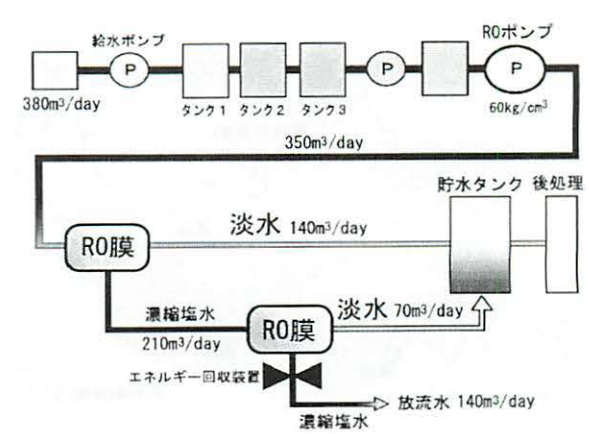


Fig. 12　二段淡水透過システム(東レ愛媛工場)

混合放流水の BOD 濃度(二段淡水透過システム)

$$Q_1 \times BOD_{(1)} + Q_2 \times BOD_{(2)} = Q_3 \times BOD_{(3)}$$

$2{,}336 \times 0.5 + 125{,}873 \times 20 = 127{,}975 \times BOD_{(3)}$

$BOD_{(3)} = (Q_1 \times BOD_{(1)} + Q_2 \times BOD_{(2)}) / Q_3$

$BOD_{(3)} = (2{,}336 \times 0.5 + 125{,}873 \times 20) / 127{,}975$

$= 19.6\ (ppm = g/m^3)$

Table 2 標準 1 段方式と 2 段方式の海水取水量当たりの比較

淡水化方式	海水取水量 ($m^3 \cdot day^{-1}$)	淡水製造量 ($m^3 \cdot day^{-1}$)	濃縮塩水 回収率 (%)	濃縮水量 ($m^3 \cdot day^{-1}$)	TDS ($mg \cdot l^{-1}$)	汚濁荷量 ($kg \cdot day^{-1}$)	発電量 ($kWh \cdot year^{-1}$)
RO1 段 (旧従来型)	16	5	30	11	49,243	550	4,600
①RO1 段 (標準仕様)	25	10	40	15	57,750	866	7,265
RO1 段 標準仕様	25	10	40	15	57,750	866	
RO2 段	15	5	33	10	86,625	866	
② 合 計 ($1^{st}+2^{nd}$)	25	15	60	10	86,625	866	6,324
比率 (②/①)		1.5	1.5	0.66	1.5	1.0	

混合放流システムを評価すると,塩分濃度は一般排水と濃縮塩水を別々に直接放流した場合に比べて BOD は 0.97 倍,塩分濃度は 0.035 倍に緩和された。
このシステムを室戸に適応した場合,濃縮塩水の濃度は 86,625ppm と高濃度になるが,逆に排出量は少なくなる。下水処理水と混合した場合,塩分濃度は 1,778ppm,BOD は 19.6ppm となり,1 段淡水の旧従来型(RO モジュールの淡水の回収率 30%使用)と比較してほぼ変わらない。

7. 考察

海水の取水量,淡水量,淡水の回収率,濃縮塩水量,濃縮塩水の塩分濃度,汚濁負荷量,発電量について旧従来型と標準仕様、二段淡水の場合を比較し,計画的混合排水システムと淡水の生産効率向上と排水システムの緩和効果について検討を試みた。この研究から得られた主な結論を以下に示す。

1)一般排水と濃縮塩水をそれぞれ海へ直接放流すると放流量に比例して海洋汚染が進む。一般排水と濃縮塩水を計画的に混合して海に放流することにより混合希釈効果が働き海への環境負荷を緩和させることが可能である。現状と比較して,BOD は 0.97 倍,塩分濃度は 0.035 倍になる。

2)淡水化の生産量を増加させるために,二段淡水透過システムを室戸に適応することにより,淡水の回収率が 1.5 倍に上がる。一方,二段淡水透過システムで濃縮塩水の流量及び濃度は,旧従来型と比較してそれぞれ 0.5 倍,2 倍,また標準仕様と比較してそれぞれ,0.66 倍,1.5 倍にとなり,単位海水取水量あたりの環境負荷量は従来とほぼ同水準と考えられる。

二段淡水透過システムは、その効率性と経済性でより淡水化を推進する原動力となり得るが,それに伴い排水される濃縮塩水の量が増え,環境への負荷は増大する。またより淡水回収率を上げることにより,排水される濃縮塩水の濃度が上昇するため,これによる局所的な影響が相対的に大きくなる可能性がある。一方で、淡水製造量=使用量に伴い下水処理水もまた増加することが予想される。従って濃縮塩水と混合してから周辺海域へ放流することにより,淡水の製造量を増加させつつ,海洋生態系に与える影響を相対的に緩和させるミチゲーションの効果を含む効率的な環境保全型生産システムを構築することが可能になる。

8. おわりに

本論は単純な物質収支の計算に基づいており,海洋への排水の放流方式や海流の速度・方向変化や拡散についての影響を考慮していないので,環境水理学的な検討を行うことが必要である。塩分濃度と BOD についてしか検討していないために、生態学的な側面からの影響を考慮して総合的なミチゲーション効果と環境影響評価を行う必要がある。
今後の課題に,室戸での混合方式ミチゲーションの実証モデル実験を行うこと,室戸での地域計画の中で環境対策の整合性について検討することが残されている。
21 世紀のサステイナブルな循環型地域社会を形成するためには、地域,都市,産業,水資源(海洋),環境等を横断的に統合する総合計画的なアプローチが欠かせない。本論が高知県・室戸深層水開発現場からの世界に向けての情報発信の一助になれば幸いである。

謝辞

本論の作成に際しまして,関係者の皆様に御協力を頂き,特に室戸市役所の中島氏,柳原氏,高知県海洋深層水研究所の林氏に多大なご協力を頂きました。また海洋深層水取水施設アクアファームの・川氏には度重なる貴重な助言を頂いたことをここに記し,感謝の意を表します。

(原稿受付 2001 年 8 月 31 日)
(原稿受理 2002 年 1 月 8 日)

参考・引用文献

1) http://www.kochi-kg.go.jp/~kochi-dw/
＜高知県海洋深層水研究所, 2001＞
2) 水資源協会, '96 水資源便覧, 山海堂
3) Kozrun, V.I et al. (1976) World Water Balance and Water Resources of the Earth. Unesco-USSR Committee for the International Hydrological Decade. pp.17-56
4) Masahiro, M (1995) Managing Water for Peace in the Middle East: Alternative Strategies, United Nations University Press, TOKYO -NEW YORK-PARIS, pp251-266
5) Buros, O.K.(1989) Desalting Practices in the United State. *Management and Operation*, journal of the American Water Works Association, Nov., pp.38-42
6) Bremere, I., et al.(2001) Growth of 200% predicted for desalination in water-scarce countries by 2025(summary). *Desalination & Water Reuse*, Aug/Sep, vol 11/2, pp.7-12

7) http://www.grida.no/climate/vital/ UNEP,GRID-Arendal(2001) Vital Climate Graphics, Earthprint Ltd. and UNEP

8) 関谷政昭・柳川明彦・谷口道子(1997), 海洋深層水を利用した海水淡水化技術, 日本海水学会, 第 51 巻, 第 5 号, pp.98-102

9) 高橋正征(2000), 海に眠る資源が地球を救う–海洋深層水の利用, 189pp., あすなろ書房, 東京

10) 高知県 室戸海洋深層水ガイド(2000)

11) Kurihara,M.,et al.(1999)High recovery/High pressure Membranes for Brine Conversion SWRO Process and Development and its Performance Data. *Desalination*, 125, pp.9-15

12) Kurihara,M.,et al.(2001)Operation and reliability of very high-recovery seawater desalination technologies by brine conversion two-stage RO desalination system. *Desalination*, 138, pp191-199

［四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　41－44　2002］

<研究ノート>

高知県物部村市宇月谷方言における可能助動詞「サル」に関する覚え書

橋　尾　直　和*

1. はじめに

筆者は，2001年４月より，文部科学省研究費補助金による特定領域研究（A）「環太平洋の「消滅に瀕した言語」にかんする緊急調査」の日本班に属する公募班「消滅に瀕した高知県限界集落の言語・民俗」の研究代表者として，共同研究者である坂本正夫（高知県立歴史民俗資料館館長），梅野光興（同主任学芸員），五百蔵高浩（高知女子大学文化学部助教授）と共に，過疎・高齢化の進んだ集落の言語・民俗資料のデジタル記録・保存のための調査研究活動を行っている。

本稿は，研究協力者である友定賢治（広島県立保健福祉大学教授）と共同で行った「可能表現調査」の一環として，2001年12月に筆者が行ったフィールドワークである「高知県香美郡物部村市宇（いちう）月谷（つきだに）方言の可能表現調査」において得られた可能助動詞「サル」に関する覚え書である。

2. 高知県方言に存在する可能助動詞「サル」

インフォーマントは，物部村市宇月谷に在住の宗本益子さん（1939年生）である。調査は，2001年12月16日に現地で面接調査によって行った。本調査で用いた調査票は，渋谷勝己が九州方言研究会（於：熊本大学）で発表した「可能表現調査票試案」(2000)の内容を若干アレンジしたものを採用した。

渋谷は，従来の能力可能・状況可能といった二元的な単純な分類ではなく，全国方言のバリエーションを捉えるためには，以下のような分類によって詳細に調査すべきとする。本調査もこれに従って調査を行った。紙数の関係上，調査で得られた資料のうちの１部分を掲載し，可能表現に該当する部分のみカタカナ表記する[1]。

1.　潜在可能：現在否定

1.1　心情

例「夜のお墓なんてこわくて一人で行くことができない」（１人称）

○エーイカン

1.2　能力（１）：生得と獲得

例「私は生まれつき体が弱くて泳ぐことができない」（（生得）能力，１人称）

○エーオヨンガン

例「私は海で10メートル以上はもぐることができない」（（獲得）能力）

○エーモングラン

例「練習しているけどまだ100メートル以上は泳ぐことができない」（（獲得過程）

○エーオヨンガン

1.3　能力（２）：人間とそれ以外

例「こんなに多い物は持ち上げることができない」（人間能力）

○エーモチアンゲン

例「この橋は10トン以上の重さを支えることができない」（道具能力）

1.4　能力（３）：総称と個体

例「人間は空を飛ぶことができない」（人間能力総称）

○エートバン

例「ペンギンは空を飛ぶことができない」（動物能力総称）

○エートバン

1.5　内的

例「今日は体調が悪いから仕事に行くことができない」（１人称）

○エーイカン

1.6　外的（状況）

例「明日は用事があるから郵便局に行くことができない」（主体による行動決定可）

○イケン

＊　高知女子大学文化学部文化学科　〒780-8515　高知県高知市永国寺町5-15

例「便せんがなくて手紙を書くことができない
(主体による行動決定不可)

○カケン

例「この着物は小さくなったのでもう着ることができない」

○キサラン

1.7 条件の特定ができにくいもの(こういったものは省く)

例「私は道がわからないから会場まで行くことができない」(心情・能力)

○エーイカン

例「こんな波の高い所ではこわくて泳ぐことができない」(心情・状況)

○エーオヨンガン

例「お金がたまってやっとハワイに行ける」(希望がかなえられて)

○イケル

2. 潜在可能：過去否定(動作の発動なし)

2.1 心情

例「小さい頃は夜のお墓なんてこわくて行くことができなかった」

○エーイカラッタ[2)]

2.2 能力

例「私は昔は100メートル泳ぐことができなかった」

○エーオヨンガラッタ

2.3 内的

例「昨日は体調が悪いから仕事に行くことができなかった」

○エーイカラッタ

2.4 外的(状況)

例「昨日は用事があって郵便局に行くことができ

○エーイカラッタ

3. 潜在可能：現在肯定

例「ぼくは夜のお墓でも一人で行くことができる」(心情・能力)

○イケル

例「私はどんなむずかしい字でも読むことができる」(能力)

○ヨメル

例「私は酒を一升ぐらい飲むことができる」

○ノメル

例「その橋は10トンの重さまでは支えることができる」(道具能力)

○ササエレル

例「今日は体調がいいから何時間でも泳ぐことができる」(内的)

○オヨンゲル

例「今日は時間があるので，ゆっくり新聞を読むことができる」(状況)

○ヨメル

例「電灯が明るいので小さな字でも見ることができる」

○ミエル

例「この着物は小さくなったけれどもまだ着ることができる」

○キサル

4. 実現可能：過去肯定

例「ぼくは小さい頃から夜のお墓でも一人で行くことができた」(心情・能力)

○イケタ

例「昔はこれぐらいの字は読むことができた」(能力)

○ヨメタ

例「昔は道があって，あの山の頂上まで行くことができた」(状況)

○イケタ

5. 実現可能：過去否定(動作の発動あり)

例「昨日あの山に登ったけど，頂上までは行くことができなかった」(能力・状況)

○エーイカラッタ

6. 実現可能：過去肯定

例「昨日は体調が良くて，1キロ泳ぐことができた」

(内的)

○ンデキタ

例「昨日は天気が良くて，頂上まで行くことができた」(状況)

○イケタ

例「力を入れたらやっと机が動かせた」

○インゴカセタ

7. 属性叙述(潜在可能)

例「この魚は毒があって食べられない」(状況の

下位類）

○タベレン

例「このナイフは何でも切ることができる」（→道具能力）

○キレル

例「このジュースは飲める」

○ノメル

例「この部屋は窓が開けられる」

○アケレル

8. 関連形式（その他の可能表現）

例「こんな簡単な仕事なら，おれにだってやれる」

○ｼデキル

例「読んでもいい」

○ヨンデモカマン

例「読むのはだめだ」

○ヨムノワイカン

以上の調査結果から，「1.潜在可能：現在否定」の「1.6外的（状況）」において現れた

「**キサラン**」と「3.潜在可能：現在肯定」において現れた「**キサル**」が使用されていることにより，可能助動詞「**サル**」が高知県においても存在している事実が確認された。両者は，「着る」の連用形「キ」に「サラン」と「サル」が接続したと考えられる。したがって，可能助動詞「サル」の否定形と肯定形がそれぞれ接続したと見てよい。

筆者の調べた限り，高知県方言におけるこの助動詞「サル」の存在は，過去の文献においては確認することができなかった。『高知県方言辞典』においても掲載されていない。ちなみに，『日本方言大辞典』（小学館）の「さる」の項を調べてみると，以下の記述が見られた。

さる〔助動〕

①受け身の意を表す。青森県南部「本が忘れさってゐる」千葉県長柄郡「めっかさった（見つけられた）」静岡県志太郎「おとなしくだかざってる」榛原郡「頼まさる」

②自発の意を表す。青森県津軽「あればどうしても使わさる」静岡県榛原郡「つい見さる（つい見てしまう）」

③可能の意を表す。青森県三戸郡「食べさったら（食べられるなら）食べる」群馬県多野郡「子供の遊ぶのを見ていると面白くてこちゃーされにゃー（おもしろくてたまらない）」山梨県「しさらん（できない）」南巨摩郡「むづかしい本ぢゃあ読めさらんが仮名ん振ってあるなら読めさるら」静岡県志太郡・榛原郡・長野県上伊那郡「こてーされねー」長崎県対馬「もうどうしても待ちこたあされぬ（待ちきれない）」

④ののしる意を表す。徳島県那賀郡「川い行かされて居らんわ（川へ行きやがっていないよ」

上記の報告例から，可能の意を表す「サル」は，東日本においては，青森・群馬・静岡・長野，西日本においては，長崎の対馬を挙げており，四国方言の分布は確認されていない。また，『方言文法全国地図』（ＧＡＪ）（国立国語研究所）の第４巻においても，「サル」の四国の分布は確認されなかった。以下にＧＡＪの記述に関して述べたい。

「着ることができる」の能力可能の意では，キサレルが群馬に２地点，キシャレルが宮城に１地点，状況可能の意，宮古にサル系がまとまって分布している。

181図の「書くことができる」では，カガサルが東北北部にまとまって分布している。

179図の「することができる」では，サレルが点在し，サルルが九州にわずかにあり，サールは対馬に１地点分布している。

さて，「サル」の語源はいったい何であろうか。筆者は，動詞「される」（自動詞下一段）の文語「さる」（自動詞下二段）が助動詞へ転化したものと考える。

『日本国語大辞典第二版第６巻』（小学館）の動詞「される」「さる」の項を調べると，以下の記述が見られる。

さ・れる（自ラ下一）（サ変動詞「する」の未然形「せ」に助動詞「られる（らる）の　　付いた「せられる（せらる）の意に用いた語）

①「する」の尊敬の意を表す。（以下略）

②「する」の受け身の意を表す。（以下略）

③「する」の可能の意を表す。＊洒落本・世説新語茶（1776-77か）笑止「腕をもゐで，香の物にもされやアしねへが」＊滑稽本・八笑人（1820-49）初・１「他（ひと）の仕（し）た通もされめへから，自分自分（てんでん）に」＊人情本・いろは文庫（1836-72）18・36回「訳をつけねへぢゃア了簡されねへ」

さ・る（自ラ下二）→される

また，助動詞「さる」の項を調べると，以下の記述が見られる。

さる（助動）（活用は，「さら・さり・さる・さる・（さる）・され・され（さい）」四段　　・上一段・上二段・下一段・下二段活用の動詞の未然形，カ変活用の動詞の連用形に付く。

①親しみの気持，軽い尊敬の意を表す。・・・なさる。

→しゃる。（以下略）

②軽くののしたり卑しめたりする意を表す。…やがる。

（方言）

①尊敬の意を表す。常陸・青森県・岩手県九戸郡・気仙郡・宮城県「腰をかけさえ」・山形県・福島県・群馬県利根郡・神奈川県三浦郡・新潟県・富山県砺波・石川県鳳至郡・福井県・長野県上水内郡・岐阜県「まんまに来いていわさった」・静岡県・愛知県中部・三重県度会郡・奈良県・鳥取県西伯郡・島根県石見・山口県・愛媛県津島・宇和島市・福岡市・佐賀県・長崎県・北松浦郡（中流以下の語）・熊本県・大分県臼杵市・日田郡（下流の語）「悪しきことをせっさるな」

②ののしる意を表す。

徳島県那賀郡「川へ行かされて居らんわ（川へ行きやがっていないよ）」

③受け身の意を表す。

青森県南部「本が忘れさってゐる」・千葉県長柄郡・静岡県志太郡・榛原郡

④自発の意を表す。

青森県津軽・静岡県榛原郡「つい見さる（つい見てしまう）」

⑤可能の意を表す。

青森県三戸郡「食べさったら（食べられるなら）食べる」・群馬県多野郡・山梨県・南巨摩郡・静岡県志太郡・榛原郡・長野県上伊那郡・長崎県対馬

方言周圏論的観点から，「サル」が古く「サレル」は新しい語形と考えられる。このことから，九州に分布するサルル，対馬に分布するサールは，ラ行下二段活用の連体形が終止形に変化したものの名残りであることが分かる。物部村に見られるサルは，このまま終止形として接続したと考えられる。

今回の調査で，四国の中でも高知県の物部村に可能助動詞「サル」が存在している事実が確認されたことは，「発見」であると言って良いであろう。

3. おわりに

「消滅に瀕した高知県限界集落の言語・民俗」の言語調査によって偶然にも発見した可能助動詞「サル」であったが，この用法の詳細な考察は次稿に譲りたい。可能表現は，尊敬・受け身・自発と関係している。今後の課題としては，これらの表現の意味・用法を総合的に調査することが考えられる。さらには，可能表現を体系的に考察する予定である。これを機に，高知県方言を含めた日本方言史を洗い直してみる必要性を感じた。まさに消滅してしまう前に，貴重な言語文化遺産を記録保存しておくことの意義を再認識した。

（原稿受付　2001 年 8 月 31 日）
（原稿受理　2002 年 1 月 8 日）

注

1) ガ行・ダ行音の前に現れる「ン」は，前鼻音を表す。

2) 高知市方言においては，「エーイカザッタ」となるが，本方言では，「エーイカラッタ」 となる。

参考・引用文献

1) 国立国語研究所編（1999）『方言文法全国地図』4 集　国立国語研究所

2) 渋谷勝己(2000)『可能表現調査試案』九州方言研究会・発表レジュメ

3) 尚学図書編(1989)『日本方言大辞典』上巻　小学館

4) 土居重俊・浜田数義編(1985)『高知県方言辞典』高知市文化振興事業団

5) 橋尾直和(2000)『土佐弁ルネサンス－土佐ことば辞典－』高知県文化環境部文化環境政策課

6) 平山輝男他編(1992)『現代日本語方言大辞典』1 巻　明治書院

［四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　45－54　2002］

＜総　　説＞

四万十川の環境問題

浜　田　幸　作*

Environmental problems on the Shimanto River

Kosaku HAMADA*

* The Kochi prefectural Susaki high school Kure branch school, Kure Nakatosa-cho, Takaoka-gun Kochi 789-1301, Japan

Abstract

In this paper, I consider the environmental problems and possible causes of environmental aggravation of the Shimanto River, referred as "the last clear stream". Particularly, I discuss about the environmental problems such as the worsening of water quality, the destruction of natural environment, the wasting of river, the decreasing of river water as a result of deforestation, the effect of dam, and the decrease of catch of fish.

Key words: the last clear stream, the environmental aggravation, the effects of the dam

1　はじめに

1950年代後半以降の高度経済成長により，私たちの生活水準は著しく向上し，物質面では大抵のものが手に入るようになり，豊かな暮らしができるようになった。だがその反面，公害の発生や自然破壊などによって私たちが失ったものは大きい。なかでも河川環境の悪化は，極めて深刻な問題である。そこで私たちは，良好な河川環境を整えることに努める必要がある。その理由は，以下のとおりである。

一つは，河川は私たちの健康を維持し，生活を支える飲み水を供給しているということである。そのため，私たちは水の重要性を絶えず意識に留め，きれいな飲み水を供給する河川の保全に目を向ける必要がある。

二つは，私たちが生活に利用している河川の表流水や地下水に，近年，極めて深刻な汚染が広がってきているという問題がある。工場排水，家庭雑排水，し尿などには窒素，リンなどの富栄養化を引き起こす物質が含まれており，それらは下水処理上1～3割の除去しかできないまま川から海へ流れだす。そのため，海では自然の自浄能力をはるかに超え，赤潮の発生などが見られている。

また，自然界に存在しない有害物質である農薬や放射能あるいは有機塩素化合物(ダイオキシン，ＰＣＢ，ＢＨＣ，ＤＤＴなど)が，海に流れ込み食物連鎖などさまざまな経路を経て，人間の体にたどりついている。

三つには，河川の水は有限であるということである。

私たちの生活は，快適さを求めて水を大量に使用するようになり，必要な水を無限に利用できるという認識にたって，水の開発が積極的に行われてきた。

水資源が有限である以上，これまでのような水資源の開発利用を進めることは難しくなってきており，一部の国々では，さらなる水資源の開発利用は限界にきているとの認識と理解が生まれてきている[1]。

四つには，自然環境の破壊による生態系への影響と山林の機能低下による水不足がある。

河川を取り巻く自然環境には，食物連鎖やエネルギーの流れ，物質循環，自己制御作用等の生態系機能があるが，環境破壊によって生態系に大きな影響が出ている[2]。

河川の堤防はコンクリート護岸になり，コンクリート三面張りの水路化現象や道路拡張工事による河川の直線化も至る所に現われた。

また，大規模な山林開発による自然破壊も進み，雑木林も減少した。そうした影響で山の保水力が落ち，さらには人工林も後継者不足で荒れはてて減少した。その結果，洪水の危険にさらされているところが少なくない。

五つには，河川の開発は環境保全との調和のもとに，必要最小限にとどめることが大事である。

便利で生活が豊かになった都市の河川は荒廃し，その豊かになった生活と引替えに自然は失われてきた。一方，地方の河川には，豊かな自然が残り，清流のめぐみが与えられている。これまでは，開発か保全かという二者択一的な相対立する価値観の中で，開発が優先されたところに自然が失われてきた。開発に環境を保全するという視点が欠けていたことが問題であった。

以上のように，河川環境を取り巻く問題は大きい。そこで，本論文では河川環境の保全に向けて官民挙げての取り組みが展開されている四万十川を事例として，その自然と環境問題について考察する。四万十川は，日本の最後の清流と称されているように河川環境のモデルとして取り上げるにふさわしい川であると考えるからである(Fig. 1)。

2　清流四万十川の自然

(1) 日本最後の清流

*　須崎高校久礼分校　〒789-1301　高知県高岡郡中土佐町久礼岡の前52-2　TEL 0889-52-2880

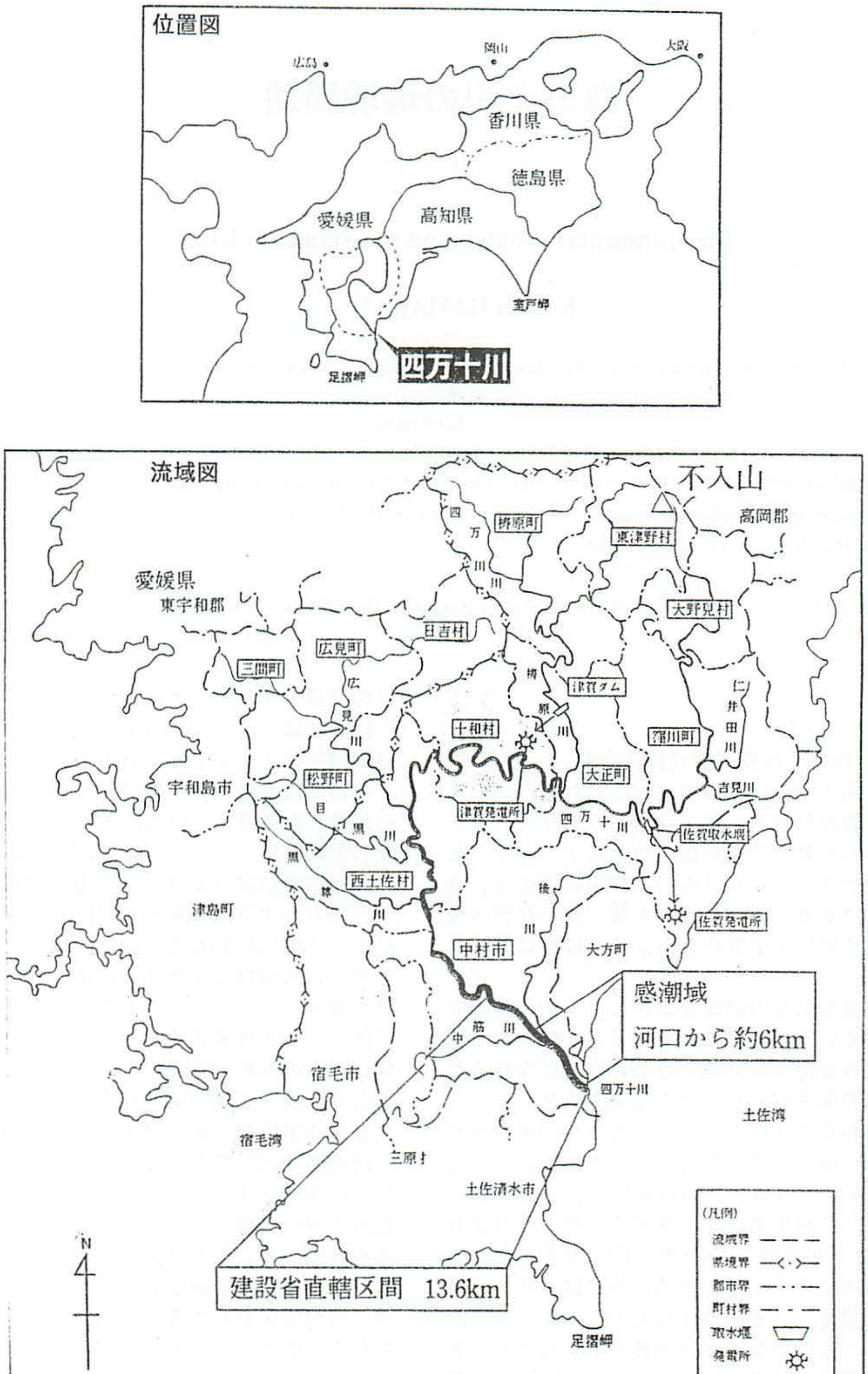


Fig .1　四万十川の位置図，流域図
(高知県『清流四万十川総合ﾌﾟﾗﾝ 21』p.13)

あるアンケート調査結果によると,「日本人の好きな世界の川」の中で，四万十川は9位に位置付けられ，国内ではトップである[3]。

四万十川は，四国山地の西部，高岡郡東津野村の不入山(1,336m)の標高1,200m付近が源流点である。幹川流路の総延長は196km余りで，長さはわが国で12番目，四国では第一位である。四万十川の支流は，大小あわせて70の第一次支川と200以上の第二次支川などがある[4]。

四万十川と支流を合わせた流域面積は，約2,270km^2。

東津野村の源流から大野見村，窪川町へと流れを集め南へ下る。そこから西へ向い，大正町で最大の支流の檮原川と合流し十和村，西土佐村に入る。ここで第二の支流

の広見川と合流して南下し，中村市を通り太平洋に注ぎ込む[5]。源流から下流まで蛇行を繰返しながらも，ゆったりとした流れを保ち，その間に浄化を行っている。この姿は急流の多い日本の河川の中では趣を異にする。

ところで，清流とはどういう川を指すのであろうか[6]。広辞苑によれば，「川などの清い流れ」とあるが，人は感覚的に清流のイメージを抱いていよう。それは，美しく清き流れ，懐かしい自然の匂い，川に入り，口や体が水に触れて心地良さを感じるなど，誰もが五感で実感する川を清流と呼ぶのであろう。具体的には，透明度が高く，川底まで見えるとか，水中での透視度が良いとか，泥が溜っていないとか，周囲の自然が調和しているなどといったことを人は判断の基準にしているのかもしれない。

従って，清流の指標としてＢＯＤ(生物化学的酸素要求量)だけで判定することは避けなければならないが，国土交通省四国地方整備局が 2000 年に四国の１級河川とその主な支流 50 地点で行った水質調査結果によると，水質汚濁の代表的指標であるＢＯＤの比較では，低い順に 1 位は徳島県の穴吹川（吉野川水系）の 0.5mg/l，２位は高知県の後川（四万十川水系）と仁淀川の 0.6mg/l で，四万十川は８位の 0.9mg/l であった[7]。ＢＯＤは有機物汚染の指標となる数値で，国土交通省では 2.0 以下をおおむね清浄な水質としている。

現在のわが国の川は，山の中を流れる上流部だけが清流であることが多い。しかし，四万十川は，海に注ぐまで目立った汚れも見せず，清流をたたえ，四季折々の豊かな風物とともにアユやウナギ，ゴリなどの川魚や岸辺に憩うトンボや野鳥たち，多種の草花などかけがえのない大小の生命を育みながら源流から河口までゆったりと流れ続けている。

四万十川が清流といわれる理由は，①清流であった日本全国の川が開発の波によって荒廃し，清流をたたえる大河がなくなったこと，②四万十川流域には工場地帯も大都市もないこと，③流域が過疎地で人口が少ないこと，④本流では，落差が少ないためダムがないこと，⑤大きな蛇行が繰り返されることによって，その間に浄化が行われてきたこと，⑥流域の 88%が森林であるため，山から常に清流が補給されてきたこと，⑦流域の人々は，川の自然と川の恵みと川を基礎にした人間の文化を作り出しながら，四万十川とかかわって生活を送ってきたこと，などである[8]。

（２）美しい自然景観

四万十川の自然景観は，流域ごとにそれぞれ趣がある。上流域は，岩間から清水が涌き出て，山間を縫うように渓流が流れる。中流域になるとそうした幾つもの渓流や支流が流れ込み，川は幾重にも曲がりくねりながら，ゆったりとした流れになる。下流域においては，悠然とした大河の流れへと変わり，土佐湾へ流れ込む。

この流域には自然や歴史が調和した「里山の原風景」が残されている。また，森林や河畔林，田園などの自然と沈下橋や鉄道などの人工構造物もうまく調和して，その美しさを引き立てている。四万十川の橋は，洪水になると橋が水の下に沈んでしまう沈下橋で，こうした橋は流域に 49 か所[9] が残っている。

周囲の自然の風景に溶け合っている沈下橋の上から，夏には子どもたちが飛込みをして水遊びを楽しむ姿が見られる。日本の多くの川で水泳をする姿が見られなくなったのとは対照的である。

また，四万十川では豊かな自然を背景に，キャンプ，カヌー遊び，川下りなど，四季を通じて，体験型レジャーもあり，川遊びのメッカともなっている。

四万十川流域の植物は，多雨地帯で自然が比較的多く残されていることから，多種多様な種が分布している。特にキシツツジ，トサシモツケなどが代表である。小動物ではムカシトンボをはじめ，カジカガエルやカニなどが生息しており，中村市には全国でも珍しいトンボ自然公園がある[10]。流域の鳥類は，ヤイロチョウをはじめ 210 種類ほどが確認されている。

（３）豊富な川の幸と川漁師

四万十川は清流であるゆえに，魚種も豊富である。四万十川の天然繁殖魚は 94 種(1989 年度調査)。藻類収穫量は約 50 トン(1993 年度)でいずれも全国第１位である。また，アユ漁獲高は約 770 トン(1992 年度)で，河川延長 1 km あたりの漁獲量は全国第１位である[11]。魚の種類の多さは，それだけ川の環境が優れているからであり，豊かさを示すバロメーターともなっている。

四万十川は日本でただ一つ，川の豊かな自然生産によって，川漁師が生きていける川であり，日本では珍しい専業の川魚師がいる。四万十川の川漁師は，365 日漁に出る専業漁師が 30 世帯，そのほとんどは汽水域である河口周辺に住んでいる。１年中魚やノリが採捕できるからである。天然アオノリの採れる冬場には 300～400 世帯にふくれ上がり，夏場だけアユを捕る 1000 人くらいの人も含めて半農半漁の人も多い。河口では幻の魚といわれる巨大なアカメも釣れる。寒風が吹くころには，アオノリ採りの盛期を迎えるが，このアオノリの天日乾燥は四万十川の冬の風物詩になっている[12]。

この川を代表するアユは，その優美な姿，独特の香り，味と三拍子そろった魚で，“川魚の女王”と呼ばれる。その漁獲量は，四万十川では本流 1 km あたり 5.5 トンにも達し，日本の主要河川の約１トンに対し，飛び抜けている。そこで，この大量のアユを狙って，さまざまな漁法，例えば，全域で行われる釣りと友掛け漁，川幅の狭い山間部で主として行われる金突き漁，中流域主体に行われるしゃくりや船から箱眼鏡で見てしゃくるびんびん漁，下流域主体の投げ網，瀬張り網，ころがし(しゃびき)漁などが見られる。昔は地引き網もあって，一網にアユが 100kg も入ったこともあるという。しかし，四万十川のアユ漁の見所は，中流域から下流域にかけて行われる火振り漁である。船上で松明の火を振りかざし，水面を叩いて驚いたアユを幾重にも張ったタテ網に追い込む漁法である。一晩に一つの淵で，400kg も漁獲されることがあるというが，高い透明度を要するこうした火振り漁やしゃくり，びんびん漁は最近衰退してきている[13]。四万十川に濁りが増してきているからであるとも言われているが，複雑な要因が相互にからんでいるため，県では水産資源にかかる総合調査が行われている。

アユばかりでなくウナギ漁について言えば，葉のついたシイの枝を 1 m ぐらいに切って，一かかえほどに束ねたものを川底に沈めて，翌日引き揚げるとウナギが入っていて，これを独特の大型のタモ網で水スレスレですくい取るという，「しばづけ」という珍しい漁法もある。こ

のようにアユやウナギ，川エビなどが伝統漁法で捕まえられており，流域住民の昔ながらの生活と川との結び付きの深さを知ることができる。

3　四万十川の環境問題

(1) 四万十川の環境悪化

近年四万十川では，住民や地方自治体等が清流保全のために努力しているが，それにもかかわらず日本最後の清流の名が危機に瀕している。

先に，四万十川が清流といわれる理由を挙げたが (2の(1)後段)，現在，四万十川ではこれらの条件維持ができなくなってきており，河川環境が悪化している。例えば，①については，四万十川流域に各種の社会基盤整備が行われ，開発が進んできていること，②についても工場地帯や大都市はないが，生活水準の向上にともなう生活排水や畜産排水，産業活動による排水の問題が深刻になっている。④については，本流にはダム(河川法で規定する堰堤高 15m以上)はないが，高さ 8mの佐賀取水堰があり，水量の豊富な支流の梼原川には初瀬ダムや津賀ダムが存在し，水量の減少，汚濁の原因になっている。⑤については，日本の多くの河川が直線的な急流であるのに対して，四万十川は上流の一部を除いて蛇行を繰り返しながら，非常にゆったりとした流れが続いている。四万十川の平均河床勾配は，仁淀川の 1.4%に対して 0.6%であり，特に，梼原川合流点から河口までの 106km は，0.12%となっている(Fig. 2)。この緩やかな流れの中で浄化が行われているのであるが，水量の少ない堰堤下流や渇水期などにおいては，かえって，生活排水や濁りなどの汚濁に対して大変弱い体質となっている[14]。⑥については，流域人口の減少と高齢化の進行で，人工林の適正な管理が十分できなくなってきており，保水力の減少と土砂の流入が見られるようになり，河川への負荷が高まっていること，⑦については，最近の農村の生活様式も都市と余り変わらなくなってきており，生活の向上や物質的豊かさが定着してくるにつれ，川の水が汚れてきた。川が汚れるとゴミを川に捨てる者さえ現われるようになった。自然の浄化作用が行われていた川も直線化され，コンクリート三面張りの水路になって，環境や生態系が

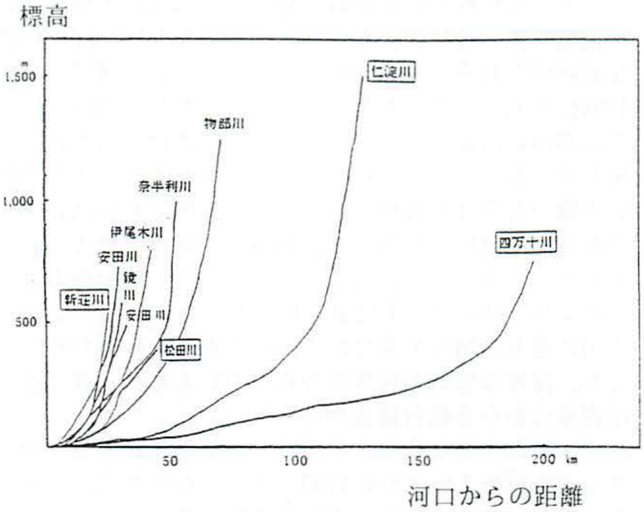


Fig. 2　高知県の平均河床勾配比較
(高知県『清流四万十川総合ﾌﾟﾗﾝ 21』p.15)

無視されたり，そうした弊害にも気付かず，便利さばかりを求める者が出てきたりして，これまでのような川に対する愛着や感謝の念が薄れつつあることなどが挙げられる。

以下，四万十川の環境悪化の状況について，具体的に見てみよう。

(2) 水質の悪化

近年，四万十川は水質悪化が進んでいる。それには次のような原因が考えられる。流域の生活水準が向上し，生活排水の量が増え，その質が悪化したこと，農業活動による農薬(殺虫剤，殺菌剤，除草剤)などの流出による河川の汚濁，水田の転作による畑作化で土が川に流入していること，かつては肥料として土に還元されていた牛，豚などの糞やし尿の排水による汚濁，山の荒廃による泥水の流入，山や田に保水力がなくなり，川の水量が減少したこと，バラス(砂利)採りや道路・橋梁工事，各種の基盤整備による土砂の濁り，工場排水と洗剤の普及等がある。さらに，全国の河川湖沼にも見られるが，環境保全の配慮に欠けたコンクリート擁壁による開発もある。

20～30 年前までは，四万十川の水を直接飲料水として，利用していた家もあり，川底も 10m先まで透き通って見えていたといわれるが，堀内・藤村両氏の清流度調査 (2000 年 7 月) によれば，四万十川の清流度〔水深 0.3～1.0mの平瀬で，直径 20cm，30cm の白 (黒) 色板が水平方向に見て見えなくなる距離〕は，上流で 5m以下，下流では 2m程度以下となっている(Fig. 3)[15]。

川の汚れが目立ちはじめたのは，ここ 24～25 年位前といわれる。それまで，大量に採れていたヤマトテナガエビなど清流を好む水中生物やカジカ，カマキリなどの清流性魚類が少なくなり，反面耐汚濁性魚類が増加した。また，貴重な特産物であるアオノリも大幅に減少している。さらに，小動物，昆虫などの生息域も狭まってきている。かつてこの川の水を飲料水として使っていた頃のような水質は望むべくもない。水質が悪化した結果，水中の生態系も蝕まれつつあり，魚の種類や量に変化が生じている。

四万十川の第一次支川のうち，汚染が懸念されているいくつかの河川を高知県や国土交通省による定点(Fig. 4

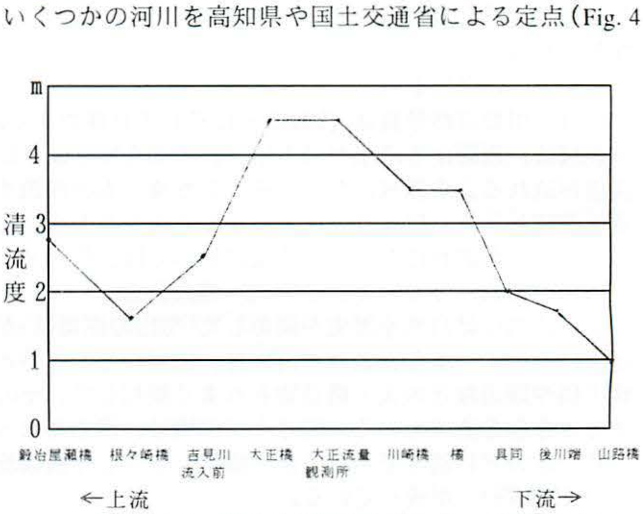


Fig. 3　四万十川の清流度(清流度計・黒　2000.7.11)
堀内・藤村氏の清流度調査から図表化

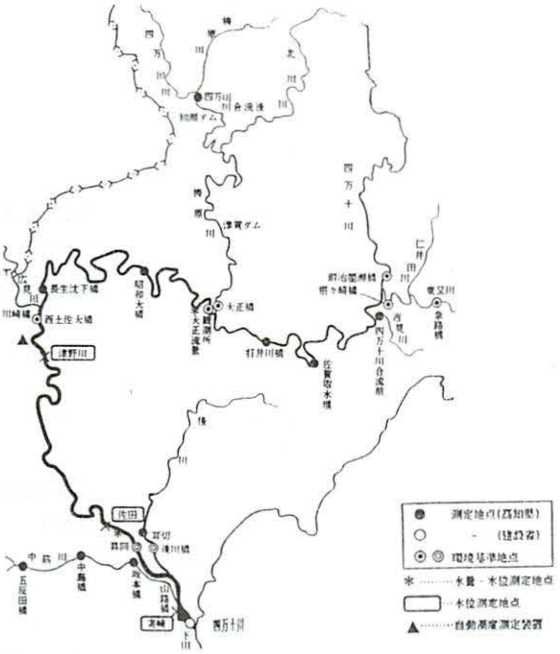


Fig. 4　四万十川水域の測定地点
（高知県『平成12年版環境白書』p.119）

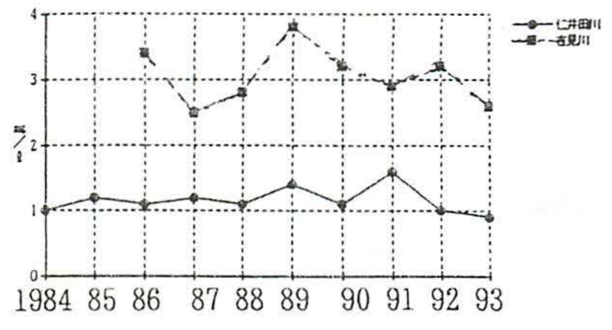


Fig. 5　仁井田川・吉見川の水質(BOD 平均値)
（高知県『清流四万十川総合ﾌﾟﾗﾝ21』p.41）

）での水質調査から見てみよう。

① 仁井田川と東又川

仁井田川は，上流部で畜産の盛んな東又地区を有する東又川が流入している。1994年度のＢＯＤ(mg/l)年平均値(根々崎橋)は，1.1，最小～最大は0.5～1.7となっている[16]。これが，1999年度にはＢＯＤ年平均値は，1.3，最小～最大は0.7～2.6となっている[17]。仁井田川の生活環境の保全に関する環境基準の類型は，ＢＯＤ平均値が2以下のA（類型については，表1参照）に指定されているので，いずれの年度も基準は満たしているが，94年と比較すると汚濁が進んでいる。

一方，東又川(奈路橋)は，99〔94〕年度のＢＯＤ年平均値は1.2〔3.0〕で，最小～最大は0.5～2.7〔1.0～8.0〕である。この川はB類型であるから，ＢＯＤ平均値の3以下の基準はクリアーしている[18]。しかし，94年の最大値の数値などは異常であり，この川は四万十川水系の汚濁要因の一つに挙げられている。99年度の数値で見る限り，汚濁の進行があるようには見られないが，東又川には川底へのヘドロ堆積や川岸にゴミなどが多く見られ，その根本対策が望まれるところである。

四万十川の汚濁源について，1998〔1991〕年度の発生源別汚濁負荷量を見れば，24.1〔33.8〕％が畜産系，32.7〔27.6〕％が生活系となっている。畜産系は東又地区，生活系は窪川町市街地，仁井田・東又地区から主に発生している[19]。

② 吉見川

吉見川は，窪川町の市街地の生活排水のほとんどが流入し，その水質はＢＯＤ3前後であり，第一次支川では最も水質が悪い（図5）。都市河川同様両岸が直立のコンクリート擁壁である[20]。

2000年5月～2001年2月の底生動物相からみた水質調査では，β－ｍｓ（β－中腐水性水域）で汚濁指数2.00～2.33を示しており，少し汚れた水とされている[21]。

③ 梼原川

梼原川は四万十川最大の支流で，総延長は68km，流域面積は461km²ある。四万十川の本流にダムはないと前述したが，支流であるこの川にはダムがある。

梼原川は，1999年度のＢＯＤ年平均値は1.0（津賀ダム放流口）であり，最小～最大は0.9～1.1である[22]。類型はAに指定されているので，ＢＯＤ平均値の2以下となっているから基準は満たしていることになる。しかし，梼原川からの濁りの長期化が流域で指摘されている[23]。

④ 広見川

広見川の大部分が愛媛県側を流れる川で，総延長56km，高知県の流域面積は7 km²となっている。この川の流域はかつて農地造成等による濁水が問題となっていたが，流域の4町村（三間町，広見町，松野町，日吉村）などで構成する「広見川等をきれいにする会」が浄化対策に努め，水質は改善されてきている。しかし，現在でも西土佐村の四万十川合流点の下流付近では，大雨時に広見川からの濁流があって，この濁りが四万十川に及ぼす影響は大きい。広見川の四万十川合流点の手前（川崎橋）での水質（BOD平均値）は，1989年には1.5とやや高くなっているが，1993年ごろには1程度になっている。透明度は1995年度調査で2m程度である[24]。

（3）河川の類型別環境基準

高知県の河川の類型別環境基準達成状況を見ると下表のようになっている（表1）。

区分	類　型（基準値）	水域数	1999年度			1998
			達成	未達成	達成率(％)	達成率(％)
河川(BOD)	A　A (1mg/l以下)	11	9	2	81.8	80.0
	A (2mg/l以下)	24	22	2	91.7	88.0
	B (3mg/l以下)	11	8	3	72.7	81.8
	C (5mg/l以下)	3	1	2	33.3	33.3
	小　計	49	40	9	81.6	81.6

Table 1　高知県の河川の類型別環境基準達成状況
（高知県『平成11年度公共用水域及び地下水の水質測定結果』p.3）

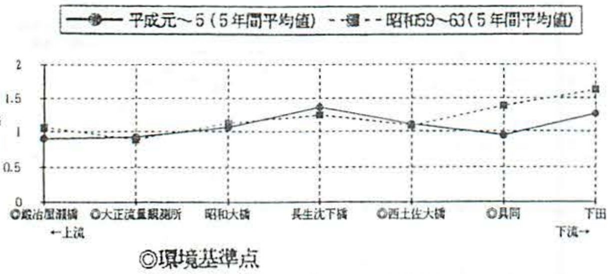


Fig. 6　四万十川の水質(BOD75%値)
（高知県『清流四万十川総合ﾌﾟﾗﾝ 21』p.32）

四万十川水域においては，四万十川はＡＡ類型，仁井田川，梼原川，後川はＡ類型，東又川，中筋川は，Ｂ類型となっており，これらはいずれの水質も該当類型の基準値を達成している。

四万十川の環境基準類型は，1999 年までＡ指定であったが，日本最後の清流といわれる四万十川がいつまでもＡ類型ではおかしいという指摘等[25]もあり，1999 年 4 月，四万十川はＡＡ類型へ基準が引き上げられることになった。

因みに，四万十川の経年調査による水質は Fig. 6 のとおりであり，環境基準類型がＡＡになったことで，その達成

に困難をきたす状況ではなかった。

（4）自然景観の破壊と川の荒廃

河川環境問題に熱い視線を向けている東京弁護士会の後藤徳司弁護士は，「日本の河川は無残である。ここ十年間で河川の殆どはあきる程のコンクリート岸壁と堰堤だらけである。多くの河川の自然は死んだと同様に失われ，場所によっては，深みもなく，瀬もなく，木立や草竹の川岸もない，全く新陳代謝の出来ないただドロンとしたドブ川同様のものとなってしまった。」と言われる[26]。

四万十川流域にも道路を拡幅した結果，川岸をびっしりとコンクリート護岸で覆われた箇所が見られる。絶壁のように続くコンクリート護岸が景観の悪化を決定的なものにしている。水際の湿地帯は，もっとも多様な生態系が存在するところである。ところが，河川改修工事によって，水から直ぐ陸にしてしまったため，水棲生物などに影響が出ている。

河川改修が行われるまでの四万十川の河原は，車の乗り入れができなかった。川岸は足がズブズブと入っていく状態であったからである。そこは川の自然の浄化装置ともなっており，魚の隠れ家や産卵場でもあった。そこを護岸工事として，真っ直ぐにしてコンクリートで固めたから，ゴリやアユやエビなどに影響を与えたのである。川にとって一番大切な浄化装置を埋めたてることが問題なのである[27]。

現に，四万十川は清流にすむ魚が減り，汚濁に強い魚が増えている。淵があり瀬があって，蛇行して長い距離を流れるからこそ，川にはその間に水中，水際，川岸の生物群集の働きによる相互作用で水を浄化しているのである。コンクリート護岸は，湿地帯をなくし，河畔林をなくし，川底を平坦にし，植物も動物も駆逐する。小川は水利用だけに重点をおいたコンクリートの三面張りと変わり，生態系は完全に無視されている[28]。

（5）森林の荒廃と水量の減少

四万十川流域を見るとその 88%が森で覆われている。この森は，自然のダムの働きをしているのである。森に雨が降ると，木の根元の土を覆う下草や広葉樹の落葉が最初に雨水を受け止め，土の中へとしみこませていく。しみこんだ水は森の大木が張り巡らした根の空間に蓄えられる。やがてその水は，涌き水となり川へ向かって流れていく。こうした森の営みが四万十川の生命の源である。

第一次支川の黒尊川と目黒川(Fig. 1)は，その源流域に原生林や天然林が分布し，豊富な水と透明度の高い清流が維持されている。透明度は 1995 年度調査で 8m程度あり，かつての四万十川の透明度が今も健在である。黒尊川は全長 31km，流域面積 75km² で，その源流部の国有林には，下流域最大の天然林(300ha)があり，暖帯林(シイ，カシ林)から，上部の推移帯(モミ，ツガ林)を経て，温帯林(ブナ林)へと垂直分布が見られる。目黒川は全長 28km，高知県内の流域面積は 43km² で，源流域には滑床渓谷があり，広葉樹や落葉樹の天然林が分布している[29]。

このように，四万十川流域の森はかつてはクヌギやナラ等保水力のある広葉樹がほとんどであった。しかし，今は人工的に作られた針葉樹の森が広がり，森の保水力は著しく減少してきている(Fig. 7)。

1950 年代後半からの高度成長期，住宅の建設ブームが起き，建築資材の杉や檜の需要が増大した。そこで四万十川流域の森は，国や県の補助金によって，針葉樹の植林が 10 年にわたって続いた。クヌギやナラなどの広葉樹が大量に伐採され，1950 代には僅か 2 割にしか過ぎなかった人工林は現在 7 割になっている。

しかし，1964 年から始まった木材の輸入自由化によってマレーシアやインドネシアから安い木材が輸入されるようになると国産の木材価格は下落した。そのため間伐など人工林の世話をする人たちが山を離れていき，人工的に作られた四万十川の森の多くが荒れていったのである。間伐が遅れると太陽が遮断され，地面に草が生えない。そこで，大雨が降る度に地面の土が下流へと押し流され，段々木の根が浮いてくる。そこに台風がくれば木が倒れて山が崩壊する。四万十川流域にはこうした手入れが不十分な森が広がっている。

森から流れ出た土が最終的には四万十川に流れ込んで川に負荷をかけ，それが川の状態を悪くしているのである。四万十川流域には禿げ山も目立つ。森が荒れた結果，

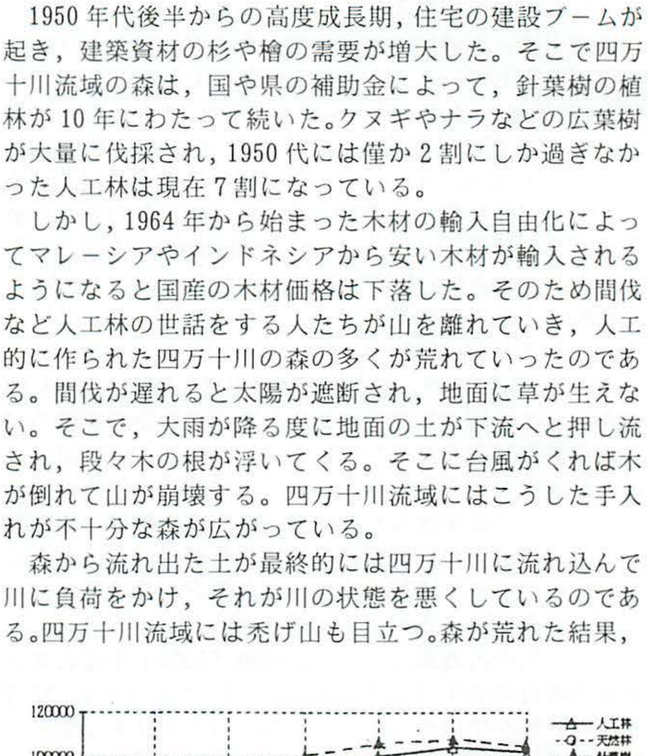


Fig. 7　流域における森林面積の推移
（高知県『清流四万十川総合ﾌﾟﾗﾝ 21』p.55）

山の保水力が低下し，水量を減少させている。針葉樹の人工林は保水力の低下を招いただけではなく，上流域のアマゴなども滅ぼしたといわれている。

また，荒れた針葉樹の人口林は鳥や動物などを駆逐する。森の荒廃が生態系に及ぼす影響はすこぶる大きいのである。この四万十川流域の88%を占める森林の保護が河川環境の保全には，特に重要な課題となっている。

（6）ダムと堰堤

ダムは，河川構築物としては最大のものであり，建設によって上流部は水没し，下流部は水量や流砂量が減少するなど，河川の様相を一変させる。これによる河川に及ぼす影響は甚大である。

四万十川が清流である理由の一つに，本流にダムがないことを前述した。ダムがないから自然が残されており，生態系の変化も余り見られない。だから，清流でいられる。どんなにきれいな川でも，流れがなくなれば淀み，汚濁が進行し，清流ではいられなくなる。ダムは川の水を堰き止めるのであるから，どうしても汚れる。ダムや堰があると魚が遡上できない。そうした結果，川の生態系が壊れ，清流を好む魚がいなくなるのである。

四万十川の本流にはダムはないとはいえ，その最大の支流である梼原川には二つのダムと二つの堰堤がある。その最大のものは津賀ダムである。中流域の人たちは半世紀にわたってこのダムと向き合い，これの撤去を求めてきた。

津賀ダムは堤高45.5m，幅員145mの発電専用ダムで，その最大取水量は22.0？/s，貯留量は1,400万？である[30]。

1940年から建設が進められ，1944年に完成した。ダム建設の目的は，愛媛県にあった軍需工場への電力の供給にあったが，戦後は流域の住民への電力供給のために使われている。

梼原川はかつて四万十川の本流からアユが上る漁場であったが，このダムによって流れが堰き止められ，津賀ダムから本流までの20kmは，水量の少ない淀んだ川となっている。

電力会社は県と45年に及ぶ契約を結び，ダムを使用していたが，1989年に水利権の更新時期を迎え，流域町村・住民はダム撤去運動を展開した。十和村議会も決議書の中でダムの速やかな撤去を求めた。しかし，地域住民への電力供給のために稼働しているダムを撤去するのは不可能であるというのが電力会社の回答であり，議論の末，1989年，電力会社はダムを撤去しない代わりに，河川を維持するための放流を約束した。その結果，河川維持流量として常時1.15m^3/s(4～9月は0.76m^3/sを上乗せ)をダム直下に放流することなどを条件に，水利権は2019年まで延長された。このダムの最大の弊害は，ダムに溜められて澱んだ水が富栄養化・ヘドロ化し，下流を汚していることである。前述したように，水が濁って川漁師のアユのシャクリ漁ができなくなっている。このダムによる濁りは，下流域にとって深刻な問題となっている[31]。

十和村にある発電所の放水口からダムの底に溜った土砂が一緒に流れだしていることによって，川の水が汚濁する。河川への放水量は毎秒2トンにすぎず，本来の川の流れには遠く及ばないから，濁りが浄化されることもなく，泥は淵とか岩の上に段々溜っていっている。そのため，漁場に近い発電所周辺の石は白い土砂に覆われて，アユに影響を与えている。十和村の漁師たちの漁場の一つが発電所のすぐ側にあるため，アユを生活の糧にしてきた漁師の悩みが続いているのである。

漁師にとって，四万十川の透視度は透明度以上に重要だと言う。透明度は，直径30cmの白い円セッキ円盤を水中に紐でつるして，何メートル先が見えるかを調べるものに対して，透視度は水中で水中眼鏡を通して，魚種の確認が何メートル先までできるかというものだと四万十川漁業協同組合連合会長・四万十川東部漁業組合長の土居武夫氏は説明する。この透視度が，発電所から流れ込む水によって，徐々に悪くなり，最近では急速に悪化し，せめの漁法(しゃくり，びんびん漁など)ができなくなって，漁での生計がたたなくなったと言う。また，ヘドロの堆積と微粒子はアユの成長や抱卵力に大きく影響していると指摘する。特に，アユは川底の石についている苔を餌にするので，全国に知られる四万十川のアユの一番大切な香りが保てるのかという不安が漁師たちには強い。

そこで，香り高い四万十のアユを守るため，火ぶり漁法にスタイルを変えて漁を続ける。アユは陽が沈み，深夜になると体に溜った汚れをすべて排泄するからである。アユの生態を考え，品質を守るために，昔ながらの火ぶり漁に力が入れられているが，この漁は夕方から仮眠をとり，午前3時に漁にでて朝日が上るまで続けるので，体力の消耗にもつながることになる。

ダムの撤去に先頭に立って闘った，アユを生活の糧とする漁師たちの生活権と河川環境権，それに対する電源開発の社会的利益，こうしたいずれも重要な内容をもつものが相対立した場合，両者の調和を図ることは難しい問題である。

もうひとつの問題は，本流上流の窪川町にある家地川堰堤(佐賀取水堰)である。これは戦前に造られた堤高8mの発電用取水堰堤である。これは，河川法で規定するダム(堰堤高15m以上)には該当しないが，小規模のダムといえなくもない。この堰堤の弊害は，この堰堤のところまで流れてきた水をほとんど取水(最大取水量12.52？/s)して他の水系へ落し，そこで発電機を回して発電することである。四万十川の水は，この堰堤のところで冬季にはほとんど消滅し，もう二度と四万十川へ還ってくることはない。四万十川全体の水量が目に見えて減っている現在，問題がなくはないのである。この水利権の更新時期であった2001年4月には，これにどう対応するか，県の対応の仕方が注目された。

特に，発電専用の発電所での電力(経済)と四万十川の貴重な自然価値(環境)との調和をどう図るかが最大の関心ごとであった。これに関して，堰堤撤去を主張する流域住民や関係町村と堰堤の存続を主張する企業との考えには隔たりがあり，溝を容易に埋めることは難解なことであった。こうした事態を解決するため，県には両者の調和を図り，最善の方策を講じることが求められた。

そこで，高知県は，1997年度から2000年度にかけて行われた環境・水量調査や検討協議会の意見等を踏まえ，四国電力と4か条にわたる確認書を交わし，この問題の

決着を図った。

その主な内容は，一つは河川維持流量の増加，二つは新しいエネルギーや水資源についての取り組みとその検証，三つはこれまでの30年間の更新期間を10年間に短縮し，10年後に見直しをするというものである。

第1条1項の放流量では，下記4点が取り決められた。

① 10月1日～翌年の2月末の間は1.13？/s

② 3月1日～6月15日及び9月16日～9月30日の間は1.89？/s

③ 6月16日～6月30日の間及び9月1日～9月15日の間は，②と④の期間とにおける放流量の変化を緩和するとともに，高水温化の可能性を考慮し，2.65？/s

④ 7月1日～8月31日の間は，高水温化さらには四万十川の特性を考慮し3.40？/s

同条2項では，前項③及び④にかかわらず，地域の電力安定供給の観点から，6月16日～9月15日の間は，流入量が前項で定めた放流量に1.5？/sを加えた値を下回る場合は，流入量から1.5？/sを差し引いた値を放流量とする。ただし，その放流量は，1.89？/sを下回らないものとすると定めた。

今後，10年の間には新エネルギーの開発や代替エネルギーも考えられよう。また，社会情勢の大きな変化の中で，水資源の活用等においても，状況の変化が生じることも考えられる。県はそうした諸般の事情を考慮して，以上のような形で，調整を図ったのである。

（7）漁獲量の減少

漁業にも影響が出ている。アユの漁獲量は1981年をピークに減少している。それも稚魚の放流を増やしているにもかかわらず，漁獲量の減少は食い止められていない（図8）。

また，四万十川ではここ数年アユの大量死が続いている。1995年は下流域で産卵前の時期に沢山のアユが白く変色して死んでいた。原因は不明である。

アユ以外の漁業も低迷している。四万十川ではウナギ，アオノリなどの漁が盛んであるがこれらすべての漁獲量が減少している。特に，かつて全国の収穫量の半分以上を占めていたアオノリなどの収穫量は，ピーク時の10分の1に激減している（図9）。

アユなど川の幸の収穫が減って，この川に多くいた専業川漁師も今では随分少なくなっている。

『川の健康診断』などを著わしている淡水生物研究所長の森下郁子氏は，「石がみんな埋まっている。昔の四万十川は石ころが流れていた。それがずっと土砂で埋まって石が動かなくなった。以前の四万十川でなくなった」と指摘している。

四万十川の環境変化を30年近くにわたって調査している，高知大学名誉教授で日本魚類学会評議員の岡村収氏は，土砂による濁りが四万十川の環境を悪化させていると言う。岡村名誉教授の四万十川の透視度調査によると25年前に10m先が見えた場所でも，今は2.3～5mに落ちこんでおり，魚の生息調査では，25年前と比べるとアユやヨシノボリなど清流に棲む魚が減り，ウグイやギンブナなど汚濁に強い魚が増えている。「最後の清流四万十川というよりは，清流も最後を迎えているのが四万十川である」と岡村名誉教授は言う[32]。

同名誉教授の「四万十川現況調査」（1992年7月）による

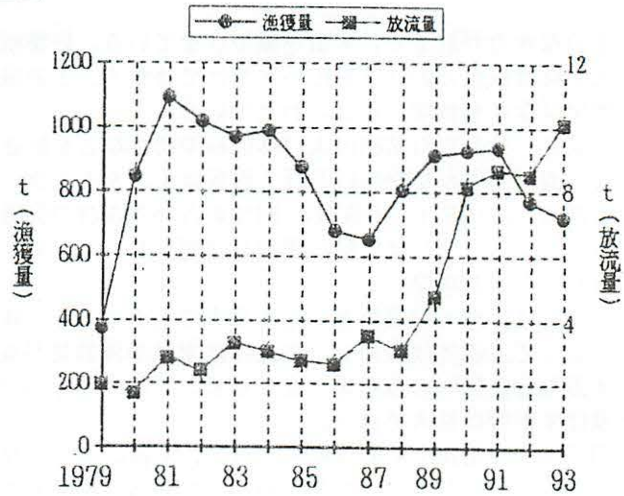


Fig. 8　アユの放流と漁獲量
（高知県『清流四万十川総合ﾌﾟﾗﾝ21』p.57）

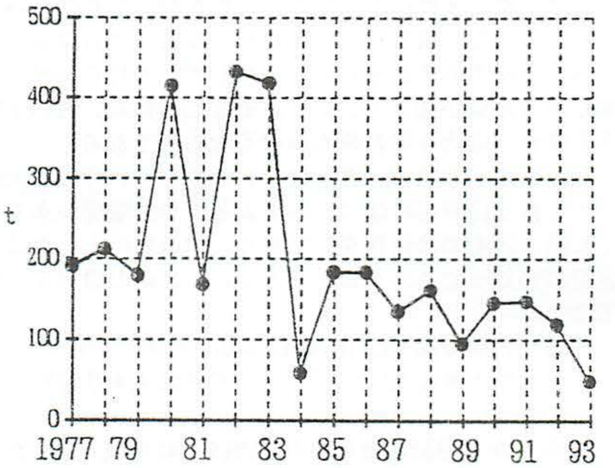


Fig. 9　藻類収穫量の推移
（高知県『清流四万十川総合ﾌﾟﾗﾝ21』p.57）

と，四万十川本流に14箇所，梼原川に3箇所，北川川に3箇所の20箇所を定点として，環境要因と魚類・甲殻類調査を1992年7月26～31日の6日間にわたって行っている。なお，環境調査は，1976年8月に，魚類・甲殻類調査は1974年7～8月と1975年8～9月にも行っており，これらを1992年調査のものと比較検討している。それによれば，1976年の四万十川の透視度は10m以上であったと推定しており，1990年9月の十和村における実験でも8m以上であったものが，1992年7月の調査では，5mを超える箇所は全くなく，2.3～5mの範囲となり，濁りが年々進行している。この調査ではセッキ板（30cm径の白色円形板）が使用されている。また，全長13cmのアユ模型を用いた識別距離の測定は，1.7～3.8mの範囲であり，しかも，18定点中12定点（汽水域を除く18定点での調査）で3m以下となっている。これが1976年には，3m以上の距離での魚種判別可能で，しかも，半数以上の定点で識別可能距離は5mを超えていた。

同氏は，「四万十川現況調査」（1992年7月）の中で，四万十川の現状は，濁度，透視度，水中懸濁物，河床の腐泥のいずれからみても濁りが進行，また恒常化していると断言する。また，濁りを生ずる原因として，源流域や流域での森林伐採や人工植林化を挙げているが，四万十

川の濁りの原因はこの原因以上に，道路の拡張や橋梁架設などの各種土木工事による土砂投棄，採石場からの濁水流入，砂利採取が大きな要因であり，これを三大要因と呼んでいる。特に，道路拡幅工事による河川敷への土砂投棄は,膨大な量で四万十川汚濁の最大要因と指摘し,早急に現在の工法を改めるべきであると提言している。

岡村名誉教授は，四万十川への土砂流入を如実に示す現象として，河原の土砂による目詰まりと，これを足掛かりにするツルヨシなどの植物群落の繁茂を挙げている。

かつての四万十川は川底に石が重なりあい，石の中に魚がこもることができ，その隙間で魚が産卵していた。ところが，現在は多くの土砂が堆積して，魚の棲み家がなくなっている箇所が多く見られる。そのため，表面に生える苔を餌にしているアユへの影響は大きい。

4　考察

環境法の理念の中には次のような考えがある。「人は，いまこの世の中に生きている現在世代も，また将来生まれてくる将来世代も，単に健康を害されず，生活環境に被害を受けないというだけでなく，良好な環境を享受できるのでなければならない。これが 1972 年の国連人間環境会議(ストックホルム会議)以来，世界的に認められつつある環境権の考え方であり，環境権の保護が環境法の重要な役割となる」[11]。

環境基本法３条では，環境の保全が，「現在及び将来の世代の人間が健全で恵み豊かな環境の恵沢を享受するとともに人類の存続の基盤である環境が将来にわたって維持されるように適切に行われなければならない」と規定する。すなわち，「現在及び将来の世代の人間が健全で恵み豊かな環境の恵沢を享受するとともに人類の存続の基盤である環境が将来にわたって維持されるように」することが，環境保全が行われなければならない根本理由であるというのである。

四万十川流域の景観は，だれもが子どものころの美しかった自然の中で体験した記憶や情景など，直観的に思い浮かぶ景色に似ているのではないだろうか。自然があふれ,景色がよくて,水が透き通るように澄んでいれば,その川に入って，泳いでみたいという気持ちになるものである。全国に失われてきた自然が，四万十川流域には健全な姿で残っている。そのことが実に大きな意味をもつのである。

そこで，この四万十川の自然を守り，河川環境の保全に努めるため，次の点を提起したい。

まず，清流保全の観点から，支流の環境基準類型をそれぞれワンランクアップし，規制を強化することによって水質悪化を防止する措置を講じることが重要ではないかと考える。

規制に関しては，水質汚濁の原因となっている畜産系や生活系の排水処理，あるいはダム等で可能かということが問題として挙げられるが，住民の良好な環境を享受する権利(環境権)[34]に照らせば可能と言える。

しかし，そうした権利の主張とは別に，行政や企業には汚濁原因の排除に努める義務と責任がある。また，一般家庭における協力も欠かせない。

次に，川岸は川の自然の一部であるという認識の下，景観対策や護岸・道路工事等で工事車両が踏み固めた河原の復元をすることが重要である。本来の自然環境としての川は，われわれの身近にあって，自然の生態系が凝縮している存在である。水，岩，石，砂，湿地帯，肥沃な土壌，それらを取り込む多様な植生，それぞれに棲みついている多様な生物などが自然環境である。その自然環境を破壊するコンクリート護岸には植生は生じず，セメントからでるアクは水棲生物を脅かす。それが生態系に悪影響を与えているからである。

また,河畔林の保護は生態系維持において重要である。コンクリート護岸によって河畔林がなくなれば，魚に必要な日蔭がなくなるし，樹から餌となる虫も落ちてこない。鳥も棲めないし，泥土が川に流入することになり，河川環境が一層悪化する。両岸をコンクリートで固められた直線的な川には水の浄化力がないため，水質悪化はほとんどあらゆる生物を駆逐する。そして，あとに残るのは汚濁，富栄養化を好む生物だけとなる。淵は魚の休憩所・洪水の際の退避所であり，瀬は餌場である。底が平坦な川には魚は棲みにくい。こうしたコンクリートで固められた既成の人工構造物対策が必要である。今後は,コンクリート護岸や三面張りは見直し，土佐の伝統工法といわれる石築工法など自然に配慮した工法の積極的採用など，河川の状況に応じて創意工夫を凝らし，生態系に影響の少ない方法で自然との調和を重視していく必要があろう。

ダムの問題については，環境保全や漁師の生活権に対して，発電という社会的利益が対立するが，一方の利益が他方の利益に常に優先するという構図でとらえることはできない。こうした現状を改善する取り組みが大事であろう。環境権論の立場にたてば，住民側は当事者適格性を有し，環境権が優先されるので，ダムには違法性が認められ，賠償訴訟や差止訴訟を求めることは可能となろう。しかし，受忍限度論の立場をとる裁判所は，賠償における故意・過失の要件を認めないであろうし，差止請求については，ダムは公共性が高いので，違法性の要件が不十分で，受忍限度を超えた侵害と認められないということになろう。そこで，両者の調和を図って解決するとすれば，例えば，裁判に訴える方法ではなしに，環境に配慮した最大限の譲歩を電力側から引き出し，住民側も環境保全への努力を怠らないようにする方法が考えられる。

アユなどの魚が減った原因については，複雑要因が相互に関連しており，単独にその原因を挙げることは，避けなければならないが，岡村名誉教授の指摘するように川の石が土砂に埋まってしまったことを要因の一つに挙げることができよう。そこで，環境を破壊する土砂の流入については，その流入を防ぐ改善措置を工事施工者や業者側(場合によっては，発注者も)の責任下で講じる必要があると考える。

四万十川の清流，自然景観，魚類，植物，昆虫，鳥獣等は，貴重な住民の財産であると共に国民の財産でもある[35]。このような豊富な自然の中にある無形の財産を保全することは，私たちの課題であると共に私たちの良好な環境を享する権利(環境権)を守ることでもある[36]。

この川を愛し，この川と共に生きたいと願う人々の心と手によって大切に守り継がれてきた自然の重みをとらえるとき，環境というものには無形の価値があるという認識が高まるのである。そこに四万十川があるというだ

けでも価値がある。それを現在生きている者たちだけで適当に決めていいはずはない。環境をどう利用するかということについては，流域住民の意見は勿論のこと，多くの関係者の意見を集約して考えていくことが大事となろう。

そこで，四万十川の恵み豊かな環境を将来にわたって維持するために，高知県や関係市町村において，環境権が条例に明文化されることになれば，その意義は極めて大きい。なぜなら，条例が法律を先導する役割を果たすだけでなく，環境保全行政の事務にもかかない，環境問題が住民全体のものになりやすいからである。

今後の河川環境行政においては，環境権の思想を踏まえたうえで自然環境の保全を基盤に据えて，住民生活の向上を図る施策が打ち出されるべきであり，今後は生態系を重視した持続可能な循環型社会の創造が，とりわけ重要となってくるであろう。

（原稿受付　2001 年 8 月 31 日）
（原稿受理　2002 年 1 月 8 日）

参考・引用文献

1）中沢弌仁（1991）水資源の科学，p.2，朝倉書店
2）亀田光昭・常喜豊・宮沢栄次・平澤猛男・本田尚士（1991）生活と環境，p.6 以下，建帛社
3）高知県文化環境部四万十川対策室（1996）清流四万十川総合プラン２１，p.20
4）前掲書（３），p.12
5）四万十川総合保全機構（1996）四万十川見聞録，p.3
6）最近，四万十川と流域の持続的発展を測る指標の一つとして，「清流度」という四万十川独自の水質基準が定められ，調査が行われている。(15)参照
7）2001 年 7 月 27 日付けの高知新聞に掲載。
建設省四国地方建設局「平成 7 年度四国地方一級河川の水質現況」の記者発表資料によれば，支流を除けば四万十川は，四国内一級河川ではベスト 1 であった。ただし，四国の一級河川とその主な支流を含めるとベスト 1 は，穴吹川（吉野川水系）で，BOD は 0.6 であり，四万十川は第 2 位の 0.7 となっている。なお，1997 年 7 月 25 日建設省の「平成 8 年度四国地方一級河川の水質現況」の記者発表資料によれば，ベスト 1 は穴吹川（BOD0.6），2 位は仁淀川（0.8），3 位は四万十川（1.0）となっている。
8）日本弁護士連合会（1995）清流をわれわれの手に，p.3，第 38 回人権擁護大会ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ報告書
9）流域全体の 49 か所のうち，2 か所が愛媛県。本流には，22 か所かかっている。
10）「トンボ自然公園」（中村市田黒池田谷）では，わずか 7ha 程の湿地帯に 73 種類のトンボが見つかっており（1994 年 9 月時点），自然環境としては日本一トンボの種類密度が高い。トンボの全てを保護するためには，50ha の環境保全が必要といわれており，ナショナルトラスト方式で維持拡張が図られている。
11）前掲書（３），p.17
ここ最近の数値は，減少傾向にある。『高知県農林水産統計年報』によれば，藻類の養殖については 1993 年に 143 t だったものが，1998 年には 41 t に落ち込んでいる。また，アユの漁獲量は 1976 年のピーク時に 1,422 t あったものが，1998 年には 258 t まで減少している。
なお，30 世帯あった専業川漁師の数も，現在は極めて少なくなっている。
12）浜野安宏（1985）未来の子どもたちのために 自然からの報告 川は生きているか，p.29 以下，世界文化社
13）高知県文化環境部四万十川対策室（1996）フィールドガイド四万十川，p.70
14）前掲書（３），p.15
15）堀内泰男・藤村茂夫（2001）四万十川流域の清流度調査について
16）高知県保健環境部環境対策課（1995）平成 6 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果，p.37
17）高知県保健環境部環境対策課（1999）平成 11 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果，p.35
18）1999 年度の数値は，前掲書（17），p.36，94 年度の数値は前掲書（16），p.37
19）1998 年度の数値は，四万十川環境基準類型指定変更調査の概要（資料）（1999）高知県による。その他は，前掲書（３），p.41
20）前掲書（３），p.41
21）高知県環境研究センター（2001）四万十川流域における水生生物調査について，p.5
22）前掲書（17），p.36
23）前掲書（３），p.42
24）前掲書（３），p.43
25）高知県保健環境部環境対策課（1995）平成 6 年度環境白書，p.81
26）後藤徳司 未発表原稿。なお，後藤徳司「パリはパリになければならない」（『三州倶楽部会報』第 93 号 1997.1.1）p.22 参照
27）天野礼子，伊藤孝司（1997）最後の清流四万十川，世界，第 633 号，pp.183－184 岩波書店
28）前掲書（８），pp.11－12
29）前掲書（３），p.44
30）前掲書（３），p.42
31）前掲書（８），p.5
32）四万十川自然環境保全推進協議会（2000）四万十川大学院講義録，pp. 22－42
33）阿部泰隆・淡路剛久（1995）環境法，p.32，有斐閣
34）大阪弁護士会環境権研究会（1973）環境権，323pp. 日本評論社
35）四万十川の自然景観，植物，昆虫，魚類，鳥獣，地質・地形等については，高知県文化環境部四万十川対策室の編集した『フィールドガイド四万十川』にカラー写真入りで詳しく説明が加えられており，四万十川の魅力がふんだんに味わえる。
36）浜田幸作（2001）環境権の法的意義と課題，鳴門教育学会学会誌，第 16 号，pp.35－40

[四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　55－66　2002]

<総　　説>

The Danube River, conflict or compromise - Damming or removing the dams -

Masahiro MURAKAMI* and Libor JANSKY**

ドナウ川のダム撤去問題、紛争か和解か？

村上雅博*、リボール・ヤンスキー**

Kochi University of Technology, Tosayamada-cho, Kochi 782-8502 Japan*

United Nations University (UNU) 53-70 Jingumae 5-chome Shubuya-ku, Tokyo 150-8925 Japan**

要旨

本論の目的は，オーストリア国内およびスロバキア/ハンガリー国境地帯のドナウ川本流に計画された水力発電用ダム建設の是非を問う環境紛争問題におけるケース・スタディーを通じて，国際河川の開発と管理に係わる生態環境保全紛争の信用醸成装置を見いだすことにある。本論は，18世紀ハプスブルグ帝国時代に始まるドナウ川の河川開発の歴史的な経緯をふまえて，1980年代後半にオーストリア国内で問題になった地域レベルの生態環境保全紛争問題と下流のスロバキアとハンガリーの国境地帯のドナウ川に建設されたガブシコバ・ナジマロシュ・ダムの対国家レベルの生態環境保全紛争問題を比較検討したケース・スタディーで，国連大学の調査研究プロジェクト“国際河川の水政治学と生態環境政策意志決定プロセス”の一部を構成している。高知県四万十川家地川堰(ダム)撤去問題と対比して考察していただければ幸甚である。

Abstract

The aim of this paper is to identify the measures of confidence building on the eco-political dispute over the development and management of international rivers by evaluating some lessons from the cases of hydro-dam developments in Austrian section and Slovak/Hungary section. This paper reviews the history of river development and dam construction of the Danube River since the era of Hapsburg monarchy in the 18th century to proceed the comparative analysis on the case of compromising the regional environment conflict in Austria and resolving the international eco-political dispute over the Gabčíkovo-Nagymaros dams in the Slovak and Hungary along the Danube in the end of 1980s. This study is a part of specific research project on the “Hydro-politics and eco-political decision making along the international rivers” of the United Nations University in 1995.

Key words: Danube river development, dams, dispute, confidence building measure, environment conservation, restoration

1. Introduction

There is no eco-life on the earth without water, which unevenly distributed and in many places acutely scarce water resources. The fresh water resources are finite and it is becoming more and more difficult to develop them by taking into account of the increasing demands and environment constrains including conservation of eco-system, bio-diversity, and natural landscape as heritage in many of the specific regions in the world.

This paradigm shift from the water infrastructure development to managing water for sustainable development has started since 1970s especially in the developed countries, and it becoming. more serious global issue after the end of cold war in 1998 including the more probable conflict or dispute in the development of trans-boundary rivers.

Access to clean and safe water is a fundamental requirement for human health and sustainable development.

* 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ノ口 185

** 国連大学　〒150-8925 京都渋谷区神宮前5丁目53-70

Therefore, many meetings of experts, including the UN Conference on "Water and the Environment" at Dublin in January 1992 and "Environment and Development" in the Earth Summit at Rio de Janeiro in June 1992 set challenging tasks also for the water resources development sectors, disregarding the crucial issues of conflict or dispute on water and environment crossing the national boundary.

It was declared in the UNESCO-IHP conference at Paris in 1994 that research emphasis should be given to large-scale problems, issues related to eco-hydrology, connections between hydrology and climate, and the vulnerability of the water resources[1]. There are significant tasks in Dublin (1992), Rio (1992) and Pairs (1994). It is pity that no significant discussion on the conflict resolution or prevention of international rivers was included in the tasks. Action is needed to reverse the present trends of over-consumption, pollution and also increasing threats from drought and floods. Recommendations for action at local, national and international levels were set out not to clarifying the problems of conflict resolution and prevention in the development and management of international rivers.

This study on the hydro-politics and eco-decision making along the international rivers aims to identify the issues in disputes concerning water resources and environment, selected alternative scenarios, and recommended processes throughout which the countries concerned are likely to agree on solutions to the problems by sharing information, resources, benefits and peace. It is, however, not easy to resolve the conflict when the dispute originates from the ethnic issues with complicated historical background such as seen in the case of Jordan River[2]. The case of Danube riparian question on the Gab.íkovo-Nagymaros Project (GNP) is not simply the dispute over the environment conservation to restore the bio-diversity of the inland delta, but more complicating question on resolving the conflict over the development and management of international river with political and societal ramification including Hungarian-Slovakian ethnic questions in and along the inland delta of the middle reaches of the Danube river between Bratislava and Budapest[3]. The study would also try to identify the ideas for objective environmental management setting in the sustainable development scenarios by reviewing some lessons from the history of the Danube River development with some promising cases of the recent conflict resolution with process of confidence building in the development of Greifenstein dam and Fraudenau dam in the Austrian section.

2. The global perspectives on the question of large dam development

The most significant question of today is put on the large dams on the rivers, either "to be" or "not to be" or. "construction" or even "deconstruction", for which Shakespeare might see the answer in a phrase of Hamlet. For almost 5,000 years dams have served to ensure an adequate supply of water by storing water in times of surplus and releasing it during the period of scarcity, thus also preventing or mitigating floods. Seasonal variations and climatic irregularities in flow impede the efficient use of river runoff, with flooding and drought causing problems of catastrophic proportions. In response to enormously increased demand, more than half of 39,000 large dams in the world have been built in the past 35 years[4]. They have become an integral part of our technical infrastructure, and throughout the world they enhance our basis of life by offering many indispensable benefits. While the dam construction has long been suffering mainly from the dispute in environment problems since 1970s including immigration and conservation of nature, landscape and bio-diversity in the eco-system.

There are several dam projects in developing or transitional countries to be postponed or cancelled or stopped since 1970s including "Sardar Sarovar", "Tehri" in India, "Arun III" in Nepal, and etc. The "Three Gorge Dam" in China is another counter example to execute the construction work neglecting either international or domestic environmental concern. The project was once stopped in the early 1990s, owing to withdraw of the international finance assistance with the World Bank.

A new demand to either remove or deconstruct the existing old large dams, of which the exclusive permit of riparian water use will soon be terminated, is in a serious discussion such as seen in a case of hydroelectric dam on "El-Wha" river in the Washington State of U.S.A. The U.S. government has suggested to remove the El-Wha dam with height of 32 meters in 1994[5], taking into account of the priority riparian right for the local American Indians living there, 2) restoration of fish (*Salmon sp.*) ecology to sustain the economic life of Indians, and 3) the safety problem in 80 years old unstable concrete gravity structure on the complicated geological rock foundation[6]. The dam is being removed to restore the natural environment and eco-system of the river.

Intensive water development and environmental change threatens the sustainability of fresh water resources, giving some significant influence and adverse effects on the quantity, quality and eco-life not only along the rivers but also in the inland and coastal deltas such as being discussed in the case of Danube and Rhine. A very few concerns might have been paid to solve the increasing potential conflicts and the creeping environmental problems over the international fresh waters, and time is fast running out. A symbolic question of stopping and/or removing the dam, which aimed to conserve the environment with exclusive natural landscape and eco-system of the rivers, is found in a case of Gab.íkovo-Nagymaros Project on the Danube River in Hungary and Slovakia.

3. River management in Europe

The three largest European rivers, the Volga, the Danube, and the Dnepr, drain one quarter of the continent, but their catchments are not large by world standards, ranking 14th, 29th, and 48th, respectively. According to the statistic[7], thirteen of twenty-five major river basins in Europe are basins of trans-boundary rivers, where the Danube is the largest international river basin in Europe (**Fig. 1**).

The Danube, which is a truly European river flowing through not less than 10 countries, involves sensitive issue of ethnic relations dedicating highly controversial balances between economical-political claims and environmental disputes in the relation between upstream and downstream dimension.

Europe's trans-boundary rivers together with their numerous tributaries play extremely important economic roles. For centuries they have been extensively used for navigation, fishing, water supply, agriculture and industry, as well as for the natural drainage system of wastewater. The Rhine River is a typical case that the drinking water for some 20 million people is dependent on the Rhine water. On the lower reaches of the Rhine, the shipping of some 270,000 million tones is registered yearly. The riverbed of the lower 800 km is regulated or canalized and the original river mouth is dammed. Weirs or barrages regulate the water flow in many tributaries of the Rhine. For comparison, the annual flow of the Rhine at the downstream of Basel is 1,000 m^3/s, while it is amounted to 6,650m^3/s at the downstream of Danube delta. It is noted that a total of 69 dams (most of them as a more complex waterworks) with a volume above 1 million m^3 were constructed on the Danube between 1950 and 1980. The Rhine-Main-Danube Canal has been opened in 1992 to accommodate huge Euro-barges carrying up to 2,425 tons of bulk cargo, the equivalent of 78 truck trailers[8)], of which the construction works commenced in the end of 1950s to connect the navigable waterway from the North Sea to the Black Sea.

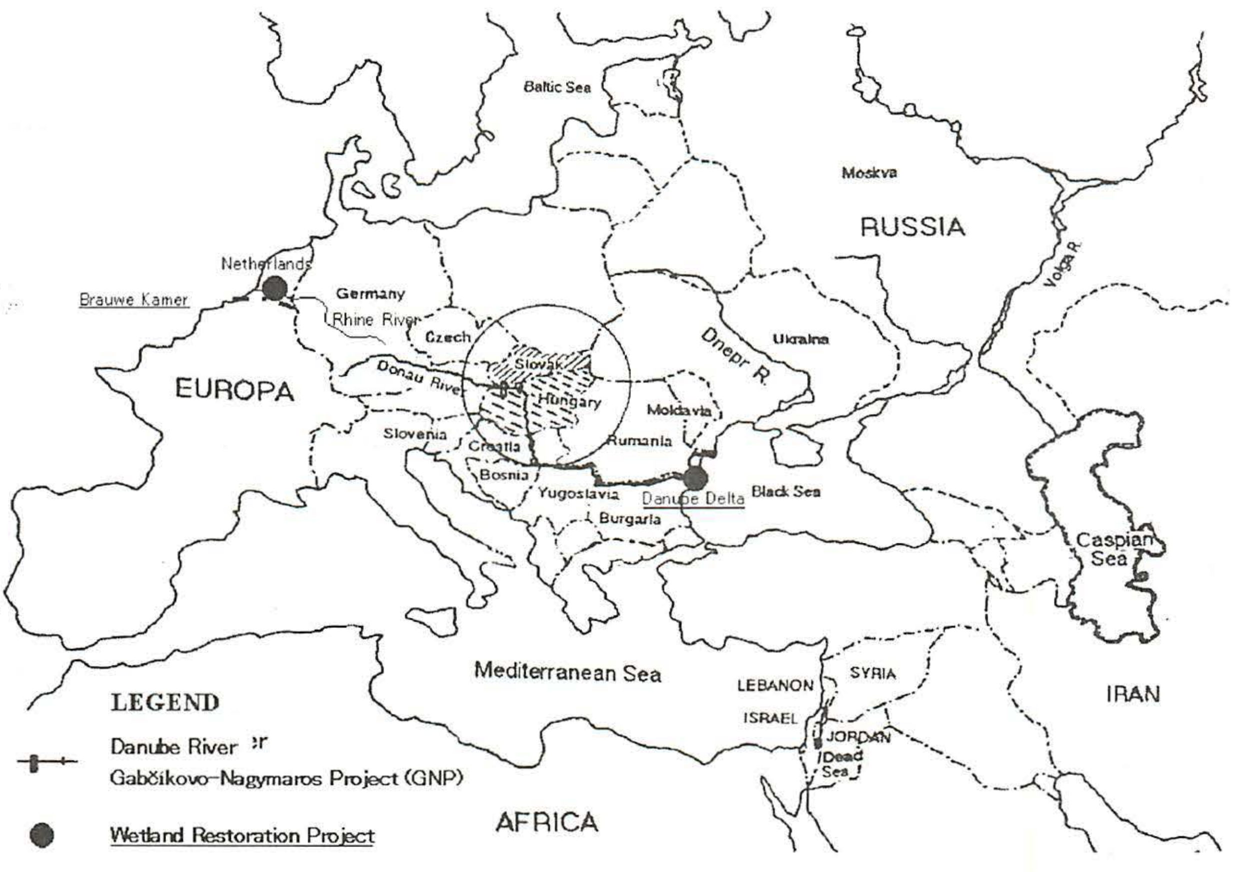


Fig.1 Danube River and Rhine River

4. The Danube and river development

The Danube River basin is situated in the heartland of Central Europe. The main stream has a length of 2,857 km and drains 817,000 km^2 including all of Hungary, most parts of Romania, Austria, Slovenia, Croatia, and Slovakia, significant parts of Bulgaria, Germany, the Czech Republic, Moldova and Ukraine, some parts of FR Yugoslavia, Bosnia and Herzegovina and small parts of Italy, Switzerland, Albania and Poland (see **Fig. 1**).

The waters of the Danube River basin and its tributaries combine to make up an aquatic ecosystem of high economic, social and environmental value. It includes numerous important natural areas including two extensive wetlands such as coastal delta in the lower reaches of the Danube River in Romania and Moldova and inland delta at the middle reaches of the Danube River along the national border between Slovakia and Hungary.

A large number of dams, dikes, and navigation lock, and other hydraulic structures have been built including over forty major reservoirs on the main stream of Danube. There have been some 28 dams built on the German part of the Danube. Some 15 dams have been built between 1952 and 1990 including the one is still under construction between the section of Ulm and the new cascade in Kelheim where the Danube-Main-Rhine channel connects the town of Banberg in Rhine (see **Fig. 2**). Many hydropower stations were built in the upper reaches to provide more efficient electricity production and less harmful effects on the surrounding environment. Besides these plants, there have been six power stations together with ship locks built downstream from Bad Abbach near Regensburg, down to the Jochenstein hydropower station, built together with Austria. The total annual average production of these facilities is some 2,390.7 GWh[9]. There are also numerous other hydropower stations and dams to be found on the channels and side branches of the river system that affect the situation in the upper part of the Danube flow. The overall production of the 9 Austrian power plants is some 12,663 GWh[9], including the new plant Fraudenau in Vienna (**Fig. 2**). But such hydraulic structures, which were constructed before 1990, have caused changes in flow pattern and eco-system of the rivers. Furthermore, the intensity of agricultural, industrial and urban uses has created problems of water quality and quantity, and reduced biodiversity in the basin. These changes have caused significant environmental damage, such as reduced sediment transport, increased erosion and reduced self-purification capacity, including public health aspects in connection with drinking water supply of the population, recreation and bathing in the downstream riparian.

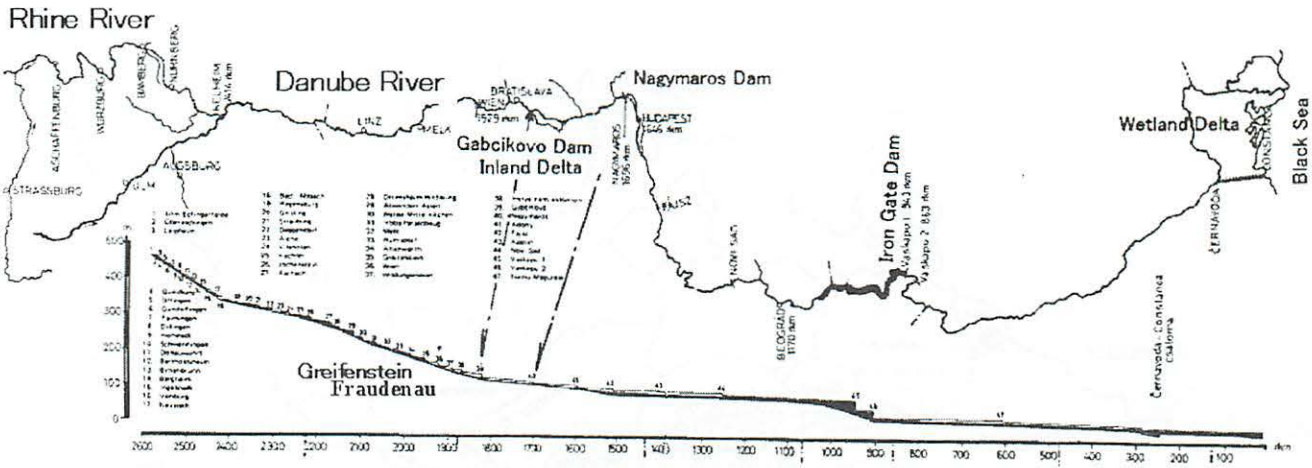


Fig.2 Profile of Danube River and dams in the main stream

4.1 The river system

The Danube River basin is divided into four parts: 1) the upper region, 2) the middle region, 3) the lower region, and 4) the Danube delta. The mean flow of the river is about 6,550 m^3/s, the extreme values ranging from 15,540 m^3/s of the peak discharges to 1,610 m^3/s of the low flow at the entrance of the lower Danube delta[10].

The Upper Region extends from the source tributaries (conjunction at Bribach and Breg) in Black Forest in Germany to Bratislava in Slovakia. Major tributaries from the south, including the rivers Iller, Lech, Isar, Inn, Salbach, Traun and Enns, drain the alpine sub-basins and augment the discharge in the Danube substantially. Originally these mountain tributaries transported large amounts of sediments, but sediment load is now greatly reduced because of the construction of hydraulic works. Major tributaries from the north are the rivers Naab, Kamp and Morava. The Morava is the most important and drains the Czech part of the Danube River basin and smaller areas of Slovakia and Austria. The Middle Region is the largest of the three regions, extending from the confluence with the River Morava at Bratislava to the Iron Gate dams at the border of Romania and FR Yugoslavia. Here the Danube enters a flatland region. The sediment-carrying capacity of the river is reduced and gravel and coarse material have been deposited specially in the inland delta. The extensive floodplain areas, which is called "Mosoni" region and "Szigetköz" region, are located in and around the border of Slovakia and Hungary Gab. íkovo-Nagymaros Project is the focus point in this wetland to resolve the environment dispute including the construction of hydro-electric dam. After the narrow gorge of Nagymaros, where the on-going dam construction work was abandoned in 1991, the river separates into branches forming several islands. The major tributaries in the region are from the left; the rivers Váh and Hron in Slovakia and Tisza, and from the right, the rivers Leitha, Raab, Drava. Sava and Moldova Veche. Down to the confluence with the river Drava the mean flow discharge is increased to about 5,700 m^3/s[10]. At Moldova Veche (km 1,048), the 117 km long gorge section begins between the Carpathians and Stara Planina (the Balkan Mountains). This gorge has been filled by large reservoirs for hydropower and navigation.

The Lower Region consists of the Romanian-Bulgarian lowland and it's surrounding upland plateaus and mountains. From the mouth of the River Timok to Silistra (km 374) the Danube forms the Romanian-Bulgarian border, flowing mostly east. The Danube flows as a wide of 800 m, slow-moving river, with extensive, well-developed alluvial plains especially on the left bank in Romanian side. The inundated area during floods can reach a width of up to 10 km. Much of the sediment load of the

Danube is deposited behind the Iron Gate Dams, resulting in active riverbed erosion in this flood plain. The last two large left-bank tributaries are the Siret and Prut rivers. Several lakes in the lower Prut Valley are linked hydrologically to the Danube River.

The Danube Delta comprises the extensive wetland system of 600,00 in the lower reaches to the river mouth. It was created by the division of the river into three main branches, forming a triangle with about 70 km long sides. Almost two-thirds of the delta area is seasonally submerged due to the low ground elevation. The whole of the Romanian part of the delta was declared a Biosphere Reserve in September 1990 and registered under the Ramsar Convention. Over half of its area is listed under the World Heritage Convention. Some 15,000 ha (about 10%) of the Ukrainian part of the Delta are protected, the rest being used for agriculture[10].

4.2. Basin development plan and hydraulic works on the Danube

Developing the Danube river, which intends to 1) prevent periodic catastrophic flooding, 2) improve and extend its navigability, and 3) generate hydro-electricity, has been a recurrent concern among the riparian state along the river.

Flood control

The earliest work to protect the serious flood on the Danube date back to the thirteenth century. Historical floods were recorded in 1445, 1501, 1721, 1787, 1876 and 1884, 1929, 1947, 1954, 1963 and 1965. The big floods in 1954 and 1965 represented warnings about the potential damages that could appear in case there were no measures taken to halt the problematic processes. In 1954, the flood broke the dikes on four points on the Hungarian side in the Szigetköz region, and water completely or at least partially flooded an area of some 33,000 ha. During the floods of 1965, the dikes broke on the Czechoslovakia side at two places, near villages Patince and . i. ov. Some 71,000 ha were flooded directly and at least 3,500 buildings were completely destroyed. Some 55,000 people had to be evacuated from the affected areas. During the flood, the flow at Bratislava reached 9,170 m^3/s[9]. Slovakia was the most seriously affected country by the flood of 1965, however there were also large damages caused by the flood in Austria, Hungary and Yugoslavia. By that time it was quite clear that measures aimed at decreasing the flow energy of the river and increasing the flow cross section had to be implemented. Constructing a dam that would impound the water level in the direction of Bratislava was calculated to be the most efficient way to decrease the flow velocity. The Nagymaros dam should have had a similar effect in the lower part of the developed section.

Navigation

As early as 1880, the planning commission of the Austro-Hungarian Monarchy considered the issue of constructing water works and regulating the flow on the 172 km long section in Slovakia-Hungary[9]. This section of the river has long been the second most troublesome section for navigation between Vienna and the Black Sea. The importance of the Bratislava harbor increased at this time particularly because of the Habsburg strategic viewpoint. The Italian engineer Ennio Lafranconi modified the plans concerning this part of the river, originally elaborated by Pal Vasarhelyi in 1880. A Swiss firm led by Dr. Fischer-Reinan undertook the construction works and they were completed in 1915. Lafranconi's works were primarily concerned with the training of the riverbed in order to improve the navigation conditions for big steamships in the Bratislava region. The meanderings were cut off, numerous smaller side branches and tributaries were closed, and decreasing of groundwater level dried out the wetland woods behind the protective dikes.

The Danube countries cooperate on navigation under several agreements dating back to 1856. The Danube, especially the middle and lower reaches, has been an important natural waterway for centuries. In 1984, a 64 km Danube-Black Sea canal between Cerna Voda and Constanz, in Romania, was completed to shorten the route by 370 km. The dream of constructing a navigable waterway connecting the rivers Main and the Danube, and thus the North Sea and the Black Sea, dates back to ancient times. This was done after the opening of the Rhine-Main-Danube canal on 25 September 1992. Apart from the Iron Gates area, the middle reaches below the Gab. íkovo part of the project remained the worst navigable area. Linking up the Rhine-Main-Danube Rivers is an ancient goal that dates from as far back as the reign of the Emperor Charlemagne.

Hydro-power

The first projects for harnessing the Danube for hydroelectric power date from the later years of the last century. Lafranconi in 1880, Dr. Fischer-Reinan in 1915 and Dr. Holecek in 1921 proposed the construction of hydroelectric power plant on the Danube. In 1918, a Swiss firm acquired the rights to exploit the section of the river between Bratislava and Györ for electricity production. In 1919, the Hungarian Republic elaborated a plan of electrification aiming to produce some 684 GWh of electricity. According to these plans, one third of the production should have originated from the considered section of Danube. At the peace conference in 1919, the new Czechoslovakia argued for and obtained the Danube frontier and a small toehold on the south bank, near Bratislava. The Treaty of Trianon in 1920 did not accredit Czechoslovakia claims to unilateral rights to "utilize hydro-electric resources of the Danube and Morava rivers. According to Article 290 of the Peace Treaty of Trianon, the Czechoslovak Republic is possessor of the exclusive right to utilize the hydroelectric power of the river under the supervision of International Danube Commission[9].

The old conceptual agenda of developing the Danube had paid less concern on the conservation of environment and ecosystem. The Hungarian initiative to withdraw from the Gabčíkovo-Nagymaros Project is dependent on the eco-political decision making with new conceptual agenda of sustainable development with conservation of eco-system and bio-diversity, of which the dispute was brought to the International Court of Justice at Hague in 1993. The case of Gabčíkovo-Nagymaros

Project is, however, not simply the dispute over the environment conservation to restore the bio-diversity of the inland delta, but more complicating question in the mixture of old agenda and new agenda, resolving the conflict over the development and management of international river with political and societal ramification including Hungarian-Slovakian ethnic questions in and along the inland delta of the middle reaches of the Danube river between Bratislava and Budapest.

5. Eco-decision making of Greifenstein dam and Fraudenau dam

The Greifenstein and Fraudenau were the first case of compromising the multiple solutions in Austria by taking into account the role of restoration of the inland wetland by constructing the small hydropower dams on the main stream of the Danube, which intended to recharge groundwater through the foundation of embankment system by damming the reservoir. There was, however, political atmosphere generally favoring more environment protection than the past to intend the slogan of "stopping the dams" in 1980s in Austria. It took a long time to agree with environment group including NGO by executing the extensive field research works and studies on groundwater hydrology and eco-system monitoring.

The Austrian section of the Danube, from Austria's border with the Federal Republic of Germany to the Slovak border is some 350 km long. Along the Austrian reach, the Danube has a drop of 150 m, which is five times as long as the remaining section down to the delta at the Black Sea (see **Fig.2**). This represents a valuable and vast power potential depending on relatively balanced water flow throughout a year with moderate seasonal fluctuation.

The latest historical development of the Austrian part of the Danube river took place into three phases: 1) up to its river regulation works in the 19^{th} century, 2) up to the first barrage with run-of-river power station on the Danube was constructed at Ybbs-Persenbeug in 1954, and 3) the following four decades in which the river has been developed into the power generating waterway by constructing a series of run-of-river power stations such as Ybbs-Persenbeug in 1954, Aschach in 1963, Wallsee-Mitterkirchen in 1968, Ottensheim-Wilhering in 1973, Altenworth in 1976, Abwinden-Asten in 1979, Merk in 1982, Greifenstein in 1984 and Fraudenau in 1998 (**Fig. 3**). The nine power stations generate 122.633 billion kWh of electricity per annum, thus covering approximately 25% of the Austrian energy demand[11]. The Danube power scheme in Austria, which is designed as small as possible to mitigate the adverse effects on the environment, aims not only to supply electricity but also fulfils a variety of other functions such as 1) navigation, 2) flood control, 3) irrigation, 4) restoration of ecology and landscapes, and 5) recreation areas.

The Austria section of the Danube is filled with barrages and its backwater reservoir except the section below the Fraudenau in Vienna city and between Melk and Krems (**Fig. 3**). The construction of Rühsdorf dam, which is located in the center heart of the most beautiful river landscape of "Blue Danube" between Melk and Krems, is being to be postponed to conserve the nature, landscape and tourism in the Wachau region of the Austrian heritage.

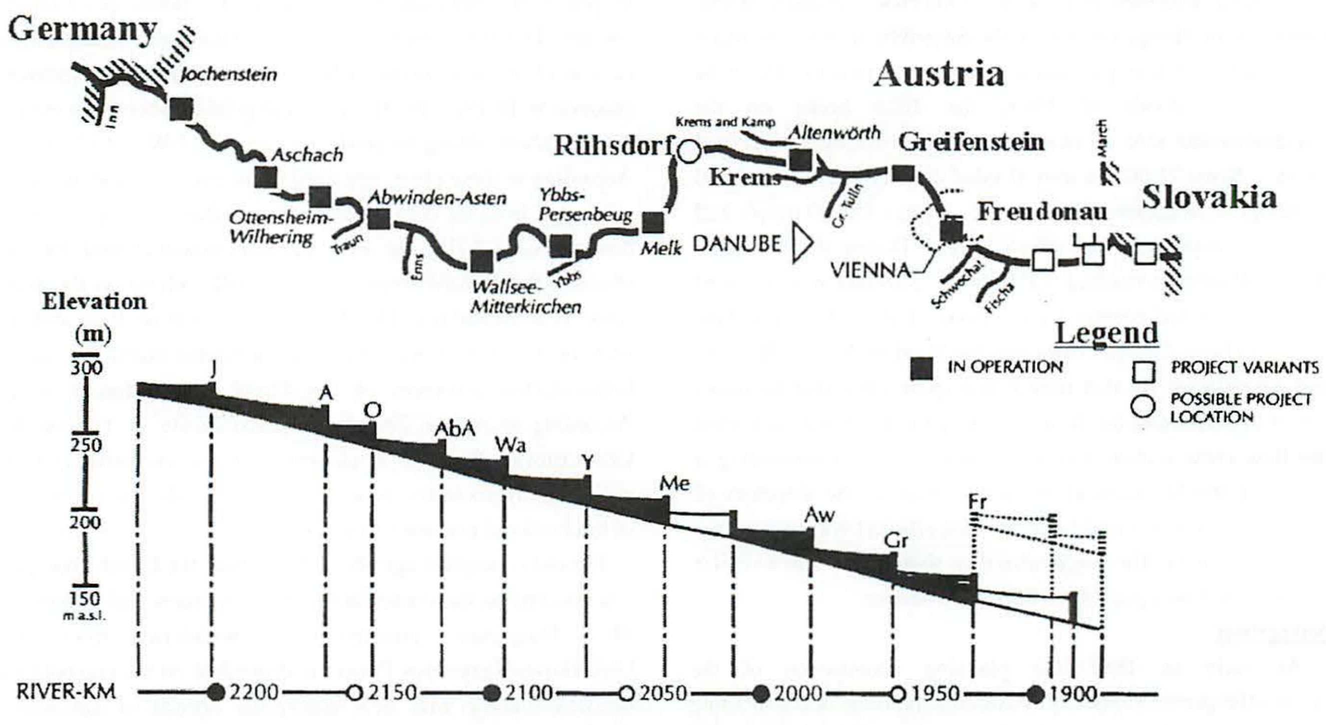


Fig.3 Development plan of the Danube River in Austria section

5.1 Greifenstein dam and restoration of inland wetland eco-system

The backwater reach of Greifenstein hydropower scheme extends from the barrage in the new bed of the Danube as far upstream as the next power station at Altenworth. With a length of about 31 km the backwater reach lies entirely within the floodplain of the "Tullnerfeld". The river dykes of about 23 km were constructed for the impoundment and as well as flood protection measures on both banks. Flood retention facilities and an irrigation system ("Giessgang") for the riparian woodland on the left river side as well as flood protection measures for the river-side communities along the right bank were provided in a part of hydropower scheme.

The international Danube Commission has specified a shipping channel with a minimum water depth of 2.7 m and a minimum width of 150 m (in reference to design low-flow conditions). This means optimum navigation conditions are offered within the developed reaches of the River Danube. All Danube hydro-power plants are equipped with a two-chamber lock system which has been designed so that the shipping groups can master the difference in water levels as fast as possible. When the Rhine-Main-Danube Canal was completed in 1992, the Danube became a part of continuous waterway stretching from the North Sea to the Black Sea.

The mean flow of the Danube at Vienna is 1900 m^3/s. When designing the backwater embankment dykes of the power schemes, flood control requirements are also taken into consideration. The flood control system of the city of Vienna has been designed for a calculated maximum flood of 10,000 m^3/s[11]. Overall sections and regulating structures have been built in other areas, where natural inundation is desirable or necessary for the maintenance of wetlands. Irrigation systems such as the "Giessgang" at the Greifenstein power scheme provide favorable conditions for the continued existence of dynamic floodplain forests.

The backwater areas and still water branches created from the old channel of the Danube by the dry construction method are very popular with the general public as leisure and recreation areas. The tow road paths (riverbank paths) were not developed into first-class cycle paths until the power station construction began. Thousands of Austrian and foreign tourists now cycle along the "Passau - Vienna - Hainburg Danube Cycling Path". This represents an important contribution to the encouragement of tourism along the River Danube.

The case of Greifenstein dam is conceived as viable example of restoring the groundwater environment to revive the wetland eco-system and floodplain forest in a small scale inland delta, of which the eco-system monitoring for 10 years suggests the new paradigm of river development in cooperation with ecologist and hydraulic engineers.

5.2_Fraudenau Dam and environmental conflict resolution

The deepening of the Danube riverbed amounted to about 80 cm since the navigational river regulation works carried out in the end of 19^{th} century, which correspondingly resulted in lowering groundwater levels in the areas on either side of the river. Unless water is impounded by way of a barrage in Vienna, adverse effects will be found as a result of the deepening of the Danube riverbed in the wake of the completion of the Greifenstein power plant in 1984 at 50km upstream from the Fraudenau. After careful observation and check on some 500 environmental regulations, the Fraudenau facility could meet the full compliance with the Viennese Environmental Protection Act. After operating the dam with navigation locks and small hydropower plant in 1998, the "Alte Donau", and the "Lobau", two spacious former branches of the river, which are popular suburban recreation areas, are supplied with sufficient fresh water by through seepage from the reservoir. Ten hectares of riparian woods are reforested and the "Donauinsel" provides additional habitats for fauna and flora through biosphere encouragement Careful environment monitoring is being carried out to confirm the influence of damming the dam on the groundwater environment and wetland ecosystem in and around the reservoir. The case of Fraudenau hydropower development scheme demonstrates the recent promising example of compromise in the central Europe. Long-term effort of making the process of confidence building in cooperation among the hydraulic engineers, ecologist and NGO's resulted in preventing the conflict and restoring the eco-system in a heart of Vienna city of the capital of Austria.

6. Gab. íkovo-Nagymaros Project (GNP)

The Gab. íkovo part of the project is located on the 70 km long section along the Danube from Bratislava down to Györ. The original plan of the Gab. íkovo-Nagymaros Project was conceived to consist of two main components such as Gab. íkovo (hydropower dam and upstream main reservoir) and Nagymaros (downstream regulating reservoir), which together create a unified, inseparable operation system specially for the optimum peak power operation (see **Fig. 4**).

The chronology of significant events surrounding the Gab. íkovo-Nagymaros project starts with the following[12]:

1910– plans for the utilization of the hydroelectric power of the Danube emerge,

1920– Treaty of Trianon, through which Hungary lost territory to Czechoslovakia, including the territory in Slovakia,

1948– The Danube Convention signed by riparian nations, requiring signatory countries to maintain their sections of the river navigable for big ships, in order keep the river navigable throughout its length,

1950– suggestion at the meeting of the Hungarian Academy of Sciences that contact be made with Czechoslovakia to examine the possibility of building a power plant together;

1958– a Hungarian-Czechoslovakian joint expert Committee recommends building a system comprised of two dams, one with an elevated side channel, etc.

The main objectives of the Gab.íkovo-Nagymaros Project includes; 1) flood control and protection against inundation by internal waters, 2) improvement of navigation conditions between Bratislava and Budapest, providing the safe navigation and removing also other navigation obstacles, 3) exploitation of the hydropower potential of the Danube in the concerned stretch and making possible the peak operation of the hydropower plant at Gab.íkovo, 4) improvement and stabilization of the water management regime in the Danube and in the adjacent territory, namely within the inland delta downstream of Bratislava, 5) controlling bed-load transport regime and regime of ice floods, and 6) protection of groundwater reservoir for supply drinking water.

The Main reservoir of Dunakiliti-Hrušov, which consists of peripheral embankment dams with parallel seepage canals, is located along the right bank of Danube in the entire territory of Slovak by adopting the alternative development plan of "Variant C" [9] (see **Figs.4, Fig. 5**). The reservoir begins just downstream of the city of Bratislava to keep the water level at 131 .2 m above the Baltic Sea. The effective volume of the reservoir is 243 million m^3 accumulating the daily flow of the Danube. The embankment dykes lies on the gravel riverbed with clay slope sealing and surface protection by concrete lining. Clay soil carpet with a 20-150 m width prevents the seepage through the foundation. The seepage canals and collecting wells along the embankment control the groundwater seepage. The Dunakiliti weir is built on the right side intersection at Danube on the Hungarian border. The facility was designed to impound the water to the level of 131.1 m and to discharge a part of flood exceeding the design capacity of the Gab.íkovo main dam (see **Figs.4, 5**).

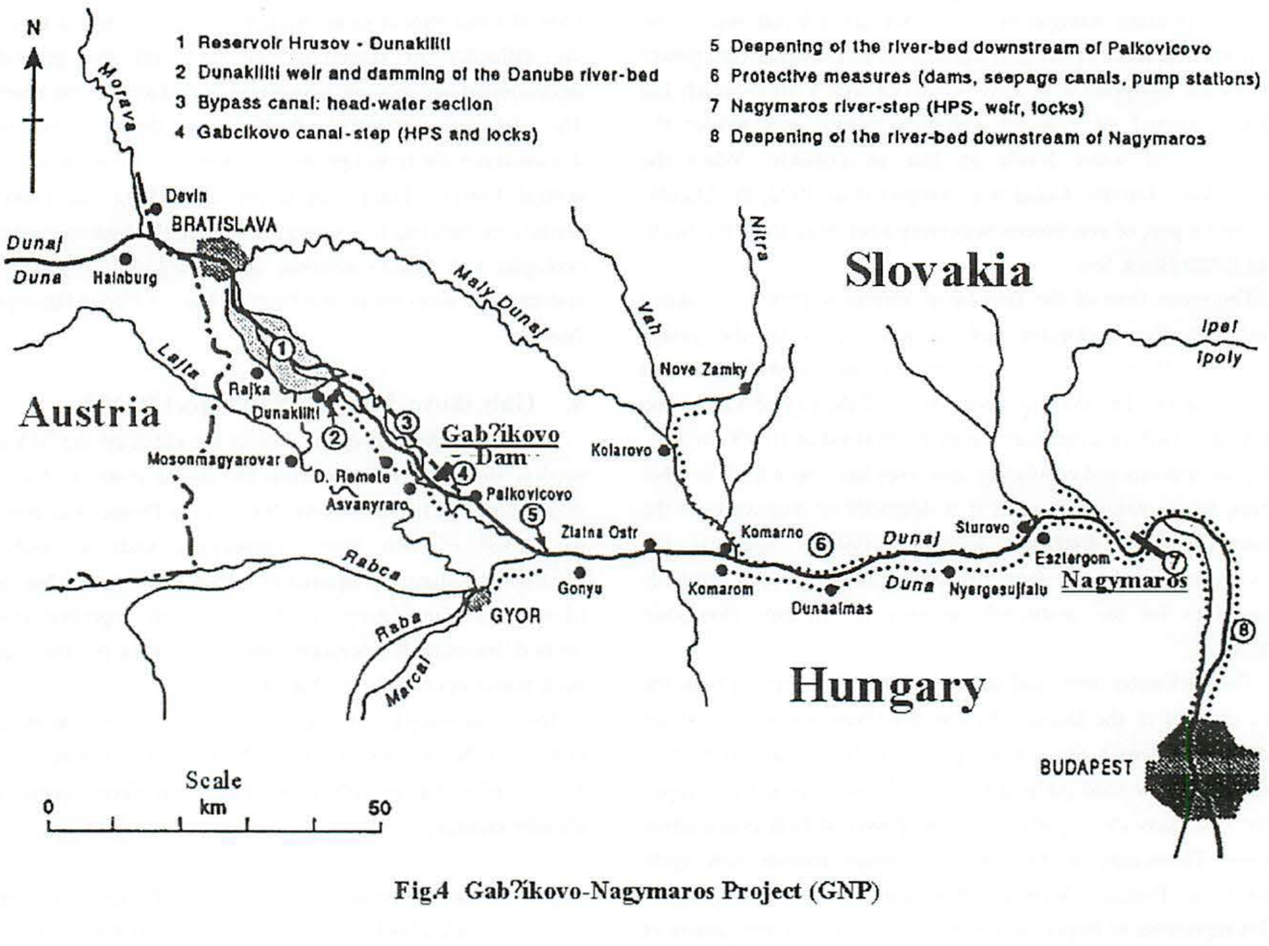


Fig.4 Gab?ikovo-Nagymaros Project (GNP)

The Gab.íkovo dam consists of a hydropower plant and two navigation locks. The hydroelectric power plant of Gab.íkovo is located on the right side of the complex, and the twin ship locks on the left side. The power plant has an installed capacity of 720 MW generating electricity of 2,980 GWh per annum at continuous operation. The plant comprises 8 units of Kaplan type turbines in total to develop the hydraulic head difference of 16.2m (net)-23.8m (gross) at flow rate of 3,630-5,090 m^3/s. Slovakia is iting 52.6% of its hydro-energy potential after the completion of the Gab.íkovo part of the project (Legon 1996). The hydroelectricity of the Gab.íkovo accounts for about 20% of the national electricity production in Slovakia. The ship locks are designed to adjust the head difference between the water levels between the headrace canal and tailrace canal, securing continual waterway traffic. There are two units of the locks with a length of 275m and a width of 34 m of each.

A series of side spillways were installed to compensate the decrease of discharge in the side branches along the section of old

Danube channel such as Mosoni region" in the Slovakian territory. The maximum design discharge of the canal system is as large as 9,770 m^3/s. Hungary claims for the significant decrease of more than 90% of river flow discharge in the side branches along the old Danube channel such as Szigetköz region in the Hungarian territory **(Fig.5)**

The Nagymaros part of the project, which is the downstream regulation reservoir, comprises two navigation locks, a hydropower plant and a barrage to follow the embankment dykes and dredging the river bed for 39 km long. The dam site, which was planed in the center heart of Nagymaros area, was seriously questioned by the environment people in the end of 1980s, claiming for the development of Hungarian heritage with beautiful natural landscape in and along the Danube bent (Fig.4). The Nagymaros dam was abandoned to conserve the historic nature and landscape by removing the embankment in the initial stage of construction in 1990-1991.

There are only two natural river heritages co-existing with exclusively excellent landscape in the gorge of Danube river such as "Wachau" in Austrian section and "Nagymaros" in Hungarian section which are to be conserved handing over the decisions to the next generations by taking into account the paradigm shift on the river development in Europe after 1989. The development plan of the Rühsdorf dam at Wachau was put aside and construction work of the Nagymaros dam was cancelled to adopt the new agenda of sustaining the development for the children and children's children in the perspectives of 21st century.

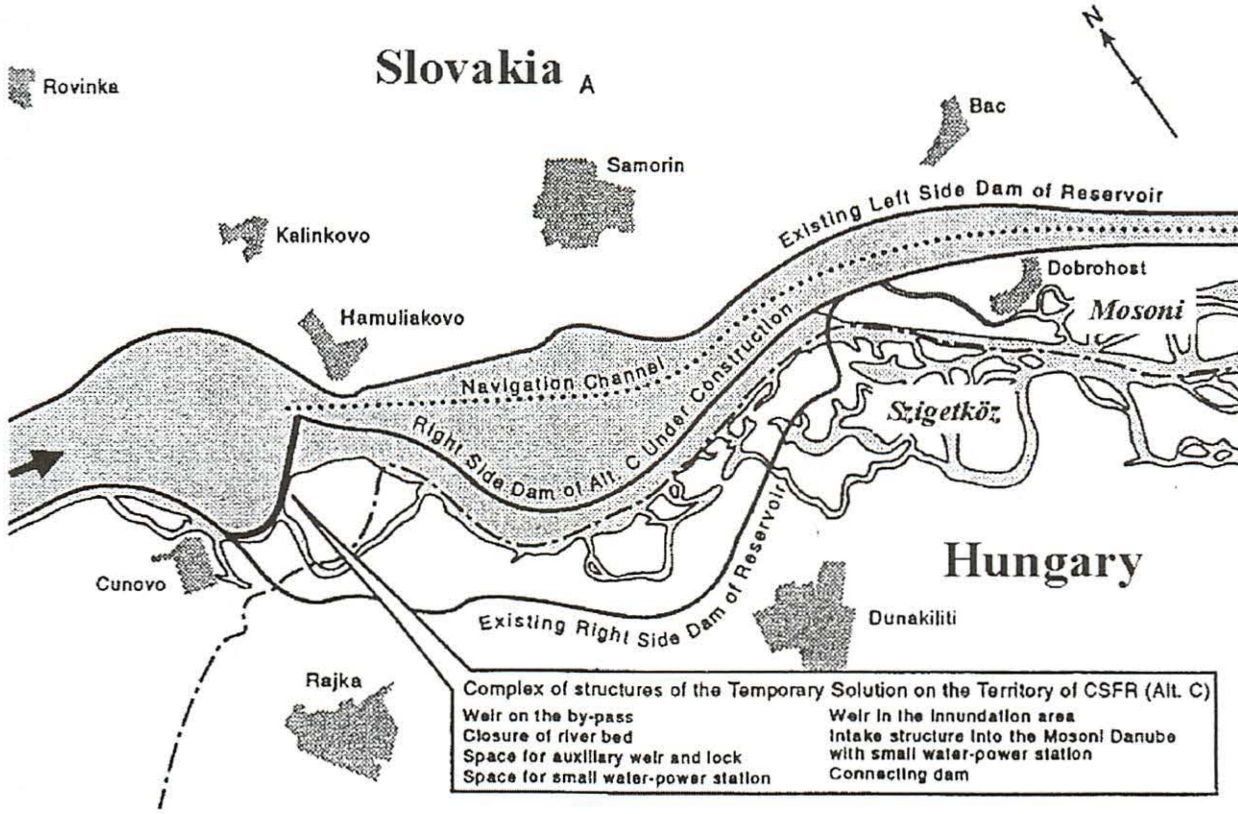


Fig.5 Gab?íkovo Dam Project and Slovak Proposal of Variant C

7. Restoration project of Danube delta

The most significant activities in recent decades have been the creation of a canal network in the delta to improve access and the circulation of water through the delta, and the reduction of the wetland area by constructing the agricultural polders and fishponds. As a result, biodiversity has been reduced and the f 'mentally important natural water and sediment transport n have been altered, diminishing the ability of the delta to retain nutrients. The Romanian government with support by Global Environment Facility (GEF) decided the pilot restoration of wetland areas in 1993 to restructure the biodiversity as well as to increase the nutrient filtering capacity of the wetland. The pilot restoration work intended to remove a part of existing embankment system taking a part of the flow in the Danube into the existing reclaimed land. The monitoring of the pilot project is being carried out to collect valuable information that can be used in other attempts to reconstruct the ecological functions of wetlands in the Danube basin. The river restoration works in the lower Danube in Rumanian section is the first pioneering wetland restoration project in the Danube region, while there is world first pioneering restoration project in 1992 namely "De Brauwe Kamer" in the lower Rhine delta in the Netherlands.

8. Concluding remarks

The UNU's activities focus mainly on peace and conflict resolution, development, environment, and management in a changing world, and science and technology in relation to human welfare. The program area of the United Nations University (UNU) on sustaining Global Life-support System responds to the priorities identified in the "Agenda 21" in 1992. A small research project on hydro-politics and eco-political decision making aims to identify the issues in disputes concerning water resources, selected alternative scenarios that could lead to the solution of complex problems related to water and environment issues, and recommended processes throughout which the countries concerned are likely to agree on mutually satisfactory solutions to the problems by sharing resources and benefits. It is also try to provide a comprehensive and objective environmental management setting for the sustainable development in the perspective of 21st century.

There is political atmosphere generally favoring more environment protection than the past to intend the slogan of "stopping the dams". The small hydropower schemes at Greifenstein and Fraudenau in the Austrian section of the Danube were the first case of compromising the multiple solutions by taking into account the priority role of restoration of the wetland ecology in the framework of the development project. The constant flow type of small hydro dam intends to recharge groundwater to revive the wetland eco-system and bio-diversity. It took a long time, however, to agree with the environment group including NGO by performing the extensive field research works on groundwater hydrology and eco-system monitoring.

A new hydropower development of the Gabčíkovo dam on the Danube of Slovak in 1992, which diverted the most of the flow in the Danube main channel, is a focus of discussion between Slovak and Hungary. Geopolitical setting of the Gabčíkovo dam in the upstream riparian of Slovakia, which gave psychological fears in the lower riparian of Hungary, might lead either conflicts or compromise.

Eco-restoration project, which aims to restore the wetland ecology of the reclaimed delta, has been carried out to remove a part of existing water infrastructures since the beginning of 1990s. The typical models are "De Brauwe Kamer" in the Rhine delta in the Netherlands and "Coastal delta" in the lower Danube in Rumania. It is too early to conclude that it is success or failure, evaluating the monitoring data in the long-term basis of than 10 years.

While societal, political, and legal problems on the Gabčíkovo dam have been extensively argued immediately after taking the legal proceedings at the International Court of Justice at Hague, of which the legal process is being examined with Hungarian counterparts to support the eco-political decision process.

Acknowledgements

This study was based on the research program on the hydro-politics and eco-political decision making of the international rivers in the academic division of UNU. The authors owe to many people who helped us freely and with encouragement. Fist, we must mention Dr. Juha Uitto and professor Iwao Kobori of the United Nations University (UNU) who jointly initiated the research program on the Danube case in 1995. Special thanks are due to Mr. Dominik Kocinger, Plenipotentiary of Slovak Government for the Gab.íkovo-Nagymaros Project, Nominated Monitoring Agent of the Government of the Slovak Republic for access to environmental monitoring data in Slovak Republic and Hungary, and GROUND WATER Consulting, Ltd. for the courtesy to publish the original drawings from the environmental monitoring. We also should like to thank the ministries and agencies concerned in the government of both Slovakia and Hungary as well as the Department of Infrastructure Systems Engineering at Kochi University of Technology in Japan, the Faculty of Natural Science at Comenius University in Slovakia, the Department of Political Science at Central European University and Department of Civil Engineering at Technical University of Budapest in Hungary.

Finally, we state clearly that any errors as well as the views expressed and conclusions reached are ours, though we tried to make fair for various contending views on these controversial issues by standing the neutral position in the academics.

(原稿受付　2001 年 8 月 31 日)
(原稿受理　2002 年 1 月 8 日)

References

1) UNESCO (1994) Hydrology and Water Resources Development in a Vulnerable Environment. International Hydrological Programme, Fifth Phase-Revised Outline, Paris.

2) Murakami, M. (1995) Managing Water for Peace in the Middle East - Alternative Strategies, pp.1-9, United Nations University Press, Tokyo-Pairs-New York

3) Fitzmaurice, J. (1996) Dammin the Danube - Gab.íkovo and Post-Communist Politics in Europe, pp.44-69, Westview Press

4) ICOLD : International Commission of Large Dams (1997) Position Paper on Dams and Environment, pp.19-23.

5) ERERI : Elwah River Ecosystem Restoration Implementation (1996) Olympic National Park, pp.6-43

6) Lane, E.W. (1935) Security form Under-Seepage-Masonry Dam on Earth Foundation, Trans. No.10, Proceedings of A.S.C.E.

7) Kristensen, P. and H. O. Hansen (Eds.) (1994) European Rivers and Lakes, Assessment of Their Environmental State, Environmental Monographs 1, European Environment Agency, Copenhagen

8) Bryson, B. (1992) Main-Danube Canal - Linking Europe's Waterways, National Geographic, 2 (182): 3-31.
9) Lejon, E. (1996) Gab.íkovo-Nagymaros, Old and New Sins. Bratislava: H&H.
10) EPDRB: Environmental Programme for the Danube River Basin (1994) Strategic Action Plan for the Danube River Basin 1995-2005, Task Force for the Programme, Brussels
11) Schiller, G. and Drexler, F. (1991) The Status and Prospects of Hydropower in Austria, Water Power & Dam Construction, June 1991, pp.23-29.
12) Margesson, R. (1997) Reducing Conflict over the Danube Waters: Equitable Utilization and Sustainable Development, 1 (21): 23-38, Natural Resources Forum.

List of Figures

[四万十・流域圏学会誌　第1巻　第1号　67−68　2002]

<調査報告>

地域と連携した河川環境改善への取り組みについて

今井 嘉彦*　常山 進**　大原 英樹***

1. 江の口川の歴史的経緯

高知市の市街地を貫流する江の口川の水質の悪化は，昭和２５年に流域内にパルプ工場が立地したときより始まり，その後も家庭排水や工場廃液により河川の汚濁が激しくなり県都の環境にとって大きな問題となった。昭和４７年には水質汚濁防止法に基づく新しい排出基準が県条例により施行され，主な汚濁元の製紙工場の操業を停止するに至った。また，昭和４５年度より河川浄化事業に着手し，石積みによる環境護岸やヘドロの浚渫を行ったが，抜本的な改善には至っていない。

2. 河川環境改善への取り組み経緯

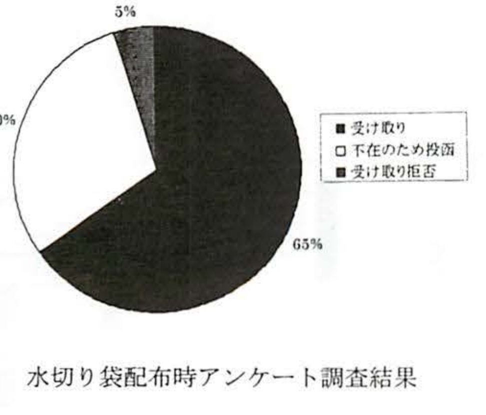
昭和６１年には「江の口川うつくしいまちづくり市民会議」が結成され，水質浄化と江の口川流域の市民交流をはかり流域活性化とまちづくりに取り組んでいる。また，平成９年に改正された新河川法では新たに環境への配慮を位置づけている。そこで，県として流域住民の意見を取り入れ，江の口川が，周辺住民の方々に親しまれる河川となるための水質浄化を検討すべく，高知大学 今井 嘉彦名誉教授をアドバイザーに迎え，「江の口川水質浄化検討会」を発足した。以下，その水質浄化啓発活動について述べる。

3. 水質浄化啓発活動

3.1 水切り袋による水質浄化

家庭でできる水質浄化活動として，江の口川に流入する水路を一つ選び流域住民に水切り袋を配布し使用してもらい，水切り袋使用後の汚濁負荷量の減少を検証した。その後，使用した水切り袋を回収し，補足有機物の重量を測定し，実際の生活排水中の汚濁物質排出削減量を算出した。また，使用期間３週間後に，再度，水路の水質調査を行い，水切り袋の継続使用しているか否かの確認を行った。　水切り袋配布時に行った125世帯の聞き取り調査結果を図−１に示す。６５％の方が調査協力して頂き，また，日頃の水切り袋の使用状況については２３％程度であった。

次に，水質調査結果として，水切り袋使用によるBOD変



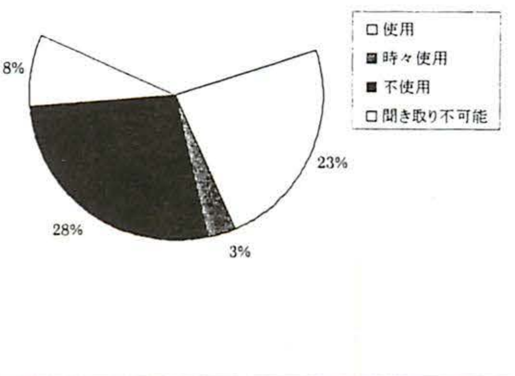


Fig. 1　水切り袋配布時アンケート調査結果

＊　高知大学名誉教授
＊＊　江ノ口川うつくしいまちづくり市民会議　TEL088-875-3301
＊＊＊　高知県総務部財政課　〒780-8570 高知市丸ノ内１丁目２番20号　TEL 088-823-1111（代表）

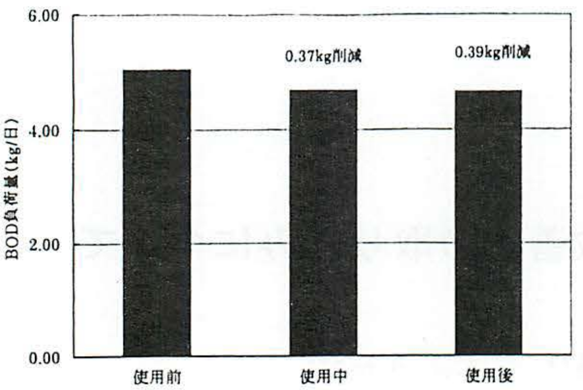


Fig. 2　水質調査結果(BOD 変化)

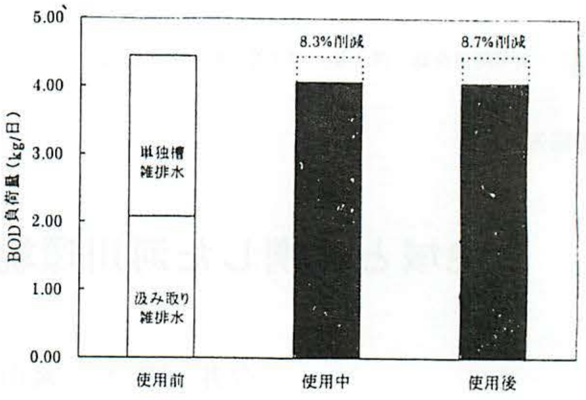


Fig. 3　生活排水に対する BOD 負荷削減率

化を図－２に示す。

この結果をもとに，排水処理形態の差を考慮し，生活雑排水のみに対しての除去率を算出した。その結果を図－３に示す。これより，水切り袋使用による生活排水の汚濁削減効果が確認できた。

また，使用後のBOD削減傾向より，水切り袋の使用が継続されていると思われ，啓発活動の結果があらわれたと推測される。

3.2　小学生による水質改善啓発活動

旭東小学生の４年生が「総合的な学習の時間」に，河川沿いに水質浄化の啓発壁画を１カ所，及び，啓発看板を町中に８枚を作成，設置した。また，簡易水質試験による水質観測も行った。この活動を通し，児童の水質浄化への意識の高まり，ひいては，家庭での水質浄化運動が啓発が期待できる。

また今年度も，新学年の児童に引き続き水質観測をしてもらい，データの経年的変化を実感するなどして水質への関心を高め，継続した浄化運動としてゆきたい。

3.3　施設による河川浄化

ひも状接触材生物酸化法による浄化施設を設置し効果を検証した。これは，ひも状接触材が浮遊物を補足し，微生物が水中や補足された有機物を分解することで水質浄化を図るものである。その構造を図－４に示す。設置撤去がしやすく，維持管理も地域住民による河川清掃で行える簡易な構造である。水深５～15ｃｍで，維持管理しやすく，啓発効果も考え人目に付く所を条件に，２カ所に30ｍと20ｍの延長で設置した。図－５に汚濁の平均除去率を示す。DOについては減少傾向が見られ有機物の分解が行われていることが確認できるが，その他は，はっきりとした水質改善効果が見られなかった。

4.　まとめ

以上の調査結果を，住民に公表することにより，住民自身が浄化活動を行った時の効果を示すことができたのではないかと思われる。また，浄化施設のみで水質改善することの困難さ，及び，施設の維持管理に対する住民の関わり方などの問題提起ができたのではないかと思う。今後も，きれいな江の口川を取り戻すために，行政でできること，地域住民できることを検討し水質改善に取り組みながら，住民自身の水質浄化運動を広げてゆきたい。

(原稿受付　2001 年 8 月 31 日)
(原稿受理　2002 年 1 月 8 日)

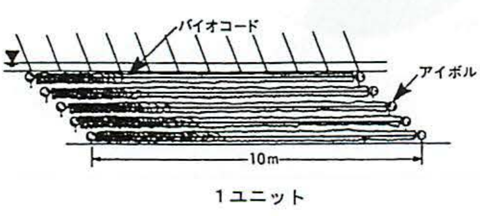


Fig. 4　ひも状接触材による浄化施設

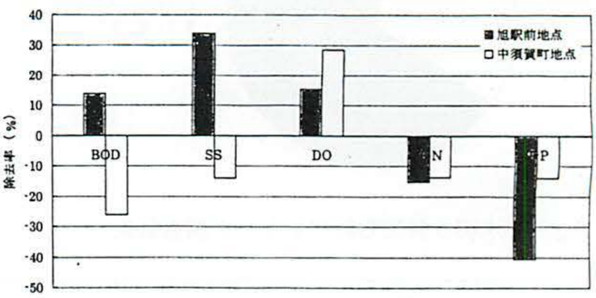


Fig. 5　汚濁平均除去率

学会ニュース

会長の今井嘉彦氏が県文化賞を受賞

高知県は2000年10月30日，学術や芸術，教育など県民文化の向上に貢献をした個人や団体に贈る県文化賞の受賞者を発表。本学会の会長であり高知大学名誉教授の今井嘉彦氏が受賞されました。水環境の研究で多くの功績を残し，文化面でも「日本書芸院　一東書道会」に所属するなど，「文理」両面で高知県の学術，文化の発展に寄与した功績が認められての受賞となりました。同年11月3日に県庁正庁ホールで行われました。今井氏の研究活動の原点は，「地域に根ざす」精神であると言えます。この受賞は，本学会のメンバーにとっても励みになると存じます。ご受賞，本当におめでとうございます。　(橋尾)

廃校舎活用と地域づくり研究

農山村の過疎化の進行と少子化の影響で,休廃校となる学校が増加してきている。学校は地域の文化の灯でもあり，廃校は子どもたちの声が聞こえず,「未来を失いつつある」地域を印象づける。お年寄りにとっても，精神的な面でも打撃であり,福祉面からみても学校の再生活用は課題となっている。

1．四万十楽舎設立までの経過

１９９６年　・「土佐の教育改革を考える会」にて，休・廃校活用を提案。

１９９７年　・西土佐村行政，中半・岩間地区住民と企画内容について相談。

・ 西土佐村議会（９月）にて，四万十楽舎に関する調査費（２００万円）が決定。１月に報告書提出

１９９８年　・６月　村議会において，四万十楽舎設立準備室を開始することを確認

・７月　西土佐村中央公民館に設立準備室開設。

・９月　県の地域活性化事業補助５，０００万円が内定。

・９月　村議会において一部修正の上，四万十楽舎開設予算が決定。

・９月　休校舎の中半小学校を廃校処分

・１２月２７日　(社) 西土佐環境・文化センター四万十楽舎設立総会。

１９９９年　・２月２３日　社団法人化の認可

・３月２０日　四万十楽舎オープン式典（橋本知事他１１０名参加）

・３月２０日　四万十楽舎オープニングイベント（約５００名参加）

・４月　１日　四万十楽舎開設，事務所開き

２．運営上の成果と課題

（１）地域住民との共同

校舎原形を残し，改築部分に木を使い，鉄筋校舎の湿気対策と雰囲気作りの努力。地域の名人の参加，行事への参加等地域とともに楽しみながら事業を進める。

（２）専門のスタッフをそろえる

川の水生生物，カヌー，教育・文化活動，コンピューター,地域づくりなどの専門性をもったスタッフをそろえることで，宿泊や委託事業の充実化をはかる。

（３）自然体験型宿泊事業の充実

四万十川を見ることから体験することによって,川の保全への参加意欲を育てあう。森林の植樹活動，農業体験，川漁の体験など，生産に関わる体験は遊ぶだけでなく，参加したことで達成感を高める。

（４）可能性を引き出す委託事業

村の生涯学習委託事業では，学校２日制を先取りした「四万十小楽校」,「四万十文庫」，村の活性化研究を進める研究者，行政，民間がともに学ぶ「西土佐村大学院」。ネイチャークラフト研究，鹿の加工食品研究など，地域の可能性を引き出し「多すぎて困っているものを商品化す

る」道筋を提案し続ける活性化センターとしての役割。

3．独自事業の展開

（1）里小屋オーナー制度

間伐材を利用し，１５年～２０年の長期計画で滞在できる「四万十川付きの里小屋」を建てる計画を提案。１００件を越える問い合わせがあり，2回の見学会を経て契約化が進む。都市・農村交流を定住化に向けてのハードルをクリアーする作業が課題。

（2）定住コンサル事業

田舎暮らし希望者増大の背景には，失業，就職難，退職後の生活不安などがある。定住希望者は，農山村の自然豊かな場所を希望するが，不動産業者は手間暇のかかる僻地はほとんど扱わず，この間に入ってコンサルする事業が求められている。過疎をくい止める上での最優先課題としての行政上の位置づけが課題となる。

4．四万十リサイクルオーナー制

「家地川ダム」問題をめぐり，流域住民，自治体に四万十川保全を総合的に取り組む課題が浮上。今年４月からの「リサイクル法」の施行に伴い，有機廃棄物，畜産廃棄物，パルプ・木材廃棄物を有機肥料化する。流域や都市部で発生する廃棄物を堆肥として山村の農地に返して栗や桑畑や農地の再生に活用する。オーナーは個人・団体とし，リサイクル活動に参加し，年１回流域の特産品を送付する。

5．四万十川流域での体験学習活動

（1）四万十インストラクター養成講座

本事業は，観光客と地域住民とのより深い交流を目指して，平成１３年度に６つのモデルパターン（漁業・森林生態・動物・林業・昆虫・郷土料理）を作って実施中である（西土佐村・県森林アクションプラン）。今年度の経験と，高知大農学部地域経営学研究グループの客観的なデータをもとに「四万十川流域」での地域人材を活用したインストラクター認定制度のプランニングも行っている（こうちフィールドミュージアム推進事業業務）。

（2）四万十高校生交流会

流域の高校生（５校）から高校生が集まり，実行委員会を結成し，環境（自然・学校など）問題を中心に交流会を開いた。

（3）四万十川ドラゴンラン

四万十川流域高校生を対象にした，四万十川源流から河口まで１６０ｋｍを徒歩，自転車，カヌーの人力だけで走破する企画。宿泊地で地元との交流も行う。平成１４年３月実施。

（4）四万十川と星の自然体験

四万十川は，星もすごい！ということを実感してもらう企画。幡多郡内小学５年から中学３年まで対象。高知県教育委員会生涯学習か委託事業。平成１２年度県民のアイデア募集事業提案を企画化。望遠鏡づくり，西土佐村村天体観測ドームでの観測，河原で天体観測やぐらづくり，カヌー体験，魚釣りなどを行う。平成１４年３月実施。

（社団法人　西土佐環境・文化センター四万十楽舎

山下正寿）

シンポジウム「四万十川と流域圏構想」開催の報告

シンポジウム「四万十川と流域圏構想」が２００２年１月１２日に関西大学法学研究所の第２３回現代法セミナーとして開催された。会場のマルチメディア教室でのヴィジュアルな報告がなされ，また，高知県の四万十川流域振興室からも参加をいただき，企画の趣旨に沿ったシンポジウムの目的が達成された。

（企画の趣旨）

日本最後の清流といわれる四万十川。この清流を保全しようとする努力は，いまやあらたな形をとろうとしている。川は森と海とをむすぶ自然風土のかなめであり，それを舞台として展開する生態系のすみかだといえ，人間の生活は，そうした生態系の営みのひとこまである。だとすれば，川はその水流のみで尽くされるものではなく，流域として川を保全することが，その本来の姿であろう。

こうしたことはもちろん，四万十川にのみあてはまることではない。一般的に河川の保全は，清流保全から多自然型川づくりをへて，河川流域の環境整備へと移行し

ている。河川法も同様に，その目的を治水と利水とを越えて親水にも拡大している。しかし，四万十川の流域ではこれまで，他の河川に先駆けてさまざまな取り組みがなされてきていて，それらの積み重ねにより，流域としての河川保全のモデル形成がなされそうにみえる。

本シンポジウムでは4名の四万十エキスパートが参加され，河川改修，植生研究，河川行政，住民運動の各分野から，マルチメディアによるヴィジュアルな現状報告を行う。また，本学の行政法教授の参加をも得て，流域圏保全の総合的なイメージを作り上げたい。

そして，こうした流域とその保全の実態をつたえていただくことをつうじて，また，相互の論議をつうじて，そこから流域圏の保全モデルを展望すること，これが本シンポジウムのめざすところである。

（関西大学法学部教授・法学研究所幹事　竹下　賢）

・・・プログラム・・・

テーマと報告者　① 環境川づくりと流域圏
福留　脩文　西日本科学技術研究所長（自然型河川工法のパイオニア）

② 流域圏の森と川
澤良木　庄一　黒潮福祉看護専門学校長（四万十川流域の自然植生研究者）

コメンテーター　① 亀山　忠　国土交通省四国地方整備局中村工事事務所副所長（四万十川を管轄する河川行政担当者）

② 西内　燦夫　西建設技術コンサルタント代表取締役（四万十川流域住民ネットワークの代表者）

③ 池田　敏雄　関西大学法学部教授（自然公園法・まちづくり条例などの行政法研究者）

司会者　竹下　賢　関西大学法学部教授・法学研究所幹事

日　時　平成14年1月12日(土)　13:00～17:00

場　所　関西大学千里山キャンパス　マルチメディア教室

主催　関西大学法学研究所 ／ 後援　大阪商工会議　大阪工業会　関西生産性本部

第4回沖縄研究国際シンポジウム沖縄大会 ー世界に拓く沖縄研究ー開催

2001年9月22日に万国津梁館において，シンポジウム「世界に拓く沖縄研究」，基調講演が行われました。秋篠宮文仁親王殿下による記念講演Ⅰ「ひとつの民族生物学」，秋篠宮文仁親王妃紀子殿下による記念講演Ⅱ「沖縄との出会い」のご講演がございました。9月23日には，沖縄県立芸術大学において，部門別分科会が行われました。第一分科会から第九分科会に別れて，考古学，歴史学，言語学，文学，民俗学・民族学，美術工芸学，芸能学・民族音楽学，社会学，自然科学の各ジャンルで活発な発表・討議が行われました。言語学の部において，本学会会員の橋尾直和氏による「ハワイ沖縄系日系人の言語と文化に関する意識」の発表がありました。最後に，大会実行委員で法政大学名誉教授・沖縄学研究所所長の外間守善氏による記念講演「琉球王国の成立と初期王権」がありました。

会員の訃報

昨年7月30日，学生会員の九之池伸哉氏が，不慮の事故のため逝去されました。

本会は謹んでご冥福をお祈りいたします。

四万十・流域圏学会

四万十・流域圏学会会則

第1章　総　　　則

（名　称）

第1条　本会は，四万十・流域圏学会（Japan Society of Shimanto Policy and Integrated River Basin Management）と称する。

（目　的）

第2条　本会は，四万十川及び全国の流域圏を対象に，総合的・学際的調査研究及び学民産官連携による実践的取り組みを展開し，もって流域圏を単位とした自然重視の学際的な地域文化づくりの横断的な推進に資することを目的とする。

（事務局）

第3条　本会は，事務局を当分の間，高知工科大学社会システム工学科　村上研究室に置く。

（事　業）

第4条　本会は，第2条の目的を達成するために次の事業を行う。

(1)　講演会，研究発表等の開催。

(2)　学会誌，ニューズレター及びその他の刊行物の発行。

(3)　四万十川流域における先駆モデル研究。

(4)　四万十川流域と他流域との交流及び住民団体・研究者など多様な主体の交流を通じたネットワークづくり

(5)　前各号のほか，本会の目的を達成するために必要な事業

第2章　会員に関する事項

（会　員）

第5条　本会の会員は四万十・流域圏学に関心を持ち，本会の趣旨に賛同するものとし，正会員，学生会員，賛助会員及び準会員をもって構成する。その他の会員については，理事会で決定する。

(1)　正会員　　会費年額5,000円を納める者。

(2)　学生会員　　大学学部学生・大学院学生・研究生で会費年額2,500円を納める者。

(3)　賛助会員　　企業・団体で賛助会員（年額30,000円以上）を納める者。

(4)　準会員（ジュニア会員）　　小学生・中学生・高校生。会費は徴収しない。

（会員の権利）

第6条　正会員は，以下の権利を有する。なお，理事会の承認によって，学生会員，賛助会員及び準会員にも権利を付与することができる。

(1)　調査研究成果を学会誌その他の刊行物または研究発表会において発表すること。

(2)　本会が主催する研究発表会，講演会及び総会等に参加すること。

(3)　本会の定期刊行物の無料配布を受けること。

（会　費）

第7条　会員は，第5条に定める年会費を前納しなければならない。

2　既納の会費は，いかなる理由があっても返還しない。

（会員の入会）

第8条　会員になろうとするものは，入会申込書を提出し，理事会の承認を受けなければならない。

（会員の退会）

第９条　退会しようとするものは，退会届けを提出しなければならない。この場合，未納の会費があるときは，完納しなければならない。

2　理事会は，長期にわたって連絡のとれない会員を退会させることができる。

第３章　組織に関する事項

（役　員）

第10条　本会には次の役員を置く。

⑴　理事　25名以内，うち会長１名，副会長３名以内とする。

⑵　監事　２名。

（役員の選任）

第11条　理事及び監事は正会員の互選により，総会で決定する。

2　会長は，理事のうちから互選する。

3　副会長は，理事のうちから会長が指名する。

4　理事及び監事は，相互に兼ねることができない。

（役員の任期）

第12条　役員の任期は２年とし，再任を妨げない。

2　役員は任期満了となっても，後任者への事務引継ぎを終了するまでその職務を行う。

第13条　役員に欠員の生じたときは，後任を選任する。ただし，理事会でその必要がないと認めたときは，この限りでない。

2　補選された者の任期は，前任者の残任期間とする。

（役員の任務）

第14条　役員の任務は次のとおりとする。

⑴　会長は，会務を統括し，本会を代表する。

⑵　副会長は，会長を補佐し，会長に事故あるときはその職務を代行する。

⑶　理事は，理事会を構成し，本会の運営に関する重要事項を審議する。

⑷　監事は，本会の会計を監査する。

（総　会）

第15条　総会は正会員をもって構成し，本会の最高決議機関として会の意志と方針を決定する。

（総会の開催）

第16条　通常総会は，毎年１回開催する。

第17条　臨時総会は次の場合に開催する。

⑴　会長又は理事会が必要と定めたとき

⑵　正会員の３分の１以上の者から請求があったとき

第18条　総会は，会長が招集し，議長となる。

第19条　総会の招集については，開催の２週間前までに，日時，場所及び会議に付議すべき事項を適当な方法によって会員に通知しなければならない。

第20条　総会は，正会員の５分の１以上の出席がなければ成立しない。ただし総会に出席できない正会員で，第19条によって通知された事項の決議を他の出席会員に委任した者及び書面によって決議に参加した者は出席者とみなす。

（総会の議決）

第21条　総会の議決は出席者の過半数の同意による。可否同数のときは，議長の決するところによる。

第22条　総会では，次の事項を議決する。

(1) 前年度の事業報告及び収支決算

(2) 当該年度の事業計画及び予算案

(3) その他理事会が必要と認めた事項

(理事会)

第23条 理事会は，必要に応じて会長が招集する。

2 会長は，理事の過半数から請求があったときは，理事会を招集しなければならない。

3 理事会の議決は，出席者の過半数の同意をもって決定する。可否同数のときは，会長の決するところによる。

4 本会の運営を円滑に行うため，理事の中から代表幹事を選任し，幹事会を開くことができる。

(委員会)

第24条 本会は，必要に応じ委員会を組織することができる。委員会の規約は，別に定める。

2 各委員会は，理事会に委員会の活動状況について適宜報告し，また，本会の運営上特に必要であるとして理事会から諮問された事項について，答申しなければならない。

3 会長は，理事会の推薦を受け理事の中から委員長を任命する。

4 会長は，理事会の推薦を受け正会員の中から若干名を委員に任命する。

(支部及び部会)

第25条 本会は，必要に応じ支部及び部会を置くことができる。

2 支部及び部会の設置及び組織については，別に定める。

第4章　会計に関する事項

(会　計)

第26条 本会の経費は，会費・助成金及び寄附金その他の収入をもってあてる。

第27条 本会に，一般会計のほか必要に応じて特別会計または基金をおくことができる。

第28条 本会の会計年度は，5月1日から翌年4月30日までとする。

第5章　会則の変更及び解散

(会則の改正)

第29条 この会則は，総会出席者（委任状及び書面による参加を含む）の3分の2以上の同意を得なければ，改正できない。

(会の解散)

第30条 本会は，総会出席者（委任状及び書面による参加を含む）の3分の2以上の同意がなければ解散することができない。

第6章　その他の事項

(雑　則)

第31条 この会則に定めるもののほか，学会の運営に関し必要な事項は理事会の議決を経て別に定める。

附　則

1 この会則は，平成13年2月8日から施行する。

2 本会の設立初年度の会計年度は，第28条の規定にかかわらず設立の日より平成14年4月30日までとする。

(平成13年3月8日)

四万十・流域圏学会役員体制

会　長

今　井　嘉　彦	高知大学名誉教授	環境化学	県　内

副会長

宇　多　高　明	国土交通省土木研究所河川部長	土木工学	県　外
坂　本　正　夫	高知県歴史民俗資料館館長	民俗学	県　内
福　留　脩　文	西日本科学技術研究所所長	河川工学	県　内

監　事

北　條　正　司	高知大学理学部助教授	環境化学	県　内
邑　岡　和　昭	高知県環境研究センター総合環境科長	環境科学	県　内

理　事

池　田　　　誠	東洋大学国際地域学部教授	社会システム	県　外
石　川　妙　子	水生生物研究家	生物学	県　内
井　添　健　介	高知県建設技術公社理事長	河川工学	県　内
江　口　　　卓	高知大学人文学部教授	地理学	県　内
島　谷　幸　宏	国土交通省土木研究所環境部河川環境研究室長	土木工学	県　外
陶　山　正　憲	静岡大学農学部教授	森林環境工学	県　外
玉　井　佐　一	高知大学名誉教授	河川・海岸工学	県　内
橋　尾　直　和	高知女子大学文化学部助教授	言語学・方言学	県　内
浜　田　幸　作	高知県立須崎高等学校久礼分校教頭	社会学	県　内
福　田　善　乙	高知短期大学学長代理	経済学	県　内
福　永　秦　久	西日本科学技術研究所取締役	環境化学	県　内
福　元　康　文	高知大学農学部助教授	蔬菜園芸学	県　内
松　田　誠　祐	高知大学農学部教授	水文学・河川工学	県　内
松　本　　　聰	東京大学大学院農学生命科学研究科教授	応用生命科学	県　外
村　上　雅　博	高知工科大学社会システム工学科教授	水資源・河川工学	県　内
山　﨑　慎　一	高知工業高等専門学校建設システム工学科助手	衛生工学	県　内
山　下　正　寿	(社) 四万十楽舎楽長	社会学	県　内
依　光　良　三	高知大学農学部教授	森林政策・山村経済	県　内

委　員　会

総務委員会	委員長	村上雅博
	委　員	各委員長＋代表幹事
企画・研究調整委員会	委員長	玉井佐一
財務委員会	委員長	福永秦久
編集出版委員会	委員長	橋尾直和
代表幹事	江口　卓（高知大学人文学部）	
	橋尾直和（高知女子大学文化学部）	
	浜田幸作（高知県立須崎高等学校久礼分校）	
	福元康文（高知大学農学部）	
	村上雅博（高知工科大学）	
	山﨑慎一（高知工業高等専門学校）	

事　業　計　画

平成14年度

6月1日　四万十・流域圏学会第２回総会・学術研究発表会（１日目）

　　2日　四万十・流域圏学会第２回総会・学術研究発表会（２日目）

11月10日　四万十・流域圏学会第２巻第１号発行

その他，四万十川や鏡川等において子ども版河川見学会

会員募集の御案内

四万十川及び全国の流域圏を対象に，総合的・学際的調査研究と学民産官連携による実践的な取り組みを展開する「四万十・流域圏学会」(**Japan Society of Shimanto Policy and Integrated River Basin Management**) が平成13年２月８日に設立されました。

「流域圏」をキーワードに新しい学会にふるって御参加下さい。

○学会の基本理念

1）横断的・学際的な研究，現場に根ざした実践的な研究，住民と連携した取り組み（学民産官連携活動）を重視する。

2）地域の学問から全国の横断的な流域圏のネットワークづくりと世界（国際交流・国際協力）へ向けての情報発信を行い，実際問題への適用をはかるために，学・官・民の研究者・技術者・地球市民との交流を促進する。

3）次世代への展開（サステイナブル・シマント）と次世代をになう人材（若手を含む）の育成を重視する。

○当面の事業計画

6月1日（土） 四万十・流域圏学会第２回総会・学術研究発表会（高知女子大学南舎137教室：10：00～17：00）

	9：00～	受付開始
	10：00～10：05	開会の挨拶
	10：05～11：05	流域圏ユース（子ども）
	11：15～12：15	総会
	12：15～13：15	昼食
	13：15～14：45	口頭発表・ポスター
	14：45～15：00	休憩
	15：00～17：30	口頭発表
	17：30～	閉会の挨拶
	18：00～20：00	懇親会
6月2日（日）	9：00～11：00	鏡川（高知市内河川）見学会（多自然型河川と生物の多様性保全）
	11：00～12：00	口頭発表・ポスター
	12：00～13：00	昼食
	13：00～14：30	口頭発表・ポスター
	14：30～15：00	休憩（ポスターのまとめ）
	15：00～16：30	口頭発表
	16：30～16：35	閉会の挨拶

河川見学会（多自然型河川と生物の多様性保全）

子ども版河川見学会（体験型河川学習：水生生物観察，エビ取り等）

注）詳細は４月中旬に改定される当ホームページに御案内します。

11月10日（日） 学会誌第２巻第１号発行

お　知　ら　せ

1　入会申込書提出先について

入会を希望される方は，入会申込書を以下のところに提出して下さい。

四万十・流域圏学会事務局　高知工科大学社会システム工学科　村上研究室

〒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；murakamimasahiro@kochi-tech.ac.jp

2　会費納入について

会則第５条の規定により，正会員5,000円，学生会員2,500円の年会費の納入をお願いいたします。なお，設立発起人の方は，入会申込書提出の必要はありません。

振 込 先　　**郵便振替　01670－７－3731　　　四万十・流域圏学会**

＊準備が間に合わなかったため，今回同封の振込取扱票には，口座番号及び加入者名が印刷されておりません。お手数ですが，各自御記入ください。

正会員，学生会員，賛助会員のいずれに該当するかを明記して下さい。

同封の用紙を用いると，振り込み料が不要です（会が負担します)。

または

銀行口座　四国銀行下知支店　普通預金0387519

四万十・流域圏学会　会計　福永秦久

お願い：領収書は発行いたしませんので，振り込みの控えを保存してください。

3　学術大会研究発表について

学会設立２年度である今回は，各位の発表とディスカッションの時間配分が半々になるよう，参加型・対話型の研究発表会にするために会期を２日間に延長しました。周囲の方をお誘いの上，奮ってお申し込み下さいますようお願いいたします。

発表申込書及び予稿集原稿の提出期限は４月15日（月）ですが，発表希望者の方は，お名前と予定題目を，学術大会事務局あて，なるべく早くお知らせいただきますよう，併せてお願いいたします。

なお申し込みが多い場合は，一部の発表をポスターセッションでお願いする予定です。発表内容については特に定めませんが，広い意味で流域圏に関係することであれば結構です。

連 絡 先（メールアドレス等は別紙参照）；

高知工科大学社会システム工学科　村上研究所

4　四万十・流域圏学会ホームページについて

2001年３月18日（月）より学会ホームページを開設しました。第２回学術大会の詳細プログラムは，４月下旬に，このホームページにて御案内します。

アドレス　　http：//kochi.cool.ne.jp/shimanto/

入 会 申 込 書

四万十・流域圏学会会長　様

平成　　年　　月　　日

住所

氏名

連絡先住所（ 自宅 ・ 勤務先 ） 〒 TEL；　　　　FAX； Mail；			
会　員　種　別*	正会員 ・ 学生会員 ・ 賛助会員 ・ 準会員		
勤務先又は職業			
専　門　分　野		生年月日	年　　月　　日
備　　考			

会員種別については、該当するものを○で囲んでください。

「四万十・流域圏学会誌」投稿要領

投稿規定

1．投稿資格

本誌への投稿者は，本会会員（団体正会員に所属する者を含む）に限ります。ただし，共同執筆者には，会員以外の者を含むことができます。原則として，本会会員は自由に投稿することができます。また，編集出版委員が認めた場合には，会員以外からの特別寄稿を受け付けることがあります。投稿規定ならびに執筆要領をよくお読みの上投稿して下さい。なお，会費未納の場合は，掲載しないことがあります。

2．原稿の種類

投稿原稿は，四万十川および流域圏関連分野の論文，研究ノート，総説，解説，調査報告，論説・評論，その他の7種とし，未発表のものに限ります。その内容は，次のとおりとします。ただし，編集出版委員が特に必要と認めた場合には，この限りではありません。

⑴ 論文：独創的な内容で，四万十川および流域圏に関する価値ある結論あるいは有意議な新事実や新技術を含むものです。それ自身完成度が高く独立したもので，まとまった結論が得られる段階まで研究が進展しているものを対象とします。特色のある観測・実験・調査結果やその一次的解析結果および統計・数値実験結果などを主とするものも含まれます。

⑵ 研究ノート：断片的あるいは萌芽的な研究ではありますが，独創的な内容で，四万十川および流域圏に関する価値ある結論あるいは有意義な新事実や新技術を含むものです。論文ほど研究として完成度を要求しませんが，それと同等の価値のある内容を含むものを対象とします。新しい研究方法などの紹介，予報的速報，既知の知見を確認する短報なども含まれます。

⑶ 総説：四万十川および流域圏に関する専門分野の既存の研究成果・現況・今日の問題点・将来の展望を解説したものです。学会に関する特定の主題について最近の研究成果を広い視点から整理，位置づけし，その研究の流れの理解に資するものです。

⑷ 解説：新しい研究，技法，工法プロジェクトなど，会員にとって有用，有益となる情報を分かりやすく提供するものです。

⑸ 調査報告：四万十川および流域圏に関するフィールド調査の報告で，四万十川および流域圏の現状把握やその改善に有用な価値ある情報・データを示したものです。論文やノートのように独創性を重視するのではなく，調査結果自体の有用性を重んじた内容のものを対象とします。

⑹ 論説・評論：学会関連の全般的総括的問題を対象としたもので，広く会員の参考となるものです。

⑺ その他の原稿：原稿の長さは，原則として，すべてを含む仕上がりページ数が以下のようであることが望ましいです。

和文の本文1ページは，原則として横書きで，25字×56行×2段組です。

論文 ………………………………………………………… 10ページ以内
研究ノート ………………………………………………… 5ページ以内
総説 ………………………………………………………… 10ページ以内
解説 ………………………………………………………… 10ページ以内
調査報告 …………………………………………………… 10ページ以内
論説・評論 ………………………………………………… 2ページ以内
その他の原稿 ……………………………………………… 1ページ以内

ただし，やむを得ず規定ページを超過する場合は，執筆者の実費負担とします。また，編集出版委員の指定するものについては，この限りではありません。

3．原稿の書き方

⑴ 原稿には，「完全版下原稿」と「テキストファイル付き原稿」の2種類があり，前者での提出を原則

とします。やむを得ない場合には，後者での提出も認めます。なお，後者における場合，版下作成作業のため発行までに時間がかかることがあります。「完全版下原稿」の場合は，原稿を出力見本に従って作成し，そのまま写真製版ができるような高品質のプリンタで出力したものを提出して下さい。「テキストファイル付き原稿」の場合は，原稿を所定の方法に従って作成し，MS-DOSテキストファイル形式で保存したフロッピーを添付して提出して下さい。提出原稿は，事故および校正に備えて必ず控えをとっておいて下さい。

(2) 原稿の書き方に関する諸注意は，「執筆要領」を参照して下さい。

4．原稿の提出期限

原稿提出期限は，随時ですが，討議・コメント原稿の受付は，その対象論文掲載後６ヶ月以内とします。

5．原稿の受け付け

(1) 原稿提出時には，原稿のコピー４部と併せて，原稿送付票，表紙，原稿概要を添付し，編集出版委員会事務局宛に送付して下さい。「原稿概要」は，題目，執筆者名，所属を記入したＡ４用紙に，200字以内で原稿の内容をまとめたものです。ただし，論文，研究ノート，総説，解説，調査報告，論説・評論以外は，提出の必要はありません。

(2) 編集出版委員会事務局に到着した日をもって，その原稿の受付日とします。

6．原稿の査読

(1) 編集出版委員会は，受け付けた原稿の査読を編集出版委員・査読委員を含む複数の専門家に依頼します。原稿の内容に関して問題があると判断された場合，編集出版委員会はその旨を執筆者に伝え，修正を求めます。

(2) 修正を求められた原稿は，３ヵ月以内に修正原稿を再提出します。この期間に修正原稿の提出がなく，かつ学会事務局まで何の連絡もない場合には，撤回したものとみなします。

(3) 編集出版委員会は，査読結果に基づき掲載の可否を決定します。

7．原稿の受理

編集出版委員会が掲載可と判断した日をもって，その原稿の受理日とします。なお，原稿は原則として受理順に掲載しますが，編集の都合上，前後することがあります。

8．正原稿の提出

編集出版委員会より受理通知を受け取った後，執筆者はその指示に従って正原稿を編集出版委員会事務局に提出して下さい。

9．校正

印刷時の執筆者校正は，「完全版下原稿」の場合は，原則として行いません。ただし，編集出版委員会が必要と判断した際には，執筆者校正を依頼する場合があります。「テキストファイル付き原稿」の場合は，印刷時の執筆者校正は１回とします。執筆者校正を行った場合，ゲラ刷りの受け取り後，指定期日までに必ず返送して下さい。返送が遅れた場合は，編集出版委員会の校正のみで校了にすることがあります。なお，この時点では印刷上の誤り以外の字句修正，あるいは原稿になかった字句の挿入は認めません。校正原稿は，一週間以内に正原稿とともに返送して下さい。定期刊行物を維持するため，一週間以内に行わなければ，執筆者校正はないものとします。抜刷りは行いません。

10．著作権

四万十・流域圏学会誌に掲載された著作物・記事の著作権および版権は，四万十・流域圏学会に帰属します。ただし，当該執筆者の著作権および版権の行使を妨げるものではありません。疑義が生じた場合は，編集出版委員会で決定します。

11．編集出版委員会事務局

〒780-8515　高知市永国寺町５-15

高知女子大学文化学部橋尾研究室

TEL・FAX：088-873-2823　E-mail：hashio@cc.kochi-wu-ac.jp

執　筆　要　領

1．投稿原稿の性質

四万十・流域圏学会誌は，国内的・国際的な四万十川および流域圏に関する多くの専門分野の研究の横断的・学際的な発表・情報伝達機関として，各分野間の交流，相互の理解を促進する機能を持つことを目指すものです。したがって，投稿原稿は，このような目的に沿ったものであり，会員が関心を持つようなテーマを扱っていて，会員相互間に建設的な討議を引き起こすようなものが望ましいです。

投稿原稿が少なくとも具備すべき条件は，原則的には，(1)誤りのないこと，(2)重複のないこと（未発表のもの）の２点です。

2．一般的注意事項

①原稿の本文の用語は，日本語とします。

②原稿は，内容が独立して完結しているものとし，表題に「第○報」的な通し番号は含めません。

③本文の区分けは，以下の記号を用い，大見出し，中見出し，小見出しなどを明瞭にして下さい。

〔例〕2.　研究方法

2.1　分析方法

2.1.1　微生物学的方法

(1)　一般細菌数

(a)　培地

④区読点には“，”および“。”を用い，“、”や“．”などは用いません。

⑤本文中で使用する単位は，ＳＩ単位系にしたがって表記することを原則とします。ただし容量単位は，リットル（ℓ）あるいは立方メータ（㎥）を用いることを原則とし，特別に必要な場合を除き，立方デシメータ（ｄ㎥）は使用しません。

⑥生物名は，和名の場合かなを用い，学名はイタリック体にします。

⑦図表は，タイトルや説明文を含めて英文とし，通し番号をつけて下さい。

通し番号のつけ方　図：Fig. 1, Fig. 2, ……

表：Table 1, Table 2, ……

⑧写真は図として取り扱います。したがって，扱いはすべて図に準じ，番号も図と同一の通し番号を使用します。なお，カラー写真のように印刷に多額の費用を要するものについては，その実績を著者負担とします。

⑨謝辞（必要な場合），記号表（特に記号が多い場合に作成することが望ましい）は，本文末尾に付けて下さい。

⑩引用文献は，本文中では下記の例に従って明記し，原稿末尾に「参考・引用文献記載要領」に従い，一覧にして下さい。

岡村（1995）は，……，……と述べている（渡辺 1984）。

⑪直接文章を引用する場合は，「引用記載要領」に従って下さい。

⑫注は，「注記載要領」に従って下さい。

⑬その他，不明な点は出力見本を参照し，それに準じて原稿を作成して下さい。

3．「完全版下原稿」に関する注意事項

①Ａ４判の白紙に所定の書式に従って印刷して下さい。

②文字サイズ，フォント，マージン，スペースなどは，見本の指示に従って下さい。

③文字は２段組とし，１行25文字，１ページ56行を標準とします。

4．「テキストファイル付き原稿」に関する注意事項

「テキストファイル付き原稿」の場合には，上記の一般的注意事項に加えて，以下の点にも留意して下さい。

①本文は，ワープロを使用してＡ４判の白紙にプリンタで印字して下さい。上ツキ，下ツキ等が不可能なシステムの場合，赤ボールペンでその旨を明記して下さい。数式，記号等は特にその大きさ，位置などが明瞭になるよう十分注意を払って下さい。

②原稿の長さは原則として，表題，著者名，英文要旨および図表を含めて本規定の３に記載されたページ以内とします。但し，刷り上がり１ページは，１ページ目が約2,000字，以降は約2,800字です。Ａ４判白紙に１ページにつき25字×28行（＝700字）で上下，左右マージン35mmの枠内いっぱいに収まるように印字出力して下さい。

③図（写真を含む）および表は，１枚ごとに通し番号をつけ，説明文および題名は各紙にまとめて英文でタイプします。図表など本文のあとに一括して添付し，その挿入箇所は本文の原稿欄外にそれぞれ図表番号で明記して下さい。

④図面は，Ａ４判のトレース用紙または白紙を使用し，１枚に１図ずつトレース，レタリングするか，あるいはコンピュータを用いての作図の場合，高品質のプリンタで出力したものとします。各図の右下すみに図番号，著者名，縮尺を記入します。図はワクだけでなく，縦軸の説明，数字も含めて原則として片段（幅79mm）に印刷できるような縮尺を推定します。79mmを超える場合でも幅170mm（本誌１ページ分の左右幅）を超えることはできません。縮尺を念頭において記号と文字の大きさを考慮すること。なお，図が不明瞭な場合，図の全面的な書き直しを指示することがあります。

⑤表は，Ａ４判の用紙を使用し，１枚に１表ずつ作成して下さい。原則として原表をそのまま使用するので，片段（幅79mm）または両段（幅170mm）に印刷できるよう，文字の大きさ，間隔を考えて作成して下さい。

⑥参考・引用文献の記載方法は，「参考・引用文献記載要領」に従った上で「完全版下原稿」の見本の書き方に準じます。

参考・引用文献記載要領

【論　文】

①著者名，掲載年，表題，雑誌名，巻，ページの順に記して下さい。掲載年は（　　　）書きし，表題，雑誌名，巻，ページはそれぞれの間をコンマ（和文誌では全角，英文誌では半角を用いる）で区切り，最後はピリオド（体裁はコンマの場合と同じ）で終わって下さい。

②字体は，和文誌の場合には明朝体を，英文誌の場合にはタイムズをそれぞれ用います。学名および英文雑誌名にはイタリック体を用います。

③雑誌名については，和文誌の場合には省略せずに記し，英文誌の場合には省略名を用いてもかまいません。省略方法はそれぞれの雑誌の慣用に従って下さい。

④巻（Vo.1）についてはボールド体を用い，ページについては原則として通巻ページを記して下さい。号（No.）ごとのページのみの雑誌の場合には巻の次に号を（　）内に記し，号ごとのページを記して下さい。巻数がなく号数のみの雑誌の場合には号のみを（　）書きして下さい。

［記載例］

1）村上雅博、馬淵泰、K.E.シータラム、浅枝隆（1995）都市環境と地理情報システム、GIS 理論と応用、32、19－25.

2）Murakami, M., El-Hanbali, U., and Wolf, A. (1995) Techno-political Alternatives and Eco-political Decision Making in the Development of Dead Sea and Jordan Rift Valley Beyond the Peace, Water International, 20－4, 188－196.

【単行本】

⑤著者（編者）名，発行年，書名，ページ，発行所，発行場所（都市名）の順に記す。発行年は（　）書きし，書名，ページ，発行所，発行場所それぞれの間をコンマ（和文誌では全角，英文誌では半角を用いる）で区切り，最後はピリオド（体裁はコンマの場合と同じ）で終わって下さい。字体については「論文」の場合に準じます。

⑥書籍の一部の章などを参考文献とする場合には，章などの著者名，発行年，章などの表題，書名（和文書籍“「　」”書き，英文書籍 in “　”書き），編者名（和英文書籍ともに“（　）”書き），ページ，発行所，発行場所の順とします。

⑦ページの表記は，１冊全ての場合には“○○pp.”，部分の場合には“pp.○－○”の表現を用います。

［掲載例］

3）Murakami, M., (1995) Managing water for peace in the Middle East: alternative strategies, 309pp., United Nations University Press, Tokyo－New York－Paris.

4）福嶌義宏、村上雅博（1995）水に係わる国際紛争と水環境問題の光と影：カスピ海、アラル海、死海と 21 世紀の中央アジア／ユーラシア，233pp.，信山社

5）Murakami, M., (1997) Alternative strategies in the inter-state regional development of the Jordan Valley, in “Central Eurasian Water Crisis－Caspian, Aral, and Dead Sea”, pp154－180, United Nations University Press.

⑧その他，不明な点は「完全版下原稿」の見本を参照して下さい。

見本

［四万十・流域圏学会誌　第??巻　第？号　???－???　200?］

ゴチック　24級，16pt.

上辺マージン　23mm
右マージン　17mm

＜論　　文＞

小規模河川の流量観測におけるドップラー式超音波流速センサーの簡易適用法

およそ 6mm

吉　田　正　則*　　　村　上　敏　文*

ゴチック 16級，11pt.

およそ 15mm

タイムズボールド　16級，11pt.

A Simple Application of a Velocity Sensor based on the Doppler Effect of Ultrasonic Sound Waves for Measurement of Discharge from Small-scale River

およそ 6mm

Masanori YOSHIDA* and Toshifumi MURAKAMI*

タイムズボールド　14級，10pt.

およそ 4mm

* National Agricultural Research Center for Western Region, 2575 Ikanochou, Zentsuji City, Kagawa 765-0053, Japan

タイムズ　11級，7.5pt.

タイムズ　13級，9pt.

Abstract

タイムズボールド　13級，9pt.

10mm

A hydrometry of small-scale river using a velocity sensor based on the Doppler effect of ultrasonic sound waves was discussed. Cross-sectionally averaged stream velocity was estimated from velocity measured by the sensor. Then, discharge data including storm runoff were obtained safely and accurately, by the way of multiplying the cross-sectionally averaged stream velocity by cross-sectional area of flow estimated from water level.

In addition, the hydrometry using the sensor was revealed to have advantages as follows:

1) settlement of the sensor in a river is authorized easily,
2) cost spent on equipment and the settlement is low,
3) frequent and automatic measurement is available.

From above results, the hydrometry using the sensor is concluded to be worth utilizing for a long-term monitoring system to evaluate discharge and pollution load from small-scale river located on agricultural watershed in hilly and mountainous region.

10mm

タイムズボールド　13級，9pt.　一行あける

Key words : ultrasonic sound wave, the Doppler effect, agricultural watershed, stream velocity, storm runoff

およそ 11mm　1行25字，1ページ56行　明朝 13級，9pt.

1．はじめに

ゴチック 13級，9pt. 2行どりの中央

河川流量の実測データの取得は，農業集水域から発生する環境汚濁負荷量などを算定する際に欠かせない要素となっている[1,2]。しかし，流量せき法[3]や流速計による手計測 1 点法[4]など従来からの方法を用いた場合，高額の工事経費や河川管理者からの設置許可が必要なこと（前者），あるいは観測者の現地不在によるデータの断片性や観測者が洪水に巻き込まれる危険性があること（後者）などの理由から，連続的な流量データを任意河川で簡易に得ることは必ずしも容易ではなかった。このことは，河川管理者等による定期観測体制を持たない川幅 10m 程度の小規模河川（中山間農業集水域に多い）においてとりわけ大きな課題であったように思われる。

13mm

以上のことから，本センサーがもつ特質を活かすことにより，従来法が抱える問題点のいくつかを克服できる可能性が考えられた。そこで本研究では，自動採水装置などとの一体的運用が可能で，入手および取り扱いが容易な上記センサーを例にとり，現地河川への設置方法や流量観測法，得られたデータの特徴とその処理法などについて検討を行ったので報告する。

2．観測地点の概要と調査方法

2.1　観測地点の概要

ゴチック 13級，9pt. 1字下げる

今回観測を行ったのは，高知県四万十川流域内の農業集水域（集水面積 814ha，1993～1996 年の平均年間降水量 2874mm）を流れる Y 川の末端部である。その河道幅は 11m，河床最深部から川岸までの高さは左岸，右岸とも 3m である。観測地点の選定は，流路が上・下流側とも 100m 程度にわたって直線的であること，大きな岩礫による狭窄や屈曲が存在しないこと，河床勾配の急激な変化が認められないことなどを条件に行った。

流れの特徴としては，右岸側に幅約 2m の砂礫堆があるため流心が河道中央よりやや左岸側に位置すること（平水時）や，観測地点の下流約 100m 地点で合流する H 川の水位上昇の影響をうけて，Y 川の水はけがやや滞る傾向がみられること（洪水時）などがある。なお本報では，豪雨による流量の増加が見込まれる 2000 年 5 月から同年 10 月にかけての 6 ヶ月間を中心にデータの整理を行った。

2.2　河道横断面形状の測量

*　近畿中国四国農業研究センター傾斜地基盤部　〒765-0053　香川県善通寺市生野町 2575

明朝 11級，7.5pt.

左マージン　17mm
下辺マージン　23mm

上下マージン　23mm
左右マージン　17mm

それぞれの区分 i（i は区分点番号を示す）の幅 d_i，その中点の水深 h_i，および h_i 測線上の深さ方向平均流速点の流速 V_p^i（下付き添字 p は手計測の意）を測定した。また，このときの流水横断面積 A_p と断面平均流速 V_p^m（流水横断面内流速分布の平均値，上付き添字 m は断面平均の意）は，次式により求めた。

$$A_p = \sum_{i=1}^{n} d_i h_i \tag{1}$$

2字下げる　　1字左へ下げる

$$V_p^m = \frac{1}{A_p} \sum_{i=1}^{n} V_p^i d_i h_i \tag{2}$$

タイムズボールド
13級，9pt.

Fig. 4 は，手計測法による10回の観測のうち最大の10回の V_p^i の横断面分布をみると（**Fig. 5**），V_p^i の最大値が，6月6日を除くすべての日時でセンサー設置位置（水平距離9m）を挟む±1mの範囲内に収まっていることがわかる。これらのことから，河床最深部を目途に定めたセンサー設置位置が，V_s の測定位置として妥当なものであったことが確認できる。

このように本観測地点では，河床最深部と深さ方向平均流速の最大位置がほぼ一致していたため，センサーの位置決めは容易であったが，通常は両者が一致しないことが多いと思われる。

そのようなときには，河床最深部と深さ方向平均流速の最大位置ができるだけ近い場所を選んだ上で，河床最深部を優先してセンサーを設置すべきと考える。その理由は，センサーが最大流速位置から多少ずれても V_s と V_p^m の関係把握はある程度可能と考えられるのに対し（後述），センサーが河床最深部からはずれてしまうと，低水時の H_s 測定が不可能になるからである。

3.3　センサー法による水位，流水横断面積，流速，および流量の測定結果

Fig. 6 (a), (b), (c) に，水位，流水横断面積，センサー設置位置流速のそれぞれに関する手計測法全10回の測定値と，その手計測とほぼ同時に観測されたセンサー法測定値（流水横断面積は推定値）との比較結果を示す。いずれの図も，セ

図表は上段か下段につける

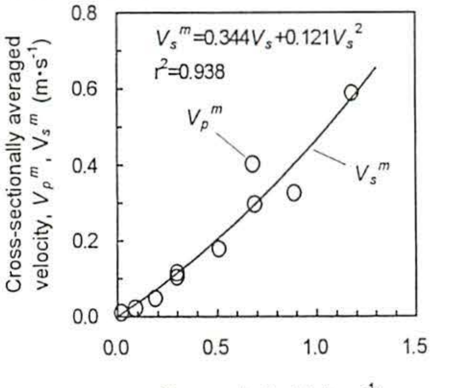


Fig. 7　Relationship between sensor velocity and cross-sectionally averaged velocity derived from manual measurement (○), and regression curve of cross-sectionally averaged velocity as a function of the sensor velocity (—)

タイムズボールド　12級，8pt　タイムズ

5．おわりに

以上，ドップラー式超音波流速センサーによる河川流量測定法の概要を，現地河川への適用事例をもとに述べた。数百ha規模の集水面積をもつ川幅10m程度の小規模河川を考えた場合，センサー法を用いれば，現地への設置手続きが容易になり，設備経費が安く済むうえ（今回使用したAVM750型の場合，一式約90万円），従来法では困難なことが多かった洪水時観測が安全・確実に行えるようになる。さらに今後は，センサーをつなぐチェーンの張り方を変えてゴミの付着を防いだり，流水の横断面方向に複数のセンサーを配置することなどにより，欠測が少なく，精度の高い流量モニタリングが可能になると予想される。これらのことは，小規模河川が多く分布する農業集水域において，汚濁負荷量の発生メカニズムやその変動特性などを把握するうえで大きな威力を発揮することになるだろう。今後は，本報で紹介したセンサー法が河川の水質管理や流域環境保全などの方面で広く活用されることを期待し，センサー法の精度向上や運用方法の改善に向け検討を進めていく予定である。

謝　辞　ゴチック13級，9pt.

本研究を実施するにあたり，ご指導をいただいた中央農業総合研究センターの藤原伸介氏，森林総合研究所の吉永秀一郎氏ならびに関係各位，現地調査でご支援をいただいた高知県土木事務所と自治体関係の皆様，畜産草地研究所の山本　博氏，(株)日科機バイオスの竹田敏之氏，(株)日進機械の高橋好弘氏に深く感謝の意を表します。なお本研究は，環境省公害防止研究の一環として行われたことを付記する。

（原稿受付　200?年??月??日）
（原稿受理　200?年??月??日）

参考・引用文献　ゴチック11級，7.5pt.

1）黒田久雄（1997）水田灌漑期農業地区からの NO_3-N日流出負荷量の検討－流出負荷予測タンクモデルに関する研究（II）－，農土論集，189，51-58.　明朝11級，7.5pt.
2）中曽根英雄，黒田久雄，茂木真司（1997）水田灌漑がなされている小集水域のL－Q式の問題点と期別区分による改善，農土論集，190，71-76.　Vol.　はボールド
3）石原藤次郎，森　忠次（1965）新版測量学応用編，pp.251-310，丸善，東京.
4）高瀬信忠（1978）河川水文学，pp.61-67，森北，東京.
5）山口高志，新里邦生（1994）電波流速計による洪水流量観測，土木学会論文集，497，II－28，41-50.
6）山口高志，佐藤健次，新里邦生，石井敏哉（1990）電波流速計を用いた洪水流量観測システムに関する調査，河川情報研究所報告，4，別冊2，1-75.
7）阿保勝之，杜多　哲，高柳和史，藤原建紀（1999）ADCPを用いた五ヶ所湾の内部潮汐観測，海岸工学論文集，46，401-405.
8）多田光男，須佐美智嗣，藤原建紀，秋山秀樹（1996）ADCPによる豊後水道の潮流の流動構造の観測，弓削商船高等専門学校紀要，18，15-20.
9）米谷栄二，山田善一（1962）新版測量学一般編，pp.320-323，丸善，東京.
10）土木学会編（1999）土木用語大辞典，pp.1106，技報堂，東京.
11）丸井信雄（1966）河川水理学，水工学便覧，pp.263，森北，東京.

上下マージン　23mm
左右マージン　17mm

引用記載要領

引用は「　」によって示すこととしますが，論文では150字，研究ノート，調査報告，総説，論説・評論では90字以上にわたる場合には，1マス分下げて引用文を記して下さい。引用の最後に（　）をつけ，著者の姓，出版年（西暦に限る），コロン，ページ数を次の例にならって記入します。

例　真田は「・・・・・」と述べている（真田 1985 : 30)。

注の形式で引用文献を記すこともできますが，そのようにはせず，この例のように引用文の最後に，（　）で囲んで記して，本文中に割り込ませて下さい。完全な引用とならずに，抄録のかたちをとる場合には，次のようにします。

例　真田は，・・・・・と述べている（真田 1995 : 45-55)。

注記載要領

注はアラビア数字を用い，原稿用紙では本文のマスを用いず，行間に ）を記入して下さい。ワープロ書きでは，上付き文字を用います。また，必ず句読点の前に置いて下さい。

例　中本の意図を見るためには[1)]，・・・・・

注の書式は，次のように統一して下さい。

例　1）□□□□□□□□□□□□□□・・・・・
　　□□□□□□。
　　2）小泉（1998 : 20-35）では，□□□□・・・・・
　　□□□□□□。

「四万十・流域圏学会誌」原稿送付票（新原稿、第　　回修正原稿）

＊受付日　平成　　年　　月　　日	＊受付 No.

表　　題					
著 者 名	氏名（ふりがな）	所属	生年月日	会員	非会員
連 絡 先（会員に限る）	住所　〒 所属 氏名	☎ E-mail	FAX.		
原稿種別	□論　文　□研究ノート　□総　説　□解　説　□調査報告　□論説・評論				
原稿枚数	本文：　　枚	図：　　枚	表：　　枚	＊予定ページ：　　ページ	
＊受 理 日	平成　　年　　月　　日	＊掲載号　Vol.　　No.	＊通知日	＊原稿受取日	

注：＊印の欄は記入しないでください。著者複数の場合は、主たる著者に○印を付してください。会員・非会員のいずれかに○を付して下さい。

表　　紙

表　　題	(和文)	
	(英文)	

著　者　名	(和文)	
	(英文)	

所　　属 所　在　地 (*, **, ***は，著者名に対応させて下さい。)	(和文*)	
	(英文*)	
	(和文**)	
	(英文**)	
	(和文***)	
	(英文***)	

原　稿　概　要

受付 No.

表　題（和　文）	
同　（英　文）	
著者名（和　文）	
同　（英　文）	
所　　　　属	

（400字以内、切り貼り可）

編 集 後 記

2001年5月にスタートした四万十・流域圏学会の記念すべき第1巻第1号の編集に携わってみて、「生みの苦しみ」というものを実感しました。それは、全国的にも珍しい、文系・理系を問わず様々なジャンルの方々が投稿する学会誌だからです。

編集方針がきちんと定まらないままの船出であったため、投稿者の皆様、編集出版委員の皆様、査読者の方々には、いろいろとご迷惑をおかけすることが多々あったと思います。また、締め切り日前の早い内に提出されていた投稿者の皆様、昨年の内に発行を待ち侘びていた学会員の皆様には、諸事情で発行が大幅に遅れましたことを深くお詫び申し上げます。

今回の編集作業を反省して、次号以降は予定通り期日内に発行できるように頑張りたいと思います。次号がさらに充実した内容となるよう願って止みません。今後とも学会員の皆様のご協力の下、編集出版委員は学会誌の編集作業を行っていく所存です。

（橋尾直和）

We Love "SHIMANTO"

2002.2

■ 発　行　四万十・流域圏学会
Japan Society of Shimanto
Policy and Integrated River
Basin Management
URL: http://kochi.cool.ne.jp/shimanto/

■ 事務局　高知工科大学 社会システム工学科　村上研究室
〒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:murakamimasahiro@kochi-tech.ac.jp