

# 四万十・流域圏学会誌

第2巻 第1号

We Love "SHIMANTO"



2002  
December



# 四万十・流域圏学会誌 第2巻 第1号 (2002)

## 目 次

### 巻 頭 言

川は生命の泉

坂本正夫 (高知県立歴史民俗資料館) ..... 1

### 論 文

自立・循環型都市の現状と将来展望

松下 潤 (芝浦工業大学システム工学部環境システム科) ..... 3

### 総 説

生態工学による水環境修復

林 紀男 (千葉県立中央博物館環境科学研究科) ..... 11

### 調査報告

四万十川におけるアユの産卵期

高橋勇夫, 東 建作, 平賀洋之 (西日本科学技術研究所) ..... 17

カイロ首都圏都市用排水システムの地域特性

小林三樹 (藤女子大学人間生活学部) ..... 21

### 抄訳論文

河川流域管理における自然の流出構造の変動性

横田和典 (高知県四万十川流域振興室) ..... 29

### 四万十川流域圏学会ユースセッション2002

家地川ダム撤去問題及び流域住民インタビューによる『四万十川・196人のメッセージ』に関する取り組みについて

野坂なつこ, 佐竹 薫, 弘瀬ひろみ, 南部洋孝, 沖 真也  
(高知県立窪川高等学校・社会問題研究部) ..... 37

### お知らせ

四万十川流域圏学会 第3回総会・学術研究発表会の御案内 ..... 41

ニューズレター : 2002年9月号 ..... 47

記事 : 四万十・流域圏学会 第2回学術研究発表会「ユースセッション2002」 ..... 51

添 付

四万十・流域圏学会会則 ..... 53  
四万十・流域圏学会役員体制 ..... 56  
委員会・事業計画 ..... 57  
会員募集の御案内 ..... 58

入会申込書 ..... 60  
「四万十・流域圏学会誌」投稿要領 ..... 61  
「四万十・流域圏学会誌」執筆要領 ..... 63  
編集後記 ..... 72

## 川は生命の泉\*

坂本 正夫\*\*

川は古くからわたしたちの生活にまことに重要な役割を果たしてきた。毎日の飲料水をはじめ田畑を潤す灌漑用水として、あるいは川船や筏、渡し舟などの通路としても利用されてきた。また川の幸としての魚貝を恵み、釣りや水泳、カヌーなどの娯楽やスポーツの場を与えてくれるのも川である。だが、川は恵みを与えてくれるだけではなく、災害をもたらす存在でもあった。毎年のように洪水に襲われ、人命を奪われるという災害に悩まされ続けてきたのが日本の歴史であった。川はまた、お祭りや年中行事、信仰、人生儀礼などとも密接な関係があり、まことに多面的な機能を持っている。

その川は近代化（工業化・都市化）の波が押し寄せるにつれて、市街地はもちろん近郊からさらに中・上流へと次第に、その荒廃が進んでいった。そして、古くからある人間と川とのあの親しい関係、川から受けていた物心両面にわたる無限の恩恵が奪われていった。科学技術が飛躍的な進歩をとげ、物質的には確かに豊かになったが、環境（川）の破壊がどんどん進み川と人間との関係が疎遠になり、おかしくなってきたのが20世紀という時代であった。

わたしたちは、川が人間に与えてくれる力を過少評価してはいけない。川からどれほど多くの恩恵を与えられてきたのか、われわれの父祖は川をどのように見ていたのか、そして川とどのような接し方をしてきたのか、その足跡を十分に調査し研究して、それに則した生き方を考えなければならない時期にきている。そこで、人間が科学の力を過信して自然の摂理に反することをすれば、本当に大変なことになるよ、という警告の意味も込めながら「水の神」を話題に取り上げてみた。

水はわたしたちの暮らしの中で、欠くことのできない大切な存在だから、いろいろな信仰や慣習があるが、その中心に

あるのが水の神である。水の神は、水にまつわる神の総称で、地域社会では水神、川の神、井戸の神、井の神、田の神、神母神などまことにいろいろな名前で呼ばれており、その神格はきわめて複雑であり、容易にその実態をとらえることはできない。

水神の神格として注目されるのはまず田の神だが、これは稲作を左右する大切な水を司る神として、苗代や田の水口に祭られている。土佐では田の神をオサバイサマと呼んでいるが、そのご神体は川から拾ってきた丸い石であることが多い。飲料水を汲む井戸や泉には幣を立てて水神を祭り、正月、六月、十二月には水神祭りが行われていた。正月元旦の朝は、まだ暗いうちに恵方（吉の方角）の川や泉、井戸などへ出かけ、水神から若水をいただいていた。迎えてきた若水は神棚に供え、茶釜や煮物などに少しづつ入れて使い、家族一同がこの水で口をすすぎ顔を洗うが、この水には霊力があり、邪気を祓い生命のリフレッシュがなされると考えられていた。

水神は具象性をもって語られることが多いが、それには蛇、竜、ウナギなどが多く、またカツパという妖怪としても語られている。カツパの呼称は地方により異なる（土佐ではエンコウ）が、これは水神の零落したものとされており、その姿形は地方によりいろいろだが子供であることが共通している。このような水神に関する信仰は、淵の主である蛇が若者に化けて村の娘を訪ねて契りを結ぶ「蛇婿入り」や、淵の底に機を織る娘がいるという「機織り淵」などの伝説や昔話、あるいはカツパにいたずらされたという世間話として各地に伝承されている。また、水の神は雨乞いの対象とされ、生命の泉である水をくださるありがたい存在だと考えられていたが、反面では生命を奪う元凶であり、災厄を招くものとして恐れられてきた。特に暑い夏の季節には水神信仰が御霊信仰（非業の死をとげた者の霊が祟るという信仰）と結びつ

いて、祇園祭りや天王祭り、あるいはエンコウ祭りとして各地で行われている。

以上のような水神に関する習俗は、「水(自然)を恐れ、水を敬う心を持つ」という父祖伝来のメツセージである。

川のもつ機能はまことに多面的であるから、その全貌を明らかにするには自然科学はもちろん人文科学や社会科学など、いろいろな学問分野の研究者と民間人が協力しながら多種多様な研究を進めなければならない。そして川の再生と川との共生、資源循環型の地域社会の再構築に資することが本学会の使命だと思う。

## 水の命主お川

## 自立・循環型都市の現状と将来展望

松下 潤

### Present Progress and Outlook for Sustainable Self-independent Community of Tomorrow

Jun Matsushita\*

\* Environmental Systems Division, Shibaura Institute of Technology, 307 Fukasaku, Saitama-shi, 330-0003 Japan

Japan had introduced and highly developed infra-structure systems for water and energy supply, flood control and waste disposal in accordance with rapid urbanization during recent post-WW II periods. In consideration of the urgent necessity to reduce environmental loads due to mass production-consumption-disposal one-way type systems, subsidiary measures has been introduced by the national government for the promotion of sustainable self-independent community (SSC) plan.

Herein, this paper discusses on the availability of public-private-partnership due to the combination of two factors: one is an external motivating factor consisting of subsidiary measures and the other is an internal motivating factor based on local communal activities. In particular, this is true on the early transitional stage where SSC plan seems to be economically rather unfeasible with any subsidies and therefore local people's willingness to implement the plan is needed.

In this paper, the present progress of the SSC plan is introduced and its outlook is discussed in line with analysis of several leading projects.

**Key Words:** Sustainable Self-independent Community (SSC), Infra-structure, On-site Type Eco-Infrastructure, External Motivating Factor, Internal Motivating Factor, Public-Private Partnership

#### 1. はじめに

わが国における戦後 50 年間の高度経済成長期を振り返れば、都市に人口の 8 割が住むようになり、鉄鋼やセメント等 300 億トンの固形資源（建物の延べ床面積では 60 億 m<sup>2</sup>）もの膨大なストックが市街地に蓄積されることとなった。これを仮に「第一世代の都市建設」と定義すれば、これからの時代は既存ストックの更新と合わせて固形資源の再生・循環プロセスを数十年かけて進める「第二世代の都市建設」の時代になると予測される。（第 5 次全国総合開発計画では、都市更新が課題であるとしている<sup>(1)</sup>。）

また、〔水・ごみ・エネルギー〕の代謝活動の分野では、この 50 年間に資源やエネルギー源の供給、下水や廃棄物の処理処分のため広域的なインフラを整備し、私どもの生活は極めて便利になった。しかし反面では、地球温暖化を始めとする多量消費・多量廃棄型の都市構造に起因して様々な環境問題が顕在化したため、持続的な都市構造への転換への必要性が次第に明らかになった。

以上の認識のもとに、〔水・ごみ・エネルギー系〕では従来のインフラに依存した構造から、環境負荷の小さな自立・循環型都市に転換を図るうえで、地域に密着した小型・分散（On-site）型の「環境基盤」の導入が必要であり、このためには「公民協働」の仕組みが不可欠であると筆者は考える。

ごみの問題を例にあげると、家庭や事業所から排出されるごみを行政が受け取って処理処分するというこれまでの方法（End of the Pipe という）にはほころびが生じ、発生源でのごみの排出抑制や再利用・再資源化を図る必要性が見えてきた。このような課題に対しては、行政による従来のインフラ整備に代わるものとして、発生源である市民や企業への規制や助成といった行政の「外発的な仕掛け」は無論、地域住民のモチベーション（やる気）を高める「内発的な仕掛け」を連携化することが効果的であると考えられる。例えば、リサイクル活動への参加によって「生き甲斐が得られる」とか「地域がきれいにできる」といった参加意欲をいかに引き出し地域の活性化を図るかが重要であると思う。筆者の考えでは、循環型社会への移行により得られる利益や便益が必

ずしも明確でない今の段階では、特にこのことに留意する必要がある<sup>(2)</sup>。

本稿では、以上のような考え方に基づき、自立・循環型都市への展望と課題について「水・ごみ・エネルギー」の分野別の比較の視点から、試論としてまとめてみる。

## 2. 都市基盤整備のこれまでの軌跡と近年の転換

昭和30～40年代にかけて日本で起こった都市化の過程は高度経済成長とも重なり、ひとつの時代を明瞭に画した。昭和43年(1968)に制定された「都市計画法」では、線引きや開発許可制度によって基盤施設の脆弱なスプロール状の市街地の拡大をくい止める役割をもっていた。同じ時期に革新派の自治体首長会議が唱えた「シビルミニマム」の思想は、従来から産業基盤偏重と批判のあった社会資本投資の流れを都市の基盤整備の方向に転換する契機ともなった。

実際には、終戦直後から国土基幹的なネットワークを形成した「エネルギー系」電力施設。都市化の過程で広域的な施設の整備に急速着手せざるを得なかった「水系」上下水道施設や都市河川施設、同様の状況におかれた「ごみ系」の廃棄物処理施設、というように事業化の過程は分野によって様々であったが、ともかくも曲がりなりにも一定のインフラの整備水準を確保できたことが、日本の都市化や高度経済成長への礎となったことは言うまでもない。

このようなシステムの成立要因には、環境資源の入手が容易かつ低廉にでき、環境負荷排出に伴う環境修復対策費用を外部化することが可能であったことがある。しかし、将来ともこのような要因が持続しうるかどうかが誰もが疑問に感じる時代になった。今日的な地球環境問題の根源が、この点にある。

ところで、地球レベルの環境問題の系譜を辿れば、時代を画した出来事は大きく次の二つであった。ひとつは国連の「ストックホルム人間環境会議」(1972)であり、もうひとつはその20年後に開かれた「リオ地球環境サミット」(1992)である。前者のストックホルムでは工業先進国の公害問題の解決が課題であったが、後者のリオでは地球温暖化や熱帯雨林破壊などのグローバルな環境悪化が課題となり、「持続的な開発」の必要性への認識や「気候変動枠組み条約」等の締結に繋がったのである。

このような状況の中で、日本がリオ地球サミットに先立って閣議決定した「地球温暖化防止行動計画」(1990)は、地球環境問題への取り組み姿勢を内外に示したという点に意味があった。このような経緯から、環境庁の「エコポリス」計画(1889)、建設省の「環境共生都市」(エコシティ)や「環境共生住宅」要綱(1993)が生まれ、それらが通産省の「環境調和エネルギー・コミュニティ事業」(1995)、ごみの分野での国連大学パウリ学長による「ゼロエミッション」構想や通産省の「エコタウン事業」(1998)に繋がっていった。さらには近年、「循環型社会形成推進基本法」や家電製品・建設廃棄物等に関わる「製品リサイクル法」の制定(2000)によって、新たな局面を迎えるに至ったのである。(Fig.1)

翻れば、これまでの都市基盤施設の整備を通して利便性の高いライフスタイルが定着し、かえって環境への負荷抑制がききにくい社会の素地を形成している。例えば「エネルギー系」では、国としてエネルギー消費量の削減を国際的にコミットしたにもかかわらず、民生部門を中心に量的にはむしろ増加傾向にある。このような社会の基調は、前述の関係省庁の環境政策のみでは解決が容易ではない。建設省の「環境共生都市」でも、基本計画を定めた市町村数は平成11年度末の時点で19市町村に過ぎず<sup>(3)</sup>、事例の蓄積や定型化はむ

Fig.1 自立・循環型年に関わる国の環境施策

官庁名	施設名称	導入年次
環境庁	環境保全型都市のシステム整備計画(エコポリス計画)策定事業 ・総合的なシステム整備のための計画策定補助事業 地球温暖化対策地域総合推進モデル事業(エコトピア2000) ・CO <sub>2</sub> 排出抑制に関する計画策定補助事業	1989年度
	地球温暖化対策地域推進計画 ・地域レベルの温室効果ガス抑制計画策定	1999年度
建設省	環境共生都市(エコシティ)の総合推進 ・モデル都市の指定 ・都市環境計画に基づいた個別の整備事業費補助 ・環境共生住宅の整備推進	1993年度
通産省	環境調和型エネルギー・コミュニティ形成促進事業 ・大規模コージェネレーション・地域熱供給事業費等補助	1993年度
	エコタウン事業(家電製品等の製品リサイクル法との関連) ・地域リサイクル拠点の事業化調査・マーケティング調査への助成 ・家電製品等のリサイクル関係施設への助成	1997年度
農水省	エコビレッジ ・多様な生物相と豊かな環境に恵まれた農村空間の形成	1995年度

しる今後の課題であるといえる。

### 3. 自立・循環型都市の構築に向けて（将来像）

このように、自立・循環型都市に向けた動きは、緒についたばかりであるが、これまでの先駆的な取り組みの事例を繋ぎ合わせることによって、おぼろげながら将来像を推論できる。（これを模式的に表現してみたものがFig.2である。）

本図では、将来の都市更新に合わせ、街区やコミュニティ単位で「小型・分散（On-site）型」の「環境基盤」を組み入れ、同時に各戸の環境負荷排出量や資源消費量を居住者に伝達する情報システムも組み込んで、自立・循環型都市を構築・支援するイメージである。このようなシステムが具体化できれば、モザイクを張り替えるよう都市構造を長期的、段階的に転換することが可能となる。

類似の想定には、都市、農、工場における「3つの循環複合体」を想定した社会実験地でのモデル構築に関わる盛岡の試み（Fig.3）や「総合的な有機循環系」の内藤の提案がある<sup>(4)</sup>。また、機械工学の分野では、製品の生産から廃棄・再生品化を一貫する「インパース・マニファクチャリング」（逆工場）の設計手法についての研究が産学連携体制のもとで実施されてきた（Fig.4）。

しかし、このようなシステムの事業化には多くの課題が残されている。その中で特に重要な課題を二つあげる。

ひとつ目は、前掲のFig.4が示すように、資源の再資源化では品質低下が不可避であり、カスケード型で低レベルの用途とならざるを得ないという点である。このため、受け入れ側の市場整備の遅れが問題となる。（最終的には熱エネルギーでの回収も想定しなければならない。）

ふたつ目は、地域に密着型システムとして見ると、計画策定や施設管理に「市民参加方式」の導入を図ることが推進上効果的であるという点である。公園や道路事業ではこれを「里親制度」と呼んでいる。また、河川事業は地域の意向を河川計画に反映する仕組みを法制度化し、公民パートナーシップによる事業展開を図る考えとしている<sup>(5)</sup>。このように、行政の環境政策を地域への「外発的要因」としながら、地域の活力を「内発的要因」として活かすことが望ましいと考える。

### 4. 外発的要因からの自立・循環都市に向けた到達点

本節では、私たちの日常生活を支えてきた〔水・ごみ・エネルギー〕の基盤整備に関わる政策展開過程を比較分析して、自立・循環型都市に向けた「社会的な素地」がどの程度醸成されてきたか、分野別に評価する。

#### (1) 基盤施設の構成

〔水・ごみ・エネルギー〕に関わる都市基盤施設は、法律によって次の6つの事業に分類されている。

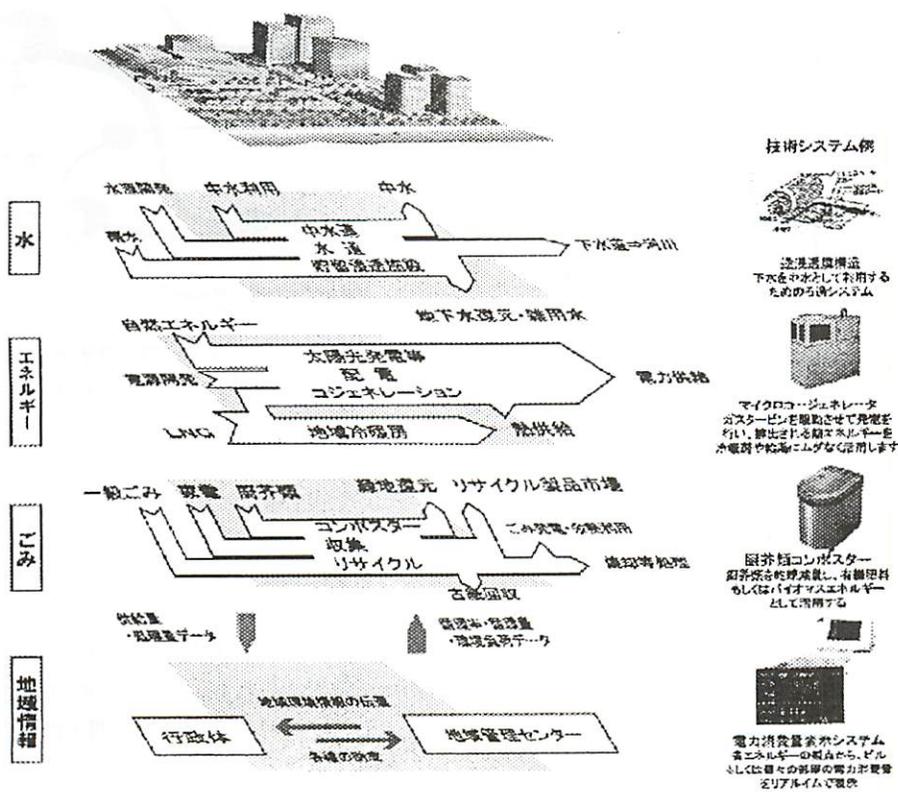


Fig.2 都市更新に合わせた自立・循環型都市の整備システムイメージ（水・ごみ・エネルギー・環境情報）

- [水系] 水道事業・下水道事業・河川事業
- [ごみ系] 清掃事業（廃棄物の収集、処理・処分施設）
- [エネルギー系] 電気事業・ガス事業

これらの施設の他に〔道路・鉄道〕等の交通輸送施設や公園緑地施設、文化・教育、医療・福祉系等の上物施設を含めた総体が都市計画法（第11条）でいう「都市施設」に該当する。

## (2) 都市計画との接点から見た評価

[水・ごみ・エネルギー] に〔緑系〕を加えた4系統の戦後の50年間に亘る政策展開の過程を、巻末資料-1で都市計画の展開過程に即して比較対照できるようにした。

本資料では、系別・年代別に「都市計画との接点」という視点から、関連する政策展開を別枠で整理している。筆者としては「施設整備と都市計画との接点」が大きい系統では「市民との接点」も大きいため、地域密着型で小型・分散型の技術の導入を前提とする自立・循環型都市の構築に向けての

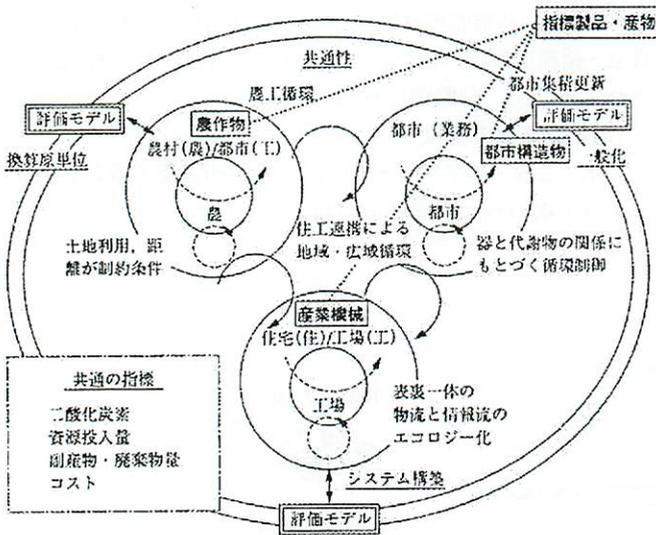


Fig. 3 3つの循環複合体による全体システム（盛岡通による）

「社会的な素地」の形成度が高いと判断できると考えるためである。

以下では、このような切り口から、4つの系統に関わる既往の政策展開を比較しながら、自立・循環都市への素地形成面への評価を試みることにしたい。

### エネルギー系と緑系の比較

都市計画（市民）との接点という切り口からは、この2つの系統は両極にあると見ることができる。

[エネルギー系] は、昭和20年代の段階から産業復興を支えるための基盤として重点的かつ優先的な投資が図られたことが、他の系統とはかなり異質である。この結果、昭和30年代には都市化に先行する形ですでに国土基幹的な電力ネットワークが形成されていたことから、都市部で都市計画との調整が必要となる局面は、電線類の地中化や地域冷暖

房程度に限られ、その問題も後述する〔ごみ系〕などと比べれば極めて軽微であったといえる<sup>前掲(2)</sup>。

また、既往の広域的な電力供給システムに依存する社会構造は、昭和40年代末の石油危機後も基本的には変わらなかった。さらに、昭和60年代以降に生じた地球温暖化防止や電力規制緩和という課題に対して、太陽光電池や超高効コージェネレーション（熱電併給）、家庭用燃料電池等の「新エネルギー」の普及が課題とされたものの、実際のシェアは高々1%程度に過ぎず<sup>(6)</sup>、これらの小型・分散型の新技术を受容するに足る素地が十分醸成されているとは言い難い面がある。

これに対して〔緑系〕では、昭和30年代の「鎌倉風致保全会」による都市林の買取り・保全運動を嚆矢として、市民参加の流れが早い段階から形成されたことが特筆される。また、昭和40年代には「緑化協定」の法制度化によって、緑地の保全や創出を街づくりの一環として図る仕組みも整備された。昭和60年代には、建設省の「緑のマスタープラ

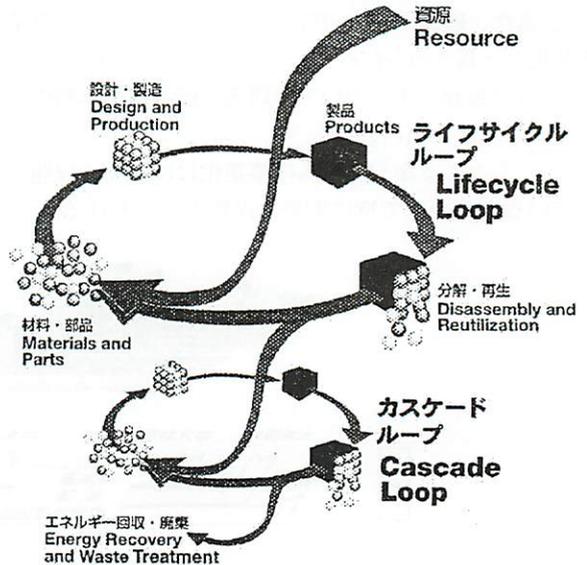


Fig. 4 インパース・マニュファクチャリングのシステムイメージ（同フォーラムのパンフレットから転載）

ン」通達（1977）を受け、市民緑地制度（私有緑地の借り上げ方式）や屋上緑化・NPOへの土地譲渡に伴う優遇税制の法制度化も図られた。

このように〔緑系〕では、急激な都市化の中で緑地保全を図るためには、公共的な公園緑地の整備に加え、早い段階から終始一貫して市民参加を取り入れた政策展開を図る必要があったと考えられる。また、実際の緑地保全運動の数も多いことも〔エネルギー系〕の展開とはかなり状況が異なり、この系統では自立・循環型都市に向けた社会的な素地が一定程度形成されていると認めることができる。

### 〔水系〕河川と〔ごみ系〕の比較

この2つの系統は、これまでの政策展開の中で都市計画（市民）との接点を強化、拡充せざるを得ない状況におかれてきた点で類似し、〔緑系〕とも共通するところがある。

[水系] 河川は、昭和30年代に国土基幹的な河川の治水対策や水資源開発のためのダム開発に重点があり、優先的な投資が図られてきた。ところが、昭和30年代末に都市部の中小河川で都市型洪水被害が顕在化したことが契機となって、急速都市計画との整合を問われることになった。

昭和40年代は、開発許可制度のもとで開発者に対する雨水調節池の設置の指導が全国的に図られた時代であった。これを受けて、昭和50年代には、都市化の著しい12河川流域を対象として「総合治水」が導入され、「雨水貯留浸透施設」の整備や緑地保全等を通して都市側への治水分担の要請がなされたほか、洪水リスクに関わる地図情報の開示も図られることとなった。昭和60年代には、多自然型河川整備や流域における水循環の再生が政策課題となり、モデル事業の推進が図られた。さらに「河川法改正」(1997)によって治水・利水に並んで環境を目的に加えることになり、地域の意向を計画に反映することも定められたが、この背景には、全国的な市民活動の展開や関心の高まりがある。

これに対して〔ごみ系〕では、昭和40年代に量的質的にごみ量が増大した過程で、焼却方式によるごみ減量化が必要になり、焼却場の立地計画が大きな課題として浮上した。有名な東京都の「ごみ戦争」では、江東区の夢の島に持ち込まれていた杉並区の生ごみ対策が行政間の紛争を引き起こした。この問題は、最終的には「自区内処理原則」によって杉並区内に焼却場を建設することで決着を見ることになるが、同区が焼却場の立地選定に取り入れた市民参加方式は、各地の先例となった。

このような焼却方式への依存は、昭和50年代にも引き継がれたが、昭和60年代には、ダイオキシン汚染問題や最終処分場確保の制約から、廃棄物の減量化や再生利用が急務となった。具体的には、生ごみ収集の有料化や「製品リサイクル法」(2000)による家電製品や建築資材等に対する「拡大生産者責任」の仕組みの導入(製品メーカーに再資源化の費用を負担させる)など、循環型社会に向けて「強制的な対応」が開始された。今のところ大きな混乱に陥っていないのは、焼却場の立地選定をめぐる議論の過程から、都市計画(市民)との間の接点が、これまでに比較的きちんと作られてきたことによると筆者は考える。

### (3) 総括

以上のように、〔水・ごみ・エネルギー系〕に〔緑系〕を加えた4系統のなかで、自立・循環型都市に向けた社会的な素地の形成度を都市計画(市民)との接点の大小から評価して見ると、事業の生い立ちや性格によってかなり異なる結果になることが明らかになった。

都市計画(市民)との接点を作る必要がなかった系統は、都市化の段階以前に国土基幹的なネットワークを立ち上げることができた〔エネルギー系〕だけである。これに対して、都市化の段階以前に基盤整備が果たせなかったその他の〔水・ごみ・緑系〕では、それぞれ事情や背景は異なるものの、いずれも都市計画(市民)との接点を作る必要に迫られた。

やや繰り返しになるが、筆者の推論は、将来の自立・循環型都市の構築にあたって、このような過去の蓄積が有用になるということである。逆にいえば、〔エネルギー〕では、従来の基盤施設の方向転換に遅れをとる可能性が大きく、今後課題を積み残していると思わなければならない。

## 5. 内発的要因からの自立・循環型都市に向けた到達点

前節で分析した関係省庁の政策展開面から見た外発的要因に対して、本節では、住民や企業の参加活動面から見た地域の内発的要因について分析する。

このような内発的要因の形態や展開は地域や対象分野によっても異なり、なかなか簡単に定型化できるものではない。ここでは、住民活動に関する各種の統計調査や筆者の研究活動等をもとに、現状の到達点を概観する。

### (1) NPO法人の現状<sup>(7)</sup>

地域に住民参加が必要とされる由縁は、個人ひとりひとりの潜在的な活力を重合させて得られる相乗効果にある。

住民活動が公共本来の業務を分担する効果には、①財政の脆弱化した行政のサービスの質的向上、②限られた人材や資金の有効活用、③個々の取り組みの時間的・空間的促進、といった多面的な効果が期待されている。

この10年間に、全国社会福祉協議会の把握するボランティア団体数は倍増し、1998年に8万人を越えた。また阪神・淡路大震災を契機として非営利団体(NPO)の必要性がひろく認識されるようになり、法人格を付与する仕組みが法制度化された。(NPO法人認証数は2000年に5000件を越えている。)

NPO法人の主たる活動領域は、①まちづくり(23%)、②イベントによる地域づくり(11%)、③自然環境の保護・アメニティの改善(11%)、④芸術・文化の振興(8%)、⑤リサイクル・省エネ・省資源等(4%)という順序である。環境分野に関わるNPO法人数は、③と⑤を合わせると全体の15%を占めることがわかる。

このように、近年ボランティアや非営利団体の活動は量的にも質的にも大きなふくらみを見せており、自立・循環型都市に向けた内発的要因への追い風となる可能性が高まっている。

### (2) 環境分野における住民活動の展開

これまでは、公害問題に見るように、行政や企業と地域の住民はとかく対立的な関係に陥りがちであった。

これに対して、近年は環境問題への認識の深まりを受けて、日常生活に伴う環境負荷の排出が環境問題を発生させ、お互いが「加害者」でもあり「被害者」でもあるという構造が住民に理解されるようになった。行政もまた、従来の規制や対策という手法だけでは限界があるという認識を持ち始めた。

住民活動の形態としては、NPO法人のほか、NGO(非政府組織)、協同組合、その他の任意団体というように多様である。環境分野では、①地域の環境指導員の養成、②環境学習や環境共生計画の企画・運営、③エコツアーの企画・運営など幅広い分野に関わりを持ち、地域の実情に応じ

て様々な取り組みが行われていることが示唆される<sup>(7)</sup>。

特に「水・ごみ・エネルギー系」における住民活動の展開を見ると、「水系」河川事業が先行している。具体的には、①リバーマスターと呼ばれる環境指導員の養成、②水辺の楽校と呼ばれる環境教育の推進、③河川管理や環境計画づくりへの住民参加などの活動が、全国的に取り組まれていることが報告されている<sup>前掲(5)</sup>。

また、前述の河川法改正(1997)にもとづいてこれまでに地域意向を整備計画に反映するための住民懇談会が各地で設けられている。Fig.5は、筆者がコーディネイター役を務める「荒川流域みらい会議」(国土交通省荒川上流工事事務所主管)の一場面である。専門家と住民との間を繋ぐことは、用語ひとつとっても苦労が多い。また、住民の期待や要望は時として河川事業の所管外の事項に及ぶこともあり、コーディネイターの役割の重要性を痛感させられる。



Fig.5 荒川みらい会議

### (3) 宅地開発における共有地(コモン)と住民活動

昭和50年代に住宅政策の「量から質」への転換が始まったことが契機となり、宅地開発地区では広場や緑地を共有地として居住者の活用に供する手法が取り入れられた。

このような共有地を、専門機関による戸建て住宅地216箇所で行った実態調査<sup>(8)</sup>から類型化すると、①緑道・緑地57箇所(26%)、②道路・コモン広場45箇所(21%)、③駐車場28箇所(13%)、④さらに①②③を複合して共有資産とする事例は10箇所(5%)である。

また、共有地の維持管理の実態を見ると、建築協定を導入



Fig.6 コモン広場の事例

して維持管理が適正化されるような配慮を行っている事例は98箇所(45%)にもものぼることから、住民による管理活動が根付いていることが示唆される。

Fig.6は、諏訪野地区(福島県伊達町)の共有地の事例である。透水性舗装されたボンエルフ型の広場を囲むように10棟前後の戸建て住宅が建設されている。

このようなユニット形態の住宅地が連坦して、全体戸数は300戸程度の計画である。入居者組合では定期的に共有地の草刈り活動のほか、フリーマーケットや様々なコミュニティ活動に取り組んでいる。集会所は、太陽光発電装置や地下水観測装置もある先端的なもので、住民有志が大学と連携を図りながら管理するという体制を組んでいることにもたいへん驚かされた。

### (4) 多摩ニュータウンにおける先端的な事例

多摩丘陵における標準的な開発方法は、丘陵地を切盛造成して道路や下水道を整備する方式であった。このような方法では、自然の水循環機構は壊れ、せつかくの環境資源を活かすことができない。

そこで、昭和50年代の当初に基本計画が作成された「ライブ長池地区」では、現代風に言えば「環境共生型の開発」を図るため、①せせらぎの源流域を里山型の長池自然公園として保全、②せせらぎ緑道の整備、③せせらぎ涵養のため住宅地への雨水貯留システムの導入、などの工夫を取り入れることとなった<sup>(9)</sup>。

筆者は、当時都市公団の技師としてこの計画作成に携わる機会を得た。何分かなりの先駆的な取り組みであるので、東京大学の虫明功臣教授に水文学面の技術指導を仰ぎながら、当時は虫明研究室の研究生であった村上雅博氏(現高知工科大学教授)とともに計画の基本論を熟っぽく討議したことが懐かしく思い出される。



Fig.7 ライブ長池構想と水循環再生

せせらぎ(緑道)に隣接する住宅地では、せせらぎと住宅を一体化したアメニティ性の高い都市空間の形成を図り、重

要な近代土木資産である四谷見附橋も移築・再築して、環境価値創造に重点をおいた街づくりを目指した。(Fig. 7)

この中で、地域の高質な水環境を維持することは最大の課題であり、住民参加の仕掛けづくりとして、源流域の長池自然公園に里山活動体験ゾーンや自然観察ゾーンを設けたほかに、住民拠点施設として自然館の建設も必要となった。

このような流れの中から、近年住民参加の母体として「里山クラブ」が発足し、さらに地域ビジネスを担う「NPOフュージョン長池」が設立されることとなった<sup>(10)</sup>。地元紙からこのNPO法人への自然館の管理委託も始められ、住民活動を安定かつ着実に進めるための社会的な基盤が順次整備されることとなったのである。

### (5) 総括

以上の自立・循環型都市に向けた地域の内発的要因についての分析から、〔水系〕河川事業や宅地開発地区において先行的な住民活動の展開が見られること、さらにはそれが公民協働のレベルにまで発展してきた多摩ニュータウン(ライブ長池)のような先端的な事例も現れてきたことを読み取ることができる。

## 6. まとめ

しかしながら、自立・循環型都市に向けての方法や方式に関しては、まだ今の段階では必ずしもきちんと定型式できているわけではない。

多くの場合、住民活動が地域で本当に機能するかどうかはけん引役の能力に大きく依存する。けん引役は開発地区では当初は開発者であり、しばらくするとリーダー的な住民が現れてくる。彼らの創意工夫で、地域から住民活動が「楽しい」「生き甲斐ができた」「土地の価値が向上した」「ビジネスチャンスが増えた」というようなポジティブな評価を受け

これによって、住民活動の定着と安定化が期待できるのである。

そのため、本稿で筆者が特に強調しておきたいことは、Fig. 8に模式的に示すように、行政からの外発的要因と地域の内発的要因の二つを相互、補完的にかみ合わせる公民協働の仕組みが重要であるという点と、このような事例をできるだけ増やす努力がひとりひとりに求められるという点のふたつである。

最後に、本学会に寄稿の機会を与えていただいた畏友、高知工科大学の村上雅博教授に深甚なる感謝の意を表するとともに、国土交通省や都市基盤整備公団の関係各位に対し、紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

### 参考・引用文献

- 1) 国土庁計画調整局編(1999)国土のグランドデザイン, 時事通信社.
- 2) 村橋正武, 松下 潤(2002)「都市施設計画」, 都市計画マニュアルⅠ, 都市計画学会編, 丸善.
- 3) エコシテイ推進協議会(2000)エコシテイ・環境に配慮したまち, (パンフレット).
- 4) 盛岡 通(1998)循環型経済社会の構築を目指した戦略研究, 環境情報科学 27 巻 2 号, PP26-35, 内藤正明: 循環社会の見取り図, 同 pp2-6
- 5) (財)リバーフロント整備センター編(2000)ともだちになろうふるさとの川, 信山社.
- 6) 新政策研究所編(1999)近年のエネルギー需要動向及びエネルギー需給の現状, 新政策第 16 巻第 1 号, pp136-156.
- 7) 日本NPO学会編集委員会編(2001)NPO研究 2001, 日本評論社.
- 8) 中村陽一他(2001)日本のNPO2001, 日本評論社.
- 9) 日本住宅生産振興財団編(2001)コモンとボンエルフ, 日本経済新聞社
- 10) 松下 潤, 川瀬佑介, 柴田葉子ほか(2002)住宅地における参加型地域管理の成立要因と公民協働に関する実証的研究—環境政策実現の基礎として, 土木学会第 10 回地球環境講演論文集, pp135-142.
- 11) 松下 潤, 郷緒和夫, 重田 猛(1999)多摩ニュータウンB-4 地区「ライブ長池」せせらぎ再生計画と水循環再生システムに関する一考察 (Ⅰ), 水利科学, 244 号, pp19-33, 同 (Ⅱ), 水利科学, pp31-53.
- 12) 富永一夫(2000)多摩ニュータウン発市民ベンチャー ポンポコ, 日本放送協会出版.

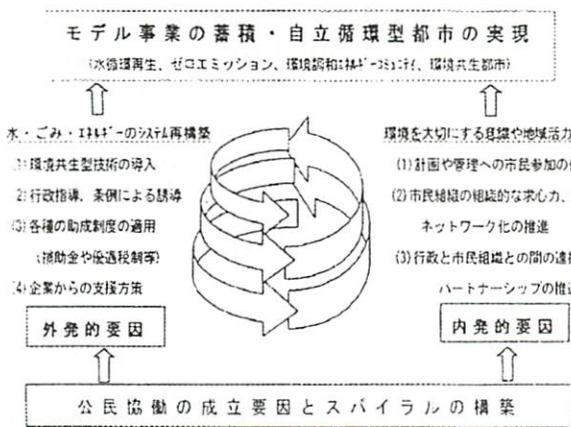


Fig.8 公民協働のスパイラル的展開

ようになると成功といえる。

さらに、このような実績の蓄積が、地元の行政からの「行政コスト削減に寄与する」「地域の活性化になる」という評価にまで繋がれば、公民協働の輪も大きく広がることになる。

別表-1 戦後50年間に於ける都市計画と基盤施設〔水・ごみ・エネルギー・緑系〕の政策展開

	都市計画	水系	廃棄物系	エネルギー系	緑系
昭和30年代 (1955-64)	<input type="checkbox"/> 戦災復興期 56 「もはや戦後ではない」 60 所得倍増計画 62 一全総・拠点開発 62 新産業都市建設法  <input type="checkbox"/> 都市開発の始動 54 土地区画整理法制定 55 日本住宅公団設立 56 首都圏整備法 63 多摩ニュータウン開発構想	<input type="checkbox"/> 事業体系の整備 59 水道(公営企業法適用) 57 水道法 58 下水道法 60 治山治水緊急措置法 61 河川法(水系一貫の思想) 61 水資源2法  <b>■都市計画との接点</b> 〔都市型公共水の出現〕 63 東京都・中小河川緊急整備5カ年計画を策定	<input type="checkbox"/> し尿処理 51 し尿処理10カ年計画  <input type="checkbox"/> 事業体系の整備 52 ごみ処理施設国庫補助 53 生活環境整備緊急措置法 64 臨時行政調査会の答申(ごみ処理事務の共同化)	<input type="checkbox"/> 事業体系の整備 51 九電力会社体制の発足 52 電源開発促進法 54 ガス事業法 64 電気事業法 <input type="checkbox"/> 電源等の開発 55 原子力3法 57 特定多目的ダム法 63 火主水従  <b>■都市計画との接点</b> 〔道路埋設物収容空間〕 63 共同溝整備特別措置法	<input type="checkbox"/> 西欧諸国の先端的動き 1895 英国のナショナルトラスト運動(歴史的遺産・自然環境保全) 1919 独国のラインガルトン運動  <input type="checkbox"/> 事業体系の整備(1) 56 都市公園法 62 都市の樹木保全法(都市の美観維持の視点) <input type="checkbox"/> 市民参加の先駆け 64 日本のナショナルトラスト運動(鎌倉風致保存会)
昭和40年代 (1965-74)	<input type="checkbox"/> 都市三法の制定 70 都市計画法 70 建築基準法の改正 70 都市再開発法 <input type="checkbox"/> 地域開発計画 72 日本列島改造論 74 国土利用計画法 74 国土庁設置 77 三全総・定住圏構想 <input type="checkbox"/> 環境保全対策 70 環境庁設置	<input type="checkbox"/> 事業体系の確立(1) 67 水資源開発・水道広域化施設国庫補助制度 70 下水道法の改正(流域下水道事業) <input type="checkbox"/> 都市河川対策の確立 70 河川審・中小河川対策 73 防災調査地事業制度  <b>■都市計画との接点</b> 〔都市開発と流出抑制〕 70 都市計画法(開発許可)	<input type="checkbox"/> 事業体系の確立 69 公害審・ごみ焼却施設基準を公布 69 清掃事業近代化研究会報告 70 廃棄物法(一般廃棄物・産業廃棄物)  <b>■都市計画との接点</b> 〔焼却施設の都市計画〕 71 東京都・ごみ戦争宣言(自区内処理原則)	<input type="checkbox"/> 電力需要増への対応 69 LNGの輸入開始 74 電源三法 71 50万V送電の開始  <b>■都市計画との接点</b> 〔地域冷暖房の推進〕 70 大阪万博会場での導入 70 都が公害防止条例改正・地域冷暖房計画区域指定 72 熱供給事業法	<input type="checkbox"/> 事業体系の整備(2) 65 都市緑地保全法(緑地保全地区 緑化協定) 66 歴史的風土特別保存地区(古都保全法)  <input type="checkbox"/> 市民参加の流れ(1) 65 英国でのナショナルトラスト運動(海岸線保全) 71 武蔵野市・市民緑化委員会設置
昭和50年代 (1975-84)	<input type="checkbox"/> 大都市対策 80 住宅審・量から質へ 80 地区計画制度 81 土地区画整理法改正(都市機能更新型の創設) 81 住宅都市整備公団発足 83 国土庁・首都圏改造計画 88 再開発地区計画制度  <input type="checkbox"/> 行政改革・民間活力 81 第二次臨時行政調査会報告 83 民間活力・開港決定	<input type="checkbox"/> 事業体系の確立(2) 75 日本下水道事業団設立 77 水道法改正・広域的水道事業 <input type="checkbox"/> 水資源問題の有効利用 78 国土庁・長期水需給計画 79 下水処理水循環再利用 <input type="checkbox"/> 総合治水対策 77 河川審・総合治水を答申 84 流域貯留浸透事業  <b>■都市計画との接点</b> 〔総合治水対策調整〕 81 鶴見川流域整備計画	<input type="checkbox"/> ごみ最終処分への広域化 80 生環審・広域処分計画を答申 81 広域臨海処理整備センター法  <b>■都市計画との接点</b> 〔未利用エネルギーの活用〕 76 森ノ宮地区(ごみ焼却) 83 未利用エネルギー活用型地域冷暖房・蓄熱制度	<input type="checkbox"/> 石油危機への対応 79 省エネルギー法 78 原子力が1000万KWに 80 石油代替エネルギー法 <input type="checkbox"/> エネルギーの有効利用 82 電事審・季節別料金制度 85 電事審・時間別料金制度 85 日本コージェネ協会発足  <b>■都市計画との接点</b> 〔道路空間の有効利用〕 84 ロードスペース懇談会の提言 85 キャブシステム研究会発足 85 配電線地中化5カ年計画	<input type="checkbox"/> 事業体系の整備(3) 76 都市公園法改正(国営公園) 77 緑のマスタープラン通達(緑地面積目標:20㎡/人) <input type="checkbox"/> 市民参加の流れ(2) 80 大宮市・盆栽四季のみち 83 佐倉市・公益言語制度の街づくりへの適用  <b>■都市計画との接点</b> 〔緑地面積目標の設定〕 77 緑のマスタープラン通達(緑地面積目標:20㎡/人)
昭和60年代 (1985~)	<input type="checkbox"/> バブル経済の崩壊 86-91 バブル経済期 89 土地基本法・地価抑制 97 総合土地政策推進要綱 <input type="checkbox"/> 都市更新・都市再生 90 住宅地高度利用地区計画(都心空洞化対策) 95 敷地型字型区画整理 99 国土庁・国土のグランドデザインを発表 99 都市基盤整備公団発足 99 都市構造総合再編事業  <b>■市民参加の流れ</b> 92 「国連リオ地球サミット」 92 市町村マスタープラン 93 建設省・環境共生都市、環境共生住宅要綱 98 NPO法	<input type="checkbox"/> 水道の質的向上 85 おいしい水研究会報告 89 生環審・水道の質的向上を答申 <input type="checkbox"/> 都市の水循環 95 都計審/河川審・水循環の再生を答申 <input type="checkbox"/> 河川・事業体系の再編 89 長良川河口堰反対運動 90 多自然型河川づくり 97 河川法改正・環境を目的と地域意向の反映  <b>■都市計画との接点</b> 〔地域と河川の関係再構築〕 91 河川法改正・スーパー堤防 99 河川管理と公民連携 99 河川審・国土管理と水循環への総合行政を提言	<input type="checkbox"/> 事業大系の再編 88 生環審・使い捨て文化の見直しを答申 90 ごみ発電施設起債対象に 94 リサイクル法 廃棄物法改正 <input type="checkbox"/> 循環型社会への転換 91 生環審・ごみ減量化と再生利用の推進を答申 97 容器包装リサイクル法 00 循環型社会元年 - 循環社会形成推進基本法 - 家電リサイクル法 - グリーン購入法  <b>■都市計画との接点</b> 〔地域の循環拠点整備〕 97 通産省・エコタウン事業(環境総合コンビナート)	<input type="checkbox"/> 地球環境問題への対応 92 環境調和型エネルギーコミュニティ事業 92 地球温暖化防止行動計画の協議決定 93 新エネルギー導入大綱 97 新エネルギー法 97 経団連・環境自主行動計画を発表 <input type="checkbox"/> 電力供給の規制緩和 95 電気事業法改正(特定電気供給、卸売)  <b>■都市計画との接点</b> 〔省エネ・新エネ導入〕 93 太陽電池モニター事業 99 グリーン電力基金制度 00 都市資源ネットワーク事業(97 電線共同収容審法)	<input type="checkbox"/> 事業体系の拡充 94 都市緑地保全法の改正(保全地区指定要件の拡充) 95 〃(市民緑地制度、緑地管理機構制度) 01 〃(NPOへの緑地譲渡及び屋上緑化への優遇税制) <input type="checkbox"/> 市民参加の流れ(3) 85 第一回水郷水都全国会議 90 第一回全国トボナット開催 90 トロのふるさと基金(ナショナルトラスト運動) 98 NPO法 99 見沼たんぼクラブ発足  <b>■都市計画との接点</b> 〔市民参加の潮流の拡大〕 94-01 都市緑地保全法の改正(市民参加の仕組みの拡充)

## 生態工学による水環境修復

林 紀 男\*

### The Restoration of Water Environments by using Eco-Engineering Technology

Norio HAYASHI\*

\* Natural History Museum and Institute Chiba, 955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan

#### 1. はじめに

公共用水域の富栄養化は、大きな社会問題となって久しい。特に閉鎖性水域では、流入汚濁負荷の増大に負荷削減対策が追いつかず危機的な状況に陥っている水域が数多く存在する。水域の水環境保全には流入負荷の削減が原則であることは論を待たない。このため汚濁負荷削減のために各種処理技術が開発され実規模に運用されてきている。しかしながら、その技術を生かすためには、多大な設備投資および維持管理経費、高度な運用知識などが必須である。現実にはこうした金銭的条件が制限要因となり、対策が遅延している事例が数多く見られる。特に開発途上国などではその傾向が顕著である。

こうした背景のもと、自然生態系を積極的に活用して汚濁負荷の削減、さらには既に富栄養化が進展している水域の直接浄化を試みる取り組みが広がっている。これらの手法の特徴は、生物による自浄作用を効率的に活用し、かつ生物個体群の有機的なつながり、いわゆる生態系の機能を利用する視点をもつことである。これらの取り組みの多くは、反応速度が遅く効率が低く見られ、先端技術とはほど遠いと認識されている。しかしながら一方では、先の設備投資および維持管理経費などの問題を軽減する上で非常に有効であることも事実である。

工学的な水処理技術に生物学的知見を取り込み、さらに生態系という広い視野に軸足を据えた取り組み、すなわち環境生態工学への社会的要請は、今後ますます増大するものと考えられる。

#### 2. 環境生態工学へのいざない

ここで述べる環境生態工学は、土木工学や水理工学、生態学や生理学などさまざまな学際領域を含む広い分野を包括したものでありうる。こうしたものを論ずることはもとより無理である。ここでは導入として、水環境を舞台にした環境生態工学について、以下のとおり複数回にわたる話題提供を予定している。

- (1) 生態工学による水環境修復 (本稿)
- (2) 水生植物を活用した水環境修復
- (3) 水環境修復に果たす水生動物の役割
- (4) 有毒藍藻類アオコの現状
- (5) 水環境管理への環境生態工学の適用 (国内)
- (6) 水環境管理への環境生態工学の適用 (海外)

#### 3. 水処理への生物活用

水処理には上水処理にも下水処理にもさまざまな技術が開発されている。凝集沈殿やろ過、吸着など化学的手法や物理的手法が組み合わされて用いられている。1800年代までの水処理はこうした物理・化学的手法が中心であった。生物を活用した処理である活性汚泥法 (Activated sludge process)<sup>1,2,3)</sup>は、1912年に米国のLawrence研究所において実験が始まり、1914年に英国化学工業会での発表をもって正式に誕生した。また、生物膜法 (Biofilm process)<sup>4,5)</sup>は、1893年から英国において検討が始まり、1900年頃より散水ろ床法 (Trickling filter, Percolating filter)<sup>6)</sup>として誕生している。生物膜法は、その後、回転円板法 (Rotating disc process)<sup>7)</sup>や浸漬ろ床法 (Submerged filter process)<sup>8,9)</sup>などを生み、接

\* 千葉県立中央博物館環境科学研究科 〒260-8682 千葉県千葉市中央区青葉町 955-2

触曝気法などに発展している。

酸化池法 (Oxidation pond process)<sup>10)</sup>は、夾雑物を沈殿させるという物理的効果もあるが、池内に藻類を発生させ有機物分解に活用する生物処理の一種であり、古くから用いられている手法である。ラグーン法 (Lagoon process)<sup>11)</sup>および安定化池法 (Stabilization pond process)<sup>12)</sup>と呼ばれるものは、酸化池法と同等のものであり、これらの用語に厳密な定義分けは存在しない。

これら生物の代謝を活用した処理技術は、物理・化学的手法と組み合わせられ、今日まで発展しさまざまな応用技術を生み出してきている。しかしながら、生物処理において生物の関与する機構部分は、生物処理誕生からしばらくはブラックボックスとして扱われてきた面が否めない。近年では、水処理への生物学からの取り組みにより、これまで未解明であった処理に関与する各種生物の生理・生態学的特性<sup>13,14)</sup>、さらには生物群相互の関係<sup>15)</sup>が明らかにされつつある。

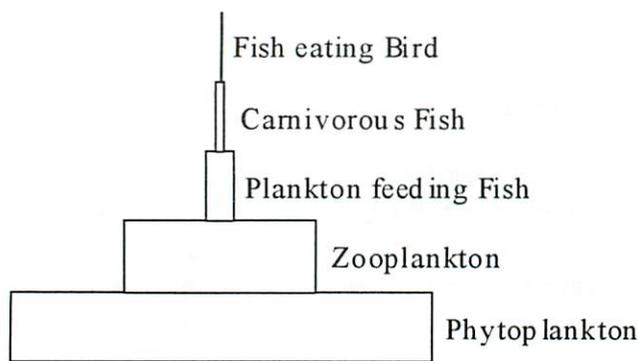


Fig. 1 Model of ecological pyramid (Biomass volume in a pond ecosystem)

#### 4. 生態系と食物網

自然界を構成する生物は、それぞれ他の生物との食う (捕食) 食われる (被食) の関係、生息場所を奪い合う競争関係などさまざまな相互関係を構築した密接なつながりをもっている。特に捕食被食に関連した生物相互の結びつきを食物連鎖 (Food chain) と呼んでいる。さらに生物と環境とを関連づけた体系として認識する必要性を説いた英国の Tansley は、生態系 (Ecosystem) という考え方を提唱した。その後、生態系をさまざまな観点から意識して論ずるようになり、今日では「生態系」の概念は広く知られる考え方になっている。

たとえば、池沼の生態系を考えた場合、Fig. 1 に示すように、さまざまな生物の現存量 (Biomass) は、栄養段階 (Trophic level) が上位に位置するものほど小さくなることが知られている。すなわち、植物性プランクトンは常に動物性プランクトンよりも圧倒的に高い現存量を維持し、同時にプランクトン食魚類の現存量は常に動物性プランクトンの現存量よりも小さいというように宿命づけられているのである。このように生態系の構造を模式的に示したものを生態的ピラミッドと呼んでいる。この図では、単純化されているが、各栄養

段階にある生物が織りなす食物連鎖関係も、生食連鎖 (Grazing food chain) と腐食連鎖 (Detritus food chain) に大別して考えることができる。これら生態系を構成する生物群集全体を見渡して食物連鎖関係を考慮した場合、関係が Fig. 2 に示すように網目状になることからこれを食物網 (Food web) と呼ぶ。

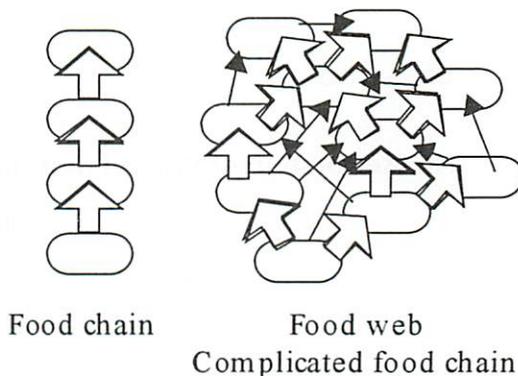


Fig. 2 Model of food chain and food web

#### 5. ミジンコで透明度向上

Fig. 3 は、ろ過摂食性の動物現存量と池沼の透明度との関係を示したものである。この図からミジンコなどろ過摂食性の動物現存量が高い水域では高い透明度が維持されていることが明らかである。これは、ミジンコの捕食活性により植物性プランクトンの生息密度が低下し、これにより透明度の向上がもたらされた結果である。

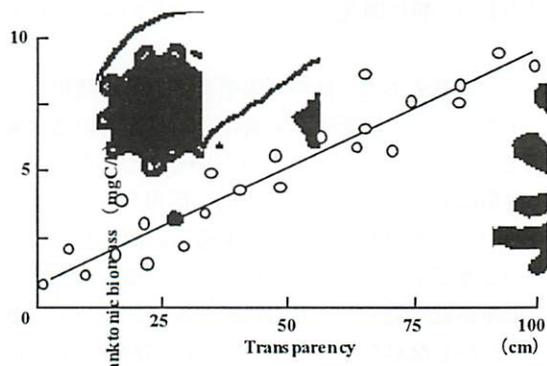


Fig. 3 Relationship between transparency and biomass volume of filter feeding planktonic animals.

透明度向上に寄与するミジンコの天敵は、プランクトン食魚である。モツゴなどの小魚がその代表的な存在であり、プランクトン食魚が数多く生息する水域においては、プランクトン食魚の捕食圧によりミジンコなどろ過摂食性の動物現存量が低く抑えられ、植物プランクトンが捕食されずに現存量を増大させるために透明度が低下する現象<sup>16)</sup>が認められる。



**Fig.4** Landscape of pond where aquatic plants dominant. Aquatic plants achieved high transparency.

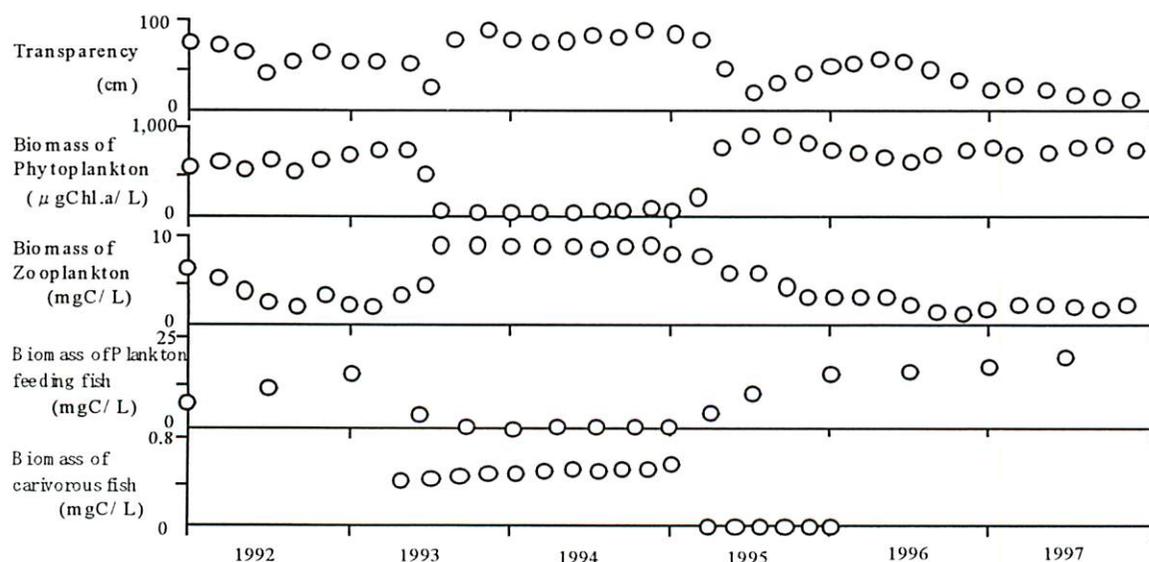
また、プランクトン食魚の現存量が高い水域であっても、水生植物が繁茂しているところでは高い透明度が達成されることが明らかにされている。**Fig. 4** は、プランクトン食魚が高密度で生息する池沼（黒沢湿原：徳島県

三好郡池田町漆川）の景観を示したものであるが、魚の生息にもかかわらず 100cm 以上の高い透明度が達成されている。水生植物が繁茂している水域では、ミジンコなどろ過摂食性の動物が、水生植物の茎や葉などを隠れ家として活用し、プランクトン食魚の捕食圧を軽減化することに役立っている。同時に水生植物の茎や葉などは付着性の微細藻類や微小動物の付着担体としても機能し、水中の生物現存量を高める上で大きな役割を演じている。すなわち、「風が吹けば桶屋が儲かる」風に、「水生植物が繁茂していれば水の透明度が高まる」という図式が成り立つのである。

## 6. 肉食魚類による生態系攪乱

生態的ピラミッドにおいて、各構成員たる生物群集の現存量が調和のとれた均衡を保っている場合には、生態系は安定しているといえることができる。しかしながら、何らかの外圧によりその均衡が破られると系全体に波及効果が及び、生態系が攪乱されることとなる。

**Fig. 5** は、千葉県千葉市にある舟田池（面積約 1.2ha、最大水深 2.3m、水容積約 13,000 トン）というため池において、肉食魚類が放逐されたことによる生態系攪乱の様子を示したものである。肉食魚類が生息していなかった池に、何者かによってロングノーズガー (*Lepisosteus osseus*) という肉食魚が複数個体放逐された。この魚は一般にガーパイクという観賞魚として市販されているもので、体長は約 2m にも達する。10cm 以下の小さな個体を飼育していたものが、成長して水槽サイズや捕食量の問題から飼育できず、不法投棄するに至ったものと推察されている。同じような事例は、ミドリガメとして広く市販されている



**Fig. 5** Transition of transparency and biomass volume of various kinds of organisms during the unexpected release of carnivorous fish.

ミシシippアカミミガメなど、多くの事例が数多く報告され、各地で外来種の生態系攪乱が社会問題に発展している。

Fig. 5から1993年の肉食魚の放逐によりプランクトン食魚の現存量が著しく低下し、それに伴い動物プランクトンの現存量が高く維持されていることが明らかである。その結果、植物プランクトンの捕食圧が高まり、結果的に透明度が高く維持される現象が認められた。1995年には、この肉食魚が再び不法に釣られて池から姿を消した。その結果、モツゴやタモロコなどのプランクトン食魚の現存量が徐々に増大し、それに呼応してろ過摂食性の動物プランクトンが減少している。このため植物プランクトンの現存量が高く維持される環境に戻り、池の透明度は再び低下した。この池は、水生植物の繁茂が著しく乏しいため、プランクトン食魚のろ過摂食性の動物プランクトンへの捕食圧に対して、水生植物による緩衝能力が発揮されず図に示すような激しい推移が観察されたものである。本事例では、透明度の向上という結果に収束したが、同時に溶存性の窒素・リンなどの無機栄養塩類の均衡も崩れ、夏期の高水温期にアオコ (*Microcystis aeruginosa*) の異常増殖を招く結果につながった。ここでは、期せずして生態系の調和が崩れ、生態系ピラミッド構造破綻の経緯を検証するに役立った。

## 7. バイオマニピュレーション

さまざまな水生生物が構築した生態系の仕組みを積極的に活用して水界生態系の管理に役立てようという取り組みが近年実用化されている。生態系を構成する生物は、それぞれ独自の生態的地位 (niche : ニッチ) を占めており、一部の生物に人為的な操作を加えると、生態系全体にその影響が波及することになる。

先の肉食魚類放逐による生態系攪乱の経緯は、予期せぬ出来事であり、望まれない結果に結びついた事例である。一方ではこの生態系の構造を活用し、特定の魚類などを積極的に捕獲したり、放流したりして水域の管理を行う制御手法が開発され、大きな注目を集めている。本手法は、バイオマニピュレーション (Biomaniipulation) またはバイオレギュレーション (Bioregulation) などと呼ばれ、食物網の人為的操作により水域管理を目指すものである<sup>17, 18, 19)</sup>。米国やオランダなど欧米諸国では水界環境の管理において積極的に用いられ成果を収めている<sup>20)</sup>。現在では保全された水域環境をいかに長期間安定的に持続させるか、より広く深い水域への適応は可能かなど踏み込んだ活用手法が模索されている<sup>21, 22)</sup>。

バイオマニピュレーションによる水界管理手法は、数多くの実践的な取り組みが報告されているが、以下にその具体例を示す。

### ・プランクトン食魚類排除の事例

ミジンコなど動物プランクトンを食物源とするローチ (roach : *Rutilus rutilus*) やブリーム (bream : *Abramis brama*) を捕獲して系外排除し、同時にこれらのプランクトン食魚を食物源とする肉食魚パイク (pike : *Esox lucius*) を放流してローチやブリームの現存量を低く維持し、ろ過摂食性動物プランクトンの現存量を高く維持し透明度向上を期待する試

み<sup>23, 24, 25)</sup>。

### ・プランクトン食魚放流の事例

ハクレン (*Hypophthalmichthys molitrix*) やコクレン (*Aristichthys nobilis*) などのプランクトン食魚を漁獲対象魚種として種苗放流し、高い窒素・リン濃度が維持されたままの水域においてアオコの現存量低減を成し遂げようとする試み<sup>26)</sup>。

### ・ろ過摂食性大型動物プランクトン放流の事例

プランクトン食魚であるワカサギ (*Hypomesus transpacificus nipponensis*) を排除し、透明度向上に大きく寄与する動物プランクトンである大型のミジンコ (*Daphnia pulex* : 最大体長約3mm) およびカプトミジンコ (*D. galeata* : 最大体長約2mm) の放流、さらにワカサギを捕食する肉食魚であるニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) の放流によるワカサギ現存量を低位に維持する、いわゆる群集構造を変化させ透明度を回復する試み<sup>27)</sup>。

この他にも、魚類から<sup>28-31)</sup>、プランクトンから<sup>32, 33)</sup>、水生植物から<sup>34)</sup>などバイオマニピュレーションに関するさまざまな検討がなされ<sup>35-40)</sup>、生態工学に立脚した水界管理手法として大きな注目を集めている。

## 8. おわりに

公害という観点から水質汚濁に関する監視の必要性が生じ、公共用水域の水質分析が実施されはじめた。現在まで各水域において膨大な量の水質データが蓄積されてきている。この水質データは、有機物、窒素やリンの濃度、さらには人間の健康に直接影響を及ぼす化学物質濃度などが中心である。こうした分析値は、計測地点の採水時の値を如実に示す。その反面、計測値は採水時点の指標であり、計測地点が降雨など各種攪乱の影響を受けている場合には、その影響により値が大きく変動してしまう。このため水質分析では長期的なデータ収集が不可欠である。一方、生物調査は、計測地点の潜在的な環境容量に応じて定着している生物の現存量を把握できる。すなわち、生物は場の平常時を常に物語っているといえる。換言すれば、生物は場の履歴を引きずり、一時的な降雨などによる影響が化学的な水質分析に比較して少ないといえる。無論、生物調査では数値化した厳密な情報は得にくいという面は否めない。近年では生物相調査併用の有効性が認められ、生物に関する情報も数多く蓄積されるようになってきている。

こうして長期にわたり蓄積したデータは活用することが重要である。分析至上主義で正確なデータを収集することには執心しても、そのデータをどのように生かすかについては十分な関心もたれていない事例が数多い。データの収集は手段であり、目的ではない。蓄積された貴重なデータを基に、いかに水環境の保全に生かすかが重要である。水環境の保全を目標に据え、場の自浄能力を効果的に引き出し、生態系の潜在能力を活用したシステム構築を目指す、すなわち環境生態工学の視点が必要とされる時である。

生態学と工学との学際領域として出発した環境生態工学の分野は、景観設計など社会システムの分野をも取り込み、今や親水空間の創出という都市における水辺再生の分野にまで進出し、大きな社会的注目を集めるに至っている。水産業など人間の生業をも視野に入れた水環境の維持管理手法である環境生態工学は、省エネルギー、省コストで環境低負荷、資源循環型という利点を有している。環境生態工学からの取り組みは、社会的要請が今後ますます高まり、飛躍する分野であると期待されている。

#### 参考・引用文献

- 1 ) Matsche N.; Guan L. (1996) Activated sludge process for sewage purification, *Biotechnology Advances*, 14, (4) pp. 614-614
- 2 ) Rigopoulos S.; Linke P. (2002) Systematic development of optimal activated sludge process designs, *Computers and Chemical Engineering*, 26 (4) pp. 585-597
- 3 ) Veldhuizen H.M.; van Loosdrecht M.C.M.; Heijnen J.J. (1999) Modelling biological phosphorus and nitrogen removal in a full scale activated sludge process, *Water Research*, 33 (16) pp. 3459-3468
- 4 ) Gebara F. (1999) Activated sludge biofilm wastewater treatment system, *Water Research*, January 33(1) pp. 230-238
- 5 ) Woolard C.R. (1997) The advantages of periodically operated biofilm reactors for the treatment of highly variable wastewater, *Water Science and Technology*, 35 (1) pp. 199-206
- 6 ) Duncan C; Jones I A (2001) Stability of open-channel trickling-filter distributor arms, *Proceedings of the I MECH E Part E Journal of Process Mechanical Engineerin*, 215( 1) pp. 39-51
- 7 ) Janczukowicz, Wojciech; Klimiuk, Ewa (1992) The Influence of the Raw Wastes Dosing System on Technological Parameters of the Rotating Biological Disc (RBD) Process, *Bioresource technology*, 42( 3) pp. 241
- 8 ) Lim K.-H.; Shin H.-S. (1997) Operating characteristics of aerated submerged biofilm reactors for drinking water treatment, *Water Science and Technology*, 36(12) pp. 101-109
- 9 ) Goncalves R.F.; de Oliveira F.F. (1996) Improving the effluent quality of facultative stabilization ponds by means of submerged aerated biofilters, *Water Science and Technology*, 33(3) pp. 145-152
- 10 ) Teixeira Pinto M.A.; Neder K.D.; Ludovice M.L. (1996) Assessing oxidation pond design criteria in a tropical town with low water availability, *Water Science and Technology*, 33( 7) pp. 33-40
- 11 ) Wasserman R.; Bentur A.; Youssef C.B.; Dahhou B. (1996) Multivariable adaptive predictive control of an aerated lagoon for a wastewater treatment process, *Journal of Process Control*, 6 (5) pp. 265-275
- 12 ) Ouazzani N.; Bouhoum K.; Mandi L.; Bouarab L.; Habbari K.; Rafiq F.; Picot B.; Bontoux J.; Schwartzbrod J. (1995) Wastewater treatment by stabilization pond: Marrakesh experiment, *Water Science and Technology*, 31(12) pp. 75-80
- 13 ) Curd, C.R. ; Cockburn, A. ; Hawkes, H.A. (1975) *Ecological aspects of used-water treatment*, Academic Press, New York
- 14 ) Sudo, R. ; Aiba, S. (1984) Role and function of protozoa in the biological treatment of polluted waters, *Advances in Biological Engineering / Biotechnology*, 29, 117-141
- 15 ) Inamori, Y.; Kuniyasu, Y.; Hayashi, N.; Ohtake, Y. ; Sudo, R. (1990) Monoxenic and Mixed Cultures of Small Metazoa *Philodina erythrophthalma* and *Aeolosoma hanprichi* Isolated from a Wastewater Treatment Process, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 34, 404-407
- 16 ) Shapiro, J.; Wright, D.L. (1984) Lake restoration by biomanipulation : Round Lake, Minesota, the first two years. *Freshwater Biology*, 14, pp.371-383
- 17 ) Hopper, S.H. (1989) Biomanipulation, new perspective for restration of shallow eutrophic lakes in The Netherlands, *Hydrobiol. Bull.*, 23 pp. 5-10
- 18 ) Moss, B. (1990) Engineering and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant communities are important components, *Hydrobiologia*, 200/201, pp. 367-377
- 19 ) Drenner, R.W.; Hambright, K.D. (1999) Biomanipulation of fish assemblages as a lake restoration technique, *Archiv fur Hydrobiologie*, 146( 2) pp. 129
- 20 ) Meijer, Marie-Louise; de Boois, Ingeborg; Hopper, Harry (1999) Biomanipulation in shallow lakes in The Netherlands: an evaluation of 18 case studies, *Hydrobiologia*, 408/409, pp. 13
- 21 ) Shapiro, J. (1990) Biomanipulation : the next phase- make it stable ?, *Hydrobiologia*, 200/201, pp. 13-27
- 22 ) Benndorf, J. (1990) Conditons for effective biomanipulation ; conclusions derived from whole-lake experiments in Europe, *Hydrobiologia*, 200/201, pp. 187-203
- 23 ) Meijer M-L.; Hopper H. (1997) Effects of biomanipulation in the large and shallow Lake Wolderwijd, The Netherlands, *Hydrobiologia*, 342/343 (1) pp. 335-349
- 24 ) Søndergaard M.; Jeppesen E.; Jensen J.P.; Lauridsen T. (2000) Lake restoration in Denmark, *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 5 (3) pp. 151-159
- 25 ) Prejs A.; Pijanowska J.; Koperski P.; Martyniak A.; Boro S.; Hliwa P. (1997) Food-web manipulation in a small, eutrophic Lake Wirbel, Poland: long-term changes in fish biomass and

- basic measures of water quality. A case study, *Hydrobiologia*, **342/343** (1) pp. 383-386
- 26 ) Takamura, Noriko (2001) Community change and ecosystem management of shallow, eutrophic lakes, Report of special research from the National Institute for Environmental Studies, Japan, SR-38-2001, pp.1-72 Tsukuba, Japan ( in Japanese )
- 27 ) Hanazato, Takayuki (2002) Water restoration approach by using biomanipulation on the Shirakaba-lake, Seminar text book for the 43rd Seminar, Japan Society on Water Environment. Tokyo, Japan ( in Japanese )
- 28 ) Horppila, J.; Peltonen, H.; Kairesalo, T. (1998) Top-Down or Bottom-up Effects by Fish: Issues of Concern in Biomanipulation of Lakes. *Restoration ecology*, **6**(1) pp. 20
- 29) Drenner, R. W.; Baca, R. M.; Gilroy, J. S.; Ernst, M. R.; Jensen, D. J.; Marshall, D. H. (2002) Community Responses to Piscivorous Largemouth Bass: A Biomanipulation Experiment, *Lake and Reservoir Management*, **18**(1) pp. 44-51
- 30) Brodeur, P.; Magnan, P.; Legault, M. (2001) Response of fish communities to different levels of white sucker (*Catostomus commersoni*) biomanipulation in five temperate lakes, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **58**(10) pp. 1998-2010
- 31) Sammalkorpi, I. (2001) The role of fish behaviour in biomanipulation of a hypertrophic lake, *Proceedings-International Association of Theoretical and Applied Limnology*, **27**(3) pp. 1464-1472
- 32) Lund, Mark A.; Davis, Jennifer (2000) A Seasonal dynamics of plankton communities and water chemistry in a eutrophic wetland (Lake Monger, Western Australia): implications for biomanipulation, *Marine and Freshwater Research*, **51** (4) pp. 321
- 33) Mumm, H.; Kremser, A.; Lampert, W. (2000) Zooplankton of a small eutrophic lake: impact of a biomanipulation attempt. *Advances in limnology*, **55**, pp.205
- 34) Strand, John A. (1999) The development of submerged macrophytes in Lake Ringsjon after biomanipulation, *Hydrobiologia*, **404**, pp. 113
- 35) Szanser, M. (2000) Environmental conditions and plant biomass in a field experiment - biomanipulation of macroarthropods, *Polish Journal of Ecology*, **48**(4) pp. 271-282
- 36) Wissel, B.; Freier, K.; Muller, B.; Koop, J.; Benndorf, J. (2000) Moderate planktivorous fish biomass stabilizes biomanipulation by suppressing large invertebrate predators of *Daphnia*, *Archiv fur Hydrobiologie*, **149**(2) pp. 177-192
- 37) Kairesalo, T.; Laine, S.; Luokkanen, E.; Malinen, T.; Keto, J. (1999) Direct and indirect mechanisms behind successful biomanipulation, *Hydrobiologia*, **395/396**, (1) pp. 99-106
- 38) Persson, Anders; Barkman, Andreas; Hansson, Lars-Anders (1999) Simulating the effects of biomanipulation on the food web of Lake Ringsjon, *Hydrobiologia*, **404**, pp. 131
- 39) Jorgensen, S.E.; de Bernardi, R. (1998) The use of structural dynamic models to explain successes and failures of biomanipulation, *Hydrobiologia*, **379**, pp. 147
- 40) Hejzlar, J.; Dolejs, P.; Vyhnalek, V. (1998) Effect of biomanipulation on the structuring of the planktonic food web and water treatability by coagulation. *Water science and technology*, **37**(2) pp. 105

## 四万十川におけるアユの産卵場と産卵期

高橋勇夫\* 東 健作\*\* 平賀洋之\*\*

### Spawning ground and spawning season of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* in the Shimanto River

Isao Takahashi\*, Kensaku Azuma\*\* and Hiroyuki Hiraga\*\*

\* Nishinohon Institute of Technology, 9-30 Wakamatsu-cho, Kochi 780-0812, Japan

\*\* Nishinohon Institute of Technology, Nakamura Office, 2-1-13 Watarigawa, Nakamura 787-0050, Japan

#### Abstract

Five spawning grounds of ayu were distributed within 9.7 and 14.1 km from the river mouth of the Shimanto River in 1999. The lower end of the spawning area in 1999 had shifted approximately 1.7 km above in comparison with the lower ends in 1974 and 1983. The shift of the lower end of spawning area in 1999 was due to the decline of the riverbed. Compared to other rivers in Japan, the spawning area of the Shimanto River was narrow and concentrated in the lower reaches of the river, despite the low gradient of riverbed. Before the 1980s, spawning of ayu in the river was observed during the period from early October to late December with a peak in late October. After early 1990s, however, spawning period tended to be delayed, and the lively spawning was observed in early or mid-November.

**Key words:** ayu, Shimanto River, spawning ground, spawning season

#### 1. はじめに

両側回遊性のアユ *Plecoglossus altivelis altivelis*, いわゆる海産アユは、夏場河川の中流域を中心に分布し、附着藻類を摂餌して成長する。秋になると成熟が始まり、それと同時に産卵のために下流域への降下を開始する。産卵場は下流域の瀬に形成され、砂礫に産み付けられた卵は2週間程度でふ化し、仔魚は夜間に海域へと流下する。

四万十川では1972年<sup>1)</sup>、1974年<sup>2)</sup>および1983年<sup>3)</sup>にアユの産卵場調査が行われているが、それ以後は公表された資料は見あたらない。一方、筆者らの観察や漁業者らへの聞き取り調査によると、近年、四万十川下流域では河川の形状の変化が著しく、河床の低下や瀬の消失等が認められる。このような変化はアユの産卵に影響を与えていると推察されるが、その実態は不明である。

本報告では、四万十川における近年(1999年)のアユの産卵場の位置や規模、産卵期について明らかにするとともに、さらにそれらの経年的な変化についても、過去の資料と比較しながら検討を加えた。

#### 2. 方法

1999年10月に漁業者に聞き取り調査を行い、四万十川において過去10年程度の間にアユの産卵が確認され

た範囲を把握した。その結果、河口から8 km(中村市不破地先)から14.5 km(中村市佐田)の間の下流域に産卵場が形成されることが分かった。1999年11月14-15日には、この間の全ての瀬を踏査し、産着卵の有無を目視確認することにより、産卵場の位置を地図上に記録した。また、光学測距機(Bushnell社製)を用いて産卵場の形状・広さを測量した。さらに、産着卵の密度を1産卵場につき10-50回繰り返し観察し平均的な密度を定性的に4段階(**Table 1**)に分類するとともに、発眼卵の割合についても観察した。

また、1980年代から1990年代にかけての四万十川におけるアユの産卵時期(産卵開始時期、盛期等)について、四万十川中央漁業協同組合員(産卵場監視員)から聞き取り調査を行った。

#### 3. 結果

##### 3.1 産卵場の位置

過去の調査(1974年<sup>2)</sup>、1983年<sup>3)</sup>)において確認された産卵場および1999年に確認した産卵場の位置を**Fig. 1**に示した。1999年では産卵域(ここでは産卵場が確認された下流端から上流端までの範囲と定義する)は河口の上流9.7-14.1 kmに見られ、この間で具同(河口から約9.7

\* 西日本科学技術研究所 〒780-0812 高知市若松町9-30

\*\* 西日本科学技術研究所中村分室 〒787-0050 高知県中村市渡川2-1-13

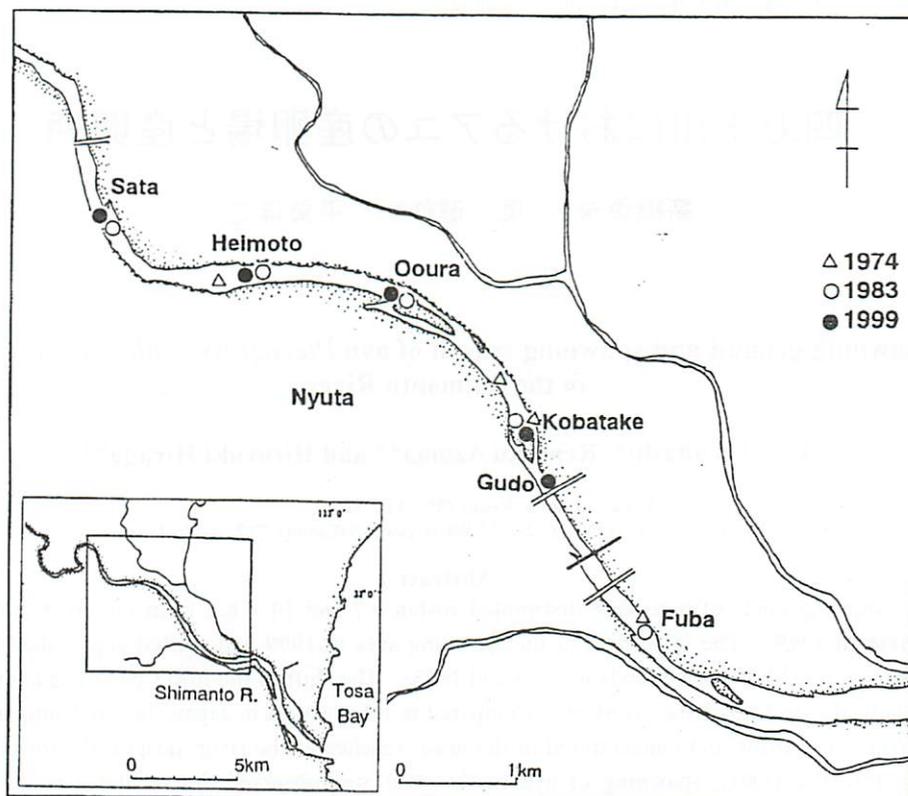


Fig. 1 Location of the spawning grounds of ayu in the Shimanto River in 1974 (open triangles), 1983 (open circles) and 1999 (closed circles). Data of the spawning grounds in 1974 and 1983 are based on Okamura and Tameka<sup>2)</sup> and Agemori and Takahashi<sup>3)</sup>, respectively.

km), 小島 (同 10.1 km), 大浦 (同 11.3 km), 平元 (同 12.7 km), 佐田 (同 14.1 km) の 5ヶ所に産卵場が確認された。1974 年と 1983 年に確認されていた不破 (河口から 8.0 km 付近) では産卵は確認できなかった。また, 1974 年に確認されていた小島から大浦間の産卵場 (河口から 10.5 km 付近<sup>2,4)</sup>) は, 1983 年当時からすでに産卵場となる瀬そのものが消失していた。その一方で 1999 年には 1974 年と 1983 年には確認されていなかった具同地点 (河口から 9.7 km) に新たに産卵場が確認された。

1999 年に確認された 5つの産卵場のうち, 面積が大きいのは小島産卵場と大浦産卵場であった (Table 1)。このうち大浦産卵場は, 面積は小島産卵場の半分程度の 1,250 m<sup>2</sup>であったが, 産着卵の密度は非常に高く, 総産卵量は小島よりも多いと推定された。その他の産卵場の面積はごく狭く, 産着卵の密度も低かった。

それぞれの産卵場において産着卵が確認された場所は, 岸側から張り出した洲の先端付近 (佐田, 平元, 具同) や, 砂州の間の分流 (小島, 大浦) にあり (Fig. 2), 瀬の中でも周辺よりも流速や水深に変化の見られる部分に集中する傾向にあった。

### 3.2 産卵期

産卵場監視員からの聞き取り調査をもとに, 1980 年代から 1990 年代にかけての四万十川におけるアユの産卵期の推移を整理すると以下ようになる。

1980 年代は産卵の開始は 10 月上・中旬で, 盛期は 10 月下旬であった。また, 産卵の終了は概ね落鮎漁の解禁となる 11 月中旬であるが, 漁獲されずに残ったものは

Table 1 Spawning area and egg density, and ratio of eyed eggs in the spawning grounds of ayu in the Shimanto River in mid-November 1999

Spawning ground	Area (m <sup>2</sup> )	Egg density*	Ratio of eyed eggs
Gudo	50	++	<10%
Kobatake	3,100	+++	<10%
Ooura	1,250	++++	<30%
Heimoto	20	+	<5%
Sata	30	+	<5%

\*++++: a great many, +++: many, ++: few, +: very few

12 月下旬頃までは産卵するようである。1990 年代当初は上記と同様の産卵期にあったが, 1993 年以降は産卵開始が 10 月中旬, 盛期が 11 月上・中旬に見られることが多く, それ以前よりも 1-2 週間程度遅れ始めたようである。

## 4. 考察

### 4.1 産卵場の位置と地形

1974 年および 1983 年当時, 四万十川のアユの産卵域の下流端は河口から 8.0 km 付近の中村市不破にあったが, 1999 年には不破付近では産卵場は確認できず, 下流端は約 1.7 km 上流の具同 (河口から 9.7 km) に移っていた (Fig. 1)。1999 年における産卵域の上流側への移動は, 近年の河床低下により 1974 年あるいは 1983 年当時に見

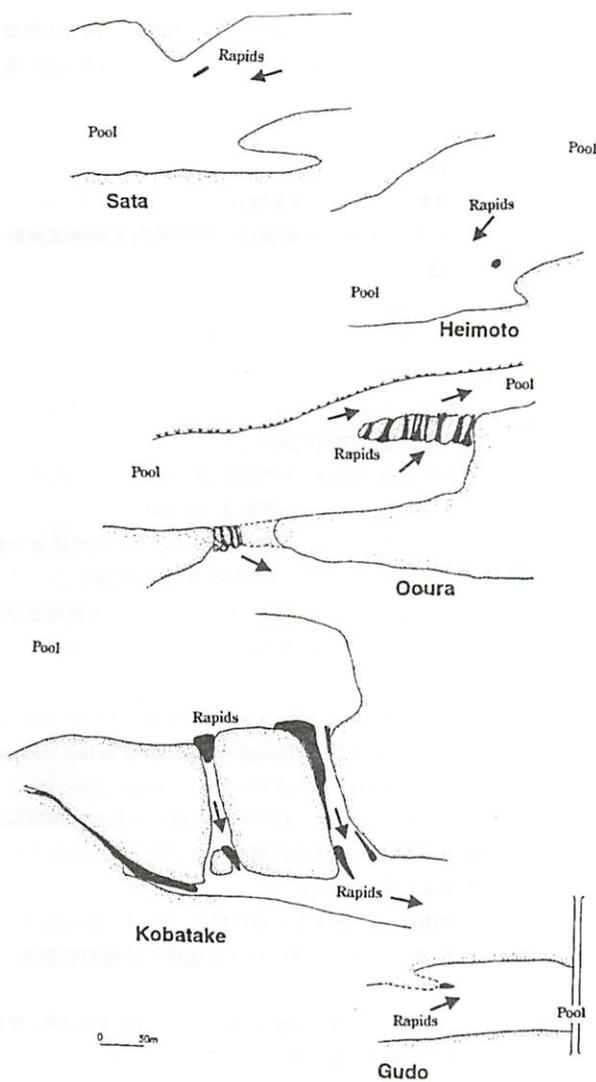


Fig. 2 Distributions of ayu egg in the spawning grounds in the Shimanto River in mid-November 1999. Black-painting areas and arrows indicate the spawning areas and directions of flow, respectively. Locations of the spawning grounds were shown in Figure 1.

られた 8.0 km 付近の瀬が消失したことによると考えられる。

最も面積の広い産卵場は、1974年、1983年、1999年のいずれの年においても小島 (10.1 km 付近) に形成されていた。しかし、1999年においては 3.1 で述べた通り総産卵数は小島よりもその上流の大浦 (11.3 km) で多いと推定された。また、2001年の産卵期においても親魚は大浦付近に集中していたことを確認しており (高橋, 未発表), 近年では主産卵場もやや上流側に移行しつつあると推定される。

アユの産卵場は、砂州の周辺や川の合流点等のように周辺と比べて地形的な連続性が乱れる部分に集中する傾向があることが知られている<sup>5,6)</sup>。四万十川における産卵場も、岸側から張り出した洲の先端付近や中州の間の分流に形成されており (Fig. 2), 瀬の中でも周辺よりも流

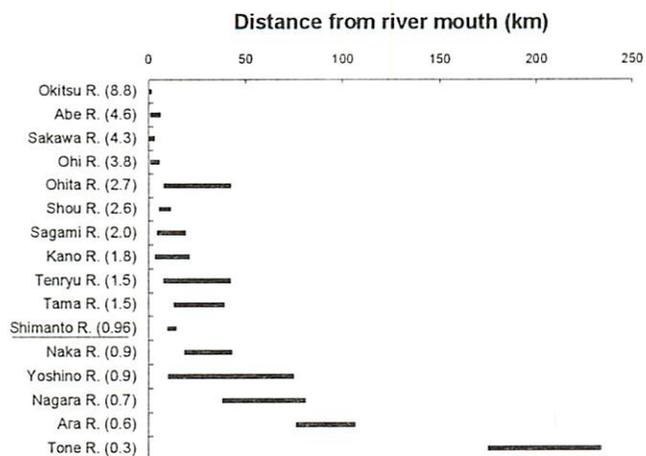


Fig. 3 Distributions of the spawning area of ayu in rivers. The numbers given in parentheses are the grades of riverbed between river mouth and height of 50 m above sea level. The spawning areas, except for the Shimanto River, are based on Ito et al.<sup>21)</sup>, Ishida<sup>6)</sup>, Wada<sup>22)</sup> and Tago<sup>23)</sup>

速や水深に変化の見られる部分に集中する傾向にあった。近年、地元漁業者らはアユの産卵が行われる下流部の瀬の形が単調化し、産卵に適しなくなったことを指摘している。実際、過去の地形の記録が残っている小島産卵場では、1974年<sup>2)</sup>および1983年<sup>3)</sup>には幅 200-300 m の浅瀬が広がり、小規模な中州が多数点在することで流れが複雑に変化していた様子を読み取ることができる。これに対し1999年では、散在していた中州が消失し、瀬の幅は 50-80 m 程度に狭くなるとともに、見た目にも水深や流速の変化が顕著ではなくなっていた (Fig. 2)。このような地形の変化について、漁業者らは近年の護岸建設等の改修工事の影響を指摘しているが、その因果関係は定かではない。しかし、河川改修が流れの複雑性を消失させる傾向にあることは多くの指摘があり<sup>7-10)</sup>、改修にあたってはより細やかな配慮が望まれる。

石田<sup>5)</sup>は、アユの産卵場は、急勾配の河川では河口近くの狭い範囲に、緩勾配河川では河口から離れたところに広範囲に形成されることを指摘した。四万十川の産卵場の範囲を他の河川と比較すると、河口近くの狭い範囲に形成されていることから (Fig. 3), 急勾配河川のタイプに相当するかのように見える。しかし、四万十川の標高 50 m までの河床勾配 (m/km) は 0.96 と比較的緩く、Fig. 3 に示した河川の中では、四万十川よりも産卵範囲が広い那珂川の 0.9 に近く、天竜川や多摩川の 1.5 よりも緩勾配である。このように四万十川は緩勾配河川であるにもかかわらず、産卵場が河口近くの狭い範囲に形成されるという特徴を持つ。産卵場が河口から離れる河川ではふ化した仔魚が海までに流下するのに時間を要するため、飢餓や被食等により仔魚が減耗しやすい<sup>11-15)</sup>。四万十川の有する上記のような特徴は、仔魚の生き残りには有利な条件と言える。

#### 4.2 産卵期の変化

1972年に四万十川でアユの産卵に関する調査を行った落合ほか<sup>1)</sup>は、産卵期は10月上旬から12月上旬で、盛

期は10月下旬から11月上旬にあるとしている。また、1974年に調査を行った岡村・為家<sup>2)</sup>は、産卵の開始は10月中・下旬で、盛期は10月下旬と11月上・中旬の2回あると報告している。先の通り、聞き取り調査によると1980年代は産卵開始が10月上・中旬、盛期は10月下旬であった。また、1987年から1992年には10月上・中旬には仔魚の流下(産卵の約2週間後)が始まることが確認されており、その盛期は10月下旬から11月中旬に見られた<sup>16)</sup>。このことから1980年代から1992年頃にかけては、それ以前に報告されている産卵期と大きな変化はないと言える。

一方、聞き取りによると、1993年以降産卵の盛期が11月上・中旬に見られるようになり、それ以前と比較して1-2週間遅れ始めたようである。1996年において、仔魚の流下を調査したTakahashi et. al.<sup>17)</sup>は、10月下旬になって仔魚の流下が始まったことを報告しており、このことも近年産卵の開始が遅れていることを想像させる。さらに、産卵場調査を行った1999年11月中旬において、産卵場に産み付けられたアユ卵には発眼卵が少なかった(Table 1)。飼育実験によると、アユ卵が発眼期に到達するまでの日数は、水温15-20°Cで5-7日<sup>18)</sup>、あるいは18.5°Cで4-5日<sup>19)</sup>である。したがって、1999年11月14-15日(調査時の水温;17°C前後)に発眼卵の割合が低かったことは、産卵が本格的に開始されて数日しか経過していないことを意味する。このような調査結果を総合すると、四万十川におけるアユの産卵期は近年やや遅れる傾向にあることはほぼ間違いないと判断される。

この原因としては産卵期の気温が近年やや上昇傾向にあり、水温が産卵に適した20°C以下<sup>20)</sup>になる時期がやや遅くなっていることが想像される。産卵期を正確に把握することは、資源保護のために効果的な禁漁期を設定するうえでの要件であり、継続的な調査が望まれる。

## 謝辞

調査にご協力いただいた四万十川漁業協同組合連合会会長土居武夫氏、四万十川中央漁業協同組合の岡本彌太郎氏、一藤貞男氏に感謝の意を表す。高知大学名誉教授の岡村収博士には1974年当時の産卵場に関する情報をいただいた。厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 落合明・榎田普・谷口順彦(1973)四万十川の生物相に関する総合的研究(高知県中村市委託調査報告書),44 pp.,中村市.
- 2) 岡村収・為家節弥(1977)四万十川の魚類,pp.179-202,四万十川水系の生物と環境に関する総合調査,高知県.
- 3) 上森千秋・高橋勇夫(1984)アユの産卵場について一河川の正常流量に関連して,第39回農林土木学会中四国支部講演会講演要旨.
- 4) 岡村収・為家節弥(1977)四万十川水系の河川環境と水質,pp.1-80,四万十川水系の生物と環境に関する総合調査,高知県.
- 5) 石田力三(1964)アユの産卵生態-IV,産卵水域と産卵場の地形,日本水産学会誌,30(6),478-485.
- 6) 石田力三(1967)アユの産卵生態-V,産卵場の構造,淡水研報,17(1),7-19
- 7) 水野信彦(1980)中流域(アユ漁場)での河川改修の問題点と改善策,淡水魚,6,1-48.
- 8) 高橋剛一郎(1988)溪流環境の保全に関する砂防学的研究,北大農学部演習林研究報告,45(2),371-453.
- 9) 中村俊六(1993)河川の人工化に伴う生態環境,「河川生態環境工学」,(玉井信行・水野信彦・中村俊六編),pp.155-160,東京大学出版会,東京.
- 10) 田子泰彦(2001)神通川と庄川の中流域における最近の淵の消長,水産増殖,49(3),397-404.
- 11) 兵藤則行・関泰夫(1985)海産稚仔アユに関する研究-II,流下仔アユの生残に及ぼす絶食の影響(1),新潟県内水面水産試験場調査研究報告,12,15-22.
- 12) 兵藤則行・小池利通・星野正邦・鈴木惇悦(1988)海産稚仔アユに関する研究-V,遡上稚アユの日齢とそのふ化日について(2),新潟内水試研報,14,1-5.
- 13) 塚本勝巳(1991)長良川・木曾川・利根川を流下する仔アユの日齢,日本水産学会誌,57(11),2013-2022.
- 14) 高橋勇夫・新見克也(1998)矢作川におけるアユの生活史-I,産卵から流下までの生態,矢作川研究,2,225-245.
- 15) 高橋勇夫・新見克也(1999)矢作川におけるアユの生活史-II,遡上から産卵・流下までの生態,矢作川研究,3,247-267.
- 16) 森山貴光・佐伯昭(1996)四万十川におけるアユの産卵並びに仔魚の流下について,高知県内水面漁業センター業務報告,5,59-70.
- 17) Takahashi, I., K. Azuma, H. Hiraga and S. Fujita (1999) Different mortality in larval stage of ayu *Plecoglossus altivelis* in the Shimanto Estuary and adjacent coastal waters, *Fisheries Sci.*, 65(2), 206-211.
- 18) 岡部正也・西山勝・佐伯昭(1999)新品種作出基礎技術開発事業,アユの高水温耐性系統作出技術の開発試験,高知県内水面漁業センター事業報告書,8,42-51.
- 19) 関伸吾・浅井康弘・佐藤健人・谷口順彦(1994)継代飼育したアユ親魚由来の卵の水温感受性における地理的品種間の差異,水産増殖,42(3),459-463.
- 20) 松原喜代松.1965.アユ *Plecoglossus altivelis*. pp. 494-505. 魚類学(下).水産学全集19.恒星社厚生閣,東京.
- 21) 伊藤猛夫・二階堂要・鮫島徳三・桑田一男(1962)アユについて,pp.29-41,吉野川水系のアユを主とした魚類の生態と漁獲量の推定,徳島県内吉野川水系漁業実態共同調査会.
- 22) 和田吉弘(1973)幼アユの生態と飼育について,33pp.,岐阜大学教育学部生物学教室.
- 23) 田子泰彦(1999)庄川におけるアユ仔魚の降下生態,水産増殖,47(2),201-207.

# カイロ首都圏都市用排水システムの地域特性

小林三樹\*

## Specific Aspects of Water Supply and Drainage System of the Greater Cairo Metropolitan District

Mituna Kobayashi\*

Fuji Women's University, Hanakawa South 4-5, Ishikari City, Hokkaido 061-3204, Japan

Key words: Drainage System, Water Supply, Arid Region, Aswan High Dam, Nile, Cairo, Egypt

### 1. はじめに

社会における水システムの有り様は、地域のさまざまな特性に相応しい形態に組み立てられるべきである。エジプトの首都カイロは、その気候風土、大河川ナイルとの関係などが日本とは大幅に異なるため、その水システムには日本から見ると特殊な面が多々見受けられる。しかし地域特性に照らして見ると合目的なシステムの方に整備されつつあると考えられる。著者が国際協力事業団の専門家としてカイロに滞在した3年3ヶ月の期間に得た情報をもとに、カイロ首都圏の水システムについて述べる。

### 2. ナイル流域の概況とエジプト農耕地の形成

#### 2.1 流域の状況と降水量

世界最長の河川ナイルの本川河道延長は6,700kmあり、南緯4度付近の源流から北緯31度の地中海まで南から北へ流れ下る。流域は10カ国にまたがり、面積は300万km<sup>2</sup>に及ぶ。10カ国のうち灌漑を発達させ河川の恵みを受けているのは下流の2カ国エジプトとスーダンのみで、残り8カ国は灌漑面積比も水力発電も僅かにとどまり、国民一人当たりGNP世界ランク最低の極貧国10カ国のうち5カ国がナイル流域にある。これらの国では経済指標上で貧しいだけでなく、乳幼児死亡率、妊産婦死亡率もけた外れに高く、貧困と社会格差の緩和方法について、欧州共同体、世界銀行はじめ欧米援助国が協議を進めているところである。

流域は本川上流の白ナイル流域(ウガンダ、ルワンダ、ブルンジ、ケニア、タンザニア、コンゴ民主共和国の一部、スーダン)と急流支川である青ナイル流域(エチオピア、エルトリアの一部、スーダン)に大別される(Fig.1)。年間1,000mm以上の降雨に恵まれるのは、白ナ

ル源流のヴィクトリア湖一帯と青ナイル源流エチオピア高原のみで、残りの大半は半乾燥地域と乾燥地域である。スーダン北部からエジプト南部にかけては降水量ゼロの沙漠が広がる。流域全体の河床勾配をFig.2に示す。

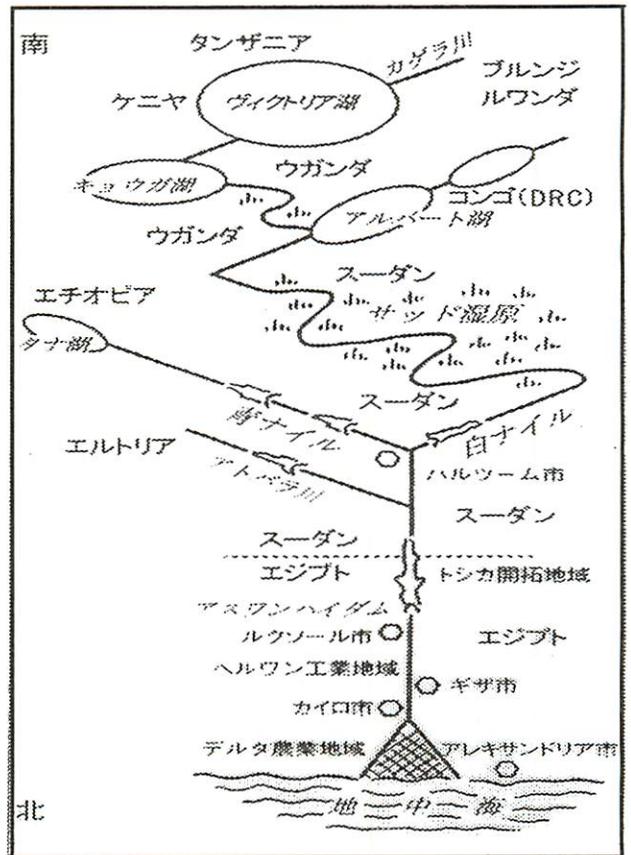


Fig.1 ナイル川流域の模式図 (小林三樹)

\* 藤女子大学 人間生活学部 〒061-3204 北海道石狩市花川南4-5

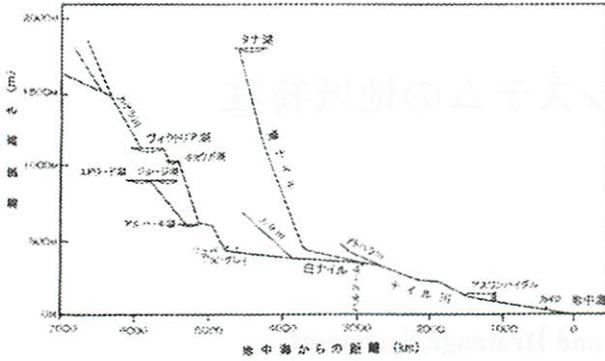


Fig. 2 ナイル流域全体の河床勾配 2)

## 2.2. 二つの流域圏、白ナイルと青ナイル

本川の最上流にあるヴィクトリア湖の水面積は九州の2倍弱の69,000km<sup>2</sup>もあり、水面降水量の95%を蒸発によって失う。出口が狭い上、下流の湖沼ならびにスーダン南部に広がるサッド湿原が流出量変動の自然の調節池の機能を担っているため、スーダンの首都ハルツームに到達する時点では、変動の滑らか流出となり、下流への基底流出を構成する。一方、エチオピア高原の降水は急流を流れ下りハルツームに達する。村上雅博教授はアスワンでの年間流量の変動を Fig.3 のように示し、年間流量の8割が青ナイルとアトバラ川から洪水の形で到達し、2割が白ナイルからもたらされて下流への基底流出を構成するとしている 1)。

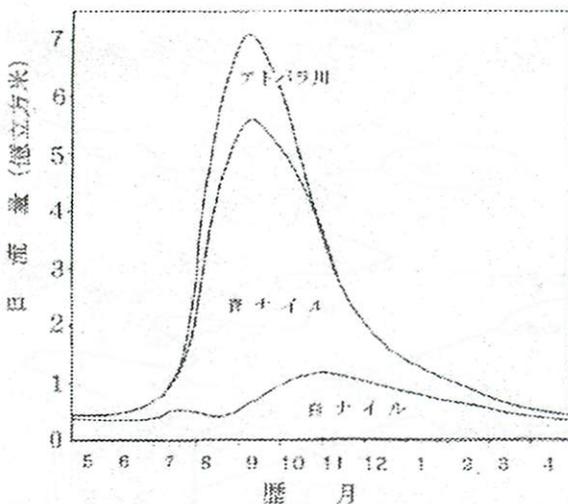


Fig. 3 アスワンでの流出曲線の来歴成分構成 1)  
(H.E.Hurst 1952 の図を村上雅博氏著書から引用)

この流出パターンをもつ流量が、沙漠に深く刻まれた峡谷をハルツームから1,500km 流下してエジプト領に入り、古来洪水を繰り返して幅7~22km の谷を延長1,000km にわたり形成し、さらに最下流に延長170km の扇状地(デルタ)を形成した。

この氾濫原と扇状地こそが、エジプトを農業国家として富み栄えさせた肥沃な農耕地であった。

スーダンとエジプトの国境線は、地中海からナイル川を遡ること1,300km 地点(現在のアスワンハイダム貯水池内)に引かれているが、河床の海面上高度はわずか100mである。したがって国境から地中海まで

の平均勾配は1万分の0.77に過ぎず、古代エジプト国家が洪水に逆らわずに全農地に氾濫させるといった形での対応を余儀なくされた背景が理解できる。

## 3. アスワンハイダムとエジプトの水資源

### 3.1 アスワンハイダムでの長期経年調節

アスワンまで Fig.3 のようなパターンで流下してくる水資源を、最下流国エジプトが有効に利用するには、大貯水池を築造して平準化するしかない。近代的観測が行われて以来の年間最大流量は1510億m<sup>3</sup>、最小流量は380億m<sup>3</sup>という。アスワンハイダムの計画に当たりアスワン地点の年間総流量は平均840億m<sup>3</sup>とみなされた。流出量の全量を調節し、スーダン1対エジプト3の割合で引き出す利水協定のもとで、堤高111m、総貯水量1620億m<sup>3</sup>のダムが計画された。なおスーダンはアスワンハイダムからは導水出来ないため、青ナイルのRoseiresに容量270億m<sup>3</sup>のダムを設け振り替え取水している 3)。

貯水池からの蒸発を主とする消失水量を年間100億m<sup>3</sup>とみなしエジプトに配分された555億m<sup>3</sup>が、エジプトがナイル川に依存できる上限水量である。エジプトはアスワン発電所を経由して年間ほぼ555億m<sup>3</sup>を貯水池から引き出しているが、貯水開始以来35年間で溢水は1996年10月に一度生じただけなので、長期平均流入量としての840億m<sup>3</sup>は妥当な設定であったと考えられる。豊水年の流入余剰を数十年にわたって持ち越して、数十年確率の渇水年に補給できるだけの貯水容量をもっているといえる。これほど長期間にわたる経年貯留容量をもつ人工貯水池は我が国にはない。

なお貯水池の越流堰はダム堤体から280km 上流の左岸トシュカに設けられてあり、越流先はナイル河谷外の沙漠の低地である。したがって計画確率を超過する洪水がダム下流の河谷に流れる恐れは全くない。したがってカイロ市内ではナイルの水面近くまで宅地利用が進んでいる。これも日本ではありえない立地である。

### 3.2 水資源量の物理的上限までの平準化

アスワンハイダムから安定に取水できる水量555億m<sup>3</sup>に地下水取水量を加えたおよそ600億m<sup>3</sup>が、エジプトの使用できる水資源量の上限である。これは Fig.4 に示すように大半が農業用水に使用されており、麦、米、綿、砂糖きび、バナナ、デーツなど果樹、馬鈴薯、玉葱など野菜が栽培されている。エジプトでは地中海沿岸部を除いては年間降雨が数mmから数十mmしかないため、天水農業は成り立たない。

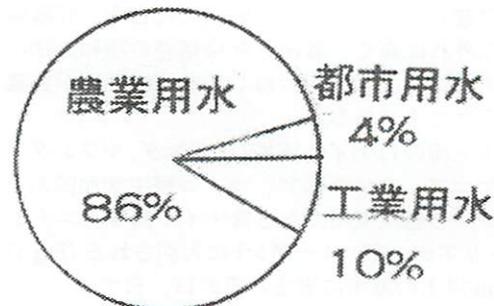


Fig. 4 エジプトの用途別水利用量

都市には約 24 億 m<sup>3</sup>(650 万 m<sup>3</sup>/日) が割り当てられている。エジプトの人口は 7,000 万人、うち約 1,700 万人がカイロ首都圏に集中している。

日本では梅雨と台風時に集中してもたらされる降水量の全量を流域内に保留させることはできず、およそ 3 割が洪水として海に流出しているため、水資源利用量を増やしたい場合、新規にダムを設ける選択肢が常に存在する。エジプトの場合、ナイル川をエジプト国境まで流下して来る水量の全量を既に経年調節して使用しているため、これ以上調節できる余地はない。エジプト国境まで到達する水量を増加させる方策として、スーダン領内のサッド湿原に短絡水路を掘削(蛇行河川の直線化)して蒸発散水量を減らす事業(Jonglei Canal)に将来 20 億 m<sup>3</sup>の増量を期待して 1976 年に着手したが、工事はスーダンの経済事情と内戦勃発によって 1983 年以来中断している 4)。

#### 4. ナイル川と首都カイロの位置

ナイル川河口に形成されたデルタの扇頂で、河口まで約 170km の地点、そこはデルタからナイル河谷への入り口に位置する要衝の地であったので、交易商業都市、管理中枢都市としてカイロ市が発達した (Fig.1)。デルタ全域に農業用水を分ける分水堰はカイロの 20km 下流に設けられている。現在、ナイル川の右岸にカイロ県カイロ市、左岸にギザ県ギザ市があり両市と周辺を合わせた首都圏に約 1,700 万人の人口と首都機能が集中している。首都の上水道と下水道は国有のインフラ組織であり、首都圏一体として運営されている。建設組織と運営組織は別であるが、本文ではカイロ首都圏水道庁、大カイロ下水道庁と呼称する。

なおナイル川の両岸に広がる首都圏市街地の海面上の高さはわずか 16~18m 程度であり、地中海までの平均勾配は 1 万分の 1 程度でしかない。したがってカイロ下流に広がる水はけの悪い低湿な農耕地に、約 4,000 万人が居住している。

#### 5. カイロ首都圏への都市用水供給

##### 5.1 二系統の都市水道

都市用水は 2 系統で供給されている。一つは飲料用上下水道、もう一つは公園緑地へ散水する緑化用水道である。

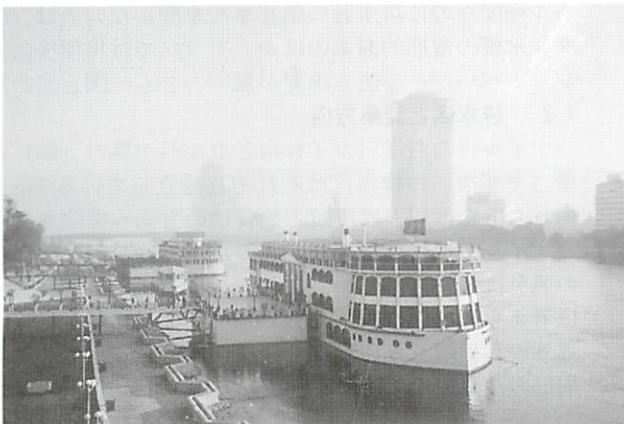


Fig. 5 カイロ市内のナイル川河岸

市街地自体がナイル川に面しているため、ほかの修景用水は特に用意されていない。沙漠の国で、水辺は憩いの空間として特に重要であるが、カイロ首都圏を流下するナイルには長さ数 km、幅 500m ほどの 3 つの島があり、その中州も含めナイルの河岸は憩いの場の園地としての整備が進められている (Fig.5)。またナイル川には、通学通勤船と食事や宴会を楽しみながら周航する遊覧観光船が多数就航していて、水辺の景観には不足しないので、市街地内に修景池が必要という状況にはない。

##### 5.2 緑化用水道

灌漑しない限りは草木も育たない無降水都市にあって、樹木や草花は都市環境を構成する重要な要素である。緑化用水道 (Irrigation Supply) は、ナイル川から取水した河川水を有圧の配管で直接市街地内の公園緑地に供給するもので都市美化局 (Beautification Bureau) が管理している。

この緑化用水道は、散水にも割かれていた上水道水の節約を図るため、1970 年代以降整備が進められたもので、13 箇所ある浄水場の約半数に緑化用水専用の取水ポンプが併設されており、配管延長数十 km、供給水量は日数万 m<sup>3</sup> 程度と推測される。緑化用水道の配管が敷設されていない地域の街路樹などは、水槽を積んだ車両やタンク車で巡回し、週 1 回ほどの頻度で注水している。また富裕層の個人の庭では上水道から散水されている。

緑化用水道で供給された水の行方は、蒸発散と地下水涵養になる。市街地に雨水排水管はないので下水道系統には入らない。河川水をそのまま供給する原水水道としてはパリ市の雑用水道 (道路清掃用) が有名であるが、パリ市では管内に付着するスライム対策に有効な方法がないとして閉鎖している。カイロでは未だ問題化していない。

#### 6. カイロ首都圏の上水道

##### 6.1 浄水場と取水量

カイロ首都圏水道庁の給水人口は約 1,600 万人、1 日平均の送水量は約 570 万 m<sup>3</sup> である。うち 98% はナイル川河川水を急速濾過方式によって処理した水で、約 2%

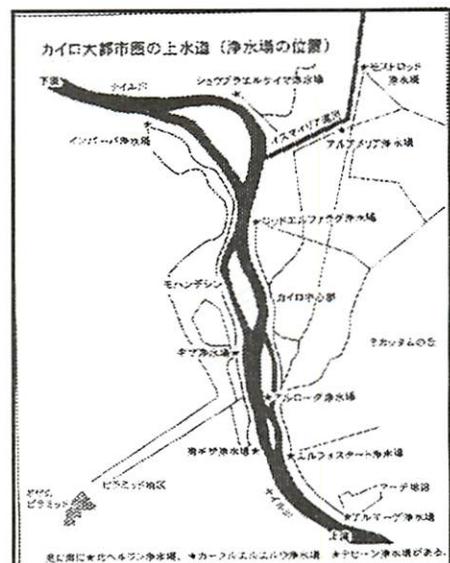


Fig. 6 ナイル川沿いの 13 箇所に浄水場

は地下水から補給されている。ナイルに面する市街地の上下流に Fig.6 に示すように 13 箇所の浄水場があり、11カ所は本流の河岸から 2カ所は分流された運河から表面水を取水している。浄水場での損失水量が多いので、ナイルからの取水量は 620 万 m<sup>3</sup> 程度と推測される。

## 6.2 原水水質と浄水

ナイル上流 9カ国に 1 億数千万人が住むけれども、サッド湿原ならびにアスワンハイダム湖での滞留時間が長いので、下水性の汚染物質は分解安定化していると考えられる。アスワン（旧）ダム湖ならびにフラッシュ作用（洪水）の無くなったカイロまでの河道の富栄養化は進んでいるが、カイロでの異臭味は未だ顕著ではない。しかし上エジプトと中エジプトにはルクソールほかの観光都市や集落がカイロ郊外まで連続しており、その下水は無視できない。そこでどの浄水場でも取水後、アンモニア分解を目的に 5～8mg/L の塩素が添加されている。エジプトの現在の平均寿命は 63 歳に達しているが、十数年前に米国国際開発援助庁は、エジプトの衛生状況では発ガン物質生成の制御よりも、水道による消化器系感染症の抑制の方が、社会的により重要で優先性が高いと判断し、塩素の運搬と注入の施設を援助したことが、そのまま継続されているからである。

浄水施設としては、フランス、チェコ、ドイツ、アメリカの援助によるさまざまな方式の施設が稼働している。中でもフランスの脈動型高速凝集沈殿装置と空気・水併用洗浄方式の砂濾過池が多い。沈殿汚泥ならびに濾過池洗浄排水は（違法行為であるが）無処理放流されている。

## 6.3 配水施設

配水区域は地盤高度により高区・中区・低区にわかれており、浄水場から直接圧送されている。ナイル河岸に近い場所、すなわち低い土地がオフィス街や高級住宅地になっており、20階30階といった高層住宅が建ち並ぶ。市内には毎日 24 時間連続給水されているが、周辺の高台や貧困層の居住地の一部では時間帯による水圧低下や断水が生じている。

また各建物に受水槽の設置義務はなく、水圧低下時には配水管内から水を吸引して建物上層階に送る増圧ポンプの使用が野放しになっているが、配水管の漏水管理が十分ではないので、汚水の吸引の可能性が高く、給水の水質維持上で問題を抱えている。

## 6.4 一人あたり水量

浄水場からの送水量を人口で除した値は、一人あたり 1日 340 リットルである。しかし米国国際開発庁は、カイロの不明水を Fig.7 のように推定している。この推定にしたがえば、340 リットルの水は浄水場から送り出された後、80 リットルが道路で漏水し、130 リットルが家屋内で無駄に流れているので、実質的に使用されている水量は 1日 130 リットル/人となる。

老朽管を更新し漏水を減らすことは、末端の水不足を解消し、浄水場拡張工事を不要とし、収入を確保することにつながるため極めて重要である。しかしエジプトでは暴動をおそれるあまりカイロ首都圏での公共料金の値上げを禁止しており、それでいて国家財政は苦しいので財政基盤の脆弱な組織では何の施設改良もなしえない。

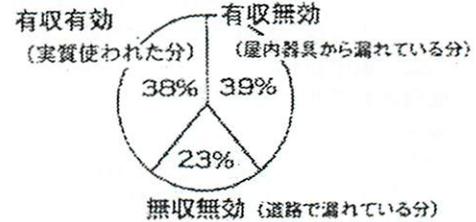


Fig.7 水道の漏れと有効使用率の推定 (USAID)

都市のインフラ施設は本来、長期計画のもと主体的に整備されるべきだが、外国援助に依存して当座しのぎの部分的整備を積み重ねてきた結果として、カイロ首都圏では水道システム全体の問題が山積している。社会公共財を形成するための負担についての市民意識の啓発、情報公開、民主的意志決定過程の定着などが、社会基盤整備を進める上で避けて通れない課題である。

## 7. カイロ首都圏の下水道

### 7.1 汚水のみ下水道

カイロの年間降水量は 25mm に過ぎない。したがって道路面にも家屋にも雨水排水設備は全く考慮されていない。ナセル革命後、カイロの飲料水状況改良のため共産圏諸国が援助して水道施設が整備されるに伴い、使用後の汚水が家屋の周囲に溢れる状況が出現し、生活環境を悪化させていった。

周辺市街地に残されていた農業排水路の水質は生活排水の流入によって極端に悪化した。雨の降らないカイロではそもそも市街地からナイル川に出る排水路は無かったので、ナイル川の汚染をもたらすことは無かった。したがって欧米諸国の援助によって 1980 年以降建設された下水道は、「ナイル川の汚染対策」という意味は全く持ち合わせず、もっぱら「市街地に溢れている生活排水を排除することによる生活環境の改良」に置かれた。現在でも下水排除施設は汚水管のみからなる。この点は降雨のある都市での経緯と異なっている。

カイロ首都圏にはエジプトの人口の 1/4 に当たる 1,700 万人が集中し、ナイルの両岸には中高層の住宅と商業ビルが集積立地している。これらのほぼ全戸に水洗便所が普及している。水洗便所がなければあのような集積はできない。ところが一人あたり水道使用量が正味 100 リットル程度なのに排水管の閉塞事故を聞かないのは、シスタン水槽の常態的漏水のほか、アラブでは用便後にトイレットペーパーを使う風習が無いことも一因と思われる。

### 7.2 排水区と流集方向

ナイル川の右岸（カイロ市とカルベヤ県の一部）と左岸（ギザ市）の排水区はそれぞれ独立している (Fig.8)。何れも下水は川とは反対の後背地の方向へ排除されておりナイル下流には戻らない。カイロではかつて下水水煙の悪臭に悩まされていたようで、市街地での処理水利用は考えられていない。したがって下水は 5～40km ほど郊外の人里離れた砂漠まで流送されており、処理水は外周部の沙漠緑化に使用されている。



Fig.8 カイロ大都市圏の下水道施設 (右岸、流集して処理し、最終的には処理水、汚泥とも沙漠緑化に使われている)

カイロ大都市圏は後背の台地を除いてナイル河畔の低湿地に広がっているため、地表面勾配は緩く、下水はポンプで流送している。東岸排水区の幹線にあるアメリカ中継ポンプ場が、地下30mに直径5mのトンネルで到達する下水を縦軸遠心ポンプ8台で地上部まで揚水している以外は、中継にも処理場内にも揚程5~7mのスクリーポンプ(アルキメデスポンプ、Fig.9)が多用されている5)。



Fig.9 スクリューポンプ軸の本体

### 7.3 下水処理場

処理場は Fig.8 に示すように、東岸に4カ所、西岸に2カ所の計6箇所設けられているが、完成しているのは、東岸のベルカ処理場(60万 m<sup>3</sup>/日、Fig.10、Fig.11)と西岸のゼネイン処理場(33万 m<sup>3</sup>/日)のみである。処理方

式はいずれも散気式(ヘルワンだけが表面攪拌式)の標準活性汚泥方式であり、汚泥処理は天日乾燥方式から消化+機械脱水方式に移行しつつある。焼却方式のものはない5)。

最大規模のガーベルエルアスファール処理場は、100万 m<sup>3</sup>/日規模の処理場として汚泥消化槽も含めて完成し供用されているが(Fig.12)、300万 m<sup>3</sup>/日規模への拡張が一部着手されている。

東岸南部のアブラワッシュ処理場は、最初沈殿池のみの竣工で工事が中断されたまま供用されている。またヘルワン処理場はヘルワン地区の工場排水と住宅排水を合併処理する処理場であるが、最初沈殿池から最終沈殿池まで池数の4割程度しか出来ていないままに過負荷運転されている。

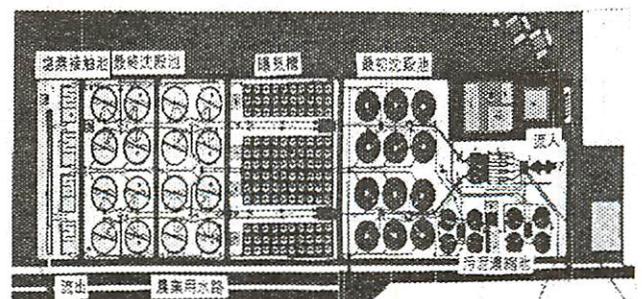


Fig.10 ベルカ下水処理場(カイロの標準処理方式)



Fig. 11 ベルカ処理場の空中写真(右側に 53ha の汚泥乾燥床が広がる。処理水は 2 万 ha に灌漑されているという) (2002. 5. 30.)



Fig. 12 ガーベルエルアスファ処理場のぼつき槽(スクリュエーポンプが段階毎にある。手前がぼつき槽、奥は最初沈殿池)。(photo: CWO)

#### 7.4 下水処理水と汚泥による沙漠緑化

処理水は二次処理水も一次処理水も全て専用灌漑水路を経て沙漠緑化に使用されている。また汚泥は土壤改良材というか砂漠の砂への有機質添加材として用いられている。ガーベルエルアスファ処理場の後背地に造成されている広大な森林と農地について、欧州行きの航空機から撮影した写真を Fig.13 に示す。エジプトでは灌漑された農地と水道の布設された都市部は国土面積の 4%のみで、残り 96%は沙漠のままである。沙漠緑化に Watering (水やり) の継続が不可欠であり、都市周辺で間断なく生ずる下水処理水は格好の持続的水源である。

沙漠は原則的に国有地であり立ち入りが制限されている。下水処理場自体が一部未完成のまま放置されているのに、1700 万人分の下水が毎日放出されているのだから、沙漠緑化といっても他人に見せられる状況に無いことは想像に難くない。アンモニア、硝酸塩、塩分集積、作物

の生育障害、耐塩性作物選別、重金属集積など問題は多々あると思われるが、情報は一切公表されていないので知りうべくもない。しかし下水処理水を農作物生産に供する場合の重金属濃度要件の WHO 基準の存在を認識しているので、食糧生産以外の林木や花卉栽培への施用が主体と思われる。



Fig. 13 ガーベルエルアスファ下水処理場(上方右側が流入、左端は一次 10 槽+二次 20 槽の汚泥消化槽群)。処理水と消化脱水汚泥によって緑化が進められている森林と緑地が手前に広がる。

カイロ首都圏の下流は広大なデルタ穀倉地帯であり、乾燥地農業の宿命としての土壌への塩分集積を緩和するための排水施設整備が進められている。したがって下水を、処理水といえども脱塩処理を施さずに農業用水路に放出するわけにはいかない筈だ。

一方で、エジプトの水利用が水資源賦存量の限界まで使い切っている状況下で、失業対策、食糧不足対策としての新規農地開拓に当てられる水が下水処理水、農業排水、工場排水しか残っていないことも事実である。エジプト農業省は塩分濃度 3,000mg/L までの農業排水の再利用を当て込んで、農地造成を推進している。

#### 8. おわりに

エジプトは自国に雨が降らないのに水資源の恵みを享受して富み栄えた珍しい国である。数千 km 上流に降った雨の洪水流出は、人智で立ち向かおうとは思いつかないほど激しかったので、神の恵みとみなして上手に営農に活かすしくみ(ベースン灌漑)を考案したのが、紀元前 30 世紀ころのことで、古代エジプトの繁栄をもたらした。

現在では上流諸国からエジプト国境まで到達する総流量をアスワンハイダムで完全に平準化し、無駄に地中海に流すことなしに、全水資源を物理的上限まで利用しつくしている。しかしその水量はナイル流域総降水量の僅か 3.7%に過ぎず、残り 96%強は蒸発散して失われている。上流 9 カ国が食糧増産に励まれると、エジプトまで到達する水量は否が応でも減少せざるを得ないので、エジプトは流域諸国の水利動向に敏感である 6)。

このようにエジプトは日本の気候風土や流域関係とは大幅に異なる状況下にあるので、上下水道の形態にも日本では見られない特色がある。カイロ首都圏で

ナイルから取水された水は、使用されたのち全量が沙漠に導かれ、森林を主体とする緑地形成用水として使われている。処理水に潜在する病原微生物や重金属の危険要素を考えると、賢明な水利用形態であると考えられる。

カイロ首都圏の住民にとっては、生活空間から下水が排除さえされれば、処理がなされなくても何の痛痒も感じない。カイロ市民は下水の処理場にも最終的な行き先にも、まったく関心をもっていないし知らされてもいない。根底には社会基盤施設は国（と外国援助国）が建設するものであって、国民に知らせて協力を求める必要はないとみなされ続けてきたことがある。社会資本は国民（市民）の負担をもって造る共有財産だという意識が芽生えるには、未だ相当な民主化、言論の自由、情報公開、社会教育などの道のりが必要である。

水を介した流域と都市の関係はそもそも地域特性の中で合目的な形態が形成されるべきものであるとの観点から、カイロ都市圏の上下水道の形態を紹介した。特異なものではなく、地域特性に適合した適切な形態を希求して整備されつつあると考えられる。ただ 中東戦争での経済的疲弊とその後の財政難から下水道の整備が途上であり、永続的に安定して機能しうるシステムか否かはいまだ論評できない。

---

#### 参考引用文献

- 1)村上雅博、Managing Water for Peace in the Middle East, United Nations University Press, 1995.
- 2)"Nile Basin Initiative", Council of Ministers of Water Affairs of the Nile Basin, Egypt. World Bank. 2001.
- 3)北村義信、アフリカの水文環境と灌漑開発、農林水産省熱帯農業研究センター、熱研資料 89, 1992.
- 4)小林三樹、エジプトの水資源一、二、三、月刊水、43-4号、6号、10号、月刊水発行所、2001.
- 5)小林三樹、カイロ大都市圏の下水道施設、月刊水、44-10号、月刊水発行所、2002.
- 6)小林三樹、ナイル流域諸国に潜む水資源コンフリクト、京都大学防災研究所水資源研究センター平成14年度報告書、2002.

# 河川流域管理における自然の流出構造の変動性

横田和典\*

## 1. はじめに

水域生態系の保護を図るうえでは、長期にわたるその健全性や持続性を確保するために必要な要素を認識することが必要である。そして、河川に生息する種を決定する要素は多数あり、その主要な要素に河川の流出構造があげられる。すなわち、河川の水が流下する際の水量の日々及び季節的変動あるいは流下速度の増減である。

河川に生息・生育する多くの動植物は、流水の変動性（Flow Regime：流出構造）によって強い影響を受けている。そして多くの種は特定の流水条件に耐え、もしくは有効にそれを利用するような特性を有している。例えば、これらの種の生活史における大事な局面は、特定の魚類が氾濫原で産卵したり河床に土砂や破片を移動させ得るような洪水のように、必要な生息・生育条件が得られる特定の流水局面に依存している。幾世紀もの期間を通じて、地域の自然の生物群集は日々及び季節的な流水の広い変動範囲に適合してきたし、生物群集の継続的な耐性はこういった自然の流水の変動性に結びついている。しかしながら、近年、増大する人間活動の影響によって、多くの河川における流水条件をその自然の変動性の範囲外に変動させてしまい、生物種に有害な結果をもたらした。

## 2. Flow Regime（流水構造）について

### 2-1. Flow Regime（流出構造）

歴史的に、河川生態系の”保護”は、水質と水量の一局面である最小流量に限定されてきた。水資源管理もまた、不適切な観点と、不可能ではないにしてもトータル的な河川生態系の管理を困難とするような当局の断片的な責任体制に苦しんできた。しかしながら、環境の動的特性は生物の多様性と河川や他の生態系での生態学的な保全を持続し保護するうえで中心として認識されている。そして、河川の自然の流水の変動性を保護し、回復するためには協調行動がそれゆえ必要とされているのである。

生物多様性と河川の生態学的保全を持続させていくうえで、自然の Flow Regime（流出構造）が重要な役割を担っている。そして、この自然の Flow Regime（流出構造）は、5つの主要な要素から構成されており、これらは相互依存しながら河川生態系の生態的な特性を決定している。自然の Flow Regime に対する人為的改変の結果を数十年にわたり観測してきた結果、なぜ河川の水利的変動性の改変が生態学的には有害なものかについての科学的な観点が地についたものとなってきた。

そして、河川の Flow Regime では、主には河川の大小や気候、地質、地形、植生などの地理的変動性の二つによって決定される地域パターンを示している。例えば、降水量に季節変動が少ない地域におけるいくつかの河川は、地下水浸透が高いために比較的安定した流量図を示す一方で、他の河川は実質的に年中大きく変動している。季節的な降水しかない地域では、いくつかの河川は雪解け水に左右され、結果的に際だった予測可能な流出パターンを示す一方で、他の河川は積雪に恵まれず、かなりのそれぞれの嵐が過ぎた後にピーク流量があるように、雨期の間により一層変動的な流出パターンを示す。

### 2-2. Flow Regime の5構成要素

Flow Regime（流出構造）の5構成要素は、保全の他の主要な要因への効果を通じて、直接的・間接的に保全に影響を与えている。この Flow Regime の5構成要素とは、河川生態系における生態学的プロセスを規定する。すなわち、流水の大きさ、イベント頻度、継続期間、タイミング、水利的条件の変動速度である。これらの要素は、流水の全ての範囲にわたる特性を表現することができ、洪水や流量の少ない状態といった河川生態系の保全に不可欠な特定の水利的現象を表現できる。

特に水量とタイミングは、水供給、水質、河川システムの生態学的保全に重要な要素である。実際に、水温や河床地形のように河川の多くの重要な物理化学的特性同士で強く相互関連している水流と生息・生育空間の多様性は、川に住む生物の分布や総個体数を規定し、流水システムの生態学的保全を制御する主要な変動要因と考えられる（Fig.1）。

\* 高知県四万十川流域振興室 〒780-8570 高知県高知市丸ノ内1丁目2-20 高知県四万十川流域振興室

### 2-3. 水理学的プロセスと Flow Regime

全ての河川における流量は、究極的には降水量から導き出されるが、いついかなる時と場所においても、ある河川の流量は表面水（表面流出）、中間水（中間流出）、地下水（基底流出）の一定の組み合わせである。気候、地形、地質、土壌、植生が水供給及び降水が河道に到達する径過の双方を決定する。どの河川においても、共通的には陸上と浅い中間流の径過が、大雨イベントに対する河川の反応である流出図のピークを形成する。

これとは対照的に、深い地下水の経過は少雨時期の救済形態として基底流出を担っている。降水の強度、時期、期間における変動性と水文サイクルに対する地形、土壌組成、植物の蒸発散量の影響における変動性が合わさって、地域的な流量パターンを形成している。例えば、大雨による高水は数時間、あるいは数分でさき起こりうるのに対して、雪は数日から数週間をかけてゆっくりと流出する。

流域内で下流への流れが発生すると、河川の流量は流出発生「合計」と、多数の小さい支川流域で起こる派生過程を反映する。河川の水流の流下速度は、非同時的に起こる支流からの流入やより大きな河道と氾濫源の貯水能力とが複合して、流出ピークを減らし弱める。結果的に、大きな河川の年間の流出図（ハイドログラフ）は広範な嵐あるいは雪解けイベントによるピークを典型的に示し、同時に、多くの支流に影響を及ぼす季節的な要因を示す。

### 2-4. 河川生態系の組成と定義

河川では、環境の物理的な構造と、生息・生育空間の構造が物理学的プロセス、特に河道内での及び河道と氾濫源との間での水と土砂の動きに大きく規定される。生物多様性、生物生産性、河川生態系の持続可能性を理解するためには、ダイナミックに変動する物理環境が担う中心的な機構を評価する必要がある。

河川の物理的な生息・生育空間（ハビタット）には、土砂の粒径と不均質性、河道と氾濫源形態、他の地形的な特徴を含んでいる。これらの特徴は、有用な土砂や木質破片、そして他の搬送物質が水流によって移動され堆積されて形成される。このため、河道と氾濫源とが結合したハビタットの条件は、河川ごとに、その流出特性と水流が運ぶ物質の型や有用性の両方によって多様である。

河川内では、広い範囲の流出形態によって異なるハビタット特性が形成され維持される。例えば、砂州や瀬と淵の連続性のように、多くの河道と氾濫源の特性は河道からの氾濫源が冠水するぐらい大きい洪水流出によって形成され維持される。これらの流出は、河床や堆積土砂の十分な量を移動させ、絶えず河道を修復するのに十分な頻度で発生する流量のことである。小さな範囲の流出形態しかない河川では、河道からの氾濫源が冠水するぐらいの流量が河道を移動させることによって、活力ある氾濫源をつくり維持する。しかしながら、河道からの氾濫源が冠水するぐらいの大きさの流出の概念は、全ての Flow Regime に適用することができないのである。

さらに、ある Flow Regime においては、河道をつくりある流出は氾濫源を創り出すそれとは異なっているのである。例えば、洪水流出の（Flow Regime の）広い幅を持つ河川では、氾濫源は、河道に沿った巨岩のでっぱりのような大きな堆積を示すし、めったに起こらない大きな洪水によって残された他の特徴を示す。数十年以上にわたって、単一の河川は、人工的な制約のない流水から流れない状態、あるいは無水状態までの範囲で繰り返して生じるタイプのハビタットを絶えず提供してきた。この河道と氾濫源のハビタットタイプにおける簡単に分かる多様性は、水理学的な変動性によって創り出され維持されてきたハビタットモザイクを開発するような生物種の進化を促進してきた。多くの水辺の生

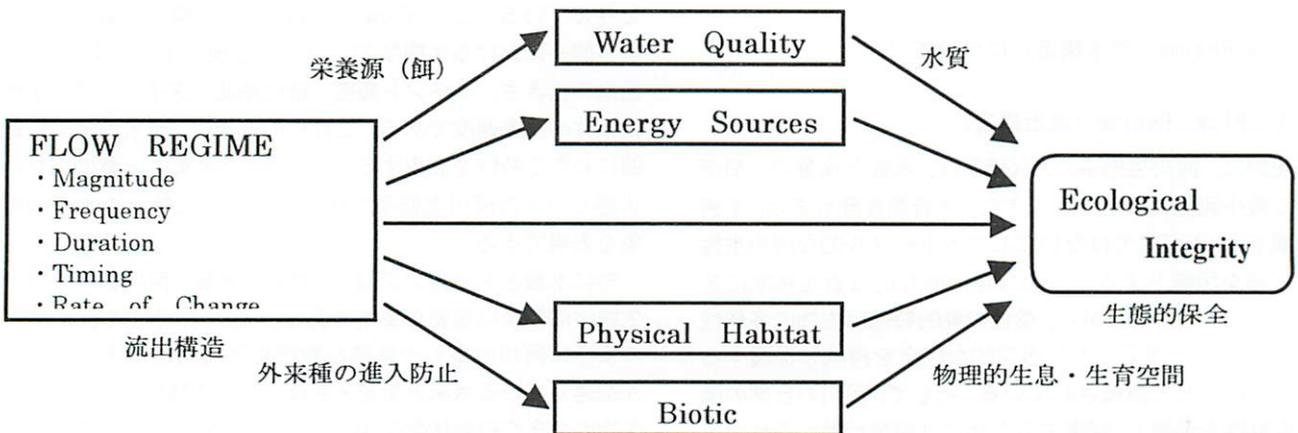


Fig. 1 Flow Regime 略図

物種にとって生活史の完結には、一連の異なるハビタットタイプを必要としており、そのタイプが繰り返し利用できるかどうかは、Flow Regime によって規定されるのである。実際に、環境のダイナミズムに適応することによって、定期的にハビタット要素の破壊と再生を繰り返す洪水と渇水のように、一見過酷な状態に直面しても生物種は生き延びるのである。進化の予測のうえからは、時空間的なハビタットの動的特性のパターンは、特定の環境的状况におけるある生物種の相対的な存続を左右する。

ハビタットのこの「特定型」は、それは主に Flow Regime によって決定づけられるが、生物種の生息域分布における異なる切片におけるその生物種の自然の生活史において、微妙で深い違いを創り出す。また、それは生態系に対してと同様に、生物種の分布と総個体数に対して影響を与える。人間による Flow Regime の改変は、自然の水分学的な変動性と攪乱のそれまで変わらないできたパターンを変更してしまい、ハビタットの動的特性を改変し、自然の生物相がやっと適応できるぐらいの新たな条件を創り出してしまうのである。

### 3. 人間による Flow Regime の改変

人間が自然の水分過程を変更してしまうと、人工的な制約なく流れている河川にあるような水と土砂の間の動的な均衡を妨げることになる。これは結果として、水生・水辺の生物のためのハビタットを形成している全体的かつ微細な地形的特性が変化することとなる。(Fig. 2 参照) このようなことが起こると、新しく作り出された Flow Regime に河道と氾濫源が適応できて新しい動的均衡が生まれるまでには、数世紀の時間を要する。ある場合には、新しい均衡は生まれることがなく、しかも、河道は、最も新しい洪水イベントから回復しつづける状態のままとなってしまう。

こういった河道と氾濫源の適応は見落とされがちである。というのは、気候変化に河道が長い年月をかけて反応していることと混同されてしまうからである。人為による物理的な変化とそれに付随して起こる生態的な結末とを認識するには、多くの年月を経ないと分からないのである。しかも、河川生態系を物理的に回復するには大変な努力を必要とするのである。

流水の最も明らかな直接の改変である「ダム」は、低水と高水の両方を捕捉してしまう。その目的は、洪水制御、発電、灌漑、生活用水等水資源確保、レクリエーションのための貯水水位の維持、航行の確保、などである。アメリカ合衆国本土の内陸河川のうち延長 100 万 km 近くの河川がダムに影響されている。ダムは、河川を流下する微細な土砂をほとんど止めてしまうし、下流へ多くの厳しい結果をもたらす。例えば、ダムから放流される土砂の少ない水は、放流される側の河床から微細な土砂を浸食してしまう。

その結果、河床が粗粒化し、すき間空間の中に棲み、それを利用して水生生物に有用な生息空間が減少してしまうのである。加えて、河床が浸食されたり低下したりし、支流の若返りのきっかけとなってしまう。支流自体も浸食されはじめ、源流方向に移動しはじめる。ダム下流の支流から供給される微細土砂が河床の粗粒子の間に堆積される。高い出水流が無くなると、多くの無脊椎動物や魚類の卵や幼虫のような河床堆積に敏感な段階の生活史を持つ生物は、生存することが困難になってしまう。

多くの河川にとって、流出構造改変の第一の原因は、ダムというよりは、材木伐採・家畜放牧・農業・都市化を含む土地利用活動である。例えば、森林伐採や道路網の建設は、太平洋岸北西地域のサケののぼる河川の質を、流出や土砂供給に悪影響を与えて大きく低下させてしまった。森林や大草原を農地に転換すると、一般に、(水の)土壌浸透能を低下させ、表面流出、河床の低下、氾濫源の分断などを増加させ、源流側へ河道が浸食されることになる。農地の多くは水路建設や

Fig. 2 人間による Flow Regime の改変例

改変源	水利的变化	地形的(物理的)反応
ダム	下流へ移動する土砂の捕捉	①下流の河道浸食と交流の落差発生 ②河床表面の石層化
ダム・分水	高水の大きさ・頻度の減少	①利の中への微細土砂粒子の堆積 ②河道の固定と狭小化 ③蛇行部の砂州、二次河道、蛇行及び河道形状の変化の減少
都市化・非浸透域の拡大	高水の大きさと頻度の増加	①護岸浸食と河道の幅の拡大 ②下方への浸食と氾濫源の分断
	土壌への雨水浸透の減少	①乾季には減少する平常推移の減少
護岸堤防と水路の開削	越流洪水の減少	①河床低下を引き起こす河道制限 ②保全されていた氾濫源堆積と浸食 ③河道稼働と二次河道形成の減少
地下水汲み上げ	地下水位の低下	①植生の安定性の喪失の後に起こる川岸の浸食と河床の低下

土管排水システムによって排水が強化されており、結果として河道の多くは浸食されることになる。これら土地利用形態は、さらなる湿地排水や過放牧といっしょになって、流域の保水力を低下させ、降水を下流に素早く送り出し、流出の大きさと頻度を増し、乾季の間の基底流水位を低下させるのである。これら土地利用は、水生生物のための河道内の生息・生育空間を質を低下させてしまう。同様に、景域（流域の地質・土壌・植生・土地利用・気候等）にわたっての人口増を伴った都市化と郊外化によって、水の流出を中間流から表面流（それは、雨水管渠の中への転換であるかもしれない）へと転換させるような非浸透域が増加することになる。

結果として、流出が頻度と強度において増加し、河岸は浸食され、河道が広がり、乾季の間の基底流水位が下がってしまう。ダムと分水は、事実上全ての河川に影響を与え、土地利用インパクトは源流域で特に明白であるのに対し、低地河川では、河道と氾濫源のつながりを分断する力に影響される。洪水制御計画によって多くの水系が単路化、狭小化、直線化、築堤化され、主河道と氾濫源が切り離されてきた。アメリカでは、多くの河川で河道内の生物の生息・生育空間と近接した氾濫源の湿地が大きく失われてきた。なぜなら、堤防は流れの幅が広がるのを防ぐように計画されており、河川は、河床を低下させ、より速い速度で流れを流すように反応するからである。水路開設や湿地排水によって、極度の流出の「大きさ」を増大させてしまう。なぜなら、上流域での貯留能の低下は、下流での水の到達を早めてしまうからである。入念に計画された洪水調節ダムと堤防システムが、氾濫源を農業や人間の定着のために長年にわたり生まれ変わらせたとしても、時々ではあるが、避けることができない大洪水によって、社会は徐々に災害などの大きな代償を払うようになるであろう。河川から氾濫源を切り離してしまうと、氾濫源の地形的多様性を規定する土砂の浸食と堆積のプロセスが止まってしまうことになる。この多様性は、氾濫源における生物多様性の維持に不可欠なものである。そこでは、土地の標高差は比較的小さいが、毎年の浸食と土壌の湿況においては大きな違いとなってくる。その違いは、植生の分布と総個体数を規定する。

#### 4. 自然の流出構造の生態的機能

自然に変動する流水（流出構造）は、水生及び水辺の生物に必要な河道内及び氾濫源の状態、生息・生育地の動的特性を創造し維持する（Fig.3 参照）。

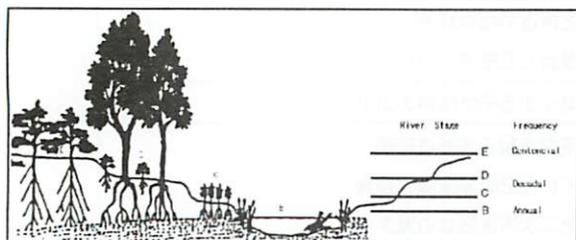


Fig. 3 自然の流出構造の生態的機能

氾濫源湿地は魚類にとって重要な生息地となり、有機物と有機体を河道に流出させる。氾濫源土壌を洗い流すことによって、不毛の地、また、競合する相手のいない浅い水位へと続いていることが必要な湿地だけで発芽できるような生物種にとっての再生の場を提供する。

耐洪水性や攪乱に順応する生物群は、河川回廊に沿って起こる洪水によって維持される。それは急勾配の河岸や氾濫源のない河川区間においてできえ同じである。小さい洪水流であっても生態的な恩恵がある。低水期は、氾濫源がしょっちゅう冠水している場所に生育する川岸植生が回復する機会となる。一般に、乾燥した地域での一時的に干上がる河川には、このような厳しい条件に生態的かつ生理的に順応するような水棲・川岸植生が生息・生育している。

特定の流量条件が継続する期間は、その生態的な重要性を決定することがある。例えば、川岸植生における、洪水が長引いたときの耐性の違いや、水生の無脊椎動物や魚類における低水期が長引いたときの耐性の違いが、専有的ではあるが耐性の少ない生物種が、さもなければ駆逐されるかも知れない場所においても、生き残るのである。

洪水イベントのタイミング、あるいは規則性が生態的に重要な事項である。なぜならば、多くの水生あるいは川岸の生物種は、変わりやすい大きさの洪水を避けたり、有効に利用するようにその生活史を合わせているのである。例えば、高流量、低流量といった自然のタイミングが生活史の転換期を促す環境的なきっかけを提供しているのである。それは、産卵であったり、孵化であったり、一人立ちであったり、餌を取ったり繁殖のための氾濫源への移動であったり、上流や下流への移動であったりするのである。流量条件における自然の季節的な変動性は、ストライプバスやブラウントラウトのような流れに依存して産卵や孵化を行う必要のある非土着種が定着するのを防ぐことができる。

ある種の川魚の生存には、季節に合わせて氾濫源湿地への出入りが不可欠で、そういった出入りによって湿地における高い生産性と河道における漁獲高が直接的に結びついている。氾濫源が広く冠水した場合と冠水が限定された場合との双方の川魚類への影響についての研究から、ある魚類は氾濫源生息地を有効に使うよう適応しているし、これらの種は氾濫源の利用が限られてしまうと、個体数が減少してしまうことが分かっている。漁獲高と魚の総量は、最大・最小の湿地の面積に左右されるというモデルがあり、経験的には非洪水期の氾濫源区域の水の量が、湿地生息域の生物種の豊富さを左右するということが分かっている。

氾濫源冠水のタイミングが、ある魚種には重要である。というのは、移動又は繁殖行動は、氾濫源への出入りと氾濫源が利用できるかどうか、一致している必要があるからである。繁殖期と湿地への出入りが一致していることはまた、川魚群構成における年変化をある程度説明することになる。

多くの川岸植生は、また、生活史をもっており、気候に合わせて営みを行うように自然の流況の季節的な「タイミング」要素に適応している。すなわち、季節の移り変わりに合

わせて花を咲かせ、タネを広がらせ、発芽し、実生の定着を図っている。植物発芽の生物時計と洪水や渇水から受ける一時的に変動するストレスとの間の相互作用は、例えば、アメリカ南部の氾濫源森林における高い生物多様性を支えている。河岸森林の生態的な生産性は、また、流出によって影響され、成長期にわずかな期間継続する洪水が発生すると、より強まるのである。

流出条件における変動速度、あるいは、突発性は、生物の持続性と共存性に影響を与える。多くの河川、特に乾燥地帯の河川では、激しい嵐のために数時間の間、劇的に流出が変わってしまう。土着種ではない魚類は、突発の洪水によって下流へと押し流されることを避けるような適応行動に欠けている。いかに洪水が土着の生物に恩恵を与えているかの極端な例では、土着の魚であるヒーラ川カダヤシ（メダカに似た胎生魚）は、移入された肉食のモスキートフィッシュによって地域的には絶滅してしまった。土着であれば、自然の突発的な流出には耐えられるが、そこでは上流のダムによって突発的な流出が制御されていたのでモスキートフィッシュも生き残ることができたからである。アメリカの中央部あるいは南西の河川における洪水の急速な上昇は、土着の小魚種のための産卵のきっかけとなることがしばしばである。その卵の成長速度は速く、洪水流が退くに従って、河川の表面から川底まで広くまき散らされるか、石や砂利など水中の組成物に付着するからである。

流出条件におけるもっと緩やかな、季節的な変化速度は、また、多くの水生川岸生物の持続性を規定する。例えば、ハコヤナギは冬から春にかけての洪水流出の後に定着する「攪乱」種であり、短い期間に、競合相手がない堆積砂土や湿性土壌が発芽に適していれば定着する。洪水流が引く一定の速度は種子が発芽するために大変重要である。なぜなら、実生の根は下の方に成長するに従って、下がっていく地下水位とつながりを持っている必要があるからである。

## 5. 改変された流出構造への生態的反応

自然の流出構造を改変することは、世界中の河川における水生・河岸生物に劇的に影響を与える。ある特定の河川における改変された流出構造に対する生態的な反応は、その個々の河川に備わっていた自然の流出構造に比べて、流出の5要素がどのように変わってしまったかにかかっているし、この相対的な変化に対して特定の地形学的かつ生態学的プロセスがどう応答するかにかかっている。河川内と河川間の流出構造における変動の結果として、同じ様な（程度の）人間活動であっても、異なる場所での改変されていない状況に比べての変化の程度は異なってくるであろうし、それ故異なる生態的な結果となってしまう。

流出の改変は、普通は、高水と低水の大きさと頻度を変えてしまい、高水と低水の間の変動幅を拡大することもある。例えば、最高出力で運転を行う水力発電ダムの下流における極端な日変動は、淡水系における自然的なものを何も持っていないし、展開のうえでは、常に予測できない不規則な流出攪乱という極度に厳しい環境を表している。こういった環境に生息する多くの水生の生物群は、生理的ストレス、高水時の土砂流出、急速な排水による立ち往生のために絶滅に近い状態となっている。特に水深の浅い汀線の生息地では、短期間であってもしばしば大気にさらされることにより、底性有機体が大部分死滅する結果となり、結果的に生物生産性が非常に低下することとなる。

さらに、多くの小型魚種や大型種の幼生が見つかる水深の浅い汀線やよどみの部分がもつ生育や避難の機能が、度重なる流量変動によって大きく損なわれている。このような人工的に変動する環境においては、河川に特化した生物種は、経常的かつ大きな流量変動に耐性をもつ万能種によって置き換えられてしまう。さらに、多くの生物の生活史が崩壊し、生態系を通じてのエネルギー（餌）供給が大きく改変されて

Fig. 4 改変された流出構造への生態的反応例

構成要素	生物種に関する改変	生態的な反応
大きさや頻度	変動の増大	①土砂流出あるいは温化 ②藻類流亡と有機物流出の増大 ③生物へのエネルギー（餌）供給の改変 ④生息・生育環境に敏感な種の消失 ⑤生活史の崩壊
	流量の固定	①外来種の進入と定着 ②河川底への植生の進入 ③氾濫原植物への水分、栄養分供給の減少
タイミング	季節に応じた流水ピークの消失	①魚類への刺激の崩壊 ②水生食物連鎖網の改変 ③外来の水辺種の侵入 ④湿地、よどみへの魚類の出入りの消失 ⑤水辺植物の活力の消失もしくは削除 ⑥植物成長速度の低下
継続期間	低水状態の長期化	①水生有機物の集積 ②植物種の多様性の減少 ③植生の減少、消失 ④水辺生物種構成の少量・単調化
	通常水位の低下の長期化	①魚類の漂う卵の流下による消失
	浸水期間の変動	①植生種の変化
	浸水の長期化	①耐性機能タイプの変化 ②水生生物のための潮の消失 ③樹木の死滅
変化速度	水面高の急激な変化	①水生生物の流出や立ち往生
	洪水位低下速度の加速	①実生定着の失敗

しまう。短期間に流出が変動してしまうと、多くの土着魚類や無脊椎動物の多様性や総個体数の双方を明らかに減少させてしまう。

水理学的に対極にあるものとして、水供給のための貯水池のようなタイプのダムの下流における流出量の固定は、自然的な両極端のない人工的につくられたものと変わらない環境となってしまう。この結果、貯水池では2～3の種の繁殖は飛躍的に増加するかもしれないが、それは、通常は、他の土着種や系全体の種の多様性の犠牲のうえに成り立つものである。多くの湖沼魚種は、流量が固定した河川環境に侵出したか、もしくは意図的に移入されたか、のどちらかである。

移入された魚は、捕食動物の頂点にあり、土着の川魚を圧倒し、商業的に価値の高い資源を脅かすのである。土着の川魚に残された最後の拠り所は、ダイナミックで人工的に制約されていない流水をもった河川であり、そこでは外来魚は自然の突発的な洪水によって周期的に減らされる。

流出の固定化は、また、河道から氾濫源へ流れる流水の大きさと頻度を減少させてしまい、川岸植生と群落に影響を与える。不自然な峡谷流路区間、あるいは複合的な水深の浅い河道、高水流の消失した河川では、さもなければ、洪水浸食によって流送されるような植物種が覆うことになる。さらに、流水の塩水濃度の上昇など流出制約の他の関連影響により、アメリカ西部の半乾燥性気候の地域においては、スギなどの非土着性の植生が優占する。堆積砂土渓谷では、河道から氾濫源へ流れる流水がないために、植物乾燥、成長低下、競争排斥、種の広がり不足、実生定着未了などを引き起こすことにより、川岸植生が大きく改変される。

洪水が無くなってしまうと、陸生の生息地に依存している動物種にも影響を与える。例えば、流出が固定化したプラット川では河道が数十年の間に劇的に狭くなった(最高85%も)。この狭隘化は、以前なら生息が困難なチドリの営巣場所となっていた砂州が、成長が旺盛な植生の定着により砂州形成が助長されたものである。プラット川を有名にした砂丘ツルは、すっかり狭まってしまった河川区間を捨て去ったのである。

流出条件における継続期間の変化はまた、甚大な生物学的結果をもたらす。川岸植物種は、河道の「水量減少」に劇的に反応する。その「水量減少」は、流水の分水と地下水汲み上げのために乾燥気候地域においてはしばしば発生する。これら生物学的かつ生態的の反応は、葉の形態の変形にはじまり川岸植生の全量消失までを含んでしまう (Fig.4 参照)。年流量における変化とは無関係に、冠水の継続期間の変化は植生タイプの総個体数を変えてしまう。

例えば、冠水の継続期間が長くなると、人工的に流量が調整されたオーストラリアの河川では、草原は森林に転換してしまう。水生生物種にとっても、一定レベルの流量が長期化するすると、これもまたダメージを受けることになる。ニューメキシコ州のペコス川では、灌漑のために真夏の高流量が継続してしまうと、絶滅が危惧されているペコスの銀色の小魚の浮遊卵が好ましくない生息地に移されてしまい、生き残る卵

はなくなってしまふ。

自然の流出のタイミングあるいは規則性の改変は、直接的間接的に水生有機体に影響を及ぼす。例えば、ノルウェイのある土着魚は季節的な流出ピークを卵の孵化のきっかけとして利用しているが、これらのピークを消失させるような河川の流量調整は、直接的にこれらの種の総個体数を減少させてしまうことになる。さらに、単一の生物種ではなく全体の食物網が、改変された流出タイミングによって変化してしまう。北カリフォルニアでの水量が調整された河川では、洗掘流が冬から夏に季節移動してしまうと、成長期のマスの成長速度が間接的に減少してしまう。これは、マスのための食物連鎖から餌を奪うような捕食耐性のある無脊椎動物の相対的な総個体数が増加するからである。流出が調整されていない河川においては、真冬の流出は捕食耐性をもったこれらの昆虫を減少させ、魚に都合がいい生物種(餌)に有利に働く。

川岸植生は、また、改変された流出タイミングに強く影響される (Fig.4参照)。春から夏へのピーク流出のタイミングの移動は、そういったことは貯水池から灌漑水が供給管理される際にしばしば起こるのであるが、アリゾナでは優占種であるフレモントハコヤナギが再定着するのを妨げてしまう。なぜなら、発芽期前ではなく、どちらかという発芽期後に流出ピークがきてしまうのである。特定の発芽要件の少ない非土着種の植物種は、流出タイミングの変化から恩恵を受けてしまう。例えば、スギの種(タネ)はまき散らされる期間が長いので、タネの成長期に頻発する洪水の後で定着することができる。これは、アメリカ西部の氾濫源におけるその総個体数に貢献している。流出の変化速度を改変してしまうと、水生、水辺生物の両方によく影響を与えてしまう。

上で述べたように、自然の突発流の消失はアメリカ西南部の土着の魚類相の多くを脅かし、突発流出の少ない河川でのピーク発電を行っているダムによって起こされた人工的な流出の加速は、様々な生態的な問題を引き起こすのである。

改変された流出の変化速度は、ハコヤナギのような水辺種を荒廃させる。ハコヤナギは、氾濫源冠水の後の地下水低下速度に依存して実生定着を図っているのである。カナダ・アルバータ州のセントメリー川では、例えば、春の間の河川水位の急速な低下のために、幼木の補充ができなくなってきた。しかしながら、そのような影響は覆すことができるのである。カリフォルニア州のトラッキー川における春の洪水と自然なゆっくりとした地下水低下の回復とによって、ハコヤナギの若い世代の定着が有効に図られたのである。

## 6. 最近の流出管理アプローチ

河川に必要な環境上の流出条件を評価する方法は、まず、河道で生息・生育する一つもしくは二つか三つの生物に焦点を当てることである。これらの手法の多くは、少なくとも最小限の許容される流量を確保しようという意図をもっている。最も簡便には、流量データを簡単に分析すること、河川

の地域的な近似性についての仮説をたてること、特定の魚類のために必要な最小の流量についての専門家の意見の反映などを利用することである。

河川の流水における変化がいかに水生ハビタットに影響を与えるか、についてのもっと洗練された評価方法は、「河川総水量増加手法 (IFIM)」によって与えられる。

IFIMは二つのモデルを合体させている。一つは、生態学的モデルで、魚類(ときには大型無脊椎動物)の物理的生息域についての選好度を、深さ、速度、基質に関して述べており、もう一つは、水力学的モデルで、魚の生息域の有用性が流出とともにいかに変動するかを評価するものである。IFIMは、一つもしくは二〜三の魚類の繁殖に関連して水管理の選択肢を公式化し評価するための組織的なフレームワークとして広く使われてきた。

一方、生態的管理の予測ツールとしては、IFIMのモデリングアプローチは二つの項目に関して批判を受けてきたのである。一つはその物理的生息域の特性記述に関する統計的な有効性であり、もう一つはその生態的な仮説の現実性が限られていること、である。モデルに基づいて実際のフィールドに当てはめてみて予測してみると、混乱した結果をもたらしてしまった。

このモデルアプローチは、生態学的な現実性を加え、ハビタットモデルの範囲を拡大しつつ進化してはいるが、重要な(例えば、釣りの対象となる、あるいは絶滅に瀕している)魚のための最小限の流水を確保するためにのみ使われているのが現実である。

現在の河川生態系についての理解では、魚と他の水生有機体には、最小流水だけでは維持できないハビタット特性が必要であることを明確に示している。砂礫河床を洗い流したり、生き返らせるため、氾濫源から木片や有機物を持ち出すため、生産性の高い水辺湿地への出入りを保証するために、流水の変動幅が必要なのである(図-4参照)。これら流出ピークにおける一年を通じての変動性がまた、河道や水辺の動的特性を維持するために重要なのである。例えば、毎年、固定的な高水流水位だけになってしまうと、これら一定のピーク流水位に対する河床と氾濫源の間の均衡にだけ終始してしまうのである。さらには、一つもしくは二〜三の生物や最小流水に焦点を当ててしまうと、生態系にとってよいことが必ずしも個別の生物のためにはならないかも知れないことや、個別の生物にとって良いことが生態系にとって良いこととはならないかも知れない、といったことを認識できなくなってしまうのである。

自然の変動するシステムを長期間にわたり研究すると、次のようなことが分かる。ある生物は、雨の多い年には活動が活発であったり、他の生物は雨の少ない年に活動が活発であったり、全体的な生物多様性と生態系の機能は、生物の繁栄においてこれらの変動性から恩恵を受けていること、などである。事実、河川回復の経験から、全ての生物のための最適な条件を同時にしつらえることは不可能であることが、明確に分かっている。

生態系のプロセスと生物の繁栄における人為改変のない変動性を回復しようとする総合的な観点が、生態系管理と回復にとって必要となっているのである。そして、生態系における全ての生物を機械的に基準化(モデル化)しようとする際に本来備わっている途方もない不確実性を認識することも必要である。

## 7. 自然の流出構造回復のための管理

河川生態系の管理に流出構造をよりうまく組み込むことの第一段階は、河川流水の広範囲な人間による改変によって、生態系の地域的かつ生態的变化が広範に引き起こされてきたことを認識することである。

しかしながら、流出構造の改変による生態的なインパクトについての理解が進むにつれ、自然のままに流れる河川の利益を享受する方向にシフトしていった。例えば、1968年に制定された自然風景河川法では、河川の流水は国家資源として保護されるべきことを明らかにしているし、最近の自然の流水復活プロジェクトの活発化は、過去に行われた流水改変のダメージをいくらかでも元に戻そうとする努力の先触れであるといえる。

ほとんど多くの河川の自然の流出構造はもともと変動的であり、その変動性こそが生態的機能や自然の生物多様性にとって、とても重要であることを多くの事実が物語っている。既に述べてきたように、極度に改変され制約された流水の河川では、自然のプロセスや生物を支える力を失っている。それ故、元のままあるいはほとんど元のままのシステムを保護するためには、流域における上流域での開発や流出と土砂供給を改変する行為に対して、自然の水循環を守る必要があるのである。もちろん、たいいていの河川は極度に改変されており、人間のニーズを満たすために使われている河川を管理し復元するためには大きな力が必要である。

河川流水の自然の変動性を認識し、自然の流出構造の5つの構成要素を生態系管理のより広いフレームワークとして明瞭に組み込むことによって、最小流水や2〜3の生物種に焦点を当てる現在の管理が大きく前進することとなる。そういう認識をもつことによって、大きく改変された流域の河川復元の科学が発達することになる。そういった流域では、全くしばしば砂州堆積や木材破片といった河道の物理的地形が、流出構造を回復することを顧みられないまま再生されている。流出構造が回復すれば、これらの再生された地形を維持するために役立つにも関わらず、である。河川が徐々に改変されてきたように、多くの物理的かつ生態のプロセスの改善となるような結果を残しつつ、河川を徐々に回復することができる。自然の流出構造の様々な構成要素の最近の回復努力(すなわち、河川流水の近自然化)を見てみると、成功のための知見を得ることができる。

また我々は、特定の河川の自然の流出構造がどれだけ明確に定義できるかについては、科学的な限界があることも承知している。ある河川の歴史的な状態についての、だいたいの知識だけを得ることができる。というのは、人間活動のうち

のある部分は流水計測器が設置される以前に行われていたし、気候条件も過去の100年かそれ以上の間では変化してきているからである。さらに多くの河川では、流水のタイミングと量の違いは、どの平均的な流出条件に対しても、ほぼ実質的な変動があるということになっているのである。従って、平均的な状態のための管理は、道を誤ることになってしまう。例えば、徐々に改善されるように管理されている人為改変された河川において、流出が少ない年の流量図に単純比例した流水パターンを回復したとしても、仮にあったとしてもほんのわずかな生態的な恩恵しかもたらさない。なぜならば、多くの地形的かつ生態のプロセスは、流水に対して非線形の反応を示すからである。これは、明らかなことであるが、ピーク流出の半分が土砂(砂利)移送の半分を担うとは限らないし、魚の移動のきっかけとなる流水の半分が魚の半数を動機づけるとは限らないし、河道から氾濫源への流水の半分が氾濫源の2分の1を冠水させるとは限らないからである。

そのような河川では、流水における年ごとの自然の変動性を利用することで、より多くの生態的な恩恵が自然に生じてくるものである。例えば、平均以上の流水がある年には、平均以上の流水は、重要な地形的かつ生態のプロセスを駆動する流水の境界点(閾値)を超すために使われるのである。

流水の完全な回復が困難であれば、ある地形的なプロセスをまねることで生態的な恩恵を一定は受けることができる。タイミングよく灌漑すれば、ハコヤナギのように価値のある樹木の再生の刺激になる。

川岸から植生を戦略的に取り払ってしまえば、ピーク流水が減少するような制約を受け砂利供給に貧している河川のための砂利供給源となる。全ての局面において、管理者は、特定の回復目標について判断しなければならないし、目標達成のために自然の流出構造の適切な要素について作業しなければならない。そして、自然の流れの変動性について認識することや流出構造の様々な構成要素に結びついている鍵となるプロセスを注意深く見分けることが、これらの判断にあたって重要なことである。

改変された流水を持つ河川において、より自然の流出構造を回復するための目標を設定するにあたって(あるいは、同じように重要なことであるが、清流における改変されていない流水を保護するための目標設定にあたって) 専門家、資源管理者、適切な利害関係者を含んだ協力的な行為が必要とされる。

こういった行為の詳細は、問題となっている河川の特定の目標や、その流出構造と他の環境上の変動要因(例えば、水温、砂利供給)が改変されてきた程度や、その地域の社会・経済的な制約などによって様々に変わってくる。流水回復のために特定の基準をもうけることは、個々の流水の構成要素と地形的かつ生態のプロセスとの相互作用についての知見が不十分であるため、一つの挑戦となる。しかしながら、定量的で河川に限定した基準は、原則として、自然の流出構造の再生を基礎として設定することができる。そのようなガイドラインを基礎とする回復活動は、モニターされ、評価され

べき実験と見なさなければならない。すなわち、自然の生態系の変動性を独創的に管理するために重要な新しい知識を得るための「順応的な管理」とならなければならない。

このような新しい観点からの河川管理には、一定の政策変更が必要となってくる。最小流水や単一の生物に狭く焦点を限定してしまうと、賢明な河川管理や回復を妨げてしまう。それは、管理行為に関係する多くの機関や組織の間の権限の衝突がしばしば起こるような例にもみられる。法や規制の修正、また、社会的目標や政策の見直しがなければ、管理者が適切な管理計画を策定するための最適な技術を利用できなくなってしまうのである。

このアプローチが、流水が改変された河川の生態学的な保全を回復し維持するうえで、最も効果的で、最も費用の安い方法である。そして、人の手助けと自然の復元能力とを最も効果的に組み合わせた手法は河川によって異なるけれども、現在の知識をもってすれば、自然の流水の回復が河川生態系の管理行動の礎となるような強い実例をつくることができると確信している。

## 家地川ダム撤去問題及び流域住民インタビューによる 『四万十川・196人のメッセージ』に関する取り組みに ついて

野坂なつこ、佐竹薫、弘瀬ひろみ、南部洋孝、沖真也（以上高知県立窪川高等学校・社会問題研究部）

昨年の春、私は地域の身近な問題について考えてみたいと思い、社会問題研究部に入部しました。私が1年生の頃、このクラブは四万十川本流にある家地川ダム撤去問題をテーマに取り組んでおり、その活動は新聞やテレビで何度も報じられ、特に「筑紫哲也NEWS23」で取り上げられた時には自分の学校が全国で紹介されたことをとても誇りに感じていました。やがて3年生が引退し、1・2年生で今年度のテーマについて話し合った結果、四万十川の長さ196kmにちなんで流域住民196人にインタビューを行い、その声を集めた本を出版するということが決定しました。その後、放課後や休日には窪川町、大野見村、大正町、十和村といった地域に出向き、東津野村、西土佐村、中村市などの遠方には夏休みや連休などを利用しての合宿取材を行ってきました。取材活動の中で印象的だったのは「日本最後の清流・四万十川」の悲惨な現状を嘆く声でした。以前から問題とされてきた生活・産業廃水などによる水質の悪化、さらに山の保水力低下がもたらす水量の減少が近年特に深刻になっているようです。そうした影響もあり、四万十川はその魅力を失い、今ではお川で遊ぶ子供たちもめっきり少なくなってきたそうです。川に関心を持たない子供たちが将来成長したときに、四万十川にどれだけの愛着を持ってくれるのか心配なところですが、また、流域における過疎化、高齢化といった問題が予想以上に深刻になっていることも浮きぼりになってきました。私にとって、こうした四万十川の現状や地域が抱える問題を住民の方々から直接聞くことができたのはとても意義深いことでした。

その後、私たちの活動は一昨年同様、新聞やテレビで何度も取り上げられ、世間から注目されていることを実感すると共に、10月には「高知新聞厚生文化助成事業」の一つに選ばれたことも活動の大きな励みとなりました。そして12月18日には活動の締めくくりとして、一昨年に引き続きシンポジウム「あえて10年後のふるさとを考える～山、川、そして人～」を開催することが決まり、橋本大二

郎県知事、さらにコラムニストの天野祐吉さんがゲストとして出席してくれることになりました。そしてこの日に合わせて本の販売をすることが決まり「高知・四万十川 196人のメッセージ」出版にもけて

大詰めの作業が始まったのです。

本は撮影した30本（1800分）ものビデオテープを掘り起こして原稿にし、言葉を選んでいくという方法で先生や出版社の方の手を借りて進めていきました。この作業は予想以上に大変で、思うようにはかからない日もありましたが、完成した本は想像以上の出来栄で感激しました。シンポジウムの日が決定して以降、本作りの作業だけでなく、四万十川のことや「水源税」などについて学習を深めたり、新聞チラシを作ったりと多忙な日々が続きました。シンポジウム当日には300名近くの人々が参加してくれ、社会問題研究部の活動報告、天野さんの公演、さらに社研部部長、卒業生、知事と天野さんを交えたディスカッションも行われました。ここでは取材を通して聞かれた流域住民の声を紹介するとともに、家地川ダム問題や四万十川の保全などが話題に上り、白熱した意見交換が行われました。知事は家地川ダムに関して「これ以上原発に依存することは疑問だ。水力発電の供給は大切で、代替エネルギーの確保ができれば（家地川ダムも）撤去できる」と述べるとともに、社研部部長の「山の荒廃を嘆く人が多く子供が川から離れ、川自体が魅力を無くしている」と報告したことに触れ「森林の力が弱くなり、保水力が低下している。10年の間に次の動きをしていかないと森は死ぬ」と述べ「水源税」の必要性を訴えました。司会者が「水源税」について会場参加者に賛否を尋ねたところ、多くの参加者がその導入に賛同している事が分かり「水源税」への理解が深まっているように感じました。

このように、私たち窪川高等学校社会問題研究部は2年間にわたって「日本最後の清流・四万十川」をテーマに据

えて研究活動を続けてきました。そして私たちの活動が、四万十川のあるべき姿を地域の人々に考えてもらうきっかけを多少なりとも与えることができたのではないかと思います。最後に、流域の多くの人々がその現状に危機感を抱きながらも四万十川を故郷の誇りとし、愛していることに違いはありません。この四万十川が本当の「最後」にならないよう、今後は行政と住民が一体となってその保全に努めていくべきだと思います。

最後に、私たちのこれまでの活動要旨、そして家地川ダムが水利権更新された直後（2001年3月～4月）に私たちが行った家地川ダム（佐賀取水堰）に関する窪川町住民意識調査結果と「高知・四万十川 196人のメッセージ」に登場した流域の人々の声の一部を紹介させていただきます。今後、皆さんが四万十川のあり方を考える上で参考になればと思います。

窪川高等学校社会問題研究部 これまでの活動要旨

2000年

- 1月 社会問題研究部 クラブ活動の再開（数年ぶり）
- 3月 第1回校内報告会開催（これまでの取材活動を中心に）
- 4月～5月 家地川ダムに関する窪川町住民意識調査アンケート（有権者411名）
- 5月 第2回報告会開催（これまでの取材活動とアンケート結果について）
- 8月 橋本高知県知事との「ダムを見ながら語る会」開催
- 10月 TBS放送「NEWS 23」にて社研部の活動が放送される
- 12月 開かれた学校づくり全国交流集会オープニングでの活動報告

- 12月 社会問題研究部主催シンポジウム「21世紀と四万十川を考える」開催（参加者約500名）  
  
（ゲストー筑紫哲也さん、橋本大二郎知事、天野礼子さん）

2001年

- 1月 四万十川流域住民196人への取材、その内容を本にして出版することを決定
- 1月 東津野村四万十川源流地点で取材開始宣言（以降10月まで流域全市町村取材）
- 3月 クラブとして四万十川の定期的な清掃活動に取り組むことを決定し実施（1回目）
- 3月～4月 水利権更新後の家地川ダムに関する窪川町住民意識調査アンケート実施（有権者508名）
- 5月 活動報告会・アンケート調査結果発表、清掃活動（2回目）
- 10月 社研部の活動が高知新聞厚生文化助成事業に選定される
- 10月 流域196人の取材完了
- 11月 町内小学生による釣り大会を企画・主催、原稿作成終了
- 12月 社会問題研究部主催シンポジウム「10年後のふるさとを考える～川、山、そして人～」開催（参加者約250名）  
  
（ゲストー天野祐吉さん（コラムニスト）、橋本大二郎知事）

以下、「高知・四万十川 196人のメッセージ」(高知県立窪川高等学校 社会問題研究部編)より抜粋

「あのね、僕はね、時代遅れの人間じゃけんね、家地川というところにダムがあるということを最近まで知らなかったわけ。家地川の人はこちらへよう来よってね、80ぐらいのじいさんじゃが、最近はこのけどね、冬、わしはこのストーブをずっと焚きよった。そしたら、ここへ寄って話をしたけんどね、その時は家地川ダムの話はせらったわけよ。けんど、後からダムのこと聞いてねえ、あそこのダムの水は伊尾木川へ流れて四万十川へは流れちよらんわけよね。これはねえ、ほんとにねえ情けないと思うね、ほんでねえ、もうあのダムなんかというものは、まったく僕に言わしたらね、撤去すべきじゃ！あんなものおいておいてたまるかと！」

(東津野村・男性)

「昔はとても楽しみなことがあったよ。家族みんなで、そう、おじいさんから小さい子供までが川舟で川を渡っていくでしょ。そしたらそこでお弁当を食べる。いつもは向こうの山ばっかししか見えんけれども、そうやって渡って行って自分の家を見ると、また違った世界のように見えただね。

私がね、残念やなあ〜と思うのは沈下橋をなくしたこと。思いであるよねえ〜。飛び降りてみたり。確かに危ないかもしれないけれど、それはそれでね。通行止めとかの看板みたいなものを入り口においてもいいし。子供たちには「ここは渡ってはいけません、危ないですよ」という教育を徹底したらね、随分名物で残ったと思うけどね。」

○四万十川を誇りに思いますか？

「う〜ん、思うね。まっ、特によそへ出ていった人なんかはね、思い出すのはやっぱり川じゃないかな。川で遊んだことと連想してやっぱり川だと思ふよ。六十年生きてきてね、よそへ行った時でも、一番先に目に浮かぶのはやっぱり川だもんね。」

(十和村・女性)

「まずは家地川ダムという問題があるんですが、家地川ダムによって、四万十川本流の水が分断されて二度と帰ってこないということですね。これを解決することが一番大事だと思います。あとは保水力のある山作り、森作りをやっていくことじゃないかと思います。家地川ダムができて64年になるんですが、その期間の中で今の状態になったのなら、森作りをしても60年とかそういうスタンスでないと復元はしないと思いますね。それと、川に温かみみたいなものがないような気がします。プールとかができて、子供が川と触れ合う機会がなくなってますね。やはり子供たちに、昔あった川の風景といえますか、そういうものとりもどさないといけないかなと思ってます。四万十川というのは、やっぱり流域の生活に溶け込んだ日本最後の清流なんですね。だから、そういう四万十川にしていくべきだと

いうことを訴えて行きたいと思っています。」

(大正町・男性)

○ どうすれば四万十川がきれいになると思いますか？

「行政そのものがもっと考えを変えてね、今までのようなことをやらずにね、便利だけを追求して、自然を破壊し放題しゆうのに。自然を壊すのは本当に簡単、一時間でできるけんね。でも取り戻すゆうたら何十年もかかるのやけ。今の子供たちが皆、川に関心がないのは川が汚いからじゃあないね。親も止めらあね、遊ぶことを。昔はそうじゃなかったんじゃけんね。川が一番の遊び場じゃったけん。水が大きな時は「水に気をつけよ」という一言だけで、「川に行ったらいかん」というような事は全然なかった。だから、川に親しみがわいて、ほんで川の状態がどう、魚がどうじゃゆうて話題も多かったね。」

○ 四万十川を誇りに思いますか？

「思いません、全然(きっぱりすぎる！おばあちゃんが笑ってる)。あんな川ではないんだもん。それはもう行政やおえらい方が言うだけの事でね。観光客に嘘を言いよるようなもんじゃもんね。」

○ 本当はもっと違った形で四万十川を見せたいって事ですか？

「そうじゃね、今は観光関係の人から、行政からがほら、四万十川、四万十川っていういろいろ宣伝するけんど、口先からじゃなしに、心からそういう風にしてほしいね。それと、あんまり開発せんことね。今の四万十川はそれできたんじゃきね。」

(大正町・男性)

「そうですね。おばちゃんらあは、基本的には原子力発電所をこしらえるよりは、お水を使って、出来ることなら安全な電力を作って欲しいと思うてます。本当に命を大事にして守っていきたいというものがありますから。まっ、原発にすれば簡単に、簡単についていうわけでもないろうけんど、電力の供給はできても、後の処理のことも考えた時にね。ここの辺りは、家地川ダムを撤去して欲しいという人が多いけど、撤去の署名がまわってきた時も、おばちゃんらあは署名せんかった。まあ、いろんな住民の意識もあるでしょう。今、家地川ダムで電力ができるんなら、やっぱりそれで続けて欲しい思いがあるねえ。」

(大正町・女性)

「今の四万十川って、やっぱりちょっと寂しい感じがしますね。鮎とかエビとかも昔と較べて少なくなったような・・・。えびとかとって川で焼いて食べると、おいしいですよ〜。川の水も、昔と較べて臭くなってきたような・・・。雨が少ないとか、気候にもよるでしょうけどね。川が汚れてきた原因ですか？やっぱり、みんな川を想う気持ちがちょっと足りないかなと・・・えっ、俺、ええこと言うたかな？それから観光客の人に言いたいんですけど、『はやん

ぼ』を見て鮎と間違えないで下さい。」

(西土佐村・男性)

「やっぱり水が減ってきてるんで、何とかしたいなと思います。今年も泳いだんですけど、水も緑っぽくなってきて、魚も臭かったように感じました。水が汚れてきた原因はやっぱりダムのせいじゃないんですかね。四万十川を誇りに思うかって？やっぱ、思わなきゃいけないでしょう。高知県の誇りです。」

(西土佐村・男性)

「家庭の排水を活性炭を使ってとか言いますがねえ、そんなことせんでも、水量さえあれば必要ないの。昔は残飯でも何でも全部川へ捨てよったんですよ。水の量があるから大丈夫だった。それとね、津賀ダムやら家地川ダムやらで川をせいでしょ。流れる水をせくというのはもう第1番にいかんですよ。なんたい、あの川のはたをつついてまわったり。四万十川は良くできた川でね。大きく蛇行したら小さく蛇行して、一方が岩場なら必ずもう一方にバラスがあるんです。あのバラスの下も水が流れてますからね。あれが水をろ過して、水温までも調節してくれるようになっちゃうのよ。それなのに、川をつついてまわったところはそれがなくなりますね。自然を壊すから自然のものはなくなりゆう。人間も自然にできたもんだから。結局ね、人間が楽に暮らすのに自然を壊して、また人間の命まで壊すようになると私は、そう思いますねえ。」

(西土佐村・男性)

「四万十川が汚れた原因はダムだけじゃないと思うけどね。生活水準が上るにしたがって使う水の量も多くなるし、色々な化学物質も流れ込むしね・・・。それはあると思うがじゃけど、主犯はやっぱりダムじゃね。」

川の好きな人はダムは嫌いながね、私らこどもの時には、もう既にダムはできちよったがやけどね、その頃は今ほど水のごりはなかったね。ほんじゃったら今も同じじゃないか、社会的な生活水準の高まりで、色々な汚染物質が川の中に入って汚れてきたがじゃないかっていうことも考えられるけどね。実はそうじゃないが。ダムはね、新しいうちは、川はそんなに濁らん。古うなりや古うなるほど濁ってくるがじゃね。人間が古うなりや古うなるほど「こすう」なるがとだいたい似ちゆうがじゃないろうかね！」

(十和村・男性)

「昔は四万十川が一位で、仁淀川が二位って言われよったでしょ。そんな感じでね水のきれいさを競ってたがやけど、今は逆転して仁淀川が一番とかって言われゆう。だからこそ、昔の川を取り戻したいっていう気持ちがものすごくありますね。」

(中村市・男性)

○ ここには観光客の方とかがよく来ると思うんですけど、四万十川に対する反応はどうですか？

「共通しているのは、ホッとすると言うかね、ここへ来てゆったりした気持ちになるって言いますね。だいたい日頃、時間に追われたり走り回っている人とか、ストレスが非常にたまっている人とかが癒しを求めて来るんですよ。きつとここのゆったりした環境が良いんじゃないですかね。そういえば、自分がなくしてしまったものを思い出させてくれたっていう人がいましたね。」(西土佐村・男性)

# お 知 ら せ

## 四万十・流域圏学会 第3回総会・学術研究発表会

四万十・流域圏学会 第3回学術大会実行委員会

実行委員長 北條正司

平成15年5月31日(土)に高知大学・朝倉キャンパスで開催される第3回四万十・流域圏学会総会研究発表会にむけて、発表者および会員の募集を行っています。高知の味自慢の一つである初鯉を御賞味いただける、ゴールデンウィーク後のベストシーズンに研究発表会を予定していますので、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。

- 5月31日(土) 第3回四万十・流域圏学会総会研究発表会(高知大学・朝倉キャンパス)
- 09:30-09:35 開会の挨拶
  - 09:35-10:55 研究発表(口頭発表、ポスターセッション)
  - 11:00-12:00 総会
  - 12:00-13:00 昼食
  - 13:00-14:00 ユースセッション発表(小中高生(準会員)の調査研究発表)
  - 14:00-15:30 研究発表(口頭発表、ポスターセッション)
  - 15:30-15:45 休憩
  - 15:45-17:30 研究発表(口頭発表、ポスターセッション)
  - 17:30- 閉会の挨拶
  - 18:00- 懇親会(高知大学・朝倉キャンパス)
- 6月1日(日) 10:00-15:00 ユースセッション(準会員;小学生版)現場体験ツアー、石土池(南国市)、牧野植物園等の自然再生プロジェクトと生物多様性保全の環境学習 \*\*\*ハス(蓮)とりゲーム - カメ(亀)バック\*\*\*  
<正会員・学生会員の方で現場ツアーにご興味のある方は直接に事務局(村上)までお問い合わせ下さい>

### 研究発表希望者 各位 予稿集原稿の募集と提出について

第3回学術研究発表会(日時:平成15年5月31日(土)、場所:高知大学・朝倉キャンパス・付属図書館(6F)メディアホール)への講演申し込みを御希望の方は、下記の原稿執筆要領に従いまして、要旨集の原稿をご提出いただきますよう、お願い申し上げます。

#### 記

① 期限:平成15年4月30日(水)必着 <電子メールでの投稿を歓迎しています>

② 郵送先・電子メール宛先:学術大会事務局

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; [murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp](mailto:murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp)

③原稿枚数 A4版、2ページ（口頭発表・ポスター発表とも）

【注意】A4版で提出していただき、そのままの大きさをオフセット印刷いたします。インターネット・メールでの原稿提出を歓迎します。ただし、ワード(Microsoft WORD)の添付ファイルで1.4MB以内の容量の電子ファイルに限らせていただきますが、送付された添付ファイルを直接に開いてそのまま自動的にプリントアウトしたもの（務局では一切の編集を加えません）を予稿集にオフセット印刷しますので、原稿提出に係わる全ての責任は筆者に属しています。

④書式等 別紙の書式に従い、枠内にご入力頂き、その枠を消去した上でA4にしてから、写真・図等を糊付けして郵送してください。

発表方法：原則としてオーバーヘッドプロジェクタ（OHP）を使用していただきます。PC プロジェクター(Windows)も準備されていますが、各自のノートパソコンを持参の上、発表前の休憩時間等を利用して作動確認を必ず行って下さい。必ず予備に OHP の準備を忘れずをお願いします>

発表時間：1題につき20分（発表10分、質疑・応答10分）以内です。発表者数によって多少の変更があり得ます。

発表者：登壇者は四万十・流域圏学会の会員（発表申込と同時の入会受付も可）に限ります。事務上、プログラムに記載する連名者は筆者以外に3名を限度とします。

注) 内容やスケジュールから判断して口頭発表からポスターセッションに変更とさせていただくこともあります。詳細プログラムは5月中旬に改定される予定の当ホームページにて御案内します。(以上)

**四万十・流域圏学会  
学術大会研究発表申込書（2003年）**

- ・※印内は該当するものを○で囲んでください。
- ・但し、連名者で非会員の場合は正、学とも消してください。
- ・年齢は4月1日現在でご記入下さい。
- ・提出は1枚で結構です。控えは、コピーしてご自分でお持ち下さい。

題 目					
発 表 者  〔連名の場合 は登壇者の 氏名の前に ○をつける〕	勤 務 先	会員種別 (※)	会員番号 (今回は不要)	氏 名	年 齢
		正・学			
連 絡 先	連絡者氏名：  住 所： 〒  TEL: (        )        - FAX: (        )        - E-mail:				
発表用機材 (○をつける)	(1) OHP                      (2) PC プロジェクター(Windows)                      (3) ポスター				
発表形式 (口頭/ポスター)	第1志望	第2志望	要望事項等 (具体的に記入してください。)		
発表要旨 (100字以内)					

以下の枠内は記入しないでください。

ジャンル	No.	会 場	発 表 時 間	備 考

講演要旨原稿の書き方

題名 (12ポイントB (ゴシック体、ボールド) センタリング)

○ 四万十太郎 (■■大学)、仁淀花子 (■研究所)、物部学 (■■■■■)  
(10ポイント)

(10mmあける)

ここから本文 <<本文中の章、節の題目はゴシック体、本文は明朝体を利用して下さい>>

【注記】

- ・原稿の総ページ数は、A4版で2枚です。(本文中の活字サイズは全て10ポイントを使用)
  - ・登壇者(講演者)に、○印をつけてください。
  - ・図表は小さすぎると判読しにくくなります。ご注意下さい。
  - ・写真は、裏面に講演番号・氏名を記入し、所定の位置に糊付けして下さい。
  - ・外枠は消去して下さい。
  - ・原稿の裏面の中央に鉛筆で薄く発表者氏名を記入して下さい。
  - ・本フォーマットから外れた原稿は、掲載できない場合があります。
- 発表は原則として未発表のもので、一人一題(発表者)に限ります。
- 任意のA4サイズの上質紙を用いて、上下左右のマージン(余白)設定は全て25mmを標準として下さい。
- 講演要旨集は提出いただいた原稿をそのままオフセット印刷にしますので、原稿用紙は用意しておりません。
- 投稿された原稿は返却しません。

マージン設定<<上下左右すべてを25mmの余白として下さい>>

A4版(2枚)<<全て白黒オフセット印刷です>>

平成15年4月30日(水)必着

## ニジェールにおける高速嫌気性処理法（UASB）法と人工湿地を組み合わせた水質浄化法について

佐藤博信（高知工科大学大学院）、鈴木薫（(株)東京設計事務所）、○村上雅博（高知工科大学）

### 1. はじめに

先進国で利用されている典型的な技術を基に発展途上国に水処理技術を技術移転する場合、下記の4項目に留意するべきであると考えられる。

- 低コストであること
- 維持管理が単純で省エネルギーであること
- 化学物質を使用しない（生物学的処理を基本とする）
- 現地で得られる資材・材料と適応可能なシンプルな技術を組み合わせること

上記の4つの留意事項は四万十コンセプトを構成しているものである。本研究では、現地の社会環境や自然特性と四万十コンセプトをうまく組み合わせた現地適性技術移転の一例として<sup>1)</sup>、上向流式嫌気性汚泥ブランケット(UASB)法、散水濾床及び人工湿地（エコ・ポンド）を組み合わせた水質浄化システムに着目し<sup>2)</sup>、実際の発展途上国におけるパイロットプラント設置例をもとに<sup>3)</sup>、現地での適用性について、その一連の下水処理システムと下水処理能力に関して検討した結果について以下に述べる。

### 2. ニアメ市の衛生環境とパイロットプラント

ニアメ市からの排水及び下水には、有機物・無機物及び細菌等の汚染物質が含まれるが、大腸菌に代表される病原菌は、 $10^6/100\text{ml} \sim 10^7/100\text{ml}$  である。この排水は、未処理のままニジェール川に放流されている。また、市内の畑作地において野菜の生長に役立つことため、農業用水として生下水が広く使用されており、汚水に直接あるいは間接的に触れることにより、寄生虫伝染病や種々の水系疾患が、ニアメ市では蔓延している<sup>3)</sup>。これらの問題を回避するため、下水処理施設の建設が急務である。

ニジェール国ニアメ市で実施された国際協力事業団(JICA)による衛生環境改善計画調査の一環として行われたプロジェクトを、ニアメ方式パイロット下水処理システムと呼ぶ(Fig.1)。

パイロットプラントの建設及び運転管理の目的は、ニアメ市の長期的な衛生環境改善計画を実施するに当り、実際に小規模プラントを用いて実験的な処理能力を確認することにある。UASB方式を採用した理由は、以下の通りである。

- ・ 温度が高いほど処理効果が高くなる
- ・ 曝気を用いない為、少量の電気エネルギーで運転可能である
- ・ 維持管理が単純である
- ・ 小さな構造物である為、非常に経済的な建設が可能
- ・ 汚泥消化が期待できる
- ・ UASB槽内で、メタンガス( $\text{CH}_4$ )が発生し、それを発電に利用することが可能である

しかし、下記のデメリットが存在する。

- ・ BOD除去率が70~80%程度である
- ・ 高温下での家庭下水への適用に限定される
- ・ 設計除去率に達するまで、多少時間がかかる
- ・ 窒素、リンの除去効果が低い



図-1 ニアメ市位置図

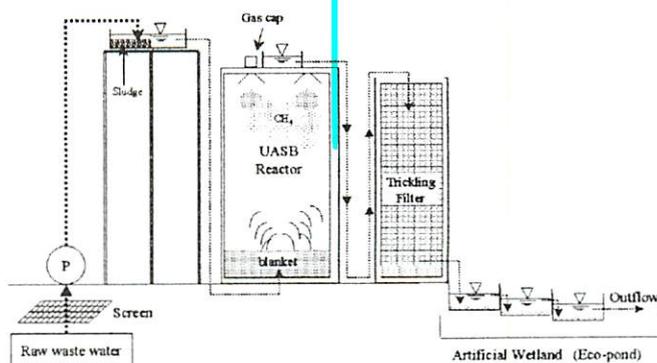


Fig.2 ニアメ方式パイロット下水処理システムの模式図

以上を踏まえ、ニアメ方式パイロット下水処理システムの概要を以下に述べる。

### 3. ニアメ方式パイロット下水処理システムの概要

第1段階として、生水を汚水ポンプにより、沈砂池に揚水する。この沈砂池は本処理プロセスで最上部に位置している。その後は、重力を利用し、UASB 反応槽、散水濾床及び人工湿地（エコ・ポンド）へ処理水を自然流下させることが出来る(Fig.2)。

このため、本プロセスで用いる電気エネルギーは最初の揚水ポンプのみであり、電気料金の大幅な節約につながる。UASB 反応槽での処理プロセスで発生したメタンガス(CH<sub>4</sub>)は発電に利用され、処理場の照明等に利用される。

UASB 反応槽を経た処理水は、散水濾床にて濾過される。濾材は、本来、固形ゴミとして廃棄されるペットボトルに古スポンジを詰めたものを有効利用している。

最終的に、処理水が流入する人工湿地（エコ・ポンド）ではホテイアオイが栽培されている。ホテイアオイが成長する過程で窒素を吸収し、成長したホテイアオイは家畜（牛）の餌に循環利用している。

UASB 法、散水濾床及び人工湿地（エコ・ポンド）による BOD 除去率は、それぞれ 80%、83%、50%であり、BOD 値は 1,230mg・l<sup>-1</sup> から 20mg・l<sup>-1</sup> まで減少している(Fig.3)。UASB 法、散水濾床、人工湿地（エコ・ポンド）における T-N 除去率は、それぞれ 37.4%、28.9%、12.3%である。しかし、PO<sub>4</sub> 値については変化は見られなかった(Fig.4)。

### 4. まとめ

乾燥地帯に位置するニアメ市で発生する下水は、未処理の尿尿を中心とするため、BOD 値が 1,230 mg・l<sup>-1</sup> と、あまりに高い。通常の活性汚泥法や UASB 法のみによる浄化方式では、国際環境標準値レベルの 20 mg・l<sup>-1</sup> まで BOD を除去することは困難である。処理システムがより単純で安価な UASB 法単独での下水処理プロセスには除去率の限界があるため、一定の環境基準を達成するためには追加処理が必要である。本研究では、UASB 法にニジェールの現地の材料（固形廃棄物や植物の循環再利用を含む）を用いてローコストな建設が可能となる散水濾床及び人工湿地（エコ・ポンド）を組み合わせるシステムを提案し、小規模な実証プラントにおいて超高濃度の下水排水の BOD 値を国際標準値の 20 mg・l<sup>-1</sup> まで低下させることが可能であることを実証した。

### 謝辞

本調査研究を実施するにあたり、国際協力事業団(JICA)、とくにニジェール JOCV 事務所の理解と熱い協力なしには実現不可能であった。さらに、長岡技術大学・原田秀樹教授には現地での指導に協力いただいている。ここに関係各位の理解と協力に対して感謝の意を述べさせていただきます。

### 参考文献

- 1) Sato, H. et al. (2002): Eco-Engineering Applications in Reclamation of Treated Wastewater and Constructed Wetland. *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management*: 823-830
- 2) Vymazal, J., (edited) et al. (1998) *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe*, Backhuys Publishers, Leiden, 1-15
- 3) JICA (2001): ニジェール国ニアメ市衛生改善計画調査最終報告書(Main Report) 国際協力事業団

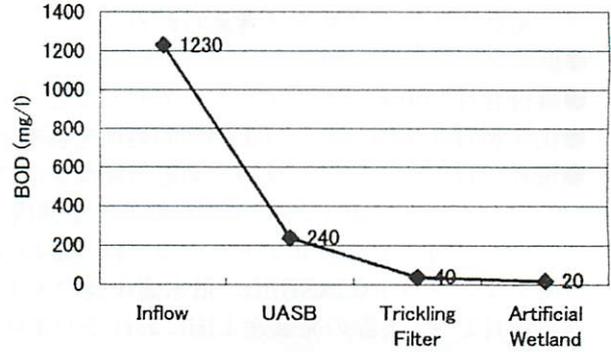


Fig. 3 ニアメ方式下水処理プロセスにおける BOD の変化

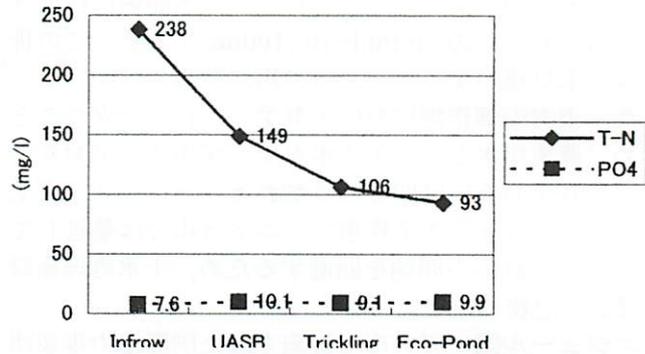


Fig. 4 ニアメ方式パイロット下水処理システムにおける T-N 及び PO<sub>4</sub> の変化



○福永泰久・濱口聡（西日本科学） 西森郷子（高知県）

四万十・流域圏学会 総会 <17:00-18:00>

懇親会 <18:15-20:00> 高知城ホール

\*\*\*\*\*

6月2日（日）

エクスカージョン： 江の口川（旭東小学校）・鏡川（高知県河川課） 子供水辺体験学習交流

09:00 JR 旭駅（JR 高知駅から3つ目の駅）前集合 旭東小の河川浄化実験現場は、JR 旭駅のすぐ裏側の江の口川

10:00-10:15 旭から鏡川へ移動（徒歩15分）

10:15-11:30 鏡川沿いウォーキング（延長は4kmで徒歩1時間）ピオトープ・多自然型河川見学

11:30-12:00 鏡川⇒県庁前⇒大手筋通り（朝市）⇒高知女子大（徒歩30分）

13:00-14:40 研究発表セッション(3)：水と環境

大正町葛籠川流域における水質調査（13:00-13:20）

○山田毅・篠宮佳樹（森林総研四国）・吉永秀一郎（森林総研）・鳥居厚志（森林総研四国）

流出負荷自動計測システムによる四万十川流域内の農林業系窒素負荷の評価（13:20-13:40）

○吉田正則、迫田登稔、島 義史、村上敏文、関野幸二（近中四農研センター）

きれいな水とは？（13:40-14:00）

○目代貴之（高知工科大学大学院）、西沢真裕（高知工科大学）、河野雅弘（高知工科大学）

高速嫌気性生物処理法を用いた生活排水の高度処理（14:00-14:20）

○山崎慎一（高知高専）、山口隆司（呉高専）、原田秀樹（長岡技術科学大学）

ニジェールにおける高速嫌気性処理法(UASB)法と人工湿地を組み合わせた水質浄化法について（14:20-14:40）

佐藤博信（高知工科大学大学院）、鈴木薫（(株)東京設計事務所）、○村上雅博（高知工科大学）

休息 14:40-15:00

145:00-16:40 研究発表セッション(4)：森林・中山間地・豪雨災害

中山間地域再生の今後の展開 政策パラダイムの転換に向けて（15:00-15:20）

○横山貴志・小松一之・川崎高志（(株)相愛）

集落再生のための実践的事例 住民・行政・第三者を交えた集落再生の試み（15:20-15:40）

○小松一之・横山貴志・田岡真由美（(株)相愛）

ヒノキ精油を使った排ガス浄化システム（15:40-16:00）

○西沢真裕（高知工科大学） 河野雅弘（高知工科大学）

新しい確率推定法による最近の集中豪雨の確率推定（16:00-16:20）

○松田誠祐（高知大学）、Razzak MD. Abdur（愛媛大学大学院連合農学研究科）

平成13年9月高知県西南部豪雨災害について（16:20-16:40）

○吉本祐二（高知県土木部河川課）、窪内雅弘（高知県土木部河川課）

16:40-16:45 閉会の挨拶

\*\*\*\*\*

## 2. 公開シンポジウム「人と水の共生ー持続可能な関係をめざしてー」が開催されます。

プログラム

\*\*\*\*\*

1 日 時：2002年9月28日（土） 13:00 ～ 16:30

2 場 所：京大会館 101号室（京都市左京区吉田河原町15-9 電話：075-751-8311）

3 内 容：

開会挨拶（13:00～13:05）

菅原 努 氏 科学進歩日本委員会 会長

第1部 テーマ報告（13:05～14:45）

（1）「世界の水問題と水フォーラム」

尾田 栄章 氏 NPO法人 第3回世界水フォーラム事務局 事務局長

(2)「水と流域圏構想」

横田 和典 氏 高知県文化環境政策課四万十川流域振興室 室長

休憩 (14:45~15:00)

第2部 パネルディスカッション (15:00~16:25)

コーディネーター: 竹下 賢 氏 関西大学 教授

パネリスト: 尾田 栄章 氏

NPO 法人第3回世界水フォーラム事務局 事務局長

横田 和典 氏

高知県文化環境政策課四万十川流域振興室 室長

菅原 正孝 氏 大阪産業大学 教授

穂波 宣員 氏

財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 事務局長

閉会挨拶 (16:25~16:30)

竹下 賢 氏 実行委員長

4 参加対象: どなたでも参加できます。定員 200 名

5 参加受付: 当日 12 時 30 分より受付開始

6 参加料: 無 料

7 問合せ先: ファクシミリまたは電子メールでお願いします。

ファクシミリ: 072-871-1259 (担当: 若井)

電子メール: [wakai@due.osaka-sandai.ac.jp](mailto:wakai@due.osaka-sandai.ac.jp)

\*\*\*\*\*

3. 第 39 回環境工学研究フォーラム (土木学会) が高知工科大学で開催されます。

---

THE 39th ENVIRONMENTAL ENGINEERING FORUM

第 39 回環境工学研究フォーラム

土木学会・行事コード: E229 / 略称: 39回環境工学フォーラム

11月15日(金)15:30より高知工科大学講堂にて「四万十川フォーラム」が同時公開されます。

こちらの参加費は無料です。

---

1. 主 催 : 土木学会 (担当: 環境工学委員会)

2. 後 援 : 四万十・流域圏学会、日本水環境学会 (四国支部)、高知県、土佐山田町、  
国土交通省 (高知工事事務所、中村工事事務所)

3. 開催期日: 2002年11月14日(木) - 15日(金)

4. 会 場: 高知工科大学 [http://www.kochi-tech.ac.jp/kut\\_J/index.html](http://www.kochi-tech.ac.jp/kut_J/index.html)

〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町宮ノ口185 Tel. 0887-53-1111 (代表)

○ 特別講演会: 11月14日(木) 9:25-10:35

会 場 : 工科大ホール (講堂)

講演題目 : 水と平和と環境

講 師 : 村上 雅博 (高知工科大学教授)

司 会 : 楠田 哲也 (九州大学)

○ 企画セッション : 11月15日 (金) 15:30-17:10 <参加費無料>

会 場 : 工科大ホール (講堂)

テーマ : 四万十川から 21 世紀の環境問題を考える

パネリスト : 今井嘉彦 (四万十・流域圏学会会長)

: 西内燦夫 (四万十流域ネットワーク)

: 高橋勇夫 ((株) 西日本科学研究所)

モデレータ : 島谷幸宏 (国土交通省・武雄億時事務所)

\*\*\*\*\*

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 ; [gahaku@infra.kochi-tech.ac.jp](mailto:gahaku@infra.kochi-tech.ac.jp)

\*\*\*\*\*

## お知らせ・記事（ユースセッション 2002）

### こうりゅう会プログラム

- ☆6月2日（日）8時45分までに、旭東小学校にあつまらしましょう。
- ☆山で思いきりあそべる ふくそうで！ ぼうしもわすれずに！
- ☆雨のときは、学校の中で、ゲームなどをします。

9：00 ものべ川の近くにある土佐山田町立楠目（くすめ）小学校のお友達、高知工科大学の大学生、四万十・流域圏学会（しまんと・りゅういきけんがっかい）のおとなの人たちといっしょに、旭川などを見学します。また、旭東小学校のみなさんに、江ノ口川をきれいにする活動のようすをしようかいしてもらいます。

10：00ごろ すいげん山で、楠目小学校のお友達や大学生といっしょに、ネイチャーゲームをします。ネイチャーゲームは、見て、聞いて、ふれて、しぜんのふしぎやしくみを知ることができるゲームです。どんなゲームをするか、たのしみにしててください。

11：30ごろ 旭東小学校にもどって、かいさんします。

四万十・流域圏学会（しまんと・りゅういきけんがっかい）とは日本には、かがみ川、ものべ川、四万十川（しまんとがわ）など、たくさんの川があります。どのような取り組みをしたら川がきれいになるかをけんきゅうしたり、川や山をまもるための活動をすすめることを目的につくられました。また、こどもたちに川のたいせつさを知ってもらうための活動もおこなっています。

6月1日（土）

10:00-11:00 ユース・フォーラム(1)（旭東小学校、楠目小学校）

11:00-12:00 ユース・フォーラム(2)（四万十高校、窪川高校）

6月2日（日）：江の口川（旭東小学校）・鏡川（高知県河川課）水辺体験エクスカージョン

09:00 JR 旭駅前集合 旭東小の現場は、JR 旭駅のすぐ裏側

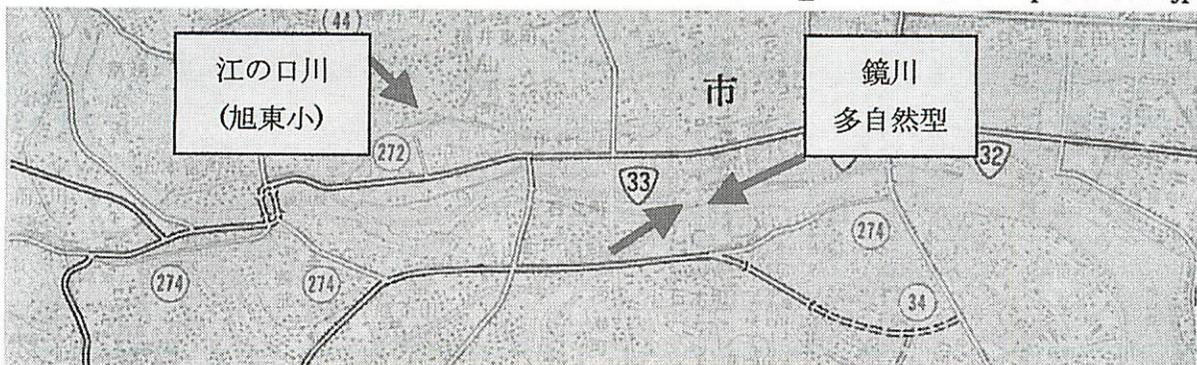
09:30-09:45 旭から鏡川へ移動（徒歩 15 分）

09:30-10:30 鏡川沿いウォーキング(延長は4 kmで徒歩1時間) ビオトープ・多自然型河川見学

10:30-11:00 鏡川⇒県庁前⇒大手筋通り（朝市）⇒高知女子大（徒歩 30 分）

（高知県河川課計画版 窪内）

(Tel.088-823-9837 : E-mail: [masahiro\\_kubouchi@ken2.pref.kochi.jp](mailto:masahiro_kubouchi@ken2.pref.kochi.jp))



## お知らせ・記事（ユースセッション学会発表）高知新聞H14年6月2日

2002年06月02日

高知市で四万十・流域圏学会 小学生、高校生も発表

四万十・流域圏学会（今井嘉彦会長）の第二回学術研究発表会が一日から二日間の日程で、高知市永国寺町の高知女子大学で始まった。産学官の研究者に加え、小学生や高校生も発表した。

四万十川など全国の流域圏を学際的に調査研究する学会で、昨年二月に発足。発表会には約百三十人が参加した。

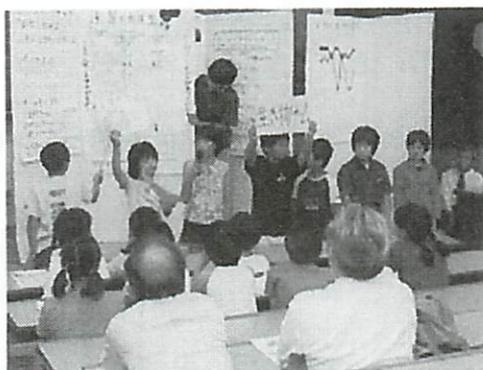
今回は「ユース・セッション」として、香美郡土佐山田町の楠目小学校こどもエコクラブ、高知市の旭東小学校五年生、高岡郡窪川町の窪川高校社会問題研究部、幡多郡大正町の四万十高校自然環境部の四校の児童・生徒が、授業や課外活動で取り組んでいる河川的环境保全活動を発表した。

旭東小の児童は江ノ口川の水質調査を通して「今のままではきれいな水を好む魚はすめない」「コンクリート張りをやめて、草いっぱい川にしたい」と主張。

四万十高校の生徒は、四万十川の水質汚染が清流のイメージとは裏腹にかなり進んでいることをデータで紹介。「地元に住む人が誇ることができない川になっている」と警鐘を鳴らした。

産官学の研究者による発表は、アユの調査や海洋深層水、水源かん養税制度などの研究九件が行われた。二日は高知市の江ノ口川、鏡川の見学会も行われる。

【写真】取り組みを発表する旭東小の児童（高知市の高知女子大）



# 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。

(1) 理事 25名以内、うち会長1名、副会長3名以内とする。

(2) 監事 2名。

#### (役員を選任)

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。

#### (役員任期)

第12条 役員任期は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るときは、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。

#### (役員任務)

第14条 役員任務は次のとおりとする。

(1) 会長は、会務を統括し、本会を代表する。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(1) 会長又は理事会が必要と定めたとき

(2) 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	水生生物研究者	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 泰 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 崎 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	福永泰久
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)
	山崎慎一	(高知工業高等専門学校)

## 事 業 計 画

### 平成15年度

- 5月30日 四万十・流域圏学会誌第2巻2号発行予定
- 31日 第3回四万十・流域圏学会総会研究発表会  
(高知大学・朝倉キャンパス)
- 6月1日 ユース・セッション(小学生版)現場体験ツアー、石土池(南国市)  
牧野植物園等の自然再生プロジェクトと生物多様性保全の環境学習

## 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 Concept and Integrated River Basin Management) 成13年2月8日に設立されました。

平成15年5月31日(土)に高知大学・朝倉キャンパスで開催される第3回四万十・流域圏学会総会研究発表会にむけて、発表者および会員の募集を行っています。高知の味自慢の一つである初鯉を御賞味いただける、ゴールデンウィーク後のベストシーズンに研究発表会を予定していますので、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

- |          |   |
|----------|---|
| 3月30日    | 四万十・流域圏学会誌第2巻1号発刊予定   |
| 5月30日    | 四万十・流域圏学会誌第2巻2号発刊予定   |
| 5月30日(金) | 四万十・流域圏学会総会理事会 18:00-20:00 (高知大学・朝倉キャンパス)   |
| 5月31日(土) | 第3回四万十・流域圏学会総会研究発表会 (高知大学・朝倉キャンパス)  |
|          | 09:30-09:35 開会の挨拶   |
|          | 09:35-10:55 研究発表(口頭発表、ポスターセッション)  |
|          | 11:00-12:00 総会  |
|          | 12:00-13:00 昼食  |
|          | 13:00-14:00 ユースセッション発表(小中高生(準会員)の調査研究発表)  |
|          | 14:00-15:30 研究発表(口頭発表、ポスターセッション)  |
|          | 15:30-15:45 休憩  |
|          | 15:45-17:30 研究発表(口頭発表、ポスターセッション)  |
|          | 17:30- 閉会の挨拶  |
|          | 18:00- 懇親会(高知大学・朝倉キャンパス)  |
| 6月1日(日)  | 10:00-15:00 ユースセッション(小学生版)現場体験ツアー、石土池(南国市)牧野植物園等の自然再生プロジェクトと生物多様性保全の環境学習 .....ハス(蓮)とり合戦 - カメ(亀)バック..... |

お問合せ先:

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; murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp

高知県関係: 高知県文化環境政策課四万十川流域振興室 (担当: 西森)

Tel ; 088-823-9795, Fax ; 088-823-9296, E-mail; kyouko\_nishimori@ken2.pref.kochi.jp

P.S.

## 四万十・流域圏学会会則 抜粋

\*\*\*\*\*

### 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、団体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・団体に賛助会費(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。

会費振込先:

郵便振替 01670-7-3731 四万十・流域圏学会、又は

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 福永泰久

お願い:

領収書は発行いたしませんので、振込みの控えを保存して下さい。

\*\*\*\*\*

会費の使われ方:

正会員・学生会員の会費は学会誌、ニューズレター、お知らせ等の印刷・郵送費用に、賛助会員の会費はジュニアセッション(小・中・高校生)を対象とした次世代人材育成プロジェクト活動資金に割り当てられています。

\*\*\*\*\*

宛先： Fax.0887-57-2420

## 入会申込書

四万十・流域圏学会会長 様

平成 年 月 日

氏名：

住所：

連絡先住所（ 自宅 ・ 勤務先 ） 〒 _____			
Tel: _____ Fax: _____			
E-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

\*会員種別については、該当するものを○で囲んで下さい。

備考覧

--

# 「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。

- (1) 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義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。
- (2) 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。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 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。
- (6) 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。
- (7) 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もの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

- (1) 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ヶ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著作権は、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著作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「第〇報」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、S I 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 ( $\ell$ ) あるいは立方メートル ( $\text{m}^3$ ) を用いることを原則とし、特別に必要な場合を除き、立方デシメートル ( $\text{d m}^3$ ) 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

①A 4 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A 4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。A 4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の枠内いっば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、A 4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、A 4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 Ecopolitical 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（编者）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）、编者名（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) 福嶋義宏、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。

<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 Ikanocho, 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<sup>1,2)</sup>。しかし、流量せき法<sup>3)</sup>や流速計による手計測1点法<sup>4)</sup>など従来からの方法を用いた場合、高額な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。

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

\* 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

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。

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

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

2字下げる  
1字左へ下げる  
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, 河床最深部を別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

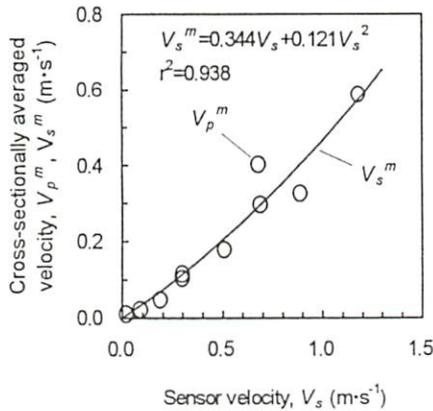


Fig. 7 Relationship between sensor velocity and cross-sectionally averaged velocity derived from manual measurement (O), and regression curve of cross-sectionally averaged velocity as a function of the sensor velocity (—)

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) 川瀬期農業地区からの NO<sub>3</sub>-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) 中曾根英雄, 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) 河川水文学, 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<sup>1)</sup>，……

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，□□□□……

□□□□。

		* 受付日 平成 年 月 日		* 受付 No.	
表 題					
著 者 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 FAX. E-mail				
原稿種別	<input type="checkbox"/> 論文 <input type="checkbox"/> 研究ノート <input type="checkbox"/> 総説 <input type="checkbox"/> 解説 <input type="checkbox"/> 調査報告 <input type="checkbox"/> 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○印を付けてください。会員・非会員のいずれかに○を付けて下さい。

表紙

表題	(和文)
	(英文)

著者名	(和文)
	(英文)

所在地 * ** ** ** * は、著者 名に對應 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)

--

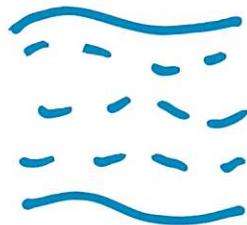
## 編集後記

6月1日・2日、第2回四万十流域圏学会総会、学術研究発表会が開かれ、土佐山田町立楠目小学校の楠目小エコクラブと高知県立窪川高等学校の社会問題研究部の皆さんがユース・セッションの中で発表されました。発表の成果は、本誌に掲載されています。

このように、社会人・大学生・大学院生だけでなく、小学校・中学校・高等学校の生徒・先生も参加・発表し、意見を交換できる場があることが、本学会の特徴だと思います。

今後もその特徴を最大限に活かした学会誌の編集ができれば、と考えております。前号に引き続き「生みの苦しみ」から「育ての苦しみ」となり、掲載論文をまとめる作業に時間を要しました。このため、本誌の刊行を待ち遠しく思われた方が多かったように思います。また、関係者の方々にもご迷惑をおかけすることになりました。次号は、人文科学の分野からの投稿も仰ぎ、ボリュームアップを目指します。

(橋尾直和)



We Love "SHIMANTO"



2002.12

- 
- 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:murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp
-