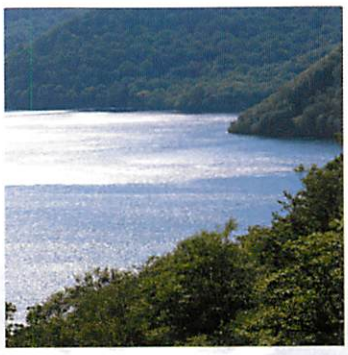
四万十・流域圏学会誌

第9巻　第1号

We Love "SHIMANTO"



2009
December

四万十川の清流を守ろう
SHIMANTO

「四万十・流域圏学会誌」査読委員リスト

（あいうえお順）

秋山　道雄（滋賀県立大学），池田　誠（東洋大学国際地域学部），石川　慎吾（高知大学理学部），石川　妙子（NPO法人環境の杜こうち），一色　健司（高知女子大学生活科学部），江口　卓（駒澤大学文学部），江渕　倫將（安芸市立清水ヶ丘中学校），大垣　一成（大阪大学大学院），大年　邦雄（高知大学農学部），大原　泰輔（大原計画事務所），加藤　正彦（(株)西日本科学技術研究所），河原　能久（広島大学），北川　明（高知女子大学文化学部），栩木　誠（日本経済新聞社），蔵治　光一郎（東京大学愛知演習林），澤良木庄一（四万十川自然科学研究所），島谷　幸宏（九州大学大学院），鈴木　研司（国土交通省），瀬戸口 忠臣（JFEエンジニアリング（株）），高橋　勇夫（高橋河川生物調査事務所），宅間　一之（高知県立歴史民俗資料館），武市　伸幸（ヤマトスタッフサプライ），立川　賢一（流域総合研究会），谷口順彦（福山大学生命工学部），辻　和毅((株)技術開発コンサルタント)，
長崎　均（日本工営（株）），中田　穂積（横浜市環境創生局），永野　聖（高知県），
西内　燦夫（NPO四万十川流域住民ネットワーク），西森　基貴（(独)農業環境研究所），
橋尾　直和（高知女子大学文化学部），花里　孝幸（信州大学），林　紀男（千葉県立中央博物館），広瀬　典明（日本工営（株）），福田　善乙（高知短期大学），福留　脩文（(株)西日本科学技術研究所），福永　秦久（(株)西日本科学技術研究所），福元　康文（愛媛大学農学部），藤村　和正(明星大学)，北條　正司（高知大学理学部），松下　潤（芝浦工業大学），松田　誠祐（高知大学名誉教授），松本　充郎（高知大学人文学部），三牧　純子（国際協力機構），宮崎　利博（高知県），村上　雅博（高知工科大学環境理工学群），山﨑　慎一（高知工業高等専門学校），山下　慎吾（空間生態研究所）

四万十・流域圏学会誌　第9巻 第1号(2009)

目　　次

巻頭言

ステイクホルダー　～流域の専門家と住民～
　　村上 雅博（高知工科大学）…… 1

寄稿

四万十・流域圏学会・河川マイスター現地調査(研修)の実施について
　　国土交通省四国地方整備局中村河川国道事務所計画課 …… 3

報告

高橋裕氏の河川マイスター研修のご講演を拝聴して
　　橋尾 直和(高知女子大学文化学部) …… 7

原著論文

微細気泡含有液体の散布による植物培地中への窒素性物質の効率的送達
　　古沢 浩, 清水 若那, 井上 昌一, 西本 寛, 村上 雅博(高知工科大学) …… 11

環境政策からみたモンスーンアジアの大都市圏における地下水保全政策
　　辻 和毅((株)技術開発コンサルタント) …… 19

沖縄石垣島の赤土流出抑制対策システム(提案)
　　松下 潤, 入嵩西正治, 安谷屋隆司（芝浦工業大学システム理工学部) …… 29

おしらせ

四万十・流域圏学会 第10回総会・学術研究発表会(平成22年5月29日)のお知らせ
　　橋尾 直和(四万十・流域圏学会第10回記念大会実行委員会委員長)…… 41

表彰規定改訂(案)のお知らせ
　　四万十流域圏学会 表彰委員会 …… 47

四万十・流域圏学会 代表幹事会・大会実行委員会[記録(2009.4-2010.1)] …… 48

添付

四万十・流域圏学会誌・投稿要領・執筆要領(投稿論文サンプル)…… 53

四万十・流域圏学会・会則 …… 63

四万十・流域圏学会・役員リスト …… 66

委員会 …… 67

会員募集のご案内…… 68

入会申込書 …… 69

編集後記 …… 70

四万十・流域圏学会　賛助会員 …… 71

[四万十・流域圏学会誌　第9巻　第1号　1-2　2009]

<巻 頭 言>

ステイクホルダー　～流域の専門家と住民～

村上 雅博*

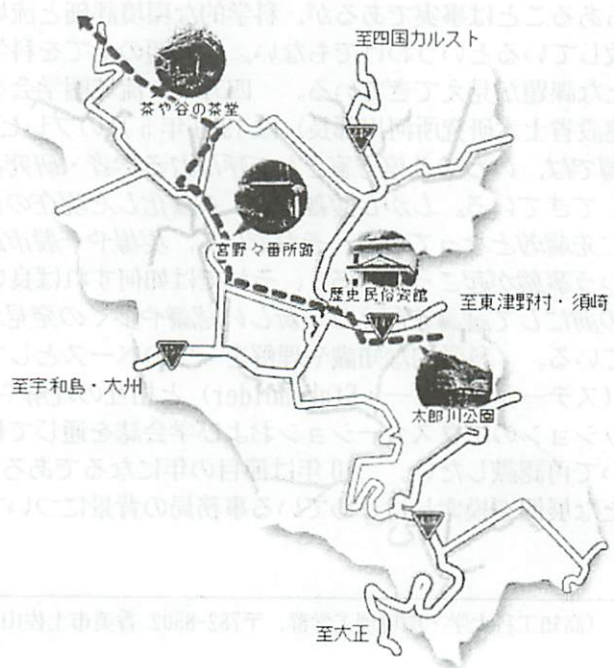
昭和58年（1983年）のNHK特集“土佐・四万十川”で報道された「日本最後の清流」が四万十川の代名詞となっている。全国的に河川の環境問題に高い関心が集まる過程で汚水処理や下水道整備が進められて、高度成長の影のつけを負わされた河川の水質環境は徐々に改善されてきており、過去25年間で国の水質環境基準の達成率は65%から90%を超えるに至っている。しかし、高知県は全国を代表する地方であり、地方行政の財政基盤がけっして豊かなどころの話ではなく、全国で再下位レベルを常に歩んでいるため、国レベルの環境分野の予算配分の優先度は後回しにされる傾向にあり、特に高知県西部の過疎地域に位置する四万十川流域に下水道が整備されるなどは夢の上の話と受け止められている。“日本最後の清流”とまで称される四万十川の水環境を、国に頼らずに地方の知恵と工夫で何とか保全したいとの創意から、流域内に分散している小規模の町村やコミュニティーから発生している未処理の生活排水を処理するため、施設建設費用が安く、運営・維持管理が比較的に単純で、さらに環境にやさしい、自然循環式(四万十川方式)水処理技術を高知県が主導して独自に開発した。地方自治体と流域住民の相互理解と協力で、鮎がたくさん棲んでいる四万十川の水質環境の汚染を予防的に防ぎ地域の環境を保全・再生しようという当時としては画期的な地方の取り組みの一つである。　ここで生まれてはぐくまれた“四万十”の考え方、つまり“四万十コンセプト”は、日本の財政基盤が弱い地方自治体のみならず貧しい発展途上国の環境改善を進めるための技術協力の一つの足がかりと評価され、国際協力機構(JICA)のプログラムで過去10年間に100名を超える途上国の研修生が高知工科大学の四万十川方式水処理技術の研修に派遣されてきている。

高知県の林業振興・環境部・環境共生課のホームページには、「四万十川の天然繁殖魚は94種で全国第1位、遡上可能区間の割合は94%（平成元年度）で四国第1位、全国第6位です。藻類収穫量が全国第1位で、アユ漁獲高も河川延長1kmあたりの漁獲量が全国第1位です。天然アユ、ウナギ、エビ、カニなどの味覚に出会え、日 本の河川では珍しい専業の川漁師もいます」と書かれている。四万十川の鮎の産卵場に近い下流基準点(具道)で観測されている水質指標のBOD（生物化学的酸素要求量）は0.8 mg/l と、測定限界に近い清冽さを有しているにもかかわらず、流域住民のなかには、“川が汚くなってきている”との印象を伝えている方もおられる。　鮎の漁獲量が昭和58年の1,000tから平成17年の200tまでほぼ連続的に落ち込んできているし、流域の森林保全整備（間伐）問題もあることは事実であるが、科学的な環境評価と流域に住む住民の一部の個人的な印象的や感覚が必ずしも一致しているというわけでもない。　問題の全てを科学的な知見だけで一方的に解決することは難しいという新たな課題が見えてきている。　四万十・流域圏学会を発足させたキーパーソンの一人である宇多高明氏（当時建設省土木研究所河川部長）は1999年5月のプレビュー号の巻頭言で、専門家と市民の関係について、「*我が国では、いわゆる専門家として呼ばれる学者・研究者がおり、これらの専門家は研究論文を書くことを生業としてきている。しかし複雑化し、多様化した現在の世の中では、先端論文は一般の技術者が理解できないほどに先端的となっている。それでいて、現場や一般市民の間では、比較的単純なことさえ理解が進んでいないという事態が起こっている*」、それでは如何すれば良いのか？「*難しい話はやめて皆で現地へ行こう！実物を目の前にして議論を行えば、新しい認識や多くの発見が得られるとともに、相互理解が進むであろう*」、と述べている。　科学的な知識や理解を一つのベースとして、流域に係わる出来る限り多くの関係者や関心のある方（ステークホルダー：Stakeholder）と相互の理解や交流ができるような場と機会が学術研究発表会やユースセッションのエクスカーションおよび学会誌を通じて提供できるように、流域に根ざした学会の意義と役割について再認識したい。　10年は節目の年になるであろうと、感じている会員も多くいるのではないかと思い、新たな展開を模索しはじめている事務局の背景について僭越ながらも一言のべさせていただいた。

* 四万十・流域圏学会　事務局長　（高知工科大学・環境理工学群、〒782-8502 香美市土佐山田町 宮の口 185）

四万十・流域圏学会は高知県が企画し、2年間の準備期間を経て全国では始めての地方発信型の流域圏学会を発足させ、今年5月に10周年の節目を迎える。　かなり多くの方が、四万十川・流域圏学会と勘違いをされているように思われているが、この背景は、四万十川という固有の河川の名前をつければ四万十川の流域のみを対象とした活動に限定する根拠とされる可能性もあり、県内でも四万十川に負けずとも劣らない立派な一級河川である仁淀川と物部川があることを無視するという受け止め方をされてはいけないということから、あえて四万十川から川の文字をはずして”四万十“というコンセプトの名称に落ち着いた。今日まで多くの方への、まぎわらわしい名称で歩みはじめたことに対する事務局からの告白の一つである。

今年から“坂本龍馬”がNHK歴史ドラマの主役となり全国的なブームになりつつある。龍馬の歴史ドラマのハイライトの一つが明治維新に向けて勇気をもって一歩を踏み出した“脱藩の道”は、四万十川の最上流域の檮原町が起点の“流域越えの道”である。今年、5月30日（日）に10周年を迎える四万十・流域圏学会の10周年記念大会を龍馬の縁の地である“檮原町”で開催する。ご案内は本号の巻末の“おしらせ”に掲載されているので、是非ともご参照上、今年5月の記念大会にご参加いただければ幸甚である。第10周年記念大会は、龍馬の地である土佐の高知という一地方から日本のみならず世界をみつめた新たな「流域圏学会」への一歩を踏み出す転機になることを願っている。



＜寄　稿＞

四万十・流域圏学会・河川マイスター現地調査（研修）の実施について

国土交通省 四国地方整備局 中村河川国道事務所 計画課*

はじめに

四万十・流域圏学会第9回総会の開催に合わせて、平成21年6月5日に四万十川下流域において、マイスター研修生である九州大学の島谷教授ならびに北海道大学の泉教授による、国土交通省（中村河川国道事務所及び中筋川総合開発工事事務所）の若手技術者を対象とした現地調査が行われた。「河川マイスター」については、マイスターである高橋 裕氏（東京大学名誉教授）のもと、島谷 幸宏氏（九州大学工学研究院教授）、沖 大幹氏（東京大学生産技術研究所教授）、泉 典洋氏（北海道大学大学院教授）の3名の学識者が、河川のさまざまな問題を解決するためには包括的な川の見方が必要であるという考えから、これまでに安倍川、筑後川、石狩川で研修を行っている。当日の現地案内、説明等は中村河川国道事務所が行い、各箇所にて河川マイスター研修生（学識者）とのディスカッションが行われた。以下にその概要を記載する。

調査概要

①井沢左岸

後川出張所において、「アカメの淵づくり」事業計画箇所および砂州の変動状況等を確認した。

学識者は、塩水遡上を活用した祭祀（不破八幡宮大祭）等、四万十川と地域文化との関係について興味を持たれていた。

《主な意見等》

＊四万十川下流域の護岸は多自然で緑化に成功し、大変美しい景観になっている。「最後の清流四万十川」のイメージから、堤防天端に丸みを帯びさせる一枚法にするなどすれば、さらによくなると思う。

＊景観条例等は制定されていないのか。されていないとすれば制定に向けた地域住民へのアプローチが必要だ。

②四万十川河口

四万十市が四万十川河口に設置した下田水戸地区津波避難タワー（鉄骨 2 階建て。手すり付き屋根部（106m²）は地上 6m、海抜 15m。約 200 人収容可能）に登り、四万十川下流域の全景と河口砂州の状況を確認した。下田箇所の築堤事業および港湾事業についての意見を聞いた。

《主な意見等》

＊四万十川河口の砂州上流側および竹島川付近でアユの稚魚が生活をしているので、アユ稚魚の調査を十分に行い、港湾事業による開削の影響を検討する必要がある。

③坂本船着場

坂本背割箇所の多自然護岸（昆虫護岸、エビカニ護岸、遊歩道等）の現状を視察した。船着場上流に連続する水制の景観は美しいと好評だった。また、最近できた船着場前の砂州への対応について学識者の意見を聞いた。

《主な意見等》

＊川は動くものなので（概ね 30 年サイクル）、砂州の発生は起こりうるものである。

＊古い写真等を見て、常に水衝部となる（掘られる）ところを船着場にしてはどうか。

＊水制による対応であれば、川幅の 20%の水制を造らなければ効果がない。また、水制の向きは上下流どちらでもよい。

＊ 〒787-0015 高知県四万十市右山 2033-14　TEL0880-34-7301（代）

＊水制の設置箇所の候補としては、防災ステーション付近に設置し、200～300mくらい水の流れを下流に変えればよいと思う。ただし、詳細な解析が必要である（模型実験が好ましい）。
＊船着場付近を一定量掘削することは効果はあるが、何が原因で埋まったのか、移動量のどれくらいを掘るのか、検討が必要である。また、掘削方法としては、全体的に平らに掘削し、深掘れのところに掘削土を持って行ってもよい。
＊河床は中小洪水で掘れ、大洪水で砂利が溜まる傾向にある。溜まった砂利の採取については、そこに人為的影響が関与していれば、それを元の状態に戻すという流れで自然再生事業に結び付けることができると考えられる。
＊中筋川は以前見た時よりもきれいになったと感じる。

④具同護岸箇所
平成19年7月の台風4号出水で被災し、新たな多自然護岸として石積みによる災害復旧工事が行われた箇所を視察した。
《主な意見等》
＊具同災害復旧護岸は、石の配置（線形）が素晴らしい。
＊四万十川橋（赤鉄橋）の橋脚付近の河床低下が著しい。橋の架け替えの検討が必要ではないか。架け替える場合には、今の赤鉄橋のデザインを維持すべきでは（地域のシンボルであるため）。
＊四万十川橋下流左岸のコンクリート部分（県道部）も多自然で整備（覆土緑化）してはどうか。
＊石積み護岸は崩れても積みなおせばよいし、じきに緑で覆われて美しい景観になると思われる。流域の資材（巨石）を用いた点にも共感できる。

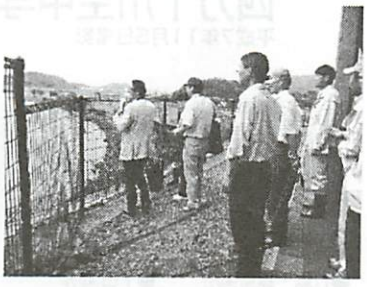
⑤入田箇所
マイヅルテンナンショウ移植実験地および河原を視察し、四万十川自然再生事業（アユの瀬づくり事業）についての意見を聞いた。
《主な意見等》
＊川の中にスジアオノリが繁茂している。水質（窒素・リン）の状況が気にかかる。
＊河原にヤナギの芽がたくさん見られる。冠水頻度が下がっているのかも知れない。
＊河床材料をチェックする際は、表面の石を剥いでその下の状態を確認する必要がある（現状は細かい土砂が見られ、植物が生える原因となっている）。
＊流量と冠水頻度、面積との関係を検証し、今後の事業の進め方等を計画するとよい。
＊砂利の取りすぎは望ましくない。
＊自然再生事業による社会的貢献の効果（地域活性化）を大いに発信していくべきである。自然再生事業の最終的な落としどころは循環型社会（バイオマス）と考えている。

⑥中筋川ダム
ダム堤体下流面を景観に配慮したステップ形状にしたことで知られる中筋川ダム（土木学会デザイン賞2001優秀賞受賞）を見学した。

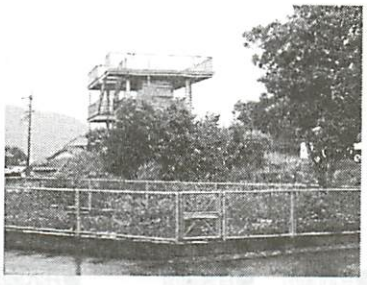
おわりに

今回の「河川マイスター現地調査」においては、河川事業の進め方や土砂管理のあり方、河川環境への配慮等、現場において直面している問題点や課題などについて、各先生方からわかりやすくご指導やご助言をいただいた。また、現地見学会後には河川マイスターの高橋名誉教授と高知工科大学の村上教授にも参加していただき、4名の先生方とともに現地調査を踏まえての意見交換会を行った。その場においても、各先生方から学識的知見やご自身の経験を基に、さまざまな視点からアドバイスをいただいた。今後、今回いただいたご意見、ご助言を踏まえつつ四万十川等における各種事業の推進を図っていくこととしたい。

河川マイスター現地調査（研修）実施状況



▲井沢左岸で「アカメの淵」を確認



▲下田水戸地区津波避難タワー

▲津波避難タワーより四万十川河口を望む

▲下田河口

▲坂本船着場付近の視察

▲坂本船着場付近に最近生じた砂州

▲砂州に関するディスカッション

▲具同災害復旧護岸の石積み

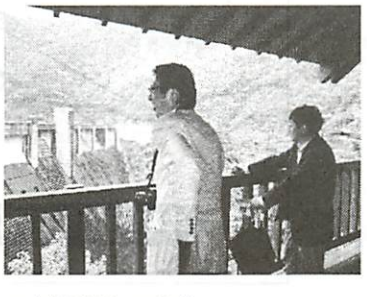
▲具同護岸箇所の石積みを確認する学識者

▲入田箇所マイヅルテンナンショウ移植実験地の視察

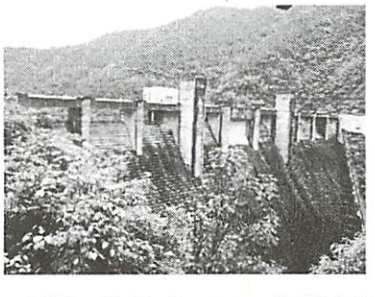
▲入田箇所の河床材料を確認する島谷教授

▲河原に繁茂しているヤナギの芽

▲学識者から若手技術者へのレクチャーの実施



▲中筋川ダムの見学



▲景観に配慮したステップ形状が美しいと評判の中筋川ダム

添付

四万十川空中写真

平成7年11月5日撮影

［四万十・流域圏学会誌　第9巻　第1号　7−10　2009］

＜報　告＞

高橋裕氏の河川マイスター研修のご講演を拝聴して

橋尾 直和*

1. はじめに

2009年6月6日に開催された「四万十・流域圏学会」第9回学術研究発表会において，企画セッション「日本の川と流域を語る」と題して，3名のパネリストが「河川マイスター研修」に関するパネルディスカッションを行われた。その後，東京大学名誉教授の高橋裕氏[(1)]が「日本の河川環境」について講演をされた。本稿は，ご講演のトピックを踏まえながら，筆者の視点を加えて論じた報告である。

2. 河川マイスター研修とは

2007年にスタートした「河川マイスター研修」は、高橋裕氏を河川マイスターとし，3名の現役の大学教員が日本の代表的な河川を高橋氏と視察し，過去から現代にいたる河川の課題を体感し，薫陶を受け河川技術についての総合的な力を得ることが目的である。これまでに，静岡県の安倍川，九州の筑後川，北海道の石狩川において研修を実施してきた。

現在の大学は，競争的な研究環境であり，河川技術に関する総合的な知識はなかなか身に付きにくい状況にある。突き詰めた研究をすればするほど，現実の河川に対する解決能力が身に付かないというジレンマがある。その一方で，委員会やマスコミなどから社会的な責任を持った発言も求められている。このような状況を打破すべく，この研修を企画された。

この研修を受けたのは，東京大学の沖大幹教授，北海道大学の泉典洋教授，九州大学の島谷幸宏教授の3氏である。沖氏は，高橋裕門下生の研究者で，バーチャルウォーターで有名であるが，IPCC（気候変動に関する政府間パネル）においても活躍し，将来の世界の水指導者14人のメンバーの一人として注目される研究者である。泉氏も高橋裕門下生の研究者で，土砂水利学を専門とし，高知にとってなじみの深い，南海洋の付加体の起源といわれているタービダイト（泥流堆積物）の輸送機構についても研究している。日本を代表する土砂水利学者である。島谷氏はマイスター研修の幹事役をつとめており，河川，湖沼，湿地などの自然再生，河川景観の保全，総合的な流域管理に関する研究を通じて，日本における数少ない自然再生研究の研究拠点づくりを目指している。また，河川の個性がどのように形成されているかを明らかにするため，自然の観点，文化の観点の両方の観点から，多分野の研究者と連携しながら研究を進めている。河川環境のリーダーとして，「福岡都市圏総合治水都市構想」など，川に関する様々な政策提言をしている。

3. 講演のトピック

高橋裕氏は講演の中で，明治の文豪，幸田露伴氏の次女である幸田文が，日本三大崩れ[(2)]のひとつ「大沢崩れ」をはじめ，全国の山河の崩壊地を訪ねて表したルポルタージュ文学である『崩れ』について紹介された。最初は，河川工学の自然科学のお話だと思っていたが，文学と民俗学と河川環境学を関連づけて，非常に分かりやすく講演された。これが、本講演の最大のトピックである。高橋氏の幸田が「大沢崩れ」を訪れた時の話は，まさに圧巻である。高橋氏は，幸田のたどった足跡をたどるようになった経緯を，次のように述懐されている。

新緑の楓林を鑑賞するために，安倍峠を訪れた幸田文さんの前に現れたのは，地元観光課のかたの心くばりにより案内された大谷崩れでした。「あの山肌からきた愁いと淋しさは，忘れようとして忘れられず，あの

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

石の河原に細く流れる流水のかなしさは、思い捨てようとして捨てきれず、しかもその日の帰途上ではすでに、山の崩れを川の荒れをいとおしくさえ思い始めた」と述べているように，幸田さんは日本にある「崩れ」を見て歩くことになったのです。時には、人に背負ってもらってまでして「崩れ」を見に行く幸田さん。

すでに72歳になっていた幸田さんを動かす，やむにやまれぬ思いは何だったのでしょうか。ただ私にわかるのは幸田さんの目を通してみる「崩れ」によって思い知らされる山々のもつ厳しさ，哀しさ，人々の健気さ，優しさは私たちが生きていくうえで決して忘れてはいけないことだということです。この本を読んでから山歩きをすると，今までまるで見えなかった風景が見えるでしょうか。いいえ，きっと今の私には見えない。幸田さんが生きてきた長い年月を私も経たとき，幸田さんのような眼をもつことができるように生きていけることを私は願っています。

幸田さんは，失礼ながらご老体である。しかも，女性でありながら山の崩壊について観察しているものである。このような自然現象を，いわゆる文学者がどのように表現したのか気になり読みはじめた。

72歳にして崩れに興味を持ち，時には人の背を借りながらも取材を続け，文学者らしい表現で荒々しい崩落地の様子を記述したのでした。普通このようなつかみ所のない自然現象を文学者が書くとは思えませんでした。老文学者を掻き立てたエネルギーは何なのだろう。生まれつき好奇心が強く，たまたま始めて見た崩壊地点の壮大さ，恐ろしさ，神々しさに気を取られたのかとも思います。そして，あのお年でなおあそこまで執着できたのかと尊敬します。そして，読み終わるや否や，作者のたどった崩落の場所を自らもたどってみたくなりました。可能な限りです。

筆者は，この話を聴き，文学の感性から自然現象と向き合い，それをつぶさに見て取り，文学的に捉えて記述する幸田文の姿勢に感動した。それに輪をかけて感動したことは，ご高齢であった幸田文の「崩れ」についての足跡を，自らもたどってみようと決心された高橋氏の行動力に対してである。現場主義を貫く高橋氏ならではの発想であろう。

高橋氏は，2005年10月，この2年前には雲の中でなにも見えなかった大谷嶺の崩れに再度向かわれている。しかし，安倍峠は通過できず，やむなく井川雨畑林道で遠回りをされている。その後，かすかに雲がかかっているものの大谷崩れ(3)全容が見えた。幸田文が崩れについて最初に見たところである。

幸田文は，『崩れ』で次のように述べている。

大谷嶺の山頂すぐ下のあたりから壊えて，崩れて，山腹から山麓にかけて，斜面いちめんの大面積に崩壊土砂がなだれている。崩壊は憚ることなく、その陽その風のもとに皮のむけ崩れた肌をさらして，凝然とこちら向きに静まっていた。無惨であり，畏怖があり，いうにいわれぬ悲愁感が沈殿していた。

高橋氏は，次のように述懐している。

まさにその通りでした。標高2，000mの山頂から扇の要に向かうようになだれ落ち，そこからすそを広げたように安倍川になだれています。扇の要付近は1,300mですので700mの崩落となります。原因は地震と洪水とのことでして，いまでも工事が続いています(4)。歩いて登山道を少し登ってみましたが，扇の要のところはこれ以上よく見えるようにはなりませんでした。

また，幸田は，次のように述べている。

変な地面だと思った。そして，あたりをぐるっと見て，一度にはっとしてしまった。巨大な崩壊が，正面の山嶺から麓へかけてずっとなだれひろがっていた。なんともショッキングな光景で，あとで思えばそのときの気持ちは、気を呑まれた、というそれだったと思う。

さらに幸田は，次のように結んでいる。

だが，ここで早くも困難に出逢っている。文字では，こうした大きな自然を書くことのできがたさだ。むろんそれは書く者の素養や，能力や精進の未熟によるものであって，書けなければやめて，書けることを書

くほかないのである。でももう今は，ほかへ振替える気はない。この崩れこの荒れは，いつかわが山河になっている。

今回，ご講演を拝聴して，幸田文が「崩れの跡」を自分の足で目で行脚することで，皆に伝えようとした精神と，高橋氏がその跡を再度踏みしめて観察しようとした行動とが，オーバーラップして見えてならなかった。つまり，環境に侵された崩壊の現場をつぶさに見て，聞いて，感動した内容を人びとに伝えることの重要性を，この講演で確実に学んだのである。

4. 文化環境の視点

筆者は，その土地の環境を考える際には，自然環境のみならず，文学も含め民俗学，方言学等からのアプローチを行う必要がある，すなわち，文化環境学的視点[5]が大切であると力説したい。自然環境と災害との関連性を論じる場合，その土地の人びとの暮らし・習俗と自然環境の問題を抜きにしては考えられないからである。

高橋氏が，今回のご講演で話されたトピックは，私たちに環境問題を論じる際に，自然科学的なアプローチだけではだめで，文学者幸田文が克明に「崩れ」について，文学的視点からルポしたように，人文科学的な視野でも見ていく重要性を示唆されたのだと思う。

今後は，文理融合型を目指した流域圏学会において，特に流域圏の暮らしと環境について語る場合，文化環境の視点を取り入れた風土学的思想で調査・分析されて報告されることを大いに期待し，この論を終えたい。

謝辞

おわりに，「第9回四万十・流域圏学会」において，心に残るすばらしいご講演をしていただいた高橋裕氏に，ここに記して感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

注

(1) 高橋裕氏は，工学博士で，現在東京大学名誉教授・芝浦工業大学名誉教授。河川工学の第一人者であるとともに，河川・水資源工学に歴史的・文化的視点を導入し，多方面で活躍されている。

東京大学で19年間教授を務め，1987年の退官後，名誉教授に。河川審議会委員，国際水資源学会理事など国内外の公職を務め，二年前から国連大学上席学術顧問になられた。

多数の著書の中で，「河川工学」（1990：東京大学出版会）が土木学会出版文化賞（1992）日本初の土木史の教科書「現代日本土木史」（1990：彰国社）の刊行が明治村賞（1994）の受賞につながった。氏曰く，「それまで土木の歴史は学問になっていなかった。初めての土木の歴史教科書をぼくが書いた」。

1998年には土木学会の最高賞「土木学会功績賞」を，2000年のＩＷＲＡ（国際水資源学会）総会ではアジア初のクリスタル・ドロップ賞を受賞された。世界水会議理事，国際水資源学会副会長として活躍する。氏曰く，「水危機が進行している。穀物や牛肉などを輸入して世界中の水を飲む日本の生活は，地球全体と関係があることを知ってほしい」。一般向けの近著「地球の水が危ない」（岩波新書）などで，水問題と日本の役割などを訴えられている。

(2) 日本三大崩れとは，「大谷崩れ」，「常願寺川鳶山崩れ」，「稗田山崩れ」を指す。他に，「富士大沢崩れ」がある。大谷崩れは，安倍川水源の一つである大谷嶺が，宝永４年の大地震により大崩壊したもので，長野県の稗田山崩れ，富山県立山の鳶山崩れとともに，日本三大崩れの一つに数えられている。幸田文は，昭和51年５月にこの地を訪れ，大谷崩れの偉大な自然の営力に深い感慨を覚え，全国の大崩壊地を巡っている。

(3) 安部部川源流の大谷崩れは，慶長９年（1665年）の東海・南海・西海大地震による崩壊に端を発するとも言われている。宝永４年（1707年）の大地震によって本格的崩壊を起こし，元禄豪雨がその崩壊に拍車をかけたと言われている。この大谷崩れが，それ以降の安倍川の治山治水と水害に決定的影響を与えている。

安倍川は，宝永大崩壊後の洪水ごとに土石流となって流動し，安倍川上流の河床に大量に堆積し，段丘層を形成している。それが安倍川の河状を不安定にし，以後の洪水形態を複雑化し，安倍川治水を困難にしている。

急流河川群の代表であり，急流といわれる日本の河川のなかでも，特に急流である点で共通している。この

河川は，急流中の急流である。さらには，その 流域は大量の雨雪地帯である。その条件下に前述の大規模崩壊によって，典型的な難治の川となったのである。したがって，これら河川の治山治水と水害の実態を把握せずして，日本の河川を語ることはできない。

(4) 日本の諸河川は流路延長が短いために，特に上流水源地の崩壊から下流，河口，沿岸域まで著しい影響を及ぼす。したがって，一貫した思想によって統一的に把握し，一元的土砂対策を計画すべきである。さらには，下流周辺都市の治水対策も，全流域を視野に入れ，地域計画，都市計画に治水，氾濫原管理，水資源対策，そして河川環境，河川景観対策 を統一的思想のもとに立案しなければならない。

(5) 「文化環境」の視点については，橋尾直和 (2004) pp.3-22 参照。

参考・引用文献

1) 幸田文 (1991)：崩れ，講談社
2) 島谷幸宏 (2009)：河川技術と河川マイスター研修，四万十・流域圏学会誌，Vol.8,No.2，pp.3-22
3) 高橋裕 (1985)：水と人間の文化史（NHK 市民大学），日本放送出版会
4) 高橋裕編 (1993)：首都圏の水ーその将来を考えるー，東京大学出版会
5) 高橋裕他編著 (1995)：流域の時代ー 森と川の復権をめざしー，ぎょうせい
6) 高橋裕 (2003)：地球の水が危ない，岩波書店
7) 高橋裕 (2004)：河川を愛するということ ー 川から見た日本と地球ー．山海堂
8) 橋尾直和 (2004)：「文化と環境」から真の「文化環境」へ，四万十・流域圏学会誌，Vol.3,No.2，pp.3-22
9) 橋尾直和編著 (2008)：高知県大月町柏島のフィールドワークー「四万十かいどう」風土調査ー，四万十かいどう推進協議会

添付写真

鏡ダムにて、高橋裕先生を囲んでの記念撮影（河川マイスター、鏡川研修） 2009 年 6 月 5 日

[四万十・流域圏学会誌　第9巻　第1号　11－18　2009]

＜論　文（原著）＞

微細気泡含有液体の散布による植物培地中への窒素性物質の効率的送達

古沢浩*，清水若那，井上昌一，西本寛，村上雅博

Efficient Nitrogen-Containing Fertilizer Delivery into Soils Mediated by Aqueous Solutions Containing Micro-bubbles

Hiroshi FRUSAWA, Wakana SHIMIZU, Masaichi INOUE, Hiroshi NISHIMOTO and Masahiro MURAKAMI

Department of Frontier Engineering, Kochi University of Technology, Tosa-Yamada, Kami City, Kochi 782-8502, Japan

Abstract

In recent years, there have occurred considerable changes in the global nitrogen cycle, causing a variety of environmental and human health problems. Our understanding of the N cycle now leads to a realization that agricultural intensification due to nitrogen-containing fertilizers damages environmental systems. Here we show that microbubbles with diameters less than 50μm carry nitrogen-containing fertilizer into porous media for planting, such as soils. Two kinds of experiments have revealed the efficiency of microbubbles in comparison with tap water without microbubbles. First, we measured the amount of nitrogen in runoff water after passing through soils. As a result, it was found that the use of microbubble containing water increases the nitrogen transmittance. We also investigated the microbubble effect on the daily variation of nitrogen content in the presence of aerobic growth-promoting bacteria which fix atmospheric nitrogen. The results suggest that microbubbles stimulate the bacteria to fix more amount of nitrogen than without microbubbles. We thus demonstrated that microbubbles play a role as nitrogen delivery media.

Key words : micro-bubbles, fertilizer delivery, growth-promoting bacteria, nitrogen cycle

要旨

近年，窒素のグローバルサイクルに大きな変化が起きており、その結果、様々な環境問題や健康問題が引き起こされている。このサイクル変化の１因となっているのが，窒素化学肥料の過剰散布である。そこで本研究では，直径が50μm以下の微細気泡を含有する液体を利用した，窒素性物質の土壌中送達の効率化について検討した。水道水と微細気泡水との性能比較のために，２つの実験を行った。最初に行ったのは，土壌通過後の流出水に含まれる窒素量を比較する浸透性実験である。この結果，微細気泡水の利用により，窒素性物質の土壌浸透効率の上昇が明らかにされた。次に，窒素固定菌を散布した後に，水道水あるいは微細気泡水の添加を継続したとき計測される土壌中の窒素量変化について比較を行った。その結果，微細気泡水の散布により，水道水使用時よりも菌が活性化され窒素含有量が増加することがわかった。以上より，微細気泡は、超音波照射下での遺伝子導入媒体としてだけでなく，生育を促進する窒素性物質を土壌中に効率的に送達する媒体としても有効に機能することが実証された。

＊ 高知工科大学　環境理工学群　〒782-8502　高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

1. はじめに

肥料の三要素の一つである窒素は，植物の体の主成分であるタンパク質を構成する要素であり，植物の生長に欠かせない。その窒素は，自然サイクルにおいては大気より供給される。しかし，アンモニアとして植物に固定化される反応が緩慢なために，大気からの窒素供給のみでは十分な農作物を生産できない。そこで導入されるのが，窒素化学肥料である。窒素化学肥料として土壌に供給される窒素は，土壌内に存在する微生物の作用によりアンモニア態窒素に変換され，亜硝酸態窒素を経てさらに硝酸態窒素に変換される。従って，土壌内において窒素は，アンモニア態窒素，亜硝酸態窒素，硝酸態窒素として存在する。植物はアンモニア態窒素や硝酸態窒素を根から吸収するが，吸収しきれないアンモニア態窒素や硝酸態窒素は，微生物の作用により窒素に還元される。しかしながら，継続的な施肥によってアンモニア態窒素や硝酸態窒素が過剰になると上記の窒素サイクルが崩れてしまう[1)]。その結果，様々な環境問題が引き起こされる。例えば，窒素性物質は一般に土壌への吸着力が弱く流れやすいため，雨や潅水時などに流される。さらに，河川や海域に流出した窒素性物質は，水圏における富栄養化の原因となっている[1)]。

以上のような肥料流出を防ぐために，従来行われてきた対策としては，有機肥料や肥効調節型肥料による肥効の遅化がある。しかし，緩やかな肥効を散布量の不足と感じる心理が働き，逆に過剰散布を助長してしまう側面がある。また，労力と価格の両観点からコスト高であることも，普及を阻む要因となっている。従って，過剰散布の抑制を実現するためには，肥効速度の調節ではなく施肥量そのものの削減を検討する必要がある。

そこで本研究では，施肥量の削減を目指して，窒素性物質の効率的送達法の開発を行う。具体的には，直径が 50μm 以下の微細気泡[2)]を含有する液体を利用した効率化策を提案する。ミクロンスケールの微細気泡の特徴の一つとしては，通常のミリスケール以上の気泡と異なり，急速に浮上して水表面にて破裂することなく，水中で縮小し内部の気体を完全溶解させて消滅する点が挙げられる。しかも，水中での存在時間は，界面活性剤などの添加により界面張力を低下させることで，数ヶ月間にまで延ばすことが可能である[3)]。

従来，これらの特徴を有する微細気泡の植物生育促進作用の検討に際しては，多くの場合，水耕栽培のような水主体の培地が利用されてきた[2)]。このとき期待される効果としては，空気や酸素を微細気泡として含有した栽培用水，即ち溶存酸素を多く含む栽培用水を植物に供することにより，酸素を効率よく植物の根に供給することができるため，植物の根を活性化できる点がある。また，水中で微細気泡が集団として根付近に局在することが視認されており，微細気泡に付着した養分の根局在による吸収促進効果も期待されている。

一方，本研究では，土壌を含む多孔性固体を主成分とする培地に着目して，微細気泡含有水の有用性を検討する。尚，本研究のコンセプトと従来アプローチとの相違点については，次節でより詳しく説明する。また第 3 節では，土壌培地の基礎実験から得られた，微細気泡による窒素性物質の土壌内部への送達効率の向上，ならびに,窒素固定菌の活性化効果について報告する。さらに第 4 節において，よりスケールダウンした微細気泡で得られた基礎的知見について記した後に，最終節で今後の展望を述べる。

2. 微細気泡含有水の有用性

2.1 着目すべき特質[1)]

微細気泡の特質としてよく知られたものとしては，(1) 吸着洗浄能，(2) 気体溶解能，(3) 衝撃波生成能が挙げられる。まず (1) 吸着洗浄能とは，微細気泡の疎水性，あるいは後述する気泡表面の負帯電に起因した，水中の疎水性物質および正帯電物質を選択的に微細気泡表面に吸着する特質を指している。本性質については，ペットの皮膚洗浄から土木・環境分野への活用に至るまで，幅広い分野での利用が試みられている。例えば，重金属などで汚染された土壌の浄化技術としての応用も検討されている。また，浮上せずに液中収縮・消滅することに起因した (2) 気体溶解能は，気体として酸素やオゾンを採用することにより，より大きな効果を発揮する。例えば，オゾンを 1μm 前後の微細気泡として含有させることにより，通常，常温・常圧下の開放した条件では数時間で散逸してしまう水中のオゾンを，1 ヶ月以上に渡って保持することができるため，殺菌力のあるオゾン含有水を手軽に使用することが可能となる。この性質を，水産業（貝類の食中毒ウィルスの除去など）や環境保全型農業（農薬代替など）として利用することが注目されている[2, 4)]。最後の (3) 衝撃波は，気泡圧壊時に生じる性質である。例えば，強い超音波を当てて気泡圧壊を促すことにより，所望の位置で衝撃波を発生させることができる。この技術は，腎臓結石の粉砕など医療分野への応用

が期待されている。

本研究では，上記三つの性質のうちの（1）洗浄能と（2）気体溶解能の二つの性質に，微細気泡が本来有する以下の様な特質を組み合わせることにより，微細気泡に従来アプローチとは異なる新たな機能（土壌中溶質の送達効率の向上能）を付与することを提案する。具体的には，上記二つの性質に加えて，（4）船舶への応用が検討されている摩擦抵抗の低減効果，および，（5）微細気泡径が団粒構造間の間隙径よりも小さいことに着目する。以下で述べる通り，これらの特質は共に，土壌中の溶質移動に新たな駆動原理を提供するものと期待される。

2.2 土壌で期待される効果、本論文の目的

まず初めに，従来考えられてきた土壌中での溶質輸送機構について簡単に触れておこう[5]。輸送機構は，移流,拡散，分散の三つに分類される。ここで，移流は平均流速による溶質移動を意味しており，拡散は溶質の平均濃度勾配に起因した輸送現象であり，最後の分散は流速のばらつきに起因した濃度勾配による拡散を表わしている。前節で指摘した摩擦抵抗の低減効果（4番目の特質）は，土壌中の平均流速を増大させるため，移流による溶質移動の効率向上をもたらし，浸透しにくい場所への溶質運搬を容易化するものと期待される。また，（1）吸着洗浄能，（2）気体溶解能，および（5）微細が故に土壌中で気泡破裂しない特徴とを組み合わせることにより，濃度勾配による溶質分子単体の輸送（拡散・分散）とは異なる溶質移動が実現できるものと期待される。というのも，微細気泡表面に肥料性溶質を多数吸着させたまま土壌中を移動できるため，ドラッグデリバリーシステムやナノ化粧品においてマイクロ・ナノカプセルが果たしている「有用物質送達媒体」という役割を，微細気泡が土壌中において果たすものと考えられるからである。また，含有気体の窒素成分を高めることにより，微細気泡を効率的に土壌内部にまで窒素を送達する媒体として活用することもできる。

さらに，好気性菌含有液体に微細気泡を含有させることにより，以下の様に，土壌中の微生物を活性化して土壌中に含まれる窒素量を所望値まで増加させることができるものと期待される。尚，好気性菌としては，アゾトバクター，根粒菌，光合成細菌，放線菌，硝化菌，亜硝化菌，タンパク質分解菌等が挙げられる。多数種類の好気性菌が入っている市販の土壌改良液を水に溶かして好気性菌含有液体としてもよい。特に，好気性菌が窒素固定能を有する窒素固定菌である場合，酸素や窒素からなる微細気泡含有液体を供給することによって活性化され，より効率的に土壌内の窒素固定量を増加させることができ，植物に養分を供することができるものと期待される。微生物を利用した本方法の利点としては，土壌内に一定の窒素化合物が存在すると，好気性菌は窒素の生産を行わないので，過剰な窒素化合物は産生されないという点がある。また，もし目論見通りの効果が得られるのならば，微生物を利用した種々の民間農法が有する非効率性の問題に対する改善策を提示することにも繋がる。

本研究では，以上のような種々の微細気泡効果の相乗作用により，土壌を代表例とする多孔性固体培地において，培地内部への窒素性物質の送達効率を向上できるかどうかについて実証することを目指す。

3. 土壌への適用

3.1 実験概要

浸透性実験（実験1），および窒素固定菌の活性化度実験（実験2）により水道水と微細気泡水との性能比較を行った。実験1の目的は，微細気泡水による残存肥料の有効化の可否である。具体的には，上述した微細気泡水の良浸透性と吸着洗浄性を利用して，表層土に残留した肥料に微細気泡水を散布することにより，残留肥料を根付近まで再運搬できるかどうか実証することにある。この実証試験の第1段階として，以下では，水道水と微細気泡含有水の肥料の輸送性能の違いを見るために，土壌通過後の流出水に含まれる窒素量について，水道水と微細気泡含有水とで比較を行った。また実験2では，水道水あるいは微細気泡水の散布を継続したとき見られる，土壌中の窒素量変化の比較を行った。特に，微細気泡水の土壌微生物活性能力を見るため，土壌改良液を用いて窒素固定菌を土壌に人工的に増加させた後、測定を行った。

3.2 装置・試料

本研究で用いる発生装置は（有）バブルタンク社製の EOXMICRO　BT-50 である。この装置は気液混合流体せん断法を利用して微細気泡水を生成している。気液混合流体せん断法は，気液二層の流体を超高速旋回（毎秒約 400~600 回転）させることで起こる遠向心分離作用を応用する。まず装置内を超高速で旋回さ

せ，旋回気体空洞部を形成させる。装置内部の旋回速度が装置出口付近の旋回速度よりも速くなっているため，その旋回速度差で空洞部を切断することにより微細気泡を発生させる。このときの摩擦により，気泡表面が帯電するといわれでいる。尚、本装置で発生する気泡サイズは10～30μmである。

一方，窒素測定装置としては，Dr. Lange 社製の吸光分光光度計 LASA-20 を用いた。測定試料としては，LASA-20 用の測定キットを使用して以下の手順で作成したサンプルを 15 分間放置したものを用いた。(i) 試料 0.5ml と 水酸化ナトリウム 2ml，ペルオキソ二硫酸カリウム（酸化剤） 1 粒を混合する。(ii) 100℃で 1 時間加熱。(iii) アジ化ナトリウム を 1 粒入れた後，振とうする。(iv) (iii) で作製した試料の 5ml を試料セルに加える。(v) イソプロピルアルコール を 0.2ml 加え振とうする。

最後に，使用した土壌と肥料について記す。実験 1（浸透性比較実験）では，性質が異なる赤玉土(pH 6.2)と砂質土(pH 5.5)の 2 種類を用いた。また用いた肥料（ハイポネックス・ジャパン社製）は，成分比がアンモニア態窒素：硝酸態窒素：リン：カリ＝1：5.5：6：19 の化学的酸性肥料である。一方，実験 2（窒素固定菌の活性化度比較実験）では，赤玉土と窒素固定菌など 250 種類の好気性土壌微生物群を含む土壌改良液（製品名「菌力アップ」，エイビーエス社製）を用いた。この土壌改良液の原液中には，1ml 当たり約 10 万個の微生物が存在すると見積もられている。尚，実験 2 については，砂質土での有意な差が見られなかったため，その実験結果の報告を割愛している。

3.3 実験手順

3.3.1 浸透性比較実験

手順は以下の通りである。(i) 肥料 600g と赤玉土 600g を混合する。尚，かさ密度の低い砂質土の場合には，1200g ずつ混合した。(ii) プラスチック容器に混合した土を充填する。充填後の土壌の高さは 20cm 程度であった。(iii) 容器上部より水道水または微細気泡水を各々 1 リットル投入する。(iv) 下部より流出した水に含まれる窒素量を測定する。

3.3.2 窒素固定菌の活性化比較実験

手順は以下の通りである。(i) 浸透性比較実験で用いた容器を二つ用意し，両者同量となるように土を充填する。(ii) 実験開始口に，原液を 10 倍から 1000 倍希釈した土壌改良液(10 倍希釈で pH 8)を土全体が十分に湿るまで加える。(iii) 1 日 1 回，水道水および微細気泡水を容器へ同時刻に 200ml それぞれ滴下する。(iv) 土壌採取 20g を容器下部の側面孔より採取し，蒸留水を 20ml 加え，よく振とうする。(v) 懸濁液をろ過し，窒素量の測定を行う。

3.4 結果・考察

3.4.1 浸透性比較実験（実験 1）

第 2 節で述べた通り，微細気泡含有水では，浸透速度の上昇が期待される。また文献[6]においても，「微細気泡含有水は未処理水に比べて土壌への浸透速度が速い」という観察結果に関する記述が既出である。しかし今回の実験では，両者の速度差について再現性のある結果を得ることはできなかった。今後，浸透速度差に関する検証実験を遂行するためには，制御された多孔性人工物を培地として利用することが必要と思われる。

一方，24 時間後の流出水中の窒素濃度については，赤玉土と砂質土の両者において，微細気泡水の方が水道水よりも窒素透過性が増大する結果が得られた。Fig. 1 は，その代表的な結果を示しており，また Table

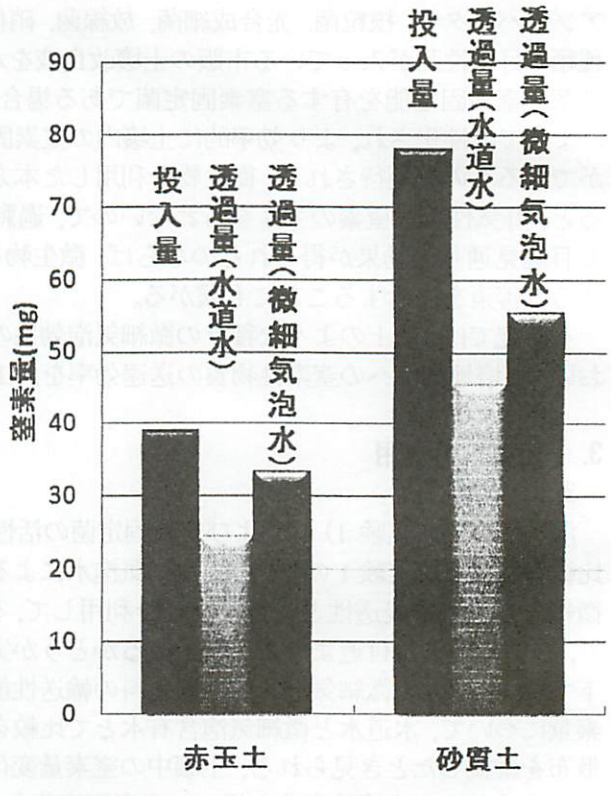


Fig. 1 Nitrogen amount in prepared water and runoff one after passing through soils of loam and sand. Comparison is made between waters with and without micro-bubbles.

1 は Fig. 1 を透過率（窒素流出量 / 投入量）として換算した結果である。Table 1 より，微細気泡水と水道水の場合で透過率の比を計算すると，赤玉土の場合には約 1.36 倍(=85.6/62.8)，砂質土の場合には約 1.22 倍(=71.2/58.4)となる。数回の実験で生じた 5%程度の測定誤差を勘案しても，本結果は微細気泡水の透過率増大を示す。

Table 1 Transmittance of nitrogen amount in soils of loam and sand. Comparison is made between waters with and without micro-bubbles.

	赤玉土	砂質土
微細気泡含有液体	85.6%	71.2%
水道水（比較例）	62.8%	58.4%

以上のような微細気泡水の導入による肥料の透過性増大の原因の一つとしては，本実験で用いた微細気泡の負帯電が寄与していると考えられる。詳細は以下の通りである。使用肥料の 1 成分であるカチオン性のアンモニア態窒素は，通常の水道水で散水すると今回用いたような酸性土壌では表層部に静電吸着されがちである。一方，微細気泡水中では散水前の時点で既に，負帯電した微細気泡表面にアンモニア性窒素が吸着しており，そのため土壌深部にまでアンモニア態窒素を送達できるものと考えられる。ただし，この効果による透過率比の最大値を 3.2 節に記した肥料の成分比より見積もると約 1.18 (=(1+5.5)/5.5)となり，本効果だけでは上述の増大の定量的説明は難しい。投入肥料中のアンモニア態窒素だけでなく，土壌中に既に吸着されていたアンモニア態窒素までもが微細気泡水の導入により脱着され深部に送達される機構を検討する必要性が示唆される。

次に，微細気泡効果の土壌種による違いを見てみよう。Table 1 からわかる通り，砂質土（約 1.22 倍の透過率比）では赤玉土（約 1.36 倍の透過率比）ほど顕著ではなかった。この結果については，以下の原因が考察される。一般に土壌内の間隙としては，ミリスケールの団粒間間隙とマイクロスケールの団粒内間隙がある。団粒構造を取り難い砂質土では土壌中で気泡形態が維持されにくいため，微細気泡効果が低くなったと考えられる。しかも，塩基置換容量が赤玉土に比べて低い砂質土では，アンモニア態窒素の土壌への吸着量が少ない。一方，団粒構造を形成しやすい赤玉土においては，団粒間の間隙に微細気泡が形態を維持したまま侵入できるため，砂質土よりも多く土壌に吸着されたアンモニア態窒素に対する洗浄効果を発揮できる。実際，砂質土の透過率比 1.22 が投入肥料の成分比から見積もられる最大値 1.18 と近い値であるのに対して，微細気泡水の場合には，上述の通り洗浄効果まで考慮しないと前記最大値を大幅に超えた透過性比 1.36 の説明が難しい。以上のことから，間隙径と塩基置換容量とが共に大きい土壌種では微細気泡効果がより顕著に発現する，という本結果の妥当性が支持される。

結果のまとめとして，生育促進に有用な点を二つ再掲する：

- 微細気泡水の利用により，窒素性物質の土壌浸透効率が上がる。
- 微細気泡効果は，砂質土よりも赤玉土により顕著である。

これらの浸透性比較実験の結果から，微細気泡含有液体を赤玉土に供給すると，土壌表層に留まり植物へと有効に働かない残留肥料の再拡散を促すことが示唆される。肥料流出が促進されるため，微細気泡の散布量制御が必要であるが，その課題さえクリアできれば，良好な拡散性を利用した残肥の再拡散は肥料の有効利用にとって有意義な方策となるであろう。

3.4.2 窒素固定菌の活性化比較実験（実験２）

Fig. 2 は，好気性の窒素固定菌を含有した土壌改良液（1000 倍希釈）を散布した後に，土壌が乾燥しないように，1 日 1 回，微細気泡含有水および通常水を散布し続けたとき，窒素含有量が 2 週間でどのように変化したかを示した図である。開始から 2 日目にかけて両者ともに窒素量は急激に増加した。しかも，微細気泡含有液体及び水道水両方において，供給 2 日目に窒素量が最大となることがわかる。このとき，水道水に比して微細気泡水が約 16%多く窒素が検出された。より詳しく最初の 48 時間を追跡すると，24 時間後から，窒素含有量が微細気泡含有水の結果が通常水の結果を上回ることが明らかとなった。一方，2〜4 日目にかけては，両方とも窒素量の減少が見られ，微細気泡含有液体を供給した方が窒素量の減少率が高かった。4 日目

以降は，両者において窒素量が増加したが，微細気泡含有液体を供給した方が窒素量の増加率が高かった。測定最終日の 14 日目においては，微細気泡水の窒素含有量が水道水に比べて 20%高となった。尚，土壌改良液を加えなかった場合には，ピーク値を示す 2 日目においても窒素量は 2mg を超えないことから，Fig. 2 が示す相違が窒素固定菌の添加に起因した結果であることが示唆される。

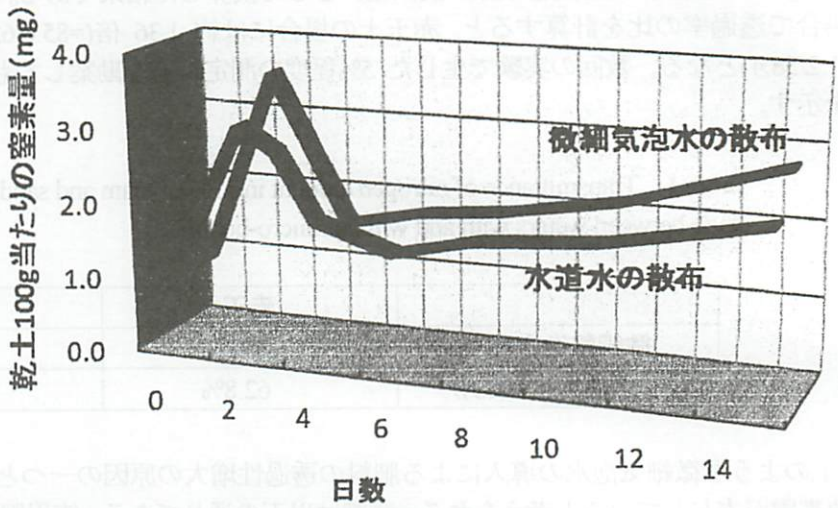


Fig. 2 Daily variation of nitrogen content in runoff water passing through loamy soil. Comparison is made between waters with and without micro-bubbles.

以上のような微細気泡効果は，微細気泡により土壌内好気性菌の活性化が促されていることを意味している。特に，微細気泡含有液体の供給直後は様々な菌の生存競争が起こり，土壌中窒素量の変化が激しくなるものと考えられる。2～4 日目にかけての窒素量の減少は窒素利用菌や脱窒菌の繁殖によるものと考えられ，4 日目以降の窒素量の増加は窒素固定菌によるアンモニア態窒素の増加と，タンパク質（菌の死骸）の増加によるものと考えられる。

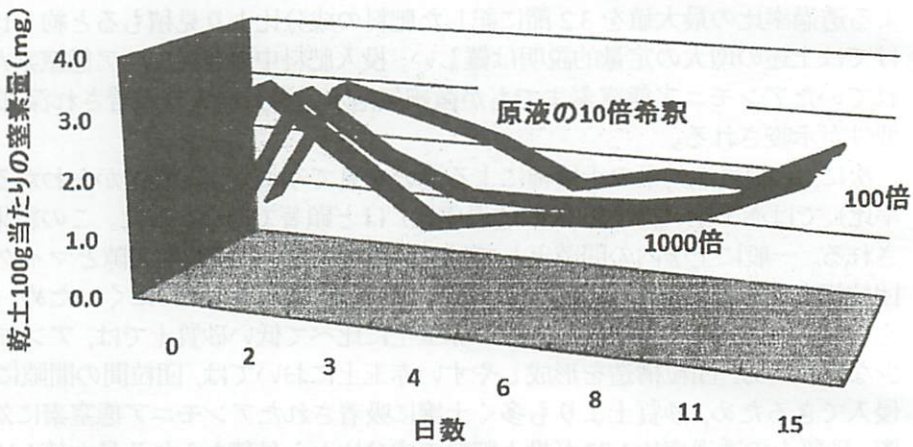


Fig. 3 Daily variation of nitrogen content in micro-bubble containing water passing through loamy soil. Comparison is made between three kinds of solutions with different concentrations of aerobic bacteria.

次に，3.3.2 節で述べた散水条件と同条件の下で土壌改良液の希釈度を 10, 100, 1000 倍と変えたときの希釈度依存性を Fig. 3 に示す。Fig. 3 からわかる通り，いずれの希釈度においても，開始から 2 日目で急激に上昇し，2 日目から 4 日目にかけて減少し，その後再び緩やかに上昇という傾向を示した。また窒素量の絶対値についても突出した差は見られなかった。このように，菌量による差が見られなかったのは，菌の増殖能力と限界生育量によるものと考えられる。即ち，多く投入した場合には，すぐに限界生育量に達してそれ以上の増加がなかった。一方，少なく投入した場合でもすぐに増殖し、多く投入した時と同様の量になったものと考えられる。

以上の結果をまとめると，

- 微細気泡水の散布により，水道水使用時よりも好気性土壌微生物が活性化され窒素含有量が増加する。
- 土壌改良液を，本商品の推奨希釈度（200 倍）よりも薄めて散布しても応分の効果が得られる。

となる。本結果は，微生物農法の効率化にとって微細気泡水の散布が有用であることを示唆している。

4. スケールダウンした微細気泡の特性解析

4.1 実験概要

市販されている多くの微細気泡発生装置は，前節の装置と同様に気泡径が数十ミクロン程度である。とこ

ろが最近，ナノバブル発生装置と銘打った 1 ミクロン前後スケールの気泡発生装置が登場している。ただ，気泡が小さくなればなるほど消滅が早く，ゼータ電位などの特性解析 [7]が難しいため，基礎物性の同定例は希少である。そこで本節では，良質で単分散の平均径 1μm の気泡を発生させる装置を取り上げ，本装置から発生される気泡の特性解析を行った。具体的には，暗視野顕微鏡観察により，気泡の数密度やゼータ電位の計測を行った。

4.2 装置・試料

本研究で用いる発生装置は，オーラテック社製（OM4-GP-040）である。本装置は，加圧下で空気を水中に溶解させ，減圧により再気泡化する加圧減圧法で気泡生成する装置である。本装置で生成される気泡の特徴は，気泡径が 1μm で前節の気泡径の十分の 1 以下と小さい点にある。また，気泡観察，ならびに電気泳動の計測には，暗視野観察（レーザー照射による散乱光体として 20nm の金コロイドまで観察可能）と粒子の自動追尾を行う画像解析システムの組み合わせたゼータ電位測定装置（ZEECOM、マイクロテック・ニチオン社製）を用いた。

微細気泡水への界面活性剤効果も調べた。今回用いた界面活性剤は，陰イオン界面活性剤のドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム（SDS）である。添加濃度 100μM の結果を以下に示す。

4.3 結果・考察

気泡発生時から 10 分後の暗視野顕微鏡像を界面活性剤の有無で比較した。その結果，界面活性剤添加後の気泡数密度が増加していることが視認できた。数密度を画像解析により見積もると，界面活性剤添加後の気泡密度は、約 98 万個／ml と見積もられ，非添加時の密度の 3 倍程度の高密度であった。注入気体量から見積もられる気泡数を流入水量で割った理想密度が 100 万個／ml であるので，ほぼ上限値である。このことから，1 ミクロンスケールの気泡においても，従来の報告 [3]と同様に，界面活性剤の添加により消滅速度の大幅な遅化が起きていることが示唆される。その原因としては，乳化食品の安定化機構と同様な，界面活性剤が気泡表面に吸着することによる気泡の表面張力の減少および静電的反発力による気泡融合の減少が考えられる。

次に電場を印加し，電気泳動度を測定した。このように小さな気泡に関する電気泳動計測に成功したのは，本研究が初めてである。気泡径が小さい利点としては，上昇運動が無視できない状況下での従来の計測と異なり，電場印加方向と平行な水平方向への安定した泳動軌道を観測できる点が挙げられる。また泳動方向より，本発生装置の気泡もまた，従来の微細気泡と同様に負帯電していることがわかる。Fig. 4 は，界面活性剤を印加していない気泡に関する，電場 10 V/cm 印加時のセル中央における速度分布をヒストグラム表示したものである。これより，ゼータ電位の気泡個体差が驚くほど少ないことがわかる。さらに，電場依存性から泳動度を見積もり，界面活性剤の添加の有無で比較した。その結果，界面活性剤の添加により電気泳動度が 1.5 倍程度にまで上昇する結果が得られた。このことは，上述の考察のとおり，気泡表面への界面活性剤吸着が静電的安定化をもたらしていることを示唆している。

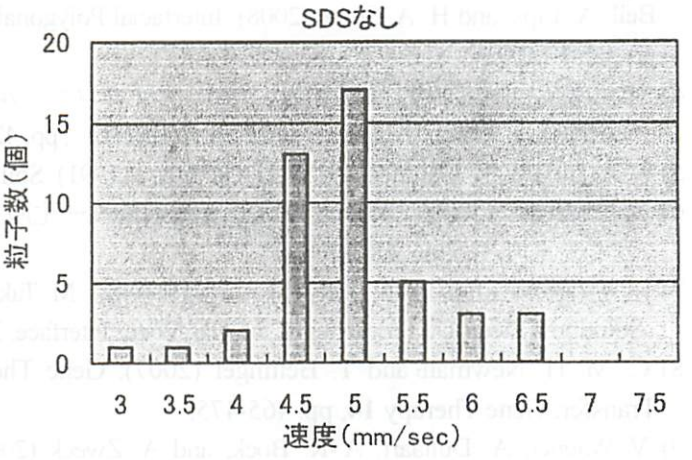


Fig. 4 Histogram of electrophoretic velocity of surfactant free micro-bubbles under the electric field of 10 V/cm.

以上をまとめると，スケールダウンした微細気泡においても，数十倍程度大きい従来の微細気泡と同様に，

- 陰イオン界面活性剤の添加による微細気泡の存在時間の上昇，
- 気泡個体差の少ない負帯電

が確認された。気泡径がスケールダウンすると，気泡表面積の増加，および，より狭い土壌間隙中への水浸透性の向上が期待される。土壌実験による，スケールダウン効果の定量的検証が今後の課題である。

5. おわりに

微細気泡技術は，水と空気というクリーン媒体のみで高機能を付与できるというユニークな特質を有しており，今後も有望なグリーンテクノロジーの一つとして幅広い応用展開が見込まれている。超音波照射下での遺伝子導入媒体としての利用[8]は，その広汎な検討例の一端を示している。しかし今までのところ，他の系に対しては，有用物質送達のためのマイクロ・ナノカプセルとして微細気泡を活用するという試みはなされていない。その理由としては，微細気泡とは言え，ナノ医療[9]の要である薬物送達カプセルのスケール（ミクロン以下）から見ると大きな径を有しており，送達ターゲットが限定されてしまう点がある。すなわち，今回対象としたサブミリからミリスケールの多孔性間隙が有用な役割を果たす植物培地は、医療分野以外で初めて見出された適切な送達ターゲットと言える。

本論文では，多孔性固体培地の代表例として土壌を取り上げ，微細気泡が生育を促進する窒素性物質を効率的に送達する媒体として有効に機能することを示した。本成果は，化学肥料の過剰散布という環境問題の解決に貢献するものと期待される。また，肥料散布が難しいコンクリートや樹木などの固体培地でも，第 4 節で基礎物性の検証を行った 1 ミクロンスケールのマイクロ（あるいはナノ）気泡の利用が有効であろう。適切なターゲットを見出し，ミクロンスケール以下の気泡が有する有用物質送達カプセル機能を示すことは，本論文で提案する「多孔性材料への高効率送達媒体としての微細気泡」というコンセプトの適用範囲を，植物培地にとどまらず多彩なナノ技術分野へと拡げる上で重要である。

（原稿受付　2009 年 5 月 12 日）（原稿受理　2009 年 12 月 22 日）

引用文献

1) J. N. Galloway, A. R. Townsend, J. W. Erisman, M. Bekunda, Z. Cai, J. R. Freney, L. A. Martinelli, S. P. Seitzinger, M. A. Sutton (2008): Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions, Science **320**, pp. 889-892.

2) 基礎から応用まで網羅した解説書としては、例えば下記を参照。柘植 秀樹編著（2007）：マイクロバブル・ナノバブルの最新技術，シーエムシー出版.

3) 微細気泡の安定化技術に関する下記の最新論文、およびその引用文献を参照。 E. Dressaire, R. Bee, D. C. Bell, A. Lips, and H. A. Stone (2008): Interfacial Polygonal Nanopatterning of Stable Micro-bubbles, Science **320**, pp. 1198-1201.

4) 福元康文，西村安代，橋詰和人 (2006) :マイクロバブルオゾン水の農業への利用，水～基礎・ヘルスケア・環境浄化・先端応用技術～（技術教育出版社），pp. 425-435.

5) W. A. Jury, W. R. Gardner, and W. H. Gardner (1991): Soil Physics, John Wiley & Sons.

6) 梨子木久恒（2006）：ナノバブル農業の可能性―生産力向上と環境保全―，微細気泡の最新技術（エヌ・ティー・エス），pp. 58-70.

7) 通常の微細気泡に関する報告は、下記を参照。M. Takahashi (2005): ζ Potential of Micro-bubbles in Aqueous Solutions: Electrical Properties of the Gas-Water Interface, J. Phys. Chem. B **109**, pp. 21858-21864.

8) C. M. H. Newman and T. Bettinger (2007): Gene Therapy Progress and Prospects: Ultrasound for Gene Transfer, Gene Therapy **14**, pp. 465-475.

9) V. Wagner, A. Dullaart, A.-K. Bock, and A. Zweck (2006): The Emerging Nanomedicine Landscape, Nature Biotechnology **24**, pp. 1211-1217.

[四万十・流域圏学会誌　第9巻　第1号 19－28　2009]

＜論　文(原著)＞

環境政策からみたモンスーンアジアの大都市圏における地下水保全政策

辻　和毅*

Groundwater Conservation Policy of Large Cities in Monsoon Asia in View of Environmental Policy

Kazuki TSUJI *
Gizyutu Kaihatu Consultant Co.,Ltd. 1-2-4,Tenjin,Chuoku,Fukuoka,810-0001,Japan

Abstract

This paper discusses groundwater conservation policies of such large cities facing population upsurge as Tokyo, Kumamoto, Hanoi, Ho Chi Minh, Bangkok and Dhaka and Kolkata in the Ganges Delta plain, which are all included in the Monsoon Asia. Basic standpoints of the study are to compare the groundwater policies dealt with the series of my papers with the comprehensive environment policies, which are intensively argued up to the present. In consequence comprehensive policies of groundwater conservation are clearly convinced and objectively understandable from integrated environmental viewpoints. Finally the outcomes lead to that sustainable way of groundwater use is to clearly be consolidated, taking regional condition into consideration.

Key words: Environment policy, groundwater conservation, environment risk, resource security of Japan

1. はじめに

地下水は地球の水環境の重要な構成要素であり、生物生存に必須の糧である。しかし、今日までその保全政策が諸々の環境対策と同様に包括的に論じられてきたとはいい難い。本論は議論が尽くされた感がある環境政策の視点から地下水保全政策をモンスーンアジアをフィールドとして具体的に考察したまとめである。

宮本(1995)は、まず「環境政策は公害を防止し、環境を保全することによって人間の生命・健康を守り、アメニティを確保するための総合的な公共政策である。」と基本的な認識を示し、続いて「それは都市計画や国土計画、ひいては地球全体の発展計画の枠組みとなり、また最優先すべき政策である。種類かつ地域によって態様がことなるので、環境政策は一元的に論じうるのでなく、それぞれ専門領域による個別の政策が必要である」と述べている[1]。ここでは「環境の種類と地域」で個別に考えることの重要性に触れている。

さらに、環境政策の手段を大きく①公共機関による直接規制と誘導②経済的手段③環境教育による自発的な保全の3つに分類した。まず日本では①が中心であったこと、②は1）補助政策―補助金や補償金（脱硫技術の開発など)、財政投融資（低金利長期の国家資金の貸付によるリサイクリング・工場移転など)、減税制度、公共事業・サービスによる助成（工業用水事業、処理施設の造成など）と、2）課徴金（PPP には反するが、減税の方が補助金より効果は高い）がある。③は①と②が発動する基盤となるが、政策の吟味は具体的な形として現れる①と②によるとした。そして日本の環境政策の歴史のなかで、新しい局面では行政指導や裁判所が形成した判例が大きな力を持ち、また環境行政の第一線にいた自治体の創造的な行政と下級裁判所の判決が中央政府の行政を改革し、住民の世論が大きな役割を果たしたと総括した。ここでは行政的にも社会的にもいろんな階層で政策の達成に向けた仕組みが可能であることが分かる。

いっぽう、松下（2007）は、実際に政策立案の立場にいた長い経験とその後の国際的な動向を踏まえ環境政策の手法とその組み合わせを、①計画的・総合的手法として、公害防止計画と環境基本計画をあげた。さらに②規制的手法、経済的手法などでは直接規制手法、枠組規制的手法、経済的手法、自主的取組み、情報的手法をあげた[2]。上述の両者と後述の植田(2007)の分類に大きな相違点はないため、本論ではほぼその分類に従って話を進める。

注目すべきは植田(2007)の「環境は経済的な性格として、公共財であること、土地固着性があり、地域固有財の性格を持つこと」の指摘である[3]。根源的には確かにその通りであるが、現状は地域により環境に所有権や財産権が設定され、諸々の資源のように経済財として生産要素に利用され、公平で公正な社会が破綻している。また環境政

*㈱　技術開発コンサルタント，福岡市中央区天神1－2－4

策の遂行を阻害ないしは遅延させている。この点でも今回取り上げたアジア各国の地下水保全策は多様である。

以上、簡潔にまとめた環境政策をふまえ、参考文献の 4)から 13)を材料として本論では地下水保全政策に密接に関係すると思われる、直接規制手法、経済的手法、自主的取組み、等の視点から今まで提案したモンスーンアジア各国の地下水の保全政策を整理し考察する。とくに土地所有権と公共機関の行政組織の相違点には留意した。

2. 日本の地下水保全政策

この章では研究の切り口として、日本の地下水問題をまとめる。日本は 20 世紀に入ってアジアではいち早く地下水開発に着手し、100 年以上の歴史が経過した。この間に図らずも日本は多くの地下水障害（公害と言うべきであろう）を経験し、その復興に東京湾岸の高潮対策だけでも 820 億円以上にのぼる費用を注いだ。その対策で得た技術的なノウハウや、事業を実施するうえで社会基盤となった政策や法律を年代に沿って体系的に整理した。それは、日本が経験した対策が、成功例と失敗例を問わず、その両面から各国の地下水をめぐる事象を解析する際に基本的な視点となり、各国の参考になる点は多いと考えたからである。

長い歴史のなかで日本が適用した主な政策は、法律による規制から始まる。施行地域を指定した特別法による直接の取水量規制である程度の成果をあげた。次いで上流側では重点的な公共投資によってダムを主として代替水源を開発整備し、工業用水を上水道に比べ安価に供給した。下流側では排水の水質規制と下水道料金が水利用を抑制する要因となった。結果として産業界では独自に自主的な経済的評価により回収水や節水機器の導入をすすめコストダウンに努めた。官民にわたる長年の努力の結果は「公害の救済と復興」という対症療法を乗り越え、「予防と地球環境の保全」に政策を進展させた。それは具体的には公害対策基本法が廃止され環境基本法(1993 年)が制定されたことに現れた。この意義は大きい。後に述べるように包括的な「水法」をもたない日本では、環境基本法が少なくとも水質の面から水環境を保全する法的基盤を実質的に作るべきである。現在では、その主旨に則った環境基本計画と条例をもとに地方自治体は先進的な保全策を進めている。熊本地域や富山県などはそのよい事例である。これらの主要な政策は、総合治水対策などと合体して、大都市圏の水環境保全政策シナリオを考える骨格となった。以下にそれぞれの政策について要点と問題点を記した。

2.1 直接規制政策

法制度による規制 ： 日本には地下水を特定目的として規制する法律は温泉法を除くと地域を限定した二つの法律（工業用水法、1956 年とビル用水法、1960 年）しかない。この 2 法は「地下水を採取したことにより地盤が沈下し、これに伴って高潮、出水等による災害が生ずるおそれがある場合において」地域を指定し、地域内での新規井戸の掘削や既存井戸の取水を規制した。従ってその後も安価で手近な水を必要とした工場群は規制を逃れて指定地外や地方に移転したため災害は拡大し、地下水公害の根本的な解決にならなかった。それを追うように指定は区や市あるいはその一部行政区界で小刻みに拡張され、最終的には両法で大都市圏を中心に全国で約 3600 km^2 になった[14]。このようないたちごっこの「あと追い」規制の法の欠陥が是正されるまでには、1980 年代に広域地下水盆における水収支の概念が定着し地盤沈下を予測する科学技術の進歩を待たねばならなかった。日本には自然界を循環する水（河川水や地下水、湖沼など）を包括的に律する法規（水法）がない。いずれは自然の水環境と地下水循環を包括する「水に関する基本法」的な法律が必要である。そこでは水環境を包括的に保全する国の基本理念を明確に述べ、引き続き科学技術の進歩を取り入れ、監督行政と管理組織の調整を法規で具体的に規定する必要がある。なかでも流域単位の水環境保全を志向した包括的な規定とすることが望ましい。許容される水資源の開発量を求める方向性などは関連実施法や計画・指針でより具体的に示されることであろう。最近水循環や保全に関する基本法を具体的に提言する動きがある[15]。三好（2007)は地下水の公有、関連法および自治体の責務を論じ基本法の内容を示した。

この点タイは早くも 1977 年に「地下水法」を定めほぼ一元的に適正に管理する組織が整った国で日本と対照的である。タイの規制法については後に述べる。日本の現段階では環境基本法とそれに則した環境基本計画および地方自治体の条例が地域性に応じ試行を重ねながらうまく地下水を管理している。この点では非常に評価できる柔軟な法制度であり、他国の模範となりうる。とくに第 7 条の「地方公共団体が区域の自然的社会的条件に応じた施策を策定し、及び実施する責務を有する」である。環境は地域性そのものであり、水循環を身近に感じその基本的な理解も自然に学習できる独自の共同社会を作っているものである。したがって異変や汚染を感じ保全する共通の意識も生まれ易い。本条は、「環境保全は地域で」という当たり前の基本認識を明言した点で画期的な内容であろう。実務的には地域は流域や水系が基本であろう。しかし、地方公共団体の成熟度や実務能力は各国によって異なるから、どこまで任せるかは国により慎重に考える必要があ

る。いっぽうで、環境基本法は理念が先行した面もあり環境権や環境税など実施法として重要な規定がないのが欠点と言われている[1]。

水質規制 ： 日本では水質汚濁防止法(1970 年)という法律による公共用水域への総量排出規制によって、工場排水の水質の管理と量の規制に多額の費用がかかるようになり水使用に抑制効果があった[14]。地下水の汚濁にも同じ規制がかかり、その汚染処理は実質上公共財的な取り扱いになった[16]。地下水の揚水規制が直接揚水を規制するのとは違い、水質規制は基準値を設けて排水する水質を監視し設備の改善や節水を促すという意味合いが強い。したがって経済的刺激策を組み込んだ面もあると考える。下水道料金への課金も同じである。アジア他国ではほとんど排水の水質が法律で規制されているにもかかわらず実効を伴っているところは少ないのではなかろうか。

2.2 経済的刺激策

代替水源 ： 上記の指定区域では地下水を規制する代償として代替水源は別の法律(工業用水事業法、1958 年)で早期に供給を保証され、地下水の削減に劇的な効果を挙げた[14]。宮本(1995)の区分でいえば、環境政策のなかで公共事業によって上流側で水源を確保し、地下水の削減に成功した例と言えよう。これは主にダム建設によって水源を開発した、膨大な予算と長い年月をかけた国家の大事業であった。工業用水を上水道と区別して安価に提供し産業振興を旨としたのも国策といえよう。建設には膨大な予算と時間を要するためアジアの他国で直ぐに実施できることではないだろう。タイを除いて各国とも代替水源の手当てが遅れがちで、水源を転換する保証がなされず地下水規制が思うようにできない地域があるのが実情である。

下水道料金 ： 上記と関係するが、大量の水消費者である工業用水は広域下水道や地域下水道に組み込まれ、水道料金に加えて下水道料金を支払う二重の負担になった。このため料金の支払いと節水機器の導入費用の経済的評価によって、とくに大口の消費者は機器の導入に踏み切り節水効果を挙げたことは間違いない[17]。家庭用も水道消費量に応じて料金を徴収されるようになった。

2.3 自主的な取組み

回収水導入 ： 反公害運動や公害訴訟の動きに対し、1965 年から 1975 年にかけて相次いで公害対策や水質汚濁に関係し、環境への負担を広く規制する法律（公害対策基本法、水質汚濁防止法、下水道法の改正など）が制定された。さらに第 1 次オイルショックが 1973 年に起きた。排水処理や代替用水という経済的負担の増加によって、企業は節水のため回収水と節水型設備を導入した。回収率は 1965 年の 36.3%から 1980 年の 73.5%へ倍増し実質的な工業用水量は 1970 年以降 140 億 m^3/年をピークに減少した[14]。日本の場合大企業が多い鉄鋼・化学・製紙の 3 種企業の冷却用が 70%以上を占める多量の地下水を使用していたため、大きな削減効果がでた。日本の主要都市圏の地盤沈下はこの時点でようやく沈静化した。しかし、アジアの他国の産業は構成業種と規模が異なり工業用水の回収水への転換はさほど容易ではないと想像される。

3. 最近の地下水をめぐる日本の国や地方自治体の動き

法律は国の基本的理念や政策を明文化し国を律する文書として最も重要である。地盤沈下が激しく大きな社会問題であった 1970 年代半ば、根本的な沈静化を目指して「地下水法」を制定する議論が盛んになされたが、結局陽の目を見なかった[18]。その 1975 年から 30 余年が過ぎた今日まで特に大きな動きはなかった。

ところが最近にわかに情勢が変わりつつある。まず、毎年国土交通省（土地・水資源局水資源部）が発刊する「日本の水資源」の平成 20 年版(2008 年)は、「はじめに」のなかで「水需要に供給が追いつかない状況から脱却しつつある」と認め、「気候変動により生じるリスクに対応するため、(中略) 水資源の量的な確保から、総合的な水資源マネジメントへと転換する時機にきている」と、施策の方向を転換したことをはっきりと示している[19]。これは「ウォータープラン 21」(1999 年)以来のことである。その第 I 編に「総合マネジメントへの転換」の章を設け、従来水資源に関するデータ集と、年ごとの水資源に関する特集的な内容に留まっていた白書から脱却し、冒頭の章に水資源管理に対する施策を明確に主張した内容に様変わりした。時期がやや遅きに失したとはいえ時代の動向に応えた適切な編集方針の転換として評価される。

そのなかでもとくに、「地表水と地下水が一体となったマネジメントの推進」の節の中で、「地下水についても公共的な性格を持つものとして取り扱い」（下線は筆者による、p.37）と表現して、地下水資源マネジメントの社会的合意形成を図ると明示した。これは、国土交通省が地下水の「公水化」に一歩踏み込んだ表現として注目される。しかし、仮にその主旨の法律が制定されたとしても、所管庁をどこにするかは別の次元の大きな問題である。水循環保全のもとに河川水や地下水・湖沼等を質と量の面から管理し、現在関係している複雑な行政組織を調整する能力が必要とされる時代になっているので、簡単に解決するとはとても思えない。従来

から言われているとおり日本の「水の縦割り行政の改革」は難題であるが、そのためには内閣直属の統合した強い権限を持った組織をつくる位の発想の転換が必要である。2003年10月に政府の関係省庁連絡会議（環境省、国土交通省、農林水産省、厚生労働省、経済産業省）は「健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて」をまとめた。しかし内容は総花的でそれぞれの立場から意見を述べただけで誰がどうまとめるのか方向性がよく分からない[20]。

さらに、2008年には水行政に関係する国会議員および学識経験者、市民が水問題に関する研究会を立ち上げ、活発な動きをみせている[21]。水資源に関する諸問題 - 縦割りの行政制度、食料自給率にからむ自国の安全保障、それと裏腹関係にある国際貢献や地下水の適切な管理と利用、減反政策の見直し、ひいては地球温暖化の影響など広範なテーマを掲げている。1974年に大々的報じられた当初の議論から35年経ったいま、地下水を含む水行政と政策が大いに議論され、法律として具体化されることを期待したい。

次に地方自治体の動きとして、熊本県と熊本市の地下水保全条例を取り上げる。県の第1条では、「地下水が欠くことのできない地域共有の貴重な資源である」[22]という県民ミニマムの基本認識を述べるに留まり、他県ととくに変わる条文はない。しかし地下水が社会性を持つことは明言している。それに比べ熊本市は2007年12月に地下水条例を全面的に改正し、翌年7月に施行した。その条文のなかで「公水（市民共通の財産としての地下水をいう）との認識の下のもとに」保全を図ると大きく地下水を公共財とする表現に踏み込んだ[23]（下線は筆者による）。日本の地下水関連の法律や条例で「公水」という表現を示した初めての例ではなかろうか。今後の波及効果が注目される。条例の規定に法律が規制していない新たな条項や基準を盛り込む、いわゆる条例の「上乗せ条例」や「横出し条例」については「最近では環境規則に関する条例については、これを禁ずる規定がない限り、（中略）上乗せ条例の合憲性を認める」[24]とある。この点この条文は通常行なわれる水質の基準値の厳格化以上にかなり踏み込んだ「上乗せ条例」と言えるだろう。私見だがこの条例の改正と、同市が全国でもいち早く1977年に地下水条例を制定して以来30有余年、地下水保全に取組んだことが評価されて、2008年に「日本水大賞グランプリ」を受賞したことは偶然ではなく「改革は地方から」という全国の関係者からのエールと考える。同市は「地下水保全プラン」の第1次5年計画を2008年に終えた。この時点で全て目標値を達成した訳ではないが、さらに2013年を目標年とした第2次計画に入り人工涵養量の増加と地下水量削減の達成に向けて新たな段階に入った[25]。地下水を主とした水環境のローカルガバナンスの実例として今後とも推移を注視したい。

4. 東南アジア・南アジア各国の地下水保全政策

つぎに日本の歴史と経験で学んだ基本認識を教訓として、アジアの大都市圏の自然的側面や社会的・経済的な側面を地域性に配慮しながら整理した。その際、野外調査と現地専門家から得る最新の情報を第一義資料とした。さらに、アジア各地で発生した地下水の水質汚染に関し、人の生命にかかわる水の安全保障問題を指摘した。最も悲惨な例としてインドとバングラデシュにまたがるガンジス平野を取り上げ、自然起源による高濃度のヒ素の特異な汚染分布が、第四紀最新期の海水準変動に伴う地質的な堆積環境の変遷から説明できること、その地質構造をうまく適用して、低濃度汚染地域の地下水開発ができる可能性があること、ガンジス川の北の比較的乾燥した気候帯に分布し、透水性の良い地層から構成される段丘堆積地を農業灌漑の対象地とし、人工涵養池として併用する地下水強化策が考えられることを示した。

最終的に、モンスーンアジア地域の一連の議論の結論として国際的な環境保全の動向を配慮し、地下水保全施策のシナリオ（道筋）を提言した[13]（**Table 2** はその抜粋）。原表では地域を縦軸とし政策項目を横軸とした。表のなかには、すでに終了した項目、進行中の項目、まだ手を付けていない項目がある。**Table 2** では政策として本論に抜き出し強調した項目や、時間的に優先順位の高い項目のみを示した。このように広い地域を水理地質から政策まで横断的に俯瞰（ふかん）して考察した保全政策論は、文献 4）～13）と本論を含めた論考が初めての試みであろう。主要な政策を個別にまとめると次の通りである。

4.1 直接規制政策

法制度 ： 地下水の場合自然の水循環に適った形の法律が存在するかどうかと、地下水を公共財と定める法律（慣習法、判例を含む）の有無によって、政策の進め方は大きく違ってくる。タイはアジアでいち早く「地下水法」(1977年)を制定し、地下水は天然資源環境省の地下水資源局（産業省鉱山資源局が発展改組）が一元管理している。地下水開発は1950年代から始まり、地盤沈下の被害が発生した。最終的にバンコック首都圏を含むチャオプラヤ平野の南部7県を地下水規制区域に指定した。この規制策は後述する「地下水料金」の経済的刺激策とほぼ同時に施行された特異で矢継ぎ早の政策展開で、地下水量を抑制した。その指定

は年間の地盤沈下量か地下水位降下量に応じて３段階に分けた。また、区域も最終的には約１万km²におよび、関東平野の２倍弱の面積である。当初から影響圏を地下水盆の概念で捉えて広く網をかけたのか、産業界に対する力関係が圧倒的に強かったのか、日本の小刻みな「あと追い指定」と比べてスケールが相当に大きい。その結果最近では主帯水層の地下水位がGL－60mから－30m位まで回復した。しかしこの間当初の1983年の規制以後、区域外に工場が逃れて地盤沈下被害地が拡大・移動したため、1995年に大幅に規制域の拡張をしたこと、塩類汚染が海水浸入だけでなく海成層の化石塩水の浸出もあって予想外に内陸までおよんだこと、小刻みに料金を値上げせざるをえなかったなど思わぬ苦い経験をした。これは、料金制度を除き関東平野と同じ状況であるが、タイの指定基準は明確で規模が大きい点が異なり優れている。

ベトナムでは全国に適用される地下水に関する法律はまだ制定されていない。規制は政府の政令によっており、その施行は地方政府に任されているため政策の実施は地方によって足並みが揃っていない。現在規制を実際に施行しているのは、ハノイ市とホーチミン市である。

バングラデシュでは、地下水のヒ素汚染という重大問題を抱えているにもかかわらず、今も地下水や水道水源に関する法律は無い。これは1993年にヒ素汚染が発見されて以来、引き続き山積するヒ素汚染という難問に対して政府が当面の対応に追われていたため、Policyと Water Guidelineをつぎつぎと制定するのが精一杯だったためかと想像される。未だに地下水管理に一番基本的な法制度には手がつけられていない。

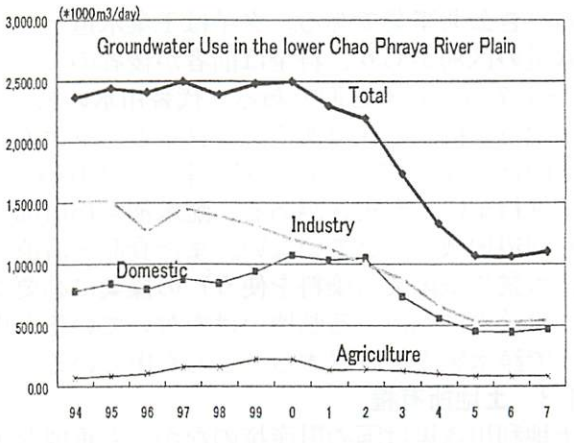
インドでは中央政府から1970年に地下水管理のモデル法案「Groundwater Control and Regulation Bill」が各州に提示され(1991年改定)、制定は地方政府に任された[26]。この法案では地下水に対する権利は一切州政府に属し、調査・差し押さえの規定があるほか、多額の罰金、投獄、電力供給の停止も規定し、家庭用の井戸以外の井戸についてはかなり厳しい罰則を定めている。インドの地下水問題の深刻さが伺える。西ベンガル州の州都コルカタでは一応法規制はあるが、監視が不十分で地下水位の低下と塩水化が特に南部で収まっていない。上水道のおよばない農村地域では地下水のヒ素汚染が、フグリ川東岸を中心に深刻である。

水質規制と下水道：日本では工場排水に水質規制と下水道料金を課すことによって、節水効果をあげた。タイでは近々下水道料金を課すことを考えているが、排水量を公平に把握する仕組みと適正な価格（1ﾊﾞｰﾂ/m³？）が肝要である。下水道と浄水設備は地下水政策以前の社会基盤整備であり、都市の衛生からも重要な政策で今後の大きな課題で優先順位の高い政策である。しかし初期投資のかかることであり、どの時点でいくら投資するかは国の財政に係わってくることで、一律に推奨できるとは限らないであろう。

4.2 経済的刺激策

地下水料金：これは基本的に財産法制と地下水の所有権に係わることである。タイでは「地下水法」で工業用水と一部の農業用水に地下水料金と地下水保全協力金を追加制定した。給水量が多い首都圏水道機構では両者を加えた時点で初めて水道料金より高くなり、この段階で地下水取水量が激減した[27]（**Fig.1**）。すなわち課金の効果は、代替水源に近いかより高くならないと顕著に現れないという貴重な教訓を示した。このように地域指定による規制政策と経済的負担（課徴金）を同時並行で進めることができた特異な国はタイだけである。しかも同時に代替の上水道を増強し、その料金を現状維持から微増に抑えて水源転換への奨励策を図っているから、いかにタイ政府が地盤沈下に危機感を抱いて対策を急いだかがよく分かる。**Fig.1** をもとに地下水料金との相関関係を分かり易くするため、地下取水量の年ごとの増減を累積量の変化で示したのが **Fig.2** であり、上水道給水量との関係を示したのが **Fig.3** である。

Fig.1 用途別地下水取水量の変化(m³/d)



まず、**Fig.2** の左図は地下水料金設立の1985年から1997年まで取水量が増加する時代で、料金は1ﾊﾞｰﾂ/m³から3.5ﾊﾞｰﾂ/m³（1ﾊﾞｰﾂ=3.5円）への値上げを経て1997年の通貨危機に至るまでの地下水量の累積増加量を示している。右図は2000年から2007年にかけての、取水量減少時で、料金は3.5ﾊﾞｰﾂから8.5ﾊﾞｰﾂ/m³への段階的に値上げされ、2004年から2006年へかけて地下水保全協力金が追加され、最終的に8.5ﾊﾞｰﾂ/m³になった。したがって8.5*2=17ﾊﾞｰﾂ/m³が課金された。随分高い。**Fig.3** は地下水料金の変化（右軸）と上水道供給量とその工業用水料金を示している。家庭用の水道料金は両機構ともに工業水道料金の 60-70%と安く設定され、日本と逆である。水道料金と（地下水料金＋地下水保全協力金）が接近し、あるいは逆転した時期に地下水使用量が急激に減少していることが分かる。

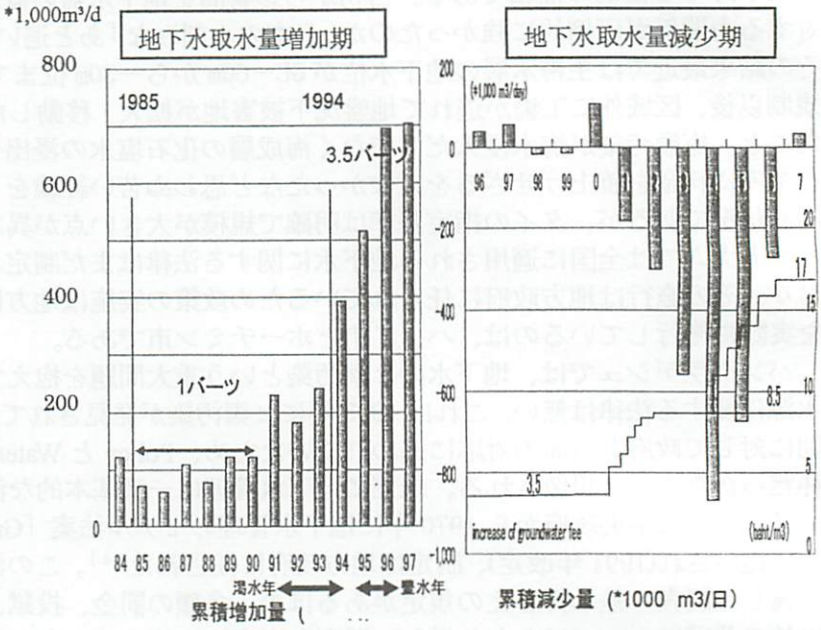
また地下水利用に関係深い非農水産業のGDPの変化をみると、1997年の通貨危機の影響で、1998年は前年比11.4%減で最低となり5年経った2002年になって1997年のレベルにやっと回復した。この経済低迷の影響も大きい。図中の下向きの矢印は料金改定年を示している。

さらに集まった地下水料金等は地下水開発基金となり政府予算に入らない。半分は集金等の事務・経営費に使われ、半分は地下水保全の調査・研究に使われる。地下水保全を推進する地下水(環境)目的税の役目を果たしている。実に賢明な策である。予算の使途は関係各省からなる委員会で決められるが、地下水資源局が独自の予算を持ったに等しい。2003年現在その額は1300百万バーツ(約45.5億円)に達したが現在は減少している。

ベトナムでは1998年に出た政令によると、天然資源税（一般家庭は除く）はその価値に対する一定の割合で定められ、資源の価値評価は地方政府に任されている。

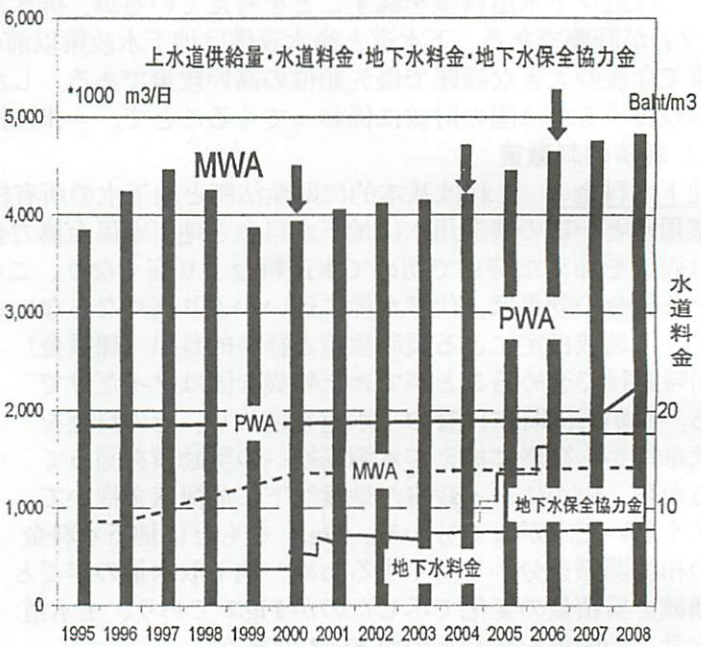
これに則り2007年ホーチミン市は、地下水取水を規制するため、地下水税を工業用水に課すことを始めた[28]。しかし水道料金に比べm³当りの単価が極めて低く、とても抑止効果が出るとは思えない。タイと同じく将来値上げすると思われるがその後の効果を注視したい。日本では地下水は私有権に属し、行政側が料金徴収を適用する法的基盤は存在しない。

Fig.2 工業用地下水の累積変化量（左軸）と地下水料金（右軸）



地下水料金はある程度額以上の負担にならないと抑制効果を発揮しない

Fig.3 MWA(首都圏水道機構)とPWA(県域水道機構）の上水道供給量と工業用水料金（バーツ/m³）



上水道 ： 上水道は人の安全と街(まち)の衛生に係わる生活基盤投資であり、優先的に進められるべき公共事業である。タイは工業水道と上水道の区別があり、料金は前者が後者の1.4−1.7倍で日本と逆である。代替用水の供給は地下水抑制の柱であるが、タイとベトナムの両国とも30%に近い高い漏水率に示されるように供給量に不安定さがある。配水網も都市部から周辺地域に延びていない。また食品・清涼飲料水業や繊維業（染料を使う）の操業に必要な水質が確保されていないという声が産業界にあり大量消費者に水道水に転換する動機づけを欠いていると思われる。これは大きな問題である。タイの食品企業者には自前で浄水施設を設置するところも出ている。

4.3 土地所有権

土地利用政策は国の財産権のなかでも重要な土地所有権制度にかかわる大きな問題である。土地利用は地下水の開発地、地下水強化につながる人工涵養池、涵養した地下水の利用に関して密接に地下を流動する地下水と関係する。さらにアジアのデルタ特有の低平地にある大都市圏は洪水被害が多く、治水対策と切り離せない。流域の土地利用をうまく洪水対策に組み込み、地下水強化につながる人工涵養やその下流で揚水する地下水利用を公共事業とするためには、土地の所有権や借地権に抵触するため法律の裏づけが必要である。

社会主義国のベトナムは国有制で、地下水は天然資源と同じ扱いであるため政策が進めやすい。その点私

有制の熊本とタイでは一定期間土地の賃借料を払って、所期の目的を達成しているが、農業振興の点から賃料収入を頼りとしないように限度を設けている。洪水の遊水池として上流域を公有地化する政策が整えば一番効率的だが、生活がかかる農地主と必ずしもうまくゆかない。バンコックで進行中の「総合治水対策」の場合、周辺に非構造物対策に用いる土取場と雨水貯留容量池として 1270 万 m^3 の国有地を確保してあり、遊水池兼涵養池として適した土地条件である[29]。技術面からも人工涵養は水理地質学的に可能性がある政策であることを示した。しかし土地の所有権には地域性があって一概に進めることは難しいことも指摘した。

また重要なことは大都市圏の後背流域に広がる水田地域である。関東平野は不運にも高度成長時代に無秩序な都市開発で川をコンクリート水路に封じ込め、後背流域の田畑を宅地化し同時に地下水の涵養域を虫食い状態にして失った。この失敗を繰り返さないために、上流の田畑を地下水の涵養地域として適格な環境マネジメントの下で水循環を維持するシステムを作ることが重要である。最も肝要な点はそこに住む農業従事者に農業を継続する「動機づけ」を定着させることであろう。これは環境マネジメントに必須の要素である。

4.4 行政改革－地下水環境管理組織の一元化

環境管理組織 ： これは文献 1)と 2)にないが、3)にある項目で、地下水保全政策の推進に大きな役割を果たしていることは疑いないであろう。自然界の水循環に則して法律を施行するには、管理者を一元化することが原則であろう。この点水行政の縦割りを改革したタイの政策は時代に先行し模範となる。農業用水を管轄する伝統的な RID（王室灌漑局）と調整の問題は残っているが、いずれ改革が功を奏するであろう。

ベトナムは天然資源環境省に地質鉱物資源局があり、北部（ハノイ）と南部（ホーチミン）の調査所に分かれて技術的な指導をしている。政策面の管轄はよく分からないが、法制上のプロセスは上に書いた通り政令に従って地方政府が実施を決める制度である。話は少し変わるが、科学技術を政策へ反映するに当たってハノイとホーチミンでは大きな違いがある。ハノイは水収支評価によって将来的に地下水量は限界にあると早く見極め代替用水を準備したが、ホーチミンは長く地下水に依存しすぎ地表水への転換という重要な政策決定の判断が遅れたため、地下水の削減に無理な計画を市民に強いた。両市の水政策施行の遅速の差は際立っている。科学技術の導入がいかに重要であるか、これからの数年の水政策が両市でどう展開してゆくか注意深く見守ってゆきたい。ベトナムは一般に官庁は非常に閉鎖的で、情報を公開しない。大学との交流でないと資料の交換は難しく、問題点の議論がしにくい。日本は情報公開の敷居は低くなったが、水行政が所管省ごとに縦割りであり一元化されてなく,なによりも水循環を包括する法律をもたない点で一番遅れている。

国連のユネスコで主任コンサルタントを長く勤め、IHP の座長でもある A 博士は、水理地質学者であり、法律の専門家でもあるが、2008 年 11 月国連大学のワークショップの席で、「日本のような進んだ国に地下水法がまだないとは不思議でしょうがない」と語っていた。彼の出身地である EU（欧州連合）はすでに 2000 年から「水枠組み指令」（EU Water Framework Directive）によって、国を越えた流域単位で表流水と地下水を統合した水管理を組織的に目指す取組みを始めた[30]。加盟 27 ヶ国は指令の遵守に必要な法律等の発効を義務付けられ、幾つかの段階を経て 2015 年を最終年として、「良質な水」とすることが目標である。その 17 条が地下水に関する内容で主に汚染防止と監視である。水紛争の種となる国際河川や流域を有しない日本で同じような法律や行政組織をなぜ作ることができないのか、真剣に考える時期に来ている。

4.5 自主的な取組み

回収水 ： 日本の工業用水の削減に対して企業が回収水を利用した貢献は非常に大きく現在は 80%近い[14]。しかしそれも業種と企業規模によって大きな差が有ることを理解しなければいけない。タイとベトナムで水資源を大量消費する業種は現在の日本でも回収率が低い食品・清涼飲料水、繊維、金属加工等が主で、今後も地下水取水の削減要因になり難い。政府から代替用水の早期整備や節水設備導入を促進する補助金や減税等による誘導政策が必要である。補助金は社会的な不公平や汚職の要因になり易く、減税が効率的といわれる[1),2)]。以上に述べた地下水保全政策を環境政策分類を縦軸に国別を横軸として **Table 1** にまとめた。

5. モンスーンアジアの安全な地下水問題と「環境リスク」

東南アジアと南アジアにおける人命に係わる安全な地下水問題は自然起源によるヒ素汚染である[11]。とくにガンジス平野における地下水のヒ素汚染対策は大規模で緊急の課題である。バングラデシュ政府が長い間の試行錯誤の末決定した砂・礫による浄水槽の建設政策は現在進行中で着実に進めなければならない。本論では短期的～中期的なシナリオとして、「①BAMWSP（バングラデシュヒ素軽減水供給事業）[31]と SOES（ジャダブプール大学環境科学教室）[32]が明らかにした汚染濃度の割合が低い地域の水理地質的素因は、今回の地質解析でほぼ明らかになったと考えるので、その地域を優先的に開発すること、②この低濃度の地

Table 1　環境政策からみた各国の地下水保全政策

環境政策分類			日本	タイ	ベトナム	バングラデシュ
直接規制政策	法制度	量的規制	地下水特別2法 自治体条例	地下水法	(政令で地域により施行に差あり)	(政策) (ガイドライン)
			取水制限、 区域指定	取水制限、 区域指定	取水制限	無
		水質規制	水質汚濁防止法等 環境基本法、条例	法律あり	法律あり	とくにヒ素汚染
経済的刺激政策	代替水源 (上水道)		主にダム開発で 表流水転換済み	主にダム開発で 表流水に転換中	ダム開発で表流水 に転換中	農村域では無
	地下水料金		無	地下水料金 地下水保全協力金	大都市で課金 を開始、安価	無
	下水道料金		課金	首都圏で課金開始	無	無
自主的な取り組み	回収水利用		産業界で導入 抑制効果大	産業種により 導入困難もあり	産業種により 導入困難もあり	ヒ素軽減装置 導入を優先

域は南北性の埋没した化石谷の方向と調和することから、地下は比較的透水性が高いと推定され、洪水の排水と遊水池を併用した人工涵養型導水路を計画する好い条件を有していること、③ガンジス川の北部の透水性の高い段丘に灌漑用水を浸透させ人工涵養を検討すること、このルートは下流で上記の導水路と合流する、④国境をまたぐ帯水層の情報を共有すること」ことを提言した[11),13)]。

さらに、ベトナムのバックボ平野とメコンデルタでヒ素汚染が発見された。両地域とも高濃度のヒ素が濃集する地域は細粒堆積層や植物腐植土が分布する地域や層準と重なり、ガンジス平野と共通している。さらにそれらが第四紀最新期の海水準変動によってできた思われる化石谷を埋積した地層が分布する地域に相当する[12)]。今後この地域を避けたかたちで地下水開発を進めるように提案した。

ここに地下水開発においても、保全策と表裏一体の関係にある予防的な方策として「環境リスク」[33)]の考え方を活用する価値がある。一般に「環境リスク」は環境に好ましくない影響が起こりうる可能性の確率と考えられている。多くの場合環境リスクは予知や計算ができないから、規制管理に費用便益分析の考え方を適用しリスク削減策を選択する判定基準として用いられている[3),33)]。本論で問題とする地下水の水質汚染は大半が自然起源であり大規模で困難な環境リスクである。また長期的には低平なデルタが多い東南アジアから南アジアでの「海水準上昇」であろう。それらはヒ素に汚染された地下水、地下水の塩水化と土壌の塩分濃縮など多くの素因や誘因が潜在し、国民の健康と国土保全に脅威となる。そのなかに例えば汚染村の規模と施設費用など上記の判定基準で軽減策を評価し優先順位を決めうるものもある。しかしガンジス平野では現在でも少なく見積もって約 4200 万人が 50 μg/ℓ（WHO 基準値の 5 倍）以上の濃度の地下水を毎日飲用していると推定され、規模が桁違いに大きい[11)]。疫学調査は長年の飲用により皮膚や肝臓がんを発症するとしている。これはリスク図の分類では発生確率も被害規模も大きい削減領域に入る[34)]。環境リスクでは自然起源の汚染は甘受して逃避しかないという範疇に入るようである[33)]。しかし発生している厳しい現実は座視できず、緊急策の汚染軽減装置の早急な設置はもちろん、すぐに表流水の浄化水（雨季にメグナ川流域低湿地に出現する広大な洪水湛水池, Beel をダム化する等）の配水が検討されるべきであろう。いわば自然起源のリスクでは「環境リスク」は選別して適用する必要性を教えていると思われる。

おわりに　－　アジアとのお付き合いも含めて

本論では基本的なこととして、地下水保全政策を着実かつ迅速に実施する社会的基盤を構築するためには、地下水の法制的な位置付けが必要なことを強調した。タイでは地下水障害が発生してから間を置かずに 1977 年に地下水法を制定し、アジアの各国に比べかなり踏み込んだ施策を実施し、地下水障害の回復に努めた。これは地下水に関する法律が制定され、地下水は公共財として法的位置づけが明確であり、ほぼ一元管理する行政組織を構築したタイにおいてはじめてできた施策の展開であろう。

いっぽう、日本では国の議会制定法上は公共財とされていない。しかし戦後は民法の規定に基づいて、私権は公共の福祉を侵害しない範囲と規定した判例があり地下水の実態に近づいた解釈に変化している[35)]。しかし法的にあいまいな存在であることに変わりない。現在では環境基本法とそれに則した環境基本計画および地方自治体の条例によって水循環保全の一環として地下水の保全管理は実質的に機能している。

他方、上に個別に述べたように、地下水の取水量に影響力を持つ大量消費者である企業者は、政府の補助や減税政策に直結する上下水道料金や地下水や代替の工業用水の価格と時代の経済動向に敏感で、節水施設

導入との経済的評価を重視し使用する水の選別に大きな影響を与えていることが分かる。ここでは政策決定者としてアメ（代替用水や補助金、減税など）とムチ（規制、課徴金など）を適時に組み合わせて社会的なバランスを保ちつつ施策を遂行してゆくことが重要な鍵となることを示している。

最後に、日本がアジアと今後どう付き合ってゆくか－この課題は地理的にアジアの極東に日本が位置する以上、またアジアと平和で友好的な関係を継続しようと希求する限り、避けて通れないわが国の安全保障にかかわる重要かつ持続的な課題である。参考文献にあげた筆者の一連の拙論とこの論文は21世紀の最大の問題と言われる水資源問題のなかで、とくに都市用水（生活用水＋工業用水）として人間にもっとも密接に関係する地下水問題について日本とモンスーンアジア4ヶ国の大都市圏の側面を明らかにした。なかでも人の生命に直結する水資源や地下水の保全政策、安全な水にかかわる検討内容は、将来にわたって日本がアジアに向けて、実のある国際関係を築いてゆくために当事国に発信してゆく基本的な材料となるものである。そしてそれは日本の技術支援にもつながってゆく。この研究でまとめた重要な課題を実現するためには技術者が政策担当者ときたんのない会話の機会を持つことが肝要である。幸いに、地球の環境問題の国際会議を契機に1980年代頃から水理地質学の理解や技術の成果が、徐々に地下水保全の施策に取り入れられるようになった[36]。これは単なる偶然でも技術の進歩だけではなく、人類に共通する地球規模の環境をテーマとして科学者と政策担当者が国際的にも、国内的にも直接に会話をしなければ、問題を軽減する方策（グローバルガバナンス）がなにも具現化してこないという前途多難な時代背景が追い風になっていると考える。

地下水は流域や、時には流域を越えた地下水盆に胚胎し、地球の水循環の一環をなす重要な要素である。過去に人は過剰な地下水利用によってそのバランスを崩し予期せぬ障害を招き、多大の犠牲と資金を費やして復興に努めた。したがって地下水の保全を水循環の視野で比較研究するためには、水を取り巻く水環境問題を各地域の人々、とくに政策決定にあたる立場に近い専門家がどう考えているかを知ることが重要である。

この研究ではそのため各国の専門家や関係者から直接話を聞く機会を数多く設け、現場と関連施設を見学し、フィールドワークを踏まえてものを考えることを重視してきた。これまで築いた人間関係は財産である。本論にまとめた成果は日本の地下水問題にフィードバックされ、将来の開発や保全を再考することであり、また日本が将来にわたってアジアと平和で友好的な関係を築いてゆく限り、わが国の資源や食糧の安全保障を保持するために必要な関係諸国との対話の材料を提供することも意図している。

以上、2，3，4，5の各章にまとめた政策から地域性に応じ優先順位が高いと思われる懸案事項と緊急の課題を**Table 2**にまとめた[13]。この選定には文献13)で論じた保全政策シナリオを踏まえている。

Table 2　モンスーンアジアの各地域で優先順位が高い地下水保全政策

地　域	技術的課題	社会的・経済的制度	国家的課題	緊急の課題
関東平野	地下水位回復の反作用、地盤沈下 水資源間の有効利用	地方特性配慮型の 水資源管理	長期気候予測対応 水基本法	地下水汚染 一部の地下水位 回復対処
熊本地域	人工涵養・水質汚染	広域的環境ガバナンス	水基本法に 則した条例	水道施設更新 節水
チャオプラヤ平野	地下水位回復、 人工涵養	代替水源の確保・維持	総合治水対策	工場配置転換
バックボ平野	全域の地下水収支と 評価	水行政の融通 （代替水配分）	長期治水・ 水資源計画	ヒ素等の汚染対策
メコンデルタ	全域の地下水収支 と評価	安全良質水源の確保	長期治水・ 水資源計画	ヒ素汚染対策 塩水化防止
ホーチミン平野	全域の地下水収支 と評価	代替水源の確保 地下水料金の改定	中長期 水資源計画	地下水料金・節水 工場団地配置転換
ガンジス平野	全域の地下水収支 ヒ素低汚染地下水開発	人工涵養と経済格差軽減 国土の保全（洪水、浸食）	長期水資源計画	浄水槽建設 維持運営組織構築

謝　辞

本研究には独立行政法人「科学技術振興機構」（JST）による戦略的創造推進事業（CREST）平成15年度採択課題「人口急増地域の持続的な流域水政策シナリオ」－モンスーン・アジア地域等における地球規模水循環変動への対応戦略（研究代表者砂田憲吾教授）の一部の研究費を使用している。関係各位に厚くお礼を申しあげる。

（原稿受付　2009年9月7日）（原稿受理　2010年1月16日）

参考・引用文献

1) 宮本憲一（1995）：環境政策の国際化，実教出版，東京，pp. 207-233.
2) 松下和夫（2007）：環境政策学のすすめ，丸善，東京，pp. 83-113.
3) 植田和弘(2007)：環境経済学，岩波書店，東京，pp. 1-16. pp. 105-113. pp. 145-148.
4) 辻和毅（2005）：日本の地下水法制と地下水盆管理，四万十・流域圏学会誌, Vol. 4, No. 2, pp. 3-10.
5) 辻和毅（2006a）：アジアモンスーン地域・沖積平野の地下水利用と保全政策の比較(その 1)，四万十・流域圏学会誌, Vol. 5, No. 2, pp. 43-50.
6) 辻和毅（2006b）：アジアモンスーン地域・沖積平野の地下水利用と保全政策(その 2)，四万十・流域圏学会誌，Vol. 6, No. 1, pp. 23-30.
7) 辻和毅（2006c）：アジアモンスーン地域・沖積平野の地下水利用と保全政策(その 3)，四万十・流域圏学会誌，Vol. 6, No. 1, pp. 31-38.
8) 辻和毅（2007a）：アジアモンスーン地域・沖積平野の地下水利用と保全政策(その 4)，四万十・流域圏学会誌，Vol. 6, No. 2, pp. 25-34.
9) 辻和毅（2007b）：第５章　アジア・モンスーン地域・氾濫原沖積平野の地下水利用と保全政策，砂田憲吾編著「アジアの流域水問題」，技報堂出版，東京，pp. 226-243.
10）辻和毅・村上雅博（2008a）：アジア氾濫原沖積平野の地下水保全を考える，不知火海・球磨川流域圏学会誌，Vol. 2, No. 1, pp. 15-26.
11) 辻和毅（2008b）：国境にまたがる帯水層―ガンジス平野から安全な地下水問題を考える，四万十・流域圏学会誌，Vol. 7, No. 2, pp. 31-40.
12) 辻和毅（2008c）：熱帯モンスーン地域における地下水と第四紀最新期の海水準変動，四万十・流域圏学会誌，Vol. 8, No. 1, pp. 35-44.
13) 辻和毅（2009）：アジアモンスーン地域・氾濫原沖積平野における持続的な地下水利用のための保全政策シナリオ，四万十・流域圏学会誌，Vol. 8, No. 2, pp. 15-26.
14) 国土交通省・土地水資源局(2004, 2005, 2006, 2007)：日本の水資源，平成 16, 17, 18, 19 年版.
15) 三好規正(2007)：流域管理の法政策，慈学社出版，東京，pp. 104-144.
16) 三本木健治（1999）：国土の管理と利用，山海堂，東京，pp. 138-143.
17) 水収支グループ編.(1993)：地下水資源・環境論，共立出版，東京，pp. 273-284.
18) 遠藤浩・雄川一郎・金沢良雄・塩野　宏・高橋　裕（1975）：＜座談会＞地下水法制について，ジュリスト，No. 582，pp. 16-48.
19) 国土交通省（2008）：日本の水資源　平成 20 年版―総合的水資源マネジメントへの転換―，pp. 1-42.
20) 健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議・環境省・国土交通省・農林水産省・厚生労働省・経済産業省(2003)：「健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて」，概要版　11p.
21) 水制度改革国民会議（2008）：http://mizuseidokaikaku.com/index.html　設立趣意書　など
22) 熊本県（2000）：熊本県地下水保全条例，http//reiki.pref.kumamoto.jp/reiki.
23) 熊本市（2008）：熊本市地下水保全条例，22p.
24) 松村弓彦（1999）：第１章序説，「環境法」，成文堂，東京，pp. 1-49.
25) 熊本市（2009）：熊本市地下水保全プラン―定着・強化・保全―（素案），51p.
26) 多田博一（2005）：第Ⅳ章　地下水資源とその利用，「インドの水問題　州際河川紛争を中心に」，東京，創土社，pp. 315-343.
27) Sucharit, K. et al. (2009)Data Compilation of the Directorate of Water Resources, Thailand.
28) 滝沢智、他(2007):Towards sustainable management of groundwater resources in Ho Chi Minh City (HCMC), south Vietnam, 砂田ｸﾚｽﾄ発表会資料.
29) 松下潤(2006):バンコックの急激な都市化のもとでの流域管理政策手段，砂田ｸﾚｽﾄ発表会資料. 2p.
30) 今後の地下水のありかたに関する懇談会（2007）:「報告」健全な地下水の保全・利用に向けて，81p.
31) http://www.bwspp.org/photo_albam.html#SCreening%20Resulat (2006)：(National Arsenic Mitigation Information Center、Bangladesh).
32) http//www.soesju.org.arsenic/wb.htm (2007):Groundwater Arsenic Contamination in West Bengal-India(19 years study) Reported work done by SOES (The School of Environmental Studies, Jadavpur University).
33) 中西準子（1994）：水の環境戦略，岩波新書，東京，225p.
34) 日本技術士会編（2001）技術士制度における総合技術監理部門の技術体系. pp. 113-127.
35) 三本木健治（1999）：判例水法の形成とその理念，山海堂，東京，pp. 122-128.
36) 沖大幹（2007）:第２章　水の需給の動向，「学術審議会・資源分科会報告書」，科学技術，pp. 1-18. など

［四万十・流域圏学会誌　第9巻　第1号　29－40　2009］

＜論　文(原著)　＞

沖縄・石垣島における環境･経済調和型農業モデルの促進 －農地からの赤土流出抑止によるサンゴ礁保全の視点－

松下　潤*1，入嵩西正治*2，安谷屋隆司*3，

Enhancemenet of Eco-economy-balanced Agri-model in Ishigaki Island, Okinawa Province －Toward Conserving Coral Eco-systems through Topsoil Run-off Reduction from Farmlands －

*1Jun MATSUSHITA , *2Masaharu IRITAKENISHI and *3Takashi ADANIYA

*1 Shibaura Institute of Technology, 307 Fukasaku,Minuma-ku, Saitama-shi,Saitama-ken, 337-8570 Japan

*2 Ishigaki Farmers Inc, 152 Shinkawa, ishigaki-shi, Okinawa-ken, 907-0024 Japan

*3 Agri-business Consultant, 4-44 Shuri, Naha-shi, Okinawa-ken, 903-0804 Japan

Abstract

This paper intends to investigate and propose the way to materialize eco-economy balanced agriculture model in Okinawa Province, the southern territory of Japan. The eco-economy balancing in local agriculture sector is strongly desired to promote on-farmland topsoil run-off reduction measures efficiently so as to efficiently preserve fragile coral eco-systems in the basis of higher profitability for local farming. Firstly, chronological study was made to scrutinize the top-soil run-off problems in relation with recent introduction of modernized large-scale farmland development in 1970s with full chemical fertilizer use. Secondly, evaluation was made to clarify the effects/merits by organic farming combined with animal-waste composting which had been and/or could be the basis of sustainability in local agriculture assimilated with subtropical climate. Thirdly, the necessity of socio-economic platform is discussed to boost such up-to-date agriculture systems.

Key Words: Eco-economy balanced agriculture model, topsoil run-off reduction measures, profitability in local farming, organic farming combined with animal-waste composting, socio-economic platform

1．沖縄･石垣島における赤土流出抑制対策の現状と課題

1-1 サンゴ礁の保全の視点

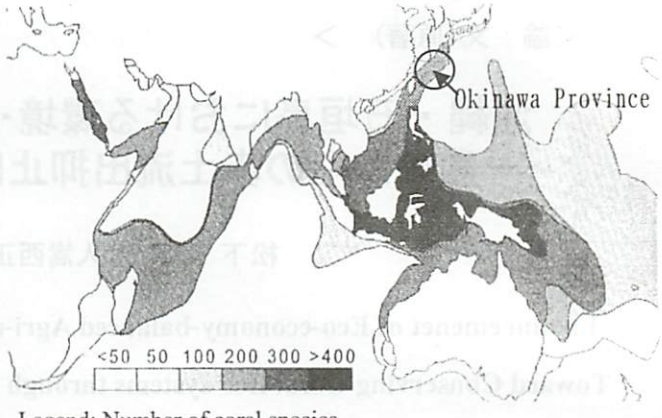
サンゴ礁を保全することは､世界の環境問題のなかでの重大な関心事ひとつである。サンゴ礁は凡そ80カ国で観測され、その生物多様性は各種の生態系のなかでも群を抜いて高い。世界のサンゴ礁の総面積は28,500km^{2}で、海洋面積全体のわずか0.1%を占めるに過ぎないが、漁獲量では10%を占める[1)]。

サンゴ礁は、次頁の **Fig.** 1 に示すように、熱帯や亜熱帯気候条件下の浅い海域にひろく分布している。石垣島近海のサンゴ礁はアジアでも最北端に生息するものであるが、造礁サンゴ種の数は世界屈指で、363種にのぼる。特に石垣島と西表島の間の「石西礁湖」に国内最大級のサンゴ礁が形成され、1972年に西表国立公園（現西表石垣国立公園）の指定を受けている。この海域は、北上する黒潮に沿い琉球諸島や奄美大島、小笠原諸島方面へサンゴを供給するいわば「海の源流」として重要な役割も担っている。

島の表層を覆う地質は、新第三紀層前の岩石が風化した赤黄色の酸性土壌で、「赤土」と呼ばれる。造成工事等の人為的影響を受けると降雨時に浸食を生じやすい性質を持ち[2)]、海域に堆積した赤土はサンゴと共生する褐虫藻の光合成を阻害し、サンゴ礁を衰退させる原因となる[3)]。

*1芝浦工業大学システム理工学部　〒335-8750 さいたま市見沼区深作307，　*2(有)石垣ﾌｧｰﾏ代表，*3亜熱帯島嶼農業ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ

この赤土流出は、1950 年代のサトウキビ栽培の普及に始まり、1972 年の本土復帰後の「沖縄振興開発計画」による建設工事に伴い広がった地域固有の問題である。沖縄県は 1994 年に「赤土流出防止条例」を制定、施工業者に法面吹付等の赤土流出抑制対策を義務付けた。これに対して、農地での対策は努力目標とされるに留まった結果、石垣島における赤土流出量全体の凡そ 7 割が農地起因と見込まれ、圃場からの耕土流亡量は 10 年間に凡そ 5cm にも達する[4]。



Legend: Number of coral species

Fig.1 Location of Coral Seas in Asia[1]

農地からの赤土流出抑制対策は、①発生源対策と②基盤対策の二種類に分かれる。①の発生源対策には、耕土のマルチング（サトウキビ葉柄等による被覆）やカバークロップ（作物による被覆）などの圃場対策がある。また、②の基盤対策には、農地の勾配修正などがある。これらを重合させれば、最大 90%程度の流出抑制が可能となる[5]。

このような発生源対策と基盤対策とを重合させる方式は、本土における都市河川の流域管理に広く導入されてきたものである。都市河川流域の場合、このような方式が有効であったのは、開発者が発生源対策コストを負担したとしても十分な開発利益を確保することが可能であったからである。石垣島の農業は、個々の農家の経営規模が零細で、生産性も必ずしも高いとはいえない。赤土流出抑制対策を進めるうえでの構造的問題を多く抱えているとみなければならない。

1-2 Who pay for it.

筆者らは、この 3 年間に亘って「美ら島流域経営研究会」を組織、赤土流出抑制効果観測調査[前掲4) 5)]と併行して、農地における発生源対策を促進するための社会システムの立ち上げに関する種々の検討を行ってきた[6]。結論から述べれば、前述の島の農業が直面する厳しい社会経済条件に鑑みれば、農業部門による自助努力に加え、地域連携の仕組みの構築が必要不可欠である。このためには、赤土流出抑制対策の受益を享受する観光業界が正当な対価を払う仕組みにまで視野を広げた検討を行うべきではないかと思う。

本稿では、まず農業部門の自助努力に焦点を当て、赤土流出抑制効果が高く持続的で、収益性の向上も期待できる「亜熱帯島嶼農業経営モデル」に関する研究成果を述べる。そのうえで、**Fig.2** に示すように「経済と環境の好循環」に基づいた総合的な社会システムの整備方策について提案する。

Fig.2 Proposal for Integrated Top-soil Run-off Reduction

2．農業経営形態の経年変化と赤土流出問題との関連性の分析

2-1 概観

戦前から本土復帰を経て今日まの沖縄における農業形態を分類してみると、**Fig.3** に示すように、大きく三つのタイプに区分することができる。以下、タイプ別にみた耕地体系と地力再生産方式について分析し、赤土流出問題との関連性について考察する。

2-2 戦前～戦後：甘藷・穀類輪作方式

はじめにこの時期における伝統的な耕地体系を見ると、零細な圃場の集団農地群が排水溝で囲まれる形で形成されていたことに特徴がある。排水口に設けた粗朶（そだ）製の止水壁によって水勢を弱めるとともに、流水をカスケード式に順次海域までゆっくりと流下させる工夫が取り入れられていた。これにより、圃場から汚濁度の低い流水が海域に入り、サンゴ礁に適度な栄養塩類をもたらしていたと考えられる。

次に、地力再生産方式を見ると、もっぱら畜糞堆肥が重用されていたことにこの時期の特徴がある。亜熱帯気候下では堆肥の分解速度は速く、本土のようなストック型地力再生産は難しい。輪作ごとに堆肥を

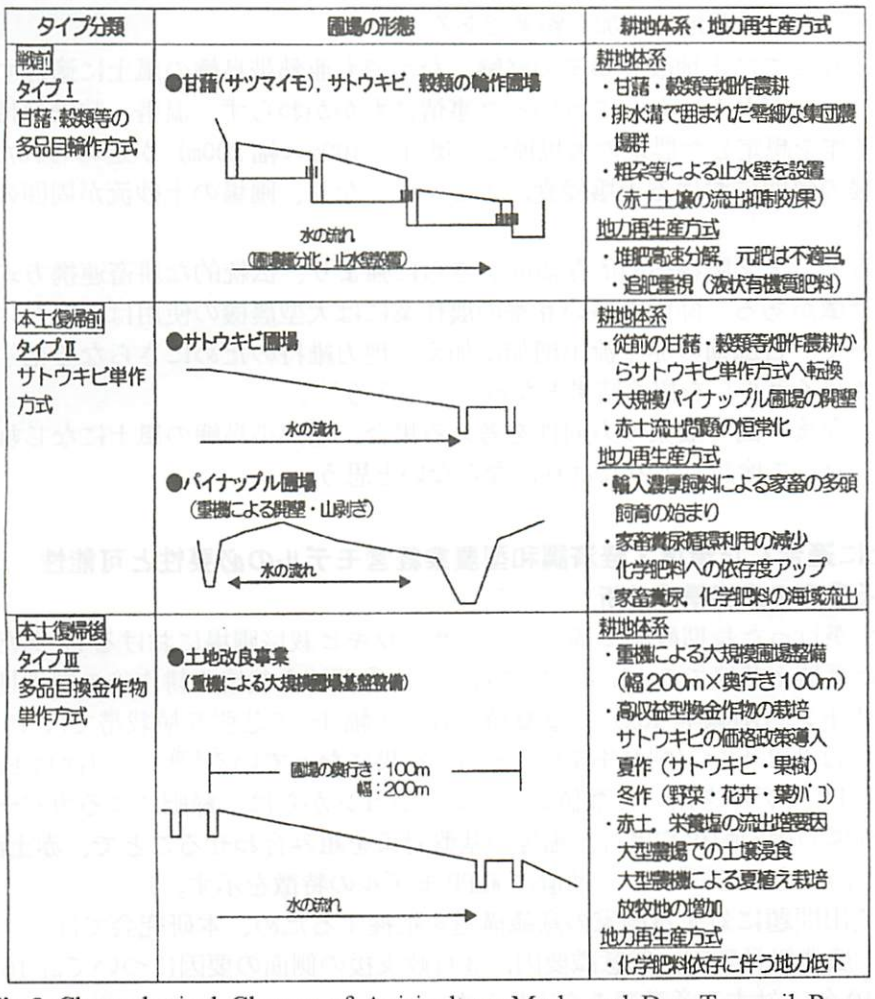


Fig.3 Chronological Change of Agiriculture Mode and Due Top-soil Run-off Mechanism in Okinawa Province

元肥として施用、追肥として家畜糞尿等の液肥を施用していたようである。

このように、島の伝統的な農業経営では、甘藷（サツマイモ）や穀類の輪作を基礎に、耕種部門と畜産部門が結合した「耕畜連携方式」が定着し、亜熱帯島嶼の風土になじんだ循環型農業が持続されていたといえる[7]。

2-3 本土復帰前：サトウキビ単作方式・パイナップル単作方式

この時期には、旧来の排水溝で囲まれた零細な圃場群が、換金性の高いサトウキビ単作向けの大規模な

圃場に集約化されていったことに特徴がある。このような耕地体系の再編成の過程で、旧来の粗朶製の止水壁は取り壊され、サトウキビの畝間が排水溝の役割を果たすようになり、農地からの赤土流出が加速化する原因となった。

一方では、丘陵地の開墾後の畑地ではパイナップル単作が増加した。パイナップル栽培はもともとが粗植で、植え付けから収穫までの期間が長く、降雨水による表土侵食を受けやすい。加えて、市町村有地の払い下げが1960年代に行われた際、重機による山剥ぎで投棄された赤土の流出問題も生起した。

これに対して、地力再生産方式でも、輸入濃厚飼料による多頭飼育経営への転換によって旧来の耕畜連携方式が廃れたことにこの時期の特徴がある。畜糞利用から化学肥料への依存が強まり、表土の団粒構造や保水力が低下して、赤土流出に拍車がかかる結果を招いたのである。

2-4 本土復帰後：多品目換金作物・単作方式

この時期には、本土復帰（1972）と軌を一にして土地改良事業に多額の予算が付けられ、大規模な圃場整備が進行した。作付形態は、夏作（サトウキビ・パイナップル＝周年、果樹）と冬作（野菜、花卉、葉タバコ）との組み合わせが主流で、市場動向に従った換金作物の作目調整がめまぐるしく行われるようになった。近年は肉用牛のための採草地の増加も顕著である。

しかるに、沖縄ではそれまでに土地改良事業の経験、なかでも亜熱帯島嶼の風土に適合するような圃場整備ノウハウの蓄積がほとんどなかった。こういった事情にもかかわらず、温帯・乾燥熱帯に適した大型農機によるサトウキビ単作を想定した農地の大規模化（奥行き100m×幅200m）が進められたのである。これに伴い、降雨時に圃場の畝間における土壌侵食が生じやすくなり、圃場の土砂流が周囲の側溝に流れ込むという悪循環も招いた。

地力再生産方式を見ると、化学肥料への依存傾向がさらに強まり、伝統的な耕畜連携方式の多くが消失したことにこの時期の特徴がある。降雨の多い春季の農作業には大型農機の使用は向かない。サトウキビ夏植え栽培の普及によって、台風期の赤土流出増加に加え、地力維持のためにさらなる化学肥料投入が必要になるという「負のスパイラル」を招く結果となったといえる[8)]。

以上の検討結果から、今後の島の農業の方向性を考える場合、亜熱帯島嶼の風土になじむ耕地体系とは何か、改めて原点に立ち返って検討してみなければならないと思う。

3．亜熱帯島嶼の風土に適合した環境・経済調和型農業経営モデルの必要性と可能性

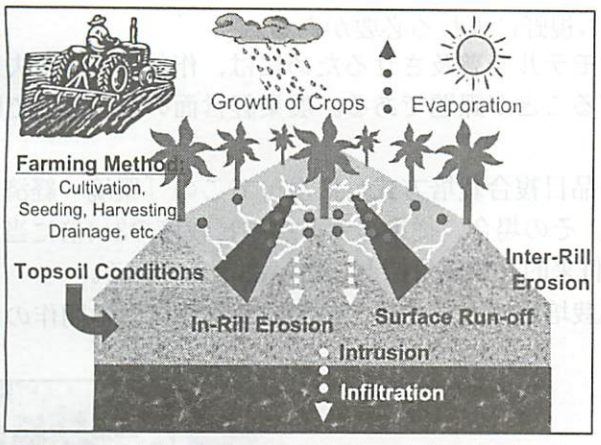
3-1 発生源対策に関する農家の意識構造分析

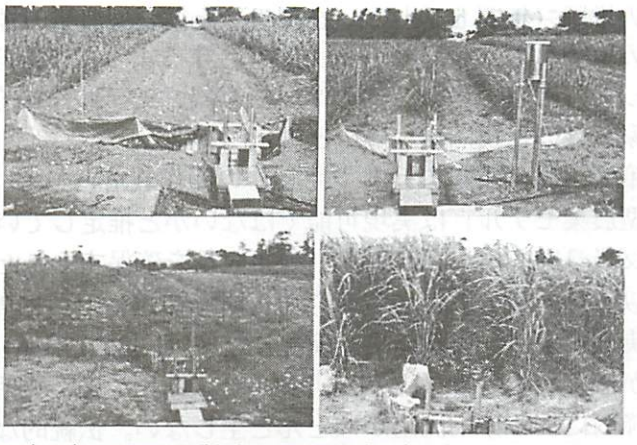
前述の流域経営研究会が行った長期観測に基づくと、サトウキビ栽培圃場におけるhaあたりの年間赤土流出量は、慣行となった夏植え栽培での11.3トンに対して、①夏植え栽培＋耕作後の裸地期間中緑肥カバークロップ対策では6.2トン（削減率45%），②夏植え栽培＋幅1mの芝張り植栽帯では10.4トン（削減率8%），③減耕起栽培では3.2トン（削減率72%）という結果になっている[前掲5)]。（次頁 **Fig.4** 参照）

また、米国農務省のWEPPモデルを用いた数値シミュレーションからは、緑肥によるカバークロップや敷藁などの発生源対策に圃場の緩勾配化や奥行短縮等の基盤対策を組み合わせることで、赤土流出量を80%-90%程度削減できることが示される[前掲6)]。（補遺にWEPPモデルの特徴を示す。）

これに対して、赤土流出問題に対する農家の意識構造を把握するため、本研究会では、赤土流出抑制対策に関わる要因として①農業経営要因，②意識要因，③行政支援の側面の要因について計16項目を抽出し、サトウキビ農業関係者10名に対する意識調査を実施した。

得られたデータをもとに一対比較分析を行った結果、①の「サトウキビ農家の担い手と後継者不足」が中心的問題であり、②の「赤土流出への関心の希薄」と③の「他産業･行政との一体的な取り組み体制の未構築」が副次的問題であることが示された。加えて、Dematel法による要因階層分析からは、このような農家の意識構造の根幹には、①の「サトウキビ農家の将来的な経営への不安感」があり、この不安感が①の「土作りの堆肥不足」や②の「土を守る意識の低下」などに繋がり、最終的に②の「赤土流出問題への関心の希薄」に結びついていることも明らかになった[9)]。（補遺に意識調査方法の概要を示す。）





From top left, clock-wise: (a) Naked farmland after cultivation in summer, (b) Sugarcane planting in non-typhoon spring, (c)Inter-cropping, (d)Cover-cropping, clockwise from top left Pictures: Prepared by K. Ohsawa

Fig 4. Topsoil Run-off Mechanism by Cultivation Method

このような農業関係者への意識調査は、実際の島のサトウキビ生産行為のなかで赤土流出抑制対策を導入することの困難さと裏腹の関係にあるといえる。

例えば、島の農業の基幹のサトウキビの反当り産出額を見れば、1985 年の 116 万円をピークに 2004 年度には半額に近い 67 万円へと低迷している。サトウキビ生産に掛かる一日当たりの家族労働報酬額（2007 年度）も 3,100 円程度で最低賃金収入を満たさない[前掲8)]。2007 年度のサトウキビ価格制度の改定によって生産コストへの国の直接支払いが一定規模以上の農家等に限定されたことで、農家経営の将来の見通しがさらに不透明になっている状況[10)]は、現地の事情を端的に物語ってくれる。

3-2 亜熱帯島嶼の風土に適合する環境・経済調和型農業経営モデルの必要性

発生減対策への農家の投資意欲を高める視点に立てば、行政の補助制度は根本的な対策とはなりえない。そのためには、石垣島の風土への適合性の面では環境調和型であり、農家の自助を引き出すという面では高収益型の農業経営モデルの研究開発が必要である。このためには、前述の戦前～戦後に見られる伝統的な甘藷・穀類輪作方式にヒントを見出し、現在の社会経済条件に合致するよう修整すればよいと考える。

筆者らの提案する環境・経済調和型農業経営モデルは、Fig. 5 に示す通りである。

第一に、耕地体系面では、旧来の表土保全機能を備えた小規模な圃場形態のメリットを再評価し、大規模化された農地を中規模区画（奥行き 50m×幅 400m）に再編成することが望ましい。排水路や農道を等高線沿いに整備し、排水路の要所に土壌浸食を防止するための止水壁を設ける。圃場周辺には一定幅員の植栽帯を設け、ゲットウなどの特産品として栽培することの検討するなどの対策を検討すべきである。

第二に、地力再生産方式面では、最近の世界的なリン肥料の高騰傾向にも配慮し、伝統的な家畜糞尿の循環利用の再生を図ることが望ましい。このためには、2009 年 4 月に稼働が始まった市営堆肥センターか

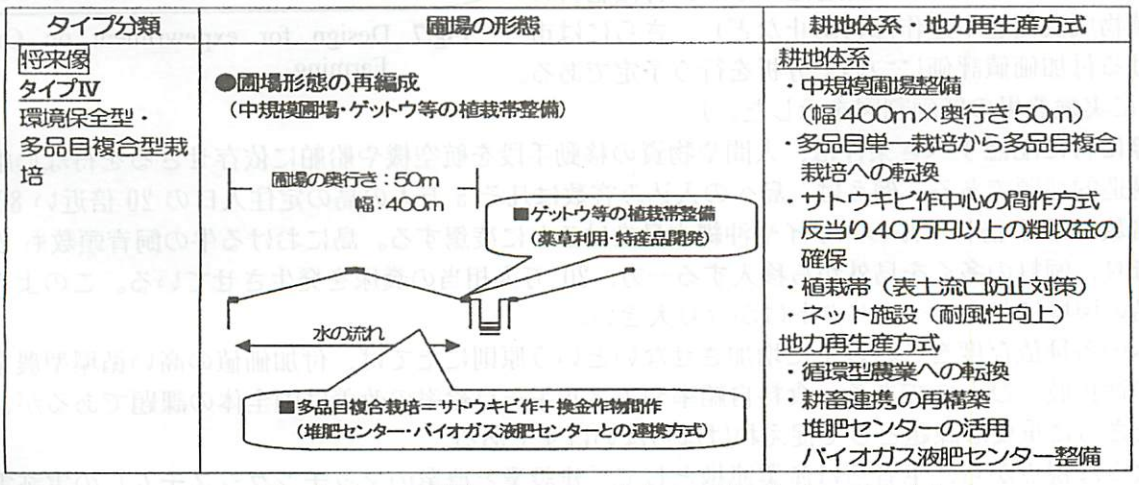


Fig.5 Proposed Eco-economy-balanced Agriculture Model

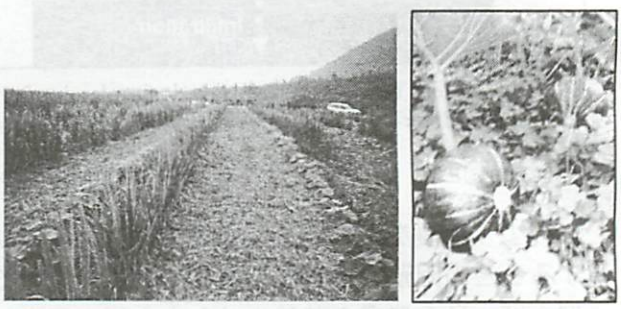
らの堆肥（年間 6 千トン）を利用した循環型農業の推進も視野に入れる必要がある。
このような亜熱帯島嶼の風土に適合するような農業経営モデルを普及させるためには、作付け面の工夫によって、とりわけ収益性の高い農業経営モデルを確立することが課題である。農業経営面の改善なしでは、農家意識の転換は難しいことは自明である。

筆者らは、周年のサトウキビ作の間作栽培として「多品目複合栽培方式」によってこの「環境・経済調和型農業モデル」は実現可能ではないかと推定している。その場合、従来のサトウキビ栽培の3-4倍に当たる反当り30万円～40万円以上の粗収益を確保することを将来的な数値目標としたいと考えている。

以上の前提のもとで筆者らは、実験農場において周年栽培のサトウキビの畝間に冬季かぼちゃ間作の栽培実験を行い、収益効果を検証した。（**Fig.6** に参照）

かぼちゃの冬季（12 月から～4 月）間作では、時期的に降雨による赤土流出がほとんど生じない。伝統的な農業は、夏の暑気を避ける意味もあって冬季に行われていた。ちょうど外国産かぼちゃの端境期に当るので市場出荷面で優位であり、二期作も可能である。

当該栽培実験を 2006-07 年度にかけて実施した結果、作業手間はかかるが、サトウキビ単作の 3 倍程度の粗収益を得ることができた。取引先の本土の流通業者が船で引き取りに来てくれ、輸送コストの節約が可能になったことが大幅な収益アップに繋がったのである[11]。



(Sugarcane-pumpkin Inter-cropping Method)

Fig. 6. Eco-Economy Balanced Farming

3-3 循環型農業促進の視点

以上の研究をふまえ、今後さらに付加価値の高い農業経営モデルを志向していきたいと思う。

2007 年度には、農水省の「広域連携アグリビジネスモデル事業」（農産品の生産・加工・流通一貫型ビジネスモデル）のもとで、広域連携に関する予備的なフィジビリテイ分析を行った。その結果、①減農薬・有機栽培の農産物に対する市場での価格評価が高いこと、②加工による価格変動への対応が容易となることの二点を示すことができた[12]。

さらに筆者らは、島で飼育中の 2 万頭を超える肉牛から排出される糞尿の循環利用を進めるため、市営堆肥センターと連携のもとで有機栽培と従来型の化学肥料栽培との比較実験に着手した。このなかでは、赤土流出抑制効果に加え、収量･品質面の安定性のほか、有機肥料の肥効（植物成長促進や連作障害防止など），さらには市場における付加価値評価について分析を行う予定である。（**Fig. 7** に実験農場の区画割図を示した。）

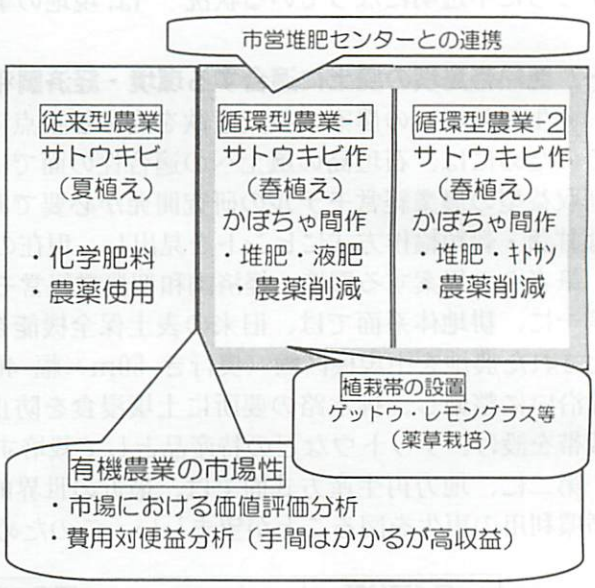


Fig.7 Design for expewriment on Organic Farming

その際に特に配慮すべき条件は、人間や物資の移動手段を航空機や船舶に依存せざるを得ない離島地域特有の構造的課題である。例えば、島への入込み客数は凡そ 5 万人の島の定住人口の 20 倍近い 80 万人を数え、倍数では 5 倍レベルのハワイや沖縄本島をはるかに凌駕する。島における牛の飼育頭数も 2 万頭以上にのぼり、飼料の多くを島外から移入する一方、20 万人相当の糞尿を発生させている。このような外部構造が島の環境に与えるインパクトはかなり大きい。

島外への各種依存度をこれ以上に増加させないという原則にたてば、付加価値の高い循環型農業への転換はその選択肢のひとつである。食料自給率やエネルギー自給率の改善は国全体の課題であるが、島ではこれらをさらに重要な課題として捉えねばならないはずである。

このような視点から、筆者らは産業連携として「建設業と農業のマッチングシステム」の実証実験を提

案したい。背景には、市営堆肥センターで生産される堆肥が島の農家に十分利用されていないという現状がある。堆肥は化学肥料よりも栄養分濃度が薄いため、化学肥料の数十倍の重量の堆肥を圃場散布しなければならず、高齢化が進む農家には重作業である。建設業が堆肥の運搬・散布作業を行い、そのコストを堆肥利用の有機農業による付加価値（収益増）により回収する仕組みが成立てば産業連携が可能となる。

4．考察

4-1 都市型洪水対策との比較視点

都市河川における洪水型洪水対策では、河川整備の不備を補うため開発単位の雨水流出抑制対策が導入されてきた。発生源対策の役割という意味で、石垣島における農地で赤土流出抑制対策との共通性がある。

都市河川問題を遡れば、沖縄で赤土流出問題が顕在化したと同じ 1970 年代にたどりつく。この時期の首都圏では、年間平均 40-50 万人もの未曾有の人口流入が続き、虫食い的な市街化が河川整備に先行する形で進んだ。このプロセスで **Fig.8** に示すような都市型洪水が各地で生じ、社会的問題となった。

これに対して、自治体の当時の財政基盤は脆弱であったため、開発許可制度にもとづいてオンサイト型の雨水流出抑制対策（**Fig.8** 参照）を開発者に担わせる必要があった。国も顕著な都市化が生じた鶴見川など全国 17 箇所の都市河川流域を対象とする「総合的治水対策」を打ち出し、都市側と河川側とが治水機能を分担する新たなシステムの整備を行った。

このような都市河川対策は、いわば自由な開発行為を規制しようとするもので、開発者側も義務感からの対応に過ぎなかった。しかし「国連リオ地球環境サミット」(1992) を契機とする世界の環境政策パラダイムシフトのなかで事情は大きく変化しつつあり、地域の水環境再生対策のための手段として発生源対策の活用を図る方向に動いている。

例えば、「環境共生住宅」や全国の主要都市河川流域を対象とする「水循環マスタープラン」（国土交通省）では、各戸単位の雨水貯留・浸透施設はそのために必要不可欠な技術システムとして位置づけられている。例えば、筆者が市民懇談会の座長役として関わった「柳瀬川流域水循環マスタープラン」の策定プロセスを見ても、河川の日常的流量や湧水の維持、ひろくは元来の水循環の再生に向け、地域のコモンズ（共有資産）として各戸単位で雨水貯留・浸透施設を組み込み、住民参加によって安定的に管理しようとする志向性が強まっているように実感する。

このように、都市河川流域における発生源対策は一次的には都市型洪水対策を契機に始められ、二次的には流域の水循環の保全に繋がる結果となっている。

これと同様に、石垣島の農地からの赤土の発生源対策は、一次的には赤土流出抑制に寄与し、二次的には島の環境資源であるサンゴ礁保全に繋がる性格のものである。このような比較視点から、島の農家や観光業者等の関係者を統合する形での促進体制を目ざす必要がある。

Data Source:Tokyo Metropolitan Governmkent

Fig 8 Urbanization-induced Flood in Tokyo

Data Sorce: Urban Reconnaissance Corp.

Fig. 9 On-site Type Rainwater Retention Pond

4-2 石垣島における発生源対策に向けた地域連携の必要性

沖縄地方では、県が「赤土流出防止条例」を制定し、建設工事業者に法面吹付などの発生源対策を義務付けたのは前述の通り 1990 年代に入ってからのことであるが、流域の相当割合を占める農地では依然課題含みのまま今日まで推移している。このような格差が何に由来するかといえば、もっぱら発生源対策コストを支弁すべき主体の資金負担能力の違いによると考えられる。

都市河川の場合、発生源対策による都市型洪水の緩和効果の受益は流域に住む住民総体であるが、発生源対策コストを受益者である住民が直接負担することはない。開発者負担原則が適用されるため、開発者側では、通常開発地区の 5-10%程度の土地を雨水調整池用地に充て、雨水調節池を設置する。これに必要な発生源対策コストは最終的に宅地分譲価格に上乗せされ、資金回収される仕組みである。

同じ視点から石垣島の農業を見れば、経営規模が零細な農家が多いため、農地での発生源対策コストを生産価格に上乗せして資金回収できるほど社会経済的条件を備えていない。負担と受益のバランスという意味からみても、地域連携による解決を模索することが望ましいといえる。

翻れば、本土の林業部門は、経営規模が零細な林業者を多く抱え、安価な外国産木材との競合のなかで、間伐などの森林管理が難航している[13]。多面的な環境機能の保全の必要性という側面では、島のサンゴ礁と本土の森林資源の保全には共通する点も多いと考えられる。

林業部門における対応方策をみると、森林管理コストの負担をひろく住民に求める仕組みが各地で試行されてきたことに特徴がある。適正な森林管理の実施によって森林の多面的な環境機能保全効果が享受できるのは、基本的に流域の住民である。例えば、水道料金に水源の森林保全基金を上乗せする豊田市の事例、特別に県民税を徴収して森林管理コストに充てる高知県の事例などである[前掲13)]。

負担と受益の関係が林業部門では見えやすいということもあるかもしれない。しかし、石垣島における地域連携方策の検討にあたり、森林管理に係るこれらの既存の仕組みから学ぶべきことのほうがむしろ多いと考えねばならない。

5．結論及び今後の課題

5-1 結論

本研究では、沖縄・石垣島における赤土流出問題に関して、農地における発生源対策を促進するために「環境･経済調和型農業モデル」の必要性に着目し、①島の耕地体系と地力再生産方式の時系列的な変遷過程の分析、②畜糞堆肥による循環型農業モデルと化学肥料による従来型農業モデルとの比較分析を行い、循環型農業モデルの可能性を明らかにした。また、このような農業モデルをもとに発生源対策を促進する視点から、都市河川や林業部門における発生源対策におけるコスト負担の仕組みに関する比較分析を行い、赤土流出抑制に向けた地域連携の必要性について考察した。

①環境・経済調和型農業モデルに関する分析（従来型農業モデルとの比較視点）

- 戦前までの伝統的な農業経営方式は、表土保全機能を備えた小規模圃場における多品種少量栽培を前提とし、耕畜連携に基づく循環型農業を基本としていた。戦後、重機による大規模な圃場整備の進行するに伴い、畜産業と農業との分離による耕畜連携の消滅、化学肥料への依存、サトウキビなどの単作栽培などが進んだ。この結果、赤土流出問題も含めて様々な矛盾点が出現した。
- これからの時代には、亜熱帯島嶼の風土への適合性が高い伝統的な農業経営方式のメリットを再認識したうえで、新らしい時代環境に即した環境・経済調和型の農業経営モデル、すなわち農地における赤土流出抑制効果が高く、かつ収益効果の高い農業モデルを構築する必要がある。
- 本研究では、サトウキビ周年栽培にかぼちゃ間作（冬季・二期作）を取り入れた多品目栽培方式の試験栽培をもとに、環境・経済調和効果を示した。加えて、市営堆肥センターの蓄糞堆肥を利用した付加価値の高い有機栽培の可能性について、市場分析もふまえて明らかにした。
- さらに、化学肥料を用いた従来型栽培との比較分析による経済･環境調和効果の掘り下げ、建設業と連携する形での堆肥利用の促進を今後の課題として提起した。

②都市河川や林業部門における発生源対策の仕組みの分析（地域連携に係る比較視点）

- 都市河川では、赤土流出問題が顕在化した 1970 年代と同時期に、都市人口急増と無秩序な市街地拡大に伴い都市型洪水が各地で生起した。当時の行政の財政基盤が脆弱であったため、河川整備の不備を補うため発生源対策を開発者に義務付ける開発許可の仕組みが取り入れられた。
- この方式は、国の総合的治水対策、最近の環境共生住宅や流域水循環マスタープランの基礎となる技術システムとなるものである。発生源対策コストの負担という視点から捉えると、宅地開発を通して開発利益が期待できることが前提であるので、そのままでは石垣島の赤土流出抑制に適用することは難しい。

・林業部門では、経営規模の零細な林業者が多いことや外国産木材との価格差が大きいことなどから、間伐などの適正な森林管理が難しい状況がある。これに対して、森林管理コストを水道料金に含める豊田市の事例や県民税を特別に徴収する高知県の事例があり、地域連携の仕組みとして参考にできる。

5-2 今後の課題

以上をまとめると、石垣島の農業部門の規模の零細さや生産性の低さを考慮すれば、第一義的には農業部門の自助努力によるは収益性の高い農業モデル（畜糞堆肥を循環利用する有機農業モデル）の構築が必要である。第二義的には、その農業モデルは亜熱帯島嶼の風土に適合し、赤土流出抑制効果が高い持続的なものである必要がある。

このためには、前掲 **Fig.2** にも示すように「経済と環境の好循環」を支えるための地域連携の仕組み（島のことばでは結い（ゆい））に向けた検討を進める必要がある。

(a) 基金制度

石垣島の農地からの赤土流出抑制対策に対する資金的支援の可能性について、WEB による全国の意識調査を行った結果から[14]、基金制度に対して全国的に広範な関心が広がっていることが示される。また、企業アンケート調査からは、企業別にみた関心度の違いは大きいものの、観光関連企業における関心度の高さが伺える。

以上の調査結果をふまえ、筆者らの研究チームでは、環境省が組織した「石西礁湖自然再生協議会」との連携のもとに、基金の運営主体や基金の使途、基金拠出者へのインセンティブなど、制度設計に向けた検討を進め、2009 年度に「石西礁湖サンゴ基金」（http://www.strata.jp/sangokikin/）の開設に漕ぎ着けている。

(b) 空の駅（農産品の輸送コストの内部化）

島の農産物を本土に輸送する場合、生鮮物では通常末端価格の 40-50%程度を輸送コストが占める。**Fig.10** に示すように、消費者に直接販売する仕掛けがあれば輸送コストの一部を節約できる可能性が高い。その節約コストを赤土流出抑制対策に向けた基金として積み立て、これによって環境･経済調和型農業モデルの支援に役立てることは効果の高い地域連携方策たりうる。

このような考えにもとづいて、筆者らの研究チームでは地元市に働きかけ、内閣府の平成 21 年度「地方の元気再生事業」に対して、石垣空港における島野菜販売の社会実験調査を申請した。

地元市ではこの６月に採択通知を受け、すでに協力農家と行政関係者や商工関係者から構成する協議会を設立している。筆者らは、協議会のメンバーとして販売実験計画の検討や島野菜栽培を分担しているところである。

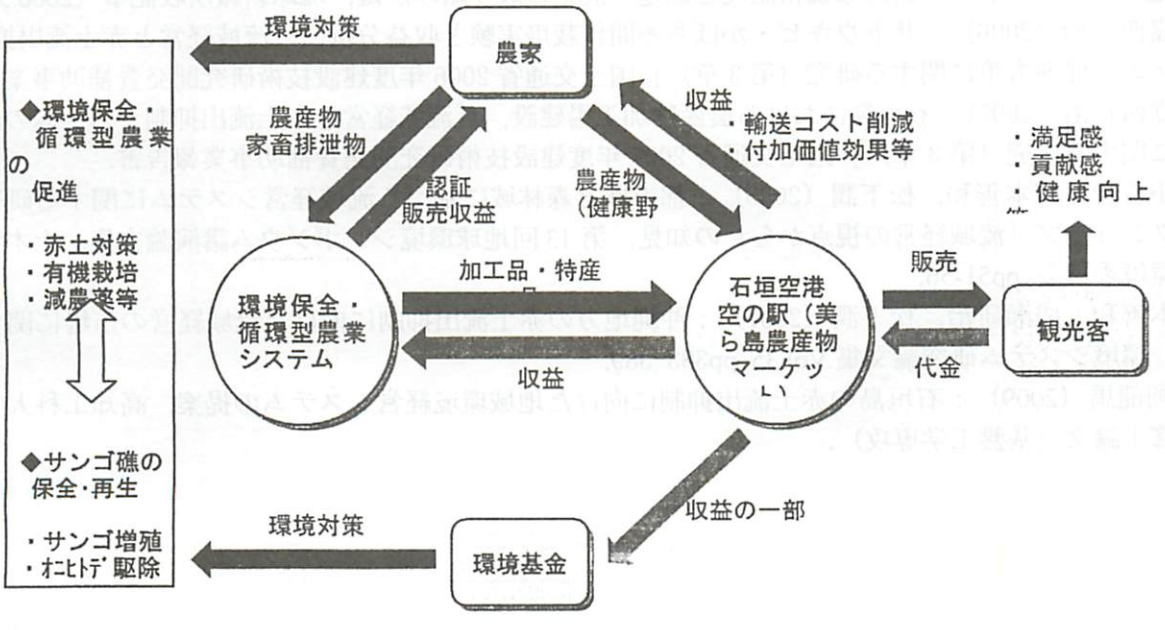


Fig. 10 Proposed Framework for On-the-airport Farmers Market Project

なお、空港における観光客への予備的ヒアリング調査の結果からは、観光客に評価が高かったのは島らっきょ、島にんじん、ゴーヤなどの島野菜であること、80万人の入込み客に対する年間の売り上げ額は2-3億円（島の農産物の出荷額全体の2-3%程度）と試算されている[15]。その10%でも環境基金に廻すことができれば、発生源対策や環境調和型農業モデルの促進に繋がるので、この社会実験の成果に期待したいと思う。

おわりに

筆者らは、2005-07年度に国土交通省建設技術開発研究助成事業の採択を得て「美ら島流域経営研究会」（研究代表：松下潤）を立ち上げ、(1)サトウキビ圃場における栽培方法別の赤土流出量観測調査と許容赤土流出量に関するハード面の研究開発、(2)赤土流出抑制効果と収益性ともに高い「環境・経済調和型農業モデル」とその促進にむけた社会基盤に関するソフト面の研究開発のふたつの課題に取り組んだ。

末尾になりますが、本研究の遂行にあたり終始熱心なご協力を賜りました沖縄・石垣島の行政関係の皆様や有志の方々に心より厚く御礼申し上げます。併せて、読者のご理解、ご支援をお願い申し上げます。

（原稿受付　2009年9月14日）（原稿受理　2009年12月28日）

参考文献

1) 本川達雄（2008）：サンゴ礁に関するQ/A，サンゴとサンゴ礁の話（第1章），中公新書.
2) 賀納章雄（2007）：八重山諸島の地形・地質，南島の畑作業文化（序論），海風社.
3) 石西礁湖自然再生協議会編（2007）：石西礁湖自然再生全体構想，石西礁湖自然再生協議会刊行物.
4) 大澤和敏，山口悟司，池田駿介，高椋恵(2005)：農地における土砂流出抑制対策の比較実験，水工学論文集 Vol.49，pp1099-1104.
5) 大澤和敏：沖縄における赤土等流出問題の総合的研究(2006)，（社）沖縄建設弘済会刊行冊子.
6) 松下潤，宮本善和，那須清吾ほか（2007）：ソフト班研究成果，「流域経営と赤土流出抑制システムの促進方策に関する研究（第3章）」国土交通省2007年度建設技術研究開発費補助事業報告書.
7) 安谷屋隆司(2005)：琉球農連・沖縄県経済連が農家と歩んだ農産加工事業の軌跡，沖縄県経済農業協同組合連合会出版冊子.
8) 安谷屋隆司（2009）：沖縄の農業と糖業－基本的性格と近代化の課題，私費出版物.
9) 光田国広（2006）：圃場からの表土流出の抑制対策における問題要因の構造分析－沖縄県石垣島の赤土等流出問題要因の構造，芝浦工業大学大学院修士論文（建設工学専攻）.
10) 仲地宗俊：サトウキビ新たな価格制度と課題－農家の取り組みが鍵，琉球新報所収記事（2006.5.7）.
11) 入嵩西正治（2006）：サトウキビ・かぼちゃ間作栽培実験と収益分析，「流域経営と赤土流出抑制システムの促進方策に関する研究（第3章）」国土交通省2006年度建設技術研究開発費補助事業報告書.
12) 入嵩西正治（2007）：石垣島における農産物加工場建設，「流域経営と赤土流出抑制システムの促進方策に関する研究（第3章）」国土交通省2007年度建設技術研究開発費補助事業報告書.
13) 恵小百合，宮本善和，松下潤（2005）：都市域と森林域に基づく流域経営システムに関する研究－ワークショップ「流域経営の視点から」の知見，第13回地球環境シンポジウム講演論文集，土木学会地球環境委員会, pp51-56.
14) 宮本善和，成瀬研治，松下潤（2007）：沖縄地方の赤土流出抑制に向けた流域経営の市場に関する研究，環境システム研究論文集 Vol.35, pp383-389.
15) 平岡龍馬（2009）：石垣島の赤土流出抑制に向けた地域環境経営システムの提案，高知工科大学大学院修士論文（基盤工学専攻）.

Appendix（補遺）

補遺１：WEPP モデル（米国農務省の開発した土壌浸食算定モデル）

WEPP(Water Erosion Prediction Project)モデルは、農地における土壌侵食の機構を、影響因子である作物の生長や土壌状態の変化に加えて、各種営農管理作業に係る物理的現象に即した形で表現できることが特徴である。古典的な USLE(Universal Soil Loss Equation)モデルと大きく異なる点は、①斜面地の侵食過程における畝侵食と畝間侵食とを明確に表現できること、②一筆の農地での年間侵食量を算定する USLE モデルに対し WEPP モデルでは流域スケールで一雨毎の侵食量まで算定できることなどである。

このため、前掲 **Fig.4** に示すように、サトウキビ畑の表土被覆の違いによって赤土流出量がどのように変化するかといったきめ細かなシミュレーションが必要な場合に適したモデルであるといえる。

補遺２：DEMATEL による分析法

DEMATEL 法は、問題要因の影響・被影響の一対比較調査から要因間の直接影響行列を求め、その逆行列を計算し、要因間の間接影響を含めた総合影響行列を求めるものである。関係式は以下の通りである.

$$T=X(I-X)^{-1} \quad \cdots\cdots(1)$$

T：総合影響行列　　X：直接影響行列　　I：単位行列

総合影響行列の行和を影響度と呼び、要因間の相互関係におけるその行要因の影響力を表す。列和を被影響度と呼び、その列要因の被影響力を表し、影響度から被影響度を減算したときマイナス値の場合は結果要因となる。これに対して、影響度と被影響度の和は中心度と呼ばれ、総合影響行列の中でその要因の中心的な位置付けの度合いを示す。また、影響度と被影響度の差を原因度と呼び、総合影響行列の中でその要因の原因的な位置付けの度合いを示す。

このように、影響度、被影響度、中心度及び原因度を示すことにより，どの問題要因が大きな影響を持つのかを評価するとともに、設定した問題要因から中心的な要因や原因的な要因を把握することも可能となることから、沖縄・石垣島において農家の赤土流出抑止対策の取り組みが遅れている問題要因の解明に本法を適用した。

＜おしらせ＞

四万十・流域圏学会 第10回総会・学術研究発表会(平成22年度)のお知らせ

四万十・流域圏学会第10回学術大会実行委員会
実行委員長　橋尾　直和

平成22年5月29日（土）に高知女子大学（〒780-8515　高知市永国寺町5-15）にて開催される、四万十・流域圏学会第10回総会・学術研究発表会にむけて、発表者および参加者の募集を行っています。奮って御参加下さい。特別講演およびポスターセッションと小学校・高校生の発表は一般公開(参加費無料)されます。

プログラム

5月29日(土)第10回総会・学術研究発表会：　高知女子大学永国寺キャンパス南学舎137教室

8:30～	受付
9:00～9:15	開会挨拶「学会の10年の歩みと今後の課題」(今井会長)
9:15～10:35	一般セッション（4編×20分：発表15分・質疑応答5分）
10:35～11:20	企画セッション1「21世紀の四万十流域圏」)（島谷教授）
11:20～11:30	休憩
11:30～12:30	総会
12:30～14:30	昼食・ポスターセッション
14:30～15:15	企画セッション2「四万十かいどう」(村上教授)
15:15～16:15	ユースセッション
16:45	梼原町へ移動
18:45～20:15	懇親会

5月30日(日)　「第10回大会・梼原記念講演会」・エクスカーション：梼原町役場梼原町ホール

9:00～	受付
9:30～9:35	挨拶
9:35～11:05	記念講演・題目（仮）「四万十川流域の文化的景観」講師：恵谷 浩子
11:05～12:00	休憩
12:00～15:00	エクスカーション

エクスカーション（龍馬脱藩の道と文化遺産）

対象：小中高の学生（保護者も可）優先。総会・研究発表会参加者のツアー参加者も可。
参加費：無料（ただしお弁当代は別途徴収）
目的：龍馬脱藩の道を歩き、道沿いの文化遺産について知る。

9:00	高知市内発
11:00	梼原町役場着
	昼食（未来館にて、ひまわりグループの地元のお弁当）
12:00	バスで脱藩の道出発地点へ移動　千枚田を見学後バスで太郎川公園に移動
	太郎川公園→那須俊平・慎吾邸→茶堂（六志士の墓）→旧掛橋和泉邸→紙幸橋→維新の門群像
15:00	梼原出発
17:00	高知市内着

当日の天候により変更になることがあります（お弁当は持参下さい）。〈案内担当：石川妙子〉
なお、参加費は無料です。エクスカーション(ツアー)参加希望者は下記までお申し込みください。
石川妙子、Tel. 090-3783-0141、E-mail: taeko-iskw@mc.pikara.ne.jp

参加要領

1．学術研究発表会の参加費他〈特別講演およびポスターセッションとユースセッション(小・中・高校生の発表)は一般公開(参加費無料)されます〉

- 受付で大会参加登録をしてください。参加費は当日会場にて支払い、領収書をお受け取りください。
  一般・会員3000円、　学生（大学院生を含む）1500円
- 懇親会費は、一般・会員3,000円、　学生（大学院生を含む）1,500円。高知県森林総合センター
- 所属機関長宛の出張依頼書が必要な方は、返信封筒にご本人の宛先と80円切手をのり付けして、四万十・流域圏学会事務局にご請求ください。

2．総会・学術研究発表会場（高知女子大学永国寺キャンパス）へのアクセス・交通手段（下段の地図参照）

3．総会・学術研究発表会に関するお問い合わせ

四万十・流域圏学会第10回総会・学術研究発表会　実行委員長　橋尾 直和
〒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

4．学術研究発表会原稿の募集と提出について

第8回学術研究発表会（5月29日(土)、高知女子大）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。

① 期限：平成20年4月24日(金)必着〈電子メールの添付ファイル(Microsoft WORD)での投稿を歓迎します〉

② 郵送先・電子メール宛先：

四万十・流域圏学会事務局　高知工科大学 環境理工学群 村上研究室
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮の口185
TEL；0887-57-2418, FAX；0887-57-2420, E-mail；murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp

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、そのままの大きさでオフセット印刷をします。電子メールの添付ファイ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（事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ます。

④ 書式等：＜ワードで作成された投稿原稿サンプル（テンプレート）をご希望の方は上記②宛先までメールで連絡＞

●原稿の総ページ数：A４版２枚（本文中の活字サイズ：10 pt、章題：ゴチック体、本文：明朝体）
●頁マージン設定：上・下・左・右隅のすべてを25mmの余白
●段落/行間⇒固定値 14pt
●題名（12pt 活字・ゴチック体、ボールド、センタリング）*⇒一行あけて氏名(所属)*
●氏名(所属)（10pt 活字・ゴチック体、登壇者（講演者）に○印、センタリング）*⇒一行あけて本文*
●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、投稿された原稿は返却しません

⑤ 発表方法：PC プロジェクター(Windows)を準備しています。各自のノートパソコン、CD あるいはフラッシュメモリなどを持参の上、発表前の休憩時間を利用して備え付けのPCにインストールして作動確認を行って下さい。ポスター発表は要旨の他、各自のポスター（最大A0サイズまで）を準備いただき会場にお持ち下さい。

⑥ 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。

⑦ 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させていただくことがあります。変更がある場合は、後日事務局からポスター作成方法について連絡させていただきます。*

●アクセス●

■高知自動車道／高知ICから車で約15分
■高知龍馬空港から／車で約35分，空港連絡バスで約40分
■JR高知駅から／車で約3分，徒歩で約15分
■はりまや橋から／車で約5分，徒歩で約15分
■高知城から／徒歩で約5分
■ひろめ市場から／徒歩で約5分

送付先: murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp, FAX.0887-57-2420

四万十・流域圏学会　(平成 22 年 5 月 29 日:高知女子大学)
第 10 回学術大会研究発表申込書

・※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日現在で御記入下さい。
・提出は１枚でけっこうです。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			
		正・学			
		正・学			
		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（ゴチック体、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、明朝体）

（10mmあける：一行改行）

ここから本文　＜＜本文中の**章、節の題目はゴチック体**、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。（本文中の文章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。

. この見本の外枠は消去してください.

・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＞＞

WORDの表示から、ファイル⇒ページ設定⇒余白⇒上・下・左・右⇒25 (mm)

A４版（２枚）＜＜全て白黒オフセット印刷です＞＞

平成22年4月23日（金）必着

講演要旨サンプル

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[1]．

- ●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[1]，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[2]，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[3]，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，10^6/100ml~10^7/100ml 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[3]．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．

図-1 ニアメ市位置図

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(CH_4)が発生し，それを発電に利用することが可能である

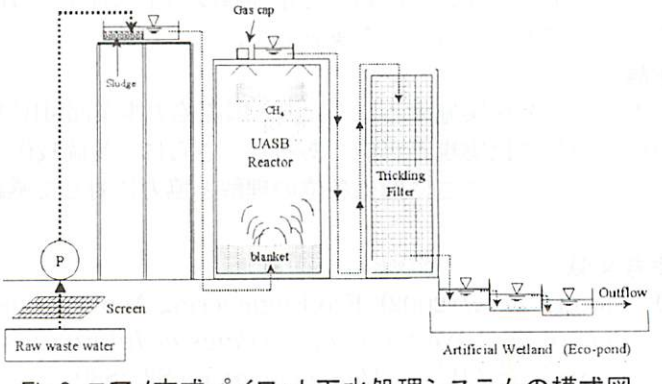


Fig.2 ニアメ方式パイロット下水処理システムの模式図

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
- 高温度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

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，生下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_4)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^{-1}から 20mg·l^{-1} 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_4 値については変化は見られなかった(Fig.4)．

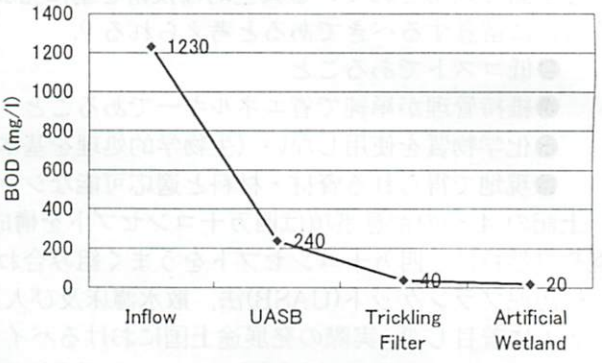


Fig.3 ニアメ方式下水処理プロセスにおける BOD の変化

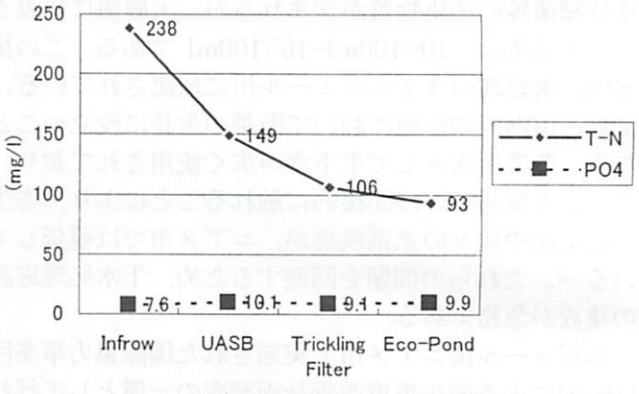


Fig.4 ニアメ方式パイロット下水処理システムにおける T-N 及び PO_4 の変化

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，未処理の屎尿を中心とするため， BOD 値が 1,230 mg·l^{-1} 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^{-1} 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^{-1} 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*: pp.823-830
2) Vymazal. J.,(edited) *et.al.* (1998) Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe, *Backhuys Publishers, Leiden*,pp.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

<おしらせ>

表彰規定改定（案）のお知らせ

四万十・流域圏学会 表彰委員会

主な改定点：

1) 授賞理由を「学会の発展」から「学会の目的」に改定。
2) 表彰の種類を「功労賞，貢献賞，奨励賞」から「功労賞，貢献賞，優秀賞，奨励賞，感謝状」に改定。
3) 受賞者は，「原則として会員個人」から「会員，個人，および団体」に改定。
4) 授賞は「推薦書に基づいて」を「推薦に基づいて」に改定。

四万十・流域圏学会表彰規定改定（案）

1. 本規定は，四万十・流域圏学会が行う各種表彰に関して定めたものである。
2. 本表彰は，四万十・流域圏学会の目的に対して顕著な業績のあった者の功績をたたえることを目的とし，功労賞，貢献賞，優秀賞，奨励賞，および感謝状を授与する。
3. 功労賞は，四万十・流域圏学会の発展に顕著な功労があった会員，個人，または団体に授与する。顕著な功労とは，四万十・流域圏学会の会長，理事・編集委員・監事，大会実行委員長，などを通じて行われた特別大きな業績をいう。
4. 貢献賞は，学際的な地域文化づくりの推進に顕著な貢献があった会員，個人，または団体に授与する。顕著な貢献とは，研究を通して学問分野や地域文化の発展に貢献した業績，学生・若手研究開発者の育成・啓発，あるいは青少年・一般人への啓発に貢献した業績をいう。
5. 優秀賞は，学会誌，大会講演会およびポスターセッションにおいて優秀な，または通算3回程度の研究発表を行った学生会員や準会員（ジュニア会員）に授与する。
6. 奨励賞は，学会誌，大会講演会，およびポスターセッションにおいて研究発表を行った学生会員や準会員（ジュニア会員）に授与する。
7. 感謝状は，大会講演会，ユースセッション，ポスターセッション，および学会活動，または運営に協力した学生や生徒，個人，および団体に授与する。
8. 受賞者は，当該功績をあげた会員，個人，および団体とする。準会員（ジュニア会員）の場合は学校，クラブ，またはグループ等とする。
9. 受賞者は，会員からの推薦に基づいて表彰委員会で候補者を選考し，その選考結果を理事会で審議して決定するものとする。
10. 受賞者には，賞状を授与する。
11. 表彰は，表彰時点における会長名によって行う。
12. 審査は表彰委員会が行い，表彰委員会は受賞候補者を理事会に推薦する。
13. 表彰委員会は，各委員会委員長，および代表幹事で構成し，表彰委員会委員長が議長となる。ただし，必要があれば会員に審査委員を委嘱することができるものとする。
14. 理事会は，表彰委員会から推薦された受賞候補者にもとづき，受賞者を決定する。
15. 本規定は，総会の承認を経て変更することができる。

付　則

この規定は，平成20年5月26日より実施する。この規定は，平成22年　月　日より改定する。

<おしらせ>

四万十・流域圏学会 代表幹事会・大会実行委員会 [記録 (2009.4-2010.1)]

平成21年度　拡大幹事会・第10回記念大会実行委員会

日　時：平成22年1月　日（　）16:00〜18:00
場　所：高知女子大学永国寺キャンパス２Ｆ会議室
● 拡大幹事会：16:00-17:00
　☆編集委員会：　第9巻1号編集・出版計画
　☆表彰委員会：　第10回記念大会表彰計画
　☆財務委員会：　財務計画
　☆企画委員会/総務委員会　：　*ユースセッション（小・中・高）と大学連携学生ツアー
　☆総務委員会：　四万十・流域圏学会⇒流域圏学会(H22年度から)移行準備(計画案)
● 第10回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：17:00-18:00
　☆第10回四万十・流域圏学会：大会打ち合わせ（第8回大会実行委員会）
参加者：村上雅博、松田誠祐、福永泰久、大原泰輔、橋尾直和（実行委員長)、中村河川国道事務所：沖上茂人、高知県環境共生課：片岡尚男、甲藤広一

● **拡大幹事会：16:00-17:00**

☆編集委員会：　第9巻1号編集・出版計画：第9巻1号の発刊予定が1.5ケ月遅れて1月末日になる。巻頭言（石川）以外の原稿は全て受理済みで最後の統一フォーマット著生の作業が残っている。「お知らせ」に第10回記念大会の案内と表彰規定改（案）を掲載する。第9巻1号の最後のまとめの編集委員会（あわせてアドフォックな拡大幹事会）を1月27日(水)に高知女子大にて開催予定。学会誌の第10巻1,2号までは四万十・流域圏学会誌として発刊予定。11巻1号からは「流域圏学会誌」として発行予定。

☆表彰委員会：　第10回大会における表彰計画：　具体的な表彰計画案（リスト）を検討中。表彰規定改定（案）を策定、第9巻1号の「お知らせ」に表彰規定改（案）を掲載する。

☆財務委員会：　財務計画：第10回記念総会後の「流域圏学会」への改組に向けた移行段階に配慮して今後の5年間を見据えた中期的な流域圏学会の地方支部活動としての財務計画の予備検討中。学会誌の第10巻1,2号までは四万十・流域圏学会誌として発刊予定であるため、2010年度（4月1日から一年間）の会費は従来どおりのかたちで請求する。⇒第9巻1号の発送時に請求書を同封する。

☆企画委員会：　*ユースセッション（小・中・高）と大学連携学生ツアー<報告なし>

☆総務委員会：　四万十・流域圏学会⇒流域圏学会(H22年度から)移行準備(計画案)：財務・編集・企画委員会と連携しながら第10回総会後の「流域圏学会」への改組に向けた移行段階に配慮した今後の5年間を見据えた中期的な流域圏学会の本部・支部（仮）体制のフレームについて予備検討中。アドフォックな拡大幹事会を1月27日(水)に高知女子大にて開催予定（表彰計画（リスト）と編集委員会)。

● **第10回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：17:00-18:00**

☆第10回四万十・流域圏学会：大会打ち合わせ（第8回大会実行委員会）：四万十活性化委員会の企画セッション「四万十かいどう」の進め方について検討。第10回記念大会の案内を第9巻1号の「案内」に掲載するために、アドフォック編集委員会・拡大幹事会を1月27日(水)に高知女子大にて開催予定。

平成21年度　拡大幹事会・第10回記念大会実行委員会

日　時：平成21年12月22日（火）16:00～18:00
場　所：高知女子大学永国寺キャンパス２Ｆ会議室
● 拡大幹事会：16:00-17:00
　☆編集委員会：　第9巻1号編集・出版計画
　☆表彰委員会：　第10回記念大会表彰計画
　☆財務委員会：　財務計画
　☆企画委員会/総務委員会　：　*ユースセッション（小・中・高）と大学連携学生ツアー
　☆総務委員会：　四万十・流域圏学会⇒流域圏学会(H22 年度から)移行準備(案) ①学会誌（流域圏学会誌)、②地域(支部)ユニット（評議員制)：　年次学術研究発表会の事務局持ち回り制（Ex. 高知四大学：高知大、高知女子大、高知工科大、高知高専）を新たな支部活動の柱として継続。
● 第10回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：17:00-18:00
　☆第10回四万十・流域圏学会：大会打ち合わせ（第7回大会実行委員会）

注）　●編集委員会
　編集委員会：原著論文の査読体制の流れ
　著者 ⇒ 編集委員長 ⇒ 査読担当委員 ⇒ 第一査読者＋第二査読者 ⇒査読担当委員⇒ 著者 ⇒査読担当委員⇒ （第三査読者が必要な場合はさらに指名）⇒査読担当委員が受理を判断 ⇒ 編集委員長 ⇒ 著者　＜査読担当委員は第1,2,3査読者のうちどちらかを兼任可＞
　委員長：第1,2査読者の役割分担の明確な指示(原稿の種類と審査分類の下段（注）を参照)
　巻末の投稿規程（橋尾）と執筆要領（松田）の再チェックと最終原稿＜至急＞⇒村上

　●表彰委員会
　今回の表彰の基準を策定（内規扱い）どのような基準で選定されたかの理由説明と候補者リスト⇒次回まで

　●財務委員会
　流域圏学会に改正後（2010 年以降）の流域圏学会の四国・中国（高知）ユニットにおける事務局費用の中期的（５年間）と長期的（１０年間）な財務プレ・フィージビリティーの検討 ⇒ 次回まで

　●総務委員会
　流域圏学会のコンセプトと理念の原案策定（流域 ⇒ 山・川・海 ⇒ 横断的な水と環境に係わる政策研究)
　中期計画(案)における地域ユニット（評議員制）と事務局持ち回り制（高知四大学：高知大、高知女子大、高知工科大、高知高専）の組織・制度的なプレ・フィージビリティーの検討 ⇒ 次回まで

参加者：学会理事：村上雅博、松田誠祐、福永泰久、石川妙子、橋尾直和（実行委員長)、四国森林管理局：鹿熊誠、中村河川国道事務所：沖上茂人、高知県環境共生課：甲藤広一

平成21年度　拡大幹事会・第10回記念大会実行委員会

日　時：平成 21 年 11 月 20 日（金）16:00～18:00
場　所：高知女子大学永国寺キャンパス２Ｆ会議室
● 拡大幹事会：16:00-17:00
　☆編集委員会：　第 9 巻 1 号編集・出版計画
　☆表彰委員会：　第 10 回記念大会表彰計画
　☆財務委員会：　財務計画
　☆企画委員会/総務委員会　：　*ユースセッション（小・中・高）と大学連携学生ツアー
　☆総務委員会：　四万十・流域圏学会⇒流域圏学会(H22 年度から)移行準備(案) ①学会誌
● 第 10 回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：17:00-18:00
　☆第 10 回四万十・流域圏学会：大会打ち合わせ（第 6 回大会実行委員会）
　　参加者：学会理事：村上雅博、松田誠祐、石川妙子、瀬戸口忠臣、橋尾直和（実行委員長）、四国森林管理局：鹿熊誠、中村河川国道事務所：沖上茂人、高知県環境共生課：片岡尚男

平成 21 年度　拡大幹事会・第 10 回記念大会実行委員会

日　時：平成 21 年 9 月 30 日（水）16:00～18:00
場　所：高知女子大学永国寺キャンパス２Ｆ会議室
● 拡大幹事会：16:00-17:00
　☆編集委員会：　第 9 巻 1 号編集・出版計画
　☆表彰委員会：　第 10 回記念大会表彰計画
　☆財務委員会：　財務計画
　☆企画委員会/総務委員会　：　*ユースセッション（小・中・高）と大学連携学生ツアー
● 第 10 回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：17:00-18:00
　☆第 10 回四万十・流域圏学会：大会打ち合わせ（第 5 回大会実行委員会）
　参加者：村上雅博、松田誠祐、福永泰久、西内燦夫、石川妙子、瀬戸口忠臣
　橋尾直和（実行委員長）、
　中村河川国道事務所：沖上茂人
　高知県環境共生課：片岡尚男

平成 21 年度　第 10 回記念大会実行委員会

日時：平成 21 年 8 月 21 日（金）17:00-18:00
場所：高知女子大学永国寺キャンパス１Ｆ地域創成センター
● 第 10 回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：17:00-18:00
　☆第 10 回四万十・流域圏学会：大会打ち合わせ（第 4 回大会実行委員会）
　＜椿原セッションとの関係でユースセッション・ツアーの来年度計画について次回に検討する＞
参加者：松田誠祐、福永泰久、瀬戸口忠臣、橋尾直和（実行委員長）、
　　四国森林管理局：鹿熊誠
　　高知県環境共生課：片岡尚男

平成 21 年度　拡大幹事会・第 10 回記念大会実行委員会

日　時：平成 21 年 7 月 24 日(金)16:00～18:00
場　所：高知女子大学永国寺キャンパス２Ｆ会議室
● 拡大幹事会：16:00-17:00
　☆編集委員会：　第 9 巻 1 号編集・出版計画

☆表彰委員会：　第10回記念大会表彰計画
☆財務委員会：　財務計画
☆企画委員会/総務委員会　：　*ユースセッション：大学連携学生ツアー
● 第10回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：17:00-18:00
☆第10回四万十・流域圏学会：大会打ち合わせ（第3回大会実行委員会）
参加者：
村上雅博、福永秦久、松田誠祐、橋尾直和（大会実行委員長）、瀬戸口忠臣
国土交通省：沖上茂人、四国森林管理局：鹿熊誠

平成21年度　拡大幹事会・第10回記念大会実行委員会

日時：平成21年7月2日（木）
場所：四国森林管理局4F会議室
● 拡大幹事会：17:30-18:00
☆編集委員会：　編集規定改定版
☆表彰委員会：　表彰規定改定
☆財務委員会：　財務状況
☆企画委員会/総務委員会　：　*ユースセッション：大学連携学生ツアー
● 第10回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：18:00-19:00
☆第10回総会・学術研究発表会：大会打ち合わせ（第2回大会実行委員会）
参加者：
村上雅博、福永秦久、橋尾直和（大会実行委員長）
四国森林管理局：鹿熊誠、環境共生課：甲藤広一

平成21年度　拡大幹事会・第10回記念大会実行委員会

日時：平成21年6月26日（金）
場所：高知女子大学永国寺キャンパス1F地域創成センター
● 拡大幹事会：16:00-17:00
☆編集委員会：　編集規定改定版
☆表彰委員会：　表彰規定改定
☆財務委員会：　財務計画
☆企画委員会/総務委員会　：　*ユースセッション：大学連携学生ツアー
● 第10回総会・学術研究発表会：大会実行委員会：17:00-18:00
☆第10回四万十・流域圏学会大会打ち合わせ（第1回大会実行委員会）
参加者：
村上雅博、福永秦久、橋尾直和（大会実行委員長）、瀬戸口忠臣、大歳邦雄
国土交通省：沖上茂人、四国森林管理局：鹿熊誠

平成21年度　拡大幹事会・第9回大会実行委員会

日時：　平成21年4月10日（金）15:00-16:00
場所：　高知高専専攻科棟4階会議室
● 拡大幹事会：15:00-16:00
☆編集委員会：　編集規定改定版
☆表彰委員会/財務委員会：　表彰規定、名誉会員、特別名誉会員
☆企画委員会/総務委員会　：　*ドナウ川視察ツアー(H22年3月予定)

● 第９回四万十流域圏学会・総会・学術研究発表会・準備会：：16:00-17:00
第１９回高知出版学術賞・受賞　『水をめぐるガバナンス　日本、アジア、中東、ヨーロッパの 現場から』⇒書評
参加者：拡大幹事会：
村上雅博、福永秦久、松田誠祐、橋尾直和、石川妙子、瀬戸口忠臣、西内燦夫、福元康文、山崎慎一、(高知県 森林振興・環境部 環境共生課：片岡尚男・甲藤広一)、
参加者：第９回四万十流域圏学会・総会・学術研究発表会・準備会
石川妙子、橋尾直和、瀬戸口忠臣、 村上雅博、福永秦久、松田誠祐　片岡尚男、河野裕子、川田昭彦、三浦治、矢野峰、大西慎二、 宮崎泰典、宮本裕輔、生田、竹崎　西内燦夫、福元康文、鹿熊誠

****

四万十・流域圏学会　委員会構成

○総務委員会	委員長	村上 雅博
	委員：	各委員長＋代表幹事
○財務委員会	委員長	福永 秦久
○表彰委員会	委員長	松田 誠祐
○編集・出版委員会	委員長	橋尾 直和
○企画委員会	委員長	石川 妙子
○四万十活性化委員会	委員長	瀬戸口 忠臣

代表幹事
●各委員長＜代表幹事を兼務＞
●代表幹事・理事代表（西内燦夫、福元康文、山崎慎一）
●高知県文化環境部 環境共生課（四万十川･清流担当）
◎総務委員会・特任；理事会担当補佐（高知県 森林振興・環境部 環境共生課：片岡・甲藤）

四万十・流域圏学会　第 10 回記念大会準備会　関係各位
村上雅博、石川妙子、瀬戸口忠臣、福永秦久、松田誠祐、西内燦夫、鹿熊　誠、甲藤広一、片岡尚男様、沖上茂様、大年邦雄

2009 年度 四万十・流域圏学会　役員・理事会事務局　関係各位
今井嘉彦、宅間一之、福留脩文、北條正司、大原泰輔、池田誠、石川妙子、江渕 倫将、大年邦雄、島谷幸宏、瀬戸口忠臣、西内 燦夫、西森　基貴、橋尾直和、福田善乙、福永秦久、福元康文、松田誠祐、宮崎利博、村上雅博、山崎慎一、片岡尚男、甲藤広一

****

以上、記録（総務委員会）

「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，四万十川および流城圏関連分野の論文，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，次の通りとします。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議な新事実や新技術を含むものです。それ自身完成度が高く独立したもので，まとまった結論が得られる段階まで研究が進展しているものを対象とします。特色のある観測・実験・調査結果やその一次的解析結果および統計・数値実験結果などを主とするものも含まれます。

(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：四万十川および流城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，四万十川および流城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ようであることが望ましいです。

和文の本文１ページは，原則として横書きで，2552 字×5649 行×２１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ケ月以内とします。

5．原稿の受け付け

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

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

6．原稿の査読

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

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

(3) 編集出版委員会は，査読結果に基づき掲載の可否を決定します。

7．原稿の受理

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

8．正原稿の提出

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

9．校正

印刷時の執筆者校正は，「完全版下原稿」の場合は，原則として行いません。ただし，編集出版委員会が必要と判断した際には，執筆者校正を依頼する場合があります。「テキストファイル付き原稿」の場合は，印刷時の執筆者校正は１回とします。執筆者校正を行った場合，ゲラ刷りの受け取り後，指定期日までに必ず返送して下さい。返送が遅れた場合は，編集出版委員会の校正のみで校了にすることかあります。

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に一週間以内に行わなければ，執筆者校正はないものとします。抜刷りは行いません。

10．著作権

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

11．編集出版委員会事務局

〒780-8515　高知市永国寺町 5-15
高知女子大学文化学部橋尾研究室
TEL･FAX : 088-873-2823　E-mail : hashio@cc.kochi-wu.ac.jp

執 筆 要 領

1．投稿原稿の性質

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

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

2．一般的注意事項

①原稿の本文の用語は，日本語とします。

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

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

「例」2. 研究方法

2.1 分析方法

2.1.1 微生物学的方法

(1) 一般細菌数

(a) 培地

④区読点には“,”および“.”を用い，“、”や“．”などは用いません。

⑤本文中で使用する単位は，ＳＩ単位系に従って表記することを原則とします。ただし容量単位は，リットル（*l*）あるいは立方メータ（m^3）を用いることを原則とし，特別に必要な場合を除き，立方デシメータ（dm^3）は使用しません。

⑥生物名は，和名の場合はカナを用い，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，その実費を著者負担とします。

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

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

岡村（1995）は，……，……と述べている（渡辺 1984）。

⑪直接文章を引用する場合は，「引用記載要領」に従って下さい。

⑫注は，「注記載要領」に従って下さい。

⑬その他，不明な点は出力見本を参照し，それに準じて原稿を作成して下さい。

3．「完全版下原稿」に関する注意事項

①Ａ４判の白紙に所定の書式に従って印刷して下さい。

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

③文字は1段組とし，1行48文字，1ページ47行を標準とします。

4．「テキストファイル付き原稿」に関する注意事項

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

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

②原稿の長さは原則として，表題，著者名，英文要旨および図表を含めて本規定の3に記載されたページ以内とします。但し，刷り上がり1ページは，1ページ目が約1,600字，以降は約2,256字です。Ａ４版白紙に1ページにつき48字×47行（＝2,256字）で上下マージン23mm，左マージン17mm，右マージン17mmの枠内に収まるように印字出力して下さい。活字体は，1) 本文：明朝体(MS)，2) 見出し：ゴチック体ボールド，3) 英数字：タイムズ体とします。活字サイズ等の詳細は添付の論文サンプルを参照下してさい。

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

④図面は，Ａ４判のトレース用紙または白紙を使用し，１枚に１図ずつトレース，レタリングするか，あるいはコンピュータを用いての作図の場合，高品質のプリンタで出力したものとします。各図の右下すみに図番号，著者名，縮尺を記入します。図はワクだけでなく，縦軸の説明，数字も含めて幅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して下さい。

なお，図示不明瞭な場合，図の全面的な書き直しを指示することかあります。

⑤表は，Ａ４判の用紙を使用し，１枚に１表ずつ作成して下さい。原則として原表をそのまま使用するので，上記の上下左右マージンの範囲以内に印刷できるよう，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。

四万十・流域圏学会誌：原稿の種類と審査分類

種別 （目次の順番）	頁数の上限	査読体制	原稿の集め方	内容	備考
巻頭言	2	委員長	依頼	編集出版委員会から依頼する。内容は執筆者の自由とする。	編集委員長所管
原著論文	10	2名	自由	原著論文には、特色ある観測・実験・調査の結果やその一次的解析結果及び統計・数値実験結果などの他、政策科学を主とする論文も含まれる。	人文・社会科学分野の原著論文は政策論を含み左記の内容にこだわらない。
研究ノート	4	2名	自由	①新しい研究方法などの紹介、②予報的速報、③既知の知見を確認する短報など	
総説	10	2名	自由/依頼	流域圏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	編集委員会が企画・依頼する場合については内規あつかいとして、投稿要領には記載しない。
記念寄稿	2	委員長	依頼	編集出版委員会の判断に基づいて、寄稿を依頼する文書。	
総会特別講演寄稿	10	委員長	依頼	同上	
特別寄稿	20	委員長	依頼	同上	
解説	10	2名	自由/依頼	新しい研究・技術・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易く提供するもの。各分野におけるトピックのレビューなどを含む。	編集委員会が企画・依頼する場合については内規あつかいとして、投稿要領には記載しない。
技術・調査報告	6	1名	自由	流域圏における技術や調査の報告で、実用性・有用性を重んじているもの。	
論説・評論	2	1名	自由	学会関連の全般的総括的問題で広く会員の参考となるものなど	
討議・コメント	2	1名	自由	原著論文に対する討議・コメント。	
記録・報告	適宜	委員長	自由	総会、研究発表会、表彰などの経過報告、およびシンポジウムなどへの参加報告。	
新刊紹介	1	委員長	自由	新刊図書の紹介と書籍の概要を述べる文書。	
書評	1	委員長	自由	図書の第三者による推薦文書。	
その他	適宜	委員長	依頼	編集出版委員会の依頼により特定の内容について、特定の著者に執筆を依頼する文書。	
会告	適宜	委員長	自由	四万十・流域圏学会から会員への告知事項。	
お知らせ	1	委員長	自由	四万十・流域圏学会以外から会員への告知事項。	
各委員会報告	適宜	委員長	依頼	委員会、研究グループなどの活動紹介など。	
賛助会員名簿	1	委員長	依頼		
編集後記	0.6	委員長	依頼	会員へ編集の状況を知っていただくため、また、後任の編集担当者の参考とするために、編集上で試みた工夫や感じた問題点を述べる。	

注）　委員長：委員長担当

査読担当委員が依頼する第一査読者は該当の専門領域の方で論文内容および研究レベルや完成度の評価、第二査読者は周辺領域の方で学会誌の学際的な意義や方向性を考慮してレベルや完成度等についてチェックしますが、評価が割れた場合は査読担当委員が第三査読者を指名します

(As of 2009/12/22)

参考・引用文献記載要領

【論　文】

①著者名（西暦掲載年）：表題，雑誌名，巻，ページのように書き，（西暦掲載年）と表題の間にコロンを入れる。表題，雑誌名，巻，ページの間はコンマ（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。同一著者名，同一掲載年の場合には年 a，年 b，のように区別します。

②和文誌の本文の字体は明朝体 10.5 ポイント，英数字はタイムズ体 10.5 ポイント，欧文誌の字体はタイムズ体 10.5 ポイントを用います。欧文誌の著者名，表題の字体は元論文に従います。学名および欧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，欧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ページについては原則として通巻ページを記して下さい。号（No.）ごとのページのみの雑誌の場合には巻の次に号を記し，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を書いて下さい。

【単行本】

⑤著者（編者）名（発行年）：書名，発行所，発行場所（都市名：特に必要な場合のみ記す），ページのように書いて下さい。（西暦発行年）と表題の間にコロン，書名，発行所，発行場所（都市名：特に必要な場合のみ記す），ページ間はコンマ（和文誌では全角，欧文誌では半角を用いる）で区切り，最後はピリオドで終ります。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，編者名：書名（欧文書籍 in “　” 書き），発行所，発行場所（都市名：特に必要な場合のみ記す），ページのように書いて下さい。最後はピリオドで終ります。

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

【ウェブページ等】

⑧著者名：ウェブページの題名，ウェブサイトの名称，（できるだけ）最終更新年月日，URL（参照：年月日）.

【その他】

⑨不明な点は「上記の掲載されている見本の論文」を参照して下さい。

［記載例］ 〈〈〈上記の参考・引用文献サンプルを参照〉〉〉

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）を次の例にならって記入します。

［記載例］

真田は「……」と述べている（真田 1985）。

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。

注記載要領

注は本文中に示す場合，アラビア数字を用い，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。

中本の意図を見るために[1]のように記入してください。

注の書式は，次のように統一して下さい。注を記載する場合は、参考・引用文献の前に1行空きで記載します。

［記載例］

注

(1) 中本(1992)参照。

(2) □□□□□□□□□□□□□□·····。

(3) 小泉（2005）では，□□□□·····。

見 本

上辺マージン 23 mm
右マージン 17 mm

［四万十・流域圏学会誌　第??巻　第?号　???-???　2009］

明朝体(MS)：9pt., 英数字はタイムズ体 9pt.

1 行空き

＜論　文（原著）＞

ゴチック体ボールド：11pt.

1 行空き

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

ゴチック体ボールド：16pt.
題目の行間：固定値(15pt)

1 行空き

吉田　正則＊，村上　敏文＊

ゴチック体ボールド：11pt.

1 行空き

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

1 行空き

Masanori YOSHIDA and Toshifumi MURAKAMI

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

タイムズ体ボールド：11pt.

タイムズ体　9pt.

1 行空き

Abstract

A hydrometry of a 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 now 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 sma11-scale river located on agricultural watershed in hilly and mountainous region.

3 文字分空き（タイムズ体 10.5pt）

3 文字分空き（タイムズ体 10.5pt）

1 行空き

タイムズ体ボールド：11pt.

Key words：Doppler effect, agricultural watershed, stream velocity, storm runoff

タイムズ体：10.5pt.

2 行空き

見出しはゴチック体ボールド：大見出し 11pt.，中・小見出し 10.5pt.，英数字はタイムズ体
本文：明朝体(MS) 10.5pt. 1 段組み，1 ページ(48 文字，47 行)，図表：設定ページ範囲内

1. はじめに

タイムズ体，ゴシック体ボールド 11pt.

1 行空き

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

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。

横線の挿入

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

明朝体，タイムズ体 9pt.

下辺マージン 23 mm
左マージン 17 mm

2. 観測地点の概要と調査方法 ← タイムズ体、ゴチック体ボールド：11pt.

2.1 観測地点の概要 ← タイムズ体，ゴチック体ボールド：10.5pt.

今回観測を行ったのは，高知県四万十川波域内の農業集水域（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 ケ月間を中心にデータの整理を行った。

1 行空き

2.2 河道横断面形状の測量 ← タイムズ体，ゴチック体ボールド：10.5pt.

（中　略）

1 行空き

3. 結果と考察 ← タイムズ体，ゴチック体ボールド：11pt.

3.1 河床横断面形状の変動とセンサー法の欠測頻度 ← タイムズ体，ゴチック体ボールド：10.5pt.

（中　略）

1 行空き

3.3 センサー法による水位，流水断面積，流速，および流量の測定結果

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

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

$$V_s^m = 0.344V_s + 0.121V_s^2 \quad .(4)$$

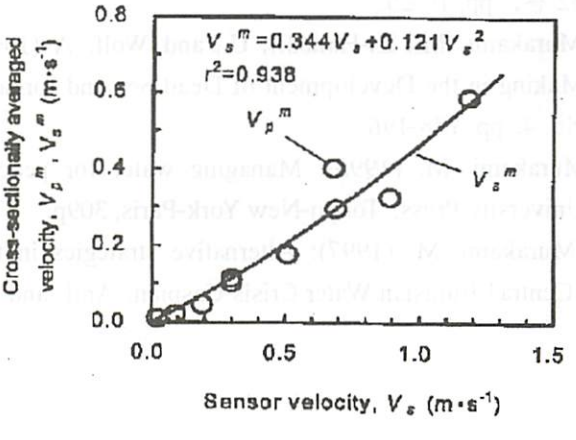


Fig.7 Relation between sensor velocity and cross-sectionally averaged velocity derived from manual measurement (○), regression curve of cross-sectionally averaged velocity as a function of the sensor velocity (—).

（中　略）
（中　略）
（中　略）

表(Table)のタイトルはセンタリングして表の上位に記載

数式・数字はタイムズ体、**Fig.** ，**Tab.**.はタイムズ体ボールド

5. おわりに ← タイムズ体、ゴチック体ボールド：11pt.

1行空き

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。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。

1行空き

謝辞 ← ゴチック体ボールド：11pt.

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仲氏，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。

1行空き

（原稿受付　200?年??月??日）（原稿受理　200?年??月??日）

1行空き　*<以下の参考・引用文献は上記のサンプル論文内容とは関連しない事例サンプルです>*

参考・引用文献 ← ゴチック体ボールド：11pt.　和文は明朝体(MS)：10.5pt.，英数字はタイムズ体 10.5pt

1) 黒田久雄（1997）：非灌漑期農業地区からの NO_3-N 日流出負荷量の検討一流出負荷予測タンクモデルに関する研究（II）一，農土論集，189 号，pp. 51-58.
2) 角松生史（2001）：自治立法による土地利用規制の再検討―メニュー主義と「認知的・試行的先導性」―，原田純孝編：日本の都市法，東京大学出版会，pp.321-348.
3) 辻和毅（2006a）：アジアモンスーン地域・沖積平野の地下水利用と保全政策の比較(その 1)，四万十・域圏学会誌，Vol.5, No.2, pp.43-50.
4) 辻和毅（2006b）：アジアモンスーン地域・沖積平野の地下水利用と保全政策(その 2)，四万十・流域圏学会誌，Vol.6, No.1, pp.23-30.
5) 福嶌義宏，村上雅博（1995）：水に係わる国際紛争と水環境問題の光と影-カスピ海，アラル海，死海と 21 世紀の中央アジア／ユーラシア，信出社，p.57.
6) フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』：地球温暖化，Wikipedia，2009/02/05, http://ja.wikipedia.org/wiki/ 地球温暖化(参照：2009/02/10).
7) 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 巻，pp. 19-25.
8) Murakami, M., El-Hanbali, U., and Wolf, A (1995): Technopolitica1 Alternatives and Ecopolitica1 Decision Making in the Development of Dead Sea and Jordan Rift valley Beyond the Peace, Water Internationa1, Vol. 20, No. 4, pp. 188-196.
9) Murakami, M. (1995): Managing water for peace in the Middle East:-alternative strategies, United Nations University Press, Tokyo-New York-Paris, 309p.
10) Murakami, M. (1997): Alternative strategies in the inter-state regional development of the Jordan valley, in Centra1 Eurasian Water Crisis-Caspian, Aral, and Dead Sea , United Nations university Press, pp. 154-180.

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 環境理工学群 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、研究発表会等の開催。
（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・流域圏学に関心をもち、本会の趣旨に賛同する者とし、正会員、学生会員、賛助会員、名誉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・団体で賛助会費（年額30,000円以上）を納める者。
（４）名誉会員　本学会の発展にとくに功績のあった個人で、総会の決議をもって推薦する者。会費は徴収しない。
（５）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。

（役員の選任）
第11条　理事及び監事は正会員の互選により、総会で決定する。
２　会長は、理事のうちから互選する。
３　副会長は、理事のうちから会長が指名する。
４　理事及び監事は、相互に兼ねることができない。

（役員の任期）
第12条　役員の任期は２年とし、再任を妨げない。
２　役員は任期満了となっても、後任者への事務引継ぎを終了するまでその職務を行う。
第13条　役員に欠員の生じたときは、後任を選任する。ただし、理事会でその必要がないと認めたときは、この限りでない。
２　補選された者の任期は、前任者の残任期間とする。

（役員の任務）
第14条　役員の任務は次のとおりとする。
（１）会長は、会務を総括し、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認めたとき
（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議決を他の出席会員に委任した者及び書面によって議決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、４月１日から翌年３月３１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。

附則
１　この会則は、平成１９年５月２６日から施行する
２　平成１９年度の会計年度は、第２８条の規定にかかわらず平成１９年５月１日から平成２０年３月３１日までとする。

附則
１　この会則は、平成２１年６月６日から施行する。

平成２１年６月６日の第９回総会にて変更承認：第２章　会員に関する事項　（会員）　第５条のアンダーライン部を含む）

四万十・流域圏学会役員体制

四万十・流域圏学会役員リスト

（平成21年度）

会長

今井　嘉彦	高知大学・名誉教授	環境化学	県内

副会長

宅間　一之	高知県立歴史民俗資料館・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・教授	環境化学	県内
大原　泰輔	大原計画事務所・代表	地域計画学	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
今井　嘉彦	高知大学・名誉教授	環境化学	県内
石川　妙子	NPO法人 環境の杜こうち・代表	河川生態学	県内
江渕　倫將	安芸市立清水ヶ丘中学校・校長	教育学	県内
大年　邦雄	高知大学農学部・教授	防災工学	県内
西森　基貴	(独)農業環境研究所・主任研究員	自然地理学	県外
島谷　幸宏	九州大学工学部地球環境工学科・教授	土木工学	県外
瀬戸口 忠臣	（株）JFEエンジニアリング・顧問	土木工学	県外
宅間　一之	高知県立歴史民俗資料館・館長	民俗学	県内
西内　燦夫	NPO四万十川流域住民ネットワーク・代表	流域圏学	県内
橋尾　直和	高知女子大学文化学部・教授	言語学・方言学	県内
福田　善乙	高知短期大学・教授	経済学	県内
福永　秦久	西日本科学技術研究所・取締役	環境化学	県内
福元　康文	愛媛大学農学部・教授	蔬菜園芸学	県外
松田　誠祐	高知大学・名誉教授	水文学・河川工学	県内
宮崎　利博	高知県理事（東京事務所担当）	河川・防災工学	県外
村上　雅博	高知工科大学環境理工学群・教授	水資源・環境工学	県内
山﨑　慎一	高知工業高等専門学校建設システム工学科・准教授	衛生工学	県内

委　員　会

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
○財務委員会	委員長	福永　秦久
○表彰委員会	委員長	松田　誠祐
○編集・出版委員会	委員長	橋尾　直和
○企画委員会	委員長	石川　妙子
○四万十活性化委員会	委員長	瀬戸口　忠臣

代表幹事

●各委員長＜代表幹事を兼務＞

●代表幹事・理事代表（西内燦夫、福元康文、山崎慎一）

●高知県林業振興・環境部　環境共生課
総務委員会・特任；理事会担当補佐（高知県林業振興・環境部　環境共生課内、担当：片岡・甲藤）

四 万 十・流 域 圏 学 会
会 員 募 集 の 御 案 内

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

毎年、高知の味自慢の一つである初鰹を御賞味いただけるベストシーズンの、5月末に総会・研究発表会と四万十川の現地見学会を予定し、平成21年6月に第9回総会を終え、四万十・流域圏学会誌も第8巻2号まで刊行することができました。全国の流域圏と流域ネットワークをつくる方向で、四万十川から、土佐、全国、そして世界をみつめて、流域圏をキーワードに新しい学会の活動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(サスティナブル・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。

お問い合せ先

学会事務局本部:高知工科大学 環境理工学群 村上研究室
〒782-8502 高知県 香美市 土佐山田町 宮の口185
TEL:0887-57-2418, FAX:0887-57-24201, E-mail: murkami.masahiro@kochi-tech.ac.jp
理事会担当事務局:〒780-8570 高知市丸ノ内1−7−52 高知県林業振興・環境部 環境共生課内 片岡、甲藤 あて TEL:088-821-4863 FAX:088-821-4530 E-mail takao_kataoka@ken3.pref.kochi.lg.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・団体で賛助会費(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 または、銀行口座 四国銀行下知支店 普通預金0387519四万十・流域圏学会 会計 福永秦久
お願い: 領収書は発行いたしませんので、振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・郵送費等に、賛助会員の会費は小・中・高校生を対象としたユース(ジュニア)セッションの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：
〒782-8502　高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185
高知工科大学・フロンティア工学教室　四万十・流域圏学会　事務局（村上）
Tel:0887-57-2418, Fax:0887-57-2420　E-mail: murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp

入会申込書 ⇔（連絡先等変更届け）

氏名と変更部分のみをお書き下さい

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　）上記の住所と同じときは⇒以下に同上と記載下さい。
〒＿＿＿＿＿＿

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

	受付承認：　平成　　年　　月　　日

編 集 後 記

第9巻第1号が，やっとのことで完成しました。今号も，書式変更による要領改訂ということもあり，編集作業に大幅に時間を取ることになりました。二段組を一段組へ，そして投稿要領・執筆要領の見直しなど，幾多の問題点に立ち向かいながら，チェックにチェックを重ねて参りました。早くからご投稿されていた執筆者の皆様，大変遅くなり，申し訳ございませんでした。

今号は，まず，寄稿・報告に第9回学術研究発表会における企画セッション「河川マイスター」の内容を2点掲載しました。現地調査(研修)の実施内容と高橋裕氏によるご講演の内容です。

原著論文として，古沢浩氏，清水若那氏，井上昌一氏，西本寛氏，村上雅博氏による微細気泡含有液体散布と窒素性物質の土壌中への効率的送達に関する論考，辻氏和毅氏による環境政策からみた地下水保全政策に関する論考，松下潤氏，入嵩西正治氏，安谷屋隆司氏による沖縄石垣島の赤土流出の抑制対策システムに関する論考の3点を掲載しました。

今号から適用される，新投稿要領・新執筆要領(投稿サンプル)を，53ページから62ページに掲載しておりますので，よろしくご査収ください。今後とも，学会誌の内容を充実させて参りたいと存じます。皆様のご投稿，お待ちしておりますので，何卒よろしくお願いいたします。

(橋尾直和)

四万十・流域圏学会　賛助会員

平成 20 年 5 月 31 日現在（４団体）

●(財) リバーフロント整備センター
●林野庁四国森林管理局四万十川森林環境保全ふれあいセンター
●株式会社四国電力中村支店
●中村商工会議所

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・団体で賛助会費(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・郵送費等に、**賛助会員の会費は小・中・高校生を対象としたユース（ジュニア）セッションの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。**

ほたる･カワニナ観察会：　奈路小学校 (2007. 5. 27)
第７回四万十・流域圏学会 ユースセッション・フィールドツアー

(財) リバーフロント整備センター
〒102-0082 東京都千代田区一番町 8　一番町 FS ビル 3F

林野庁四国森林管理局四万十川森林環境保全ふれあいセンター
〒786-0601 高知県四万十市西土佐村江川崎 2405

株式会社四国電力中村支店
〒787-8691 高知県四万十市中村大橋通 6 丁目 9-21　安光孝夫

中村商工会議所
〒787-0029 四万十市中村小姓町 46　中村商工会議所

We Love "SHIMANTO"

2009.12

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

■事務局　高知工科大学 フロンティア工学コース 村上研究室
〒782-0003 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185
TEL:0887-57-2418　FAX:0887-57-2420
E-mail:murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp