

# 四万十・流域圏学会誌

第9巻 第2号

We Love "SHIMANTO"



2010

June



# 四万十・流域圏学会誌 第9巻 第2号 (2010)

## 目 次

### 特集: 流域圏

#### 巻頭言

地域の環境を生かして

福永 泰久(四万十・流域圏学会 財務委員長)..... 1

#### 総説 [特集: 流域圏]

流域圏をどうとらえるか?

島谷 幸宏(九州大学大学院工学研究院)..... 3

「自然共生型流域圏・都市の再生」について

吉川 勝秀(日本大学理工学部)..... 7

流域圏と文化環境

橋尾 直和(高知女子大学文化学部)..... 13

街道と流域圏

瀬戸口 忠臣(JFEエンジニアリング株式会社)..... 17

確信できる未来であるために

西内 燦夫(四万十川流域住民ネットワーク)..... 21

四万十・流域圏の回顧と今後の課題

今井 嘉彦(四万十・流域圏学会 会長)..... 23

#### 解説論文

流域圏の変遷とこれからの流域管理考—節水対策政策の視点から

松下 潤(芝浦工業大学システム理工学部)..... 27

地球規模気候変動(温暖化)と流域圏

西森 基貴(独)農業環境技術研究所大気環境研究領域)..... 35

地下水の脆弱性と地下水保全政策

辻 和毅((株)技術開発コンサルタント)..... 39

Water Resources Demand and Supply Responsibility of Groundwater in Hanoi, Vietnam

DINH Thai Hung (Vietnam Institute of Meteorology)..... 45

#### 研究ノート

流域圏に視点をのいた豪雨の規模を表す結合規模指標

松田 誠祐(高知大学名誉教授)..... 55

#### 解説

洪水流を測る - 四万十川から発信する新しい計測技術 -

岡田 将治(高知高専建設システム工学科)..... 59

徳島大学総合科学部環境・分析化学研究グループ

今井 昭二(徳島大学ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部)..... 63

#### 添付

四万十・流域圏学会・会則..... 67

表彰規定(案)..... 70

四万十・流域圏学会・役員リスト・委員会構成(案)..... 71

会員募集のご案内..... 73

四万十・流域圏学会誌・投稿規定..... 74

四万十・流域圏学会誌: 原稿の種類と審査分類..... 76

入会申込書..... 77

編集後記..... 78

四万十・流域圏学会 賛助会員..... 79

<巻頭言>

## 地域の環境を生かして

福永 泰久\*

四万十・流域圏学会は平成13年3月に設立され、今年度で10周年になる。その記念すべき年に高知市を離れて四万十川上流域の檜原町で開催されることは、意義深いことと思う。

私が布施ヶ坂を越えて、四万十川上流の地域を訪れたのは、1962年(昭和37年)の初春、高校1年生のとき、残雪の天狗高原に初めて登ったときである。そのカルスト地形と草原に感動して、その年の7月には再び昆虫採集のために登った。当時は、須崎からバスで新田まで行きバスを乗り換えて郷へ、そこからは徒歩で谷沿いの道を奥へおくへと登った。茅場であった天狗高原の夏はススキの草原で、赤い可憐なヒメユリがたくさん咲いていた。当時見た、須崎から新莊川沿い、さらに四万十川上流の山里は生き生きしていたように思う。平地から上へ上へと重なった段々畑、そして山の斜面にはミツマタが植えられていた。

その当時、高校の地理の授業では、地理(地形、地質)、気象(温度、湿度、風、降水量)が地域の気候と植生を決定し、その条件に適した暮らし(衣食住)があり、産業(特に1次産業)が育つと教えられた。そうしたことは、受験勉強のためだけに覚えていたが、環境の仕事に携わってから初めて理解できた。自然を生かし利用した人間生活があり、それが地域の文化であるということも、四万十・流域圏学会で社会科学の先生方と交流して、さらに理解が深まった。道路が整備され自動車交通が発達する以前は、人の移動と物流が川を通して行われており、流域圏としての地域特性が見られた。四万十川や仁淀川などの大きな川では、薪、炭などの燃料が上流から下流へさらに海をとおして大都市へ、農産物、海産物や他地域からの商品は上流へ運搬された。このように、自然環境は人間生活の基本であり、地域の特性を決定する重要な因子であることを教えられたのは、スイス・ドイツで学んだ近自然工法からである。

自然の重要性について、スイスで近自然工法の勉強中に聞いた言葉であるが、「人間は自然を征服できない。また自然と共生しなければ人類は存続できない。だから自然を大切にするのは、これは東洋の考え方ですよ。」と彼らは言う。そうだった、日本では山に、森に、川に神が宿り、そうして自然を大切にしてきた。22年前のヨーロッパ研修の時、現地の知人に勧められてスイスのエコ展を見に行ったときに、その言葉を実感した。そのエコ展はエコロジーをテーマに、サブテーマは「自然、健康、建築、エネルギー」であった。今から20年以上前であるが、現在日本各地で開催されているエコ展と考えていただいて差し支えない。

そこで、驚いたことが3つあった。一つは、その規模の大きさである。開催されていたチューリヒ市は、高知市とほぼ同じ程度の都市(人口約36万人)であるが、エコ展の会場は50m×200m程度の建物が4棟で、展示内容の多さにまず驚いた。

2つ目は日本の伝統的な商品があったことである。それは、豆腐(tofu)、布団(futon)、畳(tatami bed)などである。植物性タンパク質である豆腐が海外で注目されているのはわかるが、布団や畳までもがエコ展にでてくるとは。自然素材であること、吸湿性があること、適度の柔らかさなどが環境と人間に優しいとのことである。3つ目は、展示物がエコロジーである理由を具体的にしめしていることである。先の日本の伝統的商品にも記したが、その他食塩や蜂蜜などの自然食品や有機農産物についての成分分析もかなりしっかりやられていた。また、興味ある例としては、「屋外で飼育した牛と豚から製造した牛乳、チーズ、ハム、肉類などは、ストレスを受けていないからエコロジーである。」として販売していたグループもあり、人気を得ていた。日本では、「食の安心と安全」が重要視されているが、この国では人間を取り巻く全環境についてエコロジーを考慮し、農業も地域の生態系に影響を与えない方法を実践していたこと、また常に哲学的な考え

\* 四万十・流域圏学会 財務委員長 〒781-8132 高知市一宮東町二丁目9番10号

が共存していたことに感心した。さらに、私が注目したのはソフトの充実である。例えば食についてみると、日本では有機（オーガニック）食品だからとか、手作りだからとか、感覚に訴えて宣伝することが多いが、スイスでは成分などの化学的な証明や地域や地球環境などとの関係を論理的に説明していた。こうしたやり方は多くの分野に見られ、例えば政治や行政の中枢にも哲学者がおり、多くのことを哲学的かつ科学的に考えて、「何が最も良いことか。」を論じてから行動しているようだ。

さて、自然の重要性について私の専門である薬学から考察してみる。

地球の歴史は、60億年と言われている。その期間の約10%にあたる6億年ぐらい前に、生物らしきものが発生した。私たち人間が含まれるほ乳類の出現は、2,500万年前ぐらいで、さらにその中で人類の出現は200万年前で、生物の歴史に比較すると、ごくわずかである。そのため、私たちのDNAの中には、地球の歴史・生物の進化が刻み込まれている。例えば、地球の地殻物質でありながら有害だと言われているカドミウム、鉛、水銀も人間の体をコントロールするために、極々微量は必要な物質であり、それらは、生態系の中で摂取、利用、分解、排出されている。つまり、我々人間を含む生物は、遺伝子の中に利用法、解毒法がインプットされている。長い歴史の中で、そういうことができる生物が生き残ってきたはずであり、これを一般に「進化」と言っている。ところが、先の物質が自然界の含有率以上だったり、PCBやダイオキシンなどの新規物質に対しては、解毒化する情報をDNAの中に持っていないので、身体に変な現象がおこってくる。つまり、人間は地球の生態系の変化とともに、発生・進化・共存してきたわけで、自然生態系なくして生存できないと考える。

そこで、高知県を見つめる。地球活動によって形成された地形である四国山脈、その南側に長くわん曲して海に面し、多雨で温暖な気候。山地が多いが、先の気候の影響で豊かな森林資源、それによって林業が栄えた時期もあった。また、農業面でも同様の理由で、冬には北西の季節風が弱められ晴れの日が多いことから、日射量が大きく施設園芸が盛んである。

地質の特徴では石灰岩や蛇紋岩の採掘などがあり、少し前まで豊富で急峻な河川水を利用した水力発電で、四国内へ電気を供給し、そのため電気製鋼、カーバイト製造、研磨剤の製造、塩の電気分解などの2次産業が発達したが、四国内が一電力会社になったことから、それらの製造業が衰退した。これからの高知県は、他県の成功例をまねて追っかけるのではなく、地形・地質・気候などを生かす産物と産業（これからは特に第3次産業と思うが）の準備を始めるべきだ。世界の課題や目標、日本がこれから進むべき方向を考え、数十年先をみた自然や文化を楽しむ観光、さらにそのための環境保全の産業が育ってほしいと思う。世界中から観光客が、特に欧米の国々の人々が訪れる県土になることを望んでやまない。その方向性について、私は次の言葉を提案する。それは、産業革命後の物質文明に侵された欧米人が江戸末期から明治時代に日本を訪れたときの文章をまとめたものである。



1962年夏の天狗高原（五段城から五段高原を望む）

「郊外の豊穡さはあらゆる描写を超越している。山の上まで見事な稲田があり、海の際までことごとく耕作されている。おそらく日本は天恵を受けた国、地上のパラダイスであろう」（リュードルフ、1855）。

「私にとって重要なのは在りし日のこの国の文明が、人間の生存をできうるかぎり気持ちのよいものにしようとする合意と、それにもとづく工夫によって成り立っていたという事実だ。欧米人たちが言うように、なるほど日本は自然的条件に恵まれていたに違いない。だが彼らが賛美した日本の自然美は、あくまで一つの文明の所産だったのだ。たとえば松林は照葉樹林を破壊したあとの二次林であり、萩は原生林ではなく、そういう二次林にもなる植物である。欧米人が讚美したいわゆる日本的景観は、深山幽谷のそれを除いて、日本人の自然との交互作用、つまりその暮らしのあり方が形成したものだ」（渡辺京二、2005：「逝きし世の面影」、平凡社ライブラリーより）。

## <総説>

# 流域圏をどうとらえるか？

九州大学 島谷幸宏\*

## 1. 流域圏はこれまでどう定義されてきたか？

流域圏という言葉は、どう定義されているのであろうか？

四万十・流域圏学会では設立趣意書の中で流域圏を定義している。「日本の河川は水系の自然環境と地域の気候条件によって、固有の地形を形成し、そこに産業、芸術、歴史、民俗、生活、言語などの文化を育んできた。いわゆる流域圏と呼ばれる所以である。」この定義は、流域圏の空間領域を河川水系とし、流域圏の概念に自然環境と文化が河川水系ごとに異なる、あるいは自然環境と文化がひとつのまとまりをなす領域を流域圏としてとらえようという定義である。

流域圏という言葉が国の計画レベルで語られたのは三全総（第三次全国総合開発計画）が初めてであろうが、その概念が十分に発展したとは言えず、1998年に制定された五全総（21世紀の国土のグランドデザイン）で流域圏が再び取り上げられた。五全総では流域圏は、「流域および関連する水利用地域や氾濫原」で示される一定の範囲の地域（圏域）とし、水質保全、治山・治水対策、土砂管理や、森林、農用地等の管理などの、地域が共有する問題について、地域が共同して取り組む際の枠組みとして形成される圏域」と定義された。この考え方は空間領域として、いわゆる自然科学で定義される集水域としての流域に加え、水を配水する区域や氾濫流が及ぶ地域までを流域圏として包含させている点が特注である。また、地域が共有する問題を解決するための領域、すなわち国土管理の領域として流域圏が定義されている。

吉川勝秀は「流域圏プランニングの時代（2005）」のなかで、多くの識者が唱える流域や流域圏などの概念を地下水域まで考慮に入れたうえで整理し、流域圏の定義を次のように行っている。「三全総で提唱された流域圏といった場合は、かつての自然の流域のランドスケープに対応して人々の暮らしと活動があり、それに対応した見事な水系社会が成立していた歴史から、この場合には、表流水の流域を流域圏と見ていたといつてよい。水・物質循環や生態系、基礎的な人々の暮らしや生産活動と比較的よく対応し、自然と共生する流域圏・都市の再生計画づくりや実践の単位としてわかりやすいことから、流域圏を表流水の流域に対応させ」と述べている。

また、近年、東京湾流域圏あるいは伊勢湾流域圏（辻本ら、<http://www.errp.jp/>）など湾域に流入する全ての河川流域および湾域を流域圏と捉え、それらを総合的に管理するための研究がなされ始め、流域圏概念の拡張が見られる。

以上のように、流域圏は、流域では十分に取扱いえない、氾濫原や用水の配水地域、沿岸域、湾域まで空間領域を広げるための概念として使われている。また、四万十・流域圏学会が当初指摘したように、流域圏は水の循環、水の連続性をベースに、自然あるいは文化の両面で共有可能な共通性がある圏域設定としての意味をもつというのが共通の認識になってきている。

## 2. 地図を回転させて、海を中心に流域圏を考える

四万十川流域の地図を西を上にして見てみる。驚くことに、四万十川流域は極めて九州に近く、しかも韓国にも意外に近いことがわかる。四万十川の上流域の一部は、宇和島のすぐそばまで及んでいることを考えると、かつて都があった奈良、京都とくらべても大陸は近い距離にあることが分かる。

宿毛市史には弥生初期の板付式系統の土器が、中村市の入田・有岡、宿毛市の橋上・福良から発見されてい

\* 九州大学大学院工学研究院 環境都市部門 流域システム工学研究室 〒819-0395 福岡市西区元岡744番地

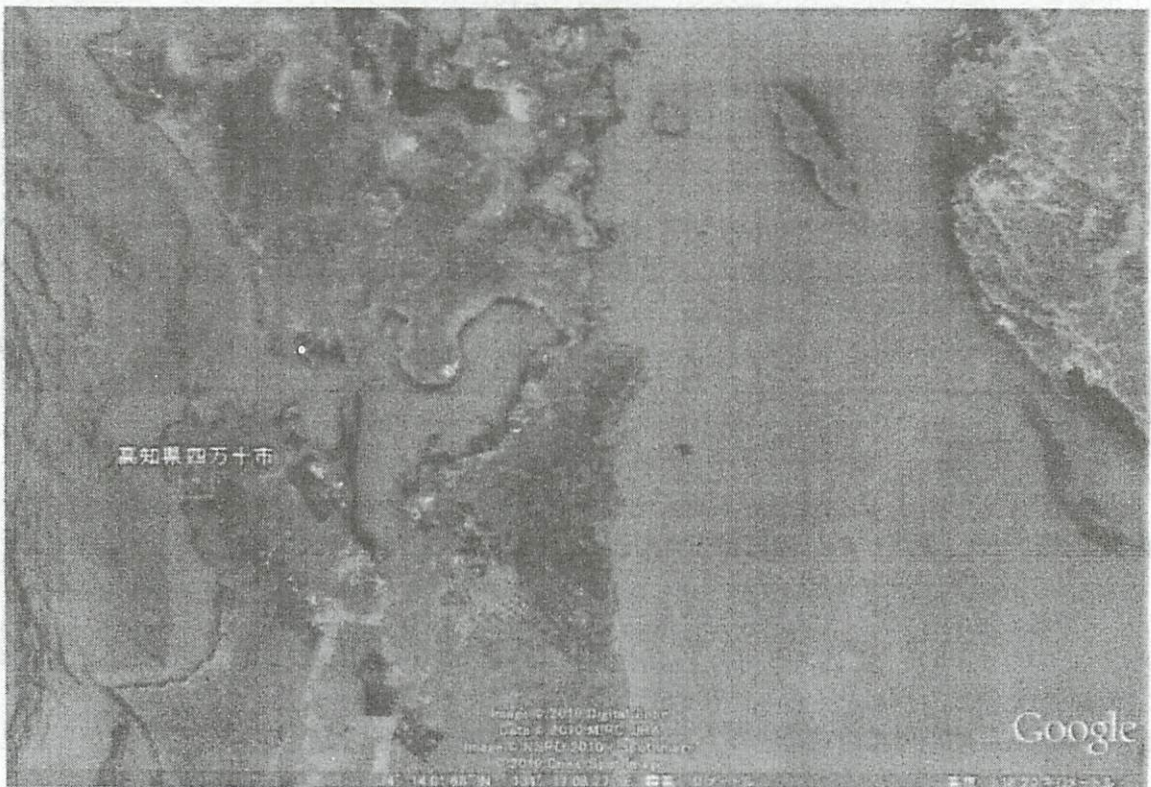
る。これは北九州に発生した弥生文化が、直接播多の地に入ったことを示すものである。おそらく北九州にはじまった弥生文化が4、50年とたたないうちに、豊後水道をわたって宿毛湾に入り宿毛市・中村市の低湿地に及んだもので、土佐における弥生文化の発祥地が、宿毛市・中村市である。この時代はまことに土佐の文化は西方より、といてよい位である。」と述べている。この指摘は非常に興味深い。近畿地方にくらべて、大陸あるいは北部九州の文化が先進的であったころは、宿毛あるいは宇和島、八幡浜あたりから文化は上陸し、四万十川を主要な交通路として、高知方面へと流入していたものと想像される。なお、幡多地方とは、幡多郡、宿毛市、土佐清水市、四万十市を含む高知西部の地域名であり、日本書紀には波多国とあり、土佐国とは別に国をなしていた。

近年、佐渡島、対馬、奄美大島、釜山などに行く機会に恵まれ、昔の海民の移動について知る機会があったが、私が想像していた以上に古代の人は活発に容易に海を越えていたのである。豊後水道は、北九州―韓国間の海域にくらべるとそれほど広くはなく、古代の海民は活発に行き来していたものと思われる。幡多の「幡(はた)」は「八幡(やはた)」に通じ、八幡浜そして対岸の宇佐八幡とつながりが感じられる名前である。文化的にも対岸の九州東部と強いつながりがあったものと想像できる。

**参考：** 八幡(はちまん)神社は八本の旗のことか？対馬には八旗(やはた)の伝説がある。神功皇后が凱旋した時、八本の旗を立てて祝ったのが八幡(はちまん)神社の由来とある。対馬も八幡と関係が深い。佐賀県の唐津市を流れる松浦川の支流の徳須恵川(波多川とも呼ばれる)の流域が波多地方である。

また興味深いことは海を挟んでいても四国西部と九州東部の汽水魚や淡水魚類相は類似していることである。アカメが四万十川と同じように、宮崎の北川や大淀川に生息することはよく知られている。また、少し話は飛ぶが、伊勢湾にそそぐ河川の淡水魚類相、有明海沿岸の淡水魚類相も類似していることが報告されている。

以上のように、現在私たちは東京を中心に、そこから遠いほうが辺境のように思うようになっている。しかしながら、それは単に東京を中心とした見方であって、決して普遍的な見方ではない。また、海を境界として見てしまうと、海は境界ではなく自由な交通路としてとらえるべきである。その海とつながる河川は自然と文化の動脈として捉える必要がある。四万十流域圏を豊後水道流域圏というとらえ方から見直すと面白い発展があるのではないかと思っている。



### 3. 同じ山を源とする川は同じ流域圏か？

福岡県と佐賀県の県境に脊振山地が横たわり、それぞれ多数の河川がその山地を源として玄界灘や有明海に流入する。その代表的な河川が前者は福岡市を流下する那珂川、後者が佐賀市を流下する嘉瀬川である。上流の地質は風化花崗岩であるため、どちらの河川も河床は白い砂が主体である。また、両河川の上流の住民はナマズを食べない。どちらの河川にも与止姫（よどひめ）信仰があり、その一属といわれているナマズを食べない。ナマズを食べない地域は佐賀平野の与止姫神社がある他の河川の住民にも見られる。また、嘉瀬川には石井樋および多布施川という一連の水利施設が、那珂川には一の井出と裂田の溝と呼ばれる用水路がある。那珂川町の調査によると、取水口の石積みの構造はきわめて類似している。また筆者らの調査によると、用水路の蛇行のさせ方や支川処理の方法などについても技術的な類似性が高い。このようなことから、両河川で河川技術の交流があったと推察される。以上のように、流域は異なっても水源を同じくする河川では川の性質や文化が類似した場合も見られる。このような場合、源流である山を中心に考えた脊振山流域圏という捉え方をしてもよいのではないかと考えている。

#### おわりに

以上のように、流域圏の捉え方は四万十・流域圏学会発足の時から比べると広がりを見せている。私はその地域が抱える問題の所在によって、都合がいいように流域圏という言葉や概念を用いればよいと思っている。流域圏という言葉が出てきた背景には東京一極集中の弊害と地方への主権の移譲が根底にあり、そういった意味では地方が元気になれるような形での流域圏の捉え方が重要であると考えている。

また、流域圏にかかわる活動については、階層的な空間スケールの設定とそのスケールから見えてくる課題やそれを解決するための合意形成や主体形成などの仕掛け、具体的な手法が必要であると思っている。

今、わたくしたちのグループは福岡市内で昨年氾濫した樋井川という都市小河川流域を対象に全住民参加による貯留浸透を主とした流域治水を提言し、活動を開始している。流域面積はわずか 20 km<sup>2</sup> 程度の河川であるが、空間スケールの大きさをいくつか設定し、その空間スケールに対応したものの見方と対処法を考えない限り、流域治水が達成できないことが徐々にわかってきている。

たとえば小学校区を対象とするスケール、これは都市の自治組織とのつながりを考える場合に重要なスケールであるが、避難路、学校などの公的空間の抽出、団地の配置などを把握し、それらに対して貯留・浸透をどう進めればいいのかを考える場面で重要となる。もう少し小さいスケールとして、個別の住宅、個別の学校などのスケールがあげられる。これは具体的な要素技術を導入する時に必要となるスケールで、排水系統、建物の配置、雨水樹の形状など細かい仕組みの理解が重要となる。流域全体を見るスケールも重要である。支流の配置、森林・住宅地・学校・ため池などの面積割合、全体の地形など、マクロな計画を立てる場合に必要である。

以上のように、流域圏の概念の拡大はとても重要であるが、流域圏の中の入れ子になったさまざまなスケールに対しての眼差しと対処を怠ってはいけなないと考えている。今後の流域圏への取り組みは、これらを両輪として展開されることを期待し、また私自身も実践していきたい。

<総説>

## 「自然共生型流域圏・都市の再生」について

吉川 勝秀\*

### はじめに

筆者に与えられたテーマは、「自然共生型流域圏」(総合科学技術会議・重点研究課題)についてである。これについては、多くの機会を得て、著作、論文等で述べてきた。そこで、その要点は簡潔に述べ、重複はできるだけ避けて主要な文献を紹介することとし、これまで書いていない流域圏での活動の実践や四万十川流域でのことなど、与えられテーマについて私論を含めて述べることにしたい。

### 1. 四万十川流域(圏)での活動について

神戸の大震災が発生した直後に、下河辺淳先生(当時、国土審議会会長。同時に、河川審議会基本政策小委員会委員)と東京を発って、四万十川を訪れた。そして、完成して時間が経っていない道の駅・「雲の上ホテル」(知人の建築家、隈研吾さんの設計・施行による)に宿泊し、橋本大二郎高知県知事等と交流した。先生は、四万十川大学院で講演をするとともにそこでの議論を聞き、流域を視察した。多くの議論は道路をめぐるものであり、先生はがっかりしたと言ひ、橋本知事は開発の下河辺さんというイメージが違ったと言った。この四万十川訪問から帰京した直後に、先生は神戸の震災復興委員会の委員長に就任した。

下河辺先生は、戦後すぐに国の行政マンとなり、戦災復興計画から始め、最初の国土計画である全国総合開発計画(以下、全総)の策定、その後も一貫して国土計画に携わり、国土審議会会長として五全総(国土のランドデザイン)を取りまとめた人である。三全総では、経済発展全盛の時代において、その歯止めも意識して定住圏構想を提示し、その単位は流域圏であるとして、いわゆる流域圏構想を提唱した人である<sup>1)~3)</sup>。その下河辺先生は、当時国土審議会の会長であったが、四万十川大学院での講演、河川審議会への参加などを依頼したことから、高知・四万十川流域へ同行させていただくこととなった。

この頃から、四万十川流域では、橋本知事の強いリード・支援により、また合併前の市町村の競争原理も働き、全国の河川流域で、流域圏に着目した活動が最も充実し、実践的に行われたといえる。それは、清流四万十川を保全・増進することを中心に、そのための計画を策定し、四万十川方式の水質浄化や、当時その整備が始まったばかりの道の駅の整備や木の香る道づくり、その他多様な取り組みがなされた。これは、三全総(1977年策定)の流域圏構想の時代における矢作川流域での矢作協による活動の実践以来のものであり、他に類するものがないといえる、と思う。

その後、高知県の担当者が、当時建設省の大臣官房政策企画官であった私のところに来て、流域圏学会をつくるので、当時の土木研究所のU氏を紹介して欲しいとのことで、U氏にその依頼をした。

橋本知事の時代の終わりに近づくと、なぜ四万十川だけなのかとの議論などもあってか、流域に着目した活動も、一時期の盛り上がりからは徐々に衰退し、現在に至っているように見える。

四万十・流域圏学会が四万十川流域の振興等の実践にどのように貢献したかはよく分からないが、実践という面では疑問である。多くの場合、学会は活動の実践に寄与することがないのが普通である。

\* 日本大学・理工学部社会交通工学科・教授 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1



## 2. 「自然共生型流域圏・都市の再生」研究について

筆者には、三全総の時代に建設省の研究所に入り、そこで広い意味での水資源と流域圏に係わる研究も行って、それが学位論文となった、という経過がある。その後、建設省大臣官房の政策課長補佐の時代に四全総が策定され、五全総（国土のグランドデザイン）の時代には、下河辺先生にも参加をいただいて、新しい流域圏構想にチャレンジした。これらのことを通じて、国土のデザイン（国土計画）を策定する役人は、たまたまその組織においてそれを担当する期間のみ関係し、そのための準備ができていないことを痛感していた。このような国土形成、管理に係わる素養をもった研究者・専門家等の準備が必要であるとの問題意識をもっていた。

首相が議長で総合科学技術会議で、国の5年間の重点課題等を決める第2期の科学技術基本計画を策定する時期に、国土交通省の国土技術政策総合研究所の環境研究部長をしていた。まず農水省が発案し、環境省も生物多様性の観点から賛同した流域圏研究について、関係する6省が協力してそれを総合科学技術会議に提案することとした。そのまとめは、当初は環境省であったが、議論を経て国土交通省が行うこととして、各省との事前協議をして作成した研究計画を私が同会議に提案をした。同会議の主要委員であった当時放送大学の学長をされていた丹保憲仁先生（前北海道大学総長）の強力な支援もあって、それが採択された。

総合科学技術会議では、ライフサイエンス、情報通信、ナノテクノロジー、そして環境を重点4分野としているが、「自然共生型流域圏・都市再生」研究は、「地球温暖化」研究、「ゴミゼロ・資源循環」研究とともに環境分野の3つのテーマとして採択され、重点投資が行われることとなった。なお、翌年度には、環境分野の4番目の重点研究テーマとして文部科学省が代表となり、農水省、国土交通省等が参画した「地球規模水循環変動」研究が追加採択された。筆者は「ゴミゼロ・資源循環」研究以外の3つの研究テーマの立ち上げと研究に参画した。

第2期科学技術基本計画が5年で終わり、次の第3期の科学技術基本計画を策定する段階では、筆者は虫明臣人先生（当時福島大学教授。現東京大学名誉教授）、石川幹子先生（当時慶応義塾大学教授。現東京大学教授）とともに、総合科学技術会議の環境分野で重点課題の設定を行う委員となってそれに参画した。そして、この3人が中心となり、関係各省からのヒアリング、専門家・学識者も参加した議論、第2期の「自然共生型流域圏・都市再生」研究の座長であった丹保先生からの提言書、「地球規模水循環変動」研究の座長であった虫明先生からの提言書の提出等を経て、「自然共生型流域圏・都市再生」研究と「地球規模水循環変動」研究を統合した「水・物質循環と流域圏」研究を第3期の環境分野の重点研究テーマとして、地球温暖化に係わる研究とともに設定した。

自然共生型流域圏・都市再生の研究（その後の水・物質循環と流域圏研究）の背景や目標等は、筆者の著作や筆者等による著作等に詳しいが、その要点を簡潔に示すと以下のようなものである<sup>1)~9)</sup>。

- ①日本では河川流域を単位とした自然基盤に都市が成立・発展してきたこと
  - ②その後、人口・経済の集中で環境負荷を流域圏にもたらしたこと
  - ③都市が成立するための流域圏の自然基盤が崩壊しており、流域圏全体の自然環境の保全・修復が求められていること
- このことから、主要都市・流域圏の自然共生化に必要な具体的プランの作成に資するため、
- ④流域圏・都市再生技術・システムを体系的に整理し、
  - ⑤流域圏における都市のスプロール化の抑制と自立化を図りながら、自然共生型都市を実現するためのシナリオを設計・提示する。

上記④、⑤を骨子として、各種の観測技術等も含めて第2期に研究開発を進め、第3期では特に再生シナリオの設計・提示を重点として研究開発が行われてきた。

その研究内容や成果等に関しては、筆者の報告したものととして、以下のものを紹介しておきたい。

- ・ <日本学術会議の論文>：吉川勝秀：「水循環と自然共生－自然と共生する流域圏・都市再生－」、『学術の動向』2007.7<sup>1)</sup>

- ・<都市計画学会の論文>：吉川勝秀：「自然と共生する流域圏・都市の再生（形成）」、都市計画、2009. 4<sup>8)</sup>
- ・<土木学会の論文>：吉川勝秀：「自然と共生する流域圏・都市再生シナリオに関する流域圏的研究」、建設マネジメント研究論文集、2006. 12<sup>9)</sup>
- ・<筆者の著書>：『人・川・大地と環境』（単著、技報堂出版）<sup>3)</sup>、『多自然型川づくりを越えて』（編著、学芸出版社）<sup>4)</sup>、『流域都市論』（単著、鹿島出版会）<sup>1)</sup>、『流域圏プランニングの時代』（共編著、技報堂出版）<sup>2)</sup>、『自然と共生した流域圏・都市の再生』（共著、山海堂）<sup>5)</sup>、『アジアの流域水問題』（共著、技報堂出版）<sup>5)</sup>。

また、流域圏をめぐる活動の実態、さらには水系・流域圏を基盤として発展してきた国土形成の歴史的経過に関しては、筆者の次の報文を紹介しておきたい。

吉川勝秀：「流域連携—四半世紀の歩み—」、『季刊河川レビュー』、2008年春<sup>10)</sup>

吉川勝秀：「国土改造二千年の歴史を総括」、『季刊河川レビュー』、2010年冬<sup>11)</sup>

### 3. 自然共生型流域圏・都市の再生に関して思うこと

自然と共生する流域圏・都市の再生に関する研究やその実践に関して思うことをいくつか列挙すると以下のことがある。

①国土の計画に係わる行政マン、専門家の不在がある。国土計画（いわゆる国土計画とともに、国土の環境計画、国土の農業計画等を含む）を策定する時期に、それに関係する部署で仕事をしている行政マン（通常その仕事を2年間程度担当するのみ）が、国土計画の素養や経験（成功したこと、失敗したことを含む経験）もなく、その策定に従事している。いわば素人が計画策定をしているのである。

上記の科学技術基本計画で「自然共生型流域圏・都市再生」研究を位置づけたのは、事前に国土計画に係わる研究をし、素養を涵養するとともに、人材のネットワークを形成することを意図してきた。しかし、その成果は満足できるものではない。すなわち、研究者、専門家は極めて視野が狭く、流域圏に係わることでも、自らの専門の範囲を超えられないのが普通である。

②国土計画自体にも、激変ともいえる変化が五全総の段階であった。それは何か、想像できるであろうか。四全総までは、計画の内容が多少無骨であっても、その計画に基づいて、計画期間内の資源配分、すなわち、国の公共事業や農業投資等の投資額が閣議決定により定められていた。このため、計画の策定に際しては、関係する国の各省の部局や地方公共団体（首長）も参加して真摯な議論がなされてきた。しかし、五全総の策定期間には、公共事業批判等から、その投資額が計画から外され、予算の裏付けのない計画となった。ことため、五全総（国土のグランドデザイン）は、それが発表された直後から、議論に上ることがなくなった。

その後、全国総合開発計画は、国土形成計画となったが、予算の裏付けのない計画であり、計画は美しくとも、実行性の乏しいものとなっている。国の実態的な支援が得られないので、市町村合併により流域圏により密着した行政体となった市区町村と都道府県での主体的な取り組みが必須となったことを明確に認識しておく必要がある。

③流域圏を意識した自然と共生する都市の再生に関しては、例えば海外では既にその活動の実践を約20年にわたって継続してきたイギリスのマージ川流域キャンペーン（経済の再興と水系の再生を目指した行動計画）などが参考となる<sup>1)、2)、4)、8)、9)</sup>。それらの先進事例については、上述の都市計画学会の論文等で紹介してきたが、水循環・物質循環の再生、生態系の再生、水辺の土地利用の再生などを行動の目標としている。そこで紹介した先進事例は、単なる計画策定や研究などではなく、再生シナリオが実践されたかどうかという判断基準で選択したものである。

一方、四万十川流域圏などの地方部の流域圏については、環境の保全と増進に加えて、少子高齢社会、人口減少社会での地域経済の再興、高齢者の福祉・医療、数の少ない子どもの育成といったことが流域圏再興の目標となる。これについては、一般的にはそのような視点で流域圏をとらえて再興シナリオを検討できる担当者もおらず、したがって実践的な活動も皆無に近い。四万十川流域においても橋本知事の時代を除くと同様といえる。この視点からのささやかな検討を、西内燦夫さんとともに事後評価的に検討を行ってきたが<sup>12)</sup>、さらに検討が必要であると考えている。四万十・流域圏学会でのそのような提言と実践に

についての事後評価については、不知である。

④研究面については、第2期の計画における「自然共生型流域圏・都市再生」研究は、関係各省が研究の提案をし、複数の省が年間数億円程度の予算を確保し、研究を進めてきた。満足する成果ではなくとも、研究は進んだといえる。その後の第3期の計画における「水・物質循環と流域圏」研究は、上述のように関係各省のヒアリング等を行ったが、総合科学技術会議の専門家でテーマを設定した。そして、結果として関係各省の予算措置がなされず、研究の推進がはかばかしくない。

この研究の立ち上げ時から、研究テーマに係わる学識者等が連携して、「自然と共生する流域圏・都市の再生」ワークショップを実行委員会（現在の委員長は丹保憲仁元北海道大学総長・放送大学学長）と内閣府が共催し、関係各省が後援して既に8回開催してきている。そこで培った専門家・研究者のネットワークは貴重なものとなっている。実行委員会では「自然共生型流域圏・都市再生」研究とワークショップの活動成果等を紹介する書籍を刊行しており、近くさらに新しい書籍を出版することとしてその作業を進めている。

⑤今後への展望としては以下のことがある。

現在、第3期の科学技術基本計画での研究のフォローアップ、評価が行われており、次の第4期の計画の検討が始まっている。「自然共生型流域圏・都市再生」、「水・物質循環と流域圏」研究の後継研究、さらにはそれらを発展させた研究を重点研究テーマとして第4期の計画に組み込めるかが課題である。私としては、上述のように各種の課題と限界があるとしても、それができるように努力したいと考えている。政権の交代で、行政による働きかけが極めて制限されている中、新しい書籍の出版、第9回ワークショップの開催は、それに資する活動であると考えている。

## おわりに

国の科学技術基本計画の重点研究課題である「自然共生型流域圏（研究）」というテーマをいただき、その内容を簡潔に紹介するとともに、その背景や意図、なしえたこと、なしえなかったなどを含めて述べた。これまでに書いてこなかったことが中心であり、少し粗野な内容となったが、読み取っていただけるものがあれば幸いである。

第4期の科学技術基本計画で、重点研究テーマとして「自然と共生する流域圏・都市の再生」研究を継承したテーマを設定できるかどうかについては明確な展望は開けていない。その設定については努力したいと考えているが、その場合、中心となる我が国の都市部での研究に加えて、地方部の流域圏での実践的な研究、そして人口が急増しているモンスーン・アジア等の流域圏での実践的な研究に多くの研究者等が参加されることを期待したい。

## 参考・引用文献

- 1) 吉川勝秀 (2008) : 『流域都市論』 (単著)、鹿島出版会、2008
- 2) 石川幹子・岸由二・吉川勝秀編著 (2005) : 『流域圏プランニングの時代』、技報堂出版、2005
- 3) 吉川勝秀 (2007) : 『人・川・大地と環境—自然共生型流域圏・都市に向けて—』 (単著)、技報堂出版、2004
- 4) 吉川勝秀編著 (2007) : 『多自然型川づくりを越えて』 (編著)、学芸出版社、2007
- 5) 吉川勝秀共著 (自然と共生する流域圏・都市の再生ワークショップ実行委員会編) (2005) : 『自然と共生した流域圏・都市の再生』 (共著)、山海堂、2005
- 6) 吉川勝秀共著 (砂田憲吾編著) (2008) : 『アジアの流域水問題』 (共著)、技報堂出版、2008
- 7) 吉川勝秀 (2007) : 「水循環と自然共生—自然と共生する流域圏・都市再生—」、学術の動向 2007. 7 (日本学術会議)、pp. 30-33、2007. 7
- 8) 吉川勝秀 (2009) : 「自然と共生する流域圏・都市の再生 (形成)」、都市計画、Vol. 58、No. 2、pp. 57-60、2009. 4
- 9) 吉川勝秀 (2006) : 「自然と共生する流域圏・都市再生シナリオに関する流域圏的研究」、建設マネジメント研究論文集、Vol. 13、pp. 213-227、2006. 12

- 10) 吉川勝秀 (2008) : 「流域連携－四半世紀の歩み－」(論説)、季刊『河川レビュー』、Vol. 37、No. 141、pp. 4-11、2008 春
- 11) 吉川勝秀 (2010) : 「国土改造二千年の歴史を総括」、季刊『河川レビュー』、Vol. 37、No. 147、pp. 4-15、2010 冬
- 12) 松田広行・吉川勝秀・西内燦夫 (2010) : 川、流域に着目した地域振興に関する事後評価的研究、第 36 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、IV-49、2010. 3
- 13) 吉川勝秀 (2007) : 都市化が急激に進む低平地緩流河川流域における治水に関する都市計画論的研究、都市計画論文集、日本都市計画学会、Vol. 42-2、pp. 62-71、2007. 10
- 14) 吉川勝秀・本永良樹 (2006) : 「低平地緩流河川流域の治水に関する事後評価的考察」、水文・水資源学会誌 (原著論文)、水文・水資源学会、第 19 巻第 4 号、pp. 267-279、2006. 7
- 15) Katsuhde Yoshikawa (2010) : Transitions and Present Situation in the Tokyo Bay Area and Research on Its Regeneration, 15<sup>th</sup> Inter-University Seminar on Asian Megacities, Session A-3, the 15<sup>th</sup> IUSAM(“City and Waterfront”), 2010.3

< 総 説 >

## 流域圏と文化環境

橋尾 直和\*

### 1. はじめに

本稿は、筆者が2006年9月から2009年9月までに実施した「四万十かいどう」風土調査を回顧することにより、流域圏の暮らしと文化環境の関わりについて考察し、「文化環境」視点で地域の文化資源の再発見と情報発信による地域活性化の可能性について述べた総説論文である。

### 2. 「四万十かいどう」風土調査

「四万十かいどう」風土調査は、「日本風景街道」のコンセプトである自然、歴史、文化、風景などをテーマとして「訪れる人」と「迎える地域」の豊かな交流による地域コミュニティの再生を目指した、美しい街道空間を形成すること、「四万十・南いよ風景かいどう」のコンセプトである「訪れる人」と「迎える地域」の豊かな交流と地域の活性化を目指し、日本最後の清流「四万十川」と足摺・宇和海の自然・歴史・文化・風景などをテーマに、四国・西南地域の美しい街道づくりに取り組むことなどをベースとした調査を、「四万十かいどう」<sup>(1)</sup>に展開し、地域の文化資源の再発見と情報発信を目指すものである。

本調査を実施するに当たり、「四万十かいどう」を設定し、次の4ルートを選定した。

- (1) アカメに会える道（四万十市～旧十和村・旧西土佐村経由～四万十市ルート）
- (2) だるま夕日が見える道（四万十市～土佐清水市・大月町・宿毛市経由～四万十市ルート）
- (3) クジラに会える道（黒潮町～四万十町（旧大正町）経由）～四万十市ルート）
- (4) サンショウウオに会える道（四万十川源流～梶原町から旧大野見村ルート）



「四万十かいどう」の4ルート



高知県地図(「四万十かいどう」の位置)

具体的な調査内容は、①民話、②天候に関することば、③挨拶のことば、④食生活のことば、⑤川の名称・地名、⑥祭りの名称、⑦民具の方言呼称などの「文化環境と人びとの暮らし」といった統一テーマで聞き取りを行った後、報告書にまとめて発行・配布する。そして、地元の方の残しておきたい風土・風景をインタビューし、暮らしのみえる風景写真をデジタルカメラで撮影し、大学生が収録した地元の皆さんの熱いメッセージを掲載することなどである。

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

この内容を、「四万十・南いよ風景かいどう」のホームページの中の「四万十かいどう」風土調査のホームページ欄に掲載した。

年次計画は、次のとおりである。

- (1) 2006年9月：「アカメに会える道」風土調査（旧西土佐村）
- (2) 2007年9月：「だるま夕日が見える道」風土調査（大月町柏島）（「土佐であい博」に参加）
- (3) 2008年9月：「クジラに会える道」風土調査（黒潮町）
- (4) 2009年9月：「サンショウウオに会える道」風土調査（梶原町）総まとめ：報告書発行

調査方法は、高知女子大学の学生と地元の皆さんとの交流を機会に、残しておきたいすばらしい風土・風景を共にデジタルで記録・保存し、地元の皆さんの熱いメッセージを届けるホームページを活用していただくことによって、より多くの人々に土佐の地域文化を知っていただけるよう取り組んだ。具体的には、高知女子大学文化学部の「フィールド実習Ⅱ」を受講する学生10数名が、筆者の指導により現地のフィールドワークを実施した。

### 3. 現状と課題

まず、「四万十かいどう」における「現状」としては、次の4点が挙げられる。

- 1) 歴史的・文化的街道を復興させる必要がある、
- 2) 地域のボランティア団体の連携を図る必要がある、
- 3) 地域の風土の周遊ルートの連携を図る必要がある、
- 4) 観光資源を地域住民に認識させ、活用してもらう必要がある

また、「四万十かいどう」の「課題」として、次の4点が考えられる。

- ①道になう役割の復古・再生させる、
- ②地域の文化資源を活用する、
- ③新たなもしくは多様な価値を創造する、
- ④使われ方の負の遺産の清算をする。

筆者は、これらの現状に対する課題を克服することを活動方針として掲げ、人間を取り巻く生活環境を広義の文化環境として捉え、流域圏と文化環境の関わりについて、地域文化資源の記録・保存および地域の活性化に取り組んだ。

### 4. アカメに会える道(2006)「旧西土佐村」

2006年9月の旧西土佐村奥屋内上の調査では、次のような「川の名称」を収録することができた。

川の名称である言語文化が、生活に密着した環境とともに存在することが理解できる。

「川と川が合流するところ」をンデアイ<sup>(2)</sup>、「水が通るところ（川路）」をミゾンゴ、「川の水深が深いところ」をフチ/フカンブチ/クニエブチ、「川の流れの速いところ」をセ、「小さい川や流れが細い川」をタネ/タネンゴ/コンダネという。

旧西土佐村権谷の調査では、後世に残しておきたい風景として、地元の方が「白綾の滝」を紹介された。残しておきたい理由も同時に聞き取りを行った。すばらしい自然がまだまだ残っていることを実感した。地元の方が慣れ親しんだ風景である。



「四万十かいどう」HPより(旧西土佐村権谷)

## 5. だるま夕日が見える道(2007)「大月町柏島」

2007年9月の大月町柏島の調査では、次のような「雨に関する方言」を収録することができた。

島の生活においては欠かせない、雨に関することばである。その豊富さに驚かされる。「ぼつぼつ降る雨」をコヌクアメ、「にわか雨」をサンダチ、「梅雨に降る雨」をナンガセ、「天気雨」をヒナタアメ、「横なぐりの雨」をフキブリ、「お盆の頃に降ったり止んだりする雨」をポーズハシラカシ、「水たまり」をタンボ、「ぬかるみ」をビッチャ(ン) / ビッチャンコという。

## 6. クジラに会える道(2008)「黒潮町(旧大方町・旧佐賀町)」

2008年9月の黒潮町の調査では、食生活の家庭料理のことばの調査において、魚によってタタキの方法が異なることが分かった。

①手でたたいてあぶるものにウトッポ、クンヂラ、石鯛など、②包丁でたたくものにアジなどがある。また、黒潮町の田舎寿司は独特のもので、スーパーでよく目にする酢飯の上に魚の身をのせたものではなく、サバの身とブリの身をご飯に混ぜたチラシ寿司風のものである。さらに、農業の時の手伝いや冠婚葬祭の手伝い(相互扶助)を「イーモンドシ」と言い、「イーモンドシせないかんねー」「イーモンドシに来てもらう／イーモンドシに行く」などと言う。これは、機械の発達とともになくなった。

調査後の学生の感想が、黒潮町の方の文化に対する気持ちを表しているので、紹介しておきたい。

「今回お世話になった蜷川の「であいの里」のスタッフの皆さんも含め、黒潮町の人たちは、自分たちが生まれ育った町や文化に誇りを持って、黒潮町で採れた食物を使ったお料理の仕方や、言葉のおもしろさなど、時間いっぱい使って教えてくださいました。これから社会で活躍する若者にも、それを伝えたいとおっしゃっていた。私たちの活動が、少しでも地域に還元できるよう頑張りたい。」

## 7. サンショウウオに会える道(2009)「梶原町」

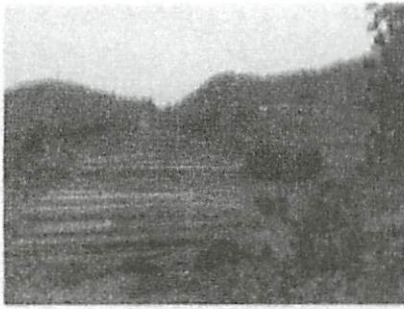
2009年9月の梶原町の調査では、川の名称も豊富であったが、山の暮らし特有の妖怪の名称や禁忌の伝承について収録することができた。

川に関する妖怪としてエンコーがある、エンコーは、かわうそも含める。「かわうそ、河童」を含めてエンコーと呼んでいる。それを見たら、事故が起きると言われている。それを退散させるおまじないとしては、鹿の角を持って川に行けば事故にあわない、と言われている。エンコーにまつわる言い伝えに「馬が淵」がある。昔々、中洲においてあった馬をエンコーが淵に引きずりこんだ。怒った馬主がエンコーをつかまえた。すると、エンコーは許してもらう代わりに、魚を毎日馬主へ届けるようになった。しかし、欲をだした馬主が鹿の角で作った、魚をたくさん指すことができる棒をつくり、もっと多くの魚をもらおうとした。すると、エンコーは魚を持ってこなくなってしまった。このことから、梶原神社(お宮)の下の、エンコーが馬を引きずり込んだとされる梶原川の淵のことを「馬が淵」と呼ぶようになり、「川へ行くときは鹿の角を持っていけば事故にあわない。」というおまじないが生まれた。

山に関する妖怪としてヤマノカミ(山の神様)とヒンダルカミ(空腹を感じさせる神様)がある。良い悪いの区別はできない。今はしていないが、昔は山に行ったとき、弁当を食べる前にまずヤマノカミに供える意図で石の上に弁当の一部を置くなどしていた。「山の窓木は伐られん(伐ってはいけない)」という言い伝えがある。どうして伐ってはいけないかは不明であるが、どうしても伐らなければいけない場合、木を伐ってしまってからその跡に榊を植える。

後世に残しておきたい風景としては、「千枚田」がある。その理由を地元の方は、「人間の生活には水や食料が不可欠である。先人が長い時間をかけて作った努力の結果が「千枚田」だから」と答えてくださった。

また、「広野番所跡えのき」がある。その理由を地元の方は、「昔橋をつないでいた榎ものこっており、梶原町と水や川の深い関係が垣間見られるから」と答えてくださった。「えのき」が「水や川」の深い関係のシンボルと考えられているところが印象的であった。



千枚田の風景



広野番所跡えのき

後世に残しておきたい方言としては、「失礼しました」の意のオベンガシマシタがある。オベンガは、オブエ（笑顔がないこと）から、無愛想、失礼の謙譲語にあたる。残しておきたい理由は、昔生徒が職員室を出るときに使っていて、大変珍しいと思ったから。また、「いたわる、養生する」の意のアシラウがある。「オマン ヤミアンガリンチャケ トーブン アシローチョリヨ（お前は、病み上がりだから、当分養生しているよ）」のように使う。残しておきたい理由は、相手を思いやるいい言葉だから。さらに、「贈り物、賜りものに対するお礼の言葉」の意のンゴネンガイリマシタ（御念がいました）がある。

## 8. おわりに

流域圏の文化環境を見つめ直すことは、すなわち地域の人びとの暮らしに関わる自然環境を含めた生活環境について考えることである。筆者は、2005年の十和村のプレ調査も含めれば、5年にわたって流域圏の風土調査を実施してきた。これらの調査で培った内容が、「四万十かいどう」風土調査の目指す、地域の文化資源の再発見と情報発信による地域活性化につながれば、幸いである。

本稿を成すに当たり、旧西土佐村、大月町柏島、黒潮町（旧大方町・旧佐賀町）、梶原町で調査に関わった皆様には、お忙しい中、大変お世話になりました。すべての方のお名前を挙げることはできませんが、ここに記して感謝申し上げます。

## 注

- (1) 2007年11月、安芸市の土居廓中とともに、国道交通省が提唱する「日本風景街道」に選定された。
- (2) 文中のガ行・ダ行の小さい「ン」は、土佐ことばの特徴である「前鼻音」を表す。

## 参考・引用文献

- 1) 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
- 2) 橋尾直和(2009)「高知県幡多郡黒潮町のフィールドワークーフィールド実習Ⅱの報告ー」『高知女子大学文化論叢』第11号 高知女子大学文化学部
- 3) 橋尾直和(2010)「高知県高岡郡梶原町のフィールドワークー「フィールド実習Ⅱ」の報告ー」『高知女子大学文化論叢』第12号 高知女子大学文化学部
- 4) 梶原町史編纂委員会編(1988)『梶原町史2』梶原町教育委員会
- 5) 依光裕編／梶原町生きがい・健康づくり推進会議監修(1999)『山村の暮らし事典ーゆすはらの智恵袋ー』高知県梶原町

## 参考 URL

- <http://map.livedoor.com/pref/39.html>（高知県の地図）（参照：20100410）
- <http://www.nakamura-cci.or.jp/fukei-kaido/index.html>（「四万十かいどう」HP）（参照：20100410）



<総説>

## 街道と流域圏

瀬戸口 忠臣\*

### New Paradigm of Local Road and River Basin

Tadaomi SETOGUCHI\*

1 Suchiro-machi 2 Tsurumi-ku Yokohama city, Kanagawa, 230-8611, Japan

#### 要旨

平成17年11月、現地の「四万十かいどう推進協議会」に相呼応して、当流域圏学会の中に四万十活性化委員会が組織された。市民運動を推進する協議会に加えて、日本風景街道の理念を追究する委員会が、車の両輪よろしく立ち上がったのである。地域の住民と学会が手を組んだ事例は、日本風景街道の50を超えるモデル地区において、「四万十かいどう」以外には見当たらない。以来、当委員会は当面、五箇年の予定で活動を開始し、研鑽を積んで来ているが、今年度で、その節目の5年目を迎える。本稿では、これを機会に、これまでの道程をレビューし、そして、次の5ヶ年の活動のあり方を考えてみたい。

**Key words:** 道、街道、流域圏、市民、行政サービス、新しい公共

#### 1. 「四万十かいどう」は流域圏の中で閉じる

「四万十かいどう」に寄せる想いは十人十色であった。「かいどう」には、街道をはじめ、快道（ルンルン気分で歩きたい道）、会道（友達や恋人に会いに行く道）、海道（黒潮洗う土佐湾沿いの道）、解道（弘法大師とともに歩む解脱の道）<sup>1)</sup>、櫂道（その昔、四万十川を上り下りした舟母）、晦道（四国カルストの漆黒の夜道）など、様々な想いが込められている。市民はそれぞれ、各人各様の想いを抱いて現地の協議会に参加し、先ずは、運動を展開すべき4つのルートを決めた。宿毛の「だるま夕日に会える道」、中村の「アカメに会える道」、佐賀、大方の「ホエールウォッチングの道」、梶原の「サンショウウオに会える道」、以上の4ルートである。これら4ルートは市民の日常の活動に根差した生活道路であるため、結果的に、流域圏の域内で完結することとなった。僻遠の地「幡多」は、四国山脈と太平洋に囲まれた閉鎖地域であるため流域を越えての人的交流はもともと、希薄だったのである。

#### 2. 街道は本来、流域圏を越えるもの

話はガラリと変わって江戸時代に遡るが、幕府は産業の振興を図るため、藩を跨ぐ「街道」の整備に取り組む。一方、各藩は、お城下と藩の重要拠点とを結ぶ「往還」の整備に力を入れることになる。前者の例としては、長崎街道、日田街道、梶原街道などが、また、後者の例としては、平戸往還（出島～平戸オランダ商館）、萩往還（萩～三田尻港）などが挙げられる。この例からも分かりますとおり、街道とは本来、流域圏を跨ぎ、谷を渡り、峠を越えて、拠点と拠点を結ぶ大動脈を意味する。

街道は流域圏を跨ぐものであるから必ず、峠を越えることとなる。例えば、日田街道（国道210号）には水分峠という名高い峠がある。文字通り、天領「日田」と豊後の国（大分県）を分ける九州随一の尾根である。と、同時に、筑後川と大分川、菊池川を隔てる分水嶺でもある。

もう一つ例を挙げる。今年の大河ドラマ「竜馬伝」の舞台となっている梶原街道には、その昔、辞職峠と呼ばれた最大の難所「布施ヶ坂」がある。明治の頃、山奥に赴任する小学校教諭が、この峠の余りの険し

\* JFE エンジニアリング株式会社 〒230-8611 横浜市鶴見区末広町2丁目1番地

さを目の当たりにして、「この坂を越えたなら、二度と高知には帰って来れないかも知れない」と不安に慄き、嘆き悲しみ、辞職を決意したという因縁曰く付きの峠である。さて、梶原街道を経て土佐藩を脱藩した坂本竜馬は果たして、どのような想いを抱いてこの峠を越えていったのであろうか？

### 3. 形而下の道、形而上の道

古来、人々は生計を立てるため足繁く街道を行き交い、経済活動に勤しんできた。また同時に、いろいろな思いを巡らし、夢や悩みを抱いて、足早に過ぎ去ったに違いない。目の前に広がる現実の道は、「形而下の道」、様々な思いが交錯する観念上の道は、「形而上の道」と言い換えてもよい<sup>2)</sup>。「形而下の道」の行く手に次々と展開する風景や自然、天空、動植物など森羅万象は、道行く人々の脳裏に潜む「形而上の道」に何事かを囁きかける。「形而上の道」は、それに相槌を打つかのように「形而下の道」にそっと寄り添う。このように「形而下の道」と「形而上の道」は表裏一体、密接不可分の関係にあると言ってもよい。

私は峠を越える度に、来し方を振り返るとともに、これからの生活に大きな夢と一抹の不安を抱く。そしていつも、カールブッセの詩「山のあなた」を思い出す<sup>3)</sup>。

山のあなたの空遠く幸い住むと人のいふ

噫（ああ）われひとと尋（と）めゆきて涙さしぐみ帰りきぬ

山のあなたになほ遠く幸い住むと人のいふ

建設省（国土交通省の前身）は既に、平成の初期には、「歴史的、文化的価値のある江戸時代の街道や峠越えの道路を国道に指定して、歴史街道として整備していく」といった構想を打ち出している。この構想が目出度く、この度の日本風景街道に結実したもの、と見ることも出来る。

### 4. 河川と道路は似て非なるもの？

私は、当流域圏学会の会員増強を図るため、国土交通省の関係事務所を歴訪してまわった。事務所の方々は、我々の活動を一樣に評価して下さるものの、「それは幡多の問題でしょ」とか、「流域圏というからには河川が対象でしょ、それも四万十川だけでしょ」、「地元自らが知恵をだし、汗を掻くべき問題でしょ」と言っていて、結局は、相手にしてもらえなかった。「四万十」あるいは「流域圏」といった名称が、もっぱら四万十川だけを、あるいは幡多のことだけを議論する学会と受け取られた節がある。現地主義、異業種交流、世代間交流を標榜する四万十・流域圏学会の理念に賛同して、委員会を立ち上げた私としては歯痒いばかりであった。だが、しかし、河川屋、ダム屋、道路屋、橋梁屋と背番号を付けられ、縦割り行政の中にどっぷりと浸り切っている職員にしてみれば、「無理もないことかな」と半ば、諦めざるを得なかった。

さてさて、ところで、河川と道路には、果たして如何ばかりの差異があるというのだろうか？

#### （1）河川は自然の営みによるもの、一方、道路は人工工作物

河川は、大地の隆起、沈降など造山活動によって形成されたものである。すなわち大地の営みによる所産である。これまで大洪水が発生し、流域住民の生命と財産が損なわれる度、河川管理者の瑕疵（かし）が裁判で争われてきたが、未曾有の豪雨、予見不能とか、不可抗力あるいは改修途上にあるといった理由で、住民の訴えは退けられてきた。

しかし、道路は違う。道路は技術の粋を尽くして、構造的に万全を期して造り上げる人工工作物であるから、いささかの手落ちもあってはならず、道路利用者、沿道住民からは100%、安全であることが求められている。そんな訳で、道路災害や事故に係る判例を紐解くと、道路管理者は往々にして、管理瑕疵を問われて敗訴しているケースが多い。

#### （2）河川と道路では影響する範囲が違う

河川を論じる場合には必ずと言っていいほど、その背後の流域圏とセットで議論される。流域圏は地域住民にとって掛け替えのない生活の場でもあるからである。事実、第三次全国総合開発計画では、国民生活の向上と福利の増進を目指して「流域圏構想」が高らかに謳われたし、また、昭和40年代半ばには、建設省では地方生活圏構想が、自治省では広域市町村圏構想が打ち上げられ、圏域が地域整備の基礎的な単位として位置づけられた。エリアの大小は凡そ、流域（直轄河川）>地方生活圏>広域市町村圏の順である。

一方、道路には、道路網といった考え方はあるものの、流域圏みたいに面的に広がった観念は余り無い。その証拠に、「道路騒音に係わる環境基準」では、沿道といった空間が規定されており、概ね道路を挟んで100m前後の帯状の部分が道路の影響範囲とされている。

### (3) 河川も道路も人々の暮らしに直結している

川はよく、「母なる川」とか「癒しの空間」とか呼ばれる。道路もまた、「動脈」とか「交流の場」と呼ばれることがある。言うまでもなく、川も道路も人間生活とは切っても切れない関係にあり、いつの時代にあっても、最も基本的な社会資本である。人々は、船を漕ぎ網を打って漁を営む傍ら、田圃を耕し農作物を運搬する道すがら、山から木を切り出す過酷な労働の中から、あるいは日々の暮らしや商取引の中から、いろいろな場面で民謡、方言、祭事、文化、風習などを紡ぎ出してきた。一方、為政者は、民生が安定することを願って、「川を治める者は国を治める」、「すべての道はローマに通ずる」、「人は石垣、人は城」とばかりに、河川、道路、城下町の整備に血道を上げてきた。

### (4) 河川と道路に共通するものは文化

四万十川の河口近くには不破八幡宮がある。このお宮には、汽水域に発生する塩水楔を利用して神様が船で遡上し、結婚式を挙げる神事が残っている。所は変わるが、博多の街では800年以上も前に、博多商人がお殿様に贈り物を献上するため、目抜き通りを練り歩くドンタクが始まった。今なお、5月のゴールデンウィークには盛大に開催され、博多の街の風物詩となっている。ドンタクとはポルトガル語のゾーンターク(日曜日)が訛ったものと言う。また、私の近所の広場では毎年、正月明けに「どんど焼き」が行われる。これは、各家の玄関に飾られていた注連縄(しめなわ)を集め、渦高く積み上げて、今年一年の安寧を願いながら焼却処分する年中行事である。このように川も、道路も、街中の広場も、地域の人々がお祭りや伝統行事を執り行い、文化を育み、次の世代へ伝えていく貴重な空間である。

## 5. 「問題解決型社会」から「問題付き合い型社会」への移行

この度の選挙では、民意が大きく動いて、自民党から民主党へ政権交代が実現した。民意の動きについては、心理学者マズローの「段階欲求説」によって説明がつく。マズローは、「人間の欲求は、食べる、寝る、安全に生活したい、などの低次の欲求から、地域で認められたい、自分の才能を実現したい、といった高次の欲求に移っていく。しかも、その順番は逆になることはない」と説く。この学説を今の日本に当てはめれば、低次の欲求がほぼ満足された現在、来るべき21世紀は、高次の欲求を追い求める時代に推移する。すなわち、我が国は、戦後50年を経て成熟化社会に向かい、それに連れて、政府の施策は、「コンクリートから人へ」と徐々に変わっていくものと思われる。

過って自民党が政権に就いていた時代は、「問題解決型社会」であって、河川、ダム、下水道、道路、街路、住宅、港湾、林野、圃場などのインフラごとに、集中的に公共投資がなされ、問題の解決が図られてきた。当時は、投資を拡大し、遅れているインフラを整備促進することが至上命題であり、例年、大蔵省を舞台に、概算要求、実施要求といった予算の分捕り合戦が繰り広げられた。東京オリンピック以降の、公共事業の予算が右肩上がりに伸びる一方であったこの時代では、官庁組織は見事に縦割りにされ、公務員は、予算の確保、事業の執行に邁進してきた。問題解決型社会においては、縦割りの組織形態が、最も効率的な事業執行体制であったからだ。このため「局あって省なし」と揶揄(やゆ)されることもあった。

新たに成立した民主政権は、「事業仕分け」からも分かるとおり、「多様化、高度化する民意を受けて、数多くの事業の中から整備効果が最も期待できる事業を選択し、歪んでいる箇所から優先的に手当をしていこう」というのが、その基本的なスタンスである。天の時は、いわゆる「問題付き合い型社会」へと移行したのである。公共事業は今後、「投資の拡大」から「品質の確保」に向けて、大きく舵を切っていくことは必定である。その象徴的な出来事として、この度の予算編成作業で、従来の河川、道路、都市、港湾ごとの「ひも付き補助金」は、一緒くたにひっくるめられて、「社会資本整備総合交付金」として纏め上げられた。さらに来年度は、国土交通省の枠内にとどまらず、農林水産省の補助事業もひっくるめて、「社会資本整備一括交付金」として一本化される見通しである。「問題付き合い型社会」では、河川だ、下水道だ、道路だ、港湾だ、圃場だ、と個別の事業毎に騒ぎ立てることは、殆ど意味の無い陳情合戦になってくる。

いきおい、日本風景街道も、道路だけを見据えた風景談義から、地域全体を見据えた風景談義に変質していかざるを得ない。NHKのラジオ番組に「音の風景」という番組がある。春の小川のせせらぎ、夏の夕べの風鈴の音色、街角の豆腐売りのラッパの響きや紙芝居の拍子木、チンドン屋のサーカスの唄、鎮守の森の祭囃子など、昔懐かしい音を再生し、放送している息の長い番組である。今後、日本風景街道は単に、視覚に入ってくる景観だけでなく、音の風景のように、聴覚や嗅覚に、さらには五感に訴えてくる風土の領域にまで踏み込んだ議論が求められることだろう。換言すれば、形而下の道のレベルに止まらず、さらに突き進んで、形而上の道のレベルまで昇華された議論が期待されるところである。

さて、我が郷土、我が町をどのような「音の風景」に染め上げるか、それについては、行政、地域住民を中心に、大学、企業も参加して喧々諤々、議論するのがよい。「街道」を、社会資本整備総合交付金の趣旨に則って、単に、道路法の道路（国道、都道府県道、市町村道）だけに限定せず、幅広く、堤防道路（兼用工作物）、農免道、畦道、林道、臨港道路まで含む、と捉えれば、議論する場としては、各分野の学識経験者、専門家、利害関係者が集まっている当流域圏学会みたいな場が最も、相応しくはないだろうか！ 道路敷は勿論のこと、山里も、河川敷も、都市計画区域も、田圃も、港湾区域も皆、人々の暮らしを支える基盤であり、経済活動の舞台であり、文化を育む空間であって、我々人間社会にとっては、何ら変わるところのない、同等で同質の地平である。今後、この交付金については、議論が収斂していく先の、「街道」の中の何れかの「みち」に箇所付けする、といった方向に是非、切り替わって欲しいものである。

さらに付言するが、事業間の壁、すなわち局と局との仕切りが取っ払われ、地元の声やニーズに応じて最適な施策がタイムリーに選択できるようになると、行政側の役割分担も、従来とは違ったものになっていかざるを得ない。特に、事業執行の段階では、予算を査定する中央政府よりむしろ、現地の事情に詳しい地方支分局や地方公共団体の発言が大きなウエイトを占めるようになってくる。このように、行政が地方重視へシフトしていけばいくほど、地方部においても、自分の専門だけに固執せず、視野の広い、アグレッシブな人材の育成が喫緊の課題となってくるだろう。「地域おこしは先ずは、人づくりから」と言いたい。

## 6. 四万十から全国へ雄飛しよう！

さて、本題に戻ろう。鳴り物入りで始まった新規施策「四万十かいどう」は、未だに四国八の字ハイウェイのネットから洩れ、地域間交流もままならず、周回遅れのトップランナーに甘んじている四万十川流域を道路を梃子（てこ）にして活性化を図っていくとする新機軸である。飽くまでも問題解決型の発想の中で生まれてきた施策であった。

ところで、問題付き合い型社会に転換した今、日本風景街道は、街道を特定するものではなく、圏域を指す表題と解釈し、先ずは圏域整備のあり方を広く議論した上で、我が町、我が故郷の街道づくりを進めていくのがよい。自分が議論に参加して、お互いが納得づくで作り育てた街道なら、自ずと愛着も湧き、自らの手で道普請をやっていくとする気運が盛り上がる筈である。きっと、お仕着せでない道守のボランティアグループが自然と、立ち上がってくるに違いない。

さて、当流域圏学会が、第10回梶原記念大会を契機に、全国を視野に入れた流域圏学会へステップアップしていくという。各地の大学には順次、支部も置かれるそうだ。こういった情勢の中で、当委員会が今後とも活動を続けていくには、「四万十かいどう」に固執することなく一旦、解散し、その役割を各支部に委ねるのが望ましい。各支部は、既に、全国的スケールで活動を展開している日本風景街道と提携し、意見を交わし、協働していくことが、最も現実的で、有効な手立てであると思われる。そして、適宜、適切に、行政側の施策に結び付けていくといった地道な努力が、最も重要な仕事となってくるのではあるまいか。

## 7. おわりに

新政権は、「新しい公共」といった考え方を提唱している。これは、市民自らが地域のニーズをきめ細かく掴んで、市民の意思で行政サービスを代行していく、というコンセプトである。大阪のベッドタウン池田市の「地域コミュニティ推進協議会」や、千葉県市川市の住民税の1%を自分が応援したいNPOに交付する仕組みなどが、その代表的な取組みである。

当委員会としても、親元の四万十・流域圏学会が、「四万十」の冠を脱ぎ、全国規模の流域圏学会に脱皮していくのと軌を一にして、微力ながらも「新しい公共」としての役割を担っていきたいと考えている。九州ではこの度、（一般社団法人）日本風景街道九州ネットワークが組織されたと聞く。これなどは、我々が目指す「新しい公共」の格好のお手本である。これからの5ヶ年間で、我々流域圏学会の真価が試される正念場となってくるのは請け合いである。

## 参考文献

- 1) 瀬戸口忠臣（平成22年1月）：初めて遍路みち現地調査に参加して（弘済会だより（四国建設弘済会））
- 2) 瀬戸口忠臣（平成16年3月）：百里の道も一歩から（鹿児島建設新聞）
- 3) 瀬戸口忠臣（平成6年3月）：ふるさとの道「山のあなた」（道路建設（日本道路建設協会））

<総説>

## 確信できる未来であるために

西内 燦夫\*

### 1. はじめに

河川流域の「連携」はその保全や再生において効果的であり、かつ地域づくり、強いては国づくりのために重要であることは言を待たない。しかし果たしてその活動の定義や流儀は?…と聞かれると明確な表現が見当たらない。そこで…四万十川での我々の行動の例を整理して言葉にしてみた。それは「X・Y・Zの三軸における連携」と言う表現になる。…が、さてその三軸とは…

**X軸…横軸=官と民、動物と植物、などの異った生物の共生と言う生物連携軸 (Now)**

**Y軸…縦軸=上下流の歴史や文化など価値観等の異文化連携軸 (Past)**

**Z軸…未来=現在の活動を継続するための時間軸の連携…つまり未来との連携 (Future)**

この三軸のうち現在において「費用対効果」が計測できないのが「Z軸」である。何故ならばこの連携だけは主人公が我々でなく次世代の人々だからである。…そこで「自らの未来を確信するために何が出来るか?何をすべきか?」と考えると、それは未来への「価値観の伝承」となる。言い換えれば「意志の継承」であって、そこには「少しの自惚れと、謙虚な大きな努力」が必要だと判る。

### 2. 時間軸の重要性

四万十川では、1999年に流域市町村(当時は2県12市町村)の民間団体が推薦する小中学生を集めて、2050

四国の子ども達は未来を見つめている!



愛媛県・野村ダム見学



東京大学農学部で模擬授業

\* 四万十川流域住民ネットワーク 〒787-0022 四万十市中村新町1-10

年の未来を学習するチームを編成し、流域の人的な交流と同時に次世代との時間軸の連携を企画し実行している。勿論その視野には「次世代のリーダーが次次世代のリーダーを育成する方向性」も持たせての企画である。このように「時間軸の連携 (Z)」があってこそ、現在の「官民連携 (X)」「上下流の連携 (Y)」への行動に意味と価値が生れるのである。そこでのキャッチコピーは「四万十川のカギはガキである！」

### 3. THE MANANET

その四万十川の民間団体「四万十川流域住民ネットワーク」が所属する四国の水文化に関する NPO の連合体である「四国河川文化ネットワーク」も、確信できる未来のために若者の連携と育成を目指している。それは五年前の小学生のスポーツ交流から始まり、現在では大学生の交流も行っている。

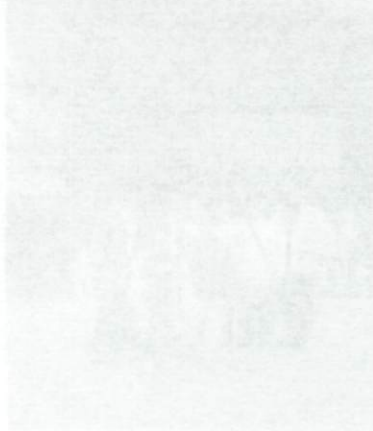
「四万十・流域圏学会」における「時間軸の連携」も当学会の非常に重要な目的のひとつと考えられている。当学会で10年前の発足当初から若者主体のプログラムが行われているのはそのためである。全ては「確信できる未来のため」である！



2009 の流域圏学会における大学生の交流の様様

### 4. 連携

「連携」には2種類ある。必然としての連携と他力的な必然である。そのうちの、どの連携が効果的であったかの判断は未来において行うとしても、そのチャンスを与えるのも与えられるのも現在である。



東大・京大・筑大・早大・慶大・東大・京大・筑大・早大・慶大



東大・京大・筑大・早大・慶大

<総説>

## 四万十・流域圏の回顧と今後の課題

今井 嘉彦

Natural and Cultural Sciences of the Shimanto River Basin  
—Retrospect and Prospect—

Yoshihiko IMAI\*

### 要旨

平成13年2月8日に「四万十・流域圏学会」が発足してから、すでに10年を経過しようとしている。この流域圏学会が発足した当時の状況から今日に至るまでの経緯を省みると、さまざまな組織の活動と地域の積極的な参加をみることができた。このような活動が流域圏に新たな気風を生み出す大きな力になったと認識している。この時点で、特に印象の深かった課題について振り返ってみることとした。その内容は大いに評価できる反面、いくつかの反省点もまた感ずる。四万十川のみならず、公害対策基本法が制定された当時からさまざまな課題に係わって来た。いくつかの印象深い課題について回顧しようと思う。それは係わって来た筆者の反省でもあり、また今後の活動に期待したい事項でもある。

**Key words** : 学会、流域圏、組織化、活動拠点、自然観、民俗感、拠点活動、行政の取り組み

### 1. 流域圏の認識

流域圏の構想はこれまで何度か意識する機会があった。例えば吉野川流域に早明浦ダムが建設されようとしたとき、流域圏を超えての利水が話題となり、天から授かる水資源を四国四県が平等に分かつのがよいのではないかという声や、源流の犠牲を水利権にも反映すべきであるとの声があったのも思いだす。流域での降雨や災害は、その流域に住む人々の運命共同体として認識する領域であると考えられてきた。ところが、流域を超えた道路網や水路による利水区域の拡大によって、運命共同の場とする意識もかわらざるを得ない状況となった。このような事情を反映して、流域圏は定住を促す生活圏と位置付けられ、第三次全国総合開発の中で提唱された。それによると、①降水がその水系の河川に集まる範囲、②洪水時にその水系の河川の氾濫で浸水する恐れのある地域、③その水系河川から水道用、農業用、工業用などの目的で水供給を受ける区域としている。当然のことながら、水利用、物質循環、持続可能な社会システム、人々が風土を再認識し、やすらぎに回復できることなどが考えられ、このような状況を踏まえると、流域圏の認識こそ重要で、活動の大きな指標となるはずである。

### 2. 四万十川・流域圏を意識する動機

郷土に住んでいるとこれまでの洪水をはじめ、豊かな漁獲などを体験してきただけに、関心はありながらも四万十川については、これといった取り組みが進んでいなかった。昭和58年にNHKが特集「土佐・四万十川～清流と魚と人と～」を放送して以来、「日本最後の清流・四万十川」として全国的に知られ、多くの人を訪れるようになった。当時を振り返ると、最も関心が高かったのは宿毛湾や浦戸湾の保全であった。そ

\* 四万十・流域圏学会会長 〒780-0966 高知市福井扇町 1171-18

の頃、製紙排水による汚濁阻止活動や浦戸湾の埋め立て工事に関心が集中していた。その頃、高知市の鏡川について、「鏡川研究会」の同志において、清流保全条例をつくる構想が進められていた。全国ではすでに仙台の広瀬川に条例が制定されていた。そこで、現地を訪れこれを参考に鋭意努力を重ねたことであった。このような動きの中で、県下すべての河川を対象とする清流保全条例が行政のもとで制定され、鏡川については平成元年10月1日に条例を制定した。この詳細な経緯は1996年（平成8年）に高知市文化事業団が高知河川環境研究会編として「清流を子らへ」を出版している。ついで、四万十川も同様に清流保全条例が制定され、行政面でも対策室が整備されるなど、本格的な活動の夜明けを感じたことであった。この頃県の四万十川対策室と有志で組織した(社)高知県環境問題総合研究会(会長今井嘉彦)が地球環境基金により流域圏・最後の清流四万十川の魅力を広く伝えようと、テレビ高知の協力を得て、ビデオ撮りを実施した。この状況から、次第に四万十流域圏の構想を念頭に活動の輪が広がっていった。

### 3. 四万十川に望まれた課題

このような取り組みの一方で、長期にわたる経済復興への後遺症もまた大きかった。四万十川においても例外ではなく、川岸のあちらこちらに廃棄物が山積みされ、特に再資源化の声のもとで、錆びた廃車が放置されて景観に大きな支障となっていた。平成5年には高知県産業廃棄物処理指導要綱を、平成6年には第三次高知県産業廃棄物処理計画、さらに平成8年には清流四万十川総合プラン21が相次いで策定され、全国に誇れる財産として清流をどう保全するか、産業の活性化と調和した取り組みが進められた。

四万十川がもつイメージは清流である。平成10年に財団法人リバーフロント整備センターが日本全国の1,300人を対象として「あなたが清流と思う河川」のアンケート調査を実施しているが、第一位が「四万十川」で、二位以下に「長良川」、「奥入瀬川」が上げられている。マスコミに取り上げられた河川として、印象に残った結果であろうか。その実態にせまる裏づけ調査や活動の実際的な活発化となると容易ではなかった。平成11年には建設省(国土交通省)が実施した佐賀取水堰に関連して生態系調査、景観、水質、河川利用、植生、水生生物、アユの潜在生産力などの各調査が取りまとめられた。平成21年1月には水質、底質、波浪、昆虫類、干潟生物、藻類、塩分遡上及び地下水などの情報が、四万十河口環境検討会で報告されている。

このように調査結果が次々に明らかとなり蓄積されたが、これを流域の人々にどう伝えるのか考える必要があった。そのため四万十アドバイザー会議が開かれ、調査内容はそれぞれ地域において説明を行ない、具体的な課題についての意見を求めた。まず四万十川の流域を上流域、取水堰上流域、梶原川流域、広見川流域、四万十中流域、具同流域の6つに区分して流域ごとに課題を検討した。流域住民の声として昔と今の四万十川を評価した事項、即ち1. 山が荒れた、2. 水が減った、3. 水が汚れた、4. 魚が獲れなくなったなどの声に対し、調査資料がそれを裏付けているかどうかを説明することとした。

このような調査と前後するが忘れ難い状況も体験した。それは広見川流域についてである。上流域は愛媛県に属し、かつて水田の区画整理が施工されていた。水田の段差を調整し、狭い面積の水田は集めて耕作が容易となる広さに整理する工事である。その工事で広見川は汚濁し、下流にも影響が及んだ。当時の高知県水質審議会委員が直接愛媛県の土木部長に面会し、改善を要望したことであった。また、流域からの情報による調査では、各地で洗剤の影響が論議されている頃、津賀ダムの下流にも大量の泡が見られるが洗剤ではないかという情報が寄せられた。早速調査したところ、微生物による植物の分解過程で発生した多糖類によるものであることが確認できた。

以上のほか、鉄バクテリアによる赤い濁りが局所的に見られたことや、支流の中筋川において淡水赤潮が発生するなど、注目されたが最近では発生していない。

### 4. 佐賀取水堰水利権更新と流域の保全

流域圏を強く意識する機会がやがて広がった。それは平成13年4月7日に期限満了となり、更新をめぐる取り組みが進められたからである。佐賀取水堰は四万十川河口より110km上流にある発電用取水堰である。取水された水は、導水トンネルを経て、四万十川とは別流域の伊与木川(佐賀町)に放流されている。したがって、ここに流域圏をめぐる大きな関心が寄せられ、調査活動や流域での諸問題をめぐる活発な意見が展



開されることとなった。先ず課題は(1)佐賀取水堰よりの取水が四万十川の河川環境に及ぼす実態の把握、(2)放流先である伊与木川流域の河川環境と住民生活との関連性、(3)発電による電力供給に関する課題、の3点が主たるものであった。

河川環境の実態は当然のことながら、水収支、水質の保全、河川生態系の把握、景観の保全、さらに河口の閉塞防止、塩害防止、舟運、地下水位の維持など多方面に及ぶ状況が議論の対象となった。とりあえず過去の調査資料を集め、専門家会議において検討されることとなった。調査では過去に測定された資料を検討するほか、新たに2001年(平成13年)から2008年(平成19年)の期間、佐賀堰の上、下流で9地点を選び観測を実施した。この調査は平成13年4月からの水利権更新の際に減水区間とした水域であり、少なくとも瀬切れとならないよう堰からの放流量を観測すると共に、気温と水温、透明度や濁度等の水質条件を調査することであった。調査は四国電力と高知県が担当し、調査結果の検討は専門家会議で行い、流域住民への説明はフォローアップ委員会やルネッサンス協議会が担当した。

平成6年度に住民アンケート調査を実施した際、(1)四万十川は20~30年前に比べて変化している、(2)山が荒れた、(3)水が減った、(4)水が汚れた、(5)魚が捕れなくなった、などの意見に対して科学的な調査資料で解説しながら調査結果を説明することとした。

これらの調査によって、質問や意見のすべてが解明され納得できるとは思えないが、少なくとも重要な調査結果が得られたと評価できる。

さらに、流域には「四万十方式」と呼ばれる汚水の浄化施設が実績を挙げており、これに呼応して全国から応募した浄化施設も稼働している。これらの施設が示す効果の評価は今後の課題である。

さて、このような調査を具体的に進める中で気づいたことは、資料の発掘や解釈を科学的にどう進めるかという学術的な課題と、地域の人たちが永年にわたって体験してきた水文化との関係にどう結びつくのかなどの課題であった。例えば水害ひとつを取り上げても、実態を理解するにはかなりの視野を必要とする。それは聞くことと、体験することとの差であるともいえる。調査の際に、記録されている水害の跡をたどると、現実の感覚をはるかに超えてしまう。私は身内に増水の際下流に流され、かろうじて助けられた体験者がいたので、それなりに実感に近い想像はできるはずであった。だが、それでもかなりの相違があることも知らねばならなかった。

## 5. 清流への課題

これまでに「最後の清流四万十川」という知名度にふさわしい清流の実態があるのかどうか、検証の重要性が常に論議されてきた。例えば水質では、環境基準値を満足する数値が実態であっても気がかりな透明度であると感じる。この問題では調査法として、水中のにごりをろ紙に濃縮させ、その吸光度を測定する方法も提唱された。さらに水質以外に透明感、生物、風景などの要素も指標化して比較すべきとの意見も見られたが、(2000年3月、清流研究会編「清流を考える」山海堂)現在でもなお課題となっている。

河口にも課題が多い。例えば漂砂による河口の閉塞や青海苔の生産などの課題は現在解決が急がれているが、清流にとっても関係の深い課題である。

## 6. 四万十流域圏と今後の課題

清流の自然科学的な情報については、調査の手法が開発され、それを活用した情報が次第に蓄積されるものと期待できる。一方、流域圏の習慣や風土がもたらす情報を得ることについては十分とは言えない。例えば、蛇行の多い四万十川でも筏に組んで木材を下流域に流すことがあったはずで、トンネルの開通により失った風景のひとつであろう。また、沈下橋についても同様で、四万十川の流況を物語る構造物であるが、高架橋の実現により現在ではむしろ遺構の感がする。流域圏における水文化の遺産として、このような構造物に人文科学の光を注いでほしいものである。

流域の土地利用や生産物の動向も清流と深く係っている。これも今後の研究に期待したい。かつて、この流域での「漢方の里」の構想を聞いたことがある。願望の域を出なかったが、将来の視野には置きたいことであった。さらにこれまで四万十流域圏を訪れたとき話題となったいくつかに触れておきたい。

#### a. 水田における窒素とリンの流出

四万十流域圏には多くの棚田があり、農耕地から河川にいたる窒素やリンなどの挙動に関心が寄せられる。一つは水田の転作または休耕による耕作面積の減少はこれまでに見られたが、水質変化機構の解明とモデル化、水田からの流出機構と水収支などについての情報が望まれる。

#### b. 風送塩の行方

広い台地を流下する四万十川は、海岸よりの直接的な風送塩の被害をうけることが少ないであろうと推測されるが、これまで台風による塩害が知られている。森林の保全や河川の水質に及ぼす影響についてさらに情報が望まれる。降雨による海塩負荷量は高知市のほか四万十川流域の2箇所（大正、梶原）で観測した報告（環境情報科学論文集 21（2007））があるが、さらに流域圏の各地での情報も望まれる。

#### c. 野鳥の保護

最近、四万十流域圏で貴重なツルの飛来があるとの野生生物環境研究センター（澤田佳長所長）からの情報で、現地を見学した。四万十川支流の中筋川流域の水田で確認することができた。今後飛来が定着するかどうか、さらに見守りたい。

#### d. 河岸植生の展望

多自然型工法はこの流域で始まったとみてよい。スイスのゲルヂー氏を招いての講演会の開催が初期であった。以来この工法は各地で実践され、効果についても評価を受けている。一方、アユをはじめ水産資源の減少も憂慮されている。その根底には、流域の生物生態系の係わりが大きいと推察できる。しかし、流域の植生や、河床で生産される藻類などその新たな情報が求められている。

### あとがき

四万十流域圏学会の発足以来、さまざまな課題に直面することができた。四万十川に限らず、他の地域の流域圏についても貴重な情報が寄せられ、特にタイの河川についての貴重な報告もなされている。私も、タイのナコーンサワンで調査した経験があるだけに、流域圏の一環として海外での情報も重要であると感じた。将来の課題として流域圏の情報が日本の全地域に及んで欲しいことと、地球規模での情報もまた欠かせない。さらに将来への展望として、現在の小、中、高校生たちの関心がどのようなものか話題となった。毎年現地で観測した結果を報告していただいた生徒の皆さんには、熱心な調査研究活動の成果を報告していただいた。今後も継続することを願ってやまない。ご指導いただいた指導者の方々に対しても感謝すると共に、今後にも継続することを祈ってやまない。

### 引用文献

- 1) 清流研究会編（2000）：清流を考える、リバーフロント整備センター。
- 2) 高知河川環境研究会編（1996）：清流を子らへ、財団法人高知市文化振興事業団。
- 3) 鳥居厚志（2007）：環境情報科学論文集 21、pp.567-572。

<解説論文>

流域圏の変遷とこれからの流域管理考—節水対策政策の視点から

松下 潤\*

Study on Change of River Basin and Future Management  
—Viewpoint of Water Conservation Policy—

Jun MATSUSHITA

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

Abstract

The river basin had changed greatly in particular during the so-called Japan's high economic growth, when proper management systems had been needed for urban-flood mitigation, water consumption control and pollutant-runoff control to improve the enlarged imbalance between rapid urbanization and duely delayed infrastructure development. In the wake of the oil crisis in 1970s, those systems have been applied to induce recycle-oriented models. Herein, the author verifies workability of the integrated water conservation policy models introduced in Tokyo thus proposing the perspective for technology transfer to Asian countries under rapid urbanization and restructuring of those systems in accordance with urban renewal and/or rehabilitation in the future.

**Key Words:** River basin management systems, Imbalance between rapid urbanization and infrastructure development, water conservation, technology transfer, restructuring

1. はじめに

日本語には、水にまつわる熟語がかなり多いようである。例えば、山紫水明、我田引水、背水の陣、水清ければ魚棲まず、水泡に帰す、水に流すなどであり、相撲には水入り、力水などの用語もある。また、水辺が「都市の顔」となっているケースも多い。東京の隅田川、大阪の堂島川・道頓堀、京都の鴨川、仙台の広瀬川、広島の大田川、中村の四万十川など数えればきりがないうほどである。

総理府の「河川に関する世論調査」(平成8年)を見ると、地域における河川の役割として①自然が存在する場(63%)、②散歩やスポーツが行える健康増進の場(45%)に次いで、③良好な景観をもつまちの顔(30%)が入る。逆にいえば、河川の流れのない北京のような都市は、潤いを欠き違和感を覚える日本人が多いようである。遊牧民族の蒙古人が13世紀の元の時代に北京という砂漠との接点の地に首都をおき、それが明・清の時代を経て現代に引き継がれてきたことを知れば、その理由がある程度納得できるはずである[倉沢進・李国慶「北京」中公新書]。

管理体系面から日本の水辺を類型化してみると、Table 1 に示す通り①河川や②疎水(農業用水路)のほか、③ダム・湖沼、④海岸・港湾の四つのタイプに分類しうる。そのうち河川は、河川法によりその重要度に応じて1級河川と2級河川に区分され、全体で2,832水系、総延長は4.8万kmに達し、国道とJR鉄道の計4.1万kmを超える。湖沼は面積上位30位の合計は東京都の面積に匹敵し、

Table 1 Classification and Scale of Waters in Japan

類型	スケール	備考
①河川	1級河川: 1.2万km(109水系) 2級河川: 3.6万km(2,723水系)	国道: 2万km JR鉄道: 2.1万km
②疎水(農業用水路)	4.5万km(主要なもの)	
③湖沼	2,090km <sup>2</sup> (面積トップ30)	東京都: 2,188km <sup>2</sup>
④ダム	1,359箇所	
⑤海岸線	3.5万km	
⑥港湾	特定重要港湾: 23港 重要港湾: 126港	

\* 芝浦工業大学システム理工学部 〒337-8570 さいたま市見沼区深作 307

海岸線も全体で3.5万 Kmに達する。

現在、世界的に水資源が逼迫し、21世紀は「水を巡る戦争の世紀」とも危惧されるなかで〔高橋裕著「地球の水が危ない」岩波新書〕、狭い日本の国土にこれだけのスケールで水辺が存在すること自体が天恵である。水への親水意識は恐らく日本人に共通するグランドワーク的な性格のもので、農耕民族的な日本人独自の感性が映し出されている。このような背景には、先人が自然に手を加えながら持続的に水を利用してきた歴史的な営みが存在することを忘れてはいけない。さらには、戦後の高度経済成長と急激な都市化に伴い種々の環境負荷圧力が高まるなか、官民の協力に基づき流域管理システム（都市型洪水対策・水資源対策・水質対策）を組み立て一定の成果を挙げた現世代のノウハウの再評価と体系化が望まれる。一方で、近年は流域圏そのものが風土になじんだ閉鎖型の流域圏からグローバル経済ベースの開放型のものに変容している。これからの時代は、都市再生や自然再生に対応した新たな流域管理システムの展開に加え、海外も含めた社会経済的特性が異なる流域圏との比較視点に対しても意を払いわねばならない時代であると思う。

以上の問題認識のもとで、筆者はこれまで本学会誌に、循環型社会の到達点に関する分析・評価、急激な都市化のもとで導入された流域管理システムの効果分析、当該流域管理システムのバンコクへの適用性に関する分析、沖縄・石垣島の赤土流出抑制対策への応用に関する政策提案に関して各々論文を投稿した<sup>1)</sup>。

これらをふまえ、本稿では、まず土地の歴史から見た流域圏の変貌過程と流域管理システムの役割について概括する。そのうえで、東京における節水対策政策に関する事例研究成果をもとに、節水対策政策の導入過程と対策別に見た効果をきめ細かく分析するとともに、これからの都市再生の時代における流域圏研究に向けた課題を提示したいと思う。

## 2. 土地の歴史からみた流域圏の変遷

日本人は古来、稲作を生業として生きてきた農耕民族で、交易民族・商業民族としてのアラブ人や中国人と際立った対比をなしている〔和辻哲郎著「風土」岩波文庫〕。沖積平野に住み、水を上手に制御し、効率的に利用しながらきめ細かな農業生産を行ってきた民族である。戦後「ものづくり」で世界を席卷できたのも、農耕民族のワザを工業生産に生かしたからこそではないかと考えられる。

Fig.1 は、日本人の土地と水の関わりの歴史的過程を人口と土地開発（農地と市街地）に係るデータをもとに捉えたものである。本図では、その歴史を①新田開発が隆盛となった江戸時代（1600-1867）、②工業化と併行して農地が拡大した明治時代～戦前（1868-1926）、③都市化により史上初めて農地が減少する事態となった戦後～現在（1945-2007）までの三期に分けている。

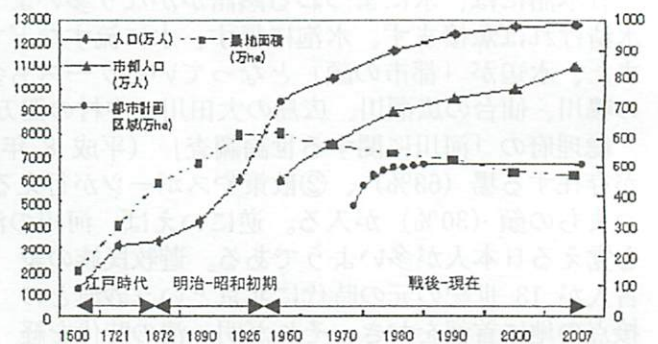
以下、本図をもとに、首都圏を中心とした流域圏の変遷について概観したい。

### ①江戸時代（1600-1867）

この時代には、奈良時代～戦国時代までに開墾された農地110万haに加え、新規に393万haの農地が開墾され、総面積は4.1倍増の447万haに達した。これは驚くべきことに現在の農地面積トータルとほぼ等しい面積である。その結果、農地面積が拡大したことで人口支持力も高まり、初期の1,200万人から後半には3,300万人へと2.7倍の増加となった。このことは、自給自足の条件下でも日本の国土は3,000万人前後を養うことができるという意味を含蓄するものである。

関東平野をみると、利根川東遷という国土基幹的な土木事業の遂行と併行して、水害リスクが軽減された江戸周辺の低湿地を中心に大規模新田開発が進められた。見沼代用水や葛西用水などの疎水システムの整備も行われ、いまに引き継がれている。治水技術面では、関東流と紀州流の二つの方式が用いられた。前者は、洪水を堤防周囲の低湿地などに溢水させることにより外力を緩和する霞堤を主体とし、伊奈一族が担った。後者は洪水を処理するために築堤を行う方法で、後年に継承されていくものである。

### ②明治時代～戦前（1868-1926）



Data source: 都市計画協会資料及び参考文献<sup>2)</sup>

Fig.1 History of Land in Japan

この時代には、新たに 160 万 ha の農地が開墾され、農地の総面積は 1.3 倍増の 607 万 ha になった。工業化とも相まち、人口支持力はさらに高まり、わずか 60 年ほどの間に 3,300 万人から 6,000 万人へとほぼ増加する結果となった。

農業基盤の近代化に向けては、耕地整理法が明治 23 年 (1890) に制定された。この時期の疎水事業には、武士の授産事業として建設された安積疎水、民間人による明治用水などがある。治水技術面では、初期は淀川や木曾川等でオランダの技術者による「川を治めるものは山をおさめるべき」という概念に基づき低水工事が行われた。堤防により治水容量を高め洪水を処理する高水工事が導入されるのは、後期になってからのことである。

東京を見ると、人口が江戸末期の 100 万人の時代から大正時代までに 200 万人へと倍増する結果となった。このため、近代的な都市への転換の必要性が大きくなり、大正 8 年 (1919) に都市計画法の制定を見ている。大正 12 年 (1923) の震災復興事業は、土地区画整理方式による市街地整備事業が始まるきっかけとなった。また、隅田川橋梁の架替工事の際にシンボリックな意匠形態を持つ構造設計が取り入れられ、いまの独特の景観の形成に繋がった。また、大正 11 年 (1924) に始まる荒川放水路事業 (現在の荒川) は、洪水処理をもっぱら荒川に任せ、隅田川流域における水害リスクを大幅に軽減するものであった。この国家的な河川事業は、近年ではスーパー堤防 (緩傾斜護岸) による水辺空間の活用を促進するうえでも重要な役割を果たしている。

### ③戦後～現在 (1945-2010)

この時期には、終戦直後に行われた農地改革に基づいて自作農を前提とする土地改良法が制定された。農地面積が史上最大の 614 万 ha を記録するのは昭和 36 年のことである。この年に制定された農業基本法では、食料増産に代わる新政策として農業構造改善と機械化による農業の近代化の方向が打ち出されたことが特筆される。

昭和 31 年 (1956) に神武景気が到来、わが国の高度経済成長が始まる。昭和 35 年 (1970) に 9,400 万人であった人口は平成 17 年 (2005) には 1 億 2,800 万人へと 1.3 倍増、昭和 35 年 (1970) に 63% であった市部人口比率も平成 17 年 (2005) には 86% へと 23 ポイントの増となる。同時に都市計画区域面積も 408 万 ha から 518 万 ha へと 110 万 ha の増加を記録するのだが、逆に農地面積は都市化の余波を受け、614 万 ha から 470 万 ha へと 144 万 ha の大幅な減少を記録する結果となる。

このような未曾有の都市化の時代に、都市と水との関係を一言で表現すれば「混乱から秩序化への時代」であったといえる。水の価値が人々に再認識されるまでに、以下に示す四つの段階を辿る必要があったといえることができる。

#### [第一段階] 昭和 30 年代・経済復興期:

終戦直後の日本を襲った大型風水害に対し、国土基幹的な河川の管理体系を確立して対処する必要性から、河川法改正により「水系一貫」の思想が確立された時代である。

#### [第二段階] 昭和 40 年代・高度経済成長期:

高度経済成長に付随した急激な市街化に対してインフラ整備が対応できず、様々な都市問題が噴出した時代である。水系の領域では、流出率の増大や水質汚染は都市型洪水や水俣病などの深刻な公害問題を引き起こし、水資源開発の遅れは大都市に深刻な水不足をもたらしたことが記憶に新しい。

これらの問題に迅速に対処するうえで、インフラ整備の不備を補うために流域管理システムを導入する必要性が大きくなった。技術面では雨水調節池や下水処理水循環、節水機器、各戸浄化槽など、民間による「小型・分散型施設」が促進された。制度面では、これらの小型・分散型施設に係る政策手段として、新たに導入された開発許可制度 (新都市計画法) のなかで「原因者負担の原則」が位置づけられた。

このように技術と制度とを統合する手法は、その後の総合治水や水資源対策、流域別下水道総合整備計画など、わが国における流域管理システムをトータルとして底上げし、持続的な都市成長を支える基盤として有効に機能したといえる。

#### [第三段階] 昭和 50 年代・経済低成長期:

世界的な「石油危機」が、日本という国家の弱点であった資源・エネルギーの海外依存構造を白日の下に晒しだした。国家的、国民的な政策課題として、省エネ・省資源の必要性が認識される端緒となった時代である。併行して OECF がようやく公害問題を脱したわが国に「アメニティ政策」の欠如という問題も投げかけた時代でもある。

このような外圧と軌を一にして、親水という言葉が燎原の火のごとく全国に広がり、水辺の復権運動が北は北海道の小樽運河再生から南は九州の柳川掘割物語まで各地で様々な形で立ち上がった。改めて振り返れば、これらの動きは日本人が経済成長の「負の遺産」に対して、問題を問題として素直

に再認識しようとする意識変化の証ではなかったかと思う。

〔第四段階〕昭和60年代～現在・経済安定成長期：

従来にまして「環境の視点」を重視する流れが加速化し、これに市民参加や公民協働への動きが重なる時代を迎えている。具体的には、多自然護岸工法や水循環再生、下水の熱利用や汚泥の循環利用などの様々な環境共生の技術の開発、ダムなどの大規模公共事業の見直し、住民意向を河川整備計画に反映する仕組みづくりなどを挙げることができる。このような背景から、環境意識の高まりや技術開発の進捗により、流域管理システムの新たな展開が期待できる状況も生まれている。

### 3. これからの流域管理に関する考察—節水対策政策の視点から

#### 3-1 わが国における節水対策政策の必要性和効果

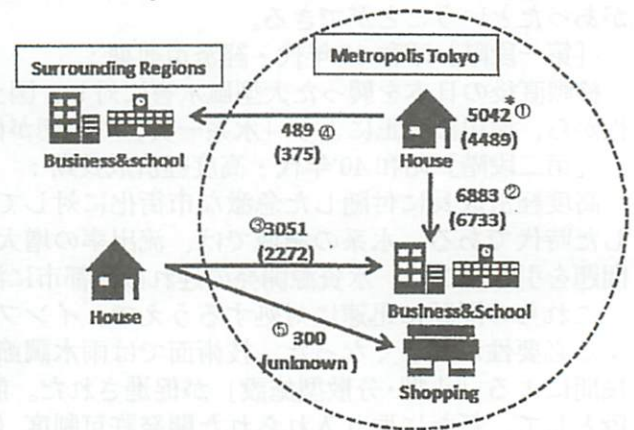
石油危機以降今日までの30年余りは低成長期であるが、日本のGDPは2.5倍も増加している。これに伴って可処分所得も増え、人々の水消費型ライフスタイルも進んだと思われる。しかし、全国の給水量は一人一日300ℓをピークにこの間ほぼ横ばいの状態で推移してきた<sup>3)</sup>。このことから、マクロな視点からみれば、日本全体として水消費量のGDPの増加に対する弾力性値がゼロに近い節水型の国土構造を構築できたといえる。

しかし、このような節水型の国土構造が実際にどのように形成されたかを知るためには、ミクロな視点から節水対策別にきめ細かく効果を把握する必要がある。筆者自身が一昨年に北京で開かれたアジア太平洋州水文学資源学会（APHW）国際シンポジウムでの企画セッションに座長役として参加したとき、この点が流域管理システムの体系化を進めるための今後の課題であると痛感させられた。我われが導入してきた節水対策の効果が対策別に明らかであれば、社会経済特性が異なる流域圏に対しても何が実際に適用可能か、あるいは何を優先すべきか、確たる根拠を以て提示できるからである<sup>4)</sup>。

そこで、この1年間、東京における水資源開発量と給水量の経年データを収集するとともに、石油危機（1973）以降に導入された節水対策政策との関連性と政策効果に関する分析を試みた。東京は1960年代に世界で初めて1000万人都市となった巨大都市であり、Fig.2に示すように、隣接の都市圏からの人口流入も多いいわば開放型の都市構造となっている。

東京都が、多摩川水系に自己水源としての小河内ダムを完成させたのは1957年のことである。しかし、人口急増による絶対的な水不足が深刻化したことに伴い、1955年に相模川水系から、また1965年以降は利根川水系から各々広域導水の必要性が生じたのである。

このようにして現時点までに東京都が確保した水資源量は、都民一人一日当たり換算すると530ℓに達し、その8割を利根川水系等からの広域導水分が占める。これに対して、給水量の経年推移を見れば、東京都が節水対策政策を導入を決めた1973年から5年目に当たる1979年の428ℓをピークとして横ばい状態が続き、1993年以降急速に減少する結果となっている。2007年のそれは347ℓであるので、ピークを記録した1979年以降の30年間に、給水量が81ℓも減少したことになる。これは、東京都が石油危機と同時期に、次節で述べるように様々な節水対策を施してきた効果であると考えられる。



Data Source: National Census, 1980 & 2005

Fig.2 Population Structure of Tokyo

#### 3-2 東京における節水対策政策と節水効果分析

東京都は、広域的な水源確保が不可避と見られる状況のなかで、利根川水系への依存度を高めつつ、一方では石油危機をきっかけに節水対策政策を導入している<sup>5)</sup>。その結果、都民一人一日当たりの給水量で見ると、ピークを記録した1979年以降の30年間に81ℓも減少したことは前述の通りである。

その対策は、①需要側の対策と②供給側の対策に分類することができる。以下、個別の節水対策による効果分析の結果について述べる。

##### ①需要側の節水対策効果（ΔQ1）

この分野の対策には、節水型機器の開発・販売（便器と洗濯機）、下水処理水の循環利用や雨水利用、水道水を使う工場での回収水利用等がある。これらの対策では、関係者としての節水機器のメーカーや下水処理水の循環利用等を行う開発者などとの合意形成が得られるかどうかを鍵を握っている。

節水機器の開発では、水道事業者の要請とメーカーの商品開発戦略が一致したため、対策はむしろ円滑に進んだと考えられる。メーカーのパンフレットをもとに使用一回当たりの必要水量の変化を見ると、便器では当初の 13ℓ から最近では 5ℓ ～ 8ℓ の削減、洗濯機では当初 165ℓ から最近では 100ℓ ～ 65ℓ の削減が各々果たされている。機器販売台数統計がないため、国勢調査に基づく人口動態や建築統計から設置台数を推定した結果、洗濯機で 200、便器で 80、計 280 の減少量となった。

下水処理水の循環利用（個別循環）では、水道事業者の開発事業者への要請という形から始まり、それが建築指導要綱の形になるまでに数年の時間を要している。しかも、当初は延べ床面積 30,000m<sup>2</sup> 以上の建築物を対象としていたが、1990 年代には 10,000m<sup>2</sup> 以上に水準が引き上げられた。節水効果は、当該建築指導要綱の適用事例に関する東京都都市計画局から戴いた資料をもとに算定すると 70 となった。雨水の雑用水利用では、推進政策を積極的に進めているのは現時点では 23 区中墨田区のみである。同区環境保全課から戴いた資料から算定すると、現段階における節水効果は 0.03ℓ と微小である。

工場用水における節水効果は、用途別給水量に関する統計資料<sup>7)</sup> から計算することができる。それらは、都内の工場の移転促進政策による減少分 10 と工場内の回収水利用による減少分 70 の二つから構成され、計 80 の減少量となった。

以上の前提のもとで、需要側の節水対策による減少量  $\Delta Q1$  の算定は、次式の通りとなる。

$$\Delta Q1 = [\text{節水機器分}] 280 + [\text{下水処理水循環利用分}] 70 + [\text{雨水雑用水利用分}] 0.030 + [\text{工場用水減少分}] 80 = \text{計 } 430 \dots\dots (1)$$

#### ②供給側の節水対策効果 ( $\Delta Q2$ )

この分野の対策には、当初 30% 以上もあった漏水の削減と水道検針メータの不具合による不感水の削減の二つがある。東京都の場合、広域導水に伴う水道水の原価アップに付随する収益欠損が漏水対策工事費よりもはるかに大きいという費用対効果に関する試算があったことや 600 万戸にもものぼる水道検針メータ台帳が管理されてきたという事業経営の現実性が、これらの対策を進めるうえでの下支え役となった。現在、東京の漏水率は 3% 以下で、世界でも最高の水準にあるといわれる。

これらの供給側の節水対策による減少量  $\Delta Q1$  は、東京都の資料に基づいて次式の通り算定される。

$$\Delta Q2 = [\text{漏水対策分}] 550 + [\text{不感水対策分}] 150 = 700 \dots\dots (2)$$

#### ③需要者の節水行動効果 ( $\Delta Q3$ )

ここでは、水道事業者による広報活動や水道料金の値上げ（逓増料金制度の強化を含む）によって誘発された人々の節水行動による節水効果について分析する。

水道事業者の広報活動では、水資源を利根川水系に求めざるを得ない東京都の厳しい水需給事情を説明するためのパンフレットや教材の作成、節水コマの開発と頒布、節水を呼びかけるポスターの作成、水道モニター制度の導入など多様な対策が導入された<sup>前掲 5)</sup>。

広域導水に伴う原価アップから不可避となった料金値上げでは、広域導水が開始されてから政党間の調整を終えるまでに 10 年近い歳月を必要としている。特に逓増料金制度の強化を見れば、革新政党は公平性の観点から大口需要者への課金強化に賛成の立場であるのに対して、保守政党は逆に自由な企業活動を妨げるといった観点からこれに反対の立場にあったのである<sup>前掲 5)</sup>。

ただし、このような需要者の節水行動による減少量を直接試算することは難しい。本稿では、後述するように、節水効果全体から逆算する形で推計する方法によることとする。

#### ④給水量の増加要因 ( $\Delta Q4$ )

節水対策導入以降の社会経済条件の変化に付随して給水量を押し上げ、増加させる要因による給水量の増加も考慮しなければならない。その要因には、主に家族構造の変化（核家族化）による水消費のムダとその間に生じたライフスタイルの変化に伴う水消費量の増加があると考えられる。

家族構造の変化に関しては、国勢調査の結果から、この間に東京の家庭の平均人員は 1978 年の 2.8 人から 2007 年の 2.1 人に大きく減少していることが示される。また、水道事業者の水道モニター調査からは、家族規模別に見た一人一日当たりの給水量を各年度ごとに読み取ることができる。これらのデータに基づき、二つの要因による給水量の増分を一体的に求めることが可能となる。

以上の前提のもとで、給水量の押し上げ要因による増加量  $\Delta Q3$  の算定は、次式の通りとなる。

$$\Delta Q3 = [2007 \text{ 年} : 2.1 \text{ 人家族における一人一日当たり給水量}] 2700 - [1979 \text{ 年} : 2.7 \text{ 人家族における一人一日当たりの給水量}] 2260 = 440 \dots\dots (3)$$

#### ④節水対策効果の総括

以上の分析をふまえ、最終的な節水対策による減少量  $\Delta Q$  (=810) の算定は、次式の通りとなる。

$$\Delta Q = (\Delta Q1 + \Delta Q2 + \Delta Q3) - \Delta Q4 = 810 \dots\dots (4)$$

前述の通り、需要側対策分  $\Delta Q1=430$  と供給側対策分  $\Delta Q2=70$  の減少要因分は計 1130、増加要因分は  $\Delta Q4=440$  という算定結果であるので、節水行動による減少量は  $\Delta Q3=120$  と推算できる。

以上の結果、東京の一人一日あたりの給水量は、1979 年度のピーク値の 4280 と比べ、節水対策による総減少量は 810 (19%の減少率) で、節水対策別に見た重みでは、需要側対策分 ( $\Delta Q1$ ) : 供給側対策分 ( $\Delta Q2$ ) : 人々の節水行動分 ( $\Delta Q3$ ) = 35 : 56 : 9 であることが示された。

#### 4. これからの流域管理に向けて

前節で述べた東京における水供給量の変遷と節水対策効果の発現の過程を総括すると、節水対策政策の導入後 20 年が経過した時点、あるいは一人当たりの GDP 水準でいえば 300 万円から 700 万円に到達した段階以降、節水対策が社会に定着し、水供給量が安定的に減少し始めたと見ることができる。

今後の研究課題を挙げれば、このような節水対策効果に関連する社会経済要因の吟味や CO2 削減効果の評価、水供給量の将来予測 (節水機器の技術開発の可能性・都市再生と下水処理水循環利用や雨水雑用水利用の可能性) がある。さらには、経済成長の著しいアジア諸国への技術移転、なかでも最近ようやく着目され始めた「水ビジネス」<sup>6)</sup> への下支えまでも視野に入れる必要がある。

翻れば、戦後半世紀を掛けた都市建設の時代は終焉し、関連の内需は確実に縮小を始めている。我われは、都市建設の時代と同じように半世紀という長いタイムスパンのなかで都市を再生する都市社会の時代を迎えている。一方では、少子高齢化・人口縮減といった新たな経済社会変動要因も見込まねばならない。この際には、これまでの流域管理システムを基礎とし、水循環再生や自然再生はもとより、さらには資源循環や CO2 排出削減システムをも幅広く包含した「環境共生システム」の構築が課題となることから、縦割り型ではなく、柔軟かつ迅速な発想や対応力を備えることが望まれる。

このようなシステム構築には、政府の抱える膨大な公債発行残額を考慮すれば、低コスト化は必須であるが、それだけでは公共事業の長期低落傾向に歯止めをかけには力不足といえる。流域の利害関係者が結束し費用対効果や収益性の高いシステム開発に知恵を絞ることが不可欠である。このような「流域経営条件」を整えた流域圏だけが、次世代を生き抜く可能性を持つのではないだろうか。

加えて、従来の流域圏がグローバルな経済圏に組み込まれてしまう状況のもとで、これまでの流域圏研究の枠組み自体の見直しも急務ではないかと思う。筆者自身も、個別要素技術的な研究に甘んじることなく、技術を社会に繋ぐための研究や人材育成に引き続き努力する所存である。

#### 謝辞：

本稿で述べた東京都における節水対策効果の分析を行うに当たり、その方法論に関して北九州市立大学楠田哲也教授から貴重なご示唆を戴いた。また、東京都水道局や墨田区環境保全課の関係の方々からは、関係資料の提供や解説を戴いた。分析作業では、本学の学生チーム (岡田明大、末信和也、森崎 領、本間蓉子、A. Nafisah Rahiman) によるデータ収集や整理に負うところが大きい。併せて謝意を表する次第である。

(原稿受付 2010 年 5 月 1 日) (原稿受理 2010 年 5 月 7 日)

#### 参考・引用文献：

- 1) 四万十・流域圏学会誌への筆者の既往投稿論文：
  - ・松下 潤 (2002) : 自立・循環型都市の現状と将来展望, 四万十・流域圏学会誌、第 2 巻 第 2 号, pp. 3-10.
  - ・松下 潤 (2006) : Evaluation on Workability of Japanese Basin Management Systems - From the Viewpoint of Appropriate Water-related Infrastructure Building under Rapid Urbanization“, 四万十・流域圏学会誌、Vol.6 No.1, pp11-18.
  - ・松下 潤 (2007) : Applicability of Japanese-style Basin management Systems to Bangkok - Water-related Infrastructure Building Model for Asian Countries under Rapid Urbanization, 四万十・流域圏学会誌、Vol.7 No.1, pp13-22.
  - ・松下 潤、入嵩西正治、安谷屋隆司 (2009) : 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 - 四万十・流域圏学会誌、第 9 巻 第 3 号, pp3-10.



- 2) 功刀正行 (2009) : 心安らぐ日本の風景 (疎水百選) , PHP 文庫
- 3) 松下 潤、黒澤俊雄、君島信仁 (2004) : これからの環境とエネルギー, 共立出版
- 4) 松下 潤 (2008) : アジア・太平洋水文水資源協会 (APHW) 第 4 回国際会議に参加して, (社) 雨水貯留浸透技術協会機関紙「水循環」通巻第 71 号, pp53-56
- 5) 東京都水道局 (1999) : 東京都近代水道百年誌, 第四次利根川系拡張多摩水道施設拡充事業誌
- 6) 水ビジネス国際展開研究会 (2010) : 水ビジネスの国際展開に向けての課題と展開方策

<解説論文>

## 地球規模気候変動(温暖化)と流域圏

西森 基貴\*

### Global Climate Change (Global Warming) and Local River Basin

Motoki NISHIMORI

National Institute for Agro-Environmental Sciences, 3-1-3, Kan'nondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan

#### Abstract

To further developing of our Kochi Prefecture, it needs "wise adaptation" to global climate change. A research subject is to investigate the impact of paddy rice yield and quality, horticulture in hilly and mountainous area, typhoon and disaster of heavy rain, water resource and environment, and river and marine products under the climate change has just proposed to the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan. There, we use the statistically downscaled local climate change scenarios involving the information of probabilistic occurrences of heavy rainfall depended on various land-use and land-cover not only on terrestrial region but also on coastal and marine areas.

**Key word:** Global climate change, river basin, water resource, heavy rain, agricultural production

### 1. はじめに

今となっちはいささか古い話になるが、2007年に相次いで公表された「気候変動に関する政府間パネル Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC」の第四次報告書<sup>(1)</sup>では、気候の変化と予測を扱う第1作業部会から、20世紀後半からの暑い日(日本でいう真夏日・猛暑日)や暑い夜(同様に熱帯夜)の増加は人間活動による温室効果気体の増加が関与している可能性が高く、それは将来さらに増加することはほぼ確実であることが示された。雨に関しても、現在までも大雨と干ばつはともに増加しており、それは将来さらに増す可能性がかなり高いとしている。また温暖化の影響を扱う第2作業部会からは、植物・動物種の絶滅可能性が高まるほか、現在でも利用可能水量が少ない乾燥地域・熱帯乾燥地域において河川流量と利用可能水量がさらに低下すること、熱帯地域では作物生産性が減少し飢餓の可能性が高まることなどが報告された。ここで、いうまでもなく高知県は四国の南半分に位置し、急峻・複雑な地形と多様な土地利用で特徴づけられる。日射量・降水量および森林面積が全国都道府県平均第1位と豊かな自然を誇るものの、台風・集中豪雨等の気象災害の常襲県としても知られる。産業的には近年の「日本最後の清流・四万十川」、また昨年来よりの「坂本龍馬」の知名度により、観光分野での健闘が見られるものの、全体として一次産業に依存する割合が、四国他県と比べても相当に高い。したがって県勢が気候・気象条件に大きく左右される宿命にある中で、予測される地球規模の気候変動<sup>(2)</sup>の影響とそれに対する適応策は、県勢全体の方向性とあり方を、大きく変える可能性がある。

ところで文部科学省より、平成22年度「気候変動適応戦略イニシアチブ」の公募開始がこの3月に公示された。この「イニシアチブ」は、政府の22年度科学技術関係予算の中で最重要政策課題である「グリーン・イノベーション」のうちの「温暖化対策の推進」分野の一角をなすが、中でも気候変動適応に関する研究水準の大幅な底上げ、適応策検討への科学的知見の提供、気候変動による影響に強い社会の実現に貢献することを目的とした「気候変動適応研究推進プログラム」が今回の公募対象であり、3つのテーマすなわち、①

\* (独)農業環境技術研究所大気環境研究領域 〒305-8604 茨城県つくば市観音台3-1-3

先進的なダウンスケーリング手法の開発、②データ同化技術の開発、および、③気候変動適応シミュレーション技術の開発が研究対象とされた。ここでダウンスケーリングとは、地球シミュレータなどを使った気候モデルで計算される、おおむね一県をカバーする数100kmの空間スケールしかない温暖化予測情報 (Fig.1) を、影響研究者や行政が要求する解像度にまで予測の空間スケールを細かくすることをいう。ダウンスケーリングには、地域を限った気候モデル (Regional Climate Model: RCM) を使う方法と統計的に処理する方法があり、筆者は日本における温暖化影響評価のための気候変動シナリオ作成に統計的手法を導入した先駆者の一人である。このような経緯から筆者が提案時代代表者となり、本学会および関係する研究者の協力のもと、上記テーマ①と③の横断型として「流域圏にダウンスケールした気候変動シナリオと高知県の適応策」との課題応募を行った。この課題の採否は現在まだ明らかではないが、仮に採択されずとも、このコンセプト自体は高知県や流域圏の将来について極めて重要であることに変わりはない。

そこで本稿では、主に当該提案課題の内容について解説する。

## 2. 温暖化予測情報のダウンスケーリング

高知県における地形と土地利用の多様性は、気象現象の局地化を生み出し、地域に特徴的な気象現象を発生させる。このため、現在の地球温暖化予測モデルで最も高解像度であるMIROC-hiモデル<sup>(3)</sup>でも、特定地域における気候変動適応を対象とする本提案課題の目的のためには、空間解像度が不十分である (Fig.1)。筆者の属する農業環境技術研究所 (農環研) は、これまでも気候変動が日本や世界の農業・食料生産に与える研究、およびその元となる気候変動予測情報のダウンスケーリングに関する研究ならびに各影響研究分野へのデータ配信のための基盤整備を行ってきた<sup>1)</sup>。また農業影響の観点から重要となる日射量について、気象庁が発表した高解像度RCMによる日本域気候変化シナリオ<sup>(4)</sup>において出力されていなかったデータの作成補完も行った<sup>2)</sup>。さらに21年度に終了した環境省地球環境戦略研究S-4<sup>(5)</sup>においては、その気候変動シナリオを用いた温暖化時の水稲収量の変動予測を行い、西日本における将来の収量減少の可能性を示した。この結果は洞爺湖サミット直前の温暖化への関心が高まった時期に発表されたこともあり、高知新聞をはじめ多くの地方紙の一面を飾った<sup>(6)</sup>。このように筆者らは、気候変動シナリオを用いた地域スケールでの温暖化影響・適応研究のリード役を果たしてきた。

日本ではとりわけ土砂災害や水資源供給の観点から、降水量、特に短時間の豪雨に対する地域詳細シナリオの需要が大きい。またこの降水量予測があらゆる気象要素の中で最も難しい。そこで、温暖化予測全球モデルだけでなく環境省研究S-5-3<sup>(5)</sup>における20km解像度のRCM出力も併用した上で、多様な土地利用に展開可能な統計的ダウンスケーリング手法を開発するとともに、降水量・豪雨についても、先進的な確率的手法の開発と温暖化時の予測を行う。

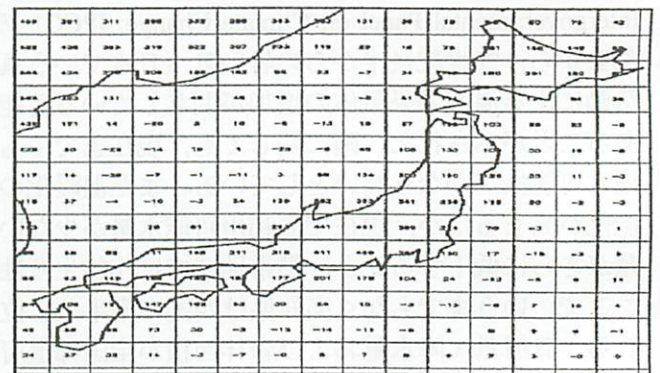


Fig.1 東京大学などの温暖化予測全球気候モデルMIROC-hiのグリッド

## 3. 温暖化の影響と適応策—農業の事例—

本提案課題では、特に一次産業に依存する高知県の産業構造をふまえ、気候変動の農業、特に高知県の二大産品である園芸作物と水稲への影響・利用とその適応策について、作物シミュレーションモデルなども用いて検討する。そもそも地形の複雑な高知県では、地形により生み出される昼夜の寒暖差が霧の発生を通じて「土佐茶」や「仁井田米」などの特産物に高い付加価値を与え、ブランド化している。そこで多様で複雑な土地利用からいまだ未解明の部分も多い高知県における現在の気象資源に対し、まず県内に高密度な局地気象観測網を構築して気象資源量の図化を行うとともに、上記ダウンスケーリング気候シナリオを付加して将来変化を予測し、県内農業粗生産額の過半数を占める園芸作物に対し、気象資源を活かした新しい栽培体系を提案する。特に、営農状態が厳しいにもかかわらず気象資源の豊富な中山間地に対しては重点的に研究するほか、ここ数年、県の山あいでも再び盛んな「焼畑」も、農業資源的価値を高める可能性があるとして取

り上げる。このように、ダウンスケーリング技術を生かした高知県の将来気候マップの作成は、天然資源を活かした高知県の新しい農業生産の将来計画指針となる。

また高知県の中でも品目別生産額では未だ第一位を占める土地利用型農業の水稲作を対象に、まず既存の水稲生育モデルに、水田水温結合モデルを結合した収量予測を行う。これまでも高知県農業技術センターの坂田（現在、高知県農業振興部）が農環研と共同で、水稲生育モデルを用いたコシヒカリ普通作の解析により、水稲収量に対する気象条件およびCO<sub>2</sub>施肥効果の影響を定量化してきた<sup>3)</sup>。今後は、気象感応試験データの蓄積があるコシヒカリ・ヒノヒカリについて普通作のほか早期作のデータも収集した上で、水稲収量に及ぼす早植え遅植えなど作期の影響を明らかにするとともに、新たに水稲の品質、特にタンパク質含有率等で表される食味まで診断できるモデルを開発、収量モデルとも結合した水稲予測シミュレーションシステムを構築し、気候変動に適応可能な水稲有望品種の育成および選抜に関する指標を提案する。

#### 4. 地球規模気候変動と流域圏のかかわり

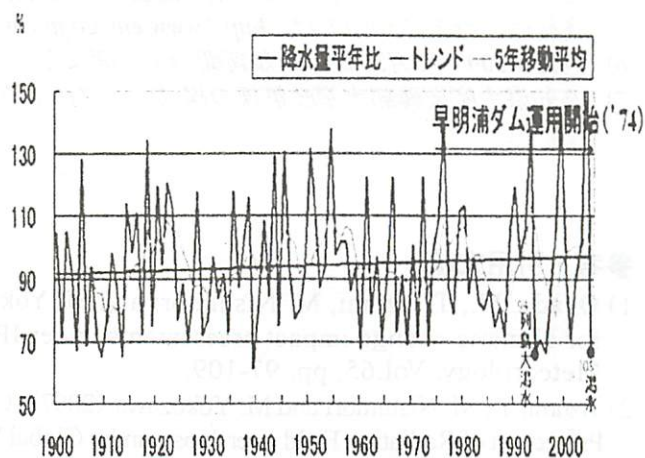
高知県は、長く気象災害に苦しめられてきた。1970年の台風10号、山崩れにより駅と停車中の列車が流された1972年の繁藤災害、1975年の台風5号とその翌1976年、時の高知市長が全高知市民に涙で非常事態を宣言した台風17号が代表的なものである。これらを機に豪雨防災に対する投資や市民に対する情報啓発に、先進的に取り組んでいたものの、1998年9月の秋雨前線による高知豪雨（Fig.2）により、高知市の河川低地では、上記の台風災害をはるかに上回る浸水等の経済的被害を出した<sup>4)</sup>。このように、気候システムの変動により30年前頃までは台風が主要な水害を起こしていたが、十数年前からは前線性の集中豪雨による災害が発生するようになった。その要因のひとつに、過去20年間で2.0℃という沿岸海域の急激な海面温度上昇<sup>7)</sup>がある。つまり、高知県はいつまでも気象災害・水害に見舞われるリスクを持つのである。

そして雨の多い高知県では、一般的に水資源は豊富に思われている。しかしながら平地が少ない地勢と、降雨・降水量の年々の変動幅が大きくなっている（Fig.3）ことから、高知県における水資源量は、平均的年降水量が大きいにもかかわらず豊富ではない。県都の高知市でも十年に一度程度は給水制限が起こっていたが、近年さらに状況は不安定化の傾向にある。ここで、高知県北部にある「早明浦ダム」は、吉野川水系にある四国地方最大のダムで、高知県のみならず、あるいはむしろ香川県など四国他県への水供給を担っており、「四国のみずがめ」と称されている。そこで、海面水温や2. で記した確率的集中豪雨・渇水指標、さらに河川流出モデルと資源管理政策との連携により、気候変動下での周辺河川の流量および早明浦ダムの水量を評価し、その適応策について検討する。

さらに沿岸海洋や河川・湖沼における水産資源、例えばカツオやアユは、第一次産業として経済を支えるほか、県の知名度を上げ貴重な観光資源となる。そこで提案書には、流域圏における生態環境資源としての水資源および生物・生態系への影響とその適応策を、河川流出モデルや統計解析により明らかにするテーマも含めた。



Fig.2 1998年9月の高知豪雨（前線性）により水没した高知市の東部地区【高知新聞より】



100年前と現在の降水量の比較

降水量(トレンド)	期間	変動幅		標準偏差
		下限	上限	
1900年 約2,990mm	1900~1909年	-710	+1360	701
2005年 約3,190mm	1996~2005年	-1080	+2330	1114

Fig.3 早明浦ダム上流域における年降雨量の変動傾向<sup>5)</sup>

## 5. おわりにー「温暖化と流域圏」課題の概要

ここでは文部科学省に提出した提案書の概要を、本稿では記しきれなかった部分も含め以下にまとめる。○陸域だけでなく沿岸海洋までを包含した、土地利用形態に応じた気候変動予測情報のダウンスケーリング手法、および確率的降水量・豪雨予測手法の開発を行うとともに、得られた気候変動シナリオを用いて水稲／園芸等の農業、気象災害、水資源・水環境および生物資源など多岐にわたる適応シミュレーションシステムを開発し、高知県における気候変動適応策シナリオを立案する。具体的には、以下の要点が目標となる。

- ・高知県に災害をもたらす集中豪雨と異常渇水について、気候モデルによる予測バイアスを定量化するとともに、観測データとの比較を通じて検証し、将来における変動の評価とその対応策を提示する。
- ・高温耐性を持ちつつ食味も優れた水稲品種育成の選抜指標を提案するとともに、中山間地において気候変動シナリオに基づいた気象資源量の将来予測を行い、それに基づいた園芸作物の新しい栽培体系を提案する。
- ・流域圏分野では、森林の資源や早明浦ダムの水資源変動に及ぼす影響を、降水・河川・水管理政策等の切り口から定量化する。また、沿岸海洋のカツオや四万十川のアユの漁獲高と気候変動の関係を推定する。

### 謝辞

本提案の発起、ならびに文中の提案書作成に関しては、本学会総務・代表幹事である村上高知工科大学教授をはじめ、高知大学、高知県農業技術センターならびに東京工業大学の参画者各位、他の多くの学会関係者の協力をいただいた。ここに、記して感謝する次第である。

### 注

- (1) 第4次報告書「Climate Change 2007」のうち、第1作業部会報告「The Physical Science Basis」は[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html)から、また第2作業部会報告「Impacts, Adaptation and Vulnerability」は[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html)から、それぞれ原文にアクセスできる。また環境省ホームページ[http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th\\_rep.html](http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th_rep.html)からは、第四次報告書全体に関する日本語の情報が入手できる。
- (2) 最近では、単に（地球平均での）気温上昇のみの意味に取られかねない「（地球）温暖化」という語よりも、それに伴う降水量・日射量その他の様々な気候要素の長期的な変化や短期的な変動の意味がより明確に伝わるよう「（地球規模）気候変動」という言葉が使われることが多い。
- (3) MIROCとは「The Model for Interdisciplinary Research on Climate : 気候に関する学際的研究のためのモデル」の略で、その名を仏教で未来に下って衆生を救うとされる弥勒菩薩にあやかっている。
- (4) 文献としては、気象庁(2005:地球温暖化予測情報第6巻)がある。
- (5) 各研究の概要については、<http://www.env.go.jp/earth/suishinhi/index.htm>を参照されたい。
- (6) 例えば2008年5月30日付高知新聞の第1面など。
- (7) 高知県水産振興部水産政策課の提供データによる。

(原稿受付 2010年5月10日) (原稿受理 2010年5月11日)

### 参考・引用文献

- 1) Okada, M., T. Iizumi, M. Nishimori and M. Yokozawa (2009): Mesh climate change data of Japan Ver.2 for climatic change impact assessments under IPCC SRES A1B and A2. *Journal of Agricultural Meteorology*, Vol.65, pp. 97-109.
- 2) Iizumi, T., M. Nishimori and M. Yokozawa (2007): Combined Equations for Estimating Global Solar Radiation: Projection of Radiation Field over Japan under Global Warming Condition by Statistical Downscaling. *Journal of Agricultural Meteorology*, Vol.64, pp. 9-23.
- 3) 長谷川利拓・坂田雅正(2008): 近年の温暖化傾向が水稲生育・収量に及ぼす影響のモデル解析ー高知県におけるコシヒカリの気象感応試験を事例としてー. *日本作物学会紀事*, 77巻別冊1号, pp. 38-39.
- 4) 宮崎利博・竹崎幸博・福留章洋(2002): 98 高知豪雨ー新河川法制定後の流域協議会の取り組みー. *水文・水資源学会誌*, 15巻, pp. 309-319.
- 5) 村上雅博(2009): 気候変動と水資源の脆弱性ー吉野川水系早明浦ダムと高松市渇水問題ー. *水資源と環境研究*, 21巻, pp. 89-92.

<解説論文>

## 地下水の脆弱性と地下水保全政策

辻 和毅 \*

### Brief Overview on Groundwater Vulnerability and Groundwater Conservation Policy

Kazuki TSUJI \*

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

#### Abstract

This paper introduces concept of vulnerability, which was originally employed as a key step to promote risk reduction and disaster resilience by the United Nations. The vulnerability sounds incompatible with groundwater conservation policies but both are in close relation to analysis and assessment of basic factors of increasing disasters and continuing environmental degradation. Therefore the framework formulating of vulnerability links sustainable development of groundwater. This paper deals with groundwater vulnerability driven by the global climatic changes in the Ganges Delta plain and the meteorological and hydrological forecasts by the Japanese sophisticated simulation model studies in monsoon Asia. Successively groundwater ownership and legal aspects of groundwater in Japan are discussed, which have been intensively argued up to the present in the light of integrated management of water resources. A Basic Water Law should be enacted to comprehensively manage water environment, leading to that sustainable way of groundwater use is to legally be consolidated, taking regional condition into consideration.

**Key words:** Groundwater vulnerability, groundwater conservation policy, public ownership water, commons

#### 1. はじめに

筆者はこの5年余りの間モンスーンアジアの地下水について本誌に発表してきた<sup>1)</sup>。それはCREST(戦略的創造推進事業・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」ーモンスーン・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)に参加し、その成果を発表する機会を与えられたからである。幸い、この間に水資源に関連する多くの分野に携わる研究者から話を聞く機会があり、いろいろな角度から地下水をみ直すことができた。そこには国内ばかりでなく海外の研究者や関係行政機関の技術者も含まれている。多くの現場にも足を運び、地下水に限らず水資源に関する施設を見学することもできた。それはこれまで長く地下水業務に従事した折りに足を運んだ場合と違い、幅広い視野で海外の現場をとらえ、地下水を地域の実情に重ね合わせて水資源の一環として考える得難い体験を与えてくれた。

筆者はCRESTではモンスーンアジアで人口が急増し地下水が水資源として重要な役割を果たす一方で、種々の地下水障害に苦慮している7つの地域を取り上げた。1地域を除いてそこはいずれも大河の最下流に広がる沖積平野に位置し、近年産業が発展し人口が急増するとともに、水需要が急伸した地域である。そのため過剰な地下水開発は地下水障害を招き、低平なデルタ地帯は頻繁に洪水に見舞われた。現在は大半が復興対策の途上にあるが、その策と進捗は国によって大きく違う。それは基本的に地下水を含む帯水層構造に起因し、社会構造におよぶことを説明した。各平野の基本となる水理地質構造発達史から読み明かし、法制度や表流水を含めた水資源配分の違いによって政策の進展や方向性に違いがあることを明らかにした。その比較の尺度は、地下水開発が先行した日本の関東平野と熊本地域が推進した地下水管理の歴史を参考とした。

その最終的な目的は過去の歴史を反省材料として、将来とも貴重な水資源である地下水を持続的に利用してゆくため、優先的に進める具体的な保全政策を探り出すことであった。そこで明らかになったことは、目標の達成までには、時間的に短期的、中期的な、そして長期的な展望に立って段階的に推進する戦術や戦略の仕訳が必要なことと、それらは内容別に仕分けすると、ほぼ技術的課題、社会的・経済的制度、そして

\* (株)技術開発コンサルタント、福岡市中央区天神1-2-4

Table 1 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	地方特性に即応型の 水資源管理	長期気候予測対応 水基本法	地下水汚染 一部の地下水水位 回復対応
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 (紅河) 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
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 工場用地配置転換
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、国土保全 洪水漂流水の活用	長期水資源計画	浄水槽建設

国家的課題に相当すること、さらに緊急の課題を選別し優先することであった (Table 1)。

また、筆者はたまたま 2008 年 1 月から 2010 年 3 月まで高知工科大学の村上雅博教授の代役として国連大学の地下水に関するプロジェクトに参画した。それは「地下水と人間の安全保障」という大きな命題を、3 つの国の 4 つのケース・スタディを通して考えるというかなり大風呂敷のテーマを掲げた割にはこじんまりした作業部会で、ここに特別参加した形であった<sup>2)</sup>。

この作業部会で表題に沿ってまとめた内容は大変興味深いのだが全容を紹介する余裕はないので、筆者が関与した地下水の安全保障の解析で頻りに議論されたキーワードについて紹介する。それは一般の人にはあまりなじみのない脆弱性 (Vulnerability) という概念で、筆者が担当したバングラデシュの地下水を例にして述べたい。脆弱性という言葉は一見すると、上に述べた地下水保全施策と関係がないようにみえるが、実はリスクを増大させる要因として裏腹の関係で密接に結びついている。それは脆さや弱さの枠組みを明らかにすることは、逆に逆の側面から保全策を思い描かせるヒントを示唆するからである。小論ではこの点を紙面の許す限り考えてみたい。

## 2. 地下水の脆弱性とはなにか

### 2.1 脆弱性 (Vulnerability) の定義

Vulnerability は 40 年ほど前社会科学で生まれた概念で、現在最も知られている UN/ISDR (国連国際災害軽減戦略) の定義を直訳すると、「人為的な、社会的、経済的かつ環境的な要因ないしは過程で決まる状態で、それによって災害の影響に対する共同体の感受性は増大する」である。UNDP (国連開発計画) の定義は「人為的な、社会的、経済的および環境的要素の結果からもたらされる人の状態あるいは過程で、それにより災害の影響を受ける可能性や被害の規模が決まる」である<sup>3)</sup>。両者とも一読しただけでは理解し難いが、要は、人が被る災害の影響や可能性、規模は自然現象面だけでなく、社会的、経済的、そして環境の側面を統合して考えることで、効果的なリスク軽減や災害に強い方策を構築する鍵となる概念であると筆者は理解している。国連大学では、2005 年頃から Vulnerability を評価する枠組みを従来の災害の数量化や分析から一歩進んだ方法論として採用している。今回の作業部会でも、単に障害の現象的あるいは技術的な解決策だけを探るのではなく、現象そのものと人が作り出した社会、インフラ、そして経済や環境との複雑な相互作用の結果としてとらえて、そこに潜む脆弱性を明らかにした。そして障害の総合的な軽減を促し、最終的に人間の安全保障を確保しようとする手法として取り組んだ。バングラデシュの地下水の場合にも、従来の物理的な障害の側面だけでなく、その中に潜んでいる脆弱性を多面的に掘り起こして、その保全を図る試みに貢献するように心がけた。その結果は下に述べるとおりである<sup>3)</sup>。

### 2.2 バングラデシュの地下水の vulnerability

上の定義にもあるように、脆弱性は大きく自然環境的な側面と、社会経済的な側面に分けられる。

#### 2.2.1 地下水に結びつく自然環境的な脆弱性

この問題を考える根源的な要因は、地球規模の温暖化と日本の気象研究所が発表した東南アジアから南アジアにかけての精緻な気候変化モデルによる 21 世紀半ばの予測結果である<sup>4)</sup>。その概要は年間の平均降水量は、南アジアから東南アジアにかけて全般的に増加する。したがってガンジス川とブラマプトラ川の年間平均河川流量と最大月間流量は増加する。他方、降水量の乾季と雨季の季節変動が激しくなって、最小月間流量は著しく減少する。すなわち年間を通して長い乾季と雨の多い雨季という顕著な季節偏差が出現すると予測されている。当然この予測される変化の影響は地下水、とくに浅い帯水層の地下水に現れると考えられる。

(1) 地球規模の海水準の上昇は海水の内陸への侵入と遡上を招き、低平な（バングラデシュの国土の南半分は標高 5m 以下）デルタの地下水は塩水化する。さらに居住地の減少や耕作地の塩水化を招く。最大流量の増加の結果洪水が増大することと相まって国土の保全という国の根幹にかかわる甚大な被害をもたらす。

(2) 河川の洪水流失量が増加することにより浅い帯水層（通常 100m 以浅）への垂直涵養量が減少する。

(3) 長い乾季と洪水の増加は安定した川の基底流量の減少となり、浅い帯水層の涵養量はさらに減少する。したがって浅い帯水層の不圧地下水位は低下する。その地下水で生活する大半の国民はより深く井戸を掘るだろう。

(4) 長い乾季には灌漑用深井戸（通常深度 100m 以上）の取水が増加し、大規模な被圧地下水位の低下を招く。

(5) 被圧地下水位の低下は浅い帯水層地下水から下方向への漏水と浸み出しを誘発する。それは浅い帯水層に依存する国民の水不足とヒ素汚染が深層地下水に拡散することになる。深層地下水は食糧作物の灌漑用が多いから、そのヒ素汚染は次節の(3)に述べる新たな問題を引き起こす引き金となり、その兆候はすでに出ている。

## 2.2.2 地下水に結びつく社会的・経済的な脆弱性

(1) ガンジス平野はバングラデシュとインドの西ベンガル州にまたがる 110,000km<sup>2</sup>もの広大な平野である。この平野の下には上に述べたように厚い帯水層（中新統まで 3,000m 以上）が国境を挟んで、連続して分布している。国連（UNESCO）ではこのような帯水層を Transboundary Aquifers (TA) と呼び、世界の各地で各方面から研究を進めている<sup>5)</sup>。ここで最初にヒ素中毒患者が報告されたのは、インド西ベンガル州で 1983 年であった。バングラデシュでは 1993 年である<sup>6)</sup>。この間に 10 年の月日が流れている。これでは同じ地下水盆を共有しながら、生活用水の安全に係る地下水の情報が両国間で素早く交換されたとは思えない。

両国の間に複雑な政治的事情や紛争（ファラッカダムは 1975 年に完成）があったにせよ、そこから派生する脆弱性が人間の生命の安全に絡むとは悲しいことである。もっと早くに軽減や治療措置が取られていれば、救われた命もあったはずである。1995 年初めて両国の関係者は国際会議を開催した。バングラデシュで本格的に調査が始まるのは 1998 年のことである。

(2) 人口急増とその偏在に結びつく社会的脆弱性

バングラデシュの人口増加とその都市と農村域の割合は Fig. 1 のように予想されている<sup>7)</sup>。このような急激な伸びと都市への集中は、生活用水源の 97% を地下水に依存する当国において、社会的な脆弱性を顕在化させる。それは都市での衛生環境の悪化と安全な生活用水の不足である。都市部の予想人口を受け入れる十分な施設を整えるには膨大な経済的負担を強いることは間違いない。

(3) バングラデシュの基幹産業は稲作農業である<sup>8)</sup>。乾季には深井戸による灌漑が行われている。最近の研究によれば、ヒ素に汚染された耕作地で栽培した、稲、野菜等のヒ素の濃度はそうでない土地で栽培した作物に比べ明らかに高い濃度を示している<sup>9)</sup>。その中には家畜の飼料作物も含まれる。現在の段階では人の健康被害におよぶ濃度になっていないが、体内に残留する化学物質が食物連鎖で優位な生体内に濃縮することはよく知られたことであり、今後のモニタリングが重要である。これは、予想はされていたけれども地下水の汚染が意外な早さでもたらした脆弱性ということができ、将来どのように展開するか予断できない側面である。

(4) 次にヒ素汚染地下水が引き起こした意外な法制的脆弱性について述べよう。2006 年英国最高裁判所は 1 つの判決を下した<sup>10)</sup>。それはバングラデシュの一市民が英国の ODA（海外援助）を担当する官庁を訴えた裁判についてである。BGS（英国地質調査所）は 1983 年から 1992 年まで農業灌漑を目的とした深井戸プロジ

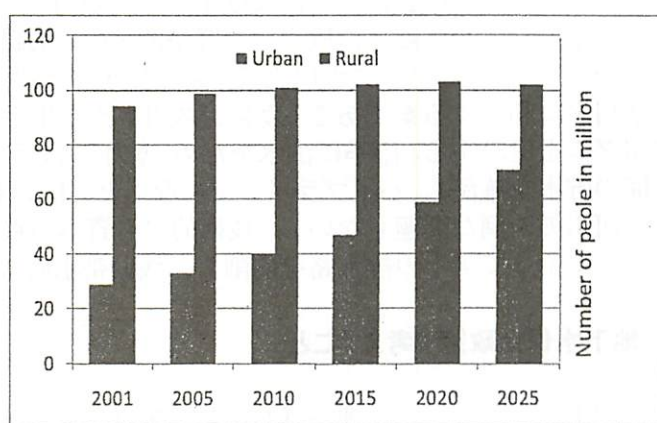


Fig.1 バングラデシュの人口増加予想（都市と農村）



エクトを ODA の一環として始めた。首都ダッカの近くに住む一人の男性は、それまで池を飲用水源としていたが、1983 年から ODA で近くに掘られた深井戸の水に切り替え、飲用を続けた。しかしその井戸はたまたまヒ素の濃度が高かったため、男性はヒ素中毒を発症した。しかもその井戸のヒ素は掘削当時検査されていなかった。周辺の井戸が基準以下だったから見逃されたのである。病状が悪化した男性は 2004 年、 Bangladesh の健康管理官庁に男性の飲む井戸がヒ素汚染されていないという保証をしなかったために、健康を害したと訴訟を起こした。被告人はプロジェクトを推進した BGS の上級機関である英国の ODA 担当官庁であった。最終的に判決は全ての状況において担当官庁が男性の面倒をみる義務を負うべきと裁判所が認める道理にかなった見通しを男性は持ち合わせていないとして訴えを却下した。この訴訟は決して特殊なケースではなく、Bangladesh 国内でも UNICEF が掘削した井戸や、カンボジアで NPO が掘った井戸でも同様な話が出ていると聞く。

以上列記したように、自然環境的にも、経済的・社会的にも地下水は思いもかけない側面に脆弱性を潜ませている。とくに後者においてそうである。地下水資源を安全にそして持続的に利用する政策を立案するために、脆弱性という観点から地下水を広い側面で考えて見通す高いアンテナを張る必要性がここにある。

Bangladesh の地下水に潜む脆弱性から地下水を守ることが Table 1 に示した地下水の保全策につながっている。その内容はすでに文献 1) 等で説明したので、ここではその後に加筆したことを説明する<sup>2)</sup>。それは中期的な戦略に位置づけた経済的・社会的課題の 1 つの「洪水表流水の活用」である。これは標高が 3-4m と極端に低いメグナ川流域に毎年出現する洪水性湖水 (Haol や Beel) にダムを構築して貯水池とし生活用水に利用する案である。ガンジス川本流を相手にするには規模が大きすぎるから、合流点の上流に調整用ダムを建設する。雨季に洪水をため、乾季にはチッタゴン丘陵の既存ダムとの連結運用で水を補給して年間の貯水を確保し、パイプラインで少なくとも国の東半分安全で安定した生活用水を配給する案である。国際河川の面倒な問題もないし、技術的にも資本の点からも適当な規模と思われる。もう 1 つは“古ジャムナ川”に沿って洪水の排水路を開削し、浅い帯水層に地下水涵養を促進し開発する案である<sup>1)</sup>。

### 3. 地下水保全政策で考えること

地下水保全や地下水管理の話が出ると筆者は熊本地域の例を必ず紹介する。それは熊本県の事例は、13 市町村 (2008 年現在) が、熊本地域地下水保全対策会議を設立し、行政境界を超え約 1000km<sup>2</sup>にも広がる地下水盆単位で地下水管理の合意を形成したからである<sup>1)</sup>。これは自然の水循環の流れに行政が調和したという他の地域にはない大きな意義がある。地下水のコモンズ (共有財より共益財が適訳のように思う) で生活しているという意識が 100 万人の住民に浸透し、地下水の重要性を理解し、さらに利害関係の対立を調節する機能が働いている証左であろう。3 年前の地下水条令改正で「公水」の用語を (市民共通の財産としての地下水をいう) の括弧つきながら明文化した。その時日本で最初と書いたが秦野市 (2000 年に施行) について 2 番目で、文言もほぼ同じある。しかし、実質 13 市町村に影響を及ぼし機能する条例と 1 市のみの条例では言葉の重みが全く違う。

日本では従来から「地下水は公水か私水か」という議論が喧々諤々と続いている。ほぼ 35 年前にあった地下水規制法の法制化の話は立ち消えのまま先に進んでいない<sup>2)</sup> (Fig. 2)。この問題の難しさを反映している。現在の縦割り行政のなかで、仮に公水を主旨とした法律が制定されたとしても、法律の主官庁争いがあるだろう。法制化と所管庁をどこにするかは別の次元の大きな問題である。現在河川を管理している国土交通省が公水化で主導権を握ろうとするだろう。しかしここでいう公水は 1 官庁が管理する公有水と同義ではない。現在では国民が公平に便益を得る権利がある水と解釈すべきだろう。今の時代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



Fig. 2 地下水採取規制法案難航の新聞記事

政組織を調整する能力や、海外も含めて多岐にわたる分野間を調整する能力が必要とされる時代になっているので、1省で管掌できる時代は過ぎている。もう日本では一官庁に全面的に任せるのは実情に合わないし時代遅れである。

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、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<sup>13)</sup>。しかし、その内容は関係5省が自らの主義主張を述べ合っただけで、水行政の改革・統合に向けた真剣な姿勢は感じられない。最近の民間のいくつかの水政策改革会議の方が熱心である<sup>14)</sup>。しかし現在の状況では簡単に解決するとはとても思えない。

細かい内容は分からないが、インドのように法律のモデルを国が示し、具体的な管理は州別の法律に任せるのが実情にあった法制化ではないかと思われる<sup>15)</sup>。この点は今後詳しく調べてみたい。インドの例が一つのヒントになったのであるが、3つの案を述べてみたい。①筆者は現在日本の地方自治体の地下水管理は環境基本法に則った条例で、熊本県や富山県のように実質的に機能していると思っている。したがって現在の環境基本法を強化し、基本法であるからには水環境のなかで地下水の位置づけを明確にする。保全政策は環境基本計画で明文化し、具体的には各県や各市の条例によって実行する。②あるいはあらたに水基本法を制定してその主旨をもとに、各県は条例で地域の実情に合わせて管理するのが現実的であろうと思われる<sup>16)</sup>。③また、いくつかの地方自治体のなかには今まで長い実績を積んできている。それらを踏まえて、地域から積み重ねてきたものを国が追認するという考え方のオプションとしてあってよい<sup>17)</sup>。しかし地域主義は尊重すべきだが、コモンズの共同管理などの慣習法に相当するレベルから積み上げて条例や法律を制定するには、地域の事情が複雑に入りすぎて困難であるから、最大公約数を探る適度な折り合いでくらないと法律という形にはならないだろう。

(原稿受付 2010年4月21日) (原稿受理 2010年4月27日)

## 参考文献

- 1) 辻 和毅 (2009) : アジアの地下水. 福岡, 樺歌書房, p. 191.
- 2) United Nations University, Institute of Environment(2010): Groundwater and Human Security-Case Studies (in press)
- 3) Birkmann,J.(2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definition. Kickoff Meeting of UNU GWHS-CS, Bonn, p.54.
- 4) Kitoh,A.and M.Hosaka,K.Ueguchi,D.Nohara (2008) : Impact of Climate Change on Precipitation and River flow. Symposium on Science and Practice of Basin-scale Water Policy for Population Upsurging Asia.
- 5) IHP-VI, Series on Groundwater(2001): Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management. Their Significance and Sustainable Management. A Framework Document.p.71.
- 6) Flores,A. (2006) : Case study Arsenic in the Groundwater of Bangladesh.D-Lab 3:Dissemination p.6.
- 7) LRDC(2005): Sector Development Programme Water and Sanitation Sector in Bangladesh. Vol.1, Main Report, p.158.Ministry of Local Government, Rural Development & Cooperatives.Unit of Policy Implementation(UPI)
- 8) <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/bg.html>(2010.4)
- 9) Feroze Ahmed,M. et al. ed.(2003): Fate of Arsenic in the Environment. Tokyo, United Nations University, p.208.
- 10) House of Lords (2006) : Session 2005-06 {2006}UKHL 33, Opinions of the Lords of Appeal for Judgement in the cause. Sutradhar vs. Natural Environment Research Council.p.20.
- 11) 熊本日日新聞 (2004) : 地下水保全へ熊本市、大津町、菊陽町が連携. 1月29日.
- 12) 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.
- 13) 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 p. 11.
- 14) 水制度改革国民会議 (2008) : <http://mizuseidokaikaku.com/index.html> 設立趣意書 など
- 15) 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.
- 16) 三好規正(2007) : 流域管理の法政策, 慈学社出版, 東京, pp. 104-144.
- 17) 廣木謙三 (2009) : 地下水と統合水源管理. 日本水文科学会・熊本大学公開シンポジウム要旨集, pp. 17-22.

<解説論文>

## Water Resources Demand and Supply Responsibility of Groundwater in Hanoi, Vietnam

DINH Thai Hung\*

\* Center of Environmental Research ; 23/62 Nguyen Chi Thanh Street, Dong Da District, Hanoi, Vietnam

### Abstract

The Hanoi City is the economical, cultural, political and scientific center of Vietnam. The population of the Hanoi City is estimated to increase rapidly. A system of suburban cities around the old Hanoi City was planned and constructed recently in line with the city expansion derived from lots of economic, industrial and constructional activities as the industrial zones. It causes the higher demand on water supply as well as groundwater development activities. This paper reviews the water resource demand and supply responsibility of groundwater in Hanoi. The on-going groundwater conservation activities are also mentioned as adaptation measures to respond to the increasing water resource demand in Hanoi.

**Key words:** Hanoi City, groundwater, water supply responsibility, groundwater conservation

### 1. INTRODUCTION - Natural Characteristics of the Hanoi City

With the area of 930 km<sup>2</sup> and the population of more than 3 million, the Hanoi City is the economical, cultural, political and scientific center of Vietnam. Located besides Thai Nguyen, Bac Ninh, Vinh Phuc, Ha Tay and Hung Yen provinces, geo-morphological feature of the Hanoi City is flat, slightly slopes from the north to the south, from the west to the east with the slope of about 3 – 5% (Fig.1). The elevation is not more than 10 m above the sea level in the center of the city and tens meter in the northern area. Belonging to the Red River Delta, the Hanoi City has a cold winter for 3 months in which temperature varies from 16 to 18°C (the lowest temperature may reach to 5°C) and a long summer in which temperature is about 34 – 37°C. Precipitation is abundant in the summer monsoon season between May and October, while it is scanty from November to April. The annual average precipitation of the Hanoi City is from 1600mm to 1850mm with the rainiest month is August. It should be noted, however that the period of the alternation of wind regime between winter and summer does not correspond to that of precipitation regime, that is, dry winter and wet summer. With the lack of precipitation, high evaporation has the average value of 933mm and reaches the highest value of 109.9 mm in October in the dry winter, which may cause the diminution of groundwater level. Hydrographic network is abundant with rivers, lakes and ponds. There are Red River, Ca Lo River, Nhue River, To Lich River, Lu River, Set River as well as 111 lakes and ponds, where the total square is 2180 hectare in the Hanoi City. The hydrographic network in the Hanoi City has a considerable relation to groundwater supply in the area.

### 2. HANOI CITY ON THE DEVELOPMENT

With regard to the development trend of the Hanoi City, there are the Resolution No.108/1998/QĐ-TTg dated June 20<sup>th</sup>, 1998 approved the general adjusted plan of the Hanoi City until 2020 and the Resolution No.60/2002/QĐ-TTg dated May 13<sup>th</sup>, 2002 approved the general social and economic development plan of the Hanoi City from 2001 to 2010.

Based on the resolutions above, population of the Hanoi City would be more than 3.5 million in 2010, and would rise to 4.5 million until 2020, with a system of suburban cities. In the period of 2001 – 2005, the GDP development rate of

---

\*Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, Ministry of Natural Resources and Environment

Hanoi City reaches to 11.25% per year, whereas the population increase rate is 2.9% per year in general and 5.74% per year in the inner Hanoi City. It is expected that in the period of 2006 – 2020, the economic development rate would be 11 – 12% per year. Based on the trend that can be seen recently, it is estimated that in the period of 2006 – 2010, the population increase rate may reach 2.7% per year in general and 5% for the inner City. The increase rate may be down to 2.2% per year for the whole Hanoi City and 4.5% per year for the inner City population. Besides the increase of population, economic development inevitably raises the demand of water use in the Hanoi City. A system of suburban cities around the old Hanoi City was planned and constructed recently as well as the city expansion with lots of economic, industrial and constructional activities as in the industrial zones. It causes the higher demand on water supply as well as groundwater development activities.



Fig.1 Location Map of Hanoi City

### 3. GROUNDWATER OF THE HANOI CITY

In the Hanoi City, the strata before Quaternary period have a total thickness is 2,133.5 meters and the thickness of the strata of Quaternary period is about 313.8 meters. Bed-rock is found in 100km<sup>2</sup> of the total more than 930km<sup>2</sup> of the Hanoi City area. The geologic characteristics of the Hanoi City can be described in the ascending order as follows;

*The strata in the Cenozoic Era*

*Tertiary - Neogene - Vinh Bao N<sub>2vb</sub> strata*

*Quaternary - Pleistocene - Le Chi strata*

*Quaternary - Pleistocene - Ha Noi strata*

*Quaternary - Pleistocene - Vinh Phuc strata*

*Quaternary - Holocene - Hai Hung strata*

*Quaternary - Holocene - Thai Binh strata*

Based on the geologic, hydrologic and petrographic characteristics as well as water absorbing property of soil and water hydraulic power, there would be hydrologic units in the Hanoi City such as:

- + *Water isolation layer of Holocene sedimentation (qh<sup>3</sup>) with clay and mixture clay.*
- + *Aquifer in Holocene sedimentation (qh) with sand, clay and mixture sand.*
- + *Water isolation layer of Pleistocene sedimentation (qp<sup>3</sup>) with clay and mixture clay.*
- + *Aquifer in upper Pleistocene sedimentation (qp<sup>2-3</sup>) with sand, gravel and pebbles.*
- + *Aquifer in fissure of Neogene sedimentation (m<sub>n</sub>) with conglomerate, gritstone and clay.*
- + *Aquifer in fissures of Triassic sedimentation (t) with gritstone and clay.*

### 3.1 The Characteristics of Holocene Sedimentation Aquifer (qh)

The Holocene aquifer spreads on over the Hanoi City, mostly concentrating on the Eastern Hanoi and discontinuously locating on the other areas. The petrographical content of this aquifer is mixture sand, mixture clay, clay with mud and organic matter and plant. There is a layer of clay and weak isolated-water layer on the top of the aquifer, discontinuously, locating in the south side of the Red River. The depth of this layer is different among the places, from 0 to 5m in most of areas, but reaches to 20m in some particular sites. The thickness of the Holocene aquifer varies from 0 to 15.5m and the average value is 14.0m.

The result of groundwater investigation among the 14 hydro-geologic boreholes shows that:

- + 11 boreholes that produce rich water  $q > 1$  l/s/m, occupying 78.6% of the total boreholes.
- + 1 borehole that contains medium rich water  $q = 0.2 - 1$  l/s/m, rating 7.1% of the total boreholes.
- + 2 boreholes that yield poor water  $q < 0.2$  l/s/m, measuring 14.3% of the total boreholes.

Generally, this is the rich water aquifer, whose depth is from 1 to 3 m, and reaches to 6.8m in some areas. Although there is a clay layer separating the qh aquifer from the  $qp^{2-3}$  aquifer, there is also the strong hydraulic relation between those two aquifers.

In the qh aquifer, the groundwater locates from 15 to 25 m underground. The water is mainly Bicarbonate – Chloride, very good quality, with a small value of mineralization, from 0.1 to 0.5g/l, and coliform value is very small or can not be found. However, N-pollution and coli-pollution can be found in some areas near the Van Dien Cemetery, as well as heavy metal pollution in the manner that mercury ( $Hg = 0.4$ mg/l) can be found in area surrounding Tam Hiep, Me Tri and Bo De dumping grounds. Even though the reserve is not so high, qh aquifer can be developed to supply drinking water in a small scale with proper treatment activities.

### 3.2 Pleistocene Aquifer – $qp^{2-3}$

This is the main aquifer used for water supply to the Hanoi City and the suburban since it extensively locates over the area. The thickness of the Pleistocene aquifer varies through the locations. On the Northern Red River, it changes from 9.97m to 30.8m, while it varies from 35m to 70m on the Southern Red River.

Groundwater in the aquifer  $qp^{2-3}$  is mainly confined water with good quality, usually Bicarbonate – Calcium or Bicarbonate – Sodium. Chlorine concentration ranges from 6.03 to 9.29 mg/l in the Chem – Yen Phu area, from 5.88 to 22.94 mg/l in the Linh Nam area, from 23.9 to 26.73 mg/l in the Ha Dong – Van Dien area. The mineralization value ranges from 0.15 to 0.52 g/l and other characteristics qualify the drinking water's standard except that high concentration of iron and Mn should be treated. The iron concentration is quite high and changes from 2.4 to 26.24 mg/l, as well as Mn concentration ranges from 0.1 to 1.15 mg/l. There are only some water samples showing that the phenol concentration is higher than the Vietnamese standard (from 0.0001 to 0.011 mg/l). However, ammonia-concentration is high, changing from 3.5 to 23.75 mg/l. And hence it needs to be treated before using for drinking water. The pH value is from 6.5 to 8.4 in the Chem – Yen Phu area, from 7.6 to 8.0 in the Linh Nam – Ha Dong areas and from 6.7 to 8.0 in the Ha Dong – Van Dien areas.

Concerning the changes of total-N, iron and Mn concentrations of the  $qp^{2-3}$  aquifer at the HD6 well in the Ha Dinh well field from 1978 to 1999 shows that total-N concentration tends to increase, Mn concentration tends to decrease with a considerable oscillation, while there is no clear trend in the iron concentration. Bacterial concentration in the water also shows the pollution in some individual wells of the waterworks.

Evidences of heavy metal pollution have been found near the dumping fields and industrial zone. Mercury concentration reaches to 0.004 mg/l in the Bo De dumping field, as arsenic and other heavy metal pollution occur in Thanh Tri – Hai Ba Trung District areas.

Groundwater in the aquifer  $qp^{2-3}$  and qh has a strong relation; even through there is a clay and mud isolated-water layer. Besides, the  $qp^{2-3}$  has a hydraulic relation with the Red River. As the results, groundwater recharge for the  $qp^{2-3}$  aquifer derives from precipitation, surface water and an important source from the Red River.

The water in the  $qp^{2-3}$  aquifer is Bicarbonate Calcium and has a mineralization value from 0.2 to 0.3 g/l, reaching the highest value at 0.56 g/l. Iron concentration is quite high, from 2.16 mg/l to 25 mg/l, and generally higher than the standard for drinking water so that the water should be treated before use. Comparing to the drinking water standard,  $NH_4^+$  concentration is higher in some wells, with the  $NO_2^-$  varies from 0 to 3.1 mg/l.

### 3.3 The Neogene Aquifer (m<sub>4</sub>)

The Neogene aquifer has a considerably deep and wide distribution although it is covered by the Pleistocene aquifer (qp2-3). The lithological contribution is mainly conglomerate, clotted clay and gritstone. The mineralization value of the water in the m<sub>4</sub> aquifer is not higher than 0.5 g/l and the type is Bicarbonate Calcium. Water in the m<sub>4</sub> aquifer is qualified for drinking water in a small scale, but deep distribution of this aquifer makes difficulties for development.

## 4. REALITY OF WATER SUPPLY RESOURCES IN HANOI CITY

The Hanoi City is only one city that uses 100% groundwater for drinking water. Based on the report made by the National Institute of Irrigation, there are some types of groundwater development as

below:

- + *Large and concentrated development.*
- + *Large and un-concentrated development.*
- + *Small and separated development.*
- + *Small and family-scale development.*

Recently, a large amount of groundwater is developed in Hanoi, that mainly abstracted from upper layer of Holocene epoch (qh) and deeper layer of Pleistocene epoch (qp). Reality of groundwater development can be evaluated as follow (Fig.2).

### 4.1 Groundwater Development with High Capacity (Q > 10,000 m<sup>3</sup>/day)

This type of groundwater development is mainly waterworks. Recently, there are several well fields belonging to 15 waterworks and 10 water supply stations, the capacities of which are more than 10,000 m<sup>3</sup>/day. The well fields are listed in Table 1 below.

Besides, there are number of water supply stations with the capacity less than 10,000 m<sup>3</sup>/day, locating in the high inhabitant density areas. Those water supply stations are listed below in Table 2.

All of the groundwater development stations listed below have extracted water from Pleistocene aquifer layer (qp) with the wells, whose dimensions are from 110 mm to 350 mm in diameter and depth from 60 m to 80 m from the ground surface.

### 4.2 Medium Groundwater Development (Q from 500 to 1,000 m<sup>3</sup>/day)

Even though there are a number of large groundwater development stations with high water quality, there are few areas which can be reached by the water supply system of the City.

As the result, medium groundwater stations have been set up by companies, organizations and factories for self-supply. Based on the investigated data, there are 47 companies and organizations developing groundwater with the total capacity of more than 45,393 m<sup>3</sup>/day. The stations locate inside the factories, companies and residential areas that

**Table.1** List of Waterworks in Hanoi City

No.	Name	Development capacity (m <sup>3</sup> /day)
1	Luong Yen Waterworks	62,000
2	Ngoc Ha Waterworks	44,400
3	Yen Phu Waterworks	87,000
4	Ha Dinh Waterworks	29,000
5	Mai Dich Waterworks	52,000
6	Van Don Waterworks	15,000
7	Linh Nam Waterworks	120,000
8	Cao Dinh Waterworks	30,000
9	Ngo Si Lien Waterworks	49,300
10	Phap Van Waterworks	27,800
11	Thuong Cat Waterworks	30,000
12	Nam Du Thuong Waterworks	30,000
13	Tuong Mai Waterworks	24,100
14	Gia Lam Waterworks	32,000
15	Dong Anh Waterworks	22,000
	<b>Summary</b>	<b>654,600</b>

**Table.2** List of water supply stations with the capacity of less than 10,000 m<sup>3</sup>/day

No	Name of water supply station	Capacity (m <sup>3</sup> /day)
1	Ba Dinh Station	2,700
2	Kim Lien Station	3,200
3	Bach Khoa Station	2,600
4	Hoang Van Thu Station	2,100
5	Kim Giang Station	2,900
6	Khuong Trung Station	6,900
7	Quynh Loi Station	2,300
8	Ho Chi Minh Mausoleum Station	10,000
9	Noi Bai Station	2,000
10	Bach Mai Station	2,700
	<b>Summary</b>	<b>35,000</b>

are scattered in the City. The depth of those wells usually from 60 to 75m, and the capacity varies from hundreds to thousand m<sup>3</sup>/day. Recently, there is no much information about this type of groundwater development, but it really plays an important role in water supply for residential areas, which are situated far from the waterworks.

#### 4.3 Small Groundwater Development (Capacity < 500 m<sup>3</sup>/day)

This type of groundwater development is fairly common in the Hanoi City. With a considerable depth and medium diameter of well hole (less than 230 mm), those groundwater development stations take water from Pleistocene aquifer (qp). The distribution of small groundwater development can be listed in **Table 3**.

These small groundwater developments mentioned above can be understood that they are waterworks with small capacity but strongly effect on groundwater resource. They are developed by companies and organization without using the water supply system of the City. Generally speaking, those waterworks can supply with a small capacity, from tens m<sup>3</sup>/day to hundreds and thousands m<sup>3</sup>/day. Almost well depth reaches the Pleistocene aquifer layer with a diameter from 110 mm to 273 mm. There is plenty of this type of groundwater development in the Hanoi City recently. The total capacity of those waterworks can reach 25,000 m<sup>3</sup>/day, based on the statistic data of the year 1999. This type of groundwater development can effect on groundwater capacity depression because the development procedure is not technically done. Filtration pipe and reinforcement pipe with low quality may lead to the pollution caused by endosmosis of polluted surface water or other aquifer. Furthermore, it is very difficult to control the capacity of those waterworks correctly. As the result, if the capacity of those waterworks increases, groundwater resource depression may become more severe.

#### 4.4 UNICEF-Type Well

There are tens thousand UNICEF-type well in the Hanoi City. This type of groundwater development has a small capacity and an abstracting at shallow depth. The capacity can reach only from a few to several tens m<sup>3</sup>/day. And the developing depth is from 20 to 40 m. Based on the statistic data, the number of UNICEF-type wells in 1999 is about 73,000, and it increased to approximately 75,000 in 2000. Because of lack of Fe-removal procedure, water supplied by UNICEF-type wells may has a smell and yellow color. Even thought there is no exact statistic data about the total capacity of this type development, but it is can be estimated if one well capacity is about 1 – 1.5 m<sup>3</sup>, then the total capacity may be: 75,000 x 1.5 m<sup>3</sup> = 112,500 m<sup>3</sup>/day. Obviously, this number is not small as it may be imaged.

#### 4.5 Family Well

Family well is one kind of traditional waterworks that can be built by digging until groundwater layer. This type of waterworks had been developed in 1960s – 1970s, but now is almost abandoned because of their uncomfortable and unreasonable conditions. In general speaking, the Hanoi City is developing about 872,000 m<sup>3</sup>/day from all type of groundwater development. The contribution of each development type can be shown in **Table 4**.

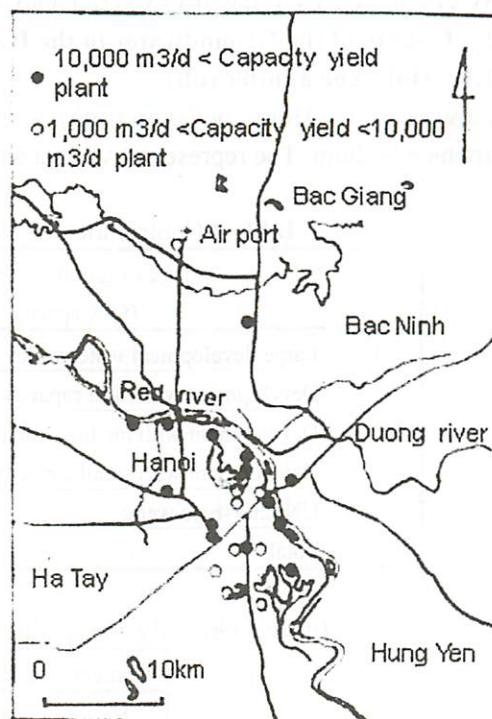


Fig.2 Location of water supply plant

Table 3 List of Small groundwater development in Hanoi City

No	Location	Number of station
1	Tu Liem District	12
2	Dong Anh District	10
3	Thanh Tri District	8
4	Gia Lam District	12

## 5. WATER SUPPLY RESPONSIBILITY OF GROUDWATER IN THE FUTURE

### 5.1 Quality of the Groundwater in the Hanoi City

#### 5.1.1 Holocene aquifer (qh)

Groundwater of the Holocene aquifer (qh) is good in quality. The main type of this water is Bicarbonate Calcium and Bicarbonate Sodium. The representative characteristic of this water can be shown in **Table 5**.

**Table 4** Contribution of all type of groundwater development in Hanoi City

No.	Type of groundwater development (Q- Capacity: m <sup>3</sup> /day )	Total capacity (m <sup>3</sup> /day )	Contribution
1	Large development waterworks (Q > 10,000)	654,600	75%
2	Development with high capacity (1,000 < Q < 10,000)	35,000	4%
3	Development with medium capacity (500 < Q < 1,000)	45,393	5%
4	Development with small capacity (Q < 500)	25,000	3%
5	UNICEF-type wells	112,500	13%
	Total	872,493	100%

**Table 5** Groundwater quality characteristic of Holocene aquifer in Hanoi City

Content	Concentration	Content	Concentration
Na <sup>+</sup>	42.37 mg/l	Cl <sup>-</sup>	21.27 mg/l
K <sup>+</sup>	0.89 mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3.55 mg/l
Ca <sup>2+</sup>	28.20 mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	189.16 mg/l
Mg <sup>2+</sup>	13.70 mg/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.0 mg/l
Fe <sup>2+</sup>	1.89 mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	42.0 mg/l
Fe <sup>3+</sup>	33.02 mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.0 mg/l

Because of its position, water of the Holocene aquifer is easy to be polluted by external and human life factors. This can be proved by considering the water analytical results of samples from Van Dien, Phap Van and Tuong Mai areas. Especially, N-pollution spreads continuously in the southern area of the City. Furthermore, heavy metal pollution has been found increasingly such as Hg, Mn and Cr. The BOD<sub>5</sub>, COD values are higher, as well as coliform value, than standard values. At Van Dien area, there was a record of 660,000 coliform/ 100 ml in one groundwater sample. Furthermore, As-pollution has been found in the Holocene aquifer with a wide area, includes Thanh Tri, Thanh Xuan, Tu Liem districts as well as Gia Lam and Dong Anh districts. Based on the analytical results of groundwater samples taken in Dong Anh District, 6 out of 10 samples clarify arsenic concentration of higher than the standard (0.010 mg/l) (**Table 6**).

**Table 6** As contamination in wells of Holocene aquifer in Dong Anh District

No.	Place	Type of well	As concentration (mg/l)
1	Co Loa – Dong Anh Dist.	Development well	<b>0.080</b>
2	Bac Hong – Dong Anh Dist.	Development well	<b>0.041</b>
3	Hai Boi – Dong Anh Dist.	Development well	<b>0.055</b>
4	Mai Lam – Dong Anh Dist.	Development well	<b>0.058</b>
5	Dong Hoi – Dong Anh Dist.	UNICEF-type well	0.001
6	Nam Hong – Dong Anh Dist.	UNICEF-type well	0.003
7	Lien Ha – Dong Anh Dist.	UNICEF-type well	0.001
8	Van Noi – Dong Anh Dist.	UNICEF-type well	0.001
9	Tien Duong – Dong Anh Dist.	UNICEF-type well	<b>0.045</b>
10	Mai Lam – Dong Anh Dist.	UNICEF-type well	<b>0.061</b>



### 5.1.2 Pleistocene aquifer (qp)

Pleistocene aquifer has very important role not only for the Hanoi City but also for the whole Red River Delta because of its abundant capacity, wide distribution and good quality. Considering the N, Fe and Mn concentrations of Pleistocene aquifer groundwater samples in the Hanoi City area from 1978 to 2002, it can be seen that the total N-concentration increases, and gets over the standard sometimes. Fe concentration changes clearly but is less than 20 mg/l, while Mn concentration is fairly stable. Arsenic contamination also has been found in the Pleistocene aquifer (Table 7). More than half of water samples taken in the Pleistocene aquifer of Dong Anh and Soc Son Districts are contaminated by arsenic with concentration higher than the standard. However, the mechanism of the arsenic contamination is still not clear because of its complicated factors.

**Table 7** As contamination in wells of Pleistocene aquifer in Hanoi City

No	Place	Type of well	As concentration (mg/l)
1	Nguyen Khe – Dong Anh Dist.	Development well	<b>0.010</b>
2	Thi Tran Dong Anh	Development well	<b>0.036</b>
3	Mai Lam – Dong Anh Dist.	Development well	<b>0.064</b>
4	Hai Boi – Dong Anh Dist.	Development well	<b>0.105</b>
5	Uy No – Dong Anh Dist.	Development well	0.002
6	Van Mon – Dong Anh Dist.	Development well	<b>0.054</b>
7	Mai Lam – Dong Anh Dist.	UNICEF-type well	<b>0.078</b>
8	Co Loa – Dong Anh Dist.	Development well	<0.001
9	Nam Hong – Dong Anh Dist.	Development well	0.004
10	Mai Dinh – Soc Son Dist.	Development well	<0.001
11	Nam Son – Soc Son Dist.	UNICEF-type well	0.001
12	Phu Linh – Soc Son Dist.	UNICEF-type well	0.001
13	Bac Hong – Soc Son Dist.	UNICEF-type well	<b>0.011</b>
14	Phu Cuong – Soc Son Dist.	UNICEF-type well	0.001
15	Phu Cuong – Soc Son Dist.	Development well	<b>0.011</b>
16	Phu Cuong – Soc Son Dist.	Development well	0.004
17	Ngoc Thuy – Gia Lam Dist.	Development well	<b>0.060</b>
18	Giang Bien – Gia Lam Dist.	Development well	0.005
19	Viet Hung – Gia Lam Dist.	Development well	<b>0.011</b>
20	Sai Dong – Gia Lam Dist.	Development well	<b>0.070</b>

### 5.2 Groundwater Capacity in the Hanoi City Area

To evaluate groundwater capacity in the Hanoi City area, it is important to concentrate on the capacity of the qp aquifer. With the geo-hydrographical characteristics mentioned before and the application of ModFlow software, development capacity of groundwater from 2005 to 2010 can be simulated as mentioned in Table 8.

It can be seen that the groundwater capacity is fairly enough to supply to the Hanoi City area. However, concerning the quality of groundwater and groundwater resource conservation, development activities should be considered carefully.

## 6. GROUNDWATER POLLUTION IN THE HANOI CITY AND GROUNDWATER CONSERVATION ACTIVITIES

### 6.1 Groundwater Pollution in the Hanoi City

There are some main reasons of groundwater pollution in the Hanoi City;

+ *Surface water resource of the Hanoi City has been polluted by organic and micro organic contamination, which causes total coliform becomes higher than the standard. It is because there is no appropriate treatment process for wastewater originated from life and production activities. Based on the statistic data of 2002, there are only 36/400 factories located in the Hanoi City that apply the wastewater treatment system. Almost of 450,000 m<sup>3</sup>/day of human*

life wastewater and 260,000 m<sup>3</sup>/day of industrial production wastewater enter directly to irrigation system of the City,

**Table 8** Groundwater capacity estimated to 2005, 2010 and 2020

No	Well field	Development capacity (m <sup>3</sup> /day) in year				Groundwater level (m)	
		2000	2005	2010	2020	to 2020	Accepted
1	Mai Dich	55,000	55,000	55,000	55,000	-17.54	-23.0
2	Ngoc Ha	43,000	50,000	50,000	50,000	-18.80	-25.0
3	Ngo Si Lien	45,000	50,000	50,000	50,000	-12.15	-25.0
4	Phap Van	26,000	30,000	30,000	30,000	-17.69	-27.0
5	Tuong Mai	26,000	30,000	30,000	30,000	-18.32	-35.0
6	Luong Yen	62,000	62,000	62,000	62,000	-15.41	-28.0
7	Yen Phu	80,000	80,000	80,000	80,000	-4.49	-23.0
8	Ha Dinh	27,000	26,000	26,000	26,000	-25.59	-34.0
9	Ha Dong	48,500	48,500	48,600	48,600	-13.02	-39.3
10	Other 12 water supply stations	66,200	95,800	95,800	95,800	accepted	-23 to -33
	Total	478,700	527,300	527,400	527,400		

then flowing into the inner River system. As the results, water in the inner rivers such as Kim Nguu and To Lich Rivers has BOD<sub>5</sub> of 3 times higher and coliform of 57 times higher than the standard type B.

- + Uncontrolled groundwater development in the Hanoi City can cause the degradation of groundwater resources and lower the groundwater level, in addition to soil subsidence associated with deteriorating water pollution.
- + There are 2,108 abandoned and un-filled wells in the Hanoi City. They may lead to that the pollution process from surface water to groundwater becomes more seriously (Table 9).
- + The leakage of polluted water from dumping ground to groundwater.
- + The use of chemicals and fertilizers in the agricultural activities.

**Table 9** Un-managed groundwater development in the Hanoi City

District	Wells for human life	Wells for production	Surface water development	Irrigation gate	Unfilled wells
Hai Ba Trung	2,814	270	0	58	0
Hoang Mai	14,880	23	0	52	458
Thanh Tri	13,386	55	26	182	785
Hoan Kiem	254	51	0	44	7
Thanh Xuan	2,146	13	0	64	300
Tu Liem	24,087	591	4	73	4
Tay Ho	9,411	95	5	329	160
Dong Anh	51,582	187	2	6	110
Long Bien	13,650	121	0	114	69
Soc Son	32,101	40	36	20	355
Gia Lam	38,489	25	52	24	16
Ba Dinh	510	62	0	20	73
Total	199,634	1,530	121	988	2,108

## 6.2 Groundwater Conservation Activities

It is needed to consider carefully problems listed below for better groundwater conservation.

- To conserve the development capacity, the development activities should follow regulations strictly to avoid:
  - + Land subsidence.
  - + Damage of buildings and projects on the ground.

- + *An influence on plant because of decrease in groundwater level.*
- + *An influence on the groundwater protection programs have being carried out.*
- To conserve the water quality: Overload groundwater development may cause an increase of solubility of some elements and chemicals. As the results, environment of groundwater can be deteriorated also.

To strengthen the groundwater conservation, there are some comments should be considered,

- a. *To build effective and strict regulations to manage the development activities, especially for the small capacity development.*
- b. *To improve and to complete the plan for groundwater development waterworks in each period and in the future.*
- c. *To set up the solid waste and wastewater treatment processes.*
- d. *To manage the environmental conservation activities.*
- e. *To refer scientists consideration carefully.*
- f. *Community education to conserve and to save the groundwater resources, reasonable development and natural environmental protection.*

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author is deeply grateful to JST (Japan Science and Technology Agency) and Professor Kengo Sunada of CREST (Core Research for Evolutional Science and Technology) for their kind finance and support to join the Workshop on Groundwater and Human Security in Okayama University, on 29.February, 2008.

(原稿受付 2009年4月12日)(原稿受理 2009年12月24日)

## REFERENCES

- 1) Institute of Irrigation Science (1999, 2000, 2001, 2002) : Report of basic investigation for groundwater year 1998, 1999, 2000 and 2001. Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam.
- 2) Institute of Irrigation Science (2001, 2002) : Report: Reality investigation of quality and capacity of groundwater in the Red River Delta and the Mekong Delta. Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam.
- 3) Le, B. T. (1997) : Vietnam, the country and its geographical regions. Hanoi, "The World" Publishing House, Hanoi, Vietnam.617p.
- 4) Matsumoto, J. et al. (2001) : Climatic changes in the Red River basin. Long climate change and the environment change of the lower Red River Delta. Hanoi. Agriculture Publishing House, Hanoi, Vietnam.
- 5) Ministry of Construction (1998):Rural development planning to 2020. Publisher of Construction, Hanoi, Vietnam.
- 6) Ministry of Science, Technology and Environment (1998) : Report of general evaluation of groundwater development and use in the Red River Delta. Hanoi, Vietnam.
- 7) Scientific Irrigation Institute (1999, 2000, 2001, 2002) : Report of basic investigation for groundwater year 1998, 1999, 2000 and 2001. Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam.
- 8) Scientific Irrigation Institute (2001, 2002) : Report: Reality investigation of quality and capacity of groundwater in the Red River Delta and the Mekong Delta. Hanoi, Vietnam.
- 9) Tran Hieu Nhue (1998) : Irrigation and Industrial wastewater-treatment. Hanoi, Vietnam.
- 10) UNICEF (2001) : Arsenic in the drinking water and activities plan, Hanoi, Vietnam.
- 11) Vietnam Standards (1995) : Vietnam Standards for environment. Hanoi, Vietnam.

<研究ノート>

## 流域圏に視点をおいた豪雨の規模を表す結合規模指標

松田 誠祐\*

### 1. はじめに

地球の温暖化に伴って豪雨がどのように変化するかという予測計算結果が報告<sup>1)</sup>されている。報告では「豪雨の頻度も平均的に増加する」中略「これは、平均的な降雨量が増加することに加えて、大気中の水蒸気量が増加することにより、一雨あたりの降雨量が平均的に増加することによると見られる」と述べている。

ところで豪雨規模はどうなるのであろうか。現在の豪雨規模の評価指標は確率水文量である。確率水文量は、ある時間における年最大降雨量の超過確率を推定して求められるが、温暖化によって降雨現象の定常性が保証されないのであるから、何らかの変動傾向を除去しない限り、確率水文量を求めることはできないはずである。したがって、豪雨規模の将来変化を確率水文量からみることは適当ではない。

現在用いられている確率水文量には、降雨現象の定常性が保証されないという問題の他に、いくつかの問題がある。一つは、過度に個別観測点の地域特性に影響されやすいこと、二つは、ある年の最大値データが別の年の2位以下の値より小さいことがあり得ること、三つは、短時間、中時間、および長時間の降雨量がそれぞれ独立に確率評価されていることなどである。

### 2. 問題となる具体的事例

例えば、福岡市博多の市街地は1999年7月豪雨、2003年6月豪雨と続けて冠水し、甚大な被害が発生した。下水道の整備計画は超過確率1/5(単位時間降雨量52mm)に基づいて計画されていたが、1999年の豪雨(単位時間降雨量79.5mm)に対応できるように引き上げられている<sup>2)</sup>。雨水排除ポンプの能力は、そこに集まる流域における確率水文量に対応できなければならないが、個別観測点の確率水文量に対応するように定めると確率年が過大に評価される可能性がある。

高知県では1900~1999年の100年間(表1)に最大観測点一連総雨量1000mm以上の豪雨が合計12回発

表1 1900~1999年の100年間に高知県において一連総降水量が1000mm以上となった豪雨例<sup>3), 4)</sup>

西暦	年号	開始年月日	終了年月日	日数(日)	一連総降水量(mm)	観測点	備考
1908	明治41	8/5	8/10	6	1270	越知	仁淀川流域, 不連続線
1920	大正9	8/14	8/17	4	1215	桑尾	鏡川流域, 台風
1922	大正11	7/2	7/8	7	1285	本山	吉野川流域, 台風
1932	昭和7	8/7	8/16	10	1220	魚梁瀬	奈半利川流域, 台風
1935	昭和10	6/26	7/6	11	1161	天坪	吉野川流域, 梅雨前線
1943	昭和18	7/19	7/27	9	1252	東津野	四万十川流域, 台風キジア
1950	昭和25	9/9	9/20	12	1006	本川	吉野川流域, 台風マージ
1963	昭和38	8/7	8/11	5	1039	東津野	四万十川流域, Ty. 6309号
1975	昭和50	8/16	8/22	7	1039	柿ノ又	鏡川流域, Ty. 7505号
1976	昭和51	9/8	9/13	6	1875 1850 1835	千本山 長沢 柿ノ又	奈半利川流域, Ty. 7617号 吉野川流域, Ty. 7617号 鏡川流域, Ty. 7617号
1998	昭和10	9/18	9/30	13	1257	繁籐	吉野川流域, 秋雨前線
1999	昭和11	7/18	8/10	24	2946	船戸	四万十川流域, Ty. 9905-08号

\* 高知大学名誉教授

生している。これらの豪雨によって概ね、想像を絶する甚大な被害が発生している。しかし、これらの豪雨データを直接的に治水対策に利用する方法は提示されていない。1時間降雨量、24時間降雨量、1日降雨量、あるいは2日降雨量などが個別に確率評価されるに過ぎない。

表1から、総降雨量が1000mm以上の豪雨が発生した地域は、高知県の西部地域（四万十川流域）、中部地域（仁淀川流域、鏡川流域、吉野川流域）、東部地域（奈半利川流域）など高知県全域に及ぶ。四万十川と仁淀川は石鎚山系の南西斜面と南東斜面であり、台風進路のわずかな違いによって豪雨はどちらでも発生し得る。過去の豪雨においても、両方の流域で同時に洪水が発生していることが多い。

1975年8月の7505号台風による仁淀川流域の豪雨（豪雨中心は室戸レーダエコー描画図<sup>4)</sup>および被害状況<sup>5)</sup>から判断すると、仁淀川支川勝賀瀬川流域の可能性大であるが、雨量のデータはない）や1998年9月の国分川流域の豪雨（豪雨中心は吉野川流域の繁籐）においても、規模の大きい豪雨は時間的にも面的にも規模が大きく、豪雨の規模を表す指標は地域、あるいは流域圏の視点が必要であることを強く示唆している。

例外もある。表1に示した1999年の船戸における24日間で総降雨量2946mmは、4個の台風が続いて来襲したためであり、平年降雨量3254mmの9割を超す値であるが、幸いなことに軽微なものを除いて、大きい被害は発生していない。ただだらと長い降雨が続いたが、総降雨量の割に短時間の降雨強度が比較的強くならなかった（最大時間降雨量55mm）結果であろう。

### 3. 豪雨の規模のイメージ

豪雨の規模を表す指標を単純にある観測点のある時間の超過確率降雨量によって表すのは無理である。すなわち、短時間降雨量( $R_s$ )、中時間降雨量( $R_m$ )、および長時間降雨量( $R_l$ )を同時に考慮する必要がある。

図1は、豪雨を長短スケールの降雨量から見た規模を表すイメージ図である。 $R_s$ は $R_m$ の一部であり、 $R_m$ は $R_l$ の一部であることを明示している。これらは一体的に扱われるべきである。

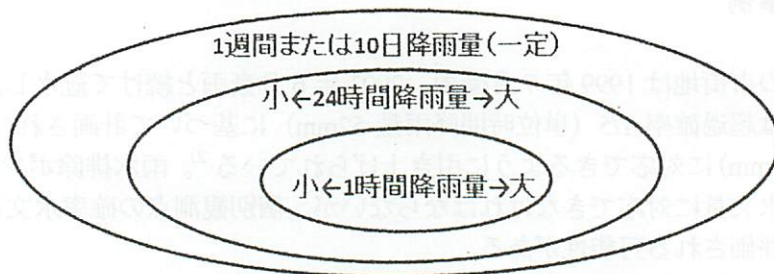


図1 豪雨を長短スケールの降雨量から見た規模を表すイメージ図

### 4. 豪雨の規模を表す結合規模指標

$R_l$ が多いほど豪雨の規模は大きくなると思われるので、 $R_l$ は豪雨の規模を表す指標に反映されることが望ましい。 $R_l$ が同じ場合、 $R_m$ が多くても $R_s$ が多くなければ、豪雨の規模は大きくならない。逆に、 $R_m$ が多くなっても、 $R_s$ が多い場合の豪雨の規模は大きくなることもある。 $R_m$ と $R_s$ のどちらか一方が多く、互いに逆の組み合わせの場合、豪雨の規模は両者の同時超過確率によって評価できる。

同時超過確率、あるいは確率年は線形的な変化をしないが、それらに対応する正規変数の値は線形的に変化するので、豪雨の規模を表す指標としては線形的に変化する方が分かり易い。したがって、同時超過確率、あるいは確率年に対応する正規変数の値 $\xi(R_s \cap R_m)$ （以下、 $\xi(R_s \cap R_m)$ ）を用いると、 $\xi(R_s \cap R_m)$ が大きいほど豪雨の規模は大きくなる。

すなわち、 $R_l$ と $\xi(R_s \cap R_m)$ の積、 $R_l \times \xi(R_s \cap R_m)$ は豪雨の結合規模を表す指標としての特性をもっている。

### 5. $R_s$ と $R_m$ の同時超過確率の実用推定法

$R_l$ が既知のとき、 $R_s$ と $R_m$ の同時超過確率を理論的に求めることができれば問題は解決するが、一般的

にはできない。しかし、アメダス降水量データ<sup>6)</sup>を用いて松田ら<sup>7)~12)</sup>は、 $R_s=1$  時間降雨量 (以下、 $R_{1h}$ )、 $R_m=24$  時間降雨量 (以下、 $R_{24h}$ )、 $R_d=10$  日降雨量 (以下、 $R_{10d}$ ) の特定の条件に対して、実用的な精度であれば結合超過確率の推定が可能であることを示している。

以下に結果のみ記す。

$$C = \log(r_1/r_T)/\log(T) = 1 - \log(R_T/R_1)/\log(T), \quad (R_T/T \leq R_1 \leq R_T) \quad (1)$$

ここに、 $C$  は降雨の時間集中度  $C$  (以下、 $C$  で表す)、 $r_1=R_1/1$ 、 $r_T=R_T/T$ 、 $R_1$  は無次元単位時間降雨量、 $R_T$  は無次元代表時間降雨量。

実際の解析においては単位時間を  $\Delta t=1h$  とし、次のように基準化無次元時間  $j$  を用いている。

$$j = t / \Delta t \quad (2)$$

$C$  の正規化には Slade III 型式を用いている。

$$\xi = \alpha \log\{(C/C_0)(g - C_0)/(g - C)\} \quad (3)$$

$$F(\xi) = \int_{-\infty}^{\xi} e^{\xi^2} d\xi / \sqrt{\pi} \quad (4)$$

ここに、 $F(\xi)$  は累積確率、 $\xi$  は  $N(0,1/2)$  に従う正規変数の値、 $\alpha$ 、 $g$ 、 $C_0$  は  $C$  を正規化するための定数。いくつかの変形を経て、確率単位時間降水量  ${}_{\xi}R_1$  の推定式を式 (5) のようにまとめている。

$$\text{Log}({}_{\xi}R_1) = (m+1)\log(R_T) + n \quad (5)$$

ここに、係数  $(m+1)$ 、 $n$  は表 2 のように与えられる。

表 2 確率単位時間降雨量の推定式(5)の係数

単位時間	代表時間	適用範囲	係数(m+1)	係数 n
$\Delta t=1h$	T=24h	$-2.185 \leq \xi \leq 0$	$-0.0197\xi^2 - 0.1348\xi + 0.7543$	$0.0794\xi^2 + 0.5586\xi - 0.2595$
		$0 \leq \xi \leq 2.185$	$0.021\xi^2 - 0.144\xi + 0.7543$	$-0.0474\xi^2 - 0.594\xi - 0.2595$
$\Delta t=24h$	T=10d	$-2.185 \leq \xi \leq 2.185$	$0.0013\xi^2 - 0.0518\xi + 0.8729$	$0.0108\xi^2 + 0.3356\xi - 0.0304$

表 2 には、単位時間を 24 時間とした場合の代表時間を 240 時間  $\approx$  10 日とした解析結果も示している。その後、松田・足立<sup>13)</sup>は、数値実験によって結合超過確率を求めるため、式 (6) を提示している。

$$T(R_{24h} \cap R_{1h}) = T(R_{24h})T(R_{1h})^{\beta} \quad (6)$$

ここに、 $T(R_{1h})=1/W(R_{1h})$ 、 $T(R_{24h})=1/W(R_{24h})$ 、 $T(R_{24h} \cap R_{1h})=1/W(R_{24h} \cap R_{1h})$  で与えられ、 $W(R_{1h})$ 、 $W(R_{24h})$ 、 $W(R_{24h} \cap R_{1h})$  は、それぞれ  $R_{1h}$ 、 $R_{24h}$ 、 $R_{24h} \cap R_{1h}$  の超過確率である。 $\beta$  は  $\xi_{1h}$ 、 $\xi_{24h}$ 、 $R_{10d}$  に従属する係数であり、次のように与えられている。ただし、 $\xi_{1h}$  と  $\xi_{24h}$  は、それぞれ  $\Delta t=1h$ 、 $T=24$ 、 $\Delta t=24h$ 、 $T=10$  とした場合の、式(3)で与えられる  $\xi$  の値である。

$$\beta = \beta_m (1 + \Delta\beta) \quad (7)$$

$$\beta_m = a_1 \xi_{1h}^2 + a_2 \xi_{1h} + a_3 \quad (8)$$

$$a_1 = 0.0075\xi_{24h}^2 - 0.0104\xi_{24h} - 0.0354 \quad (9)$$

$$a_2 = 0.2007 \quad (10)$$

$$a_3 = -0.0171\xi_{24h}^2 + 0.1678\xi_{24h} + 0.5015 \quad (11)$$

$$\Delta\beta = (-0.0123\xi_{24h} - 0.0823)\{\log(R_{10d}) - 2.7526\}\exp\{-(\xi_{1h} - 0.34)^2\}, \xi_{24h} < 0 \quad (12-1)$$

$$\Delta\beta = (-0.1309\xi_{24h}^2 + 0.0379\xi_{24h} - 0.0823)\{\log(R_{10d}) - 2.7526\}\exp\{-(\xi_{1h} - 0.34)^2\}, \xi_{24h} \geq 0 \quad (12-2)$$

ここで示した係数は、いずれもアメダス降水量データの解析結果に基づいて導いたものであり、日本全域を対象としている。したがって、パラメータの地域的な適合性、 $(R_{1h}, R_{24h}, R_{10d})$  が、それぞれ  $(R_s, R_m, R_l)$  として適当であるか、などについて吟味する必要があるかもしれない。やや回りくどい感じになっているが、すくなくとも実用的に結合超過確率を求めることは可能である。

## 6. まとめと今後の課題

流域圏に視点をおいた豪雨の規模を表す指標の必要性について述べた。豪雨の結合規模指標は、長短時間の一連降雨を一体的に解析することによって得られる。足立ら<sup>13)</sup>は、豪雨の結合規模指標からみた豪雨規模の将来変化を、大きくなっていると予想している。地域ごとのパラメータの作成、 $(R_s, R_m, R_l)$  の最適な選択などについてさらに検討する必要があると思われる。

(原稿受付 2010年4月16日) (原稿受理 2010年4月17日)

## 引用文献

- 1) 住 明正, 木本昌秀, 江守正多, 野沢 徹: 地球シミュレータによる最新の地球温暖化予測計算が完了 - 温暖化により日本の猛暑と豪雨は増加 -, <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/jp/press/040916/>, (2010/04/13).
- 2) 福岡市道路下水道局: 福岡市の下水道整備計画 (平成 17~平成 20 年度), <http://gesui.city.fukuoka.lg.jp/business/project/index.html>, (2010/04/16).
- 3) 高知測候所: 第 13 表 高知県の豪雨, 高知県気象 70 年報, pp.42-46, 1953.
- 4) 高知地方気象台: 高知県の気象 高知地方気象台創立 100 年記念, pp.56-133, 1982.
- 5) 高知県吾川郡伊野町: 台風 5・6 号 災害の記録, 1977, p.105.
- 6) 気象庁: 気象データベース・アメダス, 1976~2002.
- 7) 松田誠祐・角屋 睦: 長時間降雨強度曲線の一表現法, 農業土木学会論文集 104 号, pp.39-46, 1983.
- 8) 松田誠祐・大年邦雄・George D. Uligan・篠 和夫: 降雨の時間集中度を利用した年最大 1 時間雨量の推定法, 農業土木学会論文集 191 号, pp.59-65, 1996.
- 9) 松田誠祐・祁 永強・大年邦雄・藤原 拓: 水文頻度解析における水文量の見直しについて, 水工学論文集, 第 44 巻, pp.25-30, 2000.
- 10) 松田誠祐・大年邦雄・藤原 拓・祁 永強: 確率降水量の推定法, 水文・水資源学会誌, Vol.14, No.4, pp.307-316, 2001.
- 11) 松田誠祐・Md. Abdur Razzak・足立真吾: 降水の時間集中度の確率分布モデルとその 1998 年高知豪雨・2000 年東海豪雨への適用, 自然災害科学, Vol.23, No.3, pp.405-414, 2004.
- 12) 松田誠祐・足立真吾: 降水の時間集中度に基づく結合確率分布モデルの実用性について, 自然災害科学, Vol.24, No.3, pp.279-286, 2005.
- 13) 足立真吾・松田誠祐・大年邦雄: 日本における豪雨規模経年変化, 四万十流域圏学会誌, 第 5 巻, 第一号, pp.9-16, 2005.

<解説>

## 洪水流を測る

### - 四万十川から発信する新しい計測技術 -

岡田 将治\*

流域の降雨量や河川における水位、流量等の水文観測は、降雨流出現象の解明、過去の水文データの統計解析に基づいた合理的な河川構造物の設計、洪水予測技術のための基礎資料として不可欠である<sup>1)</sup>。さらに、近年では気候変化に伴う豪雨や台風の強度の増大や渇水の深刻化も懸念されていることから、流域の水循環を十分に把握するために、より高精度の観測手法が求められている。

洪水時の流量観測は、一般に浮子を用いた手法が用いられている。この方法では水面幅に応じて横断方向に区分された断面において、水深に応じた長さの異なる浮子を橋上等から投下し、一定区間の距離(見通し間距離)を流下するのに要した時間から流速を求め、浮子の更正係数を乗じて各断面の平均流速を算出する。そして、平均流速値と区分断面積を乗じて区分流量が得られ、断面積分を行って流量が求められる。同様な観測を洪水中に繰り返し行い、各時刻における水位と観測流量の関係式(H-Q式)が作成される。

近年では、河川の流況計測の精度向上を目的として、電波流速計<sup>2)</sup>や超音波ドップラー流速計<sup>3)</sup>、画像解析法<sup>4)</sup>等の新しい計測技術の検討が行われている。その中でも特に多層の3成分の流速分布が瞬時に取得できる ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler: 超音波ドップラー流速計、以下 ADCP と記す)が注目されている。図-1 に筆者らが四万十川で洪水観測に使用している ADCP の外観を示す。ADCP は4つの円盤状のトランスデューサーから超音波を送信し、水中のプランクトンや浮遊懸濁物質に当たって後方散乱(反射)してきた超音波を再び受信する。この時、超音波を反射させたプランクトンもしくは浮遊懸濁物質が移動していれば、ドップラー効果によって送受信した超音波の周波数は異なるため、この変移から超音波を送信した方向の流速成分が得られる。この計算過程を4方向に対して同時に行い、実際の流速(東西・南北・鉛直方向)成分を取得することができる。また、別途水深計測用の超音波を放射して、流速分布と水深を同時に計測するとともに、ボトムトラッキングという対地速度を計測する機能を用いることにより、ADCP を移動させながらでも流水の速度を計測することができる。

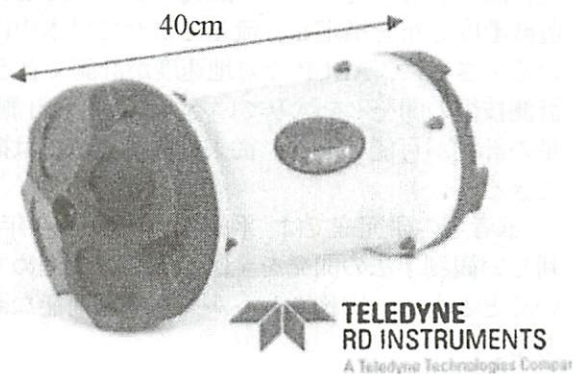


図-1 ADCP の外観 (Workhorse 1200kHz)

ADCP は1981年に米国で開発され、海洋分野を中心に普及した。河川分野への普及は、1995年に小型化が進み、価格が従来の1/2程度になったことが契機となって米国を中心に河川の流量観測に使用されるようになった。USGS(アメリカ地質調査所)では、それと同時に、ADCP を用いた流量観測技術に係わるガイドラインの策定を開始し、ADCP を用いた計測技術が急激に進展した。1997年には水平設置型のH-ADCPの開発により、ボートによる曳航観測だけでなく、河岸から横断方向に計測する手法が用いられるようになり、Index-Velocity Method(代表流速法)が提案された。それまでの河川流量観測では、河床付近と水面付近の計測ができなかったことから、主に深水域を対象に使用され、浅水域における観測事例は少なかった。しかし、2001年に浅水域でも十分に活用できるような高解像度計測が可能となり、翌2002年には高速流計測を対象とした計測モードが開発され、日本国内の河川流況特性にも対応できるような機器性能に向上した。筆者らは、2003年頃から ADCP を用いた河川の洪水流観測技術の高度化を進めてきた。具体的には、ADCP を用いた計測技術、データ処理技術および計測データの精度評価技術の構築である。四万十川においては、国土交通省中村河川国道事務所と共

\*高知高専建設システム工学科〒783-8508 高知県南国市物部乙



同で平成19年<sup>5)</sup>、平成21年に洪水流観測を行っている。四万十川橋(通称：赤鉄橋)がある具同地点は、四万十川の基準点であり、中規模以上の洪水時には流量観測が行われている箇所であるが、橋脚および床固め工の影響によって橋脚背後の淀み域や深掘れが生じており、流れ場が複雑で流量計測が通常よりも難しい区間となっている。

図-2に2009年8月の台風13号による出水状況を示す。写真はほぼ洪水ピーク時に撮影したもので、高水敷場にも冠水する複断面流れの状況であった。洪水流観測は、図-3および図-4に示すように、ADCPを高密度ポリエチレン樹脂製の小型ボートに搭載し、ロープを繋いで四万十川橋上から観測員が横断しながら計測を行う。ADCPで計測した流速および水深のデータは、ハイドロシステム開発社製のデータ転送システム(Remo ADCP)を用いて、堤防上の自動車内に設置したPCに送信され、各時間の流速分布、河床形状、流量の計測状況をリアルタイムで確認できる。したがって、洪水観測員は3~4名で可能であり、従来の浮子法に比べて少人数で実施することができる。

図-5にADCPで観測した水深平均流速ベクトルと横断面流速コンターの一例を示す。これらの図からも四万十川橋の下流部では、河川構造物の影響によって毎秒3mを超える高流速域とほとんど流れていない淀み域が混在する複雑な流れ場を呈していることがわかる。ADCP搭載ボートによる橋上から橋上観測は、安全性の問題から水面上にゴミ等の浮遊物が多い場合、夜間の視認性が低い場合等には適用が難しいものの、このような詳細な流れ場が計測可能であるため、有用な観測手法であるといえる。また、ADCPは流速計測だけではなく、超音波の散乱強度が濁水の濃度によって変化する特性が持つことから、著者ら<sup>6)</sup>は、ADCPの計測データから浮遊砂濃度分布を推定し、流量と併せて洪水中に断面を通過する浮遊土砂フラックスを算定する技術も提案している。さらに、ADCPで対地速度が計測できることを利用し、RTK-GPSを併用した河床移動速度および掃流砂計測技術の開発<sup>7)</sup>を試みている。これらの計測技術が確立すれば、ADCPのみで洪水流量、掃流砂および浮遊砂量の計測が可能となり、従来の観測方法では把握できなかった流況および土砂移動現象を明らかにすることができる。

筆者らの研究室では、平成21年度から3年計画で四万十川具同地点を対象として、これらの「洪水流を測る」新しい観測手法の開発を全国に先駆けて進めている。今後、計測技術の確立と現地観測データの検証を行っていくとともに、実務者レベルでも実施可能な計測技術にするためのマニュアル作りを併せて進めていく予定である。

#### 参考文献：

- 1) 国土交通省河川局：水文観測(平成14年度版)
- 2) 山口高志，新里邦生：電波流速計による洪水流量観測，土木学会論文集，497/II-28(1994)，pp.141-150
- 3) Gordon, R. L.: Acoustic measurement of river discharge, *J. Hydraulic Engineering*, 115 (1989), pp.925-936.
- 4) 藤田一郎，河村三郎：ビデオ画像解析による河川表面流計測の試み，水工学論文集第38巻(1994)，pp.733-738.
- 5) 岡田将治，橋田隆史，森本精郎，増田稔：ADCP搭載無人ボートを用いた四万十川具同地点における洪水流観測，水工学論文集第52巻，2008.
- 6) 橋田隆史，岡田将治，新井励，下田力，熊田康邦：ADCPを用いた河川流況計測法における課題と国内外における応用観測事例，土木学会 河川技術論文集第12巻，2006.
- 7) 萬矢敦啓，岡田将治，江島敬三，菅野裕也，深見和彦：ADCPを用いた摩擦速度と掃流砂量の算定方法，土木学会水工学論文集，第54巻，2010.



図-2 2009年8月 台風13号による出水状況(筆者撮影)



図-3 ADCPを搭載した小型軽量ボート  
(全長1.22m, 全幅0.81m, 重量6kg)



図-4 赤鉄橋から橋上操作艇を曳航する様子  
(2名で洪水計測が可能)

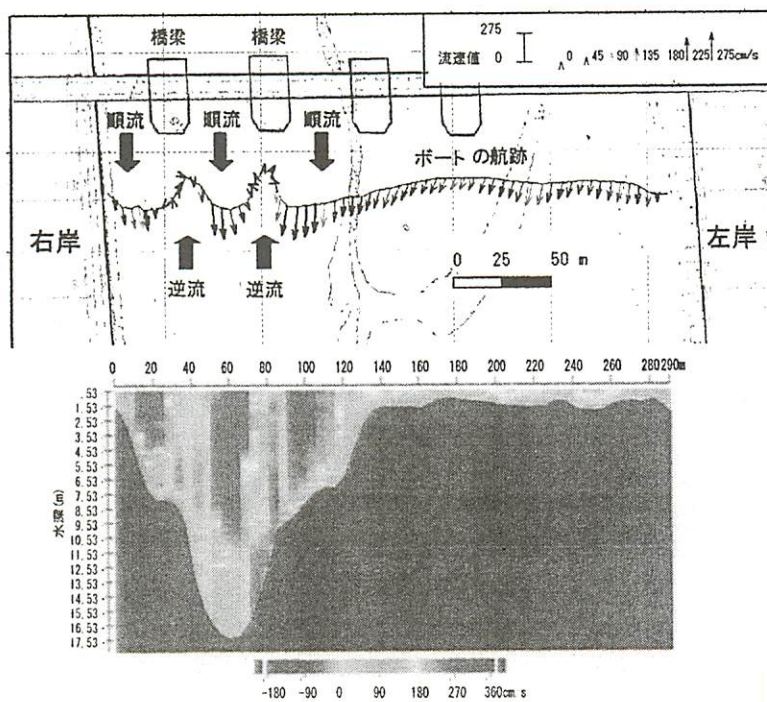


図-5 ADCPで計測した水深平均流速ベクトル  
(上段)と横断面流速コンター図(下段)

<解 説>

## 環境化学と社会創生

徳島大学総合科学部環境・分析グループ、今井 昭二

### 1. はじめに

徳島大学は、常三島キャンパスに総合科学部と工学部、少し離れた蔵本キャンパスに医学部、歯学部、薬学部がある理系に特化した大学です。四国で唯一農学系学部を有しないことも、天災の少ない穏やで農業に適した土地と海の恵みに満ち溢れた豊かな地域のせいでしょうか。平成 21 年 4 月に改組して、教員は大学院研究部に所属しながら、教育は学部から大学院博士前期・後期課程で行う組織へと変わりました。人文社会系学科の社会創生学科と人間文化学科も備わり文理融合を詠った学部もあることから地域再生や地域科学を全学部体制で目指しています。今度は私達から地域社会へ少しでも成果を還元して貢献せねばとする使命感を自分勝手に抱きながら地域の課題の解決策を導ければと考え、地域への貢献も主要な目標に挙げています。

京都大学工学研究科環境地球工学専攻からテキサス大学オースチン校大学院へ留学し Ph.D を取得、国立環境研究所からみえられた山本裕史准教授に加え、昨春、京都大学工学研究科材料工学専攻から山本孝准教授を迎え、生まれただけの教員 3 名と D2 1 名 M2 3 名 M1 2 名 B4 8 名のこれからの研究グループです。山本裕史准教授は、水環境中や水処理施設内における生活関連の微量有機汚染化学物質（医薬品、化粧品、洗剤、農薬など）の分析や残留性・蓄積性の解析によって動態の解明、また、それらの物質について水生生物（魚類、ミジンコ、藻類など）や底生生物（ユスリカなど）への急性・慢性毒性影響をバイオアッセイによって調べることで生態リスクの評価・管理を行っており、同様のバイオアッセイを事業所排水や吉野川流域圏の毒性制御・管理に利用する全排水毒性(Whole Effluent Toxicity: WET)試験とその毒性原因を探る毒性同定評価、水処理方法の改善に伴う毒性削減評価も実施している。ほかには、石炭灰等のリサイクル素材や水生植物を用いた栄養塩や微量化学物質などの水質浄化能力の評価に関する研究も行っている。山本孝准教授は、エックス線吸収分光分析法(XAFS)などの手法によって固体試料における化学種の構造解析が専門です。また、マイクロエミッション分析装置を用い、フィールドにおけるアルカリ・アルカリ土類金属等の無機イオン分析の教育も行いつつ、これら若手教員は研究室の雰囲気作りの中心も担っています。私こと、今井は、黒鉛炉原子吸光分析法における原子化機構の速度論的研究やそれをもとにしたマトリックス修飾材の研究など鉛やカドミウムの微量元素分析に関して基礎から応用までを手掛けてきました。また、雪国越後高田・直江津にある上越教育大学での長い研究生活を活かして四国の地で山岳地帯の降雪・雨や源流河川水の研究もしています。

最近まで、私が務め始めたところからの恩師である上越教育大学名誉教授 林 康久（現高知大学講師）の発案から始まった歴史的であり現在でも現役で稼働しているプロトタイプの黒鉛炉原子吸光分析装置 HITACHI Z-8000 にラボメイドの計測システムを開発することで独創的な研究の成果が生まれました。カナダ国立化学研究会議(NRCC)の環境化学研究所に留学しパーツから組み立てた減圧容器内での原子スペクトル分析の真髓を学んだ経験が、黒鉛炉原子吸光法のマトリックス修飾材の研究、大容量資料導入法による鉛の高感度化や原子化用のセラミック電熱炉の開発など多くの研究の成果に結びつきました。最近では、大学教育改革経費現代GPにおいて、持続発展可能な社会を目指す環境共生教育をテーマに吉野川流域をフィールドとして教育研究を展開し、現在の新総合科学部へと生まれ変わるきっかけとなりました。

ここ数年間に、分析機器の大幅な更新がありました。主な研究用機器として、サーモ社製のコリジョンセルのプラズマイオン化質量分析装置、JEOL 社製 GC-MS、黒鉛炉原子吸光分析装置 HITACHI GFAAS Z-2000 シリーズ、DIONEX イオンクロマトグラフ装置、ラボ XAFS など、固体試料中の化学形態の分析装置も導入されるなど研究室が近代化されました。20 年を超える理科学機器も活躍していることも、自慢の一つです。

\* 徳島大学ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島 1-1

鉛は、工業的に有益であり社会の中で有毒元素なので人類にとって永遠の課題であると先見のご指導をいただき始めた、鉛の黒鉛炉原子吸光分析の研究が、着手してから22年を数えるようになりました。その間、EVL、WEEE、RoHS指令等にも有害元素の排除への全世界的な社会の動きや、日本における鉛製水道管の交換の問題など公害といわれた時代から地球環境問題へと拡張された全人類へと広がっており人類の歴史的な転換期になりました。この約20年間に鉛の原子吸光法における共存塩の干渉機構、干渉抑制剤の開発、黒鉛炉表面処理、分析装置の改良などの研究成果をもとに検出限界20pptを達成した。この研究の成果を大学として地域の住民の皆様へ還元することを目的として、折しも「進まぬ鉛製水道管交換の問題」としてが再浮上した2009年12月に水道水質測定相談会を開催しました。当日は、200名以上の皆様が、来場され予想をはるかに上回る関心の高さでした。参加者が、自宅の水道水を持ち込んでの測定会である為に実際の鉛製水道管と鉛濃度との関連性についてはデータ不足が不足気味でしたが、基準値10ppbを越える水道水は最終的に見つかりませんでした。今後は、家庭の水道管の材質を簡単に判別する方法論の確立を山本准教授が確立すべく研究を行っています。



水道水中の鉛濃度測定相談会の新聞掲載記事 (H21年12月9日、13日徳島新聞朝刊)

### 3. 四国の河川源流域を中心とした水環境分析化学

四国は清流が多く、その源流域は人口が減少し手つかずの自然が残っているのではないかと、清流の源流が四国の未来に向かっての財産であるとの考えのもとに河川源流の水質とくに無機主要イオンの特徴について研究を行っている。いまだ無機イオンの水質という感もあるが、道路事情が改善されたといえども四国の源流域は県・町村道ならば運がよく、林道であることも多く自動車の底をすりながらの行程である。秘境の多い四国において一時期に集中して河川源流域を調査することで、少し大げさはあるが瞬間の無機イオン分布図を作成できないかと考え採水を行っています。濃度は流量や源流からの距離が大きく関与しますが、無機イオンの組成比に着目することで特徴づけにトライします。四国は、東西方向に地質体が広がり仏像構造線、御荷鉾構造線、中央構造線によって、それぞれ四万十帯、秩父帯、三波川帯、領家帯（和泉層群）に分かれている。硫酸イオンやアルカリ・アルカリ土類元素において特徴は見え始めている。現在は、100地点で採取しています。

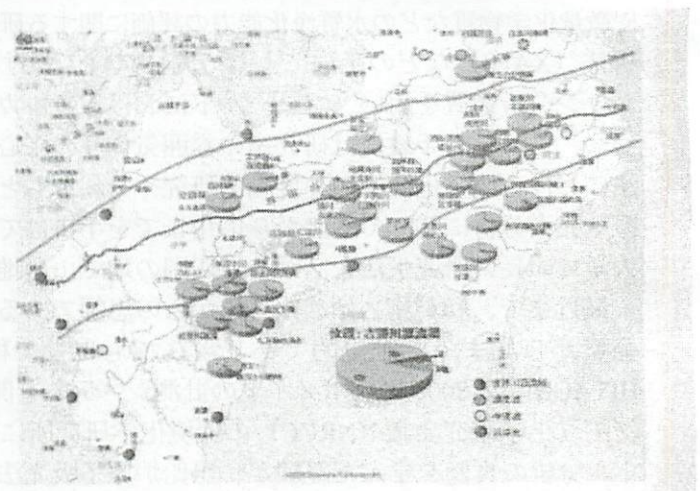


図1 四国の河川源流域の陽イオン組成比

### 4. 高知県大豊町 梶が森山頂における冬期降雪モニタリングと四国内降雪の水平分布

酸性雨などの降水のモニタリングは、栲原町で実施されている。全国における定点観測網は、十分とはいえないまでも整備され毎年、データはWEB公開される現代であり情報の質は向上した。そのような現代において、今更ながら冬期降水の測定は時代遅れかと感じるかもしれない。しかし、東アジアから北西季節風によって多くの大気汚染物質が日本へ流入し越境汚染が問題となってきた。日本の昭和35-45年の間の工業の発展や所得水準の向上の時代と同じ時代を迎えた中国の社会は爆発的な成長を続けている。

高度2000mの上空では、定期観測用の航空機によるモニタリングが実施されている。しかし、手に取るような観測は難しいことが現状であるのではないかと。四国は西日本最高峰

の石鎚山や第二高峰剣山を有し、さらに1000m超の亜高山が林立する造山帯を持つことが特徴である。剣山、塩塚峰、野鹿池山、梶が森、石鎚山系、四国カルスト天狗高原、別子山など標高1200~1500m付近での降雪の調査を行っています。特に、標高1399.6mの梶が森山頂では、定点観測を降水の一降りごとに採取するなど、手間のかかる研究です。今シーズンでは、梶が森の風上にあたる広島県庄原市の国立公園比婆山系の烏帽子山や帝釈峽へと足をのぼして水平分布のデータの採取に努力しています。

ここ梶が森でも3年前の記録的な大雪、本年3月の雨水による倒木による森林被害や4月中旬の季節はずれの積雪など地球温暖化の影響が出ているのではないかと心配されます。むろん、徳島県のランドマークである剣山も同様ですが、もともと寒冷地であるためか、大きな被害は目撃できなかった。

## 5. 環境共生教育と四国・とくしま水質MAP

環境問題を解決する方法として省エネルギー製品や代替エネルギーなど科学技術による発明によって解決する方法が一つの解決策であることには間違いはない。しかし、地球環境問題および地域環境問題のどちらも、そこに介在する人間が引き起こしたものであることも、また、間違いはない。「サステナブル社会」をつくるため我が総合科学部において環境共生を教育研究するフィールドとして大歩危峽を含む吉野川中流域および水源となる森林を有する山岳部と河口の都市河川を選定した。1年では、祖谷街道(祖谷-剣山-徳島)、土佐中街道(龍河洞-物部川-那賀川)、土佐北街道(本山-新宮)などのルートでの環境と文化・歴史の準備実習を受講しながら、3年では、吉野川中流・源流域圏実習と人口密集地域の都市河川実習により環境教育を受けます。

吉野川中流・源流域圏実習の場合、今年は、4月24-25日に高知県にある梶が森県立自然公園において、吉野川の河口に位置する徳島市、中流域の大歩危峽、水源として重要な水量を誇る大豊町豊永周辺の梶が森を実習場を選定して、実施している。初日は、吉野川採水と梶が森源流域の採水と夜間の水質分析、二日目は、梶が森の植生観察を高知県立牧野植物園講師の稲垣敏典先生を現地指導員に迎えて学生は現地学習を行った。都市河川実習では、清流吉野川と下水道普及率日本最下位という汚名を背負った市内河川が並行する徳島市の河川において水質調査を学生が実施します。COD, BOD, SS等から始まりGC-MSを使った農薬分析まで本格的な実習です。このような学生実習の成果をレポートとして評価するだけでなく、清流の水質マップと都市河川汚濁マップの両面刷りになった「とくしま水質MAP」を作成して、徳島県内高等学校、徳島県内と大豊町の道の駅や高速道PA、国立・自然公園内施設など環境共生を考えていただける場所での一般配布も実施し、好評を頂戴しています。

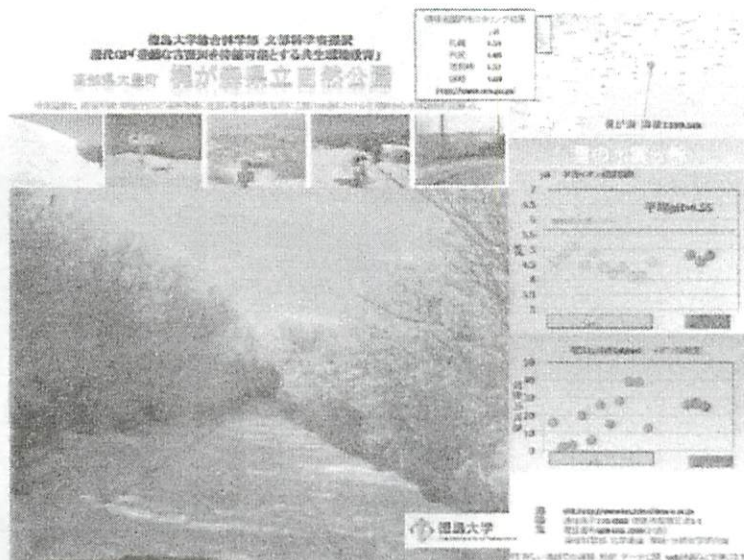
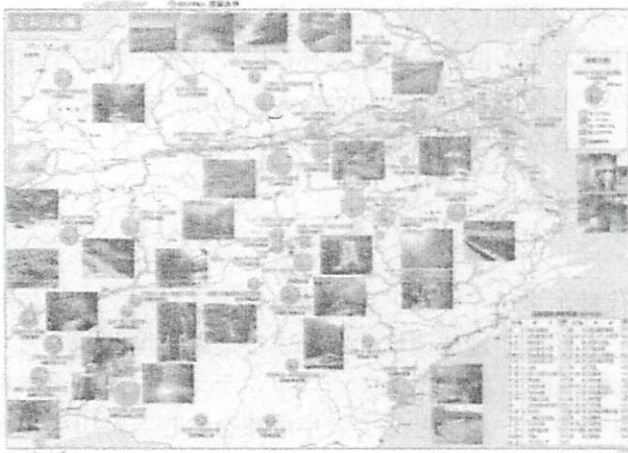


写真1 とくしま水質MAP 梶が森編



前列左から増田教授（生物資源化学）、今井教授、稲垣講師（牧野植物園）  
山本裕史准教授、山本孝准教授、中村講師（天然物化学）

**写真2** 梶が森 吉野川中流・源流域圏実習風景（山荘・梶が森 H22年4月25日）

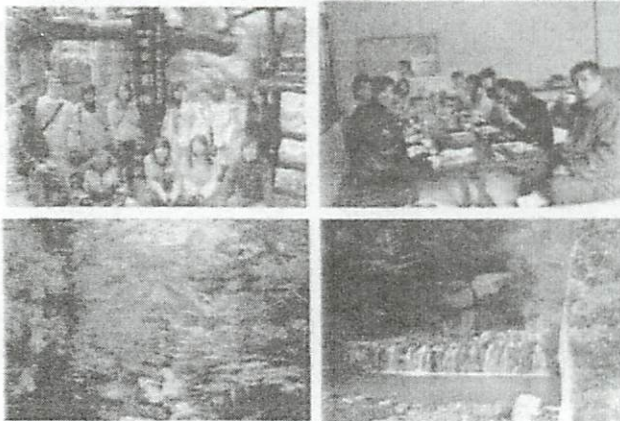


**写真3** とくしま水質MAP 源流域ミネラル編



**写真4** とくしま水質MAP 都市河川編

**基礎ゼミ 1年次生野外実習（源流編）**



**写真5** 1年生の環境共生の導入教育風景



**写真6** 3年生の都市河川実習風景

# 四万十・流域圏学会会則

(案)

## 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・流域圏学に関心を持ち、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者は、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 退会しようとする者は、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。

#### (役員を選任)

第11条 理事及び監事は正会員の互選により、総会で決定する。

- 2 会長は、理事のうちから互選する。
- 3 副会長は、理事のうちから会長が指名する。
- 4 理事及び監事は、相互に兼ねることができない。

#### (役員任期)

第12条 役員任期は2年とし、再任を妨げない。

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

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

- 2 補選された者の任期は、前任者の残任期間とする。

#### (役員任務)

第14条 役員任務は次のとおりとする。

- (1) 会長は、会務を総括し、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るとき
- (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られた事項

#### (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(平成19年5月26日の第7回総会にて変更承認)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。<第4章第28条>

附則

- 1 この会則(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)は、平成21年6月6日から施行する。

\*\*\*\*\*

(案)

付則

- 1 (名称)
- 第1条 本会は、次年(H23年)度より、四万十・流域圏学会 (Japan Society of Shimanto Policy and Integrated River Basin Management) から、流域圏学会 (Japan Society of Water Policy and Integrated River Basin Management) と名称を変更する。

付則：(評議委員会)

- 1 理事会の他に、次の評議委員会を置く。  
評議員は会長の諮問に応じる。  
評議委員会の議長、副議長、委員の選任は事務局が推薦し、会長が決定する。任期は第12条に準ずる。  
評議委員は、評議委員会を構成し、任務は会長の諮問に応じた重要事項を審議する。  
平成22年5月29日から施行する。

<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。ただし，200字以内の推薦理由書を求めることがある。
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。

## 四万十・流域圏学会役員体制

(案)

### 四万十・流域圏学会・役員リスト (平成22年度)

[任期:次期総会までの1年間]

#### 会長

松田 誠祐	高知大学・名誉教授	水文学	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

今井昭二	徳島大学大学院・総合科学部社会創生学科・教授	環境化学	県外
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
一色 健司	高知女子大学・生活科学部・環境理学科	環境分析化学	県内
大年 邦雄	高知大学農学部・教授	防災工学	県内
岡田 将治	高知工業高等専門学校・建設システム工学科・准教授	河川工学	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	九州大学大学院・工学研究院環境都市部門・教授	河川工学	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
辻 和毅	(株)技術開発コンサルタント・部長	水文地質学	県外
福留 脩文	西日本科学技術研究所・所長	河川工学	県内
北條 正司	高知大学・理学部・教授	環境分析化学	県内
# 松下 潤	芝浦工業大学・システム理工学部・教授	都市環境工学	見外
馬淵 泰	高知工科大学・マネジメント学部・准教授	森林砂防工学	県内
松田 誠祐	高知大学・名誉教授	水文学	県内
宮崎 利博	(元)高知県土木部長・理事	防災工学	県内
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
森 牧人	高知大学・農学部	農業水文学	県内
山崎 慎一	高知工業高等専門学校・建設システム工学科・准教授	衛生環境工学	県内

#### 評議員

石川 妙子	NPO法人 環境の杜こうち・代表	河川生態学	県内
江淵 倫將	高知県立梶原高校・校長	環境教育	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 泰久	西日本科学技術研究所・顧問	環境化学	県内

### 名誉会員

今井 嘉彦	高知大学・名誉教授 <元会長>	環境化学	県内
-------	-----------------	------	----

## 委員会

### 委員会

○総務委員会  
 委員長 村上 雅博  
 副委員長 宮崎 利博  
 委員： 各委員長＋代表幹事

○表彰委員会  
 委員長 北条 正司  
 副委員長 山崎 慎一

○財務委員会  
 委員長 馬淵 泰  
 副委員長 福永 泰久

○編集・出版委員会  
 委員長 一色 健司  
 副委員長 岡田 将治  
 幹事(外) 辻 和毅  
 幹事(外) 松下 潤

○企画委員会  
 委員長 森 牧人  
 副委員長 西森 基貴  
 幹事 西内 燦夫

○流域圏学会準備小委員会 小委員長 瀬戸口 忠臣

### 代表幹事

●各委員長・副委員長・小委員長 <代表幹事を兼務>

●代表幹事： 理事・評議員の代表(西内 燦夫、福永 泰久)

●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：片上田・東谷)

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

### お問い合わせ先

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: 0887-57-2520, E-mail: [murkami.masahiro@kochi-tech.ac.jp](mailto: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 上田・東谷 宛、Tel: 088-821-4863 Fax: 088-821-4530  
E-mail: [kazuhiko\\_ueta@ken4.pref.kochi.lg.jp](mailto:kazuhiko_ueta@ken4.pref.kochi.lg.jp), [kousei\\_higashidani@ken4.pref.kochi.lg.jp](mailto:kousei_higashidani@ken4.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 福永泰久

お願い: 領収書は発行いたしませんので、振込みの控えを保存して下さい。

\*\*\*\*\*

#### 会費の使われ方:

正会員・学生会員の会費は学会誌・ニューズレター・お知らせ等の印刷・郵送費等に、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。

\*\*\*\*\*

## 「四万十・流域圏学会誌」投稿要領

### 投稿規定

#### 1. 投稿資格

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

#### 2. 原稿の種類

投稿原稿は、四万十川および流域圏関連分野の論文、研究ノート、総説、解説、調査報告、論説・評論、その他の7種とし、未発表のものに限ります。その内容は、次の通りとします。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義な新事実や新技術を含むものです。それ自身完成度が高く独立したもので、まとまった結論が得られる段階まで研究が進展しているものを対象とします。特色のある観測・実験・調査結果やその一次的解析結果および統計・数値実験結果などを主とするものも含まれます。

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

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

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

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

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

(7) その他の原稿：原稿の長さは、原則として、すべてを含む仕上がりページ数が以下のように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、48字×47行×1段組です。

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

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

#### 3. 原稿の書き方

(1) 原稿には、「完全版下原稿」と「テキストファイル付き原稿」の2種類があり、前者での提出を原則とします。やむを得ない場合には、後者での提出も認めます。なお、後者における場合、版下作成作業のため発行までに時間がかかることがあります。「完全版下原稿」の場合は、原稿を出力見本に従って作成し、そのまま写真製版ができるような高品質のプリンタで出力したものを提出して下さい。「テキストファイル

付き原稿]の場合は、原稿を所定の方法に従って作成し、MS-DOSテキストファイル形式で保存したフロッピーを添付して提出して下さい。提出原稿は、事故および校正に備えて必ず控えをとっておいて下さい。

(2) 原稿の書き方に関する諸注意は「執筆要領」を参照して下さい。

#### 4. 原稿の提出期限

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

#### 5. 原稿の受け付け

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

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

#### 6. 原稿の査読

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

(2) 修正を求められた原稿は、3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、グ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ならない、執筆者校正はないものとします。抜刷りは行いません。

#### 10. 著作権

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

#### 11. 編集出版委員会事務局

〒780-8515 高知市永国寺町5-15

高知女子大学生活科学部環境理学科

一色 健司

Tel. 088-873-2472, Fax. 088-873-3934

E-mail: [isshiki@cc.kochi-wu.ac.jp](mailto:isshiki@cc.kochi-wu.ac.jp)

## 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以上	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	1	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 総説論文	10	1～2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。内容が高度で英文の要旨がある総説論文はレベルを考慮して1～2名の査読体制<2名は原著扱い>	編集委員会が企画・依頼する場合については内規扱いで査読対象としない「総説」とし、特に投稿要領には記載しない。
解説 解説論文	10	1～2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。内容が高度で英文の要旨がある解説論文はレベルを考慮して1～2名の査読体制<2名は原著扱い>	編集委員会が企画・依頼する場合については内規扱いで査読対象としない「解説」とし、特に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	
技術・調査報告	5	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	新刊図書を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	11	委員長	依頼		
編集後記	0.5	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 2010/05/12)



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・環境理工学群 村上研究室内 四万十・流域圏学会 事務局

Tel:0887-57-2418, Fax:0887-57-2520 E-mail: murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp

## 入会申込書 ⇔ (連絡先等変更、退会等の届け)

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

今号は、「流域圏」と題して、総説(論文)として特集を組みました。島谷幸宏氏の「流域圏をどうとらえるか?」にはじまり、続いて自然共生・文化環境・街道・連携をキーワードとして、「流域圏」との関わりについて論じており、最後に今井嘉彦会長が、「四万十・流域圏の回顧と今後の課題」でしめくられております。この内容は、四万十・流域圏学会のこれまでの活動の回顧と今後の課題そのものでもあります。「流域圏」を核とした、流域圏学会の展望となっています。

解説論文としては、松下潤氏のこれからの流域圏の管理を扱った論考をはじめとする、温暖化と流域圏の問題、地下水保全政策の問題を扱った論考を掲載しております。研究ノートとしては、松田誠祐氏による豪雨の規模を表す結合規模指標に関する論考、解説としては、岡田将治氏の洪水流の新しい計測技術に関する論考、今井昭二氏による徳島大学総合科学部環境・分析科学研究グループの活動の紹介を掲載しました。

早いもので、「四万十・流域圏学会誌」第1巻第1号が2001年10月に発刊されてから10年が経過しようとしております。幾多の困難を切り抜け、何とか10年間踏ん張って参りました。学会委員である高知工科大学の村上雅博氏、高知大学名誉教授の松田誠祐氏らにご協力いただきながら、一度も欠巻・欠号なしに第9巻第2号まで発行し続けることができました。学会誌が充実した学術雑誌として編集作業を終えることができましたのも、一重に学会員の皆様によるご投稿と熱心なアドバイスのおかげです。ここに記して感謝申し上げます。私は、今号をもちまして、編集出版委員長をバトンタッチすることになりました。今後とも、より充実した学会誌として、ますます発展していくことを心より祈念し、これを持ちまして、最後の編集後記とさせていただきます。学会員の皆様、長い間どうもありがとうございました。

(橋尾直和)

## 四万十・流域圏学会 賛助会員

平成 21 年 6 月 6 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・団体が賛助会費(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。

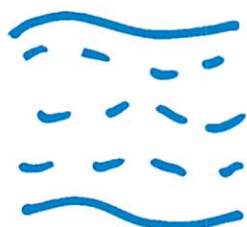
会費の使われ方:

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"



2010.6

---

■ 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 環境理工学群 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](mailto:murakami.masahiro@kochi-tech.ac.jp)

---