

# Hierarchical Watershed Management

for Creation of a Watershed as a Public Space

- The research integration challenge in the Lake Biwa agricultural drainage problem-



23-24 September 2006

Research Institute for Humanity and Nature  
Kyoto, Japan

# Hierarchical Watershed Management

for Creation of a Watershed as a Public Space

- The research integration challenge in the Lake Biwa agricultural drainage problem-

23-24 September 2006

Research Institute for Humanity and Nature  
Kyoto, Japan



The Research Institute for Humanity and Nature (RIHN), founded in Kyoto in 2001, is an interdisciplinary research institute dedicated to global environmental issues. This workshop is organized as part of an RIHN project, “Multi-disciplinary research for understanding interactions between humans and nature in the Lake Biwa-Yodo River watershed” and is supported by RIHN.

The main objective of the meeting is to review our 5-year project activities on watershed management, present our achievements, and discuss the future problems uncovered by our project. In consideration of the characteristic scale of a watershed, we have been developing a methodology for watershed diagnosis and consensus-building to overcome the difficulties arising from the watershed nested structure. “Hierarchical watershed management” , a model of watershed management systems which assumes the presence of an explicit hierarchy was proposed and set at the core of the project. Based on this idea, we have been working on the agricultural drainage problem in the Lake Biwa watershed as a typical case of a trans-scale issue.

The workshop consists of three sessions. Sessions 1 & 2 (Saturday 23 September) will focus on our research integration challenge with respect to the agricultural drainage problem in the Lake Biwa watershed. Session 3 (Sunday 24th) will try to broaden the methodology we have developed in the Lake Biwa watershed to the Yodo River and other watersheds.

In Session 1, the basic concepts and results of our newly developed watershed diagnostic methods and a synthetic model of the agricultural drainage problem will be explained and discussed.

In Session 2, the results of an environmental consciousness survey through workshops and a GIS-based scenario approach to enhancing communication between stakeholders will be explained and discussed. In Sessions 1 & 2, we will invite administrative officials and stakeholders in Shiga Prefecture to share and discuss the issues.

In Session 3, based on a comparison of various watershed environmental problems, including the Yodo River watershed, we aim to discuss the potential and future directions of our methodology. Finally, in the Discussion, we will summarize the ideas and concepts covered in this project, e.g., how to manage interdisciplinary research, watershed diagnosis methods and governance, and how to enhance communication between stakeholders and promote feedback between basic research and practice in the field.

## Workshop Program

### **Saturday, September 23**

13:00-13:15 Opening Address

#### **Session 1**

13:15-15:15 *Developing an integrative watershed diagnosis methodology*

13:15-13:45 Basic Concepts of the Project and Analysis of Social Factors Affecting  
Turbidity Problems

Ken-ichi WAKITA

13:45-14:15 Development of Environmental Indicators Linking Lakes-Rivers-Humans  
and Watershed Diagnosis

Takanori NAKANO

14:15-15:15 Discussion

15:15-15:45 Break

#### **Session 2**

15:45-18:15 *Adaptive management and enhancing communication among stakeholders*

15:45-16:15 Encouraging Agricultural Drainage Reduction Behavior by Action  
Research

Junzo KATO

16:15-16:45 Scenario Approaches for Promoting Inter-hierarchy Communication

Shigeo YACHI

16:45-18:15 Discussion

18:30-20:30 Reception

**Sunday, September 24**

**Session 3**

- 9:30-12:00 *Extending hierarchical watershed management approach to various watersheds*
- 9:30- 9:50 Problem Framework of the Yodo River Downstream Area in Terms of Water Quality and Inflow Loads  
Shigeo YACHI
- 9:50-10:20 Application to Various Watershed Issues Centering on Hierarchy  
Yuichi HARA
- 10:20-10:45 Break
- 10:45-12:00 General Discussion and Summary
- 12:00 Closing Address

Generally, a watershed has a “nested” structure that encompasses the human activities that develop within it. For our investigation we chose the Lake Biwa watershed as an example of this kind of nested structure and defined it as a hierarchy consisting of three spatial levels: macroscale (the entire watershed), mesoscale (the regional community), and microscale (the local community). We focused particularly on ways of viewing the problems occurring in the watershed at each level, because differing views can cause conflicts of interest between levels and thus obstruct watershed management. In other words, the reason why watershed management is not working well is that active communication aimed at balancing competing interests is blocked, leaving a variety of stakeholders dispersed over the three levels.

In light of this background, our focus was on the turbid water discharged from rice paddy fields. The soil puddling performed in the first stage of rice farming causes turbid water to flow out of the paddy fields through medium and small rivers and finally into Lake Biwa. At the microscale level, this turbid water is regarded as causing a deterioration in the riparian environment surrounding the rural settlements by farmers (“feedback issue”). At the mesoscale level, however, it inflicts damage on the activities of coastal fishers: at this level the people doing the damage and the people suffering the damage are different (“causing/suffering damage issue”). Furthermore, the continuous outflow of turbid water produced by the regional community into Lake Biwa could accelerate the eutrophication of the entire lake on a macroscale level and raise concerns about the shift in water regime represented by a rapid deterioration of water quality (“global environmental issue”). The type of problem posed by the turbid water changes with the spatial level, moving up from the microlevel through the mesoscale to the macroscale, expanding the scales of space and time at which problems occur. Therefore, turbid water problems can be understood as combined problems of different types and scales that are linked to each other.

Analysis of the social/political factors from which such combined problems are generated is important, as well as the said sociological analysis of turbidity problems. In the background of these turbidity problems is an agricultural modernization policy that has been promoted nationally. Although this policy has improved agricultural productivity, it has unintentionally diminished the rural community’s ability to manage the aquatic environment, including paddy fields. In addition, the environmental load imposed by the turbidity from farming around Lake Biwa has left an external diseconomy. As yet, it cannot be said that counterstrategies have been effectively implemented. For example, Shiga Prefecture’s coordination of the environmental and agricultural policies for Lake Biwa has not been totally successful.

What kinds of activities or systems should be developed in social settings to solve these combined turbidity problems? We would like to propose a hierarchical watershed management system incorporating adaptive management, because we believe that governance by a variety of stakeholders on the basis of adaptive management at each spatial level is needed to achieve effective management of the watershed as a commons.

Takanori NAKANO

Research Institute for Humanity and Nature

Despite various measures having been imposed, the water quality of Lake Biwa has not greatly improved. One reason is that what affects the lake water quality has not been elucidated. Environmental impacts on lake water imposed by humans are for the most part delivered by rivers. To identify the causes of degradation of the lake's water quality, therefore, it is necessary to investigate the water quality of influent rivers as well as Lake Biwa itself while linking it to human activities in the watershed. A variety of stable isotopes and multi-elements can be used as environmental indicators to trace qualitative links between lakes, rivers, and humans.

Substances with the same element but different masses are referred to as stable isotopes. It is known that the stable isotope composition of organisms living in water systems reflects the quality values of ambient environmental water. Research on the stable isotope composition of nitrogen, sulfur, and strontium contained in an annual fish, living in the northern part of Lake Biwa revealed that heavy nitrogen, light sulfur, and light strontium have gradually increased in the lake water over the past 40 years. In many cases, the compositions of stable isotopes and dissolved-constituents of influent rivers depend far more on regional changes than on seasonal changes. The river water quality at downstream points near the lake reflects the characteristics of each watershed environment.

A macroscale investigation of the Lake Biwa watersheds has revealed that the rivers that account for all the secular changes in the stable isotope composition of the lake water obtained from *Chaenogobius isaza* are mainly small and medium-sized rivers flowing through the agricultural region east of Lake Biwa. These rivers are heavily contaminated with acids such as sulfuric acid, nitric acid, and bicarbonic acid, as well as minerals including calcium and magnesium. The stable isotope composition of sulfur contained in agricultural fertilizers and that of strontium as an exchangeable component of the sedimentary rock and soil in the plain to the east of the lake correspond to their values in these rivers. These facts suggest a scenario in which the acids generated by agricultural activities have dissolved minerals out of soil and rocks in the plain, leading to changes in the lake water quality.

Although these small and medium-sized rivers have small watershed areas, and they contribute only 1 to 2% of the overall picture, they can account for the current concentration of sulfur and strontium in the lake water and the secular changes in stable isotope compositions. However, the concentrations of phosphorus and nitrogen that are usually contained in rural rivers are lower than those in miscellaneous runoff. Since phosphorus level is a limiting factor on biological activities in Lake Biwa, we need to verify, from different approaches, to what degree these small and medium-sized rivers influence the eutrophication of Lake Biwa. According to a microscale study, the water quality of small and medium-sized rivers varies according to environmental changes in the surrounding paddy fields, such as caused by fertilizer application and irrigation. The concentrations of phosphorus and nitrogen contained in agricultural muddy water depend greatly on water control patterns. Although muddy water is rapidly generated (in about one day), 0.8 to 5.3% of nitrogen and 13.5 to 42.3% of the phosphorus that flows into the northern part of Lake Biwa is attributable to agricultural muddy water. The reason for the high environmental impact of phosphorus caused by muddy water is that phosphorus accompanies fine-grained suspended matter such as organics and clay. Better insight into the dynamics in the lake is the key to elucidating oxygen deficiency on the lake floor. In spite of the declining effects of domestic wastewater due to improvements in sewerage, the environmental impact on the lake water exerted by muddy water and other agricultural activities appear likely to increase in the future.

The purpose of this study was to investigate the effect of action research in facilitating agricultural drainage reduction behavior, and the decision-making process of farmers on agricultural drainage reduction behavior.

Agricultural drainage is one of the causes of water pollution of Lake Biwa. To reduce its effects, both hard measures, such as the legal establishment and maintenance of an institution, and soft measures on the part of individual farmers, are important.

One effective method of changing individual attitudes and behavior is persuasion. This study showed that the effects of persuasion were similarly effective on an individual's attitude to environmental problems and on their subsequent behavior. In this study, we attempted persuasion on the issue of agricultural drainage reduction in the action research, in which an experimental workshop under controlled conditions was held with actual farmers, and investigated how the attitudes and behavior of farmers with respect to agricultural drainage reduction could be modified.

In the action research, four experimental conditions were provided. First was the emotional approach (Emotional condition). This condition was based on information such as the farmer's attachment to their local area and to living things, and attempted to promote subjective norm evaluations and the behavioral intentions. Second was the rational approach (Bio-Chemical condition). In this approach, scientific information, such on chemical substances which cause water pollution and their biological influence, was presented with the intention of promoting risk cognition and in this way modifying the goal intentions of the farmer. Third was the emotional plus rational approach (E + BC condition) which added together the above two conditions. Fourth was the control condition in which no specific information was supplied.

A questionnaire with room for unstructured responses was distributed after one week of workshops (the number of responses was 39). The results of analysis using KJ methods revealed that E conditions are effective in the facilitation of behavioral intentions. On the other hand, the BC condition facilitated goal intentions, but did not lead to facilitation of behavioral intentions. Moreover, under the E+BC conditions, both the goal intention and the behavioral intentions toward reduction of cloudy water were promoted. Under the control conditions, it was shown that giving minimal information about the present condition of Lake Biwa was counteracted by the effects of discussions by participants in the workshop, so the validity of the workshop itself was verified.

To investigate more comprehensively the attitudes and behaviors toward agricultural drainage reduction on the part of the farmers and their decision-making process, a questionnaire was distributed two months after the workshops (number of responses: 60). Multiple regression analysis revealed that the goal intentions toward Lake Biwa and attachment to the local environment had significant influence on overall behavioral intention. A detailed analysis of each factor affecting behavioral intention revealed that the goal intention toward the aquatic environment and attachment to the local environment significantly influenced collective behavioral intentions, and the goal intention toward the local environment and identification with the local area had significant influence on individual behavioral intentions.

Overall, it was shown that action research by workshops assisted in modifying attitudes and behaviors concerning reduction of farm agricultural drainage; and that for promoting action on the part of farmers to reduce agricultural drainage, it was important to arouse goal intentions on different levels and focus their concerns on the local environment.

In watershed management, the effective use of any environmental information obtained for problem solving, as well as the development of diagnostic and monitoring methods for the watershed environment, is an important issue. This project proposes hierarchical watershed management as a system for solving the problems associated with the watershed hierarchy. It consists of two pillars: (1) promotion of environmental protection activities (presented by Kato) and adaptive management to deal with uncertainty by feeding back the environmental information obtained; and (2) investigation of a mechanism to integrate the various hierarchically dispersed perspectives and ideas of interested parties into a mutual understanding by promoting communication. As one of the approaches to the second pillar, we propose a cross-scenario approach for interested parties to find a method for real agreement. This approach predicts future scenarios from individual standpoints by using geographic information systems (GIS) as a common database to help each party understand the ideas of the others in the scenario review process.

Lake Biwa is indeed a vital resource of ecosystem services for the residents of Shiga Prefecture and the Yodo River watershed. However, we wonder how these communities can reduce their environmental loads, including that imposed by turbid agricultural water, in a situation where the effects of human activity have gradually accumulated in the lake ecosystem. In the Inae District, which is covered by rice fields, the people are seriously discussing the future of their agriculture and villages in light of changes in agricultural policy, globalization of food, and big changes to farming villages and communities. The futures of Lake Biwa and the Inae District will not be determined independently, but their future visions will be closely linked. Therefore, a method of sustainably considering the futures of Lake Biwa and the Inae District is needed.

This presentation indicates the necessity for scenario approaches to watershed management by giving an example of a lake ecosystem where a rapid change in ecosystem (regime shift) occurs, and it shows the limitations of the approaches taken by various interested parties using an example of eutrophication of the Lake Biwa ecosystem in the Lake Biwa watershed, it further provides a basic idea of a cross-scenario approach that can go beyond the limits of the conventional scenario approaches, and it also introduces a method of supporting the promotion of communication among interested parties through workshops using the GIS.

Specifically, we have developed a prototype system called “Shinario-kun” to examine the relationship between macroscale (Lake Biwa watershed-level) environmental protection scenarios (reduction of environmental load on Lake Biwa), using the example of the turbidity problem, and the future mesoscale (municipal-level) community scenario in the rural areas around Lake Biwa, such as the Inae District. By combining a macro-hydrologic simulation of Lake Biwa’s tributary rivers and a detailed hydrologic simulation that links the small and medium-sized rivers and the agricultural runoff network in the Inae District, we have created a hydrologic simulation model that can reflect detailed information on the Inae District in regard to strategies for combating the muddy water flowing into Lake Biwa.

As an option for a region-based scenario, on the other hand, we have adopted a level of effort targeted at assisting large-scale farmers and farm integration. We have created a simulation of how agricultural management in the Inae District at a community level will change according to the scenario, and we have also created a simulation system on the GIS screen. The system simultaneously reflects what types of agriculture and farm villages are envisioned under the regional scenario selection, and how the flow of muddy water into Lake Biwa will change under the assumption that there is a correlation between agricultural management types and environmental considerations. We would like to discuss the possibility of a deeper mutual understanding among representatives of the various interested parties in the Biwa Lake watershed. Ideally this will occur while they repeat the process of trial and error in seeking a better scenario for coexistence on the basis of the scenario selection results displayed on the GIS screen during the process of creating the Lake Biwa environmental protection scenario and individual regional scenarios.

The features of the Lake Biwa-Yodo River watershed vary from the upstream rural area near Lake Biwa to the downstream urban area of the Yodo River. From the perspective of hierarchy, we first developed a project in the Lake Biwa watershed focusing on the problem of agricultural water turbidity, and we then proceeded with studies on adaptive management and a method for promoting inter-hierarchy communication, along with a method of environmental diagnosis to elucidate the entire framework of the problem. On the basis of our research activities in the Lake Biwa watershed, this presentation aims to distill the main problem framework of the Yodo River downstream watershed and to discuss ways of developing the methodology that has been used in the Lake Biwa watershed from the perspective of hierarchy.

As part of this project, we performed water quality surveys and on-site inspections along the Uji, Katsura, and Kizu rivers, and at the mouth of the Yodo River. We also formed the Yodo Downstream Area Team. This team has organized major events to deal with water environment problems in the Yodo River downstream area; its activities have included visits to sewage treatment plants; workshops to examine the effects on the ecosystem from the mouth of the Yodo River through to Osaka Bay; and analyses of existing disclosure documents. We need to carefully watch the influences of the environmental loads imposed by the Lake Biwa watershed and the above-mentioned three rivers, as well as those imposed by domestic wastewater flowing in the mainstream of the Yodo River around urban areas. We need to monitor the effects of these loads on regional rivers and aquatic environments, and on the marine ecosystem from the mouth of the Yodo River through to the head of Osaka Bay.

In the Yodo River downstream area, the concentration of population and industrial development in the urban area have accelerated the use of technical measures, including sewage treatment, resulting in the development of a complex water supply and sewage network and the formation of a landfilled or artificial coastline from the mouth of Yodo River to Osaka Bay. This has weakened the relationship between urban residents and the water environment, making it more difficult to reduce the environmental loads imposed by emissions. In addition to this, loads that are beyond the control of residents in the downstream areas are being added upstream. The problem structure of the Yodo River downstream area is that the correlation between these factors is even now strengthening the position of technical measures, including sewage treatment, as core strategies for improving water quality; this forms a negative spiral, encouraging the development of an invisible system that increases the distance between people and the aquatic environment.

From the perspective of hierarchical watershed management, a mechanism for the adaptive management of actions and for feeding back the results of monitoring is necessary to promote environmental protection activities and thus reduce emission levels. To this end, we first need to clearly position the area from the mouth of the Yodo River through to Osaka Bay as a macro endpoint of the entire Yodo River watershed, and we need to evaluate the influence of loads in the Yodo River downstream area on the ecosystem. Next, a common platform is needed for the people involved to give feedback and discuss the current status of the problem, even if it is at a closer spatial scale equivalent to the mesoscale or microscale in the Lake Biwa watershed. As an embodiment of this, we have made a prototype database that can evaluate the circulation of load substances in intake water/wastewater units along watersheds. This is done with reference to clearly understood spatial units for water or substance flow in sewage treatment units, or on an administrative district scale based on discharge treatment using current sewage treatment technologies.

If the database of mesoscale/microscale loads on watersheds and macro loads on lakes and rivers is combined with an evaluation of the influence of these loads on the ecosystem from the mouth of the Yodo River through to Osaka Bay, then we expect that the database will become a common platform for inter-hierarchy discussions through evaluation of the direct and indirect effects of loads from upstream, natural attenuation, and sewage.

Actions on watershed-based issues have been implemented in various parts of the country, marking a change in emphasis from previous river, forest or city-based studies and plans. This research project is one of them, and has been carried out treating Lake Biwa and Yodo River as a watershed unit. We present first what that has changed and how it has changed as a result of using this watershed-based methodology, which represents a paradigm shift in the framework for research and administration.

In the past, when primary industries predominated, the major watershed issues were limited to securing sufficient water for rice growing and taking countermeasures against occasional floods. In more recent years, especially since the 1960s, numerous factors other than water utilization and flood control have been drawn into the study of watershed issues as a result of the diversification of the economy, modes of travel, and lifestyles. In the Lake Biwa-Yodo River watersheds, a variety of watershed-related problems such as dam problems, biodiversity, proliferation of non-native fish species, endocrine-disrupting chemicals, loss and regeneration of watersides, successor problems in agriculture and forestry, promotion of citizen participation-type administration, promotion of the economy, and the need for environmental conservation have become evident. Therefore, the biggest challenge in proceeding with this watershed study is how to handle this “explosion of factors”.

The “explosion of factors” will also lead to an increase in “uncertainty” that is attributable to the accumulated variation in each factor. It has been realized that watershed-based studies need to respond to this “explosion of factors” and “uncertainty,” but few past studies and administrations have been skilled at handling these items. In this study, watersheds are segmented in terms of space and domain, and optimization studies have been carried out in each segmented “region.” It took a long time for us to realize that the aggregation of optimized “regions” did not lead to the optimization of the entire watershed, and that isolated optimization of a “region” caused unwanted side-effects. This has complicated the problems in the subsequent responses. The response to flood control clearly proves this.

We have carried on this research project while expressing segmented situations with the word “hierarchization” and turning our attention to spatial layers (macro, meso, micro and so forth) and differences in people’s thinking about and understanding of them. “Hierarchization” means that invisible barriers exist between segmented factors that hinder the study of watershed issues. Accordingly, there are inter-domain layers along the horizontal axis besides differences in spatial scale on the vertical axis. This study features a combination of humanities and sciences as a methodology for overcoming these barriers. With respect to “uncertainty,” on the other hand, this study adopts the “scenario approach” used in the global warming study at the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

The outcome of this Lake Biwa-Yodo River watershed-based study is that we revealed invisible barriers between factors on a spatial scale and specialized fields and proceeded with a methodology for overcoming these barriers as measures to cope with the “explosion of factors” and “uncertainty” specific to individual watersheds. For studies on other watersheds, it appears possible to clarify the existence of various hierarchies, overcome and merge them, and find a new perspective by activating communication in the same manner as in this project.

Finally, I would like to reveal water environmental indicators for 109 lakes and rivers in Japan other than Lake Biwa and Yodo River as well as water disaster vulnerability indicators of 114 watersheds worldwide, in related research. I will also give examples of how the barriers between spatial scale and domains have been addressed.



# 琵琶湖の流域管理から始める 地球環境学



開催日：2006年9月23日(土)24日(日)

開催場所：総合地球環境学研究所 講演室

主催：総合地球環境学研究所

琵琶湖-淀川プロジェクト



## 開催主旨

総合地球環境学研究所（地球研）は、地球環境問題の解決に向けた学問創出のための総合的な研究機関として、2001年4月に創設された。「琵琶湖—淀川水系における流域管理モデルの構築（琵琶湖—淀川プロジェクト）」は、地球研のプロジェクトのひとつであり、流域の「階層性」に着目して、琵琶湖流域における農業濁水問題を事例に、流域管理のための環境診断と合意形成の方法論の開発を、地域に密着した形で分野横断的に進めてきた。階層性に由来する流域内の多様な利害関係者の、問題認識の違いが、合意形成の上で大きな課題であるが、この課題に対して、「階層化された流域管理システム」という考え方を提唱し、この考え方の有効性の検証を試みてきた。

この国際ワークショップでは、5年間におよんだプロジェクトの成果を公開するとともに、今後の発展課題について議論をおこなう「プロジェクトの総括」と位置づけている。

ワークショップは、琵琶湖流域の農業濁水問題を中心とした第1部と、階層性の視点から、流域管理への提言と議論を主とした第2部の、2部構成である。

第1部（1日目）は、地球研「琵琶湖—淀川プロジェクト」の5年間のプロジェクト活動の成果と到達点を提示し、（1）プロジェクト当初に掲げた課題がどの程度、解決できたかを検討した上で、（2）琵琶湖流域における流域管理、とくに農業濁水問題に対する議論とプロジェクトからの提言をおこなう。

第2部（2日目）は、（3）淀川下流域を含む、多様な流域における環境問題の比較をもとに、本プロジェクトで展開した方法論の、発展課題の整理をおこなうことを目的とする。

### 第1部 琵琶湖流域の農業濁水問題を事例として

#### セッション1 総合的な流域診断とその手法の開発:コンセプトと総合性への取り組み

##### ー琵琶湖流域における農業濁水問題をどう理解すればよいのかー

セッション1、2で、本プロジェクトの成果を報告する。「階層化された流域管理システム」をもとに、琵琶湖流域における農業濁水問題を事例として、各階層ごとに、物質動態班、社会文化システム班、生態系班、流域情報モデリング班が連携して、その問題の影響と社会的背景の解明にとりくんだ。その成果の紹介をおこなう。

#### セッション2 順応的管理と階層間コミュニケーションの促進:実践への取り組み

##### ー流域診断結果を流域管理にどう生かすかー

農業濁水問題の調査・診断結果をもとに、現場における順応的管理を支援する試みと、階層間のコミュニケーションを促進する方法について、ワークショップを通じてとりくんだ結果の報告をおこなう。セッション1、2を通して、トップダウンとボトムアップの課題、環境と農業の両立の視点をもとに、滋賀県の関係者を招いて討論し、琵琶湖の農業濁水問題に関する整理とプロジェクトからの提言をおこなう。

### 第2部 階層性からの流域管理、地球環境学へのアプローチ

#### セッション3 階層性から迫る流域管理:多様性への取り組み

##### ー階層性という切り口からの流域管理ー

まず、階層性の視点から、琵琶湖流域と都市域が広がる淀川下流域のプロジェクトの報告をはじめ、本プロジェクトで展開した階層性に着目した方法論が、多様な流域の環境問題に新たに貢献できる点、その適用性について議論する。文理連携、環境診断、ガバナンス、コミュニケーション、学問と実践の視点から、流域管理、そして地球環境学に関してどのような知見が得られたかを整理する。

## プログラム

### 2006年9月23日(土)

- 11:00 登録開始  
13:00-13:15 開会挨拶と主旨説明

#### セッション1

- 13:15-13:45 脇田 健一 「基本コンセプトと濁水問題の社会的背景の解明」  
13:45-14:15 中野 孝教 「湖－川－人をつなぐ環境指標の開発と流域診断」  
14:15-15:15 コメントと討論  
15:15-15:45 休憩

#### セッション2

- 15:45-16:15 加藤 潤三 「アクション・リサーチによる濁水削減行動の促進」  
16:15-16:45 谷内 茂雄 「階層間コミュニケーション促進のためのシナリオ  
アプローチの試み」  
16:45-18:15 コメントと討論  
18:30-20:30 懇親会

### 2006年9月24日(日)

#### セッション3

- 9:30-9:50 谷内 茂雄 「水質・流入負荷から見た淀川下流域の問題構造」  
9:50-10:20 原 雄一 「階層性を軸とした多様な流域課題への適用性」  
10:20-10:45 休憩  
10:45-12:00 総合討論  
12:00 閉会

## 発表者・コメンテータ

### セッション1

司会	陀安 一郎	(P3-1コアメンバー：京都大学生態学研究センター)
発表	脇田 健一	(P3-1コアメンバー：龍谷大学社会学部)
	中野 孝教	(P3-1コアメンバー：総合地球環境学研究所)
コメンテータ		
	仁連 孝昭	(滋賀県立大学環境科学部)
	松村 真三	(滋賀県農政水産部農村振興課課長)
	山仲 善彰	(滋賀県知事公室長)
	渡邊 紹裕	(総合地球環境学研究所)

### セッション2

司会	田中 拓弥	(P3-1コアメンバー：総合地球環境学研究所)
発表	加藤 潤三	(大阪国際大学人間科学部)
	谷内 茂雄	(総合地球環境学研究所)
コメンテータ		
	東 善広	(滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター)
	柿澤 宏昭	(北海道大学大学院農学研究科)
	鈴木 力英	(地球環境フロンティア研究センター)
	西川 宗右衛門	(水土里ネット愛西事務局長)
	野波 寛	(関西学院大学社会学部)

### セッション3

司会	脇田 健一	(P3-1コアメンバー：龍谷大学社会学部)
発表	谷内 茂雄	(総合地球環境学研究所)
	原 雄一	(P3-1コアメンバー：京都学園大学バイオ環境学部)
コメンテータ		
	Roger Lewins	(Fisheries Consultant, UK)
	天野 耕二	(立命館大学理工学部)
	山田 一裕	(岩手県立大学総合政策学部)

一般に、流域は入れ子状の構造をもっており、そのような入れ子状の構造と重なりあいながら人間の諸活動もおこなわれてきた。わたしたちのプロジェクトでは、琵琶湖流域をそのような入れ子状の構造として捉えたうえで、便宜的にマクロ（琵琶湖全体）、メゾ（地域社会）、ミクロ（コミュニティレベル）の3つの空間的な階層を設定し、研究を進めてきた。そして、特に、階層ごとの流域の問題の「捉え方」に焦点をあてた。この差異が階層間で利害の対立を発生させ、結果として流域管理の阻害要因となると考えるからだ。言い換えれば、3つの階層に多様なステークホルダーが分散したまま、利害調整を含めた多様なコミュニケーションが阻害されているために、流域管理がうまく進まないのである。

このような視点をもとに、わたしたちが注目したのは、水田からの農業濁水である。稲作の初期の段階に行う代掻きのさいには、水田からの濁水が中小河川を通して琵琶湖に流入する。このような濁水は、ミクロレベルの空間的階層では、農家による農村集落の水辺環境の悪化としてとらえられる（「フィードバック型」）。ところが、メゾレベルにおいてはこのような濁水が沿岸漁民の漁撈活動への被害を生み出す。このレベルでは、濁水をめぐって加害と被害が分離する（「加害・被害型」）。さらに、このような地域社会からの濁水の流入が続くと、マクロレベルである琵琶湖全体の富栄養化を促進することにつながる。そこでは、水質悪化が急激に進むレジーム・シフトが危惧される（あえていえば、「地球環境問題型」）。すなわち、濁水問題は、ミクロ、メゾ、マクロとその空間的階層を移行するにしたがい、濁水問題のタイプを変化させ、問題が発生する空間スケールとタイムスケールを拡大していくことになる。濁水問題とは、連続するが異なるタイプやスケールをもつ「複合問題」であることが理解できる。

以上のような濁水問題の社会学的分析とともに重要なことは、このような「複合問題」を生み出す社会的・政策的背景の分析である。濁水問題の背景には、国策として進められてきた農業の近代化政策である。この近代化政策は、生産性を向上させたものの、意図せざる結果として、コミュニティのもっていた水環境管理（水田を含む）を低下させた。また、農業濁水による琵琶湖への負荷は、外部不経済化されたままになり、実効性のある対策や取り組みが実現しているとは言いがたい。これまでの滋賀県の政策においても、琵琶湖の環境政策と農業政策との連携も十分なものだったとはいえない。

「複合問題」としての濁水問題を解決していくためには、社会的にどのような取り組みや制度を構築していけばよいのだろうか。わたしたちは、順応的管理を取り込んだ「階層化された流域管理システム」を提案したい。個々の空間的階層の順応的管理を背景にした、多様なステークホルダーによる「共治」＝「ガバナンス」が、「コモンズ」としての流域の管理を達成するためには必要だと考えるからである。

琵琶湖の水質は、様々な対策が講じられてきたにもかかわらず大きな改善は見られていない。この原因の一つは、湖水の質をコントロールしている要因が明らかにされていないことにある。人間による湖水への物質負荷は河川を介して行われるため、湖水の水質劣化の原因を究明するには、琵琶湖と共に流入河川の水質を、流域の人間活動と関係づけて検討する必要がある。各種の安定同位体や微量元素は、湖、川、人の質的なつながりを追跡する環境指標として利用できる。

同じ元素でも重さが異なる物質を安定同位体と言う。水系に生息する生物の安定同位体組成は環境水の値を反映することが知られている。北湖に生息する単年魚（イサザ）に含まれている3種類の元素（窒素、硫黄、ストロンチウム）の安定同位体組成を測定した研究によれば、湖水には重い窒素、軽い硫黄、軽いストロンチウムが、過去40年にわたり、年と共に多くなっていることが知られている。流入河川の安定同位体組成および溶存成分組成の多くは、季節的な変化より地域的な変化のほうがはるかに大きい。湖に近い下流地点の河川の水質は各流域の環境の特徴を反映している。

琵琶湖流域というマクロスケールの検討から、イサザから得られた湖水の安定同位体組成の時間変化をすべて説明できる河川は、主に湖東の農業地帯を流域にもつ中小河川であることがわかった。これら中小河川は、硫酸、硝酸、重炭酸などの酸、およびカルシウムやマグネシウムなどのミネラル成分に富むという特徴を示す。農業肥料に含まれている硫黄の安定同位体組成および湖東平野の地層や土壌の交換性成分のストロンチウムの安定同位体組成は、中小河川の値と良い一致を示す。これらのことから、農業活動によって発生した各種の酸が平野の土壌や岩石からミネラル成分を溶脱したことにより湖水の水質が変化した、というシナリオを描くことができる。

中小河川は流域が小さいものの、それらの琵琶湖への寄与が1～2%程度でも、湖水の硫黄やストロンチウムなどの濃度や安定同位体組成の経年変化を説明できる。しかしながら、平常時の農業河川に含まれているリンや窒素の濃度は、生活雑排水に比べて高くない。琵琶湖の生物活動はリンによって規制されているため、湖東の中小河川が琵琶湖の富栄養化にどの程度影響しているのか、別な角度から評価する必要がある。ミクロスケールの検討によれば、中小河川の水質は、施肥や灌漑など周辺の水田の環境変化に応じて変化する。農業濁水に含まれているリンと窒素の濃度は、水管理のパターンにより大きく異なる。濁水の発生は短時間（1日程度）であるにもかかわらず、北湖に流入する窒素の0.8-5.3%、リンの13.5-42.3%が農業濁水によって説明できる。濁水による高いリンの負荷は、リンが有機物や粘土などの細粒な懸濁物に伴われるためであり、その湖内での動態は底層水の貧酸素化現象の解明に重要である。下水道の整備により生活排水の影響が小さくなることを考えると、農業活動とりわけ濁水による湖水への寄与は、今後更に大きくなると示唆される。

本報告の目的は、農家の濁水削減行動の促進に対するアクション・リサーチの効果、ならびに農家が濁水削減行動に至るまでの意志決定過程を検討することである。

琵琶湖の水質汚濁の原因の一端として、農業濁水による影響があげられる。この農業濁水の影響を軽減するには、法的・施設の整備といったハード的な対策をとるだけでなく、農業の担い手である個々の農家に着目したソフト的な対策も重要である。

個人の態度や行動を変容させる手段として情報提示による説得がある。この説得の効果は、環境問題に対する個人の態度・行動においても、同様に有効であることが明らかにされている。本研究では、濁水削減に関する説得をアクション・リサーチ的に実施し（実際の農家に対して、実験的に条件を統制したワークショップを開催する）、農家の濁水削減に対する態度と行動が、いかに促進されるかを検討した。

アクション・リサーチでは、地域への愛着や生物への愛着などの情報を提示し、社会規範評価と行動意図を促進させる情動的アプローチ（E条件）、水質汚濁をもたらす化学的物質とその生物的影響などの科学的情報を提示し、農家のリスク認知と一般的態度を促進させる合理的アプローチ（BC条件）、また両条件を合わせた合理・情動的アプローチ（E+BC条件）、特に情報提示をしない統制群の4群を設けた。

KJ法によって、ワークショップ1週間後に行った自由記述による質問紙調査（有効回答数39票）を分析した結果、E条件は行動意図の促進に効果があることが示された。次にBC条件では、この条件による説得が、一般的態度の促進にはつながるものの、行動意図の促進にはつながらないことが示された。またE+BC条件では、濁水削減に対する一般的態度・行動意図の両方が促進されていた。統制群では、現状に関する最低限の情報提示、参加者同士の話し合いが有効であったことが示され、ワークショップそれ自体の有効性が検証された。

より包括的に農家の濁水削減に対する態度や行動、ならびに意志決定過程を解明するために、ワークショップ2ヵ月後に質問紙調査（有効回答数60票）を行った。重回帰分析の結果、行動意図には、琵琶湖に対する一般的態度、集落環境への愛着が有意な影響を及ぼしていた。また、行動意図の種類ごとにより詳細に分析した結果、集团的行動意図には、水環境全般に対する一般的態度、集落環境への愛着が有意な影響を及ぼしていた。また個人的行動意図には、集落環境に対する一般的態度、集落に対するアイデンティティが、有意な影響を及ぼしていた。

以上の結果より、ワークショップによるアクション・リサーチが、濁水削減に対する農家の態度や行動を促進させること、また農家の濁水削減行動を促進するには一般的態度を多層的に喚起させること、地域環境に対する関心を焦点化させることが重要であることが示された。

流域管理においては、流域環境の診断手法の開発やモニタリングと同時に、得られた環境情報を、いかに問題解決に役立てるかが課題となる。本プロジェクトでは、流域の階層性に由来する問題を克服するためのシステムとして、「階層化された流域管理」を提案しているが、それは（１）得られた環境情報を、フィードバックしていくことで、環境配慮行動の促進（加藤による発表）や不確実性に対処する順応的管理と、（２）階層に分散した多様な利害関係者のものの見方・考え方の違いを、コミュニケーションを促進することで相互理解に結びつけるしくみの２つの柱からなる。後者（２）の試みの１つとして、GIS（地理情報システム）を共通の土俵として、複数の利害関係者が、それぞれの立場から将来シナリオを作成し、その突合せの過程で、互いに相手の考え方を理解しながら、現実的な合意の方法をさぐる方法（クロスシナリオ・アプローチ）を提案してきた。

琵琶湖は、滋賀県や淀川水系の人々にとって、さまざまな生態系サービスの源となる大切な財産だが、陸域からの人間活動の影響が、生態系に蓄積していく中で、農業濁水をはじめとした面源負荷をどうすれば減らしていくことができるのか。一方、稲作地帯が広がる稲枝地域においては、農業政策の変化、食のグローバル化、農村や集落の大きな変化によって、農業や農村の将来が真剣に検討されている。琵琶湖と稲枝地域の将来は、お互いに無関係に決まるのではなく、それぞれの未来像が互いに深く関わってくる。その意味で、いま、琵琶湖と稲枝地域の将来を、ともに持続的に考えるための方法が必要とされている。

本発表では、まず、急激な生態系の変化（レジームシフト）がおこる湖沼生態系を例に、流域管理におけるシナリオアプローチの必要性と、多様な利害関係者を前提とした場合のアプローチの限界を指摘する。琵琶湖流域における琵琶湖生態系の富栄養化を事例として、従来のシナリオアプローチの限界を補うクロスシナリオ・アプローチの基本的考え方と、GISを使ったワークショップを通して、関係者が実際にコミュニケーションの促進を支援する方法について紹介する。

具体的には、農業濁水問題を事例に、琵琶湖流域レベル（マクロスケール）での、琵琶湖への流入負荷削減に関わる環境保全シナリオと、稲枝地区を代表に、琵琶湖周囲に展開する農村地域の、市町村（メゾスケール）レベルでの、地域社会の将来シナリオとの関係を考察するシステムを試作してきた（「しなりお君」）。マクロな琵琶湖流入河川の水文シミュレーションに、稲枝地域での中小河川と農業排水ネットワークを結合した、詳細な水文シミュレーションを組み合わせることで、稲枝地域の詳細な情報が琵琶湖に流入する濁水に反映できる水文シミュレーションモデルを作成した。一方で、地域レベルでのシナリオの選択肢として、大規模農家支援・農地集積への取り組みの度合いを採用した。稲枝地域の集落レベルでの農業経営タイプの類型が、シナリオによってどのように変化するかを模擬的に構築し、農業経営タイプと環境配慮との間に相関ができると仮定することで、地域のシナリオ選択がどのような農業・農村形態となるか、その結果、琵琶湖への濁水流入がどのように変化するかを、GIS画面上で同時に反映する模擬的なシステムを作成した。流域の多様な利害関係者の代表が、琵琶湖の環境保全シナリオと、各地域シナリオを構築していく過程で、GIS上に明示されるシナリオ選択の結果をもとに、よりよい共存シナリオを求めて試行錯誤しながら相互の理解を深める可能性を議論したい。

琵琶湖－淀川水系は、農村地帯の広がる上流の琵琶湖流域と都市域の広がる下流の淀川下流域からなるが、かなり性格が異なる。私たちは、階層性に着目する視点に立って、まず琵琶湖流域で、農業濁水問題を事例としてプロジェクトを展開し、問題の全体構造を解明する環境診断の方法論とともに、順応的管理や階層間のコミュニケーションを促進する方法について、研究を進めてきた。本発表では、琵琶湖流域での研究活動の上にとって、淀川下流域の主要な問題構造を抽出し、階層性の視点から、琵琶湖流域で展開した方法論が、今後どのように展開できるかを議論するのが目的である。

本プロジェクトでは、宇治・桂・木津三川～淀川河口に沿った水質調査と現地視察をおこなうとともに、淀川下流域班を立ち上げ、下水処理場視察、淀川河口～大阪湾の生態系への影響を検討するワークショップ、既存公開資料の解析などの活動をもとに、淀川下流域での主要な水環境問題の課題を整理してきた。上流の琵琶湖流域・三川からの負荷が、淀川本川の都市域の生活排水による負荷とともに、地域の河川や水環境、淀川河口域～大阪湾奥部の海洋生態系へ与える影響が見逃せない。

淀川下流域では、都市域の人口集中・産業開発が、下水処理に代表される技術的対策を進行させ、複雑な上下水道網の発達、淀川河口域～大阪湾沿岸の埋め立て・人工海岸化を進めてきた。その結果として、都市住民の水系との関係が疎遠となり、負荷排出レベルでの負荷削減を難しくしてきた。それに加えて、淀川下流域だけでは制御が困難な、上流からの負荷が加わっている。淀川下流域の問題構造とは、これらの要因連関が、下水処理に代表される技術的対策を、現在でも主要な水質対策と位置づけることを強化し、そのことがまた、人と水環境との距離を疎遠にする、不可視なシステムの発展を促す悪循環を形成していることにある。

階層化された流域管理の視点からは、負荷発生レベルでの環境配慮行動の促進には、まず、行動とその結果のモニタリングをフィードバックする、順応的管理の仕組みが必要である。そのためには、淀川河口域～大阪湾を淀川水系全体のマクロなエンドポイントとして明確に位置づけ、淀川下流域の負荷がその生態系へ与える影響を評価する。次に、琵琶湖流域でのメゾ・ミクروسケールに相当する、より身近な空間スケールでも、関係者に問題の現状をフィードバックし、議論するための共通基盤が必要となる。私たちは、その一例として、現行の下水処理技術による負荷処理を前提に、まずは、下水処理単位や行政区画スケールなどの、水や物質の流れが明確な空間単位を基準にとり、水系に沿った取水・排水の単位ごとに負荷の物質循環を評価できるデータベースを試作した。

このようなメゾ・ミクروسケールでの水系の負荷データベースと、マクロな流入負荷と淀川河口域～大阪湾の生態系へ与える影響の評価が結びつけば、上流からの負荷流入の直接効果・間接効果、自然浄化、下水道の効果などを評価することで、階層間で議論をおこなうための共通基盤となることが期待できる。

これまでの河川や森林、あるいは都市を単位とした検討・計画から、流域を単位とした課題検討が各地で実施されてきている。本研究プロジェクトもその一つであり、琵琶湖淀川を一つの流域単位として進められた。研究や行政の枠組みにおけるパラダイム変換ともいえるこの流域を単位とする手法をとることによって何がどのように変わるのかを最初に示す。

かつての第一次産業が中心の時代では稲作などの水の確保と時折訪れる洪水への対処が、流域での中心的な課題であった。近年にはいつてとりわけ昭和30年代後半以降は経済、交通や生活様式が多様化するに従い、利水、治水以外にも非常に多くの要素が流域の課題検討に関わってきている。琵琶湖淀川流域では、ダム問題、生物多様性、外来魚、環境ホルモン、水辺の喪失と再生、農林業での後継者問題、住民参加型の行政の推進、経済の推進と環境保全など流域に関連するあらゆる課題が顕在化しており、流域検討に際してこれらの各要素の「総合化」をどのように取り扱うかが大きな変更事項といえるのではないか。

「総合化」は同時に要素ごとのばらつきの積算に起因する「不確実性」を高めることに繋がる。流域を単位とする検討とは「総合化」と「不確実性」への対応に特徴づけられると考えられるが、これまでの多くの研究、行政はこの両者を不得手としてきた経緯がある。流域を空間的にも分野的にも細分化し、細分化された「領域」の中での最適化研究が進められた。最適化された「領域」の集合が流域全体での最適化に繋がらない、むしろ一つの「領域」の最適化が副作用ともいえる現象を起こしていることによりやく気づき、その後の対処に際して問題を複雑化している。治水への対応がこれを如実にあらわしている。

本研究プロジェクトはこの流域の中で細分化された状況を階層化という言葉で表現し、マクロ、メゾ、ミクロなどの空間的な階層とそれによる人々の考え方や認識の違いが生じることに着眼して、研究が進められた。階層化とは細分化された要素間に見えない壁が存在し、その壁が阻害要因となって流域の課題検討が進まないことを意味している。したがって、縦軸として空間スケールの違い以外にも横軸としての分野間の階層の壁があり、これを乗り越える方法論として文理連携を軸としたことが本研究の特徴である。一方、「不確実性」に対しては、IPCCでの温暖化検討に際して用いられた「シナリオアプローチ」を本研究でも採用している。

この琵琶湖淀川を舞台とする流域単位での研究成果は、流域であるがゆえの「総合性」と「不確実性」への対応策として、要素で区切られた見えない壁の存在を明確にし(空間スケール間、専門分野間)、その弊害を乗り越えるための方法論を進めた点にある。他の流域での検討に際しても、いろいろな階層の存在を明確にし、これを乗り越え融合し、コミュニケーションの活性化により新しい見方を発見することは同様に可能と考えられる。

最後に関連した研究として、琵琶湖流域水物質循環モデル、琵琶湖流域水ビジョン、日本全国109水系での水環境指標、及び世界114流域での水災害脆弱性指標を紹介し、空間スケールと分野の間にある壁にどのように対応したのかその事例を紹介する。

---

## Workshop Office

Research Institute for Humanity and Nature (RIHN)  
Lake Biwa-Yodo River Project

Address: 457-4 Motoyama, Kamigamo, Kita-ku, Kyoto 603-8047, Japan  
TEL: +81-75-707-2351 FAX: +81-75-707-2508

---