

住民へのアンケート調査による 流域環境の時空間応答解析 —長良川支川吉田川流域での検討—

CROSS-CORRELATION ANALYSIS OF ENVIRONMENT FACTORS
IN THE YOSHIDA RIVER BASIN BY A QUESTIONNAIRE SURVEY

篠田成郎¹・亀原 裕²・福本圭子³・野田幸嗣⁴・和田祐典²

Seirou SHINODA, Yutaka KAMEHARA, Keiko FUKUMOTO, Koji NODA and Yusuke WADA

¹正会員 工博 岐阜大学助教授 流域圏科学研究センター (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

²学生会員 岐阜大学大学院工学研究科博士前期課程土木工学専攻 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

³工修 財団法人岐阜県環境管理技術センター (〒500-8357 岐阜市六条大溝4-13-6)

⁴工修 株式会社ジャステック (〒395-0804 飯田市鼎名古熊2539-1)

A questionnaire survey to the community residents generally gives only subjective results. But, the environmental information provided under the comparison with the present condition and the past one becomes enough to estimate the properties on the environmental changes. The relationship among the various environmental factors obtained by the questionnaire survey in the Yoshida River Basin located in the central Japan, where the catch of fishes has been decreasing in the recent decade, was investigated by the cross-correlation analysis. The amount of fishes and the amount of physical gills were related to the condition of forestry management and the variety of tree species having effects on the period of turbidity and the amount of sediment yield.

Key Words : *time series response, river basin environmental factors, questionnaire survey, forestry management, the Nagara River*

1. 緒言

流域での環境問題に対処する場合、長期的な環境状態の変遷を検討しなければならないことが多い。しかし、こうした検討に必要となる環境諸量の時空間データが蓄積されていることは稀であり、数年程度の調査・観測に基づく検討を余儀なくされる。とくに、動植物の変化などの場合には、原因となる現象からのタイムラグが長期間に及ぶ場合もあり、ただか5年程度の時間スケールで原因と結果といった環境応答を調べることは注意を要すると思われる。

本研究では、アユなどの漁獲高が激減してきている長良川支川吉田川流域を対象として、過去50年間ほどの流域環境状態の変化を住民アンケートから検討し、魚類生息数減少に関わる各種環境要因の時空間応答関係を明らかにすることを通じて、アンケートによる環境要因抽出手法の有効性を示すことを目的としている。

ただし、複雑に絡まり合った現象に対する要因の解析とこれによる原因の特定化については、アンケート以外の様々なデータを活用しながら検討する¹⁾ことが重要になり、本論の主旨から若干外れることになるため、ここでは、アンケートという主観的な住民の印象に基づいて、過去の環境変化を追跡することが定性的にでも可能になることに焦点を絞り、こうした手法の有効性について検討する。

2. 吉田川流域での環境変化の概要

岐阜県郡上郡八幡町と明宝村に位置する吉田川流域(約190km²)は、流域面積の約93%を森林が占め、上流部にはめいほうスキー場、明宝温泉が存在し、下流部には八幡町の市街地があり観光名所が点在している。また、八幡町と高山市とを結ぶせせらぎ街道が吉田川本川に沿うように走っており、1年中多くの人が訪れる。

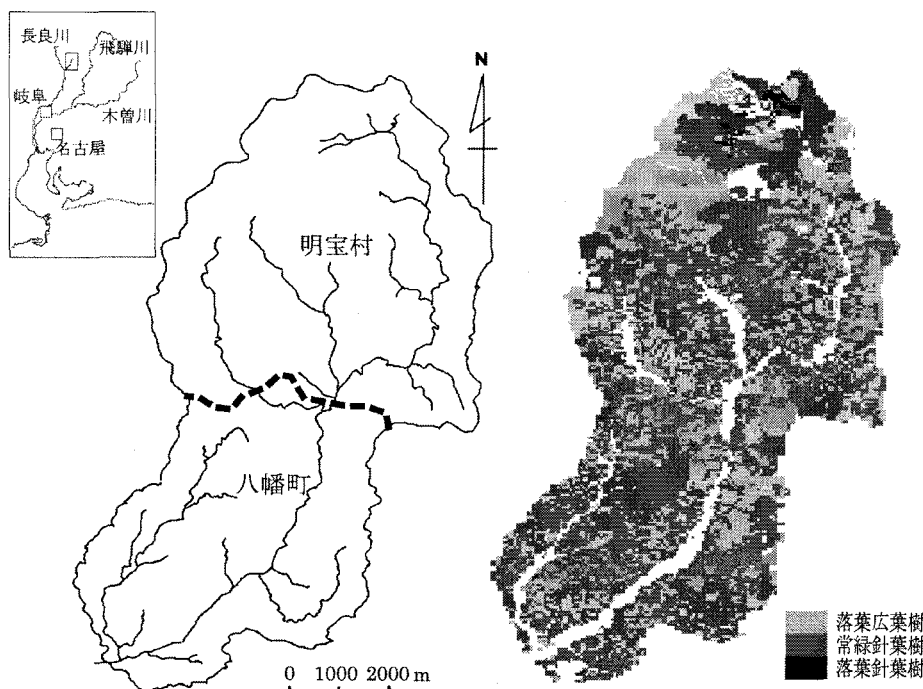


図-1 吉田川流域の位置および植生分布

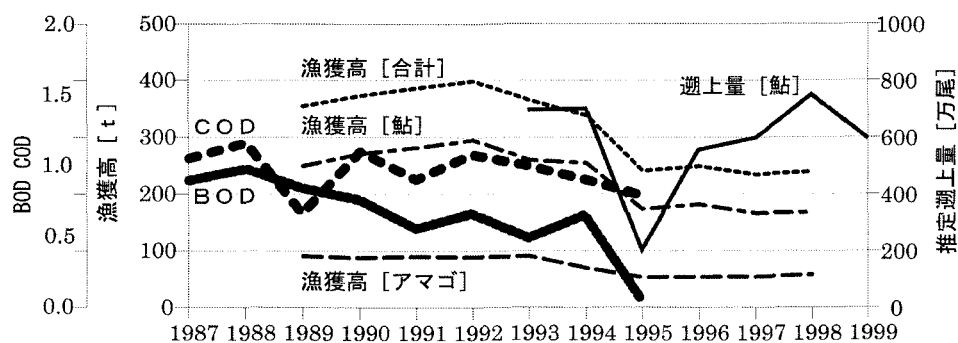


図-2 漁獲高、アユ遡上量および河川水質の経年変化

吉田川流域の位置および流域内の植生分布状況を図-1に示す¹⁾。吉田川は古来より清浄な水と豊富な魚類で有名であり、八幡町や明宝村の住民たちにとっても、自然からの恵みの水の供給源であると同時に、漁業によって生計を立てることのできる貴重な川であった。

図-2は、郡上漁業協同組合の調査によるアユ、アマゴ、それらの合計に関する漁獲高の1987年～1999年における経年変化を示したものである。郡上漁業協同組合の管轄河川区域は八幡町、美並村、大和町、明宝村、白鳥町、高鷲村地内の長良川本川および支川全域であるため、吉田川流域での漁獲高と完全に一致するものではないが、後述のアンケート調査による魚類生息数の長期的変化の結果などと照らし合わせてみると、相対的な傾向としてはほぼ妥当なものと判断できる。この図から、1992年までは漸増傾向にあった漁獲高が、1993年～1995年の3ケ年の間に激減し、1996年以降は低い値で一定となっていることがわかる。アユについては、最大漁獲高に対して2/3程度まで落ち込んでおり、この3ケ年の間に、吉田川流域または長良川本川も含め

た郡上郡周辺地域において、何らかの環境変化が起きていると予想される。

図-2には、漁獲高と併せて、河川水質の環境基準項目であるCODおよびBODの年平均値や長良川を遡上するアユの数量(長良川本川中流域の忠節橋付近における国土交通省調べ)の経年変化も示してある。これらの結果と併せて考察すれば、年々水質が改善されているにもかかわらず、漁獲高が減少しており、水質項目のみで河川環境を評価することの難しさを表す好例となっている。一方、長良川本川最下流端には、長良川河口堰が建設され、1995年から本格運用が始まっている。この年、アユの遡上量は激減しているが、翌年から回復に転じ、郡上漁協の調査に見られるような漁獲高の減少傾向とは明らかに異なる様子を示している。

こうした吉田川における魚類生息数減少は、1つや2つの「原因」だけから生じているわけではなく、河川生態系を取り巻く様々な流域環境要因の変化の現れと理解される必要がある。環境問題全般において言えることであるが、顕在化した問題に対して初めから原因

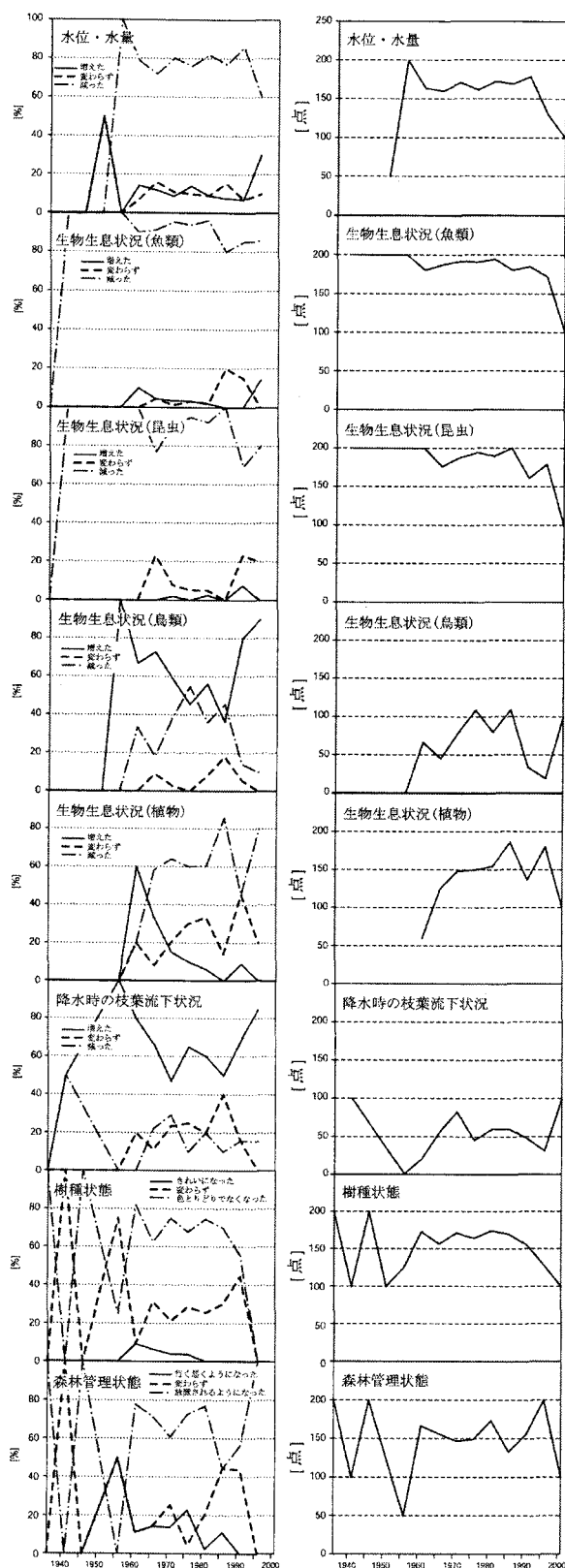


図-3 アンケート調査項目ごとの回答結果
図-4 アンケート調査から推定される環境要因ごとの経年変化

に対する目星をつけることよりも、あらゆる可能性を総合的に評価することが、複合的現象である環境問題に取り組む基本姿勢であろう。

このような環境問題に対処して適切な環境保全策を施すためには、科学的なデータ収集とこれに基づく詳細な現象解析が必要不可欠となる。吉田川における魚類生息数減少の問題を例に取れば、その原因を多方面から究明できる流域環境要因データを広域的・継続的・連続的に収集することが第一歩となる。また、こうしたデータに基づく物質循環過程および生物過程の検討が、原因解明のみならず、最も有効な対策の選定につながると考えられる。

長期間にわたる様々な環境要因データを取得することは現実的に不可能な場合が多いが、昔はどうだったという住民の話には参考になる部分が少なからず存在し、これを科学的な手法で客観化することができれば、極めて有用な方法になると期待できる。そこで、ここでは、こうした住民の記憶・知識・経験に基づく情報をアンケート調査によって抽出し、環境変化過程を定性的に把握することを試みる。

3. アンケート調査

(1) 実施概要

アンケート調査は、2001年10月に、吉田川流域の小中学生とその保護者(児童生徒690名、父母・祖父母など655名;回答率70%)を対象として行われた。このアンケートは、回答者各自に「昔」を想定してもらい、現在の河川環境との比較を回答してもらうもので、水文特性、生物生息状況、森林管理状況、河川への親しみに関する流域内各所の時間的変化を再現することを目的の一つとしている。このアンケート調査では、具体的な時間と場所の情報を特定化することがポイントとなるため、各設問項目に対して、回答者が想定した時期、場所を記入してもらう欄を設けている。

(2) 集計

アンケート結果を小中学生と保護者の二つに分け、単純集計を行うことにより、詳細な住民意識を把握した。また、想定された時間および場所ごとの情報を得るため、時間・場所に関するクロス集計を行うことにより、流域環境の広域的な経時変化過程の把握を行った。この際、回答者の年代による想定した時期の偏りを考慮し、さらに各回答に重みづけをし、想定した時期の各流域環境要因の絶対値を現在からの偏差として把握することにより、過去の経年変化を表現した。

図-3は、アンケート結果の一部を示したものであり、何年前を想定しながら回答しているかという情報に基づき、年代を5年ごとに区切り、回答内容を時系列表示してある。1960年以前については、回答者数が少なかったために、ばらつきの大きな結果となっているが、それ以降は、回答者数が少なくとも数十人存在するた

め、安定した傾向を示していると思われる。

こうしたアンケートの各項目の回答結果から各流域環境要因の絶対値を把握するため、各回答(「増えた」, 「変わらない」, 「減った」)に重みづけをした。まず、回答者の年代により想定した時期が偏るため、想定した時期が同じ各回答の累計を、想定した時期の同じ回答全体で除し、現在(2002年)の各流域環境要因の状態を100とし、「増えた」をマイナス, 「変わらない」を±0, 「減った」をプラスすることにより、想定した時期の各流域環境要因状態Xを数値化した。具体的には、各回答者数が、「増えた」をa人, 「変わらない」をb人, 「減った」をc人とした時、Xの数値化に次式を用いた。

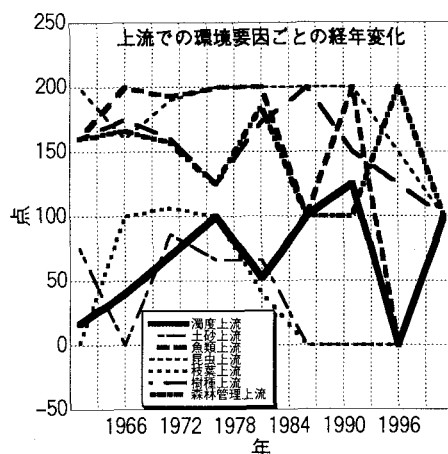
$$X = 100 - \frac{100a}{a+b+c} + \frac{100c}{a+b+c}$$

解析対象とした環境要因は、森林管理状況(良好), 樹種構成(多様), 水位・水量(多い), 降雨出水時の濁度回復(速い), 降雨出水時の枝葉流出(多い), 河床での土砂堆積量(多い), 魚類(多い)および昆虫(多い)であり、各項目において括弧内の状況を高い点数になるようにしてある。こうして得られる流域環境要因の時間変化の例を図-4に示す。水位・水量や生物生息状況(魚類, 昆虫)については、近年減る傾向にあり、樹種状態や森林管理状態についても点数が下がる傾向が見られるが、生物生息状況(鳥類, 植物), 降雨時の枝葉流下状況については逆に増える傾向が見られる。

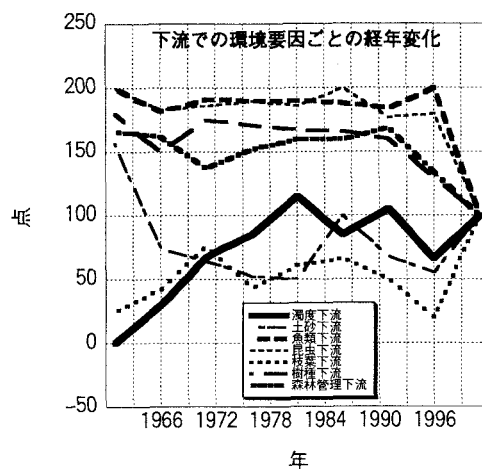
(3) 相互相関解析

アンケート調査では、年代を特定するだけでなく、流域内の場所についても回答が得られているため、上流域に位置する明宝村と下流域の八幡町の行政界によって流域を大きく上下の2つに分け、上述の様々な環境要因に関する経年変化を推定した。図-5は、特徴的な環境要因について、上流と下流それぞれの経年変化を示したものである。アンケート調査から得られるこうした時系列データの信頼性や妥当性を検証できるデータが存在すれば良いが、残念ながら、具体的にチェックできるデータが存在しないため、ここでは、時系列解析の結果からその妥当性を確認することにする。こうした時系列データに基づき、相互相関解析した結果を図-6に示す。

著者ら¹⁾による独自の水文・水質現地観測および流域内人間活動の影響解析結果によれば、解析対象流域での農業系, 生活系, 工業系などの人為的インパクトに関する原単位は小さくないものの、それらの影響面積が流域全体に対して1割程度であり、環境変化に寄与する要素としては、流域の9割の面積を占める森林が最も大きいのではという予想のもとに、森林状態に関わる要因について、応答関係を検討することにした。図-



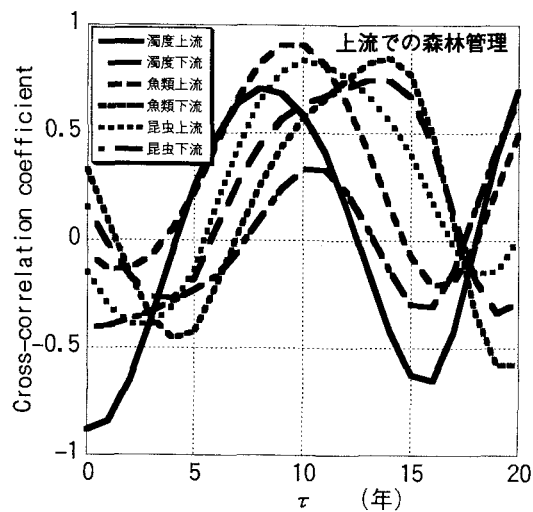
(a) 上流



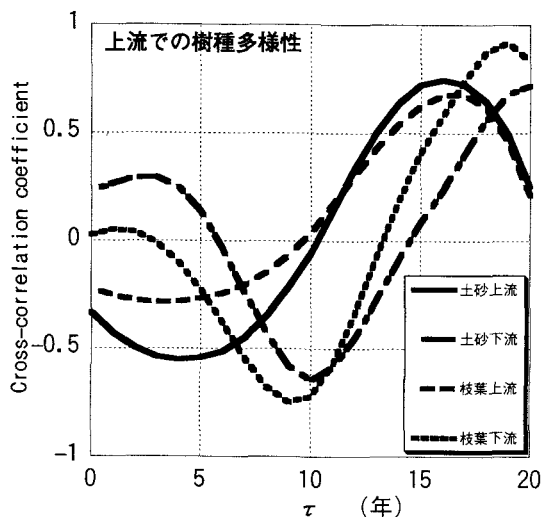
(b) 下流

図-5 環境要因ごとの経年変化

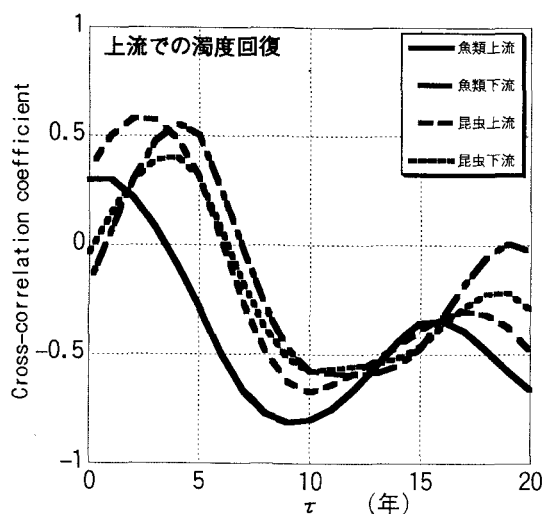
6(a)のクロスコレログラムでは、上流での森林管理状態が悪化すると、その8年および10年後にそれぞれ上流および下流での濁度回復が遅くなる傾向が現れている。また、森林管理状態に対して、上流および下流での昆虫生息数は10年および14年の遅れ時間で、上流および下流での魚類生息数は9年および14年の遅れ時間で、応答が現れている。図-6(c)の濁度回復状況に対するクロスコレログラムでは、上流・下流での昆虫生息数は2年・4年の応答遅れ、上流・下流での魚類生息数は1年・4年の応答遅れとなっている。これらのことから判断すると、上流での森林管理状態の低下に伴い、植生成長率が低下し、炭素や窒素などの物質固定能力の減少が引き起こされる²⁾。濁質は主として有機懸濁物により形成されているため、これにより降雨出水時の濁度回復が遅くなっていると予想される。また、近年の気温上昇および気候変動として顕在化してきている大雨の短期集中化と無降水期間の長期化によって、森林土壌の乾燥化と細粒土砂流出の顕著化が進み、濁度回復の遅延をもたらしていることも考えられる³⁾。アユの場合、水中浮遊土砂や懸濁物が長期間にわたり存在すると、これらがエサとする藻類に付着してしまうため、



(a) 上流での森林管理に対する応答



(b) 上流での樹種多様性に対する応答



(c) 上流での濁度回復に対する応答

図-6 環境要因ごとのクロスコレログラム

食物減少を招くことになる。また、細粒土砂の流出が進行すると、河床の浮き石の下や周りに土砂がヘドロ上に堆積し、水生昆虫が生息できる空間が消滅することになり、これに伴い、こうした昆虫をエサとするア

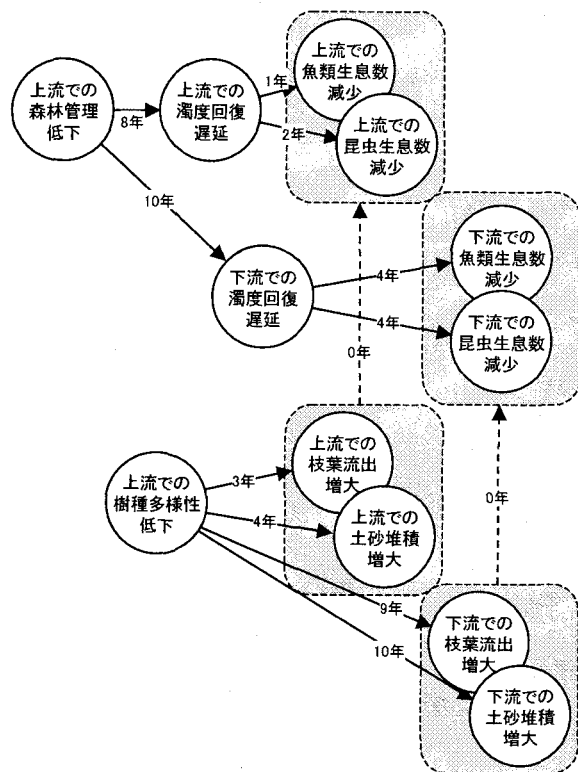


図-7 各種環境要因の応答関係

マゴやイワナなどの肉食魚類の減少を招くことになる。こうした結果として、河川に生息する昆虫や魚類が減少していると判断できる。

一方、上流での樹種多様性に対する応答関係(図-6(b))では、上流および下流での枝葉流出が3年および9年で、上流および下流での土砂堆積量が4年および10年で、クロスコレログラムのピークを示している。なお、こうした枝葉流出や土砂堆積と魚類および昆虫とは、応答ピーク0年で弱いながらの相関を示していることが確認されており、魚類や昆虫の生息に対して、森林からの流出物が影響を与えている可能性も否定できない。樹種多様性の低下は、具体的には落葉広葉樹を主とした天然林から常緑針葉樹を中心とした人工林への移行、すなわち植林に伴うものであり、植林作業時および直後の土砂流出度増大や枝葉増大が、こうした結果として表れているものと予想される。また、広葉樹に比べ針葉樹は蒸散量が大きく⁴⁾、人工林面積の増大に伴い、森林土壌の乾燥化を助長し、土砂流出が顕著になってきているとも考えられる。

以上の相互相関解析の結果を図-7にまとめて示す。河川における魚類や水生昆虫の生息には、濁度回復度を媒介として上流での森林管理状態が大きく影響を及ぼしており、上流では約10年、下流では約14年の遅れとなってその影響が現れる。また、魚類や昆虫の生息は、上流での樹種多様性低下に伴う河床の土砂堆積や枝葉流出にも影響を受け、上流では3〜4年後、下流では9〜10年後に生物への影響として顕在化している可能性がある。ただし、枝葉流出については、土砂流出の

顕著化とともに増大する傾向はあるものの、枝葉の流出に伴って、落葉・落枝中に付着している菌類が水中のプランクトン成長を促すことも考えられるため、魚類や水生昆虫類の生息に対して必ずしもマイナス要因となるとは限らず、この点については、今後の検討課題として残される。

4. 結語

以上、本研究では、住民の主観的な感覚としての環境状態をアンケート調査から抽出するとともに、この結果に基づき、定性的ながらも環境要因間の応答関係を見出す試みについて検討した。本研究による成果は次のように要約される。

- 1) アンケート調査結果を用いた相互相関解析の結果、魚類や水生昆虫などの生物生息状況と上流での森林状態とは、密接な関係を有していることがわかった。とくに、森林管理の低下は、濁度回復の長期化を媒介として、生物生息条件を悪化させていることが明らかになった。また、針葉樹を中心とする人工林の増大に伴う樹種多様性の低下も、土砂流出量を増大させ、魚類や昆虫の減少につながっている可能性が示唆された。
- 2) アンケート調査という主観的な情報であっても、時間と場所という比較対象を明確にすることにより、相対的な偏差として環境状態を数値化することが可能であり、これに基づく統計的な解析から、環境応答関係を推定することができることを示した。

本研究では、環境データの蓄積が十分でない流域を対象にして、複雑に絡み合う環境要因間の関係を外観的に把握し、今後の検討における基礎的知見集積を目的としたものであり、これだけで環境状態を明確に解明できるものではない。今後、本手法の有効な利用方法を検討していくことが望まれる。

謝辞：本研究の実施にあたり、アンケート調査にご協力いただいた明宝中学校、明宝小学校、口明方小学校、八幡小学校、川合小学校の方々、およびアンケートに回答していただいた全ての住民の方々に深謝の意を表す。また、本研究が平成11～13年度文部科学省科学研究費補助金・地域連携推進研究(1)「木曾三川のエコロジカル流域管理計画—流域生態系の物質循環機能を生かした流域環境管理システムの提案」(課題番号11794029, 代表・秋山侃岐阜大学流域圏科学研究センター教授)、平成11～14年度文部科学省科学研究費補助金・基盤研究(B)(2)「農林地および草原の持続的生産性評価のための指標作成」(課題番号11490015, 代表・秋山侃岐阜大学流域圏科学研究センター教授)および平成12～13年度文部科学省科学研究費補助金・基盤研究(C)(2)「リモートセンシング画像と植生データベースを用いた森林流域内窒素固定能の広域的評価」(課題番号80187369, 代表・篠田成郎岐阜大学流域圏科学研究センター助教授)の一部であることを付記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 篠田成郎, 福本圭子, 野田幸嗣, 亀原裕, 湯浅晶, 松井康雄: 流域環境要因の時系列解析による魚類生態系変化の検討—長良川支川吉田川流域を例として, 京都大学防災研究所年報, 第45号B, pp. 113–126, 2002.
- 2) S. Shinoda, K. Tsuduki, A. Yuasa, Y. Sato and K. Mano: Influence of the vegetation distribution on the mass balance of total nitrogen in a forested mountain watershed, *Jour. of Global Environment Eng.*, Vol. 5, pp. 127–137, 1999.
- 3) 篠田成郎: 気候変動による森林流域の変化—長良川支川吉田川流域を対象として, 第3回世界水フォーラム・プレフォーラム「気候変動による洪水・渇水への影響と対応に関するフォーラムin Gifu」実施報告書, pp. 55–61
- 4) 堤利夫: 森林の物質循環, 東京大学出版会, 1987.

(2003. 4. 11受付)