

第2節

濁水削減に向けた簡易モニタリングの試み

— 圃場観察と透視度調査 —

田中拓弥¹⁾、井桁明丈¹⁾ 山田佳裕²⁾、谷内茂雄¹⁾

1) 総合地球環境学研究所 2) 香川大学農学部

1. はじめに

本節では、比較的空間規模の小さな流域環境において、農業濁水の簡易な観測をおこなった結果を報告する。研究1では圃場の目視観察による濁水排出の概況を、研究2では小河川での透視度による濁水観測の結果を報告した。その上で、研究1及び研究2での方法を順応的管理におけるモニタリングで用いた状況を想定しながら、「農業濁水の削減」を目標とする環境管理計画について考慮すべき点を検討した。

1.1 滋賀県における濁水対策の経緯

これまで、滋賀県ではさまざまな農業排水対策がおこなわれてきた^{注1)}。

1979年に制定された「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」では、「農業に従事する者は、県内において、窒素・りん含有物を含む排水をみだりに公共用水域に排出しないよう、適正に肥料を使用し、および用水を管理しなければならない」とされた(21条)。この条例では罰則がなく努力義務にとどまっていたが、富栄養化防止に向けて農業排水の流出抑制を明示した点に、大きな意義があった。1980年、富栄養化防止条例の農業における具体的方策として示された「クリーン&リサイクリング農業」(滋賀県内務部)では、水田からの排水については田植え時期前後に集中的に対処すべきものとされた。1981年からは、全県での農業濁水に対する施策がはじまった。主要河川での濁度調査や排水路・河川における田植え時期前後での全窒素・全リンの濃度等の調査がおこなわれた。そして、こうした一連の事業や調査研究を通じて、代かき・田植え時期での指導啓発が重要であると結論づけられた。1985年の通知である「農業排水対策推進実施要綱」(滋賀県農林部)では、「代かき等による濁水の防止」を最重要点とすることが記されている^{注2)}。

もちろん、技術的開発もさまざまな取り組みが

試みられた。施肥法の開発・水田ハローを用いた代かき・無代かきでの田植え・畔塗りの改善・排水の反復利用・側条施肥田植機の導入・緩効性肥料の導入等が見られる。こうした対策は、現地調査や栽培試験をおこないながら検討されて、実地での導入が進められてきた。さらに、集落ぐるみでの環境調和型農業の実践や「みずすまし構想」という住民参加型の取り組みもおこなわれた。

2003年(平成15年)に「滋賀県環境こだわり農業推進条例」が施行された。この条例に基づく『環境こだわり農産物認証制度』では、環境負荷削減型の農業による生産物が、「環境こだわり農産物」として認証される。「環境こだわり農産物」というラベルを付すことで、環境へ配慮した農業に関心の高い消費者が識別できるようになった。生産者から消費者にいたる全体が、環境を意識した農業を支援する社会的仕組みを作り上げ、その結果として、面源負荷削減を実現していく制度だと考えられる。

環境こだわり農産物として認定されるためには、栽培基準を満たす必要があり、「水稻」に関しては、①化学合成農薬および化学肥料の使用量基準、②たい肥その他の有機質資材の適正使用、③琵琶湖・周辺環境への負荷削減技術の実施、の各項目を満たすことが条件とされている。このうち③の細目には、「周辺環境に配慮した農薬の使用」や「農業用使用済みプラスチックの適正処理」と並んで、「水田からの濁水の流出防止」が条件として含まれている。

滋賀県では、こうした全県を対象とした取り組みに加えて、湖東地域の宇曾川流域を対象とした対策もおこなわれてきた。代かき・田植え時期の濁水の様子がよく報じられる宇曾川では、アユの遡上阻害やエリ漁の漁網への土壌粒子の付着といった農業濁水の被害が漁業者によって指摘されていた。宇曾川流域での濁水防止の取り組みは、1985年以降、さまざまな啓発活動や実践活動がお

こなわれており、現在でも、宇曾川流域での農業濁水対策事業がおこなわれている。

1.2 簡易な観測手法の必要性 ー地域の個性に対応するためにー

前項で述べたように、滋賀県では1980年代から2000年にかけて、①農家の意識向上のための啓発、②圃場への肥料・農薬の投入量の削減、③圃場から流出する経路・機会の防止、④圃場から流出した濁水の琵琶湖への流入防止、といった施策がおこなわれてきた。農業排水の発生源から琵琶湖に流入する過程の諸段階へ対策を用意して、それらの「総和」によって琵琶湖への流入負荷削減を実現しようとする考え方である。

今後、農業濁水の発生流出をさらに削減していくためには、広く適用できる汎用的削減策の普及を促していく一方で、地域の個性に対応したきめ細かい削減技術を開発していく必要がある。濁水削減のための対策メニューが増えた場合には、適用可能な方法を均等に実践するのではなく、その地域の個別状況下でより効果的な方法を見つけ出していくことが求められる。

また、新たな対策を考案したり、既存の対策に修正を加えることによって、その地域の天候・地形などの自然環境や農地・水路などの条件、社会的・経済的状况に見合った「対策」を独自に導く場合も考えられる。対策の適切な組み合わせを見つけ出す場合と同様に、地域の自然・社会的環境に対応した「対策（及び、その組み合わせ）」を独自に導く場合にも、実施した削減策の効果を個別に把握する必要がある。

ところで、このように個別性を重視した取り組みでは、その地域で長年農業をおこなって豊富な経験を持つ農家の存在がこれまでに増して重要になる。濁水削減技術についてすでに豊富な知識を有している農家は、削減策の修正・考案やその有効性を検討する場への参加が期待される。これらの人々の積極的な関わりを得るためにも、簡易な方法によって具体的にわかりやすい結果を得ることは重要である。

また、主要な河川や湖沼をモニタリングの対象としてきた行政機関は、人員や時間に限りがあり、各地域での対策効果の把握をすべて担うことは難しい。先に述べたミクロな地域での対策効果の把握を現実的なものとするひとつの方法は、対策を実施した主体が自らで効果を把握できるような簡

易な手法を作り出すことである。もちろん、ミクロな地域の農家・組織がモニタリングに投じることのできるコストは多くはないため、少ない手間や費用で実施可能な手法が求められる。

1.3 小括

多様な自然環境・社会環境の流域において、濁水削減をおこなっていく中で、個性に対応した方法を導き出すことが今後ますます求められる。したがって、個別の状況下での効果確認が必要になるが、行政機関・研究機関等のみでミクロレベルでの効果確認を担うことは難しいため、農家を含めた多くの人々が実施できる条件を整えることが求められる^{注3)}。そのような条件整備のひとつが低コストで簡易な手法の開発である。また、各地の現場で経験豊富な農家が、対策検討の場に参加できるためには、わかりやすい結果を得られることが望まれる。これらの理由から、農業濁水削減効果を理解するための簡易でわかりやすい観測方法が必要である。

2. 田面水と排水の目視観察による簡易モニタリング ー研究1ー

この項では、圃場の目視観察の結果から、稲枝地域における濁水流出状況について報告する。

2.1 調査方法

①調査地及び調査期間

滋賀県彦根市の稲枝地区に設けた5箇所の調査サイト（排水系統エリア）において、2004年（平成16年）と2005年（平成17年）の代かき・田植え期に、圃場の目視観察調査をおこなった^{注4)}（図1参照）。目視観察は、調査サイトの108の圃場を対象とした。観察期間は、揚水ポンプ開始日から田植え終了の確認日までとした。2004年には4月21日から6月1日の12回、2005年には4月22日から5月25日の12回観察した（表1）。

すべての調査サイトでは、排水路の両側に圃場が連なっており、各々の圃場にある排水口の反対側から、パイプラインを経由した農業用水（琵琶湖からポンプアップ）が供給されている。このような構造を持つため、各調査サイトの排水路に沿って歩くことで、田面と排水を効率的に観察することが可能であった^{注5)}。表2に5つの調査サイト（排水系統エリア）について概況を説明した^{注6)}。

②目視観察による調査項目及び観察結果の変換

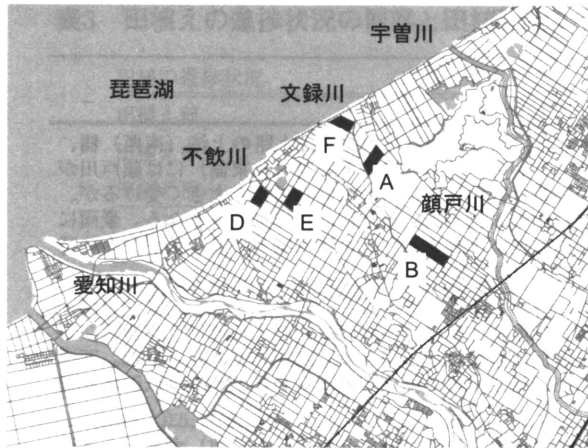


図1 調査サイトの位置

調査サイトでは、各圃場について農作業の段階（田植えの進行状況）と田面水・排水の状態を目視観察した^{注7)}。それぞれの調査日における各圃場での観察内容は、以下の手順で変換した。

目視観察項目1 田植えの進捗

田植えの進行状況を観察して、田植え前／田植え中／田植え済みの3段階に分けた^{注8)}。目視観察の内容は、表3の規則で変換して「田植え度」とした。

目視観察項目2 田面水の多さ

田面水の水量を把握するために、田面が水で覆われている面積の割合を目視で観察した。圃場がまったく水で覆われていない状態を0.0、圃場の田面がすべて水に覆われた状態を1.0、それらの中間段階を0.1～0.9として、11段階（0.0 / 0.1 / 0.2 / 0.3 / 0.4 / 0.5 / 0.6 / 0.7 / 0.8 / 0.9 / 1.0）で評価した。

現場で観察した結果を、表4の規則で変換して「水被覆度」を求めた。水被覆度は、田面がかなり水で覆われている（0.7～1.0）場合には1.0、田面がほどほどに水で覆われている場合（0.4～0.6）には0.5、田面があまり水で覆われていない場合（0.0～0.3）には0.0とした^{注9)}。

目視観察項目3 田面水の濁り

圃場の田面水を目視観察して、田面水の濁りを、濁っている／やや濁っている／濁っていないの3段階に分けた。この観察結果を、表5の規則で変換して、田面水の「にごり度」を求めた。田面水のごり度は、濁っている場合には1.0、やや濁

表1 調査期間の祝休日及び降水量（彦根気象台）

調査地域における灌漑用水の送水開始は2004年4月21日、2005年4月22日であった（愛西土地改良区資料による）。降水量(mm)は、彦根（滋賀）での観測値である。表で、“-”は降雨がなかったことを、“0.0”は、降雨はあったが、0.5mm未満であったことを示す。目視調査は表中の*を付した日に実施した。

日	2004年		2005年	
	曜日	降水量	曜日	降水量
4月18日	日	-	月	-
4月19日	月	34.0	火	-
4月20日	火	5.0	水	12.5
4月21日	水	- *	木	0.0
4月22日	木	-	金	1.5 *
4月23日	金	0.5	土	0.5
4月24日	土	1.5 *	日	-
4月25日	日	-	月	-
4月26日	月	0.0	火	1.5 *
4月27日	火	14.5 *	水	-
4月28日	水	3.0	木	-
4月29日	木/祝	- *	金/祝	- *
4月30日	金	-	土	0.0
5月1日	土	- *	日	29.5 *
5月2日	日	-	月	0.0
5月3日	月/祝	0.0 *	火/祝	- *
5月4日	火/祝	44.5	水/祝	-
5月5日	水/祝	0.0 *	木/祝	- *
5月6日	木	-	金	15.0
5月7日	金	-	土	35.0 *
5月8日	土	- *	日	-
5月9日	日	13.5	月	-
5月10日	月	34.5	火	0.0 *
5月11日	火	1.5	水	-
5月12日	水	-	木	7.5
5月13日	木	19.5	金	0.0 *
5月14日	金	0.5	土	-
5月15日	土	4.5 *	日	0.0
5月16日	日	75.5 *	月	- *
5月17日	月	8.5	火	-
5月18日	火	-	水	0.0
5月19日	水	7.5 *	木	0.0
5月20日	木	33.0	金	- *
5月21日	金	10.5	土	-
5月22日	土	0.0	日	7.5
5月23日	日	0.0 *	月	7.5
5月24日	月	-	火	1.0
5月25日	火	-	水	0.0 *
5月26日	水	-	木	-
5月27日	木	-	金	-
5月28日	金	-	土	-
5月29日	土	0.0	日	-
5月30日	日	0.0	月	0.0
5月31日	月	6.5	火	0.0
6月1日	火	1.0 *	水	-
6月2日	水	-	木	1.5

出典：水土里ネット愛西（愛西土地改良区）資料
気象庁ウェブサイト（電子閲覧室）
<http://www.data.kishou.go.jp/index.htm>

表2 調査サイトの概況

調査サイト	概況
A	A町にある排水系統エリアであり27圃場ある。中央の排水路に沿う道路はないが、排水路の上流（南西）側、右岸（南東）側、左岸（北西）側にはそれぞれ道路が接している。当エリアの下流側（北東側）には顔戸川が流れており、排水路は直接顔戸川に流入する。この水路の排水能力は顔戸川の水位の影響を大きく受けるが、顔戸川河口に近い琵琶湖の水位の影響も大きい。顔戸川の水位が高い場合には、排水不良となる。豪雨により極端に水位が高い場合には、畦畔が水没するまで水路水位が上昇する。排水路末端との高低差が少ない時には、魚が遡上する。2004年と2005年ともに、全圃場で稲作がおこなわれた。
B	B町の排水系統エリアであり65圃場ある。中央の排水路に沿って舗装道路がある。当エリアの下流側（北西）、右岸側（北東）には道路がある。また、上流（南東）側には県道2号線（いわゆる朝鮮人街道）、が通る。このエリアからの農業廃水は不飲川へ流入する。排水路の断面は全般にしっかりとした矩形であり、また、下流側での滞留があまり目立たない。2004年には当エリアの65圃場すべてで稲作がおこなわれ、2005年は、上流側28圃場で稲作が、下流側では麦作がおこなわれた。
D	D町にある排水系統エリアであり、21圃場ある。中央の排水路の左岸側に沿って農道（未舗装）がある。下流側（北東）に不飲川が、上流側・右岸側・左岸側を取り囲むように農道がある。当エリアの下流側（北東側）には不飲川が流れており、排水路はヒューム管を通じて直接不飲川に流入する。この水路の排水能力は不飲川の水位の影響を大きく受けるが、不飲川下流域の水位は、琵琶湖の水位の影響が大きい。琵琶湖の水位が高い場合には、先のヒューム管は不飲川水面下に没する。砂質の性質が強く、侵食が激しいため、畦畔侵食防止のための種々の工夫が見られる。2004年には全圃場で稲作が、2005年には、右岸側11圃場で稲作が、左岸側10圃場で麦作がおこなわれた。
E	E町（下流側一部は隣町）に位置する排水系統エリアであり24圃場ある。中央の排水路の左岸側に沿って未舗装の農道がある。上流側（南西）に不飲川が流れ、上流側・右岸側・左岸側を取り囲むように未舗装の農道がある。当エリアの下流側（北東側）には、神上沼へ向かう幹線水路が流れており、当エリア下流部分の排水は、この幹線水路に直接流入する。また、排水路上流の上端付近には可動式の水門があり、これが常時開放されている。下流側の1圃場で2004・2005年ともに稲作がおこなわれた。
F	F町にある排水系統エリアであり、21圃場ある。中央の排水路の沿った農道はないが、上流側・右岸側・左岸側を取り囲むように農道がある。下流側（北東）には湖周道路に沿う水路がある。この水路の水は、全体に滞留しているか、あるいは、南西方向もしくは北東方向へ非常にゆっくりとした流れが見られる。排水路の下流側には可動式の水門があり、さらに水路内末端に土壌を積んで排水路内部の水流を調節している。2004年は21の全圃場で稲作が、2005年には、下流側の2圃場で麦作、残りの19圃場で稲作がおこなわれた。

っている場合には0.5、濁っていない場合には0.0、と置き換えた。

目視観察項目4 排水の多さ

排水量の多さを目視で観察した。排水パイプからまったく水が流出していない状態を0.0とし、排水パイプの断面全体から激しく流出している場合（強制落水等）を1.0とした。11段階（0.0/0.1/0.2/0.3/0.4/0.5/0.6/0.7/0.8/0.9/1.0）で評価した。複数箇所からの排水については、その場で排水口がひとつの場合に置き換えた。

現場で観察した結果を、表6の規則で変換して「流出度」を求めた。排水の流出度は、排水が出ていた場合（排水の多さが0.2～1.0）には1.0、排水がほとんど出ていなかった場合（排水の多さが0.0～0.1）には0.0と置き換えた。

目視観察項目5 排水の濁り

圃場の排水を目視観察して、排水の濁りを、濁っている/やや濁っている/濁っていないの3段階に分けた。この観察結果を、次表の規則で変換して、排水の「にごり度」を求めた。排水のにご

り度は、濁っている場合には1.0、やや濁っている場合には0.0、濁っていない場合には0.0、とした。

濁水被覆度と濁水流出度の計算

圃場における水被覆度と（田面水の）にごり度の積を、その圃場の「濁水被覆度」とした。また、圃場における流出度と（排水の）にごり度の積を、その圃場の「濁水流出度」とした。すべての圃場について、濁水被覆度と濁水流出度を求めた。

2.2 結果

2.2.1 調査サイト全体での田植え・田面水・排水の状態推移

調査サイトの圃場群全体における田植え・田面水・排水の状態推移を見るため、以下の要領で、田植済み圃場数（率）、水被覆圃場数（率）、濁水被覆圃場数（率）、濁水流出圃場数（率）を調査日ごとに求めた。

田植え済み圃場数及び田植え済み圃場率：各圃場の田植え度を、調査サイト全体（108圃場）で合計した値を「田植え済み圃場数」とした。また、

表3 田植えの進捗状況の観察と田植え度

田植えの進捗状況	田植え度
田植え前	0.0
田植え中	0.5
田植え済み	1.0

表4 田面水の多さの観察と水被覆度

水で覆われた田面の割合	水被覆度
0.0, 0.1, 0.2, 0.3	0.0
0.4, 0.5, 0.6	0.5
0.7, 0.8, 0.9, 1.0	1.0

表5 田面水の濁りの観察と(田面水の)にごり度

田面水の濁りの程度	にごり度
濁っていない	0.0
やや濁っている	0.5
濁っている	1.0

表6 排水の多さの観察と流出度

排水の流出量	流出度
0.0, 0.1	0.0
0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0	1.0

表7 排水の濁りの観察と(排水の)にごり度

排水の濁りの程度	にごり度
濁っていない	0.0
やや濁っている	0.0
濁っている	1.0

「田植え済み圃場数」を圃場総数(108)で除した値を、「田植え済み圃場率」とした。たとえば、108圃場全体の中で、「田植え前」の圃場が42、「田植え中」の圃場が12、「田植え済み」の圃場が54あるとすれば、調査サイト全体における「田植え済み圃場数」は、 $60 (= 0.0 \times 42 + 0.5 \times 12 + 1.0 \times 54)$ であり、田植え済み圃場率は55.6% ($= 60 / 108 \times 100$)となる。

水被覆圃場数及び水被覆圃場率：各圃場の水被覆度を、調査サイト全体(108圃場)で合計した値を「水被覆圃場数」とした。また、「水被覆圃場数」を圃場総数(108)で除した値を、「水被覆圃場率」とした。

濁水被覆圃場数及び濁水被覆圃場率：各圃場の濁水被覆度を、調査サイト全体(108圃場)で合計した値を「濁水被覆圃場数」とした。また、「濁水被覆圃場数」を圃場総数(108)で除した値を、「濁水被覆圃場率」とした。

濁水流出圃場数及び濁水流出圃場率：各圃場の濁水流出度を、調査サイト全体(108圃場)で合計した値を「濁水流出圃場数」とした。また、「濁水流出圃場数」を圃場総数(108)で除した値を、「濁水流出圃場率」とした。

以上の結果を示す。2004年の田植済み圃場数(率)・水被覆圃場数(率)・濁水被覆圃場数(率)・濁水流出圃場数(率)の推移を表8で示した。また、2004年における田植済み圃場率・水被覆圃場率・濁水被覆圃場率・濁水流出圃場率の推移を図2で示した。さらに、2005年について、同様の内容を表9と図3で示した。

表8 調査サイトの全圃場での田植え・田面水・排水の状態推移(2004年)

		2004年4月21日	2004年4月24日	2004年4月27日	2004年4月29日	2004年5月1日	2004年5月3日	2004年5月5日	2004年5月8日	2004年5月15日	2004年5月19日	2004年5月23日	2004年6月1日
田植済み圃場	数	0	0	1	13	20	60	71	84	93	100	108	108
	百分率(%)	0.0	0.0	0.9	11.6	18.1	55.1	65.3	77.8	86.1	92.6	100.0	100.0
水被覆圃場	数	5	22	51	77	80	80	88	91	93	98	100	103
	百分率(%)	4.2	19.9	47.2	70.8	74.1	73.6	81.5	84.3	86.1	90.7	92.6	94.9
濁水被覆圃場	数	4	14	38	66	63	60	47	33	58	31	15	12
	百分率(%)	3.7	13.0	34.7	60.6	57.9	55.1	43.1	30.8	53.2	28.9	14.1	11.3
濁水流出圃場	数	1	5	10	7	13	13	15	0	2	5	1	0
	百分率(%)	0.9	4.6	9.3	6.5	12.0	12.0	13.9	0.0	1.9	4.6	0.9	0.0

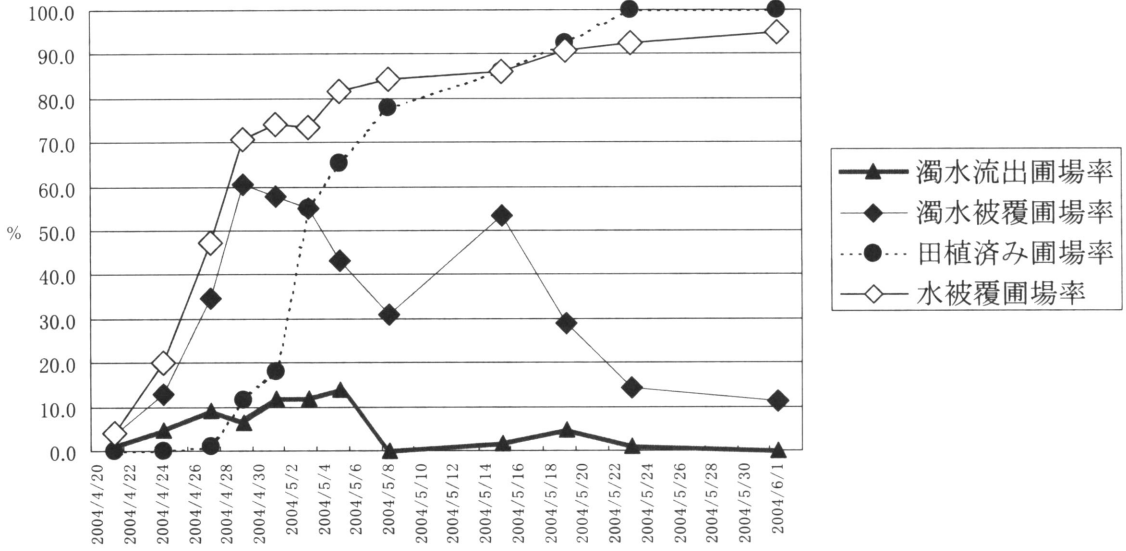


図2 調査サイトの全圃場での田植え・田面水・排水の状態推移 (2004年)

表9 調査サイトの全圃場での田植え・田面水・排水の状態推移 (2005年)

		2005年 4月22日	2005年 4月26日	2005年 4月29日	2005年 5月 1日	2005年 5月 3日	2005年 5月 5日	2005年 5月 7日	2005年 5月10日	2005年 5月13日	2005年 5月16日	2005年 5月20日	2005年 6月23日
田植済み圃場	数	0	0	2	25	58	87	88	100	104	106	106	108
	百分率 (%)	0.0	0.0	1.9	22.7	53.7	80.6	81.0	92.6	96.3	98.1	98.1	100.0
水被覆圃場	数	8	47	80	84	89	93	100	97	103	105	108	105
	百分率 (%)	6.9	43.5	73.6	77.8	81.9	85.6	92.6	89.8	95.4	97.2	99.5	97.2
濁水被覆圃場	数	0	28	51	59	59	32	45	33	31	22	5	10
	百分率 (%)	0.0	25.9	46.8	54.6	54.9	29.9	41.4	30.1	28.2	20.6	4.6	9.3
濁水流出圃場	数	0	3	6	10	11	2	9	3	2	0	0	0
	百分率 (%)	0.0	2.8	5.6	9.3	10.2	1.9	8.3	2.8	1.9	0.0	0.0	0.0

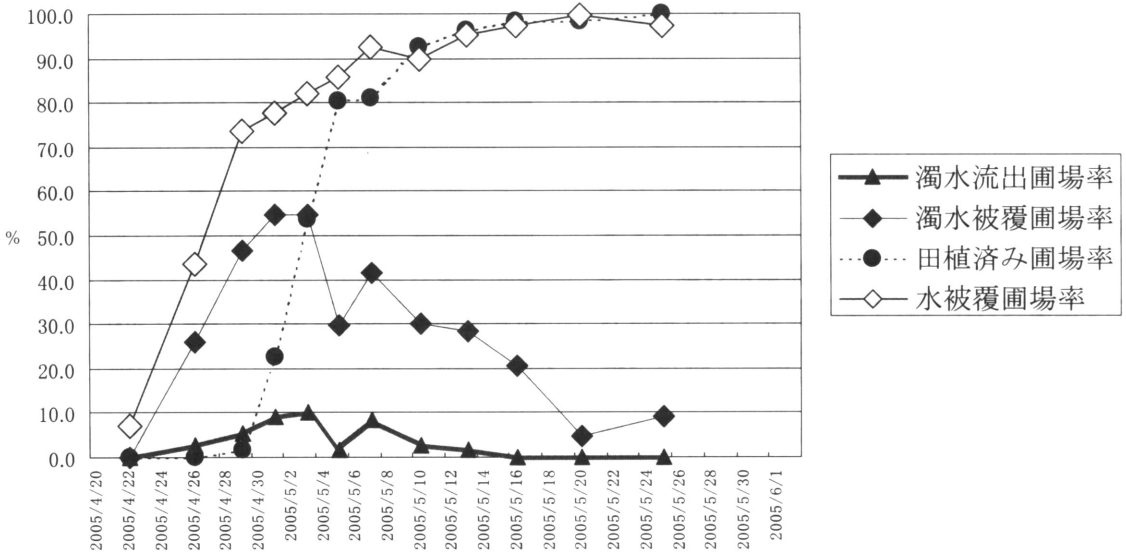


図3 調査サイトの全圃場での田植え・田面水・排水の状態推移 (2005年)

2.2.2 圃場別に見た濁水流出度

本調査では、2004年と2005年の代かき・田植え時期に、圃場（108）を12回（12日）目視観察している。そこで、圃場別の濁水流出度の累計値を各年と両年について求めて、「累積濁水流出度」とした。たとえば、2004年の場合であれば、4月21日から6月1日にいたる調査期間の各回の観察結果より各圃場の濁水流出度を求めているが、すべての調査日に得られた濁水流出度を総計することによって、圃場別の累積濁水流出度を計算した。同様の計算を、2005年の12回の調査、両年（2004年と2005年）の24回の調査についても圃場別におこなった。その上で、2004年の累積濁水流出度別の圃場数、2005年の累積濁水流出度別の圃場数、両年の累積濁水流出度別の圃場数を求めた。

2004年では、108圃場全体のうち、累積濁水流出度が0である圃場が58見られた。他に、累積濁水流出度別の圃場数は、1である圃場が34、2である圃場が11、3である圃場が4、4である圃場が1であった。また、2005年の調査期間中（12回観察したうち）における累積濁水流出度は、0である圃場が69、1である圃場が33、2である圃場が5、3である圃場が1であった。2004年の累積濁水流出度の総計（108圃場）は72であり、2005年の46に比較すると、26減少した。ただし、個々の圃場を見ると、前年に比べて濁水流出度が増加した場合と減少した場合に分かれた。

また、累積濁水流出度別の圃場数を調査サイトごとに集計した結果が、表11である。いずれの調査サイトにおいても、2004年に比べて、累積濁水流出度の多い圃場が減少している。そして、いずれの調査サイトにおいても、濁水流出がほとんど観察されなかった圃場が多く見られた。

表10 累積濁水流出度別の圃場数
(2004年と2005年のクロス表)

		累積濁水流出度（2005年）					計
		0	1	2	3	4	
累積濁水 流出度 (2004年)	0	37	18	3			58
	1	23	10	1			34
	2	8	2	1			11
	3	1	2		1		4
	4		1				1
	計	69	33	5	1	0	108

2.3 考察

2.3.1 代かき・田植え時期におけるフェーズ

2004年の圃場の状態推移（表8・図2）、2005年の圃場の状態推移（表9・図3）の結果から、若干の考察をおこなう。両年では細部の違いはあるが、共通する点が見られた。2004年・2005年の調査サイトでの田植えは、4月下旬から5月下旬にかけておこなわれた。また、濁水流出は、4月下旬から5月上旬に大きなピークが、また、5月中旬に小さなピークがあった。そして、調査サイト全体の圃場の状態推移においては、両年に共通して、以下の4つのフェーズが見られた。

水入れ期：圃場への水入れがおこなわれる段階。2004年の4月21日から4月29日に至る期間と2005年の4月22日から4月29日に至る期間が相当する。揚水ポンプの稼働がはじまり、約1週間で当地区の約7割の圃場に水が入る。水入れの進行と同時に、圃場における濁水の貯留（濁水被覆度の増加）が進んでいくが、これは水入れに続く代かき作業による。この時期から濁水の排出は徐々に始まる。また、田植え作業はこのフェーズの終盤に開始される。

田植え前期：田植え期間の前半。2004年の4月29日から5月3日に至る期間、2005年の4月29日から5月3日に至る期間が相当する。この時期には、大規模農家が耕作する圃場を除いて多くの圃場での代かきが終了しており、田植えが本格的におこなわれる。この時期の水被覆圃場数は70～80%で推移しており、全般に水は浅く保たれている。濁水被覆圃場数は調査期間中では比較的高い状態にある。同時に、濁水流出圃場が多くなる。これは、田植えに先立ってかけ流し・強制落水がおこなわれたり、田植え直後（田面水は非常に濁っている）のかけ流しや落水によって排出されたためと考えられる。

田植え後期：田植え期間の後半。2004年の5月3日から5月8日に至る期間、2005年の5月3日から5月10日に至る期間が相当する。地域の田植えは前期と同じく、急激なスピードで進行する。この期間が終わるまでに、地域の80～90%の圃場で田植えが済まされる。田面水の水位の高い圃場がさらに増加する一方で、田面水が濁っている圃場は減少していく。地域全体として見ると、田植え後期には代かきはおこなわれていないが、濁水を排出する圃場は存在している。これには、田植え後のかけ流しや落水による流出も含まれている。

表11 調査サイトにおける累積濁水流出度別の圃場数

		累積濁水流出度							計	
		0	1	2	3	4	5	6		
A	2004年	圃場数	15	5	6	1	0	0	0	27
		百分率 (%)	55.6	18.5	22.2	3.7	0.0	0.0	0.0	100.0
	2005年	圃場数	15	10	2	0	0	0	0	27
		百分率 (%)	55.6	37.0	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	両年	圃場数	9	9	4	3	2	0	0	27
		百分率 (%)	33.3	33.3	14.8	11.1	7.4	0.0	0.0	100.0
B	2004年	圃場数	14	12	0	1	1	0	0	28
		百分率 (%)	50.0	42.9	0.0	3.6	3.6	0.0	0.0	100.0
	2005年	圃場数	17	10	1	0	0	0	0	28
		百分率 (%)	60.7	35.7	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	両年	圃場数	7	16	3	0	1	1	0	28
		百分率 (%)	25.0	57.1	10.7	0.0	3.6	3.6	0.0	100.0
D	2004年	圃場数	7	4	0	0	0	0	0	11
		百分率 (%)	63.6	36.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	2005年	圃場数	9	2	0	0	0	0	0	11
		百分率 (%)	81.8	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	両年	圃場数	7	2	2	0	0	0	0	11
		百分率 (%)	63.6	18.2	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
E	2004年	圃場数	12	7	3	1	0	0	0	23
		百分率 (%)	52.2	30.4	13.0	4.3	0.0	0.0	0.0	100.0
	2005年	圃場数	14	7	1	1	0	0	0	23
		百分率 (%)	60.9	30.4	4.3	4.3	0.0	0.0	0.0	100.0
	両年	圃場数	8	6	8	0	0	0	1	23
		百分率 (%)	34.8	26.1	34.8	0.0	0.0	0.0	4.3	100.0
F	2004年	圃場数	10	6	2	1	0	0	0	19
		百分率 (%)	52.6	31.6	10.5	5.3	0.0	0.0	0.0	100.0
	2005年	圃場数	14	4	1	0	0	0	0	19
		百分率 (%)	43.7	21.1	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	両年	圃場数	6	8	4	1	0	0	0	19
		百分率 (%)	31.6	42.1	21.1	5.3	0.0	0.0	0.0	100.0
計	2004年	圃場数	58	34	11	4	1	0	0	108
		百分率 (%)	53.7	31.5	10.2	3.7	0.9	0.0	0.0	100.0
	2005年	圃場数	69	33	5	1	0	0	0	108
		百分率 (%)	63.9	30.6	4.6	0.9	0.0	0.0	0.0	100.0
	両年	圃場数	37	41	21	4	3	1	1	108
		百分率 (%)	34.3	38.0	19.4	3.7	2.8	0.9	0.9	100.0

湛水期：2004年の5月8日から6月1日に至る期間、2005年の5月10日から5月25日に至る期間が相当する。田面水は高い状態にあるが、濁水が貯留されている圃場（濁水被覆度）はさらに減少していく。このフェーズの初期には、田植えの終わっていない圃場が全体の20%近くを占めている。これらの圃場の田植えは、5月下旬にかけてゆるやかなペースで進行していくが、大規模農家が、よ

り長い田植え期間を設けているためと思われる。

状態推移のグラフから、田面水の濁りが増すと、濁水の流出も多くなる傾向が見て取れる。図4は、調査日ごとの濁水被覆圃場数と濁水流出圃場数より作成した散布図である。2変数の回帰式（Y切片を0と設定した）を求めると〔濁水流出圃場数〕 $=0.1538 \times$ 〔濁水被覆圃場数〕（ $R^2=0.7788$ ）である。調査サイト全体では、濁った田面水で覆わ

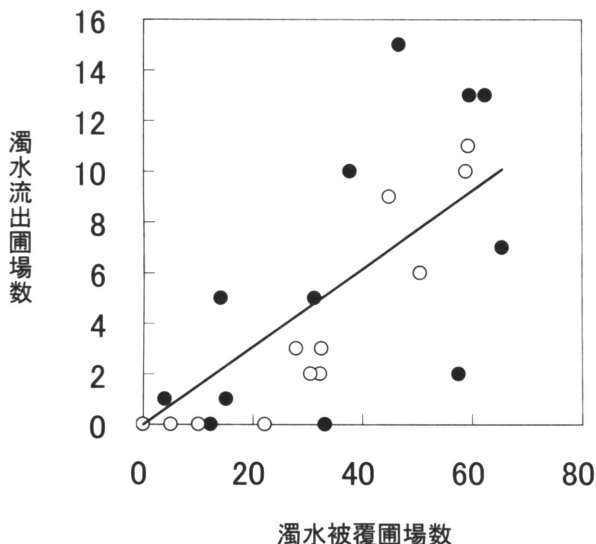


図4 濁水被覆圃場数と濁水流出圃場数の関係

黒丸は2004年、白丸は2005年のデータをあらわす。回帰式は、2年間のデータから求めた。

$$[\text{濁水流出圃場数}] = 0.1538 \times [\text{濁水被覆圃場数}] (R^2 = 0.7788)$$

れた圃場が増加するほど、濁水の流出する圃場が増加している。

また、各年における調査サイトの状態推移のグラフでは、田植え時期と濁水流出のピークが重なっているため、圃場の田植え作業の進行と濁水流出状況の関係が判然としない。そこで、それぞれの年について、全ての調査圃場における濁水流出度を田植え前と田植え後に分けて集計した。その結果を図で示したのが図5である。この図では、流出度へ変換する前の「排水の流出量の程度」の内訳を示した。このグラフからは、従来言われるように、田植え前（代かき期）に多く見られ流出の程度も大きいことと同時に、田植え後にも田植え前の1/3～1/2程度の濁水流出が規模は小さいながらも生じていることがわかる。

2.3.2 降水量が及ぼす影響について

調査の結果、2005年の濁水流出圃場数（計46）は、2004年の濁水流出圃場数（計72）よりも少なかった。また、2005年には、累積濁水流出度の高い圃場数が、2004年時よりも減少していた。現地での観察から、代かき後、あるいは、田植え直後の降雨が、圃場からの濁水流出を促すと考えられた。実際に、彦根気象台における2005年の4月・5月の月降水量は、2004年のそれを大きく下回っており、代かき・田植え期間にわたる降水量の多さ

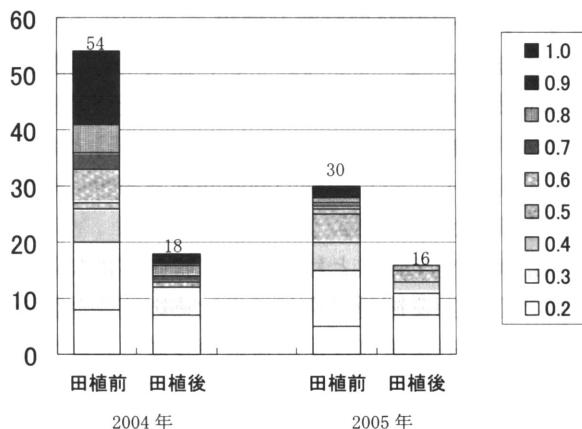


図5 田植え前と田植え後の濁水流出度

目視による排水流出量（表6）での小計ごとに色分けした。また、田植え中の濁水流出度は田植え後のものに含めた。

表12 2004年及び2005年の4月・5月の月降水量

	（単位：mm）	
	2004年	2005年
4月	89.5	41.0
5月	260.0	103.0

が濁水流出を促している可能性を示唆している。ただし、2004年と2005年の各調査日及び直前日の降水量（表1参照）からは、両年には明瞭な違いは見られなかった。降水量及び降雨の濁水流出に対する影響については、今後の課題である。

2.3.3 調査サイトにおける濁水流出圃場

調査結果の圃場ごとの集計から、調査サイトの全圃場は、濁水が流出した圃場（累積濁水流出度が1以上）と濁水流出していない圃場（累積濁水流出度が0）に分けられた。また、5箇所の調査サイト別での集計でも、濁水が流出した圃場と流出していない圃場に分けられた。後述するように、濁水流出の実態はそのすべてを目視観察によって把握できるわけではないが、圃場・畦畔の土質や圃場整備後の経過年数などの条件が類似しているミクロスケールの地域内部においても、濁水流出防止に成功した圃場とそうではない圃場が並存している点は注目すべきである。濁水流出防止に成功した圃場においては、その土地ならではの流出防止の知識が具現化したものと考えれば、そのミクロナ地域での成功例から流出防止の知識を学ぶことが重要であると考えられる。

2.4 小括—研究1の結論と課題—

これまでに述べてきたように、圃場を目視観察することによって各圃場やマイクロな調査サイトの濁水流出状況について多くの情報を得ることができる。しかし、いくつかの課題があるので、それについてここで述べよう。

はじめに言えることは、実際には恒常的に濁水を排出している圃場であっても、その流出状況を見落としている可能性があるということだ。たとえば、田面の穴から地下（暗渠パイプ横の隙間等）を経由して直接河川へ流出しているケースが考えられる。このような場合には、目視によって濁水流出を捉えることができないだろう。

また、今回おこなった調査方法は、限られた回数に限られた時間での観察であるため、その観察時に起きていない濁水排出を観察することができない。たとえば、強制落水の圃場実験では、濁水流出時間は最大20時間であった^{注10)}。したがって、大規模な濁水流出の場合であっても、その流出は1日（24時間）以内で終わるため、毎日観測していないと見落としている可能性がある。現実には、圃場からの濁水排出時間や排出回数はさまざまであると考えられるため、未確認の濁水排出がどれくらいあるのか推定することは困難であるが、濁水排出が観察されなかった圃場（累積濁水流出度が0）であっても、観察のタイミングが合わずに目視できなかったにすぎない圃場が含まれていることは想定しておくべきである。特に強制落水のように排出時間が短い場合には、見落としている可能性が高いと考えられる。

さらに、田面水の被覆度、排水の流出度、田面水・排水の濁りの程度などは、すべて目視による判断である。多くの人が参加してこの手法を用いる場合には、各人の判断基準に違いがあると考えられる。したがって、観察者同士が交流して、互いの目視観察の質を揃えていく必要があるが、仮に十分に交流した場合であっても、目視観察の質を厳密に整えることは難しいだろう。目視観察による判断の違いが許容される状況下でのみ、今回のような方法は用いられるべきである。

以上のように、目視観察の結果は、注意して解釈しなくてはならない。しかし、それにもかかわらず、同じ排水系統や同じ集落の圃場を耕作する農家同士が濁水削減策やその効果についてコミュニケーションする機会は、マイクロな地域内部において個別の農家が集積している濁水流出防止の知

識・技術を総合化し、より効果的な削減策を発見していく意義があり、有益だと言えるだろう。

3. 小河川の透視度による簡易モニタリング—研究2—

この項では、透視度計による小河川の観測結果と、そこから求めた透視度とSSの関係について報告する。

3.1 調査方法

河川水の観測は、2005年4月19日から2005年6月1日にかけて、稲枝地域を流れる顔戸川・文録川・不飲川の各流域の5地点において、計14回実施した。各地点で採水したのちに、クリンメジャー（WA-PT-5、共立理化学研究所）と透視度計（8053-052、柴田科学）を用いて、すべてのサンプルについて透視度を測定した^{注11)}。また、透視度を測定したサンプルの一部について、懸濁態粒子量（SS）を測定した^{注12)}。

3.2 結果

①透視度の推移（4月17日～6月1日）

調査をおこなった4地点（u1、g1、b1、n1）における透視度の推移を図7で示した。小河川の上流にあり、宇曾川からの取水口の直下（u1）は、稲枝地域での灌漑用水の送水がはじまる以前から透視度は低い状態にあった。宇曾川上流域ですでに代かき作業をはじめとする田植えのための準備がおこなわれており、その地域の農業排水が流入した宇曾川から取水していたためと考えられる。なお、宇曾川から取り入れられた水は、顔戸川及び文録川に流入している。また、顔戸川下流（g1）・文録川下流（b1）・不飲川下流（n1）では、4月20日前後を境にして、急速に透視度が低下した。これは、稲枝地域の水稲栽培のために逆水灌漑による送水が開始され、この地域での田植えの準備がはじまり、当地域からの農業排水が小河川に流入したためと考えられる。（図中の縦点線が灌漑用水の送水開始日である）。

ここで上げた4地点のすべてにおいて、地域での代かき・田植え作業が済まされるにつれて、透視度が回復していった。中でも、宇曾川取水口（顔戸川上流部）のu1では、期間中の回復が著しかった。しかし、小河川下流部（g1、b1、n1）における透視度は、観測期間において灌漑期前の状態にまで戻ることはなかった。

②透視度とSSの関係

②-1 透視度（透視度計による）とSSとの関係

測定結果より、透視度（透視度計による）とSSについて散布図を作成した。（図8）

全体に、透視度が高くなると、SSは減る傾向が見られた。また、透視度の単位増分あたりのSSの減少量は、透視度がより低いところで大きかった。

続いて、測定結果から回帰式を求めた。回帰式は、[透視度]を説明変数とする場合と、[透視度]の逆数を説明変数とする場合の2とおり求めた^{注13)}。

まず、[透視度（透視度計による）]とSSの関係は、次式のとおりであった。

$$SS = -2.61 \times [\text{透視度 (透視度計による)}] + 78.4$$

(R²=0.855) …式1

次に、[透視度計（透視度計による）]⁻¹とSSの関係は、次式のようにであった。

$$SS = 535.79 \times [\text{透視度 (透視度計による)}]^{-1} - 2.35$$

(R²=0.941) …式2

②-2 透視度（クリンメジャーによる）とSSとの関係

測定した結果から、透視度（クリンメジャーによる）とSSの散布図を作成した。（図9）

全体の傾向は、透視度（透視度計による）とSSの関係とほぼ同様である。透視度の単位増分

あたりのSSの減少量は、透視度がより高いところで非常に小さくなった。

測定結果から、[透視度]を説明変数とする場合と、[透視度]⁻¹を説明変数とする場合の2とおりの回帰式を求めた。

まず、散布図を見ると、透視度25cmの付近で大きくカーブを描いていた。そこで、透視度が0～25cmの場合と25cm以上の場合に区分して、それぞれの回帰式を求めた。その結果、透視度（クリンメジャーによる）とSSの関係をあらわす次の2式を得た。

透視度が0～25cmの場合

$$SS = -2.99 \times [\text{透視度 (クリンメジャーによる)}] + 79.4$$

(R²=0.813) …式3

透視度が25cm以上の場合

$$SS = -0.30 \times [\text{透視度 (クリンメジャーによる)}] + 25.1$$

(R²=0.363) …式4

次に、[透視度（クリンメジャーによる）]⁻¹とSSの回帰式を求めた。

$$SS = 402.73 \times [\text{透視度 (クリンメジャーによる)}]^{-1} + 2.49$$

(R²=0.823) …式5

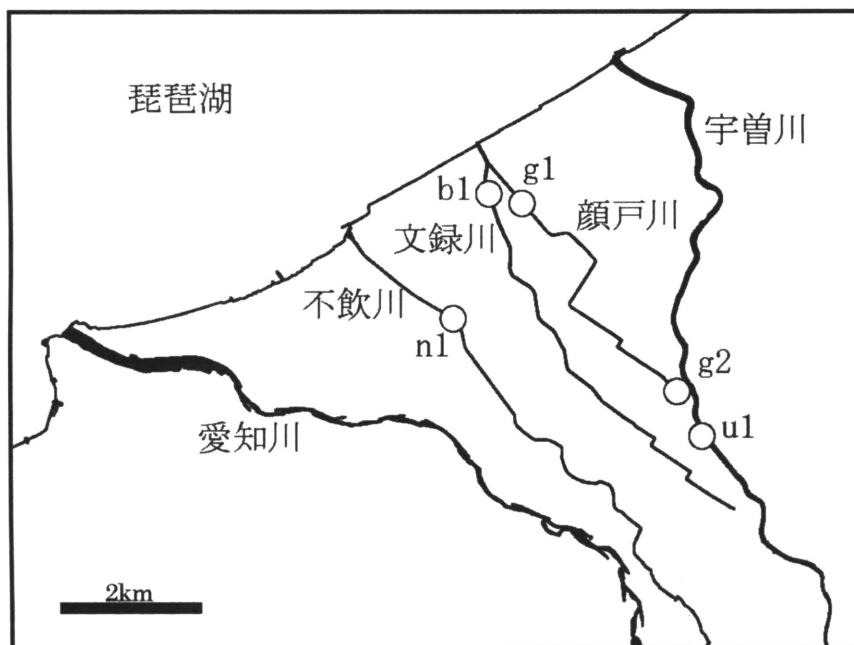


図6 調査地域における採水地点の位置

透視度（透視度計による）もしくは透視度（クリンメジャーによる）の値から、ある程度の正確さでSSの値を推定できることがわかった。透視度計を用いる場合には、式1もしくは式2を用い、

クリンメジャーを用いるときには、式5を用いることがよいと考えられる。

3.3 考察

SSの推定量を用いた発展的解析

発展的な解析として、調査対象地域にある顔戸川を事例に、上流側（g2）と下流側（g1）でのSS負荷量の推定をおこなった。顔戸川のg2・g1両点の区間内では、別の水系からの流入は見られない。そのため、追加されるSS負荷量は、湖水

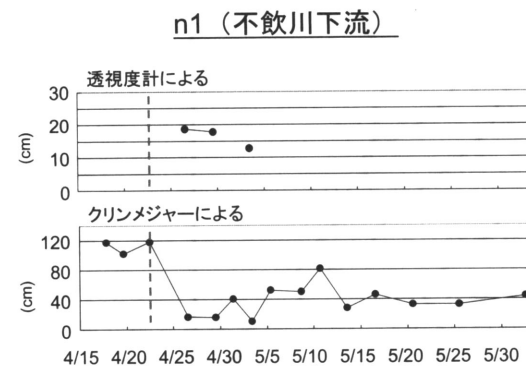
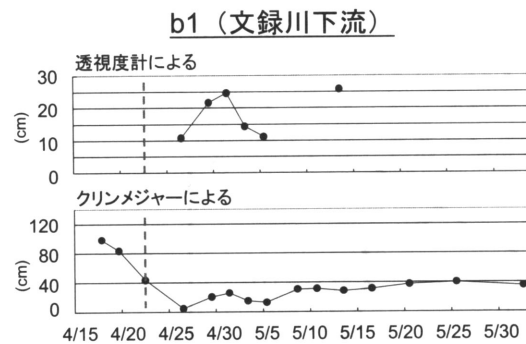
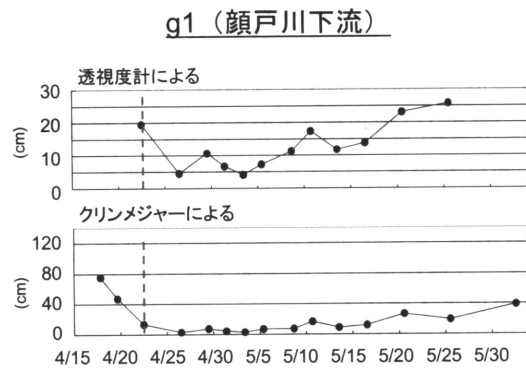
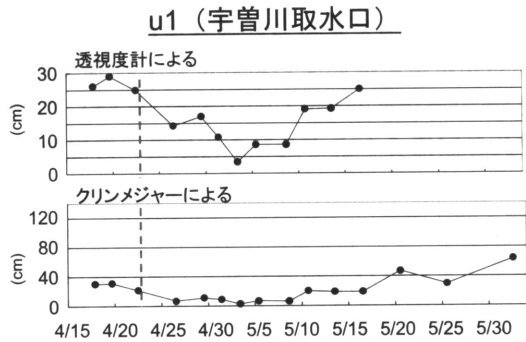


図7 流域の主要4地点における透視度の推移（4月17日～6月1日）

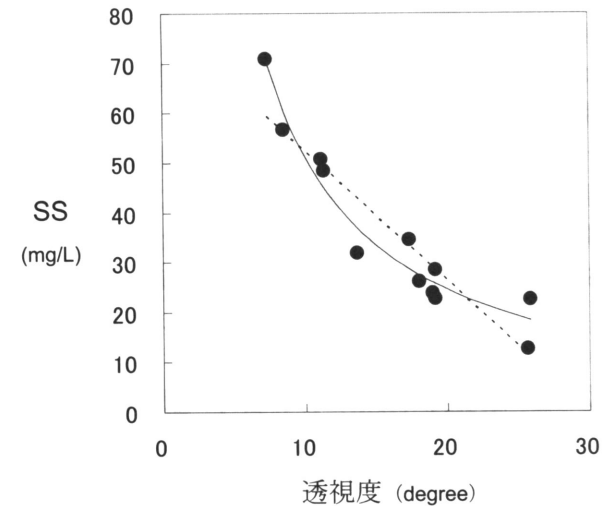


図8 透視度（透視度計による）とSSの関係
本文中の式1は点線で、式2は実線で示した。

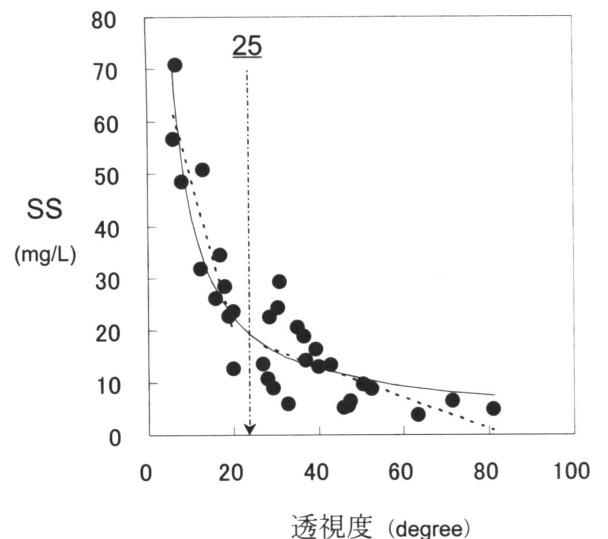


図9 透視度（クリンメジャーによる）とSSの関係
本文中の式3・式4を破線で示し、式5は実線で示した。また、透視度25cmの位置を一点鎖線で示した。

によって灌漑された農地を含む両点区間の流域^{注14)}からの負荷と考えられる。そこで、下流側での増分を求めることで、区間内で負荷されたSS量をおおよそ見積もることができる。

まず、顔戸川上流 (g2) と下流 (g1) において測定した透視度 (透視度計による) から、上述の回帰式 (式1) を用いてSSを推定した。また、採水時には、両地点で水位と流速を測定した。なお、流速は電磁流速計 (AEM1-D, アレック電子) を用いて測定した。これらの測定データから流量を求め、SSの推定量に乗じた値をSS負荷量として算出した。顔戸川下流 (g1) において透視度が20cm以下である期間 (4月22日から5月16日) の10観測日について、上流 (g2) と下流 (g1) におけるSS負荷量を推定した。この結果を示したのが、表13である。

観測日ごとの上流と下流でのSS負荷量を見る。表13にあるとおり、まず、いずれの測定日においても、上流からのSS負荷が認められた。当地域で実施してきた農業濁水に関する聞き取り調査・ワークショップでは、しばしば、上流から流入する農業濁水について言及されており、地元のこの認識が正しいことがわかる。また、上流と下流におけるSS負荷量を比較すると、下流におけるSS負荷量がすべての観測日において上流側での値を上回っていた。したがって、g2からg1の区間で、新たに流入するSSが存在することも明らかである。

上流と下流におけるSS負荷量について、もう少し詳しく検討する。4月26日は、上流 (g2) の

SS負荷量は15.6 g/s、下流 (g1) では43.4 g/sであり、下流 (g1) と上流 (g2) でのSS負荷量の差は27.8 g/sであった。一方、5月8日のSS負荷量は、上流 (g2) のSS負荷量は31.3 g/s、下流 (g1) では41.7 g/sであり、下流 (g1) と上流 (g2) のSS負荷量の差は10.4 g/sであった。下流 (g1) においては、4月26日と5月8日のSS負荷量は、同じ程度であったが、上流と下流での負荷量の差を求めた結果から、4月26日には、g2よりも下流の集水域からの負荷が多くを占め、一方、5月8日には、g2よりも上流からのSSの流入が多いことがわかった。

このような測定をおこなうことによって、SS負荷量の詳細を把握することは、その地域における農業濁水対策の有効性を把握する上で重要である。下流地点での負荷量が主として上流から流入する負荷の流下によるものであれば、その区間の集水域では、すでに有効な濁水対策が実施されていると判断できる。逆に、その区間の集水域からの負荷が存在していれば、現在実施している対策が十分ではない可能性があり、対策の改善や修正を検討することができる。

また、SS負荷量の把握は、別の観点からの意義がある。たとえば、山田らの研究^{注15)}にあるように、水田からの排水におけるSSはリンとある程度の量的関係が見られる。リンは、河川や湖沼の水質汚濁と関係する元素であるため、その動態の理解は重要であるが、農地からの面源負荷については、十分な理解がまだ得られていない。さまざまなタイプの耕作地域においてSS負荷量を推

表13 透視度 (透視度計による) と流量から求めたSS負荷量

	透視度 (透視度計による)		懸濁物質質量 (SS) (試算値)		流量		SS負荷量	
	顔戸川上流 (g2)	顔戸川下流 (g1)	顔戸川上流 (g2)	顔戸川下流 (g1)	顔戸川上流 (g2)	顔戸川下流 (g1)	顔戸川上流 (g2)	顔戸川下流 (g1)
	(degree)		(mg L ⁻¹)		(m ³ s ⁻¹)		(gs ⁻¹)	
4月22日	23.2	19.5	17.9	27.5	0.35	0.43	6.3	11.7
4月26日	16.8	4.5	34.5	66.7	0.45	0.65	15.6	43.4
4月29日	18.8	10.7	29.2	50.6	0.52	0.66	15.2	33.6
5月1日	12.3	6.7	46.2	61.0	0.41	0.57	19.0	35.1
5月3日	7.3	4.2	59.3	67.5	0.58	0.80	34.2	53.9
5月5日	12.3	7.3	46.2	59.3	0.51	0.66	23.6	39.1
5月8日	10.7	11.3	50.6	48.8	0.62	0.85	31.3	41.7
5月10日	18.0	17.3	31.4	33.2	0.56	0.66	17.6	21.9
5月13日	22.2	11.7	20.5	48.0	0.59	0.75	12.2	36.1
5月16日	24.0	13.7	15.8	42.7	0.39	0.50	6.2	21.3

定して、対象地域の観測期間における濁水排出の概況を理解することができれば、今後の効果的な調査研究へと結び付けることが可能になる。

3.4 小括—研究2の結論と課題—

研究2では、①代かき・田植え期の湖東地域小河川において、透視度の測定をおこなった。一部のサンプルについてSSを測定した結果から、②透視度とSSの関係を示す回帰式を作成した。③発展的な解析として、上流地点と下流地点の流量とSS推定値より、当地域からのSS負荷量を推定した。SSと全リンには量的関係があることから、こうした簡易な観測結果にもとづいて、より専門的な調査研究への展開が可能である。さらに、研究2では、濁水削減効果を確認する方法として、透視度測定という比較的簡便な手法を示した。④実際に調査を実施した過程から、低コストで軽度の労力による調査が可能であることがわかった。

なお、透視度測定に用いた2つの器具には、それぞれ次のような特徴があった。まず、透視度計は、測定範囲は小さいが、携行性が高く、測定に必要なサンプル量 (212cm^3) が少なかった。また、SSを推定式の精度が高かった。他方、クリンメジャーは、測定範囲が広く、透視度の回復後も長期間に渡って使用できる利点があった。しかし、透視度計に比べると携行性は低く、必要サンプル量 (858cm^3) が多かった。また、SS推定の精度は、透視度計に比べると低かった。

4. 簡易モニタリング実践上の課題

前項までに、簡易なモニタリング手法を実地で試みた2つの事例を報告した。ここからは、濁水削減を実践する順応的管理の仮想的計画を想定し、研究1もしくは研究2の方法を適用する状況について考察する（ボックス参照^{注16}）。ボックス内の仮想的計画の進行表（図10）で言えば、Mn (S) や Mn (Mic) でモニタリングを実施し、Cm (S) や Cm (Mic) でそのモニタリングの結果を振りかえって話し合うが、このような計画を実施する場合に予想される課題について述べたい。

研究1の方法（圍場目視観察）では、圍場の地図と筆記用具等を用いて、100あまりの圍場を2時間程度で回った。また、研究2の方法（透視度による小河川・水路の観察）では、比較的安価な透視度計・クリンメジャーを用いて、現場あるいはその周辺で結果を確認した。2つの方法は、器

具・設備を少ない費用で調達できるため、地域において負担可能な範囲にある。また、技術的にも難しくないため、多くの人が調査に参加できる。

もっとも、実際に住民がモニタリングを実施する場合には、手法について簡単な説明を受ける機会が必要である。また、複数人が参加して調査を実施する場合には、目視による調査であるため、互いの評価の違いをチェックする交流が求められるだろう。図10で言えば、Mn (S) を実施する者の間では、0年目のCm (Mic) で手法の説明会及びレクチャーを受け、2年目のCm (Mic) で評価の斉一性を確認するための相互交流をおこなう。同様に、Mn (Mic) を実施する者の間においても、0年目と3年目のCm (Mes) で手法説明と評価の確認をおこなう必要がある。このようにして見ると、モニタリングのために用意してはならない設備・機器は少なく、技術的難度も高くはないが、その調査の実施を支える社会のネットワークづくりには、相応の手間と時間が求められる。

さらに、非常に簡易なモニタリング手法ではあるが、地域内部で実施するとなれば、時間や金銭の費用を新たに負担することになる。特に、地域の農家が多忙となる田植え期に濁水モニタリングを頻繁におこなう計画は、農家にとっては時間的費用の負担感が大きいと予想される。そこで、地域社会 (Mes) が濁水削減計画を内部で実施する場合には、その地域内部でのモニタリング費用（金銭・時間）の配分についての合意が求められる。また、農家以外（地域の非農家や消費者）からの人的支援や行政からの財政的支援を仰ぐのであれば、そのための交渉や調整が求められる。仮想的計画の進行表（図10）で言えば、Mn (S) の費用配分に関する調整は0年目のCm (Mic) で、また、Mn (Mic) の費用配分に関する調整は0年目のCm (Mes) で必要になる。

Mn (S)・Mn (Mic) の結果、実際にその地域が発見した削減策（水管理の改善・畔・水路の補修工事など）を実施する費用は、計画全体の多くを占める。農家が個々に実施できる場合はともかくとして、地域内部の普請（共同作業）として実施する場合には、地域での調整が必要である。また、外部に財政的・人的支援を依頼する場合であっても、依頼の主体である地域内部での調整が欠かせない。図10で言えば、1年目のCm (S) や2年目のCm (Mic) ではこうした調整がおこなわ

ボックス

濁水削減の取り組み — モニタリング過程検討のための仮想的な計画 —

計画目標：ミクロスケールでの農業濁水削減を積み重ねて、メソスケールでの農業濁水を削減する。

計画実施の理由：水田土壌及び投下した農薬・肥料の流出は、個々の農家にとって損失である (①)。また、農業濁水は、アユ等の遡上障害を通じて漁業へ影響し、また、水路掃除等の負担を増加させる。そのため、地域のコミュニティに対して農業濁水は負の影響を及ぼすと考えられる (②)。琵琶湖は、その水を下流と周辺の多くの人々が飲料水・農業用水等として利用しており (③)、同時に、固有種が生息するなど古代湖として貴重な生態系である (④)。したがって、琵琶湖の水質悪化に関わる農業濁水は、流域レベル・グローバルな観点からも削減するべきである。

指標：取り組みの効果は「圃場目視観察法による濁水流出度 (研究1)」あるいは「透視度と水位測定によるSS 負荷量試算値 (研究2)」の手法を利用して測る。

進行表：図10参照。記号の説明を以下列挙する。

Mes：メソスケールの地域 (社会組織)。

Mic0：ミクロスケールの地域 (社会組織)。新たな削減策を実施しない (D0を実施する)。

Mic1：ミクロスケールの地域 (社会組織)。削減策 Di を実施する。

S0：Mic1 内のサイトレベルで設ける対照区。D0を2年間実施する。

S1：Mic1内のサイトレベルの実験区。1年目は、D0を実施する。2年目には、Di を実施する。

S2：Mic1内のS0とS1以外の圃場群。

D0：新たな削減策を実施しないで従来どおりの耕作を実施する。

Di：モニタリングの結果を受けて、個別に開発した濁水削減メニューを実施する。

Cm(Mes)：メソスケールでのコミュニケーション。0年目は、取り組みの目的・手法等について意見をまとめるための、話し合いの場である。3年目の話し合いの場では、削減取り組み全体の結果について報告される。

Cm(Mic)：ミクロスケールでのコミュニケーション。Mic0では、0年目にミクロレベルでのモニタリング実施について話し合う。また、Mic1では、0年目にミクロレベルでのモニタリング実施と特定のサイトで実験的取り組みの計画を話し合い、2年目には特定のサイトでの実験結果を確認して Mic1 の他地域 (S2) での適用について話し合う。

Cm(S)：Mic1内の調査サイト(S0,S1)スケールでのコミュニケーション。調査サイトでの1年目の濁水流出状況から、改善すべきメニューを話し合いながら決めていく。

Mn(S)：Mic1内の調査サイトスケールでのモニタリング。調査サイトレベルでの取り組みの違いによる効果を1年目と2年目で比較するためにおこなう。圃場目視観察の濁水流出度によって評価する。

Mn(Mic)：ミクロスケールでのモニタリング。ミクロレベルでの取り組みの違いによる効果を1年目と3年目で比較するためにおこなう。SS 負荷推定量もしくは濁水流出度によって評価する。

図10 取り組みの空間的配置と進行

		Mes			
		Mic0	Mic1		
		-	S0	S1	S2
0年	計画	Cm(Mes)			
	計画	Cm(Mic)	Cm(Mic)		
1年	実施	D0	D0	D0	D0
	モニタリング		Mn(S)	Mn(S)	
	モニタリング	Mn(Mic)	Mn(Mic)		
	見直・計画		Cm(S)		
2年	実施	D0	D0	Di	D0
	モニタリング		Mn(S)	Mn(S)	
	見直・計画		Cm(Mic)		
3年	実施	D0	D0	Di	
	モニタリング	Mn(Mic)	Mn(Mic)		
	見直・計画	Cm(Mes)			

れる。S1で見出された削減策が地域で普及しなければ取り組み全体としての意義が少なくなるため、大変重要な調整である。

もちろん、地域がモニタリング・実施・調整のコストをかける前提として、農業濁水が解決すべき問題であると認識されている必要がある。次頁の仮想的計画で言えば、「計画実施の理由」に相当する箇所に対する参加者の十分な納得である。もし、「計画実施の理由」の内容に不確実性が伴っているのであれば、その不確実性に関する説明が不可欠であり、また、新しい知見とともに常に内容を更新していく必要がある。図10の進捗表で言えば、0年目と3年目のCm (Mes) は、「計画実施理由」の説明や更新を地域においておこなう重要な機会である。そして、計画実施理由が大幅に修正されれば、Mn (S)・Mn (Mic) の方法が修正される可能性がある。ただ、琵琶湖や水路・圃場など水環境に関わる最新の知見について、その知見の確実性に配慮しながら説明することは、地域内部のみで担えることではなく、農学や生態学など自然科学分野の専門家の参加が求められるだろう。

ところで、地域社会のこのような取り組み全体の推移を俯瞰する視点が、地域の内外で生じると思われる。この俯瞰する視点も、ある種のモニタリングである。ただし、Mn (S) やMn (Mic) とは違って、対照する地域 (S0やMic0に相当する地域) が設けられていないため、地域社会 (Mes) の推移が「取り組み」自体に起因するかどうかを区別することは難しい。そのため、恣意的評価の入り込む余地は大きい。だが一方で、ボックスのような計画は、地域社会 (Mes) の内部が緊密に連携する取り組みであり、計画の考え方や手順について参加者全体が合意していなければ成り立たない。そのような一体的取り組みがおこなわれる状況下では、なおさら俯瞰的視点を留意して、地域の取り組みに伴うリスクを感知する回路を保つことが、予防的観点からも重要である。対照する地域がないため、Mn (S) やMn (Mic) とは次元の違うモニタリングであることに留意しつつ、俯瞰的視点からの声に耳を傾ける機会を3年目のCm (Mes) で用意する必要がある。

以上、農業濁水の簡易モニタリングの適用を、仮想的計画において検討した。その結果より、地域におけるモニタリング実施は、地域のネットワークを介した重層的コミュニケーションと並存す

る中で、その意義が発揮されると考えられた。

5. まとめ

はじめに述べたように、農業濁水の削減対策を実施する上では、一般的に効果のある削減策実施と同時に、地域固有の自然環境・社会環境に対応した方策を探索することが重要である。地域の個別性へ対応する上では、そこで実施された対策の効果を個別に精査することが求められるが、本節では、そのための簡易な方法を2つ提案した。さらに、モニタリングを濁水削減計画の一段階として位置付けた場合に、そこで留意すべき点について考察した。その結果、モニタリング・削減対策の実施過程、濁水削減を支持する科学的根拠、濁水削減計画全体に対する俯瞰的視野を共有するためには、いくつかのコミュニケーションの機会が必要であると考えられた。地域でのモニタリングの取り組みは、こうしたコミュニケーションの機会を兼ね備える中で実施していくことが重要であると示唆された。

注釈

- 注1) 滋賀県の農業排水対策の詳しい経緯は、富岡⁵⁾を参照のこと。
- 注2) 滋賀県農政水産部¹⁾を参照のこと。
- 注3) モニタリング活動へ主体的に参加していくような環境を整えることが重要である。
- 注4) 目視による圃場調査は、滋賀県立大学のフィールドワークでおこなわれている。詳細は、増田⁷⁾を参照のこと。
- 注5) 5つの調査サイトは、稲枝地域の異なる町から選んだ。
- 注6) 2004年は、6つの排水系統エリアから176圃場を抽出して目視観察した。2005年は、2004年に観察した圃場のうち転作がおこなわれなかった108圃場のみを目視観察した。調査サイトCでは、2005年に全圃場で麦作がおこなわれ、目視観察しなかったため、表2の概況説明を省略した。
- 注7) 圃場目視観察においては、本文中で述べた田面水と排水の観察のほかに、目立った特徴をメモとして記録した。また、田面・畦畔の状態や濁水排出の典型的なパターンを写真撮影した。
- 注8) 今回の調査では、代かき作業を農作業の進行の観察対象としなかった。代かきは、耕

作者・圃場の状態によって回数が異なるため、圃場観察のみから進行程度を記述することは難しい。作業の進行を明確に記録するためには、聞き取り調査をおこなう必要がある。

注9) 通常、圃場は均平に整地されていても、田面に若干の傾きや凹凸が見られる。したがって、水の浅い段階では、窪んだ箇所がまず水に覆われ、徐々に水で覆われる表土の割合が増加して、圃場に水が満たされていく。そこで、圃場の表土が水によって覆われた割合を、その圃場において貯留されている水量の目安として用いた。なお、田面が水で十分に覆われたのちに水量が増加しても、水被覆度は1.0のままである。

注10) 山田ら²⁾による。

注11) 透視度の測定範囲は、クリンメジャーでは0~130cm、透視度計では0~30cmである。

注12) 測定及び算出方法は、井桁ら「水田地帯における小水系の水質形成特性」(第2編第2章)を参照のこと。

注13) 透視度の測定によって、SSを推定する試みは、これまでの研究でもおこなわれている。風間ら(2001)は、東京都内23地点における河川水をSSと透視度(クリンメジャーによる)を測定し、SSを推定する透視度を説明変数とした回帰式を求めている($SS = -0.0767 \times [\text{透視度 (クリンメジャーによる)}] + 12.3$ ($R^2=0.678$))。一方、花城(1994)は、沖縄の赤土汚染におけるSSを求める対数回帰式を、透視度の逆数を説明変数として導いている($\text{Log [SS]} = 1.213 \text{ Log } [(\text{透視度})^{-1}] + 3.0979$ ($R^2=0.879$))。これらの先行研究を参考にして、[透視度]及び[透視度]⁻¹の双方を説明変数とする回帰式を導いた。

注14) g2からg1に至る区間の集水域には、農地の他に集落や道路が含まれている。濁水は、

道路・水道などの工事や河川改修などによっても発生すると考えられるが、現地での観察から、こうした他の原因による濁水発生はなかったと思われる。

注15) 山田ら²⁾を参照のこと。

注16) ここで挙げた仮想的な進行表は最小限のサイト・時間設定によるものである。コミュニケーション(Cm)や実施内容(Di)が複雑になると必要な年数やサイト数は増加する。

参考文献

- 1) 滋賀県農政水産部「平成17年度農業排水対策事業実績書」(2006)
- 2) 山田佳裕・井桁明丈・中島沙知・三戸勇吾・小笠原貴子・和田彩香・大野智彦・上田篤史・兵藤不二夫・今田美穂・谷内茂雄・陀安一郎・福原昭一・田中拓弥・和田英太郎「しろかき期の強制落水による縣濁物、窒素とリンの流出 -圃場における流出実験-」『陸水学雑誌』Vol.67 No.2, pp.105-112 (2005)
- 3) 小倉紀雄『市民環境科学への招待 -水環境を守るために-』裳華房(2003)
- 4) 風間真理「手作り透視度計による水環境評価」『用水と廃水』Vol.43, pp.1067-1071 (2001)
- 5) 戦後日本農業の食料・農業・農村編集委員会編、富岡昌雄「琵琶湖水質保全と農業排水」『農業と環境(戦後日本農業の食料・農業・農村 第9巻)』第4章第5節、農林統計協会(2005)
- 6) 花城可英・大見謝辰男・比嘉栄三郎・満本裕彰・普天間朝好・下地幸枝・田代豊「濁水の評価に関する研究-SS、濁度、透視度の関係について-」『沖縄県衛生環境研究所報』第28号, pp.67-71 (1994)
- 7) 増田佳昭「水田土地改良と環境保全 -琵琶湖の農業濁水問題を事例に-」『公共事業と環境保全』環境経済・政策学会年報8, pp.139-151 (2003)