

## 4. 政策課題研究 2

面源負荷とその削減対策に関する政策課題研究（平成 20～22 年度（2008～2010 年度））：中間報告

# 面源負荷とその削減対策に関する政策課題研究

大久保卓也・東善広・佐藤祐一・辻村茂男・森田尚<sup>1)</sup>・大前信輔<sup>1)</sup>

## 要約

「面源負荷とその削減対策に関する政策課題研究」（2008～2010 年度）では面源負荷対策の今後の方向性を検討するため、①面源負荷の量的把握、②その湖内水質への影響把握、③面源対策の効果把握を中心に進めている。これまでの調査結果からわかってきた点をまとめると次の通りである。

(1) 安曇川中流での降雨時を含めた負荷量詳細調査から森林の負荷量原単位は、T-N で 20.5、20.5 g/ha/d（2008 年度、2009 年度平均）で、T-P で 0.82、1.1 g/ha/d（2008 年度、2009 年度平均）と求められた。この値を琵琶湖の湖沼水質保全計画で用いている原単位と比較すると、T-N ではほぼ同程度、T-P では 2～3 倍の値であった。ただし、T-P 負荷量については、懸濁態リンの占有比率が大きく、その生物利用可能性を考慮する必要がある。リンについては、単純に T-P で負荷量を評価することには問題があり、原単位の考え方を見直す必要があると思われる。湖沼の水質予測モデルに使用するリンの負荷量指標としては、植物プランクトンに利用されやすい溶存態リンを用いた方がよいと思われる。

(2) 農業排水路 2 カ所と市街地排水路 2 カ所で降雨時負荷量調査を計 11 回行い、降水量と流出負荷量の関係を把握した。その結果、単位面積当たりの窒素、リンの降雨時負荷量は、水田 > 麦・大豆畑 > 住宅地 > 商業地という大小関係になり、特に農地の負荷量が大きかった。農地で求めた単位面積当たりの負荷量は、現行の農地の負荷量原単位よりも大きい値になった。

(3) 代かき・田植え時期の農業濁水の湖内での分布・拡散状況を調べた結果、沖合まで濁水が到達するケースは少ないことがわかった。また、植物プランクトンの春期のブルームは、農業濁水流入がきっかけになるのではなく、水温上昇等の物理的環境条件が整うことによるものであると考えられた。沿岸での観測でも農業濁水の影響は降雨時以外には現れにくく、岸に貼り付く形で分布・拡散していると推定された。今後はさらに河口部、沿岸部において底泥への懸濁物質の沈降の実態把握とその生物への影響を含めた調査が必要と思われる。

(4) ナラ枯れの渓流水水質への影響を把握することを目的に調査を行ったが、明確な結果は得られなかった。安曇川上流の渓流水の NO<sub>3</sub>-N 濃度は、ナラ枯れが進行している滋賀県内の支流の方が、ナラ枯れがあまり進行していない京都府内の支流よりも高い傾向がみられた。しかし、窒素の大気降下物量の違いの影響も考えられ、その違いがナラ枯れの影響によるものかどうかは現時点では不明である。今後、ナラ枯れの進行、終息のタイムスパンに対応した長期的なモニタリング調査が必要と思われる。

(5) 面源負荷対策の効果把握のため、長浜南部の循環かんがい地区で調査を行った結果、排水の循環利用率を上げた方が負荷削減効果が高くなる可能性のある結果が得られた。今後は数理モデルを用いて定量的な解析を行う予定である。

## 1. はじめに

琵琶湖に流入する有機物（COD、BOD で測定される有機物）、窒素、リンの流入量（汚濁負荷量）は、下水道の整備、下水処理場における高度処理、工場事業場排水に対する排水規制などの点源負荷対策によって 1980 年頃から減少傾向にある（滋賀県，2010）。また、琵琶湖の水質は、透明度は高くなる傾向にあり、窒素、リン濃度は減少傾向にあり、水質調査項目の長期変化からみると水質は全般的

に改善傾向にあると考えられる（滋賀県，2010）。しかし、COD 濃度が減少していない問題やエリ網・刺し網に付着物が付きやすくなった問題などがあるため、さらに琵琶湖に流入する汚濁負荷量を削減する方向で滋賀県では施策が進められている（滋賀県，2000）。流域からの有機物、窒素、リンの発生源別汚濁負荷量の変化をみると（滋賀県，2010）、生活排水、工場排水などの点源負荷については、減少傾向がはっきりみられるが、農地、市街地などからの

1) 滋賀県水産試験場

面源負荷は減少がはっきりみられない。このようなことから面源負荷対策をしっかりとすすめるべきだという意見が多く、湖沼水質保全対策特別措置法の改正でも面源負荷対策に重点をおいて施策を進めるように方向性が示されている（大久保ほか，2008）。

一方、面源負荷量の把握およびその水質への影響評価については、筆者らの経験から次のような課題があると考えられる。

- ① 面源負荷の定量的把握が十分にできておらず、琵琶湖水質保全のためにどの発生源の負荷削減に重点をおけばよいのかははっきりしない。
- ② 面源負荷の琵琶湖水質への影響が明らかにされておらず、琵琶湖水質保全のための面源負荷対策の方向性（削減対象物質、削減量、削減時期等）がはっきりしない。
- ③ 面源負荷対策としてこれまで実施されてきた対策の効果検証が十分にできておらず、これまでの経験が施策立案に活かされていない。面源負荷対策の効果の検証・整理が必要である。

これらの課題に答えるために、政策課題研究2「面源負荷とその削減対策に関する政策課題研究」では、次に示す調査研究を実施している。

- (1) データが不足している面源負荷の負荷量把握調査（森林、農地、市街地）
- (2) 農業濁水が湖内水質に及ぼす影響把握（北湖S局とその周辺のエリ先端、宇曾川河口域）
- (3) ナラ枯れの渓流水水質への影響調査
- (4) 面源負荷対策の効果把握調査（循環かんがい）
- (5) 面源負荷量およびその対策に関する文献情報の収集、整理、解析
- (6) 地域水循環の実態把握および水管理手法に関する研究

これらの調査研究の中間経過について今回は報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 森林の流出負荷量把握調査

表1 日野川、野洲川、安曇川の流域環境条件（2005年）

河川名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	流域人口 (人)	下水道未整備人口 (人)	下水道未整備人口密度 (人/ha)	下水道普及率 (%)	土地利用面積比率(%)					畜産頭数		
						水田	畑	宅地・道路	ゴルフ場	山林・他	牛(頭)	豚(頭)	鶏(羽)
日野川	224.6	77,589	43,820	1.95	44	20	1	18	4	57	6,757	6,489	195,435
野洲川	398.2	133,645	55,219	1.39	59	9	1	17	4	68	1,068	0	222,395
安曇川 (村井地点)	169.2	761	761	0.04	0	1	0	1	0	98	39	0	2,725

(注) 2005年現在。琵琶湖水質保全計画資料による。



図1 安曇川中流部の調査地点位置および安曇川の土地利用状況（グラビア1頁参照）



図2 安曇川中流部の調査地点付近

森林から流出する汚濁負荷量を求めるため、本研究では集水域が森林主体の安曇川中流部に調査地点を設置した。安曇川は全体の流域面積が307km<sup>2</sup>であり、琵琶湖流入河川の中では3番目の流域面積を持つ。調査地点を図1および図2に示した。この調査地点の上流域はほとんど森林（98%）であり、水田・畑が1%以下、宅地道路が1%程度となっている（図1、表1）。調査地点上流には、砂防

および洪水調整用の小型のダムが1カ所、発電用の取水堰（貫井ダム）が1カ所（取水された水は安曇川に戻る）があるが、河川の流況への影響は小さいと考えられる。この地点での負荷量調査は2008年4月から2010年6月まで実施した。

水質測定用のサンプリングは自動採水機で基本的には12時間間隔で行ったが、降雨時には適宜採水間隔を短くして採水した。

## 2.2 農地、市街地の流出負荷量把握調査

農地から負荷量を求めるため、家庭や工場・事業場の影響のない水田群の排水路の下流で調査を行った。調査は守山市内の次の2カ所で行った。

① 農業排水路 A：調査を始めた2008年4月から同年9月まではこの農地排水区域は水田だったが、米の生産調整のための転作により2008年の11月頃には麦畑になった。2009年6月に麦が収穫された後は、大豆畑になり、大豆は11～12月に収穫された。その後、2010年度には再び水田に戻った。（集水域面積5.6ha、図3）

② 農業排水路 B（水田）：この農地排水区域は、農業排水路 A と隣接する農地排水区域で、農業排水路 A が2008年の秋に麦畑になったため、2009年度からこの区域を水田区域として調査を行った。（集水域面積5.1ha、図4）

市街地からの負荷量調査は、次の2カ所で行った。

③ 市街地排水路 A：草津駅北口の A スクエア近くの排水路で集水域は商業地主体となっている。（集水域面積53ha、図5）

④ 市街地排水路 B：市街地排水路 A の近くで集水域は住宅地主体となっている。（集水域面積51ha）

上記の農業排水路および市街地排水路で負荷量調査を次の11回の降雨時に実施した。水質測定用のサンプリングは降雨開始前から自動採水機で1～2時間間隔で行ったが、流量変動が小さくなっていく降雨後には適宜採水間隔を長くした。

第1回：2008年11月24日～27日

（草津での降水量：25.5mm）

第2回：2009年1月29日～2月5日

（草津での降水量：112mm）

第3回：2009年4月14日～16日

（草津での降水量：25mm）

第4回：2009年4月25日～28日

（草津での降水量：54.5mm）

第5回：2009年6月10日～12日

（草津での降水量：15mm）

第6回：2009年6月22日～25日

（草津での降水量：16.5mm、6mm、12mm）



図3 農業排水路 A（守山市）



図4 農業排水路 B（守山市）



図5 市街地排水路 A（草津市）

第7回：2009年9月14日～16日

（草津での降水量：23.5mm）

第8回：2009年10月2日～14日

（草津での降水量：32mm、46.5mm）

第9回：2009年11月10日～17日

（草津での降水量：79mm、21mm）

第10回：2010年2月26日～27日

(草津での降水量：36mm)

第11回：2010年6月13日～17日

(草津での降水量：20mm、45.5mm)

## 2.3 農業濁水の湖内水質への影響把握調査

琵琶湖では4月下旬から5月初旬にかけて水田での代かき・田植えに伴う農業濁水が流入し、景観の悪化やアユの逃避の可能性が指摘され問題となっている。農業濁水は琵琶湖の水質にも影響を及ぼしているはずであるが、空間的にどの範囲まで拡散し、植物プランクトンの増殖等の生物活動にどのような影響を及ぼしているのかといった科学的知見は十分に蓄積されていない。そこで、本研究では、農業濁水が空間的にどの範囲まで拡散し、琵琶湖水質にどのような影響を及ぼしているのかを大まかに把握するため、濁度・クロロフィル計を用いた自動観測を主とした調査を2008年度と2009年度に実施した。

2008年度の調査地点を図6に示す。2008年4～6月に琵琶湖北湖の南比良沖にある自動水質観測局「北湖S局」近傍1カ所と沿岸のエリの沖側先端4カ所（志賀町地先、近江八幡地先、中主地先、守山地先）、および、南湖中央1カ所に濁度・クロロフィル計（アレック電子製COMPACT-CLW）を設置し、水温、濁度、クロロフィルを20分間隔で測定した。濁度・クロロフィル計は、北湖S局では水深0.5、2.5、5、7.5、10、12.5、15、17.5、20、30mに設置し、沿岸地点では、表層（水深約0.5m）、中層（水深5m付近）、下層（水深9m付近）に設置した。観測機器のメンテナンスを月1～2回行い、その時に、クロロフィルa、栄養塩等の手分析のための採水をバンドーン採水器で行った。河川では野洲川、日野川の下流部で河川流量と濁度・クロロフィルの10分間隔の観測を行った。河川流量はHQ曲線を現地調査で求め、10分間隔の水位測定から算定した。

2009年度は、濁水が流入する河口付近での濁水分布の把握に重点を置き、宇曾川の河口付近で図7に示す地点で調査を行った。濁度・クロロフィル計は、主に表層（水深約0.5m）に設置した。なお、この調査は滋賀県水産試験場と共同で実施した。

## 2.4 ナラ枯れの渓流水質への影響把握調査

滋賀県におけるカシノナガキクイムシによるナラ類の集団枯損は、湖北・湖西地域を中心に1980年代後半から見られ被害面積は増加傾向にある（滋賀県森林政策課資料）（図8）。國松らの湖西地域安曇川支流での調査では、ナラ類の集団枯損が進行した2000年代に、渓流水のNO<sub>3</sub>-N濃度が増加したことが報告されている（金子



図6 濁水影響調査地点（2008年度）



図7 濁水影響調査地点（2009年度）

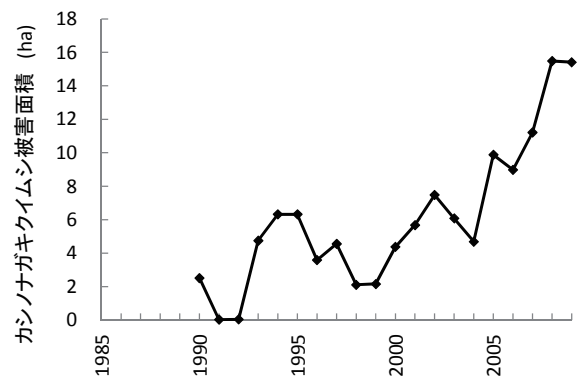


図8 滋賀県内のカシノナガキクイムシによる被害面積（滋賀県森林・林業統計要覧から作図）

ら,2007;寺田,2009)。一方、同地域では1990年代後半からニホンジカの食害による下層植生の減少も見られており、その影響が水質に現れている可能性もある。また、知内川、石田川、安曇川等の湖北・湖西の河川水中NO<sub>3</sub>-N濃度が近年増加傾向にあり（大久保ら、未発表）、ナラ枯れが関係している可能性もある。本研究では、ナラ枯れの森林渓流水水質に対する影響を把握するため、湖西地域の



図9 ナラ枯れの渓流水質影響調査地点

複数の調査地点において1年間を通して水質調査を行い、その年平均水質と流域環境の植生、地質等との関係について統計解析を行った。

森林渓流水の水質調査地点を図9に示す。水のサンプリングは降雨の影響が大きい時期は避けて月に1~2回の頻度で2008年12月から2010年6月に実施した。

## 2.5 面源負荷対策の効果把握調査 (循環かんがい)

面源負荷削減対策の効果の実証調査として、滋賀県耕地課と共同で長浜南部土地改良区の循環かんがい地区で2007~2008年度にかけて現地調査を行った。長浜南部の農業用水は逆水かんがいで琵琶湖湖岸の揚水ポンプ場(図10)から送水されるが、揚水ポンプ場の調整池に農業排水を導水して混合して送水している。送水している農業用水に占める農業排水の混合率は、2007~2008年度のかんがい期でおよそ5~50%で、代かき・田植え時期にはおよそ10%程度である。

## 2.6 水質・流量調査方法

河川水、農業用排水、市街地排水の採水は、降雨時採水が必要な場合は、自動採水器(ISCO社製6700型)を用いて採水した。降雨時採水を行わない場合は、バケツを用いてスポット採水を行った。また、降雨時等の短期的な水質変動を把握するため、必要に応じて自記濁度計(アレック電子製COMPACT-CLW)および自記電気伝導度計(RBR社製XR-420CT f)を設置し20分間隔で濁度、電気伝導度、水温を測定した。自動採水器で採水したサンプルは、降雨時採水が終了した後に回収し水質分析のため当センターに持ち帰った。サンプル回収の際には、水質の



図10 長浜南部土地改良区の揚水ポンプ場

チェック用にバケツによるスポット採水も行った。

採取した水サンプルについては、懸濁物質(SS)、全窒素(T-N)、溶存態窒素(D-N)、アンモニア態窒素(NH<sub>4</sub>-N)、亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub>-N)、硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>-N)、全リン(T-P)、溶存態リン(D-P)、リン酸態リン(PO<sub>4</sub>-P)、溶存態ケイ酸(SiO<sub>2</sub>-Si)を測定した。SSはガラス繊維フィルター(Whatman GF/F)による重量法、T-N、D-N、T-P、D-Pは、未ろ過とろ過後の試水を過硫酸カリウムによる同時分解法(細見ら, 1983)で測定した。NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、SiO<sub>2</sub>-Siは、オートアナライザー(現ビーエルテック社、旧ブランルーベ社製QUAATRO)を用いて測定した。

流量は、自記水位計(STS社製MC-1100WおよびSolinst社製Model 3001 Gold LT)を岸に設置し、10分間隔で水位を測定しHQ曲線(水位から流量への換算式)から流量を求めた。HQ曲線は、この地点で流量の実測を行って求めた。

## 3. 調査結果

### 3.1 安曇川中流での水質・負荷量調査結果

#### (1) 水質変化

SS濃度は平水時には2mg/l以下となる場合が多かったが、降雨時には顕著に高くなり、100mg/lを超える場合もみられた。電気伝導度は、9月頃に年間のピークを示し、夏季に蒸発散が多くなり溶存塩類が濃縮されている可能性を示唆していた。また、年間で2~3月頃が最も低下する傾向がみられた。降雨時に電気伝導度は顕著に低下し、降水の表面流出による希釈効果が現れていた。DOC濃度は降雨時に明らかに高くなる傾向がみられ、降雨時を除く年間の季節変化としては、7~8月に高くなる傾向がみられた。NO<sub>3</sub>-N濃度は、2カ年とも10月頃にピークがみられた(図11)。降雨の影響の他に、この時期に窒素が流出しや

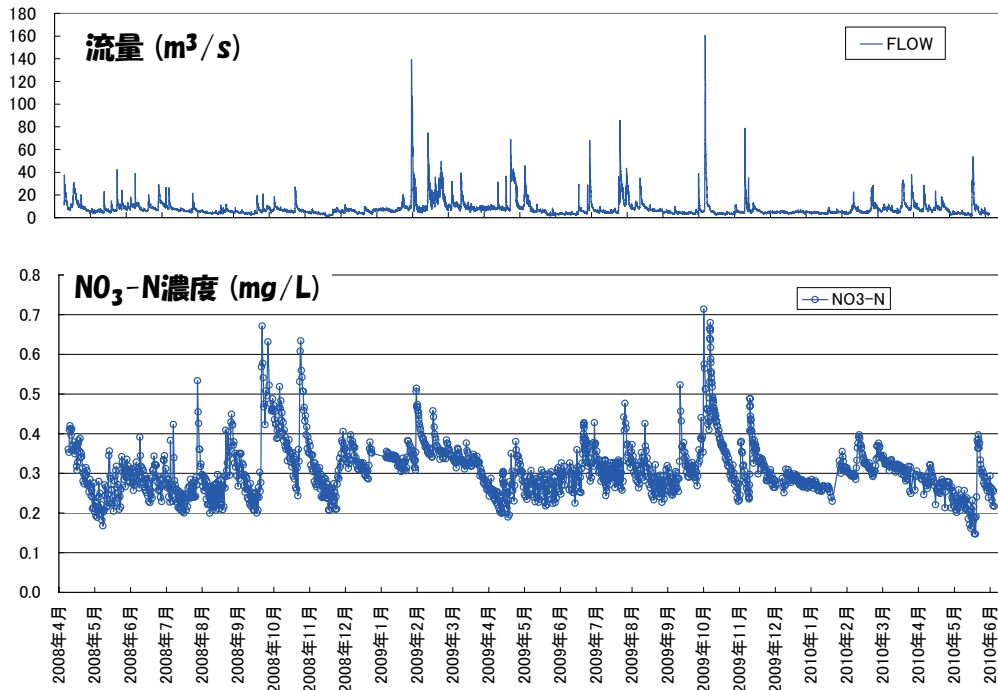


図 11 安曇川中流部における流量と NO<sub>3</sub>-N 濃度の変化

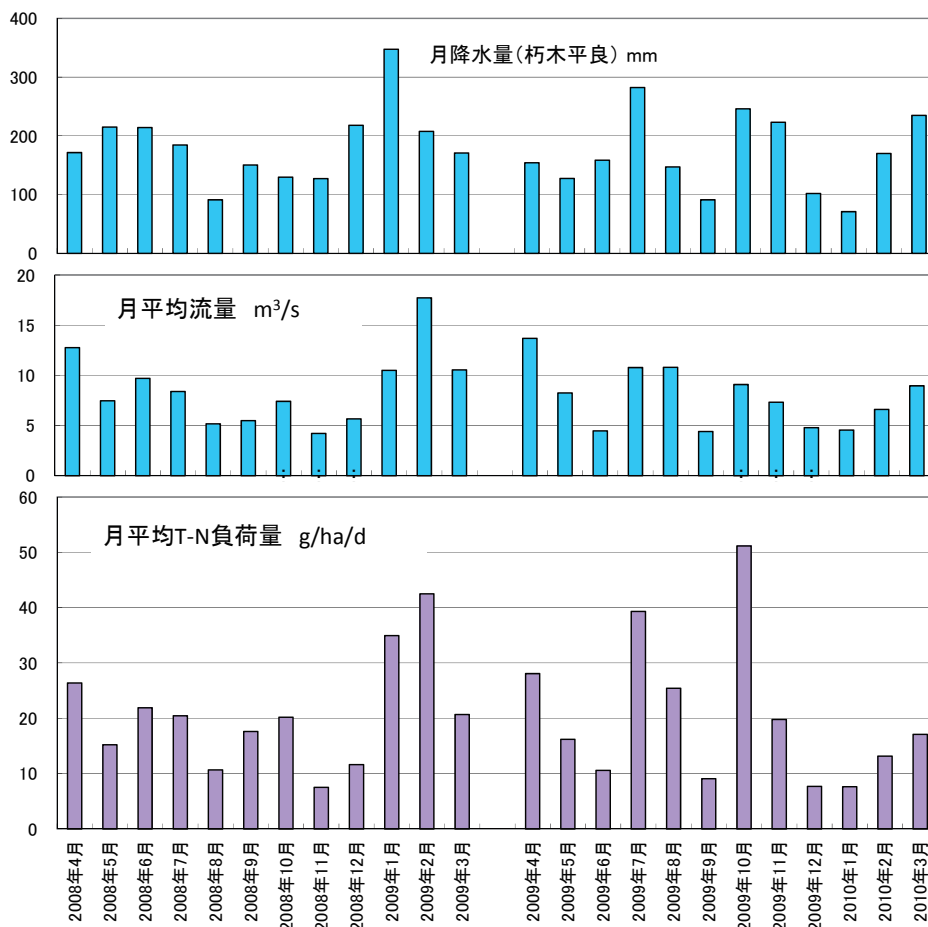
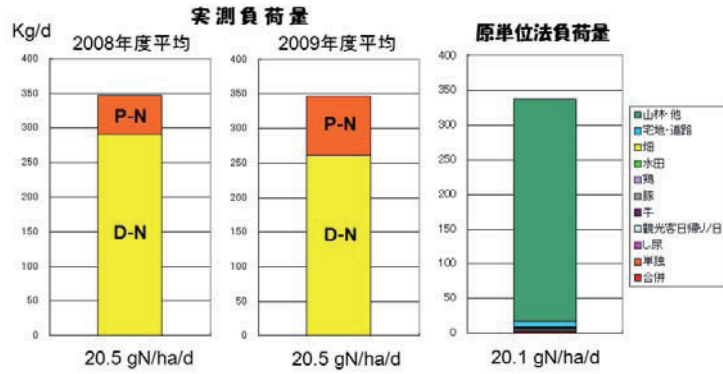


図 12 安曇川中流部における流量と T-N 負荷量の月平均値の変化

①T-N



②T-P

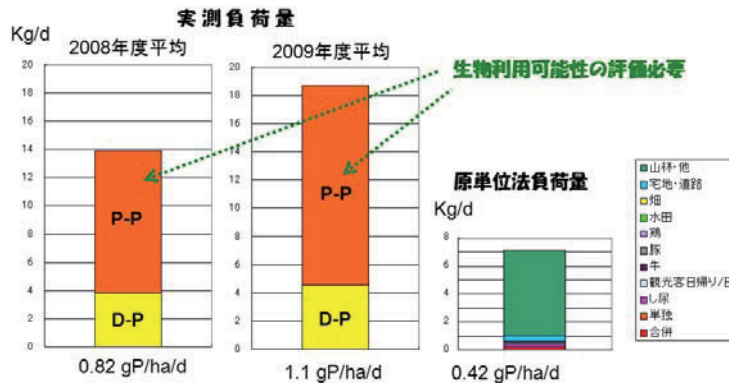


図 13 安曇川中流で求めた実測負荷量と湖沼計画の原単位法で求めた負荷量との比較

すい原因があるのかもしれない。また、2カ年とも5月頃に一旦低下する現象がみられた。PO<sub>4</sub>-P濃度でもNO<sub>3</sub>-N濃度と同様に5月頃に一旦低下する現象が2年目にみられ、これは気温上昇に伴う土壌や河床でのバクテリアおよび付着藻類の増殖によるものではないかと思われる。PO<sub>4</sub>-P濃度は、NO<sub>3</sub>-N濃度に比べて降雨の影響が少なく、春期に一旦低下し、夏期に高くなり、秋期に低下、冬期に再び上昇という季節変化傾向がみられた。溶存態ケイ酸は、夏期に上昇し、冬期に低下する季節変化がみられた。また、降雨時には濃度が低下する傾向がみられ、NO<sub>3</sub>-N濃度とは降雨時の変化が異なっていた。

(2) 負荷量変化

SS流出負荷量は、降雨の影響を顕著に受けて、降水量が多い時期に高い値を示していた。特に2009年10月は大きな値となっていた。DOC流出負荷量もSS負荷量と同様に降水量が多かった時期に高い傾向がみられた。窒素およびリンの流出負荷量も同様の傾向がみられた。例として、T-Nの月平均負荷量の2年間の変化を図12に示した。溶存ケイ酸の負荷量も、濃度ではNO<sub>3</sub>-Nと変動の違いがみら

れたが、月平均負荷量でみると流量の影響が大きく概ね同様の2カ年の変化となっていた。

2008および2009年度の実測から求めた単位面積当たりの年間平均負荷量と琵琶湖の湖沼水質保全計画で用いられている原単位を用いて計算して求めた負荷量との比較を図13に示した。T-Nでは両者が概ね同程度になったが、T-Pでは実測値が原単位法で求めた値の2~3倍程度大きな値になった。しかし、懸濁態リンは琵琶湖に流出したとしてもそのまますぐに植物プランクトン等の生物に利用されるわけではないので、生物利用性の割合をどう評価するかで湖沼計画の原単位の妥当性の評価が異なってくる。この点については、今後の検討課題である。

3.2 市街地排水路および農地排水路での降雨時負荷量調査結果

(1) 水質変化

降雨時流出水の水質を市街地排水路と農業排水路と比較すると、有機物濃度、窒素濃度、リン濃度ともに、「農業排水路」>「市街地排水路」となる傾向がみられた。第1回降雨時調査(2009年4月14日~16日)と第2回降雨

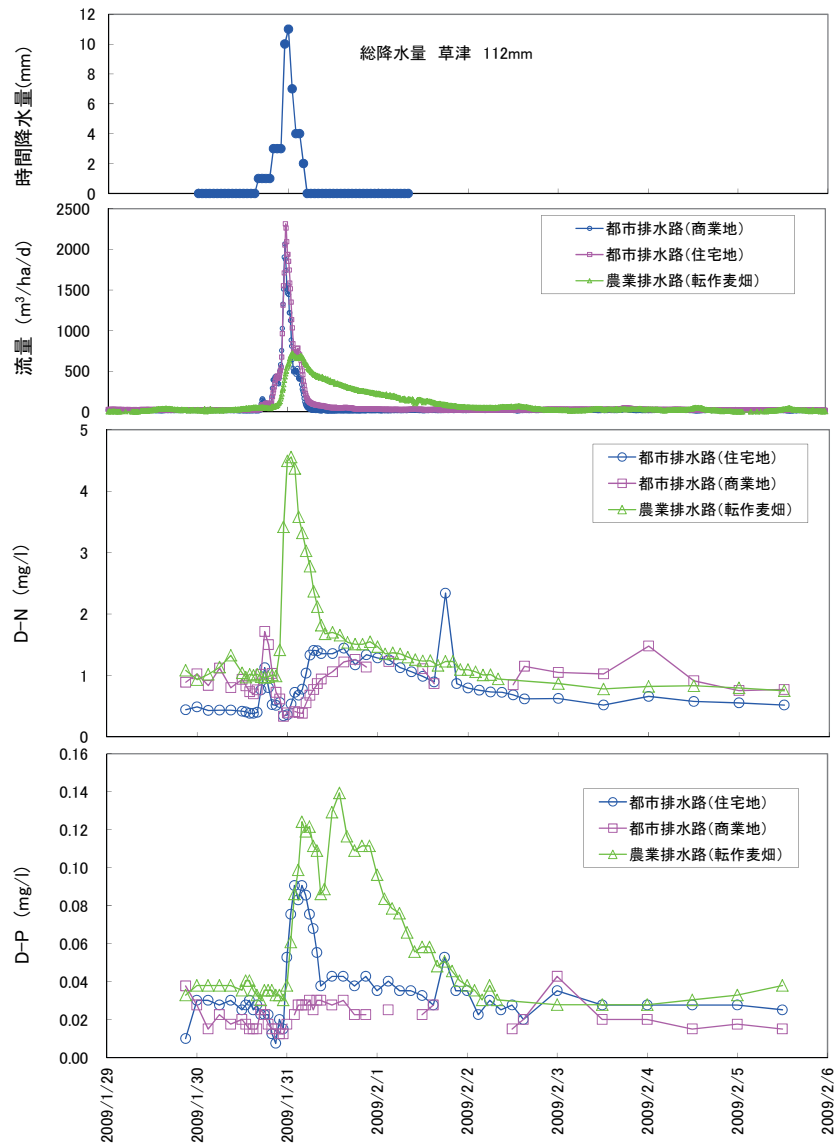


図 14 降雨時における流量・水質観測例（2009年1月29日～2月5日）

時調査（2009年4月25日～28日）では、代掻き、田植え前の水田での施肥の影響が水田排水の窒素濃度に顕著に表れていた。また、かんがい期には排水のリン濃度は、「水田排水」>「麦転作田排水」となる傾向がみられた。降雨時流出水の観測例を図14に示した。流量は、市街地では降水量の増減に短時間で追従する変化を示したが、農地ではゆっくりとした増減を示した。この図では、溶存態窒素と溶存態リンの変化を示したが、いずれの項目でも農地排水の濃度が市街地排水の濃度よりも高くなる傾向がみられた。

## (2) 降水量と流出負荷量の関係

これまでの降雨時調査結果をもとに各調査地区の各降雨イベント毎の総降水量と T-N、T-P 総流出負荷量の関係

をみた結果を図15に示す。総降水量と T-N、T-P 総流出負荷量の関係は、概ね正の相関関係にあるが、調査場所によって傾きが大きくことなっていることがわかる。T-N、T-P 負荷量は、水田と転作田（麦・大豆畑）の負荷量が、市街地に比べて明らかに大きく、市街地の中では、「住宅地」>「商業地」の傾向がみられた。

## 3.3 農業濁水の湖内水質への影響調査

### (1) 野洲川河口周辺での調査結果

南比良沖の北湖S局地点では、農業濁水のピーク時期に濁度が高くなる現象ははっきり観測できなかった。一方、日野川河口付近の近江八幡地先では、農業濁水の影響が若干みられた。しかし、他の沿岸の観測地点では農業濁水の影響ははっきりみられなかった。沿岸地点では農業濁水よ



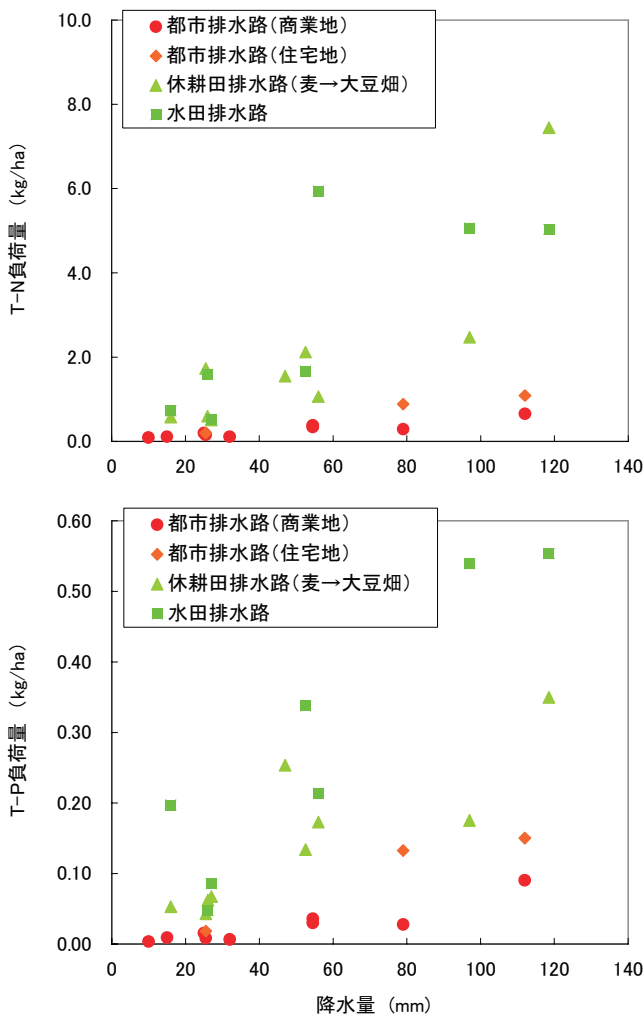


図 15 降雨イベント毎の総降水量と総流出負荷量との関係  
 (上図：降水量と T-N 負荷量の関係、  
 下図：降水量と T-P 負荷量の関係)

りも降雨時出水の影響がはっきり現れていた。また、クロロフィル a は、農業濁水が流入する前に、植物プランクトンの春期ブルームのピークがみられ、農業濁水流入に伴う栄養塩供給によって植物プランクトンが増殖しクロロフィル a が増加する現象は明確にはみられなかった (図 16)。このような結果から、農業濁水は直接的に琵琶湖沖合の水質に影響を及ぼす可能性は小さいのではないかと考えられた。

## (2) 宇曾川河口周辺での調査結果

2009 年度はさらに沿岸部での農業濁水の水質への影響をみるため、彦根の宇曾川河口周辺で調査を行った。その結果、宇曾川最下流の河口の橋では、農業濁水流出時期に 100 NTU 付近の高い濁度を示した。しかし、宇曾川河口付近の琵琶湖内の農業用水取水塔やエリでは、農業濁水の流出時期に濁度はやや高くなるものの降雨時を除き 20 NTU

未満で推移していた (図 17)。藤原ら (1997) によるとアユの稚魚が逃避する濁度の目安として 22 mg/l 以上という値が示されているが、今回の調査結果では岸から 1km ほど離れれば、降雨時を除きこの値を超える頻度は少ないと考えられる。ただし、濁水の拡散状況は、河川流量、湖岸の地形、湖流の状況などによって変わるので、さらに長期的な、また、他の水域での調査が必要である。

## 3.4 ナラ枯れの渓流水質への影響把握調査

2009 年 12 月から 2010 年 6 月にかけて行った調査結果から各地点での水質の 12 ヶ月平均値を求め、ブナ・ナラ群落占有率と水質の関係をみた結果 (図 18)、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度はやや正の相関を示す傾向がみられた。また、ナラ枯れが進行していない京都府域では、ナラ枯れが進行している滋賀県域に比べて  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が低い傾向がみられた。一方、流域内の表層地質に花崗岩が多い地点では、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が高い傾向がみられ (図 19)、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度に対しては地質の影響もあることがわかった。流域内の表層地質に花崗岩が含まれない地点のみ抽出して、ブナ・ナラ群落占有率と  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の関係をみた結果、正の相関がみられた。これが、ナラ枯れの影響によるものかどうかは、現時点では明らかでない。ナラ枯れの水質への影響を確認するためには、調査地点を絞って同じ地点でナラ枯れの進行状況と水質変化を長期的にモニタリングする必要がある。

## 3.5 面源負荷対策の効果把握調査 (循環かんがい)

長浜南部土地改良区で 2007~2008 年度に実施した調査結果から、農業用水に混合される農業排水の混合率が高くなると水田に供給される農業用水の窒素・リンの濃度が高くなることが確認された。一方、農業排水路の窒素・リン濃度は、供給される農業用水の濃度が高くなってもそれに対応して増加する変化はみられなかった。また、排水の混合率が高くなる 7 月には、農業排水の濃度が農業用水の濃度よりも低くなる場合もみられた。このようなことから、農業用水に混合する排水の比率を高くした方が、負荷削減効果が高くなることが定性的に明らかになった。定量的な評価は、現在、数理モデルを作成して解析を進めている。モデルの詳細は、政策課題研究 1 の報告の中で説明されているのでそちらを参照いただきたい。

## 4. まとめ

「面源負荷とその削減対策に関する政策課題研究」(2008~2010 年度) では面源負荷対策の今後の方向性を検討するため、①面源負荷の量的把握、②その湖内水質への影響把握、③面源対策の効果把握を中心に進めている。

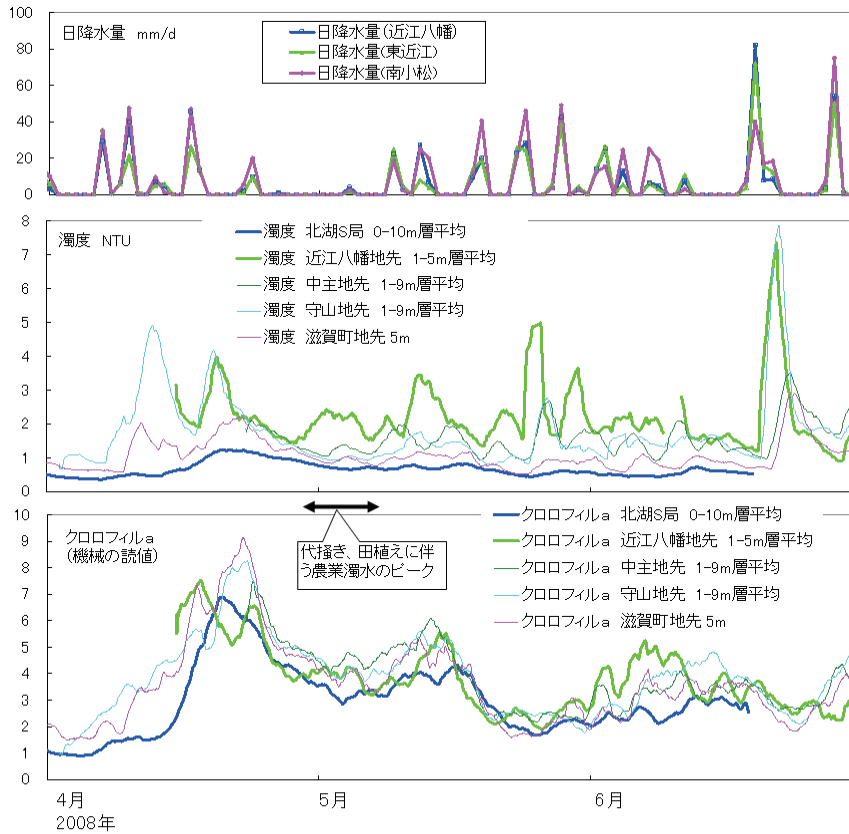


図 16 北湖 S 局および沿岸のエリ先端部における濁度・クロロフィル a の変化 (2008 年 4~6 月) (グラビア 1 頁参照)

これまでの調査結果からわかってきた点をまとめると次の通りである。

(1) 安曇川中流での降雨時を含めた負荷量詳細調査から森林の負荷量原単位は、T-N で 20.5、20.5 g/ha/d (2008 年度、2009 年度平均) で、T-P で 0.82、1.1 g/ha/d (2008 年度、2009 年度平均) と求められた。この値を琵琶湖の湖沼水質保全計画で用いている原単位と比較すると、T-N ではほぼ同程度、T-P では 2~3 倍の値であった。ただし、T-P 負荷量については、懸濁態リンの占有比率が大きく、その生物利用可能性を考慮する必要があり、原単位の考え方を見直す必要があると思われる。例えば、湖沼の水質予測モデルに使用するためには、溶存態リンで負荷量原単位を現した方がよいと思われる。

(2) 農業排水路 2 カ所と市街地排水路 2 カ所で降雨時負荷量調査を計 11 回行い、降水量と流出負荷量の関係を把握した。その結果、単位面積当たりの窒素、リンの降雨時負荷量は、水田 > 麦・大豆畑 > 住宅地 > 商業地という大小関係になり、特に農地の負荷量が大きかった。農地で求めた単位面積当たりの負荷量は、現行の農地の負荷量原単位よりも大きい値になった。

(3) 代かき、田植え時期の農業濁水の湖内での分布・拡散状況を調べた結果、沖合まで濁水が到達することはほとんどないことがわかった。また、植物プランクトンの春期

のブルームは、農業濁水流入がきっかけになるのではなく、水温上昇等の物理的環境条件が整うことによるものであると考えられた。沿岸での観測でも農業濁水の影響は降雨時以外は現れにくく、岸に貼り付く形で分布・拡散していると推定された。今後はさらに河口部、沿岸部において底泥への懸濁物質の沈降の影響把握を含めた調査が必要と思われる。

(4) ナラ枯れの渓流水水質への影響を把握することを目的に調査を行ったが、明確な結果は得られなかった。安曇川上流の京都府内の渓流水の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は、ナラ枯れが進行している滋賀県内の安曇川支流よりも低い傾向がみられたが、それがナラ枯れの影響によるものかどうかは現時点では不明である。今後、ナラ枯れの進行、終息のタイムスパンに対応した長期的なモニタリング調査が必要と思われる。

(5) 面源対策の効果把握として、長浜南部の循環かんがい地区で調査を行った結果、排水の循環利用率を上げた方が負荷削減効果が高くなる可能性のある結果が得られた。今後は数理モデルを用いて定量的な解析を行う予定である。

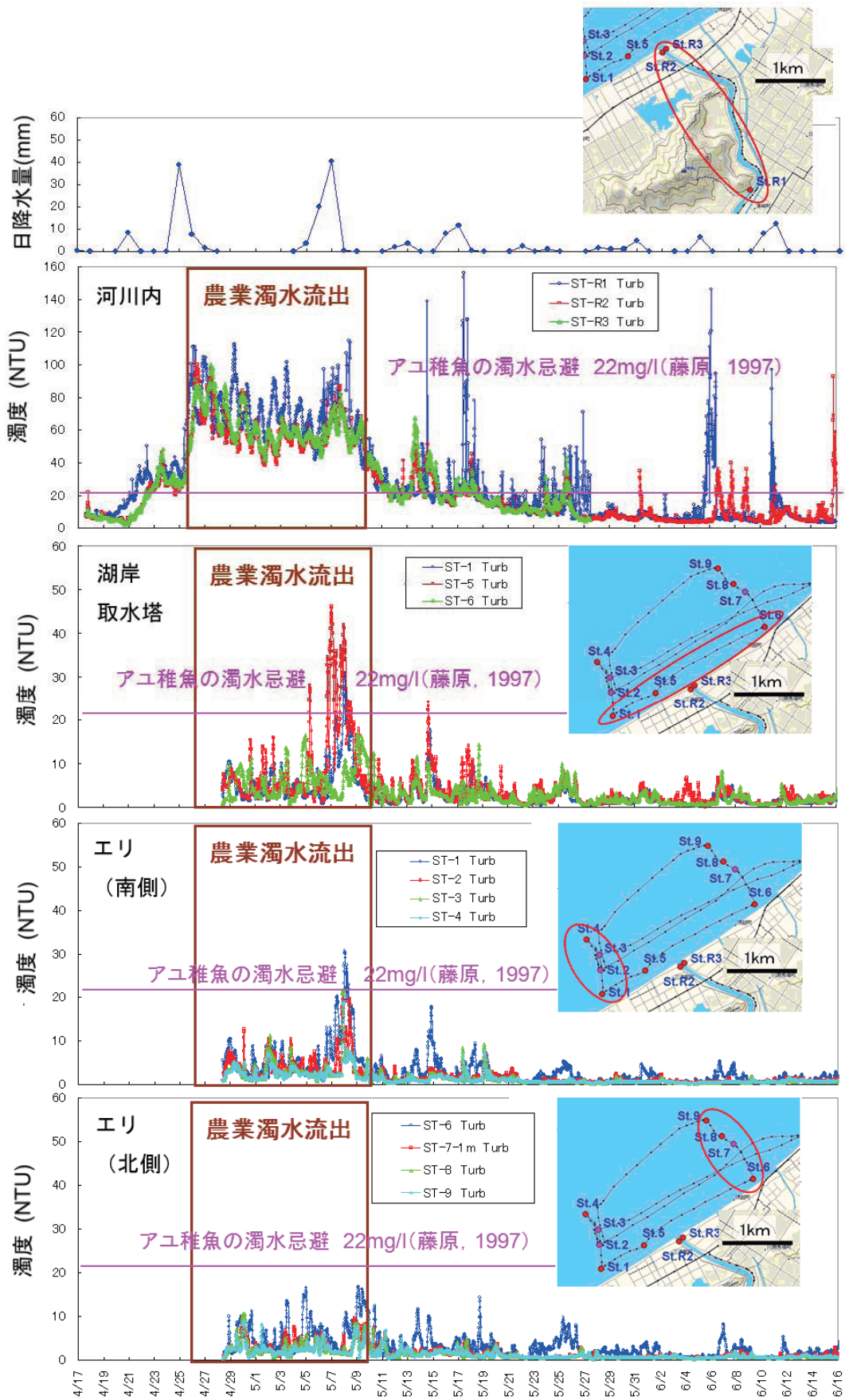


図 17 宇曾川河口周辺における濁度の変化 (2009 年 4~6 月) (グラビア 2 頁参照)

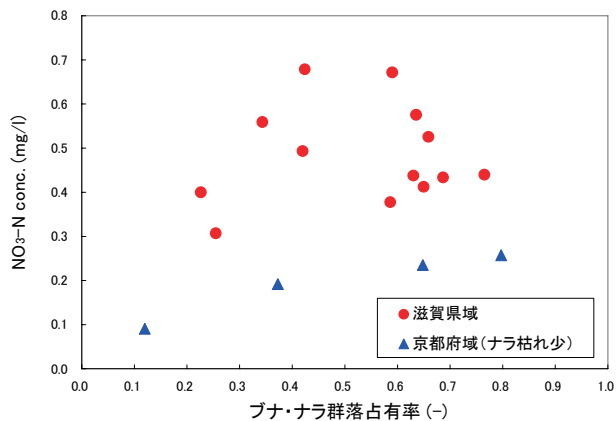


図 18 流域内植生のブナ・ナラ群落占有率と NO<sub>3</sub>-N 濃度の関係

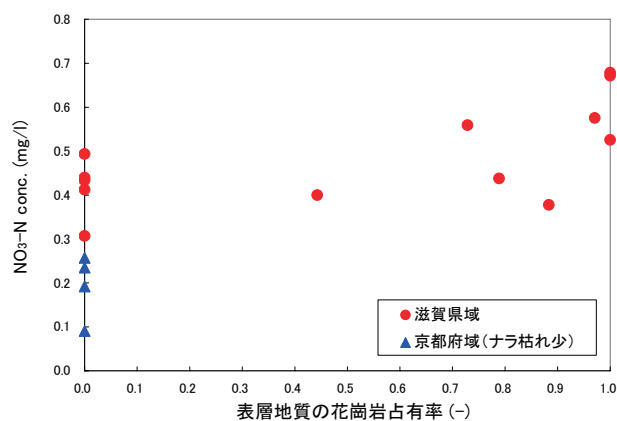


図 19 流域内表層地質の花崗岩占有率と NO<sub>3</sub>-N 濃度の関係

## 5. 謝辞

循環かんがいの効果調査では、長浜南部土地改良区の皆様、滋賀県耕地課及び旧滋賀県湖北振興局田園振興課の関係の方々にお世話になりました。また、宇曾川の調査では、滋賀県立大学の須戸幹氏、ナラ枯れの調査では、当センターの金子有子氏、滋賀県庁の増田信之氏、滋賀県立朽木いきものふれあいの里館長の青木繁氏にご助言と情報をいただきました。水質分析では、渡邊岳氏、西村剛史氏、赤岩さや佳氏にご協力いただきました。ご協力いただいた皆様に深く感謝いたします。

なお、安曇川、農業排水路、市街地排水路の面源負荷量調査については、河川整備基金、下水道振興基金から研究助成を受けて充実した調査が実施できました。関係の皆様 に感謝いたします。

## 6. 引用文献

- 藤原公一(1997):濁水が琵琶湖やその周辺河川に生息する魚類へおよぼす影響. 滋賀県水産試験場研究報告, 46: 9-37.
- 金子有子・國松孝男・籠谷泰行・中島拓男(2007):環境負荷の軽減を図るための森林管理方法の検討-森林流出水および森林動態の長期モニタリング-. 琵琶湖環境科学研究センター研究報告書, No. 3:101-109.
- 大久保卓也ほか(2008):日本の水環境行政(改訂版). ぎょうせい.
- 滋賀県(2010):滋賀の環境 2010(平成 22 年版環境白書). <http://www.pref.shiga.jp/biwako/koai/hakusyo22/honpen22.html>
- 滋賀県(各年度版):滋賀県森林・林業統計要覧.
- 滋賀県(2000):マザーレイク 2 1 計画. 琵琶湖総合保全整備計画.

<http://www.pref.shiga.jp/biwako/koai/mother21/top.html>

寺田征隆(2009):ナラ枯れ侵入前後での森林からの汚濁負荷流出の評価. 滋賀県立大学大学院 2009 年度修士論文:33.