

琵琶湖東岸地域における水環境と物質循環に関する研究

八丁 信正・松野 裕・越智 士郎・菅野 壮平・仙道 昭平

(近畿大学農学部環境管理学科)

Study on the Water Environment and Material Circulation in the Eastern Coast of the Lake Biwa

Nobumasa HATCHO, Yutaka MATSUNO, Shiro OCHI, Souhei SUGANO, Shohei SENDO

Department of Environmental Management

Faculty of Agriculture, Kinki University

Synopsis

With the inflow of pollutants or murky water, water environment and bio-environment of the lake Biwa have been deteriorating. Conservation measures including the construction of sewerage system, local initiative of reducing waste water or using of non-phosphate detergent are being adopted, but farming practices and reduction of agricultural chemicals have not been very effective due to the fact that wide area is covered, large volume of water is used, and the application of chemicals coincide with the particular period of the year. To establish effective measures for improving the water and bio-environments, the origin and the circulation mechanism of pollutants need to be identified.

In this study, the circulation of nitrogen in the paddy field or upland field was analyzed using DNDC (de-nitrification and decomposition model) and the potential of reducing the nitrogen leaching by changing farming practices was calculated. In addition, the movement of nitrogen or phosphate among different land uses and human/commercial activities was simulated by applying biomass circulation model. Major sources of pollutant, particularly nitrogen and phosphate are from livestock waste, fertilizer, and human waste. Purification capacity of paddy fields or water body can be estimated and measures to strengthening the capacity can be identified by improving the accuracy of these models, which will lead to the establishment of effective conservation measures.

1. はじめに

琵琶湖では、汚染物質や濁水等の流入により水環境、生物環境の劣化が進展しており、各種の保全対策が採られている。沿岸地域の生活系の排水については、下水道や住民レベルでの廃水対策が行われ、一定の成果を上げているものの、農業系の窒素、リン等の汚濁物質や代かき期等に発生する濁水対策については、面的に大きな広がりを持っていること、大量の水使用を行うこと、肥料や農薬が一つの時期に集中すること等の理由から、必ずしも十分な効果を上げているとはいえない状況である。有効な水質改善策を樹立するためには、汚染物質の起源と水を通じた循環メカニズムを解明することが重要となる。

対象とした琵琶湖東岸地区(図-1)は滋賀県の琵琶湖東岸に位置し、国営干拓地及び当該干拓地

造成に伴い残存内湖化した西の湖並びに伊庭内湖(大同川)の周辺農地を合わせた近江八幡市、能登川町、安土町、東近江市(一部)にまたがる流域一帯である。この地域は、北に愛知川、南に日野川という二大河川が流れ、東には1,000m級の鈴鹿山脈の山々が連なり、平野部にかけてなだらかな丘陵地と田園が広がり、西は西の湖や伊庭内湖などの水郷地帯を経て琵琶湖に接している。

本研究においては、地域における物質循環メカニズムの解明を進め、それに基づく環境調和的な物質循環システムの確立と、それを通じた水環境の改善の可能性について明らかにする。特に、農業を原因とする汚濁負荷の評価にあたって、当該地区を含む広域的な流域において発生する農業以外の汚濁負荷や、その発生原因についての全体像を把握し、相対的に農業原因の負荷量を評価する。

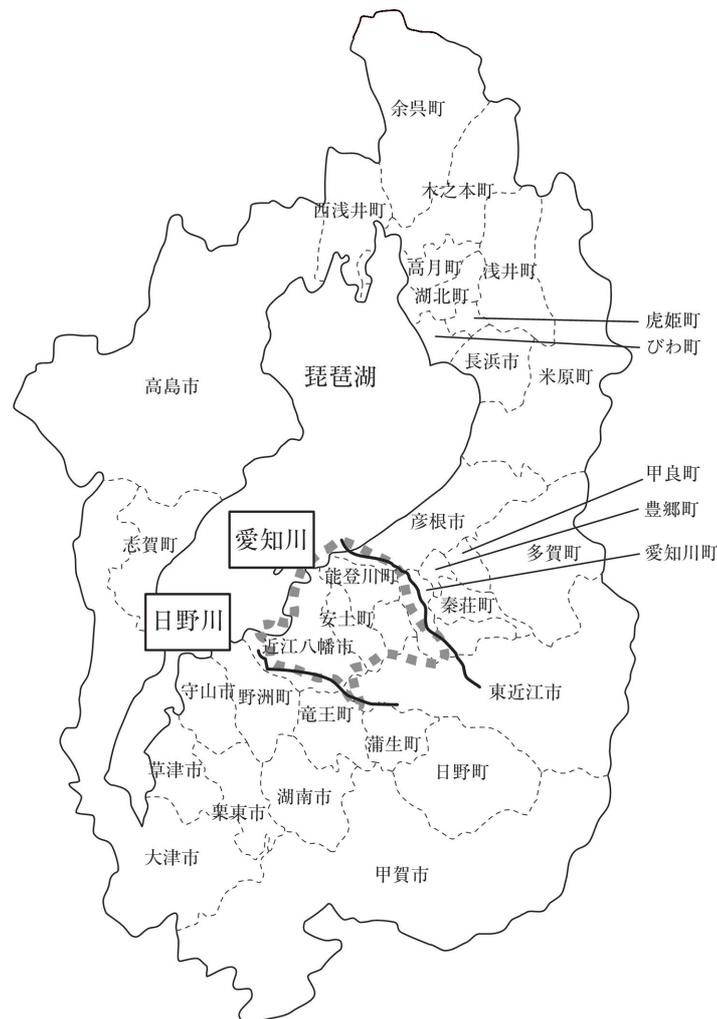


図1 対象地域 (<http://www.toukei.maff.go.jp/shityoson/map/> を修正)

2. 地域の状況と土地利用

2.1 流域および関係市町における土地利用

地域の流域に関係する市町は、近江八幡市、能登川町、安土町および、東近江市の一部を含む地域である。流域面積は、表-1に示すとおり12,400 haで、この内、水田が約24%を占めている。また、関係する市町の土地利用状況は、表-2のとおりであり、中心の近江八幡市、安土町、能登川町では、全土地面積の内、耕地が約47%で、その内水田が96%となっており、地域の土地利用や環境に占める農業、特に水田が果たす役割は非

表1 流域の河川と流域面積 (ha)

河川名	流域面積	水田除	水田
大同川	3,367	3,063	304
瓜生川	73	42	31
源田川	408	256	152
大中の湖	1,152	190	962
小中之湖	428	129	299
安土川	502	488	14
山本川	1,216	877	339
蛇砂川	3,253	2,871	382
黒橋川	968	536	432
長命寺川	1,033	985	48
合計	12,400	9,437	2,963



図2 地域の衛星写真 (ADEOS 分解能16m 4バンド)

表2 関係市町の土地利用 (ha)

	近江八幡市	安土町	能登川町	小 計	東近江市	計
総土地面積	7,697	2,430	3,112	13,239	31,757	44,996
耕地面積	3,420	1,130	1,640	6,190	5,820	12,010
(内 水 田)	3,250	1,100	1,590	5,940	5,540	11,480
林野面積	1,461	484	244	2,189	20,751	22,940
市街化区域	804	227	301	1,332	965	2,297
雑種地・その他	2,012	589	927	3,528	4,221	7,749

常に大きい。また、林野地の割合は17%であり、耕地とあわせると64%に達している。また、市街化地域の比率も約10%となっており、市街化地域が水田の中に混在した状況となっている。

また、図2に地域の衛星写真を示す。この写真から明らかなように、中流部に市街化地域が広がり、下流部は大半が水田となっている。また、林地も島状に中流域に独立した状況で存在している。さらに、水の循環という観点からは、下流部に西の湖及び伊庭内湖が流域の排水を取り込んで、琵琶湖へと排水がおこなわれるという所に特徴が見られる。

2.2 地域の農業

本地域の農業は水田を中心に発展を遂げており、水田が面積的にも産出額の面でも中心であるが、この他に小麦、大豆、野菜、肉用牛による土地利用が行われている。表3に示すように、地域の農業の中心は、水田が中心であり水田からの汚染物質や汚濁物質の排出量削減を行う必要性が高い。また、この地域は都市近郊であるにもかかわらず、畜産が比較的盛んに行われているのが特徴であり、その排水処理も水循環や水質に大きな影響を及ぼ

すと考えられる。また、野菜栽培も比較的重要であり、化学肥料の施用が比較的多い野菜栽培において如何に排出量を削減し、水質への影響を軽減するかが課題となる。

滋賀県では、琵琶湖の水質保全の観点から、農業系から排出される窒素、リン等の汚濁物質や代かき期等に発生する濁水について、浄化池の設置や循環かんがいなど負荷軽減対策に取り組んでいる。特に、農業排水が流入する西の湖及び伊庭内湖(大同川)については、琵琶湖に直結する内湖であり、水質保全対策が重要となる。

3. 地域の水環境の検討

3.1 地域周辺の主な河川の水質

対象地域周辺の主な河川の水質をみると、BOD(生物学的酸素要求量)では、八幡川の市街地で下水道が本格的に普及し始めた平成元年頃から値が低くなっており、家庭からの排水が浄化された結果と推定される。その他の河川では特に大きな変化は見られずほぼ横ばい状態となっている。T-N(全窒素)についてはほぼ横ばい状態が続いているが、三明川では僅かながら増加傾向となっている。

表3 町村別農業の概要

	近江八幡市	安土町	能登川町
栽 培 面 積 (ha)	水 稲 2,190	水 稲 711	水 稲 1,040
	小 麦 802	小 麦 185	小 麦 354
	大 豆 264	大 豆 107	大 豆 206
	野 菜 108	野 菜 64	野 菜 80
畜 産 (頭数、羽)	肉用牛 2,900	肉用牛 3,740	
	採卵鶏 15千	豚 3,570	豚 770
	乳 牛 260	採卵鶏 83千	
農業産出額比率 (%)	米 63	米 37	米 63
	肉用牛 10	肉用牛 29	野 菜 12
	野 菜 10	野 菜 8	花 き 7

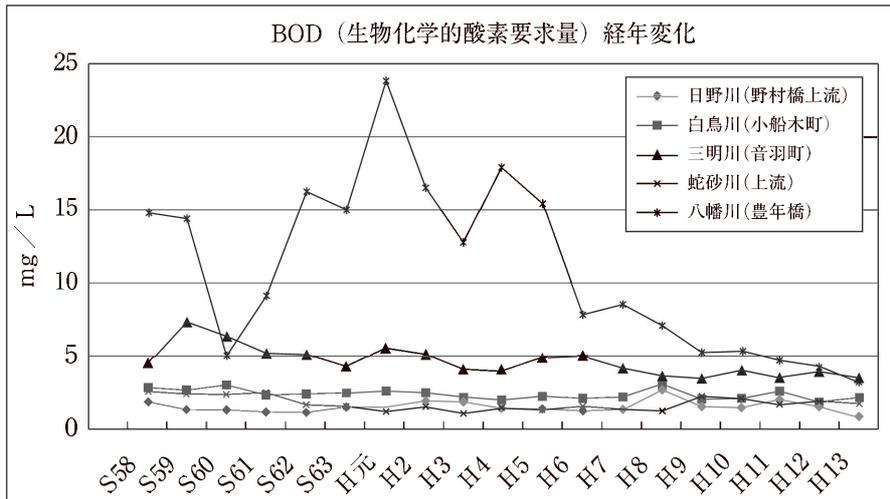


図3 事業地域周辺主要河川のBOD値の経年変化(滋賀県環境白書H17)

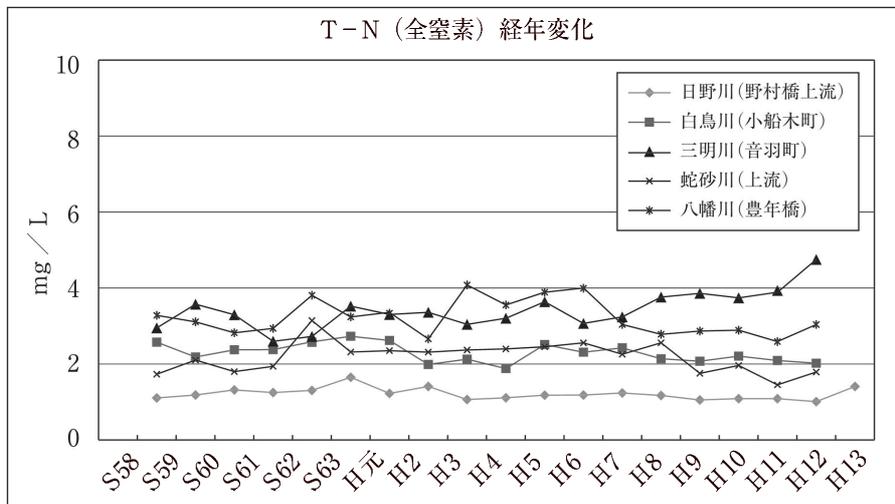


図4 対象地域周辺主要河川の全窒素値の経年変化(滋賀県環境白書H17)

3.2 西の湖の環境

西の湖は様々な機能を持っており、琵琶湖の水質や生物にとって重要な役割を果たしていると考えられる。内湖は水質浄化機能、生態機能、治水機能、利水機能、観光・景観機能等色々な機能を持っており、琵琶湖の水質や生物にとっても重要な役割を果たしている。

3.3 西の湖の水質

西の湖の水質については滋賀県が継続的に測定している。ここでは、そのデータをもとに検討を加える。平成11年度～平成16年度の西の湖における水質の経年変化を表4に示す。それぞれの項目について経年の大きな変化は見られないが、CODは若干の減少傾向にある。一方、全窒素においては増加の傾向が見られる。

平成16年4月～平成17年5月の間の月ごとの変化では、全窒素については5月から9月まで減少傾向(8 mg/lから5 mg/l)、CODについては4月から1月にかけて若干の減少傾向(6 mg/lから3 mg/l)を示した。次に、西の湖と西の湖へ流入している河川および排水路の全窒素値は、蛇砂川の濃度が若干低めだがほぼ同じ濃度(1.5-2.5 mg/l)であった。一方、全リンおよびCODについては安土川および小中排水路の濃度が他の河川と比べて高くなっている。また、BODについては安土川が高い値を示している。これは、安土川および小中排水路の有機物汚濁が比較的高いことが原因となった可能性を示唆している。西の湖に流入する河川および小中排水路の月別(平成13年4月～平成14年3月)全窒素および無機体窒素濃度でも、安土川および小中排水路の有機体窒素の濃度

表4 西の湖の水質(平成11年度～平成16年度)

項目	単位	西の湖中央部(地点No.3)						調査委員会 目標値
		11年度	12年度	13年度	14年度	15年度	16年度	
pH	mg/L	7.8	8.4	8.3	7.7	8.2	8.0	6.5～8.5
BOD	mg/L	1.8	2.1	1.7	1.7	1.9	1.6	2～3
COD	mg/L	5.0	5.7	5.0	4.9	4.5	4.6	3～4
T-N	mg/L	1.56	1.63	1.60	1.79	2.07	1.72	1
T-P	mg/L	0.055	0.061	0.046	0.045	0.045	0.038	0.05～0.06
SS	mg/L	10	11	6.0	8.0	7.0	5.0	< 10
透明度	m	1.0	0.9	1.2	1.1	1.3	1.3	> 1

出所：滋賀県琵琶湖・環境科学研究センター、滋賀県環境白書平成17年度版

の高さがうかがえる。特に流量が多くなっていると考えられる5月から10月の間は、その割合が大きい。有機体窒素の発生源は生活廃水、有機肥料、家畜糞尿などである可能性が高い。

3.4 西の湖への負荷量および湖の水質浄化機能

西の湖への負荷量は過去に算定されているが、リンとCODについては小中排水路からの負荷が最大となっている。窒素については蛇砂川からの負荷が最大となっている。また、西の湖のもつ浄化機能により、流入負荷量よりも流出負荷量

の方が少なくなっている。流入したCOD負荷量の約5%、総窒素負荷量の約30%(表5)、総リン負荷量の約50%が西の湖で浄化されると試算されている。COD成分の中には植物プランクトンが含まれており、この植物プランクトンが水中の窒素・リンを栄養源として湖内で増加するため、CODの浄化率は窒素・リンに比べて低くなっていると想定される。

3.5 大中ノ湖および小中ノ湖干拓地の環境負荷

この地域で過去に実施された調査結果を参考に窒素収支の検討をおこなった。表6に大中ノ湖干拓地(大中区)、小中ノ湖干拓地の通常の灌漑を実施している水田(小中通常区)、ならびに小中ノ湖干拓地の地区内の排水を灌漑用水として循環利用している水田(小中循環区)における灌漑期間中の窒素収支を示す。

表6から、3つの地域では窒素収支にそれぞれ特徴があることが理解できる。大中区では、流入窒素量より流出窒素量が多い、いわゆる汚濁型となっている。一方、小中通常、小中循環区は共に

表5 西の湖への総窒素負荷量(kg/日)

流域名	流入量(割合)
蛇砂川	143.7 (29.4%)
山本川	85.8 (17.6%)
安土川	31.6 (6.5%)
小中排水路	124.7 (25.5%)
黒橋川	76.9 (15.7%)
残流域	25.7 (5.3%)
総流入量	488.4 (100.0%)
総流出量	349.1 (71.5%)

表6 灌漑期間中の窒素(T-N)収支(kg/ha)

	H15年 大中区 ¹	H16年 大中区 ²	H15年 小中通常区 ¹	H16年 小中通常区 ³	H15年 小中循環区 ¹	H16年 小中循環区 ³
灌漑用水	5.93	6.49	18	19	24.66	30.1
降雨	5.2	6.1	3.08	9.3	3.62	11.8
表面流出	4.72	4.5	3.88	14.9	2.95	20.6
浸透	7.36	8.4	9.94		10.13	
収支(流入-流出)	-0.95	-0.31	7.44	13.4	15.2	21.3
流出率(流入/流出)	1.09	1.02	0.66	0.53	0.46	0.49

¹平成16年度 地域整備方向検討調査 琵琶湖東岸地区農業用排水の水質実態調査結果報告書より引用²平成16年度 水田の水質浄化機能調査 農業工学研究業務 委託事業研究報告書より引用³平成15年度 水田の水質浄化機能調査 農業工学研究業務 委託事業研究報告書より引用

水質浄化型の窒素排出形態である。小中循環区ではその浄化率が通常区と比べて高いが、小中循環区においては流入窒素が多いため流出窒素量も多くなっている。

4. 地域レベルでの物質循環

はじめに述べたように、地域の水環境や物質循環を考える場合、土地利用別に個別に対応を行っているのは、必ずしも最適な計画とはならない。このため、水循環の基本である一つの流域を対象に、物質循環のメカニズムを解明する必要がある。そこで、本研究においては、概略的に圃場レベルでの物質循環の分析(DNDCモデル)および、流域レベルでの物質循環メカニズム分析(バイオマス資源循環利用診断モデル)を行った。

4.1 DNDCモデル

DNDCモデル(De-Nitrification and Decomposition model)は土壤中の炭素と窒素の循環をシミュレーションし、土壌から発生する温室効果ガスの量を予測するために開発されたモデルである(アメリカ・ニューハンプシャー大学、Liら)。

大中の湖干拓地域の『気候条件』では、日毎の最高気温・最低気温・降水量変化(表1)および緯度(35°)、降雨中に含まれる窒素濃度(0.2 mg N/l)、大気中のアンモニア濃度(0.06 $\mu\text{g N/m}^3$)大気中の二酸化炭素濃度(360 ppm)、毎年増加する二酸化炭素量(1.7ppm/年)を入力した。

次に『土壌特性』では土地利用(水田)、土性

(Loam, Clay Loam, Sandy Loam)、土壌容積密度(1.1g/cm³)、土壌pH(5.7)、土壌微生物活動指標(1)、バイパスの有無(なし)、土壌表層の炭素濃度(0.03kg C/kg)、モデル開始時の土壌の硝酸濃度(9mg N/kg)、初期土壌アンモニアイオン濃度(0.9mg N/kg)、水分保持層の深さ(30 cm)、傾斜(0%)を入力した。最後に『圃場管理』ではJAグリーン近江 栽培ガイドラインのデータを用いて、作付け作物種類(水稲)、作付け日、収穫日、耕作方法、施肥量、施肥方法、堆肥・土壌改良剤の投入、雑草の除去、灌漑方法などを入力する。表7に代表的耕作パターンを示す。

計算結果

今回の検討では「DNDCモデル」を用いて、大中干拓地区における水田の単位面積あたりの硝酸態窒素溶脱量を推定した。また、『環境こだわり農作物認証制度および環境こだわり農業実地協定のあらまし』より、環境こだわり農作物の基準(化学肥料5割以下の基準)と協定特例基準(化学肥料7割以下の基準)の栽培方法を行ったときの硝酸態窒素溶脱量も推定した。その結果、慣行農法水田からの硝酸態窒素溶脱量は年間18.51kg N/ha、協定特例基準16.70kg N/ha、環境こだわり農作物14.77kg N/haが溶脱するという結果が得られた。化学肥料の施肥量は慣行水田が100kg N/ha、協定特例基準60kg N/ha、環境こだわり農作物40kg N/haとなっている。この結果から施肥量を低減することにより、窒素溶脱量もそれに伴い減少し、環境への負荷を抑えられることがわかる。作付け状況、気象条件などを加味した、月別の硝酸態窒

表7 耕作パターン

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
稲作				元肥・播種	田植え	追肥	穂肥	—	収穫			
小麦	—	—	穂肥	実肥	—	収穫				元肥	播種	追肥
大豆					元肥	播種	—	—	—	—	収穫	

表8 月別・単位面積あたりの硝酸態窒素溶脱量(単位はkg N/ha)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
水稲1	0.17	1.11	2.05	3.51	4.33	0.79	0.67	0.16	0.31	1.35	1.93	2.13	18.51
水稲2	0.17	1.11	2.05	3.30	3.75	0.74	0.33	0.09	0.26	1.15	1.75	2.01	16.70
水稲3	0.17	1.11	2.05	3.11	3.21	0.74	0.06	0.03	0.24	0.72	1.47	1.89	14.77

水稲1：慣行農法、水稲2：施肥70%、水稲3：施肥50%以下

素の溶脱量は、表8に示すとおりである。

月別の降水量と硝酸態窒素溶脱量の関係を見ると、降水量の多い月に硝酸態窒素の溶脱が比較的多いこと、化学肥料施肥直後の窒素溶脱量の増加が認められた(図5、図6)。ここで、秋の休耕期に、窒素流出が大きくなるのは降雨による洗い出しによると考えられる。また、水田における水稻の吸収による窒素浄化効果は、生育初期は吸収量が少なく、基肥の直後には硝酸態窒素の溶脱が大きくなる。しかし、気温が高く植物体の生育が促進される7月から8月にかけては水稻の吸収による窒素吸収が多いため硝酸態窒素の溶脱量も少なくなっている。加えて、湛水状態にある土壌では、土壌の還元化および脱窒作用に伴い水田土壌における窒素浄化機能が働くこともあり、窒素溶脱は比較的少ない値となっている。脱窒は主に微生物により硝酸態窒素やアンモニア態窒素が還元されて窒素ガスになり、大気中へ揮散される現象であり、物質循環からみると窒素浄化の手段の中では最良であるといえる。また図6から、協定特例基準の施肥量では窒素溶脱量がおよそ10%、環境こだわり農作物の基準では20%程度の削減が可能であることが明らかである。

4.2 バイオマス資源循環利用診断モデル

バイオマス資源循環利用診断モデルは、地域における有機性資源循環の診断を行うための任意の

地域での物質循環をシミュレートするもので、「地域における窒素フローの推定方法の確立とこれによる環境負荷の評価」(松本, 2000)をプロトタイプとして、改良を加えられたものである。本調査での関係市町における物質循環モデルの構築および推定は、基本的に二次資料から得られるデータを用いた。負荷量の推定は、原単位法および文献値を基に行った。

このモデルは流域における物質の流れを、土地利用(農地、森林)や、生産・生活単位(畜産、食品産業、人間)などに分類し、それぞれのコンパートメントにおけるバランスと、コンパートメント間の関係を相互に連結したものである。算定結果を表9に示す。ここで、農地における窒素の循環については、農地からの排出の内、食材として収穫される316トン、および脱窒の343トンは環境への負荷とはならず、問題とはならない。環境に排出される残りの462トンをいかに削減するかが課題となる。つまり、投入(施肥)を減らして溶脱の量を削減すること水環境の改善につながる。また、家畜からの排出の625トンの内、食材として出荷される108トンを除くと、517トンが環境へ排出される可能性を持っている。こうした、家畜の糞尿を適正に処理し、環境への排出を最小限に抑えることが重要である。同様に公共下水についても、処理後の処理水に含まれる270トンが水域に流入する結果となっているが、超高度処理施設

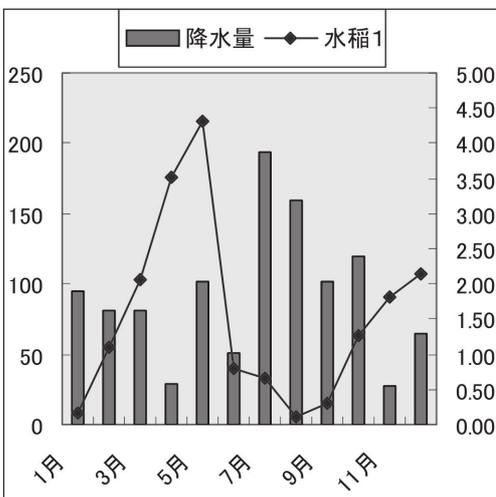


図5 滋賀県の月別変動
(単位：降水量mm、窒素溶脱量kg N/ha)

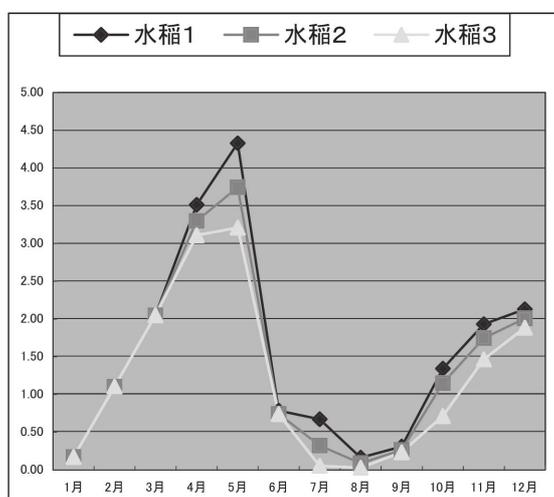


図6 月別 施肥別の硝酸態窒素溶脱量 (単位：kg N/ha)
水稻1：慣行農法、水稻2：施肥70%、水稻3：施肥50%以下

表9 地域における汚染物質負荷の状況

年間(トン)		窒素	環境負荷分(%)	リン	環境負荷分(%)
農地	投入	1,238	—	271	—
	排出	1,121	462 (36)	252	171 (84)
山林	投入	37	—	0	—
	排出	9	9 (1)	1	1 (1)
家畜	排出	625	517 (40)	8	0
公共下水	排出	387	—	43	—
処理後	排出	271	271 (21)	27	27 (13)
雑排水	排出	19	19 (2)	4	4 (2)
		計	1,278 (100)	計	203 (100)

の整備を推進し、一層の環境負荷低減を図ることが必要である。したがって、窒素全体で考えると、表に示すように負荷割合の高い家畜からの排出の処理、肥料投入の削減による溶脱量の低減、高度処理による処理水に含まれる窒素量の削減が、水環境改善の大きなポイントとなる。リンについては、家畜の負荷はほとんどないものの、対策的には窒素と同様の対策が必要となる。

流域河川の水質分析および流量測定を実施し、その結果から推定値と実測値の比較分析を行い、本モデルの再現性の検証を行うこととする。こうしたモデルの確立により、特に農地における肥料の投入量の削減による窒素成分の吸収や農地の水質浄化機能を定量的に把握し、地域における有効な物質循環システムを確立することが可能となると考える。

5. おわりに

本研究では、琵琶湖東岸地域における水環境の状況を明らかにするとともに、概略的なデータを用いた地域レベルでの物質循環に検討を加えた。この中で、環境保全農法の有効性について検証(DNDCモデル)するとともに、バイオマス循環モデルにより流域内の土地利用や生産・生活活動にともなう窒素やリンの循環について検討を加えた。土地利用的には広がり少ない家畜の糞尿の処理が、特に窒素による汚染に大きな影響を与える可能性を指摘した。

琵琶湖東岸地域は、中流部に都市化した地域が存在し、下流部にふたたび水田地域が広がり、水循環の観点からは、下流部の水田および湖が水質調整・浄化の機能を果たしているように思われる。ただ、全体的に汚染物質の排出源、処理状況など十分に解明されていない部分もあり、今後の調査で明らかにする必要がある。このためには、特に水域である西の湖および東部承水溝への窒素や汚染物質の負荷源の特定を行う必要がある。さらに、それぞれのモデルの細部に検証を加えると共に、

参考文献

- DNDCモデル、ホームページ <http://www.dndc.sr.unh.edu/>
- 家島章旨・八丁信正・松野裕 流域レベルの資源循環—大和川流域の窒素の循環—近畿大学資源再生研究所報告 第3号 p.11-22 (2005)
- 石井勲・山田國廣：浄化槽革命—生活排水の再生システムを目指して、平河工業社、12、41-42、52-54 (1994)
- 小川吉雄 地下水の硝酸態窒素汚染と農法転換 (2000) 農文協
- 近畿農政局巨椋池農地防災事業所 巨椋池 パンフレット
- 近畿農政局巨椋池農地防災事業所 巨椋池絵巻
- 國松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析、技報堂出版株式会社、13-14、222 (1989)
- 国土地理院：細密数値情報(10mメッシュ土地利用情報) 2000、日本地図センター
- 国土地理院ホームページ：ウォッチーズ、<http://watchizu.gsi.go.jp/>
- 小林久・久保田富次郎：流域環境管理のための地

- 域資源の循環利用方策、農業土木学会誌 第66巻 第12号、25, 27 (1998)
- 滋賀県 平成16年版 環境白書 (2004)
- 滋賀県 平成17年版 環境白書 (2005)
- 仙道昭平・菅野壮平他 巨椋池における土地利用の変化と物質循環 近畿大学資源再生研究所報告 第4号 p.19-28 (2006)
- 田中修三：基礎環境学 ―循環型社会をめざして、共立出版、4-5, 81 (2003)
- 田淵俊雄：水田除去機能付き窒素流出モデル ―農業集水域の窒素流出解析に関する研究 (1) ―、土壌の物理性 第七十八号、14 (1998)
- 田淵俊雄：世界の水田 日本の水田、農村漁村文化会、184 (1999)
- 東洋経済新報社：Data Bank SERIES①2004 地域経済総覧、417, 東洋経済新報社 (2003)
- 日本土木研究所：水土の知を語る (VOL.2) 物質循環を考える ―その1― 有機性廃棄物の農地還元 ―、9-16, 24, 65, 140, 144 (2003)
- 農業環境技術研究所 第22回 土・水研究会資料 (2005) 有機物資源リサイクルの環境への影響 評価 p.37-48, p.57-64, 独立行政法人
- 農業環境技術研究所編 農業生態系における炭素と窒素の循環 (2004) 独立行政法人 p.51-75, 養賢堂出版
- 農業工学研究所・日本農業土木総合研究所：バイオマス資源循環モデルの概要、1-2, 10 (2003)
- 農業水利研究会：日本の農業用水、83, 85 (1980)
- 農林水産バイオリサイクル「システム化サブチーム」：「バイオマス資源循環利用診断モデル」利用マニュアル Ver.1.0、45-46, 52 (2004)
- 農林水産省ホームページ：わがマチ・わがムラ ―市町村の姿 ―、<http://www.toukei.maff.go.jp/shityoson/map2/29/201/index.html>
- 農林水産省大臣官房統計情報部：第1巻 奈良県統計書 (農業編)、農林統計協会、14, 56-69 (2001)
- 農林水産省大臣官房統計情報部：第1巻 奈良県統計書 (林業編)、農林統計協会、2 (2002)
- 藤岡正：大和川紀行 流域から水を考える、遊絲社、92-94, 96 (2004)
- 松本成夫：地域における窒素フローの推定方法の確立とこれによる環境負荷の評価、農環研 (2000)
- 森田潤司・成田宏史：新食品・栄養科学シリーズ 食べ物と健康1 食品学総論、化学同人、186 (2003)
- 安富六郎・多田敦・山路永司：農地工学 第3版、文永堂出版株式会社、19 (1999)
- 山崎龍太郎・橋本雄介・成岡市・高原成明：地球規模の視点からみた有機性廃棄物リサイクルシステムに関する一考察、H15農業土木学会大会講演会 講演要旨集、136 (2003)
- 和田安彦：ノンポイント汚染源のモデル解析、技報堂出版株式会社、81 (1990)