

1. はじめに

農村環境における生活様式の変化と人口増加は汚濁発生量を増加せしめ、農村地域を流れる川といえども水質汚濁が進行しつつあり、農村自身がかんがい用水の汚濁発生源の一つとなっている。又、下流部の水質汚濁問題においても、農村からの汚濁物質の流出は無視しえない状況にあり、市街地排水のみならず農村環境からの汚濁負荷についても何等かの対策が必要となってきた。農村地域のような低人口集落地で、汚濁発生源が農地や森林のような面的な発生地域では下水道システムのような水質汚濁対策は必ずしも得策ではなく、むしろ非経済的、非効率的である。農村地域ではその特質を生かし、環境に適合した水質管理システムの導入を計らねばならない。本稿では農村地域における広域水質管理計画を立案するために、岡山県、笹ヶ瀬川の一支流である足守川流域を対象として、農村環境を集落地区、水田、畑、畜産地区、山林の5区分に分類し、それぞれのモデル地区および河川における汚濁物質の流出特性を把握し、その調査結果をもとに、農村に清流をとり戻すための水質管理のあり方に関する一つの構想について述べる。

2. 対象地域の概要

広域水質管理のための汚濁物質流出調査を行った対象地域である足守川流域は岡山県北の黒谷池より発し、笹ヶ瀬川本流との合流点までの流域である。

全流域面積は約16,000haで、河川流域長は約22kmである。この流域には水田が22%、畑が3%、宅地が5%、山林その他が7%ある。宅地734haのうち約30%は総社市の一部市街地が含まれ、これをこれを除くと典型的な農林環境であると考えられる。さらに本流域内には、牛約1,400頭、豚約1,000頭、ブロイラー約3,200羽が飼育されており、これらの畜産排水が足守川に流入している。調査流域および調査地点を図-1に示す。図中Aは足守川およびその支流における調査地点、Hは市街地、Tは地下水の採水地点である。このA1～A10の各地点を足守川への流入点とする各ブロック毎の汚濁発生源別の諸元を表1に示す。A6地点より上流部は水田、畜産団地があり、メロン栽培の盛んな農山村地帯である。A～5地点の西側には大井町、少し下流部の足守川周辺には足守町があり、ともに市街地に指定された集落がある他、足守川に沿って岡、中村、東阿曾等の農村集落

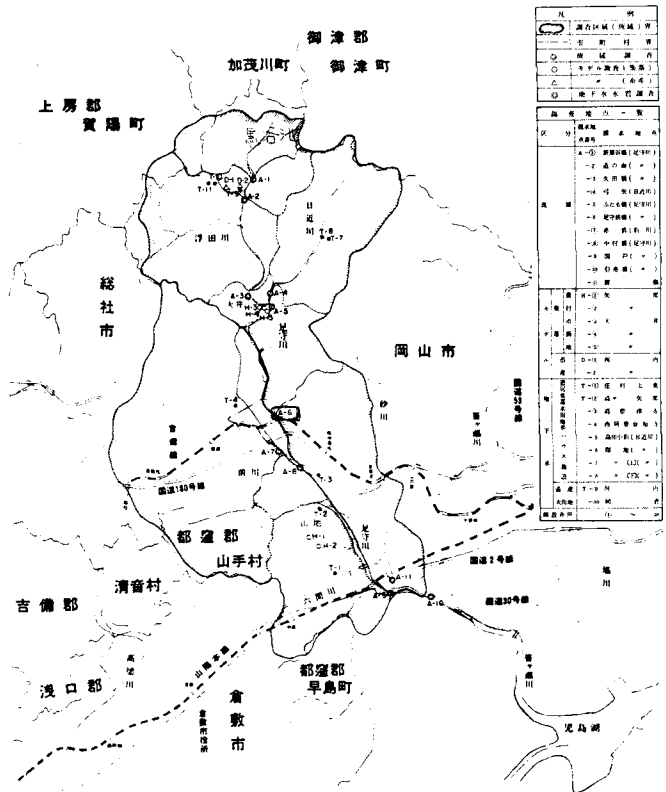


図-1 農村地域水質広域管理計画採水地点図

があり、これらが 主要な生活系の 排水源となっている。A－6 地点より下流部 は、岡山県 南広域都 市計画区内に 指宅されており、宅地化が急速に進みつつある地域で、将来 は市街地としての 性格を強める傾向があり、さらに 岡山、倉敷両市に またがる流域下水道の集水範囲に 予定されている。本稿では農村における 広域水質管理計画を 実施する地域を地点 A－6より上流部に 限定して考える。

3. 原単位法による プロ

ック別汚濁発 生量

汚濁発生源を次の6つ に区分し、調査で得られ た値や文献による 負荷量 原単位と表－1の データ を基にして 各ブロック別 に BOD、COD、 T－N T－P について発生量を 求めた。区分は(1)生活排

水、(2)畜産

排水、(3)水

田排水、(4)

畑・樹園排

水、(5)山林

その他の流

出水、(6)降

雨の6つで

ある。A－1

～A－6 の

各地点の流

域ブロック

における累

積汚濁発生

負荷量およ

び、全体に

占めるおの

おのの比率

を各汚濁発

生源毎に寄

与率として

計算し、そ

の結果を表

－2に示す。

この計算の

中で生活排

表1 調査地点ブロック別概要

調査 地点	世帯数 人口		地目別面積 (ha)					畜産 (頭)		下水処理 (人)		
	(戸)	(人)	水田	畑	宅地	山林	その他	牛	豚	浄化槽	くみとり	自家処理
A-1	62	238	51	13	3	920	20	0	0	0	0	238
A-2	188	678	74	31	11	308	107	153	0	0	0	678
A-3	640	1975	176	50	29	1847	173	346	0	0	0	1975
A-4	770	2273	286	71	33	1306	303	215	25	0	0	2273
A-5	111	410	46	8	5	184	47	0	0	0	140	310
A-6	1043	3884	219	38	25	523	195	153	0	365	3382	137
A-7	5481	20379	1271	166	256	2245	943	246	900	1269	17683	1427
A-8	405	1565	159	11	23	87	194	28	0	0	1408	157
A-9	0	0	1009	94	230	512	965	47	0	0	0	0
A-10	8385	29078	1235	76	349	862	762	209	153	5816	22099	1163
計	17085	60480	4526	558	964	8794	3709	1397	1078	7450	44672	8353

表2 累積汚濁発生負荷量

項目	BOD ₅ (kg/日, %)			CDO (kg/日, %)			T-N (kg/日, %)			T-P (kg/日, %)		
	発生量	寄与率(1)	寄与率(2)	発生量	寄与率(1)	寄与率(2)	発生量	寄与率(1)	寄与率(2)	発生量	寄与率(1)	寄与率(2)
生活排水	9.15	40.3	1.48	6.12	14.9	1.07	3.10	7.4	0.62	0.532	62.9	2.09
{ 雑排水	8.81	38.8	1.42	5.95	14.5	1.04	0.60	1.4	0.12	0.238	28.1	0.94
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
{ 浄化槽	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.34	1.5	0.06	0.17	0.4	0.03	2.50	6.0	0.50	0.294	34.8	1.15
自家処理	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
畜産排水	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
{ 牛	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
{ 豚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水田排水	4.49	19.8	0.72	5.87	14.3	1.03	2.70	6.5	0.54	0.046	5.4	0.18
畑地排水	1.14	5.0	0.18	1.50	3.6	0.26	1.27	3.0	0.25	0.013	1.5	0.05
山林・その他	7.92	34.9	1.28	18.11	44.0	3.17	13.86	33.2	2.76	0.132	15.6	0.52
降水	-	-	-	9.52	23.2	1.67	20.84	49.9	4.16	0.123	14.5	0.48
計	22.70	100	3.66	41.12	100	7.20	41.77	100	8.33	0.846	100	3.33
生活排水	87.38	54.2	14.1	58.4	36.5	10.23	29.55	20.3	5.89	3.48	49.9	13.70
{ 雑排水	84.1	52.2	13.6	56.8	35.5	9.95	5.68	3.9	1.13	2.27	32.6	8.93
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
{ 浄化槽	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3.28	2.0	0.5	1.62	1.0	0.28	23.87	16.4	4.76	1.21	17.4	4.76
自家処理	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
畜産排水	28.5	17.8	4.6	12.4	7.8	2.17	33.2	22.9	6.62	2.72	39.0	10.71
{ 牛	27.5	17.1	4.4	11.4	7.1	2.00	32.5	22.4	6.48	2.41	34.6	9.49
	1.0	0.6	0.2	1.0	0.6	0.17	0.65	0.5	0.14	0.313	4.5	0.18
{ 豚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水田排水	25.2	15.6	4.1	32.9	20.6	5.77	15.16	10.4	3.02	0.257	3.7	1.01
畑地排水	6.25	3.9	5.9	8.2	5.1	1.44	6.94	4.8	1.38	0.072	1.0	0.28
山林・その他	13.8	8.6	2.2	31.5	19.7	5.52	24.1	16.6	4.81	0.230	3.3	0.91
降水	-	-	-	16.6	10.4	2.91	36.3	25.0	7.24	0.209	3.0	0.82
計	161.1	100	30.84	160.0	100	28.04	145.3	100	28.96	6.968	100	27.43
生活排水	363.79	75.6	58.70	241.39	62.5	42.30	84.08	16.6	16.77	12.791	66.1	50.34
{ 雑排水	353.90	74.6	57.10	236.50	61.8	41.44	23.66	12.8	4.72	9.451	61.8	37.20
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
{ 浄化槽	1.68	0.9	0.27	0.84	0.5	0.15	2.30	3.0	0.46	0.193	3.1	0.76
	8.21	0.2	1.33	4.07	0.1	0.71	58.12	0.8	11.59	3.147	1.2	12.39
自家処理	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
畜産排水	111.88	9.9	18.05	30.66	5.1	5.37	131.50	30.3	26.23	10.012	27.1	39.41
{ 牛	110.88	9.9	17.89	29.66	5.1	5.20	130.80	30.3	26.09	9.699	27.1	38.17
	1.00	-	0.16	0.98	-	0.17	0.65	-	0.14	0.313	-	1.24
{ 豚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水田排水	75.05	9.8	12.11	97.97	16.1	17.17	45.16	15.3	9.01	0.766	3.1	3.01
畑地排水	18.56	1.7	2.99	24.33	2.8	4.26	18.88	2.2	3.77	0.215	0.6	0.85
山林・その他	50.47	3.1	8.14	115.33	8.8	20.21	88.34	14.0	17.62	0.842	1.6	3.31
降水	-	-	-	61.00	4.8	10.69	133.46	21.6	26.62	0.781	1.5	3.07
計	619.75	100	100.00	570.68	100	100.00	501.42	100	100.00	25.407	100	100.00

注 寄与率(1) 各地点におけるブロック毎の発生源比率
寄与率(2) 基準点A 6における累積負荷量に対する各ブロックの累積負荷量の比率

水中し尿の占める 比率が小さいのは、大部分の家庭のし尿はくみとりによりし尿処理場へ、つまり対象流域から系外へ持ち出されているためである。この点での問題点を包含した上で、算出された発生負荷量から考えると、各ブロック毎に重点となる発生源は水質項目毎に異なるが次のようにまとめることができる。

A-1 生活排水、山林・その他の流出水 A-2,3 生活排水、畜産排水

A-4 生活排水、畜産排水、水田 A-5 生活排水、水田 A-6 生活排水、水田、畜産排水

畑地からの流出水や水田からの地下浸透量による水系への汚濁物質の寄与量をどう見積り、評価するかは問題となるところではあるが、現在まで得られた知見から評価する限り、ここで対象とする地域では生活排水が最も大きな寄与率を示し、ついで畜産排水、水田排水が主要な汚染源となっている。

4. 従来の水質管理の問題点

これまで農村地域における水質管理は余り考慮されてこなかった。これは農村地域の水質は今日まで比較的良好であったことと、それ故問題が潜在化していたことによるものであろう。この点において農村地域において広域的な水質管理を行うことは新しい試みであり、経験であるといえよう。それだけに従来水質管理のてつを踏まないことが重要である。従来水質管理のためにとられてきた方策へ問題点を次のように考えている。

1) 水質汚濁が指数関数的に進行するのに対して行政が後追的であること。 2) 水の流れに対して one path方式、open systemであること。 3) 管理の対象が水質だけで、水環境、水資源問題に対する総合的、全体的認識が欠如していたこと。 4) 処理方式が一元方式で多様性に欠けていたこと。 5) 自然のしくみを無視した技術指向であったこと。 5) 住民の生活実感とかけ離れた設計・計画システムであったこと。

5. 水質管理システムの基本的な考え方

農村地域における広域水質管理計画は本来、長期的な視点に立脚した農業政策を基本に、農村環境管理計画の一環としての水資源利用計画と農業用水質水利管理計画とが融合的に立案されるべきである。したがって水質管理システムとは水質浄化システムだけでなく水資源利用システムをも包含するものでなくてはならないと考える。農村環境における広域的水質管理の基本的理念は未だ十分成熟してはいない現状ではあるが、地域の特性を考慮して、当面の目標達成のために管理計画を策定しなくてはならない。当面の目標としては、現在の農業用水および環境基準値をもとにして、農業用排水管理と河川水管理を質と量の2つの側面からの管理目標を満足させることとする。

水質管理計画を策定しようとする足守川流域の農村地帯は、下流部を除き山腹、山間部の平地を利用した農業形態をとっており、平地にある農村地と異なり、土地のこう配や広さの点から排水路を縦横に敷設することは困難である。人の居住区は大井町、足守町等2～3の地域において、農村環境の中での市街地があるのを除き、小集落が各地に分散している。それ故家庭雑排水は重要な汚濁発生源ではあるが、流域全体にわたって市街地と同様な排水路を設けて集水し、集中処理する方式は経済的にも望ましいとは思われない。小規模農村集落では、各戸における汚水マスやトレンチを用いた土壌浄化法のような簡易な方法に加え、地域においては、人為的な環境容量の増加を計り、両者をうまく結合することにより汚濁対策が可能であると考えられる。畜産排水は農村地区では人口当量比からみても、その汚濁発生量は一層重要なウエートを占めている。しかし当地区では一戸当りの飼育規模は小さく、また分散しているのでタンク車でふん尿を収集するというを行なわない限り、流域全体としての汚濁処理対策を講じることはできない。しかし比較的近接した地区で100頭以上の牛が飼育されている所は流域内で4カ所あり、これらのブロック毎に処理対策を計ることにより、対象流域における約65%の畜産排水を包含しうることになる。分散した地域における小規模の畜産排水はもみわらを利用した堆肥化や土壌処理を施すだけで全体としてのインパクトは小さくなくなると考えてよかろう。しかしできるならば畜産農家の経営上の合理化の点からもある程度の規模となるように畜産団地を集中立地し、合同して排水対策を講じるのが望ましいと思われる。昨今の世界的な経済情勢を考慮すると、水質管理対策は省資源、省エネルギー型のものであらねば

ならない。そのためには、高価な水処理の工学的技術システムを導入するより、エコロジカル・リサイクリング農法と有機農法のシステムを大胆にとりいれることが必要である。つまり足守川の水質管理対象流域をクローズド・リサイクリングシステムとして考えることである。この一例を図-2に概念図として示す。

図-2の中に示されたシステム内水処理についての前節で述べた問題点を踏まえると、農村環境にマッチした水質管理システムとは少なくとも次のような要件を満足していることが望ましいと考えらる。

- (1) 農村環境になじむものであること。
- (2) Semi Closed Systemで、水の循環再利用が可能なこと。
- (3) 維持管理が容易で、住民の手でも行なうことができ、かつ廉価であること。
- (4) その他

前節では6つの具体的な問題点をあげ、本節では3つの要件をあげた。これらの

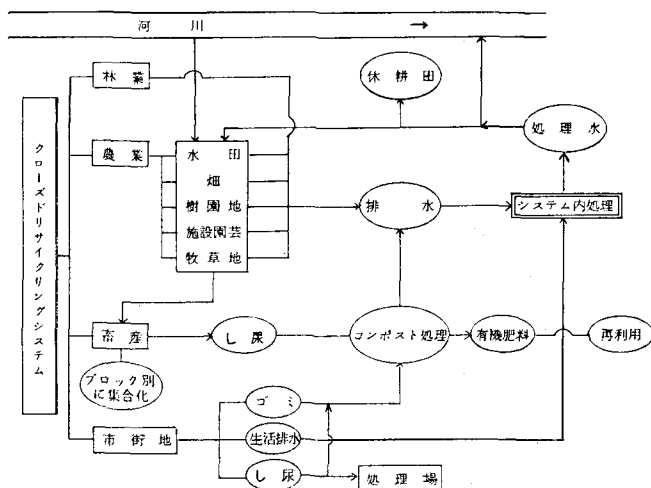


図-2 セミ・リサイクルシステム概念図

問題点に答えつつ、少なくとも上の3つの要件を満たす水質管理システムを提言することがここでの目的である。農村環境になじむとは単に景観的な問題だけではない。住民の生活実感に即した水質管理システムとは、生活と水の流れ（水源→上水→下水→水処理→再利用→公共水域・・・）と浄化システムとが密着しており、水質汚濁と日常生活とのつながりを日常的に感知しうるように構成されたシステムのことである。これは農村社会における水代謝システムを一望できる程度の範囲にとじることによって可能となろう。つまり、比較的狭い範囲の農村地域社会に、水に関するいかなる環境サイクル²⁾を構築しうるかという問題になるであろう。ここで環境サイクルを具体化すると、なるべく小さい範囲でクローズド化を計りながら、物質循環、代謝経路を重層的に構築し、そのつながり部分に安全弁を設けることになる。ここでクローズドシステムの環とは具体的には次のような事項をさしている。

- (1) 発生源周辺でのクローズド化— マス・浄化槽・土壌処理・コンポスト処理・・・
- (2) 小集落単位でのクローズド化— 小規模浄化池・酸化溝・簡易トレンチ・・・
- (3) 地域内でのクローズド化— 工学的水処理施設・大型酸化池・その他自然生態系の利用（例、水生植物・水田・畑・山林等）・地域システムの利用（後述の水循環区構想）・・・

水のクローズド化を計るとはいえ、現実的には完全なクローズド化は不可能であり、一部の処理水は公共用水域へ放流しなければならない。その際には、従来とられてきた点処理・点放流だけではなく、時空間的処理・面放流のシステムをとりいれるのが良いと思われる。つまり、汚水を早く集めて、早く放流（下水道システム）するのではなく、人為的なリサイクルシステムを作り、循環速度を抑え、環境容量の増大化を計り、その間に水質の浄化を行なうのである。狭い意味での自然環境容量は水質浄化機能の最後のとりでとして残しておかなくてはならない。何故なら、最後のとりでの破壊は不可逆的な環境汚染をもたらすことになるからである。

6. 足守川流域における水質管理計画

前節では一般論としての農村環境における水質管理システムの基本的な考え方について述べた。この考え方を基にして具体化した水質管理の構想を図-3に示す。この図に示した構想は足守川全流域を一つのシステムとして考えたものではなく、ブロックでいうと、地点A-3～A-6を対象としている。既に述べたように、各ブロックによって主要な発生源特性が異なるので、全流域としては各ブロックの発生源特性、地域特性に適応したサブシステムを

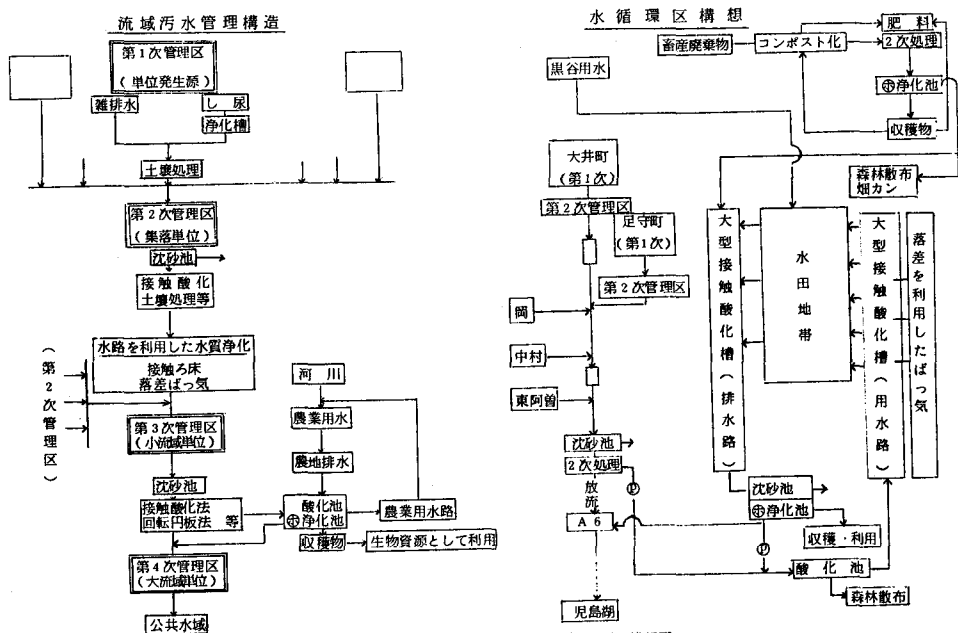
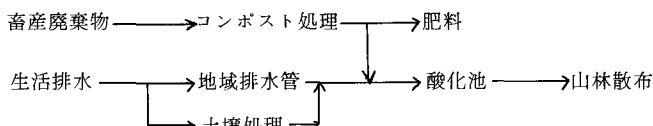


図-3 農村地域における水質管理計画構想図

構成するべきである。例えば足守川上流部の地点A-1, A-2の流域を第1ブロックとし、このブロックでは生活排水、畜産排水を重点項目として、また山間地域であることを考慮すると、例えば



のようなサブシステムが考えられる。山林に散布することにより山林からの汚濁物質の流出は増加するかも知れないが、流域全体からの流出負荷量は大幅に減少することが期待される。また山林のかん養としての益も多いと考えられる。地点A-4の流域は足守川の支流である日近川流域で、ここを第2ブロックとする。ここも日近川沿いに集落があり、山間部にメロン畑や畜産地区があり、地形的には第1ブロックとよく似た条件下にあるが、山を一つへだてた異なる河川流域になるので2つのブロックを1つにまとめることは必ずしも得策ではない、それ故1つの独立したブロックとしての水環境サイクルを構成せしめるとともに、むしろ地形的には図-3に示した下流域の第3ブロックに処理排水を接続して、水の再利用を計る方が得策であろう。図-3の右上に示したサブシステムがこのブロックに相当するものである。さて既に述べたように図-3の構想図は管理対象流域全体の中では第3ブロックを構成するサブシステムを表わすものである。このブロックは足守川の両岸に、流域の中では比較的広い平地の水田を有しており、流域の東西には山並みがある。全流域における全ての地表流出水は地点A-6を通過している。この地域の水田は足守川および足守川の最上流部にある黒谷池に継がる黒谷用水と呼ばれる用水路からかんがい用水を取水している。この地域での水質管理の目標は大井町や足守町その他の農村集落からの生活排水による汚濁負荷量を軽減し、水の再利用を計るとともに、農村に清流をとりもどすことである。そのための一つの基本構想が図-3である。この基本構想の大きな特徴は、汚濁発生源から公共水域に放流されるまでの間に、クローズドシステムの環に対応する汚水管理区を設定し、汚水の水質と水量に対応した水処理システムを導入し、一点における集中管理をするのではなく、分散させていることと、農地を中心とする水循環区を設定し、水のクローズド化と再利用による

水資源の有効利用を計り、その環の中に酸化池やホテイアオイ（*Eichhornia crassipes*）など水生植物を利用した水質浄化池を設置することにより、人為的なサイクルシステムを作り、循環速度を抑えて環境容量の増大化を計るとともに、ホテイアオイをバイオマス資源として農村に還元しようとするところにある。図中④とあるのはホテイアオイのことである。筆者らは岡山県下で、5～11月の間はホテイアオイの生育が可能であり、ホテイアオイ^{3,4)}の栽培、収穫管理を適切に行なうことによって水中から相当量の窒素、リンの除去が期待されることを確認している。

図一の説明についての大要は上に述べた通りであるが、その細部について以下に述べる。汚水管理の原測の一つは発生源で対処することである。都会と異なり、農村地域では多くが独立家屋であるので、し尿浄化槽だけでなく、庭先に簡易トレンチを埋設し土壌浄化法によって家庭排水を処理することも可能である。しかし経費の点で全ての家庭に敷設することは不可能であろう。この各家庭における段階を汚水の第1次管理区として位置づけ、できる範囲で上述の施設を設置するようにする。次に第2次管理区とは各家庭排水を小集落毎に集水し、固型物質を沈砂池で除去した後、土壌処理や接触酸化法等によって処理する。小集落単位であれば装置も小規模にできる。土壌処理であれば道路の側を利用することで十分であろう。接触酸化法であれば側溝を改造することによっても可能である。農村地帯は比較的、地形の高低差があるので、流下過程に落差を設けることによってばっ気効果加わり、一定程度の自浄作用が期待される。図一に示した本稿で対象とするような地域では、許されれば河川敷を利用することも可能であろう。こうして第2次管理区つまり集落単位で処理された水を集水し、第3次管理区として、農村地区の河川の末流部では小流域単位の水処理を行なう。ここでの処理水は水質管理を行う境界点から系外へ放流されることになるので、下流域に対して責任を負うべき水質基準値が満足されていなければならない。ここまでには既に何段階かの処理を経てきているので、COD、BODのような有機性の汚濁は相当減少していると期待される。ここでは主としてN、Pのような栄養塩物質の除去対策が必要とされる。一方で清浄な農業用水の確保という水資源上の問題と農業排水対策の2つの問題がある。ここで両者の問題を同時に解決しようとする考え方が水循環区構想である。生活処理排水を山上の人工池へポンプアップし、この人工池を酸化池として用い、水処理を行う。この池水は必要ならば周辺の森林に散布する。また池水は山腹に設置した用水路を経て、自然流下によって河川上流部や周辺のかんがい用水として利用する。山腹の用水路は長い水路型の大規模接触酸化槽として利用することにより、ここでも水質の浄化が可能である。用水路は山腹を利用した自然流下水路であるから、ここでも落差を利用したばっ気ができる。使用済の農業排水はやはり接触酸化槽の機能を果たした排水路を経て人工池へ導水される。ここではホテイアオイのような水生植物を栽培し、その収穫物を生物資源として利用するとともに、主としてN、Pの除去を行なう。かんがい期には水を再びポンプアップして山上の酸化池へ導水し、再利用をはかる。不用な時には公共水域へ放流もできる。また一方上流部にある畜産排水は図に示したような方法で処理した後、開水路で農業排水路に接続すれば、排水の再処理、再利用が可能となる。このようなシステムが完備すれば河川からの農業用水は不足分を補給するだけで良く、その分河川本流の流量増加となり、河川水質維持にとっても望ましいと考えられる。また水質汚濁防止のためには、水の浄化システムの開発だけでなく、水をいかに汚染しないように使うかということも重要である。日常生活の中で自分達の使用した汚水の流れ、浄化の構造をとらえることができれば水の消費構造にも反映されるであろう。水質の浄化システムの中にそのような構造を組み込もうとしたのがここまで述べてきた農村地域における広域水質管理のための構想である。現時点では、これらはまだ構想の段階にあり、今後はこれまでの汚濁物質流出調査の結果をもとに、各段階における数量的な裏付けを計りながら具体的な計画を立案してゆきたいと考えている。

文 献

- (1) 森井ふじ、青山 勲（1980）農村地域水質広域管理計画調査報告書、岡山大学農業生物研究所・水質学部門、PP. 397
- (2) 末石富太郎（1975）都市環境の蘇生・中公新書、PP. 228
- (3) 青山 勲、沖 陽子、西崎日佐夫、中川恭二郎（1981）自然水域における水質変動とホテイアオイの生長特性、農学研究、59(3)、125-139
- (4) 青山勲、沖陽子、西崎日佐夫（1981）生態系を利用した水質浄化法に関する研究、第15回水質汚濁研究会 169