

地域環境工学シリーズ 2

# 人と自然の水環境をめざして

— 水環境工学 —

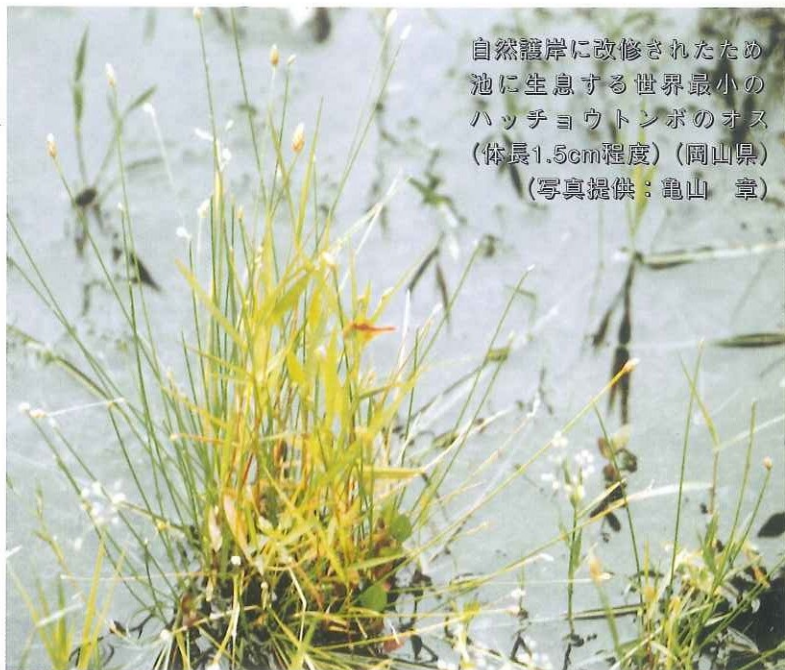
農業土木学会

水環境工学編集委員会編著

高橋 強  
亀山 章  
千賀裕太郎  
中曽根英雄  
藤縄 克之  
渡辺 紹裕



## 人と自然の水環境をめざして



自然護岸に改修されたため  
池に生息する世界最小の  
ハッチョウトンボのオス  
(体長1.5cm程度) (岡山県)  
(写真提供：亀山 章)



汚れていた農業用水路を、  
市民の参加で自然豊かな  
親しみのある川に改修  
(静岡県三島市、農村水環  
境整備事業)

(写真提供：千賀裕太郎)



干上がったアラル海、手前は旧堤  
(写真提供：渡辺紹裕)



カザフスタン・イリ川流域の稲作ソ  
フォーズの幹線用水路（非灌漑期）  
(写真提供：渡辺紹裕)



エジプト西部砂漠の開拓水田（カルガオアシス西方）  
(写真提供：渡辺紹裕)

## はじめに

古来、わが国は瑞穂の国と呼ばれ、豊かな水環境に恵まれて水田農業が発達し、用水路やため池が築かれてきた。地域の水環境は、こうした長年の農業水管理の過程で築き上げられ、その結果として流出の抑制や地下水のかん養、水質保全などに重要な役割を果たしてきた。また、そこに存在する水辺空間は豊富な生態系を育み、われわれ人間にとっても憩いとやすらぎをもたらす貴重な空間となっている。“兎追いしかの山”や“小鮒釣りしかの川”はわれわれ日本人の心の故郷でもある。

ところが、高度経済成長期以来の過度な人間活動は経済合理性を追求するあまり、自然の水辺の多くをコンクリート護岸に変え、魚類や水生昆虫の生息場所を狭めるとともに、生活排水の増加による水質汚濁の進行ともあいまって、生態系に大きな影響を及ぼしてきた。このようなことから、農業農村整備事業においても地域の水質保全や水辺の景観、親水、生態系保全など、水環境に関わる整備事業が注目を集めるようになってきたが、これまで農業水管理を通じて地域の水環境の形成に関わってきた農業土木学にとっては、これらは必然の方向性であり、かつまたこれからの重要な使命のひとつでもあるといえよう。

豊かな水環境の保全と再生はただ単に人間の郷愁のためばかりでなく、また国民生活の多様化や心の豊かさを求める価値観の変化に応えるためばかりでもない。われわれ人間が生態系の一員としてこの地球上で永続的な発展を願うためにも、今こそ水環境の保全と再生が強く求められているのであり、人間活動と自然環境との調和の上立った永続的な水環境の展開が必要とされているのである。このようなことから、このたび、地域環境工学シリーズの一環として本書が出版される運びとなったことは望外の喜びである。

これまで、水環境という名称を冠した書籍が数多く出版されているが、それらは水辺生態系を中心としたものであったり、水質保全に関するものであったりして、水環境の定義は著者によっていろいろである。しかし、これまでの農業土木学が農業水管理を通じて地域の水環境の形成に大きな役割を果たしてきたこと、これまでの農業土木学が取扱ってきたダムやため池、水路といった水利施設は貴重な水辺空間として親しまれているものであり、また、これからも農業水利用が地域の水使用量の大半を占めるであろうこと等を考えると、水辺

生態系の保全や水質保全に関する問題ばかりでなく、農業水管理や流域水管理に関わる諸問題を抜きにしては水環境を語ることはできないであろう。

また、大規模な農業開発は時として自然の水循環のバランスを崩し、地球規模の環境問題に発展する事例もみられることから、水環境からみた地球環境問題についても本書に含めることとした。農業水管理や流域水管理を通じて人間の生活を豊かにするとともに、自然環境や生態系の保全に寄与することがわれわれに課された重要な使命であり、またこうした身近な水環境問題にひとつひとつ応えていくことが地球環境問題への糸口ともなると考えるからである。

本書で取扱った水環境問題は、農業水利用に関わる水利学や水文学に立脚しているとはいえ、これまでわれわれには比較的なじみの薄かった生態学や水質工学をも基礎とし、広く地域の環境科学全体に視野を広げた新しい複合的な学問分野である。紙数の関係でこれらの基礎的事項については割愛せざるを得なかったが、巻末に参考文献としてあげておいたので、必要に応じて一読をお奨めする。

また本書が、意図した内容を必ずしも全て含んでいるとはいえないし、未解決の問題も多く残されており、今後の重要課題として問題提起するだけにとどめた部分も少なくない。まもなく21世紀を迎えようとしている今日、米の輸入自由化などわが国農業の将来や世界の人口・食糧問題、地球環境問題など、水環境を巡る状況はますます厳しい事態に直面することになるだろうが、本書を契機として、読者諸氏とともに人と自然が共生する豊かな水環境をめざすための論議が深められることを期待したい。

1996年2月

編集委員を代表して

高橋 強

# 目 次

はじめに .....	i
I. 自然と人と水環境 .....	1
1. 人間生活と水環境 .....	2
(1) 水神のいる水環境 .....	2
(2) 水環境の構成要素 .....	3
(3) 水環境の機能 .....	5
(4) 水環境の整備の視点 .....	6
2. 人間活動による水環境の変化 .....	12
(1) 流域の土地利用と水環境 .....	12
(2) 人間活動による水環境の改変 .....	15
3. 水辺生態系の特質 .....	17
(1) 自然性 .....	17
(2) 動態性 .....	18
(3) 成帯性 .....	19
(4) 生態的連続性 .....	19
(5) 生態的連結性 .....	20
II. 水辺空間の保全と再生 .....	21
1. 水辺生態系の調査方法 .....	22
(1) 水辺環境調査の意義 .....	22
(2) 水環境指標としての生物指標 .....	22
(3) 水辺生態系調査項目～水圏 .....	26

2. 水辺空間の計画・設計手法	38
(1) 水辺生態系の保全・再生を考える基本的視点	38
(2) 水辺生態系保全のための計画手法	41
(3) 水辺環境の設計の手法	43
3. 水辺空間計画における住民参加と維持管理	46
(1) 水辺空間計画の理念と目標の総合性の確保	46
(2) 地域施策の有機的連環と住民参加	47
(3) 計画策定の主体とその役割	47
－住民・行政・プランナー・アドヴァイザー－	
(4) 計画策定のプロセスと学習の重要性	49
(5) 利用・維持管理段階における住民参加	50
(6) グラウンドワークトラスト	
－水辺空間計画への地域総参加のメカニズム－	50
Ⅲ. 地域環境と水質保全	55
1. 水質環境の現状と動向	56
(1) 農村地域の水質環境	56
(2) 人の健康と水質環境	61
2. 水質保全対策の考え方	65
(1) 広域的取組みの必要性	65
(2) 改善すべき目標	67
(3) 汚濁の程度と改善策	69
3. 自然生態系による水質浄化	70
(1) 自然の浄化機構	70
(2) 湖沼・ため池・ダム湖の浄化	76

4. 広域水質保全計画	78
(1) 広域水質保全計画策定の要点	78
(2) 現況把握のためのモデルの構築	78
(3) 汚濁負荷量削減計画	82
IV. 排水処理による水質保全	85
1. 排水処理計画の考え方	86
(1) 農村地域における排水処理の意義	86
(2) 農村地域における排水処理の特質	88
(3) 農村地域における排水処理の計画	90
2. 汚水処理の理論と技術	96
(1) 汚水処理の原理とプロセス	96
(2) 汚水処理方式の分類と特徴	99
(3) 高度処理	105
3. 循環再利用	110
(1) 処理水の循環再利用	110
(2) 汚泥の農地還元	110
4. 維持管理	112
(1) 住民参加による維持管理の特質	112
(2) 維持管理体制	113
V. 地域の水管理と水環境	115
1. 農業による水環境の形成	116
(1) 地域の水環境と農業	116
(2) 農業と地域の水環境の調整	118
(3) 水環境の形成に果たす農業の役割	125



2. 農業水管理による水環境の保全 .....	130
(1) 農業水管理が水環境に及ぼす影響 .....	130
(2) 水環境保全のための農業水管理 .....	132
3. 流域水管理と水環境 .....	134
(1) 流域水管理と水利用の調整 .....	134
(2) 流域水管理と水環境 .....	139
VI. 世界の水環境と地球環境問題 .....	143
1. 世界の農業と水環境問題 .....	144
(1) 乾燥地における農業開発の光と陰～ナイル川流域 .....	144
(2) 縮小する内海～アラル海 .....	151
(3) 枯渇する地下水～オガララ帯水層 .....	157
2. 地球規模の水環境の変化 .....	164
(1) 温暖化する地球 .....	164
(2) 多発する異常気象 .....	170
(3) 越境する酸性雨 .....	174
VII. 人と自然の共生をめざして .....	181
1. 地球環境時代の水問題 .....	182
(1) 不安定化する水資源 .....	182
(2) 予想される水環境の悪化 .....	183
(3) 地球環境時代の幕開け .....	184
(4) 近づく自然の限界 .....	184
2. 水環境の保全と再生に向けて .....	186
(1) 人と自然との共生 .....	186
(2) 持続型農業への志向 .....	187

(3) 見直したい水田の機能	189
(4) おわりに	190
参考文献	192
索引	194

## 水環境工学執筆者名簿

(五十音順, 1996年3月現在 ○印は非委員)

亀山 章	東京農工大学農学部
千賀裕太郎	東京農工大学農学部
神宮字 寛○	東京農工大学農学部
高橋 強	京都大学農学部
中曾根英雄	茨城大学農学部
藤縄 克之	信州大学工学部
渡辺 紹裕	大阪府立大学農学部

## I. 自然と人と水環境

山野に降った雨は豊富な生態系を育み、田畑を潤し、人々の生活になく  
てはならない存在として利用され、崇められてきた。こうした水の恵みが  
もたらす快適な水環境や豊富な生態系はまた、われわれ人間にとって憩い  
とやすらぎをもたらす空間でもある。古来、われわれの祖先は花鳥風月に  
心を通わせ、四季の移り変わりとともに豊かな心を育んできた。科学技術  
が極度に発達し、コンクリートとコンピュータに囲まれた現代ではなおの  
こと、豊かな自然が必要とされ、自然と人間との共生を図っていくことが  
求められよう。そこでは、われわれ人間は水環境とどのような関わりを持  
ち、どのような水環境を必要としているのであろうか。



豊かな生物相をもつ水辺（三重県祓川）

## 1. 人間生活と水環境

### (1) 水神のいる水環境

弁才天と水分神（みくまりのかみ）は、河川や湧水に祭祀される水の神である。弁才は弁財とも書くが、インドに起源をもつ河川の女神の名である。仏教では天部の位を与えられて弁才天と呼ばれ、七福神の一人として民間信仰で親しまれている。水分神は、山から流れ出る水の分配を司る神道の神であり、天之水分神と国之水分神の二神がある。弁才天や水分神などの水にまつわるこれらの神々を総称して、水神と呼んでいる。イネの豊作を祈って祭られる田の神は、山を支配し守護する神である山の神が秋の収穫後は山にいて、春になると里に降りてきて田の神になるといわれている。

水神や田の神などの水環境にかかわる神々は、かつては農村の至る所に祭られているのを見ることができたが、河川・水路や圃場の整備がすすむにつれて、見る機会がほとんどなくなっている。それは、人知の及ばない水環境の不可思議が近代になってから科学的に解明され、工学的技術の進歩によって問題が解決されてきたからである。その意味では、現代は、水神を必要としなくなっており、水神のいない水環境の時代である、ということが出来る。

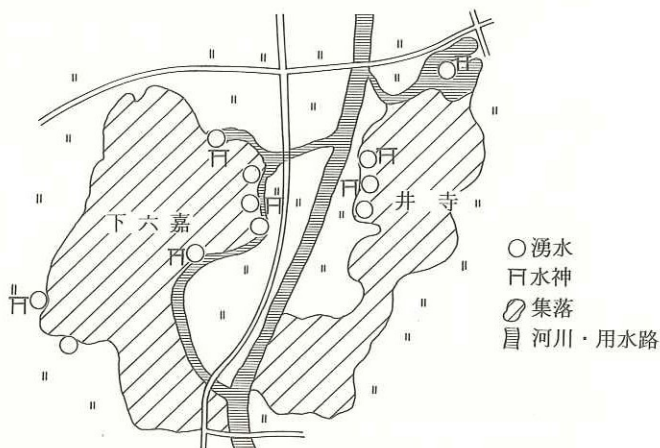


図 I-1 嘉島町の湧水と水神の分布（熊本県）

しかし一方では、水環境のすぐれた地域を訪れると、そこには水神や田の神など水環境にかかわる多くの神々が祭られているのに出会うことがある。熊本市に隣接する嘉島町は、図 I-1 のように阿蘇山に降った雨が地下に浸透して、この地で豊富に湧き出している湧水の町である。この町には水神を祭る浮島神社をはじめ、町のいたる所にある湧水のそれぞれに水神が祭られている（写真 I-1）。



写真 I-1 嘉島町の水神（熊本県）

湧水は農業用水として重要な役割を果たしているとともに、飲料水や洗濯用水などの生活用水として使われている。魚とともに泳ぐ湧水の天然プールからは、かつてたくさんのオリンピック選手が生まれた。人々は湧水の未知なる不可思議への畏敬と、水環境を大切にしようとする心の証として水神を祭っているのである。

水環境に関する科学的・工学的技術は、機能主義的な合理性に裏付けられて発展してきたものであり、そこには未知なものや不可知なものを認めて水神を祭ろうとするような視点が排除されてきたように思われる。しかし、自然と人と水環境の関係を総合的にとらえて構築しようとするときには、そこには未だに人知の及ばない部分が多く残されており、そのような場面に水神を祭る視点が必要とされるのである。水環境のすぐれた地域において、多くの水神が祭られているのを見ると、そのことが強く実感される。

## (2) 水環境の構成要素

水環境の構成要素は、物質・物体としての水と、それを容れる器としての空間、および水と空間がつくりだす自然の3つの要素から成り立っている<sup>1)</sup>。

### 1) 水

水是水環境の最も基本的な構成要素であり、水質・水量・水面・流速・波動等によって水環境を特徴づける。水は目に見える地表の部分と、目に見えない地下の部分に存在しており、液体の水が固体の水や気体の水蒸気に相を変えることもある。水はグローバルな視点で見ると、地球上で大きな水文学的な循環のシステムを形成している。一方、ローカルな視点で見ると、農業用水は、広

## I. 自然と人と水環境

大な農地を潤し、地下水のかん養等の役割を果たすとともに、生活用水・工業用水としても利用されるなど産業や生活とも密接に関連し、地域の土地利用に深くかかわっている。そして、地域的水利用は流域という空間の単位で行われる。流域は水がつくりだす空間の単位である。

流域で都市化や工業化などのさまざまな開発がすすむと、水質は汚染され、流量も変化する。特に開発に伴って森林が伐採されたり、水田が転用された場合、あるいは農地が耕作放棄されたりすると、保水機能が低下して降雨時に雨水が一時的に流出し、流量は平準化しなくなる。また、ダムの建設は取水により下流部の流量を減少させることがある。

### 2) 空間

河川や水路は水を流送する空間であり、ため池やダム湖は水を貯留する空間である。さらに水田は水を循環させる空間である。これらは開かれた空間であることが多く、オープンスペースとしての機能をもつ空間である。特に、都市のなかでは貴重なオープンスペースとしての役割が大きく、また、農村では美しい農村空間の形成、自然環境の保全やレクリエーション空間（写真 I-2）としても注目されている。

近年、河川や水路では、コンクリートで護岸したところを再整備して、人が水辺に接することができるオープンスペースとしての機能が低い、親水性の護



写真 I-2 レクリエーション空間としての水辺



写真 I-3 親水性の護岸

岸(写真 I-3)の造成を行っているところがある。また、暗渠化した河川や水路を再整備して、水空間の開放性を高めるために開渠化する例もある。

### 3) 自然

水と空間は自然をつくりだす。特に動植物からなる生物的自然は、水環境と人間生活とを結びつける要素として重要である。河川や水路の生物的自然は、魚類等の漁業資源については調査されてきたが、それ以外の水生生物や植物については調査されていないことが多く、貴重な生物種が生育していることが明らかにされていないことが多い。水田や里山では絶滅のおそれのある野生生物の多くが生息しており、自然環境を保ってきている。

### (3) 水環境の機能

水環境の機能は、水環境の構成要素である水と空間と自然の3つの要素によって発揮されるものであり、水環境は人間の生活とさまざまな関係をもっている。河川・水路を例にすると、図 I-2 のように、その空間の機能は流水機能と環境機能に大別される。



# I. 自然と人と水環境



図 1-2 河川・水路空間の機能 (河川環境管理財団(1983)を改変)

流水機能は河川・水路の本来の機能であり、水を利用する利水機能と水を治める治水機能に分けられる。環境機能は河川・水路の流水機能以外の機能であり、かつては副次的な機能と考えられてきた。しかし、近年、河川・水路への関心が高まるのにつれて、流水機能と同様に河川・水路の主要な機能と考えられるようになってきている。河川や水路における自然と人と水環境の関係の構築は、流水機能と環境機能の関係を再構築するところに主眼がある。

河川・水路の環境機能には、水辺の生物や地物に接することによる心理的満足、魚釣や水遊びなどのレクリエーション、住民の憩いの場としての公園利用、生物を育み水質を浄化する生態系保全、水や空間の存在による大気環境の調整、地震や火災などの災害時の防災・避難等があり、地域の景観の形成もこのなかに含まれる。河川・水路の景観は、文学や絵画や音楽の題材として描かれることも多い。水環境は地域の姿を映し出すものであり、河川や水路を取巻く流域全体の自然と人間とのかかわりを反映したものである。

## (4) 水環境の整備の視点

水環境の整備に際しては、前述した水環境の特性を理解したうえで、農業の健全な営み、生き物との共生、歴史と文化の保存と創造、人と水辺のコミュニケーション、住民の主体的取組み、などの課題に対処することが求められる<sup>2)</sup>。

また、整備にあたっては、水環境の総合性を理解して、それに配慮することが大切である。

1) 農業の健全な営み

農村空間の特性は、生態系の上に生産活動と生活が一体となって調和している点にあり、長い歴史を経て人々が入念に手を入れて育て、形成されてきたものである。水環境のような多面的機能は輸入できるものではなく、農業・農村が健全に営まれてはじめてそれが維持できるものである。そのような農村空間は、国民の共有財産ともいべき公共財であり、農業を営む農家はその管理人と考えることができる。

2) 生き物との共生

近年、近自然河川工法、生態工学、生態系保全緑化等の用語で水環境の整備が語られているのは、生き物と共生できる環境を保全しようとするものであり、生き物の復権を目指すものである。

河川や湖沼には、人間が開発を始める以前からの先住者である生き物が生息している。汚染がすすんだところでは、ほとんど姿を見ることができないことも多いが、清流が取り戻されると再び生息しはじめる潜在力をもっているところも多い。水環境の整備では、これらの生き物を復権させることが重要な視点として求められており、生き物の生息環境の整備（写真I-4）が、大きな課題とな



写真I-4 河川敷にワンドを掘り伏流水を湧出させ、清流性の魚類の生息環境を創出している