

## 9 富栄養化対策の行政対応

我国をはじめ累進的に加速する湖沼等の富栄養化を防止し修復を図る上で、各国では各種の対策を行政は実施してきている。ここでは代表的な国を対象としてその事例を述べる。

### 9 - 1 日本における富栄養化対策

#### 9 - 1 - 1 対策の目的

人口も少なく、生産活動も低く、もっぱら自然とのかかわりの中で人々の生活が営まれていた時代では、自然の持つ浄化能力は排泄される污水や産廃物を受け入れる十分な容量を持っていた。「三尺流れて水清し」という言葉があるが、これは河川の自浄作用を端的に表した言葉である。水環境に排出される汚濁物の量が、周辺環境の容量を越えた段階で水質汚濁をはじめとした環境問題が発生する。一般に水が汚濁するといってもその内容は様々である。大きく分けるとまず直接人の健康に被害を与える有害な物質や病原菌等による汚濁が挙げられる。汚濁物質の代表例として重金属やシアン等の有毒物質、あるいは赤痢やコレラ等の伝染性病原菌などがある。次に人の生活により生じる排泄物や生活・生産活動による有機物等による汚濁がある。この結果として、生活環境を悪化させ一般に川が汚れるとか、川から悪臭を放つなどといった現象を生じ、生活環境に悪影響を与える結果となる。また、富栄養化現象のように閉鎖性水域において、長期間に亘って栄養塩類が流入し続けることにより赤潮等が発生することも、飲料水や水産物に影響が大きいという点で、代表的な水質汚濁の一例である。

我国における水環境保全への取り組みは、1970年代の高度成長期より社会的急務として鋭意対策が講じられてきた結果、公共用水域における重金属、シアン、有機塩素化合物や農薬類などのような人の健康に直接関係のある物質（環境基準中の健康項目）については、環境基準の非達成率が1995年度において0.79%とおおむね達成されている。しかしながら、生活環境項目であるBOD、CODに関する環境基準の達成率はいまだ満足できる状況になく、依然として人間活動から生じる生活排水、廃棄物、畜産排水、小規模事業場排水等に由来する汚濁負荷の割合が高く、削減対策が遅々として進んでいないのが現状である。実際に、1998年度の河川、湖沼、海域の環境基準の達成率は各々81.0%（1997年度80.9%）、40.9%（同41.0%）、73.6%（同74.9%）であり、ここ数年来横ばい状態か、閉鎖性水域では達成率の低下傾向となっている。また、湖沼、内湾、内海などの閉鎖性水域と都市中小河川では水質改善が遅々として進んでおらず、汚濁負荷を削減するための抜本的対策が焦眉の急を要する社会的課題となっている。

我国においては、水環境に対する主な汚濁負荷発生源は、炊事、洗濯、風呂、し尿等の生活排水であり、閉鎖性水域に流入する汚濁負荷の約60%が生活排水に由来するものである。特に、生活排水からし尿を除いた生活雑排水による汚濁負荷が大きく、個別家庭から未処理のまま放流される生活雑排水は公共用水域の水質汚濁の大きな要因となっている。生活雑排水の汚濁負荷が大きいことは、我国の水洗化人口が低いことと、浄化槽の中でも生活雑排水を垂れ流している単独処理浄化槽の占める割合が高いことに起因している。しかし、汚濁負荷発生源をBODではなく窒素、リンで見ると、し尿の占める割合が各々80%、60%以上と高く、その削減対策の重要性が理解される。

生活排水に代表される点源の特定汚濁負荷のみならず、農地、山林、市街地から広範囲に排出される非点源汚濁負荷（non-point汚濁負荷）に対する対策も重要である。湖沼に流入する全体の負荷の2~4割程度がノンポイント汚濁負荷と考えられているが、生活系の汚濁負荷の高い現実、また水環境の保全・修復が緊急を要する社会的課題となっている現状を鑑みると、重点的に大きな汚濁負荷源に対処していくことが必要となる。

さらに我国では、生活排水等に由来する窒素、リン等の栄養塩類の流入、蓄積などにより、湖沼、内湾等の閉鎖性水域において藻類、藍藻類などの一次生産者の増殖が促進され、いわゆる富栄養化が進行している。富栄養化は藻類の中でも特に藍藻類の異常増殖によるものであり、湖沼、ダム湖、溜め池ではアオコの、内湾や内海では赤潮発生の原因となる。アオコや赤潮は、光条件の下で空中のCO<sub>2</sub>ガスを固定・同化し有機物を合成するため、細胞中に由来するCODが湖沼で高まることとなり、閉鎖性水域での環境基準の達成率を低下させる大きな要因となっていることから、生活排水中の窒素、リン対策は大きな社会的課題となっている。湖沼・ダム湖は、水道水源となっていることが多く、藍藻類の産生する2-MIB(ジメチルイソボルネオール)、ジェオスミンなどに由来するカビ臭問題、アオコによるろ過障害、さらにはトリハロメタン前駆物質の生成といった問題を誘発している。また、アオコの発生は悪臭、景観の悪化の原因にもなっており、水利用にとって大きな被害が生じている。

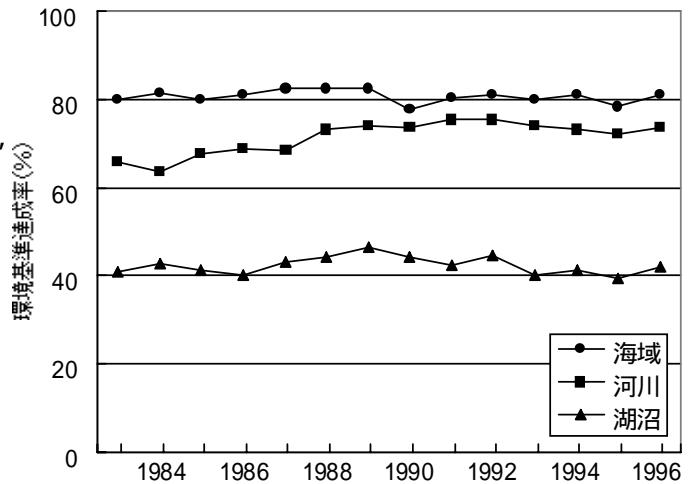


図 9-1-1 我国における環境基準達成率の推移

我国における公共用水域の水質汚濁の近年の状況を見ると、特に後背地に大きな汚濁源を有する内湾、内海、湖沼等の閉鎖性水域は、流入する汚濁負荷が大きい上に、汚濁物質が蓄積しやすいため、他の水域に比較して環境基準の達成率が依然として低い。これに加えて、窒素、リン等を含む物質が流入し、藻類その他の水生生物が増殖繁茂する。これらの閉鎖性水域における 1998 年度の環境基準の達成率を有機汚濁の代表的な指標である COD からみると、東京湾、伊勢湾では依然として低い状況であり、瀬戸内海でも大阪湾、広島湾等は依然として低い状況である(図 9-1-1)。また、湖沼は達成率 43%と特に低い状況である。このような状況に対処するため、閉鎖性水域の水質保全対策の一層の推進を図る必要がある。

### 9 - 1 - 2 対策の概要

我国における水質汚濁に係る対策を年代順に列挙すると以下のとおりである。

- 1) 足尾問題を国会で討議(1891年)
- 2) 農薬取締法制定(1948年)
- 3) 公害対策基本法制定(1967年)
- 4) 公害対策本部設置, 公害国会開催(1970年)
- 5) 水質汚濁防止法制定(1970年)
- 6) 下水道整備(1958~1970年)
- 7) 環境庁発足(1971年)
- 8) 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)制定(1973年)
- 9) 瀬戸内海環境保全臨時措置法制定(1973年)
- 10) 瀬戸内海環境保全特別措置法制定(1978年)
- 11) 湖沼水質保全特別措置法制定(1984年)
- 12) 湖沼に係る窒素、燐の規制基準設定(1985年)

- 13) 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）改正（1986年）
- 14) 地下水汚染の未然防止の制度化（1989年）
- 15) 生活排水対策の制度化（1990年）
- 16) 環境基本法制定（1993年）
- 17) 環境基本計画閣議決定（1994年）
- 18) 特定水道利水障害の防止のための水道水源水域の水質の保全に関する特別措置法制定（1994年）
- 19) 水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律（1994年）
- 20) 地下水汚染浄化対策（1996年）
- 21) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律の改正（1997年）
- 22) 河川法の改正（1997年）
- 23) 第五次水質総量規制としてCODに加え窒素・リン除去対策開始（2002年）

我国では、1945年以降の戦後復興期を経て、1955～1970年ごろまでの工業化による高度経済成長期において、工場からの排水やばい煙等による水質汚濁や大気汚染が発生し、環境破壊や人の健康被害といったいわゆる「産業型公害」による深刻な社会問題が生じた。例えば水質汚濁による健康被害では、熊本県水俣湾流域で新日本チッソ（株）水俣工場（酢酸ビニル等の製造）からの排水に含まれたメチル水銀が原因となった水俣病、あるいは富山県神通川流域で三井神岡鉱山（亜鉛鉱等の採掘）からの排水に含まれたカドミウムによるイタイイタイ病等が発生した。こうした公害に対処するため、1967年に制定された公害対策基本法が、1970年に改正・強化され、また1971年には環境庁が設立された。1970年の第64臨時国会は公害国会とも呼ばれ、公害対策基本法の改正と併せて公害関係14法案が成立し、我国の公害対策のための法体系がほぼ確立するに至った。公害対策基本法では、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動、地盤沈下、悪臭を典型7公害と位置付け、さらにそれを受けてそれぞれの公害に対する個別の法律の制定や改正が行われた。典型7公害のうち、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染および騒音については、人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準、すなわち環境基準が定められた。さらに水質汚濁については1970年に水質汚濁防止法が制定され、これに基づき排水基準が定められ、工場などからの排水の排出規制もなされるようになった。その結果、工場排水に起因する有機物質や重金属による水質汚濁は確実に改善されてきた。しかし、公害対策基本法の成立より4半世紀以上が過ぎた現在、環境問題は質および規模において大きく変化してきている。この間、都市への人口集中が一層進み、経済の安定成長の下で大量生産、大量消費および大量廃棄の都市生活が定着した。その結果、都市域では自動車排気ガスによる大気汚染や生活排水による水質汚濁など、いわゆる「生活型公害」が深刻化してきた。また、汚染がある地域に限定されていたこれまでの地域限定の公害に加えて、地球温暖化やオゾン層破壊などの地球規模の環境破壊が発生するようになり、一国内の環境問題を超えて、国際的強調のもとで対応しなければならない時代になってきた。このようなことから公害対策基本法では現実の環境問題に十分対応できなくなり、1993年に環境施策の理念とこれに基づく基本的施策の新しい枠組みを定めた環境基本法が制定された。

環境基本法は3つの理念の下に、環境保全の施策の基本事項を定め、さらにその施策を総合的かつ計画的に推進するために必要な事項を定めている。基本理念としては、生態系の均衡の上に成り立つ環境の保全と継承（第3条）、環境への負荷の少ない持続的発展が可能な社会の構築（第4条）、

国際的協調による地球環境保全の積極的推進(第5条),を掲げている。これらの基本理念に則り環境保全の基本的施策として,環境基本計画の策定(第15条),環境基準の設定(第16条),公害防止計画の策定(第17条),環境影響評価の推進(第20条),地球環境保全等に関する国際協力(第32条)等を定め,また国民の環境保全についての関心と理解を深めるために6月5日を環境の日(第10条)としている。

水質汚濁防止法は工場および事業場から公共用水域に排出される水の排出および地下に浸透する水の浸透を規制するとともに,生活排水対策の実施を推進することによって,公共用水域および地下水の水質汚濁の防止を図ることを目的としている。この法律において,公共用水域とは河川,湖沼,港湾,沿岸海域および灌漑用水路などをいい,排水水とは政令で定める特定施設を設置する工場または事業場(特定事業場)から公共用水域に排出される水をいう。また,カドミウムなどの有害物質を製造,使用または処理する特定施設を設置する特定事業場から地下に浸透する水を特定地下浸透水という。特定事業場からの排水水の排出の基準として,国は総理府令で排水基準(一律排水基準)を定めるものとし,またこの排水基準では水質を十分に保全することができないと認められる区域については,都道府県が条例で一律排水基準よりも厳しい基準(上乘せ排水基準)を定めることができることになっている(第3条)。さらに,濃度規制である排水基準のみでは環境基準の達成が困難であると認められる水域については,汚濁負荷の総量規制基準を定めるものとしている(第4条)。また,特定地下浸透水のうち有害物質を含む水を地下に浸透させることは禁止されている(第12条の3)。

環境基本法第16条に基づく環境基準のうち,水質汚濁に係る基準は水質環境基準とよばれる。水質環境基準は環境庁告示として公布されており,1971年およびその後の改正を経て現在の公共用水域の水質環境基準が定められ,さらに1997年には地下水の水質環境基準が設定された。公共用水域の水質環境基準は,人の健康の保護に関する環境基準(健康項目)および生活環境の保全に関する環境基準(生活環境項目)に分けて定められている。健康項目は,カドミウムや水銀などの重金属,トリクロロエチレン(TCE)やテトラクロロエチレン(PCE)などの有機塩素化合物およびシマジンやチオベンカルブなどの農薬など,23項目の有害物質に係る基準が定められている。一方,生活環境項目は,河川,湖沼および海域についてpHやBODまたはCODなどの基準が,その水域の利用目的の適応性からAA,A,Bなどの3~6段階の水域類型に分けて設定(類型指定)されている。例えば河川の場合,全体流域をいくつかの小流域に分け,一般的に水質の良好な上流域はAA類型とし,下流に行くにしたってA類型,B類型というように達成可能な基準値を設定し,それを達成後はより厳しい基準をもつ類型へと見直しを図っていく。また湖沼と海域については富栄養化防止の観点から窒素とリンの基準も定められている。地下水の水質環境基準は有害物質にかかわる健康項目について定められており,その基準項目および基準値は上記と同様である。

水質汚濁防止法第3条に基づく総理府令による排水基準(一律排水基準)は,特定事業場からの排水に対して有害物質とその他の項目に分けて定められている。この排水基準における有害物質は水質環境基準の健康項目に相当し,健康項目に有機リン化合物(有機リン系農薬4種)を加えた項目について基準値が定められている。なお,排水基準のほとんどの項目の基準値は,排水水が放流先で10倍程度以上に希釈されるという前提で水質環境基準健康項目の基準値の10倍の濃度に設定されている。その他の項目としてはpH,BOD,SSなど16項目について基準値が定められている。ただし,この排水基準は1日当たりの平均的な排水水の量が $50\text{m}^3$ 以上である特定事業場の排水水について適用(すそ切り)される。特定事業場数は1996年度で約303,000で,そのうち排水水量が $50\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 以上の事業場数は約38,500であり,全体の13%に過ぎない。すなわち,多くの特定事業場には排水基準が適

用されていないことになる。これを改善するため、自治体によっては排出水量の制限を切り下げているところもある。また、前述の上乗せ排水基準のほかに、自治体によっては規制対象項目を追加した条例による排水基準（横出し排水基準）を定めている場合もある。

広域的な閉鎖性水域の水質改善を図るためには、その水域に流入する汚濁負荷量の総量を効果的に削減することが重要である。このため、1978年の「水質汚濁防止法」等の改正により、広域的な閉鎖性水域について水質環境基準を確保することを目的として、水質総量規制が制度化され、これまで東京湾、伊勢湾および瀬戸内海について化学的酸素要求量（COD）を指定項目として総量規制が実施されてきた。

第一次総量規制は1984年度を目標として実施され、引き続き1989年度を目標年度とする第二次総量規制が内閣総理大臣の新たな総量規制削減基本方針の策定に基づき、関係都道府県において新たな総量削減計画が策定され実施された。また、第五次水質総量規制では従来のCODに加え、窒素・リンが追加され規制強化されることとなった。すなわち、生活系、事業所系の窒素・リン対策が重要な位置付けとなった。

富栄養化対策については、富栄養化の原因物質である窒素およびリンに係る環境基準を1982年に告示し、国および都道府県において類型指定のための検討が行われており、1989年までに琵琶湖（2水域）等合計44水域（40湖沼）について類型指定が行われた。また、海域における富栄養化防止に係る環境基準の類型あてはめについては、環境庁において1999年までに完了した。

湖沼の富栄養化の防止については、湖沼にかかる窒素・リンの一般排水基準を定め、1985年7月から排水規制を実施しているが、1989年7月には排水規制の対象となる湖沼を追加し、現在リンについては1,066湖沼、窒素については78湖沼を対象として排水規制を実施している。

湖沼は閉鎖性の強い水域であることから、汚濁物質が蓄積しやすいため、河川や海域に比較して環境基準の達成状況が悪い。また、富栄養化に伴い、各種の利水障害が生じている。このような湖沼の水質汚濁の要因は、湖沼の集水域で営まれる諸産業の事業活動から人々の日常生活に至るまで多岐に亘っており、その水質保全のためには従来からの「水質汚濁防止法」による規制のみでは十分でないこと等に鑑み、1984年に「湖沼水質保全特別措置法」が制定され、1985年3月から施行されている。この法律は、湖沼の水質保全を図るため、水質環境基準の確保の緊要な湖沼を指定して、当該湖沼につき湖沼水質保全計画を策定し、下水道整備等の水質保全に資する事業、各種汚濁源に対する規制等の措置、さらには湖沼の自然環境の保護等の対策を総合的・計画的に推進しようとするものである。

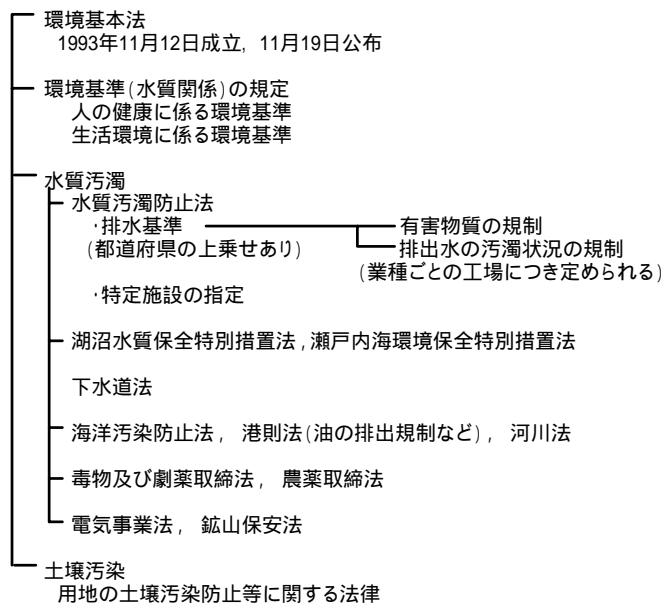


図9-1-2 我国における水質保全に係る法体系

水質汚濁防止法に基づく生活排水対策について以下に述べる。水域への汚濁負荷は、産業系、生活系、その他系に大別される。近年では、生活系による負荷が主要な汚濁原因とされ、例えば、東京湾

では有機汚濁負荷量の約70%が生活系負荷となっている。これは、工場・事業場排水については排水規制の強化等に伴い負荷量の減少が認められるものの、下水道整備等が不十分であるため人間の日常生活による生活雑排水の負荷が著しく、なかでも、食べ残し等を多く含んだ台所排水はトイレを除く生活排水全体の汚れの55%を占めていると言われている。このような背景の下、特に生活系排水の緊要性が高まっている状況にあって、環境庁においては1988年に「生活雑排水対策推進指導指針」が作成されるとともに1990年2月には水質汚濁防止法に生活排水対策を盛り込むために水質汚濁防止法が一部改正されることとなった。その主な内容は、生活排水対策に係る行政および国民の責務の明確化、生活排水対策の計画的・総合的な推進、生活雑排水処理関連施設の整備・普及、住民に対する啓発普及の推進、等である。これまで法の網に掛からなかった生活系排水が水質汚濁防止法の枠組みに入れられたこと、また、生活系排水対策が市町村を中心に実施されることで、住民にとって、より身近な問題として捉えられること、等によりその推進が大いに期待されているところである。生活排水対策重点地域の指定は、水質汚濁防止法に基づき都道府県知事が行うもので、1998年1月30日現在、40都道府県、171地域、414市町村が指定されている。なお、我が国における水質保全に係る法体系は図9-1-2に、所管官庁が発令している水質管理関連の法律は表9-1-1に示すとおりである。

表 9-1-1 所管官庁が発令している水質管理関連の法律

所管官庁	根拠法律
内閣総理大臣	国土総合開発法 国土調査法 自然環境保全法 環境基準法 公害対策基本法 災害対策基本法 水資源開発公団法 湖沼水質保全特別措置法 琵琶湖総合開発特別措置法 瀬戸内海環境保全特別措置法 公共土木施設災害復旧事業国庫負担法 豪雪地帯対策特別措置法
国土交通大臣	土地基本法 国土総合開発法 水資源開発促進法 水資源公団法 河川法 都市計画法 砂防法 地すべり等防止法 水害予防組合法 治山治水緊急措置法 特定多目的ダム法 水資源開発公団法 海岸法 公有水面埋立法 下水道法 下水道整備緊急措置法 日本下水道事業団法 浄化槽法 建築物用地下水の採取の規制に関する法律 気象業務法 水防法 海岸汚染防止及び海上災害の防止に関する法律
環境大臣	環境基本法 水質汚濁防止法 自然公園法 自然環境保護法 瀬戸内海環境保全特別措置法 工業用水法 建築物用地下水の採取の規制に関する法律 温泉法 浄化槽法
農林水産大臣	森林法 地すべり等防止法 水資源開発公団法 工業用水法
経済産業大臣	工業用水事業法 水資源開発公団法 工業用水法
労働厚生大臣	水道法 水資源開発公団法 下水道法 浄化槽法

### 9-1-3 対策の期待される効果

閉鎖性水域の水質保全対策は湖沼、海域を中心としてなされている。今後は高度排水処理システムを普及し、水質改善を図る上で水域を問わず窒素・リン削減計画ならびに水質基準を立てていくことが重要と考えられる。第1次総量規制の実施（目標年次：1984年）によってCODの負荷量は東京湾、伊勢湾、瀬戸内海の3海域ともに減少したが、その水質の改善効果は十分ではなかった。このため、さらに第2次（目標年次：1989年）、第3次（目標年次：1994年）総量規制が実施され、1996年には第4次総量削減基本方針（目標年次：1999年）が策定された。第3次総量規制では、発生源別には生活系12%、産業系9%、その他2%の削減を、海域別では東京湾13%、伊勢湾8%、瀬戸内海9%の削減を計ることとなった。また、第4次総量削減基本方針においても平年ベースの削減を計ることとな

った。このような総量規制の結果、対象海域における汚濁負荷量はかなり減少した。青潮および赤潮の発生は減少傾向にあるものの、環境基準の達成率は相変わらず低い。この理由として富栄養化が挙げられる。総量規制制度はCODの外部負荷量削減には効果があったものの、内微生産の削減にはつながらない。内部生産によるCOD負荷量は40～60%と推定されており、今後は窒素やリンの削減が必要不可欠であることから、第5次水質総量規制において規制項目として窒素、リンが追加された。各種施策が有機的連携の下で効果的に機能すれば資源循環型社会の形成と同時に持続可能な発展を実現できるものと考えられる。また、我国で確立された環境保全・修復技術を発展途上国へ技術移転し発展途上国からフィードバックすることで、全世界的な共存共栄の社会を構築することが可能になる。その情報発信の場として、また人材育成の場として独立行政法人国立環境研究所のバイオエコエンジニアリング研究施設に多大な期待が寄せられているところであり、今後の成果が待たれるところである。

<参考文献>

- 1) (社)日本水環境学会編：日本の水環境行政 その歴史と科学的背景 ，ぎょうせい，284pp. (1999)
- 2) 稲森悠平：水環境の基礎と応用，産業用水調査会，218pp. (1993)
- 3) 稲森悠平編：生活排水対策，産業用水調査会，380pp. (1998)
- 1) 村田恒雄編：下水の高度処理技術，理工図書，393pp. (1992)
- 2) 松尾友矩編：水環境工学，オーム社，238pp. (1999)
- 3) タクマ環境技術研究会編：水処理技術 絵解き基本用語，252pp. (2000)
- 7) 末石富太郎編：衛生工学，鹿島出版会，318pp. (1987) (千葉工業大学：村上和仁)

## 9 - 2 中国における富栄養化対策

### 9 - 2 - 1 対策の目的

中国の国土は961万km<sup>2</sup>あり、日本の国土の約25.3倍に相当し、世界の陸面積の1/15を占め、ソ連、カナダに次ぐ第3位である。また、世界湖沼の1/10が中国に広く分布している。1990年に実施した国勢調査によると、中国の人口は11.3億人で、世界総人口の1/5以上を占めている。この膨大な人口を支えるために、大量な生活排水、工業排水およびその他の有害物質を含む廃棄物などによる汚染が中国の主な河川、湖沼に及んでいる(表9-2-1)。これによって、近年水質汚濁、湖沼の富栄養化などが急激に進み、様々な問題が表れるようになってきている。中国の湖沼の富栄養化の主な被害は次のようなものが挙げられる。

1) 都市近郊にある湖沼の過栄養化によって利水機能が著しく損なわれ、一部の湖沼の利水機能が消失している。中国の都市近郊にある湖沼の大部分は水深が浅く、大型水生植物群集が絶滅している。また工業の発展と都市化の進みによって大量な都市生活排水の流入が増加し、藻類型の富栄養化が迅速に進行し、前の報告にあるように湖沼が過栄養状態にある。そのため、これらの湖沼の水道水源としての機能が失い、取水源を放棄しなければならない状況に追い込まれた。透明度が0.1～0.5mと著しく低下し、水色も黒、緑褐色になり、不快なカビ臭等が発生したため、これらの湖沼のもつ観光機能が大きく損なわれた。多数の湖沼に魚類の死亡など漁業の機能にも損失をもたらした。

2) 湖沼近辺の観光源の開発と都市化の進行によって、大量の未処理の汚濁排水が流れ、湖沼の富栄養化を加速させた(例えば、黒竜江省にある鏡泊湖、雲南省の・池、武漢市の東湖)。

3) 藻類の大量発生によるろ過処理の不能、異臭味の発生が大きな社会問題となっている。例えば、撫順市にある浄水場が大量藻類の発生によってろ過池が閉塞し、大きな経済損失をもたらした。また、安徽省の巢湖では富栄養化の進行によって藻類が大量増殖・死滅し、強烈な臭味が発し、浄水場で処理してもその臭いが残り、飲用不能の状態に落ち、住民からの抗議が続出するなどの影響が見られる。

表 9-2-1 中国における主要汚濁物質総合指数の経年変化

	1983	1984	1985	1986	1987
化学的酸素要求量	98.82	254.85	296.81	360.57	374.14
生物的酸素要求量	52.55	100.14	145.62	152.72	174.42
アンモニア性窒素	182.14	311.97	377.12	283.34	569.61
亜硝酸性窒素	10.12	94.19	43.36	20.65	24.14
硝酸性窒素	0.64	1.26	0	0.15	0
揮発性フェノール	155.47	1165.92	588.06	713.67	707.38
シアン化物	1.53	2.99	3.98	3.25	4.89
砒素	0	0.1	0.87	2.63	2.55
水銀	5.92	3	0.22		10.3
6価クロム	0	0	0	0	0.75
鉛	49.47	29.5	16.66	15.52	4.04
カドミウム	0.66	8.47	0.17	5.53	4.88

4) 富栄養化した湖沼に発生する藍藻類の中には有毒物質を分泌し、これらの藻類が大量に増殖した水を家畜が飲むと死亡したり、またこれが分解するとき魚を殺すこともある。例えば、モンゴルの呼倫貝爾大草原にあるダライノールでは、家畜が藍藻類の多く含む湖水を飲んで多く死亡したと報告されている。有毒藻類としてよく知られている藍藻類としては、*Aphanizomenon flosaquae*, *Anabaena flosaquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena circinalis*, *Microcystis flosaquae*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Gloetrichia echinulata*, *Lyngbya contorta* などが挙げられる。これらの障害の他に、富栄養化による水生生物や魚の種類の激減、高級魚の絶滅、また湖沼底泥の堆積量の増加に伴い、湖沼が浅くなり、水資源の欠乏などの影響がある。例えば、黄石市にある磁湖、広州市の麓湖、内モンゴルの烏梁素海、山東省の南四湖は近年湖沼が急に浅くなっている。高原地区にある湖沼では、現在のところ特に明確な富栄養化障害が見られない。これは人間活動の影響が少ないためと考えられる。

以上のことより、中国における水域の富栄養化の進行は深刻な状況にあり、法整備とそれに従った諸対策の実施は焦眉の急を要する問題である。

## 9 - 2 - 2 対策の概要

中国においては、環境の保護と改善は国の基本的な政策として、憲法第11条に国が環境と自然資源を保護し、汚染とその他の公害を防止管理すると定められている。湖沼の富栄養化の制御には、予防対策、総合対策ならびに湖沼の適切な管理が必要である。

### 予防対策

(1) 下水処理場の出口に生物浄化ラグーンを設置し、水生生物の働きを効果的に利用して、窒素・リンの除去を図っている。(2) 湖沼近辺の工場を移動させ、あるいは封鎖させる。(3) 船からの油汚染を軽減させ、船の油漏出防止設備の導入。(4) 湖沼の養殖場の底泥を浚渫し、栄養塩の回帰を減少させる。(5) 湖沼農業生態系の保護。(6) 湖沼近辺の緑化、保護、土砂流出の防止。(7) 湖沼の管理体制を確立させる。(8) 乱開発の監視。また、湖沼機能別に異なる水質基準を設定し、部分的な水質改



善を図る。例えば、江蘇の固城湖に対して、水源区域、水産養殖区域、排水の受け入れ区域に湖沼機能を分け、その水質基準を定めた。小型湖沼に対しても、当該湖沼の主な機能は何であるかを定め、相応する水質基準を適用する。例えば、北京の密雲ダム、天津の於橋ダム、安徽の巢湖に対して、飲用水の水源として優先的に考える。南京の玄武湖、杭州の西湖、黒竜江の鏡子湖等に対して、観光機能を重視している。常州市の独独湖等は漁業（排水を受けて養殖する）を主としており、景観と水源を放棄している。また、湖沼の生態・構造を利用し、富栄養化の軽減策を図る。例えば、長春市の南湖、南京市の玄武湖の富栄養化度を利用し、水産養殖を行うとともに、水生植物の収穫を利用して湖水中の窒素・リンを除去する方策が用いられる。固城湖では、沈水植物を保護し、植物プランクトン型（藻類型）富栄養化への転換を抑制するなどの対策がとられている。

### 総合対策

湖沼水質の保全・改善のための方策を発生源 - 流達過程 - 湖沼内水質変化といった水質汚濁のプロセスに沿ってみると（１）発生源対策（２）排水負荷制御対策（３）流達過程における対策、（４）湖沼内における水質改善技術（５）その他と分けることができる。個々の湖沼のもつ特性によって各水質改善技術が実施された場合の応答が異なってくる。つまり、一つの湖沼で成功した技術が必ずしも他の湖沼での成果を保證するものではないことに留意する必要がある。何より、個々の湖沼のもつ流域特性や水理特性、水質特性ならびに生物特性といった各特性を踏まえた系統的な制御手法選定手順の確立と、実験や対策事例の集積を通して各水質保全対策に対する湖沼の応答メカニズムとそれを支配する各要因について総合的に考えなければならない。排水中の栄養塩類は、点的発生源（点源）であるから、田畑などの面的（発生源）に比べて制御しやすい。近年、富栄養化の防止のために下水や排水の脱窒、脱リンの必要性が協調されているのはこのためである。一般に湖沼水域に流入する栄養塩類を減少することを目的とする方法には、（１）排水および下水の高度処理（３次処理）（窒素・リンの除去）、（２）流入排水の流路変更、（３）集水域の土地利用形態の変更、（４）流入河川水の処理、（５）リンを含む合成洗剤の使用禁止などがある。また、水域にすでに流入してしまった栄養塩類の除去方法は、（６）水中の栄養塩類の除去、（７）底泥の浚渫および封じ込め、（８）湖水の希釈、洗い流し、（９）藻類、水生植物の収穫などがある。これらの方法以外にも、富栄養化した湖沼をある程度良好な状態に保つための対症療法的な手段には、（１０）殺藻剤、除草剤による処理、（１１）人工的な曝気・循環などがある。中国は富栄養化した重点地区の湖沼（例えば、杭州の西湖、武漢の東湖、長春の南湖等）に対して、（１）湖沼に排出する污水をカットする。例えば、西湖の西岸に9.1kmの污水管渠を敷設し、湖沼に流れる污水をカットし、下水処理場にもっていく。そのためほとんどの点源負荷と大部分の面源負荷が除去できた。長春の南湖についても同様に74%の汚濁負荷をカットすることができ、湖沼の窒素・リンの含有量を半減させた。（２）浄化用水の導入湖水の交換をよくするとともに、窒素・リンの蓄積と底泥からの窒素・リンの溶出を抑制できる。例えば、西湖に対して、銭塘江（揚子江の支流）の河川水を導入し（1日の導水量は湖沼の総貯水量の1/33に相当）、当湖沼の水質改善に大きく役立っている。しかし導水プロジェクトの投資が多く、よほど重点地区でなければ適用が難しい。（３）浚渫と栄養塩の不活化湖沼の堆積物・底泥に大量な窒素・リンを含んでおり、嫌気条件になると溶出する恐れがある。発生源だけをカットしても、富栄養化の防止にならない場合がある。そこで底泥を系外に除去し、場合によってはその底泥が農地の施肥肥料にもなる。（４）水生生物による栄養塩の除去実験研究によると、ハスによって、富栄養化した湖沼のT-Pを1.00mg/ から0.33mg/ に、T-Nを3.89mg/ から0.8mg/ に減少することができる。また、ヨシ・ガマ・ヒシなどが窒素・リンの吸収力が高く、乾燥重量当たりのヨシ、ガマの窒素・リンの含有量はそれぞれ1.176%、1.708%（窒素）、0.264%、0.298%（リン）と高い値を示した。

これらの大型水生植物の収穫によって湖水中の窒素・リン負荷が軽減できる。例えば、内モンゴルの烏梁素海では300km<sup>2</sup>の湿地ヨシと1000km<sup>2</sup>の沈水植物によって、大草原放牧からの大量の栄養塩が吸収され、これを収穫して、飼料にし、栄養塩の削減と畜産業の両立ができた。また水生動物を用いた栄養塩削減対策も応用されている。さらに、巻貝などの水生動物によって、溶解性栄養塩、藻類が摂取され、浄化の効果も得られている。(5)中国では、下水処理場が三次処理までしているところは少なく、下水道の普及率は2%未満である。中国の大部分の都市下水処理場は、活性汚泥で処理を行っているが、建設費、エネルギー消費量が高く、多くの要因によって処理が影響されやすい。酸化池と酸化溝技術も下水処理に応用されている。回転円板(RBC)技術は染色、製紙、皮革、石油化学などの工業廃水処理に応用されているが、生活排水処理への応用は極めて少ない。食品発酵(アルコール、ビール、化学調味料、澱粉、レモン酸などの廃水)、製紙、製糖、皮革などの高濃度の有機工業廃水に対し、嫌気性微生物法の研究開発が進められ、汚染対策と省エネルギーに役立っている。活性汚泥法に比べ、建設費の低減、省エネルギー、運転管理が簡単な生物処理(例えば、酸化溝、二段曝気法、都市下水の脱リン・脱窒技術および強化吸着生物処理法など)技術について、開発研究を進めている。80年代初期に処理量26万m<sup>3</sup>・d<sup>-1</sup>の天津市紀庄子下水処理場が建設され、現在、大連、広州、成都、アモイ、昆明などの都市で大規模の都市下水処理場の建設が進められている。また、自然浄化法を主とする自然生物浄化法と、人工生物浄化を結合した下水処理技術の開発研究(例えば、メタン浄化槽、酸化池、土壌~作物システム)も進められている。今後は工業廃水に対して、工場は都市下水道への放流基準に適合するまで処理を行う法制度の強化、また都市下水処理の二次、さらに三次処理の遂行も重要であろう。生物化学と物理化学技術を結合する触媒酸化法による工業廃水の処理と浸透、限外ろ過技術による染色、製紙、写真などの工業廃水の処理について研究開発中である。また脱窒・脱リンのために、酸化池、酸化溝法や土壌処理技術の導入も行っている。例えば、雲南省では酸化溝技術を導入し、湖沼に流入する排水の窒素・リンの除去を行っており、ある程度の効果が得られている。大部分の都市には水資源不足の問題が存在している。したがって、水質汚濁をコントロールし、水資源を保護することが重要な課題となっている。水質汚濁の深刻な状況を改善し、水資源不足に対する基本的な対策として取り上げられているものは用水の節約、汚濁排水の制御、水資源の合理的利用である。例えば、水の消費の節減、汚水の排出量と質の抑制、処理、都市下水システムの導入、浄化施設の技術的政策などが考えられる。

### 湖沼の管理

富栄養化の防止対策は栄養塩の削除だけでなく、あらゆる機関、個人社会全体によって行わなければならない。中国政府はこの認識のもとで湖沼の富栄養化防止のために、湖沼の管理にも努力している。例えば、北京市政府は「密雲ダム水源保護条例」、昆明市では「滇池保護条例」、南京市では「玄武湖汚濁排水基準」、山東省では「南四湖環境管理事務所」、黄石市では「磁湖保護条例」などを制定し、富栄養化の総合管理を行っている。なかでも、杭州市の西湖の総合対策・管理は最も特徴的であり効果もあった。西湖に流入する汚水のカット、銭塘江より導水、底泥浚渫の総合措置の他に、工場の立地条件について厳しい規制を行っている。汚濁工場の移転、封鎖が20数社に昇っている。また観光事業の管理(遊覧船の発動機を石油から電気に換える)、水産養殖の管理(投餌・養殖の制限)も行っている。これらの総合管理によって、湖沼の富栄養化の制御効果が表れている。中国政府代表団が1972年に国連の環境会議に参加して以来、環境保護事業は急速に発展してきた特に、1979年9月13日の第15期全国人民代表大会常務委員会第11回会議で「中華人民共和国環境保護法(試行)」が採択されてから、環境保護を国の基本国策の1つとして挙げられ中国の環境保護事業は新たな発展段階に入った。最近10年の間に、国民総生産は2倍以上になったが、環境状況はそれほど悪化せずすみ、環境の状況

は基本的には安定状態に保たれたとされている。このような成果を挙げられた重要な要因は、環境基準体系、環境管理と環境教育の強化が挙げられている。

中国における環境基準は汚濁と生態系破壊の防止、健康の保護のために、関連する統一の技術要求を定めるものであり、技術方面での国家環境政策の具体的現れであると同時に、各環境法規執行の基本根拠である。環境基準はその性質と対象によって、(1) 環境質基準、(2) 汚濁物質排出基準、(3) 環境保護機器設備標準および方法、(4) 標準サンプルとその基礎の基準、に分けられる。環境基準の中心は環境質基準であり、人の健康の保障、良好な生態系の維持、社会財産の保護のために、技術・経済条件を考慮した上で、環境中の有害物質と諸要素についてある制限と規定を定めるものである。汚濁物質の排出基準は環境質を保障するために、汚染源からの汚濁物質（あるいは有害因子）の排出（釈放）を制限する重要な技術指標であり、環境監督、管理の主要根拠である。環境基準の管理権限とその使用範囲によって、環境基準は国家環境基準と地方環境基準に分類している。国家環境基準は全国範囲（あるいは特定地区）内の統一環境保護技術に係わる要求である。地方環境基準は該当地方の環境機能、汚濁状況と地理、機構、生態系等特徴に応じて、経済・技術状況も踏まえた、各省、自治区、直轄市範囲（あるいは特定地区）の統一環境保護技術に係わる要求である。中国では1973年に最初の環境基準「工業三廃（廃ガス、廃水、廃棄物）排出基準（試行）」を発表して以来、全国的に専門的な環境基準の標準化を進めてきた。環境基準は単一な排出基準から、環境質基準、汚濁物質排出基準と方法、基礎、サンプリング基準等を含む比較的に系統的な環境基準体系までに発展してきた。これらの基準は環境汚染の制御、環境管理の強化、環境質の改善等各方面で大きな役割を果たしている。1994年末までに中国では各類の環境基準は合計325項目に達しており、1992年までの263項目より62項目増えた。また1992年には31項目を新設した。1994年までの環境基準の内訳をみると、環境質基準は10、汚濁物質排出基準59、分析方法183、標準サンプル29、基礎指標7、その他22項目である。これらの環境基準を汚染物質別に分類すると、その割合は水153項目で58.2%、大気58項目で22.1%、騒音振動14項目で5.3%、廃棄物18項目で6.8%、放射線物質12項目で4.6%、その他8項目で3%となっている。同時に、各省、自治区、直轄市政府は現地特徴に応じて多くの地方基準を制定した。環境基準の科学的研究、啓蒙教育等方面においても多くの成果を得ている。また、環境基準の制定、修正、研究および実施監督の人材も育成し、彼らは中国の環境基準標準化と環境管理の分野で重要な役割を担っている。水環境基準体系は国家と地方に分けている。国家水環境基準は全国あるいはある特定専門地区範囲内に統一使用される指標であり、地区水環境基準を制定するための依拠でもあり、国家環境保護局によって審査・公布される。地方水環境基準は地域特性を有し、定められた地域内で統一的に使用される指標であり、国家水環境基準の地方での補充と具体化を担っている。国務院で公布される標準化管理条例によると、地方基準は国家基準と整合していること、地方基準は国家基準で定める最高上限と下限を超えてはならないことが制定された。水環境基準は河川、湖沼、海等水域の水質汚染から防止し、人民の健康の保護、水生生態系の維持、水資源の有効利用、工業、農業、牧畜業、漁業の発展と促進のために、有害物質とその要因の制限を行うものである。

中国の水環境質は各機能の区分と管理と水質、用途によって以下の6種類に分けられ、各機能別に相応した水質基準が設けられている。すなわち、a) 自然保護区：国および各級政府が決めた自然資源、自然景観および貴重動植物の重点保護区域、b) 生活飲用水（飲料水）水源区：生活飲用水水源およびその保護区域、牧場の人間、畜産共用飲用水水源を含む、c) 漁業用水区：各種魚介類等水産資源の産卵場、給餌場、越冬場、養殖場、回遊魚道等水域、d) 遊覧、娯楽用水区：国家重点保護と地方一般風景遊覧、水泳、水上運動等水域、e) 工業用水区：各種工業用水の供水区域、f) 農業用水区：農業灌漑

用水，林業，牧畜業および土地処理の供水区，である。

前述のように中国では，1993年末までに313項目の基準が決められており，そのなかに，水，大気等に関する環境質基準や排出基準等が数多くある。ここでは水質汚濁関連のある工業三廃排出基準，污水総合排出基準，地面水（地表水）環境質基準，生活飲用水（飲料水）水質基準，農田灌漑水質基準，漁業水質基準，海水水質基準および景観娯楽用水水質基準等8つの基準の特徴について述べる。

工業「三廃」排出基準は「環境保護法」の制定前に国家計画委員会，国家基本建設委員会，衛生部により1973年11月公布された工業三廃（廃ガス，廃水，廃棄物）排出試行基準に基づいて，大気，水源および土壌の汚染の防止，人健康の保護，工・農業生産の発展のために制定された。廃ガスについては第10条の規定による人への被害の程度に応じて中国の実態を考慮して暫定的に13種の有害物質について決められている。廃水については有害物質最高許容排出基準を2類に分けている。第1類は環境或いは動植物体内に蓄積，人健康に長期に影響を及ぼし得る有害物質をいう。第2類は人への長期影響が第1類より少ない有害物質を指す。廃棄物については第17，18，19条の規定によって，大気，水源，土壌の汚染防止のために，できるだけ廃棄物の排出を少なくし，規定の場所以外に堆積場所を設置しないようにする。水銀，カドミウム，ヒ素，六価クロム，鉛，黄リン，シアン化合物およびその他可溶性の劇毒物質を含むものは専用の処理施設に保存し，地下水面に漏出しないようにする。

污水総合排出基準は国家環境保護局によって1988年4月に公布され，翌年1月1日に実施された。本基準は水質汚濁の防止，河川・運河・湖沼・ダム，海等地表水および地下水の良好な水質の保持，人の健康の保障，生態系の維持，国民経済と都市・郷鎮建設の発展の促進のために制定された。適用範囲は污水と廃水を排出する全国全ての企業，団体に適用する。基準の分類は以下のとおりである。本基準は地表水の用途と污水の排出先によって，地表水水域と都市下水道へ排出する污水に対して1，2，3級基準を実施する。（a）特殊の保護水域，すなわち地表水環境質基準の1，2類水域，例えば都市生活飲用水水源地一級保護区，国家指定重点景勝地水域，珍奇魚類保護区，海水浴場と水産養殖場等水域には，新しい污水の排出口の建設を禁じ，現有の污水排出企業に対しては地方環境保護部門から厳しく管理監視する措置をとり，当該水域の水質基準を確保する。（b）重点保護水域，すなわち地表水環境質基準の3類水域と「海水水質基準」の2類水域に排出する污水は1級基準を通用する。（c）一般保護水域，「地表水環境質基準」の4，5類水域と「海水水質基準」の3類水域に排出する污水は2級基準を通用する。（d）二次生物処理を行う都市下水道に排出する污水には3級基準を執行する。（e）2次処理のない都市下水道に排出する污水について，処理水の排出先水域の機能要求によって，（b），（c）の規定に準じてそれぞれ1級あるいは2級基準を通用する。また，污水の排出基準値はその性質によって以下の2類に分けられている。第1類汚染物質：環境あるいは動植物体内に蓄積し，また人の健康に長期に不良影響を与える有害な汚染物質を含む污水に対して，業種と污水の排出方法，排出先水域によらず，一律その処理施設排出口のサンプルを用いて最高許容排出濃度に満たさなければならない。第2類汚染物質：上記第1類汚染物より影響の小さい汚染物に対して，業種等によって基準を満たさなければならない。なお，各業種，例えば，石油開発，軽工業，病院などからの排出污水についてそれぞれの基準が規定されている。

地表水の環境質基準は1983年9月に公布，1984年1月1日から施行されてきたが，1988年6月に改訂された。環境保護法と水質汚濁防止法に準じ，水質汚濁の制御，水資源の保護のために制定した。本基準は中国領内の河川，湖沼，ダム等使用機能を有する地表水水域に適用する。本基準は各水域について地表水の使用目的と保全目標に基づき，機能別に以下の5類型に分けられている（表9-2-2）。1類：水源，国家自然保護区域，2類：集中式生活飲用水水源地一級保護区域，珍奇魚類保護区域，魚蝦産卵場等，3類：集中式生活飲用水水源地2級保護区域，一般魚類保護区域および水泳区域，4類：一般工業用水区域

および人に直接接触しない娯楽区域，5類：農業用水および一般景観区域。なお，同一水域に多種の機能を有する場合，最高区域の分類に準じ適用し，季節によって機能が変化するとき，その季節に相応した類型に適用する。生活飲用水水質基準は1985年8月に国家環境保護局によって公布され，1986年10月1日に実施された。生活飲用水の水質，衛生要求，水源の選択，水源衛生の保護のために制定された。都

市，郷鎮生活用水の集中式給水，分散式給水に適用されている。

表 9-2-2 中国における地面水的环境基準値

中国の地面水環境質基準		(物質の基準値の単位:mg/l)				
項目	類	類	類	類	類	
基本的环境条件	すべての水は、人為的(非自然的)原因によって以下の物質を誘発させてはならない。 ・普通に沈殿したときに、有害な堆積物を形成するもの ・浮遊物、破片、カス、油類、その他不快を誘う物質 ・悪い色彩、臭気、味、濁度 ・人体や動植物に対して、損害を与えたり、毒性または有害な生理的影響を加える物質 ・有害な水生生物を発生させるもの					
水温( )	人為的に引き起こされる水温の変化の限界はつぎのとおりとする。 夏季は、週平均最大温度上昇範囲は、1 未満 冬季は、週平均最大温度上昇範囲は、2 未満					
pH	6.5 ~ 8.5			6 ~ 9		
硝酸塩 <sup>a)</sup> (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 換算)	< 250	250	250	250	250	
塩化物 <sup>a)</sup> (Cl <sup>-</sup> 換算)	< 250	250	250	250	250	
溶解性鉄 <sup>a)</sup>	< 0.3	0.3	0.5	0.5	1.0	
総マンガ <sup>a)</sup>	< 0.1	0.1	0.1	0.5	1.0	
総銅 <sup>a)</sup>	< 0.01	1.0	1.0	1.0	1.0	
総亜鉛 <sup>a)</sup>	< 0.05	1.0 (漁場0.1)	1.0 (漁場0.1)	2.0	2.0	
硝酸塩(N換算)	< 10	10	20	20	25	
亜硝酸塩(N換算)	< 0.06	0.1	0.15	1.0	1.0	
非イオンアンモニア(NH <sub>3</sub> -N)	< 0.02	0.02	0.02	0.2	0.2	
ケルダール態窒素	< 0.5	0.5	1	2	2	
総リン(P換算)	< 0.02	0.1 (湖沼0.025) (ダム0.025)	0.1 (湖沼0.05) (ダム0.05)	0.2	0.2	
過マンガ <sup>a)</sup> 酸塩指数	< 2	4	6	8	10	
溶存酸素	> 飽和率90%	6	5	3	2	
化学的酸素要求量(COD <sub>Cr</sub> )	< 15	15	15	20	25	
生物学的酸素要求量(BOD <sub>5</sub> )	< 3	3	4	6	10	
フッ化物(F <sup>-</sup> 換算)	< 1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	
セレン(四価)	< 0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	
全ヒ素	< 0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	
総水銀 <sup>b)</sup>	< 0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001	
総カドミウム <sup>c)</sup>	< 0.001	0.005	0.005	0.005	0.01	
六価クロム	< 0.01	0.05	0.05	0.05	0.1	
総鉛 <sup>b)</sup>	< 0.01	0.05	0.05	0.05	0.1	
総シアン化合物	< 0.005	0.05 (漁場0.005)	0.2 (漁場0.005)	0.2	0.2	
フェノール <sup>b)</sup>	< 0.002	0.002	0.005	0.01	0.1	
石油類 <sup>b)</sup> (石油エーテル抽出物)	< 0.05	0.05	0.05	0.5	1.0	
陰イオン界面活性剤	< 0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	
総大腸菌数 <sup>c)</sup> (個/l)	< -	-	10,000	-	-	
ベンゾ(a)ピレン <sup>c)</sup> (μg/l)	< 0.0025	0.0025	0.0025	-	-	

a) 地方により、それぞれの水域のバックグラウンド値の特徴に基づいて調整される。

b) 公定分析(検定)方法の検出限界では基準の要求に達していない。

c) 試行基準

農田灌漑水質基準は1992年1月に公布され、同年10月に実施された。本基準は環境保護法をもとに、土壌、地下水および農産品汚染の防止、人の健康の保障、生態系の維持、経済発展の促進のために制定された。適用範囲としては地表水、地下水、処理済みの都市污水、工業排水を水源とする農田灌漑用水に適用する。医薬・生物製品、化学試剤、農薬、石油精練、有機化学工場からの処理水による灌漑用水に適さない。基準は、1類：水作、例えば水稻、灌漑水量 $12,000\text{m}^3 \cdot \text{y}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、2類：乾作、例えば小麦、玉米、棉等、灌漑水量 $4,500\text{m}^3 \cdot \text{y}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、3類：野菜、例えば白菜、韭、玉ねぎ等、野菜の種類によって灌漑水量は大きく異なる、の3類に分けられている。

漁業水質基準は1989年8月12日に国家環境保護局が公布され、1990年3月1日に実施している。その目的としては環境保護法、水質汚濁防止法、海洋環境保護法、漁業法をもとに、漁業水域の水質汚濁の防止、魚、蝦、貝、海藻の正常成長・繁殖、水産品の質量を保障するために本基準を制定した。魚蝦類の産卵場、給餌場、越冬場、回遊魚道、水産養殖区と海域、淡水漁業地域に適用されている。漁業水質保護としては以下のように決められている。(a)あらゆる企業、団体等からの工業廃水、生活排水、有害廃棄物に対して本基準の基準を満たさなければならない。(b)魚蝦類の産卵場、給餌場、養殖場等に未処理の産業廃水、生活排水の排出を厳禁する。(c)病原体を含む汚水の漁業水域への排出を禁じる。もしこの類の汚水を排出する場合、適切な処理と消毒を行わなければならない。

海水水質基準は1982年4月6日に公布され、同年8月1日に実施されている。本基準は海水の水質汚濁の防止と制御、人の健康の保障、海洋生物資源の保護、生態系の維持、海洋の合理的な開発・利用するために制定された。適用範囲は中国管轄下の全ての海域である。海水水質の分類と基準は、海水の用途、水質要求によって以下の3種類に分けられる。1類：海洋生物資源の保護と安全利用（塩場、食品加工、海水淡化、漁業と海水養殖等の用水）および海上自然保護区に適用する、2類：海水浴場および景観遊覧区域に適用する、3類：一般工業用水、港口水域と海洋開発作業区域等に適用する。

景観娯楽用水水質基準は1991年3月18日に国家技術監督局と環境保護局によって公布され、1992年2月1日から実施されている。「水質汚濁防止法」と「海洋環境保護法」に準じ、景観改善、娯楽用水水質の保護、自然生態系の水質の回復、観光事業発展の促進のために制定された。適用範囲としては観光、療養、娯楽を目的とする河川、湖沼、海洋の一部水域に適用される。標準の分類は以下のA、B、Cの3類に分けられる。A類：天然浴場あるいは人と直接接触している観光・娯楽水域、B類：国家重点観光遊覧区および人と直接接触していない観光・娯楽水域、C類：主に一般観光用水水域。

以上のほかに数多くの汚染物別と業種別の排出基準、方法基準等が公布されている。中国の環境行政管理制度の1つである汚染物質排出費の徴収制度のなかに、廃水、廃棄ガス、廃棄物の汚染排出費の徴収基準が決められている。

### 9 - 2 - 3 期待される成果

中国における水環境汚濁の進行の最大の原因は、黄河に代表される粘土質の地質と並んで工場煙突から大気中に放出される硫酸化合物（ $\text{SO}_x$ ）であるといわれている。大気中に放出された $\text{SO}_x$ は降雨とともに湖沼・河川に流入し、水質のpHを低下させ酸性河川・酸性湖沼と変貌させると同時に、生態系に多大な影響を及ぼしている。さらに、我国の日本海側へ降る酸性雨のうち、その30%程度が中国由来であるという報告がなされている。したがって、高度な技術と豊富な資金を有する日本が大恩ある隣国中国の惨状を見て見ぬふりをする事は許されることではないことと相まって、日本からの技術移転は必須であるといえる。

この20年来、中国は非常に困難の局面のなかで、環境保護事業に力を注ぎ、大きな成果を挙げた。世界各国が経済不況に苦しむなかで、近年、急速に工業化が進み、経済発展を成し遂げつつある中国では、経済の現状は1991年の7%成長から1992年の12.4%、1993年では13.4%、1994年11.8%へと著しい成長を続けている。このため、このような急速な成長に伴って、これまで先進国が経験したような産業化にともなう公害問題が深刻化している。中国独自の環境政策と環境管理強化を実施しているが、環境汚染による経済的ダメージは未だに毎年約1,000億元（約1兆5千万円）にも達しており、数多くの問題を残されている。中国は世界の耕地面積のわずか0.7%で世界人口の22%を養っている。一人当たりの平均占有量0.086haは、世界平均の0.3haと比較しても遥かに低い。最近10年で中国の人口は1億余り増加したが、耕地面積（水土流失31%、塩化沼沢化18%、砂漠化5%と問題がある）は毎年平均30万haずつ減少している。現在の一人当たり平均耕地面積は50年前に比べて半減していた。人口増加にともない、耕地に適さない土地まで開墾されるために表土流失、水害多発などの原因となっており、これに加えて、産業活動や経済発展による酸性雨や水質汚濁などの環境問題を引き起こしている。1992年6月、ブラジルで地球サミット（UNCED）が開催されて以来、環境問題が一国の枠を越えた国際問題として扱われるようになった。東アジアの環境問題は、国際的な観点からみても、地球環境レベルと地域環境レベルの2つの点で重要な意味をもっている。そのなかに、12億の人口を抱える世界一の人口大国である中国の環境問題は大きな注目対象となる。現段階では、中国のGNP（国民総生産額）が一人当たり370ドル（1992年現在）であり、日本をはじめとする他の先進国に比べると遥かに低い値である。一人当たりの耕地面積、草地、森林面積はそれぞれ1,000m<sup>2</sup>、2,860m<sup>2</sup>、1,200m<sup>2</sup>であり、全世界平均のそれぞれ27%、38%、12%に過ぎない。さらに一人当たりの表流量は2,700m<sup>3</sup>、全世界平均の25%である。一方、人口は毎年1,700万人の割合で増加している。これはオーストラリア一国分の人口に相当している。この人口の重圧の下で、中国は様々な問題、困難と試練に立たされている。経済面や環境技術、人材等の各方面にも不足している。これからの人口の増加と産業の発展を持続させるためには、環境保全と対策に力を入れなければならない。環境保護対策にGNPの0.5%しか投資できない場合、環境は悪化方向に、GNPの1%ではそのまま推移、1.5%以上を投資すれば改善方向に向かうことが指摘されている。中国では、最近になってやっと公害防止や水環境保全に関心をもちはじめているが、環境に対する投資はまだまだ少ない。環境基準は中国の環境汚染を防ぐために、有効な手段として環境政策、環境管理を進めるうえで、大きな役割を果たしている。今後さらに、中国の国情に合った環境政策、環境基準実施の徹底、法的な保証、監督をしなければならない。中国の環境問題と環境政策の行方は、その潜在的汚染源の大きさからしてもアジアのみならず、さらに地球全体の環境に影響を及ぼさざるを得ない。中国は発展途上諸国の一員として、環境問題解決のために、独自の環境政策の改善、環境管理、環境教育・研究等の充実を一層努力することが望まれる。一方、国際的な協力も不可欠であり、中国の近隣国である日本の技術、資金、経験には期待が最も大きい。国際協力には各国の環境に関するあらゆる問題の相互理解が必要である。今後、先進国からの経済の援助のみならず、人材、技術等の国際交流・支援が一層必要とされる。特に公害防止の先進国、一衣帯水の日本からの協力と指導が欠かせないことと考えられる。

中国の水環境の現状は、全国の主要な河川において有機汚濁が広範囲に進行し、湖沼の富栄養化現象が深刻化している状況にある。大半の地域での地下水の水質は安定もしくはやや改善の傾向にあるが、一部の都市や地区の地下水の水質は逆に悪化してきている。一方、2000年と2001年の春以降、長江以北の大部分の地域が、ここ10年来最悪の春季旱魃に見舞われた。旱魃が発生したのは、22の省・自治



区・直轄市で、被害面積は短期間に2,067万haに達し、2,000万人あまりの人々が飲料水にさえ事欠くありさまであり、中国が水資源危機にあることをあらためて認識させられる事態となっている。中国は水資源の賦存量からみると世界でも最低レベルの13国家の1つに数えられ、1人あたりの水資源も世界平均の1/4で、占有量世界ランクは121位である。水資源不足に拍車をかけるのは、降水量と降雨時期のバランスが悪いことである。水資源不足は中国の経済発展、国民生活が向上するにつれ、今後の継続的発展、現在進行中の「西部大開発」計画において大きな脅威となっている。

水環境の悪化が中国の水資源不足をさらに深刻にしてしまう恐れがある。中国の環境問題と環境政策の行方は、その潜在的汚染源の大きさからしても、アジアのみならず、さらに地球全体の環境に影響を及ぼさざるを得ない。中国は開発途上諸国の一員として、環境問題解決のために、独自の環境政策の改善、環境管理、環境教育、環境研究などの充実に一層努力する必要があることは論を待たないが、同時に、先進工業国からの環境保全に関わる技術移転などの国際協力も必要とされている。

<参考文献>

- 1) Masakata Sadayoshi : 中国で環境問題に取り組む, 岩波新書, 182pp. (2000)
- 2) Kai-Qin Xu, Ryuichi Sudo : 中国環境ハンドブック, 第2編中国の環境問題への取り組みと対策技術, 第3章水質汚濁, サイエンスフォーラム社, 273~316 (1997)
- 3) 金 相燦, 劉 鴻亮, 屠 清英, 章 宗洪, 朱 萱 : 中国湖泊富栄養化, 1~613 (1990)
- 4) 金 相燦, 屠 清英 : 湖泊富栄養化調査規範, 中国環境科学出版社, 1~20 (1990)
- 5) Kai-Qin Xu, Masataka Watanabe, Ryuichi Sudo : 中国における水環境の現状と都市污水处理システムの動向, 月刊浄化槽, 309, 24-29 (2002)
- 6) Kai-Qin Xu, Ryuichi Sudo : Environmental Standard in China, Water and Waste, 37 (2) 36-46 (1995)
- 7) Kai-Qin Xu, Ji-Qun Zhang, Masataka Watanabe : The Present Status of Water Environment in China -From "The Report on The State of the Environment in China" 2000-, Water and Waste, 43 (9) 29-34 (2001)
- 8) Kai-Qin Xu, Ji-Qun Zhang, Masataka Watanabe : Outline of the Weatern Development and Its Ecological Environment Protection and Construction in China, 資源環境対策, 37 (14) 51-64 (2001)
- 9) Kai-Qin Xu, Ji-Qun Zhang, Masataka Watanabe : Water Environment of Changjiang River(7)Water Pollution and Its Control, Water and Waste, 43 (5) 32-42 (2001)

(国立環境研究所：徐開欽)

### 9 - 3 米国における富栄養化対策

#### 9 - 3 - 1 対策の目的

水を高度に利用しつつ、水環境を保全する社会システムを構築するためには、水の大循環サイクルと都市・地域での水利用サイクルを見渡しながら計画を立てなければならない。河川水は農業用水、工業用水さらには生活用水として利用され、利用されたこれらの水は汚濁を受けた後、再び流域に戻る。これらの他に畜産排水や森林由来の汚濁物質も流域に流れ込むことになる。これらにより引き起こされる河川の汚濁は生態系に影響を与えるとともに、下流域で再び河川水が飲料水として利用されることから、人間の健康にも大きな影響を及ぼす。これらの影響を最小限にとどめるために、生活排水

は下水処理場において処理された後に河川に放流され、また、工場排水も工場内で処理した後にリサイクルを行うなどの処置がとられる。さらに都市のオフィスビルにおいては水を循環利用することによって水使用量の抑制と汚濁負荷低減が行われている。さらに、河川には自然の浄化機能（自浄作用）が備わっていることから、これを最大限に活かすことも汚濁の影響低減に効果的である。しかし、これらの対策が個々の場でばらばらに実施されるのではなく、流域全体を見渡して、個々の対策が有機的なつながりをもつように全体計画を立てることが必要である。ここでは米国における水環境管理の法体系について解説するとともに、フロリダ州南フロリダ水管理局が推進しているエバークレーズ（Everglades）湿地流域の自然環境の保護と復元を軸とする広域の水環境あるいは水循環回復事業について述べる。

### 9 - 3 - 2 対策の概要

米国における水域保全に関する法律のうち、河川や水域などに関わるものについてその歴史的な流れを以下にまとめる。

- ・ Rivers and Harbors Act (1899 年): 米国初の商業活動を促進するために、水域の管理や保全に関して制定された連邦法。
- ・ Water Pollution Control Act (1948 年): 水質保全のための技術的な支援や補助金を、州および地方自治体向けに制度化した法律。
- ・ Water Quality Act (1965 年): 州間の航行に関連して水質基準を設定することを州に課した法律。
- ・ The Clean Water Act (CWA) (1972 年): 水域における生物的、化学的、物理的な要因を統合的に捉えて、水域保全や修復の目標を提示している。さらに、水質基準の強化も行われており、大幅な改定が 1977 年に実施されているが、米国においてもっとも重要な基本的な水質保全の法律である。本法のなかには、排水の許可制度、下水処理場建設促進なども規定されている。厳密には、United Code Title 33 Navigation and Navigable Waters Chap.26 Water Pollution Prevention and Control における「Clean Water Act」として施行されている。
- ・ Clean Water Act Amendments (1977 年): 毒性物質の管理強化と連邦による水質保全プログラムへの州責任を明記した改訂である。
- ・ Water Quality Act (1987 年): この法律と連動して CWA の改訂がなされている。その結果、水質目標の達成のために必要とされる、雨天時汚濁流出への対策、処理場建設の融資基金の創設、都市ノンポイント汚染問題の把握、感潮域保全プログラムなどの推進を実施されることとなった。
- ・ Safe Drinking Water Act Amendment (1996 年): 1974 年に制定された米国安全飲料水法の大幅な改訂。この改正では、水源の確保や保護に関する新たな取り組みについて規定し、この取り組みは、CWA における水質汚濁防止や水域保全施策 (Clean Water Program) と統合された形で実施されることとなった。

次に Clean Water Action Plan の概要についてまとめる。Clean Water Action Plan とは、1972 年の連邦水質汚濁防止法 (CWA) の制定から 25 年経過した 1997 年に副大統領からの指示により、提案された行動計画である。主たる目的は、CWA の当初の目標である「すべての国民に、釣りや水泳を楽しむ水域」を達成するために、課題の抽出、水資源浄化計画の強化策、全体的な対策の枠組みのあり方について、重要な提言がなされている。CWA 制定当時と現在との比較をすることで、25 年間の水質浄化の成果は、表 9-3-1 のようにまとめられる。

表 9-3-1 CWA 制定後 25 年間の水質浄化の成果

項目名	1972 年	現 在
釣りや水泳の適合水域	1/3	2/3
湿地減少率(areas/年)	460,000	70,000-90,000
土壌侵食量(ton/年)	22.5 億	12.5 億
下水道普及人口(万人)	8,500	17,300

Clean Water Action Plan でポイントとなる手法は、流域ベースでの管理、生態系や天然資源保護を意識した対策管理、厳しい水質基準による汚濁源対策、適切な情報提供の4つに集約整理されている。特に、最初に記している流域ベースでの管理は、清浄な水は健全な管理が行われている流域において確

保できるという考え方に基づいている。また、水質浄化目標達成の最も費用効果の高い汚濁対策を検討する対象領域あるいは境界として流域を対象とすべきであると考えている。すなわち、水収支や水とともに移動する汚濁物収支を考えるためには水文学的に流域単位とならざるを得ない。この流域単位での管理の必要性は以前から指摘されてきているが、連邦の行動計画として提言されたことが非常に意義あることである。しかし、この流域管理のあり方は日本と同様に完全に確立している状態にあるとは言えない。米国では、次のような流れのなかで今まさに実効性のあるものへと確立されつつあるものと考えられる。この行動計画の提案の前年である 1996 年には、EPA から Watershed Approach Framework が発表されている。この提言において、国内の水質改善が頭打ちになっている現状を打破するには、部門や分野を越えた総合的な連携を必要としており、公共、個人、企業を問わず、community by community and watershed by watershed での協力体制を築くことが述べられている。この考えは、1991 年に HPA の Office of Water において Watershed Protection Approach として打ち出されているものをさらに発展したものである。そして 1998 年には EPA 's Watershed Approach として発表されている。さらに 2000 年には Unified Federal Policy for a Watershed Approach to Federal Land and Resource Management が、EPA だけでなく農業省、商務省、防衛省、エネルギー省、内務省などが連携し、省庁を越えた枠組みとして、流域管理の必要性を共通認識として位置付けた統合的な連邦政策として告示されている。また、適切な情報提供については、地域住民と行政機関との連携の必要性を示唆しているものである。そのためには、流域に関する情報を共有する必要があるため、情報公開という新たなプログラムの展開へとつながる。情報提供された地域住民と行政機関が連携して流域に関する意思決定を行うことで、質の高い管理方法が実施に移されることが期待される。適切な情報提供により可能となる住民参加は、流域における利害関係者の連携につながり、さらには Community Involvement として行動計画の駆動力となる。

米国における排水規制も、日本と同様に人間の健康と水環境の保護を目的として行われている。CWA のもとで規定されているように、汚染物質を排出する点汚染源は、National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Program により、排出許可を得ることが義務付けられている。下水道システムなどの管路や水路も汚染源として取り扱われる。しかしながら、都市下水処理システムに接続している家庭汚水などは許可を必要とはしない。この許可制度は、日本において排水基準が設定されていることと同様に水質汚濁を軽減する手段として機能を発揮している。しかしながら、この排水規制だけでは連邦水質汚濁防止法(CWA)の目標である fishable and swimmable な水域、すなわち環境基準を満足する水域保全を達成できていない状況にあるとの認識にいたってきている。すなわち、発生源である排水規制の水質管理から、望ましい水環境や水用途を反映した水質環境基準に焦点を当てた管理への移行することが求められてきている。元来、1972 年制定の連邦水質汚濁防止法(CWA)の条項

303(d)において、州政府は水質環境基準を満足していない水質に障害のある水域のリストを作成することが求められている。そして州政府は点汚染源（点源）において要求される汚濁対策を実施しても基準が達成されていない場合には、障害水域の優先順位を決定し、同時にその水域の基準を満足できる、あるいは許容できる汚濁負荷総量（TMDL：Total Maximum Daily Loads）を設定することが定められている。その際、特定汚染源だけでなく、面源負荷も考慮することになっている。この考え方は、流域別下水道整備総合計画における汚濁負荷量と汚濁解析と基本的な概念は同じである。そして州政府の作成したリストやTMDLが不十分とEPAが判断した場合には、EPAが新たにリストとTMDLを設定することになっている。したがって、以前から水質環境基準を基礎とした水質管理を推進する法整備は整っていた。しかしながら、実際上はこの規定が実効性を有しておらず、EPAは1985年にTMDLプログラム実施に向けた規定を設け、1992年には一部改訂を行ってきた。さらに1996年からは、そのさらなる改訂に向けた作業を行い、2000年7月にEPAは野心的なタイムスケジュールの最終案を提出するに至っている。その内容としては、下水処理場のような点源汚染対策だけでなく、明確に面源対策を積極的に推進する必要であることを含むものである。面源対策に関連して、1987年のCWAの改訂において雨天時流出水に関してもこの許可制度の適用する方針を打ち出し、1990年には法制度化している点は興味深い。都市域の雨天時汚濁水には、合流式下水道からの越流水(CSO)も含まれ、これも対象となっている。このように、点源汚染だけでなく、都市域からの面源汚染由来の負荷削減が法的な規制のもので必要であると認識されている。また、家畜飼育事業所からの汚濁排出にもこの許可制度が適用されており、不適切な管理に伴う地表水や地下水の栄養塩汚染、上水道水源汚染を防止する努力がなされている。なお、CSO等対策に関連して、EPA's CSO Control Policyが1994年に発表されている。

近年、日本においても集水域単位での水管理の重要性が再認識されはじめている。アメリカ合衆国では、世界に先駆け、集水域単位の水管理を積極的に進めている。GISを駆使し、各集水域を示した全米規模の地図も既に整備されている。連邦および州政府、地方自治体の各行政レベルでも、政治的境界線を越え、自然の境界線に合わせた水管理、自然保護の取り組みが進められている。例えば、農地、道路等からの不特定汚染源対策、また直線化河川の再自然化といった自然復元の取り組みなど、河川をはじめとして、湖沼から湾までを含めた集水域全体の環境保護施策が実施されている。

都市域のウォーターシェッド(集水域)保全に力を入れているウォーターシェッド保護センターでは、都市部の比較的小規模な集水域において深刻な問題となっている地表水の汚染やその対策等を、河川環境保護に確固とした実績をもっているリバーネットワークでは、集水域規模・単位の保護の必要性やその効果等をアピールしている。集水域ごとの健全な水管理を実行するには、省庁間の協力が不可欠であるが、灌漑用の取水や農薬・化学肥料などによる不特定汚染の問題など、水管理には農業分野も大きく関わっている。農務省では10万ha以下の小規模な集水域を保全しようとする農家の共同作業を促進・援助する「Small Watershed Program」をはじめ、農業分野による集水域保全の取り組みを推進している。内務省にある魚類野生生物部は、野生生物保護の立場から、開発プロジェクトのチェックを含み、全米的な保全施策を実施する政府機関である。ここでは、野生動植物の保護に関する米国の法律のなかでも最も強い拘束力をもっている「絶滅の危機にある種に関する法律」をはじめ、水生動植物の保護と回復のための政策や法制度が整備されている。例えば、世界最大級の汽水域をもつチェサピーク湾は、農業や宅地開発等により、一時環境が極端に悪化したが、河岸から1,000フィート以内の地域に対して種々の開発規制を設ける「クリティカル・エリア・プログラム」をはじめ、湾に流入する河川における保全施策などの整備・推進による州政府とNGOによる長年の努力の結果湾

の生態系は予想以上に回復した。フロリダの自然を保護・回復するために、州政府は自然保護団体と協力して、フロリダ各地の自然の残存状況を調査し、種毎、生息地毎のデータを集積し、地図化し、フロリダ自然地域目録協会では、保護が必要とされる生態的に重要な地域を明らかにする手法や地図化に不可欠な GIS データの利用手法を確立している。また、2000 年水資源開発法の下、エバークレーズ復元総合計画（通称 CERP）が、総予算約 1,500 億円（連邦との折半）で進められることになっている。環境保護省では、この法律施行の背景や今後 30 年間の計画の概略について、また、野生生物の生息地を保護するために、大規模に自然地を買い上げる「フロリダよ永久にプログラム」などの大胆な取り組みが行われている。フロリダでは、絶滅危惧種などの野生生物を指標にして重要な生息地を抽出し、生態学的に重要性の高い地域とその法的な保護状況とのずれを明らかにするギャップ分析や個体数適正分析を用いて州全体の自然を守ろうと努力している。州魚類鳥獣省では、これらの分析結果をもとにした土地の買い上げなど、先進的な自然環境保護の取り組みを推進している。さらにフロリダでは、全州を 5 つの集水域単位に分け、それぞれに管理局を設置して水管理を行っている。日本国土の約 40%の面積をもつ大湿地帯エバークレーズがその管理区域に属している南フロリダ水管理局では、過去に一度直線化した河道を埋め戻し、水門を破壊し、自然の蛇行を蘇らせるというキシミー川における自然復元事業を行っている。

### 9 - 3 - 3 対策の期待される効果

水問題、あるいは水域の自然環境保全の問題は、今後我国においてもますますその内容と地域が広がり、深刻化することが予想される。来るべき時代に向けて、われわれはその解決を避けて通ることはできないが、そのために、エバークレーズ湿地帯の自然環境の回復を中心的な課題として南フロリダ水管理局および関係地域の社会全体が進めているこの分野の意欲的で体系的な取り組みは、我国の水環境保全の施策や地域計画がこれから目指すべき方向についていくつかの示唆を提示している。そのような施策や制度の特徴は以下に記したとおりである。フロリダ州には 5 つの水管理局があり、各管理局は郡や市などの行政区画とは無関係に、各水系の流域によって管轄区域が分けられており、その管内の洪水防止、農地や都市への水供給、水質の保全、水域の生息環境や生物資源の保護・保全、レクリエーション水域の保全・創出など、水資源・水環境にかかわる全ての分野が総合的に管理されている。このように水系は流域単位で、水環境にかかわる諸分野を一元的に管理することは、施策の合理化と効率化を図る上できわめて重要な意義を有している。水環境保全に関する様々な課題を個別に扱わないで、治水、利水、野生生物とその生息環境の保護・保全、市民のレクリエーション環境の回復などといった課題を、自然な水循環と水環境の回復を軸にして、相互に関連したものとして捉え、多面的な効果を狙った対策が立てられている。これに関連して、水域の環境保全を考える場合には、問題を広域的に捉える視点が大切であるが、ここでは対象を「Satelights Eye」で捉え、水系全体とその生態系を視野に入れた総合的な思考が働いている。フロリダ半島南部のエバークレーズ流域の南北 500km を捉えた衛星写真が、Governing Board の議場の壁面に掲げられており、あたかも出席者に広域的な発想を促しているかのようである。水環境問題が発生する原因とメカニズムを明らかにし、保全・回復の対策を立てるために、関連分野の多くの研究機関、研究者、技術者等による共同チームがつくられ、問題解決に向けての計画性と目的意識をもった、多面的かつ効率的な調査・研究が進められている。また、得られた調査・研究の成果についても、問題解決の核心をつかむための総合的な解析と検討が行われている。南フロリダ水管理局には、管内の水環境の管理に関する施策と事業を決定する最高決定機関として州議会よりこの分野については上位の権限を持つ「Governing Board」が

設けられている。その9人の委員は州知事によって地域と分野を考慮して任命されるが、利益代表ではなく、任期は4年で無報酬である。その審議は全て公開で、住民や民間の団体も、根拠となる資料を提示して直接意見を述べるができる。なお、Governing Boardの制度があるのは、フロリダ州の5つの水管理局の中では南フロリダ水管理局だけである。水管理局による事業の立案、決定からその実行、事業の結果の評価、ならびに基礎的な調査・研究の計画、成果の検討など全て完全公開と住民参加を前提として進められている。さらに問題に対する住民の理解を助けるために、公聴会の開催や専門的で内容の充実した広報資料の発行などがこまめに行われている。またインターネットによる情報の入手はもちろん、Governing Boardの委員の間や局のスタッフによる会議や話し合いの場への住民の出席も保証されている。自然保護団体や行政とは独立した専門家のグループから出された批判や指摘が問題の核心を突いている場合には、水環境管理の施策の変更には止まらず、行政機関あるいは研究機関に新しい部門を新設したり、必要があれば法律の改正や新法の制定が行われる。水管理局による環境・生態部門の新設、ガラス張り行政を決めた「Sunshine Act」やエバークレーズの湿地環境の復元を制度化した「Everglades Forever Act」の制定などにもこのような外部からの力が少なからず与っているといえることができる。

<参考文献>

- 1) 南フロリダ水管理局・桜井善雄編：エバークレーズよ永遠に 広域水環境回復を目指す南フロリダの挑戦，信山社サイテック，94pp. (1999)
- 2) USEPA：Clean water Action Plan: Restoring and Protecting America's Waters, EPA-840-R-98-001 (1998)
- 3) (財)河川環境管理財団：河川整備基金事業 河川における水質環境向上のための総合対策に関する研究，214pp. (2001)

(東北大学：西村修)

## 9 - 4 欧州における富栄養化対策

### 9 - 4 - 1 対策の目的

水域の富栄養化を促進する栄養塩類として窒素とリンが挙げられるが、その処理方法の一つとして地下浸透法が行われている。しかしながら、この方法では地下水源が窒素やリンにより汚染される可能性が生じる。地下水は日光が届かないため、植物性プランクトンの光合成活動による内部生産（有機汚濁）は生じないが、リンは土壌吸着されるものの、窒素は地下水中に蓄積され、特に硝酸濃度が高くなる。硝酸を多量に含んだ地下水を飲用した場合に、乳幼児にチアノーゼ症状を引き起こすメトヘモグロビン血症を引き起こしたり、発ガン性物質であるニトロソアミン類が生成する危険性がある。硝酸性窒素は、亜硝酸性窒素への還元、さらにニトロソアミンの形成の可能性があることがすでに報告されており、メトヘモグロビンや発ガン性物質の潜在的な前駆体としての危険性がきわめて高い。このように、地下水の硝酸汚染は、人体への影響にもつながる極めて重要な問題である。地下水への硝酸性窒素の供給源は、生活排水・工場排水等の土壌浸透処理に由来する点源、農地に施用された肥料成分の溶脱に由来する非点源の2つの形態がある。このうち、生活排水・工場排水等は地下水の飲料水質ガイドラインの $10\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下および環境基準健康項目の $10\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ を超えないようT-N:  $10\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ の除去対策等での対応が必要であるし、農地への施肥は、汚染物質の供給源が面的に拡がりをもっているため、施肥量の適正化を図る必要がある。また、バイオレメディエーションによる地下水の硝酸

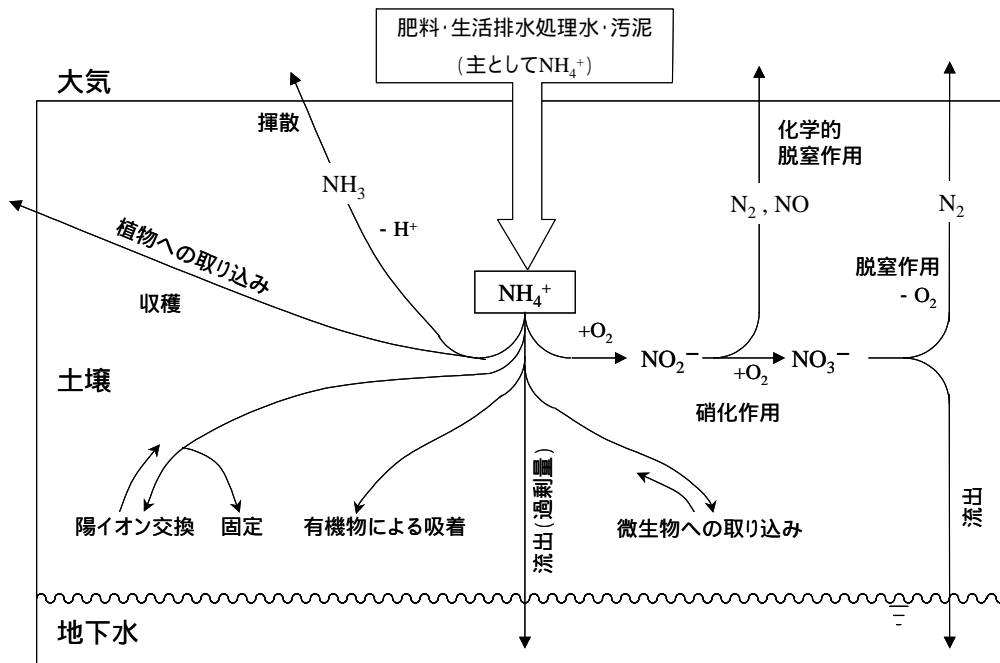


図9-4-1 アンモニア性窒素の供給から出発した土壌窒素の形態変化

汚染除去対策も直接浄化対策として必要とされている。図9-4-1にアンモニア性窒素の供給から出発した土壌窒素の形態変化を示す。ここでは欧州各国における水環境管理の法体系について解説すると同時に流域管理も考慮した地下水対策について述べることにする。

#### 9-4-2 対策の概要

ヨーロッパにおける水質管理に関連する法整備は、1970年代から1980年代における水関連の法整備、栄養塩類対策のための法律改正、新たな水政策へ：Water Framework Directive、の3段階に分けることができる。EU指令の歴史を引用しながら、欧州での水質汚濁とその対策の流れを整理することとする。EUという枠組みでの水政策（European Water Policy）が議論されてきているのは、米国において州単位での水質環境管理に限界があることと同じように、ヨーロッパの国単位では効率的な管理は不可能であるため、EU全体で一貫性のある基準や施策が必要とされていることを反映しているものである。上記の新たな水政策であるWater Framework Directiveの承認までの歴史を、年表方式で記載すると以下のとおりである。

##### 第1世代

- 1967年：Directive on Dangerous Substances（危険物・毒物管理の導入）
- 1975年：Surface Water Directive（飲料水の取水に関わる河川や湖沼の水質）
- 1976年：Bathing Water Quality Directive（水浴のための水質目標設定）
- 1978年：Fish Water Directive（魚類のため水質目標の設定）
- 1979年：Shellfish Water Directive（貝類のための水質目標の設定）
- 1980年：Drinking Water Directive（飲料水の水質目標の設定）

##### 第2世代

- 1988年：フランクフルトにて水に関する首脳会議
- 1991年：Urban Waste Water Treatment Directive（生物処理の必要性和高度処理の適用）

1991年：Nitrate Directive（農業地域からの窒素汚染対策）

1996年：Directive for Integrated Pollution and Prevention Control (IPPC)（大規模工業施設からの汚染対策）

1998年：New Drinking Water Directive（飲料水質基準項目や適用範囲の見直し，基準値の強化）

そして，1995年当時から，水政策の見直しを検討し始めると同時に，European Parliamentの環境委員会や環境大臣会議において，水管理における地球規模でのアプローチの必要性が指摘されてきていた。そして，1996年5月には，各国政府だけでなく幅広い参加者のあったWater Conferenceが開催された。このような協議過程を通じて，個別の水質汚濁問題解決に多大な努力をしてきているが，現在の政策は相互連携がないことが問題であるとのコンセンサスが得られた。すなわち，Drinking Water Directive，Urban Waste Water DirectiveなどのEUにおける行動方針を提示されてきていたものの，同時に水政策や水管理は首尾一貫した手法で行う必要性が強調されてきていた。その結果，一つのフレームワークにおける新たなEU水政策への転換の段階に入ってしまった。そのための第一の作業として，European Commission (EC)は新たなEuropean Water Policy案を構築して，関連団体との協議過程に入った。そしてECはWater Framework Directiveに関する提案をするに至った。公式にはEuropean Parliamentの環境委員会や環境大臣会議とのやり取りを実施するとともに，関連団体や地方・地域当局，水利用者，NGOからの意見も取り入れて調整作業を進めた。そして，25年間にわたる法制度整備のあとを受けて，EUが水政策の再構築を行い，Water Framework Directiveが2000年夏に採択されたのである。

このように，ECから提案されたWater Framework Directiveが，ヨーロッパ議会と評議会という二つの法制定組織の調停を経て，最終的に実効性を有するものとして承認された。ヨーロッパにおいては，飲料水として，水浴のため，自然環境における地域の貴重な財産として，という3つの視点からより清浄な水（河川，湖沼，地下水，沿岸域）への要求が高まった背景を受けてこの指令への導入に向けた議論がスタートしている。米国のCWA (Clean Water Act)における視点と比較すると，地下水も明確に水域の一部として同等に取り扱うこと，そして，それに関係して飲料水水源としての水域を清浄化する意識が提示されている点が違いとして挙げられる。また，CWAにおいて目標にも提示された「水浴を楽しめる水域」に加えて，自然環境の財産として水域をはっきりと位置付けている点は興味深い。そして，この水政策における目的は次のように整理されている。

汚染・汚濁した水域をより清浄な状態へ戻す

現在清浄な水域を保全しその状態を維持する

これらの目的達成には，従来の個別汚染源対策では不十分であると認識されるとともに，法体制の合理化を検討すべきとの判断がなされた。また，住民および住民団体の役割が流域管理の観点からも必須であることが確認された。その結果，本指令は以下のような目的や特徴を有したものとなっている。

協調した対策プログラムを伴う統合的な流域管理

表流水，地下水などすべての水域を対象とし，質，量，生態系の保護を目指す

排出規制と水質基準の両者を連携させた手法による汚濁対策

プライシング（市場価格政策）の導入

住民参加の強化

上記のポイントのいくつかは，米国におけるClean Water Action Planのポイントと似通っていることがわかる。そのうち最も重要なポイントは米国と同様に，流域管理を意識した総合的な対策を打ち出したことが挙げられる。言い換えれば，1980年代から導入されてきていた指令が個別の汚濁対策で



あるがゆえに、その効果に限界があることが認識された。そして、既存の EU 水法制度をより完全なものにするための統合的な水政策の中心的な柱として、この新たな指令を位置付けている。従来の個別対応の指令である Nitrate Directive, Urban Waste Water Directive などこの新たな指令と整合するものとして存続しつづける。ただし、一貫性を持つためにも流域管理という枠組みのなかで、一部の指令は廃止・統合された。

行政あるいは政治的な境界ではなく、自然・地理学的にも水文学的にも一つのユニットとなっている流域ベースで管理を行うことが望ましい。すでに、いくつかの国では流域ベースでの管理が進められ、River Basin Management Plan が策定されている。この計画は、6年おきに更新することが求められている。この更新作業により、協力調整（協調関係）が必要な状況にあることが明確になる。具体的には関連各国で進められている国際河川の流域管理プロジェクト（Maas 川, Schelde 川, Rhine 川）は良い例である。また、清浄な水域を保全したり、汚濁状態の水域を修復する重要な目的は、水域生態系の保護、貴重種生物のハビタットの保護、水道水源の保護、水浴域の保護である。後者3つは、特定の水域を対象とするものであるが、流域に対して統合的な視点で管理されることが必要である。一方、水域生態系の保護に関しては、すべての水域に関連するものであり、生物保護の条約において、保護されるべき環境は完全な形で行われることが求められている。水質環境保全が単一の項目別で議論されることなく、生態系保全の観点で水質環境が議論される素地が存在しているように判断される。

以下、EU 各国における流域管理を含めた地下水の水質保全について述べる。

#### **ドイツにおける地下水の水質保全**

ドイツにおいて近代的な法律が整備され、水道水源保全の技術的指針が最初に示されたのは 1953 年で、その後の改訂を経て現在の「ドイツ連邦水収支法」に至っている。同法では、土地所有権はこの法律または州法で許可や認可を必要とする水の利用および地表水域の拡張には及ばないと規定されている。また、現在または将来の公共給水のために水を不利益な影響から保護すること、地下水を涵養すること、降水の流出を防ぐこと、が必要となった場合には、保全地域を設定できることになっている。保全地域は到達時間と到達距離という2つの指標をもとにさらに細分割され、おのおの地下水保全区域（ゾーン）では様々な行為が禁止もしくは規制される。保全区域においては、土地所有者や利用権者は水質や土壌の検査など一定の受忍義務を負うと規定されている。第 1 ゾーンは地下水をあらゆる汚染物質から保護するための最も重要な区域で、その範囲は水源井から半径 10m 以内である。通常はフェンスなどで囲っており、関係者以外は立ち入ることはできない。第 2 ゾーンは病原性微生物による地下水汚染を防ぐことを主目的としており、地下水が揚水井に到達するまでに 50 日間を要する範囲と規定されている。この 50 日という日数は、病原性微生物が地下水中で死滅する平均日数を経験から割り出したものである。第 A ゾーンは揚水井から 2km の範囲に設定され、産業活動による地下水汚染を主たる目的としており、この区域では難分解性物質の使用や貯蔵に関するものを中心とする土地利用規制が行われている。第 A ゾーン外側の水源涵養域全体が第 B ゾーンの対象区域であり、非分解性物質や放射性物質などから水源が保護されている。

#### **フランスにおける地下水の水質保全**

フランスでは、1953 年の「公衆衛生法」によって地下水水質保全対策の原型が整えられ、1961 年の政令で以下のように定められた。まず、一切の経済開発が禁止され、柵で囲っておくことが要求される第 1 種（直接）保護地域は、原則として水道事業者がその土地を買収しなくてはならない。ちなみに、パリでは第 1 種保護地域として湧水の取水地周辺とパリまでの導水管沿いの 1,850ha の土地が買収されている。導水管沿いの土地が保護の対象となっている理由は導水管が板石造りの自然流下式

であり、満水状態でないときは内水圧が下がり、また外部からの衝撃に弱いためである。第2種（近接）保護地域（井戸の周囲数100m～数km程度）では、以下の行為を禁止もしくは規制している。すなわち、井戸の掘削/露天での石材の切り出し/穴掘りもしくは盛土、家庭からのし尿・塵芥・放射性物質・その他水質に影響する物質の堆積、運河開削/液体・気体の炭化水素・あらゆる化学物質・廃水の貯蔵と堆積、地上および地下構造物の建築、堆肥・有機化学肥料・あらゆる土壌改良剤、殺虫剤の散布、動物の飼育および直接・間接に水質を害する恐れのあるすべての行為、である。第1種と第2種だけでは不十分な場合に設定される第3種（遠隔）保護地域では、第2種保護地域で禁止または規制になったのと同様な行為が規制される。特に運河開削、液体・気体の炭化水素、放射性物質、あらゆる化学物質、廃水の貯蔵および堆積が規制されることにあるが、第3種地域は現実にはほとんど決定されていない。フランスでは、特に第1種・第2種保護地域の設定が重要視されているが、両者とも地上の取水地と地下浸透層との水理地質学的関係を考慮しなければならないとされる。なお、第2種保護地域では土地所有者はかなりの受忍義務を強いられることになるが、保証金が支払われるかどうかはケースバイケースで決定される。

#### オランダにおける地下水の水質保全

オランダには自家用の井戸はほとんどなく、ほぼ全家庭に水道が普及しており、これらの水道水は約100の事業者により240本の井戸から供給されている。主要帯水層は主に未固結の海成および河成堆積物で構成されているが、地下水位が地表面下0～2mと高いため、地下水はきわめて汚染されやすい環境にある。オランダにおける初期の地下水の水質保全制度はドイツの制度を参考にしたものであるが、水文地質条件などがドイツと異なることもあり、地域区分の設定に際してその科学的根拠が薄弱であるとして議論を呼ぶことが多かった。また、安全な飲料水の確保がその他の利害と対立することも多く、土地利用の規制は困難であった。そこで、オランダの特殊な水文地質条件や社会条件、さらに自然の浄化能力が考慮され、独自の基準が設けられた。

#### スイスにおける地下水の水質保全

スイスでは工業用水および水道水の約80%を地下水に依存している。これらの地下水は良質であったが、近年は地下水汚染が進んだため1966年に最初の地下水保全区域の設定が検討された。さらに、1972年に連邦法が施行され、州は揚水井と湧水に対して水質保全区域を設定するよう義務付けられ、また水道事業者も区域設定のために水文地質調査を行った上で関係資料を提出することが義務付けられた。一方、1971年に微生物学、化学、水理学、水文地質学、衛生学、法学などの専門家からなる検討委員会が組織され、委員会の答申に基づいて1977年には保全区域の線引きのガイドラインが示された。なお、1990年時点で約50%の水源域に保全区域が設定されている。第1ゾーンは細菌や化学物質による地下水汚染を防ぐための保全区域で、水源井や湧水地点の周辺のみならず、断水地帯や石灰岩地帯では吸い込み穴など水源と直結する地域にも設けられる。基本的には井戸などを中心とする半径5～20mの範囲すべての土地利用が禁止されている。第2ゾーンは病原微生物や難分解性化学物質などによる地下水汚染を防ぐために設定される区域である。家畜し尿の散布が制限されることに加えて、有害な液体の貯蔵や廃棄物の埋立、投棄、下水処理、道路や鉄道の建設などが禁止される。このゾーンは取水地点から100m以上の距離を隔て、かつ汚染物質が取水地点に到達するまでに少なくとも10日以上は帯水層中に滞留するような範囲と規定されている。なお、石灰岩の溶食が進行して裂隙・空洞が発達している地域では、第1ゾーンが全涵養域に及んでしまうこともある。そこで、石灰岩地域においては詳細な水文地質調査を実施することを前提として、実態に即した区域設定を試験的に設けている。第2ゾーン内の地下水の水質保全を目的とした緩衝帯として、第1ゾーンとほぼ同じ広さの区域が第3ゾーンとして指定される。第

ゾーンでは農業や建築は可能であるが、下水道施設や有害化学物質の貯蔵などには特別な規制が行われる。ただし、石灰岩地域では第 1ゾーンの2倍の範囲が第 2ゾーンに設定されたケースもある。いずれの場合にも、残りの全涵養域はセクターAと呼ばれるゾーンに指定される。

なお、ヨーロッパではこれらの国以外にも、独自の基準に基づいて保全区域を設定している国がある。例えば、イギリスでは水源から半径 500m の区域を水源保護区域に設定し買収している。

### 9 - 4 - 3 対策の期待される効果

前述したように、地下水の硝酸汚染は人体に対してきわめて深刻な影響を及ぼす。上記のような欧州各国における施策が効果的に機能すれば、地下水汚染を防ぐことは可能と思われる。しかしながら、安心感は得られても 100%安全と言い切るには十分ではなく、今後のモニタリングシステムの強化や地下浸透させない処理方法などの開発が望まれるところである。EU はライン川やドナウ川など多国間を流下する長大な国際河川が存在しており、上流域と下流域での地域間の問題が国家レベルで生じている。発生源対策を強化すると同時に、国境を越えて汚濁した水を流下させないという概念が重要である。特に窒素、リン対策は、発生源で処理しないと終末の湖や内湾がダメージを受けることになり、正に国境を越えて水質汚濁が進行することとなる。すなわち、地球規模の環境汚染の進行を防止するためには、国内の流域管理のみならず、国境を越えた遠く離れた地域の環境をも意識した対策が必要不可欠である。

<参考文献>

- 1) 土壌・地下水汚染対策欧州視察団編：地下水問題とその解決法 ヨーロッパに見る汚染対策，環境新聞社，176pp. (1998)
- 2) 村岡浩爾：土壌・地下水汚染の現状と展望，第 41 回日本水環境学会セミナー「新たなる地下水汚染を防ぐために」講演資料集，1～11 (2001)
- 3) 大塚 直：欧米における土壌・地下水の浄化に関する法制度，第 41 回日本水環境学会セミナー「新たなる地下水汚染を防ぐために」講演資料集，38～44 (2001)
- 4) 美坂康有：欧米における土壌・地下水汚染対策技術，第 41 回日本水環境学会セミナー「新たなる地下水汚染を防ぐために」講演資料集，102～112 (2001)
- 5) 中島宣雅：ヒ素による地下水汚染の現状と地下水質環境基準，水環境学会誌，20(7)434～437(1997)
- 6) 鶴戸口昭彦：土壌汚染への取り組み，水環境学会誌，17(2)68～75 (1994)
- 7) (財)河川環境管理財団：河川整備基金事業 河川における水質環境向上のための総合対策に関する研究，214pp. (2001)

(東北大学：西村修)