

経済協力開発機構(OECD)における水資源管理対策(一)

長谷川 三雄

目次

一 はじめに

二 OECD 陸水モニタリング協力計画

三 水資源管理と富栄養化問題

四 むすび

一 はじめに

先進諸国は、一九六〇年代初期以降、急速な技術的進歩および経済成長に伴い、自然的な社会共通資本の破壊となる環境汚染 (environmental pollution) が、加速度的に進行して来ている。深刻な環境汚染は、我が国を含む資本主義諸国においてのみ発生している現象ではなく、社会主義諸国においても、同様に発生しており、地球的規模において環境汚染が進行している。社会経済の発展および国民生活の福祉向上等を伴う経済成長は、他方で、大気汚染 (air

経済協力開発機構 (OECD) における水資源管理対策 (長谷川)

pollution）、水質汚濁（water pollution）等、多種多様な環境汚染を続発させている。経済成長と環境汚染の関係について、国民の福祉は、国民総生産GNPとは別の次元のところで損なわれており、GNPの計算では説明がなされないと指摘されている。また、国家における経済の健康は、国民の健康を表わし得るものではないという概念が確立しており、国民総福祉GNWあるいは国民純福祉NNWの導入が論議されている。

本論文は、水質汚濁問題の一つである、富栄養化現象に関して、OECD陸水モニタリング協力計画を中心に述べる。陸水学は、基礎水文学（scientific hydrology）、水文地理学（hydrogeography）および社会経済水文学（socio-economic hydrology）に分類される。OECD陸水モニタリング協力計画は、水資源の開発、貯留、運搬、利用、処理、回収、コストおよび防災等を学問領域とする、社会経済水文学に関係している。

経済協力開発機構OECDは、加盟諸国に対し、水資源管理政策等を提案する任務を与えられている。今回のOECD陸水モニタリング協力計画で得られた、主として富栄養化を防止するための調査研究結果は、各国で直面している水資源管理上の諸問題に対し、有効な指針を与えるものと思われる。我が国においても水資源管理上、人為的富栄養化は、大きな社会問題となっている。滋賀県は、近畿圏一、三〇〇万人の「水ガメ」である、琵琶湖の富栄養化の防止を目的として、昭和五十五年七月一日に「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」（滋賀県条例第三七号）を施行している。^⑤ 滋賀県条例第三七号は、富栄養化現象に対し強い相関々係を示す、主要な栄養塩類であるリンが、琵琶湖へ流入しないための一対策として、リンを含む家庭用合成洗剤の使用、販売および贈答を禁止している。五大湖、レマン湖、ライン河等、複数の国から流入あるいは流出する、湖沼および河川を有する水域では、越境汚染（transfrontier pollution）が発生しており、関係諸国間における政治的、経済的および法律的に十分な配慮が必要と

なる。^⑥

本論文は、OECD陸水モニタリング協力計画を中心に、同計画の概要、人為的富栄養化と水資源管理上の諸問題、同計画で得られた調査研究結果等に関して述べる。

二 OECD陸水モニタリング協力計画

先進諸国は、一九六〇年代初期以降、急速な産業活動の発展、都市人口の増加および生活様式の変化等に伴い、多量の産業排水、生活雑排水および農業排水等を、陸水域へ排出して来ている。これら多種多様の排水中に溶存している、リン^⑦(phosphorus)および窒素^⑧(nitrogen)等の栄養塩類(nutrient salts)過多に起因して、停滞性水域あるいは緩流性水域に属する湖沼および貯水池においては、「富栄養化(eutrophication)」現象が社会問題化して、今日に到っている。^⑨

湖沼および貯水池は、上水道源、工業用水源、農業用水源、水産業およびレクリエーション等、地域社会あるいは国家において、政治的、経済的に多種多様の利用価値が存在する重要な資産である。しかしながら、富栄養化の進行に伴い、植物プランクトン(phytoplankton)および動物プランクトン(zooplankton)等の異常繁殖が観察されている。湖沼および貯水池の持つ利水目的の一つである上水道源(source for public water)に関しては、浄水場(water purifying plant)におけるフィルターの閉塞障害および水道水のカビ臭、土臭、藻臭問題等が発生し、給水地域の住民に對し不利益をもたらしている。^⑤ OECD陸水モニタリング協力計画における富栄養化の調査対象水域として、調査対

象水域番号三二二三、三二四および三二五を占める琵琶湖の植物プランクトンの構成は、従来、富栄養湖（eutrophic lake）の水域を好むケイ藻類および鼓藻類が主であった。しかしながら、一九六〇年代初期以降、高度経済成長期を迎えると、富栄養湖（eutrophic lake）の水域を好むアファノテケ・クラスラータ（*Aphanthece clathrata*）、リンドビア・リムネティカ（*Lyngbya limnetica*）、シクロキスティス・エルギノーサ（*Microcystis aeruginosa*）、メリスモペディア・エレガンス（*Merismopedia elegans*）およびオスキラトリア・テヌイス（*Oscillatoria tenuis*）等の藍藻類が異常繁殖を始めた。^⑤ これら藍藻類の出現は一九六〇年代初期以降、琵琶湖が富栄養湖から富栄養湖へと遷移したことを意味している。

経済協力開発機構（Organization for Economic Cooperation and Development: OECD）は一九六七年、「スイス連邦水資源および水質汚濁防止研究所（Swiss Federal Institute for Water Resources and Water Pollution Control: EAWAG）」の O. Jaag 教授を議長とする専門家グループにより、陸水域の多種多様に存在する利水目的上、不利益を生ずる富栄養化の防止に係る、調査研究を行なうよう勧告を受けた。Dübendorf にある EAWAG 本部には、OECD 陸水モニタリング協力計画の四プロジェクトの一つである、アルプス・グループの調整センターが設置されている。著者は一九八一年六月に、EAWAG（所長：W. Stumm）本部および Luzern のルーサーン湖（Lake Lucerne）ほとりにある EAWAG 湖沼研究所（Lake Research Laboratory）を訪れた。その際、ヨーロッパ諸国を流域とする多くの河川の水源地帯となっている、アルプス地方の水資源管理上の複雑、かつ困難な一面に触れる機会を得た。特に富栄養化の防止対策を講ずる際、スイス国民一人当たりが負担する膨大な推定費用の試算額が、EAWAG 本部正門入口にパネルで掲示されていたが、国民に与える経済的負担に対する配慮から、満足のいく実行に移れないでい

るジレンマを感じた。

OECDは、O. Jaag 議長の勧告を受けた後、一九六八年 R. A. Vollenweider を中心として、主にリンと窒素の栄養塩類に着目した、富栄養化の防止に関するガイドラインの作成が試みられ、「富栄養化に関する栄養塩負荷」という概念が導入された^⑩。ガイドライン作成の過程において、湖沼学的研究に関するデータの不備が明らかとなった。他方、データの不備に起因して、富栄養化の原因物質としては、I. E. Kuentzel その他多くの研究者により、リンおよび窒素以外に二酸化炭素 (carbon dioxide) を指摘する報告^⑪がなされた。

OECDは、科学政策委員会において環境問題を取り扱っていたが、一九七〇年七月に環境委員会 (Environment Committee) を設置し、その下部機構の一つである水管理グループ (Water Management Group: W M G: 前身は、一九六七年に設置された水管理研究グループ W M R G) を中心に、陸水域における富栄養化の防止に関する諸問題が討議されて来た。OECDは、国際的レベルにおける水資源管理を推進する上で、加速度的に進行しつつある富栄養化の防止対策を講ずる必要性に鑑み、国際的協力による湖沼および貯水池の調査研究計画として、一九七三年一月から四ヶ年計画で、OECD陸水モニタリング協力計画がスタートした。OECD陸水モニタリング協力計画は、陸水域に流入する外部栄養塩負荷および既に流入している内部栄養塩負荷の果たす効果と、水資源管理に与える影響を解明することを主要な目的としている。以下に示す個々の目的に沿って、調査研究がなされた。

- 一 湖沼および貯水池における栄養塩類の流入量と、栄養化反応に関する定量的関係の把握。
- 二 主要な栄養塩類であるリンおよび窒素の何れが、湖沼および貯水池における富栄養化を引き起こす主因子となるかを判定。

三 湖沼および貯水池における、栄養状態の変化を予測するモデルの確立。

四 湖沼および貯水池における、栄養レベルの改善に必要な、栄養塩類の削減量の把握。

OECD陸水モニタリング協力計画において、調査対象水域となる湖沼および貯水池は、地域的に広範囲であり、また個々の調査対象水域の持つ特異性を考慮して、(一)アルプス・グループ、(二)北欧グループ、(三)北米グループ、四 浅水湖および貯水池グループ、の各プロジェクトに分類されている。前三者は地域的なプロジェクトであり、後者は国際的なプロジェクトである。各プロジェクトには、調査研究に関する指導、助言およびデータの集中管理等を目的とする、調整センターが設置されている。以下に各プロジェクトの概要を示す。

(一) アルプス・グループ

アルプス・グループは、地理学的条件および生態学的条件等、水文学的条件の類似している湖沼および貯水池を、調査対象水域として分類されている。アルプス地方は、ヨーロッパ諸国を流域とする多くの河川の水源地帯（stream source area）として、水資源管理上重要な地位を占めるとともに、観光資源としての利用価値も高く、政治的、経済的および社会的評価は高い。スイスでは一九世紀中頃から、湖沼学（limnology）の創設者として名高き F. A. Forel を中心に、湖水の調査研究が行なわれて来た歴史的経過があり、アルプス・グループの調整センターは、陸水学の分野で世界最高のスタッフを誇る EAWAG 本部（スイス・ドゥーベンドルフ）に設置されている。アルプス・グループに参加した国は、スイス、オーストリア、イタリア、フランスおよび西ドイツの五ヶ国である。以下に栄養状態別の調査対象水域を示す。

貧栄養 = Lunzer Untersee, Feldsee, Attersee, Tazenat

中栄養＝Mergozzo, Ossischersee, Wallensee, VWS Kreuztrichter, VWS Garsau, VWS Urnersee, Maggiore,

Wallensee, Lemnan, Montorfano, Annone, d'Anney, Pavin

富栄養＝Bodensee, Obersee, Ponte Lugano, Capolago Lugano, Melide Lugano, Gandria Lugano, Lugano Lugano,

Ago Lugano, Marcote Lugano, Figino Lugano, Pilburgersee, Greifensee, Baldeggersee, Hallwillensee, Sempachersee, Zurich Untersee, Zurich Obersee, Oggiono, Pusiano, Segirino, d'Alserio, Nantua, Aydat

なお、調査対象水域は、同一の湖沼であっても、調査実施年および調査地点の相違等により、個々の調査対象水域番号が指定されており、栄養状態が測定されている。

(二) 北欧グループ

北欧グループは、政治的および文化的に密接な関係を有する、スカンジナビア諸国の湖沼および貯水池を、調査対象水域として分類されている。しかしながら、個々の調査対象水域における生態学的条件は、かなり異なる。北欧グループに参加した国は、フィンランド、ノルウェー、デンマークおよびスウェーデンの四ヶ国であり、調整センターは、フィンランドのヘルシンキに設置されている。以下に栄養状態別の調査対象水域を示す。

貧栄養＝Paijanne 2, Paijanne 4, Paijanne 5, Paajarvi

中栄養＝Paijanne 3

富栄養＝Esröm, Mossö 1, Mossö 2, Giersjön, Mjåsa, Boren, Malaren, Vattern, Paijanne 1, Tuusulanjärvi

(三) 北米グループ

北米グループに属する調査対象水域は、地形学的に広範囲な条件を満たしている。また、湖沼および貯水池の他、

経済協力開発機構（OECD）における水資源管理対策（長谷川）

調査対象水域番号四二八、四二九および四三〇を占めるポトマック沿岸の汽水域が含まれている。北米グループに参加した国は、アメリカおよびカナダの二ヶ国であり、調整セクターは、カナダのバーリントンに設置されている。以下に栄養状態別の調査対象水域を示す。

超貧栄養＝Waldo

貧栄養＝Dogfish, George, Lamb, Meander, Michigan Open Water, Tahoe

中栄養＝Cayuga, Sammamish, Washington(1971), Weir

中栄養～富栄養＝Kerr Roanoke, Kerr Nutbush

富栄養＝Blackhawk, Brownie, Calhoun, Camelot-Sherwood, Canadarago, Cedar, Cox Hollow, Dutch Hollow, Harriet, Isles, Mendota, Lower Minnetonka(1969), Lower Minnetonka(1973), Potomac Lower Reach, Redstone, Sallie, Shagawa, Stewart, East Twin, West Twin, Twin Alley, Virginia, Washington(1957), Washington(1964), Wingra

超富栄養＝Potomac Middle Reach, Potomac Middle Reach

四 浅水湖および貯水池グループ

浅水湖および貯水池グループの調査対象水域は、アルプス・グループ、北欧グループおよび北米グループと異なり、地域的な関連は存在しない。調査対象水域は、比較的浅い湖沼、人造湖、貯水池、潟および汽水域を含む。このように多種多様の調査対象水域が属するため、(a)天然湖沼、(b)人工湖沼、の二種類に大別して調査研究が進められた。

天然湖沼の大部分は水深が浅く、水温変化に起因する成層は、ほとんど存在しない。このような条件をほぼ満足する天然湖沼の生産層 (trophogenic layer) は、湖底に接している。湖沼の底質条件は、湖沼における栄養塩類レベルの決定に対し、極めて重要な要因となる。

他方、人工湖沼には、半人造貯水池および揚水式貯水池が属する。半人造貯水池は、流入量の制御は不可能であるが、流出量は制御されるため、水の分布および特性等の水文学的条件は、極めて不安定となる。揚水式貯水池は、イギリスおよびオランダの貯水池に代表されるもので、自然流入量は存在しない。

我が国の調査対象水域は、調査対象水域番号三二三、三二四、三二五の琵琶湖、および三二六、三二七の霞ヶ浦である。浅水湖および貯水池グループは、アルプス・グループ、北欧グループおよび北米グループに属さない調査対象水域を包括しているため、個々の調査対象水域間の関連性およびデータの統計処理において、疑問と思われる点が存在する。例えば、調査対象水域番号三二三、三二四および三二五の琵琶湖(総湖面積：六七三・八平方キロメートル)と、三二四のオランダの Vechten 湖(湖面積：〇・〇四七平方キロメートル)が、同一に比較されている等の点である。浅水湖および貯水池グループに参加した国は、日本、イギリス、アイルランド、ベルギー、オランダ、西ドイツ、スペインおよびオーストラリアの八ヶ国であり、調整センターは、西ドイツのジークブルクに設置されている。以下に栄養状態別の調査対象水域を示す。

貧栄養 = Ojef, Sose, Ennepe, De Grote Rug, Tjeukemeer, Biwa North, Eupen

中栄養 = Lough Ennel, Mount Bold, Prospect, El Burguillo

富栄養 = Wahnbach, Mohne, Verse, Eutwigg, Brielle Meer, Petrusplaat, Hondred en Dertig, Braakman II,

Brakman III, Veehten, Queen Elizabeth II, Farmoor, Grafham Water, Lough Neagh, Loch Leven, Lough Leane, Biwa South, Biwa North, Kasumigaura West, Kasumigaura North, Nisramont

OECDの水管理グループWMGは、OECD陸水モニタリング協力計画において使用する測定方法、測定すべき各種パラメータおよびサンプル数等の水質測定共通システムを策定し、各研究者に指示している。測定すべきパラメータは、必須のパラメータと、その他のパラメータに分類されている。必須のパラメータは、水温、電気伝導度、光透過率、色、太陽放射エネルギー、水素イオン濃度、溶存酸素、リン、窒素、 SiO_2 、アルカリ度、酸性度、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、全鉄、植物プランクトン（クロロフィルa）、酸素生産量（一次生産量）および有機炭素化合物が指定されている。必須のパラメータは、栄養状態に関する理解、水域間の比較、水質変化の予測および富栄養化防止対策を講ずる際に、必要不可欠なパラメータであり、OECD陸水モニタリング協力計画におけるデータの統計処理上、必要となるパラメータである。他方、その他のパラメータは、マンガンおよびモリブデン等の微量元素、農薬および殺虫剤等の微量水質汚濁物質、硫化水素、メタン、植物プランクトンの種類および計量、 C_{14} の摂取量、動物プランクトンの種類および計量が指定されている。その他のパラメータは、特定分野の調査研究に適したパラメータであり、OECDは経済的および研究者数に余裕のある研究機関等において、測定することを望んでいるが、選択の有無は各研究機関等に一任されている。

OECDは当初、陸水モニタリング協力計画に従事する研究者に対し、測定期間（一九七四年から一九七六年）、測定方法およびサンプル数等を同一にするよう望んだが、結果的には不可能であった。また、OECD陸水モニタリング協力計画以外に、個々の調査研究活動によって得られたデータも、統計処理の過程では使用されている。

三 水資源管理と富栄養化問題

人間をも含めた生物の生命を維持する上で、「水」は欠くことのできない物質である。現在、この必要不可欠な水資源は、不足している状況にあり、一刻も早く合理的な管理に委ねられなければならない経済資源であると指摘されている。さらに、水資源管理上の問題点の一つは、地球的な規模で加速度的に進行している水質汚濁を防止するため、汚濁原因の解明およびどのような対策を講ずるべきかを把握するとともに、その対策を実行に移すことである。

湖沼および貯水池は、生活用水源、工業用水源、農業用水源、洪水調節、渇水調節、エネルギー生産、水産業およびレクリエーション等、多種多様の利水目的が存在する。上水道の水質(water quality)は、人の健康に与える影響が大きく、上水道源における水資源管理は、各国で重要な課題となっている。我が国における昭和五十年の生活用水、工業用水および農業用水の総需要量に対する供給水源の内訳は、河川水等の表流水(surface water)が約 771×10^8 立方メートル、地下水が 138×10^8 立方メートルであり、表流水は約八四%を占める。^⑭ 地球的な規模における水資源の量的問題は、今後ますます不足の度合いを強めて行くと予測されている。^⑮ 他方、先進諸国においては、一九六〇年代初期以降、急速な産業活動の発展、都市人口の増加および生活様式の変化等に伴う多量の産業排水、生活雑排水および農業排水等に起因して、水資源の質的問題——特に富栄養化現象——が、大きな社会問題となっている。^⑯

富栄養化の要因は、自然的要因および人為的要因の二種類に分類される。自然的要因は、歴史的な経過であり、先進諸国の湖沼および貯水池において、一九六〇年代初期以降、加速度的に進行している富栄養化と強く結びつく要因

とは考えられない。他方、人為的要因は、陸水域の持つ自浄作用（self purification）の限界を越えた、栄養塩類その他の水質汚濁物質を運び込む結果を招き、富栄養化その他の水質汚濁問題に大きく寄与している。^⑤

OECD陸水モニタリング協力計画の目的の一つは、主要な栄養塩類であるリンおよび窒素の何れが、富栄養化の主因子となるかを判定することである。その結果、大部分の湖沼および貯水池では、他の栄養塩類と比較し、リンが富栄養化を引き起こす必要最低限の栄養塩であり、生物生産過程においては、リンが決定的な要因物質であると報告している。また、貧栄養状態、中栄養状態の湖沼および貯水池は、リン濃度の微量な上昇が発生すると、生物生産量は飛躍的に増大すると指摘している。この指摘は、富栄養化が発生していない、利水目的上好ましい湖沼および貯水池の水資源管理については、今後のリンの流入量に関し、細心の注意と対策を講ずる必要性を述べている。各国はリンの人為的発生源に対し、リンの削減を目的とした技術的指導およびそれに伴う経済的援助等を考慮した、政策を取り入れて行くものと思われる。

湖沼および貯水池に、リンその他の栄養塩類が流入すること起因して、富栄養化が発生すると、利水目的上、以下に示す多種多様の支障をきたす結果となる。

(一) 栄養塩類の作用により、植物プランクトン、動物プランクトン、バクテリア (Bacterium) およびトリプトン (tripton) 等の異常繁殖を生ずる。特に P. Gorham は、Anabaena 等の植物プランクトンは、毒性の代謝副産物を生ずると報告している。^⑥ 上水道源に利用している湖沼および貯水池において、Anabaena 等の異常繁殖が発生すると、その給水地域で社会生活を営む人々に健康上、重大な影響を与え、大きな社会不安を招く結果となる。同様に、農業用水源に利用している地域では、農作物および家畜等に被害が発生し、必然的に経済的損失を与える。

(二) 湖岸周辺部では、水面あるいは水中に大きな水生植物 (hydrophyte) が繁茂する。これはレクリエーションとしての水浴者に対し、生命の危険を招く結果となる。

(三) 水の呈色現象。ケイ藻類の異常繁殖により淡褐色、藍藻類の異常繁殖により黄緑色あるいは緑色等、植物色素に起因して水が着色する。

(四) 透明度 (transparency) の悪化。透明度は、植物プランクトンの生産量が増加するに伴い、悪化する傾向にある。^⑮特に透明度とクロロフィル a の濃度は、強い相関々係にある。^⑮我が国の湖の透明度を比較すると、富栄養湖である支笏湖の、昭和四十八年から昭和五十三年まで六年間の年平均値は約一九・七メートル (最小一八メートル、最大二二メートル) である。^⑮他方、富栄養化の進行している諏訪湖、霞ヶ浦および琵琶湖南湖の、昭和四十五年から昭和五十三年まで九年間の年平均値は各々、一メートル (最小〇・六メートル、最大一・三三メートル)、一・二メートル (最小一・一メートル、最大一・二メートル) および二メートル (最小一・七メートル、最大二・四メートル) である。^⑮このように、富栄養湖と富栄養湖の透明度は、著しい相違を示す。

(五) 水質は、強いアルカリ性 (alkaline) を示す。

(六) 植物プランクトン等、生物有機物質の腐敗による溶存酸素 (dissolved oxygen : DO) の欠乏。^⑮琵琶湖における溶存酸素の経年変化は、一九六〇年前後を境として、加速度的に減少してきている。^⑮溶存酸素の欠乏は、湖沼における魚類養殖業等の水産業に対し、大きな漁業被害を発生する。富栄養化の進行に伴い、水産高は増加する。しかしながら、商品価値の高い魚種から、低い魚種へと変化する。我が国では、琵琶湖および霞ヶ浦等において、魚類養殖業に被害が発生している。EAWAG 湖沼研究所を訪れた際、スイス国民が好んで食するレイク・ホワイト・フィッシュ

ユの水産高が減少している反面、小骨が多い理由から国民に嫌われている、商品価値の低いコイ科の水産高が増加している問題点を指摘していた。

(七) メタンガスの発生に伴い、水中に対流を生ずる。その結果、湖底堆積物中に蓄積している栄養塩類が、生産層に運ばれる。

(八) 浄水場取入口における、フィルターの閉塞障害。

(九) 上水道のカビ臭、土臭および藻臭問題等が発生し、給水地域の住民に不快感を与える。昭和四十四年四月から七月にかけて、京都市全域の上水道にカビ臭（musty odor）が発生し、昭和四十五年五月から八月にかけて京都市の他、大阪市および大津市等、広範囲の地域に被害がおよんでいる。^⑤これは、近畿圏一、三〇〇万人の「水ガメ」としての琵琶湖に発生した、富栄養化現象のためである。このカビ臭の原因物質は、ジオスミン（geosmin）であることが^①解明されている。ジオスミンその他のカビ臭の原因物質は、上水道に与える影響以外にも、その水域に生息する魚類にカビ臭が付着し、^②魚類の商品価値が損われる等の漁業被害を発生する。

(十) レクリエーション利用の阻害。湖沼等に富栄養化現象が発生すると、湖沼周辺地域全体がレクリエーション的価値を失い、湖沼周辺地域全体に与える財産的、経済的損害は大きい。他方、レクリエーションを必要とする人々へも同様に、財産的、経済的損害を与える結果となる。

OECDは一九七一年に、上水道源として利用している湖沼、貯水池および河川において、富栄養化現象が発生すると、新たな水処理施設の建設、その後の維持管理および水処理等、経済的に多額の投資を必要とするともに、上水道としての使用は極めて困難となり、健康上多くの問題点があることを指摘している。^③同様の指摘はエリー（Erie）

湖を調査した J. Crossland 他、多くの研究者により報告²⁴⁾されている。

停滞性水域あるいは緩流性水域である湖沼は、水の滞留率が極めて高い。琵琶湖における滞留率の一試算では、流入する河川水と湖水とが完全に混合すると仮定するならば、経年時間四・四年で五〇%、一四・五年で一〇%、一八・九年で五%と報告²⁵⁾されている。従つて琵琶湖では、当初の湖水が五%以下に入れ代わるのに、約一九年以上の長い年月を必要とするため、一度富栄養化現象等の水質汚濁が発生すると、水質の早急な改善浄化は望めない状況下にある。^⑤さらに湖沼においては、河川等の流入水に含まれる栄養塩類等の水質汚濁物質に起因する、底質の悪化が問題となる。底質の悪化に伴う影響は、既に述べたようにメタンガスを発生し、湖水中に対流を生ずる。その結果、湖底堆積物中に蓄積している栄養塩類を生産層に運び上げ、湖沼の富栄養化現象を累進させる結果となる。G. E. Hutchinson は、湖水中に含まれる栄養塩類濃度は低くとも、湖沼の生物体中および湖底堆積物中に含まれる、潜在的栄養塩濃度は高いと報告²⁶⁾している。生物体中の高濃度な栄養塩類の蓄積は、食物連鎖 (food chain) による影響である。水質汚濁が生物に与える影響の一評価方法として、底質に関する指標の導入が提案²⁷⁾されている。既に底質の悪化している湖沼では、富栄養化を防止するため、汚濁源の排除として、今後流入する河川水中に含まれる栄養塩類を規制するとともに、底質の改善浄化に努めなければならない。我が国は、昭和五十四年度の浄化対策の一環として、霞ヶ浦および琵琶湖等の汚泥浚渫事業を実施した。²⁸⁾霞ヶ浦等九水域は直轄事業、琵琶湖等五六地区は補助事業である。停滞性水域あるいは緩流性水域である湖沼は、富栄養化等の水質汚濁を生ずると、その水質改善には、長い年月と多くの経済的負担および困難を伴うことは明白であり、湖沼の水資源管理に関しては、細心の注意と最大努力を払う必要がある。

四 む す び

過去二十年以上に渡り進歩した、人間社会の巨大な科学技術文明は、長期的かつ地球的觀點に立脚した「環境の使用」について、ほとんど考慮することはなかった。その結果、大気汚染あるいは水質汚濁等、地球的な規模の環境汚染が加速度的に進行している。

本論文は、OECD陸水モニタリング協力計画を中心に、水質汚濁問題の一つである陸水域の富栄養化現象に関して述べている。湖沼の自然的富栄養化は、一、〇〇〇年以上の長い時間を必要とする²⁹。他方、現在問題となっている人為的富栄養化は、過去二十年から二十五年間に渡る、人間社会の活動に伴って発生している。即ち人間社会の活動は、自然界における一、〇〇〇年以上の変化を、僅か二十年から二十五年間で引き起こしている。OECD陸水モニタリング協力計画の目的の一つは、富栄養化の原因物質となる栄養塩類を判定することである。その結果、リンが富栄養化を引き起こす必要最低限の栄養塩であると報告している¹²。

湖沼および貯水池に富栄養化現象が発生すると、その水域の利水目的に対し多種多様の支障をきたす結果となる。特に上水道源として利用する際は、上水道の水質を確保するための消毒剤の含有量と健康上の問題³⁰、あるいは経済的問題等、極めて多くの困難を伴う。

本論文は、陸水域における富栄養化の防止を目的とした、OECD陸水モニタリング協力計画を中心に、同計画の概要、人為的富栄養化の現状と諸問題、水資源管理上の諸問題、および同計画で得られた調査研究結果等に関して述

べている。なお、富栄養化に対する点源 (point source) とよび散在源 (diffuse source) 別のリン供給源の寄与関係、リンの物質収支モデル等の調査研究結果に関しては、第二報で報告する予定である。

注

- ① M. I. Goldman: The Spoils of Progress: Environmental Pollution in the Soviet Union, M. I. T. Press, 1972. 都留重入監訳「ソ連における環境汚染—進歩が何を与えたか」岩波書店、昭和四八年。
 - ② 都留重入「公書の政治経済学」一橋大学経済研究叢書二六、岩波書店、一九七二年。
 - ③ A. A. Berle: What GNP doesn't tell us, Saturday Review, 1968.
 - ④ P. R. Dugan: Biochemical Ecology of Water Pollution, Plenum Press, 1972.
 - ⑤ 長谷川三雄「自治体の水質保全対策にみる一考察—滋賀県条例に関する環境問題—」国士館大学政経論叢第三四号、昭和五年。
 - ⑥ 長谷川三雄「経済協力開発機構における水質保全対策—陸水域の富栄養化防止について—」国士館大学政経学部一部研修会発表要旨第二号、昭和五六年。
 - ⑦ R. T. Oglesby, W. R. Schaffner and E. L. Mills: Nitrogen, Phosphorus and Eutrophication in the Finger Lakes, Cornell Univ. Water Resources and Marine Sciences Center, Ithaca, N. Y. Tech. Rept. 1975.
 - ⑧ Water in the News: Nitrogen is Limiting, The Soap and Detergent Association, 1971.
 - ⑨ OECD: The State of the Environment in OECD Member Countries, OECD, 1979.
 - ⑩ R. A. Vollenweider: The Scientific Basis of Land Stream Eutrophication, with Particular Reference to Phosphorus and Nitrogen as Factors in Eutrophication, Tech. Rept. OECD, 1968.
 - ⑪ L. E. Kuentzel: Bacteria, Carbon Dioxide, and Algal Blooms, Journal of Water Pollution Control Federation, 1969.
 - ⑫ OECD: OECD Cooperative Programme for Inland Waters (Eutrophication Control): Final Report of the Project on "Shallow Lakes and Reservoirs", Vol. 1. OECD, 1979.
 - ⑬ 逸見謙三、立花一雄監訳「アメリカ合衆国政府特別調査報告、西暦二〇〇〇年の地球 一、人口・資源・食糧編」家の光協
- 経済協力開発機構 (OECD) における水資源管理対策 (長谷川)

会、昭和五五年。

⑭ 国土庁編「国土利用白書（昭和五五年版）」、大蔵省印刷局、昭和五五年。

⑮ OECD Water Management Group: Control of Specific Pollutants in Waste Water Treatment, OECD, 1979.

⑯ P. Gorham: Toxic Algae, "Algae and Man", Plenum Press, 1964.

⑰ 小泉清明「川と湖の生態」共立出版、昭和四六年。

⑱ M. Sakamoto: Primary Production by Phytoplankton Community in Some Japanese Lakes and its Dependence on Lake Depth, Archiv for Hydrobiologie, 1966.

⑲ 環境庁編「環境白書（昭和五四年版）」、大蔵省印刷局、昭和五四年。

⑳ 中 賢治「びわ湖深層の全循環期前の溶存酸素量の永年変化について」陸水学雑誌、一九七三年。

㉑ 菊池 徹「琵琶湖および印旛沼の水の臭気問題」分析化学、昭和四八年。

㉒ P. E. Persson: Sensory Properties and Analysis of Two Muddy Odour Compounds, Geosmin and 2-Methylisoborneol, in Water and Fish, The Journal of the International Association on Water Pollution Research, 1980.

㉓ OECD: Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, OECD, 1971.

㉔ J. McCaul, J. Crossland: Water Pollution, Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1974.

㉕ 藤永太一郎編「琵琶湖の動態」時事通信社、昭和四九年。

㉖ G. E. Hutchinson: Eutrophication, Past and Present, "Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives", National Academy of Sciences, Washington, D. C., 1969.

㉗ I. Hakanson: An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control, A Sedimentological Approach, The Journal of the International Association on Water Pollution Research, 1980.

㉘ 環境庁編「環境白書（昭和五五年版）」、大蔵省印刷局、昭和五五年。

㉙ 坂本藤良スタディーグループ訳編「ニクソン大統領環境報告（公害教書）」、日本総合出版機構、昭和四五年。

㉚ OECD Water Management Group: Control of Organochlorinated Compounds in Drinking Water (Assessment of Alternative Treatment Methods), OECD, 1979.