中国の湖沼の富栄養化に関する研究

後　藤　恵之輔*・奥　村　運　明*
菅　　　新二郎**・棚　橋　由　彦*

A Study About Eutrophication of Lakes in China

by

Keinosuke GOTOH*, Ummin OKUMURA*
Shinjirou SUGA** and Yoshihiko TANABASHI*

There are many freshwater lakes in China. Since the early 1950s, many lakes have been disappearing. Chinese researchers have found that the main cause of the decrease in lake area is water pollution and eutrophication. This is also a world-wide problem. In the autumn of 1995, the 6th World Lake Conference was held in Ibragi Prefecture, Japan. Papers read there demonstrated that eutrophication is a leading cause of lake degradation. Presented papers showed that, at present, the major world-wide environmental hazard is eutrophication of freshwater lakes. As China's economy develops rapidly, her environment progressively worsens. Lake eutrophication is one facet of China's environmental problem. After grasping the references, locates investigation results of the severity, gives and examples of lake eutrophication in China, and shows the results of a Chinese environmental consciousness questionnaire.

1．はじめに

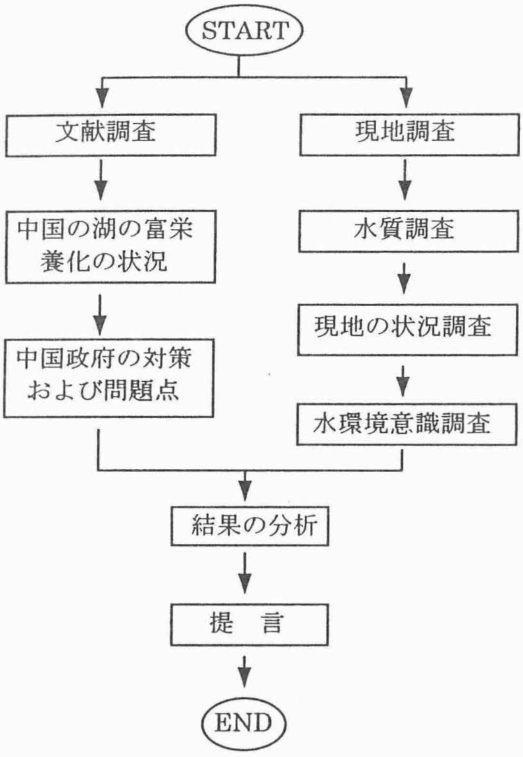
中国は湖が多い国である。1950年代初期に全国の天然の湖は24880個で総面積$83400km^2$（その中で面積が1 km^2 以上の湖は2848個で面積$80645km^2$であった）。しかし，1980年代に全国で面積が1 km^2 以上の天然の湖は2305個，面積は$70988km^2$ となった。すなわち，その30年間に面積1 km^2 以上の湖が543個（面積$9657km^2$）が無くなった[1]。また，1 km^2 以下の湖も$2727km^2$減少した。そのため，現在中国の湖の総面積は$70988km^2$で中国陸地の総面積の0.8％となっている。

上述の中国で湖が減少した原因は2つあると中国の研究者は発表した。その内容は，1つは気候の温暖化による渇水，もう1つは水質汚染および富栄養化である[2]。本研究では後者の1つ中国の湖の富栄養化の程度・原因・汚染経路等を文献および現地調査し，さらに中国人の水環境意識に対するアンケート調査および同様に日本人にアンケート調査を行った上，結果を分析し，防止対策を提言するものである。研究の流れを図－1に示す。

2．中国の湖の富栄養化の状況

中国の研究者は1978年（中国が経済開放政策を開始した年）から1980年の3年にわたり，中国の34個の湖を調査した。その調査結果を表－1に示す。表－1から，貧栄養湖，中栄養湖，富栄養湖の面積の占有率はそれぞれ3.2％,91.8％,5.0％であった。それから10年後，1987年から1989年の3年にわたり，上述の34個の

平成9年10月28日受理
*社会開発工学科（Department of Civil Engineering）
**大学院修士課程社会開発工学専攻（Graduate student,Department of Civil Engineering）



図－1　研究のフロー

湖の内22個を再び調査した。その調査結果を表－2に示す。表－2から，貧栄養湖，中栄養湖，富栄養湖の面積の占有率はそれぞれ0.53%，44.46%，55.01%であった[3]。このデータより，中栄養湖と富栄養湖の合計が全体の99.47%を占めている。このことから中国の湖の富栄養化は非常に厳しい状況になっていると考えられる。

そして，表－1と表－2を比較すると，約10年間で貧栄養湖が3.2%から0.53%と減少し，逆に富栄養湖は5.0%から55.01%と急激に増加していた。これは中栄養湖の約半分が富栄養湖へ変化したと考えられる。すなわち，富栄養化の進行状況の速度が異常に速く，このことから湖の富栄養化と近年の中国の経済発展は関係を持っていると考えられる。つまり，何等かの対策を打たなければ中国の湖はすべてが富栄養湖になるか，あるいは消滅してしまうのではないかと考えられる。

表－1　中国の湖の栄養状態（1978～1980）

湖の栄養状態	貧	中	富
湖の数	4	16	14
湖の占有率（%）	11.76	47.06	41.18
湖の面積（km^2）	3354.6	95929	5221
湖の面積の占有率（%）	3.2	91.8	5

出典：「中国湖泊富栄養化」

表－2　中国の湖の栄養状態（1987～1989）

湖の栄養状態	貧	中	富
湖の数	1	7	14
湖の占有率（%）	4.5	31.8	63.6
湖の面積（km^2）	29.5	2493	3085
湖の面積の占有率（%）	0.53	44.46	55.01

出典：「中国湖泊富栄養化」

3．現地調査の方法，結果および考察

本研究では，中国の湖の現状および中国人の環境意識を調べるため，中国で現地調査を行った。調査内容は水質調査，現地の湖およびその周辺などの状況調査，それと水環境意識調査の3つである。また，水質調査を行う湖を選定するために事前調査を行った。事前調査では文献調査を行い，中国の東部平原湖の1つ太湖を選定した。太湖は揚子江の南，北緯30°55′40″～31°32′58″，東経119°53′32″～120°36′10″に位置しており，江蘇省，漸江省の2つの省にまたがっている。この湖は，中国の湖の中で第3位の面積（2338km^2）を有しており，その周辺地域が農業，工業，観光業ともに中国で最も発展している場所である。しかし，経済発展が進むと同時に，プランクトンが急激に増加し，そのため2～3月ごろから水の華が見られるようになった湖である[4]。

3.1　現地の水質調査結果

調査地点は3ヶ所で図－2に示す。選定した理由を次に述べる。調査地点A，Bは観光地域としての開発予定地区（蘇州太湖観光地区）で，調査地点Cは約80年前から観光地区となり中国で最も有名な観光地区の無錫地区を選定した。水質調査項目と結果を表－3に示す。また参考文献からの判定基準を表－4に示す[5]。そしてこの判定基準に基づいた判定結果を表－5に示す。

表−5より調査地点（以下省略）：A，B，Cの各指標を比較する。Cl_2，NH_3はA，B，Cともに貧栄養，F_eはA，B，Cともに中栄養，透明度，pHはA，B，Cともに富栄養の状況であるが，NO_2はA，Bは貧栄養だが，Cは富栄養である。また，PO_4はBが貧栄養，Aが中栄養，Cが富栄養と異なる結果がでた。全指標の判定結果より，C，A，Bの順序で富栄養化が進行していることがわかる。この結果から，CがA，Bに比べて最も経済発展している場所なので，すなわち，このことからも，経済発展と湖の富栄養化の進行は関係があると考えられる。

図−2　調 査 地 点

表−3　調 査 結 果

調 査 地 点	A	B	C
透明度（CM）	150	106	0
遊離残留塩素（mg/L）	0.1	0.15	0.5
鉄（mg/L）	0.5	0.3	0.9
亜硝酸性窒素（mg/L）	0.33	0.33	3.66
オルトリン酸（mg/L）	1.6	0.1	4.1
NH_3	0.0	0.0	0.0
pH	7.4	7.2	7.8

3.2　現地の状況調査結果

太湖は面積がかなり広いために湖およびその周辺全部を見て回ることはできなかった。湖を見ることができた範囲では岸辺に生えている水草の一部が腐敗し，有機物化していた。そのため，一歩湖の中に踏み込むと約50cmくぼみ，黒い水がわいてきた。また，下水道処理施設が少いために，排水溝が直接湖に導入されているのが見られ，そのことが原因で湖岸に生活排水から排出されたと思われる白い泡があちこちに見られた。そして，流入河川と流出河川もほとんど見られなかった。さらに，湖岸堤防はあまり見られず，そのため，降雨により地表面から栄養塩が流れ込むと考えられる。各調査地点の周囲などの状況を次に述べる。

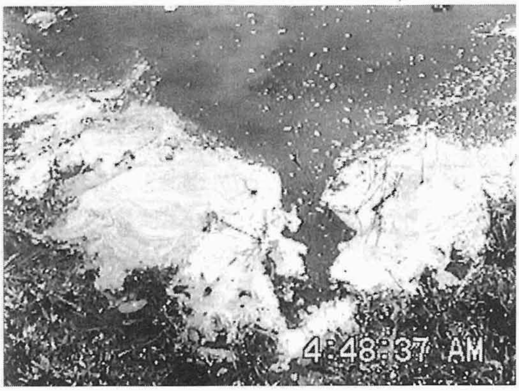
表−4　判 定 基 準

	貧	中	富	出　典
透 明 度（m）	>4.0	2.0〜4.0	<2.0	Calson 1977
Cl_2（mg/L）	0.0〜10.0	10.0〜50.0	50.0〜250	Holl 1938
Fe（mg/L）	0.0〜0.25	0.25〜1.0	1.0〜12	Holl 1938
NO_2（mg/L）	0.0〜0.5	0.5〜5.0	5.0〜50.0	Holl 1938
PO_4（mg/L）	0.1〜1.0	1.0〜3.0	3.0〜15	Holl 1938
NH_3（mg/L）	0.0〜0.3	0.3〜2.0	2.0〜15	Holl 1938
pH	中性		中性からアルカリ性	

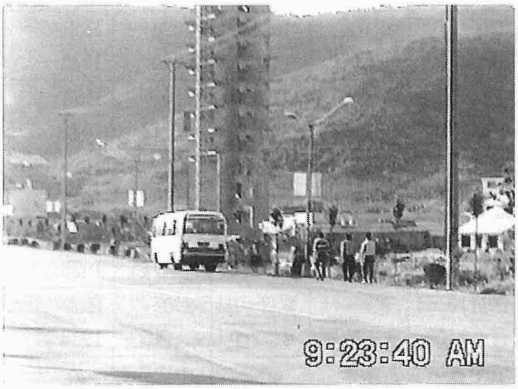
表−5　判 定 基 準

調 査 地 点	A	B	C
透明度（m）	富	富	富
Cl_2（mg/L）	貧	貧	貧
Fe（mg/L）	中	中	中
NO_2（mg/L）	貧	貧	富
PO_4（mg/L）	中	貧	貧
NH_3（mg/L）	貧	貧	富
pH	富	富	富

調査地点Aは，沖合の離島にセメント工場が操業しており，周囲に人家は見あたらなかった。また，水面には前にも述べたように生活排水が原因だと思われる白い泡が浮かんでいた。(写真-1参照)



写真－1（調査地点A）



写真－2（調査地点B）

写真－3（調査地点C）

調査地点Bでは，周囲には建設中のホテル，湖岸公園およびレストランなどの行楽施設等やその他に畑が見られた。(写真－2参照)

調査地点Cでは，有名な観光地ということで周囲にはたくさんの観光施設があった。また，ここでは魚の養殖がされていたのだが，湖の水面は水の華と思われる藻類の層が40cm以上の厚さで浮かんでおり，明らかに重富栄養化だということが判断できた。(写真－3参照)

3.3　水環境意識調査

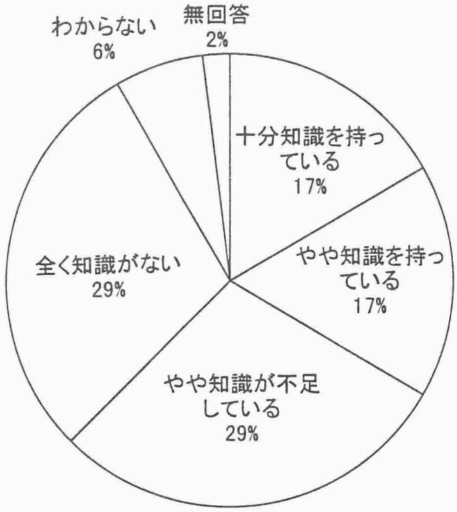
水環境意識調査はアンケート調査を行った。調査対象は上海，蘇州および無錫の住民，そして日本にいる中国人の留学生およびその家族に行った。比較検討を行うために日本でも同様に長崎市で行った。アンケートの調査概要を表－6に示す。また，図－3，4は，それぞれ中国人と日本人の水環境破壊について知識をどれくらい持っているかという質問の結果である。図－3と図－4を比較すると，中国人は水環境破壊についての知識が全くない人およびやや不足しているという人の合計が58%である。それに比べ，日本人は17%である。これは中国人が日本人に比べると明らかに水環境破壊の知識について不足していると判断できる。すなわち，先進国と発展途上国では環境教育面でも差がかなり開いていると考えられる。

4．中国政府の対策及び問題点

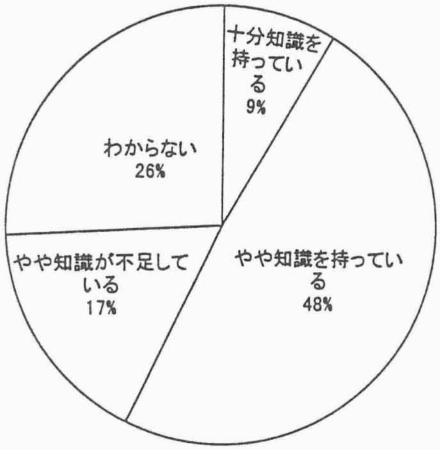
中国政府は自国の環境問題を重視している。1974年に環境保護に関する指導グループが政府の下に設置され，中国環境保護法（草案）を提出した（1979年採択）。この法律では，工業汚染物の排出を厳しく制限している。また，中国では，環境法体系を確立し，健全にする過程で，環境法執行を環境立法と同時に重要な位置におき，近年連続して全国で環境法執行については検査を展開し，環境を汚染，破壊する行為を厳しく取り調べ，処理し，環境法律違反する犯罪行為に対しては

表－6　アンケートの調査概要

場　所	中　国	日　本
アンケート方式	手渡し方式＋インタビュウー	手渡し方式
配布枚数	48枚	100枚
回収枚数	48枚	70枚
回収率	100%	70%



図－3　水環境意識調査の結果（中国）



図－4　水環境意識調査の結果（日本）

厳しい措置を取った。中国は環境法律に違反する行為に対する人民大衆及び新聞世論の監督を非常に重視し，人民大衆が環境問題について報告するためのルートを切り開き，マスメディアの環境法律に違反する行為に対する摘発と暴露を評価する対策などをとった[6]。しかし，問題は立派な法制度ができても，それがいかに執行され，どのような効果が得られているかが最も重要である。近年各企業単位の経営自主権が拡大される中で，収益を重視するあまり，汚染防除をおろそかにする傾向がある。また，排汚費（罰金）を支払うほうが公害防止装置を設置するより安上がりとして，改善の努力を怠る企業が多い，などと指摘されている。また，前に述べた中国環境保護には工業排水に関する規制だけを記しており，生活排水に関する規制に関しては全く記されておらず，それと平行して下水道施設が大都市以外にはほとんど整備されていない。そして最も重要なのは，西側の諸国では，国民により環境保全が進められているが，中国では政府からこの問題が提起され，国民または一般幹部も環境問題をまだ十分に理解していない。したがって，中国の環境保全は，政府から認識し，推進するのであるが，私的環境権益が損害を受けた場合には，行政機関に救いを求め，自ら法律を援用して，自己の正当的権益を守ることが少ないのが現状である。そして，国民１人１人の環境意識が不足しているのに，その対策としての教育面を充実させていないことが中国政府の明らかな問題点である。

５．おわりに

水質調査および現地の状況調査の結果から，湖の富栄養化の促進の大部分は人為的要因に起因することを明らかにした。防止するにはその要因を規制するばかりではなく，国民の環境教育が一番大切ではないだろうか。また，現地の状況調査や水質環境意識調査の結果かつ予算，効果などを考慮して，短期，長期の２つの期間に分けて，次の対策を提案する。

5.1　短期対策

①太湖の様に湖が重富栄養湖となると有機物が沈殿し，それが泥となり，湖底が浅くなる現象が起こる。このままの状態にしておくと，湖が消滅するため，重富栄養湖となった湖の底に溜まった泥を排出し，その泥を有機肥料として再利用する。

②中国が今まで以上に厳しい規制をもうけた法律を制定し，それに基づき各地方自治体で条例を定め，工場排水や生活排水などの規制を一層強化させる。また，それと同時に，下水道および簡易浄化槽などの施設面を充実させることにより，生活排水中に含まれる栄養塩等の流入を少しでも防止させ，さらに工場排水を工場の中で処理し，その水を再利用することによって栄養塩の流入を防止させる。

③湖は閉鎖性水域であるためにもともと換水周期が長い。換水周期が長いと湖の水は停滞するので，栄養塩の濃度が高くなり湖の富栄養化の進行が早くなる。そのために，流入河川および流出河川を整備することにより換水周期を短くすることで，富栄養化を防止させる。

5.2 長期対策

①湖岸堤防を整備することにより，地表面からの栄養塩の流入を防止する。

②下水道の3次処理などの技術開発を先進国から積極的に学び，導入するために，政府がその経費の援助を行う。

③アンケート調査から明らかなように，中国国民の水環境意識の知識が低いことがわかるため，学校教育で水環境の大切さを教え，さらにそのための人材の育成，組織を整備する。

参考文献

1）章　宗渉：中国湖泊富栄養化，中国科学出版社，1990，p. 5
2）同上 p. 8
3）同上 pp. 5 ～ 6
4）同上 p.185
5）山岸　宏・沖野外輝夫：湖沼の汚染，築地書館，1974，pp. 8 ～10
6）中華人民共和国国務院新聞弁公室：中国の環境保全，1996，p.10