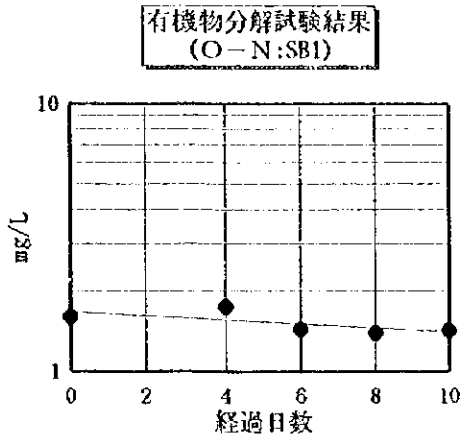
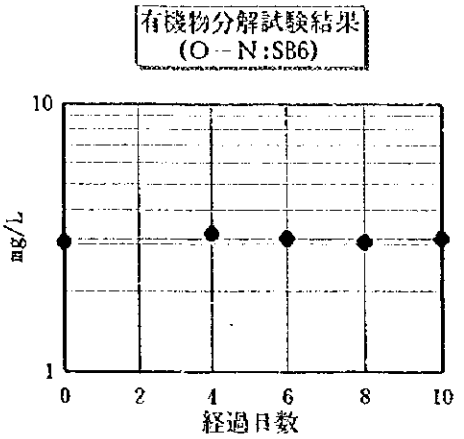
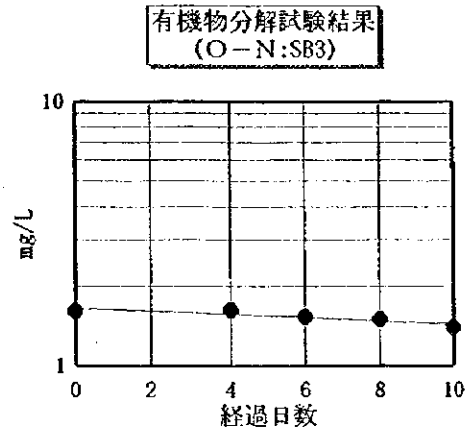
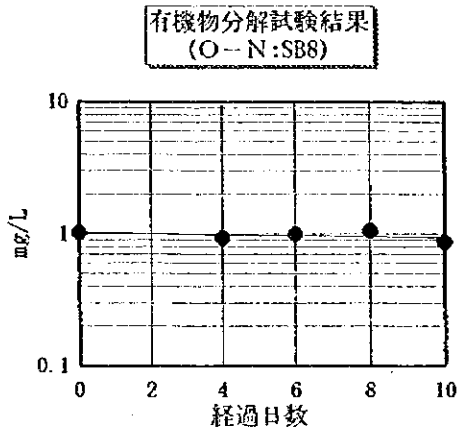








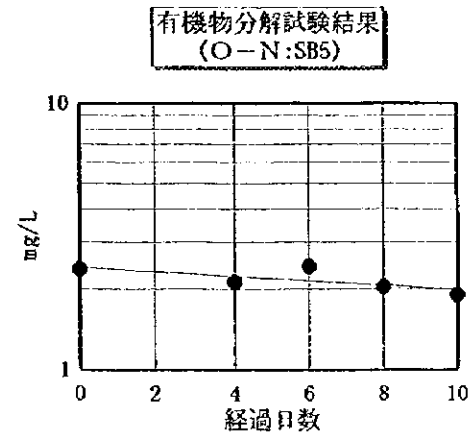
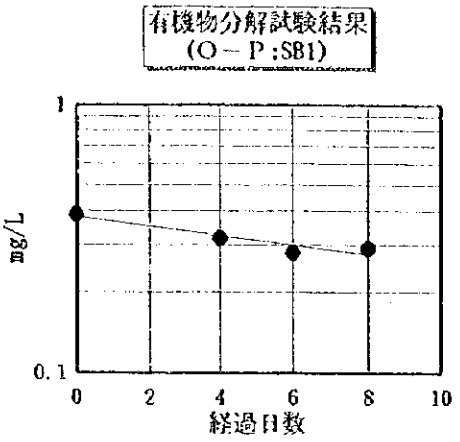
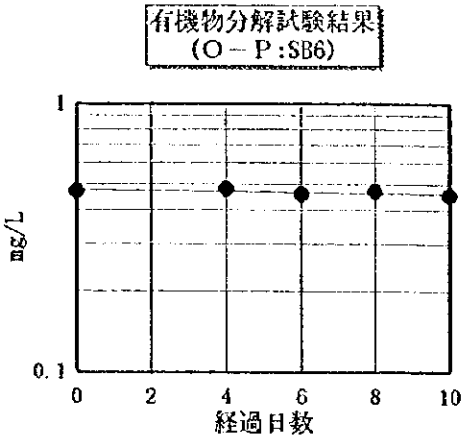


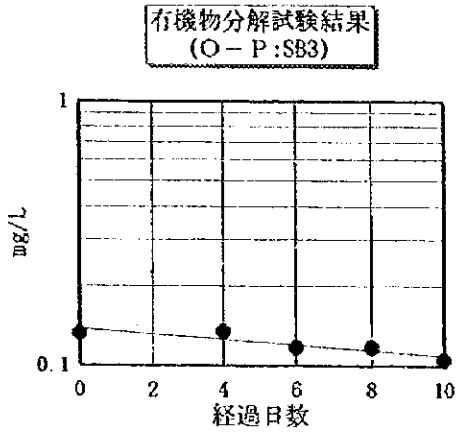
図5.3.2 有機物分解試験結果 (4/5) [有機態窒素]

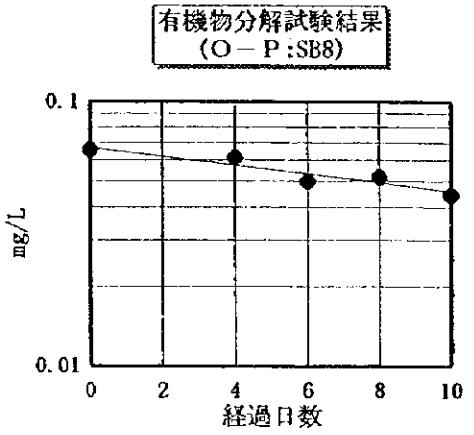
中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査









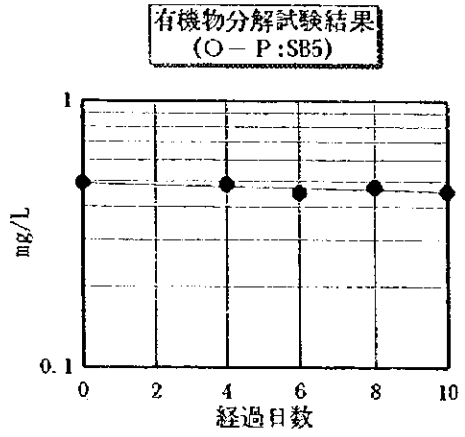


図 5.3.2 有機物分解試験結果 (5/5) [全有態リン]

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

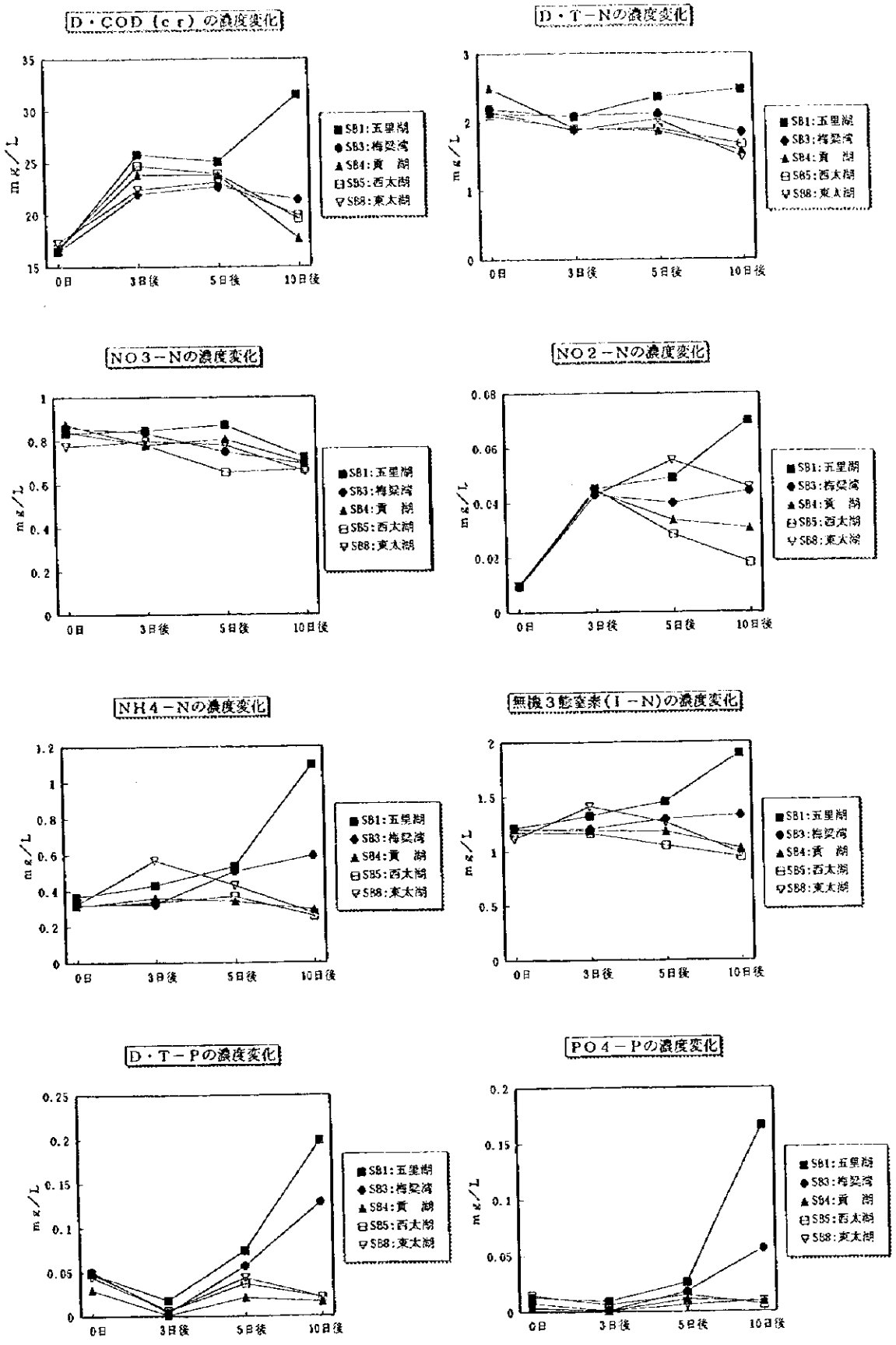
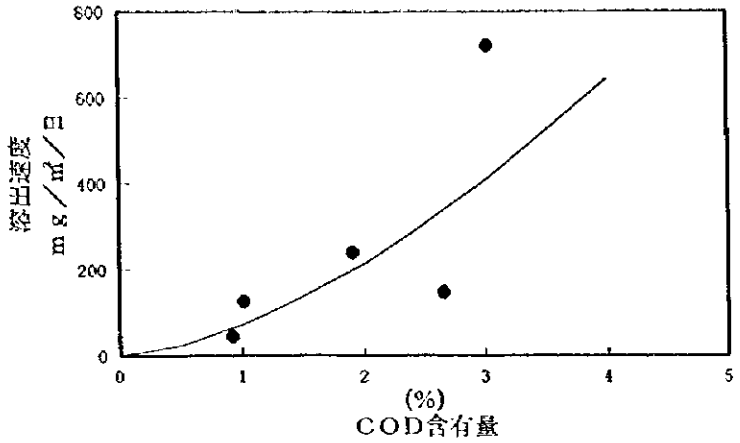
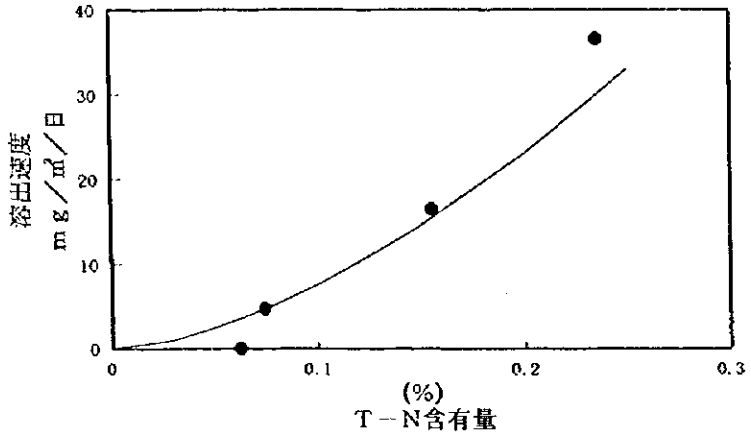


図 5.3.3 底泥溶出試験における直上水の濃度変化

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査





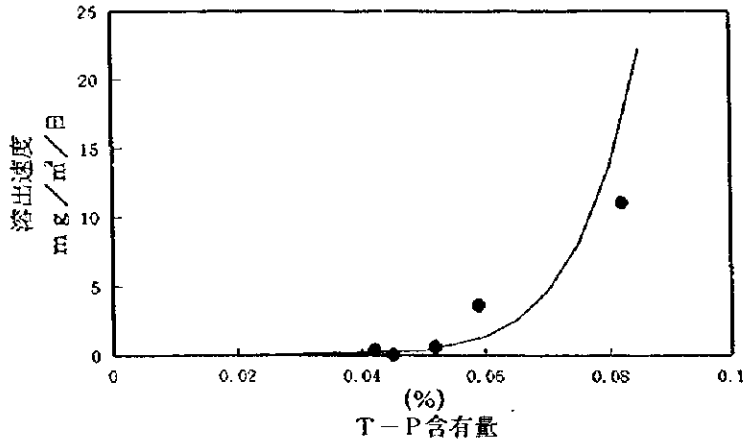


図5.3.4 汚染物含有量と溶出速度の関係

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

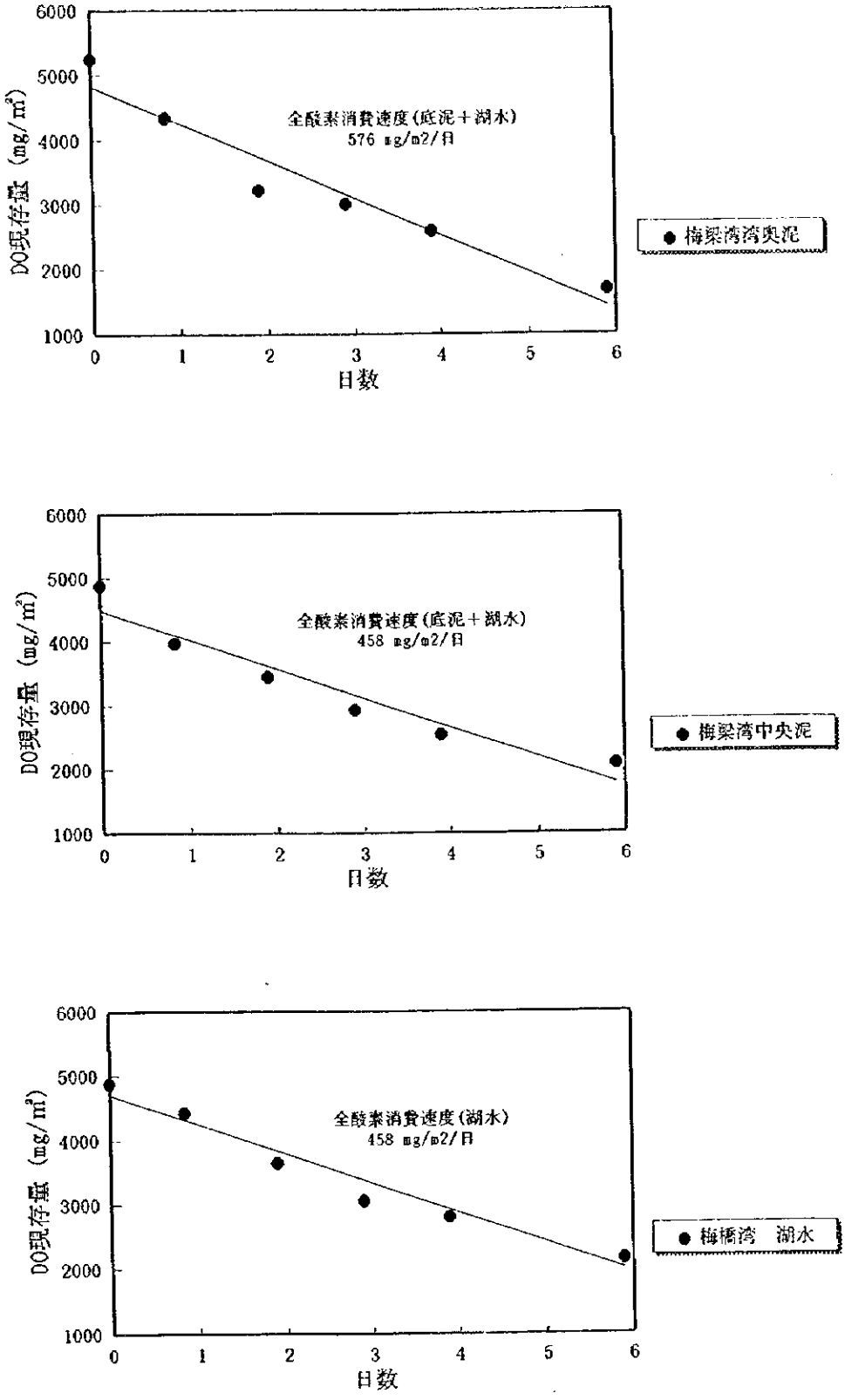


図 5.3.5 底泥酸素消費試験における直上水の DO 濃度変化

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

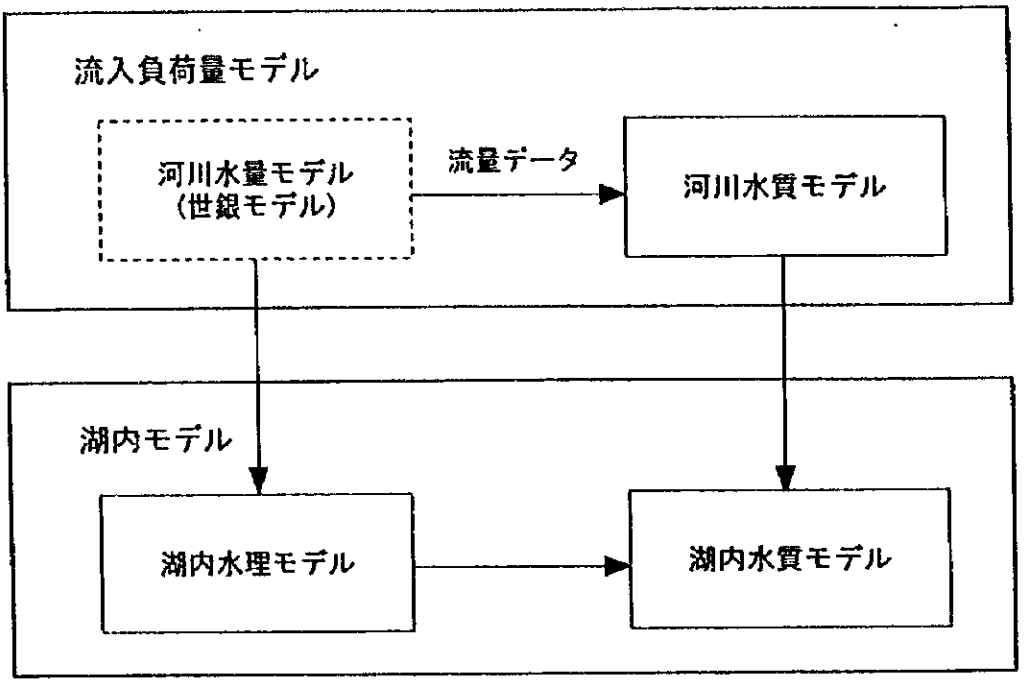


図 5.4.1　富栄養化予測モデルの全体構成

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

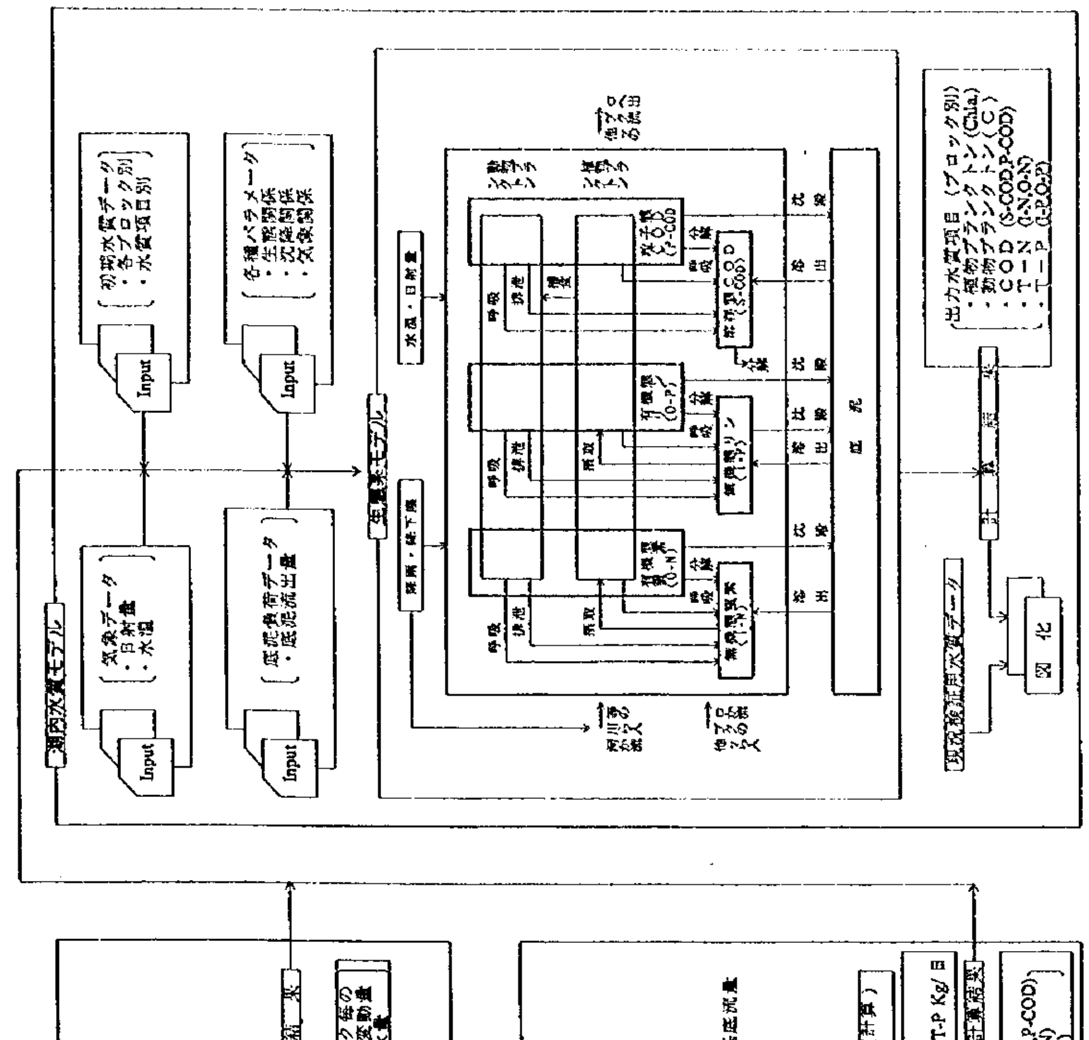


図 5.4.2 流入負荷量モデルと湖内モデルの整合関係	中華人民共和国 太湖水環境管理計画調査

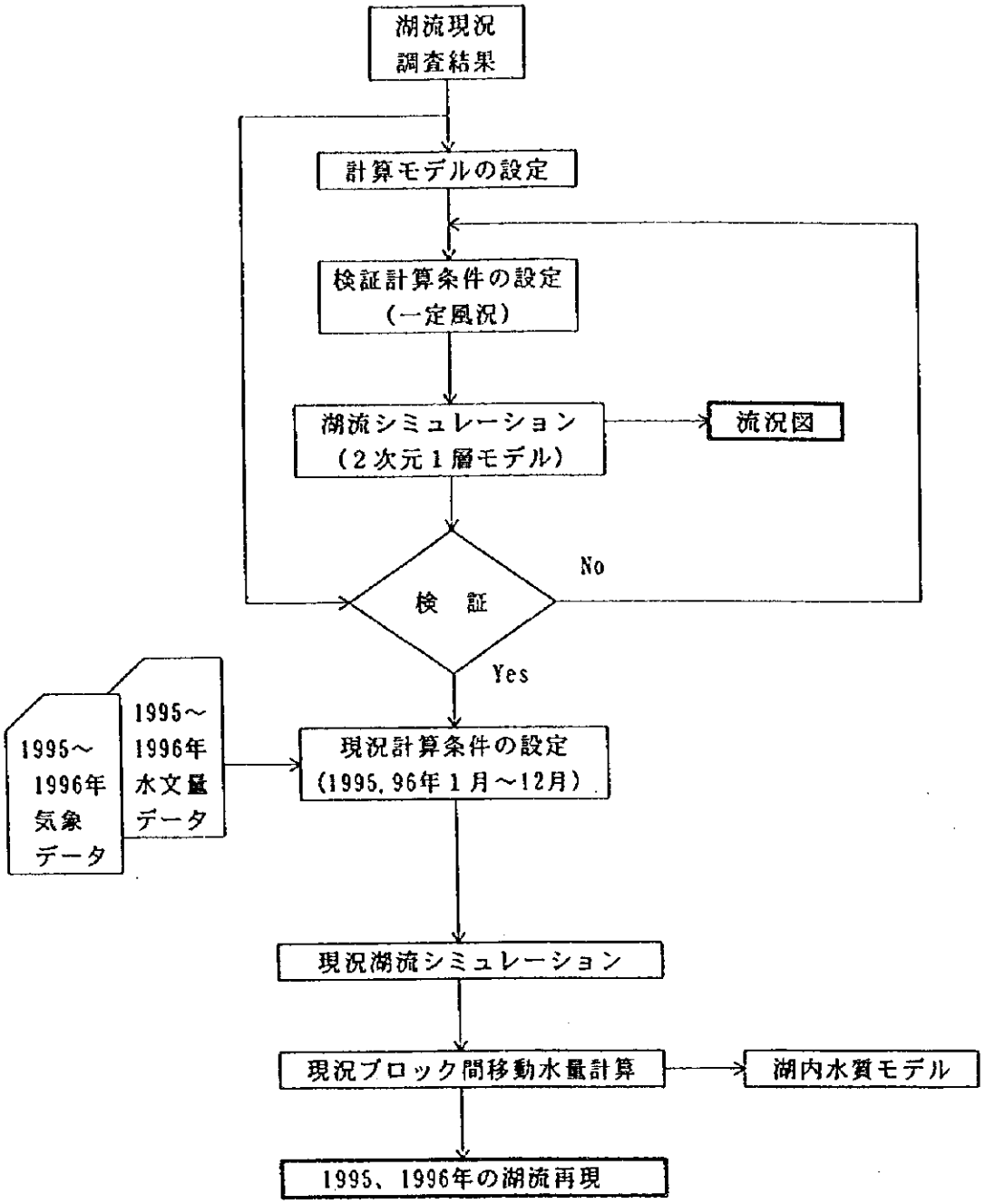


図 5.5.1　湖流予測の検討手順

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

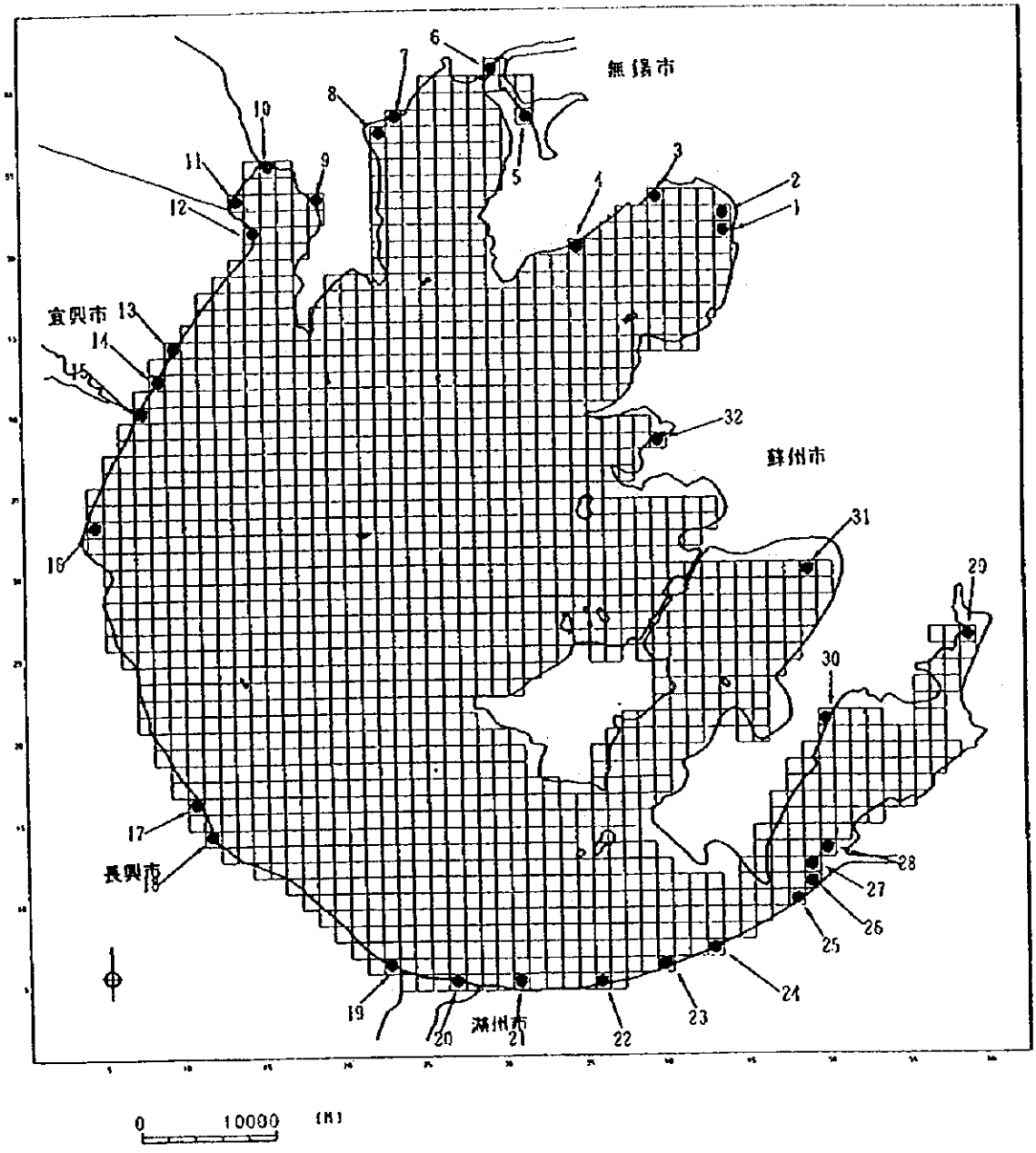


図 5.5.2 湖内シミュレーション計算格子及び河川流出入位置

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

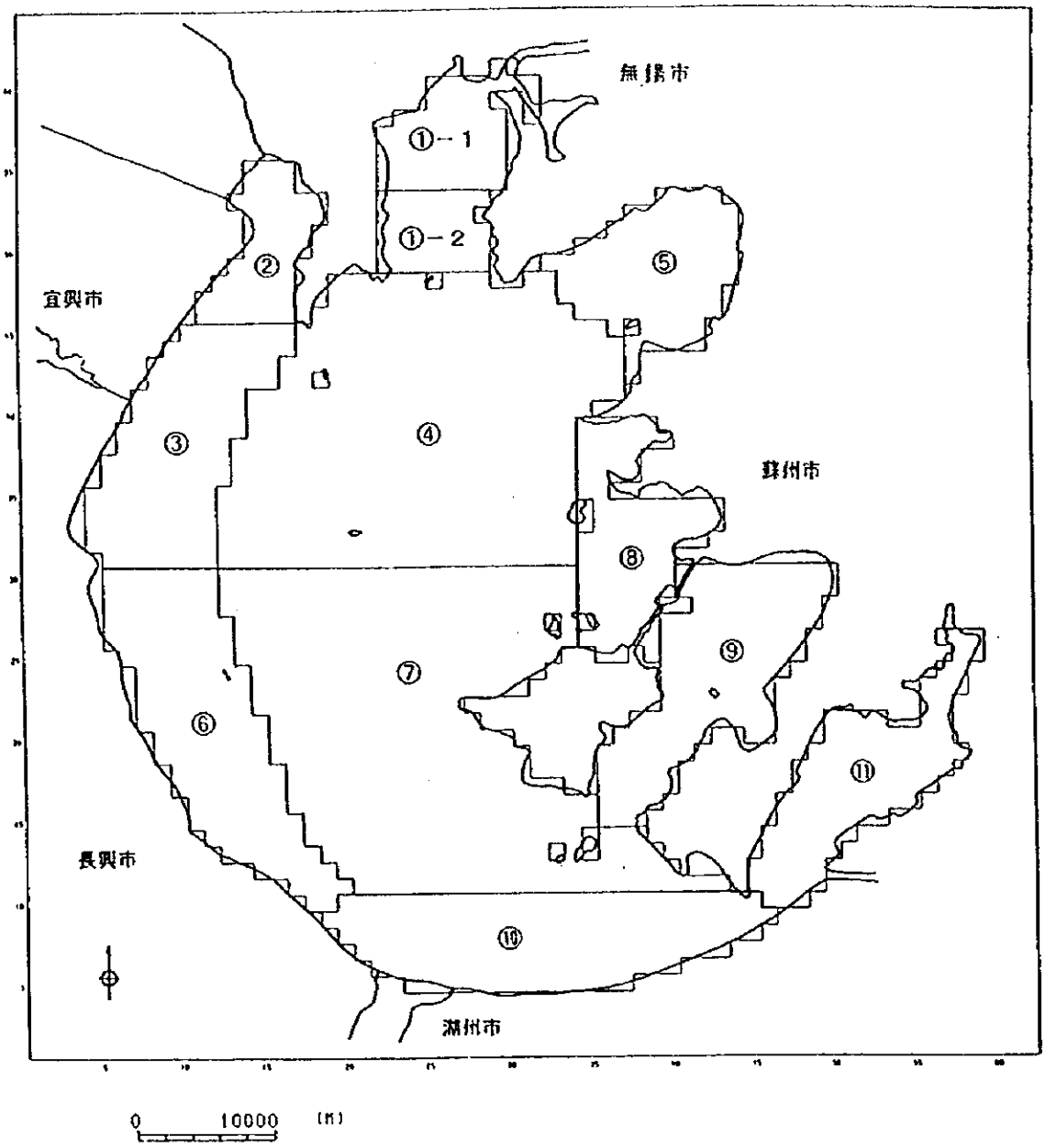


図5.5.3 水域ブロック分割図

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

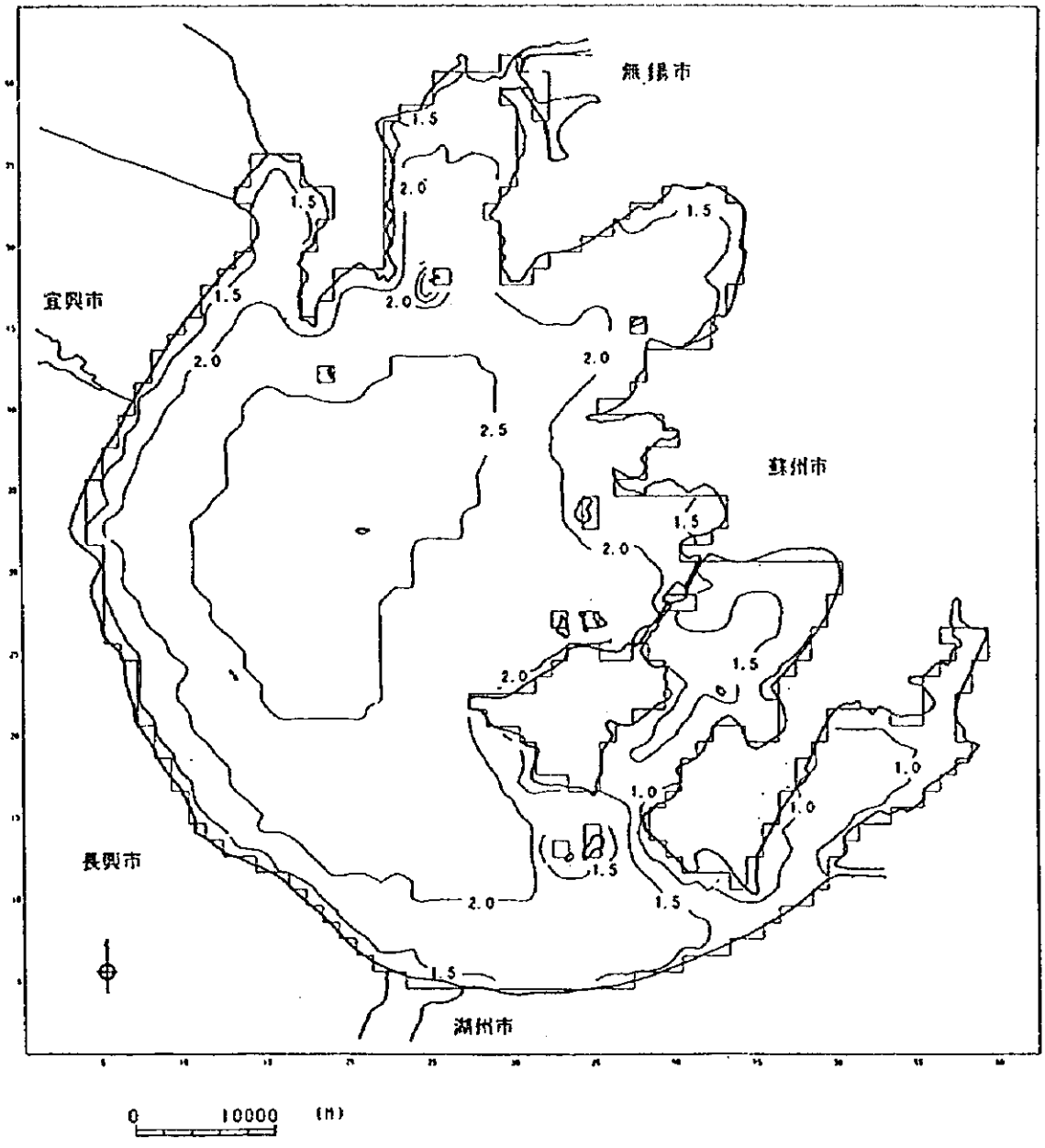
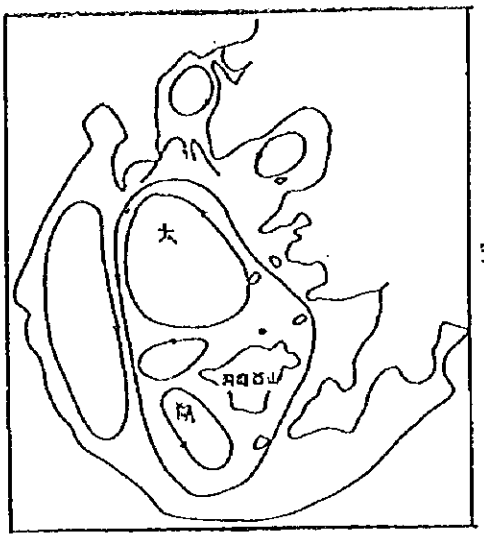


図 5.5.4 太湖の水深分布

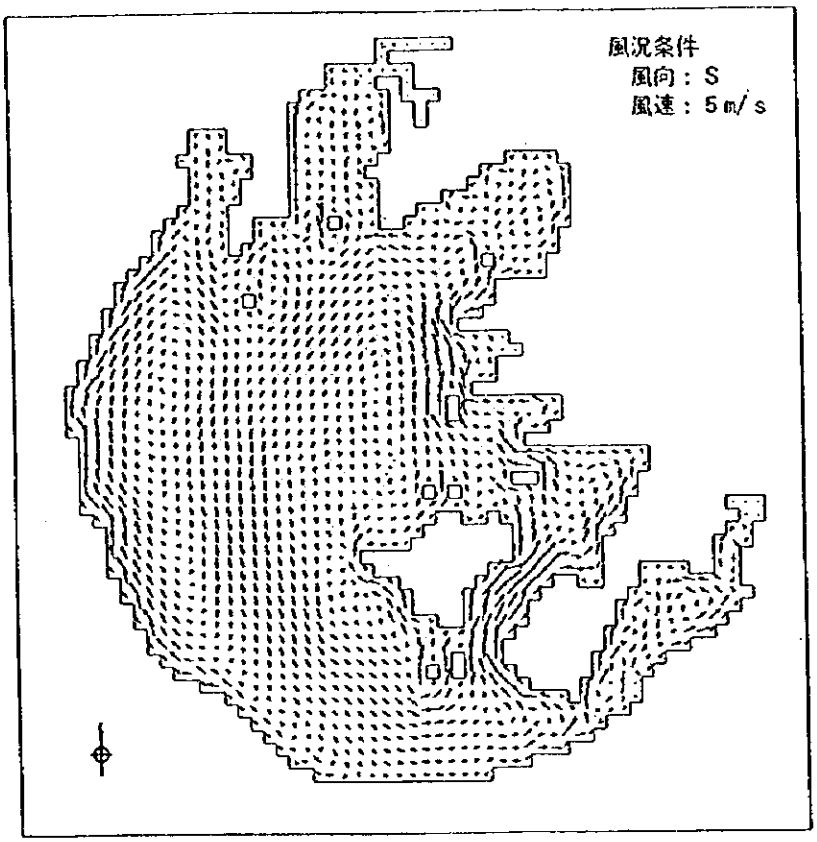
中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査



安定した南風時の太湖湖流パターン

出典：（南京地理湖沼研究所
「太湖」海洋出判社，1993年）



0 10000 (m)

凡例
— 4.0 cm/s
— 8.0 cm/s
— 16.0 cm/s

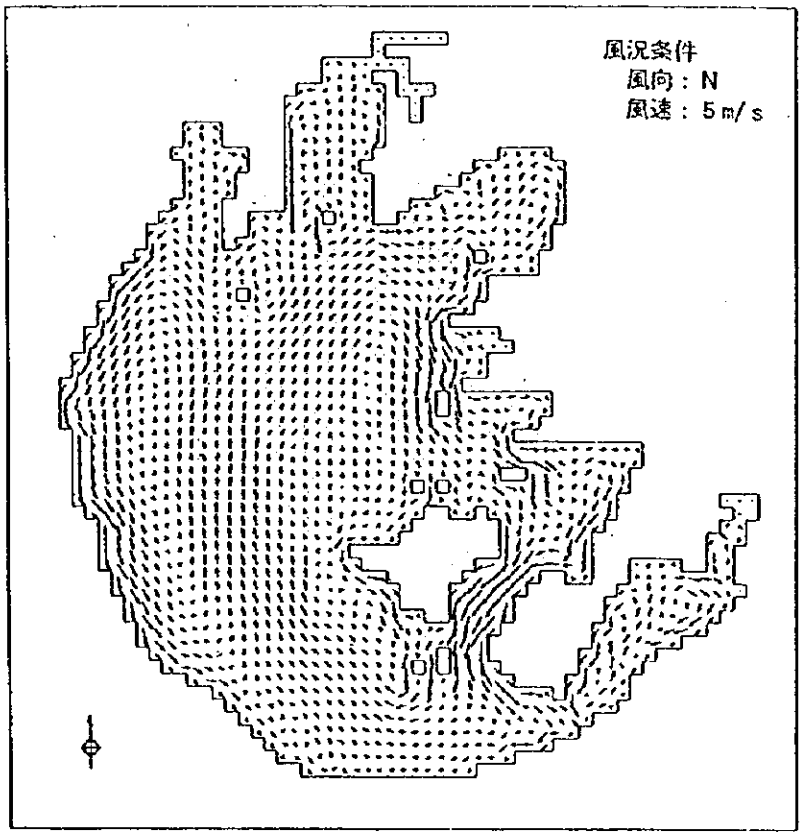
図 5.5.5 湖流シミュレーションの結果（検証1）

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

安定した北風時の太湖湖流パターン

出典：（南京地理湖沼研究所
「太湖」海洋出版社. 1993年）



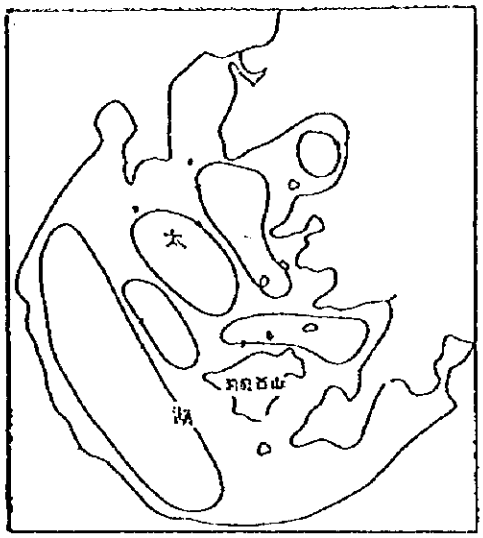
0 10000 (m)

凡例
— 4.0 cm/s
— 8.0 cm/s
— 16.0 cm/s

図 5.5.5 湖流シミュレーションの結果（検証 2）

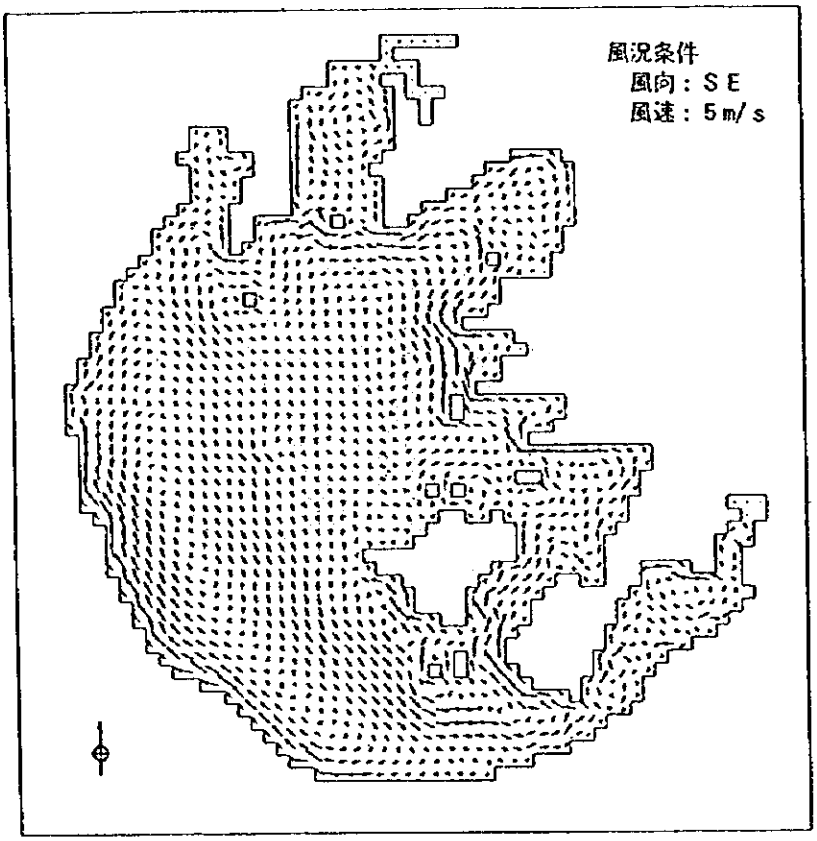
中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査



安定した南東風時の太湖湖流パターン

出典：（南京地理湖沼研究所
「太湖」海洋出版社.1993年）



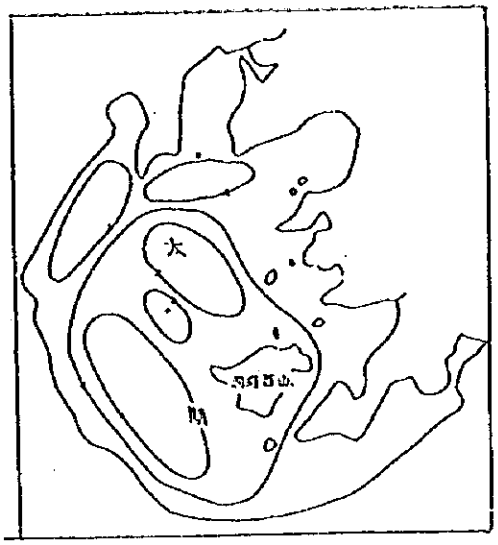
0 10000 (m)

凡例
- 4.0 cm/s
- 8.0 cm/s
- 16.0 cm/s

図 5.5.5 湖流シミュレーションの結果（検証 3）

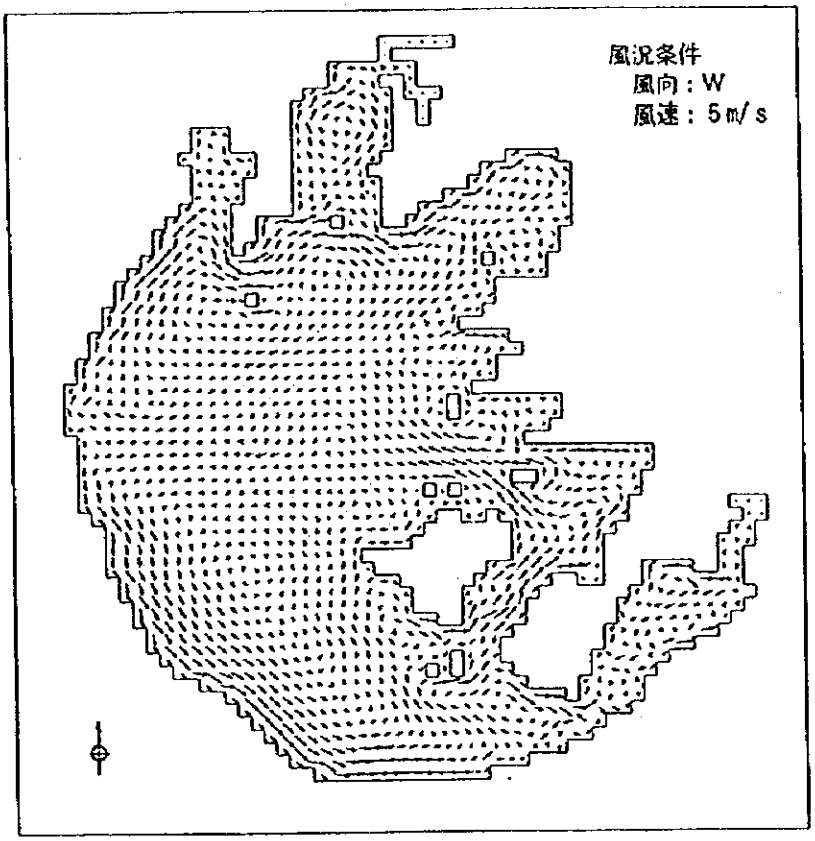
中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査



安定した西風時の太湖湖流パターン

出典：（南京地理湖沼研究所
「太湖」海洋出版社、1993年）



0 10000 (m)

凡例
— 4.0 cm/s
— 8.0 cm/s
— 16.0 cm/s

図 5.5.5 湖流シミュレーションの結果（検証 4）

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

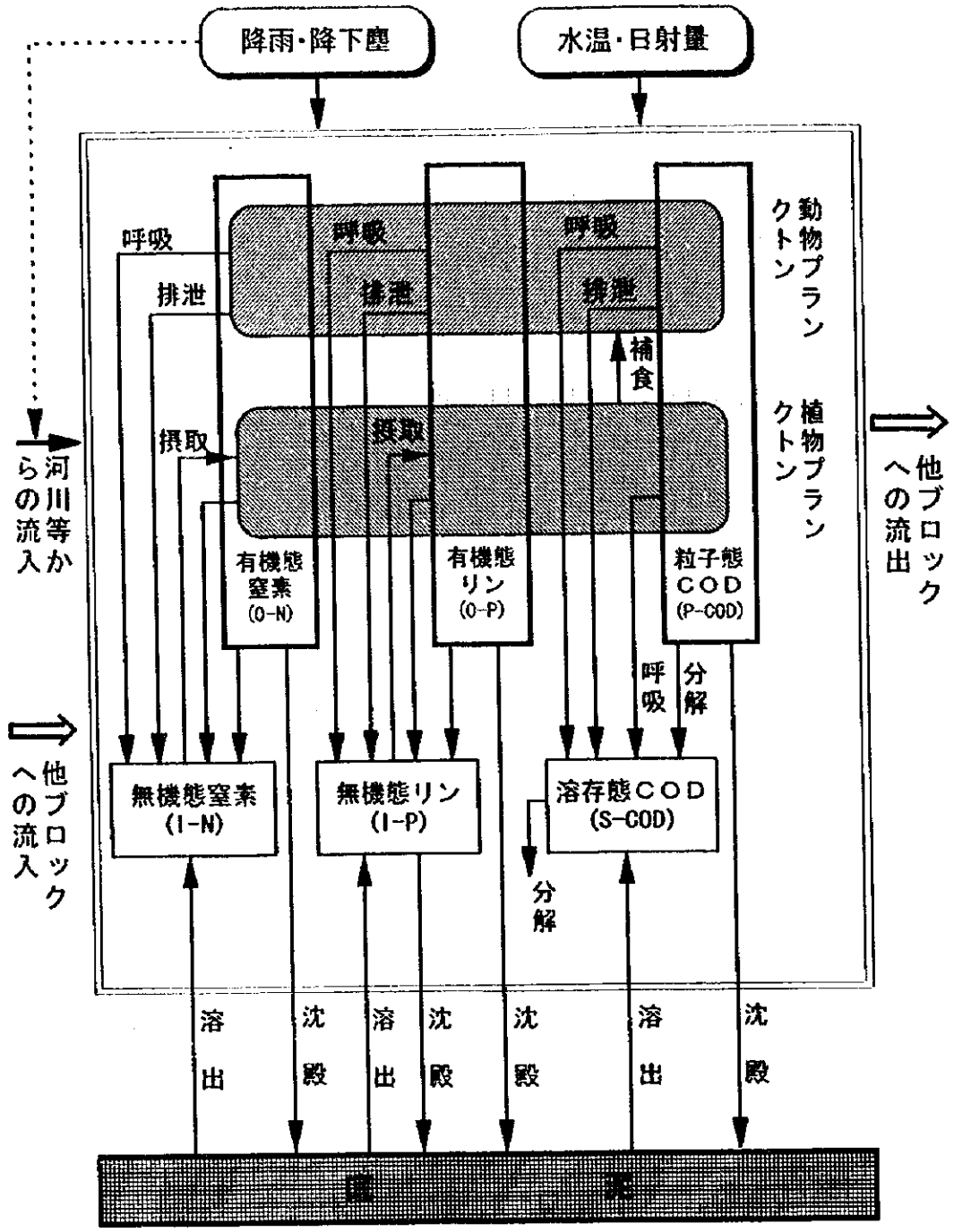


図5.5.6　生態モデルの概念図

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

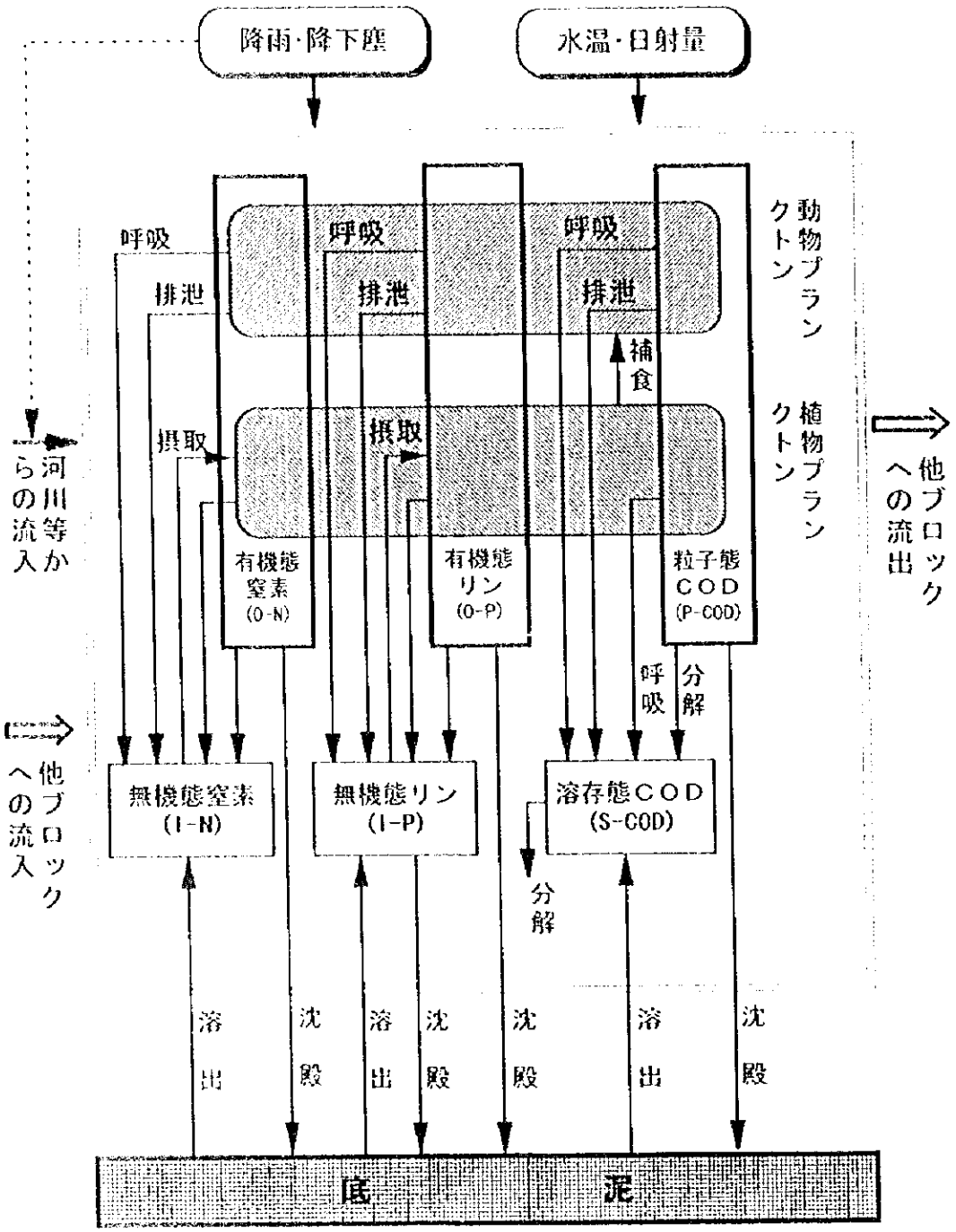


図5.5.6 生態モデルの概念図

	中華人民共和国
	太湖水環境管理計画調査

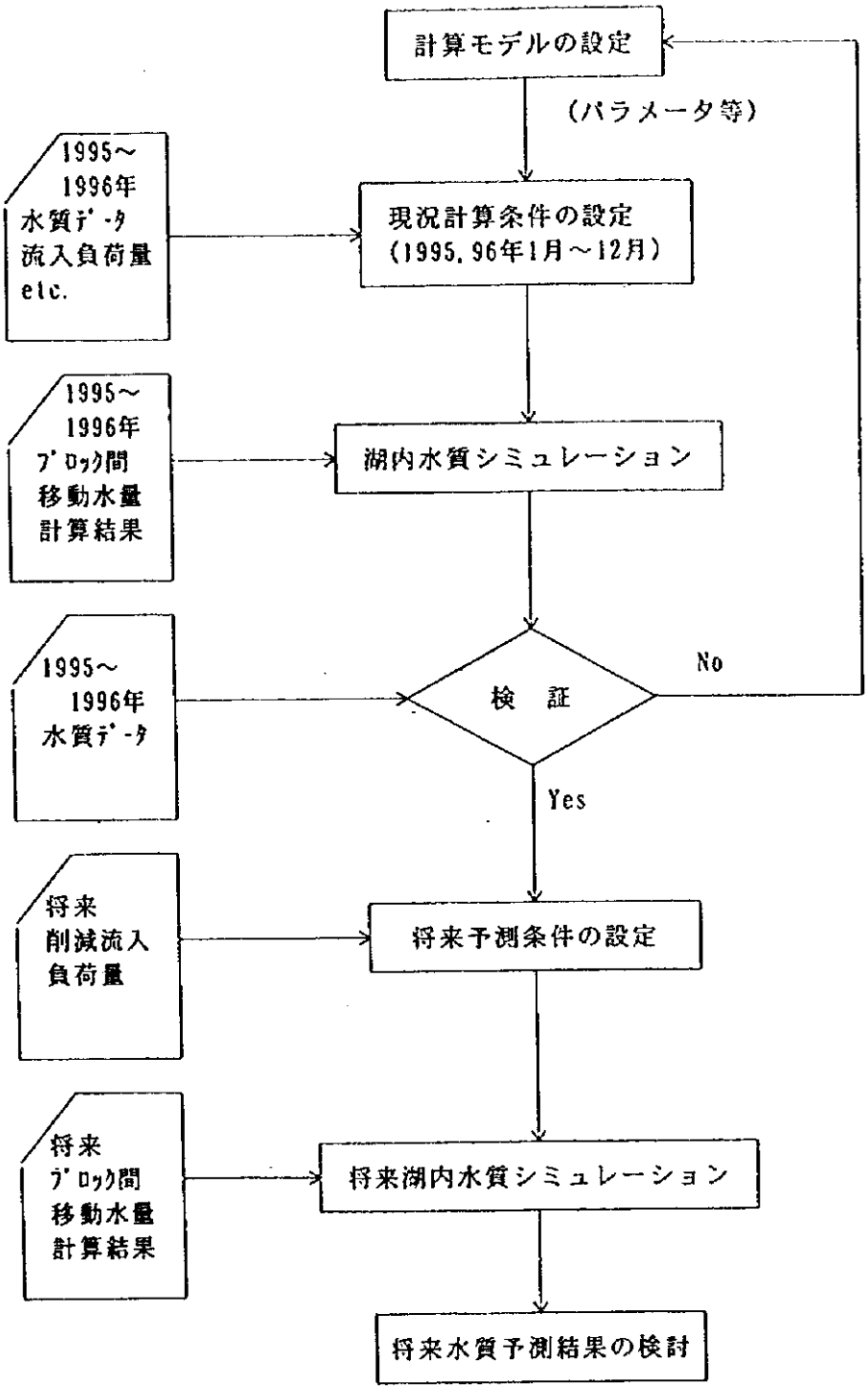
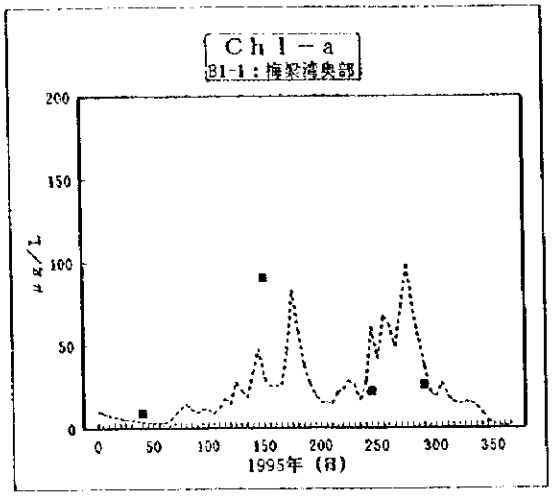
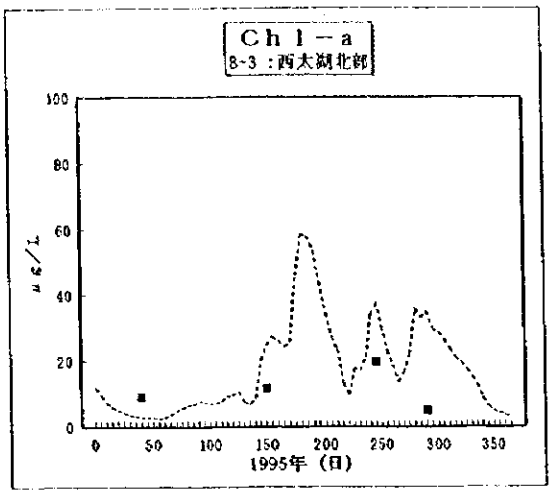


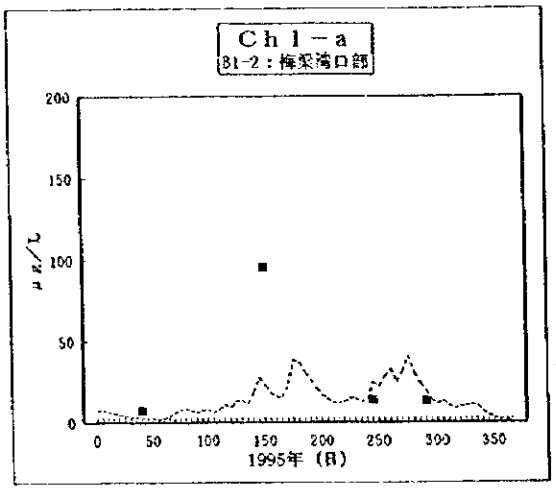
図 5.5.7 湖内水質予測の検討手順

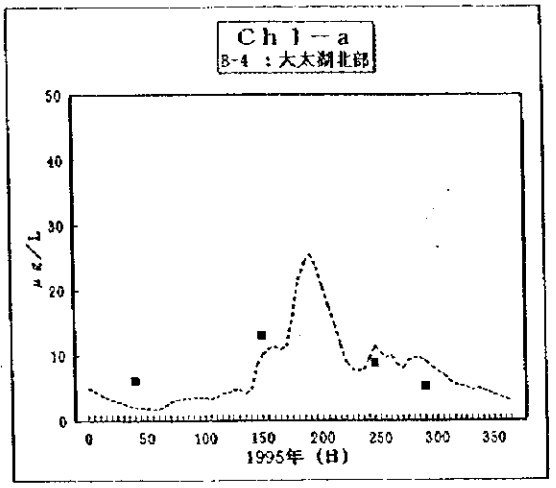
中華人民共和国

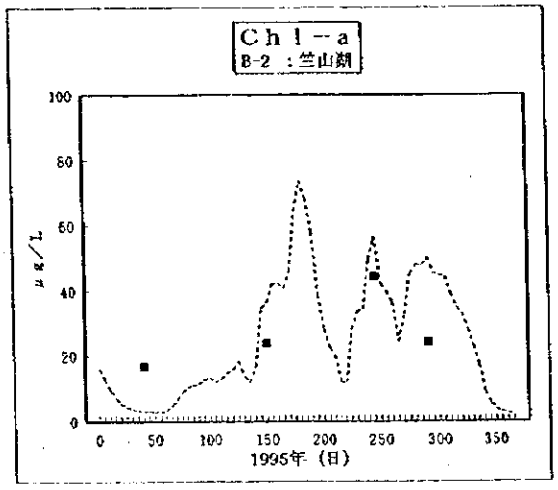
太湖水環境管理計画調査











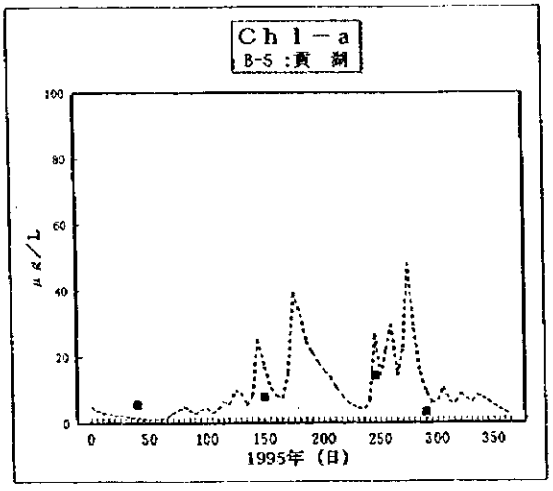
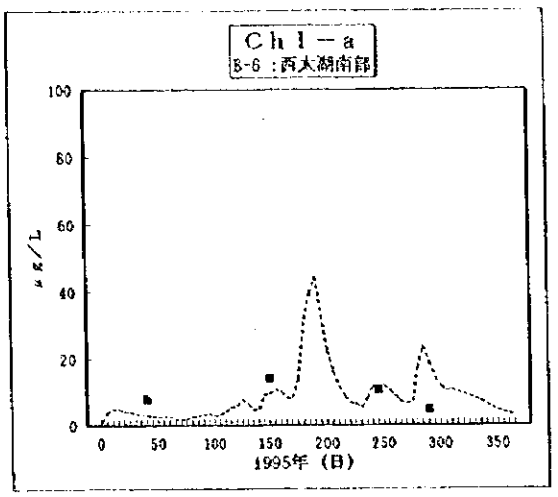
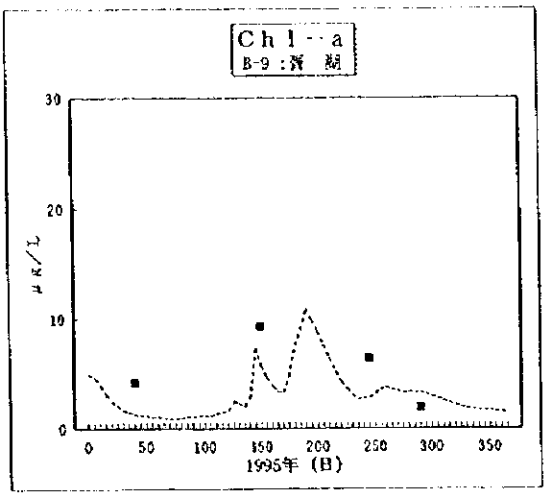


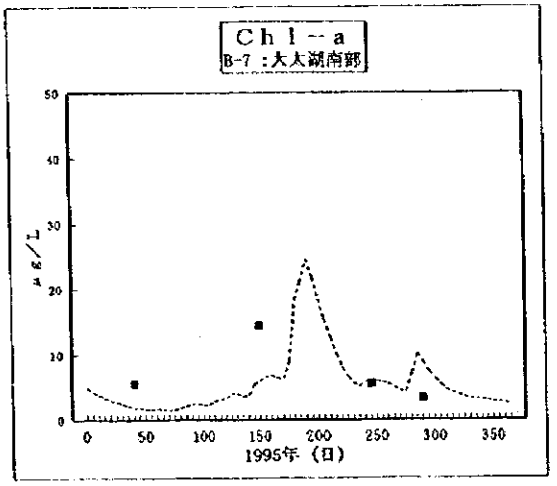
図5.5.8　水域ブロック別の水質経時変化(1/8)

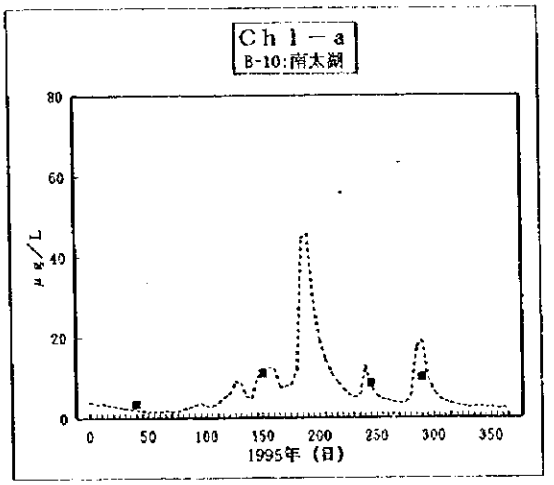
中華人民共和国

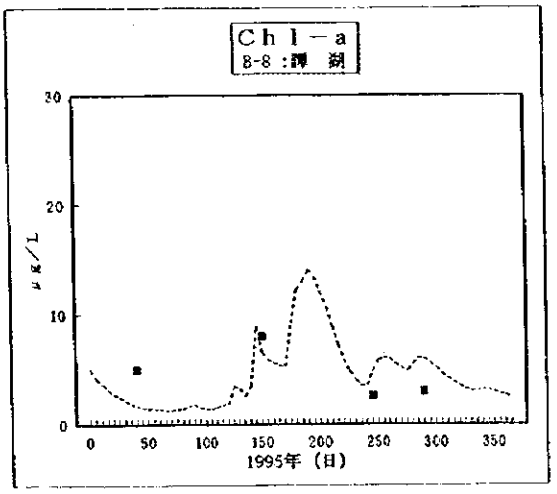
太湖水環境管理計画調査











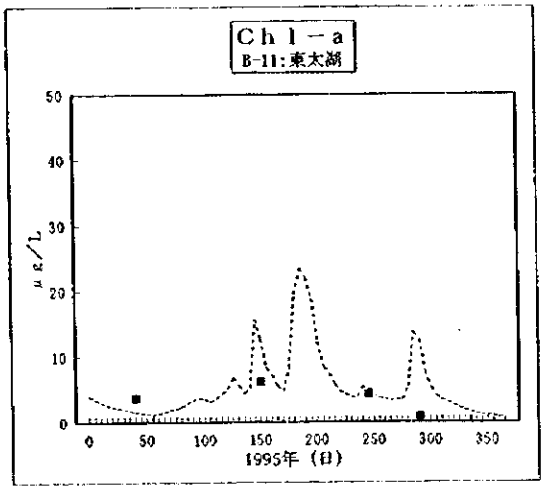
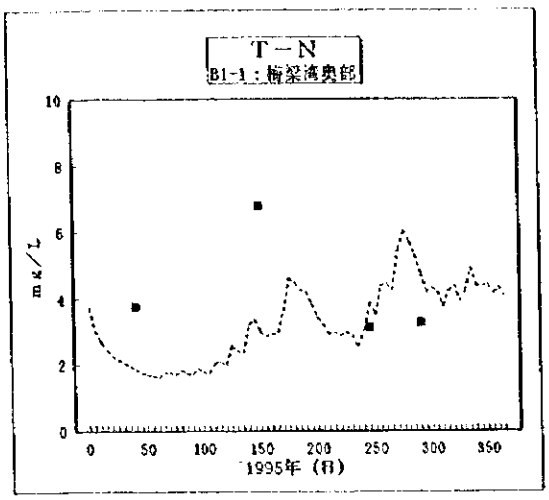
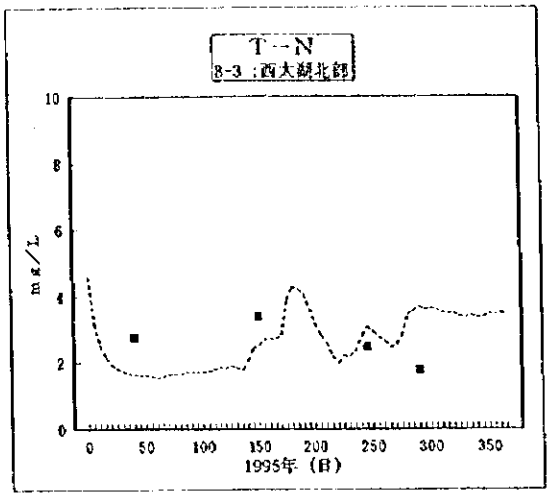


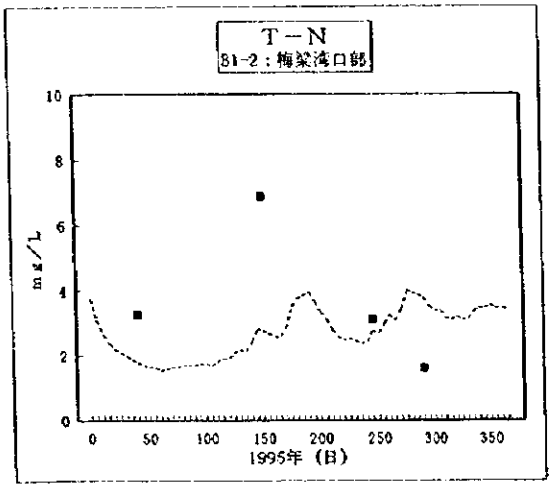
図 5.5.8　水域ブロック別の水質経時変化(2/8)

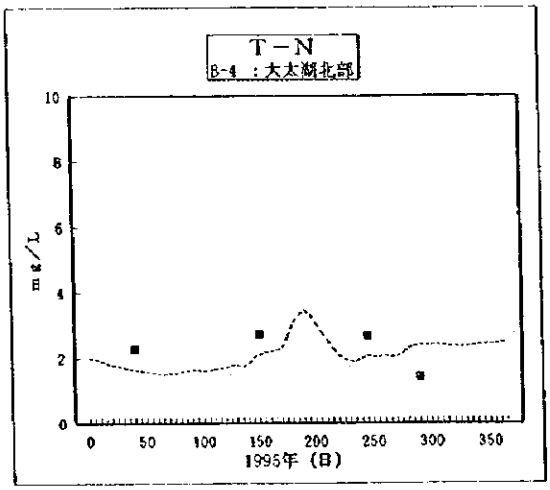
中華人民共和国

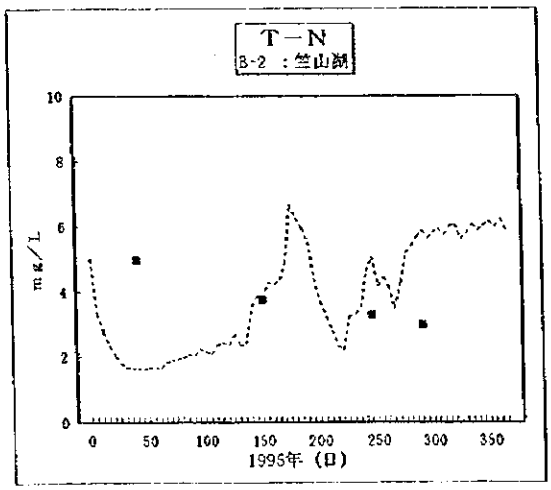
太湖水環境管理計画調査











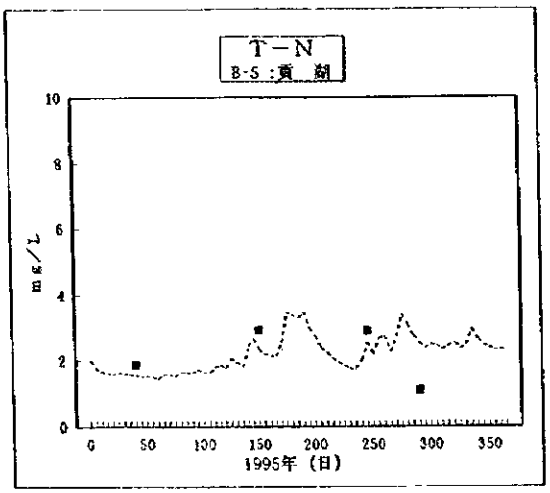
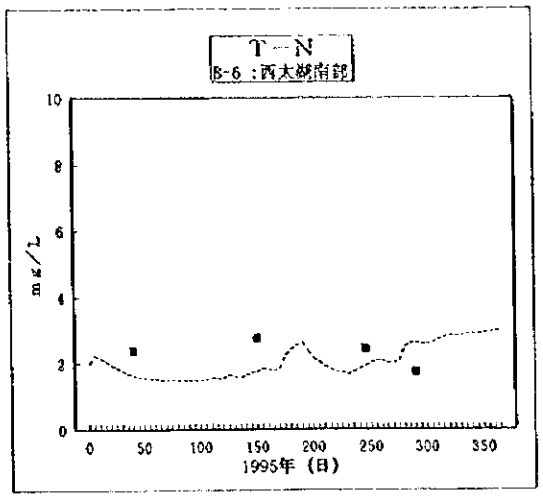
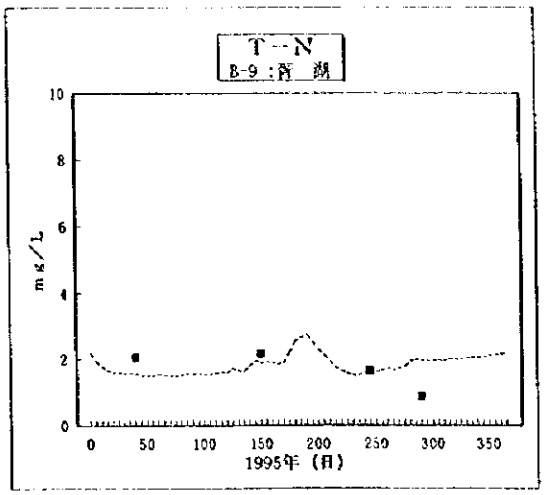


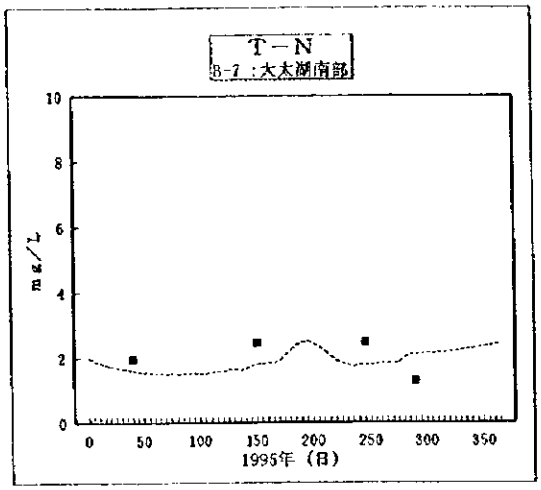
図 5.5.8　水域ブロック別の水質経時変化(3/8)

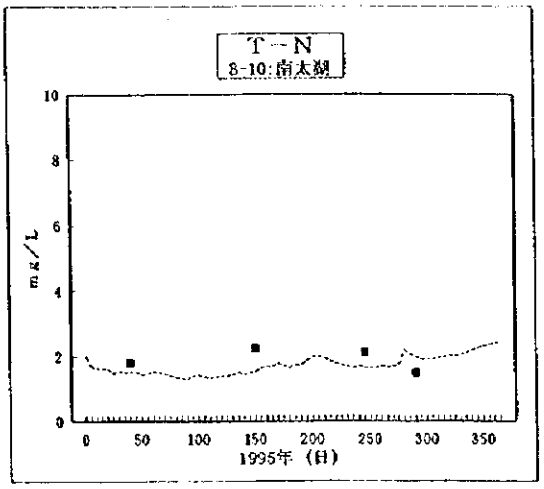
中華人民共和国

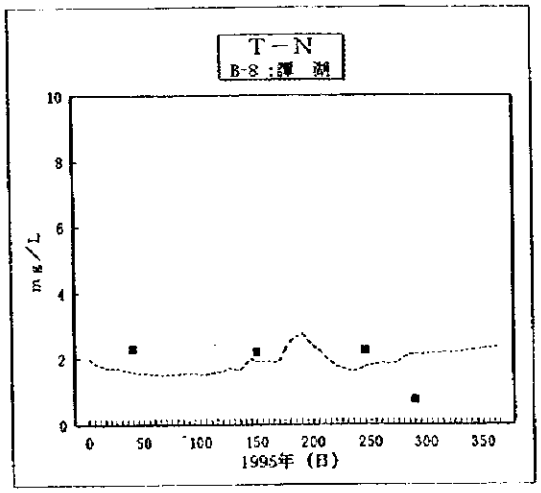
太湖水環境管理計画調査











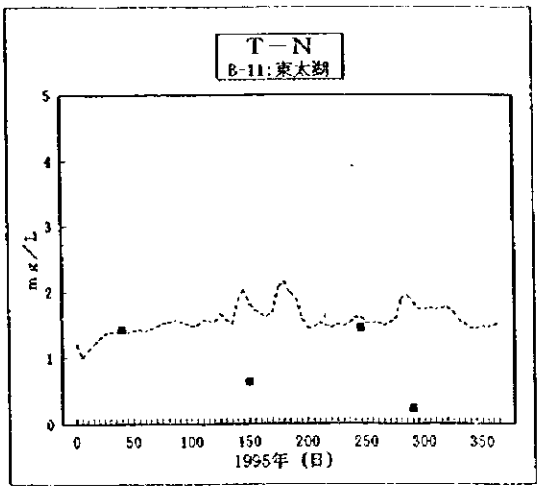


図 5.5.8　水域ブロック別の水質経時変化(4/8)

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

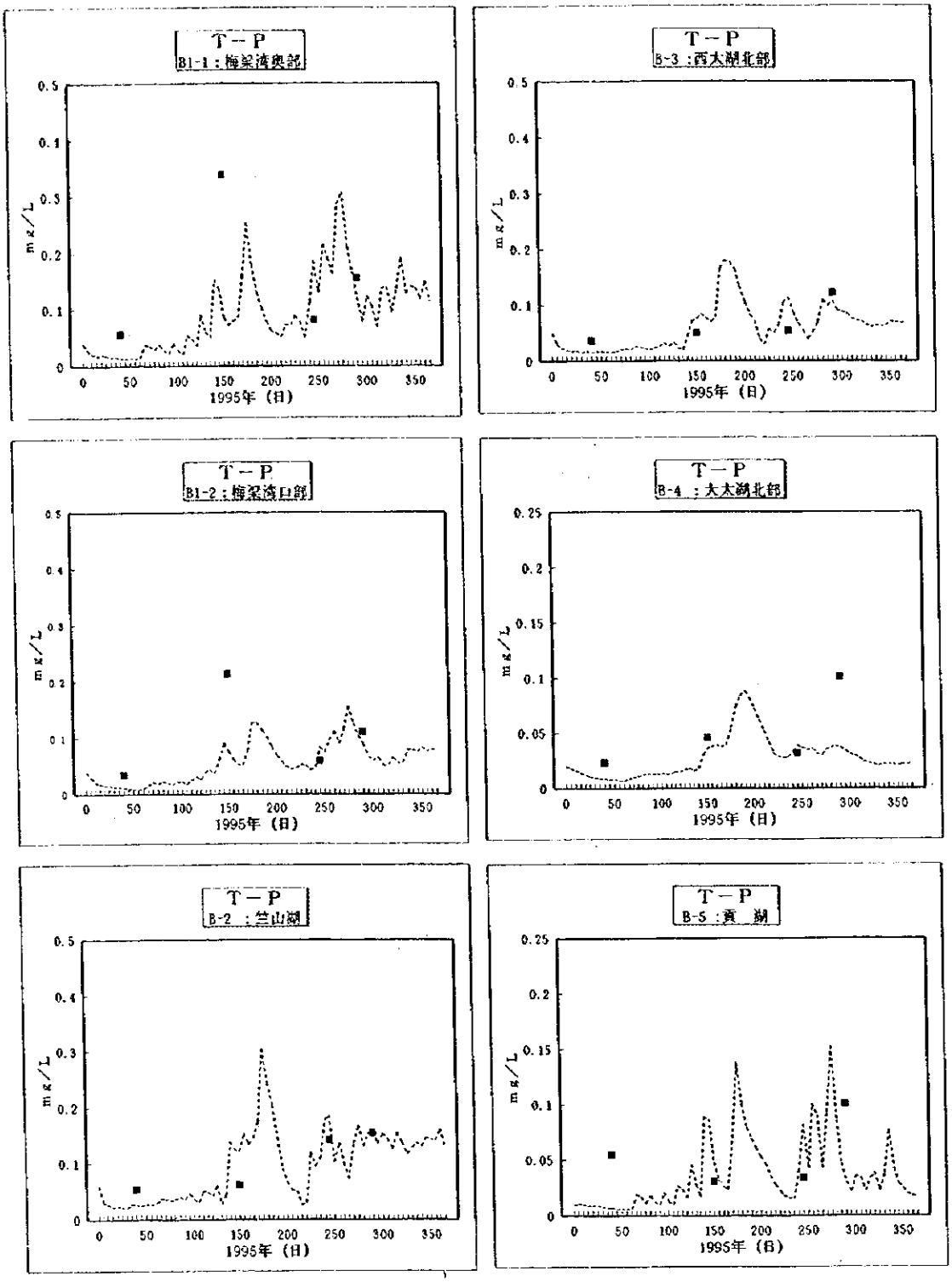


図 5.5.8　水域ブロック別の水質経時変化(5/8)

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

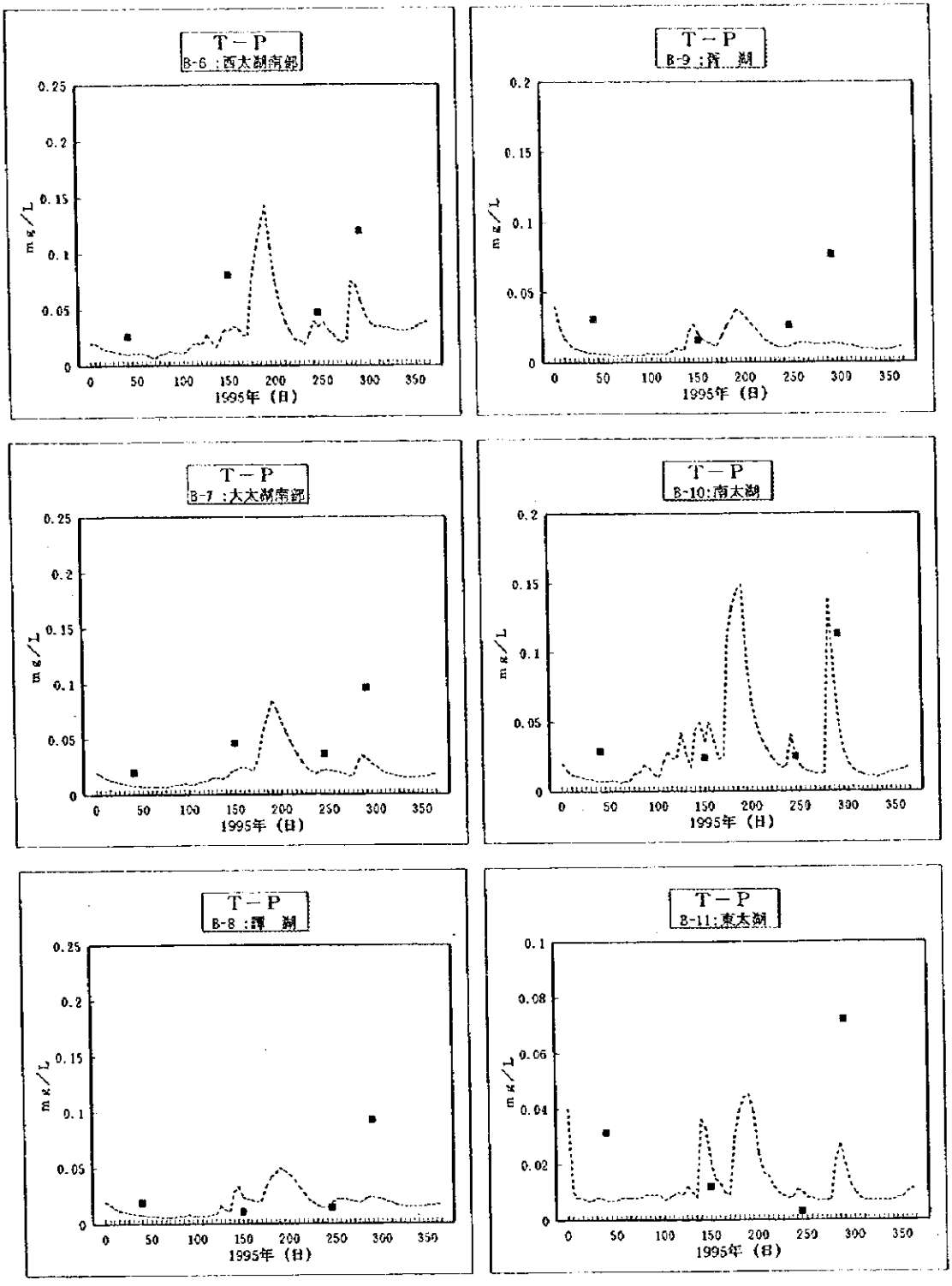
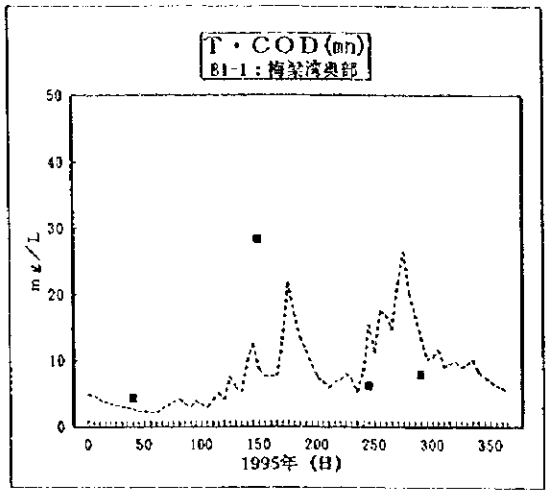
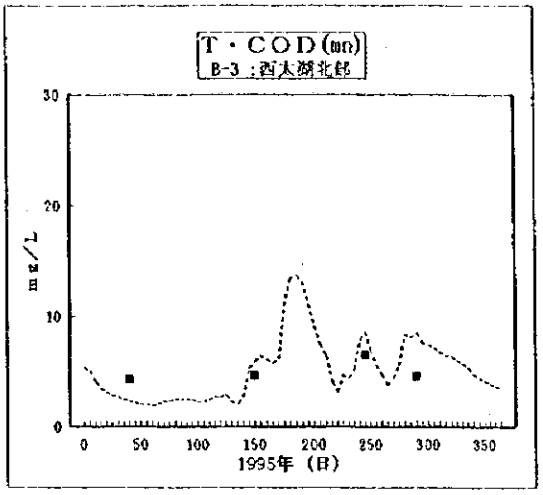


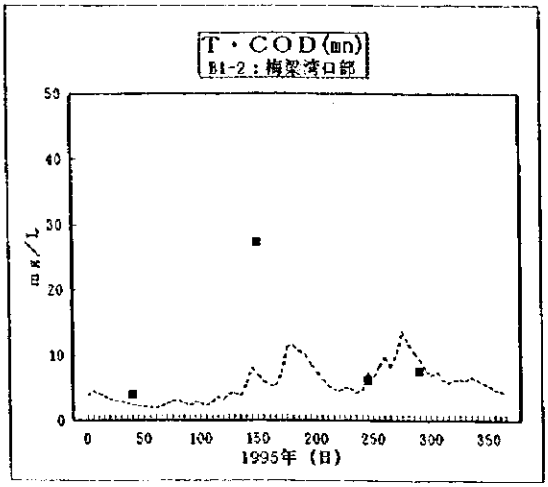
図 5.5.8　水域ブロック別の水質経時変化(6/8)

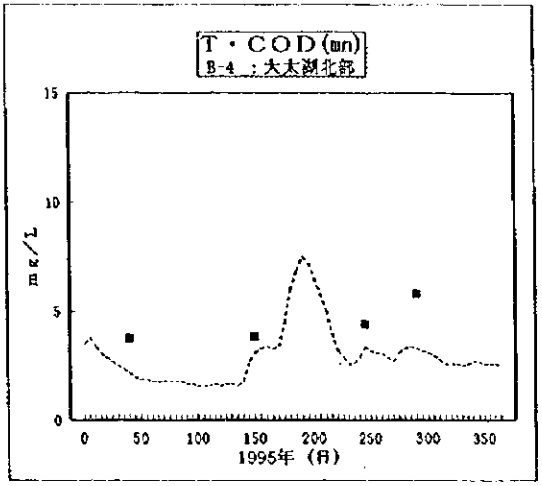
中華人民共和国

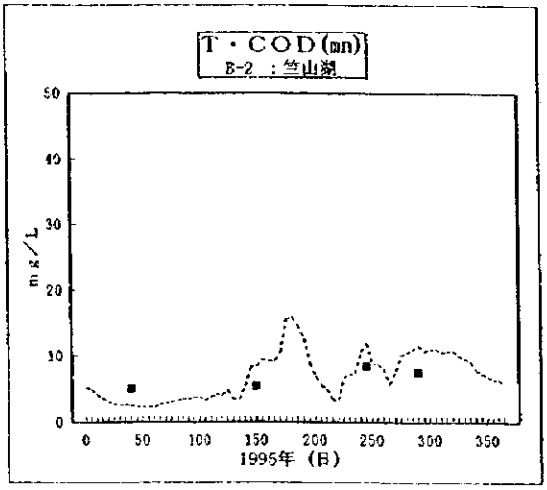
太湖水環境管理計画調査











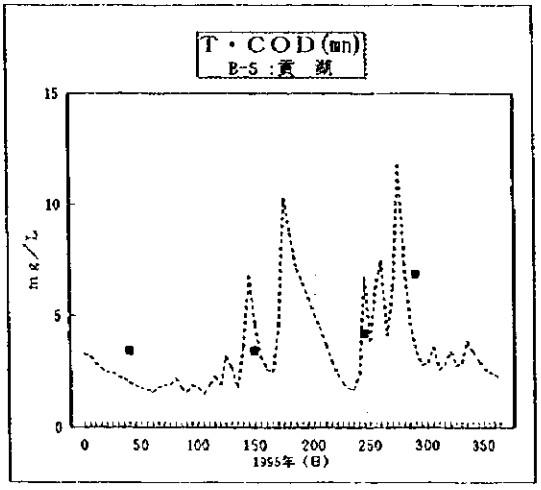
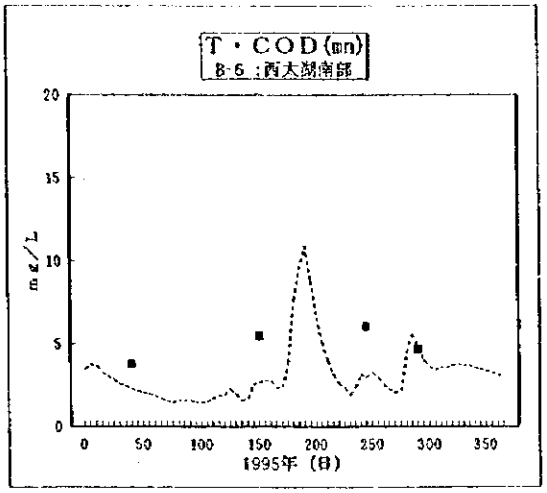
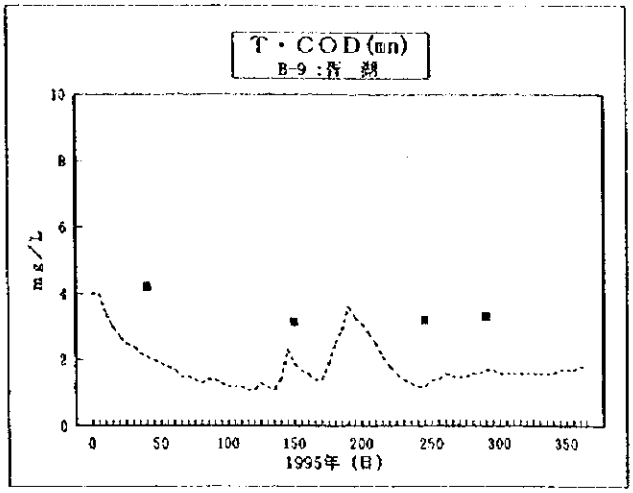


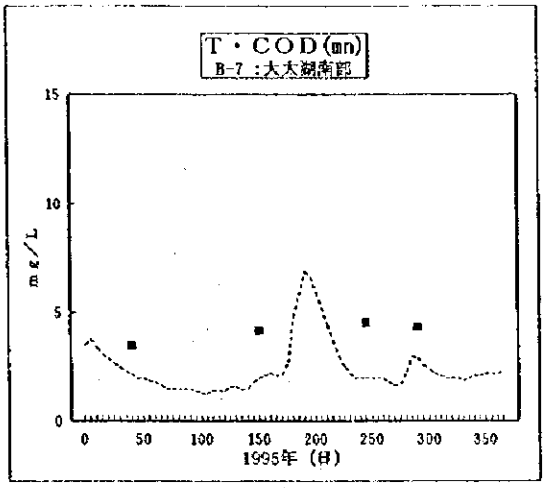
図 5.5.8　水域ブロック別の水質経時変化(7/8)

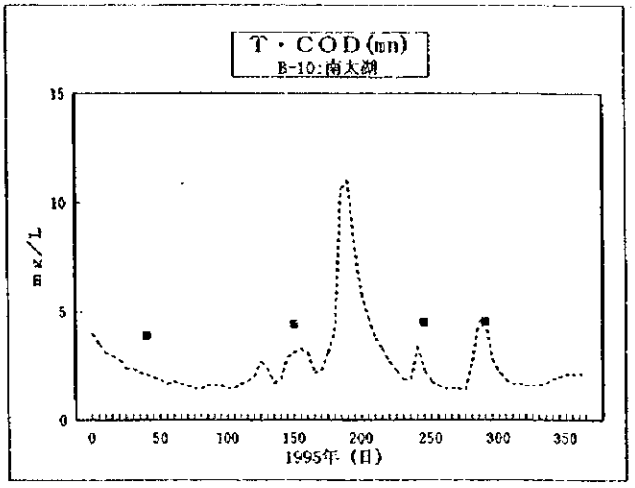
中華人民共和国

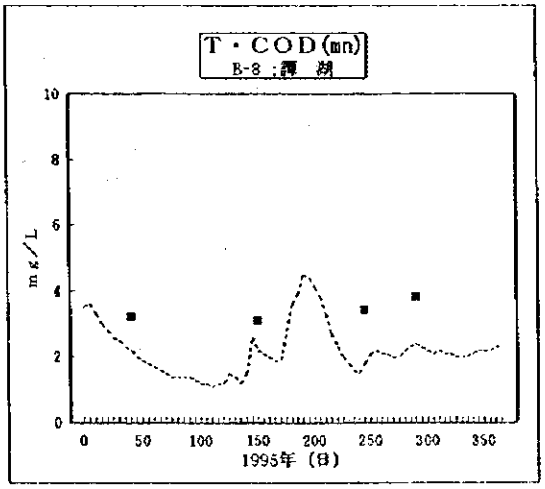
太湖水環境管理計画調査











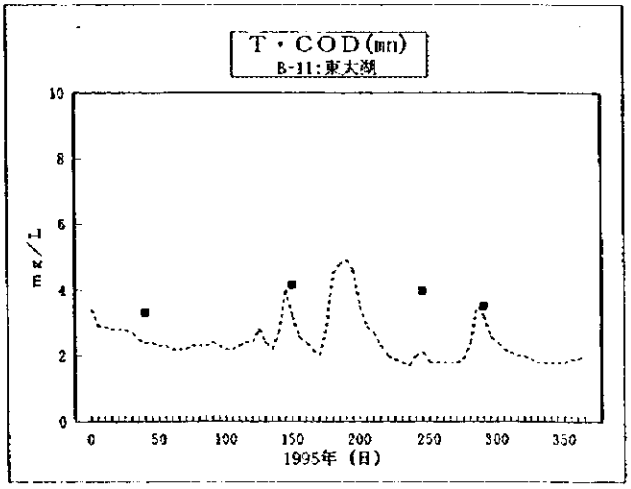


図 5.5.8　水域ブロック別の水質経時変化(8/8)

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

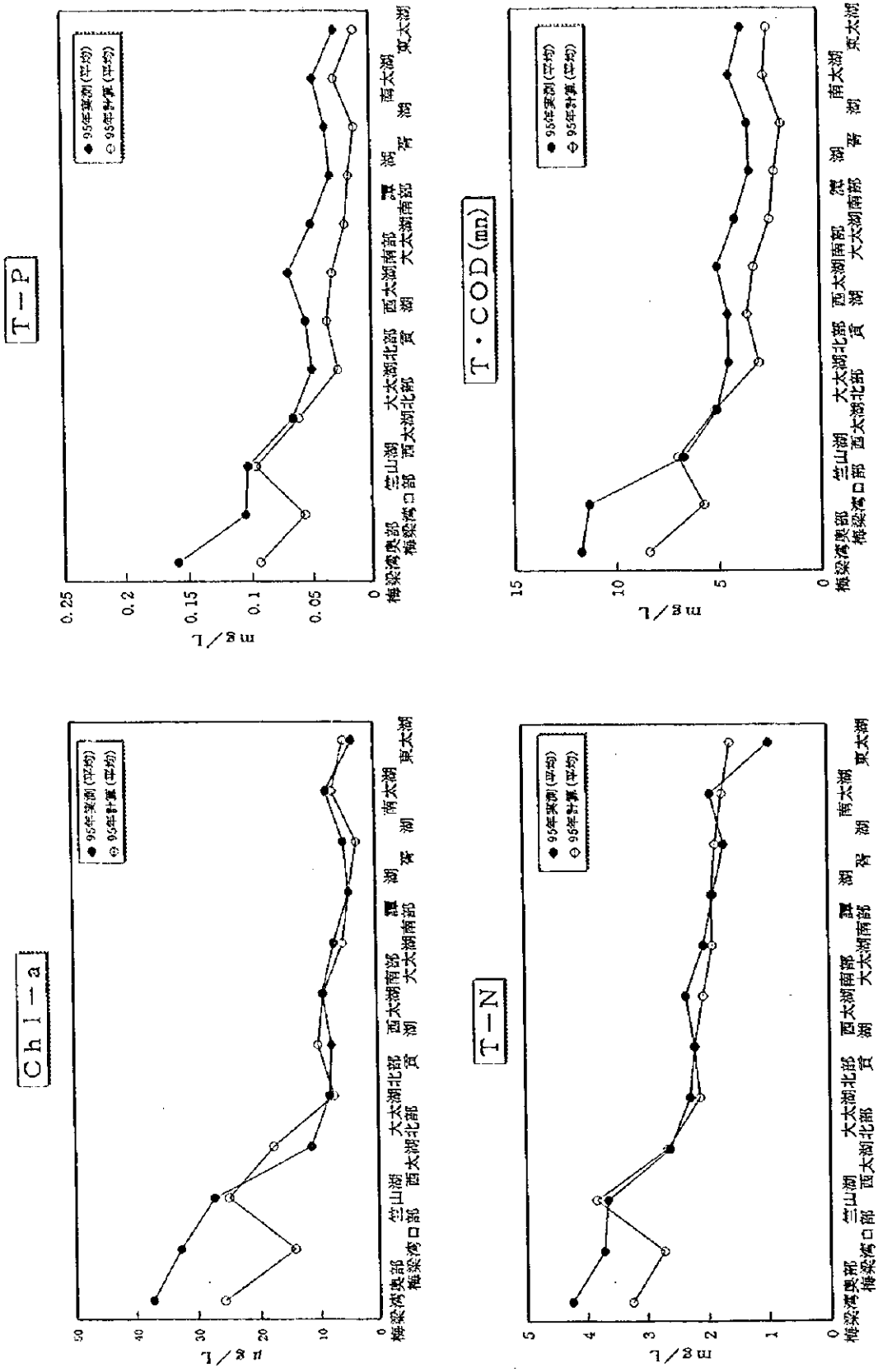


図 5.5.9　湖内水質の再現結果と実測値の比較

(1995 年)

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

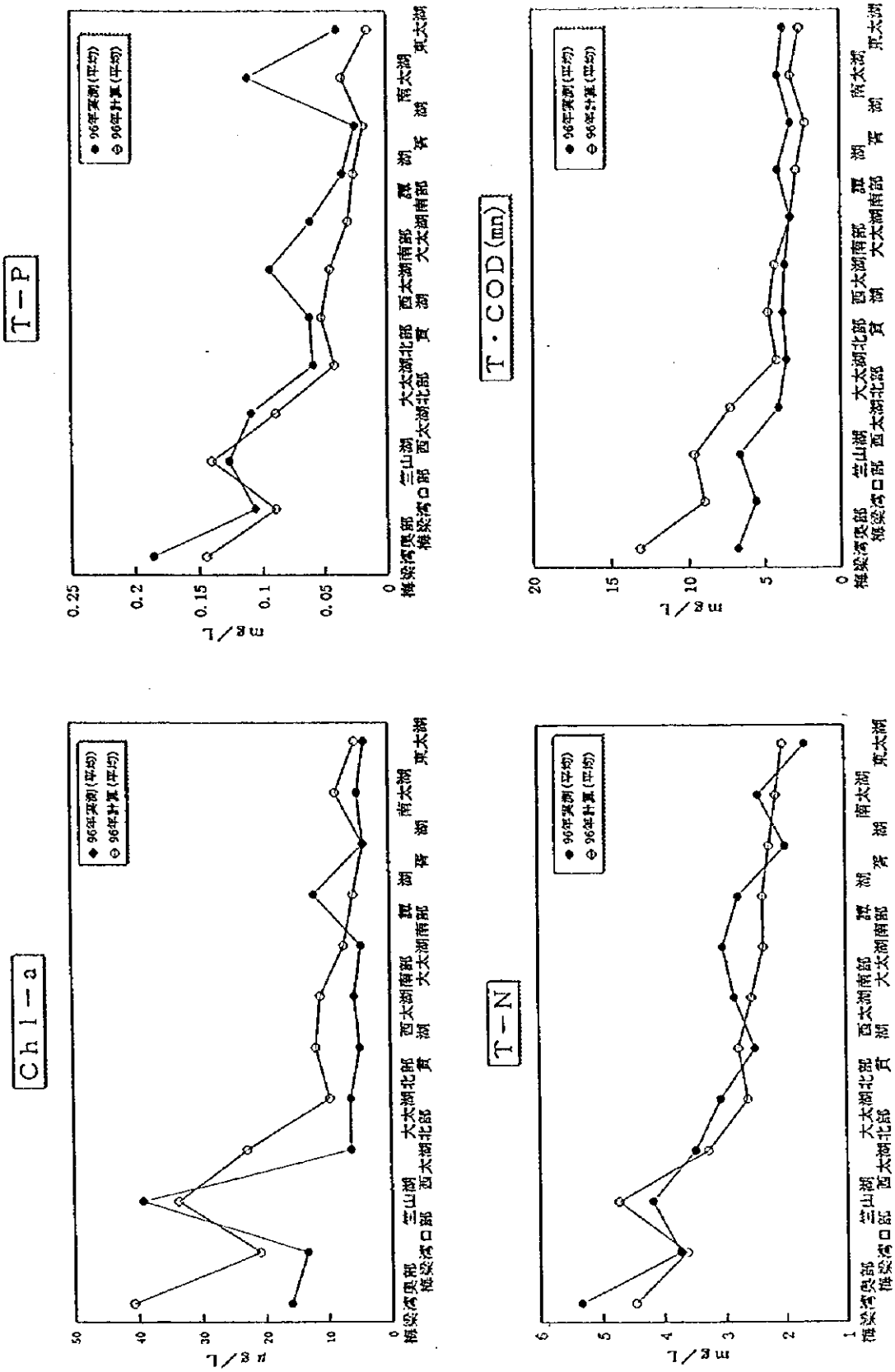


図 5.5.10 湖内水質の再現結果と実測値の比較(1996 年)

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

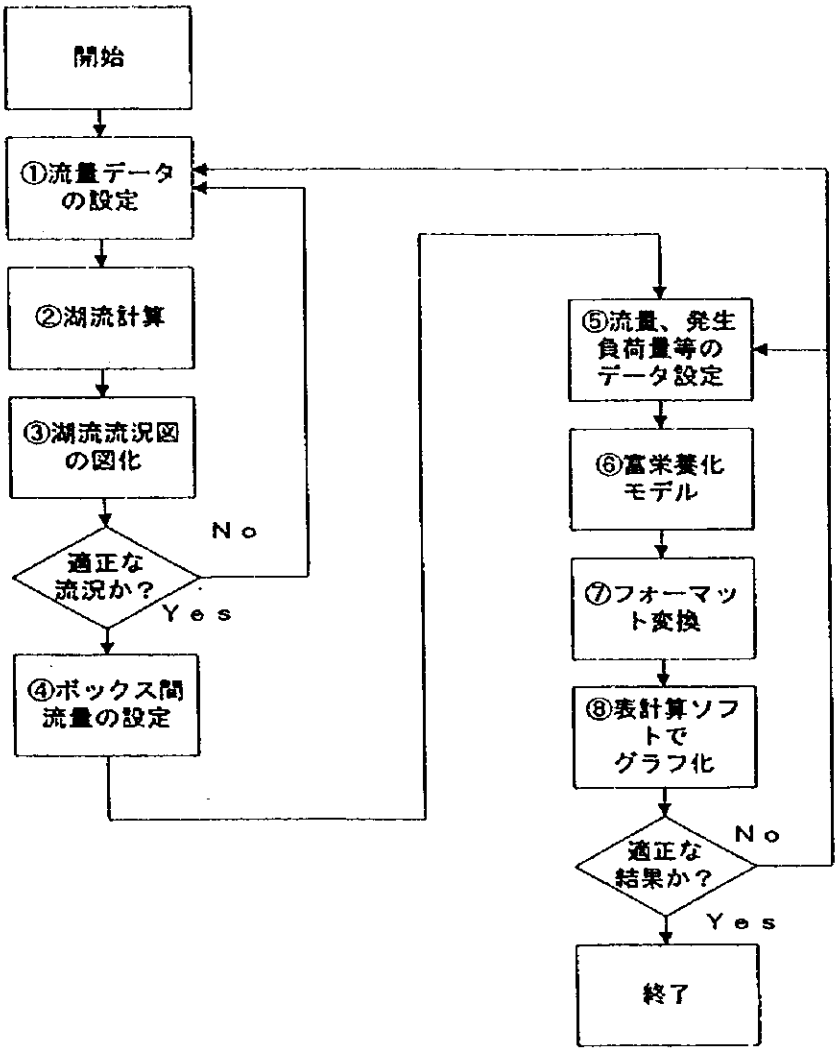


図 5.6.1

太湖富栄養化予測プログラムの操作フロー

中華人民共和国

太湖水環境管理計画調査

第６章

富栄養化対策

目　　次

頁

第６章　富栄養化対策

６－１　概要 …… 6-1
６－２　中国における水環境に係わる制度と基準 …… 6-1
６－２－１　中国における環境保護を目的とした制度と基準 …… 6-1
６－２－２　水環境基準 …… 6-3
６－３　中国による太湖流域における水環境保護対策 …… 6-4
６－３－１　太湖流域水資源保護計画要点報告 …… 6-4
６－３－２　太湖水汚染防治指導小組による太湖水汚染防止対策マスタープラン …… 6-7
６－３－３　太湖流域に属する省・市の水環境保護対策 …… 6-11
６－３－４　下水処理場 …… 6-13
６－４　太湖富栄養化予測モデルによる富栄養化シミュレーション …… 6-16
６－４－１　現況及び2000年富栄養化シミュレーション …… 6-17
６－４－２　2010年及び2020年富栄養化シミュレーション …… 6-20
６－５　水質目標の設定 …… 6-22
６－５－１　水域類型と指標水質項目 …… 6-22
６－５－２　計画目標年における水質目標 …… 6-23
６－６　太湖に適用可能な富栄養化防止対策 …… 6-23
６－６－１　基本的な考え方 …… 6-23
６－６－２　対策の分類 …… 6-25
６－６－３　太湖における富栄養化防止のための基本的対策 …… 6-27
６－７　富栄養化防止対策の基本的検討 …… 6-29
６－７－１　工場排水負荷及び生活排水負荷削減 …… 6-29
６－７－２　ゲート設置による流入負荷削減 …… 6-31
６－７－３　長江からの導水 …… 6-33
６－８　発生源対策の具体的方法 …… 6-37
６－８－１　工場排水対策 …… 6-37
６－８－２　生活排水対策 …… 6-43

表

表 6.2.1　地面水水質基準　(GB 3838-88：現行基準) …… 6-45
表 6.2.2　第二類汚染物認可最高排出濃度 …… 6-46
表 6.2.3　業種別認可最高排水量及び汚染物最高排出濃度 …… 6-47
表 6.3.1　太湖流域河川の水質保全目標 …… 6-56

表 6.3.2　太湖流域湖沼の水質保全目標 …… 6-57
表 6.5.1　太湖ブロック区分と水域類型 …… 6-58
表 6.6.1　富栄養化防止対策・技術の一覧 …… 6-59
表 6.8.1　7 業種別主な工程別工場排水の水質と一般的処理法 …… 6-63
表 6.8.2　各工程から発生する汚水の特徴 …… 6-64
表 6.8.3　水使用合理化の方法 …… 6-66
表 6.8.4　工程内対策及び用水合理化の取り組みの事例 …… 6-67
表 6.8.5　生産工程等の改善による削減効果 …… 6-74
表 6.8.6　除去対象項目別処理方法と処理性能 …… 6-75
表 6.8.7　栄養塩除去技術 …… 6-76
表 6.8.8　窒素及び燐除去法の原理及び特徴 …… 6-77
表 6.8.9　既設下水処理場の改善方法 …… 6-78
表 6.8.10　新規下水処理場で対応可能な処理方法 …… 6-78

図

図 6.4.1　メッシュ別現況 $COD_{(Cr)}$排出負荷量 …… 6-79
図 6.4.2　メッシュ別現況 T-N 排出負荷量 …… 6-80
図 6.4.3　メッシュ別現況 T-P 排出負荷量 …… 6-81
図 6.4.4　メッシュ別 2000 年 $COD_{(Cr)}$排出負荷量 …… 6-82
図 6.4.5　メッシュ別 2000 年 T-N 排出負荷量 …… 6-83
図 6.4.6　メッシュ別 2000 年 T-P 排出負荷量 …… 6-84
図 6.4.7　太湖周囲堤、東苕溪導流東堤沿及び白屈港沿水門の位置 …… 6-85
図 6.4.8　現況及び 2000 年太湖ブロック別年流入・流出水量 …… 6-86
図 6.4.9　現況及び 2000 年太湖主要ブロック別月流入水量 …… 6-87
図 6.4.10　現況及び 2000 年太湖ブロック別年流入負荷量 …… 6-89
図 6.4.11　現況及び 2000 年太湖主要ブロック別 $COD_{(Mn)}$月流入量 …… 6-90
図 6.4.12　現況及び 2000 年太湖主要ブロック別 T-N 月流入量 …… 6-92
図 6.4.13　現況及び 2000 年太湖主要ブロック別 T-P 月流入量 …… 6-94
図 6.4.14　現況及び 2000 年太湖湖流(1995 年型) …… 6-96
図 6.4.15　現況及び 2000 年太湖湖流(1988 年型) …… 6-98
図 6.4.16　現況及び 2000 年太湖ブロック別水質 …… 6-100
図 6.4.17　地級市別合計 $COD_{(Cr)}$排出負荷量の経年変化 …… 6-102
図 6.4.18　地級市別合計 T-N 排出負荷量の経年変化 …… 6-103
図 6.4.19　地級市別合計 T-P 排出負荷量の経年変化 …… 6-104
図 6.4.20　2010 及び 2020 年太湖ブロック別年流入負荷量 …… 6-105
図 6.4.21　2010 及び 2020 年太湖ブロック別水質 …… 6-106
図 6.7.1　排出負荷削減の水質改善効果算定用県・市区ブロック区分 …… 6-108

図 6.7.2　県・市区の排出負荷削減による太湖ブロック別 COD(Mn)濃度改善効果 ・・・ 6-109
図 6.7.3　県・市区の排出負荷削減による太湖ブロック別 T-P 濃度改善効果・・・・・・・・ 6-113
図 6.7.4　2020 年における水質基準 II 類達成のための県・市区の排出負荷削減率 ・・ 6-117
図 6.7.5　既存及び計画ゲート位置と水理的富栄養化防止対策案・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-118
図 6.7.6　竺山湖流入河川ゲート設置による年流入流出量の変化・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-119
図 6.7.7　竺山湖流入河川ゲート設置による月流入流出量の変化・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-120
図 6.7.8　竺山湖流入河川ゲート設置による水位上昇検討地点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-121
図 6.7.9　竺山湖流入河川ゲート設置による水位上昇・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-122
図 6.7.10　2010 年竺山湖ゲートによる水質改善効果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-126
図 6.7.11　長江導水における太湖ブロック別年流入・流出水量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-128
図 6.7.12　長江導水における主要太湖ブロック別月流入水量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-129
図 6.7.13　日平均導水量・・ 6-130
図 6.7.14　長江導水における 2010 年太湖ブロック別水質・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-131
図 6.7.15　長江導水と宜興市負荷削減との太湖水質改善効果の比較(2010 年)・・・・・・・・ 6-133
図 6.7.16　II 類水質基準達成負荷削減策に対する長江導水の太湖水質改善効果・・・・・・ 6-134
図 6.8.1　7 業種の製造工程図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-135
図 6.8.2　汚濁発生源と対策システム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-140
図 6.8.3　窒素及び燐除去方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6-141

第6章　富栄養化対策

6－1 概要

富栄養化対策の内容は次の通りである。最初に中国における水環境に係わる制度と水環境基準について述べ、中国政府によって太湖流域において実施、もしくは計画中の水環境保護対策について説明する。ついで、本調査で開発した太湖富栄養化予測モデルを、目標年、すなわち2000年、2010年及び2020年における排出負荷量と対策に適用し、この時点における太湖水質の予測を行う。

さらに、中国において湖沼に適用されている水域類型と水質基準に基づき、本調査の計画目標年における太湖の水域ブロック別の水質目標を設定する。ついで、富栄養化防止対策として、従来湖沼に適用されてきた対策・施策を紹介・分類した後で、現況及び目標年における排出負荷量、水質状況等を考慮して、今後適用して行くべき、太湖における基本的対策を選定する。

ついで、この基本的対策、すなわち工場排水・生活排水負荷の削減、ゲート設置による流入負荷の削減及び長江からの導水に関して、太湖水環境保全対策計画としての実施可能性評価のため、水質改善効果を詳細に検討すると同時に、こうした対策によって生ずる水質や水量の問題に関して収集できた資料の範囲内での検討を行う。

最後に、工場排水負荷削減に関する具体的な検討として、業種別に工場排水量の可能削減率や排水処理施設による負荷削減率を推定するとともに、生活排水対策としての下水処理場に関して適用可能な処理方法の検討を行う。

6－2　中国における水環境に係わる制度と基準

6－2－1　中国における環境保護を目的とした制度と基準

国家環境保護法は1979年に試行され、1989年に制定されたもので、中国の環境政策の根拠となっており、（1）汚染の未然防止、（2）汚染者（開発者）の汚染防止責任、（3）環境管理の強化という３つの基本的な考え方を土台にして構成されている。

（1）　汚染の未然防止

“汚染の未然防止”に対応する制度としては、「三同時制度」、「環境影響評価制度」、「汚染物質排出許可制度」がある。「三同時制度」は環境汚染の防止施策を生産と同時に設計し、

生産と同時に機能させるという制度で、国家重点プロジェクトでは現在ほぼ 100%実施されているとされる。

又、「環境影響評価制度」は建設プロジェクトの計画・設計・施工・稼動の各段階で事業主体が環境影響評価大綱及び報告書を作成し、環境影響評価表および公害防止装置の報告を行い、これを各級の環境保護局が審査・承認する制度である。

「汚染物質排出許可制度」は、地域の環境容量を決定し、それに応じて汚染物質の総量を規制することを目的としたもので、発生源の排出汚染物質を登録させて排出量を割り当て、許可証を発行する制度である。

（2）　汚染者の汚染防止責任

“汚染者の汚染防止責任”に対応する制度としては「排汚費制度」と「期限付き汚染防除制度」がある。「排汚費制度」は、国及び地方の排出基準を超えて汚染物質を排出している汚染者に対して超過量に応じて罰金（排汚費）を課す制度で、当初は経済発展を阻害するものとして受け入れられなかったが、80 年代に入ってから本格的に適用されるようになった。徴収された排汚費の 20%は環境保護局の観測機器などの設備費として使用できるが、80%は企業の汚染処理施設の設備費として有償で貸し付けられる。

「期限付き汚染防除制度」は、環境基準を超えて汚染物質を排出する汚染者に対して期限内に基準をクリアするための計画を提出させ、資金調達を義務付ける制度で、期限を過ぎても基準をクリアできない場合には罰金、操業停止、閉鎖が適用される。

（3）　環境管理の強化

“環境管理の強化”に対応する制度としては「環境保護の目標責任制度」、「全国環境監視管理条例」がある。「環境保護の目標責任制度」は、地方政府及び企業の責任者の環境保護に対する責務を明確にしようとするもので、地方級人民政府及び汚染物質排出企業は環境改善について環境目標及び各年度の事業目標を作成し、検査・評価を受ける制度である。

「全国環境監視管理条例」は 1987 年に制定され、環境監測機構の職務、責務、環境監測ネットワークが規定されている。これによると、環境監測ネットワークには、国家環境保護局直轄（1級）、省・自治区直轄（2級）、市直轄（3級）、県・区直轄（4級）の４つのレベルがあり、原則として年４回、20 数項目の水質測定を実施することが定められている。

6－2－2　水環境基準

(1)　河川・湖沼の水質基準

中国の水環境基準は、地面水水質基準、漁業用水基準、農業用水基準及び景観・娯楽用水基準から構成される。この内、太湖及び周辺河川の水質保全に特に関係するのが地面水水質基準(GB 3838-88) である(表 6.2.1)。

地面水水質基準は、「環境保護法（試行）」と「水汚染防止法」を施行し、河川・湖沼等の水汚染を抑制し、水資源を保護するために、1988 年に旧基準に替えて新しく制定されたもので、水域を利用目的から下記の５類に分類し、30 項目の上限値を定めている。

Ⅰ類　：　主に水源、国家自然保護区に適用

Ⅱ類　：　主に集中型生活飲料水水源地一級保護区、希少魚類保護区、魚エビ産卵場等に適用

Ⅲ類　：　主に集中型生活飲料水水源地二級保護区、一般魚類保護区及び遊泳区に適用

Ⅳ類　：　主に一般工業用水区及び人体に直接触れない娯楽用水区に適用

Ⅴ類　：　主に農業用水区及び一般景観水域に適用

複数の機能を持つ水域に対しては最も高い分類の値を適用し、季節性の高い機能については季節ごとにそれぞれ分類することになっている。

地面水水質基準では COD 及び T-N の値が定められていなかったので、湖沼を対象にして $COD_{(Mn)}$ と T-N 値がⅡ類とⅢ類について定められた(1996 年)。これらの基準及び地面水水質基準によって、中国の湖沼の $COD_{(Mn)}$、T-N 及び T-P に関する水質基準は以下の様になる。

項目	水域区分	濃度 (mg/l)
$COD_{(Mn)}$	II 類	4.0 以下
	III 類	6.0 以下
T-N	II 類	0.60 以下
	III 類	1.20 以下
T-P	II 類	0.025 以下
	III 類	0.050 以下

（2）　排水水質基準

汚水総合排出基準(GB8978-88)は排水の水質基準を１級、２級、３級に分類して定めており、汚水・廃水を排出するすべての企業もしくは事業体に適用される。

この基準では、地面水水質基準（GB3838-88）のⅠ、Ⅱ類水域（特殊保護水域）に対しては新たに排出口を設置してはならないこと、既に汚水を排出している企業・事業体は規定の水質基準を満たさなければならないこと、Ⅲ類水域（重点保護水域）に排出する汚水は１級基準を満足しなければならないこと、Ⅳ、Ⅴ類水域に排出する汚水は２級基準を満足しなければならないこと等が定められている。なお、下水道に排出され、二級汚水処理場で生物学的に処理された放流水は３級、二級汚水処理場の設置されてない下水道に排出された汚水は１級または２級とみなされる。

また、汚水総合排水基準では汚染物を第一類汚染物（環境あるいは動植物体内に蓄積され、人間の健康に対し長期にわたって影響を及ぼすもの）と第二類汚染物（長期間にわたる影響は第一類汚染物質より小さくても、毒性の強いもの）の２種類に区分し、それぞれの規格別最高許容排出濃度を定めている。

表 6.2.2 に第二類汚染物の最高排出濃度を、又、表 6.2.3 に業種別認可最高排水量及び汚染物最高排出濃度を示す。

６－３　中国による太湖流域における水環境保護対策

６－３－１　太湖流域水資源保護計画要点報告

太湖流域における水環境保護計画の柱の１つは、「太湖流域水資源保護計画要点報告」であり、「1988 年度太湖流域水質調査検討」の結果に基づいて、1990 年 12 月に太湖流域水資源保護局部により策定され、水利部と国家環境保護局の共同審査を通った。

この計画に示されている水質保全目標及び水資源保護対策の概要は下記の通りである。

（1）　太湖流域の水質保全目標

地表水水質基準 GB3838-88 に基づき、太湖及び太湖流域内の湖沼、河川の水質保全目標はそれぞれの機能を考慮して表 6.3.1 及び 6.3.2 の様に設定された。

(2) 水資源保護対策

「太湖流域水資源保護計画要綱」では水質保全の重点水域を太湖（2,428 km²）、黄浦江（淀蜂～河口間 82.5km）、江南運河（鎮江～杭州間 312km）とし、下記の施設的対策及び制度的措置からなる水資源保護対策が提案されている。

① 施設的対策

a. 太湖水質保全事業計画

- 湖岸主要都市の下水処理施設の建設

  汚水を太湖に直接排出している湖州、長興、宜興と汚水のかなりの部分が太湖に流入している無錫、常州、蘇州の各都市において下水処理場を建設する。湖州、長興、宜興の汚水処理場処理能力はそれぞれ3万 ton/日, 1万 ton/日及び 3万 ton/日とする。

- 太湖周囲堤の建設

  既設水門の水密部の改善、新規水門設置によって汚水が太湖へ侵入することを防止する。（周囲堤の詳細は世銀プロジェクトの項を参照）

- 望虞河事業

  長江からの導水によって水質の改善・維持を図る。（望虞河事業の詳細は世銀プロジェクトの項を参照）

- 富栄養化防止対策

  ・太湖流入河川上流域・湖岸・農地からの土砂、T-N、T-P の流入を軽減する。

  ・太湖周辺の河川、湖沼を滞水池として利用し T-N、T-P を低減させる。又、汚染が深刻化している流入河川にゲートを設け、T-N、T-P の流入を防止する。

  ・太湖内における養殖漁業の制限、水草の導入によって T-N、T-P の内部生産を押さえる。

  ・太湖の底泥浚渫や藻類の除去を行なう。

b. 黄浦江治理計画

- 中港汚水排水対策

黄浦江上流域の水質改善のため、工場団地の汚水をパイプラインとポンプによって杭州湾に排水する。

- 竹園排水汚濁対策

蘇州地区汚水の黄浦江への流入防止のため、排水路を整備することによって長江へ直接排出する。

- 水質改善のための導水対策

太浦河の浚渫によって太湖の湖水をより多く黄浦江へ導入し、水供給量の増大と水質改善を図る(世銀プロジェクトの項を参照)。

c 江南運河治理計画

- 常州区間

・下水道を整備すると共に既存の汚水処理場の質的・量的改善を図る。

・湖西用排水事業（世銀プロジェクトの項を参照）の早急な実施を図る。

- 無錫区間

・19 箇所の大口汚濁発生源の汚水を減少させる。

・汚水処理場を建設する。

・犢山プロジェクト（その他プロジェクトの項を参照）を早急に実施し、太湖の湖水により汚濁した河川水を希釈する。

・武澄錫用排水事業（10 大プロジェクトの項を参照）を早急に実施する。

- 蘇州区間

・大口汚濁発生源の汚水を減少させる。

・汚水処理場の処理能力を向上させる。

- 嘉興区間

汚水処理場を建設する。

- 杭州区間

排水路を建設し、汚水を処理した後に銭塘江へ排水する。

② 制度的措置

a. 流域水資源保護条例の制定

太湖流域では1982年に江蘇省によって太湖水源保護条例が、又1985年には上海市によって黄浦江上流水源保護条例が定められ一定の成果をあげているが、さらにこれを広げて太湖全流域を対象とする水資源保護条例を制定する。

b. 太湖流域水資源保護委員会の設置

水利部、国家環境保護局、上海市、江蘇省、浙江省の代表者及び太湖流域水資源保護局からなる太湖流域水資源保護委員会を設立し、市、省の境界を越え、共同して太湖流域の水資源を保護する。

c. 適正水使用計画の策定

d. 水環境目標の管理と汚水排出抑制の措置

e. 水環境観測と調査研究の強化

6－3－2 太湖水汚染防治指導小組による太湖水汚染防止対策マスタープラン

本水汚染防止対策マスタープランは、1996年4月12日～14日に無錫で開催された太湖水汚染防止対策会議(主催:国務院、事務局:江蘇省環境保護局)で設置が決定された太湖水汚染防治指導小組によって策定されたもので、1998年2月に「中国太湖水汚染防治長遠規劃（～2010年）」として国務院により承認されたようである。JICA調査団はこの文書を入手することができなかったが、太湖流域管理局から口頭で伝えられたその概要は下記の通りである。

(1) 概要

本対策（案）の計画目標年は短期2000年、長期2010年で、短期はさらに1998年までと1999年から2000年までに分けられている。それぞれの目標年のおける目標は下記の通りである。

① 1998年までに重点汚染源に対して、汚水総合排出基準（GB8978-96）を満足させる。

② 2000年までに河川及び地下水の水質を地面水水質基準(GB 3838-88)を満足する様レベルまで改善する。

③ 2010年までに太湖の富栄養化問題を解決する。

以上の目標を達成するため、1994年における発生負荷量を、工業、生活、農村面源、水産養殖、土砂流出、湖浜帯生活排水、湖面、ごみ・ちり、船からの投棄物及び底泥に分割して算定し、これに基づき、2000年及び2010年における排出負荷量を推定している。ただし、これを具体的にどのようにして求めたかは、記述されていない。

（2） 改善計画

各年における改善計画は下記の通りである。

① 1996年～1998年

- リン洗剤を1998年までに禁止
- 工業排水基準達成
- 生活排水基準達成(ホテル、レストラン、療養所)
- 梅梁湾、五里湖における養殖網の禁止
- 生活排水-下水処理場建設(主要郷・鎮33箇所)
- 面源対策
- クリーン生産技術の試験

② 1999年～2000年

- 生活排水-下水処理場建設(主要郷・鎮63箇所)
- 重点汚染源の排出削減
- 主要入出河川の統合管理
- クリーン生産技術の実施

③ 2001年～2010年

- 生活排水対策の継続
- 重点汚染源対策-問題工場の廃止、移転
- 総量・濃度規制の完成

これら対策を実施する上での重点保護水域は、水道水源である梅梁湾(100 km^2)、貢湖(180 km^2)、東太湖(130 km^2)及び蘇州周辺(150 km^2)である。

(3) 1999年から2010年までの地区別対策

① 梅梁湾・五里湖重点汚染対策地区

- 下水処理場建設(生活・工業)、無リン洗剤の普及
- 底泥浚渫(梅梁湾、五里湖)
- 水生植物の回復
- 養殖網の禁止
- 河川汚水のゲートによるコントロール(直湖港、梁溪河、武進河)
- 藻類の除去(回収船)
- 水道取水口の移転

② 湖西汚染対策地区

- 生活排水対策(下水処理場、自然浄化)
- 工業排水(各工場)
- 家畜
- 農地改善・管理効率化
- 河川水浄化対策(底泥浚渫、生態的方法)

③ 浙西汚染対策地区

- 生活排水対策
- 工業排水対策
- 農地改良
- 土砂流出対策
- 水道水取水口移転

④ 望虞河汚染対策地区

- 工業排水対策(26箇所の重点汚染源に対する改善命令)
- 生活排水対策
- 農地改善
- 水理構造物の建設
- 望虞河の浚渫
- 望虞河東側ゲートの建設
- 長江ゲート及びポンプ場の建設
  (以上1997年)
- 望虞河西側におけるゲート建設(2000年)

- 長江ゲート及びポンプ場の建設
  (以上 1997 年)
- 望虞河西側におけるゲート建設(2000 年)

⑤ 湖浜帯保護区(岸から 5 km)

- 地域管理プロジェクト(ホテル、レストラン、療養所) - 汚水レベルの低減
- 保護帯工事、湖周辺の緑化、生態系
- 滞水池

⑥ 東太湖・太浦河汚染対策地域

- 水産養殖の制限
- 底泥浚渫
- 生活排水対策-下水処理場の建設
- 水理工事
- 太浦河の浚渫(2000 年まで)
- ポンプ場の建設
- 北側ゲートの建設(洪水時-北部の防御、低水時-北部からの汚水の流入防止)
- 水道取水口の位置変更

(4) 水質目標

① 2000 年における水質目標

地区	$COD_{(Mn)}$(mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
五里湖	5.0	2.5	0.080
梅梁湾	4.0	2.0	0.080
西部沿岸区	4.0	1.4	0.050
湖心及び東部沿岸区	3.0	0.8	0.050
太湖平均	3.2	1.0	0.050

② 2010 年の水質目標

地区	$COD_{(Mn)}$(mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
五里湖	4.0	1.4	0.050
梅梁湾	<4.0	1.4	0.050
西部沿岸区	<4.0	0.8	0.025
湖心及び東部沿岸区	<3.0	0.5	0.025
太湖平均	3.0	0.6	0.025

6－3－3　太湖流域に属する省・市の水環境保護対策

太湖流域管理局、太湖流域水資源保護局とは別に、省・市は環境保護部門が中心となって管轄域内にある河川・湖沼の環境改善計画を検討し、一部では対策事業にも着手している。これらの計画や対策の概要を以下に述べる。

（1）　江蘇省

江蘇省はすでに1982年に「太湖水源保護条例」を公布していたが、太湖の水汚染防止の強化、太湖水質の保護・改善、住民の健康保護、経済と環境の調和的発展を目的として、この条例に替わる「江蘇省太湖水汚染・水質保護条例」を1996年1月に公布した。

この条例は江蘇省人民政府の環境保護部門が太湖の水汚染防止業務を主管し、計画・経済・水利・建設の各部門と関係する市・県人民政府の協力を得て「太湖水汚染防止計画」と「排出負荷総量規制計画」を策定することと、「太湖への排出基準」、「市・県境界河川の水質基準」、「入湖河川への排出負荷総量基準」を設定することを義務付けている。

工場・事業所に対しては1999年1月1日よりこれらの基準が適用され、基準を違反した場合は地方人民政府により操業停止や罰金等が課せられる。基準を守るための水汚染防止施設は工場・事業所本体と同時に設計・施工・稼動させなければならず、それぞれの段階で県レベル以上の地方人民政府の審査を受ける必要もある。

太湖流域は以下のような3種類の保護区に分類され、それぞれに対してレベルの異なる規制が設定されている。

① 1級保護区：太湖及びその沿岸5 km以内の地域、入湖河川の入湖口から上流10 km地点までの沿岸1 km以内の区域

② 2級保護区:太湖及び重要湖沼の入湖河川の入湖口から上流50 km地点までの沿岸1 km以内の区域

③ 3級保護区：その他の区域

1級保護区では以下の行為が禁止される。

- 製紙、化学、医薬品、皮革、醸造、染料、染色、メッキ、その他の窒素・リン排出工場の新設・拡張
- 太湖及び入湖河川への人及び動物の糞便、養魚池・川に堆積した汚泥等の排除

- 太湖及び入湖河川への油、酸、アルカリ、有毒固体廃棄物、病原体を含む汚水、産業廃棄物、生活ゴミ等の投棄
- 太湖及び入湖河川での油または汚染物輸送車の洗車
- 太湖沿岸における下水排水口の新設、梅梁湾・五里湖沿岸における汚水排出口
- 上水取水口から1km以内の範囲における養魚施設・畜舎・観光施設等の設置
- 山林の破壊、植物・水生生物の除去
- リン含有洗剤の販売と使用

2級保護区では以下の行為が禁止される。

- 基準に達しない製紙、化学、医薬品、皮革、醸造、染料、染色、メッキ、その他の窒素・リン排出工場の新設・拡張
- リン含有洗剤の販売と使用

なお、この条例では太湖の水汚染防止のための対策として以下のようなものを挙げている。

- 産業構造を省資源産業、負荷排出量の少ない産業を主体とするものに変えるとともに、クリーン生産技術を発展させる。
- 有機肥料を合理的に使用する農業を発展させ、植林を促進する。
- 湖の埋め立ては行わない。
- 太湖の水質を保護するような水利工事を実施する。
- 水産養殖の規模と範囲を抑制する。
- 水生生物と底生生物を保護し、生態系のバランスを維持する。
- 都市の下水処理施設を増やし、ゴミの無害化・資源化を図る。
- 船舶からの汚染物質の排出を規制し、港湾に汚物処理施設を設置する。
- 期限内に基準を守らない工場に対しては指導あるいは操業中止を命ずる。

(2) 無錫市

太湖の水汚染の影響を直接受ける無錫市ではこれまでもいくつかの水環境改善対策を実施してきたが、1995年に改めて以下の10大措置を講ずることを決定した。

① 都市生活排水の処理

1995年に10万ton/日規模の下水処理場を完成させたが、1997年には同規模の処理場をもう1つ完成させる。また、その後も2つの処理場を建設し、生活排水の処理率を急速に高める。

② 工場の立地規制

1991 年以降、用水型の工場、排出負荷量の多い工場の新設は許可していない。このような工場の立地規制を今後も継続する。

③ 湖岸の観光・レクリエーション施設の排水規制

市内の下水処理システムから離れている湖岸のホテル、レストランに対しては個別処理としての２級汚水処理施設の設置を義務付ける。

④ 無リン洗剤の普及

無リン洗剤の使用を湖岸地区から始め、市街地区、流域全体へ広げる。

⑤ 太湖内の汚泥の浚渫

汚泥の浚渫に 1996 年には 400 万元の予算を付けているが、今後も継続的に実施する。

⑥ 養魚池排水の規制

太湖沿岸に多数分布する養魚池に対してこれまでは給餌量のみを規制してきたが、今後は排水の太湖への排出を禁止する。

⑦ 水利施設による水質のコントロール

洪水防止とともに、太湖の水位が低下した時に汚水が太湖へ流入することを防止する機能を有する犢山ゲートと同様のゲートを直湖港その他にも設置する。

⑧ アオコの除去方法の開発

水資源の利用に障害となるアオコを水域から分離し、これを再利用する方法を研究機関の協力を得て開発する。

⑨ 農業系負荷の削減

化学肥料の適正利用、有機肥料の使用促進を図り、農地からの窒素・リンの排出を削減する。

6－3－4 下水処理場

「太湖流域水資源保護計画要点報告」で述べた様に、水質改善のため下水処理場が計画され、この計画に基づき幾つかの都市で下水処理場が建設され、更に又、新規建設が計画されている。ここでは、太湖影響圏内の既設下水処理場及びその建設計画について説明する。

（1）　無錫市

無錫市区には現在、芦村処理場が設置され、馬山処理場(処理量1万ton/日)が建設中である。芦村処理場の概要は下記の通りである。

芦村処理場の現在の処理量は一級が5万ton/日、二級が5万ton/日、処理対象域は旧市街の南部、大運河から西部、恵山から南の地域の約10.8 km²で、処理人口は約22万人である。1987年8月に施工を開始し、1992年に第一期工事が完成、運転を開始した。一年間の試運転から見るとBOD_5の除去率は88%以上、懸濁物の除去率は81%、又$COD_{(Cr)}$に関しても設計基準(流入BOD_5の300 mg/Lを10～30 mg/Lに又、$COD_{(Cr)}$の300～400 mg/Lを30～100 mg/L)を達成した。又、1987年3月に敷設を開始した下水管(径0.3～2m)は、92年までに幹線36 kmと支線3.6 kmが、又、新設・改造含めて7カ所のポンプ場が完成した。

第二期工事は1996年4月から世銀の融資を受けて建設されており、1997年7月完成予定である。この完成によって処理能力は一級が20万ton/日、二級が10万ton/日となる他、さらに脱窒、脱燐の処理も行われる。これと同時に下水管の敷設、ポンプ場の建設も進められており、完成すると幹線延長は47.5 km、支線延長は68.1 km、ポンプ場は9箇所となる。第二期工事の完成によって、処理面積は約20 kmとなる。

以上に加えて更に第三期工事及び第四期工事が計画されている。第三期工事は2000年以降を完成目標年とするもので、20万ton/日全てに対して二級処理が行われる。第四期工事は完成目標年を2010年とし、全無錫市区全域137 km、固定人口133万人及び流動人口53万人を4つの処理場で処理しようとするものである。この段階では芦村処理場の処理能力は30万ton/日に拡張され、57 km²の人口73.5万人を処理対象とする。これに加えて、山北(10万ton/日)、周山浜(10万ton/日)、東亭(10万ton/日)の処理場が新設される。

現在、芦村処理場は処理量の内、約50%が工場排水であり、将来においてもこの程度の比率で工場排水を受け入れる予定である。下水道に排出するにあたって、各工場は国が定めた排水濃度基準(GB8978-96)を満足する様に前処理を行う必要がある。

以上は無錫市区内の汚水処理場であるが、上記以外に1級保護区に位置する錫山市前州鎮に1万ton/日の汚水処理場建設を計画中である。

（2）　常州市

常州市には現在、3箇所の汚水処理場がある。これらは清漂(1万ton/日)、麗華(5,000ton/日)、城北(5万ton/日)で、合計処理面積は30 km²で、全て2級処理が行われており、これらの3処理場の内、城北処理場は1997年の6月に完成したものである。現在、清漂及び麗華の2処

理場において、それぞれ処理能力を 5,000ton/日に拡張する工事が 1997 年 7 月完成を目指して進められている。

城北処理場には 2000 年までにその処理能力をさらに 5 万 ton/日に拡張する計画がある。これが完成すると合計処理能力は 12.5 万 ton/日で、合計処理面積は 60 km^2 となる。

以上の他、常州市では、1 級保護区と 2 級保護区の城・鎮に汚水処理場を建設する計画を持っている。

汚水処理場は現在、工場排水を受け入れており、この受入れ工場排水合計量は処理能力の約 10%を占めているが、2000 年にはこれは約 30%に拡大する計画である。

（3） 湖州市

湖州市では 1996 年の年末から湖州汚水処理場の建設を進めている。処理対象域は湖州市区の市街区(面積 17 km^2、人口 25 万人)の東北に位置する新市街（新塘港、竜渓港、市陌路）の内の約 9 km^2 で、対象人口は約 10 万人、3 万 ton/日の二級処理を行う計画で、完成は 1997 年末の予定である。下水道延長は約 10 km(径が 0.5～2m まで)で、排水先は竜渓港となっている。

湖州市では第 2 期工事として 2010 年までに市の東側に 10 万 ton/日の 2 級処理場を建設する計画を立て、現在その F/S 調査を行っている。汚水処理場の 2020 年までの計画では、さらに処理量合計 34.5 万 ton/日の 3 汚水処理場を新設し、市街区においては 100%その生活排水を処理する事を計画しており、完成時には下水道延長は 100 km となる。

工場排水は現在、処理量の 20 %を占めているが、将来においても同程度工場排水を受け入れる事が計画されている。

（4） 蘇州市

蘇州市には城東、城西、城南、河西の 4 汚水処理場が設置されている。これらの処理場では蘇州市の総人口の 50%にあたる約 39 万人の生活排水の処理が行われている。各処理場の処理方式、処理能力、排水先は下表の通りである。

処理場名称	処理方式	処理能力	排水先
城東	2級+脱窒	4 万ton/日	外城河
城西	2級+脱窒	1.25 万ton/日	外城河
城南	2級+脱窒	0.5 万ton/日	外城河
河西	2級+脱窒、脱リン	2 万ton/日	大運河

蘇州市では汚水処理に関して2000年までの計画が策定されている。これによると上記4処理場に加えて、計画処理量が2万ton/日である城北汚水処理場が新設される。又、既設処理場の内、城南処理場では、処理能力が2.5万ton/日に拡張される。この結果、処理能力は合計12.25万ton/日となり、又全ての処理場で脱窒、脱リン処理が行われる予定である。

以上に加えて、蘇州シンガポール工業区汚水処理場（10万ton/日）を建設する計画がある。

又、蘇州市内では上記の他、呉県市用直鎮及び呉江市松陵鎮にそれぞれ6,000ton/日及び1.0万ton/日の2級処理場が建設される。

（4）　その他

以上の諸都市に加えて、長興、宜興においてそれぞれ3万ton/日、1万ton/日の能力を持つ二級汚水処理場の建設が予定されている。

6－4　太湖富栄養化予測モデルによる富栄養化シミュレーション

第3章「水文・水理と流入負荷量モデル」及び第5章の「太湖の水環境と湖内モデル」に述べた様に、本調査では太湖影響圏内の工場排水・生活排水等の排出負荷の削減策、又、ゲート操作による濁水の流入防止や導水が太湖富栄養化状況に与える効果を評価するための太湖富栄養化予測モデルを開発した。

本節では、この太湖富栄養化予測モデルを、現況1995年条件、2000年、2010年及び2020年条件に適用し、今後の太湖水質の変化を予測する。2000年は「10大プロジェクト」や「太湖流域水資源保護計画要綱」に見られる通り、中国側が具体的な計画を持ち、この実現に向けて様々なプロジェクトを実施しており、計画された対策はほぼ実現されると考えられる。一方、2010年に関しては、下水道計画は、前述した様に幾つかの都市が計画を持っているものの、その具体性は明らかで無く、更に、2020年に関しては現在の所、中国側に計画と呼べるものは無いと言える。

一方、富栄養化シミュレーションに用いる降雨年であるが、本調査で現況とする 1995 年は太湖流域の流域平均年雨量で見ると 1986 年から 1995 年までの 10 年間で第 6 位の、又太湖の年最高水位で見ると第 3 位の豊水年であるため、渇水年の代表として流量観測データが存在する 1987 年と 1988 年の中から、1988 年を選定した。1988 年は流域平均年雨量で上記 10 年間の第 8 位、太湖の年最高水位で第 9 位である。

本富栄養化シミュレーションモデルのパラメータは、水質及び流量データの関係から 1995 年及び 1996 年の排出負荷、河道施設(ゲート・ポンプ設置、操作を含む)、降雨条件を用いて設定されたものであるが、ここではこの富栄養化シミュレーションモデルを、2000 年排出負荷と河道施設条件下で 1995 年降雨条件と 1988 年降雨条件の両年に適用し、検討を加えた。富栄養化対策は、この二つの水文年の内、太湖の水質が悪い水文年を用いて行って行く事になる。

6－4－1　現況及び 2000 年富栄養化シミュレーション

(1)　太湖影響圏における排出負荷量

太湖影響圏内の現況 (1995 年) 年間排出負荷量は、$COD_{(Cr)}$、T-N、T-P で 282.9 万 ton、17.79 万 ton、1.69 万 ton であるが、2000 年にはそれぞれ、1.80 倍、1.46 倍、1.52 倍の 508.2 万 ton、25.95 万 ton、2.60 万 ton となる。これらの排出負荷量から、太湖影響圏 21,969 km^2 をカバーする 2,441 個の各メッシュの排出負荷量を求めた結果を図 6.4.1(現況 $COD_{(Cr)}$)、図 6.4.2 (現況 T-N)、図 6.4.3 (現況 T-P)及び図 6.4.4 (2000 年 $COD_{(Cr)}$)、図 6.4.5 (2000 年 T-N)、図 6.4.6 (2000 年 T-P)に示す。

これらの排出負荷量算定にあたっては以下の諸点を考慮した。すなわち、生活排水系に関しては生活の向上による負荷量の増加と簡易浄化槽(化糞池)の効果を見込んだ。又、下水処理場に関しては、現況では、蘇州市区、無錫市区及び常州市区のみであったものが、2000 年には、計画に従ってこれら三市区で処理能力・サービスアリアが拡大される他、宜興市、湖州市、長興市における処理場の完成を見込んでいる。工場排水に関しては、インタビュー調査を実施した蘇州市、無錫市、常州市、湖州市とも、徴収した排汚費の還元によって汚染源である工場に排水処理装置を設置させ、その排水濃度を排出濃度基準を満足する様努力している。しかしながら、これまでの実績等から判断して、水質改善を達成する工場は全工場に対してそれ程多くは無いと考えられたため、2000 年における工場の排出負荷量原単位は現況から変化しないとしている。

(2)　水理構造物

太湖の東側の梅梁湾から太浦河にかけては、太湖周囲堤の建設とそれに伴う既設水門の水密部の改善、新規水門設置によって汚水が太湖へ侵入することを防止する計画となっている。

現在、太湖周辺では、梅梁湾へ無錫市区からの汚水流入防止のための横山ゲート、五里湖ゲートを始め、7ゲートが完成しているが、2000年には更に直湖港を含め10ゲートが完成する。図6.4.7に既存及び計画ゲート位置を示す。

（3）　太湖の流入・流出水量

上記した現況及び2000年諸条件に対して1988年及び1995年の降雨及び境界水位条件を与えて河川水量モデル（世銀モデル）によって得られた太湖流入・流出水量総量を下表に示す。

ケース	降雨型	流入量	流出量
現況(1995年)	1995年	69.3億 m^3	79.6億 m^3
2000年	1988年	55.4 億 m^3	64.3 億 m^3
	1995年	67.7億 m^3	77.0億 m^3

次に、太湖の11ブロックの内(表6.5.1参照)、流入・流出河川のある9ブロック、すなわち、梅梁湾、竺山湖、西太湖北部、貢湖、西太湖南部、譚山、胥湖、南太湖、東太湖のブロック別年流入・流出水量合計を図6.4.8に示す。

上述した様に2000年までに梅梁湾から太浦河までのゲートが完成し、太湖への汚水の流入防止を計るため、太湖からの流出のみを許容するゲート操作が行われる。この結果、現況(1995年)では4.9億 m^3 あった梅梁湾の流入量は、2000年には0.1億 m^3 程度に激減し、この影響を受ける形で、梅梁湾の西に位置する竺山湖、西太湖北部の2000年の流入量は現況に比してそれぞれ5億 m^3 程度増加する事になる。次に2000年条件に対しての1988年降雨の計算結果についてみると、年流入水量合計は1995年型に比較して12億 m^3 程度減少するが、この減少分は主として南太湖ブロックの流入水量の減少によってカバーされている。

図6.4.9は主要ブロックについて月別流入水量を示したものである。1988年の月合計流入水量がそれほど大きく変動しないのに対し、1995年は6月、7月に集中するのが特徴で、竺山湖と西太湖北部の2000年施設における7月の流入量が特に大きくなっている。

（4）　太湖の流入負荷量

現況及び2000年排出負荷と河道施設条件下で1995年降雨条件と1988年降雨条件を適用して求めた年間流入負荷量総量を下表にまとめる。

(万 ton)

ケース	降雨型	$COD_{(Mn)}$	T-N	T-P
現況	1995年	4.072 (4.6 %)	3.708 (20.8 %)	0.423 (25.0 %)
2000年	1995年	5.556 (3.5 %)	5.128 (19.8 %)	0.554 (21.3 %)
	1988年	4.044 (2.6 %)	4.024 (15.5 %)	0.424 (16.3 %)

又、同表には太湖影響圏内の排出負荷量に対する太湖への流入負荷量の比率を示しているが、この内、$COD_{(Mn)}$ の比率は $COD_{(Cr)}$の排出負荷量を 3.2 で除して求めている。

次に、流入流出河川のある 9 ブロックの現況（1995 年）及び 2000 年における年流入負荷量合計を図 6.4.10 に又、主要ブロックの月流入負荷量合計を図 6.4.11 ($COD_{(Mn)}$)、図 6.4.12 (T-N)及び図 6.4.13 (T-P)に示す。

現況での太湖への流入負荷量の排出加重に対する比率は T-N、T-P で約 20%程度であるが、$COD_{(Mn)}$はこれに比べて低い。2000 年の流入負荷量についてみると、1995 年型の流入負荷総量は現況に比して $COD_{(Mn)}$、T-N、 T-P でそれぞれ 36 %、38 %、31 %増加するが、太湖への流入比率は現況に比して減少する。これはゲート設置によって、梅梁湾に流入していた負荷(特に直湖港)の削減効果が現れたものと考えられる。一方、2000 年には梅梁湾の西に位置する竺山湖、西太湖北部の流入負荷量が増加するが、これらは周辺地域の排出負荷量の増加に加えて、梅梁湾におけるゲート設置が影響することによると考えられる。

次に 2000 年条件における 1988 年型の流入負荷量を 1995 年型と比較してみると $COD_{(Mn)}$、T-N、T-P の流入総量はそれぞれ 27 %、22 %、23 %減少する。1995 年型ではどのブロックでも 6 月及び 7 月の流入量が多く、一方、1988 年型では 9 月の流入量が多い。

（5） 太湖湖流

現況及び 2000 年において湖流に特に大きな違いを見せている代表例を図 6.4.14 (1995 年)及び図 6.4.15 (1988 年)に示す。現況では、太湖からの流出は太湖東南側の太浦河に集中する傾向にある。太浦河の流出量は 2000 年と比較して大きく、更に湖内の南下もそれに応じて大きい傾向にある。

2000 年では、望虞河の改修により太湖からの流出は湖の東南側の太浦河と東北の望虞河に二分される傾向にある。太浦河の流出量は 1995 年に比べて小さくなり、それに応じて湖内の南

下流もより小さくなる。一方、望虞河の流出量が大きくなるため、太湖北部では望虞河に向かう東北流が大きくなる。

（6）　現況及び2000年における太湖水質

太湖富栄養化予測モデルで求めた現況及び2000年施設・排出負荷量条件(1995年降雨、1988年降雨)における太湖の水質、Chl-a、COD(Mn)、T-N及びT-Pを図6.4.16に示す。同図には、中国湖沼のCOD(Mn)、T-N及びT-Pに対するII類及びIII類基準が示されている。2000年水質は、排出負荷量の増加の伴い全般的に悪化しているが、大きな特徴は、上述したゲート設置とその操作による梅梁湾の水質改善と竺山湖及び西太湖北部における極端な水質悪化である。

梅梁湾水質は、汚水の流入防止によって、COD(Mn)ではIII類基準近くまで、又、T-Pでは完全にIII類基準を満足するまで改善される。一方、竺山湖と西太湖北部は現況においても梅梁湾と同定度あるいはそれ以上の水質悪化を示していたものが、さらに現在の倍程度まで悪化が進むものと予想される。

太湖影響圏における排出負荷量増加の影響を受けて水質は全般に悪化するが、上記以外に水質悪化が顕著なブロックは、西太湖南部、南太湖、大太湖北部及び大太湖南部であって、2000年(1995年降雨)にはこの内、西太湖南部及び大太湖北部においてCOD(Mn)でIII類基準を越え、又T-Pでは、西太湖南部においてIII類基準を越える事になる。又、T-Nは現在においても遙かにIII類基準を上回っているが、これが更に悪化する事になる。一方、1988年型降雨ではその水質が1995年型降雨に比べて良好で、COD(Mn)、T-Pとも、竺山湖、西太湖北部を除くブロックにおいてIII類基準を満足する。

（7）　対策選定用降雨年

上で見て来た様に2000年排出負荷及び施設条件での太湖の水質、すなわち、Chl-a、COD(Mn)、T-N及びT-Pは、1995年降雨条件の方が1988年降雨条件より悪化するという結果となった。流入負荷量は、(4)で見た様に1995年が多いことから、この結果は流入負荷量の効果が水位上昇による太湖の容量増加による希釈効果を上回った事を意味する。この結果に基づき、以下に述べる2010年及び2020年の富栄養化シュミレーション及び富栄養化対策の検討は1995年降雨条件を対象として行う事とする。

6－4－2　2010年及び2020年富栄養化シミュレーション

（1）　太湖の流入負荷量

2010年の排出負荷量算定にあたっては、中国側の計画に基づき太湖周辺のゲート設置箇所及びその操作は2000年と同じとし、これ以外は下記のように仮定した。すなわち、下水処理場に関しては、太湖影響圏内の都市の計画に基づき、蘇州市区、無錫市区、常州市区、宜興市、

湖州市、長興市における処理場の完成を見込み、この他の生活排水系に関しては生活の向上による負荷量の増加と簡易浄化槽の普及を見込んだ。工場排水に関しては、現況と同じ排出負荷量原単位を仮定している。又、2020年に関しても2010年と同じ仮定とした。

こうして算定した太湖影響圏内における 2010 年の年間排出負荷量は、$COD_{(Cr)}$、T-N、T-P で 1,049.0 万 ton、47.41 万 ton、4.73 万 ton、又、2020 年にはそれぞれ 2,183.2 万 ton、92.08 万 ton、9.06 万 ton になる。これは、2010 年には、$COD_{(Cr)}$、T-N、T-P のそれぞれで現況の 3.71 倍、2.67 倍、2.80 倍、又 2020 年には 7.72 倍、5.18 倍、5.37 倍と今後更に急激に排出負荷量が増加して行く事を示している。

図 6.4.17、6.4.18 及び 6.4.19 は太湖影響圏内の主要地級市である蘇州、無錫、常州及び湖州市からの $COD_{(Cr)}$、T-N、T-P の合計排出量の 1995 年から 2020 年までの経年変化を示している。

上記の排出負荷条件を与えて 1995 年降雨に対して求めた 2010 年及び 2020 年の太湖流入負荷量を現況流入負荷量とともに下表に示す。

(万 ton)

ケース	$COD_{(Mn)}$	T-N	T-P
現況(1995 年)	4.072	3.708	0.423
2010 年	11.070	9.310	0.991
2020 年	22.242	16.907	1.830

排出負荷量の増加を受けて、流入負荷量は 2010 年には、$COD_{(Cr)}$、T-N、T-P のそれぞれで現況の 3.71 倍、2.67 倍、2.80 倍、又 2020 年にはこれが 7.72 倍、5.18 倍、5.37 倍と今後更に急激に排出負荷量が増加して行く事になる。

図 6.4.20 にはブロック別の流入負荷量を示したが、特徴的な事は竺山湖及び西太湖北部における負荷の増加であるが、これは図 6.4.17、6.4.18、6.4.19 から判る様に、2020 年までに想定されている宜興を含む無錫市(地級市)の著しい発展に起因するものと考えられる。1995 年における太湖への合計流入負荷量は、$COD_{(Cr)}$、T-P でそれぞれ 4.072 万 ton、0.423 万 ton であるが、2010 年には竺山湖及び西太湖北部のそれぞれに太湖合計負荷量にほぼ匹敵する流入があり、更に 2020 年にはこの水域ブロックそれぞれの流入負荷は太湖合計負荷量の約 2 倍に達する。

(2) 2010 年及び 2020 年における太湖水質

太湖富栄養化予測モデルで求めた 2010 年及び 2020 年施設・排出負荷量条件(1995 年降雨)における太湖の水質、すなわち Chl-a、$COD_{(Mn)}$、T-N 及び T-P を図 6.4.21 に示す。上述し

た排出負荷、従って、流入負荷の急激な増加よって、太湖の水質は悪化し、特に竺山湖及び西太湖北部の水質悪化及び富栄養化は極端に進行する事になる。

$COD_{(Mn)}$について見ると2010年には全ブロックにおいてIII類基準を越え、又、T-Pについては2010年には胥湖及び東太湖を除くブロックで、又2020には東太湖を除くブロックでIII類基準を越える事になる。

6－5　水質目標の設定

6－5－1　水域類型と指標水質項目

(1)　水域類型

環境基準としての水質基準は、通常その水域の利用目的に応じて定められる。中国の国家環境保護局が定める地面水水質基準 GB3838-88（1988 年6月改定施行）でも水域を利用目的により５つの類型（I～V類）に分類し、それぞれについて基準を設定している。また、当該水域の類型は管理者が現況水質、地理的特性、将来を含む利水計画等を勘案して指定することになっている。太湖の水域類型は太湖流域管理局により、湖中央及び東太湖がII類、湖岸区域と梅梁湾がIII類と指定された（太湖流域水資源保護計画要点報告）。

太湖は様々な目的に利用されている。表6.5.1は、11に分割した太湖の各ブロック別にその生態系、水域利用及び湖岸利用をまとめたものである。中国の地面水水質基準によれば、集中型生活飲料水水源地一級保護区及び魚エビ産卵場はII類に指定される事になっており、太湖各ブロックでは、梅梁湾、貢湖、胥湖、東太湖の4ブロックがこの両方に該当する事によって、又、竺山湖と西太湖北部及び南部が魚類産卵場のため、II類指定となる。以上の結果に基づき太湖流域管理局と協議し、太湖の11ブロックの内、大太湖北部及び南部、譚山、南太湖の4ブロックをIII類の、又、上述の7ブロックをII類の基準適用水域とする。表6.5.1にこの類型指定をまとめる。

(2)　指標水質項目

地面水水質基準（GB3838-88）は有毒物質や重金属を含む30項目の濃度の上限を規定しているが、この中で富栄養化防止の観点から太湖及び流入河川の水質基準の指標とすべき項目は、硝酸塩、亜硝酸塩、ケルダール態窒素、アンモニア、総リン、溶存酸素、$COD_{(Mn)}$である。ただし、前３者の合計は総窒素として表示できる。また、溶存酸素は藻類量に依存し日変化が大きいので、参考にはするが、水質目標の指標とはしない。したがって、本マスタープランでは$COD_{(Mn)}$、T-N（総窒素）、T-P（総リン）の３項目を太湖の水質基準指標とする。

6－5－2　計画目標年における水質目標

計画目標年は行政当局が目標水質を達成する予定の年であり、本マスタープランでは調査着手時の協議結果に従って、短期が2000年、中期が2010年、長期目標年が2020年である。

太湖の現況水質及び今後における太湖影響圏内の排出負荷量の急激な増加を考量して、太湖の富栄養化防止対策の目標を、長期目標年における「太湖の富栄養化問題の解決」とし、今後の検討を踏まえ、短期及び中期目標年における具体的な目標を設定してゆく事にする。

2020年の具体的な水質目標としては、太湖全域において年平均値でII類水質基準(下表)を達成する。

項目	濃度 (mg/L)
$COD_{(Mn)}$	4.0以下
T-N	0.60以下
T-P	0.025以下

なお 目標水質指標の内のT-Nについては、現在における太湖の水質レベル及びT-N除去技術の現状から見て、II類基準の達成は困難である可能性が強い。富栄養化問題の解決と言う観点に立てば、リンが藻類増殖の制限因子となっている太湖では、T-P濃度が0.025 mg/L以下になれば藻類は殆ど増殖しないと考えられるため、T-Nが過剰にあっても問題は無い。

しかしながら、T-Pのみを削減し、T-Nを放置すれば無機態窒素が増加し、飲料水としての利用が困難になると共に、太湖特有の生態系が破壊される可能性もある。そこで、T-Nについては、II類基準の達成を努力目標とするものとし、窒素のみを除去する特別な対策は検討しない事にする。

6－6　太湖に適用可能な富栄養化防止対策

6－6－1　基本的な考え方

太湖の富栄養化による水質汚濁の主要因は、もともと天然の浅い湖沼で富栄養化しやすい条件にあった水域へ、太湖影響圏内の工業生産活動の発展と生活の向上（水道用水使用量の増大、水洗便所等の普及、レストランの増加等）により、流入する栄養塩類（窒素及びリン）が増加したことにある。その他に干拓や治水事業の進展等による流況や水循環の変化、大気汚染による降水の栄養塩濃度の増加等の要因も副次的には関与している。

生活排水の栄養塩（窒素及びリン）に占める割合を見ると、T-Nで約14 %(2.6万ton)、T-Pで約23 %(0.4万ton)である。1995年の水道統計で水道用水の原単位を見ると、郷鎮等では約0.05 m³／人・日程度であるが、無錫市区では0.2 m³／人・日、蘇州市区では0.3m³／人・日となっていて、しかも年々増加している。この水道用水量の増加が生活排水量を増加させており、それに伴って生活排水に由来する負荷量も今後さらに増加してゆくことになる。

以下に太湖に適用可能な富栄養防止対策を検討するが、検討に当たっては、次の３点を考慮していく事が必要と考えられる。

一つは、富栄養化による水質悪化が進行した世界の多くの湖沼で、その防止対策が計画、実施されてきたが、水質が大きく改善された事例は非常に少ないということである。これは富栄養化を一挙に改善できるという技術が無く、また改善には長い時間がかかる事を示している。国連（OECD）で湖沼の富栄養化問題を提起したボーレンワイダー博士は、「富栄養化による著しい水質悪化は５～10年で招いてしまう場合があるが、その改善には50～100年の計で取り組まなくてはならない」と警告している。

二つは、富栄養化はかなり進行しても、人が大量に死傷する現象では無い点である。すなわち、洪水のように人の死を招く事は無いため、日本を始め世界各国では、社会資本整備としての優先度は低い場合が多く、種々の対策が進められ多くの報告がなされているが、多大かつ緊急に資本が投下されるケースは希である。

三つは、富栄養化の原因物質である栄養塩類は（窒素及びリン）は人間が生存する上で基本となる物質であるという点である。水田や畑に適量の窒素、リンが無ければ作物は生育せず、川や湖沼にも適量の窒素、リンが無ければ、魚や魚の餌となるプランクトンは生育できない。窒素、リン（尿、糞）を大量に排出する家畜も同様である。従って、窒素、リンの無理な削減計画は経済活動の阻害どころか、人間の生存そのものを脅かす計画ともなり得るという点である。

富栄養化による直接的な被害として、増殖した藻類による水道の取水障害や工業用水の劣化による製品の品質低下があげられるが、利用する分（取水分）のみをプラントの高度化といった形で対応する事も可能であり、水域全体の水質改善に比べればその費用は２～３桁低いのが一般的である。

以上述べた事からわかる様に、湖沼の富栄養化防止には取り組んで行かなければならないが、工業の発展・生活の便利化、農業生産の向上等との調和を図りつつ進めて行く必要があると考えられる。

6－6－2　対策の分類

富栄養化防止対策の基本方法は、流入栄養塩類の内、藻類発生の制限要因となっている窒素もしくはリンのどちらかを選択し、その流入負荷量を削減する事で、太湖の場合はリンを削減する事である。なお、COD も削減が必要であるが、COD は湖内で発生する藻類の寄与が大きいので、藻類制限因子ではないもう一方の栄養塩（太湖の場合は窒素）と同様に指標としての優先度は低い。

富栄養化防止対策を分類すると次の様になり、基本的な施策は流入負荷量の削減である。そして、流入負荷削減策は流域の発生負荷量の分布を参考に、負荷の大きな所、負荷削減がしやすい所、太湖に近く流達率が大きい所、を考量して計画する必要がある。流入負荷量の削減以外の方法として湖沼条件の変更といった形の対策も考えられる。

富栄養化防止対策の基本的分類

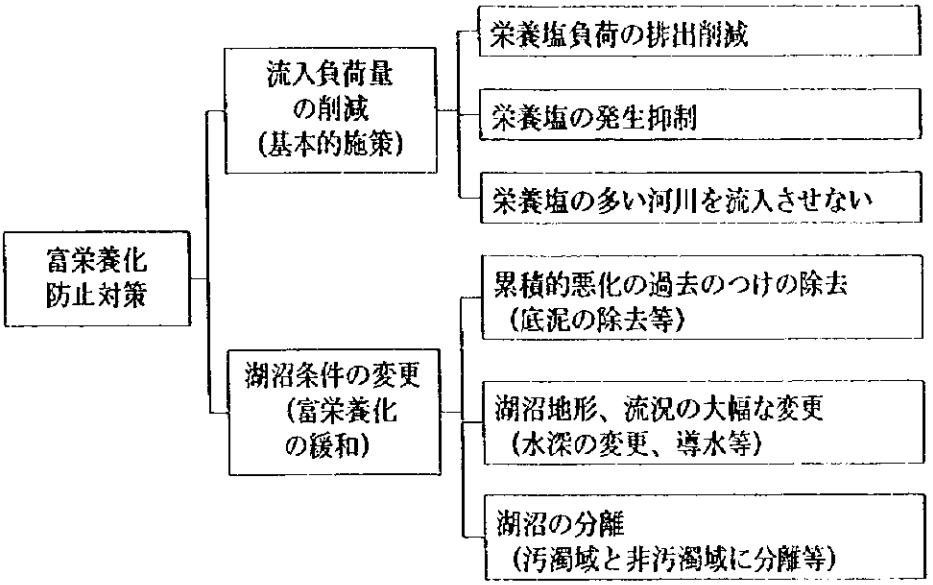


表 6.6.1 にこれまで湖沼において適用されてきた富栄養化防止対策・技術一覧を示す。これらを上述の視点から分類すると以下の様になる。

（1）栄養塩負荷の排出削減

基本的な対策である栄養塩負荷の排出削減策としては次のものがあげられる

①　工業排水負荷の削減

・栄養塩の排出規制の強化

・栄養塩負荷の大きい業種の立地規制或は移転
・工場への排水処理設備の導入等

② 下水道の整備
③ 浄化槽（コミュニティ・プラントを含む）の整備・普及
④ し尿の農地還元家畜し尿の適正処理

（2） 栄養塩の発生抑制

栄養塩の排出負荷削減に対して、栄養塩の発生抑制は、人間の生活に不便をもたらす事が多いが、費用がかからず、有効性も大きい。但し、経済活動を阻害したり人間の生活を著しく不便にする方法は現実的ではない。

① 工業立地規制・移転
② 工業生産工程の変更
③ 節水型社会に関する教育の普及
④ 有リン洗剤の使用禁止
⑤ 塵埃類の流出防止
⑥ 農業施肥方法の改善
⑦ 水産養殖の給餌量の適正化

（3） 栄養塩負荷の湖内流入抑制

栄養塩負荷の湖内流入抑制策としては以下があげられる。

① 水門の設置・操作
② 流路変更（バイパス）
③ 滞水池
④ 河川水の直接浄化

（4） 過去に累積した負荷の除去

富栄養化は栄養塩類が累積した結果である。過去に累積した負荷を除去する方法としては以下の様なものがあげられる。

① 湖内堆積汚泥の浚渫
② 河道内堆積汚泥の浚渫
③ 水生植物等の再生

（5）　湖沼地形・流況等の変更

治水・利水工事との関連で次の様な対策が考えられるが、費用と効果の関係を十分把握し、適切に設計するとが必要である。

① 導水（滞留時間の短縮、稀釈）

② 干拓（滞水池や水処理施設の建設）

③ 水深の増加

④ 水位コントロール（水位を高く保ち、汚水の流入を軽減させる）

（5）　湖沼の分離

湖沼の分離方法として以下のような対策がある。

① 浄化堤の設置

② 汚濁湖沼の分離

6－6－3　太湖における富栄養化防止のための基本的対策

太湖流域における発生負荷量の現況及び将来発生負荷の内訳と負荷削減の難易度を考慮すると太湖における富栄養化防止対策の基本は工業排水負荷及び家庭排水負荷の削減であるが、さらに現時点において効果があり、かつその適用性の検討を今後行なってゆくべき対策としては、（1）工業排水負荷の削減、（2）生活排水負荷の削減、（3）ゲートの設置・操作による流入負荷の削減、及び（4）導水、が上げられる。なお、底泥浚渫は、第5章の太湖水環境と湖内モデルの底質（5－1－3）で述べた様に、梅梁湾を含む太湖全ブロックにおける底泥の汚染レベルがそれ程悪化していないため、基本的対策には含めない事にした。

（1）　工業排水負荷の削減

工業排水による負荷量は現況において $COD_{(Cr)}$で約83%、T-Nで約44%、又、藻類増殖の制限因子であるT-Pでは約56%を占めており、工業排水負荷が、現在見られる太湖富栄養化の大きな原因となっている事がわかる。さらに、本調査で行った将来排出負荷量の推算によると、工業排水負荷は今後飛躍的に増加し、1995年の工業排水からのT-P排出負荷量を100とすると2000年、2010年、2020年では、それぞれ190、400、853と増加するものと想定される。しかも、太湖周辺の地級市の中では無錫市においてもっとも急激な工業発展が見込まれているため、現況の太湖水質の維持もしくは水質改善のためには、前述した栄養塩の排水規制の強化や工場への排水処理設備の導入などの工場排水負荷の削減策を基本策としてより強力に押し進めてゆく事が必要である。

（2）　生活排水負荷の削減

水道普及率、水道用水原単位及び水洗便所や風呂の普及率が著しく増加し、無錫市や蘇州市では先進国に近い0.2 ～ 0.3 m³／人・日で水道水が供給されている。現在における家庭排水からのT-P負荷の比率は23 %（処理場負荷を含む）であり、将来は工業排水負荷が急激に増加するため、合計排出負荷量に対する比率としては低下するものの絶対量は増え、1995年のT-P負荷を100とすると2000年、2010年及び2020年にはそれぞれ、107、152、168となる。

この予測計算では、水道普及率の向上、水洗便所や風呂の普及率の向上、単独浄化槽の普及（最大で都市部80%、農村部60%）並びに既設や計画中の下水処理場の効果を考慮しているが、上述した様なT-Pを含む負荷の増加が今後発生するものと予想される。従って、生活排水負荷削減策としては、無錫市、常州市、宜興市、湖州市、長興市など既設もしくは計画中の下水処理場の処理の高次化（N･P処理）・処理人口の拡大やこれ以外の都市における処理場の建設が必要と考えられる。又、下水道敷設が難しい地区においてはN･P処理が可能な合併浄化槽・コミュニティプラントの普及などを講じてゆくことも考える必要がある。

（3）　ゲートの設置・操作による流入負荷の削減

太湖周囲堤に水門を設けて、汚水の流入を防止する計画が実施に移されており、2000年には、太湖東側の梅梁湾から太浦河までにゲートが完成し、これらのゲートでは太湖からの流出のみを許容する操作が行われる。このゲートの設置・操作の結果、太湖の東側水域、特に汚濁の進行していた梅梁湾の水質は著しく改善される事になるが、梅梁湾の西側に位置する竺山湖では汚水の集中によって、2000年におけるその水質は現況に比較して相当悪化するものと予想される。こうした竺山湖の水質悪化はこの水域が狭いため加速される傾向もあると考えられるため、竺山湖に流入する主要4河川、すなわち、直湖港の支川、太滆運河、太滆南運河、横塘河にゲートを設置し、汚水の流入防止によって、水質改善を図ろうとするものである。なお、竺山湖の流入河川は梅梁湾のそれに比較して流入水流量が多いため、ゲート操作による上流域の水位上昇に起因する洪水被害に対して十分に検討する必要がある。

（4）　導水

渇水期に長江から導水を行い、滞留時間を短くする方法で、導水先は今後、富栄養化による水質悪化が著しいと考えられる竺山湖が考えられる。但し、導水は、既存の水路を利用するにしても膨大な費用がかかるため、治水･利水事業と組み合わせる事を考える必要がある。

6－7　富栄養化防止対策の基本的検討

6－7－1　工場排水負荷及び生活排水負荷の削減

工場排水負荷及び生活排水負荷の削減は太湖の水環境を保全するためもっとも基本的な対策と考えられ、今後、削減対象地域(行政区)、その程度、時期、又、生活排水についてはその具体的な方法について、本調査で開発した富栄養化予測モデルを用いて検討してゆく事になる。

(1)　県・市ブロックの排出負荷削減による太湖ブロック別水質改善効果

ここでは基礎的検討として、開発した太湖富栄養化予測モデルを用いて、太湖影響圏内を下表に示す13県・市区ブロックに分割し、1995年降雨条件に対して、一つのブロックの2000年T-P排出量のみを30%、60%、90%削減させた場合に、11に分けた太湖水域ブロックの$COD_{(Mn)}$濃度及びT-P濃度がどの程度よくなるかについて検討し、各県・市区ブロックのそれぞれが有する、太湖各ブロックへの影響度を把握した。

番号	県・市ブロック名	番号	県・市ブロック名
①	張家港市+江陰市	⑧	金壇市＋丹陽市＋丹徒県＋句容県
②	呉江市	⑨	溧陽市＋高淳県＋郎渓県
③	無錫市区	⑩	湖州市
④	錫山市	⑪	長興県
⑤	宜興市	⑫	安吉県＋広徳県＋寧国県
⑥	常州市区	⑬	徳清県＋余杭市＋臨安市
⑦	武進市		

図6.7.1にこの県・市区ブロック区分図を示す。太湖影響県内にある県・市区の内、蘇州市区と常熟市は、太湖周囲堤ゲートの設置・操作後は太湖水質に与える影響が殆ど無いと考えられたため、この県・市区ブロックから除外している。

図6.7.2に各県・市区ブロックのT-P排出負荷量を30%、60%、90%削減させた場合の太湖11ブロックにおける$COD_{(Mn)}$濃度の改善効果を、又、図6.7.3にT-Pの改善効果を示す。これらの結果から以下の事が言える。

① 梅梁湾の水質改善ための対策としては、無錫市区及び宜興市の負荷削減が有効である。又、若干であるが長興県、湖州市、武進市、錫山市の負荷も梅梁湾の水質に影響しているため、対策として考慮する必要がある。

② 汚水の集中する竺山湖においては宜興市区、無錫市区及び武進市の順にその負荷の削減が水質改善に効果を発揮する。竺山湖の $COD_{(Mn)}$ 及び T-P 濃度は、今後極端に高くなる事が予測されるため、II 類基準達成のためにはこれらの市区及び県級市、特に宜興市における徹底的なリン負荷削減対策を実施する必要があると考えられる。

③ 西太湖北部の水質は、宜興市のリン負荷削減によって最も改善される。この他、長興県、無錫市区、武進市の削減も若干の効果が認められる。西太湖北部は今後最も水質悪化、富栄養化が進行すると予想される水域であるため、$COD_{(Mn)}$ 及び T-P 濃度の II 類基準達成のためには、今後徹底的なリン負荷削減対策が必要である。

④ 大太湖北部の水質は、西太湖同様に宜興市のリン負荷削減対策が最も有効で、この他、長興県、無錫市区、武進市の削減も若干の効果がある。

⑤ 西太湖南部、大太湖南部についてみると、宜興市及び長興県の負荷削減がほぼ等しく効果がある。この他、若干であるが湖州市区の削減効果が認められる。

⑥ 南太湖の水質改善、特に T-P 濃度の改善には湖州市のリン負荷の削減が最も効果的でついで、宜興市と長興市の負荷削減が効果的である。

⑦ その他の太湖水域ブロック、すなわち貢湖、譚山、胥湖、東太湖においても $COD_{(Mn)}$ 及び T-P 濃度の改善には、宜興市、無錫市区、武進市、湖州市区、長興県のリン負荷削減効果がある。

⑧ 以上、太湖水域ブロック別に市区及び県級市の負荷削減効果を見てきた。2000 年におけるゲートの設置状況及びその操作を前提とすると、今後、太湖の水質改善、富栄養化防止対策としての負荷削減策は、太湖影響圏の内、無錫市区、錫山市、武進市、宜興市、長興県、湖州市区で重点的に実施すべきである。

(2) 2020 年において II 級基準達成のための負荷削減率に関する予備的検討

(1) では太湖水質改善のため、太湖影響圏内の各県・市区の負荷削減の順位付けに関しての基本方針を設定した。ここでは、この基本方針の基づき、2020 年において II 級基準を達成するための負荷削減率を上記 6 県・市区について予備的に算定した。

この検討に先立ち、武進市を大運河北部と南部に分割し、竺山湖、梅梁湾に対しての水質改善効果の検討を行った所、大運河南部（以降、武進市南部と呼ぶ）のみが水質改善に寄与する事が判った。同様に、錫山市では、大運河南部で無錫市西部の地域(錫山市南西部)が水質改善に寄与する事が明らかとなった。

このため、2020年についての県・市区別削減率の予備的検討では、無錫市区、錫山市南西部、武進市南部、宜興市、長興県、湖州市を対象とした。検討の結果、以下のことが明らかに成った。

① 竺山湖及び西太湖北部のT-P濃度をII類基準に維持するためには、宜興市の2020年排出負荷を95 %程度削減する必要がある。

② 竺山湖に加えて梅梁湾の水質を考慮すると、無錫市区では 90 %程度排出負荷を削減することが要求される。

③ 他の地区、すなわち、錫山市南西部、武進市南部、長興県及び湖州市の削減率を 70 % にすると、南太湖を除く水域ブロックにおいてII類基準を維持することができる。

④ 湖州市の排出負荷を80 %削減すると、南太湖においてもII類基準を維持できる。

図6.7.4に上記の削減を行った場合の太湖水域ブロック別$COD_{(Mn)}$及びT-P濃度を示す。なお、CODの削減率には各県・市区ともT-Pと同じ削減率を与えた。これは、T-P削減は、高度処理施設もしくは、1次及び2次処理施設によって行われるが、この場合のCODの削減率は、一般的にT-Pの削減率と同程度が期待できることによる。この結果、$COD_{(Mn)}$についても全太湖水域ブロックにおいて、II類基準を満足する。

6－7－2　ゲート設置による流入負荷削減

本対策は、太湖における富栄養化防止のための基本的対策で述べた様に、竺山湖への主要流入河川、直湖港の支川、太滸運河、太滸南運河、横塘河にゲートを設置し(図6.7.5)、汚水の流入を防止することによって太湖、特に竺山湖の水質改善を図ろうとするもので、ゲート設置によって生じる主要な問題点であると流入流出水量の変化及び周辺地域の水位上昇について検討を加えた上で、濃度削減効果を検討した。

(1)　流入・流出水量の変化

2000年に完成予定の施設に加えて竺山湖に4ゲートを設置し、竺山湖へ流入する汚水を完全に防止した場合の太湖流入・流出水量総量を、1995年型降雨条件の下で算出し、ゲートなしの場合と比較した。

ケース	流入水量	流出水量
竺山湖ゲート無	67.7億 m^3	77.0億 m^3
竺山湖ゲート有	57.5億 m^3	67.2億 m^3

太湖の11水域ブロック区分の内、流入・流出河川のある9ブロック、すなわち、梅梁湾、竺山湖、西太湖北部、貢湖、西太湖南部、譚山、胥湖、南太湖、東太湖の流入・流出水量を図6.7.6に、又、竺山湖及び西太湖北部の月流入水量の変化を図6.7.7に示す。なお、これらの図には後述するゲート操作を行った場合の流入・流出水量の変化も示している。

竺山湖にゲートを設置すると竺山湖水域ブロックでは年間20.0億m^3の流入が妨げられる。この内、8.8億m^3は、西太湖北部の流出増によって補われるので、最終的には年間10.2億m^3、太湖への流入量が減少する。この結果、流出量は年間9.8億m^3減少する。この内、主要排出河川の減少量は、太浦河(東太湖)3.2億m^3、望虞河(貢湖)4.2億m^3である。

(2)　ゲート設置による水位上昇

ゲートを設置すると竺山湖への河川水の流入が妨げられる事になるが、この結果、特に洪水時に、周辺地域が浸水被害を被る可能性がある。このため、図6.7.8に示す竺山湖周辺の6地点において、ゲート設置による水位上昇の影響を検討した。

この結果は図6.7.9に示す通りであって、京杭大運河沿いの常州、洛社、無錫では竺山湖におけるゲート設置による影響は殆ど無く、ゲートを設置しても最高水位は無害水位内に納まっている事が判る。

しかしながら、ゲートを設置した太滆運河上流の坊前地点や同じく太滆南運河上流の和橋地点及び宜興地点では、1995年降雨条件で最高水位はゲート無の条件に対して0.20m(宜興)から0.41m(和橋)上昇する。この地域の無害水位は明らかでは無いが、その地形条件から判断して、こうした水位上昇を許容できるとは考えられないため、ゲートを設置した場合にはその最高水位をゲートが無い場合と同程度に抑える操作が必要と考えられる。

(3)　設置ゲートの操作

上記の検討結果に基づいて、1995年降雨条件に対して竺山湖の4箇所のゲートを操作し、和橋及び坊前の最高水位をゲートが無い場合と同程度、すなわちEL.4.5mに抑える場合の検討を行った。この場合の太湖への年流入水量は59.0億m^3、又流出水量は68.6億m^3であって、水域ブロック別の年流入・流出水量は図6.7.6に示している。又、竺山湖及び西太湖北部の月流入量を図6.7.7に示すが、1995年降雨条件でゲート操作は、6月及び7月に行われている。

竺山湖にゲートを設置し、上流地域に洪水が発生しない様にこれを操作した場合、竺山湖水域ブロックでは年間16.7億m^3の流入が妨げられる。この内、7.1億m^3は、西太湖北部の流出増によって補われるが、最終的には年間8.7億m3、太湖への流入量が減少する。この結果、

流出量は年間 8.4 億 m^3 減少する。この内主要排出河川の減少量は、太浦河(東太湖)2.7 億 m^3、望虞河(貢湖)3.4 億 m^3 である。

(4)　ゲート設置及びその操作による太湖の水質改善効果

竺山湖の水質を改善するためのゲートを設置しても、洪水時にゲート上流部の水位が上昇するため、周辺地域の湛水を避ける目的でゲートを開け、洪水を太湖に排出する必要がある。図 6.7.10 はこうした操作を行った場合の太湖の水質改善効果を示したものである。竺山湖におけるゲートの設置とその操作は竺山湖の水質改善に大きな効果をもたらすが、以下に述べる問題のため、実現は難しいと考えられる。

(5)　ゲート設置の問題点

竺山湖のゲート設置には次の問題点がある。

①　河川水質の悪化

ゲートを設置する竺山湖接続の四河川では、汚水の竺山湖への流入防止のため、洪水の一時期を除き、ゲートが締め切られ、流れが止まる事により水質が悪化する。

②　流量の大規模変化

洪水防止のために洪水時に竺山湖への流入を許容する操作を行ったとしても、竺山湖への流入水量は激減し、太湖全体では年間 8.7 億 m^3 の減少となるが、これは 1995 年合計年間流入量の 12.9%に達する。又、この流入水量の減少に伴い、主要流出河川である望虞河及び太浦河の流出流量は、それぞれ 2.7 億 m^3 及び 3.4 億 m^3 減少するが、これは年合計流出水流量の 15.1%及び 12.5%に達する。太湖周辺地域ではこれら河川水を灌漑用水として利用しているので、このような流れの大規模な変化と用水量の減少は許容できるものでは無いと考えられる。

6－7－3　長江からの導水

(1)　長江の水質

長江上海観測所(望虞河合流点下流)の 1996 年における 3 回の水質データの内、本調査に関係する COD、窒素、リン関係のデータを下表に示す。長江の水質の特徴的な点は、その溶存態リン濃度の高さであって、3 回とも湖沼の T-P の II 類基準を越え、この内、7 月では III 類基準をも越えている。データ数は少ないもののこのデータから、長江からの導水は、II 類基

準を達成するための浄化用水としてでは無く、2000年の竺山湖の様に水質が特に悪化した水域に対して一時的にこれを改善するための手段として利用する程度と、考えられる。

(単位 mg/l.)

日付	$COD_{(Mn)}$	I-N				D・T・P
		NH_3-N	NO_2-N	NO_3-N	合計	
4月8日	2.9	0.027	0.019	1.55	1.59	0.035
7月16日	3.7	0.199	0.036	1.83	2.06	0.081
11月1日	2.1	0.123	0.009	1.06	1.19	0.040

（2） 導水路位置及び導水路幅の選定

導水路は今後の太湖水域ブロックの水質を考慮して、長江から常州市周辺を経由して、竺山湖に至るルートとなる。この内、京杭大運河より北部における常州から無錫に相当する区間は舟運によく利用されている。このため、できる限り舟運を妨げない様にするため、長江から京杭大運河までは、常州より西部に位置する徳勝河を選び、これから武宜漕河、太湖運河と接続する事にした(図 6.7.5 参照)。

もともと、徳勝河、武宜漕河、太湖運河は 10 大プロジェクトの湖西用排水事業に含まれ、排水と工業用水・灌漑用水・生活用水の供給及び舟運のため拡幅・浚渫が行われると同時に徳勝河と武宜漕河間に新川を開削する事になっており、本導水路案では、これら河川を更に拡幅して利用するものの、建設コストを抑える事が出来る。

導水路の全長は 66.0 km (徳勝河ゲートより長江までの 3.5 km を含む)で、その水路幅は太湖流域管理局との協議により実現可能な最大幅とする事にした。これは長江から太湖に到る全区間において底幅 50 m の台形断面とするもので、湖西用排水事業の計画断面より更に 35 m から 14 m 水路底幅を拡幅する事になる。

（1） 導水路ゲート及びその操作

長江から上記の水路により導水を行うに当たっては、以下の２案を検討する事にした。この内、第一案は、導水路西側の流水の水質が比較的良好な事から、導水路西側にはゲートを設けず積極的にこの流水を含めて太湖へ導水し、一方、常州等水質の悪い東側からの流水は導水路に流入しない様に武澄錫用排水事業によって建設されるゲートの操作を行う案（導水路片側ゲート案）である。第二案は西側にもゲートを設けて、武澄錫用排水事業によって建設されるゲートとともに、導水路両側地域の流水を流入させず、長江の水のみを太湖に導水する案（導水路両側ゲート案）である。

5月から10月にかけて上記のゲートは常州等の洪水防止のための操作を行い、又長江沿いに設置された徳勝河のゲートとポンプ（60 m³/s）は第3章でのべたゲート操作規則に基づき、以下の操作を行うものとする。

① 太湖水位が3.8 mより高い場合は、徳勝河ポンプを運転し、長江に排水する。

② 太湖水位は3.8 mより低いが、その水位はIII区又はIV区に止まる場合には、徳勝河ゲートを開け長江に排水するが、徳勝河ポンプの運転は行わない。

一方、11月から4月にかけては、導水路沿いのゲートは導水のため閉じ、徳勝河ゲート及びポンプは以下の操作を行う。

- 太湖水位がI区又はII区にある場合には、徳勝河ゲートを通じ長江から導水する。
- 太湖水位が2.8 mより低い場合には、徳勝河ポンプの運転を加えて導水を行う。

（3） 太湖流入・流出水量及び導水量

太湖への年合計流入・流出水量を下表に示す。又、太湖水域ブロック別年流入・流出水量を図6.7.11に、竺山湖と西太湖北部の月流入水量を図6.7.12に、長江からの日平均導水量、太湖への日平均導水量を図6.7.13に示す。

ケース	流入水量	流出水量
導水無	67.7億 m³	77.0億 m³
導水路両側ゲート	71.9億 m³	80.9 億 m³
導水路片側ゲート	72.5億 m³	67.2億 m³

導水無に比べて西側ゲート案で導水した場合には、竺山湖において両側ゲートで年5億 m³、又、片側ゲート案で導水した場合は、8億 m³太湖への流入水量が増え、導水の効果が表れる。片側ゲートでは竺山湖への導水によって、西太湖北部への流入量が約2億 m³減少するが、両側ゲート案では、西太湖北部の流入水量の減少は殆ど無い。

日平均導水量についてみると、11月から4月までは最大で約50m³/sで、両側ゲート案では長江からの取水量に応じて変動するが、片側ゲート案では変動は少なく、太湖への日導水量は平均でも50m³/s程度となる。5月から10月までは洪水に応じて上記の操作が行われ、導

水量は異なるが 1995 年型では最大導水量は両側ゲート、片側ゲート共 180m³/s とほぼ同じ流量となっている。

(1) 導水による太湖ブロック別水質改善効果

2010 年負荷条件に対する太湖ブロック別の導水による水質改善効果を図 6.7.14 に示す。導水による水質改善効果は、竺山湖では計算対象とした 4 水質項目の全てについて導水流量の多い片側ゲート案の方が両側ゲート案より大きい。又、西太湖北部では両案とも同程度の改善効果を示すが、これ以外の 10 水域ブロックでは片側ゲート案も両側ゲート案も導水による改善効果はあまり見られない。

竺山湖について、水質改善、富栄養化防止効果の指標である $COD_{(Mn)}$と T-P について具体的に改善効果を見てみる。$COD_{(Mn)}$では無対策における 17.6 mg/L が、両側ゲート案では 15.3 mg/L に、片側ゲート案では 14.3 mg/L となり、T-P では無対策の 0.221 mg/L が、両側ゲート案、片側ゲート案のそれぞれで、0.201 mg/L、0.191 mg/L となる。

以上、2010 年の排出負荷条件に対する導水効果について検討したが、更に、導水の効果を見るために、以下の二つの検討を加えた。第一は、導水の緊急対策としての実施可能性についての評価資料として、2010 年における片側ゲート案の改善効果を、2010 年における宜興市の排出負荷削減効果と比較した。ついで、導水の恒久対策としての有効性評価のため、2020 年において II 類基準を達成するのに必要である排出負荷削減策に、導水を加えた時の改善効果を検討した。

図 6.7.15 は、2010 年の片側ゲート案の改善効果と宜興市の負荷削減率を 10%、20%、30% とした場合の効果を比較したものである。前述した導水路による導水の効果が主として竺山湖に限定されるのに対し、宜興市の排出負荷削減は竺山湖と西太湖北部の他、太湖の広い範囲の水質改善をもたらすと言う大きな違いがある。これを一応、竺山湖の効果で比較してみると、片側ゲートの改善効果は、$COD_{(Mn)}$では宜興市の負荷削減率 30%に対応し、一方、T-P では宜興市における 20%の負荷削減にほぼ等しい事が判る。

図 6.7.16 は 2020 年の導水効果を比較したものである。2020 年に II 類基準を達成するためには、無錫市区 90 %、錫山市南西部 70 %、武進市南部 70 %、宜興市 95 %、長興県 70 % 及び湖州市 80 %の負荷削減が必要であるが、これに長江からの導水を加えても太湖の水質はほとんど改善されない事、すなわち、太湖水質を II 類基準まで改善するには長江からの導水は殆ど効果が無い事を示している。