

人工湖沼の湖沼類型指定について

1 人工湖の水域類型指定の現状

(1) 水質汚濁に係る環境基準告示における水域の区分

「水質汚濁に係る環境基準について」（昭和46年12月環境庁告示第59号。以下「環境基準告示」という。）では、生活環境の保全に係る環境基準は、水域の利水の様態等を共通にする水域群ごとに設定されている（環境基準告示別表2「生活環境の保全に関する環境基準」による水域の区分：表1）。このような水域群別方式を採用したのは、各公共用水域の利水目的は、極めて多岐多様であり、将来の利水目的をも勘案して設定されるべき環境基準を利水目的ごとにせよ全国一律に設定することは、行政目標として適当でなく基本的には個々の水域ごとに考慮することが適当と考えられること等による。

（出典：経済企画事務次官通知：昭和45年7月）

表1 水質汚濁に係る環境基準告示における水域の区分

1 河 川	(1)河川（湖沼を除く）	（水素イオン濃度・生物化学的酸素要求量・浮遊物質質量・溶存酸素量・大腸菌群数の基準）
	(2)湖沼（天然湖沼及び貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖）	ア（水素イオン濃度・化学的酸素要求量・浮遊物質質量・溶存酸素量・大腸菌群数の基準） イ（窒素・りんの基準）
2 海 域		ア（水素イオン濃度・化学的酸素要求量・溶存酸素量・大腸菌群数・ノルマルヘキサン抽出物質（油分等）の基準） イ（窒素・りんの基準）

環境基準告示では、水域を、まず「1河川」と「2海域」に分け、「1河川」を「(1)河川（湖沼を除く）」と「(2)湖沼（天然湖沼及び貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖）」に区分している。

人工湖の対象水域を貯水量1000万立方メートル以上としたのは、国内にダム貯水池や溜め池等の人工湖が10万以上と多数存在し、それら全てについて生活環境の状況を吟味することは事実上不可能であるため、水域類型をあてはめる対象を生活環境を保全する重要性が高い水域に絞りこんだことによる。その基準としては、貯水量のほか、用途、水理状況等が考えられるが、用途等は変化し得るものであるのに対して貯水量は普遍的で客観的な基準であること、また、貯水量が大きい人工湖は利水の観点からも重要な水域であることから貯水量1000万立方メートル以上の人工湖を対象としている。

また、昭和57年12月に環境庁告示第140号により追加された窒素及びりんに関する基準については、当初は、環境基準告示にいう「湖沼」のすべてを対象としていたが、その後、水質汚濁防止法に基づく窒素及びりんの排水

規制の導入に関する中央公害対策審議会での審議において、富栄養化しやすい湖沼に関して新たな科学的知見が追加されたことを受け、窒素・リンの排水規制の導入とあわせて、昭和60年7月に環境基準告示が改訂され、窒素・リンの環境基準について、「水域類型の指定は、湖沼植物プランクトンの著しい増殖を生ずるおそれがある湖沼について行うものとし、全窒素の項目の基準値は、全窒素が湖沼植物プランクトンの増殖の要因となる湖沼について適用する。」との規定が追加された。

(2) 人工湖の湖沼類型指定状況

貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖における水域類型指定の状況は表2のとおりであり、422水域（ダム貯水池421水域・遊水池1水域）のうち74水域が湖沼類型に指定されているが、残る水域のうち252水域は河川類型に指定された水域にあり、96水域はいずれの類型にも指定されていない。

表2 貯水量1,000万立方メートル以上の人工湖における水域類型指定状況

区分	国指定	都道府県指定	合計
湖沼類型 (うち窒素・リン)	6(6)	68(33)	74(39)
河川類型	34	218	252
未指定	0	96	96
合計	40	382	422

※平成15年2月現在（環境省調べ）：ダム貯水池、溜め池等を対象とした都道府県調査結果から湖沼容量が1,000万立方メートル以上のものを抽出

人工湖が湖沼類型に指定されていない理由としては、本来、人工湖には「湖沼」、「河川」のいずれであるかを明確に区分しがたい水域があることが挙げられる。

さらに、人工湖の水域はダム等が建設される前は河川であり、ダム等の完成に伴って湖沼類型として改めて指定する手続が必要となるが、富栄養化現象が発生していて湖沼としての水質規制が必要な場合を除いては、類型の指定が河川であるか湖沼であるかによって、排水規制に大きな差異がないことから、特段の手続がとられず、結果的に人工湖ができる前の河川類型のままとされている水域が多く残されているものと考えられる。

湖沼の要件に該当するにもかかわらず湖沼類型とされていない人工湖の水域の中には、富栄養化現象が発生しており、速やかに湖沼類型とし、目標を明確にして所要の施策を講じる必要性がある水域がある一方、流況が河川に極めて近い水域や、富栄養化現象が発生していない水域も存在している。

(3) 水質汚濁防止法による窒素・リンの排水規制対象湖沼

昭和50年代には全国各地の湖沼で富栄養化問題が発生し、一部の自治体に

において湖沼の富栄養化防止に関する条例が制定されたが、国においては湖沼の窒素・りんに係る環境基準の設定に引き続き窒素・りんの排水規制について検討がなされ、昭和60年に関係法令が制定、改正され同年7月から窒素・りんの排水規制が開始された。

窒素・りんの排水規制の対象となる湖沼は、水質汚濁防止法施行令第3条第1項第12号において、「湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある場合として環境省令で定める場合におけるものに限る」とされ、同法施行規則第1条の3において以下のとおり具体的に規定されている。

1	りん 水の滞留時間が4日間以上である湖沼（水の塩素イオン含有量が1リットルにつき9000ミリグラムを超えること、特殊なダムが操作が行われることその他の特別の事情があるものを除く。）及び当該湖沼に流入する水域
2	窒素 1に掲げる湖沼のうち、水の窒素含有量を水のりん含有量で除して得た値が20以下であり、かつ、水のりん含有量が1リットルにつき0.02ミリグラム以上であることその他の事由により窒素が湖沼植物プランクトンの増殖の要因となるもの及び当該湖沼に流入する公共用水域。

これらの要件に該当する湖沼は1200あるが、その内訳は表3のとおりである。

表3 窒素・りんに係る排水規制対象湖沼の内訳

種類	規模	水域数（うち湖沼類型）
	天然湖沼	267（69）
人工湖	貯水量 $\geq 1,000$ 万 m^3	236（74）
	貯水量 $< 1,000$ 万 m^3	697（10）
	計	1,200（153）

2 湖沼と河川との相違

人工湖は、その成立の経緯から、天然湖沼と河川の両方の性質を併せ持っているものと考えられる。

人工湖を含む湖沼は、その成立要因や構造、水理などの地学的・水理学的側面から、また、水質や生態などの現象面からその自然的状況が研究されるとともに、それぞれの利水・治水目的を踏まえて管理が行われている。

人工湖の類型指定のあり方を検討する上で、湖沼と河川の相違点について知見を整理し、湖沼と河川の相違について検討することとする。

(1) 湖沼及び河川の定義

「湖沼」及び「河川」については、法令上の定義が置かれている例はないが、我が国では一般には以下の意に解されている。

- i 河川：地表に集まった水が、傾斜した陸地のくぼんだ所を流れるもの。
- ii 湖沼：「みずうみ」（四面を陸地でかこまれて中に水をたたえたもの。池・沼などより大きく中央部に沿岸植物の侵入を許さない深度（5～10メートル以上）を持つもの。）と「ぬま」（一般に、深さ五メートル以下で底は泥ぶかく、クロモ・フサモなどの沈水沿岸植物が生えている湖沼をいう。湖とは厳密には区別されていない。）の総称。

また、地学における河川、湖沼の定義は以下のとおりである。

- i 河川：地表面上のほぼ一定した流路を通過して下方へ流れついに湖海や他の河川に注ぐ水体とその通路となる河道を含めた総称。
- ii 湖沼：四方を陸地に囲まれ海とは離れた静止した水塊。湖は沿岸植物が侵入しない深度をもつもの。沼は浅く沈水植物の生育するものとする。人工湖は成因としては湖沼と異なるが水塊の性格は河川と湖沼の中間的。（出典：平凡社「地学辞典」）

(2) 成立要因

河川は地殻変動によって生じた地表面の落差及び降雨、降雪、氷河などによる地盤の侵食と土砂石の堆積などにより表流水が継続して流れる流路が形成されることによって成立する。

天然湖沼はその成立要因から表 4 のように分類される。

表 4 天然湖沼の成立要因による分類

構造湖	琵琶湖、フォッサマグナ上の諏訪湖、仁科三湖など地域的に限定される。
火口湖	五色沼など中部地方以北、九州地方に集中して分布している。
カルデラ湖	摩周湖、十和田湖など北海道、東北地方に多く分布している。
堰止湖	様々な要因により河川が堰き止められたもの。我が国では最も多い。
海跡湖	霞ヶ浦、八郎潟、クッチャロ湖など北海道に多く分布している。
その他	氷河湖、カルスト湖、川跡湖など。

人工湖は河川を堰き止めることにより造成したダム貯水池等や造成池に用水等を導入したため池等に区分される。

(3) 構造的側面

7. 勾配と形状

河川は線状であり勾配を持つのに対し、湖沼は面状であり勾配をほとんど持たない。湖沼のうち火口湖などは真円に近い形状であるが、その他は堰き止められた河川や地形によって形状は多様であり、入り組んだ湖岸構造をも

つものも多い。人工湖沼のうちダム貯水池は堰き止められた河川の河床に沿った細長い形状のものが多く、ため池（平池）は楕円状のことが多い。

イ. 水深

河川の水深は降雨量によって大きく変化するが、我が国の河川は平水時には比較的水深が浅く、大河川の下流域を除いて大半の区間で徒渉が可能な水深である。

湖沼は河川に比べ一般的に水深が深い。表 5 に示すとおり、我が国の天然湖には平均水深 10m 以下の湖沼も多い。一方、人工湖（ダム貯水池）では大半が平均水深 10m 以上である。

表 5 我が国の湖沼の平均水深

水深ランク(m)	50≤	50~40	40~30	30~20	20~10	10~5	5>
天然湖の数	0	1	2	5	4	7	7
人工湖の数	0	15	50	114	112	16	0

※平成 15 年 2 月（環境省調べ）：ダム貯水池、ため池等を対象とした都道府県調査結果から湖沼容量が 1,000 万立方メートル以上のものについて集計

(4) 水理学的側面

ア. 成層の形成

河川と異なり湖沼には成層形成という重要な水理学的特徴がある。湖沼のうち十分な水深があり流速が遅い水域では成層が発達する。湖沼水理学では、湖沼は成層の発達によって表 6 に示すタイプに分類される。河川では、河口部の感潮域において海水の影響により成層を生じる場合を除き、一般に成層は発達しない。

表 6 湖沼のタイプ

成層型	全期成層型	一年を通じて成層が形成されており、全層循環を生じない。
	一季成層型	夏季又は冬季に成層が形成される。大半が夏季成層型である。
	二季成層型	夏季と冬季に成層が形成される。
中間型		成層期のごく一時期に弱い成層が形成されることがある。
混合型		一年を通じて成層が形成されず、全層循環を生じる。

イ. 流速による水域の区分

河川と湖沼の定義から、一般的には河川は流水であり、湖沼は止水的であるが、厳密には湖沼も流れを持っている。湖沼の流れは、流入河川又は流出河川がある場合に生じる「恒流」、風の影響によって表面に生じる「吹送流」、気温の変動等によって生じる「密度流」に区分される。特にダム貯水池の場合、流入河川からダムの放流口や取水口に向け明確な恒流が生じている。

Einsele は表 7に示すとおり流速による地表水の生物学的、水理学的性質を区分している。(出典：津田松苗編著「陸水生態学」) これによると流速 1cm/s 以下では明確に湖沼的性格であり、3cm/s を超えると動物性プランクトンの遊泳限界を超え流速の遅い河川の領域となる。

表 7 流速による生物学的・水理学的水域の区分

流速 cm/s	水域の例	生物学的性質及び水理学的性質	
0	排出口のない湖	プランクトン生息水底に微細沈殿物が堆積(色は淡灰色で粘土状ないしは黒色泥状)	十分な水深を持つ場合はこれらの水域は夏季に表水層、変水層、深水層の成層を形成する。
0.001~ 0.05	地下水の流れ		
	出入水のごく少ない湖や池		
0.05~ 1.00	湖 とまりダム湖*		
	池	動物性プランクトンが流される	
1~3	洪水のときの湖		
	流れダム湖*の中部地域		
	河状貯水池における堰堤より遠く離れた部分		
3~20	流れダム湖*の泥底域	多量の有機残滓が沈積	
	多くの流れダム湖*の下部域	底生生物(イトミミズ・マメシジミ・ユスリカ)が極めて豊富	
	平地河川の河口域		
	平地の小さい川	泥沈殿域と粘土沈殿域の境界	
20~40	水車用水路	流水の掃蕩能力の限界(下限)	
	低地の小流	動植物相貧弱	
40~60	流れダム湖*の砂底の水域		
	移行帯(中間帯)	昆虫幼虫、特にユスリカ科幼虫が増加	
底質は粗砂ないし細礫			
60~120	a) 丘陵地帯および山岳地帯のマス域およびエッシュ域	底質は小礫、中礫ないし石であり、渓流域では岩もある。流れを好む昆虫が棲息。大きい河川では底生昆虫は少ない。	
	b) 落差の少ない、しかし断面はかなり大きい河川(バルベ域)		
120~200	a) 山地溪流	底質は粗礫ないし石であり、渓流域では岩もある。流れを好む昆虫が棲息。大きい河川では底生昆虫は少ない。魚類の主餌料は石上の付着生物である。	
	b) 大きい河川の中流		
200~300	a) 洪水時の山地流	石塊も流される。河岸が破壊される。川底が深くえぐられる。	
	b) 洪水時の大河川		
300以上	a) 滝		
	b) 大洪水のときの川		

※流れダム湖・とまりダム湖：ウ参照

ウ. 「流れダム(湖)」と「とまりダム(湖)」

ダム貯水池には一般に、「流れダム」と呼ばれるものと、「とまりダム」と呼ばれるものが存在する。

流れダムは貯水容量が流入量に比べて相対的に小さく、夏季においても水温躍層が形成されることはなく、一般に湖底に至るまで酸素が豊富である。とまりダムは、夏季に水温躍層が形成される場合が多く、表面水温が高く、深層水温が低くなるため、両者の水は、大きな洪水で全体が混合される以外は、夏季には混ざりにくくなるとされている。(出典:「ダム貯水池の水環境」盛下勇監修)

また、ダム貯水池は、貯水池内の水の交換の度合によって、池内の密度構造などが著しく左右されることから、その交換率によって流れダムととまりダムに大別することもある。安芸周一と白砂孝夫は貯水池内の年間交換率 π_1 を数式 1 のように定義し、我が国における多くの観測に基づき湖沼の密度構造を判断する一応の目安を提唱している。(出典:「河川工学」高橋裕)

数式 1 人工湖の密度構造の判断基準

$\pi_1 = \text{年間総流入量} / \text{貯水池総容量}$

$\pi_1 > 20$ の貯水池は“流れダム湖”に相当し、流水の作用が大きいので池内の水温分布がほぼ一様となり、“混合型”貯水池となる。

$\pi_1 < 10$ の場合は“とまりダム湖”となり、流水は停滞しがちであり、水温の成層が形成される“成層型”貯水池となる。

交換率 (π) は回転率とも呼ばれ、その逆数の滞留時間とともに湖沼の水循環に関する指標として一般に用いられている。

エ. 滞留時間・滞留日数

湖沼の容量を流入量又は放流量で除したものを滞留時間といい、湖沼の水循環に関する分かりやすい指標である。前述のとおり、滞留時間は水質汚濁防止法に基づく窒素・リンの排水規制の対象湖沼の基準として用いられている。

我が国の湖沼における滞留時間は表 8 のとおりである。天然湖沼の場合は滞留時間が 1 年を超えるものが多いが、潟湖や沼では滞留時間が短いものがある。人工湖の場合は滞留時間が 1 年を超えるものは少なく、3 ヶ月未満のものが多い。

一方、河川の場合は滞留時間の概念はないので、水源から海に流入するまでの流下時間でみると、我が国の河川は急流が多いため一般に短く、最も長い利根川で平均 4.0 日であり、湖沼の滞留時間に比べると短い。

滞留時間の長い水域は閉鎖性が高く湖沼性が強いいため富栄養化しやすい。OECD では滞留時間が 3~4 日以下の湖沼では富栄養化は生じないとしている(出典:OECD 陸水モニタリング計画総合報告書 1980)。また、一般に、富栄養化が問題となる滞留時間の目安は 2 週間以上とされている(出典:岩佐義郎編著「河川工学」)。

表 8 我が国の主な湖沼の滞留時間別水域数

滞留時間	1年≦	1~0.5年	6~3月	3~1月	30~14日	14~4日	4~1日	1日>
天然湖の数	22	4	3	3	3	4	1	0
人工湖の数	12	15	61	109	42	23	18	1

※平成 15 年 2 月（環境省調べ）：ダム貯水池、ため池等を対象とした都道府県調査結果から湖沼容量が 1,000 万立方メートル以上で滞留時間が明らかなものについて集計。

(5) 水質等の現象面

7. 水質に影響を与える物理化学的・生物学的過程

水域における水質の変化をもたらす主な過程は表 9 のとおりである。水域におけるこれらの過程による物質変換は資料図-1 のように模式化される。

(出典：楠田哲也編著「自然の浄化機構の強化と制御」)

表 9 水質に影響を与える物理化学的・生物学的過程

物理化学的 過程	流送	汚濁物質の流入・流出
	沈降	沈降性汚濁物質の沈降
	ろ過	粒子状物質やコロイドの一部の土砂礫等によるろ過
	付着	粒子状物質やコロイドの一部の土砂礫等への付着
	底質の巻上げ	沈降性物質の水中への分散・混合
	溶解	化学的・物理的条件の変化による底質から液相への溶解
	剥離	付着物質や付着生物の剥離による液層への分散
生物学的 過程	光合成	光合成による炭素固定及び無機物の有機物化
	菌体増殖	バクテリア等による生物分解性物質の同化・異化による固形化
	呼吸	生物の呼吸による生物体内有機物の消費
	食物連鎖等	高次の水生生物の捕食による移行及び陸上の生物の捕食や漁獲による水系外への持ち出し
	死滅	生物の死滅による生物体の溶解性有機物・デトリタスへの変化

表 9及び資料図-1に基づく河川と湖沼における物質変換過程に伴う水質の変化の主な違いを表 10に示す。

表 10 河川と湖沼における物質変換過程に伴う水質の変化の主な相違

		河川	湖沼
物理化学的 過程	流 送 と 沈 降	流入あるいは水域内で発生した汚濁物質の多くが下流域に流出する。流出せず沈降し底質に蓄積された汚濁物質も洪水時等に下流域から海域に流出する。	流入あるいは水域内で発生した汚濁物質のうち沈降性汚濁物質の多くが沈降し底質に蓄積される。流出河川がある場合、溶解性汚濁物質の一部は下流域に流出する。沈降に関して湖沼は下流域に対し水質浄化の役割を果たし、湖沼内では有機物の蓄積が進む。
	底 質 の 巻 上 げ ・ 剥 離	流れにより常に底質の巻上げを生じ、剥離も生じやすいが、巻き上げ・剥離した物質は速やかに下流域に流出する。	流れが微小であり底質の巻上げは少ない。付着生物は生長や死滅等により剥離する。また、洪水時やダム放流時には底質の巻上げを生じる。
	溶 解	大河川下流域や汚濁の進行した都市河川などの流れが弱く底泥が堆積した水域以外は栄養塩の溶出は少ない。	成層型の湖沼の場合底質に栄養塩が蓄積し、環境条件によって再溶出する。
生物学的 過程	光 合 成 物 プ ラ ン ク ト ン (植 性 ラ ク ト ン)	我が国の河川では流速が大きいため一般にはプランクトンが生育せず、富栄養化現象は生じない。ただし、一部の植物性プランクトンが付着性藻類に生活形を変化させ、ダム直下や湖沼への河川の流入出域に定着したり、湖沼で生育したプランクトンや河川底質の砂礫から剥離した藻類(流下藻類)が存在することがある。上流河川水域におけるクロロフィル a 濃度は年平均 3 mg/m ³ である。(上流域に湖沼がない上流河川 15 ヶ所の平均値)	植物性プランクトンが成育する。栄養塩の豊富な水域では内部生産により富栄養化現象を生じ、著しい場合利水障害を生じる。ただし、植物性プランクトンの増殖は栄養塩濃度だけではなく、気象や水理的条件に影響を受ける。人工的水域の場合、捕食者である動物性プランクトンが少なく短期間に植物性プランクトンの著しい増殖を生じることがある。クロロフィル a 濃度の湖沼の富栄養化限界値は 7 ~ 40 mg / m ³ である。(Forsberg&Ryding)

4. 有機汚濁物質の組成等

水質の有機汚濁指標として河川についてはBOD、湖沼についてはCODが環境基準項目とされている。BODは5日間の培養期間における微生物による酸素の消費量を測定するものであるため、水の滞留時間が5日を超える場合にはBODよりもCODの方が測定法として適していると考えられる。

また、我が国の陸水域におけるBOD濃度とCOD濃度との関係は水域の水質汚濁の状況や有機物の分解の状況によって異なるが、湖沼性が強く滞留性が強い水域では溶存酸素濃度を説明する有機汚濁指標としてCODの方がより高い説明力を持ち、河川や湖沼性が低く水の滞留性が弱い湖沼水域ではBODがCODと同等もしくはそれを上回る説明力を持つことになると考えられる。

また、湖沼において富栄養化その他の要因による有機物の蓄積よりCOD成分が増加している場合、湖沼への流入水質よりも湖沼水質のCOD/BOD比が上昇すると考えられる。

ウ. 富栄養化限界値に関する指標

湖沼の富栄養化限界値として既存文献では表 11に掲げる指標が示されている。

表 11 富栄養化に関する水質等に係る各種指標

指標 (6~8月平均)	中栄養限界値	富栄養限界値	出典
全りん濃度 (mg/L)	0.01~0.02	>0.02	EPA、吉村他
全窒素濃度 (mg/L)	0.1~0.7	0.5~1.3	坂本
クロロフィル a 濃度 (mg/m ³)	3~7	7~40	Forsberg&Ryd
透明度 (m)	2.5~4.0	1~2.5	ing

3 滞留時間を用いた分類の検討

ここでは、環境基準告示において湖沼判断基準として用いている貯水量に加えて、各類型指定権者（環境大臣及び都道府県知事）の裁量を極力排除した明確な指標として既に水質汚濁防止法の窒素・りん規制において富栄養化防止の観点から基準としている「滞留時間」を湖沼と河川を水環境保全の観点から客観的に判定する指標とすることについての検討を行う。

(1) 検討の考え方

現行の環境基準告示において、「河川」を「湖沼」と「湖沼に該当しない水域」に分類していることに鑑み、人工湖のうち「明らかに湖沼としての水環境保全対策を講ずる必要がない水域」を河川、その他の水域を湖沼としてとらえることができる基準とすることが望ましい。

滞留時間を判定条件としている水質汚濁防止法の窒素・りんの排出規制においては、対象とする水域の判定条件について、昭和59年9月の中央公害対策審議会答申「窒素及び磷に係る排水基準の設定について」に以下のように述べられている。

- ① 対象水域は富栄養化しやすい湖沼及びこれに流入する公共用水域とすること。
- ② 藻類の増殖は湖沼の水理特性等の影響を受けるが、とりわけ重要なものは水の滞留の程度であり、藻類（プランクトン）が生息するのは平均的な水の滞留日数がほぼ3～4日以上湖沼であると考えられること。
- ③ このため、富栄養化しやすい湖沼は、湖沼における水の滞留を主要な指標とし、さらに湖沼の水深、ダムの実態その他の条件をも加味して判定することとしている。

ここで、水の滞留時間を3～4日としたことは、多数のダム湖における水の滞留時間とプランクトンの種類数との関係を見ると、平均的な滞留時間が3～4日以上のダム湖ではそこに固有のプランクトンが出現することが認められること（森下：1978）に加え、富栄養化問題が発生した湖沼は水の年間回転数が100回以下（滞留日数約3.6日以上）の条件で概ねカバーされると考えられたことに基づくものである。

また、答申後の環境庁の調査により水の滞留時間が4日未満の湖沼においても富栄養化問題を生じているものが認められたものの、いずれもその上流湖沼の富栄養化の影響によるものと考えられた。これらのことから、植物性プランクトンの著しい増殖が生ずるおそれがあるかどうかの基本的な判定条件が「滞留時間が4日以上」とされたものである。

(2) 湖沼性の強い水域と河川性の強い水域

2で述べた河川及び湖沼の特徴から湖沼性の強い水域と河川性の強い水域を、それぞれ表12に整理した。

表 12湖沼性の強い水域と河川性の強い水域

指 標		河川性の強い水域	湖沼性の強い水域
構 造 的 側 面	勾配と形状	線状・勾配あり	面状・勾配小さい
	水深	浅い	深い（成層を形成）
水 理 学 的 側 面	成層の形成	混合型（全層循環）	成層型
	流 速	3cm/s 以上（流れダム湖・河川河口域・小さな川）	1cm/s 以下（湖・とまりダム湖・池）
	回 転 率	$\pi_1 > 20$ （混合型）	$\pi_1 < 10$ （成層型）
	滞 留 時 間	4日未満（富栄養化を生じない）	概ね 14 日以上（富栄養化で問題とされる滞留日数の目安）
水 質 等 の 現 象 面	夏季クロロフィル a 濃 度 の 上 昇	プランクトンは増殖せず、クロロフィル a 濃度は低い	プランクトンの増殖によりクロロフィル a 濃度が上昇
	溶 存 酸 素 の 消 費	主に BOD 成分の分解により DO が消費される	主に COD 成分の分解により DO が消費される
	富 栄 養 化 に 伴 う 利 水 障 害	富栄養化による障害は発生しない	アワの発生等により利水障害を生じることがある

これらのうち、構造的側面や水質等の現象面は、それらのみをもって客観的な指標とすることは困難であることから、水理学的側面について、滞留時間との関係を考察する。

ア 成層の形成

成層を形成するか否かは、河川と湖沼を大きく分ける要素である。人工湖が、流速が遅く十分な水深を有する場合には、成層を形成することとなる。

安芸及び白砂による年間交換率 π_1 を用いた場合、 $\pi_1 > 20$ は流水の作用が大きく混合型になるとされている。 $\pi_1 = 20$ とは、滞留時間では約 18 日に相当することから、滞留時間 4 日未満であれば、まず成層が形成されることはないものと考えられる。

イ 平均流速

湖沼内の平均流速と滞留時間はもともと関係が深い指標であり、表に示した平均流速と滞留時間の間には強い相関が確認できるため（資料図-2）、滞留時間により流速をも代表できると考えられる。

資料図-2 のデータを用いると、滞留時間が 2.95 日未満であれば、概ね 3 cm/s 以上となっている。

(3) 国指定水域内にある人工湖の状況

国指定水域内にある人工湖のうちデータが得られている水域の各指標は表13のとおりである。

表 13 国指定水域内人工湖における状況

名称	滞留時間 (日)	平均流速 (cm/s)	成層形成	水質面	
				クロロフィルa (mg/m ³)	利水障害等
川治ダム	261.8	0.05			
小河内ダム	240.6	0.09			
奈良俣ダム	219.1	0.03	成層型	2.7	
下久保ダム	206.1	0.09	成層型	1.1	
弥栄ダム	154.3	0.07			
矢木沢ダム	131.3	0.21	成層型	1.9	
早明浦ダム	117.8	0.18	成層型	1.7	
川俣ダム	117.2	0.28		1.9	
深山ダム	74.7	0.07			
二瀬ダム	52.1	0.09		10.8	
大迫ダム	52.0	0.11			
草木ダム	50.6	0.14	成層型	15.3	プランクトン
長沢ダム	37.6	0.30			
土師ダム	37.3	0.43			
小瀬川ダム	31.1	0.32			
藤原ダム	18.1	0.70	成層型	2.4	
松原ダム	16.7	1.01	成層型	120	淡水赤潮
大川ダム	16.6	0.49	混合型	4.8	
佐久間ダム	14.4	2.92			
城山ダム	13.8	1.19			アオコ
相模ダム	13.4	0.22			アオコ
大橋ダム	13.1	0.71			
横山ダム	13.0	1.02	不明確	6.6	
四十四田ダム	9.2	1.54	成層型	3.0	
丸山ダム	3.5	5.05	混合型	6.0	
天ヶ瀬ダム	2.3	5.62	混合型	128	異臭味
池田ダム	1.3	7.84	混合型	1.4	
大井ダム	0.8	10.91			
笠置ダム	0.5	23.69			
秋葉ダム	0.5	26.29			
平岡ダム	0.4	38.82			
新郷ダム	0.3	92.09			
浜原ダム	0.3	24.65			
船明ダム	0.2	79.54			
泰阜ダム	0.2	50.45			
揚川ダム	0.2	100.00			
上野尻ダム	0.1	100.35			
豊実ダム	0.1	81.15			
鹿瀬ダム	0.1	102.65			
渡良瀬遊水地			混合型	33.3	異臭味

※1 流速：湖沼の平均断面形状を堤長を弦とする円弧と仮定し、堤長・有効貯水量・湖沼面積から平均断面面積を求め、年平均流入量/平均断面面積から平均流速を推計した。

※2 滞留時間：年平均流入量を有効貯水量で除すことにより求めた。年平均流量は直近10年間の平均

値を原則としたが、流入量が得られないダムについては流入河川の流量に流域面積比を乗じることに
より推計した。

※3 成層形成：8月における水温の鉛直分布から判断した。(資料図-3)

※4 クロロフィル a：6~8月の平均値。富栄養化限界の下限値 $7\text{mg}/\text{m}^3$ を超えるものに網掛けした。

※5 利水障害等：自治体調査結果

滞留時間4日未満の4水域の平均流速はいずれも $3\text{cm}/\text{s}$ 以上であり、流れダム湖に属するものと考えられる。また、水質等の状況は資料表-1のとおりであり、滞留時間4日未満の水域においては、明らかに上流湖沼の富栄養化に起因している天ヶ瀬ダムを除いて、クロロフィル a 濃度、COD濃度の有意な上昇等の湖沼性に伴う水質の悪化現象や利水障害による問題の発生は認められない。

(3) 湖沼類型を当てはめるべき水域の判定基準

以上から、滞留時間が4日以上水域について湖沼類型を当てはめることとすることが適当と考えられる。

(参考) 滞留時間の計算方法

1. 総貯水量と有効貯水量の異なる人工湖については、総貯水量－堆砂量をもって湖沼容積とし、年間滞留時間を算定する。ただし有効貯水量が総貯水量－堆砂量を上回らないことが明かな場合には有効貯水量を湖水容積とすることができる。

2. 揚水を行うダム及び治水等の目的を有するダムのうち次の方法により補正を行う。

(1) 揚水を行うダムについては、水の年間総流入量に年間揚水量を加算する。

(2) 治水又は農業用防災の目的を有するダムについては湖沼容量から年間における平均的な洪水調節量を差し引くこと。

参 考 資 料

- 図-1 湖沼における物質変換過程
- 図-2 人工湖における平均流速と滞留日数の関係
- 図-3 人工湖の夏季水温鉛直分布
- 図-4 人工湖の DO 濃度と BOD・COD 濃度の関係
- 図-5 人工湖の流入水と湖水の COD 濃度の比較
- 表-1 人工湖の水質等一覧

図-1 湖沼における物質変換過程

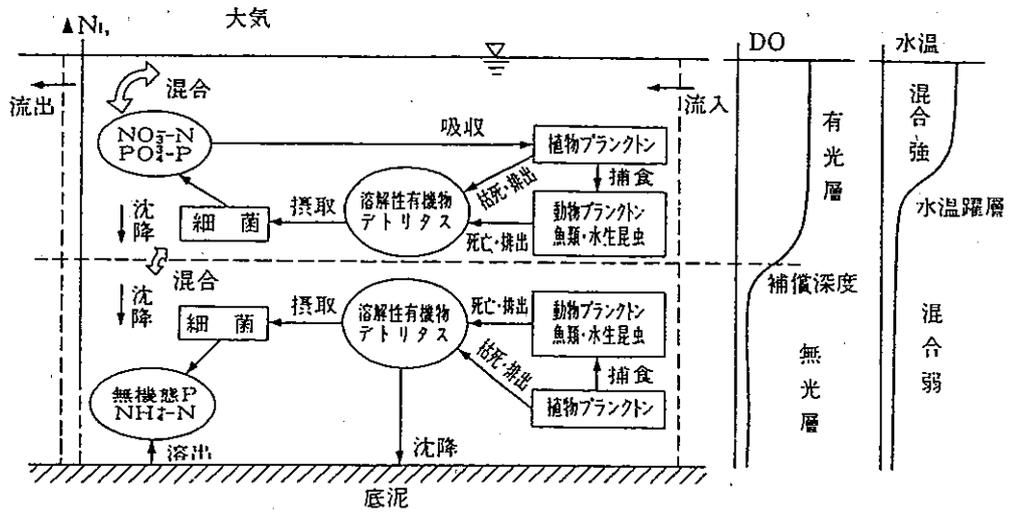


図-2 人工湖における平均流速と滞留日数の関係

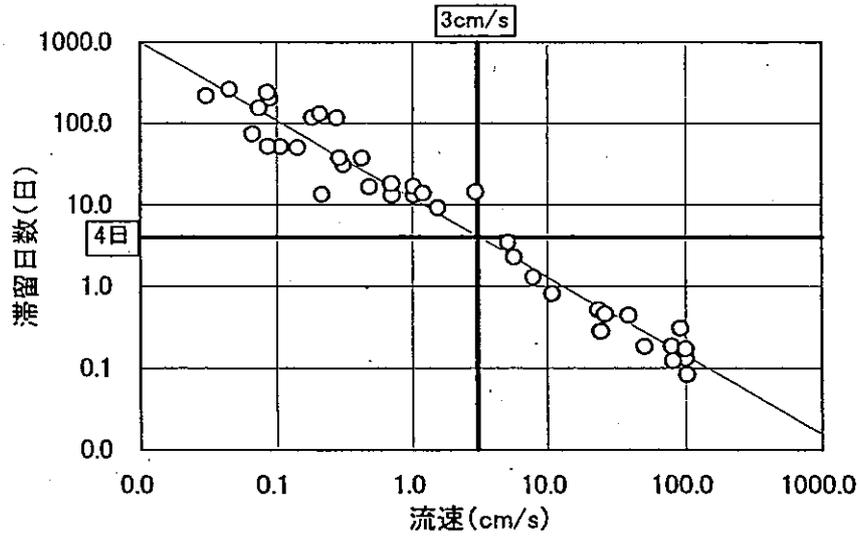
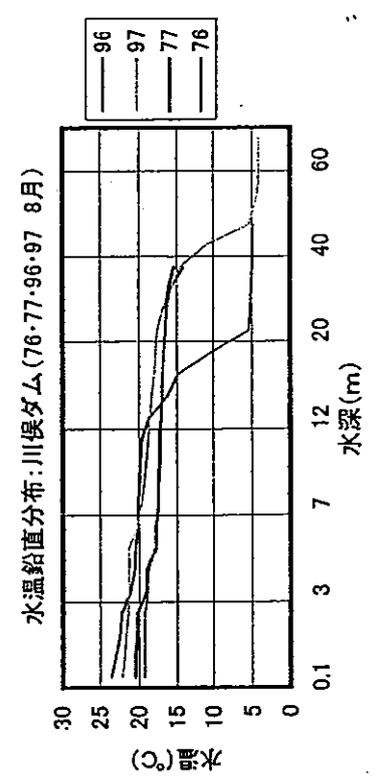
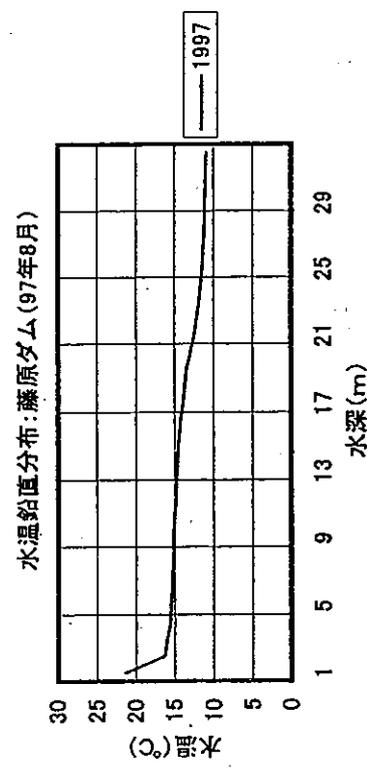
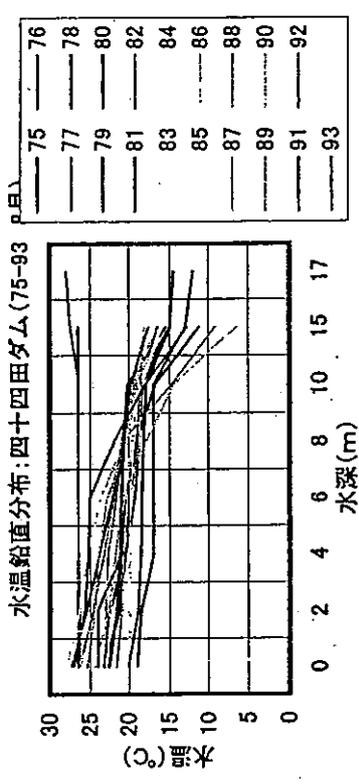
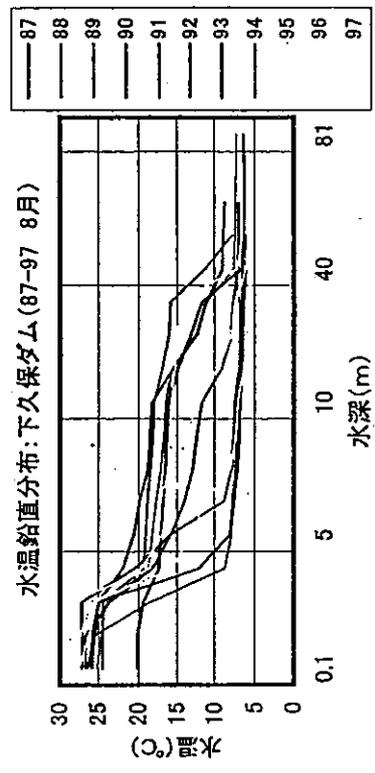
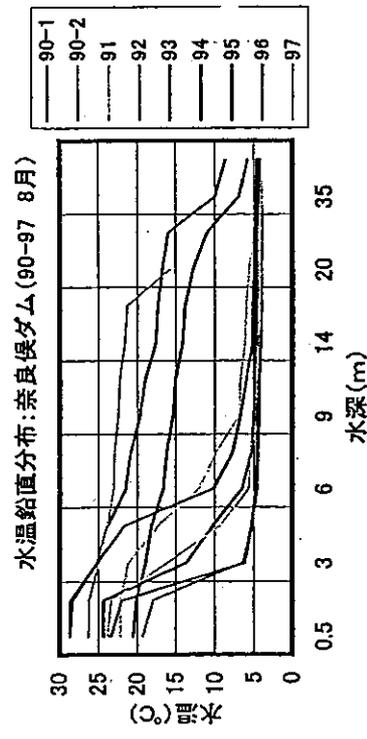
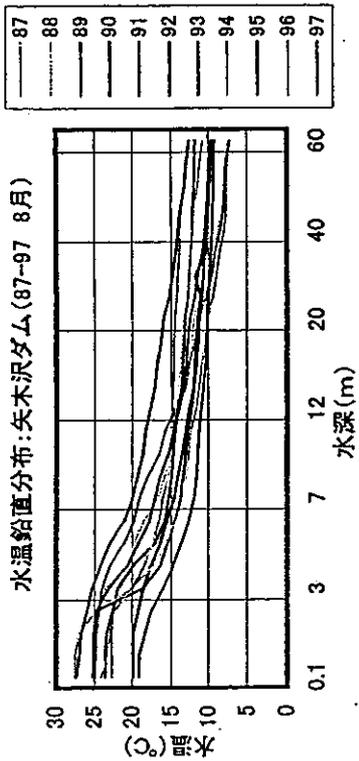


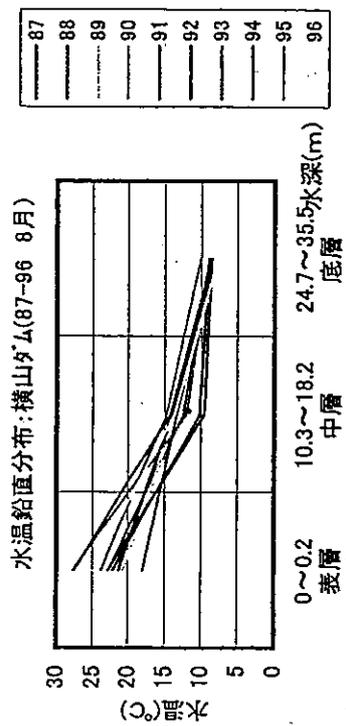
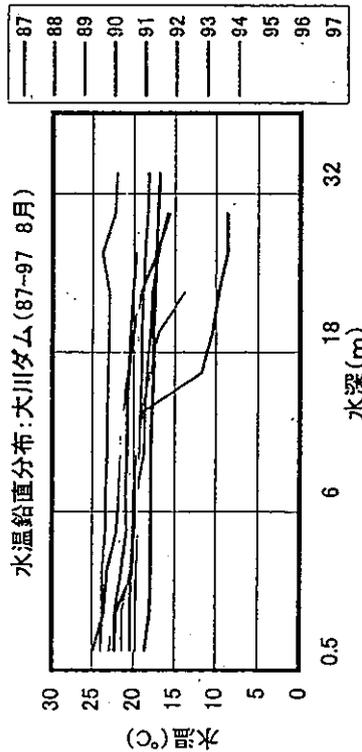
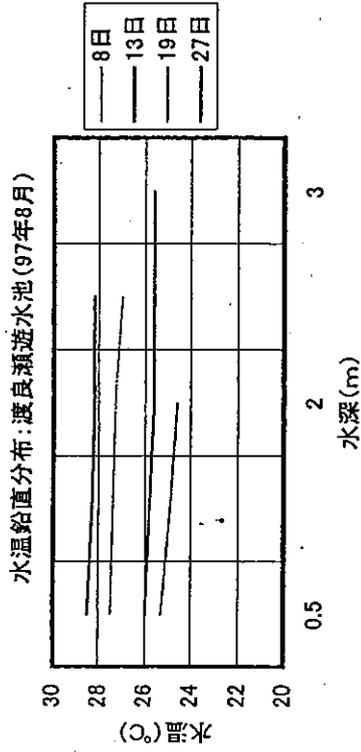
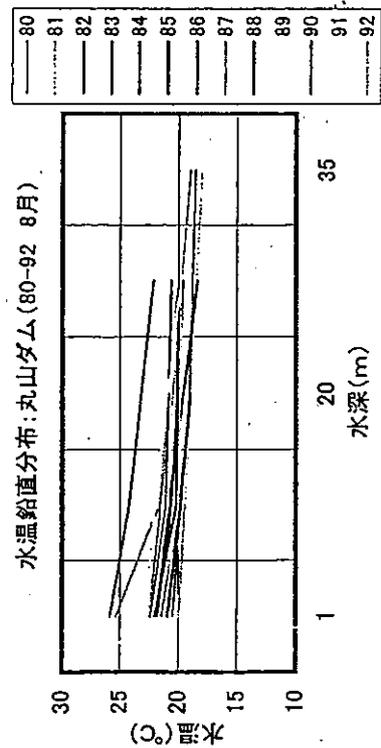
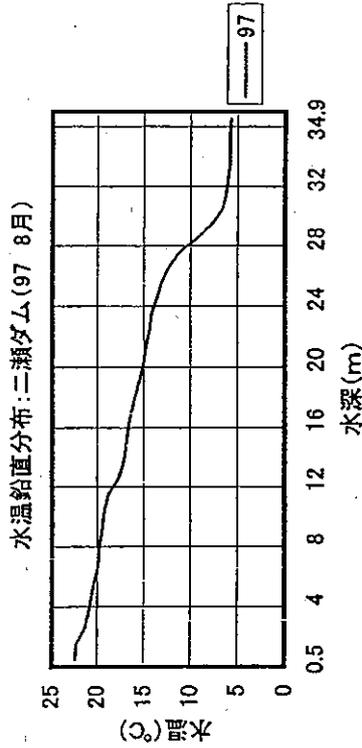
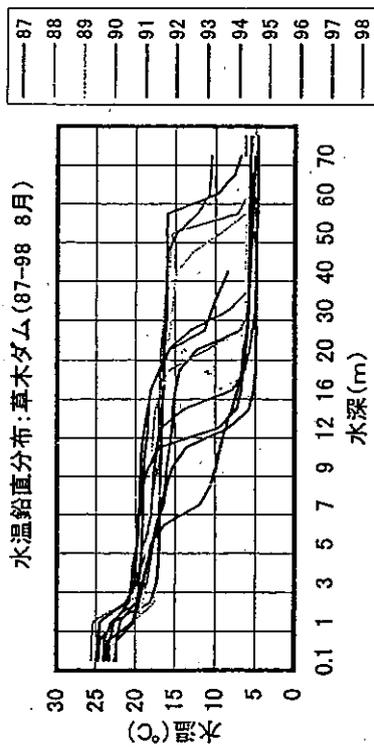
図-3 水温の鉛直分布



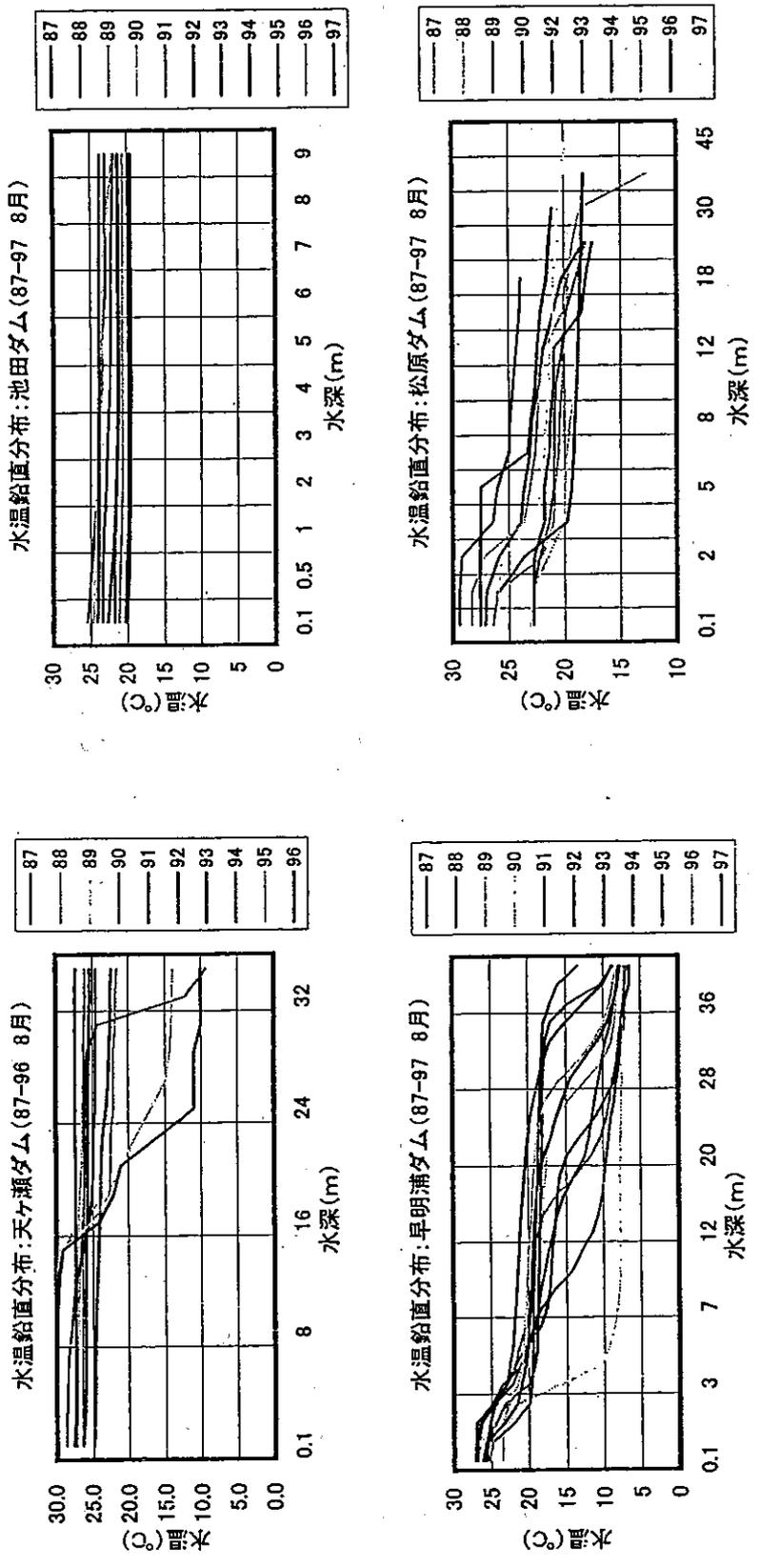
5

2

図-3 水温の鉛直分布



図一3 水温の鉛直分布



5

5

図-4 BOD・CODとDOの関係(6~8月:水深1m以深)

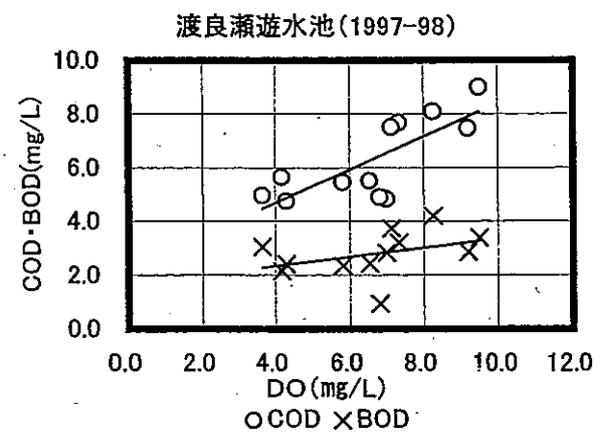
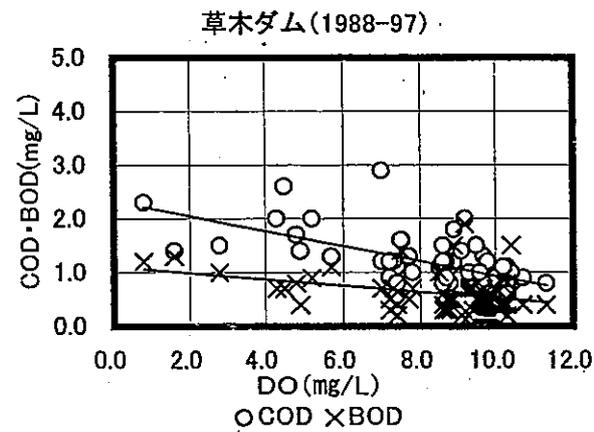
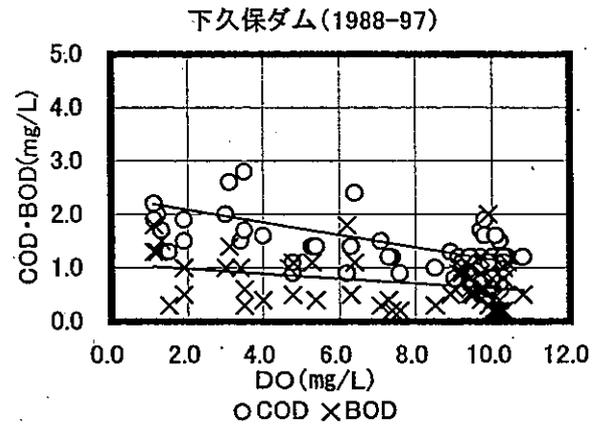
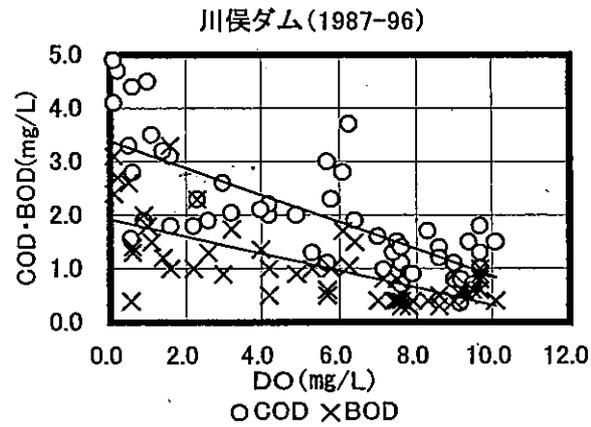
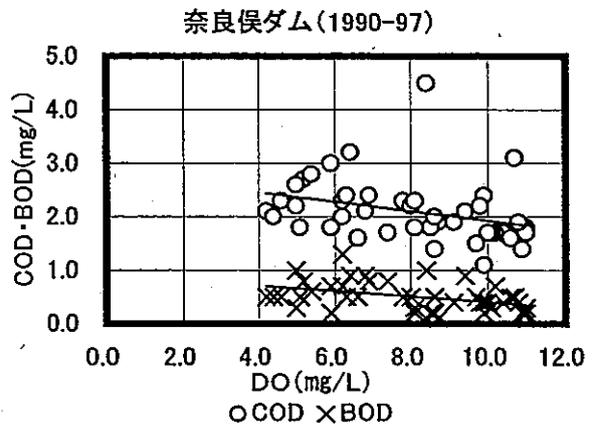
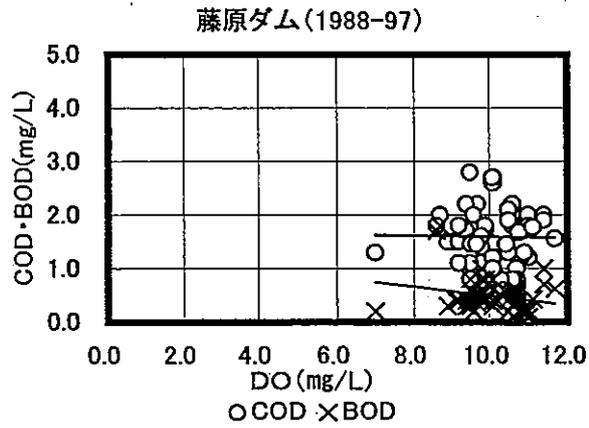
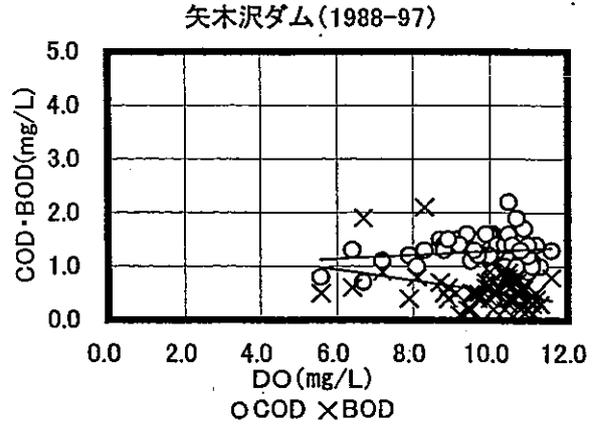
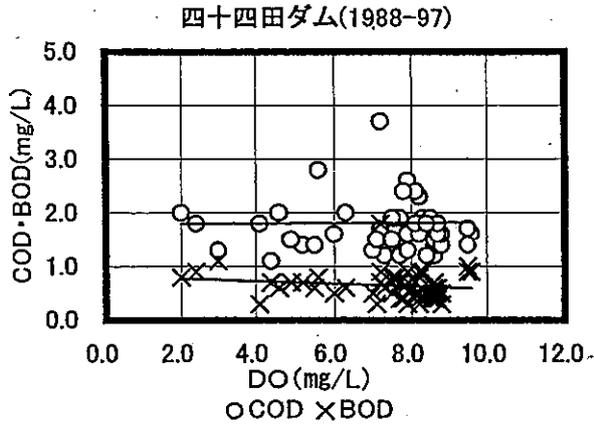


図-4 BOD・CODとDOの関係(6~8月:水深1m以深)

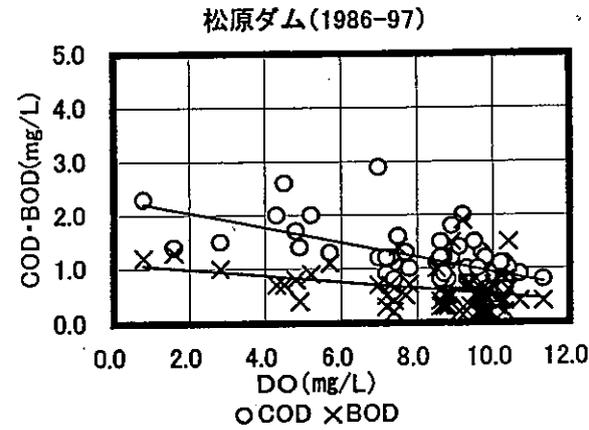
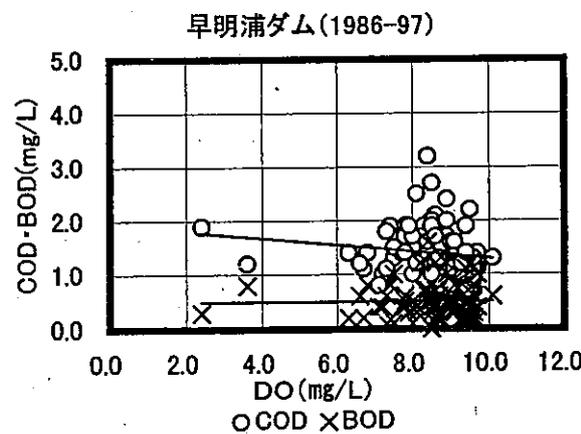
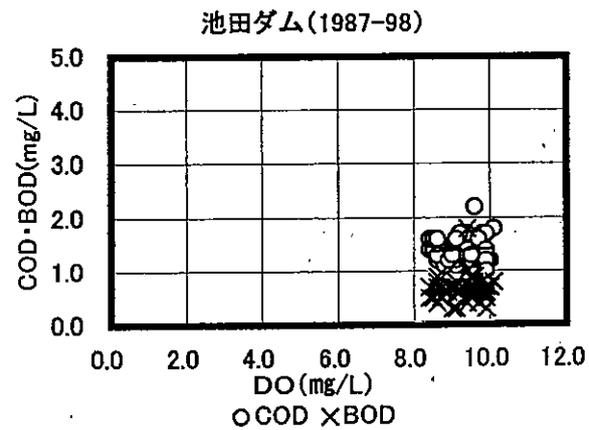
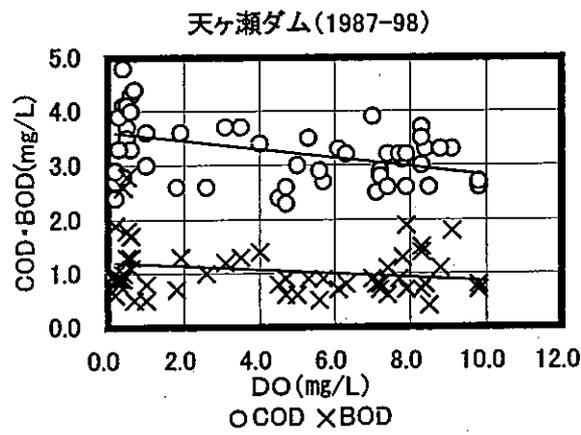
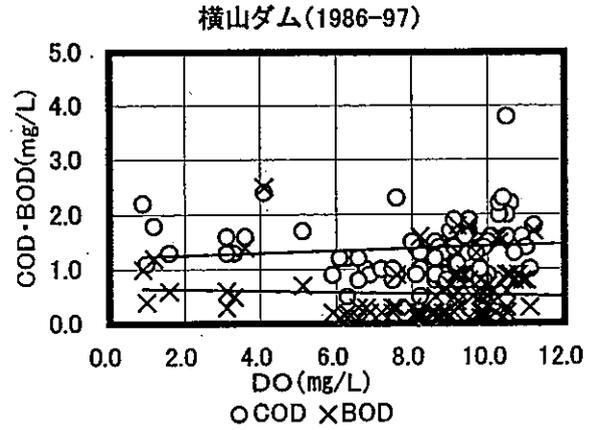
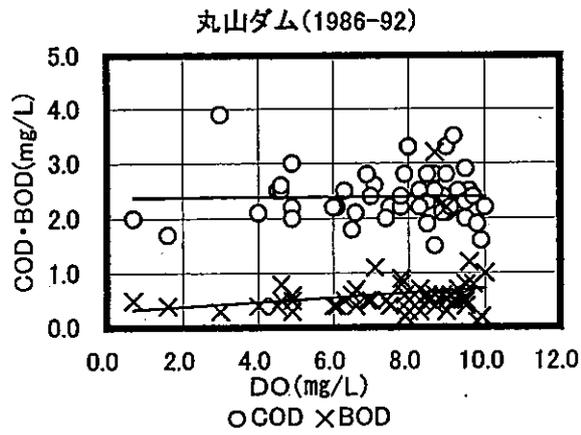
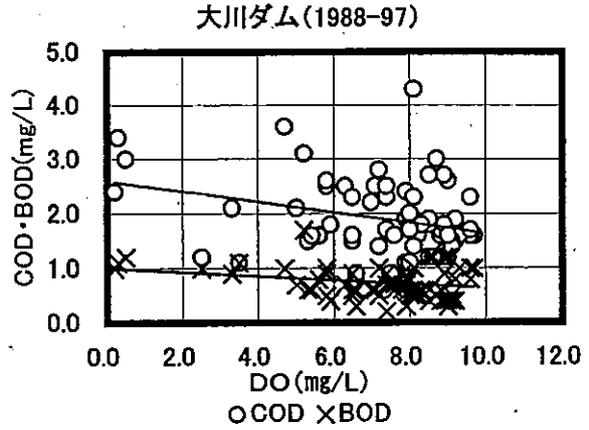
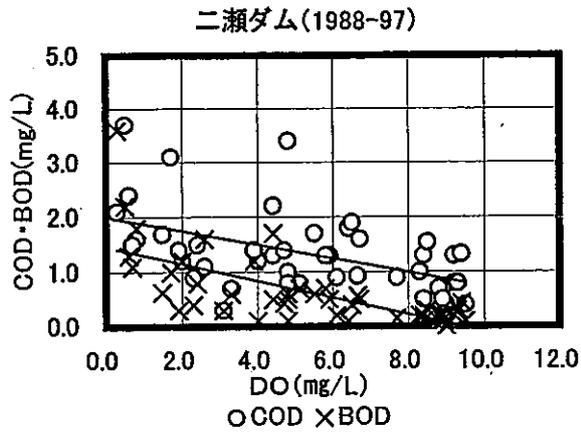


図-5 流入河川水と湖水のCODの関係

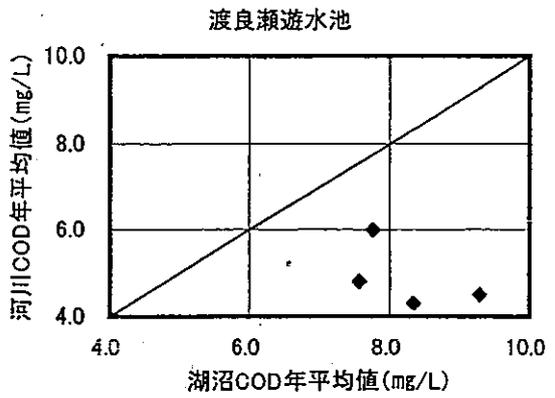
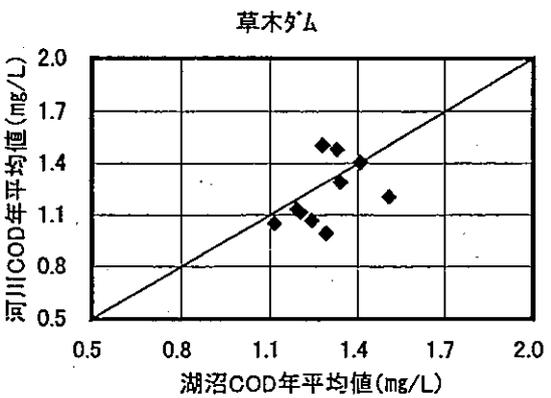
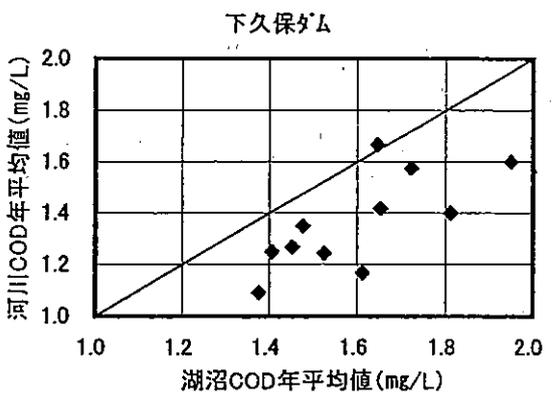
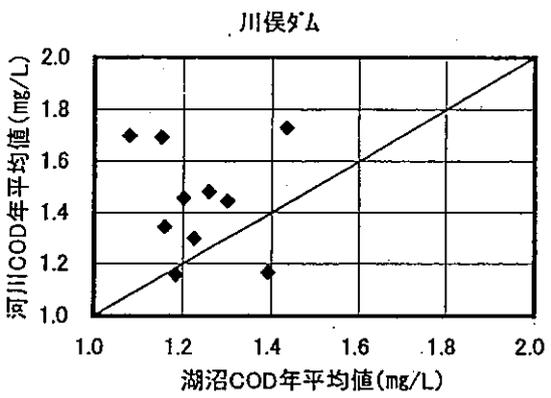
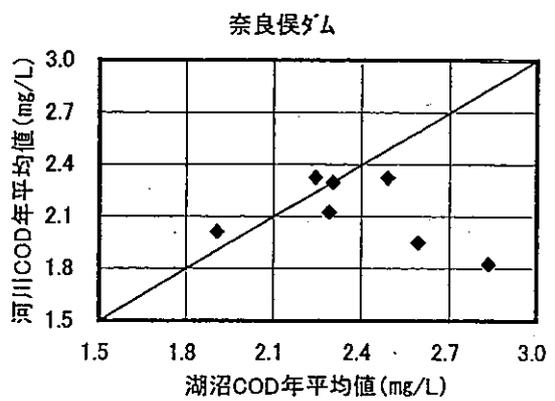
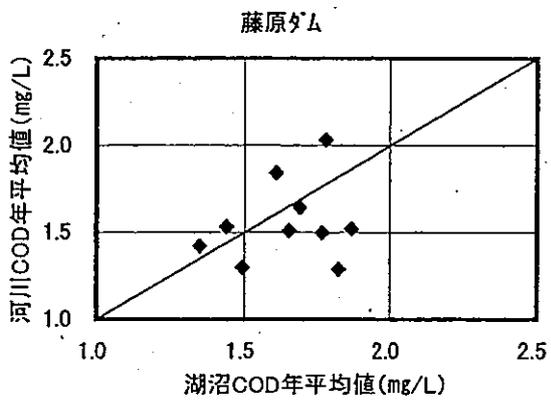
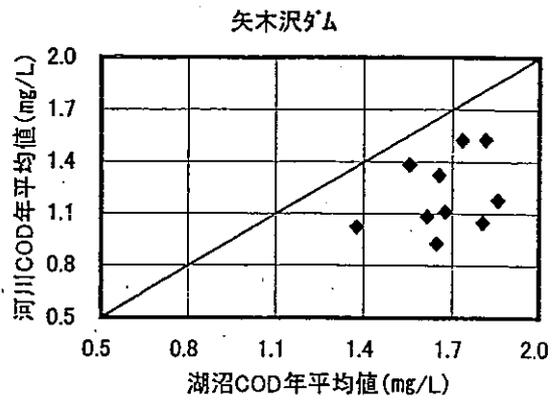
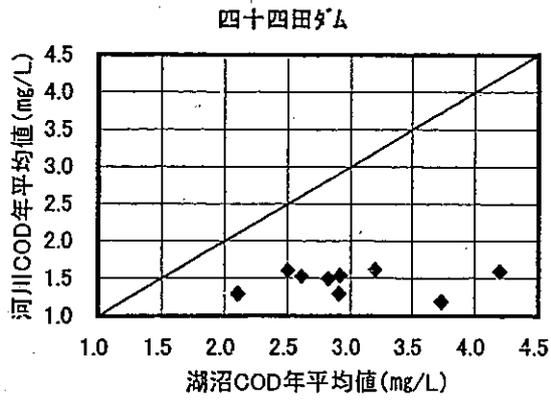


図-5 流入河川水と湖水のCODの関係

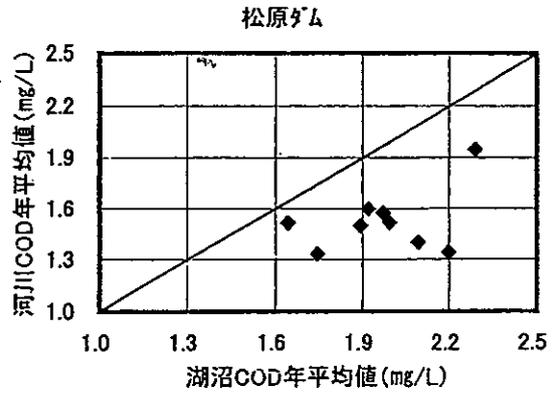
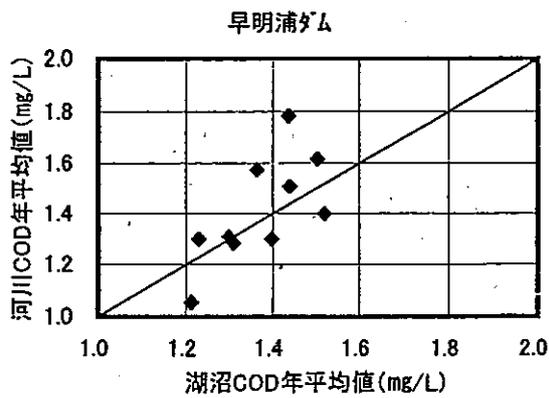
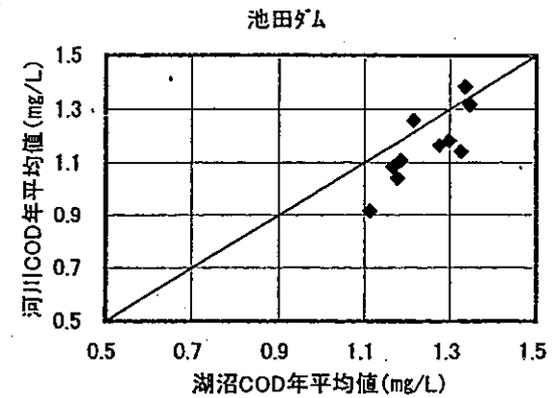
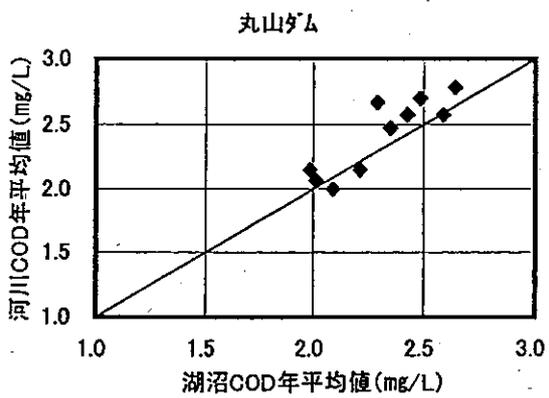
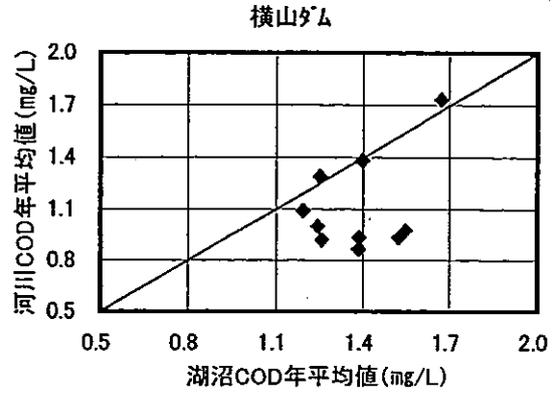
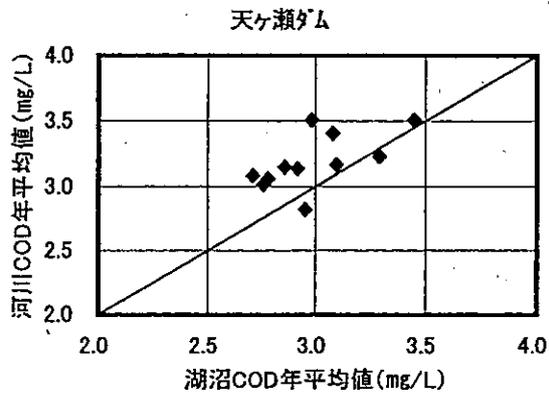
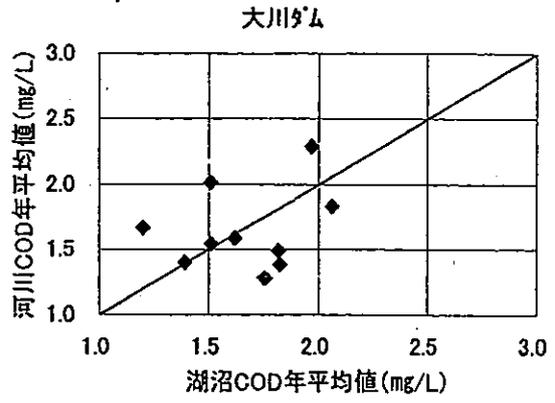
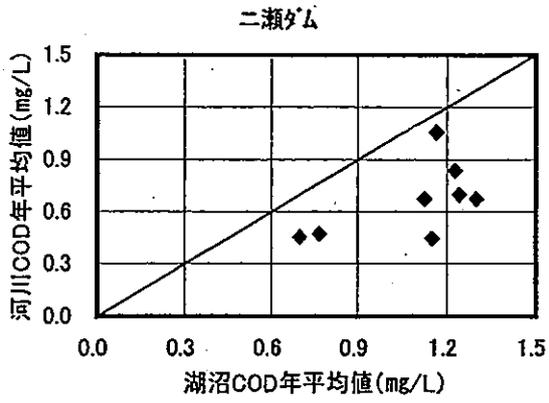


表-1 人工湖の湖沼性の検討結果一覧

	四十四田ダム	矢木沢ダム	藤原ダム	奈良俣ダム	川俣ダム	下久保ダム	草木ダム	渡良瀬遊水池	二瀬ダム	大川ダム	丸山ダム	横山ダム	天ヶ瀬ダム	池田ダム	早明浦ダム	松原ダム
流速3m/s以下	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	×	○	○
滞留時間4日以上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	×	○	○
夏季成層を形成	?	○	?	○	○	○	○	×	?	?	×	×	×	×	○	○
COD濃度とDO濃度の関係あり	×	×	×	○	○	○	○	×	○	○	×	×	○	×	×	○
BOD濃度とDO濃度の関係あり	×	×	×	○	○	○	○	×	○	○	×	×	×	×	×	○
水域内でCOD濃度が上昇	○	○	×	×	×	×	○	○	○	○	×	○	×	×	×	○
異臭味等による利水障害の発生	×	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○
全りん	0.02	0.007	0.008	0.002	0.006	0.014	0.016	0.112	0.016	0.013		0.018	0.021	0.007	0.005	0.021
全窒素	1.12	0.23	0.32	0.25	0.23	1.36	0.75	1.61	0.5	0.49		0.4	0.91	0.37	0.21	0.38
クロロフィル	3	1.9	2.4	2.7	1.9	1.1	1.53	89.3	10.8	4.8	6	6.6	12.8	1.4	1.7	12
透明度	2.14	4.41	2.58	3.72	7.65	1.91	1.4	0.43	3.49	2.68	1.73	1.89	1.7	2.56	4.96	1.33