

設問 3-2) 設問 3-1 で「①ある」とお答えの場合の主な原因は何と考えますか。該当するものに○（選択欄）を付けて下さい。また、○を付けたものについて、その順位を付けて下さい。

→ 優先順位高いものから順に、1位に4点、2位に3点、3位に2点、4位に1点を加点し集計したものを図 3.3.4 に示す。

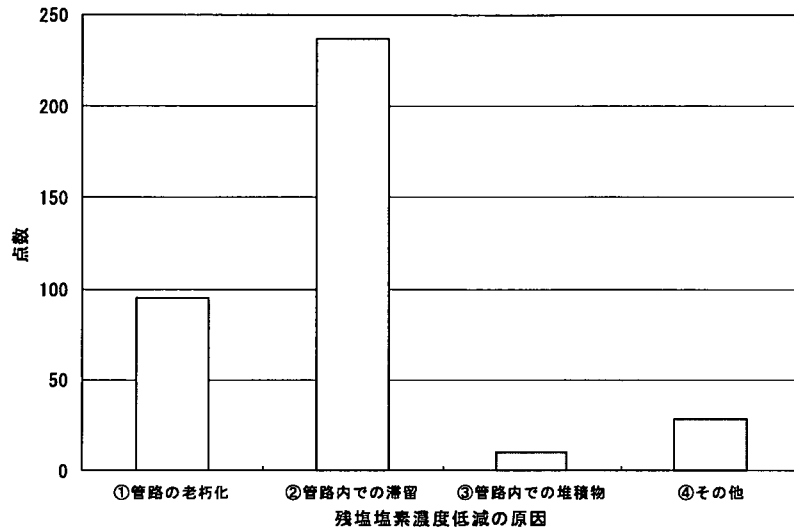


図 3.3.4 残留塩素濃度低減の原因（得点化）

設問 3-3) 設問 3-1 で「①ある」とお答えの場合に、実施した対策は何ですか。該当するものに○（選択欄）を付けて下さい。また、○を付けたものについて、その順位を付けて下さい。

→ 優先順位高いものから順に、1位に6点、2位に5点、3位に4点～6位に1点を加点し集計したものを図 3.3.5 に示す。

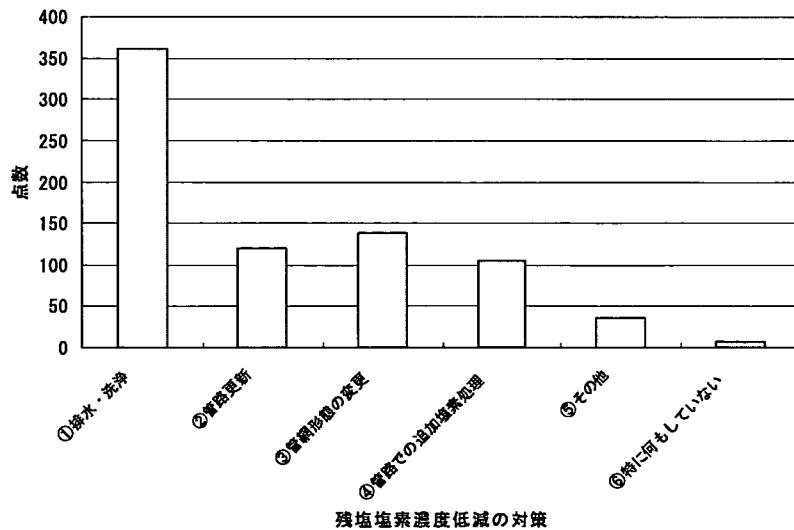


図 3.3.5 残留塩素濃度低減の対策（得点化）

3.4 文献調査

老朽管路における水質劣化とその防止対策に関する研究を進めるにあたり、管路内の水質劣化（残留塩素の減量、異物等）や管路診断、更新計画に関する研究について現状を把握するため、文献調査をおこなった。

(1) 調査の概要

1) 調査対象

調査は独立行政法人科学技術振興機構の文献データベース JSTPlus を利用した。このデータベースは科学技術全分野に関する文献情報で、国内だけでなく世界 50 カ国の情報を含み、収録件数は約 1,351 万件である。

「残留塩素、管」をキーワードにした検索、「水道、管路、水質、更新、診断」をキーワードにした検索で約 400 件が抽出され、*New Epoch* での研究に寄与と思われる 61 件を選択した。

2) 調査結果

調査結果として *New Epoch* 文献調査リスト一覧を巻末の参考資料に示すとともに、個々の論文の抄録、目的、手法、結論については文献調査票としてまとめた。

(2) 調査結果の考察

調査した文献の分類と件数を下記に示す。

- ①水質劣化（残留塩素の減量、異物等）に関する実験主体の文献・・・16 件
- ②水質劣化に関する実管路調査を主体とする文献・・・12 件
- ③水質劣化のモデル化やシミュレーションを主体とする文献・・・20 件
- ④水質劣化防止対策や水質管理を主体とする文献・・・3 件
- ⑤管路の診断、更新計画等を主体とする文献・・・6 件

1) 水質劣化（残留塩素の減量、異物等）に関する実験主体の文献

管の種類（材質や口径）、浄水処理法などと残留塩素の減量に関する研究である。

- ① 淵上らの研究（文献 1G-4、1G-7、1G-8）では、モルタルライニングを施したダクタイル鋳鉄管を用いた実験を行い、次のような知見が示されている。
 - ・遊離塩素濃度の減少速度係数は管内径に逆比例し、内径が 300mm 以下になると塩素消費が顕著になる。
 - ・試験水を攪拌した場合の方が滞留している場合よりも塩素の減少速度が大きくなり、配水管内の流れの状態により塩素消費が異なると推定される。
 - ・水温が高くなると、特に 20℃を超えると塩素消費が顕著になる。
 - ・小口径管で構成される管網を塩素消費が少ない管種で構成することが重要である。経年等により管内面の塩素消費が増大した場合、小口径管ほど影響が大きい。

② 測上らの別の研究（文献 1G-22）では、高度浄水処理水と中間塩素処理水を比較実験し、高度浄水処理水では遊離塩素の減少速度係数は、中間塩素処理水より小さい。高度浄水処理水の減少速度係数が小さいのは、水中の有機物が減少したためであり、有機物指標項目である溶存有機炭素量、過マンガン酸カリウム消費量と、減少速度係数の間には良好な相関が認められた。

③ Clark らの研究（文献 1G-5）では、無ライニング铸铁管（口径 150mm、長さ 27m）を用いた実験を行い、無ライニング铸铁管での残留塩素の減少は流速の影響が顕著であることを確認した。また実験結果を基に、EPANET(Rossman)モデルと BLC(Biswas,Lu,Clark)モデルを比較すると、無ライニング铸铁管では BLC モデルの方が有効であることを確認した。

④ 桂川の研究（文献 1G-10）では、経年管と新管を用いた実験を行い、残留塩素の消費が少ない順位はエポキシライニング管（新管）、モルタルライニング管（新管）、モルタルライニング管（経年管）、無ライニング管（経年管）であること、特に無ライニング管（経年管）では数時間で残留塩素が消費されることが示されている。

⑤ 松村らの研究（文献 1G-16）では、モデル配管（延長 40m）を用いた実験を行い、残留塩素の消費が少ない順位はポリエチレン管、ステンレス管、塩ビ管、モルタルライニング铸铁管であること、および水温に影響されることが示されている。

⑥ Sarin らの研究（文献 1G-6、1G-21）では、鉄管の腐食スケールの構造や成分を解明し、腐食スケールの成長、赤水の発生をモデル化している。

- ・ 腐食スケールの断面構造は接水している表面層、比較的緻密で硬いシェル層、多孔質のコア層、鉄管の内面である基床の 4 層からなる。
- ・ 基床部から第一鉄イオンが放出され、コア層の空隙を移動しながら、第二鉄に転換される。
- ・ 表面層には粒状第二鉄が緩く保持されており、水流や水圧の変化等で剥がれやすく赤水の原因となる。
- ・ 水質（酸素、pH、炭酸カルシウム、塩素、硫黄など）はスケールの成長に大きな影響を与える。水質調整（炭酸カルシウム）によりスケールの多孔性を減少させることは鉄イオンの放出を減らす重要な手段である。

⑦ Kiene らの研究（文献 1G-27）では配水系での塩素崩壊に関して、水質、管の材料、沈殿物、バイオフィーム、腐食の影響について調査している。

- ・ 合成材料の塩素消費は無視しうる。コーティングの無い金属管での塩素崩壊速度は腐食に依存し、塩素に関する 0 次反応でモデル化できる。
- ・ バイオフィームは高濃度の BDOC 含有水と小口径管の場合に重要なパラメータとなる。
- ・ 研究成果はモデル化ソフトウェア PICCOLO に集積されている。

⑧井川らの研究（文献 1G-52）では、市内給水栓水の残留塩素と配水池内の残留塩素を調査し、要因として水質、水温、pH、管内面ライニング、鉄錆の実験を行っている。

- ・滞留時間が長いほど、水温が高いほど、有機含有物が多いほど残留塩素は減少しやすい。
- ・pH 値が大きいほど残留塩素減少定数が大きい。
- ・二液性エポキシとシールコートなしモルタルは塩素消費が大きい。無ライニング管の錆は最も塩素消費が大きい。

2) 水質劣化に関する実管路調査を主体とする文献

実管路での残留塩素の減量や異物を調査計測した研究である。

①渕上らの研究（文献 1G-12、1G-18）では、高度浄水処理水の全域通水に伴い、遊離残留塩素の挙動を解析したものであり、次のような知見が示されている。

- ・給水栓末端等に設置している水質遠隔監視装置の測定結果から、高度浄水処理時の遊離塩素の減少速度係数は、中間塩素処理時の 1/2 程度となっている。
- ・高度浄水処理水の減少速度係数が小さいのは、水中の有機物が減少したためである。室内実験により、有機物指標項目である溶存有機炭素量、過マンガン酸カリウム消費量と、減少速度係数の間には良好な相関が認められた。
- ・貯留水における残留塩素濃度の減少を抑制するには、水深を深くするとともに、水温を上昇させないことが重要である。

②大内らの研究（文献 1G-17）は、配水量 5000m³/日程度の配水区域で、加圧ポンプ吐出管および管路の途中での残留塩素濃度を 24 時間測定したものである。

- ・測定結果と、需要変動および受水槽流入を考慮した管網計算を行って流達時間を算出して求めた残留塩素濃度を比較することで、受水槽流入時に生じる流れ方向の変化によって配水管網内の残留塩素の濃度変化を説明できる。
- ・無ライニング铸铁管は残留塩素の消費が大きく、周辺の管路にも大きな影響を与えており、無ライニング铸铁管の解消が不可欠である。

③Ververk らの研究（文献 1G-2）では、アムステルダム市の配水管網の各所に濁度計、粒子カウンタを設置し、水中の粒子の量や大きさを計測した。

- ・TILVS 法(Time Integrated large volume Sampling)を開発し 0.45 μm の濾過膜で粒子を補足した。
- ・浄水場出口では大きな粒子は無かったが、30km 下流では大きな粒子が存在した。
- ・これは配水系での凝縮、セメントの溶解・沈殿、粒子の再懸濁が生起しているためである。
- ・濁度測定では定量的な情報は得られないが、本方法では粒子の量や成分が把握でき、管路内での変化のプロセスを知ることが出来る。

3) 水質劣化のモデル化やシミュレーションを主体とする文献

管網での残留塩素減量のメカニズムをモデル化する研究、管網での残留塩素量をシミュレーションする研究である。

①小泉らの研究（文献 1G-9）では、H 市の送配水管網を対象にして、配水池出口の残留塩素濃度を入力、管網末端の残留塩素濃度を出力とするニューラルネットワークを適用したモデル化を試みた。1 週間の学習の後に、3 日間の検証を行ったところ、実際の濃度と推定値が良く一致しており、十分な精度のモデルを得ることができた。

②小泉らの別の研究（文献 1G-19）では EPANET とニューラルネットワークモデルによる残留塩素濃度の推定を比較し、EPANET では管網内の全ての管路の流速係数や残留塩素減少係数の設定が必要なのに対して、ニューラルネットワークモデルでは管網全体をマクロにモデル化するため非常に簡潔であることが示されている。

③Munavalli らの研究（文献 1G-14）では、Datt らの研究（1994 年）と Reddy らの研究（1996 年）で得られているバンガロール市（インド）の送配水管網の情報（管路、流速、残留塩素濃度など）を用いてモデル化を行った。既知の数箇所の節点での計測値を用いて残留塩素の減少係数（水質に由来する係数、管に由来する係数）を設定し、次にこの減少係数により管網全体の節点での残留塩素濃度を算出し、既知の計測値との比較を行っている。

4) 水質劣化防止対策や水質管理を主体とする文献

①舟橋らの研究（文献 1 G-26）では水道水に水酸化カルシウム溶液と炭酸ガスを注入することでランゲリア指数をゼロ付近に調整することができ、水道配管内面に薄く緻密な炭酸カルシウム含有の保護膜を形成し、管内面の腐食防止や赤水発生防止が可能となることが示されている。

②Acland（文献 1G-3）は、イギリスの Anglian 水道で配管更新計画のツールとして開発された赤水リスクモデルについて、水質リスクが視覚的に理解でき、目標を定めた最適な予防的維持管理が可能となったと述べている。

③津倉ら（文献 1 G-34）は、オンラインでの水質管理システムについて紹介している。

- ・取水場、浄水場、配水場までの広範囲な水質を監視できる。
- ・水質データからランゲリア指数（LI）、侵食性指数（AI）を推定できる。
- ・水質データと管網解析結果、低濃度 UV 計のデータなどを複合させて、管網内の水質（残留塩素、pH、有機物量など）を推定できる。

④Williams ら（文献 1 G- 61）は、配水系での塩素濃度低下と腐食の関係を研究し、残留塩素の消失が管の腐食により生成する第一鉄イオン濃度（ Fe^{2+} ）の増加に関係することを見出している。これに基づき、石灰などを注入することにより腐食や鉄の溶出を防いで、残留塩素の消失を減らすことを記述している。

5) 管路の診断、更新計画等を主体とする文献

- ①篠ら（文献 1G-1）は、水道ビジョン、水道事業ガイドライン（業務指標による評価）、地域版水道ビジョンなど今後の水道事業の展開の中で、水道施設の更新事業を計画的に進める重要性と、水道施設更新指針の有効性について述べている。
- ②中野ら（文献 1G-20）は、管路の機能に関する複数の評価診断項目（水理面、水質面、耐震面、老朽面）を指標化し、重み付けを変化させながら複数の更新計画を立案するステップ、更新後の管路機能（効果）と更新費用を分析するステップを含む、最も経済的・効果的な計画立案手法を検討している。
- ③鈴木ら（文献 1G-24）は、鋼管管路の埋設状況や水理状況から内外面の腐食程度を予測するモデルと、その評価に基づく管路更新計画の立案について示している。
- ④Madiec ら（文献 1G-36）はボルドー都市共同体市域において水道管路は損事故発生頻度について統計学的研究を実施した。
- ・管路の環境データ（土壌など）、管種データ、維持管理履歴データを基に破損発生を予測するモデルであり、実際の破損件数と良く合致する。
 - ・破損予測で最も重要な要因は、当該管路で過去に発生した破損回数である。例えば過去に一度破損した管路は経年とともに事故リスクが増す。2～4 回破損した管路は経年による事故発生は少ない。
- ⑤吉田ら（文献 1G-46）は、安定給水を確保するため長期的な視野にたった更新計画の必要性と共に、管路更新における技術的課題、財政的課題と対策について述べている。
- ・管路診断・更新計画の基礎となる管路情報の整備（計画的な情報収集と、弾力的な情報管理）。
 - ・更新の対象管路や優先度合いを決めるための評価方法（破損・水密性・水質など機能面からの評価方法、給水人口・重要施設の有無など社会的影響面からの評価方法）。
 - ・管路更新の方法と選定（現行の更新方法、選定時に考慮すべき事項）
- ⑥細井ら（文献 1G-49）は、徳島市の配水管網を対象として配水施設の信頼性を評価する方法を検討している。管網は内径 50mm 以上の管を対象とした 320 管路、管種は鋳鉄管、ダクタイル鋳鉄管、石綿管、塩ビ管である。3 種類の信頼性を考え、シミュレーション法で検討した結果は現状を定量的に把握することができ、更新計画に役立つものである。
- ・機械的信頼性（管路の破損発生確率、修理時間、給水不足量）
 - ・水理的信頼性（需要の時間変動、消火用水）
 - ・水質的信頼性（管網内の水質変化、残留塩素濃度）

(3) まとめ

文献調査の結果から、下記のように要約できる。

1) 水質劣化（残留塩素の減量、異物等）に関して

①管の種類（材質や口径など）が残留塩素の消費に影響を与える。

材質については残留塩素の消費が少ない順位は (a) エポキシライニング管、ポリエチレン管、ステンレス管、(b) モルタルライニング管、塩ビ管、(c) 無ライニング管といえる。経年管は新管よりも塩素消費が大きい。また口径については小口径ほど、特に 300mm 以下になると塩素消費が著しい。

②管内の流れ（流速や水温など）が残留塩素の消費に影響を与える。

無ライニング管では流速が大きいほど塩素消費が大きい。室内実験では攪拌した方が滞留している場合よりも塩素消費が大きい。水温が高くなると、特に 20℃を超えると塩素消費が顕著になる。

③浄水の水質が残留塩素の消費に影響を与える。

高度浄水処理水は中間塩素処理水に比べて塩素消費が少ない。これは水中の有機物が減少したためである。有機物指標項目である溶存有機炭素量、過マンガン酸カリウム消費量と、残留塩素の減少速度係数の間には良好な相関が認められる。

④水質の変化や劣化の原因やプロセスを把握するには、濁度測定よりも水中の粒子を分析するほうが優れている。*New Epoch* でも懸濁物質の捕捉と分析を進めており有益な知見が得られると期待できる。

2) 管網での残留塩素減量のシミュレーション手法に関して

それぞれの手法で制約や制限、入力すべきデータの多寡、安定性や精度などに特色があるように思われ、より簡素で精度の高い実用的なシミュレーション手法の開発が望まれる。

3) 管網での水質劣化防止対策に関して

鉄管の腐食スケールの構造や成長のメカニズムの分析結果から、水質調整（炭酸カルシウム）により鉄の溶出を抑制し、赤水発生防止や残留塩素の消失を減らす方法が挙げられる。

New Epoch でも石灰注入（ランゲリア指数調整）による水質劣化防止の実験を進めており有益な知見が得られると期待できる。

4) 管路診断や更新計画に関して

安定給水を確保するために水道施設の更新が益々重要となってくるが、特に管路更新については技術的課題、財政的課題が多い。長期的な視野に立った更新計画の基礎となる管路情報の整備、更新の対象管路や優先度合いを決めるための評価方法、管路更新の方法と選定などの整備やマニュアル化が求められている。New Epochでは簡便で使いやすい、更新に関する技術マニュアルを目指している。

5) 文献の中から k 値の測定例を幾つか紹介する。

①R.M. Clark ら (文献 1G-2)

無ライニング鑄鉄管 φ152.4、長さ 27m の環状管路で k 値を測定した。

流速(cm/s)	k 値 (hr ⁻¹)			15.6°C
0.69	-0.0512	-0.0599	-0.0663	
2.08	-0.2422	-0.0993	-0.0671	
5.20	-0.2180	-0.1546	-0.1587	
10.4	-0.2110	-0.1240	-0.1685	
20.8	-0.2300	-0.2009	-0.1777	
31.2	-0.1629	-0.1477	-0.1495	
41.6	-0.7321	-0.3862	-0.2878	

②Yeo-Cheon Yoo ら (文献 1G-11)

亜鉛メッキ鋼管の新管と経年管 (10 年) で温度、流速を変えて k 値を測定した。

温度(°C)	初期残塩濃度 (mg/L)	k 値 (min ⁻¹)	
		経年管	新管
6	0.4	0.0545	0.0198
	0.8	0.0587	0.0116
18	0.4	0.0533	0.0256
	0.8	0.0491	0.0234
24	0.4	0.0981	0.0339
	0.8	0.0597	0.0270

③松村智文ら（文献 1G-12）

4種6系統の40m管路で滞水させ塩素濃度を測定した。

	口径(mm)	水温(°C)	k 値(hr ⁻¹)
モルタルライニング管	75	7.5	5.4245×10 ⁻³
ステンレス管	20	7.5	7.2×10 ⁻³
ステンレス管	60	7.5	7.2×10 ⁻³
HI塩ビ管	20	7.5	6.9×10 ⁻³
HI塩ビ管	75	7.5	6.9×10 ⁻³
ポリエチレン管	20	7.5	7.4×10 ⁻³

④水道技術研究センター（文献 1G-20）

包括的な残留塩素濃度減少係数の実測事例。

事業体	管路・管種等	k 値(hr ⁻¹)
札幌市水道局 (夏季の測定結果)	幹線	1.86×10 ⁻²
	準幹線	2.0×10 ⁻²
広島市水道局 (口径 300mm の測定結果)	モルタルライニング管	0.058～0.062
	エポキシ粉体塗装管	0.01

3.5 管路における水質劣化メカニズムの解明

平成 17 年度に実施したアンケート調査や文献調査の結果から、管路における水質劣化には、①水源水質（処理方法）、②管材質、③管老朽度、④水理特性などの要因が複雑に関与していることが明らかとなった。

そこで、管路における水質劣化のメカニズムを解明するために図 3.5.1 に示す調査を実施することとした。

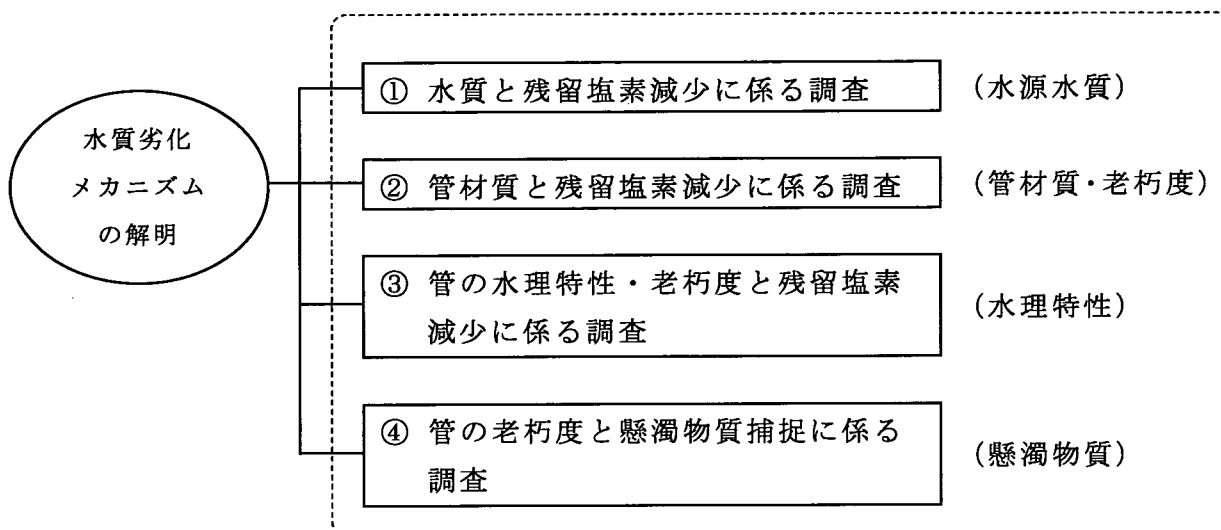


図 3.5.1 水質劣化メカニズム解明のための調査内容

3.5.1 調査概要

本研究では、管路における水質劣化のメカニズムを解明するために、水道事業体の実管路等を活用し、管内面や水理・水質条件の異なる条件下での残留塩素濃度等の経時変化や水道水中の懸濁物質に関する調査を行い、管路における水質劣化の原因を特定するために、以下に示す 4 項目について調査を行い、老朽管路と水質劣化の実態の把握に努めた。

1) 水質と残留塩素減少に係る調査（ラボ実験）

水源水質及び管路状況の違いによる残留塩素濃度や各種水質の経時変化を把握するために、事業体の浄水場や管路から採取した水について調査を行った。

2) 管材質と残留塩素減少に係る調査（ラボ実験）

管材質の違いによる残留塩素濃度や各種水質の経時変化を把握することを目的とし、事業体より提供された経年管や新管について調査を行った。

3) 管の水理特性・老朽度と残留塩素減少に係る調査（フィールド調査）

管路の錆と残留塩素の低下に着目して、実管路にて鉄系管路の老朽度を評価する手法の研究のために、実管路の管路状況、水質及び水理状況、残留塩素の減少量についてのデータを収集した。

4) 管の老朽度と懸濁物質捕捉に係る調査（フィールド調査）

管路の錆と濁水等の発生に着目し、鉄系管路の老朽度を評価する手法の研究のために、実管路での管路状況、水理状況、懸濁物質濃度についての基礎的なデータを収集した。

3.5.2 水質と残留塩素減少に係る調査結果

(1) 目的

水源水質の違いによる残留塩素濃度や各種水質の関係を把握する。

(2) 供試水

1) 提供事業体

東京都、福井市、名古屋市、長崎市、川崎市、さいたま市、神戸市、福岡市、新潟市、大牟田市、千葉県、横須賀市、大阪府、大阪市、熊本市（順不同）

2) データ数：57

(3) 調査項目

1) 残留塩素濃度経時変化

2) 各種水質分析

・濁度 ・色度 ・TOC ・紫外線吸光度 (E260) (・鉄 ・マンガン)

3) 水道統計データ (平成 17 年度)

・カルシウム硬度 ・蒸発残留物 ・塩化物イオン ・pH ・ナトリウム

(4) 調査方法

1) 供試水

供試水には、各浄水場の「浄水」を用いた。(※浄水処理後、時間や管路による影響を受けていない水を採取した。)

2) 水質分析

①残留塩素濃度の経時変化

供試水を共栓ガラス瓶 (200mL 程度) 6 個に分割 (分析回数分) して入れ、 $10^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ の状態で静置し、静置開始時、1 時間、2 時間、3 時間、6 時間、12 時間、24 時間経過時に、残留塩素濃度を測定した。残留塩素濃度測定時には DPD 試薬を用いた。また、デジタル測定器を用いて、小数点第 2 位までの値を読んだ。なお、分析間隔、分析に必要な液量は表 3.5.1 の通り。

②各種水質分析

供試水をポリ瓶 (2L 程度) 3 個に分割 (分析回数分) して入れ、 $10^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ の状態で静置し、静置開始時、6 時間、12 時間および 24 時間経過時に、各種水質の分析 (上水試験方法に準じる) を行った。なお、分析間隔、分析に必要な液量は表 3.5.1 の通り。

表 3.5.1 分析間隔および必要液量

調査項目	必要液量 (ml)	分析間隔 (時間)							液量小計 (ml)
		0	1	2	3	6	12	24	
1) 残留塩素濃度	100	○	○	○	○	○	○	○	700
2) 各種水質分析									
①濁度	100	○	—	—	—	○	○	○	400
②色度	100	○	—	—	—	○	○	○	400
③有機物 (全有機炭素 (TOC) の量)	100	○	—	—	—	○	○	○	400
④紫外線吸光度 (E260)	100	○	—	—	—	○	○	○	400
合計液量 (ml)									2,300

③調査回数

上記調査の分析結果のバラツキをなくすため、1ヶ月程度の間隔を空けて3回実施した。

(5) 調査結果の概要

今回の調査で得られた主な結果は以下の通り。

- ・水質由来の k 値は 0.01hr^{-1} 程度。
 → なお、 k 値は一次式 ($C=C_0e^{-kt}$) で近似して算出。(ただし、 k 値が計算上一の値になった場合には、不相当と判断しデータを採用せず。)
- ・TOC と 24hr 残留塩素減少量の間には相対的に高い相関性が認められた。
 → とくに、活性炭+急速ろ過で高い相関性が見られた。
- ・TOC と k 値の間には相関性は認められなかった。
 → なお、原水区分や処理区分毎に関係を調べたところ、相対的に k 値との相関性の高いもの (処理区分別：オゾン+活性炭、活性炭-急速ろ過) も見られた。
- ・E260 と k 値の間には相関性は認められなかった。
 → なお、原水区分や処理区分毎に関係を調べたところ、相対的に k 値との相関性の高いもの (処理区分別：オゾン+活性炭、原水区分別：ダム湖+河川水、地下水) も見られた。
- ・各水質項目と k 値の間には相関性は認められなかった。

- ・ E260 と 24hr 残留塩素減少量の間には相対的には認められなかった。
 - なお、原水区分や処理区分毎に関係を調べたところ、相対的に 24hr 残留塩素減少量との相関性の高いもの（処理区分別：オゾン+活性炭、原水区分別：ダム湖+河川水）も見られた。
- ・ pH と 24hr 残留塩素減少量で、相対的に高い相関性が認められた。
- ・ TOC と E260 の関係を調べたところ 2 分される結果とあったが、各グループの特徴についてはよく判らなかつた。
- ・ 24hr 残留塩素減少量と k 値の間に高い相関性は認められなかつた。

2) 調査結果一覧 (その2)

表 3.5.2 調査結果一覧 (その2)

原水区分	処理区分	事業体名	浄水場、配水池名	k値		残留遊葉		TOC(初期値)		E260(初期値)		Ca硬度		蒸発残留物		塩化物イオン		pH		Na	
				3data平均	初期値	24hr減少量	3data平均	3data平均	3data平均	Ca硬度	水速統計	水速統計	水速統計	水速統計	水速統計	水速統計	水速統計	水速統計	水速統計	水速統計	水速統計
河川水	オゾン+活性炭	大原取水処理部	南津浄水場	0.0056	0.83	0.1000	0.97	0.044	44	116	19	7.5	19	7.5	19	7.5	19	7.5	19	7.5	
河川水	オゾン+活性炭	大原取水処理部	河野浄水場	0.0126	0.87	0.1900	0.90	0.033	46	117	19	7.6	19	7.6	19	7.6	19	7.6	19	7.6	
河川水	オゾン+活性炭	神戸市企業局	阪神企業団営水	0.0038	0.87	0.0733	0.83	0.007	47	122	16.6	7.5	18.8	7.5	18.8	7.5	18.8	7.5	18.8	7.5	
河川水	活性炭+急凍処理	大牟田市企業局	日本配水池	0.0126	0.65	0.1333	0.61	0.051	45	115	14.1	7.7	14.4	7.7	14.4	7.7	14.4	7.7	14.4	7.7	
河川水	活性炭+急凍処理	新潟市企業局	信濃川浄水場	0.0094	0.51	0.0933	0.50	0.007	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
河川水	活性炭+急凍処理	徳島県市上下水道局	青島浄水場	0.0023	1.02	0.0450	0.96	0.022	64	110	12.6	7.3	6.3	7.3	6.3	7.3	6.3	7.3	6.3	7.3	
河川水	急凍処理	大牟田市企業局	尾命池	0.0066	0.85	0.1600	0.70	0.064	21	62	7.2	7.9	9.9	7.2	7.9	7.2	7.9	7.2	7.9	7.2	
河川水	急凍処理	名古屋市上下水道局	春日井浄水場	0.0039	0.65	0.0850	0.69	0.044	21	62	7.2	7.9	9.9	7.2	7.9	7.2	7.9	7.2	7.9	7.2	
河川水	急凍処理	名古屋市上下水道局	大治浄水場	0.0051	0.57	0.0567	0.74	0.046	23	66	9.5	7.2	11	7.2	11	7.2	11	7.2	11	7.2	
河川水	急凍処理	新潟市企業局	新潟市浄水場	0.0124	0.74	0.1533	0.73	0.011	31	84	16	7.5	12	7.5	12	7.5	12	7.5	12	7.5	
河川水	急凍処理	新潟市企業局	阿賀野川浄水場	0.0113	0.60	0.1633	0.50	0.008	19	59	10	7.5	8	7.5	8	7.5	8	7.5	8	7.5	
河川水	急凍処理	新潟市企業局	九郎崎浄水場	0.0167	0.29	0.0600	0.50	0.005	45	115	14.1	7.7	14.4	7.7	14.4	7.7	14.4	7.7	14.4	7.7	
河川水	急凍処理+精製処理	名古屋市上下水道局	南庄浄水場	0.0034	0.61	0.0433	0.66	0.051	23	55	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
河川水	オゾン+活性炭	大原取水処理部	松島浄水場	0.0044	0.55	0.0533	0.73	0.008	44	114	16.6	7.5	19.4	7.5	19.4	7.5	19.4	7.5	19.4	7.5	
河川水	活性炭+急凍処理	千葉県水道局	古川町浄水場	0.0073	1.15	0.1700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
河川水	活性炭+急凍処理	千葉県水道局	千葉県浄水場	0.0060	1.00	0.1567	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ダム湖	活性炭+急凍処理	千葉県水道局	栗山浄水場	0.0116	0.85	0.1733	0.73	0.004	28	89	14.3	7.3	9.9	7.3	9.9	7.3	9.9	7.3	9.9	7.3	
ダム湖	急凍処理	川崎市水道局	長沼浄水場	0.0053	0.77	0.0667	0.47	0.036	57	110	9	7.4	8.4	7.4	8.4	7.4	8.4	7.4	8.4	7.4	
ダム湖	急凍処理	川崎市水道局	瀬尻浄水場	0.0063	0.79	0.0800	0.47	0.038	58	110	9	7.3	8.7	7.3	8.7	7.3	8.7	7.3	8.7	7.3	
ダム湖	急凍処理	長野市上下水道局	小竹倉浄水場	0.0056	0.84	0.0700	0.77	0.003	29	81	14.5	7.1	8.4	7.1	8.4	7.1	8.4	7.1	8.4	7.1	
ダム湖	急凍処理	長野市上下水道局	長岡浄水場	0.0134	0.70	0.1600	0.58	0.004	9	58	6.8	7.2	8	7.2	8	7.2	8	7.2	8	7.2	
ダム湖	急凍処理	長野市上下水道局	手鹿浄水場	0.0133	0.85	0.1767	0.53	0.003	18	60	12.5	7.4	10.3	7.4	10.3	7.4	10.3	7.4	10.3	7.4	
ダム湖	急凍処理	長野市上下水道局	三ヶ平浄水場	0.0077	0.72	0.0933	0.45	0.003	18	64	11.4	7.3	9	7.3	9	7.3	9	7.3	9	7.3	
ダム湖	急凍処理	長野市上下水道局	浦上浄水場	0.0150	0.98	0.2400	0.97	0.007	52	114	19.1	7.4	13.2	7.4	13.2	7.4	13.2	7.4	13.2	7.4	
ダム湖	急凍処理	東京都水道局	東武浄水場	0.0087	0.64	0.1233	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ダム湖+河川水	オゾン+活性炭	千葉県水道局	東京都浄水場	0.0077	0.96	0.1567	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ダム湖+河川水	オゾン+活性炭	東京都水道局	駒沢浄水場	0.0062	0.99	0.1167	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ダム湖+河川水	オゾン+活性炭	東京都水道局	三軒浄水場	0.0078	1.11	0.1667	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ダム湖+河川水	オゾン+活性炭	東京都水道局	東武浄水場	0.0113	0.67	0.1533	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ダム湖+河川水	活性炭+急凍処理	東京都水道局	二階浄水場	0.0118	0.74	0.1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ダム湖+河川水	急凍処理	東京都水道局	東京都浄水場	0.0062	0.54	0.0633	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ダム湖+河川水	急凍処理	福岡市水道局	小野浄水場	0.0089	0.70	0.1100	0.73	0.061	35	82	17.5	7.5	13	7.5	13	7.5	13	7.5	13	7.5	
ダム湖+河川水	急凍処理	福岡市水道局	乙倉浄水場	0.0074	0.80	0.1100	0.50	0.094	38	92	11.3	7.5	8.9	7.5	8.9	7.5	8.9	7.5	8.9	7.5	
ダム湖+河川水	急凍処理	福岡市水道局	福岡市浄水場	0.0083	0.78	0.1133	0.70	0.045	39	95	13.4	7.5	11	7.5	11	7.5	11	7.5	11	7.5	
ダム湖+河川水	活性炭+急凍処理	長野市上下水道局	東武浄水場	0.0062	0.82	0.0733	0.63	0.004	60	157	18	7.6	13.8	7.6	13.8	7.6	13.8	7.6	13.8	7.6	
ダム湖+地下水	オゾン+活性炭	神戸市水道局	東平野浄水場	0.0042	0.82	0.0733	0.70	0.008	92	170	21.3	6.9	17.4	6.9	17.4	6.9	17.4	6.9	17.4	6.9	
ダム湖	急凍処理	千葉県水道局	浦上浄水場	0.0113	0.53	0.1200	0.85	0.046	44	73	1.8	7.8	3.6	7.8	3.6	7.8	7.8	3.6	7.8	3.6	
ダム湖	急凍処理	千葉県水道局	千代浄水場	0.0045	0.87	0.0667	0.90	0.012	33	78	10.6	7.4	11	7.4	11	7.4	11	7.4	11	7.4	
ダム湖	急凍処理	福岡市水道局	瀬尻浄水場	0.0070	0.68	0.0867	0.57	0.092	32	71	11	7.5	8.4	7.5	8.4	7.5	8.4	7.5	8.4	7.5	
ダム湖+河川水	活性炭+急凍処理	千葉県水道局	柏井浄水場	0.0044	1.12	0.1167	0.70	0.038	74	179	27.4	7.6	24.2	7.6	24.2	7.6	24.2	7.6	24.2	7.6	
地下水	真露のみ	大牟田市企業局	西山配水池	0.0085	0.62	0.0867	0.40	0.044	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
地下水	真露のみ	熊本市水道局	熊本市浄水場	0.0066	0.34	0.0333	0.25	0.020	69	202	15.2	7.1	23.9	7.1	23.9	7.1	23.9	7.1	23.9	7.1	
地下水	真露のみ	熊本市水道局	熊本市浄水場	0.0087	0.30	0.0500	0.25	0.008	77	181	9.5	6.8	12.2	6.8	12.2	6.8	12.2	6.8	12.2	6.8	
地下水	真露のみ	熊本市水道局	川尻水頭	0.0076	0.21	0.0300	0.25	0.009	61	193	11.4	7.2	23.2	7.2	23.2	7.2	23.2	7.2	23.2	7.2	
地下水	真露のみ	熊本市水道局	八景水頭	0.0025	0.25	0.0100	0.25	0.010	62	191	0.25	17.4	7.1	23	7.1	23	7.1	23	7.1	23	
地下水	真露のみ	熊本市水道局	熊本市浄水場	0.0091	0.22	0.0267	0.25	0.011	61	161	7.6	7.1	13.2	7.1	13.2	7.1	13.2	7.1	13.2	7.1	
地下水	真露のみ	熊本市企業局	一本木浄水場	0.0149	0.35	0.0800	0.23	0.002	60	183	22.1	7.1	24.6	7.1	24.6	7.1	24.6	7.1	24.6	7.1	
地下水	真露のみ	熊本市企業局	丸山浄水場	0.0205	0.29	0.0800	0.14	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
地下水	真露のみ	熊本市企業局	江崎浄水場	0.0089	0.41	0.0800	0.19	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
地下水	真露のみ	熊本市企業局	川崎浄水場	0.0202	0.20	0.0800	0.24	0.004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
地下水	急凍処理	熊本市水道局	生田浄水場	0.0040	0.74	0.0667	0.50	0.044	79	200	24	6.9	23	6.9	23	6.9	23	6.9	23	6.9	
地下水	急凍処理	熊本市水道局	熊本市浄水場	0.0043	0.92	0.0800	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
地下水	急凍処理	熊本市水道局	大合浄水場	0.0026	0.84	0.0533	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
地下水	急凍処理	熊本市水道局	熊本市浄水場	0.0026	0.94	0.0633	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
地下水	その他	熊本市企業局	熊本市浄水場	0.0267	0.25	0.0800	0.51	0.006	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
湖沼水	オゾン+活性炭	千葉県水道局	柏井浄水場	0.0051	1.17	0.1433	0.47	0.029	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

3) k 値の分布

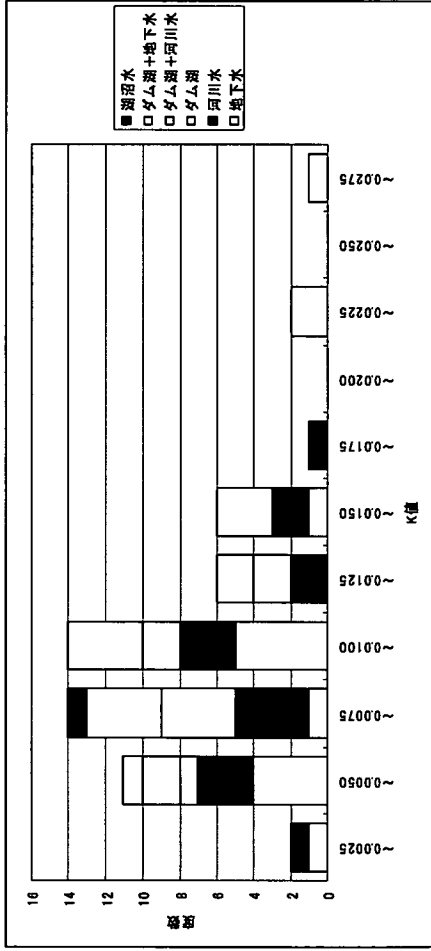


図 3.5.2 k 値の分布

k 値	地下水	河川水	ダム湖	ダム湖+河川水	ダム湖+地下水	湖沼水	全体
~0.0025	1	1	0	0	0	0	2
~0.0050	4	3	1	2	1	0	11
~0.0075	1	4	4	4	0	1	14
~0.0100	5	3	2	4	0	0	14
~0.0125	0	2	2	2	0	0	6
~0.0150	1	2	3	0	0	0	6
~0.0175	0	1	0	0	0	0	1
~0.0200	0	0	0	0	0	0	0
~0.0225	2	0	0	0	0	0	2
~0.0250	0	0	0	0	0	0	0
~0.0275	1	0	0	0	0	0	1
平均	0.0098	0.0081	0.0092	0.0074	0.0042	0.0051	0.0085

・水質由来の k 値は 0.01hr^{-1} 程度。

4) 24hr 残留塩素減少量の分布

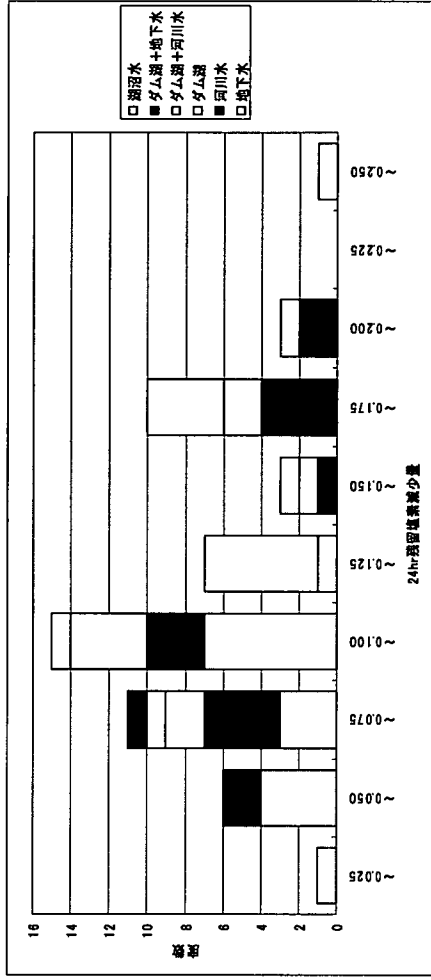


図 3.5.3 24hr 残留塩素減少量の分布

24hr 残留塩素減少量	地下水	河川水	ダム湖	ダム湖+河川水	ダム湖+地下水	湖沼水	全体
~0.025	1	0	0	0	0	0	1
~0.050	4	2	0	0	0	0	6
~0.075	3	4	2	1	0	0	11
~0.100	7	3	4	1	0	0	15
~0.125	0	0	1	6	0	0	7
~0.150	0	1	1	0	0	1	3
~0.175	0	4	2	4	0	0	10
~0.200	0	2	1	0	0	0	3
~0.225	0	0	0	0	0	0	0
~0.250	0	0	1	0	0	0	1
平均	0.059	0.110	0.124	0.122	0.073	0.143	0.102

・地下水のデータが 0.1mg/L 以下の範囲に集中。

・全体平均 0.102mg/L に対して、地下水のみの平均は 0.059mg/L 。

5) TOC の分布

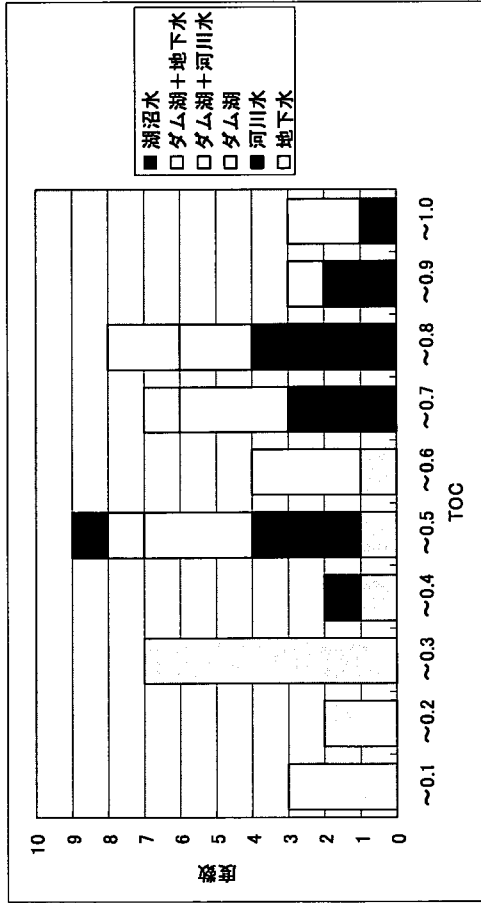


図 3.5.4 TOC の分布

TOC	地下水	河川水	ダム湖	ダム湖+河川水	ダム湖+地下水	湖沼水	全体
~0.1	3	0	0	0	0	0	3
~0.2	2	0	0	0	0	0	2
~0.3	7	0	0	0	0	0	7
~0.4	1	1	0	0	0	0	2
~0.5	1	3	3	1	0	1	9
~0.6	1	0	3	0	0	0	4
~0.7	0	3	0	3	1	0	7
~0.8	0	4	2	2	0	0	8
~0.9	0	2	1	0	0	0	3
~1.0	0	1	2	0	0	0	3
平均	0.24	0.69	0.67	0.67	0.70	0.47	0.54

- ・ 地下水のデータが TOC 0.5mg/L 程度以下の範囲に集中。
- ・ 全体平均 0.54mg/L に対して、地下水のみの平均は 0.24mg/L。

6) E260 の分布

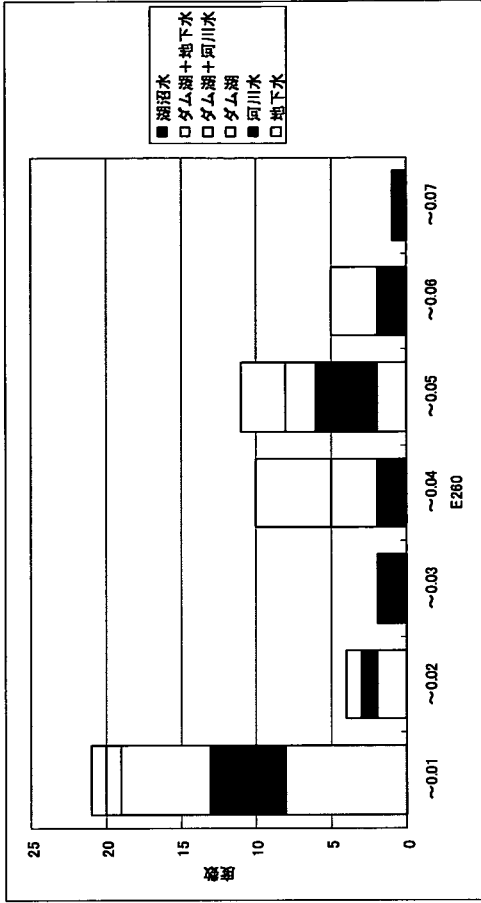


図 3.5.5 E260 の分布

E260	地下水	河川水	ダム湖	ダム湖+河川水	ダム湖+地下水	湖沼水	全体
~0.01	8	5	6	1	1	0	21
~0.02	2	1	1	0	0	0	4
~0.03	0	1	0	0	0	1	2
~0.04	0	2	3	5	0	0	10
~0.05	2	4	2	3	0	0	11
~0.06	0	2	0	3	0	0	5
~0.07	0	1	0	0	0	0	1
平均	0.013	0.030	0.019	0.039	0.008	0.029	0.026

- ・ 全体平均 0.026mg/L に対して、地下水のみの平均は 0.013mg/L。

7) TOC と k 値の関係

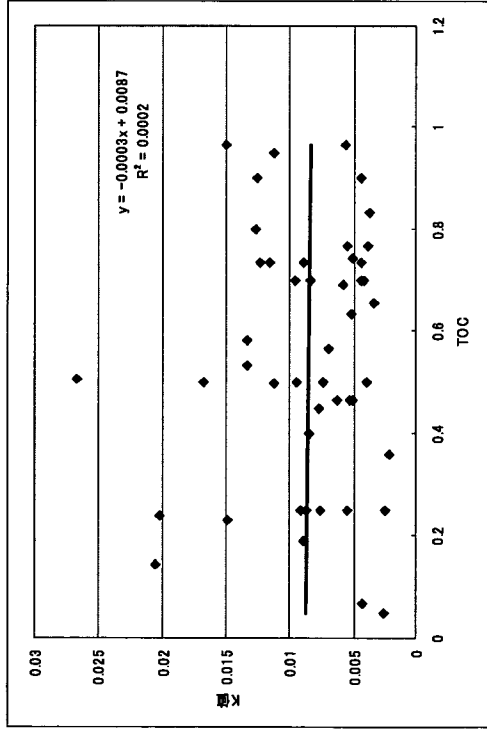


図 3.5.6 TOC と k 値の関係 (N=48)

・TOC と k 値には相関性は認められず。

8) E260 と k 値の関係

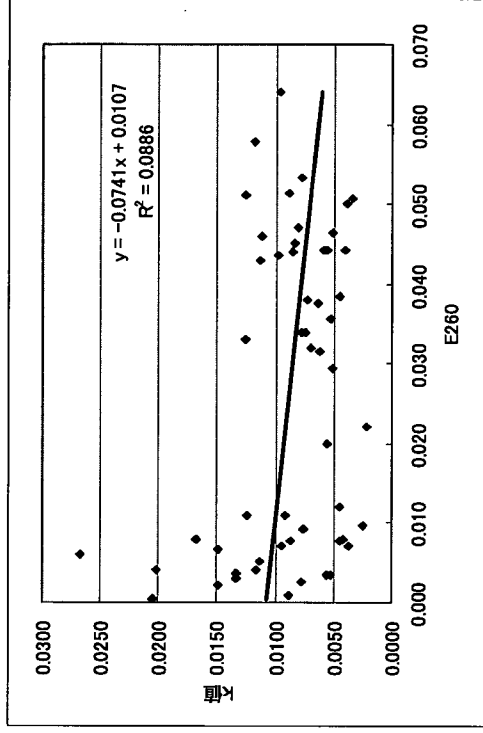


図 3.5.7 E260 と k 値の関係 (N=54)

9) TOC と 24hr 残留塩素減少量の関係

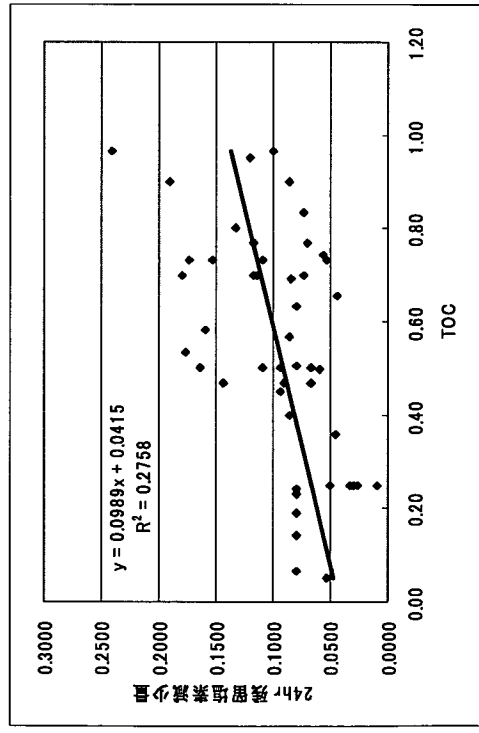


図 3.5.8 TOC と 24hr 残留塩素減少量の関係 (N=48)

10) E260 と 24hr 残留塩素減少量の関係

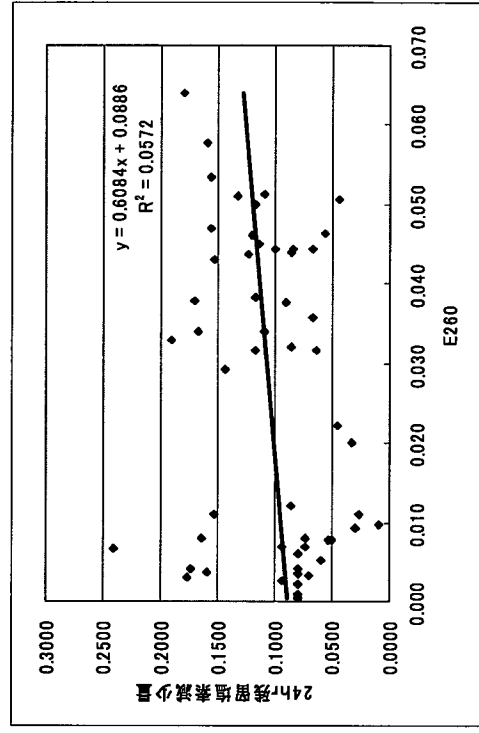
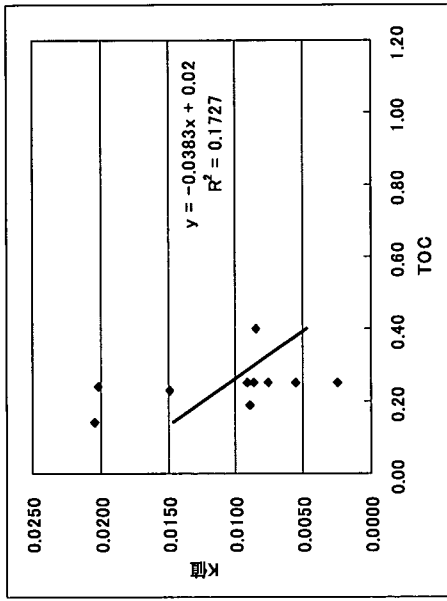
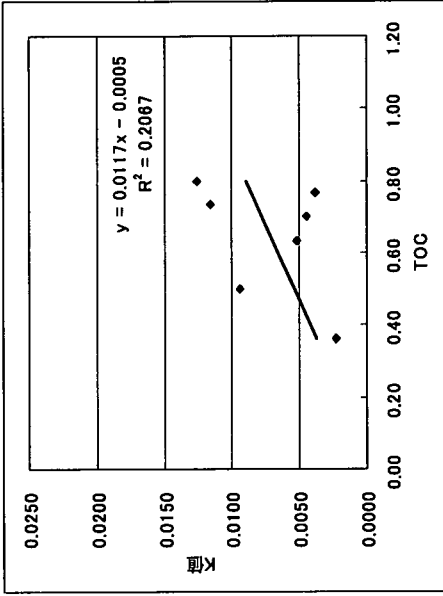


図 3.5.9 TOC と 24hr 残留塩素減少量の関係 (N=54)

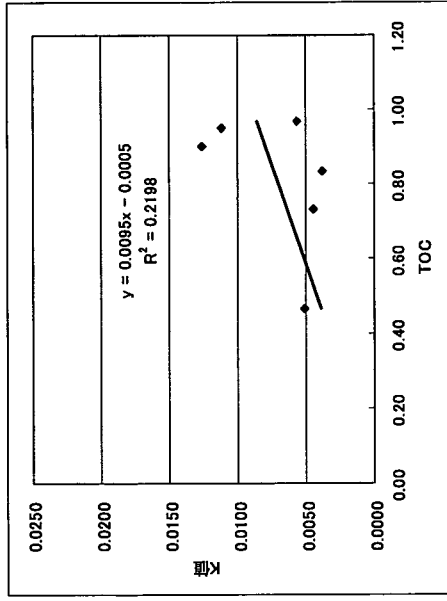
1.1) TOC と k 値の関係 (処理区分別)



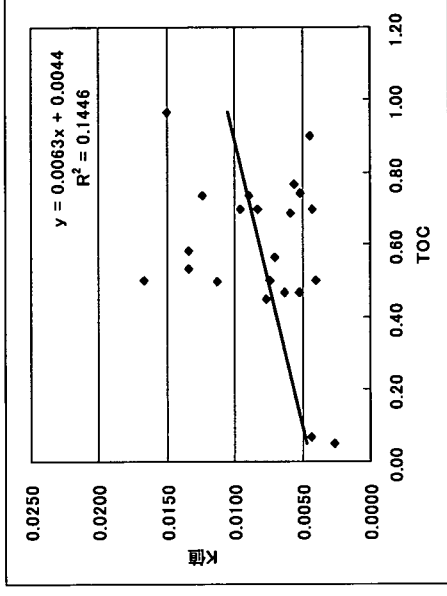
a) 塩素のみ (N=10)



b) 活性炭+急速ろ過 (N=7)



c) オゾン+活性炭 (N=6)



d) 急速ろ過 (N=23)

図 3.5.10 TOC と k 値の関係 (処理区分別)