

流量減少時の都市河川水質への 下水処理水の影響に関する研究

国立研究開発法人土木研究所
つくば中央研究所 流域水環境研究グループ
水質チーム 上席研究員 岡安祐司

2024.11.25.公益社団法人 全国上下水道コンサルタント協会技術・研修委員会
令和6年度技術研修会「自然環境・社会環境の変化に配慮した上下水道施設等の検討事例」

組織

理事長
(藤田 光一)

理事
(寒地土木研究所長)

理事

監事

審議役

監査役

研究調整監(2)

耐震統括研究監

監査室

適正業務推進室

総務部

企画部

つくば中央研究所

寒地土木研究所

水災害・リスクマネジメント
国際センター(ICHARM)

構造物メンテナンス
研究センター(CAESAR)

先端材料資源研究
センター(iMaRRC)

技術推進本部

地質・地盤研究グループ

流域水環境研究グループ

流域生態チーム

水質チーム

自然共生研究センター(C長:森 照貴)

河道保全研究グループ

土砂管理研究グループ

道路技術研究グループ

材料資源研究グループ

先端材料・高度化担当

資源循環担当

汎用材料担当

耐寒材料担当

土木研究所 第5期中長期目標

平成27年4月～国立研究開発法人

中長期目標：法人が達成すべき業務運営に関する目標、主務大臣が定め、法人へ指示

○中長期計画の期間

令和4年4月1日から令和10年3月31日までの6年間

○土木研究所の役割(ミッション)

土研のミッションは、研究開発成果の最大化、すなわち、国民の生活、経済、文化の健全な発展その他の公益に資する研究開発成果の創出を国全体として「最大化」という国立研究開発法人の第一目的を踏まえ、研究開発成果の社会への還元等を通じて、良質な社会資本の効率的な整備及び北海道の開発の推進に貢献し、国土交通政策及び北海道開発行政に係る農水産業振興に関するその任務を的確に遂行することとする。土研はこのミッションを果たすため、国土交通省の地方整備局及び北海道開発局等の事業と密接に連携を図るものとする。

具体的には、2050年カーボンニュートラルに向けた2030年度の削減目標や生産年齢人口減少等の社会情勢を踏まえて、本中長期目標期間において、

- ① 自然災害からいのちと暮らしを守る国土づくり
- ② スマートで持続可能な社会資本の管理
- ③ 活力ある魅力的な地域・生活

に貢献するための研究開発等に重点的・集中的に取り組むものとする。

なお、研究開発等にあたっては、国土面積の約6割を占める積雪寒冷地の良質な社会資本の効率的な整備等にも留意するものとする。

土木研究所 第5期中長期計画*

(R4～R9年度)

*中長期計画:中長期目標を達成するための計画、法人が作成し、主務大臣が認可

研究開発テーマ	研究開発プログラム
①. 自然災害からのちと暮らしを守る国土づくりへの貢献	(1) 水災害の激甚化に対する流域治水の推進技術の開発 (2) 顕在化した土砂災害へのリスク低減技術の開発 (3) 極端化する雪氷災害に対応する防災・減災技術の開発 (4) 大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発
②. スマートで持続可能な社会資本の管理への貢献	(5) 気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発 (6) 社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発 (7) 構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術開発 (8) 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発 (9) 施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発
③. 活力ある魅力的な地域・生活への貢献	(10) <u>気候変動下における持続可能な水資源・水環境管理技術の開発</u> (11) 地域社会を支える冬期道路交通サービスの提供に関する研究開発 (12) 社会構造の変化に対応した資源・資材活用・環境負荷低減技術の開発 (13) 快適で質の高い生活を実現する公共空間のデザインに関する研究開発 (14) 農業の成長産業化や強靱化に資する積雪寒冷地の農業生産基盤の整備・保全管理技術の開発 (15) 水産資源の生産力向上に資する寒冷海域の水産基盤の整備・保全に関する研究開発

研究の背景・必要性

1. 気候変動が水資源(渇水)に及ぼす影響の懸念

- ・健康で快適な生活環境の確保、人類の存立基盤である水環境並びに国民生活と産業活動を支える水インフラの将来にわたる維持が要請されている。

2. 気候変動が水環境・生物に及ぼす影響の懸念

- ・渇水の頻発化、深刻化による流量変化が水環境、自然生態系に及ぼす影響が懸念されている。また、栄養塩類、水温、水質の変化の増大が懸念されている。

3. 気候変動の影響、適応策に関する調査の必要性、モニタリングの重要性

- ・気候変動下で日々進みつつある水質・生態系の状態を省力化・省人化を踏まえて監視・評価する技術を開発し、河川、ダム貯水池・湖沼、下水処理場等の水環境分野における適応策を検討し、全国展開を図る必要がある。



流量が低下した河川の例



自然生態系へのリスク

- ・ 近年の渇水・水温上昇の影響

- 冷水性魚類(イトウ)の水温上昇による大量死(北海道猿払川)
- 渇水・水温上昇による原発運転調整(フランス・ガロンヌ川ゴルフフェシュ原発)等
- 水温上昇傾向が確認されている(1981~2007年度)。(気候変動影響評価報告書(R2環境省))
 - ・ 全国河川: 3,121 観測点のうち、夏季は 73%、冬季は 77%
 - ・ 全国湖沼: 265 観測点のうち、夏季は 76%、冬季は 94%

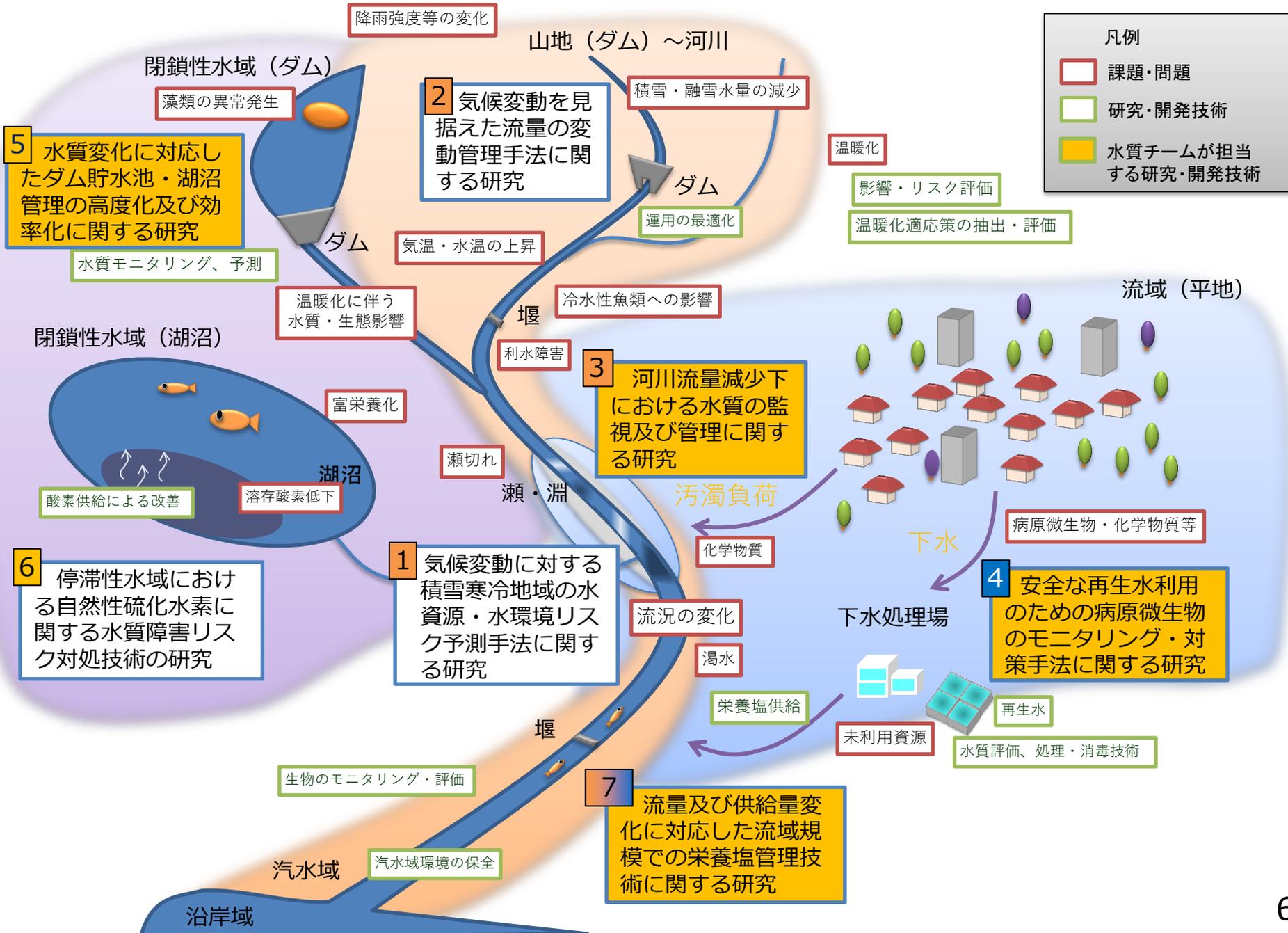
- ・ 気候変動の影響予測・適用策検討は洪水先行。平水は遅れている。

- 渇水の頻発化・深刻化、水温・水質の変化(湖沼の富栄養化)、生物生態系への影響
- 近年顕著な事象が生じていない←先手対策の必要性

- ・ グリーンチャレンジ・カーボンニュートラルの推進

- 目的に応じた下水処理による電力・温暖化ガス排出削減
- 下水道からの栄養塩の供給(循環型社会)
- ダムの高度運用(ハイブリットダム)

研究開発プログラムの概要



プログラム目標と達成目標

プログラム目標	達成目標
気候変動下における持続可能な水資源・水環境管理技術の開発	(1) 気候変動下における河川流況・水温の予測技術の開発
	(2) 河川流況・水温の変化が水資源、水環境および自然生態系に及ぼす影響評価・リスク評価、監視技術の開発
	(3) 水資源、水環境および自然生態系を対象とした有効な適応策の開発

研究・技術開発のアプローチ(先手対策・水質予防保全)

- ① 融雪による水補給が激減する、不特定容量で維持流量が確保できなくなる、などまず誰しものが気に掛ける事象を検討対象とする。
- ② その「事象」は地域または流域によって程度が異なるはず。どこで大きな「変化」が生じるのか明らかにする(水質等も含めた予測と監視)。
- ③ その変化は渇水調整など既往対策では十分な効果が得られないほど「影響」が大きいのか。さらにハイブリットダムなどの新たな施策では効果が得られそうか? こうした対策による効果の大小から影響の「根の深さ(解決の困難さ)」を見定める。
- ④ そのうえで今後の適応策の「方向性」(既往対策で十分～新たな施策で十分～さらに一步踏みこんだ対策が必要など)を整理する(事象・地域・根の深さに応じて)。
- ⑤ さらに具体のモニタリング手法・対策を提案する(課題による)。
- ⑥ 流量の減少、水温上昇による悪影響・被害の実績を整理する。

研究の目的

①流量等の予測

低水流量・水温については温暖化を考慮しかつ影響予測に適用モデルが開発途上

気候変動下の降雨・降雪の変化データを整理し、それに基づき低水流量、水温等の変化に関する予測精度向上を図る

→ 達成目標(1)

②影響予測・リスク評価

水量・水温の将来全国状況変化が把握されていない。
水質や自然生態系に対する影響・リスク評価技術は未確立

流量減少、水温上昇等に伴う河川の水質、下水処理水等の自然生態系への影響予測・評価を進める

→ 達成目標(2)

③監視能力の強化

監視方法のDXは著しく遅れている

気候変動および水資源・水環境の変化を的確、迅速・低コストで把握する技術を河川・ダム貯水池・湖沼・下水処理水について開発

→ 達成目標(2)

④適応策の検討

既往対策では効果が不十分なほど大きな変化が生じるのか？
その場合の適応策は？

将来気候での渇水諸対策の効果評価および重点対策地域・現象の洗い出し湖沼・ダムでの水質浄化、下水再生水利用の促進策等

→ 達成目標(3)

河川

1 気候変動に対する積雪寒冷地域の水資源・水環境リスク予測手法に関する研究

2 気候変動を見据えた流量の変動管理手法に関する研究

3 河川流量減少下における水質の監視及び管理に関する研究

ダム・湖沼

5 水質変化に対応したダム貯水池・湖沼管理の高度化及び効率化に関する研究

6 停滞性水域における自然性硫化水素に関する水質障害リスク対処技術の研究

下水道

4 安全な再生水利用のための病原微生物のモニタリング・対策手法に関する研究

放流先水質

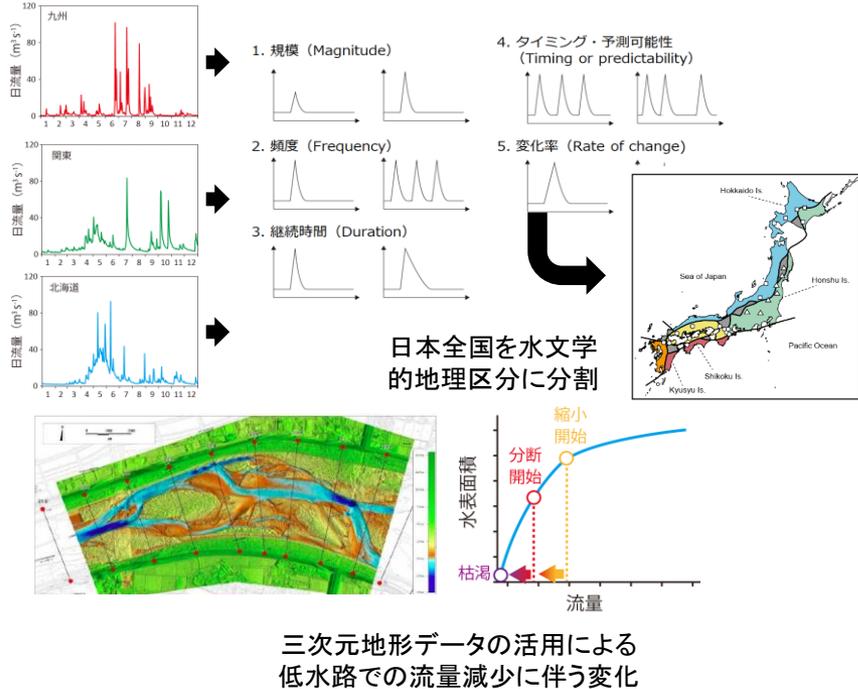
7 流量及び供給量変化に対応した流域規模での栄養塩管理技術に関する研究

適応策の検討

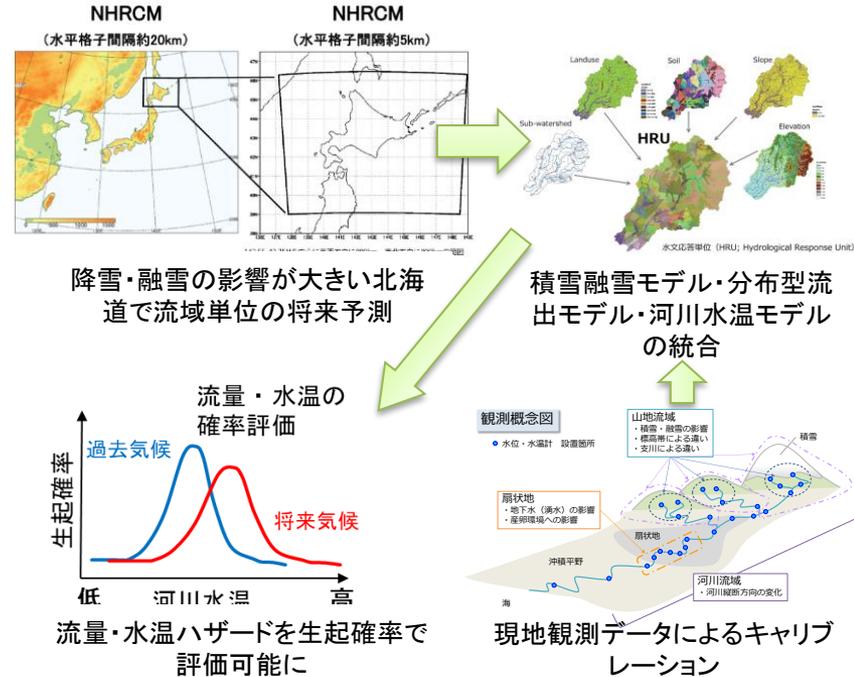
- ・気候変動により頻発化・深刻化する渇水などの河川流量変化が水資源・水環境・生物に及ぼす影響が懸念。
- ・健康で快適かつ持続的な生活環境の確保・維持のため、気候予測データによる河川流量・水温の将来予測を実施する。
- ・また、将来気候下における河川の生物影響予測やリスク評価、DXによる監視技術の開発も推進する。
- ・さらに、河川、ダム貯水池・湖沼、下水処理場等の水環境分野における適応策の提案を目指す。

達成目標(1) 気候変動下における河川流況・水温の予測技術の開発

2 河川流量の時空間変動と渇水現象の現況把握



1 気候予測データによる河川流量・水温の将来予測



連携

- ・ 全国の河川を、洪水や渇水の強度・頻度などに注目して類型化し、水文学的地理区分を提案
- 各地理区分にて、渇水の特徴（頻度・持続性など）を把握
- 渇水による影響把握と適応策の適用範囲を整理

- ・ 三次元地形データを活用することにより、流路の縮小、分断、枯渇といった変化の評価手法を開発
- 渇水による深刻度合いについて、地理区分ごとに評価
- 過去からの変化を把握することで、河川管理者の渇水に対する理解を促進

- ・ 流域水文予測のための気候予測データベースを構築
- 将来気候データの力学的ダウンスケーリングを実施
- 流域スケールの過去・将来気候数千年分の降雨・降雪等気候データセットを作成・整備

- ・ 統合型流域水文モデルの構築による河川流量・水温の将来予測
- 積雪融雪・河川流量・水温モデルを統合し、現地観測データでキャリブレーションを実施
- 将来気候データを入力して流量・水温の将来予測を行う

達成目標(2) 河川流況・水温の変化が水資源、水環境および自然生態系に及ぼす影響評価・リスク評価、監視技術の開発

影響・リスク評価技術の開発

1



冷水性魚類(サケ科)

積雪寒冷地域での流量・水温の変化を介した自然生態系(魚類)の脆弱性評価とリスク分析

+

2



温水性魚類(コイ科)

正常流量の重要項目である自然生態系(魚類)+水質のより詳細な検討を行い、河川に必要とされる流量の設定方法へ反映

3



実験河川等での流量低減の影響評価

監視技術の開発(DX)

湖沼・ダム

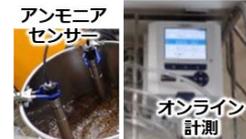


5

ドローンや定点カメラによるアオコレベル判定などで省力化・省人化

河川水質・下水

3



4



7

河川

- ・積雪寒冷地域の水資源・水環境リスク評価手法の開発
 - 冷水性魚類等の水生生物の流況・水温変化に対する脆弱性を評価
 - 将来予測データを用いた水温上昇、渇水等のリスク分析により、河川管理における気候変動適応策を支援

- ・渇水を含めた流量変動性による水生生物への影響評価技術の開発
 - 流水の正常な機能に対し、流量減少による影響を段階的に評価
 - 得られた評価を用い、渇水強度に応じた適切な河川管理を支援

- ・河川流量減少を考慮した化学物質の影響評価及び優先物質の選定
 - 河川流量減少時に優先的にモニタリングすべき化学物質の提示することにより、効率的な河川水質監視を支援

ダム貯水池

- ・新規水環境モニタリング技術による効率的な水質保全対策の提案
 - 新技術の導入による平常時/緊急時の対応の効率化
 - 水質変化現象への効果的な対応、予防的措置の提案

下水・放流先水域

- ・処理水質安定化のための水質異常の自動検知と対策法の提案
 - 各種水質センサーによるモニタリングデータを活用した下水道管理の省力化かつ迅速対応
- ・安定的な有機物・栄養塩管理実施に向けた季別運転のための手法・フローの提案
- ・放流先水域の効果的モニタリング手法及び放流先影響の調査方法の開発
 - 季別運転の効果的な管理方法を提示し、処理場の運転管理の効率化に貢献
 - 処理水の放流先における挙動の効果的なモニタリング法を提示し、処理場の運転管理の目標値の設定等に貢献

達成目標(3) 水資源、水環境および自然生態系を対象とした有効な適応策の開発

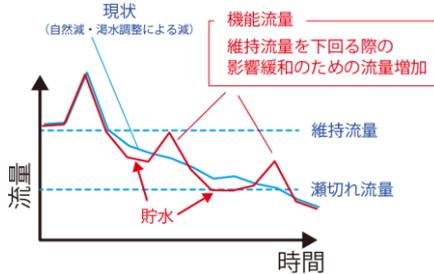
適応策(河川流量管理)

2

■ 流況管理のための水利使用の抑制

3

■ 正常流量の検討項目の生物、水質の必要流量等の設定手法等を提示



河川

- ・ 気候変動を見据えた流量管理手法の提案
- ・ 河川流量減少を踏まえた河川水質の監視・管理法の提案
- 気候変動適応策として、機能流量の導出方法を開発
- 渇水の強度や水質に応じた適切な河川管理を支援

適応策(再生水・下水放流水管理)

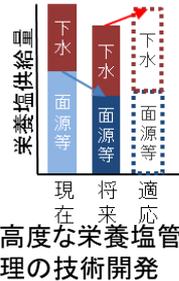


UV-LED

4

長寿命、副生成物抑制を共同研究で推進

7



高度な栄養塩管理の技術開発

下水・放流先水域

- ・ 消毒耐性病原微生物や消毒副生成物に対応した新規消毒法の開発
- ・ 病原微生物と化学物質の制御による再生水の水質安全確保技術の提案
- UV-LEDの普及拡大によるライフサイクルコスト低減、経済への波及効果、凝集処理との併用による災害時の緊急対応への貢献
- 病原微生物や化学物質等に対し、効率的な制御による再生水としての処理水の活用を含めた水質リスク低減と維持管理の省力化

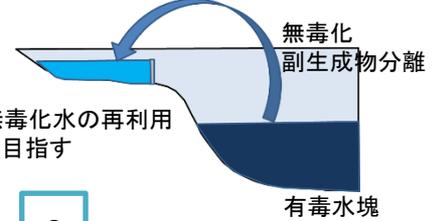
- ・ 栄養塩供給に伴う有機物負荷量変化も含めた放流先の影響予測・評価技術の構築
- 季別運転の放流先影響を予測・評価し、栄養塩供給量低下に対する適応策を提案、豊かな水環境に資する水質管理に貢献

適応策(ダム貯水池・湖沼水質管理)



5

底層環境改善策の例 (WEPシステム)



6

有毒成分の除去と資源化

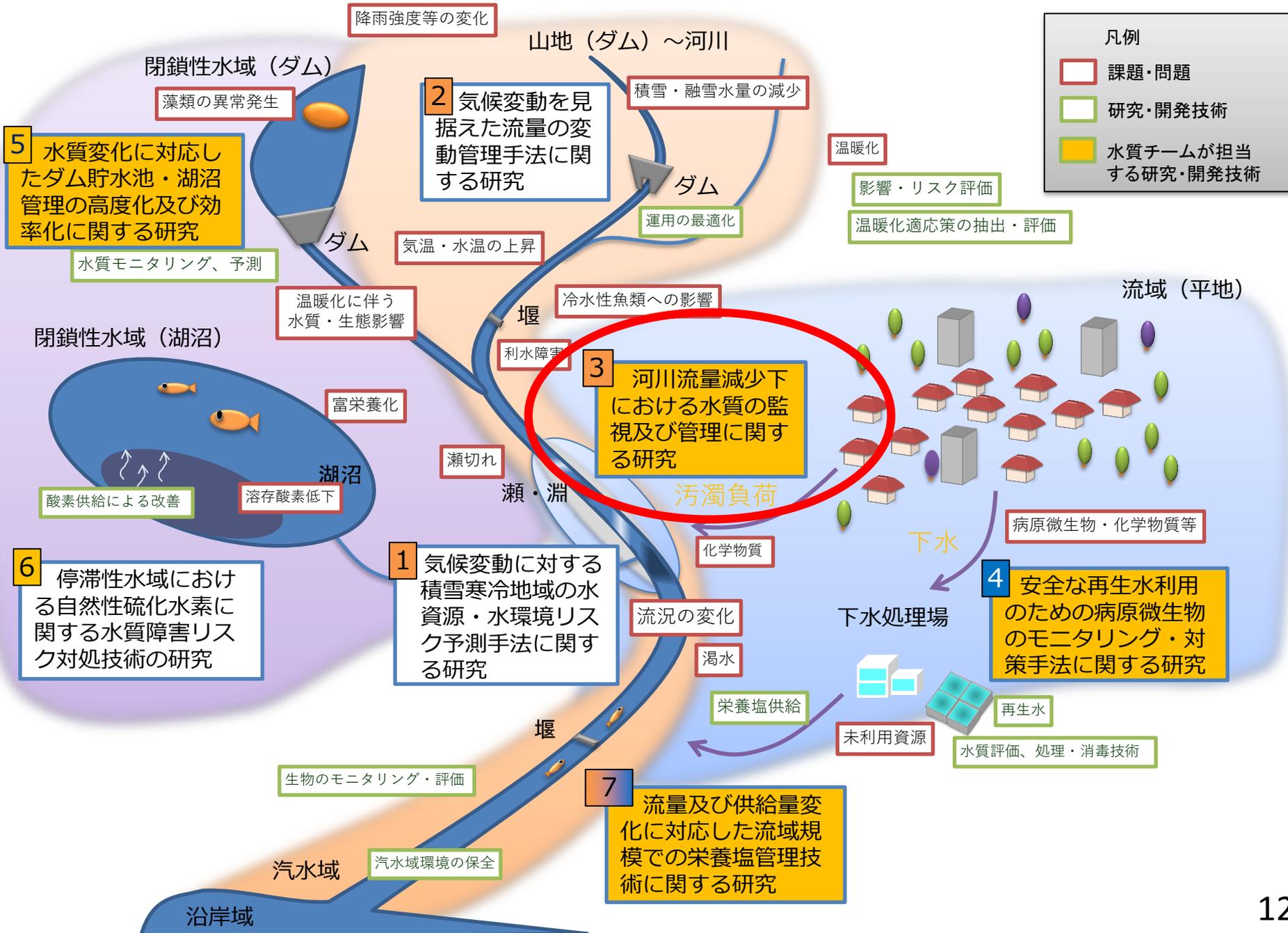
ダム貯水池

- ・ 停滞性水域の特性に応じた水質制御技術による適応策の提案
- ・ ダム下流域に着目した貯水池水質影響予測による最適な設備運用方法の提案
- ダム貯水池の水質改善、ダム運用の最適化により、良好な水質の水を利水関係者等に提供

湖沼

- ・ 水塊に含有される硫化水素の新規無害化手法の開発
- ・ 硫黄挙動に着目した水質浄化手法と運用手法の提案
- 有毒成分の無毒化および副生成物の回収により水質障害を抑制させて河川管理に貢献し、不利用水の活用を検討

研究開発プログラムの概要



研究開発テーマ③.

：活力ある魅力的な地域・生活への貢献

研究開発プログラム（11）

：気候変動下における持続可能な水資源・水環境管理技術の開発

研究課題 3.

：河川流量減少下における水質の監視及び管理に関する研究

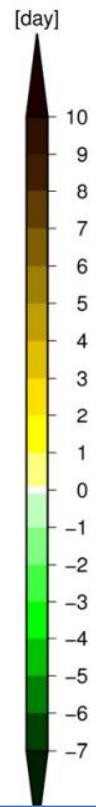
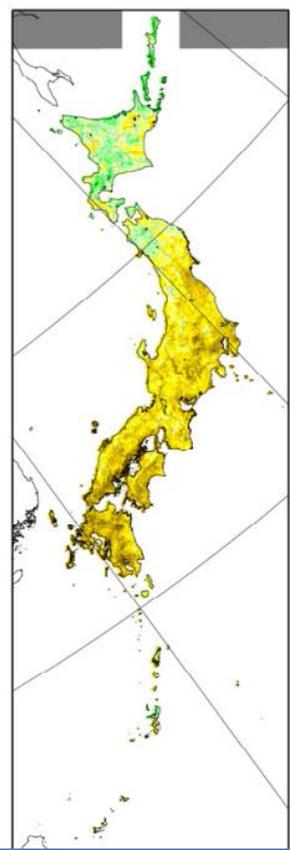
～ 流量減少時の都市河川水質への
下水処理水の影響に関する研究 ～

環境省 気候変動影響評価報告書 詳細
令和2年12月

気象庁 地球温暖化予測情報 第8巻
第3章 降水の将来予測
第3節 無降水日数の変化

将来予測される影響 p.82

水環境分野では、富栄養湖に分類されるダムの増加等の影響が予測されている。**水資源分野では、無降水日数の増加等による渇水の深刻化**、冬季の降雪が降雨に変わることによる河川流量の増加、春季の融雪量の減少による河川流量の減少、融雪時期の早期化による需要期の河川流量の減少、地下水の低下等による農業用水の需要と供給のミスマッチ、海面水位の上昇に伴う塩水遡上距離の増大や、それに起因する河川水の利用への影響、**渇水リスク・洪水リスクの二極化の進行**、大雨や融雪による地下水供給の増加による地すべり等の斜面災害の発生等が予測されている。



連続無降水日数の平均の差(将来気候の現在気候との差)

茶系の色は連続無降水日数が長くなることを、緑系の色は短くなることを表している。

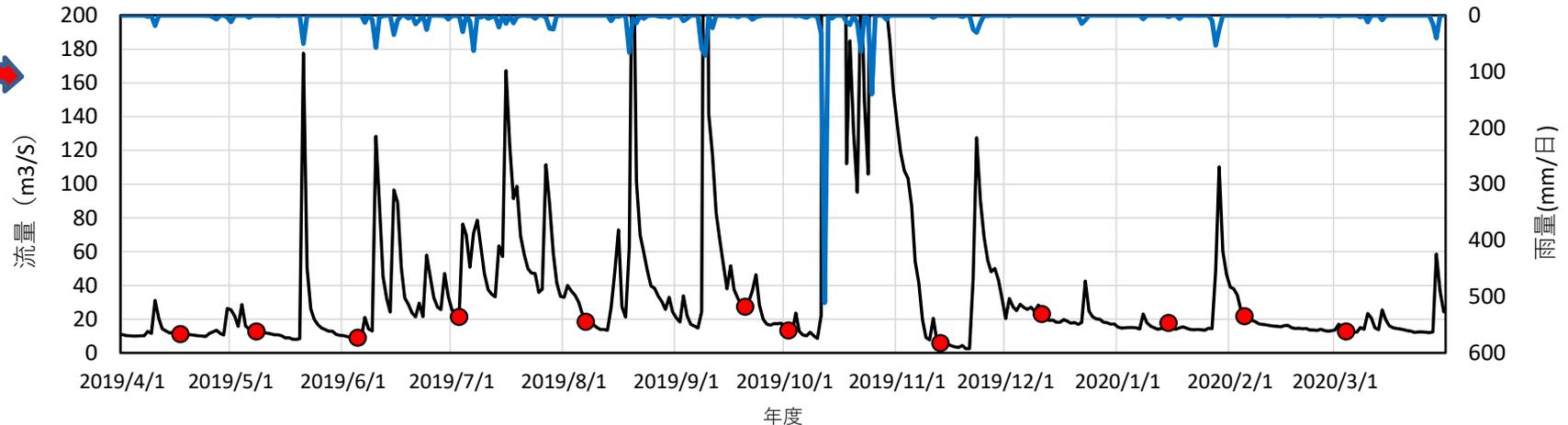
渇水リスクが懸念

研究目的 河川流量減少時の水質変化の特性の把握



水文水質データベース、多摩川原橋より（2019）

—連続観測流量 ●調査日 —降水量(mm)



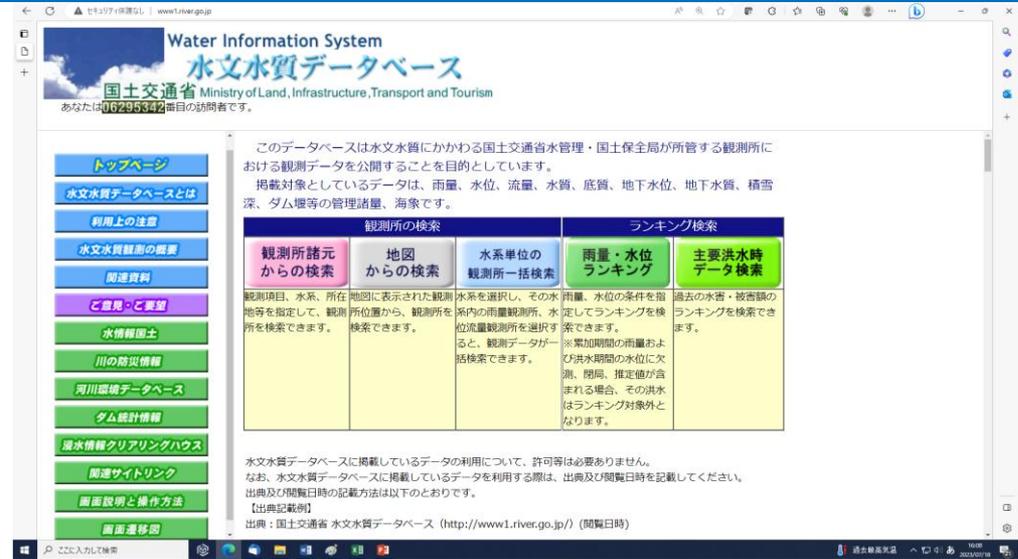
- 河川流量が極端化する可能性
- 無降水日数の長期化
- 河川流量減少時の水質（化学物質）の変化特性の知見については不十分

河川流量減少時の水質変化特性の把握

—どの地点で、どの程度、水質が変化するのか—

研究方法 河川流量と水質の関係解析方法

- ① 利用データベース：
国土交通省水文水質データベース
(流量と水質のデータがそろっている)
注) 濁水時の調査ではない



- ② 解析対象河川：
多摩川：上流域は森林、中流域以降は都市河川
鶴見川：都市河川
久慈川：森林河川

- ③ 解析水質項目：月1回で測定されている項目

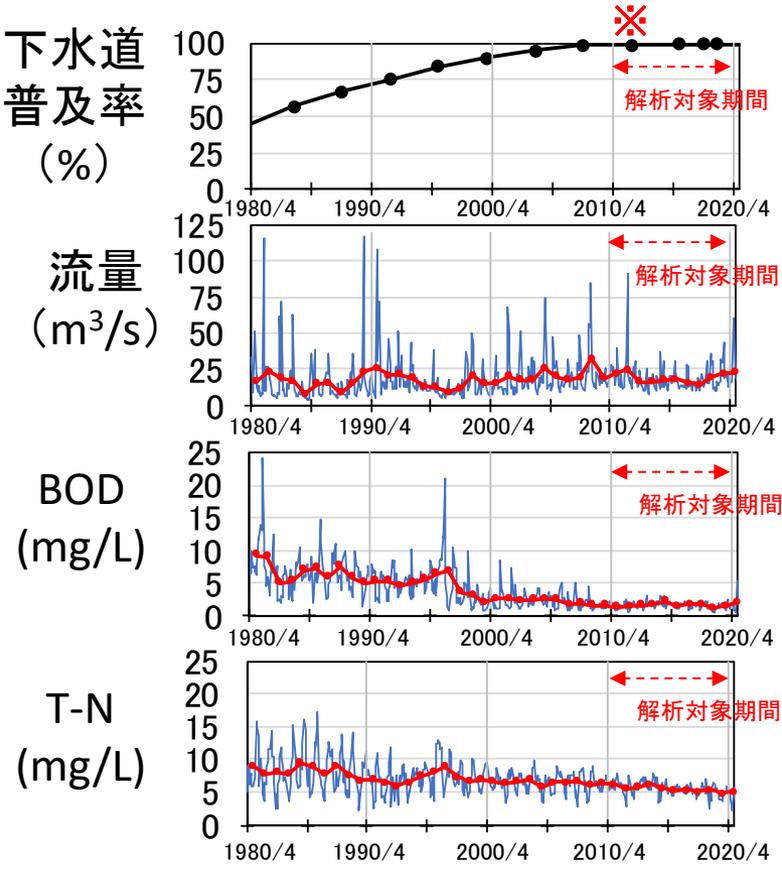
BOD、COD、亜鉛

T-N、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N、T-P、PO₄-P

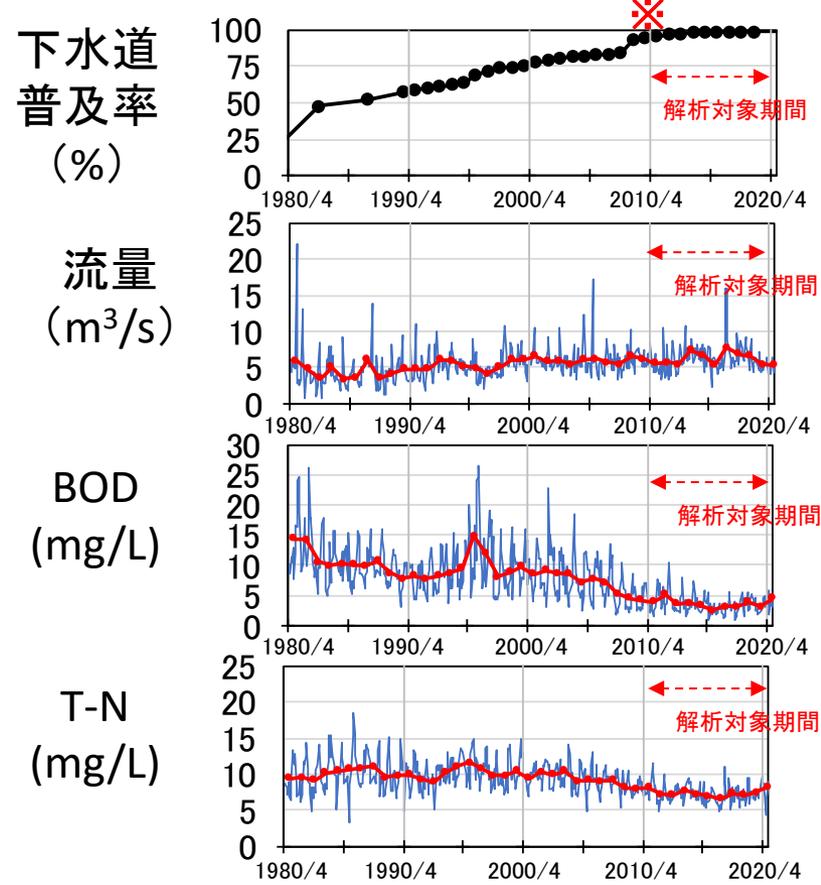
SS、pH、DO、大腸菌群数、水温、透視度、濁度

● 研究方法 データ解析期間の検討

※ 2010年下水道普及率 95.7%
 (町田市:未来につなぐ下水道事業プランより)



※ 2011年下水道普及率 98.9%
 (東京都:数字で見る東京の下水道より)



多摩川原橋(中流)

鶴見川亀の子橋

多摩川、鶴見川流域では2010年以降の下水道普及率が概ね一定
 ⇒ 2010~2020年間データを用いて流量と水質の関係解析

研究方法 土地利用の状況の整理

多摩川

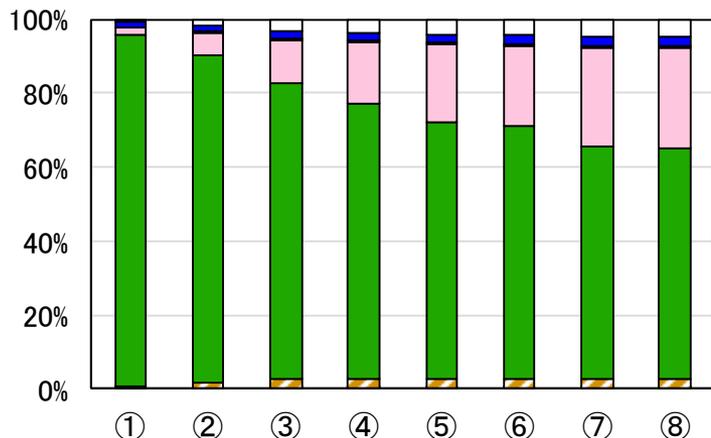
流域内に13カ所の下水処理場が存在

- 水質調査地点
- ①～⑧は解析対象地点
- ▲ 下水処理場



土地利用は国土数値情報 土地利用細分メッシュ (ラスター版、データ作成年度:2014年度)による

土地利用割合 (%)



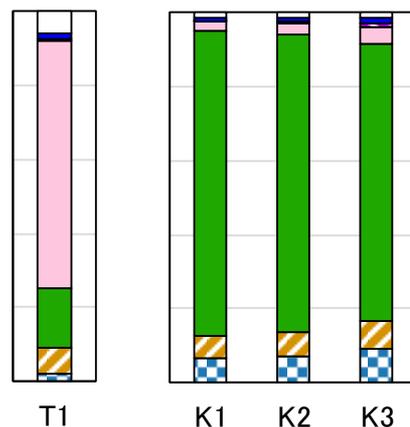
森林88%
市街地6%

多摩川

鶴見川

流域内に7カ所の下水処理場が存在

T1 亀の子橋



鶴見川

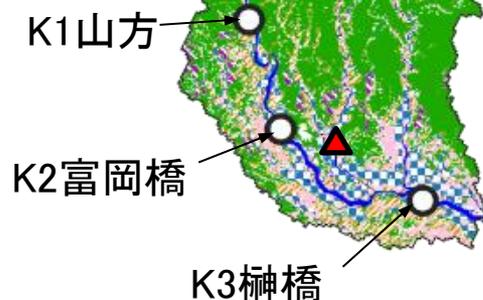
森林16%
市街地67%

久慈川

森林75%
市街地5%

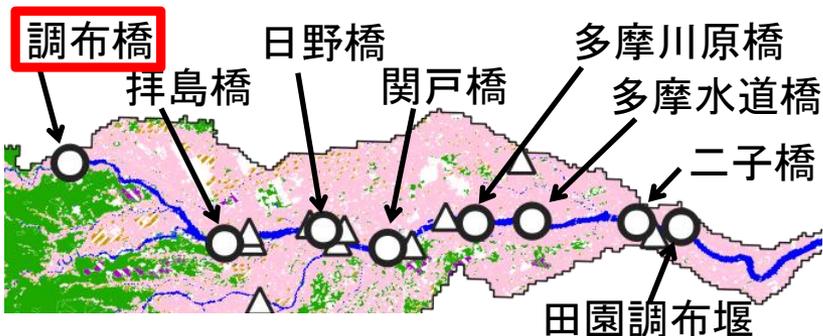
久慈川

流域内に3カ所の下水処理場が存在



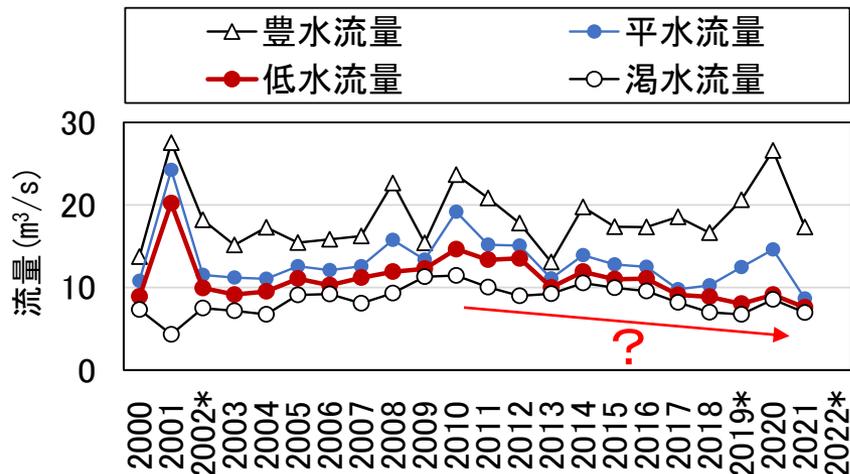
- 田
- 畑
- 森林
- 市街地
- ゴルフ場
- 水域
- その他

解析結果 多摩川の流況の経年変化



豊水流量：1年を通じて 95日はこれを下回らない流量
平水流量：1年を通じて185日はこれを下回らない流量
低水流量：1年を通じて275日はこれを下回らない流量
渇水流量：1年を通じて355日はこれを下回らない流量

多摩川調布橋



流域別下水道整備総合計画調査指針と解説

5.汚濁解析 5-3-2. 河川流況の設定

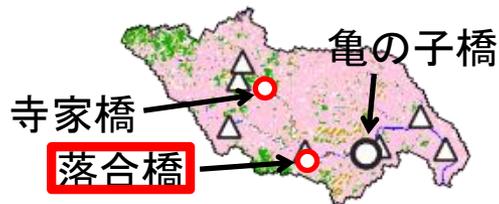
河川の汚濁解析における対象流量は過去 10 年程度の**低水流量**の平均値とする。水資源開発計画等により、将来低水流量が変化する場合は、下水道の将来人口の想定年度における水資源の開発、水利用の状況に対応する**低水流量**を推定する。

これらの**低水流量**の設定に当たっては、河川部局の協力を得て行う。

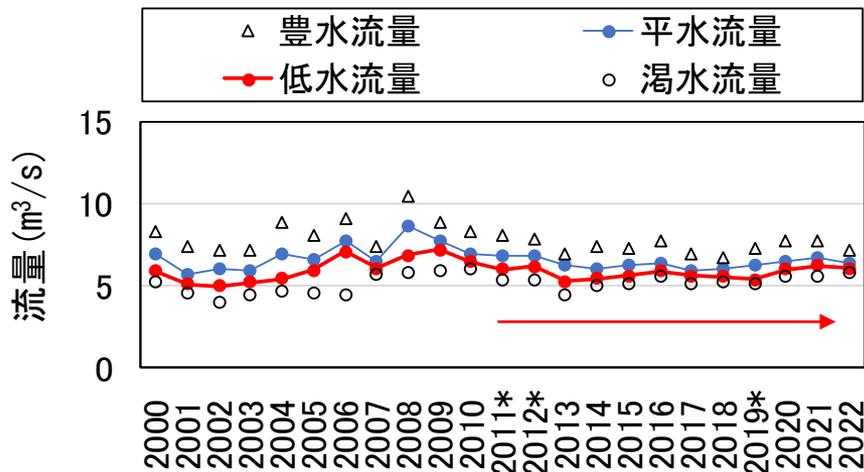
気候変動によって、
 低水流量が減少する可能性
 →希釈される河川水の減少
 →環境基準が達成できなくなる可能性

低水流量が基準

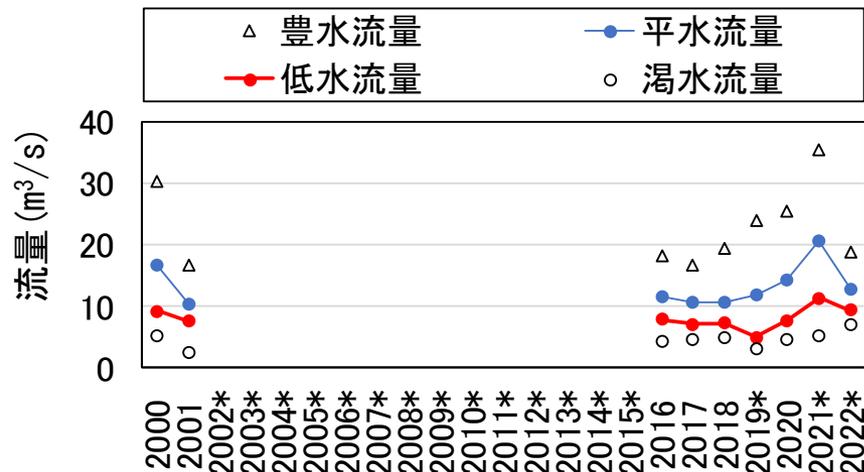
● 解析結果 鶴見川、久慈川の流況の経年変化



鶴見川落合橋



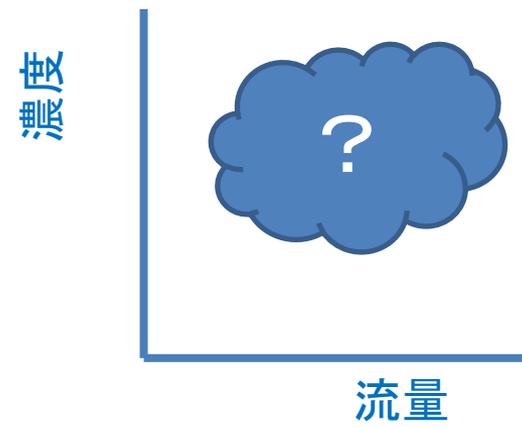
久慈川山方



※は年間11日以上欠測があるため参考値

① 各地点での河川流量と各水質項目の関係把握

- ・ 河川流量と各水質項目濃度の散布図作成
- ・ 定式化：L-Q式 ($L=aQ^b \Leftrightarrow C=aQ^{(b-1)}$) で表現を試行



② 水質変化に特徴のある地点の把握と原因の推定

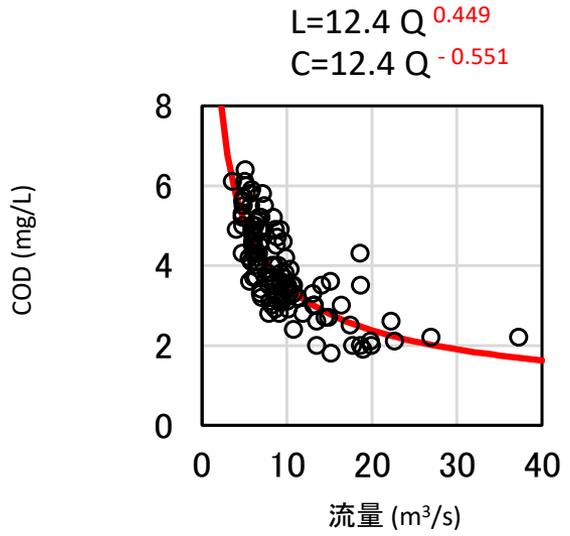
- ・ 下水処理水の影響
- ・ 下水処理水の存在割合と各水質項目の相関解析

● 解析結果 L-Q式の係数 b について

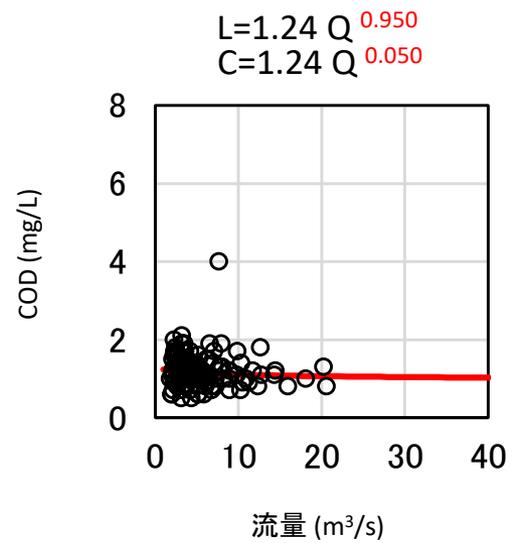
$$L-Q式 : L = C * Q = aQ^b$$
$$C = aQ^{(b-1)}$$

L: 負荷量
C: 濃度
Q: 流量

係数 b : 流量の変動に対する濃度変化を反映



bが0に近づくと
流量と濃度が**反比例**の関係に



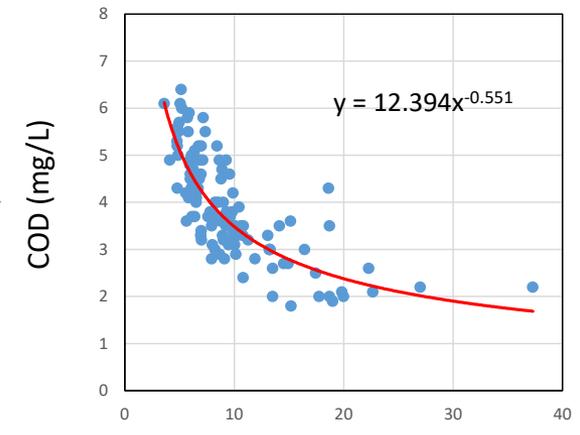
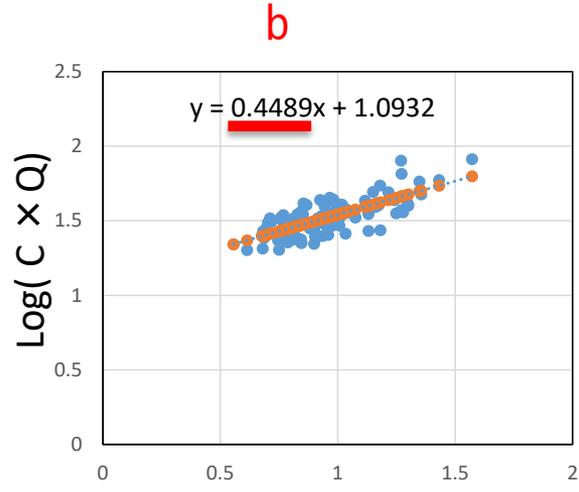
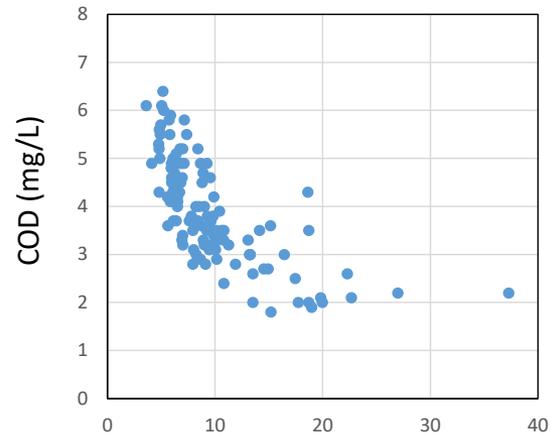
bが1に近づくと
流量によらず濃度は**一定**

● 解析結果 L-Q式の係数bの算出方法

縦軸を負荷量
両対数変換
近似

近似曲線の追加

日野橋

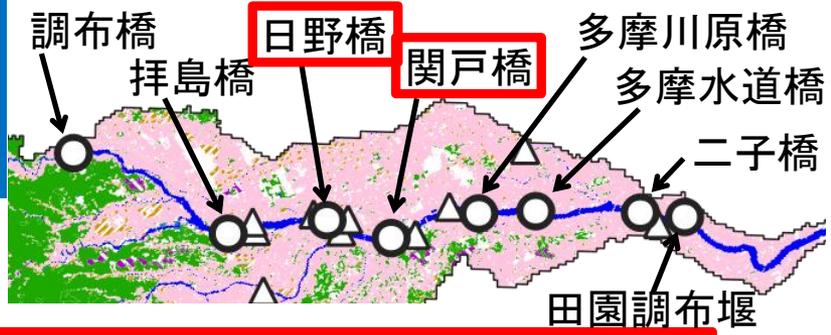


流量(m3/s)

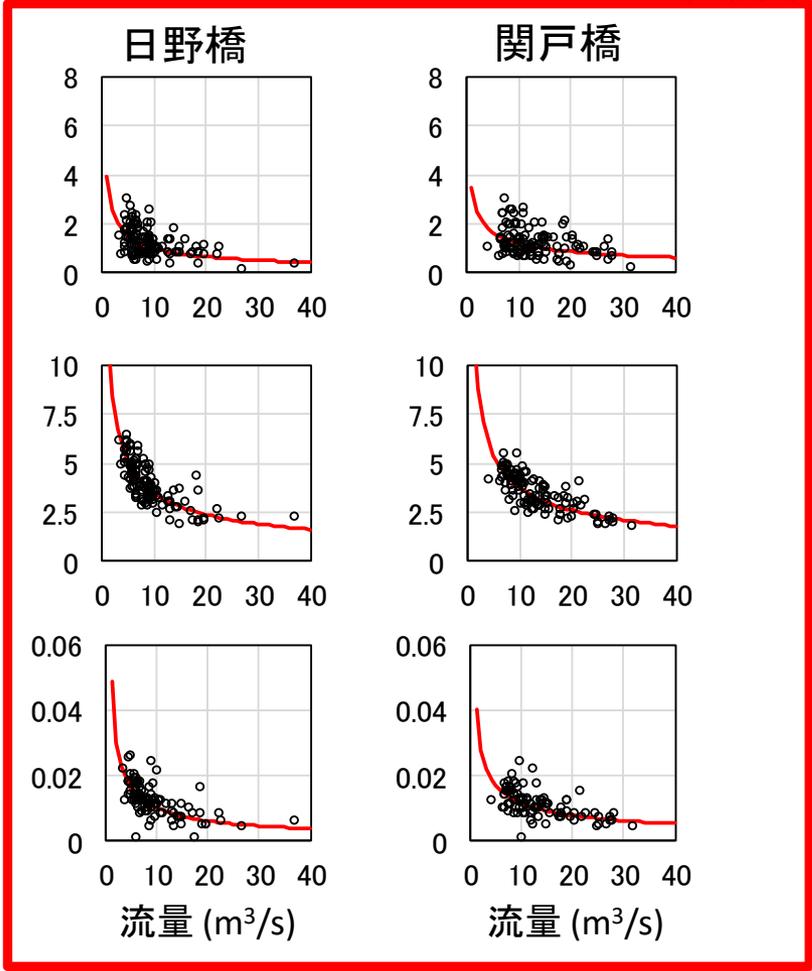
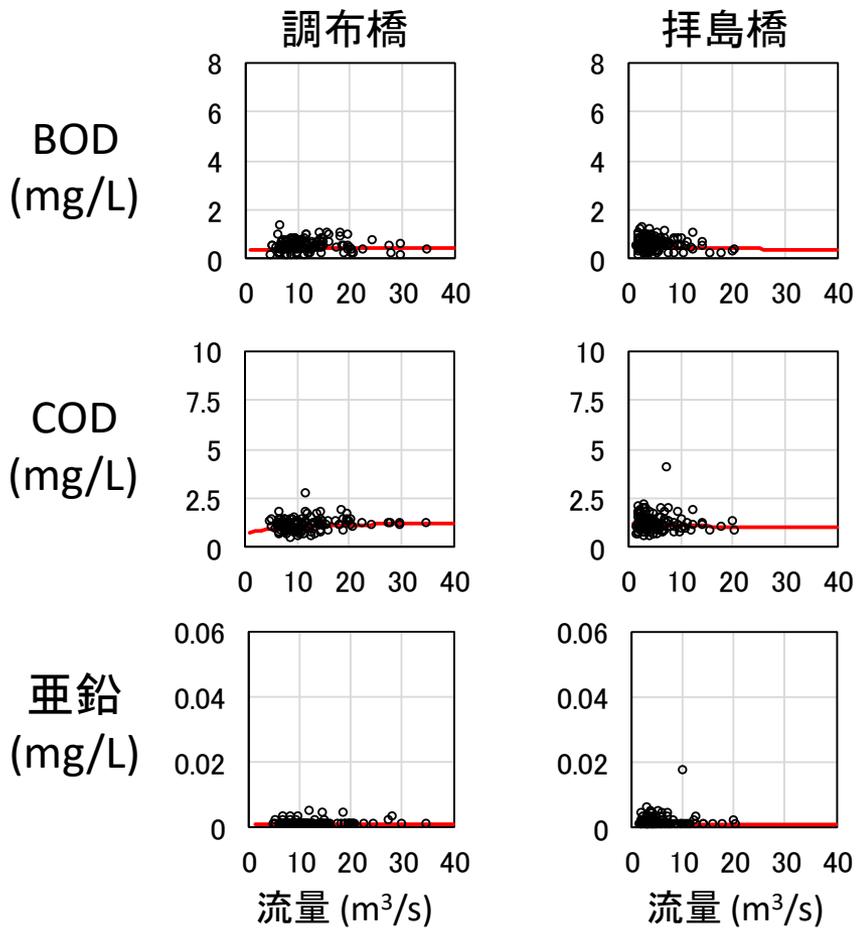
Log Q

流量(m3/s)

●解析結果 流量と水質の関係 (多摩川上～中流域)

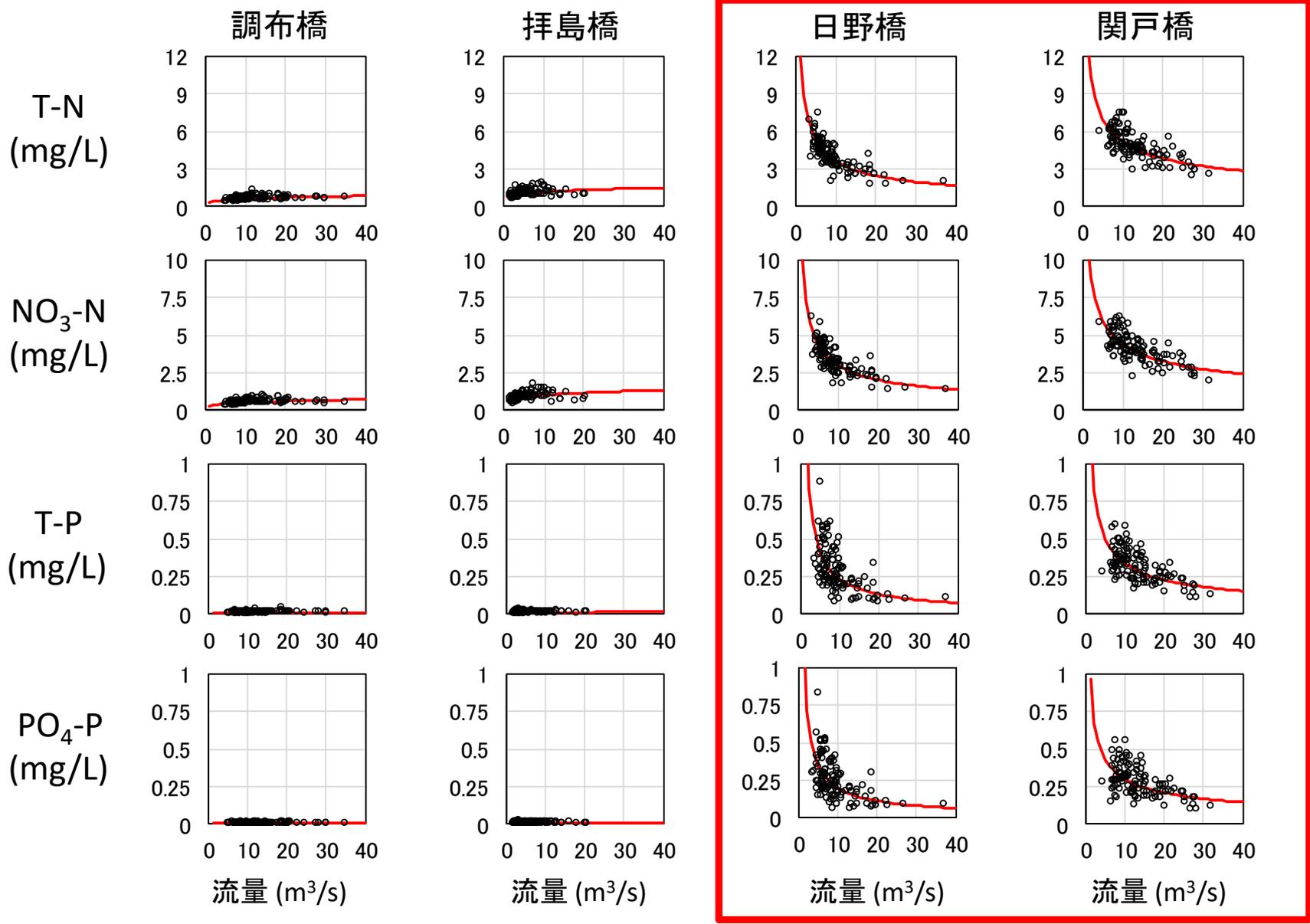


赤線: L-Q式 $L = C \times Q = aQ^b \Leftrightarrow C = aQ^{(b-1)}$ で近似



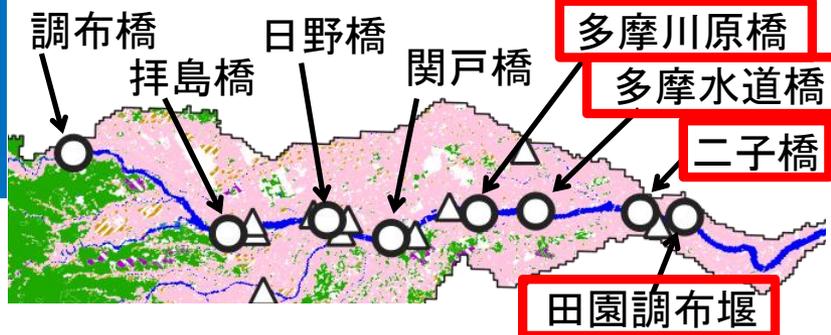
日野橋より下流で流量減少時にBOD、COD、亜鉛濃度が上昇

●解析結果 流量と水質の関係 (多摩川上～中流域)

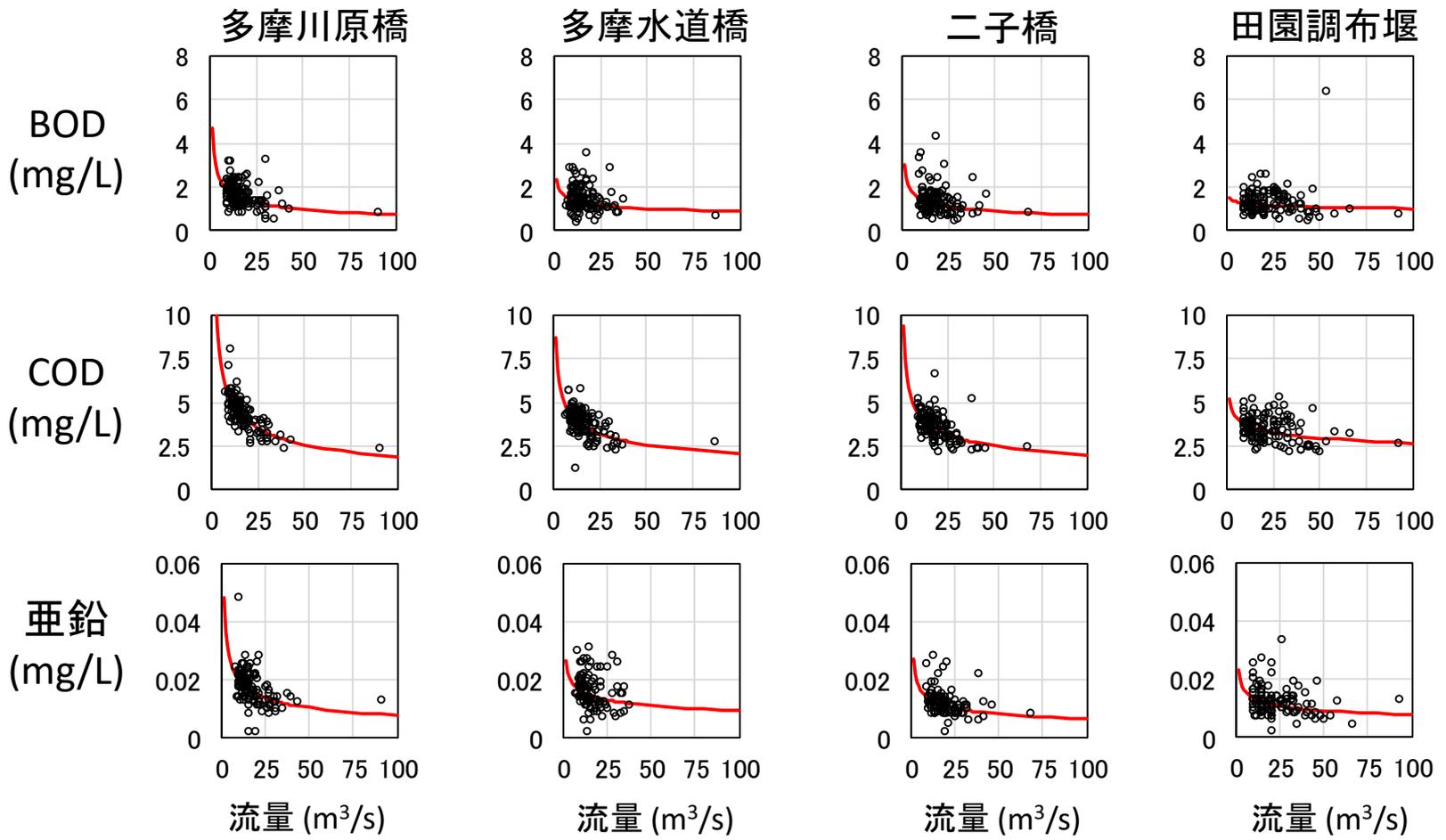


日野橋より下流でT-N、T-P等の濃度が上昇

●解析結果 流量と水質の関係 (多摩川中～下流域)

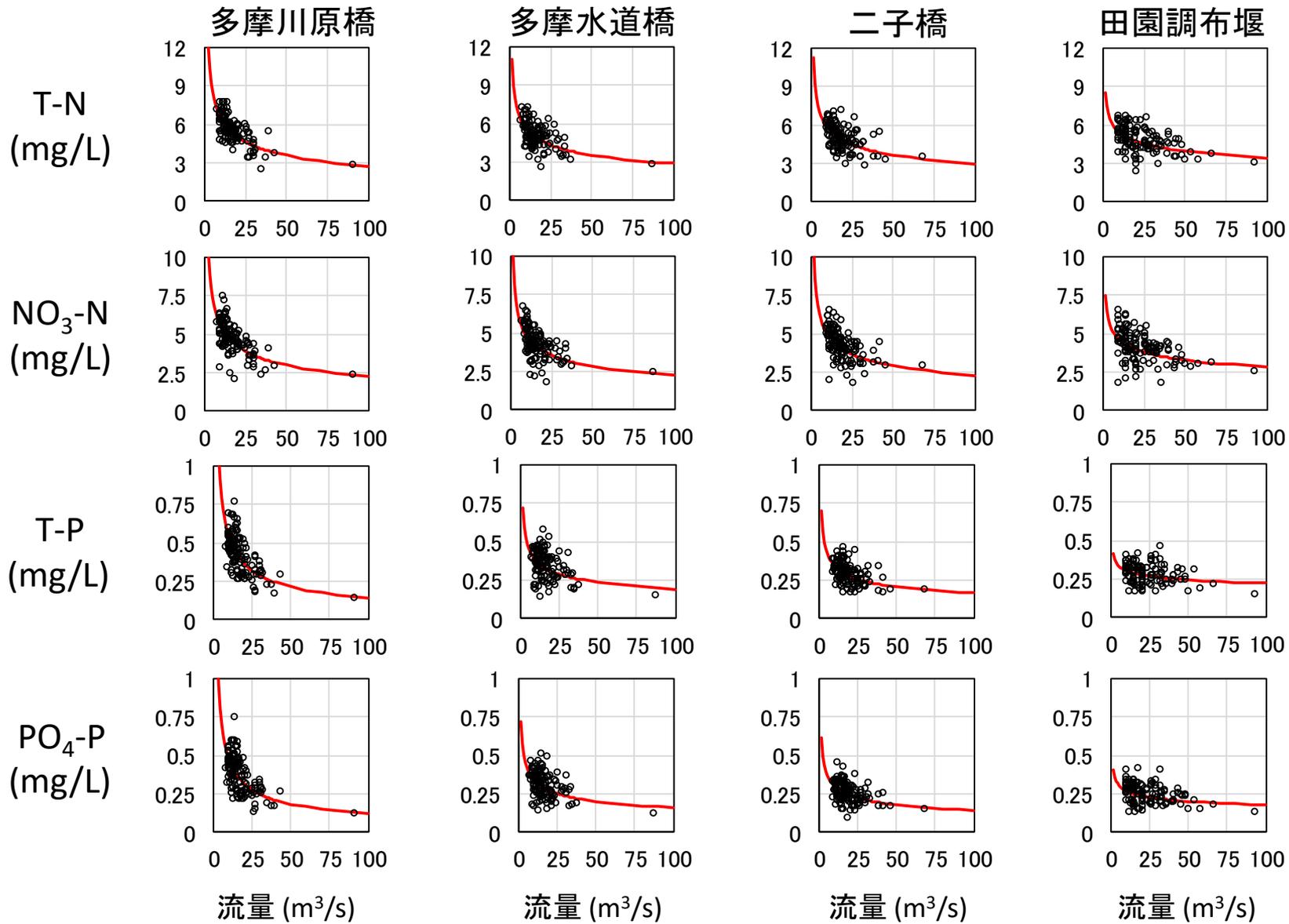


赤線: L-Q式 $L = C \times Q = aQ^b \Leftrightarrow C = aQ^{(b-1)}$ で近似



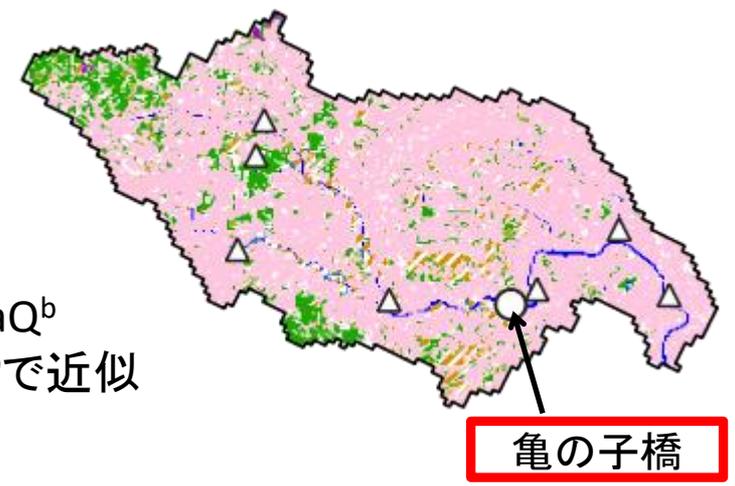
中～下流域でも流量減少時にBOD、COD、亜鉛濃度が上昇

●解析結果 流量と水質の関係 (多摩川中～下流域)



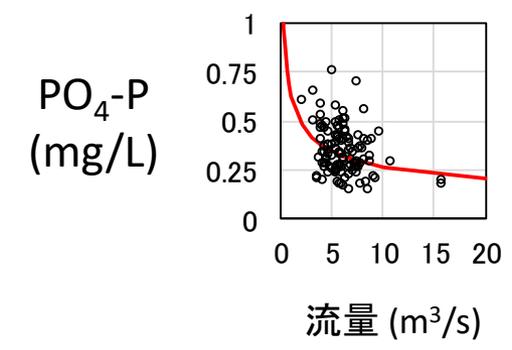
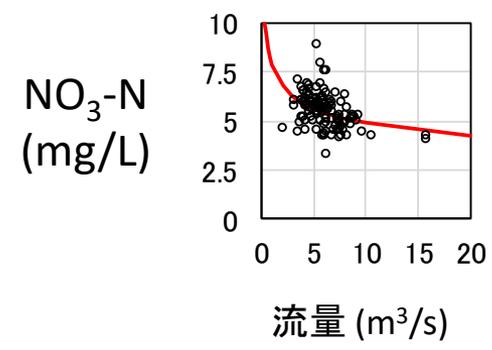
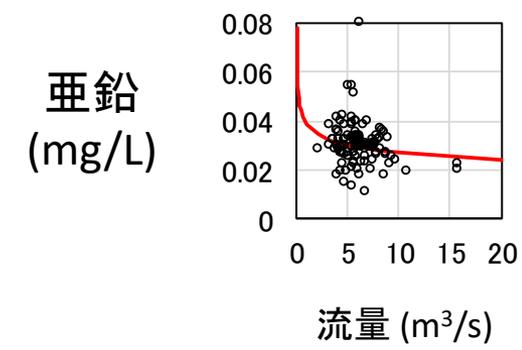
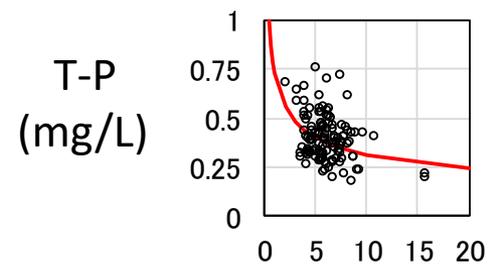
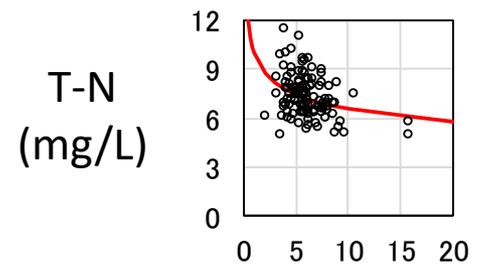
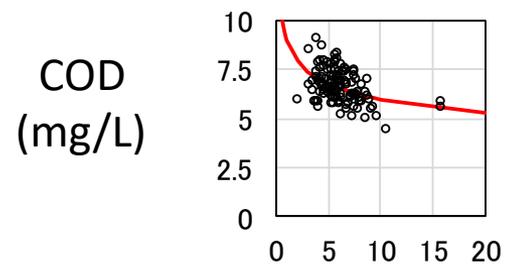
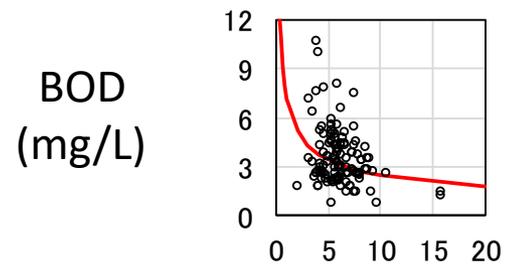
中～下流域でもT-N、T-P等の濃度が上昇

●解析結果 流量と水質の関係 (鶴見川)



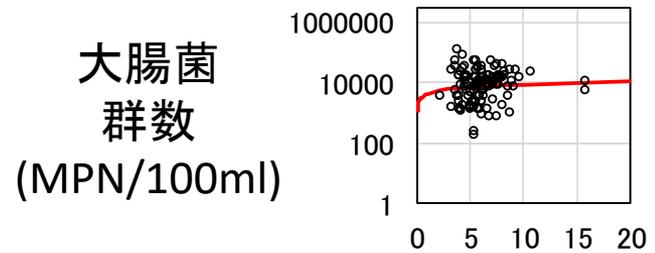
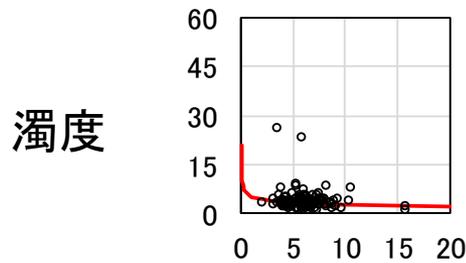
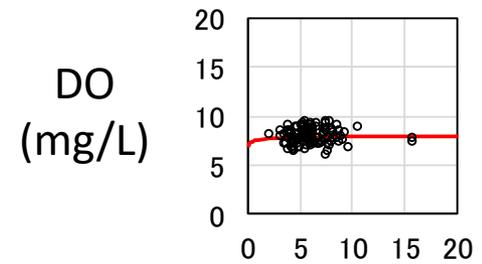
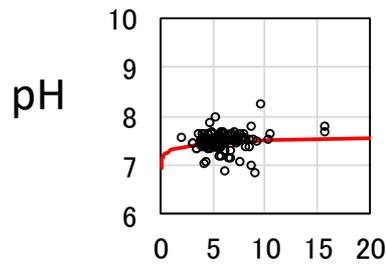
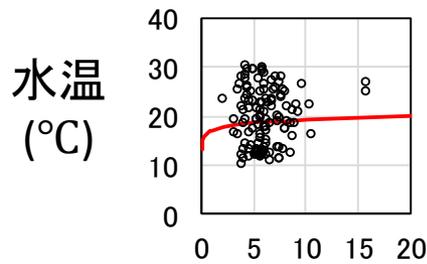
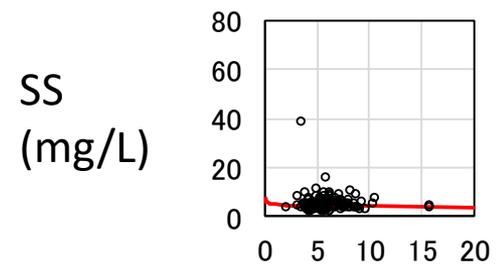
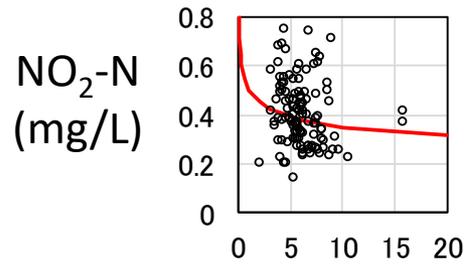
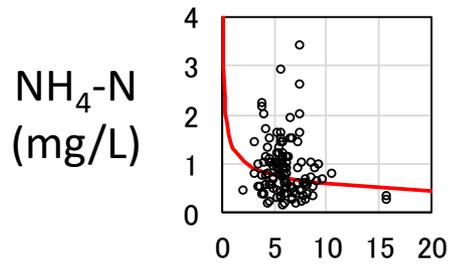
鶴見川 亀の子橋

赤線:L-Q式 $L = C \times Q = aQ^b$
 $C = aQ^{(b-1)}$ で近似

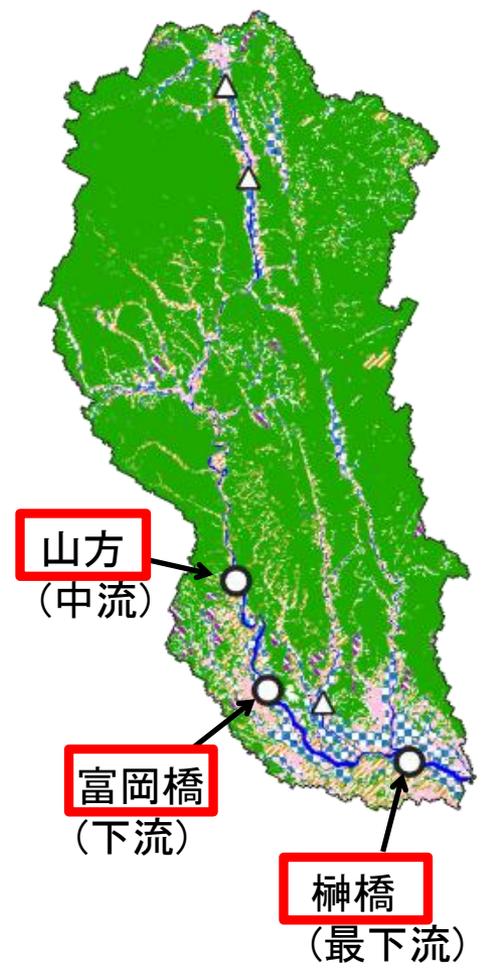
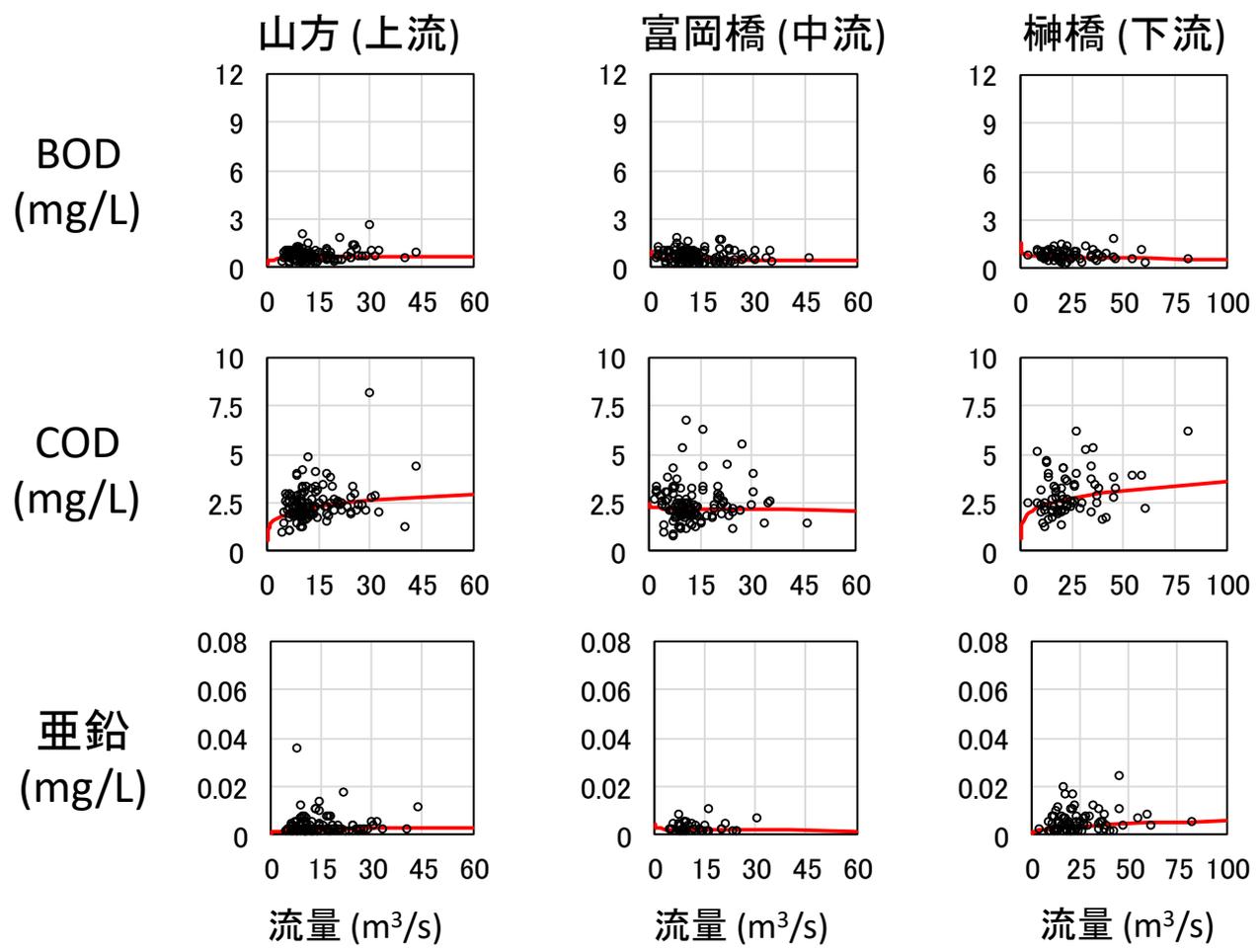


鶴見川でもBOD、COD、T-N、T-P等の水質濃度の上昇を確認

● 解析結果 鶴見川 流量と水質の関係



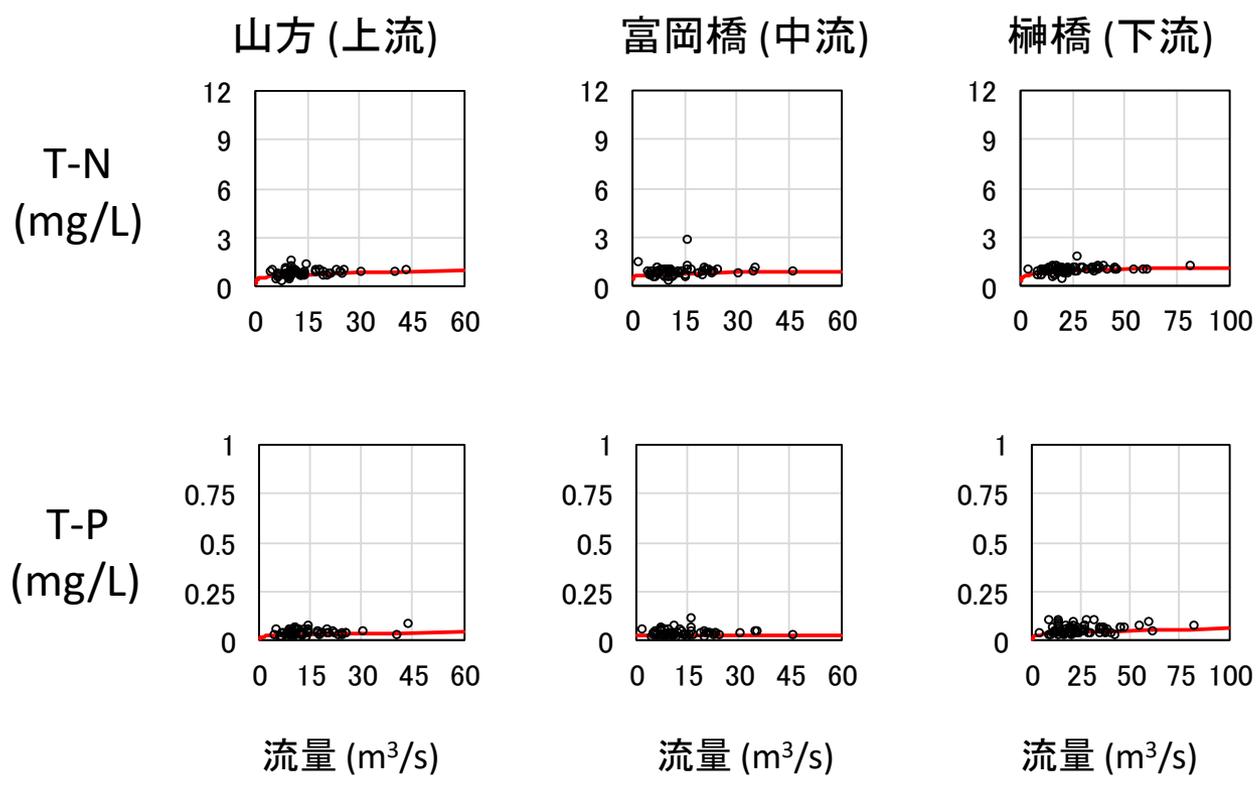
●解析結果 流量と水質の関係 (久慈川)



赤線:
 L-Q式 $L = C \times Q = aQ^b$
 $C = aQ^{(b-1)}$ で近似

久慈川では流量減少時に各水質濃度の上昇は確認されず

●解析結果 流量と水質の関係(久慈川)



NO₃-NとPO₄-Pはデータ数が少ない(年2回未満)

久慈川では流量減少時に水質濃度の上昇は確認されず

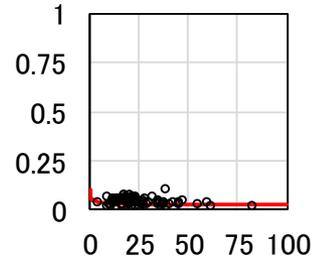
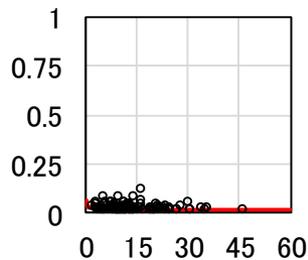
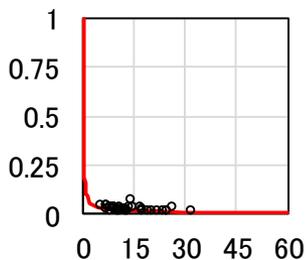
● 解析結果 久慈川 流量と水質の関係

山方

富岡橋

榊橋

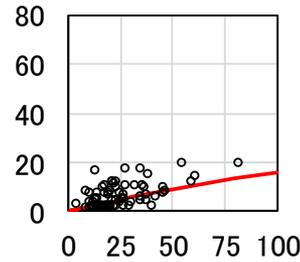
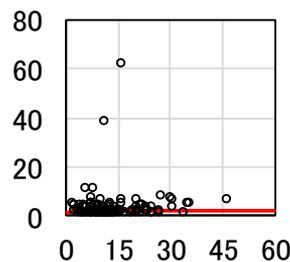
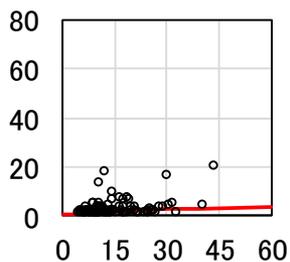
NH₄-N
(mg/L)



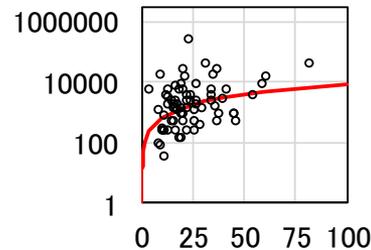
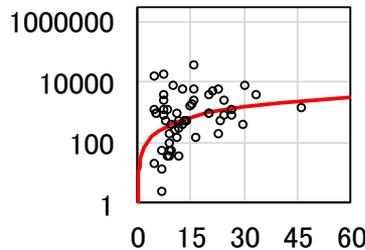
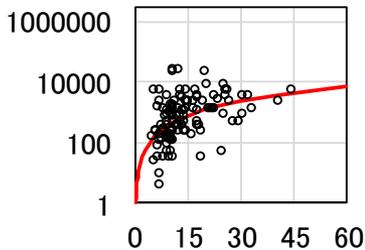
NO₂-N
(mg/L)

NO₂-Nはデータ数が少ない(年2回未満)

SS
(mg/L)



大腸菌
群数
(MPN/100ml)



● 解析結果 L-Q式の係数bの結果

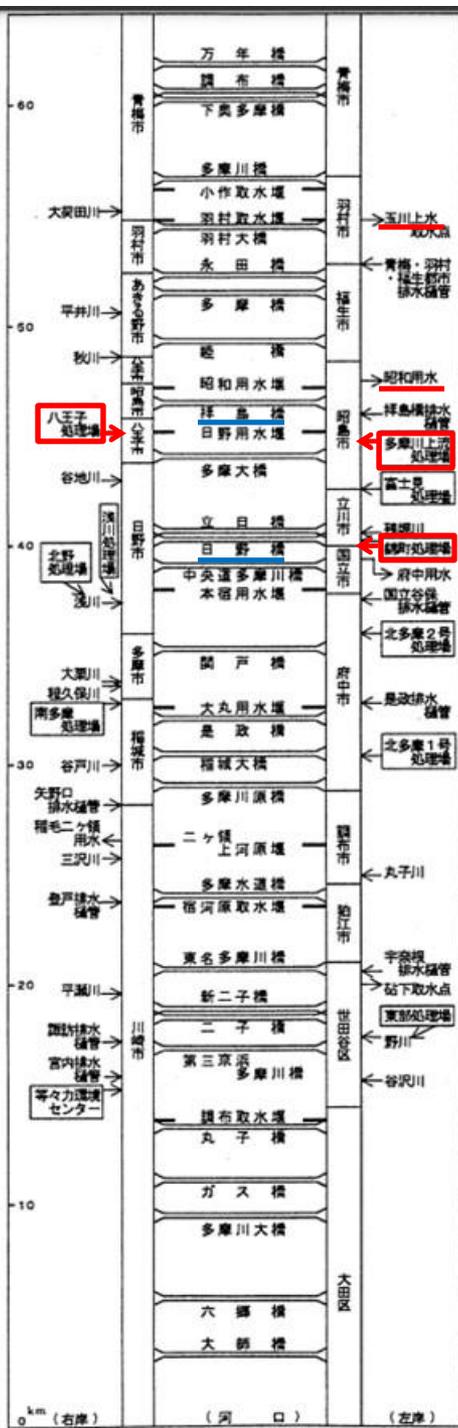
L-Q式 $L = C * Q = aQ^b$
 $C = aQ^{(b-1)}$

係数 **b** : 流量の変動に対する濃度変化を反映

上流 多摩川 下流 鶴見川 久慈川

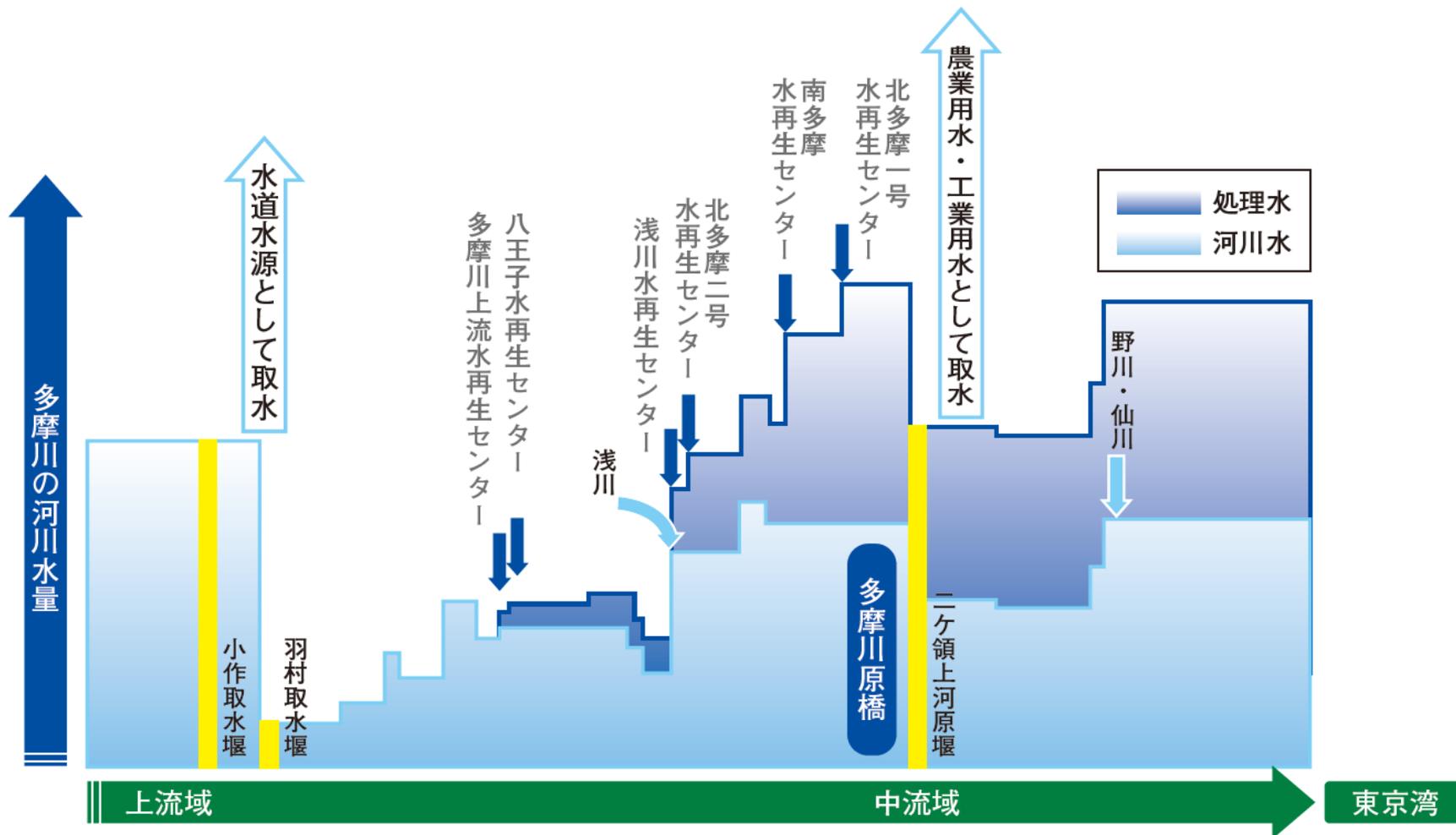
係数b	① 調布橋	② 拝島橋	③ 日野橋	④ 関戸橋	⑤ 多摩川原橋	⑥ 多摩水道橋	⑦ 二子橋	⑧ 田園調布堰	亀の子橋	山方	富岡橋	榊橋
BOD	1.064	0.885	0.401	0.538	0.599	0.787	0.690	0.908	0.537	1.118	0.908	0.892
COD	1.146	0.950	0.449	0.472	0.549	0.689	0.661	0.854	0.822	1.189	0.983	1.189
T-N	1.255	1.199	0.450	0.571	0.623	0.709	0.713	0.802	0.817	1.156	1.082	1.148
T-P	1.266	1.157	0.198	0.442	0.424	0.712	0.685	0.865	0.634	1.182	1.007	1.209
NO ₃ -N	1.226	1.211	0.443	0.570	0.611	0.672	0.664	0.789	0.794	nd	nd	nd
PO ₄ -P	1.132	1.143	0.199	0.488	0.414	0.672	0.686	0.818	0.631	nd	nd	nd
亜鉛	1.063	0.920	0.309	0.453	0.608	0.778	0.696	0.763	0.847	1.164	0.886	1.333
SS	1.284	0.903	0.867	0.771	0.922	1.015	0.657	1.301	0.911	1.538	1.075	1.881
NH ₄ -N	1.083	0.994	0.540	0.916	0.537	1.100	1.106	0.780	0.642	0.385	0.821	0.840
NO ₂ -N	0.904	0.790	0.157	0.616	0.411	0.815	0.910	0.788	0.846	nd	nd	nd
pH	0.987	0.995	0.993	0.998	1.013	0.994	0.979	0.981	1.011	0.998	1.004	0.997
DO	0.885	0.952	0.935	0.957	1.005	0.906	0.854	0.893	1.018	0.919	1.014	0.907

係数bは、多摩川では日野橋で最も低く、中～下流域でも低い傾向
 鶴見川でも、同水質項目が低くなる傾向
 久慈川では、BOD, COD, T-N, T-P, 亜鉛は低下せず



拝島橋から日野橋の間には、3カ所の下水処理場からの放流水あり

小泉 明, 山崎 公子, 下水処理場放流水の汚濁負荷量と河川水質との関連分析, 環境システム研究, 1998, 26巻, p. 157-163



東京都流域下水道
50年のあゆみ より

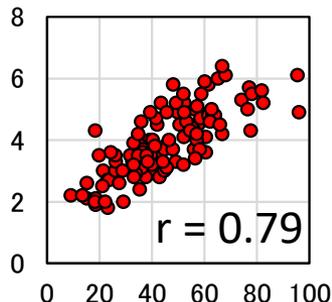
田園調布堰



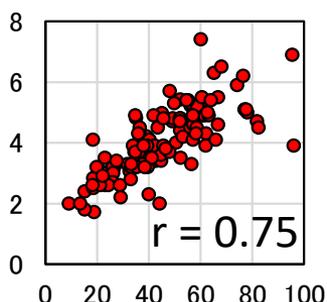
● 解析結果 下水処理水の割合と各水質項目の相関係数

日野橋

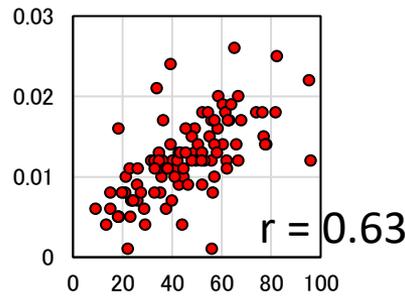
COD
(mg/L)



T-N
(mg/L)

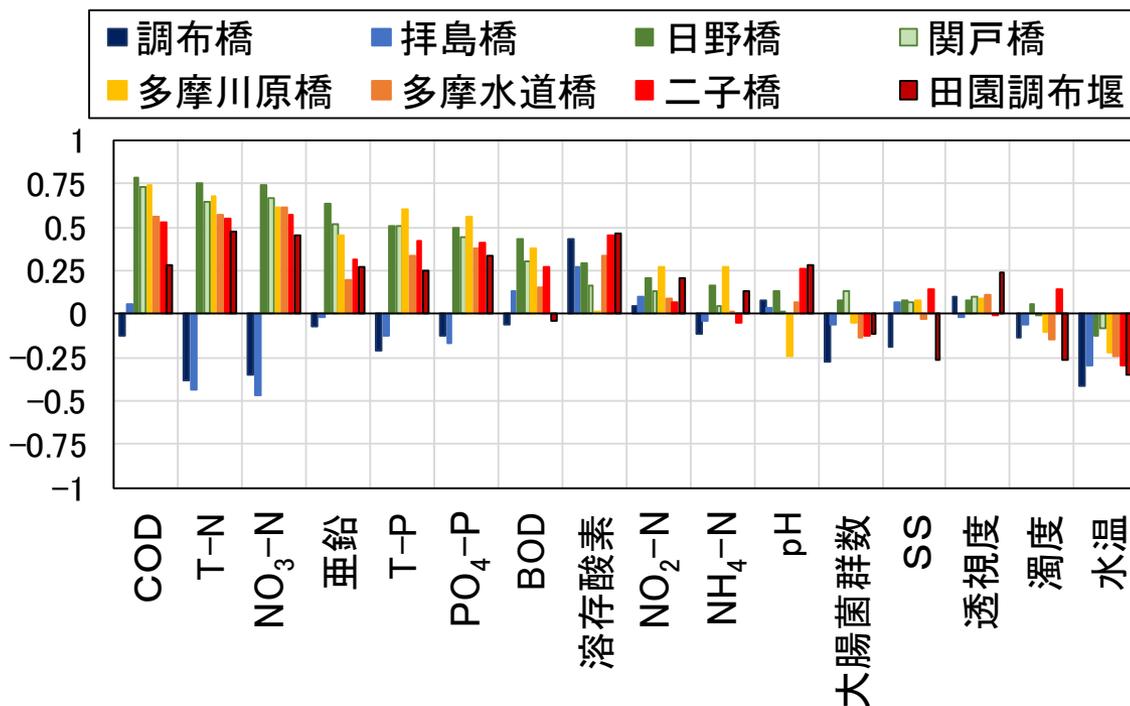


亜鉛
(mg/L)



河川水に占める下水処理水の割合 (%)

河川水流量に占める下水処理水の割合と水質濃度の相関係数



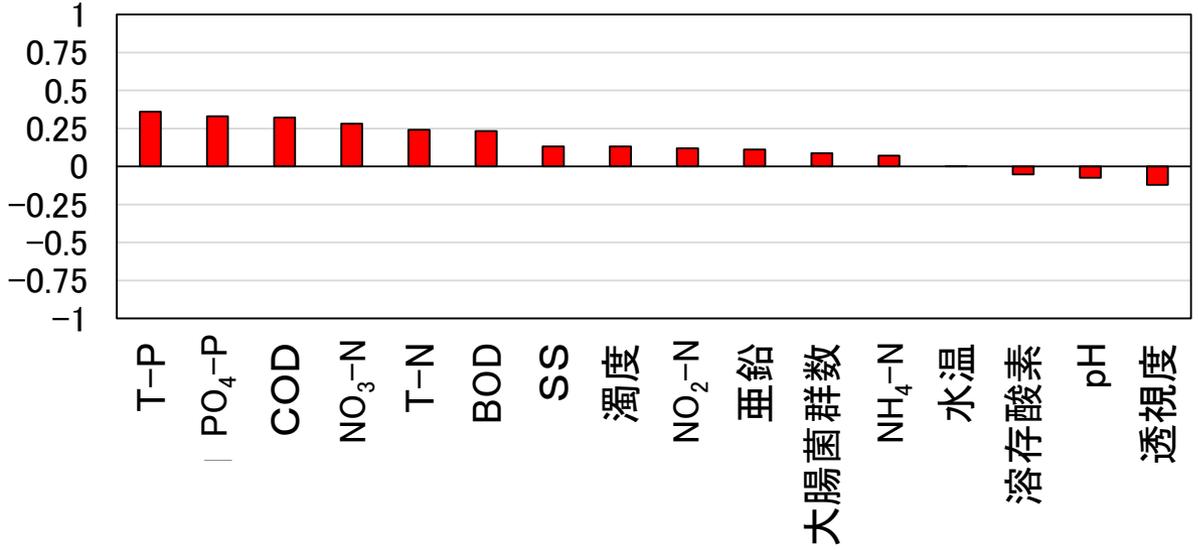
日野橋以降で、
COD、T-N、NO₃-
N、亜鉛が、
下水処理水の割
合と正の相関

河川水に占める下水処理水の割合と各水質項目の相関係数
(2010~2020年)

● 解析結果 下水処理水の割合と各水質項目の相関係数

鶴見川

下水処理水の割合と
水質濃度の相関係数

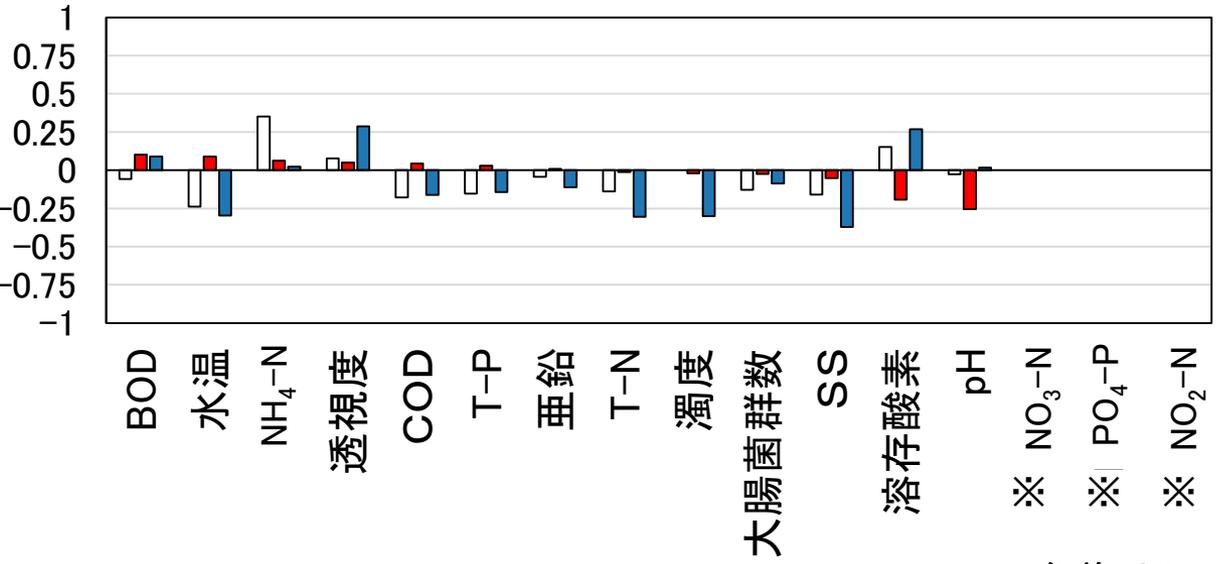


■ 鶴見川亀の子橋

T-P, COD, T-Nの相関係数は低いものの、下水処理水の割合と正の相関

久慈川

下水処理水の割合と
水質濃度の相関係数



□ 山方(中流)
■ 富岡橋(下流)
■ 榊橋(最下流)

T-P, COD, T-Nと下水処理水の割合に相関はみられない

※久慈川のNO₃-N, PO₄-P, NO₂-Nは水質データの数が少ない(年2回未満)ため除外

● まとめ

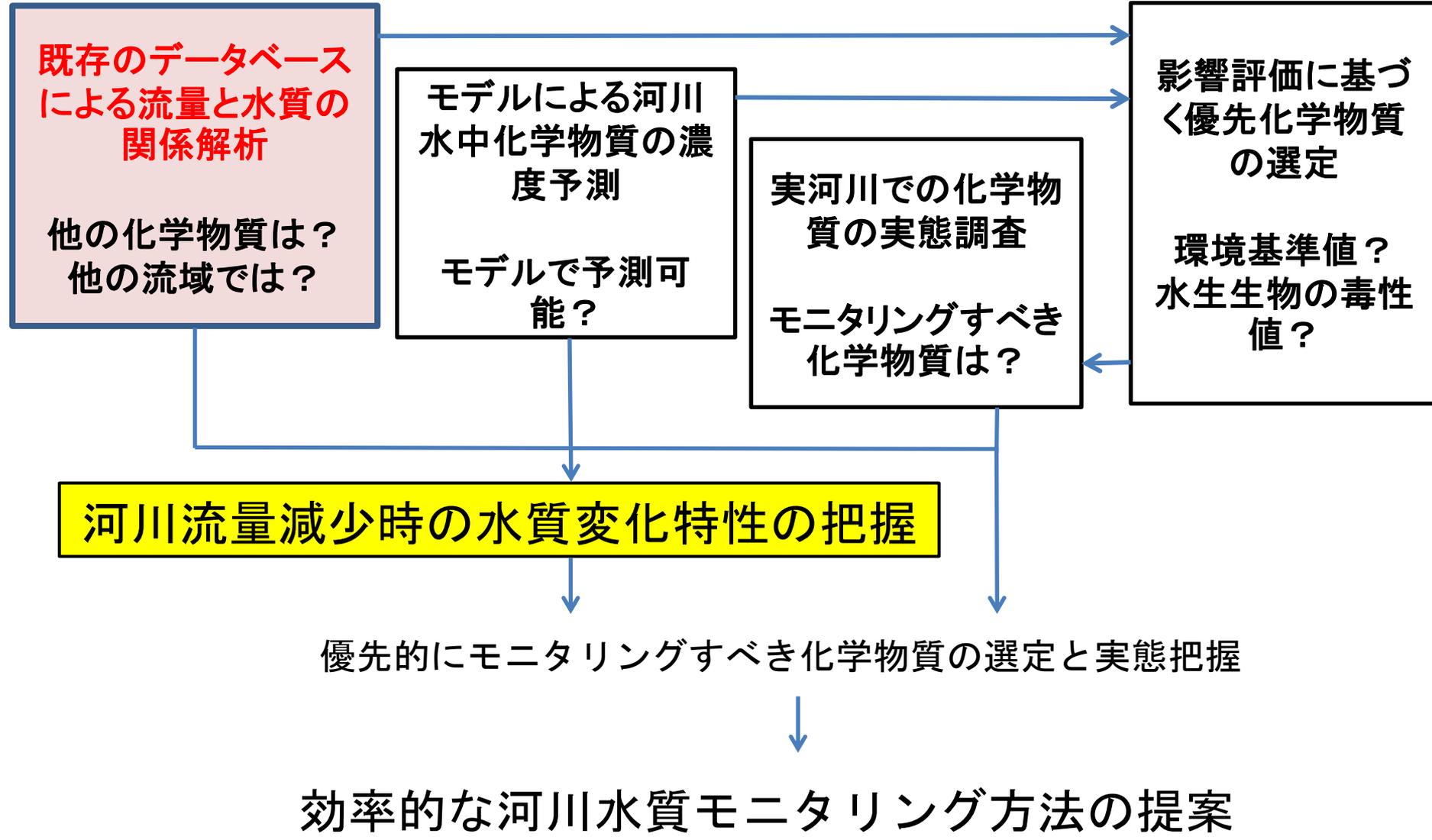
河川流量減少に伴う水質変化の特性を明らかにするため、土地利用の異なる多摩川（森林＋都市河川）、鶴見川（都市河川）、久慈川（森林河川）をケーススタディとして河川流量と水質の関係を解析した。

- 1) 森林河川では、流量減少時に各水質項目の濃度上昇はみられなかった。
- 2) 都市河川では、河川流量減少時に、BOD、COD、亜鉛、T-N、T-P等が上昇する傾向がみられた。
- 3) 都市河川での流量減少時の水質上昇要因は、下水処理水の存在が要因となっていると考えられた。

都市河川における下水処理水の存在割合は、気候変動による流量変化に伴う水質影響の一因となる可能性

● 研究の位置づけと今後の課題

本発表



参考

達成目標 (2) 河川流況・水温の変化が水資源、水環境および自然生態系に及ぼす影響評価・リスク評価、監視技術の開発

既存データベースを用いた流量と化学物質濃度の関係解析による影響評価

- ・ 現在、**河川の流量減少時における水質の変動**についての研究が不十分で**体系的な知見が不足**している。一部の都市河川では流量減少時に下水処理水の割合が高くなる場合があり、水質が悪化が懸念される。
- ・ 水文水質DBを用いて多摩川(森林・都市河川)、鶴見川(都市河川)、久慈川(森林河川)における**流量と各水質項目の**相関を解析した。
- ・ 市街地割合が高くなる多摩川中流域以降では、下水処理水由来と考えられるZn,全窒素,BOD濃度の上昇傾向が明らかになり、**流量減少時に都市河川の水質悪化を確認した。**



図1 多摩川、鶴見川、久慈川流域の土地利用割合 (国土数値情報、平成26年度版土地利用)

- ・ **流量減少時の都市河川における新たな水質監視項目の検討**のため、溶解性全有機性炭素(DOC)、溶解性全有機塩素化合物(D-TOCL)による河川水質調査を実施した。
- ・ **流量減少に従いDOC,D-TOCLの上昇傾向が測定され、流量減少時の水質監視項目としての有効性の可能性を確認した(図3)**

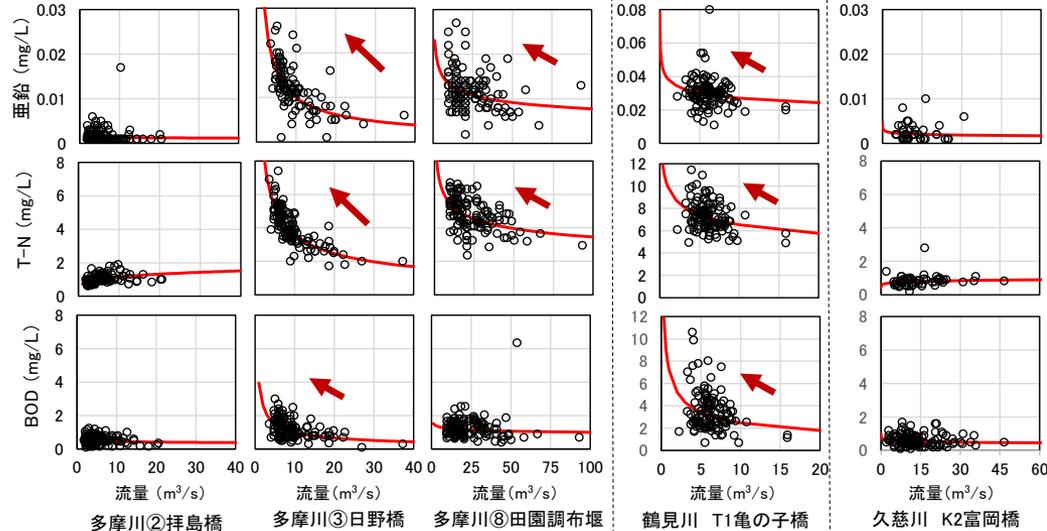


図2 河川流量とBOD,T-N,垂鉛濃度の関係 (2010~2019, 水文水質DB)

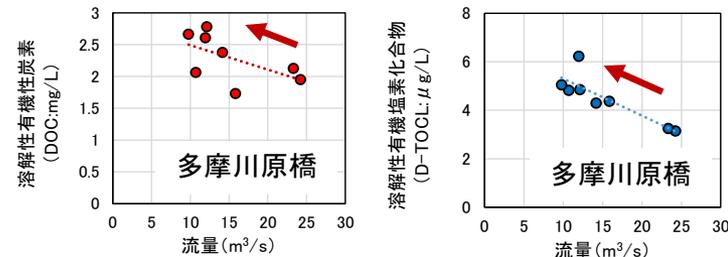
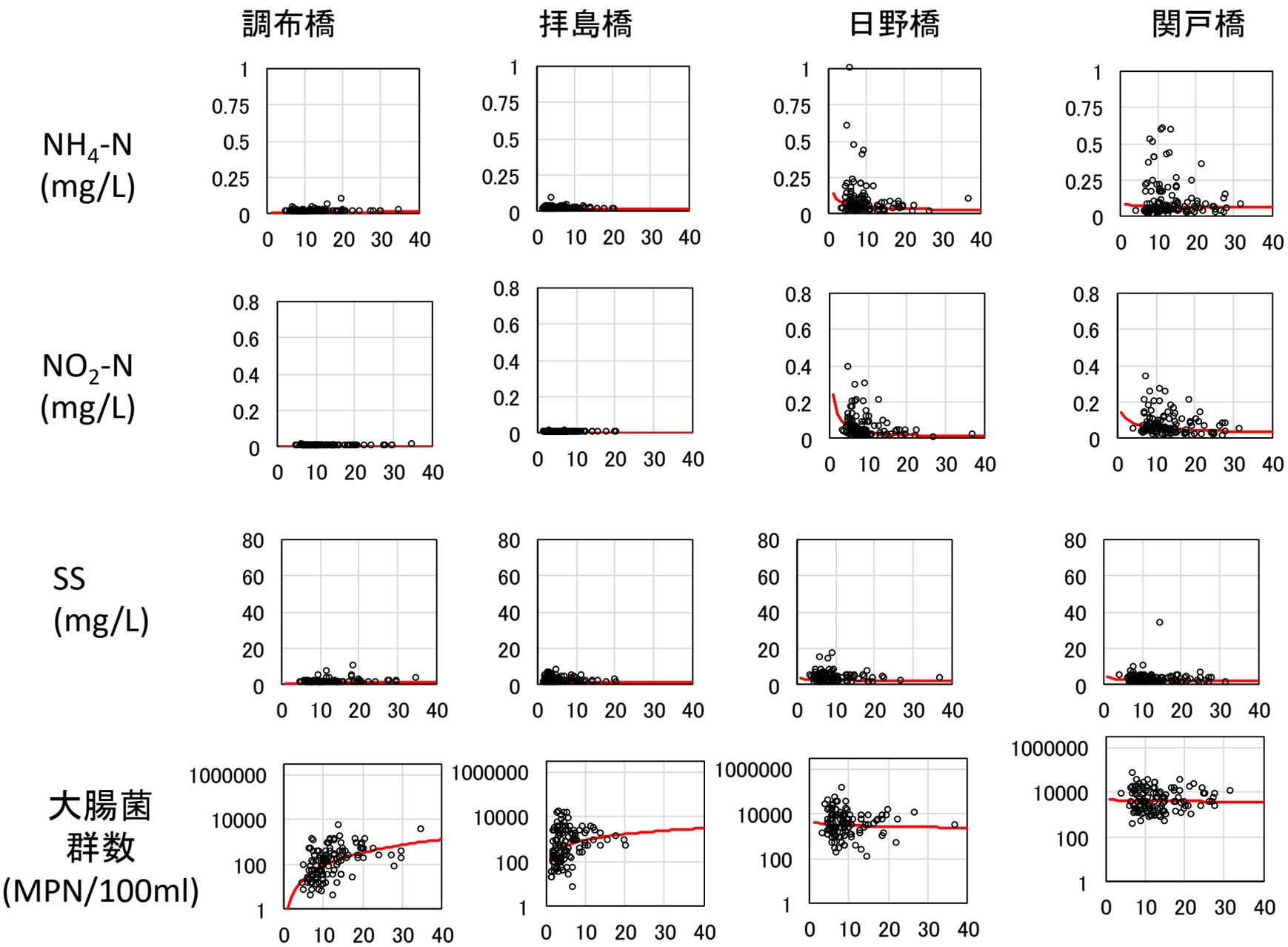


図3 河川流量とDOC,D-TOCLの関係 (⑤多摩川原橋:2023.7~2024.2)

- ・ 都市河川において河川流量減少時に水質悪化が懸念されること、水質モニタリング項目として溶解性有機性炭素、溶解性全有機塩素化合物の可能性を示した。

● 解析結果 多摩川 流量と水質の関係 (上～中流域)



● 解析結果 多摩川 流量と水質の関係 (中～下流域)

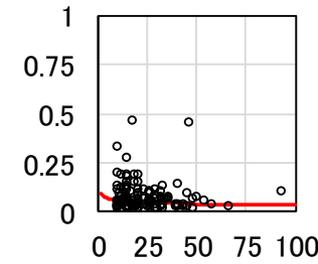
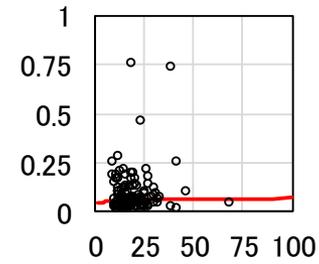
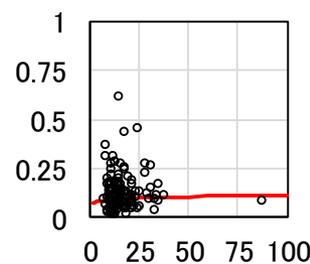
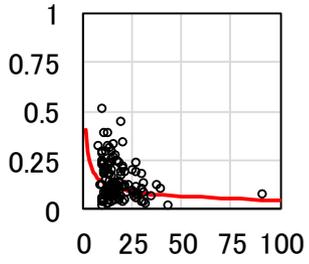
多摩川原橋

多摩水道橋

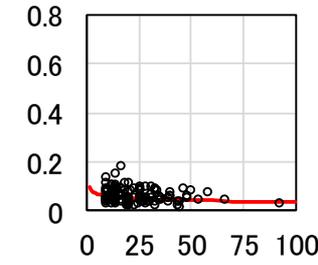
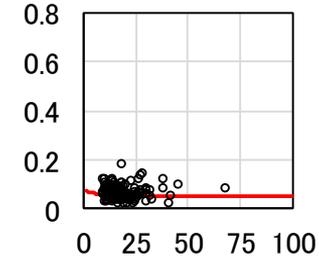
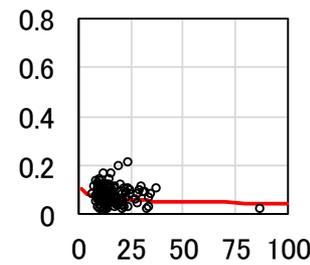
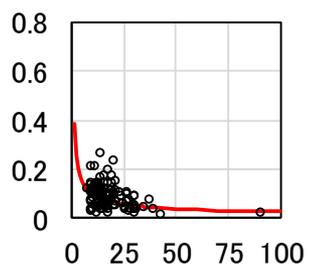
二子橋

田園調布堰

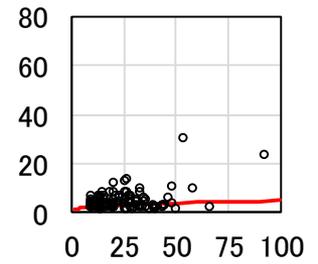
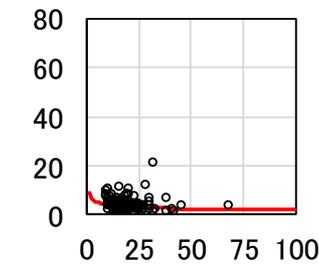
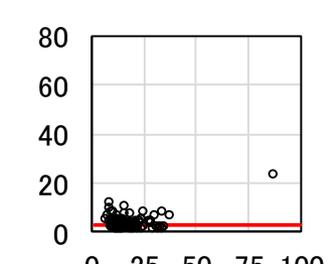
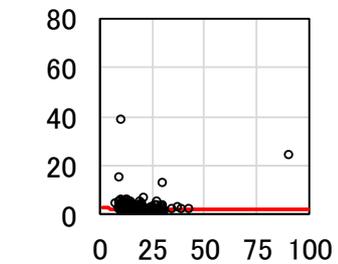
NH₄-N
(mg/L)



NO₂-N
(mg/L)

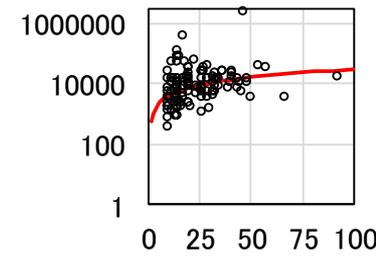
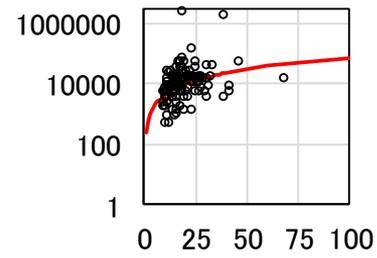
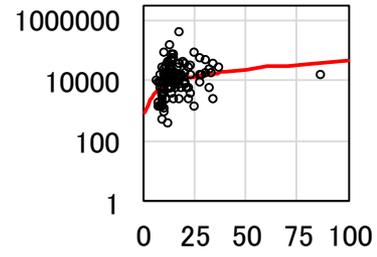
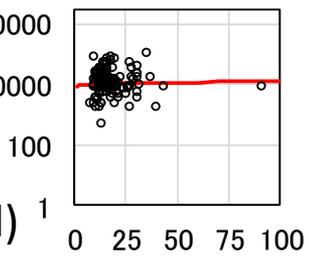


SS
(mg/L)



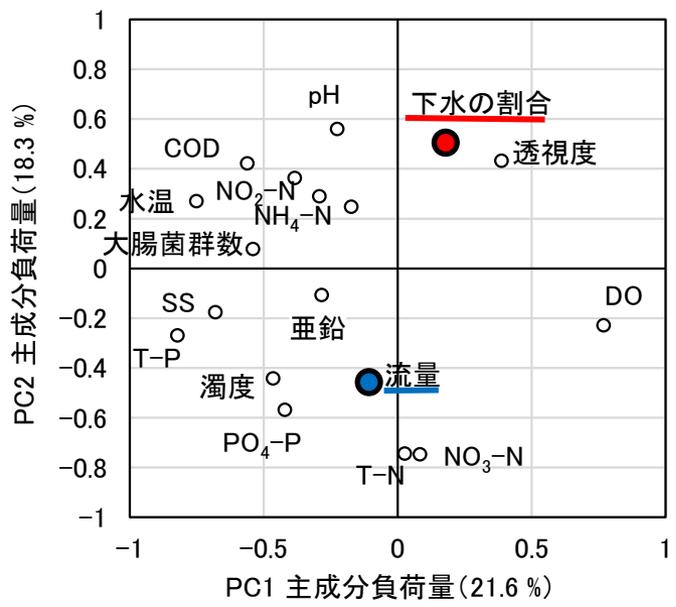
大腸菌
群数

(MPN/100ml)

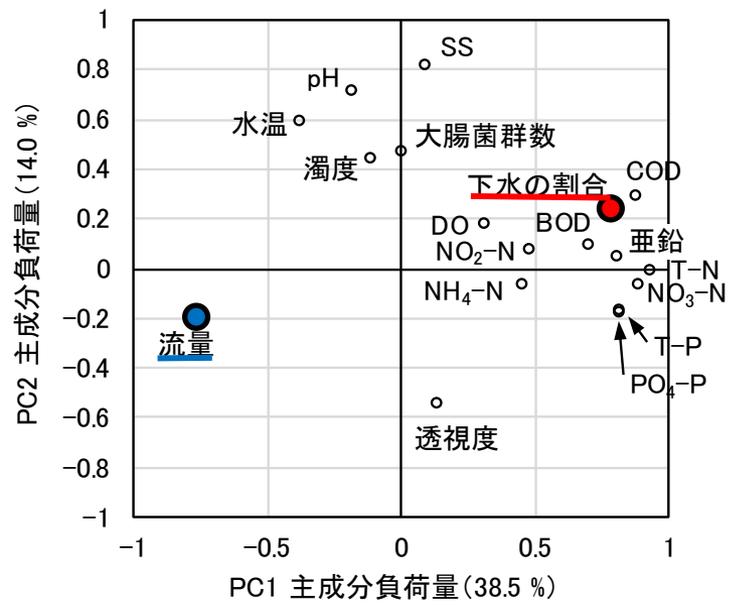


● 解析結果 多摩川 主成分分析の結果（水質）

拝島橋

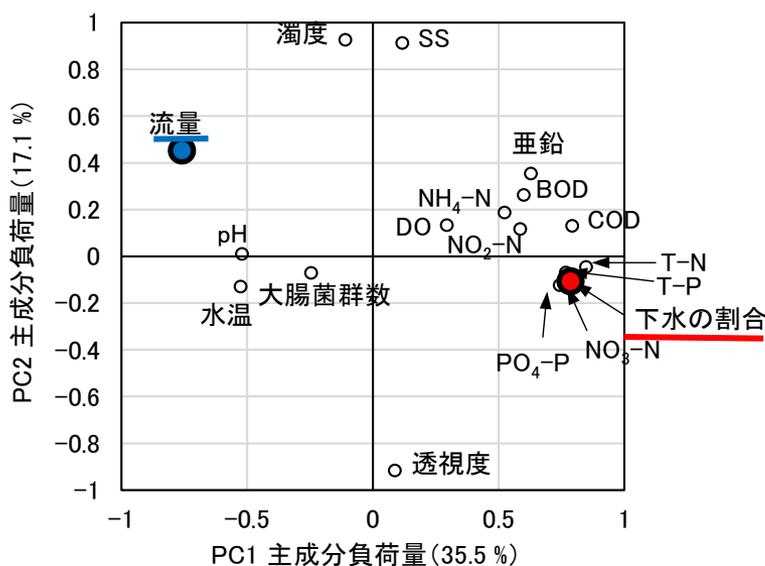


日野橋

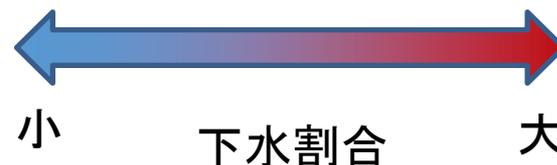
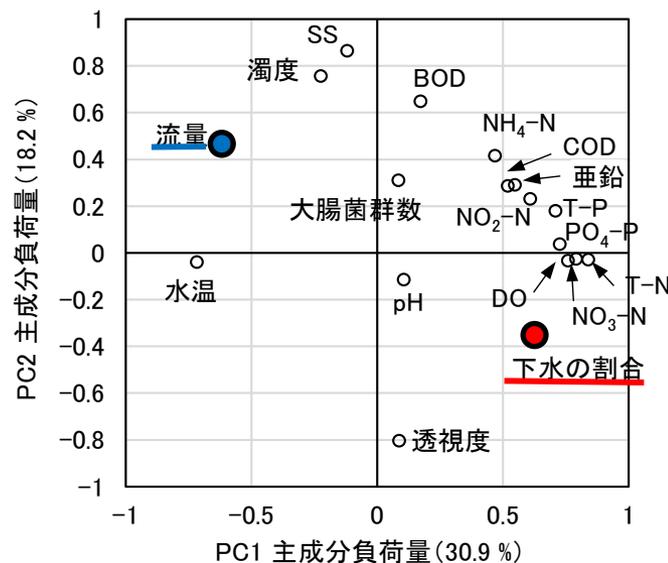


● 解析結果 多摩川 主成分分析の結果（水質）

多摩川原橋

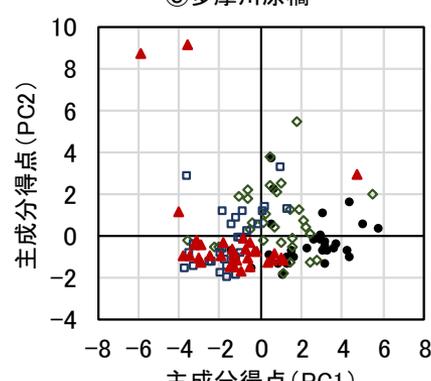
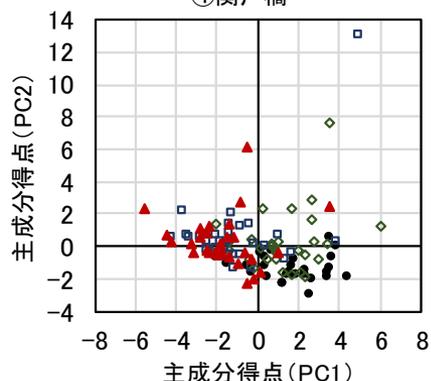
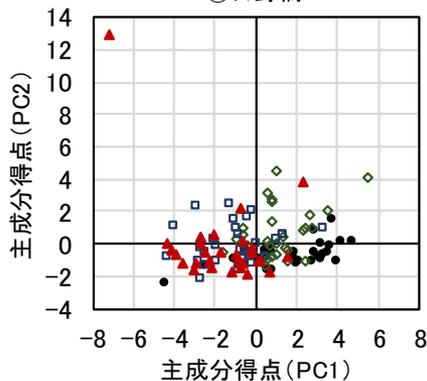
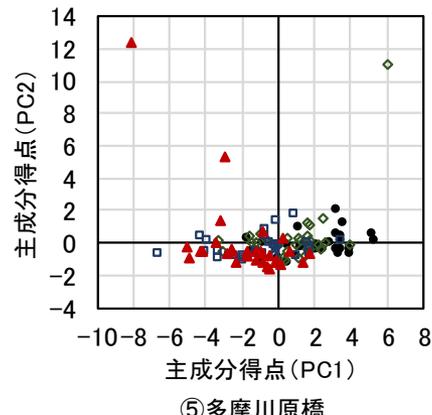
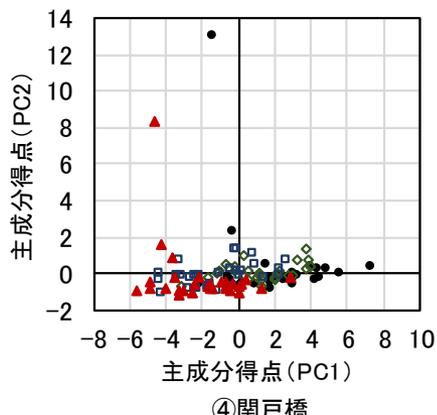
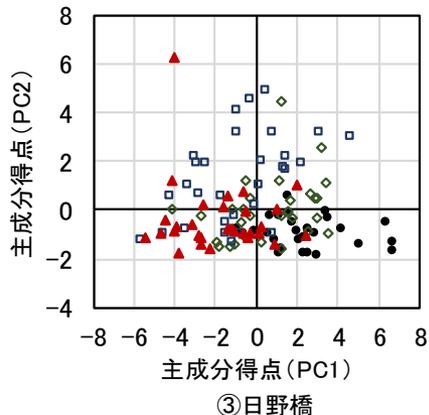
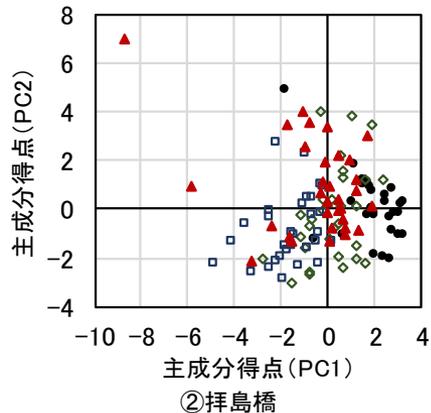
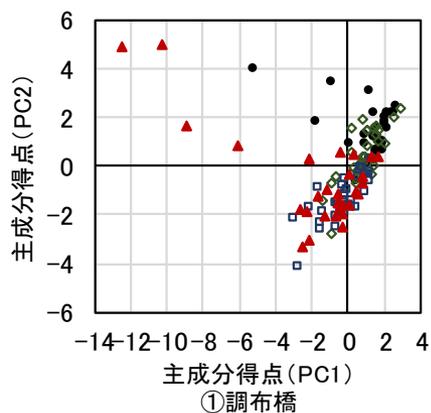


田園調布堰



解析結果 多摩川 主成分分析の結果

主成分分析の得点で季節を比較



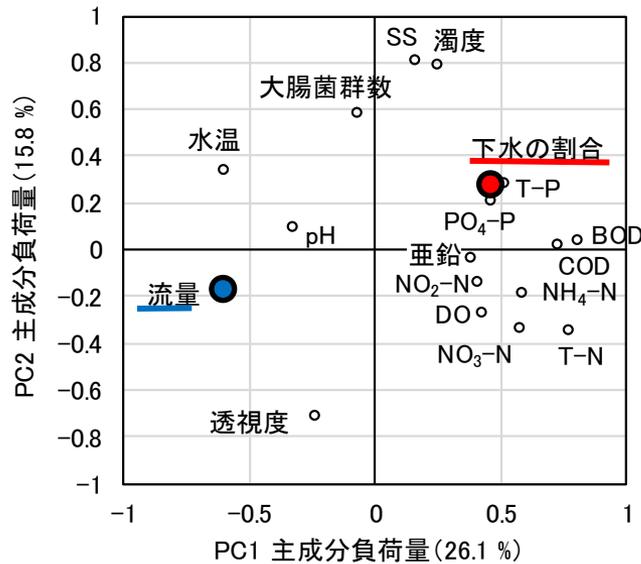
→冬

→冬

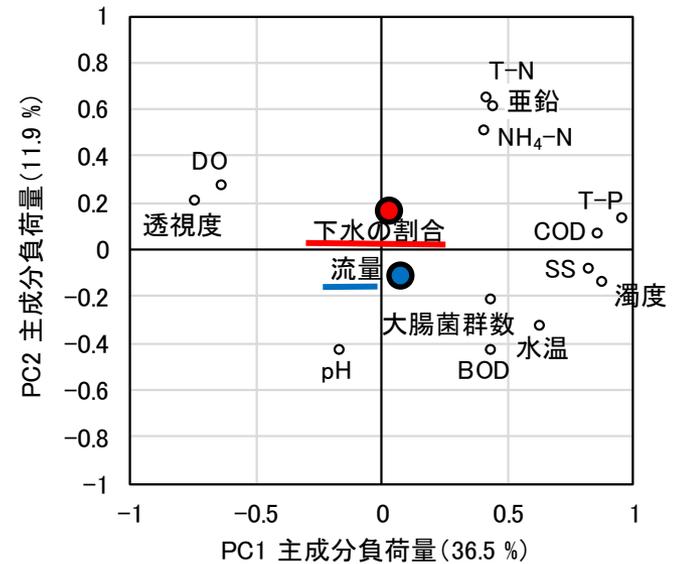
→冬

● 解析結果 鶴見川、久慈川主成分分析の結果

鶴見川亀の子橋



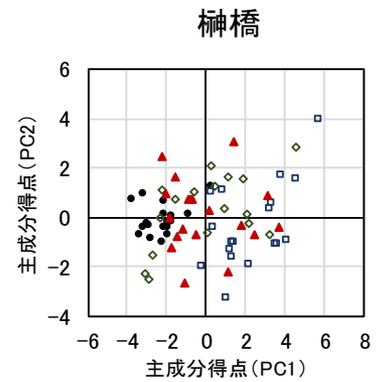
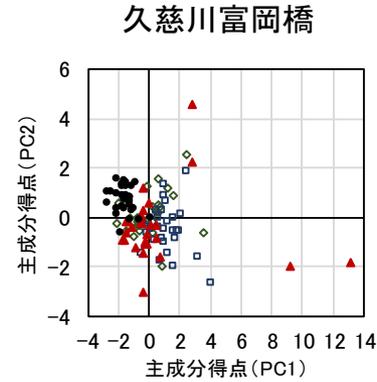
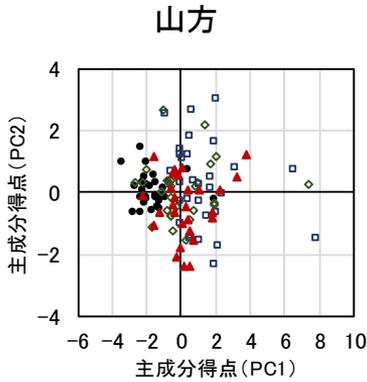
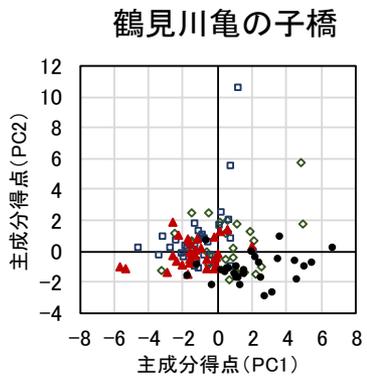
久慈川富岡橋



● 解析結果 鶴見川、久慈川主成分分析の結果

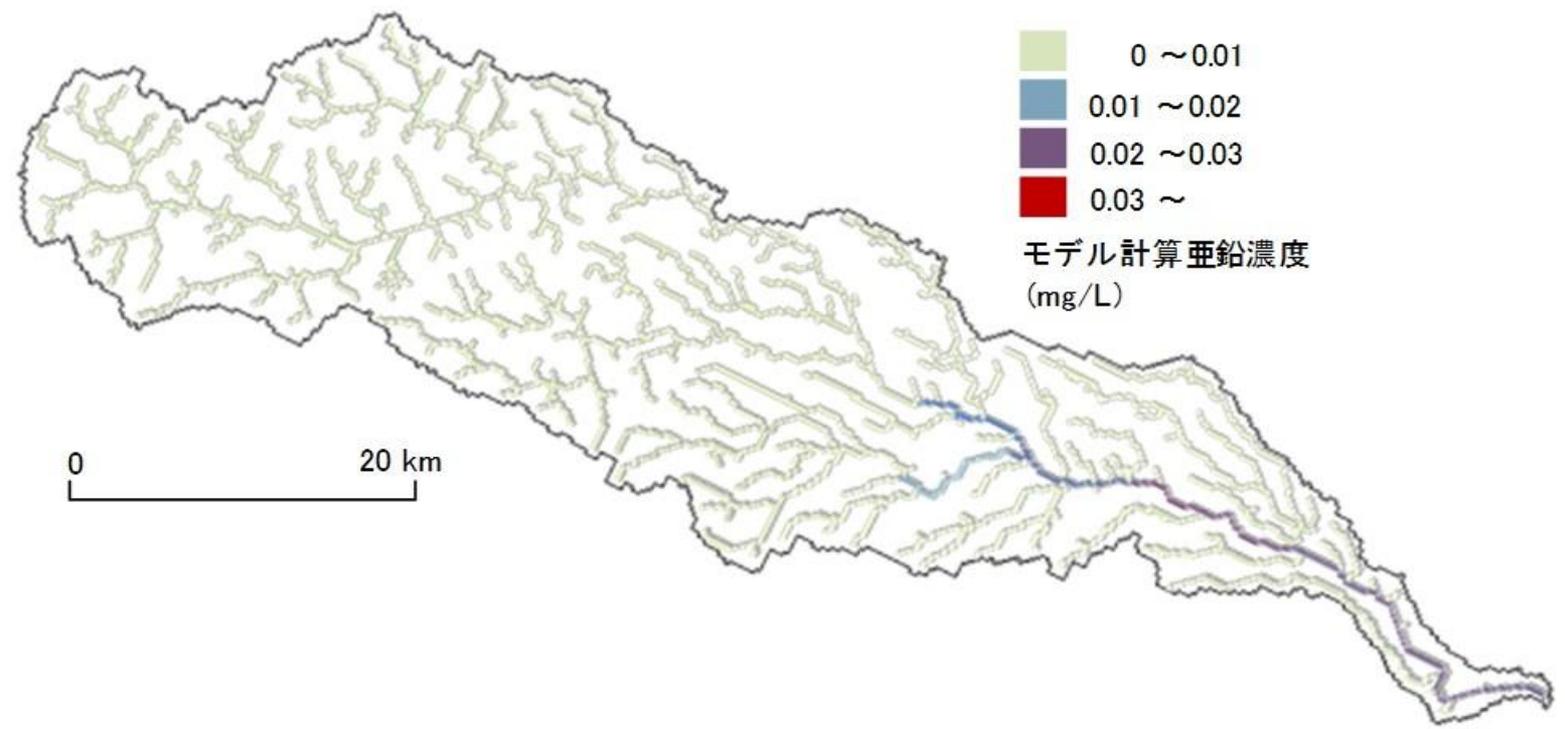
主成分分析の得点の季節での比較

- 冬 (12,1,2)
- ◇ 春 (3,4,5)
- 夏 (6,7,8)
- ▲ 秋 (9,10,11)



→冬

● 解析結果 モデルの試行



モデル計算の試行 亜鉛濃度の分布図