

中山間地域の上水過程における 消毒副生成物の実態把握

豊田高専 環境都市工学科

○教授 松本嘉孝

講師 江端一徳

豊田市上下水道局 上水運用センター



HP: Furusato, 都会も田舎もある豊田市には無限の選択肢がある！

HP: 豊田市, こんなまちとよた (豊田市概要)

本日の発表内容

- Section 1

豊田市の中山間地域における水道事業に関する現状

- Section 2

課題解決に向けて水道事業者と高専（高等教育機関）との連携

- Section 3

水道水中の八口酢酸課題に対しての研究内容



豊田市中山間地域には19箇所の小規模浄水場（緩速ろ過，膜ろ過など）

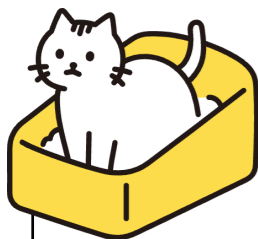
浄水場規模としては最小：約100戸，最大：約1,000戸

主な水源は河川水

（多くの取水場所上流には人為的な汚染源がほとんどない）



豊田市（中山間地区）の現状



給水面積：568 km²，普及率：99.97%

		給水人口	面積 (km ²)	計画浄水量 (m ³ /day)	水道システム
旧豊田市		411,718	290	1,537,600 26,840	愛知県営水道 浄水場：地下水（2箇所）
合併	藤岡	11,884	66	8,000 3,310	愛知県営水道 浄水場（5箇所）
	足助		193	4,108	浄水場（4箇所）
	小原		74	1,924	浄水場（3箇所）
	稲武		99	2,373	浄水場（3箇所）
	旭		82	2,050	浄水場（3箇所）
	下山		114	4,000	浄水場（6箇所）

中山間地域の簡易浄水場



緩速ろ過池



水源となる林の様子



取水口付近の様子



平水時（晴天時）



出水時（雨天時）



30分間で5mmの降雨でも急激に増水し，濁りが生じる

豊田市（中山間地区）の現状

原水
(河川水)



水処理
(ろ過, 塩素)



家庭, 事業者



原因物質 (NOM)
(自然由来)

Natural Organic Matter



消毒副生成物 (Disinfection ByProducts : DBPs)

(ハロ酢酸類)



長期飲用で健康影響のおそれ

水道水質基準強化 (H27, 2015)

「水道水質基準」

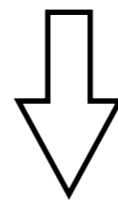
トリクロロ酢酸 (TCAA) : 0.2 mg/L → 0.03 mg/L

ジクロロ酢酸 (DCAA) : 0.04 mg/L → 0.03 mg/L

豊田市（中山間地区）の現状

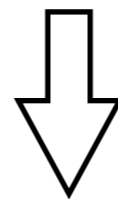
長期飲用で健康影響のおそれ

水道水質基準強化（H27, 2015）

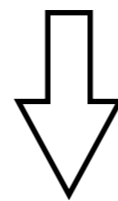


豊田市上下水道局 上水運用センター

毎月、給水栓等の水質調査を実施



数年前から、夏場、濁水時に消毒副生成物の濃度が上昇 9箇所



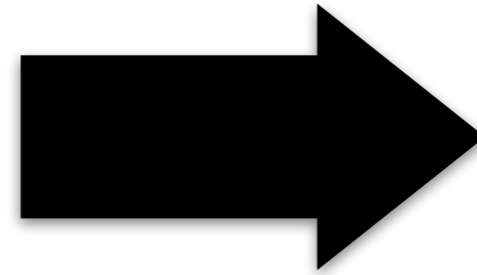
R04年（2022）夏季に給水栓のトリクロロ酢酸濃度が
水道水質基準を上回り8日間摂取制限

水質問題に対する考え方（水道管理行政）

「水道水質基準」

トリクロロ酢酸：0.03 mg/L

ジクロロ酢酸：0.03 mg/L



-人員配置

-費用

-施設

-現状把握

-運用の見直し

解決：水質の改善（プランA）

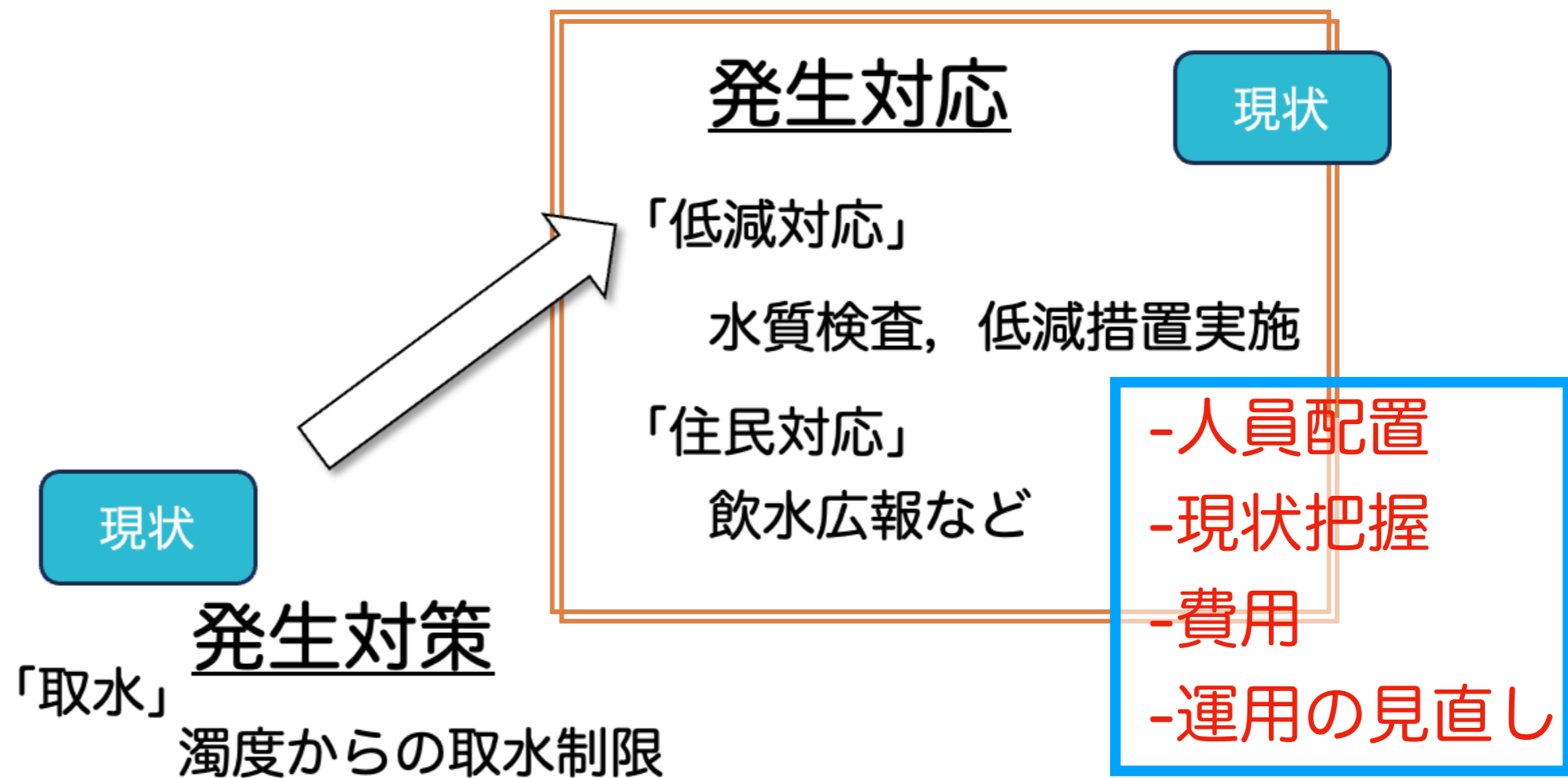
現在の対応状況

・事例1

夏季の降雨時に、配水池内のハロ酢酸類の濃度が上昇 **9箇所**で問題視

・事例2

夏季に配水池内のハロ酢酸類の濃度が水道水質基準を上回り**8日間**摂取制限



今後の考えられる対応（水道管理行政）

発生対応

「低減対応」

水質検査，低減措置実施

「住民対応」

飲水広報など

発生対策

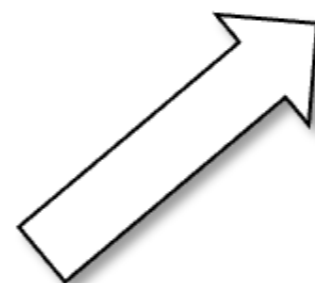
「取水」

濁度からの取水制限

「水質対策」

NEW!

新たな施設，対策の導入



-施設
-費用

大学・高専との連携

科学的な議論をするためのデータ提供

→ 科学ベースの議論プラットフォームの構築

- ① 科学的データに基づく現状の把握
- ② 現象メカニズムの追求
- ③ 対策技術・システムの構築

-人員配置

-現状把握

-費用

-施設

-メカニズム解析

-運用の見直し

今後の考えられる対応（高専）

解決：水質の改善（プランA）

解決：水質の改善（プランB）

プランB (ハードに頼らない対応策, 高専)

中山間地, 小規模浄水場に見合った

1) 原因の把握

発生過程

「水源」 **NEW!**

原因物質, 水質変化

「上水過程」

発生メカニズム

浄水場運用

-現状把握
-メカニズム解析

3) 浄水場運用の検討

発生対応

「低減対応」

水質検査, 低減措置実施

「住民対応」

飲水広報など

2) 原因低減の検討

発生対策, 予測

季節, 天候 **NEW!**

取水制限 「水源の水質変化, 水質特性」

浄水場の運用特性

-現状把握
-メカニズム解析
-運用の見直し

豊田市（上下水道局）と豊田高専との関係

2021年

- 豊田市からの相談
- 森林河川水の水質形成についての勉強会実施

2022年

- 豊田市 大学・高専連携事業採択
- 豊田市と豊田高専の連携協定締結
- 中間報告会，最終報告会の実施

2023年

- 中部地域づくり助成金採択
- 中間報告会，最終報告会の実施

2024年

- 科学研究費補助金基盤研究B採択
- 豊田市，民間会社と豊田高専の連携協定締結
- 豊田市と豊田高専の連携協定締結
- 最終報告会の実施（予定）

- 豊田市水道局員による授業（5回以上）の実施
- 水道施設見学会
- 水道PR事業へ豊田高専学生参加
- （下水道）マンホールアップサイクルプロジェクト開始
- 水道mini lab設立
広報活動への参加
調査・実験の実施

共働の結果， 将来への効果



豊田高専が担う

専門：森林河川部の水質調査，物質動態解析

→ 水源の調査，解析を主に担う

- ・ 試料の提供
- ・ データの提供
- ・ 学生の実験

- ・ データの提供
- ・ 学生の教育
機会提供

豊田市上水運用センターが担う

専門：化学分析，室内実験

→ 水質分析や実験を主に担う

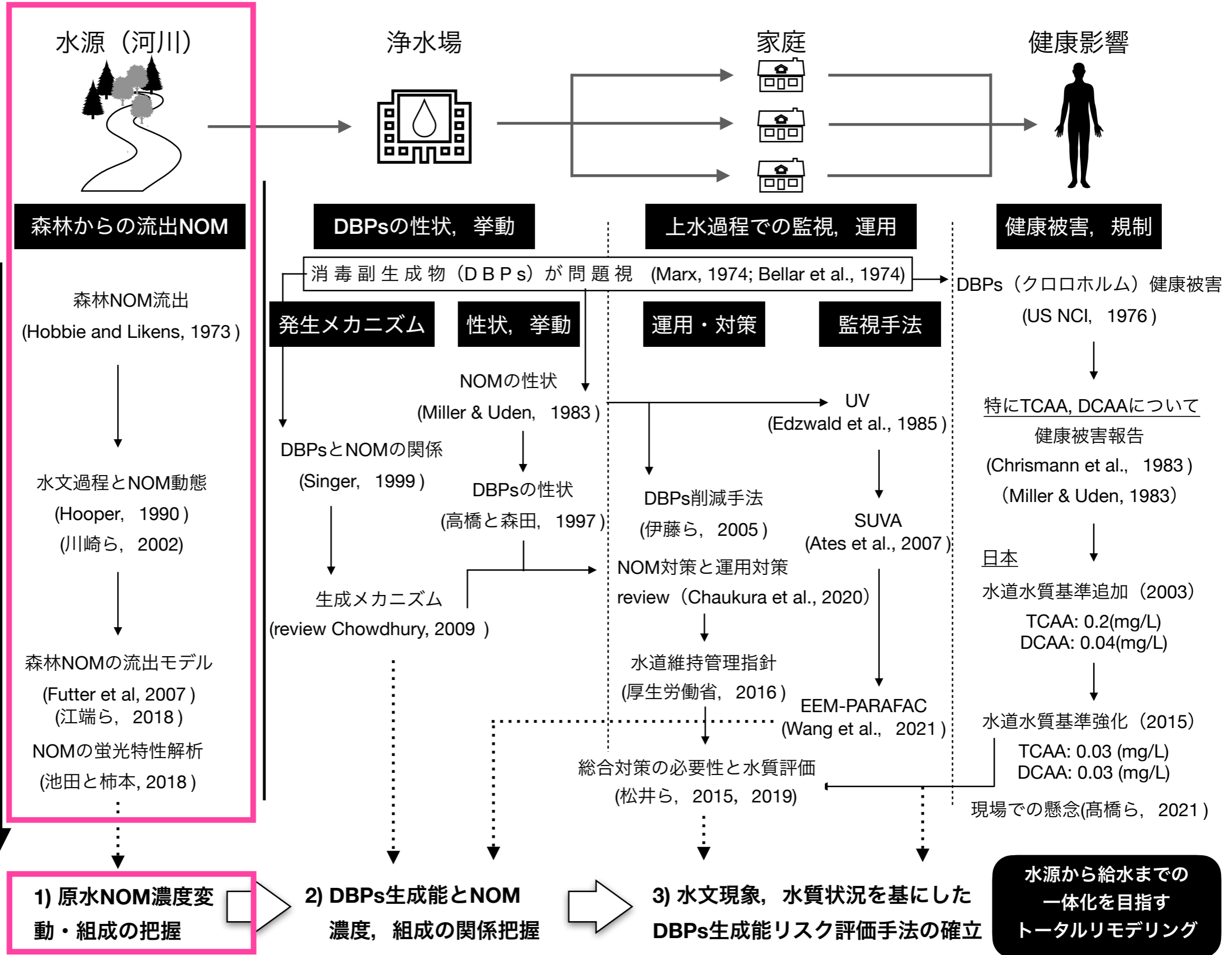
- ・ 原因物質の追求
- ・ 現場ノウハウの共有
- ・ データ共有，ディスカッションの実施
- ・ 発表会の実施

水源と浄水処理後の
総合的な水道水質対策が構築可能

- ・ 応急給水訓練への参加

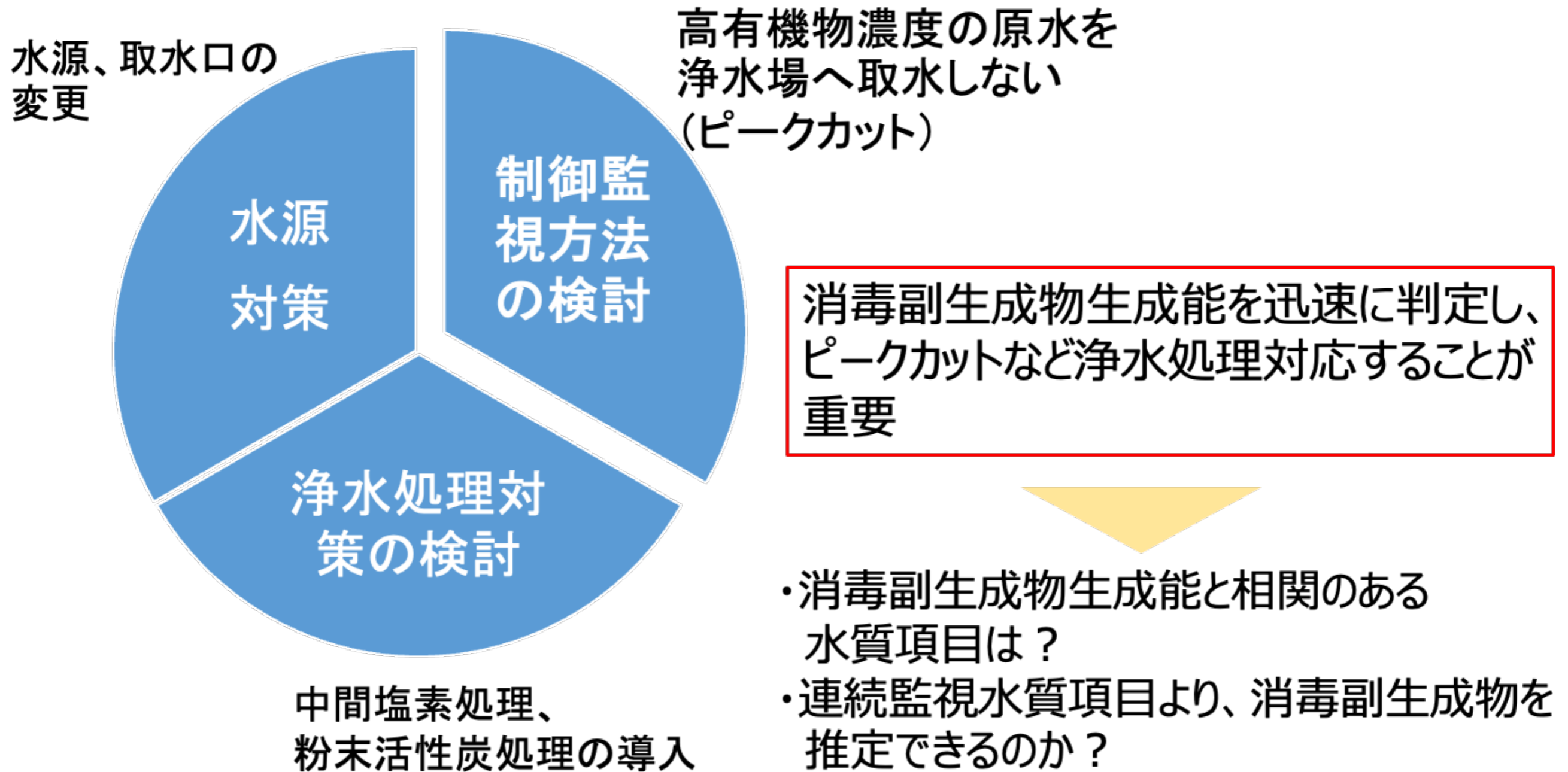
協働により科学的研究成果を
行政が理解し，市民に伝える

研究課題としてのDBPs



現場課題としてのDBPs

消毒副生成物の低減対策 伊藤ら (2005)

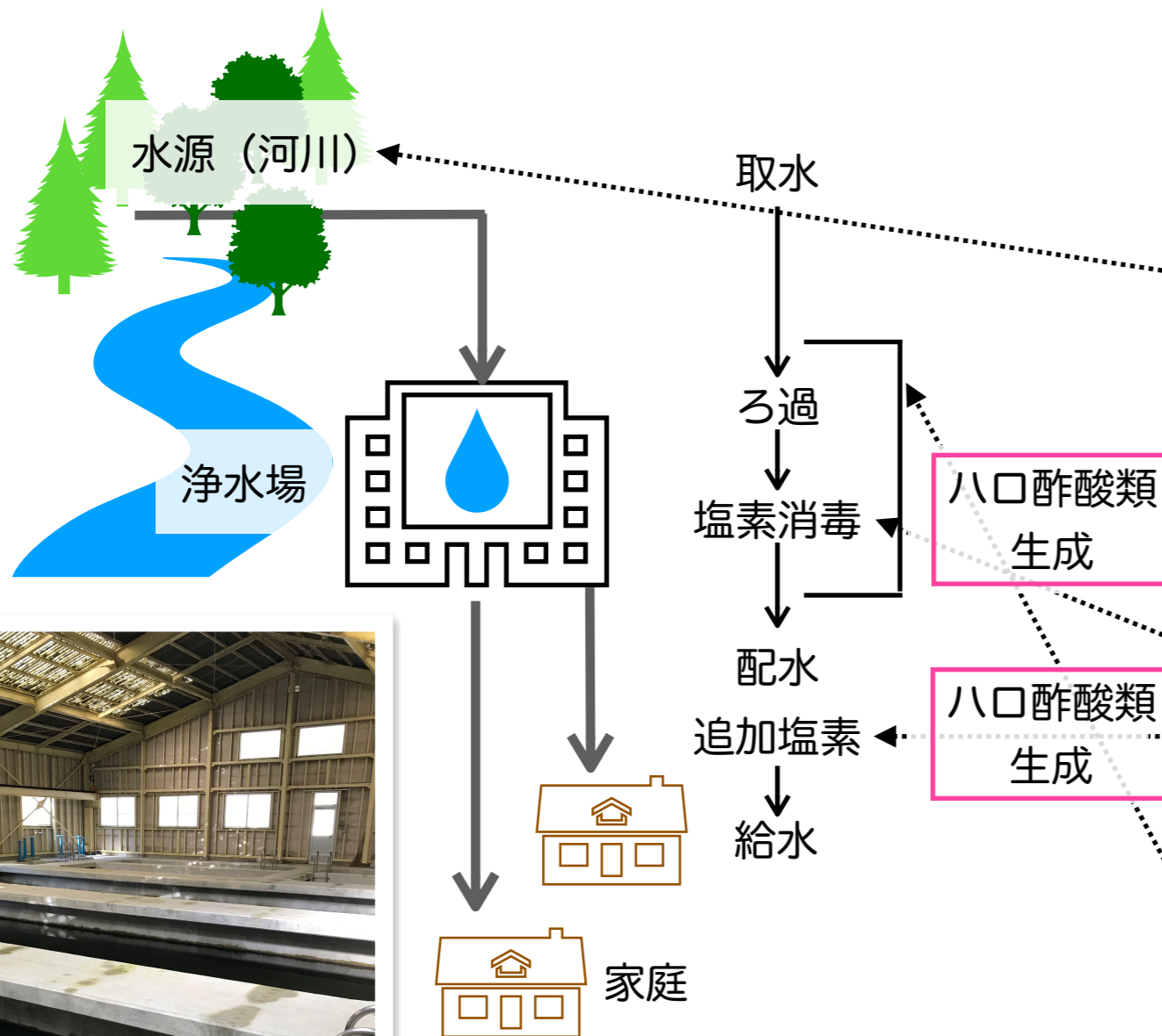


現状課題に対する研究デザイン

浄水プロセス

現状の課題

課題解決要素



短期 1) 現状の詳細な把握

Part 1

短期 2) 原因物質の追及

短期 2) 原因物質, 発生要因の追及

Part 2

短期 3) 浄水場の運用の検討

Part 3

長期 1) 応急対策案の策定と実施

長期 2) 水道使用量と供給量との新たな仕組みづくり



小原北部浄水場内

課題解決要素に対する求められる結果

		課題解決要素	求められる結果（何をどこまでやるか）
		DBPs濃度上昇に関する要因の特定およびその原因メカニズムの解明	
短期	Part 1	短期 1) 現状の詳細な把握	-原水のNOMの濃度の季節変化 -原水の降雨時の精緻な濃度変化の把握
		短期 2) 原因物質の追及	-原水のNOM組成の変動要因の特定
	Part 2	短期 2) 原因物質，発生要因の追及	-NOM濃度および組成とDBPs生成能との関係性の把握
	Part 3	短期 3) 浄水場の運用の検討	-原水モニタリング手法の検討 -降雨時における，各上水過程の滞留時間を考慮した濃度変化，分布の把握 -上水過程におけるNOM濃度変動シミュレーションの構築
		中山間地域における水道管理手法の新たな提案	
長期		長期 1) 応急対策案の策定と実施	-河川水を水源とする中山間地のDBPs削減手法およびリスク管理の提案
		長期 2) 水道使用量と供給量との新たな仕組みづくり	-中山間地域の水道供給システム再構築案の提示

研究方法

場所：愛知県豊田市小原地区内簡易浄水場

1) 北部浄水場（緩速濾過方式）

水源：河川水（上流部に人為的活動なし）

浄水方式：薬品注入，緩速濾過

日平均取水量：129m³/day

2) 東部浄水場（緩速濾過方式）

水源：河川水（上流部に集落あり，北部浄水場が流域内にあり）

浄水方式：薬品注入，緩速濾過

日平均取水量：965m³/day

採水地点：取水口，凝集沈澱後，緩速濾過後

水文観測項目：雨量，河川水位

分析水質：

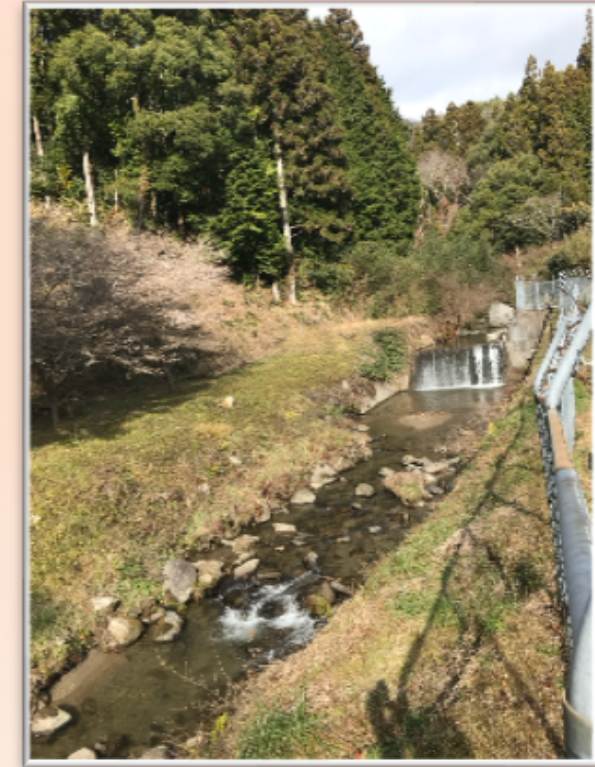
一般水質項目

TOC, DOC

吸光度

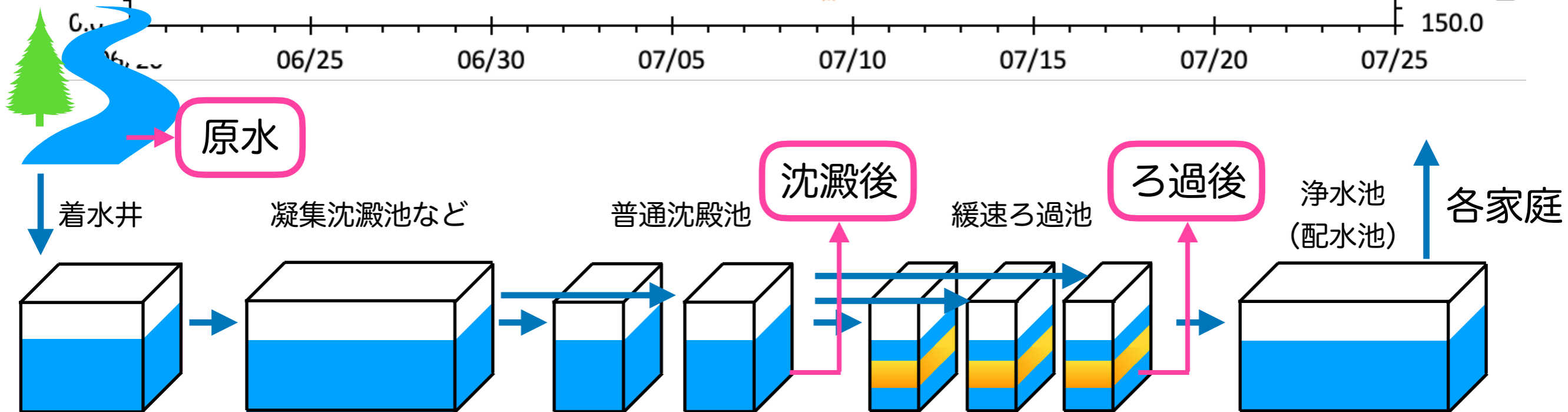
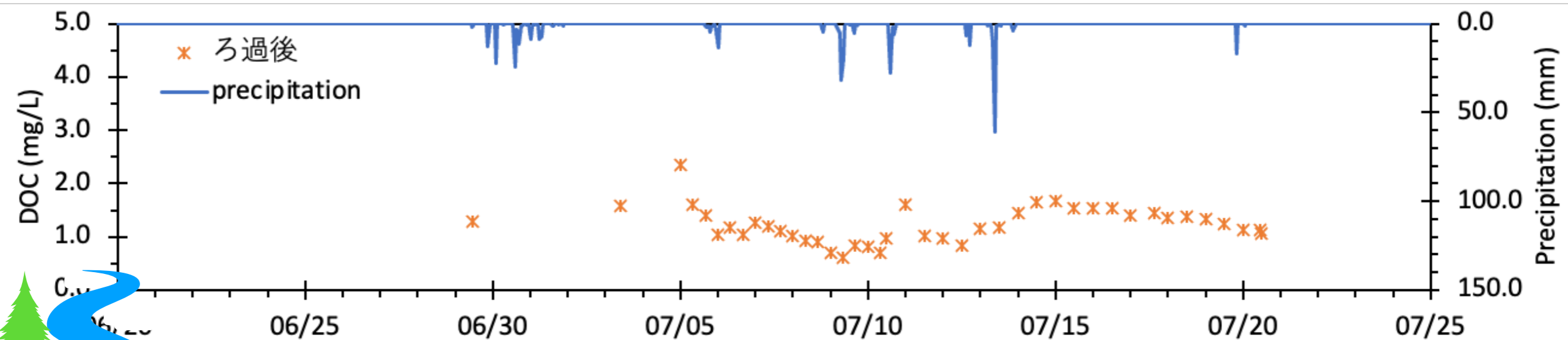
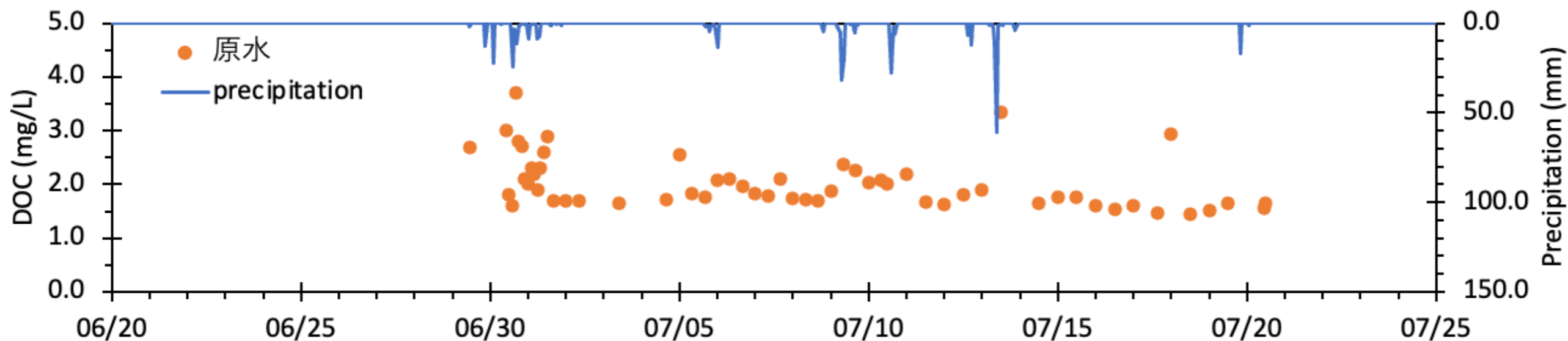
（254nm, 260nm, 280nm, 390nm）

DBPs（トリクロロ酢酸，ジクロロ酢酸）



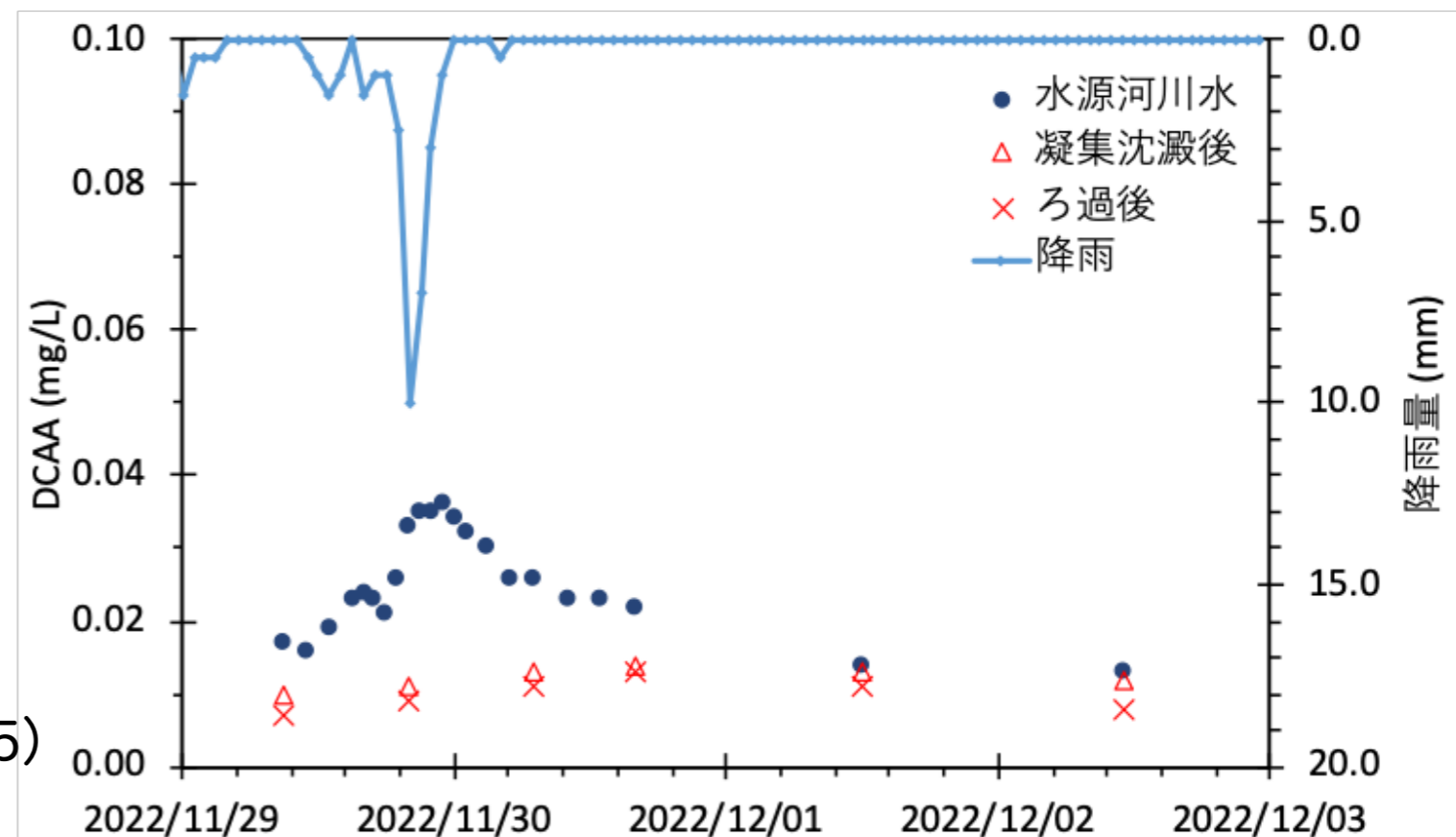
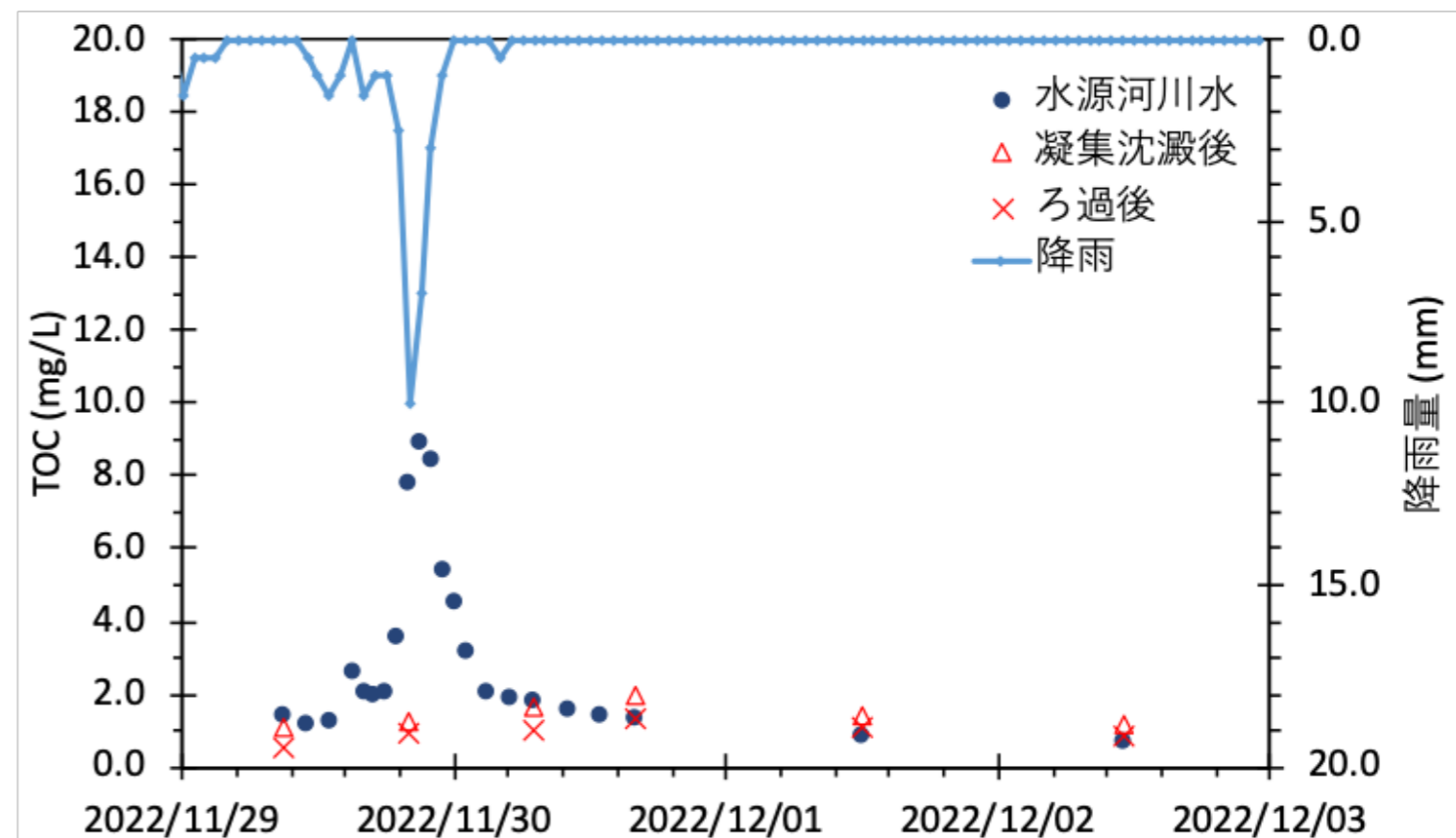
短期1) 現状の詳細な把握

- 原水の降雨時の精緻な濃度変化の把握



短期2) 原因物質，発生要因の追及

- NOM濃度および組成とDBPs生成能との関係性の把握
- NOM濃度変化とDBPs濃度変化の把握
- 採水場所による水質の違いを把握



水道水質基準強化 (2015)

TCAA: 0.03 (mg/L)

DCAA: 0.03 (mg/L)

短期2)

原因物質, 発生要因の追及

- NOM濃度および組成と

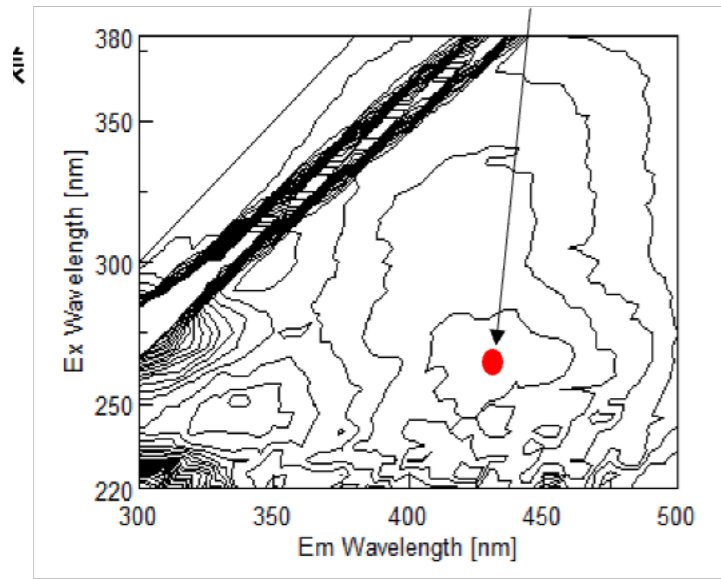
DBPs生成能との関係性の把握

- NOMの組成把握

- NOMの組成とDBPs生成能との関係把握

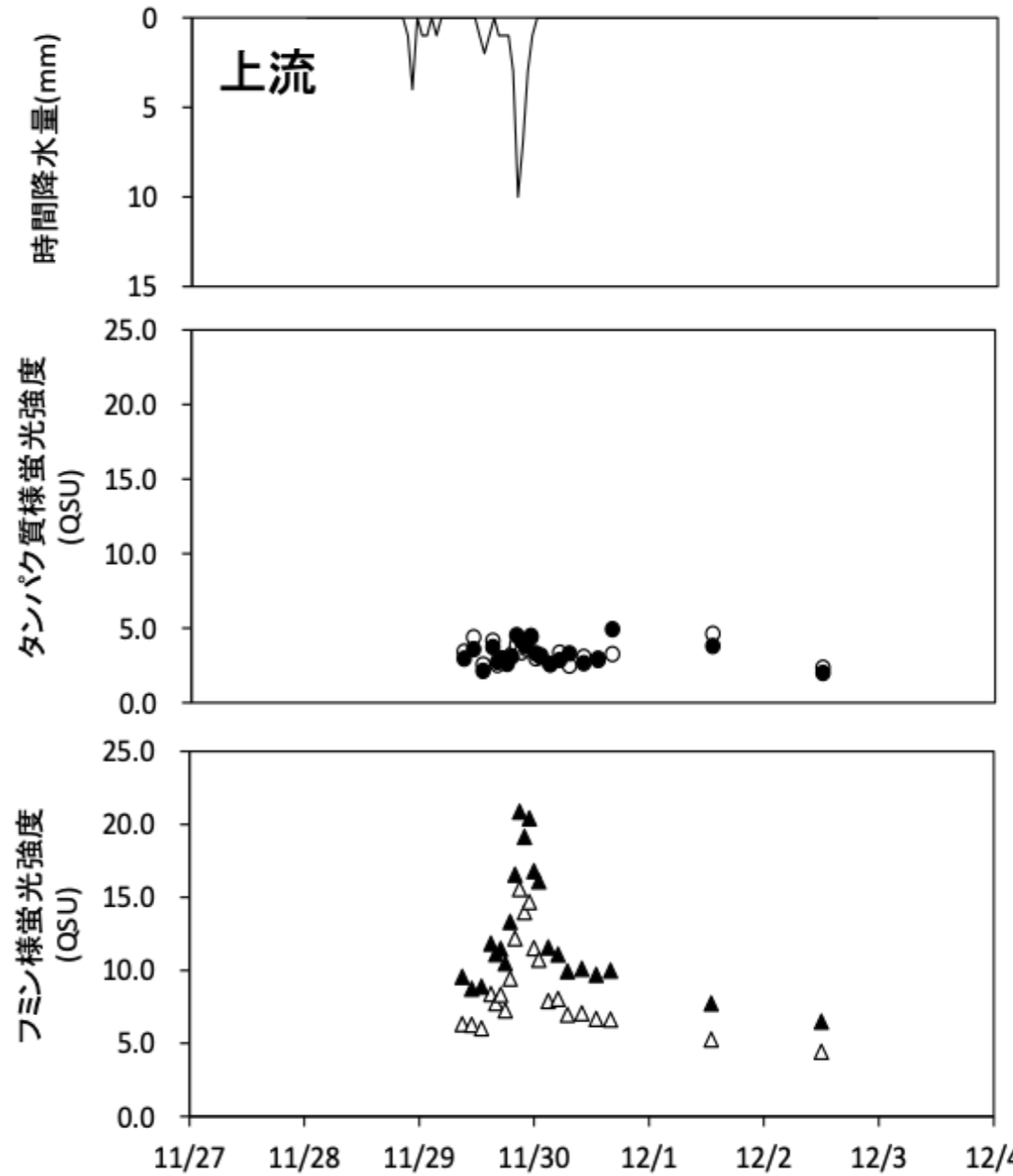
- ①チロシン (Ex : 275nm、Em : 310nm)
 - ②トリプトファン (Ex : 275nm、Em : 340nm)
 - ③フルボ酸 (Ex : 260nm、Em : 440nm)
 - ④フミン酸 (Ex : 320nm、Em : 435nm)
- } タンパク質様
- } フミン様

Ex)フルボ酸のピーク



夏季出水	相関係数	トリプトファン	チロシン	フルボ酸	フミン酸
上流	DCAA	0.38	0.02	0.91	0.89
	TCAA	0.20	-0.01	0.79	0.76
下流	DCAA	0.72	0.84	0.97	0.98
	TCAA	0.67	0.80	0.99	0.99

冬季出水	相関係数	トリプトファン	チロシン	フルボ酸	フミン酸
上流	DCAA	0.06	0.42	0.92	0.91
	TCAA	-0.31	-0.17	-0.25	-0.29
下流	DCAA	0.18	0.32	0.90	0.91
	TCAA	0.19	0.13	0.19	0.20



短期2)

原因物質, 発生要因の追及

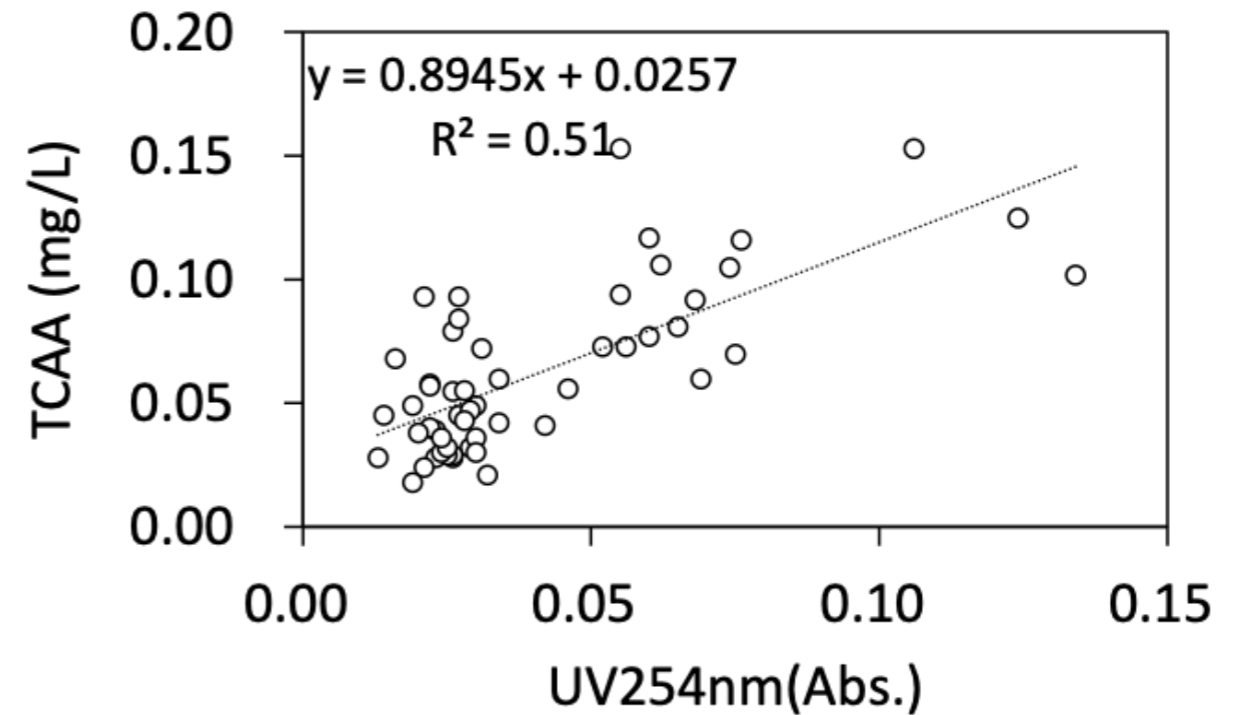
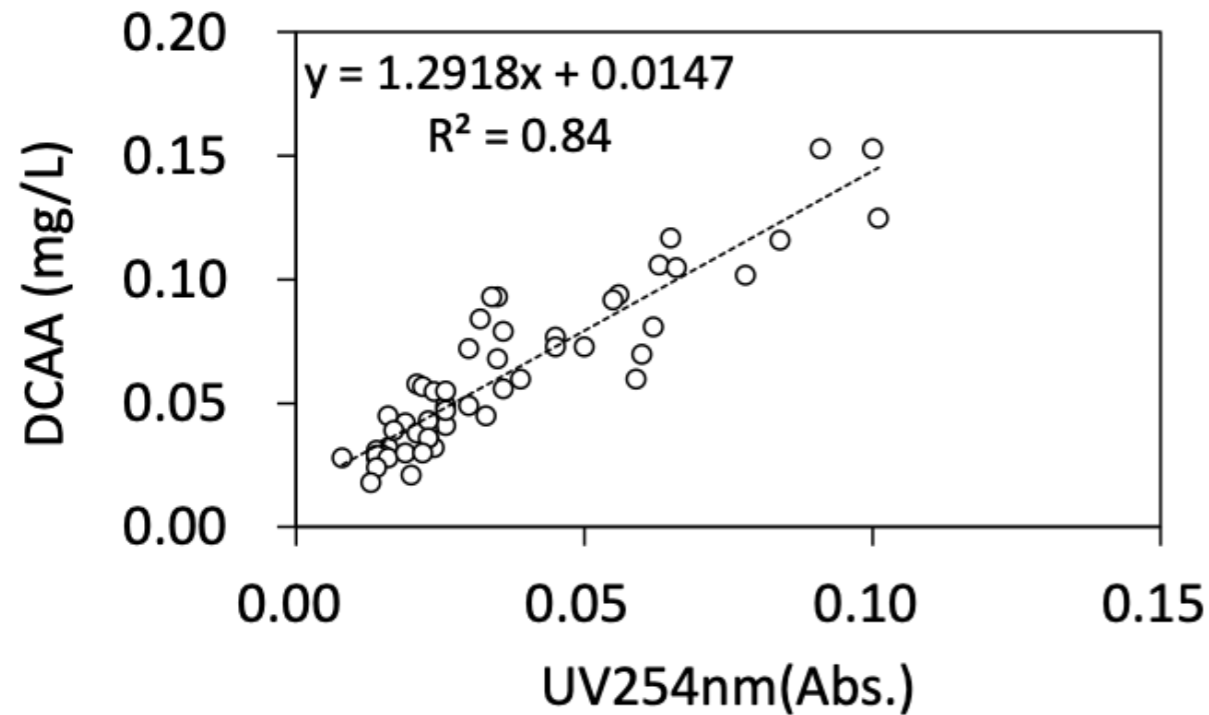
短期 3)

浄水場の運用の検討

- NOM濃度および組成とDBPs生成能との関係性の把握
 - NOM濃度とDBPs生成能との関係把握
- 原水モニタリング手法の検討

重回帰分析結果：上・下流地点におけるBP生成能予測式

上流：UV254を用いて推定



$$\text{DCAA} = 1.2918 * \text{UV254} + 0.0147$$

$$\text{TCAA} = 0.8945 * \text{UV254} + 0.0257$$

短期 3)

浄水場の運用の検討

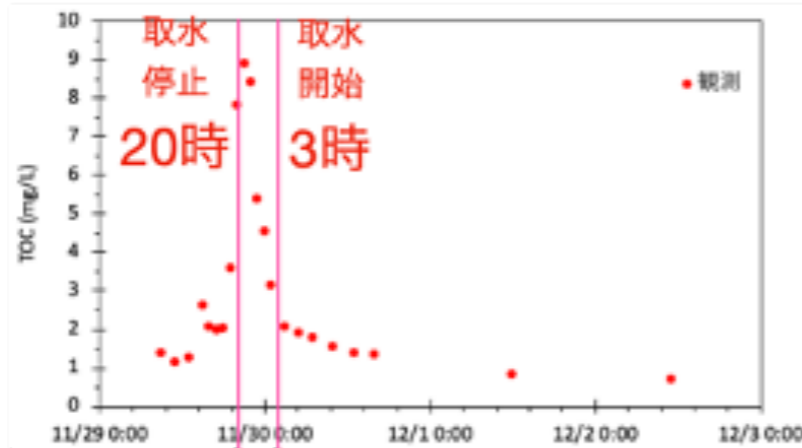
-降雨時における，各上水過程の滞留時間を考慮した濃度変化，分布の把握

-上水過程におけるNOM濃度変動シミュレーションの構築

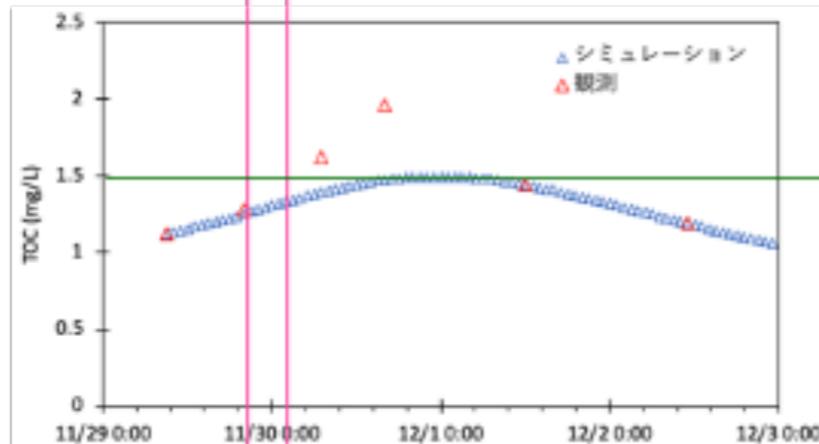
実施内容 Part3の進捗

(図 TOC濃度シミュレーション)

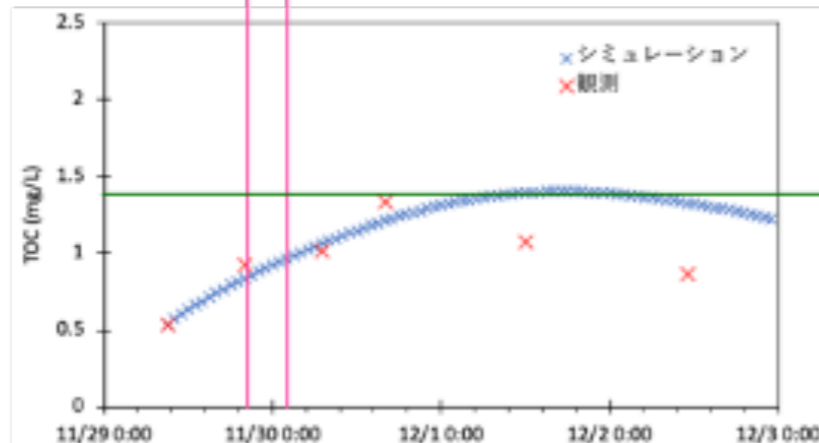
河川
原水



凝集
剤添加
後



緩速
濾過
後



・浄水処理工程内の水の動きの把握
処理場の容量や取水等の運用データの取得

・浄水処理工程内の水質の把握
浄水場内の各箇所連続採水を行い，濃度変化を把握

・浄水処理工程内の水質シミュレーションの構築
物理混合モデルでの結果の算出

・浄水場取水運用の検討

本日の発表内容 まとめ

• Section 1

豊田市の中山間地域における水道事業に関する現状

- 複数の上水処理施設給水栓でハロ酢酸濃度上昇
- 摂取制限を行った事案が発生

• Section 2

課題解決に向けて水道事業者と高専（高等教育機関）との連携

- 議論を行うための科学ベースのプラットフォームの構築
- プランAに加えて、プランBの検討

• Section 3

水道水中のハロ酢酸課題に対する研究内容

- 水源の水質濃度変化に着目し、浄水場内の水質変化の検討
- 研究としての課題と現場としての課題の融合

