

# 年間河川負荷量の精度の高い推定

研究期間：2021～2023年

## 研究背景・目的

### 【背景】

- 1年間に、農地や住宅地、道路などから人間の活動に伴い、河川を通じて湖沼や内湾に供給される物質総量（フラックス、河川流出負荷量）の値は、富栄養化問題に対する水質汚濁対策・貧栄養問題に対する流域物質管理上重要である。
- しかし河川負荷量の正確な推定は難しく、水質対策としての流域管理の効果が十分発揮されない一因となっている。

### 【目的】

- このため、河川流出負荷量の正確な推定法と、不確かさの評価方法、およびそれを実現するための河川水質のモニタリング法を確立する。



## 水質モニタリング法と負荷量推定法

### 【水質モニタリング法】

- 我が国の一級河川では、河川流量は1時間・日単位で連続的に観測されるが、水質モニタリングは月1度である。このような低頻度定期調査データでも負荷量を正確に推定できる必要がある。
- 負荷量推定の精度を向上させるために、定期調査に加え高流量時の水質試料を年間に数個追加採取する、あるいは河川流量の大きさに比例した確率で年間に12～20回ほど水質観測をする方法がある。

### 【河川負荷量の推定法】

- どのような水質モニタリング方法であっても、Horvitz-Thompson推定量（HT推定量 $L_{HT}$ ；サンプリング確率を用いた不偏推定量）を用いて、河川負荷量を正確に推定することができる。
- HT推定量は低頻度のデータの場合、不確かさが異常に大きくなる。これを改善するために、Rating curve（RC, LQ式；瞬間的な河川流量や時刻と瞬間的な河川負荷量の回帰式）とHT推定量を組み合わせた推定量 bias-corrected regression estimator（BCRE） $L_{BCRE}$ を開発した。
- bootstrap法を用いることで、HT推定量やBCREの中央95%信頼区間を構成できる。

$$L_{HT} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{p_i}$$

$$L_{BCRE} = L_{HT} + \frac{L_{HT}}{L_{RCHT}} \times (L_{RC} - L_{RCHT})$$

$n$ は標本数、 $l$ は瞬間負荷量観測値、 $p$ はサンプリング確率、 $L_{RC}$ は河川負荷量のRC推定量、 $L_{RCHT}$ は $L_{RC}$ のHT推定

## 結果と考察

### 【河川負荷量の信頼できる推定法について】

1. 定期調査（月1回年12個）の場合、BCREが最も精度の高い（信頼区間が狭い）推定量を与える。それもまだ不確かさは大きい（信頼区間が広い）。
2. 定期調査に年8個の高流量時の水質試料を追加する場合、BCREが最も信頼性の高い推定量を与え、定期調査の場合と比較して不確かさが相当小さくなる。
3. 流量比例サンプリングの場合、年12個でもHT推定量を使えば最も不確かさが小さい推定が行える。BCREはHT推定量よりも偏った推定量となり、流量比例サンプリングとは組み合わせるべきではない。
4. 負荷量を精度良く推定するためには、上の2・3のような、水質モニタリング法をより効率的な方法に切り替えるべき。
5. 年12個の定期水質調査からは、BCREでも余り精度の高い推定は行えない。



- ▲ 降雨時の柄杓を使ったサンプリング
- ▶ 自動採水器を使った水質サンプリング

## 発表論文

1. 多田明夫\*, 田中丸治哉, 年単位河川負荷量の流出特性について, 農業農村工学会論文集, 受理, 2023
2. 多田明夫\*, 田中丸治哉, 年間河川負荷量の精度の高い信頼区間の構成法について— 低頻度定期水質モニタリングを前提として —, 農業農村工学会論文集, 受理, 2023
3. 多田明夫\*, 田中丸治哉, 長期低頻度データによる10年間平均の年河川負荷量の推定, 農業農村工学会論文集 90(2), 1\_279-1\_290, 2022
4. Tada, A.\*, & Tanakamaru, H. Unbiased Estimates and Confidence Intervals of Riverine Loads for Low-Frequency Water Quality Monitoring Strategies, *Water Resources Research*, 58(5), <https://doi.org/10.1029/2022wr031941>, 2022,
5. Tada, A.\*, & Tanakamaru, H. Unbiased Estimates and Confidence Intervals for Riverine Loads, *Water Resources Research*, 57(3), <https://doi.org/10.1029/2020wr028170>, 2021

## 学会発表

1. 多田 明夫, 田中丸 治哉; 河川負荷量推定のための効率的な水質モニタリング法の検討, 水文・水資源学会/日本水文科学会 2023年度研究発表会, 2023年
2. 脇山 渚, 田中丸 治哉, 多田 明夫; 公共用水域河川水質モニタリングデータによる河川水質特性の評価, 2023年度(第72回) 農業農村工学会大会講演会, 2023年
3. 多田 明夫, 田中丸 治哉; 年間河川負荷量の正確な信頼区間の提案, 2023年度(第72回) 農業農村工学会大会講演会, 2023年
4. 多田明夫, 田中丸治哉; モデルアシスト手法による小標本に基づく負荷推定量の不確かさの縮小について, 2022年度 AGU 秋季大会, 2022年
5. 多田明夫, 田中丸治哉; 河川流下負荷量の不偏推定とその区間推定について, 第25回 日本水環境学会シンポジウム, 2022年
6. 多田明夫, 田中丸治哉; Horvitz-Thompson 推定量による河川負荷量の不偏推定, 2022年度(第71回) 農業農村工学会大会講演会, 2022年
7. 川村 純, 多田明夫, 田中丸治哉; 月一回の定期水質調査による流出負荷量推定の限界について, 2021年度(第70回) 農業農村工学会大会講演会, 2021年
8. 多田明夫, 田中丸治哉; 年負荷量と年流量の関係について, 2021年度(第70回) 農業農村工学会大会講演会, 2021年

# 土砂崩壊に伴う濁水流出状況 および取水方法の検討

研究期間：2018～2024年

## 研究背景・目的

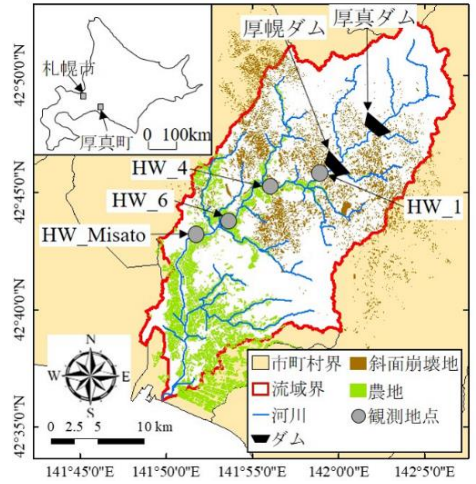
### ◇研究背景

- ・北海道胆振東部地震により大規模な土砂崩壊が発生
- ・出水時に高濃度の濁水が流出  
→SS濃度12,000mg/L
- ・濁水取水に伴う水田土壌の物理性やイネの生育への影響が懸念



### ◇目的

厚真川本川において現地観測を実施することで濁水状況を把握し、濁水の影響を回避する取水管理方法を検討する



北海道厚真川流域

## 研究手法

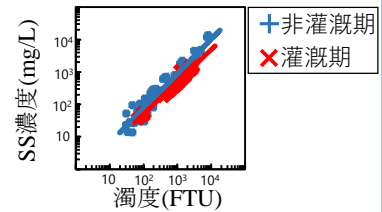
### ◇現地観測

低濃度域濁度計 (0~3,000FTU)    高濃度域濁度計 (0~50,000(mg/L))

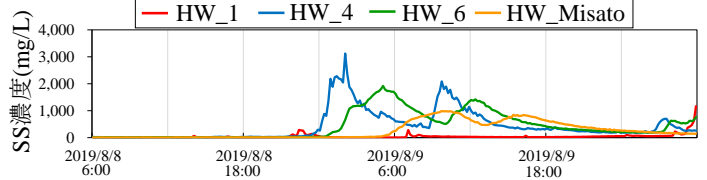
項目	内容
観測地点	厚真川本川頭首工4地点
観測期間	2018年11月～2021年12月
設置機器	濁度計 (低濃度, 高濃度)
設置位置	堰の直上流部、取水口の平均的高さ
測定間隔	10分



頭首工地点の機器設置状況



濁度とSS濃度の関係



SS濃度の時系列変化

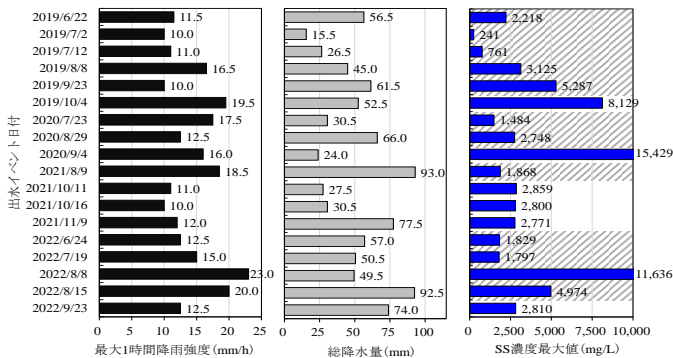
### ◇取水管理手法

※SS濃度100mg/L:農業用水基準, 500mg/L土壌物理性に影響が及ぶ濃度

- a:取水可能時間**    **b:取水を停止することが望ましい時間**    **c:取水に注意を要する時間**
- SS濃度 < 100 mg/L    SS濃度 ≥ 500 mg/L    100 mg/L ≤ SS濃度 < 500 mg/L

## 結果と考察

### ◇観測結果



出水イベントごと降雨状況とSS濃度最大値

- ・灌漑期のSS最大値は11,636 mg/L
- ・頭首工の滞留効果による土砂沈降の影響

### ◇取水管理手法

取水操作となる目安の時間

出水イベント	HW_1			HW_4			HW_6			HW_Misato		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
2019/6/22	5.3	0.0	2.3	3.7	8.8	49.2	4.7	8.7	29.2	8.3	6.8	17.5
2019/7/2	-	-	-	12.7	0.0	3.0	14.8	0.0	6.0	-	-	-
2019/7/12	-	-	-	13.0	0.0	11.7	13.5	0.0	10.7	22.3	0.0	7.2
2019/8/8	30.3	-	2.0	9.0	11.8	11.5	10.3	15.2	6.8	15.0	12.7	4.7
2019/8/9	5.5	0.8	157.7	-	8.2	151.2	-	12.0	149.3	-	6.7	153.8
2020/5/24	-	-	-	6.7	1.0	3.5	6.8	0.8	7.3	11.2	0.0	9.0
2020/7/23	-	-	-	14.3	1.3	10.0	20.5	5.5	8.2	29.8	3.3	10.7
2020/8/29	16.0	0.7	-	7.3	8.0	5.2	7.8	7.3	5.3	15.7	10.7	18.0
2021/8/9	22.7	0.0	0.2	-	-	-	21.5	7.0	11.7	23.8	7.0	11.5
2022/6/24	4.7	-	4.7	5.3	8.8	30.0	5.3	8.8	30.0	6.8	7.5	32.5
2022/7/19	-	-	-	1.5	14.8	27.5	8.8	9.0	28.0	-	-	-
2022/8/8	-	-	-	2.8	16.0	53.7	5.2	18.7	48.7	7.5	13.3	51.7
2022/8/15	-	-	-	7.3	23.8	37.0	8.7	32.0	27.5	10.2	27.7	30.3

- a    6時間以内に取水操作    a    12時間以内に取水操作
- b+c    2日程度取水を停止    b+c    3日程度取水を停止    b+c    7日程度取水を停止

- ・出水イベントによっては6日以上取水できず長期化

## 発表論文

1. 田中健二，鵜木啓二，川口清美，中村和正（2020）：平成30年北海道胆振東部地震以降の流域の濁水発生状況および濁水取水の影響を回避するための農業用水の取水管理方法の検討，農業農村工学会論文集，88（2），1\_303-I311.
2. 田中健二，鵜木啓二，川口清美（2019）：斜面崩壊土砂に起因した濁水発生に伴う農業用水取水のリスク管理，農魚農村工学会誌，87（5），377-380.

## 学会発表

1. 田中健二，鵜木啓二，濁水取水を想定した土壌カラムによる定水位透水試験，2022年度（第71回）農業農村工学会大会講演会，石川県金沢市，2022年
2. 田中健二，鵜木啓二，震災後の厚真川における灌漑期・非灌漑期の濁水状況に関する考察，第70回農業農村工学会北海道支部研究発表会，北海道札幌市，2021年
3. 田中健二，鵜木啓二，川口清美，斜面崩壊土砂に伴う流域の濁水発生状況および農業用水取水のリスク管理，2020年度（第69回）農業農村工学会大会講演会，WEB開催，2020年
4. 田中健二，鵜木啓二，川口清美，斜面崩壊土砂による厚真川の濁水発生状況－2019年灌漑期における調査報告－，第68回農業農村工学会北海道支部研究発表会，北海道札幌市，2019年
5. 田中健二，鵜木啓二，川口清美，北海道胆振東部地震による斜面崩壊土砂に伴う濁水発生に関する調査報告，2019年度農業農村工学会大会講演会，東京都府中市，2019年