

## 汚染地下水がサケ稚魚を小さくする

～より良い都市河川的环境管理への貢献に期待～

### ポイント

- ・豊平川低地の湧水地点はサケの産卵床として利用される。
- ・湧水源となる地下水は冬季に温かく、栄養塩などイオン濃度が高く、溶存酸素濃度が低い。
- ・地下水の影響下のサケ稚魚は水温と水質汚染両者の影響で最大10%程度小型化する。

### 概要

北海道大学大学院環境科学院修士課程の山下祥平氏（当時）、同大学大学院地球環境科学研究院の根岸淳二郎教授及び札幌市豊平川さけ科学館の有賀 望学芸員らの研究グループは、石狩川水系豊平川中流において河床から湧出する地下水の水質・水温を観測し、発眼卵を用いた野外と室内実験を組み合わせ、サケ（シロザケ）産卵床への影響を解析しました。その結果、地下水の水温は冬季に約10℃と温かく、硝酸態窒素や硫化物イオンなどの人為起源と推察される溶存物質に富み、溶存酸素が致命的に低い値であることが明らかになりました。地下水は、野外での個体生残率には大きな影響を与えない一方で、水温と水質汚染の複合的な影響で稚魚は約10%、体長と体重が減少しました。これらの結果により、都市化に伴い地下水が汚染されることで、冬季産卵個体のサケ稚魚が小さくなる可能性が示されました。

本研究の成果により、サケの河川産卵環境の維持・改善における地下水水質保全や汚染・毒性物質の特定の重要性が示され、より良い都市河川的环境管理に一步近づくことが期待されます。

なお、本研究成果は、2024年10月24日（木）公開のEnvironmental Pollution誌に掲載されました。

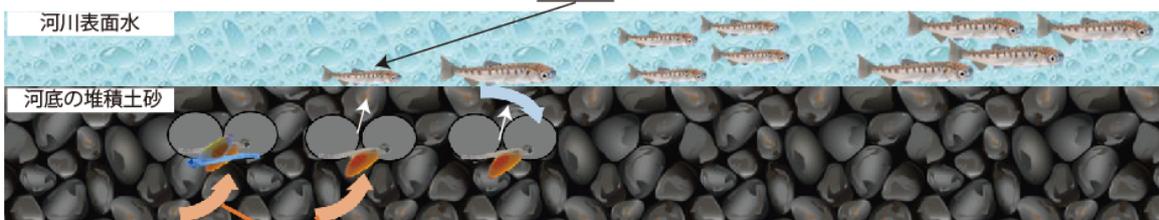
都市化が進む河川



サケ（シロザケ）



水温と水質汚染の両者の影響で稚魚サイズが小型化



地下水が湧出・流入する河床のサケ産卵床

冬季に形成される産卵床への地下水の影響が大きいと孵化する稚魚の体長と体重が減少する。

## 【背景】

水産資源や文化的に重要なサケ（シロザケ）を含むサケ科魚類は、河川で産卵床を形成し、孵化した稚魚が数か月後に河床から浮上しその生活史を開始します。サケの卵は堆積土砂中に産み付けられるため、その成長や生残は河床内部の環境に強い影響を受けます。特に、水温や溶存酸素は重要な環境要因であり、河川水と異なる水質を有する湧出地下水の影響を受けやすいことが知られています。一方で、都市化に伴う地下水の汚染は世界中で問題になっていますが、河川の生物に及ぼす影響は未解明な点が多く残っています。サケ回帰数の大幅な減少が報告されている昨今、河川の産卵環境の質に関連する科学的知見は今後の河川環境の保全やサケ資源管理に重要な示唆を与えます。

## 【研究手法】

豊平川の約 1.5km の調査区間を対象に、自然に形成された産卵床を 20 か所選び、約 20 cm 深の河床内の水を採取し水質分析をしました。また、それら産卵床の横に人工的に受精したサケ発眼卵を埋設して（図 1）、孵化及び成長、そして生残を計測、また水温を含む水質環境の観測を行いました（図 2）。また、並行して、河川水と湧出地下水を実験室に持ち帰り、温度や水質を調整しながら室内で飼育実験を行い、発眼卵の成長過程と生残率を観察しました（図 3）。

## 【研究成果】

冬季に形成される豊平川のサケ産卵床の多くは湧出地下水の影響を受けており、そのような産卵床内の水は低い溶存酸素濃度と高電気伝導度、及び比較的高い硝酸態窒素濃度などで特徴付けられました。また、産卵床内部に地下水の割合が多いほど、一定の成長段階に至った際の体長や体重が減少する傾向がみられました（図 4）。室内実験では、地下水の温度（10°C）の 100%湧水で飼育した発眼卵は 1 週間以内にすべて死亡し、溶存酸素濃度を飽和状態にした場合は死亡する個体はほぼ見られませんでした。一方で、溶存酸素濃度を飽和状態にした場合でも、同じく溶存酸素濃度を飽和状態にした低温（5°C）の河川表面水で飼育した場合と比べると、100%湧水で飼育した発眼卵から生まれた稚魚はその体サイズが 10%程度減少しました。このうち約 5%は水温の独立な影響と推定されたので、約 5%がその他水質の独立な影響と考えられました（図 5）。地下水の溶存態イオンの高い濃度は、人為的汚染の影響で説明でき、サケ稚魚の成育に何らかの阻害効果を有する物質が地下水に含まれている可能性が高いと考えられました。全体として、都市化に伴い地下水が汚染されることで、冬季産卵個体のサケ稚魚がより小さくなる可能性が定量的に示されました。

## 【今後への期待】

これまでの一連の研究で、本研究が対象にした湧出する地下水の起源が現在には見えない過去の支流であり、河川・河畔生態系へ影響を与え続けていることが明らかになっています（下記【関連するプレスリリース】参照）。今回の研究で、地下水がサケの産卵環境にも影響を与えていることが分かりました。冬季は河川水に比べて地下水が相対的に温かいことは一般的で、それだけでも稚魚は早期に成長し小型化することも確認できましたが、汚染されている地下水はさらに小型化を促進するということとなります。稚魚のサイズは、捕食者からの回避能力などに差を生み出し、生残率等へ影響を与える可能性が既往研究で示されています。今後、成長阻害物質の同定をすること、その起源を特定すること、さらに小型化した稚魚のその後の成長ステージにおける状態などを把握することが必要です。その結果、サケの河川産卵環境維持・改善に地下水水質保全や汚染・毒性物質の特定の重要性が示され、より良い都市河川の環境管理に一步近づくことが期待されます。

## 【謝辞】

本研究は科研費基盤研究 B (JP18H03408、JP23H02241) 及び河川砂防技術研究開発公募 (18056588) による助成を受けて行われました。

## 【関連するプレスリリース】

北海道大学プレスリリース「失われた幻の川を発見！～より良い都市河川の環境管理への貢献に期待～」

発表日：2024 年 9 月 30 日

URL： [https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/240930\\_pr.pdf](https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/240930_pr.pdf)

## 論文情報

論文名	Effects of polluted groundwater on Chum salmon ( <i>Oncorhynchus keta</i> ) survival and body size (汚濁地下水がサケの生残と体サイズに与える影響)
著者名	山下祥平 <sup>1</sup> (研究当時)、根岸淳二郎 <sup>2</sup> 、中川智裕 <sup>1</sup> (研究当時)、有賀 望 <sup>3</sup> 、豊田和弘 <sup>2</sup> 、中村太士 <sup>4</sup> (研究当時) ( <sup>1</sup> 北海道大学大学院環境科学院、 <sup>2</sup> 北海道大学大学院地球環境科学研究院、 <sup>3</sup> 札幌市豊平川さけ科学館、 <sup>4</sup> 北海道大学大学院農学研究院)
雑誌名	Environmental Pollution (環境汚染の生態系や人の健康への影響を扱う専門誌)
DOI	10.1016/j.envpol.2024.125101
公表日	2024 年 10 月 24 日 (木) (オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学地球環境科学研究院 教授 根岸淳二郎 (ねぎしじゅんじろう)

TEL 011-706-2210 FAX 011-706-4867 メール [negishi@ees.hokudai.ac.jp](mailto:negishi@ees.hokudai.ac.jp)

URL <https://northland.noor.jp/watershedHP/>

札幌市豊平川さけ科学館 学芸員 有賀 望 (あるがのぞみ)

TEL 011-582-7555 FAX 011-582-1998 メール [aruga@sapporo-park.or.jp](mailto:aruga@sapporo-park.or.jp)

URL <https://salmon-museum.jp/>

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール [jp-press@general.hokudai.ac.jp](mailto:jp-press@general.hokudai.ac.jp)

札幌市豊平川さけ科学館 (〒005-0017 札幌市南区真駒内公園 2-1)

TEL 011-582-7555 FAX 011-582-1998 メール [sake@sapporo-park.or.jp](mailto:sake@sapporo-park.or.jp)

【参考図】

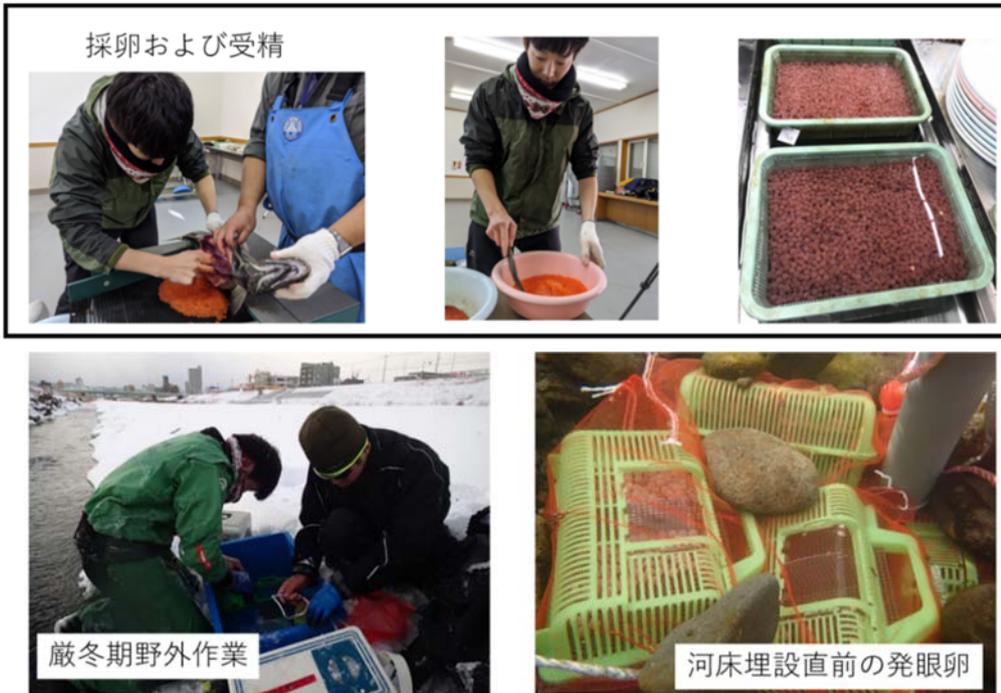


図 1. 山下氏による発眼卵準備及び野外での実験ケーj設置の様子

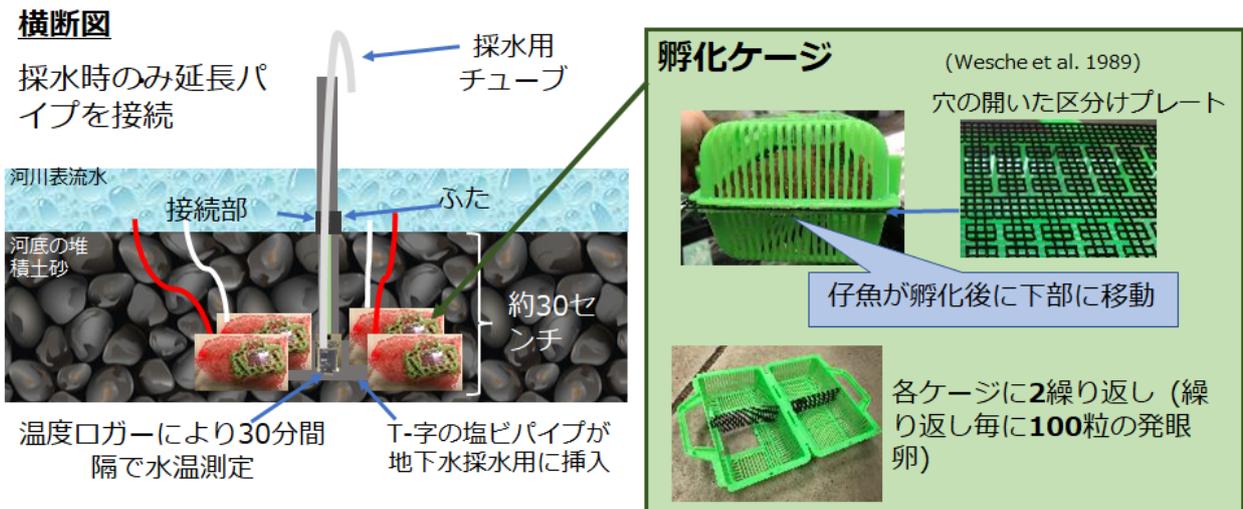


図 2. 河床に埋設された実験ケーjの模式図。河床から必要時に連結延長できる塩ビ管を用いて採水を行った。また、発眼卵が一定量入った実験ケーjを定期的に回収し発眼卵の状態(生残率や体サイズ)を計測した。

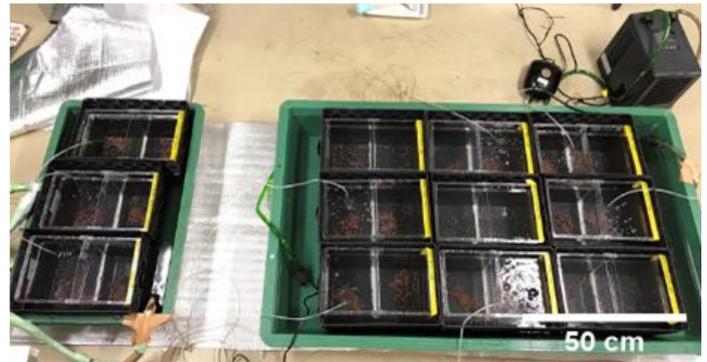
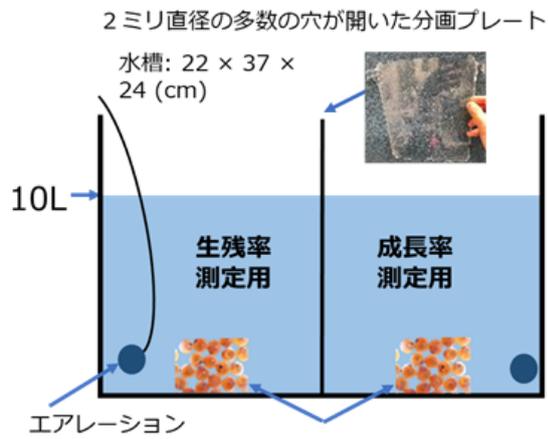


図 3. 室内実験で用いた水槽の処理概念図（左）と水温を一定に維持した水槽の配置（右）。右図では一部の水槽を地下水起源湧水と同じ 10°C程度に維持し、残りの水槽については河川水温を模した 5°C程度で維持した。

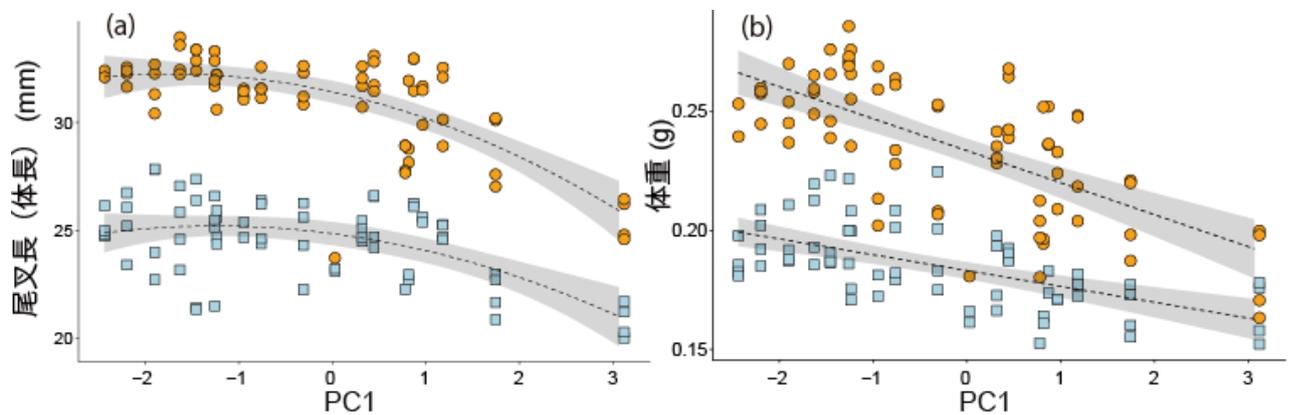


図 4. 野外実験での稚魚の二つの生活史ステージ到達時（青及びオレンジ）の体長（a: 尾叉長）と体重（b: 湿重量）の湧水度（PC1）との関係。PC1 が大きければ測定地点の地下水割合が多いことを示す。

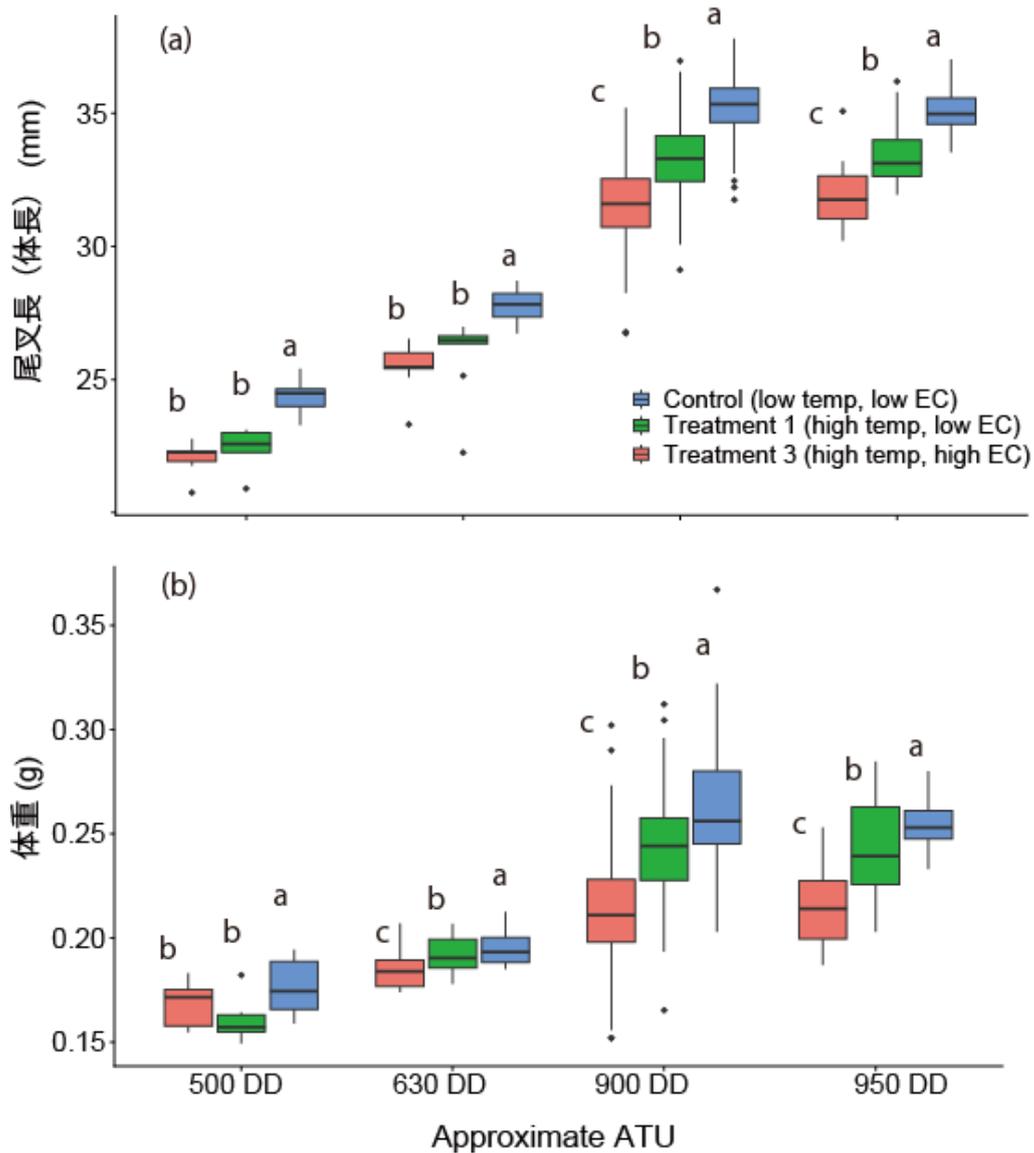


図 5. 室内水槽野外実験での稚魚の四つの生活史ステージ到達時（500DD から 950DD へ向けて時間とともに成長）の体長（a: 尾叉長）と体重（b: 湿重量）の使用した水タイプに対する関係。水タイプはそれぞれ、5°Cの酸素飽和河川表面水（青）、10°Cの酸素飽和河川表面水（緑）及び 10°Cの酸素飽和湧出地下水（赤）。異なるアルファベット文字は各ステージ事と比較で統計的有意性があることを示す。