

## 淡水二枚貝の限界集落はなぜできる？

～絶滅危惧種コガタカワシンジュガイの再生産停止と複合ストレス機構の関係を解明～

### ポイント

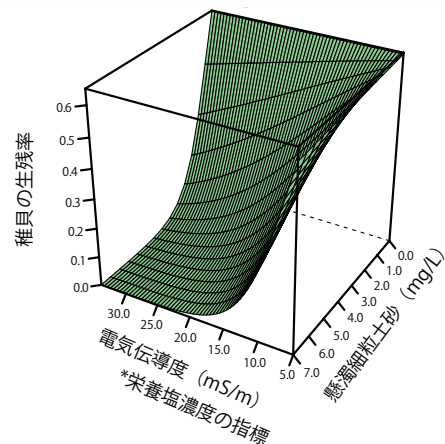
- ・絶滅危惧種コガタカワシンジュガイの再生産の停止に複合ストレス機構が働くことを実証。
- ・再生産を規定する稚貝の生残率に栄養塩と細粒土砂が負の相乗効果を持つことを特定。
- ・淡水二枚貝の健全な個体群を維持する管理と管理河川の優先順位付けに寄与することが期待。

### 概要

北海道大学大学院環境科学院博士後期課程（研究当時）の三浦一輝氏、同大学大学院地球環境科学研究院の根岸淳二郎准教授らの研究グループは、北海道東部の河川において、コガタカワシンジュガイ（絶滅危惧IB類及び特定第二種国内希少野生動植物種）を対象に、若齢な個体が欠落（再生産の停止）する個体群を特定し、再生産の停止に栄養塩と細粒土砂の複合ストレス機構<sup>\*1</sup>が働くことを明らかにしました。

コガタカワシンジュガイは寿命が80年を超え、幼生期にアメマスの鰓に寄生するという複雑な生活史を持つことから、健全な河川環境の指標と言われます。一方で近年、コガタカワシンジュガイとその仲間（イシガイ目）において、再生産が停止し、高齢な個体が優占する個体群があることが広く確認されていました。本研究では、コガタカワシンジュガイの再生産の停止が、宿主へ寄生する寄生期と宿主から脱落した直後の稚貝期のどちらかに問題が起きると生じること、河川水中の栄養塩濃度と懸濁細粒土砂量が共に高い時に、稚貝の生残率が相乗的に低下することで再生産の停止が起きることを実証しました。本研究の成果により、環境の変化に脆弱な複雑な生活史を持つ淡水二枚貝の個体群が健全に維持される河川環境の管理に近づくことが期待されます。

なお、本研究成果は、2023年9月7日（木）公開のAquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems誌にオンライン掲載されました。



川底に群生するコガタカワシンジュガイ（左）と再生産を規定する稚貝の生残率に与える懸濁細粒土砂と電気伝導度（栄養塩濃度の指標）の複合ストレス機構による負の相乗効果（右）。右図の黒い面は一般化線形混合モデルによる推定値。

## 【背景】

野生生物の多くは、様々な人間活動による環境ストレスを受けています。近年、環境ストレスが野生生物に与える影響を理解するうえで、二つ以上のストレス要因が相互作用することで、同じストレス要因を独立に評価した時と影響の度合いや方向性（正か負か）が変化する“複合ストレス機構”の把握の重要性が指摘されています。しかし、この複合ストレス機構と、生物の個体群へ若齢個体の加入が止まる、“再生産の停止”との関係については、理解が著しく不足しています。中でも、環境ストレスに特に脆弱な、複雑な生活史を持つ生物（生涯に形態や行動、生息場所を大きく変える生物）に関する理解が乏しいです。

## 【研究手法】

本研究では、寿命が 80 年以上と長く、幼生期にアメマスの鰓に寄生するという複雑な生活史を持つコガタカワシンジュガイ (*Margaritifera togakushiensis*<sup>\*2</sup>) を対象とし、再生産の停止に与える河川水中の栄養塩濃度と細粒土砂量及びそれらの複合ストレス機構の影響を検証しました。はじめに、北海道東部の 24 河川（1 河川に 2 区間を設定）において、コガタカワシンジュガイの年齢構成を野外調査により詳しく把握しました。その結果に基づき、稚貝割合（個体群の中を 10 歳以下の個体が占める割合）が少ない川、多い川どちらも含めた 11 河川を対象に、綿密な野外観察と実験を行いました。コガタカワシンジュガイを含むイシガイ目の再生産は、主に親貝期、寄生期、稚貝期という三つの生活史ステージ（図 1）のどこかが阻害されると停止し得ることから、各生活史ステージの指標（親貝期：繁殖期に幼生の生産に成功したメスの生息密度 ( $N/m^2$ )、寄生期：河川の面積当たりの幼生の寄生成功数 ( $N/m^2$ )、稚貝期：宿主魚から脱落した直後の稚貝の生残率）を評価し、個体群内の稚貝割合との関係性を検証することで、三つの生活史ステージの内、どこに問題が生じることで再生産が停止しているか、特定を試みました。そして、特定された生活史ステージと各河川で測定した電気伝導度 ( $mS/m$ 、栄養塩濃度の指標) 及び懸濁細粒土砂量 ( $mg/L$ ) との関係性を検証しました。

## 【研究成果】

24 河川における年齢構成の把握の結果、12 河川において、10 歳以下の個体が見つからない、再生産の停止した傾向を示す個体群が確認されました。これらの河川では、将来の個体群の維持が困難であるリスクが高いと考えられます。

集中した野外観察、実験の結果、寄生期の指標（河川の面積当たりの幼生の寄生成功数）と稚貝期の指標（宿主魚から脱落した直後の稚貝の生残率）がどちらも高い時に稚貝割合が高くなる、つまり寄生に成功した幼生の数が多く、宿主魚から脱落した後の稚貝がよく生き残れる河川では、再生産がうまく継続されていることを示しました（図 2a）。また、再生産を規定する稚貝の生残率は、河川水中の電気伝導度と懸濁細粒土砂量がどちらも高い場合に、相乗的に低下することが示されました（図 2b）。一方で、寄生期の指標である河川の面積当たりの幼生の寄生成功数に与える、栄養塩濃度と懸濁細粒土砂の影響は検出されませんでした。河川水中の栄養塩濃度は流域内の農地と市街地の割合が増えると増加し、懸濁細粒土砂量は流域内の土地利用との関連性は見られませんでした。

## 【今後への期待】

これまででも、イシガイ目二枚貝の再生産の停止に河川水中の栄養塩濃度と細粒土砂が負の影響を及ぼす可能性は示されてきました。しかし、既存研究ではそれぞれの要因が独立に評価されることが多く、再生産の停止への複合ストレス機構の影響は見過ごされてきました。本研究の成果により、二つ

の環境ストレスが稚貝の生残率に負の相乗効果をもたらすことで、再生産が停止することが解明されました。これは、栄養塩と細粒土砂の影響を独立に評価してしまうと、淡水二枚貝の再生産を規定する稚貝の生残率への、複合ストレス機構による負の相乗的な影響を過小に評価してしまう可能性を示しています。

本成果は今後、再生産が健全に維持されるコガタカワシンジュガイ個体群の維持や本種の再生産の回復を検討する際に、管理対象とする河川の優先順位付けに大きく寄与することが期待されます。例えば、河畔に湿地を創ることで河川に流入する栄養塩を捉える緩和策を講じる場合に、懸濁細粒土砂が多い河川でこの策を講じることで、コガタカワシンジュガイの稚貝の生残率への正の効果をより大きくすることができます。また、稚貝の生残率を高めるための緩和策を講じる対象河川を選ぶ際にも、寄生に成功する幼生の数がすでに十分ある河川を対象にすることで、再生産の回復への正の効果をより大きくできると期待できます。

### 【謝辞】

本研究の一部は、環境省「環境研究総合推進費」（課題番号 S15）、公益信託タカラ・ハーモニストファンド助成金、厚岸湖・別寒辺牛湿原学術研究奨励補助金、公益財団法人自然保護助成基金第 27 期（2016 年度）プロ・ナトゥーラ・ファンド助成、JSPS 科研費 JP18J12458（研究代表者：三浦）による支援を受けて行いました。

### 論文情報

論文名	Effects of multiple stressors on recruitment of long-lived endangered freshwater mussels (長寿な絶滅危惧淡水二枚貝の新規加入に与える複合ストレス機構の影響)
著者名	三浦一輝 <sup>1</sup> (当時) †、石山信雄 <sup>2</sup> (当時) †、根岸淳二郎 <sup>3</sup> 、伊藤大雪 <sup>1</sup> 、川尻啓太 <sup>4</sup> 、泉 北斗 <sup>1</sup> 、井上貴央 <sup>5</sup> 、仲岡雅裕 <sup>6</sup> 、中村太士 <sup>2</sup> (1 北海道大学大学院環境科学院、2 北海道大学大学院農学研究院、3 北海道大学大学院地球環境科学研究院、4 北海道大学大学院農学院、5 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター、6 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター水圏ステーション厚岸臨海実験所、†現所属 北海道立総合研究機構)
雑誌名	Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems (水圏保全生物学の専門誌)
DOI	10.1002/aqc.3998
公表日	2023 年 9 月 7 日 (木) (オンライン公開)

### お問い合わせ先

北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授 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  
URL <https://northland.noor.jp/watershedHP/>  
地方独立行政法人北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部  
エネルギー・環境・地質研究所 研究職員 三浦一輝 (みうらかずき)  
TEL 011-747-2427 FAX 011-737-9071 メール egg-koho@ml.hro.or.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

【参考図】

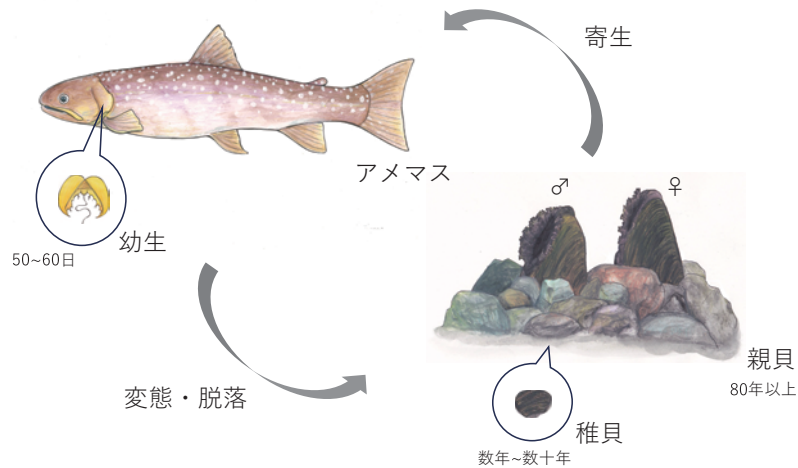


図 1. コガタカワシンジュガイの生活史。繁殖に成功したメスは幼生を河川水中に放出し、幼生はアメマスの鰓に寄生して 50~60 日過ごす。成長して変態、脱落した稚貝は川底の砂やレキに埋まり数年から数十年を過ごし、また成熟した親貝になるという生活史を持つ（イラスト：高木優風花 他）。

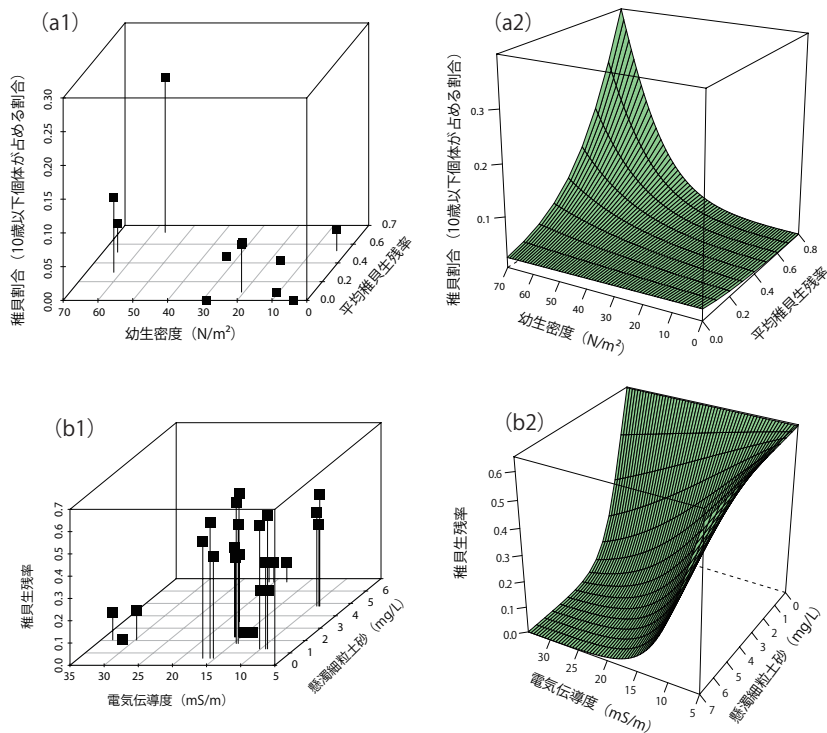


図 2. 稚貝割合（個体群内を 10 歳以下の個体が占める割合）に与える、幼生密度（河川の面積当たりの幼生の寄生成功数）と稚貝生残率の相互作用的な影響（a）と稚貝生残率に与える懸濁細粒土砂と電気伝導度（栄養塩濃度の指標）の相互作用的な影響。a1 と b1 が実測値、a2 と b2 はそれぞれ一般化線形モデル及び一般化線形混合モデルによる推定値。

【用語解説】

- \*1 複合ストレス機構 … 二つ以上のストレス要因が相互作用することで、同じストレス要因を独立に評価した時と影響の度合いや方向性（正か負か）が変化する機構。
- \*2 *Margaritifera togakushiensis* … *Margaritifera kurilensis* のシノニム（同種）。