

# 高知大学学位授与記録

本学は、次の者に博士（学術）の学位を授与したので、学位規則（昭和28年文部省令第9号）第8条の規定に基づき、その論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

## 目次

学位記番号	氏名	学位論文の題目	ページ
甲総黒博第55号	Zahra Zandvakili	Research on geofluids involved in occurrence of earthquakes (地震発生に関与する地殻流体の研究)	1
甲総黒博第56号	瀬戸 美文	Distribution and species richness of vascular epiphytes in Japan in relation to climatic environment (日本産維管束着生植物の分布・種多様性と気候環境との関係)	4
甲総黒博第57号	Ma. Marivic Capitle Pepino	Physiological Ecology of Precious Corals from Japan using Transcriptome and Trace Element Analyses (トランスクリプトームおよび微量元素解析から探る日本産宝石サンゴの生理生態の解明)	8
甲総黒博第58号	井上 光也	Effects of sample selection disparity on the biomass estimation of benthic communities in streams (標本抽出の格差が河川における底生生物群集の生物量推定に与える影響)	12

<p>フリガナ 氏名（本籍） 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目</p>	<p>ザハラ ザンドバキ Zahra Zandvakili (イラン・イスラム共和国) 博士(学術) 甲総黒博第55号 学位規則第4条第1項該当 令和7年3月24日 Research on geofluids involved in occurrence of earthquakes (地震発生に關与する地殻流体の研究)</p>
<p>参 考 論 文</p>	<p>(1) Zandvakili, Z., Nishio, Y. &amp; Sano, Y. Geofluid behavior prior to the 2018 Hokkaido Eastern Iburu earthquake: insights from groundwater geochemistry. Prog Earth Planet Sci 11,32(2024) <a href="https://doi.org/10.1186/s40645-024-00635-w">https://doi.org/10.1186/s40645-024-00635-w</a></p> <p>(2) Zandvakili Z, Nishio Y Origin of spring waters in the Matsushiro area: Implications for the 1965-1967 earthquake swarm and subsequent “water eruption”. Geochemical Journal 58:184-193. (2024)</p>
<p>審査委員 主査 准 教 授 西尾 嘉朗 副査 教 授 村山 雅史 副査 准 教 授 奥村 知世</p>	

## 論文の内容の要旨

能登半島地震は地殻の流体が地震発生に関わることを再認識させた。これまでの地殻流体の調査研究は、地下の流体分布を可視化できる地震波速度構造や比抵抗構造といった地球物理学的手法が主に用いられてきた。しかし、流体の起源や時間的変化など流量が乏しい領域の解析にはこれらの手法は適していない。地下水試料を用いた地球化学的調査研究を併せて行うことで、より高い解像度の知見を得ることができる。水の水素や酸素の同位体比は水の調査研究ツールとして伝統的に用いられてきた。我々が採取できる地下水試料は天水を中心とした地表水成分の汚染を避けることができない。水の水素や酸素の同位体比は地表水の混入によって大きく影響を受けやすい。新しい地殻流体の研究ツールであるリチウム (Li) の同位体指標は地表水の影響を受けにくい上に、流体が岩石と反応した温度情報を我々に提供してくれる。Li 同位体指標は流体と岩石の反応温度に加えて、反応岩石種にも依存する。そこで、温度依存性が少なく反応岩石種のみにも依存する伝統的な地殻流体の研究調査ツールであるストロンチウム (Sr) の同位体比も併せて用いることで、本学位論文では地震発生に関与した地殻流体の調査研究を行った。本学位論文は以下の4つのサブテーマで研究を実施した。

1. 松代温泉水の研究とその群発地震との関係 (Zandvakili and Nishio, 2024) : 群発地震で知られる日本中部の松代地域における温泉水の Li および Sr 同位体組成は、下部地殻に貯留された流体がこれらの温泉の源泉であるという既存のモデルを裏付けるものである。これらの流体の湧出が、1965年から1967年にかけて発生した群発地震の引き金になったと考えられる。
2. 北海道地震前の流体移動の調査 (Zandvakili et al., 2024) : 2018年の北海道地震の前に、地下水の Na/K 比の減少が観察された。この減少は、過去の研究による炭素同位体の異常と組み合わせ、帯水層への二酸化炭素の流入を示している可能性がある。Li と Sr の同位体比に大きな変化は見られなかった。
3. 四国西部中央構造線沿いの水の地球化学観測 : 2017年より、四国西部中央構造線付近の湧水の Li と Sr の同位体比を1~2か月ごとに採取している。この湧水の地球化学を調査することで、地震に関連する異常の有無や、それが四国西部の深部水理環境に及ぼす影響を調査した。
4. 2024年のM7.6地震の前後における能登半島の湧水の地球化学観測 : 地震に関与する地殻流体の起源に関する示唆 : この研究は、温泉水の Li および Sr 同位体比を分析することで、2024年の地震に関与する水の起源を解明することを目的としている。2022年から2024年にかけて、2024年のM7.6の地震を含むいくつかの温泉水の時系列変化が観測され、2020年に始まった群発地震に関連する異常が特定された。この期間中に2022年6月のM5.4、2023年5月のM6.5、2024年1月のM7.6という3つの大きな地震が発生した。

以上のサブテーマの1と2は参考文献の1と2の査読付き学術雑誌にて発表済みである。

黒潮圏科学の視点から、本学位論文で得られた知見は、黒潮域を代表するフィリピン海プレートの沈み込みのよって近い将来に発生が予測される南海トラフ大地震の中長期レベルでの予測実現の鍵となる「地殻流体」の挙動を理解につながる事が期待される。よって、審査委員一同は本学位論文が高知大学博士(学術)に相応しいものと判断し、合格とした。

## 審査の結果の要旨

令和7年1月29日に高知大学朝倉キャンパス学術情報図書館中央館（メディアの森）6F メディアホールにおいて学位論文公開審査会が開催された。Zahra Zandvakili 氏より40分にわたって研究内容が紹介された後、質疑応答（20分）が行われた。公開審査会での質問に対して Zahra Zandvakili 氏は適切に回答することができた。

公開審査会の後に高知大学朝倉キャンパス学術情報図書館中央館（メディアの森）6F メディアラボで最終試験を実施し「黒潮圏総合科学専攻学位論文審査等に関する実施要項」に従って、専門性や学術性に関する口述試験を実施した。試験では学位論文に関する内容を確認した上で、研究の意義や新規性、研究から得られる知見、今後の研究の発展、さらに研究倫理などに関して質問した。Zahra Zandvakili 氏は全ての質問に対して適切に回答でき、学位を有するに相応しい能力と知識を有することを示した。

以上を総合的に審査した結果、Zahra Zandvakili 氏は高知大学博士（学術）を授与するのに相応しいものと審査委員全員が判断し、合格とした。

<p>フリガナ 氏名（本籍） 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目</p>	<p>セト ミヅミ 瀬戸 美文（高知県） 博士（学術） 甲総黒博第 56 号 学位規則第 4 条第 1 項該当 令和 7 年 3 月 24 日 Distribution and species richness of vascular epiphytes in Japan in relation to climatic environment (日本産維管束着生植物の分布・種多様性と気候環境との関係)</p>
<p>参 考 論 文</p>	<p>(1) Mifumi Seto and Motoki Higa. Topographic gradient influences vascular epiphyte occurrence in a small watershed covered by a mature coniferous/broadleaf evergreen mixed forest in Japan. Journal for Vegetation Science. Volume 35, Issue 3, e13279, DOI: 10.1111/jvs.13279,2024.</p> <p style="text-align: right;">           審査委員 主査 講 師 比嘉 基紀                              副査 教 授 伊谷 行                              副査 准 教 授 堀 美菜         </p>

## 論文の内容の要旨

樹木や岩石に固着して生育する維管束着生植物は、世界的に種多様性が高く、国内では多くが絶滅危惧種に指定されている。着生植物は、地生植物よりも乾燥ストレスの影響を強く受けることから、広域スケールでは降水量・空中湿度・雲霧の発生頻度など水利用可能性の高い場所に多い。林分スケールでは宿主樹木の幹サイズとともに着生植物の種数・個体数が増加することから、老齢天然林を指標する種群である。しかし、樹上アクセスの難しさから日本での研究事例は限られている。学位論文提出者は、日本産維管束着生植物を対象に、局所（林分）・広域（日本全国）スケールでの分布規定要因を検討し、さらに着生植物の葉形質と気候環境との関係について検討した。本論文は、研究の背景と目的を示した第1章、林分スケールでの分布規定要因を検討した第2章、日本全国スケールでの分布規定要因を検討した第3章、着生植物42種の葉形質と気候環境との関係性を検討した第4章と総合考察を行った第5章で構成される。

第2章では、高知県西部の小集水域の暖温帯老齢天然林（52 ha）において、林分スケールでの分布規定要因を検討している。林分スケールでは、着生植物の種数・個体数は宿主樹木の幹サイズとともに増加することが知られている。着生植物の分布に影響する水利用可能性は、林分スケールでは地形起伏に対応して変化する。降水量が等しい小集水域内でも、尾根から谷にかけての地形勾配が着生植物の分布に影響している可能性がある。小集水域全域で、宿主樹木310本上の着生植物8種の分布が調査された。また、尾根、斜面、谷底の3地点で地上高2, 6, 12 mの空中湿度の観測が行われた。調査の結果、着生植物の種数は水利用可能性の高い谷底付近で多く、相対的に乾燥している尾根にかけて種数が減少することを明らかにした。また、調査地内での着生植物の分布に対する地形勾配の効果は宿主樹木サイズの効果よりも大きいことを解明した。本研究の結果は、暖温帯老齢天然林の中でも水利用可能性の高い溪畔域が着生植物の生育にとって重要である可能性を示している。本章は、令和6年4月22日に国際植生学会が発行する *Journal of Vegetation Science* に受理された。

Seto, M., Higa, M. (2024) Topographic gradient influences vascular epiphyte occurrence in a small watershed covered by a mature coniferous/broadleaf evergreen mixed forest in Japan. *Journal of Vegetation Science*. 35: e13279. DOI: 10.1111/jvs.13279

第3章では、日本全国を対象に広域スケールでの着生植物の分布規定要因を検討している。気温と降水量、乾燥度指数を用いて着生植物53種の分布予測モデルが構築され、種数マップが作成された。このデータをもとに、温暖湿潤気候に属する日本において、水利用可能性が着生植物の分布に影響しているのか、降水量と乾燥度指数のどちらが水利用可能性の指標として適しているのか、気温・水利用可能性勾配上での着生植物の種数の変化について解析が行われた。その結果、着生植物の分布には気温や降水量よりも年最低月乾燥度指数（minAI）の方がモデルへの適合度が高いこと、minAIと最も寒冷な連続する3か月の平均気温（BI011）の低下に伴って着生植物の種数が減少することを明らかにした。minAIの高い場所でのBI011の低下に伴う分類群別の種数の減少について、着生シダは緩やかに種数が減少したが、着生ランではBI011が $-4^{\circ}\text{C}$ から $5^{\circ}\text{C}$ の間で急激に種数が減少することを明らかにした。本章の知見は、湿潤地域に属する日本でも乾燥度指数で指標される水利用可能性が着生植物の分布に影響していることを示している。

第4章では、着生植物42種について葉形質と分布域の気候環境との関係性を検討している。地生植物では、葉形質の種間差が分布域の環境要因と関連することが知られている。着生植物でも、宿主樹木上の着生高度に対応して葉形質に種間差があることが報告されている。第3章で日本全国スケールでの着生植物の分布と水利用可能性・気温との間に明瞭な関係性が認められたことから、各種

の分布域の気候環境と葉形質にも相関がある可能性がある。解析の結果、着生シダでは特に葉含水量と葉厚、着生ランでは葉厚と葉面積で大きな種間差があることを明らかにした。しかし当初の予想とは異なり、葉形質の種間差と気候環境との関係性は有意ではないことを明らかにした。この要因について、考慮した葉形質だけでは種としての適応性を適切に評価できなかった可能性を議論している。着生植物の葉形質に関する研究は知見が限られており、本章は先駆的事例と言える。今後、着生植物の様々な形質データを蓄積していくことで、更なる研究展開が期待できる。

以上、日本産維管束着生植物について、異なる空間スケールでの分布規定要因を検討し、葉形質と気候環境との関係を議論した瀬戸氏の提出論文は、黒潮圏総合科学専攻の学位論文として十分な内容を有している。着生植物の分布に関する研究について、ホスト樹木スケールでの研究は多い。しかし、林分スケールに対象範囲を広げると研究例は限られており、同スケールでの着生植物の分布規定要因に関する知見は世界的にも限られている。このことから、第2章の研究は更なる発展性が期待できる。また、広域スケールでの着生植物の種多様性と気候環境との関係について、先行研究の多くが中南米の熱帯域を対象としておりアジアにおける研究例は乏しい。黒潮圏科学の視点から、日本が位置する黒潮圏流域は、世界的にみても高緯度地域から低緯度地域にかけて湿潤地域が連続する。このため、緯度勾配上での分布特性の研究には最適な地域である。第3章での研究をさらに日本以外の黒潮圏流域に拡張することで、世界的な新知見が得られる可能性がある。よって、審査委員一同は本論文が高知大学博士（学術）に相応しいものと判断した。

## 審査の結果の要旨

令和7年1月29日に高知大学朝倉キャンパス学術情報基盤図書館中央館（メディアの森）6F メディアホールにおいて学位論文公開審査会が開催された。質疑応答を含めた1時間の審査会で、学位論文提出者より研究内容が紹介され、質問やコメントに対し、学位論文提出者から相応の回答がなされた。

同日に理工学部1号館126学生実験室において最終試験を実施し、「黒潮圏総合科学専攻学位論文審査等に関する実施要領」に従って、専門性や学術性に関する口頭試問を実施した。試験では、研究成果の内容を確認した上で、研究の意義や新規性、研究から得られた知見に関する質問、今後の研究の発展性について、学位論文提出者より適切な回答があり、学位に値する能力を有していることが認められた。

以上を総合的に審査し、審査委員一同は高知大学博士（学術）を授与するに相応しいものと判断し、合格とした。

<p>フリガナ 氏名（本籍） 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目</p>	<p>マリア マリヴィック キャピトルペピノ Ma. Marivic Capitle Pepino (フィリピン共和国) 博士 (学術) 甲総黒博第 57 号 学位規則第 4 条第 1 項該当 令和 7 年 3 月 24 日 Physiological Ecology of Precious Corals from Japan using Transcriptome and Trace Element Analyses (トランスクリプトームおよび微量元素解析から探る日本産宝石サンゴの生理生態の解明)</p>
<p>参 考 論 文</p>	<p>(1) Ma.Marivic Capitle Pepino, Sam Edward Manalili, Satoko Sekida, Takuma Mezaki, Tomoyo Okumura and Satoshi Kubota Gene expression profiles of Japanese precious coral <i>Corallium japonicum</i> during gametogenesis PeerJ,12:e17182 Published (April 16,2024)</p>
<p style="text-align: center;">審査委員 主査 准 教 授      奥村 知世 副査 教 授      村山 雅史 副査 講 師      佐竹 泰和 副査 教 授      久保田 賢</p>	

## 論文の内容の要旨

日本近海の宝石サンゴ3種 (Corallium japonicum : アカサンゴ, Pleurocorallium elatius : モモイロサンゴ, P. konojoi : シロサンゴ) は、80メートルより深い場所に生息し、底生生物として深海の生態系に重要な役割を果たすとともに、その骨格が宝石や工芸品として用いられることから漁業資源としても重要な生物であるといえる。しかし、近年、個体数が減少しており、その持続可能な漁業活動や生物多様性の保全への懸念が広がっている。しかし、宝石サンゴの繁殖、成長ダイナミクス、環境との相互作用などといった生理生態の基礎的な知見が乏しく、科学的根拠に基づく効果的な保護へつなげることが困難な状況にある。本学位論文は、トランスクリプトーム、組織観察、地球化学的分析といった、分子生物学と地球科学の学際的なアプローチにより、生殖生物学、成長速度と種による成長速度の違い、骨格の化学的特徴の記載を行い、持続可能な漁業や生態系保護を実現するための基礎的な科学データを取得することを目的とした。

本学位論文は3つの章から構成され、いずれも、高知県土佐清水市足摺岬沖の漁場から採集された宝石サンゴを研究対象とした。研究試料は、高知県漁業規則に基づいて宝石サンゴ漁の許可を受けた漁業者から、規則に準じて漁獲したものの一部を研究試料としてご提供いただいたものを使用した。試料入手では、NPO 法人宝石珊瑚保護育成協議会のご支援をいただいた。

第1章では、土佐清水沖で採集された *C. japonicum* の生きた個体を豊富に含む12試料について、組織学的観察とトランスクリプトーム解析を行い、配偶子形成期における性特異的な遺伝子発現を調べた。その結果、検討をした12試料のうち4試料で雌雄を決定することができ、雌雄で発現が異なる786の遺伝子群が同定された。雌に特異的な遺伝子は卵細胞の増殖に関連する経路で濃縮され、雄に特異的な遺伝子は細胞接着に関連していた。また、未成熟で雌雄の決定をできなかった残りの8試料の中でも、雌雄で発現の異なる遺伝子が高発現をした場合もあり、未成熟な群体の生理に関する貴重な洞察を提供すると言える。今回見出した遺伝子群は、骨格断片の移植や人工受精のような資源回復へ向けた取り組みにつながる可能性を秘めており、また、遺伝子解析に基づく迅速かつより簡便な性判定の方法の開発につながることを期待できる。

第1章の成果” Gene expression profiles of Japanese precious coral *Corallium japonicum* during gametogenesis” は、PeerJ誌, 2024, 12:e17182 (<https://doi.org/10.7717/peerj.17182>)に掲載された。

第2章では、上述の宝石サンゴ3種の骨格中に発達する年輪組織を分析し、成長速度の差異を調査した。年輪組織は、150-200マイクロメートルの厚さにした薄片の顕微鏡観察により、効果的な処理を行った画像を解析することで認定した。その結果、先行研究より幅のある成長速度を認定した。また、3種では、成長パターンに著しい違いがあることが確認され、アカサンゴとシロサンゴは年齢に伴う成長速度の低下を示したのに対し、モモイロサンゴは比較的早く成長し、かつ年齢に伴う成長速度の低下が認められなかった。この違いは、性成熟にかかる期間の違いと関連している可能性がある。また、この研究では、宝石サンゴの生理生態の変化を反映したと考えられる年輪組織の周期的なパターンも発見され、骨格の部位による宝石サンゴの成長のダイナミクスの変化に関する知見が見出された。

第3章では、生きたアカサンゴの骨格について、レーザーアブレーション ICP 質量分析計を用いた高解像度の化学分析を行い、サンゴの成長と環境条件の相互関係を調査した。元素の変動は第2章で認定をした年輪組織と対応させて解釈をした。その結果、先端部分の成長速度が速いことは、マグネシウムやナトリウムなどの特定の元素の濃度が高いことに寄与していると考えられた。また、元素の比率における季節的なパターンは代謝活動と環境条件に関連しており、10年単位の変化傾向は温

度、栄養分の利用可能性、および人為的活動の影響を示唆した。今回、生きた現在成長中の試料を使用することで、採集場所最寄りの観測点の長期観測データとの比較が実現したが、宝石サンゴの生息場の *in situ* での環境データ取得の重要性が浮き彫りとなった。

以上の研究成果から、本学位論文研究では、高知沖の宝石サンゴの生殖生態学、成長ダイナミクス、成長と環境との相互作用に関する新たな知見を提供した。生物が作り出す鉱物である宝石サンゴの骨格の解析では、遺伝学、堆積学、地球化学といった分野横断的手法を統合した解析が必要であると言える。本研究成果は、性決定のための遺伝子マーカー利用への可能性、成長パターンの違いを反映させた種ごとの資源量推定、地球化学データの環境モニタリングや古環境復元への展開といった、実用的な資源保護への応用へつながると期待される。

黒潮流域の北西太平洋沿岸域では、宝石サンゴの生息が知られ、台湾や西南日本では古くから地域漁業及び産業を支える重要な漁業資源として利用されてきた。特に、高知沖は宝石サンゴ漁発祥の地であるとともに、世界的にも高く評価を受けるサンゴの漁場でもある。本学位論文の成果は、宝石サンゴの保全と持続可能な利用へつながる科学的知見を提供するものであり、自然と人間の共生を目指す黒潮圏科学の理念に適合した学位論文研究であるといえる。

## 審査の結果の要旨

令和7年1月29日に朝倉キャンパスメディアの森6階メディアホールにて学位論文公開審査会が開催された。質疑応答を含めた1時間の審査会で、学位論文提出者より、研究内容が説明された。プレゼンテーション後に会場から寄せられた数々の質問やコメントに対し、学位論文提出者より相当の回答がなされた。

同日、朝倉キャンパスメディアの森6階メディアラボにて、17:00から17:30に最終試験を対面形式で実施し、「黒潮研総合科学専攻学位論文審査等に関する実施要領」に従って、専門性や学術性に関する口頭試問を実施した。試験では、研究成果の内容を確認した上で、研究の意義や新規性、研究から得られた知見に関する質問、残された問題点、今後の研究の発展性に関する質疑応答が行われ、学位論文提出者からは、適切な回答があり、学位に値する知識及び能力を有していることが認められた。

以上を総合的に審査し、審査委員一同は、高知大学博士(学術)を授与するにふさわしいと判断し、合格とした。

<p>フリガナ 氏名（本籍） 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目</p>	<p>イノエ ミツヤ 井上 光也（高知県） 博士（学術） 甲総黒博第 58 号 学位規則第 4 条第 1 項該当 令和 7 年 3 月 24 日 Effects of sample selection disparity on the biomass estimation of benthic communities in streams (標本抽出の格差が河川における底生生物群集の生物量推定に与える影響)</p>
<p>参 考 論 文</p>	<p>(1) Mitsuya Inoue, Kentaro Nozaki, Motomi Genkai-Kato (2024). Sample selection disparity: Sampling only cobble overestimates the biomass of stream benthic algae. Ecological Research, 2024, 1-6. <a href="https://doi.org/10.1111/1440-1703.12523">https://doi.org/10.1111/1440-1703.12523</a></p>
	<p>審査委員 主査 講師 加藤 元海 副査 教授 伊谷 行 副査 教授 新保 輝幸</p>

## 論文の内容の要旨

人間の興味や関心には偏りがあり、一般には植物よりも動物に興味をもつ人が多く、教育の分野でも植物よりも動物を扱った例をより多く紹介されてきており、植物に対する盲目 (plant blindness) と表現されてきた。近年では、盲目は差別用語であることから、植物に対する意識の格差 (plant awareness disparity) という言葉で表現されることが多い。2020 年以降、生態学的な研究分野でも、意識の格差がみられるとの報告が数多く出てきており、より目立つ生物の方が研究対象になりやすい種に対する意識の格差 (species awareness disparity) や人々の関心の高い生態系ほど研究されているといった生物群系に対する意識の格差 (biome awareness disparity) が存在することが示されている。学位論文提出者の井上光也氏が研究対象とする河川生態系においても、意識の格差が存在し、本研究ではその格差が河川に生息する底生生物の生物量の推定にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的としている。

生態学では、生物量推定をするために野外で標本を抽出する必要があるが、従来の研究では標本抽出する際に格差がある。本論文は 4 章から構成されており、第 1 章では研究の背景と目的、第 4 章では総合的な考察を行なっている。第 2 章では、河川生態系の一次生産者である底生藻類とその付着基質である礫の大きさに着目し、従来の研究方法である大礫に付着した底生藻類を基に生物量推定を行なうと過大評価になることを示した。第 3 章では、瀬と淵に生息する底生生物に着目し、従来の研究方法である瀬のみの底生生物を基に生物量推定を行なうと、河川全体の生物量としては過大評価になることを示した。

第 2 章では、河川一次生産者の生物量推定における標本抽出の格差を扱った。底生藻類は河床にあるさまざまな大きさの石の上表面に付着し、光合成を行なう一次生産者である。従来の研究では、簡便に底生藻類を採集することができることから、大礫 (径: 64-256 mm) を河床から採取して (標本抽出)、その上表面に付着している藻類を基に生物量推定を行なう場合が多い。河床には、大礫以外にも大きさの異なる石が存在し、それら石の上表面にも藻類が付着しているため、正確に単位面積当たりの底生藻類の生物量 (クロロフィル a 量) を求めるためには、大礫以外の石も採取して推定を行なう必要がある。本研究では、底生藻類の生物量を、方形枠 (50 cm × 50 cm) を使って、枠の中に入っている石の全てから藻類を採集した方法 (フレーム法) と、従来通り大礫のみから藻類を採集した方法 (大礫法) で比較した。その結果、大礫法で推定された生物量はフレーム法の値よりも有意に高く、従来から行なわれてきた方法では河川の一次生産者の生物量を過大評価していることが示された。河川生態学では、魚類や水生昆虫など消費者を対象にした研究が多い。そのため、本研究では河床を大礫が占める割合を目視で推定することにより、動物を主対象にする研究者にとっても、簡便により正確な一次生産者の生物量を推定する方法を提唱した。この内容は以下の参考論文となった。

**Inoue M., Nozaki K., Genkai-Kato M. (2024). Sample selection disparity: Sampling only cobble overestimates the biomass of stream benthic algae. *Ecological Research*, 2024, 1–6.**  
<https://doi.org/10.1111/1440-1703.12523>.

第 3 章では、河川が瀬と淵が交互に存在する構造に着目して、標本抽出の格差が底生生物群集の生物量推定に与える影響を扱った。底生生物の生態学的な調査は、水深の深い淵では困難と危険を伴うことから、従来の研究ではほとんどが瀬において行なわれてきた。しかしながら、淵にも底生生物は生息しており、淵という環境が河川の流程の中で占める割合も無視することができないことから、瀬のみの調査では河川全体の底生生物の正確な生物量推定をすることができない。本研究では、瀬とともに淵においても底生生物 (藻類と無脊椎動物) の定量採集調査を行なった。その結果、一次生産者

である底生藻類と消費者である底生無脊椎動物のいずれにおいても、淵より瀬の方で生物量が有意に大きく、瀬のみの調査では過大評価になることが示された。また、瀬のみで採集された分類群と、淵のみで採集された分類群があったことから、瀬のみの調査で示された生物の多様性と、河川全体の多様性は異なることが示唆された。

第4章の総合考察では、第2章と第3章で得られた結果をまとめた。そこでは、生物量を河川全体の値として推定するには、微視的な観点では大礫以外の礫の存在を考慮する必要があり、より巨視的な観点では瀬の環境だけではなく淵の環境も考慮する必要性を指摘した。

人間の住む陸域生態系と黒潮の流れる海域生態系は、河川生態系を通じて繋がっている。自然と人間社会が共生する黒潮圏域において、生態系を繋ぐ役割を果たす河川生態系の一次生産者と消費者のより正確な生物量推定に関して重要な知見を提供した井上光也氏の提出論文は黒潮圏科学の博士論文として相応しい。

## 審査の結果の要旨

令和 7 年 1 月 29 日に公開審査会が開催され、学位論文提出者によって研究内容が発表された。質疑応答を含めた約 1 時間で、本学位論文の内容が説明され、公開審査会聴衆からの質問や学術的意見に対し、学位論文提出者から相応の回答がなされた。

同日、対面にて最終試験を実施した。この試験では、「黒潮圏総合科学専攻学位論文審査等に関する実施要領」にしたがって、専門性や学術性に関する口頭諮問を実施した。井上光也氏はいずれの質問に対しても、的確に回答し、学位に値する専攻学術の能力を有していることが認められた。

公開審査会とあわせて、学位論文提出者の学識は博士（学術）として研究を遂行していく上で備わっているものと認め、審査委員全員で合格と判定した。