

地球環境と海の生態系調査

～京都府北部地域における継続した環境調査～

京都府立
西舞鶴高等学校
理数探究科1年
大槻 駿太
佐々木 夏穂
山本 侑琉

調査概要

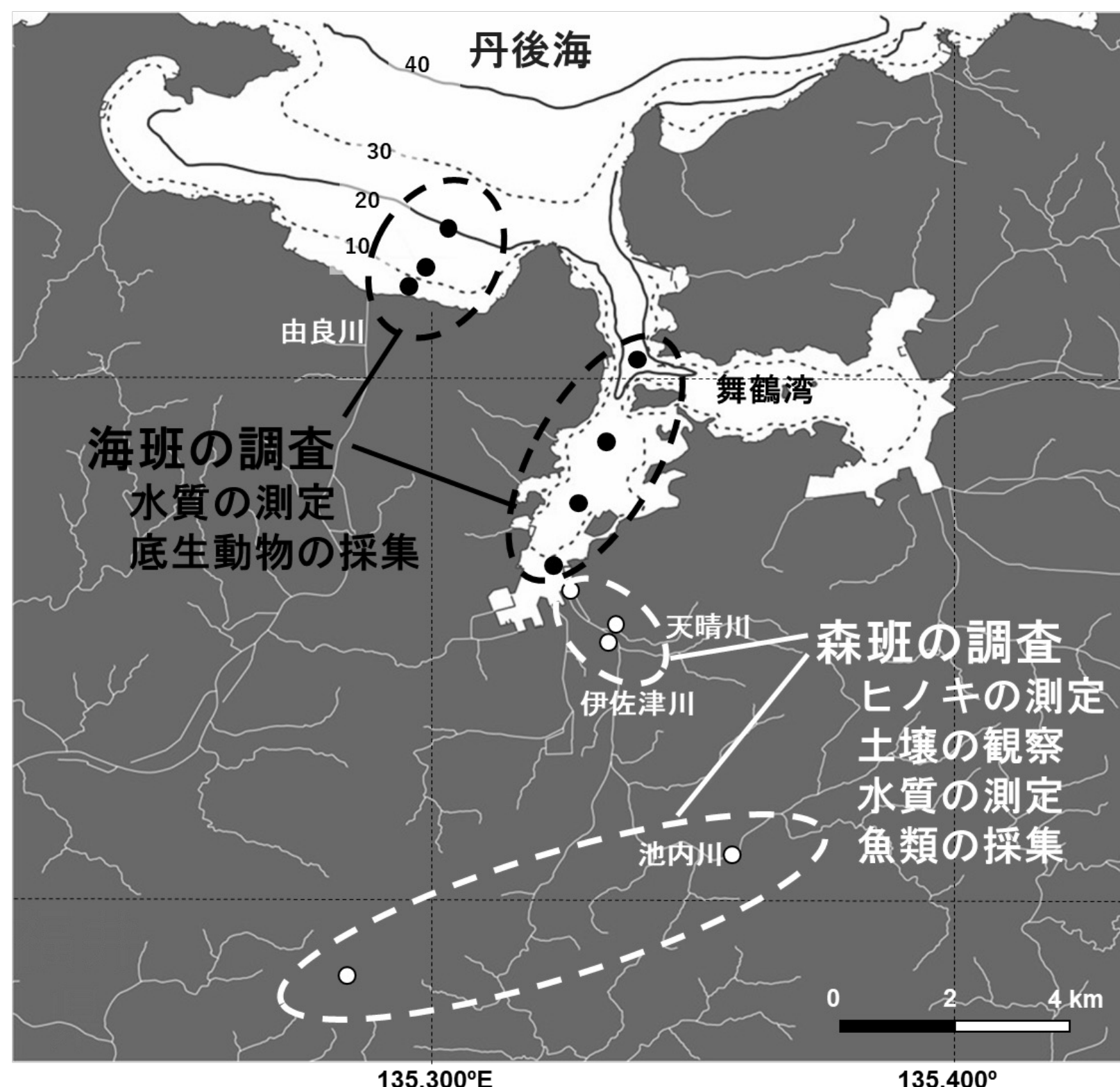
西舞鶴高校理数探究科と夏期実習「地球環境と海の生態」について

西舞鶴高校は、京都府北部唯一の理数系専門学科である「理数探究科」が設置されており、地域に根差した探究活動を行っている。

夏期実習「地球環境と海の生態系」は京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産所の先生方の指導のもと、森から海にかけての環境調査を行い、取得したデータを用いて分析や発表を行う探究活動である。その意義は「地域環境の継続的調査」や「持続可能な開発のための教育(ESD)」にある。この実習は理数探究科が設置された18年前(2006年)から継続されており、過去のデータを含めて考察を行っている。



図1. 西舞鶴高校の校舎(上)と実習調査の地点と項目(右)。毎年7月下旬に京都府北部の森と川と海を調査する。(本藤ほか(2023)を一部改変)



活動の内容

- 7月24日、25日 2班(海班と森班)で調査実習
- 8月下旬～10月 考察を行うグループ(3～5人)に分かれてグループごとにテーマを決定してデータ分析
- 10月末 口頭発表会、中学生向け発表会

(海班)

- 1日目の調査
 - 水質調査および海底の土壌や底生生物の採集
- 2日目
 - 採集した生物の分類と計数
 - 生物名の検索



図2. 西舞鶴高校の実習調査の風景。A: ヒノキの胸高直径の測定 B: たも網・刺網による河川の魚類採集 C: 調査用小型底曳網による底生動物の採集 D: 水質測定用の海水の採取。

(森班)

- 1日目の調査
 - ヒノキの胸高直径の測定(16本)
 - 水質調査
- 2日目
 - 詳細な水質調査のための採水サンプルろ過など

分析内容: 栄養塩類の地点別経年変化とその原因について

栄養塩類などの水質は、森から海にかけてどのような変化をしているのか、またその変化の原因や結果を調べるために、過去のデータも用いながら分析を行った。

結果・考察①

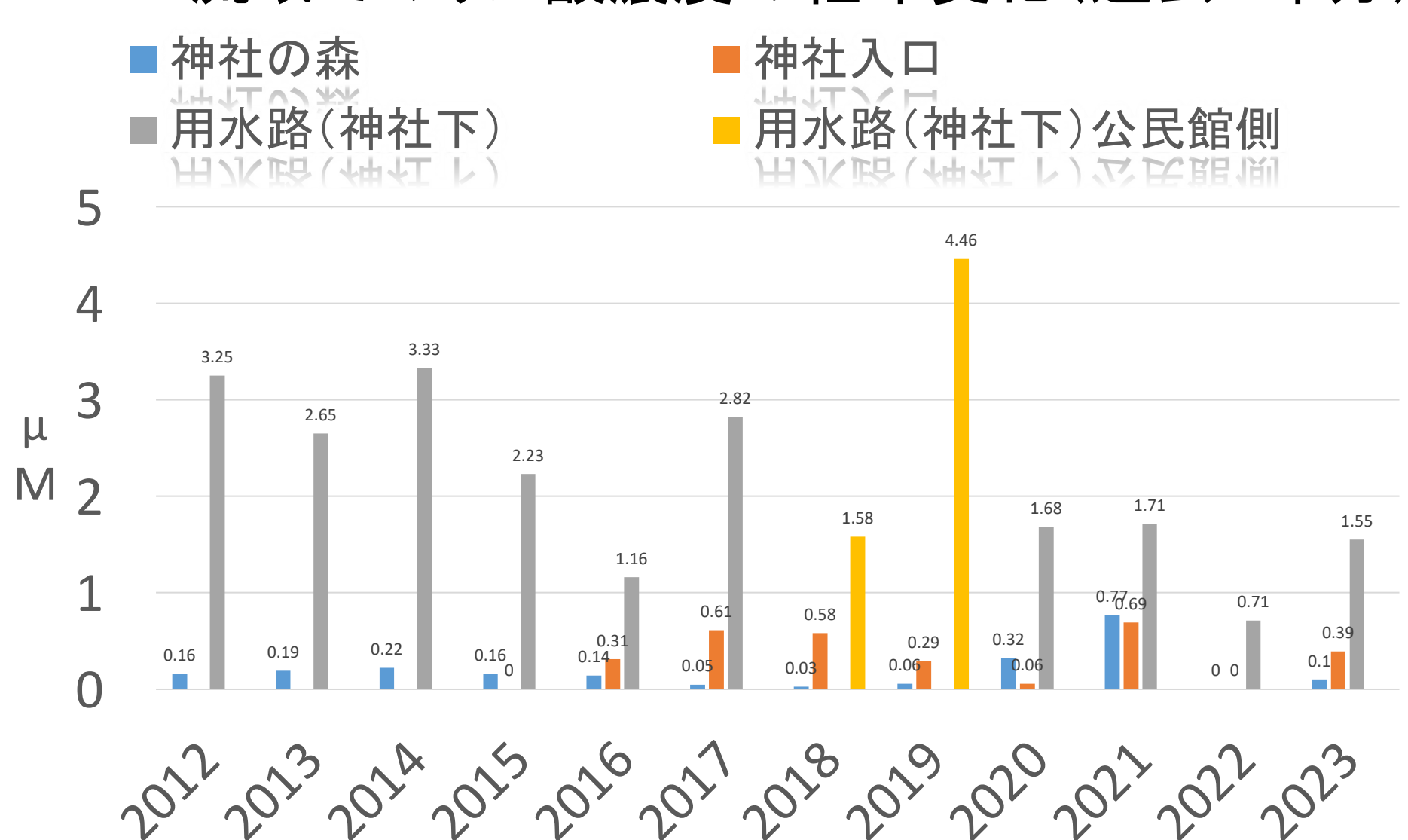
神社付近(最上流)とその数百m下流の用水路では、リン酸濃度に明確な差があった。過去3年分のデータを見ても、用水路のリン酸濃度が突出して高い。今年度、前年度、前前年度の調査日の直近の降水量がほぼ0であったため、降水によるリン酸濃度への影響はないと考えられる。

→リン酸濃度が高いのは田んぼに使われている肥料が影響しているのではないかと。

考察②

志賀郷の肥料の使用状況、またその肥料の種類を調べたところ、志賀郷では米星252という肥料と堆肥(牛糞堆肥)が使われており、そのどちらもリンの量が多い肥料である。(志賀郷北部農産ホームより)

上流域でのリン酸濃度の経年変化(過去3年分)



※米星252(JA京都にのくに)のリン酸は、平均的な牛糞堆肥に含まれる肥料成分と比較して、リン酸の量が非常に多い。(農林水産省)

レッドフィールド比とは

アメリカの海洋学者アルフレッド・レッドフィールドにちなんで名付けられたもので、海洋バイオマス試料中の栄養素の比率が比較的一貫していることを最初に報告し、その比率がC:N:P = 106:16:1であることを経験的に発見した。

下の表について

ここでは窒素とリンの割合をN/P比として、調査した各地点について年別に算出した。水系の異なる各地点と海について年ごとの硝酸態窒素と亜硝酸態窒素の合計(μM)とリン酸態リン(μM)の比を算出し、16のセルを白、16より小さいセルを黄色(Nが制限要因となる)、16より大きいセルを赤色(リンが制限要因となる)で示した。リン酸が計測できず、窒素が計測されている場合はリンが制限要因となっていると考え、赤で示した。

各地点におけるN/P比(ヒートマップ)

| 年 | 由良川水系 | | | 伊佐津川水系 | | | | 舞鶴湾 | | | 丹後海 | N/P比 |
|------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|------|------|-------|--------|
| | 神社の森 | 神社入り口 | 用水路 | 池内川 | 伊佐津川 | 天清川 | 伊佐津川河口 | 西湾奥 | 西湾中 | 舞鶴湾口 | 神崎沖 | |
| | J01 | J02 | J03 | I01 | I02 | I03 | I04 | W01 | W02 | W04 | K01 | |
| 2012 | 102.4 | | 4.6 | 21.2 | 45.4 | 13.5 | 3.7 | | | | | 小さい |
| 2013 | 58.3 | | 6.7 | 1.0 | 5.5 | 3.6 | 1.3 | 2.2 | 1.3 | 1.8 | 1.9 | 16(白色) |
| 2014 | 71.3 | | 8.1 | 13.4 | 7.8 | 4.5 | 5.7 | 2.9 | 3.8 | 2.5 | 2.4 | 16(白色) |
| 2015 | 67.9 | | 10.1 | 78.4 | 44.2 | 11.0 | 16.9 | 17.7 | 14.3 | 1.1 | 0.7 | 小さい |
| 2016 | 95.7 | 26.9 | 5.9 | 131.4 | 49.5 | 4.0 | 7.7 | 125.5 | 13.0 | 13.0 | 224.0 | 大きい |
| 2017 | 246.0 | 8.9 | 4.9 | 54.4 | 20.9 | 2.1 | 8.2 | 129.0 | 16.0 | | 6.5 | 大きい |
| 2018 | 366.7 | 5.5 | 3.3 | 119.0 | 23.7 | 1.5 | | | | | | 大きい |
| 2019 | 273.8 | 36.9 | 10.5 | 223.7 | 67.5 | 16.3 | 29.4 | 36.2 | | | | 大きい |
| 2020 | 15.4 | 223.8 | 0.1 | 664.3 | 108.8 | 4.4 | 43.0 | | 2.3 | | | 大きい |
| 2021 | 7.7 | 7.7 | 5.6 | 178.3 | 67.1 | 7.4 | 55.0 | | 0.8 | | 14.2 | 大きい |
| 2022 | 21.6 | 1783.3 | 1076.3 | 15.6 | 123.9 | 102.3 | | | | | 58.0 | 大きい |
| 2023 | 119.3 | 10.6 | 7.8 | 187.4 | NA | 300.4 | 25.8 | | | | | 大きい |

※リン酸態リンが検出限界以下のためN/P比が算出できない場合、赤で塗りつぶした。

考察③

用水路、天清川はそれぞれ肥料や生活排水が流入しているため、N/P比が小さい値となっていると考えられる。池内川、伊佐津川において、N/P比の上昇傾向が見られる。近年では海もリンが制限要因となっている場合が多く、川からのリンの減少、あるいは窒素の増加により植物プランクトンの増減に影響が出ている可能性がある。

各地点におけるクロロフィル蛍光度(ヒートマップ)

| 年 | 由良川水系 | | | 伊佐津川水系 | | | | 舞鶴湾 | | | 丹後海 |
|------|-------|-------|------|--------|------|-------|--------|------|------|-------|------|
| | 神社の森 | 神社入り口 | 用水路 | 池内川 | 伊佐津川 | 天清川 | 伊佐津川河口 | 西湾奥 | 西湾中 | 舞鶴湾口 | 神崎沖 |
| | J01 | J02 | J03 | I01 | I02 | I03 | I04 | W01 | W02 | W04 | K01 |
| 2013 | | | | 9.54 | 1.22 | 2.85 | 4.1 | 5.33 | 5.16 | | 1.1 |
| 2014 | | | | 6.6 | 9.51 | | 1.93 | 1.66 | 1.93 | 0.616 | 1.1 |
| 2015 | | | | | 2.79 | 2.9 | 2.195 | 2.47 | 1.49 | 5.19 | 1.42 |
| 2016 | | | | 0.52 | 1.08 | 1.82 | 1.755 | 4.22 | 4.04 | 2.62 | 2.37 |
| 2017 | | | | 2.2 | 3.1 | 11.9 | 4 | 1.86 | 0.7 | 1.432 | 2.31 |
| 2018 | | | | 2.5 | 1.7 | 3.6 | 4.25 | 3.38 | 1.55 | 1.05 | 0.97 |
| 2019 | | | | 4.7 | 1.48 | 1.9 | 1.94 | 3.24 | 2.87 | 3.35 | |
| 2020 | | | | 3.77 | 3.94 | 2.11 | 1.695 | 2.59 | 1.52 | 1.41 | 0.42 |
| 2021 | | | | 0 | | | 2.65 | 2 | 2.68 | 1.53 | 1.53 |
| 2022 | 2.17 | 0.82 | 4.58 | 2.97 | 7.07 | 11.13 | 3.03 | 3.91 | 3.25 | 4.73 | 3.42 |
| 2023 | 0.71 | 1.2 | 2.8 | 2.71 | 8.36 | 1.31 | 5.145 | 0.69 | 0.58 | 0.92 | 0.3 |

※空白セルは検出限界以下

N/P比とクロロフィル蛍光度の順位相関係数(地点ごと)

| 池内川 | 伊佐津川 | 天清川 | 伊佐津川河口 | 西湾奥 | 西湾中 | 舞鶴湾口 | 神崎沖 |
|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|------|
| -0.14 | 0.10 | -0.43 | -0.05 | -0.10 | -0.67 | -0.20 | 0.81 |

考察④

植物プランクトンの量を示すクロロフィル蛍光度については、各地点で特徴的な増減傾向は見られなかった。N/P比とクロロフィル蛍光度についての順位相関係数について、天清川で弱い負の相関、神崎沖で正の相関が見られるが、その要因は特定できていない。標本の数が少ないため統計的な分析には至っていないが、森と海のつながりや、過年度比較による傾向が見えてくる可能性がある。調査を継続し、今後の傾向を把握する必要がある。

最後に

実習とそれぞれの分析を通して森・里・海の確かなつながりを感じると同時にその複雑さを実感した。この活動で集められたデータは、地域比較や年代間比較を目的とするメタ解析への利用も期待される。このように、「海森実習」は教育的価値だけでなく、環境理解などに対する学術的価値も有している。そのため今後も活動を続けていきたい。

参考文献

- 環境省HP <https://www.env.go.jp/>(令和5年9月20日確認)
- 気象庁HP <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>(令和5年9月20日確認)
- 志賀郷北部農産フォーラム <https://sigasatohokubunusan.einaka.jp/taihi>(令和5年9月20日確認)
- 本藤聡仁・鈴木啓太・中西麻美・山下 洋(2023). 2006-2021年夏季の京都府舞鶴湾・丹後海の底生動物群集と流入河川の水質「野生生物と社会」学会

謝辞

本活動を行うにあたり、フィールドでの実習やデータの分析など、大変丁寧に指導していただいた京都大学フィールド科学教育研究センターの鈴木啓太先生、中西麻美先生、甲斐嘉晃先生、邊見由美先生、舞鶴水産実験所の皆さまに深く感謝いたします。