

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04744

研究課題名(和文) 自然環境要因の変動を考慮した汽水性二枚貝ヤマトシジミの環境ストレス評価手法の構築

研究課題名(英文) Development of evaluation method for environmental stresses in brackish water clam *Corbicula japonica* considering natural environmental changes

研究代表者

藤田 昌史 (Fujita, Masafumi)

茨城大学・地球・地域環境共創機構・教授

研究者番号：60362084

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ヤマトシジミを自然的要因(水温、塩分、飼料)、人為的要因(下水)に対して曝露し、抗酸化マーカー、成長力等の応答を調べた。気候変動の進行により、汽水域は特に塩分や水温等の自然的条件が変動するが、人為的な汚染等の影響を評価するうえでは自然的条件の影響も考慮する必要があることを明らかにした。また、抗酸化マーカーの応答を成長力で解釈できる可能性も示した。さらに、ヤマトシジミに磁石とホール素子センサを付けて開閉運動を連続測定する手法は有用であり、開閉頻度や開閉時間は有効な指標となることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

汽水域では自然的要因の変動が大きい。水生生物に対する環境ストレスは自然的要因に人為的要因が上乗せされることから、自然的要因の影響も考慮した評価が重要になる。潮汐にともなう日内変動だけでなく、将来の気候変動による影響にも目を向けると、この視点はさらに重要になる。実環境における水生生物への影響やそれを踏まえた水環境評価・管理へと展開するうえでは、水生生物に対する環境ストレスの影響を分子レベルだけでなく個体レベルの応答も含めて理解することが重要になり、また、生化学的・生理学的応答を総合的に評価する手法も有用となる。

研究成果の概要(英文)：To investigate biomarkers representing the physiological and biochemical responses of the brackish-water clam *Corbicula japonica*, we conducted experiments to test different water-temperature levels, salinity levels, food-availability levels, and wastewater exposure. We found that future habitat changes driven by global warming should be closely watched, particularly given that local anthropogenic disturbances further add to natural ones. The results also indicated that the biochemical-level response can be interpreted using individual-level response, but careful attention must be given to over- or underestimation. Additionally, it was obtained that valve opening-closing response measurement using a hall element sensor was useful and valve-opening frequency and valve-opening rate can be good indices.

研究分野：水環境工学

キーワード：ヤマトシジミ 酸化ストレスマーカー 成長力 開閉運動 汽水域

1. 研究開始当初の背景

望ましい水環境像の実現においては、生態系保全も重要な要素である。つまり、水生生物の観点から水環境を評価・管理するアプローチも重要となる。水生生物はストレス環境下に曝されると生体内で活性酸素種が発生するが、これに対抗するためにスーパーオキシドアニオン(SOD)、カタラーゼ(CAT)等の抗酸化酵素や抗酸化物質を合成し作用させることで、細胞を守ることが知られている。抗酸化物質の含有量を抗酸化力として評価する手法として、TOSC法(Total Oxyradical Scavenging Capacity)やプレートリーダーによる簡便な蛍光分析により定量可能なORAC法(Oxygen Radical Absorbance Capacity)がある。

欧州では、2000年以降、TOSC法等による生物影響評価の研究が精力的に行われている。特に海生二枚貝に対する適用例が多い。これらのほとんどが実環境での調査研究であり、環境条件に対する水生生物の抗酸化力の応答機構に踏み込んだ研究例はほとんどない。

汽水域は海域や淡水域とは異なり、塩分や水温等の時間変動があるため、水生生物に対する人為的な環境要因の影響を評価するためには、自然的環境要因の影響も考慮する必要がある。研究代表者は、これまでに汽水性二枚貝ヤマトシジミ(*Corbicula japonica*)を対象として、自然的環境要因や人為環境要因に対する抗酸化力、成長力の応答を調べてきた。ヤマトシジミは下水や農薬に曝されても一週間程度経つと抗酸化力は順応すること、一方で順応のために平常時よりもエネルギーを投じることから成長力は減少すること、また、抗酸化力は過去2日間程度の塩分等の変動の影響を受けること等を明らかにした。これらの指標の評価には時間、労力を要するため、日レベルの時間分解能でしか解析できていない。研究代表者以外の国内外の調査研究も同様である。環境ストレスに対する分子レベル(抗酸化力等)から個体レベル(成長力等)に至る応答を包括的に理解するためには、ヤマトシジミが利用可能なエネルギー量の現況を捉えながら、時間分解能が高く連続モニタリングが可能な指標を用いて、環境ストレスに対する応答機構を紐解く必要がある。

2. 研究の目的

- 1) 汽水性二枚貝ヤマトシジミを対象として、自然的環境要因、人為的環境要因に対する環境ストレスの応答を分子レベル、個体レベルの両面から時間分解能を高めて包括的に評価する手法を構築する。
- 2) 将来の気候変動による自然的環境条件の変化を想定して、排水等の人為的環境要因がヤマトシジミに及ぼす影響を明らかにする。
- 3) ヤマトシジミ保全の観点から汽水域環境の在り方、水質環境基準の考え方を総括する。

3. 研究の方法

(1) ヤマトシジミの室内飼育

茨城県中部に位置する酒沼(汽水湖)から採取したヤマトシジミ(*C. japonica*)を室内水槽に入れ、テトラマリンソルトプロ(テトラ社)と曝気した水道水で塩分5psuに調整した人工海水を用いて、水温20°Cで飼育した。水槽内は常時曝気を行い、溶存酸素をほぼ飽和に保った。餌源として、別途に培養している珪藻類(*Cyclotella*)を毎日与えた。

(2) 底質組成に対する応答実験

本研究では、合計6ケースのRunを設けた(表-1)。公称目開き75µmのふるいを用いて、シルト・粘土含有率2%(Run A)、20%(Run B)、40%(Run C)に調整した底質を入れた実験水槽(20°C、10 psu)に、室内で飼育したヤマトシジミ(殻長20.5±1.5 mm)を8個体ずつ入れて、開閉運動の測定を行った。ヤマトシジミの好適環境条件はシルト・粘土含有率10%以下、生息限界はシルト・粘土含有率50%であることから、Run Aを本実験の対照系とした。強熱減量は5%以下で好適環境条件となるため、本実験では、どのRunにおいても強熱減量は影響を与えないものとする。ヤマトシジミ1個体、1日あたりの給餌条件が0.5 mgSS/個体/dとなるように前述の培養珪藻を与えた。馴致7日目以降の3日間のデータを本実験のデータとして、開閉運動の解析に用いた。Run D、Run Eでは、表-1に示すように、データの比較のために都市下水(5倍希釈)に曝されたヤマトシジミとその対照系の開閉運動も示した(n=8)。Run Fでは、Run Cの実験中に斃死した個体を注目した。Run AとRun Bの斃

表-1 ヤマトシジミの底質組成・都市下水に対する応答実験条件

Run	シルト・粘土含有率 (%)	強熱減量 (%)	都市下水
A	2	2.1	-
B	20	3.5	-
C	40	4.7	-
D	-	-	-
E	-	-	5倍希釈
F	40	4.7	-

死個体はゼロ，Run C，Run D，Run E は 1 個体であった。

(3) ホール素子センサを用いたヤマトシジミの開閉運動の測定と評価

開閉運動の測定には，ホール素子センサ(旭化成エレクトロニクス)を用いた。ヤマトシジミの両貝殻の先端部にセンサと磁石をそれぞれ接着剤で取り付けた(図-1)。貝殻の開閉にともなう磁力の変化を 30 秒毎に電圧データとして連続測定した。

得られた電圧の時系列データ(図-2)から，開殻・閉殻を判断し，開殻頻度(開殻した回数)，開殻時間(開殻していた 1 回あたりの時間)，開殻率(実験時間に対して開殻していた時間の割合)を個体ごとに算出した。外れ値を出した個体の影響を取り除くために，開殻率，開殻頻度，開殻時間のそれぞれの最大値と最小値を除外して平均値，標準偏差を算出した。

(4) 気候変動に対するヤマトシジミの応答

室内飼育したヤマトシジミを水温(20°C, 25°C)，塩分(5, 20 psu)，摂餌環境(0.5, 2.0 mg SS·ind⁻¹·d⁻¹)に曝す実験を行った(表-2)。

(5) 酸化ストレスマーカーの評価

ヤマトシジミの鰓を破砕・均質化する処理を行った。これを LPO の分析に供した。さらに遠心分離(10,000 × g, 10 min, 4℃)して得られた上澄液を SOD, CAT, ORAC の分析に供した。

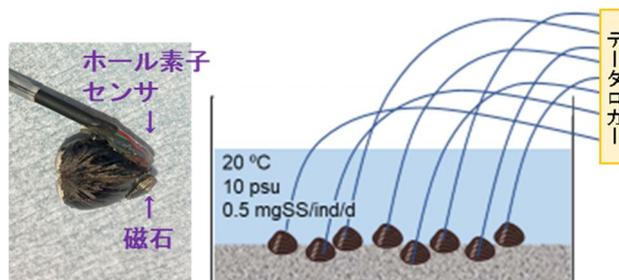


図-1 ホール素子センサを用いた開閉運動の測定方法とヤマトシジミの底質組成に対する応答実験

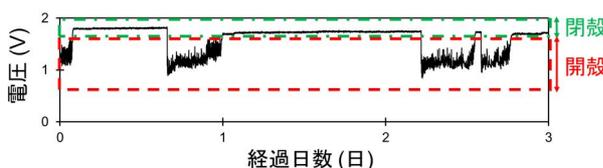


図-2 ヤマトシジミの開閉運動による電圧変化

表-2 気候変動(水温・塩分・摂餌環境)に対する実験条件

	Control	Experimental exposure						
		HF	HS	HSF	HT	HTF	HTS	HTSF
Water temperature (°C)	20	20	20	20	25	25	25	25
Salinity (psu)	5	5	20	20	5	5	20	20
Food availability (mg SS·ind ⁻¹ ·d ⁻¹)	0.5	2.0	0.5	2.0	0.5	2.0	0.5	2.0

4. 研究成果

(1) 底質組成に対するヤマトシジミの開閉運動

Run A の開殻頻度は 0.9±0.3 回/d であったのに対し，Run B では 1.1±0.5 回/d，Run C では 1.5±0.5 回/d であった(図-3)。Run B の開殻頻度は，Run A と比較して有意差はなかったが(p>0.05)，Run C は Run A の開殻頻度よりも高くなった(p<0.05)。既報では，シルト・粘土含有率を 3.7%，20.2%，33.1% に調整して実験を行っており，シルト・粘土含有率 33.1% の Run のみがヤマトシジミの酸化ラジカル吸収能に負の影響を及ぼしたことを報告している。さらに，潟沼では，底質中のシルト含有率が高い場所では，ヤマトシジミの生息密度が低いことが報告されている。一方，淡水二枚貝(Unio pictorum)では，細粒土砂は開閉運動に影響しないことが報告されている。このように底質に含まれる細粒土砂が開閉運動に影響しない二枚貝もあるが，ヤマトシジミに対しては開閉運動に影響を及ぼしたと言える。図-4 より，Run D の開殻頻度は 2.0±1.1 回/d であったのに対し，Run E では 4.6±1.3 回/d であった。都市下水に曝されたヤマトシジミの開殻頻度は高くなった(p<0.05)。つまり，底質組成に対する応答と同じ傾向を示した。言い換えると，底質組成の場合でも，都市下水の場合と同様にストレス環境下にあるため，ヤマトシジミの開殻頻度が高くなったと解釈される。

Run A の開殻時間は 7.1±3.9 h/回であったのに対し，Run B では 5.0±0.8 h/回，Run C では 5.8±2.1 h/回であった(図-3)。つまり，Run B，Run C の開殻時間はともに，Run A と比較して，有意差がなかった(p>0.05)。図-4 より，Run D の開殻時間は 5.4±2.8 h/回であったのに対し，Run E では 2.8±0.4 h/回であった。都市下水に曝されたヤマトシジミの開殻時間は短くなった(p<0.05)。つまり，都市下水の影響は，開殻頻度と開殻時間の両方に表れたが，底質組成の影響は開殻頻度のみを表れ，開殻時間には影響が表れなかった。都市下水(5 倍希釈)とシルト・粘土含有率 40% では，都市下水(5 倍希釈)の方が開閉運動に影響を与えやすい可能性がある。

Run A の開殻率は 29.4±19.7% であったのに対し，Run B では 21.7±6.75%，Run C では 35.3±14.6% であった(図-3)。Run B，Run C の開殻率は共に，Run A と比較して，有意差がなかった(p>0.05)。図-4 より，Run D の開殻率は，40.8±12.7% であったのに対し，Run E では 37.2±11.1% であった。

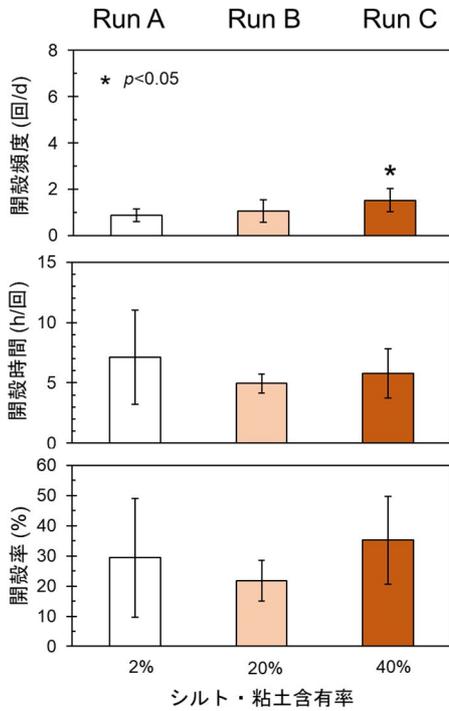


図-3 ヤマトシジミの底質組成に対する応答

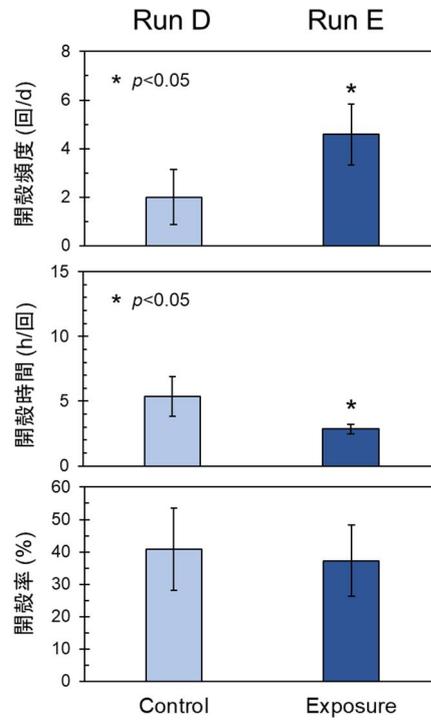


図-4 ヤマトシジミの都市下水に対する応答

都市下水に曝されたヤマトシジミの開殻率は有意差がなかった ($p > 0.05$). 二枚貝の開閉運動を調べた先行研究では、開閉運動の評価指標として開殻率がよく用いられている。しかし、ヤマトシジミにおいては、本研究で調査対象とした底質組成や都市下水に対する応答を勘考すると、開殻率のみを指標とすることは適切ではないと考えられる。

Run Cにおいて斃死した個体の開閉運動をRun Fとして図-5に示す。Run Fの個体は、Run Cにおける8個体のうちの1個体であるため、シルト・粘土含有率40%の影響を受けて斃死に至ったとは考えにくい。既報では、ヤマトシジミの斃死には直接的な原因の他に、事前の健康状態が重要であることが報告されている。つまり、個体の健康状態によって環境ストレスに対する耐性が変化するものと考えられる。ヤマトシジミは本来懸濁物を排泄する高い能力を保持しているが、この個体は健康状態が悪かったため、他の7個体のようにはストレス環境に耐えられなかったと考えられる。馴致開始後2日目までは、高い開殻頻度と短い開殻時間での開閉運動を示し、3日目後半から開殻状態のまま反応がなくなり、7日目以降にゆっくりと殻が開いていったことが確認できた。特に、開閉運動が見られなくなる直前1日間は、開殻頻度は6.0回/d、開殻時間は1.7h/回となり(表-3)、高い開殻頻度と短い開殻時間が顕著に表れた。これは、都市下水に曝されたヤマトシジミ(Run E)と同様の傾向を示していた。極度の環境ストレス状態では、ヤマトシジミはこのような開閉運動を行うことがわかった。

(2) 主成分分析を用いたヤマトシジミの開閉運動の総合的評価

Run A~Fの開殻頻度、開殻時間、開殻率を用いて、主成分分析を行った(図-6)。第一主成分の寄与率は、81.0%を占めた。第一主成分に対する開殻頻度、開殻時間、開殻率の因子負荷量はそれぞれ0.63、-0.59、0.50となり、開殻頻度、開殻時間、開殻率のすべてに相関が見られた。Run Fが第一主成分の最も正側に布置されており、そこから

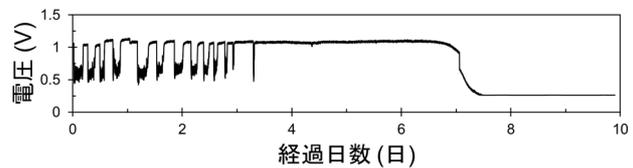


図-5 斃死寸前のヤマトシジミの開閉運動 (Run F)

表-3 斃死寸前のヤマトシジミの開殻頻度、開殻時間、開殻率 (反応がなくなる直前1日間, Run F)

開殻頻度 (回/d)	開殻時間 (h/回)	開殻率 (%)
6.0	1.7	42.0

既報では、ヤマトシジミの斃死には直接的な原因の他に、事前の健康状態が重要であることが報告されている。つまり、個体の健康状態によって環境ストレスに対する耐性が変化するものと考えられる。ヤマトシジミは本来懸濁物を排泄する高い能力を保持しているが、この個体は健康状態が悪かったため、他の7個体のようにはストレス環境に耐えられなかったと考えられる。馴致開始後2日目までは、高い開殻頻度と短い開殻時間での開閉運動を示し、3日目後半から開殻状態のまま反応がなくなり、7日目以降にゆっくりと殻が開いていったことが確認できた。特に、開閉運動が見られなくなる直前1日間は、開殻頻度は6.0回/d、開殻時間は1.7h/回となり(表-3)、高い開殻頻度と短い開殻時間が顕著に表れた。これは、都市下水に曝されたヤマトシジミ(Run E)と同様の傾向を示していた。極度の環境ストレス状態では、ヤマトシジミはこのような開閉運動を行うことがわかった。

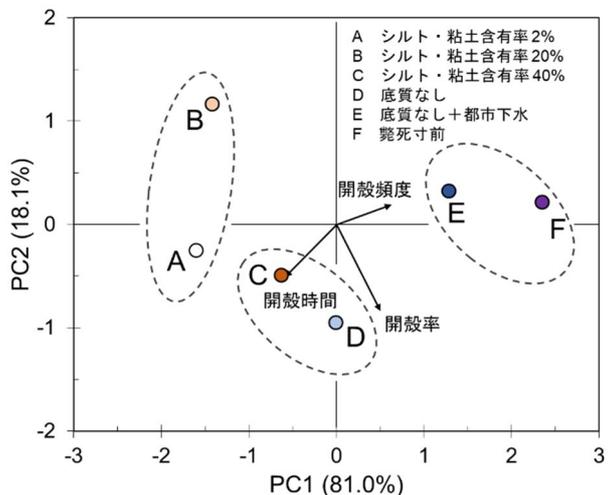


図-6 ヤマトシジミの開閉運動の主成分マップ

Run E, Run D, Run C, Run B, Run A の順で負側に布置された。また、正側に布置されるほど、開殻頻度と開殻率が高く、開殻時間が短くなっていた。実験条件を踏まえると、正側に布置されるほど環境ストレスを受けていると判断された。つまり、ヤマトシジミはストレスを受けると開殻して摂餌によりエネルギーを得ようとするが、ストレス環境下では開殻状態を長時間保つことが難しいと解釈される。前述したように、開殻率を単独で評価した際には有意差が見られなかったが、主成分分析においては開殻率とも相関があったことから、開殻頻度、開殻時間、開殻率を総合的に評価することで、開閉運動から環境ストレスを評価できる可能性がある。

Run A, Run B, Run C が負側に布置されたのに対して、Run E と Run F は正側に布置されていた。そして、Run E と Run F は同じクラスターに分類された。つまり、都市下水（5 倍希釈）の影響は、底質組成の影響よりもはるかに大きかったと言える。既報では、5 倍希釈した都市下水中の溶存態成分はヤマトシジミの成長力を低下させることが報告されている。本実験においても都市下水中の溶存態成分が開閉運動に影響を与えた可能性がある。既報では、5 倍希釈した都市下水は、ヤマトシジミの酸化ダメージまでには至らないが、抗酸化酵素、酸化ラジカル吸収能、成長力に影響を及ぼしたことが報告されている。このように、都市下水（5 倍希釈）は個体レベルの指標である開閉運動のみならず、既報では生化学レベルの応答も見られている。一方で、既報では、シルト質の底質を入れた水槽でヤマトシジミの行動を観察したところ、底質上部のヤマトシジミは 3 ヶ月生存したが、水槽底部の個体は 48 時間後には鰓に大量のシルトが付着し、それ以後は斃死する可能性があることが報告されている。本実験では、ヤマトシジミは底質上部に位置していたため、大きなストレスには至らなかった可能性がある。

底質組成を変えた Run A, B, C は、底質なしの Run D よりも負側に布置されていた。Run C（シルト・粘土含有率 40%）は、Run B（20%）、Run A（2%）よりも環境ストレスを受けており、開閉運動に影響を及ぼすことが示されている。一方、底質がない Run D が Run C と同じクラスターに分類されたことから、底質がない場合にも開閉運動に影響を及ぼすことがわかった。以上のことから、底質の組成や存在がヤマトシジミの生息環境として重要な役割を果たしていることが、開閉運動の観点からも確認された。

(3) 気候変動に対するヤマトシジミの応答

水温が高いほど SOD, CAT, ORAC が低くなり、LPO が高くなり酸化ダメージを受けることがわかった。つまり、塩分は生化学マーカーを増加、低下させた。摂餌環境は、酸化ストレスに対する防御機構に重要な役割を果たすことがわかった（図-7）生化学マーカーおよび生理学マーカーの結果を用いて主成分分析とクラスター解析を実施したところ、8 つの実験系は、水温、塩分の違いで 3 つのグループに分類することができた（図-8）。グループ I は 20 の水温、グループ II は 25 の水温および 5psu の塩分、グループ III は 25 の水温および 20psu の塩分であった。したがって、将来の気候変動によりヤマトシジミの人為環境要因の影響を評価する場合には、水温や塩分等の自然環境要因の影響も考慮する必要があることが示された。

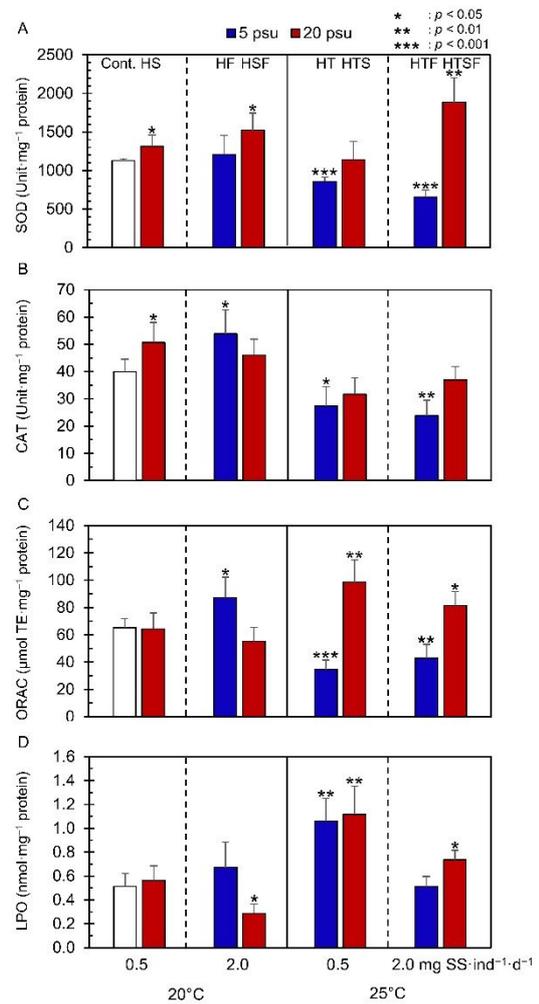


図-7 生化学マーカーの応答

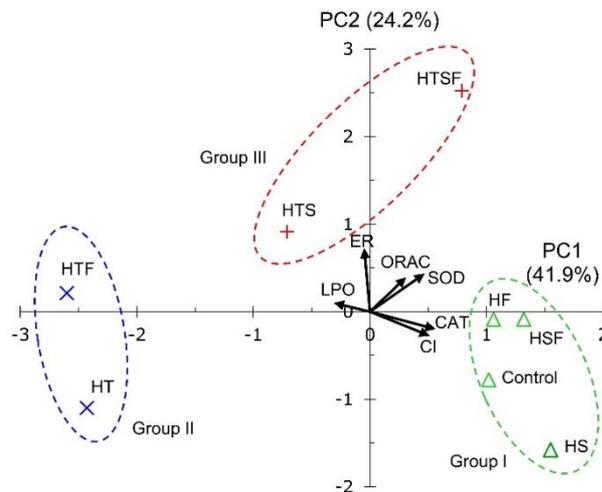


図-8 生化学・生理学マーカーの応答の主成分マップ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 MIURA Nanami, DENG Jiahao, WU Qingxu, SUZUKI Jumpei, FUJITA Masafumi	4. 巻 78
2. 論文標題 EFFECTS OF SEDIMENT COMPOSITION ON VALVE OPENING-CLOSING RESPONSES OF BRACKISH WATER CLAM CORBICULA JAPONICA	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_781 ~ I_786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.78.2_I_781	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Pokhrel Preeti, Mashiko Sayaka, Akther Shumona, Suzuki Jumpei, Fujita Masafumi	4. 巻 308
2. 論文標題 Antioxidant capacity and carbon-based scope for growth of brackish water clams Corbicula japonica under the combined effects of natural and anthropogenic factors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Pollution	6. 最初と最後の頁 119676 ~ 119676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envpol.2022.119676	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Pokhrel Preeti, Suzuki Jumpei, Fujita Masafumi	4. 巻 20
2. 論文標題 Integrated Biomarker Responses of a Brackish Water Clam to Global Warming Conditions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Water and Environment Technology	6. 最初と最後の頁 238 ~ 247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2965/jwet.22-066	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Pokhrel Preeti, Machida Hiroki, Akther Shumona, Suzuki Jumpei, Fujita Masafumi	4. 巻 19
2. 論文標題 Antioxidant Responses of a Brackish Water Clam to Sediment Composition and Water Quality: a Field Experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Water and Environment Technology	6. 最初と最後の頁 240 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2965/jwet.20-137	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Pokhrel Preeti, Suzuki Jumpei, Akther Shumona, Fujita Masafumi	4. 巻 129
2. 論文標題 Physiological and biochemical responses of brackish-water clam <i>Corbicula japonica</i> under global-warming conditions: Water temperature, salinity, and food availability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Indicators	6. 最初と最後の頁 107866 ~ 107866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolind.2021.107866	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 TSUCHIYAMA Miki, WU Qingxu, SUZUKI Jumpei, FUJITA Masafumi	4. 巻 76
2. 論文標題 INVESTIGATION OF VALVE OPENING-CLOSING RESPONSES OF BRACKISH WATER CLAM CORBICULA JAPONICA EXPOSED TO ENVIRONMENTAL STRESS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1051 ~ I_1055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 WU Qingxu, TSUCHIYAMA Miki, SUZUKI Jumpei, FUJITA Masafumi	4. 巻 76
2. 論文標題 THE RESPONSES OF OXIDATIVE STRESS AND SCOPE FOR GROWTH OF CORBICULA JAPONICA EXPOSED TO WASTEWATER	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research)	6. 最初と最後の頁 III_113 ~ III_119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.76.7_III_113	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Pokhrel Preeti, Miura Nanami, Saputra Henry Kasmanhadi, Fujita Masafumi
2. 発表標題 Effects of Climate Change Related Factors on Brackish-Water Clam <i>Corbicula Japonica</i>
3. 学会等名 第57回日本水環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三浦七海, Henry Kasmanhadi Saputra, Preeti Pokhrel, 藤田昌史
2. 発表標題 マイクロプラスチックが汽水性二枚貝ヤマトシジミの開閉運動と成長力に及ぼす影響
3. 学会等名 第57回日本水環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 早川圭亮, 藤田昌史
2. 発表標題 高濃度二酸化炭素を用いた汽水性二枚貝ヤマトシジミの石灰化の促進
3. 学会等名 第57回日本水環境学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Pokhrel P, 藤田昌史
2. 発表標題 Integrated biomarker responses of a brackish water clam to natural and global warming conditions
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦七海, 鄧家豪, Akther Shumona, 藤田昌史
2. 発表標題 底質組成が汽水性二枚貝ヤマトシジミの開閉運動に及ぼす影響
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Pokhrel P, Machida H, Akther S, Suzuki J, Fujita M
2. 発表標題 Antioxidant responses of brackish water clam to sediment composition and water quality: a field experiment
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference Online 2020 (WET2020-online) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

茨城大学大学院理工学研究科都市システム工学領域藤田研究室HP
<http://wenv.civil.ibaraki.ac.jp/>

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------