

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00584

研究課題名(和文) ミジンコ類の表現型可塑性と化学物質による攪乱影響の評価

研究課題名(英文) Phenotypic plasticity in Daphnia: responses to environmental cues and disturbance by anthropogenic toxic chemicals on them.

研究代表者

坂本 正樹 (Sakamoto, Masaki)

富山県立大学・工学部・准教授

研究者番号：20580070

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：様々な環境ストレス(酸素欠乏, 被食リスク, 餌不足等)に対して生物が見せる応答(表現型可塑性)のパターンを解明するとともに, それが人為汚染物質(農薬類や金属類)によってどのように攪乱されるのかを明らかにすることを目的とし, ミジンコを用いた研究を行った。その結果, それぞれの応答に対して環境ストレスが複合的に作用することや, 人為汚染物質による応答の攪乱が個体群動態に大きな影響を及ぼしていることがわかった。得られた多くの新たな知見は, 今後の水域管理や化学物質のリスク評価に役立てられると期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では, 湖沼における主要な一次消費者であるミジンコの「呼吸」, 「摂餌」, 「被食」に関連する表現型を対象とした。これらは生存率や増殖率に直接関係するため, 生物が自然環境でどのような生存戦略をとるのかという生態学的に重要な知見を得ることが出来た。また, 特に銅による水域の汚染はごく微量であってもミジンコの防御形態への変化を阻害し, 個体群レベルでの影響も大きいことがわかった。化学物質による生物間相互作用の攪乱影響は既存のリスク評価では十分に考慮されていないため, 得られた知見は今後の水域管理や化学物質のリスク評価に役立てられると期待される。

研究成果の概要(英文)：Organisms can modify those phenotypic traits (e.g., morphology, behavior and life-history trait) in response to temporally changing biotic and abiotic environments. In terms of phenotypic plasticity, the cladoceran Daphnia is one of the well-studied organisms. However, the information about the pattern of phenotypic responses to the combined exposure of biotic/abiotic stresses is still lacking. Here, we examined the influences of five different stresses (single or combined exposures to hypoxia, food shortage, predator kairomone, copper, and an insecticide diazinon) on individual phenotype and population dynamics of *D. pulex*. We found that the environmental stresses act on each response in a complex manner, and that the disturbance of the phenotypic plasticity by anthropogenic pollutants can have a great influence on the population dynamics of Daphnia. New findings from present study will be useful for future water area management and risk assessment of chemical substances.

研究分野：陸水生態学, 生態毒性学

キーワード：表現型可塑性 ミジンコ 環境ストレス 人為汚染物質 攪乱影響

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 環境ストレスに対する生物応答と表現型変化の優先性

ミジンコ類の表現型可塑性に関する研究は活発に行われており、例えば①貧酸素環境下での体液中のヘモグロビン濃度の上昇、②低餌密度条件下での濾過スクリーン面積(第3, 第4胸脚)の増大、③特定の捕食者の存在下での防御形態などが良く知られている。しかし、先行研究は単一のストレスへの応答を調べたものがほとんどで、複合曝露に対する応答はほとんどわかっていない。知見は断片的であるが、表現型の発現には順位の優先性が存在する可能性がある。すなわち、発現の優先順位は「ヘモグロビン(酸欠)」>「濾過スクリーン(餌不足)」>「形態変化(被食リスク)」の順であると推察される(Hanazato 1996; Spaak & Boersma 1997)。これらはミジンコの生存率や増殖率に直接影響する「呼吸」、「摂餌」、「被食」に関連する表現型である。そのため、発現の優先性を明らかにすることで、生物が自然環境でどのような生存戦略を優先するのかという生態学的に重要な知見を得ることが出来る。

(2) 人為汚染物質による攪乱影響の解明

ミジンコ類は、化学物質の生態影響評価に関連する種々の公定法において低次消費者(甲殻類)を代表する標準試験生物に指定されている。ただし、農薬類や界面活性剤、重金属類が、公定試験法では影響が検出できない微量での曝露であっても水生生物(原生動物、藻類、甲殻類、貝類、両生類、魚類)の誘導防御(形態、行動、生活史特性の変化)を抑制もしくは促進することが明らかになっている(Lüring and Scheffer 2007; Sakamoto et al. 2009)。実際に、野外環境中で化学物質による直接影響(生存、増殖への影響)が観察されるほど高濃度の汚染が起こる事例は少ないが、すでに生物間相互作用の攪乱等を介して一定程度の毒性影響が表れている可能性が高い。しかし、これを定量的に示した研究報告は無く、誘導防御以外の研究もほとんどなされていない。

(3) 個体群動態への影響の解明

現状、わが国における化学物質の初期リスク評価は、ハザード比に基づき行われている。一方で、代表者らは、様々な生物が相互に関係し合う生態系への影響を、現行の毒性試験のみで把握することは困難であることを示してきた。表現型可塑性の攪乱は人為汚染物質への低濃度曝露で引き起こされるため、まずはそれが個体群動態にどのように波及していくのかを明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

「様々な環境ストレスに対して生物が見せる表現型可塑性の優先性を明らかにすること」および、「表現型可塑性の攪乱を介した有害化学物質の生態影響の評価」を目的として研究を行った。本研究では、現在までに知見が断片的である複合的な環境ストレスに対して変化する表現型の発現パターンを精査するとともに、環境ストレスと化学物質による複合的な生態影響を評価した。

3. 研究の方法

(1) 表現型可塑性における発現の優先性の解明

本研究ではミミジンコ(*Daphnia pulex*)のi)ヘモグロビン生産(酸欠)、ii)濾過スクリーン面積の増大(餌不足)、iii)形態・生活史特性の変化(被食リスク)を対象とし、環境ストレスへの複合曝露条件下での応答パターンを検証した。実験に用いたクローン系統は後の生態毒性学的視点での研究を勘案して国立環境研究所が維持・培養している系統(NIESクローン)を使用した。

(2) 人為汚染物質による表現型可塑性の攪乱影響

(1)の実験結果をふまえ、すでに誘導防御の攪乱について報告のある金属(銅)による表現型への影響を調べた。

(3) 野外個体群における表現型と環境条件の関係

ミジンコ(*D. pulex*)の生息が確認されている富山県のため池(富山市の古洞池と射水市の綿内池)において、水質(Chl. *a*濃度など)や防御形態を誘導する捕食者(*Chaoborus* spp.:フサカ幼虫)の密度の季節変動とミジンコの表現型との関係を調べた。

(4) 表現型可塑性の攪乱による個体群動態への影響

緑藻クロレラ(*Chlorella vulgaris*)、ミジンコ(*D. pulex*)、フサカ幼虫(*Chaoborus* spp.)を構成種とする3栄養段階の実験系を用い、ダイアジノンまたは銅への曝露によるミジンコの個体群動態と表現型への影響を調べた。

4. 研究成果

(1) 表現型可塑性における発現の優先性の解明

実験では、フサカ幼虫のカイロモン(被食ストレス)に曝した処理区と低餌密度の処理区でミジンコの増殖速度が低下した。体液中ヘモグロビン濃度については、これまでに知られていた貧酸素環境の他に、被食ストレスに曝された場合にも上昇することがわかった(図1)。また、餌不足に曝された際に発現するろ過スクリーン面積の拡大は、被食ストレスや貧酸素ストレスによる影響を受けないことがわかった。

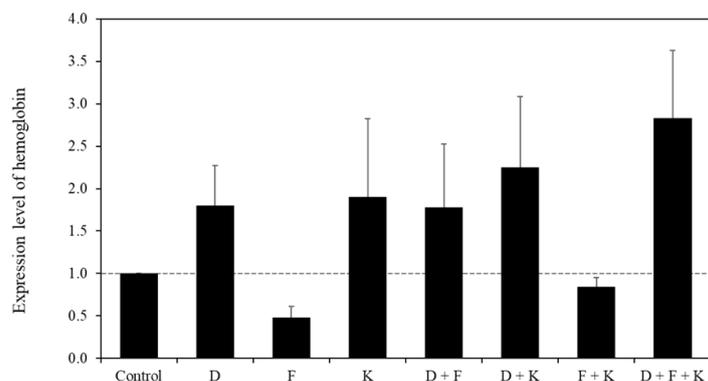


図1. 各処理区におけるミジンコ（7日齢）の体液中ヘモグロビン濃度（mean ± SE）. 各処理区の値は、対照区を1とした時の相対値を示す.

一方、被食ストレスによって誘導される防御形態の発現（ネックティースの形成）は、貧酸素ストレスによって抑制されたが、餌不足に曝されても影響を受けなかった. 一般に、ミジンコの形態変化は餌不足の環境下では誘導されない. 本研究で形態変化の抑制が起こらなかったのは、フサカ幼虫のカイロモンに対する感受期（後期胚の限られた期間であり、胚は母親個体の育房内にある）に餌不足環境に曝さなかったためであると考えられる. これまで、ミジンコ類の表現型可塑性に関する研究は単一のストレスへの応答を調べたものがほとんどで、複合曝露に対する応答はほとんどわかっていなかったが、本研究の結果から、各表現型の変化が、複数の環境ストレスによって制御されていることが明らかになった. これらの新たな知見については論文としてまとめ、国際誌に投稿済みである（Oda et al, under review）.

(2) 人為汚染物質による表現型可塑性の攪乱影響

(1) の条件に加え、体成長や内的自然増加率に影響を与えない低濃度の銅に曝した時のミジンコの表現型の変化を調べた. 本研究においても、先行研究と同様に銅が防御形態の発現を抑制するという結果が得られた. この現象は、すでに Mirza and Pyle (2009) が確かめている. 一般に、水生生物に影響を与える金属の形態は無機の陽イオン（特にフリーイオン）であるため、水質データ（水温、pH、溶存有機物濃度、無機炭素濃度、各種陽イオン、陰イオン等の測定値）を用いて化学平衡モデルからイオン活量（ Cu^{2+} activity）を推定したところ、0.26 nM と見積もられた. 形態変化の抑制メカニズムは明らかにされていないが、本研究で見積もられた 0.26 nM はミジンコの半数致死濃度（48-h LC_{50} ）の数十分の一の値である.

一方、銅はろ過スクリーン面積の拡大には影響を与えなかった（図2）. ただし、(1) で行った実験の結果とは異なり、この実験では被食ストレス（フサカ幼虫のカイロモン）に曝された時にもろ過スクリーンの拡大が認められた. (1) で行った実験ではカイロモン濃度をフサカ幼虫 10 inds. L^{-1} で作製したのに対し、この実験では半分の 5 inds. L^{-1} で作製した. 再現性を確かめるために何度か実験を行ったが、ろ過スクリーン面積の拡大はカイロモン濃度が低い条件で引き起こされることがわかった. 被食ストレスによるろ過スクリーン面積の拡大は、これまでに全く報告のない現象である.

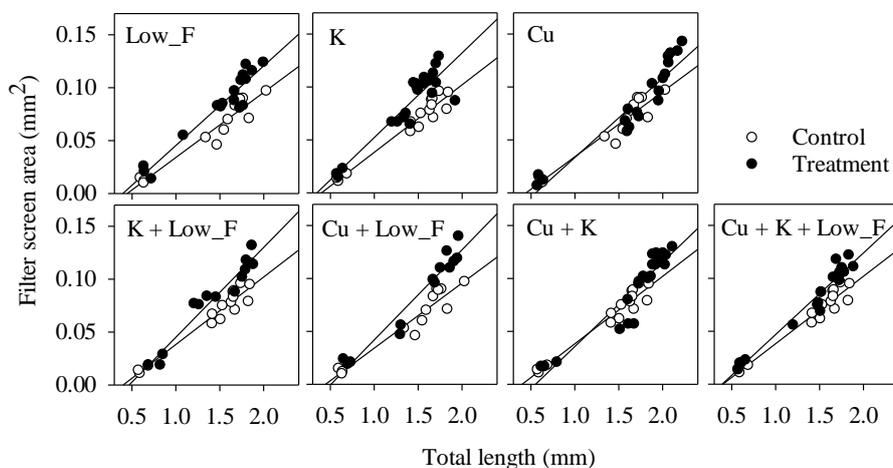


図2. 各処理区におけるミジンコの体長とろ過スクリーン面積の関係. 貧酸素条件については(1)と同様に全く影響が認められなかったため、ここでは記載していない.

低濃度のカイロモンによるろ過スクリーンの拡大の誘導が、なぜ起こるのかを確かめるため、異なる濃度のカイロモン（フサカ幼虫が 0 ~ 10 inds L^{-1} 相当）にミジンコを曝した時のムレミカ

ヅキモ (*Raphidocelis subcapitata*) に対する摂食速度を調べた。その結果、摂食実験の1日前からカイロモンに曝した個体ではカイロモン濃度が高い条件で摂食速度が低下したが、1世代前(母親個体)からカイロモンに曝した個体では摂食速度の低下が抑えられた。このことから、ミジンコは被食ストレスの存在下でもろ過スクリーン面積を拡大することで、効率的に摂食を行い、摂食速度の低下分を補っていると考えられる。ただし、カイロモン濃度が高い条件では防御形態の変化が優先され、ろ過スクリーンの拡大が起こりにくいことがわかった。

(3) 野外個体群における表現型と環境条件の関係

先行研究 (So et al. 2015) で *D. pulex* の生息が確かめられている、富山県内のため池(古洞池、綿内池)において、2018年4月下旬から、*Daphnia* 属のミジンコの個体群が崩壊する8月下旬まで2週間に1回の定期的な水質・生物相調査を行った。ただし、綿内池では6月上旬に *Daphnia* が確認されなくなったため、そこで打ち切りとした。綿内池では5月中旬までマギレミジンコ (*D. ambigua*) とミジンコ (*D. pulex*) が同程度の密度で生息していた。一方、古洞池では、*D. pulex* は一時的にごく低密度 (1 ind. L⁻¹ 以下) で出現したのみで、*D. ambigua* が優占種であった。

図3に、綿内池および古洞池における表層水中の Chl. *a* 濃度(植物プランクトンの現存量の指標)と、*D. ambigua* のろ過スクリーン面積との関係を示す。これらの結果から、野外環境において、*Daphnia* は餌資源量の経時的な変動に応じて柔軟にその表現型(ろ過スクリーン面積)を変化させていることがわかった。また、古洞池の *D. ambigua* の内、防御形態の個体と通常形態の個体でろ過スクリーン面積に違いがあるかを調べたところ、防御形態の個体でろ過スクリーンが小さい傾向が認められた。一般に、餌不足の環境下では、ミジンコの防御形態は発現しにくくなることが知られている(母親個体が餌不足に曝された場合)。そのため、野外環境において防御形態を有する個体は、通常形態の個体より多くの餌を得た親から産まれたと考えられる。

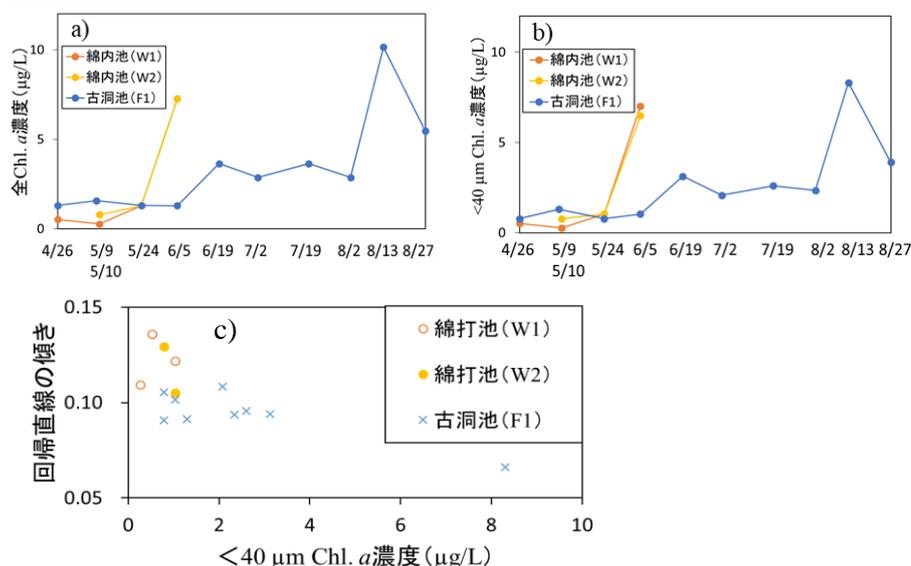


図3. 綿打池2地点(W1, W2)および古洞池F1地点の表層水中の(a)全Chl. *a*濃度および(b)粒径40µm未満(動物プランクトンが摂食できるサイズ)の植物プランクトンのChl. *a*濃度。(c)Chl. *a*濃度(<40µm)と*D. ambigua*のろ過スクリーン面積との関係。図の縦軸は、測定データを直線 $\log A = \log a + (b \times \log L)$ にあてはめて得られた傾き *b* の値 (*A* はろ過スクリーン面積, *L* は *D. ambigua* の全長)。

(4) 表現型可塑性の攪乱による個体群動態への影響

ミジンコの防御形態の発現を抑制する金属(銅)の個体群レベル影響を、マイクロコズム実験(10 L容量)により検証した。30日の実験期間中、マイクロコズム内の試験水がサンプリングや蒸発によって減った際にCOMBO培地(銅0.25 µg L⁻¹含有)を加えたため、溶存態銅濃度は時間の経過とともに上昇した(図4)。これにより、実験後半には銅処理区で銅のイオン活量が高くなる傾向があった。*D. pulex*の密度はフサカ幼虫を入れた処理区で低くなったが、銅添加そのものによる影響は大きくなかった。ただし、「銅+フサカ処理区」では実験終了時の*D. pulex*の密度が非常に低く、特に仔虫はほとんど観察されなかった。*D. pulex*仔虫におけるネックティースの発現度合いは、銅イオン活量の上昇と同時期に低下した。このように、銅による誘導防御の発現抑制が*D. pulex*の個体群動態にも影響しうることが明らかになった。

特に、防御形態の発現抑制が確認された時のCu²⁺ activityは0.01 nM以下と非常に低かった。銅を含め、極低濃度の金属類による水生生物の表現型可塑性への影響については、近年、ミジンコ類(例えば DeMille et al. 2016)や藻類(Huang et al. 2016)を用いた研究の報告が増えてきている。ただし、これらの生化学的な攪乱メカニズムはほとんど明らかになっていない。ただし、表現型可塑性の攪乱は実環境中でも普遍的に検出されるような低濃度の銅(イオン活量に換算

した場合)で引き起こされるため、銅がこれらの生物に直接的に影響しているとは考えにくい。ミジンコ類や藻類の防御を誘導する至近要因は多くの場合、情報化学物質(カイロモン)である。ミジンコの形態変化を誘導するフサカ幼虫のカイロモンは、脂肪酸とグルタミンの化合物であり(Weiss et al. 2018)、藻類(イカダモ)の群体形成を誘導するミジンコ類のカイロモンは脂肪酸硫酸エステル類である(Yasumoto et al. 2006)。これらのカイロモンは有機物であるため、金属類と有機錯体を形成して化学構造が変化した結果、カイロモンとしての活性を失った可能性がある。この仮説についても、今後の詳細な実験的検証が必要となる。

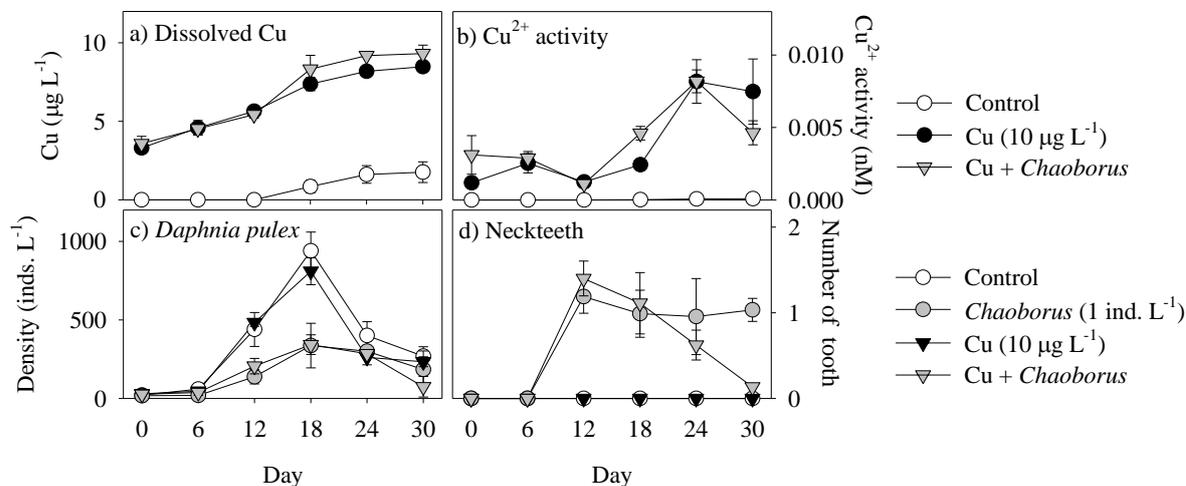


図4. 個体群レベル実験における (a) 溶存態銅濃度, (b) 銅のイオン活量, (c) ミジンコの個体群動態, (d) 幼体におけるネックティースの発現度合いの経時変化 (値は全て mean ± SE)。

現状、化学物質による生物間相互作用の攪乱影響は既存のリスク評価では十分に考慮されていないため、本研究により得られた知見は今後の水域管理や化学物質のリスク評価に役立てられると期待される。

<引用・参考文献>

DeMille CM, Arnott SE and Pyle GG (2016) Variation in copper effects on kairomone-mediated responses in *Daphnia pulex*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126: 264-272.
 Hanazato T (1996) Combined effects of food shortage and oxygen deficiency on life history characteristics and filter screen of *Daphnia*. *Journal of Plankton Research*, 18: 757-765.
 Huang Y, Nan H, Zhu X, Li B, Zhang Z and Yang Z (2016) Waterborne copper impairs grazer-induced colony formation and photosynthetic efficiency in *Scenedesmus obliquus*. *Limnology and Oceanography*, 61: 625-634.
 Lüring M and Scheffer M (2007) Info-disruption: pollution and the transfer of chemical information between organisms. *Trends in Ecology & Evolution*, 22: 374-379.
 Mirza RS and Pyle GG (2009) Waterborne metals impair inducible defenses in *Daphnia pulex*: morphology, life-history traits and encounters with predators. *Freshwater Biology*, 54: 1016-1027.
 Sakamoto M, Hanazato T and Tanaka Y. (2009) Impact of an insecticide on persistence of inherent antipredator morphology of a small cladoceran *Bosmina*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 57: 68-76.
 So M, Ohtsuki H, Makino W, Ishida S, Kumagai H, Yamaki KG and Urabe J (2015) Invasion and molecular evolution of *Daphnia pulex* in Japan. *Limnology and Oceanography*, 60: 1129-1138.
 Spaak P and Boersma M (1997) Tail spine length in the *Daphnia galeata* complex: costs and benefits of induction by fish. *Aquatic Ecology* 31: 89-98.
 Tollrian R (1993) Neckteeth formation in *Daphnia pulex* as an example of continuous phenotypic plasticity: morphological effects of *Chaoborus* kairomone concentration and their quantification. *Journal of Plankton Research*, 15: 1309-1318.
 Weiss LC, Albada B, Becker SM, Meckelmann SW, Klein J, Meyer M, Schmitz OJ, Sommer U, Leo M, Zagermann J, Metzler-Nolte N and Tollrian R (2018) Identification of *Chaoborus* kairomone chemicals that induce defenses in *Daphnia*. *Nature Chemical Biology*, 14: 1133-1139.
 Yasumoto K, Nishigami A, Kasai F, Kusumi T and Ooi T (2006) Isolation and absolute configuration determination of aliphatic sulfates and *Daphnia* kairomones inducing morphological defense in a phytoplankton. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 54: 271-274.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Makoto Ishimota, Daisuke Nakajima, Masaki Sakamoto and Yuichi Miyabara	4. 巻 34
2. 論文標題 Water-soluble bioactive compounds in <i>Trapa japonica</i> leaves: Temporal changes in the chemical composition and toxicity to cladocerans.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 328-335
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/1440-1703.1274	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sakamoto Masaki, Nagata Takamaru, Hanazato Takayuki, Miyabara Yuichi, Ha Jin-Yong, Park Ho-Dong, Toda Hideshige, Oh Hye-Ji, Oda Yusuke, Chang Kwang-Hyeon	4. 巻 33
2. 論文標題 Long-term zooplankton community records (1996?2017) for Lake Suwa (Japan)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11284-017-1528-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Oda Yusuke, Sakamoto Masaki, Iwasaki Yuichi, Nagasaka Seiji, Ha Jin-Yong, Chang Kwang-Hyeon, Kashiwada Shosaku	4. 巻 230
2. 論文標題 Inter-clonal Variation in Copper Sensitivity in <i>Bosmina longirostris</i> with Different Exposure Histories	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water, Air, & Soil Pollution	6. 最初と最後の頁 109
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11270-019-4154-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Oh Hye Ji, Oda Yusuke, Ha Jin Yong, Nagata Takamaru, Hanazato Takayuki, Miyabara Yuichi, Sakamoto Masaki, Chang Kwang Hyeon	4. 巻 34
2. 論文標題 Responses of daphnids and other zooplankton populations to massive fish kill in Lake Suwa	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 856~863
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/1440-1703.12054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計27件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Masaki Sakamoto, Yusuke Oda, Yuichi Iwasaki, Seiji Nagasaka, Kwang-Hyeon Chang and Shosaku Kashiwada
2. 発表標題 Inter-clonal variation in copper sensitivity in <i>Bosmina longirostris</i> with different exposure histories.
3. 学会等名 31st ESCPB Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyuki Mano
2. 発表標題 Chronic toxicity of nickel to <i>Daphnia</i> species living in Japanese freshwater environment
3. 学会等名 SETAC Asia Pacific 2018 Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 眞野浩行, 篠原直秀
2. 発表標題 <i>Daphnia</i> 属のミジンコ種に対するニッケルの慢性毒性
3. 学会等名 第24回日本環境毒性学会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福澤直, 坂本正樹
2. 発表標題 ミジンコの形態変化に及ぼす金属と殺虫剤の個体群レベル影響
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会 第44回(2018)研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和田凌樹, 坂本正樹
2. 発表標題 野外の複合環境ストレスに対するミジンコの表現型応答
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会 第44回(2018)研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横井秀美, 坂本正樹
2. 発表標題 金属によるミジンコのろ過スクリーン面積の増大への影響
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会 第44回(2018)研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福島侑樹, 時下進一, 坂本正樹
2. 発表標題 環境ストレスに対するミジンコの表現型応答とCu曝露による攪乱
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会 第44回(2018)研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村親良, 石母田誠, 奥川光治, 坂本正樹
2. 発表標題 ヒン由来の化学物質によるミジンコの個体群動態への影響
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会 第44回(2018)研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石母田誠, 坂本正樹, 宮原裕一
2. 発表標題 諏訪湖に潜む活性物質-ヒシ抽出物質がミジンコに及ぼす影響-
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会 第44回(2018)研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Oda, Jong-Mo Seo, Masaki Sakamoto, Kwang-Seuk Jeong, Kwang-Hyeon Chang
2. 発表標題 Estimation of multiple environmental stress using biomarkers: quantitative approach using Daphnia magna under temperature stresses and info-chemicals
3. 学会等名 the INTECOL 2017 Beijing- International Congress of Ecology (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Oda, Meiyun Jin, Masaki Sakamoto, Kwang-Hyeon Chang
2. 発表標題 Species-specific phenotypic response and the population dynamics in three filter-feeder cladocerans (Daphnia magna, D. galeata, Simocephalus vetulus)
3. 学会等名 韓国河川・湖沼学会 50周年記念国際シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 稲垣 智哉, 小田 悠介, 眞野 浩行, Chang Kwang-Hyeon, 坂本正樹
2. 発表標題 異なる環境ストレスに対して枝角類が見せる表現型可塑性の優先性
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会 第43回研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 眞野浩行, 田中嘉成
2. 発表標題 霞ヶ浦に生息するカブトミジンコにおける農薬2種類への感受性の種内変異
3. 学会等名 日本生態学会大会 第65回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fukushima Y. and Sakamoto M.
2. 発表標題 Changes in filter screen morphology of <i>Daphnia pulex</i> in response to biotic/abiotic environmental stresses
3. 学会等名 WET2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nagano M., Sakamoto M., Chang K.H. and Doi H.
2. 発表標題 Allocation of predator induced plasticity: A meta-analysis for <i>Daphnia</i>
3. 学会等名 日本進化学会第21回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田悠介, 花里孝幸, Chang Kwang-Hyeon, 坂本正樹
2. 発表標題 魚カイロモン存在下で産まれたオオミジンコ (<i>Daphnia magna</i>) の仔虫は殺虫剤に弱い
3. 学会等名 第25回日本環境毒性学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本正樹, 福島侑樹, 眞野浩行, 時下進一
2. 発表標題 ミジンコの表現型可塑性に及ぼす生物的・非生物的環境ストレスの影響
3. 学会等名 第25回日本環境毒性学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田悠介, 坂本正樹, 宮原裕一
2. 発表標題 藻類とミジンコに及ぼす陰イオン界面活性剤の影響：繁殖阻害と表現型の変化
3. 学会等名 第25回日本環境毒性学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福島侑樹, 坂本正樹
2. 発表標題 生物的/非生物的環境ストレスによるミジンコの濾過スクリーン面積の変化
3. 学会等名 日本陸水学会第84回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村親良, 坂本正樹
2. 発表標題 ヒンによるイカダモ - ミジンコ間相互作用への影響
3. 学会等名 日本陸水学会第84回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Oh H.J., Chang K.H., Kim H.W., Sakamoto M., Doi H., Nakano S., Nagata T. and Miyabara Y.
2. 発表標題 Spatial patterns of rotifer community: Is there any tendency predicting the relationships with environmental factors?
3. 学会等名 日本陸水学会第84回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合哲太, 坂本正樹
2. 発表標題 同所的に存在する魚類と無脊椎捕食者に対する枝角類の表現型応答
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会第45回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田航輝, 坂本正樹
2. 発表標題 沈水植物と枝角類によるイカダモの群体形成の誘導
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会第45回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田悠介, 坂本正樹, 宮原裕一
2. 発表標題 陰イオン界面活性剤の曝露下における藻類とミジンコの表現型応答
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会第45回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福島侑樹, 坂本正樹
2. 発表標題 Daphnia pulexのろ過スクリーン面積に及ぼす餌不足と被食リスクの影響
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会第45回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村親良, 坂本正樹
2. 発表標題 ヒシ - イカダモ - ミジンコ間のケミカルコミュニケーション
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会第45回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Oh H.J., Sakamoto M. Oda Y., Miyabara Y., Nagata T., Kim H.W. and Chang K.H.
2. 発表標題 Analysis of rotifer community long-term dynamics focusing on functional group
3. 学会等名 日本陸水学会甲信越支部会第45回研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

水圏生態学研究室 https://sites.google.com/site/mslucky94/

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
研究分担者	時下 進一 (Tokishita Shin-ichi) (60266898)	東京薬科大学・生命科学部・准教授 (32659)	
研究分担者	眞野 浩行 (眞野) (Mano Hiroyuki) (40462494)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・主任研究員 (82626)	