



Title	尾瀬ヶ原の池澮に生息する枝角類に対する洪水の影響
Author(s)	帆苺, 信; Hokari, Makoto; 朴, 虎東 他
Citation	低温科学, 80, 409-420
Issue Date	2022-03-31
DOI	https://doi.org/10.14943/lowtemsci.80.409
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/84954
Type	departmental bulletin paper
File Information	29_p409-420_LT80.pdf



尾瀬ヶ原の池澮に生息する枝角類に対する洪水の影響

帆苅 信¹⁾, 朴 虎東²⁾

2021年10月31日受付, 2021年12月21日受理

近年尾瀬ヶ原では洪水が増加していることが指摘されており, 湿原内の生物への影響が懸念されている。そこで尾瀬ヶ原上田代の24池澮について2018年5月~11月にかけて枝角類の調査を行い, 洪水による影響の有無を調べた。その結果, 洪水による直接的な影響はみられなかったが, 洪水の結果池澮内に侵入したであろう魚類によって枝角類は影響を受けていることが明らかになった。また, 魚類が確認された池澮のうち, 多くの池澮では翌月には個体群密度が大幅に増加していたことから, 魚類は1つの池澮にとどまらず, 他の池澮に移動している可能性が示唆された。

Effects of floods on Cladocera in pools of the Ozegahara mire

Makoto Hokari¹, Ho-Dong Park²

In recent years, floods have been increasing in the Ozegahara mire. Floods may be affecting organisms in the pools of the mire. To investigate the effects of flooding, cladocerans were studied in 24 pools in the Kamitashiro area of the Ozegahara mire from May to November 2018. The direct effects of the floods were unclear; however, the effects of the fish that would have invaded the pools during the floods on cladocerans were clarified. In many pools where fish were confirmed, the population density of cladocerans increased significantly in the following month. Fish may, therefore, have moved into multiple additional pools.

キーワード: 枝角類, 動物プランクトン, 泥炭池澮, 尾瀬ヶ原
Cladocera, zooplankton, flood, Ozegahara mire

1. はじめに

地球温暖化に起因する集中豪雨は近年増加傾向にあり, 最近10年間(2011~2020年)の日本国内での大雨発生頻度は, 1970年代後半に比べて約1.5倍に増加している(気象庁, 2021)。尾瀬ヶ原では集中豪雨によって湿原内を流れる河川の洪水が引き起こされ, 周囲の池澮や湿原に濁流が流入する現象が観測されており(吉井ほか, 2014), 近年その頻度が増していることが指摘されている(福原ほか, 2022)。これらの洪水は池澮内の

枝角類に対して大きな影響を与えていると考えられ, 濁流による池澮外への流出の他, 川からの氾濫水と共に魚類が池澮内に侵入することが指摘されている(Maruyama et al., 1982; 阪口・相馬, 1999)。魚類による捕食圧は枝角類を含む動物プランクトン群集の個体群密度を大きく減少させることが明らかになっており(Hrbacek et al., 1961; Brooks et al., 1965; Hanazato and Yasuno, 1989), 池澮内の枝角類は洪水に伴って侵入した魚類による影響を十分に受けることが予想される。

責任著者
帆苅 信
連絡先: 新潟県立生涯学習推進センター
〒950-8602 新潟県新潟市中央区女池南3-1-2
Email: hokari.makoto@gmail.com

1) 新潟県立生涯学習推進センター
2) 信州大学理学部理学科
1 Niigata Prefectural Lifelong Learning Promotion Center
2 Department of Environmental Science, Faculty of Science, Shinshu University

尾瀬ヶ原の動物プランクトン調査に関しては、上野 (1936) をはじめ、尾瀬ヶ原総合学術調査における動物プランクトン調査 (上野, 1954a, 1954b; Kurasawa et al., 1982; 花里ほか, 1999; 平, 2000; 帆苺・朴, 2021) のほか、片山 (1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2008a, 2008b, 2009, 2010, 2012), 栗田・峰村 (2005, 2006, 2007, 2011) がある。それらの調査では尾瀬ヶ原の上流部に位置する上田代やその下流部に位置する中田代の池澮を中心として定性的・定量的な採集が行われ、動物プランクトンの出現種、餌環境の解析、池澮に生息するイモリによる捕食影響などが報告されてきた。しかし、季節変化となると花里 (1999) が1池澮について、栗田・峰村 (2006) が4池澮について、帆苺・朴 (2021) が4池澮について報告しているが、いずれも池澮間の差が大きいことが指摘されており、尾瀬ヶ原の池澮全体としての把握はできていない。また、近年増加してきているといわれる洪水によって池澮内の動物プランクトン群集がどのような影響を受けているのかはよくわかっていない。

本研究は尾瀬ヶ原上田代地域の池澮について、枝角類の季節変化を明らかにすること、また、洪水の影響が大きいと思われる池澮と洪水の影響が小さいと思われる池澮の枝角類を比較し、洪水による直接的な影響と、洪水によって侵入した強力な捕食者である魚類による影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

尾瀬ヶ原上田代にある池澮のうち24ヶ所 (図1, 2) を選び、それぞれの池澮で枝角類の採集ならびに環境要因の測定を行った。調査は2018年5月から11月にかけて6回実施した。

枝角類の採集は、池澮の岸の1定点から長さ1 m (直径5 cm) のカラム式採水器を使って底質直上までの湖水を50 Lまたは75 L採水し、それをNXX13のプランクトンネット (メッシュサイズ100 μm , 離合社) を用いて濾過濃縮することによって行った。得られたサンプルは90%エタノールで固定し、光学顕微鏡下で種の同定と計数を行い、湖水1 Lあたりの個体群密度を求めた。枝角類の同定は田中 (1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2001) に従って行った。*Daphnia* 属に関してはさらにIshida et al. (2011) を参考にした。

環境要因としては、池澮の岸から水温、溶存酸素濃度 (HQ30d, 蛍光式溶存酸素メーター, HACH) を測定した。

調査した池澮の区分は福原ほか (2022) による洪水影響の区分を採用した。これは、1) 濁水による池澮の濁り具合の目視観察とドローン映像による濁りの確認、2) 池澮の標高からの検討、3) 魚類の侵入の3点を検討し、洪水影響大池澮と洪水影響小池澮に区分したものである。洪水影響の大小は洪水を受ける頻度の多寡を意味し、洪水影響小池澮とは設定雨量以下では浸水する可能性が低いことを示している。設定雨量は2019年5月20~21日にかけて発生した洪水時の累加雨量84 mmを採用

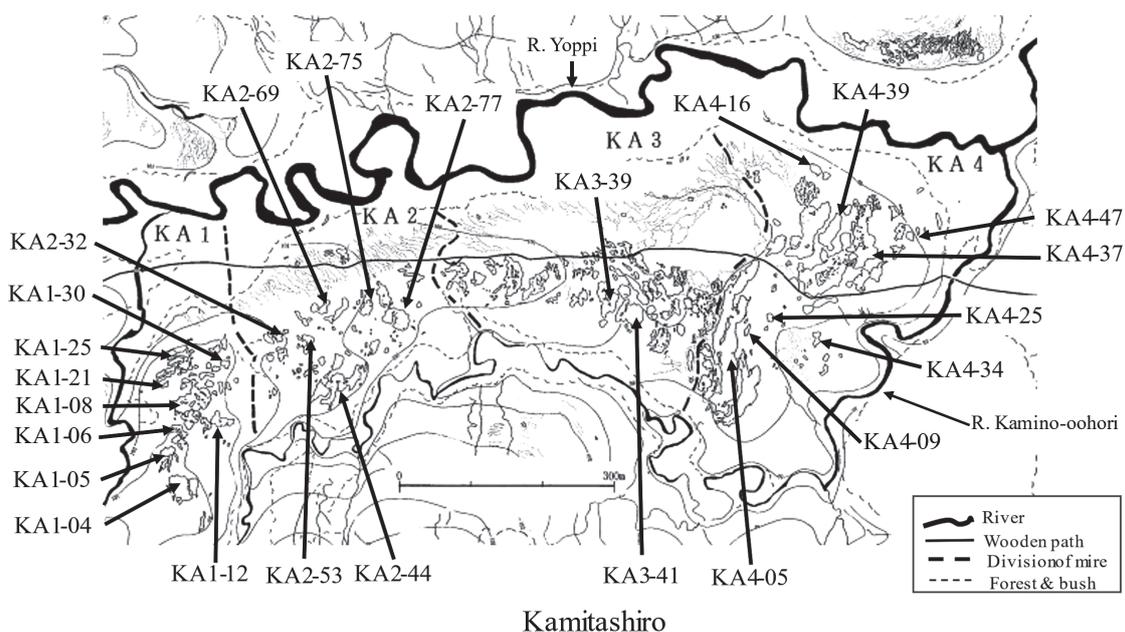


図1: 尾瀬ヶ原上田代 (Kamitashiro) における調査池澮の位置
金井 (1999) を改変, 図中の池澮番号は金井 (1999) による



A1-04



KA1-05



KA1-06



KA1-08



KA1-12



KA1-21



KA1-25



KA1-30



KA2-32



KA2-44



KA2-53



KA2-69



KA2-75



KA2-77



KA3-39



KA3-41



KA4-05



KA4-09



KA4-16



KA4-25



KA4-34



KA4-37



KA4-39



KA4-47

図2：尾瀬ヶ原上田代の池澮の写真（2018年7月14 - 15日撮影）

している。洪水影響大池塘（15 池塘：KA1-08, KA1-12, KA1-21, KA1-25, KA1-30, KA2-53, KA2-69, KA2-75, KA2-77, KA3-41, KA4-05, KA4-16, KA4-37, KA4-39, KA4-47）と洪水影響小池塘（9 池塘：KA1-04, KA1-05, KA1-06, KA2-32, KA2-44, KA3-39, KA4-09, KA4-25, KA4-34）として、それぞれの得られた枝角類の個体群密度を比較した。また、野原ほか（2022）によるもんどり法と釣りによる 2018 年 7 月と 8 月の池塘の魚類調査から、アブラハヤが KA1-08 と KA2-53 に、ドジョウが KA1-25 と KA2-69 に、ギンブナ KA2-53, KA2-77, KA3-41, KA4-37 で確認された。そこで調査池塘を魚の生息が確認できた池塘（7 月は 5 池塘：KA1-08, KA1-25, KA2-69, KA2-77, KA3-41, 8 月は 2 池塘：KA2-53, KA4-37）とそれ以外の池塘（7 月は魚が確認できなかった 5 池塘と調査を行っていない 14 池塘, 8 月は魚が確認できなかった 18 池塘と調査を行っていない 4 池塘）に区分し、7 月と 8 月における枝角類の個体群密度を比較した。それぞれの区分による個

体群密度の差については、t 検定を用いて解析を行った。

3. 結果

3.1 池塘の環境要因

各池塘における環境要因（水温、溶存酸素濃度）の計測結果を表 1, 2 に示す。水温は 5 月の雪解け以降に上昇し、8 月に 21.7 ~ 25.4 °C に達した。その後水温は低下し、11 月には 6.7 ~ 7.9 °C となった。各池塘間の水温差は 1.2 ~ 6.6 °C であり、KA2-75 と KA2-77 は調査期間を通じて水温が低く、KA1-04, KA1-21, KA1-30, KA2-44, KA4-39 は水温が高くなるが多かった。

溶存酸素濃度は 5 月以降夏にかけて低下し、8 月に KA1-08, KA2-32, KA2-53, KA2-77 で 3.53 ~ 3.97 mgO₂ L⁻¹ に達した。その後多くの池塘で溶存酸素濃度は上昇に転じたが、KA1-08 だけは 10 月でも 3.31 mgO₂ L⁻¹ と低い状態が続いた。

表 1：尾瀬ヶ原池塘における水温（°C）

池塘名	2018/5/20	2018/7/14-15	2018/8/13	2018/9/16	2018/10/13	2018/11/3
KA1-04	16.2	25.9	23.0	18.3	14.3	6.7
KA1-05		25.7	23.8	18.2	12.8	
KA1-06		24.9	24.2	18.5	14.4	
KA1-08		24.0	23.5	19.4	13.3	
KA1-12		24.6	24.2	20.0	15.5	
KA1-21		27.3	25.4	20.5	17.4	
KA1-25		28.2	25.3	20.6	15.4	
KA1-30		28.8	24.2	19.9	14.6	
KA2-32		24.7	24.4	20.3	14.9	
KA2-44		24.9	24.7	20.7	16.6	7.9
KA2-53		23.1	21.7	18.6	15.6	
KA2-69		22.7	24.8	21.3	15.1	
KA2-75		22.2	25.0	20.7	13.9	
KA2-77	15.1	22.2	25.0	20.3	14.6	
KA3-39		26.2	25.0	20.8	16.1	
KA3-41		27.0	24.9	20.8	14.8	6.9
KA4-05	14.9	25.8	24.2	20.3	15.2	
KA4-09		26.5	25.0	20.9	15.7	
KA4-16		26.1	24.2	19.5	15.8	
KA4-25		25.3	23.9	19.7	14.8	
KA4-34		26.3	24.3	19.7	15.1	
KA4-37	13.5	26.6	24.9	21.9	14.8	7.6
KA4-39		26.8	24.9	21.2	14.9	
KA4-47		27.1	24.7	21.6	15.3	

表2：尾瀬ヶ原池塘における溶存酸素濃度 (mgO₂ L⁻¹)

池塘名	2018/5/20	2018/7/14-15	2018/8/13	2018/9/16	2018/10/13	2018/11/3
KA1-04	8.20	6.99	6.71	6.57	5.09	9.40
KA1-05		6.16	6.59	6.71	5.74	
KA1-06		6.47	6.06	4.90	7.34	
KA1-08		7.32	3.69	3.77	3.31	
KA1-12		6.55	6.25	6.65	6.88	
KA1-21		4.08	5.97	6.43	6.64	
KA1-25		6.77	7.34	6.99	5.46	
KA1-30		6.44	6.53	7.07	5.20	
KA2-32		5.21	3.97	5.96	8.38	
KA2-44		6.47	6.60	6.20	5.19	
KA2-53		5.84	3.50	6.08	6.38	
KA2-69		6.61	4.23	4.77	7.79	
KA2-75		6.63	4.61	5.05	6.93	
KA2-77	7.33	6.20	3.53	4.19	7.14	7.6
KA3-39		6.65	6.54	6.76	5.40	
KA3-41		6.93	7.02	7.03	7.95	
KA4-05	8.03	8.15	6.86	7.25	7.79	9.07
KA4-09		6.39	6.00	6.14	6.83	
KA4-16		6.49	6.34	6.93	7.29	
KA4-25		6.93	5.08	5.00	5.31	
KA4-34		5.70	5.37	6.45	7.74	
KA4-37	8.26	6.40	6.77	7.50	8.54	9.67
KA4-39		7.47	7.84	8.21	6.70	
KA4-47		6.21	7.16	6.93	7.66	

3.2 池塘の枝角類

今回の調査では、9属9種の枝角類 (*Diaphanosoma brachyurum*, *Scapholeberis kingi*, *Daphnia dentifera*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Streblocerus serricaudatus*, *Acroperus harpae*, *Alona guttata*, *Chydorus sphaericus*, *Polyphemus pediculus*) を確認した。各池塘ごとの出現種と個体群密度を表3で、出現種ごとの平均個体群密度の季節変化を図3で示す。枝角類全体の平均としては5月に9.47 ind. L⁻¹ (SD=17.56) であった個体群密度が増加し、8月には26.18 ind. L⁻¹ (SD=27.12) とピークに達した。その後9月は3.27 ind. L⁻¹ (SD=2.97) と急激に減少し11月には0.54 ind. L⁻¹ (SD=0.37) となった。出現種別の個体群密度の平均でみると、個々の池塘でのばらつきが大きい。5～8月は *D. brachyurum* が7.65～24.44 ind. L⁻¹ (SD=11.29～27.36) であり、出現種のうちの80.8～93.4%を占めた。9月になると *D. dentifera* が増加して1.34 ind. L⁻¹ (SD=2.13) と出現種

の40.9%に達し、*D. brachyurum* は1.38 ind L⁻¹ (SD=2.69) と出現種の42.1%に低下した。10月以降は *D. dentifera* が0.38～2.86 ind. L⁻¹ (SD=0.44～3.16) と出現種の69.3～79.1%を占めた。

3.3 枝角類の個体群密度に対する洪水の影響

今回の調査期間中の2018年10月1日に川の水が湿原内に流入し洪水となった(大山, 2019)。洪水前の9月の枝角類全体の個体群密度が3.27 ind L⁻¹ (SD=2.96) であったのに対し、洪水後の10月の枝角類全体の個体群密度は3.61 ind L⁻¹ (SD=3.15) と増加した。

福原ほか(2022)により調査をした24池塘を洪水影響大池塘の15池塘と、洪水影響小池塘の9池塘に分類し、種ごとに個体群密度に対する洪水影響を評価した。その結果、9月の *D. brachyurum* 個体群密度 (t(14) =2.57, p=0.011, r=0.57) と *Chydorus sphaericus* 個体群密度 (t(15) =1.77, p=0.048, r=0.42), 10月の *D. brachyurum* 個体群

表 3 : 尾瀬ヶ原池澁における枝角類 (ind. L⁻¹)

2018/5/20	KA1-04	KA1-05	KA1-06	KA2-32	KA2-44	KA3-39	KA4-09	KA4-25	KA4-34	KA4-39	KA4-47	KA1-12	KA1-21	KA1-30	KA2-75	KA4-05	KA4-16	KA4-37	KA2-53	KA1-08	KA1-25	KA2-69	KA2-77	KA3-41
<i>Daphnia dentifera</i>	0.40	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60	-	-	1.40	-	-	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	0.40	-	-	-	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.80	-	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.60	-	-	-	-	-	-

密度 (t(15) =2.28, p=0.019, r=0.51) と *C. sphaericus* 個体群密度 (t(14) =2.18, p=0.023, r=0.5), *Ceriodaphnia quadrangula* 個体群密度 (t(14) =2.01, p=0.032, r=0.47) に有意な差が検出された。9月の *D. brachyurum* 個体群密度は 1.38 ind L⁻¹ (SD=2.68) で9月における全枝角類の個体群密度 (その月の各個体群密度の合計) の42.1%, *C. sphaericus* 個体群密度は 0.21 ind L⁻¹ (SD=0.47) で全枝角類の個体群密度の6.5%であった。10月の *D. brachyurum* 個体群密度は 0.21 ind L⁻¹ (SD=0.43) で10月における全枝角類の個体群密度の5.9%, *C. sphaericus* 個体群密度は 0.38 ind L⁻¹ (SD=0.84) で全枝角類の個体群密度の10.5%, *C. quadrangula* 個体群密度は 0.027 ind L⁻¹ (SD=0.067) で全枝角類の個体群密度の0.74%に相当した。

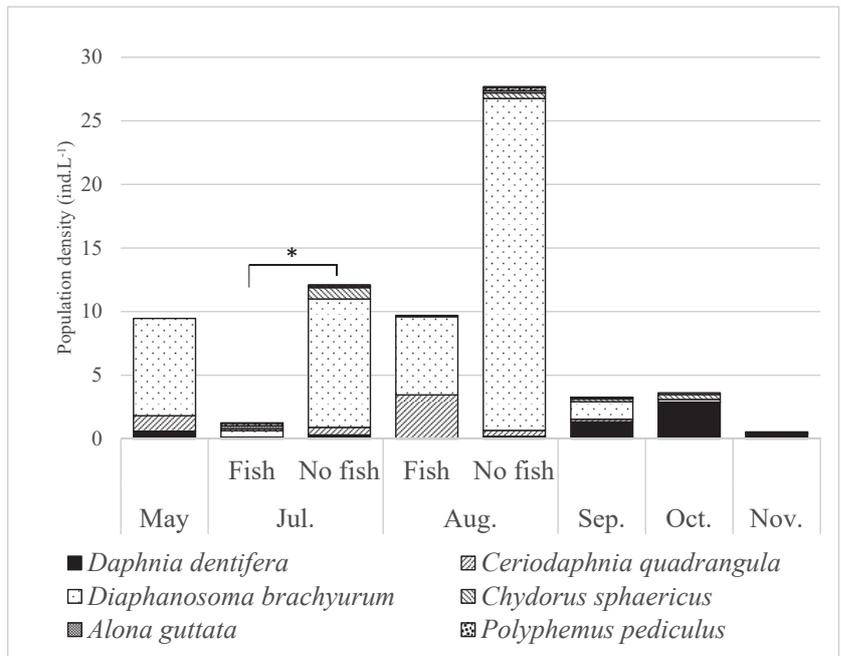


図 3 : 尾瀬ヶ原池澁における枝角類の平均個体群密度の季節変化
7月と8月は, Fish : 野原ほか (2022) より魚が確認された池澁, No fish : それ以外の池澁で, それぞれの平均個体群密度を示した. *は有意差 (p<.05) があることを示す.

3. 4 枝角類の個体群密度に対する魚類の影響

2018年7月ならびに8月の魚類調査 (野原ほか, 2022) を基に魚類の確認できた池澁 (7月はKA1-08, KA1-25, KA2-69, KA2-77, KA3-41の5池澁, 8月はKA2-53とKA4-37の2池澁) と, それ以外の池澁の個体群密度を比較して, 枝角類の個体群密度に対する魚類の影響を評価した。その結果, 7月は *D. dentifera* 個体群密度 (t(22) =2.01, p=0.028, r=0.39), *C. quadrangula* 個体群密度 (t(19) =1.97, p=0.032, r=0.41), *D. brachyurum* 個体群密

度 (t(18) =3.49, p=0.001, r=0.64), *C. sphaericus* 個体群密度 (t(19) =1.79, p=0.045, r=0.38) と全枝角類の個体群密度 (t(22) =1.95, p=0.032, r=0.38) で有意な差が検出された。また, 8月は *D. brachyurum* 個体群密度 (t(5) =2.55, p=0.026, r=0.75), *Alona guttata* 個体群密度 (t(21) =1.83, p=0.040, r=0.37) で有意な差が検出された。7月の *D. dentifera* 個体群密度は 0.26 ind L⁻¹ (SD=0.39) で同月における全枝角類の個体群密度の2.7%, *C. quadrangula* 個体群密度は 0.48 ind L⁻¹ (SD=1.09) で全

枝角類の個体群密度の4.9%, *D. brachyurum* 個体群密度は 8.10 ind L^{-1} (SD=11.29) で全枝角類の個体群密度の82.4%, *C. sphaericus* 個体群密度は 0.74 ind L^{-1} (SD=1.63) で全枝角類の個体群密度の7.5%に相当した。また、8月の *D. brachyurum* 個体群密度は 24.44 ind L^{-1} (SD=27.36) で全枝角類の個体群密度の93.4%, *A. guttata* 個体群密度は 0.17 ind L^{-1} (SD=0.46) で全枝角類の個体群密度の0.65%に相当した。

7月に魚がいた5池塘では全枝角類の平均個体群密度は 1.26 ind L^{-1} (SD=0.89) であったが、8月も 0.22 ind L^{-1} であったKA2-77を除くと残りの4池塘の全枝角類の平均個体群密度は 28.2 ind L^{-1} (SD=26.42) と7月の22.4倍に増加した。

4. 考察

4.1 尾瀬ヶ原池塘の環境要因ならびに枝角類

尾瀬ヶ原池塘における水温では季節的な変化は概ね同様であったが各池塘間の水温差は1.2~6.6℃あり、年間を通じて他の池塘より水温が高い池塘や水温が低い池塘があった。この原因としては池塘によって地下水の影響が異なるためであると推察される(野原ほか, 1999, 2021)。溶存酸素濃度についても水温同様に他の池塘より低い池塘があった。これも池塘ごとに地下水の影響が異なるためと推察されるが、平(2000)はセストン量が多い池塘では溶存酸素濃度が低くなる傾向があると報告しており、地下水以外にも原因がある可能性がある。

尾瀬ヶ原池塘における枝角類調査は、上野(1936)以降、数多くの報告が行われており、これまでに13属22種が知られている。今回の調査では9属9種の枝角類を確認したが、いずれの種もこれまでも尾瀬ヶ原で記録されてきた種である。

尾瀬ヶ原の枝角類の季節変化については、花里ほか(1999)、栗田・峰村(2006)、帆苺・朴(2021)による報告があるが、いずれも調査池塘が1~4と少ないこと、池塘ごとの差が大きいことなどから、その全体像は明らかになっていない。今回も池塘ごとの差は大きいものの、全体としては5月から8月にかけては *D. brachyurum* が優占し、9月は *D. dentifera* と *D. brachyurum* が優占、10月以降は *D. dentifera* が優占した。これは花里ほか(1999)がKA1-30の *Daphnia* 属が8月に減少して秋に再び現存量を増すと報告した内容と一致し、栗田・峰村(2006)の *D. brachyurum* が8月に優占するとの報告とも一致する。尾瀬ヶ原の標高は約1400mと高いものの池塘は総じて浅いため、夏季の水温は一時的に高くなり

やすい傾向がある。今回も7月に28.8℃を記録したが、その他の調査でも上野(1954)が29.6℃、栗田・峰村(2011)で30.5℃、片山(2012)で29.3℃、帆苺・朴(2021)が29.4℃を記録している。この池塘の水温が夏季に高いことが高温環境にも対応している *D. brachyurum* が優占する原因であるとしている(帆苺・朴, 2021)。これは30℃近い水温になると *D. dentifera* は繁殖することができない可能性が高くなるのに対し(Xie et al., 2000)、*D. brachyurum* は30℃になっても繁殖速度が衰えない種であるため(Hanazato and Yasuno, 1985; Han et al., 2011)、夏季の温度上昇は同種にとって適した環境であると推察されるからである。

池塘ごとの差が大きいことに関しては、池塘ごとに捕食者の密度が異なる可能性がある他に、年間を通じて比較的水温が低い池塘(KA2-75とKA2-77)や比較的水温が高い池塘(KA1-04, KA1-21, KA1-30, KA2-44, KA4-39)、8~10月の溶存酸素濃度が低い池塘(KA1-08)が存在することから、池塘の環境条件も一様でないことが原因である可能性も示唆された。

4.2 尾瀬ヶ原池塘の枝角類に対する洪水影響

大雨等による洪水としては、尾瀬ヶ原上田代では2017年10月から2018年12月の期間では、2017年10月23日と2018年10月1日に川の水が湿原内に流入したことが記録されている(大山, 2019)。その他に、毎年5月の融雪期に湿原全体が融雪水に覆われる。今回洪水前の2018年9月16日と洪水後の同年10月13日に採集を行った。9月の枝角類全体の個体群密度が 78.4 ind L^{-1} であったのに対し、洪水後の10月の枝角類全体の個体群密度は 86.7 ind L^{-1} と増加した。また、9月~10月にかけて出現する種の構成も変化がなかった。よって2018年10月1日の洪水に関しては、池塘内の枝角類への直接的な洪水影響はほとんどないか、あっても短時間で解消されたと考えられる。

福原ほか(2022)による洪水区の池塘と非洪水区のそれぞれの個体群密度を比較したところ、9月と10月の *D. brachyurum* 個体群密度と *C. sphaericus* 個体群密度、10月の *C. quadrangula* 個体群密度で有意差が検出された。しかし、9月の *D. brachyurum* 個体群以外はその月の枝角類全体に占める割合も少ないため、洪水が池塘の枝角類全体に大きな影響を与えたとは考えにくい。一方9月の *D. brachyurum* 個体群密度は、その月の枝角類全体の個体群密度の42.1%を占めているため、洪水によって9月の枝角類の個体群密度を減少させられた可能性があると言える。ただし9月は大雨による洪水から

11 か月, 融雪浸水からも 4 か月経過している。前述のように 2018 年 10 月 1 日の洪水では個体群密度や種組成の変化がみられなかったことから, 洪水による直接的な影響ではなく, 洪水によって侵入したと考えられる強力な捕食者(魚類)の影響と考えるべきであろう。魚類の影響に関しては後述する。

4.3 尾瀬ヶ原池澮の枝角類に対する魚類の影響

尾瀬ヶ原池澮の動物プランクトン群集を決定する特徴の 1 つとして, 魚が生息せずその代わりにイモリが捕食性脊椎動物として存在していることだと言われてきたが, 花里(1999)は実験池におけるイモリの捕食影響, 池澮内の隔離水界実験を行い, 池澮内の枝角類にはイモリの捕食による顕著な影響はみられないことを明らかにした。

Maruyama et al. (1982) は上田代の池澮でアブラハヤ(*Carassius auratus langsdorfi*)を, ヨッピー川へつながる源五郎堀でギンブナ(*Carassius auratus langsdorfi*)を確認している。また, 齋藤(1993)はヨッピー川左岸の泉水池にてギンブナを確認している。2018 年にも上田代の池澮でアブラハヤ, ドジョウ, ギンブナを確認した(野原ほか, 2022)。宮地ほか(1976)によれば, アブラハヤやドジョウ, ギンブナともに底生藻類や底生昆虫, 小動物や泥中の有機物などを捕食するとある。尾瀬ヶ原を流れる河川では, アブラハヤやギンブナの他に, イワナ(*Salvelinus leucomaenis pluvius*), ヤマメ(*Onchorhynchus masou masou*), ドジョウ(*Misgurunus anguillicaudatus*)が確認されており(齋藤, 1993), 阪口・相馬(1999)は洪水の際に尾瀬ヶ原の中を流れる河川から魚類が池澮内に流入することを指摘している。

一方, 一旦池澮に侵入した魚類が越冬できるのかについては, 齋藤(1993)は泉水池のギンブナは体長差から越冬している可能性が高いと考察している。越冬する多くの魚種では, 越冬を行う場所の水深が越冬の成否を分けると考えられているが(中野, 2017), ヒナモロコやドジョウなどコイ科やドジョウ科の一部の魚種では泥中に潜って越冬するため, 水深が重要ではない可能性が指摘されている(田中, 1999; 中島・鬼倉, 2009)。宮地ほか(1976)もドジョウは泥底に潜って冬眠し, ギンブナと同じコイ科のギンブナは泥中に体を埋めて越冬することから, 底質が泥である池澮ではギンブナが越冬できている可能性がある。

花里ほか(1999)は野外実験水槽の実験から無脊椎捕食者より魚類の影響が大きいことを指摘している。そこで 2018 年の魚類調査(野原ほか, 2022)を基にそれぞれ魚の

いる池澮, 魚のいない池澮に分け, それぞれ比較検討を行った。その結果, 7 月は *D. dentifera*, *C. quadrangula*, *D. brachyurum*, *C. sphaericus* の個体群密度と枝角類全体の個体群密度に, 8 月は *D. brachyurum*, *A. guttata* の個体群密度に有意な差が検出された。また, その中でも 7, 8 月の *D. brachyurum* 個体群と 7 月の枝角類全体では効果量: r が 0.64 ~ 0.75 と大きな違いがみられた。7, 8 月の *D. brachyurum* 個体群は枝角類全体の 8 ~ 9 割を占めることから, 池澮の枝角類にとっては魚類の影響が大きいことが明らかになった。池澮内の魚類は阪口・相馬(1999)が指摘するように融雪期の溢水, 大雨による洪水によって池澮と河川がつながることにより, 侵入したものと考えられ, 洪水における間接的な影響と考えることができるだろう。

一方, 今回の枝角類の個体群密度をみると, 7 月に魚類が確認された 5 池澮のうち, KA2-77 を除く 4 池澮で枝角類の個体群密度が 22.4 倍に増加した。このことから, KA2-77 を除く 4 池澮においては, 8 月には強力な捕食者である魚類は存在していないことが示唆される。2018 年の魚類調査でも 7 月に魚類が確認された池澮の全てで, 8 月には魚類が確認されていない(野原ほか, 2022)。7 月から 8 月にかけては, 池澮全体の枝角類の平均個体群密度も 9.83 ind L^{-1} から 26.18 ind L^{-1} と約 2.7 倍に増加した時期であり, 侵入した魚類が餌不足で死滅したとは考えにくい。また, 池澮内に確認された魚種は動物プランクトンのみならず, 藻類, 泥中の有機物なども摂食する生態をもっており(宮地ほか, 1976), この点からも餌不足で死滅したとは考えにくい。なぜ 7 月に魚類が確認された池澮では枝角類の個体群密度が増加するほど魚類が減少したのか不明であるが, KA1-08 や KA1-25 では池澮の一部が他の池澮とつながっており, 魚類が他の池澮に移動した可能性も考えられる。今後, 池澮間のつながりや水の流れにともなった魚類の移動にも注目して調査を進めていく必要があるだろう。

謝辞

この調査研究は第 4 次尾瀬総合学術調査の一環として行われました。本調査を行う上で多くの便宜を図っていただき御助言も賜った, 調査団長坂本充博士, 重点研究部会長岩熊敏夫博士ならびに国立環境研究所野原精一博士に心より感謝の意を表します。また, 尾瀬ヶ原の地図を作成するにあたりデータを提供していただいた, 金沢星稜大学永坂正夫博士に感謝申し上げます。本研究をまとめるにあたり, 多大な御助言を賜った新潟大学名誉教

授福原晴夫博士に心より御礼申し上げます。

引用文献

- Brooks, J. L. and S. I. Dodson (1965) Predation, body size, and composition of plankton. *Science*, **150**, 28-35.
- 福原晴夫, 永坂正夫, 高野典礼, 村田智吉, 千賀有希子, 藤原英史, 野原精一 (2022) 尾瀬ヶ原上田代池塘群の底質に対する洪水の影響. *低温科学*, **80**, 25-42.
- Han, B., J. Yin, X. Lin and H. J. Dumont (2011) Why is *Diphanosoma* (Crustacea: Ctenopoda) so common in the tropics? Influence of temperature and food on the population parameters of *Diaphanosoma dubium*, and a hypothesis on the nature of tropical cladocerans. *Hydrobiologia*, **668**, 109-115.
- Hanazato, T., and M. Yasuno (1985) Effect of Temperature in the Laboratory Studies on Growth, Egg Development and First Parturition of Five Species of Cladocera. *Jpn. J. Limnol.*, **46**, 185-191.
- Hanazato, T., and M. Yasuno (1989) Zooplankton community structure driven by vertebrate and invertebrate predators. *Oecologia*, **81**, 450-458.
- 花里孝幸, 林秀剛, 岩熊敏夫, 大高明史, 酒井 周, 森正幸, 河村一孝, 森 尚仁, 野原精一, 笠井文絵 (1999) 尾瀬ヶ原池塘の動物プランクトン群集構造と, それに影響を与える要因. 尾瀬の総合研究, (尾瀬総合学術調査団 編): 845-861. 尾瀬総合学術調査団, 東京.
- 帆苅信, 朴虎東 (2021) 尾瀬ヶ原の池塘における枝角類とその季節変化. *陸水学雑誌*, **82**, 201-215.
- Hrbacek, J., M. Dvorakova, V. Korinek, and L. Prochazkova (1961) Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Verh Internat Verein Limnol.* **14**, 192-195.
- Ishida, S., A. Takahashi, N. Matsushima, et al. (2011) The long-term consequences of hybridization between the two *Daphnia* species, *D. galeata* and *D. dentifera*, in mature habitats. *BMC Evolutionary Biology*, **11**, 209.
- 金井弘夫 (1999) 尾瀬ヶ原の池塘地図と水生植物5種の分布消長. 尾瀬の総合研究, (尾瀬総合学術調査団 編): 377-382. 尾瀬総合学術調査団, 東京.
- 片山満秋 (1998) 尾瀬山ノ鼻 見本園池塘の甲殻類プランクトン. 尾瀬の自然保護, **22**, 60-63.
- 片山満秋 (2000) 尾瀬ヶ原池塘の動物プランクトン (I). 尾瀬の自然保護, **23**, 43-46.
- 片山満秋 (2001) 尾瀬ヶ原池塘の動物プランクトン (II). 尾瀬の自然保護, **24**, 35-38.
- 片山満秋 (2002) 尾瀬ヶ原池塘の動物プランクトン (第3報). 尾瀬の自然保護, **25**, 48-51.
- 片山満秋 (2003) 尾瀬ヶ原池塘の動物プランクトン (第4報). 尾瀬の自然保護, **26**, 60-64.
- 片山満秋 (2004) 尾瀬ヶ原池塘の動物プランクトン (第5報). 尾瀬の自然保護, **27**, 48-51.
- 片山満秋 (2006) 尾瀬ヶ原池塘の動物プランクトン (第7報). 尾瀬の自然保護, **29**, 31-36.
- 片山満秋 (2007) 尾瀬ヶ原池塘岸縁の甲殻類プランクトン (I). 尾瀬の自然保護, **30**: 63-66.
- 片山満秋 (2008a) 尾瀬ヶ原及びアヤマメ平などの池塘の甲殻類プランクトン相. 尾瀬の自然保護尾瀬国立公園誕生記念号: 125-130.
- 片山満秋 (2008b) 尾瀬ヶ原池塘岸縁の甲殻類プランクトン (2). 尾瀬の自然保護, **31**, 29-32.
- 片山満秋 (2009) 尾瀬ヶ原池塘岸縁の甲殻類プランクトン (3). 尾瀬の自然保護, **32**, 65-68.
- 片山満秋 (2010) 尾瀬ヶ原池塘岸縁の甲殻類プランクトン (4). 尾瀬の自然保護, **33**, 45-48.
- 片山満秋 (2012) 尾瀬ヶ原池塘岸縁の甲殻類プランクトン (5). 尾瀬の自然保護, **34**, 43-46.
- 気象庁 (2021) 気候変動監視レポート2020. 気象庁, 東京.
- Kurasawa, H., H. Hayasi, T. Okino, Y. Watanabe, M. Ogawa, T. Morita, Y. Isobe, H. Fukuhara, and A. Ootaka (1982) Ecological studies on zooplankton and zoobenthos in the pools of the ozegahara moor. In: Hara, H. S. Asahina, Y. Sakaguti, K. Hogetsu and N. Yamagata (eds.) *Ozegahara; Scientific Researches of the Highmoor in Central Japan*: 277-298. Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo.
- 栗田秀男・峰村宏 (2005) 尾瀬ヶ原池塘における生物生産の研究. 二次生産 - 浮遊動物 (動物プランクトン) - (第8報). 尾瀬の自然保護, **28**, 80-87.
- 栗田秀男・峰村宏 (2006) 尾瀬ヶ原池塘における生物生産の研究. 二次生産 - 浮遊動物 (動物プランクトン2) - (第9報). 尾瀬の自然保護, **29**, 37-54.
- 栗田秀男・峰村宏 (2007) 尾瀬ヶ原池塘における生物生産の研究 (第10報) 二次生産 - 浮遊動物 (動物プランクトン3) - 横田代, アヤマメ平の動物プランクトン. 尾瀬の自然保護, **30**, 67-70.
- 栗田秀男・峰村宏 (2011) 尾瀬ヶ原池塘における生物生産の研究 (第15報) 尾瀬ヶ原池塘における水質と生体量について (1). 尾瀬の自然保護, **34**, 45-65.
- Maruyama T, Y. Saito and K. Tanida (1982) Preliminary studies on the fishes in the Ozegahara moor and the adjacent streams. In: Hara, H., S. Asahina, Y. Sakaguti, K. Hogetsu and N. Yamagata (eds.) *Ozegahara; Scientific Researches of the Highmoor in Central Japan*: 439-442. Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo.
- 宮地傳三郎, 川那部浩哉, 水野信彦 (1976) 原色日本淡水魚類図鑑. 保育社, 大阪.
- 中島淳, 鬼倉徳雄 (2009) 野外におけるヒナモロコの成長と利用環境. *魚類学雑誌*, **56**, 135-143.

- 中野光議 (2017) 農業水路における魚類の保全生態学的研究: 現状と課題. 保全生態学研究, **22**, 135-149.
- 野原精一, 村田智吉, 藤原英史, 福原晴夫, 千賀有希子 (2021) 尾瀬ヶ原における湿原地形と河川・池塘環境の変遷. 陸水学雑誌, **82**, 151-169.
- 野原精一, 村田智吉, 藤原英史, 福原晴夫, 萩原富司, 千賀有希子 (2022) 尾瀬ヶ原における河川と池塘の水文地形学. 低温科学, **80**, 95-122.
- 野原精一, 佐竹潔, 矢部徹, 安類智仁, 岩熊敏夫 (1999) 尾瀬ヶ原池塘の水質と水生植物の一次生産. 尾瀬の総合研究, (尾瀬総合学術調査団 編): 85-106. 尾瀬総合調査団, 東京.
- 大山昌克 (2019) 尾瀬の豪雨とそのリスク. 尾瀬ネットワーク通信, 22-3, 1-2. 尾瀬保護財団 (2019) 尾瀬だより. URL: <https://www.oze-fnd.or.jp/archives/category/blog/> (2021年5月20日時点)
- 齋藤晋 (1993) 尾瀬ヶ原の魚類相とギンブナ個体群. 尾瀬の自然保護 - 群馬県特殊植物等保全事業報告書 -, 第16号, 1-4.
- 阪口豊, 相馬秀廣 (1999) 尾瀬ヶ原の地学的諸問題. 尾瀬の総合研究, (尾瀬総合学術調査団 編): 85-106. 尾瀬総合調査団, 東京.
- 平誠 (2000) 尾瀬ヶ原の池塘における甲殻類プランクトン群集の種組成と現存量. 陸水学雑誌, **61**, 233-239.
- 田中道明 (1999) 水田周辺の水環境の違いがドジョウの分布と生息密度に及ぼす影響. 魚類学雑誌, **46**, 75-81.
- 田中晋 (1994) 日本産 Cladocera (甲殻類ミジンコ目) に関するノート -1. 富山大学教育学部紀要 (理科系), **45**, 75-80.
- 田中晋 (1995) 日本産 Cladocera (甲殻類ミジンコ目) に関するノート -2. 富山大学教育学部紀要 (理科系), **47**, 35-42.
- 田中晋 (1996) 日本産 Cladocera (甲殻類ミジンコ目) に関するノート -3. 富山大学教育学部紀要 (理科系), **48**, 37-42.
- 田中晋 (1997) 日本産 Cladocera (甲殻類ミジンコ目) に関するノート -4. 富山大学教育学部紀要 (理科系), **49**, 55-66.
- 田中晋 (1998) 日本産 Cladocera (甲殻類ミジンコ目) に関するノート -6. 富山大学教育学部紀要 (理科系), **51**, 9-18.
- 田中晋 (2001) 日本に出現するマルミジンコ科 (鯰脚類ミジンコ目) の属と種の検索. 富山の生物, **40**, 9-14.
- 上野益三 (1936) 日光の湖沼のプランクトン. 日光の植物と動物, 577-620. 東照宮, 日光.
- 上野益三 (1954a) 尾瀬ヶ原池沼の甲殻類. 尾瀬ヶ原, (尾瀬ヶ原総合学術調査団編): 684-689. 日本学術振興会, 東京.
- 上野益三 (1954b) 尾瀬ヶ原池沼並に尾瀬沼の動物性プランクトン. 尾瀬ヶ原, (尾瀬ヶ原総合学術調査団編): 690-701. 日本学術振興会, 東京.
- Xie, P., T. Iwakuma and K. Fujii (2000): Effect of available food and temperature on the growth and reproduction of *Daphnia rosea*. *Journal of Freshwater Ecology*, **15** (3), 379-388.
- 吉井広始, 鈴木伸一, 片野光一, 大森威宏 (2014) 2011年7月豪雨とケルミーシュレンケ複合体について. 尾瀬の自然保護, **36**, 1-14.