

茨城県つくば市の都市地域周辺における野生動物の出現と土地被覆の関係

神宮 翔真¹, 武 正憲², 佐方 啓介³, 伊藤 太一³

¹筑波大学大学院生命環境科学研究科生物資源科学専攻, ²筑波大学芸術系, ³筑波大学生命環境系

キーワード:生態系ネットワーク、生態系管理、GIS、ロードキル

抄録

都市地域とその周辺では、野生動物は限られた区域を生息域としていていると考えられる。従って、どのような特徴を持つ場所に野生動物が出現するかを明らかとすることは、都市における生物多様性保全に繋がる。そこで、本研究は、土地被覆の分類における「陸水」という特徴に着目する。河川や湖沼などの陸水環境が、都市地域とその周辺においては野生動物にとって好適な生息域であると仮定し、その検証を試みる。そのために、茨城県つくば市の都市地域とその周辺を事例とし、野生動物の出現地点と土地被覆の関係を分析する。野生動物の出現地点は、つくば市におけるロードキルのデータを用いた。また、土地被覆は国土数値情報の提供するデータに従う。GISを用いた解析により、アライグマ、イタチ、ノウサギ、タヌキ、ハクビシンの357件のロードキル記録による出現地点と、森林地域、農業地域、都市地域、陸水の土地被覆との関係を明らかとする。

1. はじめに

本ポスターは、筆頭著者の博士論文の一環を発表するものである。報告者は、人口が密集し、人工物が土地被覆の多くを占めるような、都市地域とその周辺に生息する野生動物を対象とした研究をしている。都市地域とその周辺では、野生動物は限られた区域を生息域としていていると考えられる。従って、どのような特徴を持つ場所に野生動物が出現するかを明らかとすることは、都市における生物多様性保全に繋がると考える。本ポスター発表は、そのような目的で進めている研究の内、土地被覆の分類における「陸水」という特徴に着目する。河川や湖沼などの陸水環境が、都市地域とその周辺においては野生動物にとって好適な生息域であると仮定し、その検証を試みる。

2. 方法①：野生動物出現地点の収集

本研究では、茨城県つくば市を事例とした。つくば市は、東京から50kmの距離に位置する面積283.72平方メートルの市である^[1]。北方は水郷筑波国定公園に指定される筑波山地域が位置するが、その他は標高20~30メートルの平坦な地形であり、多くの河川が霞ヶ浦・牛久沼に注いでいる。

事例地における野生動物の出現データとして、つくば市廃棄物対策課が収集した、道路上で死亡した動物の回収報告に着目した。つくば市は、私道・高速道路を除く、全ての道路で発生した死亡動物個体を回収の対象としている。実際には、1月1日を除く08:30~17:00の間に市民から通報があった場合に出動し、死亡個体の出現地点、日時、動物種、写真を記録している。一部を

除き、ほとんどの個体はロードキル(自動車との交通事故)によって死亡したものと推定される。

本研究では、この報告をその動物が確実にその場に出現したデータとみなすことができると考えた。そこで、2017年4月1日~2018年3月31日の期間において収集された記録から、筑波山地域を除いた都市地域とその周辺で発生した、野生の中型哺乳類(アライグマ、イタチ、ノウサギ、タヌキ、ハクビシン)の記録を抽出し、分析の対象とした。

3. 結果①:野生動物出現地点の収集

2017年4月1日~2018年3月31日の期間において収集された記録は1091件存在した。この内から、地点が特定できないなどの無効データ188件(17.2%)を除くと、903件の記録があげられた。分析対象となるアライグマは5件、イタチは14件、ノウサギは76件、タヌキは143件、ハクビシンは119件の計357件の記録があり、その他はほとんどをネコの記録(438件)が占めた。

4. 方法②:出現地点と土地被覆分類のGISへの入力

①で明らかとした野生動物の出現地点をもとに、地点周辺の土地被覆分類との関係を分析した。土地被覆の分類は、国土数値情報ダウンロードサービス^[2]から得られる「森林地域」、「農業地域」、「都市地域」、「河川」、「湖沼」のデータを用いた。これらのデータと野生動物出現地点のデータをQGIS(Version 2.18.6)に入力し、地図化した。同時に、対象とした動物種毎に出現地点の密度分布をヒートマップによ

AQUATIC ECOSYSTEM SERVICE PERCEPTIONAL PROFILE ASSESSMENT: Focus on Regulating Services and Impact to Human Health in Baloi Lake, Baloi Lanao del Norte (Philippines)

Misael M. Sanguila¹ and Carmelita G. Hansel²

¹College of Fisheries, Mindanao State University, Marawi City, Philippines

²College of Natural Sciences and Mathematics, Mindanao State University, Marawi City, Philippines

Keywords: Ecological stress, Aquatic ecosystem, Regulating services, Health impact

ABSTRACT

This study was conducted to probe the stakeholders' perception based on their socio-economic characteristics of stress exerted to the regulating services provided by Baloi Lake and its impact to the respondents' health employing structured interview technique. Study results showed that most of the respondents are young, having blue collar job, and an old time resident in the area. They have low weekly income, who reached high school level/graduate, and residing near the lakeshore. Most respondents perceived regulating services as degraded. There existed direct relationship between the respondents' residency years in the municipality and pollution absorption by wetland perception. Also, a direct relationship is observed between their perception of impact on the respondents' health and the distance of their residence to the lakeshore.

1. INTRODUCTION

Ecosystem services are defined as the benefits that people acquire from ecosystems and the direct and indirect contributions of ecosystems to human well-being (Grizzetti *et al.*, 2016; Alassaf *et al.*, 2014; Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005; Guerry *et al.*, 2015).

Crucial aquatic ecosystem services such as in lakes include fish production, water provisioning, and recreation, and key ecosystem services connected to the hydrological cycle e.g. water purification, water retention and climate regulation. Most of these water related ecosystem services can be quantified and directly appreciated by people (Alassaf *et al.*, 2014). Understanding the connections between the natural and socio-economic systems can lead to improved and more sustainable management of ecosystems. In order to frame and craft appropriate policies and management plans that will address environmental problems and maintain ecosystem health, together with sustainable livelihood, ecosystem analysis should include aspects related to human behavior, activities, and perceptions.

Studies (*cf.* Alassaf *et al.*, 2014; Cooper *et al.*, 2016; Pandeya *et al.*, 2016; Reynaud and Lanzanova, 2017; Quintas-Soriano *et al.*, 2016; David Allan *et al.*, 2017; Guerry *et al.*, 2015) on ecosystem services have been undertaken around the globe. However, very few, if not none at all, has been done on Philippine lakes, much more in Baloi Lake. Thus, this study was conducted. The socio-economic characteristics of the respondents were

profiled to determine if they influence the respondents' perception on the ecosystem services provided by Baloi Lake and its impact on human health.

2. METHOD

This study was conducted in Baloi Lake, Baloi Lanao del Norte (Fig. 1a and 1b). This man-made impoundment was built as National Power Corporation's Agus IV Hydroelectric Power Plant reservoir. Lying at latitude 8°7'39"N and longitude 124°11'55"E, Baloi Lake has been the water source, both for domestic use and agricultural purposes, source of freshwater fish for human consumption, and hydropower for Mindanao and some part of Visayas.

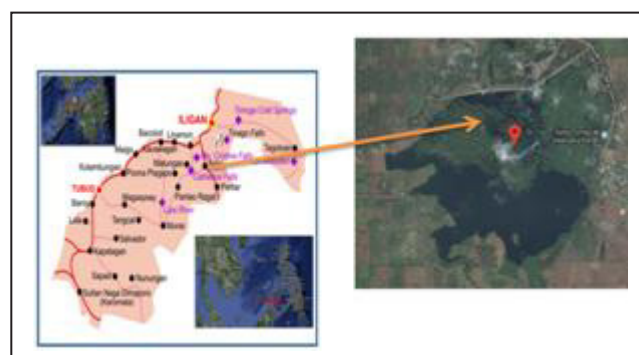


Fig. 1a. Map of Lanao del Norte (center map) showing the Municipality of Baloi. Map of the Philippines (inserted lower map) and neighboring countries emphasizing Mindanao Island (red pointer). Map of Mindanao (inserted upper map) where the Province of Lanao del Norte is situated (red pointer) (<http://news.pecojon.org>).



Fig. 1b. Map of Baloi Lake showing the three barangay sampling sites.

This descriptive-correlational research used respondents who were locals residing in the three barangays (i.e., Matampay, Abaga, and Nangka) located along the lake

shore. Forty (40) respondents were subjected to the structured interview.

The data collected in the study was analyzed using Systat version 13.1 and the statistical tools employed are: 1.) Descriptive statistics and 2.) Multiple linear regression. The H_0 states that there is no relationship between the compared variables. The significance level is set at 0.05.

3. RESULTS

The respondents' socio-economic characteristics frequency is graphically presented in fig. 2. As reflected, most of the respondents are young (65%), having blue collar job (fisherman or unemployed), and an old time resident in the area (15 to above 25 years residency). They have low weekly income (65%), who reached high school level, or high school graduate (62.50%), and residing near the lake shore (57.50%).

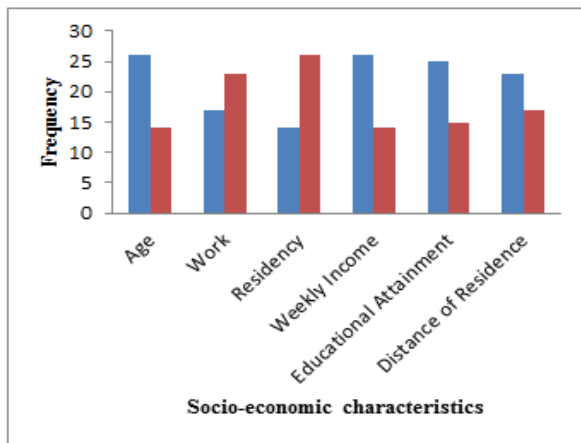


Fig. 2. The frequency distribution of the respondents' socio-economic characteristics

Table 1 reflects the summary statistics of the respondents' socio-economic characteristics.

Table 1. The summary statistics of the respondents' socio-economic characteristics

Socio-economic characteristics	N	Mean	Range	cv
Age	40	33.5±11.3	19-61	33.70
Work	40	3.3 ±1.5	1-5	46.88
Number of years living in the municipality	40	2.8±0.8	1-4	31.33
Weekly income	40	6.5±1.8	5-11	27.96
Educ. attainment	40	4.6±1.5	3-7	34.25
Distance of residence from the lake	40	2.5±0.6	2-5	27.17

The respondents' perception on the lake regulating services and the impact on human health is graphically presented in figure 3. Most of them perceived regulating services as degraded. However, these environmental degradations were moderately affecting them, their families, and the municipality.

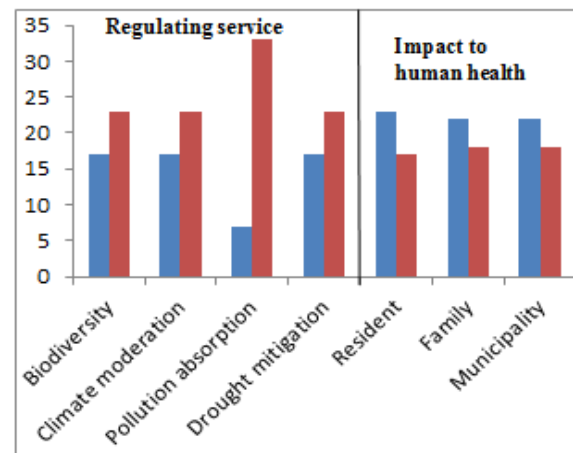


Fig. 3. The respondents' perception on the regulating services and the impact to their health

The summary statistics of the respondents' perception on the regulating services and the impact to their health is revealed in table 2.

Table 2. Summary statistics of the respondents' perception on the regulating services and the impact to their health

Range legend: 1-Not so degraded (even with some improvement of the river), 2-Not degraded, 3-Neutral, 4-Moderately degraded, 5-Strongly degraded				
Regulating Services	N	Mean	Range	cv
a. Biodiversity, food chain, plant and animal habitats	40	2.83±0.81	2-4	28.78
b. Climate moderation	40	3.57±0.50	3-4	14.00
c. Pollution absorption by wetlands	40	2.95±0.55	2-4	18.72
d. Drought mitigation	40	3.58±0.51	3-4	14.00
Range legend: 1- Not much affected, 2-Moderately Affected, 3-Neutral, 4-Affected, 5-Very much affected				
Human health impact	N	Mean	Range	cv
a. Resident	40	2.48±0.51	2-3	20.56
b. Family	40	2.51±0.50	2-3	20.43
c. Municipality	40	2.43±0.50	2-3	20.64

Table 3 revealed the respondents' socio-economic characteristics relationship with their perception on the regulating services. As shown in the table, a direct relationship ($p < 0.05$) is observed between the respondents number of year residency in the municipality and their perception on pollution absorption by wetlands. The rest of the compared data did not yield relationship ($p > 0.05$).

Table 3. Multiple linear regressions between the respondents' socio-economic characteristics and their perception on the regulating services (i.e. A- Biodiversity, food chain, plant and animal habitats, B. Climate moderation, C. Pollution absorption by wetlands, and D. Drought mitigation)

Socio-economic characteristics	Regulating services			
	A	B	C	D
Age	0.82	0.64	0.49	0.76
Occupation	0.68	0.26	0.29	0.75
Number of years living in the municipality	0.07	0.11	0.01**	0.38
Weekly income	0.06	0.64	0.77	0.70
Educational attainment	0.53	0.58	0.48	0.96
Distance of residence from the lake	0.31	0.09	0.08	0.48

** highly significant at 1%

The relationship between respondents' socio-economic characteristics and their perception of impact on their health is shown in table 4. As reflected in the table, no relationship ($p>0.05$) is observed between the compared variables except between their perception of impact on respondents' health and their residence distance from the lake ($p<0.05$).

Table 4. Multiple linear regressions between the respondents' socio-economic characteristics and their perception of impact on their health (i.e. A- Respondent's health, B- Respondent's family health, and C- Municipality's health)

Socio-economic characteristics	Impact on Human health		
	A	B	C
Age	0.30	0.06	0.33
Occupation	0.97	0.09	0.18
Number of residency years	0.42	0.76	0.84
Weekly income	0.77	0.62	0.28
Educational attainment	0.25	0.70	0.29
Distance of residence from the lake	0.01**	0.24	0.81

**highly significant at 1%

4. DISCUSSION

Amongst the respondents' socio-economic characteristics, only their length of residence in the area was directly related to their perception on lake regulating service of pollution absorption by wetlands. That is, the greater the years that they resided in the area, the more that their perception of the pollution absorptive capacity by the lake as being greatly degraded. It is expected that the longer the respondent resided in the lake area, the more that he would be aware of the lake characteristics, that is, the lack of shoreline vegetation that can function for pollution absorption.

Lakes can have an impact on human health in relation to their being used as a water source, and being a source of pollution itself due to excessive quantities of decomposing aquatic vegetation, and the like. Amongst the respondents' socio-economic characteristics, only the distance of their residence to the lake showed a direct relationship with their perception on the lake's impact to human health. It is expected that the respondent residing near the lake would observe better some aspects of the lake that he thinks can affect his health. In Baloi Lake, the practice of the National Power Corporation is to harvest the massive amounts of floating water hyacinth and dump these hyacinths onto the shoreline. These rotting hyacinths give a foul odor most discernible to the near-shore residents. They have interpreted this foul odor as having a great impact on their health, which explains the observed relationship.

5. CONCLUSION

In conclusion, the theoretical perspective which states

that the respondents' socio-economic characteristics influence their perception on regulating services and impact to human health is partially supported by this study. This is evidenced by the direct relationship revealed between residency years in the municipality and pollution absorption by wetlands perception. Also, direct relationship is shown between their residence distance from the lake and their perception of impact to their health. Other compared variables did not yield relationship.

To provide further credence to the findings of this research, replication studies should be conducted in lakes found in the provinces of Lanao del Sur and Lanao del Norte i.e. Lakes Lanao, Dapao, and Nunungan.

REFERENCES

- [1] A. Alassaf, A. D. Alhunaiti, J. Dick, and T. Al-Adwan: Differences in perceptions, attitudes, and use of Ecosystem Services among diverse communities in an Arid Region: A case study from the South of Jordan, *J Hum Ecol*, 45(2): 157-165 pp. 412-415, 2014.
- [2] B. Cooper, N., E. Brady, H. Steen, and R. Bryce: Aesthetic and spiritual values of ecosystems: Recognising the ontological and axiological plurality of cultural ecosystem services, *Ecosystem Services* 21-pp 218–229, 2016
- [3] C. Cristina Quintas-Soriano, C., B. Martín-López, F. Santos-Martín, M. Loureiro, C. Montes, J. Benayas, and M. García-Llorente: Ecosystem services values in Spain: A meta-analysis, *Environmental Science & Policy*, vol. 55, part 1-pp 186-195, 2016
- [4] D.Guerry, A.D., Polasky, S., Lubchenko, J., Chaplin-Kramer, R., Daily, G.C., Griffin, R., Ruckelshaus, M., Bateman, I.J., Duraipah, A., Elmquist, T., Feldman, M.W., Folke, C., Hoekstra, J., Kareiva, P.M., Keeler, B.L., Li, S., McKenzie, E., Ouyang, Z., Reyers, B., Ricketts, T.H., Rockstrom, J., Tallis, H., B., Ricketts, T.H., Rockstrom, J., Tallis, H., Vira, B: Natural capital and ecosystem services informing decisions: from promise to practice. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 112 (24), pp 7348–7355
- [5] E. David Allan, T., S. Angadi, K. Brauman, M. Byappanahalli, M. Doss, D. Dupont, A. Johns, D. Kashian, F. Lupi, P. McIntyre, T. Miller, M. Moore, R. L. Muenich, and E. Washburn: Ecosystem services in the Great Lakes, *Journal of Great Lakes Research*, vol 43 (3)- pp 161-168, 2017.
- [6] F. Pandeya, B., W. Buytaert, Z. Zulkafli, T. Karpouzoglou, F. Mao, and D.M. Hannah: A comparative analysis of ecosystem services valuation approaches for application at the local scale and in data scarce regions, *Ecosystem Services* vol. 22 pp 250–259, 2016.
- [7] G.Reynaud, A. and D. Lanzasova: A Global Meta-Analysis of the Value of Ecosystem Services Provided by Lakes, *Ecological Economics* vol. 137 pp 184–194, 2017.
- [8] Systat version 13.1 Systat Software, Inc. California, USA.

琵琶湖のハスはなぜ減ったのか？過去と現在の生態比較からの検討

角田 裕志¹¹ 埼玉県環境科学国際センターキーワード: *Opsariichthys uncirostris uncirostris*, 魚食魚, 成長, 外来魚, 環境改変

抄録

本研究は 1970 年代以降の琵琶湖の生態系変化が同湖に生息するコイ科魚食魚のハス (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) 個体群に与えた影響について検討することを目的として、1960 年代および 2010 年代に行われた本種に関する既往研究を比較して、約 50 年間で同種の生態の変化を明らかにした。両期間においてハスは魚食性を示したが、現在の琵琶湖に生息するハスは 1960 年代に主要な餌であったコイ科魚類を全く捕食しておらず、ハゼ科魚類についても捕食頻度・重量ともに大きく減少した。体長・体重関係については 2010 年代の研究において特に雌の繁殖個体の体型変化が示唆された。さらに、成長に関しては成魚となる 3 歳以上の個体について 1960 年代と比べて 2010 年代では雌雄とも小型化したことが明らかとなった。以上のように、琵琶湖に生息するハスの生態は過去 50 年間で大きく変化したことが明らかになった。この原因の一つとして、湖岸環境の人為改変や魚食性外来魚の侵入等による餌資源の減耗が、ハスの食性変化を通じて成長や体型を変化させた可能性が考えられた。

1. はじめに

琵琶湖固有亜種であるコイ科ダニオ亜科の魚食魚ハス (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) の漁獲量は 2000 年代以降大きく減少し (図 1)、個体数減少が懸念されている。現在は環境省レッドリストの絶滅危惧 II 類に掲載されている。琵琶湖の生態系は 1970 年代以降の琵琶湖総合開発事業による湖岸環境の改変や外来魚類の侵入などの影響を受けて大きく変化してきたと考えられており、ハスの漁獲量減少も過去の生態系変化と関連する可能性がある。ハスの保全策を検討するためには、過去の生態系変化によって個体群がどのような影響を受けてきたのかを明らかにする必要がある。

琵琶湖に生息するハスの基礎生態は 1960 年代初頭に詳細な調査が行われたが^[1,2]、2010 年以降研究事例

が再び増えている^[3,4,5]。そこで本研究では、1960 年代および 2010 年代に琵琶湖のハスを対象とした食性、体型および成長を扱った既往研究の結果を比較して、ハスの生態が約 50 年間でどのように変化したのかを明らかにし、1970 年代以降の琵琶湖の生態系変化がハス個体群に与えた影響を検討することを目的とする。

2. 対象とした先行研究と比較の方法

異なる研究から得られた結果を直接比較するために、調査の季節、期間、場所、方法、得られた標本数等の詳細が記述されている既往研究 5 件 (表 1) を対象に、食性、体長・体重関係、成長に関する共通の指数や数式とその係数を比較した。具体的には、食性に関しては供試個体の消化管内容物から得られた餌種ごとの出現比 (ある餌種を捕食していた個体の割合) と重量比 (消化管内容物総重量に対するある餌種の総重量の割合)、および供試個体の空腸率 (供試個体における餌を捕食していなかった個体の割合) を、体型については供試個体の標準体長と体重 (湿重量) から推定した体長・体重関係の回帰式 (対数変換) を、成長に関しては供試個体の鱗の年輪を用いた齢査定から推定した von Bertalanffy の成長式における各係数と各齢における推定体長をそれぞれ比較した。

3. 結果

1960 年代の成長に関する研究^[2]および 2010 年代の研究^[3,4,5]の実施期間は夏季または秋季が中心であったため、本研究では上記季節を比較対象とした。

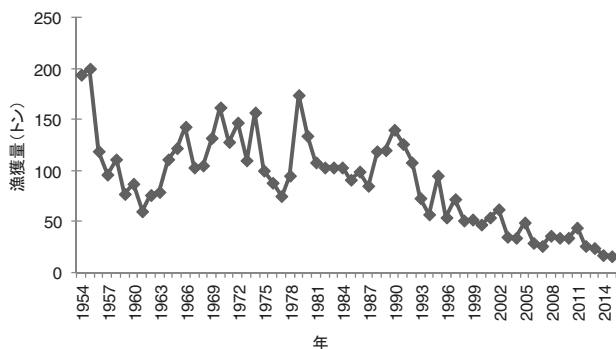


図 1 琵琶湖におけるハスの漁獲量の推移
(滋賀県水産統計より作成)

表 1 比較対象とした先行研究の概要
(文献 No.は末尾の引用文献の番号と一致する)

文献 No.	調査年	調査項目
1	1963	食性, 成長, 体型
2	1963-1968	成長(雌雄別)
3	2013	食性
4	2013	成長(雌雄別), 体型
5	2015	食性(空腸率), 体型(雌雄別)

食性:1960年代、2010年代共にハスは魚類を主に捕食しており、成長に従って魚食率が増加する点も両期間で共通した。しかし、個々の餌種に着目すると、1960年代に中・大型個体(標準体長 120mm 以上)において主要な餌であったコイ科魚類(出現比:0~37.5%, 重量比:0~81.8%)が^[1], 2010年代の調査では全く確認できなかった^[3](図 2, 3)。また、1960年代には中小型個体(標準体長 180mm 以下)において主要な餌種であったハゼ科魚類(出現比:17.4~78.9%, 重量比:9.9~66.9%)は^[1], 2010年代は出現比(0~4.5%)・重量比(0~0.7%)^[3]ともに少なかった(図 2, 3)。空腸率は 1960年代では 27.2%^[1]であったが、2010年代では 51.7%^[3]および 83.1%^[5]であった。

体型:対数変換した体長・体重関係式を比較した結果は図 4 のようであった。1960年代と比較すると、複数の年齢群を対象とした 2013 年の研究では体型に差が見られなかったが^[4], 産卵群を中心とした 2015 年の研究では体型に関する定数の推定値が小さく、特に雌の産卵個体に関しては体型の小型化が示唆された^[5]。

成長: von Beltaranffy の成長式における成長係数は 1960年代には雄 0.41, 雌 0.40 であったが^[2], 2010年代には雄 0.25, 雌 0.22 であった^[4]。また、同式における推定最大体長は、1960年代では雄が 277mm, 雌が 254mm であったが、2010年代での研究では雄が 274mm, 雌が 269mm と推定された。von Beltaranffy の成長式によって推定された年齢別の標準体長を比較した結果、特に 3 歳以上の個体に関して雌雄ともに 2010年代では 1960年代よりも小型化していた(図 5)。

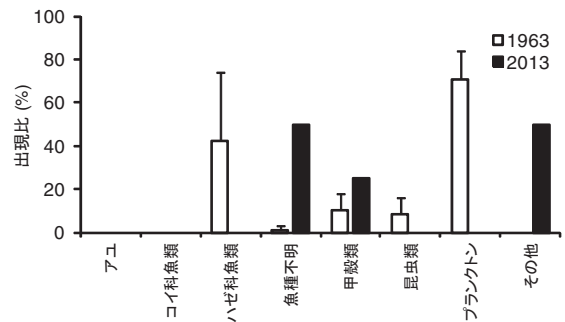
4. 考察

食性に関してはハスが魚食性である点は共通したが、コイ科魚類やハゼ科魚類など 1960 年代にハスの主要な食物であった魚類の利用が近年では減少したことが明らかとなった。1970年代以降、これらの魚類は湖岸開

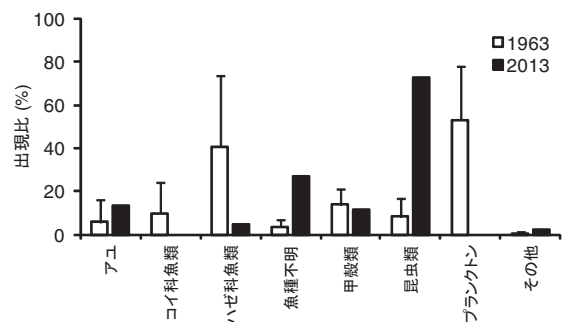
発による抽水植生帯の減少や魚食性外来魚であるオオクチバス(*Micropterus salmoides*)等の侵入の影響によって個体数減少が指摘されている^[6,7]。在来魚類の資源減耗が魚食性であるハスの食性変化をもたらした可能性が示唆された。

体型および成長については、1960 年代に比べて大型魚(3 歳魚以上あるいは標準体長 130mm 以上^[5])における小型化が示唆された。ハスにおける成長は若魚期におけるプランクトン食から魚食への食性変化が重要であると考えられており^[1], 餌資源の減耗による食性変化が近年の成長低下につながった可能性が考えられる。琵琶湖のハスの産卵群を構成する繁殖個体は 3 歳以上の個体を中心であるため^[2,5], 成長の低下は繁殖機会の減少につながる可能性が懸念される。

A) 標準体長120mm未満



B) 標準体長120-180 mm



C) 標準体長180 mm超

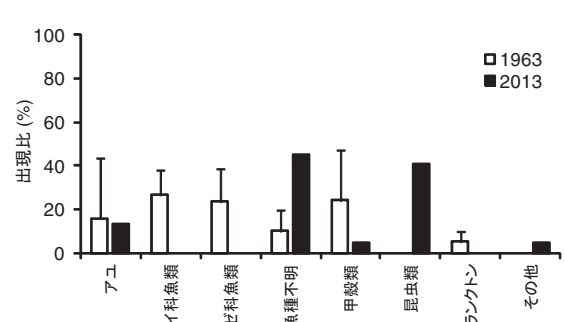


図 2 ハスの消化管内容物に関する出現比の比較
(引用文献^[1,3]より作成, エラーバーは標準偏差)

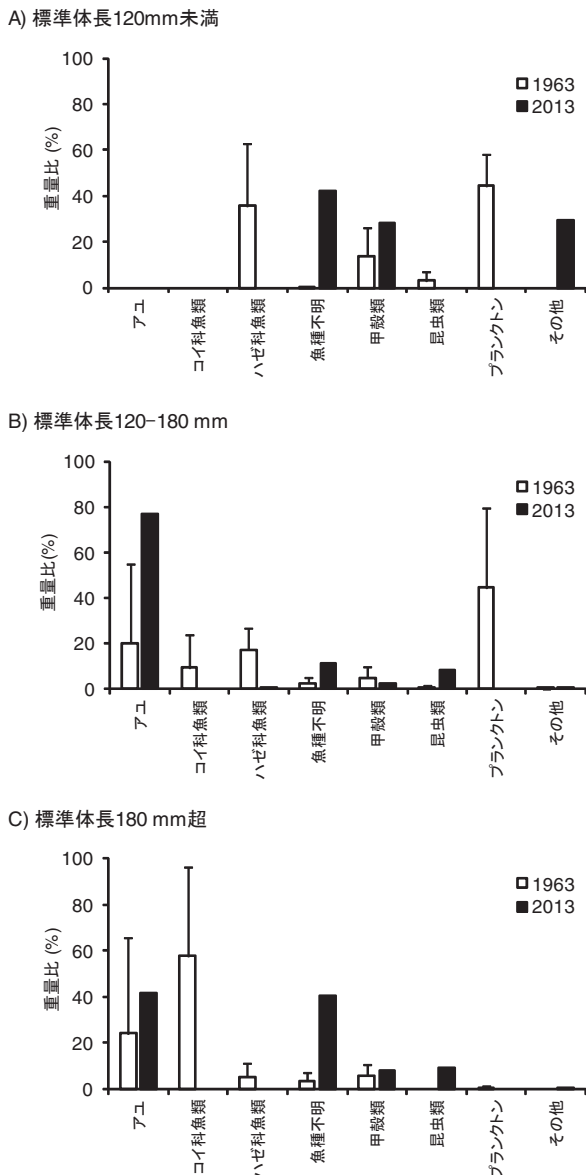


図3 ハスの消化管内容物に関する重量比の比較 (引用文献^[1,3]より作成, エラーバーは標準偏差)

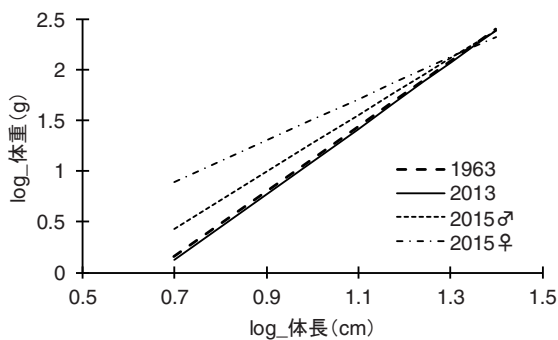


図4 ハスの体長・体重関係式(対数変換)の比較 (引用文献^[1,4,5]より作成)

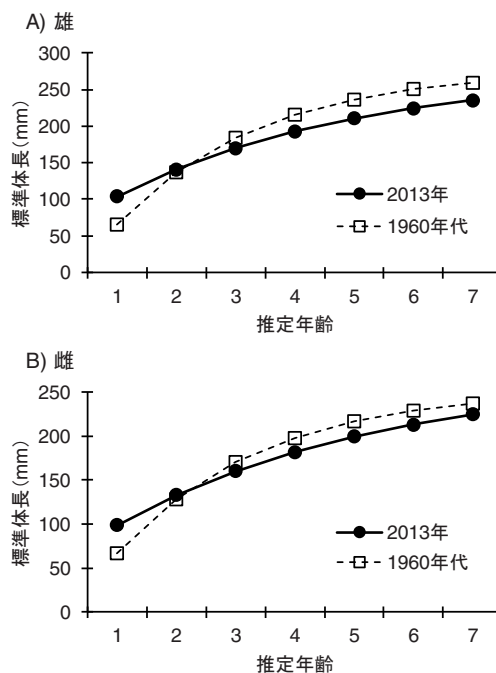


図5 ハスの von Bertalanffy の成長式の比較 (引用文献^[2,4]より作成)

5. 結論

本研究では、1970年代以降の生態系変化に伴う在来魚類の資源減耗が魚食魚であるハスの餌資源利用を変化させ、さらに産卵群を構成する大型魚の小型化につながった可能性を示唆した。今後、具体的な保全策を検討する上で、本研究が示唆した生態変化が個体群動態に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

引用文献

- 田中晋: びわ湖産ハス (*Opsariichthys uncirostris* T. & S.) の食物と成長, 生理生態 Vol. 12, pp. 106-114, 1964.
- 田中晋: びわ湖におけるハスの成長に関する研究 I. 産卵標本を用いて推定した各年齢時における体長と成長曲線について, 日本生態学会誌, Vol. 20, pp. 13-25, 1970.
- H. Tsunoda, T. Urano, M. Ohira: Comparison of food habits between native Amur three-lips (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) and non-native largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in Lake Biwa, Japan, International Journal of Limnology, Vol. 51, pp. 273-280, 2015.
- 角田裕志, 浦野隆弘, 大平充: 琵琶湖に生息する絶滅危惧種ハスの成長の現状, 野生生物と社会 Vol. 3 No. 2, pp. 29-39, 2016.
- 今村彰生, 橋本果穂, 丸山敦: 2015年夏に琵琶湖北西岸で捕獲された魚食性絶滅危惧種ハス (*Opsariichthys uncirostris uncirostris*) の空腸率と体型について, 伊豆沼・内沼研究 Vol. 11, pp. 29-40, 2017.
- 前畑政善: 琵琶湖文化館周辺水域(南湖)における魚類の動向, 滋賀県立琵琶湖文化館研究紀要 Vol. 11, pp. 43-49, 1993.
- 美濃部博, 桑村邦彦: 琵琶湖周辺の内湖における魚類相の変化と生息環境分析, 応用生態工学 Vol. 4 No. 1, pp. 19-25, 2001.

Environmental condition, distribution, and structure of aquatic plant communities of the rivers and irrigation channels around the Lake Suwa, Nagano Prefecture, central Japan

Tomo Fukumura¹ and Kumiko Okubo¹

¹ Faculty of Agriculture, Shinshu University,

Keywords: endangered species, invasive alien species, aquatic plant, Lake Suwa, irrigation channel

ABSTRACT

Latterly, the loss of biological diversity of aquatic plants has become an important issue by water pollution and development in the Lake Suwa. For the conservation of the aquatic plant communities, it was necessary to grasp the condition of the rivers and irrigation channels around this lake, but there was little knowledge. Therefore, the purpose of this study was to know the environmental condition, distribution, and structure of aquatic plant communities of the rivers and irrigation channels around this lake to conserve particularly these endangered species. We chose two investigation areas from the northern part and the southern part of the lake. Vegetation and environmental conditions of the riverside communities were investigated in 2015. All investigation plots were 661, and the area of one quadrat was 1 square meters. The dominance of the appearance species in each plot were measured. And, the environmental conditions were measured and recorded as follows; water quality, agricultural and dredging managements and so on. Furthermore, we carried out hearing investigation about the management situation. All of the number of appearance species was 75. Particularly, the number of endangered species was 17. Eleven types of communities were distinguished by a TWINSpan classification. These were primarily classified into three river types, four spring water types, and four lowland weed types. The environmental condition such as quality of bottom or the quality of the water was different in the northern part and the southern part of the lake. It was thought that they influenced difference in species composition.

1. INTRODUCTION

In Japan, decrease and the extinction of the aquatic plant become the problem now. Lake Suwa is the biggest lake in Nagano Prefecture (Fig. 1). Therefore, many aquatic plants have ever grown in the Lake Suwa. However, recently, the loss and decrease of biological diversity of aquatic plants has become an important issue by water pollution and development in this lake. In addition, there are few studies on aquatic plant of the Nagano Pref. middle southern district. For the conservation of the aquatic plant communities, it was necessary to grasp the condition of the rivers and irrigation channels around lake Suwa, but there was little knowledge [1], [2]. Consequently, the purpose of this study was to know the environmental condition, distribution, and structure of aquatic plant communities of the rivers and irrigation channels around this lake to conserve particularly these endangered species.

2. METHOD

We chose two investigation areas from the northern part and the southern part of the lake Suwa. The northern part is in Suwa city. And the southern part is in Okaya city and

Shimosuwa-machi. The altitude of this study area is 750m from 790m. And, the native vegetation of the lowland of Suwa district is summer green Broad-leaved forest.



Fig. 1 Location of study area

We carried out distribution of aquatic plant, vegetation, and environmental conditions survey in autumn from summer of 2015. The number of investigation plots were 661. Each quadrat plot size was 1 m². We recorded all appearance species name in study plot. And, the dominance of the appearance species in each plot were measured. The environmental conditions were measured and recorded as follows; water quality, flow velocity, structure of channel, quality of bottom, agricultural and dredging managements and so on. In addition, we carried out hearing investigation about the management situation.

Statistical analyses

We carried out the community analysis by a TWINSpan classification and a detrended correspondence analysis (DCA).

3. RESULTS

The number of all of appearance species was 75. Particularly, the number of endangered species was 17, such as *Sparganium japonicum* Rothert, *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle, *Potamogeton oxyphyllus* Miq., *Potamogeton octandrus* Poir. var. *octandrus*, *Potamogeton wrightii* Morong, *Ranunculus nipponicus* Nakai var. *submersus* H.Hara. On the other hand, invasive alien plants such as *Elodea nuttallii* (Planch.) St.John and *Cabomba caroliniana* A.Gray were confirmed. The number of alien plant was 8.

All investigation plots were classified mainly three types; river type, lowland weed type, and spring water type by TWINSpan (Table. 1). River type had 3 sub types (①, ②, ③). Those types were established in the river with some width of rivers in mainly the southern part of the lake (Table. 2). Particularly, in river types, submerged plants such as *Potamogeton octandrus* Poir. var. *octandrus* and *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle appeared and dominance. But, invasive alien plant *Cabomba*

Table. 1 Composition and structure of aquatic plant communities in each type. The numerical value shows the frequency of appearance.

species name \ community type	number of appearance species										
	River type			Lowland weed type				Spring water type			
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
indicator species											
<i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Royle	5	1						1			
<i>Potamogeton wrightii</i> Morong	3										
<i>Potamogeton crispus</i> L.	4	1	1		1			3	+		+
<i>Cabomba caroliniana</i> A.Gray	2	1						+			
<i>Potamogeton oxyphyllus</i> Miq.	+	2			1						
<i>Potamogeton octandrus</i> Poir. var. <i>octandrus</i>	2	2	1		1	5		+	1	+	
<i>Trapa japonica</i> Flerow	2	2	1								
<i>Phragmites japonicus</i> Steud.			4		1	1		1			
<i>Lemna aoukikusa</i> Beppu et Murata		1	1		5	3	2	1	1	+	1
<i>Persicaria thunbergii</i> (Siebold et Zucc.) H.Gross		1	1			1	3	4	2	+	
<i>Murdannia keisak</i> (Hassk.) Hand.-Mazz.					1	+	4	3	+		
<i>Commelina communis</i> L.			1		1	1		3	1	1	+
<i>Sparganium japonicum</i> Rothert	1	1	1		+	1		+	3	1	3
<i>Myosotis scorpioides</i> L.						+			1	2	+
<i>Callitriche palustris</i> L.					+			+	1		3
<i>Glyceria depauperata</i> Ohwi var. <i>depauperata</i>								+			2
<i>Ranunculus nipponicus</i> Nakai var. <i>submersus</i> H.Hara			+					+	1	+	2
<i>Nasturtium officinale</i> R.Br											2
<i>Cardamine lyrata</i> Bunge			+					+	1		2
common species											
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.		2	3		+	1	5		2	+	
<i>Zizania latifolia</i> (Griseb.) Turcz. ex Stapf	1	5	2		+	1	5	1	1		
<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) St.John	+	1	1		1	1		1	3		1
<i>Bidens frondosa</i> L.		+	1			1		3	1	5	1

caroliniana A.Gray dominated in this type ①. In this type, quality of bottom was mud or gravel .

Then, lowland weed type had 4 sub types (④, ⑤, ⑥, ⑦), and spring water type was similar, too (⑧, ⑨, ⑩, ⑪ Table. 1) . Lowland weed types were established in paddy field and the irrigation channel in mainly the southern part of the lake. Therefore, some lowland weed and hydrophyte such as *Lemna aoukikusa* Beppu et Murata and *Persicaria thunbergii* (Siebold et Zucc.) H.Gross appeared. In this type, quality of bottom was mostly mud .

Spring water types were established flashy stream or narrow irrigation channel in mainly of the northern part of the lake. In spring water type, *Sparganium japonicum* Rothert and *Ranunculus nipponicus* Nakai var. submersus H.Hara dominated. On the other hand, invasive alien plant *Eloдея nuttallii* (Planch.) St.John dominated in only one type. Quality of bottom in spring water was gravel or cement.

4. DISCUSSION

As a result of investigation, we were able to confirm that many endangered aquatic plants still grew in the rivers and irrigation channels around the Lake Suwa. River type was important community to conserve aquatic plant in the southern part of the lake. On the other hand, in the northern part, spring water type was most important one. The environmental condition such as quality of bottom or the quality of the water was different in the northern part and the southern part of the lake. It was thought that they influenced difference in species composition. However, we confirmed the predominance of invasive alien plants.

5. CONCLUSION

It was thought that it was important that we maintained a variety of location environment to conserve aquatic plant communities. And, we confirmed that the extermination of invasive alien plants was most important problem.

REFERENCES

- [1] Okubo K., Oike,S. 2008. Relationship between the aquatic plant distribution and environmental conditions in irrigation canals in Kamiina district, Nagano Prefecture. Journal of the Japanese Institute of Landscape Architecture, 71(5):549-552 (in Japanese with English summary)
- [2] Oike S., Okubo,K., Oishi Y., 2011. Relationship between distributions of aquatic plant and environmental conditions of canal network in Kamiina district, Nagano Prefecture, central Japan. Journal of the Japanese Institute of Landscape Architecture, 74(5):501-506 (in Japanese with English summary)

Table 2. Environmental conditions. The numerical value shows the mean. Means, in a column, are statistically different at $P < 0.05$, when they share no common letter. The comparisons were made using the scheffe.

Main community type Community type	River type			Lowland weed type					Spring water type nonvegetation			
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
width of channel (m)	17.12a	0.81c	1.83c	9.30ab	1.45bc	6.58b	2.44bc	0.92c	0.98bc	1.28bc	1.15bc	1.5c
water depth (m)	1.20a	0.13ce	0.21ce	0.44b	0.08de	0.32bc	0.27cd	0.09ce	0.08ce	0.16ce	0.07ce	0.13e
water temperature (°C)	9.9	8.7	11.2	9.5	8.2	13.1	13.1	9.7	12.4	14.2	14.9	12.7
pH	7.6	7.1cd	7.2c	7.5cd	7.3	7.7abd	7.9a	7.2bcd	7.6	7.8abd	8.0	7.8ab
EC (μ s/cm)	195abcd	455fg	368cdefg	258cdef	498g	183a	248abcf	402bcdefg	291	237abcf	231	241ab
DO (mg/cm)	11.41	6.21	7.82	9.41	7.22	9.38	9.16	6.73	8.68	8.45	8.32	9.11
oxygen saturation (mg/L)	104.2a	54.6d	73.7	84.7	63bcd	91.5abc	89.7abc	61.4d	83.0	84.8	84.6	87.9ab
flow velocity (m/s)	0.06	0.01bc	0.03c	0.03c	0.03bc	0.45a	0.15bc	0.04bc	0.10	0.27	0.41	0.27ab

P1-29

Paper title : **Fishing Grounds and Closed Fishing Areas of Lake Baringo, Kenya**

Jones R. Muli

Kenya Marine and Fisheries Research Institute (**KMFRI**), Baringo Field Station, P.O. Box 31-30406, Kampi ya Samaki, Kenya.

Email: jonesmuli2014@gmail.com, Cellphone +254-(0)733915719, +254-(0)710214579,

Keywords: Fish resources maps, closed fishing areas, geographical migration

ABSTRACT

A monthly sampling exercise was carried out twice in February–June 2011 and February-April 2012 in Lake Baringo to identify and map the fishing, breeding and nursery grounds. The ultimate goal was to set aside closed fishing areas for fish breeding and wildlife conservation, thus enhancing sustainable management and mitigate conflicts in the lake. Fishing grounds were identified by visiting the sites where fishing gears had been set and establishing the geographical positions where gears were set using a GPS.

In the southern zone of lake there were three major fishing grounds during the 2011 sampling period. These were: i) along the eastern shoreline of lake between the mouths of Rivers Ngasotok and Molo, ii) along the western shoreline between the mouths of Rivers Perkerra and Kapthurin and iii) there area between Lesukut Island and mouth of River Ngasotok. During the same period, fishing ground in the central zone was identified around Kampi ya Samaki, Kokwa and Samatiany islands towards the north. In the northern zone, fishing grounds was located between Rongena Island and Komolion.

During the high lake water level (2012), there was a substantial geographical migration of the fishermen particularly to the intermittent lake and areas which were hitherto land. The geographical migration of the fishermen was probably motivated by migration of fish in large numbers to the intermittent lake. The fact that some fishing grounds fall within the legal closed fishing areas implies that enforcement of fisheries laws is not effective or is not being done at all.

1. INTRODUCTION

Lake Baringo is a shallow equatorial lake is located on the eastern arm of the Rift Valley in Kenya. The lake situated between latitudes 0° 30' and 0° 45''N and longitudes 36° 00' and, 36° 10''E at altitude of 975 m (Figure 1). It has a surface area of 137 km² and drains a total area of 6820 km² (Ssentongo, 1974).

Until 1970 the fishery used to be the economic mainstay of the local population and supported a fish processing factory at Kampi ya Samaki market. The fish factory collapsed in 1986 and has not been revived up to date due to lack of adequate fish catch from the lake for processing (R. Chelagat, pers. comm.). In the 1960s the annual total landing for tilapia was over 600 tonnes and by 1984, it had declined to less than 3 tonnes (Hickley *et al.*, 2004). To revive the fishery and increase production, mainly two

regulatory measures were applied before: closed fishing season and use of fishing gear of certain minimum mesh size (gillnet) and hook size. The regulatory measures were meant to allow fish stocks to recover and for sustainable exploitation. However, the efforts to improve the fish stock by closing lake did not yield much. The lake stakeholders' suggested that closed fishing areas as management technique to improve the stock should be applied (Muli *et al.*, 2009). The stakeholders suggested that maps of the lake resources be developed showing among others things, the fishing grounds, closed fishing areas and their geographical positions for gazetting by the ministry in charge of fisheries management. At the moment there is no gazetted map showing the closed fishing areas as is the case for Lake Naivasha (Fisheries Act, 1991). Fishing grounds in this paper is defined as

place where fishermen catch fish in the lake. These are the areas where fishermen know; on the basis of empirical knowledge and expect to catch commercial fish species and on a daily basis set their fishing gears (W. Chepkir Fisherman L. Baringo pers. comm.). Major conflicts in the fishery are between wildlife conservationist, hospitality industry players and fishermen on the other hand. The conservationist's objective is to preserve wildlife and to keep the lake healthy. On the hand, fishermen complain that wildlife should be eradicated from the lake as they destroy their fishing gears and maim and kill human beings. In addition motorised boats which ferry tourists to view the lake and wildlife destroy their gear. The aim of the study was therefore to map the fishing grounds *vis-a-vis* the designated legal closed fishing areas as defined by fisheries act (Fisheries Act, 1991).

2. METHOD

A monthly sampling exercise was carried in Lake Baringo twice in February–June 2011 and February–April 2012 to identify and map the fishing grounds. The two periods represented the wet and dry seasons respectively.

To ensure that the sampling was representative of the whole lake area, transects were taken covering all geographical grids of the lake. All major zones of the lake i.e. south, central and north were sampled. In addition, all river mouths and bays were also sampled. The sampling was done between 8 am and 2 pm because that is the time when most fishermen are in lake. Generally, after 2 pm the lake is rough due to high waves, making navigation difficult and hard to locate fishing gears. All the fishing grounds were identified by visiting the sites where fishing gears had been set. Fishing sites were accessed using a boat powered by an outboard engine. The sites where the gears were set were located visually from a distance by their buoys. This technique was adopted following the Fisheries Act article 44 (1) which states that: “Any fishing gear set or placed in or on water shall be marked with a clearly visible buoy so that it can be seen both during the day and night by a vessel a hundred and fifty metres away from the position of the gear” (Fisheries Act, 1991). Once at site, the gear was lifted, examined and the following information recorded: i) Type of fishing gear (gillnet, long-line, hand-line), and ii). Geographical positions where gears were set were identified using GPS (Model Garmin 72H). Other data which was collected was abundance and geographical positions of wildlife. The wildlife recorded included Hippopotamus (*Hippopotamus amphibius*) and Nile crocodiles (*Crocodylus niloticus*). Data on wildlife was used to map wildlife territories. This is important as there are

human-wildlife conflicts in the lake as wildlife destroy fishing gears.

In laboratory, the computer program Arc-View GIS (Environmental System Research Institute, Inc., Redlands, CA) was used to develop a map showing location of various gears in lake. Fishing gear locations and wildlife location in the lake were plotted on the geo-referenced map. The areas with high concentration of fishing gears set were delineated by drawing polygons covering the larger extent around them. Thus a map showing the major fishing grounds were developed (Figure 1). According to the Fisheries Act (Fisheries Act, 1991) the legal closed fishing areas are the areas within a three kilometre radius of the river delta and estuary.

3. RESULTS

Overall, 216 and 135 fishing gears were recorded in the study in 2011 and 2012 respectively. The fishing gears observed were long lines, gill nets and hand lines. Long lines and gill nets were the dominant gears used in the fishery. There was no significant difference in gear composition in the two different sampling periods (χ^2 0.05, $2 = 4.8827$, $P > 0.05$). However, there were substantial differences in geographical location setting of various fishing gears and also changes in size (area) of the major fishing grounds in the lake over the between the two sampling periods. Fishing takes place in the entire lake, with a concentration of fishing effort in particular areas as depicted by high concentration of fishing gear set (Figure 1). In the southern zone of lake there were three major fishing grounds during the 2011 sampling period. These were: i) along the eastern shoreline of lake between the mouths of Rivers Ngasotok and Molo, ii) along the western shoreline between the mouths of Rivers Perkerra and Kapthurin and iii) there area between Lesukut Island and mouth of River Ngasotok. During the same period, fishing ground in the central zone was identified around Kampi ya Samaki, Kokwa and Samatiany islands towards the north. In the northern zone, fishing grounds was located between Rongena Island and Komolion. During the high lake water level (2012), there was a substantial geographical migration of the fishermen particularly to the intermittent lake and areas which were hitherto land. The geographical migration of the fishermen was probably motivated by migration of fish in large numbers to the intermittent lake. Figure 1 shows that legal closed fishing areas are located in the southern zone of the lake only. Most of the large wildlife (hippopotamus and crocodiles) territories lay within the legal closed fishing area (Figure 1).

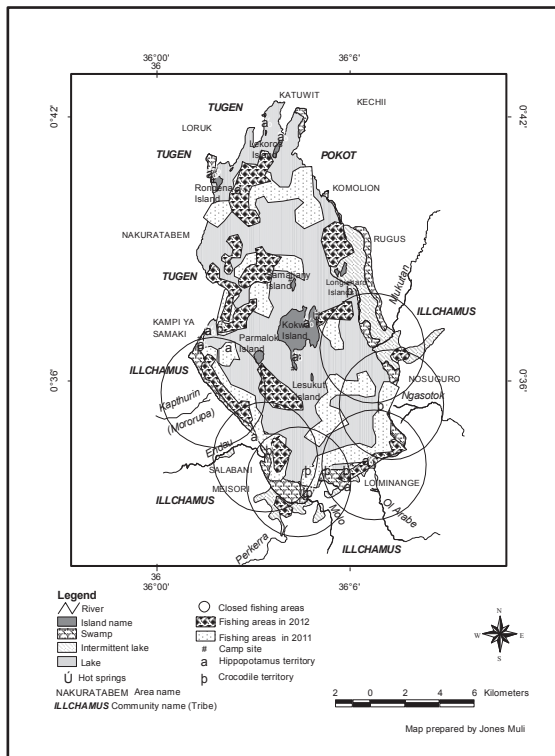


Fig. 1. Fishing grounds and legal closed fishing areas

4. DISCUSSION

Delineation of fishing grounds and closed fishing grounds in the maps provided distinctive visual representation of where fishing takes place in the lake which is easy to understand at a glance. Moreover the map can be easily understood by stakeholders of different backgrounds and education levels. The maps among others, i) show the areas where fishermen fish illegally and need to be persuaded to stop fishing, ii) guide fisheries department where to conduct patrols to protect the legal closed fishing grounds, iii) can be used for future delineation of the lake for various purposes e.g. areas for closed fishing areas, fishing areas, wildlife zones. The maps can be used as a management tool and would be important in sensitization and drawing of management/conservation measures.

Distribution pattern of fishing gear set in lake may reflect fish distribution in lake. The largest concentration of fishing gear in central zone around Kampi ya Samaki, Kokwa and Samatiany islands towards the north is an indicator of higher density of fish in this area compared to other zones. Incidentally, the area of high fish density is also the deepest in the lake. These findings are in conformity with findings of Mlewa *et al.* (2005).

Since some of fishing grounds fall within the legal closed fishing areas (Fisheries Act, 1991), they are therefore potential sites of conflict between the commercial fishers and biodiversity conservationists (hoteliers, tour guides, wildlife conservationists, fishery's managers and research

scientists). Some of the closed fishing and biodiversity conservation areas are also territories of large wildlife namely Hippopotamus and Nile crocodiles which attract tourists to the lake. Boat rides to view wildlife is a major source of revenue for the local hospitality and tourism investors. Fishing immature fish in the closed fishing areas that are breeding and nursery grounds contribute to the depletion of fish stock and is an unsustainable practice which should be done away with. Respecting the role of closed fishing areas to protect immature fish, spawn or spawning fish such as lungfish which breed in the swamp (Mlewa and Green 2006) and potamodromous fish such as *Labeo* and *Barbus* spp could partly assist the stock to recover and for sustainable exploitation. Maintenance of closed fishing and biodiversity conservation areas is of mutual benefit to all the lake users and therefore is a priority.

5. CONCLUSION

County government of Baringo department of fisheries should mark clearly the closed fishing area for ease of identification by the fishers. Sensitization of fishers should be done so that closed fishing areas can be respected and reduce conflicts in the fishery. All the three indigenous communities Illchamus, Pokot, and Tugen that fish in lake should be involved. This would ensure no one community would feel alienated from fisheries activities, as all will participate in protecting and conserving part of their heritage.

REFERENCES

- [1] A. Fisheries Act: Laws of Kenya, The Fisheries Act Chapter 378, Revised edition 2012 (1991). Printed and published by the Government Printer, Nairobi 176 pp.
- [2] B. Hickley, P., Muchiri, M., Boar, R.R., Britton, J.R., Adams, C., Gichuru, N., Harper, D., Habitat degradation and subsequent fishery collapse in Lakes Naivasha and Baringo, Kenya. *Ecohydrology & Hydrobiology* Vol 4: pp 503–517, 2004.
- [3] C. Mlewa, C.M., Green, J.M., Simms, A.: Movement and habitat use by the marbled lungfish *Protopterus aethiopicus* Heckel, 1851 in Lake Baringo, Kenya. *Hydrobiologia* Vol 537, pp 229-238, 2005.
- [4] D. Mlewa, C.M., Green, J.M.: Translocation of marbled African lungfish, *Protopterus aethiopicus* (Teleostei: Protopteridae), and its fishery in Lake Baringo, Kenya. *African Journal of Aquatic Science* Vol 31(1), pp 131-136, 2006.
- [5] E. Muli, J.R., Nyamweya, C., Owili, M., (Eds.), Proceedings of the first Lake Baringo Research Expedition (LABRE). Fisheries and environmental assessment community workshop, pp viii + 61, 2009.
- [6] F. Ssentongo, G.W.: On the fishes and fisheries of Lake Baringo. *African Journal of Tropical Hydrobiology and Fisheries* Vol 3, pp 95-105, 1974.

魚類による湖沼から流入水路への移出状況とその関連要因

満尾 世志人¹, 角田 裕志², 大平 充³

¹新潟大学 研究推進機構 朱鷺・自然再生学研究センター, ²埼玉県環境科学国際センター, ³東京農工大学

キーワード: ため池, 魚類, 移動, 生態系ネットワーク

抄録

本研究では、湖沼生態系の状態に強い影響を与える魚類を対象とし、湖沼から流入水路への移出状況とその関連要因について把握することを目的とした。12の農業用ため池を対象に流入水路口においてトラップ調査を実施した結果、最も多くの移出個体が採捕されたのはモツゴであり、池での出現率上位5種で全移出個体数の約96%を占めた。移出に関わる最も重要な要因としてコンクリート護岸率が抽出され、護岸率が高まるほど移出が増加する傾向が確認された。また、移出関連要因は魚類の生活様式によって異なる部分もあり、プランクトン食の遊泳魚に関する移出個体数は水路中のプランクトン密度と正の関連を示した。本研究から、護岸など湖沼環境の人的改変が湖沼内に生息する魚類の行動に影響を及ぼしうることが示された。また、魚類による湖沼からの移出は、湖沼内の環境条件だけでなく、流入水路の環境条件による影響もうけることが把握された。

1. はじめに

これまで貯水池を含む多くの湖沼において、透明度の高い状態からアオコなどを伴う濁った状態へと変化する湖沼生態系のレジームシフトが観察されてきた。レジームシフトは多大な生物多様性消失を伴うだけでなく、栄養塩などを変化前の水準まで戻しただけでは回復しないという特徴を持つ。このため、各状態の維持機構や変化プロセスの解明は、湖沼生態系の保全・管理上極めて重要な課題となっている。魚類はプランクトンへの捕食を介してレジームシフトと強く関連しており、魚類の大量導入や除去が湖沼のレジームシフトを引き起こした事例も報告されている。一方で、魚類個体群が湖沼外へと移出を行うケースが知られており、近年こうした移動の有無が湖沼生態系に大きく影響することが示されている。しかしながら、こうした移出のメカニズムや関連要因に関する実証的研究は全く進んでいない。

そこで本研究では、湖沼に生息する魚類による移出の実体を把握するとともに、移出に関連する環境条件の把握を目的とした。

2. 方法

調査は岩手県南部に位置する農業用ため池群を対象とした。調査対象ため池の規模は水面面積にして約0.1ha～5.6ヘクタールであり、周辺の主要な土地利用は水田である。いずれのため池も造成から少なくとも

100年程度以上は経過していると思われる。

2.1 魚類の移動状況

ため池からの魚類の移出状況を把握するため、12か所のため池において移出個体の採捕を行った。移出個体の採捕は、ため池とその流入水路の接続口に小型のトラップを設置し、24時間後に回収することで行った。トラップによる採捕は6月、8月、10月に実施し、すべての対象池において各月2回ずつ行った。

2.2 ため池内の魚類相

ため池内に生息する魚類相の把握を目的として、調査対象とした全てのため池において、投網及び手網を用いて採捕を行った。ため池間における採捕努力量が等しくなるよう、池の水面面積に合わせて採捕時間を調整した。

2.3 環境調査

移出に影響を及ぼしうる要因として、池内および流入水路の環境条件について記録を行った。池内環境については水面面積、水深、コンクリート護岸率、植物被覆率、溶存酸素量及び動物プランクトン密度について計測を行い、水路環境については、流量、水温、動物プランクトン密度を計測した。

2.4 分析方法

本研究ではGeneralized linear mixed model (GLMM) 及び Model averaging を用いた解析によって魚類の移出に関連する環境条件の抽出を行った。解析は移出種

数及び移出個体数を目的変数とし、上記環境条件及び各池における魚食魚の存在を説明変数とした。ランダム変数には調査月及び Principal coordinates of neighbour matrices によって作成した空間変数を用いた。また、移出種数を対象とした解析の際は池内の生息種数もランダム変数に加えた。

3. 結果

3.1 採捕概要

魚類相調査の結果、14 種の魚類が確認された。もっとも広く分布していたのはトウヨシで、対象としたすべての池で生息が確認された。2 番目に高い出現率を示したのはフナ類であり、続いてドジョウ、モツゴ、タイリクバラタナゴとなった。

トラップ調査の結果、12 種 1912 個体の池から移出する魚類が採捕された。各池の一回当たりの移出種数は 0~6 種、移出個体数は 0~651 となった。最も多く池で移出が認められたのはヨシノボリ類であり、対象としたすべての池で移出が確認された。一方で最も多くの移出個体が採捕されたのはモツゴであり、池での出現率上位 5 種だけで全移出個体数の約 96%を占めた。以下の解析では、当該 5 種(タイリクバラタナゴ、モツゴ、フナ類、ヨシノボリ類、ドジョウ)を対象とする。

3.2 移出に関わる要因

移出個体数は調査季節間で大きな差はなく、ANOVA の結果いずれの魚種個体数、種数についても季節間で有意な差は認められなかった。Model averaging の結果、池からの移出に影響を及ぼす要因として護岸率が抽出され、種数・個体数いずれについても護岸率が高まるほど移出が増加するという傾向が確認された(表 1)。さらに、流入水路の流量も全体的に移出と正の関係にあることが示された。また、遊泳魚に関しては流入水路の水に含まれるプランクトン量も関連要因として抽出され、移出に対して正のインパクトを及ぼしている傾向が確認された。一方で、既往研究で報告されている酸素条件や捕食者の影響については、タイリクバラタナゴにおいて魚食魚の存在による正の影響が認められたものの、本研究においては確認されなかった。

4. 考察

本研究結果から、ギルドによる違いは認められたものの、湖沼内に生息する魚類による周辺水式への移出に

表 1 GLMM 及び model averaging による推定結果

Model	Variable	Estimate	Adjusted SE	z	P
移出種数					
	コンクリート護岸率	2.227	0.361	6.176	< 0.001
	水深	-0.711	0.245	2.901	0.004
	水路流量	0.201	0.074	2.729	0.006
	水路水温	0.407	0.405	1.004	0.315
移出個体数					
タイリクバラタナゴ					
	コンクリート護岸率	3.125	0.720	4.338	< 0.001
	水路水温	0.864	1.006	0.859	0.390
	魚食魚の生息	0.255	0.109	2.339	0.019
	水深	0.620	0.469	1.321	0.187
	水路流量	0.322	0.161	2.001	0.045
モツゴ					
	コンクリート護岸率	5.518	1.037	5.323	< 0.001
	水路プランクトン密度	0.263	0.089	2.948	0.003
	水路水温	3.729	1.387	2.689	0.007
フナ類					
	水路プランクトン密度	0.109	0.041	2.626	0.009
	水路水温	-0.669	0.638	1.049	0.294
	溶存酸素量	0.433	0.287	1.512	0.131
ヨシノボリ類					
	コンクリート護岸率	3.531	0.623	5.669	< 0.001
	水路水温	1.181	0.624	1.891	0.059
	水路流量	0.317	0.112	2.829	0.005
ドジョウ					
	コンクリート護岸率	1.648	0.700	2.352	0.019
	水路水温	1.304	0.875	1.490	0.136
	水深	-1.010	0.365	2.770	0.006

は主に湖沼の護岸状況が影響を及ぼしており、コンクリートによる護岸割合が高まるほど移出は増加することが把握された。これまで湖沼外への移出を扱った研究では捕食者の存在や貧酸素からの回避が関連要因として指摘されていたが、本研究により湖沼環境の人為的改変も魚類の移出に大きな影響を及ぼしうることが明らかとなった。

湖沼における自然湖岸は、植生帯の発達や環境の異質性創出を促すものであることから[1]、湖沼沿岸の改変は魚類にとって重要な生息環境の喪失をもたらすと考えられる。また、本研究では池内における分布状況について把握していないものの、護岸化は湖沼内における魚類の分布変化及び集合を引き起こすことが指摘されている[2]。これらのことから、本研究で確認された護岸率と移出の関係は、護岸化に伴う好適な生息環境の消失及びそれに伴う魚類の行動変化が湖沼外への移出を促進する可能性を示唆していると考えられる。

遊泳魚の 2 種(フナ類、モツゴ)では、水路におけるプランクトン量が移出と正の関係にあることが確認され

た。本研究で対象とした池の中には、魚類の成長には不十分であるほど動物プランクトン密度が低い池がいくつか認められた。加えてプランクトンとの関係が認められた 2 種はいずれもプランクトン食者であることから、両種は餌環境を求めた移動を行っていたと推察され、これは湖沼内の魚類による採餌目的の移出を報告した既往研究を支持するものであると考えられる。

本研究では、タイリクバラタナゴ、ヨシノボリ類及び種数について流入水路の流量が移出と正の関連を示した。流入水が湖沼内の魚類に及ぼす影響についての研究例は多くないが、季節的な増水などが移動を促す事例が知られている[3]。しかしながら、本研究においては調査月間に移動量の差は認められなかったことから季節的移動による影響はないものと思われる。一方で、水の流れは多くの場合に魚類の移動を促すことが知られており、河川性の魚類については流量と移動の関係について多く報告されている[4]。こうした傾向は河川生活への適応を反映していると解釈されており、本研究においても移出と流量の関連が認められた上記の 2 種は当該地域において湖沼よりも水路に多く生息する種であった[5]。また、湖沼内において好適な生息場や餌を求めて探索的な行動をとる個体にとって、大きな流量を持つ水路は発見しやすいということも示唆しているのかもしれない。

5. 結論

- ・湖沼沿岸の護岸化が魚類による湖沼から移出に強い影響を与える
- ・移出メカニズムは魚類のギルドによって異なる
- ・魚類による湖沼から移出は、湖沼内の環境条件だけでなく、流入河川・水路の条件による影響も受ける

引用文献

- [1] Persson L. & Eklov P.: Prey refuges affecting interactions between piscivorous perch and juvenile perch and roach, *Ecology*, Vol. 76, pp. 70-81, 1995.
- [2] Scheuerell M.D. & Schindler D.E.: Changes in the Spatial Distribution of Fishes in Lakes Along a Residential Development Gradient, *Ecosystems*, Vol. 7, pp. 98-106, 2004.
- [3] Tyus H.M. & Karp C.A.: Spawning and movements of razorback sucker, *Xyrauchen texanus*, in the Green River Basin of Colorado and Utah, *American Midland Naturalist*, Vol. 35, pp. 427-433, 1990.
- [4] Kwak T.J.: Lateral movement and use of floodplain habitat

by fishes of the Kankakee River, Illinois, *Southwestern Naturalist*, Vol. 120, pp. 241-249, 1988.

- [5] Mitsuo Y., Ohira M., Tsunoda H., Shono Y. & Senga Y.: The fish fauna of farm ponds in northeastern Japan and its contribution to the maintenance of regional fish diversity, *Journal of Environmental Information Science*, Vol. 38, pp. 89-96, 2010.

P1-31

外来魚チャネルキャットフィッシュは流れに応じて遊泳方法と浮力を調節する

吉田 誠¹, 山本 大輔², 佐藤 克文³¹国立環境研究所琵琶湖分室, ²豊田市矢作川研究所, ³東京大学大気海洋研究所

キーワード: 侵入外来生物

抄録

特定外来生物チャネルキャットフィッシュ(アメリカナマズ)の野外における遊泳行動を、日本国内の3つの水域(霞ヶ浦・利根川・矢作川)で、動物搭載型の行動記録計を用いて調査した。湖のチャネルキャットフィッシュは、うきぶくろ内にためる空気の量を減らして体を水より重く保ち、尾びれを振らずに潜降するグライド遊泳を活用して効率よく泳いでいた。河川のチャネルキャットフィッシュではグライド遊泳はほとんどみられず、うきぶくろに空気を保持し、体密度を水と同程度に保って泳いでいた。本種は、流れの有無やエサ環境の異なる湖と河川で、それぞれに適した浮力状態と泳ぎ方を選択することで、エネルギー消費を抑えていると考えられる。

1. はじめに

水中を泳ぎまわる多くの魚類は、鰾(うきぶくろ)に空気をためて浮力を得ることで自らの体重を支え、泳ぐ際のエネルギー消費を低く抑える一方、十分な浮力の得られない状況下においても、尾びれを振らずに潜降する「グライド遊泳」を活用することで、移動コストを低く抑えたとされる^[1, 2]。

日本国内の複数の水系で近年定着しつつあるチャネルキャットフィッシュ(アメリカナマズ)^[3]は、気道とつながった鰾をもつ開鰾魚(かいひょうぎょ)で、口から空気を飲み込んだり吐き出したりすることで、鰾内の気体量を速やかに変化させて自身の浮力を調節できる。過去に行なわれた研究で、チャネルキャットフィッシュはグライド遊泳により移動コストを大幅に抑えられると予測されており^[4]、この効率的な遊泳方法をもつことが、本種が国内で湖沼から河川まで幅広い環境に分布を広げられた要因のひとつと考えられる。

2. 方法

本研究では、行動記録計(ORI400-D3GT または W190-PD3GT; Little Leonardo 社製)を装着したチャネルキャットフィッシュ(図 1)を霞ヶ浦、利根川、および矢作川で放流し(図 2)、自動切離システム^[5]を用いて、数日後に記録計のみを回収した。記録計から得られた、遊泳時の深度(1Hz)および3軸方向の加速度(10Hzないし16Hz)のデータを元に、鉛直移動に伴う浮上・潜降時の遊泳強度(動的体加速度; ODBA^[6])を算出して比較することで、本種がどのような浮力状態を選択し、どの程度の頻度でグライド遊泳を活用していたかを解析した。さらに、流れのある河川(利根川・矢作川)と流れのない湖(霞ヶ浦)で魚の浮力状態や遊泳行動を比較し、異なる環境でどのように振る舞っているかを検証した。

3. 結果

2012-2015年に行なった野外実験により、霞ヶ浦で6個体、利根川で2個体、矢作川で3個体のチャネルキャットフィッシュ(全長42.0-59.1cm, 体重1.24-4.16kg)から、9-100時間の行動データを取得した。

浮上時と潜降時の尾びれの振りの強さを個体ごとに比較した結果、霞ヶ浦の個体は自重を支えるだけの浮力をもたず(負の浮力)、体が水より重い状態にあった一方、河川の個体は自重を支えるだけの浮力もち(中性浮力)、体密度は水とほぼ同等であった(図3)。

グライド遊泳の起こる頻度を応答変数とした一般化線形混合モデル(GLMM)を用いて、AICに基づくモデル選択を行なった結果、グライド遊泳は、潜降時に、泳ぐ



図1 記録計を装着したチャネルキャットフィッシュ

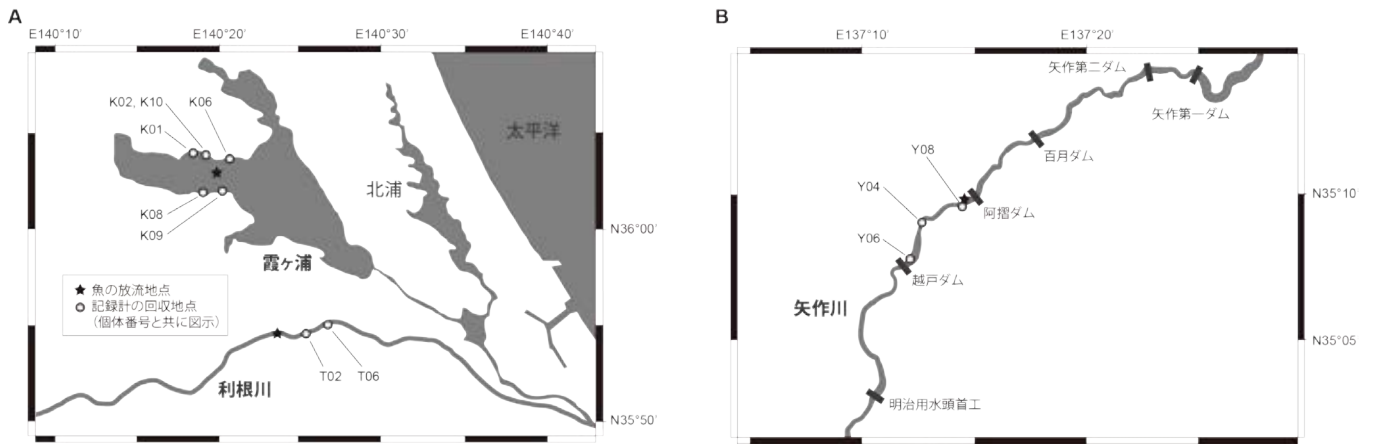


図2 霞ヶ浦、利根川(A)および矢作川(B)における個体の放流地点と記録計の回収地点

深度が深くなるほどより多くみられた(表 1)。また、湖のチャネルキャットフィッシュはグライド遊泳を頻繁に行なっていた一方、河川の個体ではグライド遊泳はあまり見られなかった(表 1, 図 4)。

4. 考察

一般に、深場で高い水圧がかかって鰾内の空気が圧縮されたり、個体がやせていたりすると、浮力が小さくなり、水中で受ける重力が大きくなる分、楽にグライド遊泳できる。グライド遊泳が河川よりも湖で多くみられたことから、湖のチャネルキャットフィッシュは体を水より重い

状態に保ち、積極的にグライド遊泳を活用していると考えられる。いっぽう、河川にすむチャネルキャットフィッシュは、流れに逆らって尾びれを振り続ける必要があり、グライド遊泳で尾びれを振らずに受動的に泳ぐことは困難だと想定される。そもそも、体が水より重い状態で尾びれを振り続けるには体を持ち上げるエネルギーが余分に必要となることから、流れのある河川では、中性浮力を保持することで消費エネルギーを抑えていると考えられる。

流れ環境の異なる湖と河川でみられたチャネルキャット

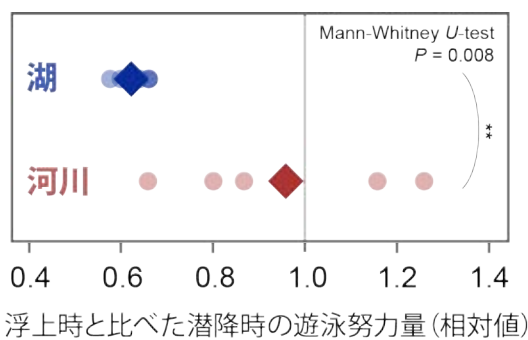


図3 遊泳努力量から推定した個体の浮力状態

表 1 AIC 最小となったグライド頻度予測モデル

Variables	Coefficient	s.e.	z	P
Depth	0.15	0.02	8.79	< 0.001
Descent phase	2.21	0.07	33.6	< 0.001
Condition Factor	0.26	0.13	1.93	0.053
Lotic habitat	-2.52	0.71	-3.57	< 0.001

(リンク関数: log, 誤差分布: 二項分布)

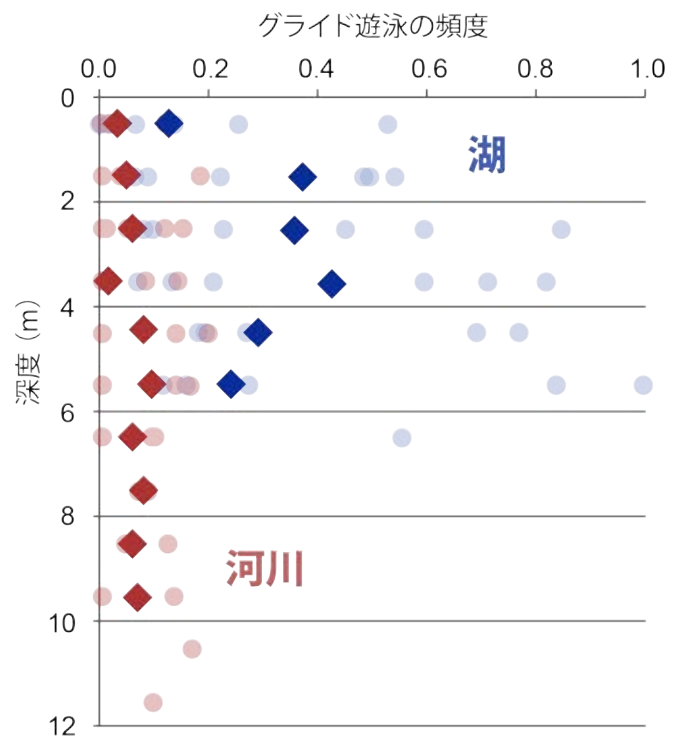


図4 深度別にみた潜降時のグライド遊泳頻度

トフィッシュの行動の違いは、水域ごとの採餌生態の違いを反映するものと考えられる。湖底付近で底生動物を採餌する、本種の霞ヶ浦における採餌生態^[7]を反映するものと考えられる。河川では上流から流下する生物が食性の中心と報告されており^[8,9]、水面から川底まで鉛直方向に広く探索する必要があるために、体を支えるのに余分な力を必要としない中性浮力の状態を選択していると考えられた。

過去に淡水魚を対象として行なわれた研究では、うきぶくろの形態的な特徴から、流水にすむ種は体を水より重くして川底にじっと留まり、止水にすむ種は中性浮力で体を支えて遊泳コストを下げるとされてきた^[10]が、本研究では逆の結果となった。これは、より多くの餌を得られる遊泳戦略をとることが、遊泳コストを上回るだけのエネルギー獲得を可能とし、その余剰分を成長および繁殖に投資することで適応度の向上に貢献すると考えられる。これは、魚類の河川環境への適応を考える上で、遊泳にかかるエネルギー消費だけではなく、摂餌によるエネルギー獲得もふまえたエネルギー収支に基づく考察が重要であることを示唆する。

5. 結論

チャネルキャットフィッシュは流れの有無に応じて浮力を調節し、生息水域の餌環境に適した遊泳方法ならびに浮力状態を選択することで、淡水環境に広く適応していると考えられる。

引用文献

- [1] D. Weihs: Mechanically efficient swimming techniques for fish with negative buoyancy. *Journal of Marine Research*, Vol. 31, pp. 194-209, 1973.
- [2] A. C. Gleiss *et al.*: Convergent evolution in locomotory patterns of flying and swimming animals. *Nature Communications*, Vol. 2 No. 5, pp. 512-515, 2011.
- [3] 片野修ほか: 日本におけるチャネルキャットフィッシュの現状. *保全生態学研究*, Vol. 15, pp. 147-152, 2010.
- [4] R. V. Beecham *et al.*: Non-horizontal locomotion in blue and channel catfish. *International Journal of Animal Physiology*, Vol. 1, pp. 1-17, 2013.
- [5] Y. Watanabe *et al.*: Foraging tactics of Baikal seals differ between day and night. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 279, pp. 283-289, 2004.
- [6] R. P. Wilson *et al.*: Moving towards acceleration for estimates of activity-specific metabolic rate in free-living animals: the case of the cormorant. *Journal of Animal Ecology*, Vol. 75, pp. 1081-1090, 2006.
- [7] 半澤浩美: 霞ヶ浦におけるチャネルキャットフィッシュ (*Ictalurus punctatus*) の食性. *茨城県水産試験場内水面支場研究報告*, Vol. 39, pp. 52-58, 2004.
- [8] 山本大輔ほか: 矢作川におけるチャネルキャットフィッシュの生息状況と採集方法. *矢作川研究*, Vol. 18, pp. 25-31, 2014.
- [9] M. Yoshida: Distribution patterns of non-native channel catfish *Ictalurus punctatus* in Japan and its behavioral characteristics related to flow conditions. Doctoral dissertation, The University of Tokyo. 2017.
- [10] R. L. Saunders: Adjustment of buoyancy in young Atlantic salmon and brook trout by changes in swimbladder volume. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, Vol. 22, pp. 335-352, 1965.

Effects of upstream reservoir regulation on the intra-annual distribution of benthic invertebrates in a large floodplain lake (Dongting Lake, China)

Xu Can, Li Yitian

State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University

Keywords: Intra-annual distribution; Benthic invertebrates; Upstream reservoir regulation; Dongting Lake; TGR

ABSTRACT

Hydrological controls from damming upstream heavily affect the flow-sediment regime and water chemistry of floodplain lakes downstream, and thus cause profound impacts on lake ecosystems, which have been widely proven. However, with this series of disturbances, the intra-annual distribution of benthic invertebrates may be affected but it is not clear by now. This research aims to explore benthic invertebrates (BI) response to hydrological process variation induced by upstream reservoir regulation, using three years (1995, 2004 and 2014. The Three Gorges Reservoir started operating in 2003) paired hydrological database and monitoring data of BI in Dongting Lake. The results showed that: the intra-annual distribution of BI significantly responded to upstream reservoir regulation, but this response was not sustained. Hydrological variation in dry season and in wet season seemed to have greater impacts on *Aquatic Insecta* while the variation in wet season has greater impacts on *Mollusca*. Sediment concentration and water chemistry were proven to be the critical variables. Sediment concentration was positively correlation with the intra-annual distribution of *Aquatic Insecta*. Flow and water level were closely related to *Mollusca* and *Oligochaeta*. Water chemistry was most closely related to *Other Taxa*. This work would provide valuable information for design of lake management strategies and upstream reservoir regulation rules.

1. INTRODUCTION

In recent years, climate variability and anthropogenic river regulation by hydraulic projects (HP) have constantly changed hydrological regime, in turn caused aquatic habitat variation in rivers and their floodplain lakes^[1]. Floodplain lakes even become one of the most threatened landscapes worldwide^[2]. For the conservation and management of aquatic ecosystems, many researches have tried to link hydrological variation induced by the operation of HP to the response of aquatic biota. Benthic invertebrates (BI) are often used as a target community in such researches^[3]. Within this effort, most researches have focused on the positive or negative effects of the HP construction and operation, such as comparison of biological response before and after the upstream reservoir operation^[4], or paired comparison of community parameters between regulated and unregulated sites^[5].

However, the most significant change caused by HP is the change in intra-annual hydrological process. In order to meet the needs of flood control and water utilization, water level in non-flood season is raised and that in flood season is reduced. Besides, variations of hydrological process will inevitably result in the variations of sediment transport and water chemistry^[5]. With this series of disturbances, the intra-annual distribution of benthic invertebrates may be affected. Furthermore, due to community recolonization, this effect may exhibit

differences among years. But studies on this effect still remain scarce by now. This fact inhibits the development of quantitative relationships between ecological responses and anthropogenically induced hydrological alterations, which is critical important for design of lake management strategies and upstream reservoir regulation rules.

Dongting Lake, the second largest freshwater lake in China, is the first large lake downstream of the Three Gorges Reservoir (TGR). The flow-sediment regime of Dongting Lake is highly affected by hydrological controls from reservoir regulation of the main stream, which in turn contributes to affect lake biodiversity. Hydrological processes in Dongting Lake have been proven to be highly altered temporally^[6]. This lake is therefore an ideal study lake for assessing hydro-ecological effects. Given these contexts, this research aims to explore BI response to hydrological process variation using three years (1995, which is before the operation, 2004; which is just after the operation and 2014, which is after 175m water storing of TGR) paired hydrological database and monitoring data of BI in Dongting Lake. The current study had two main purposes: (1) to investigate the intra-annual distribution of BI response to upstream reservoir regulation; (2) to examine the relationship between flow-sediment regime and water chemistry properties and community metrics, aiming to select key variables affecting BI.

2. METHODS

2.1. Data resources

Data of BI was collected from literatures^[7-9]. All of the sample collections and treatments have been finished by the Ecological and Environmental Monitoring Center of Dongting Lake of Hunan. The sampling sites, located on the typical section in the East, South and West Dongting Lake, could reflect the overall and regional characteristics of BI in Dongting Lake. Sampling occurred in dry season (December to next March), normal season (April to May and October to November) and wet season (June to September) within each year, respectively.

Measured data of control hydrological stations in Dongting Lake, included flow, sediment concentration, water level and water chemistry properties (Nemerow index) of Chenglingji Hydrological Station, was collected from the Changjiang Water Resources Commission.

2.2. Data analysis

Redundancy analysis (RDA) was used to examine the relationship between flow-sediment regime and water chemistry properties-community metrics (carried out in CANOCO version 4.5). RDA and Monte Carlo permutation test with 499 permutations were performed to evaluate the significance of variables separately.

3. RESULTS

3.1. Total abundance of BI in different seasons

The numerical difference of the richness among these 3 years was not significant. *Mollusca* and *Aquatic Insecta* were most abundant, accounting for approximately 41.70% and 28.90% of the total respectively.

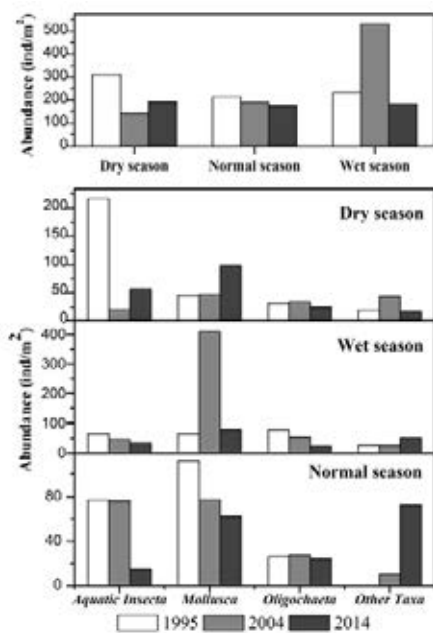


Fig. 1 BI abundance of different season and different taxa in 1995, 2004 and 2014.

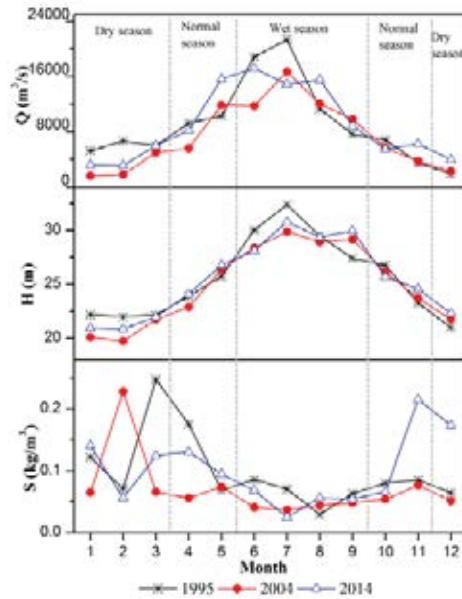


Fig.2 Flow, water level and sediment concentration of Chenglingji Station in 1995, 2004 and 2014.

Comparing the total abundance of BI in three seasons, it could be found that the difference between 1995 and 2014 was not obvious, reflected as highest in dry season and the lowest in wet season. The difference between 2004 and the other two years was significant, showing the highest abundance in wet season and the lowest in dry season. For BI composition in different seasons, the inter-annual difference in normal season was the smallest. In dry season, the abundance of *Aquatic Insecta* and *Mollusca* differed significantly. In wet season, the abundance composition in 2014 was close to that during wet season in 1995. In 2004, the abundance of mollusca was 300ind/m² more than that in the other two years. In addition, the abundance of *Aquatic Insecta* and *Mollusca* also differed greatly among the three seasons (Fig. 1).

3.2. Variation of hydrological properties before and after the operation of TGR

For flow and water level, the significant inter-annual differences existed in the dry season and the wet season. For sediment concentration, the significant inter-annual differences existed in the dry season and the normal season (Fig. 2).

3.3. Correlation analysis

The all canonical axes explained approximately 69.5% variance of species data, among which the cumulative explanation of the first two axes reached 69%. Monte Carlo permutation tests for the first and all canonical axes were significant (P=0.042, P=0.027, respectively). The biplot of the overall species distribution and hydrological variables was shown in Fig. 3.

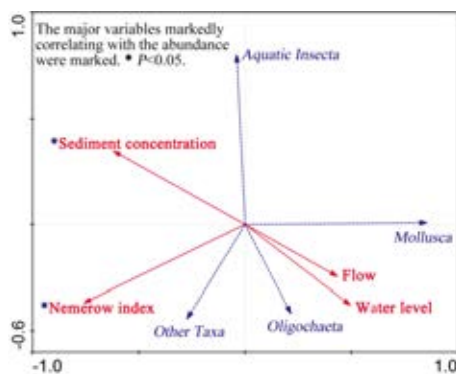


Fig. 3 RDA ordination diagram of species distribution and explanatory variables in Dongting Lake.

4. DISCUSSION

Total abundance of BI did not immediately decrease after the operation of HP or the loss of natural hydrological regime, inconsistent with the description of previous studies. Instead, it increased significantly during the wet season after the TGR operation, which may be attributed to the peak clipping effect of TGR, reducing the impacts of high flow events on BI. The short-term beneficial effects of TGR on BI couldn't be ignored. However, the peak clipping effect of TGR was sustained (flow during wet season in both 2004 and 2014 was less than that in 1995), the beneficial effects on BI was unsustainable.

Abundance of *Aquatic Insecta* in dry season and that of *Mollusca* in wet season showed significant inter-annual differences. Hydrological variation in dry season seemed to have greater impacts on *Aquatic Insecta* while the variation in wet season seemed to have greater impacts on *Mollusca*. As organic matter carried by suspended sediment was main food source of aquatic insects, the abundance were closely linked with sediment. Flow inputs changed greatly during wet season, *Mollusca* showed susceptibility to flow and water level. This result was consistent with previous studies. In addition, the greater sediment content, the less stable the lake basin became. Sediment content in Dongting Lake decreased sharply due to the operation of TGR and the deposition/erosion regimes changed from a deposition-dominant to an erosion-dominant state after 2008. Although sediment content during dry season upswung in 2014 due to substratum erosion, the differences of substratum conditions might cause different responses of aquatic insects.

Sediment concentration and Nemerow index were checked out to be the major variables markedly correlating with the abundance of taxa. RDA analysis also provided further evidences that sediment concentration was positively correlation with the intra-annual distribution of *Aquatic Insecta* and flow and water level were closely related to that of *Mollusca* and *Oligochaeta*.

Besides, water chemistry was most closely related to *Other Taxa*.

5. CONCLUSION

Upstream reservoir regulation could heavily affect the intra-annual distribution of BI. Hydrological variation in dry season seemed to have greater impacts on *Aquatic Insecta* while the variation in wet season seemed to have greater impacts on *Mollusca*. Sediment concentration and water chemistry were proven to be the critical variables affecting the intra-annual distribution of BI. This work would provide valuable information for design of lake management strategies and upstream reservoir regulation rules.

REFERENCES

- [1] Sala, O E; Chapin, F S; Armesto, J J; et al. Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, Vol. 287, pp. 1770-1774, 2000.
- [2] VanMiddlesworth, T D; McClelland, N N; Sass, G G; et al. Fish community succession and biomanipulation to control two common aquatic ecosystem stressors during a large-scale floodplain lake restoration. *Hydrobiologia*, Vol. 1, pp. 73-88, 2017.
- [3] Basset, A; Sangiorgio, F; Pinna, M. Monitoring with benthic macroinvertebrates: advantages and disadvantages of body size descriptors. *Aquatic conservation-marine and freshwater ecosystems*, Vol. 14, pp. 43-58, 2004.
- [4] Schone, B R; Flessa, K W; Dettman, D L; Goodwin, D H. Upstream dams and downstream clams: growth rates of bivalve mollusks unveil impact of river management on estuarine ecosystems (Colorado River Delta, Mexico). *Estuarine Coastal & Shelf Science*, Vol. 58, pp. 715-726, 2003.
- [5] Schneider, S C; Petrin Z. Effects of flow regime on benthic algae and macroinvertebrates - A comparison between regulated and unregulated rivers. *Science of the Total Environment*. Vol. 579, pp. 1059-1072, 2016.
- [6] Yuan, Y J; Zeng, G M; Liang, J; et al. Variation of water level in Dongting Lake over a 50-year period: Implications for the impacts of anthropogenic and climatic factors. *Journal of Hydrology*, Vol. 525, pp. 450-456, 2015.
- [7] Wang, C M; Zhang, Y; Shi, H H; et al. Macrozoobenthic community structure and bioassessment of water quality in Lake Dongting, China. *Journal of Lake Science*, Vol. 28, pp. 395-404, 2016.
- [8] Dai, Y Z; Tang, S Y; Zhang, J B. The distribution of zoobenthos species and bio-assessment of water quality in Dongting Lake. *Acta Ecologica Sinica*, Vol. 20, pp. 277-282. 2000.
- [9] Pan, B Z; Wang, H J; Li, Z W; et al. Macroinvertebrate assemblages in relation to environments in the dongting lake, with implications for ecological management of river-connected lakes affected by dam construction. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, Vol. 36, pp. 914-920, 2016.

特定外来生物オオバナミズキンバイを侵入初期段階で駆除

伊豆原 健太¹, 吉田 直人¹, 櫻井 真一¹

¹国土交通省関東地方整備局 霞ヶ浦河川事務所

キーワード: 特定外来生物、オオバナミズキンバイ、維持管理、外来種被害防止行動計画

抄録

2016 年度に実施した河川水辺の国勢調査(植物分布の現地調査)によりオオバナミズキンバイ群落を土浦市の霞ヶ浦(西浦)で初めて確認した。今後の河川管理に多大な影響を及ぼすと考えられたため、関係機関(学識者、茨城県、土浦市、水資源機構等)との協働により、緊急的に駆除作業を実施した。駆除作業は、学識経験者の意見と琵琶湖での現状や駆除活動を参考として、流出や拡散する前に完全除去を目標に実施した。

1. はじめに

2016 年度に実施した河川水辺の国勢調査(植物)において、特定外来種オオバナミズキンバイ(以下、「本種」という。)群落を霞ヶ浦(西浦)で初めて確認した。

本種は、南アメリカ及び北アメリカ南部を原産とする水生多年草であり、これまで琵琶湖等西日本の湖沼や河川等にて確認されている。特に琵琶湖では著しく繁茂して船舶の航行障害等の原因となっており、滋賀県が予算を確保し駆除対策を実施している。侵略性の高い外来種を根絶させるためには、一時的な侵入段階や定着初期段階における防除の重要性が強調されており、速やかな対策が必要である[1]。

本種は、茎の断片から発根する繁殖力が非常に旺盛な水生生物で、ヨーロッパやアメリカでは水上や水中で繁茂し、他の植物の生育を阻害するなど侵略的な外来植物と位置付けられている。日本においても近年定着し、急速に分布面積を拡大しており、在来種の駆逐など生態系に係る被害が発生しつつある[2]。

このように侵略的性質が極めて高い本種を「外来種被害防止行動計画」の考えに則り、侵入初期と考えられる段階にて、霞ヶ浦から根絶させることを目指し駆除作業を実施した。

2. 駆除の必要性

2-1. 霞ヶ浦における生育環境の想定(琵琶湖との比較)

平成 25 年度より駆除を実施している琵琶湖と霞ヶ浦の生育環境を比較すると以下ようになる。

- ・琵琶湖南湖の平均水深は4mで、霞ヶ浦(西浦)の平均水深4mと等しく、遠浅となっている。
- ・本種の初期確認位置は琵琶湖が南湖下流側、霞ヶ浦は西浦上流側となっている。(図-1)
- ・水位変動は、琵琶湖は夏期の水位低下が大きいが、



出典: 国土地理院ウェブサイト(<http://maps.gsi.go.jp/>)

図-1 霞ヶ浦(西浦)と琵琶湖南湖の比較(地理的要因)

霞ヶ浦(西浦)は年間の水位変化が約 20cm と小さい。

・霞ヶ浦(西浦)は琵琶湖南湖より富栄養状態にある。(図-2)

・年間の平均気温は、大津が 14.9℃、土浦が 14.4℃とほぼ等しい。

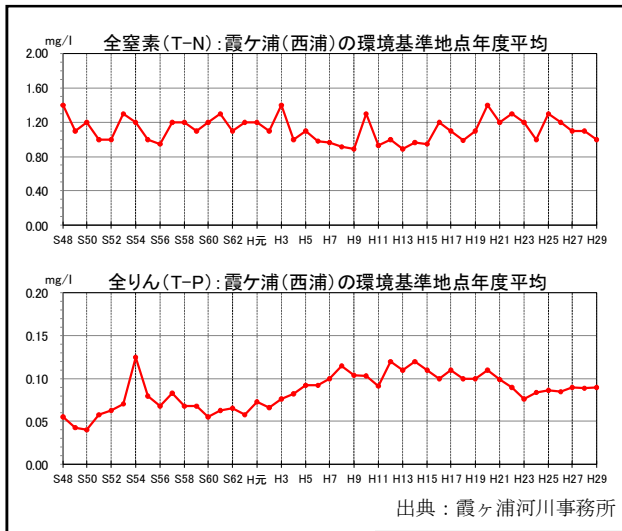
2-2. 霞ヶ浦での定着の可能性について

霞ヶ浦(西浦)は、琵琶湖の南湖と同程度の面積ながら、水質は富栄養状態にあり、遠浅で水位変動が小さいため、本種の生育には琵琶湖より適していると考えられる。また、確認場所が土浦入り最上部であり、支川桜川からの流入による湖流の影響や筑波おろしに代表される北西風により、駆除を行わない場合には、琵琶湖の例により2~3年程度で西浦右岸全域への拡大が懸念される。このように霞ヶ浦における本種の生育環境として、マイナス要因は見当たらず、むしろ琵琶湖南湖より分布拡大に対する条件がそろっており、定着し分布を拡大する可能性が非常に高いと考えられた。

2-3. 関係機関との情報共有

外来種は、定着が進むにつれて対策にかかる費用や

霞ヶ浦の水質変化



琵琶湖の水質変化

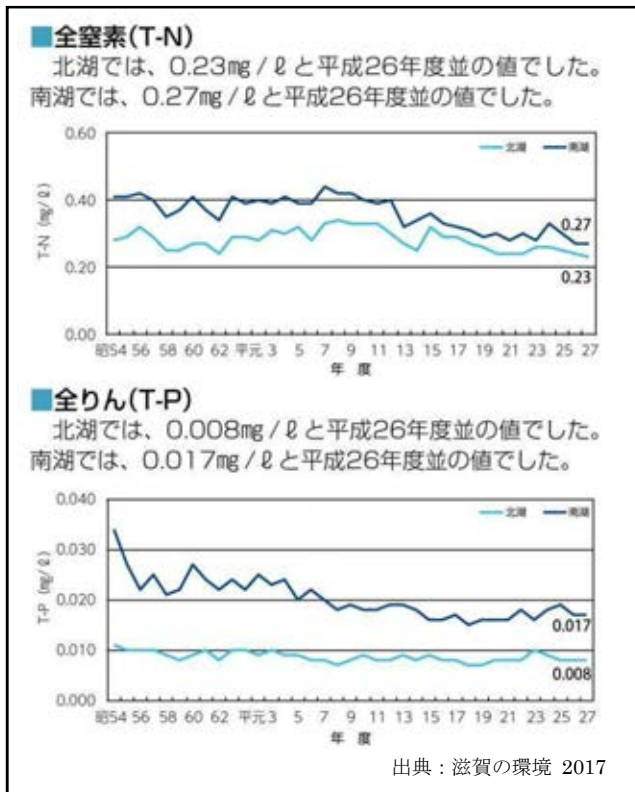


図-2 霞ヶ浦(西浦)と琵琶湖南湖の比較(水質的要因)

労力等のコストが大きくなり、対応が困難になる[1]。また、本種の分布が広がると、漁業被害、水質悪化、取水障害や排水障害などの社会的被害が発生することが懸念されたことから、茨城県、地元土浦市及び水資源機構などの関係機関と情報共有し早急な駆除対策を連携して講じることとした。

3. 駆除作業

3-1. 生育状況

生育状況等を詳細に確認し駆除作業計画に反映す



図-3 オオバナミズキンバイの生育状況

るために、現地調査を実施した。現地調査は、当事務所の河川水辺の国勢調査アドバイザー及び茨城県生物多様性センター職員と行い、繁茂状況(生育範囲、茎及び根の状況、開花・結実状況、在来種の混成状況、水深など)の確認を行った。本種群落が最も広範囲に密生する地点で、群落の広がりには 10m×8m 程度であった。湖面側の廃棄ボート付近では密な群落を形成していた。堤防側一帯では抽水植物のマコモやドクゼリ等と混成していた。廃棄ボートにより湖面側への拡散が抑えられていたが、湖面上に伸び出した茎が一部確認された(図-3)。

3-2. 駆除作業

駆除作業は、琵琶湖での現状や駆除活動の例を参考にするとともに、学識者にご指導いただき実施した。実施時期は、台風などの影響により水位が上昇して流出・拡散する前の平成 29 年 8 月に行った。

本種は、ちぎれた断片から植物体が再生して拡大する性質をもっているため、駆除作業は特に丁寧な除去が必要であり、人力を主体とした手作業による抜き取りを基本として実施した。群生している範囲は、湿地状で足場が悪いことや地表面を効率よくはぎ取る作業性も考慮し、重機(パワーショベル)による掘削を併用し駆除した。掘削等により細分化された葉、茎、根等の流失を防止するためオイルフェンスを設置して作業を実施した。飛散、流出した植物片は、タモ網等により速やかに回収・対応が出来るように作業員を配置し対応した。

駆除した植物は、逸脱防止シートを敷設した集積所に一旦集め、順次仮置き場へ運搬した。仮置き場にて乾燥させることにより、焼却処分の負担の軽減を図った。

乾燥させた植物は、土浦市の協力により、一般廃棄物として運搬し、焼却処分を行った。

4. 経過状況

駆除作業により、霞ヶ浦への侵入初期段階での駆除は達成できたと思われたが、作業後1ヶ月もすると、抜ききれなかった根などから再生したとみられる個体が確認された(図-4)。また、今年の4月にも1cm程度の小さい

城県、地元土浦市及び水資源機構等の関係する機関と連携することにより、早急な駆除対策を講じることが出来た。

侵略的外来種の分布拡大を阻止するためには、侵入初期段階による駆除が有効であるため、今後とも関係機関との情報共有に努め、経過観察状況により連携して駆除作業を行うなど拡散防止に努めていきたい。

引用文献

- [1] 環境省・農林水産省・国土交通省：外来種被害防止行動計画～生物多様性条約・愛知目標の達成に向けて～,2015
- [2] 環境省特定外来生物等選定会議【第6回特定外来生物等分類群専門グループ会合(植物)議事資料：H26.2.13】



撮影：茨城県 自然環境課生物多様性センター

図-4 平成 29 年 9 月の状況



撮影：ミュージアムパーク 茨城県自然博物館

図-5 平成 30 年 4 月の状況

葉を付けた芽生えが 30 株ほど確認されている(図-5)

5. まとめ

侵略的外来種オオバナミズキンバイの発見から早期に駆除することにより、台風などによる流出・拡散することなく、駆除費用、生態系への影響を最小限に抑えることが出来た。

発見後から、学識者及び茨城県自然博物館とは、本種の生育状況、駆除方法や駆除時期について助言をいただくなど情報共有に努めた。駆除作業に際しては、茨

霞ヶ浦における特定外来生物オオバナミズキンバイ(アカバナ科)の防除と その後の生育状況

伊藤彩乃¹, 小幡和男¹, 宮本卓也¹, 豊島文夫¹, 吉川宣治², 内山治男³, 西廣淳⁴

¹ミュージアムパーク茨城県自然博物館, ²土浦市霞ヶ岡町, ³茨城県県民生活環境部自然環境課生物多様性センター, ⁴東邦大学理学部

キーワード: 侵入外来生物, 生態系管理, オオバナミズキンバイ, 霞ヶ浦, 防除

抄録

2017年5月に霞ヶ浦湖岸の排水路内にオオバナミズキンバイの生育が確認された。オオバナミズキンバイは特定外来生物に指定されており、西日本では問題となっているが、東日本における記録は初めてである。発見されたその年の8月に国土交通省を中心に、各関係機関が集まり防除作業を行った。その後、9月、10月、11月、翌年の1月、4月に経過観察を行った。その結果、防除作業を行った場所で、切れ端から発生したと考えられる小さな個体が少数見つかるとともに、走出枝から成長した個体も観察された。現在のところ大規模に分布が広がった様子は確認されていないが、今後も継続して経過観察を行い、必要に応じて防除作業を行い、分布の拡大に注意を払っていく予定である。

1. はじめに

オオバナミズキンバイ *Ludwigia grandiflora* (Michx.) Greuter et Burdet subsp. *grandiflora* (アカバナ科, Onagraceae) は、南米および北米南部原産の多年生植物である。国内では水質浄化や観賞用として流通していたものから逸出して繁茂し、2014年に特定外来生物に指定された^[1]。2007年に兵庫県加西市のため池で野生化が確認され^[3]、その後、琵琶湖南湖で異常繁茂し^[4]、和歌山県でも報告例がある^[2]。本種は、茎の断片から発根し、繁殖力が非常に旺盛で、日本だけでなく、ヨーロッパやアメリカでも侵略的な外来種となっている。希少種の生育地を奪うほか、絶滅危惧の在来種ミズキンバイ *Ludwigia peploides* (Kunth) P.H.Raven subsp. *stipulacea* (Ohwi) P.H.Raven 等と交雑し、遺伝的攪乱を引き起こすことが危惧されており^[5]、早急な対策が必要である。

今回、茨城県土浦市霞ヶ浦で、オオバナミズキンバイが初めて確認された。本報では、発見当初の状況を報告するとともに、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所が中心となって行った防除作業後の経過について報告する。

2. 対象地および方法

オオバナミズキンバイが発見された場所は、霞ヶ浦の北西の湖岸(土浦市手野町出島排水樋門、田村川排水路)(図1)である。2017年5月4日に著者の一人である吉川によって発見された。2017年6月12日に生育状況を調査した。その後、2017年7月30日に結実状況を確認した。

2017年8月28日に、河川管理者が中心となって、重機を用いた大規模な防除作業を行った。防除作業後の経過観察は、9月27日、10月11日、11月9日、翌年の2018年1月27日、4月20日に行った。

なお、防除作業については、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所を中心に、国土技術政策総合研究所、茨城県県民生活環境部自然環境課生物多様性センター、ミュージアムパーク茨城県自然博物館、環境省関東地方環境事務所野生生物課、国立環境研究所、土浦市環境保全課、農研機構農業環境変動研究センター、霞ヶ浦漁業協同組合、その他関係者の協力を得て実施した。



図1. オオバナミズキンバイの生育地(aおよびb)。



写真1 防除前の排水路内 (2017年6月)



写真2 排水路内の群落 (2017年6月)



写真3 排水路内の防除の様子 (2017年8月)



写真4 防除直後の排水路内 (2017年8月)



写真5 排水路左岸の小さな葉をつけた個体 (2017年9月)



写真6 走出枝を広げ排水路内に侵入した個体 (2017年11月)



写真7 防除後の排水路左岸 (2018年1月)



写真8 防除後の排水路左岸 (2018年4月)

3. 結果

2017年6月12日、オオバナミズキンバイは、堤防の直下の入り江に作られたボートの停泊所横の排水路内に、約10m×8mに一面に群生していた(写真1-2, 図1a)。隣接して群生するドクゼリ *Cicuta virosa* L.やマコモ *Zizania latifolia* (Griseb.) Turcz. ex Stapfとともに、停泊所に止められた、使われていないボートの中へと進入し

ていたが、そこで群落が途切れていた。また、付近のヨシ *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud 群落内や湖の水際にも、数個体が点々と生育していた(図1b)。しかし、その周辺ではほかに生育がみられず、広く分布が拡大していく様子はなかった。ボートの停泊所横の排水路内では、オオバナミズキンバイは、沈水部が水中で絡まるように茎を伸ばし、マット状に密に生育して、そこから

水上に伸びた茎に多数の花をつけており、2017年7月30日には、開花個体の一部が若い果実をつけていた。ヨシ群落内から水際にかけてのオオバナミズキンバイは、小さな個体がヨシの隙間から伸びながら生育しており、開花は確認されなかった。

2017年8月28日にオオバナミズキンバイの防除作業が行われた(写真3-4)。作業の際は、湖岸側にオイルフェンスを設置して、切れ端の流出を防いだ。排水路内に生育するものは、重機を用いて泥ごと持ち上げて除去したほか、人力によって残った茎や根の切れ端を網ですくい取り除いた。ヨシ群落内に生育するものは、事前にヨシを刈り取った上で、人力によって根から抜き取った。抜き取った個体は、排水路左岸のヨシ群落を刈り取った場所に敷いたブルーシートの上で乾かし、乾燥したのちに、焼却処分を行った。重機による防除作業と根からの抜き取り作業は約40名で約2時間かけて行い、その後残った切れ端を網ですくう作業を4名で約1時間30分かけて行った。

防除作業後、2017年9月27日～2018年4月20日に経過観察を行った。2017年9月27日は、排水路左岸とその周辺の裸地に、茎や根の切れ端から発生したと考えられる1cm程の小さな葉をつけた個体が点々と見つかった(写真5)。これらは、防除作業の際にブルーシートを敷いた場所付近で多く確認された。排水路内には、同様に切れ端から発生したと考えられる、やや大きめの個体が水面に浮かび生育していた。その後、10月11日には左岸に発生した個体が走出枝を伸ばし、排水路内侵入していた。10月下旬に大規模な台風が到来した後、11月9日には、走出枝を伸ばし排水路内に侵入した個体が、排水路右岸でもみられた(写真6)。翌年、2018年1月27日には、排水路内と右岸の個体はなくなっており、排水路左岸には氷が張って、個体数が急激に減少していた(写真7)。4月20日には、排水路左岸に再び、小さな個体が約30株見つかった(写真8)。

オオバナミズキンバイの生育地付近で特筆すべき外来種として、防除作業前の2017年6月には、ヨシ群落内には特定外来生物に指定されているアレチウリ *Sicyos angulatus* L.の芽生えがみられたほか、防除作業の際に水際に、ツルノゲイトウ *Alternanthera sessilis* (L.) R.Br. ex DC.が生育し、防除作業後の2018年4月には、ツルノゲイトウはみられなかったが、排水路左岸の裸地にアレチウリ、セイタカアワダチソウ *Solidago altissima* L., オオブタクサ *Ambrosia trifida* L., オオフサモ *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Veldc.の芽生えがみられた。

4. 考察

オオバナミズキンバイが見つかった生育地は、堤防から降りてすぐのところであり、人が立ち入りやすい場所であることから、人為的に持ち込まれた可能性も考えられる。発見後、早急に防除作業を行ったことにより、大部分の生育個体は防除され、現在のところ広範囲の分布拡大は認められていない。

ただし、防除作業後数か月で、茎や根の切れ端から発生したと考えられる個体が、走出枝を伸ばし、排水路内へと侵入していたことから、今後も分布が拡大していく可能性が十分にある。また、10月下旬の台風による増水によって、茎や根の切れ端が流されて対岸などに渡った可能性も考えられる。

今回、冬場に個体数が減少したため、オオバナミズキンバイは冬の寒さに耐えられなかったと考えられる。しかし、春には再び小さな個体が観察されたことから、今後の成長が心配される。

5. 結論

以上のことから、霞ヶ浦湖岸の排水路内で生育が確認されたオオバナミズキンバイは、防除作業により、そのほとんどが取り除かれたが、茎や根の切れ端から発生した個体が残し、完全に防除することはできていない。今後も、関係者で協力して定期的に経過観察を行い、必要に応じて防除作業を行い、分布の拡大に注意を払っていくことが重要である。併せて、生育地付近に生育するその他の外来種についても、注意を払う必要がある。

今回採集されたオオバナミズキンバイの標本は、ミュージアムパーク茨城県自然博物館に収蔵されている(INM-2-97947, INM-2-97949)。

引用文献

- [1]角野康郎. 2014. ネイチャーガイド 日本の水草. 326 pp., 文一総合出版.
- [2]環境省. 2016. 日本の外来種対策 <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/L-syo-13.html>
- [3]須山知香・佐藤杏子・植田邦彦. 2008. 侵略的水草 *Ludwigia grandiflora* subsp. *grandiflora* (新称: オオバナミズキンバイ, アカバナ科) の野外生育確認およびその染色体数. 水草研究会誌, (89):1-8.
- [4]田淵智弥・田中周平・藤井滋穂・辻直亨・伊藤依子・水谷紗織・福田真以・坂口理歩・西川博章・村上泰三. 2013. 外来植物オオバナミズキンバイ *Ludwigia grandiflora* ssp. *grandiflora* の琵琶湖南湖抽水植物群落への侵入状況に関する調査研究. 環境衛生工学研究, 27(3): 87-90.
- [5]特定外来生物等分類群専門家グループ. 2014. 第6回 特定外来生物等分類群専門家グループ会合(植物) 議事次第 資料2 <https://www.env.go.jp/nature/intro/4document/sentei/plant06/index.html>

The Invasive Alien Species of Freshwater Crayfish: Ecological and Economical Impacts

Ali Mashar¹⁾, Alimuddin¹⁾, Taryono¹⁾, Agus Alim Hakim¹⁾, Yuyun Qonita¹⁾, Yusli Wardiatno¹⁾

¹⁾ Bogor Agricultural University, Indonesia

Key words: invasive alien species, biodiversity evaluation, fisheries

ABSTRACT

The presence of invasive alien species in freshwater ecosystems, such as freshwater crayfish, can give a significant influence to native species and humans. This study aims to confirm species, distribution, and impact of freshwater crayfish. The study was conducted in the lake, reservoir (artificial lake), and situ (small lake) in West Java area on May to October 2017 with survey methods and descriptive analysis. Morphologically, there are two invasive alien species of freshwater crayfish in West Java, namely *Cherax quadricarinatus* and *Procambarus clarkii*. *Cherax* has been widely distributed in inland waters of West Java region. *Cherax* has been found in all lakes in altitude < 1000 meters above sea level. Meanwhile, *P. clarkii* is only found in ornamental fish traders in Bogor, which is originated from cultivation activities in Sukabumi area. Ecologically, the presence of freshwater crayfish, especially *Cherax quadricarinatus*, has decreased the population of native species of small crustaceans, such as in Lake Lido, meanwhile, in other sites it has not occurred. During the study, there has never been any incidence of freshwater crayfish as a plague vector on human. Economically, the presence of both freshwater crayfish can give a positive impact to local people, both for consumption and ornamental fish.

INTRODUCTION

The existence of invasive alien species or non-native species in aquatic ecosystems has attracted many interest, because the inclusion of invasive species into an ecosystem can effect the ecological system of its life, even also can effect the economic and social of human culture^[1]. The influence of invasive species on living environments may lead to changes, such as changes in trophic interactions^[2], community structure, food webs, and key species^[1].

One of the most common taxa found as non-native species in freshwater ecosystems is group of freshwater crayfish. Some species of freshwater crayfish commonly found in the world as invasive species are *Procambarus clarkii* or red swamp crayfish from the northeastern regions of Mexico and southern of USA^[4], *Cherax quadricarinatus* or red claw crayfish from Australian waters^[5], *Pacifastacus leniusculus* from the northwestern continent of America^[6], and *Orconectus limosus* originating from USA^[7].

The impact of invasive species has been shown to have a significant effect on the ecosystems,

especially on primary and secondary productivity in the waters^{[8][9]}. Feeding habit of freshwater lobsters as grazer and self-burying activities can also change the condition of the waters, such as decreasing the closure of benthic algae and macrofita so clear waters become turbid because the waters are dominated by phytoplankton^[10]. Another impact, the introduction of freshwater crayfish can lead to a decrease in fish abundance in aquatic ecosystems^[11], as well as a decrease in the diversity and abundance of native invertebrates^{[11][2]}.

Freshwater ecosystems in Indonesia, particularly in West Java are inseparable from the phenomenon of invasive freshwater crayfish such as *Cherax quadricarinatus* and *Procambarus clarkii*. These invasive species are not only found in waters, but are also traded and widely used as ornamental lobsters. This group of freshwater crayfish is believed to give a change to trophic interaction of freshwater ecosystem in West Java. Both freshwater crayfish of *P. clarkii* and *C. quadricarinatus* are also known as vectors of plague disease for another freshwater crustacean. This disease is caused by the parasite *Aphanomyces astaci*

which can be a deadly disease and the cause of the decrease of population of native freshwater crayfish in Europe^{[12][13][14]}. *P. clarkii* also has the potential to bring other pathogens, such as *Batrachochytrium dendrobatidis* which is responsible for a deadly skin infection for amphibians^[15]. Therefore, the study on distribution and impact of invasive freshwater crayfish, particularly is important to do. This study is expected to be a source of information for the management of invasive freshwater crayfish and to prevent or to minimize the negative impact of this species.

METHODS

This research has been conducted from May to October 2017 in freshwater ecosystem of West Java Province, include lake, artificial lake (reservoir), and small lake (situ). Identification of species of freshwater crayfish is done morphologically. Identification of the presence of freshwater crayfish was conducted through direct observation and interviews. Confirmation the presence of plague was analyzed using molecular analysis and collaborated with researchers from the Czech University of Life Science and the University of South Bohemia, Czech.

RESULTS

Morphologically, there are two invasive alien species of freshwater crayfish in West Java Province, namely *Cherax quadricarinatus* (red claws crayfish) and *Procambarus clarkii* (red swamp crayfish). Red claw crayfish is native species from southern of New Guinea and northeast of Australia, and red swamp crayfish is native species form America continent. *Cherax* or red claw crayfish has been widely distributed in inland waters of West Java region, so this species is found in almost all research area, particularly at altitude < 1000 meters above sea level (msl). In some research locations that have altitudes > 1000 msl, red claw crayfish is not found there. Meanwhile, *P. clarkii* is only found in cultivation activities in Sukabumi. Both freshwater crayfish are found as consumption commodities and ornamental fish.

Ecologically, the presence of *Cherax* is suspected to have decreased the population of other crustacean species, like *Macrobrachium sintangensis* in Lake Lido. Even according Dr. Achmad Farajallah (Biologist from IPB – personal communication), the presence of *Cherax quadricarinatus* in Lake Lido is

suspected to have caused the loss of two species of native shrimp waters, namely *Macrobrachium sintangensis* and *M. pilimanus*. In some other research locations, the presence of *Cherax* has not decreased the population or eliminated species of other crustaceans. However, we should always be aware of the existence of these freshwater crayfish because of the nature of these species as invasive alien species and has been proven to be an invasive alien species in some freshwaters in Indonesia.

Samples of *P. clarkii* collected from cultivation activities in Sukabumi area and from ornamental fish traders indicated carry plague pathogen. In Europe, *P. clarkii* has been the cause of extinction of native freshwater crayfish species due to the infection of crayfish plague (Souty-Grosset *et al.* 2016). During the study, there has never been any incidence of freshwater crayfish as a plague vector on human. However, we should always be aware and avoid being in direct contact with this species.

Economically, the presence of both freshwater crayfish can give a positive impact for local people as additional income from trading activities, both for consumption and ornamental fish.

CONCLUSION

Morphologically, there are two species of freshwater crayfish in West Java, namely *Cherax quadricarinatus* and *Procambarus clarkii*. *Cherax quadricarinatus* has been found in all lakes in altitude < 1000 meters above sea level. Meanwhile, *P. clarkii* is only found in ornamental fish traders in Bogor, which is originated from cultivation activities in Sukabumi. Ecologically, the presence of freshwater crayfish has reduced the population of native species, especially small crustaceans, such as in Lake Lido, but in other sites it has not occurred. During the study, there has never been any incidence of freshwater crayfish as a plague vector on human. Economically, the presence of both freshwater crayfish can give a positive impact for local people, both for consumption and ornamental fish.

REFERENCE

- [1] Charles H, Dukes JS. 2007. Impacts of Invasive Species on Ecosystem Services in Caldwell MM, Heldmaier G, Jackson RB, Lange OL, Mooney HA, Schulze ED, Sommer U(eds). Ecological Studies Vol.193. Springer-Verlaag, Berlin.

- [2] Kuprijanov I, Kotta J, Lauringson V, Herkül K. 2015. Trophic interactions between native and alien palaemonid prawns and an alien gammarid in a brackish water ecosystem. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*. 64(4):518-524.
- [3] Laureiro Tainã Gonçalves, Anastácio Pedro Manuel Silva Gentil, Araujo Paula Beatriz, Souty-Grosset Catherine dan Almerão Mauricio Pereira. 2015. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion - an overview. *Nauplius*. 23(1):1-19.
- [4] Leland JC, Coughran J, Furse JM. 2012. Further translocation of the Redclaw, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae), to Lake Ainsworth in northeastern New South Wales, Australia. *Crustacean research*. 7:1-4.
- [5] Ibbotson AT, Furse M T. 1995. Literature review of the ecology of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* and its impacts upon the white clawed crayfish *Austropotamobius pallipes*. Institut of freshwater ecology. IFE Report Ref. No RL/T04073n7/1
- [6] Holdich DM, Black J. 2007. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustacea: Decapoda: Cambaridae], digs into the UK. *Aquatic Invasions*. 2(1):1-15.
- [7] Lodge DM, Kershner MW, Aloï JE, Covich AP. 1994. Effects of an omnivorous crayfish (*Orconectes rusticus*) on a freshwater littoral food web. *Ecology*. 75:1265-1281.
- [8] Perry WL, Lodge DM, dan Lamberti GA. 2000. Crayfish (*Orconectes rusticus*) impacts on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) recruitment, other macroinvertebrates and algal biomass in a lake-outlet stream. *American Midland Naturalist*. 144:308-316.
- [9] Feminella JW, Resh VH. 1989. Submersed macrophytes and grazing crayfish: an experimental study of herbivory in a California freshwater marsh. *Holarctic Ecology*. 12:1-8.
- [10] Twardochleb LA, Olden JD, Larson ER. 2013. A global meta-analysis of the ecological impacts of nonnative crayfish. *Freshwater Science*. 32(4):1367-1382.
- [11] Correia AM, Anastacio PM. 2008. Shifts in aquatic macroinvertebrate biodiversity associated with the presence and size of an alien crayfish. *Ecological Research*. 23:729-734.
- [12] Gutiérrez-Yurrita PJ, Montes C. 1999. Bioenergetics and phenology of the introduced red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in Doñana National Park, Spain, and implications for species management. *Freshwater Biology*. 561-574.
- [13] Holdich DM, Reynolds JD, Souty-Grosset C, Sibley PJ. 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst*. 11:394-395.
- [14] Souty-Grosset C, Holdich DM, Noël PY, Reynolds JD, Haffner P. 2006. Atlas of Crayfish in Europe. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Patrimoines Naturels, 64, 187p. ISBN: 8562535798
- [15] McMahon TA, Brannelly LA, Chatfield MW, Johnson PT, Joseph MB, McKenzie VJ, Richards-Zawacki CL, Venesky MD, Rohr JR. 2013. Chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* has non amphibian hosts and releases chemicals that cause pathology in the absence of infection. *Proc. Natl. Acad. Sci*. 110, 210-215.

Development of a management method for the invasive water primrose (*Ludwigia grandiflora*) in Lake Biwa

Akihiro Kondo, Takashi Kitajima, Tsukasa Yamamoto, Etsuko Kawasaki, Naohiro Tsukiyama, Ryo Matsuda, Aki Kosugi, Ken-ichi Hayashi, Toshihiko Suzuki

Hiyoshi Corporation

Keywords: invasive alien species, water primrose, *Ludwigia grandiflora*, herbicide, glufosinate,

ABSTRACT

Although the precise introduction route of the water primrose in Japan is still unknown, it was first recorded in Kasai city of Hyogo prefecture in 2007. And then it was found in Akanoi Bay, Lake Biwa in 2009. Water primrose has expanded rapidly and has become one of the most damaging invasive plants, currently extending to about 300,000 m². In the water, its dense stem becomes a habitat for mosquitoes; moreover, sediments accumulate and inhibit the flow of water. A number of physical measures have been used to control the expansion of the water primrose, including mechanical harvesters, rotovators, and hand removal, but results have largely been poor.

In order to develop measures to counter the expansion of invasive alien aquatic plants in Lake Biwa the present project aimed to identify new techniques for the removal of aquatic plants and methods for suppressing the spread of effluent water from industries. The purpose of this project is to support the development of new technologies by subsidizing those adopted by Shiga prefecture. We applied the project program and adopted an herbicide management method for water primrose control. We used Basta[®] as an herbicide and its effects were tested using water primroses cultured in a plastic bucket, and as expected it was completely eliminated. In addition, acute toxicity tests for aquatic organisms were conducted using Medaka (*Oryzias latipes*), Daphnia (*Daphnia pulicaria*), and Honmoroko (*Gnathopogon caeruleus*) from Lake Biwa. High safety conditions were confirmed.

1. INTRODUCTION

Lake Biwa is a lake in Shiga Prefecture with an area of about 670 km² in area and is the largest lake in Japan. One hundred seventeen primary rivers flow directly into Lake Biwa. However, the Seta River and the artificial Lake Biwa canal are the only rivers that discharge from Lake Biwa. The biota of this lake is very rich, as it is inhabited by around 1,100 species of animals and plants. There are also many indigenous species found only in Lake Biwa. Furthermore, Lake Biwa represents an important landing spot for nearly 50,000 waterfowl species that visit the lake every year. For this reason, it became, in 1993, one of the few wetlands in Japan registered by the Ramsar Convention.

There are records stating that the aquatic plants of Lake Biwa had been used as fertilizer and soil conditioner for agricultural land more than 1000 years ago.

Moreover, about 400 years ago, algae disputes occurred in various places with respect to the right to collect water plants from the lake.

About 150 years ago, the right to collect water plants was treated as a type of permitted fishery subject to tax

payment.

As aquatic plants of Lake Biwa are also an important spawning place for fishes and shellfishes, a harvesting ban period was implemented by law in 1890, but after that, food production increase was advocated and harvesting was encouraged.

In 1930, sales from water plant (algae) were the main income for farmers, exceeding even that from shellfish and prawn harvest.

Since the mid-1950s, owing to the spread of chemical fertilizers as a result of the modernization of agriculture, algae removal and muddy algae removal is no longer performed except by some farmers practicing organic agriculture.

More recently, Lake Biwa's aquatic plants started to increase rapidly in the South Lake in the wake of the drought in 1994. In recent years, about 90% of the lake bottom of the South Lake is covered with aquatic plants during the summer, and abnormal conditions were present, owing to which natural environments, ecosystems, living environments have been considerably affected.

Therefore, in Shiga prefecture, we are promoting water

grass cutting and removal measures and the effective utilization of harvested aquatic plants in order to reestablish the conditions for aquatic plants that existed about 80 years ago.

Hiyoshi Corporation, located in Omihachiman City of Shiga prefecture, is a company that provides comprehensive support for environmental projects in a wide range of fields, such as measurement and analysis and environmental conservation. Particularly in the field of environmental analysis, we are proud to contribute greatly to the maintenance and management of natural environments such as water, soil, and air in Shiga prefecture and Lake Biwa.

To develop measures to counter the expansion of invasive alien aquatic plants in Lake Biwa, this project aims to identify new techniques for the removal of aquatic plants and methods for suppressing the spread of effluent water from industries. The purpose of this project is to support the development of new technologies by subsidizing those technologies that are being adopted by the Shiga prefecture. Hiyoshi Co. received subsidies for the “Aquatic plants management technology development support project” from Shiga Prefecture in 2017.

There is no simple way to control the spread of water primrose. A number of physical control measures including hand-pulling, rotovation, and mechanical harvesting may be used to control water primrose; however, all fragments and roots must be removed to prevent re-establishment. It is likely that mechanical treatment of large populations would provide only a temporary solution^[1].

Water primrose has been used in the past to absorb herbicide residues in runoff water. Several herbicides have been used with reported success, including halosulfuron-methyl, glyphosate and triclopyr^[1]. Some researchers have also reported the evaluation of six herbicides (2,4-D, Glyphosate, Imazamox, Imazapyr, Penoxsulam, and Triclopyr) for the control of water primrose^[2].

Agricultural chemicals are agents or natural enemies that can affect organisms and the environment if used incorrectly. A registration system for agricultural chemicals ensures that the standards for residues in crops and the effects on aquatic organisms are established, and their usage is specified not to exceed those standards, based on which the agricultural chemicals are examined and their safety is guaranteed^[3].

The safety of agricultural chemicals is ensured by complying with the usage rules specified for the registered agricultural chemicals.

2. EXPERIMENT

We made the decision to use Basta[®] (active ingredient; glufosinate) as it is less toxic to aquatic life than Roundup[®] (active ingredient; glyphosate).

Water primrose samples were collected on the lakeshore of the Karasuma peninsula in Lake Biwa (under the permission of Ministry of Environment), and the stem, from which the leaves had been removed, was cut to 30 cm, inserted into the sedimentary soil of a test water prepared in a plastic bucket, and grown and cultured for 23 days.

The herbicide was administered at a dose of 18.5 mg / strain (glufosinate) using an herbicide applicator (PAKPAK PK 98 L).

Leaves began rolling up after only one day of the herbicide treatment. The whole plant including the stem became brown and withered by 10 days after the beginning of the treatment, and the root was confirmed to be dead 29 days after the beginning of the treatment. Thus, our experiments confirmed that glufosinate is, in the short-term, sufficiently effective as a chemical control for water primroses.



Fig. 1. Herbicidal effect of glufosinate on water primrose

In addition, the amount of glufosinate flowing from the plant into the water of the plastic bucket was measured using an LC / MSMS (Table 1).

Table 1. Concentration of glufosinate in water from the plastic bucket (mg/L).

Days	Control	Treated
1	< 0.001	1.65
3	< 0.001	3.04
5	< 0.001	2.79
10	< 0.001	1.61
14	< 0.001	0.72

Some of the herbicide administered to the surface of the stems and leaves of the water primrose fell into the water, but seemed to be decomposed by the action of glufosinate-degrading bacteria in the water.

In order to investigate the effects of the herbicide on aquatic organisms, we conducted experiments on the acute toxicity of glufosinate using *Daphnia* (*Daphnia pulex*: photo by Dr. S. Ichise of Lake Biwa Environmental Research Institute), Honmoroko (*Gnathopogon caerulescens*), and Medaka (*Oryzias latipes*: source of photo <http://www.akb.jp/fs/tojaku/1126>) from Lake Biwa.

**Fig. 2 Photos of Daphnia, Honmoroko and Medaka**

Daphnia were obtained from Lake Biwa Environmental Research Institute. The 48 hour acute immobilization test for *daphnia* was carried out using the static exposure condition method without exchange of test water. The results revealed a 48-hour EC₅₀ value of 112 mg/L and confirmed that glufosinate is a safe herbicide for these organisms.

Honmoroko fishes were acquired from the “Yamasho Honmoroko Youshoku Koubou Co., Ltd.”, and acclimatized to test water temperature in the breeding room and then bred for two weeks under the same water quality and water temperature conditions. Glufosinate's 96-hour acute toxicity test on Honmoroko was carried out using the static exposure condition method without exchange of test water. The 96-hour LC₅₀ value of 117 mg/L was calculated; we confirmed that this herbicide is safe for adult Honmoroko fish.

A 96-hour acute toxicity test on Medaka juveniles was carried out using the static exposure condition method without exchanging test water. Medaka got parent fish from the Oda branch of “The School of Medaka” and tested juveniles were hatching and breeding by us. The results showed that death or abnormal swimming behavior was not observed even with the maximum test concentration of 120 mg/L conducted in this test, and Basta was thus confirmed to be safe for Medaka.

3. CONCLUSION

We confirmed that the use of glufosinate as a chemical control is effective for the management of water primrose and its use as an herbicide could have little effect on aquatic organisms. In future experiments, we plan to use a larger experimental system and devise a dosing regimen, and will try to conduct experiments with a system that is more reflective of real-world conditions.

ACKNOWLEDGEMENTS

A part of his work was supported by a Grant-in-Aid for "Aquatic plant etc. measures technology development support project" of Lake Biwa Policy Division, Lake Biwa Environment Department, Shiga Prefecture.

REFERENCES

- [1] *Ludwigia peploides* (water primrose) by CABI, <https://www.cabi.org/isc/datasheet/31673>
- [2] B. T. Sartain, R. M. Wersal, J. D. Madsen, AND J. C. Cheshier: Evaluation of six herbicides for the control of water primrose (*Ludwigia peploides* (Kunth) P.H. Raven spp. *glabrescens*), *J. Aquat. Plant Manage.* 53: 134–137, 2015.
- [3] "Basic Knowledge of Agricultural Chemicals" by Food and Agricultural Materials Inspection Center, <http://www.acis.famic.go.jp/eng/chishiki/02.htm>.

霞ヶ浦における魚類相の変遷とその保全

山根 爽一¹, 萩原 富司²¹茨城県生物多様性センター, ²地球・人間環境フォーラム

キーワード: 霞ヶ浦, 魚類相と保全, 環境の変遷, 自然再生, 侵入外来生物

抄 録

霞ヶ浦は縄文海進によって関東平野東部にできた内湾に由来する。湾口部に土砂が堆積して閉鎖が進み、17世紀までにはほぼ淡水化した。近代に入ると治水・利水目的で大きな改変を受けると共に、流域人口の増加などによって富栄養化した。古くは汽水性と淡水性の魚類が共存したが、1974年、常陸川水門によって海水の流入が遮断されると湖内は完全に淡水化した。そのためクルマサヨリ、マハゼなどの汽水性魚類は減少し、水門閉鎖はウナギやスズキなど回遊性魚類の激減をもたらした。しかし、ワカサギ、シラウオなどは陸封化し、湖内で再生産している。湖岸堤による植生の衰退もコイ科などの淡水魚類に影響を与えた。また、富栄養化による低層水の酸欠で二枚貝が減少しタナゴ類が衰退した。さらに、1900年代初頭以来、多くの外来魚の導入や侵入があり生態系に深刻な影響を与えている。これらの状況を踏まえて、霞ヶ浦の魚類など水生生物の保全を考察する。

1. はじめに

霞ヶ浦は関東平野の東側に海跡湖として成立した、日本で2番目の広さをもつ湖である。湖沼水質保全特別措置法では、西浦、北浦、外浪逆浦、北利根川、鰐川、常陸川の各水域を合わせた水域を霞ヶ浦と呼ぶが、西浦と北浦、外浪逆浦

のみを湖沼と呼ぶことも多い(図1右)。その総面積は220 km²に及ぶが、湖沼部については、西浦が172 km²で大半を占め、北浦は36 km²、外浪逆浦6 km²と小さい。平均水深は4 m、最深部でも7.1 mと浅く、構造湖である国内最大の琵琶湖(670 km²、平均水深41.2 m、最大103.6 m)と比べ水環境は随分異なる^[1]。

霞ヶ浦は、霞ヶ浦は、古くは「常陸風土記」(713)の中で、流海(ながれうみ)として言及されている。近世に入ると、湖は流域に住む人々が水産物の漁獲や移動や輸送の場として利用するようになった。さらに、第二次世界大戦後の経済成長期に入ると、輸送の需要は減ったが、農耕や飲用、工業用に水の需要は劇的に増加し、人間活動にとって湖の存在は一層重要になった。そのため、湖は構造的にも運用面からも大きな改変を受けることになり、それが湖内や周辺に住む生物にも大きな影響を与えつつある。

著者らは、近世から現在に至るまでの霞ヶ浦の構造



図1 1,000年前(利根川東遷以前)と現在の霞ヶ浦。
(国土交通省 2009より引用)

や水環境の変遷と、それに伴って変化した生態系の構成要素のうち魚類に焦点を当てて論じる。その上で、今後における魚類相の修復や保全についていくつか提言を行う。

2. 霞ヶ浦の成り立ちと構造・水環境の変遷

霞ヶ浦の概形は、最終氷期の最中、海退の起こった3~2万年前に古鬼怒川によって刻まれた谷によって形成された。氷期の終わった6000年位前には、縄文海進によって内湾化した(図1左)、次第に湾口部に土砂が堆積し湾の閉鎖が進んだ。さらに江戸時代(1594~1654年頃)に洪水対策と新田開発を目的に行われた利根川東遷事業が大きな変化を与えた。東遷した利根川は鹿島灘に注ぐようになったが、下流で起こる洪水の土砂が

堆積して湾部はほぼ淡水化し、「霞ヶ浦」と呼ばれるようになった。さらに、1783年の浅間山の噴火で降り積もった火山灰が河床を埋めて利根川下流の氾濫が頻繁に発生すると共に湖の淡水化もさらに進んだ^[2]。

利根川下流域から霞ヶ浦にかけての洪水を防ぐため、国は1948年から常陸利根川の拡幅・浚渫を実施したが、今度は海水の遡上が頻繁になり湖は汽水化した。そのため、灌漑に霞ヶ浦の水を利用する水田では塩害が発生するようになり、塩害防止と治水を目的に、国は1963年に常陸川水門を建設(図2)、洪水発生時など状況に応じて水門を開閉した。この段階では開門時間が長く、湖水はいくらか塩分を含んだ汽水の状態が維持され、回遊性魚類や他の水生動物も海と湖を行き来することができた。しかし、流域の農業用水や上水、工業水の需要が高まり、1975年以来、水門はほぼ完全に閉鎖されて湖はほぼ完全に淡水化した。同時に、コンクリート製の湖岸堤が全周にわたって築堤され、1996年の完成後は湖の水位を上げて水瓶化が進んだ。現在、通常は水門を閉門し、湖水の水位が上がった時のみ開門して下流に流している。そのため、魚類やカニなどの水生生物が遡上あるいは降下できるように、魚道が設置されている^[1]。

3. 魚類相の変遷

縄文時代、霞ヶ浦周辺に住む人々は海産の魚介類を採捕して食べていたことが、多数存在する貝塚からもうかがえる。17世紀に淡水化してから生息するようになった魚類については知見が乏しい。戦後行われた常陸利根川の拡幅・浚渫による汽水湖への回帰によって、ヤマトシジミが上流側に分布を拡大した。1958～1977年にかけてかなりの漁獲を記録していたが、淡水化後は激減している。現在の魚類など水生動物相は、1975年の水門閉鎖による淡水化と水路遮断に加え、富栄養化の進行や護岸堤による湖岸植物相の衰退、外来種の導入・侵入などの要因が複雑に絡み合って成立した。

霞ヶ浦の魚類は、これまでに海産魚、汽水魚、淡水魚を合わせ、104種が記録されている。近年確認されているのは60種弱だが、その中に海産種は含まれない。汽水種の中には、淡水化によって消滅したものもあるが、陸封化して湖内で再生産している種も多い。また、外来種は24種(約4割)を占めるが、そのうち国外外来種は14種、国内外来種は8種、不明2種である。近年は外来種が勢力を広げ、生態系に大きな影響を与えている。

3-1. 回遊魚

降河回遊魚のウナギは、稚魚のシラスウナギが海から

湖や川の上流に遡上し、そこで成長した個体が産卵のために海に下る。しかし、常陸川水門による流路遮断が稚魚の遡河を妨げている。水門には魚道が附設されているが、そこを通過して遡河する個体は少なく、霞ヶ浦のウナギ資源量は減少した。1960年代には年間400tあった漁獲が、現在は10t程度に減っている^[3]。

図2 常陸川水門



遡河回遊魚のシロザケは、今でも100個体前後が霞ヶ浦まで遡上する。しかし、現在の環境では湖内での繁殖は困難とされ、実際、稚魚はほとんど見られない。霞ヶ浦で捕獲されるのは、利根川を群馬・埼玉方面に向かうべき遡上個体が迷入したものと推測される^[3]。

3-2. 陸封化した回遊魚・汽水魚

ウナギとシロザケ以外にも、湖と海を行き来する魚には、遡河回遊魚のワカサギ、イトヨ、両側回遊魚のアユなどがある。これらは1950年代にはかなりの遡上が見られたが、水門閉鎖後は激減した。しかし、近年の調査で、これらの魚種が陸封化して湖内で再生産していることが明らかになった。例えば、アユは1990年台に入って漁獲量が増えており、桜川や恋瀬川、巴川などの流入河川で再生産していることが判明した^[3]。

また、本来汽水域に住むクルマサヨリは、水門閉鎖後も少数ながら湖に残留して生活している。一方、ボラとスズキは海で産卵し、稚魚が利根川を経て湖に上がってくる。マハゼは淡水化以前には霞ヶ浦でも繁殖していたが、現在は利根川河口域などで産卵し、増水時などに水門を経て少数が湖に入る程度である。

4. 外来魚による攪乱

霞ヶ浦における最初の外来種は、1918年に琵琶湖から移殖されたコイ科のビワヒガイである^[3]。その後も、戦前には蛋白源としてコイ科のソウギョ、ハクレンなどが中国から移殖され現在も定着している。1970年代に入ると

北米原産のブルーギルやオオクチバス(サンフィッシュ科)などが、ゲーム用に移入される事例が増えた。

現在、霞ヶ浦に定着している外来魚のうち、生態系に深刻な影響を与えているのは、ブルーギル、オオクチバス、チャンネルキャットフィッシュ(アメリカナマズ科)など、中・大型の肉食性魚類であろう。オオクチバスは1925年にカリフォルニア州から芦ノ湖に移入された。霞ヶ浦では1975年に初めて確認されたが、爆発的に増えて釣り客を集めた。在来のタナゴ類やワカサギ、コイやフナの稚魚などが捕食されて急減した。2000年代に入ってオオクチバスやブルーギルは漸減している。チャンネルキャットフィッシュは現在も漁網により多数混獲されており、生態系や漁業に深刻な影響を与えている。

魚食性はないが、近縁のタナゴ類と競合して在来のタナゴ相に悪影響を与えているのがオオタナゴ(コイ科)である。この種は2000年頃、中国より移入・定着した。霞ヶ浦ではタイリクバラタナゴとカネヒラに次ぐ3番目の外来タナゴ類だが、特に産卵母貝をめぐって他種と競争関係にある可能性が高く、近年、霞ヶ浦や周辺水域にも分布域を広げている。在来タナゴ類が激減している背景に本種の勢力拡大が関係していると推定される^[4]。

5. 護岸築堤による湖岸植生の衰退

護岸堤は垂直のコンクリート製であるため、従来、陸地から湖岸にかけて生育していた移行帯の植生は大きく失われ、壁の湖内側にはヨシの群落がわずかに残ったのみである。しかも、それらの多くは強い波に洗掘されて流失した。そのため、湖岸植生帯で産卵していたフナやコイなどは産卵場所を失った。さらに、湖岸壁は湖に流入する小河口や水路への魚の移動も妨げている。

6. 考察—霞ヶ浦における魚類相の保全

霞ヶ浦における近年の魚類相の変化は、いくつかの要因が複合して起こっている。その経過を見ると、第二次世界大戦後の一時的な汽水化によって海水魚や汽水魚が生息するようになり、生息種数は増加したと考えられる。その後、常陸川水門の設置によってほぼ完全に淡水化し、在来の魚種は減少したが、外来魚がそれに置き換わっている。

魚類相を修復し今後安定的に維持するために、以下の対策が必要と考える。

6-1. 魚道の改良による回遊生物の通過量の増加

現在の魚道では回遊性生物の遡河・降河が十分に行

われていないので、特に絶滅危惧種に指定されたニホンウナギの稚魚の遡河習性を調べて、より通過しやすい魚道に改良する必要がある。

6-2. 湖岸における自然再生の促進

これまで、国交省を中心に多自然型護岸、ウェットランド、ワンドなどの整備が湖岸各エリアで実施されてきた。コンクリート護岸によって衰退した湖岸植生が部分的でも再生されれば、フナなど、特にコイ科魚類の産卵場ができる。これまでの成果を点検しつつ、さらにエリアを広げて実施することが望まれる。

6-3. 常陸川水門の弾力的運用

水門の操作は国交省が行っているが、湖岸植生帯や浮葉植物の再生のため、それらの生態により配慮した水位の調節が望まれる。

6-4. 外来生物の制御

湖全体に分布を広げたオオクチバス、チャンネルキャットフィッシュなどの魚食性外来魚を完全に駆除するのは困難であろうが、在来魚類にかかる強い捕食圧を少しでも軽減するため積極的に漁獲し、食用や肥料などに活用する方法を開発したい。漁業関係者や釣り人の協力をいかに得るかが課題である。

6-5. 水質の浄化による低層の酸欠防止

過度な富栄養化によってアオコが形成され、それが湖底に沈んでしばしば低層水の酸欠を起こしている。それが原因で多くの二枚貝が消滅し、タナゴ類の衰退の一因となっている。富栄養状態を改善するため、窒素や燐の流入をさらに低減し水の浄化を図ることが望ましい。

引用文献

- [1] 国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所: 霞ヶ浦～事業のあらまし～. 38 pp, 2009.
- [2] ミュージアムパーク茨城県自然博物館: サイエンス霞ヶ浦 君は霞ヶ浦に何をみるか・・・. 35 pp., 2003.
- [3] 萩原富司・熊谷正裕編: 平成調査 新・霞ヶ浦の魚たち. 158 pp. 霞ヶ浦市民協会, 2007.
- [4] 萩原富司・諸澤崇裕・熊谷正裕・野原精一: 霞ヶ浦在来タナゴ類の激減—オオタナゴの侵入との関連性. 陸水学雑誌, Vol. 78, 157-167, 2017.

富栄養化した調整池におけるアメリカザリガニの生息状況

角掛 諒¹, 鈴木 正貴¹, 辻 盛生¹

¹岩手県立大学

キーワード: アメリカザリガニ, 生態, 駆除

抄録

岩手県滝沢市に位置する常時湛水型の調整池において、要注外来生物であるアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* の生息状況調査を行った。個体数推定の結果、当池に生息するアメリカザリガニはおよそ 300~1200 個体であると推定された。採捕調査の結果、当池の浅い部分で多く採捕されることが確認できた。これは、富栄養化による低層 DO の低下傾向がみられ、底生生物であるアメリカザリガニの生息に影響を与えたためと考えられる。採捕調査では抱卵個体が採捕されなかったが、9 月 7 日にセメント腺が現れた個体と 10 月 3 日に抱稚仔個体を採捕したことから、当池のアメリカザリガニのおおよその産卵時期が 9 月であることを特定した。今後は抱卵個体の採捕による効率的な駆除を行うため、判明した産卵時期にトラップを集中して設置することを試みたい。また、当池の食物網を調査し、アメリカザリガニの生態的地位を明らかにした上で適切な個体管理方法を模索していきたい。

1. はじめに

常時湛水型である岩手県立大学第一調整池(以下「調整池」)には、要注外来生物(環境省)や日本の侵略的外来種ワースト 100(日本生態学会)に指定されているアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* が生息している。本種は日本の在来生物の捕食などを通じて日本の生態系に大きな被害をもたらすことから、効率的な駆除方法が必要とされている。

白石ほか^[1]は、アメリカザリガニの駆除方法として、複数の餌とトラップを用いた採捕実験により、練り餌とエビ籠(本調査における籠トラップ)が効果的なことを明らかにした。また、牛見ほか^[2]は、本種が巣穴を掘って隠れる習性を利用し、塩ビ管を用いて巣穴を模したトラップ以下「塩ビ管トラップ」による採捕実験を行った。その結果、塩ビ管トラップが餌を用いず継続的に採捕可能であること、および採捕に適したトラップの諸元を明らかにした。このように、アメリカザリガニの採捕に関する知見の蓄積は行われているものの、提案された捕獲方法の汎用性や、生態の地域性に関する情報は少ない。そこで本研究では、調整池における本種の生息状況や産卵期等の生態を明らかにすると共に、効率的な駆除方法に関するさらなる知見の収集を目的とした実験を行った。

2. 方法

2-1. 調査地概要

本研究の調査地である調整池は、雨水と学内排水用浄化槽処理水が流入する(図 1)。主な水源は浄化槽処理水であり、富栄養化が進行している。また、池の中央部の水深は 1~1.2m(以下、深部)、他方で岸近くは水深 30~50cm であり浅く、スイレンやガマが群生している(以下、浅部)。池の周囲はヤナギ等の樹木で囲まれている。

調査は 2016 年 9 月 24 日から 2017 年 10 月 7 日の間で行った。調査項目ごとの実施日を表 1 に示した。なお、2017 年 5 月 18 日の採捕調査は、試作したトラップの設置可否確認のための予備的調査である。

2-2. 採捕方法

採捕調査は籠トラップと塩ビ管トラップの 2 種類を使用して行った。籠トラップは市販品を利用し、誘引用の練り餌を入れた。設置時間は、前日の 16 時から翌日の 9 時 30 分とした。塩ビ管トラップは、牛見ほか^[3]を参考に製作した(図 2)。ニホンザリガニが夜行性であること^[4]から本種も夜行性であると仮定し、日中に潜む際に採捕できるよう、時間は前日 16 時から翌日の 16 時とした。採捕した

表 1 各調査項目の実施日

調査項目	2016年			2017年												
	9/24	10/1	10/8	5/18	6/2	6/16	6/30	7/14	7/28	8/12	8/25	9/7	9/22	9/29	10/3	10/7
採捕(塩ビ管のみ)					●		●		●		●		●			
採捕(塩ビ管と籠)				●		●		●		●		●		●		
個体数調査	●	●	●												●	●
移動調査	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

個体は採捕した位置を記録した上でメジャーによる体長計測を行い、雌雄を確認し、ホワイトマーカースによるマーキングをした後に採捕された地点に放流した。個体数推定は標識採捕法の Petersen 法を用いた。

3. 結果

4 回の個体数推定は、それぞれ 311 個体、675 個体、そして 1224 個体、527 個体であった。すなわち、当池に生息するアメリカザリガニはおおよそ 300~1200 個体であると推定された。

本調査で採捕された個体の体長のヒストグラムを図 3 に示した。成体であると思われる 91~110mm の個体が 152 個体であるのに対し、80mm 未満の個体は 15 個体と少なかった。また、当池で採捕されたアメリカザリガニ

の体長の平均は 98mm であった。

籠トラップと塩ビ管トラップの総採捕個体数の浅部と深部における平均値を比較すると、浅部で多く、深部では少ない傾向が見られた(図 4、マン・ホイットニの U 検定、 $p < 0.05$)。

籠トラップ、塩ビ管トラップの総採捕個体数はそれぞれ 193 個体、9 個体であり、塩ビ管トラップの採捕個体数は少なかった。トラップ設置地点毎の総採捕個体数(図 5)を見ると、籠トラップは A1、C1、C4 の地点で多く採捕された。

籠トラップにおける雌雄別総採捕個体数の変化を見ると、全体的にメスの採捕個体数が少なかった(図 6)。9 月 7 日にメスの採捕個体数が最も少なくなり、10 月 7 日に最も多くなった。また、9 月 7 日に産卵期のメスに現れるセメント腺が発達した個体を 2 個体採捕し、10 月 3 日には親を 1 個体採捕した。なお、採捕された子の大きさは 7mm 程度であった。

個体の移動について図 7 に示した。2016 年は 9 月 24 日から 10 月 1 日において C4 から B1、10 月 1 日から 10 月 8 日で B1 から C2 と移動している個体のほか 10 月 1 日から 10 月 8 日で A3 から A1 に移動する個体が見られた。2017 年は A1 から A2、A1 から B1、A4 から C1 に

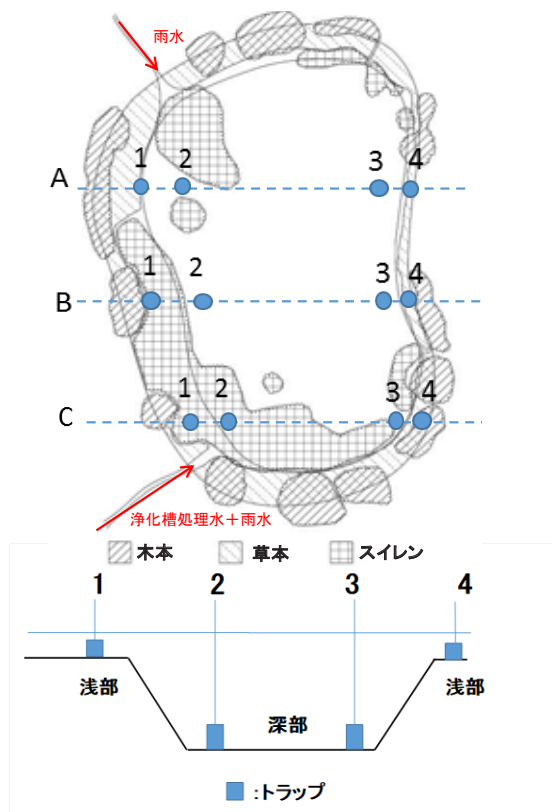


図 1 トラップ設置位置図



図 2 製作した塩ビ管トラップ

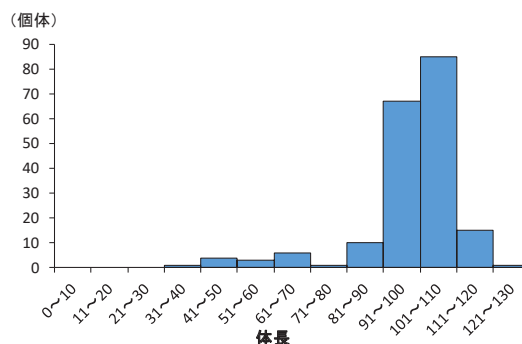


図 3 採捕された個体の体長のヒストグラム

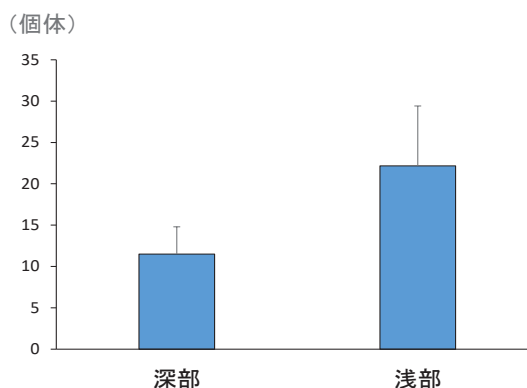


図 4 浅部と深部の各調査日の平均採捕個体数 (エラーバーは標準偏差を示す)

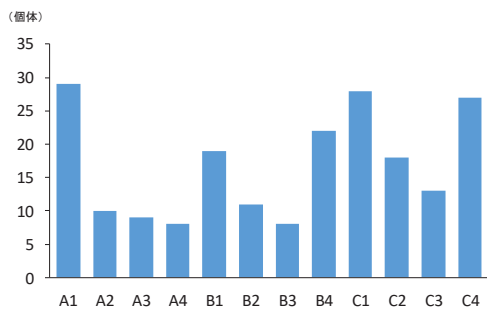


図 5 トラップ設置地点毎の総採捕個体数

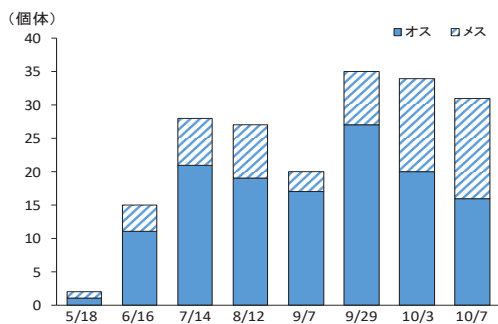


図 6 籠トラップにおける雌雄別総採捕個体数の変化

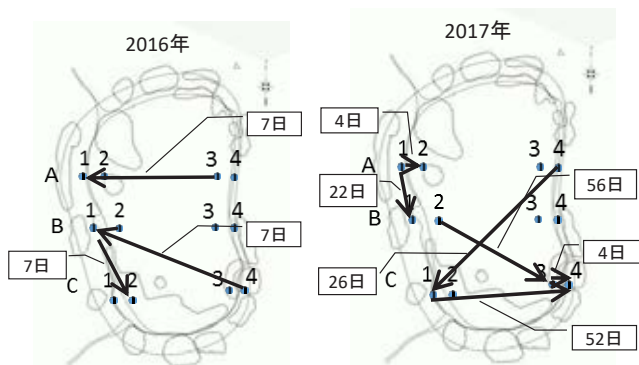


図 7 アメリカザリガニの個体移動

移動する個体が見られた。

4. 考察

当池で採捕されたアメリカザリガニの採捕個体数を浅部と深部で比較した結果、浅部で多いことが確認された。深部で採捕個体数が少なかった要因として、深部の溶存酸素濃度が低かったためと推察された^[5]。一方で、C2、C3 地点では他の深部の地点と比べて多くの個体が採捕される傾向が見られた(図 5)。これは C 地点にアメリカザリガニの鉛直方向の移動手段や隠れ家となるスイレンが繁茂していることが関係している可能性がある。

9 月 7 日にセメント腺の現れた個体、および 10 月 3 日に抱稚仔個体を採捕したことから 9 月頃に産卵期を迎えることが考えられた。したがって、9 月 7 日のメスの採捕個体数の減少(図 6)は、メスが産卵期に入り活動が抑えられたためと考えることができる。

また、抱稚仔個体を確認したことから、当池でアメリカザリガニは再生産をしていることが確認された。しかし、未成個体と考えられる 80mm 未満の個体数は総採捕個体数の約 12%と少なく、再生産が活発ではないことが示唆された。稚仔個体には低い DO や富栄養化している当池の環境条件が厳しく、生き残れる個体が少ないという可能性が考えられる。

個体の移動で最も長距離移動したのは 2016 年に、7 日間で C4 から B1 地点と対岸に移動した個体だった。他の個体も個体差はあったが、活発に移動していることが確認できた。また移動経路は、当池の深部は DO が低く、生物の生息に不適な環境であることから、DO がある程度確保されている浅部を移動していると考えられた。

5. 今後の課題

本調査では抱卵個体を対象とした塩ビ管トラップでの採捕効率は低かった。要因として抱卵したメスのザリガニは池周辺の草木の影や巣穴等に隠れ、産卵に向けて不活発になったためだと考えられた。本調査でおおよその産卵時期を特定することが出来たことから、産卵期の直前にトラップを集中的に設置することや、設置時間を延長することで周囲の環境に馴染ませるなどの対策を講じ、塩ビ管トラップによる抱卵個体の採捕を調査する必要があると考える。

本調査中に池外で多数のアメリカザリガニの死骸を発見した。このことからアメリカザリガニを捕食している種が存在していると考えられた。捕食者を特定すると共に、当池のアメリカザリガニの生態的地位を確認する必要がある。

また、周辺では本種が確認されていないため池も見られることから、周辺の生息状況を調査すると共に、域外への侵入を防ぐためにも、当池におけるアメリカザリガニの適切な個体数管理方法を模索していきたい。

引用文献

- [1] 白石理佳・牛見悠奈・中田和義, 外来種アメリカザリガニの駆除に用いる籠と使用餌. 応用生態工学 18 (2), 115-125, 2015.
- [2] 牛見悠奈・白石理佳・中田和義, 最適なサイズの人工巣穴を用いた外来種アメリカザリガニの駆除効果. 応用生態工学 18 (2), 139-145, 2015.
- [3] 牛見悠奈・宮武優太・筒井直昭・坂本竜哉・中田和義, 外来種アメリカザリガニの駆除に用いる人工巣穴サイズ. 応用生態工学 18 (2), 79-86, 2015.
- [4] Nakata K., Hamano T., Hayashi K., Kawai T. & Goshima S. Artificial burrow preference by the Japanese crayfish *Cambaroides japonicus*. Fisheries Science 67: 449-455, 2011.
- [5] 東梅佳菜, 岩手県立大学第一調整池における溶存酸素鉛直分布. 岩手県立大学卒業論文, 2017.

浄水処理施設におけるカワヒバリガイによる被害と対策について

豊岡 久美子¹, 嶋田 麻里恵¹, 柳生 一秀¹, 仲田 隆¹

¹茨城県企業局

キーワード: 侵入外来生物

抄録

特定外来生物であるカワヒバリガイは、霞ヶ浦においては2005年に初めてその存在が確認された。茨城県企業局は全10浄水場のうち6浄水場が霞ヶ浦を取水源として用水供給事業を行っている。このうち、霞ヶ浦西浦を取水源とする霞ヶ浦浄水場においては、2016年から取水場において大量のカワヒバリガイの塊によるバースクリーンの閉塞が確認されており、計画水量が確保出来なくなる恐れが生じている。このため、当浄水場においてはこれまでに、取水パターンの変更や、閉塞したカワヒバリガイの人力による除去等の対策を講じ、安定的に水道用水の供給を行っている。また、霞ヶ浦西浦及び北浦の取水場内でカワヒバリガイの発生状況を調査したところ、西浦に比べ北浦の方がカワヒバリガイの発生数が少ないことが明らかとなった。

1. はじめに

特定外来生物であるカワヒバリガイは、霞ヶ浦においては2005年に初めて存在が確認され^[1]、生息範囲が年々拡大する傾向にある^[2]。また、大量発生した貝が死滅・腐敗し、悪臭を発生する等の被害も報告されている。

霞ヶ浦は大きく分けて西浦、北浦、外浪逆浦からなるが、当局が管理する全10浄水場のうち4浄水場が西浦から、2浄水場が北浦から取水し、用水供給事業を行っている。

当局が管理する浄水場の一つである霞ヶ浦浄水場は、図1のとおり浄水場から南東約10kmにある木原取水場で霞ヶ浦西浦の湖水を取水し、浄水処理を行っているが、近年、カワヒバリガイによる取水障害等が発生している。

今回、当浄水場におけるカワヒバリガイによる被害状況を報告するとともに、当局の対応について報告する。



図1 霞ヶ浦水場及び木原取水場位置図

2. 霞ヶ浦浄水場の概要

霞ヶ浦浄水場は茨城県土浦市に位置し、1960年に給水を開始した浄水場であり、1日最大給水量は155,675 m³、計画給水人口は322,700人と、当局が管理する全10浄水場のうち最も給水量が多い浄水場である。また、当浄水場の処理フローは図2のとおりであり、生物処理槽や粒状活性炭ろ過池といった高度浄水処理施設を有している。

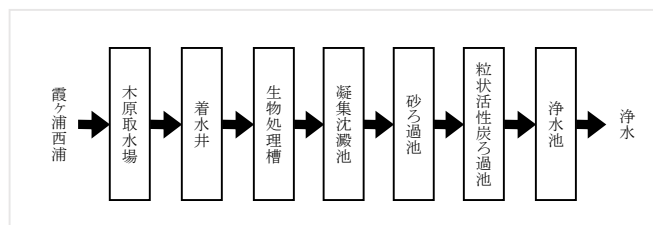


図2 霞ヶ浦水場処理フロー

3. 霞ヶ浦浄水場における被害状況

(1) 霞ヶ浦浄水場における実態調査

2007年の新聞記事に霞ヶ浦におけるカワヒバリガイによる被害に関する記事が掲載されたことを踏まえ、木原取水場の水位を通常運転水位より1.7m下げて調査した結果、壁面やバースクリーン等にカワヒバリガイの付着は見られなかった。

2012年に取水場の電力量が大きくなっていることから調査したところ、揚水量が設定値よりも少ない状況であることが確認できたが、原因の特定には至らなかった。

2013年に木原取水場内の導水管の耐震化工事の一環で、既設管の一部を切り出し確認したところ、カワヒバ

リガイが一面に付着していることが確認された。

また 2014～2015 年にかけて、取水塔から取水場までの一部区間約 550m の取水管内を、潜水士による目視調査を行った結果、カワヒバリガイの付着が確認されたが、取水量に影響を及ぼす量ではないことが明らかとなった。

更に、2017 年には取水塔から取水場までの全区間約 655m の範囲について、潜水士による目視調査を行った。その結果、前回の目視調査結果に比べ、上流(取水塔)側で付着量が倍増し、下流(ポンプ場)側で半減していることが明らかとなった。

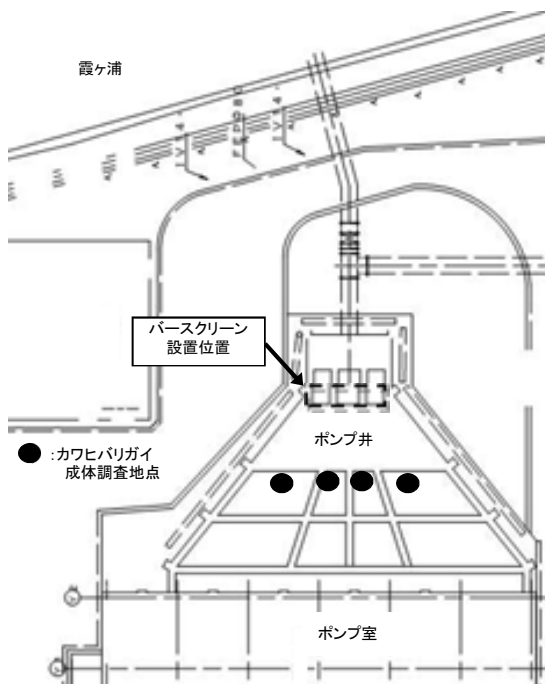


図3 木原取水場平面図

(2) 被害状況

2016 年に取水場のバースクリーン(目幅 50mm)がカワヒバリガイの付着によって閉塞し、取水ポンプが緊急停止する事態が発生した。バースクリーンを引き揚げ点検したところ、バースクリーンの水中部一面にカワヒバリガイが付着していることが確認できた。なお、付着状況を確認したところ、カワヒバリガイはバースクリーンに着床しているのではなく、大きな塊となって流下してきたものが、バースクリーンを塞いでいる状況であった。

更に、2017 年の春から秋にかけても、同様の閉塞が確認されている。

4. 霞ヶ浦浄水場の対応

(1) 導水管揚水流速

カワヒバリガイの発生により、最大取水量が1割程度低下したが(計画最大取水量 6,660 m³/h に対し、6,000 m³/h 程度に低下)、週1回、約 30 分間、最大取水量で取水することにより、計画最大取水量と同程度の揚水量を確保出来るようになった。これは、流速を上げることにより、導水管内にカワヒバリガイの幼生が着床しにくくなると共に、着床しても剥離しやすくなり、損失が低減したためではないかと推測している。

(2) バースクリーンの清掃

2016 年9月にバースクリーンを引き上げ、その状態を確認するとともに、カワヒバリガイの除去・回収を手作業で行った。しかし、木原取水場は長時間取水を停止することが難しく、バースクリーンを頻繁に引き上げて清掃することが出来ない。このため、2017 年4月からは、取水(堤内)ゲートを絞り、水位を約1m下げ、図4の様にバースクリーンの水面から上部の範囲のみ手作業で清掃を行った。なお、清掃回数は1週間に1回程度実施してきたが、付着量が多くなった8～9月については、ほぼ毎日清掃を行った。この清掃によって除去・回収した量を図5に示す。回収量は8～9月をピークに年間で約 15t のカワヒバリガイを回収した。なお、回収したカワヒバリガイは取水場内で天日乾燥し、死滅させた後、処分した。

バースクリーンの清掃は、夏期は付着量が多くなるため、毎日、人力を割かなければならず、なおかつ作業者の負担も大きい。このため、機械式の自動除塵機を設置し、作業の効率化を図りたいと考えている。



図4 バースクリーンの清掃状況

(3) ポンプ井の浚渫

バースクリーンより下流のポンプ井にも、バースクリーンを通過したカワヒバリガイが推定で 200 m³堆積しており、2017 年 11 月に重機で約 40 m³のカワヒバリガイを試

験的に回収した。現状、浄水処理に障害がある程の堆積量ではないと考えるが、対策を考慮しておく必要があると考えている。

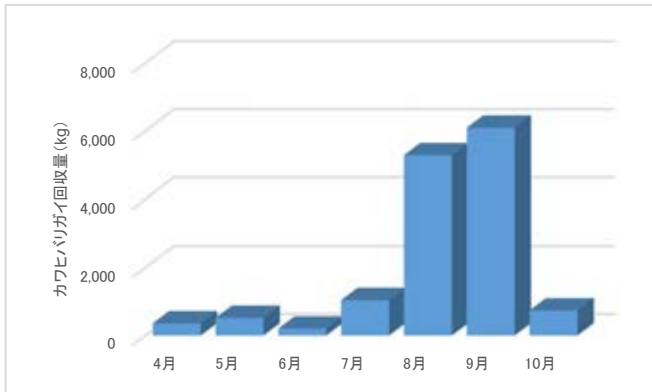


図5 木原取水場におけるカワヒバリガイ回収量(2017年)

5. カワヒバリガイの発生状況調査

(1) 調査箇所

霞ヶ浦浄水場木原取水場(霞ヶ浦西浦), 及び鹿島浄水場爪木取水場(霞ヶ浦北浦)

(2) 調査方法

国立研究開発法人 農業環境技術研究所の技術指導を受け、霞ヶ浦を水源とする浄水場におけるカワヒバリガイの幼生及び成体の発生数を調査した。

ア 幼生発生数

原水 100L をプランクトンネット(72 μ mメッシュ)に通水し、得られた濃縮液 160mL にエタノールを添加し、カワヒバリガイの幼生を死滅させ静置した後、上澄み液を除去し、エタノールで 50mL に定容した試料中の幼生数を実顕顕微鏡で計数した。なお、カワヒバリガイは水温 15°C を超えると発生することから、水温等を考慮して 2017 年 7~11 月の間、1 回/月調査を実施した。

イ 成体発生数

浮き、ロープ、塩ビ管(内径 7.5×20cm)2 本、錘で構成したトラップ(全体長 145cm)を、木原取水場は4個、爪木取水場は3個(1個は破損のため未計測)、2017年6~11月の間設置し、12月に引き上げ、トラップに付着した成体数を計数した。

(3) 調査結果

図6に木原取水場で採取した取水原水中のカワヒバリガイ幼生数を示す。幼生数は、図5のカワヒバリガイ回収量と同様、8~9月に多く発生する傾向が見られ、最大

発生数は8月の28.3個/100Lであった。なお、爪木取水場(霞ヶ浦北浦)においては、全期間、幼生の発生は、見られなかった。また、成体は木原取水場においてはトラップ1個当たり66.5個、爪木取水場においては0.5個の付着が見られた。

以上のとおり西浦に比べ北浦は、幼生及び成体とも発生数が少ないことが明らかとなった。

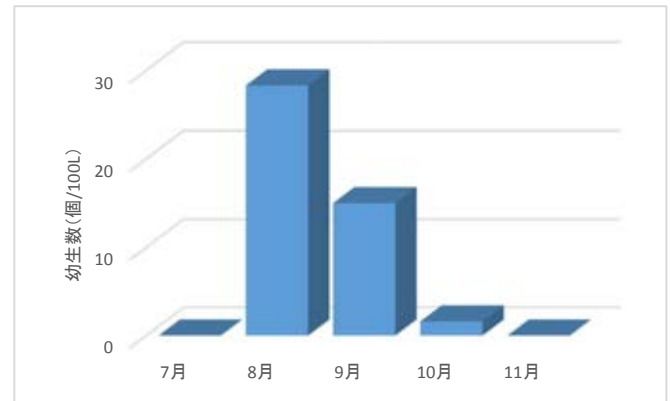


図6 木原取水場におけるカワヒバリガイ幼生数(2017年)

6. 結論

以上のとおり、霞ヶ浦西浦を水源とする霞ヶ浦浄水場において、カワヒバリガイによる被害が発生しているが、取水パターンの変更や、バースクリーンの人力による清掃等によって安定的に水道水の供給を行っている。

しかし、今後も継続してカワヒバリガイによる被害は続くものと考えられることから、機械式除塵機の導入等を行い、より効率的・安定的な浄水処理を行って行きたいと考えている。

また、霞ヶ浦浄水場は、霞ヶ浦でカワヒバリガイの存在が確認されてから約10年を経過した後に、被害が顕在化した。北浦を水源とする爪木取水場においては、現在のところ被害は発生していないが、今回の調査でカワヒバリガイの成体が観測されており、今後被害が発生する恐れがあるため、引き続き霞ヶ浦におけるカワヒバリガイの発生状況を調査し、その動向の把握に努めて行きたいと考えている。

引用文献

- [1] 須能紀之: 霞ヶ浦で生息が確認されたカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* (短報), 茨城内水試研報, 40, pp. 79, 2006.
- [2] 伊藤健二・瀧本岳: メタ個体群モデルを用いた霞ヶ浦におけるカワヒバリガイの分布拡大予測, 日本ベントス学会誌, 68, pp. 42-48, 2013.

霞ヶ浦周辺の水辺に生育する特定外来生物(植物)の現状と防除

内山 治男^{1,2}, 大高 康寛², 渡辺 浩美²

¹茨城県生物多様性センター, ²茨城県水郷筑波国定公園管理員

キーワード: 霞ヶ浦, 侵入外来生物, ナガエツルノゲイトウ, ミズヒマワリ, オオフサモ

抄 録

茨城県には特定外来生物(植物)が9種定着している。その中、ミズヒマワリは2005年に霞ヶ浦の西浦で初めて確認され、その後、ナガエツルノゲイトウ、オオフサモと共に西浦に流入する新利根川などで大繁茂し、水田の給水路などで被害が発生した。そのため、県は2011年に新利根川などで除去を行ったが数年後には再繁茂した。これらは繁殖力が非常に強く拡散が予想されたので、2016年6月～2017年9月に霞ヶ浦とその周辺で特定外来種の分布を調べ、2017年12月～2018年3月に新利根川などで除去作業を行った。特定外来種は一度定着すると根絶が困難なものが多いので、すでに侵入した種については分布拡大を防ぐとともに、新たな種の侵入をより効果的に防止する対策が必要である。

1. はじめに

特定外来生物(植物)は繁殖力が強く外来生物法でその扱いなどが規制されている。2018年時点で、茨城県で定着が確認されている特定外来種は、アゾラ・クリスタータ、ナガエツルノゲイトウ、アレチウリ、オオバナミズキンバイ、オオフサモ、オオカワヂシャ、オオキンケイギク、オオハンゴンソウ、ミズヒマワリの9種である¹⁾。また、ミズヒマワリの生育は茨城県の聞き取り調査で、2005年9月に霞ヶ浦の西浦沿いの行方市(旧麻生町)宮田地区の護岸で確認されている。

ミズヒマワリは2008年に西浦に流入する新利根川流域に目立ち始めたので、県及び関係する市と町がミズヒマワリ対策連絡会議を設置しミズヒマワリ定点モニタリング調査を始めた。その後、新利根川流域地域のミズヒマワリ除去モデル構築業務を実施し、2011年1月～2012年1月まで新利根川河口付近から上流の24kmと、破竹川及びその周囲の幹線排水路での除去を県が実施した。除去対象種は特定外来種のミズヒマワリ、オオフサモと作業中に確認されたナガエツルノゲイトウの3種であった。その後、ミズヒマワリ定点モニタリング調査は終了したが、ミズヒマワリとナガエツルノゲイトウは2014年頃から再び新利根川で繁茂が目立つようになった。2017年に新利根川では、機場等の取水口付近のミズヒマワリとナガエツルノゲイトウの繁茂により、取水障害が予想されたので、県が新利根川の一部区間で取水口付近の除去を実施した(図1)。しかし、ナガエツルノゲイトウなどの繁茂を抑えることは出来ない状態であった。この

ようなことから、さらに被害が出るのが想定され、県は霞ヶ浦の水辺に生育する特定外来植物の分布の現状把握を行った。

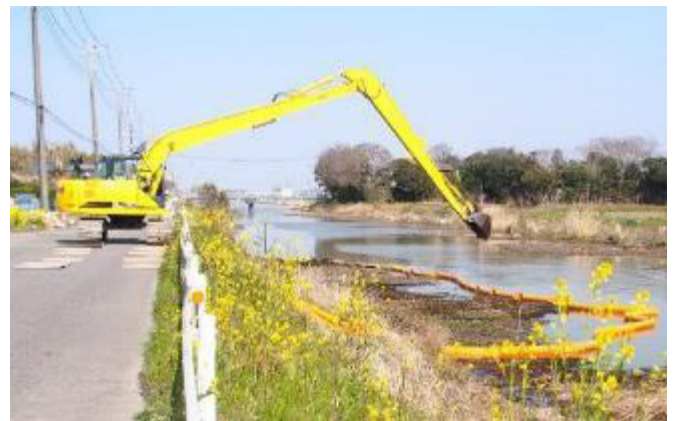


図1 外来植物の除去作業(2017年3月20日, 新利根川)

2. 調査範囲, 調査対象種と調査期間

調査範囲は、霞ヶ浦のうち常陸利根川と横利根川を除く西浦と北浦、外浪逆浦、鰐川に加え、新利根川全域および湖に流入する河川の河口から1.5kmまで遡った水辺とその付近である。調査対象種は新利根川で被害を発生させているミズヒマワリ、ナガエツルノゲイトウ、オオフサモの3種とした。調査期間は2016年6月～2017年9月である。

3. 結果

調査範囲で確認した特定外来種はアゾラ・クリスタータ、ナガエツルノゲイトウ、アレチウリ、オオバナミズキンバイ、オオフサモ、オオカワヂシャ、ミズヒマワリの合計7種である。

調査対象種3種の生育場所は①～③に示す。

① ミズヒマワリ

西浦, 外浪逆浦, 鰐川, 新利根川などで確認した。西浦では, 消波ブロックや蛇籠付近などの波の影響が少ない場所で群生する(図2)ことが多く, 一部の砂浜では波打ち際に生育する小さい個体が見られた。また, 堤防のやや乾いた草地や堤内地(堤防から市街地側)の水路などでも確認された。



図2 波の影響が少ない場所で群生するミズヒマワリ
(2016年10月26日, 西浦)

② ナガエツルノゲイトウ

西浦, 北浦, 外浪逆浦, 鰐川, 新利根川などで確認された。西浦と北浦では砂地の波打ち際で這うように生育していた。また, 消波ブロックや蛇籠付近などの波の影響が少ない場所や, コンクリート護岸部の目地(ブロックなどのつなぎ目)の隙間に定着し, 群生していた所が多い。堤内地は, 水路(図3)や畦道で確認された。



図3 流入する水路に群生するナガエツルノゲイトウ
(2016年10月26日, 西浦の堤内地)

③ オオフサモ

西浦, 北浦, 外浪逆浦, 鰐川, 新利根川などで確認した。西浦や北浦では, 湖岸に群生する場所があった(図4)。また, 湖岸を浮遊したり, 波打ち際に打ち

上げられた個体も確認された。おもな生育地は河川や堤内地の水路であった。



図4 オオフサモの群落(2016年10月26日, 西浦)

以上のように, 湖畔に生育する特定外来種は, 在来種の再生のために設置された, 石積みの消波ブロックに囲まれた穏やかな開放水面に向かって伸長し群落を形成していた。その結果, 在来種で生態的地位が似ている浮葉植物のササバモ, アサザ, ガガブタ(図5)などや, 沈水植物のエビモ, ヒロハノエビモなどを脅かしている。

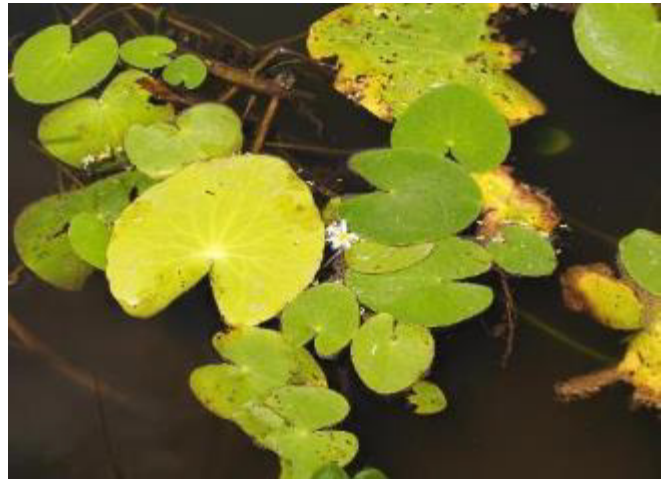


図5 浮葉植物のガガブタ(2014年8月22日, 西浦)

霞ヶ浦周辺には, 新利根川のように水利目的で作られた人工の河川があり, その水量は少なく水深も浅い。このような場所に繁茂した特定外来種の群落は流れの障害物となり, ゴミや泥などが堆積しやすい。また, 堆積した土砂はこれらの植物の生育する基盤になっている。ナガエツルノゲイトウは岸辺に生育するミズヒマワリの群落を取り囲み, 開放水面に茎を伸ばす(図6)ことで, さらに大きな群落を形成する傾向が見られた(図7)。また, オオフサモは水路幅の3分の2を覆うほどの群落があった(図8)。このような群落は, 大雨で水量が増加すると基質から切り離されて浮き上がり, 水の流れや風向きで移動するので, 下流のみではなく上流にも分布を拡大していた。また,

堤内地のすぐ傍の水路で特定外来種の繁茂が確認されたことから、荒天時に湖畔と水路を相互に移動すると考えられる箇所があった。



図6 開放水面に伸びるナガエツルノゲイトウ
(2015年6月5日, 新利根川)



図7 大群落を形成したナガエツルノゲイトウ
(丸枠内はミズヒマワリ 2015年6月5日, 新利根川)



図8 オオフサモの群落 (2015年8月24日, 城下川)

4. 今後の課題

霞ヶ浦周辺の水辺に生育する特定外来種の調査結果に基づき、県では2017年12月～2018年3月に、新利根川におけるナガエツルノゲイトウ、ミズヒマワリ、オオフサモの除去を行った(図9)。除去対象種とし

た3種は栄養生殖の能力が高く、水中で茎の一部が切れても葉柄基部から根や芽を再生して新しい個体を作ることができる。また、除去しても根茎などが残ると根絶できず、放置した場合数年後には再び群落を形成する。それを抑えるための努力が必要である。



図9 新利根川における冬季の除去作業の様子
(2018年2月14日)

この状況を踏まえて、2018年に新利根川ミズヒマワリ対策協議会を立ち上げた。この協議会は茨城県、関係市町、土地改良区などの関係する機関が構成員となり、住民やボランティア団体と一体となった防除を目的として通年の監視と除去を予定している。協議会の活動において、除去作業の適切な時期及び間隔や除去方法についてデータを蓄積し、他の流入河川の再繁茂防止モデルとなることが望まれる。

特定外来種は既存の特定外来種への対策だけではなく、今後も新たな種が侵入することを想定し、行政機関と各研究機関および各団体との連携による情報収集と、新たな特定外来生物の侵入や被害を発生させないための、「予防」を含めた啓発活動などが重要である。

引用文献

- [1] 平成29年度 第2回茨城県自然環境保全審議会資料
(本県の特定外来種の状況について)

Ecosystem-level Assessment of Living Microbial Pesticides using Aquatic Microcosm System

Kazuhito Murakami¹ and Akiko Inoue-Kohama²

¹Chiba Institute of Technology, ²Tohoku Institute of Technology

Keywords: microbial pesticide, microcosm, ecosystem-level assessment, bio-diversity

ABSTRACT

Six species of microbial pesticides (*Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai*, *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and *Pseudomonas fluorescens* as bacterial pesticide, *Verticillium lecanii*, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as fungal pesticide) were assessed on ecosystem-level using gnotobiotic-type experimental aquatic microcosm system. As results, all microbial pesticides didn't increase in their population in microcosm where they were introduced, and finally be removed from the ecosystem site under biological interaction such as prey-predator interaction with indigenous microbiota. From the viewpoint of prevention of bio-diversity, it is an important problem to establish the test technique in detail for ecosystem impact risk assessment immediately, and to effectively use microbial pesticide and the DNA recombinant microorganism of which utilization expects the field of the bio-remediation as the beginning, the evaluation test technique using the microcosm system could be recognized to be one of the effective means.

1. INTRODUCTION

These days, remain and accumulation of chemical pesticide have become to be one of the most serious problems all over the world. In other hand, biological preservation such as microbial pesticide including natural enemies is look at again, and in Europe and U.S.A., microbial pesticide has already made practicable. The microbial pesticide is one of biological preservation and their main components are bacteria, fungi, virus, protozoa and nematode which is viable and/or not. These microbial pesticides are considered more safe for environment than chemical pesticide because of their origin from natural. Furthermore, not only natural microbial pesticide but also genetically engineered one are developed and more explanation is done. By the way, what effect will be given is very important problem for field release of non-indigenous lives, so the environmental impact risk assessment method for the field release of microbial pesticide including genetically engineered one is strongly needed to be proved to use generally and it has already established in Europe and U.S.A., referring to the guideline of OECD and WHO. But in Japan, no assessment method has been established, and how the microbial pesticide behave in nature and what influence will be happen have not been made clear. So it is very important to make clear the prosperity and decay of microbial pesticide in natural ecosystem and to obtain the basal information for environmental impact risk assessment for field release of genetically engineered microorganisms (DNA recombinant microorganisms).

This study was conducted to investigate and made clear

the prosperity and decay of microbial pesticide in aquatic environment using model ecosystem such as monoxenic culture, flask-size microcosm and natural lake model ecosystem. This tier test method is named step-by-step assessment method.

2. METHOD

As microbial pesticide, living cells of *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* KH, *B.t.kurstaki* and *Pseudomonas fluorescens* IID5115 as bacterial pesticide, and *Verticillium lecanii* F126-12-3M, *Beauveria bassiana* F18-4B and *Metarhizium anisopliae* M7 as fungal pesticide were supplied.

B.thuringiensis is safe for humans and is the most widely used environmentally compatible biopesticide worldwide. Furthermore, insecticidal *B.thuringiensis* genes have been incorporated into several major crops, rendering them insect resistant, and thus providing a model for genetic engineering in agriculture

P.fluorescens has shown the microbe's potential benefit in bioremediation against several strains of plant pathogens. Plant treatment with *P.fluorescens* can prevent these fungi from growing and spreading through spore production which grow on plant surfaces causing disease and death of the plant..

V.lecanii is an entomopathogenic fungus. The mycelium of this fungus produces a cyclodepsipeptide toxin called bassianolide and other insecticidal toxins such as dipicolinic acid, which infect aphids, whiteflies, rust fungi, scale insects and lead to death the host.

B.bassiana is a fungus that grows naturally in soils throughout the world and acts as a parasite on various arthropod species, causing white muscardine disease; it thus belongs to the entomopathogenic fungi. It is being used as a biological insecticide to control a number of pests such as termites, thrips, whiteflies, aphids and different beetles.

M.anisopliae is being used as a biological insecticide to control a number of pests such as Grasshoppers, Termites, Thrips, caterpillars, aphids/ etc. and its use in the control of malaria-transmitting mosquitos is under investigation.

Microcosm N-system was mainly applied to the test method for ecosystem-level assessment. Microcosm N-system is consisted of three species of microalgae as producer, that is, chlorophyceae *Chlorella* sp., *Scenedesmus quadricauda* and cyanophyceae *Tolypothrix* sp., four species of microanimals as consumer, that is, protozoan ciliate *Cyclidium glaucoma*, metazoan rotifer *Lecane* sp., *Philodina erythrophthalma* and oligochaete *Aeolosoma hemprichi*, and four species of bacteria as decomposer, that is, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*, *Acinetobacter* sp. and coryneform bacteria, and indicates high reproducibility and reflectivity of natural ecosystem.

This microcosm is cultured under condition of 25 degrees Celsius, 2,800 lux, 12/12 hrs. bright/dark cycle, and without stirring. Living cells of pre-cultured microbial pesticides were injected to microcosm at 16th day after cultivation start. Microscopic observation was conducted to detect prosperity and decay of injected microbial pesticide and indigenous microorganisms in microcosm.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

As results, following information was obtained. That is, in monoxenic culture test, all the microanimals such as protozoan ciliate *Cyclidium glaucoma*, *Tetrahymena pyriformis*, *Colpidium campylum*, metazoan rotifer *Philodina erythrophthalma* and oligochaete *Aeolosoma hemprichi* which can be observed generally in both natural and artificial ecosystems, were able to grow in cell suspension of bacterial pesticide, but could not in that of fungal one. In other word, *B.t.aizawai*, *B.t.kurstaki* and *P.fluorescens* were expected to decrease by predation of indigenous microanimals in natural environment similar to any other indigenous bacteria, but other fungal pesticide such as *V.lecanii*, *B.bassiana* and *M.anisopliae* were not decreased, and survived. In microcosm N-system test, *B.t.aizawai* decreased after its injection to microcosm due to microbiota, especially protozoa *Cyclidium glaucoma* was greatly affected with their interaction such as prey-predator interaction. *B.t.kurstaki* and *B.cereus* showed same behavior pattern, so, it was considered that *B.thuringiensis* would behave same as any other indigenous bacteria and fade out finally in natural environment. in natural lake model ecosystem, which includes six kinds of eutrophic and oligotrophic lake, river and sea water, *B.t.aizawai* showed same behavior pattern as in microcosm N-system, in other word, *B.t.aizawai* decreased in natural lake model ecosystem by predation effect of microanimals which persisted in natural environmental water. *B.t.kurstaki* and *B.cereus* were the same. Very high relationship between these two microcosms were observed.

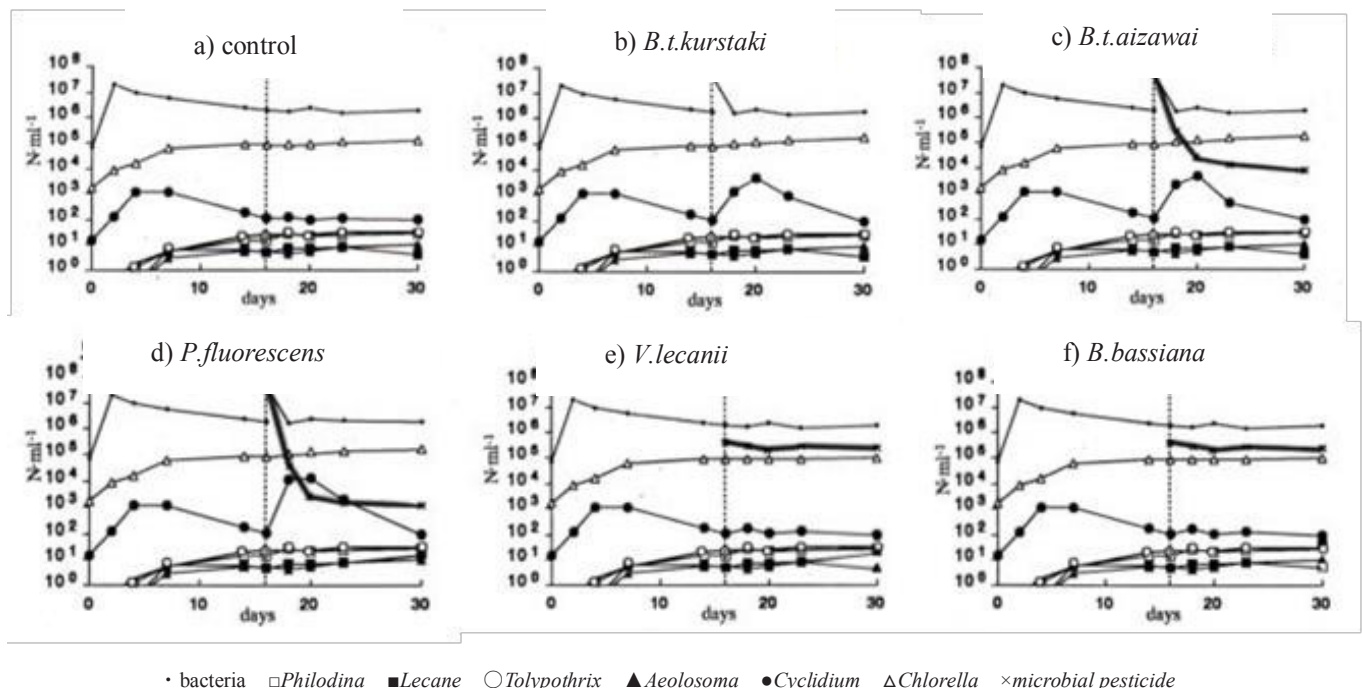


Fig.1 Prosperity and decay of microbial pesticides in the gnotobiotic microcosm N-system

From these results, it was made clear that *B.t.aizawai* and *B.t.kurstaki* as bacterial pesticide show similar behavior as *B.cereus* as control indigenous bacteria, so it is considered that even though microbial pesticide was released in to natural environment, microbial pesticide will not have great influence on indigenous ecosystem. And a new potential for environmental impact risk assessment method for field release of genetically engineered microorganisms on ecosystem level such as microbial pesticide or other bacteria which have new function, was shown here. It is considered that further comparison and analysis of results from these tests would lead the more accurate and detailed environmental impact risk assessment on ecosystem level.

4. CONCLUSIONS

The results obtained from this study can be concluded as follows:

- 1) Bacterial pesticide can decrease after its release to natural environment and do not affect seriously to indigenous microbiota.
- 2) Fungal pesticide can remain and survive after its release to natural environment because of its unsuitability to indigenous microanimals as their food source.
- 3) Tier test such as step-by-step testing method which shown in this study can be one of the most useful way to assess the effect of field release of non-indigenous lives on natural environment.
- 4) It is necessary to establish the ecosystem level environmental impact risk assessment method as soon as possible, because genetically engineered microorganisms (DNA recombinant microorganisms) is strongly expected

to be one of the useful tools as to not only microbial pesticide but also bio-remediation.

REFERENCES

[1] Tsushima S, "Strategies and problems for the development and extension of biological control agents", *Bioindustry*, Vol.31, 2014, pp.4-8.

[2] Yoshida S, "Implication on the Development of Biopesticides Applicable to Both Agricultural Insect Pests and Diseases", *Bioindustry*, Vol.31, 2014,

[3] Murakami K, Inamori Y, Hayashi N, Sudo R, "Effect of microbial pesticide on growth of micro animals", *Journal of Water Treatment Biology*, Vol.29, 1993, pp.31-38.

[4] Inamori Y, Murakami K, Sudo R, Kurihara Y and Tanaka N, "Environmental assessment method for field release of genetically engineered microorganisms using microcosm systems", *Water Science and Technology*, Vol.26, 1993, pp.2161-2164.

[5] Beyers RJ and Odum HT, *Experimental Microcosms*. New York: Springer-Verlag, 1993, 545pp.

[6] Inamori Y, Murakami K, Sato R, Tanaka N, Sudo R and Kurihara Y, "Interactions between GEMs and indigenous microorganisms in aquatic ecosystem", *Water Science and Technology*, Vol.34, 1996, pp.397-405.

[7] Graney RL, Kennedy JH and Rodgers, Jr. JH, *Aquatic Mesocosm Studies in Ecological Risk Assessment*, Florida: Lewis Publishers, 1994, 723pp.

[8] Murakami K, Hayashi H and Shimada R, "Microcosm for impact risk assessment of sediment remediation materials on aquatic ecosystem", *Journal of Water and Environmental Technology*, Vol.9, 2011, pp.401-410.

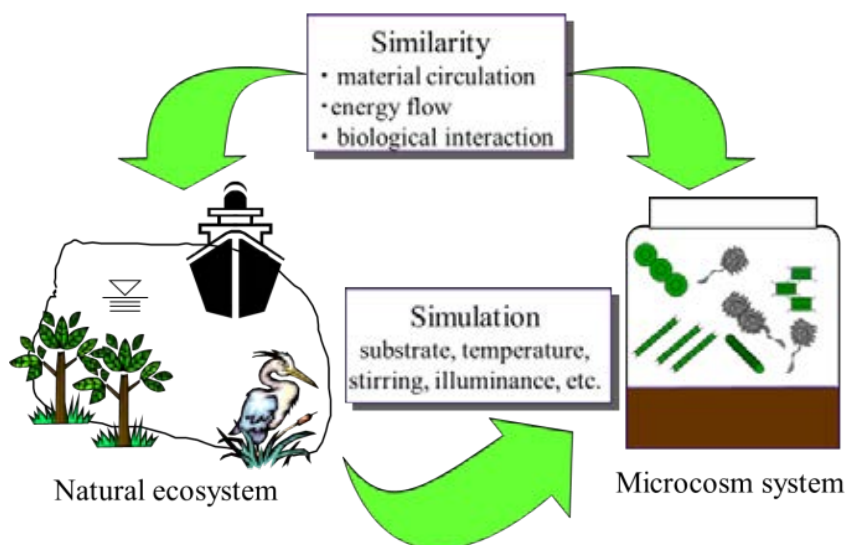


Fig.2 Relationship between natural ecosystem and microcosm system

Use of Macroinvertebrate as the Water Quality Bio-indicator in Wang River and Creating a Learning Guide for Elementary Students

Wanlapa Konginta¹, Tatporn Khunpradit^{1,2}, and Rungnapa Tagun^{1,2}

¹Biology Department, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

²Centre of Excellence of Biodiversity Research and Implementation for Community,
Chiang Mai Rajabhat University

Keywords: Macroinvertebrate, Bio-indicator, Water quality, Wang River

ABSTRACT

The study aims were to study the distribution of macroinvertebrate communities in Wang River. The macroinvertebrate samples were collected from 5 sampling sites along the Wang River from winter and summer season on January to June 2018. The macroinvertebrate diversity and abundance were higher in the upstream to the downstream. The diversity and abundance of macroinvertebrates were decreased from winter season to summer season due to the higher of chemical concentration in the river. The chemical and physical from human activities and seasonal were an influence factors to the macroinvertebrate community and could be used as a tool for monitor the water quality.

1. INTRODUCTION

In the modern world has entered an era of globalization, especially the rapid progress of science, telecommunications and information technology. As a result, countries have changed in many ways according to evolution. Including Thailand has to change dramatically in terms of economy, society, culture, science, technology and politics. Development of a country that is focused on the economy has caused problems in the distribution of income and social problems as well as environmental problems. Due to the lack of balance, the problem must be resolved quickly. Therefore, it is necessary to develop "Quality of people". The person will develop it with one important factor is education. Because education is a learning process for the growth of individuals and society. Education is a tool for developing people. It is a cornerstone of prosperity and problem solving. Because education is a process that allows people to develop themselves, which will eventually lead to social development and strategies to solve the problems and crises of the nation as the Thailand's Ministry of Education has adopted core curriculum for basic education in 2551 AD. The learning management in the course emphasizes the development of the learner in the thinking. And defined the key competencies of the learners is a key skill in the knowledge creation and knowledge to take on a life of

quality. And adopting policies to encourage thinking skills into practice in a concrete classroom.

Due to various problems from the development of the country as mentioned above. Natural resources and environment are affected. Especially water resources. Because water is an important resource that impacts directly on the lives, community development and human life water is also used in consumer and consumption. In addition, water is also important in many activities such as industry, agriculture, transport, etc. The environment is simple and can be applied in teaching at various levels further. Because of the fact that the teaching and learning information is not used in this study, the idea is to create a study guide for the study of macroinvertebrates. To use in teaching and learning activities, students should be aware of the value of their local resources as well as to raise awareness about resource conservation.

For the above reasons, Researchers are interested in studying the quality of the Wang River water using macroinvertebrates as biological indicators, together with the quality of the physical and chemical composition of the water quality of the Wang River and to create an Efficiency Study Guide Learning (ESGL) tools

for the environmental education activities for school teaching and learning.

2. METHODS

The Macroinvertebrate sampling was conducted at five sampling sites along the Wang River. The sampling was carried out from January to July 2018. Environmental and physical and parameters included air temperature ($^{\circ}\text{C}$), water temperature ($^{\circ}\text{C}$), dissolved oxygen (mgL^{-1}), water velocity (mS^{-1}), pH, electric conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) were measured in the field during sampling. Abiotic factors were also measure including biochemical oxygen demand (mgL^{-1}) and analyses of dissolved inorganic nutrients (ammonium, NH_4^+ ; nitrite, NO_2^- and soluble reactive phosphorus, PO_4^{3-} (APHA, 1992).

Three replicates of macroinvertebrates were collect at each site using the multi-habitat sampling technique described by Wang et al. (2012) which provides a more comprehensive sampling of total richness than fixed area sampler (Harrington et al., 2016, Resh and Rosenberg, 1984). Sample at each site were undertaken using a standard pond net (mesh size, $250\ \mu\text{m}$) with the total time (5 minutes per replicate). The sample were preserved in 70% ethanol. In the laboratory the samples were washed and all macroinvertebrates were sorted under a stereoscopic microscope (Tomanova et al., 2006). The taxonomical identification was conducted to the family level using taxonomic references by Merritt and Cummins (1996), and Mekong River Commissions (MRC, 2008)

3. RESULT

The diversity and distribution of macroinvertebrate from 5 samplingsites of wang River were slightly difference. The physical and chemical properties of the upstream (site 1-2) shown a higher value and constancy than the other sampling sites. On the other hand, the distribution of macroinvertebrate was difference in term of diversity and abundance along the Wang River. The overall macroinvertebrate diversity and abundance were moderate to high compared to the previous research of Northern Thailand. Moreover, the abundance has been increasing from upstream to downstream, thus the diversity was depending on the appropriate in some sampling sites.

4. DISCUSSION

The human activities and the environmental variable were difference in each sampling of Mae Wang River. Not only

environmental condition but the distributions of macroinvertebrate were also difference. The nutrients in the upstream were slightly difference in winter and summer season but the downstream were significantly difference. The Wang River riparian land use were agriculture activities so he nutrients may release and discharged to the river in the harvest season (Giorgio, et al, 2016). The nutrients were influence to producer as algae and other plant that might related to the distribution of macroinvertebrate through the ecosystem food chain. The water level would be reduced in a summer season and make a lower volume of water than winter season. This may have revealed a physical and chemical substance concentration in the Wang River and impact to the macroinvertebrate (Goldman and Horne, 1982) The distribution of macroinvertebrate were related to the water condition and could be used as a Monitoring tools for water quality bio-indicator. Water quality monitoring has been used to assess water quality since the 20th century (Abbasi and Abbasi , 2012). Previously, physical and chemical methods have been used for almost 85 years. Large groups of invertebrates are used to assess water quality impacts and monitor widespread water pollution. However, this old water quality test was not comprehensive and accurate. The BMWP Score system needs to be developed to match the current environment. However, the contaminated pollutants in some water sources are difficult to analyze and detect by chemical or physical so the macroinvertebrates can be used as biological indicators that indicate the presence of pollutants. Because the movement is the limit and have a long life expectancy of approximately 1 year. It can be checked all year round or every sampling period. It is therefore appropriate to use a biological index for efficient water quality monitoring.

5. CONCLUSION

The overall distributions of macroinvertebrate communities in Wang River were higher from upstream thus the diversity was depending on the site. The macroinvertebrate distributions were related to the water properties and difference season thus it could be use as tool for monitor the changing of water condition by the macroinvertebrate distribution in Wang River.

REFERENCES

- [1] APHA, AWWA and WEF. (1992). Standard Method for Examination of Water and Wast Water. American Public Health Association. Washington DC. (Sheldon, 1969)
- [2] Abbasi T, Abbasi SA (2012) Water quality indices. Elsevier, Amsterdam

- [3] Chintavaj A., C.Samranpong and T. Kaewmoungmul. 2014. The Development of Data for Situation of Thai Rice. Thai Rice Institute. Bangkok
- [4] Fu, L., Jiang, Y., Ding, J., Liu, Q., Peng, Q.-Z. & Kang, M.-Y. 2016. Impacts of land use and environmental factors on macroinvertebrate functional feeding groups in the Dongjiang River basin, southeast China. *Journal of Freshwater Ecology*, 31, 21-35.
- [5] Giorgio, A., De Bonis, S. & Guida, M. 2016. Macroinvertebrate and diatom communities as indicators for the biological assessment of river Picentino (Campania, Italy). *Ecological Indicators*, 64, 85-91.
- [6] Goldman, C.R. and Horne, A.J.e. (1983). *Limnology*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- [7] Harrington, R. A., Poff, N. L. & Kondratiff, B. C. 2016. Aquatic insect –diversity is not dependent on elevation in Southern Rocky Mountain streams. *Freshwater Biology*, 61, 195-205.
- [8] Merrit, R. W. & Cummins, K. W. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Third edition., Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Company.
- [9] Resh, V. H. & Rosenbedrg, D. M. 1984. *The Ecology of Aquatic Insects*, New York, NY, Praeger.
- [10] Silvia, D. R. O., Ligaró, R., Hughes, R. M. & Callisto, M. 2014. Visually determined stream mesohabitats influence benthic macroinvertebrate assessments in headwater streams. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 5479-5488.
- [11] Tomanova, S., Goitia, E. & Helesic, J. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 556, 251-264.
- [12] Zhang, C. F., Li, S., Qi, J. Y., Xing, Z. S. & Meng, F. R. 2017. Assessing impacts of riparian buffer zones on sediment and nutrient loadings into streams at watershed scale using an integrated REMM-SWAT model. *Hydrological Processes*, 31, 916-924.

「里浜」～人と生き物の共生

木村 英博¹, 七野 悟¹, 伊藤 春樹¹, 吉田 薫¹

¹一般社団法人 霞ヶ浦市民協会

キーワード: 自然再生, 生態系機能, 水辺空間, 生活, 地域づくり

抄録

(一社)霞ヶ浦市民協会は、1995(平成7)年開催の第6回世界湖沼会議にて採択された『霞ヶ浦宣言』の精神を理念に据え、1996(平成8)年に設立された。市民・行政・研究者・企業のパートナーシップのもと、霞ヶ浦という風土の中で培ってきた市民の英知を結集し、『泳げる霞ヶ浦』を目指して水質浄化の推進・啓発活動を続けている。『泳げる霞ヶ浦2020市民計画』は、2020年を目標に生活文化、水辺交流、環境保全、生態系保全、歴史文化、地域経済、啓発・環境学習など多岐にわたる分野での事業展開を示したもので、なかでも湖岸の整備、特に前浜再生に関わる「里浜づくり」事業を継続的に実践している。「里浜」とは、人の住む「里」と、自然の成す「浜」を合体させた造語だが、人と湖をつなぐ里浜(砂浜)をつくり維持管理しながら利活用することで、霞ヶ浦に対する人々の関心と、水質浄化への意識と行動を促すと考え、これを提案し事業として推進するものである。

1. 里浜の提案まで

1995(平成7)年に茨城県で開催された第6回世界湖沼会議は、学術会議にもかかわらず、多くの一般市民が参加したことで記憶に残る。また、水環境保全を願う各国参加者の強い意志と決意の結晶である『霞ヶ浦宣言』がまとめられ、その宣言内容を設立理念とする社団法人(当時)霞ヶ浦市民協会が、1996(平成8)年に発足した。

2001(平成13)年5月、当協会は2020年を目標に、『泳げる霞ヶ浦』の実現を目指すための『泳げる霞ヶ浦2020市民計画 基本構想』を、翌年には『同行動計画』を策定した。当時、20年先の2020年は子どもたちが大人になり社会を担う時代であり、さらにその先へもつながる計画として、21世紀にふさわしい環境型循環社会の構築を背景にしたものである。これは、人と自然の共生を前提に、湖沼や河川の流域住民が、常に流域全体を視野に生活し、水系と関わっていることを自覚することで成り立つ、いわば『霞ヶ浦市民社会』とも言うべきネットワークの確立を目指したものである。

同計画の基本フレームは5つのプロジェクトから構成された。①暮らしのプロジェクト/新しい生活文化の創造…インフォメーションセンター「水の交流館」運営・夏休み教室・霞ヶ浦ジュニアレンジャー養成講座・自然観察

会・環境学習・生活排水事業等 ②身近な川プロジェクト/生物多様性への模索…水質調査(地域・一斉)・新川クリーンアップ・どんぐり里子作戦・生物調査・河川清掃等 ③水辺交流プロジェクト/人と自然の回廊づくり…泳げる霞ヶ浦市民フェスティバル・水辺ふれあい事業・景観づくり等 ④地域経済プロジェクト/食に始まる霞ヶ浦ブランドづくり…土浦ビオパーク・新川浄化実験場・エコビジネス・地場製品の利活用 ⑤人とひとプロジェクト/プロジェクトの総括集結…シンポジウム・地域懇談会・世界湖沼会議・広報出版・交流会・研究など。これらの事業を市民、行政、研究者、企業、農林漁業者、学校、各種団体とともに協同・協働していく。

この5つのプロジェクトが相互に関連し合う、具体的な事業として辿り着いたのが、水辺の砂浜づくりである。昭和40年代初期までは霞ヶ浦沿岸に複数の遊泳場があり、人々は水に触れ、入り、泳いでいた。その泳げた時代をイメージしつつ掲げられた『泳げる霞ヶ浦』は、霞ヶ浦と流域住民の結びつきのもとで成立するものである。砂浜は、水辺の浄化機能を果たすのはもとより、親水空間としての利用価値がある。そこで、日常的に人々が集まり、水質浄化の意識行動のきっかけになる場としての砂浜を、人々の暮らす「里」と、霞ヶ浦の「浜」の結びつきを象徴する『里浜』という言葉で表した。しかし、同時

に維持管理が整わなければ砂浜は消失しかねない。

当協会は、多様な効用を持つ里浜の造成から維持のために、市民の立場で何をすべきか、何ができるかを考え、この里浜づくりを提案し、実践する。

2. 活動経過

『泳げる霞ヶ浦 2020 市民計画』策定後、里浜づくりに向けたシンポジウムやサマースクール等を開催、2006（平成 18）年3月には「第4回霞ヶ浦市民博覧会 2006」において、（財）土木研究センターなぎさ総合研究室長（当時）の宇多高明氏を講師に迎え、主に土浦市蓮河原・滝田地区の湖畔を対象に、現地視察と勉強会を行った。

宇多氏からは、養浜計画では、地形、地質、水深、汀線の角度、卓越風の方角、波の入射方向等の十分な事前調査が重要であることや、砂質、砂の安定のための方策、ヨシ浜との関係性が教示された。さらに、波のエネルギーを干さず、程よく浜に当てること、その地域にふさわしい姿にすることなどが浜づくりには重要であり、「相手は生きている湖」であることを忘れず、段階的な計画が必要であることを学んだ。

第6回世界湖沼会議後、旧建設省は、霞ヶ浦浄化の試みとして土浦市手野町石田地先に大量の砂を投入し、砂浜を造成していた。しばらくは前浜の形態を保ったものの、その後の管理が追いつかず、ヨシ等の植物繁茂、樹木の生長などで足を踏み入れる場もないほど荒れた。しかし、この湖岸は土浦の中心市街地からも近く、人々が利用する砂浜再生の場所としては適している。当協会では、この前浜をどうにか復活させ、里浜をつくらうということになった。



写真1 アシなどの草刈り

以降、年に数回、特に植物が繁茂する夏場には毎週のように、機械と人力による地道な草刈りと清掃作業を続け、各種イベントにも利用してきた。だが、整備エリアにもパワーにも限界は見えた。

2015年2月、事情を聞きつけた地元建設機械メーカーの全面協力のもと、約 600 m²にわたる前浜部分のヨシを抜根した。根と砂を振るい分け、水辺近くでは浸出水に阻まれながらの大がかりな作業を終えると、地面に砂が見え始め、広々とした前浜が現れた。以降は人の手による継続的な整備作業が砂浜維持のための動力となっている。



写真2 前浜の草刈り作業

前浜の整備および利活用の一環としては、『水辺の楽校』と『砂浜の楽校』を年2回ずつ実施している。水辺の楽校は、主に子どもたちを対象に清掃活動と遊びを組み合わせたもので、自分たちできれいにした砂浜でペットボトル・ロケットを作り飛ばし、前浜にある流木でおこした焚き火で地元産サツマイモの焼き芋を作り食べるなど、水辺で遊び楽しんでもらう目的を持つ。



写真3 砂浜でのペットボトル・ロケット飛ばし

砂浜の楽校は、建設会社関係者の協力による本格的な清掃作業で、不法投棄された大量のゴミや、漂流物、流木を除去する。景観の維持はもとより、霞ヶ浦の状況を目の当たりにすることで、浄化への意識啓発につなげることも目的のひとつとなる。こちらも作業後にはレンコンやサツマイモなど地元産の食材で作った総菜や菓子で一服する。

いずれにせよ、当協会会員のみならず、地域の団体・市民、企業等の協力を得ながら続けるこの活動に終止符はなく、人力による定期的な維持管理が常に欠かせない。



写真4 前浜の整備

3. 課題と展望

砂浜は造成しただけでは維持できない。ヨシなど植物が繁茂し、ゴミが溜まることで、人は訪れずに荒れていく。しかしながら、維持のためだけに活動を続けるのにも限界がある。望ましいのは、日常生活の中で利活用しながら維持管理していくことであり、それが里浜の理念でもある。

かつて、人々は集落をつくり、霞ヶ浦沿岸には多くの漁村があり、遊泳場があった。霞ヶ浦と日常生活は同じ線上にあり、水辺は自ずと管理されていた。すなわち、そこにこそ里浜の原型があり、地域と住民の関わりが果たす役割の大きさに気づく。とはいえ、昔のように自立的持続的な水辺との関わりを求めても不可能に近い。現状を鑑みるならば、必要なのは、新たな循環型社会、持続的な水循環の構築ということになる。

もともと砂浜には、有機物の分解やろ過などの水質浄化機能、そして消波作用や魚類の産卵場所などの機能がある。里浜は、こうした生物の営み、生態系保全の場でもなくてはならないが、地域住民の理解と協力があってこそ、これらの環境も維持される。さらに、その理解と協力を長期的に得るためには、人々にとっても何らかのメリットが必要だろう。人々の暮らしに役立ち、生物の営みにも役立つ場としての水辺空間たる里浜が求められる。

2003(平成 15)年施行の「自然再生推進法」に基づき、当地における「霞ヶ浦田村・沖宿・戸崎地区自然再生事業」には当協会ほか多数の団体・市民が参加し、『里と湖』の接点たる湖岸帯の保全・再生、生態系の維持に向けた活動を継続、年々成果を収めている。石田地区においても、子どもたちの環境学習、レクリエーションの場としての利活用が増えてきた。



写真5 子どもたちによる砂浜づくり

この前浜を砂浜として再生し維持していくことは生態系サービスの「調整」「文化的」観点にも貢献する。茨城県が「霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画」の長期ビジョンに掲げる『泳げる霞ヶ浦・遊べる河川』実現のためにも、この前浜の整備、砂浜化は有効と考える。

前出の宇多氏の弁を借りれば、里浜づくりは、かつて霞ヶ浦で泳いだ世代だけが満足するものではなく、多世代の共感を呼び、理念哲学を持つことが不可欠である。「人と生き物の共生を基本とし、暮らしの中で親しみながら守り育てる浜辺」としての里浜を、『泳げる霞ヶ浦』実現のための指標と位置づけている。

題名: コウノトリと共に生きる～豊岡の挑戦～

大逸 優人¹

¹ 豊岡市コウノトリ共生課

キーワード: 自然再生, 絶滅危惧種, 生態系サービス, 生物多様性評価

抄録

兵庫県豊岡市が取り組むコウノトリの野生復帰は、一度は野外で絶滅してしまったコウノトリを再度、人里近くに帰す取組みである。生態系の頂点に立つコウノトリの生息地を保全するため、豊岡市では様々な取組みを行っている。おいしいお米とたくさんの生きものを同時に育み、コウノトリも住める豊かな文化、地域、環境づくりを目指すための「コウノトリ育む農法」。コウノトリの生息地となる水辺環境の創出など、生息地保全の取組み。コウノトリ野生復帰を未来につなげるための子どもたちへの環境教育。今では 100 羽を超えるコウノトリが豊岡はもちろん、全国の空を飛んでいる。これからもコウノトリと共に生きていくため、豊岡の挑戦は続いていく。

1. はじめに

かつては日本中で生息していたコウノトリ。しかし、戦後の圃場整備や河川改修による湿田の消失、農薬の使用、普及により、1971 年、豊岡を最後に日本の空から姿を消した。兵庫県・豊岡市は 1965 年から人工飼育に取り組む、2005 年に初の放鳥に成功した。一度絶滅した野生動物を飼育下で繁殖させ、かつての生息地である人里に帰していくことは、世界にも例のない壮大なプロジェクトである。

コウノトリ野生復帰が目指すものは大きく3つに分類される。1つ目は「コウノトリとの“約束”を果たす」こと。コウノトリを救う最後の手段として人工飼育の道を選んだ際、いつかきっと空に帰す、と約束した。約束は果たさなければならない。

2つ目は「種の保存に関し、国際的な貢献を行う」こと。世界で 3,000 羽程度にまで減少しているコウノトリが安心して生息できる環境を保存・再生・創造することにより、日本最後のコウノトリの生息地として果たすべき国際的役割を担っている。

3つ目は「コウノトリも住める豊かな環境をつくる」こと。コウノトリは里の自然生態系の頂点に立つ肉食の鳥であり、コウノトリが野外で生きていくためには田んぼや川、水路に多様な生きものがたくさん生息する「自然環境」が必要となる。また、コウノトリを暮らしの中に受け入れる「文化環境」を再生することも必要である。コウノトリも住める豊かな環境(自然と文化)は、人間にとっても持続可能で健康的に暮らせる環境と言える。

様々な分野に広がり続けるコウノトリの野生復帰の取組みについて紹介していく。[1]

2. コウノトリ野生復帰の取組み

(1) コウノトリ育む農法

水鳥であるコウノトリにとって「田んぼ」を代表とした生水辺環境は生息地として大切な場所である。コウノトリの野生復帰を支える重要な取組みの一つが、「コウノトリ育む農法」である。「コウノトリ育む農法」はおいしいお米(「コウノトリ育むお米」)を育てるとともに、多様な生きものを育み、コウノトリも住める豊かな文化、地域、環境づくりを目指した農法である。

コウノトリ育む農法で作られるお米は、無農薬・減農薬で栽培されることはもちろんであるが、その大きな特徴は、水田の水管理にある。1つ目に、田植えの1ヶ月前から田んぼに水を張る「早期湛水」。2つ目は、オタマジャクシに足がはえてカエルへと変態するのを確認できるまで約1カ月程度中干を延期する「中干し延期」。3つ目は、冬の間も田んぼに水を張る「冬期湛水」。そして、4つ目に、雑草を抑えるための「深水管理(田植え後約40日間8cm程度の水位を維持)」。一般的な農法と比較すると圧倒的に湛水期間が長い。このように、年間を通じて湛水期間を長くすることによって、コウノトリのエサとなる多くの生きものを育むことが可能となる。

手間をかけ、安全・安心なお米を作るからこそ、コウノトリ育むお米の価値は高まり、慣行栽培米よりも高く販売され、生産者の所得増につながっている。コウノトリ育むお米が販売されているのは国内だけではない。コウノトリと共に生きる豊岡の取組みは、海外でも共感を呼び、安全・安心な米として評価され、香港やアメリカなどでの輸出が始まっている。コウノトリ育むお米は、市内小中学校の学校給食で使用されるなど、消費を増やすことで生産拡大を目指している。2003年に作付面積0.7ha

で始まったコウノトリ育む農法は、2017年は407.1haまで増加している。

(2) 生息地保全

コウノトリ育む農法の作付面積が増える一方、同様に増加しているのが耕作放棄田や休耕田である。これらは放置しておくとも陸地化し、草が繁茂し、コウノトリのエサ場環境としてはもちろん、景観的にも好ましくない場所となる。豊岡市では、このような休耕田を活用した水田ビオトープ事業を実施している。休耕田に水を張り、畦管理や草刈りをおこなって、水田ビオトープとして管理する。そうすることで、生きものを育む湿地の状態を維持することができ、将来、復田することも可能となる。2018年5月現在、市内には25ヵ所、約11.4haの水田ビオトープがある。コウノトリのエサ場としてはもちろん、子どもたちの環境学習の場としても機能している。

市内には水田ビオトープ以外にも様々な湿地がある。「加陽湿地」は、国土交通省の自然再生事業により創出された大規模湿地である。出石川とつながっている開放型湿地や池のような閉鎖型湿地が連なっており、川も含めてコウノトリの生息地としてだけでなく、冬鳥の越冬地としても機能している。

「ハチゴロウの戸島湿地」は、大陸から飛来したコウノトリが好んだ水田を湿地として整備した人工湿地である。水路を通じて円山川下流域とつながっているため、様々な魚介類が行き来しており、コウノトリの生息地として重要な湿地となっている。湿地内の人工巣塔では、2008年から毎年コウノトリが繁殖している。これらの湿地では、環境学習はもちろん、ボランティアや企業のCSRによる湿地保全活動が行われているが、基本的には市や国が管理している。

これらの湿地と異なるのが「田結湿地」である。豊岡市田結区の休耕田に1羽のコウノトリが飛来したのをきっかけに、田結区の住民が中心となり、土地の境界を越え共有化することで、大規模な湿地として管理している。田結湿地では研究者、NPO、企業、学生など様々な主体が関わりながら湿地の保全、活用に努めている。

市民や団体、企業や行政など様々なステークホルダーが関わりながら、消失した生態系の再生とコウノトリと共に暮らすための活動が行われており、これらの活動が世界に認められ、2012年に国際的に重要な湿地として、「円山川下流域・周辺水田」がラムサール条約に登録された。

(3) 次世代育成

コウノトリ野生復帰の取組みを未来へと継続させてい

くのに重要なのは、取組みに共感する次世代の子どもたちである。2017年からすべての市立小中学校において「ふるさと教育」を行っている。コウノトリのことについて学ぶのはもちろん、水田ビオトープを活用した生きもの調査や、コウノトリ育む農法の体験、コウノトリ野生復帰に関わる方々に話を聞くなど、コウノトリ野生復帰の取組みを自ら体験する授業が行われている。

また、市では「コウノトリKIDSクラブ」という組織を結成している。コウノトリを軸として豊岡市の自然環境を学び、実際に湿地保全活動にも取り組んでおり、ふるさと教育の補完的な機能を有している。全国で同様の活動を行っている子どもたちと交流し、コウノトリ野生復帰の取組みや自分たちの活動について発表を行うことで、自分たちの活動をさらに誇りに思えるよう促している。

コウノトリを中心とした生きものとの共生に共感できる人が増えることは、コウノトリのエサ場(自然環境)づくりと同じく重要な生息地(文化環境)づくりにつながっている。

3. 豊岡の挑戦

2005年にコウノトリを放鳥してから10年以上が経過し、野外に生息しているコウノトリは100羽を超えた。豊岡周辺で生息できる羽数は50羽程度と言われているが、野外のすべてのコウノトリが健全に生息するためには、さらなる生息地環境を創出することが必要である。そのため、これまでに蓄積されたコウノトリの繁殖データなど、科学的データを活用して「自然再生アクションプラン」を実践する。既存の繁殖データやコウノトリ育む農法の作付面積、水田ビオトープの面積などの環境要因等を考慮して、繁殖に適した環境条件を探り、コウノトリの生息環境としてポテンシャルの高いエリアを抽出した。コウノトリの生息環境として適している場所は、豊かな生態系を育む可能性がある。豊岡市はこのような場所で効果的な自然再生活動を行うことによって、豊かな生態系を取り戻すことを目指している。今後は、地域の特性に応じた課題を明確にし、地元との協働による自然再生活動で質を高めつつ、コウノトリだけでなく、様々な生きものの生息地を創出、保全していくことを目指していく。

4. おわりに

前述で豊岡に生息できる個体数は50羽程度と述べた。残りの50羽程度はどこにいるのかというと、豊岡を飛び越え全国各地を飛び回っている。2017年には、47都道府県すべてでコウノトリの飛来が確認された。国境

を越えて韓国にまで飛来したコウノトリもいる。コウノトリ野生復帰の取組みは豊岡を飛び越え全国に展開されつつある。福井県越前市と千葉県野田市では、コウノトリを飼育するとともに、放鳥も行われている。また、2017年には徳島県鳴門市、島根県雲南市においてコウノトリが野外での繁殖に成功した。豊岡市周辺以外では初となる快挙である。今後も各地に飛来し、繁殖することが大いに見込まれるため、繁殖しているエリアはもちろん、繁殖が見込まれる飛来地と情報共有を図るとともにネットワークを築き、一丸となってコウノトリの生息地拡大を目指す必要がある。

コウノトリは人里(田んぼや川など)の生態系の頂点に立つ鳥であり、コウノトリが舞い降りる場所は必然的にエサとなる生きものがたくさんいる場所と言える。餌のある場所を求め自由に大空を舞う。コウノトリが飛来すると、その美しい姿に魅了され、様々な保全活動が展開されることがしばしばある。コウノトリは生物多様性の指標を図れるアンブレラ種であり、多くの人々を魅了し、保全活動などの関心を高めるシンボル種でもある。豊岡では、田んぼや湿地などの水辺に行くと、身近にコウノトリに出会える。しかし、今の状況はあたりまえではなく、多くの方々によるいくつもの努力があってこそその景色である。美しく、雄大に空を舞い、豊かな環境のシンボルでもあるコウノトリと共に生きていくため、豊岡の挑戦は続いていく。

引用文献

- [1] 豊岡市：コウノトリと共に生きる 2017.

保護地域管理における“衡平性(Equity)”概念の整理と今後の論点

小林 邦彦¹¹総合地球環境学研究所 研究部

キーワード:保護地域, 衡平性, 愛知目標 11

抄録

生物多様性条約第 10 回締約国会議で、愛知目標が採択された。愛知目標 11 には保護地域に関する目標が掲げられた。その中で、“衡平な管理”のみを評価するための指標が条約上、欠落している。しかし、衡平な管理を評価するための指標を提案する研究が増えている。そこで、本稿は近年の研究レビューを通じて、衡平な管理に関する指標の検討状況を概観した上で、今後の検討のための論点を整理した。その結果、衡平性に関する 3 つの側面はそれぞれに細分化されており、費用や便益など、定量的な指標が考えられるものもあれば、意思決定や権利の有無といった定性的な指標、双方が含まれることがわかった。また、ラムサール条約において、衡平な管理に向けた取り組みが進められていることも明らかにされた。今後の課題においては、衡平性に係る 3 つの側面の相互作用や生物多様性条約と世界遺産条約など他の条約との協力の可能性が検討されることが期待される。

1. はじめに

地球規模での生物多様性の損失に対処するため、生物の多様性に関する条約 (Convention on Biological Diversity: 以下, CBD という) が 1993 年に発効した。CBD は、生物多様性の保全, その構成要素の持続可能な利用, 遺伝資源の利用から生じる利益の公正かつ衡平な配分の 3 つを目的としている^[1]。CBD 発効後, 2002 年にオランダで開催された CBD 第 6 回締約国会議 (Conference of Parties: 以下, COP という) では, CBD の根本的な課題を当該条約の目的の広範さにあると指摘した上で, 生物資源の保全と持続可能な利用を国家経済, 社会, 政策立案の枠組みの中で主流化するために, 2010 年までの戦略計画を採択した^[2]。しかし, 2010 年に日本で開催された CBD-COP10 で, 当該戦略計画が十分に達成されていないことを確認し, 2020 年までの戦略計画を採択した^[3]。新たに採択された戦略計画は, 生物多様性の損失を止めるために効果的かつ緊急な行動を実施することを使命に, 愛知目標という 20 の目標 (数値目標及び計画立案や資源動員など手続き的要素を含む) を組み込んだ。

その中でも, 保護地域の設定による生物多様性の保全は, 様々な国で実施され, その効果が認識されている取り組みの 1 つである。CBD は保護地域に関して, 締約国に対して, 1. 保護地域に関する制度を確立すること, 2. そのための選定, 設定及び管理のための指針を作成すること, 3. 保護地域の内外を問わず, 重要な生物資源の規制及び管理を実施することなどを義務付けている^[4]。明確に言及されているわけではないが, 愛知目標 11

は, CBD 第 8 条の実施を促進するための目標でもであると考えられる。その保護地域に関する目標は, 以下の通りである。

“2020 年までに, 少なくとも陸域及び内陸水域の 17%, また沿岸域及び海域の 10%, 特に, 生物多様性と生態系サービスに特別に重要な地域が, 効果的, 衡平に管理され, かつ生態学的に代表的な良く連結された保護地域システムやその他の効果的な地域をベースとする手段を通じて保全され, また, より広域の陸上景観又は海洋景観に統合される。” (下線は筆者によるもの)

愛知目標は 2020 年までという時限付きの目標であり, 地球規模生物多様性概況第 4 版 (Global Biodiversity Outlook4: 以下, GBO4 という) によって中間評価が行われている。中間評価では, 愛知目標 11 に関して以下の評価がなされている^[5]。

- 陸域における保護地域の割合は増加傾向にあり, その 17% という目標を達成できる。
- 海洋保護区の指定も加速度的に進んでいるものの, 達成に向けた軌道には乗っていない。保護区の指定も沿岸域のみで, 国家管轄権外における保護区の指定は少ない。
- 保護地域の管理状況は改善傾向にあると思われるものの, 効果的に管理されている保護地域は少数である。保護地域の効果的かつ衡平な管理が確実に行われるようにするためには, 更なる行動が必要。

GBO4 による評価からも明らかなように, 保護地域の

管理に関して、課題がある。特に、評価のための指標のリストを確認すると、効果的な管理を測る指標はあるものの、衡平性 (Equity) のみを測る指標は確立されていない。

そういった状況の中、近年、衡平な管理を評価するための指標や要素に関する研究がなされるようになってきている。衡平性 (Equity) とは、社会的正義 (social justice) 又は公正性 (fairness) を意味する倫理的な概念である¹⁶⁾。しかし、“異なる状況において、異なる人々によって、異なって解釈することができる”ため¹⁶⁾、定義づけられていない¹⁷⁾。

そこで、本稿ではこれまでの研究のレビューを通じて、“衡平な管理”を達成するための指標の検討状況を概観し、目標達成に向けた検討が必要な論点を整理することを目的とする。

2. 方法

本研究は、以下の手順に沿って実施された。

1. Elsevier 社の Scopus を使用して「”Protected area” ”Equitable”」という用語で検索。また、google scholar で「衡平性」という用語で検索。
2. 検索結果より、衡平な管理に関して 1. 衡平性の指標を検討した論文、2. CBD 等条約の文脈で“衡平性”が検討された論文を抽出。

この抽出された論文から、衡平な管理を達成するための指標の検討状況を整理し、今後の検討のための論点を整理した。

3. 結果

(ア) 衡平性の指標

Neil Dawson, et al. (2017)¹⁸⁾ は、ラオスの保護地域を事例に、衡平性には 3 つの側面 (1. 認識 (recognition), 2. 配分 (distribution), 3. 手続き (procedural)) があるとし、どのような実態があるのか、側面ごとに分析を行った。「認識」とは、その保護地域を有する社会的集団や異なる文化的又は社会的なアイデンティティを示し、「配分」とは、利益と費用の配分を、誰がどの程度なのかということ、最後に「手続き」とは、誰によって、どのように意思決定がされたのかということの意味する。その結果、衡平性の 3 つの側面を網羅することにより、衡平性を保全効果に結び付けられることを明らかにした。また、長期的な保全には、権利の不衡平性、定着した不

公正、手続き上の失敗を乗り越えるための継続した努力、具体的にはステークホルダーダイアログが必要だと指摘した。

Zafra-Calvo, et al. (2017)¹⁹⁾ は、愛知目標 11 で示された衡平な管理に着目し、最低限の指標を提案した。その結果として、指標は、文化的アイデンティティ、法的及び慣習的権利、知識の多様性に関する社会的公正についての情報を対象とし、意思決定における完全な参加と透明性の確保、司法へのアクセス、意思決定に対する説明責任、保全負担の配分、および保全上の利益の共有を含むと結論付けた。ただし、これらを最低限の指標としつつも、これらに限定されるものではないと注釈を付している。

最後に、衡平性は、同じ環境分野でも気候変動の文脈で使われている。具体的には、気候変動枠組み条約における衡平性の原則である。亀山²⁰⁾ は衡平性の中でも排出量の負担配分 (Distribution Equity) に着目し、その基準を示している。具体的には、平等原則 (1 人あたりが等しくなるような配分)、各国の主張や既得利益の尊重 (現状を重視し、一定割合の負担)、汚染者負担原則 (排出量の割合に応じて、影響の被害を支払う方法)、支払い能力 (GDP が高い国が、より多くを負担する) 等が挙げられている。

これらの研究を整理すると、衡平性に関する 3 つの側面はそれぞれに細分化されており、費用や便益など、定量的な指標が考えられるものもあれば、意思決定や権利の有無といった定性的な指標、双方が含まれることがわかる。

(イ) CBD の文脈で衡平な管理に関する検討状況

一方で、CBD の文脈において、Juffe-Bignoli D, et al. (2016)²¹⁾ は、愛知目標 11 を達成するために、何が達成される必要があるのか、包括的なレビューを行っている。具体的には、目標 11 で重要とされる要素 (例えば、陸域及び内陸水域の 17%、沿岸域及び海域の 10% や効果的、衡平な管理など) 別に、1. 新たな保護地域を設定する必要があるのか、それとも既存の保護地域を拡大する必要があるのかどうか、2. 保護地域の管理をどのように実施していくべきなのか、人的、技術的、金銭的な観点と手続

きの側面から検討する必要性を指摘している。特に、衡平な管理に関しては、現状評価するための指標がないとしつつも、ラムサール条約等でその進展がみられていることを指摘している。

4. 考察

これまでの研究では、衡平性を構成する 3 つの側面の内、手続きと配分に関して、研究が進められていると考えられる。認識に関しては、手続き的な衡平性に係る誰がステークホルダーなのか、つまり、当該保護地域における管理主体や居住者、地域住民、NGO/NPO、協同組合など、立法上権限を有しているのかどうか、といった法的に重要な要素が含まれている。例えば、GBO4 による中間評価には、タイにおける国立公園の共同管理が事例として紹介されている。当該事例では、先住民コミュニティが国立公園という保護地域の管理を巡り、どのように関与してきたのか、実態的且つ法的側面から検討を行い、住民による居住権と政府の保護地域管理権が衝突していたものの、政府と先住民コミュニティは共同管理という協力関係を以って、衡平な管理を実現している¹⁵。このように、保護地域の管理体制は国ごとに異なることから、それぞれの国の文脈、法制度に沿った“認識”に関する研究が求められる。

また、ラムサール条約など、他条約による国内実施が CBD で反映することができるのかどうか、条約間の協力（条約だけでなく、国内法）のあり方の模索が必要になるものと考えられる。Juffe-Bignoli D はラムサール条約に関して提起されたが、世界遺産条約、渡り鳥二国間条約、南極条約など、他の条約も協力する条約として挙げられる。ただし、条約ごとにその目的や義務内容は異なるため、検討の際はその点に留意する必要があるものと考えられる。

5. 結論

愛知目標 11 で保護地域管理に、衡平性の要素が含まれるようになった点は、生物多様性の保全や利用の側面だけでなく、そこに関わる社会的な側面に焦点を挙げたという点で、保護地域管理のあり方を再考する 1 つのきっかけになったものだと評価することができる。

最後に本稿の結論として、今後の保護地域管理の文脈で検討することが期待される課題を提示し、締めくくる。

1. 認識、手続き、配分の衡平性の 3 つの側面が相互にどのように地域、国内、国際レベルで作用するか。
2. 各国、各地域においてステークホルダーを特定するための作業手続きのフローの作成（フローの作

成にあたっては、居住権等の立法上の課題も含む）。

3. CBD だけでなく、ラムサール条約や世界遺産条約など他の国際条約における“衡平な管理”に向けた取り組みの整理と相乗効果の可能性。

以上の検討を通じて、保護地域の衡平な管理を実現が期待される。

引用文献

- [1] CBD Article1
- [2] CBD UNEP/CBD/COP/6/20 Decision VI/26
- [3] CBD UNEP/CBD/COP/DEC/X/2
- [4] CBD Article8(a), (b), (c)
- [5] Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014) Global Biodiversity Outlook 4. Montréal, 155 pages.
- [6] Braveman P, Gruskin S. “Defining equity in health”. *Journal of Epidemiology & Community Health* 2003;57:254-258.
- [7] 亀山康子「気候変動問題の将来枠組みにおける衡平性」、広領域教育 (59)、広領域教育研究会、2005 年 7 月、P11-19
- [8] Neil Dawson, et al. Assessing Equity in Protected Area Governance: Approaches to Promote Just and Effective Conservation. *Conservation Letters*, June 2017, 00(0), 1–8.
- [9] Zafra-Calvo, N., Pascual, U., Brockington, D. et al. (2017). Towards an indicator system to assess equitable management in protected areas. *Biol. Conserv.*, 211, 134-141.
- [10] Juffe-Bignoli D et al. 2016. Achieving Aichi biodiversity target 11 to improve the performance of protected areas and conserve freshwater biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 26: 133–151.

題名: コウノトリと共に生きる～豊岡の挑戦～

大逸 優人¹

¹ 豊岡市コウノトリ共生課

キーワード: 自然再生, 絶滅危惧種, 生態系サービス, 生物多様性評価

抄録

兵庫県豊岡市が取り組むコウノトリの野生復帰は、一度は野外で絶滅してしまったコウノトリを再度、人里近くに帰す取組みである。生態系の頂点に立つコウノトリの生息地を保全するため、豊岡市では様々な取組みを行っている。おいしいお米とたくさんの生きものを同時に育み、コウノトリも住める豊かな文化、地域、環境づくりを目指すための「コウノトリ育む農法」。コウノトリの生息地となる水辺環境の創出など、生息地保全の取組み。コウノトリ野生復帰を未来につなげるための子どもたちへの環境教育。今では 100 羽を超えるコウノトリが豊岡はもちろん、全国の空を飛んでいる。これからもコウノトリと共に生きていくため、豊岡の挑戦は続いていく。

1. はじめに

かつては日本中で生息していたコウノトリ。しかし、戦後の圃場整備や河川改修による湿田の消失、農薬の使用、普及により、1971 年、豊岡を最後に日本の空から姿を消した。兵庫県・豊岡市は 1965 年から人工飼育に取り組む、2005 年に初の放鳥に成功した。一度絶滅した野生動物を飼育下で繁殖させ、かつての生息地である人里に帰していくことは、世界にも例のない壮大なプロジェクトである。

コウノトリ野生復帰が目指すものは大きく3つに分類される。1つ目は「コウノトリとの“約束”を果たす」こと。コウノトリを救う最後の手段として人工飼育の道を選んだ際、いつかきっと空に帰す、と約束した。約束は果たさなければならぬ。

2つ目は「種の保存に関し、国際的な貢献を行う」こと。世界で 3,000 羽程度にまで減少しているコウノトリが安心して生息できる環境を保存・再生・創造することにより、日本最後のコウノトリの生息地として果たすべき国際的役割を担っている。

3つ目は「コウノトリも住める豊かな環境をつくる」こと。コウノトリは里の自然生態系の頂点に立つ肉食の鳥であり、コウノトリが野外で生きていくためには田んぼや川、水路に多様な生きものがたくさん生息する「自然環境」が必要となる。また、コウノトリを暮らしの中に受け入れる「文化環境」を再生することも必要である。コウノトリも住める豊かな環境(自然と文化)は、人間にとっても持続可能で健康的に暮らせる環境と言える。

様々な分野に広がり続けるコウノトリの野生復帰の取組みについて紹介していく。[1]

2. コウノトリ野生復帰の取組み

(1) コウノトリ育む農法

水鳥であるコウノトリにとって「田んぼ」を代表とした生水辺環境は生息地として大切な場所である。コウノトリの野生復帰を支える重要な取組みの一つが、「コウノトリ育む農法」である。「コウノトリ育む農法」はおいしいお米(「コウノトリ育むお米」)を育てるとともに、多様な生きものを育み、コウノトリも住める豊かな文化、地域、環境づくりを目指した農法である。

コウノトリ育む農法で作られるお米は、無農薬・減農薬で栽培されることはもちろんであるが、その大きな特徴は、水田の水管理にある。1つ目に、田植えの1ヶ月前から田んぼに水を張る「早期湛水」。2つ目は、オタマジャクシに足がはえてカエルへと変態するのを確認できるまで約1カ月程度中干を延期する「中干し延期」。3つ目は、冬の間も田んぼに水を張る「冬期湛水」。そして、4つ目に、雑草を抑えるための「深水管理(田植え後約 40 日間8cm 程度の水位を維持)」。一般的な農法と比較すると圧倒的に湛水期間が長い。このように、年間を通じて湛水期間を長くすることによって、コウノトリのエサとなる多くの生きものを育むことが可能となる。

手間をかけ、安全・安心なお米を作るからこそ、コウノトリ育むお米の価値は高まり、慣行栽培米よりも高く販売され、生産者の所得増につながっている。コウノトリ育むお米が販売されているのは国内だけではない。コウノトリと共に生きる豊岡の取組みは、海外でも共感を呼び、安全・安心な米として評価され、香港やアメリカなどでの輸出が始まっている。コウノトリ育むお米は、市内小中学校の学校給食で使用されるなど、消費を増やすことで生産拡大を目指している。2003 年に作付面積 0.7ha

で始まったコウノトリ育む農法は、2017年は407.1haまで増加している。

(2) 生息地保全

コウノトリ育む農法の作付面積が増える一方、同様に増加しているのが耕作放棄田や休耕田である。これらは放置しておくとも陸地化し、草が繁茂し、コウノトリのエサ場環境としてはもちろん、景観的にも好ましくない場所となる。豊岡市では、このような休耕田を活用した水田ビオトープ事業を実施している。休耕田に水を張り、畦管理や草刈りをおこなって、水田ビオトープとして管理する。そうすることで、生きものを育む湿地の状態を維持することができ、将来、復田することも可能となる。2018年5月現在、市内には25ヵ所、約11.4haの水田ビオトープがある。コウノトリのエサ場としてはもちろん、子どもたちの環境学習の場としても機能している。

市内には水田ビオトープ以外にも様々な湿地がある。「加陽湿地」は、国土交通省の自然再生事業により創出された大規模湿地である。出石川とつながっている開放型湿地や池のような閉鎖型湿地が連なっており、川も含めてコウノトリの生息地としてだけでなく、冬鳥の越冬地としても機能している。

「ハチゴロウの戸島湿地」は、大陸から飛来したコウノトリが好んだ水田を湿地として整備した人工湿地である。水路を通じて円山川下流域とつながっているため、様々な魚介類が行き来しており、コウノトリの生息地として重要な湿地となっている。湿地内の人工巣塔では、2008年から毎年コウノトリが繁殖している。これらの湿地では、環境学習はもちろん、ボランティアや企業のCSRによる湿地保全活動が行われているが、基本的には市や国が管理している。

これらの湿地と異なるのが「田結湿地」である。豊岡市田結区の休耕田に1羽のコウノトリが飛来したのをきっかけに、田結区の住民が中心となり、土地の境界を越え共有化することで、大規模な湿地として管理している。田結湿地では研究者、NPO、企業、学生など様々な主体が関わりながら湿地の保全、活用に努めている。

市民や団体、企業や行政など様々なステークホルダーが関わりながら、消失した生態系の再生とコウノトリと共に暮らすための活動が行われており、これらの活動が世界に認められ、2012年に国際的に重要な湿地として、「円山川下流域・周辺水田」がラムサール条約に登録された。

(3) 次世代育成

コウノトリ野生復帰の取組みを未来へと継続させてい

くのに重要なのは、取組みに共感する次世代の子どもたちである。2017年からすべての市立小中学校において「ふるさと教育」を行っている。コウノトリのことについて学ぶのはもちろん、水田ビオトープを活用した生きもの調査や、コウノトリ育む農法の体験、コウノトリ野生復帰に関わる方々に話を聞くなど、コウノトリ野生復帰の取組みを自ら体験する授業が行われている。

また、市では「コウノトリKIDSクラブ」という組織を結成している。コウノトリを軸として豊岡市の自然環境を学び、実際に湿地保全活動にも取り組んでおり、ふるさと教育の補完的な機能を有している。全国で同様の活動を行っている子どもたちと交流し、コウノトリ野生復帰の取組みや自分たちの活動について発表を行うことで、自分たちの活動をさらに誇りに思えるよう促している。

コウノトリを中心とした生きものとの共生に共感できる人が増えることは、コウノトリのエサ場(自然環境)づくりと同じく重要な生息地(文化環境)づくりにつながっている。

3. 豊岡の挑戦

2005年にコウノトリを放鳥してから10年以上が経過し、野外に生息しているコウノトリは100羽を超えた。豊岡周辺で生息できる羽数は50羽程度と言われているが、野外のすべてのコウノトリが健全に生息するためには、さらなる生息地環境を創出することが必要である。そのため、これまでに蓄積されたコウノトリの繁殖データなど、科学的データを活用して「自然再生アクションプラン」を実践する。既存の繁殖データやコウノトリ育む農法の作付面積、水田ビオトープの面積などの環境要因等を考慮して、繁殖に適した環境条件を探り、コウノトリの生息環境としてポテンシャルの高いエリアを抽出した。コウノトリの生息環境として適している場所は、豊かな生態系を育む可能性がある。豊岡市はこのような場所で効果的な自然再生活動を行うことによって、豊かな生態系を取り戻すことを目指している。今後は、地域の特性に応じた課題を明確にし、地元との協働による自然再生活動で質を高めつつ、コウノトリだけでなく、様々な生きものの生息地を創出、保全していくことを目指していく。

4. おわりに

前述で豊岡に生息できる個体数は50羽程度と述べた。残りの50羽程度はどこにいるのかというと、豊岡を飛び越え全国各地を飛び回っている。2017年には、47都道府県すべてでコウノトリの飛来が確認された。国境

を越えて韓国にまで飛来したコウノトリもいる。コウノトリ野生復帰の取組みは豊岡を飛び越え全国に展開されつつある。福井県越前市と千葉県野田市では、コウノトリを飼育するとともに、放鳥も行われている。また、2017年には徳島県鳴門市、島根県雲南市においてコウノトリが野外での繁殖に成功した。豊岡市周辺以外では初となる快挙である。今後も各地に飛来し、繁殖することが大いに見込まれるため、繁殖しているエリアはもちろん、繁殖が見込まれる飛来地と情報共有を図るとともにネットワークを築き、一丸となってコウノトリの生息地拡大を目指す必要がある。

コウノトリは人里(田んぼや川など)の生態系の頂点に立つ鳥であり、コウノトリが舞い降りる場所は必然的にエサとなる生きものがたくさんいる場所と言える。餌のある場所を求め自由に大空を舞う。コウノトリが飛来すると、その美しい姿に魅了され、様々な保全活動が展開されることがしばしばある。コウノトリは生物多様性の指標を図れるアンブレラ種であり、多くの人々を魅了し、保全活動などの関心を高めるシンボル種でもある。豊岡では、田んぼや湿地などの水辺に行くと、身近にコウノトリに出会える。しかし、今の状況はあたりまえではなく、多くの方々によるいくつもの努力があってこそその景色である。美しく、雄大に空を舞い、豊かな環境のシンボルでもあるコウノトリと共に生きていくため、豊岡の挑戦は続いていく。

引用文献

- [1] 豊岡市：コウノトリと共に生きる 2017.