KOREAN JOURNAL OF ICHTHYOLOGY, Vol. 35, No. 4, 270-277, November 2023
ISSN: 1225-8598 (Print), 2288-3371 (Online). DOI: https://doi.org/10.35399/ISK.35.4.7

Received: August 14, 2023
Revised: October 16, 2023
Accepted: October 24, 2023

농업용저수지에서 생태계교란 생물 배스 *Micropterus salmoides* 완전제거 후 어류상의 변화 및 군집 분석

김재구[1,†] · *조윤정*[†] · *박철우*[1] · *김종욱*[1] · *김수환*[*]

국립생태원 생태안전연구실, [1]알파생태연구원

Change of Ichthyofauna and Fish Communities after Complete Removal of Large Mouth Bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrachidae) in Farm Reservoir, Korea ***by Jae Goo Kim*[1,†], *Yun Jeong Cho*[†], *Cheol Woo Park*[1], *Jong Wook Kim*[1] *and Su Hwan Kim***[*] (National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea; [1]Alpha Research Ecology Institute, Gunsan 54151, Republic of Korea)

ABSTRACT Since its introduction in 1973, the bass, *Micropterus salmoides*, has spread to dams and rivers in Korea, adversely affecting native fish communities. In this study, after complete removal of bass from Bukchosan Reservoir, an farm reservoir that has lost its function, an attempt was made to indirectly confirm the adverse effects of bass on fish by comparing fish communities in reservoirs of a similar size where bass inhabit. The study was conducted three times a year from 2019 to 2022. As a result of the study, in Bukchosan Reservoir, where the species composition of fish was judged to be simplified due to the habitat of bass, only four species such as *Carassius auratus* and *Rhinogobius brunneus* that could be used as a food source for bass appeared before the removal of bass, but after the removal of bass. The appearance and increase of the population of the introduced small freshwater fish (*Oryzias sinensis*, *Rhinogobius giurinus*) were confirmed. When comparing Gangjeong Reservoir, Susim Reservoir, which are other reservoirs inhabited by bass investigated in this study, and Bukchosan Reservoir, this result is judged to show a trend of stabilization and recovery of fish species after removal of bass in small reservoirs with high predation pressure of bass.

Key words: Freshwater fish, fish fauna, *Micropterus salmoides*, Bukchosan Reservoir

서 론

전 세계적으로 국가 간 교류의 증가와 기후변화에 따른 생물지리적 분포 변화로 인하여 외래종의 의도적, 비의도적 유입 가능성이 증가하고 있다(ME, 2006). 2022년 기준 국내에 알려진 외래생물은 총 2,653종으로 이 중 외래어종은 총 879종으로 확인되었다(NIE, 2023). 유입된 모든 외래생물이 국내 생태계에 적응하여 위해성을 띠는 것은 아니나, 일부 종은 국내에 정착하여 토착 생태계에 악영향을 미치고 경제적 손실을 야기할 수 있다(ME, 2006). 특히 담수 생태계는 수체의 흐름에 따라 생물의 서식처가 제한적이기 때문에 침입성 외래어종의 유입은 생물다양성 및 군집 구조의 변화가 야기될 수 있으며, 하천의 서식지 환경을 변화시키는 등 생태계 교란을 유발할 수 있다(Cambray, 2003; Kim *et al*., 2019).

이러한 이유로, 환경부는「생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률」제24조에 의거, 외국에서 유입되었거나 자생하는 생물 중에서 국내 생태계의 균형을 교란하거나 교란할 우려가 있는 생물을 생태계교란 생물로 지정 고시하고 있다. 어류의 경우, 배스 *Micropterus salmoides* (1998), 블루길 *Lepomis macrochirus* (1998), 브라운송어 *Salmo trutta* (2021) 3종이 생태계교란 생물로 지정 고시되었다(ME, 2022).

[†]김재구, 조윤정은 논문 작성에 동등하게 기여하였음.
저자 직위: 김재구(대표이사), 조윤정(전문위원), 박철우(연구원), 김종욱(연구원), 김수환(선임연구원)
*Corresponding author: Su Hwan Kim Tel: 82-41-950-5805, Fax: 82-41-950-6103, E-mail: ksh0814@nie.re.kr

배스는 농어목(Perciformes) 검정우럭과(Centrarchidae)에 속하는 육식어종으로 1973년 자원 조성 목적으로 국내에 도입되었다(Kim and Park, 2002). 배스가 도입된 이후 수컷이 산란장과 치어를 보호하는 습성, 천적의 부재, 어류, 수서곤충, 갑각류 및 양서류 등을 섭식하려는 광범위한 식성 등으로 인해 개체수가 급격히 늘어나고, 수생태계 내 최상위 포식자 지위를 차지하였다(Wheeler and Allen, 2003; Hill and Cichra, 2005; Almeida *et al*., 2012). 국내의 소형저수지를 비롯해 댐, 하천 등에 폭넓게 확산되어 생태계에 악영향을 끼치고 있다(Ko *et al*., 2008; Strayer, 2010; Lee *et al*., 2013). 특히, 호소에서 서식하는 배스는 50 mm 이상의 개체의 경우 피라미 *Zacco platypus*, 치리 *Hemiculter eigenmanni*, 밀어 *Rhinogobius brunneus*와 같은 어류를 주로 섭식하며 토착종의 다양도와 출현 개체수를 감소시킨다는 보고가 있다(Ko *et al*., 2008).

침입외래종의 관리는 생태계의 보호와 관리를 위한 중요한 요소이며(Williamson, 1996), 일반적으로 침입외래종이 분포하고 있는 서식지의 크기에 맞춰 관리가 이루어져야 한다(Grice, 2009; Parkes and Panetta, 2009). 국내에서는 배스의 제거 및 관리를 위한 노력으로 주로 정치망, 투망 및 족대를 이용한 직접 포획 방법과 산란시기를 활용한 산란장 제거, 인공산란장 조성 등의 노력을 기울이고 있으나(NFRDI, 2010; GWSMC, 2015, 2016) , 배스 서식지 크기와 물리적, 계절적 여건에 따라 적절한 관리 방법이 요구되는 실정이다.

2015년 강원도 횡성군에 위치한 마옥저수지에서 외래 육식어종인 피라냐 *Pygocentrus nattereri*와 붉은파쿠 *Piaractus brachypomus*가 확인되어 저수지 물빼기 작업을 병행하여 완전제거한 사례도 있다(Kim *et al*., 2020). 그러나 지금까지 국내에서 배스의 완전제거 후 어류상의 변화에 관한 연구는 전무하여, 2020년 농업용저수지로는 기능을 상실한 유휴저수지인 북초산제에서 물을 전부 배수한 후 배스 완전제거 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 배스를 완전히 제거한 북초산제와 투망과 족대만을 이용하여 배스의 직접 포획제거 및 모니터링을 실시한 강정제와 수심제의 어류상을 비교하고, 배스의 유무에 따른 어류상 변화를 관찰하고, 배스가 생태계에 미치는 영향을 간접적으로 설명하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구지역 및 연구기간

본 연구는 금강으로 합류되는 저수지인 전북 군산시 나포면 옥곤리에 위치한 강정제(넓이 약 23,2151 m^2), 전라북도 군산시 성산면 여방리에 위치한 수심제(넓이 약 9,682 m^2)와 만경강으로 흐르는 고척천에 합류되는 전북 군산시 대야면 보덕리에 위치한 북초산제(넓이 약 7,795.4 m^2)에서 이루어졌다(Fig. 1). 조사기간은 2019년에서 2022년까지 연 3회 수행하였다.

2. 배스 완전제거

배스 완전제거구인 북초산제에서 배스를 제거하기 위해 2020년 6월~11월까지 투망(망목 7×7 mm), 족대(망목 5×5 mm), 후릿그물(망목 7×7 mm)의 어구를 사용하여 어류를 채집하였

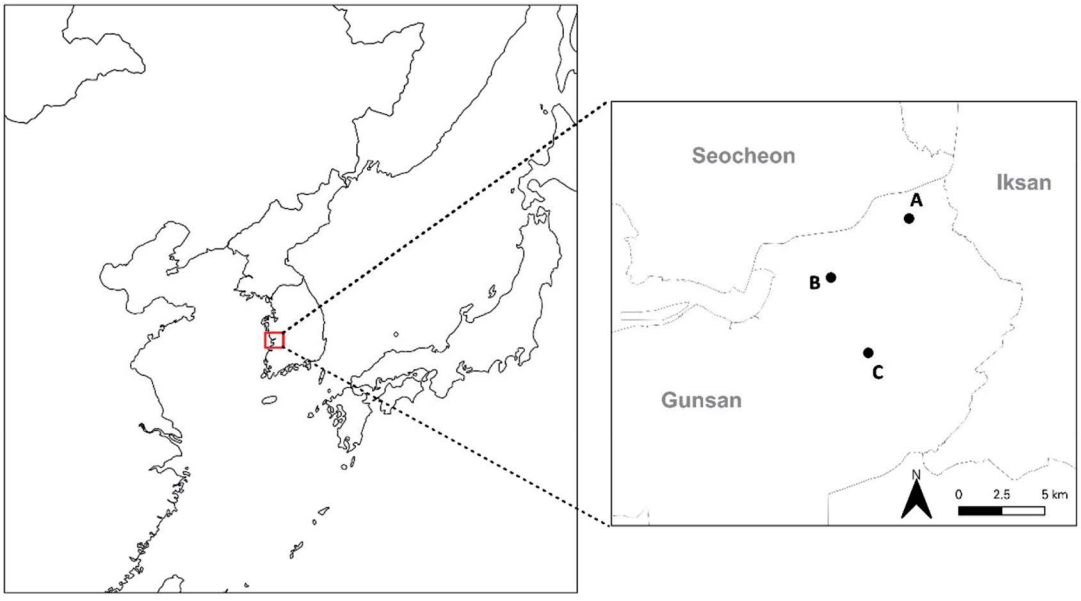

Fig. 1. Map showing the study localities in 2019~2022 from Jeollabuk-do, Korea. A: Gangjeong Reservoir, B: Bukchosan Reservoir, C: Susim Reservoir.

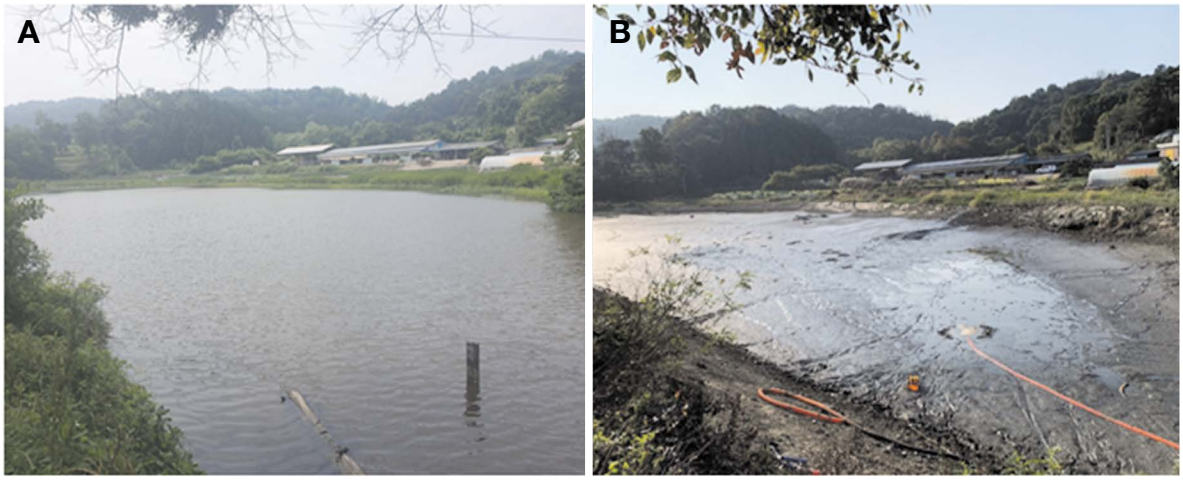

Fig. 2. The lake water level change by month in 2020 at Bukchosan Reservoir. A: June in 2020, B: October in 2020.

다. 완전제거 실험기간 동안 북초산제의 유입수를 통해 타 어종의 유입과 유출수의 외래어종의 유출을 막기 위해 유입수와 유출수에 그물(망목 5×5 mm)을 설치하여 어종의 이동을 차단하였다. 어구의 사용과 함께 배스의 완전제거를 위해 수위를 점차 낮춰 완전배수를 실시한 후 저수지의 하상을 말리는 작업을 실시하였다(Fig. 2).

3. 어류 채집

강정제와 수심제에서 어류의 채집은 투망과 족대를 이용하여 1시간 정량조사를 실시하였으며, 북초산제에서는 완전제거 시 후릿그물을 이용해 모든 개체를 포획하였으며, 48시간 이상 건조한 상태를 유지하여 배스를 완전제거하였다. 북초산제의 배스 완전제거 전·후 어류상 조사를 위한 모니터링은 투망과 족대를 이용하였다. 각 저수지에서 채집된 어류들은 현장에서 Kim and Park (2002)에 따라 동정 후 방류하였으며, 배스는 계수 후 10% formalin에 고정하여 실험실로 운반하였다.

4. 자료 분석

어류상의 비교 분석을 위하여 채집된 어류를 대상으로 상대풍부도를 확인하였고, 군집 분석을 위해 다양도(Pielou, 1969), 균등도(Pielou, 1975), 풍부도(Margalef, 1958)를 산출하였다.

조사지점과 어류군집에 따른 관계를 분석하기 위하여 R 환경(ver 4.2.3)에서 Vegan package (Oksanen *et al*., 2022)의 'metaMDS' 함수를 이용하여 비모수다차원척도법(non-metric multidimensional scaling, NMDS)을 실시하였다. 조사지점 사이 거리는 Bray-Curtis 방식을 사용하였다. Ordination plot은 stress value를 통해 표시되며, 범위가 <0.2일 때 보통으로, <0.05일 때 우수로 해석된다(Clarke and Warwick, 1994).

결 과

본 조사에서 확인된 어류는 강정제 5과 18종 507개체, 북초산제 5과 8종 704개체, 수심제 5과 17종 1,351개체로 확인되었다(Table 1). 강정제는 2019~2022년 조사기간 동안 생태계교란 생물인 배스와 블루길을 포함하여 7~8종이 출현하였으며, 2022년에 207개체가 채집되어 가장 많은 개체수가 확인되었다. 북초산제는 2~4종이 출현하였으며, 배스 완전제거를 실시한 2020년 배스와 밀어 2종이 출현한 후, 2021년 붕어 *Carassius auratus*, 갈문망둑 *R. giurinus* 2종, 2022년 4종으로 어류상의 변동이 확인되었다. 수심제는 8~15종이 출현하였으며, 2022년 15종 392개체가 출현하여 가장 많은 종수와 개체수가 확인되었다. 조사기간 동안 강정제의 우점종은 2019 (상대풍부도 60.2%)년, 2020 (상대풍부도 36.3%)년, 2022 (상대풍부도 40.1%)년은 치리였으며, 2021년에는 갈문망둑이 33.71%로 우점종으로 출현하였다. 북초산제 우점종은 2019 (상대풍부도 61.5%)년과 2020 (상대풍부도 75.7%)년 배스였으며, 배스를 완전제거한 2020년 이후 2021 (상대풍부도 85.8%)년과 2022 (상대풍부도 48.0%)년에는 갈문망둑이 우점종으로 확인되었다. 수심제의 우점종은 2019 (상대풍부도 31.5%)년 치리, 2020 (상대풍부도 20.6%)년 배스, 2021 (상대풍부도 41.4%)년 눈불개 *Squaliobarbus curriculus*, 2022 (상대풍부도 32.40%)년 강준치 *Erythroculter erythropterus*로 확인되었다(Table 2).

어류군집 분석 결과 강정제의 다양도는 2022년 1.71로 가장 높았으며, 균등도는 2020년과 2022년에 0.82로 가장 높았고, 종 풍부도는 2019년 1.53으로 가장 높았다. 북초산제의 다양도는 2019년에 0.99로 가장 높았으며, 균등도는 2020년 0.80으로 가장 높았고, 종 풍부도는 2019년 0.72로 가장 높았다. 수심제에서 다양도는 2022년 1.88로 가장 높았고, 균등도는 2020년

Table 1. Number of individuals of catched fish in the Gangjeong, Bukchosan, Susim Reservoir during the study period

Family	Species	Gangjeong Reservoir				Bukchosan Reservoir				Susim Reservoir			
		2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Cyprinidae	*Carassius cuvieri*												1
	Ctenopharyngodon idellus	1											
	Cyprinus carpio		1							6	2	4	10
	Carassius auratus		7			13		21	30	4	26	10	11
	Acheilognathus lanceolatus												2
	Pseudorasbora parva	8			8					70	47	10	48
	Squalidus japonicus coreanus												1
	Squalidus chankaensis tsuchigae		1							6			
	Hemibarbus labeo												1
	Microphysogobio jeoni											11	89
	Aphyocypris chinensis	1											
	Zacco platypus			1									
	Opsariichthys uncirostris amurensis			1						7			
	Squaliobarbus curriculus	6	16		13					89	42	116	47
	Erythroculter erythropterus	1	18							48	46	39	127
	Hemiculter eigenmanni	59	41	28	83					138	29	66	23
Cobitidae	*Misgurnus anguillicaudatus*			11	16					1		1	1
Bagridae	*Pseudobagrus fulvidraco*										1	1	1
Adrianichthyidae	*Oryzias sinensis*								126				
Synbranchidae	*Monopterus albus*								1				
Eleotridae	*Micropercops swinhonis*			9	3								
Gobiidae	*Rhinogobius giurinus*	3		30	21			127	145			1	1
	Rhinogobius brunneus		9		43	11	46						
Centrarchidae	*Lepomis macrochirus*					1							
	Micropterus salmoides	19	20	9	20	40	143			69	50	19	29
Total number of collected fishes		98	113	89	207	65	189	148	302	438	243	278	392
No. of species		8	8	7	8	4	2	2	4	10	8	11	15

0.87로 가장 높았으며, 종 풍부도는 2022년 2.34로 가장 높았다(Table. 3).

각 저수지의 어류 상대풍부도에 따른 NMDS 결과 stress value는 0.12로 유의미하였다. 북초산제는 배스 제거 전과 배스 제거 후가 각각 묶이는 양상을 보였으며, 강정제, 수심제와는 거리가 멀었다(Fig. 3).

고 찰

배스 퇴치, 제거 및 관리에 관한 연구로는 국립수산과학원 중앙내수면연구소의 2007~2009년의 3년간의 연구(NFRDI, 2010)와 금강수계관리위원회의 수생태계 변화 모니터링 연구(GWSMC, 2015, 2016)가 있다. 하지만 두 연구 모두 배스 개체군의 조사, 배스 포획 방법, 관리매뉴얼의 작성에 목적을 두고 있어, 배스의 완전제거 후 어류군집의 변화를 확인하는 본 연구와는 연구의 목적에서부터 차이가 있다. 외국에서도 배스의 제거 사례가 있으나, 이는 배스의 과밀에 따른 개체군의 관리 및 블루길 개체군 관리를 위한 제거 사례이다(Gabelhouse Jr, 1987; Chrisman *et al*., 2023). 이는 대형저수지나 호수, 댐 등의 수체의 크기가 큰 지점이나, 강, 하천 등 개방수역에서도 배스의 완전제거가 불가능하기 때문에 유사한 연구를 진행하기에는 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 농업용저수지로는 기능을 상실한 소형저수지에서 완전히 배수하고, 배스를 제거한후 다시 담수하였을 때 어류군집의 변화에 대한 연구를 수행하였다.

국내 자연생태계에 도입되어, 전국의 하천으로 확산된 배스는 주로 어류를 섭식하고, 십각류, 곤충류, 양서류, 파충류 등을 먹이로 삼는 것으로 보고되어 있다(Azuma and Motomura, 1998; Ko *et al*., 2008; Lee *et al*., 2009). 본 조사에서 배스가 서식하는 세 저수지에서 개체수와 종수가 차이가 나타났는데, 북초산제는 강정제, 수심제와 달리 유역면적이 작고, 상류에 사방댐이 위치해 저수지로 유입되는 새로운 종 및 개체수가 적어 배스로 인한

Table 2. The dominant species and sub-dominant species list and relative abundance (RA, %) in Gangjeong, Bukchosan, Susim Reservoir during study period

	Gangjeong Reservoir		Bukchosan Reservoir		Susim Reservoir	
	Dominant species	Sub-dominant species	**Dominant species**	**Sub-dominant species**	Dominant species	Sub-dominant species
2019	*H. eigenmanni* (60.2%)	*M. salmoides* (19.4%)	***M. salmoides* (61.5%)***	***R. brunneus* (20.0%)***	*H. eigenmanni* (31.5%)	*S. curriculus* (20.3%)
2020	*H. eigenmanni* (36.3%)	*M. salmoides* (17.7%)	***M. salmoides* (75.7%)***	***R. brunneus* (24.3%)***	*M. salmoides* (20.6%)	*P. parva* (19.3%)
2021	*R. giurinus* (33.7%)	*H. eigenmanni* (31.5%)	***R. giurinus* (85.8%)****	***C. auratus* (14.2%)****	*S. curriculus* (41.7%)	*H. eigenmanni* (23.7%)
2022	*H. eigenmanni* (40.1%)	*R. brunneus* (20.8%)	***R. giurinus* (48.0%)****	***O. sinensis* (41.7%)****	*E. erythropterus* (32.4%)	*M. jeoni* (22.7%)

*: Before the removal *M. salmoides*, **: After the removal *M. salmoides*

Table 3. The community indices in the Gangjeong, Bukchosan, Susim Reservoir during study period

	Gangjeong Reservoir			Bukchosan Reservoir			Susim Reservoir		
	Diversity (H′)	Evenness (E′)	Species richeness (RI)	Diversity (H′)	Evenness (E′)	Species richeness (RI)	Diversity (H′)	Evenness (E′)	Species richeness (RI)
2019	1.25	0.60	1.53	0.99	0.71	0.72	1.75	0.76	1.48
2020	1.70	0.82	1.48	0.55	0.80	0.19	1.82	0.87	1.27
2021	1.55	0.80	1.34	0.41	0.59	0.20	1.65	0.69	1.78
2022	1.71	0.82	1.31	0.97	0.70	0.53	1.88	0.70	2.34

생태적 영향이 더 크게 나타난 것으로 판단된다. 서식지의 유형에 따른 배스의 먹이생물은 하천과 저수지 모두에서 어류가 우점적인 먹이원으로 이용되며, 저수지에 서식하는 배스의 경우 하천에 서식하는 배스에 비해 먹이생물에서 어종이 단순한 것으로 보고되었다(Park *et al*., 2019). 북초산제는 배스를 제거하기 이전인 2019년과 2020년에 배스의 상대풍부도가 매우 높았으며(61.5%, 75.7%), 배스의 먹이원으로 이용될 수 있는 붕어와 밀어만이 출현하였다. Park *et al*. (2021)은 국립공원에 서식하는 배스의 먹이원 분석에서 밀어, 피라미 등이 주로 배스의 먹이원으로 이용됨을 보고하였다. 또한, 저수지에 서식하는 배스의 먹이생물은 종 풍부도에 의해 결정돼(Lorenzoni *et al*., 2002), 본 조사 결과 배스는 밀어와 붕어 치어를 주로 섭식하였을 것으로 판단된다. 북초산제에서 배스 완전제거 후 밀어가 출현하지 않은 이유는 배스 제거 이후에도 밀어가 함께 제거된 것으로 여겨진다.

배스가 우세할 경우, 종 풍부도를 감소시키고 저수지 종 조성을 변경시키는 주요 원인으로 작용하는 것으로 알려져 있다(Tsunoda and Mitsuo, 2012). 북초산제는 2019년과 2020년 배스가 우점종으로 작용하였으나, 배스의 완전제거 후 갈문망둑이 우점종으로 확인되었다. 이는 배스로 인해 변경되었던 종 조성이 배스의 제거로 인해 다시 변경되는 과정의 결과로 여겨진다. 또한, 육식어종인 배스의 제거로 인해 배스의 잠재적 먹이원으로 이용됐을 갈문망둑과 대륙송사리 *Oryzias sinensis*가 포식자의 부재 이후 상방의 사방댐과 북초산제 주위를 둘러싼 논과 농수로 등에서 유입되어 개체수가 증가한 것으로 판단된다. 또한, 배스 완전제거 후 붕어의 개체수가 증가하였는데, 이는 배스가 서식하는 저수지에서 배스의 입 크기보다 작은 붕어를 섭식하여 붕어 개체군의 크기에 영향을 주는 보고와 일치하는 결과로 여겨진다(Lee *et al*., 2013). 배스의 완전제거가 이루어지지 않은 강정제와 수심제에는 배스의 상대풍부도가 20% 아래로 지속적으로 확인되며, 눈불개, 강준치, 치리 등 비교적 다양한 종이 서식하였다. 어류군집 구조화에 중요한 요소로 충식어종의 존재 여부와 충식어종의 우점도가 작용한다(Jackson *et al*., 2001; Bertolo and Magnan, 2006). 이에 따라, 강정제와 수심제는 북초산제에 비해 유역면적이 넓어 배스의 포식압이 비교적 낮게 작용하였으며, 충식종의 우점으로 인해 어류군집이 유지되는 것으로 보인다.

강정제의 어류군집은 2022년 가장 많은 종수와 개체수가 확인되었고, 이로 인해 군집에서 종수와 개체수의 균형성이 가장 높아 다양도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 북초산제의 연도별 어류군집 분석 결과, 배스가 제거되기 전인 2019년도에 다양도와 풍부도가 높게 확인되었는데 이러한 이유는 2019년 배스의 상대풍부도가 61.5%로 높았으나, 함께 출현한 어류들의 상대풍부도가 10% 내외로 모두 균일하게 나타난 결과로 해석된다. Lee *et al*. (2013)은 배스가 출현한 지점이 비출현 지점에 비

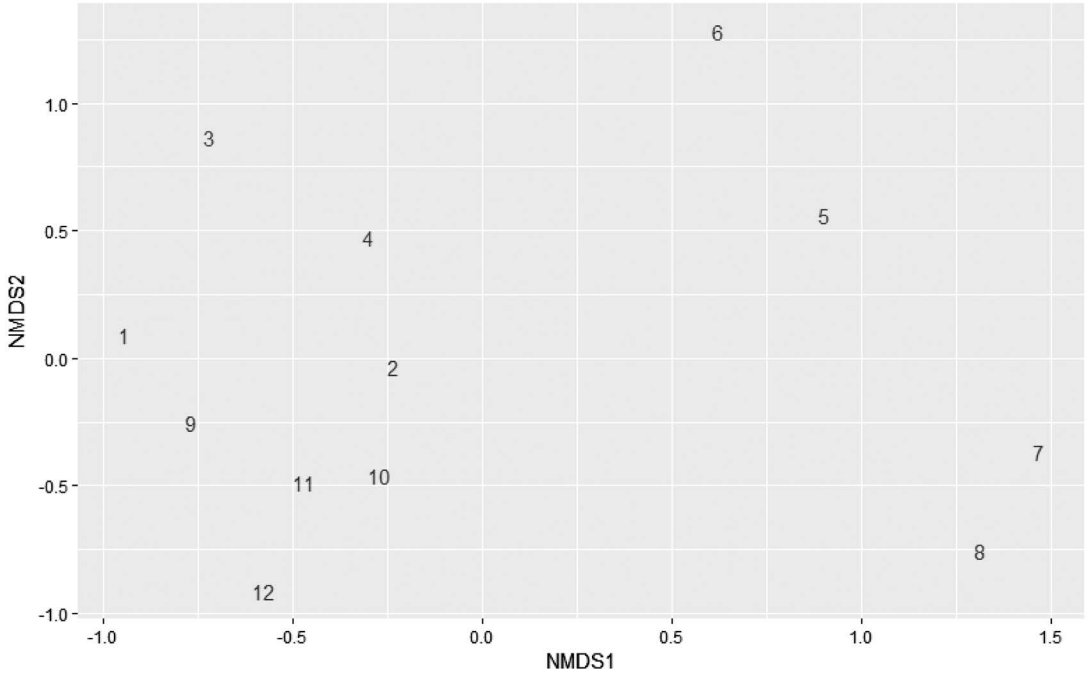

Fig. 3. Ordination plots of fish species and 3 Reservoir along non-metric multidimensional scaling (NMDS: stress value = 0.12). 1: Gangjeong Reservoir in 2019; 2: Gangjeong Reservoir in 2020; 3: Gangjeong Reservoir in 2021; 4: Gangjeong Reservoir in 2022, 5: Bukchosan Reservoir in 2019; 6: Bukchosan Reservoir in 2020; 7: Bukchosan Reservoir in 2021; 8: Bukchosan Reservoir in 2022; 9: Susim Reservoir in 2019; 10: Susim Reservoir in 2020; 11: Susim Reservoir in 2021; 12: Susim Reservoir in 2022.

해 다양도가 높다고 보고하였고, 이는 배스가 서식하는 환경이 대체로 기타 토착종에게도 좋은 서식 환경을 제공한 결과로 해석하여 본 연구 결과와 일치하였다. 북초산제에서 배스를 제거한 후 2021년 다양도와 균등도, 종 풍부도가 급감하는 모습을 나타냈으나, 2022년 수치가 상승하여 점차 어류상이 회복하는 양상을 보였다. 2022년 수심제에서 가장 많은 종수인 15종이 출현하였으며, 개체수 또한 392개체로 다수 출현하여 다양도와 종 풍부도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 수심제는 배스의 상대풍부도는 점차 감소하고, 강준치의 상대풍부도는 증가하여, 배스와 강준치의 생태적 지위, 상관관계 분석 및 추가적인 모니터링이 요구된다.

각 저수지의 상대풍부도에 따른 NMDS 결과는 북초산제가 강정제와 수심제와 어류상대풍부도의 차이로 인한 결과로, 배스의 완전제거 이전에는 배스의 높은 포식압으로 어류상이 타 저수지에 비해 단조로웠으며, 제거 이후 소형담수어의 개체수 증가로 인하여 어류상의 차이가 나타난 결과로 여겨진다. 이와 같이, 소형 농업용저수지에서는 배스에 의한 어류상 교란이 더 극심하게 나타나는 것으로 보여지며, 저수지 크기에 알맞는 생태계교란 생물 제거 방법이 수행되어야 할 것이다. 배스의 완전제거 후 외래포식어종의 제거에 따른 생태계 및 어류군집의 회복세를 보이며 초반에는 소형 담수어의 개체수가 증가하는 결과가 확인되어, 배스가 어류군집에 미치는 악영향을 간접적으로 도출할 수 있다. 본 연구를 통해 배스에 의한 어류상 및 어류군집의 영향을 확인할 수 있으며, 배스를 제거함으로서 어류 개체군이 회복될 수 있음을 확인하였다.

요 약

배스 *Micropterus salmoides*는 1973년에 도입된 이래로 국내의 댐, 하천 등에 퍼져, 토착 어류군집에 악영향을 미쳐왔다. 본 연구에서는 농업용수공급의 기능을 상실한 유휴저수지인 북초산제에서 배스를 완전제거한 후, 배스가 서식하는 비슷한 규모의 저수지 어류군집을 비교하여 배스가 어류군집에 미치는 악영향을 간접적으로 확인하고자 하였다. 연구는 2019년에서 2022년까지 연 3회에 걸쳐 수행하였다. 연구 결과, 배스의 서식으로 어류의 종조성이 단순해진 것으로 판단되는 북초산제에서 배스의 제거 이전 배스의 먹이원으로 이용될 수 있는 붕어와 밀어 등 4종만이 출현하였으나, 배스의 제거 이후 상류 및 농수로에서 유입된 소형담수어(대륙송사리, 갈문망둑)의 출현과 개체수의 증가가 확인되었다. 본 연구에서 조사한 배스가 서식하는 다른 저수지인 강정제, 수심제와 북초산제를 비교하였을때, 배스의 포식압이 높은 소형저수지에서 배스의 제거 이후 어류상은 안정화 및 회복세로 변화하는 것으로 판단된다.

사 사

본 조사는 국립생태원의 외래생물 안전관리 연구사업 중 생태계교란 생물 모니터링 NIE-법정연구-2023-09의 사업에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

Almeida, D., A. Almodóvar, G.G. Nicola, B. Elvira and G.D. Grossman. 2012. Trophic plasticity of invasive juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* in Iberian streams. Fish. Res., 113(1): 153-158.

Azuma, M. and Y. Motomura. 1998. Feeding habits of largemouth bass in a non-native environment: the case of a small lake with bluegill in Japan. Environ. Biol. Fishes, 52: 379-389.

Bertolo, A. and P. Magnan. 2006. Spatial and environmental correlates of fish community structure in Canadian Shield lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 63: 2780-2792.

Cambray, J.A. 2003. Impact on indigenous species biodiversity caused by the globalisation of alien recreational freshwater fisheries. Hydrobiologia, 500: 217-230.

Chrisman, P.C., C.E. Cichra and D.M. Rankin. 2023. Sportfish population characteristics following mechanical largemouth bass removal in two small public fishing impoundments in South Carolina. JSAFWA, 10: 58-67.

Clarke, K.R. and R.M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analyses and interpretation. Natural Environment Research Council, Plymouth.

Gabelhouse Jr, D.W. 1987. Response of Largemouth bass and bluegills to removal of surplus largemouth bass from a Kansas pond. N. Am. J. Fish. Manag., 7(1): 81-90.

Geumgang Water System Management Committee (GWSMC). 2015. Monitoring on aquatic ecosystem to capture of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) (1th report). Geumgang Water System Management Committee, Daejeon, Korea, 100pp.

Geumgang Water System Management Committee (GWSMC). 2016. Monitoring on aquatic ecosystem to capture of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) (2th report). Geumgang Water System Management Committee, Daejeon, Korea, 112pp.

Grice, T. 2009. Principles of containment and control of invasive species. In: Clout, M.N. and P.A. Williams (eds.), Invasive species management: a handbook of principles and techniques. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 61-76.

Hill, J.E. and C.E. Cichra. 2005. Biological synopsis of five selected Florida Centrarchid fishes with an emphasis on the effects of water level fluctuations. Water Supply Management Division St. Johns River Water Management District Palatka, Florida, 136pp.

Jackson, D.A., P.R. Peres-Neto and J.D. Olden. 2001. What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 58: 157-170.

Kim, D.I., H.J. Lee, S.H. Son, A.R. Cho, H.R. Song, J.H. Lee and J.Y. Cha. 2020. 200 alert alien species Korea. National Institute of Ecology, Seocheon-gun, Chungcheongnam-do, Korea, 422pp.

Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyohak publishing, Seoul, 467pp.

Kim, S.H., H.J. Baek and G.B. Yang. 2019. Report on settlement of alien species red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*) in Korea. KJEE, 52: 333-339.

Ko, M.H., J.Y. Park and Y.J. Lee. 2008. Feeding habits of an introduced largemouth bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrachidae), and its influence on ichthyofauna in the Lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 20: 36-44.

Lee, J.W., J.H. Kim, S.H. Park, K.R. Choi, H.J, Lee, J.D. Yoon and M.H. Jang. 2013. Impact of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) on the population of Korean native fish, crucian carp (*Carassius auratus*). KJEE, 31: 370-375.

Lee, W.O., H. Yang, S.W. Yoon and J.Y. Park. 2009. Study on the feeding habits of *Micropterus salmoides* in Lake Okjeong and Lake Yongdam, Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 200-207.

Lorenzoni, M., M. Corboli, A.J.M. Dorr, G. Giovinazzo, S. Selvi and M. Mearelli. 2002. Diets of *Micropterus salmoides* Lac. and *Esox lucius* L. in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) and their diet overlap. Bull. Fr. Pêche Piscic. 365-366: 537-547.

Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst. 3: 36-71.

Ministry of Environment (ME). 2006. Construction of monitoring system and management plan for ecologically harmful species. Ministry of Environment, Seoul.

Ministry of Environment (ME). 2022. Ecosystem-disturbing species publicly motified by Minister of Environment. Sejong, Korea.

National Fisheries Research&Development Institute (NFRDI). 2010. A study on the distribution, utilization and management of foreign fish species. National Fisheries Research &Development Institute, Gapyeong, Korea, 130pp.

National Institute of Ecology (NIE). 2023. Information of Korean alien species. https://kias.nie.re.kr (Access data: June 10 2023). Seocheon, Korea.

Oksanen, J., G.L. Simpson, F.G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, P. Solymos, M.H.H. Stevens, E. Szoecs, H. Wagner, M. Barbour, M. Bedward, B. Bolker, D. Borcard, G. Carvalho, M. Chirico, M.D. Caceres, S. Durand, H.B.A. Evangelista, R. FitzJohn, M. Friendly, B. Furneaux, G. Hannigan, M.O. Hill, L. Lahti, D. McGlinn, M.H. Ouellette, E.R. Cunha, T. Smith, A. Stier, C.J.F. Ter Braak and J. Weedon. 2022. vegan: Community Ecology Package (R package version 2.6-4).

Park, J.S., S.H. Kim, H.T. Kim, J.G. Kim, J.Y. Park and H.S. Kim. 2019. Study on feeding habits of *Micropterus salmoides* in habitat types from Korea. Korean J. Ichthyol., 31: 39-53.

Park, S.C., K.Y. Lee, K.S. Choi, M.S. Han and M.H. Ko. 2021. Inhabitat status and gastric contents of invasive fish species and

the effect on fish fauna at three reservoirs in National Parks of Korea. Korean J. Ichthyol., 33: 84-94.

Parkes, J.P. and J.D. Panetta. 2009. Eradication of invasive species: progress and emerging issues in the 21st century. In: Clout, M.N. and P.A. Williams (eds.), Invasive species management: a handbook of principles and techniques. Oxford University Press, Oxford, pp. 45-60.

Pielou, E.C. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York, 286pp.

Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. Wiley, New York, 165pp.

Strayer, D.L. 2010. Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. Freshw. Biol., 55: 152-174.

Tsunoda, H. and Y. Mitsuo. 2012. Multiple effects of exotic largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and environmental factors on species richness and composition of pond-dwelling fishes. Aquat. Living Resour., 25: 163-171.

Wheeler, A.P. and M.S. Allen. 2003. Habitat and diet partitioning between shoal bass and largemouth bass in the Chipola River, Florida. Trans. Am. Fish. Soc., 132: 438449.

Williamson, M. 1996. Biological invasions. Chapman and Hall, London, UK, 244pp.