농수로의 어류 군집 구조와 어류 서식지로서 역할

Fish community structure and guilds of agricultural canals at Jeollna province, Korea

지성민[pc1], 김정훈[2], 성무성[p3], 박준휘[2], **김현구(발표자)**[2]

고려대학교 생명공학부[1], 한림대학교 생명과학과[2], 순천향대학교 생명시스템학과[3]

Abstract

Several researches have indicated that agricultural canals, the waterways for farming, have a role of a spawning site or a shelter from predators for freshwater fishes. However, there is a little reference which methodically conducted fish communities in the canals at Korea. In this project, we aimed to describe community structure and the fish guilds of the canals for showing their role as a fish habitat. We conducted seasonally 10 agricultural canals at Jeollna province in Korea to discover the fish fauna and their environmental conditions. The result shows *Acheilognathus koreensis* (13%), *A. lanceolata intermedia* (12%) were relatively abundant species in the canals, the tolerance guilds and the trophic guilds analysis indicate the canal's water characteristics that has large organic materials because lots of tolerant fishes existed (13%) while few sensitive fishes (5.2%) found and many omnivore fishes (67%) found. However, we found only few carnivore fishes (1.9%) in the canals. Some sites (S6, S7, S12) are possibly used for spawning sites of acheilognathinae since they had few predators and considerable freshwater clams. Meanwhile, it is noticeable that lots of *A.* somjinensis which are designated to Korean endangered species Ⅰ were caught in S7 which connected into SeomJin river. *A. majusculus* and *Coreoperca kawamebari*, the Korean endangered species Ⅱ, were caught in some canals (S3, S7, S8). We expect this work will help the future researches on habitats of bitterling and conservation effort for the endangered fishes. This research was supported by a grant from the Biodiversity foundation.

Introduction

농수로는 농업용수를 끌어오기 위한 수로로, 많은 경우 하천과 연결되어 물고기가 유입될 수 있다. 몇몇 연구에서 이러한 농수로가 물고기의 산란장 및 포식자에 대한 피난처로 이용된다고 알려졌지만 우리나라는 농수로의 어류 서식지로서 역할에 대한 자료가 빈약하다. 본 연구는 하천과 연결된 농수로에서 어류를 정량 조사하여, 농수로에 서식하는 어류의 종과 섭식 및 내성 길드를 분석하고 문헌조사와 비교하였다. Katano 등은 농수로의 환경적요소(농수로 벽 형태, 하상 등)에 따라서 어류서식행태가 다르다고 제시하였다.[1] 그의 기준을 참고하여 농수로를 3가지로 분류하고, 유형별 어류 길드와 군집 구조의 차이를 분석하였다.[8][5][6] 그렇게 해서 농수로 어류 군집에 대한 체계적인 자료를 모으고 어류 서식지로서의 역할을 분석하였다.

Survey site & Material and Method





조사 장소는 호남지방에 위치한 수계(만경강, 섬진강, 탐진강, 남해안독립수계, 영산강, 동진강)와 직접 연결된 농수로 10개로 선정하였다. 조사 기간은 2017년 9월부터 2018년 8월까지이고, 조사는 가을(1차)조사, 겨울(2차)조사, 봄(3차)조사, 여름(4차)조사로 4회 수행하였다. 농수로를 정량 조사하기 위해, Ohira 등이 제시한 방법[2]을 참고하여 농수로 한쪽을 개울막이 망(망목 1mm 또는 4mm)으로 막고 50m² 너비에서 족대(망목 4mm)로 채집하였다. 단, 장소 여건상 S6은 25m², S11과 S12는 100m² 에서 조사하였고, 개체 밀도를 비교 할 때 50m² 기준으로 표준화하였다. 본류 조사는 농수로 어종과의 유사성을 알아보기 위해 시행하였고 농수로와 본류가 연결된 부분의 주변에서 3인이 족대(망목:4mm)와 투망(망목:7mm)으로 1시간 동안 조사하였다. 전장이 2cm가 넘는 개체만 자료에 포함하였고 동정과 길드 분석은 김 등과 이 등을 그리고 그 외 논문을 따랐다.[3][4][8][11]

Result 1 : Fish fauna of the agricultural canals

Species name	HA_g	TO_g	TR_g	Category 1		Category 2					Category 3				Total RA (%)
				S3	S13*	S1	S4	S8	S11	S13**	S2	S6	S7	S12	
Cyprinus carpio 잉어	WC	O	TS			1			2					1	0.1
Carassius auratus 붕어	WC	O	TS		1	4	5		8	15	4			39	2.2
Rhodeus uyekii 각시붕어*	WC	O	IS	2				4	4	2	38		254	105	11.8
Rhodeus notatus 떡납줄갱이	WC	O	IS					1			23				0.7
Acheilognathus lanceolata intermedia 납자루	WC	O	IS	40		45		3			197		39	104	12.4
Acheilognathus koreensis 칼납자루*	WC	O	IS	79				1				382			13.4
Acheilognathus somjinensis 임실납자루*	WC	O	IS	53									172		6.5
Acheilognathus majusculus 큰줄납자루*	WC	O	IS	10											0.4
Acheilognathus yamatsutae 줄납자루*	WC	O	IS					5							0.1
Acheilognathus rhombeus 납지리	WC	O	IS	6		20		1	3		29			27	2.5
Acheilognathus macropterus 큰납지리	WC	O	IS					2					4		0.2
Acanthorhodeus chankaensis 가시납지리*	WC	O	IS			1					6				0.2
Pseudorasbora parva 참붕어	WC	O	TS							2			1	1	0.1
Pungtungia herzi 돌고기	WC	I	IS	34		1	40	21	13		14	24	13	11	4.9
Coreoleuciscus aeruginos 참쉬리*	RB	I	SS				3								0.1
Sarcocheilichthys variegatus wakiyae 참중고기*	WC	I	IS	17				17							1.0
Sarcocheilichthys nigripinnis morii 중고기*	WC	I	IS			3		3	13		6				0.7
Gnathopogon strigatus 줄몰개	WC	I	IS			3	1		9		10			10	1.0
Squalidus gracilis majimae 긴몰개*	WC	I	IS				1	1			7				0.3
Squalidus chankaensis tsuchigae 참몰개*	WC	O	IS										3		0.1
Hemibarbus labeo 누치	WC	I	TS	13		2			1				2		0.5
Hemibarbus longirostris 참마자	WC	I	IS	25			2	33			4		2	5	2.1
Pseudogobio esocinus 모래무지	B	I	IS	5		13	2				28		2	10	1.7
Abbottina rivularis 버들매치	B	O	TS						1						0.03
Abbottina springeri 왜매치*	B	O	TS								1			1	0.1
Microphysogobio yaluensis 돌마자*	RB	O	IS					22				1	1	1	0.7
Rhynchocypris oxycephalus 버들치	RB	I	SS							4					0.1
Aphyocypris chinensis 왜몰개	WC	O	TS				9			2				13	0.7
Zacco temminckii 갈겨니	WC	I	SS	14			1	25	22			38			2.9
Zacco koreanus 참갈겨니*	WC	I	SS	12			22	2			1	7		5	1.4
Zacco platypus 피라미	WC	O	IS	26		23	42	9	62	3	68	42	15	22	9.0
Misgurnus anguillicaudatus 미꾸리	B	O	TS	2	1	5	12	1	8	37	1	5		135	6.0
Misgurnus mizolepis 미꾸라지	B	O	TS		9	1			1	50	2	5			2.0
Iksookimia koreensis 참종개*	B	I	IS			6		1			2				0.3
Iksookimia longicorpa 왕종개*	B	I	IS	10			4								0.4
Iksookimia hugowolfeldi 남방종개*	B	I	SS					8							0.2
Cobitis nalbanti 점줄종개	B	I	IS			2		1	3		3			4	0.4
Cobitis tetralineata 줄종개*	B	I	IS	2			3					1			0.2
Pseudobagrus fulvidraco 동자개	B	I	TS	3		2		1			1	3		6	0.5
Pseudobagrus koreanus 눈동자개*	RB	I	IS	7		3	1	21	11				19		1.8
Silurus asotus 메기	B	C	TS	1		1		1	2		1			2	0.2
Liobagrus somjinensis 섬진자가사리*	RB	I	SS	3				4							0.2
Monopterus albus 드렁허리	B	C	TS						2	2					0.1
Siniperca scherzeri 쏘가리	B	C	IS					3							0.1
Coreoperca herzi 꺽지*	B	C	SS	2			6	2				1			0.3
Coreoperca kawamebari 꺽저기	B	C	IS					2					2		0.1
Micropterus salmoides 큰입배스†	WC	C	TS						1		4				0.1
Lepomis macrochirus 블루길†	WC	I	TS						1		1				0.1
Odontobutis platycephala 동사리*	B	C	SS				3		2				2		0.2
Odontobutis interrupta 얼룩동사리*	B	C	IS	10		2			5		8				0.7
Rhinogobius brunneus 밀어	RB	I	IS	3		29		17	13				189	27	8.0
Macropodus ocellatus 버들붕어	WC	I	TS						1			5			0.2
Total number of species				24	3	20	17	28	23	9	24	12	16	19	52
Total number of individuals				385	11	167	157	179	188	117	459	514	716	525	3418

Table 1. Quantitatively conducted fish fauna of the agricultural canals in this research

※ *= Endemic species, †= Exotic species, WC= Water Column Species, B= Benthic Species, RB= Riffle-Benthic Species, SS= Sensitive Species, IS= Intermediate Species, TS= Tolerance Species, O= Omnivore Species, I= Insectivore Species, C= Carnivore Species
S13* & S13**: We added a new site, S13 at 3rd survey (S13*), we changed the canal of S13 at 4th survey (S13**) because the water in the canal was too contaminated.

농수로에서 정량 조사된 어류는 4목 11과 52종 3418개체로 출현종수 중 잉어과가 59.6%를 차지했다. 우점종으로는 칼납자루(*A. koreensis*)가 464개체(13.4%)로 가장 많았고 납자루(*A. lanceolata intermedia*)가 429개체(12.4%)로 그 뒤를 따랐다. 그 다음 408개체(11.8%)가 채집된 각시붕어(*R. uyekii*)가 있다. 가장 빈번하게 출현한 종으로는 피라미(*Z. platypus*), 미꾸리(*M. anguillicaudatus*)가 있으며 이들은 한 지점을 제외한 모든 지점에서 기록되었다. 본 조사에서 2018년 기준 법정 보호종은 총 3종, 241개체가 조사되었다. 2017년부터 환경부 멸종위기 야생생물 2급으로 지정된 큰줄납자루(*A. majusculus*)는 섬진강 수계의 S3에서, 환경부지정 멸종위기 야생생물 2급인 꺽저기(*C. kawamebari*)는 섬진강 수계의 S7과 탐진강 수계의 S8에서 조사되었다. 환경부지정 멸종위기 1급인 임실납자루 (*A. somjinensis*)는 섬진강 수계의 S3과 S7에서 조사되었다.

Result 2 : Guilds analysis

Survey	This study (The canals)	This study (Main streams)	전국자연환경조사[12~16]3
Number of species	46 (1st & 4th only)[1] / 52 (Total)[2]	59[1]	49
TR.g ratio (%)	C: 1.5 / 1.9	C: 3.5	C: 4.4
	I: 27 / 28	I: 28	I: 35
	O: 71 / 67	O: 68	O: 60
TO.g ratio (%)	SS: 5.1 / 5.2	SS: 14	SS: 23
	IS: 84 / 82	IS: 80	IS: 74
	TS: 11 / 13	TS: 6.6	TS: 3.1

Table 2. Relative abundance of Trophic guilds(TR.g) and Tolerance guilds(TO.g) from the survey

1: Since we collected enough records on that survey, we compare canals data and main streams records from 1st and 4th survey . 2: Sum of 1st ~4th survey records
3: We assembled the fish survey records from "전국자연환경조사" by Ministry of Environment, which conducted the main streams near our survey sites at 2005~2015.

농수로에 서식하는 어류의 섭식길드(Trophic guilds)의 상대풍부도는 육식종 1.5%[1] (전체조사 1.9%), 충식종 27% (28%), 잡식종 71% (67%)으로 나타났고 내성길드(Tolerance guilds)는 민감종 5.1% (5.2%), 중간종 84% (82%), 내성종 11% (13%)으로 나타났다. 잡식종의 비중이 높은 것은 유기물 오염이 진행된 수질의 특성을 나타낸다. 같은 지역에서 조사된 본류 조사 결과와 비교하면 농수로는 육식종의 비율이 적고, 민감종의 비율이 낮은 편이다. 인근의 본류를 조사한 전국자연환경조사[12~16]와 비교도 비슷한 경향을 보였다. [1]객관성을 위해 농수로와 본류의 조사자료가 대부분 갖추어진 1차와 4차조사 자료를 나타냈다.

Documentary Survey	Katano et al[1]	Ohira et al[2]	門脇勇樹 et al[7]
Number of species	19	17	27
TR.g ratio (%)	C: 0.4 I: 25 O: 74	C: 0.06 I: 54 O: 46	C: 5.3 I: 12 O: 83

Table 3. Documentary survey about agricultural canals and analysis of its trophic guilds

본류와 연결된 농수로의 군집을 연구한 문헌들을 조사하였다. 국내에는 농업용 둠벙에 관한 연구 외에 농수로 어류 군집을 주제로 연구한 사례가 거의 없었다. 해외 연구 사례는 종의 내성 정보를 알기어려워 섭식 길드만 분석하였다. 조사한 사례에서 육식종은 1~3종으로 종수가 대체로 적었다. 門脇勇樹 등의 연구에서 육식종의 상대풍부도가 5.3%로 비교적 높게 나타났으나 이는 *Odontobutis obscura*(남방동사리) 한 종이 매우 우세하게 나타난 결과라고 생각된다.[7]

Result 3 : Difference between the categories

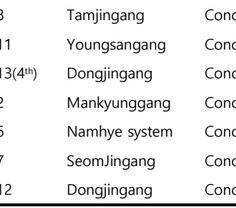
Site	Water system	Wall type	Width	Avg. depth	Stream bed	Primary sediment (%)[1]	Plants[2]	Clam[3]	Category
S3	SeomJingang	Natural	2.2m	57.5cm	> 5cm	Clay and fine sand (40%), Cobble (20%)		o	1
S13(3rd)	Dongjingang	Natural	2m	30cm	> 5cm	Clay and fine sand (70%), Sand (20%)			1
S1	Mankyunggang	Concrete	2.7m	45cm	> 5cm	Clay and fine sand (45%), Sand (45%)	o	o	2
S4	SeomJingang	Concrete	0.6m,1.4m	30cm	> 5cm	Sand (62%), Pebble (17%)	o	o	2
S8	Tamjingang	Concrete	1.5m	47.5cm	> 5cm	Clay and fine sand (34%), Cobble (25%)	o	o	2
S11	Youngsangang	Concrete	5m	55cm	> 5cm	Pebble (29%), Sand (25%)		o	2
S13(4th)	Dongjingang	Concrete	2m	30cm	> 5cm	Clay and fine sand (50%), Sand (30%)	o		2
S2	Mankyunggang	Concrete	2m	50cm	1~5cm	Clay and fine sand (50%), Sand (33%)	o	o	3
S6	Namhye system	Concrete	0.57m	31.25cm	1~5cm	Pebble (33%), Sand (30%)	o	o	3
S7	SeomJingang	Concrete	0.7m	30cm	1~5cm	Clay and fine sand (34%), Pebble (25%)	o	o	3
S12	Dongjingang	Concrete	1.5m	33.75cm	1~5cm	Sand (50%), Pebble (20%)	o	o	3

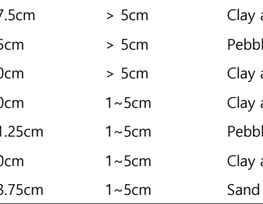
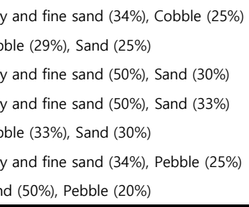
Table 4. Category of the canals and their environmental factors

1: Cobble= A particle of sediment diameter is 64 mm or more, Pebble= 2 ~ 64mm, Sand= 0.5 ~ 2mm, Clay and fine sand= 0.5 mm or less
2: Existence of submerged aquatic plants at the canal 3: Existence of unionidae clams at the canal

Katano 등이 제시한 기준을 참고하여[1], 벽 일부 또는 전체가 흙이나 돌로 이루어지고 농수로 퇴적물 두께가 5cm이상이면 자연형(Category 1), 벽이 콘크리트이고 퇴적물이 5cm 이상이면 반자연형(Category 2), 벽이 콘크리트이고 퇴적물이 5cm이하이면 인공형(Category 3)으로 분류하였다. 섭식길드는 자연형에서 육식종 3.3%, 충식종 37%, 잡식종 59%, 반자연형에서 육식종 4.0%, 충식종 46%, 잡식종 50%, 인공형에서 육식종 0.90%, 충식종 21%, 잡식종 79%으로 나타났다. 내성길드는 자연형과 반자연형에서 민감종의 비율이 각각 7.8%, 12%으로 비교적 높았고, 인공형에서 2.4%으로 비교적 낮게 나타났다. 다양도지수(Shannon index, H')의 평균값은[4] 자연형에서 2.63으로 가장 높았고, 반자연형에서 2.38, 인공형에서 1.72으로 나타났다. 우점도지수(Margalef's dominance index)의 평균값은 인공형에서 0.62로 가장 높았고, 반자연형에서 0.42, 자연형에서 0.35으로 나타났다. 한편, 농수로 유형 분류에는 수로의 수심을 고려하지 않았다. 또한, 조사 장소의 수가 적고 수로마다 수계가 다양하다. 이러한 점은 유형 간 비교에서 큰 변수로 작용할 수 있기 때문에 분석에 한계가 있다. [4]S13은 자료 부족으로 분석에서 제외했으며, 각 지점의 지수를 계산하고 유형별 평균을 구했다.

Conclusion & Discussion




많은 문헌에서는 농수로의 어종을 하천 하류 어종 내지 소하천의 어종으로 인식하고 있지만[9] 본 조사에서 농수로의 어종으로 언급되지 않았던 칼납자루(*A. koreensis,* The first picture from left to right), 납자루*(A. lanceolate intermedia,* The second), 임실납자루(*A. somjinensis,* The third) 등의 종이 다수 출현하였다. 농수로 어류의 섭식길드 중 육식종의 상대풍부도는 본류에 비해 비교적 낮게 나타났고, 각종 문헌조사에서는 대체로 육식종이 단순하게 나타났다. 이를 통해 농수로가 본류에 비해 육식성 어종의 위협이 적은 장소라 생각된다. 인공형 농수로는 환경이 단순하여 비교적 적은 종이 서식하지만, 적절한 조건이 갖추어지면 납자루아과의 서식에 적합한 것으로 생각된다. 특히 S6의 경우 연중 칼납자루가 우점하고 있었는데 바닥의 다수의 석패과(Unionidae, The last picture) 패류가 존재하고 연중 수량이 유지된다는 점을 원인으로 들 수 있다. 석패과 패류는 농수로의 특징인 미세모래나 진흙의 하상에서 주로 발견되기 때문에[10] 몇몇 농수로에서 흔하게 발견된다. 이러한 점들을 미루어보았을 때 몇몇 농수로는 납자루아과의 생존과 번식에 적합한 장소라 생각된다. 농수로는 본류에서 유입된 물을 둠벙이나 다시 본류로 흘러보내기 때문에 농수로에서 성장한 물고기는 다시 본류로 돌아갈 수 있다. 향후, 납자루아과를 비롯한 어류 개체군에 대한 연구에 농수로의 역할에 대한 주목이 필요하다고 생각된다. 한편, 농수로 유형마다 어류 군집 구조에 차이가 있기 때문에 유형에 따른 관리가 필요하다고 생각된다. 하지만 객관적이고 체계적인 자료 분석을 위해 더 많은 조사가 필요하다고 생각한다.

Acknowledgement

본 연구는 생명다양성재단의 "생명다양성재단 연구학술 지원과제"에 의한 연구비 지원으로 이루어졌습니다.
본 연구 진행에 많은 조언과 도움을 주신 충남대학교 생물과학과 안광국교수님과 생명다양성재단 관계자분들, 정이준 학생, 최이든 학생 가족, 그 외 여러 선배 연구자분들에게 감사의 말씀을 드립니다.

References

1. Katano, O., et al., *Species diversity and abundance of freshwater fishes in irrigation ditches around rice fields.* Environmental Biology of Fishes, 2003. **66**(2): p. 107–121.
2. Ohira, M., et al., *Niche processes and conservation implications of fish community assembly in a rice irrigation system.* Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems, 2015. **25**(3): p. 322-335.
3. Song, H.-Y. and I.-C. Bang, *Coreoleuciscus aeruginos (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae), a new species from the Seomjin and Nakdong rivers, Korea.* Zootaxa, 2015. **3931**(1): p. 140–150.
4. Park, J.-Y. and S.-H. Kim, *Liobagrus somjinensis, a new species of torrent catfish (Siluriformes: Amblycipitidae) from Korea.* Ichthyological Exploration of Freshwaters, 2010. **21**(4): p. 345.
5. Margalef, D., *Information theory in ecology.* Memorias de la Real Academica de ciencias y artes de Barcelona, 1957. **32**: p. 374–559.
6. Shannon, C.E., *The Mathematical Theory of Communication. By CE Shannon and Warren Weaver*. 1949: Urbana.
7. 門脇勇樹, et al., *環境配慮工法が施工された農業水路における魚類の選好環境: 活動期と越冬期の比較.* 農業農村工学会論文集, 2017. **85**(2): p. II_61-II_70.
8. 이재관, et al., *생물측정망 조사 및 평가지침*. 2016, 국립환경과학원 물환경연구부 유역생태연구팀: 국립환경과학원. p. 76-79
9. 이완옥 and 노세윤, *특징으로 보는 한반도 민물고기(개정판)*. 2007: 지성사. 432.
10. 권순직, 저. 전영철, and 저. 박재흥, *물속 생물 도감*. 2013, 서울 :: 자연과생태.
11. 김익수 and 박종영, *한국의 민물고기(개정판)*. 2005: 교학사. 465.
12. 환경부, *(제4차)전국자연환경조사 2015*. 2016, 국립생태원: 서천: 국립생태원.
13. 환경부, *(제3차)전국자연환경조사 2013*. 2015, 환경부: 세종시: 환경부.
14. 환경부, *(제3차)전국자연환경조사 2011*. 2011, 환경부: 과천: 환경부.
15. 환경부, *(제3차)전국자연환경조사 2006*. 2006, 환경부: 과천: 환경부.
16. 환경부, *(제2차)전국자연환경조사 2005*. 2005, 환경부: 과천: 환경부.