한국환경생태학회지 38(2): 189−203, 2024
Korean J. Environ. Ecol. 38(2): 189-203, April 2024
ISSN 1229-3857(Print) ISSN 2288-131X(Online)
https://doi.org/10.13047/KJEE.2024.38.2.189

안양천의 어류군집 특성 및 수질이 하천건강성에 미치는 영향[1a]

주재우[2] · 고명훈[3*]

Fish Community Characteristics and the Effects of Water Quality on River Health in the Anyang Stream, Korea[1a]

Jae-Woo Joo[2], Myeong-Hun Ko[3*]

요 약

안양천의 어류 군집 특성과 어류상에 대한 수질의 영향을 밝히기 위해 2022년 4~6월과 8~10월에 20개 지점을 2회 조사하였다. 조사 기간 동안 채집된 어류는 5목 10과 34종 3,186개체였다. 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 43.4%)였고, 아우점종은 붕어(*Carassius auratus*, 10.1%), 그 다음으로 잉어(*Cyprinus carpio*, 7.6%), 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 6.2%), 돌고기(*Pungtungia herzi*, 5.2%), 대륙송사리(*Oryzias sinensis*, 5.1%), 참붕어(*Pseudorasbora parva*, 4.7%), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*, 4.4%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 3.5%), 치리(*Hemiculter eigenmanni*, 3.3%), 흰줄납줄개(*Rhodeus ocellatus*, 1.4%), 가숭어(*Chelon haematocheilus*, 1.0%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다. 출현종 중 한국고유종은 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 긴몰개, 몰개(*Squalidus japonicus coreanus*), 참갈겨니, 얼록동사리(*Odontobutis interrupta*) 5종(14.7%)이었고, 외래종은 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio* Israeli type), 블루길(*Lepomis macrochirus*), 배스(*Micropterus salmoides*), 구피(*Poecilia reticulata*) 4종(11.8%)이었다. 어류 군집 분석 결과, 우점도는 상류가 높았고 하류로 가면서 낮아졌으며, 다양도와 풍부도, 균등도는 본류보다 지류에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 하천건강성을 평가한 결과, 7개 지점에서 보통(C), 8개 지점에서 나쁨(D), 5개 지점에서 매우 나쁨(E)으로 평가되어 좋지 않았다. 수질은 8개 지점을 평가한 결과, 4개 지점은 보통(III), 2개 지점은 나쁨(V), 1개 지점은 약간 나쁨(IV), 1개 지점은 약간 좋음(II)으로 평가되어, 전체적인 수질은 나쁘게 나타났으며, 수질이 하천건강성과 어류의 서식에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 추정되었다. 또한 안양천에 어도가 없는 보가 많이 설치되어 있어 어류의 이동에 장애물로 작용하고 있었다. 따라서 하천건강성을 높이고 안정적인 어류의 서식을 위해서는 수질을 개선할 수 있는 체계적인 관리방안이 필요하고 보에 어도 설치가 요구되었다.

주요어: 군집구조, 어류건강성평가(FAI), **수질오염**

ABSTRACT

This study conducted a survey two times at 20 points from April to June and from August to October 2022 to characterize the fish community and reveal the health of the Anyang stream. The survey collected 3,186

1 접수 2024년 2월 6일, 수정 (1차: 2024년 3월 7일), 게재확정 2024년 3월 12일
Received 6 February 2024; Revised (1st: 7 March 2024); Accepted 12 March 2024
2 고수생태연구소 연구원 Kosoo Biology Institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Korea (dufahrdj98@naver.com)
3 고수생태연구소 소장 Kosoo Biology Institute, 49 Mokdongjungangnamro14gagil, Yangcheon-gu, Seoul-si, 07955, Korea (hun7146@gmail.com)
a 이 논문은 2022년도 국립생태원 제5차 전국자연환경조사의 연구비 지원(NIE-A-2024-01)으로 수행된 연구임
* 교신저자 Corresponding author: hun7146@gmail.com

individuals belonging to 5 orders, 10 families and 34 species. The dominant species was *Zacco platypus* (43.4%), followed by *Carassius auratus* (10.1%), *Cyprinus carpio* (7.6%), *Zacco koreanus* (6.2%), *Pungtungia herzi* (5.2%), *Oryzias sinensis* (5.1%), *Pseudorasbora parva* (4.7%), *Squalidus gracilis majimae* (4.4%), *Rhynchocypris oxycephalu*s (3.5%), *Hemiculter eigenmanni* (3.3%), *Rhodeus ocellatus* (1.4%), and *Chelon haematocheilus* (1.0%). Among the emerged species, 5 species (14.7%), including *Rhodeus uyekii*, *Squalidus japonicus coreanus*, and *Odontobutis interrupta,* were endemic to Korea, and 4 species (11.8%), including *Cyprinus carpio* (Israeli type), *Lepomis macrochirus*, *Micropterus salmoides*, and *Poecilia reticulata,* were exotic. The fish community analysis showed that the dominance was higher at the upper reaches of the Anyang stream and decreased downstream, and diversity, richness, and evenness were higher in tributary than mainstream. Stream health (fish assessment index, FAI) was generally poor, as it was rated as moderate (C) at seven sites, poor (D) at eight sites, and very poor (E) at five sites. Water quality was evaluated at eight sites, and it was rated as poor (V) at two sites, slightly poor (IV) at one site, moderate (III) at four sites, and slightly good (II) at one site, indicating that the overall water quality was poor and that the water quality had a significant impact on river health and fish habitat. Moreover, it was found that many weirs without fishways were constructed in the Anyang stream and became an obstacle to fish migration. Therefore, a systematic management plan to improve water quality and add fishways is necessary to improve the stream's health and conserve stable fish habitat.

KEY WORDS: COMMUNITY STRUCTURE, FISH ASSESSMENT INDEX, WATER POLLUTION

서 론

담수어류는 하천생태계에서 최상위 소비자로 지질학적 역사에 의한 어류의 이동 및 종분화, 생태적 상호작용 등을 통해 현재의 독특한 분포양상을 형성하였으며(Nishimura, 1974; Moyle and Cech, 2000; Yoo *et al*., 2016), 우리나라는 이러한 결과로 담수어류의 분포는 서한아 지역, 남한아 지역, 동북한아 지역으로 구분된다(Kim, 1997). 최근 산업화가 진행되면서 많은 저수지와 댐, 하구둑 등이 건설되었고 하천은 직선화되고 보 등의 관계시설이 많이 설치되었으며(Kwater, 2007; MIFAFF *et al*., 2010), 수질오염, 외래종의 도입 등도 어류상 및 군집구조에 큰 영향을 미치고 있다(Jang *et al*. 2006; NFRDI, 2010; NIBR, 2011; Ko *et al*., 2017). 특히 도시하천의 경우 유로 변경이 심하고 산업단지의 폐수 및 도시의 생활하수의 유입으로 인한 수질오염이 심하여 부영양화를 일으키거나 어류의 집단폐사를 유발하며(Kwater, 2007; Sin *et al*., 2000; ME, 2020), 서식 어류의 단순화 및 민감종의 급격한 감소 등으로 하천건강성을 급격히 하락시키는 것으로 보고되고 있다(Yeom *et al*., 2007; Ko *et al*., 2017; Choi *et al*., 2021).

본 연구지인 안양천은 경기도 의왕시 지지대 고개에서 발원하여 군포시와 안양시, 광명시를 경유하고, 서울시에서 한강에 합류되는 지방2급 하천으로, 하천연장 8.13㎞, 유로연장 11.51㎞, 유역면적 110.06㎢이고, 주요 지류로 왕곡천, 학의천, 삼성천, 수암천, 산본천, 오전천, 도림천 등이 있다(Kwater, 2007). 또한 안양천은 전형적인 도시하천으로, 하천 수변부는 많은 산책로와 자전거도로, 공원 등이 조성되어 사람들이 이용하고 있고 일부 지역에서는 생활하수와 공장폐수 등이 유입되어 수질오염이 일어나고 있다. 이러한 수질오염으로 인해 2009년 장마철 침전된 오염물질의 부유로 어류 폐사가 발생하였고(Seoul Economy, 2009), 2015년 봄에는 잉어 등의 어류가 집단폐사 하는(YNA, 2015) 등 적지 않은 어류 집단폐사 사례가 보고되고 있다. 안양천의 어류상에 관한 연구는 전국자연환경조사 제3차(Byeon and Byeon, 2007a; 2007b; Choi and Lee, 2009a; 2009b; 2009c; Kim and Ju, 2010)와 제4차(Song and Hong, 2017a; 2017b), 한강 지류의 어류상(Byeon, 2018b) 등이 보고되었다.

본 연구에서는 안양천의 어류상 및 군집 특성, 하천 건강성 등을 조사하여 밝히고, 수질 현황 및 연간 변화양상을 조사하여 수질이 하천건강성에 미칠 영향을 추정하며, 나아가 선행 연구와 비교하여 어류상 및 군집의 변화양상을 추정하고 보존방안을 제시하고자 하였다.

연구방법

1. 조사 기간 및 지점

본 연구는 2022년 전반기(4~6월)와 후반기(8~10월)로 나누어 서식 어류와 수환경을 2회 조사하였다. 조사지점은 아래와 같이 안양천의 상류부터 하류 및 지류인 학의천, 목감천, 도림천을 포함하여 2~5㎞ 간격으로 총 20개의 지점을 선정하였다(Figure 1).

St. 1. 경기도 의왕시 고천동 안골교
(37°20'51.99"N, 126°58'22.48"E)
St. 2. 경기도 군포시 금정동 보령교
(37°22'20.24"N, 126°56'45.17"E)
St. 3. 경기도 의왕시 청계동
(37°23'33.89"N, 127°06'40.78"E)
St. 4. 경기도 의왕시 포일동 포일교
(37°23'30.93"N, 126°59'07.71"E)
St. 5. 경기도 안양시 만안구 안양동 덕천교
(37°23'39.97"N, 126°56'17.50"E)
St. 6. 경기도 안양시 만안구 안양동
(37°25'07.51"N, 126°55'17.62"E)
St. 7. 경기도 안양시 만안구 박달동 충훈2교
(37°24'12.65"N, 126°53'47.10"E)
St. 8. 서울특별시 금천구 시흥동 기아대교
(37°26'19.66"N, 126°53'59.96"E)
St. 9. 경기도 광명시 철산동 철산대교
(37°28'27.67"N, 126°52'39.13"E)
St. 10. 서울특별시 구로구 구로동 사성교
(37°29'32.27"N, 126°52'14.00"E)
St. 11. 경기도 시흥시 무지내동 가학이교
(37°24'18.48"N, 126°51'11.35"E)
St. 12. 경기도 광명시 노온사동 능촌교
(37°26'28.84"N, 126°50'16.66"E)
St. 13. 경기도 부천시 옥길동 역곡6교
(37°28'03.46"N, 126°49'34.78"E)
St. 14. 경기도 광명시 광명동 광명교
(37°28'53.21"N, 126°50'47.47"E)
St. 15. 서울특별시 양천구 신정동 오금교
(37°30'31.79"N, 126°52'25.44"E)
St. 16. 서울특별시 관악구 신림동 봉림교
(37°29'02.92"N, 126°55'33.31"E)
St. 17. 서울특별시 동작구 신대방동
(37°29'12.10"N, 126°54'42.80"E)
St. 18. 서울특별시 구로구 구로동
(37°29'53.43"N, 126°53'36.15"E)
St. 19. 서울특별시 영등포구 문래동
(37°30'43.47"N, 126°53'23.30"E)
St. 20. 서울특별시 영등포구 양평동 양평교
(37°32'22.60"N, 126°53'14.11"E)

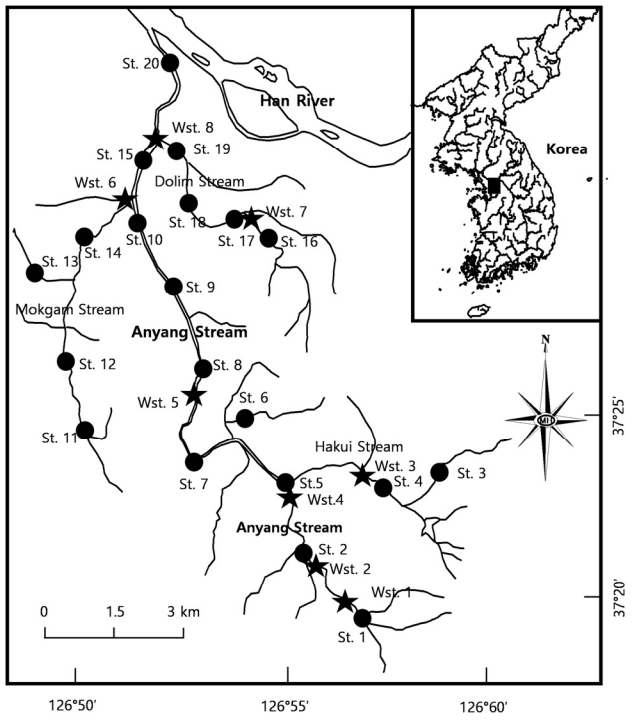

Figure 1. Study stations of Anyang Stream, a tributary of the Han River Drainage System, Seoul and Gyeonggi-do, Korea. The black circle is fish fauna survey station and the black star is water quality measurement station.

2. 어류의 채집 및 조사방법

어류의 채집은 투망(망목 6×6㎜, 10회)과 족대(망목 5×5㎜, 30분)를 이용하여 채집하였고 채집된 개체는 현장에서 육안으로 동정·개수한 후 생태계 보전을 위하여 바로 방류하였다. 어류의 동정은 Kim(1997), Kim and Park(2007), Kim *et al*.(2005) 등에 따랐으며 분류체계는 Nelson(2006)에 따라 목록을 정리하였다. 서식지의 수문학적 환경은 하폭 및 유폭, 수심 등을 측정하였고, 하천형은 Kani(1944)의 방법에 따라, 하상구조는 Cummins(1962)의 방법을 응용하여 구분하였으며, 하천차수는 하천건강성 평가 기준인 축척 1 : 120,000의 기준으로 계산하여 산출하였다(NIER, 2016; 2019). 어류의 군집 특성을 밝히기 위해 1·2차 조사결과의 우점도(Dominance Index: DI)와 다양도(Diversity index: H), 균등도(Evenness index: E), 풍부도(Richness index: R) 지수를 각각 구한 후 그 평균값을 산출하였다(Margalef, 1958; McNaughton, 1967; Pielou, 1969; 1975). 군집구조는 조사지점별 출현 종과 개체수를 근거로 Primer 5.0(PRIMER E Ltd, UK)을 이용하여 Bray-Curtis 유사도를 계산한 후 도식화하였다. 조사지점들의 건강성은 우리나라 하천건강성평가

를 위해 개발된 어류생물지수(FAI)을 이용하여 하천차수에 따라 8개의 매트릭 별로 값을 계산한 후 합산하여 1·2차 조사결과에 따른 값을 계산한 후 평균값을 산출하였으며, 산출된 어류생물지수는 매우좋음(A, 80~100), 좋음(B, 60~80), 나쁨(D, 20~40), 매우 나쁨(E, 0~20)으로 등급을 구분하였다(NIER, 2016). 수질 현황은 물환경정보시스템 수질측정망 중 안양천에 위치한 8개 지점(안양천 6지점, 학의천 1지점, 도림천 1지점)에서 2022년 1월부터 12월까지 1년간의 수온, DO(Dissolved Oxygen, 용존산소량), BOD (Biochemical Oxygen Demand, 생물학적 산소요구량), COD(Chemical Oxygen Demand, 화학적 산소요구량), TP(Total Phosphorus, 총인), TOC(Total Organic Carbon, 총유기탄소량), SS(Suspended Solids, 부유물질) 데이터의 평균과 pH(수소이온농도) 범위를 이용하여 하천생활환경기준 7단계, 매우 좋음(Ia), 좋음(Ib), 약간 좋음(II), 보통(III), 약간 나쁨(IV), 나쁨(V), 매우 나쁨(VI)으로 수질등급을 산출하였다(WEIS, 2023). 또한 안양천의 연간 수질 변화양상을 파악하기 위해 4개 지점(안양천 상류, 안양천 중류, 안양천 하류, 도림천)에서 1997년부터 2022년까지의 DO, BOD, COD, TP, Conductivity(전기전도도), SS 데이터를 이용하여 분석하였다.

안양천의 어류상 비교는 전국자연조사 제3차(Byeon and Byeon, 2007a; 2007b; Choi and Lee, 2009a; 2009b; 2009c; Kim and Ju, 2010)와 제4차(Song and Hong, 2017a; 2017b), 한강 지류의 어류상(Byeon, 2018b)의 자료를 정리하여 비교하였다.

결 과

1. 서식지 특성

안양천은 도시하천으로, 주변은 대부분 시가지이고, 상류의 일부 지점만 농경지가 위치하고 있으며, 수변부는 체육공원, 수변생태공원, 자전거 도로, 산책로 등의 시설들이 다수 위치하였다. 조사지점별 하폭은 25~700m, 유폭은

Table 1. Physicochemical and hydrological environments at the study stations in the Anyang Stream, Korea from April to October 2022

Stations	River width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	River type[a]	Stream order	Bottom structure (%)[b]						Etcs[c]
						M	S	G	P	C	B	
1	25~30	1~5	0.3~1.5	Aa-Bb	3	50	10		10	20	10	C
2	40~45	15~20	0.3~1.2	Bb	3	40		10	20	10	20	C
3	15~20	1~3	0.3~0.8	Aa	1		10	10	30	30	20	W
4	30~35	3~5	0.3~1.2	Aa-Bb	3			10	20	30	40	W
5	70~80	30~40	0.3~1.2	Bb	4	10	50	20	10	10		
6	30~40	15~20	0.3~1.5	Aa	2				10	30	60	W
7	100~110	50~60	0.3~1.0	Bb	4			10	50	30	10	
8	150~160	60~70	0.3~1.2	Bb	4		60	20	10	10		P
9	250~300	100~120	0.3~1.2	Bb	4	30	50	20				
10	200~250	70~90	0.3~1.2	Bb	4	40	40		10	10		
11	25~30	5~10	0.3~1.0	Aa-Bb	2	20	50	20	10			W
12	25~30	3~5	0.3~1.0	Bb	2	40	50	10				P
13	20~30	3~5	0.3~1.0	Aa-Bb	2		40		10	30	20	
14	50~60	20~25	0.3~1.2	Bb	3		60		10	20	10	W
15	250~300	20~25	0.3~1.5	Bb	4	30	40		20	10		P
16	30~40	5~10	0.3~1.2	Bb	2		10	20	20	30	20	W
17	30~40	15~25	0.3~1.0	Bb	2	30	20	10	40	10		W
18	30~50	10~30	0.3~1.2	Bb	2		20	20	40	10	10	P
19	70~80	20~40	0.3~1.2	Bb	2	30	20		10	20	20	P, W
20	500~700	80~100	0.5~1.2	Bc	4	80	20					P

[a]River type: by Kani (1944); [b]M: mud (-0.06㎜), S: sand (0.06-2㎜), G: gravel (2-16㎜), P: pebble (16-64㎜), C: cobble (64-256㎜), B: boulder (256<㎜) -modified Cummins (1962); [c]C: construction, P: pollution, W: weir

1~100m로 큰 차이를 보였으나 수심은 0.3~1.5m로 대체로 유사하였다. 하천차수(stream order)는 도림천, 목감천, 학의천 등 지류에서는 1~3차로 비교적 낮았고 안양천 본류에서는 3~4차로 높았다. 하천형은 상류부(St. 1, 4, 11, 13)가 중상류형(Aa-Bb type), 최하류(St. 20)는 하류형(Bc type)이었고 그 외 지점들은 대부분 중류형(Bb type)이었다. 하상은 전체적으로 모래(sand), 진흙(mud), 자갈(pebble), 돌(cobble), 큰돌(boulder) 순으로 우세하였다. 교란요인으로 2개 지점(St. 1, 2)에서는 하천공사가 이루어지고 있었고, 8개 지점(St. 3, 4, 6, 11, 14, 16, 17, 19)에는 어도가 없는 보가 설치되어 있었으며, 6개 지점(St. 8, 12, 15, 18, 19, 20)에는 생활하수 등이 유입되어 수질오염을 유발하였다.

2. 어류상

조사기간 동안 안양천 20개 지점에서 채집된 어류는 총 10과 34종 3,186개체였다(Table 2). 과별 출현종수는 잉어과(Cyprinidae)가 20종으로 가장 많았고, 그 다음으로 망둑어과(Gobiidae) 3종, 미꾸리과(Cobitidae), 검정우럭과(Centrarchidae), 동사리과(Odontobutidae) 2종, 메기과(Siluridae), 숭어과(Mugilidae), 송사리과(Adrianichthyidae), 가물치과(Channidae), Poeciliidae는 1종씩 출현하였다. 출현종 중 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 43.4%), 아우점종은 붕어(*Carassius auratus*, 10.1%)였고, 그 다음으로 잉어(*Cyprinus carpio,* 7.6%), 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 6.2%), 돌고기(*Pungtungia herzi,* 5.2%), 대륙송사리(*Oryzias sinensis*, 5.1%), 참붕어(*Pseudorasbora parva,* 4.7%), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*, 4.4%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 3.5%), 치리(*Hemiculter eigenmanni*, 3.3%), 흰줄납줄개(*Rhodeus ocellatus*, 1.4%), 가숭어(*Chelon haematocheilus*, 1.0%) 등의 순으로 우세하였다(Figure 2). 멸종위기종 및 천연기념물은 출현하지 않았고, 한국고유종은 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 긴몰개, 몰개(*Squalidus japonicus coreanus*), 참갈겨니, 얼록동사리(*Odontobutis interrupta*) 5종(고유화율 14.7%)이 출현하였으며, 외래종은 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio* Israeli type), 블루길(*Lepomis macrochirus*), 배스(*Micropterus salmoides*), 구피(*Poecilia reticulata*) 4종(11.8%)이 출현하였다.

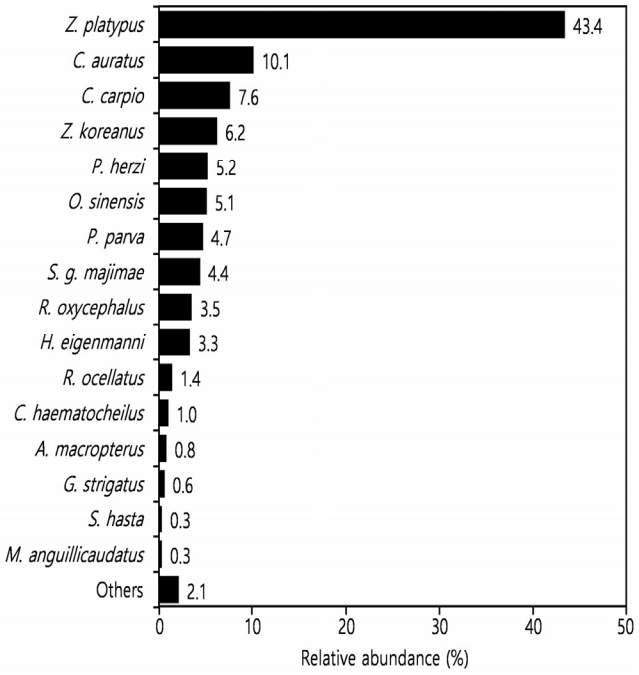

Figure 2. Relative abundance of the fish species found in the Anyang Stream, Korea from April to October 2022.

3. 군집분석 및 군집구조

지점별 우점종을 보면, St. 1, 4, 5, 7, 16은 피라미, St. 2, 8, 9, 13은 잉어, St. 7, 11은 붕어, St. 10, 14는 치리, St. 3은 버들치, St. 6은 참갈겨니, St. 12는 흰줄납줄개, St. 15는 풀망둑(*Synechogobius hasta*), St. 17은 구피, St. 18은 참붕어, St. 19는 대륙송사리, 최하류인 St. 20은 가숭어로 다양하였다. 우점도(dominance)는 0.569~1.000 범위로 최상류 St. 3이 가장 높고 하류로 가면서 점점 낮아져 St. 14에서 가장 낮았다. 다양도(diversity)와 균등도(evenness), 풍부도(richness)는 본류보다 지류에서 높게 나타나는 경향을 보였는데, 다양도는 0.605~1.665로 St. 14에서 가장 높았고, St. 4에서 가장 낮았다. 균등도는 0.311~0.911로 St. 14에서 가장 높았고, St. 4에서 가장 낮았다. 풍부도는 0.566~0.737로 St. 14에서 가장 높았고 St. 11에서 가장 낮았다. 군집구조는 최상류(St. 3, 6), 상류(St 1, 4, 16), 중류(St. 2, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 18, 19), 하류(St 10, 15, 17, 20)로 구분되었다(Figure 3).

Table 2. List of fish species and number of individual fish collected in the Anyang Stream, Korea from April to October 2022

Scientific name	Stations																				Total	RA (%)[a]	Rema-rks[b]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Cyprinidae																							
Cyprinus carpio		22		16	19		39	17	12	7	14	16	25	5	7	12	4	5	15	7	242	7.60	
Cyprinus carpio (Israeli type)												1										0.03	Ex
Carassius auratus	23	12		5	15	1	44	9	4	5	63	22	15	7	3	42	4	20	25	3	322	10.11	
Rhodeus ocellatus												44									44	1.38	
Rhodeus uyekii				1												6					7	0.22	E
Acheilognathus lanceolata intermedia																		3	2		5	0.16	
Acheilognathus macropterus					1				2	3		4		8				7	1		26	0.82	
Pseudorasbora parva	5	5			8			12	3			23		4				89	2		151	4.74	
Pungtungia herzi	63			33	8	54										7	1	1			167	5.24	
Gnathopogon strigatus									1			6	4	8							19	0.60	
Squalidus gracilis majimae						141															141	4.43	E
Squalidus japonicus coreanus																		1			1	0.03	E
Hemibarbus labeo				3			1														4	0.13	
Pseudogobio esocinus				2									2	5							9	0.28	
Abbottina rivularis																		5			5	0.16	
Rhynchocypris oxycephalus	7		72	5												25	4				113	3.55	
Zacco platypus	327	14		399	77	12	44		5					4		401		82	17		1,382	43.38	
Zacco koreanus						199															199	6.25	E
Squaliobarbus curriculus																			1		1	0.03	
Hemiculter eigenmanni										15	50			17	7			4	10	1	104	3.26	
Cobitidae																							
Misgurnus anguillicaudatus	1										2							2	5		10	0.31	
Misgurnus mizolepis																					1	0.03	
Siluridae																							
Silurus asotus				1				3													4	0.13	
Mugilidae																							
Chelon haematocheilus																				32	32	1.00	
Adrianichthyidae																							
Oryzias sinensis	36									5	22				5		3	55	35		161	5.05	
Centrarchidae																							
Lepomis macrochirus					1																1	0.03	Ex
Micropterus salmoides											1										1	0.03	Ex
Odontobutidae																							
Odontobutis interrupta									1					1							2	0.06	E
Micropercops swinhonis												1									1	0.03	
Gobiidae																							
Chaenogobius urotaenia														1							1	0.03	
Synechogobius hasta															8					3	11	0.35	
Tridentiger brevispinis							1	1						5						2	9	0.28	
Channidae																							
Channa argus					1																1	0.03	
Poeciliidae																							
Poecilia reticulata																	8				8	0.25	Ex
Number of individuals	7	4	1	9	8	5	5	5	7	5	6	8	4	11	5	6	6	13	10	6	34		
Number of species	462	53	72	465	130	407	129	42	28	35	152	117	46	65	30	493	24	275	113	48	3,186		

[a]RA: relative abundance (%); [b]E: Korean endemic species, Ex: exotic species.

Table 3. Community indices in the Anyang Stream, Korea from April to October 2022

Index	Stations																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Dominance	0.845	0.789	1.000	0.928	0.754	0.835	0.798	0.819	0.805	0.885	0.932	0.629	0.913	0.569	0.897	0.927	0.681	0.661	0.604	0.811
Diversity	0.982	1.081	-	0.605	1.202	1.096	1.065	0.947	1.085	0.831	0.776	1.444	0.652	1.665	0.937	0.684	1.354	1.534	1.527	0.938
Evenness	0.527	0.868	-	0.311	0.671	0.735	0.768	0.743	0.790	0.791	0.679	0.853	0.577	0.911	0.853	0.403	0.905	0.727	0.873	0.677
Richness	1.016	0.763	-	1.103	1.195	0.658	0.764	0.824	1.187	0.688	0.566	1.289	0.638	1.737	0.740	0.818	1.477	1.644	1.439	1.064

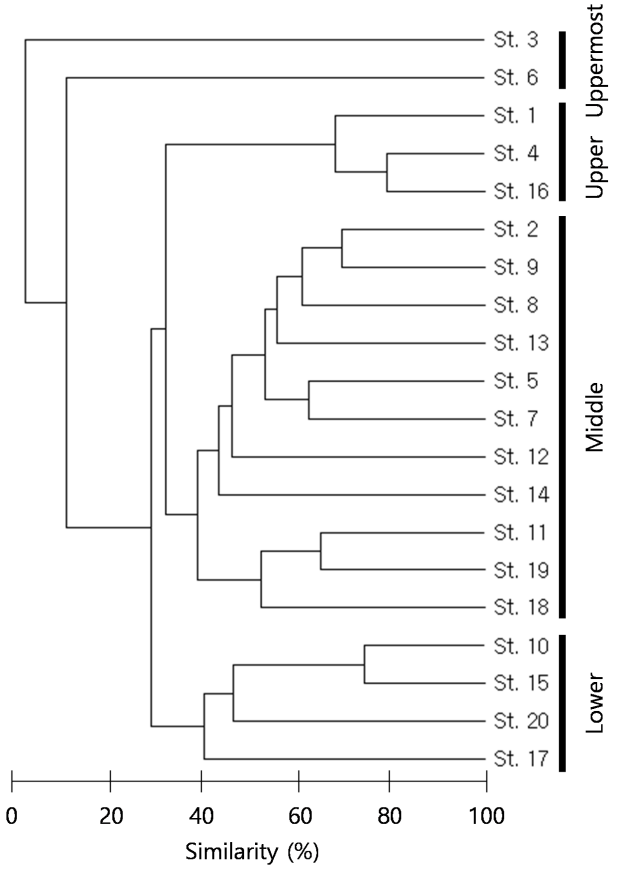

Figure 3. Dendrogram for the cluster analysis based on similarity index of the fish species found among the stations in the Anyang Stream, Korea from April to October 2022.

4. 하천건강성평가

하천건강성(FAI)을 하천 차수에 따라 평가한 결과, 7개 지점(St. 1, 3, 4, 6, 12, 14, 16)은 보통(C, 40.6~59.4), 8개 지점(St. 2, 5, 11, 15, 17, 18, 19, 20)은 나쁨(D, 21.9~34.4), 5개 지점(St. 7, 8, 9, 10, 13)은 매우 나쁨(E, 12.5~18.8)이었다. 최고 점수로 평가된 지점은 안양천의 지류인 학의천 상류에 해당하는 St. 4였고, 최저 점수로 평가된 지점은 안양천 중류에 해당하는 St. 8이었다. 대부분의 지점에서 높은 점수를 받은 매트릭은 비정상종의 개체수 비율(M8)로, St. 17을 제외하면 모든 지점에서 최고점인 12.5점을 받았으나 반면 여울성 저서성 어류의 종수(M2)에서는 St. 12, 14에서만 3.1점을 받았을 뿐 나머지 지점에서는 모두 최저 점수인 0점으로 평가되었다(Table 4).

5. 수질 현황

수질측정망을 이용해 8개 지점(안양천 6지점, 학의천 1지점, 도림천 1지점)의 수질 정보를 수집하여 하천생활환경기준에 따라 평가한 결과, 나쁨(V) 2개 지점, 약간 나쁨(IV) 1개 지점, 보통(III) 4개 지점, 약간 좋음(II) 1개 지점이었다. Wst. 1 지점은 안양천 최상류에 해당하는 지점으로 COD에서 보통(III)으로 나타났고 Wst. 2 지점은 안양천 상류에 해당하는 지점으로 TOC와 COD가 약간 나쁨(IV)이었다. Wst. 3 지점은 학의천에 해당하는 지점으로 COD에서 보통(III)으로 평가되었고, Wst. 4 지점은 안양천과 학의천 합수부에 해당하는 지점으로 TOC와 COD에서 보통(III)이었다. Wst. 5 지점은 안양천 중류에 해당하는 지점으로 COD에서 나쁨(V)으로 나타났고, Wst. 6 지점은 안양천 중류에 해당하는 지점으로 BOD, TP, TOC, COD에서 보통(III)에 해당되었다. Wst. 7 지점은 도림천 상류에 해당하는 지점으로 TP에서 약간 좋음(II)이었고, 마지막으로 Wst. 8 지점은 안양천 하류에 해당하는 지점으로 TOC, COD에서 나쁨(V)으로 평가되었다.

고 찰

안양천의 어류상 및 어류군집에 관한 선행연구는 전국자연환경조사 제3차(Byeon and Byeon, 2007a; 2007b; Choi and Lee, 2009a; 2009b; 2009c; Kim and Ju, 2010)와 제4차(Song and Hong, 2017a; 2017b) 및 한강 지류의

Table 4. Fish assessment index(FAI) in the Anyang Stream, Korea from April to October 2022

Parameter*	Stations																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
M1	3.1	3.1	0.0	6.3	3.1	3.1	0.0	0.0	0.0	3.1	3.1	6.3	3.1	9.4	3.1	12.5	9.4	6.3	6.3	0.0
M2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M3	3.1	0.0	3.1	3.1	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	3.1	3.1	0.0	0.0	0.0
M4	12.5	9.4	12.5	12.5	3.1	6.3	3.1	0.0	3.1	0.0	0.0	6.3	0.0	9.4	0.0	6.3	3.1	3.1	9.4	3.1
M5	6.3	0.0	6.3	6.3	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	3.1	0.0	3.1	6.3	0.0	3.1
M6	6.3	0.0	6.3	6.3	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	3.1	6.3	0.0	3.1	0.0	0.0	3.1
M7	12.5	6.3	6.3	12.5	3.1	6.3	3.1	0.0	0.0	0.0	6.3	6.3	0.0	9.4	0.0	12.5	6.3	3.1	6.3	0.0
M8	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	6.3	12.5	12.5	12.5
Total (grade)	56.3 (C)	31.3 (D)	46.9 (C)	59.4 (C)	21.9 (D)	43.8 (C)	18.8 (E)	12.5 (E)	15.6 (E)	15.6 (E)	21.9 (D)	40.6 (C)	15.6 (E)	50.0 (C)	25.0 (D)	46.9 (C)	34.4 (D)	31.3 (D)	34.4 (D)	21.9 (D)

*M1: Total number of native fish species, M2: Number of riffle benthic species, M3: Number of sensitive species, M4: Proportion of individuals as tolerant species, M5: Proportion of individuals as omnivorers, M6: Proportion of individuals as native insectivores, M7: Total number of individuals, M8: Proportion of abnormal individuals.

Table 5. Water quality status in the Anyang Stream, Korea from January to December 2022

Stations	Water T. (°C)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TP (mg/L)	TOC (mg/L)	pH	SS (mg/L)	Grade*
Wst. 1	16.2±7.2	10.0±2.0	1.8±1.4	5.6±3.2	0.1±0.1	2.6±1.7	7.7~9.1	19.9±49.9	III
Wst. 2	20.7±5.4	7.2±0.8	4.1±1.7	7.4±1.3	0.1±0.0	5.9±1.4	6.6~7.4	4.9±4.0	IV
Wst. 3	19.5±5.3	10.3±1.3	2.0±1.3	6.4±2.1	0.1±0.0	3.4±1.1	7.3~8.9	4.2±4.3	III
Wst. 4	18.2±8.3	10.4±1.6	2.4±1.6	6.0±1.3	0.0±0.0	4.7±1.3	7.6~8.4	8.6±4.7	III
Wst. 5	20.9±4.8	9.6±1.4	3.4±1.4	8.8±1.9	0.1±0.1	5.0±1.3	7.0~7.9	8.2±8.2	V
Wst. 6	17.7±7.9	9.2±2.5	3.3±1.3	6.9±1.3	0.2±0.1	4.1±0.8	7.5~8.1	13.4±9.1	III
Wst. 7	15.1±8.3	10.6±2.4	1.7±0.5	3.6±0.5	0.1±0.1	2.2±0.3	6.1~8.5	4.1±2.6	II
Wst. 8	18.1±6.6	8.3±1.8	4.0±3.5	9.4±4.2	0.2±0.1	6.8±3.3	7.3~8.0	18.7±48.3	V

* River living environment standard grade.

어류상(Byeon, 2018b) 등이 있으며, 제3차 전국자연환경조사에서는 16개 지점(연 1~2회 조사)에서 9과 23종 3,025개체가 확인되었고, 제4차 전국자연환경조사에서는 14개 지점(연 2회 조사)에서 7과 18종 1,341개체가, 한강 지류의 어류상(Byeon, 2018b)은 3개 지점을 2년에 걸쳐 4회 조사하여 5과 19종 787개체가(Table 6), 본 조사에서는 안양천 본류와 지류 20개 지점을 연 2회 조사하여 10과 34종 3,186개체가 채집되어 과거 문헌보다 11~16종이 더 많이 채집되었다. 또한 선행조사에서 출현한 한국고유종은 제3차 전국자연환경조사에서 긴몰개, 몰개, 얼록동사리 3종, 제4차 전국자연환경조사에서 참갈겨니, 얼록동사리 2종, 한강 지류의 어류상(Byeon, 2018b)에서 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 얼록동사리 2종이 출현하였는데, 본 조사에서는 각시붕어, 긴몰개, 몰개, 참갈겨니, 얼록동사리 5종이 출현하여 본 조사가 가장 많았다. 이렇게 본 조사에서 어종 수 및 한국고유종 수가 많이 채집된 원인은 조사지점 수가 20개로 가장 많았고, 전 지점을 2회 조사하였으며, 과거보다 서식환경이 개선되었기 때문으로 추정되었다. 특히 도림천 일대는 최근 생태복원공사가 이루어지면서 수질이 개선되고 자원조성을 위해 어류가 방류되었으며, 그 외 지역에서도 수질이 개선되었기 때문으로 생각된다.

Table 6. Historical record of ichthyofauna in the Anyang Stream, Korea from 2007 to 2022

Scientific name	ME (2007-2010)*	ME (2017)	Byeon (2018b)	Present study
Number of surveys	1~2	2	4	2
Number of survey stations	16	14	3	20
Cyprinidae				
Cyprinus carpio	147	120	19	242
Cyprinus carpio (Israeli type)				1
Carassius auratus	511	419	205	322
Carassius cuvieri	93			
Rhodeus ocellatus		17		44
Rhodeus uyekii				7
Acheilognathus yamatsutae			4	
Acheilognathus lanceolata intermedia			6	5
Acheilognathus macropterus	2			26
Acanthorhodeus chankaensis			146	
Pseudorasbora parva	39	61	34	151
Pungtungia herzi	20	93	37	167
Gnathopogon strigatus		26	1	19
Squalidus gracilis majimae	2			141
Squalidus japonicus coreanus	3			1
Hemibarbus labeo	3			4
Pseudogobio esocinus		30	20	9
Abbottina rivularis	9		3	5
Rhynchocypris oxycephalus	393	110		113
Zacco platypus	1,639	353	252	1,382
Zacco koreanus		17		199
Squaliobarbus curriculus				1
Erythroculter erythropterus	2			
Hemiculter eigenmanni			30	104
Hemiculter leucisculus			12	
Balitoridae				
Lefua costata	1	1		
Cobitidae				
Misgurnus anguillicaudatus	60	16	5	10
Misgurnus mizolepis				1
Siluridae				
Silurus asotus	2			4
Mugilidae				
Chelon haematocheilus	10			32
Adrianichthyidae				
Oryzias sinensis	21	10		161
Centrarchidae				
Lepomis macrochirus	2	13	1	1
Micropterus salmoides	8	9	1	1
Odontobutidae				
Odontobutis interrupta	4	6	4	2
Micropercops swinhonis				1
Gobiidae				
Gymnogobius urotaenia				1
Synechogobius hasta				11
Rhinogobius brunneus	42	7	3	
Tridentiger bifasciatus	12			
Tridentiger brevispinis		33	4	9
Channidae				
Channa argus				1
Poeciliidae				
Poecilia reticulata				8
Number of species	23	18	19	34
Number of individuals	3,025	1,341	787	3,186

*ME(2007-2010): The 3rd Nation Environment Investigation of Freshwater Fish(Byeon and Byeon, 2007a; 2007b; Choi and Lee, 2009a; 2009b; 2009c; Kim and Ju, 2010), ME(2017): The 4th Nation Environment Investigation of Freshwater Fish(Song and Hong, 2017a; 2017b).

선행조사에서 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 종은 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 줄납자루, 가시납지리(*Acanthorhodeus chankaensis*), 강준치(*Erythroculter erythropterus*), 살치(*Hemiculter leucisculus*), 쌀미꾸리(*Lefua costata*), 밀어(*Rhinogobius brunneus*), 민물두줄망둑(*Tridentiger bifasciatus*) 7종이었다. 이 중 가시납지리와 줄납자루, 강준치, 살치는 선행조사에서 안양천 하류 및 목감천 하류에서 서식이 확인되었는데(Byeon and Byeon, 2007a; Byeon, 2018b), 이들 종은 한강 하류역에 넓게 분포하는 어종으로(Byeon, 2018a), 선행조사에는 일시적으로 안양천에 소상하였다가 채집된 경우이나, 본 조사에서는 안양천 하류에 최근 설치된 보의 영향 등으로 상류로 소상하지 못하였거나 소수의 개체만이 서식하여 본 조사에서 채집되지 않은 것으로 추정된다. 쌀미꾸리는 제3차와 제4차 전국자연환경조사에서 각각 1개체씩 출현한 기록이 있는데, 이들은 주로 농수로 및 소하천에 서식하는 어종으

로 환경오염 및 농경지 정리 등으로 인해 서식지와 개체수가 감소하고 있기 때문에(NIBR, 2011) 서식지 변화에 따라 개체수가 감소하여 본 조사에서 채집되지 않은 것으로 생각된다. 밀어는 제3차 전국자연환경조사에서 42개체(Choi and Lee, 2009c), 제4차 전국자연환경조사에서 7개체(Song and Hong, 2017b), Byeon(2018b)에서 3개체가 출현하였고, 민물두줄망둑은 제3차 전국자연환경조사에서 12개체가 출현하였으나(Choi and Lee, 2009b; 2009c), 본 조사에서 출현하지 않아 서식환경 변화 등의 원인으로 서식개체수가 급격히 감소하여 본 조사에서 채집되지 않은 것으로 생각된다.

본 조사에서 처음으로 출현한 종은 이스라엘잉어, 각시붕어, 눈불개(*Squaliobarbus curriculus*), 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*), 좀구굴치(*Micropercops swinhonis*), 꾹저구(*Gymnogobius urotaenia*), 풀망둑, 가물치(*Channa argus*), 구피 8종이었다. 이 중 각시붕어와 미꾸라지는 도림천에서 채집되었는데, 최근 도림천은 생태복원공사가 진행(Constimes, 2020)되어 환경이 개선되었고, 안양천 일대의 자원조성을 위해 어류가 방류된 바 있는데, 이때 방류된 개체가 도림천으로 이동하여 서식 중 채집된 것으로 생각된다(YNA, 2004; Munhwa Ilbo, 2007; Newsis, 2007; Aju Economy, 2019; Newsway, 2019). 치리, 꾹저구, 풀망둑, 가물치 4종은 안양천 및 도림천 하류에서 채집된 종으로 이들 어류가 한강 하류에 넓게 분포하는 점으로 볼 때(Byeon, 2018a), 일시적으로 한강에서 소상하였다가 채집된 것으로 생각된다. 좀구굴치는 목감천 상류에서 1개체가 채집되었는데, 이들은 최근 개체수가 감소하여 멸종위기 관찰종으로 서식실태가 조사되고 있다. 좀구굴치는 진안군, 고창군, 전주시에서만 출현 기록이 있어 전라도 일대에서만 서식하는 것으로 보고되었으나(Kim, 1996), 2006년에 경기도 왕송지와 흥부지(Kim *et al*., 2006), 2011년에는 영남지방(Kim *et al*., 2011), 2012년에는 강원도 영월군 한반도습지(Baek *et al*., 2022)에서 서식이 보고되어 보다 넓은 범위에 서식하는 것으로 추정된다. 이들은 주로 농수로나 소하천의 정수역에 서식하는 것으로 알려져 있는데(Kim, 1997; NIBR, 2019), 좀구굴치가 채집된 곳은 평지하천으로 흐름이 느리며 주변의 농경지로부터 수초의 생육에 필요한 유기물이 유입되어 이들의 서식에 적합한 환경이었다. 좀구굴치는 1년생 어류로(Kim, 1996), 성어는 4월에 산란 후 대부분 죽기 때문에 5월 이후로는 성어를 찾아보기 힘들고 치어의 경우 크기가 작아 일반적인 족대로 채집이 어려워 산란기 이후 일정 기간은 채집이 어렵다. 눈불개는 우리나라 금강과 한강 하류에 서식하는 것으로 알려져 있는데(Kim and Park, 2007; Kim *et al*., 2005), 과거에는 금강과 한강 모두에 널리 서식하였으나 최근에는 한강의 서식 개체수가 급격히 줄어 서식을 확인하기 어려운 것으로 보고되고 있다(Yoon *et al*., 2012). 본 조사에서 눈불개는 도림천 하류에서 1개체가 4월에 채집되었는데, 채집된 개체는 전장 84㎜로 당년생 치어였고, 이전 해에 태어난 치어가 도림천에 소상하여 서식 및 월동하다 채집된 것으로 추정되며, 한강에 희소하게 서식하기 때문에 주목되었다.

선행 연구와 본 조사에서 출현 기록이 있는 외래종은 이스라엘잉어, 떡붕어, 블루길, 배스, 구피 5종이었다. 떡붕어는 일본 비와호가 원산지이나 1972년 일본에서 자원조성용으로 도입된 후 우리나라 전역에 방류되었고, 전국의 댐호에서 우점적으로 서식하고 있다(Kim and Park, 2007). 안양천에서 이들은 제3차 전국자연환경조사에서 93개체가 출현한 기록이 있으나 이후로는 출현하지 않고 있는데 이는 조사방법의 차이, 개체수의 급감, 또는 소멸에 의한 것으로 추정된다. 생태계교란 생물인 블루길과 배스는 이전 조사(Choi and Lee, 2009b; 2009c; Song and Hong, 2017a; 2017b; Byeon, 2018b)와 본 조사 모두에서 서식이 확인되었다. 블루길과 배스는 각각 1969년과 1973년에 우리나라에 식용으로 도입된 이후 하천, 댐, 저수지 등으로 급격히 확산되었고, 1998년에 생태계교란야생생물로 지정되었으며, 포식성이 뛰어나 생태계를 크게 교란시키고 있다(Son and Byeon, 2001; Ko *et al*., 2008; Lee *et al*., 2009). 본 조사에서 블루길과 배스는 각각 1개체씩 확인되어 선행조사에 비해 출현 개체수가 줄었으나, 번식력이 강하고 생태계를 크게 교란시키기 때문에 지속적인 관찰이 필요하다고 생각된다. 본 조사에서 새롭게 출현한 외래어종은 이스라엘잉어와 구피 2종이었다. 이스라엘잉어는 독일산 가죽잉어와 이스라엘 토착잉어의 교잡에 의해 생성된 품종으로, 우리나라에는 1973년에 최초로 도입되어 1975년부터 양식이 시작되었고, 자연에는 자원조성 및 양식장 탈출에 의해 이입되었다(Kim, 1997). 구피는 도림천에서 8개체가 채집되어 주목되었다. 이 종은 중·남미 지방이 원산지인 어류로 우리나라를 포함하여 전 세계적으로 관상어로 널리 사육되고 있고, 우리나라에서 일부 개체가 자연 하천으로 유입되어 서식하고 있는 것이 보고되었다(Lee and Choi, 2015; Yang *et al*., 2019; Choi *et al*., 2021). 하지만 이들은 10°C 이하의 수온에서 7시간 이상 노출될 경우 사멸하는 것으로 보고되어 있어(Song *et al*., 2019) 우리나라의 하천에서는 겨울을 넘기지 못하고 모두 폐사하는 것으로 생각되어 왔으나 최근 이천시 죽당천에서 온배수가 지속적으로 유입됨에 따라 한겨울에도 고수온이 유지되어 많은 개체가 연중 서식하는 것으로 보고되었다(Song *et al*., 2019). 본 연구에서 많은 개체가 서식하는 것으로 나타났기 때문에 이들의 서식실태 및 월동유무, 생태 등의 추가적인 연구가 필요하다고 생각되며, 구피가 더 이상 자연 하천에 방류되지 않도록 관리방안이 요구되었다.

조사지점을 대상으로 실시한 하천건강성 평가 결과 보

통~매우나쁨으로 대체로 나쁘게 평가되었는데, 이는 안양천이 도심하천의 형태를 띠어 오염물질이 많이 유입되고 있어 민감종(2종)에 비해 내성종(19종)이 우점하였고, 평지하천의 형태를 띠어 여울성 저서종들(M2 매트릭)이 서식할 수 있는 환경이 많지 않았기 때문으로 생각된다. 따라서 안양천에서 오염물질 유입에 의한 수질 저하는 하천건강성에 큰 영향을 미친 것으로 생각되며, 우리나라에서 수질과 하천건강성에 대한 연구는 비교적 많이 보고된 바 있다(Choi *et al*., 2005; Lee and An, 2016; An and Lee, 2018; Na *et al*., 2019; Park *et al*., 2019).

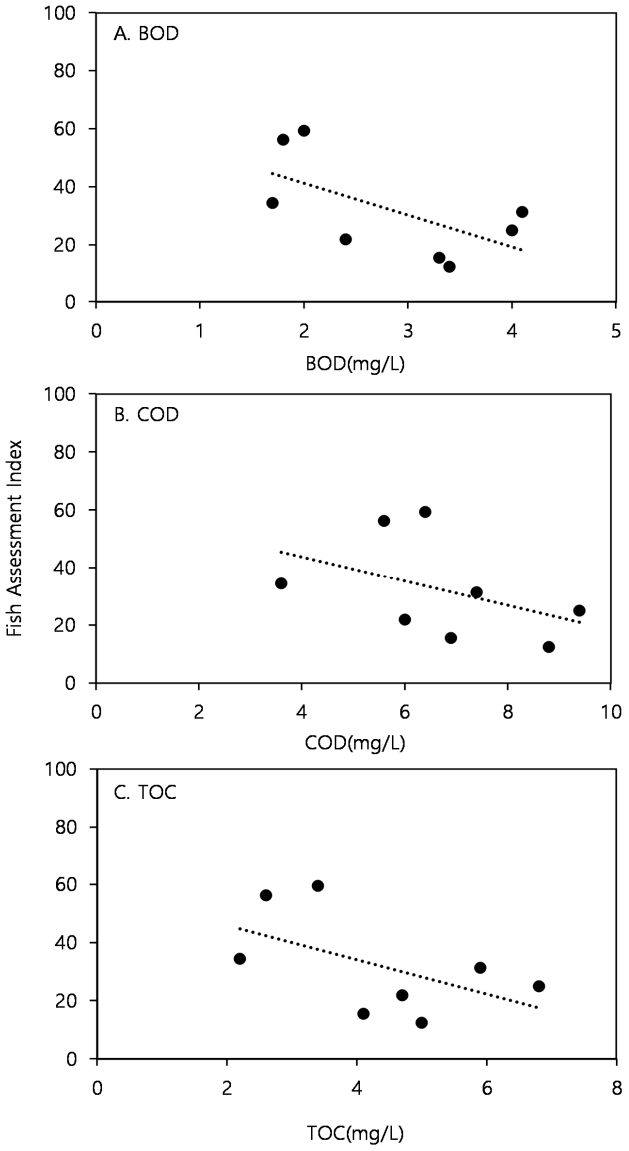

Figure 4. The relationship between water quality status and Fish Assessment Index (FAI) in Anyang stream in 2022.

안양천 수질측정망 8개 지점의 수질 정보(BOD, COD, TOC)와 수질측정망 지점과 가장 가까운 조사지점의 하천건강성평가 점수를 비교한 결과, Fig. 4와 같이 수질 값이 하천건강성평가 점수와 반비례하는 경향이 있는 것으로 나타났는데, 이는 SS, BOD, COD, TN(총질소), TP 등이 증가할수록 하천건강성(FAI)은 낮아지는 것으로 보고한 Park *et al*.(2019)의 연구와 일치하였다. 한편 오염물질이 지속적으로 유입되는 열악한 수질은 고유종의 개체수를 감소시키고, 저서성 어종보다 부유성 어종의 개체수를 증가시키는 것으로 보고되고 있는데(Choi *et al*., 2005; Park *et al*., 2019), 안양천의 고유화율은 14.7%로 나타나 한강 본류의 고유화율 17.9%(Byeon, 2018a)와 한강 본류로 유입되는 지류(중랑천, 청계천, 서울숲 연못, 탄천, 안양천, 홍제천)의 고유화율 17.1%(Byeon, 2018b) 및 우리나라 하천의 평균 고유화율 25.9%(Kim, 1995)보다 낮았고, 저서성 어종은 8종(24%)만이 출현하여 비율이 낮았는데 이러한 결과가 낮은 하천건강성평가 점수에 반영된 것으로 생각된다. 또한 안양천에서는 수질 및 저질 오염의 영향으로 적지 않은 어류 집단폐사가 보고되고 있는데, 1997년 7월 250여 개체의 어류가 폐사하였다는 보고를 시작으로, 2002년 2회, 2003년 4회, 2004년 1회, 2005년 2회의 어류 집단폐사 사례가 보고되었고(SDI, 2006; YNA, 2005), 2009년, 2010년, 2011년에 연이어 누치, 잉어 등의 어류가 집단폐사하였다(Seoul Economy, 2009; Newsis, 2010; MBN, 2011). 2015년 4월에는 한강과 안양천의 합류부에서 700~800개체의 어류가 집단으로 폐사하였다는 보고(YNA, 2015)가 있어 수질과 저질 개선의 필요성이 부각되었다.

1997년부터 2022년까지 안양천의 수질 변화는 Fig. 5와 같이 나타났다. BOD, COD, TP, SS는 1990년대 후반에 매우 높은 수치를 기록한 이후 점차 감소하는 양상을 보이고 있고 DO는 점차적으로 증가하는 양상을 띠고 있는데 이는 수도권의 도시화가 진행되며 공업단지가 수도권 외곽으로 이동하며 공업폐수의 배출량이 감소하여 이루어진 결과로 보인다. 주목할만한 점으로는 도림천에 해당하는 Wst. 7 지점에서 2000년대 후반~2010년대 초반을 기점으로 TP, Conductivity가 급격히 떨어졌는데, 이는 도림천 일대에 이루어진 생태복원사업으로 인해 수질이 개선되었기 때문으로 생각된다. 안양천의 수질은 과거에 비해 개선되는 양상을 띠고 있고 이러한 결과는 임진강 지류 하천인 신천의 수질 변화 양상과 유사하였다(Choi *et al*., 2021).

한편 조사지점 20개 중 8개 지점에서 보가 설치되어 있었고 모두 어도가 설치되어 있지 않았다. 하천에 설치된 보는 하천 흐름을 억제하여 정체수역이 늘어나 정수성 어종의 비율을 증가시키고(Ko *et al*., 2017), 물리적 단절로 인해 어류의 이동을 차단시켜 종적 단절을 유발하며(Choi *et al*.,

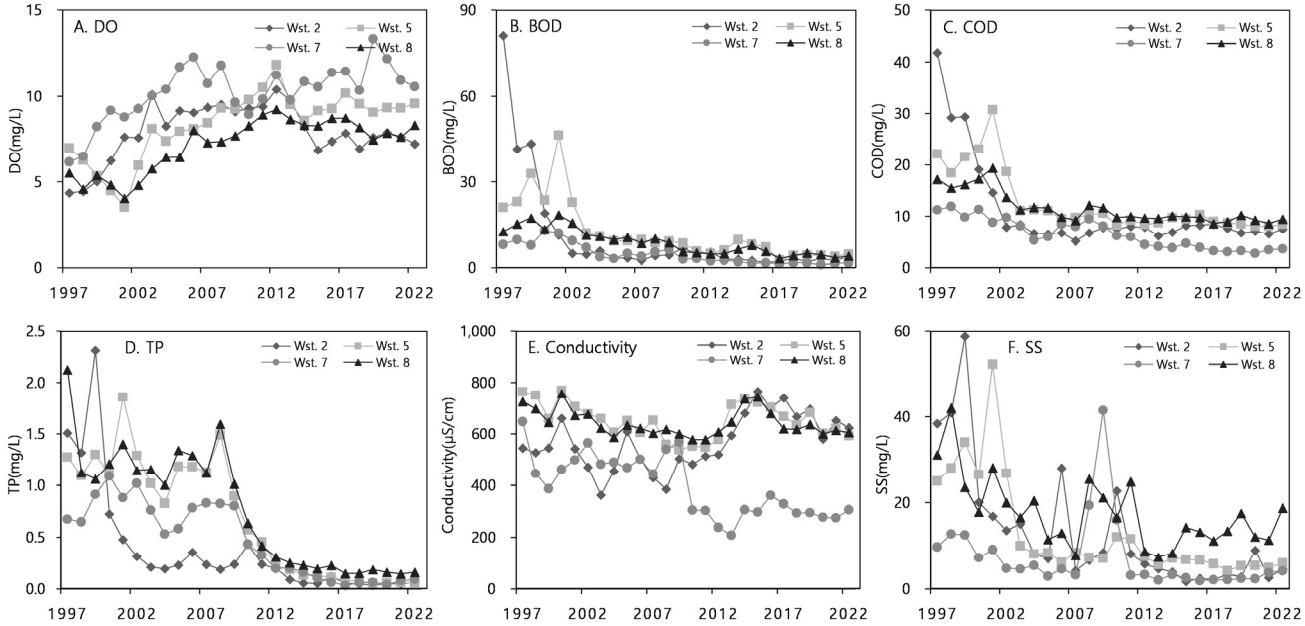

Figure 5. Historical record of water quality of Anyang stream from 1997 to 2022.

2013; Yoon *et al*., 2021), 서식지 및 산란장을 교란하여 특정 어종의 상대 풍부도를 낮추는 것으로 알려져 있다(Yoon *et al*., 2021). 하지만 보에 어도가 있을 경우 어류가 상류로 이동할 수 있게 되어 이러한 종적 단절이 어느 정도 해소된다(Choi *et al*., 2013; Park and An, 2014; Kim *et al*., 2015; Yoon *et al*., 2021). 안양천의 본류 및 지류에 설치된 보는 도림천에서 71개, 삼성천 32개, 오전천 25개 등 총 219개였으며, 그 중 어도가 설치된 보는 35개로 어도 설치율은 약 16.0%로 매우 낮았다(MIFAFF *et al*., 2010). 특히 도림천은 보의 개수가 가장 많았으나 어도가 설치된 보는 없기 때문에 어류의 이동에 큰 장애물로 작용할 것으로 생각되며, 안양천 본류 및 지류에 설치된 보도 한강본류에 서식하는 회유성 및 기수성 어류들의 소상에 큰 장애물이 될 것으로 생각된다(MIFAFF *et al*., 2010). 따라서 안양천 및 지류의 보에 적절한 형태의 어도를 설치한다면 어류의 이동성을 확보하여 하천건강성이 증진되고 다양한 어류의 서식이 가능해지기 때문에 보에 어도 설치가 시급히 진행되어야 할 것이다.

본 연구 결과 안양천은 하천건강성이 좋지 않은 것으로 나타났는데, 이처럼 하천건강성평가에서 낮은 등급을 받은 것은 열악한 수질의 영향이 큰 것으로 추정되었다. 지난 26년간 여러 수질 지표가 개선되었으나 여전히 전체적인 수질이 좋지 않은 것으로 나타났기 때문에 안양천의 건강성을 증진시키기 위해서는 무엇보다 수질개선이 우선되어야 할 것으로 생각되며, 저질에 침전되어 있는 오염물질로 인한 어류 집단폐사 사례가 꾸준히 보고되고 있기 때문에 저질환경 개선도 동반되어야 할 것으로 생각된다. 본 조사에서 출현한 생태계교란 생물인 블루길, 배스는 개체수가 적으나 지속적인 모니터링이 필요하고, 도림천에서 확인된 구피는 생태 연구 및 추가 유입 방지를 위한 대책 마련이 요구되었다. 또한 안양천에는 많은 보가 설치되어 있지만 어도 설치율이 매우 낮기 때문에 어류의 이동성을 확보하기 위해 어도 설치가 시급히 요구된다.

REFERENCES

Aju Economy(2019) Anyang city had release event of *Misgurnus mizolepis* to remove mosquito larvae. Retrieved from https://www.ajunews.com/view/20190412152142491 version(02/2024)

An, K.G. and S.J. Lee(2018) Ecological health assessments, conservation and management in Korea using multi-metric model. Korean Journal of Environment and Ecology 51: 86-95. (in Korean with English abstract)

Baek, J.W., J.H. Kim, B.J. Kim and J.S. Choi(2022) The ecological specificity and dynamic of fish fauna in Yeongwol Korean peninsula wetland. Journal of the Environment 15: 13-22. (in Korean with English abstract)

Byeon, H.K(2018a) Characteristics of fish community and distribution of exotic species at the Hangang River in Seoul, Korea. Korean Journal of Ichthyology 30: 144-154. (in Korean

with English abstract)

Byeon, H.K(2018b) Characteristics of fish community in the stream flowing into the Han River in Seoul, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 32: 261-273. (in Korean with English abstract)

Byeon, H.K. and M.S. Byeon(2007a) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Gonghang whole area. Ministry of Environment, 5pp. (in Korean)

Byeon, H.K. and M.S. Byeon(2007b) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Seoul whole area. Ministry of Environment, 5pp. (in Korean)

Choi, J.K., H.S. Shin and J.S. Choi(2005) Fish community analysis in the Wonju-stream. Korean Journal of Environment and Ecology 19: 46-54. (in Korean with English abstract)

Choi, J.S. and K.Y. Lee(2009a) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Gunpo whole area. Ministry of Environment, 4pp. (in Korean)

Choi, J.S. and K.Y. Lee(2009b) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Sosa whole area. Ministry of Environment, 4pp. (in Korean)

Choi, J.S. and K.Y. Lee(2009c) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Anyang whole area. Ministry of Environment, 4pp. (in Korean)

Choi, J.W., C.S. Park, B.J. Lim, J.H. Park and K.G. An(2013) Fish passage evaluations in the fishway constructed on Seungchon Weir. Journal of Environmental Science International 22: 215-223. (in Korean with English abstract)

Choi, K.S., M.S. Han, J.D. Yoon and M.H. Ko(2021) Characteristics of fish community and the effects of water quality on river health in Sincheon, Imjin River, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 35: 265-276. (in Korean with English abstract)

Constimes(2020) Dorim stream in Gwanak-gu will reborn through a ecological restoration... 33.1 billion won will be invested until 2022. Retrieved from https://www.constimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=211103 version(02/2024) (in Korean)

Cummins, K.W.(1962) An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. The American Midland Naturalist 67: 477-504.

Jang, M.H., G.J. Joo and M.C. Lucas(2006) Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. Ecology Freshwater Fish 15: 315-320.

Kani, T.(1944) Ecology of the aquatic insects inhabiting a mountain stream. In: Furukawa H. (ed) Insects I. Kenkyu-sha, Tokyo, pp. 171-317. (in Japanese)

Kim, B.J.(1996) The bionomics and life history of the freshwater eleotrid fish, *Hyposeleotris swinhonis* (Günther). Ph.D. Dissertation, Univ. of Jeonbuk. Jeonju, 57pp. (in Korean with English abstract)

Kim, I.S. and J.Y. Park(2007) Freshwater fishes of Korea. Kyohak Publishing, Seoul, 467pp. (in Korean)

Kim, I.S.(1995) Distribution status and conservation of endangered freshwater fish in Korea. Korean Society of Ecology and Ichthyology Joint Symposium, pp. 31-50. (in Korean)

Kim, I.S.(1997) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, freshwater fishes. Ministry of Education, Yeongi, 629pp. (in Korean)

Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim(2005) Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Publishing, Seoul, 615pp. (in Korean)

Kim, J.G., Y.S. Jang, K.Y. Lee, H.R. Yoo, J.Y. Jeong, B.C. Kim and J.S. Choi(2006) Characteristics of fish community on six lakes located in Gyeonggi. Korean Journal of Liminology 39: 178-186. (in Korean with English abstract)

Kim, J.H., J.D. Yoon, S.H. Park, J.W. Lee, S.H. Baek and M.H. Jang(2015) Characteristics of fish utilization of the nature-like fishway installed at the Baekjae Weir. Korean Journal of Environmental Ecology 48: 212-218. (in Korean with English abstract)

Kim, J.M. and Y.D. Ju(2010) The 3rd nation environment investigation. Fresh water fishes of the Dunjeon whole area. Ministry of Environment, 4pp. (in Korean)

Kim, S.G., Y.H. Kang, K.B. Hong, D.W. Yoo, H.Y. Seok, B.S. Chae, H.S. Kim and E.W. Hwang(2011) Ichthyofauna and community structure from 21 lakes in the Yeungnam area including Gyeongsangbuk-do and Gyeongsangnam-do provinces, Korea. Korean Journal of Ichthyology 23: 288-299. (in Korean with English abstract)

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

Ko, M.H., Y.S. Kwan, W.K. Lee and Y.J. Won(2017) Impact of human activities on changes of ichthyofauna in Dongjin River of Korea in the past 30 years. Animal Cells and Systems 21: 207-216.

Kwater(2007) A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, 582pp. (in Korean)

Lee, H.G. and J.G. Choi(2015) The characteristic of fish community following the restoration of Yangjae Stream. Korean Journal of Environment and Ecology 29: 873-883. (in Korean with English abstract)

Lee, S.J. and K.G. An(2016) Distributions of endangered fish species and their relations to chemical water quality-ecological stream health in Geum-River watershed. Korean Journal of Environment and Ecology 30: 986-995. (in Korean with English abstract)

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 Journal of Ichthyology 21: 200-207. (in Korean with English abstract)

Margalef, R.(1958) Information theory in ecology. General Systems 3: 36-71.

MBN(2011) Fishes in downstream of Anyang stream collectively died. Retrieved from https://www.mbn.co.kr/news/society/1076247. version(01/2024) (in Korean)

McNaughton, S.J.(1967) Relationship among functional properties of California Glassland. Nature 216: 144-168.

ME(Ministry of Environment)(2020) Water pollution accident action and control learned from examples. Ministry of Environment, Korea, 144pp. (in Korean)

MIFAFF(Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries), KRC(Korea Rural community Corporation) and NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute)(2010) National fishway factual survey and research for DB construction. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Korea Rural community Corporation and National Fisheries Research & Development Institute. Res. Rep. 275pp. (in Korean)

Moyle, P.B. and J.J. Cech(2000) Fishes: An introduction to ichthyology(4th ed.). Davis: Prentice Hall, 612pp.

Munhwa Ilbo(2007) Make water quality of Anyang stream to first grade. Retrieved from https://www.munhwa.com/news/view.html?no=2007042401031043136002O version(02/2024) (in Korean)

Na, H.H., S.J. Lee and K.G. An(2019) The influence of chemical water quality on fish trophic guilds, pollution tolerance, and multi-metric ecological health in the main streams of Mangyeong River. Korean Journal of Environmental Biology 37: 8-18. (in Korean with English abstract)

Nelson, J.S.(2006) Fishes of the world (Fourth edition). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 601pp.

Newsis(2007) Long live in Anyang stream. Retrieved from https://n.news.naver.com/mnews/article/003/0000394103?sid=102 version(02/2024) (in Korean)

Newsis(2010) Collective death of freshwater fish in Malgeunnae Stream, component analysis will be announced on October 27th. Retrieved from https://n.news.naver.com/mnews/article/003/0003503125?sid=102. version(01/2024) (in Korean)

Newsway(2019) Anyang city held 27th clean up day event. Retrieved from https://www.newsway.co.kr/news/view?tp=1&ud=2019101811214830070 version(02/2024) (in Korean)

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

NIBR(National Institute of Biological Resources)(2011) Red data book of endangered fishes in Korea. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon, 202pp. (in Korean)

NIBR(National Institute of Biological Resources)(2019) Red data book of Republic of Korea, Volume 3. freshwater fishes. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon, 250pp. (in Korean)

NIER(National Institute of Environmental Research)(2016) Survey and evaluation method for river and stream ecosystem health assessment. National Institute of Biological Resources, Incheon, 313pp. (in Korean)

NIER(National Institute of Environmental Research)(2019) Survey and evaluation method for river and stream ecosystem health assessment. National Institute of Environmental Research, 131pp. (in Korean)

Nishimura, S.(1974) History of Japan sea: Approach from biogeography. Tsukiji-Shokan, Tokyo, 274pp. (in Japanese with English abstract)

Park. C.S. and K.G. An(2014) Fish passage assessments in the fishway of Juksan weir constructed in the downstream area of Youngsan-River watershed. Journal of Environmental Science International 23: 1513-1522. (in Korean with English abstract)

Park. Y.J., S.J. Lee and K.G. An(2019) Analysis of fish ecology and water quality for health assessment of Geum-River watershed. Korean Journal of Environment and Ecology 33: 187-201. (in Korean with English abstract)

Pielou, E.C.(1969) Shannon's formula as a measure of diversity. The American Naturalist 100: 463-465.

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

SDI(Seoul Development Institute)(2006) Study on the development of response measures in case of water quality accidents in freshwater rivers: Focused on Jungnang Stream, Cheonggye Stream and Anyang Stream. Seoul Development Institute, Seoul, 191pp. (in Korean)

Seoul Economy(2009) 100 freshwater fishes of downstream of Anyang Stream collectively died. Retrieved from https://n.news.naver.com/mnews/article/011/0002015230?sid=102. version(12/2023) (in Korean)

Sin, J.K., J.L. Cho, S.J. Hwang and K.J. Cho(2000) Eutrophication and water pollution characteristics of Kyongan stream to Paltang reservoir. Water Resources Research Institute 33: 387-394. (in Korean with English abstract)

Son, Y.M. and H.K. Byeon(2001) Feeding habit of main carnivorous fish (*Erythroculter erythropterus*, *Opsariichthys uncirostris* and *Micropterus salmoides*) at Lake Paldang. The Bulletin of Institute of Basic Science 15: 61-78. (in Korean with English abstract)

Song, D.G., J.J. Kim, M.S. Sung and K.G. An(2019) Distribution and temperature sensitivity test of exotic fish *Poecilia reticulata* in

the stream of thermal wastewater. Proceedings of the 2nd Symposium on the Korean Journal of Environment and Ecology, Daejeon, 109pp. (in Korean)

Song, H.B. and S.M. Hong(2017a) The 4th nation environment investigation. Fresh water fishes of the Anyangcheon upstream whole area. Ministry of Environment, 9pp. (in Korean)

Song, H.B. and S.M. Hong(2017b) The 4th nation environment investigation. Fresh water fishes of the Anyangcheon middlestream whole area. Ministry of Environment, 10pp. (in Korean)

WEIS(Water Environment Information System)(2023) River living environment standard. Retrieved from https://water.nier.go.kr/web/waterMeasure?pMENU_NO=571, version(12/2023)

Yang, K.B., H.J. Baek, J.H. Lee and S.H. Kim(2019) Inhabiting status of invasive fish in Korea. Abstracts 2019 Spring Meeting of Korean Journal of Environment and Ecology 29: 81. (in Korean)

Yeom, D.H., S.A. Lee, G.S. Kang, J. Seo and S.K. Lee(2007) Stressor identification and health assessment of fish exposed to wastewater effluents in Miho stream, South Korea. Chemosphere 67: 2282-2292.

YNA(Yonhap News Agency)(2004) Doctor Jain Goodall visited Anyang Stream. Retrieved from https://n.news.naver.com/mnews/article/001/0000815318?sid=103 version(02/2024) (in Korean)

YNA(Yonhap News Agency)(2005) Collective death of fishes in Anyang Stream. Retrieved from https://n.news.naver.com/mnews/article/001/0001027645?sid=102. version(02/2024) (in Korean)

YNA(Yonhap News Agency)(2015) 800 freshwater fishes died in Anyang Stream, Yeomchangdong, Seoul. Retrieved from https://www.yna.co.kr/view/AKR20150411043200004?input=1195m. version(01/2024) (in Korean)

Yoo, D.G., G.S. Lee, G.Y. Kim, N.K. Kang, B.Y. Yi, Y.J. Kim, J.H. Chun and G.S. Kong(2016) Seismic stratigraphy and depositional history of late quaternary deposits in a tide-dominated setting: An example from the eastern Yellow Sea. Marine and Petroleum Geology 73: 212-227.

Yoon, J.D., J.H. Kim, D.S. In, E.J. Hwang, J.H. Yoon, Y.J. Lee, K.H. Jang and M.H. Jang(2012) Evaluation of the movement pattern of *Squaliobarbus curriculus* inhabiting in the mid-lower part of Geum River using acoustic telemetry. Korean Journal of Ecology and Environment 45: 482-489. (in Korean with English abstract)

Yoon, Y.J., J.Y. Kim, H.J. Kim, D.Y. Bae, G.S. Park, C.D. Nam, K.H. Lim, M.Y. Lee, S.Y. Lee, K.D. Moon, E.H. Lee and K.G. An(2021) Changes in fish species composition after fishway improvement in Songrim weir, Yeongok stream. Korean Journal of Environmental Biology 39: 195-206. (in Korean with English abstract)