

한강 및 유입 지류 어도의 활용도 평가¹⁾

백현민²⁾ · 이보병³⁾

²⁾(주)참생태연구소

³⁾(주)참생태연구소

I. 서론

최근 한강의 수질이 개선되고, 청계천 등을 포함한 하천 복원을 통하여 생물다양성 증진을 위해 노력한 결과, 생태적 건강성이 회복되고 있다. 한강과 그 지류에는 이수 및 치수를 위한 다양한 보가 설치되어 있다. 이러한 구조물이 생물의 이동을 방해하여 바다에서 하천으로 거슬러 올라오는 소하성 어종의 이동이 제한되고 있는 실정이다. 이에 따라 한강 본류 및 지류의 어도 필요성이 대두되었으며, 효율적인 어도 설치를 위해 이용 대상 어종, 어도 형식, 설치 위치에 대한 기초조사는 매우 중요하다.

본 연구는 2002년 선행 조사, 연구를 통해 개선한 잠실수중보의 어도 모니터링 및 최근 복원이 이루어져 새롭게 어도가 정비되거나 도입된 청계천 · 중랑천 · 탄천 하류의 어도 이용에 대하여 조사하여 효율성을 평가하고, 이를 토대로 하여 개선방안을 도출하고자 하였다.

II. 조사 방법

1. 조사시기 및 조사지점

본 조사지점은 본류 구간의 잠실수중보(1개소)와 청계천 2개소, 중랑천 2개소, 탄천 2개소 등 총 7개 지점의 어도에 대하여 모니터링을 실시하였다. 조사 시기는 2021년 6~9월까지 하계 조사, 추계 조사, 2022년 4월 춘계 조사 각 2회씩 총 6차에 걸쳐 조사를 실시하였다(Table 1).

1) Evaluation of the Utilization of Fish Way of the Han River and Its Inflow Tributaries.

2) BAEK, Hyun Min, Institute for Cham Ecology, E-mail : cozym@naver.com

3) LEE, Bo Byeong, Institute for Cham Ecology, E-mail : chameco@naver.com

〈표 1〉 Monitoring sites of fish way

지점	조사지점	위치	지점명	어도 조사지점도
1	한강본류	서울특별시 송파구 신천동	잠실수중보	
2	청계천	서울특별시 성동구 행당동	청계천1보	
3		서울특별시 성동구 행당동	청계천2보	
4	중랑천	서울특별시 광진구 중곡동	군자교	
5		서울특별시 성동구 금호동4가	용비교	
6	탄천	서울특별시 강남구 대치동	학여울	
7		서울특별시 강남구 삼성동	청담2교	

2. 조사 방법

1) 육안 관찰

가장 직접적인 조사 방법으로 모든 조사지점에서 일정 시간 동안 관찰하였다. 또한 낙차공이나 어도의 하류에 물고기가 소상할 가능성이 크므로 그 주변도 목견으로 관찰하였다.

2) 트랩 조사

트랩은 스틸파이프를 이용하여 100×80×100cm(가로×세로×높이)의 규격으로 그 안에 그물을 설치하여 물고기 포획이 가능하게 하였다. 트랩은 조사지점 중 수심이 깊어 일각망을 설치할 수 없는 곳에 설치하였다. 트랩은 오후에 설치하여 overnight 후 다음 날 오전에 수거하여 조사하였다.

3) 일각망 조사

일각망은 어도의 유입부에 설치하여 소상하는 어류를 포획하도록 하였다. 조사지점 중 어도의 형식이 아닌 낙차공 형태의 조사지점 및 수심이 1m 이내의 얇은 곳에 설치하였다. 일각망은 오후에 설치하여 overnight 후 오전에 수거하여 어류를 파악하였다.

4) 어류의 분류

모니터링에서 채집된 어류는 버니어캘리퍼스를 이용하여 체장을 측정하였고, 어종의 동정은 内田(1939), 정(1977), 전(1980, 1986), 김(1997), 김 등(2005), 최 등(1990), 김·박(2002)에 따랐으며, 분류체계는 Nelson(2006)에 준하였다.



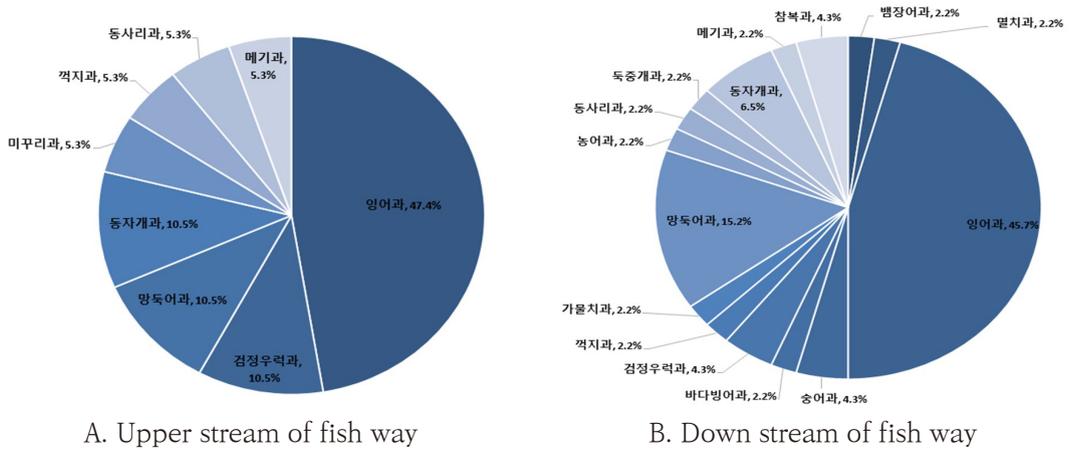
〈그림 1〉 The panoramic photograph of survey station.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 어도 이용 가능 어류(상·하류 어류상)

1) 한강 본류(잠실수중보)

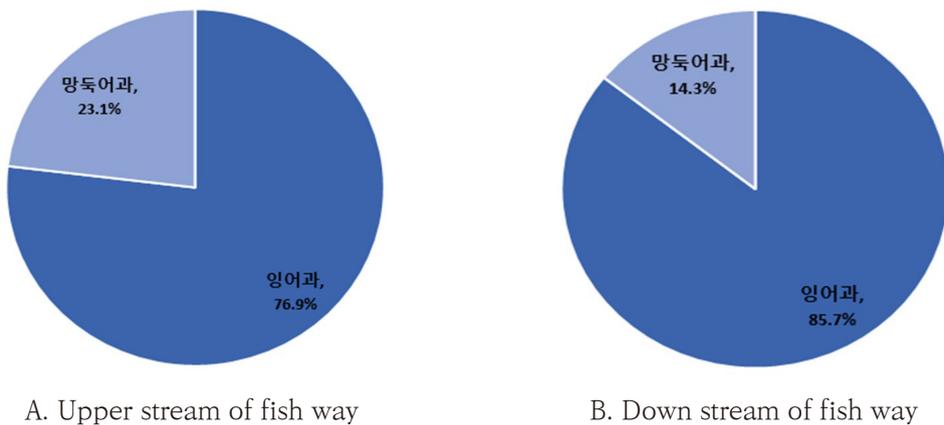
한강본류 조사지점인 잠실수중보 어도의 이용이 가능한 어류를 파악하기 위하여 상류 및 하류의 어류상을 파악하였다. 잠실수중보 상류에서 확인된 어류는 9과 20종이 조사되었다. 이중 회유성 어류는 뱀장어 1종이 확인되었고, 출현어종 중 우점종은 민물검정망둑(27.4%), 아우점종은 밀어(19.5%)였다. 하류에서 확인된 어류는 15과 46종이 조사되었다. 이 중 2차 담수어는 뱀장어, 웅어, 은어, 점농어 등 5종이 확인되었고, 출현 어종 중 우점종은 납지리(14.6%), 아우점종은 누치(12.8%)였다. 상류에서 잉어과 어류가 많이 확인되었고, 하류 구간에서 망둑어과, 송어과 등 기수에 서식하는 어류가 상류에 비하여 상대적으로 많은 종이 확인되었다. 잠실수중보 상·하류간 어류상 조사 결과, 잠실수중보 어도의 이용이 가능한 어류는 총 16과 50종으로 확인되었다.



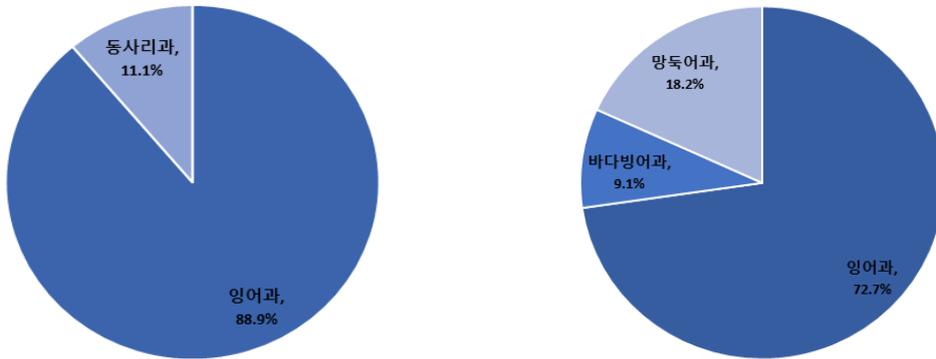
〈그림 2〉 Relative abundance by each family in Jamsil underwater reservoir.

2) 청계천

청계천 어도의 이용이 가능한 어류를 파악하기 위하여 상류 및 하류의 어류상을 파악하였다. 청계천 상류에서 확인된 어류는 2과 13종이 조사되었다. 모두 1차 담수어로 확인되었다. 출현어종 중 우점종은 피라미(69.5%), 아우점종은 참갈겨니(18.9%)였다. 하류에서 확인된 어류는 2과 14종이 조사되었다. 모두 1차 담수어로 확인되었다. 출현 어종 중 우점종은 피라미(53.0%), 아우점종은 돌고기(16.5%)였다. 청계천 상·하류간 어류상 조사 결과, 잉어과 어류가 우세하게 확인되었다. 청계천 어도의 이용이 가능한 어류는 총 2과 17종으로 확인되었다.



〈그림 3〉 Relative abundance by each family in Cheonggyecheon.



A. Upper stream of fish way

B. Down stream of fish way

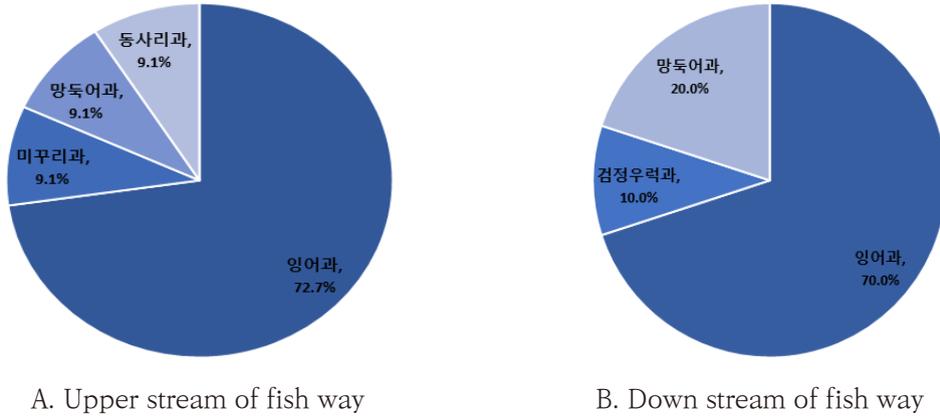
〈그림 4〉 Relative abundance by each family in Cheonggyecheon.

3) 중랑천

중랑천 어도의 이용이 가능한 어류를 파악하기 위하여 상류 및 하류의 어류상을 파악하였다. 중랑천 상류에서 확인된 어류는 2과 9종이 조사되었다. 출현 어류는 전부 1차 담수어로 확인되었다. 출현 어종 중 우점종은 피라미(59.0%), 아우점종은 돌고기(11.7%)였다. 하류에서 확인된 어류는 3과 11종이 조사되었다. 2차 담수어 은어 1종이 확인되었다. 출현어종 중 우점종은 피라미(44.6%), 아우점종은 잉어(16.9%)였다. 중랑천 상·하류간 어류상 조사 결과, 잉어과 어류가 대부분이었고, 2차 담수어 은어 1종이 확인되었다. 중랑천 어도의 이용이 가능한 어류는 총 4과 14종으로 확인되었다.

4) 탄천

탄천 상류에서 확인된 어류는 4과 11종이 조사되었다. 모두 1차 담수어로 확인되었다. 출현어종 중 우점종은 피라미(66.2%), 아우점종은 잉어(9.0%)였다. 하류에서 확인된 어류는 3과 10종이 조사되었다. 모두 1차 담수어로 확인되었다. 출현어종 중 우점종은 피라미(48.2%), 아우점종은 붕어(10.6%)였다. 탄천 상·하류간 어류상 조사 결과, 잉어과 어류가 대부분이었고, 회유성 어류는 소상하지 않는 것으로 확인되었다. 탄천 어도의 이용이 가능한 어류는 총 5과 15종으로 확인되었다.



〈그림 5〉 Relative abundance by each family in Tancheon.

2. 어도 이용 모니터링 조사 결과

1) 전체 어도의 어류 이용

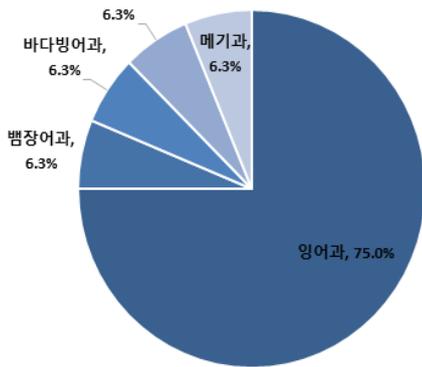
어도 모니터링으로 조사된 어류는 총 5과 16종이 확인되었다. 잉어과 어류가 12종(75.0%), 뱀장어과, 바다빙어과, 동사리과, 메기과가 각각 1종(6.3%)이 출현하였다. 1차 담수어가 주를 확인되었으며, 2차 담수어는 뱀장어, 은어 2종이 조사되었다.

우점종은 피라미(29.0%), 아우점종은 잉어(14.1%)로 나타나 어도를 주로 이용하는 어종으로 확인되었다. 그 외에 잉어(14.1%), 돌고기(10.4%), 물개(9.1%), 줄물개(8.6%) 등이 우세하게 출현하였다.

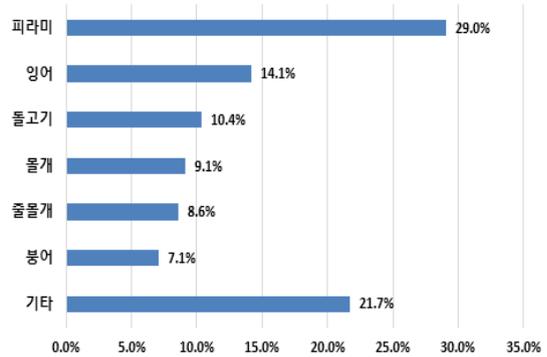
2) 한강 분류(잠실수중보)

조사결과 3과 11종 109개체가 확인되었다. 잉어과 어류가 9종(81.8%), 뱀장어과와 바다빙어과가 어류가 각각 1종(9.1%)이 출현하였다. 우점종은 물개(33.0%), 아우점종은 누치(12.8%)로 확인되었고, 그 외 중고기(10.1%), 돌고기(10.1%), 은어(7.3%)등의 순으로 출현하였다.

어도를 이용하는 개체별 전장 범위를 살펴보면, 잉어는 180~322 mm, 돌고기는 35~45 mm, 누치는 155~330 mm, 붕어는 125~150 mm, 중고기는 50~65 mm, 긴물개는 50~55 mm, 강준치는 255~285 mm, 은어 150~190 mm로 확인되었다. 확인된 어종의 전장 범위로 미루어 볼 때, 크기가 작아 유영력이 다소 부족한 어류는 확인되지 않았고, 돌고기, 물개, 중고기 등 일반적으로 유수역

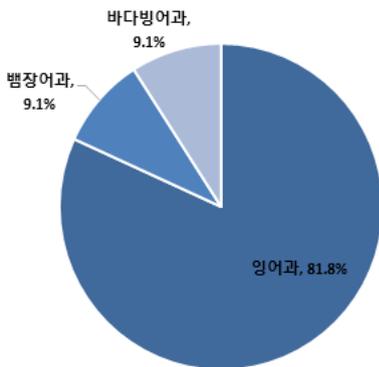


A. Percentage of species each family

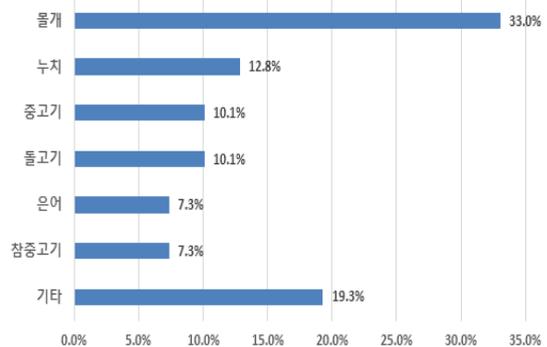


B. Relative abundance(%)

〈그림 6〉 The proportion and relative abundance of species by family of fish that appear in the entire survey sites.



A. Percentage of species each family



B. Relative abundance(%)

〈그림 7〉 The proportion and relative abundance of species by family of fish that appear in the Han River (Jamsil underwater reservoir).

을 선호하는 어종이 우세하게 출현하였다. 또한, 비교적 대형어종인 잉어와 누치, 강준치의 300mm 이상의 성체는 소수로 확인되었다. 잠실수중보 어도는 길이가 150 m 이상인 계단식 풀형으로 유속이 1m/s 이상으로 빨라 다양한 어류가 소상하기 어려운 것으로 확인되었다.

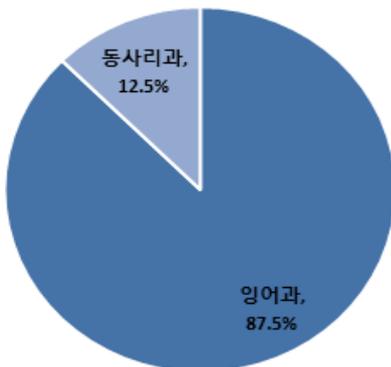
상·하류에서 어도를 이용가능한 어종은 총 50종이 확인되었고 그 중 하류에서 확인된 46종 가운데 어도에서 확인된 종은 잉물개, 누치, 중고기, 돌고기, 은어, 참중고기, 잉어, 붕어, 강준치, 뱀장어, 줄물개 11종으로 확인되었다. 상하류에서 확인된 종과 어도를 이용하는 종을 비교하였을 때, 한강에서 서식하는 어류는 제한적으로 어도를 이용하는 것으로 나타났다. 또한, 한강 본류의 하천 크기에 비해

어도의 규모가 매우 협소하여 이용효율이 비교적 낮은 것으로 판단된다.

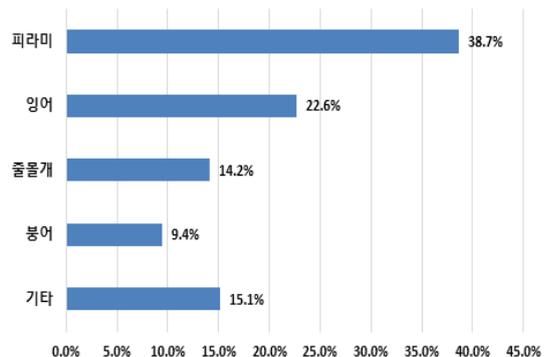
3) 청계천

청계천 1보에서 1차, 3차, 6차 조사시 일각망을 이용하여 조사하였고, 조사 결과 2과 8종 106개체가 확인되었다. 잉어과 7종(87.5%), 동사리과 1종(12.5%)이 출현하였고, 우점종은 피라미(38.7%), 아우점종은 잉어(22.6%)로 확인되었으며, 그 외 줄몰개(14.2%), 붕어(9.4%), 돌고기(5.7%), 모래무지(4.7%), 얼룩동사리(2.8%), 참붕어(1.9%)가 출현하였다.

개체별 전장 범위를 살펴보면, 잉어는 150~385 mm, 모래무지는 60~115 mm, 피라미는 70~120 mm, 붕어는 120~150 mm, 돌고기는 50~65 mm, 참붕어는 30~45 mm, 얼룩동사리는 40~135 mm로 확인되었다. 확인된 어종의 전장 범위로 미루어 볼 때, 어도의 유속은 어류의 소상에는 큰 영향을 주지 않은 것으로 판단된다. 청계천 1보의 어도는 여울 형식으로 우안에 설치한 어도의 경우 유량의 변동에 따라 물의 흐름이 없을 정도로 어도에 유입되는 유량은 전반적으로 부족하다. 또한, 청계천 주변에 위치한 상업지역에서 유입되는 유기물이 하상에 퇴적되어 있으며, 수질오염에 따른 종 다양성이 낮은 것으로 보여진다. 상·하류 조사 결과는 총 17종이 확인되었고, 그 중 하류에서 확인된 14종 가운데 어도에서 확인된 종은 붕어, 잉어, 줄몰개, 모래무지, 참붕어, 돌고기, 피라미, 얼룩동사리의 8종으로 확인되었다. 어도 이용 어류가 8종이 확인되어 여울 형식의 어도의 기능은 양호한 것으로 판단된다. 하지만 어도에 유입되는 유량이 부족한 것으로 판단되기에 어도에 유입되는 유량조절에 대한 근본적인 대책이 요구된다.



A. Percentage of species each family



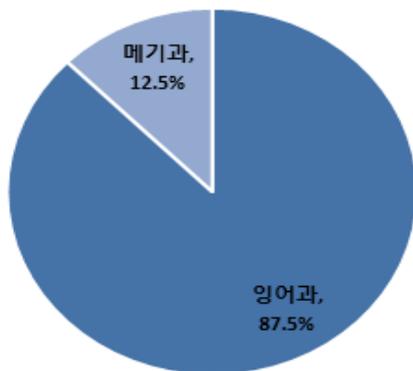
B. Relative abundance(%)

〈그림 8〉 The proportion and relative abundance of species by family of fish that appear in Cheonggyecheon.

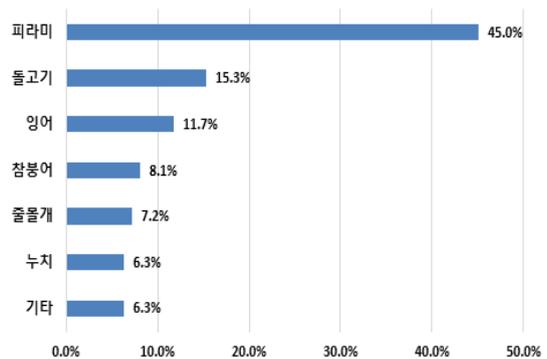
4) 중랑천

조사결과는 2과 8종 111개체가 확인되었다. 잉어과 7종(87.5%), 메기과 1종(12.5%)이 출현하였고, 우점종은 피라미(45.0%), 아우점종은 돌고기(15.3%)로 확인되었으며, 그 외 잉어(11.7%), 참붕어(8.1%), 줄몰개(7.2%), 누치(6.3%), 붕어(4.5%), 메기(1.8%)가 출현하였다.

개체별 전장 범위를 살펴보면, 잉어는 160~34 mm, 누치는 150~260 mm, 피라미는 75~125 mm, 붕어는 65~145 mm로, 돌고기는 40~65 mm로, 참붕어는 30~45 mm, 줄몰개는 30~65 mm로 확인되었다. 군자교 및 용비교에 위치한 어도의 상하류에서 산란을 위해 소상하는 잉어 무리가 확인되었다. 중랑천에 위치한 군자교 지점은 자연형 어도로 유입되는 유량은 안정적이나, 유속이 다소 빠른 것으로 확인되었으며, 용비교 지점은 낙차공형식의 구조물로 별도의 어도시설은 없고 유량은 풍부하나 낙차폭이 매우 큰 것으로 확인되었다. 군자교에 위치한 자연형 어도는 유량이 상시 흐르고 있어 어류의 이동에 큰 제약은 없는 것으로 판단된다. 하지만 용비교의 낙차공은 낙차폭이 크고 유속이 1m/s 이상으로 빨라 다양한 어류가 이동하기 어려운 환경으로 보이며, 잉어와 누치와 같은 대형어종이 주로 이용하는 것으로 확인되었다. 용비교 어도의 경우, 높은 낙차공에 의한 어류의 이동이 제한됨으로 유량 및 유속을 고려하여 어류의 소상을 위한 구조물의 설치 등 구조적 개선이 필요할 것으로 판단된다. 상·하류 조사 결과는 총 14종이 확인되었고, 그 중 하류에서 확인된 11종 가운데 어도에서 확인된 종은 붕어, 잉어, 줄몰개, 누치, 참붕어, 돌고기, 피라미, 메기의 8종으로 확인되었다. 용비교에서는 비교적 유영력이 좋은 잉어, 누치, 피라미 3종의 소상이 확인되었다.



A. Percentage of species each family



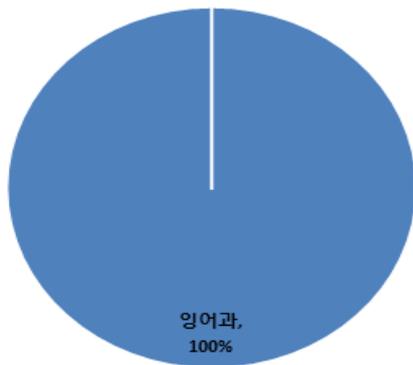
B. Relative abundance(%)

〈그림 9〉 The proportion and relative abundance of species by family of fish that appear in Jungnangcheon.

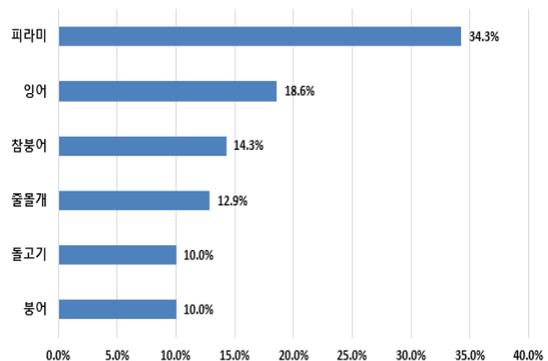
5) 탄천

조사한 결과, 어류는 총 1과 6종 71개체가 확인되었다. 탄천과 한강이 합류하는 청담2교에서는 잉어과 피라미 2종의 소상만이 확인되었으며, 청담2교에 위치한 낙차공의 큰 낙차폭과 빠른 유속으로 인하여 한강본류와 탄천의 연결성 낮은 것으로 확인되었다. 탄천 어도에서 확인된 어종을 살펴보면 잉어과 1종이 출현하였으며, 우점종은 피라미(34.3%), 아우점종은 잉어(18.6%)로 확인되었고, 그 외 참붕어(14.3%), 줄물개(12.9%), 돌고기와 붕어가 각각(10.0%)의 순으로 출현하였다.

개체별 전장범위를 살펴보면, 잉어는 195~395 mm, 참붕어는 20~45 mm, 줄물개는 35~60 mm, 돌고기는 50~65 mm, 붕어는 50~75 mm, 피라미는 40~115 mm로 확인되었다. 학여울 지점은 여울형과 계단식 풀형의 혼합형이고, 콘크리트가 아닌 자연석을 붙인 구조로 어도 내로 유량이 지속적으로 유입되나, 구조적으로 일정 수준의 수심을 유지하지 못하여 잉어, 강준치와 같은 대형 어종이 소상하기에는 구조적인 한계점을 갖고 있다. 우안에 위치한 계단식풀형의 어도는 구조물 간의 다소 높은 단차로 인하여 일부 유영력이 큰 대형 어류만이 소상이 가능한 것으로 보여진다. 청담 2교의 경우, 낙차공 형식으로 유속이 매우 빠르고 낙차폭이 커서, 잉어과 피라미 2종의 소상만이 확인되었다. 이에 따른 별도의 어도 구조물의 설치 등의 구조적 개선이 필요할 것으로 판단된다. 상·하류 조사 결과, 총 15종이 확인되었고, 그 중 하류에서 확인된 10종 가운데 어도에서 확인된 종은 잉어, 붕어, 참붕어, 돌고기, 줄물개, 피라미의 6종으로 확인되었다. 대부분의 어류는 학여울 지점에서 확인되었고, 청담2교에서는 유영력이 좋은 잉어, 피라미 2종이 확인되었다.



A. Percentage of species each family



B. Relative abundance(%)

〈그림 10〉 The proportion and relative abundance of species by family of fish that appear in Tancheon.

〈표 2〉 Dominant and sub-dominant species at each fishway monitoring sites

Sites	Dominant species	Sub-dominant species
1	몰개, <i>Squalidus japonicus coreanus</i> (33.0%)	누치, <i>Hemibarbus labeo</i> (12.8%)
2	피라미, <i>Zacco platypus</i> (38.7%)	잉어, <i>Cyprinus carpio</i> (22.6%)
3	피라미, <i>Zacco platypus</i> (45.0%)	돌고기, <i>Pungtungia herzi</i> (15.3%)
4	피라미, <i>Zacco platypus</i> (34.3%)	잉어, <i>Cyprinus carpio</i> (18.6%)
Total	피라미, <i>Zacco platypus</i> (29.0%)	잉어, <i>Cyprinus carpio</i> (14.1%)

St. 1: 한강본류(잠실수중보), St. 2: 청계천, St. 3: 중랑천, St. 4: 탄천.

(1) 어도 개선 및 관리방안

잠실수중보에 위치한 어도의 상단부의 유속은 1m/s 이상으로 빠르고, 한강의 규모에 비해 매우 작은 폭의 어도가 설치되어 있다. 이에 따라 유속에 따라 유영력이 떨어지거나, 크기가 작은 치어 등의 소상이 어려워 어도를 이용하는 어류가 제한적인 것으로 나타났다.

잠실수중보 어도는 현재 유속이 빨라 작은 물고기와 바닥을 주로 이용하는 어류가 소상하기에 어려움이 따르기 때문에 이러한 어류들도 소상할 수 있도록 유속 조절이 필요하다. 그러기 위해서는 수중보 어도 상류에 설치되어 있는 수문의 수위를 조절할 수 있게 보완하여 관리하여야 할 것으로 판단된다.

용비교 지점과 청담2교 지점의 낙차공은 별도의 어도 시설이 없으며, 낙차폭이 매우 크고, 유속이 빨라 어류의 소상이 어렵기 때문에 잉어, 피라미 등 일부 어종만이 어도의 이용이 확인되었다. 따라서 현장 상황을 고려하여, 아이스하버식 등의 어도 시설을 설치하여야 할 것으로 판단된다.

청계천은 여울형식 어도의 기능은 양호한 것으로 보이나, 갈수기에 유입되는 유량의 감소로 일부 어도는 기능을 하지 못하는 것으로 확인되어, 어도로 유입되는 유량 조절에 대한 대책이 강구되어야 할 것으로 판단되었다.

IV. 요약

어도 효율성 평가를 위해 2021년 6월부터 2022년 4월까지 한강 본류 어도와 유입지류인 청계천, 중랑천, 탄천을 대상으로 조사를 실시하였다. 어도 모니터링으로 총 5과 16종의 어류가 확인되었다. 잉어과(Cyprinidae) 어류는 12종(75.0%)으로 나타났으며, 뱀장어과(Anguillidae), 바다빙어과(Osmeridae), 동사리과(Odontobutidae), 메기과(Siluridae)가 각각 1종(6.3%) 출현하였다. 대부

분이 1차 담수어였고, 2차 담수어는 뱀장어와 은어 2종만이 확인되었다.

전체 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 29.0%), 우점종은 잉어(*Cyprinus carpio*, 14.1%)로 주로 어도를 이용하는 어종으로 확인되었다. 그 외에 돌고기(*Pungtungia herzi*, 10.4%), 몰개(*Squalidus japonicus coreanus*, 9.1%), 줄몰개(*Gnathopogon strigatus*, 8.6%) 등이 우세하게 나타났다.

어도모니터링 결과 한강 잠실 수증보에 설치된 어도에서는 3과 11종이 확인되었다. 잉어과(Cyprinidae)는 9종(81.8%), 뱀장어과(Anguillidae)와 바다빙어과(Osmeridae)가 각 1종(9.1%)씩 출현하였다. 우점종은 몰개(*Squalidus japonicus coreanus*, 33.0%), 아점종은 누치(*Hemibarbus labeo*, 12.8%)로 확인되었다. 청계천에서는 2과 8종이 출현하였다. 잉어과(Cyprinidae)는 7종(87.5%), 동사리과(Odontobutidae) 1종(12.5%)이 확인되었다. 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 38.7%), 아점종은 잉어(*Cyprinus carpio*, 22.6%)로 확인되었다. 증랑천에서는 2과 8종이 확인되었다. 잉어과(Cyprinidae) 7종(87.5%), 메기과(Siluridae) 1종(12.5%)이 출현하였으며, 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 45.0%), 아점종은 돌고기(*Pungtungia herzi*, 15.3%)로 확인되었다. 탄천에서는 잉어과(Cyprinidae) 6종만이 출현하였으며, 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 34.3%), 아점종은 잉어(*Cyprinus carpio*, 18.6%)로 확인되었다.

참고 문헌

- 김익수. 1997. 한국동식물도감. 제37권 동물편(담수어류). 교육부. pp. 629.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 아카데미서적, 서울.
- 김익수 · 최윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사. 서울. pp. 616.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 대학원 박사학위논문.
- 전상린. 1986. 한국산 농어과 주연성담수어의 검색과 분포. 상명여대논문집. 18: 335-355.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 一志社, 서울. pp. 727.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색한국담수어도감. 향문사. 서울. pp. 277.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the World(4rd ed). John Wiley & Sons, New York. pp. 601.
- 內田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌. 朝鮮總督府水産試驗場報告. pp. 460.