



# 물고기를 위한 길 어도(魚道) - 물고기는 과연 어도를 이용할까? -



**장민호**  
공주대학교 생물교육과 교수  
jangmino@kongju.ac.kr

인류의 역사는 물과 함께 발전해왔고 물을 중심으로 사람들이 생활해가는 삶을 이어왔다. 따라서 인류의 발전 기원도 먹을 수 있는 물인 담수를 중심으로 이루어지게 되었다. 하지만 이러한 인류의 발전은 생활에 필요한 더 많은 물을 요구하게 되고 이에 따라 용수의 확보가 중요한 정책으로 자리 잡게 되어 강과 하천에 보다 많은 물을 확보하기 위한 구조물들이 설치되게 되었다. 이러한 구조물 중 가장 대표적인 것이 댐(dam)과 보(weir)로 치수를 목적으로 하는 정책기조와 맞물려 이들의 건설을 위한 대규모 토목사업이 전 세계적으로 이루어졌었다. 하지만 하상의 준설, 수로의 직강화, 보의 설치 등과 같은 인위적 변화는 하천에 흐르는 유량의 변화와 수로의 형태 변화를 유발한다. 또한 개발로 인한 물리적인 변화는 하천 주변에서 유발된 영양염류나 오폐수의 축적 등과 같은 화학적 변화를 초래한다. 이러한 물리·화학적 변화는 하천 생태계를 구성하는 생물 특히, 어류에 매우 큰 영향을 준다(Schlosser and Toth, 1984; Pires *et al.*, 1999; Jang *et al.*, 2001).

인간에 의한 인위적인 교란요인 가운데 특히 하천을 가로지르는 구조물인 댐과 보의 건설은 서식처 환경의 변화(유수역→정수역)와 함께 구조물의 상·하류간 생물의 이동을 단절시키는 결과를 초래한다. 어

류의 경우 종별 선호하는 서식 환경의 차이가 있으며, 이에 따라 각자 선호하는 환경에 적응되어진 종들에게 댐 및 보의 건설로 인한 갑작스러운 환경의 변화는 해당지역의 어류상 및 분포, 이동패턴의 변화를 유발한다. 이와 더불어 산란을 위한 회유성 어종의 이동 및 1차담수어의 국지적 이동에 있어서도 방해요소로 작용되어진다. 이러한 문제를 일부라도 해결하기 위해 해당 구조물에 어류의 이동통로를 만들게 되었는데 이가 바로 어도(fishway)이다. 국내의 경우 과거 어도가 건설되지 않는 경우가 많았으나 최근 들어 하천의 흐름을 차단하는 인공구조물 설치 시 어도의 설치를 법적으로 의무화하였다. 이러한 물고기를 위한 길인 어도에 대한 이해를 위해서는 이를 이용하는 어류에 대해 먼저 이해를 할 필요성이 있다. 특히 어류의 생태적 특성에 따라 어도의 이용여부 및 효율이 다르게 나타날 수 있게 때문에 어류 전반적인 생태적 특성과 더불어 국내 서식하고 있는 종에 대한 종별 생태적 특성에 대한 이해가 필요하다.

최근 들어 하천에 서식하는 많은 어류들의 이동에 관한 내용의 연구들이 증가하고 있다(Lucas *et al.*, 1998a). 기수역에 서식하는 잉어과(Cyprinidae) 어류중 일부와 은어과(Plecoglossidae) 어류들은 봄에 적당한 산란장을 찾기 위하여 상류로 이동하는데, 이들 가운데 몇몇 어류는 이동거리가 10 km가 넘는 종도 있다. 겨울철이 되면, 치어들을 포함한 많은 어류들은 겨울을 지내기 위한 휴식처로 풍부한 유량이 있는 지역을 찾아 하류로 이동하고 이러한 어류들은 봄에 다시 상류로 올라간다(Lucas *et al.*, 1998b). 또한 유럽에 서식하는 한국의 칠성장어와 유사한 칠성장어목의 한 종류인 *Lampetra fluviatilis*는 겨울철



에 해수에서 담수로 올라와 봄에 산란을 한 후 생을 마감하게 되는데, 이들은 밤에만 이동하는 습성 (nocturnal migration)을 지니고 있으며, 하룻저녁에 평균 12 km까지 이동하는 것으로 알려져 있다 (Jang and Lucas, 2005; Masters *et al.*, 2006). 또한 모천회귀로 사람들에게 잘 알려져 있는 연어과 어류 역시 칠성장어목 어류와 유사한 이동 성향을 나타낸다(Lucas and Baras, 2001). 이러한 담수어류의 하류에서 상류로 또는 상류에서 하류로의 이동은 하천에서 어류의 재분포(redistribution)를 유발하고 또한 산란을 통한 개체의 증가를 유도한다.

국내에서 어류에 대한 연구는 대부분 종의 분류와 분포(양과 채, 1994; 최 등, 2000; 장 등, 2001) 및 환경적 영향에 따른 종조성의 변화(김과 양, 2000; Jang *et al.*, 2001), 식성(변 등, 1997; Jang *et al.*, 2006)등에 관한 연구들이 대부분으로 이동에 관한 연구는 전무한 실정이다. 하지만, 국내에서도 미세서식지에 대한 구체적 연구들(전 등, 1997)이 수행되어 왔지만, 서식지를 이용하는 어류들의 각 개체에 대한 조사는 이루어지지 않고 있다. 현재까지 국내에 서식하는 어류 중 산란을 위해 이동하는 것으로 알려져 있는 종들은 칠성장어, 뱀장어, 무태장어, 은어, 연어, 큰가시고기 등으로 알려져 있다(김과 박, 2002). 따라서 이들 종들이 산란을 위해 이동하는 경로에 댐, 보와 같은 구조물이 존재할 경우 이에 대한 어도의 필요성이 절실하다. 특히 바다에서 강으로 이동하여 산란을 하는 소하성 어류의 경우 어도는 꼭 필요한 존재이다. 이러한 회유성 어종 이외에 순수 담수어의 국지적 이동에 대해서도 어도가 이용되어 질 수 있다. 하지만 국내 서식하는 순수 담수어의 이동에 관한 연구는 아직 많이 이루어지지 않고 있다.

농경산업에서 발달한 우리나라는 농업용수를 포함한 각종용수의 공급을 위하여 하천에 어류의 이동을 가로막는 대표적인 구조물 중 하나인 보가 다수 설치되었다. 실제 2010년 한국 농어촌 공사에서 국내의 지방하천, 국가하천에 설치된 보를 전수 조사한 결과 총 33,804개에 이르는 것으로 확인되었다 (농촌용수

종합정보시스템). 하지만 보의 수에 비해 보에 설치된 어도의 수는 모두 5,634개로 전체 보에 약 17%만이 어도가 설치되어 있어 국내 대부분의 하천이 단절되어 있는 상태를 확인할 수 있었다. 더욱이 설치되어져 있는 대부분의 어도 역시 구조물의 일부가 파손되었거나 갈수기에 물이 흐르지 않는 상황이어서 물고기가 이용하기 어려운 상황이다. 이처럼 구조적, 수문학적 측면에서 문제가 있는 어도를 제외한 구조적으로 훌륭하며 또한 지속적으로 유량이 유지되는 어도의 경우 과연 어류가 효과적으로 이용 할까? 어류는 물속에 서식하기 때문에 육안으로 이동을 관찰하기가 어렵다. 따라서 어류가 어도를 효율적으로 이용하는지에 대해서는 적절한 방법을 이용한 효율성 평가가 이루어질 필요성이 있다.

그렇다면 어도에서 물고기가 이동하는 것을 어떻게 평가할 수 있을까? 과거부터 이러한 문제를 해결하기 위해서 많은 방법들이 시행되었다. 가장 오래된 방법이면서 많은 시간을 요하는 직접관찰이 있다. 사람이 어도에 지켜 서서 물고기가 지나가는 것을 직접 확인하는 방법으로 소규모의 어도에서나 가능할 수 있는 일이다. 또한 어류가 수중으로 이동하기 때문에 어도의 규모가 크고, 물의 탁도가 높을 경우 정확한 판단이 어렵다. 최근에는 과학기술이 발달하면서 수중카메라를 이용해 관찰하는 방법을 사용하기도 하지만, 물속에서 촬영해야하기 때문에 수시로 렌즈에 붙는 부착조류나 미생물을 제거해야하는 단점이 있다. 또한 포말(낙차에 따른 물의 흐름으로 생기는 기포)이 많은 곳은 촬영자체가 불가능하기 때문에 장기적으로 사용하기에는 한계가 있을 수 있으며, 개체 인식이 어려워서 어제 왔던 물고기가 오늘 다시 촬영되어도 물고기가 계속 어도를 이용하고 있는 것으로 잘못 판단될 수 있다. 이러한 결과는 결국 실제로 물고기가 어도를 통과하지 못해도 다수 이용하고 있는 것으로 과평가되는 결과를 초래할 수 있다.

시각적인 확인 이외에 어도를 이용하는 개체를 포획하는 방법이 있다. 이 방법에는 주로 어도의 출구부에 트랩을 설치하여 어도를 통과한 개체를 포획한

다. 트랩을 이용한 포획은 어도를 이용하는 물고기의 종류 및 양을 파악하는데 도움이 되지만, 해당 개체가 얼마나 오랫동안 어도에 머물렀는지, 얼마나 빨리 통과하는지 등에 대한 어도의 효율에 대한 평가에는 한계가 있다. 본 방법에서는 일반적으로 4시간 간격으로 트랩에 채집된 개체를 확인하게 되는데, 정확한 평가를 위해서는 주간을 포함한 야간에도 트랩의 확인이 필요하기 때문에 연구를 위해 많은 노력이 필요하다. 특히나 4대강 사업 결과 건설된 대형보의 어도는 규모가 크고 많은 양의 유량이 어도로 유입되기 때문에 연구자의 안전에도 문제가 될 수 있다.

최근에는 과학의 발달로 인하여 어도의 효율성 평가에 telemetry 기법이 적용되어지고 있다. 그 중 어도의 효율성 평가는 PIT(passive integrated transponders) tag이 주로 이용되어진다. 본 방법은 그림 1의 모식도와 같이 외부 안테나로부터 전기 신호를 받아 고유번호를 인식하는 RFID 방식의 tag

을 삽입한 어류가 어도 내 고정된 안테나를 통과할 때 자동으로 감지되는 방법으로 앞서 트랩을 이용한 포획에 있어서 문제가 되었던 어도 효율에 대한 정확한 자료의 도출이 가능하다. 또한 PIT tag의 장점은 크기가 작아 50 mm 이상의 모든 개체에 적용이 가능하여 다양한 어류를 통해 어도를 평가할 수 있다. 이러한 방법은 주, 야간이나 어도내의 유량 등에 구애받지 않고 지속적인 모니터링이 가능하며, RFID방식의 특성상 tag 내에 전지가 들어가지 않기 때문에 영구적으로 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 실시간으로 물고기의 안테나 통과시간 및 개체 인식과 더불어 어도 내 체류시간 및 어도 통과를 위해 몇 차례 시도했었는지에 대해서도 평가할 수 있는 이점이 있다. 이러한 이유로 미국, 스웨덴, 영국, 호주 등 생태학연구에 있어 선진국이라 할 수 있는 일부 국가에서 본 방법을 이용한 어도의 효율성 평가가 다수 실시되어지고 있다. 국내의 경우 기술 및 비용

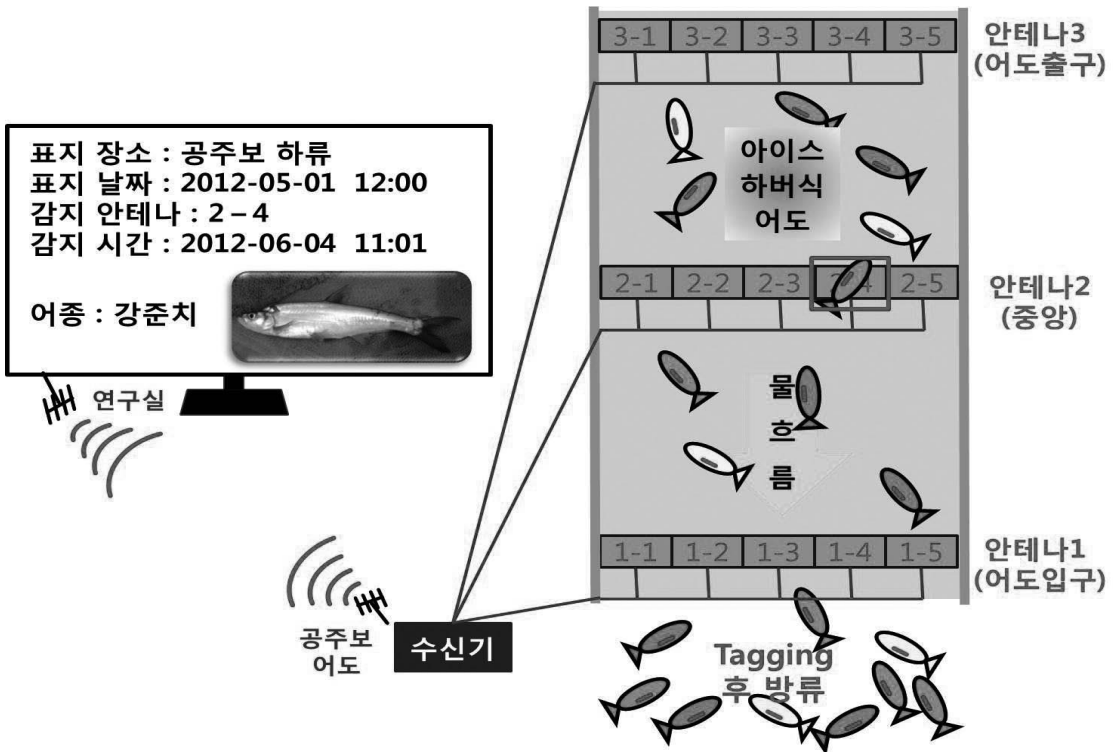


그림1. PIT tag 안테나를 설치하여 어도를 모니터링하는 방법에 대한 모식도



그림 2. PIT tag 안테나가 설치되어 있는 공주보의 아이스하버식 어도 (중양)

적인 측면의 어려움으로 최근까지 트랩을 이용한 포획을 통해 어도를 이용하는 어류에 대한 정보를 파악하였으나 최근 국내 개발된 PIT telemetry 시스템을 이용하여 어도의 효율성을 평가하는 노력이 이루어지고 있다 (그림 2).

이외에도 radio 주파수를 이용한 tag 방법, 음파를 이용한 tag 방법 등이 있으나 이들 방법들은 장거리 이동을 평가하는데 사용하는 방법들로 비교적 거리가 짧은 어도의 효율을 평가하는데 적합하지 않을 수 있다. 다만, 바다와 이어지는 하구둑 어도의 경우는 음파를 이용한 방법을 통해 어도의 이용을 평가하는 것이 적합한 방법이 될 수도 있다.

외국에서 어도의 효율성을 평가한 사례를 보면, 먼저 스웨덴의 연구결과 동일한 수계에서 PIT tag을 이용한 어도 효율평가에서 버티컬슬롯과 자연하도형이 복합된 어도에서는 9종의 물고기 중 어도에 들어와 통과한 종은 잉어과 어류 2종만 으로 대부분의 어류는 어도의 입구에 들어서지 않은 것으로 나타났다.

반면 하천수로형 어도에서는 총 11종에 tag을 삽입한 결과 10종이 어도의 입구를 찾아 들어왔고 어도를 통과 성공률은 약 74%로 나타났다. 즉 어도를 찾아 들어온 어류의 2/3이상이 어도를 통과하는 것으로 나타났다(Calles & Greenberg, 2007). 핀란드의 경우 대형 뱀에 설치된 버티컬슬롯 및 데닐식 혼합 어도의 경우 채집망을 이용하여 포획한 결과 대부분의 어류들이 입구부에서는 관찰이 되지만, 출구부에서는 연어과 3종과 소형 잉어과 2종을 포함한 5종의 어류가 채집된 결과를 보여주고 있다(Laine *et al.*, 1998). 호주의 버티컬슬롯 어도에서 PIT tag을 이용하여 어류의 어도 통과효율을 측정한 결과 잉어는 87%가 어도에 들어오면 통과하여 나가는 것으로 나타났고, perch의 경우도 81%의 성공률을 보인 것으로 나타났다(Stuart *et al.*, 2008).

그렇다면 실제로 우리나라에 서식하는 물고기는 어도를 이용할까? 당연히 물고기는 물이 흐른다면 그곳을 이용하게 된다. 연구사례들을 보면 금강수계의

하천에서 4개월간 4회 채집망을 설치하여 어도를 이용하는 종을 평가한 사례에서는 총 17종의 어류가 어도를 이용한 것으로 나타났다. 계단식 어도의 경우는 잉어과 어류인 누치와 피라미 그리고 눈동자개만이 이용하는 것으로 나타났고, 아이스하버식 어도의 경우는 13종이 이용하였으며, 그 중 잉어과가 11종으로 가장 많이 이용하는 것으로 나타났다. 또한 버티컬슬롯의 경우는 5종이 어도를 이용하는 것으로 나타났다(신 등, 2012). 강릉연곡천의 경우도 6-9종의 어류가, 섬진강 수계에 설치된 수중보 어도의 경우 5-13종의 어류가 어도 출구부에서 채집망을 통해 포획된 것을 확인 할 수 있었다(송 등, 2010; 송 등, 2011). 이러한 결과들은 채집망에 포획된 개체들을 파악한 결과로 실제 어도 내에 체류한 종들은 더 있을 수 있을 것이다. 단순 포획방법이 아닌 다른 방법을 이용하여 어도의 효율성을 평가한 사례를 보면 장흥댐에 설치된 어도에 물고기가 얼마나 유인되는지에 대한 연구가 있다. 본 연구는 PIT tag을 적용하여 연구가 이루어졌으며, 총 15종 254개체에 PIT tag을 삽입한 결과 6종 36개체(잉어과 5종, 눈동자개)가 어도 입구부에 설치된 안테나에 감지된 것으로 나타났다(윤 등, 2011). 특히 어도를 한번만 방문한 것이 아니라 동일 개체가 2-12회까지 어도를 방문한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 대상종이 어도를 통과하지 못하고 다시 어도를 찾은 결과로 실제로는 더 많은 물고기들이 어도 입구부에서 어도를 오르려 하거나 어도 인근 형성된 유수환경을 이용하는 것으로 볼 수 있다(윤 등, 2011). 이러한 연구에서 어도에 물이 흐를 때 더 많은 물고기들이 유인효과를 나타내는 결과를 보여 어도의 물 흐름이 중요함을 보여주고 있다.

하지만 이러한 결과에서도 물고기가 어도를 이용해 올라가는 것이 보를 피해 상류로 가고자 하는 것인지 아니면 단순히 어도에 흐르는 물을 즐기는 것인지는 종에 따라 다양한 차이를 나타낸다. 산란을 위해 어도를 이용하는 종들은 하천에 설치된 구조물을 통과하기 위한 방법으로 어도를 이용하게 된다. 하지만 유영을 즐기는 어종(유수성 어종)의 경우는 물의

흐름을 즐기고 그 흐름을 통해 먹이나 떠내려오는 것을 섭식하려는 습성 때문에 어도 내에 장기간 머무를 수도 있다. 따라서 어도의 기능은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 하나는 이동하는 어류에게 최대한 빠르고 쉽게 이동할 수 있는 기회를 제공해야하고, 다른 하나는 구조물에 형성된 정체수역에 유수환경을 조성해주는 역할을 하는 것이다. 실제로 4대강 사업으로 조성된 대형 보의 경우 하도식 어도(하천의 형상을 한 어도)의 경우 그 길이도 길고 지속적인 유량으로 인해 강에서 사라진 유수환경을 인위적으로 조성한 결과를 보여주고 있다. 따라서 이동하는 어류에게는 상류로 왔다는 분위기를 조성할 수도 있으며 유수에서 서식하거나 산란하는 어류에게 새로운 서식처를 제공하는 역할도 수행함과 동시에 더 상류로 이동하려는 어류에게는 본류의 깊은 수심을 피해 쉬어갈 수 있는 쉼터의 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 정수역의 확장을 어느 정도 만회해주는 역할도 할 수 있는 것이다. 또한 아이스하버식이나 계단식 어도의 경우 이동하는 어류에게 짧은 거리를 빨리 통과하게 해주는 역할을 할 것으로 판단된다. 서식처로서의 적합하지 않지만 길이가 짧고 지속적으로 유량이 유지되어 어류의 이동에 적합한 구조로 설계된다면 다양한 어류들이 상류로 이동할 수 있을 것이며, 일부 어류들에게 있어 어도 입구부에서 떠내려오는 먹이를 섭취하기 위한 장소로도 이용될 수 있을 것이다.

어도는 물고기가 가는 길이다. 따라서 물고기 입장에서 어도를 이용 할 수 있게 만들어져야 한다. 물고기는 물속에 서식하는 생물이기 때문에 물고기가 어도를 이용하기 위해서는 적절한 유량이 유지되어야 한다. 현재 국내에 설치되어 있는 어도들 대부분이 유량확보라는 문제 때문에 어도 내 물이 상시 흐르지 못하는 문제를 가지고 있다. 이러한 예로서 최근 4대강 사업으로 생성된 어도 역시 보의 주요 수문을 개방하면 어도에는 물이 흐르지 못한다. 구조적 문제이기도 하지만 인간의 입장에서 수위관리를 위주로 보 및 어도를 운영하다보면 어도에는 물이 간헐적으로 흐르게 된다. 이것은 사람의 편의를 위해 교량을 건



설한 후 상판을 수시로 들어서 사람이나 자동차가 교량을 이용하지 못하는 상황과도 같다. 이러한 문제와 더불어 많은 어도가 제한된 종에 의해 이용되어진다. 어도를 설계하는데 있어 기본 자료로 이용되는 어종의 경우 대부분 어도를 주로 이용 할 것으로 예상되는 회유성 어종 및 유영능력이 좋은 어종이다. 따라서 이러한 종에 대한 정보를 이용하여 만들어진 어도의 경우 타 종의 이용률이 제한되어진다. 이러한 상황은 마치 한남대교를 서울시만 이용하라고 하는 것과 다를 바가 없는 것이다. 어도는 모든 물고기가 이용할 수 있어야 한다. 하지만 이를 위해서는 어도가

건설되어지는 지역에 서식하는 종에 대한 생태학적 연구가 우선될 필요성이 있다. 인간은 길이 없는 곳에 도로를 만들고, 차가 막히는 2차선 도로를 4차선 도로로 확장하는 것처럼 편의를 위해 많은 길을 만들고 있다. 하지만 국내의 실정을 통해 확인 할 수 있듯이 물고기의 이동통로인 어도는 그 수가 매우 부족하며, 만들어진 어도 역시 기능을 상실하였거나 그 효율을 알 수 없다. 하루빨리 많은 어류가 효율적으로 이용할 수 있는 어도가 개발되어져 우리나라에 서식하는 물고기들이 자유롭게 이동할 수 있는 어도가 많이 만들어지길 기대한다. 🐟

## 참고문헌

1. 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울.
2. 김익수, 양 현. 2000. 전북 부안댐 어류군집의 변화. 한국생태학회지 24: 45-50.
3. 변화근, 송호복, 전상린, 손영목. 1997. 팔당호에 도입된 파랑볼우럭 (*Lepomis macrochirus*) 의 식성. 한국육수학회지 30: 75-84.
4. 송행섭, 황길순, 황중서, 심하용, 허우명. 2011. 강릉 연곡천 송림보에 조성된 어도의 어류 이용 효율 연구. 한국환경과학회 2011 정기학술발표회 논문집. p273-275.
5. 송행섭, 황길순, 황중서, 이선희, 허우명, 김동섭. 2010. 강릉 연곡천 송림보에 조성된 어도의 어류 이용 효율 연구. 한국환경과학회 2010 정기학술발표회 논문집. p179-179.
6. 신현상, 김재욱, 김원장, 유지현, 장규상. 2012. 어도형식별 어류 이동 특성 연구. 한국물환경학회·대한상하수도학회 2012 공동학술발표회 논문집. p672-673.
7. 양홍준, 채병수. 1994. 대도시주변 하천수계의 수지리환경과 육수생물학적인 연구. 금호강수계의 어류상과 어류군집구조-II. 한국육수학회지 27: 177-188.
8. 윤주덕, 김정희, 주기재, 서진원, Hubert Pak, 장민호. 2011. 장흥댐에 설치되어 있는 어도와 담수어류의 이용 분석. 한국하천호수학회지. 44(3): 264-271.
9. 장민호, 윤주덕, 도윤호, 주기재. 2007. 소형 담수 잉어과 어류의 PIT tag 적용을 위한 생존률 평가. 한국육수학회지 19: 371,377
10. 전상린, 변화근, 김영자. 1997. 호산천에 있어서 꼭져구속 (망둥어과) 3종의 미세분포에 관하여. 한국육수학회지 30: 21-27.
11. 최준길, 변화근, 석형근. 2000. 원주천의 어류군집 동태. 한국육수학회지 33: 274-281.
12. Calles, E. O. and L. A. Greenberg. 2007. The use of two nature-like fishways by some fish species in the Swedish River Emån, Ecology of Freshwater Fish, 16: 183-190.

13. Jang, M.H. and M. C. Lucas. 2005. Reproductive ecology of the river lamprey. *J. Fish Biol.*, 66 : 499~512.
14. Jang, M.-H., G.-J. Joo and S.-S. Choi. 2001. The impact of monsoon on the distribution of fish in a small stream, Korea. *Ecohydrology and Hydrobiology* 3: 87-95.
15. Jang, M.-H., M.C. Lucas and G.-J. Joo. 2006. Diet of introduced largemouth bass in Korean river basins and potential interactions with native fishes. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 315-320.
16. Laine, A., R. Kamula and J. Hooli. 1998. Fish and lamprey passage in a combined Denil and vertical slot fishway. *Fisheries Management and Ecology*. 5: 31-44.
17. Lucas, M. C. and E. Baras. 2001. *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science, Oxford, UK, pp. 352.
18. Lucas, M.C., T. Mercer, E. Batley, P.A. Frear, G. Peirson, A. Duncan and J. Kubecka. 1998b. Spatio-temporal variations in the distribution and abundance of fishes in the Yorkshire Ouse system. *Science of the Total Environment* 210/211: 437-455.
19. Lucas, M.C., T.J. Thom, A. Duncan and O. Slav?k. 1998a. *Coarse Fish Migration: Occurrence, Causes and Implications*. Research and Development Technical Report W152. Environmental Agency, UK.
20. Masters, E.G.J., M.-H. Jang, K. Ha, P.D. Bird, P.A. Frear and M.C. Lucas. 2006. The commercial exploitation of a protected anadromous species, the river lamprey (*Lampetra fluviatilis* (L.)), in the tidal River Ouse, north-east England. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16(1): 77-92.
21. Pires, A.M., I.G. Cowx and M.M. Coelho. 1999. Seasonal changes in fish community structure of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana basin, Portugal. *Journal of Fish Biology* 54: 235-249.
22. Schlosser, I.J. and L.A. Toth. 1984. Niche relationships and population ecology of rainbow (*Etheostoma caeruleum*) and fantail (*E. flabellare*) darters in a temporally variable environment. *Oikos* 42: 229-238.
23. Stuart, I. V., B. P. Zampatti and L. J. Baumgartner. 2008. Can a low-gradient vertical-slot fishway provide passage for a lowland river fish community? *Marin and Freshwater Research*. 59(4): 332-346.