

자원이 되는 물고기가 살 수 있는 하천

이 승 휘 (호남대학교 생명과학과 교수)

1. 서론

물고기는 지구상에서 가장 풍부하고 아직까지 확인되지 않은 종이 더 많은 척추동물이다. 이들은 모든 수서 환경에서 서식 가능하며, 일부 물고기는 물 밖에서도 생존이 가능하다. 따라서 물고기의 크기, 형태 및 내부기관의 구조는 다양하다고 할 수 있다. 현재 약 20,000 여 가지 이상 물고기가 있으며 매년 100 여 가지 이상 새로운 종이 학계에 확인, 발표되고 있다. 이는 약 50,000여 종의 척추동물 중 2/5는 물고기라는 이야기가 된다. 대부분의 물고기는 뼈가 있는 경골어류이며 그 중에서도 50여종은 턱이 없는 물고기이고, 약 800여종이 연골어류에 해당하며 나머지는 모두 경골어류이다(박홍양 외, 1998; Bone et al., 1995)

물고기는 인류의 영양 요구성을 충족시킬 뿐만 아니라 고급화에 앞장서고 있다. 물고기는 생태적 지위 뿐만 아니라 인류에게 제공하는 영양을 충족하는 등 그 가치가 날이 갈수록 증대되고 있다. 과거에는 단백질원을 육상동물에 의존하였으나 고급 단백질원인 식량자원의 개발을 위해 시작된 물고기 소모량이 1980년대 중반 이후 급격한 성장 추세를 보이고 있다.

물고기는 인류의 시각 요구성을 충족시킬 뿐만 아니라 고급화에 앞장서고 있다. 지금까지 물고기를 관상용으로 다룰 때 수조에 물고기를 모셔놓고 관람하는 방식을 취해오는 것이 대부분이었으나 이제는 물고기를 자연 그대로의 위치에 돌려놓고 물고기가 있는 곳으로 가서 자연과 함께 물고기를 보는 것이 더욱 생동감 있는 물고기 관상이 되고 있는 추세이다. 살아

있는 자연과 함께 하려면 산에 가면 나무가 있어야 할 것이며, 물에 가면 물고기가 있어야 할 것은 당연하다.

물고기는 수산생물 중 중요한 자연 자원이 되고 있다. 종래 기호 식품이던 수산물이 최근에는 주요 식품일 뿐만 아니라 난치병이라 여겨지던 암과 AIDS 등의 치료제와 같은 새로운 의약품, 화장품, 공업 및 신소재의 원료 등 육상에서 얻기 어려운 여러 공산품의 원료가 수산 생물체로부터 계속 분리 추출되고 있으며 앞으로 이용될 잠재적인 가능성을 지니고 있기 때문에 소홀히 할 수 없다.

이상과 같은 배경의 중요성을 갖고 있는 최근 물고기는 고등동물일 뿐만 아니라 먹이그물(food web)의 생태적 고등 지위(higher ecological niche)를 차지하고 있으며, 광범위한 서식조건에서 변동상황을 인간이 용이하게 파악할 수 있게 하는 지표종(indicator species)이 되고 있다. 인간 생활과의 관계에서뿐만 아니라 인간의 주변환경으로 친밀한 물과 관계를 끊고서는 생존할 수 없는 물고기는 중요한 수서 생물이므로 그들의 생활환경이 되고 있는 하천과 호소의 생물학적 특성을 직·간접적으로 파악할 수 있게 하는 분류군이다.

이에 우선적으로 물고기 무리의 일반적인 분포, 회유, 서식처, 수질 오염, 건강 영향 인자, 산란 습성, 먹이 습성, 행동과 운동 등을 고찰하여 물고기에 관한 이해를 돕고자 한다.

2. 물고기 분포(distribution)와 회유(migration)

물고기는 지구상의 해양 및 담수역에 널리 분포하

고 있으나, 그 분포가 현재와 같이 넓어진 데에는 어떤 원인이 있다. 그 주된 원인으로는 일반적으로 진화, 생존경쟁, 생활의 적응성, 분포를 방해하는 지리적 장벽 등을 들 수 있다. 학자들의 연구 결과에 의하면, 물고기는 최초로 담수역에서 발생했다고 하며, 이것이 차츰 환경의 변화와 외적 조건에 대한 물고기 적응성의 변화에 따라 어떤 것은 바다에 분포하게 되었다고 한다. 담수어의 경우는 한정된 호수에 갇히고, 어떤 것은 빙하의 영향으로 절멸하였으며, 어떤 것은 남획의 결과 소멸하고 지금과 같은 분포 상태를 나타내게 되었다고 한다.

(1) 지리적 분포(geographical distribution)

담수성 물고기는 부적당한 환경이나 멀리 떨어져 있는 섬에 이르기까지 널리 분포하고 범위가 광범위하다. 이들 담수성 물고기를 염분에 대한 적응성으로 나누어 보면, (가) 순수한 담수계에서만 사는 물고기, (나) 주로 담수에 살지만 어느 정도 염분에 대한 적응성을 가지는 물고기, (다) 담수에 살지만 염분에 대하여 현저한 저항성을 가지는 물고기의 3 무리로 나눌 수 있다.

(2) 생태적 분포(ecological distribution)

① 담수성 물고기를 생태적 분포 측면에서 볼 때 담수성 물고기의 분포하는 환경은 유수 구역과 지수구역으로 크게 구분할 수 있다.

가) 유수(流水) 구역: 유속이 다른 분류역, 급류역, 완류역 등의 환경에 분포함으로써 물고기의 체형이나 생태에 차이가 있다. 예를 들어 산간의 계류나 급류에는 방추형을 한 냉수성의 곤들메기가 살고 있으나, 이러한 환경은 수온이 낮고 천연 먹이가 부족하므로 물고기의 분포 밀도는 낮다. 흐름이 조금 느린 중류에 내려오면, 피라미, 갈겨니, 황어와 같은 방추형의 잉어과 물고기가 많아지고, 하류에 내려오면, 체고가 높고 측편한 온수성 물고기인 잉어나 붕어 등이 살고 있다(Winfield and Nelson, 1991).

나) 지수(止水) 구역: 산간의 호수에는 냉수성의 송어류가 살고 평지의 호수나 못에는 잉어, 붕어, 납

자루, 물개, 메기, 가물치 등의 온수성 물고기가 살고 있다. 이들 가운데는 환경에 적응하여 몸이 높고 측편되어 있는 것, 약간 종편된 것 등이 많다. 또, 지수 구역의 진흙 깊은 곳에는 미꾸라지와 같은 매몰성의 물고기가 살고 있다. 담수성 물고기 중 특수한 것에는 일시적으로 또는 평생을 지하수 또는 동굴 속에서 사는 종류도 있다.

② 기수성(汽水性) 물고기의 생태적 분포: 산란을 목적으로 담수성 물고기가 바다로, 해산 물고기가 담수역으로 들어가는 예는 많다.

③ 해산(海産) 물고기의 생태적 분포: 해수 구역은 앞의 지리적 분포에서도 말한 바와 같이 대륙붕, 대양, 심해의 3가지 수역으로 나눌 수 있다.

대륙붕은 200m 이내의 곳으로 육지에서 영양 염류가 풍부하게 유입되므로 플랑크톤과 그 외 물고기의 먹이로 되는 생물의 발육이 왕성하다. 따라서, 이곳은 해양에서의 어장 가치가 가장 높은 곳이기도 하며, 정어리, 방어, 고등어, 전갱이와 같은 상, 중층 회유성 물고기 외에 많은 저서성 물고기가 살고 있다. 대양성 물고기는 수온의 변화에 대하여 민감하므로 호적 수온을 찾아서 광범위한 회유를 하는 한편, 외양에는 먹이 생물이 균일하지 않으므로 먹이가 많은 곳을 찾아 모여드는 습성이 있다. 심해성 물고기에는 대양성 심해 물고기와 육복성 심해 물고기가 있다.

(3) 물고기의 분포를 지배하는 요인

물고기의 분포를 지배하는 요인에는 여러 가지가 있으나 거시적 수준의 분포양상에 수온, 염분, 심도 먹이의 다소, 육지의 존재 및 과거에 일어났던 지각의 변동, 해류 등이 있으며, 이들은 현재의 물고기 분포에 많은 영향을 미치고 있다(Webb and Weith, 1983).

① 수온(water temperature): 물고기가 스스로 생활하는 데는 적합한 수온의 한계가 있고, 그 한계를 넘는 수역에서는 생활하지 못한다.

② 염분(salinity): 염분량도 물고기의 분포에 크게 관계하며, 특히, 외양성 어류인 다랑어류가 연안 수역을 피하며, 정어리, 전갱이, 고등어, 방어 등이 외양을

좋아하지 않는 것은 양 수역의 염분량의 차이 때문이라고 생각된다.

③ 심도(depth): 외양성 물고기는 수온, 염분, 기타 환경 조건이 좋으면 깊이와는 관계없이 해양을 광범위하게 이동할 수 있으나, 연안성, 암초성, 정착성 어류에 있어서는 깊이가 장벽으로 되어 그 분포가 방해를 받는다. 예를 들면, 서부 태평양의 어류상이 같은 위도 상의 아메리카 서해안의 어류상과 현저하게 다른 점은 폴리네시아(대양주의 동부제도)와 아메리카 서해안 사이에 폭넓은 심하기 기 때문이다.

④ 먹이(food): 외양에 있어서는 회유성 물고기의 먹이가 되는 작은 동물의 분포 상태가 고르지 않는데, 가다랑어나 참다랑어 등이 조경이나 바다 밑의 용기된 부근에 모이는 것은 이런 곳에 먹이가 되는 작은 동물들이 많기 때문이다.

⑤ 대지의 존재: 육지의 존재가 물고기의 분포를 방해하는 것은 물론이며, 이것은 홍해와 지중해 또는 파나마 운하를 중심으로 한 태평양 연안과 대서양 연안의 어류상이 상당히 다른 점이 있는 것으로도 명백한 사실이다.

⑥ 지각의 변동: 과거에 있어서는 가끔 지각 변동이 일어났으며, 이로 인하여 가깝게 있던 양 지구 사이의 어류상이 매우 다르거나, 멀리 떨어져 있는 양 지구 사이의 어류상이 닮아 있거나, 또는 담수 물고기이면서도 같은 속(Genus)의 물고기가 불연속 분포를 하고 있는 경우가 많다.

⑦ 해류(current): 해류가 물고기의 분포를 촉진시키거나 저해하는 것은 남부해 및 남 일본 근해에 말레이 군도 중의 선다 제도(Sunda islands)와 공통된 종류나 닮은 종류가 많고, 동해 북부의 어류상이 북양의 어류상과 매우 닮아있는 점 등으로 명백하다.

물고기 가운데는 계절 혹은 시각에 따라 내·외적 동기에 의해서 일정한 방향으로 이동하는 것이 있다. 이러한 현상을 회유(回遊, migration)라고 하며, 회유하는 물고기를 회유성 물고기(migration fish)라고 한다. 회유의 규모는 일반적으로 담수성 물고기와 해산 물고기가 규모나 특성상 두드러진 차이가 있다. 해

산 물고기 중 연안 수역에 사는 정어리, 고등어, 곱상어와 외양성의 다랑어류, 꽁치, 악상어 등과 같이 운동력이 강한 물고기에서는 크지만, 많은 연안성이나 심해성의 운동력이 약한 물고기의 경우 그렇지 않다. 특히, 심해의 저서 물고기는 회유하는 힘이 매우 약한 것 같다.

물고기의 회유는 환경의 변화나 물고기 자체의 생리적 요인에 의하여 일어나는 것이므로, 이와 같은 요인에 따라 분류하면, 색이 회유(feeding migration), 산란 회유(spawning migration), 성숙 회유(adult migration) 및 계절 회유(seasonal migration)로 나누어지며, 이 외에 규모는 별로 크지 않으나 삼투 조절 회유(osmoregulatory migration) 및 양측 회유(amphidromous migration) 등도 포함된다.

(1) 색이 회유(feeding migration): 수중에서의 물고기 먹이의 분포는 균일하지 못하며, 이러한 분포는 여러 가지 해양 조건에 좌우되어 이동한다. 먹이분포 범위의 이동에 따라 물고기는 더욱 많은 먹이를 찾아 이동하게 되는데, 이것을 색이 회유라고 한다. 이 회유는 외양성의 다랑어류, 꽁치, 악상어와 같은 대양성 물고기에 특히 그 규모가 크다. 이것은 외양에 있어서는 먹이 생물의 분포 밀도가 매우 균일하지 않기 때문에 다랑어와 같은 것은 봄과 여름에 걸쳐 먹이가 많은 수온이 20~30℃의 조경을 찾아 남쪽에서 북쪽으로 회유하며, 연안 수역은 먹이 생물이 많으나 정어리, 고등어, 방어 등은 때를 지어 살고 있으므로, 같은 장소에서 오래 머문다면 먹이가 감소되므로 봄부터 여름에 걸쳐 먹이가 많은 북쪽 해역으로 회유한다. 또, 가자미나 넙치류는 모래나 진흙 속에 있는 먹이 생물을 찾아 해저를 수평적으로 회유(horizontal migration)하며, 발광멸, 샛비늘치과 물고기 등에서는 먹이의 대상이 되는 동물성 플랑크톤이 주야간에 수직적으로 상하 이동함에 따라 먹이 생물을 쫓아 수직적으로 회유(vertical migration)한다.

(2) 산란 회유(spawning migration): 대부분의 물고기는 산란기에 적당한 산란장을 찾아 크고 작은

범위의 회유를 한다. 산란 회유는 연안성 물고기나 대양성 물고기가 모두 행하고 있으며, 일반적으로 앞 바다에서 연안으로, 또는, 북에서 남으로 향해 회유하는 것이 많다. 이것은 외양보다는 연안이 자어(부화직후의 치어보다 어린 물고기)나 치어(친어의 성적으로 성숙하기 이전을 통칭함)의 먹이 생물이 많은 때문이며, 북에서 남으로 회유하는 것은 북쪽보다 남쪽의 수온이 높으므로, 친어(성적으로 성숙하여 생식능력을 갖춘 물고기)보다 약한 자어나 치어의 생활에 적합한 때문이다. 이와 같은 회유를 근륙 회유(on-shore migration) 및 남하 회유(southward migration)라고 한다. 또, 뱀장어와 같이 산란을 위해 연안에서 점점 멀리 회유하는 것을 원륙 회유(off-shore migration)라고 한다.

연어, 송어류가 모천을 찾아 소하하는 회귀 본능(homing instinct)과 같은 특성과 관련된 실험 예를 들어보면, 표지법으로 유어의 지느러미를 절단하고 성어에는 표지를 붙여서 방류한 결과, 그 중에서 소수는 다른 강으로 소상했지만, 대다수의 연어는 자기가 부화된 강으로 산란을 위해 돌아왔다고 하는데, 이러한 경우는, 일반적으로 자기가 부화된 강의 크기가 작았기 때문에 큰 강의 지류에서 부화하고 성장한 어린 연어는 성어가 되어도 원래의 강의 지류에 되돌아오는 경향이 강한 때문이다.

연어, 송어류와 같이 소하하는 물고기와는 반대로, 뱀장어류는 원륙 회유(off-shore migration)를 하기 전인 가을에 강을 내려가는데, 이것을 강하 회유(catadromous migration)라고 한다.

(3) 성육 회유(adult migration): 대부분의 물고기는 산란기에 원래의 서식장과 다른 장소에서 산란한다. 따라서, 부화된 자어는 친어와는 다른 장소인 육지가 가까운 산란장 부근에서 어느 기간동안 생활하고 있으나, 정장한 후에는 그 곳을 떠나 원래의 서식장으로 되돌아간다. 이러한 회유를 성육 회유라고 한다.

(4) 계절 회유(seasonal migration): 모든 물고기는 그들 생활에 적합한 온도 범위가 있다. 따라서 계

절의 변화와 함께 수온이 변화하면 물고기는 그 수온에 따라 회유 이동하게 된다. 다시 말하면, 가다랑어, 고등어, 방어, 대구 등은 적온을 찾아 회유하는 것이지만, 계절과 함께 변화됨으로 계절 회유라고 한다. 일반적으로, 정착성 물고기도 봄과 여름에는 유지가 가까운 얕은 곳에서 생활하며, 가을과 겨울에는 심해로 이동 회유한다.

(5) 삼투조절 회유(osmoregulatory migration): 물고기가 일생을 사는 동안 어떤 기간에 해산 물고기가 담수역으로, 또 담수산 물고기가 해수역으로 들어가 머무는 생리적 요구에 의해서 일어나는 회유로서 이러한 경우, 많은 종류에서 어떤 생리적인 요구에 의해서 회유가 일어나는가에 대해서는 알려져 있지 않으나, 송어나 농어의 유어가 봄에 강을 거슬러 올라왔다가 가을에 바다로 내려가는 현상을 볼 수 있다.

(6) 양측 회유(amphidromous migration): 은어의 경우와 같이 정해진 계절에 담수에서 해수로, 또, 해수에서 담수로 규칙적으로 행해지는 회유이며, 산란을 목적으로 하는 회유는 아니다. 대부분의 경우, 빠른 유수에 살고 거기서 산란하며, 자어는 어떤 기간 바다에서 월동하고, 봄에 유어의 형태로 상류로 되돌아온다. 따라서 산란을 목적으로 한 소하 회유나 강하 회유와는 뚜렷이 구별된다.

3. 서식처

대부분의 담수성 물고기가 서식하는 하천의 상류, 중류, 하류 및 하구 혹은 저수지나 호소는 각각 독특한 환경조건을 지니고 있기 때문에 그 곳에 서식하는 물고기의 종류의 종류도 다르다. 상류는 경사가 급한 계류로부터 시작하여 물살이 비교적 빠른 곳으로 그 바닥에는 큰돌과 바위가 깔리고 물길의 'S' 자 모양으로 자주 굽어지면서 여울(rapid)과 웅덩이(pool)가 반복한다. 하천 상류의 수역에는 버들치, 금강모치, 어름치, 열목어 및 쉬리 등이 살고 있다. 상류의 여울부는 수심이 비교적 얇기 때문에 충분한 태양선의 유

입으로 바닥의 돌과 자갈 표면을 덮고 있는 부착조류가 유기물을 직접 생산하고 있어 수서 곤충이나 다슬기 등의 중요한 먹이자원으로 공급되며, 돌이나 바위 틈은 이 곳에 사는 물고기들의 피난처이자 알을 낳고 키우는 산란 장소가 된다.

중류는 하폭이 넓고 유량이 풍부하며 수심은 비교적 깊다. 이 수역에는 비교적 넓은 면적의 웅덩이와 바닥에 자갈과 돌들이 많이 깔린 여울부가 이어진다. 중류에는 피라미, 갈겨니, 붕어, 납자루, 중고기, 돌고기, 참마자, 모래무지 등 다양한 종류의 물고기가 살고 있다. 그리고 중류 여울부에는 자갈과 돌 표면에 분해자인 미생물과 원생동물이 많이 부착되어 있어 수질을 정화 처리하는 기능을 수행하는 동시에 깊은 웅덩이는 몸집이 큰 물고기들의 휴식처가 된다. 그리고 진흙과 펄이 있는 바닥에는 이때페인 조개 종류가 살 수 있는 환경이어서 조개의 몸 속에 알을 낳는 납자루류나 중고기류의 산란을 가능하게 한다.

한편 중류의 여울부라 할지라도 표층과 중층에서는 피라미와 꺾지가 주로 살고, 여울의 바닥 부근에는 참마자과 밀어가 살고 있다. 또 웅덩이의 표층과 중층에서는 갈겨니, 붕어, 돌고기가 사는데 비하여 웅덩이의 바닥 가까이에는 모래무지, 미꾸리, 돌마자 등이 주로 살고 있다. 이와 같이 생물 종들 사이에 제한된 공간과 먹이에 대하여 경쟁을 피하기 위하여 그들이 사는 장소를 분리해서 서식하는 현상을 서식처 분리(habitat segregation)라고 한다.

하류는 하구를 향하여 한 방향으로 내려가는 동안 유속이 더욱 넓어지고 수심은 깊으며 바닥에는 모래와 진흙으로 되어 있는데 하구로 갈수록 염분의 농도가 바닷물과 가까워지면서 조수의 영향을 받는다. 하류에는 염분 농도에도 잘 견디는 송어, 학꽂치, 꼭져구, 용어, 풀망둑, 황복 및 뱀어 등이 산다.

담수성 물고기 가운데는 잉어 목과 매키 목 물고기와 같이 순수한 담수역에서만 생활하면서 해수에 적응하지 못하는 종류를 통틀어 1차 담수어(primary freshwater fishes)라고 한다. 또 송사리와 같이 대체로 담수에 살지만 때로는 해수에서도 적응하는 종류를 통틀어 2차 담수어(secondary freshwater fishes)라 한다. 붕어, 산천어, 열목어와 같이 원래 해수에서 살던 종류가 담수에 적응하여 담수에서만 서식하는 물고기를 육봉 담수어(land-locked freshwater fishes)라고 한다. 그리고 생활사의 일정 기간을 정기적으로 담수와 해수를 왕래하는 물고기를 회유성 물고기(diadromous fish)라 하는데 여기에는 뱀장어, 무태장어와 같이 민물에서 살다가 바다에 내려가 산란하는 강하성(catadromous)과, 큰가시고기, 황복, 연어, 송어, 칠성장어, 뱀어 등과 같이 바다에서 생활하고 성장하다가 민물로 올라와 산란하는 소하성(anadromous), 그리고 은어, 한독중개, 모치망둑, 갈문망둑, 검정망둑, 꼭져구 등과 같이 기수역 부근에서 산란하고 성장하는 양측회유성(amphidromous)이 있다. 이들의 구성비를 보면 그림 1.과 같다.

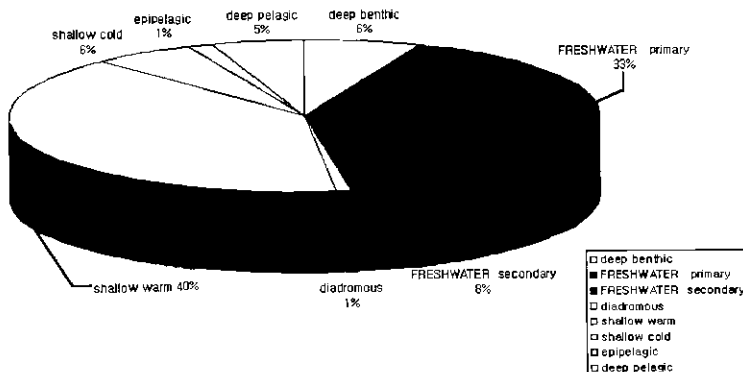


그림 1. 여러 서식처에 살고 있는 물고기의 상대적 수치

4. 수체의 형태와 물고기 서식

(1) 표층수

강, 하천 그리고 그림자, 그림자 없이 태양광선을 계속해서 받게 되는 지역에서는 낮과 밤의 수온이 심하게 변하여 온도차가 특히 심하다. 오랜 세월 동안 산업 및 농업활동을 함으로써 수질에 영향을 미치게 된다. 따라서 물질의 추출, 용도의 변경, 화학물질의 배출, 탱크 밑바닥을 뒤흔들어 놓는 생산활동이라든지 농작물을 생산하기 위해서 농약을 살포하는 활동이 여기에 포함된다. 한 양어장에서 사용된 물을 다른 양식장에서 또다시 사용할 경우 기생충이나 질병의 감염원을 제공할 수 있다.

(2) 호수 물

호수 물은 물의 깊이에 따라 온도차가 크며 (stratification) 수심에 따라 온도층이 다르기 때문에 다른 어떤 원인에 의해서 조류가 폐죽음을 당하게 되면 영양이 양호한 물 속에서는 가장 심각한 문제에 직면할 수 있다. 즉, 더 깊은 곳에 있는 물이 표층위로 올라오게 되어 온도차가 적응하지 못한 조류가 폐죽음을 당하게 되면 물의 변화가 일어나서 급격한 산소의 결핍 및 고갈이 일어나게 된다.

(3) 지하수와 용천수

지하수와 용천수는 온도가 일정하고 기생충 및 미생물이 없다는 점 때문에 비교적 청정수로 활용될 수 있다.

(4) 해수

담수가 유입되는 삼각지 주변의 하안구에는 수면으로부터 수심 5~6m 정도의 해수가 폭넓게 퍼져 있다. 이러한 지역에는 물고기에 해로운 독성물질이 포함되어 있으며, 해수보다 빠르게 식거나 더워진다. 해수에 서식하는 물고기는 질병을 일으키는 미생물을 가지고 있는 잠재적인 전염원이 될 수 있다. 그런 경우 가오리류나 넙치류와 같이 병원균과 미생물을 제거하거나 감소시키려면 맑고 깨끗한 해수와 바다의 모래를 효

율적으로 활용하여야 바람직 할 것이다.

5. 수질 환경

수질환경이란 사실상 물고기의 성장과 번식에 필수적인 항상성(homeostasis)의 유지에 영향을 주는 광범위한 모든 변수(parameter)를 포함하고 있다. 물고기는 수서 생태계의 2차 및 3차 생산자에 해당하는 바, 만약에 여러 인자가 심하게 변화되어 허용범위를 벗어날 경우 물고기는 질병에 쉽게 감염되며 실제로 질병에 걸리고 그 범위를 지나치게 되면 인간도 결국 견딜 수 없게 된다. 이러한 수질환경에 영향을 미치는 가장 중요한 물리화학적 요인으로는 수온, 빛의 세기, 광 주기, 물의 화학적 성분, 서식처의 공간, 먹이의 활용여건, 움직이는 그림자나 포획작업과 같이 스트레스를 주는 자극의 빈도 수 등이 있으며, 다른 중요한 요인으로는 먹이 공급을 계속해서 유지시켜주는 생태계의 생산성이 있다. 이 수질의 물리화학적 요인을 상세히 알아보면 다음과 같다.

(1) 수온

수온은 용존산소량과 물의 pH를 변화시킨다. 수온은 물고기의 건강에 중요한 영향을 미치는 수질환경 요인으로서 표층수는 위도, 계절, 경도, 광주기, 수심 및 다른 요인 등에 의해서 40℃까지 수온의 변화가 있다. 기름 및 살충제와 같이 물 속에 잘 용해되는 독성 물질의 용해도는 수온이 상승할수록 증가하는 반면 산소의 용해도는 온도가 상승할수록 일반적으로 감소하게 된다. 중금속과 같은 일부 독성물질은 수온의 상승과 더불어 증가하는 것으로 나타났다. 양식어류는 거의 대부분이 수온에 따라 체온이 변하는 변온동물(poikilothermic animal)이기 때문에 물고기의 생활은 수온에 따라 크게 좌우된다. 물고기의 성장, 먹이 소화율 및 특이질병의 감염여부, 그리고 난의 부화가 모두 수온에 따라 달라진다(표 1. 참조). 따라서 각종 물고기에는 적정 생육온도가 있다.

표 1. 한국산 물고기의 적정 산란수온

어류명(담수산란어)	적정산란수온(℃)	어류명(해수산란어)	적정산란수온(℃)
칠성장어	13~16	바다빙어	10
연어	4~11	꽂치	17.5
빙어	5~6	뱀장어	16~17
잉어	18~20	도루묵	6~10
붕어	17~20	전갱이	15~18
초어	20	삼치	10~20
황어	10~15	황새치	25~29
피라미	18~20		
송사리	18~30		
가물치	20~30		
찍지	18~28		

(2) 광선

광선은 수심의 깊이, 단세포, 조류, macrophytes 및 나무의 그림자 등에 의해 물 속에 도달되는 빛의 양이 간접적으로 조절된다. 진흙, 석탄이 씻긴 물, 종이 찌꺼기와 같은 흡광제와 빛을 굴절시키는 오염물질에 의해서 빛이 적게 투과될 경우에도 조류의 번식성이 떨어지게 되고, 결국 물고기가 이용할 수 있는 먹이의 양도 그만큼 감소하게 된다. 이러한 모든 것은 물고기의 성장과 성적 성숙에 커다란 요인으로 작용할 수 있으며, 물의 깊이가 얇은 곳에서는 태양광선으로부터 나온 자외선이 물고기의 등에 조사되어 화상의 일종인 sunburn을 일으킬 수 있다.

(3) 용존산소량

물 속에 녹아있는 두 가지 가스인 산소와 질소에 특히 많은 영향을 끼칠 수 있다. 질소, 산소, 이산화탄소, 아르곤, 네온, 기타 기체가 혼합된 상태에서는 각 가스의 용해도(solubility)에 따라 물 속에 녹는 정도가 다르며, 용해도는 총 공기압과 수면에 접해있는 공기혼합물 중 일부 가스의 압력이나 용해 농도 또는 온도와 같은 요인에 따라 차이가 날 수 있다.

(4) 수소이온농도(pH)

물의 pH는 수중에 용해된 수소 이온의 농도를 나타내는데, 그 범위는 0 에서 최고 14 사이이지만, 일반 자연수는 중성인 7 전후이다. pH 7 이하는 산성이고, 그 이상은 알칼리성을 나타낸다. 물이 pH 7이하인 산성에서는 약간의 산 또는 알칼리성 물질이 들어가더라도 수질이 잘 변하지만, pH 7을 약간 넘는 알칼리성인 자연수는 보다 안정성이 높다.

담수는 그 변화 범위가 대단히 넓어서 5~6 전후의 산성인 경우가 흔히 있는가 하면, 석회암 지대에서는 9.0 전후까지 높은 경우도 흔히 있다. 한편 해수의 pH는 대략 8.0 이상의 안정된 일정한 pH를 유지한다 (표 2. 참조).

표 2. 우리 나라 하천의 수질 기준

등 급	이용 목적별 적용 대상	기 준				
		수소이온 농도 (pH)	생화학적 산소요구량 (BOD) (mg/l)	부유 물질량 (SS) (mg/l)	용존 산소량 (DO) (mg/l)	대장균 균수 (MPN/100ml)
I	상수원수1급 자연환경보존	6.5~8.5	1이하	25이하	7.5이하	50이하
II	상수원수2급 수산용수1급 수영급수	6.5~8.5	3이하	25이하	5이하	1,000이하
III	상수원수3급 수산용수2급 공업용수1급	6.5~8.5	6이하	25이하	5이하	5,000이하
IV	공업용수2급 농업용수	6.0~8.5	8이하	100이하	2이하	-
V	공업용수3급 생활환경보존	6.0~8.5	10이하	쓰레기 등이 떠있지 않을 것	2이하	

(5) 이산화탄소

하천을 흐르는 물에서는 이산화탄소, 중탄산염 및 탄산염에 들어있는 탄소가 수생식물에 의해서 광합성에 이용된다. 물고기의 첫 번째 먹이사슬은 바로 자연적인 식물의 생산성에 있으며, 중탄산염-탄산염의 적절한 완충능력과 밀접한 상호 연관성이 있다. 태양에 의한 광합성 작용에 의해서 이산화탄소가 소비되면 수산기가 증가하여 pH의 수치가 높아지게 된다. 야간에는 식물이 호흡작용만 하기 때문에 이산화탄소의 양이 증가하며 여기에서 발생된 수소이온은 pH의 수치를 낮추게 된다. 밤과 낮 사이에 물에서 pH가 1단위 정도 변하는 것은 이러한 생물학적 과정에 의해서 이루어진다. 산성을 띤 자연수에 녹아있는 이산화탄소의 양은 pH, 온도, 대기 중에 있는 이산화탄소의 부분압에 의해서 좌우된다.

(6) 암모니아

해리되지 않은 암모니아 분자인 NH₃는 물고기에 대해서 강한 독성을 나타낸다. 암모니아는 그 수준이 0.02mg/l 정도로 낮더라도 아가미엽의 비후(hyperplasia)를 일으킬 수 있다. 그러나 pH7 이상에서 특히 해수(pH7.8~8.2)에서는 해리되지 않은 암모니아가 물고기의 lris 강에 치명적인 해를 줄 수 있다. 또한 자주 신선한 물로 교환해주거나 인공적인 기포발생(artificial aeration)에 의해 암모니아 가스를 공기 중으로 방출시키게 될 경우 수질은 상태가 좋게 된다. 대부분의 경골어류와 연체동물은 적절한 사료와 산소가 유지되고 폐기물, 병원체, 좋지 못한 냄새와 맛 및 독성물질이 제거되면 아주 밀집된 상태에서 서도 생존이 가능하다

(7) 광물질의 함유량

자연적으로 생성된 담수는 근원과 위치에 따라 광물질의 함량에 커다란 차이를 보이고 있다. 해수와 담수는 분명히 차이가 있으나, 자연상태에서 이 둘 사이에는 염분이 적은 양으로부터 많은 양까지 연속적인 상태로 존재하게 된다. 이러한 두 가지 물의 구분은 염분의 양을 결정짓기 위해서 일반적으로 이용되고

있다. 대개 담수가 흐르는 그 지역의 흙과 바위의 성분에 의해서 담수의 미네랄 성분이 결정된다. 분필과 석회석은 칼슘과 마그네슘 그리고 극히 적은 양의 다른 성분으로 구성되어 있다. 모래, 사암, 편마암 및 화강암에는 물에 용해되는 미네랄 성분이 거의 없다. 빗물 그 자체는 대기의 먼지에서 유래되는 많은 종류의 희소성분이 함유되어 있다.

(8) 오염

환경오염은 대기오염, 수질오염, 토양오염, 방사능 오염 및 소음공해 등으로 나뉘는데 물고기에 주로 영향을 미치는 오염으로는 수질오염과 토양오염이 있다. 토양의 오염원으로는 살충제, 살균제, 제초제 등이 있으며 잔류성이 큰 유기 염소제, 중금속은 독성 물질의 순환과정을 거쳐서 결국 인체에 커다란 피해를 주게 된다. 특히 지표에 산성비가 흡수되면 토양 속의 칼슘과 마그네슘 등의 영양분은 황산염으로 되어 점점 줄어들게 된다. 토양 속의 지렁이나 미생물을 죽음으로 내몰고 토양은 더욱 빈약해지게 되고, 영양을 섭취하지 못해 약해진 식물은 마침내 병충해를 견디어 내지 못하게 되어 죽게 된다. 수생환경은 독성이 있는 많은 오염물질에 의해서 일어나며, 이러한 오염원에 의해서 발생하는 오염의 결과는 median lethal concentration(LC₅₀)이나 median lethal dose(LD₅₀) 또는 median tolerance limit(TL₅₀)로 나타난다. 수질오염도를 평가하는 단위는 BOD(biochemical oxygen demand, 생화학적 산소요구량)이라 하며, 물 속의 유기물질이 미생물에 의해서 호기적으로 분해될 때 소비되는 산소의 양)으로 나타내며, 표 2.에 나타난 바와 같이 1mg/l 이하인 1급수는 직접 음료수로 이용할 수 있지만 3mg/l 이하인 2급수는 약품처리 후 음료수로 쓸 수 있으며, 6mg/l 이하인 3급수는 생활용수로만 이용될 수 있다. 강이나 호수의 물고기 중 참종개는 물이 깨끗한 곳에서만 서식하는 물고기인 반면, 붕어는 깨끗한 물에서는 살지 않고, 쏘가리는 물이 깨끗해서도 더러워서도 살 수 없는 물고기로 알려져 있다. 이와 같은 물고기의 생존환경 특성을 이용해 간단히 수질을 알아보는 지표가 최근 환

경처에 의해 정해졌다. 수질 오염도 측정의 목적은 물이 사람과 가축, 농작물 등의 이용에 얼마나 적합한지를 알아보려는 데 있다. 현재 생물화학적 산소요구량(BOD)으로 표시되는 수질 오염도는 강이나 호수의 한 지점을 한 순간에 측정한 것이고 오염 감소를 위한 중간지표에 불과하기 때문에 BOD 및 ppm이라고 해서 식수 사용여부를 판정하는 데 곧바로 적용할 수는 없다. 예를 들어 상수원의 BOD가 1ppm이상이면 곧바로 식수로 사용할 수 있지만 술은 3~10ppm인데도 그냥 마실 수 있다. 이는 물 속의 유·무기물이 생체에 이로운지 해로운지 또 산소와 결합해 분해되면서 어떤 물질을 만들어 내는지를 BOD수치가 직접 표시해 주지 않기 때문이다. 그러나 물고기는 상당한 기간 물을 직접 섭취하면서 스스로 물이 좋은지 나쁜지를 알 수 있게 해 준다. 따라서 서식 물고기의 종류로 수질을 알아보는 방법은 간단하면서도 가장 정확하다고 볼 수 있다. 환경부는 지난 1986년부터 5년간 자연생태계 조사를 하면서 전국 2백 7개의 호수와 1백 1개의 하천에 사는 물고기 1백여 종을 조사한 결과 참마자·참종개 등 9종은 비교적 깨끗한 물에, 납자루·갈겨니·쏘가리 등 15종은 약간 오염된 물에, 붕어·피라미·잉어·메기 등 10종은 상당히 오염된 물에도 살고 있는 것으로 확인했다. 환경부가 이들 물고기 중 가장 널리 분포하는 6종을 골라 참마자와 참종개는 1급, 납자루와 갈겨니는 2급, 붕어와 피라미는 3급 수질지표 어종으로 정했다.

참마자는 10cm 가량의 길이로 흰 바탕에 검은 점이 8줄 가량 있으며, 자갈이나 모래가 깔린 깨끗한 물에만 산다. 참종개는 8cm 정도의 담황색이며 등에는 구름 모양의 갈색무늬, 배에는 삼각형 무늬가 있으며 주로 수서곤충을 먹고산다. 납자루는 10cm 가량으로 뚱뚱하며 유속이 느리고 수초가 우거진 호수나 개울

등에 살며, 입수염이 있으며 몸에 무늬나 반점이 없다. 붕어는 환경에 따라 몸 색이 변하는 데다 잡식성이며, 가뭄과 수질오염에 대한 내성이 강하다. 10년 정도면 30cm 이상의 '월척'이 된다. 물이 깨끗한 곳에서는 먹이가 모자라 살지 못하며, 물이 깊은 곳이나 하천 하류에 주로 서식한다. 피라미는 수심이 얕은 곳에서 살며, 부화 1년만에 7cm 가량 자란다. 붕어와 같이 수질오염에 대한 내성이 강해 최근 급격히 늘어나고 있다. 그밖에 희귀어종인 은어·열목어 등은 1급 수역에, 빙어·쏘가리·모래무지·버들치·참붕어 등은 2급수 지역에, 잉어·메기·미꾸리·가물치 등은 3급 수역에 서식하는 것으로 확인됐다. 이같이 물고기의 서식상태를 통한 수질오염 파악방법은 오염상태를 종합적으로 알 수 있으며 장기간에 걸쳐 넓은 수역의 오염축적 과정과 원인을 아는 데도 큰 도움을 준다.

또 측정기기와 전문기술이 필요 없어 경제적이며, 인간에 대한 영향을 이해하기 쉬운 반면 오염정도의 정량화가 어려운 단점도 있다. 환경부는 수질지표 물고기로 선정된 물고기를 시민들에게 널리 알리고 학교 교육과정에 넣어 수질오염에 대한 경각심을 높여 물고기 보호에 동참할 수 있도록 할 계획이다(표 3 참조).

(9) 중금속 성분

수질오염을 불러일으키는 독성 무기물은 금속, 산, 염 등 그 범위가 넓고 배출원의 종류도 매우 다양하다. 수은이나 납과 같은 독성 금속이 가장 중요한 오염물질인데, 이러한 금속은 산업폐수, 도심지를 흘러 나오는 물, 광산지역, 하수처리장, 대기오염물질 등의 낙하 등 그 근원지가 다양하다. 하천수 뿐만 아니라 경우에 따라서는 지하수도 이러한 독성 금속으로 오염된 경우도 있다. 그 중에서도 금, 은, 구리, 주석,

표 3. 물 오염도

특징 등급	1급수	2급수	3급수	4급수
물색깔	수정같이 맑다	비교적 맑다	황갈색	흑색
해감내	없다	없다	없다	강렬
수생물 (생물학적 센서)	버들치, 하루살이, 애벌레	피라미 갈겨니	붕어, 잉어, 메기, 미꾸리, 뱀장어, 모래무지	실지렁이

납, 수은, 철을 고대 7금속이라고 하고 그 밖에 아연, 크롬, 카드뮴, 망간 등이 있다. 중금속, 특히 납과 수은의 경우 약품이나 금을 제련할 때 분리 추출약품으로 사용되는 경우가 많았기 때문에 널리 이용되어 왔다. 이러한 중금속 가운데에는 소량으로도 독성을 나타내며 환경에 잠재적인 위협을 가하는 것도 있다. 노출의 농도와 장단에 따라 물고기가 중독되는 정도가 다르게 나타난다.

가. 카드뮴

카드뮴은 주기율표상에서 아연, 수은 등과 같은 족에 속하는 원소로서 보통 아연광석이나 납 광석에 포함되어 있다. 구리, 납, 은, 알루미늄, 니켈 등의 합금에 많이 사용되고 전기도금이나 염료공업, 요업, 사진, 원자로 등에도 사용되고 있다. 카드뮴은 생물체에 유익한 점은 없다. 미국 보건성과 세계보건기구에서는 식수의 카드뮴 허용치를 각각 0.01과 0.05ppm으로 정하고 있다.

나. 납

납은 현대 산업사회에서는 가장 유용한 금속 중의 하나지만 생물에는 유익하지 않고 독성이 강한 원소이다.

다. 수은

수은은 극히 낮은 농도에서도 독성을 갖는 자연물질로 금속상태, 무기염, 유기화합물의 형태로 독성을 나타낸다.

(10) 비금속 성분

비금속 성분은 그 양이 충분하게 존재 할 때 독성을 나타낸다. 이렇게 독성을 나타내는 물질로는 암모니아, 불화물, 시안화물, 인, 황화물, 알루미늄, 베릴륨염, 비산염, 염소 및 클로라민과 같은 할로젠 원소가 있다. 농업과 산업체에서 이용되는 많은 유기물질이 물고기에 대해서 독성이 있다.

(11) 하수

희석 정도나 최초의 처리방법과 생태계의 구성분 및 반응 정도에 따라 하수의 수질이 좌우된다. 그러한 하수의 가장 일반적인 결과는 바로 산소의 고갈에 있

다. 인, 암모니아, 질산염과 같은 무기질 영양분이 과도하게 축적되면 질화균이 산소를 이용하여 화학에너지를 생산하면서 해가 없는 암모늄염으로 변환시킨다. 이 때 입자와 용해성 유기물질에 대한 불충분한 회색으로 무기질 및 유기물질이 과도하게 되면 산소의 고갈에 의해서 미생물이 살 수 없게 된다. 이러한 유기물질이 함유된 하수가 바다로 유입되면 조류의 적조현상을 일으키게 되어 해초나 물고기에 해가 되는 독성물질이 생성된다. 하수는 또한 중금속과 PCB와 같이 독성이 있는 유기물질의 강력한 제공원이 될 수 있다. 비록 이러한 물질들이 짧은 기간 동안 존재 하더라도 강한 독성을 나타내는 아질산염이 방류된 하수에 존재하게 된다. 수질오염의 주된 원인으로서 는 각종 공장폐수(36%), 도시의 생활하수(51%) 및 축산단지의 폐수(13%)등을 들 수 있다.

(12) 온배수

냉각수로 취수되는 해수가 스크린을 통과하는 과정에서 커다란 해양동물이 파괴되고, 플랑크톤의 사체와 함께 유기물 오염이 일어나게 된다. 이때 스크린을 통과한 물은 수온이 8~14℃로 상승하게 되어 분쇄물들과 함께 각종 조류의 대량번식의 원인을 제공해 준다. 취수기와 복수기에 부착되어 있는 부착생물과 각종 찌꺼기를 제거하기 위해 염소가스와 차아염소산(sodium hypo chlorite) 소다가 사용되고, 부식 방지제, 세제 등이 주입된다. 원자로 누수, 격납용기와 원자로 보조건물에서 사용된 생활하수 등이 증류장치, 이온교환수지 등의 액체 폐기물 처리시설에 의해 처리되고, 폐액 내의 저준위 방사능 물질이 온배수 중에 혼입 방출된다. 실제로 원자력 발전소 부근의 수서 생물에서 Co60과 Mn54, Zn65, Fe59, Cr24 등의 방사능 물질이 검출되고 있어 온배수에 의한 영향은 수온뿐만 아니라 이에 함유된 각종 오염물질도 있다는 점을 간과해서는 안 된다.

(13) 입자성 물질

모든 자연수에는 자연적으로 발생하는 부유성 고형 성분이 함유되어 있다. 특히 홍수에 의해서 물이 넘치

는 경우에 미세한 모래와 같은 부유성 고형성분의 양이 증가되어, 물고기의 아가미에 기계적인 손상을 주게 되어 병원성 세균에 대한 제2차 감염원이 될 수 있다. 또한 물에는 미세한 모래가 물고기의 난자에 존재하는 용모막 밖의 난문을 막게 되어 정자에 의한 수정을 억제하게 되고 결국 난자는 호흡이 정지되어 죽게 된다.

(14) 냄새

여러 가지 맛, 냄새, 색깔 등은 물고기의 근육에 좋지 못한 영향을 미치게 된다. 이러한 원인은 자연적이거나 산업체에서 제공되기도 하기 때문에 상당히 복잡한 상태이다.

(15) 기름의 오염

원유와 정제된 기름이 수계로 흘러 들어오는 사고로 인해 다른 신선한 물이 흘러 들어오지 못하면 일정한 규모의 연못이나 바다는 엄청난 피해를 입게 된다. 원유는 상대적으로 독성은 약하나 기름 분산제와 솔벤트의 사용으로 인해 물고기에게 커다란 피해를 주게 된다. 바다나 강가에 기름이 넘쳐 흘러드는 경우에는 수십 년 동안 물고기의 서식이 어렵게 된다.

6. 물고기의 습성

(1) 산란 습성

물고기의 산란에 영향을 미치는 요인은 호르몬의 분비, 수온 등 외부의 환경요인(표 3. 참조), 어미의 영양상태 등이 있으며 이들에 의해 물고기의 산란습성은 크게 좌우된다고 할 수 있다. 물고기의 생식 활동은 대개 계절적이거나 정해진 주기를 갖는다. 또한 외부의 환경도 계절적이거나 주기적인 것이 많은데, 알의 성숙과 산란은 이들 환경의 주기적 변화와 무관하지 않다. 또한 물고기의 성장정도와 산란여부를 결정하는 것으로 알려진 먹이생물의 밀도도 계절적 주기를 가지고 있으며 알의 성숙에 직접 관련이 있다. 외부환경의 변화들은 물고기의 감각기관을 통하여 감지되고, 그러한 자극은 체내에서 생식기간이나 생식

세포의 발달 혹은 산란에 관여하는 호르몬의 분비를 촉진하게 된다(Munro, et al., 1990).

① 난생과 난태생

물고기가 자손을 낳을 때는 알의 상태로 배출하는 난생(oviparous)과 어린 새끼의 상태로 낳는 난태생(ovoviviparous)의 2가지 방법이 있다. 난생 가운데서도 수컷이 교미기를 가지고 있어서 정자를 암컷의 체내에 넣어 수란관에서 수정이 이루어지는 체내수정과, 대부분의 경골 물고기와 원구류에서와 같이 산란 시기에 암컷이 몸 밖에 방란하면 수컷이 알에다 수정시키는 체외수정이 있다. 난태생은 대부분의 연골성 물고기에서 보는 바와 같이 암컷에는 진정한 태반이나 양막이 없이 체내에서 수정하여 난황에서 영양분의 공급을 받아 어린 새끼의 상태로 낳게 되는 경우를 말한다.

② 산란 습성

대부분의 물고기가 성장하면 생식소가 성숙하여 산란기를 맞이한다. 물고기의 산란은 종류에 따라 산란 습성도 아주 다르다. 흔히 보게 되는 잉어와 붕어는 수초가 무성한 곳에 산란하며, 연어와 송어류는 산란기에 강으로 올라와 자갈 바닥을 파서 산란장을 만들어 산란 방정하고 암컷은 수정란 위에 모래와 자갈을 덮어 발생이 진행되도록 한다. 뱀장어는 담수역에서 살다가 바다의 깊은 곳으로 내려가 산란한다. 가물치나 비틀붕어는 거품을 내어 물 표면에 산란하면 수컷은 수정된 알을 보호한다

납자루나 중고기 종류의 암컷은 산란기가 되면 총배설강 밖으로 긴 산란관을 내어 담수 이매패의 새강에 산란을 한다. 참붕어와 물개류는 산란기에 돌과 그 주변을 청소한 후 돌 위에 산란하고 그 후 수컷은 산란장 부근에서 알을 지킨다. 문질망둑, 말뚝망둑 및 쟁뚝어 등은 모래진흙 밑에 구멍을 깊게 파고 산란하며 밀어, 검정망둑, 미끈망둑, 독중개는 물 속에 있는 돌의 아랫면에 산란한다. 큰가시고기 과 어류는 산란기가 되면 수컷이 수초의 뿌리나 줄기를 이용하여 둥지를 만드는데 이 때 수초를 잘 붙이기 위하여 신장에서 분비하는 점액을 이용한다. 등지가 완성되면 수컷

은 혼인색을 띠고, 성숙한 암컷을 등지 속으로 유인하여 산란토를 자극한다. 암컷이 산란을 하고 등지 밖으로 나오면 수컷이 등지로 들어가 방정하여 수정 발생시킨 후 수컷은 어린 새끼의 상태로 부화될 때까지 등지를 지키다가 어린 새끼의 상태로 부화하면 일생을 마친다.

③ 산란기와 산란수

물고기의 산란 시기는 어종에 따라 다르며, 동일한 종류라 할지라도 지역에 따라 다르다. 대체로 대부분 담수성 물고기의 산란기는 봄과 여름이지만 은어와 납지리는 가을에 산란하고, 수수미꾸리와 같은 종류는 겨울에 산란하기도 한다. 그러나 표 4.에서 보는 바와 같이 한 번에 산란하는 알의 수도 종류에 따라 달라서 연골성 물고기인 썩이상어는 2개의 알을 낳는 반면에 납자루류는 보통 500 여 개의 알을 가지며, 미꾸리 과 어류는 2,000~3,000 개의 알을 가지지만 대부분의 해산 경골성 물고기는 10,000~1,000,000 개의 알을 가지고 있다(김수암과 장창익, 1994).

(2) 먹이 습성

물고기가 먹는 먹이는 자연 서식지에 있는 여러 가지 종류의 생물들이어서 물고기의 종류나 연령이나 계절에 따라서 약간씩 달라지기도 하지만 대체로 주

로 먹고 사는 먹이의 종류에 따라 플랑크톤 섭식 물고기(planktonic fish), 초식성 물고기(herbivorous fish), 육식성 물고기(carnivorous fish), 잡식성 물고기(omnivorous fish), 흡인식성 물고기(food sucker) 그리고 기생성 물고기(parasitic fish)로 구분한다(Wooton, 1990).

플랑크 섭식 물고기는 물위에 있는 플랑크톤을 입으로 빨아들여 새파(gill raker)가 있는 곳에서 그것을 걸러 식도로 보낸다. 플랑크톤에는 규조류, 녹조류, 남조류와 같은 식물성 플랑크톤과 원생동물, 윤충과 물벼룩 등과 같은 동물성 플랑크톤 등이 있는데 붕어, 물개, 피라미, 납자루, 갈겨니 및 버들치 등은 식물성 플랑크톤을 주로 섭식한다.

초식성 물고기는 초어와 같이 물 속에 있는 수초뿐만 아니라 육상에 있는 풀까지도 먹는 종류를 포함하여 하천 바닥에 있는 바위나 돌의 표면에 붙어 있는 조류를 섭식하는 은어와 들마자 등이 있다.

육식성 물고기는 수중에 사는 수서곤충의 유충이나, 소형 갑각류와 환형동물 및 다른 물고기 등의 동물들을 잡아먹는 습성을 가진 물고기이다. 육식성 물고기 가운데는 블루길과 베스 등과 같이 물고기의 어린 개체나 성체를 대량 잡아먹는 습성을 지닌 종류가 있다. 일부 담수 물고기는 먹이가 부족한 경우에 같은

표 4. 한국 담수와 근해에서 발견되는 물고기의 포란수와 산란수

담수산란어	포란수	산란수	해수산란어	포란수	산란수
철성장어	8,000~100,000		독피장어	25	
사마연어		1,000~2,000	환도상어	2	
빙어		1,000~2,000	귀상어	30~36	
은어		10,000	곱상어	12~13	
잉어	300,000~400,000		툽상어	12	
붕어	40,000~20,0000	10,000~25,000	홀어	4~6	
초어	50,0000		전기가오리		4~5
모래무지	10,000~20,000		뱀장어	7,000,000~13,000,000	
황어	1,800~12,000	600~4,000	해마		10~수백
버들치	750		참조기	10,000~20,000	30,000~70,000
미꾸리	18,000~40,000		감성돔		450,000~460,000
메기	13,750		넙치		
자가사리		154			
송사리		500~800			
드렁허리	500				
가물치		5,000~36,000			
찍지		494			
밀어		>500			

종의 다른 개체도 잡아먹는 습성을 가진 종류도 있다. 잡식성 물고기는 잉어, 붕어, 돌고기, 물개, 중고기와 미꾸리 등과 같이 식물성 먹이와 동물성 먹이를 모두 먹는 종류이다. 이들은 수초의 어린 싹이나 물벼룩, 수서 곤충의 유충을 먹이로 섭식하기도 한다.

흡인식성 물고기는 먹이가 되는 생물이 사는 바닥에다 입을 대고 빨아들이는 종류로 철갑상어류, 저서성 잉어 과 및 망둑어 과 물고기 등이 여기에 포함된다. 이 종류는 대체로 입이 아랫면에 있고, 먹이를 빨아들이기에 알맞은 입술을 가지고 있다.

기생성 물고기는 다른 물고기에 기생하여 숙주의 피와 내장 등을 먹는 습성을 가진 물고기로 고도로 특수화된 먹이습성을 지닌 물고기라 할 수 있다. 기생성 칠성장어와 먹장어를 예로 들 수 있다. 칠성장어는 다른 물고기의 몸 표면에 입을 붙여 입안에 있는 각질치와 설근으로 숙주의 몸에서 피를 흡리게 하여 그 피를 먹고산다. 그리고 먹장어류는 다른 물고기인 숙주의 몸 속에 깊이 파고 들어가 숙주의 내장이나 근육을 각질의 이빨로 뜯어먹는다.

대부분의 물고기는 먹이습성이 전체의 생활 기간 동안에 일정한데 비하여 은어는 어릴 때 바다에서 살면서 동물성 플랑크톤인 요각류 등을 먹지만 하천이나 호수로 유입되는 상류의 계류로 올라왔을 때는 규조류나 남조류를 먹는 초식성으로 변한다. 그리고 다목장어의 유생인 암모코에티스(ammocoetes)는 입속에 있는 섬모운동으로 물과 함께 입에 들어온 동물질 및 유기물을 먹지만 변태 후에는 죽을 때까지 먹이를 섭식하지 않는다.

초식성 물고기인 붕어나 잉어 같은 종류는 인두부에 있는 강한 인두치가 있어서 먹이를 부수어 먹기도 하며, 은어는 턱에 있는 빗 모양의 이빨로 훑어 섭취하며, 유령력이 강한 육식성 물고기는 턱에 예리한 이빨이 나 있어 먹이생물을 통째로 먹는 경우가 있다.

(3) 행동과 운동

물고기는 시각, 후각, 청각, 접촉 및 미각 등의 일반적인 감각으로 그들 주변 세계를 인식하고, 측선감각계로 물의 흐름을 감지한다. 한편 중요한 역할을 하

는 어떤 감각은 다른 적응 상태에서는 축소되면서 다른 감각이 크게 작용한다. 예를 들어 큰 눈을 가진 물고기는 냄새감각이 축소되는 반면에 적은 눈을 가진 물고기는 주로 냄새에 의해서 먹이를 포획하거나 섭식한다.

물고기의 생활에 있어서 분화된 행동은 주로 3가지 중요한 행동 즉, 먹이 섭식, 생식 그리고 적으로부터의 도피에 관련된 것이다. 예를 들면 원양에 사는 정어리의 집단 행동은 주로 적을 피하는 방어수단이지만, 그것은 또한 그들의 산란과 섭식 필요에 따라 변화된다. 포식성 물고기는 거의 단독으로 생활하면서 그들의 먹이를 향하여 돌진한다.

물고기는 잠을 잘 때는 눈꺼풀이 없기 때문에 겉으로 보기에는 눈을 뜨고 잠자면서 평형을 유지하고 있는 것처럼 보인다. 만약 공격을 받거나 교란되면 대부분 빠르게 운동할 수 있다. 소수의 일부 물고기는 바닥에 누워서 잠을 자기도 한다. 대부분의 동자개, 미꾸리 그리고 일부 뱀장어 등의 물고기는 야행성이어서 밤에는 먹이를 섭식하기 위하여 활동하고, 낮에는 구멍이나 식물의 사이 또는 다른 숨을 곳을 찾아 쉰다.

물고기의 운동은 서식처와 생태적 지위에 밀접한 관련이 있다. 물 표면에서 사는 많은 물고기는 가늘고 긴 체형과 상층에 적응된 입 구조를 가져 수면에 있는 곤충이나 다른 물고기를 포획한다. 중층에 사는 물고기는 유선형의 체형이어서 빠르게 헤엄치도록 적응하여 재빠르게 먹이를 섭식한다. 만이나 호소의 연안과 같은 비교적 잔잔한 물에 사는 물고기는 몸이 옆으로 납작하여 천천히 헤엄치면서 포식자를 만나면 빠른 속도로 피한다. 바닥에 사는 물고기는 입이 아래쪽에 있으며 복부가 비교적 넓고 큰 가슴지느러미를 움직여 이동한다. 그리고 바닥에 사는 많은 망둑어과 물고기는 부레가 없기 때문에 배에 있는 흡반을 이용하여 돌이나 바위 표면에 붙어 있다가 이곳 저곳을 조금씩 빠르게 움직이면서 그 사이에서 쉬기도 한다. 말뚝망둥어는 진흙이 깔린 연안 바닥의 물이 고인 곳에 있다가 적이 오면 물 속으로 신속하게 피하기도 한다.

7. 종다양성(species diversity)

일정 지역에 서식하는 종의 수를 종밀도(species density)라고 하며 종밀도가 높은 생물 군집은 복잡하게 보인다. 그러나 군집의 복잡한 정도는 종 수만으로 결정되는 것이 아니고, 개체수와 현존량도 관계된다. 똑같은 종수와 개체수에 의해 구성된 생태계에서도 우점종이 현저한 경우와 구성종의 개체수가 비교적 균등하여 우점종이 확실하지 않은 경우가 있는데 후자는 전자에 비해 복잡하다고 말할 수 있다. 생물 군집의 복잡한 정도는 구성종의 수와 개체수의 균형에 의해 결정된다. 이와 같은 군집의 복잡한 정도를 수량화 한 것을 종 다양도(species diversity)라 한다. 종다양도를 여러 생태계에서 조사하여 비교해 보면 다음과 같은 일반적 원칙을 유도해 낼 수 있다. 고위도 지방으로 갈수록 종다양도는 낮고, 환경이 불리할수록, 도서지방은 본토로부터 멀수록 그리고 인간의 활동이 많이 개재될수록 종다양도는 낮아진다.

일반적으로 종다양도는 생태계의 안정성 유지에 관계하고 있다. 그 이유 중 하나는 종 다양도가 높으면 그 만큼 먹이 망의 망목이 복잡해져 구조적으로 안정된다는 사실이다. 산림 해충의 이상 발생은 단일종을 식재한 인공림에서 종종 일어나지만 자연림에서는 그렇지 않다. 또한 가장 종다양도가 높은 산림인 열대강우림에서는 생물의 이상 발생이 거의 일어나지 않는다. 이와 같은 양상은 더욱 고등 소비자에 해당하는 수서 척추동물 즉, 어류, 양서류·파충류 및 수서 포유류와 조류를 연관지어 생각할 때 최소한 이들 분류군의 종다양성이 확보된다면 그 안정성은 더욱 확보될 것이다(Schreck and Moyle, 1990).

8. 결론

지구상에 생물종이 출현하여 오랜 세월 동안 생성과 진화와 소멸과정을 거쳐서 형태적, 생리적으로 환경변화에 따라 그 지역에 적합한 생물의 다양성이 나

타났다. 생물학적 다양성은 생물의 종(species)의 다양성으로서 형태적인 종의 다양성과 유전자의 다양성으로 구분된다. 현존하는 생물의 다양성은 진화와 환경변화에 적응하여 온 특성을 가지고 있으므로 이러한 특성을 이용하는 생물공학(biotechnology)의 주요한 자원이 된다.

물고기는 지구상에 출현 이후부터 적어도 그들의 생활방식에 따라 생태계에서 중간소비자로부터 고등 소비자에 이르기까지의 지위를 점하고 있어 이들의 존재 여부나 현존량의 많고 적음은 그 지역의 수질이 좋고 나쁘지 여부를 알 수 있게 해 준다. 따라서 서식 물고기의 종류로 수질을 알아보는 방법은 간단하면서도 가장 정확함을 감안하여 앞에서 언급한 바와 같이 환경부가 공표한 바 있는 1급수의 참마자와 참종개, 2급수의 납자루와 갈겨니, 3급수의 붕어와 피라미를 물고기가 살 수 있는 해당 급수의 수질지표 물고기로 최대한 활용함이 바람직할 것이다.

그러나 이들 적절한 물고기의 활용 방법에도 적절한 제한이 필요하다. 예를 들어 환경독성물질이나 환경호르몬을 체계적으로 모니터링 할 경우 대규모의 개체군이 일시에 필요한데 이를 충당기 위한 개체군 남획으로 인하여 이들 각 분류군이 위기에 봉착하게 될 것이다. 따라서 이와 같은 경우를 비롯하여 물고기를 대상으로 삼는 모든 조사의 경우에도 중요한 유전자원의 물고기를 적절히 활용하되 지나치면 결국 유전정보의 소실이 되는 점을 감안하여 우리의 하천과 호수에 서식하는 물고기를 보존함에도 유념해야 할 것이다.

인간에게 살아 있는 미래가 주어지려면 산에 나무가 있어야 하듯이, 물에 살아 있는 물고기가 있어야 할 것이며, 그러기 위해 오늘날 인위적 힘에 의해 엄청나게 바뀐 생활 환경인 하천과 호소는 자연에 가까운 모습으로 복구되어 물고기를 비롯한 자연에 되돌려진 상태라야 결국 인간에게 선한 모습을 나타내는 자연이 될 것이다. 🍎

〈참고 문헌〉

- 김수암, 장창익(1994), 어류생태학: 산란 및 생활사를 중심으로, 서울프레스, pp. 1-273.
- 박홍양, 외 14인(1998), 어류생물학, 정문각, pp. 1-478.
- Bone, Q., N. B. Marshall and J. H. S.(1995), *Blaxter, Biology of Fishes*, Chapman and Hall, London, p. 1-332.
- Munro, A. D., A. P. Scott and T. J. Lam,(1990), *Reproductive seasonality in Teleosts: Environmental Influences*, CRC Press Boca Raton, Florida, pp. 1-254.
- Schreck, C. B. and P. B. Moyle,(1990), *Methods for Fish Biology*, Amer. Fish. Soc., Bethesda, pp. 1-684.
- Webb, P. W., and D. Weiths,(1993), *Fish Biomechanics*, Praeger Pub. New York, pp. 1-398.
- Winfield, I. J., and J. S. Nelson,(1991), *Cyprinid Fishes: Systematics, biology and exploitation*, Chapman and Hall, London, pp. 1-667.
- Wootton, R. J.,(1990), *Ecology of Teleost Fishes*, Chapman and Hall, London, pp. 1-404.