

# 넙치 생태 및 초기 생활사

김 경 길

국립수산과학원 어류육종연구센터

우리나라 넙치 양식은 시작은 1980년대 초로 추정된다. 1981년 일본으로부터 넙치 종묘 및 수정란을 수입하여 양식한 것이 우리나라 넙치 양식의 시작이다. 본격적인 양식의 시작은 1986년 이후이며, 산업적인 규모의 대량 인공종묘생산 및 양성이 이루어지기 시작한 것은 1989~1990년이다. 한편, 우리나라에 서식하는 자연산 넙치를 채포하여 그들로부터 수정란을 받아 종묘생산을 시작한 것은 1982~1986년이다. 일본의 넙치 양식은 1965년 인공종묘생산에 성공한 이후, 1975년부터 민간인이 양식하기 시작하여 1980년부터 양식규모가 확대되었다. 넙치 양식은 육상수조와 가두리 모두에서 양식이 가능하지만 현재에는 육상수조에서 양식이 이루어지고 있다.

넙치의 생활사에 대해서는 지금까지 매우 많은 보고가 있다. 최근에는 우리나라에서 넙치의 경우 양식뿐 아니라 자원 회복을 위하여 종묘방류에 대한 관심이 더욱 증대되고 있다. 자원회복을 위한 종묘방류에는 방류된 어류가 자연 생태계에 가입했을 때 적응 및 생존율에 대한 의문이 계속되고 있는 실정이다. 따라서 우리는 먼저 자연에서의 넙치 생태 및 생활사에 관하여 알아둘 필요가 있으며, 이러한 내용은 양식에 있어 넙치 어미의 산란 생태 및 종묘생산에도 활용이 될 것으로 기대된다.

## I. 자연에서의 넙치 생태

### 1. 생활사

넙치속에는 넙치 *Paralichthys olivaceus* 를 포함하여 19종이 포함되어 있고, 그들의 지리적 분포는 남북 아메리카대륙의 태평양연안과 대서양 연안에 집중되어져 있다. 주 분포지역은, 북위 약 30°로부터 45°의 범위이다. 우리나라의 경우 동해, 서해, 남해, 제주도 등 전 해역에 서식하며, 주로 대륙붕 가장자리의 비교적 수심이 깊은 해저의 바닥에 서식한다.

#### 1-1 분포 및 이동

우리나라의 해역에 분포하고 있는 넙치가 단일의 집단인가 아닌가에 대한 문제에는 여러가지 설이 있다. 우리나라의 경우, 분포의 연속성으로 보아 단일의 집단으로 추측할 수는 있지만 확실하지 않다. 근년에 이르러, 아이소자임, mtDNA, Microsatellite DNA를 이용한 유전학적 방법으로 넙치 집단해석에 대한 연구가 진행되고 있다.

일본의 경우 이동의 현황을 알기 위해서는 자연산을 대상으로 표지방류 실험이 지금까지 수많이 행해져 왔다. 표지방류의 결과를 보면 방류지점의 인근에서 다시 어획된 사례가 많아 넙치의 이동은 비교적 소규모일 것이라고 생각된다. 그러나 비교적 장거리의 이동을 한 사례도 적지 않다.

예를 들면 와카사(若狹)灣에 방류되어진 개체가 시마네(島根) 반도를 넘어선 사례가 있고, 니가타(新潟) 연안에 방류되어진 개체가 토야마(富山)灣에서 잡혔다. 아오모리(靑山)현 카키타(下北)반도에 방류되어진 개체가 니카타(新潟)현에서 어획되어진 사례도 보고되고 있다.

### 1-2 산란기

넙치의 산란기는 서식해역에 따라 약간의 차이가 있지만 우리나라 남해안에서는 4-6월이 산란기이다. 이때의 수온은 14~16℃이다.

### 1-3 산란장

산란장이 형성되어진 수심은 100m이내이며, 주수심은 50m 보다도 얕은 지역으로 추정된다. 산란장의 지형적 특징으로서는 암초지대 주변의 자갈지역이나 모래지역으로 알려져 있다.

### 1-4 연령과 성장

생활사의 기점이 되는 산란기가 해역에 따라 다르고, 산란 이후 수온의 변동 패턴이 해역에 따라 다르므로 차치어와 미성숙의 성장에 지리적인 차이가 있다. 만 1세어의 전장(암수를 구별하지 않고)을 비교해 보면 미성어 단계에는 먼거리 이동은 거의 없다고 생각되기 때문에, 각 해역에 있어서 성장 차이는 계절에 따른 물리 화학적 및 생물환경 조건을 반영하는 것으로 생각된다. 넙치의 성장은 암수에 의한 차이가 현저하다는 것이 알려져 있다. 자연에서 암수의 성장 차가 현저하게 나타나는 것은 2세에서 3세부터 이며, 암컷의 성장이 수컷의 성장보다 빠르다. 수컷은 어느 해역에서나 암컷보다 성장이 늦다. 연령별 성장을 보면 2세에서는 거의 차이가 보여지지 않지만, 3세에서는 암컷이 44cm에 달하는 것에 비하여 수컷

은 42cm이고, 4세에서는 암컷이 50cm이며 수컷은 44cm이다. 5세에서는 암컷 56cm일 때 수컷 51cm가 되고 암수 차이도 많이 난다.

수명에 관한 정보는 적지만, 지금까지의 조사에서 보면 암컷은 110cm (14세), 수컷은 85cm(16세)로 추정된다. 지역에 따른 수명을 보면 북쪽의 냉수해역이 남쪽의 온난해역보다 고령어가 많고 수명이 길다고 추정된다.

### 1-5 성숙

넙치의 성숙연령 및 크기를 보면 지리적인 차이가 있다. 성숙연령의 경우 수컷은 해역에 따라 1세부터 3세까지 다양하지만 대부분 2세에 성숙한다. 암컷의 성숙개시 연령은 2세부터 4세이며, 일부 남방해역에서는 2세에도 성숙하지만 대부분의 해역에서는 3세에 성숙한다. 성숙한 크기를 보면 수컷은 전장 30cm부터 41cm이고, 암컷은 전장 34cm부터 51cm이지만 대부분은 40cm전후에 성숙한다.

### 1-6 산란수

산란수에 관한 정보는 많지만 포란수를 표시한 것이 대부분이므로 연간 산란수와 일생 동안의 산란수를 추정할 수 있는 자료는 적다. 개별 사육한 암컷 어미 1마리의 산란을 관찰하여 산란 기간 동안 1개체의 산란빈도와 산란수를 조사한 결과에 의하면 약 3개월에 걸쳐서 산란이 계속되어지며 그 기간 동안의 산란빈도는 66~88%였다. 넙치는 비교적 긴 기간 거의 매일 연속해서 산란하며, 4세의 암컷 어미는 산란기에 약 800만개에서 1,150만개의 난을 산란하였다.

### 1-7 식성

넙치는 이체류(異體類) 중에서도 특히 고위의

영양단계에 속하고 성어는 어식성이다. 치어기에는 새우류가 주요한 먹이지만 성장함에 따라 어류가 주요한 먹이로 바뀌게 된다. 새우류에서 어류로의 먹이 전환하는 크기는 서식해역에 따라 다르나 대략 4~10cm 전후이다. 4~5cm로 성장한 넙치 치어의 먹이로 반드시 새우류가 필요한 것이 아니며, 먹이생물의 조성 및 환경에 따라 빠른 시기에 어식성으로 전환되는 경우도 있다.

넙치 성어의 먹이는 꼴치, 빙어, 정어리, 오징어, 고등어, 멸치 등이다. 또한, 산란기의 암컷 어미는 위가 비어 있는 율이 높아 산란기에는 암컷 어미가 먹이를 먹는 양이 저하된다.

### 1-8. 생활사 특성

넙치는 산란기, 성장속도, 성숙연령, 수명, 포란수, 식성 등 생활사 특성에 있어서 매우 특이함이 많은 어종이다. 그런 변이가 나타나는 요인은 수온, 먹이생물의 분포 밀도, 넙치의 분포 밀도, 경쟁 어종의 존재 등 다양하다. 그 중에서 산란 후 수온의 변화는 산란 후의 성장속도에 영향을 미친다(특히 만 1세의 성장). 넙치의 생활사 특성은 매우 변이가 많으며, 이런 변이에는 위도적인 경향을 갖는 것(산란기, 성장, 성숙등), 외해와 내만 등 지형적 환경특성이 반영되는 것(성장, 식성, 포란수 등), 생활사에 있어서 회유 패턴의 상이함이 포함되어져 있는 것(성장, 성숙 등) 등 변이의 요인이 다양하다.

## II. 자연에서의 넙치 발생 및 초기 생태

일본에서 넙치의 초기 생태가 본격적으로 연구되어진 것은 1960년대 후반에 넙치의 종묘생산기술이 확립되어진 이후이다.

## 1. 산란 및 난의 특징

넙치의 산란수심은 10m 전후이다. 넙치의 산란은 개체군 수준에서 보면 산란기간 동안 거의 매일 이루어지지만, 개체에 따라서는 수일에 1회의 비율로 행해지는 경우도 있다. 산란주기와 산란량은 넙치의 크기에 따라 다르다. 전장 약 50cm의 넙치는 2일에 1회 산란하며 1회 산란 시 약 5만개의 알을 낳는다. 알은 1개의 유구를 가지며, 직경은 0.9mm 전후이며 분리부성난이다. 위난경이 좁고 난황과 난막의 표면에 특수한 구조는 보이지 않는다. 난발생은 수온 10~20℃, 염분 26~50‰의 범위에서 정상으로 진행되고, 최적의 조건은 34‰에서 15℃이다. 부화 소요 시간은 10℃에서는 약 165시간, 20℃에서는 약 33시간이다.

넙치는 적은 양의 난을 다회 산란(소난다산형)하는 산란생태를 갖고 있다. 따라서 산란기의 어장이 형성되어진 해역에는, 다량의 넙치 난이 부유하고 있다. 넙치의 난은 자연해역에 있어서 가장 일반적이고 흔한 타입의 어류난이므로 살아있는 상태의 난으로도 조사가 어렵다. 넙치의 조사에 관해서는 현재 mtDNA를 이용한 식별법이 개발되어지고 있다. 이 방법이 확립되어지면 난의 조사는 간편하고 정확하게 이행될 수 있을 것이며, 난기의 생태도 많은 부분이 밝혀질 것이라고 생각된다.

## 2. 부유자어기

넙치는 부유자어기의 후반에 변태를 시작하며, 변태는 부유생활에의 적응과 저서 생활을 위한 몸의 재편성이라는 이차원적인 의의가 있다. 이 시기의 자어는 타어종과 비교적 간단히 식별할 수 있다. 넙치의 부유자어기는 수동적인 분산에서 벗어나 능동적인 이동에 의해서 생활공간을 집합

화하는 것으로 밝혀졌다.

### 2-1 변태

넙치의 변태는 등지느러미 앞부분 5개의 지느러미 기조가 길어진 후 수축하고 또한 오른쪽 눈이 몸체의 왼쪽으로 이동하는 것이 특징이다. 등지느러미 기조는 비교적 어린 자어에서 길어지기 시작하고 그 이후 척색(脊索)의 말단이 위쪽으로 굽어진다. 등지느러미 기조는 배지느러미의 원기가 출현한 시기에 상대적으로 가장 길어진다. 이 시기는 오른쪽 눈이 위쪽 방향으로 이동하기 시작하는 시기이며, 오른쪽 눈이 등쪽 중앙을 넘어 몸 왼쪽에 이르면 이동이 멈추고 그와 동시에 길어진 등지느러미 축도 수축되어 저서생활을 위한 몸의 상태가 이루어진다.

등지느러미 기조가 커지는 것은 체장 5mm 전후이고, 오른쪽으로의 눈의 이동은 체장 8mm 전후에서 시작된다. 그러나 변태가 시작되는 체장과 진행속도는 개체별로 차이가 많고, 그것은 성장과 함께 현저하게 나타난다. 이런 이유로 변태가 진행되는 개체에서는 동일 발육 스케줄이더라도 체장 차이가 최대 5mm 정도 된다. 이와 같이 변태는 수온, 영양조건, 유전 등 여러 가지의 요인이 복잡하게 관련된다.

넙치의 변태는 등지느러미 기조가 커지는 면이 가장 특이하지만, 한쪽 방향의 눈이 몸의 반대쪽으로 이동하는 점에 있어서는 전형적인 가자미형 변태라고 볼 수 있다. 일반적으로 넙치의 변태기는 가자미목 어류 공통의 변화인 눈의 이동을 기준으로 정하며 변태이전, 변태전기, 변태중기, 변태후기로 구분한다.

### 2-2 식성

넙치의 부유기 자어는 주로 야간에 섭이행동을

하고, 성장과 함께 먹이의 종류와 크기가 변한다는 것이 밝혀졌다. 자어는 발육초기에는 미충류와 함께 무척추동물의 난 등을 섭취하고 있다. 그러나 등지느러미가 신장되기 시작하면 소화기관 내용물의 대부분은 미충류이고, 변태기 개체에는 미충류가 90% 정도에 달하게 된다.

## 3. 착저 자어기

넙치는 자어기의 후기에 착저를 행한다. 그렇기 때문에 자어의 생활하는 장소가 해저로 바뀌게 된다. 그러나 이 시기의 자어는 아직 변태가 완료되지 않고, 형태적으로 부유기 후기의 자어와 큰 차이가 없다.

### 3-1. 착저 자어의 형태

넙치의 착저는 오른쪽 눈이 등중선 부근까지의 이동에 의해서 이루어진다. 그렇기 때문에 착저 직후의 개체는 아직 변태가 완료되지 않고 등지느러미도 신장한 상태며, 착저 후 2~4일간 이런 상태가 지속되면서 변태가 완료된다. 변태 시기의 체장은 10mm 전후이지만 개체간의 차이는 크다.

착저기 넙치 자어의 체장은 2월 발생군에서 11~12mm지만 계절이 진행과 함께 작아져 4월 발생군에는 9mm까지 소형화 된다. 이 자어들은 척추골의 경골화에도 차이가 있어 발생시기가 빠른 개체는 척추가 충분히 경골화한 상태에서 착저하지만 늦은 개체는 경골화가 불충분한 상태에서 착저한다. 발생시기의 차이에 의한 형태적 차이는 기본적으로 착저까지의 필요한 일수와 관계가 있어, 2월 발생군에는 착저까지 약 26일이 소요되는데 반해서 4월 발생군에는 21일간으로 5일 정도 단축된다.

넙치 자치어기에 있어서 飢餓耐性은 대형개체

와 비슷한 수준이라고 알려져 있다. 또한 어류의 유영능력은 척추와 체측근에 의해서 결정되어진다. 따라서 작은 체장과 척추가 미발달한 상태에 착저하는 후기 발생군은 조기 발생군에 비해서 착저시의 기아내성과 유영능력이 떨어진다고 생각된다.

한편, 후기 발생군에서는 착저까지의 일수가 단축되므로 부유기간 동안 살아남을 가능성이 조기 발생군보다 높은 것으로 추정된다. 그러나 착저 체장의 변이가 넙치의 생태 및 생존율에 미치는 영향에 대해서는 아직 충분한 연구가 되어 있지 않다.

### 3-2. 착저 과정

연안에 도착한 넙치 자어는 비교적 좁은 범위에 집중적으로 착저한다. 성육장은 모래 해안의 간조선 부근에 형성되며, 자어의 밀도는 국소적으로 18/m<sup>2</sup>에 달하게 된다. 성육장은 넙치 자어의 분포밀도와 수심에 따라 차이가 있지만 저질이 모래이고 염분농도가 비교적 낮은 곳이라는 물리 환경적인 공통성이 있다. 변태 완료 개체의 현존량은 조석주기 및 일주기와는 관계없이 거의 일정한 것에 비하여, 변태기 자어의 현존량은 간조선에는 증가하고 역으로 만조선에는 감소한다. 그 이유는 변태종료 개체는 저서생활로 이동하여 안정적이던데 반하여, 변태기 자어는 완전하게 저서생활로 들어가지 못하고 썰물시에는 착저하고 밀물시에는 다시 부상하기 때문이다. 이러한 결과로부터 넙치의 자어는 성육장으로 들어감과 동시에 바로 저서생활을 시작하는 것이 아니고, 착저와 부상을 반복하는 과정을 거쳐서 서서히 저서생활로 전환되는 것으로 생각된다. 따라서 착저 직후의 넙치는 비교적 위가 비어 있는 상태의 개체가 많다.

### 4. 저서 치어기

착저한 넙치는 변태 완료와 거의 동시에 가슴 지느러미의 기초가 분화하여 자어에서 치어로 넘어간다. 그 직후에는 새파의 발달, 비늘의 형성, 유안측의 유색화 등도 진행되어 저서생활에 적응할 수 있는 형태가 된다. 치어는 모래속으로 들어가고 유영할 때도 성어와 비슷한 행동을 함으로써 완전한 저서생활로 들어간다. 치어는 그 후 몇 개월간 얕은 바다에서 지낸 후 성장과 함께 깊은 수심으로 이동하여 분산한다. 넙치에 있어서 치어기의 초기는 생활양식의 대전환기이다.

### 4-1 감 모

부화 직후의 넙치 개체군에서는 급격한 개체수의 감소가 일어나는 것으로 알려져 있다. 치어의 일간성장율을 이용한 추정에서 개체수의 감소는 착저 후 약 1주간에 일어나는 것으로 생각된다. 개체수의 감소는 체장 11~15mm의 치어에 있어서 일어난다. 넙치 치어의 감모 요인으로는 수온의 변화와 파도에 의한 스트레스, 질병, 기아, 포식자 등이다. 감모는 하나의 요인에 의해서 일어나는 것이 아니고 몇 개의 요인이 복합되어져 발생하나 감모의 직접적인 요인은 피식(被食: 다른 어류에 잡아 먹히는 것)이라고 생각된다.

넙치에 있어서 피식의 위험성은 성육장의 환경에 충분히 적응되지 못한 개체일수록 높다. 따라서 넙치가 성육장에 가입하는 초기에는 빈번하지만 그 후에는 현저하게 줄어든다. 넙치의 포식자로는 어류, 갑각류, 극피동물 등으로 밝혀졌고, 특히 어류에 관한 보고가 많다. 넙치 치어의 포식자가 되는 어류는 30종 이상이 알려져 있다. 넙치를 포식하는 어류 중에는 보리멸, 망둑어, 돛류 등이 포함되고, 넙치 치어가 고밀도에 분포하면 어식성의 어류뿐만 아니라 잡식성인 어류도 일시적

으로 넙치의 포식자가 된다. 또한 피식은 간조 때 집중적으로 발생한다는 보고가 있다. 넙치 치어의 피식은 밀도 의존적으로 발생할 가능성이 높다. 넙치의 치어는 섭이 등을 위해서 서식지인 밀바닥을 벗어났을 때 다른 어류에게 먹히기 쉽다. 그렇기 때문에 어류에 의한 피식은 치어가 섭이를 하는 낮동안 집중적으로 일어난다. 또한 갑각류에 의한 피식은 야간에 높은 빈도로 발생하며 이것은 포식자의 섭이 생태의 차이를 반영하는 것이라고 생각된다. 저서 치어기의 초기의 감모는 전체 감모 중에서 큰 비중을 차지한다.

#### 4-2 식성의 변화에 따라 성육장에서 이동

넙치 치어는 저서생물 생활로의 전환과 함께 식성이 변화하여, 초기에는 새우류를, 그 후에는 어류를 포식한다. 넙치 치어가 포식하는 새우류의 종류는 해역에 따라 다르며 주로 *Acanthomysis*속

과 *Nipponomysis*속 등이 주요한 먹이이다. 어류로는 정어리, 망둥어류, 양태류 등이 넙치 치어의 먹이가 된다. 또한 넙치 치어는 새우류가 적은 해역에서는 전갱어류와 단각류를 포식한다. 예를 들면 넙치 치어는 전장 60mm까지는 주로 새우류를 먹으며, 부유 자어기에 많이 먹었던 미총류는 전혀 먹지 않는다. 어식성으로의 전환은 전장 30mm전 후에 시작하며, 70mm이상의 개체에는 위 내용물이 전부 어류인 것으로 알려져 있다. 착저에 따르는 식성의 변화는 불연속적으로 나타나기 때문에 저서생활 초기의 개체에는 소화관이 비어 있는 것이 많으며 그러한 넙치의 대부분은 저서생활로의 정착이 늦은 개체이다. 넙치 치어가 포식하는 새우류의 크기는 초기에는 2mm전후이지만 어체의 성장과 함께 보다 큰 개체를 먹는다. 넙치는 공식을 하며, 공식은 체장의 차이가 2배 이상의 개체간에서 주로 일어난다.

## 한국양식학회 2005년 춘계학술발표 대회 및 총회 일정

[2005년 5월 20일]

- |               |                           |   |
|---------------|---------------------------|---|
| 09:00 - 10:00 | 등 록                       | (국립수산과학원 미래로관 1층 로비)  |
| 10:00 - 10:20 | 학회공동개회식                   | (국립수산과학원 본관 4층)   |
| 10:20 - 10:30 | Coffee break, 이동          |   |
| 10:30 - 11:00 | 학회 정기총회                   |   |
| 11:00 - 11:30 | 초청특강-I                    | <b>배합사료직불제 추진방향</b><br>김이운 (해양수산부 양식개발과장)<br>좌장: 이종운 (수산과학원 서해수산연구소장)                 |
| 11:30 - 12:00 | 초청특강-II                   | <b>해산어 양식을 위한 생사료 대체 배합사료 개발 현황</b><br>이상민 (강릉대학교 해양생명공학부)<br>좌장: 강용진 (수산과학원 양식사료센터장) |
| 12:00 - 12:30 | 초청특강-III                  | <b>양식산 활어의 품질판정 기술 개발</b><br>김태진 (Korea Food Tech.)<br>좌장: 신일식 (강릉대학교 해양생명공학부)        |
| 12:30 - 13:30 | 중 식                       | (국립수산과학원 후생관)   |
| 13:30 - 14:45 | 구두발표: O-1 ~ O-5 (각 15분)   | 좌장: 조성환 (한국해양대학교 해양생명과학부)   |
| 14:45 - 15:00 | Coffee break              |   |
| 15:00 - 16:15 | 구두발표: O-6 ~ O-10 (각 15분)  | 좌장: 이정열 (군산대학교 해양생명과학부)   |
| 16:15 - 16:30 | Coffee break              |   |
| 16:30 - 17:45 | 구두발표: O-11 ~ O-15 (각 15분) | 좌장: 송춘복 (제주대학교 해양생물공학과)   |
| 11:00 - 16:30 | 포스터 발표                    |   |
| 18:20 -       | 간담회                       | (국립수산과학원 주최)  |