

발간등록번호

11-1520635-000054-01

과학원간행물번호

ED-2005-AQ-002

외래 양식생물의

이식과 생태

농림수산식품자료실



0014498



국립수산과학원

머 리 말

우리나라의 수산양식은 비약적인 발전을 거듭하여 왔으나, 최근에 WTO 뉴라운드 협정, FTA 등 수입개방 압력, 또한 값싼 외국의 수산물 수입에 따라 국내 양식산업의 국제 경쟁력 약화 등 큰 위기에 직면하고 있다.

또한, 현재 수산 양식품종으로 90여종(내수면 어종 포함)이 개발되어 있지만, 산업적으로 양식이 되고 있는 종은 주로 넙치와 조피볼락, 굴, 잉어 등 몇몇 종으로 양식 대상종이 다양화되지 못하여, 과다 경쟁 및 홍수 출하로 인한 가격변동 등으로 양식어업인의 소득기반이 불안정한 실정이다.

그러므로 새로운 양식 대상종으로서 산업화할 수 있는 고부가 품종의 개발이 시급한 실정에 있으며, 외래종에 대한 무분별한 이식요구 및 활어 수입에 따른 외국 양식종의 국내이식에 대비하여 이식시 국내 생태계에 미치는 영향, 경제성 등을 검토할 수 있는 자료의 사전확보가 필요하다.

이에 따라 국립수산과학원에서는 현재 외국에서 산업화가 되었거나 기대되는 품종에 대하여 주요연구 사업으로 “양식 대상종 개발을 위한 이식기반조사”과제를 수행하고 있다.

본 사업과제의 수행으로 외래종이 생태계에 미치는 영향, 양식 품종으로서의 적합성, 양식 산업적 경제성 등을 종합 검토하여 개발 가능성이 있다고 검토된 품종에 대하여 양식개발을 추진할 예정에 있다.

본 자료집은 사업을 수행하면서 수집한 문헌 및 자료를 토대로 외국에서의 외래종 양식 현황과 우리나라에서 이식 대상종으로 연구하고 있는 외래종의 생태에 대해 정리한 것이다. 부디 외래종에 대한 생태적 이해와 양식 개발에 참고가 되었으면 하는 바램이다.

2005. 7

집필진 일동

목 차

I. 외국에서의 외래 수산생물 도입 현황	1
II. 외래어종의 국내 유입현황과 관리방안	27
III. 이식대상종의 생태와 양식기술	63
1. 터봇	63
2. 점농어	77
3. 줄농어	90
4. 홍민어	97
5. 부세	126
6. 흑점줄전갱이	146
7. 대서양연어	164
8. 잉어	205
9. 향어	234
10. 해마	245
11. 흰다리새우	259
12. 구이덕조개	287
13. 무지개가리비	301
14. 진주조개	317

I. 외국에서의 외래 수산생물 도입 현황

우리나라에서는 의도적이든 비의도적이든 토착종 이외의 외래종의 도입이 되어 있는 실정이다. 그러나 외래종의 도입이 자국의 생물 다양성 유지나 생태계에 위해요소가 된다는 견해가 현재 “생물 다양성 협약”의 발효와 궤를 같이하며 부정적인 요소로서만 인식되고 있는 상황에 대하여 외국에서의 외래 도입종의 현황을 파악하는 것이 금후 우리나라에서의 외래종 도입에 따른 전 반적 개념 인식에 참고가 될 것으로 생각되어 정리하여 보았다.

생물은 서식역 범위가 넓음에도 불구하고(물론 서식역의 제한적 요소가 있 기는 하지만) 지리적 격리에 의해 일정지역 및 국가에 국한되어 살고 있다. 이러한 상태로 그러한 지역에서 적응되어 일정한 생태학적 지위를 점하여 살 고 있는 상황에서 외래종의 자연수계 방출에 의한 생태계적 혼란은 심각하다 고 할 수 있다. 또한 고유종이나 토착종이 금후 외국과의 경쟁에서 자원 무기 화되고 있는 시점에서 외래종의 유입에 의한 고유종 및 토착종의 멸실은 바 람직하다고 볼 수 없을 것이다. 그러나 생물의 이동 및 확산(방산)은 외국과 의 다양한 무역거래의 현장에서 원천적으로 방지하기가 어려운 실정인바, 생 태계에 적합한 외래종의 의도적 도입에 대해서는 그 종이 자국에서의 양식이 나 자원조성으로 이익을 줄 수 있으며, 생태계에 커다란 위해요소가 되지 않 는다면 긍정적으로 검토하는 것도 바람직할 것으로 생각된다.

1. 일본의 외래종 도입 현황

일본의 외래종은 FAO 등의 협력 하에 WorldFish Center에서 개발한 Fishbase (<http://www.fishbase.org>)에 49종이 등재되어 있다. 그러나 水産廳 (1992), 水野·川那部(1998), 中坊(2000), 外來種影響·對策研究會(2001), 細谷 (2001), 吉郷·岩崎(2001) 등의 자료와 비교결과 8종의 추가종이 검색되어 총

57종의 어류에 대하여 목록을 작성하고, 이외 외래 유입의 무척추 동물 35종에 대해서도 목록을 작성(표 1 참조) 하였다.

외래 어류 58종 중 8종은 관상용어류로 표 2에 별도 제시하였다. 관상어류를 제외한 어류 50종은 전부 담수어종으로서 초어, 백연어 등 잉어과 어류가 10종, 틸라피아 등의 키크리과 어류가 10종, 무지개송어, 은연어 등 연어과 어류가 10종, 붕메기 등의 메기목 어류가 4종 등으로 이들 종은 양식 대상종으로서 도입된 것으로 추정된다. 이외 종 중 파랑볼우럭, 큰입우럭, 가물치는 생태계에 부정적인 영향을 미치는 것으로 조사되었고, 이외 드렁허리의 경우에도 그러한 영향을 미치지 않았을까 추정된다. 해산어류에 대한 이식현황은 이종들이 자연계에 정착되었다고 할 수 있는 자료가 없어서인지 1종도 없으나 추후 조사가 되어야 할 것이다.

외래 무척추 동물에 있어서는 주로 해산 달팽이류로서 의도적인 도입이 되었다고 할 수 없고 ballast water나 기타 방법에 의하여 비의도적으로 유입된 것으로 볼 수 있어, 이에 대한 규제가 필요할 것으로 생각된다.

여기에서는 북해도에서 기록된 외래종의 현황을 중심으로 기술하고자 한다.

북해도 도립수산부화장에서 수집한 자료에 의하면, 지금까지 북해도의 자연수역에서 분명하게 북해도 바깥에서 이식된 외래종의 어류로서 강송어(カワマス, *Salvelinus fontinalis*, Brook trout), brown trout (*Salmo trutta fario*), 무지개송어(ニジマス), 은연어(ギンザケ), *Mylopharyngodon piceus*(アオウオ), 구피, 가물치(カムルチー, ライギョ), 큰입우럭(オオクチバス, *Micropterus salmoides*), 파랑볼우럭(블루길), 나일틸라피아 등이 발견된다.

무지개송어는 북미 대평양 연안 및 캄차카 반도 원산으로 1877년에 일본에, 1920년에 북해도에 이식되어 현재까지 각지에서 양식 혹은 방류되어 왔다. 북해도립수산부화장에서는 1935년에 무지개송어의 이식 방류 사업을 실시하여 1954년까지 도내 각지의 하천 호소에 방류하였다. 그 후는 인공호에서의 방류

가 중심이 되어 1986년까지 인공호에 이식을 하였다. 무지개송어는 루어(인조미끼)·fly fishing의 대상어로서 인기가 높고, 낚시 단체나 낚시 애호가에 의해서도 매년 방류되고 있다. 1996년까지 북해도내 72 수계에서 채포된 기록이 있다.

Brown trout는 유럽 및 서아시아 원산으로 메이지(明治)시대부터 쇼와(昭和)시대의 초에 걸쳐 강송어의 알에 섞여 도입된 것으로 추정된다. 연어과 중에서는 가장 어식성(魚食性)이 강하다. 북해도에서는 1980년에 신관인공호(新冠人工湖)에서 처음으로 발견된 이후 급속히 분포역이 확대되어 1997년까지 도내 18 수계에서 발견되고 있다. 주로 낚시 애호가에 의한 발안란 매몰 방류에 의해 분포 확대가 진행된 것으로 추정된다.

북해도에 도입된 무지개송어나 brown trout가 실제로 재래종이나 생태계에 미치는 영향을 자세하게 조사한 사례는 없다. 그렇지만 몇 개의 장소에서 그러한 사례가 일어나고 있거나 혹은 일어날 가능성이 있는 것 같다.

북해도 남서부의 시리베쓰강 수계에서 무지개송어의 산란 생태를 조사한 사례에서는, 무지개송어와 이토우(*Hucho perryi*: 연어과의 자치, *Hucho ishikawai*와 같은 속의 어류로 영명은 Japanese huchen)의 산란기, 산란 장소가 유사하여 이토우가 산란한 것을 무지개송어가 파내 버리거나 혹은 양종을 인위적으로 교배시킬 경우에 잡종이 될 수 있으므로, 자연 조건에서도 잡종의 가능성이 있다고 지적되고 있다(靑山 등, 1999).

시코츠호(支笏湖)의 경우는 1988년경부터 출현한 brown trout가 해마다 증가하여 기슭 근처에 서식함으로써 홍송어(アママス, *Salvelinus leucomaenis*)나 홍연어(ヒメマス, ベニザケ, *Oncorhynchus nerka*)라고 하는 이전부터 생식하는 물고기의 분포가 종래보다 앞바다 측에 제한되는 경향을 보였으며(福若·歸山, 私信, 鷹見·靑山, 1999에서 인용) 최근의 조사에서는 유입 하천에서의 번식도 확인되어 있다.

북해도 남부의 새사키카와(鳥崎川)에서는 1980년대부터 출현하게 된 brown trout의 증가에 따라 재래의 산천어(ヤマベ, *Oncorhynchus masou var. ishikawai*)가 감소했다고 하는 견해가 북해도 신문(1997. 9. 4) 낚시란에 게재되었다. brown trout의 원산지에서는 바다와 강을 왕래하는 강해형도 보여져 sea-trout로 불리고 있다. 그리고 북해도에서는 수산부화장에서 확인했을 뿐이지만 1997년부터 1998년에 걸쳐 5건의 강해(降海)형 brown trout가 발견되었다(青山, 内藤, 鷹見, 1999). 북미에서는 강해한 brown trout가 바다를 통해서 다른 수계로 분포를 확대하고 있는 것으로부터 향후 북해도에서도 같은 일이 일어날지도 모른다.

이와 같이 북해도에서도 brown trout나 무지개송어 등 외래종이 천천히 재래종이나 생태계에 영향을 주기 시작하고 있는 것 같다. 또, 현재 분포역이나 생식수는 한정되어 있지만 큰입우럭나 파랑볼우럭이라고 하는 어류도 급후 증가해 생태계에 영향을 미치지 않는다고는 단정할 수 없다.

현재, 북해도에 있어서 어류의 이식방류에는 법적인 규제는 아무 것도 없고, 낚시 애호가들도 낚시터 창조를 위해서 선의로, 게다가 자원 봉사로 방류를 하고 있는 것으로 생각된다. 그렇지만 과학적 조사의 결과, 외래종의 이식방류가 재래종이나 생태계에 심각한 악영향을 줄 우려가 있다는 것이 밝혀지면 이식방류에 관해서 어떠한 규제가 필요하게 될 것이다.

재래의 이토우, 곤들메기(オシヨロコマ, *Salvelinus malma*)나, 홍송어, 시마연어(송어, サクラマス, *Oncorhynchus masou masou*) 등은 북해도의 자원으로 귀중하지만 크게 자라는 brown trout나 무지개송어라고 하는 외래종도 낚시의 대상어로서 인기 역시 중요하다. 장래, 북해도의 생태계나 재래종을 보호하면서도 낚시 애호가들의 즐거운 낚시가 될 수 있도록 하려면 어떻게 하면 좋을까?

급후에는 「수역의 분류」, 즉 인간의 손을 기본적으로 더하지 않는 생태계

보호의 수역, 재래종의 낚시를 즐길 수 있는 자원 관리를 하는 수역, 그리고 외래종을 적극적으로 증식·관리해 낚시를 즐기는 수역 등, 하천이나 호소를 그 목적에 의해 구별하여 관리 할 필요가 있다.

큰입우럭(オオクチバス, *Micropterus salmoides*)은 원산지가 북아메리카인 외래종으로 1925년에 미국으로부터 카나가와현(神奈川県) 芦ノ湖에 이입된 것이 처음으로 일본 각지의 호소에 유어낚시를 위하여 이입되었다. 일본 각지에 방류되어 현재에는 거의 전국적으로 광범위하게 분포하며 지방의 농업용의 작은 저수지에도 파랑볼우럭과 같이 서식하고 있다.

파랑볼우럭(Bluegill, *Lepomis macrochirus*)은 원산지가 북미동남부로 1960년에 미국에서 처음 도입하였고, 1965년에 기증된 것을 이두반도 내에 방류한 것을 시작으로 각지에 그 자손이 분포를 넓혀 현재에는 호소나 저수지를 중심으로 일본 각지에 서식하고 있다. 수컷이 알이나 새끼를 보호하여 착실히 개체수를 증가시켜 어류뿐만 아니라 그 외의 수생곤충이나 갑각류 등의 재래종에 대한 영향도 염려된다. 현재 본 종이 서식하지 않는 담수수계가 없는 실정으로 어식성이 강한 큰입우럭과 어란이나 치어를 먹는 파랑볼우럭이 함께 정착하고 있는 수역에서는 작은 어류에서부터 새우, 곤충에 이르기까지 재래종이 서식을 계속하는 것은 곤란할 실정이다. 본종의 정착에 의해 재래종이 구축(驅逐)되고 서식에 큰 영향을 받는다. 비와호 등의 큰 수계에서는 환경이 다양화되어 있기 때문에 본 종을 포함하여 많은 종류의 생물이 서식하고 있지만, 폐쇄수역에서의 수역환경이나 양식생물체의 영향이 우려된다.

큰입우럭과 파랑볼우럭에 대해서는 혼슈 등에서 재래종에 미치는 심각한 영향이 큰 문제가 되어 있다. 북해도내에서는 큰입우럭과 파랑볼우럭은 아직 매우 한정된 수역밖에 발견되지 않지만, 금후 분포역이 확대되면 혼슈와 같은 문제가 일어나지 않는다고 단정할 수 없다.

이외 **흰줄납줄개**(*Rhodeus ocellatus ocellatus*, タイリクバラタナゴ)는 원산

국이 아시아 대륙동부와 대만으로 1942년에 중국의 장강(長江)으로부터 이입된 초어, 백련어 등에 혼입되어 利根川수계에 정착하였다. 1960년대 초에 비와호(琵琶湖)에도 분포를 확대하여 그 후 비와호로부터 어린 은어의 방류에 의해 혼입되어 일본 각지로 분포를 확대하였다. 그 결과 오래전부터 일본에 서식하고 있는 근연종인 *Rhodeus ocellatus kurumeus* (ニッポンバラタナゴ)가 교잡에 의해 순계를 유지하는 것이 어렵게 되고 있으며, 납줄개아과의 종들이 생식환경이 유사하거나 인접하기 때문에 하천환경의 큰 변동이나 단순화에 의해서 2차적으로 타 종과의 경합이 일어나기 쉽게 된다. 본 종이 서식하고 있는 수역에는 산란모패가 되는 석패과(대칭이, 말조개, 필조개 등)의 담수조개가 서식하고 있으므로 석패과 조개류의 서식적지가 될 수있는 수역의 환경지표가 된다.

Mosquitofish(カダヤシ, *Gambusia affinis*)는 원산지가 북아메리카 동남부로 1916년경에 대만을 경유하여 장구벌레의 퇴치를 위하여 이입되었다. 그 후 분포를 넓혀 현재의 북쪽 분포한계는 후쿠시마현(福島縣)에 이르렀다. 송사리와 생식환경이 중첩되어 1970년대까지는 재래의 송사리에 본종이 대체되는 경향으로 분포를 확대했지만 하천의 개수, 수로의 개수 등에 의해 생식수역 자체가 감소되어 본 종도 수가 감소하고 있다. 지수역에서 송사리와 경합이 있다고 하지만 본질적으로 송사리의 감소는 본 종의 침입에 의해 구축되었다기 보다는 생식환경의 변화가 크게 관여하고 있다.

관상용으로 이식된 많은 외래종들 중에서 8종이 일본의 수계에서 정착하고 있는 것으로 알려져 있다. 그 중에서 구피(*Poecilia reticulata*)는 남미 북동부가 원산으로서 1955년경부터 관상용 사육어의 도망, 모기유충인 장구벌레 구제 등의 이유로 이입된 것이 각지의 온천지, 유구열도 등에서 자연번식하고 있다. 그러나 본 종의 서식지가 제한된 범위에 있기 때문에 재래어인 송사리와 경합할 염려는 없다.

I. 외국에서의 외래 수산생물 도입 현황

이외 가재류인 *Pasifastacus trowbridgii*는 1930년에 마슈호(摩周湖)에 방류된 것으로, 재래종보다 꽤 크게 성장한다. 현재는 북해도 동부의 하천이나 호소에서 번식하고 있고, 특히 아칸호(阿寒湖)와 도우로호(塘路湖)에서는 1997년에 4.6톤의 어획량이 기록되었다. 역시 가재류인 *Procambarus clarkii*(アメリカザリガニ)는 1930년에 아메리카 동안부에서 도입되어 현재에는 本州, 四國, 九州에 분포하고 있고, *Pasifastacus leniusculus*(タンカイザリガニ)는 시가현(滋賀縣)의 담수호에 서식하고 있다.

2. 중국의 외래종 도입 현황

중국의 외래어류 도입종은 Fishbase에 의하면 22종으로 조사되어 있으나 이 종들은 모두 담수종에 국한되어 있다. 본 조사에서는 이외의 자료를 참조하여 담수어류 중 67종과 해수어류 중 6종(홍민어, 줄농어, 터봇, 자주복, 넙치류 1종, 바리과의 1종), 기타 4종(홍다리얼룩새우, 흰다리새우, 참굴, 캐롤라이나해만가리비)을 포함하여 총 77종을 명기하였다.

중국의 양식 환경내로 도입된 외래어류 중 일반적으로 성공적인 외래종은 약 30종으로 그 중 10종은 경제적으로 성공적이었다. 외래종의 생산량은 전체 양식 생산량의 10% 정도이다. 현재 그러한 종의 생산량과 전형적인 특성과 성공에 대해서 아래에 나타내었다.

500~1,000 천톤	10~100 천톤	>10 천톤
틸라피아	큰입우럭 <i>Colossoma brachypomus</i> <i>Calarias leather</i> 무지개송어	붕메기 <i>Labeo rohita</i>

표 1. 일본의 魚類 移入種 (外來種)

No.	국명	학명	일본명	도입년 및 국가
1	흰줄납줄개	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>	タイリクバラタナゴ (Rosy bitterling)	1942, 중국, 정착
2 ³⁾	백연	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	ハクレン (Silver carp, Silver bighead)	1878-1940, 중국
3 ³⁾	흑연	<i>Aristichthys nobilis</i>	コクレン (Bighead carp, Striped bighead)	1878-1940, 중국
4 ³⁾	초어	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	ソウギョ (Grass carp)	1978, 중국
5 ¹⁾	독일잉어	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	コイ (Common carp)	1905, 독일
6 ³⁾	잉어과의 종	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	アオウオ (Black carp)	1878-1940, 중국
7	잉어과의 종	<i>Acheilognathus macropterus</i>		?, 정착
8 ³⁾	잉어과의 종	<i>Labeo rohita</i>	(Rohu)	1960, 인도, 정착못함
9	잉어과의 종	<i>Megalobrama amblycephala</i>	(Wuchang bream)	1978, 중국, 정착
10 ³⁾	잉어과의 종	<i>Tinca tinca</i>	(Tench)	1961, 네덜란드, 정착
11	미꾸라지	<i>Misgurnus mizolepis</i>	カラドジョウ コウライドジョウ	?, 정착
12 ³⁾	기름종개과의 종	<i>Paramisgurnus dabryanus</i>		?, 정착
13 ³⁾	붕메기	<i>Ictalurus punctatus</i>	チャンネルキャット フィッシュ (Channel catfish)	1971, 미국
14 ³⁾	메기목의 종	<i>Clarias fuscus</i>	ヒレナマズ (Whitespotted clarias)	1974, 대만, 정착
15 ³⁾	메기목의 종	<i>Clarias batrachus</i>	(Walking catfish)	?, 정착
16	메기목의 종	<i>Liposarcus disjunctivus</i>	マダラロリカリア	?, 정착
17 ¹⁾	무지개송어	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ニジマス (Rainbow trout)	1877, 미국, 정착
18	연어과의 종	<i>Oncorhynchus nerka</i>	ヒメマス (Sockeye salmon)	1957, 캐나다
19	연어과의 종	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	マスノスケ (Chinook salmon)	1881, 미국, 정착못함
20	은연어	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	ギンザケ (Coho salmon)	1965, 미국, 정착
21 ³⁾	강송어	<i>Salvelinus fontinalis</i>	カワマス (Brook trout)	1901, 미국
22 ³⁾	연어과의 종	<i>Salvelinus namaycush</i>	レイクトラウト (Lake trout)	1904, 미국, 정착

I. 외국에서의 외래 수산생물 도입 현황

표 1. 계속

No.	국명	학명	일본명	도입년 및 국가
23 ³⁾	연어과의 종	<i>Salmo trutta trutta</i>	(Sea trout)	1900, 미국, 정착
24	브라운송어	<i>Salmo trutta fario</i>	ブラウントラウト (brown trout)	1868-1956(?)
25	연어과의 종	<i>Coregonus maraena</i>	シナノユキマス	1929, USSR, 정착
26 ³⁾	연어과의 종	<i>Coregonus lavaretus lavaretus</i>	(Common whitefish)	?, 정착
27 ³⁾	색줄멸목의 종	<i>Odontesthes bonariensis</i>	Rapurata-tougoroo, ペヘレイ, (Pejerrey)	아르헨티나, 1966, 정착
28	Cyprinodontiformes	<i>Gambusia affinis</i>	カダヤシ (Mosquitofish)	1916, 대만, 정착
29	드렁허리	<i>Monopterus albus</i>	タウナギ (Rice eel, Swamp eel)	?
30 ^{2,3)}	과랑볼우럭	<i>Lepomis macrochirus</i>	ブルーギル (Bluegill)	미국, 1960, 정착, 생태영향
31 ³⁾	검정우럭과의 종	<i>Lepomis cyanellus</i>	(Green sunfish)	미국, 정착못함
32 ^{2,3)}	큰입우럭	<i>Micropterus salmoides</i>	オオクチバス (Largemouth bass)	1925, 미국, 정착, 생태영향
33	작은입우럭	<i>Micropterus dolomieu</i>	コケチバス (Smallmouth bass)	?
34 ³⁾	틸라피아	<i>Oreochromis mossambicus</i>	カワスズメ (ティラピア) (Mozambique tilapia)	1954, 태국, 정착
35 ¹⁾	나일틸라피아	<i>Oreochromis niloticus niloticus</i>	チカダイ (Nile tilapia)	1962, 이집트, 정착
36 ³⁾	키크리과의 종	<i>Oreochromis aureus</i>	(Blue tilapia)	1980, 대만, 정착
37 ³⁾	키크리과의 종	<i>Oreochromis urolepis hornorum</i>	(Wami tilapia)	1981, 이스라엘, 정착
38 ³⁾	키크리과의 종	<i>Tilapia zillii</i>	ジルティラピア (Redbelly tilapia)	1962, 이집트, 정착
39	키크리과의 종	<i>Tilapia buttikoferi</i>	ティラピアブチコヘリー	?, 정착
40 ³⁾	키크리과의 종	<i>Tilapia sparrmanii</i>	(Banded tilapia)	1959, 미국, 정착
41 ³⁾	키크리과의 종	<i>Sarotherodon melanotheron melanotheron</i>	(Blackchin tilapia)	1960, 미국, 정착 못함
42	키크리과의 종	<i>Otopharynx lithobates</i>	オトファリンクスリト バテス	?, 정착
43	키크리과의 종	<i>Archocentrus nigrofasciatus (Cichlasoma nigrofasciatum)</i>	コンビクトシクリッド (Convict cichlid)	?, 정착
44 ^{2,3)}	가물치	<i>Channa argus argus</i>	カムルチー, ライギョ (Snakehead)	1923, 한국, 정착, 생태영향
45	가물치과의 종	<i>Channa asiatica</i>	コウタイ (Small snakehead)	?, 정착

표 1. 계속

No.	국 명	학 명	일 본 명	도입년 및 국가
46 ³⁾	가물치과의 종	<i>Channa maculata</i>	타이완도조우 (Taiwan-dojô)	1906, 대만, 정착
47 ³⁾	유럽산뱀장어	<i>Anguilla anguilla</i>	(European eel)	1964, 프랑스, 이태리, 영국
48 ¹⁾	호주산뱀장어	<i>Anguilla australis australis</i>	(Shortfin eel)	1970, 뉴질랜드
49 ³⁾	농어목의 종	<i>Osphronemus goramy</i>	구라미 (Giant gourami)	1956, 태국
50	농어목의 종	<i>Parambassis ranga</i>	(Indian glassy fish)	?, 정착

- ※ 1) Species used in aquaculture ; commercial use
- 2) Species used in aquaculture ; never/rarely use (다른 곳에서는 양식종이나 제한적인 종)
- 3) Species of potential use in aquaculture

표 2. 일본의 관상용 어류 移入種 (外來種)

No.	국 명	학 명	일 본 명	도입년 및 국가
1	잉어과의 종	<i>Danio albolineatus</i>	パールダニオ (Pearl danio)	?, 정착, 관상용
2	잉어과의 종	<i>Danio rerio</i>	ゼブラダニオ (Zebra danio)	?. 정착, 관상용
3	Cyprinodontiformes	<i>Poecilia reticulata</i>	구피 (Guppy)	남아메리카, 정착, 관상용
4	Cyprinodontiformes	<i>Poecilia sphenops</i>	(Molly)	?, 정착, 관상용
5	Cyprinodontiformes	<i>Xiphophorus hellerii</i>	ソード테일 (Green swordtail)	?, 정착, 관상용
6	Cyprinodontiformes	<i>Xiphophorus maculatus</i>	(Southern platyfish)	?, 정착, 관상용
7	농어목의 종	<i>Pseudambassis ranga</i>	인디언, 글라스피쉬 (Indian glassy fish)	?, 정착, 관상용
8	벼들붕어	<i>Macropodus opercularis</i> (<i>Macropodus chinensis</i>)	타이완킨ギョ, 쵸우센푸나 (Paradise fish)	?, 정착, 관상용

※ 水産廳(1992), 水野・川那部(1998), 中坊(2000), 外來種影響・對策研究會(2001), 細谷(2001), 吉郷・岩崎(2001),
<http://www.fishbase.org/search.cfm>

표 3. 일본의 무척추동물 移入種 (外來種)

No.	국명	학명	일본명
1	Apple snails (Ampullariidae)	<i>Pomacea canaliculata</i>	スクミリンゴガイ
2	동굴우렁이과의 종	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	コモチカワツボ
3	중복족목의 종	<i>Crepidula onyx</i>	シマメノウフネガイ
4	기안목의 종	<i>Aplexa hypnorum</i>	ホタルヒダリマキガイ
5	기안목의 종	<i>Physa acuta</i>	サカマキガイ
6	기안목의 종	<i>Physa fontinalis</i>	ヒダリマキガイ
7	긴애기물달팽이	<i>Fossaria truncatula</i>	コシダカヒメモノアラガイ
8	물달팽이과의 종	<i>Pseudosuccinea columella</i>	ハブタエモノアラガイ
9	또아리물달팽이과의 종	<i>Amerianna carinata</i>	オリイルサカマキガイ
10	또아리물달팽이과의 종	<i>Helisoma trivolvis</i>	アメリカヒ라마키ガイ
11	인도또아리물달팽이	<i>Indoplanorbis exustus</i>	インドヒ라마키ガイ
12	왕달팽이	<i>Achatina fulica</i>	アフリカマイマイ
13	Stylommatophora Spiraxidae	<i>Euglandina rosea</i>	ヤマヒタチオビ
14	하와이호박달팽이	<i>Hawaiiia minuscula</i>	ヒメコハケガイ
15	유리호박달팽이	<i>Oxychilus cellaria</i>	ウスケチベッコウ
16	포항호박달팽이	<i>Zonitoides arboreus</i>	コバケガイ
17	작은뽕족민달팽이	<i>Deroceras reticulatum</i>	ノハラナメケジ
18	노랑뽕족민달팽이	<i>Limax flavus</i>	キイロナメケジ
19	두줄달팽이	<i>Limax marginatus</i>	チャコウラナメケジ
20	뽕족민달팽이과의 종	<i>Milax gagates</i>	ニワコウラナメケジ
21	삼방달팽이붙이	<i>Bradybaena similaris</i>	オナジマイマイ
22	민물담치	<i>Limnoperna fortunei</i>	カワヒバリガイ
23	홍합과의 종	<i>Xenostrobus securis</i>	コウロエンカワヒバリガイ
24	홍합과의 종	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	ムラサキイガイ
25	홍합과의 종	<i>Perna viridis</i>	ミドリイガイ
26	재첩과의 종	<i>Corbicula fluminea fluminea</i>	タイワンシジミ
27	재첩과의 종	<i>Corbicula fluminea insularis</i>	カネツケシジミ
28	쇄방사늑조개과의 종	<i>Potamocorbula cf. laevis</i>	ヒラタヌマコダ키ガイ
29	가재의 일종	<i>Pasifastacus trowbridgii</i>	ウチダザリガニ
30	가재의 일종	<i>Pasifastacus leniusculus</i>	タンカイザリガニ
31	가재의 일종	<i>Procambarus clarkii</i>	アメリカザ리ガニ
32	게의 일종	<i>Pyromaia tuberculata</i>	イッカククモガニ
33	게의 일종	<i>Carcinus aestuarii</i>	チチュウカイミドリガニ
34	유령명게	<i>Ciona intestinalis</i>	カタユレイボヤ
35	가죽명게과의 종	<i>Molgula manhattensis</i>	マンバツタンボヤ

* 肥後・後藤(1993), 中井・松田(2000), 沼田・風呂田(1997), 奥谷ほか編(1997), 髙原ほか(1997), 八杉ほか編(1996)

이중 가장 성공적인 도입종으로는 **나일틸라피아**(*Oreochromis niloticus niloticus*)를 들 수 있다. 중국은 현재 세계에서 가장 많이 틸라피아를 생산하는 국가이다. 2001년에 671,666톤(FAO)을 양식으로 생산하여 전 세계 틸라피아 생산량의 50%를 차지하고 있으며, 양식 생산량이 꾸준히 증가하고 있는 추세로 중국에서 전통적인 어류종이 아닌 틸라피아가 이미 양식생산에 있어 6위를 점하고 있다.

중국에 틸라피아가 도입된 시기는 1957년으로 모잠비크틸라피아(*O. mossabicus*)가 베트남으로부터 광둥성에 이식되어 중국에서 틸라피아 양식이 시작되었으나 양식의 성과는 좋지 못했다. 왜냐하면 번식주기가 짧아서 못의 수용능력을 초과할 정도로 과잉이 되고, 크기가 작고, 피부가 검으며 시장 가격이 낮기 때문에 실패하였다. 1978년에는 나일틸라피아가 중국에 이식되어 모잠비크틸라피아를 대체하게 되었다. 1981년에는 블루틸라피아(*O. aureas*)가 이식되어 나일틸라피아와 교배하여 높은 비율의 수컷 새끼를 생산하게 되었다. 이 잡종은 성장이 빠르고 병에 대한 저항력이 우수한 품종으로 이후부터 틸라피아 양식은 급속하게 발달되었다.

틸라피아 양식은 다른 어종의 양식보다 더욱 경제성이 높으며 또한 중국에 이식되어 많은 세월이 지났기 때문에 사육에 대한 경험이 폭넓게 축적되어 있고, 많은 종묘생산장이 세워져 있을 뿐만 아니라 좋은 strain이 선발되고 있으며, 공정화된 사료가 생산되는 등 기술력이 확보된 상태이다. 중국에서는 틸라피아가 좋은 육질과 적은 가시로 양질의 수산물로 인식되어 높은 가격을 받을 수 있어 양식업자들이 선호하는 종이다.

큰입우럭은 1983년 초에 홍콩으로부터 중국에 도입되었다. 이 종은 소비자에 의해 광범위하게 받아들여져 양식업자에게 더욱 높은 생산량을 올리도록 장려되었다. 육질이 좋아 “담수산 능성어(freshwater grouper)”로 높게 격찬 받고 있다.

Characidae는 주로 남아메리카와 아프리카의 수계에 분포하는데 포식성이며 육식성, 잡식성이다. Characidae의 종은 작은 비늘에 다양한 색상을 띠며 소비와 장식용으로 좋은 어종이다. *Colossoma brachypomus*는 현재에 있어 이 종류의 대표적인 종으로서 유일하다. 외부형태는 해산어인 pomphred와 유사하여 “담수산 pomphred”로 부르기도 한다. 이 어류는 중국의 남부지역에서 생태적 적응이 되어 있어 널리 보급되어 있다.

메기류(Catfish)는 1970년대 말에 중국에 도입되어 아주 많은 지역에서 광범위한 요리가 가능하여 성공적으로 양식되어졌다. 가장 성공적인 종은 *Clarias leather*와 붕메기(Channel catfish)로서 미래에 중국 양식의 유망한 종이다. 붕메기는 1984년에 미국에서 도입되어 현재 집약적으로 양식되고 있는 주요한 담수어종으로 잡식성이며, 작은 가시가 없는 질 좋은 육질과 수온과 환경의 변화에 강한 적응성을 지니고 있다.

무지개송어는 산간계곡 사이의 모래바닥이 있는 흐르는 물에 서식하는 어류로 높은 생식력과 양호한 성장률, 광염성을 가지고 있다. 1959년에 북한에서 도입하여 현재 중국 북부의 몇 성에서 잘 양식되고 있으며 남부의 저수지, 산간계곡까지 서식지역을 확장하였다. 무지개송어와 별도로 river trout, coho salmon 등과 같은 더욱 많은 송어와 연어가 도입되었다.

잉어류는 세계에서 가장 대중적인 종으로 양식어류 전체 생산량의 50%에 달한다. 중국은 최근 10년간 약 8종의 잉어류를 도입되었다. 잉어류는 빠른 성장률과 질병에 대한 강한 저항력을 가지고 있다. 중국에 도입된 mirror carps, scattered scale carps, crucian carps, *Catla catla*, *Labeo rohita*, *punctius*는 아주 잘 알려져 있는 대중적인 종이다.

떡붕어(Crucian carp, *Carassius auratus cuvieri*)는 1976년 일본으로부터 도입하였다. 토착의 붕어와 비교하여 소비에 있어 질과 맛이 떨어지지만 높은 환경적 적응성과 빠른 성장률을 보인다.

해산어류의 경우 터봇, 줄농어, 자주복(*Takifugu rubripus*), 가자미류인 *Paralichthys lethostigma* 등이 성공적으로 도입되었다. 이들 중 중 특히 터봇은 중국에서 커다란 양식규모를 형성하였다.

중국에서의 터봇 도입은 해산어의 가축화 성공을 위한 제일보였다. 평균전장 5.9 cm, 평균전중 2.64 g인 300마리 터봇의 두 무리가 1992년과 1994년에 영국에서 도입되어 자연사육 조건하에서 칭다오와 웨이하이에서 사육되었다. 자연 수온조건 하에서 35개월간 터봇을 사육한 결과 3 kg으로 성장하였다. 평균 중량의 성장률은 1년에 1 kg 이상이었으며 전장 성장률은 1년 된 터봇에서 가장 높았고 나이가 먹을수록 감소하였다. 무게 성장률은 15개월 후에 가장 빨랐다.

중국에 터봇을 정착시키기 위하여서는 종묘생산의 성공이 가장 중요하다. 그래서 번식에 대한 집중적인 연구로서 어미의 영양 개선, 광주기와 사육수온 조절에 의한 산란개체의 배란 조절, 배란리듬 확립, 호르몬 처리에 의한 동시 배란 유도 등의 연구가 1996년에서 1999년에 실시되었다.

종묘생산의 성공에 따라 1999년부터는 양식에 대한 연구를 수행하였다. 현재에는 경제적인 적정 수온을 유지하기 위한 방법들을 사용하여 사육하고 있다. 이제 중국에서 터봇 양식의 발전 방향은 집중적인 양식기술의 완성이다. 금후 중국 북부의 양식해산어류들 중에서 터봇을 세계적으로 유명한 노르웨이의 연어나 농어처럼 내구력 있는 주요 양식품종으로 육성할 것이다.

갑각류인 **흰다리새우**는 1988년에 미국 하와이에서 중국 본토로 도입되었다. 1994년에 치하 양식이 성공하였으며, Jiangsu성에 시험양식이 시도되었고, 1995년에는 광둥성과 Guangxi성에서 고밀도 못 양식이 시도되었다. 이후 중국 내륙 지역에서 양식이 대중화 되어 2002년에는 중국의 전체 새우양식 생산량인 415,000톤의 66%인 272,980톤을 생산하는 주요 양식 새우가 되었다.

I. 외국에서의 외래 수산생물 도입 현황

표 4. 중국의 외래어류 도입종 현황

No.	국명	학명 (영명)	한자어	도입국 (원산국)	도입년	성장 상황
1	쉬브첵갑상어	<i>Acipenser nudiiventris</i> (Fringebarbel sturgeon)	裸腹鱘	구 소련	1933	정상 성장 CITES II
2	철갑상어목의 종류	<i>Polyodon spathula</i> (Mississippi paddlefish)	匙吻鱘	미 국	1990	시험적
3	Lepisosteiformes	<i>Lepisosteus oculatus</i> (Spotted gar)	點雀鱘 眼斑雀鱘	미 국	1990	정상 성장
4 ¹⁾	무지개송어	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout)	虹鱒	북한 (북아메리카)	1959	전국 분포
5	은연어	<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Coho salmon)	銀大麻哈魚(銀鱒)	미 국	1982	시험적
6 ³⁾	brown trout	<i>Salmo trutta fario</i> (brown trout)	河鱒(亞東鱒)	영 국	1976	정상 성장
7	연어과의 종	<i>Coregonus peled</i> (Peled)	高白鱒	일 본 (구 소련)	1985	시험적, 정착 못함
8	연어과의 종	<i>Coregonus lavaretus lavaretus</i> (Common whitefish)	楚德白鱒 眞白鱒	구 소련	1985	시험적
9	연어과의 종	<i>Coregonus nasus</i> (Broad whitefish)	奇爾白鱒 寬鼻白鱒	구 소련	1987	시험적
10	Osteoglossiformes	<i>Chitala chitala</i> (Clown knifefish)	鮑孔駝背魚 鎧甲弓背魚 鮑孔弓背魚	태 국	1990	정상 성장
11	Osteoglossiformes	<i>Chitala blanci</i> (Indochina featherback)	虎紋駝背魚 虎紋弓背魚	태 국	1990	정상 성장
12	은용어	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i> (Arawana)	雙須骨舌魚 雙鬚骨舌魚 (銀龍魚)	(남아메리카)	1990	정상 성장
13	흑용어	<i>Osteoglossum ferreirai</i> (Black arawana)	弗瑞拉舌魚 費氏骨舌魚	(남아메리카)	1990	정상 성장
14	금용어	<i>Scleropages formosus</i> (Asian bonytongue)	美麗骨舌魚 美麗硬骨舌魚 (金龍魚)	인도네시아	1990	정상 성장
15	Osteoglossiformes	<i>Scleropages leichardti</i> (Spotted bonytongue)	澳州骨舌魚	호 주	1990	정상 성장
16	Osteoglossiformes	<i>Arapaima gigas</i> (Arapaima)	巨骨舌魚 巨巴西骨舌魚	(남아메리카)	1990	정상 성장
17	Osteoglossiformes	<i>Gnathonemus petersi</i> (Elephantnose fish)	鶴嘴骨舌魚 彼氏錐頰象鼻魚 (鶴嘴長頰魚)	(아프리카)	1990	정상 성장
18	유럽산뱀장어	<i>Anguilla anguilla</i> (European eel)	歐洲鰻 歐洲鰻鱺	(유 럽)	1995	시험적

표 4. 계속

No.	국명	학명 (영명)	한자어	도입국 (원산국)	도입년	성장 상황
19	Characiformes	<i>Piaractus brachypomus</i> (Pirapitinga)	短蓋巨脂鯉 短蓋巨脂鯉 雙齒巨脂鯉	홍콩 (남아메리카)	1985	전국 분포
20	잉어목의 종	<i>Ictiobus cyprinellus</i> (Bigmouth buffalo)	大口牛胭脂魚	(북아메리카)	1993	시험적
21 ³⁾	떡붕어	<i>Carassius cuvieri</i>	日本白鯽	일본(비와호)	1976	전국 분포
22	잉어과의 종	<i>Abramis brama</i> (Carp bream)	東方歐鰱	구 소련	1949	정상 성장
23	잉어과의 종	<i>Leptobarbus hoevenii</i> (Mad barb)	細須魚巴 何氏細鬚魮	인도네시아, 말레이아, 태국	1988	불명확
24	잉어과의 종	<i>Puntius gonionetus</i>	銀刺魚巴	인도네시아, 말레이아, 태국	1986	시험적
25 ²⁾	잉어과의 종	<i>Catla catla</i> (Catla)	卡特拉魮 卡特拉魚巴	방글라데쉬 (갠지스강)	1973	번식 유도
26	잉어과의 종	<i>Cirrhinus cirrhosus</i> (Mrigal)	麥瑞加拉鯪 印度鯪	(남아시아)	1982	소규모 시험
27 ³⁾	잉어과의 종	<i>Labeo rohita</i> (Rohu)	露斯塔野鯪 (南亞野鯪)	태국 (갠지스강)	1978	전국 분포
28	잉어과의 종	<i>Labeo calbasu</i> (Orange-fin labeo)	藍黑鯪 藍野鯪	(인도, 미얀마, 태국)	1990	시험적
29 ³⁾	잉어과의 종	<i>Aspius aspius</i> (Asp)			?	정착
30 ¹⁾	잉어과의 종	<i>Barbonymus gonionotus</i> (Java barb)	銀無鬚魮 爪哇四鬚魮	태국	1986	광범위하게양식, 야생 정착
31	흰줄납줄개	<i>Rhodeus ocellatus</i> <i>ocellatus</i> (Rosy bitterling)	濟南鰍鯪 高體鰍鯪	대만	18세기초	야생 정착
32	독일잉어	<i>Cyprinus carpio</i> var.	德國鏡鯉	독일	1982	전국 분포
33	메기과의 종	<i>Silurus glanis</i> (Wels catfish)	歐洲六須鮎	다뉴브강	1990	시험적
34	메기목의 종	<i>Clarias leather</i>	革胡子鮎	아프리카	1981	전국 분포
35 ¹⁾	메기목의 종	<i>Clarias gariepinus</i> (North African catfish)	革鬚鯪, 大棘鬚鯪 鯪尖齒鬚鯪	중앙아프리카공화국	1981	정착
36 ¹⁾	메기목의 종	<i>Clarias macrocephalus</i> (Broadhead catfish)	斑點鬚鯪 斑点胡子鮎	태국	1982	광동지역에서 제한적으로 양식, 정착은 되지 않음

I. 외국에서의 외래 수산생물 도입 현황

표 4. 계속

No.	국명	학명 (영명)	한자어	도입국 (원산국)	도입년	성장 상황
37 ¹⁾	메기목의 종	<i>Clarias batrachus</i> (Walking catfish)	蟾鬚鯰, 蟾胡子 鮎 斑紋鬚鯰	태국 (동남아시아, 아프리카)	1978	상업적 양식, 정 착은 되지 않음
38	메기목의 종	<i>Pangasius hypophthalmus</i> (Sutchi catfish)	蘇氏鮎魚芒 蘇氏鯰, 低眼 鯰低眼無齒	태국 (동남아시아)	1978	정상 성장
39	메기목의 종	<i>Pangasianodon gigas</i> (Mekong giant catfish)	巨无齒魚芒 巨無齒, 巨鯰	(동남아시아)	1986	불명확
40 ³⁾	붕메기	<i>Ictalurus punctatus</i> (Channel catfish)	斑真鯰 (斑點叉尾鯰)	미국 (북아메리카)	1984	전국 분포
41 ³⁾	붕메기과의 종	<i>Ameiurus nebulosus</i> (Brown bullhead)	云斑鯰(雲斑鯰) 褐棕真鯰	미국 (북아메리카)	1984	시험적, 야생정 착
42	붕메기과의 종	<i>Ictalurus furcatus</i> (Blue catfish)	長鰭叉尾鯰 長鰭真鯰	(북아메리카)	1980s	정상 성장
43	메기목의 종	<i>Hypostomus plecostomus</i> (Suckermouth catfish)	下口鮎 吸口鯰	(남아메리카)	1990	정상 성장
44	Cyprinodonti- formes	<i>Gambusia affinis</i> (Mosquito fish)	食蚊魚 大肚魚	(북아메리카)	불명확	정상 성장, 정 착, 생태적 영향
45 ³⁾	농어목의 종	<i>Sander lucioperca</i> (Zander)	尖梭鱸 暗斑梭鱸	(유럽)	1960s	양호한 성장, 번식유도
46	농어목의 종	<i>Sander vitreus</i> (Walleye)	大眼獅鱸, 藍梭 鱸玻璃梭鱸	(북아메리카)	1993	시험적 <i>Stizostedion</i> <i>vitreum</i>
47 ¹⁾	큰입우럭	<i>Micropterus salmoides</i> (Largemouth bass)	大口黑鱸	홍콩 (북아메리카)	1983	전국 분포 정착
48	파랑볼우럭	<i>Lepomis macrochirus</i> (Bluegill)	藍鰓太陽魚 長臂太陽鱸	(북아메리카)	1987	정상 성장
49	검정우럭과의 종	<i>Lepomis megalotis</i> (Longear sunfish)	長耳太陽魚 長臂太陽鱸	(북아메리카)	1987	정상 성장
50	검정우럭과의 종	<i>Lepomis auritus</i> (Redbreast sunfish)	紅胸太陽鱸 紅胸太陽魚	(북아메리카)	1987	정상 성장
51	검정우럭과의 종	<i>Lepomis nigromaculatus</i>	斑紋太陽鱸	(북아메리카)	1989	정상 성장
52	농어목의 종	<i>Bidyanus bidyanus</i> (Bidyan perch)	銀鱸 銀鋸眶鯽	호주	1991	정상 성장
53	농어목의 종	<i>Macquaria ambigua</i> (Golden perch)	金鱸, 櫛尖吻鱸 黃腹駝背鰍 圓尾麥氏鱸	호주	1991	정상 성장
54	구굴무치과 의 종	<i>Oxyeleotris marmorata</i> (Marble goby)	云斑尖塘鱧 雲斑尖塘鱧 雲斑烏塘鱧	(동남아시아)	1988	광둥지역에서 만 제한적으로 생산

표 4. 계속

No.	국 명	학 명 (영 명)	한자어	도입국 (원산국)	도입 년	성장 상황
55	걱지과의 종	<i>Lates calcarifer</i> (Barramundi)	尖吻鱧	(동남아시아)	1983	번식유도
56	가물치과의 종	<i>Channa striata</i> (Snakehead murrel)	紋鱧 線鱧	(동남아시아)	1986	시험적
57	가물치과의 종	<i>Channa micropeltes</i> (Giant snakehead)	巨鱧 小盾鱧	(동남아시아)	1986	시험적
58	키크리과의 종	<i>Tilapia zillii</i> (Redbelly tilapia)	齊氏羅非魚 齊氏非鯽 吉利慈鯛	(아프리카)	1978	정상 성장
59 ¹⁾	나일틸라피아	<i>Oreochromis niloticus niloticus</i> (Nile tilapia)	尼羅非鯽 尼羅羅非魚 尼羅口孵非鯽	나일강, 홍콩	1978	전국 분포, 정착
60 ¹⁾	틸라피아	<i>Oreochromis mossambicus</i> (Mozambique tilapia)	南非非鯽 莫桑比克羅非魚 莫桑比克非鯽	베트남 (아프리카, 인도네시아)	1957	제한적으로 양식
61	키크리과의 종	<i>Oreochromis andersonii</i> (Three spotted tilapia)	黃邊羅非魚 安氏非鯽 黃邊口孵非鯽	(아프리카)	1987	정상 성장
62 ³⁾	키크리과의 종	<i>Oreochromis aureus</i> (blue tilapia)	奧利亞非鯽 奧利亞羅非魚 奧利亞口孵非鯽	홍콩 (아프리카)	1981	전국 분포, 정 착하지 못함 (?)
63	키크리과의 종	<i>Astronotus ocellatus</i> (Oscar)	眼斑麗鯛 圖麗魚(地圖魚)	(남아메리카)	1990	정상 성장
64 ³⁾	키크리과의 종	<i>Sarotherodon galilaeus galilaeus</i> (Mango tilapia)	加利亞羅非魚 加利略帶齒非鯽	(아프리카)	1978	정상 성장
65	키크리과의 종	<i>Cichlasoma</i> spp.	美麗羅非魚	(아프리카)	1989	정상 성장
66 ³⁾	농어목의 종	<i>Perca fluviatilis</i> (European perch)	鱸(河鱸)	?	1970- 1979	야생 정착
67 ³⁾	Characiformes	<i>Piaractus brachypomus</i> (Pirapitinga)	短蓋巨脂鯉 短蓋肥脂鯉 (淡水白鯧)	홍콩	1985	야생 정착 못 함(답수)
68	홍민어	<i>Sciaenops ocellatus</i> (Red drum)	美國紅魚 紅鼓魚	미 국 (미국 대서양연안 과 멕시코만)	1991	정상 성장
69	바리과의 종	<i>Cromileptes altivelis</i> (Humpback grouper)	駝背鱧(扁鰨)	인도네시아, 필리핀		현재 실험적 단계
70	터봇	<i>Psetta maxima</i> (Linnaeus, 1758) (Turbot)	大菱鮮 瘤棘鮮	영국	1992 1994	<i>Scophthalmus maximus</i>

I. 외국에서의 외래 수산생물 도입 현황

표 4. 계속

No.	국 명	학 명 (영 명)	한자어	도입국 (원산국)	도입 년	성장 상황
71	줄농어	<i>Morone saxatilis</i> (Striped sea-bass)	美洲條紋狼鱸 條紋石魚旨 帶紋白鱸	(북아메리카)	1993	시험적
72	자주복	<i>Takifugu rubripes</i> (Torafugu)	紅鰭多紀魷	?	?	
73	가자미류	<i>Paralichthys lethostigma</i> (Southern flounder)	漠斑牙鮓	?	?	
74	홍다리얼룩 새우	<i>Penaeus monodon</i> (Giant Tiger Shrimp)	草蝦	대 만	1986	대만에서 Shengzhen에 도입된 것을 1986년에 광 둥지방에 도입
75	흰다리새우	<i>Penaeus vannamei</i> (Whiteleg shrimp)	南美白對蝦 凡納濱對蝦	하와이	1988	
76	참굴	<i>Crassostrea gigas</i> (Pacific oyster)	太平洋牡蠣	일 본	1980	
77	캐롤라이나해 만가리비	<i>Argopecten irradians</i> <i>concentricus</i> Say (Southern bay scallop)	墨西哥灣扇貝	미 국	1991	

- ※ 1) Species used in aquaculture ; commercial use
 2) Species used in aquaculture ; never/rarely use (다른 곳에서는 양식종이나 제한적인 종)
 3) Species of potential use in aquaculture

3. 대만의 외래종 도입 현황

대만의 외래종은 Fishbase에 34종이 등재되어 있다. 이외 다른 자료와의 검토결과 전체 47종이 조사되었다. 중국본토에서 이식된 종이 초어, 백련어 등을 포함하여 10종, 중국본토를 제외한 외국에서 양식을 위해 도입된 종이 무지개송어 등 18종, 주로 교잡을 위해 도입된 틸라피아류 등 양식산업의 요구에 의해 12종이 도입되었다. 그리고 관상용으로서 도입된 600여종 중에서 자연계로 유출되어 수로 등에서 발견되는 구피 등 5종과 모기유충인 장구벌레 제거용으로 도입된 mosquitofish(*Gambusia affinis*), 1960년대에 남획과 수질오염으로 절멸된 은어의 도입을 포함 전체 47종이 조사되었다.

표 5. 대만의 외래종 어류 이식현황

□ 전통적인 양식종(중국본토 이입종) : 10종

학 명	일반명(영명)	이식연도	이식목적	도입국 등
<i>Cyprinus carpio carpio</i>	鯉 common carp	1661~1913	전통양식	중국본토
<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽 Goldfish crucian carp	1661~1913	전통양식	중국본토
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	草魚 grass carp	1661~1913	전통양식	중국본토
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	白鰱 silver carp	1661~1913	전통양식	중국본토
<i>Aristichthys nobilis</i>	鱮 bighead carp, black carp	1661~1913	전통양식	중국본토
<i>Mylopharyngodon piceus</i>	青魚 black carp snail carp	1661~1913	전통양식	중국본토
<i>Cirrhinus molitorella</i>	鰻魚 mud carp	1661~1913	전통양식	중국본토
<i>Cirrhinus chinensis</i>	chinese mud carp	1661~1913	전통양식	중국본토
<i>Culter erythropterus</i>	紅鰱, 翹嘴 predatory carp	1661~1913	-	중국본토,
<i>Ptychidio jordani</i>	卷口魚	1661~1913	혼입종	중국에서 양식을 위해 이식한 다른 품종에 혼입(양식종이 아님)

□ 양식사업 목적 : 18종

학 명	일반명(영명)	이식연도	이식목적	도입국 등
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	虹鱒, 鱒魚 Rainbow trout	1957, 1959, 1960, 1961	양식	일본(일본에서 수정란 이식하였으나 실패, 1961년 발안란 도입으로 성공)
<i>Pangasius hypophthalmus</i>	Thailand catfish Sutchi catfish	1969	양식	태국
<i>Clarias batrachus</i>	Thailand catfish Walking catfish	1972	양식	태국
<i>Clarias gariepinus</i>	大棘鰻鯰(중국) North African catfish	1975	양식	중앙아프리카 공화국 <i>Clarias mossambicus</i>
<i>Ictalurus punctatus</i>	斑真鰻(斑點叉尾鰻)(중국) Channel catfish	1963	양식	미국
<i>Leptobarbus hoevenii</i>	何氏細鰻鯰(중국) Mad barb Sultan fish	1979	양식	인도네시아
<i>Megalobrama amblycephala</i>	團頭魴 Wuchang bream	1979	양식	중국
<i>Micropterus salmoides</i>	似鮭赫羅魚, 大口黑鱸(중국) largemouth bass	1975~1979	양식	북미
<i>Piaractus brachypomus</i>	短蓋肥脂鯉(淡水白鯧)(중국) Pirapitinga	1986	양식	브라질 <i>Colossoma bidens</i>
<i>Bidyanus bidyanus</i>	銀鋸眶鰻(중국) Bidyan perch silver perch	1994	양식	호주
<i>Morone saxatilis</i> × <i>M. chrysops</i>	striped bass hybrid	1980년대말	양식	미국
<i>Colossoma macropomum</i>	大蓋巨脂鯉(중국) Pacu Tambaqui	1986	양식	브라질
<i>Carassius cuvieri</i>	高身鰻	?	양식	일본
<i>Oxyeleotris marmoratus</i>	斑駁尖塘鱧 marble goby,	1975	양식	캄보디아
<i>Channa striata</i>	線鱧(중국) Snakehead murrel Thailand snakehead	?	양식	도입시기 및 도입국 알려져 있지 않음
<i>Sciaenops ocellatus</i>	red drum	1987	양식	미국
<i>Takifugu rubripes</i>	紅鰭多紀魷 Torafugu	1992	양식	일본

외래 양식생물의 이식과 생태

□ 양식산업체 요구 : 12종

학 명	일반명(영명)	이식연도	이식목적	도입국 등
<i>Anguilla anguilla</i>	European eel	1970년대	양식산업	유럽
<i>Anguilla rostrata</i>	American eel	1970년대	양식산업	미국
<i>Anguilla australis</i>	Australian eel	1980년대 중반	양식산업	호주
<i>Tilapia zillii</i>	吉利慈鯛 redbelly tilapia	1963	교잡 (cross breeding)	남아프리카에서 16마 리 도입
<i>Tilapia rendalli</i>	倫氏非鯽(중국) red-breast tilapia	1981	local gene pool 참가종	남아프리카에서 25마 리 도입
<i>Oreochromis mossambicus</i>	莫三鼻口孵魚 Wu-Kuo yu Mozambique tilapia	1944	양식산업	일본인에 의해 인도 네시아에서 대만 도 입
<i>Oreochromis niloticus niloticus</i>	尼羅口孵魚 Nile tilapia	1966	교잡 (cross breeding)	일본에서 56마리 도 입
<i>Oreochromis aureus</i>	奧利亞口孵非 鯽(중국) blue tilapia	1974	교잡 (cross breeding)	이스라엘에서 <i>O niloticus</i> 암컷과 교배 용으로 도입
<i>Oreochromis sp.</i>	red tilapia	1979	genetic studies & cross breeding	필리핀에서 30마리 도입
<i>Oreochromis urolepis hornorum</i>	桑給巴非鯽 wami tilapia	1981	교잡 (cross breeding)	코스타리카에서 56마 리 도입, 정착
<i>Epinephelus tawina</i>	鱸滑石斑魚 Greasy grouper		양식	태국
<i>Epinephelus lanceolatus</i>	鞍帶石斑魚 giant grouper	1992, 1993	양식	싱가포르에서 110마 리의 어미 이식

I. 외국에서의 외래 수산생물 도입 현황

□ 관상용 : 5종

학 명	일반명(영명)	이식연도	이식목적	도입국 등
<i>Poecilia reticulata</i>	Guppy		관상용	Tungkang River의 수로 및 근접해역
<i>Poecilia velifera</i>	帆鰭胎生鰻 Sail-fin molly		관상용	Tungkang River의 수로 및 근접해역
<i>Xiphophorus maculatus</i>	花斑劍尾魚 Southern platyfish		관상용	Keelung River 및 다른 지역의 강이나 저수지
<i>Hypostomus sp.</i>	suckermouth armored catfish, rubbishfish		관상용	Keelung River 및 다른 지역의 강이나 저수지
<i>Colossoma spp.</i>	freshwater pompano		관상용	남아프리카

□ 과학적 목적 : 2종

학 명	일반명(영명)	이식연도	이식목적	도입국 등
<i>Gambusia affinis</i>	大肚魚 mosquitofish	1913	장구벌레 제거용	Hawaii에서 일본인이 대만에 이식
<i>Plecoglossus altivelis</i>	sweet-fish (Ayu)	1977	멸종자원 복원	1960년대에 남획과 수질오염으로 절멸, 일본에서 알과 치하 도입

이외 작은 곤충, 어류와 어류난을 먹이로 하며, 높은 생식율로 인해 어류의 치어 및 다른 종과의 경합으로 유해종으로 분류되는 잉어과의 *Pseudorasbora parva* (尖嘴仔, Stone moroko)와 *Siniperca chuatsi* (Kuei Fa bass 또는 Chinese perch), *Trachinotus blochii*(布氏鰱鯪, Permit fish), 그리고 관상어류인 *Trichogaster trichopterus*(絲鰭毛腹魚, Three spot gourami)가 도입되었으나 도입년 및 도입국에 대해서는 알려져 있지 않다.

참 고 자 료

- Herman T. Weng and I Chiu Liao (1998) : The Introduced Fishes in Taiwan, with Reference to Red Drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture and fisheries resources management, Proceedings of the joint Taiwan-Australia aquaculture and fisheries resources and management forum, 115-120
- 한국동물분류학회 (1997), 한국동물명집(곤충제외), 489pp.
- 한국어류학회 (2002), 국내에 도입된 외래어류의 현황, 2002 한국어류학회 심포지움, 128pp.
- 青山智哉・鷹見達也 (1997) 北海道の 内水面遊漁を 考える2, 釣具店店頭でのアンケート 調査から. 魚と水, 北海道立水産孵化場, 34號, 143-150.
- 青山智哉・鷹見達也・藤原 眞・川村洋司 (1999) 北海道尻別川におけるニジマスの 自然繁殖. 北海道立水産孵化場研究報告, 53號, 29-38.
- 後藤 晃 (1991) 第7章 魚類. 「北海道自然環境圖譜」 (前田一步園財團, 編), 271-304, 財團法人前田一步園財團, 413pp, 阿寒町.
- 疋田豊彦・龜山四郎・小林明弘・佐藤行孝 (1959) 西別川に 於ける ニジマスの 生物學的調査- 特に 害魚の 食性について. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 14號, 91-121.
- 北海道立水産孵化場 (1981) 昭和55年度事業成績書, 北海道立水産孵化場, 149-157.
- 加藤憲司 (1985) 多摩川水系上流部における ニジマスの自然産卵. 日本水産學會誌, 51卷, 1947-1953.
- 北野 聰・中野 繁・井上幹生・下田和孝・山本祥一郎 (1993) 北海道幌内川において 自然繁殖した ニジマスの 採餌および 繁殖生態. 日本水産

學會誌, 59卷, 1837-1843.

丸山爲藏・藤井一則・木島利通・前田弘也(1987) ブラウンマス. 「外國産新魚種の導入経過」, 27-28, 水産廳研究部資源課・養殖研究所, 147pp, 東京.

長澤和也(1991) ブラウントラウト. 「漁業生物圖鑑北のさかなたち」(長澤和也, 鳥澤 雅, 編), 56-57, 北日本海洋 センター, 415pp, 札幌.

中村智幸・丸山 隆(1994) 群馬縣野反湖における ニジマス, *Oncorhynchus mykiss* の自然産卵. 水産増殖, 42號, 7-13.

中野 繁・谷口義則(1996) 淡水性 サケ 科魚類における 種間競走と 異種共存機構. 魚類學雜誌, 43卷, 59-78.

西内修一(1991) ニジマス. 「漁業生物圖鑑北のさかなたち」(長澤和也, 鳥澤 雅, 編), 58-63, 北日本海洋 センター, 415pp, 札幌.

白石芳一・田中 實(1967) 中禪寺湖における ブラウンマスの 食性について. 淡水區水産研究所報告, 17號, 87-95.

鷹見達也・青山智哉(1997) 北海道の 外來種, その 1 ニジマスの 生息狀況. 月刊北海道のつり, 1997年8月號, 水交社, 札幌, 160-163.

鷹見達也・青山智哉(1997) 北海道の 外來種, その 2 ブラウントラウトの 生息狀況. 月刊北海道のつり, 1997年12月號, 水交社, 札幌, 158-161.

鷹見達也・青山智哉(1998) 北海道の 外來種, その 3 ニジマスの 生息狀況. 月刊北海道のつり, 1998年2月號, 水交社, 札幌, 158-161.

鷹見達也・青山智哉(1998) 北海道における ニジマスと ブラウントラウトの 移殖放流とその 問題點, 北米での 研究結果をもとに 在來 サケマス 類の 將來を 考える. 月刊 *Angling*, 廣濟堂出版, 東京, 92-96.

鷹見達也・青山智哉(1999) 北海道における ニジマスおよび ブラウントラウトの 分布. 野生生物保護, 野生生物保護學會, 4卷1號, 41-48.

武田重秀 (1954) 淡水魚の移殖実績について. 魚と卵, 昭和29年12月號, 29-36.

米川年三 (1981) 新魚種導入の 動き, 北海道に ブラウントラウト 出現. 魚と水, 北海道立水産孵化場, 19號, 43-44.

<http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/shikenima/351to400/3770.htm>

<http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/hatch/honjou/gairaishu>

<http://www.fishbase.org/search.cfm>

http://www.maff.go.jp/nouson/mizu_midori

<http://web.kyoto-inet.or.jp/people/ryoma/wild>

<http://www.env.go.jp/nature/intro>

<http://nature.serio.jp/d/d40>

II. 외래어종의 국내 유입현황과 관리방안

산업의 발달로 국내 및 국제간의 무역량이 급증하고 인적, 물적 교류가 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 이동을 통하여 의도적, 비의도적으로 국가와 국가간 또는 지역과 지역간에 생물체들의 이동이 활발하게 이루어지게 된다. 이렇게 새로운 생태환경에 이주한 생물체들은 새로운 환경에 적응 또는 부적응을 하게 되고 기존의 토착생태계에 직·간접적으로 영향을 미치게 된다. 그러나, 대부분이 기존의 생태계에 존재하던 생물체와의 경쟁관계에서 이겨내야만 새로운 환경에 대해 적응이 가능하기 때문에, 기존 토착생태계의 생물다양성의 가장 중요한 원인이 된다.

최근 이와 같이 다양한 문제의 소지를 가지고 있는 외래어종의 이식에 의한 양식에 대한 관심이 높아지고, 활발하게 진행되고 있기에 외래생물의 개념과 우리나라의 외래생물의 현황 및 관리방안에 대하여 알아보하고자 한다.

1. 외래생물의 개념

현재 국내에는 물고기 이식과 관련해 여러 용어가 혼용되거나 잘못 쓰이는 경우가 많다. 이는 각각의 용어에 대한 구분이 인위적인 때문이기도 하지만 일부 용어의 경우 개념 정립이 매우 모호하기 때문이다. 예를 들어 대부분의 사람들은 외래 어종과 귀화 어종이 서로 같은 의미로 알고 있는 수가 많으며, 이주 어종과 이식 어종 또한 같은 용어로 알고 있는 경우가 많다. 토착 어종과 고유 어종도 마찬가지다.

하지만 이들 용어는 엄연히 구분해 사용해야 할 만큼 각각 다른 의미를 내포하고 있다. 특히 이식 어종이 국내 생태계에 끼치는 영향에 대해 올바르게 이해하기 위해서는 이들 용어에 대한 정확한 개념 정립이 필요하다.

외래생물이란 원 서식지 이외의 공간에서 출현하는 모든 생물을 이야기하며, 학자에 따라서 외국종, 도입종, 이주종, 비자생종, 토착종, 침입종, 귀화종 및 외래종 등으로 다양하게 불리어지고 있다. 각각의 용어를 표. 1 과 같이 정리하였다.

표 1. 외래생물에 관련된 용어의 정의

용 어 명	정 의
외래종 (이입종) (Exotic species, Alien species)	국내에 존재하는 물고기 가운데 외국으로부터 유입된 모든 어종을 말한다. ※ 각종 열대어와 비단잉어, 금붕어는 물론 모든 귀화 어종을 포함한다. 국내의 다른 지역에서 들어온 모든 종을 포함하여 말하기도 한다.
도입종(Introduced species)	특정한 목적을 위해 인위적으로 반입된 종
귀화종(Naturalized species)	인위적 또는 자연적인 방법으로 들어와 야생상태의 환경에 적응하여 스스로 번식하며 생존하고 있는 종 ※ 대청매과 같은 인공 저수지에서 가끔 발견되는 비단잉어나 무지개송어, 향어 등이 이에 속하며, 도입지의 자연수계에 적응은 됐으나 자연번식이 아예 이뤄지지 않거나 제대로 이뤄지지 않는 어종은 엄격한 의미에서 귀화 어종이 아니다.
이주종(Immigrant species)	본래 한국 내 특정 수계에 살던 종이 기후 혹은 생태적 특성, 자연적인 수계 변동 등에 의해 다른 수계로 이동한 종을 말한다. ※ 물고기의 이동 자체가 자연적인 현상이란 점에서 사람의 의도적으로 이동시킨 이식 어종과는 의미가 다르다.
침입종(Invasive species)	외래종중 도입 또는 확산된 경우에 다른 생물의 서식지를 점유하고 있거나 생물 다양성을 위협하는 종
비자생종(Non-indigenous species, Non-native species)	자연적인 서식영역 외에서 살고 있는 종
자생종(Indigenous species)	자연적으로 특정한 서식지에서 자라고 있는 종
토착종(Native species)	과거부터 한국 혹은 한국 내 특정 수계에 서식하여 번식하는 어종이다. ※ 고유 어종과는 달리 종 자체는 다른 나라에도 서식하는 어종으로 예를 들어 붕어, 잉어는 중국에도 있지만 우리나라에 오래 전부터 토착해 서식하는 붕어, 잉어를 특히 토종 붕어, 토종 잉어로 부르는 경향이 있다.
고유어종	오래 전부터 한국 혹은 한국 내 특정 수계에만 서식하여 번식하는 어종으로 특산 어종과 유사한 개념임. ※ 어름치, 쉬리, 중고기, 돌마자, 동사리 등은 전 세계적으로 우리나라에만 사는 한국 고유 어종(한국 특산 어종)이며, 꼬치동자개는 한국 고유 어종 중에서도 낙동강 수계에만 사는 낙동강 고유 어종(특산 어종)이고, 미호종개는 한국 고유 어종 중에서도 금강 일부 수계에만 사는 금강 고유 어종이다.

※ 고강석 등(1995) 귀화생물에 의한 생태계 영향 조사(I) 국립환경연구원 연구보고서에서 인용

2. 유입 및 확산경로

가. 유입경로

외래생물의 유입경로는 크게 인위적인 방법과 자연적인 방법으로 나눌 수 있다. 자연적인 방법은 지리적인 특성에 의해서 인접국으로부터 동물의 생태적 특성에 의한 이동과 해류, 하천, 바람 등에 의한 이동, 철새나 동물의 정기적인 이동에 편승한 이동이 있을 것이다.

인위적인 방법은 다시 의도적인 유입, 비의도적 유입으로 나눌 수 있다. 의도적인 유입은 식용이나 관상용 등 소득증대를 위하여 도입하는 것으로 예로서는 황소개구리, 초어, 큰입우럭 등의 유입을 들 수 있다. 특히, 우리나라의 경우 기존에 외국에서 도입된 외래종들이 그 도입목적 상실한 채 지속적, 무작위적으로 확산되고 있다. 비의도적인 유입은 국제, 국내간 무역선, 여객기 등에 의해 유입되는 경우이며 미국흰불나방, 솔잎혹파리 등을 들 수 있다.

이외에도 취미생활로 사육하던 동물이 사육장을 탈출하거나 사육자의 관리소홀에 의한 것도 외래종 확산의 한 가지 이유로 들 수가 있다.

모든 외래종의 이동이 문제가 되는 것은 결코 아니며 자연적인 동물의 이동은 생태계에서 항상 있어왔던 일이기 때문에 문제 삼기는 힘든 것이지만, 인간개입에 의한 이동은 자연상태에서의 생물체들의 이동에 비하여 대량으로 빠르게 확산되는 특징이 있어 기존생태계를 급작스럽게 교란시킬 수 있다.

나. 확산경로

국내에 이식된 어류(국내 어종 및 외국 어종)가 각 수계로 번져 나가게 된 경로는 크게 두 가지로 나뉘 볼 수 있다.

그중 하나는 호수에 방류된 물고기가 홍수시 수류를 타고 강 아래로 유하하거나 상류로 거슬러 올라가 전 수계에 번진 자연적 확산과정이고, 다른 하나는 행정 관청 또는 단체, 개인 등이 각각의 목적에 따라 확산시킨 인위적인

경로가 있다.

인위적인 확산 경로는 또 어자원 증강을 위한 방류 사업, 낚시용 방류, 종교적 방생과 같은 의도적 확산과정과 다른 물고기의 이식과정에서 휩쓸려 들어간 경우, 양식장, 가두리, 수족관에서 이탈한 경우, 낚시 살림망에서 이탈한 경우와 같은 비의도적 확산이 있다.

3. 도입의 중요성 및 외래종의 특징

도입(introduction)이라는 것은 좋은 종이 한 나라 또는 지역에서 다른 나라나 지역으로 들어오는 것을 뜻한다. 일반적으로 새로운 종은 다른 방법을 통해서 단채나 개인에 의해 사육 장소에 도입된다. 도입의 중요성은 다음과 같다.

- 1) 직접적으로 수서 생물계를 재편성하고, 생산과 질을 개선시키고, 가치 없는 종을 대체시킨다.
- 2) 어미들을 풍부하게 하고, 번식시킬 수 있는 수서 종의 최적화를 촉진한다.
- 3) 연안양식에 있어 새로운 기술의 이용과 개발을 촉진한다.
- 4) 연안양식의 새로운 방향 설정을 촉진한다.
- 5) 환경의 악화와 고밀도 양식조건하에서 퇴화된 생식질, 고유종의 늦은 성장, 병의 증가로 인하여, 양질의 새로운 종이 오래된 종을 대체하기 위하여 도입된다.

외래생물이 정착하기 위해서는 자신들이 살던 이전의 자연환경과 유사한 자연환경을 가지고 있어야하고 생태적 환경이 비슷할 경우에만 정착이 가능하다. 외래생물로서 정착하는 종(귀화종)의 특징은 아래와 같다.

- 1) 광온성이어서 국내 어떤 수역에도 적응가능
- 2) 내성이 커서 교란된 환경에서 생존, 번성
- 3) 공격적이어서 포식과 경쟁을 통해 우위 차지
- 4) 생태 및 행동이 토착종과 다른 서식지 구분
- 5) 높은 확산능 (산란횟수, 번식력)

4. 우리나라의 외래종 어류 현황

가. 외래어종 도입 현황

국가간의 어류 이식은 로마인들이 잉어를 다뉴브로부터 이태리에 이식한 것이 최초이다. 우리나라에 있어서 외국 어종의 국내 도입은 1950~70년대에 정부 주도하에 단백질 자원의 확보란 명목으로 공식적으로 이뤄진 '의도적 도입'이 주를 이룬다.

우리나라에 가장 먼저 들여와 이식된 외래어종은 모잠비크틸라피아와 나일 틸라피아로 각각 1953년과 1955년에 태국으로부터 도입되었다. 이후 초어가 1963년 11월 일본과 대만으로부터, 백련어는 같은 시기 일본으로부터 도입돼 낙동강과 소양호에 방류됐다. 1965년 1월에는 무지개송어가 미국으로부터 들여와 파로호에, 1969년 12월에는 과랑볼우럭(블루길)이 일본으로부터 도입돼 진양·소양·청평호에 방류됐다.

1972년에는 일본으로부터 떡붕어가, 미국으로부터 붕메기가, 1973년엔 이스라엘잉어(일명 향어)와 큰입우럭이 각각 이스라엘과 미국으로부터 도입돼 국내 수계에 이식됐다. 이후 80년대에는 외래 어종의 도입 및 자연 수역에의 방류가 잠시 주춤했다가 1995년에 왕연어알(*Oncorhynchus tshawytscha*, King salmon 또는 Chinook salmon)이 2만립 도입되었으며, 원래 우리나라 함경북도의 각 하천 및 하구 연해에 분포하는 홍송어(*Salvelinus leucomaenis*, Whitespotted char)의 알이 1995년에 10만립, 96년 18만립이 도입되었으나 도입국은 알려져 있지 않다. 90년대 말에 들어서는 주로 중국으로부터 중국붕어(일명 자장붕어), 잉붕어, 향붕어, 붕잉어, 쌍지붕어 등과 같은 교잡종들이 들여와졌다.

2000년과 2001년에는 조선시대 역대 임금에게 진상은 물론 고관들이 상미(賞味)한 진미어로 우리나라의 청천강·대동강·한강·금강 등에도 분포하였으나 멸종된 종어(鰻魚, *Leiocassis longirostris*)를 중국으로부터 도입하였다. 2001

년 12월에는 대서양연어(*Salmo salar*, Atlantic salmon) 발안란을 양식 실험용으로 도입하였다.

이외 도날드손송어는 무지개송어의 개량종으로 도입된 것으로 알려져 있고, 브라운송어(*Salmo trutta fario*, brown trout)도 도입된 것으로 알려져 있으나 도입시기 및 도입국에 대해서는 알려져 있지 않다.

이 밖에도 대두어(1967, 대만), 은연어(1969, 미국), 점박이송사리(1982, 독일), 곱사연어(1985~1989, 일본), 극지송어(1987, 캐나다), 황송사리(1999, 일본), 철갑상어 4종(1999, 러시아-시베리아철갑상어, 러시아철갑상어, 스텔릿철갑상어, 베스테르철갑상어), 거울잉어(2002, 독일), 자이안트구라미, 금빛황어, 유럽산뱀장어 등 2004년 현재까지 무려 220종이 넘는 수많은 외국 물고기들이 관상용, 실험용, 양식용과 같은 갖가지 명목으로 국내에 도입됐다.

양식과 낚시터 방류용으로 들여온 외래어는 파랑볼우럭, 큰입우럭, 이스라엘잉어, 떡붕어, 무지개송어, 붕메기(찬넬메기) 등이고 조류 및 수초 제거용으로는 초어와 백련어가, 관상용으로는 금붕어, 비단잉어, 자이안트구라미 등이, 실험용으로는 금빛황어, 점박이송사리, 황송사리와 각종 송어류가 도입되었다.

그러나 이들 외래 어종이 모두 국내 자연수계에 이식 또는 방류된 것은 아니고 일부만이 자연수계에 잠식돼 수중 생태계에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

우리나라에 도입된 어류로 Fishbase에는 담수어 13종이 기재되어 있으나, 여러 자료를 참조하여 표 2와 같이 30종을 기재하였다. 이중 흰줄납줄개(*Rhodeus ocellatus ocellatu*), *Lepomis cyanellus*, *Channa striata*는 Fishbase에 기재되어 있으나 우리나라에서 도입상황을 알 수 없는 실정이다. 흰줄납줄개는 현재 서해와 남해로 흐르는 하천의 하류지역에 광범위하게 분포하고 있으나 Fishbase에는 18세기초 중국에서 도입되어 정착한 것으로 되어 있다.

II. 외래어종의 국내 유입현황과 관리방안

표 2. 우리나라에 도입된 담수어류

No.	국 명	학 명	영 명	도입년 및 도입국
1	흰줄납줄개	<i>Rhodeus ocellatus ocellatu</i>	Rosy bitterling	18세기 초, 중국, 정착
2	틸라피아	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Mozambique tilapia	1953, 태국
3	나일틸라피아	<i>Oreochromis niloticus</i>	Nile tilapia	1955, 태국
4	초 어	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Grass carp	1963~1975, 일본과 대만
5	백련어	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Silver carp	1963, 일본
			Rainbow trout	
6	무지개송어	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Kamloops trout	1965, 미국
			Steelhead trout	
7	대두어	<i>Aristichthys nobilis</i>	Bighead carp	1967, 대만
8	파랑볼우럭	<i>Lepomis macrochirus</i>	Bluegill	1969, 일본
9	?	<i>Lepomis cyanellus</i>	Green sunfish	1969, 일본
10	은연어	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	Coho salmon	1969, 미국
11	붕 어	<i>Carassius auratus auratus</i>	Goldfish	1972, 일본, 정착
12	떡붕어	<i>Carassius cuvieri</i>	-	1972, 일본
13	붕메기	<i>Ictalurus punctatus</i>	Channel catfish	1972, 미국
14	큰입우럭	<i>Micropterus salmoides</i>	Largemouth bass	1973, 미국
15	작은입우럭	<i>Micropterus dolomieu</i>	Smallmouth bass	1973, 미국
16	이스라엘잉어	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	Common carp	1973, 이스라엘
17	점박이송사리	<i>Rivulus marmoratus</i>	Mangrove rivulus	1982, 독일
18	?	<i>Channa striata</i>	Snakehead murrel	도입연도 및 도입국은 알려져 있지 않음
19	곱사연어	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	Pink salmon	1985-1989, 일본
20	극지송어	<i>Thymallus arcticus</i>	Arctic grayling	1987, 캐나다
21	곤들메기	<i>Salvelinus malma malma</i>	Dolly varden	199?, 일본, 미국
22	열대메기	<i>Clarias batrachus</i>	Walking catfish	199?, 남아프리카공화국(?)
23	금빛황어	<i>Leuciscus idus</i>	goldorfe	1994, 1996, 1997, 독일; 2001, 2002, 네덜란드
24	시베리아 철갑상어	<i>Acipenser baeri</i>	Siberian sturgeon	1999, 러시아(3,559마리)
25	스텔렛 철갑상어	<i>Acipenser ruthenus</i>	Sterlet sturgeon	1999, 러시아(40마리)
26	러시아 철갑상어	<i>Acipenser guldenstadti</i>	Russian sturgeon	1999, 러시아(10마리)
27	베스테르 철갑상어	<i>Huso huso</i> × <i>A. ruthenus</i>	Bester(beruga×Sterlet)	1999, 러시아
28	황송사리 (신칭)	<i>Oryzias latipes</i>	Japanese rice fish	1999, 일본
29	종어(鰻魚)	<i>Leiocassis longirostris</i>	-	2000, 2001, 중국
30	거울잉어	<i>Cyprinus carpio carpio</i>	Mirror carp	2002, 독일

외국에서 우리나라에 양식목적으로 도입된 해산어는 표 3과 같이 넙치, 큰민어, 터봇, 홍민어, 점농어, 줄농어, 흑점줄전갱이 등이 알려져 있다. 넙치의 경우 우리나라의 분포종으로 외래종이라고는 할 수 없지만 1986년에 일본으로부터 수정란을 도입하여 어미화에 의한 안정적인 인공종묘생산이 가능하게 되어 넙치양식 발전에 기여한 바가 크다. 이외 해산 패류의 경우는 해만가리비(*Argopectens irradians*, Atlantic Bay Scallop)가 중국 산둥성에서 남해안으로 이식(1996~1997, 1999~2001)되었으며, 무지개가리비(*Chlamys senatoria nobilis*, Noble Scallop)의 어미 및 치패가 2001년에 일본 오이다현으로부터 이식되었다. 이외 흑진주조개가 2002년에 마이크로네시아에서 도입되었다.

표 3. 우리나라에 양식목적으로 도입된 해산어류

No.	국 명	학 명	도입년 및 도입국
1	넙 치	<i>Paralichthys olivaceus</i> (Bastard halibut)	1986, 일본
2	큰민어	<i>Argyrosomus japonicus</i> (Japanese meagre)	1991, 1999, 일본
3	터 봇	<i>Scophthalmus maximus</i> (Turbot)	1998, 영국(1,131마리), 2001, 프랑스(3,000마리)
4	홍민어	<i>Sciaenops ocellatus</i> (Red drum)	1998-1999, 중국
5	점농어	<i>Lateolabrax maculatus</i>	1997-2002, 중국
6	줄농어	<i>Morone saxatilis</i> (Striped bass)	2001, 미국
7	흑점줄전갱이	<i>Pseudocaranx dentex</i> (White trevally)	2001, 일본(2,000마리)

나. 외래어류의 분포

국내에 도입된 외래 어종이라고 해서 모든 종이 자연수계에 유입돼 적응되는 것은 아니다. 각 종의 도입 목적이 있듯이 열대어를 비롯한 대부분의 관상어는 취급 범위가 실내나 연못 등에 제한돼 있는데다 본래의 생태적 특성상 자연수역에서는 잘 적응되지 않는 경우가 많다. 따라서 자연수계에 유입된 경

우라도 적응 단계에서 도태될 가능성이 매우 높으며, 비록 자연수계에 적응이 된다 하더라도 완전한 귀화(자연번식이 원만히 이뤄지는 상태)가 이뤄지지 않는 한 한시적일 수밖에 없을 것이다.

이와 같은 이유로 현재 남한의 자연수계에서 발견되는 외래 어종은 약 20여종으로 초어, 백련어, 대두어, 이스라엘잉어(향어), 파랑볼우럭(블루길, 일명 월남붕어), 큰입우럭(큰입배스, 일명 민물농어), 떡붕어(주걱붕어), 붕메기(찬넬메기), 틸라피아, 무지개송어, 은연어, 곱사연어, 대서양연어, 자이안트구라미, 기타 왕우렁이, 황소개구리가 있다.

더욱이 이들 가운데에서도 대부분은 양식장 등 제한수역에서 길러지는 양식 어종이거나 실험용이고 자연수역에 적응해 전국으로 확산된, 즉 생태학상 진정한 의미의 외래 어종은 초어, 백련어, 떡붕어, 이스라엘잉어, 파랑볼우럭, 큰입우럭, 붕메기, 무지개송어, 중국붕어(일명 자장붕어), 잉붕어, 향붕어, 붕잉어 등이다.

이들 외래 어종 중 비교적 이른 시기에 자연수계로 유입된 초어와 백련어는 자연수계에서는 번식이 잘 이뤄지지 않는 것으로 알려져 있고, 이스라엘잉어 또한 자연번식력이 약해 완전한 귀화 어종으로는 볼 수 없다는 것이 학계의 통설이다. 붕메기, 무지개송어 역시 자연수계에서의 재생산은 아직 확인되지 않고 있다. 하지만 이들 외래 어종은 그동안 계속된 방류와 양식으로 이미 국내 전 수역에 확산돼 있는 종들이다.

현재 자연수역에서 왕성한 번식력으로 확산일로에 있는 종은 파랑볼우럭, 큰입우럭, 떡붕어, 중국붕어 등으로 이들이 현재로선 국내의 대표적 귀화 어종이라 할 수 있다.

비교적 최근에 중국으로부터 도입되기 시작한 잉붕어, 향붕어, 붕잉어 등의 교잡종들은 아직 귀화 여부가 불투명하나 이들의 생태적 특성상 머지않은 장래에 국내 수계에 적응해 수중 생태계를 크게 교란시킬 것으로 예상된다. 우

리 고유어종을 포식하여 생태계에 문제가 되는 것으로 알려진 종은 파랑볼우럭, 큰입우럭 및 황소개구리이다.

외래어종은 우리나라 거의 모든 하천, 호수에 침투해 있는 데 1995년 국립 환경연구원 한강수질연구소에서 전국 강, 호수 69개 지역을 대상으로 외래어 8종(떡붕어, 큰입우럭, 파랑볼우럭, 이스라엘잉어, 초어, 백련어, 무지개송어, 붕메기)의 분포도를 조사한 결과, 97%인 67개지역에서 1개종 이상의 외래종의 서식이 확인됐다.

어종별로는 떡붕어(83%)가 거의 모든 지역에서 확인됐고, 이스라엘잉어(68%), 파랑볼우럭(65%), 초어(40%), 백련어(40%), 큰입우럭(28%), 붕메기(25%), 무지개송어(8%) 등의 순이었다.

다. 도입어종의 생태

1) 나일틸라피아, *Oreochromis niloticus*

- 영 명 : Nile tilapia
- 원산지 : 아프리카 케냐 남부에서 남아프리카
- 분포지역 : 현재는 아프리카 전역을 비롯, 세계 각국에서 양식 대상 종으로 이식
- 도입경로 : 1955년 태국에서 양식 목적으로 진해 내수면 연구소로 이식된 후 여러 곳에서 양식을 시도하여 생산량이 증가하고 있다.
- 생물학적 특징
 - 농어목 키크리과(Cichilidae)에 속하는 어종으로 역돔이라고도 하며 전장 50 cm 내외이다. 몸은 타원형으로 약간 측편되고 머리 등쪽 외곽은 급한 경사를 이룬다. 측선은 2개로 하나는 아가미뚜껑에서 등쪽으로 향해 구부러지면서 항문 가까이에 이르는 것으로 비늘이 20~30개이



고 또 하나는 항문에서 곧바로 위의 중앙부에서 미병부까지 이어지며 비늘수는 12~14개이다. 몸은 은백색이나 등쪽은 짙고 복부에 이룰수록 점점 연해져서 복부는 백색이다. 체측에는 8~10개의 불명료한 횡대가 있다. 꼬리지느러미에는 몇 개 수직의 반문이 있다. 산란기에 수컷의 등지느러미와 꼬리지느러미 가장자리는 붉은 색을 띤다.

- 주로 하천 하류에 분포하나 호수나 하구역에도 서식한다. 수온이나 염분도의 넓은 범위에 잘 적응한다. 보통 수온이 17~35℃에서 살며 15℃ 이하이면 먹이를 먹지 않고 치어는 폐사한다. 성어도 10℃ 이하가 되면 죽는다. 조류(Alge), 수생식물, 유기물 조각, 플랑크톤, 어린 치어 등을 먹는 잡식성이다.
- 산란기는 수온이 높은 시기로 수컷이 모래와 진흙 바닥에 폭 14~50 cm, 깊이 5~10 cm의 원형의 산란장을 만들고 암컷을 유인하여 산란한다. 암컷이 산란한 알을 입에 넣고 수컷이 방정한 것을 입으로 흡입하여 구강 내에서 수정·발생한다. 산란된 알의 수는 크기에 따라 다르지만 전장이 11 cm인 개체는 약 300개(직경 1.9~3.0 mm)의 알을 낳는다. 3~5일에 부화하고 산란 후 10~14일째 암컷의 입에서 나와 유영하기도 하며 22일째까지는 암컷의 입을 피난처로 이용하기도 한다.

○ 생태계에 미치는 영향

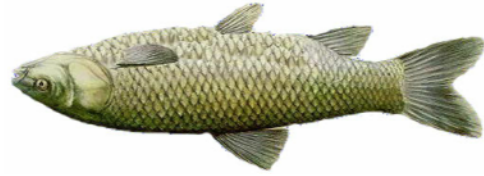
- 나일틸라피아는 국내의 하천이나 댐호, 저수지나 하천 하류역에서 성장이 이루어지나, 겨울에 자연적응이 어려워 자연증식이 되지 않아 정착되지 않고 있다. 따라서 국내의 하천 생태계에 미치는 악영향은 없는 것으로 생각된다.

2) 초어, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes)

○ 영명 : Grass carp

○ 원산지 : 아시아 대륙 동부

○ 분포지역 : 원산지는 아시아 대륙 동부로 양쯔강과 흑룡강 등의 큰 강에서 자연 번식이 가능한 것으로 알려져 있다. 중국, 베트남, 라오스 등지에도 자연 분포하며 양식 대상으로 이식되어 전 세계에 분포한다. 국내에서는 한강, 낙동강, 금강, 섬진강 수계의 하류역이나 댐호에서 소수 개체가 출현한다.



○ 도입경로 : 양식 목적으로 1963~1975년에 걸쳐 일본과 대만으로부터 도입하였다. 치어를 낙동강 및 소양강, 각 댐호와 저수지에 방류하였으며 일부 개체는 양식장으로부터 유출되었으나 아직 정착되지 않았다.

○ 생물학적 특징

- 잉어과에 속하는 어류로 전장이 100 cm 내외이고 몸은 회갈색이며 체측과 복면은 은백색이다. 모든 지느러미는 약간 검게 보이고 비늘의 기부는 진한 갈색이다. 습성은 잉어류와 비슷하며 온도 15~20℃ 범위 내에서 활발하게 움직이며 수초나 부드러운 나뭇잎을 잘 먹는 초식성이다.

- 산란 성기는 6월 하순에서 7월 상순으로 수온이 18~24℃가 되는 하천(폭 600~650 m, 유폭 400~450 m) 상류의 모래나 진흙이 깔린 바닥을 산란장으로 선택한다. 부화 후 2년이 지나면 1kg 이상으로 자라며, 생후 5~6년이면 성숙하여 산란할 수 있다. 암컷 1 마리당 포란수는 50~60만 개이고 알은 침성란으로 100 km 정도를 유하하면서 부화한다. 수정 후 42~45 시간 만에 부화한다(19.5~22.0℃). 산소 결핍에 견디는 힘이 강하고 양식 대상으로 아주 양호하다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 국내의 하천, 댐호 및 저수지에서 방류된 초어의 자연 번식이 이루어

지고 있는 증거는 없다. 따라서 본 종은 국내의 담수 수역에서 성장은 하나 번식이 이루어지지 않아 치어를 계속 방류하지 않으면 하천생태계에 큰 악영향은 없는 것으로 생각된다. 그러나 전국의 각 수역에 방류되어 서식하는 동안 수중의 수초를 섭식하여 다른 어종의 서식지를 교란시키는 생태적 피해를 줄 수 있다.

3) 백련어, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes)

○ 영 명 : Silver carp

○ 중 명 : 鱧(白鱧)

○ 원산지 : 아시아 대륙의 동부로서 흑룡강 수계로부터 남쪽은 화남(華南) 또는 베트남 북부까지 분포한다.



○ 분포지역 : 국내에는 전국적으로 방류되어 각 댐호나 저수지, 하천 하류역에 분포하나 주로 한강 수계에서 출현한다.

○ 도입경로 : 1963년 일본에서 치어 20,000마리를 수입하여 낙동강에 방류하였고 그 후 대만에서 67, 68, 74년 3회에 걸쳐 15만 마리의 치어를 수입하여 농촌 시범 사업으로 방류하였으나 현재까지 정착되지 못하였다.

○ 생물학적 특징

- 잉어과에 속하는 세계적으로 중요한 양식 대상종으로 전장이 40~100 cm 정도이고 몸은 납작하고 체고는 높다. 눈은 작고 체측 중앙 보다 아래쪽에 있다. 입은 주둥이 끝에 비스듬히 위쪽을 향해 있고 수염은 없다. 비늘은 원린이고 측선은 완전하며 앞부분에서는 아래쪽으로 내려 가다가 미병부 가까이에서 약간 위로 올라가다가 직선이 된다. 배 쪽 중앙에는 융기연이 형성되어 항문에 이른다.

- 큰 강의 하류나 큰 강과 연결되는 대형 저수지, 댐호 등의 수면 가까이에서 주로 식물성 플랑크톤을 섭식한다. 온수성 어류로 수온이 22~23℃되는 물에서 활동하다가 수온이 16℃ 이하로 떨어지면 수심이 깊은 곳으로 이동한다. 포란수는 50만개 정도로 수정된 지 2일 만에 부화한다. 치어는 주로 규조류와 녹조류 등을 먹으며 빨리 성장한다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 국내의 담수계에 방류된 백련어는 자연증식이 되지 않아 정착되지 않았으므로 생태계에 미치는 악영향은 없을 것으로 생각된다. 현재 대형 댐이나 저수지, 하천 하류역에서 100 cm에 달하는 대형 개체가 간혹 출현하고 있다. 인공 수정 후 생산된 치어를 방류하거나 양식장으로부터 유출되지 않도록 하면 될 것이다.

4) 대두어, *Aristichthys nobilis* (Richardson)

- 영 명 : Bighead carp
- 중 명 : 鱮 (花鱮)
- 일 명 : 코클렌
- 원산지 : 중국 대륙 남부와 라오스, 베트남 등의 온대 및 열대 지방의 호수



- 분포지역 : 세계적으로 중요한 양식 대상종으로 널리 이식되어 분포하고 있다. 국내의 경우 전국적으로 방류되어 각 댐호나 저수지, 하천 하류역에 방류되었으나 적응에 실패하여 현재에는 한강 수계에서 가끔 출현한다.
- 도입경로 : 1967년 대만에서 치어를 수입하여 양식을 시도한 종이다.
- 생물학적 특징

- 잉어과에 속하는 어류로 머리가 가장 큰 종류이어서 대두어라고 한다. 백련어 보다 체색이 더 검고 등 쪽에는 암녹색의 구름 모양의 반점이 있어 흑연어(흑연)이라고도 한다. 전장이 100 cm 내외로 체고는 높고 몸은 긴 난원형이며 납작하다. 입수염은 없으며 배 쪽 중앙 배지느러미 기부 앞쪽으로부터 항문까지 융기되어 있다. 비늘은 둥글고 측선은 완전하다. 앞부분에서는 아래쪽으로 굽어져 내려오고 그 다음부터는 거의 직선으로 이어진다.
- 주로 식물성 플랑크톤과 동물성 플랑크톤을 섭식한다. 용존산소의 양이 적은 곳에서도 잘 견디어 낸다. 백련어 보다 더 깊은 곳을 선호한다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 국내의 담수계에 방류된 백련어는 우리나라 기후에 적응하지 못하여 자연증식이 되지 않아 정착되지 않았으므로 생태계에 미치는 악영향은 없는 것으로 생각된다. 현재 대형 댐이나 저수지, 하천 하류역에서 100 cm에 달하는 대형 개체가 간혹 출현하고 있다.

5) 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio carpio*)

○ 원산지 : 이스라엘

- 분포지역 : 국내 전역에서 양식되고 있다. 하천에서는 거의 분포하지 않고 양식장에서 유출된 일부 개체가 댐호(소양호, 춘천호, 의암호, 청평호, 충주호, 대청호, 안동호, 섬진강 댐 등)나 저수지에 소수 개체가 서식하고 있다.

- 도입경로 : 1973년 5월 27일 이스라엘 농무성 어병연구소 소장인 Dr. Sarig로부터 김수혁씨가 치어 1,000마리(전장 3 cm, 당년



생 치어)를 기증받아 서울 근교 금곡의 금붕어 양식장에서 방양한 후 350마리를 1975년 6월 18일 강원도 춘천시 춘성군 호림수산에서 양식하기 시작하였다.

○ 생물학적 특징

- 성장이 빠르고 몸에는 몇 개의 비늘이 있는 유럽계 잉어를 이스라엘에서 식용의 목적으로 개량한 품종으로 향어라고도 불리 운다. 전장이 30~60 cm로 외부 형태는 잉어와 비슷하지만 체측에 있는 큰 비늘이 등 쪽과 측선이 있는 방향으로 드문드문 나 있다. 체색과 생태는 잉어와 비슷하다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 육질이 단단하고 비린내와 같은 역한 냄새가 나지 않고 잔가시가 없어 식용으로 많이 이용되고 있어, 우리나라 담수역에서 양식종으로 선호하여 많이 생산되고 있다.
- 전국적으로 분포하며 수온이 높은 곳을 선호하며 잡식성이며 유속이 느리고 수심이 깊은 댐호나 저수지 등에 주로 서식한다. 하천, 댐호, 저수지에 유입되었을 경우 성장은 이루어지지만 성적 성숙이 잘 이루어지지 않아 자연 산란을 하지 못하므로 자연 상태의 경우 개체군이 소멸하게 된다. 따라서 하천 생태계에 있어서 피해는 거의 없는 것으로 생각된다. 그러나 최근 소양호의 경우 토착 잉어와 교잡이 일어나 잡종인 개체가 출현하는 것으로 알려져 있으므로 보다 정확한 연구가 필요할 것이다.

6) 떡붕어, *Carassius cuvieri* Temminck et Schlegel

- 일 명 : 겐고로우브나
- 원산지 : 일본 비와호(琵琶湖)
- 분포지역 : 비와호가 원산지로 일본 전역에 증식 목적으로 이식되었다.

국내에서는 이식 정착되어 전국의 하천 하류, 저수지, 댐호 등에 우점적으로 분포한다.



- 도입경로 : 1972년에 양식과 자원 조성 목적으로 일본 오사카 담수어시험장에서 600마리 치어(4cm)가 도입되어 전국 하천과 저수지에 방류되었다.
- 생물학적 특징
 - 잉어과에 속하는 어종으로 전장이 50cm 내외이고 외형은 붕어와 비슷하나 체고가 현저히 높고 머리의 앞쪽 주둥이는 약간 돌출되고 납작하다. 새파의 모양은 가늘고 길며 그 수가 붕어에 비해 많다. 저수지나 흐름이 완만한 하천의 하류부 약간 깊은 곳의 중층에 주로 서식한다. 때로는 표층의 가까이에서 무리 지어 다니는 경우도 있다.
 - 주로 식물성 플랑크톤인 녹조류와 규조류를 섭식하며 식물체의 조직을 먹기도 한다. 본 종은 붕어의 산란 성기인 5~6월과 거의 비슷하거나 이보다 약간 빠르게 산란이 시작된다.
- 생태계에 미치는 영향
 - 떡붕어는 왕성한 번식력으로 전국적으로 확산되어 분포하며 완전히 적응·방산된 상태이다. 근연종인 재래종 붕어와 생태적 습성이 매우 유사하나 붕어 보다 1.5~2배 크기로 성장이 빠르고 산란수가 많으며 잡식성이어서 일단 하천에 들어가면 1백대 1의 비율로 토종붕어를 밀어내고 금세 우점화하는 특성이 있다. 따라서 떡붕어의 서식지와 개체군이 증가함에 따라 재래종 붕어는 떡붕어가 선호하지 않는 소규모 지류나 유속이 빠른 상류역으로 이동하여 분포역과 개체군이 감소하게 되었다. 현재 전국의 저수지 및 댐호에 정착되어 재래종 붕어 보

다 우세하게 출현하는데 청평호의 경우 전체 어종의 약 1/3을 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 재래종과의 교잡에 의한 잡종이 발생하고 있다.

- 따라서 적절한 퇴적 및 조절 방법은 없으며 재래 붕어와 같이 하나의 어족 자원으로 관리하여 식용으로 이용하는 것이 가장 바람직할 것으로 생각된다.

7) 큰입우럭, *Micropterus salmoides* (Lacepede)

- 영 명 : Largemouth bass
- 원산지 : 미국의 남동부(북동 멕시코와 플로리다, 미시시피 강 유역, 남부의 오대호 유역)
- 분포지역 : 양식 및 낚시 대상



종으로 북미 전역과 전 세계에 이식되고 있다. 국내의 경우 전역에 이식되었으며 분포 범위는 하천 상류역을 제외한 휴전선 이남의 하천과 댐호 및 저수지에 분포하고 있다.

- 도입경로 : 1973년 수산청이 자원조성 목적으로 미국 Louisiana로부터 치어 500 마리(3~4 cm)를 도입하여, 1975년 이후 경기도 가평군 조종천 등에 시험 방류하고 1976년부터 팔당호에 대량 방류하였다.

○ 생물학적 특징

- 큰입배스라고도 불리우고 있다. 국내의 담수 수계에서 적응하여 번식력과 적응력이 강하고 개체수가 증가하고 있다. 전장은 25~60 cm이며 농어목 검정우럭과(Centrachidae)에 속하는 어종이다. 등 쪽은 청색이고 배 쪽은 노란색을 띠며 청갈색의 긴 줄무늬가 있다. 머리는 크며 눈은 비교적 작고 주둥이는 길고 뾰족하다. 머리와 몸통은 옆으로 납

작하고 몸이 긴 방추형이다. 입이 크고 하악 보다 앞으로 나와 있다. 물의 흐름이 없는 정수역인 호수나 유속이 느린 하천의 중류역이나 하류역에 위치한 댐호에 주로 서식하며 수심이 얇은 수변부가 많이 존재하며 수초가 잘 발달되어 있으며 유속이 느린 정체된 곳에 주로 정착하는 것으로 판단된다. 원산지에서는 기수역에서도 서식한다.

- 강한 육식성이며 산란은 수온이 16~20℃가되는 수역의 수초가 있는 바닥에 수컷이 청소를 하고 직경 50 cm, 깊이 15 cm의 둥지를 만든 후 암컷을 유인하여 산란·방정 한다. 한 마리의 수컷은 여러 마리의 암컷을 유인하여 산란 행동을 하는데 보통 1개의 산란장에 수백 개에서 1만개까지의 알을 낳아 부화한다. 수컷은 산란 후 둥지에 있는 알과 치어를 보호한다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 강한 육식성 어종으로 국내의 토착 어종과 새우류 등을 섭식하므로 먹이사슬 파괴와 토착 어종의 감소를 가져와 하천 생태계에 많은 악영향을 끼치고 있는 것으로 알려져 있다. 국내에 도입된 배스의 식성은 동물성플랑크톤에 속하는 윤충류, 지각류, 요각류 그리고 십각류(Decapoda), 수서곤충 유충, 육상곤충, 어류 등을 섭식하였다. 섭식된 어류는 잉어과와 망둥어(Gobiidae)과 속하는 어류가 대부분이었고 전반적으로 먹이생물 중 크기가 큰 어류, 잠자리 유충, 하루살이 유충, 새우 등을 주로 포식하는 강한 육식성을 나타내었다. 새우류를 선호하므로 배스가 서식하는 수체에서는 새우류가 사라지게 된다. 새우류는 하천에서 있어 동물의 사체를 주로 섭식하여 청소부 역할을 한다. 따라서 배스가 증식함에 따라 새우류의 감소는 수질오염을 촉진할 가능성이 있다.
- 현재에는 국내의 각 하천이나 댐호, 저수지에서 적응하여 개체수와 분

포역이 확대되고 있다. 한강, 낙동강, 금강, 섬진강 등에서 우점종으로 나타나고 있다. 댐호의 경우는 우점율이 0.1~5.7%의 범위를 보였으며 그 중에서도 대청댐호(5.7%)와 팔당댐호(5.3%)에서 풍부하였다. 저수지의 경우 토교저수지에서 우점율이 28.6%로 매우 높았고 학이저수지(2.1%), 우포늪지(1.3%), 주남저수지(1.2%) 등에 1% 이상으로 다소 풍부하였다. 하천에서는 낙동강 하류역(2.6%)과 남강 하류역(1.1%)에서 우점율이 높았다.

- 국내에서 낚시용으로 인기를 끌면서 분포역이 더욱 확대되고 있는 것으로 생각된다. 따라서 본 종을 국내의 담수 수계에서 완전히 제거하는 것은 불가능하므로 국내 담수계 어류군집의 한 요소로서 인정하고 더 이상의 증식과 분포역의 확대를 막아야 할 것이다.
- 본 종은 식용으로 사용되지 않아 어획되지 않고 있어 토착 어종의 감소와 배스의 증가 현상은 더욱 심화될 것이므로 본 종의 개체군을 조절하기 위해서는 식품으로 개발(배스 찜)하여 소비하는 것이 가장 바람직하고 효율적일 것으로 생각된다. 낚시의 목적으로 댐호나 저수지 등지로 이입되지 않도록 철저한 관리를 하여야 할 것이며, 다량으로 서식하는 댐호나 저수지에서는 산란시기에 낚시를 통해 정기적으로 제거하는 것이 개체군 증식을 조절할 수 있을 것이다. 자연환경보전법에 의한 ‘생태계위해외래동식물’로 지정(1998. 2. 19)된 종이다.

8) 작은입우럭, *Micropterus dolomieu* Lacepede

- 영 명 : Smallmouth bass
- 중 명 : 小口黑鱸
- 일 명 : Kokuchibas
- 원산지 : 북아메리카



- 분포지역 : 북쪽으로는 캐나다의 퀘벡지방에서 미국의 미네소타주까지, 남쪽으로는 앨라배마주의 테네시강 유역까지이며, 동쪽으로는 미국 동부의 모든 주, 서쪽으로는 오클라호마까지의 모든 민물 수역에 널리 분포하고 있다.
- 도입경로 : 1973년 6월에 미국에서 치어 500마리를 도입하여 최초로 사육하였다.
- 생물학적 특징
 - 농어목 검정우럭과의 종으로 몸길이 23~45 cm이다. 몸은 긴 편이고 옆으로 납작하다. 측선 위 가로줄의 비늘수는 12~13개, 측선 아래 가로줄의 비늘수는 20~21개이다. 등지느러미 및 뒷지느러미에 비늘이 있는 것이 특징이다. 몸 빛깔은 황록색 바탕에 등쪽은 물결무늬의 올리브색 반점이 있으며 배쪽은 청백색이다. 눈에서 꼬리까지 청올리브색으로 된 5개의 반점이 있으며 그 중 1개는 눈앞 코 부분에서 시작한다.
 - 물이 맑고 차가운 곳을 좋아하고 저수지나 강에서 서식한다. 곤충, 가재, 연준모치류, 그 밖의 어류 등을 먹는다. 대략 1번에 2,500개의 알을 낳으며, 수컷은 알이 부화하여 치어가 어느 정도까지 클 때까지 보살핀다.
- 생태계에 미치는 영향
 - 많은 나라에서 유어낚시를 위해 도입하였으나, 몇몇 나라에서 도입후 생태학적 악영향을 보고하고 있다.

9) 파랑볼우럭, *Lepomis macrochirus* Rafinesque

- 영 명 : Bluegill
- 중 명 : 藍鰓太陽魚, 長臂太陽鱸

- 방 언 : 월남붕어
- 원산지 : 북미의 남동부 지역(버지니아, 플로리다, 텍사스, 멕시코, 뉴욕 등)
- 분포지역 : 본 종은 북미 전역, 유럽, 아시아 및 남아프리카에



유입되어 정착되었다. 우리나라의 경우 하천 상류역을 제외한 휴전선 이남의 하천과 호수, 댐호 및 저수지 등 거의 전역에 걸쳐 정착하여 우점화 되어 있다. 제주도를 제외한 기타의 도서에서는 아직 출현하지 않고 있다.

- 도입경로 : 1969년 수산청이 내수면 수산자원 증식을 위해 일본 오사카 담수어시험장에서 치어 510 마리를 도입하여 팔당호에 방류하였다. 그 후 정부에 의해서 진양호(1975), 소양호(1976), 청평호(1982) 등지에 방류되었으며, 1980년대에는 옥정호, 장성호 등지에 민간에 의한 방류가 이루어졌고 그 외의 지역은 방류 연도와 단체가 알려지지 않은 상태에서 무분별하게 각 저수지로 도입되어 전국의 댐호와 호수에 분포하게 되었다. 그리고 수계를 따라 자연적으로 이동하거나 타 어종의 이식과 정이나 방생행사를 통해 급속히 서식처를 넓히게 되었다.

- 생물학적 특징
 - 농어목 검정우럭과에 속하는 종으로 전장은 15~25 cm 이다. 머리와 몸통은 모두 옆으로 납작하고 체고는 높고 몸길이는 짧아 전체적인 체형은 난형이다. 머리는 비교적 크고, 눈은 머리의 등쪽에 치우쳐 있다. 몸의 상반부는 짙은 청색이고 배쪽은 노란색 광택을 띤다. 체측에는 8~9줄로 된 갈색의 긴 횡반이 있다. 성장에 따라 체색은 짙은 회갈색으로부터 암갈색으로 되며, 횡반은 점점 불명료해 진다. 아가미뚜

경 후단의 약간 돌출된 부분에 짙은 청색 반점이 있다. 산란기의 수컷은 담청색의 띠와 함께 노란색과 주황색의 혼인색을 띤다.

- 서식 조건은 유속이 매우 느리거나 정체된 수역으로 하상이 모래나 빨로 형성된 수역을 선호한다. 수심은 1 m 내외의 얇은 수심을 선호하므로 저수지나 댐호, 하천 하류역에서 서식하는 장소는 수심이 얇은 가장자리(연안대)이다.
- 높은 수온을 선호하여 겨울에는 월동을 위해 수심이 2~3 m되는 깊은 웅덩이 쪽으로 이동한다. 산란시기는 4~6월로 수컷은 자갈이나 모래가 있는 곳에 둥지를 만든 후 암컷을 유인하여 산란한다. 산란·방정 후 수컷은 둥지 주변을 유영하면서 알이나 새끼를 보호한다. 성장도는 1년에 5 cm, 2년에 8 cm, 3년 13 cm, 4년이면 16 cm로 성장한다.
- 식물성 및 동물성 플랑크톤, 식물체와 씨앗, 선충류, 연체동물, 환형동물, 십각류, 수서 및 육상곤충, 어류, 어란 등을 섭식한다. 체장이 큰 개체(120mm 이상) 일수록 환형동물, 새우류, 패류, 수서곤충, 어류, 태형동물 등을 주로 포식한다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 본 종의 원산지인 북미에서는 잡식성이던 것이 국내에 도입되면서 보다 강한 육식성과, 광범위한 먹이생태조건(food niche)으로 변했으며, 이러한 현상은 저서성 대형 무척추동물의 서식량이 적은 수역이나 큰 입우력과 공서하지 않는 지역에서 보다 현저하다. 이와 같이 새로운 환경으로 외래종이 도입되었을 때 토착어종에 대한 파괴가 일어나고 동일과에 속하는 종(congener)이 없어 생태적 확산(ecological releas)이 쉽게 일어난다. 그 결과 개체군이 급격히 증가하여 토착어종의 감소를 가져오고 있다.
- 파랑볼우렁은 번식이 빠르며, 새우류나 작은 물고기를 닥치는 대로 잡

아먹는 왕성한 식성때문에 잉어, 메기 등 토종물고기가 급격히 감소하고 재래종 어류의 서식공간이 줄어들어 등, 담수 생태계 교란의 주범으로 지목되어 온 외래종으로 국내의 각 하천이나 댐호, 저수지에서 적응하여 개체수와 분포역이 확대되고 있다. 최근에는 팔당댐, 대청댐, 소양댐, 안동댐 등에서 우점종으로 출현하고 있다. 따라서 본 종을 국내의 담수 수계에서 완전히 제거하는 것은 불가능하므로 국내 담수계 어류군집의 한 요소로서 인정하고 더 이상의 증식과 분포역의 확대를 막아야 할 것이다.

- 본 종은 맛이 없어 어획되지 않아 토착 어종의 감소와 과량불우력의 증가 현상은 더욱 심화될 것이므로 식품으로 개발(과량불우력 짬 밀 매운탕)하여 적절히 소비하는 것이 개체군 조절에 가장 바람직하고 효율적일 것이다. 또한, 현재 다량으로 서식하는 댐호나 저수지에서는 산란시기에 정치망, 자망, 낚시를 통해 정기적으로 제거하는 것이 개체군 증식을 조절할 수 있다. 자연환경보전법에 의한 ‘생태계위해외래 동식물’로 1998. 2. 19에 지정되었다.

10) 붕메기, *Ictalurus punctatus* Rafinesque

- 영 명 : Channel catfish
- 중 명 : 斑眞鯛(斑點叉尾鯛)
- 원산지 : 미국 중부와 대서양 남부 연안 지역의 담수역



- 분포지역 : 현재 양식 대상 어종으로 전세계에 이식되고 있다. 국내의 경우 양식장에서 유출된 개체가 댐호와 큰 강의 하류역에서 소수 개체가 출현하고 있으나 최근에는 개체수가 매우 감소한 상태이다.
- 도입경로 : 1972년 11월 1일에 부산수산대학에서 미국으로부터 평균전

장 약 13 cm, 평균체중 약 11 g의 새끼를 도입하여 양식에 성공하였다. 양식 기술은 확립되었으나 상업적으로 선호하지 않는다.

○ 생물학적 특징

- 메기목 붕메기과에 속하며 찬넬메기, 파랑메기 등으로도 불리운다. 몸은 동자개의 모양과 비슷하여 찬넬동자개로 부르기도 하였다. 이 종은 머리부분은 메기이지만 꼬리는 일반 물고기와 같고 몸통은 붕어나 잉어와 같은 형태이다. 영명으로는 고양이 고기와 맛이 유사하다고 하여 cat fish라고 부른다.
- 꼬리지느러미 후연은 2개로 나누어져 있고 수염은 3쌍이다. 하천 하류 혹은 기수역으로 수심이 깊고 경사가 낮은 곳에 주로 서식한다. 수서 곤충, 식물조각, 물고기의 치어나 수정란 등을 섭식한다. 성장하는데 필요한 최적 온도는 30℃로 열대성 어류이다. 12년까지 성장하며 4년이면 전장 22.4 cm, 7년이면 66.9 cm까지 성장한다. 산란기에는 수컷이 산란장을 준비하고 암컷을 유인하여 산란을 한다. 수정란이 부화될 때까지 수컷은 수정란에 신선한 물을 공급시키고 수정 후 6~10일만에 부화한다. 미국 미시시피 강의 고유 메기로서 성장 속도가 빠르며 크기도 적당하여 70~80 cm까지 자란다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 육질이 소고기와 비슷하며 단백질도 풍부하고 맛도 뛰어나므로 식품으로 많은 애용을 받게 되리라 기대된다. 성질이 온순하며 다른 물고기를 공격하지도 않는다.
- 국내의 담수계에 도입된 본 종은 대부분 댐호나 하천 하류역에서 성장은 이루어지나 자연증식이 되지 않아 정착되지 않고 있다. 따라서 국내의 하천 생태계에 미치는 악영향은 거의 없는 것으로 생각된다.

11) 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)

○ 영 명 : Rainbow trout

※ Kamloops trout (Canada, UK),
Steelhead trout (Canada, UK)는 무지개송어의 Vernacular name으로 Fishbase에 기록됨



○ 원산지 : 미국 알래스카에서
캘리포니아 주까지

○ 분포지역 : 양식을 목적으로 전 세계에 도입되었다. 국내의 경우 전국 각 수계에서 양식이 활발하게 이루어지고 있으며 양식장의 일부 개체가 하천으로 유입되어 한강, 금강, 낙동강 등의 상류역에 분포하고 있다.

○ 도입경로 : 1965년 미국 캘리포니아의 coleman 국립양어장에서 정식조씨가 수정란(발안란) 20만개를 도입하여 파로호에 이식한 것을 시작으로 지금은 우리나라 영동·영서 산간지방의 일부 하천이나 대형 댐 등지에 널리 분포하게 되었으며 지속적으로 양식을 하고 있다.

○ 생물학적 특징

- 연어과 어류로 전장이 80~100 cm이며 체측에는 머리에서부터 미병부까지 주홍색 띠가 있고 복면을 제외한 몸 전면에 많은 흑점이 산재해 있다. 산란기에는 주홍색 띠와 흑점이 더욱 선명해 진다. 치어 때에는 몸 표면에 8~12개의 반점(parr-mark)이 있으나 성장함에 따라 점차적으로 불투명해지고 만 1년 이상이 되면 완전히 사라진다. 성장 시에는 몸 표면에 주홍색의 종대가 머리에서 미병부까지 이어진다. 본 종은 바다로 내려가지 않고 담수에 살면서 일생을 보낸다. 수온이 낮은 산간 계곡의 냉수를 좋아하여 한 여름에도 수온이 24℃ 이하이어야 한다. 산란 모습은 연어와 비슷하며 부화 후 3년이면 성숙한다. 1년에 전장 20 cm, 2년에 35 cm, 3년에 45 cm 이상 성장한다. 수서곤충이나 소형 갑각류 및 치어를 먹는다. 산란기는 봄과 가을의 2 가지 형이 있

다. 전자의 경우 원산지의 경우이고 후자는 인위적 조절로 10~12월에 산란을 유도한다.

- 생태계에 미치는 영향
 - 국내의 담수계에 도입된 무지개송어는 대부분 하천 상류역과 댐호에서 성장이 이루어지나 자연증식이 되지 않아 정착되지 않고 있다. 그러나 일부 지역(정선군 미탄면)에서는 매우 제한적으로 산란이 이루어지고 있다. 따라서 국내의 하천 생태계에 미치는 악영향은 매우 미미한 것으로 생각된다. 인공 수정 후 생산된 치어를 방류하거나 양식장으로부터 유출되지 않도록 하면 될 것이다.

12) 은연어, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum)

- 영 명 : Coho salmon
- 중 명 : 銀大麻哈魚(銀鮭)
- 일 명 : Gin-zake
- 원산지 : 미국오리건 남부에서 알래스타 유콘강
- 분포지역 : 극동 아시아에서는 아나디리만에서 일본 북해도까지 분포한다. 국내의 경우 한강 수계에 치어를 방류하였으나 적응에 실패하여 현재에는 거의 출현하지 않고 있다.
- 도입경로 : 1969년 양식 목적으로 미국으로부터 500,000 개의 수정란을 국내에 도입하여 부화·방류하였다. 일반 연어와 같은 회유성어류로 한강상류에 가끔 출현한다.
- 생물학적 특징
 - 연어과 어류로 전장이 50~90 cm 이며 몸은 긴 유선형으로 납작하며 길다. 북미 대륙의 태평양 해역이 주요 서식지이며 큰 개체는 25 kg



까지 성장하는 대형 어종이다. 맛이 좋고 성장이 빨라 가두리 양식 대상으로 주목받고 있다. 주둥이는 머리 앞 끝에 돌출 되어 있고 상악의 후단은 눈의 후방을 지난다. 양 턱에는 예리한 이빨이 나 있다. 꼬리지느러미 후연은 안쪽으로 약간 파였으며 등지느러미와 배지느러미는 거의 같은 위치에 있다. 산란기에 하천으로 소상하는 수컷의 주둥이는 다른 연어과 어류와 같이 구부러져 하악골이 활 모양이다.

- 9월 하순에 하천에 올라와 산란하기 시작하여 12월 상순에서 다음 해 2월 상순이 산란 성기이다. 일본 북해도에서는 8~9월에 하천으로 올라와 10월 이전에 산란한다. 하천에서 1년을 보낸 후 바다에서 1~2년 생활한다. 암컷 한 마리의 산란수는 평균 2,400~6,500개 정도이며 수온 10℃에서 38일만에 부화한다. 알의 직경은 4.5~6.0 mm로 크고 적황색을 띤다. 담수에서 어린 개체는 수서곤충을 먹고살며 바다에 내려가 성어가 되면 어류나 오징어를 먹는다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 국내의 담수계에 방류된 은연어는 적응하지 못하여 자연증식이 되지 않아 정착되지 않았으므로 생태계에 미치는 악영향은 없는 것으로 생각된다.

13) 줄농어, *Morone saxatilis*

- 영 명 : Striped bass
- 원산지 : 서부대서양
- 분포지역 : 온대성으로 60. N~29. S에 분포, 캐나다의 세인트로렌스에서 플로리다 북부의 세인트 존강과 멕시코만 북부(서부 플로리다에서 루이지애나의 담수와 기수 지류)



- 도입경로 : 역교잡종인 썬샤인농어는 줄농어 수컷과 white bass 암컷의 교잡에 의해서 생산되며, 공식적인 도입은 2001년 7월 말 미국 알칸스주 케오양어장으로부터 3,000 마리의 유어 (전장: 5.9 cm, 전중: 2.2 g)를 울진수산종묘시험장에서 도입
- 생물학적 특징
 - 저서어류로 담수, 기수 및 해수에서 서식하며, 서식 깊이는 30 m 이천이다. 보통 연안의 만에서 서식하지만 산란을 위해 봄에는 강 하구지역으로 올라가며 용존산소 농도가 6 ppm 이상인 곳에 주로 서식한다. 육봉형의 군집도 약간 있다.
 - 적정 성장 수온은 25~27°C이며 31°C 이상에서는 생존이 어렵다고 알려져 있다. 그리고 최적 성장을 위한 염분 농도는 2~10 ppt이다. 수컷은 2~3년, 암컷은 4~8년에 성숙한다.
- 생태계에 미치는 영향
 - 국내에서 썬샤인농어를 사육할 시 가장 큰 문제점은 겨울철 저수온기 동안의 월동문제이다. 그러나 울진수산종묘시험장에서 겨울철동안 해수에서 사육한 결과 썬샤인농어의 폐사는 거의 관찰되지 않았다.
 - 청평내수면연구소에서는 썬샤인농어를 봄철동안 가온 사육하면서 순환여과식 수조에서 10주간 담수로 사육한 결과 성장이 순조롭고 거의 폐사를 보이지 않았다.
 - 줄농어 교잡종의 양식은 폭넓은 사육수온과 염분 농도에서 성장할 수 있으며, 적절한 사육시설을 갖추면 연중 빠른 성장을 이룰 수 있다. 그러나 자연상태에서 거의 자연산란능력이 없기 때문에 토속종들을 위협할 염려가 적다.

14) 터 붓, *Scophthalmus maximus*

- 영 명 : turbot(FAO), breet
- 분포지역 : 온대성으로 70° N~30° N 사이의 대서양 연안, 지중해 연

안 및 유럽 해안, 북대서양, 지중해 및
 흑해에 분포



- 도입경로 : 1998년 영국으로부터 1,100 마리의 터봇 유어를 공식적으로 울진수산종묘시험장에 처음으로 이식 도입하였다. 개인양어가에게 공식적인 터봇난의 도입 승인은 2002년에 시작되었으며 이후로 프랑스와 중국에서 많은 양의 알이 수입되어졌다. 한국에서 알을 외국으로부터 도입하여 터봇 치어를 전북 고흥군 해광수산과 제주 남군에 위치한 해암수산에서 성공적으로 생산하였다.
- 생물학적 특징
 - 터봇의 적정 성장 수온은 15~19℃ (최적 16℃), 성장은 사육방법에 따라 다르지만 보통 2년에 2 kg 이상 자란다.
 - 터봇의 종류에 따라서 다소 다르긴 하지만 터봇의 상한임계온도는 28~30℃이고 하한임계온도는 1~2℃이다. 그러나 울진수산종묘시험장에서의 터봇 사육경험에 의하면 수온이 며칠동안 24~25℃에 이르게 되면 폐사가 발생하기 시작하였다. 따라서 고수온은 한국에서의 터봇 양식의 성공여부를 결정짓는 제한요소이다.
 - 육식성 저서종으로서 먹이는 주로 저서어류이며 소형에서 대형에 이르는 갑각류와 이매패류를 먹는다.

15) 홍민어, *Sciaenops ocellatus*

- 영 명 : Red drum (FAO), Channel bass, Spotted bass,
- 원산지 : 미국 Massachusetts에서 Florida와 멕시코 연안
- 분포지역 : 아열대성으로 43. N~0. S의 서부대서양인 미국의 매사추세츠에서 Key West에 이르는 대서양과 그리고 플로리다 만에서 멕시코

코만의 Vera Cruz의 연안을 따라 분포하며, 드물게는 Chesapeake 북부해역에도 분포



- 도입경로 : 1998~1999년 사이에 중국으로부터 친어와 종묘가 도입되기 시작하였다. 남해안에서 1999년부터 인공부화에 의한 종묘생산과 가두리 양식장에서 양성이 시작되었으며, 서해안의 축제식 양식은 2000년부터 시작되었다.
- 생물학적 특징
 - 홍민어는 기본적으로 바닥에서 먹이를 찾아먹는 ‘bottom feeder’이다. 특히 섬세한 맛과 흰 살을 가진 꽃게과와 부채게과 새우류를 좋아한다. 그러나 또한 중층이나 표층에서도 먹이를 먹는다. 시각과 촉각으로 섭식 자극을 받는다. 때때로 얕은 바다에서 먹이를 먹기 위하여 머리를 밑으로 바닥에 처박고 꼬리를 공기중에 노출하여 돌아다니는 것을 발견할 수 있다. 이러한 현상을 tailing이라고 부른다. 바닥을 흡입하거나 물어서 먹이를 먹는다.
 - 한 연구에서 치어, 미성어 및 어미에서 59종의 먹이를 발견하였는데, 가장 일반적인 먹이 부류는 갑각류와 어류였다. 어떤 연구자는 홍민어는 갑각류와 어류섭식 보다는 잡식성이라고도 보고하였다.

16) 큰민어, *Argyrosomus japonicus* (*Nibe japonica*)

- 영 명 : Japanese meagre
- 원산지 : 일본의 치바현(千葉縣)에서 동중국해에 걸쳐 분포
- 분포지역 : 일본 남부에서 동중국해까지 분포 (북위 35.5° 이남)
- 도입경로 : 양식어종 다양화를 위하여 본 연구팀은 1991년 9월 2일 당

년산 큰민어 종묘 200여마리(전장 10.2 cm, 평균체중 5.8 g)를 일본에서 도입 하여 어미로의 사육을 시작하였다.



○ 생물학적 특징

- 난해성 어류로서 성장 수온이 20~30℃ (최적 26~28℃)이며, 전장 1.5 m, 체중 30 kg까지 성장하는 초대형 어류로서 민어과 어류 중 가장 크고 성장이 매우 빠를 뿐 아니라 환경적응력이 강한 어종이다.

○ 생태계에 미치는 영향

- 겨울철 저수온에 약하여 월동이 가능한 해역(수온 10℃ 이상)이 제한 되므로 생태계의 영향은 우려되지 않는다.

5. 외래어류의 영향

외래에서 어류의 이식은 긍정적인 면과 부정적인 면이 상호존재하고 있다. 긍정적 영향으로서는 양식 생산량의 증대와 생물 관리능의 강화를 들 수 있는데 큰입우럭은 하향조절능, 초어는 수초제거, 백련어는 조류제거의 역할을 들 수 있다.

부정적 영향으로서 외래종 확산의 문제점은 다음과 같이 열거할 수가 있겠다.

첫째, 토착종의 생태적 지위를 변화시키고 토착생물 종의 멸종 등에 따른 생물 다양성이 저감된다. 새로운 종의 유입은 유전자원증가의 차원에서 좋을 것으로 생각되지만, 이들이 도입되면 서식지내에 생존하고 있는 비슷한 생태적 지위를 갖는 종과 경쟁을 하게 되어, 경쟁에 패배하게 되면 정착하지 못하여 문제가 되지 않지만 정착하게 되면 새로운 외래생물이 그 지위를 차지하고 기존생태계에 서식하고 있던 종은 소멸되게 된다.

둘째, 생태계의 먹이사슬을 교란시킨다. 경쟁에서 이긴 대부분의 종은 번식력과 환경적응력이 뛰어나 생태계에서 하위수준의 종을 대량 포식하여 생태계 먹이피라미드의 조절기능을 파괴함으로써 토착생태계에 혼란과 교란을 가

저오게 된다.

셋째, 고유생물의 유전자원의 혼탁을 가져온다. 새로 도입된 종이 토착종과의 교배를 통하여 잡종을 만들어내게 되어 기존토착종의 유전자를 희석, 오염시켜 오랜 기간 토착생태계에 맞게 적응 방산해온 고유종의 유전적 특이성을 잃어버릴 수도 있다.

넷째, 새로운 병원체를 가져와 분류학적으로 유사한 종이나 다른 종들에게 새로운 전염병을 확산시킬 수 있으며, 인체에까지 전염병을 유발할 수가 있다.

그러나 모든 외래종의 이동이 문제가 되는 것은 결코 아니며 향어, 무지개송어와 틸라피아의 예에서처럼 성공적인 경우도 많다. 따라서 외래 이식을 위해서는 다년간에 걸친 기초 생태 조사 등을 통하여 부정적인 영향을 사전에 차단한다면 외래 이식종을 통한 많은 긍정적인 효과를 거둘 수 있을 것으로 생각한다.

국내 어류조사의 기록상 처음으로 외래어종이 공식적으로 출현하기 시작한 것은 외래어종이 국내에 첫 도입된 지 무려 23년이 지나서야 환경청이 실시한 '1986 전국 주요 생태계 조사'에 총 12종의 외래어가 처음으로 기록된 것이다.

첫 기록된 12종의 외래어종은 금붕어, 금잉어, 비단잉어, 이스라엘잉어, 은연어, 무지개송어, 떡붕어, 초어, 대두어, 백련어, 큰입우럭, 파랑볼우럭이다. 그로부터 5년 뒤인 1991년 우리나라 전역에 대해 실시된 한 조사에서는 이 12종의 외래어종 외에 붕메기와 틸라피아가 추가 기록됐다.

이후 환경부가 양수리, 능내리, 퇴촌면 등 팔당호 주변 8곳에서 조사한 '팔당호 생태계 현황 및 외래어종 영향조사(1995. 9월~1996. 3월)'에서 파랑볼우럭, 큰입우럭 등 육식성 귀화어류가 토착어종을 멸종시키고 있는 것으로 나타났다.

어망으로 잡은 총 2천4백57마리중 외래 어종이 전체의 50.7%인 1천2백46마

리를 차지하였는데 이들은 파랑볼우럭(블루길), 큰입우럭(배스), 떡붕어가 주된 어종이다. 이중 '토착어종의 킬러'로 알려진 파랑볼우럭이 1천1백95마리(48.6%)로 가장 많았으며, 큰입우럭 32마리(1.3%), 떡붕어 19마리(0.8%) 순이었다.

반면 토착어종은 강준치가 6백1마리(25.7%)가 잡힌 것을 빼고는 뱀장어 0.04%, 줄납자루 0.12%, 잉어 0.24%, 피라미 0.37%, 붕어 1.63%, 모래무지 3.22% 등에 불과했다.

조사 결과 파랑볼우럭과 큰입우럭의 위장에서 새우와 치어 등이 다량 발견됨에 따라 이들이 토착물고기의 수효를 감소시키는 직접적인 원인인 것으로 결론지었다.

6. 관리방안

외래생물의 관리방안은 무분별한 외래생물의 도입을 억제하고, 도입의 필요성이 있는 경우에 도입 전에 국내 생태계에 대한 영향을 검토 또는 연구하여 도입을 추진하여야 한다. 그리고 외래생물의 도입에 대한 검역을 철저히 하여 도입에 따른 외래 질병의 전파를 방지해야 할 것이다. 검역에 의한 외래생물 도입 방지는 통관절차, 대외무역관계 등으로 외국에서도 그 효과는 별로 기대되지 않고 있으나, 의도적 도입을 방지하는 수단으로 활용되고 있다.

도입 후에는 도입된 외래생물이 자연 생태계로 방출될 경우 먹이 및 서식 공간 경쟁, 생태계 지위의 변화 등에 의한 토종 생물자원의 감소 등 역효과가 나타날 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 외래생물에 의한 방생, 식용, 애완용 등으로의 활용을 자제해야 할 것이고, 외래생물에 대한 분포현황 파악 및 생태계 영향에 관한 조사연구로 관리대책을 강구하여야 할 것이다.

표 4. 외래어종의 관리방안

종	수계에서의 전략	법적인 전략
큰입우럭	○ 선택적 포획 ○ 부화기 동안 수위의 조절	○ 양식, 이식 등 금지 ○ 포획의 허가 ○ 식용으로의 개발
파랑볼우럭 (블루길)	○ 선택적 포획 ○ 친적을 이용	○ 양식, 이식 등의 금지 ○ 포획의 허가 ○ 식용으로의 개발 ○ 사료로 사용
이스라엘잉어 떡붕어	○ 자연수계에서 생식률이 낮다 ○ 식용으로 이용 ○ 선택적인 포획	○ 양식장에서의 방출 금지 -
초어	○ 자연수계에서 생식률이 낮다	○ 적절한 방출
백련어	○ 자연수계에서 생식률이 낮다	○ 적절한 방출
무지개송어 붕메기	○ 연속적인 포획 ○ 자연수계에서 적게 존재	○ 양식장에서의 방출 금지 ○ 양식장에서의 방출 금지 ○ 식용으로의 개발

참 고 자 료

- 고강석 등, (1995), 귀화생물에 의한 생태계 영향 조사(I), 국립환경연구원, 215pp.
- 고경식, (1993), 야생식물생태도감, 우성문화사, 서울, 510pp.
- 국립환경연구원(역), (1995), 생물다양성에 관한 협약 해설서, 국립환경연구원
- 장계남, (1991), 담수어 양식, 오성출판사, 505~517pp.
- 한국어류학회 (2002), 국내에 도입된 외래어류의 현황, 2002 한국어류학회 심포지움, 128pp.

<http://helix.nature.com>

<http://my.netian.com/~howfish/>

<http://road.daejin.ac.kr/~mwkim/eco/sem/sem01.htm>

http://user.chollian.net/~shy6008/mp_kjy002.htm

<http://www.fishbase.org/search.cfm>

http://www.megalam.co.kr/www_megalam/school/001_lecture

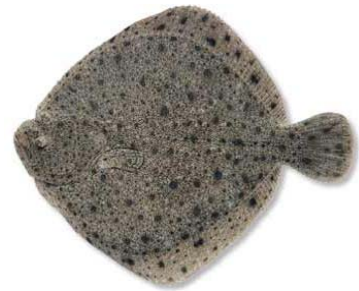
<http://www.me.go.kr/www/index.html>

Ⅲ. 이식대상종의 생태와 양식기술

터 붓

명 칭

- 학 명 : *Psetta maxima* (Linnaeus, 1758)
- 동종이명 : *Scophthalmus maximus*,
Pleuronectes maximus
- 영 명 : turbot(FAO), breet
- 중 국 명 : 大菱鲆



분류학적 위치

Class Actinopterygii
Order Pleuronectiformes
Family Scophthalmidae

분 포

온대성으로 70~30°N 사이의 대서양 연안, 지중해 연안 및 유럽 해안, 북대서양, 지중해 및 흑해에 분포한다.

- 북동대서양 : 지중해를 거쳐 유럽연안에서 북극권 발틱해에 대부분 분포, 아종인 *P. m. maeotica*는 흑해에 분포.

외래 양식생물의 이식과 생태

- 주요산지 : 알제리, 벨기에, 불가리아, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 영국, 아일랜드, 이태리, 모나코, 네덜란드, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 스페인, 시리아, 레바논, 터키, 러시아, 유고슬라비아 등

형태적 특징

육식성 저서종으로 넙치와 같이 좌우측이 측편이나 체형은 원형에 가까우며 눈이 없는 쪽은 비늘이 없으며 표피에 작은 돌기가 있다.

서식 환경

저서어류로 기수 및 해수에 서식하나 기수지역에 보통 서식한다. 서식 깊이는 20~70 m로 모래, 암반으로 이루어진 바닥에 산다.

- 치사온도 : 최고 28~30℃, 최저 1~2℃
- 성장온도 : 최고 21~22℃, 최저 7~8℃
- 최적성장온도 : 14~17℃
- 염분농도 : 최고 40‰, 최저 12‰

크 기

- 최대크기 : 체장 100 cm, 체중 : 25 kg
- 상업적 크기 : 0.2~0.25 kg(양식용 중간어), 1~2 kg(식용)
- 생물학적 최소형 : 수컷은 3.5 kg(3년 이상), 암컷은 2 kg(2년 이상) 정도
 - ※ 최소성숙크기 : 4.3년
- generation time : 6.2년
- 수명 : 15년(추정 19년)

성 장

터붓의 적정 성장 수온은 15~19℃(최적 16℃), 성장은 사육방법에 따라 다르지만 보통 2년에 2 kg 이상 자란다. 터붓의 성장단계별 적정 사육환경 및 조건을 표 1에 나타내었다.

표 1. 터붓의 성장단계별 적정 사육조건

	수온(℃)		염분(‰)		광주기
	최적	한계	최적	한계	L/D
산란용 어미	13~15	9.5~17			15~16L
수정란	13~15	9~17	25~35		15~16L
자 어	18~20	16~22		20~?	18~24L
먹이전환 자어	18~20				18~24L
치어~미성어	16~18	5~25	20~27	10~?	자연주기
성어	16~18	8~22			자연주기

산 란

- 산란기 : 4~8월 사이
- 산란수온 : 14℃ 전후
- 산란 : 다회산란종(암컷의 경우 6~8회)으로 수정란은 분리부성란
- 난경 : 수정란의 직경은 0.98~1.18 mm 정도
- 부화 : 부화시간은 온도에 따라 차이가 많지만 11.5℃에서 7일, 15℃에서 5일 소요(부화자어 크기 : 전장 3 mm, 전중 0.1~0.2 mg 내외, 그림 1, 2)

먹이

육식성 저서종으로 먹이는 주로 저서어류, 갑각류와 이매패류를 먹는다.

- 치 어 : 동물성 플랑크톤(요각류)
- 유 어 : 갑각류 및 작은 어류
- 성 어 : 다른 저서성 어류, 갑각류 및 패류



그림 1. 터봇 수정난의 발생과정



부화자어 직후 전장 3.0 mm



부화 후 4일 전장 3.93 mm



부화 후 8일 전장 4.30 mm



부화 후 14일 전장 5.2 mm

그림 2. 터붓 자어의 발달

종묘생산

○ 어미사육 및 채란

- 터붓 양식 초기에는 호르몬을 처리하여 탱크 내에서 자연 산란시켜 수정란을 얻는 기술을 개발하였으나, 최근에는 직접 채란·채정한 후 인공 수정시켜 수정란을 얻고 있다.
- 탱크내에서 자연산란을 유도할 경우 어미는 미성숙 된 0.5~2.0 kg의 자연산 어미를 채집하여 사용하며, 5~40 m³ 모래 바닥탱크에 수용하였다.

- 어미 수용 밀도는 최대 10 kg/m²를 넘지 않아야 하고, 자연 산란을 유도하기 위해서는 2년 정도 적응시켜야 한다.
 - 채란·채정을 위해서는 수컷 3.5~8.0 kg, 암컷 2.0~7.0 kg정도를 사용해야 하며 성비는 1:1을 유지한다.
 - 어미의 먹이는 생사료를 공급하고 산란 2개월 전부터는 비타민 C와 E를 공급해야하고, 어미 사육 탱크에는 봄과 가을에 기생충이 많이 발생하므로 신경을 써야 한다.
 - 터봇의 성숙은 주로 광주기에 의해 조절되기 때문에 성숙시기에는 광주기를 8.5~16 h light/day로 증가시켜 주는 것이 좋다.
 - 최적 산란 수온과 광주기는 14±1℃와 15~16 h light/day이지만 수온이 16℃ 이상으로 상승하면 수정되지 않는다.
 - 터봇은 낚치와 같이 산란기간 동안 여러 번 산란(3~6일 간격으로 12번까지 산란)하는 종으로 수정란은 직경 0.98~1.18 mm의 분리부성란이다.
 - 복부 압박법으로 인공수정을 시도할 경우 4~5일 간격으로 실시한다.
- 인공수정 및 부화 자어
- 채란·채정 후 인공수정을 실시할 경우 알과 정자는 건식법으로 수정시키고, 0.5~10분 경과 후 세란하여 부화 수조로 옮긴다.
 - 인공수정시 수정란의 일반적인 생존율은 35% 전후로 비교적 낮은 편이다.
 - 부화시 기계적 충격, 온도 변화 등 외부의 자극을 최소화 시켜야 하며, 특히 부화 직전에 주의가 요망된다.
 - 갓 부화한 자어는 전장 3 mm(0.1~0.2 mg) 내외이며 많은 난황을 가지고 있다. 소화관은 미발달 상태이며 눈은 형성되었으나 볼 수 없고, 2~3일 경과시 난황이 있지만 입을 열려 먹이를 섭취하기 시작한다.
 - 9일째 소화관이 많이 발달해 있고 15일째부터 몸이 틀리고 눈이 이동(변태시작) 하기 시작하며, 부화 후 30일이 되면 터봇의 형태를 갖추지

만 아직 유영하는 습성을 가지고 있다. 완전한 착저는 40일이 되어야 한다.

○ 자·치어 사육 방법

- 조방적 양식 : 노르웨이나 덴마크에서 이용하고 있는 방법으로 충분한 먹이생물을 공급하기 위해 큰 탱크나 못에서 자어를 사육하는 방법으로 경비가 적게 드는 장점은 있으나 양식 시기가 한정되고 많은 면적이 필요한 단점이 있다.
- 집약적 양식 : 고밀도로 자어를 사육하는 방법으로 green water 방식(영국)과 clear water 방식(프랑스)이 있다. 프랑스에서 이용되고 있는 clear water 방식의 핵심은 고압모래 여과기와 자외선 살균기를 통해 사육수 및 로티퍼와 알테미아 배양용 해수도 여과 살균하는 것이며 수온과 산소공급도 정확히 조절할 수 있는 사육방식이다.

○ 먹이 공급

- Calanoid copepods의 노우플리우스의 지방산 조성이 부화 자어와 비슷하여 가장 바람직하지만, 이 좋은 대량 배양이 매우 어려워 먹이 생물로 이용하기가 어렵기 때문에 넙치의 경우와 같이 로티퍼나 알테미아를 많이 사용하고 있다. 그러나 이 경우 고도불포화 지방산으로 영양강화를 시켜야한다.
- 19℃에서 사육할 경우 부화 후 2~3일째부터 첫 먹이를 먹기 시작하므로 이때부터 10일간 로티퍼를 공급하고, 부화 직후의 알테미아는 부화 후 8일부터 로티퍼와 함께 공급하다가 서서히 알테미아 비율을 높인다.
- 터붓에서도 넙치와 같이 백화나 흑화현상이 나타나지만 그 원인은 밝혀져 있지 않다.
- 지금까지 보고 된 터붓 자어의 사육에 적합한 환경 조건과 먹이생물의 공급 시기는 표 2와 같다.

표 2. 터봇의 자어 사육에 적합한 환경 조건과 먹이생물의 공급 시기

환경조건	
염분 (%)	20~40
수온 (°C)	18~19
조도 (lux)	2000~4000
광주기 (명/암)	16:8 L:D 또는 24시간 연속 조명
수용밀도 (개체/L)	30~40
먹이생물 공급시기	
로티퍼 (일령)	2~12
알테미아 초기 유생 (일령)	8~25
알테미아 중기 유생 (일령)	18~사료 전환기

- 터봇에 대한 종묘생산 기술의 개발에도 불구하고 자어 시기의 높은 폐사율이 터봇 양식 발전의 걸림돌이 되고 있다(부화 후 1개월 이내에 70~80%의 폐사율이 일반적임).
- 폐사의 원인으로는 수정란의 난질 저하와 외부환경에 의한 물리적 스트레스 및 6~8일째 발생하는 먹이를 먹지 못한 자어의 폐사가 일반적이다.
- 가장 큰 폐사율은 부화 후 10~15일 사이에 발생하고 경우에 따라서는 거의 모든 자어를 잃어버릴 수 있다.
- 폐사 자어는 대부분 소화관이 비어있고 점액이 없거나 표피가 탈락되어 있으며, 심장, 간장, 골격근 및 아가미 등의 괴사와 같은 현상도 일어난다. 그리고 폐사 전 자어에서는 많은 양의 세균이 소화관내에서 발견되고 이들은 소화를 방해하고 소화관에 상해를 입히는 것으로 알려져 있다.

- 비브리오나 에로모나스균도 터붓 자·치어에 감염을 일으키기 때문에 로티퍼 공급시 미리 항생제처리를 하며 감염을 예방하기 위해 사육수의 자외선 소독과 탱크와 사용기구 등도 소독하여야 한다.
- 먹이 전환의 성공여부는 치어기의 성장과 연계되어 있고 아직 완전히 착저하지 않은 25일 이후부터는 배합사료 공급을 시도해야하고, 이 시기에 비브리오에 감염되기 쉬우므로 사육수는 반드시 자외선 처리를 해야 한다.
- 자치어의 크기별 수용밀도는 표 3과 같다. 0.1 g 정도에서는 m²당 2500마리를 사육할 수 있으며, 10 g이 되면 500마리가 적당하다.

표 3. 터붓의 크기별 수용밀도

체중 (g)	수용밀도 (마리/m ²)
0.1	2500
2	1000
10	500
35	250
75	150
125	100

- 사료 전환 시기의 먹이로는 부드럽고 맛이 있고 먹이 유인 효과가 큰 것이 좋으며 물속에서 안정되고 탱크내 오염을 최소화 할 수 있어야 한다.
- 처음엔 주로 어육이나 조개살로 만든 반죽이나 습사료가 공급되었으나, 사육수의 수질을 악화시키는 단점이 있기 때문에 최근에는 사육수의 수질 악화를 최소화하고 영양을 개선한 건조사료나 소프트드라이 펠렛을 많이 이용하고 있다.

- 치어기에는 반드시 비타민과 고도불포화지방산이 필요하며 단백질과 지질의 수준은 각각 50~60%와 10~15%다.
- 먹이 전환기 초기의 사료크기는 400~600 μm (체중 50~500 mg)에서 630~800 μm (체중 500~1000 mg)까지 증가시키고 공급량은 초기 20~30%에서 부화 후 70일에는 4~5%까지 줄인다.
- 30일 후 대부분의 자어는 먹이 전환이 이루어졌고, 이때부터 성장과 생존율도 좋다.
- 먹이 전환이 좋을 경우 2일 이내에 50%이상이 배합사료를 먹게될 것이고, 90% 이상의 생존율을 거둘 수 있다.
- 터봇 치어의 사육시 저산소에 대해서는 강하지만 용존산소의 과포화에는 매우 민감하므로 주의하여야 한다.
- $\text{NH}_3\text{-N}$ 에 대한 내성은 대단히 높고 성장은 0.08~0.14 mg/l 와 pH 6.8~7.9에서도 큰 영향을 받지 않는다. 적정 pH는 6.5~8.5 (pH 4~10에서 생존 가능)이다.
- 사료는 고품질의 드라이펠렛이 사용에 편리하며, 치어의 성장은 수온과 먹이 조건에 따라 다양하나, 일반적으로 넙치의 1.5배 이상으로 성장은 빠르며(그림. 1), 평균 생존율은 80% 이상이다.

○ 양성

- 양성방법은 자·치어 사육방법에 비해 다양하다. 인위적인 먹이 공급이 전혀 없거나 약간 있는 조방적 양식도 이루어지고는 있으나, 다양한 크기의 탱크에서 고밀도 사육도 가능하며 가두리에서도 양성하고 있다.
- 육상 양식 수조의 크기는 20~100 m^3 가 주로 이용되고 수심 1 m 내외를 유지하며, 콘크리트 또는 나무 골조와 PVC 등으로 만들고 광선을 줄이기 위해 덮개를 설치하기도 한다.
- 가두리는 실험 결과 300 g 이상의 터봇에서 가능하며, 가두리 바닥은

나일론 넷트 또는 PVC 평판을 사용한다.

- 터붓의 일반적인 수용 밀도는 25~50 kg/m³(최대 75~120 kg/m³)이고, 수용 밀도는 가두리보다 육상 탱크가 높다.

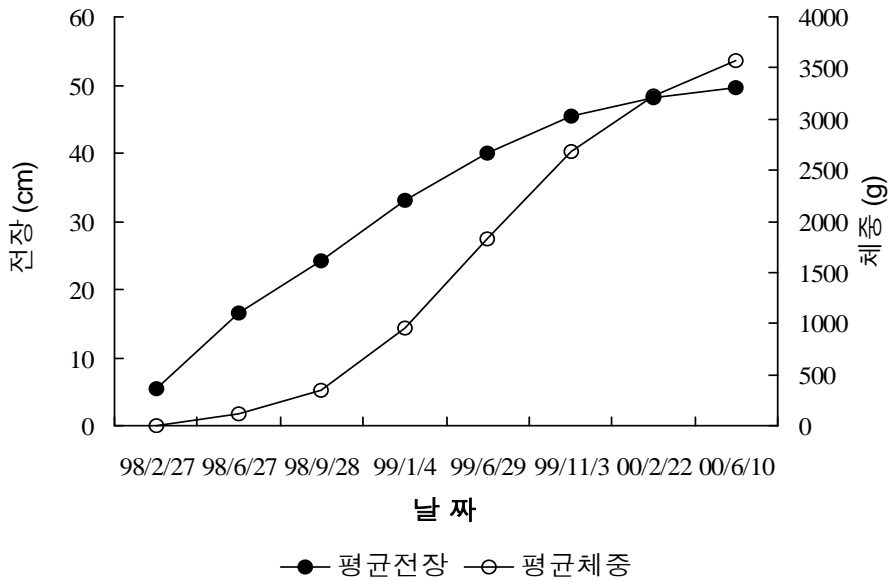


그림 1. 육상수조식 양식장에서 사육한 터붓의 성장

- 터붓에서의 질병도 넙치에서와 같이 바이러스성과 세균성 그리고 기생성으로 나눌 수 있다. Herpes 바이러스나 pancreatic 바이러스 및 VHS 등이 보고되고 있으며 세균성 질병의 대표적인 예는 비브리오와 에어로모나스이다.
- 세균성 질병은 항생제나 백신으로 충분히 예방이나 치료가 가능하지만 바이러스성 질병은 아직 치료 방법이 밝혀져 있지 않다.
- 터붓에 많은 기생충은 주로 copepod류와 trichodina로 이 경우 Neguvon 이나 formalin 등으로 충분히 구제할 수 있다.

국내외의 양식 현황

- 1970년대 초 영국과 프랑스에서 높은 경제성과 고밀도 양식 가능성 및 빠른 성장 등의 이유로 양식종으로 채택되었고, 전 유럽의 자연산 어획은 1만톤 미만으로 10~25 US\$/kg의 고가에 판매되고 있으며, 최근 프랑스에서 판매되는 가격은 45~55 프랑/kg로 비교적 고급 어종이다.
- 프랑스는 1970~1972년에 종묘생산 기술을 개발하여 변태 완료한 자어를 얻을 수 있었고, 영국은 자연산 종묘를 이용하여 양식기술을 개발하였다.
- 최근 양식장 시설과 경영 및 터בות의 생리, 영양 요구 등에 관한 연구가 유럽지역에서 활발히 진행되고 있으며, 터בות을 많이 양식하는 나라는 스페인과 프랑스로 프랑스에서는 1999년도에 약 858톤을 생산하고 있으며, 양식장은 주로 지중해 연안에 분포해 있다.
- 스페인은 처음에 많은 양의 수정란과 치어를 프랑스로부터 수입했으나 지금은 프랑스보다 양식 생산량이 많고 매년 빠르게 증가하고 있다(표 4).

표 4. 터בות의 연도별 양식 생산량

(단위 : 톤)

연도	국가					
	프랑스	독일	아일랜드	네덜란드	포르투갈	스페인
1984	5					
1985	15					38
1986	10					40
1987	15					50
1988	15					97
1989	15	1				271
1990	15	1				640

연도	국가					
	프랑스	독일	아일랜드	네덜란드	포르투갈	스페인
1991	100	<0.5				825
1992	100	<0.5	3			1622
1993	150	<0.5	4			1539
1994	550	<0.5	3		35	1810
1995	694	<0.5	15	12	82	2174
1996	225		30	25	102	2189
1997	980			25	196	1800
1998	900	<0.5	5	25	188	1969
1999	868		8		378	2849
2000	908		12		380	3,378
2001	702		28		343	3,636

참 고 문 헌

- Bauchot, M. L., 1987. Poissons osseux. p. 891-1421. In W. Fischer, M. L. Bauchot and M. Schneider (eds.) Fiches FAO d'identification pour les besoins de la peche. (rev. 1). Mediterranen et mer Noire. Zone de peche 37. Vol. II. Commission des Communaute Europeannes and FAO, Rome.
- Frimodt, C., 1995. Multilingual illustrated guide to the world's commercial coldwater fish. Fishing News Books, Osney, Oxford, England. 215 p.
- Larrazabal G., 1992. Aquaculture in Spain. World aquaculture. 23(4) : 10-16

- Last, J. M., 1979. The food of larval turbot *Scophthalmus maximus* L. from the west central North Sea. J. Const. int. Explor. Mer 38(3) : 308-313.
- Muus, B. J. and J. G. Nielsen, 1999. Sea fish. Scandinavian Fishing Year Book, Hedehusene, Denmark, 340 p.
- Qiling, L. and L. Xinfu, 1995. An primary study on culture of turbot, *Scophthalmus maximus* L. Modern fisheries information. 10(11), 1-3.
- Silva, A. and A. Velez. 1998. Development and challenges of turbot and flounder aquaculture in Chile. World aquaculture 29(4) : 48-51.
- <http://www.fishbase.org/search.cfm>

점 농 어

명 칭

○ 학 명 : *Lateolabrax maculatus*

(M'Clelland)



※ 본 종은 Yamada et al. (1986) 등
에 의해 농어와 같은 종 또는 변

이로 간주되었으나 眼徑, 前鰓蓋骨 폭, 眼前骨 폭 및 脊椎骨 수 등에서
농어와는 많은 차이를 나타내므로 독립된 종으로 취급한다. 이 경우 본
종을 최초로 보고한 M'Clelland (1844)의 *Holocentrum maculatum*에서
속명은 현재의 *Lateolabrax*로 변경하고 국제동물명명규약에 따라 종명은
중성형으로부터 남성형에 일치시켜 *maculatus*로 사용하는 것이 타당하다.

○ 영명 : spotted sea bass

○ 일명 : Suzuki

○ 중국명 : 魯子魚(Ro- zu-yu'')

○ 근연종 : 농어 (*L. japonicus*), 넓치농어 (*L. latus*)가 있다.

분류학적 위치

Class	Actinopterygii	조기(條鰭)綱
Order	Perciformes	농어 目
Family	Moronidae	농어 科
Genus	<i>Lateolabrax</i>	농어 屬

형태적 특징

○ 형태

- 몸은 길고 측편 되어 있으며 입은 크고 뾰족하며, 아래턱이 돌출해 있다. 위턱은 성장함에 따라 눈의 뒷 가장자리에 달하거나 또는 뒷 가장 자리를 넘어 길게 뻗어 있다.
- 비늘은 주둥이를 제외한 몸 전체에 작은 빗비늘이 덮여 있으며, 아래턱의 배쪽에 작은 비늘이 2열로 줄지어 있다.
- 옆줄은 주새개골 뒷 가장자리의 등쪽 위 부분에서 시작되어 다소 융기하다가 꼬리까지 비스듬하게 뻗어 있다.
- 척추 골수는 16+19=35개이며, 유문 수는 11~15개이다. D.XII~XIV, 12~14; P₁. 16~18; A. III, 7~9; 측선유공린 수 68~87; 상횡린 수 13~18; 하횡린 수 16~23; V. 35

○ 체 색

- 몸 빛깔은 등쪽이 회청색을 띠며 복부 쪽으로 내려 갈수록 은백색을 나타낸다.
- 각 지느러미는 거무스름하며 배지느러미와 뒷지느러미의 끝 부분은 투명하다.
- 꼬리지느러미는 거무스름한 회색을 나타내고, 등지느러미에는 둥근 모양의 큰 검은 색 반점이 불규칙적으로 흩어져 있으며, 등지느러미 기부와 측선 사이에도 크고 선명한 검은 반점이 불규칙적으로 수열로 흩어져 있으며, 이 반점들은 성어가 되어서 간혹 소실되는 경우도 있으나 대부분은 그대로 유지된다.
- 북방산은 몸 빛깔이 진하고 복부가 날씬하며, 남방산은 몸 빛깔이 연한 회청색을 띠며, 복부가 많이 처져 있음

분포 및 서식환경

○ 분 포

- 북방산 : 중국의 威海, 石島, 靑島를 중심으로 북쪽 연안에 분포
- 남방산 : 우리나라 여수를 기점으로 서해안에 대부분이 분포하며, 남해안과 동해안은 드물게 분포한다. 일본의 有明海, 나가사키 이남, 중국 각 연안, 동중국해, 대만에 분포

○ 서식환경

- 치어의 서식장소는 주로 봄에 연안이나 내만, 여름에는 내만의 기수역, 가을과 겨울에는 심해로 나가 서식한다.
- 성어는 봄여름에는 먹이를 찾아 회유하며, 가을에는 산란목적으로 연안이나 내만에 서식한다.
- 점농어는 빨리 헤엄치며 움직이는 것을 좋아하고 적응력이 강하며, 하구나 얕은 바다에서 서식하는 것을 좋아하기 때문에 강의 하류나 호수에 직접 들어가기도 하고 염분 34‰의 해역에서도 보여 염도의 적응범위가 매우 넓다.
- 1~38℃에서도 대체적으로 생존이 가능한데 3℃이하나 35℃이상에서는 살 수 없다.
- 치어는 이른 봄 만(灣)이나 하구지역에 유입하여 먹이를 구하고 여름에는 그곳에 머물러 서식하다가 가을에 수온이 하강하면 깊은 물로 옮겨 겨울을 보낸다. 점농어는 얕은 물에서 깊은 물 속까지 오가며 장거리를 막론하고 회유하는 습성이 있다.

생태적 특성

○ 성장

- 어미의 평균 체장범위는 55~85 cm이며 체중범위는 1,550~2,100 g의 개체가 우위를 차지한다.
- 어획된 점농어는 주로 4~5년된 개체들이 많이 분포하며 체장과 체중의 성장곡선은 Von berralanffy방정식에 따른다.

$$L_t = 723.2 [1 - e^{-0.2125(t-0.3814)}]$$

$$W_t = 5657.4 [1 - e^{-0.2125(t-0.3614)}] 2.899$$

- 좋은 양식조건에서 점농어의 성장속도를 가속화시킬 수 있다. 예를 들어 자연산 점농어 연간성장범위는 체장 24~30 cm, 체중 200~450 g 이지만 남방 지역의 양식한 점농어는 1년에 500~1,000 g까지 자랄 수 있고 그 다음해 2,000~2,500 g까지 성장한다.
- 성장은 2년 23.5 cm, 3년 31 cm, 4년 35 cm, 5년 38 cm, 6년 40~41 cm이다.

○ 성숙

- 성숙한 어미의 복상이 급속히 진행되어 지역별 잔류기간이 짧고, 난소는 동시 발달형으로 성숙 후기에는 대부분의 난이 동시에 성숙하여 배란이 이루어진다.
- 난 성숙은 전·중기는 서서히 진행되고 성숙 후기부터 완숙에 이르기까지는 단기간에 이루어진다. 외관상 특징은 암컷의 등쪽에서 보면 복부가 좌우로 팽출되어 있고, 생식공의 주위는 붉은 색을 띠며, 수컷은 복부가 약간 부풀어 있고, 복부를 압박하면 흰색의 정액이 유출된다. 친어 확보 비율은 암컷 1마리당 수컷 2마리 정도가 적당하다.
- 우리나라에서의 산란기는 10월 하순~11월 초순(약 30일)이며 중국은 10~12월 초며, 산란기 동안 1회 산란하며, 산란 수온은 16~19℃이며, 포란수는 표 1에서와 같다.

표 1. 점농어의 크기에 따른 포란수

크 기(전장)	포 란 수	비 고
58 cm	약 1,726천개	
60~70 cm	약 4,363천개	○ 포란수(F)와 전장(TL)과의 관계
70~80 cm	약 8,185천개	$F=9.287e^{0.0918TL}$ ($r^2=0.8879$)
83 cm(체중 5.3 kg)	약 17,823천개	

○ 식성

- 점농어는 육식성 어류이며 1일 사료 섭취량은 체중의 약 1~5%정도이다. 그리고 동계 저온기 혹은 산란기에는 위를 비우거나 극히 적은 양만을 섭취한다.
- 먹이는 바닷가재, 흑새우, 갑각류, 강달어, 흰조기 등 어류 및 패류, 복족류, 요각류와 두족류가 있다.

○ 크 기

- 점농어의 상업적 크기는 45~60 cm, 1~2 kg이며, 최대 크기는 100 cm이고 수명은 약 10년이 된다. 생물학적 최소형은 ♀ 50 cm이상, ♂ 45 cm이고, 생물학적 성숙 최소체장은 ♀ 32 cm(3세), ♂ 27 cm(2세)이다.

종묘생산 방법

○ 어미확보

- 어미의 확보 방법은 세 가지로 나눌 수 있다. 첫번째 산란계절 산란장에 도달한 성 성숙한 친어를 잡아 수정시키고, 두 번째는 산란기전 성 성숙한 친어를 잡아 단기간 길러 호르몬을 유도하여 수정시키며, 세 번

째 치어를 직접 길러 인공친어로 성장시키는데 사육기간은 약2~3년으로, 사육환경이 좋고, 안정되면 실내 자연산란이 가능해지는데 가장 중요한 친어 해결방법이라고 할 수 있다.

○ 채란

- 위에서 기술한 세 가지 어미 중 첫 번째와 두 번째 경우는 수정란이 고르고 알맞게 성숙했는지 어미를 검사해야 한다. 적시에 복부 압박법을 사용하여 알을 채취한 후 인공수정을 실시해야 한다.
- 체장 37.7~58.5 cm, 체중 900~3,100 g의 친어에서 채란 시 채란량은 약 5~33만개 정도이고, 이중 1/3~2/3의 알은 난질이 좋지 않다.

○ 부화 및 발생

- 농어는 뜨는 성질의 수정란을 생산하는데, 그 수정란은 둥글고, 무색이며 투명하다. 수정란의 지름은 1.22~1.45 mm, 중앙에는 유구(油球)가 1개 자리잡고 있으며 이 유구의 지름은 0.34~0.38 mm 정도이다.
- 수정후 11~16℃ 수온과 31~34% 염도에서 108~120시간이 지나면 모두 부화된다. 18~21℃ 수온에서 약51시간이면 부화가 시작된다(표 2).
- 발생경과 48시간 후는 난황주위의 색소포 원기가 흙색 및 황색소포로 분화하며, 근절수는 15개이며, 60시간 후에는 미부가 노른자위에서 분리되고, 렌즈와 심장이 형성되기 시작하며, 80시간 후에는 배체는 노른자위의 거의 대부분을 둘러싸고, 황색소포는 유구전 표면에서 보인다. 그리고 95시간 후에는 항문형성, 30개 이상의 근절을 볼 수 있으며, 110시간 후에는 부화 (전장 3.0~3.15 mm)된다.
- 발생경과 48시간 후는 난황주위의 색소포 원기가 흙색 및 황색소포로 분화하며, 근절수는 15개이며, 60시간 후에는 미부가 노른자위에서 분리되고, 렌즈와 심장이 형성되기 시작한다.

- 80시간 후에는 배체는 노른자위의 거의 대부분을 둘러싸고, 황색소포는 유구전 표면에서 보인다.
- 95시간 후에는 항문형성, 30개 이상의 근절을 볼 수 있으며, 110시간 후에는 부화 (전장 3.0~3.15 mm)된다.

표 2. 점농어 수정란 발생단계(수온 18~21℃)

수정 후 시간(h)	수온℃	발육단계	수정 후 시간(h)	수온℃
0	20.8	수정란	16.30	18
1.15	20.8	2세포	18.20	19
1.50	20.8	4세포	21.10	19.5
2.15	20.8	8세포		
2.50	20.8	16세포	23:00	20.2
3.15	20.8	32세포	25.40	20.2
3.55	20.8	64세포	35.40	18
5.20	20.2	상실기	40.55	18.3
11.50	18.5	포배기	50.40	21.0

○ 자치어의 발육

- 전장 3.53~4.28 mm의 초기 자어는 머리부분 앞의 위쪽으로 난황이 달라 붙어있다. 유구는 난황 앞쪽 끝에 놓여 있다.
- 소화관은 미세하고 곧으며 비교적 짧다. 가슴지느러미는 작고, 앞눈모양처럼 생겼다.
- 각기 기이하게 생긴 지느러미는 막의 형태로 서로 이어져 있다.
- 몸통중간부위 양쪽에 나뭇가지모양의 검정색자반이 있다. 난황을 가진 자어는 위로 향하여 수면위로 반듯이 누워 움직이지 않을 때 간혹 휴

식을 취하는 행동을 보인다.

- 1일째 자어의 전장은 3.92~4.25 mm로 난황은 2/5가 줄어들고, 유구는 약간 줄어들다. 몸통 양쪽은 선명한 황색으로 검정색의 나뭇가지모양의 점이 찍어져 있다. 근육마디는 $19+18=37$ 이고, 정지했을 때 자어 머리부분은 아래로 향하여 수층사이에 매달려 있다.
- 2일째 자어의 전장은 4.42~4.72 mm로 난황이 1/2~2/3이 축소되고 유구는 1/3이 축소, 자어 활력이 증가된다.
- 3~4일째 자어의 전장은 4.57~4.97 mm로 입이 열리고, 눈에 검은 색소가 보이고 소화관이 굽어진다.
- 5~8일째 자어의 전장은 4.81~5.14 mm로 난황이 겨우 남아있다. 소화관이 구불구불해지기 시작하고 연동운동도 가능해진다. 머리에서 꼬리부분까지 흑색소의 세포가 분포되어 있다. 꼬리의 근원이 생겨난다. 자어는 반듯이 헤엄치기 시작하고, 요각류의 새끼와 윤충을 먹기 시작한다.
- 9~12일째 자어의 전장은 5.10~5.82 mm로 체표면의 황색소의 입자가 감소, 움직임과 섭식능력이 증가한다.
- 13~15일째 자어의 전장은 5.25~6.80 mm로 부레형성과 척추가 반듯해지고, 체 측면에는 검은 색소가 대량으로 생기며 강한 빛을 피한다.
- 16~20일째 자어의 전장은 6.50~9.06 mm로 입이 크게 벌어지고 윗턱에는 가는 이빨과 아가미가 생긴다. 어체의 등과 배 양측에 흑색소가 집중되고, 꼬리지느러미가 생기며 자어는 활발하고 동물성 먹이를 섭취한다.
- 21~25일째 자어의 전장은 8.70~11.7 mm로 척추는 아직 짧고 위로 휘어져있으며 아가미덮개 뒤로 작은 이빨이 이어져있고 동물성 식성이다.
- 26~40일째 자어의 전장은 9.20~15.50mm로 배지느러미를 제외하고 각 지느러미는 발달하여, 제 2등지느러미는 12개, 배지느러미 8개, 앞아암 딱지 뒤로는 5+8개의 작은 가시가 생긴다. 등지느러미와 배지느러미의

시작부위부터 끝부위까지 뾰뾰히 검은색소세포가 배열되어 있다. 또한 몸통측면, 중심선을 따라 흑색소포가 있으며 대형 요각류를 섭이 한다.

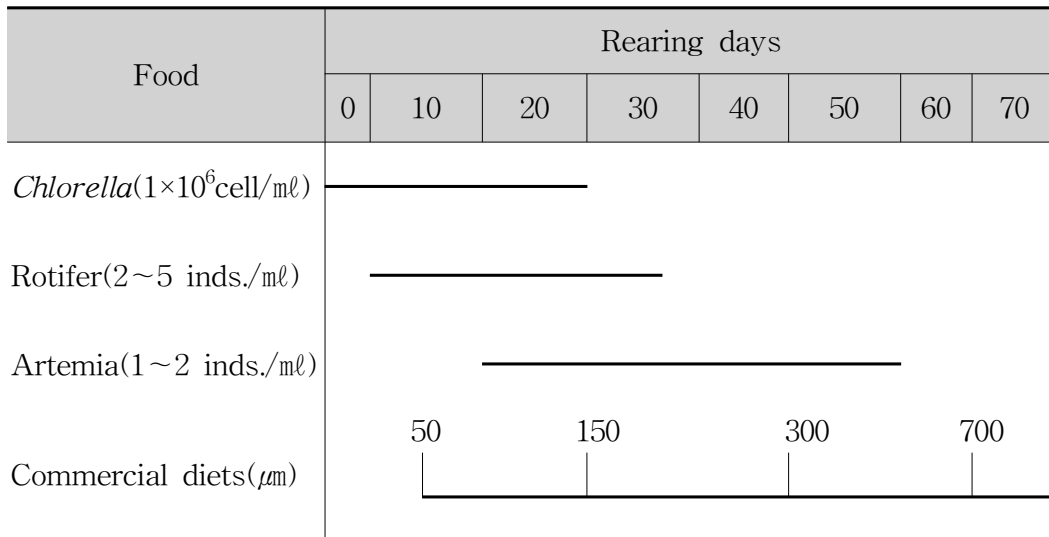
- 41~60일째 치·유어의 전장은 13.20~28.00mm로 배지느러미가 형성되었으며 앞 아가미뼈 뒤로 이어진 작은 가시와 어체는 서로 비슷하게 작아지기 시작한다. 전장 25.00 mm이상 개체의 측면은 빗무늬비늘이 생기기 시작하는데 측선에서 나란히 보인다. 전신에 비늘이 덮이게 되면 변태가 완성되고, 치어에서 유어기로 접어든다. 이때의 치어는 새우류와 잘게썬 생선 섭식이 가능하다.
- 위에서 서술한 것은 적당한 온도의 인공배육 조건하에 배육한 결과로 각 발육단계진도가 비교적 빨라지게 된 바 자연해역에서 저온조건하에 처해지면 발육상태가 완만해지면서 다음해 4월초에 이르면 연안에 보이는데 치어 체장은 12~15 mm이다.

○ 종묘생산

- 점농어의 종묘생산은 수온이가 떨어지는 시기이기 때문에 많은 관심과 노력이 필요하다. 우선 초기 부화된 자어를 m³용적 1~2만미 정도의 밀도에 수용하여 사육하고 미리 수조에는 클로렐라(약 30만세포/ml)로 물만들기를 한후에 로티퍼를 공급한다.
- 사육초기 3~4일 정도는 지수식으로 사육하고 그 이후에는 유수식으로 사육한다 유수량은 가온사육수와 경비절감 차원에서 시간당 50~100 L 정도가 적당하며 치어가 성장해 갈수록 유수량을 증가해 준다. 특히 사육초기에는 유수량이 적은 관계로 수질이 악화될 수가 있으므로 수질 관리에 신경써야 된다.
- 먹이공급은 부화후 5일 내에는 난황이 완전히 흡수되고 이때부터 영양 강화된 로티퍼를 공급해야되며 로티퍼 밀도는 약 2~5개/ml를 유지한다. 로티퍼 공급기간은 20~30일이다. 알테미아는 15~20일부터 공급하

는데 자어의 성장을 보며 공급량을 증가시킨다. 알테미아의 밀도는 1~2개/ml를 유지하여 사육한다. 투여기간은 일반적으로 50일 정도 지속시킨다. 이때 치어는 20 mm에 달한다. 배합사료 붙임은 사육 15일 이후부터 50~200 μm 의 사료를 투여하면서 점차 크기와 양을 늘려가야 되며 공급시 적정량을 공급하여 수질악화가 오지 않도록 해야된다(그림 1).

그림 1. 점농어 종묘생산시 먹이계열



양 성 방 법

- 점농어는 남해안에서 가두리 양식방법으로 많은 량이 양식되고 있으며 최근 염분에 대한 내성이 강한 특성을 이용하여 담수순치 후 담수양식도 가능한 기술이 개발되고 있는 실정이다.
- 점농어 양성은 5×5×5 m 가두리나 10×10×5 m에 5~7 cm정도의 치어를 2000마리/톤 정도를 수용하여 사육하다가 3년 정도 사육하면 체중 1.5 kg(전장 65~80 cm내외) 정도의 상품을 출하할수 있다. 사료공급은 전

체 수용량의 1~5%정도의 MP 사료를 1일 2회 공급하며 영양제나 계절에 따른 항생제등을 첨가하여 공급한다.

- 점농어 질병은 종묘생산시 척추만곡에 의한 기형발생이 큰 문제로 대두되고 있으며 최근에는 대량 양식을 함으로서 세균과 기생충에 의한 여러 가지 질병들이 나타나고 있다. 이러한 질병에 대한 치료는 온도를 제어하고 적당한 빛, 포르말린에 담그거나 광합성 항생제 등의 사용으로 예방 및 치료를 하고 있다.

국내외의 양식 현황

점농어는 성장이 빠르고 질병에 강한 고부가가치의 대형 고급종으로 어업인들의 양식대상종으로서 개발 필요성이 점차 증가되고 있다. 국내에서의 종묘생산은 자연산 친어에서 채란된 수정란을 확보하여 인공종묘 생산하는 불완전양식이 행해지고 있으며 수요에 비하여 종묘공급량이 매우 부족하며 외국에서 수입되고 있는 실정이다(표 3, 표 4). 종묘생산시 초기 기형어 발생과 같은 많은 문제점이 발생되고 있으며 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최적의 종묘생산 방법의 개발과 호르몬 투여 등과 같은 방법에 의한 실내채란에 관한 연구가 수행되었다. 또한 광염성의 특성을 이용하여 연안 축제식 양식장이나 내수면의 담수양식 대상종으로서 개발하기 위한 연구도 수행된바 있다. 그러나 최근에는 중국산 점농어의 수입으로 인한 국내종묘생산은 최근 급격히 줄어들고 있으며, 수정란 이식도 거의 이루어지지 않고 소비부진에 따른 경제성 저하로 점농어의 치어 수입과 가두리양식도 감소추세에 있다 하지만 국내에서의 점농어 양식은 환경적응력이 뛰어나고 성장이 빨라 장기적인 관점에서 보면 양식품종 다양화에 기여할 것으로 사료 판단된다. 특히 점농어의 실내 수정란 생산을 위한 내분비학적인 생리연구가 중점적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

표 3. 국내 점농어 종묘생산 현황

지역별	생 산 어 가		판매단가 /미(원)	판 매 지 역	비 고	
	상 호	생산량 (천마리)				출하량 (천마리)
전남	경양 수산	650	650	400~500	창원, 영광, 태안, 아산, 여수	육상담수, 해상가두리
계	1개소	650	650		5개소	

표 4. 중국산 점농어 수정란의 이식현황

연도	지역별	건 수	이식량	수입국	비 고
2001년	완도	1	8 kg	중국	(8,000 ml)
	여수	7	350 (ea)	중국	
2002년	완도	1	1.2 kg	중국	(1,200 ml)
계	계	9			

양식 잠재력 및 국내 양식 가능성

점농어는 성장이 빠르고 선호도가 높아 옛부터 고급 횡감으로 이용되던 대형고급종으로서 현재 국내의 해상가두리 양식의 주요 대상종으로 자리매김하고 있다. 양식현장에서는 국내산보다는 중국에서 이식된 점농어가 성장이 빠르고 질병에 면역력이 강한 특성을 보이고 있어 중국에서의 수입 및 이식이 활발한 실정이다.

점농어 종묘생산에 있어 문제점은 생산시기가 수온이 하강하는 시기라 생산 원가가 많이 소모된다는 것과 실내 수정란생산이 되지 않아 어획된 자연산 어미를 이용하여 채란을 해야 된다는 점, 그리고 초기치어의 척추만곡과 같은 기

형어 생산이 빈번하다는 문제점을 가지고 있으며 이런 문제점을 해결하기 위하여 다양한 양식기술 개발과 호르몬 투여에 의한 실내 수정란 생산에 관한 연구가 집중되고 있다.

결론적으로 점농어 양식은 넙치와 조피볼락에 편중되어 있는 국내 해산어류 양식에 양식다양성을 높일 수 있으며 특히 환경에 대한 내성이 강하기 때문에 우리나라 남서연안의 노지 및 축제식 양식장을 활용하는데 적합한 품종으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 노용길, 2000. 광주기와 호르몬 처리에 의한 점농어 *Lateolabrax maculatus*의 성숙과 배란 유도. 부경대학교 박사학위논문, 122 pp.
- 양석우, 2000. 농어, *Lateolabrax japonicus*와 점농어, *L. maculatus*의 인위적 산란유도 및 교잡. 여수대학교 박사학위논문, 125 pp.

줄 농 어

명 칭

- 학 명 : *Morone saxatilis*
(Walbaum, 1792)
- 동종이명 : *Perca saxatilis*
Walbaum, 1792
- 영 명 : striped sea-bass (FAO), striped bass, rockfish, striper, linesider
- 중 국 명 : 帶紋白鱸, 條紋狼鱸, 線紋狼鱸



분류학적 위치

Class	Actinopterygii	조기 綱
Order	Perciformes	농어 目
Suborder	Percoidei	
Family	Moronidae	농어 科

분 포

- 온대성으로 60°N~29°S에 분포한다.
- 서부 대서양 : 캐나다의 세인트 로렌스에서 플로리다 북부의 세인트존강과 멕시코만 북부(서부 플로리다에서 루이지애나의 담수와 기수 지류)
 - 주요 산지 : 캐나다, 에쿠아도르(도입), 멕시코(도입), 남아프리카(도입), 미국(토착), 러시아연합(도입)

형태적 특징

- 전체적으로 은색을 띠며 측면을 따라서 7~8개의 수평 줄무늬를 가지고 있으며, 일반적으로 체고가 체장의 1/3 이하이다.
- 등지느러미 극조 9~11, 등지느러미 연조 10~13, 뒷지느러미 극조 3~3, 뒷지느러미 연조 7~13

서식 환경

- 서식장소 : 저서어류로 담수, 기수 및 해수에서 서식하며, 서식 깊이는 30 m 이천이다. 보통 연안의 만에서 서식하지만 산란을 위해 봄에는 강하구 지역으로 올라가며 용존산소 농도가 6 ppm 이상인 곳에 주로 서식한다. 육봉형의 군집도 약간 있다.
- 서식환경
 - 생활수온 : 4~33℃(성체는 20~22℃에서 서식, 25℃ 이상의 장소 회피)
 - 최적성장수온 : 25~27℃
 - 내성수온 : 1~38℃

크 기

- 일반적 크기 : 50~76 cm, 1.3~4.6 kg
- 성숙크기 : 암컷은 3~4년(전장 43.2~43.7 cm), 수컷은 2년(17.4~25.4 cm) 정도이면 성적으로 성숙
- 상업적 크기 : 0.5 kg
- 최대크기 : 전장 200 cm, 중량 : 57 kg
- 수 명 : 30년

성장 및 먹이

- larval stage는 35~50 일 동안이며, juvenile stage는 35~50일부터 성숙 시 까지이다.
- 적정 성장 수온은 25~27℃이며 31℃ 이상에서는 생존이 어렵다고 알려져 있다. 최적 성장을 위한 염분 농도는 2~10‰이다. 수컷은 2~3년, 암컷은 4~8년에 성숙한다.
- 부화자어는 18~19℃의 수온에서 4일 동안 난황을 흡수한 후, 그 이후부터 먹이를 먹기 시작한다. 유생은 동물성 플랑크톤을 섭취하며 자·치어는 작은 새우와 다른 갑각류, 갯지렁이, 수서곤충을 먹이로 하며 성어는 매우 다양한 어류와 무척추동물, 주로 갑각류를 먹이로 한다. 먹이섭취는 산란기 전에 잠시 멈춘다.

산란

- 산란기 : 봄에서 초여름에 연안으로 회유하여 강어귀의 강이나 기수유역에 산란한다. 산란은 1년에 1회 정도 산란 피크를 보인다. 생활사의 처음 2년 동안은 출생한 강어귀에서 회유하지 않는다.
 - ※ 산란기 : 2월 중순~6, 7월, 4~7월(주로 5월)
- 산란수온 : 적정 산란수온은 18~20℃
 - ※ 산란수온은 10~25℃이며 정점은 15~18℃일때
14.4~15.0℃에서 시작하며 주로 16.1~20.6℃에서 주로 산란
- 방란수 : 평균 100,000개/어체중(파운드)
 - ※ 최초 산란시 14,000~65,000개이나 그 후에는 5백만개까지 산란할 수 있음
11,000~2,000,000개이며 5,300,000개까지

- 난 경 : 난은 구형이며, 비점착성의 반부성란으로서 방출되기 전에는 1.0~1.35 mm, 수정 후 3.2~4.3 mm(3.6 mm)
 - ※ 유구 : 1개, 0.40~0.85 mm(0.56 mm)
- 부 화 : 14.4~15.6℃에서는 70~74시간 정도이고 17.8~19.4~에서는 48시간
 - 부화자어의 크기는 전장 2.0~3.7 mm(2.5 mm)
 - ※ 야외 채집시에 3.0~4.0 mm

기 타

- 해적 생물 : 해적생물로서는 blue fish *Pomatomus saltator*, 대형 요각류 *Cyclops bicuspidatus* 등이 있으며 육상의 조류에 의한 줄농어의 피식량도 아주 많은 것으로 추정된다. 새끼들은 atlantic tomcod, atlantic cod, silver hake, 그리고 더욱 큰 줄농어와 같은 어류에 의해 피식 당할 수 있다.
- 유전 육종 : 최근에는 성장이 빠르고 질병에 대한 내성이 강한 어종을 생산하기 위하여 줄농어 striped bass와 white bass *Morone chrysops*의 교잡종을 이용하여 original hybrid(원잡종 : 암컷 striped bass×수컷 white bass)와 reciprocal hybrid(역잡종 : 수컷 striped bass×암컷 white bass)을 생산하고 있는 실정이다. 이러한 유전육종 기술을 이용하여 생산된 hybrid striped bass을 미국에서 대량 생산하고 있으며, 이스라엘에서는 담수와 해수에서 동시에 양식을 하고 있다(표3). 최근 일부의 아시아 지역(대만 및 일본 등)에서도 hybrid striped bass를 수입하여 양식 기술 개발을 위한 연구를 하고 있어서 머지않아서 아시아 지역에서의 hybrid striped bass 양식 생산량이 보고될 것으로 예상된다.

표1. 미국과 이스라엘에서의 hybrid striped bass(*Morone chrysops*×*M. saxatilis*)의 양식 생산량
(단위 : 톤)

연도	합계	미국	이스라엘	
			(담수)	(해수)
1986	5	5		
1987	184	184		
1988	399	399		
1989	463	463		
1990	721	721		
1991	1,021	1,021		
1992	1,610	1,610		
1993	2,699	2,699		
1994	3,459	3,459		
1995	3,772	3,772		
1996	3,848	3,561	287	
1997	4,242	3,810	272	160
1998	4,494	4,257	157	80
1999	4,691	4,415	227	49
2000	5,394	5,052	302	40
2001	5,394	4,946	378	70

참 고 문 헌

Breder, C. M. and D. E. Rosen, 1996. Modes of reproduction in fishes. T. F. H. Publications, Neptune City, New Jersey. 941 p.

Eschmeyer, W. N., E. S. Herald and H. Hammann, 1983. A field guide to

- Pacific coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A. 336 p.
- Heemstra, P. C., 1995. Moronidae. Lubinas. p. 1289~1292. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter and V. Niem (eds.) Guia FAO para Identification de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacifico Centro-Oriental. 3 Vols. FAO, Rome.
- Juanes, F., R. E. Marks, K. A. McKown and D. O. Conover, 1993. Predation by age-0 bluefish on age-0 anadromous fishes in the Hudson River estuary. Trans. Am. Fish. Soc. 122(3) : 348~356
- Lee, D. S., Gilbert, C. R., Hocutt, C. H., McAllister, R. E., Stauffer, J. R., Jr. (ed.) 1980. Atlas of North American Freshwater Fishes. Pub. 1980-12 of N. Car. Biol. Surv, N. C State Mus. of Nat. Hist. Raleigh : 854 p.
- Qiling, L., M. Maijun, L. Xinfu and L. Xushou, 1996. A study on feasibility of striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum) and its hybrid species introduced into China for aquaculture. Modern fisheries information, 11(8) : 8-11.
- Scott, W. B. and E. J. Crossman, 1973. Freshwater fishes of Canada. (Reprinted 1990). Bull. Fish. Res. Board Can. (184) : 966 p.
- Smith, R. E. and R. J. Kermehan, 1981. Predation by the free-living copepod, *Cyclops bicuspidatus thomasi* on larvae of the striped bass and white perch. Estuaries, 21(4) : 32-38.
- Weng H. T. and I. C. Liao, 2001. The introduced fishes in Taiwan, with reference to red drum(*Sciaenops ocellatus*). Proceedings of the Joint Taiwan-Australia Aquaculture and Fisheries Resources and Management Forum-Aquaculture and Fisheries Resources

Management. 115-120.

<http://elib.cs.berkeley.edu/kopec/tr9/html/sp-striped-bass.html>

<http://fwie.fw.vt.edu/WWW/macsis.lists.M010168.htm>

<http://www.enature.com/>

<http://www.fishbase.org/search.cfm>

http://www.scbass.com/sc_fish/striped_bass.html

홍 민 어

명 칭

- 학 명 : *Sciaenops ocellatus*
(Linnaeus, 1766)
- 영 명 : Red drum (FAO),
Channel bass
(플로리다), Spotted bass, Redfish, Bull red, Red bass, Rat red, pescado colorado(멕시코)
- ※ 크기에 따라 작은 것은 puppy drum, 큰 것은 bull reds라고도 함. 종종 수컷이 산란시 또는 물에서 잡아내면 부레근처의 근육을 떨면서 소리를 내는데, 마치 북을 치는 소리를 낸다하여 red drum 이라고 함.
- 중 국 명 : 美國紅魚, 紅鼓魚, 紅擬石首魚
- 동종이명 : *Perca ocellata* Linnaeus, 1766
- 기타명칭 : 点星魚



분류학적 위치

Class	Actinopterygii	조기강(條鰭綱)
Order	Perciformes	농어목
Family	Sciaenidae	민어과

형태적 특징

- 홍민어는 drum family에 속하며 Atlantic croaker, spotted sea trout, black drum과 사촌뻘이 된다. 외관상 이들과 구분되는 표식으로 꼬리 윗부분의 체측에 한 개의 큰 검은 점이 있으나 비정적으로 여러 개가 있는 개체들도 있으며, 아예 점이 없는 경우도 극히 드물게 있다.
- 체 색
 - 어린 홍민어의 일반적인 체색은 은색이고 성어가 되면서 등은 붉거나 불그스레한 갈색으로 되며, 아래로 갈수록 점차 옅어져 배쪽은 흰색을 띤다. 멕시코 걸프만의 홍민어는 종종 은빛, 청동빛과 유사한 여러 가지 붉은 빛깔을 띠는 ‘예쁜 고기’로 알려져 있다.
 - 어체의 체색 때문에 영명은 red drum 또는 red fish라고 불려진다.
 - 바닥이 진흙인 만에 사는 것은 체색이 어두우며, 모래바닥의 만에서 사는 개체는 체색이 밝다.
- 형태적 특징
 - 체형은 뒷편으로 늘어져 부드러운 곡선을 이루고, 아래쪽은 거의 직선을 이룬다. 두 개의 등지느러미 중 앞쪽은 극조(11개, 제11번째는 처음의 10개의 극조와 분리)로 되어 있으며, 뒤쪽은 연조(23~25개)로 되어 있다.
 - 꼬리지느러미 뒤쪽 가장자리는 직선 혹은 약간 굽어 있으며 가슴지느러미는 배지느러미만큼 길며, 바깥 테두리는 밝은 녹색 빛을 띤다.
 - 수직적 형태의 꼬리지느러미를 지니고 있으며, 미병부 옆줄 위에 1개(때때로 더 많다)의 크고 검은 반점이 있다.
 - 뒷지느러미는 2개의 극조와 8~9개 연조로 되어 있다. 꼬리지느러미의

뒤쪽 끝까지 뺀 측선의 비늘수는 45~50개이다.

- 큰 비늘은 거친 표면을 가진 빗비늘이고 가슴부근의 비늘은 부드러운 둥근비늘이다.

분포 및 서식환경

○ 분포

- 아열대성으로 43°N~0°S의 서부대서양인 미국의 매사추세츠에서 Key West에 이르는 대서양과 그리고 플로리다 만에서 멕시코만의 Vera Cruz의 연안을 따라 분포하며, 드물게는 Chesapeake 북부해역에도 분포한다.
- 전기자어 : 작은 자어는 부유생물과 같이 2~3주간 떠다니며 생활한다. 조류는 그들을 만의 입구에서 강어귀로 이동시키고, 유영이 가능한 지느러미를 가질 때까지 만내에 퍼져서 자란다.
- 후기자어 : 잘피장이나 습지 중에 산다. 고르지 못한 잘피장은 연속적인 잘피장보다 먹이섭취와 피난처를 위한 많은 모서리를 제공한다.
- 치 어 : 홍민어 치어는 걸프해역과 대서양만 전체에 분포하는데, Chesapeake만에서 멕시코의 Laguna Madre까지 분포한다. 염분 또한 분포에 영향을 준다고 짐작되는데 초기에 영향을 줄 것이라 생각된다. 비록 비나 육수의 유입으로 텍사스 북쪽 해변이 17±4‰로 아래쪽 해변(Laguna madre)의 35±6‰보다 낮지만 치어의 양은 비슷하다.
- 미성어 : 미성어는 걸프해역에서만 서식한다. 미성어는 분명히 년중으로 남아있으며, 강 하구와 걸프해역사이를 계절적으로 이동은 하지 않는다. 표지된 수많은 홍민어는 겨울에 강 하구에서 어획된다. 표지된 어류는 10 km이내에서 어획된다. 미성어는 가을과 봄에 만의 외해보다

는 수심 1.3 m이상의 연안에서 더욱 많이 분포한다. 하지만 겨울에는 일시적으로 수심 1.3 m이하로 내려간다. 실험실에서 미성어는 야간에 활동적이다. 하지만 자연상태에서는 잘 알려지지 않았다.

- 성 어 : 홍민어는 성숙하였을 때 하구에서 걸프해역으로 이동한다. 아마 3.5년이면 성숙하게 된다. 어미(750 mm 이상)는 하구에는 별로 분포하지 않지만 걸프해역에서는 통상적으로 분포한다. 걸프해역에서 홍민어 어미는 적어도 해변을 따라 113 km정도 분포한다.

○ 서식환경

- 저서어류로 서식 깊이는 10m 이천이며 얇은 곳을 좋아하여 1~4 feet 깊이의 모래와 사니질 바닥으로 된 연안이나 강어귀에 서식하나 surf zone에 풍부하다.
- 때로는 어체의 등이 들어 날 정도의 매우 얇은 바다에서도 종종 발견되고, 담수에서도 살수 있으므로 수 마일의 상류에서도 발견된다.
- 서식처는 바닥이 바위로 된 곳에는 서식하지 않고 니질이나 사니질 등으로 된 곳의 중하층에 서식한다.
- 초목이나 부드러운 풀이 있는 지역을 좋아하며 굴이 있는 암초근처에서 일반적으로 발견된다.
- 홍민어는 적어도 생활사의 처음 몇 년간은 강어귀에서 서식하기 때문에 자어와 치어는 일반적으로 해초가 많거나 풀 바닥이며, 중간 정도의 염분으로 조석에 의한 영향이 아주 크지 않는 천해에서 발견된다.
- 치어와 미성어는 강어귀와 만에서 2~4년간 생활한다. 그리고 더욱 큰 개체는 근해로 이동하며 이러한 생활사는 반복된다.
- 광온성 : 온수성으로 서식가능 수온은 10~32℃이며 적정수온은 23~28℃이다. 10℃이하가 되면 생존율이 떨어지며, 5℃이하에서는 전멸한다. 작은 개체는 2~33℃의 더욱 넓은 범위에서 잘 견딘다. 급작스런 수온

하강과 지속적으로 낮아지는 온도에는 민감하다. 추워지면 보다 따뜻한 깊은 곳으로 이동한다. 먹이 섭취 활동은 수온의 영향을 매우 많이 받아 수온 10℃ 이하와 32℃ 이상에서는 거의 먹지 않으며, 수온 10~30℃ 사이에서는 수온이 높아지면 먹이 섭취량도 증가한다.

- 광염성 : 최적 염분범위는 20~40 ppt이지만 0~50 ppt의 범위에서 견딜 수 있는 광염성 어종이다. 크기와 염분간의 관계에서 치어는 낮은 염분에서 더욱 잘 견디고 큰 개체는 높은 염분을 선호하는 것으로 나타났다.
- 기 질 : 크기 5~7 mm의 작은 개체는 잘피장으로 이동하는데 잘피장에서 작은 홍민어(6~27 mm)의 양에 영향을 미치는 첫째의 요인은 모서리 효과로서 더욱 많은 개체가 잘피장 자체보다 잘피장의 모서리에서 발견된다. 잘피장은 먹이를 위한 서식처를 제공하고 해적생물로부터 보호한다.
- 오염 물질 : 북대서양, 남대서양과 멕시코만 홍민어의 근육과 간조직으로 15개의 미량성분에 대하여 분석하였다. 플로리다의 Indian River System에서 미량금속의 독성은 약 100마리의 큰 홍민어(7~18 kg) 그룹 폐사의 가능한 원인으로서 조사되었다. 높은 농도의 구리, 아연, 비소, 크롬, 카드뮴과 수은이 간과 아가미에서 검출되었으며, 아가미의 손상은 구리 중독시험의 결과와 유사하였다. 남부 텍사스해안에서의 유류 유출에 의한 난과 자어에 대한 영향이 조사되었는데, 자어가 기름과 물이 혼합된 상태에서 있을 때 높은 사망률을 초래하였다. Port Aransas jetties에서 기름에 오염된 해수에 난이 있을 때 부화된 자어의 반 이상이 골격 이상이었다.

○ 이 동

- 일생의 대부분은 태어난 해역 연안 가까이에서 생활한다.

- 일간의 이동은 조석과 수온에 따라 얕은 곳과 깊은 곳으로 이동한다.
 - 가을에 날씨가 험한 날 대형의 성어가 산란을 위해 걸프 해변으로 이동한다. 이때에 낚시인들에게 많이 잡히며, 이 현상은 “bull redfish run”이라 알려져 있다.
 - 홍민어는 대서양 해안을 따라 계절적으로 이주하고 체사피크만 주변의 북쪽 맨 끝에서 홍민어는 겨울동안 강어귀에서 연안으로 이동한다.
 - 홍민어의 초기 치어단계는 하구에서만 채집되며 이것은 유어(young fish)가 하구에 의존적인 것을 암시한다.
 - 플로리다에서의 '61~'65년에 걸친 표지방류에 의한 연구결과 690마리를 표지하여 328마리가 회수(재포율 47.5%)되었다. Tampa만과 Charlotte Harbor와 같은 지역에서는 회수율이 70%를 넘었으며, '84~'86년에 중부 플로리다 강하구의 남서부와 동부에서 1,536마리의 미성어를 표지하여 방류한 결과 강어귀에 한정되어 이동하고 있었으며 10 km 내에서 50~85%가 재포되었다. 결론적으로 홍민어는 크게 회유하지 않는 고기임을 알 수 있다.
- 군서 생태
- 치어는 하구 내에서 처음 4~5년을 보내는 것으로 추정되며, 그곳에서 먹이를 위하여 하구에 서식하는 다른 종과 경쟁을 한다.
 - 성어는 근해(offshore)에 서식하며, 종종 멕시코 만에서 작은 다랑어와 blue runner 떼 밑에 있다. 해변 근처에 있을 때 홍민어의 떼는 black drum (*Pogonias cromis*), Atlantic tarpon이나 전갱이 종류(pompano)와 가까운 곳에 있다.

생태적 특성

○ 크기 및 성장

- 최대크기 : 전장 155 cm, 중량 45 kg
- 상업적 크기 : 500~1,000 g
- 생물학적 최소형 : 성장상태가 양호한 3년 이상의 체중 7 kg이상의 개체
- 성장 : 일반적으로 성장도는 여름철에 매우 높으며, 다른 어종과 달리 성숙에 관계없이 계속 성장하는 특성이 있다. 홍민어는 생활사의 초기에 빠르게 성장하는데 첫해에 빨라 월 평균 12.7 mm가 자란다. 홍민어 성어의 나이와 성장률은 비늘, 이석, 체장 빈도, 표지에 의해서 추정된다. 일반적인 성장 패턴은 S자형이다. 난정은 산란시에 1 mm이며, 부화시 자어는 2 mm이고 난황낭 고갈 전에 0.5 mm로 성장한다. 자어는 0.2~0.5 mm/day 성장하고, 치어는 0.7~1.7 mm/day, 성어는 0.5 mm/day 성장한다. 텍사스의 홍민어를 근거로 하여 추정된 성장치는 다음과 같다(표 1). 첫해 성장은 표준체장 320~360 mm, 2년째는 표준체장 500 mm(약 1.6 kg, 43~56 cm), 3년째는 표준체장 550~600 mm(2.7~3.6 kg, 56~61 cm), 6년째는 표준체장 875 mm, 7년째 표준체장 925 mm, 8년째 표준체장 975~1000 mm이다. 대만에서의 홍민어의 성장은 6개월 후 90~95 mm, 8개월 후 115~150 mm, 18개월 후 330~360 mm, 26개월 후 550~600 mm로 성장한다. 외부 형태, 부레 및 이석의 모양으로 치어, 미성어, 성어를 구별한다.

어린 개체는 당근모양의 부레 위에 두 개의 짧은 관 모양의 게실이 있으며 *Sciaenops*속의 특징이다. 이들 게실은 어미가 될 때까지 남아있는데 1쌍의 주머니 모양으로 부레의 앞쪽에 등쪽으로 횡으로 돌출되어 발달한다. 이들 돌출물은 3~4번째 늑골사이의 체벽강속으로 들어가는

데 아마 성어의 음향수용기의 역할을 하는것으로 추정된다. 이석은 올챙이 모양으로 확장되지않고 약간 직사각형이다. 주둥이는 윗쪽과 주변에 5개, 아래턱에 5개의 구멍을 가지며 촉수를 가지지 않는다. 입은 아래쪽에 있다. 이빨은 띠를 이룬 용모 모양이며, 새파는 짧다. 치어와 성어는 꼬리지느러미 모양과 색깔이 외형적으로 다르다. 꼬리지느러미는 어린시기에는 뽕족하다가 성어가 되면 약간 오목하게 된다. 크고 검은 얼룩무늬는 10 mm정도의 자어에서 체측과 뒤쪽에 분포한다. 36 mm의 치어에서 꼬리지느러미 위의 기저에 현저하게 큰 색소체가 나타나 일생 동안 남아있다. 전장 약 150 mm 까지 체측의 얼룩무늬가 확장되고, 그 후 쇠퇴하거나 사라진다. 성어는 검은색을 증가시키며 은색의 불그스레한 빛을 띤다. 두부는 길어지고, 더욱 낮아지며, 뭉툭한 주둥이를 가지고 입은 더욱 커지고 낮아진다. 체형은 아마 천해 습성에 적응한 것이라 짐작된다.

표 1. 수온 25°C에서의 부화자어의 크기

부화후 시간	전장
1시간 후(난황 유생)	1.7 mm
3일 경과(초기 섭식)	2.5 mm
10일 경과	4.2 mm
2주 경과	5.1 mm

○ 부화 및 자·치어

- 부화 : 부화 적수온은 21~23°C이며, 적정염분은 28~35 ppt이다. 그러나 한 실험실 연구에서 부화와 유생생존(24시간 생존율)을 위한 온도와

염도의 적정한 조합은 25°C와 30 ppt임을 구명하였다. 높은 온도와 낮은 염분은 일반적으로 부화율을 감소시킨다. 낮은 염분 25 ppt 이상에서는 부유하지만 염도가 20 ppt 이하로 떨어지면 가라앉는다. 바닥에 가라앉은 난은 미세한 개흙이 덮혀서 죽게 되므로 이 요인이 난의 생존율에 영향을 줄 수 있다. 부화 적수온에서 24~30시간 후에 난황을 가진 자어(체장 1.71~1.79 mm)로 부화하여, 1주일 후 난황은 흡수되고 2.5 mm 정도의 크기로 된다. 만약 수온이 20°C 이하로 내려가면 자어의 행동이 느려지고, 작은 플랑크톤을 먹을 수 없게 된다. 산란후 다가오는 추운 겨울은 어린 개체들에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 초기 자어기에는 약 30 ppt의 염분도가 최적이다. 이 약한 시기를 한번 지나면 염분도는 크게 문제가 되지 않는다. 수온 25°C에서 수정후 4세포기까지는 10~20분, 상실기 1시간 30분, 낭배기까지는 4시간 각각 소요되었다. 미아기까지는 12시간, tail free 시기까지는 17시간이 소요되었고 24시간이 지나면서 부화가 시작되었다(표 2).

표 2. 수온 25°C에서의 발생 단계별 소요시간

발생단계	수정후 소요시간
2-4세포기	10~20분
8-16세포기	40~50분
32세포기	60~70분
상 실 기	1시간 30분
낭 배 기	4시간
미아기(tail bud)	12시간
tail free	17시간
부화 시작	24시간

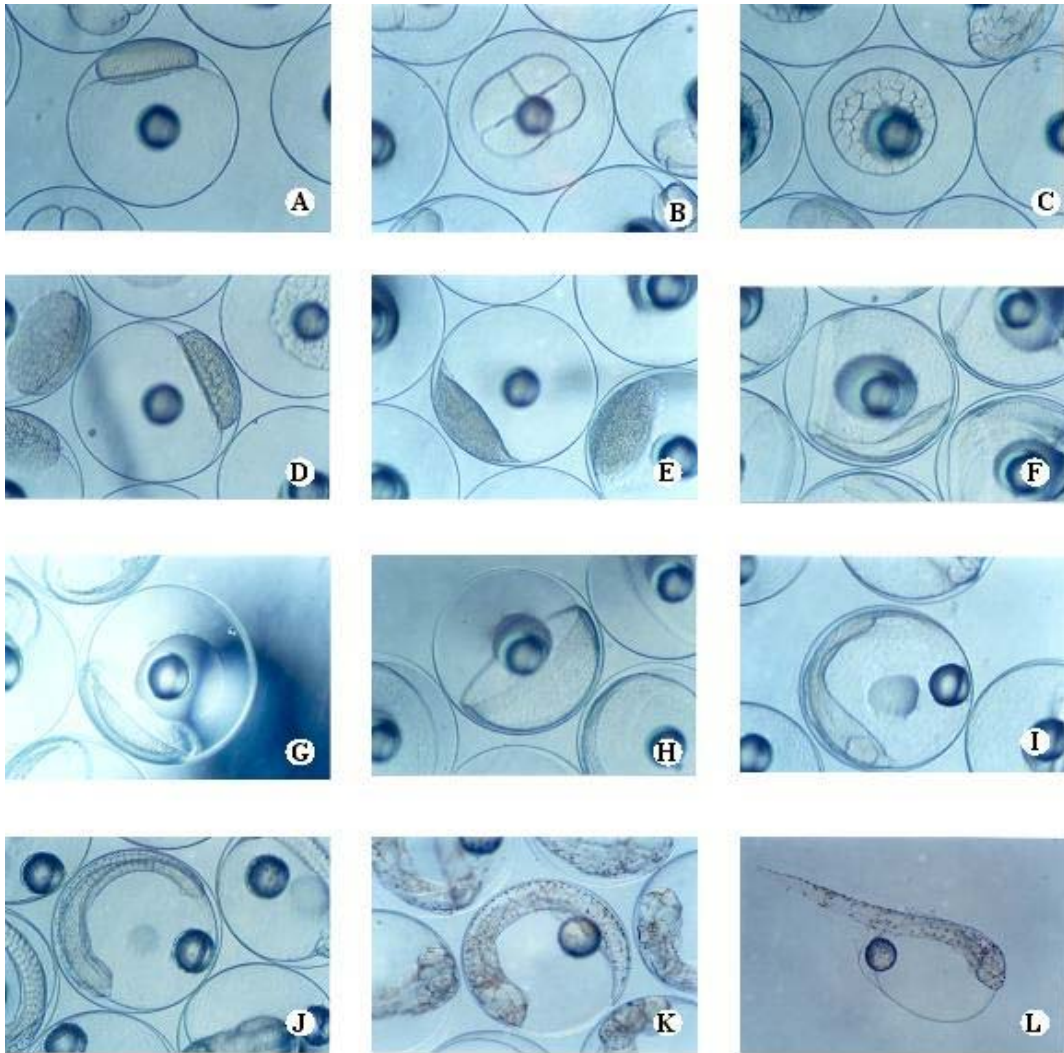


그림 1. 흥민어의 난발생과정

A : 배반형성, B : 4세포기, C : 32세포기, D : 64세포기, E : 상실기,
 F : 포배기, G : 낭배기, H : 낭배후기, I : 3~4 근절 형성, J : 14~15 근절형성,
 K : 21~22근절형성, L : 부화자어

- 전기자어(Yolk-Sac Larvae) : 표준체장 8.0 mm 이하의 개체는 자어(larva), 표준체장 8~15 mm의 개체는 과도기의 치어(transitional juvenile)로 간주한다. 자어는 부화시에 색소 패턴을 가지지 않고 투명하며, 난황낭 지역안의 몸의 배쪽 표면위에 수지상의 흑색포의 간결한 밴드를 가진다. 홍민어의 전기자어는 전장이 4~6 mm이다. 등지느러미와 배지느러미(ventral) 주름은 잘 발달된 꼬리지느러미와 함께 연속적이다. 가슴지느러미와 배지느러미(pelvic)는 발달되지 않고, 등지느러미와 뒷지느러미의 기조(鰭條)는 불명료하다. 대량의 갈색의 색소세포가 뒷지느러미의 기저를 따라 있으며, 더 작은 그룹이 등지느러미의 기저에 있다.
- 후기자어(Postlarvae) : 후기자어는 길이가 7 mm 정도로 항문과 뒷지느러미 사이에 배지느러미 주름의 작은 부분을 간직한다. 색소 세포는 머리와 몸을 따라 나타난다. 10 mm 길이의 홍민어는 착색이 많이 되어 있고, 길이가 25 mm에 달하면 칼라패턴이 나타난다. 후기자어의 바탕색은 은색이고, 5~7개의 갈색 반점의 열이 측선을 따라 줄지어 있다. 비늘과 이빨이 존재한다.
- 치어(Juveniles) : 치어의 크기는 길이 15~300 mm이다. 85~100 mm가 될 때 홍민어는 초기의 거주하던 만의 깊은 물에 다시 거주한다. 약 203 mm로 자라면 무리를 지으며 연말이 되면 약 28~30 cm에 달한다. 전장 10 mm 이상에서 색소는 급격히 나타나 전장 약 25 mm에서 특징적인 색을 나타낸다. 20~50개의 검고 뚜렷한 반점이 몸통의 각 측면위에 측선에서 등지느러미에 나타난다. 전장 36 mm에서 꼬리지느러미 위쪽 기저에서 앞에 말한 색소세포가 확대되고, 그 결과 특징적인 검은 눈알무

니가 된다. 전장 42 mm에서 치어는 꼬리지느러미가 약간 더 뽕족하고 덜 뚜렷한 눈알무늬를 제외하고는 성어와 형태적으로 동일하다. 전장 50 mm에서 눈알무늬는 희미하게 볼 수 있으며, 전장 75 mm에서 매우 확실해진다. 갈색의 옆쪽 반점은 전장 150 mm까지 커진 다음 약해져서 마침내 사라진다.

- 성어(Adult) : 성어도 성장이 빨라 66 cm의 크기를 표지방류하여 조사한 결과 8개월후 86 cm가 되어 재포되어 1개월에 2.5 cm 성장한 것으로 확인되었다. 대부분의 홍민어는 4~5세인 전장 305~750 mm에서 성숙한다. 플로리다에서 암컷 개체별로 1회 산란에 2만에서 2백만의 난을 산란한다. 텍사스에서는 실내수조에서 평균적으로 산란당 1.2백만을 산란한다. 수컷은 암컷보다 작은 사이즈에서 성숙하는 것으로 여겨진다. 미시시피에서는 320~395 mm에서 성숙에 달하는 것으로 보고되고 있다. 또 다른 연구는 샘플시료로부터 성숙한 수컷은 표준체장 500 mm, 성숙한 암컷은 표준체장 550 mm로 보고했다. 플로리다에서는 FL 630 mm의 성숙한 암컷을 채집하였다.

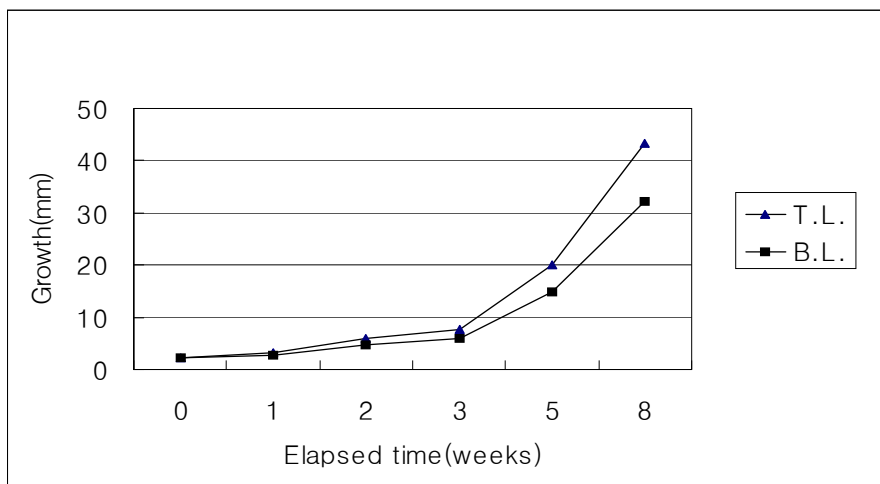


그림 2. 홍민어의 부화후 8주간의 성장결과(수온 25°C)

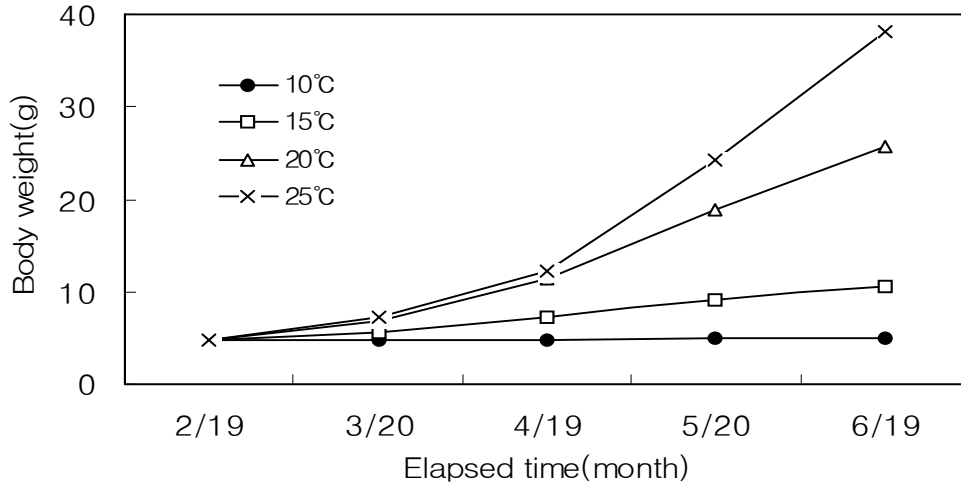


그림 3. 홍민어 치어의 수온별 성장

표 3. 홍민어 양식시 체장, 체중 대조

체장(cm)	체중(g)	체장(cm)	체중(g)	체장(cm)	체중(g)	체장(cm)	체중(g)
1	-	11	25.0	21	210.0	31	560.0
2	0.5	12	30.0	22	220.0	32	680.0
3	0.7	13	40.0	23	240.0	33	700.0
4	1.7	14	50.0	24	280.0	34	790.0
5	3.0	15	75.0	25	290.0	35	975.0
6	4.3	16	82.0	26	350.0	36	988.0
7	6.8	17	102.0	27	360.0	37	1000.0
8	11.1	18	115.0	28	452.0		
9	14.0	19	150.0	29	490.0		
10	20.0	20	185.0	30	510.0		

○ 성숙과 수명

- 최소성숙크기 : 2.2년
- 수컷은 1년생부터 성숙하기 시작하며, 암컷은 북캐롤리나에서는 4, 5년에 그보다 남부에서는 2, 3년에 성숙한다.
- 수 명 : 7년(보고자료), 10.7년(산정)
※ 수명은 25~35년이라고도 기록되어 있다.
- generation time : 3.9년

○ 산란

- 구애행동 : 암컷을 쫓아가는 수컷의 활발한 구애는 3~4시간 동안 이루어지며, 크게 드럼소리를 낸다. 여러 마리의 수컷이 한 마리의 암컷을 쫓으며, 체색이 짙어 지는데, 배 부분은 하얗게 되고, 측면과 뒷부분은 청회색이 강해져 구리빛으로 된다. 산란 전에 치기도 하고 찌르기도 하는데 아마 산란을 위한 중요한 자극이라 생각된다. 어두워지기 직전에 몸을 떨며 알과 정자를 물로 내 보내 물빛이 온통 흐려진다.
- 산란기 : 지역에 따라 달라 8월~다음해 1월까지이며, 산란성기는 9~10월이다. 이 결과는 자연상태나 실내에서 같다. 주 산란성기는 연령에 따라 다양하다. 산란행동은 초저녁 또는 밤에 시작된다. 새로 부화된 자어는 조류에 따라 담수역이나 더 낮은 곳으로 밀려온다.
※ 대만에서의 산란기는 8월~다음해 5월(9월~다음해 4월)
- 산란장소 : 강어귀나 입구의 근처에 있는 해변을 따라 산란한다. 난은 조류에 의해 해안 쪽으로 수송된다. 부화가 되면 유생은 강어귀와 잘피 지역으로 이동한다.
- 산란수온 : 22~23℃
- 방란수 : 어미당 평균 50만개 정도 (최대 3.5백만개)로 한 시즌에 한번

이상 산란이 가능한 다산종이다.

- 수정란 : 구형의 분리 부성란으로 무색투명하며 1개의 유구(드물게 6개까지)를 가지고 있다. 난의 크기는 직경 0.80~0.98 mm이며, 유구의 직경은 0.22~0.36 mm이다. 위란강(perivitelline)은 일반적으로 난경의 2%이하이며, 난막은 투명하고 특수한 구조를 갖지 않는다.

○ 먹이

- 홍민어는 기본적으로 바닥에서 먹이를 찾아먹는 ‘bottom feeder’이다. 특히 섬세한 맛과 흰 살을 가진 꽃게과와 부채게과 새우류를 좋아한다. 그러나 또한 중층이나 표층에서도 먹이를 먹는다. 시각과 촉각으로 섭식 자극을 받는다. 때때로 얕은 바다에서 먹이를 먹기 위하여 머리를 밑으로 바닥에 처박고 꼬리를 공기중에 노출하여 돌아다니는 것을 발견할 수 있다. 이러한 현상을 tailing이라고 부른다. 바닥을 흡입하거나 물어서 먹이를 먹는다.
- 한 연구에서 치어, 미성어 및 어미에서 59종의 먹이를 발견하였는데, 가장 일반적인 먹이 부류는 갑각류와 어류였다. 어떤 연구자는 홍민어는 갑각류와 어류섭식 보다는 잡식성이라고도 보고하였다.
- 먹이 습성은 크기에 따라 변하는데 자어를 잡아 보면 88%가 위가 비어 있다. 작은 치어는 요각류와 작은 갑각류를 먹고, 큰 치어는 게류나 어류를 먹는다. 2년생까지 갑각류를 좋아하고 그 후에는 어류를 더 많이 먹는다. 미국 동남부의 조지아주 연안에 사는 성어는 불가사리, 성게와 같은 극피동물도 먹는다. 주로 이른 아침과 늦은 오후에 먹이섭취가 활발하다. 이종은 거의 모든 자연미끼를 먹는 voracious feeder(계절스럽게 먹는 어종)으로 알려져 있다.
- 자어는 산란 후 4일안에 외부의 먹이를 섭식하는데 이때 주요한 먹이는 동물성 플랑크톤이다. 전장 9 mm까지의 유생은 전장 0.4~1.5 mm의

요각류와 그들의 부화유생을 먹고산다. calanoid인 *Acartia* sp.는 가장 흔한 먹이지만 cyclopoids, harpacticoids와 calagoids의 종들도 또한 발견된다.

- 치어의 주요한 먹이는 작은 저서 무척추동물과 어린 물고기이다. 전장 10~39 mm의 치어에서는 전장 10~19 mm에서 요각류는 양적인 면에서 중요성이 끝난다. Mysid 새우(특히 *Mysidopsis almyra*)는 전장 10~169 mm에서 나타나지만, 전장 10~49 mm의 작은 치어에서 가장 중요하여 그들 식사의 70~100%를 차지한다. 30 mm 이하에서는 칼라노이드를, 30~70 mm에서는 코페포다를 선호하는데 새우류(젓새우)를 더욱 선호한다. 요각류는 25 mm이하의 어류에서 지역적인 위치를 무시하고 일반적인 먹이다. 그러나 홍민어에서는 25~50 mm의 치어는 새우류(젓새우)가 없어도 유용한 먹이를 이용한다. 홍민어의 먹이는 주야에 따라 변화가 있는데 이는 크기에 관여하는 것 같다. 35~40 mm의 홍민어는 밤과 낮동안에 주된 먹이는 새우류(젓새우)를 먹는다. 그러나 90~115 mm가 되면 낮에는 새우류를, 밤에는 어류를 먹는다.
- 60~100 mm의 치어는 흔하지는 않지만 연갑류를 포식하는 것을 볼 수 있다. 100 mm이상의 치어에서는 새우류, 게류, 그리고 청어, 망둑어, 송어, 송사리, 뱀장어 등과 같은 어류들을 섭식한다. 한 연구는 표준체장 15 mm 이하의 홍민어는 처음에 동물성플랑크톤을 섭취하며, 표준체장 15~75 mm의 홍민어는 바닥의 작은 무척추동물과 다른 어류의 어린 개체를 먹고, 표준체장 75 mm 이상에서는 십각류(게와 새우)와 어류를 먹는 것으로 보고하였다. 어류는 전장 15 mm 이상의 치어의 먹이로서 상당한 역할을 하지만, 전장 90 mm 이상의 치어에서 양적으로 더욱 많다. 전장 20~29 mm의 치어는 다른 민어류(보통 *Leiostomus xanthurus*)와 약간의 *Micropogon undulatus*를 먹기 시작한다.

- 잘피장(Grassbeds)은 또한 홍민어의 미성어기에 있어 중요한 먹이섭취 장소이다.
- 홍민어의 성어는 주로 어류, 새우와 게를 먹이로 한다. 어류는 겨울과 봄에 새우와 게는 여름과 가을에 가장 중요한 먹이이다. 갑각류는 출현 빈도에서 어류보다 월등함에도 불구하고 게나 새우 단독보다 더욱 많은 수와 양으로 어류를 자주 소비한다. 위 내용물 중의 식물이나 바닥의 물질은 아마 먹이섭취 활동 중에 우연히 취해진 것이다. 어류는 일반적으로 겨울과 봄에 있어서 홍민어의 먹이로서 더욱 우점하며, 특히 좋아하는 것은 *Brevoortia* sp.의 어류이다. 갑각류는 늦봄 동안 더욱 더 중요해지며 여름에는 주 먹이로 늦가을까지 계속된다. 새우는 봄, 여름 그리고 가을에 더욱 빈번하게 나타나며, 게는 겨울 동안만 새우보다 더욱 빈번하게 나타난다.

○ 질병

- 타 어종에 비하여 질병에 강한 편으로 지금까지 알려진 질병의 종류도 그리 많지 않다. 그 중에서 문제가 되는 질병은 포자충(Myxosporidian)과 수종의 일반적 세균성 질병이 있으나 치료대책이 가능하여 대량 폐사를 일으키는 경우는 없다. 그러나 최근의 연구에서 특정의 바이러스성 질병이 발견되고 있다.

종묘생산 방법

완전양식을 위해서는 우량의 수정란을 적기에 충분한 양을 확보하는 것이 필수적이며, 이러한 수정란의 확보 방법으로는 산란기에 직접 어장이나 어관에서 암수의 알과 정액을 채취하여 수정시키는 현지 채란 방법, 어획된 어미를 산란기에 호르몬을 주사한 후 인위적으로 산란을 유도하는 방법 및 최

대한 자연환경에 맞추어서 인위적인 자극없이 산란을 유도하는 자연산란 방법 등이 있으나, 그 중 자연산란이 가장 안정적인 뿐 아니라 난질도 양호하여 양식 산업화를 위해서는 자연산란에 의한 수정란 확보 방법이 필수적이라 해도 과언이 아니다. 산란된 난의 특성은 어종에 따라 다르며 각각의 특성을 파악하여 관리하는 것이 종묘생산의 기초단계이므로 홍민어의 자연산란과 난의 특성을 밝히고 산란, 수정된 알의 발생과정을 구명하여 안정적인 종묘생산 기반을 마련하기 위한 연구결과를 서술한다.

○ 어미확보 및 산란

- 육상수조에서 사용 가능한 어미는 6.8~15.9 kg으로 각각의 산란지에 어미를 암수 성비 2 : 2로 무작위로 수용하여 자연산란을 유도한다. 산란수조는 보통 순환여과시스템에서 실시한다. 유수식 수조에서도 가능하지만, 질병이나 기생충의 문제가 있다. 어미 사육을 위한 먹이는 냉동 새우와 오징어를 혼합한 생사료로 매주 3회 체중의 2.5%를 공급하였고, 인위적으로 산란자극 및 산란기조절을 위한 광주기나 가온 등을 행하였다. 사육해수는 여과 없이 직접 자연해수를 유수하였다.
- 어미 : 3~6년 이상(7~16 kg) 산란에 가입하므로 4년생 이상으로 성육상태가 양호한 것
- 산란기 : 8~12월 (산란적기 9~10월)
- 산란수온 : 22~23℃ (산란성기 73~74°F)
- 산란량 : 어미 당 평균 50만립 정도 (최대 3.5백만립)
- 난의 특성 : 유구를 가진 분리 부성란 (직경 0.86~0.98 mm 전후)
- 암수 비율 : 암컷 : 수컷 = 2 : 2

○ 채란

- 순치된 어미는 수조 내에서 자연산란이 가능함

- 산란시기 : 하루중 빛이 제거된 0시~3시
- 채란적기 : 산란 개시일로부터 3~4일 이후
- 채란방법 : 수온자극법으로 채란시기의 조절이 가능함(수온 21℃이하에서는 산란이 정지되며, 22.5~23.0℃로 상승하면서 산란이 개시됨). 홍민어의 알은 물위로 뜨는 부상란으로, 산란이 이루어진 후 수조의 물을 넘치게 하여, 별도로 준비한 채란 수조내의 채란망으로 옮긴 다음 찌꺼기 등을 제거하고 깨끗이 씻어 부화용 수조에 수용한다.

표 4. 홍민어의 산란 및 수정란의 특성

구 분	특 징
어미의 성에 따른 외부형태 차이	산란기간중 암컷의 복부가 부풀어오고 체색이 다소 옅어짐
산란 시각	일몰 ~ 새벽(주로 오후 10시 ~ 자정)
성숙 및 산란	동시 성숙, 산란 (연2 ~ 3회)
수정란의 특성	무색 투명, 분리 부성란으로 1개의 유구를 함유

○ 산란유발 방법

- 홍민어 산란 방법을 표 5에 나타내었다. 일본의 경우는 산란기간을 제외하고는 어미를 인근 해상가두리에서 사육 관리하다가 산란기가 가까워지면 육상수조로 옮겨서 산란시키는 방법을 행하지만, 우리나라에서는 어미를 연중 실내수조에서 사육하였다.
- 일본의 경우 산란유발방법은 수온을 2~3℃ 상승시킨 후 갑자기 정상수온으로 낮추고, 다시 며칠 지나서 반복하는 방법이나, 호르몬(human chionic gonadotropin, HCG)을 어체중 kg당 500~1000 IU 주사하는 방법을 사용하고 있다. 경우에 따라서는 수온자극방법과 호르몬 처리를 동

시에 하기도 한다. 한편 우리나라에서는 그러한 자극을 주지 않고 자연산란시키는 방법을 사용하여, 그 결과 일본의 경우 평균 부상률은 22.6%였던 반면, 국내 연구에서는 65.1%와 30.2%로 좋은 결과를 얻었다.

표 5. 홍민어의 성숙과 산란유도 방법

	John wilson 부화장	Perry R. Bass	Florida Bureau of Marine Research	여수시험장
수조크기 (톤)	13	10-20	5-20	20
여과시스템	RBC, FB, SH, S, UV	PT, TF	S, CB, DE	FS
밀 도(마리수/수조)	4	4-6	4-6	22
성 비(♂:♀)	2 : 2	2 : 2, 2 : 1, 1 : 2	3 : 3, 3 : 2, 2 : 2	2 : 1
평균어체크기(kg)	13	11	11	7
처리기간(일수)	150	120	120	120
최대수온처리(℃)	30	30	30	30
최소수온처리(℃)	15	18	18	17
최대광주기처리(HL)	14	14	16	16
최소광주기처리(HL)	9	10	9	10
산란 시기(일수)	22	30	100	20
산란 온도(℃)	24	26	25	23
산란 광주기(HL)	11	10	9	10
수정란수(백만개)	20	20	100	1.6
급 여 율(%체중/일)	1.07	3.00	2.85	3.00

※ RBC, FB; 유동상, SH; 패각, S; 모래, UV;자외선여과, PT;, TF; 여과
CB;전형적 생물여과, DE; 규조토, FS; 포말분리

○ 수정란 수용

- 수정란 계수기준 : 약 1,000개/mL
- 수용밀도 : 톤당 25~30만개(1,000~1,200/gallon)
- 수 정 률 : 90~95%

○ 난발생과 부화

- 부화 적수온 : 21~23°C (70~74°F)
- 부화 염분도 : 28~35 ppt
- 부화 소요시간 : 수온이 상승하면서 빨리 부화함.
- 21~23°C(70~74°F) 전후 : 24~30시간 소요

○ 자·치어 사육

- 사육기간 : 수온에 따라 3~6주 정도 소요
- 사육수온 : 23~28°C 유지
- 사육염분도 : 25~35 ppt (최소 30일까지) → 15~35 ppt
- 수용밀도
 - 전기 자어기에 한해 고밀도 사육시 m³당 1~2만마리 정도
 - 20~30mm 크기까지 연속 사육시 m³당 1천마리 전후
- 사육해수
 - 가능하면 여과하여 사용
 - 사육수의 환수는 부화 후 10일경부터 시작하여 서서히 환수량을 증가시켜 25일째부터는 지수환수방식에서 유수식으로 전환
- 먹이공급
 - 종류 : 로티퍼, 알테미아, 초기 배합사료(미립자사료)
 - 공급횟수 : 부화 후 10일경까지는 1일 2~3회 (이른 아침부터 공급)
그 후부터 (11~15일)도 1일 2~3회 (표 6)

표 6. 부화후 먹이 공급표

먹이 종류	부화후 일자 (일)	공급량 (개/ml)	공급횟수 (회/일)
로 티 퍼	3 ~ 10	3.0 ~ 5.0	2 ~ 3
알테미아	11 ~ 15	1.0 ~ 0.5	2 ~ 3
배합사료	15 ~ 계속	적 정 량	5 ~ 6

※ 치어의 성장에 맞추어 소형사료에서 대형사료로, 살아있는 것에서 비생물 사료로 순차적으로 서서히 교환

- 공급회수
 - 후기사육 초기 : 1일에 2~3회 (먹이 : 알테미아, 배합사료)
 - 배합사료로 전환 후 : 1일에 5~6회
 - 먹이섭취시간 : 이른 아침부터 해지기 전까지 13~14시간
- 공식과 선별
 - 전장 23~25mm 이후부터 50mm 전후 사이에 심한 공식현상이 나타남
 - 수시로 선별작업을 실시하여 크기별로 분리 수용관리

양 성 방 법

미국과 중남미 지역, 대만, 중국 등에서는 대부분 육상의 대규모 사육지에서 밀도를 조절하여 사육한다. 그러므로 사육지의 고밀도로는 사육할 수 없으나 양식장의 위치가 아열대 지역인 경우, 수온이 성장에 유리한 조건으로 유지되며, 또한 사육지내에 자연에서 생성된 먹이에 의한 상승효과로 사료효율이 높아 빨리 성장할 수 있는 장점을 지닌다. 그러나 질병 발생시 뚜렷한 대책

을 세울 수 없다는 단점도 있다. 최근 우리나라에서도 서해안에서 대규모 양식장을 이용한 양성 사육을 한 바 있으나 국내의 기후조건상 월동기간중 성장 정체 및 폐사 등으로 좋은 결과를 얻을 수 없었다. 또한 1999년부터 2002년까지 국내 일부 가두리 양식장에서 양성을 실시하여, 타 어종에 비해서 성장은 빠른 결과를 나타내었으나, 수입산과의 경쟁에서 가격형성이 낮아 시장성이 없었으므로 이후 지속적인 양성사육은 없다.

국내외의 양식현황

홍민어의 산란유도 기술은 1970년대 중반에 Florida Department of Natural Resource(FDNR) marine laboratory에서 개발되었다. 일반적으로 낮 길이가 짧아지고, 수온이 하강하는 시기인 가을의 산란개체는 친어사육 수조의 수온과 광주기의 조절에 의해서 산란이 유발된다. 텍사스에서는 1975~1982년에 5,600만 마리 이상의 홍민어를 방류하였으나 자연의 자원을 향상시킬 정도의 성공은 아직까지 이루지 못하고 있다.

홍민어의 난은 1년중 생산이 가능하며, 연중양식이 가능한 몇몇 해산어종의 하나가 되었다. 최근 미국에 약 10개소, 파나마에 1개소의 상업적 양어장이 있다. 프랑스 정부는 프랑스 서인도 제도의 양식종으로 개발하고 있다. 홍민어는 여러 나라에서 외래종으로 도입하여 양식을 시도하고 있는데, 이러한 도입에 의하여 성공적으로 양식에 성공한 나라는 Martinique로서 미국 텍사스에서 1985년 도입하여 성공적으로 양식중이다.

○ 주요 도입국

- Martinique : 미국 텍사스에서 1985년 도입하여 성공적으로 양식 중
- Panama : 미국에서 1987년 도입
- 대만 : 미국에서 1987년 5월에 미국 텍사스의 종묘배양장에서

Tung-kang Marine Laboratory로 수정란을 이식하여 912마리의 자어(larvae)를 얻음. 이 자어가 성장하여 1991년(52개월 후) 9월에 못에서 산란

- Bahamas : 1988년 도입하여 성공적으로 양식 중
- Ecuador : 미국에서 1989년 도입, 성공적으로 정착
- 중국 : 1990년 미국 텍사스에서 어미 30마리를 이식, 1991~1992년에 미국으로부터 치어 수입(중국 산둥성)하여 4년만에 어미로 성숙
- Israel : 미국에서 1992년 도입
- 한국 : 1998년 중국에서 도입된 홍민어중 수백 마리를 확보하여 실내수조에서 사육을 시작하였다. 1999년 산란용 어미로 자연산란을 성공시켰고 또한 자연산란된 수정란으로 종묘를 생산함으로써 양식되고 있다. 현재, 성어는 식품으로 국내에 유통되고 있다.

표 7. 홍민어의 전 세계 양식생산량

Unit : mt

Country	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Bahamas	3	0	0	0	0	0	0	0
Ecuador	0	0	0	0	0	2,372	1,894	1,894
Israel	0	0	0	104	128	101	197	109
Martinique	2	7	10	12	20	30	24	24
Reunion	0	0	0	0	0	0	0	15
Total:	5	7	10	116	148	2,503	2,115	2,042

자료 : Aquaculture Production Statistics 1996-2002, FAO 2004

표 8. 국내 양식현황 조사 자료 (2001~2002년)

해역별	남해안			서해안	
	여수	통영	제주	태안	고창
장소	여수	통영	제주	태안	고창
년도	1999	1999	1999	1999~현재	2001. 5월
양식 형태	육상종묘양식장 5개소	가두리양식장 3개소	육상종묘양식장 1개소	육상종묘양식장 1개소 가두리양식장 2개소	축제식양식장 1개소
종묘 생산	150만마리	-	종묘생산 실패	20만마리	중국산 치어 60만마리 이식
사육 실태	여수 및 남해안 가두리양식장	2002년 3월말 10만마리 사육중 (전장 40~50cm, 체중 2.5~3kg)	-	2000년 11월에 3만마리 (500~700g) 출하 2만마리 사육중 (2001. 5월)	사육중 (2001. 5월)
월동 유무	월동시 대부분 폐사	일부 폐사	-	월동시 폐사 (15만마리)	-

- ※ 현재 중국으로부터 낮은 가격에 대량으로 반입되고 있으며, 횡집 수조 환경에 잘 적응하여 폐사가 적어 판매업자의 선호도가 높음.
- ※ 치어 크기에 따라 월동시 폐사율에 차이가 있는 것으로 추정됨.

양식 잠재력 및 양식가능성

우리나라의 여름철에는 28℃ 내외의 고수온이 지속되면서 현재 주로 양식되고 있는 넙치, 조피볼락, 농어 등의 성장과 생존에 상당한 제한요인으로 작용되고 있을 뿐 아니라, 이러한 현상은 지구의 온난화 현상으로 더욱 심화될 것으로 예상되고 있다. 그러므로 앞으로는 고수온에 적응력이 큰 어종의 양식범위가 커질 것으로 예상된다.

우리나라의 해상가두리 양식은 표층에 시설되어 있어서 하절기 고수온기에는 일교차가 심하고 순간적으로 외양의 고수온이 엄습하는 경우가 있어서 넙치 등 비교적 고수온에 약한 어종의 집단폐사 현상도 빈번하고 있다.

그러나, 서해안의 현재 활용되고 있지 않는 광활한 폐염전이나 발전소의 온배수는 주변 해양의 수온보다 3°C 이상 높으므로 고수온에 강한 어종을 택할 경우 상당한 잠재력이 있다. 또한 집중호우에 의한 홍수로 양식장 피해가 일어나기도 하는데 염분에 내성이 강한 어종이 양식되어야 저염분에 의한 피해 또한 줄일 수 있을 것이다.

홍민어는 온수성 어류로 고수온에서도 성장할 수 있고 월동시기에도 생존이 가능하며, 저염분에도 생존이 가능한 광염성 어류이다. 또한, 배합사료의 섭식이 가능하며, 수송(활어용) 등과 같은 스트레스에서도 잘 견디므로 우리나라 양식 환경조건에 적응할 수 있는 많은 장점을 가지고 있어 양식어종의 다변화라는 관점에서 이식개발 가능성을 검토하였다.

그 결과, 육질이 우수하고 헛감용으로 많은 량이 소비되고 있으나, 수입산과의 가격경쟁에 있어 국내산이 경제성이 없다고 판단되고 있다.

홍민어의 어업 및 낚시와 자원보호

홍민어 어업은 긴 역사를 가지고 있다. 1700년대 초부터 유어로서 그리고 상업적으로 버지니아에서부터 서쪽으로 조지아주까지 어업이 이루어졌다. 1900년 이전부터 유어 낚시인과 상업적으로 어업을 하는 어민사이에 남획에 관한 분쟁이 있었다. 특히 멕시코 만에서 계속되었으며, 1887년 이후 어업은 멕시코만으로 제한되었다. 어획량의 약 70%가 멕시코만의 긴 연안에서 어획되며 멕시코만에 있어서 가장 중요한 유어와 상업적인 연안종의 하나이다. 미국 플로리다주 남부의 Everglades 국립공원의 소택지는 여러 해 동안 낚시터로 일반화되어 홍민어의 96%가 낚시꾼에 의해 잡혀지고 있다. 홍민어는 그들 분포지역에서 식료품과 유어로서 비싸게 팔린다.

이종은 주로 굽거나 잡탕을 만들어 먹으며, 지방이 2% 정도로 기름기가 적

어 냉동시킬 경우 6~12개월 보관이 가능하다. fillet(고기토막)은 비교적 단단한 육질이며, 칼로리 함량은 선어 100 g당 85 칼로리를 함유하고 있다.

○ 어획

홍민어는 대서양 연안을 따라 하구와 대양의 물에서 어획되지만 상업적 어획의 대부분은 하구에서 이루어진다. 홍민어의 치어는 그들의 초기의 해의 대부분을 강어귀나 강어귀에 가까운 곳에 남아 있어 상업적 어업의 토대가 된다. 일반적으로 강어귀 지역은 3중망(trammel nets), 자망(걸그물, 刺網, gill net), 지인망류(haul seines), 낙망(pound net), 그리고 trot lines과 같은 홍민어를 어획하는 어구로서 높은 수준의 어획노력을 받는다.

○ 낚시

주로 bottom feeders인 홍민어는 게와 갯지렁이, 새우머리, 자른 어류와 조개를 포함한 여러 가지 미끼로 잡을 뿐만 아니라, 금속 오징어 미끼, 머리부분이 낚으로 된 털바늘미끼와 같은 가짜미끼를 바닥에 튀기면서 잡기도 한다. 한 기고가는 그들이 잡어, 오징어와 꽃발게 같은 “그들의 기호를 자극하면 어떤 것이라도“ 잡힌다고 기록하였다. 바닥 어획뿐만 아니라 연안에서 던지거나 배로 끌거나 하는 것은 유어 어업자에게는 일반적이다. 홍민어는 멕시코만에 있어서 가장 중요한 유어와 상업적 연안 종의 하나이다.

○ 자원의 보호

하구와 연안의 수계는 홍민어의 생활사에서 위태롭게 중요하다. 왜냐하면 이들 지역은 성어의 먹이 섭취장소로서 이용되며, 치어의 보육장이며, 이들 서식자의 어떤 중요한 교체가 홍민어의 생활사를 붕괴시킬 수 있기 때문이다. 홍민어 치어는 강어귀에서 그들 생활의 처음 3~4년간을 보낸다.

대서양 해안을 따른 홍민어 군집의 장래 상태는 성어군집에 의해 산란된 유생의 보충, 적절한 강어귀 서식지, 어획노력의 동향에 달려 있다. 어획노력은

연안의 인구와 어업인수의 증가에 따라 증가하기 쉽다. 강어귀에서의 증가된 어획노력은 미성숙 홍민어의 사망률을 증가시킬 수 있으며, 성어군집으로의 가입 개체수를 감소시킨다.

멕시코만의 주 당국은 홍민어의 양이 감소하는 것에 관심을 가졌다. 예를 들면 텍사스는 홍민어의 상업적 어획을 위해 연안을 폐쇄하였고 다른 만의 주들은 유사한 관리방법을 고려하고 있다.

플로리다에서는 자원보호를 위하여 규제 어종(restricted species)으로 지정되어 있는데 1989년 1월 1일부터 작은 자연산 홍민어를 사거나 파는 행위는 불법이다. 전장 45 cm 보다 작거나 67.5 cm 보다 큰 개체는 제한하고 있다. 어업은 3월~5월은 완전히 금지한다. 플로리다에서는 산란 가능한 성체가 되어 근해로 나가기까지 연안에서 치어가 약 30% 이상 살아남도록 규칙을 제정하고 있으며, 플로리다 해양순찰대에서는 지속적으로 점검하여 이 낚시 규제를 해양수산위원회에서 바꾸도록 한다.

참 고 문 헌

국립수산진흥원, 2000. 2000신품종양식위크숍, 199~220.

李生·肖錦平·彭景書(1998), 美國紅魚的主要生物學特征及養殖技術, 남해수산연구 No. 16, 18~23.

Chamberlain, G. W., R. J. Miget and M. G. Haby, 1990. Red Drum Aquaculture. Texas A&M University. pp. 236.

Craig, S. R.; Arnold, C. R.; Holt, G. J. 1994. The effects of enriching live foods with highly unsaturated fatty acids on the growth and fatty acid composition of larval red drum *Scianops ocellatus*. J. WORLD AQUACULT. SOC. vol. 25, no. 3, 424-431.

- Lyczkowski-Shultz, J.; Steen, J. P., Jr. 1991. Diel vertical distribution of red drum *Scianops ocellatus* larvae in the northcentral Gulf of Mexico. FISH. BULL. vol. 89, no. 4, 631-641.
- Pafford, J. M. 1981. Seasonal movement and migration of red drum in Georgia's coastal waters. ESTUARIES. vol. 4, no. 3, 279-280.
- Peters, K. M.; McMichael, R. H. 1987. Early life history of the red drum, *Sciaenops ocellatus*, in Tampa Bay, Florida. ESTUARIES. vol. 10, no. 2, 92-107.
- Ponwith, B. J.; Neill, W. H. 1995. The influence of incubation salinity on buoyancy of red drum eggs and yolk sac larvae. J. Fish. Biol. vol. 46, no. 6, 955-960.
- Reagan, R. E. 1985. Species Profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates(Gulf of Mexico)- Red Drum. U. S. Fish and Wildlife Service Biol. Rep. 82(11.36), 16.
- Scharf, F. S.; Schlicht, K. K. 2000. Feeding habit of red drum in Galveston Bay, Texas: Seasonal Diet Variation and Predator-Prey Size Relationships. ESTUARIES. vol. 23, no. 1, 128-139.
- Weng H. T. and I. C. Liao, 2001. The introduced fishes in Taiwan, with reference to red drum (*Sciaenops ocellatus*). Proceedings of the Joint Taiwan-Australia Aquaculture and Fisheries Resources and Management Forum - Aquaculture and Fisheries Resources Management. 115-120.

<http://fwie.fw.vt.edu/WWW/macsis/lists>

<http://WWW.fishbase.org/Summary>

부 세

명 칭

- 학 명 : *Larimichthys crocea*
(Richardson, 1846)
- 영 명 : Large yellow croaker,
Croceine croaker
- 일 명 : 푸세이(Fusei)
- 중 국 명 : 大黃魚, 大鮮
- 동종이명 : *Collichthys croceus*(Richardson, 1846)
Pseudosciaena amblyiceps Bleeker, 1863
Pseudosciaena undovittata Jordan & Seale, 1905
Larimichthys croceus(Richardson, 1846)
Sciaena crocea Richardson, 1846
Pseudosciaena crocea(Richardson, 1846)



분류학적 위치

Class Actinopterygii	조기(條緒) 綱
Order Perciformes	농어 目
Family Sciaenidae	민어 科
Genus <i>Pseudosciaena</i>	조기 屬

형태적 특징

- 몸 빛깔은 회색을 띤 노란색이지만 배 쪽은 황금색을 띠고 있다.
- 입술 바깥쪽은 노랑지만 안쪽은 홍색을 띠고 입안은 희다
- 몸의 형태는 뒤쪽으로 갈수록 가늘어져 긴 삼각형을 하고 꼬리자루의 높이는 낮은 편이다.
- 입은 크고 위턱의 뒤끝 부분은 눈보다 더 뒤 쪽에 있으며 위턱과 아래턱의 길이는 같다.
- 비늘은 작은 편이며 특히 등·뒷·꼬리지느러미의 연조부에는 비늘이 덮여있다.
- 등지느러미 기부에서 옆줄 사이에는 8~9줄의 비늘이 있다.
- 옆줄 구멍이 작아 참조기보다 옆줄이 가늘고 계속 이어져 있는 느낌을 준다.
- D.VIII~X, 30~34;A. II, 7~9;P1. 15~17;LL. 51~57; Vert. 24~25.

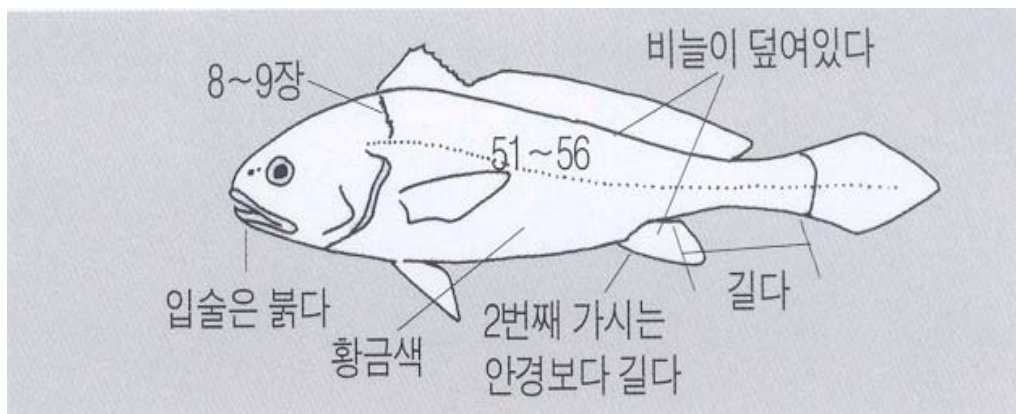


그림 1. 부세의 외부 형태적 특징

분포와 서식환경

- 우리나라 서해와 남해, 동중국해, 남중국해 등 수심 120 m의 모래, 개펄 지역에서 서식한다.
- 부세는 많은 계군으로 나누어져 있으나 우리나라에 회유해 오는 무리는 겨울철에도 제주도 남부해역에서 월동하고 있다가 3월 말경 북상하기 시작하여 5~6월에 경기도 연안까지 회유해 오며 10월 이후 수온의 하강과 함께 남하하여 12월 이후에 제주도 서남방해역에서 월동하는 것으로 추정된다.

생태적 특성

- **산란** : 봄과 가을에 2회 산란이 가능하며, 수온은 15℃ 이상이 적당하다. 봄철 산란 시기는 3~5월 상순이지만 3~4월이 최적기이다. 추계는 24℃ 하강하는 시기로 20~18℃가 적당하다. 동중국해에는 봄철에, 남중국해에서는 가을철에 주로 산란을 하며 산란장은 중국 연안이다.
- **성장** : 만 1년이면 전장 17 cm, 2년이면 31 cm, 3년이면 38 cm, 4년이면 41 cm, 5년이면 44 cm, 6년이면 46 cm, 7년이면 75 cm까지 성장한다.
- **성숙** : 친어의 성선(性腺)이 성숙하기 시작하는 최적 수온은 18~20℃이며, 실내 콘크리트 수조에서의 성숙유도 조건은 수조면적 20~40 m², 수심은 3 m, 광도는 500 Lux이내, 수온은 18~20℃, 염도는 22~32‰(24~28‰)이다. 산란유도 수조의 환경은 안정이 요구되며 보온성이 좋아야 한다. 친어의 방양밀도는 3~5 kg의 수용이 양호하다.
- **식성** : 어릴 때는 요각류를 먹다가 성장하면서 새우류, 게류, 갯가재류, 어류 등을 먹는다.

종묘생산 방법

○ 난(卵)발생

- 수정란(受精卵) : 부세의 수정란은 원구형이고 무색투명하며 분리 부성란이며 미수정란은 불투명하다. 단(端), 난황, 유구는 1개이며 난 중앙에 위치한다. 수정란은 해수비중 1,017이상에서는 부상되나 1.017 이하에서는 침전된다.

○ 배(胚)발생

- 발생 : 수정란은 물에 물을 흡수하고 수정고막(受精膜)과 위난강(圍卵腔)이 나타난다. 이 때 난경은 1.19~1.36 mm, 유구경 0.33~0.46 mm, 난간격 0.02~0.03 mm이다. 수온 23.2°C, 염분 27.5‰에서 수정 5분 후에 원생질 동물극 쪽으로 쏠린다. 점차적으로 원생질은 튀어나와 약 35분 후 동물극 쪽에서 배반이 형성된다. 미수정란은 물 흡수 이후에도 가짜 배반이 형성될 수 있으며 부세 난의 분열 유형은 다른 경골어류와 동일하다.
 - 2세포기 : 배반 면적이 점차적으로 커지고 수정 55분 후 배반위 중앙에 세로 형태의 구(溝)가 생기고 양측으로 점차 퍼진다.
 - 4세포기 : 수정 후 1시간 후에 두 번째 가로 분열이 일어나고 두 세포의 머리 부분에 분열구가 나타난다. 원래의 분열구와 수직을 이룬다.
 - 8세포기 : 수정 약 1시간 25분 후에는 세 번째 세로분열이 일어나고 1차 분열면 양측에 가가 하나의 분열구(分裂溝)가 생긴다. 이는 두 번째 분열면과 수직을 이루면서 두 줄의 형태 및 크기의 다른 세포가 4개 생긴다.
 - 16세포기 : 수정 약 1시간 40분 뒤에 네 번째 분열이 일어나고 1, 3

차 분열면과 수직되는 분열구가 생긴다. 이는 두 번째 분열면과 평형을 이루며 16개의 크기가 서로 다른 세포가 생긴다.

- 32세포기 : 수정 후 약 2시간 뒤에 여섯 번째 분열이 일어나고 수정 후 약 3시간 55분 뒤에 일곱 번째 분열이 일어난다.
- 다세포기(多細胞期) : 수정 후 약 2시간 30분 후에 여섯 번째 분열이 일어나고 수정 후 약 3시간 55분 뒤에 일곱 번째 분열이 일어난다. 이어 계속 분열이 일어나서 세포수가 증가하고 체적은 작아져 다세포가 형성된다.

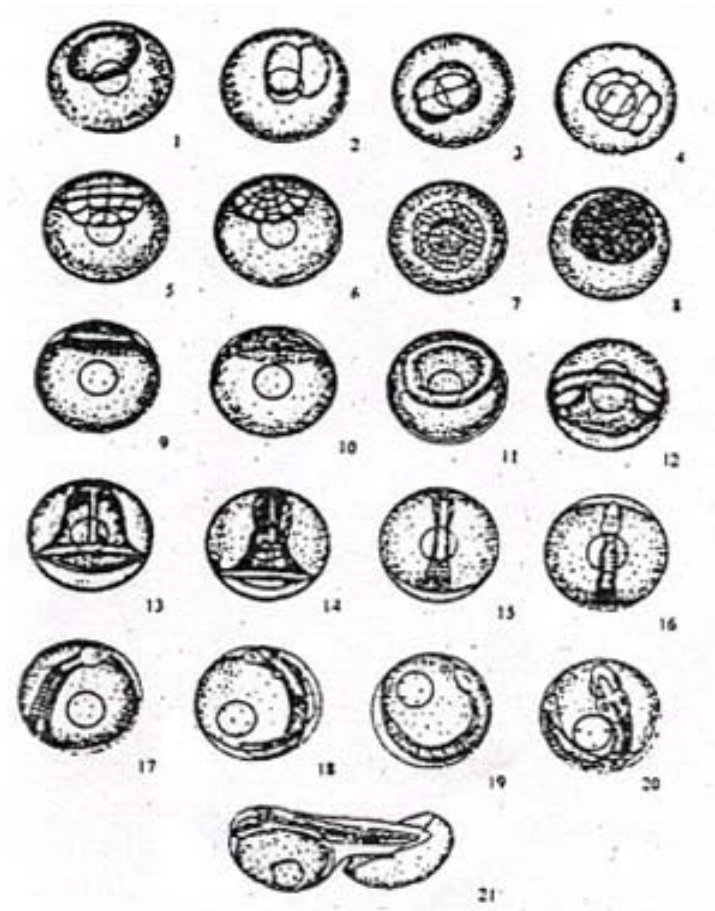


그림 2. 부세의 배(胚) 발생과정

- 고낭배기(高囊胚期) : 수정 후 약 5시간 뒤에 세포는 더 작게 분열하여 간격이 분명하지 않고 배반위에 모자 모양으로 난황 위에 돌출된다. 배반주위의 세포는 작아져서 고낭배기를 형성한다.
- 저낭배기(低囊胚期) : 수정 후 약 6시간 30분 뒤에 세포는 점차 작게 많은양으로 분열되고 배반중앙의 용기부분이 점차 줄어들어 평평하게 된다. 주위 부분에 한 층의 세포는 밑으로 둘러싸여 저낭배기를 형성한다.
- 원장기(原腸期) : 세포층의 밑으로 둘러싸임과 안쪽으로 감김, 집중 및 옆으로 뺨음과 같은 방식을 통해 3개 배층(胚層)의 분화가 진행된다.
- 원장(原腸) 초기 : 수정 후 7시간 30분 뒤에 배반주위의 세포는 점차 늘어나고 사면에서 식물극 쪽으로 둘러 쌓인다. 동시에 부분적인 세포는 안쪽으로 감기면서 ring 형태의 세포층(배환)을 구성 한다
- 원장 중기 : 수정 후 9시간 20분 뒤에 배환(胚環)은 확대되어 난황의 1/3을 둘러싼다. 안쪽으로 감기면서 배순(胚盾)을 형성한다(그림 3. 12).
- 원장 말기 : 수정 후 약 10시간 10분 뒤에 배반은 난황을 아래로 1/2 감싸 신경관을 형성한다. 배순(胚盾)은 앞으로 끊임없이 뺨어 배체원형을 형성한다(그림3. 13).
- 배체형성(胚體形成) : 배체 발육단계에 따라 아래와 같은 8단계 시기로 나뉜다.
- 난황여닫개형성기 : 수정 후 11시간 뒤에 배반은 아래로 3/5 감싸며, 배체는 난황을 1/3 감싸 한 쌍의 근육질이 생긴다. 그리고, 난황여닫개를 형성한다(그림3. 14).

- 안포(眼泡) 출현기 : 수정 후 11시간 50분 뒤에 배공(胚孔)은 닫히기 시작한다. 전뇌양측의 안포가 한 쌍 출현하며, 이때 배체는 난황을 1/2 감싸고 양측 시낭(視囊)이 출현한다. 근육질이 4~6쌍 생긴다(그림 3. 15).
- 배공(胚孔) 폐쇄기 : 수정 후 13시간 50분 뒤에 배공은 닫힌다. 배체 후반부분 작은 코시포(泡)가 출현하며, 이때 두부 복면 심원기(心願肌)가 생기며, 근육질이 9쌍 생긴다.(그림3. 16).
- 정체(晶體) 출현기: 수정 후 15시간 55분 뒤에 배체는 난황을 3/5 감싸고 시낭(視囊)정체 출현한다. 코시포(泡)는 소실되지 않으며, 근육질이 12~14쌍 생긴다(그림3. 17).
- 미아기(尾芽期) : 수정 후 17시간 50분 뒤에 배체는 난황을 4/5 감싸고 이낭(耳囊)이 형성된다. 코시포는 소실되며, 배체 뒷부분에 미아 출현된다. 꼬리지느러미 주름이 출현하며, 근육질이 18쌍 생긴다(그림3. 18).
- 심도(心跳)기 : 수정 후 20시간 50분 뒤에 심장 박동이 시작되며, 박동수는 100회/min 이다. 이때 배체도 같이 움직이며, 꼬리지느러미는 난황에서 분리된다. 배체의 1/3정도 뺀어 나가고 근육질이 25쌍 생긴다(그림3. 19).
- 근육 효응기(效應期) : 수정 후 24시간 30분 뒤에 배체는 난황을 전부 감싸고 꼬리지느러미는 두부까지 뺀어 나간다. 배체는 끊임없이 진동하며, 이때 심장 박동은 140회/min 이다(그림3. 20).
- 부화기 : 수정 후 26시간 38분 뒤에 난막은 느슨하고 주름이 보인다. 막내 배체는 끊임없이 진동하고 꼬리부분은 격렬하게 흔든다. 마지막 막으로 자어는 난막을 깨고 나온다(그림3. 1)

○ 자치어 형태 및 습성(習性)

- 처음 부화된 자어의 전장은 2.75 mm과 체장은 2.64 mm으로 나타나며, 두 부는 난황위에 붙으며, 난황낭(卵黃囊)의 장경 1.28 mm, 단경 1.06 mm, 유구경(油球徑) 0.32 mm, 심도(心跳) 150회/min(23.3℃) 및 제16~18 근육절이 고동색 색소 덩어리로 되어 있다.
- 부화된 자어는 수영능력이 비교적 약하며 유구에 의지하여 물에 떠있다.
- 1일령 자어는 전장 3.23 mm, 체장 3.13 mm, 난황낭의 장경 1.06 mm, 유구경 0.37 mm, 뇌의 분화가 분명하고, 중뇌(中腦) 돌기도 분명하다. 안(眼)의 전방 원형 암괴(暗塊)가 후낭(嗅囊)이고, 청낭(聽囊)은 분명한다. 장은 가늘고 곧으며, 항문은 아직 열지 않는다. 등지느러미의 주름이 높아지고 위에 "기름방울" 모양의 구조가 하나 있다. 근육절 8+18=26으로 되어 있다(그림3. 1).
- 2일령 자어는 전장 4.01 mm, 체장 3.86 mm, 난황낭의 장경 0.69 mm, 유구경 0.35 mm, 뇌의 중부(中部)는 벌써 확대했고 내부 벽에서 주름이 분명하다. 부화 32~35시간 후 항문과 입을 열리며, 이 때의 구경은 0.37 mm이다. 혈액 순환이 분명하며 부레가 출현했지만 공기가 들어있지 않다. 장경은 0.11 mm이며, 가슴지느러미가 분명하다.
- 3일령 자어는 전장 4.17 mm, 체장 3.75 mm, 구경 0.40 mm, 유구경 0.24 mm, 부레의 장경 0.22 mm, 난황낭이 작아지고 장의 연동 운동이 분명하며 중장(中腸)을 팽창하여 후단(後端)이 굽어진다. 입의 장합(張合)도 분명하며, rotifer를 잡아먹는다. 견대(肩帶)도 분명하고 가슴지느러미가 커지며 외부의 수직으로 펼 수 있다. 제1 아가미뼈가 생기고 새사(鰓絲)와 새파가 생기지 않는다.
- 1~3일령의 자어에서 빛에 대한 반응이 민감하지 않아 자어는 수중에 균일하게 분포되어 있다. 꼬리지느러미로 불연속적으로 움직인다.

- 4일령 자어는 전장 4.14 mm, 체장 3.92 mm, 구경 0.52 mm, 부레의 장경 0.27 mm, 유구경 0.17 mm이며, 상·하악이 생기고 용모 모양의 가는 이가 생긴다. 이 때 난황낭은 소실된다. 등지느러미의 주름은 높아지고 장의 앞부분은 계속하여 팽창한다. 장의 중부는 만곡(彎曲)이 한 개 있고 뒤 부분은 굽어 진다. 섭식이 분명하고 중뇌가 크며 좌우 두엽으로 분화된다. 아가미뼈는 4쌍으로 제2 아가미뼈에 톱날모양의 새사가 생긴다. 새파는 보이지 않으며, 후아가미 뚜껑은 막 모양으로 된다. 부레는 공기로 충만 되고 부레위에 별모양의 흑색소가 분포되어 있다. 근육절은 $8+18=26$ 이 된다(그림 2. 4).
- 이때 자어는 수영능력이 강해지고 빛에 대해 점차 민감해 지며 피동으로 섭식한다. 빛이 균형을 잃으면 집군 현상이 나타난다. 오전에는 수중상층에 균일하게 분포되어 있고 오후에는 수중하층에 있다.
- 5일령 자어는 전장 4.20 mm, 체장 4.15 mm, 구경 0.59 mm, 부레의 장경 0.31 mm, 유구경 0.17 mm이며, 머리부분은 발달되어 단뇌(端腦) 양측에 돌기가 생기고 대뇌반구가 생긴다. 청낭은 분명하고 안구에 흑색소가 증가하며 간은 좌측이 크고 우측이 작은 엽으로 분화되어 식도의 아래 부분과 장의 앞부분에 위치한다. 장의 후반부는 직장이 있으며, 앞으로 계속해서 분화한다. 제 2~4쌍의 아가미뼈에 톱날모양의 새사(鰓絲)가 생기고, 새파는 생기지 않는다. 자어는 빛에 민감하여 약광을 좋아하며, 항상 빛에 따라서 집군 한다.
- 7일령 자어는 전장 4.48 mm, 체장 4.29 mm, 구경 0.57 mm, 부레의 장경 0.29 mm, 유구경 0.06 mm 이며, 담낭은 분명해져서 투명한 낭체를 형성한다. 담즙은 보이지 않고 간 두엽 사이에 위치한다. 이장이 분명하고 중장의 뒤 부분과 연결된다. 등지느러미 주름위에 “기름방울” 구조가 없어지고 제2 아가미뼈에 작은 알맹이 모양의 새파가 생긴다(그림 II~5).

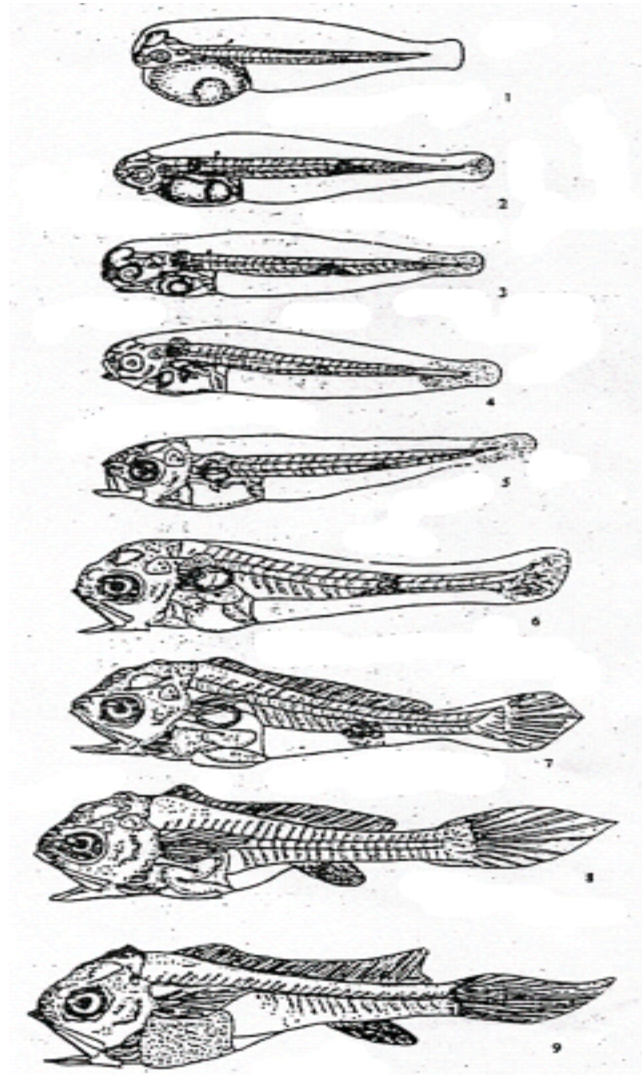


그림 3. 부세의 자·치어 발육

- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1. 제1일 자어(×20) | 2. 제2일 자어(×18) | 3. 제3일 자어(×18) |
| 4. 제4일 자어(×18) | 5. 제7일 자어(×18) | 6. 제12일 자어(×18) |
| 7. 제18일 치어(×12) | 8. 제22일 치어(×10) | 9. 제30일 유어(×5) |

자어의 섭식력은 증가되며, 장 내용물을 관찰한 결과는 rotifer가 30여 개 이상을 섭취한다. 집균성이 강해지고 수체 밀도가 클 때 산소공급이 정지할 수 있으며, 자어는 수조 변두리의 수면에 집결한다.

- 12일령 자어는 전장 5.28 mm, 체장 5.04 mm, 구경 0.78 mm, 부레의 장경 0.40 mm이며, 제1 아가미뼈에 새파가 분명하며 0+5개의 유두모양의 새파가 생긴다. 새사는 생기지 않았다. 부레관은 분명하며 식도와 연결된다. 부레와 엉덩이지느러미, 복부에 자주색 및 흑색의 색소가 있다. 장의 만곡이 아직 하나있고 꼬리지느러미는 위로 치켜든다. 엉덩이, 등지느러미 간골(間骨)은 생기지 않았다(그림 3. 6).
- 적당한 조건에서 자어가 대량적인 rotifer를 섭식한다. 해부를 통해서 보면 한 자어의 장내 rotifer 12개 및 rotifer난 7개가 있었다. 자어의 추광성이 강하고 집균을 좋아한다.
- 18일령 치어는 전장 8.27 mm, 체장 6.92 mm, 구경(口徑) 1.43 mm, 부레의 장경 0.72 mm 이며, 위가 출현하고 장의 만곡이 2개 생기고 위와 장의 연결부분은 2개가 분명한 죽순 모양 돌기를 나타낸다. 그것이 바로 유문맹낭(幽門盲囊)이다. 등지느러미는 VII~30에 있고, 엉덩이 및 배지느러미 나타나고 있다. 제1 아가미뼈에 새파가 3+11 있다(그림 3. 7).
- 각 지느러미는 점차적으로 완성되어 자어의 수영능력을 강하게 하고 섭식 능력도 높아진다. Artemia와 copepoda를 섭식 할 수 있다. 해부하여 관찰해 본 결과 자어의 장내에 artemia가 평균 25개가 있었다. 이 때의 자어는 쉽게 놀랄 수 있고 작은 소리 자극 혹은 강한 빛이 있으면 자어가 도망가거나 뛰어오르고 상처받거나 혹은 부레에 공기를 너무 채워서 죽을 수 있다.
- 22일령 치어는 전장(全長) 11.49 mm, 체장 8.64 mm, 구경(口徑) 3.25 mm, 부레의 장경(長徑) 1.20 mm 이며, 위(胃)가 완벽하게 발육되고 유문맹낭

(幽門盲囊)이 10개가 있으며 위의 후단(後端)에 위치한다. 담낭(膽囊)은 긴 투명 낭(囊) 모양이고 안에 연남녹색(藍綠色)의 담즙이 있다. 부레와 식도간에 부레관으로 연결되며, 제1 아가미뼈에 선형(線形) 새파가 5+12 있고 새사(鰓絲)가 새궁(鰓弓)밑에만 있다. 각 지느러미는 전부 나타난다. 꼬리지느러미 기조(鰭條)는 19개가 있으며 분절(分節)도 했다. 등지느러미는 VIII~31, 제1 등지느러미와 제2 등지느러미가 아직 분화하지 않으며, 엉덩이 지느러미는 10, 배지느러미는 I~5, 가슴지느러미는 9, 아가미뼈는 7개가 있다(그림 3. 8).

- 26일령 치어, 전장(全長) 15.30 mm, 체장 13.30 mm, 구경(口徑) 2.43 mm이며, 꼬리지느러미 기조(鰭條)는 23개가 있으며 등지느러미는 VIII~31, 엉덩이 지느러미는 I~6, 배지느러미는 I~5, 육성어의 체형을 전부 가지고있으며, 비늘은 아직 형성되지 않는다.
- 이때 치어는 artemia에 대한 섭식량이 줄어들고 대형 copepoda를 섭식할 수 있다. 심지어 동족간에 공식현상이 생긴다. 18~20 mm 치어는 10 mm의 자어를 먹기도 한다. 1시간 동안 연속 관찰한 결과, 12마리의 자어가 공식 당했다.
- 30일령 치어는 전장 23.30 mm, 체장 16.80 mm, 구경 3.06 mm, 유문맹낭(幽門盲囊)이 14개가 있으며, 담낭(膽囊)은 긴 주머니(囊) 모양이고 흑색소가 넓게 분포되어 있다. 복강의 각막이 생기고 꼬리지느러미의 기조(鰭條)는 29개이며, 등지느러미 기조는 VII~31, 엉덩이지느러미 I~8, 가슴지느러미 15, 배지느러미 I~5, 제1 아가미뼈에 새파가 8+17이 있다. 배지느러미 뒤에 비늘이 생기며, 측선 비늘도 생기기 시작하며 성어의 기본 형태를 가지게 된다.
- 추광성이 강하고 대량 집군(集群) 할 때, 산소 부족을 일으켜 폐사가 생긴다. 일반적으로 광선이 약한 중·하층에서 유영한다.

○ 난질 및 배 발육과 수온의 관계

- 다른 어류와 같이 난질의 좋고 나쁨은 부화에 직접적인 영향을 미친다. 실험에서 우리는 수정란의 난경이 작고(1.0 mm이하) 유구가 많은 문제점들이 있다. 그 원인은 암컷 친어의 성선 발육이 부진하여 성숙도가 낮다. 강제로 인공수정하거나 호르몬을 처리할 경우 난경이 작고 유구가 많은 수정란이 생기는데 이런 수정란은 부화는 가능하지만 자어의 기형률을 높이게 된다.
- 부세의 배 발육은 수온의 영향을 많이 받는다. 적당한 수온 범위에서 수온이 높을수록 배 발육은 빠르다(표1). 26℃이상 또는 15℃이하에서 부화된 자어는 기형률이 높다.

○ 자·치·유(幼)어의 성장

- 부세 자·치어의 발육단계에 대한 구분은 학자마다 견해가 다르다. 본 실험은 소화계통의 발육과정 중에서 각 기관들의 출현을 자·치어의 발육단계로 구분하는 근거로 했다. 자어 단계의 장은 만곡(彎曲)이 1개 있고 위(胃)와 유문맹낭이 출현하지 않았다. 위와 유문맹낭이 생기고 장에 2개의 만곡이 생기면 치어 단계이다. 일반적으로 치어기에 어체의 전장은 7~8 mm 사이고 18일령어 이다. 유어기에 달한 근거는 전신에 비늘이 생기고 전장이 40 mm 이상으로 40일령어 이다.

표 1. 부세의 배발육과 수온의 관계

실험회수	부화수온 범위(℃)	자어 부화 시간
1	18.0~21.2	42h
2	20.6~22.6	32h
3	23.2~23.4	26h 36min
4	26.7~27.9	18h

- 부세의 자·치어의 기관발육은 일반적으로 일령과 직접적인 관계가 있다. 관찰에 의하면 종묘생산의 횡수가 다르거나 혹은 같은 횡수의 자어라 해도 개체의 섭식력의 차이로 동령어의 성장속도가 다르게 나타난다. 성장속도가 빠르고 개체가 크면 기관의 형성도 빠르다(표 2).

양성 방법

○ 가두리 양식

- 부세의 특성 : 부세는 온수성의 근해 어류로서 적응할 수 있는 염도 범위는 17~28‰, 섭식성은 광범위하여 동·식물성 사료를 이용할 수 있으나 동물성사료를 선호한다. 인공배합사료로 사육할 수 있다. 용존산소량은 5.0 mg/L이상, 적합한 pH는 8.0으로 소리에 민감하다. 북소리, 폭죽소리, 금속이 부딪치는 소리 등은 부세가 놀라 수면에 떠오르게 하며 소리의 지속시간이 길어지면 대량 폐사 의 원인이 되기도 한다.

표 2. 20 일령 부세에 있어서 자·치어의 성장속도가 기관발육에 미치는 영향

전장 (mm)	지느러미	새 파	장의 만곡(彎曲)
① 5.28	꼬리지느러미 기조 7~9줄, 엉덩이지느러미·등지느러미의 기간골(鰭間骨) 출현하지 않음	제1 아가미뼈에 새 파가 3+7 있고 새사가 새궁(鰓) 밑에만 있다. 톱날모양	만곡 1개
② 6.99	꼬리지느러미 기조 16줄, 절(節)을 분화하지 않고, 엉덩이지느러미 출현, 등지느러미 방사성사(絲)를 분명함	제1 아가미뼈에 새 파가 4+9 있고 새사(鰓絲)가 나무 가지 모양	만곡 2개
③ 8.82	꼬리지느러미 기조 19줄, 분절함, 등지느러미VII~30, 엉덩이지느러미I~8, 배지느러미 출현	제1 아가미뼈에 새 파가 4+11 있고 새사(鰓絲)가 나무 가지 모양	만곡 2개

○ 가두리 양식기술

- 양식장의 선택 : 흐름이 일정하고 온정(溫井)한 양식장을 선택하며 유속은 1 m/s 이내가 적합하며(가두리내의 유속은 0.2 m/s 이내), 수심은 5 m 이상, 최저조시 수심의 1.5 m 이상이고, 표층수온은 8~29℃, 염분은 13~32‰, 투명도는 1 m 내외 이다.
- 가두리의 설치와 규격 : 부세 양식용 가두리의 규격은 일반 해산어 양식과 동일하다. 양성어의 크기에 따라 가두리 그물의 망목은 20~60 mm로 조절하고 어체 손상방지를 위하여 무결절망을 사용해야한다. 가두리 크기는 3 m×3 m×4 m(혹은 5 m)가 적당하다.
- 종묘 선택과 방양 : 부세 종묘는 2.5~3.0 cm 이상의 크기가 적당하며 활동력이 강하고 외부상처가 없고 질병이나 기형이 없어야한다. 종묘를 방양하기 전에 20 mg/L 농도의 과망간산칼슘으로 소독을 철저히 해야한다. 종묘방양 시간은 저수온기에는 맑은 날, 바람이 없는 정오 시간대에 방양하고 고수온기에는 서늘한 아침 또는 저녁에 방양한다. 방양 밀도는 1000미/m³이다.
- 사료와 공급 : 사료는 두 가지 유형이 있다. 하나는 작은 잡어나 새우이고 다른 하나는 인공배합사료(조단백 함량이 40%이상)이다. 먹이를 공급할 때는 가두리의 가운데에 먼저 투여하고 대부분의 어류가 배불러 내려앉으면 가두리의 주변에도 뿌려주어 약한 고기들이 섭식할 수 있게 한다. 공급 횟수는 어체 크기에 따라 다르다. 치어기에는 일일 5~7회 공급하고 어체가 커짐에 따라 공급 횟수는 점차 줄어들고 1회 사료 공급량을 증가시킨다. 일일 2~3회(아침 7:00~8:00, 저녁 5:00~6:00, 밤 10:00~11:00) 공급한다. 사료 공급량은 치어기 때 어체 중의 10~13%(신선한 잡어나 새우), 중간 단계에는 5~8%, 후기(겨울)에는 1~2%씩 공급한다.

○ 일반 관리

- 여러 규격 망목의 가두리를 사용하며 크기가 일정하지 않은 어류는 정기적으로 선별하여 비슷하게 성장하도록 한다.
- 순찰, 검사를 강화하고 어류의 도망을 방지해야한다. 망목의 파손이 있고 없음을 관찰하여야 한다.
- 사육기간 동안 가두리가 물에 담겨있는 시간이 길어 많은 부착생물들이 망목을 막거나 환수를 방해하므로 가두리를 예비로 준비하여 정기적으로 씻어주고 바꿔 줘야한다.

○ 질병의 예방 및 치료

● 세균성 질병

- 고온기에 비브리오에 쉽게 감염될 수 있다. 증상은 체표나 지느러미에 빨간 반점이 생겨 출혈과 궤양, 심할 경우에는 내장에 침입하여 간이 부어서 연한 황색을 띠거나 출혈현상이 나타난다. 치료 방법은 설파메 타진(sulfamethazine 2 g/kg)을 경구투여 또는 OTC(Oxytetracyclin 50~80 mg/kg)를 연속 5일간 사용한다. 저수온기 비브리오의 주요 증상은 아가미 부식(흰색), 체표와 지느러미 부식, 궤양, 출혈, 안구 돌출과 충혈이 나타나며 발병 계절은 늦은 가을이나 겨울이다.
- 장염 : 복부가 팽창하고 항문이 벌겋게 부으며 장이 충혈 된다. 4~9월에 많이 발병하며 치료 방법은 50 kg 어체중에 처음 하루는 설파구아니딘(sulfaguanidine) 5 g을, 2~6일은 2.5 g을 사료에 섞어 경구투여하거나 연속 5일간 3~5g의 푸라졸리돈(furazolidone)을 사료에 섞어 경구 투여한다.
- 구균병 : 증상은 아가미부분이 혈기가 없으며 간이 팽창되고 복수가 찬다. 치료 방법은 페니실린으로 경구 투여한다.

- 기생충병
 - 섬모충(絨毛虫)병 충이 체표나 아가미에 기생하여 호흡이 곤란하고 식욕이 감퇴하여 폐사한다. 주로 늦은 봄과 초여름에 많이 발병하며 치료 방법은 50 ml의 멸충령(滅虫灵)을 해수 100 L와 혼합하여 2~5분 약욕한다.
 - 연충병 : 보통 병원체는 아가미와 체표에 기생한다. 병어는 유영 능력 감소, 식욕감퇴, 아가미 점액분비 증가, 새반은 회백색, 호흡곤란과 체색은 짙고 광택이 없으며 지느러미가 부식한다. 치료방법은 수온을 10~20℃로 조절하고 20 mg/L 농도의 과망간산칼슘 또는 멸충령(滅虫灵)으로 15~20분간 약욕한다.
 - 백점병 : 피부, 지느러미, 아가미에 하얀 반점형 낭포(囊胞)가 생기고, 비늘이 탈락하며 아가미부식 등의 증상을 보인다. 치료방법은 0.4 mg/L의 말라카이트그린 (malachitegreen)으로 1시간 약욕하거나 멸충령(滅虫灵)으로 5분간 약욕한다.
- 해적생물
 - 히드라(폴립) : 가두리에 부착된 히드라의 가시와 품어낸 독액은 부세를 죽일수 있다. 치료방법은 발견되면 가두리를 바꿔야한다. 저조시 2 mg/L의 황산동(CuSO₄)을 뿌려준다.
 - 이 : 체표와 아가미, 지느러미에 기생한다. 병어는 미친 듯이 수영하거나 수면에 튀어 나온다. 치료방법은 결정의 dipterex 봉지를 물에 담가 두어 유충을 소멸한다.

국내외의 양식 현황

- 부세는 중국인들이 가장 선호하는 식용 해산어로서 뿐만 아니라 부세의 이석은 해열작용을 하고 부레는 폐와 비장에 좋으며 기를 보호하고 혈액 순환을 돕는 약리작용이 있어 중국 동남 연해지구에서는 경제성이 매우 높은 어종이다.
- 중국에서는 자원보호법상 내만 산란장에서 산란군체를 잡을 수 없게 하였으며, 이와 같은 군체를 보호하고 해역자원을 회복시키기 위하여 1985년 후찌엔성(福建省)수산자원연구소와 닝더(寧德)지구수산기술추진소에서 국가 “七五” 중점 추진항목으로 조기인공번식 및 육묘기술연구 과제를 담당하였다. 그 해에 종묘생산에 성공하고 1990년까지 모든 인공종묘생산 및 양식능력에 도달하여 산업적 종묘생산 및 양식기술을 확립하였다. 동시에 후찌엔성의 광둥(廣東)과 절강성(浙江省) 및 주변 성에서도 동일한 연구과제를 추진하여 부세(大黃魚) 종묘생산의 빠른 발전을 촉진하였다. 후찌엔성에는 수면적 약 67 ha의 천연축제식 양식장이 10개가 있는데 1999년의 부세양식시설 규모는 해상 가두리 99,019개 축제식 양식장 526 ha에 달하고 있었으며, 후찌엔성은 민뚝해역에 대규모 가두리 양식단지를 계속 조성하고 있다. 양식 생산량은 20,862톤에 달하여, 후찌엔성의 총해산양식 생산량의 53.6%를 부세가 차지하였으며, 생산고는 약 1,500억원에 달하였다.
- 1997년 8월 후찌엔성 과학원과 수산청에서 공동으로 “과학기술에 의거하여 부세양식의 산업화 촉진에 관한 의견” 및 대응하는 “실시방안”을 정하였다. 1998년 상반기 모든 성에서 58개 업체에서 부세의 종묘를 생산하였으며 종묘생산에 사용된 어미수량은 36,600톤이다. 2.5 cm이상의 종묘를 1억마리 가까이 생산하였다. 이는 1997년 같은 시기에 생산한 7,600만 마리보다

31.3% 증가한 것이다. 양식에 사용된 가두리는 약 6만개이고 100 g 내외의 종묘를 2,600만마리 방양할 수 있고, 종묘생산에 사용된 가두리는 1.18만개로 2.5~3.0 cm 의 종묘를 6,000만마리 방양할 수 있는 숫자이다.

- 최근 중국에서는 기술 집약적이고 고수익 사업인 부세 양식의 활성화를 위해 어장 재정비, 신 양식 기술보급, 적정 생산량 유도와 가공량 증대를 통하여 양식어가의 경제적 안정을 도모하고 있다. 더불어 주된 양식 계군을 민동계군에서 주산(舟山)계군으로 전환하고, 2001년 10월에는 생태부세(生態大黃魚)라는 자연산에 가까운 특징을 가진 신 양식 품종이 등장하기도 하였다. 또한, 중국 농림부는 2001년 12월 10일 닝더시(寧德市) 수산기술연구소에서 기초한 “무공해 수산물-부세 양식 기술 규범”을 전국 어업 활동의 규범으로 선포하였다.

양식 잠재력 및 국내 양식 가능성

- 우리나라는 사회 문화적 측면에서 예로부터 조기류(부세, 참조기)는 고급 어종으로 국민들의 건강식품으로 인식되어 왔으며 또한 다른 활어와는 달리 냉동이나 말린 상태로 유통되기 때문에 유통비용이 절감되고 요리가 간편하여 선물용이나 제수용으로 뿐 만아니라 상시 꾸준히 소비되고 있는 양식잠재력이 매우 높은 어종이다.
- 우리나라의 부세양식기술은 1998~1999년 전남 완도군과 경남 거제도에 서 민간 양식업자가 중국산 부세 치어(전장 3~5 cm)를 반입하여 그해 12월에 18~21 cm까지 양성하였으나 월동대책을 세우지 못하여 양식에 성공하지 못한 예가 있을 뿐 현재까지 양식기술과 연구결과가 매우 미흡한 실정이다. 2002년부터 국립수산과학원 서해수산연구소 부안시험장에서 “양식대상종 이식기반 연구”의 일환으로 중국산 부세 어미를 이식하여

실내 콘크리트 수조에서 시험 사육한 결과 실내적응순치가 빠르고 성장 또한 양호한 것으로 나타났다. 그러므로 월동조건만 갖추어진다면 육상양식과 가두리양식은 물론 축제식 양식 모두가 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 김영섭, 한경호, 강충배, 김종빈, 2004. 유용 어류도감, 국립수산물과학원, 333 pp.
- 김훈수, 김용억, 노분조, 원병호, 이병훈, 이한일, 이창언, 최병래, 송준임, 1997. 한국동물명집, 한국동물 분류학회, 489 pp.
- 한국양식, 2002. 양식기술정보. 14(2): 104-111.
- 최윤, 김지현, 박종영, 2002. 한국의 바닷물고기 도감, 전북대학교, 645 pp.
- Liu Jiafu, 1999. 부세의 인공종묘생산에서의 배(胚) 발생과정과 자치어의 형태적 특징 및 생태 연구. 현대어업신식, 14(7): 20-25.
- You Hua and You Keren, 1999. 부세의 가두리 양식기술. 수산과학기술정보. 26(3): 109-111.
- 中國新聞社. 2000. 閩東大力開發海洋資源. 中國新聞. 2000. 11. 15.
- 福建省福鼎市八尺門海珍品養殖場. 2001. 生態大黃魚品種發表. 2001. 10. 18.
- 濃林部. 2001. 無公害水產品 - 大黃魚養殖技術規範. 規範實施發布文. 2001. 12. 10
<http://annual.sp2000.org/2005/show-species-details.php>

흑점줄전갱이

명 칭

- 학 명 : *Pseudocaranx dentex*
- 영 명 : white trevally(FAO), silver trevally, skippy, skipjack, striped jack, guelly jack, jack fish,
- 일 명 : しまあじ(shima-aji)
- 중 국 명 : 條紋鰹, 縱帶鰹, 銀原鰹



분류학적 위치

Class Actinopterygii
Order Perciformes
Family Carangidae

형태적 특징

- 비교적 작고 이빨이 없는 입과 탄력 있는 입술을 가진 측편형의 고기이다. 체색은 서식처와 분포범위에 따라 다양한데 주로 밝은 은색이며 어떤 하구에서는 청동색을 띤다. 전형적인 체색은 등 쪽은 검은 회색에서 푸른 녹색이며, 측면은 푸르고 자줏빛을 띤 은색, 복부는 은백색을 하고 있다.

몸통의 측면중앙에는 노란색의 줄무늬가 있다. 더욱 작은 개체는 또한 이들 체색에 가로띠를 가지는 것도 있다. 측면을 따라 있는 노란 세로줄무늬는 종종 신선하게 잡힌 고기라는 증거가 된다.

- 주새개골(主鰓蓋骨, opercle)에 검은 반점이 있다. 가슴지느러미는 뒷지느러미의 기부를 지나며 활처럼 휘어져 있고, 꼬리지느러미는 가운데가 깊게 패인 가랑이형이다. 후반부 측선은 일직선이며 체측의 중앙에 있고 모비늘의 발달이 다른 전갱이류에 비해 약하다
- 등지느러미는 2개가 있으며 첫째는 높고 삼각형이며 두 번째 등지느러미는 낮고 더욱 길다. 길고 큰 낫 같은 가슴지느러미와 깊게 갈라진 꼬리지느러미를 가진다. 등지느러미 극조 9~9, 등지느러미 연조 25~26, 뒷지느러미 극조 3~3, 뒷지느러미 연조 21~22, 척추골수 25~25이다.

분포 및 서식환경

- 흑점줄전갱이 *Pseudocaranx dentex* (Bloch & Schneider)는 북위 40°N에서 남위 47°S까지의 대서양, 인도양 및 태평양에 걸쳐 널리 분포하는 온대성 어류로서 그 분포 해역은 버뮤다, 노스캐롤라이나, 남부 브라질 및 지중해, 일본, 하와이, 호주, 뉴질랜드, 남아프리카 등 광범위하다. 일본의 경우 岩手縣 이남에 널리 분포하지만, 주로 쿠루시오 난류 영향을 많이 받는 일본 중부 이남의 태평양 연안에 많이 분포한다. 주로 채낚기나 정치망에서 어획되고 있으며, 활동성이 강하며 맛과 육질이 매우 좋아서 일본 내에서는 고급 횡감으로 사용되고 있다. 우리나라에서의 분포는 아직까지 보고되고 있지 않으나 제주를 중심으로 한 일부 해역에서는 계절적으로 회유하는 것으로 추정된다.
- 주산지에서는 치어부터 성어까지 연중 어획되고 있지만 일부 해역에서는 일정 기간에만 어획되기도 한다. 초봄에 방어 치어와 함께 유조 밑에서

채집이 가능하고, 늦봄부터 여름에 걸쳐서 체장 10 cm의 치어가 내만을 중심으로 채집이 가능하고 특히 가두리 근처에서 먹이 공급 할 때 군집하기도 한다.

- 수심 100 m 까지 연안, 주위에 바위가 많은 모래바닥에 서식한다. 자치어는 보통 강어귀나 만, 얕은 대륙붕사면에 서식하며 성어는 대륙붕사면의 sea bed 가까이서 무리를 형성한다. 무리는 때때로 *Caranx koheru*와 *Arripis trutta trutta*와 혼합된다. 서식 깊이는 80~200 m이다. 유영은 물 표면에 거품을 생기게 할 만큼 고밀도로 무리를 짓는 경우가 많으며, 유영 속도 또한 매우 빠르고 한 곳에 오랫동안 머무른다.
- 일반적으로 미성어는 어떤 부류의 구조물 즉, 산호초, 돌출 된 제방, 모래 제방, 항구, 수로, 난파선 주위에서 발견된다. 남서부 연안을 따라 더욱 큰 개체들은 근해의 난파선 주변에 무리를 지어 다니는 군집성이 강한 어류로 한 곳에 오래 머물지 않고 멀리나 정어리 등의 먹이가 있는 곳을 찾아 항상 이동을 한다. 식성이 엄청 좋은 육식어로 닥치는 대로 먹어 치우는 포식자이다. 더욱 큰 개체는 바위투성이의 곳(cape, headland)을 선호한다.
- 고수온에 성장이 우수한 반면 저수온에 약한 편으로 적수온 범위는 18~28℃ (최적수온: 24℃)이다. 12℃이하가 장기간 계속되면 폐사된다는 보고가 있다. 수온이 15℃이하가 되면 섭식량이 급감하고 성장 또한 정지한다. 치어의 저수온에 대한 한계는 15~16℃ 내외이다.

크기 및 수명

- 최대크기 : 전장 122 cm, 체중 : 18 kg
- 평균크기 : 전장 30~50 cm, 체중 1.5 kg
- 상업적 크기 : 체중 1 kg이상

- 최소 성숙 크기 : 10.1 (8.2~12.5)년, 체장 53 cm, 체중 4 kg
- 수 명 : 46년(보고자료), 48.2년(추산)
- generation time : 15.7년

종묘생산 방법

- 생식주기
 - 자연산을 대상으로 한 생태조사 결과 성어의 생식소 속도지수는 12월에서 익년 1월에 최고치를 보이고 있고, 사육 중인 어미에서의 자연산란도 12월부터 시작한다고 보고하고 있다. 그러나 산란기는 서식장소에 따라 다소간의 차이가 있으며, 여기서는 村井 등 (1985)의 조사 결과를 기술한다.
 - 실험어는 암컷 26마리와 수컷 25마리로서 총 51마리를 채집하여 분석하였다. 암컷의 가랑이체장과 체중의 범위는 각각 41.5~88.0 cm(평균 64.8 cm), 1,130~10,450g(평균 4,588 g)이었고, 수컷의 가랑이체장과 체중 범위는 각각 42.2~86.0 cm (평균 67.0 cm), 1,300~10,400 g (평균 5,122 g)이었다. 암컷과 수컷의 비만도는 각각 13.6~184(평균 15.6) 및 14.0~19.2 (평균 16.0)였다.
 - 생식소 속도지수(GSI)의 월변화를 보면, 암컷의 경우 3월에서 12월까지 0.3~0.8% 유지를 유지하다가 1월부터 급격히 상승하여 최고 2.70%에 이르렀다. 수컷의 경우는 3월에서 11월까지 0.8% 이하의 낮은 값 유지하다가 12월에 이르러 상승하기 시작하여 1월에 최고 7.37%에 이르렀다. 이러한 결과로 볼 때 흑점줄전갱이는 1월을 중심으로 성숙에 이르는 것으로 추정된다.

표 1. 자연산 채포어에 대한 어체 크기 및 생식소 속도지소(암컷)

성	채집년월일	가랑이체장(cm)	체중(g)	생식선중량(g)	GSI(%)	비만도	
암컷	1982 4. 12	43.6	1,130	8.1	0.72	13.6	
	5. 28	80.0	7,750	42.0	0.55	15.1	
	6. 20	58.0	3,500	3.2	0.09	17.9	
	9. 25	56.0	3,160	24.0	0.66	18.0	
	12. 14	71.2	4,900	34.8	0.72	13.6	
	12. 28	49.6	1,900	3.8	0.20	15.6	
	1983 1. 30	41.5	1,200	3.6	0.30	16.8	
	2. 7	54.0	2,380	13.5	0.57	15.1	
	6. 30	71.0	4,900	35.0	0.72	13.7	
	8. 1	68.7	4,950	15.7	0.32	15.3	
	8. 8	61.8	3,700	24.5	0.67	15.7	
	8. 20	65.0	4,450	15.8	0.36	16.2	
	9. 7	69.0	5,050	29.0	0.58	15.4	
			62.4	4,300	24.9	0.58	17.7
	11. 25	70.5	5,800	34.0	0.59	16.6	
			66.4	4,300	26.5	0.62	14.7
	11. 28	73.0	5,400	29.0	0.54	13.9	
	12. 9	64.6	3,950	13.4	0.34	14.7	
	12. 15	80.6	7,650	51.2	0.67	14.6	
	12. 26	67.5	4,600	23.5	0.51	15.0	
1984 1. 9	88.0	10,450	275.0	2.70	15.3		
1. 14	73.0	6,300	51.8	0.83	16.2		
2. 10	69.0	5,500	26.0	0.47	16.7		
2. 14	42.6	1,420	4.6	0.32	18.4		
7. 9	57.3	2,900	8.4	0.29	15.4		
10. 8	81.4	7,750	60.0	0.78	14.4		

표 2. 자연산 채포어에 대한 어체 크기 및 생식소 속도지소(수컷)

성	채집년월일	가랑이체장(cm)	체중(g)	생식선중량(g)	GSI(%)	비만도
수컷	1982 8. 20	49.6	2,160	3.0	0.14	17.7
	8. 23	70.0	1,060	13.8	0.23	17.7
	11. 17	53.2	2,610	6.4	0.25	17.3
	1983 1. 27	69.5	5,300	191.4	3.75	15.8
	1. 30	42.2	1,300	0.6	0.05	17.3
	3. 9	63.8	4,000	18.0	0.45	15.4
	7. 22	69.5	4,950	22.0	0.45	14.7
	8. 3	64.8	4,100	5.1	0.12	15.1
		69.2	5,200	7.0	0.13	15.7
	8. 8	59.0	3,100	5.6	0.18	15.1
	9. 8	66.0	4,500	7.0	0.13	15.7
	9. 16	68.0	4,400	9.0	0.20	14.0
		81.0	8,300	21.8	0.26	15.6
	10. 17	70.5	5,500	11.5	0.21	15.7
	10. 22	61.8	3,900	7.0	0.18	16.5
	12. 3	60.2	3,510	3.4	0.09	16.1
		86.0	10,400	139.2	1.36	16.4
	12. 17	81.0	10,200	700.0	7.37	19.2
	1984 3. 13	71.0	5,150	7.0	0.14	14.4
	6. 14	56.1	3,200	2.0	0.06	18.1
8. 4	74.8	6,900	16.9	0.25	16.5	
9. 11	72.3	5,800	9.2	0.16	15.3	
	71.6	6,100	6.9	0.11	16.6	
10. 8	81.4	7,750	60.0	0.78	14.4	
1985 1. 9	62.6	3,670	158.0	4.50	14.9	

○ 산란

- 종묘생산 해역에 따라 산란기가 다르므로 육상수조로 어미 이동 시기는 다소 차이가 있으나 일반적으로 산란기 이전 약 1개월 전부터 어미를 이동하여 산란수조에서의 적응 및 사육을 실시하며 채란이 종료된 어미는 해상가두리로 옮겨서 어미사육을 실시하게 된다.
- 본 어종은 산란기간 중에 다회에 걸쳐 산란하며, 일몰 후 야간에 주로 산란하는 특성을 지니고 있다. 산란된 알의 난경 범위는 0.88~1.02 mm이고, 평균 난경은 0.95 mm로 1개의 유구가 있는 분리부성란이다.
- 흑점줄전갱이 종묘생산에서 일반적으로 쓰이는 단계를 요약하면 다음과 같다.
 - 친 어 : 연령 7~11세, 크기 2.8~12.4 kg
(평균4.72~6.95 kg)인 개체
 - 산란기 : 일본에서의 산란기는 6~7월 (本州 : 2월 상순~5월 상순, 父島列島, 小笠原諸島 : 12~2월)
 - 산란수온 : 수온 14~15℃에서 시작하여 21~23℃에서 종결하나 산란 적수온은 18~21℃(최적 : 20℃)이다.
 - 산란 유도 방법
 - 수온 자극 방법
 - 기준 수온 19℃에서 22℃상승과 15℃하강을 반복 처리
 - 수온 18℃에서 사육 중에 追尾行動이 관찰되면 수온은 1~3일에 걸쳐 21℃까지 서서히 상승
 - 성숙호르몬 주사 방법 : gonadotropin 2000~3000 IU/마리
 - 수온 자극 및 호르몬 주사 병행 방법
 - 자연산란 예(표 3)
 - 산란자극에 의한 산란 예(표 4)

표 3. 자연 채란에 사용된 어미 크기 조성 및 산란

수용일자	산란기간	산란 일수	총 채란량	친 어 마리수	체중범위 (평균, kg)	총 체중 (kg)	평 균 비만도	평균 일간 급이율
'84.12.25	'84.12.29~ '85. 3. 1	43	54,530,000	18	3.4~11.3 (5.96)	107.3	19.1	-
'85.11.29	'86. 1. 9~ '86. 2.15	18	12,301,200	46	2.8~10.8 (4.72)	217.4	22.7	2.44
'86.12.15	'86.12.22~ '87. 2.25	42	70,530,600	20	4.3~12.4 (6.85)	137.0	21.7	3.73
'87.12.11	'87.12.21~ '88. 3.24	51	80,401,000	26	3.9~12.4 (6.63)	172.7	22.5	4.26
'88.12.12	'88.12.12~ '89. 3. 8	34	45,410,900	24	5.1~9.9 (6.95)	166.9	22.9	2.43

○ 난발생 및 부화

- 수온 조건 19.8~21.6℃에서 알은 1시간 10분 2세포기에 이른 후 분열을 지속하여 4시간 경과 후에 상실기에 이르렀다. 6시간이 지나서는 포배기에 이르렀고 14시간 경과 후에 낭배기에 이르렀다. 배체의 형성은 16시간 경과 후에 완료되었고 20시간이 경과하여서는 근질이 형성되기 시작하였다. 부화는 수정 후 40시간이 경과되면서 이루어지기 시작하였고, 43시간 경과 후에는 완료되었다.
- 한편 수온을 달리한 수정란이 부화에 이르는 시간은 18, 20, 24, 26℃의 조건에서 각각 63.4, 46.7, 30.5 및 26.6시간이 소요되었다.
- 부화와 수온과의 관계를 보면, 수온 15℃이하에서는 부화하지 않았고 28~29℃까지 상승시키면 부화는 빠르지만 곧 바로 폐사한다. 적당한 수온은 20℃ 전후로 보고 되었고, 이때 부화에 필요한 시간은 약 45시간이었다. 부화에서의 최적 염분은 34~40‰로 경정비중 1.025이상에서

는 난이 표층에 부유하지만 1.023이하에서는 침하한다. 부화율은 비중의 저하에 따라 낮아져 1.020이하에서는 50%이하의 부화율이 된다.

표 4. 난발생 및 부화에 이르는 시간 (수온조건 19.8~21.6℃)

발 생 단 계	수정 후 경과 시간 (시간 : 분)	수 온 (℃)	적산수온 (℃ hr)
2 세포기	1 : 10	19.8	23
4 세포기	1 : 30	20.0	30
8 세포기	2 : 00	20.2	40
16 세포기	2 : 25	20.4	49
32 세포기	2 : 40	20.5	55
초기 상실기	4 : 00	20.8	83
후기 상실기	4 : 30	20.8	94
초기 포배기	4 : 50	20.9	101
포배기	6 : 00	20.9	125
후기 포배기	7 : 30	21.0	158
포기 낭배기	10 : 50	20.8	225
낭배기	14 : 00	20.8	291
후기 낭배기	15 : 00	20.8	312
배체 형성	16 : 00	20.9	334
안포 형성	19 : 00	21.9	416
근절 형성 시작	19 : 30	21.1	412
근절 5개, 쿠퍼씨포 형성	20 : 50	21.2	442
색소포 형성	24 : 00	20.2	485
렌즈 형성	26 : 00	20.6	536
50% 배체 운동	33 : 10	20.4	677
심장 박동	36 : 00	20.6	742
부화 시작	40 : 00	21.1	844
부화 완료	43 : 00	21.6	930

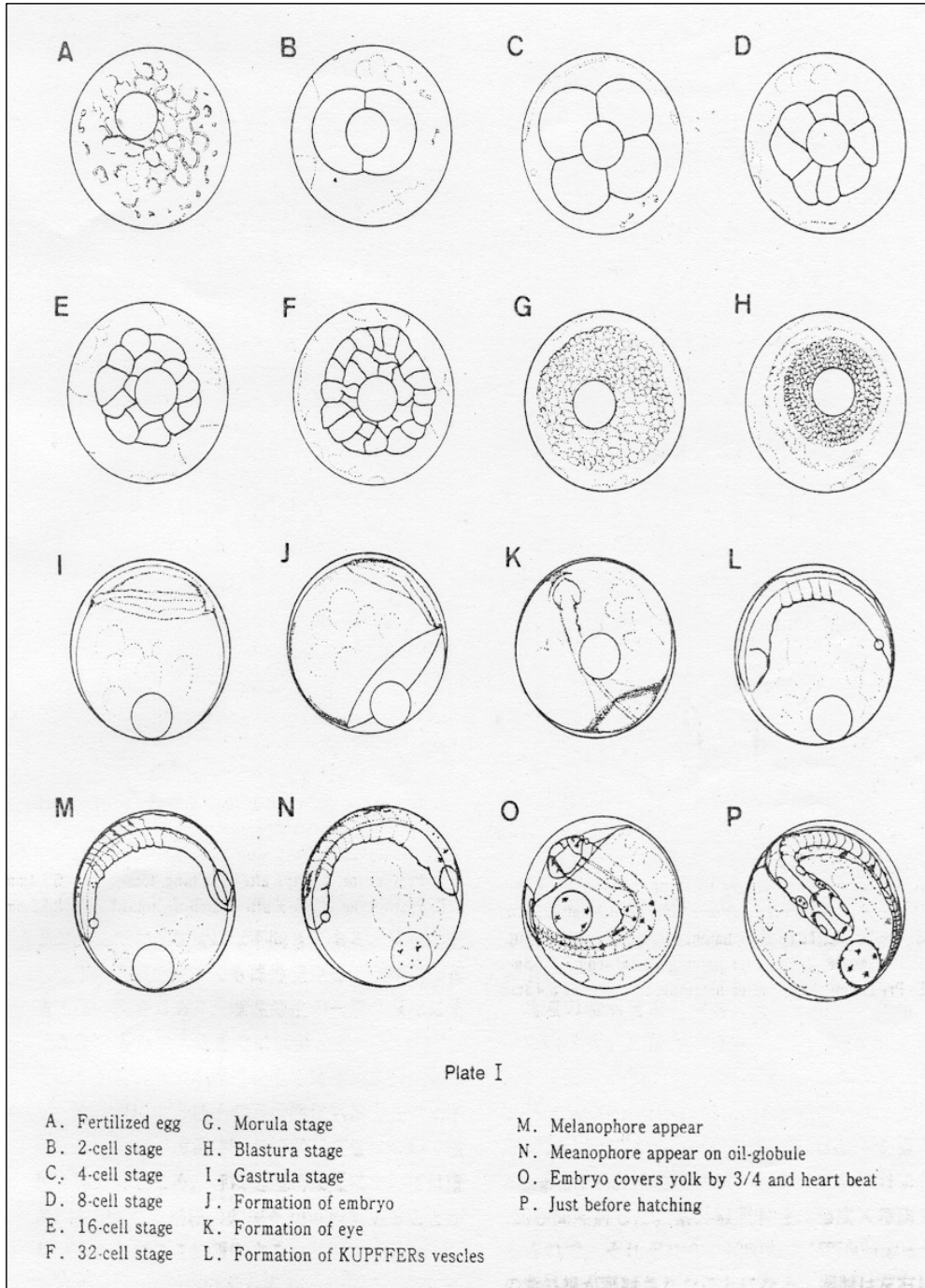


그림 1. 흑점줄전갱이의 난발생

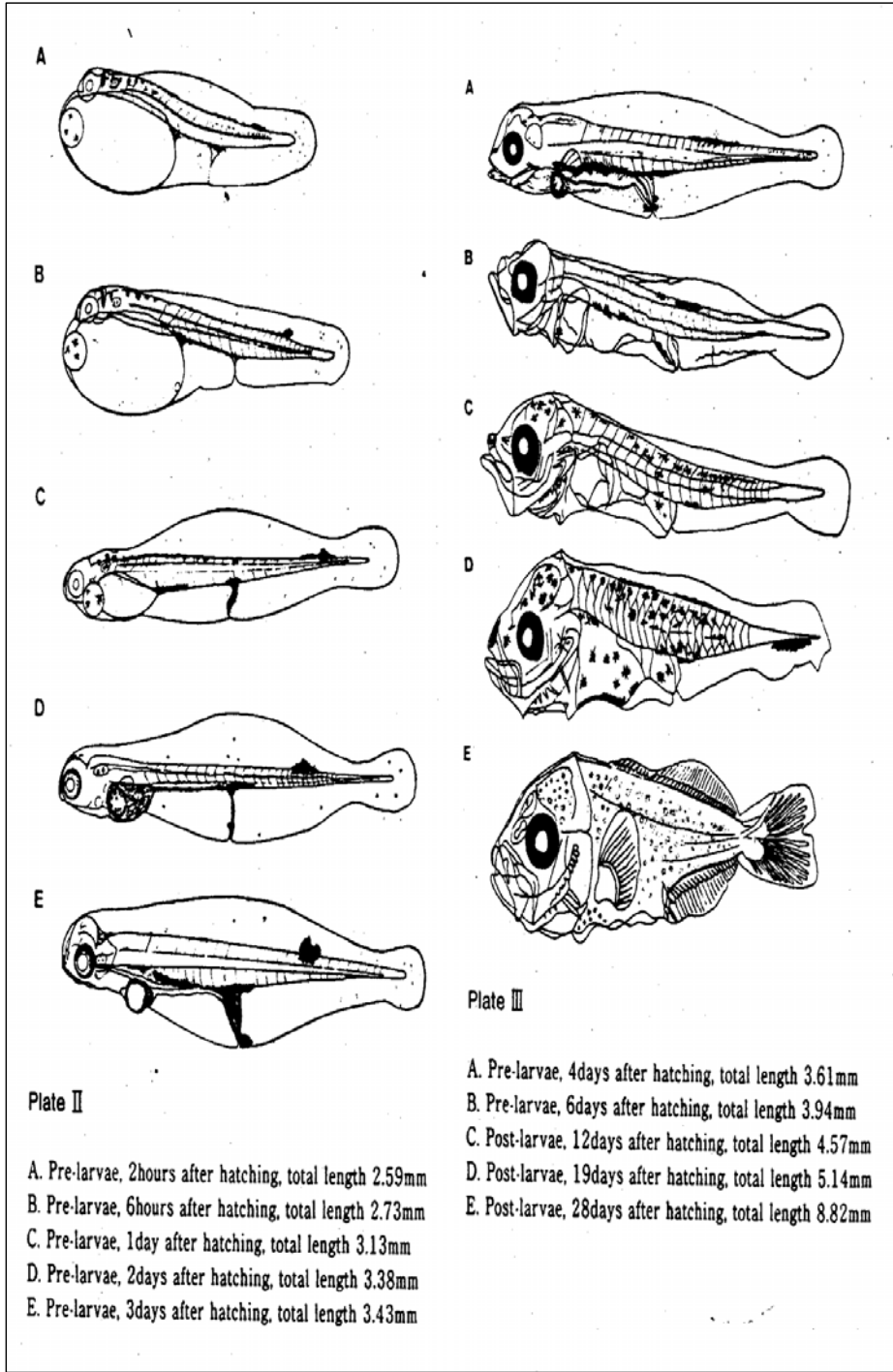


그림 2. 흑점줄전갱이의 자치어 형태 발달

○ 종묘생산 먹이 공급 계열(예)

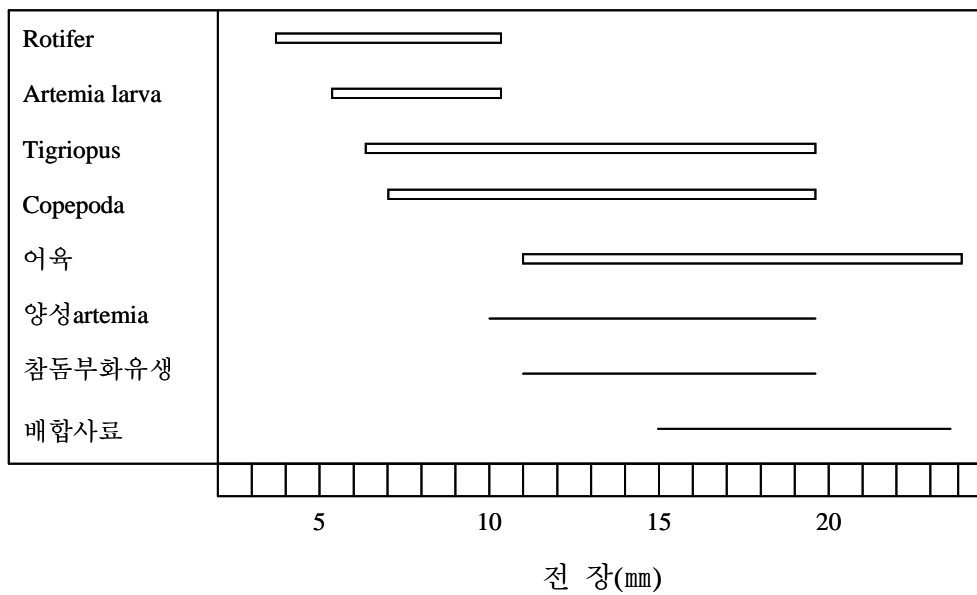
- 부화 직후의 자어는 평균전장 2.5 mm, 부화 후 4일에 난황은 거의 흡수되지만 유구는 약간 잔존한다. 수온 20℃에서 부화 후 5일째(평균 전장 약 3.5 mm)에 개구하여 로티퍼를 먹을 수 있다.
- 부화자어의 사육 적수온은 20℃ 전후이다. 로티퍼 단일 투여구와 요각류 등의 혼합구에서 성장 비교를 한 결과 15일째까지는 큰 차이가 없었지만, 30일째에는 먹이에 의한 차이가 나타나 요각류 투여구는 7~9 mm 되는데 비하여 로티퍼 투여구는 약 6 mm로 열세하였다. 조도차에 의한 사육에서는 초기에는 어두운 쪽이 양호한 결과를 나타내었다.
- 부화자어는 개구와 동시에 로티퍼의 섭이를 한다. 전장 4 mm까지는 로티퍼를 좋아해서 섭식하지만, 4 mm를 넘으면 알테미아 유생의 포식이 높게 된다. 알테미아 유생 포식의 최소형은 4.1 mm, 티그리오프스 포식의 최소형은 4.9 mm였다.

○ 초기성장

- 종묘생산 과정 중의 흑점줄전갱이 자치에의 초기성장은 부화 직후의 전장 2.5 mm에서 5일령에는 3.5 mm, 10일령 4.2 mm, 20일령 5.8 mm, 30일령 8.2 mm, 40일령 15.9 mm, 50일령 22 mm, 60일령 29 mm, 70일령 36 mm, 80일령에는 46 mm까지 성장한다.
- 부화 후 12일째인 평균전장 4.6 mm에서 鰓骨이 발달하여 알테미아 섭식 가능하며, 부화 후 28일이 경과된 평균전장 8.8 mm에서는 각 지느러미 기조수가 정수에 달한다.
- 한편, 종묘생산 과정 중의 감모 요인으로는 10일령 이후가 되면 부레 부분에 기포가 크게 되어 자어는 수면으로 부상하여 유영하면서 폐사에 이르는 현상이 발생하는 경향이 있다. 또, 영양결핍증이라고 생각되는 흑변어의 발생도 보이고, 특히 요각류인 *Tigriopus*를 투여할 경우에

광분 등의 이상이 보이고 폐사하는 개체가 속출한다는 보고가 있다. 실험 관찰의 결과에 의하면, *Tigriopus*의 노플리우스 유생이 자어의 체표, 구강내, 새궁 위에 대량으로 부착하게 되어 그 자극에 의한 것으로 생각된다.

그림 2. 흑점줄전갱이의 먹이계열(島 등, 1985).



양성 방법

○ 양식상의 특징

- 흑점줄전갱이는 일반적으로 고수온에 성장이 우수한 반면 저수온에 약한 편으로 양식을 위한 사육 적수온은 18~28℃ 범위로 보고되고 있고 최적수온은 24℃ 내외이다. 본 어종은 8℃ 이하에서는 폐사에 이르기 때문에 우리나라에서 양식 해역은 상당히 제한적이라 볼 수 있다.
- 양식상의 장점

- 고급 해산어종으로서 양식 과정 중에 생존율이 높고, 부가가치가 높음
- 어미 사육과 자연산란에 의한 완전 종묘생산 기술이 확립되어 있음
- 양식과정 중 자연에 방류되어도 연안 생태계에 영향 없음
- 질병에는 비교적 강한 편임
- 취급시 마찰 등에 다소 약하고 적조에도 약한 편임

● 양식상의 단점

- 월동 가능 해역이 제한되어 양식 적지가 적음
- 어미 사육관리가 비교적 어려운 편임
- 성장이 비교적 늦은 편임
- Virus (특히 VNN)에 의한 피해가 보고되고 있음

○ 양식 연혁

- 일본에서의 흑점줄전갱이 양식은 1965년부터 시작되었으나 이때까지의 양식 방법은 400~600 g의 미성어를 어획하여 1 kg 이상으로 성장시켜 상품가치를 높이는 방법으로 양식되었다. 본격적인 양식은 자연산란에 의한 대량 종묘생산이 성공되면서 현재에 이르고 있다. 양식 장소는 千葉縣, 静岡縣, 三重縣, 和歌山縣, 高知縣, 大分縣, 宮崎縣 등 겨울 수온이 12℃ 이상 유지되는 현을 중심으로 양식되고 있다.
- 본 종에 대한 양식 통계는 1970년대 중반부터 이루어졌고 1975년도에 100톤 내외 생산되기 시작하여 현재는 2,000톤 내외를 생산하고 있다. 종묘생산은 1980년대 중반에 50만 마리, 1990년대 중반에 500만 마리 생산하였고, 현재 300만 마리 내외를 생산하고 있다.

○ 양식 예

- 2월에 부화, 4월에 FL 3~4 cm, 체중 0.5~0.9 g, 12월말에 FL 20 cm(19~21), 체중 180 g(130~190)으로 성장한다. 5월에 FL23~24 cm, 체중 260 g의 2년어는 12월말에 FL 32~33 cm, 체중 800 g에 달한다.

따라서 1 kg으로 출하하기에는 만2년이 소요되고 2 kg으로 출하하기에는 만 3년이 걸린다. 또, 양식 중 병해의 발생은 볼 수 없었고, 생존율이 높았다. 또한 펠렛의 사용도 가능하다.

- 해상가두리 (4×4×3 m)를 이용하여 1985년 4월 11일 평균체장 6.4 cm, 평균체중 3.2 g의 치어 409마리를 수용하여 1986년 1월 17일까지 사육한 결과 평균체장 29.8 cm, 평균체중 782.8 g으로 성장하였다. 사육기간 중의 수온은 18.5~27.2℃범위였고, 사육 기간 중에 실험어를 대상으로 한 가랑이 체장과 체중의 관계는 $W=0.0165L^{3.1408}$ ($r=0.9175$)로 나타낼 수 있었다.
- 한편 1년어 성장은 사육 해역의 환경에 따라 상당한 차이를 보여 近畿大學에서의 보고에 의하면 평균체중 330 g 성장까지 성장한 바 있으나, 長崎縣에서는 평균체중 180 g, 小笠原諸島에서의 사육 예에서는 평균체중 783 g까지 성장 결과를 보고하고 있다.
- 수온에 따른 섭식 활동을 보면, 18℃ 이상 수온에서 활발하여 0.6%의 일간 성장률을 보이지만, 15℃ 이하에서는 섭식 활동이 둔화되고 12℃ 이하에서는 섭식 활동을 중지한다고 보고하고 있다.

○ 질병 및 대책 요약

- 小川 등 (1986, 1991, 1992, 1994)
 - 방어, 참돔, 넙치, 자주복 및 흑점줄전갱이의 발병 상태 분석
 - 다른 어종에 비해서 질병에 매우 강함
- 古田 등 (1995)
 - 계절별 질병 발생 상태 분석
 - 발병률은 고수온기에 높고 저수온기에 낮음
- Virus성 질병
 - VNN 및 이리도바이러스가 보고됨

- VNN (Viral Nervous Necrosis, 바이러스성신경괴사증)
 - 1984년부터 흑점줄전갱이 자치어에서 대량 폐사가 보고됨
 - 1989년에는 대량 폐사가 보고됨
 - Arimoto et al (1991) : 수직 감염 결과라고 보고
 - 증상: 체색흑화, 수면 유영 후 폐사

기 타

흑점줄전갱이에 대한 양식은 현재까지 일본에서만 이루어지고 있지만, 최상의 table fish 중 하나이다. 일본에서는 1974년 58톤 생산이 처음 양식생산량으로 漁業·養殖業生産統計年報에 기재되었으며, 1997년에는 2,217톤을 양식 생산하였다. 종묘생산은 일본 국공립 시험장 총생산량이 1,435.3천 마리(1993년)에 이르고 있다.

표 5. 일본에서의 흑점줄전갱이 양식 생산량

년 도	생산량(톤)	년 도	생산량(톤)
1990	1,368	1995	2,653
1991	1,758	1996	2,343
1992	1,853	1997	2,217
1993	2,183	2001	3,396
1994	2,391	2002	2,931

※ 자료 : 平成9年 및 14년 漁業·養殖業生産統計年報. 農林水産省統計情報部

본 어종은 생선회나 초밥에 사용되는 고급어로 봄에서 여름에 맛있으며, 생강을 양념으로 하면 각별하다. 옛날에는 환상의 생선이라고까지 전해지고 있다. 근년에 양식이 성행되어 대중화되었으며, 양식산은 자연산보다 몸이 희고 부드러우며 지방 함유율도 많다. 자연산은 몸이 약간 붉어 핑크색을 띠는 특징을 하고 있다.

유사종으로 이 종과 아주 근연종인 sand trevally(*Pseudocaranx wrighti*)와의 혼동이 있는데, 그러나 두 가지의 미묘한 차이가 있다. 하나는 skippy가 아가미 뚜껑 위에 약하지만 크고 검은 점이 있으며, 또 하나는 측선 위에 더욱 작은 비늘이 있다는 것이다. 측선 비늘 수는 skippy는 96~115개이나 sand trevally는 단지 67~79개이다.

참 고 문 헌

- 農林水産省統計情報部, 1999. 平成9年 漁業・養殖業生産統計年報.
- 農林水産省統計情報部, 2004. 平成14年 漁業・養殖業生産統計年報.
- 大島泰雄編, 1969. 水産養殖 ハンドブック. 水産社.
- 大分縣水産試験場, 1980. 昭和54年度指定調査研究総合助成事業-シマアジ種苗生産研究. 1-14.
- 原田輝雄, 1986. シマアジの養殖-シマアジ養殖の現状と問題點. 養殖, 48-51.
- 社団法人 資源協會, 1986. 淺海養殖. pp 648.
- http://japan.hanmir.com/j2k.cgi?url=www.suinaka.or.jp%2Fagyoufish%2Fsimaa_ji.html&x=20&y=15
- <http://www.hawaii.gov/dlnr/dar/pubs/bfishfacts.pdf>
- <http://www.fishbase.org/Summary>
- http://www.fishingbeautifulplaces.com.au/fish_trevally.htm

<http://www.koreansociety.com.au/Fishing/salt/trevally.shtml>

<http://www.seafriends.org.nz/enviro/fish/jack.htm#trevally>

http://www.sportsfishaustralia.com.au/fish_file/saltfish/trevallysilver.asp

<http://www.vdotsyto.com/encyclopedia/html/result.cfm?ID=27>

<http://www.velafishing.co.nz/species/trevally.html>

<http://www.westernangler.com.au/resource/fishguide/silvertrevor.htm>

대서양연어

명 칭

- 학 명 : *Salmo salar*
(Linnaeus, 1758)
- 영 명 : Atlantic salmon
- 일 명 : 大西洋サケ



분류학적 위치

Class	Actinopterygii	조기(條鰭) 綱
Order	Salmoniformes	연어 目
Family	Salmonidae	연어 科
Genus	Salmo	연어 屬

형태적 특징

대서양연어의 형태적 특징은 그들의 서식장소, 연령 그리고 성숙행동에 따라 달라지며 복잡하고 다양한 생활사를 가지고 있다. 등지느러미 극조수는 3~4개, 연조수는 11~15개이고, 뒷지느러미 극조수는 3~4개, 연조수는 7~8개이고, 척추골수는 59~60개이다.

○ 서식환경 및 성장에 따른 형태 변화

- 해양 생활 : 대서양연어의 smolt, post-smolt, 미성어의 등쪽은 파란색, 녹색 또는 갈색을 띠고 몸 측면과 배쪽은 은빛색이다. 몸 위쪽에는 여러 개의 X 모양의 검은 마크나 점이 있다.
- 담수 생활 : 대서양연어 체색은 적갈색이고 때로는 머리와 몸에 붉은 색의 점이 있다.
- 산란기 수컷 : 체색은 갈색과 적색의 혼인색으로 변하고 아래 턱이 구부러지는 특징을 나타낸다.
- 산란 후의 어미(kelt) : 체색이 아주 검게 변하고 일부는 폐사한다.
- 담수에서의 parr : 8~11개의 세로의 검은 띠가 몸 측면에 존재하고 띠 사이에 붉은 점이 산재한다.
- Smolt : 길이는 12~20 cm로서 체색은 은빛색이고, 브라운송어, 무지개송어와 쉽게 구분이 안 된다.

분포와 서식환경

○ 분포

- 대서양연어는 유럽의 북동 해안의 강에서 기원하였고 주로 스칸디나비아반도와 Great Britain에 분포한다.
- 종으로서의 대서양연어는 2천만년 이상 된 종이고, 빙하기 말에 노르웨이에 새로운 종으로 나타났다.
- 대서양연어는 북대서양과 연안의 강 그리고 러시아, 포르투갈, 아일랜드, 그린랜드의 일부를 포함하는 해양에서 발견된다.
- 캐나다와 미국에 있어서는 북부 Quebec과 Labrador에서부터 Connecticut강에서 발견되었으나, 남획과 서식지의 파괴로 인해 대서양

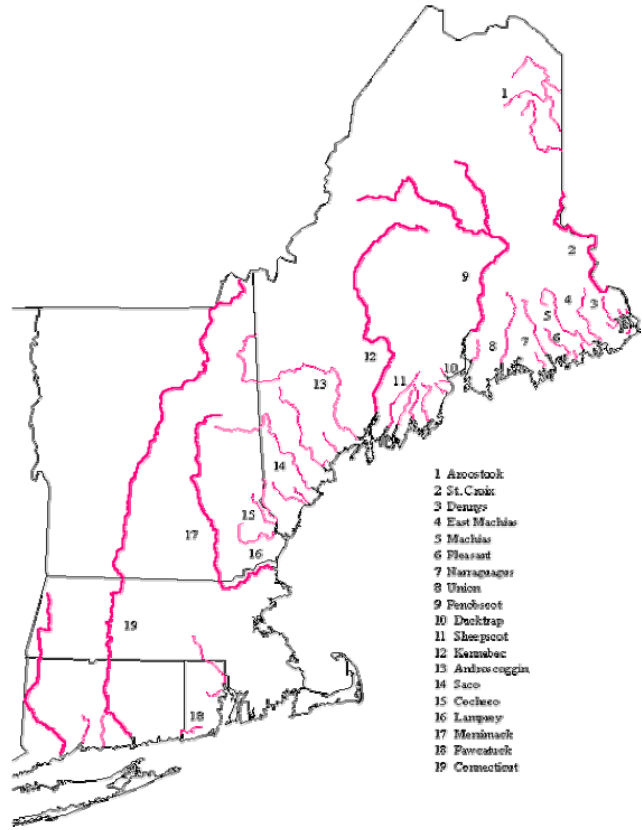


그림 1. New England에 있어 연어가 소상한 강.

연어의 기원 범위와 개체수가 예전보다 많이 감소하였다.

- 대서양연어의 육봉형 개체군은 Newfoundland, Labrador해, Quebec과 같은 동부 북미의 호수에 서식하고 있다.
- 소하성 어류인 대서양연어는 Hudson 강 북쪽의 거의 모든 주요한 연안에 인접한 강에 출현한다. Beland(1984)는 Maine강에 한때는 최소한 34개의 대서양연어 개체군이 있었다고 보고했다. 미국에 있어 대서양연어의 역사적인 자연 서식지 범위는 남쪽으로 Housatonic강에서부터 북쪽으로는 St. Croix 강까지였으며, New England에 있어 19개의 역사적으로 중요한 강을 그림 1에 나타냈다.

- 소하성 어류인 대서양연어는 상업적 어업에 아주 중요한 어류였으나 유럽을 제외한 곳에서는 어업이 중단되었으며, 현재 대서양연어의 상업적 생산의 94%는 양식에 의해 생산된다.
 - 대서양연어에 관한 어획은 1800년대부터 낚시 스포츠라고 생각했고 지금은 자연 연어 자원이 경제적으로 중요하게 기여한다. 캐나다, 아이슬란드, 스코틀랜드와 같은 많은 대서양 지역에서는 대서양연어 스포츠 어업으로부터 경제적 수입을 얻고 있다. 1850년과 1970년 사이에 많은 대서양연어 개체군이 유럽과 북미의 산업적 오염에 의해 심각한 위기를 맞이했고 댐 건설로 인해 완전히 없어졌다. 그러나 캐나다와 유럽은 강 생태계를 조성하여 어느 정도 개선되었다. 대서양연어의 생태에 관해 담수에서는 많은 연구가 되어 있으나 그들의 생활사중 해양에 있어서는 많은 연구가 되어있지 않다.
 - 1800년 초 New England에 있어 대서양연어의 소상이 급격히 감소하였는데 어획, 수질 악화 그리고 산업혁명과 더불어 수력 발전소 건설과 같은 장애로 인해 회유는 큰 지장을 받았다. 회복 노력은 1800년 중반에 시작되었으나 댐과 비효율적인 어도로 인해 성공하지 못했다.
 - 자연산 대서양연어의 소상은 1865년 남부 New England에서 사라졌다. 연어의 소상은 Maine의 Kennebec 강의 남쪽 큰 강에 있어서도 같은 시기에 사라졌다. 19세기말 New England의 5개의 큰 개체군중 3개가 없어졌으며 분포의 남쪽 한계가 북위 2°, 동경 4°이동했다.
- 서식 환경
- 대서양연어는 하천에서의 산란과 유어의 성장, 바다에서의 넓은 색이 회유를 포함하여 비교적 복잡한 생활사를 가진다. 그 결과 그들의 생활사는 서식지의 형태와 성장단계에 따라 특별한 행동학적, 생리학적 변화를 거치며 여러 개의 독특한 단계로 나뉜다.

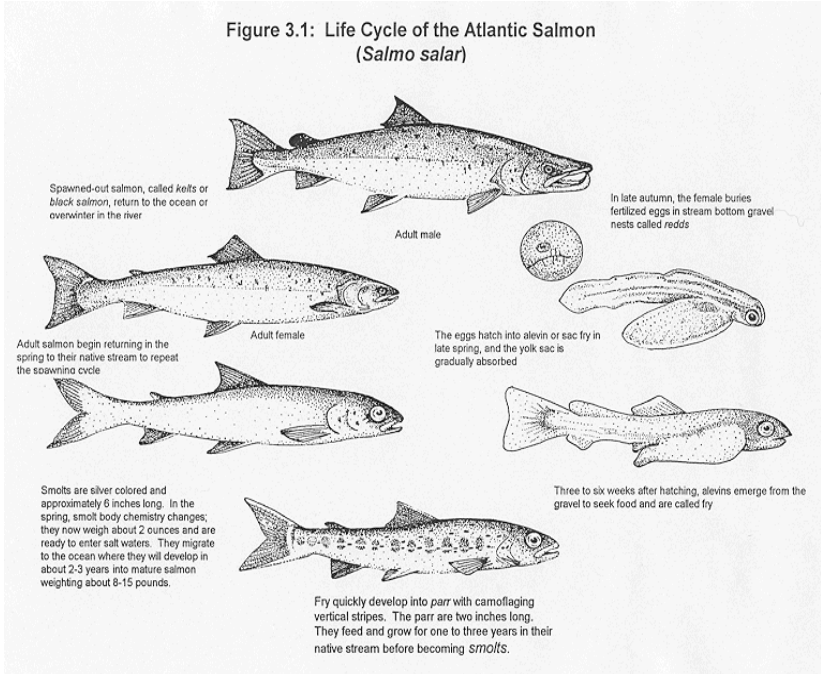


그림 2. 대서양연어의 담수와 해양에서의 생활사.

- 다음은 Mackenzie and Moring(1988), Bley and Moring(1988), Stanley and Trial(1995), 그리고 Baum(1997) 에 의해 밝혀진 미국의 강에서 기원한 대서양연어의 강과 해양 서식지에서 생활하는 동안의 생활사(그림 2)를 소개 하고자 한다.
- 강에서의 서식장소 및 서식환경
 - 대서양연어 어미는 봄부터 가을까지 New England의 강에 올라오는데 6월이 최성기이다. 봄에 일찍 돌아온 대서양연어는 산란기 전까지 약 5개월을 강에서 보내는데 여름에는 차고 깊은 소를 찾아 여름을 보낸다.
 - 강으로 돌아온 어미는 수온과 수량이 증가하면 상류로 올라가나 수온이 22.8℃이상이거나 DO가 5 ppm이하에서는 이동이 줄어든다(Decola, 1970).

- Parr는 수심이 약 10~60 cm, 유속은 초당 30~92 cm이고 자갈, 둥근 돌이 바닥에 깔린 얇은 여울을 좋아하며, 서식 수온은 16℃를 좋아하며 (Beland, 1984), 겨울동안 parr는 강바닥의 바위 밑에서 보낸다.
- 바다에서 2년을 보내고 모천으로 돌아온 어미(2SW)는 전장이 약 75 cm, 체중이 약 4.5 kg이다. 간혹 수컷 가운데에 바다에서 1년만 보낸 후 돌아온 크기가 좀 작은 것이 있는데 이것을 grilse라고 부른다. 때로는 3년을 보내고 돌아온 어미도 있는데 크기는 크다.
- Maine에 있어 grilse의 95~98%는 수컷인 반면 3년만에 돌아온 어미(3SW)의 55~75%는 암컷이다(Baum, 1997). 모천에 돌아온 어미는 상류로 이동하는 동안에는 먹이를 먹지 않으며 체색은 검게 된다. 산란은 10월 하순에서 11월에 이뤄진다.
- Maine의 대서양연어 약 20%는 산란 후 바로 바다로 돌아가거나 대부분은 강에서 겨울을 지내고 봄에 바다로 돌아간다. 담수에서 산란한 어미는 kelt 또는 black salmon이라고 부른다. 바다로 돌아간 kelt는 먹이를 다시 먹으며 체색도 은빛으로 바뀐다. 원기를 회복한 연어 가운데 일부는 바다에서 1~2년 더 살다가 "repeat spawner" 로 다시 모천으로 돌아온다. 따라서 대서양연어의 산란군에는 여러 연령 그룹이 포함되어 있으며 세대간에 유전적 교환의 어떤 수준을 지킨다.
- 좋아하는 산란 장소는 자갈 바닥으로 산란 후 묻은 알에 산소가 잘 공급되고 물의 순환이 적당한 곳이다(Peterson, 1978). 산란장소의 수심은 보통 30~61 cm이고 유속은 평균 초당 60 cm이다(Beland, 1984). 산란 장소는 종종 자갈을 통해 물이 스며 나오거나 지하에서 샘물이 솟아나는 하류의 얇은 여울 끝에 위치한다.
- 산란기 동안의 최적 수온 범위는 7.2℃에서 10.0℃이다(Jordan and Beland, 1981). 암컷은 꼬리를 이용하여 자갈을 파내 산란장을 만들고

거기에 산란한다. 한마리 또는 여러 마리의 수컷이 수정에 참가한다. 산란장의 크기를 보면, Maine에 있어서는 평균 길이가 2.4 m, 폭이 1.4 m이다(Baum, 1997).

- 암컷은 어체중당 1,500개에서 1,800개의 알을 가지고 있다. Maine의 대서양연어(2SW)는 평균 7,200개의 알을 산란한다. 산란기 동안 암컷의 체중 감소범위는 25~45%이다.
- 알은 3월말이나 4월에 부화되는데 이것을 alevin 또는 sac fry라고 부른다. Alevin은 산란장에서 6주정도 난황을 흡수하면서 지낸다. Alevin은 약 5월 중순에 자갈로부터 나오는데 이 때부터 활발한 섭이를 시작하는데 이것을 fry라고 부른다. 대부분의 fry는 밤에 산란장으로부터 나온다.
- Maine 강의 경우, 알에서부터 fry단계까지의 생존율은 8~35%의 범위라고 보고하였으며(Jordan and Beland, 1981; Meister, 1962; Baum, 1997), 생존율은 수류의 경사, 월동, 수온과 물의 흐름, 그리고 포식과 경쟁의 정도에 영향을 받는다.
- Fry는 parr단계로 들어서면 그들의 몸에 수직 띠(parr mark)가 나타나는데 이는 위장을 하기 위한 것이다(Jones, 1959). Fry에서 parr까지의 생존율은 28~44%이다.
- Parr는 전장이 4~10 cm이고 체중은 10~100 g이고, 하천에서의 초기생 활동안 대서양연어는 바위나 식물식생에 의해 은신처를 제공받는다.
- Parr는 수심이 약 10~60 cm, 유속은 초당 30~92 cm, 그리고 서식 수온은 16℃를 좋아한다(Beland, 1984).
- 대서양연어의 생활영역 본능은 fry 단계에 처음 나타나서 parr단계로 성장하면서 좀더 심해져 자기의 생활영역을 활발히 방어한다(Danie et al., 1984; Mills, 1964; Kalleberg, 1958; Allen, 1940).

- 어떤 수컷은 parr로 성숙이 되어 모천으로 돌아온 암컷의 산란에 성공적으로 참여한다. 이러한 수컷을 'precocious parr'라고 하며 수온 (Elliot, 1991), parr의 밀도 (Randall, 1982), 광주기(Lundquist, 1980) 그리고 경쟁과 포식의 수준 (Hearn, 1987; Fausch, 1988)뿐만 아니라 먹이 공급 등이 parr의 성장률에 영향을 미친다.
- Juvenile은 하루살이류, 날도래류와 진디 등에 같은 수서곤충의 유생과 수서 환형동물, 연체동물 뿐만 아니라 하천으로 떨어지는 수많은 육서 무척추동물을 먹는다(Scott and Crossman, 1973).
- Parr는 2번째 또는 3번째의 봄이 되면 길이가 12.5~15.0 cm로 성장하는데 생리학적인 변화, 형태학적, 행동학적 변화가 일어난다(Schaffer and Elson, 1975). 이 과정을 "smoltification" 이라고 부르는데 parr는 해수로 이동할 준비를 하고 바다 생활을 시작한다. Maine에 있어 parr의 대부분(80%)은 2년을 담수에서 보내는 반면 나머지는 3년 동안 남아 있다. Parr에서 smolt까지의 생존율은 35~55% 범위이다.
- Juvenile은 parr mark가 소실되고 체형은 유선형으로 되며 꼬리의 가랑이 부분이 명확한 은빛색으로 변한다. 생화학적이고 생리학적인 변화가 smoltification 동안 일어나며 담수에서 해수로 전환하면서 필요한 삼투압 조절의 갑작스런 변화에 대응한다(Bley, 1987; Farmer et al., 1977; Hoar, 1976; USFWS, 1989; Ruggles, 1980).
- Smolt로서 바다로 이동하는 시기는 4월부터 6월로 수온, pH, DO, 오염 정도와 포식 등의 변화와 싸우며 표층을 따라 이동한다.
- Maine에 있어 smolt의 크기는 13~23 cm이며, fry에서 smolt까지의 생존율은 약 1~12%이고 알에서 smolt까지의 생존율은 대략 1.25%이다.
- Martin(1995)과 Elliot(1991)는 대서양연어의 치사 수온이 담수에서는 27.8°C가 며칠동안 지속되나 32.9°C에서는 10분 만에 죽는다고 보고했다.

○ 해양에서의 서식장소 및 서식 환경

- 미국에서 기원한 대서양연어의 해양 생활사는 담수에 비해 밝혀지지 않았다. 해양 환경에 있어 대서양연어의 주요 연구 장애는 해양의 지리학적 범위가 넓고 연어의 밀도가 비교적 낮기 때문이다(Hislop and Shelton, 1993). 그러나 지난 10년간 대서양연어의 해양생태와 개체군 동태를 알기 위한 많은 진척이 있었다.
- 미국 대서양연어에 대해 해양에서 더 많은 정보를 얻기 위해 표지를 하거나 부착하였는데 지느러미 절단(1942~1962), Carlin표지(1962~1992), coded-wire tags(CWT)를 1985년부터 현재까지 하고 있다(Meister, 1984; NASCO, 1993). 이러한 연구를 통해 과학자들은 해양

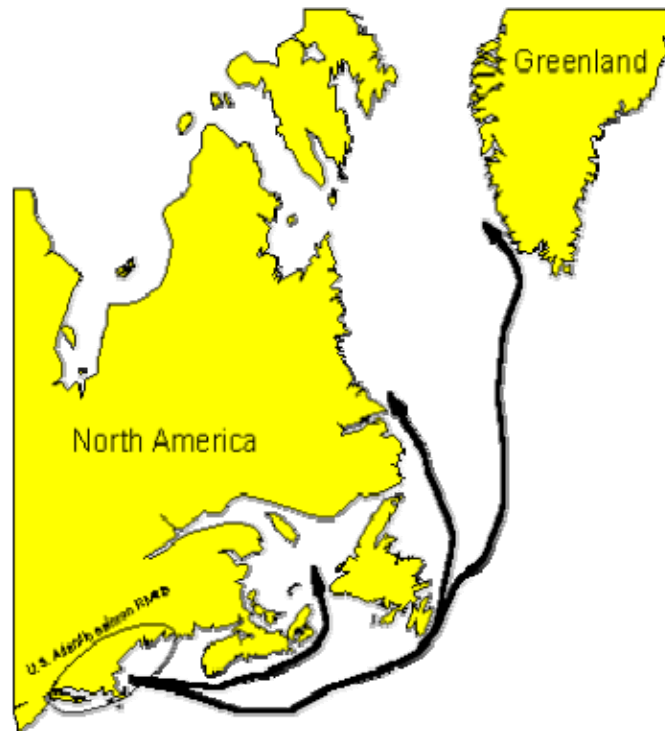


그림 3. 미국 기원 대서양연어의 해양에 있어 회유경로.

에서의 미국 대서양연어의 이동과 이용에 대해 많은 정보를 얻었다.

- 또한, 과학자들은 해양환경에 있어 자연 폐사와 해수 표면수온과 같은 비생물적인 요소간의 관계를 발견했다.
- 미국 기원의 연어는 크게 이동하여(그림 3) 미국의 강 하구에서부터 북서대양까지 긴 회유를 한다. 해수에서 생리학적으로 완전히 적응이 되면 post-smolt는 빨리 성장을 하고 작은 군집을 이루어 이동하고 표면 가까이에 자유롭게 무리를 형성한다(Dutil and Coutu, 1988).
- Post-smolt의 단계는 대서양연어의 생활사 중 이해하기 어려운 단계로 어획은 큰 성어를 대상으로 하기 때문이고 St. Lawrence만의 post-smolt는 처음 여름을 이 근처에서 보내며, 가을이 되어 연안의 수온이 낮아지면 외해로 이동한다.
- Post-smolt는 해양 환경에 진입하면 표층에서 먹이를 찾는다. 그들의 먹이는 무척추동물, 이각류, euphausiid, 그리고 어류이며 성장을 하면서 어류의 양이 주를 이룬다. 대서양연어의 post-smolt는 크기가 작기 때문에 대구, 민어, 가마우지, 오리, 제비갈매기, 갈매기, 그리고 많은 포식자에 의해 잡아먹힌다. 바다에서의 post-smolt의 월동에 관한 정보는 한정되어 있다. 이 시기동안 성장은 거의 없고 겨울동안 계군의 위치도 불명확하다. 북미의 계군은 Fundy만에서 월동을 한다. 대부분의 미국 기원 대서양연어는 모천으로 돌아오기 전 바다에서 겨울을 2번(2SW)보낸다. 월동한 대서양연어는 주로 빙어과 어류, 청어 그리고 까나리 같은 어류를 먹는다.

생태적 특성

○ 성장

- 수정란 : 대서양연어의 암컷은 3~14개의 산란장을 만들고 산란장 내에는 2,000~10,000개의 알이 들어 있다(그림 4).
- Alevin : 암컷은 깊이 12~25 cm에 알을 묻는다. 알의 발생은 약 110일 정도 걸리는데 캐나다에서는 4~5월에 alevin으로 부화된다. 부화된 alevin의 평균 크기는 15 mm이고 6주 후에 난황이 흡수되는데 그 때까지 자갈 속에서 지내며, 5월 또는 6월에 alevin은 fry로서 자갈에서 빠져 나온다(그림 5).
- Fry : 자갈로부터 빠져나온 fry의 평균 크기는 전장 25~26 mm, 체중은 0.12~0.13 g이고 일간 성장률은 0.024 mm이다. Fry는 강기슭을 따라 유속이 느린 곳에서 작은 군집을 이루고 작은 수서 곤충과 동물 플랑크톤을 먹는다. 약 한달 후 fry는 parr로 성장하고 강바닥을 활동 범위로 먹이 경쟁을 하며 서식한다(그림 6).



그림 4. 대서양연어의 발안란



그림 5. 대서양연어의 Alevin.



그림 6. 대서양연어의 Fry.

- Parr : Parr는 생활영역을 형성하고 다른 parr로부터 자기 생활영역을 지키고 크기가 커 갈수록 생활영역의 크기도 커진다. 대서양연어 parr는 탐욕스럽고 기회주의의 약탈자이며, 일반적으로 대부분의 수서 곤충과 육서곤충을 포함한 같은 먹이 자원에 대해 경쟁을 하고 경쟁자들은 수온이 높을수록 경쟁이 심해진다. 그들의 식욕에도 불구하고 parr는 성장이 빠르지 않다(그림 7). Parr는 담수에 머무는 기간이 1년에서부터 9~10년으로 다양하여 연간 성장률도 1.5~15 cm/년이다. Atlantic Canada에 있어 대부분의 대서양연어가 소상하는 강의 parr는 12~17

cm가 되면 smolt크기가 되고 2~3년생이 되면 바다로 강하 회유한다.

- Smolt : Parr에서 성장하여 smolt가 되면 그들은 parr mark를 소실하고 체색은 연노란색이 되며, 해양 환경에 진입할 준비로 체형은 유선형이 되고 체색은 은빛색으로 변한다. 봄에 완전히 smolt가 되면 3~6주간 적응하여 바다를 향해 회유한다. Smolt의 바다로 향한 회유는 'smolt window'기간 동안에는 빠르고 바다로 내려가지 않은 것은 몇 주 후에 smolt의 특징을 소실한다(그림 8).

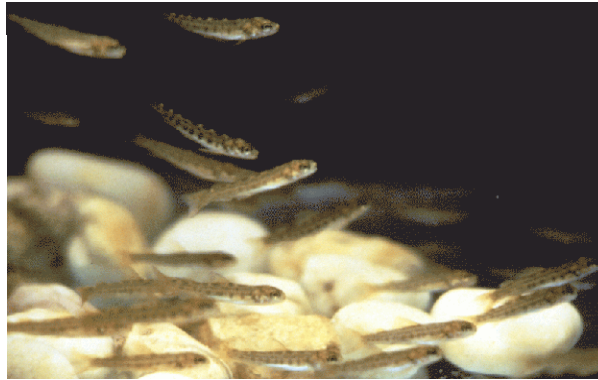


그림 7. 대서양연어의 Parr.



그림 8. 대서양연어의 Smolt.

- Marine : Smolt 후 대서양으로 들어간 연어는 Labrador해, 노르웨이 해, 그린랜드의 연안과 같은 북쪽으로 빨리 이동한다. 바다에서 post-smolt의 회유는 하루에 약 5~8 km로 늦어진다. Post-smolt는 가을이 되면 보통 2,000 km 회유하는데 약 100일이 소요되고 북미의 Labrador해 또는 유럽의 노르웨이 해에 도달하며 겨울에는 북대서양을 선회한다. 9월이 되면 post-smolt의 길이는 평균 39 cm이고 회유거리는 하루에 20 km로 증가한다(그림 9).

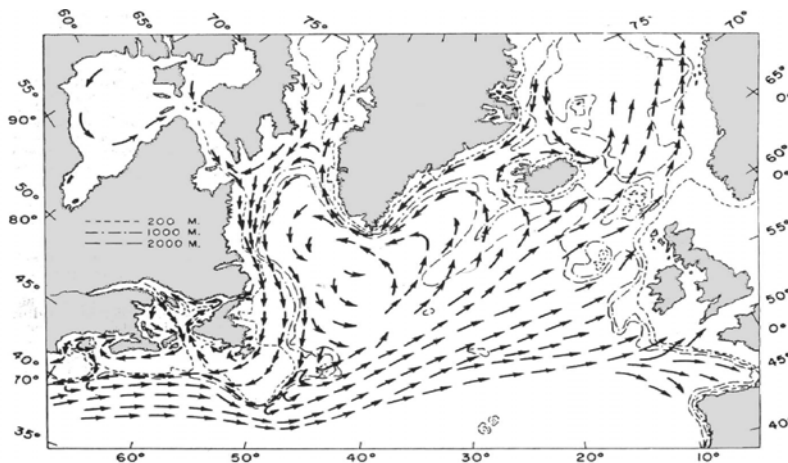


그림 9. 해양 생활 기간의 회유경로.

- 첫 번째 겨울 : Post-smolt는 바다에서의 첫 번째 겨울동안 북미와 유럽사이에 있는 그린랜드의 북대서양 표면에서 10 m 수층과 표층의 중층동물을 먹는다. 어떤 연어는 두 번째 겨울을 바다에 남아있는 반면 어떤 것은 바다에서 첫 번째 겨울을 보낸 후 모천으로 돌아온다. 이렇게 돌아온 연어를 grilse라 부르고 북미에서는 6월과 11월 사이에 모천으로 돌아오고, 유럽의 강에서는 연중 돌아온다.

- 두 번째 겨울 : 두 번째 겨울까지 남은 연어는 늦은 여름동안에는 하루 약 8 km씩 북쪽으로 이동하고 일반적으로 그린랜드의 서부 연안을 따라 이동하거나 때로는 노르웨이해의 아이슬랜드와 유럽의 동쪽으로 이동한다. 두 번째 겨울의 9월과 11월 사이에 보다 높은 위도에 도달하면 겨울을 지내기 위해 좀 더 따뜻한 남쪽의 Labrador해와 Faroes연안에서 먹이를 먹는다. 바다에서 두 번 겨울을 보낸 거의 모든 2SW 연어는 산란을 위해 모천으로 돌아가고 극소수는 세 번째 겨울을 보낸다. 대서양연어의 2SW의 평균 길이는 70~80 cm로 산란을 위해 돌아오고 바다에서의 성장률은 매년 30~50 cm이고 암컷이 69%를 차지한다. 겨울을 한번 보낸 것 중에는 암컷의 비율이 낮다.
- 모천 회귀 : Grilse와 2SW 어미는 생리학적으로 parr의 상태로 복귀되어 모천으로 돌아오고 몸의 은빛은 소실되고 갈색과 적색의 혼인색으로 바뀐다. 그들의 비늘은 더 이상 탈락되지 않고 근육층 속으로 묻힌다(그림 10).



그림 10. 대서양연어의 자연산란 광경.

○ 생존율

- 대서양연어의 해양에서의 생존율은 매년 크게 변하나 북미에 있어서는 1985년 이전에는 평균 5~20%이고, 유럽에서는 조금 높은 30~40%이다.
- 대서양연어의 상업적 어획이 금지되었으나 대부분 유럽과 북미의 강에서는 여전히 생존율이 감소되고 있다. 북미로 돌아온 대서양연어의 평균 회귀율은 약 0.4%이다. 해양에서의 생존율 감소에는 다음과 같은 많은 요인이 있다.

① 양식

② 오염에 의한 먹이 공급의 부족

③ 해수 표면 수온의 변화

④ 캐나다의 바다표범 사냥의 감소와 고래 어획의 폐지 이후 해양 포유동물의 양적인 증가

⑤ 불법어업 등인데, 불법어업은 개체군을 감소시키는 원인이 되고 회귀율의 감소를 초래한다.

○ 성숙

- 대서양연어의 일반적 크기를 보면, 산란을 위해 모천으로 돌아온 어미의 평균 크기는 전장이 약 75 cm, 체중은 약 4.5(2.7~6.8) kg이고 이중 70%는 암컷이고 나머지 30%는 수컷이다. 그리고 2SW의 연어는 전장이 68 cm와 83 cm 사이가 전체의 69%를 차지한다.
- Fry와 소형 parr, 그리고 대형 parr의 평균 가랑이체장은 각각 48, 77, 105 mm이다.
- 생물학적 최소형은 바다에서 1년만에 성숙하여 돌아오는 것이 있는데 이것을 'grilse'라고 부르는데 전장이 평균 58.3 cm, 체중이 1.4~2.7 kg이고 이중 9%는 암컷이고 91%는 수컷이다.
- 상업적 크기는 해상 가두리에서 1~2년(18개월) 사육하면 5 kg 이상의

크기로 성장하는데 보통 6 kg 이상을 상품으로 판매한다.

- 최대크기를 보면, 현재까지 가장 큰 것으로 기록된 것은 노르웨이의 Tana강에서 포획된 것으로 35.89 kg이고, 전장은 150 cm이다.
- 대서양연어의 수명은 담수에서 약 3년(때로는 2~8년), 해양에서 1~4년을 보내는데, 현재까지 알려진 최대 수명은 13년이다.

○ 산란

- 산란기 : 산란은 10월 하순에서 12월에 이루어지며, 산란 장소는 자갈 바닥으로 알에 산소가 잘 공급되고 물의 순환이 적당한 곳이다 (Peterson, 1978).
- 산란장소 : 산란장소의 수심은 보통 30~61 cm이고, 유속은 평균 초당 60 cm이며(Beland, 1984), 산란장소는 자갈을 통해 물이 스며 나오거나 지하에서 샘물이 솟아나는 하류의 얕은 여울 끝에 위치한다.
- 산란수온 : 산란기 동안의 최적 수온 범위는 7.2°C에서 10.0°C(Jordan and Beland, 1981)이다.
- 방란수 : 암컷은 어체중당 1,500개에서 1,800개의 알을 가지고 있으며, 평균 7,200개의 알을 산란한다.

○ 식성

- 담수에서 fry는 작은 수서 곤충과 동물성 플랑크톤을 먹으며, juvenile은 하루살이류, 날도래류와 진디 등에 같은 수서 곤충의 유생과 수서 환형동물, 연체동물 뿐만 아니라 하천으로 떨어지는 수많은 육서 무척추동물을 먹는다(Scott and Crossman, 1973).
- 바다에서의 먹이는 주로 어류인데 빙어과 어류, 까나리, 청어 그리고 무척추동물, euphausid, amphipod와 같은 대형 동물성플랑크톤을 먹으며 성장하고 성장함에 따라 어류의 양이 주를 이룬다.

○ 해적생물

- 대서양연어의 post-smolt는 크기가 작기 때문에 대구, 명태, 참치, 황새치, 상어, 민어, 연어류 등의 어류와 가마우지, 오리, 제비갈매기, 갈매기 등의 조류와 그 외 많은 포식자에 의해 포식된다.
- 포식과 경쟁은 대서양연어의 개체군에 큰 영향을 미친다. 대서양연어의 알은 대서양연어의 암컷에 의해 산란 후 묻으면서 일부는 내밀리고 흰뺨오리, 브룩송어, 대서양연어 parr에 의해 먹힌다(White, 1939a).
- Fry와 parr는 브라운송어, 브룩송어, 뱀장어, 모케(대구과의 민물고기), 강꼬치고기, 배스, 농어류, 물총새, 왜가리, 바다비오리, 올빼미, 수달, 밍크 등에 의해 포식된다(White, 1936; White, 1939a, 1939b; Godfrey, 1957; Kalas et al., 1993; Amiro, 1993).
- Smolt는 강꼬치고기, 배스, 모케, 바다비오리류, 물수리, 갈매기, 등에 의해 포식된다. 줄무늬 배스는 하구와 연안에 있는 대서양연어의 smolt를 포식하는데 1997년에 41마리의 배스 위 내용물을 조사한 결과 대서양연어 smolt가 32마리로 우점종으로 나타났다(USASAC, 1999). 따라서 대서양연어의 생활사에 있어 담수에서 해수로 적응하는 기간이 가장 위험한 순간이며, 바다에서 첫 번째 겨울을 보내는 post-smolt는 바다송어 뿐만 아니라 대구, 명태 같은 대구과 어류와 바다표범에 의해 포식된다(Rae, 1966, 1967, 1969; Hvidsten and Lund, 1988).
- 먼 바다에서는 상어, 홍어과 어류, 대구과 어류 그리고 대서양 대구에 의해 포식된다(Hislop and Shelton, 1993). 모천으로 돌아오는 어미의 포식자는 연안의 바다표범, 회색 바다 표범 등 바다표범 종류들이다. 특히 회색 바다표범은 어업인과 양식장에도 큰 피해를 준다.

○ 경합생물

- 경쟁에 관한 연구는 대부분 연어 종들간의 상호작용에 초점을 맞추었

다(Hearn, 1987; Fausch, 1988).

- 연어 종간의 상호작용 행동은 분리된 생활영역 방어와 지배 계급의 확립에 의해 폐사율이 증가했고 성장은 감소하였다(Fausch and White, 1986).
- 대서양연어와 다른 연어 종간의 상호작용은 주로 브룩송어와 때로는 브라운송어와 상호관계가 제한 되어있다. 이러한 상호작용은 대서양연어와 브룩, 브라운송어의 개체군을 매년 변동시킨다.
- 강과 하구는 어류와 새 그리고 포유류 같은 다양한 집단이 서식하는데 먹이와 서식장소에 대해 연어와 경쟁을 한다.

○ 자연산 대서양연어의 위기

- 양식장과 부화장에서 빠져나온 대서양연어는 Maine강 연안에 살고 있는 자연산 대서양연어 개체군에 위협적인 존재이다.
- 양식장에서 빠져나온 연어는 자연산 연어의 산란장을 파괴하고 먹이와 서식지에 대해 상호경쟁하고 자연산 연어와 교잡을 하고 질병이나 기생충을 옮기고 이로 인해 자연산 연어의 서식지가 감소된다(Clifford, 1997; Youngson et al., 1993; Webb et al., 1983).
- 노르웨이의 경우 가두리로부터 빠져나간 연어의 수는 자연산 연어의 수보다 많다(Gausen and Moem, 1991). 1997년 노르웨이의 30개 강을 조사한 결과 26개의 강에서 양식산 연어가 발견되었다.
- 1992년과 1997년 사이에 자연산과 인공부화 방류한 치어가 어미가 되어 캐나다 Maritime으로 돌아온 어미는 각각 115,000마리와 229,000마리였다.
- 같은 기간동안 Fundy만의 가두리 양식장의 연어수는 15,000,000마리가 넘었다. 이 숫자는 북대서양에 있어 양식된 어류의 25~40%를 차지했다. 1994년에는 New Brunswick에서 20,000마리에서 40,000마리의 양식

연어가 빠져 나갔는데 이것은 그해 Nova scotia와 New Brunswick으로 돌아온 자연산 연어의 양과 같았다. Maritime에서 양식이 시작된 이후 New Brunswick과 Nova scotia의 14개강에서 양식장에서 빠져나간 연어가 발견되었다(DFO, 1998).

- Magaguadavic 강으로 돌아온 어미의 90%는 양식산이었다.
- 또한 미국의 St. Croix, Penobscot, Dennys, East Machias, Narraguagus강의 양식장에서 빠져 나오거나 방류된 연어가 발견되었다 (Baum, 1991). 1994년과 1997년에는 Dennys 강으로 소상한 연어의 89%와 100%가 양식장에서 빠져나온 것이었다.
- 자연산과 양식산 연어간의 유전적인 상호작용은 지역적인 적응을 파괴시키고 계군의 생존과 특징을 위협하여 자원을 감소시킨다.
- 양식산 연어 종묘의 생존율 자연산 연어보다 약간 낮다. 그러나 양식산 연어 종묘는 성장이 빨라 smolt 단계의 자연산 연어 강하에 방해를 준다(McGinnity et al., 1997).
- 자연산 대서양연어의 개체군에 있어 유행성 질병은 드물지만 높은 밀도에서 인공적으로 생산한 연어는 보유하고 있으며 위협적이다 (Saunders, 1991). 양식산 대서양연어는 박테리아, 기생충, 곰팡이 그리고 영양성 질병에 대해 영향을 받는다. 일반적으로 양식된 연어에 있어 질병의 발생은 고밀도로 양식을 하기 때문에 발생하며(Hastein and Lindstad, 1991), 감염성 질병의 발생과 전파도 연어 양식장에서 고밀도 사육에 의한 것으로 점점 증가하고 있다.

○ 해양 환경에서의 자연 폐사

- 해양 환경에 있어 자연 폐사에 영향을 미치는 4가지 요소는 포식, 기아, 질병 그리고 비생물적 요소이다. 해양생활동안 대서양연어의 생존율은 Bley와 Moring(1998)에 의해 연구되었는데 0~20% 범위였다.
- 미국 Penobscot 강의 회귀율은 1.5%이하로 Connecticut와 Merrinack 강은 더 낮다. 바다에서 겨울을 한 번 보내고 돌아온 계군의 회귀율은 좀 더 높다. 어떤 연구자들은 대서양연어 계군은 회유경로가 더 길기 때문에 해양에서의 생존율이 낮다고 한다(Bley and Moring, 1988).
- 특히, 미국 계군의 회귀율이 낮은 것은 비교적 회유 경로가 긴 결과라고 해도 좋을 것이다. 대서양연어의 북쪽 계군(Iceland와 Irish)은 전형적으로 생존율이 높고 회유 경로가 짧다. 이것은 회귀율이 이러한 계군의 지리적인 위치에 영향을 받으며 또한 smolt의 연령과 북쪽에서 남쪽으로 갈수록 감소하는 경향이 있다. 해수에서의 생존율은 담수에서의 생존율보다 훨씬 다양하다.
- Reddin(1988)은 West Arm Brook의 대서양연어 7개의 연급군에 대해 담수(알에서 smolt)와 해양(smolt에서 어미)에서의 생존율을 조사한 결과 전형적으로 해양에서의 생존율(5.51%)이 담수(1.67%)보다 높다는 것을 밝혀냈다.
- 따라서 대서양연어의 생산량이나 개체군의 변동은 매년 해양에서의 자연 폐사율뿐만 아니라 해양 환경에서의 자연 폐사의 평균 수준에 의해 결정된다. 최근 북미 대서양연어 계군의 회귀율은 감소하였으며, 가을과 겨울에 post-smolt의 생존율이 결정된다.
- 또한, 해수 표면온도는 대서양연어 생존에 중요한 영향을 미치고 해양에서의 분포에도 영향을 미친다(Saunders, 1986).
- 대서양연어는 보통 4~10℃의 수온 범위에서 가장 이상적인 성장을 하며, 생존율과 성장의 연간 변화는 해수 표면온도와 연관이 있다.

종묘생산 방법

○ 어미 사육 및 관리

- 종묘생산을 위한 대서양연어의 어미화는 담수에서 사육하여 3년(어체중 약 3 kg)이면 어미가 되며 어미는 수온 10℃의 차가운 물을 이용하여 사육하는 것이 알의 상태도 좋다. 대서양연어는 태평양연어와 달리 1회 산란 후 죽지 않으나 채란용 어미는 질병과 유전적인 문제를 고려하여 1회만 사용한다. 어미는 3년생, 4년생, 5년생이 있으며, 어체중당 채란량은 연령과 크기에 따라 다르나 평균 어체중당 2,500~3,000개의 알을 얻을 수 있다.

○ 부화 및 자치어의 담수 사육

- 수정란의 크기는 직경 4~6 mm이고, 부화기는 수직 드립식 부화기를 이용하는데 부화기는 가능한 한 차광이 되어야 하고 부화 자치어 시기도 어둡게 해주는 것이 좋으며 수온은 8~12℃로 관리하는데, 발안되기 전에는 4.5~5℃로 관리하고 그 이후는 수온을 7℃로 높여 관리한다. 수온이 높은 부화용수는 부화시기를 단축시키나 기형어 발생을 일으키는 큰 요인이 되는데 부화초기에 가장 큰 영향을 받으나 발안난 이후에도 나타난다. 따라서 수정란의 관리는 부화까지 8℃ 또는 그 이하로 유지해야 된다.
- 부화용수는 여과기와 자외선 살균기를 거친 지하수를 이용하며 수정률은 80~88%이고 발안율은 75%이고, 발안난의 적산수온은 350℃이며 부화는 500~520℃ 이다.
- 부화자치어의 크기는 0.19 g이고 난황을 흡수(부화 후 적산수온 330~400℃)하고 나면 먹이붙임 사료를 공급하는데 이 시기에는 수온을 8℃에

서 12℃로 점차 높여준다. 초기에는 바닥에 가라앉아 먹이를 먹는데, 대서양연어 치어는 먹이 붙임 초기에 무지개송어보다 민감하여 분말사료 등에 의해 아가미 염증이 생길 수 있으므로 사육지는 항상 깨끗이 유지해야 한다. 먹이붙임 사료는 크럼블로 된 사료를 공급하고 때때로 분말을 공급한다. 먹이붙임 시기부터 3, 4개월 동안은 24시간 불을 켜 주어 활발히 움직이도록 관리하며 그 이후는 18시간, 14시간, 12시간에 서서히 적응 후 자연조건과 같은 상태에서 사육 관리한다.

- 부상 치어에 있어 가장 중요한 요인은 먹이로서 태평양연어와 달리 높은 에너지를 필요로 하므로 단백질과 지방의 함량이 높은 사료를 수온이 8~10℃일 때 어체중의 5~6%를 1일 공급하는데 사료의 양은 조금씩 자주 공급하는 것이 좋으며, 사육지는 직경 2 m, 수심 20~30 cm의 원형사육지를 이용하는 것이 좋다. 그리고 담수에서의 사육수온은 14℃ 이하를 유지해야 한다.
- 크기 차이에 따른 선별은 1.5 g 일 때 처음으로 실시하고 그 다음은 7 g의 크기일 때 선별을 한다.

양성 방법

○ Smolt와 해수 사육

- Smoltification 과정은 어류의 형태학적, 행동학적 그리고 생리학적인 변화와 관련된 복잡한 과정으로 연어들은 담수에서 해수로 이동하면서 극적인 환경변화를 경험한다. 해수에는 연어의 체액보다 높은 소금이 포함되어 있으나 연어는 삼투압조절을 하여 몸의 균형을 맞춘다.

표 1. 치어의 수온, 사육경과 일수에 따른 일간성장율과 평균체중

경과일수	수온 13~14℃		수온 15~16℃	
	일간성장율(%)	평균체중(g)	일간성장율(%)	평균체중(g)
1일	1.50	0.145	2.00	0.145
2일	2.00	0.148	2.50	0.149
3일	2.50	0.152	3.00	0.153
4일	3.00	0.157	3.50	0.158
5일	3.90	0.163	4.40	0.164
6일	4.70	0.171	5.30	0.173
7일	5.65	0.181	6.25	0.184
2주	6.25	0.277	6.90	0.294
3주	6.25	0.423	6.75	0.464
4주	5.90	0.63	6.35	0.71
5주	5.40	0.91	5.85	1.06
6주	5.10	1.29	5.50	1.54
7주	4.90	1.80	5.25	2.20
8주	4.65	2.47	5.00	3.10
9주	4.40	3.34	4.75	4.29
10주	4.15	4.44	4.50	5.83
11주	3.90	5.80	4.25	7.80
12주	3.60	7.43	4.00	10.3
13주	3.30	9.32	3.70	13.3

- Smoltification 과정은 연어를 해수에 적응하는 능력을 만들어준다. 부화 후 8개월이면 35 g이상이 되는데 이 크기에 도 해수로 옮겨 양식이 가능하다. 그러나 일반적으로 담수에서 광주기 조절에 의해 1~2년(14개월) 사육하여 80~100 g 이상 크기의 smolt가 되면 해수에 순치시켜 해상 가두리에서 1~2년(18개월) 사육하면 5 kg이상의 크기로 성장하는데 보통 6 kg이상을 상품으로 판매한다. 환경조건을 보면, 사육수온은 8~18°C이며, 성장 적수온은 12~16°C이고, 0~21°C에서 견딘다는 보고도 있으며, pH는 6~9, 염분 15 ppt이상, 암모니아 0.01 ppm이하이다. 성장률은 수온과 염분에 의해 좌우된다.

○ 해수에서의 smolt의 성장

- 해수로의 이동시기 : smolt의 해수로의 이동시기는 8월 또는 9월초이다. smolt의 이동시기와 관련하여 중요한 요인은 수온으로 어류의 삼투 조절 능력에 큰 영향을 미치는데 수온이 5~10°C일 때 이동을 시킨다. 이동에 따른 어류의 크기와 어류의 해수적응능력간에는 상관성이 적다.
- 먹이공급 : Feeding intensity는 수온과 smolt의 크기에 의해 결정한다. 해수로 이동한 크기에서부터 800~1000 g의 크기까지는 사료공급을 'sprinkle-feeding'이라고 부르는데 소량씩 뿌려준다. 해수 이동 후 처음 먹이를 공급할 때는 1일 8~10번 공급하고 1 kg 이상이 되면 1일 2~3회 공급하여 해수이동 후 15개월 만에 5.3 kg의 크기로 성장하는 결과를 나타냈다(그림 11, 12). 그리고 15×15 m의 사육지에서 일반적으로 연간 50~60톤의 생산이 가능하다. 대서양연어 smolt의 DO는 최소 5 ppm 이상을 필요로 한다. 1년간 키우면 50~200 g(담수), 2년이 되면 1.5 kg이상, 3년이 되면 4 kg이상이 된다(해수).

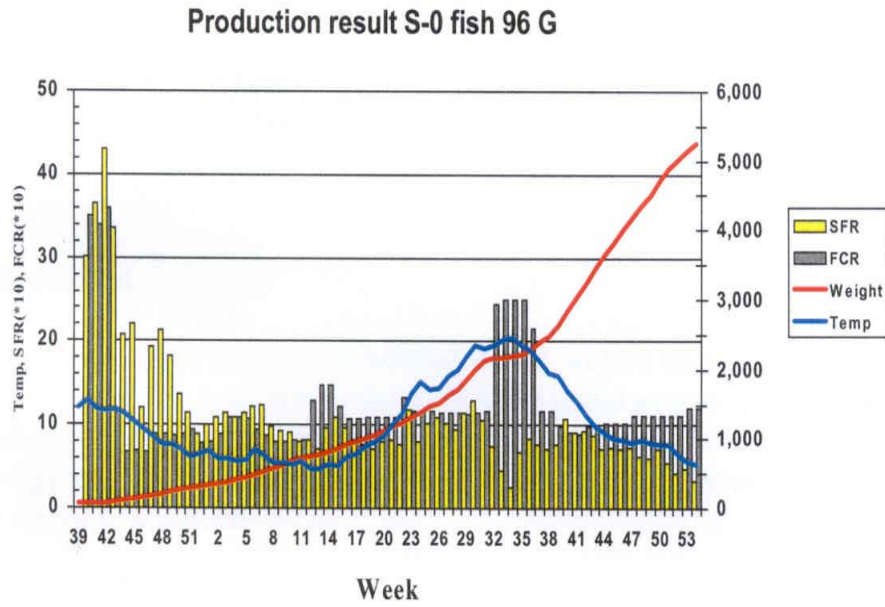


그림 11. smolt의 해수사육 후 성장 결과

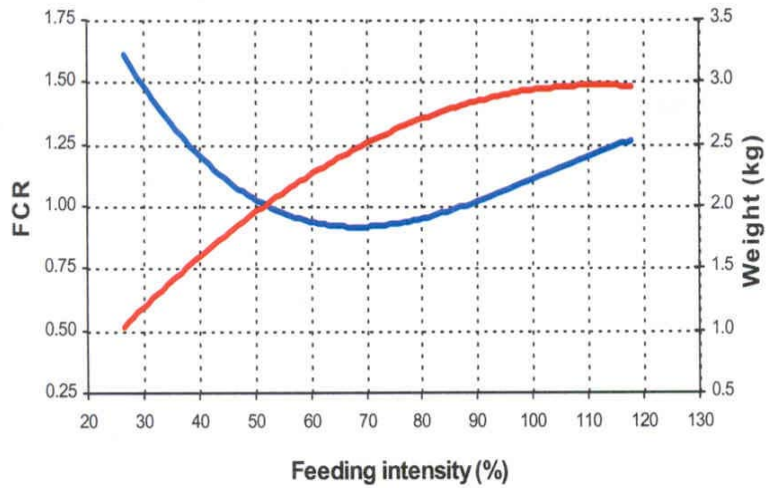


그림 12. Feeding intensity와 사료계수, 체중간의 관계

외래 양식생물의 이식과 생태

- 어체의 크기와 수온에 따른 사료공급율은 표 2와 같다.

표 2. 어체의 크기와 수온에 따른 사료공급율

		사료공급율(%/ 1일)															
어체 크기(g)		500	750	1000	1250	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	
수온 (℃)	10월 ~ 12월	2	0.86	0.82	0.78	0.73	0.70	0.65	0.61	0.57	0.54	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42
		3	0.88	0.84	0.79	0.75	0.71	0.66	0.61	0.57	0.54	0.52	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42
		4	0.91	0.86	0.81	0.76	0.72	0.68	0.63	0.59	0.55	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.43
		5	0.94	0.88	0.83	0.78	0.74	0.69	0.64	0.60	0.56	0.54	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44
		6	0.97	0.91	0.86	0.81	0.77	0.71	0.66	0.61	0.58	0.55	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45
		7	1.01	0.95	0.89	0.83	0.79	0.73	0.68	0.63	0.59	0.56	0.54	0.51	0.49	0.47	0.46
		8	1.06	0.98	0.92	0.86	0.81	0.76	0.70	0.65	0.61	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47
		9	1.10	1.02	0.95	0.89	0.84	0.78	0.72	0.67	0.63	0.59	0.57	0.54	0.52	0.50	0.48
		10	1.14	1.06	0.98	0.92	0.86	0.80	0.74	0.68	0.64	0.61	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49
		7월 ~ 9월	8	1.51	1.35	1.23	1.14	1.07	0.98	0.90	0.83	0.77	0.73	0.69	0.66	0.63	0.61
9	1.56		1.40	1.27	1.18	1.10	1.01	0.92	0.85	0.79	0.75	0.71	0.67	0.64	0.62	0.60	
10	1.61		1.44	1.31	1.21	1.13	1.04	0.94	0.87	0.81	0.76	0.72	0.69	0.66	0.63	0.61	
11	1.66		1.47	1.34	1.24	1.15	1.06	0.96	0.89	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.62	
12	1.69		1.50	1.36	1.26	1.17	1.07	0.98	0.90	0.84	0.79	0.75	0.71	0.68	0.65	0.63	
13	1.71		1.52	1.38	1.27	1.18	1.08	0.98	0.91	0.85	0.80	0.75	0.72	0.68	0.66	0.63	
14	1.71		1.52	1.37	1.27	1.18	1.08	0.98	0.91	0.84	0.79	0.75	0.72	0.68	0.66	0.63	
15	1.68		1.49	1.35	1.25	1.17	1.07	0.97	0.90	0.84	0.79	0.74	0.71	0.68	0.65	0.62	
16	1.62		1.44	1.31	1.21	1.13	1.04	0.95	0.87	0.81	0.77	0.73	0.69	0.66	0.63	0.61	
17	1.53		1.37	1.25	1.16	1.08	0.99	0.91	0.84	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	
18	1.40	1.26	1.16	1.08	1.01	0.93	0.85	0.79	0.74	0.69	0.66	0.63	0.60	0.58	0.56		
사료계수		1.06	1.13	1.18	1.21	1.24	1.28	1.32	1.35	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.47	1.49	

국내외의 양식 현황

○ 연어양식의 Timeline

- 1800년대 말 : 미국, 캐나다, 일본은 자연산 개체군의 자원증강을 위해 사육을 시작했다.
- 1960년대 말 : 스코틀랜드와 노르웨이에서 처음으로 상업적인 연어 양식장이 운영되었다.
- 1970년대 초 : 미국 Maine, 워싱턴주 그리고 캐나다의 British Columbia에서 상업적 양식을 시작했다.
- 1972년 : 노르웨이의 연어양식장 5곳에서 총 46톤을 생산했다.
- 1975년 : 노르웨이에서 *Gyrodactylus*라는 monogenean 기생충이 부화장에서 자연산 연어로 퍼졌고 약간의 자연산 연어 개체군의 폐사를 일으켰다.
- 1970년대 말 : 상업적 연어 양식장이 뉴질랜드, 캐나다의 New Brunswick와 칠레에 설치되었다.
- 1980년 : 전 세계 양식연어 생산량은 7,149톤이고 세계 연어 시장의 1%를 차지했다. 노르웨이는 173개의 연어양식장에서 총 4,300톤을 생산했다.
- 1984년 : British Columbia의 양식장은 왕연어와 은연어에서 대서양연어로 대체되었다. 노르웨이에 있어 대서양연어 부화장에서 바이러스질 병인 ISA가 발견되어 약 80%가 폐사했다. 노르웨이는 354개의 연어양식장에서 29,500톤을 생산, 금액은 1억 8백만 달러였다.
- 1985년 : 오스트레일리아에 대서양연어 양식이 도입되었다.
- 1987년 : 태평양연어 어업에서 양식장에서 빠져 나온 대서양연어의 어획이 처음으로 보고되었다.
- 1990년 : 노르웨이의 하천에 산란을 위해 올라온 연어 개체군의 1/3이 양식장에서 빠져나온 것들이었다.

- 1991년 : 세계적으로 연어 양식생산량은 325,563톤으로 1980년보다 4,600% 증가했다. 양식된 연어는 전 세계 연어 시장의 26%를 차지했다. 1989년과 1992년 사이에 노르웨이는 550개의 연어양식장에서 furunculosis에 감염되었다.
- 1995년 : 전 세계 양식 연어 생산량은 537,043톤으로 추정되었고, 연어 시장의 1/3을 차지했다. 각 구별로 보면 미국 14,106톤, 일본 13,524톤, 캐나다 42,511톤, 영국 70,322톤, 칠레 98,658톤, 노르웨이 261,522톤이다.
- 1997년 : 워싱턴주에서는 양식장에서 빠져 나온 대서양연어를 “living pollutant”로 분류하였다.
- 1998년의 전 세계 대서양연어 양식 생산량은 710,342톤으로 북대서양에서 어획되는 대서양연어의 295배 이상이다(ICES, 1999).
- 북대서양 지역에 있어 1998년의 생산량은 538,011톤으로, 이것은 노르웨이에서 64% 그리고 스코틀랜드에서 21% 생산한 것이다.
- 1999년 : Faroe섬과 칠레에서 양식연어가 ISA에 감염되었다. 전 세계적으로 연어 양식생산량이 자연산 연어 어획이 처음으로 앞섰다.
- 2000년 : 전 세계적으로 연어 양식생산량이 역사적으로 처음 100만톤을 넘었다. 각 국별로 보면 미국 18,000톤, 일본 12,000톤, 캐나다 75,000톤, 영국 178,000톤, 칠레 245,000톤, 노르웨이 420,000톤이다.
- 2003년 : 전 세계 양식생산량은 110만톤으로 76만톤이 북대서양쪽에서 생산되었다(그림 13). 북미에서는 약 5만톤이 생산되었는데 캐나다가 43,450톤, 미국이 6,435톤을 생산했다.
- 2005년 : 전 세계 대서양연어 양식생산량은 130만톤으로 예상되며, 노르웨이가 62만톤, 칠레는 30만톤 생산이 예상된다.

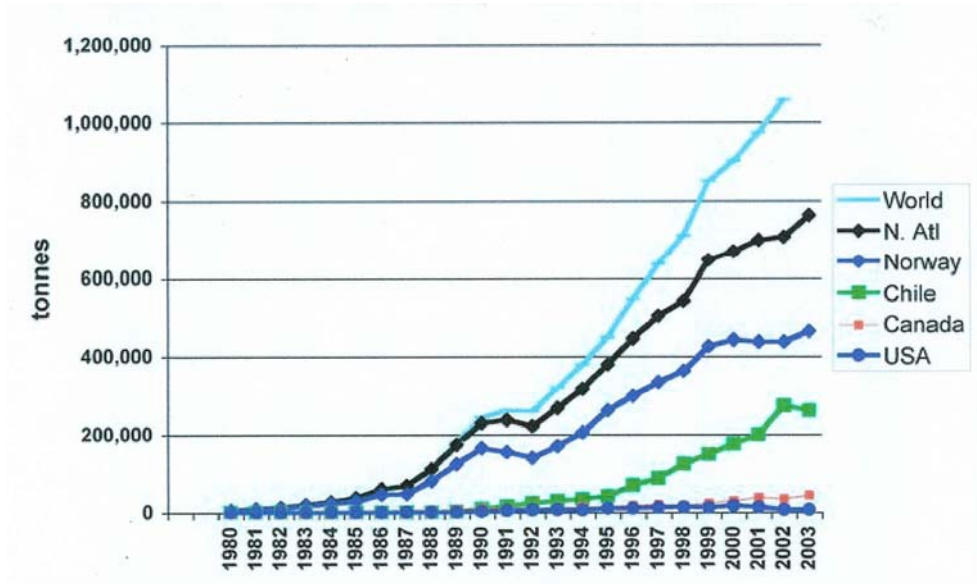


그림 13. 연도별 전 세계 연어 양식 생산량

○ 미국에 있어 대서양연어의 양식

- 미국은 워싱턴주와 Maine주에서 처음 시작되었다(송어 양식장은 주로 아이다호). Maine의 대서양연어 연간 양식생산량은 1984년에 10톤, 1988년에 454톤, 1997년에 12,250톤으로 증가하였다(Honey et al., 1993; Baum, 1998).
- Maine의 대서양연어 산업은 12개의 회사와 33곳에 773개의 가두리 양식장을 가지고 있다. 수면적 800에이커(3,237,400m²)를 임대하여 양식하고 있으며, 양식장은 Eastport 근처의 Cobscook만에 집중되어 있으며 Maine는 Sheepscot 강 남쪽까지 양식장이 위치한다.
- 최근 5년 동안 미국 내 양식수산물 생산량은 매년 점차적으로 증가 추세에 있으며, 주로 차벨메기, 연어, 새우등이 주요 양식종이며, 양식어종의 소비는 빠른 속도로 증가세를 나타내고 있다.

- 수산물 양식업은 미국 전체적으로는 US Fish and Wild Life에서 관장하고 있으며, 양식업은 주 정부가 담당하고 있으며, 관할기관은 Fish and Game에서 담당하고 있다. 내륙에 소재한 양식장들의 대부분은 US Fish and Wild Life에서 관할하나 연어는 NMFS관할 영역에 포함된다.
- NMFS는 전반적인 수산물 정책을 집행하는 기관으로 양식업 육성을 위해 절대적인 위치에 있으며, 양식어종의 개발, 연구, 개선을 전담하고 있다. 또한 25개의 연어부화장을 운영하여 연구 결과를 양식업자에게 기술을 제공하고 양식업 육성정책을 집행한다.
- 양식업 발전에 따라 미국 내 양식장 전체 면적도 빠른 속도로 증가하고 있다. 지난 1998년 미국 전체 양식장 규모는 38만 4천 9백 11에이커로 양식장 수는 4천 28개소이다. 태평양 지역의 경우 다른 지역에 비해 양식업이 발전되지 않고 있다. 태평양 지역의 양식장 규모는 8천 7백 36에이커이고 양식장 수는 4백 7개소로 1999년 연어 생산량은 55백만 파운드이다. 워싱턴 주에는 내수면 양식장이 28개소, 천해 양식장이 66개소 있으며, 90여개소의 연어 부화장이 있고 매년 3억마리의 연어 치어를 방류하고 있다. 미국에는 5개의 담수 부화장이 있고, smolt를 가두리에 넣어 매년 4백만 마리의 smolt를 생산한다. 가두리와 담수 부화장의 위치는 그림 14에 나타났다. 가두리에서는 18개월 만에 상품 크기로 키우며 Maine에서 연간 생산량은 약 6백만 마리(12,000톤)이다 (Baum, 1998). 양식 생산에는 3개의 broodstock line을 사용하였다. 이 계열에는 Penobscot강, St. John강 그리고 스코틀랜드 계열이다. 미국은 1990년대 초에 스코틀랜드 계열을 수입하였다.

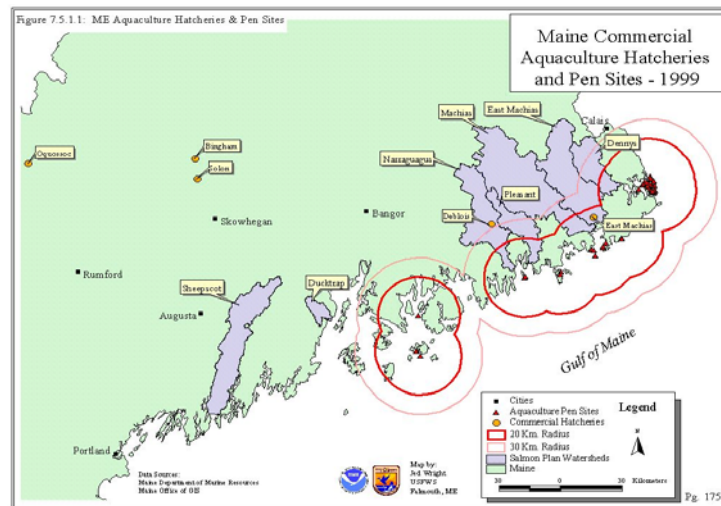


그림 14. Maine의 가두리 양식장과 담수부화장의 위치.

○ 캐나다의 대서양연어 양식

- 캐나다의 British Columbia Heritage 양식장에 12×30 m의 내파성 가두리를 시설하여 대서양연어를 양식하고 있고, Target Marine 양식장에는 12×20 m의 내파성 가두리를 제작하여 양식하고 있으며 이에 따라 12년 만에 30 m 가두리 약 150개 이상을 British Columbia에 설치했다. 캠벨강에 본부를 둔 Heritage 양식장에 설치한 30 m의 새로운 내파성 가두리는 밴쿠버섬의 꽤 높은 현재 위치의 위쪽 끝을 향해 설치하여 양식하고 있다. 전 세계 연어 양식 생산량의 약 6.2%를 차지하고 있으며 주로 New Brunswick와 British Columbia의 근해에서 생산된다. British Columbia에서는 년 간 45,000톤을 생산하는데 약 80%가 대서양연어다. 1999년 연어 생산량은 57,000톤(약 4억 달러)으로 양식생산량은 계속 증가했고 주로 미국으로 소비되었다.

- 영국(주로 스코틀랜드)의 대서양연어 양식
 - 1960년대 말 시험적인 양식이 시작되어 1970년대에 상업적인 대서양연어 양식이 시작되었다. 1980년대와 1990년대에 연어양식이 빠른 속도로 성장하여 현재의 생산수준인 15만톤 이상을 생산하고 있고 2002년에는 16만톤을 생산하였다. 대서양연어 양식은 최근 20년 동안 스코틀랜드의 아주 중요한 산업이 되었다. 전 세계 양식생산량의 약 12%를 차지하고 있고 약 350개의 양식장이 있다.

- 노르웨이의 대서양연어 양식
 - 노르웨이는 피오르드의 긴 연안을 따라 800개 이상의 연어 양식장이 있으며 전 세계 연어 생산량의 약 45%를 차지하는 가장 많은 나라이다. 연어 생산량이 1999년에는 40만톤 이상이고 수출금액은 16억 달러이다. 노르웨이 정부는 양식산업을 더욱 확대 시키고 10년 후에는 생산량이 지금의 2배로 증가 할 것으로 예측하고 있다.

- 칠레의 대서양연어 양식
 - 1999년에 노르웨이에 이어 전 세계 연어 양식의 약 22%를 생산했다. 수출금액은 8억 달러 이상이었다. 칠레에서 생산된 20만톤 중 32%는 미국으로 약 60%는 일본으로 수출되었다. 2000년에는 거의 생산량의 25%를 차지했고 금액으로는 10억 달러에 달했다.

양식 잠재력 및 국내 양식 가능성

- 우리나라에 수입되어 판매되는 연어는 전량 수입품으로 2000년에는 10,000톤이 수입되어 많은 외화를 낭비하고 있어 대서양연어 발안난을 이식하여 새로운 연어 양식대상종으로 육성하여 연어의 부가가치를 높여야

할 것이다.

- 대서양연어 양식에 있어 가장 중요한 요인은 먹이로서 태평양연어와 달리 높은 에너지를 필요로 하여 단백질과 지방의 함량이 높은 사료를 공급해야 하므로 양식을 위해서는 사료의 개발이나 수입을 해야 한다.
- 대서양연어의 사육수온은 16℃이하를 유지해야 하며, 성장 적수온은 12~14℃이다. 따라서 우리나라의 환경에서 대서양연어를 양식하기 위해서는 장기적인 계획과 과감한 예산을 투자하여 동해안 심층수 개발에 따른 저수온의 바닷물을 이용하여 빠른 시일 내에 양식 산업화를 이루어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Allen, R., 1940. Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*): growth in the river den. *Journal of Animal Ecology* 9(1): 1-23.
- Amiro, P. G., 1993. Bold barred owl downs parr. *Atlantic Salmon Journal Summer*: 9.
- Baum, E. T., 1991. History and status of the Atlantic salmon farming industry in Maine, USA. Working paper 1991-2, Study Group on North Atlantic salmon. International Council for Exploration of the Sea, Bangor, Maine.
- Baum, E. T., 1997. Maine Atlantic Salmon - A National Treasure. Atlantic Salmon Unlimited, Hermon, Maine.
- Baum, E. T. (DFO) Division of Fisheries and Oceans., 1998. History and description of the atlantic salmon aquaculture industry of Maine.

- Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document. 98/152. Ottawa.
- Beland, K., 1984. Strategic plan for management of Atlantic salmon in the state of Maine. Atlantic Sea Run Salmon Commission, Bangor, Maine.
- Bley, P. W., 1987. Age, growth, and mortality of juvenile Atlantic salmon in streams: a review. Biological Report 87(4). U.S. Fish and wildlife Service, Washington, D. C.
- Bley, P. W., and J. R. Moring., 1988. Freshwater and ocean survival of Atlantic salmon and steelhead: a synopsis. Biological Report 88(9). Maine Cooperative Fish and Wildlife.
- Clifford, S. L., P. McGinnity and A. Ferguson., 1997. Genetic changes in Atlantic salmon population resulting from escaped juvenile farm salmon, Journal of Fish biology 52(1): 118-127.
- Danie, D. S., J. G. Trial, and J. G. Stanley., 1984. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fish and invertebrates (North Atlantic): Atlantic salmon. FWS/OBS-82/11.2, TR EL-82-4. U.S. fish and Wildlife Service and U.S. Army Corps of Engineers.
- Decola, J. N., 1970. Water quality requirements. U.S. Department of the Interior Federal Water Quality administration, Needham Heights, Massachusetts.
- DFO., 1998. Atlantic salmon Abundance Overview for 1997. Stock Status Report D0-02. DFO.
- Dutil, J.-D., and J.-M. Coutu., 1988. Early marine life of Atlantic salmon, *Salmo salar*, post-smolts in the northern Gulf of St. Lawrence.

- Fisheries Bulletin 86(2): 197-211.
- Elliot, J. M., 1991. Tolerance and resistance to thermal stress in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. Freshwater Biology 25:61-70.
- Farmer, G. J., D. Ashfield, and J. A. Ritter., 1977. Seawater acclimation and parr-smolt transformation of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, Freshwater and Anadromous Division, Resource. Branch, Fish. Mar. Serv., Tech. Rep. Serv. MAR/T-77-3.
- Fausch, K. D., and R. J. White., 1986. Competition among juveniles of coho salmon, brook trout, and brown trout in a laboratory stream, and implication for Great Lakes tributaries. Transactions of the American Fisheries Society 115(3): 363-381.
- Fausch, K. D., 1988. Tests of competition between native and introduced salmonids in streams: what have we learned? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45(12): 2238-2246.
- Gausen, D., and V. Moen., 1991. Large-scale escapes of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) into Norway rivers threaten natural populations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 48(3): 426-428.
- Godfrey, H., 1957. feeding of eels in four New Brunswick salmon streams. Progress Reporta of the Atlantic Coast, Fishries Research Board of Canada(67): 19-22.
- Hastein, T., and T. Lindstad., 1991. Diseases in wild and cultured salmon : possible interaction. Aquaculture 98 : 277-288.
- Hearn, W. E., 1987. Interspecific competition and habitat segregation among streamdweling trout and salmon: a review. Fisheries 12(5): 24-31.

- Hislop, J. R. G., and R. G. J. Shelton., 1993. Marine predators and prey of Atlantic salmon (*salmo salar* L.). Pages 104-118 in D. Mills, editor. Salmon in the sea and new enhancement strategies. Fishing News Books, Oxford.
- Hoar, William S., 1976. Smolt transformation: evaluation, behavior and physiology. J. Fish. Res. Board of Canada. 33(5): 1233-1252.
- Honey, K., L. Churchill, and P. Mancuso., 1993. Aquaculture lease inventory. Maine Department of Marine Resources, West Boothbay Harbor, Maine.
- Hvidsten, N. A., and R. A. Lund., 1988. Predation on hatchery-reared and wild smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the estuary of River Orkla, Norway. Journal of Fish Biology 33(1): 121-126.
- ICES International Council for the Exploration of the Sea., 1999. No 7. Extract of the report of the Advisory Committee on Fishery management; North Atlantic salmon stock. ICES, Copenhagen, Denmark.
- Jones, J. W. 1959. some parasites and diseases of salmon. Pages 159-167 in J. W. Jones. The salmon. Harper & Brothers, New York.
- Jordan, R. M., and K. F. Beland., 1981. Atlantic salmon spawning and evaluation of a natural spawning success. Maine Atlantic Sea Run Salmon Commission. Augusta, Maine.
- Kalas, J. A., T. G. Heggberget, P. A. Bjorn, and O. Reitan., 1993. Feeding behaviour and diet of goosanders (*Mergus merganser*) in relation to salmonid seaward migration. Aquatic Living Resources 6: 31-38.
- Kalleberg, H., 1958. Observations in a stream tank of territoriality and

- competition in juvenile salmon and trout (*Salmo salar* L. and *S. trutta* L.). Report / Institute of Fresh-Water Research, Drottningholm 39: 55-98.
- Lundquist, H., 1980. Influence of photoperiod on growth in Baltic salmon parr (*Salmo salar* L.) with special reference to the effect of precocious sexual maturation. Canadian Journal of Zoology 58(5): 940-944.
- MacKenzie, C., J. R. Moring., 1988. Estimation Survival of Atlantic Salmon During he Intragravel Period. N. Am. J. Fish. Mgmt. 8(1): 45-59.
- Martin, M. F., 1995. Examination of temperature as it relates to juvenile Atlantic salmon habitat in four Downeast Maine salmon rivers. A.B. 1995.5. Machias, Maine.
- McGinnity, P., C. Stone, J. B. Taggart, D. Cooke, D. Cotter, R. Hynes, et al., 1997. Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment. ICES journal of marine Science 54:998-1008.
- Meister, A. L., 1962. Atlantic salmon production in Cove Brook, Maine. Transactions of the American Fisheries Society 91(2): 208-212.
- Meister, A. L., 1984. The marine migrations of tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) of USA origin. C. M. 1984-M: 27. Anadromous and Catadromous Fish Committee, International Council for the Exploration of the sea, Copenhagen.
- Mills, D. H., 1964. The ecology of young stages of Atlantic salmon in the River Bran, Rosshire. Dept. Agric. Fish. Of Scotland, Freshwater

Salmon Fish, Res.

- NASCO (North Atlantic Salmon Conservation Organization)., 1993. Impacts of salmon aquaculture. CNL(93)29.
- Peterson, R. H., 1978. Physical characteristics of Atlantic salmon spawning gravel in some new Brunswick, Canada, Streams. Can. fish. mar. Serv. Tech. Rep. No. 785: 1-28.
- Rae, B. B., 1966. News items: salmonids in fish stomachs. Scottish Fisheries Bulletin (25): 33.
- Rae, B. B., 1967. The food of cod in the north Sea and on west of Scotland grounds. Marine Research No. 1. Department of Agriculture and fisheries for Scotland, Edinburgh.
- Rae, B. B., 1969. The food of cormorants and shags in Scottish estuaries and coastal waters. Marine Research No. 1. Department of Agriculture and fisheries for Scotland, Edinburgh.
- Randall, R. G., 1982. Emergence, population densities, and growth of salmon and trout fry in two New Brunswick streams. Canadian journal of Zoology 60(10): 2239-2244.
- Reddin, D., 1988. Ocean life of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the Northwest Atlantic. Pages 483-511 In: D. Mills and D. Piggins [eds.] Atlantic Salmon: Planning For the Future. The Proceedings of the Third International Atlantic Salmon Symposium, held in Biarritz, France, 21-23 October, 1986. Timber Press, Portland, Oregon.
- Ruggles, C. P., 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. Freshwater and Anadromous Division Research Branch, Department of

Fisheries and Oceans, Halifax.

- Saunders, R. L., 1986. The scientific and management implications of age and size at sexual maturity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Salmonid Age At Maturity., Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 89: 3-6.
- Saunders, R. L. 1991. potential interactions between cultured and wild Atlantic salmon. Aquaculture 98: 51-60.
- Schaffer, W. M., and P. F. Elson., 1975. The adaptive significance of variations in life history among local populations of Atlantic salmon. Ecology 56: 577-590.
- Scott, W. B. and E. J. Crossman., 1973. Atlantic salmon. Pages 192-197 in Freshwater Fishes of Canada. (Bulletin 184). Department of Fisheries and Oceans, Scientific Information and Publications Branch, Ottawa.
- Stanley, J. G. and J. Trial., 1995. Habitat Suitability Index Models for Non Migratory Freshwater Life Stages of Atlantic Salmon. National Biological Science Report 3. Washington, D. C.
- USASAC (U.S. Atlantic Salmon Assessment Committee), 1999. Annual Report of the U.S. Atlantic Salmon Assessment Committee. 1999/11. USASAC, Gloucester, Massachusetts.
- USFWS (U.S. Fish and Wildlife Service), 1989. Final environmental impact statement 1989-2021: restoration of Atlantic salmon to New England rivers. Department of the Interior, U.S. fish and wildlife Service, Newton Corner, MA.
- Webb, J. H., A. F. Youngson, C. E. Thompson, D. W. Hay, M.J. Donagy, I.S. McLaren., 1983. Spawning of escaped farmed Atlantic salmon,

- Salmo salar* L., in western and northern Scottish rivers: egg deposition by females. *Aquat. fish. Manage.* 24(5): 663-670.
- White, H. C., 1936. The food of kingfishers and mergansers on the Margaree River, Nova Scotia. *Journal of the Biological Board of Canada* 2(3): 209-309.
- White, H. C., 1939a. Bird Control to increase the Margaree River salmon. Bulletin No. 58. Fisheries Research Board of Canada, Atlantic Biological Station, Ottawa.
- White, H. C., 1939b. Factors influencing descent of Atlantic salmon smolts. *Journal of the Fisheries Research board of Canada* 4(5): 323-326.
- Youngson, A. F., J. H. Webb, C. E. Thompson, and D. Knox., 1993. Spawning of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*): Hybridization of females with brown trout. *Can. J. fish. Aquat. Sci.* 50(9): 1986-1990.
- www.havbruk.no
- www.news.fws.gov
- www.ace.acadiau.ca
- www.gov.ns.ca
- www.anlmaldiversity.ummz.umich.edu
- www.fishbase.org

잉 어

명 칭

- 학 명 : *Cyprinus carpio*
(Linnaeus, 1758)
- 영 명 : common carp
- 일 명 : Koi
- 중 국 명 : 鯉
- 동명이종 : 골배기, 따그미, 멍짜
- 어 원
 - 속명: Aphrodite의 두 번째 이름 *Kypris*(라틴명 *Cypria*)에서 유래
 - 종명: Celtic족의 사투리에서 유래, *charpho*, *carfo* 및 *charofo*에서 *carpio*로 변화



분류학적 위치

Class	Actinopterygii	條鰭魚綱
Order	Cypriniformes	잉어目
Family	Cyprinidae	잉어科
Subfamily	Cyprininae	잉어亞科
Genus	<i>Cyprinus</i>	잉어屬

형태적 특징

○ 체 형

- 몸은 길고 어뢰형으로 머리에서 등으로 이어지는 선은 거의 직선형으로 파인 부분이 없다.
- 비늘은 크고 규칙적으로 배열되며, 뒷 가장자리에 흑색소가 침착되어 전체적으로 그물망 문양을 이루고 있다.
- 등쪽은 갈색에서 암갈색, 측면은 어두운 금색, 복부는 밝은 금빛을 띠고 측선은 완전하고 몸의 측면 중양을 따라 뻗어 있다.

○ 유사종 붕어와의 차이점

- 잉어의 위턱에는 2쌍의 수염이 있고, 측선 비늘수는 33개 이상이다.
- 붕어는 상악에 수염이 없고, 측선비늘수가 32개 이하로 적다.

○ 계수치

- 등지느러미 기초수 : (II) III~IV 18~21(22)로 보통은 19~20
- 뒷지느러미 기초수 : (II) III 4~5로 보통은 5
- 꼬리지느러미 기초수 : IV~VIII 16~18 IV~VIII로 보통은 V~VII 17
V~VI
- 가슴지느러미 기초수 : I (14) 15~18로 보통은 I 15~17
- 배지느러미 기초수 : II 7~9로 보통은 II 8
- 측선린수 : (34~35) 36~39 (40)으로 보통은 37~39
- 측선 상하부 린수: 5~7/5~7로 보통은 6/6
- 새파수(바깥쪽/안쪽): 22~28 / 29~34 (36)으로 보통은 23~27/ 30~34
- 인두치는 어금니형으로 주름이 확연하며 3열로 1.1.3~3.1.1
- 척추골수는 38

○ 계측치

- 암컷(체장 498.5±11.17mm)이 수컷(체장 447.5±6.95mm)보다 크고, 암수의 비는 87마리 중 암컷이 57, 수컷이 30마리로 암컷이 많다.
- 두장은 체장의 약 1/4, 암컷이 수컷보다 평균치가 약간 길고 수염의 평균 길이는 앞쪽의 것이 뒤쪽의 약 1/2이다.
- 양안간격은 두폭의 약 1/2이고 암컷의 머리가 수컷보다 넓다.
- 체고는 과거 3가지 잉어형을 구분 짓는 특징으로 이용되었는데, Berg (1964)는 종합적으로 정리하여 *C. carpio typica*는 체장의 33%, *hungaricus*는 25~28%, *elatus*는 36~40%로 보고

○ 우리나라 잉어의 계수·계측치

- 등지느러미 기초수 : II 18~20
- 뒷지느러미 기초수 : III 5~6
- 측선린수 : 35~38
- 새 파 수 : 18~22
- 척추골수 : 35~37
- 수염 길이 : 뒤쪽 수염은 눈의 직경과 같거나 약간 길고, 앞쪽 수염은 눈 직경의 1/2 혹은 1/3
- 체장에 대한 체고의 비는 30.3~40.0%

분포와 서식환경

○ 원산지 : 중앙아시아가 원산이나 적응력이 아주 강하여 전 세계적으로 분포

○ 세계의 야생 잉어

- *Cyprinus carpio haematopterus* 동아시아에 분포
- *Cyprinus carpio carpio* 유럽지역에 분포

- *Cyprinus carpio rubrofuscus* 중국에 서식

○ 현재의 분포

- 카스피안 해의 조상으로부터 진화하여 빙하후기 다뉴브 지역과 아시아 동부로 이동하였다.
- 서유럽에서 유라시아와 중국, 남동 아시아까지, 시베리아에서 지중해와 인도까지 분포하고 유럽의 잉어는 다뉴브강 개체군이 원산인 것으로 추정되지만 현재는 희귀하다.
- 이식된 나라들 : 아프리카, 오스트리아, 캄보디아, 콜롬비아, 쿠바, 덴마크, 엘살바도르, 이집트, 피지, 프랑스, 독일, 괌, 마다가스카르, 말레이시아, 모로코, 뉴질랜드, 영국, 캐나다, 미국 등
- 우리나라의 품종 : 1929년 일본의 잉어 품종 大和(일본명)가 양식용으로 이식, 보급되어 자연상태에서 혼합되었을 것으로 추정되며, 1973년에는 이스라엘에서 향어(Israeli carp)가 이식되어 가두리 방식으로 양식되었고, 최근에는 중국의 양식품종들 중 일부가 낚시터에 방류되어 자연 수계에 혼합될 가능성이 크므로 면밀한 조사가 필요하다.

○ 서식 환경

- 수온 : 14~35°C
- 서식장소 : 적응범위는 다양하나 흐름이 느리고 저질이 진흙인 대형 수계에 서식하고 대형개체와 월동기에는 수심이 깊은 곳에서 서식
- pH 범위 : 5.0~9.8
- 용존산소 : 0.5 mg/L에서도 생존 가능

생태적 특성

○ 성장

- 부화자어 : 4.8~5.0 mm, 부화자어는 2일간 수초에 수직으로 붙어 있음
- 최초 먹이 섭취 : 6~7 mm(부화 2~3일 후 부레가 활성화되고 수평 수영 가능할 때)
- 부화 후 3일에 7.0 mm에 이르고 물벼룩 등 동물성 플랑크톤을 먹고 성장하여 부화 후 10일에 전장 8.5 mm, 15일에 11.5 mm에 달한다. 1년에 100~150 mm, 2년이 지나면 180~250 mm, 3년에 300 mm 내외로 성장한다.

표. 중국 잉어의 자연 성장(kg)

저수지	연령 ^a					문 헌 ^b
	1년 ⁺	2년 ⁺	3년 ⁺	4년 ⁺	5년 ⁺	
Gangnan	0.55	1.06	1.22	3.65	-	HFS 1972
Huangbizhuang	0.35	0.37	0.70	1.75	-	HFS 1972
Honglingjin	0.90	0.94	0.98	-	-	HFS 1972
Siweihe	0.27	0.48	0.92	-	-	GFRI 1984
Xinjiang	0.36-0.59	0.39-1.65	0.93-2.75	1.65-3.29	2.25-3.49	Li Sifa (124마리)
Hulukou	0.30-1.20	0.60-1.80	0.80-2.80	1.58	-	Leng et al. 1984

^a 1⁺는 어류의 annual ring이 하나이고 두 번째 ring이 형태를 취하는 상태, 2⁺는 연륜이 2개이고 3번째가 형태를 취하는 상태 등의 의미임

^b HFS(Hubei Fisheries School); GFRI(Guangxi Fisheries Research Institute); Li Sifa (이전에 발간되지 않은 자료)

외래 양식생물의 이식과 생태

○ 성숙

- 일반적 크기 : 50~100 cm
- 최대 전장 : 120 cm
- 상업적 크기 : 중국은 500 g 이상
- 최대 크기 : 중국에서 8년생 13 kg, 낚시로 23.2 kg까지 기록됨
- 수 명 : 50년 이하

표. 생물학적 최소형

	성별	온대지역	열대지역
연령(년)	수컷	2~3	1
	암컷	4~5	1~2
무게(kg)	수컷	3~4	-
	암컷	4~5	-
체장(cm)	수컷	25~30	15~20
	암컷	30~40	15~20

○ 식성

- 어린 시기 : 동물성 부유동물, 전장 2 cm 이후 저서 먹이 섭취로 변화
- 성 장 기 : 작은 연체동물, 곤충 등 저서동물과 유기물(잡식성)

○ 기타

- 산란기 : 우리나라에서는 5~6월, 중국에서는 4~5월
- 산란수온 : 16~24°C 범위로 보통은 18°C 이상일 때
- 산란장소 : 강의 범람부 내에 있는 수초지역에 산란, 수초는 25~50 cm 로 갓 자란 것을 선호
- 산란행위 : 수온 약 18°C에서 시작하여, 10~14일 간격으로 2~3회에

걸쳐 산란, 암컷 1마리에 수컷 여러 마리가 뒤따르며, 난은 수초면에 점착되고 17°C 이하로 내려가면 산란이 중지된다. 산란 후 난을 보호하지 않으며, 수초가 있어야 산란이 유발되는 형이다.

- 방란수 : 중국의 Changjian River에서 30 cm일 때 100,000개, 40~45 cm일 때 200,000개 포란하는 것으로 알려졌으며, 보통 100,000~300,000립/kg 정도 방란한다.
- 정자
 - 연간 정자 생성수 : $1.9 \pm 0.2 \times 10^{12}$ 개/kg
 - 운동성 : 담수 중 20°C에서 30~40초 유지, 최대 속도 130 μ m/초
- 난경
 - 수정난은 1.0~1.5 mm로 무게는 0.86~1.41 mg/립
 - 수화된 경우 1.5~1.8 mm 혹은 2.0~2.5 mm
 - 난발생 : 60~70 day-grades °C(20~23°C에서 3일)

종묘생산 방법

- 자연 번식법 : 수초가 발생한 대형 연못 이용
 - 겨울에 건조시키고 수온이 상승할 때 물을 채우고 친어는 암컷 34마리/ha의 비율로, 암컷 한 마리에 수컷 2~3마리 비율로 수용한다.
 - 대중적인 자연 산란 유도법(Dubisch method)
 - 연못(100~1000 m²) 준비 : 중앙부는 수초를 발생시키고 둑 주위로 폭 1~2 m, 깊이 60~80 cm인 도랑을 판다. 수초부 수심은 30~50 cm 유지되도록 하고 수온이 적절해지면 도랑에 신선한 물을 채운다.
 - 암컷 2 : 수컷 3의 비율로 1~2쌍의 친어 방양하고 수일간 물의 흐름을 유지시킨다.

외래 양식생물의 이식과 생태

- 수심을 서서히 올려 수초부가 잠기게 하여 친어의 산란을 유도한다.
- 하루 후 수심을 서서히 낮추어 도랑에 모인 친어들을 포획한다.
- 부화 10일 후 12~15 mm로 성장하면 배수하여 새끼를 수집한다.
- 우리나라의 일반적인 종묘생산기법은 이 기준에 따르면 자연번식법의 일종으로 Dubisch 방식과는 달리 인공어초를 이용한 산란을 유도하여 수정란을 별도로 관리하고 부화 직후에 방양하므로 아래의 반인공 번식법과 유사하지만 호르몬 주사는 하지 않는다.

○ 반인공 번식법

- 수온이 최소 18°C에 달했을 때 친어에 1회 호르몬 주사(예: 뇌하수체 3 mg/kg)를 한다.
- 새로이 조성된 수초가 발생한 연못에 방양 : 인공 채란상도 이용 가능
- 수온에 따라 1~2일 후 산란이 일어난다.



야외 사육지 건조



야외 사육지 석회 소독

○ 인공 번식법

- 자연 및 반 인공 번식에 대한 장점
 - 필요한 수컷 수가 4~6배 절약됨
 - 부화 도중 난을 어병에서 보호할 수 있음

- 악조건의 기후에 관계없음
- 난 및 부화자어의 포식자 문제가 해결됨
- 최초 먹이 섭식을 조절함으로써 생존율을 높일 수 있음
- 준비가 잘 된 양성지에 새끼를 방양함으로써 성장과 생존을 높일 수 있음

● 친어관리

- 원하는 유전형질이 발현되며, 생식기관의 발달이 충분한 것 선발 관리
- 건강하고 체형이 정상적인 것 선발 관리
- 친어지 : 크기 0.5~1 ha, 수심 1~1.2 m, 밀도 100~300마리/ha 적절
- 친어를 다룬 후에는 2~3% 식염에 30~40초 침지하여 소독
- 산란유도 전에는 전문가가 암수 구분 후 신선한 물을 계속 공급하며 관리
- 난소 발달 중에는 단백질 풍부한 자연 먹이 50%, 인공 사료 50% 비율로 공급
- 산란 대기중일 때에는 단백질 함량 30~40%인 인공사료 공급

● 인공채란

- 호르몬 주사에 의한 배란 유도
 - ovopel : 포유류의 GnRH 유도물 D-Ala⁶, Pro⁹NET-mGnRH와 metoclopramide로 구성됨. 펠렛 각 성분의 함량은 각각 18~20 μg, 8-10μg으로, 1차 1/5정/kg 주사, 2차 12시간 후 1정/kg을 막자에 간 후 0.7% NaCl에 녹여 주사하면 2차 주사후 7.5시간내 산란함
 - 뇌하수체 : 1차 0.3 mg/kg, 2차 12시간 후 2.7 mg/kg ⇒2차 주사 12시간내 산란

- 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sGnRHa와 metoclopramide 20 mg/kg 1회 주사 \Rightarrow 14시간 후 배란
- 수온 조절에 의한 배란 유도
 - 광주기 조절은 산란이 유도되지 않음
 - 16°C로 저온 자극 3~7일 후 24°C에서 6개월 사육하여 산란 유도
- 건조한 용기에 복부 압박법으로 채란 : dry egg 700,000~1,000,000립/kg
- 20~24°C 항온 사육시 년 5회까지 산란 가능

- 인공수정
 - 수정액 : NaCl 4 g, Urea 3 g, 물 1 L 혹은 NaCl 4 g, Urea 20 g, 물 1 L
 - 수정액의 기능 : 인공수정을 돕고 난의 점착액을 제거해 줌
 - 무게비로 정액 1 : 난 100의 비율로 난에 정액을 혼합해 주고 수정액을 1 : 난 10의 비율로 혼합하여 3~5분간 교반
 - 수화 과정 : 수정액에 닿은 후 1~1.5시간내 6~9배로 팽창(8만~12만립/L)
 - 점액질 제거 과정 : 탄닌 5 g, 물 10 L
 - 수화된 난 1 : 탄닌액 1의 비율로 혼합하여 저으면서 신속하게 처리
 - 20초간 방치한 후 깨끗한 물을 채움
 - 난이 가라앉으면 용액을 덜어냄 : 1회 되풀이
 - 탄닌액 1~2리터 첨가 후 10초간 방치
 - 깨끗한 물을 붓고 용액을 제거하는 세척 작업 : 1회 반복
 - 부화기로 옮김
 - 수정난 관리 : Zug jar 7 L 이용, 수온 22~24°C

- 부화기의 반을 깨끗한 물로 채움
- 수화난 1.5~2 L 수용(dry egg 250~300 g 해당)
- 처음 10시간은 물의 유입량은 0.6~0.8 L/분으로 조절
- 포배기에는 물의 유입량을 1~1.2 L/분으로 조절
- 발안난이 되면 물의 유입량을 1.5~2 L/분으로 조절
- 수생균 방지 : 6~12시간마다 malachite green 6 mg/L 처리 5분간 후 세척
- 사란 제거 : 물의 유입 차단 후 신속히 처리
- 부화자어가 눈에 띄기 시작하면 난을 별도 용기로 옮김
- 부화자어 관리 : 200 L Zug jar 이용
 - 최초 물의 유입량은 12~15 L/분
 - 자어 수용량 : 500,000마리(7 L 부화기 5개 분량)
 - 벽 부착기, 상하운동기, 부레형성기 (외부먹이 섭식) 거침 : 60~70 day-grades °C
 - 삶은 계란 등 최초 먹이 공급 : 입자 크기 100~200 μm
 - 가능한 한 일찍 사육지로 운송
- 운송 방법
 - 비닐백 이용법 : 두께 0.3~0.5 mm, 입구 직경 55~60 cm, 길이 80~90 cm
 - 물 20 L를 채우고 자어 100,000마리 수용
 - 산소 주입 후 봉하여 운송
 - 포장 전, 운송 후 방양시 수온 차이 주의
 - 단거리는 수차를 이용하며 1톤에 1,000,000마리 수송 가능

외래 양식생물의 이식과 생태

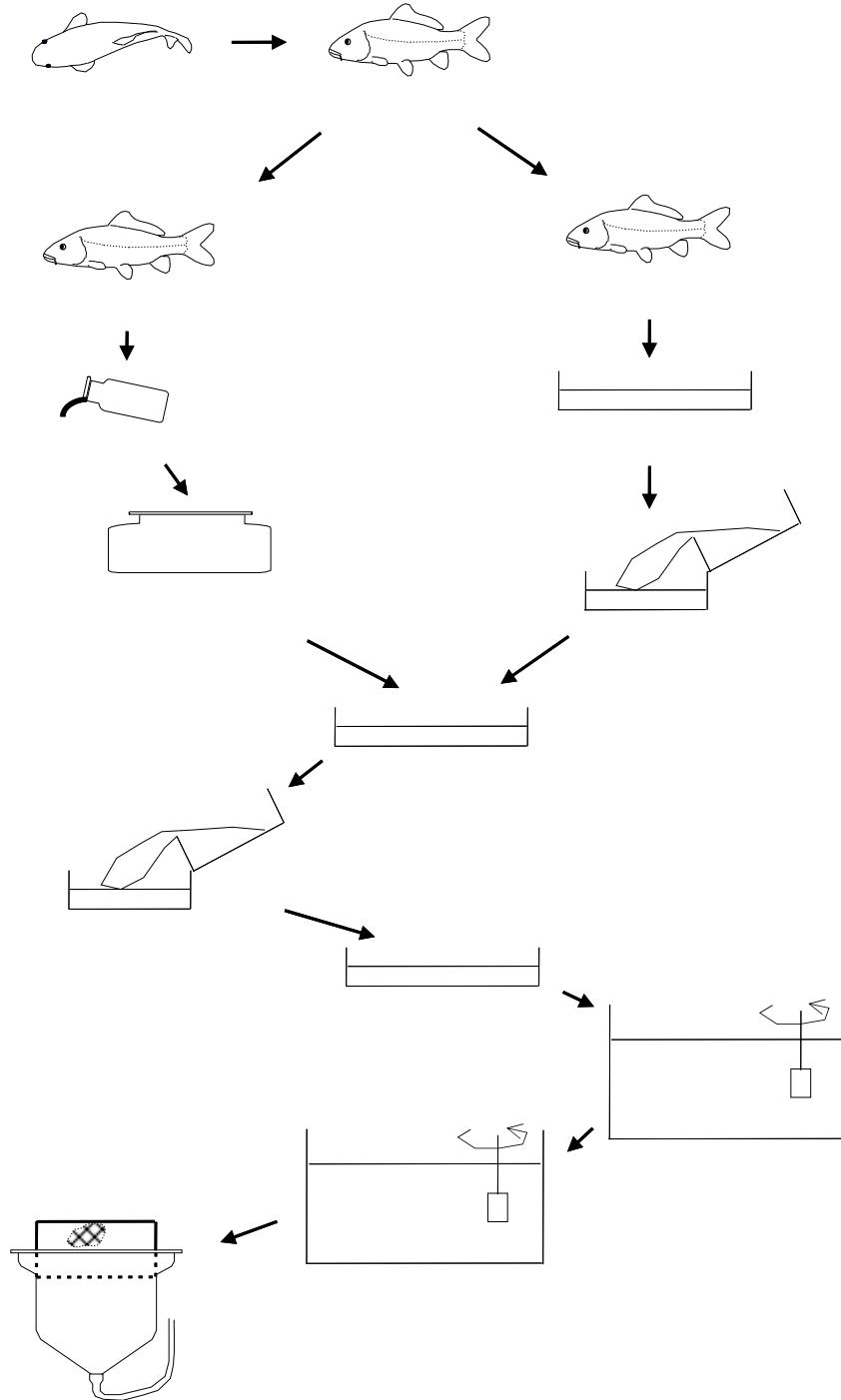


그림 2. 잉어의 인공수정과 점액질 제거 과정

양 성 방 법

○ 지수식 양식

- 개 요 : 지수식양어로 물이 흐르지 않는 못에서 양식하는 전통적인 방법
- 사육지 : 인공양어지와 저수지나 유지
- 생산성 : 3,000 kg/ha

○ 가두리 집약양식

- 개 요 : 수량이 풍부하고 수위가 안정된 호수면에 가두리망을 설치하여 양식
- 특 징 : 물의 유통이 원활하고 환경이 안정되어 고밀도로 양식 가능하여 2000년 이전의 주 양식방법이었으나 현재는 수질오염 문제로 면허의 신규 및 연장을 불허하는 상태임
- 생산성 : 3~4톤/100 m²



그림. 가두리양식장

○ 기타 사육방법

- 시비양어 : 유기질을 지속적으로 시비하면서 먹이생물을 발생시켜 사육하는 방법으로 연중 수온이 높은 동남아시아에서 성행하고 있으며, 2~3톤/ha생산이 가능하다.
- 우수식 양어 : 항상 물을 흘려 좋은 환경에서 양식하는 방법으로 5톤/20평의 고생산성을 가지나 우리나라에서는 부적절하다.
- 조방적 양어 : 유지나 저수지에 먹이공급이나 시비를 전혀 하지 않고 자연조건에 의존하는 원시적인 방식으로 양식의 의미가 거의 없고, 생산성이 매우 낮다(150 kg/ha 생산).

국내외의 양식 현황

○ 생산량

- 1995년 세계의 잉어 생산량은 약 2백만톤으로 Kelp, 은연어, 초어에 이어 4번째를 차지하고 있다.
- 중국은 1992년 70만톤에서 2002년 2백만톤으로 생산량이 빠르게 증가하고 있으며, 우리나라는 가두리양식이 허가되던 기간동안 내수면 생산량의 대부분을 차지하였으나 가두리 양식장 허가 불허 이후 급감하여 2003년 현재 2,090톤(잉어, 비단잉어, 향어 포함)으로 담수어류 양식량 19,680톤 중 10.6%를 차지하고 있으며, 중국에서 99년 6,300톤을 수입하여 생산량의 3배에 달하고 있다.

○ 잉어 품종의 원종보존

- 잉어 품종의 특징
 - 개체군간 유전적 변이가 뚜렷하고 교잡 강세가 두드러짐

- 변이의 형성은 일차적으로는 지리적 격리와 적응, 자연적 및 인위적 선택압에 의한 돌연변이 요인 등이 있고, 인위적으로는 순치된 유럽산 잉어의 이식 영향 등
- 각국의 Live gene bank
 - 헝가리의 Fish Culture Research Institute : 1962년 이래 30여 품종(자국산 15, 외국산 15품종) 확보
 - 체코 연방의 Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology
 - live gene bank의 필요성 및 임무
 - 다양한 유전 계통을 보존
 - 각 유전계통의 특징 파악 및 기술
 - 순계화 실험으로 육종 기초 마련
 - 정자은행 : 비단잉어의 대규모 정자은행 시도됨
- 국외의 품종개량 연구 현황
 - 변이간 잡교 강제현상을 이용한 품종개량이 주를 이루며 유럽, 러시아, 중국, 일본 등
 - 헝가리의 경우 live gene bank를 이용 Szarvas 215 mirror, Szarvas P.31 scaly, Szarvas P.34 scaly hybrid 등을 개발하고 후자는 기존 잉어보다 생산성이 20~25% 향상됨
 - Dor-70계통에서 자성발생 후 수컷으로 성전환은 100 ppm methyl-testosterone 처리시 순환여과식에서는 46.7~96.6%, 유수식 수조에서는 20.0~40.8% 수컷 유도
 - 잉어에서 genome 조작 육종방법 : 자성발생과 응성발생 그리고 배수체 유도
 - 선발육종
 - 질적 형질 선발: 비늘형에 대한 유전, 색소형에 대한 유전 등

- 양적 형질 선발: 성장, 내병성 등. 내교배에 의한 불리한 점 두드러지며 효과 없음
- 잉어의 성 결정 기작: XX-XY 형

○ 세계의 개량 잉어 품종

- 중국
 - 선발육종 품종
 - Red purse carp(荷包紅鯉): *Cyprinus carpio wuyuanensis*. 300년 전江西省 동북부婺源縣에서 사육하던 적색잉어로 1950년 이래 내교배로 인한 감소. 1958년 이래 회복운동 시작하여 1969~1979사이 11년간 6세대에 걸친 선발로 적색개체 출현율 89.6% 도달. 다른 품종과 잡교에 이용
 - Xinguo red carp(興國紅鯉): *Cyprinus carpio singuonensis*. 江西省興國縣에서 1300년 이상 사육되던 변종으로 1972~1985년 사이 6세대간 선발 육종으로 적색 자손 출현율 86.6% 도달. 다른 품종과 교배용으로 중요함. 연간 5,000톤 생산됨
 - Wanan glass-red carp: *Cyprinus carpio wanan*. 근육과 아가미 뚜껑이 투명하여 내장이 보이는 특성을 가지며, 1965년 한 농부가 대량생산한 후 1973~1983년까지 6세대 선발 육종 결과 출현율 84%까지 도달
 - 잡교육종
 - Harvest carp: 1972-1975까지 Hydrobiology Institute에서 개량. Xinguo red carp 암컷과 Longzhou mirror carp 수컷 잡교 결과. 생산성이 높음. 모계보다 1.8배, 부계보다 1.3배 체중 무거움
 - Heyuan carp(荷元鯉): 1974~1980까지 Changjiang Fisheries Institute에서 개량. Red purse carp (興國紅鯉) 암컷과 Yuanjiang

- carp (元紅鯉) 수컷 잡교 결과. 모계보다 40%, 부계보다 26% 성장률 높음
- Triple-cross carp(三雜交鯉): 1981~1984까지 Heyuan hybrid carp 암컷을 mirror carp 수컷과 교배. 모계보다 16%, 부계보다 27% 성장률 높음
 - Yue carp(岳鯉): 1975-1978까지 Biology Department of Hunan Normal Univ.에서 개량. Red purse carp 암컷과 Xianjian wild carp 수컷 잡교. 모계보다 50%, 부계보다 25% 성장률 좋음
 - Furon(Feng) carp(丰鯉): 1975~1978까지 Hunan Fisheries Research Institute에서 개량. Scattered scaled mirror carp 암컷을 Xinguo red carp 수컷과 잡교. 모계보다 40%, 부계보다 50% 성장률이 좋음
 - Ying carp(穎鯉): Developmental Biology Institute of Chinese Academy와 Changjiang Fisheries Research Institute에서 1985~1988년까지 개량, Mirror carp 암컷을 잉어와 붕어간 유전자 전이된 수컷과 잡교, 2년생은 모계보다 60%, 부계보다 20% 성장률 좋음
 - Red mirror carp: Harvest carp을 번식시킬 때 F₂에서 상동접합성 열성 유전자 가진 비늘이 완전하고 붉은 잉어 출현
 - Blue scaled carp: Shen and Liu(1988)가 선발 후 Heilongjiang wild carp 암컷을 red mirror carp 수컷과 잡교하여 F₂에서 얻음. 자손 중 19%가 비늘이 청색이거나 흰색이며 저온에 저항성 높아 93.2%가 월동 후 생존
 - Jian carp(建鯉): *Cyprinus carpio jian*. 江蘇省 淡水漁業研究中心에서 개량. Heyuan carp을 4대까지 선발육종하고 2대에서 자성발생시킨 자성발생 2대 자손을 선발 4대 자손과 잡교하여 6세대에서 개량된 품종 얻음. 유전적 안정성이 96%로 자가 교배로 생산이 가능하며,

1992년 8개 자치구 18개소 시험양식 이래 30개성, 시, 자치구에서 연간 종묘 40억마리, 사육면적 660,000 ha에서 1,000,000톤을 생산하여 잉어 양식량의 50% 차지하는 것으로 추정(자료1 참조)

- 기타 순계 얻기 위한 자성발생 및 성전환 실험 및 순계 계통



중국의 建鯉(Jian carp)

- 인도네시아
 - Punten carp: 1919년에서 1930년 사이 선발육종. 1952년 이스라엘 이식. 현재는 무작위적인 교배로 거의 사라짐
 - Majalaya carp: 1975년 어업인이 대량 선발. 3 kg까지 성장 좋음
 - Sinyonya carp: 서부 자바지방. 성장하면서 눈꺼풀이 발달
 - Mirror carp: 비늘이 완전하기 않거나 선형으로 발달하거나 없음
 - Kumpay carp: 등이 길고 낮으며, 지느러미가 긴 특징
 - Domas carp: 머리와 등지느러미를 따라 밝은 관상용 색깔 띠
 - Kancra-doma carp: 비늘이 작고 측선린의 상하부를 따라 반짝거림
 - Red carp: 비늘이 붉은 색
 - Taiwan carp: 배가 크고 돌출됨. 대만에서 이식
 - Koi: 두 가지 이상의 색깔이 조합되어 나타남

- 교잡 강세를 이용한 품종 개량을 위해 계통의 순계화 추진(1993년 자성발생 이용)
- 이스라엘
 - Dor fish and Aquaculture Research Station에서 선발육종과 잡교 육종 시험
 - Dor-70 개발: 1971년 이스라엘 계통과 유고슬라비아 계통 이용 잡교
- 일본
 - 비단잉어를 주로 200여년간 선발 육종하여 100여 품종을 산업화함
- 우리나라
 - 잉어 : 양식품종은 1929년 일본에서 이식된 大和(일본명)라는 품종으로 1966년까지 양식용 종묘로 분양 및 방류되어 자연산과 혼합되었을 가능성이 크다. 근래 양식품종 열성화로 인한 생산성 저하를 막기 위해 수계별 잉어품종 수집 및 유전학적 분석, 중국산 품종 이식과 품종 개량 연구 등이 수행되고 있다.
 - 이스라엘잉어 : 이스라엘에서 개발된 품종으로 1973년 도입되었으며, 1980년 중반부터 양식이 본격화되었다. 가두리를 이용한 양식으로 전체 내수면 생산량의 50% 이상을 점유하였으나 가두리 양식장의 철거 및 열성화로 생산량이 급감하여 2003년 920톤 생산이 그쳤음
 - 비단잉어 양식 : 1950년대 말 일본에서 도입되어 1970년대 초부터 본격적인 양식이 시작되었으나 다양한 품종의 보존 및 개발이 부진하여 고품질의 상품이 생산되지 않아 사양화되었고, 1991년부터 진천 관상어 영농조합법인이 설립되어 활동하여 2002년 산자부 10대 수출품목으로 선정되면서 새로운 산업품종으로 기대되고 있으나 품종 열성화로 애로를 겪고 있음. 2003년 생산량은 잉어의 약 3%에 불과하나 금액은 1/3을 차지

기 타 사 항

○ 잉어 순치 및 양식 역사

- 유럽에서는 로마인들이 처음으로 연못에 방양하여 사육
- 중국에서는 유럽과 무관하게 B.C. 4세기경 Fan Li에 의해 순치 및 양식이 시작됨
- 비단잉어는 유럽, 중국, 일본에서 초기 사육시 발견된 개체에 대해 육종한 결과
- 양식 발달 단계
 - 자연산 치어 수집 및 양식
 - 16세기 : 대형 호수에 친어 수용하여 가을에 치어 수집
 - 19세기 : 수초가 형성된 소형 연못에 암컷 2 : 수컷 3의 비율로 수용한 후 부화자어 수집
 - 1950년대 이후: 계획된 종묘 생산 가능
- 세계의 양식 방법 개관
 - 자연 먹이와 노동력 의존식: 세계 대부분
 - 기계화 의존식 : 인건비 비싼 유럽 등지
 - 가두리 집약양식 : 일본, 러시아 등지(현재는 환경문제로 감소 또는 중지)
 - 유수식 양식 : 발전소 폐열 이용 동부 독일에서 시행
 - 폐쇄식 양식 : 종묘생산업을 주로 함

참 고 문 헌

- 김익수, 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편(담수어류). 교육부
- 淡水漁業研究中心育種室, 1992. 建鯉 養殖技術, 17pp.
- 中國水產學會 中國漁業史研究會 編, 1986. 范蠡養魚經. 農業科學出版社, 北京. 103pp.
- 中國自然資源叢書編撰委員會 編, 1995. 中國自然資源叢書. 漁業卷. 中國環境科學出版社, 北京. 379pp.
- Balon, E. K., 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*, 129(1995), 3~48
- Bakos, J. and S. Gorda, 1995. Genetic improvement of common carp strains using intraspecific hybridization. *Aquaculture* 129, 183~186.
- Billard, R., J. Cosson, G. Perchee, O. Linhart, 1995. Biology of sperm and artificial reproduction in carp. *Aquaculture*, 129, 95~112.
- Brzuska, E. and R. Grzywaczewski, 1999. Artificial spawning of carp *Cyprinus carpio* L.: difference between the effects on reproduction in females of Israeli strain Dor-70 and its cross-breed treated with carp pituitary and ovopel. *Aquaculture Research*, 30, 559~570.
- Csizmadia, Cs., Zs. Jeney, I. Szerencsés, S. Gorda. 1995. Transferrin polymorphism of some races in a live gene bank of common carp. *Aquaculture*, 129, 193~198.
- Davies, P. R. and I. Hanyu, 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp. I. Under conditions of high temperature. *Aquaculture*, 51, 277~288.

- Davies, P. R., I. Hanyu, K. Furukawa, and M. Nomura, 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp. II. Under conditions of low temperature. *Aquaculture*, 52, 51~58.
- Drori, S., M. Ofir, B. Levavi-Sivan, Z. Yaron, 1994. Spawning induction in common carp (*Cyprinus carpio*) using pituitary extract or GnRH superactive analogue combines with metoclopramide: analysis of hormone profile, progress of oocyte maturation and dependence on temperature. *Aquaculture*, 119, 393~407.
- FAO Training Series 8. Common Carp 1. Mass production of eggs and early fry. 1985. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 87pp.
- FIRI/C942, 1999. Review of the state of world fishery resources; inland fisheries. FAO. 53pp.
- Gomelsky, B., N. B. Cherfas, Y. Peretz, N. Ben-Dom, and G. Hulata, 1994. Hormonal sex inversion in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* 126, 265~270.
- Horváth, L. and L. Orbán, 1995. Genome and gene manipulation in the common carp. *Aquaculture*, 129, 157~181.
- Hulata, G., 1995. A review of genetic improvement of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and other cyprinids by crossbreeding, hybridization and selection. *Aquaculture*, 129, 143~155.
- Komen, J., P. Spaans, D. M. Zhang, C. J. J. Richter, 1995. Sex determination in common carp *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture*, 137, 106. (abstract only)

- Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller, D. R. M. Passino (eds.), 1977. Ichthyology. 2nd ed., John Wiley and Sons, New York. 166p.
- Li, S., 1994. Fish species cultured. In Li and Mathias(ed.) Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 28. Freshwater Fish Culture in China: Principles and Practice, Amsterdam. 1994. p. 27~50.
- Li, S. and S. Xu, 1995. Culture and capture of fish in Chinese Reservoirs. International Development Research Centre, Ottawa, p. 25.
- Linhart, O., S. Kudo, R. Billard, V. Slechta, E. V. Mikodina, 1995. Morphology, composition and fertilization of carp eggs: a review. Aquaculture, 129, 75~93.
- Lubenz E., N. Daube, I. Pekarsky, Y. Magnus, A. Cohen, F. Yusefovich and P. Feigin, 1997. Carp (*Cyprinus carpio* L.) spermatozoa cryobanks—strategies in research and application. Aquaculture, 155, 13~30.
- Saad, A. and R. Billard, 1987. Spermatozoa production and volume of semen collected after hormonal stimulation in the carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture, 65, 67~77.
- Sumantadinata, K., 1995. Present state of common carp (*Cyprinus carpio* L.) stocks in Indonesia. Aquaculture, 129, 205~209.
- Wohlfarth, G. W., M. Lahman, G. Hulata, and R. Moav, 1980. The story of "DOR-70", a selected strain of the Israeli common carp. Bamidgeh 32(1), 3~5.
- Wu, C., R. Chen, Y. Ye, and H. Ke., 1981. Investigation on the carp gynogenesis with reference to establishing a pure line. Acta Genetica Sinica 8(1), 50~55. (in Chinese).
- Yang, H. 1994. Integrated fish farming. In Li and Mathias(ed.)

- Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 28. Freshwater Fish Culture in China: Principles and Practice, Amsterdam. 1994. p. 219~270.
- Zhang, J., X. Sun, Y. Shi, and J. Wang, 1994. A new technique of the combined breeding developed in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *jian*). In Zhang et al. (eds.) The selected paper of breeding in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *jian*), Science Press, Beijing. 22~26. (in Chinese)
- Zhu, J., J. X. Wang, Y. S. Gong, T. B. Yu, 2000. Carp genetic resources and improvement in China. J. Zhejiang Ocen Univ. (Nat. Sci.), 19(3), 266~271.

【자료】

□ 중국의 建鯉 종묘생산 및 보존

○ 無錫 淡水漁業研究中心 시험사육지

- 시험사육지 규모 : 총 13,000평 규모로 각 사육지는 700평, 350평, 190평, 90평의 여러 크기로 조성됨
- 사육지 구조 : 4각형으로 깊이는 약 2 m이며, 사육지의 뚝은 약 10도의 경사를 두어 무너짐에 대비하였고, 저면에서 약 1 m 지점에 중간 턱을 두고 이 지점까지 계단을 만들어 작업의 편리를 도모
- 시험 양식 수산생물 : 잉어(*Cyprinus carpio*), 붕어(*Carassius auratus*), 틸라피아(*Tilapia spp.*), 배스(*Micropterus salmoides*), 열대메기(*Clarias fuscus*), 담수새우(줄새우 *Palaemon paucidens*와 징거미새우 *Macrobrachium japonicus*) 및 진주조개(三角帆蚌 *Hyriopsis cumingii*) 등이 있음



<시험사육지 전경>

○ 사육지 관리 및 친어 준비

- 원종 보존 : 품종 개발한 원종은 6개 계통에 각 계통의 세대별 약 1,000마리 이상을 지속시키는데, 다음 세대를 위해 각 계통에서 약 100마리 정도의 암수를 선별하여 교배한 후 생산되는 200만 마리의 종묘 중 다시 100마리 정도는 원종으로 사육함



<건리 친어 포획과 계량>

- 친어 일반 관리 : 채란용 친어는 암수 분리하여 1마리/평의 밀도로 방양하며, 평상시에는 귀리와 대두를 주로 공급하지만 채란 전 40일간은 대두만을 공급하며 이때 사료계수는 1~1.5 정도임. 수심은 약 2 m를 유지하지만 채란 준비기간에는 수온을 상승시키기 위해 1~1.2 m로 조절함
- 사육지 관리 : 사육수는 인근 태호(太湖)로부터 15마력 펌프를 이용하여 주수하며, 사육지의 주수구는 망사를 설치하여 이물질의 유입을 막음. 배수는 5마력 수중 펌프를 이용하며 저면에 약 10 cm 정도의 수심을 유지한 상태에서 친어를 포획함. 친어 포획후에는 부화 자어 사육에 재 이용하기 위해 120 g/m² 정도의 농도로 석회 소독을 실시함



<배수>



<석회 소독>

○ 친어 선별 및 호르몬 주사: 포획한 친어는 저울을 이용하여 계량하며, 일반 종묘생산을 위한 친어와 보존용 친어로 구분하여 별도 수용한 후 종묘생산용에 대해서는 암컷은 HCG와 LHRH-A를 각각 HCG 200 IU/kg + LHRH-A2 5 μ g/kg의 농도로 혼합하여 주사하고 수컷은 암컷의 1/2을 주사함. 주사 후 암수는 1:1의 비율로 채란지에 방양하고 신선한 물을 공급하여 산란을 촉진시킴



<친어 선별과 호르몬 주사>

외래 양식생물의 이식과 생태

- 채란 : 채란용 어소는 종려나무 수피의 섬유질을 이용하며, 각 수피는 약 40×40 cm 크기로 사육지에 10여개의 대나무 막대를 꽂아 줄을 쳐 매다는 형식으로 준비함. 주사 후 배란유도까지 시간은 약 10시간으로 조도가 어두우면 낮 시간까지도 산란이 이루어졌음. 잉어의 경우 부화 시간이 짧으므로 채란용 어소 및 수정난의 소독은 이루어지지 않음



<종려나무 껍질 어소와 어소 설치>



<산란행동>

- 수정난 및 부화 자어 관리 : 채란지에서 얻은 수정난은 부화지로 옮겨 관리하되 사육수원인 태호의 물은 영양염류가 풍부하여 먹이생물 발생을

위한 별도의 시비는 하지 않으며, 소독된 사육지에 물을 채우고 부화시킨 후 부화 자어에 대해 soy bean milk를 소량씩 공급하면서 20일간 사육하여 자어가 2~3 cm 크기로 성장하면 일반 어민에게 유상 분양함



<양성용 잉어 사료와 잔여 사료 회수>

- 종묘생산량 : 건리의 생산력은 100,000~150,000난/kg로 평균 약 200,000립/마리 정도이며, 채란지(크기 1,250 m²)에서 수정난은 약 3,000,000만립이 채란되고 부화율은 약 70%로 2,000,000마리가 부화되는데 중간에 1/2로 밀도를 낮추어 20일간 사육한 후 약 1,200,000마리를 생산(생존율 약 60%, 최종 밀도 480마리/m²)하여 판매함. 판매 가격은 마리당 0.8~0.9원/마리 정도로 시장가에 따라 달라짐

향 어

명 칭

- 학 명 : *Cyprinus carpio*
(LINNAEUS, 1758)
- 영 명 : mirror carp, israeli carp
- 일 명 : gagamigo
- 중 국 명 : 散鳞镜鱼
- 동종이명 : 이스라엘잉어, 유럽계잉어



분류학적 위치

Class	Actinopterygii	條鰭魚綱
Order	Cypriniformes	잉어目
Family	Cyprinidae	잉어科
Subfamily	Cyprininae	잉어亞科
Genus	<i>Cyprinus</i>	잉어屬

형태적 특징

- 외형
 - 외부 형태는 잉어와 비슷하지만 체고가 높고 체측에 있는 큰 비늘이

등쪽과 측선이 있는 방향으로 드문드문 나 있다.

- 계수계측 형질은 변이 폭이 크다.
- 등지느러미 기조수는 iii ~ iv 18~21, 뒷지느러미 기조수는 iii 5, 가슴지느러미 기조수는 16, 배지느러미 기조수는 9, 새파수는 4~5+17~18, 척추골수는 37~38개이고 인두치는 3열이다. 체장에 대한 백분비로 체고는 39.4~42.1%, 두장은 33.1~38.9%, 등지느러미 기점까지의 거리는 52.4~55.4%, 미병장은 15.7~19.0%, 미병고는 14.6~15.9%이다.
- 두장에 대한 백분비로 안경은 14.6~15.9%, 양안 간격은 31.0~34.3%, 문장은 22.6~26.7%이다.
- 체색은 잉어와 비슷하다.

분포 및 서식환경

○ 분포

- 서식 분포 지역이 잉어와 동일하고 아시아와 유럽대륙의 온대와 아열대 지방에 널리 분포한다. 한국, 중국, 일본, 독일, 러시아, 이스라엘 등에서 양식되어지고 있다.

○ 서식환경

- 호소, 저수지, 하천 등에서 서식하며, 맑은 물보다는 약간 흐린 물을 좋아한다. 따라서 강의 상류보다는 하류 지방의 평지 지대에 많이 서식함.
- 서식 수온은 1~30℃에서 잘 견디지만 최적수온은 25℃ 내외이다.

성장 및 수명

○ 성장

- 일반적 크기 : 전장이 40 cm 이상(체중 5~6 kg)으로 자라는데 4~5년이 걸림
- 생물학적 최소형 : 25 cm 내외(체중 1 kg 내외)
- 상업적 크기 : 25 cm 내외(체중 1 kg 내외)
- 최대크기 : 50 cm 이상(체중 10 kg 이상)
- 유럽계 잉어의 갯 부화한 자어는 5~6 mm로 동양계 잉어보다 다소 작지만, 성장속도가 빨라서 5월에 부화한 것이 보통은 당년 가을까지 200 g 이상되고 특별히 빨리 자란 것은 500g 이상으로 자란다.
- 다음 해에 1.5~2 kg까지 자라고, 그 후에도 계속해서 빠른 속도로 자라서 4~5년이 지나면 5~6 kg이 된다.

○ 수명 : 잉어의 경우 20년 정도가 보통임

산란

- 산란기 : 5~6월
- 산란수온 : 수온 18℃ 정도에서 시작
- 산란은 이른 새벽에 주로 이루어짐
- 방란수 : 2 kg내외의 어미는 약 10만개, 4 kg내외의 어미는 약 30만개를 산란
- 난 경 : 1 mm 내외의 부착란
- 난발생 : 부화는 수온 18℃에서는 6.0일, 24℃에서는 3.0일이 소요됨

먹 이

- 부화직후 자어는 2~3일간 난황을 달고 있으며, 이후 물벼룩이나 로티퍼 등의 동물성플랑크톤을 먹고 자란다. 성어는 잡식성으로 수서곤충, 패류 혹은 수초 등을 먹는다.
- 겨울철에는 먹이를 거의 먹지 않고 봄철 10℃ 내외부터 먹기 시작하여 15℃ 이상에서 활발히 섭이하지만 30℃ 이상이 장기간 유지되면 섭이량이 떨어짐

종묘생산 방법

- 친어
 - 체고가 높고, 몸이 두껍고, 머리가 작은 것이 좋고, 길러낸 것 중에서 빨리 자라고, 튼튼하고 계통이 확실한 것을 고름.
 - 산란연령은 암컷이 4년 이상, 수컷은 3년 이상이 적당함.
 - 산란용 친어는 3~4월경 암수를 각각 다른 못에 분리하여 수용
 - 산란기가 가까워지면 암수 구별이 뚜렷해짐.
 - 우 : 배가 불러오고, 몸 표면이 부드러워짐.
 - ♂ : 몸 표면이 거칠어지고 가슴지느러미 가장자리에 돌기가 나타남.
- 채란과 부화
 - 자연채란 부화법
 - 잉어의 산란가능 수온은 16~28℃이고, 대체로 산란시기는 5~6월중임.
 - 우·♂ 친어의 배합은 오전 중에 마치도록 하고, 대개의 경우 수용한 다음날 아침 일찍 산란하게 됨. 우·♂ 성비는 1 : 3마리 정도가 적당함.
 - 알받이(魚巢)는 수초 혹은 나뭇가지 등이 사용 가능하나 최근에는 합성섬

유로 만든 알받이를 주로 사용함.

- 산란이 끝나면 알받이는 모두 부화지로 즉시 옮기거나 때로는 산란지에 그대로 두고, 친어를 들어내는 경우가 있음.
- 알받이에 붙은 알은 얇게 흩어지도록 골고루 깔아주어서 신선한 물이 잘 유통되도록 함.
- 부화시는 주수와 배수를 중지고 최적 부화수온 20℃ 전후를 유지
- 인공채란 자연부화
 - 산란동작을 시작하는 우·♂을 잡아 내어 알과 정액을 짜서 인공수정함.
 - 인공수정은 링거액을 준비하여 알과 정액을 그 속에 넣어서 혼합수정시키는 것<링거액만드는법 : 물 1 ml당, 소금 7.5 g, 염화칼슘 0.4 g, 염화칼륨 0.2 g을 녹여서 만듦>
 - 수정이 끝난 알은 별도로 준비한 알받이를 물속에 띄우고 골고루 부착하도록 뿌림.
 - 알 부착이 끝나면 1~2시간 후 물속의 산소가 부족하지 않도록 air stone으로 포기시키고 죽은 알에 수생균이 붙지 못하도록 말라카이트그린과 포르마린 소독

○ 부화자어의 사육

- 부화 직후의 자어는 전장 약 5~6 mm 정도로 투명하고, 복부에는 난황을 지니고 있으며 부화 후 2~3일 동안에 난황이 흡수됨.
- 난황 흡수 후에는 작은 물벼룩이나 윤충류 등을 먹음

○ 초기 치어의 사육

- 부화지에서 관리한 어린 고기를 물벼룩이 발생된 못에 옮겨서 성장을 시킴. 1m²당 100~200마리 방양하나 많을 때는 300~400마리도 가능
- 물벼룩의 발생정도와 치어의 방양밀도에 따라 다르나 1~2주일이 지나

면 물벼룩이 없어지므로 이때부터 치어용 배합사료 공급

- 산소보충을 위한 폭기 장치를 하면 방양량을 2~3배 또는 그 이상 증가 가능함.
- 사료는 하루에 여러 번 나누어 주며 성장과 더불어 사료의 양을 증가시킴.
- 먹이는 80% 정도가 포식할 정도 공급함.

식용어의 양성

○ 지수식 양성

- 큰 양어지 또는 저수지를 이용하여 2~3m²당 1마리정도 방양
- 수면의 면적 1ha당 3~6톤까지 생산 가능하고, 포기용 수차를 설치하면 방양량 및 생산량을 2~3배 증가 가능

○ 순환 여과식 양식

- 양식에 이용되는 물을 여과시켜 부족한 산소보충과 사료찌꺼기, 배설물 등이 물속에서 분해되어 어류에 해로운 영향을 끼치는 암모니아성 질소가스를 질산화작용에 의하여 무해한 질산염으로 산화시켜 다시 새로운 물로 공급하여 좁은 면적에서 고밀도 사육을 하는 방식

향어(이스라엘잉어) 도입 경위

- 시기 : 1973. 5. 27. 이스라엘
- 이식수량 : 1,000마리(전장 3cm, 당년생 치어)
- 이식배경
 - 재래종 잉어보다 성장이 1.5~2배 빠르고, 머리가 작고 체고가 높아 가식부위가 많아 양식에 적합함

- 이스라엘 농무성 어병연구소장 Dr. Sarig 박사로부터 우리나라 김수혁 씨가 기증받아 경기도 금곡에 있는 소규모 금붕어 양어장을 거쳐 팔당 댐 상류 양수리 논에 수용함¹⁾
- 1975년 6월 18일 호림수산에서 생존한 350마리를 전량 인수받아 강원도 춘성군 서면 금산양어장에서 본격적인 양식을 시작하였음.¹⁾
- 연구소 인수시기 : 1976년 77마리를 호림수산에서 청평양어장으로 분양
- 인수시 연구소장 : 청평내수면연구소 수산연구관 전승관

기타 향어에 대한 참고내용

- 유럽계 잉어는 비늘이 정상적으로 몸전체에 있는 것(scale carp)과 비늘이 거의 없는 두 가지 계통이 있다. 비늘이 없는 계통중에는 아주 작은 비늘이 등지느러미 아래에만 몇 개 있는 가죽잉어(leather carp)와 큰 비늘이 몸의 옆줄부분에 있는 거울잉어(mirror carp)가 있다.
- 향어는 독일산 품종인 가죽잉어(leather carp)와 체고가 높은 이스라엘의 토착 품종 잉어와의 교잡에 의해서 개량된 잉어의 한 품종이다.



사진 1. 가죽잉어



사진 2. 거울잉어

- 향어(香魚)라는 이름은 민물고기 특유의 비린내 (해감내)가 거의 안 난다고 해서 일본에서 붙여진 이름이다.

국내 향어양식 현황 및 문제점

향어는 1998년까지 우리나라 내수면 가두리 양식장의 주요생산 품종이었으나 최근 가두리 양식장이 철거됨에 따라 생산량이 급감하였고, 재래종 잉어와의 교잡에 의해 열성화되어 성장이 느려지고, 항병력이 떨어지는 등의 문제점 있어 우수한 품종을 도입하여 품종을 개량할 필요성이 있음.

중국에서 사육되고 있는 중요 유럽계 잉어 품종 및 특징

- 외국에서 도입하여 사육하고 있는 유럽계 잉어 품종들
 - Germany mirror carp : 선발육종에 의한 내병성 및 생존율이 높은 품종을 개량함.
 - Scattered mirror carp : 우수한 교잡종인 Feng carp, Ying carp, Tri-crossed carp 생산에 이용
 - Russian scale carp
- Furon(Feng) carp(丰鯉)
 - Scattered mirror carp ♀ × Xinguo red carp ♂을 교잡
 - 1975~1978까지 Hunan Fisheries Research Institute에서 개량.
 - Feng carp의 자치어는 성장이 특히 빨라 Xinguo red carp 원종보다 50~62%성장이 빠르고, Scattered mirror carp 원종보다는 140%나 성장이 빠르다. 청평내수면연구소에서는 Scattered mirror carp 원종과

Xinguo red carp 원종을 이식할 계획임.

- Lotus carp : Scattered mirror carp ♀ × Xinguo red carp ♂를 교잡
 - 교잡종은 Scattered mirror carp 원종 보다 40%, Xinguo red carp 원종 보다 60%나 성장이 빠르다.



사진. 3. Feng carp
Scattered mirror carp과 Xinguo red carp의 교잡종

- Harvest carp
 - Xinguo red carp 암컷과 Longzhou mirror carp 수컷을 교배
 - 1972-1975까지 Hydrobiology Institute에서 개량.
 - 생산성이 높음 : 모계보다 1.8배, 부계보다 1.3배 체중 무거움
- Triple-cross carp(三雜交鯉)
 - 1981~1984까지 Heyuan hybrid carp 암컷을 mirror carp 수컷과 교배
 - 모계보다 16%, 부계보다 27% 성장률 높음
- Ying carp(穎鯉)
 - Mirror carp 암컷을 잉어와 붕어간 유전자 전이된 수컷과 교잡
 - Developmental Biology Institute of Chinese Academy와 Changjiang Fisheries Research Institute에서 1985~1988까지 개량.
 - 2년생은 모계보다 60%, 부계보다 20% 성장률 좋음
- Red mirror carp
 - Harvest carp을 번식시킬 때 F₂에서 상동접합성 열성 유전자 가진 비늘

이 완전하고 붉은 잉어 출현

○ Blue scaled carp

- Shen and Liu(1988)가 선발 후 Heilongjiang wild carp 암컷을 red mirror carp 수컷과 교잡하여 F₂에서 얻음.
- 자손 중 19%가 비늘이 청색이거나 흰색이며 저온에 저항성 높아 93.2%가 월동 후 생존

Mirror carp 및 Leather carp



Mirror carp *Cyprinus Carpio*



Linear Mirrors *Cyprinus Carpio*



Fully scaled mirrors *Cyprinus Carpio*



Leather carp *Cyprinus Carpio*

참 고 문 헌

- 김인배, 2000. 어류양식학. 도서출판 구덕, 부산, 433pp.
- 김익수, 1997. 한국동식물도감, 제 37권 동물편(담수어류). 교육부, 국정교과서 (주), 연기, 629pp.
- 鯉魚人工雌核發育及基作為建立近交系新途徑的研究(吳清江 외 3인), 1981. 遺傳學報, 8(1), 50-55.
- 鯉魚雜種優勢多代利用的探討(吳清江 외 3인), 1979. 水生生物學集刊, 6(4), 445-452.
- 散鱗鏡鯉與興國紅鯉, 龍州鏡鯉的雜種優勢以及鱗被, 體色的遺傳(湖北省水生生物研究所 魚類遺傳育種研究室育種組鯉魚研究小組), 1975. 水生生物學集刊, 5(4), 439-446.
- 我國鯉魚遺傳改良研究概況(朱建·王建新·龔永生·郁桐病), 2000. J. Zhejiang Ocean Univ. (Natural Science), 19(3), 266-271.
- 雌核發育系紅鯉8305的生產及其生物學特徵(吳清江 외 3인), 1991. 海洋与湖沼, 22(4), 296-300.
- <http://www.darrencarpbage.freehosting.net/identification.htm>
- http://www.nfrda.re.kr/marine/aqua/aqua_14.html
- <http://mobidic.yosu.ac.kr/fish-5.htm>

해 마

명 칭

- 학 명 : *Hippocampus* sp.
- ※ 그리스어로서 상체가 말(Hippos)인 바다괴물(kampos)을 뜻함
- 영 명 : seahorse
- 일 명 : タツノオトシゴ
(tatsuno-otoshigo, 龍之落子)
- 중 국 명 : 海馬



분류학적 위치

- Order Syngnathiformes 실고기목
- Family Syngnathidae 실고기과
- Subfamily Hippocampinae 해마아과
 - *Hippocampus coronatus* Temminck et Schlegel 해마
 - *Hippocampus japonicus* Kaup 산호해마
 - *Hippocampus kuda* Bleeker 복해마
 - *Hippocampus trimaculata* Leach 점해마
 - *Hippocampus histrix* Kaup 가시해마
 - *Hippocampus aterremus* Jordan et seale 진질해마

※ 세계적으로는 40여종이 알려져 있으나 우리나라에서는 해마, 산호해마, 진질해마, 가시해마, 복해마 등 5종이 알려져 있다.

분포 및 서식환경

○ 분포

전 세계의 열대 및 온대연안에 널리 분포하고 있으며 해마 종 중에 많은 수가 인도태평양 해역에서 발견된다. 주로 해중림, 산호초, 암반지대, 혹은 기수지역의 mangrove에 서식한다.

○ 수온

해마는 광온성이지만 해수온도의 변화는 성장과 생존율에 직접적인 영향을 끼친다. 적정수온은 종에 따라 다르다. 예를 들면 산호해마(*H. japonicus*)는 5~36°C이나 복해마(*H. kuda*)는 9~34°C, 점해마(*H. trimaculatus*)는 10~30°C이다. 그러나 일반적으로 대부분의 종에 있어서 적정수온은 약 28°C이다. 생식활동에 미치는 온도의 영향은 매우 강하고 그 적정범위는 20~30°C이다. 해수수온이 20°C까지 증가할 때 어미의 성적활력은 매우 크게 증가한다.

○ 염분

해마는 광염성의 동물로서 염분도가 9~37 ppt의 해수에 살수 있지만 염분도의 적응은 성숙단계와 밀접한 관련이 있다. 어린새끼가 살수 잇는 가장 낮은 염분도는 15 ppt인 반면 성체는 6 ppt의 염분도 이하에서도 견딜 수 있다.

○ 용존산소

해마는 천천히 움직이는 동물임에도 불구하고 산소요구량은 비교적 높으며, 특히 부화기간에는 더욱 그러하다. 사육수조에 있어 용존산소는 항상 3 ppm이상이어야 한다.

○ 조도

해마의 정상적인 성장과 발달을 위해서는 어떤 특정의 광도가 필요하다. 적정의 광도는 1,000~10,000 Lux이다. 너무 강하거나 너무 희미한 광도의 사육환경에서는 질병과 다른 이상이 종종 일어난다. 예를 들면 어두운 수조에서 사육된 해마는 수일 후에 눈이 먼다. 그러므로 어미에 있어 적절한 광도조건하에 유지하는 것이 매우 중요하다.

형태적 특징

- 해마는 그 생김새가 보통의 어류와는 달리 좀 특이한 모습을 하고 있다. 주둥이는 가늘고 긴 파이프와 같으며 머리는 몸통과 거의 직각으로 구부러져 있고, 위로는 정관(頂冠)이라는 뿔이 돋아 있다. 얼핏 보아 말의 머리와 비슷하다.
- 몸에는 비늘 대신에 딱딱한 골판이 덮여 있고, 돌출된 체륜(體輪)이 40~50줄 있다. 꼬리지느러미는 없고, 평상시에는 고요한 내만의 해조류에 꼬리를 감고 있다가 해엄을 칠 때에는 몸을 수직으로 세운 뒤, 등지느러미를 빠르게 움직여서 해엄을 친다.
- 해마류 수컷은 육아낭을 지니고 있다. 육아낭은 꼬리에 달려 있어 암컷보다 몸통의 길이가 짧고 꼬리의 길이가 길다.
- 수컷의 육아낭 구조는 다른 실고기과 어종에 비교하여 매우 발달 되어 있고, 번식시기가 되면 수컷의 육아낭 내부의 상피 세포벽은 배아의 발달

을 위해 두꺼워진 상태가 되어 임신기간 동안 유지된다.

- 체색은 변이가 많으나 암갈색이 보통이며 반점이나 무늬가 있는 것도 있다.
- 최소형 종은 0.6cm이고 우리나라의 해마는 8~10cm에 불과하나 대만, 오키나와 등지에는 30cm 이상 되는 큰 종류도 있다.

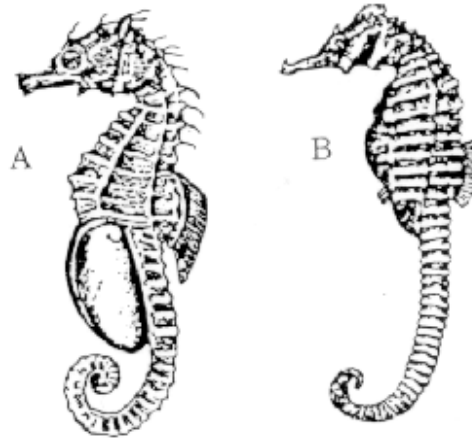


그림 1. 해마의 수컷(A)과 암컷(B)

생태적 특성

- 한정된 지역에서 서식하며 서로 크기가 비슷한 해마끼리 교배를 이루는 동류교배(assortative mating)를 하는 것으로 알려져 있으며, 서식영역이 좁기 때문에 동지역성 종분화(sympatric species)의 특징을 가지며 따라서 난의 수를 많이 가지고 있는 크기가 큰 암컷 해마는 크기가 큰 육아낭을 가진 수컷 해마를 찾게 된다.
- 수컷이 육아낭을 지니고 있고 연중 다산하는 생태적 특성을 지니고 있다.

종류별 생태

○ 복해마 (腹海馬)

- 학 명 : *Hippocampus kuda* Bleeker, 1852
- 영 명 : spotted seahorse
- 일 명 : 크로우미우마(Kuroumiuma)
- 중 명 : 관해마, 黑海馬 (대만-庫達海馬)
- 몸길이 약 18 cm이다. 몸은 해마와 비슷한데, 등지느러미 기조수가 해마보다 많아 구분된다.
- 몸통은 옆으로 납작하고 몸높이가 약간 높아 둥글고 꼬리자루는 원통형으로 길고 가늘며, 몸 전체는 딱딱한 골판이 둥글게 싸고 있다.
- 머리는 작고 보통 주둥이 길이는 머리길이의 1/2보다 짧고 주둥이는 관 모양으로 길고 그 끝에 작은 입이 열려 있다.
- 눈은 비교적 크며 주둥이가 가늘어지기 시작하는 부분의 등쪽에 있고 눈 위와 머리에는 길이가 짧은 돌기가 있다.
- 몸통의 제1·4·7의 몸꼬리와 꼬리부 제1·5·8·10 또는 제11·14·17 고리의 골질결절은 크다.
- 등지느러미는 몸의 가운데보다 약간 앞부분에 있으며 배지느러미와 꼬리지느러미는 없다.
- 몸 빛깔은 황갈색 또는 흑갈색 바탕에 여러 개의 어두운 색 가로띠가 있다.
- 한국(마산, 진해), 일본, 타이완, 중국, 인도네시아, 필리핀, 하와이, 아프리카 등지에 널리 분포한다.



Hippocampus kuda

○ 가시해마

- 학 명 : *Hippocampus histrix*
- 영 명 : thorny seahorse, yellow seahorse
- 일 명 : 이바라타쯔(Ibara-Tatsu)
- 중 명 : 刺海馬 (대만-長棘海馬)
- 몸길이 약 10~13 cm로 해마와 비슷하고 가장 뚜렷한 특징은 코 주위에 있는 검은색 줄무늬이다.
- 몸 빛깔은 갈색 바탕에 흰 점이 있고, 후두부의 관상돌기(冠狀突起)는 높고 보통 5개의 가시가 있으며 관상돌기 뒤쪽에 2개의 가시가 있다.
- 체륜(體輪)의 골절결절은 모두 길고 날카로운 가시로 되어 있고, 꼬리를 다른 물체에 감고 머리를 수평·수직으로 유지하며 헤엄친다.
- 한국(남부), 일본, 중국, 싱가포르, 동인도제도, 홍해 등지에 분포한다.



Hippocampus histrix

○ 해 마(海馬)

- 학 명 : *Hippocampus coronatus*
- 영 명 : Crowned seahorse
- 일 명 : 타쯔노오토시고(Tasuno-otoshigo)
- 중 명 : 冠海馬
- 몸길이 6~10.5 cm로 눈의 가시가 뚜렷하고 등지느러미의 기저(base:기관 또는 부속기관과 몸통과 연결되는 부위) 길이가 매우 짧은 것이 가장 큰 특징이다.
- 가늘고 긴 주둥이는 눈 뒤쪽의 머리 길이와 같고 머리가 다른 어류에 비하여 거의 직각으로 구부러져 있으며 몸은 많은 골판으로 구성되어 있다.
- 머리에는 관처럼 생긴 돌기가 뚜렷하게 튀어나와 있고 목에 해당되는



Hippocampus coronatus

부분에 돌기 모양의 갈고리가 있다.

- 몸 빛깔은 여러 가지 색깔이고 특히 연한 갈색에 조금 짙은 갈색이 섞여 있으며 작은 반점 또는 무늬가 있다.
- 육아낭(育兒囊)은 수컷의 꼬리 배쪽에 있으며, 수컷이 육아낭에서 알을 부화시켜 기른다.
- 여름이 가까워지면 수컷은 활동이 민첩해지고 몸 빛깔은 담갈색에서 회색을 띠고, 관상용으로 수족관 등에서 사육한다.
- 해안 가까이에 서식하고 한국, 일본 및 아열대 해역에 분포한다.

○ 산호해마 (珊瑚海馬)

- 학 명 : *Hippocampus mohnikei* Bleeker, 1854
- ※ Synonyms : *Hippocampus japonicus* Kaup, 1856
- 영 명 : *Japanese seahorse*
- 일 명 : سان고타쯔(Sangotatsu), Kitanoumiuma
- 중 명 : 日本海馬, 莫氏海馬



Hippocampus mohnikei

- 해마와 비슷하나 몸이 작고 꼬리는 가늘고 길며 체륜(體輪)은 몸뚱이에 11개, 꼬리에 39개이다.
- 주둥이는 짧고 몸길이의 3분의 1 가량이고 정관(頂冠)은 매우 낮고 옆으로 납작하나 실 모양인 것은 달려 있지 않다.
- 각 가시는 몹시 작고 둥글며 끝이 둔하고 몸 빛깔은 갈색에 무늬가 없거나 불규칙한 띠 모양의 무늬가 있다.
- 한국, 일본, 중국 등지에 분포한다.

산란과 성장

○ 성숙 및 산란

- 해마는 자웅이체로서 성숙연령은 종에 따라, 수온과 영양, 그리고 다른 환경조건에 따라 다르다.
- 수컷의 복부에는 특이하게도 새끼를 키우는 육아낭(育兒囊, 保育囊)이라 불리우는 주머니가 있는데, 산란시에 암컷은 수란관(輸卵管)을 수컷의 육아낭 속에 넣어 알을 산란하면 알이 부화가 되어 출산할 때 까지 약 2주간 수컷이 보육한다.
- 늦봄에서 여름사이 번식기가 되면 수컷은 산란 2~3일 전부터 움직임이 활발해지고, 체색이 담갈색에서 회색을 띠게 되며 암컷은 회백색으로 변하는 등 혼인색이 나타나며, 육아낭의 구멍을 열고 암컷을 유인하는 유영을 하고, 추미행동을 하는 등 구애를 시작한다.
- 암컷이 구애를 받아들여 짝을 이루게 되면 꼬리를 서로 감고 바닥에서 수면까지 오르내리면서 유영을 하는 동안에, 암컷은 산란관을 뺀 수컷의 육아낭 속에 넣은 후 몸을 움직이면서 알을 낳는다.
- 수정은 알이 육아낭으로 들어갈 때에 정자가 나와 수정이 된다. 산란은 보통 한 번에 다 하는데, 대개 11초~16초 정도 소요된다. 그리고 추미행동에서부터 산란을 마칠 때까지 소요되는 시간은 30분~1시간 정도 소요되나, 도중에 추미를 중단하는 경우도 있는데, 이런 경우에는 2~3시간 소요된다.
- 적정 사육조건에서 사육된 해마는 100일안에 성적성숙에 이른다. 표 1은 3종류의 해마에 대한 성숙연령을 나타내었다.
- 산란기는 수온과 밀접한 관련이 있다. 산란기의 적정수온은 20~28℃이고 수온이 26~28℃로 증가함에 따라 산란성기에 도달한다.

○ 산란량

- 인공적으로 조절된 사육조건하에서 해마의 산란량은 자연에서 보다 더욱 높다.
- 어미의 70% 이상이 생식능력을 가지며, 성숙해마는 1년에 10~12번 재생산하고 1마리의 암컷은 각 산란 때 마다 수백 개의 알을 낳는다. 해마는 나이가 들어갈수록 포란량은 점차 줄어든다.

○ 성장

- 해마의 성장률은 다른 해산어류보다 비교적 빠르고, 유생은 3~4개월 내에 어미의 크기로 자란다(표 1).

표 1. 해마의 성장률과 성숙연령

종	성장률(체장 cm)			성숙	
	1개월	2개월	3개월	성숙연령 (개월)	체장(cm)
점해마 <i>H. trimaculatus</i>	6	9	11	4~10	12~14
복해마 <i>H. kuda</i>	4.5	7	9	9~12	12~14
산호해마 <i>H. japonicus</i>	3	4.5	5.5	3~8	4.5~5.5

○ 출산

- 알은 오렌지색으로 알 수는 한마리가 10개로부터 100여개나 되고 크기는 2~3 mm 정도이다.
- 육아낭에서 수정이 된 알은 2주~40여일 뒤에 치어로 되어 출산되고,

새끼를 낳기 1~2일 전에는 수컷의 육아낭이 갑자기 부풀어지고 꼬리를 해조류에 감은 뒤 후복부를 구부려 육아낭을 압박하는 행동을 하면, 처음에 몇 마리가 출산되고 계속해서 몸을 굴신할 때마다 10~20마리씩 출산된다.

- 출산 치어수는 적게는 10마리에서 많게는 315마리까지 관찰 기록이 있으나, 평균 186~203마리 정도다.
- 부성애는 출산 후에는 없어지고 다만 암컷은 산란의 임무를 수컷은 새끼를 출산시키는 임무만을 가져 암수 분업작업이 완벽하게 이루어짐으로써 자손을 번식시키고 있다.
- 출산 직후의 치어는 3.5 mm~1 cm 정도이나 성장은 매우 빨라서 2~3개월 만에 성숙을 하고 산란을 한 뒤에는 죽어 버린다. • 1년에 3~4대를 거듭하며, 만 1년을 사는 것은 찾아보기 어렵고 예외는 미국 플로리다산 해마의 경우이고, 우리나라 연안의 해마에 대한 연구는 없으나 수명이 길지는 않은 것으로 알려져 있다.
- 해마는 잘피와 같은 연안 해초장이나 열대의 망그로브 숲 또는 산호초에 서식하고, 평소에는 내만의 해조류에 꼬리를 감고 서 있으나, 움직일 때는 꼬리는 안쪽으로 말고 똑바로 서서 적은 등지느러미로 천천히 헤엄치 듯 가는 고기이기 때문에 포식당하지 않는 길은 위장에 의존할 수밖에 없다.
- 게, 홍어, 가오리 등에 의해 포식되며 폭풍이 심하면 피로 때문이거나 바닷가로 떠밀려 대량폐사를 유발하는 원인이 되기도 한다.

양 식

○ 장소의 선정

- 사육장소는 해수 양수시설뿐만 아니라 살아있는 먹이생물의 수집을 위하여 가능한 해변에 가까운 곳을 선정해야 하고, 해마는 죽은 먹이나 배합사료보다 생먹이를 선호한다.
- 염분과 깨끗한 해수가 가장 중요한 2가지 환경요인으로 실험 결과 염분은 15~35 ppt의 범위여야 한다.

○ 사육수조

- 집약적인 친어와 유생의 사육을 위해서는 소규모 부화수조가 필요하고, 수조의 저면적은 약 2 m²에 깊이 0.6~1.0 m가 좋다.
- 수조의 저면과 벽면은 스트레스를 최소화하기 위해 검정색으로 하는 것이 좋으며 수조의 두 끝은 각각 입수와 출수구를 낸다.
- 육아 수조는 특별히 7~15일령의 어린새끼를 사육하기 위해 사용하며 면적은 2~6 m²에 깊이는 0.8~1.0 m로 한다.
- 야외에 설치한 수조는 직사광선을 방지하기 위해 덮개를 덮고 이후의 성장을 위해 사육수조는 면적 5~20 m²에 깊이 0.8~1.0 m사이의 아주 큰 수조를 사용한다.

○ 먹 이

- 해마의 성공적 양식의 관건은 양호한 성장과 발달을 보장할 수 있는 먹이이다.
- 해마가 선호하는 먹이의 종류는 소형 갑각류와 *Paracalanus* sp., *Sckmackeria* sp., *Acartia* sp., *Oithona* sp., *Neomysis* sp., *Palaemone* sp., *Periclimenes* sp. 등 갑각류의 유생이므로 해마 양식은 이들이나 유사한 먹이생물의 인공적인 배양을 해야 한다.

- 먹이생물이 부족한 경우에는 건조새우나 생어류육과 같은 먹이를 보조 사료로 사용할 수 있다. 실험 결과 건조 또는 염장 새우육은 어류육보다 더 양호한 성장을 보였다.

표 2. 복해마와 점해마의 먹이와 성장의 관계

먹 이	복해마(<i>H. kuda</i>)		점해마(<i>H. trimaculatus</i>)	
	성장률 (%)	%	성장률 (%)	%
생 새 우	25	100	35	100
마른새우	20	80	29	83
염장새우	18	72	22	63
생어류육	18	72	20	57

○ 사육관리

- 사육밀도는 해마의 크기에 따라 다르다. 부화 직후의 유생 사육밀도는 3,000/m³ 까지 사육이 가능하지만 체장이 6 cm 이상이 되면 200~300/m³으로 밀도를 줄여야 한다.
- 환수율은 계절, 기후, 그리고 다른 환경조건에 따라 다르다. 여름동안 환수율은 전체 수량의 적어도 30% 이상이어야 하나, 겨울에는 2일이나 3일마다 20~30%로 줄일 수 있다.
- 양식을 위한 적합한 수질기준은 표 3과 같다.

수질요인	측정값
염분	15~35 ppt
수온	20~28℃
pH	6.5~8.0
DO	>4 ppm

해마의 이용

- 해마는 약재로서 특별한 효능이 알려져 중국을 비롯한 아시아에서 약 500년 전부터 약재로 써 왔다. 한방에서는 말린 해마를 팔고 있는데, 허약한 사람에게 효과가 있다고 하며 소화제로도 이용되고 있다. 대만에서는 가루로 하여 먹으면 광견병에 치료 효과가 있다는 속설도 있다. 또한, 중국과 일본에서는 해마가 순산의 마스코트로 알려져 암수 한 쌍을 말려 두었다가 난산을 할 때 몸에 지니면 아주 효과가 있다고 믿고, 또 해마를 손에 쥐고 있거나 구워서 가루를 먹으면 쉽게 아기를 낳을 수 있다고 전해지고 있다.
- 동의보감에 의하면 해마는 신장의 원기를 도와고 정력을 강화해 준다고 하며, 임상에서 해마는 강력한 흥분성 강장제로 사용되고 있고, 노인 및 허약자의 정신쇠약에 효과가 입증되고 있다고 한다. 특히 소화제의 원료로 이용되어 한약계에서는 옛날부터 각 국산을 수입하여 매매하였다. 그 밖에도 해마는 천식을 치료할 수 있고, 콜레스테롤을 감소시키며, 동맥경화증을 예방하는 것으로 알려져 있다.
- 유럽의 석기시대 동굴벽에 해마의 벽화가 그려져 있는 것으로 보아 원시인들도 해마의 모양이나 새끼를 낳는 습성에 대하여 무엇인가 알고 있었던 것 같다. 중세 유럽의 어떤 나라에서는 해마는 유독한 괴물이기 때문에 가루를 술에 타서 마시면 죽는다고 믿어왔고, 또 한편 유럽에서는 해마를 불태워 그 재를 미치광이 병을 앓는 사람에게 먹이면 병이 낫는다는 기록이 있다. 그러나 이런 효과에 대하여 과학적인 근거는 전혀 없다.
- 그리고 해마는 그 독특한 모양과 번식생태 때문에 공공 및 개인 수족관에서 인기가 높아 많이 채집되어 공급되고 있으나 비교적 식성이 까다롭고 수조 내에서 병에 걸려 잘 폐사한다. 이로 인해 점차 수요가 늘어나

필리핀, 베트남, 인도 등에서부터 미국 플로리다, 남미 에콰도르에 이르기까지 전 세계에 서식하는 해마의 개체수가 급격히 줄어들고 있다. 관광용 어류로서 수족관의 야생 해마에 대한 의존도를 줄이기 위해서는 양식기술이 개발되고 발전되어야 할 것이다.

중국의 해마양식

- 중국의 해마 연구는 50년대말~80년대초에 *Hippocampus kelloggi*(大海馬), *H. japonicus*(산호해마, 日本海馬), *H. trimaculatus*(三斑海馬)에 대하여, 80년대초~90년대중기에는 *H. kelloggi*(大海馬)에 대한 실험실 연구가 진행되었다. 현재 상업적으로 주로 양식되고 있는 종은 *H. kuda*(管海馬)와 *H. trimaculatus*(三斑海馬) 2종이다.
- 중국에서 해마는 대중적인 강장제로 사용된다. 크기는 질의 지표가 됨으로 크게 사육하는 것은 더욱 이익이 된다. 수확은 보통 1년 후에 이루어지며 수확된 해마는 수 시간 동안 담수에 담군 다음 햇볕에 말린다. 중국과 동남아시아 지역에서 말린 해마는 약 US \$ 400/kg이다.

참 고 문 헌

한국동물분류학회, 1997, 한국동물명집(곤충제외). 489pp.

UNDP/FAO Regional Seafarming Development and Demonstration Project(RAS/90/002), 1990, Brief introduction to mariculture of five selected species in China. 33pp.

<http://www.fishbase.org/Summary>

흰 다리 새 우

명 칭

- 학 명 : *Litopenaeus vannamei*
- 영 명 : white leg shrimp,
Pacific white shrimp
(FAO, 공식명칭)
- 중 국 명 : 南美白蝦(nan mei bai dwixia)



분류학적 위치

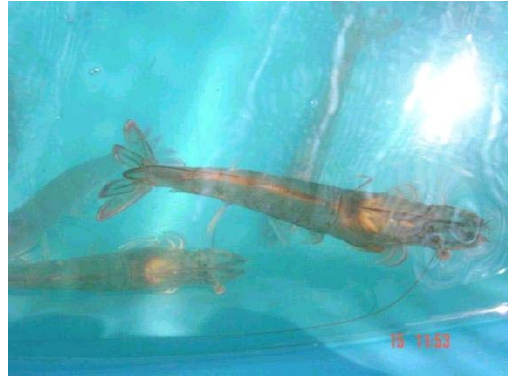
Class Crustacea
Order Decapoda
Family Litopenaeidae

형태적 특징

- 우리나라의 대하와 유사하여 구분이 다소 어렵지만 이마뿔(액각)이 대하에 비해 짧고, 살아 있을 때는 체색이 연한 암녹색을 띠지만 사육환경 조건에 따라 체색의 변화가 심한 편이며 부속지가 흰색으로 보이기도 한다.
- 성숙한 암컷의 경우 생식소의 색깔이 핑크색 계통의 붉은색을 띠므로 대하의 암녹색과 구분이 가능하다.
- 대하에 비해 갑각의 두께가 얇은 편이며, 가식부의 비율도 다소 높다.



대 하



흰다리새우

그림 1. 생식소가 성숙한 암컷

분포 및 서식환경

- 남아메리카와 중앙아메리카의 태평양 연안에 분포하는 아열대산으로 멕시코와 중남미의 서부해안이 원산지로 광범위한 염분(3~40 ppt) 에도 적응하며, 25~30℃의 고수온 해역에 서식한다.

생태적 특성

- 성장
 - 양성장에 종묘(PL₁₅~PL₂₀)입식 후 90일 전후로 상품가능 크기인 20 g 정도로 성장하며 대하에 비해 30~50% 정도 성장률이 높다.
 - 수온이 높은 아열대지역에서는 2모작도 가능 하지만 우리나라는 환경여건 상 5월 중순에 종묘 입식 후 8월 중하순에 수확 하는 것이 바람직하다.
 - 흰다리새우는 대하와는 달리 공식에 의한 피해가 적기 때문에 육상수

조식 사육이 가능하므로 20℃이상의 수온조절이 가능한 육상수조식 양식장이나 발전소 온배수의 활용이 가능한 장소에서는 연간 4모작도 가능하다.

- 성장 적수온은 23~30℃, 성장 최적 수온은 27℃이며 20℃이하에서는 먹이 섭취량이 급격하게 떨어지며 15℃이하에서는 활력이 둔화되어 성장을 기대 할 수 없고 저수온으로 인한 폐사가 우려되므로 조기에 수확해야 된다.

○ 성숙

- 아열대산 새우로 특정 산란 시기는 없으며 성숙 환경조건만 유지 되면 연중 산란이 가능하다.
- 생물학적 최소형은 15 g 전후이지만 양질의 수정란을 확보하기 위해서는 30~50 g 크기가 적합하다
- 암컷은 수온 28℃에서 10일 전후로 성숙하고 수컷은 26℃에서 성숙하며 성숙한 암컷은 수컷과 바로 교미하여 2시간이내에 산란한다.
- 한번 산란이 이루어진 개체는 7~10일에 재성숙이 진행되기 때문에 계속해서 산란용 어미로의 활용이 가능하다.

종묘생산 방법

1. 어미확보(어미구입)

흰다리새우는 남미가 원산지인 아열대산이기 때문에 현재로서는 외국에서 어미새우를 이식(수입)하여 종묘생산에 활용하고 있다.

우리나라에서 흰다리새우 양식시험은 2003~2005년 국립수산물과학원 갑각류연구센터에서 바이러스 감염으로 생산성이 약화된 대하양식의 돌파구를 마련하고자 대체품종으로 미국 하와이의 HHA(High Health Aquaculture

Inc, www.hihealthshrimp.com)사로부터 무병(SPF) 흰다리새우 어미를 수입하여 어미성숙시험 및 종묘생산 기초시험 등의 양식산업화 가능성을 시험중에 있다. 그러나 흰다리새우는 대하에서 발생하는 흰반점바이러스(WSSV)와 간췌장바이러스(HPV) 뿐 아니라 아직까지 국내에 보고 되지 않은 타우라바이러스(TSV), IHHNV, YHV 등의 치명적인 바이러스질병을 갖고 있어 어미새우 수입에 특별한 주의가 요구된다.

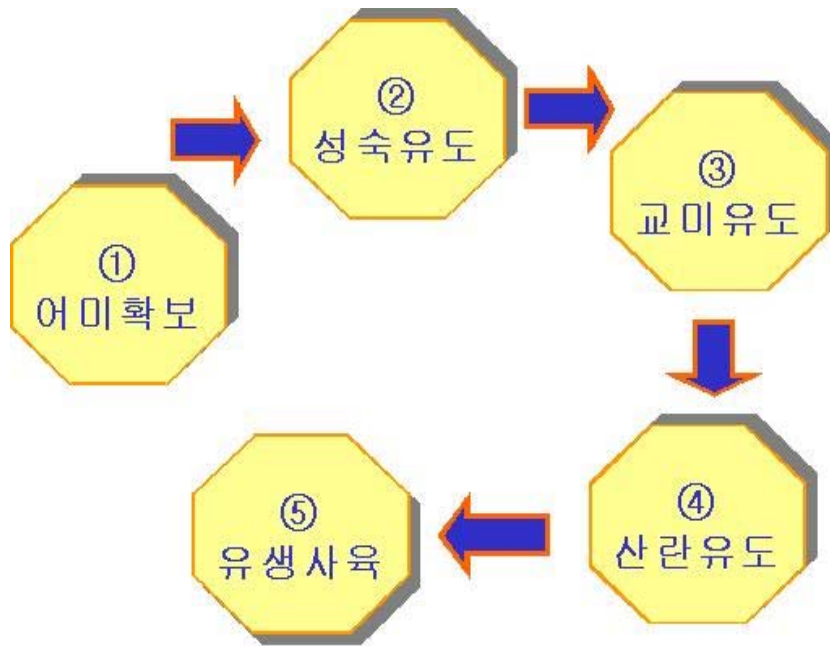


그림 2. 흰다리새우 종묘생산 체계

2. 어미 성숙관리

흰다리새우는 성숙에 필요한 환경조건만 되면 연중 산란 하는 종으로 성숙된 암컷을 수컷의 성숙수조에 수용하면 2시간 이내에 교미가 이루어지

고 교미가 된 개체는 2~3시간 후에 바로 산란하는 특성이 있어 대하와는 성숙 및 산란 체계가 전혀 다르다고 할 수 있다 특히, 육상수조에서 성숙 및 교미유도가 가능하므로 연중 종묘생산이 가능하다.

인위적인 환경조건에서 성숙조절 시작 7일 이후부터 암컷의 생식소는 옅은 핑크색을 띠는 성숙 초기단계로 발달하며, 10일째에는 성숙이 급속하게 진행되어 수컷과의 교미(mating)가 가능할 정도로 성숙이 된다. 이때는 두흉갑의 중앙에 위치한 생식소의 앞부분이 짙은 붉은색을 띠게 되므로 쉽게 구분할 수 있다.

또한, 흰다리새우는 성숙조건이 유지되면 산란 후 7~10일 이내에 다시 생식소가 회복되어 재성숙이 진행되므로 산란을 마친 어미는 회복수조로 옮겨서 성숙관리를 해야 한다.

성숙어미의 사육밀도는 5~8/m²마리가 적당하며 어미의 크기는 중량이 20 g만 되어도 성숙은 가능하나 양질의 수정란을 확보하기 위해서는 어미의 크기가 암컷 45 g이상 수컷 40 g이상 되어야 효과적이다.

성숙유도방법은 사육수온, 안병절제, 광주기조절, 양질의 먹이공급 등의 성숙유도 조건이 복합적으로 적용되어야만 성숙효과는 물론 교미율을 높일 수 있다.



그림 3. 성숙한 흰다리새우 암컷

표 1. 흰다리새우 암컷의 성숙유도 결과

(단위 : 마리, %)

조사일	사육 개체수	성숙 개체수	성숙률	교미유도	교미율	수정률	부화율
5월 25일	127	10	7.8	3	30.0	62.4	77.4
27일	124	16	12.9	5	31.2	65.3	75.5
6월 1일	120	12	10.0	2	16.6	58.0	80.0
2일	120	12	10.0	1	8.3	58.0	77.0
4일	116	12	10.3	4	33.3	73.2	88.6
7일	110	25	22.7	1	4.0	52.0	35.6
8일	110	13	11.8	7	53.8	84.3	90.5
10일	106	32	30.1	7	21.8	60.2	68.3
11일	104	20	19.2	4	20	65.7	76.3
14일	103	12	11.6	1	8.3	53.5	42.8
15일	103	15	14.5	1	6.6	56.5	40.0
17일	100	29	29.0	8	27.5	62.8	57.3
19일	98	13	13.2	3	23.0	63.5	60.8
22일	95	24	25.2	10	41.6	87.5	92.5
23일	95	18	18.9	6	33.3	66.3	88.5
7월 12일	90	17	18.8	5	29.4	58.7	66.3
22일	88	24	27.2	10	41.6	85.3	91.3
23일	88	18	20.4	6	33.3	80.3	92.0

가. 안병절제

새우의 안병(눈자루)에는 생식소성숙억제호르몬 (GIH, gonad-inhibiting hormone)이 생산되어 꾸준히 분비되기 때문에 안병이 완전한 암컷은 생식소의 발달이 계속 억제된다. 따라서 안병이 제거되면 GIH 분비가 저하되며 난소의 발달이 활발하게 되는 것이다. 그러므로 성숙유도를 위해서는 한쪽 안병을 제거하는 것이 효과적이며 안병절제 방법은 다양하며 한번 안병제거를 받은 암컷은 산란 후에도 재성숙이 쉽게 이루어진다.

성숙유도를 위해서는 성숙조로 이동 후 1주일째에 암컷의 한쪽 안병을 절제해야 되며 안병절제를 하는 방법은 다음의 3가지 방법이 있다. 이러한 작업은 살아있는 생물을 다루기 때문에 가급적 빠른 시간에 신속하게 처리하여 새우에게 미치는 스트레스를 줄여야 한다. 경험상 3)번째 절제 방법이 생존률과 성숙효과가 높고 신속하게 처리 할 수 있어 효과적 이었다.

- 1) 면도칼을 이용하여 안병 내용물을 짜내는 방법(압출)
- 2) 안쪽 안병 기저부를 명주실로 단단히 결찰하는 방법(결찰)
- 3) 불로 달군 핀셋으로 안병을 지지서 절단하는 방법(절제)

나. 사육수온

흰다리새우는 아열대산의 특성으로 인해 15~33℃의 수온조건에서 서식이 가능하나 이러한 수온범위를 벗어나면 생리적 스트레스로 폐사되는 경우가 발생된다. 생식소성숙에 적합한 수온은 암컷은 평균 27~28℃이며 수컷은 암컷보다 낮은 25~26℃가 유지 되어야된다. 성숙적수온 이하에서는 성숙이 억제되어 생식소가 성숙되지 않으므로 성숙어미가 필요 없을 때는 20~23℃로 사육하는 것이 효과적이다.

다. 광주기조절

실내수조내에서의 광주절은 13L:11D(13시간 점등, 11시간 소등)이 적합하며 이러한 광주절은 사육수온보다는 성숙에 덜 민감하게 적용되는 것으로 보이며 전등은 150 W 형광등이나 백열등을 이용하여 성숙수조 상층부로부터 1~1.5 m 높이에서 비추면서 낮은 밝기에서 서서히 밝기가 높아지는 상태로 조절할 수 있으면 더욱 효과적이다.

라. 먹이

먹이는 어미 성숙관리에 있어서 가장 중요한 요인으로 생식소의 성숙과 산란 효과를 높이기 위해서는 단백질 성분이 풍부한 먹이가 충분히 준비되어야 한다. 성숙에 적당한 먹이로는 굴, 오징어, 홍합, 바지락, 갯지렁이가 있으며, 특히 갯지렁이는 흰다리새우의 난소 성숙을 촉진시켜주는 매우 중요한 성분이 풍부하게 들어있어 반드시 공급되어야 하며 3~5 cm 크기로 잘라 물에 세척하여 수조의 벽을 따라 균일하게 1일 4~5회 정도 공급한다.

먹이 공급량은 섭식상태를 관찰하면서 적절히 조절해 주어야 하지만 성숙효과를 높이기 위해서는 사육새우 중량의 30~40% 범위 내에서 충분히 공급해야 된다. 1일간 공급되는 먹이종류의 비율은 갯지렁이 40%, 굴 20%, 바지락 20%, 오징어 10%, 기타 10%가 적당하며 암컷이 성숙하더라도 성숙한 수컷이 부족하면 교미가 이루어지지 않아 성숙한 암컷은 미수정란을 방란 하기 때문에 수컷의 성숙관리에 각별한 주의를 해야 된다.

3. 교미유도

교미가 가능할 정도로 생식소가 성숙한 (GI III, Gonad Index) 암컷은 수컷의 성숙수조에 1(♀):2(♂)기준으로 투입하게 되며 흰다리새우의 교미행

동은 일몰 직전 혹은 직후에 일어나므로 수컷수조에 투입 시기는 소등이 되기 2시간 전이 효과적이며 교미시간은 3~16초이며 다음 4단계의 행동적 특징이 관찰된다.

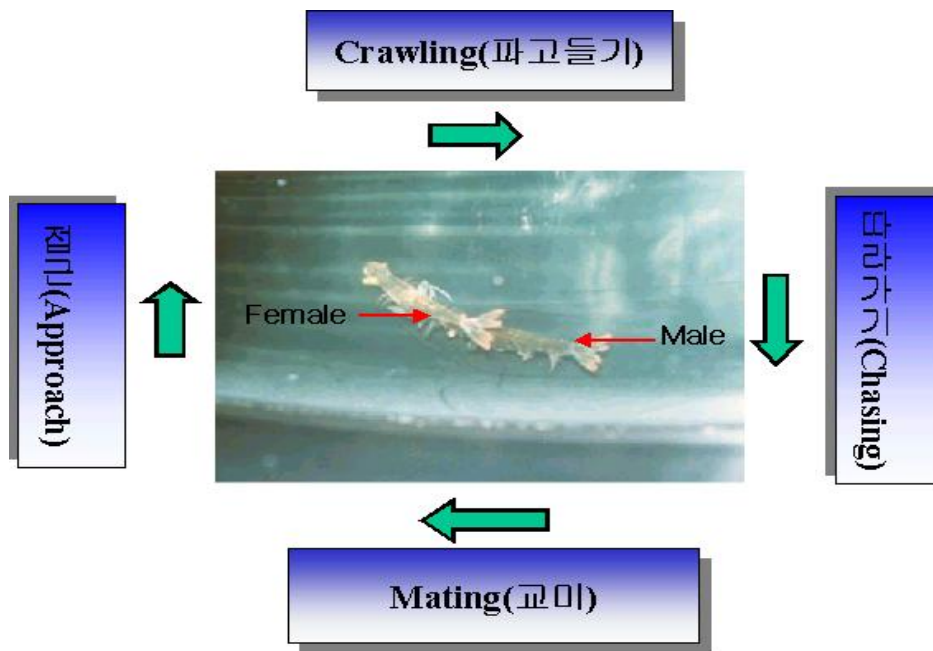


그림 4. 흰다리새우의 교미행동

폐쇄 교미전 새우류 (closed thelycum penaeids)는 탈피 직후, 갑각이 단단해지기 전에 교미를 하며 (보리새우, 대하, 홍다리얼룩새우), 교미는 난소성숙 몇 주일 전에 이루어진다. 그러나 개방형 (open thelycum penaeids)인 흰다리새우는 난소성숙이 완료된 상태에서 탈피간기 (intermolt stage)에 교미가 이루어지며 교미 후 1~2시간에 산란한다.

교미조에 투입하고 30분~1시간 후에 소등이 된 상태에서 붉은색의 전등이나 후렛시를 이용하여 교미여부를 확인해야 되며 이때 망목 6.0~9.5 mm 그물 쪽대로 개체별로 잡아내어 생식기 부위에 정포부착 유무를 확인

하는 것이 교미여부의 가장 정확한 판단이다.

그림과 같이 교미가 된 개체는 젤리형태의 정포가 암컷의 생식기에 부착되어 있다.



그림 5. 정포가 부착되어 교미가 유도된 상태

교미유무의 확인 과정에서 교미수조에서 바로 산란이 일어나는 경우가 발생되므로 단시간에 신속하게 처리해야 되며 교미가 이루어진 개체는 별도로 준비된 산란수조(1톤)에 3~4마리의 밀도로 수용하고 교미에 실패한 개체는 성숙수조에 재수용 하면 된다.

특히 교미확인 과정 중에 충격으로 부착된 정포가 탈락되는 경우가 빈번히 발생되지만 정포가 탈락된 개체도 수정이 되므로 산란수조에 수용한다.

4. 산란 및 부화

산란을 유도하기 위해서는 교미가 이루어진 어미새우를 안정된 상태로 유지해야 되므로 불빛을 완전히 차단하고 산란수조의 수온은 27~28℃를 유지해야 된다.

흰다리새우의 산란은 교미가 이루어진 즉, 수컷으로부터 정상적인 정포가 부착된 암컷을 선별하여 산란수조에 수용하면 2시간 이내에 산란이 되며

수정은 대하와 마찬가지로 난의 방란과 동시에 자성생식보조기(정포)에 의해서 정자를 방출시켜 자연적으로 수정이 이루어지게 된다.

수정란의 난경은 0.23~0.26 mm의 범위이며, 알의 성질은 분리침성란으로 수조 바닥에 가라 앉으며 보통 37~46 g 크기의 어미새우 1마리의 산란량은 98,000~123,000개 정도로 어미의 크기가 클수록 산란량이 많다.

난 발생은 수정 직후부터 발생하며, 수정 후 50분에 제1난할이 시작된다. 수정 후 16시간에 노플리우스(nauplius)유생이 부화되는데 이때 노플리우스를 수집하여 유생사육조로 옮긴다. 때에 따라서 노플리우스를 부화 후 2일째에(노플리우스 4~5기) 군집해 있는 활력상태가 좋은 정상적인 개체를 선별하여 부화조에서 유생사육조로 옮긴다.

부화된 노플리우스 유생은 강한 추광성을 보이므로 부화수조 가까이에 발광램프를 설치하면 미부화란과 약한 노플리우스 유생을 제외한 건강한 노플리우스 유생을 효과적으로 분리할 수 있다.

흰다리새우는 대하와는 산란특성이 달라 교미 후 산란시간이 매우 짧고



그림 6. 흰다리새우의 산란수조 및 수정란 수거장치

단시간에 한정되어있기 때문에 효과적으로 종묘생산을 하기 위해서는 세심한 주의와 노력이 필요하다.

5. 유생사육

일반적으로 유생사육과정은 대하와 동일한 방법이 적용되며 부화 이후 노플리우스유생~포스트라바10기 전후까지의 사육과정이 주로 이루어지게 된다. 사육과정은 대하와 유사하지만 종 특이성을 고려하여 세심한 관찰이 필요하다. 사육수온은 대하보다는 고수온 종이므로 27~31℃의 범위내에서 발달단계에 따라 수온을 점차적으로 올려가며 30℃내외를 유지하고 먹이는 대하 종묘생산시 사용되는 종류를 사용해도 무방하다.

노플리우스기(Nauplius)에는 체내의 난황이 완전히 흡수되기 6기(3일 소요)까지는 외부에서 먹이를 섭취하지 않고 그 후 조에아기로 되면 입과 소화기관이 형성되어 먹이 섭식을 하게 된다.

조에아기의 초기먹이는 식물성플랑크톤인 미세부유규조류가 이용되며 크기가 10 μm내외의 케토세로스(*Chaetoceros* sp.)가 주로 사용되고 먹이의 종류와 공급량은 각 발생 단계별로 다르나 사육수내의 먹이생물은 $3 \times 10^6 \sim 6 \times 10^6 \text{ cell/ml}$ 의 밀도로 유지되는 것이 좋다. 그러나 이러한 식물성 먹이생물이 자체적으로 수조내에서 배양되어 적정밀도로 유지되지 않으므로 규조의 섭식량과 탈락량에 대한 번식량을 유지하기 위하여 필요에 따라 영양염류를 시비하여 규조를 번식시켜 주어야 한다. 영양염류의 시비방법은 사육수내의 유생밀도, 규조의 배양상태 등에 따라 다르지만 보통 해수 1톤에 대하여 질산칼륨(KNO_3) 1.0 g, 인산나트륨(Na_2HPO_4) 0.5 g, 규산나트륨(Na_2SiO_3) 0.5 g을 해수에 잘 녹여 뿌려주고, 번식량이 부족할 때는 순수 배양된 규조를 보충해 준다.

조에아기(Zoea)에서 사육환경조건과 먹이섭식 및 활력상태가 정상적으로 유지되면 4일 후에 미시스단계로 변태되는데 이시기에는 식물성 먹이생물

표 2. 종묘생산 주요과정 및 생물학적 중요처리

종묘 생산 과정	어미 확보	성숙유도	교미유도	산란유도	유생사육
생물학적 중요 처리	<ul style="list-style-type: none"> 30~50 g, 암,수 (1:1)비율로 확보 암, 수 분리사육 SPF(무병어미)구입 바이러스감염 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 수온조절: 26~28℃ 광조절: 13L/11D 안병절제: 암컷 사육밀도: 10마리/m² 사육방식: 순환여과 먹이공급: 4회/일간 가장 중요한 단계 먹이공급 1시간 후 수질 유지를 위하여 찌꺼기 및 배설물 제거 어미의 영양상태가 종묘생산을 좌우함 양질의 먹이공급이 최우선 고려 먹이공급량은 3~5%/체중 수조의 수심 0.6 m 유지 	<ul style="list-style-type: none"> 주,배수 중단, 에어미세 공급 수조내부는 소등 성숙개체선별 (GE2~3) 후 수컷 수조 수용 (17:00~18:00) 유도 1시간 후 교미 개체분리(정포 부착) 교미가 안 된 개체는 성숙조에 수용 수용 즉시 수컷의 구애 행동이 나타남 	<ul style="list-style-type: none"> 산란수조의 사육수는 여과해수를 소독 후 준비 교미개체수용 2마리/100리터 수온 28℃ 에어 미세공급 산란수조의 내부는 어두운 상태로 유지하여 안정적인 산란 유도 산란수조수용 후 산란 확인까지는 불빛 차단 (stress방지효과) 산란최종 확인 후 (23:00~24:00) 어미는 회복조 수용 	<ul style="list-style-type: none"> 산란이 완료되면 어미를 회복수조에 수용 에어를 공급하여 골고루 분산 150 μm 망목으로 수거 후 산란량 및 수정률 조사 수정률 10%이하는 폐기 부화유생 채집 부화 10시간 후 먹이생물 3만cell/ml 공급 Zoea stage 부터 사료공급
비고	<ul style="list-style-type: none"> PCR 검사의뢰 활력상태 유지: 10~15일 크기 측정(중량) 사육수조의 내부는 검은색이 양호 	<ul style="list-style-type: none"> 성숙용 먹이 확보 (갯지렁이, 오징어, 조개류, 성숙용 사료) 오징어 33%, 조개류 26%, 갯지렁이 26%, 상업용 성숙먹이 15% 혼합 4회/day 성숙소요일수: 7~15일 성숙도 점검(야간) 성숙률 조사 탈피율 조사 먹이섭식량 조사 먹이는 신선한 상태로 3~4 cm 크기로 잘라서 공급 	<ul style="list-style-type: none"> 소등 후 손전등으로 확인 체포시 정포탈락 주의 교미율 조사 교미개체 분리하는 신속하게 처리하지 않으면 일찍 교미가 이루어진 개체는 교미수조에서 산란됨 탈피율이 높을 때 교미유도 (교미율 향상) 수거망의 망목은 9.5~6 mm 어미가 영키지 않는 것 	<ul style="list-style-type: none"> 교미확인 과정에서 정포가 탈락된 개체도 정상적인 산란이 이루어지면 수정되므로 산란조에 수용 산란 지속시간은 4분30초~5분이내 정상적인 산란개체는 수면의 상층을 유평하면서 난을 뿌리고 다님 교미된 개체는 100% 산란됨 산란량 및 수정률조사 	<ul style="list-style-type: none"> 유생사육 수온: 26~28℃ 부화율 조사 유생발달: egg → nauplius (16~20 hr) → zoea (5~7일) → mysis (3~5일) → post larva (15~17일) 유생의 발달은 수온에 좌우됨

인 규조류에 대한 섭식량이 줄어들고 배합사료를 주로 공급하게 되므로 사육조 바닥에 사료가 쌓이지 않도록 먹이섭식상태를 현미경으로 관찰하고 적절히 공급량을 조절해 주어야 된다. 특히, 이시기에는 한밤중과 낮 시간 동안에 수질변화의 폭이 크므로 세심한 주의를 기울여야 되며 이상 현상이 관찰 될 때는 적절한 조취를 취해야 되는 매우 중요한 시기라 할 수 있다.

미시스기(Mysis)에서는 두부, 흉부 및 복부의 발달이 분명하게 되며 제1 및 제2 촉각은 변형이 되어 유영기능을 상실하게 되나 5쌍의 보각이 커져서 이를 이용하여 먹이를 잡는데 이용을 한다. 그러나 아직까지 힘이 미약하여 몸의 균형을 잘 유지 할 수 없어 머리를 수조바닥쪽으로 향하여 부상하고 있는 상태가 되며 형태적인 특성에 따라 M₁, M₂ 및 M₃로 구분된다.

미시스단계에서 변태를 하면 비로소 완전한 새우의 형태를 갖춘 어린새우(포스트라바)가되는데 이시기에는 유영지가 잘 발달되어 수평유영이 가능하여 먹이섭식이 활발해진다.

양성 방법

- 흰다리새우는 대하에 비해 질병과 환경에 강할 뿐 아니라 성장률도 빠르고 단백질 요구량이 낮아 양식관리가 보다 용이한 것으로 알려져 있다. 흰다리새우의 양식방법은 대하와 크게 다르지 않으며 대하와의 차이점은 다음과 같다.

<수온>

흰다리새우는 수온이 20℃ 이하로 떨어지면 섭식이 저하되며 15℃ 이하가 되면 폐사의 위험성이 있기 때문에 입식과 수확은 수온 15℃ 이상에서 하

는 것이 바람직하다.

새우양식장의 경우, 15℃ 이상이 되는 시기는 5월 초부터 10월 말까지이다. 따라서 5월초에 입식하여 11월 이전에 수확을 하면 수온에 의한 피해를 피할 수 있다. 수온이 20℃ 이상이 되는 성장 가능한 시기는 5월 중순부터 9월 말까지로서 4개월 이상이 된다. 우리나라에서는 성장 가능한 기간이 대하에 비해 비교적 짧다. 그러나 성장은 대하에 비해 빨라 75 일 만에 체중 20 g으로 성장한 경우도 있으며, 일반적으로 3개월이면 20 g까지 기를 수 있어 수확에는 별 문제가 없는 것으로 판단된다. 생존 가능 수온은 15~33℃로 알려져 있지만 실제로 10℃ 이하에서도 어느 정도는 생존할 수 있다. 성장 적수온은 23~30℃, 성장 최적 수온은 27℃이다.

<염분>

염분에 대한 내성은 매우 광범위하여 0~55 ppt의 범위에서 생존이 가능하며 일반적으로 5~35 ppt에서 성장이 무난하다. 염분이 전혀 없는 담수양식도 가능하지만 충분한 염분 순치과정이 필요하며 수질관리에 주의를 요한다. 염분 농도는 새우의 맛에도 영향을 주는데 저염분보다는 고염분에서 사육할 경우가 근육내 아미노산량이 많아 좋은 맛을 내는 것으로 알려져 있다. 따라서 저염분에서 양성된 새우는 출하 전에 고염분에 순치하는 것이 질을 향상시키기도 한다. 저염분 및 담수에서도 양식이 가능하기 때문에 어떤 국가에서는 내수면 양식품종으로 선호되기도 한다. 특히 미국의 경우 해안이 전혀 없는 사막지역이나 완전 내륙지역에서 지하수를 이용하여 양식하기도 한다.

<용존산소>

대하에 비해 산소내성이 강하다. 대하는 용존산소농도 3 ppm 이하가 되면 위험하여 즉각적인 대처가 필요하지만 흰다리새우는 상당 시간 견디어 낼

수 있다. 흰다리새우는 용존산소 1 ppm 이하의 즉각적인 치사, 1~1.5 ppm에서는 몇 시간 내에 치사, 1.5~3.0 ppm이 장시간 지속될 경우 섭식 저하, 성장 저하, 질병내성 저하 등의 피해를 가져온다.

<성장률>

우려했던 바와는 달리 우리나라에서 흰다리새우는 대하에 비해 훨씬 빠르게 성장하는 것으로 밝혀져 양식에는 별 문제가 없는 것으로 나타났다. 경기도의 한 양식장의 경우 6월 5일 입식한 흰다리새우가 75일 만인 8월 20일에 체중 20 g으로 성장하여 가장 빠른 성장률을 보였다. 올해 흰다리새우를 입식한 대부분 양식장의 경우 5월 중순 경에 입식하여 8월 말에 20 g으로 출하를 시작하였다. 대하는 20 g까지 약 4~5개월이 소요되는데 비해 흰다리새우는 약 3개월이면 출하가 가능한 것으로 밝혀졌다.

<질병>

일부 양식어업인들은 흰다리새우가 질병에 걸리지 않는다고 믿고 있으나 전혀 그렇지 않다. 흰다리새우는 대하에서 발생하는 흰반점바이러스(WSSV)와 간췌장바이러스(HPV) 뿐 아니라 대하에는 없는 타우라바이러스(TSV), IHNV, YHV 등의 치명적인 바이러스질병에 감염되고 폐사한다. 현재 국내에 수입된 하와이산 무병(SPF) 어미새우의 경우는 타우라바이러스에 대해서 내성을 가지고 있으나 그밖의 바이러스에 대하여는 내성이 없다. 하와이산 무병새우는 타우라바이러스 내성 혹은 속성장 등의 다양한 특성에 따라 몇 개의 계열로 구분된다. 따라서 하와이산 어미새우를 구입하기 전에 본인이 원하는 특성을 갖는 계열을 선택하여 주문하는 것이 중요하다.

2004년도에 흰다리새우를 입식한 일부 양식장에서는 흰반점바이러스로 인한 피해를 입기도 하였지만 일반적으로 대하에 비해 바이러스에 대한 내성

이 강한 것으로 알려졌다.

특히 대하양식장이 바이러스발병으로 모두 폐사한 지역에서도 일부 흰다리 새우 양식장은 대량폐사를 입지 않거나 약간의 피해만을 입은 것으로 알려 지기도 하였으며 바로 인접한 대하양식장은 대량폐사 하였지만 흰다리새우는 정상수확을 한 경우도 보고되었다.

그러나 수온이 갑자기 떨어지는 8월 말과 9월 초에 흰다리새우 양식장에서 질병피해가 증가하는 경향이 있는 것으로 알려졌다. 비록 대하보다는 질병 내성이 강하기는 하지만 흰다리새우도 다양한 바이러스질병에 피해를 입기 때문에 대하와 마찬가지로 충분한 주의를 기울여야 한다.

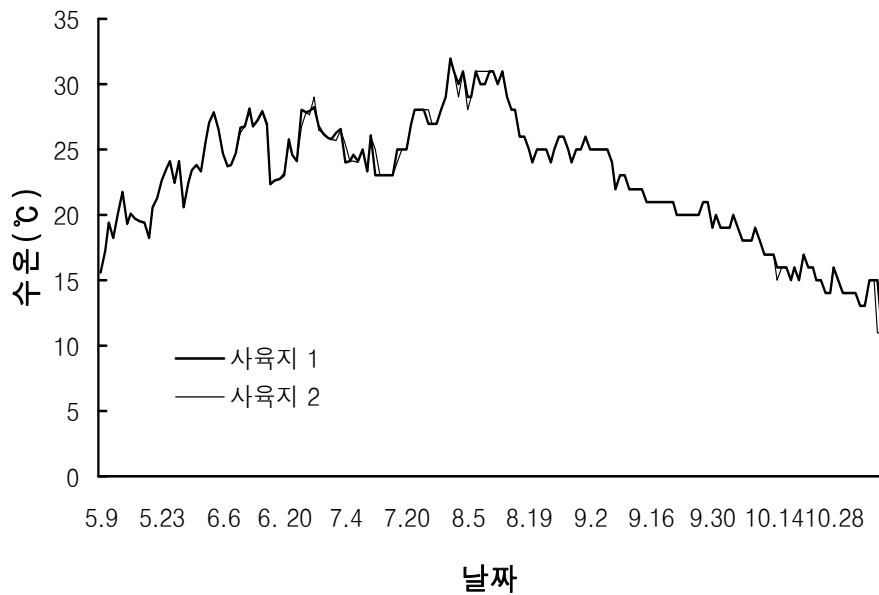


그림 7. 서해안 새우양식장의 수온변화

표 3. 대하와 흰다리새우의 양식특성 비교

특성	대하	흰다리새우
성장률	우리나라 기후에 적합하며 4~5개월에 20 g 성장	대하에 비해 20~40% 빨리 성장. 75~90일에 20 g 성장
입식밀도	30~35마리/m ²	30~60마리/m ² (축제식) 150마리/m ² (집약식) 300~400마리/m ² (초집약식)
염분 내성	20~35 ppt 적정 범위 10 ppt 에서도 성장 가능	0.5~45 ppt에서 정상 성장
온도 내성	입식과 폐사 수온이 흰다리새우에 비해 5°C 정도 낮다	입식 20°C 이상, 섭식저하 20°C, 15°C 이하 폐사 시작; 성장 적온 23~30°C
질 병	WSSV, HPV 등에 민감하여 대량폐사 위험	WSSV, TSV, IHHNV, YHV 등에 민감하여 폐사됨
용존산소	DO 4 ppm 이상 요구 DO 3 ppm 이하 위험	DO 3 ppm 이상 요구 DO 1~2 ppm에서 장시간 생존
사 료	단백질요구량 35~45%	단백질 요구량 30~40%
품종개량	없음	양식순치 및 속성장 품종이 개발
무병 및 내병성 품종	없음(WSSV 무병종묘만 생산 가능)	무병새우(SPF) 상품화; 타우라바 이러스 내병
종묘공급	5~6월	연중 생산, 공급 가능
종묘생산	비교적 용이	암수 모두 필요, 어미 성숙유도 및 교미유도 과정 필요; 산란량 적음 (10~15만/회); 대량생산 어려움

〈흰다리새우의 사료와 단백질 함량〉

새우양식장에서 수질악화에 가장 많은 영향을 미치는 요인은 사료에 함유된 단백질이다. 최근 사료의 단백질 함량과 수질, 생산량 등의 상관관계에 관한 많은 연구가 이루어졌으며 우리의 일반 예상과는 다른 결과들이 보고되고 있다. 일반적으로 단백질함량이 높을수록 성장률과 생산량이 높을 것으로 기대되지만 여기에는 큰 차이가 없다는 연구결과가 있다.

현재 사용되는 대하의 배합사료는 초기에는 단백질함량이 45%이지만 새우가 성장함에 따라 40% 전후로 낮아진다. 그러나 흰다리새우의 경우 단백질 함량 30%, 심지어는 25%의 사료가 단백질함량 40~45%의 사료에 비해 생산량과 성장률에 큰 차이가 없다는 연구결과가 많이 보고되어 있다.

아래의 실험(표 4)은 단백질 함량 30%와 45% 배합사료를 공급한 사육결과이다. 1,000평 규모 양식장 6개(3개 양식장은 30% 단백질 사료, 3개 양식장은 45% 단백질 사료 공급)에 104마리/m²(343마리/평)의 밀도로 입식하고 사육수 비교환방식으로 사육한 결과, 새우의 성장률은 45% 사료가 약간(7%) 높았지만 생존율은 30%와 45%가 각각 78.6%, 74.5%로서 30% 사료가 약간 높았다.

생산량은 각각 3.27톤/천평, 3.3톤/천평으로 거의 차이가 없었다. 결과적으로 30%와 45% 단백질 사료 간에 성장률, 생산량, 생존율, 사료효율에 큰 차이가 없다는 것이다. 이보다 중요한 문제는 사료의 단백질 함량에 따르는 수질의 악화이다. 고단백질 사료일수록 사육수의 질소화합물 농도는 높아지며 이는 곧 수질악화로 이어진다.

30%와 45% 사료를 사용할 경우 나타나는 사육수의 질소화합물 농도변화는 매우 크다(표 5). 45% 사료를 사용할 경우 새우에게 유독한 암모니아와 아질산염의 농도는 30% 사료에 비해 거의 3배가 높다. 이러한 경향은 고밀도 방식으로 갈수록 더욱 심해진다. 따라서 고밀도방식에서는 양성기

에 단백질함량을 20~25%로 낮춘 특수사료를 사용한다. 이러한 경우는 일반적인 양식관리와는 다른 타가영양방식의 관리가 이루어져야 가능하다. 이 시스템에 요구되는 사료는 단백질보다는 탄수화물이 풍부한 사료, 예를 들면 단백질함량이 20.2%에 불과한 특수사료를 사용하여 54톤/만평의 생산량을 올린다는 보고가 있다.

단백질 함량을 낮추는 이유는 사육수를 자가영양상태(식물플랑크톤으로 유지하는 상태)에서 타가영양상태(질화세균으로 유지하는 상태)로 전환시키기 위함이다. 이를 위해서는 질소(단백질)보다는 탄소원(탄수화물)을 많이 공급함으로써 질화세균으로 하여금 암모니아와 아질산염과 같은 질소 화합물을 제거시키기 위함이다.

표 4. 단백질함량 30~45%를 공급한 새우양식 결과(입식밀도 343마리/평)

사료의 단백질함량	수확시 체중(g)	생존율(%)	수확량 (톤/1,000평)	사료 전환효율 (FCR)
30% 사료	11.7±0.4	78.6±3.1	3.27톤	1.98±0.04
45% 사료	12.6±0.1	74.5±1.4	3.33톤	1.92±0.02

표 5. 단백질함량 30~45%를 공급한 새우양식장의 수질 비교

구분	단백질-30% 사료	단백질-45% 사료
암모니아(ppm) 입식 후 70~156일 측정값	1.8~6.2	4.8~12.6
아질산염(ppm) 입식 후 84~156일 측정값	6.7~17.9	14.2~32.4
질산염(ppm) 입식 후 91~156일 측정값	1.1~3.5	2.6~6.2

국내외의 양식 현황

○ 국내의 경우

2003~2004년 갑각류연구센터와 민간종묘배양장에서 흰다리새우 어미를 처음으로 수입하여 시험적인 종묘생산을 시도한 이후 2004년도에는 민간종묘배양장에서 약 2천만마리의 종묘를 생산하여 양식산업화의 토대를 마련하였다.

수입된 어미새우는 모두 미국 하와이산 무병새우로서 수입 전후에 걸쳐 엄격한 질병검사를 통하여 문제가 되는 모든 새우바이러스에 감염되지 않은 것으로 확인되었다. 그러나 몇몇 양식업자들이 중국 등지에서 어미새우 및 종묘를 수입하려는 시도가 있었으나 사전 질병검사 과정에서 국내에는 발견되지 않은 바이러스가 검출되어 모두 수입이 불허되었다.

2004년도 민간종묘배양장에서 생산된 약 2천만 마리의 흰다리새우 종묘는 5~6월 중에 전국 16개 새우양식장에 입식되었다. 지역별 입식 현황은 인천 4, 경기 4, 충남 5, 전북 2, 전남 1개이다. 이들 양식장은 모두 지난해 흰반점바이러스로 인하여 대량폐사가 발생한 곳이다(대부분은 2~3년 연속적으로 대량폐사 피해를 입은 곳이다). 그러나 올해 이들 16개 양식장 중 8곳이 정상수확을 하였으며 6곳은 8월말~9월초에 일부 폐사와 함께 조기수확을 하였으며 대량폐사가 발생하여 전혀 수확을 하지 못한 양식장은 2개에 불과하였다. 이런 점으로 미루어볼 때 흰다리새우는 대하에 비해 훨씬 양식 성공률이 높아서 내년에는 보다 많은 양식장에서 흰다리새우를 입식할 것으로 예상된다. 14개 양식장에서 수확된 흰다리새우의 생산량은 약 100여 톤 정도로 추정 되었다. 그렇지만 수확과정에서 채포방법의 어려움, 식용 활새우 수입에 대한 가격 경쟁력 방안, 국내산 대하와의 수급조절 등에 대한 문제점이 제기되고 있다.

○ 외국의 경우

아시아 여러 나라에서는 환경과 질병에 대한 내성이 높은 특성 때문에 90년대부터 흰다리새우를 이식하기 시작하였는데 일부 국가에서는 토착 품종을 완전히 대체하는 현상이 일어나고 있다. 중국은 북부에서는 대하, 그리고 남부에서는 홍다리얼룩새우(black tiger shrimp)가 주로 양식되었으나 지난해에는 총 양식새우 생산량 42만톤 중 70%가 넘는 30만톤을 외래종인 흰다리새우가 차지하였다. 전통적으로 홍다리얼룩새우만을 양식하는 태국은 지난해 생산량 30만톤 중 40%인 12만톤의 흰다리새우를 생산하였으며 대만의 경우도 흰다리새우 생산량이 40%를 넘는다. 이러한 경향은 인도네시아, 말레이시아, 베트남, 필리핀 등의 국가에서도 마찬가지로 나타나고 있다.

표 6. 아시아지역의 흰다리새우 이식현황

국 가	최초이식시기	원산지	비 고
중 국	1998	미국 텍사스	'99 하와이(SPF)
대 만	1995	하와이(SPF)	
태 국	1998	대만	'01 하와이(SPF)
베트남	2000	대만	'01 하와이(SPF)
필리핀	1997	대만	
인도네시아	2001	하와이(SPF)	
말레이시아	2001	대만	
인 도	2001	대만	
한 국	2002	하와이(SPF)	200마리
	2003	"	600마리
	2004	"	1,600마리

표 7. 2003년 아시아국가의 흰다리새우 양식생산량(FAO 통계)

국 가	양식새우 총생산량(MT)	흰다리새우 생산량(MT)	흰다리새우 생산비율(%)
중 국	420,000	300,000	71.4
대 만	19,000	8,000	42.1
태 국	300,000	120,000	40.0
베트남	205,000	30,000	14.6
필리핀	38,000	5,000	13.2
인도네시아	130,000	30,000	23.1
말레이시아	27,000	3,600	13.3
인 도	150,000	1,000	0.7
합 계	1,139,000	496,600	38.6

양식 잠재력 및 국내 양식 가능성

○ 양식실태

국내 새우양식은 1993년 이후 흰반점바이러스 등 바이러스질병에 의한 대량폐사로 인하여 매년 양식 생산성이 저하되고 있어 다양한 양식새우의 대체품종 개발이 요구되고 있는 실정이다.

특히 2000년 이후 단위면적당 생산량은 2000년 1.32톤/ha에서 2001년 1.25톤/ha, 2002년 1.11톤/ha, 2003년 1.07톤/ha, 2004년 1.0톤/ha로 해마다 점차 감소되고 있는 추세로 가장 큰 원인 중의 하나는 바이러스질병피해로 인한 생산성의 저하이다. 이에 대한 대책의 일환으로서 지난해 국립수

산과학원 갑각류연구센터에서는 대하의 대체품종으로 미국산 흰다리새우를 시험적으로 도입하였으며 2004년부터 민간종묘배양장에서 종묘 대량 생산을 시작함으로써 본격적으로 양식되고 있다.

흰다리새우는 대하에 비해 질병에 비교적 강하고 성장률이 빠른 것으로 알려져 새우양식어업인들의 많은 관심을 받고 있다. 2004년도 양식 결과가 매우 좋은 것으로 알려져 금년부터는 흰다리새우 종묘의 수요가 급증할 것으로 예상되지만 흰다리새우는 대하와는 달리 종묘생산을 위해서는 인공성숙유도 및 교미유도 등의 복잡한 과정이 수반되기 때문에 짧은 기간 내에 대량으로 종묘를 생산하기에 어려움이 많아 급증하는 종묘수요를 충족시킬 수 있을지 의문이 된다.

○ 문제점 및 대책

흰다리새우 양식에서 가장 우려가 되는 문제는 질병이다. 모하나 치하를 수입할 때 철저한 검역이 이루어지지 않을 경우 우리나라에 없는 치명적인 외래바이러스가 유입되어 심각한 피해를 초래할 수 있기 때문이다. 그러나 최근에는 중국산 식용새우가 수입되어 양식산으로 둔갑하여 이용되는 경우와 수정난의 불법유통이 이루어지고 있어 이에 대한 근본적인 대책 방안이 수립되어야 한다.

이러한 문제는 검역절차를 보다 강화하거나 질병발생 국가에서의 수입을 금지함으로써 예방할 수 있지만 보다 우려가 되는 문제는 식용으로 수입된 흰다리새우가 종묘생산에 이용될 경우 이에 대한 근본적인 대책이 없다는 점이다. 이것은 오직 새우양식어업인 및 종묘생산업자들이 문제의 심각성을 인식하여 스스로 경계하고 식용새우의 변칙적인 이용을 자제하는 수밖에 없을 것이다.

중국, 태국을 비롯한 아시아 여러 나라에서는 90년대 후반부터 토착종의

대체품종으로서 미국으로부터 무병 흰다리새우를 이식하여 양식을 시도하여 양식생산량이 크게 증가하였으나 최근 TSV(타우라바이러스) 및 WSSV(흰반점바이러스) 발병으로 서서히 피해가 발생하고 있는 것으로 보고되고 있다. 특히 타우라바이러스는 흰다리새우 특유 바이러스로서 흰반점바이러스에 상응하는 피해를 가져오는데 이는 일부 양식업자들이 고가의 무병 어미새우 대신에 감염된 양식산 어미새우를 수입한 데에서 기인한 것으로 알려져 있다.

2004년도 중국의 경우 전체 새우양식 생산량중 흰다리새우의 비중이 70%정도를 차지할 정도로 양식 생산량이 급증하는 추세이지만 흰반점바이러스(WSSV) 뿐만아니라 타우라바이러스(TSV, Taura syndrome virus) 등 치명적인 바이러스질병 감염으로 피해가 큰 것으로 알려져 있으며 현재 중국은 무병 어미새우를 거의 수입하지 않고 자체 생산된 양식산 어미새우로부터 종묘생산을 하고 있어 대부분의 새우종묘는 이들 바이러스에 노출되어 있으며 종묘판매를 위한 무병증명서도 위조된 것이 많은 것으로 보고되어 있다(Fegan, D., 2002. Is vannamei fever sustainable in Asia. *Global Aquaculture Advocate*, 5(6) : 15-16).

또한, 흰다리새우는 바이러스에 강하다는 잘못된 인식이 양식어업인들에게 확산되어 있어 바이러스 방역에 소홀히 할 가능성이 있으며, 종묘생산 방법이 대하와는 달리 인공성숙, 교미, 산란유도 등의 특별한 기술이 필요하기 때문에 현재 대부분의 종묘생산 업체에서는 중국의 전문 양식기술자를 고용하여 종묘생산에 활용하고 있는 실정이다. 따라서 수입되는 어미새우 및 종묘, 수정난등에 대한 검역절차와 사전질병검사와 식용으로 수입된 활새우가 종묘생산용으로 이용되는 일이 없도록 민간종묘배양장에 대한 지도와 점검을 강화해야 할 것이다.

○ 기대효과

최근 10년간 국내 새우양식생산량은 바이러스질병으로 70%정도가 폐사하여 연간 3,000톤 내외 에서 정체 되고 있는 실정이나 질병에 대한 저항성이 강한 흰다리새우로 품종을 대체할 경우 현재 바이러스 피해에 의한 폐사율을 30%로 낮출 수 있을 것으로 예상되며 연간 1,200톤(240억원)의 생산성 효과가 예상되어 연간생산량은 40%증가된 4,200톤 생산 가능 하다. 또한, 흰다리새우의 경우 대하와는 달리 육상고밀도양식이 가능하므로 체계적이고 안정적인 사육기술이 보급된다면 새우양식 생산성은 급격하게 향상되어 '09년 이후에는 연간 1만톤(2000억원)의 생산이 가능 할 것으로 예상 된다 그러나 이러한 생산효과는 질병 등에 의한 피해가 없어야만 가능하며 새우양식어업인들의 방역에 대한 철저한 인식과 함께 효율적인 사육기술개발의 보급은 물론 철저한 수질환경관리가 이루어진 다면 그 효과는 뚜렷하게 나타날 것이다.

참 고 문 헌

- Quackenbush,-L.S., 2001. Yolk Synthesis in the Marine Shrimp, *Penaeus vannamei*, Department of Biological Sciences, University of North Carolina at Wilmington, Wilmington, NC 28403, USA; American-Zoologist [Am-Zool] vol. 41, no. 3, pp. 458-464
- Yu,-Linjiang; Yu,-Kuijie; Zhang,-Naiyu., 1997. Preliminary studies on theartificial reproduction of *Penaeus vannamei*, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences Qingdao 266071 People's Rep. China Oceanologia-et-limnologia-sinica; Haiyang-Yu-Huzhao-Qingdao

- Spawning Frequency Analysis of Wild and Pond-Reared Pacific White Shrimp *Penaeus vannamei* Broodstock under Large-Scale Hatchery Conditions Journal-of-the-World-Aquaculture-Societ[J-World-Aquacult-Soc] 1999 vol. 30, no. 2, pp. 180-191
- Reproductive exhaustion in shrimp *Penaeus vannamei* reflected in larval biochemical composition, survival and growth Palacios,-Perez-Rostro,-C.I.; Ramirez,-J.L.;Ibarra,-A.M.; Racotta,-I.S. Aquaculture 1999 vol. 171, no. 3-4, pp. 309-321
- Growth and survival of juvenile *Penaeus vannamei* in low salinity water in a semi-closed recirculating system Samocha,-T.M.; Lawrence,-A.L. ; Pooser,-D. Israeli-Journal-of-Aquaculture; Bamidgeh [Isr-J-Aquacult; Bamidgeh] 1998 vol. 50, no. 2, pp. 55-59
- Response of biota to aeration rate in low water exchange ponds farming white shrimp, *Penaeus vannamei* Boone Martinez-Cordova,-L.R.; Villarreal-Colmenares,-H.; Porchas-Cornejo,-M.A. Aquacult.-Res. 1998 vol. 29, no. 8, pp. 587-593
- Intensive culture of shrimp *Penaeus vannamei* in floating cages: zootechnical, economic and environmental aspects Paquotte,-P.; Chim,-L.;Martin,-J.L.M.; Lemos,-E.; Stern,-M.; Tosta,-G.AQUACUL-TURE 1998 vol. 164, no. 1-4, pp. 151-166
- Efficacy of several measures for increasing the ovary maturity rate of female prawn *Penaeus vannamei*. Stud-Mar-Sin; Haiyang-Kexue-Jika 2000 no. 42, pp. 77-80
- Field experiments on growth and mortality of *Penaeus vannamei* in a Mexican coastal lagoon complex. Estuar-Coast-Mar-Sci 1977 vol. 5, no.

1, pp. 107-121

Ovarian maturation and spawning in the white shrimp, *Penaeus vannamei*, by serotonin injection Vaca, -A.A.; Alfaro, -J. Aquaculture 2000 vol. 182, no. 3-4, pp. 373-385

구이덕조개

명 칭

- 학 명 : *Panopea abrupta*
- 영 명 : Geoduck



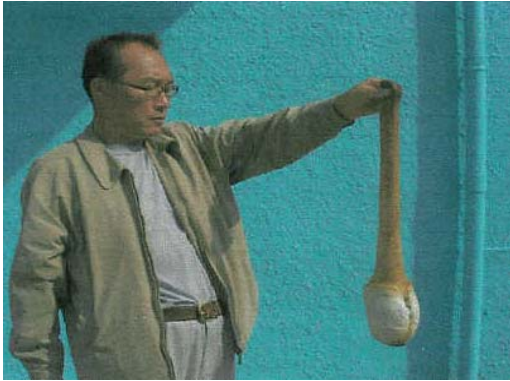
분류학적 위치

Phylum Mollusca 연체동물문
Class Pelecypoda 부족강
Family Hiatellidae 족사부착채조개과

형태적 특징

- 패각은 직사각형이고, 전연은 둥글지만 후연은 직선에 가까움.
- 패각의 두께는 가늘고 얇은 것부터 주름지고 두꺼운 것까지 다양함.
- 패각의 표면에는 성장륜이 있으나 불규칙하여 고르지 못함.
- 개구부가 넓고 입출수관이 길고 외투막이 커서 패각내로 완전히 들어갈 수 없음.
- 패각의 전연, 후연부가 모두 열려 있음.
- 패각의 만곡부는 매우 평평하고 전면부와 후면부 패각근은 크기가 비슷함.
- 외투선은 두께가 두꺼우며 삼각형으로 깊게 패여 있음.
- 크기 : 각장 21 cm, 전중 3.12 kg의 대형 조개

외래 양식생물의 이식과 생태



구이덕조개 어미



구이덕조개 전충(1,772 g)



구이덕조개 생식소



수관부 및 외투막

분포 및 서식환경

- 분 포 : 북아메리카 서해안
- 서 식 처 : 조간대~110 m의 사니질 및 사질
- 서식수온 : 4~20℃
- 난발생수온 : 6~16℃
- 난발생염분 : 27.5~32.5‰

생태적 특성

- 산란기 : 3~6월
- 성비 : 암수 1:1의 자웅이체
- 수정란 : 지름 약 80 μm 의 분리침성란
- 먹이섭취 : 식물플랑크톤을 여과섭식
- 생활방식 : 모래 속 깊이 20~50 cm 속에서 잠입 생활

인공종묘생산

○ 모패관리

구이덕조개의 생물학적 최소개체는 각장 45 mm이나 각장 75 mm 이상에서 약 50% 이상의 성숙이 이루어진다. 구이덕조개의 산란기는 3~6월이므로 2월에 서식지로부터 각장 100 mm 정도의 모패를 구입하여 실내수조에 수용하여 관리하여야 한다.

자웅이체인 구이덕조개는 암수 5:1의 비율로 하여 수용하는 것이 방란·방정 후 수정률에 효과적이며, m^2 당 10~20마리가 적정한 것으로 밝혀졌다. 이러한 수용밀도에서 잘 성숙된 난을 얻을 수 있다.

모패 관리 동안 먹이는 *Phaeodactylum tricornutum*, *Isochysis galbana*와 *Thalassiosira pseudonana*와 같은 단세포 조류들을 공급한다.

모패에 대한 일일 먹이 공급량은 모패 사육수 m^3 당 20~80 L이며, 이것을 일일 6회 균등 분할하여 공급한다. 그리고 어떤 한 종의 먹이생물을 같은 양으로 공급하는 것보다는 여러 종의 먹이생물을 혼합하여 공급하는 것이 생식선 발달에 도움이 된다.



구이덕조개 모패 관리

○ 채란 및 부화

구이덕조개의 산란은 수온상승과 미세조류 첨가 자극으로 유발된다. 배양장에서 산란은 9~12℃에 모패를 유지시킨 다음, 수온을 서서히 올리면서 유입수에 미세조류를 첨가한다. 일반적으로 수컷이 먼저 방정하고 이어 다른 수컷과 암컷이 방정 방란을 시작한다. 방정, 방란이 일어나는 동안 보통 비교적 적은 수의 암컷이 난을 방출한다. 난과 정자는 물속에 방출되고 수정이 일어난다. 수정 후 세란을 하는 것이 효과적이나 충격을 방지하기 위하여 산란수조에서 부화를 시킨다. 따라서 수정된 알의 적절한 밀도와 정상적인 유생발달은 적절한 먹이공급과 최적 환경조건을 갖추어야 가능하다. 산란이 끝난 후, 부화수조에 있는 모패는 제거하고 물은 알이 바닥으로 가라앉는 것을 방지하기 위해 30분간 저어주어야 한다.

수정란은 세포분열을 지나 유영을 위해 섬모가 나있는 trochophore 유생을 거쳐 48시간 이내에 D형 유생으로 발달하며, 다른 이매패류의 유생처럼 수면의 상부에 모인다. 구이덕조개의 D형 유생은 각장 110 μm 이므로 그물코가 41 μm 짜리 필터가제로 만든 작은 net으로 수집할 수 있으며, 여러 번 수집해서 유생 사육수조로 옮긴다.

○ 유생사육

구이덕조개의 유생기간은 수온, 모패의 건강, 화학신호와 같은 많은 요인에 달려 있다. 또한 세균 오염과 과수용은 인공적으로 유생 성장과 변태를 지연시킬 수 있다. 일반적으로 현장에서는 D상 이후에 17°C에서 고정적으로 사육한다. 사육기간 동안에는 수온변동 폭이 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 를 넘지 않아야 한다. 수용밀도는 사육기법, 먹이공급, 수조용량과 유생의 질에 좌우된다. 보통 mL 당 5~15마리 정도이다. 조명은 300~500 Lux 범위로 조절하여 유생과 먹이생물이 잘 분산되도록 하여야 한다.

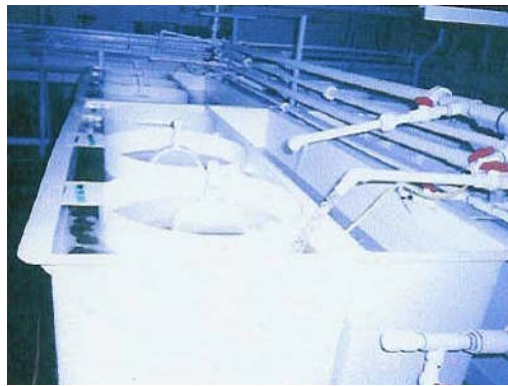
포기는 유생사육에 있어 필수적이고 특히, 배양밀도가 높은 경우 더욱 필요하다. 유생을 고밀도로 사육할 경우, 유생의 군집을 막기 위해서는 포기를 해주어야 한다.

구이덕조개의 유생은 27.5~36%의 염분에서도 생존 가능하지만 32%가 가장 적당한 염분이다. 환수는 사육초기에는 사육수를 일일 2회 사육수의 1/3 혹은 2/3를 버리고 다시 채운다. 후기 특히 채묘기를 수조에 넣었을 때는 환수량을 수질과 유생의 성장에 맞추어 증가시켜야 한다. 또한 더러운 수조에서 깨끗한 수조로 옮기는 수조교환은 유생사육에 있어 매우 중요한 기법이며, 효과적인 것으로 보인다. D형 유생에서 변태기까지 정상적인 수용밀도에서는 10~12회의 수조교환으로 양호한 수질을 유지할 수 있다. 유생의 밀도가 높으면 수조교환은 매일 실시하여야 한다.

유생사육을 위한 먹이생물은 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Phaeodactylum tricornutum* 등을 이용한다. 먹이공급은 환수 후 공급하며, 초기 유생기에는 24시간동안 5회 이상 이루어져야 한다.

유생의 성장과 발달은 수온, 수용밀도, 수질과 먹이공급에 밀접한 관련이 있다. 위에서 언급한 것처럼 적절한 사육조건에서는 위 근처에 위치한 안점이 수정 30일 후에 나타나며, 각고는 280~300 μm 가 된다. 먹이가 적게

공급되는 상황에서 배양 환경이 분주하거나 배양을 소홀히 하면, 유생 발달단계가 지연되고 부착기 초기와 말기의 시간차가 현저하게 늘어난다. 때로는 충족되지 않은 배양환경 때문에 유생이 변태를 할 수 없게 되어 결국에는 죽게 된다. 유생의 폐사율은 매우 높으며, 이것은 실제 배양에 있어 문제가 된다.



구이덕조개 유생사육

○ 채묘

후기유생은 잘 발달된 섬모가 난 발을 이용해서 해저표면을 활발하게 기어다닐 수 있다. 그들은 또한 발에 있는 기관에서 만들어진 족사로 기질에 부착할 수 있다. 따라서 채묘를 모래기질을 이용한다. 자연에서 구이덕조개의 서식률이 높았던 사니질의 수조에 후기 유생을 수용하여 자연채묘를 유도하여야 한다. 잠입이 이루어지는 동안, 족사는 다수의 모래알갱이에 부착시킨다. 족사를 붙인 후, 모래에 고정된 채로 종종 바닥표면으로 되돌아가기도 한다. 각장이 1.5~2.0 mm가 되면, 사이편이 발달하고 늘어난 사이편 끝만 남기고 모래속으로 잠입한다. 이때부터 일반적인 성체의 모습을 갖추기 시작한다.



구이덕조개 치패 사육

○ 먹이생물 배양

먹이생물은 대량생산 체제이다. 수조와 기구(혼합기, 공기 파이프, 에어스톤과 같은)는 소독해야 하며, 수조 내 배양배지(해수+영양염)의 깊이는 대략 10~20 cm이다. 집중 용량은 총 용량의 대략 1/5~1/3으로 하고 stock algae의 양에 따라 가감한다.

수조는 포기시키거나 일일 4회 흔들어 주어야 하며, 여분의 배양배지를 2~3일에 한번씩 추가한다. 광도는 조절해 주어야 한다.

배양 약 5일 내에 조류밀도는 ml당 2만cell이 될 수 있다. 이는 쉽게 유생의 먹이로 사용 가능하며 원생동물로 약간 오염된 조류는 사용할 수는 있지만 원생동물이 만연한 배양액은 폐기해야 한다.

여러 종류의 조류를 섞어 공급하면 한 종의 조류만 공급할 경우보다 효과적이다.

- 종 류 : *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros*류, *Nannochloris*류, *Tetraselmis*류
- 공급주기 : 20 ℓ 배양수조는 4일 후 공급
- 해수처리 : 0.3 μm로 여과된 해수를 사용



먹이생물 배양

양 성

○ 중간육성

중간육성은 조간대에서 이루어진다. 어류 및 조류 등의 피해를 막기 위하여 보호망을 설치한 후 실내외에서 자연채묘된 치패를 수용하여 각장 8 mm 전후까지 사육한다. 5 mm보다 커지면 다른 지역으로 이동하지 않지만 그들이 성장하면서 기질 속으로 더 깊이 들어간다. 8 mm 이하의 작은 치패는 각이 무딘 사각형의 성체와 닮지 않았다. 또한 그들은 패각 안으로 완전히 들어갈 수 있고, 활발하게 굴을 파며 여전히 죽사를 생산할 수 있다.

○ 본 양성

성체크기에 도달하면, 구이덕조개는 잠입능력이 저하되고 완벽하게 정착한다. 이로써 사실상 저서계군의 생체량에 속한다. Puget Sound 6~18 m 모래 진흙 바닥에서의 자원량은 m²당 1.7개체이다. 전체 평균 습중량은 872 g다.



구이덕조개 치패 중간육성 보호망



구이덕조개 치패

양식기술개발 기초연구

○ 육안관찰에 의한 외부형태

구이덕 조개의 패각은 직사각형이고, 전연은 둥글지만 후연은 직선에 가까웠다. 패각의 두께는 가늘고 얇은 것부터 주름지고 두꺼운 것까지 다양하였으며, 패각표면에는 성장륜이 있으나 불규칙하여 표면이 고르지 못하였다. 입출수관이 길고 외투막이 커서 패각내로 완전히 들어갈 수 없었으며, 패각의 전연과 후연부가 모두 열려 있고, 패각의 만곡부는 매우 평평하였다. 외투선은 두께가 두꺼우며 삼각형으로 깊게 패여 있었다.

○ 외부형태 조성

모패의 각장은 10.4~18.2 cm였으며, 전중은 480~1,920 g였다. 각장(X)에 따른 전중(Y)의 상대성장식은 $Y=0.0059X^{2.4165}$ ($r^2=0.8335$)였으며, 각장에 따른 육중(Y)의 상대성장식은 $Y=0.0003X^{2.9955}$ ($r^2=0.8223$)였다(그림 1).

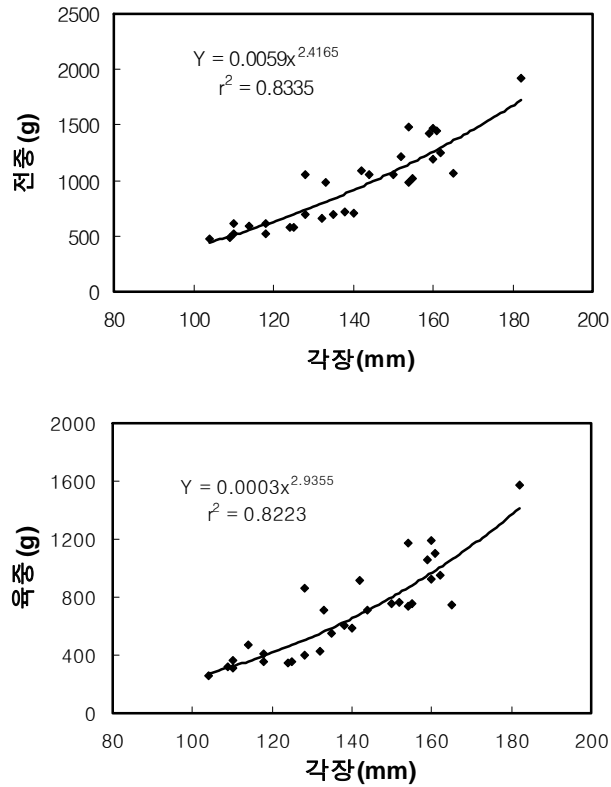


그림 1. 각장에 따른 전종과 육종의 상대성장

○ 환경내성

수온에 따른 생존율을 조사한 결과, 12°C에서 가장 양호하여 90%의 생존율을 보였다. 그러나 4°C에서는 20일 후 60%의 생존율을 보였으며, 20°C 이상에서는 50% 이하의 낮은 생존율을 보였다(표 1).

○ 치패의 성장

자연수(9~12°C)와 가온수(15°C)로 실내 사육한 결과, 가온수에서 높은 성장률을 보였다(그림 3).

표 1. 구이덕조개의 수온별 생존율

수온 (°C)	경과시간 (days)					
	0	4	8	12	16	20
4	100	100	100	90	80	60
8	100	100	100	100	90	80
12	100	100	90	90	90	90
16	100	90	80	70	60	60
20	100	80	80	70	60	40
24	100	0				

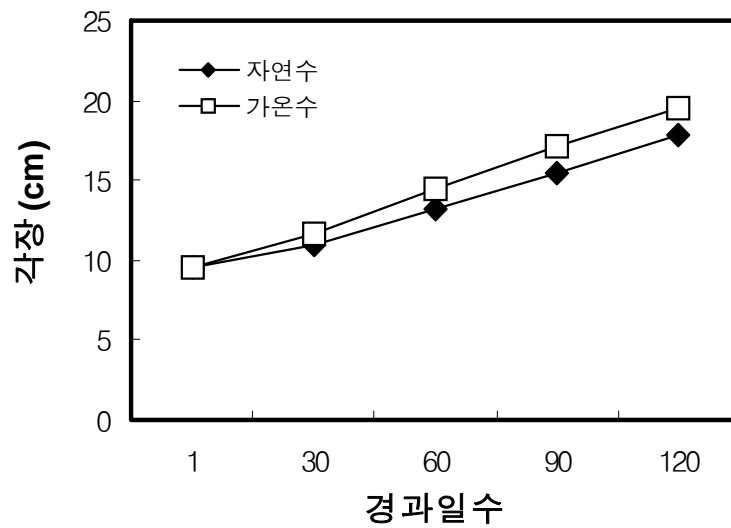


그림 3. 실내사육 구이덕조개 치패의 각장 성장

국내외의 양식 현황

- 구이덕조개는 Puget Sound에서 저서저질계 생체량의 많은 양을 차지하고 북아메리카의 태평양 해안을 따라서 상업적으로 유용한 조개어업을 제공한다. Puget Sound로부터 1975년부터 1987년까지 연간 포획량은 1,100~3,900톤이고, British Columbia에서는 최근 연 5,000톤이 생산된다.
- Puget Sound에서 상업적 어업은 ‘Washington Department of Fisheries’와 ‘Washington Department of Natural Resources’가 공동으로 운영한다. 이들 기업은 기질로부터 조개를 떨어뜨리기 위해 water jet를 사용하며, 조개를 잡는 상업적 잠수부를 위해 아조간대 geoduck구간을 임대한다. 포획된 많은 양의 조개는 냉동하여 일본에 수출되니 자국 내에 살아있는 조개 수요량이 성장하고 있다. 크고 밝은 색깔을 띠는 구이덕조개(양질)는 작고 검은 것에 비해 수요량이 높다. 질은 조개의 연령과 조개가 성장하는 수심과 관련이 있다.

이식종으로서의 전망

구이덕조개는 북아메리카의 서해안을 따라 조간대 및 아조간대부터 110 m 이상의 깊이까지 분포하며, 각장 212 mm, 전중 3.25 kg까지 성장하는 대형종이다. 본 종은 캐나다 British Columbia에서는 최근 연간 5,000 t이 생산되고 있으며, 개인 기업에서 인공 종묘생산된 치패의 방류로 상업적 양식이 활발하게 이루어지고 있으므로 국내 이식에 따른 양식의 잠재력이 높은 편이다. 우리나라 동해안은 수온이 낮을 뿐만 아니라 파도가 세고 풍파가 심하여 양식시설비 과다 등으로 인한 생산성이 낮아 양식이 성행되지 못하고 있으며, 대부분 자연 바닥식에 의존하고 있다.

최근 패류 소비량이 증가되고 있어 동해안 실정에 알맞고 고부가가치가 있

는 바닥 씨뿌림식 양식의 개발이 절실한 실정이므로 크기가 크고 성장이 빠른 구이덕조개(Geoduck)를 이식하여 인공종묘 생산 기술 및 양식방법의 개발이 절실한 실정이다.

따라서 외래종 이식에 의한 양식품종 다변화 및 양식대상종 개발을 위하여는 구이덕조개를 이식하여 우리나라 동해안 현장 적용 및 초기성장을 연구한 바 국내 양식이 가능한 것으로 사료되며, 금후 보다 세밀한 상품성 및 기호성 등을 검토한 후 적극 개발 할 필요가 있다.

또한 패류는 이동이 거의 없어 서식력이 강한 우점종이 도입될 경우 생태계 교란으로 우리나라 고유종의 서식지 파괴 등의 우려가 있을 수 있으므로 이에 대한 검증이 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

- DFO. 2000. Geoduck Clam. DFO Science Stock Status Report C6-05 (2000).
- Goodwin, C.L. and B. Pease. 1987. The distribution of geoduck (*Panope abrupta*) size,, density and quality in relation to habitat characteristics such as geographic area, water depth, sediment type, and associated flora and fauna in Puget Sound Washington. Wash. Dep. Fish. Tech. Rep. No. 102. 44 p.
- C.L. and B. Pease. 1989. Species profiles: Life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Northwest)-Geoduck clam. species profiles series 82. U.S. Fish and Wildlife Service Washington, DC:14.
- Hand C.M. and D. Bureau. 2000. Quota options for the geoduck clam(*Panope abrupta*) fishery in British Columbia for 2001 and 2002.

Pacific Scientific Advice Review Committee Working Paper I2000-6.
46 p.

Harbo, R.M., C.M. Hand and B.E. Adkins. 1986. The commercial geoduck clam fishery in British Columbia. Can. Manuser. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 1973. 59 p.

Ring, J.J. 1985. Feeding in post-larval geoducks. Natl. Shellfish. Assoc. (Pacific Coast Section) (abstr.).

무지개가리비

명 칭

- 학 명 : *Chlamys nobilis*(Reeve, 1852)
- 국 명 : 혼한가리비
(가칭 : 무지개가리비)
- 영 명 : Noble Scallop
- 일 명 : 히오우기카이



분류학적 위치

Class	Pelecypoda	부족강
Order	Pteriomorpha	익형목
Family	Pectinidae	가리비과

가리비과의 국내 유사 분포종

- 국자가리비 *Pecten albicans*
- 큰가리비 *Patinopecten yessoensis*
- 비단가리비 *Chlamys farreri farreri*
- 주문진가리비 *Chlamys swifti*
- 리본비단가리비(신칭) *Chlamys lemniscata*
- 짝귀비단가리비(신칭) *Chlamys irregularis*
- 둥근비단가리비(신칭) *Chlamys islandica erythrocomata*

분 포

- 일본 중부 이남부터 오키나와, 중국 등에 분포
- 특히 일본 오이다현의 특산품종으로 알려져 있고, 대마도에도 자연산이 분포하며, 식용으로서 양식되고 있다.
- 식용으로서 일본 오이다현 지역에서 양식되고 있다.

형태적 특징

- 무지개가리비는 이매패류 중에서도 패각의 색채가 다양한 종으로 자주색, 보라색, 노랑색, 빨강색등 색의 변이가 다양하다. 패각은 가지런한 형태의 부채모양이다. 패각은 관상용으로 쓰인다.
- 패각에는 23~24개의 방사능이 있으며, 늑간은 늑폭과 같으며 크기가 크고 강하다. 방사능 위에는 작은 비늘들이 나란히 배열한다.
- 오른쪽 껍질의 앞귀에 족사만입이 있다.

서식환경

- 서식장소 : 조간대 아래 수심 10~20 m 부근의 바위지대에 붙어서 서식. 서식환경이 나쁠 경우 스스로 족사를 끊어 다른 장소로 이동한다. 이동시는 패각을 위아래로 여닫으면서 물을 분사하여 유행한다.
- 서식환경 : 서식 수온범위는 13~28℃이며, 적정수온은 20~23℃이다. 적정 염분농도는 30~35‰내외이다.

크 기

- 일반적 크기 : 각고 8 cm, 각장 8 cm 내외
- 생물학적 최소형 : 각장 3 cm

- 상업적 크기 : 각장 7 cm 이상
- 최대크기 : 약 12 cm 내외
- 수명 : 4년

성 장

- 수정 후 부화시간까지의 시간은 15시간(수온 25℃내외) 정도이고, 20시간이 경과하면 D상 유생으로 변태하고, 그리고 약 2주일이 경과하면 부착기에 도달한다. 이때 치패의 크기는 각장 180 μ m에 달한다. 그 후 촉각출현, 안점의 형성 등이 보이고 1개월 정도 되면 각장 1 mm 치패로 성장한다. 각장 1 mm 이후 중간육성을 실시한다.
- 성장은 수온이 낮은 동계기간을 제외하면 성장은 양호하며, 6개월에 3 cm, 만 1년에 대략 6 cm 내외에 달하고, 2년 안에 8 cm 정도의 상품 크기까지 도달한다.



부착치패
(1 mm, 30일)



양성 치패
(3 cm, 6개월)



성 패
(8 cm, 2년)

그림 1. 무지개가리비의 성장도

생식소의 발달

가리비류의 생식소 발달은 보통 7단계로 구분할 수 있다.

- 미분화기 또는 미숙기 : 생식소는 왜소하며 축소되고, 반투명으로 육안으

로도 보이지 않고, 조직상에서도 자웅의 판별이 곤란하다.

- 분화초기 : 정소는 반투명이고, 난소는 약간 불투명으로 된다. 육안으로는 자웅의 판별은 곤란하지만 조직상에서는 명확하게 구별할 수 있다. 생식세관상피 내면에 생식세포가 거의 한층으로 병렬한다.

정소에서는 정원세포가 증가하는 것과 함께 제 1차 정모세포로의 발달이 보여지고, 난소에서는 소형의 제 1차 난모세포가 생식세관 벽에 병렬한다.

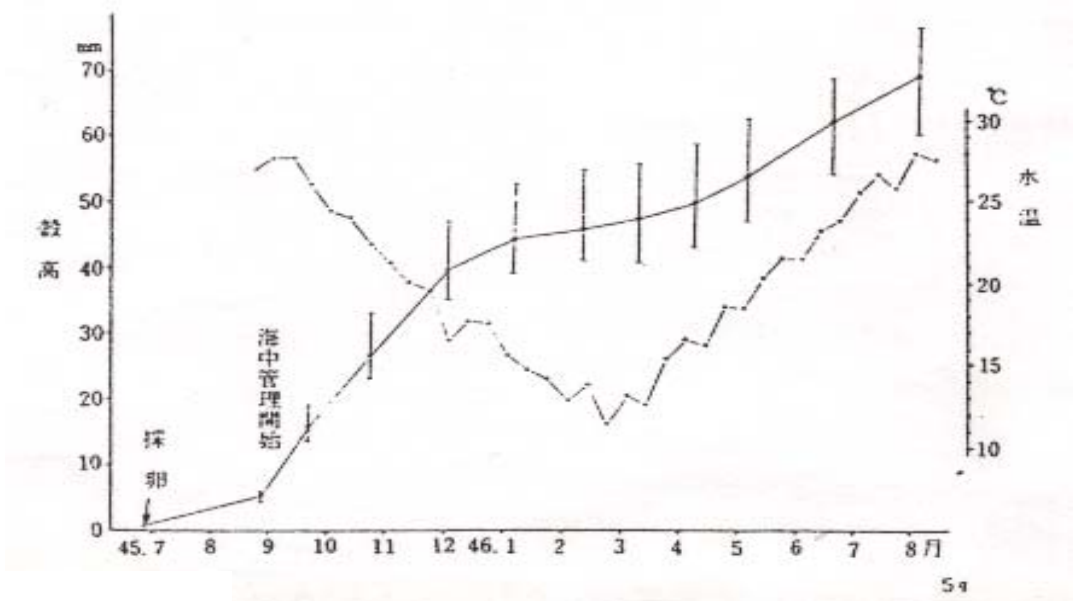


그림 2. 인공채묘 후 무지개가리비 치패의 성장과 수온

- 성장기 : 정소는 무색 반투명이고 난소는 연한 황색을 보인다. 정소에서는 정모세포의 수가 현저하게 증가하고, 감수분열도 진행되고, 단계별의 용성생식세포가 생식세관내를 메우기 시작하고, 생식세관강의 공소는 좁아지게 된다.

난소에서는 난모세포는 용적을 증가하고, 생식세관상피에서 내강으로 향

해서 신장하고, 생식세관 중앙부에는 아직 넓은 공소가 남아 있다.

- 성숙기 : 정소는 유백색, 난소는 등적색, 또는 황색이고, 육안으로도 쉽게 판별할 수 있다. 정소에서는 생식세관내에 정자가 충만하고, 정자의 집합에 따라서 생기는 방사상 구조가 인식된다. 생식세관의 주위에는 각 발달 단계의 정모세포 및 정세포가 층을 이룬다.

난소에서는 60 μ m 전후의 난모세포가 내강에 충만하다. 충분히 성장한 난모세포 외에 성장이 지연된 상태의 소형 난모세포도 다수 인정된다.

- 방출기 : 방정 또는 방란이 행해지고, 생식세관내에 공소가 나타나기 시작하지만, 아직 성숙생식세포 및 발달도중의 세포가 잔존하고 있다.

생식소의 일부 생식세관에서 생식세포의 방출이 완료되고, 다른 부분에서는 성숙세포를 충만한 상태인 경우도 이 단계에 포함된다.

- 방출후기 : 방정 또는 방란을 완료한 상태, 성숙생식세포는 거의 보이지 않지만 어떤 것은 극히 소수 잔존하기도 하고, 생식세관은 거의 비게 된다. 그러나 생식세관상피에 접하여 한층 또는 여러 층의 생식세포가 잔존하는 경우도 있다.

- 퇴행기 : 방출되지 않고 남아있는 생식세포가 퇴화, 흡수되는 시기이고, 붕괴중의 생식세포나 다수의 유주세포가 관찰된다.

통상, 이 단계는 방출 종료 후에 보여지게 되지만, 때로는 성숙기나 방출기 도중에 퇴행기로 이행하는 생식소도 있다.

산 란

- 산란기

무지개가리비의 생식소는 폐각근의 전방에 부착한 혀 모양의 내장낭 대부분을 차지하고 있다. 성성숙이 진행되어 내장낭이 비대해지기 시작하면

암컷에서는 등황색으로, 수컷에서는 황백색으로 내장낭이 물들기 시작하고, 외관상의 자웅판별은 쉽다.

완전히 성숙된 무지개가리비의 생식소는 암컷은 황색, 수컷은 유백색 혹은 황백색을 띤다. 성전환이 뚜렷하여 1개월 이내에 30 %가 전환하는 것도 있다. 산란유발은 5~10월까지 가능하지만, 주 산란기 6~7월이다.

○ 산란수온

자연산란은 수온이 20~22℃ 이상으로 상승하면 가능하기 때문에 인위적인 산란유도시는 수온이 18℃ 정도가 되면 바다에서 우량형질의 어미를 실내로 이송하여 인위적인 먹이배양공급과 수온을 서서히 상승시켜 20℃로 유지하고, 사육실내는 암흑상태를 유지하여 성숙시킨 후 산란자극을 실시한다.

○ 산란자극방법

산란자극은 수온상승자극, 자외선조사 해수자극, 간출자극 및 일광에 의한 자극 등이 유효하며, 그 외에도 화학물질에 의한 자극으로 KCl, NH₄OH와 신경전달물질인 serotonin 등이 가리비류에 산란유발의 효과가 있는 것으로 나타났다.

○ 방란수

어미 1마리 당 산란량은 119~625만개, 평균 약 300만개/마리 내외이다.

○ 난 경

난경은 65 μm, 형태는 구형이며, 난의 성질은 분리침성란이다.

○ 난발생

표 1. 수온에 따른 발생단계 및 성장

발생단계	경과시간	수온 (°C)	개체의 크기
수정란	0		65 μm
제1극체	30분	27°C	"
제2극체	50분	27°C	"
2세포	1시간 20분	27°C	"
4세포	1시간 50분	27°C	"
배 포	6시간	26°C	"
Trochophore	15시간	23°C	"
D-sharp	19시간	25°C	90×70 μm
D-sharp	48시간	25°C	100×80 μm
각정기 유생	8일	23°C	170×140 μm
색소점출현	11일	23°C	190×160 μm
부착개시	12일	23°C	주연각 형성
촉수출현	18일	23°C	650 μm
안점형성	25일	23°C	900 μm
1 mm 치패	30일	23°C	1.0 mm
방사륜형성	40일	23°C	1.5 mm

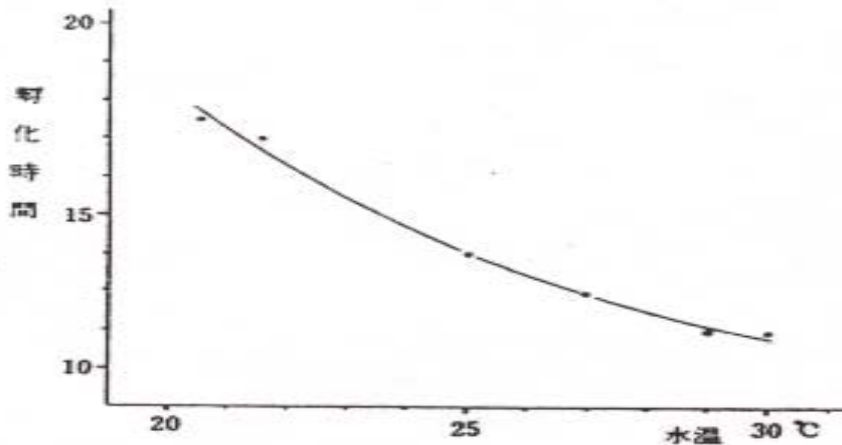


그림 3. 수온에 따른 무지개가리비 난의 부화시간

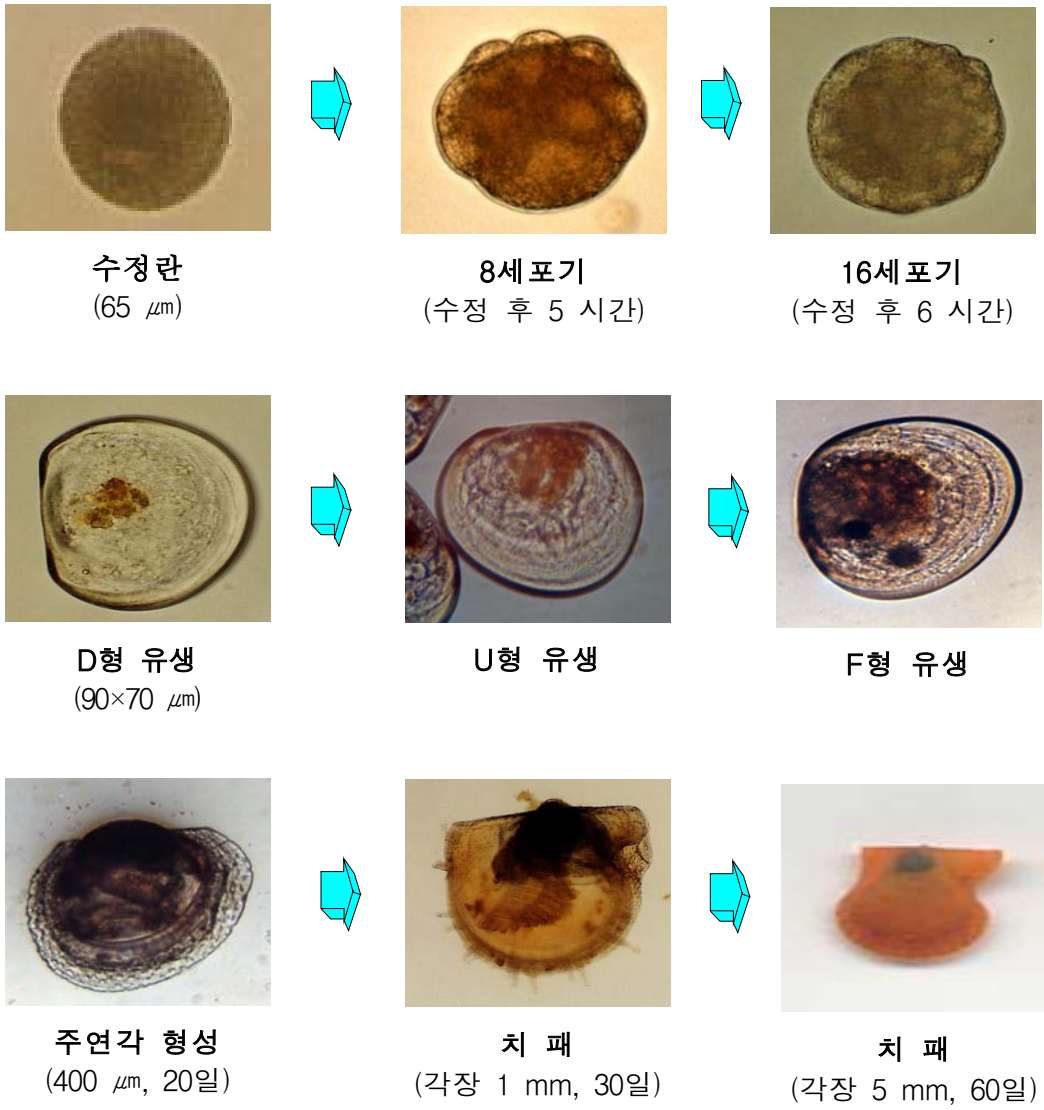


그림 4. 무지개가리비 발생 및 성장

먹이

- 무지개가리비는 여과섭식자로 분류되며, 자연상태에서의 서식습성은 풍부한 수량과 유속이 빠른 곳을 선호하며, 식물성 플랑크톤을 주로 섭취한다.
- 인공사육시에는 *Chaetoceros* sp. *pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*, *Chlorella* sp. 등을 인위적으로 배양하여 공급한다.

인공종묘생산

○ 어미성숙관리

봄철 수온이 20℃에 달하면 산란하기 때문에 수온 16~17℃경 즉, 5월 중순경에 육상수조에 수용하여 성숙을 촉진시킨다.

수조는 500 ℓ ~1톤 정도의 것을 사용하고, 어미는 20~30마리 수용하는 것이 적당하다. 실내는 차광막 등으로 암흑처리하고, 소음이나 기타 자극을 받을 만한 요소를 차단하는 것이 좋으며 자연해수 또는 여과해수를 1일 5~10회 정도 환수되도록 유수시킨다.

먹이는 *Chaetoceros* sp. *Chlorella* sp. 등을 10만cell/ml/1일로 아침, 저녁 2회 공급한다. 성숙상태를 파악하여 수온이 20℃ 이르면 채란을 실시한다.

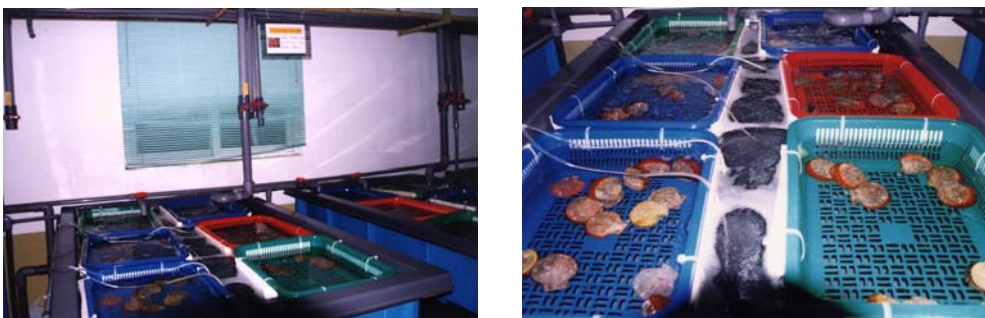


그림 5. 무지개가리비 어미 실내 성숙

○ 산란유발

산란유발 방법은 수온상승자극, 자외선조사 해수자극, 간출자극 및 일광에 의한 자극 등이 있다.

보통은 날씨가 맑은 날 30 ℓ 내외의 수조에 여과해수나 자외선조사해수를 10~20 ℓ 정도 넣어 직사광선이 잘 비치는 곳에 두어 서서히 수온을 상승시키면 산란반응을 보이기 시작한다. 빠르면 5분 이내에 반응을 보인다. 일반적으로 수컷이 먼저 반응을 보이고 나서 암컷이 반응을 보인다. 채란 후 수정시는 정자의 양이 과다하지 않도록 주의한다.

표 2. 무지개가리비 인공산란 결과

채란 회수	월, 일	사 용 어미수	반 응 어미수	산란량 (천마리)	부 화 유생수	부화율 (%)
1	5. 19	26	11	30,980	1,260	4.1
2	5. 21	16	13	50,220	6,595	13.1
3	5. 29	23	6	7,150	2,100	29.4
4	6. 9	24	2	1,300	300	23.1
5	6. 18	15	10	13,000	680	5.2
6	6. 24	13	8	28,000	15,540	55.5
7	7. 8	23	4	26,000	5,320	20.5
8	7. 9	24	3	11,000	2,020	18.4
9	7. 14	17	2	3,160	640	20.3
10	7. 15	25	3	16,000	2,990	18.7
11	7. 30	29	2	3,800	1,840	48.4
12	8. 5	62	2	2,940	1,040	35.4
13	8. 19	18	3	27,000	4,120	15.3
14	8. 26	42	4	22,000	5,250	23.9
15	9. 14	33	2	13,800	2,250	16.3

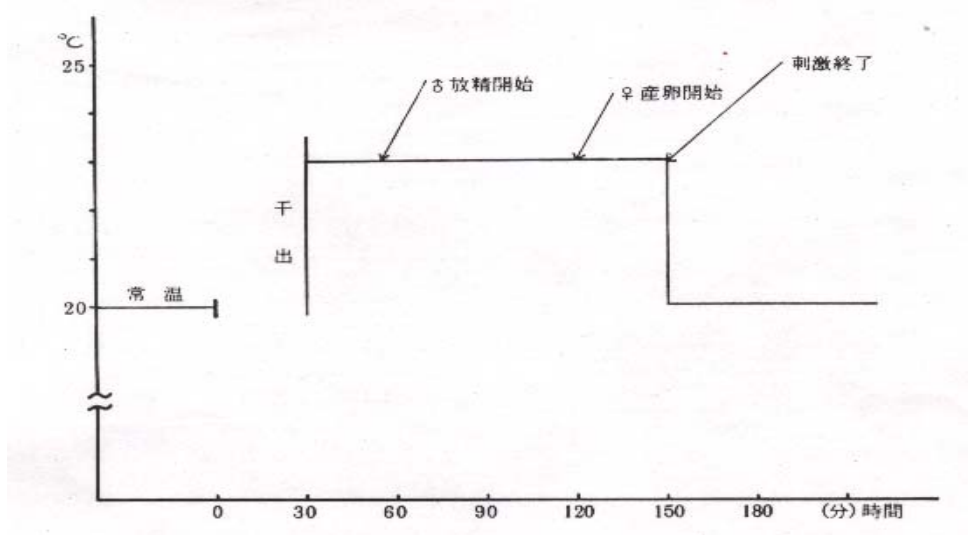


그림 6. 무지개가리비 산란유발 자극 모형도

○ 세 란

수정란은 침하하기 때문에 모패를 산란수조를 조심스레 기울여 상등액을 버리고 새로운 해수를 주입한다. 이러한 방법으로 4~5회 세란시킨 후 난수를 헤아려 부화수조에 옮겨 부화를 기다린다. 부화유생은 수면에 부상하기 때문에 이것을 떠서 유생사육수조로 옮겨 유생사육을 실시한다.

○ 유생사육

유생사육은 실내에서 하며 조도는 100~500 Lux가 적당하다.

먹이종류는 *Chaetoceros* sp. *Chlorella* sp. *pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana* 등을 사용하고, 먹이농도는 성장상태에 따라 3,000~20,000 cell/ml 농도로 공급한다.

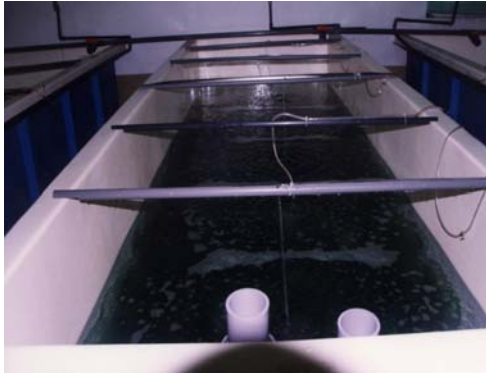


그림 7. 유생 사육 수조 (2톤 수조)



그림 8. 유생 사육수조 (500 ℓ 수조)

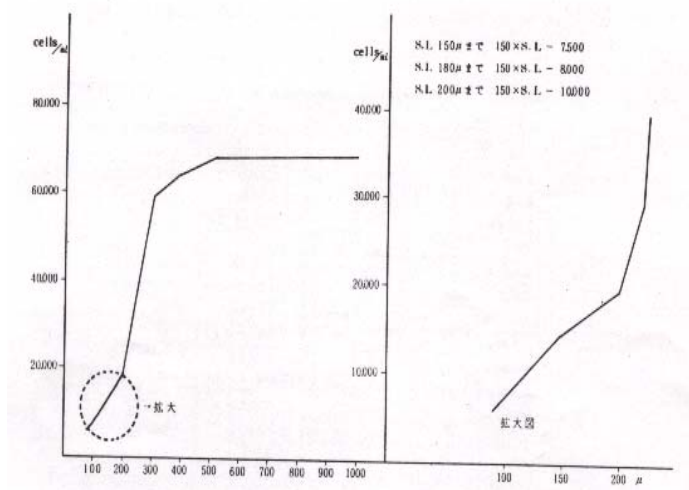


그림 9. 무지개가리비 유생 성장에 따른 먹이공급

○ 채묘 및 부착치패 사육

수온 25°C에서 약 2주간 사육하면 각장이 180 μm에 달하여 부착하기 시작한다. 부착기질은 보통 차광막이나 파판, 그물망 등을 주로 사용한다. 채묘 기질에 부착 후는 변태하여 성장속도가 빨라지므로 먹이량도 20,000 cell/ml 이상으로 하고 성장에 따라 60,000~70,000 cell/ml 정도 공급한다.

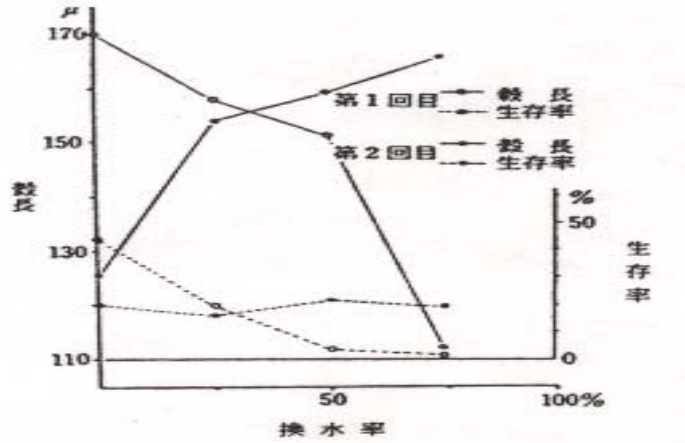


그림 10. 유생사육시 환수율과 생존율의 관계

○ 중간육성

각장 1.0 mm에 달하면 망목 1 mm의 채롱에 중간육성을 한다. 중간육성은 수하연의 길이를 2.0~3.0 m로 하여 수심 1.5 m 이하에 수하시킨다. 1일 성장은 약 0.1~0.15 mm로, 조류가 빠르고 plankton이 많은 곳은 0.2 mm 정도로 된다. 수온에 의한 차는 있으나 대략 중간육성 후 30~50일 후에 3~10 mm에 달하므로 끌어올려 대소 선별을 실시한다.

표 3. 무지개가리비 치패 크기별 해중 사육시험(중간육성) 결과

크 기(mm)	평균 각장 10 mm 이상으로 된 시점		
	경과 일 수	10 mm 이상의 비율	생존율
각장 1	43 일	50 %	65 %
각장 2	33 일	46 %	77 %
각장 3	29 일	55 %	88 %
각장 5	20 일	58 %	96 %



그림 11. 중간육성을 위한 치패망



그림 12. 중간 육성 후 양성 위한 치패

○ 양 성

양성용 종묘는 각장 10 mm 이상의 것을 사용한다. Ø45×H45의 원통형 채롱에 처음에 100개체를 수용하고, 성장에 따라 수용밀도를 줄여 5 cm 정도에서는 10~12개가 되도록 한다.

11월에 양성을 시작한 가리비는 다음해 봄에 30~35 mm, 가을에 70~80 mm, 겨울에는 성장이 늦고, 2년째 봄에는 거의가 100 mm까지 성장한다.

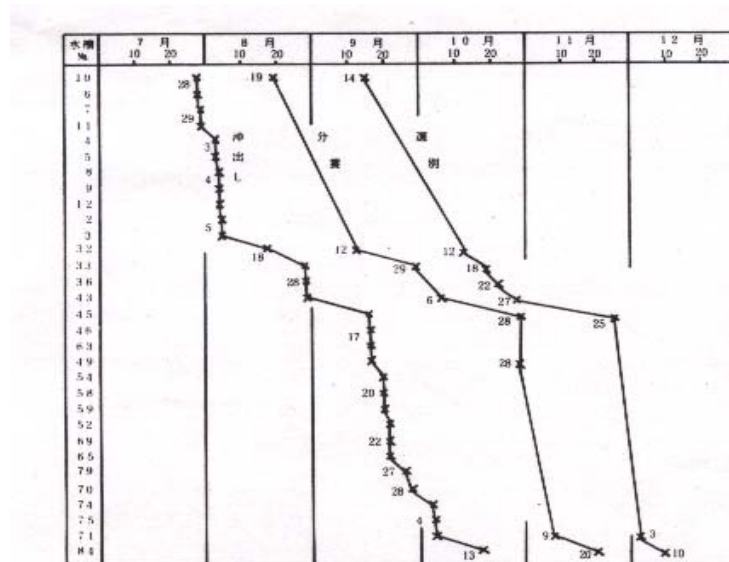


그림 13. 치패 중간 육성시 선별시기

양성장 관리

- 양식장은 큰 하천의 담수가 유입하는 곳은 피하지 않으면 안된다.
- 무지개가리비 청소 및 관리를 할 때는 되도록이면 바람이 없는 날을 골라서 행하고, 겨울철 날씨가 추운 시기에는 필요 이상으로 손대지 않도록 주의한다.
- 사육수온은 20~28℃ 정도까지가 무방하나 30℃ 수온이 장기간 계속될 때는 폐사하기 쉽기 때문에 수하수심을 깊게 하여 고온에 의한 피해를 미연에 방지해야 한다.
- 출하는 7~8 cm의 적은 크기에 실시하는 것이 성장이 늦은 패나 밀식한 어장의 경우 분양시켜 성장을 촉진하게 된다.



그림 14. 양성준비를 위한 치패 선별



그림 15. 양성장 및 양성시설

경쟁 및 해적생물

- 따개비나 진주담치의 부착이 많으면 조속히 제거하는 것이 필요하며 방치하면 성장에 나쁜 영향을 준다.
- 사육수온은 26~28℃ 정도이나 30℃가 장기간 계속되면 폐사가 발생하기 때문에 수하수심을 깊게 하여 고온에 의한 피해를 미연에 방지해야 한다.

- 해적생물은 패각에 구멍을 뚫고 들어가는 *Polydora ciliata* 가 있다.
- 오수의 유입이 있는 어장이나, 특히 굴 양식장 부근에서는 무지개가리비의 양식은 피하는 것이 좋다.

참 고 문 헌

- Hirata, H., Shinomiya, A., Kadowaki, S., Nakazono, T., Kasedo, T., 1978. Seed production of scallop *Chlamys nobilis* (Reeve)-1. Spawning induced by dark stocking. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 27(1), 289~294.
- Komaru, A., Wada, KT, 1988. Seasonal changes of gonad in the cultured scallops, *Chlamys nobilis*. Bull. Natl. Res. Inst. (Japan)/Yoshokukenho., no. 14, 125~132.
- 降島史夫·羽生 功, 1988. 水族繁殖學. 綠書房. pp328.
- 權伍吉·朴甲萬·李俊相, 1993. 原色韓國貝類圖鑑. 아카데미서적. 348~351.
- 吉良哲明, 1988. 原色日本貝類圖鑑. 保育社. 122~124.
- 難波武雄, 1973. 히오우기種苗生産に關する研究. 栽培技研 2, 11~17.
- 大分縣漁業公社, 1982. 히오우기種苗生産. 大分縣漁業公社事業報告, 16~21.
- 木谷益邦, 1985. 히오우기가이種苗生産(中間育成)期におけるシェルターの效果. 水産増殖 33, 157~165.
- 李種夏, 1991. 혼한가리비 *Chlamys nobilis* 人工種苗生産에 關한 研究. 水振研究報告 45, 175~181.
- 推野季雄, 1985. 水産無脊椎動物學. 培風館. pp. 190.

진주조개

명 칭

- 학 명 : *Pinctada fucata martensii*
(Dunker, 1850)
- 영 명 : pearl oyster
- 일 명 : 아코오가이
- 중 국 명 : 合浦珠母貝



분류학적 위치

Class Bivalvia
Order Pteroida
Family Pteriidae

※ 유사 종(국내 분포하지 않음)



흑엽조개
(*Pinctada margaritifera*)



백엽조개
(*Pinctada maxima*)

형태적 특징

- 체색 : 패각의 표면은 다갈색으로 흑색의 방사대가 있다. 패각의 안쪽에는 청옥색의 진주광택이 나는 진주층이 있다.
- 형태 : 패각은 부채꼴 모양으로 교접부는 직선형이며, 복연은 둥글다. 패각의 표면은 흑갈색의 얇은 층들이 중첩되어 있고, 이들 주변부에는 좁은 비늘모양의 돌기가 톱니모양을 이루며 비늘모양의 돌기에도 가느다란 흑색띠가 가로로 여러 줄 나 있다. 좌각은 우각보다 불룩하게 팽윤되어 있다.

분포 및 서식환경

- 분포
일본 특산종으로, 일본 혼슈-보소반도 이남에 분포하며, 우리나라는 일본으로부터 이식해온 것으로 남해안의 일부지역에 분포한다.
- 서식장소
비교적 천해성 종류로서 조간대에서부터 수심 10 m 정도까지 서식하며, 죽사를 내어 암반 등에 부착생활을 한다.
- 서식환경
진주조개의 지리적 분포를 지배하는 가장 큰 요인은 수온이다. 진주조개의 서식 적수온은 15~30℃이고 최적수온은 20~25℃이며 생존할 수 있는 가장 낮은 수온은 8℃이다. 이 보다 낮은 수온에는 분포하지 않는다. 염분에 의한 아가미의 섬모운동은 20이하가 되면 현저히 줄어들고 13.2가 되면 불규칙하게 되며, 9.6에서는 정지한다. 정상 활동은 염분 20 이상이다.

생태적 특성

○ 성장

- 환경의 조건에 따라 성장의 차이가 있으며, 특히 수온의 영향이 크다. 수온 13℃가 되면 성장이 정지하며 15℃이상에서 활발한 섭이활동을 한다.
- 일반적으로 진주조개는 1년째가 성장이 가장 빠르고 2~3년째에는 1년째에 비해 늦다. 1년에 평균 각장 5 cm로 성장하고, 만 2년이 되면 8 cm 이상이 되며 삽핵이 가능한 크기로 성장한다. 생물학적 최소형은 각장 3.5 cm, 수명은 약 10년이다.

○ 성숙

- 산란기 : 성숙은 수온에 따라 다르다. 우리나라 남해안의 진주조개는 겨울 동안 휴지기를 지나 2월경부터 천천히 회복되기 시작하여 3~4월 경에는 활발한 분열증식을 하며 7월경에는 성숙하고 이때부터 산란이 시작하여 9월까지 계속된다. 산란성기는 7월말부터 8월말이다.
- 산란수온 : 수온이 높은 곳에서 사는 진주조개는 방란·방정 기간이 길고, 또 성숙시기도 빠르다. 일반적으로 진주조개의 산란 수온은 24~25℃ 이상에서 시작된다.

○ 식성

- 진주조개는 해수로부터 식물성플랑크톤, 유기물 등을 여과해서 먹이를 먹는다.
- 인공종묘 생산시는 *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Tetraselmis tetrathele* 등을 배양하여 공급한다.

종묘생산 방법

○ 어미 가온사육 관리

- 진주조개는 자연에서 7~8월에 산란을 하지만 우리나라에서는 이 시기에 자연채묘가 어려우며 채묘가 된다해도 진주양식에 경제적인 가치가 없어 가장 알맞은 시기에 인공으로 종묘생산을 해야 하기 때문에 특별한 어미관리가 필요하다.
- 종묘 생산용 어미는 치패가 바다에 나갈 수 있는 수온인 14℃에 맞추어 어미 확보 시기를 결정하며, 어미는 주로 12~2월에 확보하여 가온사육을 실시한다. 수온 15℃에서 약 1주일간 적응을 시킨 후 1~2일에 1℃씩 수온을 증가시켜 23℃를 유지하며 성숙될 때까지 관리를 한다. 성숙기간은 대부분 어미 관리 후 2개월 이내에 채란이 가능하다.
- 사육수는 1일 5회 정도 환수되도록 가온해수를 유수시킨다.
- 먹이생물은 *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*, *Monochrysis* sp., *Phaeodactylum tricornutum* 등을 혼합하여 일간 10~20×10⁴세포/ml의 농도가 유지되도록 24시간 연속 공급한다.

○ 채란 및 세란

- 채란하기 전에 폐각에 붙은 부착생물과 이물질을 깨끗이 세척한다.
- 산란유발은 20℃ 전후의 그늘지고 바람이 잘 통하는 곳에 1시간 간출하는 간출법과 간출한 어미를 채란수조에 수용하여 20℃ 해수를 넣고 10분에 1℃ 정도 상승시켜 29℃까지 상승하는 수온상승 자극을 병행하면 성숙한 어미는 방정·방란이 일어난다.
- 해수는 1 μm로 정밀 여과한 해수를 자외선 살균기를 통과시킨 해수를 사용한다.

- 일반적으로 먼저 수컷이 방정을 하면 곧 이어 암컷이 방란을 시작하며 수정란의 평균 크기는 48 μm 전후이며, 산란 후 30분이 경과하면 20 μm 필터거즈를 사용하여 수정란을 사이펀식으로 수거하며, 여분의 정자를 제거하기 위하여 세란을 한다.

○ 발생

- 수거된 수정란은 부화수조에 20개/ml 정도 밀도가 되게 넣고 공기를 미세하게 공급한다.
- 수정란에서 D형 유생까지 발생에 소요되는 시간은 20℃에서 41.7시간, 25℃에서 27.5시간이 소요된다.
- 부화된 D형 유생의 크기는 각장 76 μm 이며, 40 μm 필터거즈로 수거하여 유생사육을 한다. D형 유생의 발생률은 간접적으로 난질을 확인할 수 있는 방법이며, 보통 40%이상이면 유생사육에는 별다른 문제는 없다.

○ 유생사육

- 유생사육은 D형 유생부터 부착기 유생까지의 과정을 유생사육이라 한다.
- D형 유생을 유생사육 수조에 넣고 1 ml당 5 마리가 되게 사육밀도를 조절한다.
- 사육 방법은 지수식으로 사육하며 2일 간격으로 사육수를 전체를 갈아주는 전환수를 한다.
- 먹이생물은 사육수 일간 1 ml당 5,000~50,000 세포가 되게 유지시켜 주며 2회 나누어 공급한다. 먹이생물은 가능한 여러 종을 혼합하여 공급하는 것이 좋다.
- 유생사육 기간 중 중요한 점은 유생을 선별하여 사육하여야 한다. 아무리 좋은 환경을 제공한다 하더라도 개체간에는 성장의 차이가 나기 마련이며, 성장이 부진한 개체는 선별하여 폐기시켜 우량한 종묘만을 사육하여야 좋은 종묘를 얻을 수 있다.

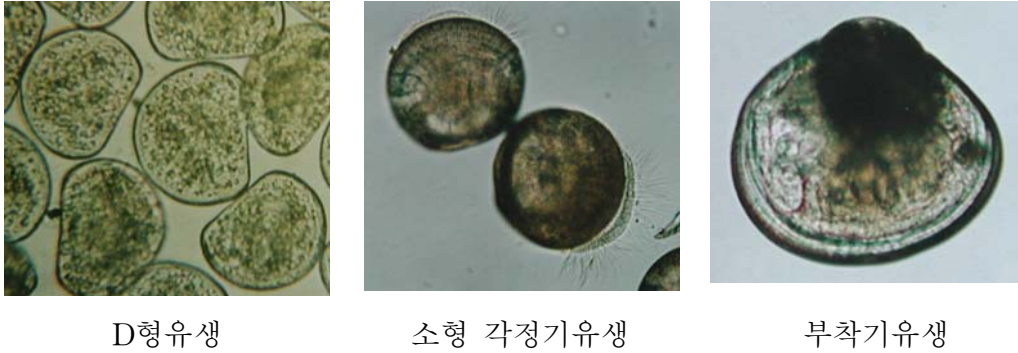


그림 1. 진주조개 유생의 성장

- 유생사육 기간은 사육 수온에 따라 좌우되며 28℃ 전후에서는 12일 정도 소요된다. 부착기 유생의 크기는 210 μm 전후이며, 이때의 특징은 유생의 가장 자리에 검은 점이 나타나며 이것을 안점이라고 하며 안점이 나타나면 부착기에 도달한 것을 알 수 있으며, 안점이 형성된 부착기 유생은 채묘수조에 수용하여 채묘를 하여야 한다.

○ 채묘 및 치패사육

- 채묘는 부착기 유생을 부착기질에 부착시키는 것을 말한다.
- 채묘기질은 모지망(망목 5 mm) 혹은 차광망을 사용하며, 채묘망을 수직으로 넣어 채묘를 한다.
- 부착기 유생을 수용한 후 1~2일이 경과하면 채묘기에 부착되며 10일 정도되면 부착된 치패를 확인할 수 있게 된다.
- 채묘된 부착치패 사육 방법은 먹이생물을 공급하며 유수식으로 사육하며, 부착된 치패는 실내에서 1개월 정도 사육하면 각장이 2 mm 내외로 성장한다.
- 부착된 치패는 바다의 수온이 14℃ 이상이 되면 가이식이 가능하다.



그림 2. 진주조개 채묘 광경

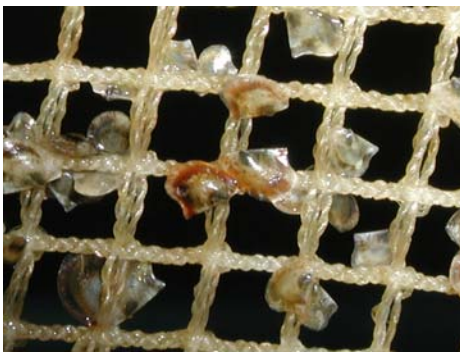


그림 3. 진주조개 부착치패

양성 방법

○ 양성장의 특성

- 조류소통이 원활하며, 외해의 영향을 많이 받지 않고 수심 10 m 정도로 부유물이 많지 않는 해역

- 먹이생물인 식물성 플랑크톤이 풍부한 곳
- 염분은 최소 20 이상 유지 (강우에 의한 담수화 우려가 없는 지역)
- 적조 발생이 빈번한 곳은 피할 것



그림 4. 진주양식어장 전경

- 양성 수층
 - 양성 수층은 2 m 내외로 수하하며, 이것은 표층에 비해 수온, 염분의 변화가 적고 저층보다 먹이가 많아 성장이 빠르며, 계절에 따라 13~25℃ 범위 내에서 가장 수온이 높은 수층을 찾아 조절한다.
- 패각청소
 - 진주조개 양성시 패각에 부착생물이 부착하며, 부착생물은 주로 담치류, 따개비류, 관갯지렁이류, 멍게류 등이 다량 부착시 해수 유통을 나쁘게 하고, 먹이, 산소, 서식공간 부족으로 성장 늦고 폐사율이 증가하게 된다.
 - 활발한 성장수온인 15℃ 이상의 시기에 패각상태를 관찰 2회~수차례 조개 청소를 실시하며, 청소는 청소용 칼로 제거하거나 고압펌프 (30~50 kg/cm²)를 사용, 해수를 뿜어 씻어준다.

○ 밀도조절

- 크기에 따라 수용밀도를 조절해 주며, 양성방법과 크기에 따라 차이가 있으나 수하식 양식장은 1 ha당 1년산은 475,000마리, 2년산은 95,000마리 기준으로 수용한다.
- 전체양식장 면적에서 1년산 20%, 2년산 40% 그리고 핵을 삽입한 어미 40% 비율로 양식한다.

○ 월동

- 수온 14℃이하가 되면 수온이 높은 월동해역으로 이동하게 되며, 월동장소는 주로 제주 서귀포이다. 남해안 진주조개 양식장의 월동기간은 11월 중순~익년 4월 중순으로 약 5개월간 월동지에서 사육하게 된다.

○ 어미 관리

- 진주핵은 주로 생식소에 삽핵을 하며, 생식선의 여포 내의 생식세포가 충만한 모패는 수술이 힘들고 비정상 진주가 되기 쉬워 수술을 하기 위해서는 인위적으로 생식세포 성숙을 조절해야 한다.
- 수온이 낮은 초봄에는 조개를 억제통에 넣어 생식세포를 성숙을 억제하며, 생식소의 발달을 억제할 수 있는 것은 6월 초순경까지이다. 이후 생식소가 발달한 어미는 핵을 삽입하기 위해 온도와 염분 자극 및 족사끓기 등의 방법을 이용하여 알빼기를 해준다.

○ 삽핵

- 핵 : 패각이 두터운 *lamprotula*류나 *Quadrula*류의 패각을 사용하여 구슬과 같은 구형으로 만들어 사용한다.
- 세포 : 진주조개의 외투막 절편을 말하며, 외투막의 위치에 따라 활력이나 분비하는 성분이 다르기 때문에 만들어지는 진주질이 달라지기 때문에 진주질을 결정하는 매우 중요한 요소이다.

- 삽핵 : 삽핵 위치는 생식소에 주로 놓으며, 장관 및 소화맹낭 부근에 진주조개의 크기에 따라서 1개 또는 그 이상을 넣는다.



그림 5. 진주 삽핵 광경

○ 수확

- 진주의 성장도와 품질 등으로부터 수확시기가 정해지며, 수확시기는 12월을 중심으로 10~2월에 주로 수확한다.
- 6~7월에 삽핵 한 진주는 당해 12월에 생산이 되며, 그 이후에 삽핵 한 것은 이듬해 생산한다.

○ 먹이 경쟁

진주조개는 해수중의 식물성플랑크톤, 부유 유기물 등을 여과하여 섭취하므로 이러한 먹이를 이용하는 생물과는 먹이 경쟁을 한다. 패각 등에 부착되어 있는 부착생물과 인근의 패류, 그리고 진주조개간의 밀식에 의한 먹이경쟁이 성장과 생존율에 영향을 미치므로 주기적인 패각 청소와 진주조개가 성장함에 따라 밀도를 조절해 주어야 한다.

○ 해적생물

봄과 여름철에 진주담치가 진주조개 부착함으로서 성장과 어장관리에 영

향을 미치므로 진주담치의 초기 부착 시기에 담수처리 등의 관리가 필요하며, 관갯지렁이류는 패각에 붙어 진주조개를 폐사시키거나 성장을 억제시키므로 패각 청소가 필요하다.

국내외의 양식 현황

○ 양식 역사

- 우리나라 진주조개 양식은 1961년 국립수산과학원에서 시험양식을 시작한 이래 국내 양식기술의 미흡과 생산기반이 미비하여 많은 어려움이 있었다. 국내에서 1990년대 인공종묘생산 기술개발과 대량생산 체계가 확립됨에 따라 국내 필요한 종묘의 전량을 생산 공급할 수 있게 되어 우리나라 진주조개양식이 활성화 되었다.
- 일본의 진주연구는 우리나라보다 약 90년 앞선 1868년 진주 연구를 시작하여 1894년 진주조개에서 진주생산에 성공하였고 1911년에 진주조개에서 둥근모양의 진주 생산에 성공하였다.

○ 양식 현황

- 우리나라 진주조개 양식은 경남 통영을 중심으로 이루어지고 있으며, 양식장의 면적은 1995년 22건 68.5 ha에서 2002년 28건 98 ha로 증가하였다. 진주 생산량은 1992년 225 kg, 1997년 660 kg 그리고 2002년 600 kg을 생산하여 일본의 30,000 kg에 비해 생산량이 매우 낮다.
- 과거 우리나라 진주양식에 필요한 종묘는 일본에서 수입하여 양식하였으나, 1990년대 중반 이후 인공종묘 생산기술이 개발됨으로서 우리나라 진주양식에 필요한 종묘를 전량 국산화하였으며, 우리나라 연간 종묘 소요량은 10,000~15,000천 마리이다.

- 일본은 1990년대 중반부터 어미의 대량폐사로 인하여 진주양식이 위축되어 있으며, 최근 일본 경기의 침체로 인하여 진주의 가격이 하락하였다.

양식 잠재력 및 국내 양식 가능성

- 우리나라에서 진주양식의 가장 큰 애로점은 겨울철 저수온으로 인하여 남해안(통영)에서 연중 양식이 불가능하여, 월동은 양식업계의 채산성에 많은 어려움이 있다. 월동은 수온 14℃를 기준으로 하며, 남해안에서는 11월 중순에서 다음해 4월 중순까지 약 5개월간 제주도 서귀포나 거제시 구조라에서 월동을 한다. 최근 일본은 어미의 대량폐사로 인하여 진주양식에 어려움이 있으며, 중국은 담수진주생산에 의존하고 있으나 최근 해산 진주조개도 생산하고 있어 우리나라 진주조개의 국제 경쟁력을 높이기 위해서는 크고 품질이 좋은 진주를 생산해야 한다.
- 우리나라에서 생산된 진주는 가공되지 않은 상태로 일본에 수출하고 있다. 진주의 가격은 진주의 품질과 일본의 시세에 따라 변하며, 진주양식의 손익분기점은 진주 1 kg당 4,200천원으로 2000년 6,700천원, 2001년 8,000천원, 2002년 4,300천원으로 최근 일본 경기의 침체로 진주 가격이 계속하락하고 있는 추세이다. 우리나라에서 수입되는 진주는 연간 1,200억원으로 추정되며, 진주 가공기술을 빨리 확립하여 국내에서 생산된 진주의 가공 비율을 증가시킬 필요성이 있다.

참 고 문 헌

- 유성규, 2000. 천해양식. 구덕출판사. 159~186.
- 국립수산물과학원, 2001. 패류 인공종묘생산을 위한 먹이생물 대량배양기술 워크숍. 구덕인쇄출판사. 36.

張季南. 2002. 貝類養殖. 三光出版社. 216~242.

장영진 · 최윤희 · 장윤정 · 최석원, 2000. 진주조개, *Pinctada fucata martensii*와 참굴, *Crassostrea gigas*의 난발생에 미치는 수온의 영향. 한수지, 33(6), 559~564.

崔炳來 · 朴美宣 · 全琳基 · 朴承烈 · 金熙泰, 1999. 韓國沿近海 有用軟體動物圖鑑. 國立水產振興院. 105.

http://www.nfri.re.kr/marine/aqua_05.html#04

집필진

박민우(국립수산과학원 양식연구팀장)

민광식(국립수산과학원 양식과학부장)

임한규(국립수산과학원 양식연구팀 수산연구사)

자료제공

터 벗 : 이종관, 이종하
점 농 어 : 백재민, 임상구, 김철원
줄 농 어 : 한형균, 박상언
홍 민 어 : 오봉세, 김진도, 변순규
부 세 : 조기채, 이진호
흑점줄전갱이 : 이정희, 김재우, 김경민
대서양연어 : 성기백
잉 어 : 손상규, 강언중
향 어 : 조용철, 김대희
해 마 : 김재우
흰다리새우 : 김종화, 김봉래
구이덕조개 : 이채성, 이정용
무지개가리비 : 한석중, 원승환, 김태익
진주조개 : 김태익

외래 양식생물의 이식과 생태

2005년 7월 인쇄

2005년 7월 발행

발행인 : 국립수산과학원장 김 영 규

집필진 : 국립수산과학원 양식관리팀
박민우, 민광식, 임한규

발행처 : 국립수산과학원

부산광역시 기장군 기장읍 시랑리 408-1

전화 : (051) 720-2410

인쇄처 : 도서출판 海 印 T.(051) 637-6859