

최 종
연구보고서

옥돔 산란제어 및 종묘생산에 관한 연구

Studies on Spawning Inducement and
Seedling Production of Red Tilefish,
Branchiostegus japonicus

2003. 11

연구기관
국립수산과학원 제주수산연구소
동 의 대 학 교

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 「옥돔의 산란제어 및 종묘생산에 관한 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 11월

주관연구기관명 : 국립수산과학원

총괄연구책임자 : 이 정 의

연 구 원 : 양상근, 김성철

김경민, 김재우

최미경, 박성용

현종길

협동연구기관명 : 동 의 대 학 교

협동연구책임자 : 한 창 희

연 구 원 : 김병기, 김명희

요 약 문

I. 제 목

옥돔 Red Tilefish, *Branchiostegus japonicus* 산란제어 및 종묘생산에 관한 연구

II. 연구개발 사업의 목적 및 중요성

1. 목 적

옥돔은 제주도의 특산 수산물로서 매우 중요한 자원이지만 연안 환경의 오염 및 수요량의 급증으로 수반된 강한 어획 강도에 의하여 남획이 지속되면서 그 자원량이 감소되고 있다. 이러한 옥돔 자원 감소 현상은 금후에도 지속될 것으로 예상되므로 이에 대한 대비책이 시급한 실정이다.

본 연구의 목표는 부가가치가 매우 높은 옥돔에 대한 인공종묘생산 기술을 개발하기 위하여 암컷의 인위적인 성 성숙, 배란과 산란 그리고 수컷의 배정을 유도할 수 있는 인위적인 방법을 찾아내고 성숙과 배란 및 배정에 대한 생식내분비학적 변화를 파악하며, 이를 기초로 하여 옥돔의 수정란을 대량생산 기반을 마련한다. 또한 옥돔의 종묘생산에 관한 기술을 개발하고 새로운 양식종으로서의 가능성을 분석함에 그 목표를 둔다.

2. 중요성

예로부터 제주도에서는 옥돔을 식용뿐만 아니라 제사 차례용으로 널리 쓰여온 대표적인 특산 어종으로서 수산업의 주요 소득원 뿐 아니라 관광자원으로서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으나 그 자원량이 매년 감소하면서 인공 종묘생산 기술을 개발에 대한 필요성이 제기되고 있다. 이를 위해 가장 우선적으로 연구해야 할 분야 중 하나는 인공종묘생산을 도모하는 일이라 할 수 있다.

그러나 옥돔은 수심 30~150m의 사니질에 몸체 일부를 잠입하여 서식하는 어종으로서 어획 시에 대부분 폐사하고 일부 생존 개체도 입과 아가미 손상 및 탈장에 의해 사육이 매우 어려운 어종이다. 또한 옥돔은 참돔이나 넙치에서처럼 대형 수조에 암수를 혼합 수용하여 자연에서와 유사한 환경을 유지하여도 산란이 이루어지지 않는 어종으로 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 옥돔은 이동력이 크지 않기 때문에

인공종묘를 생산, 방류할 경우 그 효과가 매우 클 것으로 예상되고 있다. 특히, 제주도에는 국내뿐만 아니라 해외에서도 널리 알려져 있는 관광지로서 특산 수산물인 옥돔의 수요 또한 꾸준히 증가될 것으로 예상되므로 연안 옥돔 자원의 관리 방안의 하나로써 인공 종묘생산 기술을 개발하여 종묘 방류사업을 통해 적극적으로 대처해야 될 것으로 전망된다.

우리 나라에 서식하는 옥돔의 산란기는 일부 밝혀졌으나 아직까지 어획된 개체 중에서 완숙란을 관찰하기조차 어려워 현재까지 어미사육 및 인공종묘생산에 대한 연구는 답보상태에 있어서 이에 대한 기술개발 및 대량생산 및 방류를 통한 자원조성이 필요한 실정이다.

III. 연구개발 내용과 범위

1. 어미사육기술 개발 및 성 성숙 특성 조사

가. 어미 확보 및 사육 방법 개발

- 잠재 어미 가능성이 있는 자연산 옥돔 수집
- 실내 수조 내에서의 사육 기술 연구
- 계절에 따른 섭식 변화 및 개체별 성장 분석
- 수조 내에서의 분포 습성
- 수조 내에서의 텃세 형성과 안정적인 어미 길들이기

나. 성 성숙 특성 조사

- 난황 형성에 따른 성 스테로이드 호르몬 변동
- 정자 형성에 따른 성 스테로이드 호르몬 변동

2. 인위적 조절에 의한 성숙, 배란유도 기술 개발 및 종묘생산 기초연구

가. 실내의 자연조건에서의 성숙과 산란

- 성숙 및 산란 유도 방법 연구
- 군집 산란과 짝 산란 유도에 의한 비교 분석

나. 성 성숙 제어 연구

- 수온과 일장에 의한 성 성숙 조건 조사
- 적정 호르몬제 선정과 투여량 조사

다. 인위적 조절에 의한 배란 및 산란 유도

- 수온조절에 의한 배란 및 산란 유도
- 호르몬제 투여에 의한 배란 및 산란 유도

- 호르몬 종류 및 처리 방법에 따른 난질 비교
- 3. 인공종묘생산 기술개발 및 양식 가능성 분석
 - 가. 수정란 생산을 위한 연구
 - 자연조건에서의 적정 암수 혼합비율 조사
 - 수온, 일장 및 호르몬 처리에 의한 수정란 대량 생산 방법 구명
 - 수온에 따른 성장과 생존율 비교 분석
 - 나. 종묘생산 기술개발
 - 난발생 특성과 소요시간
 - 자치어 성장에 따른 적정 먹이생물 연구
 - 종묘생산 수조 내에서의 자치어 습성 변화
 - 다. 양식 가능성 검토
 - 가두리와 수조에서의 성장, 생존율 비교

IV. 연구 개발 결과

1. 자연산 어미 길들이기 및 사육기술

가. 자연산 어미 길들이기

자연산 옥돔을 채집하여 어미로 사육 가능성을 조사하기 위하여 2001년 1월 19일부터 4월 20일 사이에 구입한 평균전장 26.5cm, 평균체중 224.3g의 예비 어미 285마리를 원형수조 (직경 5m, 수심 1m) 2개와 사각수조 (2×2×1m) 4개에서 수용하여 다음 해 산란기 전까지 사육 실험을 실시하였다. 수조 내에서 길들이기가 완료되는 시점인 최초 1개월 생존율은 37.5~57.1%였고, 당해 연도 산란기인 9월 30일까지의 최종 생존율 18.8~32.4% 범위였다.

자연산 어미 길들이기 2차 실험은 실험 약 1개월 전에 구입하여 안정화된 평균체중 156.4~850.1g의 옥돔을 2001년 3월 21일 원형 콘크리트 수조 (직경 5m, 수심 1.5m) 2개에 각각 43마리와 51마리를 수용하여 성장과 생존패턴을 조사하였다. 당해 연도 산란기인 2001년 10월 12일까지의 생존율은 각각 55.8% 및 52.0%였고, 체중범위는 각각 253.4~1010.9g 및 320.8~1121.2g로 성장하였다. 또한 다음해 산란기인 2002년 9월 10일까지의 생존율은 34.7% 및 35.3%였고, 체중은 343.1~807.5g 및 388.5~1312.2g로 성장하였다.

나. 구입 시기에 따른 수조 내에서의 적응력

제주연안에서 겨울과 여름에 어획된 옥돔 41마리(전장범위: 20.0~32.5cm, 체중범

위: 75.5~425.8g)와 32마리(전장범위: 24.4~42.4cm, 체중범위: 186.0~834.3)를 확보하여 실내 수조에서 2주간 사육하면서 적응력 실험하였다. 2주간 생존율은 겨울철의 경우 58.5%로 나타났으나, 여름철에 구입하여 적응 실험하였던 개체는 전량 폐사하였다.

2. 성 성숙 특성 및 산란제어 기술개발

가. 생식소숙도지수(GSI) 및 생식세포의 조직학적 변화에 의한 산란기 구명

제주연안에서 어획되는 옥돔을 매월 17~31마리씩 총 268마리를 구입하여 생식소의 월별변동 및 조직학적 변화에 의한 산란기를 추정하였다. 암컷의 GSI 값은 4월에 0.40으로 낮은 값을 보인 후 9월에 1.32로 최고치를 보였고, 수컷은 4월에 0.18에서 9월에 0.38로 증가하였다. 조직학적 관찰에서는 암컷의 경우 8월이 되면서 대부분 암컷의 난소에 난황형성기의 난모세포들로 채워져 있었으며, 9월이 되면서 산란직전의 성숙한 난모세포로 충만하였다. 정소에서는 5월에 정원세포가 정모세포로 발달하였고, 8월에서 9월에는 정소세관 내에 성숙된 정자가 충만하였다.

나. 성 스테로이드 호르몬 변동

2001년 10월 22일 체중 범위 190~640g의 옥돔 어미 23마리를 유효수량 4톤의 사각수조 3개에 수용하여 사육하면서 성 스테로이드 호르몬의 연 변화를 추적하였다. 암컷들은 7월 이후부터 성 스테로이드 호르몬의 혈중농도가 상승하기 시작하였으며 8월에 estradiol-17 β 와 testosterone의 혈중농도가 최고치에 이르렀으며, 17 α 20 β -OHP의 혈중농도는 9월까지 계속 상승하고 있었다. 수컷에 있어서는 7월까지 성스테로이드 호르몬의 변화를 거의 볼 수가 없었으나 8월부터 testosterone과 11-ketotestosterone의 혈중농도의 증가를 보였으며 9월에 최고치를 보였다. 이러한 결과로 보아 옥돔은 7월 이후부터 난황형성이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있었으며 9월에 많은 개체들에서 배란과 산란이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

다. 현장 채란 가능성

어획 현장에서 성숙한 알과 정자의 확보 가능성을 알아보기 위하여 옥돔 조업용 주낙 선박에 승선 조사하여 조사하였다. 조사는 2001년도 산란기에 6회, 2002년 산란기에 4회, 및 2003년 산란기에 2회 등 총 12회를 조사하였다. 조사 결과, 7회에 걸쳐 채란은 이루어졌으나 그 양은 0.5~3.5ml로 매우 적었다. 또한 현장에서 채취한 정자와 수정시켰으나 정상적인 난발생에는 이르지 못하였다.

라. 군집산란과 짝산란 비교

군집산란 실험은 현장에서 어획 후 4주간 순치 시킨 옥돔 어미 15마리 (전장 범위 30.9~37.0cm, 체중 범위 311.9~619.8g)를 유효수량 15.1톤 콘크리트 수조 1개 (직경 4m, 수심 1.2m)에 수용하였고, 짝 산란의 경우는 암 수로 추정되는 어미 1쌍씩을 유효수량 3.3톤 폴리프로필렌 수조 3개에 3쌍 (전장 범위 29.9~37.5cm, 체중 범위 300.7~615.3g)을 수용하여 산란 특성을 비교하였다.

군집 산란 유도군에서는 9월 28일부터 3~4일 간격으로 소량씩 자연 산란하였으나, 전부 미수정란 상태였다. 짝산란 유도군에서도 소량 산란이 이루어졌으나 미수정 상태였다.

마. 일장 조절에 의한 성 성숙 유도

2002년 7월 20일 체중 205~780g의 옥돔 32마리를 유효수량 20톤의 콘크리트 원형수조에 수용한 후 지붕을 검은 색 차광망으로 씌워 자연광을 차단하여 광주기를 8L:16D로 단일처리하여 자연산란 상태를 조사하였다. 자연산란은 9월 17일부터 소량씩 관찰되었으나 전량 미수정 상태였다. 일일 산란량은 2~18ml로 미량이었고, 산란은 3~5일 간격으로 이루어졌다.

바. 호르몬제의 처리에 의한 배란유도 (*in vitro*)

산란 초기인 9월에 성 성숙이 양호한 암컷 어미(평균전장 20cm, 체중은 136g)를 실험실에서 Leibovitz L15로 배양한 후 5종의 호르몬을 처리하여 GVBD와 배란 여부를 관찰하였다. 사용된 호르몬 종류는 $17\alpha 20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one ($17\alpha 20\beta$ OHP), 17α -hydroxyprogesterone (17α OHP), Progesterone (P4), 17β -estradiol (E2), human chorionic gonadotropin (HCG)였다. 처리 호르몬의 농도는 스테로이드 호르몬의 경우는 10, 100, 1000 ng/ml였고, HCG농도는 50 500, 1000 IU/ml였다. 처리 후 배란 여부를 조사한 결과, $17\alpha 20\beta$ OHP는 18시간 후에 100ng/ml에서 55%로 가장 빠른 반응 효과를 보였고, 17α OHP는 100ng/ml 에서 22%, 1000ng/ml 에서는 24%, P4은 100과 1000ng/ml에서 각각 28% 와 32%, 및 HCG는 50, 500, 1000ng/ml에서 각각 28, 34, 31%의 반응효과를 보였다.

사. HCG 주사에 의한 성숙 및 배란 유도

2002년 9월 23일부터 10월 5일까지 암컷 38마리(체중 125.0~401.7g)를 현장에서 구입하여 6회에 걸쳐 암컷 마리당 100IU의 HCG 호르몬을 주사한 후, 24, 48 및 72시간이 경과된 다음 복부 압박에 의한 채란을 실시하였다. 24시간 에서는 3회, 48시간 에서는 6회, 그리고 72시간 에서는 5회 채란이 가능하였다. 실험기간 중의 호르몬

주사 후 1회 착출 가능한 채란량은 1.5~8.6ml 범위였다.

HCG 호르몬의 적정 농도를 알아보기 위하여 100IU/kg, 500IU/kg 및 1,000IU/kg의 농도로 암컷에 주사한 후 시간 경과에 따른 산란 가능성을 조사한 결과, HCG500 IU/어체중 kg 주사 후 48시간에서 80%로 최고의 반응률은 보였다. 또한, HCG 호르몬을 200, 400, 600, 800 및 1,000IU/kg의 농도로 암컷에 주사한 후 24시간, 48시간 및 72 시간 경과 후에 복부를 착출하여 채란 가능성을 조사한 결과, 높은 호르몬 처리농도에서는 빠른 반응률을 보였으나 일부 폐사개체가 발생하였다. 본 실험에서도 HCG 호르몬의 안정적인 농도 및 채란 시간은 각각 500IU/kg 및 48시간으로 조사되었다.

어체 크기에 따른 HCG 주사에 의한 채란율을 조사에서는 체중 범위 300~400g에서 15ml, 400~500g에서 21ml로서 비교적 높은 채란량을 보였고, 200g 이하의 어미에서는 2ml, 500g 이상의 어미에서 11ml였다. 채란 기간 중의 생존율은 200g 이하에서는 100%이었으나, 어체 크기가 커지면서 생존율이 낮아져서 200~500g 사이에서는 80%, 500g 이상에서는 60%였다.

실내 수조에서 사육된 어미와 현장에서 어획 직후의 옥돔 암컷 1마리당 HCG 호르몬 100IU를 근육에 주사한 후 24, 48, 72, 및 96시간이 경과되었을 때의 채란 결과를 비교하여 보았다. 어획산의 경우 HCG 주사 후 24, 48, 72 및 96시간 경과되었을 때의 채란율은 각각 14.3, 27.3, 25.0 및 14.3%이었고, 사육산에서는 8.7%에서 31.8%의 범위였다. 평균 채란율은 어획산과 사육산에서 각각 5.1% 및 3.0%였고, HCG 주사 후 채란까지의 적정 경과시간은 48시간에서 72시간이었다. 한편, 호르몬 주사 후 채란까지의 96시간 생존율은 사육산에서가 88.0%로서 어획산의 38.0%보다 매우 높은 결과를 보여주었다.

3. 종묘생산 기술개발

가. 난의 특성과 발생

수온 22.2℃로 설정되어 있는 인큐베이터에 2ℓ 비이커 5개에 옥돔 수정란 5ml를 수용하여 난발생을 관찰하였다. 난경은 93.4 ± 21.0 mm이었고, 17.1 ± 5.8 mm 크기의 유구 1개를 가지는 분리부성란이었다. 수정 후 33분만에 배반이 동·식물극을 축으로 나뉘어지는 제 1난할이 시작하여, 3시간 경에 상실기, 23시간 39분만에 눈에 lens가 생기고 배체의 움직임이 관찰되었다. 부화는 수정 후 27시간 03분에 시작하였고, 부화 직후의 자어는 평균 전장 1.55mm, 평균 체고 0.84mm였다.

나. 종묘생산 실제

산란기에 자연산 암컷 어미를 구입하여 암컷 1마리당 HCG 호르몬 100 IU를 주사하여 48시간 후에 착출법으로 채란하였다. 채란된 알을 미리 어시장에서 확보한 수컷 정소와 인공수정을 시켰고, 부화자어 사육하여 종묘생산을 실시하였다. 종묘생산은 2002년에는 9월 23일부터 11월 17일까지 총 16회에 걸쳐 353천개를 채란하여 그 중 127천마리가 부화(부화율: 36.0%)하였다. 종묘생산 시작 전 약 1개월부터 물 만들기 조성에 의해 사육수를 안정시킨 후에 수정란을 수용하는 방식을 택하였고, 11월 9일부터 11월 17일 사이의 3회에 걸쳐 부화된 자어를 이용하여 100일 경과 후 2천마리의 종묘를 생산하는데 성공하였다. 2003년도에는 10월 4일부터 10월 28일까지 12회에 걸쳐 총 425천개의 수정란을 수용하였고, 그 중 110천마리가 부화(부화율: 25.9%)되어 종묘생산을 실시하였다. 그러나 종묘생산 과정 중의 수질악화에 의해 정상적인 종묘생산에는 이르지 못하였다.

다. 인공 종묘의 연성장

2003년 2월 7일 평균전장 3.6cm, 평균체장 3.0cm의 종묘 1,020마리를 수용한 후 2003년 11월 10일까지 사육하면서 연성장 특성을 조사하였다. 실험 종료 시 생존된 개체는 129마리로서 생존율 12.6%을 나타내었다. 전장과 체중은 각각 21.6 ± 2.3 cm 및 140.1 ± 47.7 g로 성장하였다. 연 성장 패턴은 여름을 거친 후 가을이 되면서 빠른 성장을 보였다.

4. 양식 가능성 검토

가. 실내수조 및 가두리에서 사육실험

자연산 옥돔을 해상 가두리와 실내 수조에 수용한 후 성장과 생존율을 분석하여 양식 가능성을 검토하였다. 수조 사육 실험은 2003년 1월 25일 제주 연안에서 주낙으로 어획된 평균체중 348.8g(체중범위: 150.7~1136.3g)의 옥돔 84마리를 수심 2m 수조에서 수용하여 10월 8일까지 사육하였고, 가두리 사육 시험은 2003년 3월 17일 평균체중 242.2g(체중범위: 104.0~413.6g)의 옥돔 74마리를 소형 가두리에 수용하여 9월 9일까지 실험하였다. 실험 종료 시 평균체중은 실내 수조 사육에서 516.7g, 해상 가두리 사육에서 390.8g로 성장하여 체중에 대한 순성장은 각각 167.9g 및 148.6g이었다. 생존율도 각각 75.0%와 75.7%로 차이를 보이지 않았다.

나. 개체성장 패턴 및 특성

전장과 체중 범위 각각 21.8~33.6cm, 135.9~526.5g의 옥돔 18 마리에 형광물질을

이용하여 표지한 후 추적하면서 각각의 성장 패턴을 조사하였다. 표지는 이라스토마 형광 물질(North Marine Technology Ltd.)을 각 지느러미 기저부 등에 색깔별로 주사하였고 1년 간 사육하면서 조사하였다.

총 18 마리 중에서 최종적으로 6마리만 생존하여 33.3%의 생존율을 보였다. 개체별 전장의 성장은 1.5~8.1cm 범위였고, 체중의 개체 성장은 18.7~585.3g이었다. 최종 생존한 6마리 중 12번 개체를 제외하면 326.6~585.3g의 연 개체 성장을 보여 양식 가능성도 충분히 있다고 사료된다.

IV. 연구개발 결과 활용에 대한 건의

1. 자연산 어미 길들이기 및 잠재 어미로의 활용

옥돔은 100m 이심에 서식하므로 어획 시에 대부분이 폐사하면서 어미로의 확보가 매우 어려운 어종으로 알려져 있다. 본 연구 결과, 주낙을 끌어올리는 속도를 최대한 늦게 하고 수조로의 이동 후 항생제 처리를 실시할 경우 생존율을 높일 수 있었다. 이러한 결과는 옥돔과 유사한 조기류 등에도 적용될 것이다.

2. 성 성숙 특성 및 산란제어 기술개발

옥돔 수정란을 얻기 위한 적정 방법은 산란기에 성숙된 암컷을 구득한 후 실내 수조에 도착 즉시 HCG 호르몬을 암컷 1마리당 100IU를 근육 주사한 하여 48시간에서 72시간 사이에 착출하는 것이다. 옥돔 수컷은 암컷에 비해 대형으로서 자원량 감소에 따른 충분한 양의 정소 확보가 어렵다. 이러한 문제점은 어시장에서 견제품을 만들기 위해서 버리는 정소를 확보하여 냉장 보관하면서 수정에 이용하는 것이 가장 편리하였다.

3. 자연산란에 의한 우량 수정란 확보 기술

안정적이고 대량 종묘생산을 위해서는 자연산란에 의한 우량 수정란 확보가 매우 중요하지만 본 실험에서 현장채란, 자연산란 유도, 짝산란 및 군집산란 비교 등 다양한 실험을 행하였으나 만족할만한 성과를 얻지 못하였다. 특히, 체중 500g 이상의 옥돔은 대부분 수컷인 점을 감안하여 대형수조에 암컷과 혼합사육하면서 자연산란을 유도하였으나 미수정란만을 얻을 수 있었다. 또한 산란기에 수조에 사육 중이던 대형 개체에 대한 생식소 확인 결과, 암컷으로 판명되었다. 이러한 현상은 수컷이 수조에서 사육 중에 환경에 의해 암컷으로 성전환이 이루어지는지에 대한 연구가

필요할 것이다. 이에 대한 후속 연구를 통해서 옥돔 종묘생산을 안정적이고 대량생산 체제를 구축할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 종묘생산 기술개발

현장에서 어획되는 옥돔 암컷에 호르몬으로 성 성숙시키고 착출법으로 얻을 수 있는 알의 양은 마리 당 10~20ml로 매우 적은 양이다. 또한 옥돔 어획량이 적기 때문에 대량의 수정란 확보가 용이하지는 않다. 그러나, 옥돔 부화자어도 평균전장 1.55mm로서 크지 않기 때문에 종묘생산 초기에는 소형의 로티퍼를 확보하거나 물만 들기 방법에 의한 종묘생산 기법을 활용할 필요가 있을 것이다. 초기 먹이단계를 거치면 그 이후의 사육은 비교적 쉬운 편이고, 성장도 매우 빠른 편이었다. 이러한 기초연구를 바탕으로 대량 종묘생산에 관한 후속 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

5. 양식가능성 검토

옥돔을 해상가두리와 실내수조에서 사육한 결과 성장과 생존에는 큰 차이가 없었다. 그러나 옥돔은 외부 환경에 대해 민감하게 반응하기 때문에 수조와 가두리 위에 도피 방지를 위한 망설치가 필수적이다. 자연산 옥돔의 수조 내에서 연 성장은 500g까지도 이루어지면서 매우 빠른 성장을 보였다. 또한 인공종묘생산된 옥돔도 1년에 140g까지 성장함으로써 성장 측면에서 볼 때 충분히 양식 가능성이 있다고 판단되었다. 다만, 어미 사육에 의해 우량의 대량 수정란을 생산할 수 있는 기법개발을 통한 대량종묘생산 체제에 대한 보다 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

Summary

I. Title

Studies on spawning inducement and seedling production of Red Tilefish, *Branchiostegus japonicus*

II. Object and Importance

1. Final goal

Red Tilefish, *Branchiostegus japonicus*, has been treated as one of the most important fish species in Jeju island, but its resources has been recently decreased markedly because of over-fishing and coastal environmental problems. By the way, the trend might not be improved unfortunately.

In these studies, we have tried to develop the seedling production techniques by investigating spawning season, sexual maturation, ovulation and spawning inducement by hormonal treatment, natural spawning inducement, and fundamental seed production trials. Also, we compared the growth and survival at indoor tanks and outdoor net cages, and tended to find whether the fish could be competitive to fish market.

2. The objectives of the research

A. To develop the techniques on broodstock and the characteristics of sex maturation

- Domestication of wild-caught red tilefish to broodstock
 - To develop suitable methods to obtain potential parents from the coastal sea
 - To study rearing techniques at indoor tanks
 - To analyse monthly feeding and growth parameters
 - To clear territory formation at culture tanks
- Analysis on the characteristics of sexual maturation
 - To clarify steroid hormonal changes in female

- To clarify steroid hormonal changes in male
- B. Development of the techniques on maturation and spawning inducement
 - Maturation and spawning at indoor tanks
 - To induce maturation and spawning
 - To compare both group and pair spawning inducement
 - Study on the regulation for sexual maturation
 - To clarify conditions for suitable water temperature and photoperiod
 - To determine the suitable kinds and dosages of hormones
 - To compare the quality of eggs by hormones
- C. Development of seedling production techniques and analysis on aquaculture feasibility
 - Production of fertilized eggs
 - To determine suitable sex ratio under the ambient conditions
 - To develop the method of egg production skills by manipulating water temperature, photoperiod, and hormonal treatment
 - Development of seedling production techniques
 - To observe embryonic development
 - To study suitable feeding regime according to larval growth
 - To observe larval characteristics at seedling production tanks
 - Analysis of the aquaculture feasibility
 - To compare growth and survival at indoor tanks and outdoor cages
 - To examine seasonal growth pattern

3. The importance of the research

From the ancient time in Jeju island, Red Tilefish, *Branchiostegus japonicus*, has been regarded as a valuable side dish with rice and used for ancestor worship memorials. It occupied second place after hairtail fish (*Trichiurus lepturus*) in fishery production in Jeju in 2002 year, and its total catch reached 1,197 metric ton and valued 16.7 billion won. Even the importance has been increased by attracting visitors tourists, the resources has been decreased year by year.

Domestication of wild-caught red tilefish esteemed as so difficult because of

its ecological characteristics. The fish inhabits between 30 to 150 m water depth on the bottom composed of sand and mud. Almost fish is supposed to dead when caught with long line fishing, so it is difficult to get healthy potentially parents fish. Though seedling production is esteemed as one of the most important parts for aquaculture and resources enhancement, few report on red tilefish in Jeju island was published except on the spawning season and fishery resources.

III. Contents and Results

1. Taming of wild-caught tilefish and rearing method

To investigate to find appropriate method how to domesticate wild-caught red tilefish at indoor tanks, 285 specimens of 26.5 cm in total length and 224.3 g in body weight were reared around one year at two circular tanks and four rectangular tanks. The survival rates in one month were ranged from 37.5 to 57.1%, and those in one year were 18.8 to 32.4%, respectively. The survival rate during taming period of two weeks in winter season was 58.5% whereas none was survived in summer season.

2. Sex maturation and spawning inducement techniques

Gonadosomatic index (GSI) values were increased from April by 0.40 and 0.18 in female and male and the highest values were shown in September by 1.32 and 0.38, respectively. The values of estradiol- 17β -OHP and testosterone concentration were highest in Autumn, and that of 17α - 20β -OHP was increased until September. The values of testosterone and 11-ketotestosterone in male were increased from Autumn and shown highest levels in September. So the fish was esteemed autumn spawner by estimating the data of monthly GSI values, histological examination, and sex hormonal changes.

Egg stripping trials just at fishing grounds in spawning season were performed several times. Eggs could be taken 7 times among 12 times totally, but the quantity was ranged from 0.5 to 3.5 ml showing too less to try

fertilization experiment.

Serial natural spawning inducement experiments were performed. Though we tried many kinds of spawning experiments, such as photoperiod control at a broodstock rearing tank from two months before spawning season, one to one pair stocking of female and male broodstock, and group stocking of broodstock throughout the year, we didn't get satisfying results. Even red tilefish spawned naturally at indoor tanks with small quantity, no eggs were fertilized.

Mature female tilefish (20 cm in mean total length, 136 g in mean body weight) was injected by various dosages with five kinds of hormones after incubation on Leibovitz L 15 and observed *in vitro* ovulation and germinal vesicle breakdown (GVBD). Ovulation results in 18 hours after injection were as followed: 55% ovulation rate in 100 ng/ml $17\alpha 20\beta$ OHP, 24% ovulation rate in 1000 ng/ml 17α OHP, 32% ovulation rate in 1000 ng/ml P4, and 34% ovulation rate in 500 ng/ml.

To investigate suitable dosage and lap time for human chorionic gonadotropin (HCG), mature red tilefish was caught at coastal sea and injected at once with different dosages. Spawning by stripping method to 38 female tilefish injected 100 IU of HCG was practicable three times after 24 hours, 6 times after 48 hours, and five times after 72 hours. But the quantity taken one stripping was ranged from 1.5 to 8.6 ml.

When wild-caught red tilefish was injected with 100, 500, and 1,000 IU HCG/kg in body weight, the ovulation rate was highest by 80% in 48 hours after injection with 500 IU HCG/kg in body weight. Survival rates after HCG injection were generally shown higher values according to body weight. Mean ovulation rates of just-caught female and tamed female injected with HCG were 5.1% and 3.0%, respectively. Whereas 92-hour survival after HCG injection in tamed red tilefish was 88.0%, and that in just-caught red tilefish was 38.0%.

3. Development of seedling production technique

Eggs of red tilefish were spherical shape and measured 93.4 ± 21.0 mm in diameter. They have one oil globule of 17.1 ± 5.8 mm in diameter and floated on the water surface. Under the constant water temperature condition of 22.2°C, fertilized eggs developed to 2-cell stage 33 minutes later after fertilization. They

reached to morula stage after three hours, and lens formation after 23 hours 39 minutes. Hatching was observed after 27 hours 3 minutes, and just-hatched larval size was 1.55 mm in total length and 0.84 mm in body height.

Fertilized eggs were stocked at larval rearing tanks and performed seedling production trials. Before larval stocking, rearing tanks were made stagnant for one month and assisted to change to green water system. Totally 353,000 fertilized eggs were stocked by 16 times from September 23 to November 17 in 2002 year and hatched 127,000 larvae (hatching rate: 36.0%). We succeeded in seedling production only two trials, and finally produced two thousand fingerlings 100 days later. Though we tried twelve times for seedling production using 425,000 fertilized eggs in 2003 year, none succeeded unfortunately.

Fingerlings of 3.6 cm in total length and 3.0 cm in body length were reared from February 7, 2002 year to November 10, 2003 year. Only 129 fish among 1,020 fingerlings was survived (survival rate: 12.6%), and they grew 21.6 ± 2.3 cm in total length and 140.1 ± 47.7 g in body weight.

4. Analysis of the aquaculture feasibility

On-growing experiments using an indoor tank and an outdoor net-cage was performed and compared the survival and growth. In indoor tank rearing where eighty four fish (mean body weight: 348.8 g) was reared at a 2 meter-depth indoor tank from January 25, 2003 to October 8, sixteen fish was survived (survival rate: 75.0%) and mean body weight was measured to 516.7 g (growth rate: 167.9 g). In outdoor net-cage rearing where seventy four fish (mean body weight: 242.2g) was reared at a cage (5.0×5.0×3.3 m) from March 17, 2003 to September 9, fifty six fish was survived (survival rate: 75.7%) and mean body weight was measured to 390.8 g (growth rate: 148.6 g).

Eighteen fish (21.8~33.6 cm in total length, 135.9~526.5 g in body weight) was injected with fluorescent pigment materials at basal parts of fins and observed individual growth and survival pattern for one year. Final survived fish was six (survival rate: 33.3%) and growth rates were ranged 1.5~8.1 cm in total length and 18.7~585.3 g in body weight. The annual growth in body weight of six survived fish was ranged 326.6~585.3 g excepting one.

목 차

요 약 문	2
목 차	16
그림 목차	18
표 목차	19
제 1 장. 서 론	27
제 2 장. 어미사육 기술개발	37
제 1 절. 서설	37
제 2 절. 재료 및 방법	37
1. 자연산 옥돔의 어미 길들이기	37
2. 구입 시기에 따른 생존	39
제 3 절. 결과	42
1. 옥돔 어획방법 및 특성 조사	42
2. 자연산 옥돔의 어미 길들이기	42
3. 구입시기에 따른 생존	50
제 4 절. 고찰	52
제 3 장. 성 성숙 특성 및 산란제어 기술개발	55
제 1 절. 서설	55
제 2 절. 재료 및 방법	55
1. 생식소숙도지수 (GSI) 변동 및 조직학적 변화	55
2. 성 스테로이드 호르몬 변동	56
3. 현장 채란 및 자연산란에 의한 수정란 생산	56
4. 인위적 성숙 유도에 의한 배란 및 산란	58
제 3 절. 결과	60
1. 생식소숙도지수 (GSI) 변동 및 조직학적 변화	60
2. 성 스테로이드 호르몬의 변동	66

3. 현장 채란 및 자연산란에 의한 수정란 생산	69
4. 인위적 조절에 의한 성숙 및 산란 유도	80
제 4 절. 고찰	97
제 3 장. 종묘생산 기술개발	99
제 1 절. 서설	99
제 2 절. 재료 및 방법	99
1. 난발생 및 자치어 외부형태 변화	99
2. 종묘생산 기술개발	100
제 3 절. 결과	102
1. 난의 특성과 발생	102
2. 종묘생산 기술개발	105
제 4 절. 고찰	114
제 5 장. 양식 가능성 검토	116
제 1 절. 서설	116
제 2 절. 재료 및 방법	116
1. 실내수조와 해상가두리를 이용한 양식시험	116
2. 개체 성장 패턴 및 특성	117
제 3 절. 결과	117
1. 실내수조 및 해상가두리에서의 성장 및 생존	117
2. 개체 성장 패턴 및 특성	121
제 4 절. 고찰	128
제 6 장. 종합 고찰	129
제 7 장. 참고 문헌	133

그림 목차

그림 1. 제주도 주요어류 생산량과 생산액	30
그림 2. 옥돔 어획량 연도별 변화	33
그림 3. 전장에 대한 체장 관계	44
그림 4. 전장에 대한 체중 관계	44
그림 5. 어획된 옥돔의 성성숙속도지소(GSI) 월 변화	61
그림 6. 옥돔의 난자 형성 과정	62
그림 7. 생식소 내 난의 성숙 발달 상태	63
그림 8. 옥돔의 정자 형성 과정	65
그림 9. 옥돔 암컷에서의 성 스테로이드 호르몬(estradiol-17 β , testosterone, 17 α 20 β -OHP) 월 변화	67
그림 10. 옥돔 수컷에서의 성 스테로이드 호르몬(testosterone, 11-ketotestosterone) 월 변화	68
그림 11. 자연산란에 사용된 어미의 체중 조성	73
그림 12. 호르몬 처리에 의한 배란유도	82
그림 13. 호르몬 처리에 의한 난핵붕괴(GVBD) 효과	84
그림 14. 호르몬 처리에 의한 배란효과	86
그림 15. 옥돔 난발생 과정 및 부화	103
그림 16. 인공 생산된 종묘의 전장과 체중 성장	111
그림 17. 인공수정에 사용되었던 옥돔 정자	115
그림 18. 이리스토마 형광 물질 표지에 의한 옥돔의 전장 성장 패턴	125
그림 19. 이리스토마 형광 물질 표지에 의한 옥돔의 체중 성장 패턴	126
그림 20. 실내사육 옥돔의 개체 전장과 체중의 상관관계	127

표 목 차

표 1. 제주도 주요 어류의 어획 생산 (단위: M/T, 백만원)	29
표 2. 사육어미의 크기 조성	40
표 3. 사용된 실험 수조 규격과 실험용 어미 수용	41
표 4. 사육 중인 어미의 전장에 대한 체장, 체고 및 체중의 상대성장	43
표 5. 어미로의 길들이기 1차 사육 결과	46
표 6. 어미로의 길들이기 사육 결과	47
표 7. 사육 중인 어미의 월별 성장과 생존	48
표 8. 저수온기와 고수온기에 옥돔 어미 길들이기 사육 중의 생존율	51
표 9. 현지 채란 결과	71
표 10. 자연산란을 위한 어미 수용 및 크기	72
표 11. 실내수조에서의 자연산란 결과	74
표 12. 군집산란과 짝산란에 사용된 어미 크기 비교	76
표 13. 군집산란과 짝산란 유도에 의한 자연산란 결과	77
표 14. 단일처리에 의한 자연산란 결과	79
표 15-1. HCG 주사 농도를 달리한 옥돔의 배란 유도 (1차실험)	89
표 15-2. HCG 주사 농도를 달리한 옥돔의 배란 유도 (2차실험)	90
표 16. HCG의 성숙과 배란 효과 실험에 사용된 어체 크기	92
표 17. HCG 호르몬 처리에 의한 암컷 옥돔의 배란 효과	93
표 18. 어체 크기에 따른 채란 반응률	95
표 19. HCG 호르몬 주사에 의한 자연산과 사육산 어미의 채란 반응률	96

표 20. 인공수정을 위해 정자액에 희석한 해산어용 생리식염수 성분	101
표 21. 종묘생산 과정 중의 먹이 계열	107
표 22. 2002년도 자치어 사육 결과	108
표 23. 종묘생산 과정 중의 자치어의 특성 변화	110
표 24. 인공 생산된 당년생 옥돔의 성장과 생존	113
표 25. 육상수조와 해상가두리를 이용한 성장과 생존	119
표 26. 어체 크기 및 혼합사육에서의 성장과 생존	120
표 27. 이리스토마 형광 물질 표지에 의한 옥돔의 개체성장과 폐사	122

CONTENTS

Summary	2
Contents	16
List of figures	18
List of tables	19
Chapter 1. Introduction	27
Chapter 2. Domestication of wild-caught red tilefish to broodstock	37
Section 1. Introduction	37
Section 2. Material and method	37
1. Taming of wild-caught red tilefish at indoor tanks	37
2. Seasonal survival	39
Section 3. Result	42
1. Collecting method and characteristics of red tilefish	42
2. Taming of wild-caught red tilefish at indoor tanks	42
3. Seasonal survival	50
Section 4. Discussion	52
Chapter 3. Sex maturation characteristics and spawning inducement	55
Section 1. Introduction	55
Section 2. Material and method	55
1. Gonadosomatic index (GSI) changes and histological observation	55
2. Sex hormonal changes	56
3. Spawning trials at fishing ground and natural spawning	56
4. Ovulation and spawning inducement	58
Section 3. Result	60
1. Gonadosomatic index (GSI) change and histological observation	60
2. Sex hormonal changes	66

3. Spawning trials at fishing ground and natural spawning	69
4. Ovulation and spawning inducement	80
Section 4. Discussion	97
Chapter 4. Technique for seedling production	99
Section 1. Introduction	99
Section 2. Material and method	99
1. Embryonic development and characteristics	99
2. Seedling production trials	100
Section 4. Result	102
1. Embryonic development and characteristics	102
2. Seedling production trials	105
Section 4. Discussion	114
Chapter 5. Trials for aquaculture feasibility	116
Section 1. Introduction	116
Section 2. Material and method	116
1. Comparison of growth and survival at indoor tank and outdoor net-cage	116
2. Growth pattern and characteristics	117
Section 4. Result	117
1. Comparison of growth and survival at indoor tank and outdoor net-cage	117
2. Growth pattern and characteristics	121
Section 4. Discussion	128
Chapter 6. Overall discussion	129
Chapter 7. References	133

List of Figures

Fig. 1. Major fishery obtained off the sea of Jeju Province	30
Fig. 2. Trend of annual catch of <i>Branchiostegus japonicus</i> in Jeju Province	33
Fig. 3. Relationship between total length and body length	44
Fig. 4. Relationship between total length and body weight	44
Fig. 5. Monthly variation of gonadosomatic index (GSI) values of <i>Branchiostegus japonicus</i> caught off the sea of Jeju area	61
Fig. 6. Histological observation of female <i>Branchiostegus japonicus</i> . A: Ovary occupied with oocytes in previtellogenesis stage. B: Ovary occupied with oocytes in vitellogenesis stage. C: Ovary occupied with oocytes in spent stages. D: Ovary occupied with oocytes in resting stage. F, vacant follicle; N, nucleus; Yn(arrow), yolk nucleus; Yg, yolk glouble	62
Fig. 7. Monthly frequency of sexual maturation stages in female caught off the sea of Jeju area	63
Fig. 8. Histological observation of male <i>Branchiostegus japonicus</i> . A: Early growing stage's testis. B: Growing stage's testis. C: mature stage's testis. D: Ripe stage's testis. Sc, Spermatocyte; Sg, spermatogonia; St, spermatids; Sz, spermatozoa	65
Fig. 9. Monthly changes of steroid hormone values in female <i>Branchiostegus japonicus</i>	67
Fig. 10. Monthly changes of steroid hormone values in male <i>Branchiostegus japonicus</i>	68
Fig. 11. Composition of body weight of broodstock used for spawning	73

Fig. 12. Photomicrographs of <i>Branchiostegus japonicus</i> oocytes during the course of hormones-induced oocyte maturation and ovulation <i>in vitro</i> . All oocytes were treated with a "clearing" fixative prior to observation. A: Full growth oocyte; B; The GV (an arrow) is begining to migrate to the surface from the oocyte center; C: Oocyte having undergo GVBD, D: Ovulated oocyte	82
Fig. 13. The effects of HCG, estradiol-17 β (E2), 17 α OHP, P4 and 17 α 20 β OHP on <i>in vitro</i> GVBD in oocytes	84
Fig. 14. The effects of HCG, estradiol-17 β (E2), 17 α OHP, P4 and 17 α 20 β OHP on <i>in vitro</i> ovulation rate of oocytes	86
Fig. 15. Embryonic development and hatching of <i>Branchiostegus japonicus</i>	103
Fig. 16. Growth in total length and body length of artificially-produced <i>Branchiostegus japonicus</i>	111
Fig. 17. Microscopic observation of sperms stripped and diluted by saline solution	115
Fig. 18. Growth pattern in total length of <i>Branchiostegus japonicus</i> marked with fluorescent pigment	125
Fig. 19. Growth pattern in body weight of <i>Branchiostegus japonicus</i> marked with fluorescent pigment	126
Fig. 20. Regressional relationship of total length and body weight of <i>Branchiostegus japonicus</i> reared individually	127

List of Tables

Table 1. Annual catch and value of major fishery in Jeju Province	29
Table 2. Size composition of <i>Branchiostegus japonicus</i> stocked for taming trials	40
Table 3. Kinds of tanks and fish stocking for taming trials	41
Table 4. Regressional relationship of <i>Branchiostegus japonicus</i> reared and indoor tanks	43
Table 5. Survival and water temperature for taming trials of wild-caught <i>Branchiostegus japonicus</i>	46
Table 6. Body weight and survival for taming trials of wild-caught <i>Branchiostegus japonicus</i>	47
Table 7. Monthly survival and growth trend during taming trials	48
Table 8. Comparison of two-week survivals between summer and winter-caught <i>Branchiostegus japonicus</i>	51
Table 9. Stripping trials of <i>Branchiostegus japonicus</i> caught at fishing grounds	71
Table 10. Numbers and body weights of parent fish stocked for natural spawning trial	72
Table 11. Duration and number of eggs spawned naturally at indoor tank	74
Table 12. Number and size of parent fish stocked for spawning inducement at group and pair stocking	76
Table 13. Comparison of spawning between group and pair stocking	77
Table 14. Stocking of parent fish and spawning result at a photoperiod-controlled tank	79
Table 15-1. Comparison of ovulation rates by different injection contents of HCG (First trial)	89
Table 15-2. Comparison of ovulation rates by different injection contents of HCG (Second trial)	90

Table 16. Number and size of parent fish used for maturation and ovulation	92
Table 17. Effect of ovulation rate by HCG injection	93
Table 18. Effect of ovulation and spawning by fish size injected 100 IU HCG	95
Table 19. Comparison of ovulation rate by captured and reared parent fish injected 100 IU HCG	96
Table 20. Composition of saline solution used for serum dilution	101
Table 21. Feeding regime during seedling production procedure	107
Table 22. Spawning, hatching, and larval rearing performed in 2002 year	108
Table 23. Observation and characteristics of fry and juvenile during seedling production procedure	110
Table 24. Growth and survival of <i>Branchiostegus japonicus</i> yearling	113
Table 25. Comparison of growth and survival of <i>Branchiostegus japonicus</i> reared at tank and cage	119
Table 26. Comparison of growth and survival of <i>Branchiostegus japonicus</i> by fish size and rearing method	120
Table 27. Growth and survival of <i>Branchiostegus japonicus</i> marked with fluorescent pigment	122

제 1 장 서 론

우리나라의 수산물 생산량은 환경오염과 남획에 따른 자원량 감소 및 200해리 배타적 경제수역(EEZ) 선포에 따른 어장의 상대적 축소 등으로 인해 매년 감소하고 있는 추세이다. 이에 반해, 수산물의 소비량은 현대인의 건강에 대한 관심도 증가 및 국민 소득 상승과 함께 꾸준히 증가하고 있다. 그러나, 현재 우리나라가 처해진 여건으로 보아 21세기의 우리 수산물의 수요에 대한 안정적 공급은 매우 불투명하다. 더욱이 수산물에 대한 소비 패턴은 국민 소득의 증대와 농수산물의 수입자유화에 따른 종 다양화와 고급화로 이어질 것으로 예상되어진다. 그러므로 21세기형의 수산 양식은 기존 어종의 품질 향상에 의한 고품질화 및 새로운 양식 품종 다양화가 이루어져야 할 것이다.

옥돔(Red Tilefish, *Branchiostegus japonicus*)은 우리나라 남해안을 비롯한 동중국해의 수심 30~150m의 사니질에 잠입하여 서식하는 어종으로서 제주도에서는 예로부터 식용뿐만 아니라 제사 차례용으로 널리 쓰여온 제주도 특산 어종이다. 또한, 관광 상품 수산물로서 내수뿐만 아니라 외국에도 수출되어 외화 획득에도 중요한 수산자원이지만, 연안 옥돔 자원 감소로 인하여 1994년부터 중국산 옥돔이 수입되기 시작하였고, 최근에는 옥돔 수요에 비하여 공급량이 턱없이 부족하면서 가격 폭등과 함께 외국산 수입량이 증가되고 있다. 옥돔 어획은 연승이나 유자망 어업에 의해 주로 이루어지고 있으며, 그 위판량은 연 1,500M/T 내외였으나 근년 들어 어획 강도는 커지는데 반하여 어획량은 감소하고 있고(표 1, 그림 1), 연안 어업에서 점차 연근해로의 조업이 이루어지면서 종묘생산, 방류 사업에 대한 어업인의 요구가 끊임 없이 제기되고 있다. 또한, 품질이 좋은 연안산 옥돔 자원이 급감하고 옥돔 특유의 맛과 품질이 떨어지는 연근해산 옥돔이 유통되면서 옥돔에 대한 상품 가치도 저하되는 현상이 있다.

이러한 문제에 적극적으로 접근하여 해결할 수 있는 방법은 인공종묘생산 기술을 확립하여 대량 생산, 방류를 통한 자원 조성을 추진하는 일이라 할 수 있다. 그러나, 옥돔은 비교적 깊은 수심에 서식하고 외부 환경에 대해 민감하여 어획되면서 대부분 죽고 일부 생존된 개체도 인공 사육이 매우 까다로운 어종이다. 또한 옥돔은 참돔이나 넙치에서처럼 대형 수조에 암수를 혼합 수용하여 자연에서와 유사한 환경을 유지하여도 산란이 이루어지지 않는 어종으로 알려져 있다(Okumura et al., 1996). 그럼에도 불구하고 옥돔은 이동력이 크지 않기 때문에 인공종묘를 생산, 방류할 경우 그 효과가 매우 클 것으로 예상되고 있다. 우리나라에 서식하는 옥돔의

산란기는 일부 밝혀졌으나(Kim and Chung, 1988) 아직까지 어획된 개체 중에서 완숙란을 관찰하기조차 어려워져 현재까지 어미사육 및 인공종묘생산에 대한 연구는 답보상태에 있어서 이에 대한 기술개발이 필요하다.

표 1. 제주도 주요 어류의 어획 생산 (단위: M/T, 백만원)

Table 1. Annual catch and value of major fishery in Jeju Province
(unit: M/T, million won)

어종	1985		1990		1995		1997		1998		1999		2000		2001	
	생산량	생산액	생산량	생산액	생산량	생산액	생산량	생산액	생산량	생산액	생산량	생산액	생산량	생산액	생산량	생산액
옥돔	417	1,031	2,114	11,173	1,847	21,000	1,993	21,668	1,662	19,293	1,551	18,084	1,521	17,158	893	11,900
조기류	1,041	4,654	1,159	10,541	1,428	13,662	2,187	27,629	1,908	13,752	1,689	17,189	2,698	29,972	1,830	21,827
갈치	2,942	3,327	3,877	9,510	10,499	67,200	7,979	82,585	8,998	60,112	10,237	71,686	14,298	113,455	16,851	136,708
복어류	551	1,968	1,056	2,818	193	3,553	160	2,652	228	3,500	251	4,454	149	2,670	230	2,863
멸치	974	303	2,653	1,048	13,820	4,243	4,441	1,376	10,422	2,239	5,862	1,652	1,932	373	1,497	834
고등어	1,499	576	408	268	2,615	2,316	1,867	1,737	6,005	5,840	4,464	6,254	3,166	3,603	6,018	8,220
삼치	258	423	537	1,794	178	1,237	338	2,873	732	3,116	901	3,111	833	2,873	707	2,547
방어	803	1,253	1,226	6,042	380	3,853	600	4,748	549	2,082	946	4,975	491	3,695	906	4,487

(자료: 2002년도 제주도 해양수산현황)

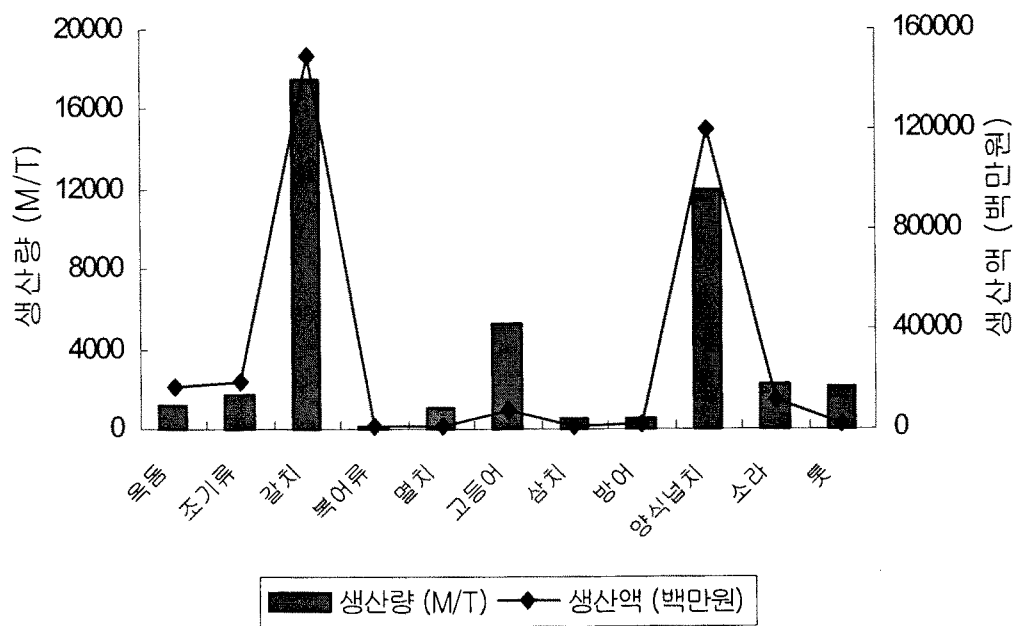


그림 39. 제주도 주요어류 생산량과 생산액 (2002년도).

Fig. 1. Major fishery obtained off the sea of Jeju Province in 2002.

(자료: 2002년도 제주도해양수산현황)

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

어떤 어종에 대해 종묘생산과 양식 기술을 개발하기 위해서는 어미의 사육관리에 의한 양질의 수정란을 적절한 시기에 대량으로 확보하는 것이 매우 중요하다. 즉 대상 어종에 대한 생태, 생리학적 특징을 연구하고 이를 바탕으로 하여 양질의 수정란 확보는 안정적인 어미의 사육에서 비롯된다고 할 수 있다. 그러므로 이러한 연구는 장기적인 안목으로 새로운 어종을 발굴한 후 종묘생산 기술을 개발하고 양식 전반에 대한 연구를 수행하는 것은 비교적 영세한 양식 어업인으로서 어려운 일이라 아니할 수 없다. 자연산 해산어에 대한 인위적인 산란제어에 대한 연구는 1950년대에 접어들어서면서 참돔을 중심으로 진행되었다. 우리나라에서도 1980년대 초반부터 자연산 참돔과 넙치를 채포하여 실내에서 성숙시켜 자연산란용 어미로 이용하는 기술이 개발되면서 현재에는 이러한 기술이 보편화되었다고 볼 수 있다. 그러나 산란용 어미 사육 기술은 대상 어종에 따라 상당한 차이를 보이고 있다. 즉, 대상 어종의 생식 생리, 산란 습성, 사육 환경 등에 따라 포란 및 산란이 이루어지는 양상이 확연히 다르기 때문에 현재에도 꾸준한 연구가 진행되고 있다.

옥돔의 산란 행위에 대해서는 일부 단편적인 연구는 있으나(奥村 등 1995), 인공 종묘생산 산업화가 가능한 정도의 연구는 진행되고 있지 않고 있다. 현재까지 옥돔의 자연산란과 인위적 산란에 대한 단편적인 연구 결과로 추론하여 볼 때 옥돔 어미를 한 개의 수조에 암수 혼합하여 수용할 경우 텃세에 의해 서로 싸우고 일부 자연산란이 이루어지지만 수정률이 극히 불량한 것으로 나타났다(Okumura et al., 1996). 또한 호르몬 처리에 의해서도 수정률이 극히 낮고 일부의 연구에 의하면 옥돔은 산란기에 수컷 1마리가 암컷 여러 마리를 거느리는 하렘(harem)을 형성하는 것으로 추정하여 산란용 수조에 수컷 1마리와 암컷 4-5마리를 수용하여 산란시키는 방법도 모색되어지기도 했다(奥村 등 1995). 그러나, 이러한 방법에 의해서는 옥돔에 대한 대량 종묘생산은 어렵다고 생각된다.

나. 경제·산업적 측면

옥돔 어획은 전통적으로 소형의 연안 연승어업에 의해 이루어져왔으나 근년 들어 연안 옥돔 자원량이 급감하면서 동중국해를 대상으로 한 근해 연승어업 및 유자망 어업이 주류를 이루면서 연안 연승어업에 의한 어획 비율이 7% 내외로 감소하였다(손 등 1999). 어획량은 1987년까지 500M/T을 약간 상회하는 어획을 보였으나 1990

년도에 접어들면서 수요의 증가와 함께 어획 강도가 강해지면서 2000M/T 내외를 유지하다가 1998년과 1999년도에 각각 1662M/T 및 1551M/T으로 자원 감소 징후를 보이기 시작하였다(그림 2). 한편, 제주도의 1998년도 옥돔 총 어획 생산액은 약 193억원 (어획량: 1,662M/T)으로 제주도에서 어획되는 수산물 중에서 갈치(약 600억원)에 이어 2위의 생산액을 보이는 중요한 수산자원으로서(표 1), 효율적인 자원 관리를 통한 이용과 함께 인공 종묘생산 방류를 통한 적극적인 자원 증강에도 투자를 해야 할 시점에 이르렀다.

다. 사회·문화적 측면

최근 우리나라의 수산업은 연안 어족 자원 감소와 함께 각국의 200해리 배타적 경제수역(exclusive economic zone, EEZ) 선포 및 한·일 어업 협정에 의한 공동 조업구역 축소에 따른 어업 구조조정이 불가피한 실정으로, 수산 자원의 양적인 성장을 위해서는 기르는 어업으로의 추진이 불가피하다고 볼 수 있다. 수산물 수입의 완전 자유화에 따른 양식산 수산물의 시장은 날로 위협을 받고 있는 실정이므로, 이들 양식 산업의 사양화에 대한 대책을 강구하기 위해서는 국가적 차원에서 경쟁력 있는 양식 방법을 제시하고 육성함으로써 경쟁력을 강화시키는 것이 긴요한 시점에 와 있다. 또한, 국민의 소득 수준이 높아지면서 고급 해산어에 대한 국내 수요도 급격히 늘어나고 있지만 연안 수산자원의 감소, 양식 어종의 단순성 등에 따른 공급량 불안정과 수급 불균형 현상이 지속되고 있다.

천연의 관광 자원을 지니고 있는 제주도는 국내뿐만 아니라 해외에서 찾아오는 관광객이 매년 증가하고 있으며 이들을 대상으로 한 관광 상품용 수산물 중에서 가장 중요한 것이 옥돔이라고 할 수 있다. 옥돔은 주로 건조되어 유통 및 소비되고 있는 특성과 함께 제주연안에서 어획 생산되는 옥돔은 특이한 맛과 향기를 가지고 있어 연근해에서 어획되는 옥돔 보다 품질이 우수하여 고가로 팔리고 있다. 그러나 수요 폭증에 따른 남획과 환경 오염 등에 의해 제주 연안에서 생산되는 옥돔 자원은 날로 감소되면서 인공 종묘생산에 의한 방류로 옥돔 자원 증강 노력이 절실히 필요한 시점이다.

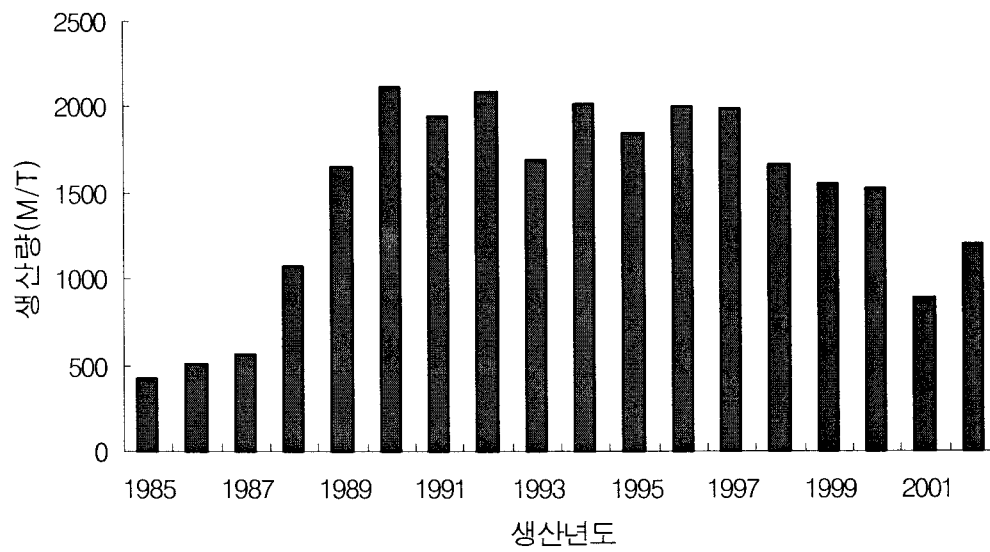


그림 2. 옥돔 어획량 연도별 변화.

Fig. 2. Trend of annual catch of *Branchiostegus japonicus* in Jeju Province.

(자료: 2003년도 제주도 해양수산현황)

2. 국내·외 관련 연구의 현황과 문제점

가. 국내의 관련 연구 현황

우리나라의 본격적인 해산어 양식은 1980년대에 이르러서 방어를 중심으로 시작된 후 1990년대에 이르러서는 육상수조에서 넙치 양식과 해상가두리에서의 조피볼락 양식이 개발되면서 매년 발전을 거듭해왔다. 그러나 우리나라 연안해수 수온 특성상 대부분의 고급 온대성어류의 월동이 어려워서 다양한 어종의 양식이 제한되었다. 또 다른 특징 중 하나는 소규모 가계경영 단위의 양식이 아니라 기업적 규모의 대규모 양식을 실시함으로써 지역특성에 알맞은 양식종 개발이 이루어지지 않고 있다. 그 결과 육상수조에서는 넙치, 해상가두리에서는 조피볼락 위주로 양식이 이루어지면서 특정 기간에 홍수 출하 등에 의해 가격이 급락할 수 있는 위험을 상시 안고 있고, 다양한 소비자의 욕구를 충족시킬 수 없어서 양식발전을 저해하고 있다고 볼 수 있다. 특히 근년에 경기 위축에 따른 수산물 소비 감소 및 사료비를 비롯한 재료비의 대폭 상승으로 인해 양식 경영상의 어려움은 배가되고 있는 실정이다. 이 시기에 가장 중요한 것 중 하나는 상품성이 높은 새로운 양식 어종을 개발하여 보급하는 것이라 할 수 있다.

우리나라에서의 옥돔에 대한 연구는 그 중요성이 큼에도 불구하고 자원학적 연구와 일부 산란기 조사에 대한 단편적인 연구가 이루어졌을 뿐(양 등 1997, 장 등 1998, 손 등 1998), 인공 종묘생산이나 양식에 대한 연구는 아직 이루어지고 있지 않고 있다.

나. 국외의 관련 연구 현황

옥돔에 대한 연구는 1980년대부터 일본에서 산란 및 종묘생산에 관한 연구가 진행되었다. 옥돔은 수심 50~200m의 사니질에 잠입하여 서식하기 때문에 어획되는 대부분의 옥돔은 탈장 등의 외상에 의해서 폐사한다. 또한 어획 방법도 주낙이나 자망을 사용하므로 어획 시에 낚시를 삼키거나 망에 의한 상처로 자연산 옥돔을 어미로 키우기가 매우 어렵다. 또한, 옥돔은 텃세를 형성하므로 먼저 수조를 점령한 옥돔이 나중에 가입된 옥돔을 공격한다는 보고가 있고, 산란 행위도 짝을 이루거나 harem을 형성하므로(奥村 등 1995) 수정란의 확보가 매우 어려운 어종 중 하나다.

옥돔에 대한 종묘생산은 1990년대 초반에 奥村 등(1995)에 의해 시도되었으나, 옥돔이 지니고 있는 생태, 생리적 특성으로 인하여 수정란 확보가 매우 어려워져 아직까지도 종묘생산 산업화에는 성공하지 못하고 있다.

다. 문제점

해산어 소비 패턴의 고급화 및 다양화에 따라 새로운 양식 어종 개발이 긴요한 시점이지만, 우리나라의 해양환경 및 지형학적 특성상 전통적인 양식 방법으로는 다양한 어종의 양식이 어렵다. 또한, 수산물 수입의 완전 자유화에 따른 외국산 수산물의 무차별적 유입에 의해 일부 양식종의 경쟁력 저하에 따른 사업 중단 또는 넙치와 조피볼락에 집중적인 양식이 이루어지면서, 홍수 출하 및 특정 어류에 대한 질병 발생 등의 문제가 야기되고 있다. 이러한 문제의 해결책으로서 다양한 양식 종의 개발과 함께 연안에 분포하는 고급 해산어에 대한 자원 관리를 적극적으로 추진하여야 할 것이다.

자연산 옥돔을 인위적으로 사육 관리하기가 매우 어려운 생태적 특징이 있다. 즉, 옥돔은 수심 30~150m의 사니질에 몸의 일부를 잠입하여 서식하는 어종으로 어획 시에 대부분 폐사하고 일부 살아있는 개체도 입과 아가미 손상 및 탈장 등에 의해 사육이 매우 어렵기 때문에 종묘생산을 위한 어미용 옥돔 확보가 매우 어려운 어종이다. 또한, 옥돔은 주로 3월~6월 사이에 조업이 이루어지고 산란기인 9월~10월에는 거의 조업이 이루어지지 않아 산란기 직전의 어미 확보가 매우 어렵다.

3. 앞으로 전망

소득 증대와 더불어 단백질 소비 패턴은 육류에서 수산물로 전환되는 것이 일반적이다. 특히 우리나라 국민은 수산물을 매우 좋아하므로 금후의 수산물 소비층 증가와 함께 그 소비량도 매년 증가될 것으로 예상된다. 수산물의 소비 패턴 역시 저급 수산물에서 고급 수산물로 이전되기 때문에 옥돔과 같은 고급 해산어의 소비는 급증할 것으로 전망되고 있다. 그러나, 근년에 연안 각국이 EEZ를 선포하였고 우리나라도 한일, 한중 어업협정을 체결함에 따라 우리의 조업 해역은 상대적으로 축소될 수밖에 없다. 이러한 조업 해역의 축소를 해소할 수 있는 방안으로서는 크게 연안 수산자원의 적절한 관리와 증강을 통한 이용 방안과 양식 생산고의 증대 등 2가지로 요약할 수 있다.

옥돔은 제주도의 특산 수산물로서 매우 중요한 자원이지만 연안 환경의 오염 및 수요량의 급증으로 수반된 강한 어획 강도에 의하여 남획이 지속되면서 그 자원량이 감소되고 있다. 이러한 옥돔 자원 감소 현상은 금후에도 지속될 것으로 예상되므로 이에 대한 대비책이 시급한 실정이다. 특히, 제주도는 국내뿐만 아니라 해외에서도 널리 알려져 있는 관광지로서 특산 수산물인 옥돔의 수요 또한 꾸준히 증가될 것으로 예상되므로 연안 옥돔 자원의 관리 방안의 하나로서 인공 종묘생산 기술을

개발하여 종묘 방류사업을 통해 적극적으로 대처해야 될 것으로 전망된다.

4. 기술도입의 타당성

본 연구 과제의 주관 연구기관인 국립수산물품질관리원 남제주수산물시험장은 1980년대 후반부터 참돔, 돌돔 등 고급 해산어 어미사육 및 종묘생산에 대한 많은 기술이 축적되어 있어서 성숙과 산란제어에 대한 협동 연구기관과의 공동 연구로 본 연구를 충분히 수행할 수 있을 것으로 판단되며, 외국에서의 기술 도입은 필요 없을 것으로 판단된다.

5. 연구개발의 목표 및 내용

가. 최종 목표

제주도의 특산 어종으로 대중적 인지도가 높고 관광상품으로도 중요한 수산 자원인 옥돔에 대한 인공 종묘생산 기술을 개발하고 양식 가능성을 검토함으로써, 매년 감소 추세에 있는 옥돔 자원을 증강시키기 위한 적극적인 대처 방안을 강구함은 물론 어업인 소득 증대에 기여함에 있다.

제 2 장 어미사육 기술개발

제 1 절 서 설

종묘생산을 위한 가장 기반이 되는 과정 중의 하나는 어미를 안정적으로 사육하면서 양질의 수정란을 얻는 과정이라 할 수 있다. 또한 어미 사육과정 중에 얻어진 결과는 대상종의 양식 생태 연구에도 기초 자료가 될 수 있다. 이와 같이 어획된 어미를 대상으로 잠재 어미로 길들이기 위해서는 몇 가지 단계가 필요하다. 특히 어종에 따른 생식 생태가 다르기 때문에 각각의 어종에 대한 단계적인 연구가 필요할 것이다. 본 연구는 우선 어획되는 어장의 특성을 먼저 조사하였고, 어획된 어미를 구득한 후 실내 수조에서 어미로의 길들이기를 실시하는 과정으로 진행하였다.

어미 확보를 위한 어획 방법 조사는 조업 시기, 조업 방법 및 옥돔과의 혼획율을 조사하였다. 실내 수조에서의 어미 길들이기는 잠재 어미 가능성이 있는 자연산 옥돔을 수집한 후 국립수산물과학원 남제주수산종묘시험장으로 옮기고 사육하면서 계절에 따른 섭식 변화 및 개체별 성장을 분석하였다. 또한 수조 내에서의 서식 분포 습성을 분석하였고, 텃세 형성 현상 및 그 방지책을 조사하였다. 또한 실내 수조와 가두리에서의 성장 패턴과 생존율을 분석하여 양식을 위한 기초자료도 제공하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 자연산 옥돔의 어미 길들이기

종묘생산을 위한 어미 확보는 제주도 남제주군 성산과 남원 연안에서 주낙으로 어획되는 자연산 옥돔을 구입하여 실내 수조로 옮긴 후 어미로 사육하는 방법을 택하였다. 어미 확보 시기는 자연산 옥돔 주 어획 시기인 가을과 겨울을 중심으로 택하였다. 구입된 옥돔은 국립수산물과학원 남제주수산종묘시험장의 실내 수조로 이동 후 실험에 사용하였다.

어미 길들이기 실험은 2차에 걸쳐 실시하였다. 1차 실험의 목적은 자연산 옥돔 잠재어미를 수조에 수용하여 사육하면서 생존 생태를 조사하기 위한 목적으로 실시하였고, 생존율 조사는 수용 후 1개월 동안의 초기 단계를 먼저 조사한 후 당해 산란 직전인 2001년 9월 30일까지 수행하였다. 2차 실험은 생존율의 변화뿐만 아니라 과정 중의 성장도를 분석하였다.

1차 실험은 2001년 1월 19일부터 4월 20일 사이에 주낙에 의해 어획된 옥돔 285마리를 구입하여 실내 수조로 이동하여 실시한 후 생존율을 분석하였다. 실험어의

크기는 평균 전장, 체장 및 체중이 각각 26.5cm, 22.0cm 및 224.3g이었다(표 2). 사용된 수조는 실험 특성에 따라 직경 5m, 수심 1.5m의 원형 콘크리트 수조 1개 (실험구 1), 직경 5m, 수심 1.0m의 원형 콘크리트 수조 1개 (실험구 2) 및 2×2×1m의 사각 콘크리트 수조 3개 (실험구 3, 4, 5)를 이용하였다. 실험어는 각 수조의 규격에 따라 실험구 1과 2에는 각각 105마리 및 84마리를 수용하였고, 실험구 3, 4, 5번에는 32마리씩을 수용하였다(표 3).

2차 사육실험은 2001년 1월부터 2월중에 구입된 옥돔을 완전히 안정시킨 후 2001년 3월 21일 원형 콘크리트 수조 (직경 5m, 수심 1.5m) 2개에 각각 43마리와 51마리를 수용하여 월별 성장 및 생존율을 구하였다. 실험어의 평균체중은 156.4~850.1g이었다. 성장도 조사는 포획에 따른 스트레스를 주지 않기 위해서 폐사된 개체를 조사하는 방식으로 행하였다.

실험어는 제주 연안에서 주낙으로 어획되는 것으로 생존율이 높고 비교적 대량 확보가 용이한 겨울철을 중심으로 하여 확보하였다. 어획되는 대부분의 옥돔은 수심 30~150m의 사니질에 잠입 서식하는 특성을 갖고 있으므로 어획 시에 수압 차이에 따르는 안구(眼球)나 장(腸)의 돌출에 의해 대부분 폐사하는 특성(폐사율: 90% 이상)이 있어서 인양 속도를 최대한 늦추고 어획 후 즉시 산소가 공급되는 활어통으로 옮긴 후 수송시켜 폐사율을 최소화시킬 수 있었다(폐사율: 50% 이내). 또한 옥돔은 선어로 유통되기 때문에 어획 직후 살리지 않으므로 이를 개선하기 위해서 활어 운반을 위한 운반 물탱크에 해수 유통을 시킬 수 있도록 협조를 구하고 이동 항해하였다.

어획되는 옥돔 중에서 일부 개체는 낚시를 삼키고 있는 개체도 있으므로 주의를 기울여서 선별하였고, 낚시가 아가미에 걸려 있는 옥돔은 대부분 폐사하는 결과를 보였다. 안구돌출이나 탈장(脫腸)이 되어 있는 개체 또는 배를 위로하여 유평하는 개체는 운반 후에 생존해 있어도 사육기간 중에 대부분 폐사하였으며, 대형 개체보다는 소형 개체의 생존율이 높았다. 어획된 옥돔은 항구에서 활어차를 이용하여 남제주수산종묘시험장 실내 수조로 최대한 빨리 수송하고 구입 일자별로 별도 수용시킴으로써 텃세에 의한 폐사를 최소화시킬 수 있었다.

사육 과정 중의 먹이는 자체 제조한 습사료를 매일 1~2회 공급하였고, 사료의 제조 비율은 냉동어류, 분말사료, 및 첨가제를 각각 80:15:5의 비율로 제조한 것이었다. 수조에서의 사육은 자연해수를 유수식으로 사용하였고, 1일 환수율은 5~7회전이었다.

2. 구입 시기에 따른 생존

옥돔은 가을과 겨울을 중심으로 하여 주낙으로 어획된다. 옥돔 소비 형태는 주로 건제품으로 유통되기 때문에 고수온기에는 건조 상의 문제점과 옥돔 어체의 특성으로 인하여 제품의 품질이 떨어지기 때문에 어획을 기피한다. 그러나 옥돔 산란기가 고수온기를 거친 후 수온 하강기에 시작하기 때문에 여름철 어미 구입 후 길들이기 방법을 고려할 수 밖에 없다. 따라서 옥돔의 구입시기에 따른 생존과 어미로의 길들이기 가능성 연구가 필요하다.

본 연구는 2000년 1월부터 2월 사이에 채집 어획된 개체군과 8월부터 9월 사이의 채집 어획된 개체군에 대해 2주간의 생존율을 비교하였다. 각 시기에 따라 구입된 실험어는 구입 일자에 따라 직경 1.5m, 수심 1.2m의 원형 폴리프로필렌 수조에 별도로 수용하여 폐사 현상을 조사하는 방식을 택하였다. 겨울철에 구입된 실험어는 41마리로서 전장과 체중 범위가 각각 20.0~32.5cm 및 75.5~425.8g이었고, 여름철에 구입된 실험어는 32마리로서 전장과 체중 범위가 각각 24.4~42.4cm 및 186.0~834.3g이었다.

표 2. 사육 어미의 크기 조성

Table 2. Size composition of *Branchiostegus japonicus* stocked for taming trials

	Range	Mean	Standard deviation
Total length (cm)	19.0~35.3	26.5	4.4
Body length (cm)	15.5~29.0	22.0	3.8
Body height (cm)	4.2~9.1	6.0	1.2
Body breath (cm)	1.8~4.0	2.8	0.6
Body weight (g)	68.4~574.8	224.3	121.9

표 3. 사용된 실험 수조 규격과 실험용 어미 수용

Table 3. Kinds of tanks and fish stocking for taming trials

	Circular tanks		Rectangular tanks		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Size of tanks (m)	∅5.0×1.5	∅5.0×1.0	2.0×2.0×1.0	2.0×2.0×1.0	2.0×2.0×1.0
Measurement (ton)	23.5	13.7	3.0	3.0	3.0
Date stocked (m/d/y)	01/19/01~ 03/13/01	03/20/01	04/20/01	04/20/01	04/20/01
No. fish stocked	105	84	32	32	32

제 3 절 결 과

1. 옥돔 어획방법 및 특성 조사

제주 연안에서 옥돔 조업은 3~4톤 규모의 소형 주낙 어업으로 이루어지고 있으며 새벽에 주낙을 넣고 정오 경에 걷는 당일 조업(당일 바리라고 칭함)과 연근해에서 3~7일 동안 조업하는 방법으로 행해지고 있다. 조업 구역은 조업 수심 50~100m에서 주로 이루어지고 있으나 해역의 해저 지형에 따라서는 120m까지의 수심에서 어획되고 있다. 어획량은 조금 때보다는 사리 때가 평균적으로 많은 편이며, 1척당 주낙 80~100개 상자(1상자당 150개의 낚시)를 가지고 2~3명이 조업을 행하고 있다. 어획은 서귀포시와 표선, 성산을 중심으로 한 제주도 남동 연안에서 이루어지고 있으며, 마을별로 3~10척 내외의 소형 어선이 옥돔 주낙 어업을 행하고 있다. 옥돔 주낙어업은 연중 가능하지만 8월의 경우는 옥돔을 건조하지 못하여 가격이 내려가기 때문에 조업을 하지 않는 실정이며, 특히 갈치 또는 자주복 등 조업형태가 같고 고급 어종에 어획되는 시기에는 옥돔 주낙보다는 다른 어종을 어획하는 것이 일반적이다. 주 조업시기는 12월에서 3월까지의 겨울철이다. 겨울철 옥돔 주낙에는 조기, 성대, 붕장어, 옥두어 등이 혼획되고, 여름 조업 시에는 옥두어와 성대가 일부 혼획된다. 또한 최근에는 옥돔과 비슷한 옥두어가 상당량 혼획되는 경향이 있고 수요와 공급 불균형에 따라 상당량의 중국산 옥돔이 수입되고 있는 실정이다. 옥돔 주낙 척당 1일 어획량은 옥돔 20~60kg, 조기 100kg 내외 및 성대 30~40kg 정도를 어획하는 것이 일반적이다.

2. 자연산 옥돔의 어미 길들이기

초기 단계의 폐사 현상을 조사하기 위한 어미 길들이기 1차 실험은 2001년 1월 19일부터 4월 20일에 어획된 옥돔 285마리를 실내 수조 5개를 이용 생존율을 분석하였다. 사육된 어미의 전장에 대한 체장, 체고 및 체중과의 관계는 각각 $TL=0.8616BL-0.8983$ (TL: 전장, BL: 체장), $TL=0.2588BH-0.8247$ (BH: 체고) 및 $TL=0.0035BW^{3.3441}$ (BW: 체중)이었다(표 4, 그림 3-1, 3-2).

표 4. 사육 중인 어미의 진장에 대한 체장, 체고 및 체중의 상대성장

Table 4. Regressional relationship of *Branchiostegus japonicus* reared ant indoor tanks

	Regressional relation	r	Standard deviation
Total length/body length	$TL=0.8616BL-0.8983$	0.9901	0.5505
Total length/Body height	$TL=0.2558BH-0.8247$	0.9571	0.3496
Total length/Body weight	$TL=0.0035BW^{3.3441}$	0.9607	35.2344

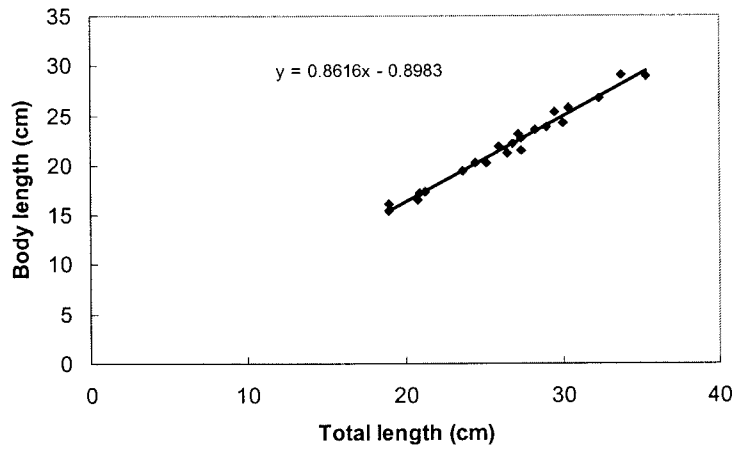


그림 3. 전장에 대한 체장 관계.

Fig. 3. Relationship between total length and body length.

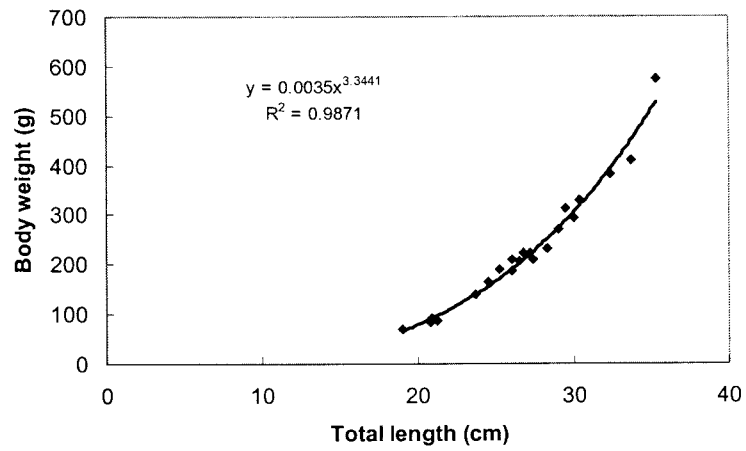


그림 4. 전장에 대한 체중 관계.

Fig. 4. Relationship between total length and body weight.

실험 결과는 표 5에 나타내었다. 수용 후 1개월 간의 생존율은 37.5~57.1%였고, 이 기간 중의 수온은 13.2~18.2℃였다. 그 후 당해 산란기인 2001년 9월 30일까지 133일에서 225일 간의 생존율은 37.5~63.0%로 비교적 높게 나타났다. 또한 겨울철에 구입 수용 후 산란기까지 전 기간의 생존율은 18.8~32.4%의 범위를 보였다.

어미 길들이기 기간 중의 생존과 성장 패턴을 조사하기 위한 어미 길들이기 2차 사육실험은 2001년 1월부터 2월중에 구입된 옥돔(평균체중 156.4~850.1g)을 완전히 안정시킨 후 2001년 3월 21일 원형 콘크리트 수조 (직경 5m, 수심 1.5m) 2개에 각각 43마리와 51마리를 수용하여 실시하여 분석하였고, 그 결과는 표 6에 나타내었다. 옥돔은 생리적 특성상 외부 자극에 매우 민감하여 성장도의 조사는 사육 중에 폐사한 개체를 이용하여 추정하였다.

어획 후 실내 수조에서 길들여진 체중 범위 156.4~850.1g의 옥돔을 2001년 3월 21일에 2개 수조에 수용 후 당해 연도 산란 직전인 2001년 10월 12일까지의 생존율은 55.8% 및 52.0%였다. 성장은 1차 실험에서 253.4~1010.9g 및 2차 실험에서 320.8~1121.2g으로 성장하였다. 또한 다음 해 산란기 직전인 2002년 9월 10일까지의 생존율은 각각 34.7% 및 35.3%였고, 이 때의 전장 범위는 각각 320.8~1121.2g 및 388.5~1312.2g으로 성장하였다.

한편, 사육 기간 중에 폐사된 개체를 대상으로 조사한 성장 및 생존 패턴을 표 7 및 그림 4에 나타내었다.

1차 실험의 경우는 2001년 3월 21일 실험어를 수용하여 실험 중 2001년 11월 24일 공급 사육수의 단수로 인해 전량 폐사하여 실험을 종료하였다. 이 기간 중의 실험어는 43마리 중 24마리가 생존하여 55.8%의 생존율은 보였다. 2차 실험에서는 51마리 중 2002년 9월 30일까지 18마리가 생존하여 35.3%의 생존율을 나타내었다.

표 5. 어미로의 길들이기 1차 사육 결과

Table 5. Survival and water temperature for taming trials of wild-caught *Branchiostegus japonicus*

	Circular tanks		Rectangular tanks		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
1st taming period					
(First one month)					
Days cultured	30	30	30	30	30
No. survived	54	48	13	16	13
Survival rate (%)	51.4	57.1	37.5	50.0	37.5
Water temp. (°C)	13.2~14.9	13.8~16.1	15.8~18.2	15.8~18.2	15.8~18.2
2nd taming period					
(First one month)					
Days cultured	225	163	133	133	133
No. survived	34	21	8	6	7
Survival rate (%)	63.0	43.8	61.5	37.5	53.8
Water temp. (°C)	14.6~26.4	15.7~26.4	17.7~26.4	17.7~26.4	17.7~26.4
Overall taming period					
(First one month)					
Date (m/d/y)	09/30/01	09/30/01	09/30/01	09/30/01	09/30/01
Days cultured	255	193	163	163	163
No. survived	34	21	8	6	7
Survival rate (%)	32.4	25.0	25.0	18.8	21.9

표 6. 어미로의 길들이기 사육 결과

Table 6. Body weight and survival for taming trials of wild-caught *Branchiostegus japonicus*

	First trial	Second trial
Initial (Mar. 21, 2001)		
No. fish	43	51
Body weight (g)	156.4~850.1	Not measured
First half (Oct. 12, 2001)		
No. fish	24	27
Body weight (g)	253.4~1010.9	320.8~1121.2
Survival (%)	55.8	52.0
Second half (Sep. 10, 2002)		
No. fish	15	18
Body weight (g)	343.1~807.5	388.5~1312.2
Survival (%)	34.7	35.3

표 7. 사육 중인 어미의 월별 성장과 생존

Table 7. Monthly survival and growth trend during taming trials

	Month							
	Initial (03/21/01)	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.
1st trial								
No. fish	43	43	42	42	35	30	26	24
Survival (%)	100	100	97.7	97.7	81.4	69.8	60.5	55.8
Body weight (g)*	156.4 ~850.1	-	431.0	-	342.5 ~574.0	175.8 ~881.3	254.2 ~633.5	351.2 ~421.1
2nd trial								
No. fish	51	42	40	40	37	35	28	27
Survival (%)	100	82.4	78.4	78.4	72.5	68.6	54.9	52.9
Body weight (g)*	156.4 ~850.1	60.5 ~540.7	105.0 ~473.4	-	133.1 ~350.0	247.5 ~698.1	171.4 ~408.6	456.0

* Body weight was measured with dead fish

표 7. (계속)

Table 7. (continued)

	Month								
	Nov. (11/24/01)	Jan. 2002	Feb.	Mar.	May	June	July	Aug.	Sep.
1st trial									
No. fish	0								
Survival (%)	0								
Body weight (g)*	343.1 ~807.5								
2nd trial									
No. fish	20	20	20	20	20	19	19	18	18
Survival (%)	39.2	39.2	39.2	39.2	39.2	37.3	37.3	35.3	35.3
Body weight (g)*						545.0		397.3	

* Body weight was measured with dead fish

옥돔은 일정 장소에 서식하면서 다른 개체를 쫓아내는 텃세 현상이 관찰된다는 보고가 있다(奥村, 1995). 본 연구 기간 중 관찰 결과, 실내 사육 중인 옥돔은 수용 시기가 다르거나 크기에 차이가 있을 경우 텃세를 형성하는 현상이 일부 관찰되었으나 그 현상은 약한 편이었다. 특히 물의 회전율이 높은 원형 수조보다는 사육수가 정체되는 사각수조에서 텃세 형성 현상이 큰 편이었고, 어두운 곳에서가 밝은 곳에서보다 그 현상이 뚜렷하였다. 텃세에 의한 공격 현상을 최소화시키기 위하여는 구입 일자별로 별도의 소형 수조에 수용하여 일정 기간 길들인 후 사육할 수조에 동시 수용시키는 것이 효율적이었다.

자연산 옥돔을 구입 후 수조에 수용하여 매일 자체 제조한 먹이로 길들이기를 시작하여 완전히 모이스트 펠릿에 길들여지기까지는 약 1개월이 소요되었으며, 2개월 후부터는 시판되는 고품질 펠릿사료도 잘 먹는 현상이 관찰되었다. 먹이는 아침에 가장 잘 먹었고 완전히 먹이에 길들여진 후에는 관리자가 접근하면 수면위로 올라와서 모이는 현상이 강하였다. 먹이로 사용되는 모이스트 펠릿은 시험장 자체에서 제조하여 공급하였고 일일 오전 중에 1회 공급하였으며 개체당 일일먹이 섭취량은 약 10g 내외였다. 먹이의 조제 비율은 냉동 전갱이, 새우 및 분말배합사료를 각각 6 : 1 : 3의 비율로 혼합하여 자체 제조하였다.

3. 구입시기에 따른 생존

옥돔 어미 길들이기를 위한 적정 구입 시기를 구명하기 위하여 겨울철 저수온기와 여름철 고수온기에 각각 구입, 수용하여 그 결과를 분석하여 표 8에 나타내었다.

2002년 1월과 2월의 저수온기에 구입하여 수용한 전장 및 체중 범위 20.0~32.5cm 및 75.5~425.8g의 옥돔 41마리 중 2주간 동안 24마리가 생존하여 58.5%의 생존율을 보였다. 반면, 2002년 8월과 9월의 고수온기에 구입하여 수용한 전장 및 체중 범위 24.4~42.4cm 및 186.0~834.3g의 옥돔 32마리는 2주간 동안 전량 폐사하였다(표 8).

표 8. 저수온기와 고수온기에 옥돔 어미 길들이기 사육 중의 생존율

Table 8. Comparison of two-week survivals between summer and winter-caught *Branciostegus japonicus*

	Winter-caught (Jan. ~ Feb.)	Summer-caught (Aug. ~ Sep.)
Initial	41	32
No. fish		
Total length (cm)	20.0 ~ 32.5	24.4 ~ 42.4
Body weight (g)	75.5 ~ 425.8	186.0 ~ 834.3
Two-week survival		
No. fish	24	0
Percent survival (%)	58.5	0

제 4절 고 찰

구입되는 옥돔은 수심 30~150m에 주낙으로 어획되기 때문에 활력이 양호한 개체를 구입하여 사육하여도 어획 시 입과 아가미 손상 및 탈장 등에 의해 상당수가 폐사하는 현상이 관찰되었다. 옥돔은 일반적으로 양식되고 있는 다른 어종에 비해 성질이 급한 야성을 지니고 있으므로 과고가 높을 경우에는 해상 운송 중에서 좁은 활어 수송 물칸에서 심한 스트레스를 받은 경우 실내사육 기간 중 5일 이내 대량 감모 현상을 보였다. 특히 야간에 약한 불빛이나 소리에 대해서도 격렬한 반응을 나타내고, 사육수조 청소를 위해 수위가 낮추었을 때도 격렬한 발작 현상을 보였고 수조 벽면에 부딪치거나 수조 밖으로 튀어 나와 폐사하는 개체도 관찰되었다.

어미로 길들이기 위해서는 구입 일자별로 별도의 소형 수조에 수용하여 약 1주일 간 길들인 후에 대형 수조에 일시에 수용하는 것이 텃세에 의한 공격을 예방할 수 있을 것으로 사료되었다. 자연산 구입 후 실내 수조에 길들이기까지의 생존율은 44.2%였다.

구입 후 사육 중에 일부의 개체에서 안구돌출 현상과 함께 폐사 현상이 관찰되었다. 폐사 개체 중에는 안구돌출과 함께 체표에 출혈 현상이 관찰되었으나 전체적으로는 뚜렷한 증상이 없었으며, 현미경하에서 아가미 새엽이 약간 곤봉화되어 있었다. 기생충 및 세균 검사 결과, 아가미, 체표 및 돌출되어 있는 안구를 대상으로 세균 및 기생충 검사하였으나 검출되지 않았고, 비장 및 신장에 ceroid의 침착 현상도 관찰되지 않았다. 이러한 폐사 원인은 자연산 옥돔을 구입하여 사육 중에 일부 나타나는 안구돌출이나 폐사 현상은 질병에 의한 것보다는 어획 후 실내 수조 사육에 따르는 서식처의 생태적 변화 및 어체 생리적인 리듬 불균형에 의한 것으로 추정되었다.

수조의 형태에 따라 옥돔의 분포 특성을 조사한 결과, 사각수조에서는 모퉁이의 구석진 곳에 분산되어 분포하면서 다소 텃세현상을 보였으나, 원형수조에서는 고르게 분산되어 분포하면서 텃세현상이 없이 수면 밑에서 유영하는 현상이 관찰되었다. 수조 내에 파이프 등 은신처를 넣으면 상당수의 개체가 그 속으로 잠입하는 현상도 관찰되었다. 사육기간 중 실내에서 사육 중에 빛 및 소리에 격렬한 반응으로 인해 수조 가운데에 설치되어 있던 스탠드 파이프가 쓰러져서 배수 파이프 내에 집중적으로 잠입함으로써 31마리 중 16마리가 배수구 속으로 잠입하여 일부 폐사하는 현상이 관찰되었다. 관찰 결과, 외부의 소리나 충격 등에 격렬히 반응하는 현상이 있어서 소형의 수조보다는 대형, 수심이 낮은 수조보다는 깊은 수조에서 사육하는

것이 유리하며, 수면 위에는 그물망 등의 도피 방지를 위한 장치가 필요할 것으로 생각되었다.

어미 확보의 적정 시기를 구명하기 위한 실험 결과, 저수온기에 구입된 전장과 체중 각각 20.0~32.5cm 및 75.5~425.8g의 옥돔 41마리 중 2주간 동안 24마리가 생존하여 58.5%의 생존율을 보인 반면, 고수온기에 구입한 전장 및 체중 범위 각각 24.4~42.4cm 및 186.0~834.3g의 옥돔 32마리는 2주간 동안 전량 폐사하였다. 이러한 결과는 옥돔 어미확보를 위한 적정 시기는 겨울철이 좋을 것으로 사료되었다.

안정적인 어미 사육 기술은 종묘생산 기술개발의 기초 단계이다. 자연산 참재 어미를 확보하여 종묘생산에 사용할 수 있는 어미로 사육하기 위해서는 적정한 어획 시기나 방법을 선택하는 것이 중요하다. 특히 옥돔의 경우는 어획되는 개체 중에서 활어 상태로 구입할 수 있는 비율이 극히 낮아서 어미 사육 기술 개발에 어려움이 배가된다.

저수온기인 1월부터 2월중에 구입된 41마리에 대한 2주간 생존은 24마리로 58.5%의 생존율을 보였다. 고수온기인 8월과 9월중에 구입된 32 마리는 2주 내에 전량 폐사함으로써 옥돔 어미 확보는 저수온기에 이루어져야 할 것으로 조사되었다. 한편 저수온기 때 어획되는 옥돔은 체중 75.5-425.8g의 범위로 고수온기에 어획된 전장 범위 186.3-834.3g보다는 작게 나타났다.

이러한 폐사 원인은 어획 방법과 그 기간 중의 수온에 기인하는 것으로 추정된다. 즉 옥돔 어획은 서식 수심 100m 내외에서 인양기에 의해 빠른 속도로 어획되는데 이 때 90% 내외의 옥돔은 수압 차이에 의한 탈장, 안구돌출 등에 의해 어획 시에 또는 직후에 폐사된다. 생존되어 있는 옥돔도 어획에 따른 심한 외상을 받게 되는데 폐사량이 여름철이 많은 것은 이들 상처 부위에 세균 감염 속도와 상관이 있는 것으로 생각된다.

2000년 12월에 구입하여 사육 중이던 옥돔 43마리(1차)와 3월 초순에 구입한 옥돔 51마리(2차)를 2001년 3월 21일 실내 원형 콘크리트 수조(유효수량: 15톤) 2개에 수용 사육하면서 성장 및 생존 상태를 조사하였다.

옥돔은 생리적 특성상 외부 자극에 매우 민감하여 성장도의 조사는 사육 중에 폐사한 개체를 이용하여 측정하였다. 어획된 옥돔은 수용 후 길들이기 기간 중에 약 20%가 폐사하였고, 여름철 고수온기에 상당량이 폐사하는 현상을 보였다. 사육기간 중인 2001년 11월 24일에 1차에서 사육 중이던 옥돔이 사육수 단수에 의해 전량 폐사하였다. 폐사된 개체를 대상으로 크기 및 성 성숙 상태를 조사한 결과, 전장은 30.3~39.3cm 범위였고 체중은 343.1~807.5g이었다. 폐사된 전 개체는 암컷으로 조

사되었고 생식소 중량은 1.4~13.9g으로서 산란기가 지났음에도 불구하고 상당량의 알이 체내에 잔존하여있는 것이 관찰되었다(Watanabe and Suzuki, 1996; Hayashi, 1977). 이러한 결과에서 볼 때 자연상태에서 수컷을 구하기 위해서는 대형의 개체를 확보하여야 할 것으로 사료되며, 현재의 어획되는 활 옥돔의 경우는 거의 암컷으로 추정되어서 대형의 수컷 확보 방안을 강구해야 할 것으로 사료된다.

제 3 장 성 성숙 특성 및 산란제어 기술개발

제 1 절 서설

인공종묘생산은 크게 채란과 자치어의 사육으로 나눌 수 있다(이 1996). 성공적인 채란을 하기 위해서는 우선 양질의 알을 충분한 양 확보하는 것이 무엇보다 중요하며(Min 1988), 이러한 양질의 알을 확보하는 방법에는 어미 확보 방법에 따라, 성숙한 어미를 어획하여 바로 사용하는 방법, 미성숙 상태의 자연산 어미를 어획하여 일정기간 순치한 후 성숙시키는 방법, 그리고 인공적으로 생산한 치어를 육성시켜 어미로 쓰는 방법 등이 있다(Kuronuma and Fuhusho 1984). 또한, 알과 정자를 확보하는 방법으로는 자연산 어미에서 직접 짜내는 방법, 어미에 호르몬을 주사하여 알과 정자를 짜거나 자연산란 시키는 방법, 그리고 인위적인 자극 없이 수조 내에서 자연산란을 유도하는 방법으로 나눌 수 있는데(Fujita 1993), 이 중 가장 좋은 방법은 인위적인 자극 없이 자연산란을 유도시키는 방법이라 할 수 있다. 옥돔의 인공 종묘 생산 기술을 확립하고 나아가 옥돔 인공 종묘를 대량으로 안정 생산하기 위해서는 어미 관리가 무엇보다 중요하다고 볼 수 있다. 특히 산란기에 건강하고 성숙도가 좋은 어미를 확보하는 것이 옥돔의 인공 종묘생산을 성공적으로 수행하기 위해서는 반드시 이루어져야 할 과제이다.

본 연구에서는 우량의 수정란을 생산하기 위한 기초적인 방법으로 생식소 속도지수 및 조직학적 분석에 의한 산란기의 구명, 적정 호르몬의 처리에 의한 배란유도, 일반적으로 널리 사용되는 성 성숙 호르몬인 HCG의 적정 주사량 및 착출 시간 등을 구명하기 위한 일련의 실험을 실시하였다. 또한 안정적인 수정란 확보를 위해 자연산란 유도 방법으로서 짝산란과 군집산란 특성을 연구하고 자연산란에서의 문제점 등을 분석하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 생식소속도지수 (GSI) 변동 및 조직학적 변화

제주 연안의 수심 100m 내외에서 주낙으로 어획된 옥돔을 매월 17~31마리씩 총 268마리를 구입하여 생식소의 월별 변동과 조직학적 변화를 조사하여 산란기를 추

정하였다. 조직학적 관찰을 위하여 생식소를 Bouin's 액에 고정하고 상법인 파라핀 절편법에 의해 5~8 μ m 두께의 절편을 만들고, Hansen's haematoxylin과 eosin으로 이중 염색하여 현미경으로 관찰하였다.

2. 성 스테로이드 호르몬 변동

2001년 10월 22일 체중 범위 190~640g 옥돔 어미 23마리를 유효수량 4톤 콘크리트 수조 3개에 수용하여 사육하면서 성 스테로이드 호르몬 연 변화를 추적하였다. 사육기간 중에 매월 5마리씩 무작위로 채포하여 MS-222로 마취시킨 후 채혈하여 실험실에서 분석하였다. 분석은 혈중 estradiol-17b와 testosterone의 농도를 조사하기 위하여 옥돔을 2-phenoxyethanol 600ppm에서 마취한 후 미병부의 동맥으로부터 주사기로 혈액을 채취하여 실험실로 옮겨 혈청을 분리하고, 이때 각 개체에 대하여 RIA법에 의해 혈중 estradiol-17b와 testosterone의 농도를 조사하는 방법을 택하였다.

3. 현장 채란 및 자연산란에 의한 수정란 생산

종묘생산을 위한 수정란의 확보 방법에는 어획되는 어미에서 직접 채란하는 방법, 호르몬을 처리하여 인위적으로 배란을 유도하는 방법, 및 자연산란에 의한 방법 등이 있으나 그 중 가장 안정적이고 대량생산이 가능한 방법은 어중에 따라 다소 차이가 있으나 자연산란 유도에 의한 방법이라 할 수 있다. 본 연구에는 어획된 어미를 실내 수조에서 사육하면서 자연산란을 유도하고, 옥돔의 특성 중 하나인 짝산란에 대한 연구를 실시하였으며 단일처리에 의한 조기 채란 가능성을 연구하면서 문제점을 분석하였다.

가. 어획 현장에서의 채란 가능성 파악

제주 연안에서 옥돔 산란기인 9월부터 10월 사이에 주낙용 선박에 승선하여 현장에서의 채란 가능성을 조사하였다. 어획되는 어미의 복부를 압박하여 성숙란과 정자를 추출하고 수정란 확보 가능성을 조사하였다. 현장 채란은 2001년도의 경우 9월 3일부터 10월 24일까지 6회, 2002년에는 9월 15일부터 10월 10일까지 4회, 그리고 2003년에는 10월 5일과 10월 21일 2회에 걸쳐 총 12회 실시하였다. 채란은 총 사육 어미에 대한 채란 가능 어미 마리수 및 채란 가능량을 조사하였다.

나. 자연산란에 의한 채란 가능성

2002년 12월부터 2003년 1월 사이에 제주 연안에서 어획되는 잠재 옥돔을 구입하

여 실내 수조로 이동 후 안정 사육을 실시한 후, 2003년 1월 25일 대형수조에 수용하여 어미 사육을 실시하였다. 사육 어미는 102 마리로서 체중 범위는 152.7~1136.3(평균 399.9g)이었다. 자연산 옥돔의 어체 크기에 따른 성비를 보면 일반적으로 300g 이하의 경우는 거의 암컷이고, 300g에서 500g까지는 암수의 성비가 비슷한 반면, 500g 이상에서는 대부분 수컷이라는 보고가 있다(Lim and Mitsu, 1974; 양 등, 1977). 따라서 어체 크기에 따른 암수 성비를 적절히 조절할 수 있도록 노력하였다. 사육수는 가온이나 여과하지 않고 자연해수를 직접 유수식으로 주수하였고, 일간 환수율을 5~7 회전을 유지하였다. 먹이는 자체 제조한 모이스트 펠릿을 매일 1회 충분량 공급하였다. 채란이 가까워지면서 하층 배수구를 차단하고 상층 배수구에 설치된 채란망으로 배수될 수 있도록 하여 채란하였다. 매 시간 채란 상황을 관찰하여 옥돔의 산란 시각을 조사하였고, 채란량 및 채란률, 그리고 수정률을 조사하였다.

다. 군집 산란과 짝 산란 비교

옥돔을 수컷 1마리가 암컷 수 마리와 함께 혈거하면서 서식하고 생식활동을 하는 특성이 있다고 알려져 있다. 본 연구는 옥돔 어미를 대형수조에 군집으로 수용하여 산란을 유도하는 방법과 소형수조에 암수 1쌍씩 수용하여 산란을 유도하는 방법을 병행하여 비교하였다.

군집산란을 위한 수조는 원형 콘크리트 수조 (직경 4m, 수심 1.2m) 1개를 이용하였고, 전장과 체중 범위 각각 30.9~37.0cm 및 311.9~619.8g의 어미 15마리를 수용하여 자연산란을 유도하였다. 짝산란 수조는 소형의 원형 폴리프로필렌 수조 (직경 1.5m, 수심 1.2m) 3개를 이용하여 전장과 체중 범위 각각 29.9~37.5cm 및 300.7~615.3g의 어미를 수조당 1쌍씩 수용하였다. 산란기가 되어도 옥돔 체 표면에 나타나는 성징이 뚜렷하지 않지만 어체 크기에 따라 성을 구별할 수 있으므로 체중 600g 이상의 개체는 수컷으로 간주하여 짝을 지어주었다. 어미의 수용은 산란기 약 1개월 전인 2002년 8월 1일 수용하였고 산란기간 중의 채란량 및 수정 여부를 조사하였다.

라. 일장조절에 의한 채란 가능성

단일 처리에 의한 산란 연구를 위하여 실내 수조에서 길들여진 체중 범위 205~780g의 옥돔 32마리를 2002년 7월 20일 유효수량 20톤의 콘크리트 원형수조에 수용하였다. 사육 수조의 지붕을 검은 색 차광막으로 씌워 자연광을 차단하고 내부에

타이머가 부착되어 있는 200W 백열등으로 광량을 조절하였다. 일장 조절을 위한 광주기는 8L:16D로 설정하였고, 산란기간 중에는 수조에 채란망을 설치하여 매일 자연산란 결과를 조사하였다.

4. 인위적 성숙 유도에 의한 배란 및 산란

가. *in vitro* 조건에서 호르몬 처리에 의한 배란 유도

최종성숙과 배란유도에 적당한 호르몬 종류별 농도를 구명하기 위하여 농도별, 시간별로 최종성숙과 배란의 비교효과를 *in vitro*로 조사하였다. 9월에 현장에서 채집한 암컷 옥돔을 시험장 실험실로 운반한 후 수조 내에서 일정기간 사육하면서 복부가 다소 불러 오른 것을 실험실로 수송하였으며, 사용된 실험어는 전장 20cm, 체중은 136g이었다. 운반된 실험어는 ethyl 4-aminobenzoate로 마취시킨 후, 난황형성 직후의 난소조직을 절취하여 Jalabert and Fostier(1984)의 방법에 따라 TBSS(Trout balanced salt solution)로 세척한 후 난소를 절단하여 더 작은 난소조직으로 분리하였다. 결합조직과 혈관을 제거한 뒤 가는 핀셋으로 난모세포들을 하나씩 분리한 후 투명액(Ethanol : Formalin : Glacial acetic acid = 6: 3: 1, Stöeckel, 1992)으로 투명화 시킨 후 난핵(GV: germinal vesicle)의 위치를 확인하여 난황형성이 완료되었다고 판단되는 난으로 GV가 중앙에 위치한 난모세포를 분리하여 사용하였다. 모든 실험과정은 무균상태로 얼음 조각 위에서, 배양은 $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 이루어졌으며, 비교 실험구는 동일한 어미로부터 얻어진 난들로 2회 이상 반복 실험하였다.

나. HCG 주사에 의한 성숙 및 배란 유도

(1) 채란을 위한 적정 HCG 주사량

어류의 인위적인 배란유도 및 산란유도를 위해 일반적으로 널리 이용되고 있는 Human Chorionic Gonadotrophin (HCG)의 이용 가능성과 그 적정농도를 구명하기 위해 난황 형성을 종료한 암컷에 대하여 HCG 호르몬 농도를 달리하여 채란량 및 채란율을 조사하였다. 실험은 2차에 걸쳐 실시하였다. 1차 실험은 산란기 난황 형성이 완료된 시점인 2002년 9월 20일부터 9월 28일까지 어획된 암컷 15마리를 5마리씩 3개군으로 하여 HCG 주사량을 각각 100 IU/kg, 500 IU/kg 및 1,000 IU/kg 주사하였다. 사용된 어미의 체중 범위는 235.3~430.4g이었다. 2차 실험은 2002년 9월 30일부터 10월 6일 사이에 어획된 옥돔 어미를 25마리를 5개의 실험구로 나누어서 HCG 주사량을 200 IU/kg, 400 IU/kg, 600 IU/kg, 800 IU/kg 및 1000 IU/kg를 주사하였다. 2차 실험에 사용된 어미의 크기는 223.4~452.0g이었다. 호르몬 주사 후

24시간, 48시간 및 72시간 경과 후의 채란율을 조사하였다.

(2) 호르몬 주사 후 경과 시간에 따른 채란율

산란기간 중 어획된 어미에 HCG 주사에 의한 성숙 및 배란 효과를 구명하기 위한 실험을 행하였다. 실험에 사용된 어미는 제주 연안의 주낙에서 어획되는 것 중 육안 관찰에서 체표 상처가 없고 생존 가능성이 높은 것을 구입하였다. 사용 어미는 2002년 9월 23일부터 10월 5일까지 구입된 것으로 총 42마리 중 암컷 38마리와 수컷 4마리였다. 사용된 암컷 38마리의 체중은 125.0~401.7g 범위였고, 수컷 4마리의 체중은 465.0~754.9g 범위였다. 수컷은 어체가 크기 때문에 활어 상태로 생존이 어려워져서 충분한 양의 정소 확보를 위해서 서귀포 수협 위판장에서 선어 상태로 판매되는 옥돔의 정소를 모아 사용하였다.

(3) 어체 크기에 따른 채란율

어종에 따라 채란에 이용되는 적정 크기는 다르다. 제주 연안에서 어획되는 옥돔의 크기는 어획 장소 및 시기에 따라 다소 다르지만 다양한 크기를 보이고 있다. 본 연구에서는 HCG 주사에 의한 채란 효과를 어미 크기에 따라 비교하였다. 실험에 사용된 어미는 2002년 9월 23일부터 10월 15일까지 제주도 남제주군 성산포 연안에서 주낙으로 어획된 어미를 구입하여 실내 수조에서 안정시킨 후 2002년 10월 16일 어체 크기별로 별도 수용하였다. 어체 크기는 200g부터 500g까지를 100g 간격의 3개 실험구와 200g이하 및 500g 이상의 어미 실험구를 두었다. 각 실험구에 사용된 어미는 5마리씩을 사용하였고, 어체중 1 kg당 300IU의 HCG를 근육에 주사한 후 일정 시간 경과 후의 채란율과 폐사 마리수를 조사 비교하였다.

(4) 자연산과 사육산의 HCG 주사에 대한 채란

옥돔은 자연산란에 의한 채란이 어려워 산란기에 어획되는 어미를 대상으로 호르몬을 주사하여 채란하는 것이 일반적이다. 그러나 산란기에 적정량의 어미를 확보하는 것은 매우 어려운 일이다. 즉, 산란기인 9월에서 10월 사이에는 제주 연안 옥돔 조업어장에 폭풍이 잦고 이러한 폭풍은 옥돔 어획방법인 주낙이 옥돔 서식 인근의 바위 등에 엉키면서 조업일수가 매우 적다. 따라서 인공사육되는 어미에서 채란할 수 있는 방법이 필요할 것이다.

실험은 어획된 어미와 사육된 어미를 구별하여 2003년 10월 11일 HCG 암컷 1마리당 100IU를 근육에 주사하였다. 실험에 사용된 어미는 당해 주낙에서 어획된 채

중 280~438g의 암컷 18마리와 2002년도 채란 후 사육되어 온 체중 303~473g의 암컷 25마리였다. 채란은 주사 후 24, 48, 72, 및 96시간이 경과되었을 때 복부를 압박하여 알을 착출하였고, 어미 한 마리당 평균 채란량 및 사용된 어미의 생존율을 비교하였다.

제 3 절 결 과

1. 생식소숙도지수 (GSI) 변동 및 조직학적 변화

가. 생식소숙도지수 (GSI) 월 변동

2001년 4월부터 9월까지 암수 GSI의 변동은 그림 3에 나타내었다. 4월의 암컷의 GSI는 0.40으로 낮은 값을 보였으며 이러한 값은 7월까지 지속되었다. 그 후 8월부터 GSI의 값이 0.75로 증가하기 시작하여 9월에는 1.32로 최고치를 보였다. 한편, 수컷의 GSI는 4월에 0.18이었으나 5월부터 7월까지 유의한 차이는 아니지만 GSI 값이 서서히 감소하는 경향을 보였으나 7월 이후부터 서서히 증가하기 시작하여 8월의 GSI 값이 0.20에 이르렀으며 9월에는 0.38로 증가하였다(그림 5).

나. 난소와 정소의 조직학적 변화

난소내의 난발달 상태와 정소내의 정자발달 상태를 그림 6과 7에 나타내었으며, 난세포의 발달단계에 따른 난모세포들의 월별 출현빈도를 그림 6에 나타내었다.

5월에 들어서면서 일부 개체(약 8%)에서 그림 6-A와 같은 난황형성 전기의 난모세포로 이루어진 난소를 가지고 있었으며 그 외는 모두 휴지기의 난모세포들로 이루어진 난소를 가지고 있었다(그림 5). 8월이 되면 거의 대부분의 개체들의 난소는 그림 6-B상태의 난황형성기의 난모세포들로 채워져 있었으며, 9월이 되면서 산란직전의 성숙한 난모세포를 가진 개체들과 그림 6-C와 같은 산란 후 난소 모습을 보이는 개체들도 보였다. 그리고 일부(19%)는 휴지기에 접어든 개체들도 보였다. 그리고 이듬해 4월에 채집된 암컷들은 그림 6-D에 나타난 것과 같은 휴지기의 난소를 가지고 있는 것이 대부분이었다(그림 7).

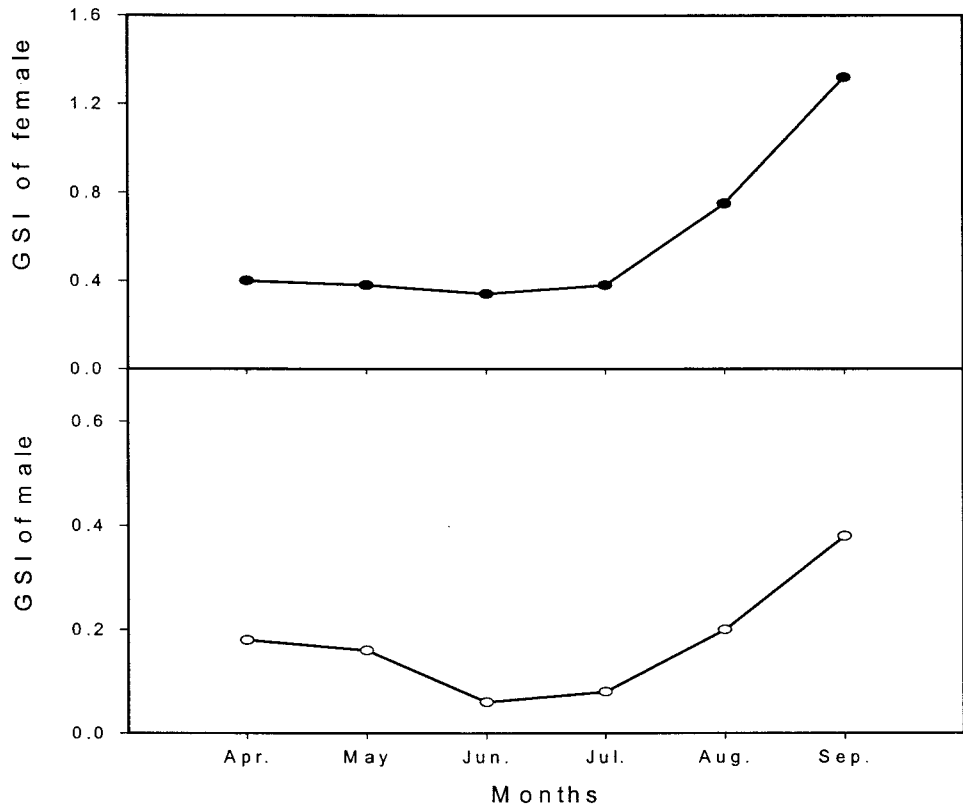


그림 5. 어획된 옥돔의 성성숙속도지소(GSI) 월 변화.

Fig. 5. Monthly variation of gonadosomatic index (GSI) values of *Branciostegus japonicus* caught off the sea of Jeju area.

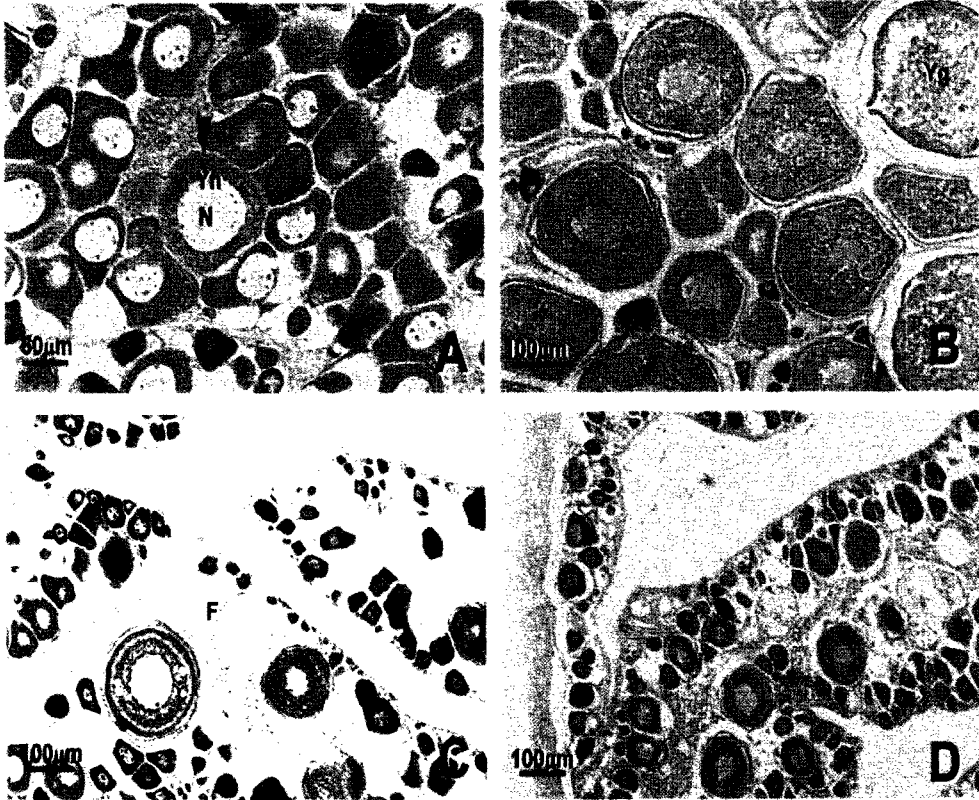


그림 6. 옥돔의 난자 형성 과정.

Fig. 6. Histological observation of female *Branciostegus japonicus*.

A: Ovary occupied with oocytes in previtellogenesis stage. B: Ovary occupied with oocytes in vitellogenesis stage. C: Ovary occupied with oocytes in spent stages. D: Ovary occupied with oocytes in resting stage. F, vacant follicle; N, nucleus; Yn(arrow), yolk nucleus; Yg, yolk glouble.

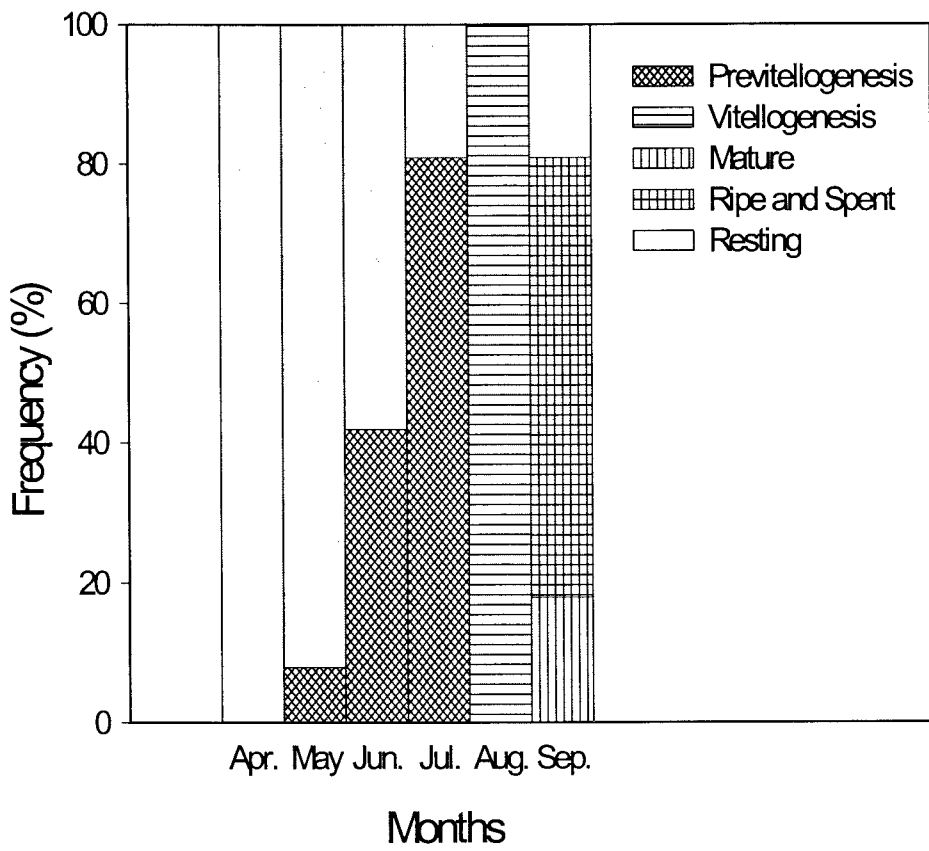


그림 7. 생식소 내 난의 성숙 발달 상태.

Fig. 7. Monthly frequency of sexual maturation stages in female caught off the sea of Jeju area.

한편, 정소의 조직학적 변화는 그림 8에 나타내었다. 정소는 많은 정소세관으로 구성되어 있으며, 4월의 정소는 정소 세관을 따라 상피세포들로부터 정원세포들이 분열 증식하는 모습들이 보였으며 정소세관 내에는 정자들이 관찰되지 않았다(그림 8-A). 5월에 접어들면서 분열 증식된 정원세포는 정모세포로 발달하여 정소세관을 두껍게 형성하기 시작하여 7월부터 정모세포의 발달하는 모습을 확연하게 관찰할 수 있었으며 제1 정모세포, 제2 정모세포 그리고 정세포도 관찰할 수 있었다(그림 8-B). 그리고 일부 정소세관의 lumen에는 정자들이 관찰되었다(그림 8-C). 8월에서 9월에 채집된 수컷들의 정소는 정소세관 내에 성숙된 정자들로 채워져 있었다(그림 8-D).

따라서 암수의 GSI의 변화와 생식소의 조직학적 변화 그리고 여러 발달단계의 난소들의 출현빈도의 결과에 의해 본종의 산란기는 9월부터 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

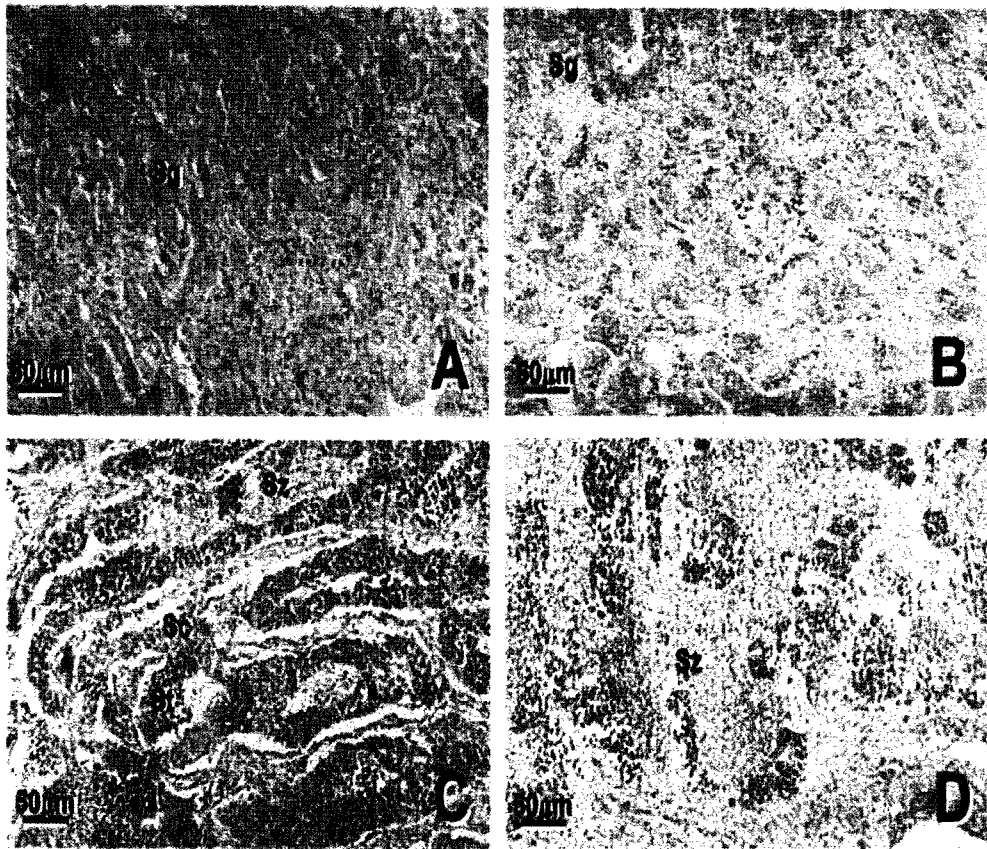


그림 8. 옥돔의 정자 형성 과정.

Fig. 8. Histological observation of male *Branciostegus japonicus*.

A: Early growing stage's testis. B: Growing stage's testis. C: mature stage's testis. D: Ripe stage's testis. Sc, Spermatocyte; Sg, spermatogonia; St, spermatids; Sz, spermatozoa.

2. 성 스테로이드 호르몬의 변동

4월부터 9월까지의 암수 성 스테로이드 호르몬의 변화를 각각 그림 9과 10에 나타내었다. 암컷들은 7월이후부터 성스테로이드 호르몬들의 혈중농도가 상승하기 시작하였으며 8월에 estradiol-17 β 와 testosterone의 혈중농도가 최고치에 이르렀으며, 17 α 20 β -OHP의 혈중농도는 9월까지 계속 상승하고 있었다. 이러한 결과로 보아 옥돔은 7월이후부터 난황형성이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있었으며 9월에 많은 개체들에서 배란과 산란이 이루어지고 있음을 알 수 있었다(그림 9).

한편, 수컷에 있어서는 7월까지의 성스테로이드 호르몬의 변화를 거의 볼 수가 없었으며 8월부터 testosterone과 11-ketotestosterone의 혈중농도의 증가를 보였으며 9월에 최고치를 보였다. 이러한 성 스테로이드 호르몬의 변동으로 보아 9월이 산란 성기임을 알 수 있었다(그림 10).

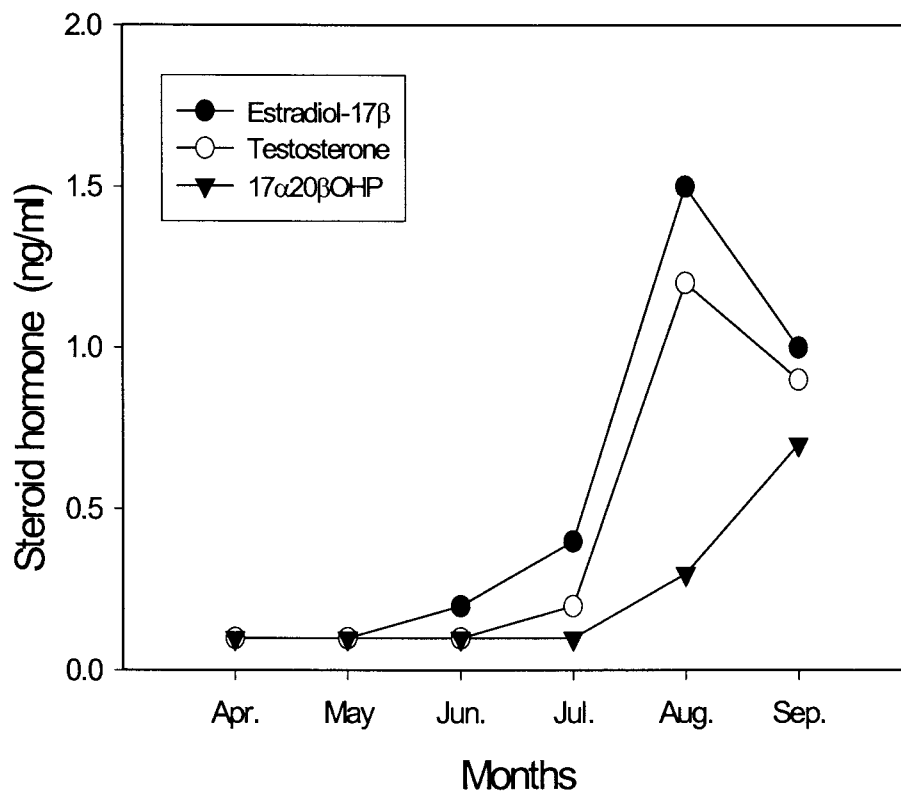


그림 9. 옥돔 암컷에서의 성 스테로이드 호르몬(estradiol-17 β , testosterone, 17 α 20 β -OHP) 월 변화.

Fig. 9. Monthly changes of steroid hormone values in female *Branciostegus japonicus*.

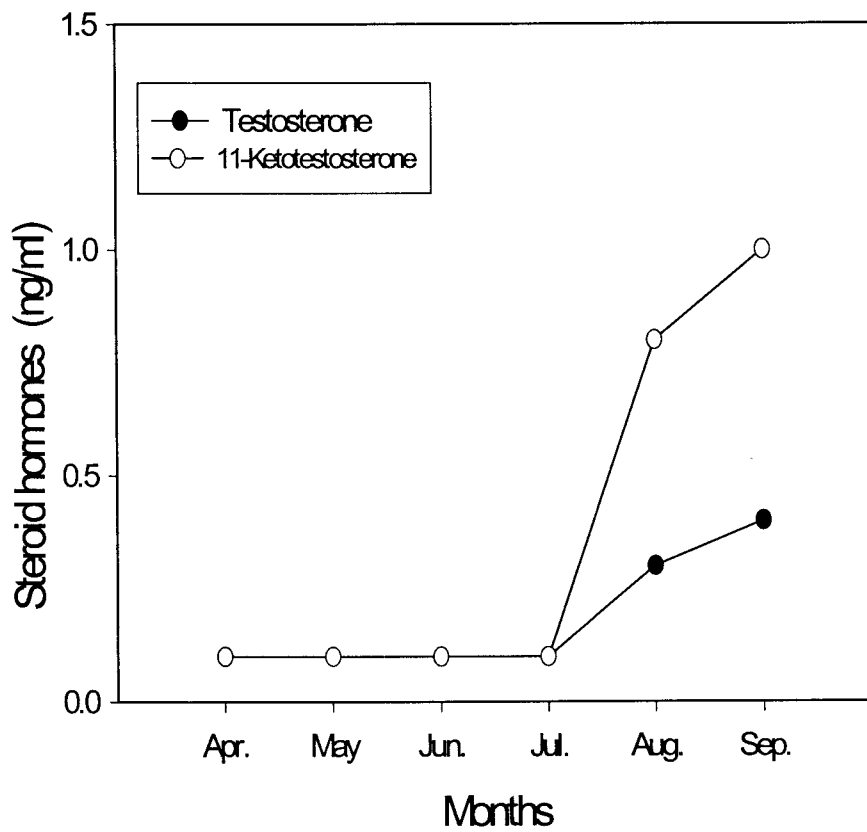


그림 10. 옥돔 수컷에서의 성 스테로이드 호르몬(testosterone, 11-ketotestosterone) 월 변화.

Fig. 10. Monthly changes of steroid hormone values in male *Branciostegus japonicus*.

3. 현장 채란 및 자연산란에 의한 수정란 생산

가. 어획 현장에서의 채란 가능성

어미사육에 의해 자연산란이 용이한 넙치나 돝류의 경우는 현장 채란은 비교적 종묘생산 초기인 1980년대에 이루어져왔다. 그러나 옥돔의 경우는 1년간 연구 결과 자연산 옥돔의 포란량이 적고 특히 수컷의 경우는 최소 600g 이상 대형개체로서 활어상태로의 어획이 이루어지지 않고 있다. 따라서 현장 채란에 의한 종묘생산 가능성을 조사하기 위하여 2001년도 6회(9/3, 9/17, 9/25, 10/6, 10/18, 10/24)와 2002년도에 회(9/15, 9/21, 10/6, 10/10) 및 2003년도 2회(10/5, 10/21)에 걸쳐 직접 현장에서 성숙 암수의 복부를 압박하여 인공수정을 실시하였다. 조사장소는 제주도 남제주군 표선읍 토산리 연안으로 수심 100m 내외에서 주낙용 선박에 직접 승선하여 조사하였다.

본 조사의 목적은 옥돔의 현장 채란에 의한 종묘생산 기초실험을 실시할 수 있을 뿐 아니라 현장에서 활어 상태의 어미에서 혈액을 채취한 후 성 스테로이드 호르몬 분석을 행함에 있었다.

옥돔의 주 산란기인 9월과 10월 사이에 총 12회에 걸쳐 어획 현장에서 채란 시험을 실시한 결과(표 9), 9월 중순까지는 전 개체에서 정자와 난자를 착출 할 수 없었으며, 복부 절개 시에 미성숙 상태의 난을 확인 할 수 있었으나 정소는 거의 찾기 어려웠다. 9월 하순 조사시에는 일부 대형 개체(체장 30cm, 체중 700g 이상)에서 일부 성숙한 난이 착출 되었으나, 정소는 거의 확인이 안되었고, 10월 초순이 되면서 성숙한 알을 소량(개체당 1g 내외)씩 착출이 가능하였고, 1마리의 수컷(체중 680g)에서 성숙한 정자가 확인되었으나 정소 중량이 1.2g으로 그 양이 매우 적었다. 10월 중순에서도 성숙한 알은 소량씩 착출이 가능하였으나 현장에서 인공수정이 가능한 정도의 성숙한 정소는 찾지 못하여 현재 채란을 할 수 없었다. 또한 현지 채란 결과 10월 하순에 접어들면서 대부분 산란이 이루어지는 것으로 분석되어서 전년도에 산란 생태 조사결과 보고 결과와 잘 일치하는 것으로 조사되었다.

이러한 현지 채란 결과를 분석하여 볼 때 옥돔은 현지 채란, 인공수정에 의한 종묘생산은 어려울 것으로 판단되며 소량의 정소를 절개한 후 수정시키는 방법이 필요할 것으로 판단된다. 특히 옥돔 수컷은 600g 이상 대형 개체이며 정소의 크기도 매우 작아서 성숙된 정자 확보가 용이하지 않아 정소 절개에 의한 수정 방법이 좋을 것으로 사료된다.

다. 자연산란에 의한 채란 가능성

안정적인 수정란 확보를 위하여 제주연안에서 주낙에 의거 어획된 어미를 구입한 후 실내 수조에서 사육 후에 자연산란 가능성을 조사하였다. 사용된 어미는 자연산 옥돔 102마리(평균 체중 400.9g, 체중 범위: 152.7~1136.3g)였고, 수심 2m의 수조(6.5×6.5×2.2m)에서 유수식으로 사육하였다(그림 11). 사육기간 중에 수온이나 빛은 조절하지 않았고, 매일 자체 제조한 먹이를 1회 공급하였다(표 10). 어획되는 옥돔 중에서 대형의 개체는 수컷 비율이 많은 것을 감안하여 400g 이상인 것을 35.3%되게 하였다. 자연산란은 9월 20일부터 10월 19일까지 1개월간 오전부터 오후까지 낮에 주로 이루어졌으나 전부 미수정란이었다. 산란이 종료된 후 어체 검사를 실시하였으나 수컷은 발견되지 않았으며, 이러한 이유는 금후 심도 있는 연구가 필요할 것이다(표 11).

표 9. 현지 채란 결과

Table 9. Stripping trials of *Branciostegus japonicus* caught at fishing grounds

Date (m/d/y)	Female			Male		
	No. fish stripped	No. eggs. taken	A m o u n t eggs taken	No. fish stripped	No. fish s p e r m s taken	
09/03/2001	34	0	0	3	0	
09/17	31	0	0	4	0	
09/25	21	0	0	7	1	
10/06	20	3	1.0 ml	5	2	
10/18	23	5	1.5 ml	7	0	
10/24	11	3	0.5 ml	7	3	
09/15/2002	21	2	0.5 ml	6	2	
9/21	16	0	0	6	0	
10/06	32	4	3.5 ml	11	3	
10/10	23	5	2.0 ml	9	1	
10/05/2003	22	0	0	8	2	
10/21	27	3	1.0 ml	6	2	

표 10. 자연산란을 위한 어미 수용 및 크기

Table 10. Number and body weight of parent fish stocked for natural spawning trial

Date of fish stocking	Jan. 25, 2003
Number of fish	102
Body weight (g)	
Range	152.7~1136.3
Mean±Standard deviation	399.9±192.2

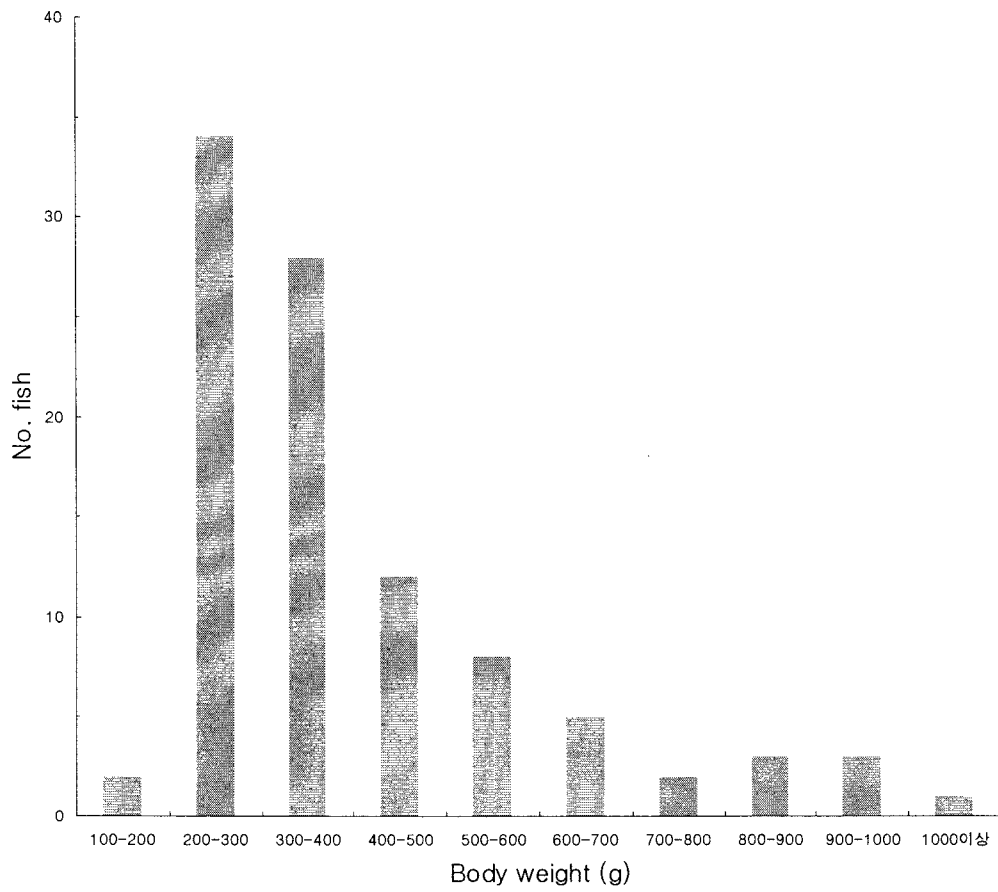


그림 11. 자연산란에 사용된 어미의 체중조성(n=102).

Fig. 11. Composition of body weight of broodstock used for spawning(n=102)

표 11. 실내수조에서의 자연산란 결과

Table 11. Duration and number of eggs spawned naturally at indoor tank

Duration of spawning	Aug. 21 ~ Oct. 8, 2003
Total days spawning occurred	25 days
Total number of eggs spawned	215 ml
No. eggs floated	176 ml
No. eggs deposited	39 ml
No. eggs spawned daily	
Minimal	5 ml
Maximal	23 ml
Average	8.6 ml

라. 군집 산란과 짝 산란

옥돔 산란 특성인 짝 산란에 대한 특성을 조사하기 위하여 2002년 8월 1일 실내에서 길들여진 옥돔을 산란용 수조에 수용하여 군집 산란과 비교하였다. 군집 산란은 어획된 옥돔 어미를 실내 수조에서 약 4주간 사육하면서 순치시킨 후 유효수량 15.1톤 콘크리트 수조 1개 (직경 4m, 수심 1.2m)에 수용하였다. 짝 산란의 경우는 암 수로 추정되는 순치된 어미 1쌍씩을 유효수량 3.3톤 폴리프로필렌 수조 3개에 3쌍을 수용하였다. 옥돔은 성숙이 이루어져도 외형상 암수의 구별이 뚜렷하지 않지만 수컷이 암컷에 비해서 월등히 큰 특징이 있다. 따라서 본 연구에서는 600g 이상의 것을 수컷으로 추정하여 구별하였다.

사용된 실험어의 크기 및 수용일자는 표 12와 같다. 군집산란은 전장 범위 30.9~37.0cm, 체중 범위 311.9~619.8g의 옥돔 총 15마리를 사용하였고, 짝산란에서는 전장 범위 29.9~37.5cm, 체중 범위 300.7~615.3g의 옥돔 총 6마리를 사용하였다.

옥돔은 일정한 세력권을 형성하는 것으로 보고되고 있지만 군집 산란을 유도하기 위해 혼합 사육하였으나 뚜렷한 세력권을 형성하는 현상은 보이지 않았다. 그러나 행동 습성상으로 볼 때 외부 자극에 민감하고 밀도에 대한 스트레스가 커서 사육 밀도는 높게 유지할 수 없을 것이다.

자연산란은 군집 산란 유도군에서는 9월 28일부터 10월 21일까지 3~4일 간격으로 소량 자연산란이 이루어졌으나 산란된 알은 전부 미수정란이었다. 한편, 짝산란을 유도군에서도 10월 6일부터 소량씩 자연산란 하였으나 전량 미수정 상태였다. 이러한 결과는 현재의 어획 방법으로는 활어 상태의 수컷 확보가 곤란할 뿐 아니라, 사육되는 수컷도 성숙 상태가 나쁘고 정자의 양이 극히 적은 것에 기인하는 것으로 생각되어지지만 이에 대한 심도 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다(표 13).

표 12. 군집산란과 짝산란에 사용된 어미 크기 비교

Table 12. Number and size of parent fish stocked for spawning inducement at group and pair stocking

	Group stocking	Pair stocking
Date of fish stocking	Aug. 8. 1	Aug. 8. 1
Number of parents	15	6
Size of parents		
Total length (cm)	30.9~37.0	29.9~37.5
Body length (cm)	26.0~31.0	25.3~31.5
Body weight (g)	311.9~619.8	300.7~615.3

표 13. 군집산란과 짝산란 유도에 의한 자연산란 결과

Table 13. Comparison of spawning between group and pair stocking

	No. tanks	Date of spawning	No. eggs spawned (ml)	Fertilization
Group stocking		Sep. 28	2.5	N.S.
		Oct. 2	3.5	N.S.
		Oct. 8	6.5	N.S.
		Oct. 10	2.5	N.S.
		Oct. 21	4.0	N.S.
Pair stocking	Trial 1	Oct. 6	0.2	N.S.
	Trial 2	-	-	
	Trial 3	Oct. 11	0.2	N.S.
		Oct. 28	0.3	N.S.

마. 일장 조절에 의한 성 성숙

본 사업의 1차 년도 연구 결과, 옥돔의 주 산란기는 9월 중순에서 10월까지로 밝혀졌다. 따라서 옥돔의 조기 산란 가능성을 조사하기 위하여 단일 처리에 의한 자연산란 현상을 조사하였다.

단일 처리에 의한 산란 연구를 위하여 실내 수조에서 길들여진 체중 범위 205~780g의 옥돔 32마리를 2002년 7월 20일 유효수량 20톤의 콘크리트 원형수조에 수용하였다. 사육 수조의 지붕을 검은 색 차광막으로 씌워 자연광을 차단하고 내부에 타이머가 부착되어 있는 200W 백열등으로 광량을 조절하였다. 일장 조절을 위한 광주기는 8L:16D로 설정하였고, 산란기간 중에는 수조에 채란망을 설치하여 매일 자연산란 결과를 조사하였다(표 14).

단일 처리된 수조에서의 자연 산란은 9월 17일부터 소량씩 관찰되었으나 전량 미수정 상태였다. 일일 산란량은 2~18ml로 미량이었고 산란은 3~5일 간격으로 이루어졌다.

이러한 산란 결과를 자연해수의 군집산란 실험구에 비교하여 보면, 산란 시작 시기는 단일 처리 실험구에서 다소 빨랐다. 그러나 옥돔의 성숙과 산란 특성상 실내 수조에서의 자연산란에 의한 양질의 수정란을 대량 확보하기는 어려울 것으로 판단되었다.

표 14. 단일처리에 의한 자연산란 결과

Table 14. Stocking of parent fish and spawning result at a photoperiod- controlled tank

Stocking of fish	
Date	July 20, 2002
Tank volume	∅5.0×1.5 m (20 ton)
Photoperiod (L/D cycle)	8L:16D
Length of body weight	205~780 g
Total No. fish	32
No. fish smaller than 500 g	22
No. fish bigger than 500 g	10
Spawning	
First spawned day	October 5, 2002
Total days spawned	7 days
Collected egg volumes	2~18ml
Fertilization	Not succeeded

4. 인위적 조절에 의한 성숙 및 산란 유도

가. 호르몬제의 처리에 의한 배란유도

경골어류에 있어서 난모세포의 최종성숙과 배란은 뇌하수체의 전엽에서 분비되는 생식선자극호르몬(gonadotropic hormone, GTH)의 통제하에 있으며, 난모세포의 여포세포에서 분비되는 여러가지 steroid hormone에 의해 직간접적으로 조절되고 있다(Goetz, 1983). 난성숙과정은 이러한 성 호르몬에 의하여, 배란전에 난핵붕괴, 세포질 응축, 제1극체 방출등이 일어나며, 이러한 과정은 성공적인 수정을 위해 필요하다(Nagahama, 1987b). 따라서 난핵 붕괴(germinal vesicle breakdown, GVBD)를 포함하는 난모세포의 성숙은 11-deoxycorticoids 또는 progestogens(Goetz, 1983)에 의해 유도되어지고, C₂₁ 스테로이드, 특히 20 β -hydroxyl group에서 매우 효과적이며, 그들 중에서 17 α 20 β OHP가 가장효과적인 스테로이드라고 일반적으로 알려져 있으며, 연어류와 잉어과 어류에서는 난모세포 2차 조정인자인 성숙유도물질(maturation inducing hormone: MIH)로 알려져 있다(Scott and canario, 1987: Yamauchi; et al., 1983: Adachi; et al., 1988: Goetz; 1983: Nagahama et al., 1983). 그러나 C₁₉와 C₁₈ 스테로이드 호르몬들은 효과가 적은 것으로 알려져 있다.

그리고 HCG는 난소의 최종성숙, 배란 및 산란유도에 있어서 *in vitro*와 *in vivo*에서 모두 효과적이라고 알려져 있으며, 값이 싸고 이용이 간편해 널리 사용되고 있다(Goetz, 1983; Donaldson and Huntet, 1983). 이들의 호르몬을 사용하여 옥돔의 성숙과 배란을 인위적으로 조절하여 성공적인 인공수정을 위해서는 이들 호르몬들의 난모세포 최종성숙과 배란유도를 효과적으로 유도할 수 있는 적정 농도를 결정하는 것이 매우 바람직한 일이다.

따라서 최종성숙과 배란유도에 적당한 호르몬들의 농도를 구명하기 위하여 농도별, 시간별로 최종성숙과 배란의 비교효과를 *in vitro*로 조사하였다.

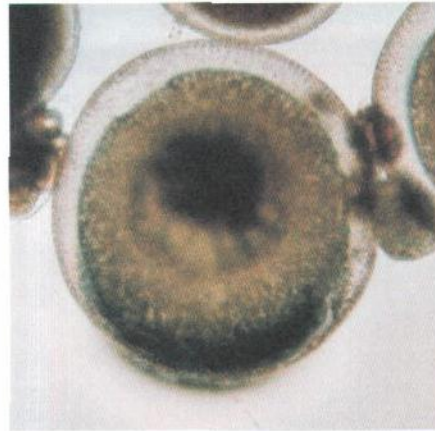
9월에 현장에서 채집한 암컷 옥돔을 시험장 실험실로 운반한 후 수조내에서 일정기간 사육하면서 복부가 팽대 되었다고 생각되는 것을 실험실로 수송하였으며, 사용된 실험어는 전장 20cm, 체중은 136g 이었다.

운반된 실험어는 ethyl 4-aminobenzoate 로 마취시킨 후, 난황형성 직후의 난소조직을 절취하여 TBSS(Trout Balanced Salt Solution, Jalabert and Fostier, 1984)로 세척한 후 난소를 절단하여 더 작은 난소조직으로 분리하였다. 결합조직과 혈관을 제거한 뒤 가는 편셋으로 난모세포들을 하나씩 분리한 후 투명액(Ethanol : Formaline : Glacial acetic acid = 6: 3: 1, Stoeckel, 1992)으로 투명화 시킨 후 난

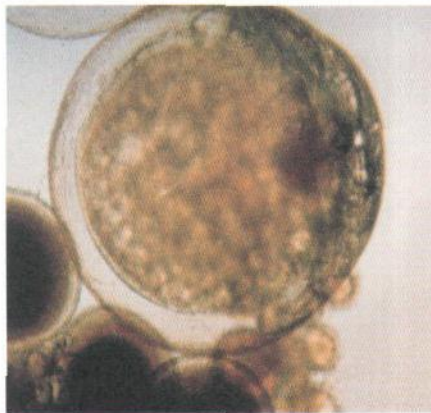
핵(GV: germinal vesicle)의 위치를 확인하여 난황형성이 완료되었다고 판단되는 난으로 GV가 중앙에 위치한 난모세포를 분리하여 사용하였다(그림 12). 모든 실험과정은 무균상태로 얼음 조각 위에서, 배양은 $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 이루어졌으며, 비교 실험구는 동일한 어미로부터 얻어진 난들로 2회 이상 반복구로 이루어졌다. 난모세포들은 50개씩 각 well(6-well plate)로 옮겨져 호르몬을 농도별로 투여한 Leibovitz L15 배양액으로 배양한 후 GVBD와 배란여부를 현미경하에서 관찰되었으며, 난성숙 형태는 그림 12에 나타내었다.



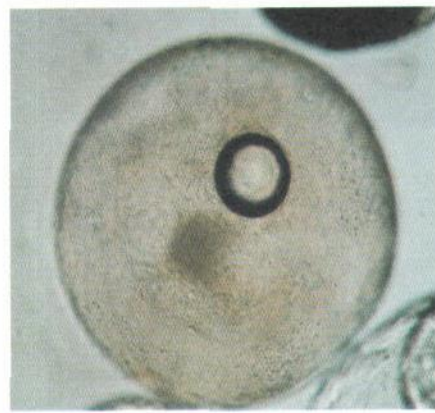
A



B



C



D

그림 12. 호르몬 처리에 의한 배란유도.

Fig. 12 Photomicrographs of *Branchiostegus japonicus* oocytes during the course of hormones-induced oocyte maturation and ovulation *in vitro*. All oocytes were treated with a "clearing" fixative prior to observation.

A, Full growth oocyte; B, The GV (an arrow) is beginning to migrate to the surface from the oocyte center; C, Oocyte having undergo GVBD, D; Ovulated oocyte.

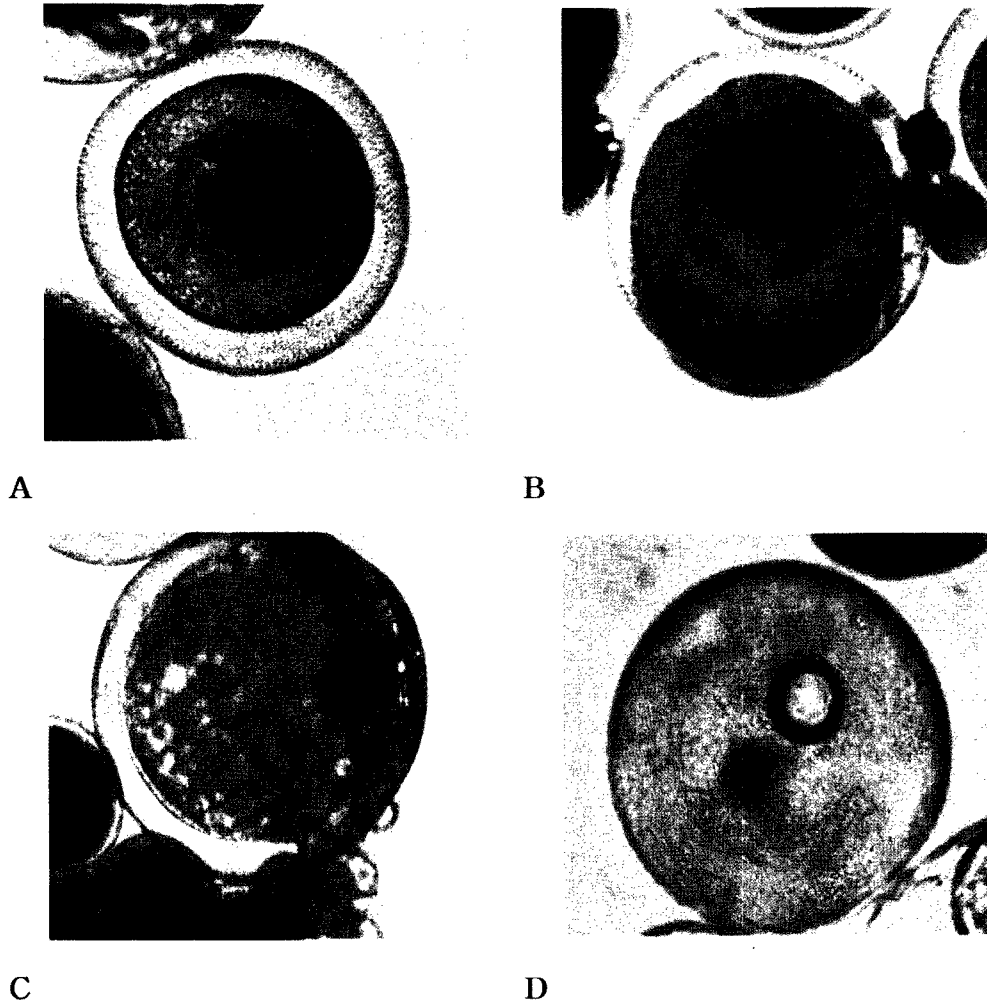


그림 12. 호르몬 처리에 의한 배란유도.

Fig. 12 Photomicrographs of *Branchiostegus japonicus* oocytes during the course of hormones-induced oocyte maturation and ovulation *in vitro*. All oocytes were treated with a "clearing" fixative prior to observation.

A, Full growth oocyte; B, The GV (an arrow) is beginning to migrate to the surface from the oocyte center; C, Oocyte having undergo GVBD, D; Ovulated oocyte.

실험에 사용된 4종의 스테로이드 호르몬의 종류는 다음과 같다. $17\alpha 20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one($17\alpha 20\beta$ OHP), 17α -hydroxyprogesterone(17α OHP), Progesterone(P4), 17β -estradiol (E2)와 단백질 호르몬인 human chorionic gonadotropin (HCG)는 모두 순도가 높은 시약을 사용하였다(Sigma chemical Co. Ltd). 스테로이드류는 에탄올 농축액으로 냉동보관 후 사용직전 질소가스로 건조시킨 뒤 사용하였다. 스테로이드 호르몬의 농도는 10, 100, 1000 ng/ml과 HCG농도는 50, 500, 1000 IU/ml 였으며 반응시간은 16, 20, 24 시간 배양하였다. 실험에 사용된 용액은 pH 7.6~7.7, 삼투압 305~310 milliosmol 로 조절한 후 millipore filter(0.2 μ m) 로 여과시켰다.

이들 호르몬에 의한 옥돔 난모세포의 GVBD 결과는 그림 13, 배란 결과는 그림 14에 나타내었다. 분리된 난모세포를 대상으로 난의 최종성숙 유도효과를 알아보기 위하여 4종의 steroid hormone과 HCG를 농도별, 시간별로 실험하였다(그림 13). $17\alpha 20\beta$ OHP는 18시간후에 100ng/ml 에서 55%로 가장 빠른 반응 효과를 나타낸 반면 대조구 5%에서는 12%로 비교적 낮게 나타났다. 17α OHP는 100ng/ml 에서 22%, 1000ng/ml 에서는 각각 24%로 낮은 반응 효과를 나타내었다. P4은 100과 1000ng/ml에서 각각 28% 와 32%의 반응을 보인 반면 10ng/ml에서는 35%의 반응을 보였다. 24시간후는 100ng/ml에서 17α OHP와 $17\alpha 20\beta$ OHP에서는 모두에서 40%이상의 높은 반응을 나타내었는데 반하여 HCG, E2, P4에서는 40%이하의 비교적 낮은 성숙률을 보였다. $17\alpha 20\beta$ OHP는 10ng/ml, 100ng/ml, 1000ng/ml에서 각각 42, 44, 56%였으며, 17α OHP는 10ng/ml, 100ng/ml, 1000ng/ml에서 각각 40, 40, 41%의 값을 나타내었다.

HCG의 경우는 50, 500, 1000ng/ml 에서 각각 28, 34, 31%로 모두에서 대조구보다 높은 반응 효과를 나타냈으나, E2를 제외한 다른 steroid hormone들 보다는 낮은 효과를 보였다.

배란효과에 있어서도 그림 14에 나타낸바와 같이 최종성숙 효과와 같은 경향을 보여주고 있었다.

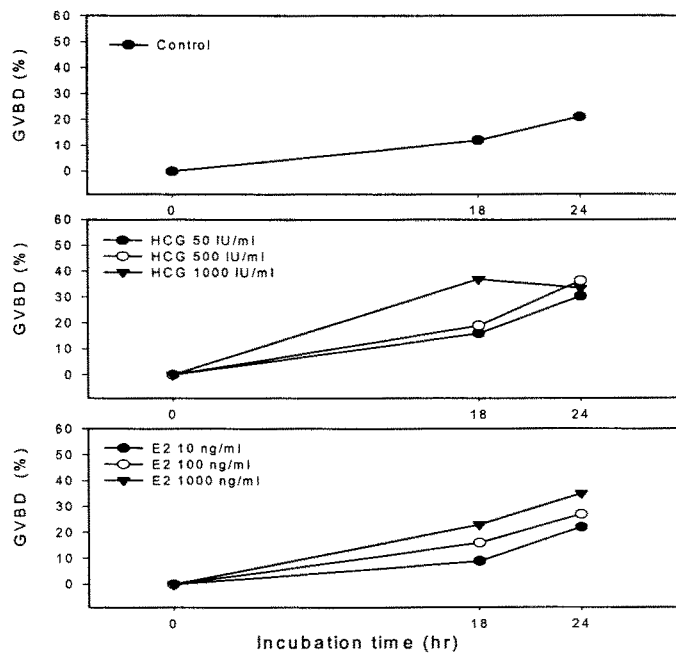


그림 13. 호르몬 처리에 의한 난핵붕괴(GVBD) 효과.
 Fig. 13. The effects of HCG, estradiol-17 β (E2), 17 α OHP, P4 and 17 α 20 β OHP on *in vitro* GVBD in oocytes.

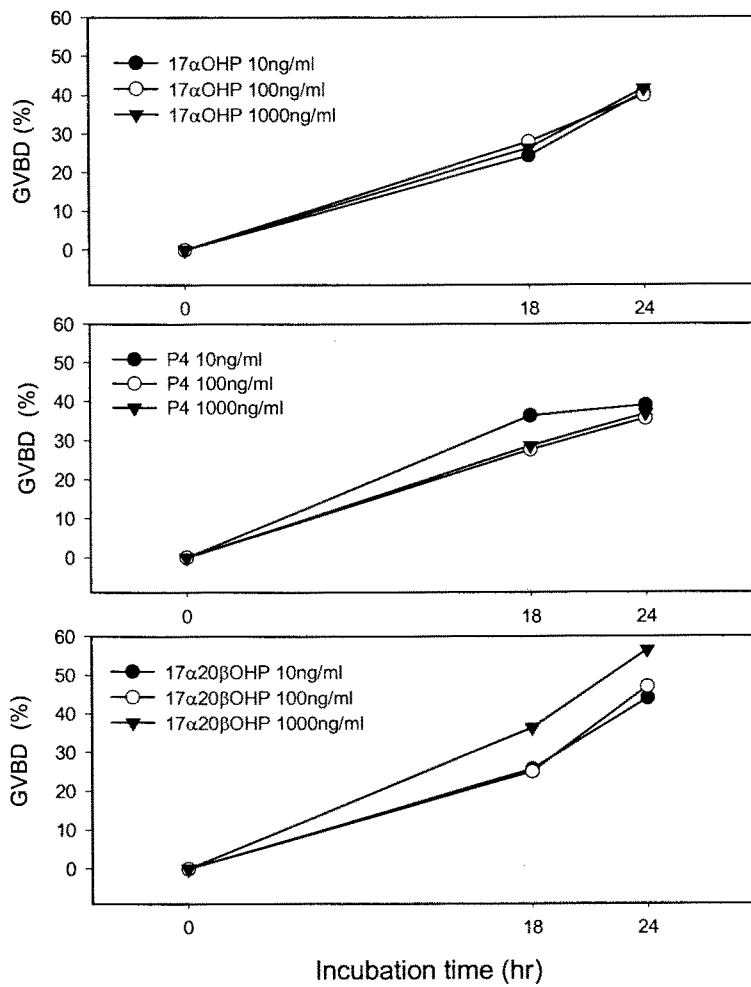


그림 13. (계속).

Fig. 13. (Continued).

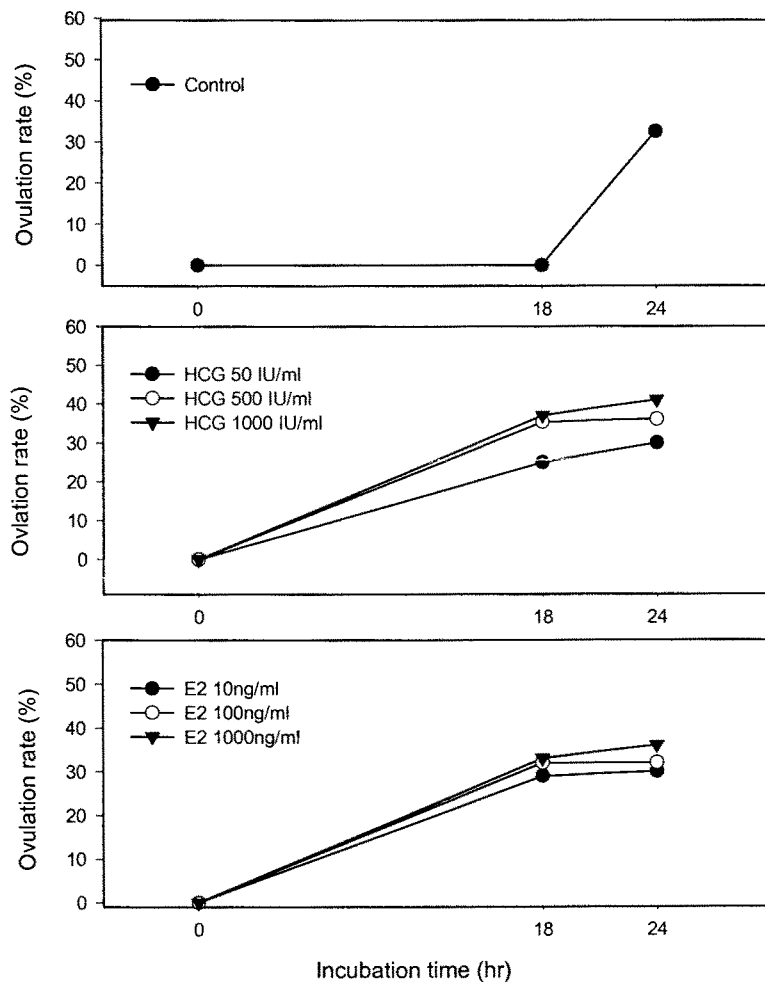


그림 14. 호르몬 처리에 의한 배관효과.

Fig. 14. The effects of HCG, estradiol-17 β (E2), 17 α OHP, P4 and 17 α 20 β OHP on *in vitro* ovulation rate of oocytes.

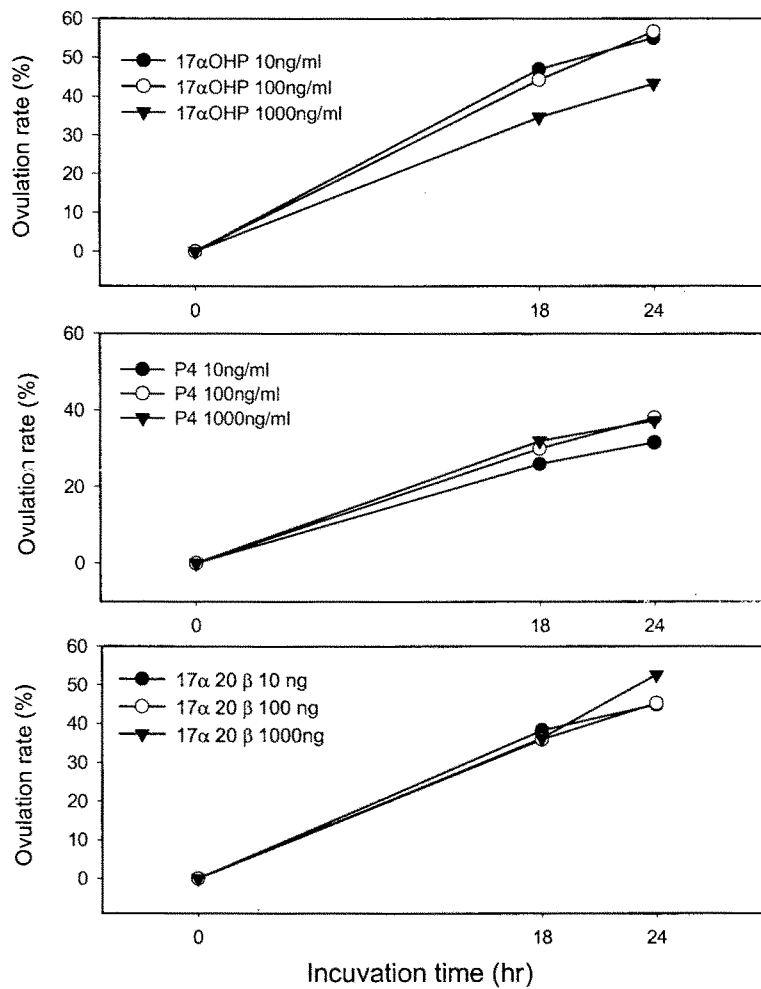


그림 14. (계속).

Fig. 14. (Continued).

나. HCG 주사에 의한 성숙 및 배란 유도

(1) 채란을 위한 적정 HCG 주사량

어류의 인위적인 배란유도 및 산란유도를 위해 일반적으로 널리 이용되고 있는 Human Chorionic Gonadotrophin (HCG)의 이용 가능성과 그 적정농도를 구명하기 위해 난황 형성을 종료한 암컷에 대하여 HCG 호르몬 농도를 달리하여 채란량 및 채란율을 조사하였다. 실험은 2차에 걸쳐 실시하였다. 1차 실험은 산란기 난황 형성이 완료된 시점인 9월 20일부터 9월 28일까지 어획된 암컷 15마리를 5마리씩 3개군으로 하여 HCG 주사량을 각각 100 IU/kg, 500 IU/kg 및 1,000 IU/kg 투여하였다(표 15-1). 사용된 어미의 체중 범위는 235~430g이었다. HCG 100/kg 주사 실험구에서의 배란은 24시간 경과 시까지는 이루어지지 않았고, 48시간 경과 후에 가능하였지만 5마리 중 1마리만이 가능하여 20%의 배란율을 보였다. HCG 500/kg 주사구에서는 24시간부터 5마리 중 3마리가 가능하여 60%를 보였고, 48시간 경과 후에는 80%의 배란율을 보였다. 한편 일반적으로 해산어류에 주로 사용되는 농도인 HCG 1000/kg 주사구에서는 24시간 경과 후에는 60%의 비교적 높은 배란율을 보였으나 48시간 후에는 40%, 72시간 후에는 반응을 보이지 않았다.

2002년 9월 30일부터 10월 6일 사이에 어획된 옥돔 어미를 25마리를 5개의 실험구로 나누어서 HCG 주사량을 200 IU/kg, 400 IU/kg, 600 IU/kg, 800 IU/kg 및 1000 IU/kg을 주사하여 2차 실험을 행하였다(표 15-2). 사용된 어미의 크기는 223.4~452.0g이었다. 호르몬 처리 후 24시간부터 성숙란을 채란할 수 있었으나 48시간 경과 후에 최적의 배란율을 보였다. 800IU/kg 이상 주사한 실험구에서는 폐사현상이 관찰되었고, 72 시간 경과되면서 배란율도 낮아졌다. 이 결과로 볼 때 옥돔은 비교적 낮은 농도의 HCG 주사에 의해 성숙과 배란 유도가 가능하였으나, 최적의 호르몬 처리량과 시간은 400 IU/kg를 주사한 후 48시간 경과하여 채란하는 것이었다.

(2) HCG 주사 후 적정 채란 시간

산란기간 중 어획된 어미에 HCG 주사에 의한 성숙 및 배란 효과를 구명하기 위한 실험을 행하였다. 실험에 사용된 어미는 제주 연안의 주낙에서 어획되는 것 중 육안 관찰에서 채표에 상처가 없고 생존 가능성이 높은 것을 구입하였다. 사용 어미는 2002년 9월 23일부터 10월 5일까지 구입된 것으로 총 42마리 중 암컷 38마리와 수컷 4마리였다. 수컷은 어체가 크기 때문에 활어 상태로 생존이 어려워서 충분한 정소 확보를 위해서 서귀포 수협 위판장에서 선어 상태로 판매되는 옥돔의 정소를 모아 사용하였다(표 16).

표 15. HCG 주사 농도를 달리한 옥돔의 배란 유도 (1차실험)

Table 15. Comparison of ovulation rates by different injection contents of HCG
(First trial)

Injection content (IU/kg)	24 hours		48 hours		72 hours	
	No. fish ovulated	Ovulation rate(%)	No. fish ovulated	Ovulation rate(%)	No. fish ovulated	Ovulation rate(%)
100	-	0	+	20	+	20
500	+++	60	++++	80	++	40
1000	+++	60	++	40	-	0

표 15. (계속, 2차 실험)

Table 15. (Continued, Second trial)

Injection content (IU/kg)	24 hours		48 hours		72 hours	
	No. fish ovulated	Ovulation rate(%)	No. fish ovulated	Ovulation rate(%)	No. fish ovulated	Ovulation rate(%)
200	++	40	+++	60	++	40
400	+	20	++++	60	+	20
600	+++	60	++(1)*	40	-	0
800	+++	60	++	40	+(1)*	20
1000	++(1)*	40	++(1)*	50	-	0

*Numbers of fish dead during the experiment

본 실험에 사용된 총 42 마리 어미의 크기를 표 16에 나타내었다. 사용된 암컷 38마리의 체중은 125.0~401.7g 범위였고, 수컷은 4마리의 체중은 465.0~754.9g 범위였다. 사용된 어미의 크기 분포와 성비는 일반적으로 500g 이하에서는 거의 암컷이었고, 500g 이상에서 수컷 비율이 높아지면서 700g 이상에서는 거의 수컷 출현율이 높았다. 200g 이하의 암컷에서는 난소가 작고 미숙 상태의 난이 많아서 호르몬제를 투여하여도 정상적인 알을 확보할 수 없어서 종묘생산을 위한 암컷의 적정 크기는 250~450g 정도였다. 실험에 사용된 암컷의 생식소 중량은 채란 전에 폐사한 어미를 대상으로 조사한 결과 3.0~17.6g 범위로 대량 종묘생산을 위해서는 다량의 어미 확보가 필요할 것으로 분석되었다.

옥돔 성숙과 배란에 HCG 호르몬의 효과를 구명하기 위하여 암컷 마리당 HCG 호르몬 100IU를 복강에 주사하여 24, 48 및 72시간 후 복부 압박에 의한 채란을 실시하고 그 결과를 표 17에 나타내었다. 2002년 9월 23일부터 10월 5일까지 6회에 걸쳐 암컷 어미 마리당 100IU의 HCG를 주사한 결과 24시간부터 채란이 가능한 것이 3회였다. 가장 양질의 알을 얻을 수 있는 것은 주사 후 48시간 경과 후였고, 72시간 경과 후에는 오히려 감소할 뿐 아니라 채란을 위한 어미 채포에 의해 상당수가 폐사하는 현상이 관찰되어 HCG 주사 후 채란 최적 시간은 48시간 후로 조사되었다. 한편, 채란 과정 중 또는 채란 후 3일 후에 거의 전량 폐사함으로써 호르몬 처리에 의한 인공수정을 시킬 경우 어미 사육은 어려울 것으로 판단되었다.

호르몬 주사 후 1회 착출 시의 확보 가능한 개체별 채란량은 1.5~8.6ml로 다른 어종에 비해 적은 것으로 조사되어 대량 종묘생산을 위해서는 다수의 어미 확보가 관건이라고 생각된다. 또한, 인공수정이 가능한 시기는 GSI의 추이와 암컷 어미를 활어로 확보할 수 있는 9월 하순부터 10월 중순까지 대단히 짧고, 암컷 1마리 당 확보 가능한 채란량은 2~3만개로 다른 해산어종에 비해 대단히 적어서 이 기간에 폭풍 등으로 출어를 할 수 없을 경우를 대비하여 대형수조를 이용하여 암컷 어미를 확보하여 연중 사육하는 하는 것이 안정적인 수정란 확보를 위한 바람직한 방법이 아닌가 판단된다. 그러나 옥돔 어미 확보와 사육에는 여러 가지 어려운 점이 많으나 현재 어미를 사육 중에 있고, 사육 기술을 개발한다면 더욱 안정적인 양질의 수정란 확보와 종묘생산이 가능할 것이다.

표 16. HCG의 성숙과 배란 효과 실험에 사용된 어체 크기

Table 16. Number and size of parent fish used for maturation and ovulation

	Female	Male
No. fish	38	4
Total length (cm)	23.2~33.0	34.0~38.2
Body length (cm)	19.4~29.3	29.3~32.0
Body height (cm)	5.2~7.9	8.4~10.5
Body weight (g)	125.0~401.7	465.0~754.9

표 17. HCG 호르몬 처리에 의한 암컷 옥돔의 배란 효과

Table 17. Effect of ovulation rate by HCG injection

Trial	Date of injection	No. fish	No. fish ovulated/Ovulation rate (%)		
			24 hours	48 hours	72 hours
1	Sep. 23	4	-	1/25.0	1/25.0
2	Sep. 24	6	-	2/33.3	4/66.6
3	Sep. 26	5	1/20.0	3/60.0	-
4	Sep. 29	8	1/12.5	4/50.0	1/12.5
5	Oct. 2	5	-	3/60.0	1/20.0
6	Oct. 5	4	1/25.5	2/50.0	2/50.0

(3) 어체 크기에 따른 HCG에 대한 채란 반응률

어체 크기에 따른 HCG 주사에 의한 채란율을 조사하기 위하여 제주 연안에서 주낙으로 어획된 후 일정 기간 안정시킨 옥돔 어미를 2002년 10월 16일 어체 크기 별로 5마리씩 수용하였다. 어체중 1 kg당 300IU의 HCG를 근육에 주사한 후 일정 시간 경과 후의 채란율을 보면, 체중 범위 300~400g에서 15ml, 400~500g에서 21ml로서 200g 이하의 어미에서 2ml이나 500g 이상의 어미에서 11ml보다 높은 결과를 얻었다. 자연 어장에서 어획되는 옥돔 중에서 500g 이상에서는 수컷 비율이 높기 때문에 채란에 쓰이는 적정 암컷 크기는 400g 전후로 추정된다. 채란 기간 중의 생존율은 200g 이하에서는 100%였으나 어체 크기가 커지면서 생존율이 낮아져서 200~500g 사이에서는 80%, 500g 이상에서는 60%였다(표 18). 이러한 폐사 현상은 수심 100m 내외에서 서식하는 옥돔을 주낙으로 어획하는 과정중 어체 손상과 함께 수송과 호르몬 주사에 따른 손상 부위에 비브리오균이 감염되어 발생하였다. 생식공을 중심으로한 복부의 손상과 특히 꼬리 부위 부식에 의한 결손이 흔히 관찰되었다.

(4) 자연산과 사육산 어미의 HCG에 대한 채란 비교

2003년 10월 11일 어획된 어미와 사육된 어미에 대한 HCG 암컷 1마리당 100IU를 근육에 주사한 후 24, 48, 72, 및 96시간이 경과되었을 때의 채란 결과를 비교하여 표 19에 나타내었다.

어획산의 경우 HCG 주사 후 24, 48, 72 및 96시간 경과되었을 때의 채란율은 각각 14.3, 27.3, 25.0 및 14.3%였다. 사육산의 경우는 8.7%에서 31.8%의 범위였다. 평균 채란율은 어획산과 사육산에서 각각 5.1% 및 3.0%였다. HCG 주사 후 채란까지의 적정 경과시간은 48시간에서 72시간이었다. 한편, 호르몬 주사 후 채란까지의 96시간 생존율은 사육산에서가 88.0%로서 어획산의 38.0%보다 매우 높은 결과를 보여주었다.

표 18. 어체 크기에 따른 채란 반응률

Table 18. Effect of ovulation and spawning by fish size injected 100 IU HCG

Body weight	No. female	No. fish ovulated/ No. dead fish				Mean No. eggs stripped (ml)*	Survival (%)
		24 hours	48 hours	72 hours	96 hours		
Smaller than 200 g	5	0	2	0	0	2	100
200~300	5	1	3/1	2	1	3	80
300~400	5	0	3	2	2/1	15	80
400~500	5	2/1	2	1	1	21	80
Larger than 500 g	5	1/1	2/1	0	1	11	60

* Total number of eggs stripped ÷ Number of fish stocked × 100

표 19. HCG 호르몬 주사에 의한 자연산과 사육산 어미의 채란 반응을

Table 19. Comparison of ovulation rate by captured and reared parent fish injected 100 IU HCG

	Female	
	Captured	Reared
HCG injection		
Date	Oct. 11, 2003	Oct. 11, 2003
No. female injected	18	25
Body weight of female (g)	280~438	303~473
Ovulation rate (%)/mortality (inds.)		
24 hours	14.3/4	8.7/2
48 hours	27.3/3	31.8/1
72 hours	25.0/3	26.1/0
96 hours	14.3/1	13.7/0
Mean No. eggs. stripped (ml)*	5.1	3.0
Mortality of female stocked	11	3
Survival rate of female (%)	38.0	88.0

* Total number of eggs stripped/No. fish stripped × 100

제 4 절 고 찰

산란기에 어획된 옥돔을 5마리씩 크기별로 분류하여 호르몬 처리 후의 채란량을 조사한 결과를 보면 체중 범위 300~400g에서 15ml, 400~500g에서 21ml로서 200g 이하의 어미에서 2ml이나 500g 이상의 어미에서 11ml보다 높은 결과를 얻었다. 자연 어장에서 어획되는 옥돔 중에서 500g 이상에서는 수컷 비율이 높기 때문에 채란에 쓰이는 적정 암컷 크기는 400g 전후로 추정된다.

경골어류에 있어서 난모세포의 최종성숙과 배란은 뇌하수체의 전엽에서 분비되는 생식선자극호르몬(gonadotropic hormone, GTH)의 통제하에 있으며, 난모세포의 여포세포에서 분비되는 여러가지 steroid hormone에 의해 직간접적으로 조절되고 있다(Goetz, 1983). 난성숙과정은 이러한 성 호르몬에 의하여, 배란전에 난핵붕괴, 세포질 응축, 제1극체 방출등이 일어나며, 이러한 과정은 성공적인 수정을 위해 필요하다(Nagahama, 1987b). 따라서 난핵붕괴(germinal vesicle breakdown, GVBD)를 포함하는 난모세포의 성숙은 11-deoxycorticoids 또는 progestogens(Goetz, 1983)에 의해 유도되어지고, C₂₁ 스테로이드, 특히 20 β -hydroxyl group에서 매우 효과적이며, 그들 중에서 17 α 20 β OHP가 가장효과적인 스테로이드라고 일반적으로 알려져 있으며, 연어류와 잉어과 어류에서는 난모세포 2차 조정인자인 성숙유도물질(maturation inducing hormone: MIH)로 알려져 있다(Scott and canario, 1987; Yamauchi; et al., 1983; Adachi; et al., 1988; Goetz; 1983; Nagahama et al., 1983). 그러나 C₁₉와 C₁₈ 스테로이드 호르몬들은 효과가 적은 것으로 알려져 있다.

그리고 HCG는 난소의 최종성숙, 배란 및 산란유도에 있어서 *in vitro*와 *in vivo*에서 모두 효과적이라고 알려져 있으며, 값이 싸고 이용이 간편해 널리 사용되고 있다(Goetz, 1983; Donaldson and Huntet, 1983). 이들의 호르몬을 사용하여 옥돔의 성숙과 배란을 인위적인 조절하여 성공적인 인공수정을 위해서는 이들 호르몬들의 난모세포 최종성숙과 배란유도를 효과적으로 유도할 수 있는 적정 농도를 결정하는 것이 매우 바람직한 일이다.

따라서 최종성숙과 배란유도에 적당한 호르몬들의 농도를 구명하기 위하여 농도별, 시간별로 최종성숙과 배란의 비교효과를 *in vitro*로 조사하였다.

9월에 현장에서 채집한 암컷 옥돔을 시험장 실험실로 운반한 후 수조내에서 일정기간 사육하면서 복부가 팽대 되었다고 생각되는 것을 실험실로 수송하였으며, 사용된 실험어는 전장 20cm, 체중은 136g 이었다.

산란기에 어획된 암컷 어미와 실내 수조에서 사육된 어미를 호르몬을 처리하여

채란 반응률을 조사한 결과, 자연산의 경우 개체당 평균 채란량은 5.1%로서 수조에 서 사육 후에 채란된 사육산의 3.0%보다 높게 나타났다. 그러나 어획 및 채란 과정 중의 어체 손상과 스트레스에 의해 자연산의 경우 생존율은 38.9%에 불과하였으나 사육산의 경우는 88.0%로 높게 나타나서 안정적인 채란을 위해서는 겨울철부터 어미를 확보하여 사육하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 또한 옥돔의 생태적 특성 상 어획 시의 생존율이 10% 미만이고 조업의 불확실성을 감안하면 더욱 산란기 전에 충분한 어미를 확보하고 사육시키는 것이 좋을 것이다. 또한 수컷 정소의 확보는 어시장에서 건옥돔을 만들기 위해서 버리는 비교적 대형의 수컷 생식소를 확보하여 냉장 보관하면서 사용하는 것이 편리할 것으로 생각된다.

어체 크기에 따른 HCG 주사에 의한 채란율을 보면, 체중 범위 300~400g에서 15 ml, 400~500g에서 21ml로서 200g 이하의 어미에서 2ml이나 500g 이상의 어미에서 11ml보다 높은 결과를 얻었다. 또한 제주 연안에서 어획되는 옥돔 중에서 500g 이상에서는 수컷 비율이 높기 때문에 채란에 쓰이는 적정 암컷 크기는 400g 전후로 추정된다.

제 3 장 종묘생산 기술개발

제 1 절 서 설

종묘생산은 양식을 시도하거나 방류를 통한 자원조성을 위해서 가장 기본이 되고 중요한 단계이다. 우리 나라에서 해산어의 인공종묘생산 단계를 보면, 1970년대에 접어들면서 시도되기 시작하여(卞과 盧, 1970), 1980년대 초반에 넙치, 참돔, 감성돔, 조피볼락에 대한 종묘생산이 성공하기에 이르렀다(卞과 盧, 1981; 노 등, 1987a; 노 등, 1987b; 閔 등, 1987a; 孫 등 1987a)을 거쳐, 1980년대 후반부터 넙치와 참돔의 어미를 실내에서 사육하여 자연산란 유도에 성공함으로써(閔 1987; 閔 등 1987b; 孫 등 1987b; 白 등 1987; 李 등 1990; 李 등 1991) 대량생산 체제를 갖추게 되었다.

자치어의 종묘생산 과정 중에는 대량 폐사하는 기간인 위험기 (critical period)가 있다고 여러 연구자에 의해 보고된 바 있다(山下 1967; 平野 1963; 李 등 1989). 이러한 요인은 일반적으로 외부 먹이의 크기, 모양, 영양 및 공급 밀도 등 먹이의 양과 질에 크기 좌우된다. 근년에 기술이 발달됨에 따라 이러한 먹이에 대한 문제점은 많이 개선되어서 위험기간 중 대량 폐사하는 현상은 현저히 줄어들었다. 그러나 이러한 특성은 어종에 따라 다르기 때문에 안정적인 종묘생산을 위해서는 우선적으로 구명해야하는 문제이다. 특히, 난황이 흡수된 직후의 자어에 적절한 크기의 먹이 공급이 실패할 경우 대량 폐사가 일어날 수 있다(岡本 1969; 平野 1969).

본 연구에서는 옥돔 종묘생산을 위한 기초연구로서 수정란의 발생과정과 특성을 관찰하였고, 부화된 자어를 종묘생산에 이용하면서 그 특성과 먹이생물 섭식 등을 분석하였다. 또한 인공생산된 치어의 연 성장 특성과 생존율을 조사하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 난발생 및 자치어 외부형태 변화

옥돔 난의 발생과정을 조사하기 위하여 2002년 9월 29일 어획된 어미를 착출법에 의해 수정시킨 후 22.2℃의 인큐베이터에서 수정란을 수용하였다. 수정란은 2ℓ의 유리 비이커 5개에 각각 수정란 5 ml씩 수용하였고, 옥돔 수정란이 무색 투명한 분리부성란으로서 관찰은 직접 현미경 하에서 실시하였다. 발생 과정은 난발생 단계별 특징 및 소요시간을 조사하였다.

2. 종묘생산 기술개발

옥돔 인공종묘생산 기초연구를 위하여 2002년도 16회 및 2003년도에 12회에 걸쳐 종묘생산을 시도하였다. 9월 23일부터 11월 17일까지 16회에 걸쳐 종묘생산을 실시하였다. 사용된 어미는 제주연안에서 어획되어 온 옥돔을 구입하여 수조로 이동 즉시 HCG 호르몬을 어체중 1 kg당 300IU를 주사한 후 48시간과 72시간이 경과한 후 착출법으로 채란하였다.

옥돔의 수컷은 어체가 크기 때문에 어획 시에 낚시를 완전히 삼킬 뿐 아니라 어획 중에도 외부 손상이 심하여 생존 가능성이 암컷에 비해 크게 낮았다. 또한 생식소 중량도 0.3~1.9g으로 다른 어류에 비해 작음으로써 충분한 양의 정자를 확보하기가 어려웠다. 이러한 정자의 안정적인 확보를 위하여 본 연구에서는 선어 상태의 수컷에서 정소를 적출하여 냉장 보관하면서 절개하여 인공 수정에 사용하였다. 인공수정에 이용한 수컷은 옆줄 부위에 적황색 가로띠가 선명한 것을 구입한 후 아이스박스에 얼음을 채워서 이동한 다음 냉장 보관하였다. 정자는 0.3~1.0g 전후의 정소를 추출한 후 혈액 등의 불순물을 충분히 제거한 후 가위로 잘게 잘라서 45 μ m의 플랑크톤 네트로 찌꺼기를 제거하여 정자를 추출하였다. 추출된 정자액에는 해산어류용 생리 식염수(표 20)를 정소 중량의 약 50배 희석하여 인공수정에 사용하였다.

인공 수정은 채란된 난에 정자 추출액을 난량에 따라 2~5ml 넣고 약하게 흔든 다음 약 50ml의 해수를 가해서 약 10분간 놓아 둔 후 3~5회 세란시킨 후 종묘생산을 위한 수조에 수용하여 종묘생산을 실시하였다. 부화될 때까지 종묘생산 수조는 가온 없이 유지하였고, 부화 후 3일경인 입이 열릴 시기부터 로티퍼를 최초 먹이로 공급하였다. 수정란 수용 시의 사육수는 단순히 여과해수만을 사용하는 방법, 수정란 수용 전 약 3주부터 식물성 플랑크톤으로 배양하는 방법, 및 혼합하는 방법을 사용하였다. 전체 사용된 어미는 2002년도에 353마리, 2003년도에 425마리였다.

사용된 먹이계열은 부화 후 3일부터 35일까지 로티퍼를 공급하였다. 부화 후 15일부터는 *Artemia*를 부화시켜 공급하기 시작하여 38일까지 지속하였다. 배합사료는 부화 후 15일째부터 소량씩 공급하다가 먹이 길들이기가 완료된 후부터 충분한량을 공급하였다. 또한 사육수의 수질 안정과 공급된 로티퍼에 먹이를 공급하기 위하여 수정란 수용 후 30일까지는 배양 중인 해산 미세조류를 약간 양씩 첨가하였다.

사육수는 부화후 1주일 경과되었을 때부터 약간씩 가온하기 시작하였고, 사육기간 중의 수온은 20~24 $^{\circ}$ C를 유지하였다. 종묘생산 기간 중 사육수조에서의 자치어 사육 특성을 관찰하였고, 성장과 생존율을 조사하였다.

표 20. 인공수정을 위해 정자액에 희석한 해산어용 생리식염수 성분

Table 20. Composition of saline solution used for serum dilution

Constituent	Formula weight (g/mol)	Marine teleost (concentrations in m mol/L)
NaCl	58.4	134
KCl	74.6	2.5
CaCl ₂ · 2H ₂ O	147	1.5
MgCl ₂ · 6H ₂ O	203	1
NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	138	0.5
NaH ₂ CO ₃	84	15

제 3 절 결 과

1. 난의 특성과 발생

2002년 9월 29일 인공수정 시킨 후 평균 수온 22.2°C의 인큐베이터에서 난발생을 관찰하였다. 수정란은 구형인 분리 부성란이었다. 난경은 $93.4 \pm 21.0\mu\text{m}$ 이었고, $17.1 \pm 5.8\mu\text{m}$ 크기의 유구 1개를 가지고 있으며 무색이며 반투명한 난황이 있다.

난발생 과정과 특성을 그림 15에 나타내었다. 수정된 알은 수온 $22.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 수정 후 10~20초 후에 위란강(perivitelline space)이 생기면서 배반(blastodisc)이 형성되었다(A). 수정 후 33분만에 배반이 동·식물극을 축으로 나뉘어지는 제 1난할이 시작되어 2세포기에 이르렀다(B). 제 2난할은 제 1난할이 완료된 후 약 26분만에 4세포기에 이르렀고(C), 1시간 2분 후에 8세포기(D), 1시간 12분 후에 16세포기(E), 1시간 29분후에 32세포기(F), 2시간 4분 후에 64세포기에 이르렀다(G). 난할이 계속 진행되면서 할구의 크기가 점점 작아지고, 수정 후 2시간 58분만에 배반을 구성하는 할구의 수를 셀 수 없는 상실기로 되었다(H). 수정 후 4시간 3분만에 포배기(I)에 이르면서 배반엽(blastoderm)이 융기되기 시작했다. 그 후 차츰 배반엽이 넓어지면서 난황을 덮기 시작하였다. 수정 후 12시간 12분이 경과되었을 때 배반은 차츰 난황을 덮으면서 배환(germ ring)이 형성되는 초기 낭배기에 접어들었다(J). 수정 후 13시간 49분만에 배순(embryonic shield)이 형성되면서 배체가 나타났다(K).

수정 후 16시간 30분이 지나면서 두부가 발달하면서 안포가 형성되었고, 7~8개의 근절이 형성되었다(L). 이 때 쿠퍼씨포(Kupffer's vesicle)가 배체의 뒤쪽 부분에서 관찰되었다. 수정 후 23시간 39분만에 눈에 lens가 생기고 안포 뒤쪽에 이포가 형성되었으며, 이어서 배체의 움직임이 시작되면서 가끔 심장박동이 관찰되었다. 꼬리부분이 난황으로부터 분리되고 배체의 움직임이 더욱 활발해졌다(M). 수정 후 27시간 03분 부화가 시작되었고, 부화 직후의 자어는 평균 전장 1.55mm, 평균 체고 0.84mm였다(N).

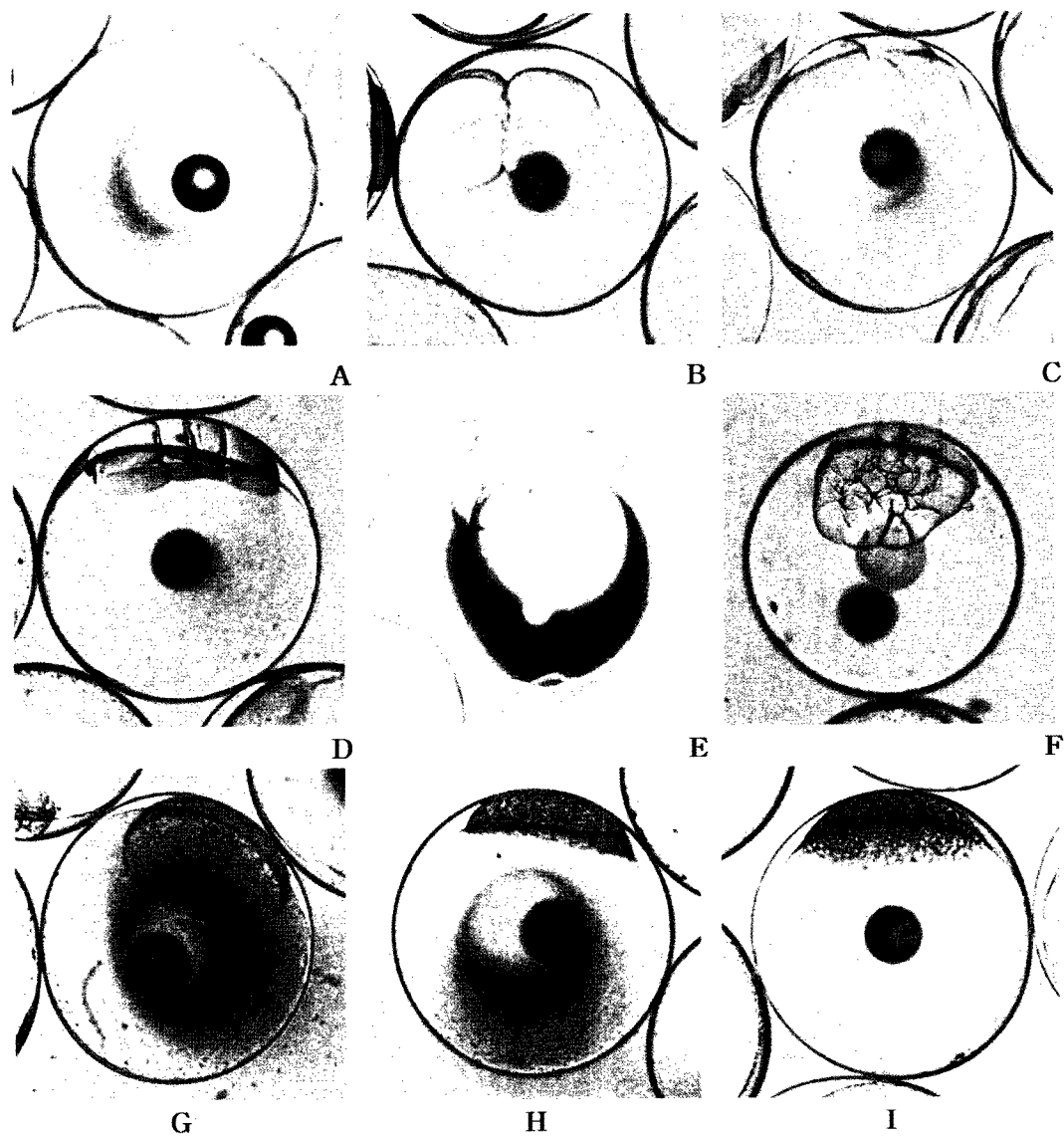


그림 15. 옥돔 난발생 과정 및 부화.

Fig. 15. Embryonic development and hatching of *Branchiostegus japonicus*.

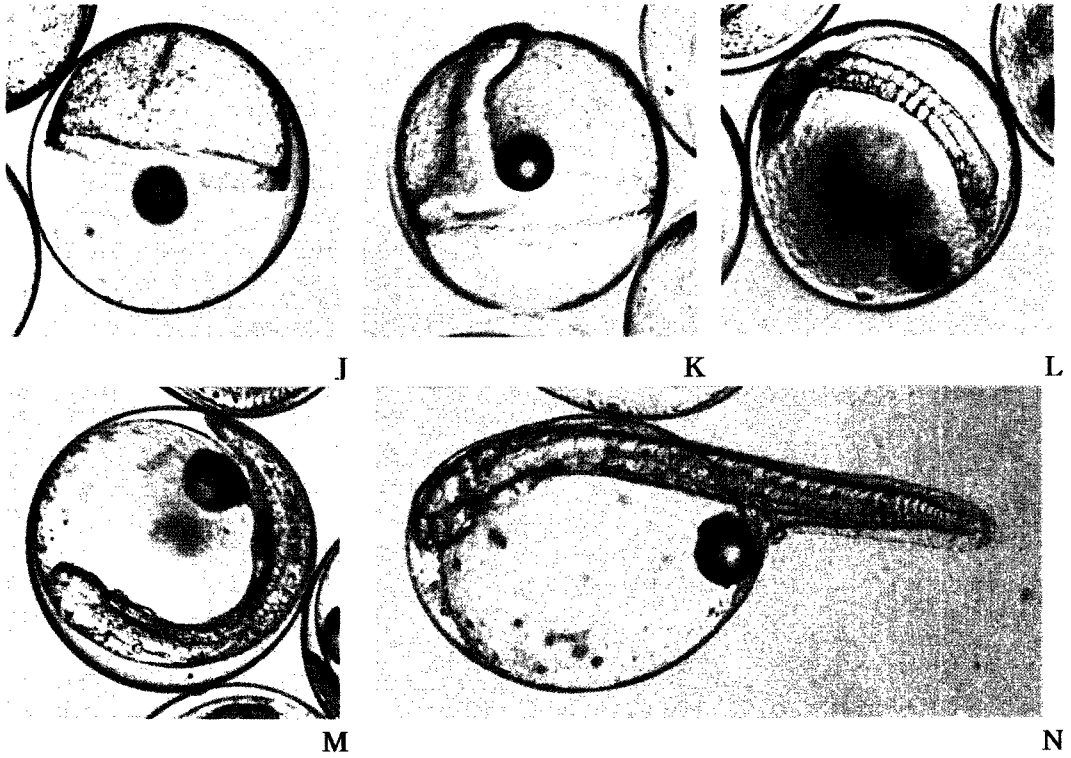


그림 15. (계속).
Fig. 15. (Continued).

2. 종묘생산 기술개발

가. 대량종묘생산을 위한 실제

2002년 9월 23일부터 11월 17일까지 16회에 걸쳐 산란기에 이른 자연산 암컷 어미를 구입하여 HCG 호르몬을 마리 당 100 IU를 주사하여 48시간 후에 착출법으로 채란하고 어시장에서 확보한 수컷 정소와 인공수정 시킨 후 부화된 자어 사육하여 종묘생산을 시도하였다.

(1) 정소 확보를 위한 적정 방법

이러한 정자의 안정적인 확보를 위하여 본 연구에서는 선어 상태의 수컷에서 정소를 추출하여 냉장 보관하면서 절개하여 인공 수정에 사용하였다. 인공수정에 이용한 수컷은 옆줄 부위에 적황색 가로띠가 선명한 것을 구입한 후 아이스박스에 얼음을 채워서 이동한 다음 냉장 보관하였다. 정자추출은 0.3~1.0g 전후의 정소를 추출한 후 혈액 등의 불순물을 충분히 제거한 후 가위로 잘게 잘라서 45 μ m의 플랑크톤 네트로 찌꺼기를 제거하여 정자를 추출하였다. 추출된 정자액에는 해산어류용 생리 식염수(표 20)를 정소 중량의 약 50배 희석하여 인공수정에 사용하였다. 인공수정은 채란된 난에 정자 추출액을 난량에 따라 2~5ml 넣고 약하게 흔든 다음 약 50ml의 해수를 가해서 약 10분간 놓아 둔 후 부화시키는 방법을 택하였다.

자치어 사육에 사용된 총 채란량은 353천개였고 그 중 127천 마리가 부화되어 36.0%의 부화율을 보였다. 초기 부화자어에 대한 먹이는 기존의 로티퍼를 사용하였으나 먹지 못하는 현상이 관찰되어 11월 9일 이후 채란분에 대해서는 물만들기 방법에 의해 먹이생물 생태계가 조성되어 있는 수조에서 초기사육을 실시한 후 정상적인 종묘생산을 실시하였다. 물만들기 수조는 수정란을 수용하기 약 1개월 전부터 해수를 채운 후에 동식물성 먹이생물이 자연적으로 발생되게 한 후에 수정란을 수용하는 방법을 택하였다.

2003년도에는 10월 4일부터 10월 23일까지 425천개의 채란하여 100천마리의 자어를 부화(부화율: 25.9%)시켜 자치어 사육을 실시하고 있다. 사용된 어미는 10월 4일 최초 채란분을 제외하고는 대부분 실내수조에서 약 1년간 사육했던 것을 대상으로 실시하였다. 초기 자어 사육을 일반적인 해산어 종묘생산 방법을 택하였으나, 초기 1주일간은 자연조건에서 물만들기가 되어있는 해수를 0.5톤 내외를 주입시키는 방법을 택하였다. 사용된 먹이계열을 표 21에 나타내었다. 부화 후 3일째부터 로티퍼

를 공급하기 시작하여 35일까지 지속하였고, 로티퍼 공급 기간 중인 부화 후 15일째부터는 *Artemia*를 혼용하였다. *Artemia*공급은 자어 부화 후 38일까지 지속하였고, 부화 후 15일째부터는 넙치 자치어용 초기 미립자사료를 사용하여 사료에 적응할 수 있도록 하였다.

최초 로티퍼에 대한 섭식 능력은 부화 후 3일부터 시작하였으나 소형 로티퍼를 공급함에도 불구하고 섭식력을 약하였고 섭식 가능한 개체도 20%를 넘지 못하였다. 부화 후 7일에는 50% 이상의 자어가 로티퍼를 섭식하였고 개체당 3~9개의 로티퍼가 소화관 내에서 관찰되었다. 부화 후 2주일이 지나면서 먹이를 먹지 못하는 개체는 폐사됨에 따라 조사된 전 개체의 소화관 내에서 로티퍼가 관찰되었고, 개체당 섭식 로티퍼 수는 8.7개 였다. 부화 후 21일에는 알테미아가 소화관 내에서 관찰되었으나 활발한 섭식 능력은 30일 지나면서 이루어졌다.

2002년도 종묘생산 실험 결과 최종 100일간 생존은 총 16회의 자치어 사육 시도 중에서 3회만 성공하였고 총 2천 마리를 생산할 수 있었다(표 22). 그리고 자어의 사육 과정은 표 23과 같다.

한편 인공 종묘 생산된 옥돔 치어의 길이 성장(전장)과 무게 성장(체중)의 변화를 월별로 관찰한 결과, 전장은 5월에 급격한 증가치를 체중은 10월에 급격한 증가치를 보였다(그림 16).

표 21. 종묘생산 과정 중의 먹이 계열

Table 21. Feeding regime during seedling production procedure

Kinds of live foods	Days after hatching	Density	Daily feeding	Enrichment
Green water	until 30 days			
Rotifer	3~35 days	2~5 inds./ml	2~4 times	condensed <i>Chlorella</i>
<i>Artemia</i>	15~38 days	0.1~2 inds./ml	1~2 times	
Formulated feed	after 15 days	sufficiently	5~10 times	

표 22. 2002년도 자치어 사육 결과

Table 22. Spawning, hatching, and larval rearing performed in 2002 year

Spawning		Hatching			Larval rearing			Supposed reasons of larval mortality
Date (m/d)	No. (10 ³)	Date (m/d)	No. (10 ³)	Survival (%)	Days survived	100 day-survival (10 ³ /%)	Rearing method	
9/23	12	-	-	-	-	-	Routine	Not hatched
9/30	8	10/1	3	37.5	0	-	"	
10/10	12	10/12	7	58.3	3	0	"	
10/11	21	-	-	-	0	-	"	Not hatched
10/16	9	10/18	5	55.5	3	0	"	
10/20	61	10/22	45	73.8	13	0	"	Not known
10/21	17	10/23	5	29.4	3	0	"	
10/22	32	-	-	-	0	-	"	Not hatched
10/25	11	1/27	3	27.3	7	0	"	First feeding failed
10/26	96	10/28	35	36.5	8	0	"	First feeding failed
10/30	7	11/1	2	28.6	3	0	"	
11/7	30	11/9	8	26.7	8	0	"	First feeding failed
11/8	12	11/10	3	25.0	6	0	"	First feeding failed
11/9	15	11/11	6	40.0	Survived	0.5	Green water	
11/16	5	11/18	3	60.0	Survived	1.3	"	
11/17	5	11/19	2	40.0	Survived	0.2	"	
Total	353		127	36.0		2.0		

표 22. (계속)

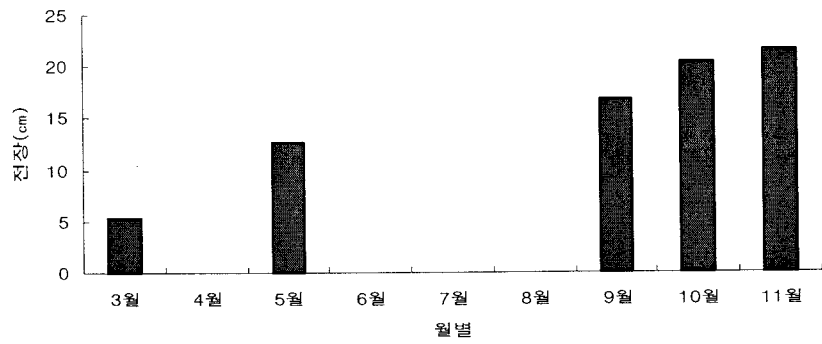
Table 22. (Continued)

Spawning		Hatching			Larval rearing			Supposed reasons of larval mortality
No. (10 ³)	No. (10 ³)	Date (m/d)	No. (10 ³)	Survival (%)	Days survived	100 day-survival (10 ³ /%)	Rearing method	
10/4	3	10/6	2	66.7	7	0	Routine	First feeding failed
10/8	10	10/10	3	30.0	8	0	Green water	First feeding failed
10/10	20	10/12	7	35.0	Survived	Survived	Mixed	
10/11	105	10/13	12	11.4	0	0	-	
10/14	24	10/16	2	8.3	3	0	-	
10/16	25	-	-	-	-	-	-	
10/17	30	10/19	25	83.3	Survived	Survived	Mixed	
10/18	80	10/20	3	3.8	Survived	Survived	Green water	
10/22	88	1//24	53	60.2	Survived	Survived	Mixed	
10/23	40	10/25	3	7.5			Mixed	
10/27	25	10/29	-	-	-	-	-	
10/28	27	10/30	5	18.5	-	-	-	First feeding failed
Overall	425		110	25.9				

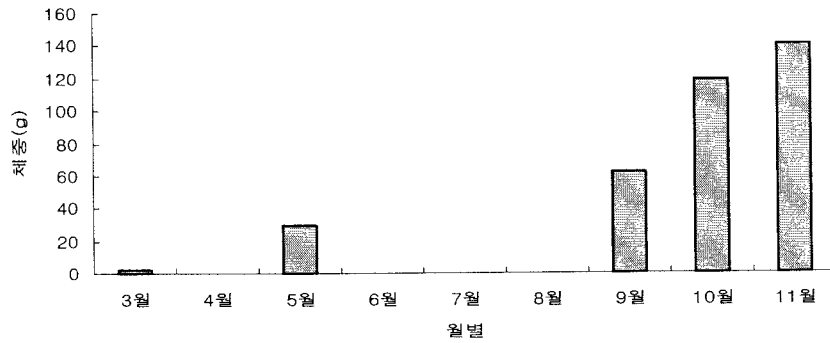
표 23. 종묘생산 과정 중의 자치어의 특성 변화

Table 23. Observation and characteristics of fry and juvenile during seedling production procedure

Days after hatching	Water temp. (°C)	Total length (mm)	Observation
0	20.2	0.89	Fertilized eggs: large yolk sac, floated on the surface
1	20.5	1.65	Just-hatched larva: Mouth and anus were not open
5	21.5	2.74	Rotifer feeding started Yolk sac was almost absorbed
8	22.1	3.56	Yolk sac and oil globule were absorbed pigmentation began around both eyes
10	22.2	3.70	Schooling on the surface
15	22.3	4.2	Grouping under the bottom and corners Started feeding on <i>Artemia</i> and copepods
21	21.4	4.5	Active feeding on <i>Artemia</i> and commercial feed
33	23.3	6.2	No feeding on rotifer
52	22.2	9.5	No feeding on <i>Artemia</i> Feed on commercial feed only



옥돔 종묘의 월별 전장(cm) 성장



옥돔 종묘의 월별 체중(g) 성장

그림 16. 인공 생산된 종묘의 전장과 체중 성장.

Fig. 16. Growth in total length and body length of artificially-produced *Branchiostegus japonicus*.

나. 인공생산된 종묘의 성장 특성

표 24는 남제주수산종묘시험장에서 실시한 옥돔 인공 종묘 당년생어의 성장과 생존을 정리한 것이다. 사육 개시시 1020마리였던 옥돔 자어는 사육 종료시 129마리로 생존율 12.6%을 나타내었다. 전장은 실험개시시 $3.6 \pm 1.4\text{cm}$ 였던 것이 실험종료시에는 $21.6 \pm 2.3\text{cm}$ 로 성장하였고 실험 종료시의 체중은 $140.1 \pm 47.7\text{g}$ 였다. 이러한 낮은 생존율은 사육기간 중 단수에 의한 사고 및 수조 밖으로 탈출의한 것이었다. 연성장 패턴은 여름철 고수온기를 거친 후 수온이 낮아지면서 빠른 성장을 보였다.

표 24. 인공생산된 당년생 옥돔의 성장과 생존

Table 24. Growth and survival of *Branchiostegus japonicus* yearling

	Initial	Final
Date	Feb. 7, 2003	Nov. 10, 2003
No. fish	1020	129
Total length (cm)		
Mean±standard deviation	3.6±1.4	21.6±2.3
Minimal	2.6	17.5
Maximal	4.8	25.5
Body length (cm)		
Mean±standard deviation	3.0±1.3	18.0±1.9
Minimal	2.1	14.6
Maximal	4.0	21.5
Body weight (g)		
Mean±standard deviation	Not measured	140.1±47.7
Minimal	Not measured	64.4
Maximal	Not measured	243.2

제 4 절 고 찰

옥돔은 수컷이 암컷에 비해서 크기 때문에(Okumura et al. 1996) 어획에 의한 자원감소 현상이 뚜렷한 어종이다. 또한 정소의 크기가 작아서 인공채란을 위한 충분한 양의 정자확보가 매우 어려운 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 어시장에서 옥돔 정소를 확보하여 냉장 보관해 두면서 인공채란에 사용하는 방법을 실시하였다. 본 연구에서 보면, 정자 추출액은 당일 채취하여 사용하는 것이 가장 활력이 있어 좋으나 부득이 할 경우에는 5℃에서 냉장 보존 후 사용하여도 2~3일간은 정상적인 수정이 이루어짐으로써 금후 인공 채란에 좋은 자료가 될 것으로 사료되었다.

감성돔에서는 종묘생산 과정 중 3회의 위험기가 있다고 보고하고 있다(平野 1969). 첫째는 부화 후 5~7일 경에 일어나며 친어의 난질 불량 또는 첫 먹이 섭식 실패에 기인한다. 2차 위험기와 3차 위험기는 각각 부화 후 12~15일과 20~25일에서 일어나며, 이는 모두 적절한 먹이생물을 충분히 먹지 못했기 때문이다. 참돔의 경우도 부화 후 4~5일, 부화 후 13~20일 및 21~30일경에 대량폐사 현상이 보고되고 있다(岡本 1969). 본 연구에서는 부화되고 난황이 흡수되고 난 후 대량 폐사 현상이 관찰되었다. 이는 난황이 흡수되면서 외부로부터의 먹이 섭식이 정상적으로 이루어져야함(Bogdanova 1970; Aronovich et al. 1975; Rana 1990)에도 불구하고 이에 대한 실패가 원인으로 생각된다. 해산어 종묘생산에 최초 먹이로 널리 이용되고 있는 로티퍼 (*Brachionus plicatilis*)는 伊藤(1960)에 의해 시도된 이래, 대부분의 해산어류에 널리 사용되고 있는 먹이생물이다(Nagata 1989). 옥돔에서 최초 로티퍼 섭식 실패는 평균부화 자어의 크기가 1.55mm로서 로티퍼를 첫 먹이로 사용하는 해산어류에 비해서 작기 때문으로 생각된다. 따라서 해산어류 종묘생산을 위해서는 물만들기 방법에 의한 시도가 좋을 것으로 사료되며, 또한 능성어 등 소형의 구경을 갖는 어류에 널리 사용되는 s-형 로티퍼를 사용하는 것도 좋을 것으로 생각된다.

2002년도 인공종묘 생산된 평균전장 3.6mm, 평균체장 3.0mm의 당년생 옥돔을 2003년 2월 7일부터 11월 10일까지 실내 수조에서 사육하여 평균전장 21.6mm, 평균체장 18.0mm, 평균체중 140.1g으로 성장하였다.

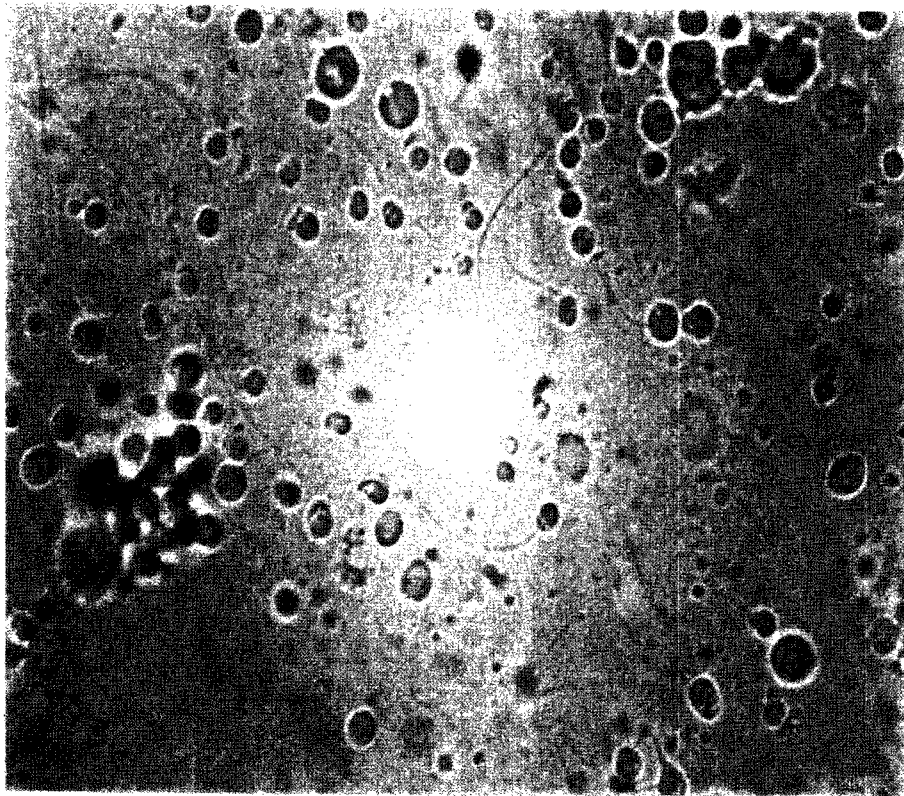


그림 17. 인공수정에 사용되었던 옥돔 정자.

Fig. 17. Microscopic observation of sperms stripped and diluted by saline solution.

제 5장. 양식 가능성 검토

제 1 절 서 설

우리나라의 해산어류 양식형태는 육상수조에서는 넙치, 해상가두리에서는 조피볼락 중심으로 이루어지고 있다. 이러한 소수 어종의 집약적 양식은 종묘구입 용이성, 생산비 및 유통비 절감 등 유리한 점도 있으나, 유행성 질병 발생 및 과잉생산에 따른 가격 폭락 등 문제점을 안고 있다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안 중 하나는 어종을 다양화시키고 브랜드화 시키는 것일 것이다. 특히 지역적으로 특산종을 개발하여 브랜드화 시키는 것은 양식어종 다양화를 통한 어업인 소득증대 뿐만 아니라 종의 관리에도 매우 유익할 것이다.

본 연구에서는 제주도의 매우 중요한 특산 수산생물 중 하나인 옥돔의 양식 가능성을 분석하기 위해서 해상가두리와 실내수조에서 사육하면서 성장 및 생존 특성을 조사하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 실내수조와 해상가두리를 이용한 양식시험

육상수조와 해상가두리에서 옥돔 양식 가능성을 알아보기 위하여 제주 연안에서 주낙으로 어획된 옥돔을 실내 수조에서 안정시킨 후 성장과 생존율을 조사하였다. 실험 구분은 수조와 가두리에서의 성장과 생존율을 비교하였고, 또한 실내수조에서 어체 크기에 따른 비교 및 혼합사육의 효과를 비교하였다. 수조와 가두리에서의 사육 실험은 가로와 세로 6.0m, 높이 2.2m의 모퉁이를 원형으로 처리한 콘크리트 1개 수조와 가로와 세로 5.0m, 높이 3.3m의 해상가두리 1개를 이용하였다. 수조에서의 사육 실험은 2003년 1월 25일 평균 체중 348.8g의 옥돔 84마리를 수용한 후 산란기 전인 2003년 10월 8일에 종료하여 채란용 어미로 활용하였다. 해상가두리 사육 실험은 2003년 3월 17일 평균 체중 242.2g의 옥돔 74마리를 수용하여 실험하던 중 태풍 매미호 내습 전인 2003년 9월 29일에 종료하였다.

어체 크기에 따른 성장 및 생존율을 비교하기 위하여 가로와 세로 4.0m, 높이 1.5m의 수조에 평균 체중 475.8g의 실험어 28마리와 평균 체중 203.7g의 실험어를 37마리를 각각 수용하였다. 또한 옥돔과의 혼합사육을 알아보기 위하여 동일 크기의 수조에 평균 체중 218.9g의 옥돔 24마리를 수용하였다. 사육 실험에 사용된 옥돔은 제주 연안에서 주낙으로 어획된 것으로 실내 수조에서 먹이공급 없이 약 2주간 안정시킨 후 사육에 사용하였다.

2. 개체 성장 패턴 및 특성

옥돔 어체는 비교적 부드러워서 외부 부착물에 의한 표지가 어렵고 탈락률이 높아 해산어류에서 일반적으로 사용하는 표지표를 사용한 표지가 어렵다. 본 연구에서는 어획된 옥돔을 수조에서 안정시킨 후 18마리에 이라스토마 형광 물질(North Marine Technology Ltd.)을 지느러리에 표지하여 개체별 성장과 생존율을 분석하였다. 실험어는 MS-222로 마취시킨 다음 빨강, 파랑, 노랑, 초록 색깔 등 4 종류의 색을 띠고 있는 형광물질을 육안 식별이 용이한 등지느러미, 뒷지느러미, 배지느러미 및 가슴지느러미 기저의 막, 좌우의 눈 열, 좌우의 입술, 좌우의 아래턱에 소형 주사기를 이용하여 0.3ml씩 주입하였다. 실험에 사용된 옥돔의 크기는 전장 범위 21.8~33.6cm, 체중 범위 135.9~526.5g였고, 총 18 마리였다. 실험은 2001년 9월 6일부터 2002년 8월 10일까지 약 1년 간의 성장과 생존 특성을 조사함으로써 계절에 따른 성장패턴을 분석하였다.

제 3 절 결 과

1. 실내수조 및 해상가두리에서의 성장 및 생존

옥돔 양식 가능성을 알아보기 위하여 어획된 옥돔을 해상 가두리와 실내 수조에 수용한 후 성장과 생존율을 조사하였다(표 25). 수조에서의 사육 실험은 2003년 1월 25일 제주 연안에서 주낙으로 어획된 평균체중 348.8g(체중범위: 150.7~1136.3g)의 옥돔을 수심 2m 수조에서 실시하였고, 가두리 사육 시험은 2003년 3월 17일 평균체중 242.2g(체중범위: 104.0~413.6g)의 옥돔 74마리를 소형 가두리에 수용하여 실험하였다. 실험 기간 중 사료는 냉동 선어와 분말사료를 혼합하여 만든 먹이를 1일 1회 공급하였다. 실험 기간 중 일부 개체에서 안구돌출과 피부 손상에 의한 폐사현

상이 관찰되었다. 특히 가두리 사육의 경우 폭풍이 칠 경우에는 망목에 의해 복부에 상처가 생기는 현상도 관찰되었다. 실험 종료는 채란 실험 직전에 종료하였으나 가두리 실험의 경우는 태풍 매미의 피해를 피하기 위해 조기에 종료하였다. 실험 종료 시 평균체중은 실내 수조 사육에서 516.7g, 해상 가두리 사육에서 390.8g으로 성장하여 체중에 대한 순성장은 각각 167.9g 및 148.6g이었다. 생존율도 각각 75.0%와 75.7%로 차이를 보이지 않았다.

표 25. 육상수조와 해상가두리를 이용한 성장과 생존

Table 25. Comparison of growth and survival of *Branchiostegus japonicus* reared at tank and cage

	Tank culture	Cage culture
Volume	6.0×6.0×2.2	5.0×5.0×3.3
Initial		
Date of stocking	Jan. 25, 2003	Mar. 17, 2003
No. fish stocked	84	74
Total length		
Mean±S.D.		
Range		
Body weight		
Mean±S.D.	348.8±192.2	242.2±80.3
Range		
Final		
Date	Oct. 8, 2003	Sep. 9, 2003
No. fish survived	63	56
Total length		
Mean±S.D.		
Range		
Body weight		
Mean±S.D.	516.7±206.3	390.8±83.8
Range		
Survival rate	75.0	75.5

표 26. 어체 크기 및 혼합사육에서의 성장과 생존

Table 26. Comparison of growth and survival of *Branchiostegus japonicus* by fish size and rearing method

	No. 1*	No. 2**	No. 3***
Volume	4.0×4.0×1.5	5.0×5.0×3.3	7.5×7.5×2.5
Initial			
Date of stocking	Feb. 4, 2003	Feb. 4, 2003	Nov. 29, 2002
No. fish stocked	28	47	24
Total length			
Mean ± S.D.			
Range			
Body weight			
Mean ± S.D.	475.8 ± 238.7	203.7 ± 59.8	218.9 ± 77.2
Range			
Final			
Date	Oct. 8, 2003	Sep. 9, 2003	
No. fish survived	18	37	18
Total length			
Mean ± S.D.			
Range			
Body weight			
Mean ± S.D.	565.8 ± 133.3	421.4 ± 156.7	324.4 ± 66.2
Range			
Survival rate	64.3	78.7	75.0

*Larger fish size

**Smaller fish size

***Cultured together with bream

2. 개체 성장 패턴 및 특성

2001년 9월 6일 전장과 체중 범위 각각 21.8~33.6cm, 135.9~526.5g의 옥돔 18 마리에 형광물질을 이용하여 표지한 후 추적하면서 각각의 성장 패턴을 조사한 후 표 27, 그림 18과 19에 나타내었다. 표지는 MS222에 마취시킨 후 이라스토마 형광 물질(North Marine Technology Ltd.)을 각 지느러미 기저부 등에 주사하였다. 표지는 각 개체 별로 색깔과 표지 부위를 달리 함으로써 개체간 구별을 용이하게 하였고, 조사는 2002년 8월 10일까지로 1년 간 지속하였다.

조사 기간에 형광 물질 변색이나 기타 외상에 의한 식별이 곤란한 개체는 보이지 않아서 금후 개체 성장 패턴이나 암수 구별 등에 유용하게 쓰일 것으로 사료된다.

총 18 마리 중에서 최종적으로 6마리만 생존하여 33.3%의 생존율을 보였다. 조사 기간 중의 폐사는 11월과 8월이 3마리씩으로 가장 많이 나타났고, 1월에서 4월까지 1마리만의 폐사를 보였다.

개체별 전장의 성장은 1.5~8.1cm 범위였고 체중의 개체 성장은 18.7~585.3g이었다. 최종 생존한 6마리 중 12번 개체를 제외하면 326.6~585.3g의 연 개체 성장을 보여 양식 가능성도 충분히 있다고 사료된다. 그러나 옥돔은 바닥에 머물러 있다가 먹이 공급 등의 외부 자극에 격렬한 반응을 보임으로써 고밀도 사육은 어려울 것으로 보인다. 그림 19과 20에서 보듯이 일반적으로 소형의 개체가 체중 성장률이 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 원인은 옥돔은 텃세를 형성하는 습성이 있어서 대형의 개체가 수조 바닥을 자리잡은 후에 소형의 개체를 쫓아버리는 현상에서 기인한 것으로 사료된다. 한편, 옥돔의 개체 성장은 연중 이루어지는 것으로 조사되었으며 특히 겨울철에도 성장이 꾸준히 이루어지고는 있으나 여름철 고수온기중 다소 빠른 경향을 보였다.

옥돔의 개체별 성장에 따른 전장과 체중 관계 패턴을 그림 21에 나타내었다.

2001년 9월 6일부터 2002년 8월 10일까지의 사육기간 중 생존한 6마리에 대한 개체별 체중(W)에 대한 전장(L)의 상관관계식은 No. 1 개체는 $W = 0.0004L^{4.0479}$ ($R^2=0.9811$), No. 4는 $W = 0.005L^{3.3169}$ ($R^2=0.9935$), No. 9는 $W = 0.0015L^{3.6245}$ ($R^2=0.9845$), No. 10은 $W = 0.0007L^{3.8195}$ ($R^2=0.9715$), No. 11은 $W = 0.0188L^{2.8974}$ ($R^2=0.6781$), No. 17은 $W = 0.0017L^{3.6002}$ ($R^2=0.954$)이었다. 그림 19, 20 및 21에서 알 수 있듯이 옥돔의 개체 성장과 비만도는 개체에 따라 상당한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

표 27. 이라스토마 형광 물질 표지에 의한 옥돔의 개체성장과 폐사

Table 27. Growth and survival of *Branchiostegus japonicus* marked with fluorescent pigment

	Date of measurement (m/d/y)							
	09/06/01		10/05		11/05		12/06	
	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)
1	33.2	526.5	33.4	506.2	34.2	595.4	35.4	668.0
2	26.3	202.8	25.3	193.8	25.7	183.8	26.4	202.0
3	24.1	135.9	23.7	146.2	24.7	157.8	25.2	160.2
4	28.5	344.9	30.3	404.2	32.5	488.9	33.3	554.0
5	23.5	160.8	24.3	202.0	25.3	133.9	-	-
6	25.1	200.2	25.5	220.9	26.2	228.6	28.5	285.4
7	23.0	155.0	23.5	174.1	25.3	219.5	25.2	213.3
8	27.1	239.3	26.8	253.8	-	-	-	-
9	33.6	489.7	33.5	533.1	35.2	589.3	36.5	651.8
10	33.9	488.3	34.3	542.0	35.5	611.5	36.3	692.8
11	30.4	361.6	30.4	380.0	31.0	405.7	31.8	416.9
12	29.0	331.4	28.7	341.7	30.0	387.7	31.2	440.2
13	32.5	374.3	32.0	374.4	32.4	379.5	32.6	445.4
14	28.2	290.5	28.5	317.3	-	-	-	-
15	30.0	344.5	30.3	337.6	31.0	410.7	-	-
16	23.9	164.0	24.1	176.3	25.1	211.9	27.5	299.9
17	28.3	276.6	28.8	305.2	29.7	374.4	31.0	398.5
18	21.8	136.9	22.5	157.6	-	-	-	-

표 27. (계속)

Table 27. (Continued)

	Date of measurement (m/d/y)							
	12/06		01/08/02		2/8		3/5	
	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)
1	33.2	668.0	36.0	666.6	36.8	762.2	35.4	813.8
2	26.3	202.0	26.6	210.1	26.0	231.1	26.4	257.5
3	24.1	160.2	24.3	157.9	-	-	25.2	-
4	28.5	554.0	34.2	608.5	34.9	652.6	33.3	690.2
5	23.5	-	-	-	-	-	-	-
6	25.1	285.4	28.2	297.2	29.3	334.7	28.5	347.7
7	23.0	213.3	25.8	222.9	26.5	252.6	25.2	272.5
8	27.1	-	-	-	-	-	-	-
9	33.6	651.8	36.9	695.7	38.3	767.5	36.5	835.1
10	33.9	692.8	37.0	750.1	38.2	844.6	36.3	898.0
11	30.4	416.9	32.2	439.7	32.5	452.8	31.8	450.0
12	29.0	440.2	32.0	496.2	32.2	514.8	31.2	560.3
13	32.5	445.4	32.9	464.3	32.5	437.6	32.6	471.5
14	28.2	-	-	-	-	-	-	-
15	30.0	-	-	-	-	-	-	-
16	23.9	299.9	29.7	340.2	29.7	400.9	27.5	454.0
17	28.3	398.5	31.3	414.8	32.0	443.9	31.0	479.1
18	21.8	-	-	-	-	-	-	-

표 27. (계속)

Table 27. (Continued)

	Date of measurement (m/d/y)							
	4/11		5/10		6/11		8/10	
	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)	T.L. (cm)	B.W. (g)
1	37.7	885.1	37.8	882.8	38.3	930.7	39.1	967.9
2	27.3	288.2	27.6	306.9	27.7	369.9	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	36.3	758.6	36.8	793.1	37.5	833.8	38.3	873.6
5	27.2	-	-	-	-	-	-	-
6	30.8	419.0	31.7	445.8	-	-	-	-
7	27.2	301.2	27.8	315.9	28.3	367.8	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	39.7	925.2	40.1	962.0	40.8	1027.4	41.1	1075.0
10	39.8	989.9	40.3	1044.2	41.0	1091.2	42.0	1050.3
11	32.2	455.8	32.2	447.7	31.8	425.6	31.9	380.3
12	34.2	610.4	34.4	640.2	35.3	709.4	-	-
13	33.0	434.7	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	32.0	511.8	32.7	558.7	33.7	620.6	-	-
17	33.3	512.0	33.0	532.1	33.2	570.8	35.4	603.2
18	-	-	-	-	-	-	-	-

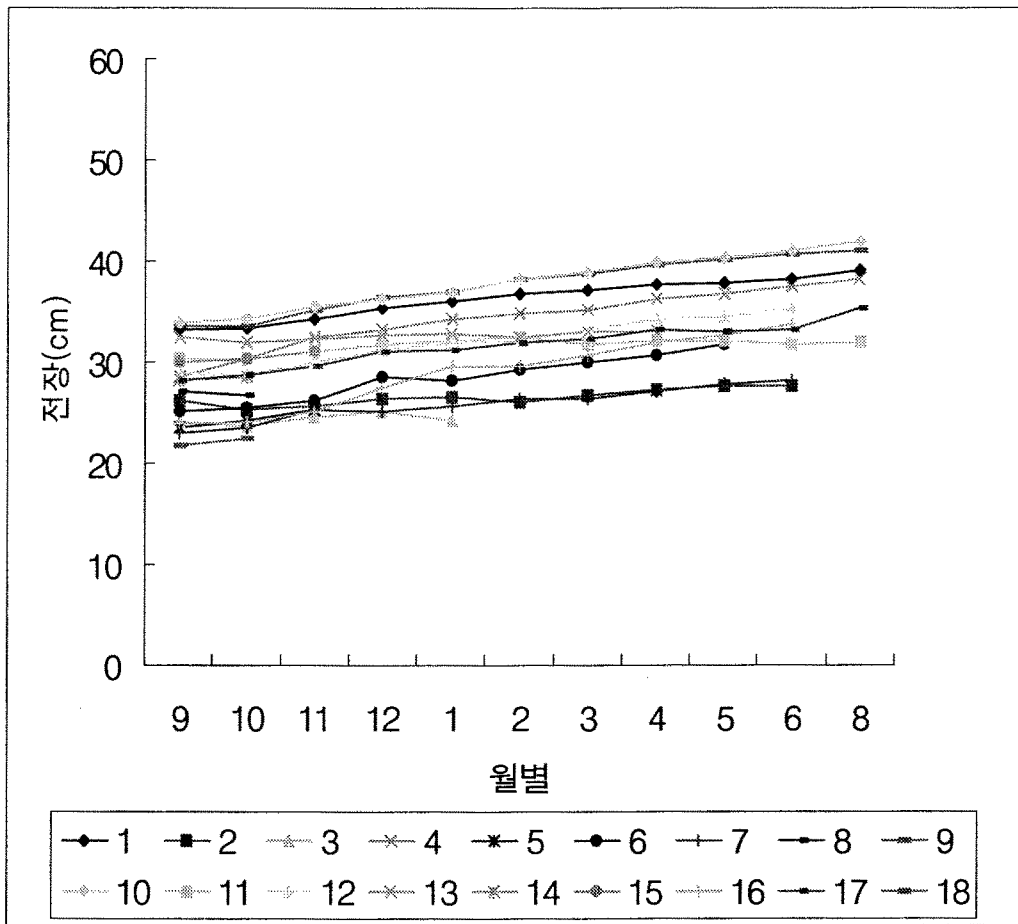


그림 18. 이라스토마 형광 물질 표지에 의한 옥돔의 전장 성장 패턴.

Fig. 18. Growth pattern in total length of *Branchiostegus japonicus* marked with fluorescent pigment.

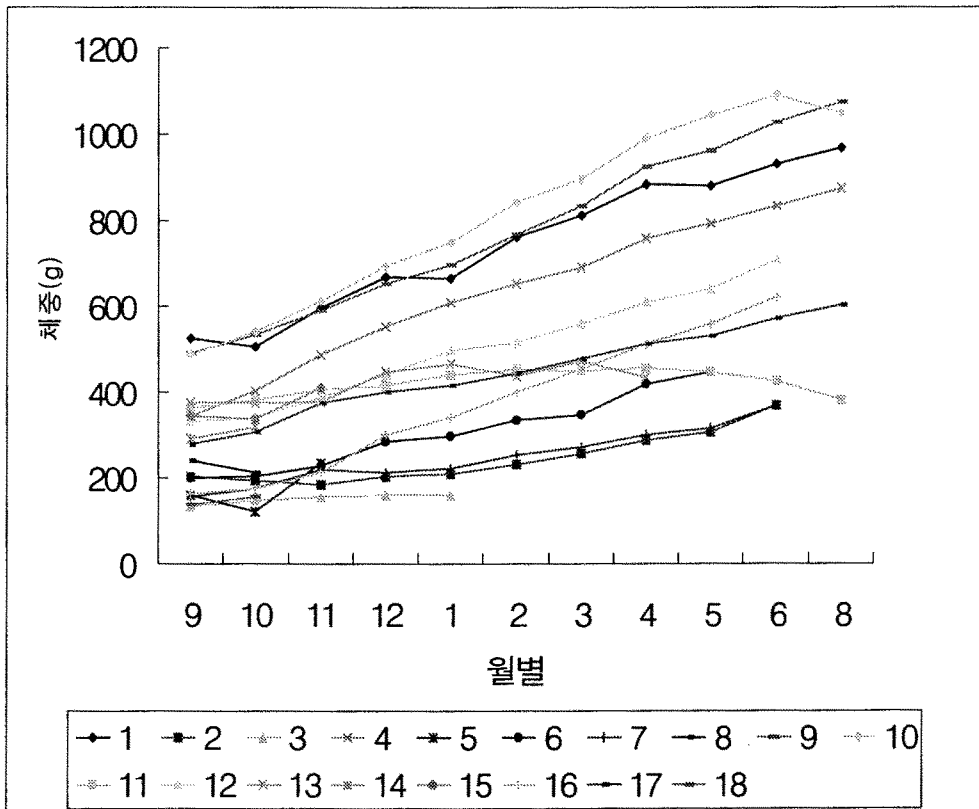


그림 19. 이라스토마 형광 물질 표지에 의한 옥돔의 체중 성장 패턴.

Fig. 19. Growth pattern in body weight of *Branchiostegus japonicus* marked with fluorescent pigment.

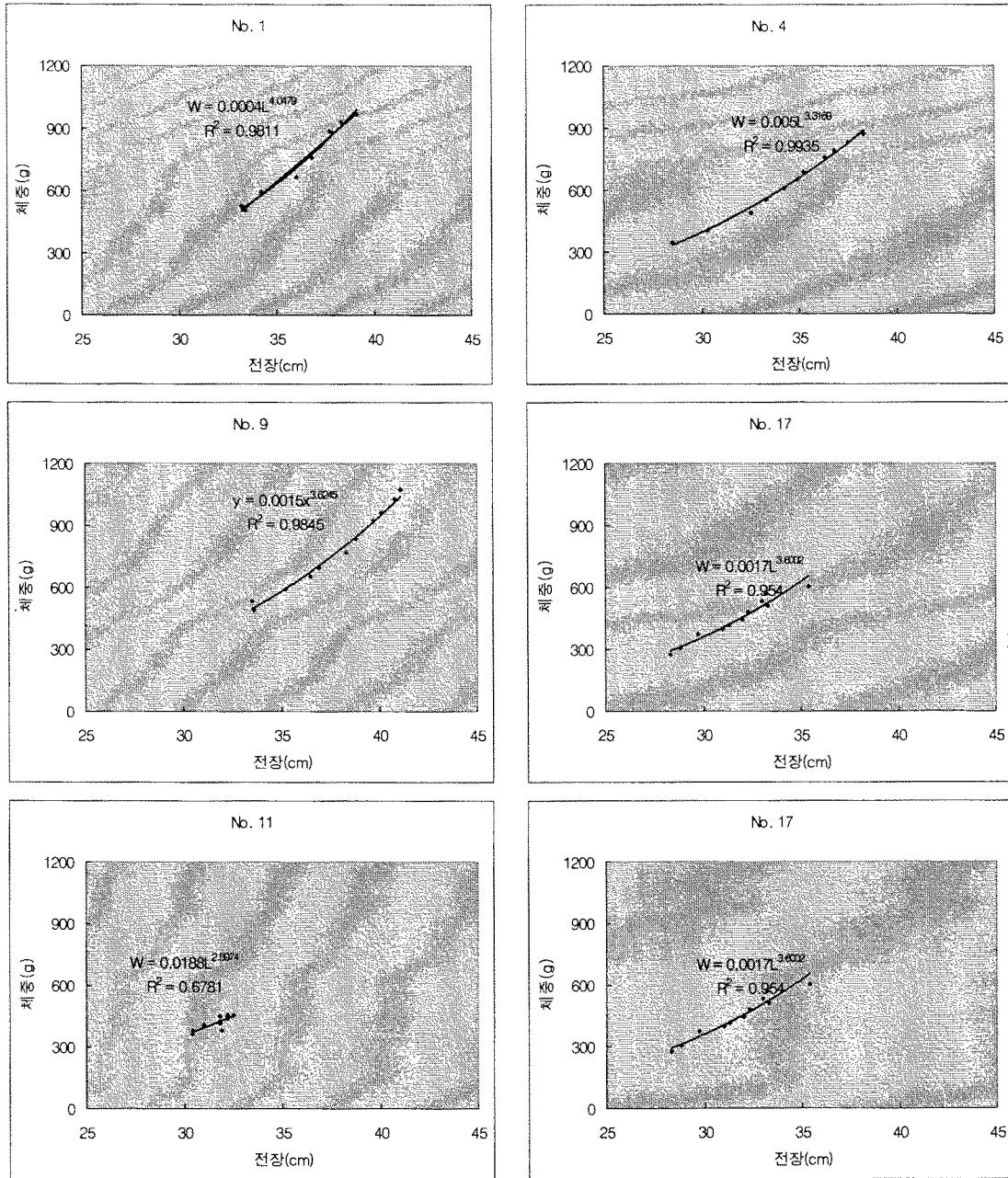


그림 20. 실내사육 옥돔의 개체 전장과 체중의 상관관계.

Fig. 20. Regressional relationship of total length and body weight of *Branchiostegus japonicus* reared individually.

제 4 절 고 찰

평균체중 348.8g의 옥돔 84마리를 유효수량 70톤 원형수조에 2003년 1월 25일 수용하여 10월 8일까지 사육한 결과, 63마리가 생존하였고(생존율 75.0%), 평균체중 516.7g으로 성장하였다. 해상가두리에서의 사육 시험은 2003년 3월 17일 평균체중 242.2g의 옥돔 74마리를 소형 가두리에 수용하여 9월 9일까지 사육한 결과, 56마리가 생존하였고(생존율 75.5%), 평균체중 390.8g으로 성장하였다. 즉, 수조에서의 사육과 가두리에서 사육에서는 성장과 생존율에 유의차가 없었다. 옥돔은 사니질의 바닥에 잠입 생활하는 어종이지만(淸野 등 1977), 가두리에서도 사육은 가능할 것으로 판단되었다. 그러나 가두리 사육기간 중 폭풍이 칠 경우에는 망목에 의해 복부에 상처가 생기는 현상이 관찰되었고, 육상수조에서 사육 중이던 일부 개체에서 안구돌출 현상이 관찰되었다. 또한 일부개체에서 텃세 현상이 관찰되었고, 바닥에 머물러 있다가 먹이 공급 등의 외부 자극에 격렬한 반응을 보임으로써 고밀도 사육은 어려울 것으로 보인다.

전장과 체중 범위 각각 21.8~33.6cm, 135.9~526.5g의 옥돔 18 마리에 형광물질을 이용하여 표지한 후 실내수조에서 1년간 사육하면서 각각의 성장 패턴을 조사한 결과, 6마리가 생존하여 33.3%의 생존율을 보였다. 조사 기간 중의 월간 폐사는 11월과 8월이 3마리씩으로 가장 많이 나타났고, 1월에서 4월까지 1마리씩 폐사하였다. 개체별 체중 성장은 18.7~585.3g 범위였다. 최종 생존한 6마리 중 12번 개체를 제외하면 326.6~585.3g의 연 개체 성장을 보여 양식 가능성도 충분히 있다고 사료된다. 제주 연안에서의 옥돔 월별 성장은 연중 이루어지는 것으로 조사되었으며 특히 겨울철에도 성장이 꾸준히 이루어지고는 있으나 여름철 고수온기 중 다소 빠른 경향을 보였다.

제 6 장 종합 고찰

근년에 옥돔 수요량이 생산량에 비해 급격히 증가하면서 수입량이 폭증하고 제주 연안에서 하루 내에 어획하는 이른바 '당일바리'에 의한 생산량이 급감하였다. 옥돔은 구이용으로 주로 가공되기 때문에 건제품으로 판매됨으로써 어획 후에 활어 상태로 운반하지 않고 얼음을 채운 선어 상태로 위판되고 있다. 또한 수심 30~150m에 주낙으로 어획되면서 입과 아가미 손상 및 탈장 등에 의해 대부분 폐사하기 때문에 종묘생산을 위한 어미 확보 및 사육 방법개발이 우선되어야 한다. 본 연구 결과, 사육용 어미확보는 겨울철 저수온기에 실시하는 것이 생존율이 높고 수조 내에서 길들이기도 쉬운 편이었다. 일반적으로 수조에 수용 후에 5일 이내에 상당수가 폐사하였고, 야간에 약한 불빛이나 소리에 대해서도 격렬한 반응을 나타낼 뿐 아니라 수조 청소를 위해 수위가 낮추었을 때도 매우 놀라는 현상을 보이면서 수조 벽면에 부딪치거나 수조 밖으로 튀어 나와 폐사하는 개체도 관찰되므로 주의해야 한다. 수조의 형태는 사각수조보다는 원형수조에서 사육하는 것이 수조 전면에 고르게 분산되어 분포하면서 텃세현상이 없이 수면 밑에서 유영하는 현상이 관찰되었다.

자연산 옥돔을 실내에서 어미로 사용하기 위해서는 건강한 잠재 어미를 확보하여 길들이는 것이 필요하다. 옥돔은 일반적으로 양식되고 있는 다른 어종에 비해 성질이 급한 야성을 지니고 있으므로 파고가 높을 경우에는 해상 운송 중에서 좁은 활어 수송 물칸에서 심한 스트레스를 받은 경우 실내사육 기간 중 5일 이내 대량 감모 현상을 보였다. 특히 야간에 약한 불빛이나 소리에 대해서도 격렬한 반응을 나타내고, 사육수조 청소를 위해 수위가 낮추었을 때도 격렬한 발작 현상을 보였고 수조 벽면에 부딪치거나 수조 밖으로 튀어 나와 폐사하는 개체도 관찰되었다.

자연산 옥돔을 사각수조에서 수용하여 사육할 경우, 모통이의 구석진 곳에 자리잡은 후 다소의 텃세현상을 보였으나, 원형수조에서는 고르게 분산되어 분포하면서 텃세현상이 없이 수면 밑에서 유영하는 현상이 관찰되었다. 또한 외부의 소리나 충격 등에 격렬히 반응하는 현상이 있어서 소형의 수조보다는 대형, 수심이 낮은 수조보다는 깊은 수조에서 사육하는 것이 유리하며, 수면 위에는 그물망 등의 도피방지를 위한 장치가 필요할 것으로 생각되었다.

어미 확보를 위한 적정 시기는 저수온기가 고수온기에 비해 좋을 결과를 얻었다. 겨울철에 구입한 옥돔 41마리 중 2주간 동안 24마리가 생존하여 58.5%의 생존율을

보인 반면, 고수온기에 구입한 옥돔 32마리는 2주간 동안 전량 폐사하였다. 이러한 결과는 옥돔 어미확보를 위한 적정 시기는 겨울철이 좋을 것으로 사료되었다.

2000년 12월에 구입하여 사육 중이던 옥돔 43마리(1차)와 3월 초순에 구입한 옥돔 51마리(2차)를 2001년 3월 21일 실내 원형 콘크리트 수조(유효수량: 15톤) 2개에 수용 사육하면서 성장 및 생존 상태를 조사한 결과, 수용 후 길들이기 기간 중에 약 20%가 폐사하였고, 여름철 고수온기에 상당량이 폐사하는 현상을 보였다. 사육 기간 중 폐사된 개체를 조사한 결과, 전 개체가 암컷으로 조사되었고 생식소 중량은 1.4~13.9g으로서 산란기가 지났음에도 불구하고 상당량의 알이 체내에 잔존하여 있는 것이 관찰되었다. 이러한 결과에서 볼 때 자연상태에서 수컷을 구하기 위해서는 대형의 개체를 확보하여야 할 것으로 사료되며, 현재의 어획되는 활 옥돔의 경우는 거의 암컷으로 추정되어서 대형의 수컷 확보 방안을 강구해야 할 것으로 사료된다.

옥돔은 수컷이 암컷에 비해서 크기 때문에(Okumura et al. 1996) 어획에 의한 자원감소 현상이 뚜렷한 어종이다. 또한 정소의 크기가 작아서 인공채란을 위한 충분한 양의 정자확보가 매우 어려운 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 어시장에서 옥돔 정소를 확보하여 냉장 보관해 두면서 인공채란에 사용하는 방법을 실시하였다. 본 연구에서 보면, 정자 추출액은 당일 채취하여 사용하는 것이 가장 활력이 있어 좋으나 부득이 할 경우에는 5℃에서 냉장 보존 후 사용하여도 2~3일간은 정상적인 수정이 이루어짐으로써 금후 인공 채란에 좋은 자료가 될 것으로 사료되었다.

산란기에 어획된 옥돔을 5마리씩 크기별로 분류하여 호르몬 처리 후의 채란량을 조사한 결과를 보면 체중 범위 300~400g에서 15ml, 400~500g에서 21ml로서 200g 이하의 어미에서 2ml이나 500g 이상의 어미에서 11ml보다 높은 결과를 얻었다. 자연 어장에서 어획되는 옥돔 중에서 500g 이상에서는 수컷 비율이 높기 때문에 채란에 쓰이는 적정 암컷 크기는 400g 전후로 추정된다.

난성숙과정은 이러한 성 호르몬에 의하여, 배란전에 난핵붕괴, 세포질 응축, 제1극체 방출등이 일어나며, 이러한 과정은 성공적인 수정을 위해 필요하다(Nagahama, 1987b). 따라서 난핵붕괴(germinal vesicle breakdown, GVBD)를 포함하는 난모세포의 성숙은 11-deoxycorticoids 또는 progestogens(Goetz, 1983)에 의해 유도되어지고, C₂₁ 스테로이드, 특히 20 β -hydroxyl group에서 매우 효과적이며, 그들 중에서 17 α 20 β OHP가 가장효과적인 스테로이드라고 일반적으로 알려져 있다. 그리고 HCG는 난소의 최종성숙, 배란 및 산란유도에 있어서 *in vitro*와 *in*

vivo에서 모두 효과적이라고 알려져 있으며, 값이 싸고 이용이 간편해 널리 사용되고 있다(Goetz, 1983; Donaldson and Huntet, 1983). 이들의 호르몬을 사용하여 옥돔의 성숙과 배란을 인위적인 조절하여 성공적인 인공수정을 위해서는 이들 호르몬들의 난모세포 최종성숙과 배란유도를 효과적으로 유도할 수 있는 적정 농도를 결정하는 것이 매우 바람직한 일이다.

산란기에 어획된 암컷 어미와 실내 수조에서 사육된 어미를 호르몬을 처리하여 채란 반응률을 조사한 결과, 자연산의 경우 개체당 평균 채란량은 5.1%로서 수조에서 사육 후에 채란된 사육산의 3.0%보다 높게 나타났다. 그러나 어획 및 채란 과정 중의 어체 손상과 스트레스에 의해 자연산의 경우 생존율은 38.9%에 불과하였으나 사육산의 경우는 88.0%로 높게 나타나서 안정적인 채란을 위해서는 겨울철부터 어미를 확보하여 사육하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 또한 옥돔의 생태적 특성 상 어획 시의 생존률이 10% 미만이고 조업의 불확실성을 감안하면 더욱 산란기 전에 충분한 어미를 확보하고 사육시키는 것이 좋을 것이다. 또한 수컷 정소의 확보는 어시장에서 건옥돔을 만들기 위해서 버리는 비교적 대형의 수컷 생식소를 확보하여 냉장 보관하면서 사용하는 것이 편리할 것으로 생각된다.

어중에 따라 종묘생산과정 중에 일어나는 위험기는 다양하다 (平野 1969, 岡本 1969). 본 연구에서 옥돔에서는 부화되고 난황이 흡수되고 난 후 대량 폐사 현상이 관찰되었다. 이는 난황이 흡수되면서 외부로부터의 먹이 섭식이 정상적으로 이루어져야함(Bogdanova 1970; Aronovich *et al.* 1975; Rana 1990)에도 불구하고 이에 대한 실패가 원인으로 생각된다. 이러한 원인으로서는 옥돔의 평균부화 자어의 크기가 1.55mm로서 로티퍼를 첫 먹이로 사용하는 해산어류에 비해서 작기 때문으로 생각된다. 따라서 해산어류 종묘생산을 위해서는 물만들기 방법에 의한 시도가 좋을 것으로 사료되며, 또한 능성어 등 소형의 구경을 갖는 어류에 널리 사용되는 s-형 로티퍼를 사용하는 것도 좋을 것으로 생각된다. 2002년도 인공종묘 생산된 평균전장 3.6 mm, 평균체장 3.0mm의 당년생 옥돔을 2003년 2월 7일부터 11월 10일까지 실내 수조에서 사육하여 평균전장 21.6mm, 평균체장 18.0mm, 평균체중 140.1g으로 성장하였다.

겨울철에 어획하여 실내수조와 해상가두리를 이용하여 당해 산란기인 9월까지 사육한 결과, 평균 전장은 각각 167.9cm와 158.6cm의 순성장을 보였다. 생존율은 실내 수조에서는 84마리 중 63마리가 생존하여 75.0%의 생존율을 보였고, 해상가두리에서는 74마리 중 56마리가 생존하여 75.5%의 생존율을 보였다. 즉, 수조에서의 사육과 가두리에서 사육에서는 성장과 생존율에 유의차가 없었다. 가두리 사육기간 중 폭풍이 칠 경우에는 망목에 의해 복부에 상처가 생기는 현상이 관찰되었고, 육상수

조에서 사육 중이던 일부 개체에서 안구돌출 현상이 관찰되었다. 또한 일부개체에 서 텃세 현상이 관찰되었고, 바닥에 머물러 있다가 먹이 공급 등의 외부 자극에 격렬한 반응을 보임으로써 고밀도 사육은 어려울 것으로 보인다.

이리스토마 형광 물질을 18 마리의 각 지느러미에 주입하여 실내수조에서 1년간 사육하면서 각각의 성장 패턴을 조사한 결과 개체별 체중 성장은 18.7~585.3g 범위였다. 최종 생존한 6마리 중 12번 개체를 제외하면 326.6~585.3g의 연 개체 성장을 보여 양식 가능성도 충분히 있다고 사료된다. 제주 연안에서의 옥돔 월별 성장은 연중 이루어지는 것으로 조사되었으며 특히 겨울철에도 성장이 꾸준히 이루어지고는 있으나 여름철 고수온기 중 다소 빠른 경향을 보였다.

참 고 문 헌

- 노섬 · 고창순 · 김승헌 · 김창길 · 박민우 · 지영주, 1987a. 자주복 종묘생산 기술개발 시험, 수산종묘의 생산 및 기술개발시험 (1984년도). 水振事報 71, 151-153.
- 노섬 · 고창순 · 김승헌 · 김창길 · 박민우 · 지영주, 1987b. 감성돔 종묘생산 기술개발 시험, 수산종묘의 생산 및 기술개발시험 (1984년도). 水振事報 71, 154-156.
- 농수축산국해양수산과, 2002. 해양수산현황. 제주도, 63pp.
- 閔炳書, 1987. 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 종묘생산에 관한 연구. 부산수대 수산학박사학위 논문, 175pp.
- 閔炳書 · 鄭明來 · 文榮鳳 · 姜弼愛, 1987a. 감성돔 종묘양산시험, 수산종묘의 생산 및 기술개발시험 (1983년도). 水振事報 71, 299-301.
- 閔炳書 · 鄭明來 · 姜弼愛 · 文泰錫 · 韓炯均 · 曹基采, 1987b. 넙치 종묘양산시험, 수산종묘의 생산 및 기술개발시험 (1983년도). 水振事報 71, 305-308.
- 卞忠圭 · 盧暹, 1970. 자주복 *Fugu rubripes* (Temminck et Schegel)의 종묘생산에 관한 연구. 韓水誌 3, 52-64.
- 卞忠圭 · 趙載潤, 1982. 참돔 (*Chrysophrys major*) 종묘생산에 관한 연구. 韓水誌 15, 161-170.
- 白宰旻 · 梁相根 · 金潤, 1987. 돔류 종묘양산시험, 수산종묘의 생산 및 기술개발시험 (1990년도). 水振事報 86, 114-121.
- 山下金義, 1967. まだい, 養殖學各論. 川本信之編. 恒星社厚生閣, 東京, 日本, 515-594.
- 손명호 · 강용진 · 하동수 · 장대수, 1998. 옥돔의 자원생물학적 특성 연구. 남해수연사업보고, 46-57.
- 孫松正 · 韓碩重 · 梁官有 · 金炳均 · 白鍾煥 · 李正義, 1987a. 참돔 종묘양산시험, 수산종묘의 생산 및 기술개발시험 (1984년도). 水振事報 71, 373-375.
- 孫松正 · 韓碩重 · 梁官有 · 金炳均 · 白鍾煥 · 李正義, 1987b. 참돔 종묘양산시험, 수산종묘의 생산 및 기술개발시험 (1985년도). 水振事報 71, 382-386.
- 양상근 · 이종문 · 이종하 · 김경민 · 안철민, 1997. 옥돔, *Branchiostegus japonicus*의 생식주기. 수진연구보고, 53, 73-79.
- 伊騰 隆, 1960. 輪蟲の海水培養と保存について. 三重縣大學研報 3, 708-740.

- 李正義・白鍾煥・韓碩重・房極旬, 1990. 참돔 종묘양산시험, 수산종묘생산 기술개발 시험 (1990년도). 水振事報 86, 191-197.
- 李正義・金在祐・金京敏, 1992. 돌돔 종묘양산시험, 수산종묘생산 기술개발 시험 (1991년도). 水振事報 86, 25-209.
- 林泰行, 1976. 東シナ海産アカアマダイの成熟と産卵に関する研究-Ⅱ. 耳石による年齢と成長の推定. 日水誌 42(11), 1243-1249.
- 林泰行, 1977. 東シナ海産アカアマダイの成熟と産卵に関する研究-Ⅰ. 生殖腺熟度指數の月變化からみた産卵期の推定. 日水誌 43(11), 1273-1277.
- 장대수, 1986. 옥돔의 연령과 성장. 수진연구보고 39, 13-20.
- 장대수・김대권・하동수, 1998. 옥돔의 자원생물학적 특성 연구. 남해수연 사업보고, 45-51.
- 清野精次・林文三・小味山太一, 1977. 若狭灣産アカアマダイの生態研究-Ⅰ. 産卵と性比. 京都府立海洋センター研究報告 1, 1-14.
- 平野札次郎, 1963. 種苗生産用餌料の問題點. まだいお中心として. 水産増養殖臨時號 2, 93-99.
- Aronovich, R. M., S. I. coroshev, L. V. Spectrova and V. M. Makhotin, 1975. Egg incubation and larval rearing of navaga (*Eleginus navags* Pall), polar cod (*Boreogadus saida* Lepechin) and arctic flounder (*Liopsetta glacilaris* Pall) in the laboratory. Aquaculture 6, 319-329.
- Bogdanova, L. S., 1970. The transition of *Tilapia mossambica* Peters larvae to active feeding. J. Ichthyl. 10, 427-430.
- Donaldson, E. D. and G. A. Hunter, 1983. Induced final maturation, ovulation, and spermiation in cultured fish. In " Fish Physiology" (W.S. Hoar, D.J. Randall, and E. M. Donaldson , Eds.). Academic Press. New York., Vol. IXB, 351-403.
- Fujita, S. 1993. Technology for the mass production of marine fish seeds. In: Nagasaki International Training Centre, Marine Fish Culture. Propulsion Conference of NIFTC, Nagasaki, Japan, 1-98.
- Goetz, F. W., 1983. Hormonal control of oocyte final maturation and ovulation in fishes. In " Fish Physiology" (W.S. Hoar, D.J. Randall, and E. M. Donaldson, Eds). Academic Press. New York., Vol. IXB, 117-170.
- Jalabert, B., 1976. *In vitro* oocyte maturation and ovulation in rainbow trout

- (*Salmo gairdneri*), northern pike (*Esox lucius*) and goldfish (*Carassius auratus*), J. Fish. Res. Board Canada, 33, 974-988.
- Jalabert, B., B. Breton. and A. Fostier, 1978. Precocious induction of oocyte maturation and ovulation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Problems when using 17α -hydroxy- 20β -dihydroprogesterone. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys., 18, 977-984.
- Kim, D. H. and S. C. Chung, 1988. On the age and growth of the red tilefish, *Branchiostegus japonicus japonicus* (Houttuyn) in the adjacent waters of Cheju Island. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Natl. Univ., 12, 29-41.
- Kuronuma, K. and K. Fukusho, 1984. Rearing of marine fish larvae in Japan. International Development Research Center, Ottawa, Canada, 109p.
- Lim, P. Y., 1974. On the determination of the Aka-anadai, *Branchiostegus japonicus* (Houttuyn), in the adjacent water of Tsushima Islands. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 309. 41-51.
- Lim, P. Y. and M. Hiroshi, 1974. On the age determination of the Aka-amadai, *Branchiostegus japonicus japonicus* (Houttuyn), in the adjacent water of Tsushima Islands. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 46, 41-51.
- Min, B. S. 1988. Maturation and spawning of flounder (*Paralichthys olivaceus*) under captive conditions. J. Aquaculture, 25-39.
- Nagahama, Y., K. Hirose., G. Young., S. Adachi., K. Suzuki. and B. Tamaoki., 1983. Relative *in vitro* effectiveness of 17α 20β -dihydroxy-4-pregnen-3-one and other pregnen derivatives on germinal vesicle breakdown in oocytes of ayu (*Plecoglossus altivelis*), rainbow trout(*Salmo gairdneri*), and goldfish (*Carassius auratus*). Gen. Comp. Endocrinol., 51, 15-23.
- Nagata, W. D., 1989. Nitrogen flow through a *Brachionus plicatilis/Chlorella* mass culture system. Hydrobiologia 186/187, 401-408.
- Okumura, S., T. Tanaka and A. Nakazono, 1996. Spawning and mucus-enveloped pelagic eggs of the red tilefish, *Branchiostegus japonicus* (Malacanthidae), reared in captivity. Copeia 3, 743-746.
- Rana, K. J. 1990. Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* eggs and fry II. Survival embryology, temperature tolerance and rate of

- embryonic development. *Aquaculture* 87, 183-195.
- Scott, A. P. and A. V. M. Canario, 1987. Status of oocyte maturation-inducing steroids in teleosts. In " Proceedings of the IIIrd International Symposium on Reproductive Physiology of fish, St. John's, Newfoundland, Canada, August 1987" (D. R. Idler, L. W. Crim, and J. M. Walsh , Eds.), 224-234. Marine Sciences Reserch Laboratory, St. John's Newfoundland, Canada.
- Trant, J. M. and P. Thomas, 1988. Structure activity relationships of steroids in inducing germinal vesicle breakdown of Atlantic croaker oocytes *in vitro*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 71, 307-317.
- Trant, J. M. P. Thomas and C. H. L. Shackleton, 1986. Identification of 17 α ,20 β ,21- trihydroxy-4-pregen-3-one as the major ovarian steroid produced by the teleost *Micropogonias undulatus* during final oocyte maturation. *Steroids* 47, 89-99.
- Takemura, A., K. Tamano. and K. Yamauchi, 1989. The *in vitro* effects of various steroid hormones and gonadotropin on oocyte maturation of the viviparous Rockfish, *Sebastes taczanowskii*. *Bull. Fac. fish Hokkaido. Univ.*, 40(1), 1-7.
- Wallace, R. A. and K. Selman, 1978. Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*. I. Preliminary observations on oocyte maturation in vivo and in vitro. *Del. Biol.*, 62, 354-369.
- Watanabe, K. and n. Suzuki, 1996. Sex differentiation, sexual maturity and the spawning season of the red tilefish *Branchiostegus japonicus* on the Pacific coast of Tokushima Prefecture. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62(3), 406-413.