어류 종자생산 및 자원조성

오성립 · 강형철 · 홍성완

돌돔 종자생산

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*은 농어목 돌돔과에 속하는 어종으로 전 세계적으로 6종이 보고되어 있으나 우리나라에는 돌돔, 강담돔 2종만이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. 이 종은 온대성 어류로 우리나라 전 연안 특히 제주도를 포함한 남해안, 일본 및 중국 연안의 암초지역에 주로 서식하며, 체색은 밝은 회흑색 바탕에 눈부터 꼬리지느러미까지 6~7개의 검은 가로줄 무늬가 있다. 이러한 띠는 성장하여 어미가 되었을 때 암컷과 수컷을 구별하는 좋은 판단 기준이 된다. 산란기가 되면 암컷은 가로줄 무늬가 분명하게 남아 있지만 수컷은 점차 소멸되어 버리며, 주둥이가 검게 변한다. 산란기는 4~7월이며, 최소 성숙체장은 수컷은 전장 13.3㎝(만 1년) 암컷은 23.8㎝(만 2년)로서 수컷의 성숙이 빠르며 해질 때를 중심으로 연안에서 산란한다.

돌돔 양식은 1990년대 중반부터 넙치, 조피볼락과 더불어 유망 양식품종으로 인식되면서 종자생산이 활발히 이루어져 왔으나, 남해안 지역의 해상 가두리 등에서 겨울철 사육수온 저하에 따른 질병감염 등으로 월동이 힘들어 돌돔양식이 활성화 되지 않았었다. 그러나 일부 수정란 생산 업체에서 수온 및 광주기 조절에 의한 조기 수정란 생산에 성공하면서 보통 1~2월에 종자생산이 이루어져 당년어를 상품으로 판매하는 돌돔 양식이 이루어지고 있으며, 특히 제주도에서는 육상양식장에서의 양성뿐만 아니라 정착성 어종의 자원회복방안의 일환으로 자원조성 어종으로 매년 많은 양의 치어들이 방류되고 있다. 이에 따라 우리 연구원에서도 고소득 연안 정착성 어류자원 조성 및 어민소득 향상을 도모하기 위한 방안으로 돌돔 종자생산이 이루어지고 있는데, 이 보고서에서는 건강한 돌돔 치어를 방류하기위한 연구원에서 수행했던 2016년 종자생산에 대하여 기술하였다.

1. 어미관리

돌돔 어미의 먹이는 시판용 EP사료를 1일 1회 공급하였고, 수정란의 난질을 향상시키기 위하여 산란이 이루어지기 2개월 전부터 패각이 제거된 굴을 매일 1회 EP 사료와 병행하여 공급하였다.

돌돔 어미관리수조

돌돔 수정란 집란조

2. 수정란 생산

수정란은 수정란 집란조에 설치된 사각 가두리내에 모이게 한 후 매일 아침 9시경에 수거하였다. 수거된 수정란은 비이커에 해수와 함께 넣은 후 부상란과 침하란을 구분하여 산란량을 측정하였으며, 수정란의 계수는 용적법으로 하여 1㎖ 당 1,500개로 계수하였다. 부상률은 총 산란량에 대한 부상란량의 백분율로 계산하였다. 2016년 돌돔 어미 첫 산란은 4월 22일에 시작하여 7월 9일까지 총 79일 동안 산란이 일어났다. 산란기간 동안 총 산란량은 183,300cc(274,950천개)이었으며, 평균 부상률은 52.1%였다. 1일 평균 산란량은 2,320cc(3,480천개)이었고, 1일 최대 산란량은 10,800cc(16,200천개)이었다. 부화율은 100여개의 부상란 중 부화완료시 미부화란 수를 계수하여 계산하였으며, 평균 부화율은 90.0%이었다.

3. 종자생산

수정란은 발생도중 죽는 수정란을 분리하기 위해 부상란만을 수거하여 0.5ton 유수식 수조에 설치된 네트에 24시간 동안 넣어 발생도중 죽는 수정란을 분리한 후 부상란만을 종자생산에 사용하였다.

종자생산용 사육수조는 35톤, 50톤 콘크리트 수조를 이용하였다. 돌돔 수정란은 부화조에 수용하기 전 어병검사를 실시하여 이리도바이러스에 음성인 수정란만을 종자생산에 이용하였으며, 사육수 1톤당 수정란 10,000~15,000립 정도의 밀도로 수용하였다. 수정란 수용당시 발생단계는 배체형성기였으며, 수온은 18.0℃이었다. 통기는 난이 고루 분산될 정도의 에어를 약하게 공급하였으며, 용존산소의 농도를 높여주기 위하여 액체산소를 공급하였다.

사육수의 수온은 수조내 설치한 티타늄파이프를 이용하여 사육수온을 유지하여 주었고, 부화직후부터 서서히 가온하기 시작하여 하루에 약 1℃씩 올려 주었으며, 부화 후

4일째부터 약 25℃ 내외를 유지하였다.

돌돔 자·치어의 성장에 따른 먹이공급은 그림 1과 같다. 부화자어의 구경 크기가 다른 해산어류에 비해 작기 때문에 사육수조내에서 로티퍼의 증식을 통한 갓 부화한 로티퍼를 자어가 쉽게 섭식할 수 있도록 부화 후 1일부터 10~15개체/㎖ 밀도로 공급하였다. 로티퍼 공급은 수조내 로티퍼 밀도를 수시로 확인하면서 부화 후 27일까지 공급하였으며, 알테미아는 일령 17일부터 36일까지, 배합사료는 일령 24일부터 소량 공급하기 시작하여 점차 증가시켜 나갔다.

부화 후 3일

부화 후 7일

부화 후 20일

부화 후 28일

부화 후 56일

부화직후 자어의 평균 전장은 약 2.04 ㎜이었으며, 유구는 1개가 존재하고, 황색소포체가 복부에 나타났으며, 입과 항문은 열려있지 않았다. 돌돔 자어는 부화 후 2일부터 먹이를 섭식하는 행동을 보이기 시작하면서 부화 후 3일부터 수조 가장자리를 따라 군집을 형성하면서 먹이를 섭식하기 시작하였다. 부화 10일 이후부터 두부가 몸에 비해 점점 커지고, 막상의 지느러미가 융기하기 시작하며, 부화 20일을 전후하여 꼬리지느러미가 완성된다. 돌돔 종자생산 기간 중 7~10일째 1차 대량 감모현상이 발생하는데 이는 돌돔 자어가 난황흡수를 마치고 외부로부터 먹이를 공급받기 시작한 이후 가장 왕성하게 섭식하는 시기에 구경 size에 적합한 로티퍼를 충분하게 공급하지 못한 원인과 로티퍼의 영양적 불균형으로 대량감모 현상이 발생하는 것으로 추정하고 있다. 이번 돌돔 종자생산과정에서도 부화 후 8~11일째에 급격한 감모 현상이 발생하였는데 이러한 것은 초기 먹이공급 및 수조내에서 부화한 어린 로티퍼를 섭식하면서 자어의 영양학적 불균형 등의 원인으로 생각된다. 그리고 세로무늬 띠가 형성되는 변태 시기인 부

화 후 20일을 전후로 2차 대량 감모가 발생하는데 이러한 현상은 부레팽창에 의한 폐사와 생물사료에서 배합사료로 전환하는 과정에 사육수질 악화 등 복합적인 원인에 의해 대량 감모현상이 발생하는 것으로 추정하고 있다.

2016년 돌돔 종자생산 결과는 표 2와 같다. 생산된 돌돔 종자는 방류수산동물 전염병 검사를 실시한 후 제주 주변해역에 방류하였다(그림 1, 표 3).

표 2. 돌돔 종자생산 결과

수용일	수용량 (cc)	부화율 (%)	부화자어수 (천마리)	생산량 (천마리)	비 고
합 계	**1,300**	**-**	**1,871**	**50**	
5/11	400	97.0	582	55	
5/17	800	81.1	973	95	
6/27	750	91.9	1,033	150	

표 3. 돌돔 종자 방류 결과

방류일시	방류량 (천마리)	방류장소	방류방법	비고
합 계	300	6개소		
9월 12일	50	한경면 용수포구	연안방류	
	50	남원읍 태흥포구	가두리해체	바다적응 순치사육 후 방류
9월 13일	50	성산읍 오조항	연안방류	
12월 14일	50	남원읍 위미항	연안방류	
12월 15일	50	한경면 월령포구	연안방류	
12월 21일	50	우도(성산) 주변해역	선상방류	

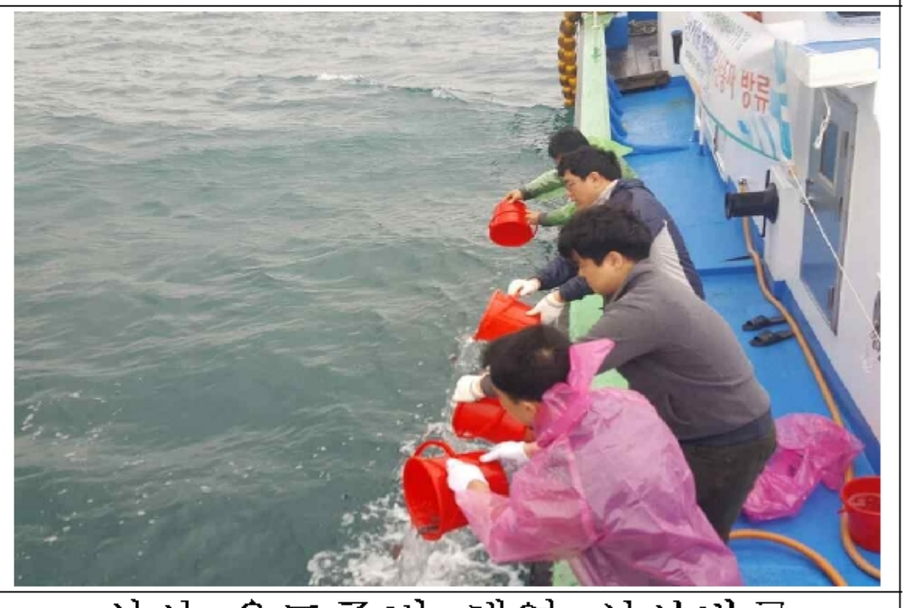
용수 연안 방류	오조항 방류
남원읍 태흥 가두리 해체 방류	위미항 방류
	
월령포구 방류	성산~우도주변 해역 선상방류

그림 1. 2016년 돌돔 방류사진

말쥐치 종자생산

말쥐치는 복어목(Tetraodontiformes), 쥐치과(Monacanthidae)에 속하는 어류로 우리나라 전 연안과 동중국해 등에 널리 분포하고 있다. 우리가 흔히 간식으로 즐겨먹는 수산가공건어물인 "쥐포" 의 원료가 되는 어종으로 회와 조림 등 다양한 조리법이 있으며, 기호도가 높아 산업적 가치가 있는 어종이다. 말쥐치 어획량은 1980년 33만톤에서 꾸준히 감소하여 2014년도에는 2,400톤까지 감소하였으며, 제주도내의 어획량도 1990년 100톤에서 2014년 40톤으로 감소한 추세이다. 2000년도 이후 말쥐치 자원감소에 따른 양식생산이 진행되기 시작하여 2010년에는 515톤의 생산량을 나타냈으나, 수요를 충당하기에는 부족한 실정이다.

따라서 여기에서는 말쥐치 대량종자생산 구축을 목표로 2016년도 실시했던 말쥐치 종자생산 결과를 기술한다.

1. 종자생산

말쥐치 수정란은 2015년의 경우 도외 수정란 생산업체로부터 구입하여 종자생산에 이용하였으나, 금년도의 경우 2015년 구입한 어미로부터 직접 수정란을 생산하여 이용하였다. 말쥐치 어미는 지하해수와 냉수(히트펌프 냉각수)를 혼합하여 수온조절을 통해 성숙유도를 실시하였다. 수온조절은 2월 17일 수온 17℃에서 점차 냉수비율을 증가하여 14℃까지 하강시킨 후 다시 냉수비율을 감소시켜 5월 4일 18℃까지 상승시켰다(그림 1).

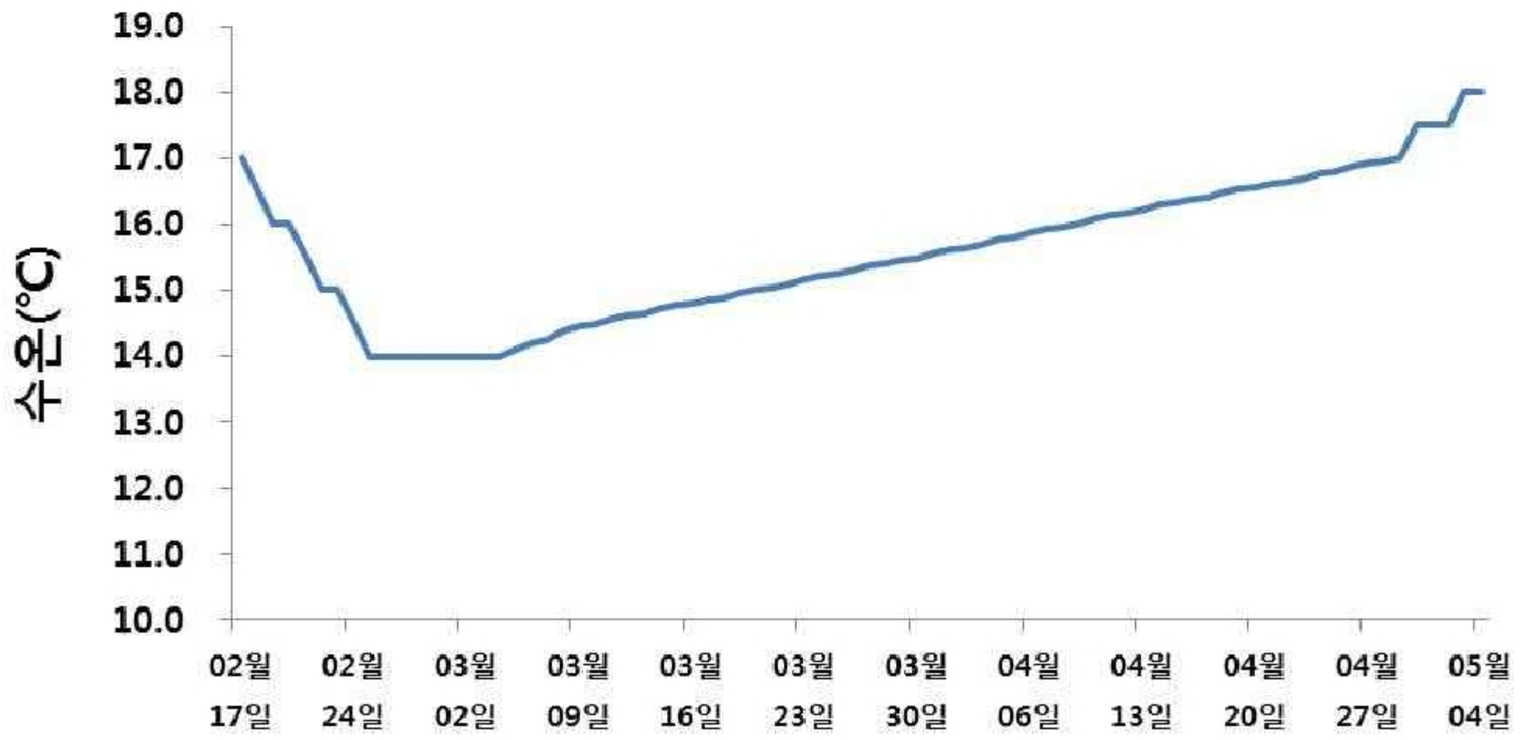


그림 1. 말쥐치 어미 성성숙 유도를 위한 수온 조절

수정란은 매일 오전 싸이폰 방식을 이용하여 바닥에 가라앉은 수정란을 수거하였으며(그림. 2), 직경 6m 팔각 콘크리트수조(유효수량 30톤) 2개에 수용하였다.

그림 2. 말쥐치 수정란 수거

사육수온은 22.5℃에서 점차적으로 상승하여 24℃내외를 유지하였으며 사육수 환수는 수정란 입식 후 15일부터 소량 주수하여 점차 증가 시켰다. 자어 사육수조내 로티퍼의 먹이공급과 수질 안정을 위해 부화 후 2일부터 30일까지 시판용 난노크로로프시와 파브로바를 각각 30만cell/cc와 20만 cell/cc 농도로 매일 2회 첨가하였으며, 시판용 수질개선제를 부화 후 1일부터 매일 공급하였다. 먹이는 부화 후 2일부터 34일까지 로티퍼 영양강화제로 18시간 이상 영양강된 로티퍼를 수조내 잔존 개체수가 15개체/cc 내외가 유지되도록 공급하였으며, 알테미아는 24시간동안 불포화 지방산이 고도로 함유된 영양강화제를 이용하여 부화 후 18일부터 40일까지 공급하였다. 부화 후 25일부터 초기 미립자 사료를 공급하였으며, 자치어의 성장에 따라 사료의 크기를 조절하여 공급하였다(그림 3).

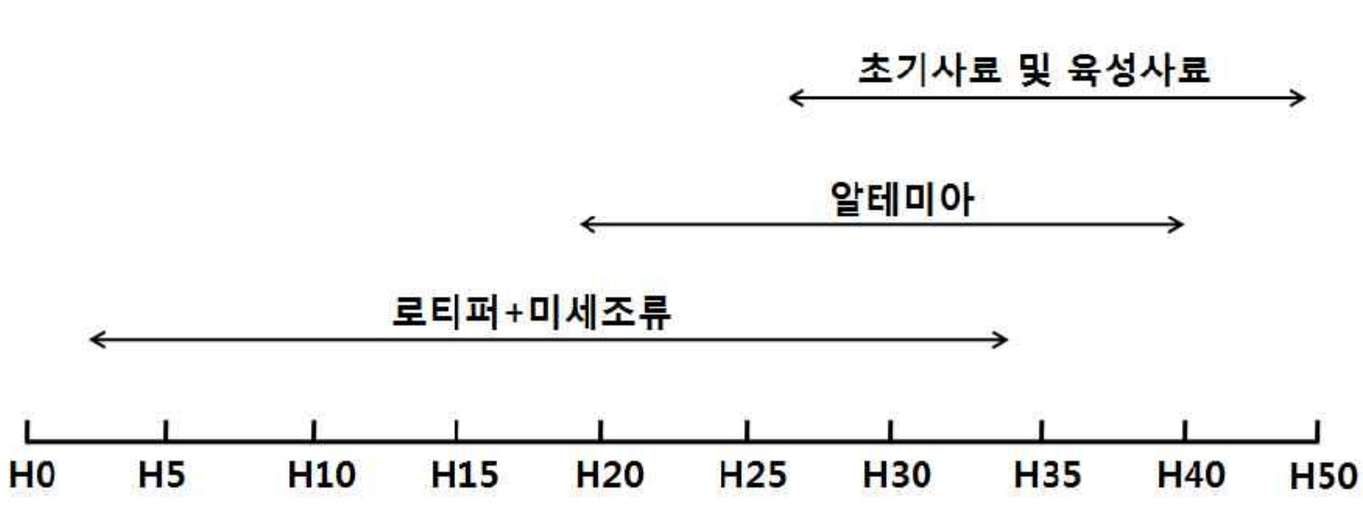


그림 3. 2016년 말쥐치 종자생산 먹이공급 계열

부화 직후의 자어는 입과 항문이 열려 있지 않았으며, 흑색소포는 복부 주위에 분포하고 있었다. 부화 후 3일 입과 항문이 열렸으며, 난황은 완전히 흡수가 되었다. 일부 개체에서는 이때 로티퍼 섭식이 관찰 되었다. 부화 후 5~6일 등쪽에 제 1 등지느러미 원기가 돌출 되었으며, 부화 후 10일 머리의 턱 아래 부분으로 배지느러미 가시가 길게 연장되었다. 부화 후 20일 대부분의 지느러미가 형태를 나타내기 시작했으며, 흑색소포가 머리 부분과 가슴, 꼬리지느러미 기저부에 집중적으로 분포하였다. 부화 후 30일 입이 돌출되기 시작하여 말쥐치 특유의 구강형태가 갖춰졌으며, 체고에 비해 체장이 길게 신장되었다. 부화 후 35일 흑색소포가 몸통 부위 전체에 넓게 분포하였으며, 제 1 등지느러미의 돌기가 더욱 발달하였다. 부화 후 55일 피부가 불투명해지며 체표의 무늬가 나타나 치어의 형태가 완성되었다(그림 4).

말쥐치 자어 부화 직전

말쥐치 자어 부화 직후

부화 후 2일

부화 후 10일

부화 후 16일

부화 후 19일

부화 후 24일

부화 후 52일

그림 4. 말쥐치 자치어 형태 발달

말쥐치 자치어의 성장은 부화직후 전장 2mm, 부화 후 10일 2.5mm, 부화 후 25일 5.7mm, 부화 후 34일 27mm, 부화 후 55일 65mm로 알테미아와 초기사료가 공급되기 시작한 이후 급격한 성장을 나타냈다(그림 5).

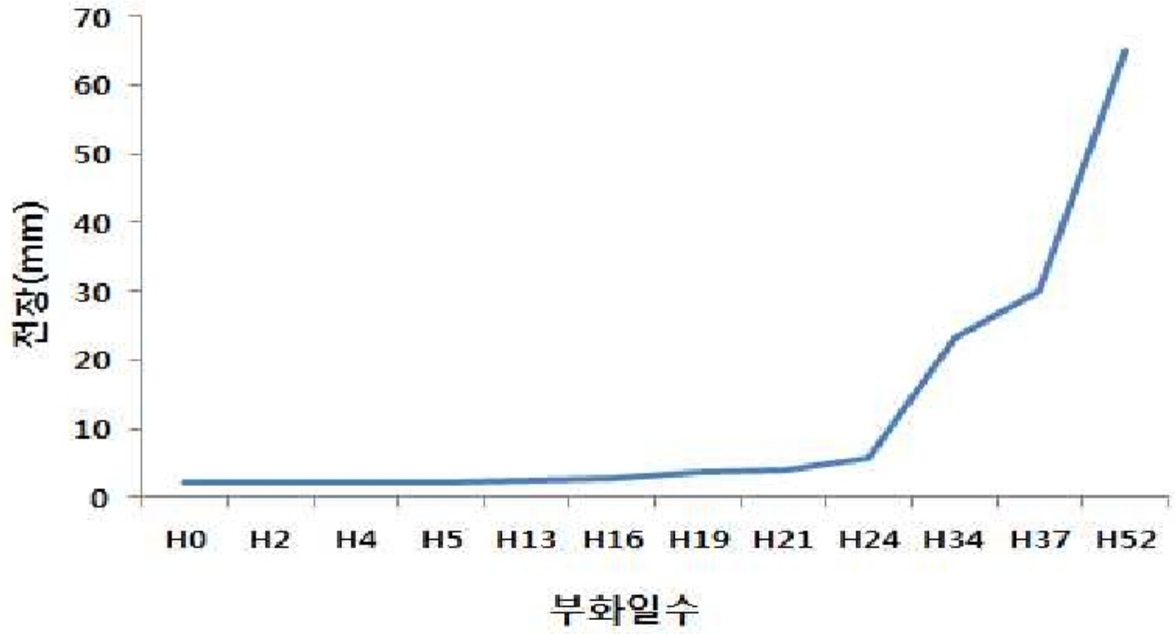
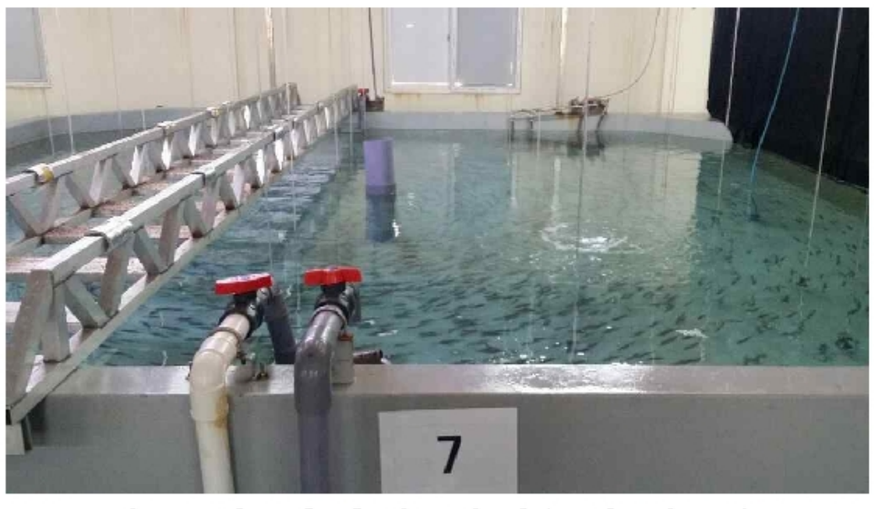


그림 5. 2016년 말쥐치 자치어 성장도

2015년도 생산된 말쥐치 종자는 방류수산동물 전염병 검사를 실시한 후 위미 연안역에 방류하였다(표 1, 그림 6).

표 1. 2016년 말쥐치 방류 개요

일시	장 소	방류량	방류방법	비 고
	2개소	100천마리		
9/12	한림읍 금능포구	50천마리	연안방류	
9/13	제주시 화북항	50천마리	가두리해체	바다적응 순치사육 후 방류



수조내 말쥐치 치어(7번 수조)

수조내 말쥐치 치어(8번 수조)

금능포구 방류

화북항 가두리해체 방류

그림 6. 2016년 말쥐치 방류 사진

방류초기 생존율 향상을 위한 바다적응 순치사육

인공종자생산 후 방류 시 실내 사육수조에서 직접 바다로 방류할 경우 자연환경에 대한 적응력이 뒤떨어져 포식자에 의한 식해 및 먹이섭이능력 부족으로 폐사 가능성이 높을 것으로 예상된다. 이러한 점을 극복하기 위해 자연환경에 대한 적응능력을 키워 생존율을 높이기 위해 인위적으로 바다적응을 위한 중간육성 단계가 필요하다. 중간육성의 목적은 자원회복을 위하여 종자를 방류할 경우 자연으로 나간 종자들이 자연환경에 대한 적응능력을 키워 생존율을 높여 자원조성 효과를 극대화하는데 있다.

중간육성 기술은 종자방류에 관련된 여러 가지 기술 중 방류 직전에 이루어지는 기술로 연안에 방류되어 최대한의 생산성을 나타내기 위해서 거쳐야할 단계라고 여겨진다. 중간육성은 종자의 크기를 성장시키는 것 이외에 자연 상태의 조건하에서 방류종자를 미리 적응시키는 기간이라는 점에서 중요한 시기이고, 육성관리 기술에 따라 방류 후의 생존율에 크게 좌우된다. 본 보고서에서는 2016년 해양수산연구원에서 돌돔과 말쥐치를 대상으로 중간육성시스템 운영에 관한 과정과 결과를 기술하였다.

1. 중간육성시스템 구성

중간육성시스템의 구성은 아연강으로 제작한 가두리틀(5×5m), 가두리망(4×4×3m), 태양전지 구동형 먹이 자동급이 및 점등장치로 되어 있으며(그림 1), 현장에서 조립한 후 항내에 설치하였다. 항내 중간육성장 적지조건은 간조 시 기준 수심 4m이상이며 조류소통이 원활하고 담수 및 토사유입에 의한 영향이 없고 관리가 용이한 곳으로 남원읍 태흥포구(돌돔), 제주시 화북항(말쥐치)를 선정하였다.

그림 1. 어류 중간육성 시스템

2. 중간육성시스템 운용

2016년 종자생산된 4~5cm급 돌돔과 말쥐치 각 50천마리를 태양전지 구동형 먹이 자동급이기 및 점등장치가 구비되어 있는 가두리에 입식하였다. 중간육성 시 자동급이기

에 의한 먹이조절 및 점등에 의한 자연먹이 섭이능력 배양 기간은 1개월 정도로 먹이 조절은 입식 후 1주일간은 1일 3회, 2주째는 2회, 3주째는 1회, 4주째부터는 무급이로 서서히 자연환경에 순응되도록 하였고, 야간 11시부터 2시간 동안은 점등시켜 동물성 플랑크톤을 위집토록 하여 먹이공격 능력을 향상시킬 목적으로 운영되었다.

3. 중간육성 결과

어종별 입식상황 및 결과는 표 5에 나타내었다. 중간육성용 가두리내 각 치어별 수용밀도는 1m^{3}당 1,000마리 정도로 하였고, 중간육성장에서의 육성기간은 49~55일로 하였다. 중간육성기간중 폐사는 거의 발생하지 않았으며, 최종적으로 각 중간육성 해역내 중간육성 치어 전량을 방류하였다.

표 1. 어종별 입식 및 중간육성 결과

어 종	입식일시	입식장소	입식량 (천마리)	육성기간
말쥐치	2016. 7. 21	제주시 화북항	50	55일
돌 돔	2016. 7. 25	남원읍 태흥리	50	49일
합계			100	