

고소득 품종 자원회복 기술개발

- 대하, 보리새우 종자생산 및 자원조성 -

김윤설*·한미강·송지훈·심철홍·이경식**

전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

◎ 연구의 배경 및 목적

대하(*Fenneropenaeus chinensis*)는 온대에서 아열대에 걸쳐 넓게 분포하고 있는 보리새우 속(屬)중에 우리나라 연안의 천해에 분포하고 있는 대표적인 새우이며, 두흉갑 크기 50mm, 체장 200mm, 무게 70g에 이르는 대형 종으로 우리나라에서 경제성이 매우 높은 양식 대상 종이다(해양수산부, 2000).

보리새우(*Marsupenaeus japonicus*)는 십각목(Order Decapoda) 보리새우과(Family Penaeidae) 갑각류에 속하는 대형 새우류 중의 하나로 일본, 대만, 필리핀, 베트남, 남아프리카 등지의 해역에 분포한다(Kim et al., 2002). 우리나라에서는 남해와 서해 남부해역에 분포하는데 특히, 6~9월 거제연안을 중심으로 가장 많이 어획되며(최, 2012), 전남에서는 고흥, 함평, 무안, 영광, 신안 등에서 어획되고 있다

우리나라 새우양식은 1968년 두산산업에서 9톤의 대하를 생산한 이래 1977년 비로소 농림수산통계연보에 새우양식 생산량이 기재되기 시작하였으며(유, 2000), 대하 양식생산량은 1985년부터 매년 증가하여 1997년에 1,533톤으로 최대 생산량을 기록한 후 바이러스에 의한 피해로 1998년 998톤, 1999년 1,142톤으로 감소하였다. 흰반점증후군바이러스(WSSV, white spot syndrome virus)는 흰반점병(WSD, white spot disease)을 일으키는 원인바이러스로 1992년 대만에서 처음 보고되었다(Chou et al., 1995). 1993년 중국, 일본, 등의 동북아시아에서 보고되었으며(Nakano et al., 1994; Zhan et al., 1995; Park et al., 1996), 우리나라에서는 1993년 6~7월 충남 태안 및 전북 고창지역에서 난치성 전염병이 처음 발병한 후 거의 해마다 양식새우를 대량폐사, 피해지역 확산으로 1996년에는 폐사율이 75%에 이를 정도로 피해가 급증하였다(허, 1997; 해양수산부, 2000).

국내 보리새우 양식은 1974~1978년 두산산업(주)에서 일본산 어미 새우를 이용해 처음으로 인공종자생산을 시작하였으며, 1980년에 보리새우 종자생산 체계를 확립하였다. 하지만 1990년 이후 활어류 수입개방으로 대만산 보리새우 수입(300톤/년) 및 까다로운 사육조건으로 대하양식의 제반 경제적, 관리적 측면에서 유리한 조건에 밀려 양식생산량이 감소하였으며, 현재 보리새우는 양식이 되지 않고, 매입방류 사업으로 자원을 유지하고 있는 실정이다.

2018년 기준, 전남의 새우생산량은 3,654톤으로 전국 6,178톤의 59.1%를 차지하며, 흰다리새우 3,609톤(98.8%), 대하 29톤(0.8%), 보리새우 16톤(0.4%) 순으로 흰다리새우가 주를 이뤘다. 흰다리새우 양식은 1995년 미국 하와이에서 환경변화 적응력 좋고 질병

에 강한 어미 새우를 고가에 수입(이식), 어업인에게 보급함으로써 폐사율이 적고 양식이 보편화 되어 현재까지 축제식 양식장에서 선호하는 양식품종이다(해양수산부, 2005, 동의대학교, 2005).

국내 새우류의 생산량 급감으로 각 지자체 수산연구소는 매년 꾸준히 대하, 보리새우 종자생산을 통해 방류활동을 지속하고 있으나, 질병, 경제적 문제, 어미 새우의 수급의 한계 등으로 양식은 거의 이루어지고 있지 않고 있다. 고소득이 보장된 새우류(대하, 보리새우) 종자생산 및 방류로 새우류 양식산업 활성화, 어업 자원조성 및 생산성을 극대화시켜 전남 어업인의 소득증대에 기여하고자 한다.

표 1. 최근 5년(2014~2018)동안의 전국 새우생산현황

구 분			2014		2015		2016		2017		2018	
			일반 해면	천해 양식								
전 국	생산량 (톤)	대하	650	13	581	13	665	1	359	18	143	-
		보리 새우	213	-	76	-	556	-	852	-	543	-
		흰다리 새우	-	4,488	-	5,515	-	5,791	-	5,144	-	5,492
	생산 금액 (백만원)	대하	1,4967	273	13,909	191	16,819	14	10,724	372	5,092	-
		보리 새우	4,400	-	2,943	-	7,989	-	7,490	-	3,268	-
		흰다리 새우	-	71,123	-	83,653	-	93,525	-	99,595	-	95,691
전 남	생산량 (톤)	대하	100	8	50	-	81	-	25	3	29	-
		보리 새우	8	-	12	-	59	-	14	-	16	-
		흰다리 새우	-	3,293	-	4,418	-	4,235	-	3,487	-	3,609
	생산 금액 (백만원)	대하	2,202	172	1,547	-	1,623	-	539	57	673	-
		보리 새우	359	-	425	-	2,594	-	370	-	358	-
		흰다리 새우	-	49,085	-	64,575	-	64,402	-	60,948	-	58,121

※ 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

◎ 연구방법

1. 종자생산 시설

대하 종자생산을 위해 사육수조는 50톤 수조($\phi 8.0\text{m} \times h1.0\text{m}$) 3개, 33톤 수조($\phi 6.5\text{m} \times h1.0\text{m}$) 2개를 사용하였으며, 보리새우는 50톤 수조 1개를 사용하였다. 건강한 종자생산을 위한 방역 사육관리기술(국립수산과학원, 2007)에 의해 어미 새우를 수용한 수조 및 에어스톤 등을 염소 20ppm의 농도로 소독 후 담수로 세척, 건조 하였다.

본 연구소 주변 해수는 펄 함유량이 높아 자연해수를 사육수로 바로 사용할 수 없기 때문에, 자연침전 → 모래여과기 → 섬유여과기를 거친 여과수를 연구동에서 다시 필터시설($10\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$)로 여과하여 사육수로 사용하였다.

새우류(대하, 보리새우) 종자생산은 지수식이기 때문에 사육수조 내 바닥의 찌꺼기 쌓임 및 공식현상을 최소화하기 위해 사육수조 당 80~120개의 에어스톤을 50~100cm 간격으로 지그재그 설치하였으며(그림 1), 환수작업을 위해 유생이 빨려나가지 않을 정도의 물러가제($300\mu\text{m}$)를 이용하여 환수틀을 제작·설치하였다(그림 1). 유생사육 가온 시설은 히트펌프 및 보일러 시설을 활용하였다.



그림 1. 사육수조 내 에어레이션 및 환수틀

2. 어미새우 산란 및 부화

종자생산용 어미 대하는 전남 고흥군 득량만 일대에서 확보하였으며, 보리새우는 경남 거제시 능포항 일대에서 확보하였다. 성숙 어미 구별은 두흉갑과 복부 사이에 있는 난소의 폭이 넓고 짙은 녹색을 띠는 것으로 판별하여 선별·확보 하였다. 어미새우는 1톤 활어 운송차에 산소 공급 및 저수온상태(대하 15°C , 보리새우 18°C)를 유지하여 수송하였으며, 수송 직후 채란용 수조에 수용하였다(그림 2, 그림 3).

어미 대하는 산란유도를 위해 채란용 수조(50톤) 3개에 각각 50마리 수용하였으며, 수온을 $15^{\circ}\text{C} \rightarrow 18^{\circ}\text{C} \rightarrow 21^{\circ}\text{C}$ 로 상승시켜 수온 차를 이용한 산란자극을 주었다. 산란유도는 수조 당 이틀을 넘기지 않도록 하였으며, 충분한 양이 산란하였을 경우 다음 날 어미 대하를 수거 후 또 다른 수조(33톤)에 옮겨 산란을 유도하였다.

어미 보리새우는 50톤 수조 1개에 50마리를 수용하였으며, 수온을 $18^{\circ}\text{C} \rightarrow 28 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 로

상승시켜 수온 차를 이용한 산란자극을 주었다. 산란유도는 대하 종자생산 방법과 동일하게 수조 당 이틀을 넘기지 않도록 하였고, 산란유무는 육안으로 수조 표면의 거품으로 1차 확인하고, 2차 현미경 검경을 통해 확인하였으며, 산란유도 기간 동안 먹이는 공급하지 않았다. 부화율을 높이기 위해 사육수조 내 바닥에 가라앉아 있는 수정란은 PVC 판으로 만든 물갈퀴로 수조 전면에 골고루 분산되도록 저어주었으며, 수정란이 다치지 않을 정도로 약하게 에어를 공급하였다(김과 이, 1994, 해양수산부, 2000, 박과 허, 2005).



그림 2. 어미 대하 수송 및 수조 내 입식(수온 15℃→18℃)

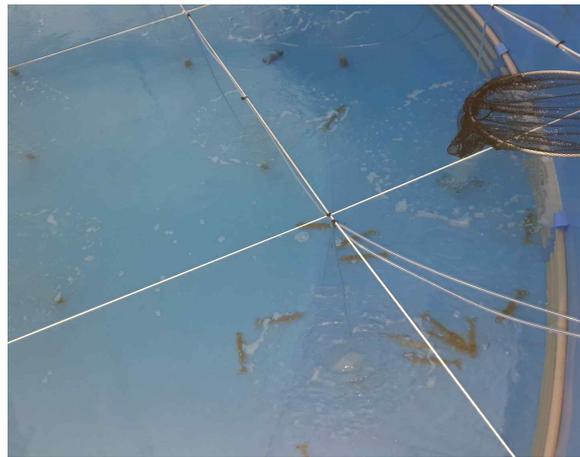


그림 3. 어미 보리새우 확보 및 수조 내 입식(수온 18℃→28℃)

3. 유생 및 치하관리

대하 및 보리새우 종자생산 시 수질관리는 같은 방법으로 부화유생 Nauplius(노플리우스), Zoea(조에아) 단계에서는 지수식으로 관리하면서 매일 전체 수량의 약 10%씩 증수, Mysis(미시스), Postlarva(포스트라바) 단계는 매일 전체 수량의 20%를 환수하였으며, 필요시 유수식으로 관리하였다.

수조 내 수질관리를 위해 수질정화제는 매일 오후 일정시간(17:00)에 1ppm(1g/ton) 농도로 처리하였다(김과 이, 1994).

사료는 모든 유생단계(조에아~포스트라바)에서 4시간 간격으로 6회/일 공급하였는데 종자생산 기간 동안 배합사료는 유생 단계별로 입자크기를 달리하여 담수에 풀어 골고루 섞은 후 사육수조 전체에 균일하게 뿌려주었고, 미시스 단계부터는 영양강화를 위해 알테미아를 1회/일 급이 하였다(표 2).

수조 내 수온관리를 위해 공급 여과해수는 공기열원 히트펌프(40RT)로 가온시킨 여과해수를 공급하였으며, 수조자체는 보일러(20만 kcal/h)를 이용하여 수온을 유지하였다.

표 2. 새우류(대하, 보리새우) 유생발달단계별 사료 급이 현황

구 분		Zoea			Mysis			Postlarva
		I	II	III	I	II	III	
배합사료	5~30 μ m							
	30~90 μ m							
	90~150 μ m							
	100~300 μ m							
알테미아	200~400 μ m							

4. 종자분양 및 방류

생산된 종자는 『2019년 수산종자관리사업 지침』에 의거, 방류 전 수산생물 전염병 검사(흰반점병, 타우라병 불검출)를 실시하였으며, 전남 도내 시·군에 무상분양 수요조사 실시하여 방류량 및 방류지를 선정하였다. 방류작업은 주광성을 이용 야간(02:00~06:00)에 수조 내 전등을 설치한 후 뜰채 및 배수구에서 망지를 이용해 포획하였으며, 포획한 종자는 시군 방류물량만큼 활어차에 상차하여, 각 군 해역에 방류하였다.

◎ 결과 및 고찰

1. 어미새우 산란 및 부화

종자생산용 어미 대하는 전남 고흥군 득량만 일대에서 포획된 성숙한 암컷 150마리를 4월 18일 확보하였으며, 보리새우는 8월부터 보리새우 어미를 확보하기 위해 노력하였으나, 태풍 영향 등에 의한 조업문제로 성숙어미 확보가 어려웠으나 지속적인 경남지역(거제, 남해) 모니터링 결과 예전보다 늦게 10월 7일 경남 거제시 능포항 일대에서 암컷 50마리 확보하였다.

성숙한 어미대하는 체장 22.1~24.5cm, 중량 98~131g, 생식소중량지수 7.7~24.5로 나타났으며(그림 4, 그림 6), 산란은 2019년 4월 18일~23일까지 이루어졌다. 산란량은 수조마다 다소 차이를 보였지만 총 부화량은 수조 1, 2, 3, 4, 5번을 합쳐서 약 4,300만 개체로 나타났다. 산란 부화 시 수조 수심은 40cm(20톤), 관리 수온은 20~21°C였다. 산란한 다음날 수정란은 대부분 노플리우스 단계로 부화하였다(난 크기 390~430 μ m).

보리새우는 체장 18.5~22.2cm, 체중 57~94g, 생식소중량지수 1.6~6.2로 나타났으며(그림 5, 그림 7), 산란은 2019년 10월 7일~10일까지 이루어졌다. 어미 보리새우의 난소상태는 성숙후기~완숙상태였으며, 총 부화량은 약 30만 개체로 추산된다. 일반적으로 자연상태에서 대하의 경우 어미 산란량은 20만~100만개로 보고되어 있지만 부화장에서의 산란량은 현저하게 저하된 4.5만~16만 정도로 개체의 크기, 성숙상태에 따라 변화 범위가 매우 크게 나타난다. 또한, 부화 수조에 모든 어미 새우들이 산란을 하지 않으며, 산란을 하더라도 부화되지 않은 난을 산란하는 특성이 있어 수질관리가 철저하게 필요하며, 어미확보를 할 때에도 최저 산란량을 대비하여 완숙상태의 많은 어미확보가 필요할 것으로 보인다.



그림 4. 어미대하(체장 22.1~24.5cm, 중량 98~131g)



그림 5. 어미보리새우(체장 18.5~22.2cm, 중량 57~94g)



그림 6. 성숙 어미대하의 난소 상태(GSI 7.7~24.5)



그림 7. 성숙 어미보리새우의 난소 상태(GSI 1.6~6.2)

2. 유생 및 치하관리

난에서 갓 부화한 노플리우스(Nauplius)는 Maxilliped의 setae 개수 및 복부의 발생 여부로 I~VI기로 나누어진다. 노플리우스 단계에는 수온 18~21°C(보리새우 28~29°C,

염분 28~29psu DO 7.3~7.4mg/L, pH 8.1~8.2), 염분 31psu, DO 10~8mg/L, pH 7.8~7.9 관리하였으며, 유생크기는 350~670 μ m(보리새우 350~600 μ m)의 범위였다. 노플리우스 유생 기간은 3~4일(보리새우 2~3일)이 소요되었다(그림 8, 그림 10, 그림 11).

난에서 바로 부화되어 나온 노플리우스는 앞쪽이 둥글고 크며, 뒤쪽은 가늘고 길다. 운동은 주로 측각으로 유명하고, 주광성으로 불이 비추었을 때 불쪽으로 몰려드는 특성이 있으며, 구강이 발달하지 않아 먹이를 섭취하지 않고 난황을 흡수하면서 점점 성장해 배합사료는 공급하지 않았다(표 2). 다음단계 조에아 유생으로 변태할 때까지 5회 탈피 하는데 형태적으로 크게 변화는 없지만 몸의 길이가 길어지고 제2악각까지의 원기가 발달하고 측각의 분절 등이 변화를 보였다. 이 시기부터 미세조류 및 사료를 공급하는데 건강한 유생은 배설물을 실과 같은 형태로 달고 다니는 특성이 있다(김과 이, 1994.)

노플리우스 VI기 후 조에아 단계(체장 1~2mm)로 발달하는데, 조에아(Zoea) I기는 단눈과 복부 형성, II기는 복눈, 복부 체절 형성, III기 복부 다섯 번째 마디의 가시와 꼬리마디(Telson)의 미지(Uropod) 발생 여부로 각각 구분된다(그림 8, 그림 9). 몸은 체절화가 되고 7쌍의 부속지가 나타나며 입과 소화기가 발달한다.

조에아 유생 관리 수온은 21~25 $^{\circ}$ C(보리새우 30 $^{\circ}$ C)로 발달 단계에 맞추어 점점 상승시켰고, 약 7일 정도 소요되었다(보리새우 3~4일). 조에아 단계부터 구강 크기에 맞는 배합사료(5~30 μ m, 220~440g/1,000만/day)를 6회/일에 나누어 급이 하였다(표 2, 그림 10).

미시스(Mysis) 단계는 체장 2.5~4.5mm의 범위를 보였으며, I기에는 두흉갑(Carapace)과 복눈이 확실하게 나누어지고 미지가 확연히 길어지며 복부의 유영다리(Pleopod)의 원기가 형성된다(체장 2.5~3.8mm). II기에는 복부의 원기 5쌍이 출현하지만 체절은 형성되지 않고(체장 4.0~4.5mm), III기에는 복부 체절이 형성되어 새우의 형태(체장 4~6mm)를 갖추기 시작한다(그림 8, 그림 9).

미시스 단계 동안에 관리 수온은 24~25 $^{\circ}$ C(보리새우 30 $^{\circ}$ C)로 4~5일 정도 소요되었으며(보리새우 3~4일), 30~150 μ m 입자의 배합사료(665~760g/1,000만/day)를 6회/일에 나누어 급이 하였다(표 2, 그림 10).

미시스 단계 특징은 아직까지 힘이 부족하여 몸 전체 균형을 잘 유지할 수 없어 머리 부분을 바닥 쪽으로 향하여 부상해 있다(미시스 II~). 이 시기는 먹이 섭취 유무에 따라 포스트라바 단계로 변태 및 성장속도가 결정되기 때문에 알테미아와 같은 동물성 먹이생물을 1회/일 지속적으로 공급해 서로 잡아먹는 공식현상을 줄였다.

포스트라바(Postlarva)로 변태한 후부터 방류시까지 대하는 약 10일 정도 소요되었고, 크기는 1.2~1.5mm였다. 이 기간 동안 100~300 μ m 입자크기의 배합사료(800~1,080g/1,000만/day) 및 알테미아를 병행 급이 하였다(표 2). 포스트라바 시기가 되면 유영각이 발달하여 수평으로 유명하게 되고, 아직은 불완전하지만 형태적으로는 어린 새우와 같은 모양을 하고 있다.

전반적으로 포스트라바 5령 이후부터 수조 바닥에 포복하기 시작하며, 본격적으로 포복하게 되는 것은 중기 이후다. 특히, 이때 바닥상태에 따라 폐사하는 개체도 많이 발생하며, 먹이가 부족해 서로 잡아먹는 공식현상 또한 두드러지게 나타난다. 새우 중

자 1개체를 여러 마리가 서로 붙어서 먹고 있는 모습이 보일 때 먹이양을 늘려 공식 현상을 최소화해야 생산량 감소를 줄일 수 있다.

어미 새우 입식에서 산란유도, 유생관리 및 방류까지의 종자생산 기간은 대하의 경우 28일이 소요 되었다(충청남도수산연구소, 2014, 부산광역시수산자원연구소, 2015, 경남수산자원연구소, 2012)

종자 생산동안 경우 대하는 전체적으로 폐사하는 개체가 거의 나타나지 않았다. 보리새우는 포스트라바 7령때 전량 폐사하였는데, 보리새우 종자 수조에 공급한 환경내성이 강한 동물성 먹이생물(알테미아) 도 일시에 폐사하는 경향을 보였다. 새우류의 수조 내 폐사 원인에는 질병, 환경변화 등이 있어 규명을 위해 종자 내 기생충, 세균 및 바이러스성 검사를 의뢰하였지만 불검출로 나타나 전염병에 의한 폐사는 아닌 것으로 밝혀졌다(그림 13). 또한, 수질환경 수온 30°C 내외, 용존산소(DO) 5mg/L(새우류 3mg/L이상) 이상으로 새우류 서식에도 큰 문제가 없었다. 염분에서는 28~30psu 다소 낮게 나타났지만 연안에 서식하는 새우류에는 영향을 주지 않는 것으로 보여지며, 수조 바닥에도 사료 등이 많이 쌓이지 않아 저질문제도 아닐 것으로 판단되어 졌다.

새우양식 전문가 의견으로는 포스트라바 5기 이후 저서(바닥)생활을 주로 하는 시기에는 유수식 전환이 필요하며, 새벽에 갑작스런 저질환경 변화 등으로 폐사하는 경우가 있다고 한다. 또한 수조 내 너무 많은 동물성 먹이생물을 공급하는 것도 용존산소 고갈의 원인이 될 수 있다. 2015~2019년 보리새우 종자생산 방식에는 차이가 없었지만 어미 확보량, 산란을 위한 수온자극 온도 차이, 사료 및 동물성먹이 공급량 등 여러 가지 원인으로 인해 환경변화를 보여 폐사한 것으로 판단되어진다.

3. 종자분양 및 방류

대하 종자는 『2019년 수산종자관리사업 지침』에 의거, 방류 전 수산생물 전염병 검사(흰반점병, 타우라병 불검출) 결과 불검출 되어 합격 판정을 받았다(그림 13). 대하 종자 사육수온은 방류날짜를 고려해서 서서히 온도를 낮춘 후 수온(21°C 전후)을 유지 하였으며, 평균 크기 1.2cm 종자(그림 14) 계수는 무작위로 무게를 측정한 결과 평균 4kg/100만 산정하였다.

대하 종자는 전남 도내 시·군에서 무상 분양 신청(5월 8일~10일)을 받아 도내 7개 군에 분양하여 5월 16일에 종자 2천 5백만 마리를 방류하였다(그림 15). 방류된 대하 종자는 연안에서 멀리 이동하지 않으며, 생존율 및 성장도가 높아 9~10월에 15~18cm (체중 40g 내외) 정도로 성장해 어업인 소득향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

보리새우 종자는 포스트라바 7령 이후 폐사되어 방류를 할 수 없었다. 새우류 종자 생산 과정에서 어미확보는 매우 중요하다. 특히 보리새우의 경우 일정지역에서만 성숙된 어미를 확보 할 수 있으며, 포란량 및 산란양도 대하에 비해 현저히 적어 완숙된 많은 어미확보가 가장 중요하다. 본 연구에서는 보리새우 어미 확보 문제 등으로 인해 방류를 하지 못했지만 향후 대량생산을 통한 종자방류를 위해서는 각 지자체 연구소의 협력 네트워크 구축을 통한 성숙된 어미확보가 필요할 것으로 보인다.

매년 각 지자체에서 연안 해역의 자원회복을 위해 대하 및 보리새우 종자 방류를

추진하고 있다. 하지만 방류에 대한 효과조사가 정확히 이루어지고 있지 않아 실질적인 효과가 어느 정도 인지 데이터를 구축 할 수 없는 실정이다. 현재 예산 및 구조상 지자체에서 방류효과 조사를 실시하기에는 무리가 있는 상태이지만 한국수산자원공단(FIRA)이라는 방류효과조사 및 경제적 효과를 분석하는 기관이 있어 향후 방류효과조사 관련 예산확보 및 업무협의를 통해 과학적이고 체계적인 방류효과 자료를 구축할 필요가 있다. 경제성 분석을 위해 유적한적 조사 등 기초자료를 확보하여 방류사업의 효율적이고 지속적 추진방향을 제시할 필요가 있을 것으로 판단된다.

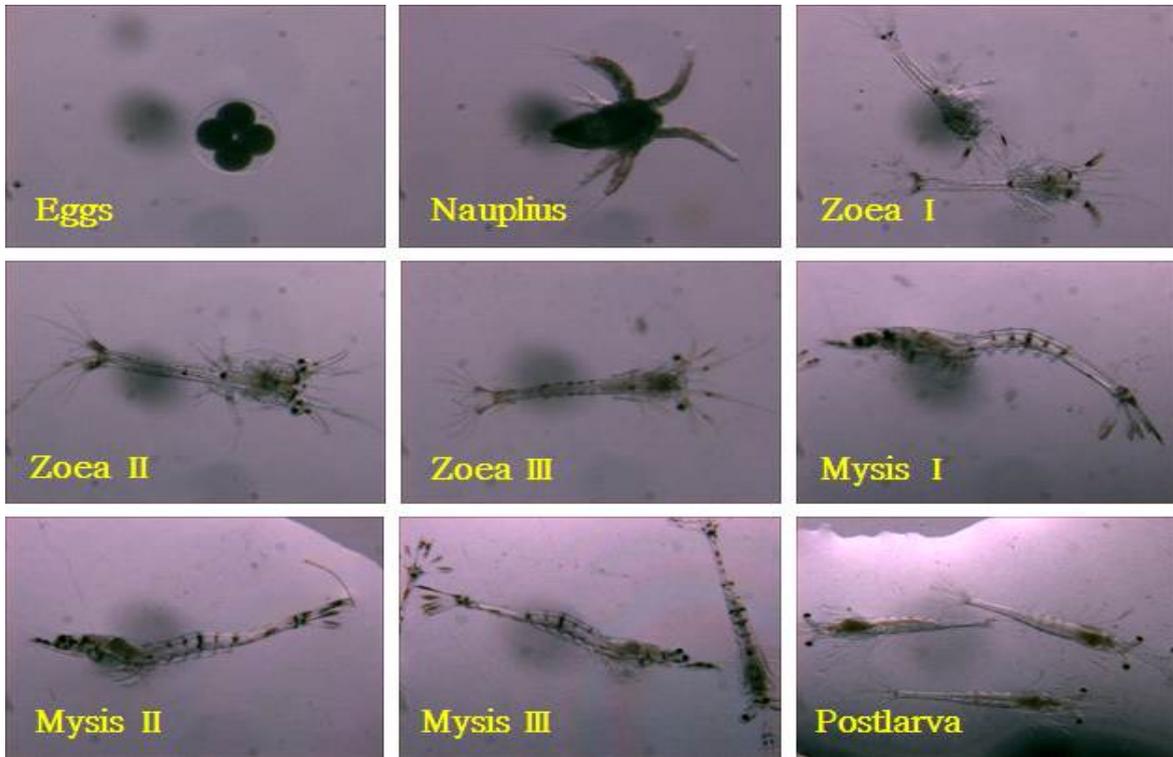


그림 8. 대하 유생발달 과정(Eggs → Nauplius → ZoeaI~III → MysisI~III → Postlarva)

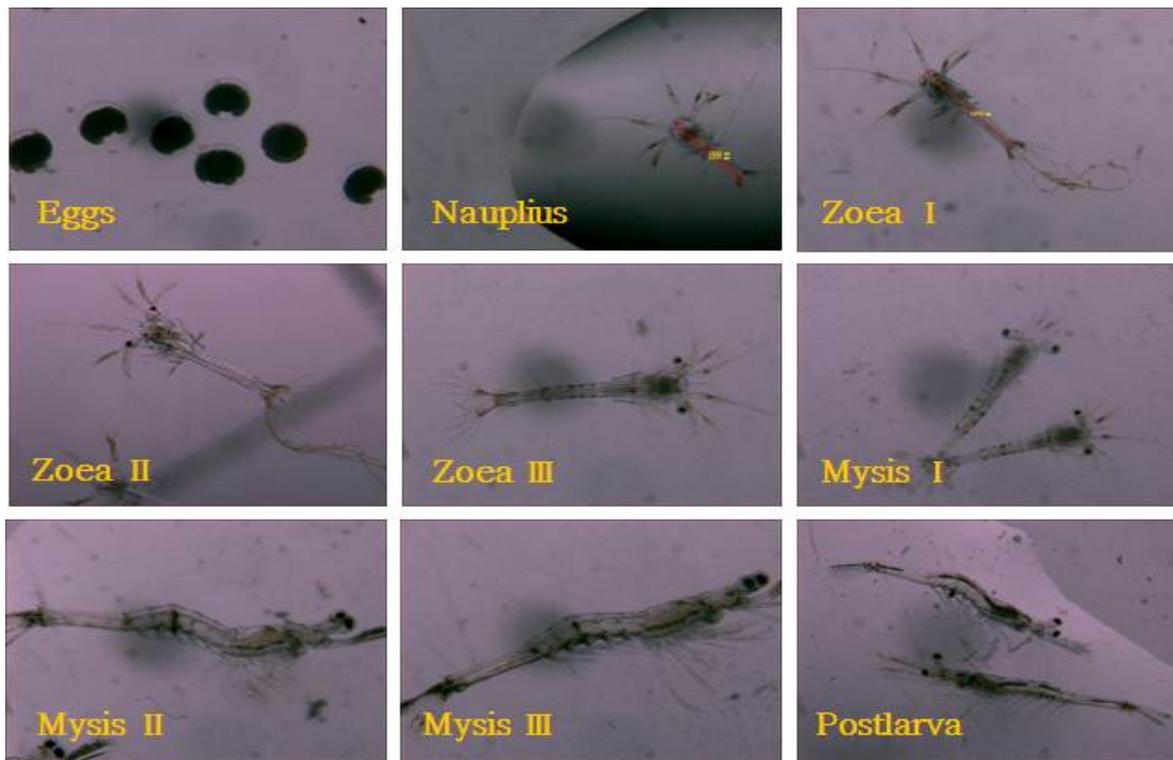


그림 9. 보리새우 유생발달 과정(Eggs → Nauplius → ZoeaI~III → MysisI~III → Postlarva)

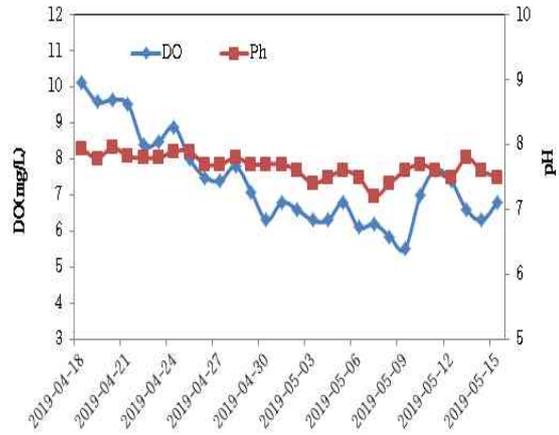
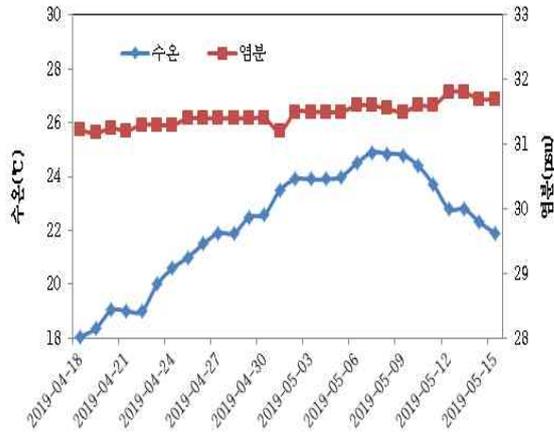


그림 10. 대하 종자생산 기간 수온, 염분, DO, pH 변화

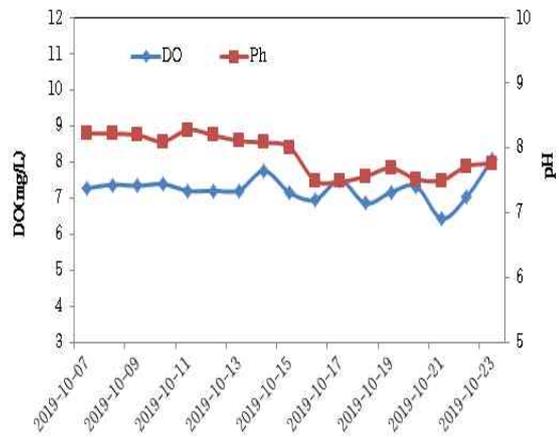
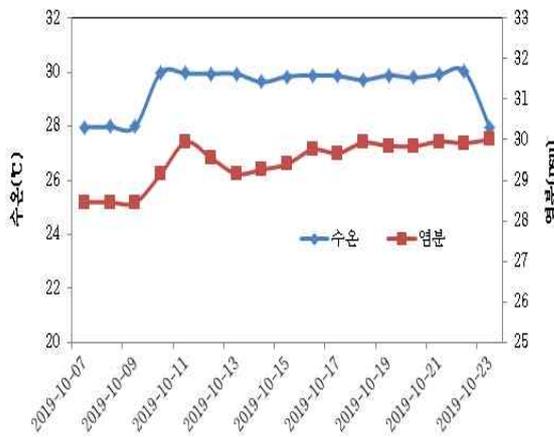


그림 11. 보리새우 종자생산 기간 수온, 염분, DO, pH 변화



그림 12. 보리새우 종자생산 수조 및 폐사개체



그림 15. 대하 종자 포획, 계수, 활어차 수송 및 방류

표 3. 전남 도내 대하 방류해역 및 방류량

시 군	방류해역	방류량	차량	
대하	계	7개 군 해역	25백만	
	고흥	두원면 풍류선착장 봉래면 신금선착장	400만	5톤
	영광	낙월면 칠산도 해역	400만	5톤
	진도	고군 회동지선	300만	5톤
	무안	현경면 월두선착장	300만	5톤
	장흥	안양면 수문항지선	400만	1톤
	신안	압해읍 송공선착장	400만	1톤
	함평	손불면 월천지선	300만	1톤(산소포장)

◎ 참고문헌

1. 국립수산물과학원, 2007. 대하, 꽃게 건강종자생산을 위한 방역사육관리기술. 31pp.
2. 경남수산자원연구소, 2012. 2011년도 연구사업보고서. 256pp.
3. 김진호, 이종화, 1994. 보리새우류 양식. 아카데미서적. 399pp.
4. 동의대학교, 2005. 대하(*Fenneropenaeus chinensis*)의 번식 생리에 관한 연구. 115pp.
5. 박인석, 허준옥, 2005. 대하(*Fenneropenaeus chinensis*)의 초기 유생성장. 한국환경생물학회. 23(1), 27-31.
6. 부산광역시 수산자원연구소, 2015. 2014년도 연구 및 지도 사업보고서. 165pp.
7. 수산정보포털(<http://www.fips.go.kr>)
8. 유성규, 2000. 천해양식. 구덕출판사, 639pp.
9. 충청남도수산연구소, 2014. 2013년도 연구사업 보고서. 127pp.
10. 최연주, 2012. 남해 연안의 보리새우(*Marsupenaeus japonicus*) 개체군의 생식 생물학적 연구. 부경대학교 석사학위논문, 32pp.
11. 허문수, 1997. 양식새우 *Penaeus chinensis*와 *Penaeus japonicus*의 바이러스성 질병. 부산대학교 박사학위논문, 83pp.
12. 해양수산부, 2000. 새우양식과 질병관리. 127pp.
13. 해양수산부, 2000. 대하(*Fenneropenaeus chinensis*)의 친하 관리와 성 성숙 조절에 의한 수정란 대량확보 기술개발. 166pp.
14. 해양수산부, 2005. 새우류의 흰반점증후군바이러스(WSSV)에 대한 저항성물질 개발. 141pp.

15. Chou, H.Y., Huang, C.Y., Wang, C.H., Chiang, H.C., Lo, C.F. 1995. Pathogenicity of a baculovirus infection causing white spot syndrome in cultured penaeid shrimp in Taiwan. *Diseases of Aquatic Organisms*. 23, 165-173.
16. Kim, J.N, Choi, J.H, Kim, S.T, Cha, H.K and Hong, S.Y. 2002. Three Penaeid Species(Crustacea, Decapoda, Penaeidae) from the Southeastern Coast of Korea. *Kor J Fish Aquar Sci*, 234-244.
17. Nakano, H., Koube, H., Umezawa, S., Momoyama, K., Hiroaka, M., Inouye, K., Oseko, N. 1994. Mass mortalities of cultured Kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*, in Japan in 1993; epizootiological survey and infection trials. *Journal of Fish Pathology*. 29, 135-139.
18. Park, J.H., Lee, Y.S. 1996. pathological study of an infectious lymphoid organ necrosis virus infection in panaeid shrimp, *penaeus orientalis*. *Korean Journal of Veterinary Research*. 36, 1013-1016.
19. Zhan, W.B., Yu, K.K. and Meng, Q.X. 1995. Study on baculovirus disease of *Penaeus chinensis*. *Journal of Fishery Science of China*. 2, 22-28.

고소득 품종 자원회복 기술개발 - 신품종 기술개발 위한 후보 종 확보 -

김윤설*·한미강·송지훈·심철홍·이경식**

전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

◎ 연구의 배경 및 목적

병어(*Pampus argenteus*)는 농어목 병어과에 속하는 어종으로써 우리나라 서·남해 연안 및 동중국해역에 주로 분포하며, 수심 40~130m의 난류 영향을 받는 곳에 서식하는 외양성 저서어류로 예로부터 우리 국민의 식탁에 친숙한 주요 어종 중 하나이다.

병어 자원은 횡감으로 미식가들에게 크게 각광을 받아 소비가 날로 증가되고 있으며, 이들의 수요를 충족시키기 위한 어획량 증가로 자원이 날로 고갈되고 있어 자원량 증대가 필요한 양식 대상 종으로 주목을 받게 되었다. 병어의 주 어장인 동중국해에서 조업이 가능했던 1980년에는 14,169톤을 생산하였으나 2003년에 한·중 어업협정 체결로 조업수역이 축소되어 7,496톤으로 감소되었고 지속적인 감소추세를 보이다가 2017년부터 조금씩 증가하고 있다(표 1). 한편 1996년 중국으로부터 29톤이 수입된 이래 수요 증가 및 유통기술의 발달로 수입량이 급격히 증가하여 2003년 1,409톤이 수입되었으나 2004년 이후 10톤 미만으로 감소하였다(표 2).

국내 병어류의 연구는 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구로서 병어류의 형태에 관한 연구(김과 한, 1989), 성숙과 산란(이와 진, 1989), 덕대의 식성(허, 1989), 분포와 어황(조 등, 1989), 덕대의 자원 해석과 관리(김 등, 1989), 덕대와 병어의 성 성숙에 관한 연구(진, 1990)와 한국근해산 병어의 자원생물학적 연구(김, 1991) 등이 보고되었다. 2004년 목포지방해양수산청에서는 인공채란을 통해 소량의 수정란을 확보하여 발생 과정까지 시험적으로 연구한 바 있으나, 종자생산 기술에는 미치지 못하였으며, 건강망을 이용해 어린 치어를 포획하고 육상 수조에서 순치 및 실내사육을 연구하였다. 이후 2005년부터 2008년까지 국립수산물과학원에서 병어의 양식생물학적 기초연구 및 인공종묘생산 기술 개발에 그 목적을 두고 기초 생리·생태 조사, 유전학적 분석, 병어 뇌에서 GnRH의 발현양상 조사, 병어 자연산 친어 채포 및 실내 사육기술, 자연산란 유도, 인공채란에 의한 종묘생산 등에 관한 일련의 연구를 수행함으로써 병어의 생태학적 특성의 이해와 새로운 양식대상 가능성이 확인되었다.

전 세계적으로 수산물 어획이 매년 감소하고 있음에도 불구하고 양식수산물은 국내·외적으로 먹거리뿐만 아니라 건강식품, 기능성 식품으로 소비패턴이 다양화 되면서 소비량은 급속한 증가세를 보이고 있다. 그러나 최근 국내 어류양식 산업은 내적으로는 양식 수산물의 과잉생산과 외적으로 WTO시대의 무역자유화에 따른 수입 수산물의 양적인 증가와 더불어 수입 수산물과 국내 생산물과의 질적인 차별화가 구분되지 않은 상황에서 상대적으로 경쟁력이 뒤떨어지는 국내 어류양식 어가로는 이중삼중의 어려움

에 직면해 있다.

소득수준이 향상되면서 자연스럽게 고급 단백질에 대한 수요가 높아지고, 안전한 우리 먹거리를 찾고 있으므로, 국민 선호도가 높고 경제성이 있는 병어에 대한 수요도 꾸준하게 증가할 것으로 예상된다. 2005~2008년 연구 이후 실용화 되어 있지 않은 병어 인공종자생산 기술 개발을 통해 자원량 확대 및 어업인 소득증대에 기여하고자 한다.

표 1. 1980~2018년 병어 생산현황

구 분		1980	1990	2003	2014	2015	2016	2017	2018
생산량 (톤)	전국	14,169	10,390	7,469	3,421	3,314	4,748	5,909	8,268
	전남	-	-	1,753	1,578	1,620	1,859	2,655	4,489
생산금액 (억)	전국	-	-	363	559	586	693	794	886
	전남	-	-	126	305	344	347	457	491

※ 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

표 2. 1996~2018년 병어 수출·입 현황

구 분	1996	2000	2003	2004	2014	2015	2016	2017	2018
수입량 (톤)	29	777	1,409	2	1	12	39	30	17
수출량 (톤)	-	-	-	239	11	12	22	2	2

※ 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

◎ 연구방법

1. 자연산 어미 수정란 채란

우리나라 서해남부 해역에서의 병어 어장은 5~7월 신안군 임자도, 증도, 영광군 낙월도 등을 중심으로 형성된다. 병어의 채포는 산란하기 위하여 연안으로 들어오므로 그 시기를 정확하게 예측하는 일이 중요하다. 따라서 채포 장소와 시기는 해양 자료를 토대로 어업인의 경험을 청취하여 결정하였으며, 위판장 조사, 병어잡이 어선 등에서 어획량, 포란 상태, 난의 속도 등에 관한 사전 조사를 실시하였다.

채란용 친어는 산란시기를 고려하여 6월 18일~7월 17일까지 전남 신안군 임자면 인근 해역에서 닻자망, 소형 안강망 등으로 어획한 것으로(그림 1), 어획 즉시 복부압박법으로 채란하였으며, 건식법으로 인공수정 하였다. 수정된 알은 자연해수로 4회 세란 하였으며, 부상란만을 수거하여 20L 비닐봉지에 담아 아이스박스에 포장해 신속하게 연구소로 운반 하였다.



그림 1. 채란을 위한 현장 조사

2. 난 발생 및 자·치어 관리

운반한 수정란은 즉시 50톤(φ 8.0m×h1.0m) 수조에 수용하였으며, 난에 충격이 가지 않게 산소를 공급하였다. 수정란과 자어의 형태변화는 광학현미경과 입체현미경을 이용하여 관찰하였다. 수조 내 환경관리 및 로티퍼 먹이공급을 위해 해산클로렐라 (*Chlorella* sp.)를 공급하여 수색을 맞췄으며, 로티퍼(Rotifer)는 수정란 입식 수조 내 개체수 10~15개체/mL 유지되도록 하였다(그림 2).



그림 2. 해산클로렐라 및 로티퍼

3. 자연산 치어 확보

치어 확보는 영광해역에서 건간망(개막이) 어법을 이용하였는데, 다른 포획 방식에 비하여 비늘 등 어체의 손상이 적다. 조석간만의 차를 이용하여 병어를 채포하는 건간망 어법은 비교적 수심이 낮은 지역에 그물을 설치하기 때문에 물때와 시간의 제약을 많이 받아 조사는 9월 27일~11월 3일 까지 실시하였다(그림 3).



그림 3. 영광 백수해역 개막이 작업

◎ 결과 및 고찰

1. 자연산 어미 수정란 채란

자연산 어미 수정란 채란은 총 10회 실시하여 약 95cc(약 427,520립)을 확보하였다. 1차(6월 18일) 신안군 임자해역에서 총 6마리에서 약 30cc를 채란하였으나, 난 상태는 좋지 못하였다. 수컷은 많이 잡혔지만 암컷은 산란이 완료된 개체도 있었으며, 아직 미성숙 개체도 많이 어획되었다. 암컷 배를 압박해서 채란하다 보니 수정란의 형태가 찌그러져 있는 난 들이 많이 보였으며, 백탁이 있어 발생이 이루어지지 않고 수면 위에 떠있는 난 들도 많이 확인되었다. 2차(6월 20일) 신안군 임자해역에서 암컷 2마리에서 약 30cc를 확보, 3차(6월 21일) 약 30cc를 확보하였다(그림 4). 4차(6월 22일) 소형 안강망 현장조사, 5차(6월 27~28일) 약 5cc 확보 이후 6차(7월 2일), 7차(7월 3일), 8차(7월 15일), 9차(7월 16일), 10차(7월 17일) 조사에서는 수정란을 채란하지 못하였다(그림 5). 이 시기에도 어획된 그물에 수컷이 대부분 이었으며, 암컷의 경우 배가 많이 불러있는 개체가 보였지만 미성숙 단계였으며, 죽은 채로 어획된 개체가 많았다.

병어는 측편형 어류로 생식소는 일반 경골어류와는 달리 복강 배후부의 척추골을 따라 만곡되어 장의 일부를 둘러싸며 위치하고 있다. 그리고 암·수 모두 생식소는 좌우비상칭이며, 난소는 낭상형, 정소는 엽상형이다. 이들 생식소의 육안적 구별은 미성숙 개체일 때는 암·수 모두 백색을 띠고 있어 어려우나 성숙되면서 암컷은 황색, 수컷은 유백색을 띠어 식별이 용이하다. 또한, 생식세포 월별 변화는 수온이 낮아지기 시작하는 9월부터 생식소 내 난원세포가 난모세포로 발달하기 시작하여 1차 성장기를 나타내고, 10~12월에 2차 성장기를 보내고 다음해 4월에 난소는 본격적으로 성숙을 시작하여, 5월에 최종 성숙, 배란 및 산란 단계를 나타낸 이후 6월까지 왕성한 산란 시기에 머물러 있었으며, 7월에 이르러 산란 후 잔존 난모세포를 퇴화, 흡수시키고 8월에 이르러 휴지기에 접어든다고 하였다(국립수산과학원, 2008). 본 조사에서는 1개 팀으로 10회 조사에 그쳤지만 향후 자연산 어미 수정란 채란을 위해서는 5월 말부터 2~3개 팀으로 산란시기에 집중적으로 현장조사를 추진해야 난질이 좋은 수정란을 확보할 것으로 판단된다.

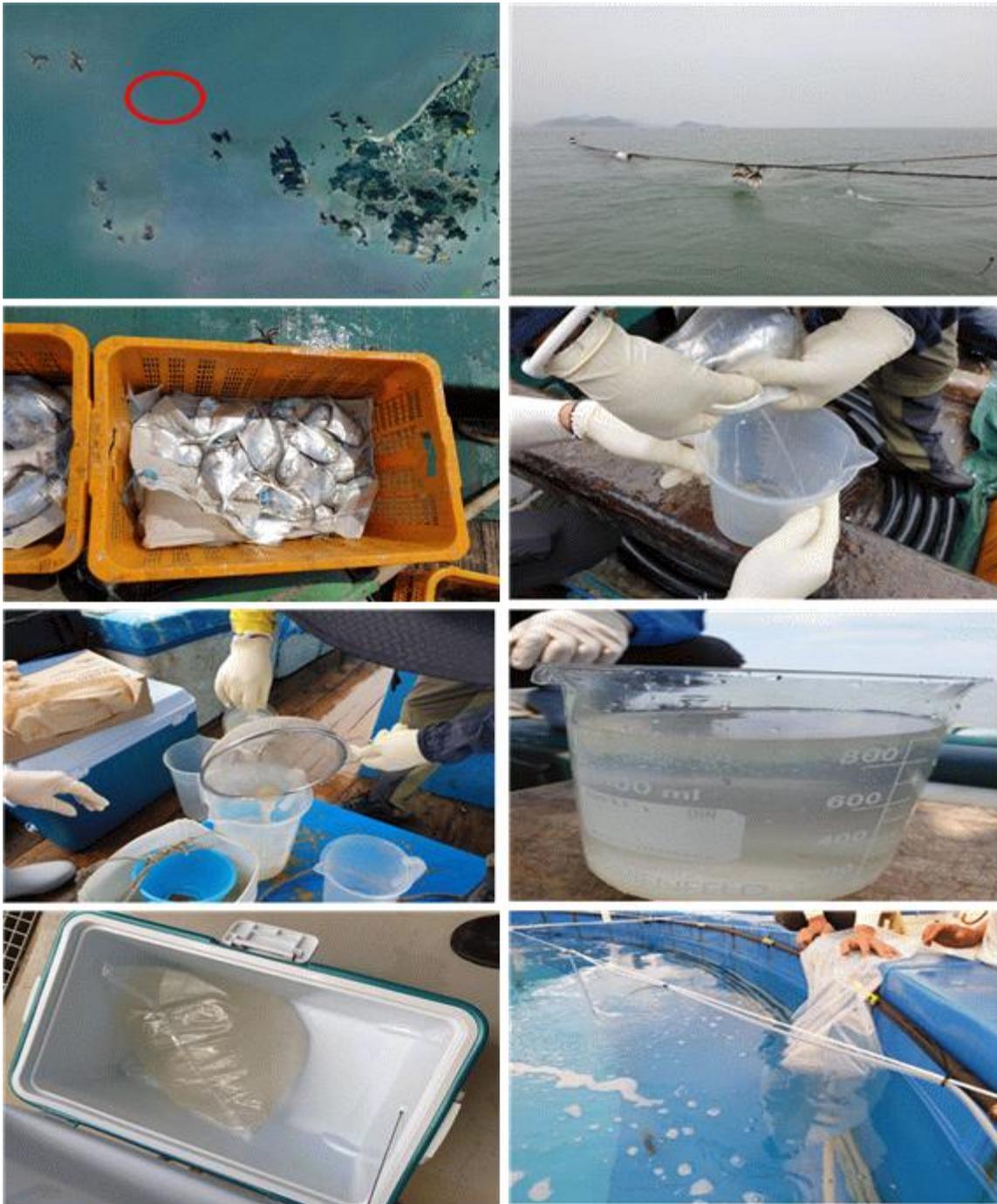


그림 4. 자연산 어미 수정란 채란(닷자망)



그림 5. 자연산 어미 수정란 채란(소형 안강망)

2. 난 발생 및 자·치어 관리

병어 수정란의 수정율, 부화율은 어미의 상태 및 난질의 상태에 따라 많은 차이를 보이는데, 기존 연구자료에서는 건식법에 의한 수정률은 10.0~71.4%, 등조법에 의한 수정률은 32.4~69.7%를 나타낸다고 하였다(배, 2008). 본 연구에서는 일반 현장에서 사용하는 건식법을 사용하였다.

자연산 수정란 채란 및 난 발생이 시간적으로 바다 현장에서 이루어졌기 때문에 단계별 사진은 찍을 수 없었다. 수조 내 부화관리 환경조건은 수온 22~23.5℃, 염분 32.1~32.3psu, DO 8.1~14.6mg/L, pH 7.1~8.1의 범위였다(그림 6). 병어 수정란의 난 발생 과정을 관찰한 결과 수정란은 원형으로 크기는 약 2mm 내외, 1개의 유구를 가지고 있었으며, 수정 후 2시간 30분에 4세포 형성, 수정 후 5시간 30분 상실기, 수정 후 약 15시간 이후 배체형성, 수정 후 약 25시간 이후 기관형성기(배체전반부에 흑색소포 출현)를 나타내었고(그림 7), 이후 40~50시간 지나서 부화하였다. 기존 문헌자료의 경우 수온 20℃, 염분 35psu 조건에서는 수정 후 2시간 15분 만에 4세포기, 수정 후 3시간 30분 만에 16세포기, 수정 후 6시간 40분 후에 상실기, 이후 난황의 한쪽 끝에서 조금씩 함몰되어 배순이 자라 오르면서 수정 후 15시간 25분에는 배체가 형성, 수정 후

42시간 10분 만에 배체가 꼬리지느러미를 활발히 움직이면서 첫 부화가 시작되어 본 자료와 큰 차이를 보이지 않았다.

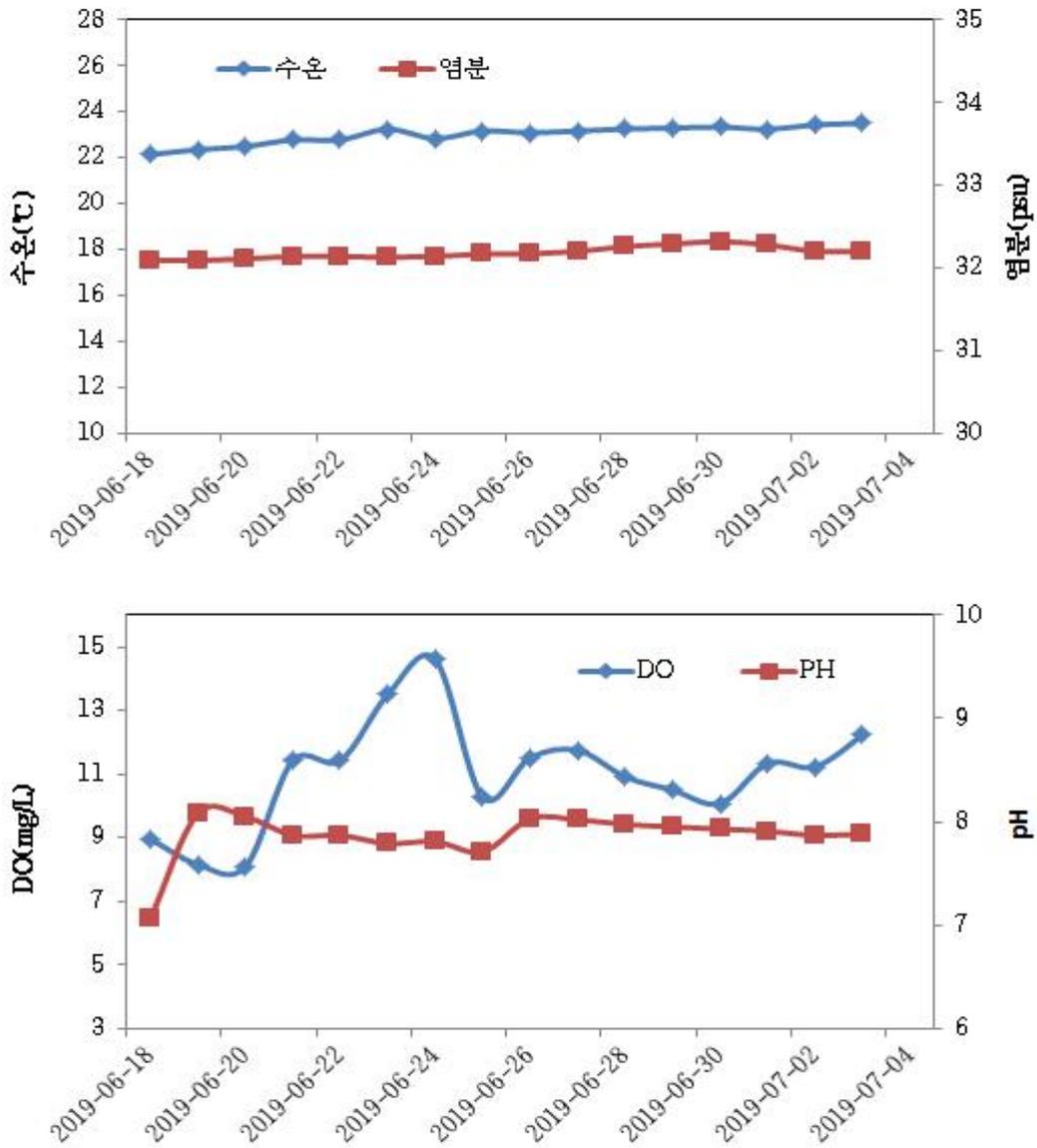
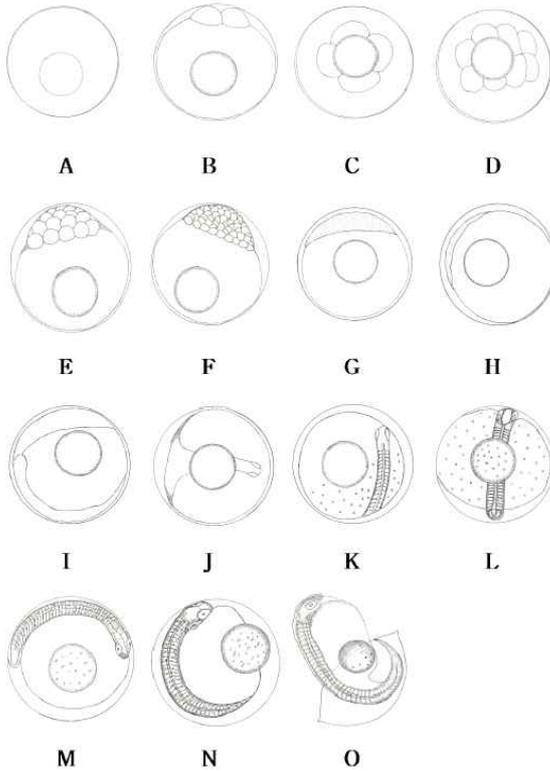
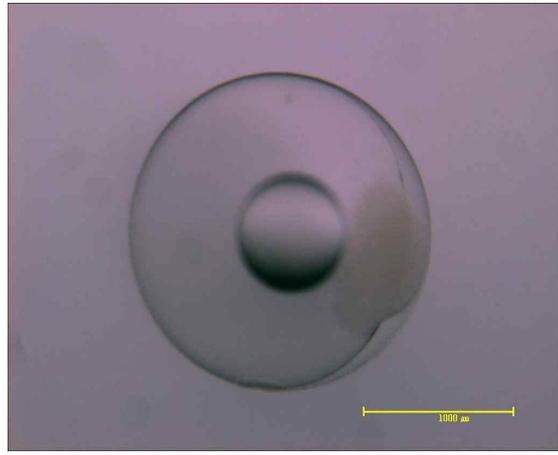
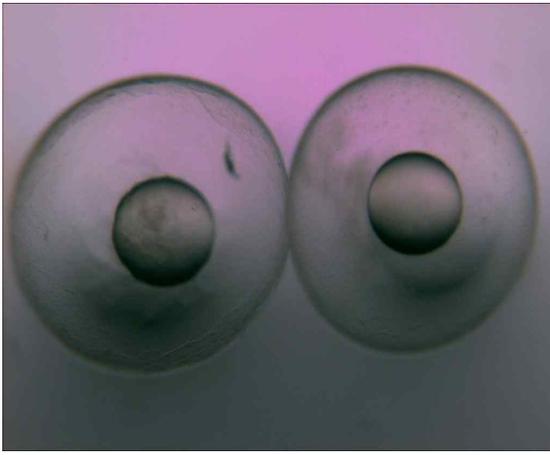


그림 6. 병어 수정란 부화관리 시 수질환경 변화



- A: 수정란, 수정 후 10분
- B: 2세포기, 수정 후 1시간 35분
- C: 4세포기, 수정 후 2시간 15분
- D: 8세포기, 수정 후 2시간 50분
- E: 16세포기, 수정 후 3시간 30분
- F: 64세포기, 수정 후 4시간 50분
- G: 상실기, 수정 후 6시간 40분
- H: 낭배기, 수정 후 12시간 57분
- I: 배체형성, 수정 후 15시간 25분
- J: 안포형성, 수정 후 17시간 12분
- K: kupffer's vesicle 형성, 수정 후 20시간 18분
- L: 이포형성, 수정 후 24시간 14분
- M: lens형성, 수정 후 35시간 25분
- N: 흑색소포 출현, 수정 후 39시간 40분
- O: 부화시작, 수정 후 42시간 10분

그림 7. 자연산 병어 난 발생 과정(배, 2009)

병어 자·치어 관리 및 먹이공급을 위해 부화 후 바로 사육수에 해산 *Chlorella* sp. 를 약 10~20만cells/mL 되도록 유지하고, 로피터(Rotifer)를 수정란 입식 후 3일부터 10~15개체/mL를 유지한 결과, 부화 직후 자어는 전장이 약 3.5mm로 난황을 달고 있었으며, 입과 항문은 아직 열려 있지 않고 항문은 전장의 중간부분에 위치하였다. 눈은 흑색소포가 착색되어 있었으며, 모든 지느러미는 막상이었다. 부화 후 약 4~5일째 난황을 모두 흡수한 자어는 약 5.6mm로 소화관이 발달하기 시작하여 초기사료인 로티퍼를 먹기 시작하였으며, 수조표면에 유영하다가 다시 수조 바닥으로 내려가는 모습을 보이기도 하였다. 부화 후 7일째부터 머리 부분이 발달하면서 섭이 활동과 장의 연동운동이 활발해졌다. 50톤의 큰 수조에서 여러 차례 나눠서 확보한 수정란 약 95cc를 관리하다 보니 집중적으로 관리하기가 어려웠으며 유생관찰도 쉽지 않았다. 유생 변태 이후 체고 변화, 등지느러미가 형성된 개체까지 확인하였으나 이후 수조 자·치어가 관찰되지 않았다(그림 8).

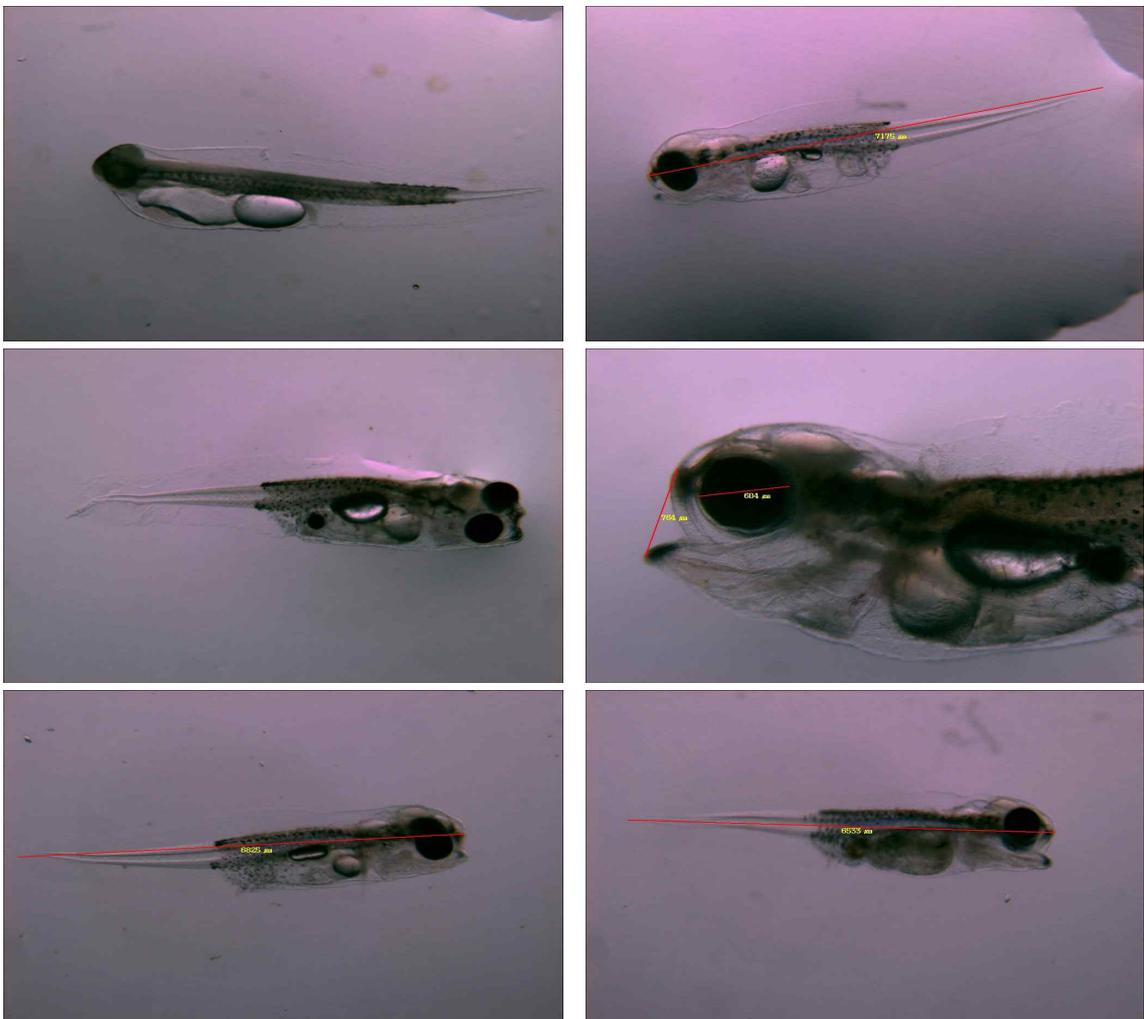


그림 8. 병어의 자·치어 형태 발달 과정

3. 자연산 치어 확보

전남 영광군 백수지선의 건간망 어장에서 9월 27일~11월 3일까지 채포한 병어는 총 154마리로 평균 전장 13.6cm, 중량 44.1g로 조사되었다(표 3). 9월 30일 150마리(07:00 69마리, 19:00 81마리)를 확보하였으며, 10월 25일(16:00) 4마리를 추가 확보하였다. 채포된 치어는 활어차에 산소를 공급하면서 운반하였지만 운반과정에서부터 폐사가 발생하였다. 수조에 입식 후 어체의 손상으로 인한 세균 감염을 예방하기 위하여 OTC(Oxytetracycline HCL) 50ppm으로 1일 2시간씩 2일간 약욕하였다. 이동 중 폐사한 개체를 제외한 150마리 실내 사육수조 1톤과 50톤 수조에 수용하였는데 24시간 경과 후 99마리(폐사율 66%), 48시간 경과 후 125마리(83%), 72시간 경과 후에는 135마리(90%), 96시간 경과 후 138마리(92%)가 폐사되어 4일간 생존율은 8%를 나타내었다(그림 9, 그림 10, 그림 12).

자연산 병어를 채포하여 육상수조에 입식 관리한 기간의 수질환경은 수온 23.5~12.0°C 이었으며, 염분 27.9~31.1psu, DO 7.3~15.6mg/L, pH 7.5~8.3의 범위를 나타내었다(그림 11). 이 시기에 매일 2~3회 신선한 새우 및 냉동 곤쟁이를 급이 하여 먹이불임을 유도하였다. 이들은 무리를 지어 수조 내를 유영하였으며, 관찰하고 있는 동안에는 먹이를 먹는 모습을 볼 수 없었다. 국립수산과학원 연구결과 보고서(2008)에서는 생사료의 먹이불임은 72시간 만에 완료되었고, 배합사료의 먹이 순치는 비교적 빠른 시간에 이루어졌다고 하였지만 본 연구에서는 먹이 순치가 쉽지 않았다. 추가적으로 갯지렁이 등을 공급하여 순치를 유도하였지만 이루어지지 않아 자연산 병어는 11월 30일까지 전량 폐사하였다.

병어 종자생산 연구에 있어서 자연산 수정란 확보가 가장 중요한 요소로 작용하는 것으로 보인다. 본 연구에서는 1개 지역(신안군 임자해역)에서 고정걸그물(닷자망), 소형 안강망에서 채포된 어미에서 수정란을 확보하였지만, 향후 영광군 칠산해역에서도 유자망, 고정걸그물, 소형 안강망에서 수정란을 채란하여 종자생산을 추진할 계획이다. 또한, 조석간만의 차를 이용하여 채포하는 건간망(개막이) 어법을 통해 자연산 치어 및 어미 종보존 연구도 병행 할 계획이다. 국내 병어종자생산 연구는 2008년 국립수산과학원에서 개발되었지만 실용화 되지 않고 추가 연구 또한 진행되지 않고 있다.

최근 경상남도 수산자원연구소에서 병어 어미확보 및 순치 연구를 추진하고 있다. 각 지자체 연구소 자료공유 및 업무협의를 통해 종자생산 기술이 확립되면 방류사업에 의한 자원증강, 병어 양식을 시도 할 수 있는 계기를 만들 수 있어 어업 경영 개선에 도움이 될 것으로 판단된다.

표 3. 자연산 치어 채포량 및 생존율

날 짜	채포량 (마리)	평균 전장 (cm)	평균무게 (g)	사망수 (마리)	생존수 (마리)	생존율 (%)
2019. 09. 27.	-	-	-	-	-	-
2019. 09. 30.	150	14.0	49.4	150	0	0
2019. 10. 14.	-	-	-	-	-	-
2019. 10. 25.	4	13.1	38.7	4	0	0
2019. 10. 31.	-	-	-	-	-	-
2019. 11. 01.	-	-	-	-	-	-
2019. 11. 03.	-	-	-	-	-	-
합 계	154	13.6	44.1	154	0	0



그림 9. 폐사개체 측정



그림 10. 수조 내 관리 중인 자연산 병어

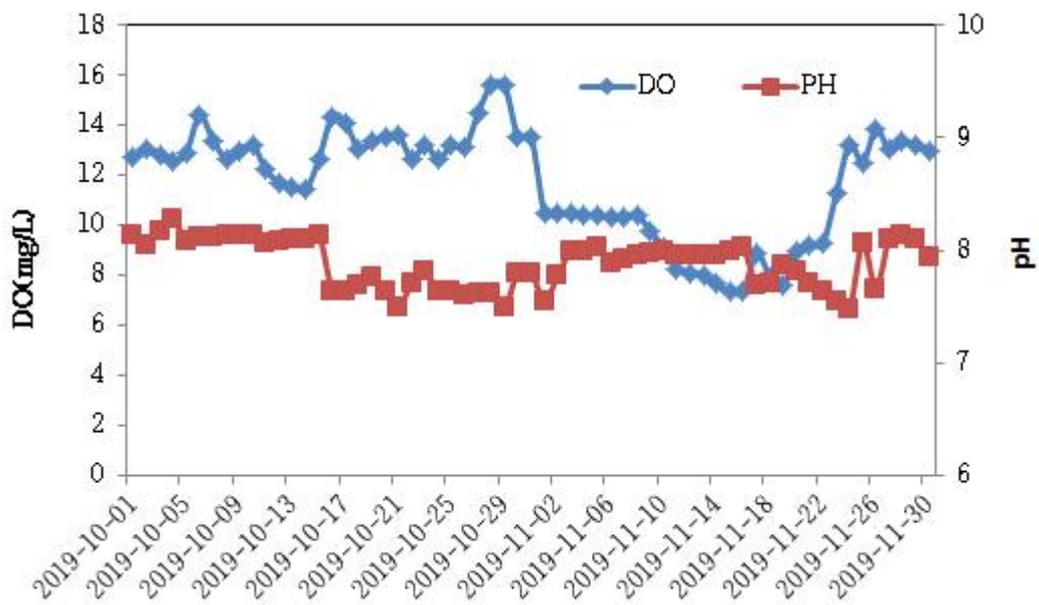
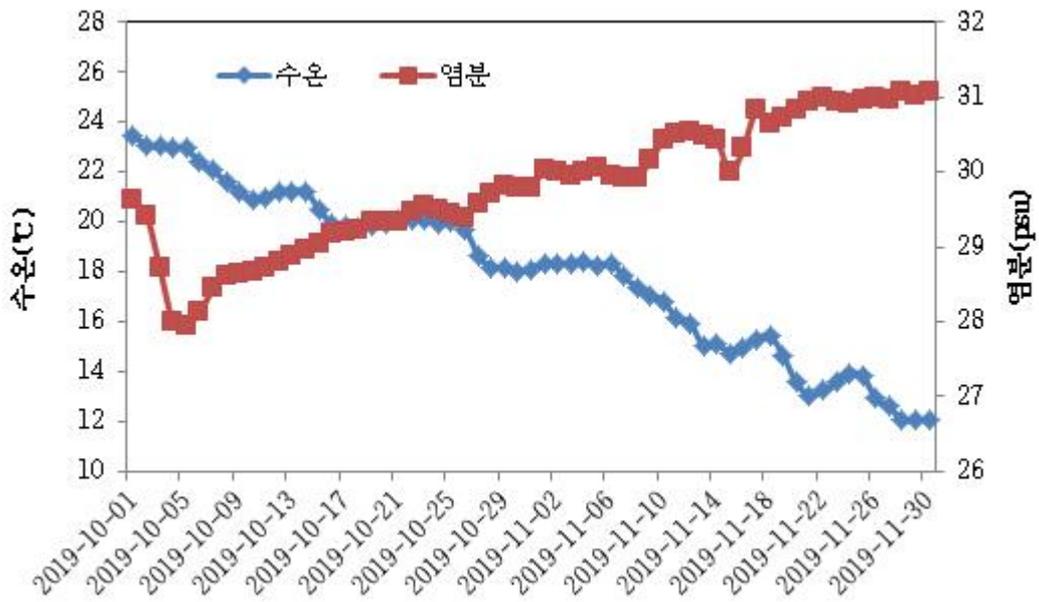


그림 11. 자연산 치어 관리 수질환경



그림 12. 자연산 치어 확보(영광 백수해역)

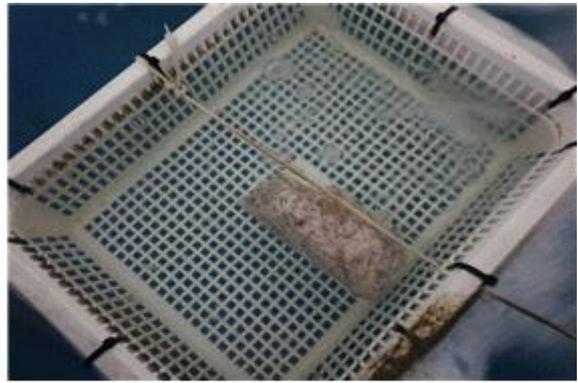


그림 13. 순치용 공급먹이(생새우, 냉동곤쟁이, 갯지렁이)

◎ 참고문헌

1. 국립수산물품질관리원, 2008. 병어 인공종묘생산 기술개발, 220pp.
2. 김용문, 강용주, 강병하, 이동우, 이주희, 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 6. 덕대의 자원해석과 관리. 한수지, 22(5), 306-316.
3. 김용문, 1991. 한국근해산 병어의 자원생물학적 연구. 부경대학교 석사학위논문, 60pp.
4. 김용억, 한경호, 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 1. 병어류의 형태에 관한 연구. 한수지, 22(5), 241-265.
5. 배주승, 2009. 병어 *Pampus argenteus*의 번식생태 및 자치어 생산. 군산대학교 대학원 박사학위논문, 131pp.
6. 수산정보포탈(<http://www.fips.go.kr>)
7. 이택열, 진종주, 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 2. 성숙과 산란. 한수지, 22(5), 266~280.
8. 정의영, 배주승, 강희웅, 이황복, 이기영, 2008. 한국 서해산 병어, *Pampus argenteus*의 번식생태. 발생과 생식, 12(2), 169-181.
9. 조규대, 김정창, 최용규, 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 5. 분포와 어황. 1989. 한수지, 22(5), 294-305.
10. 진종주, 1990. 덕대, *Pampus echinogaster*와 병어, *Pampus argenteus*의 성성숙에 관한 연구. 부산수산대학 대학원 석사학위 논문, 40pp.
11. 허성희, 1989. 한국 근해 병어류의 자원 생물학적 연구 4. 덕대(*Pampus echinogaster*)의 식성. 한수지, 22(5), 291-293.