함께 만드는 미래
NEXT경기

경기도해양수산자원연구소
Gyeonggi Province Maritime A Fisheries Research Institute
476-841 경기도 양평군 용문면 상광길 23-2
TEL. 031-772-3480, 772-5894 FAX. 031-773-8359
http://fish.gg.go.kr

2017년도 시험연구 사업보고서 경기도해양수산자원연구소

발 간 등 록 번 호
71-6411789-000002-10

Global Inspiration
세계속의 경기도

2017년도

시험연구 사업보고서

제 27 호

경기도해양수산자원연구소

목 차

Ⅰ. 시 험 연 구 개 발

1. 고소득·신품종 해양수산기술 개발

- ❍ 친환경 서해해삼 씨뿌림 양성 시험
- ❍ 경기갯벌 가리맛조개 자원회복 시험사업
- ❍ 갯벌이용 유용패류 종패살포 시험연구(새꼬막)

2. 토산어종 종 보존 및 복원

- ❍ 국내 멸종된 철갑상어 종 복원 연구
- ❍ 미유기 생산 및 방류 시험 연구
- ❍ 경기도 서식어종 유전자원 정보구축 사업

3. 현장 애로 기술 개발

- ❍ 미꾸리류 치어 대량생산 연구
- ❍ 쏘가리 배합사료 순치 연구
- ❍ 양식장 유해물질 안전관리 연구
- ❍ 토속어류 관상어 개발 연구
- ❍ 양식생물 폐사원인 모니터링 연구(흰다리새우)
- ❍ 양식생물 폐사원인 모니터링 연구(무지개송어)
- ❍ 어류 운반기술 실증 연구
- ❍ 친환경 융복합 양식기술 개발 시험

4. 민물고기 생태조사

- ❍ 도내 주요하천 민물고기 서식현황 조사
- ❍ 북한강 수계 내수면 어족자원 공동조사(소양호)

친환경 서해해삼 씨뿌림 양성 시험

최지성 · 김수현 · 김봉현 · 김동수

서 론

바다의 人蔘으로도 불리는 해삼(*Stichopus japonicus*)은 극피동물문 해삼강 순수목 해삼과에 속하는 바다생물로 세계적으로 약 1천5백종이 분포하고 있으며 한국에는 4과 14종이 서식하는 것으로 알려져 있다.

생김새가 오이를 닮아 영명으로 'Sea cucumber'로 불리는 해삼은 사포닌의 일종인 holothurin이라는 주요한 이차대사산물을 생성하는데 이 물질은 항곰팡이와 세포독성 등의 생물학적 활성을 가지고 있다. 이 중 아시아나 한국에서 주로 식용으로 하는 것은 세포독성이 없는 3종으로 홍해삼, 청해삼, 흑해삼이다.

해삼은 자웅이체이나 암수 구별이 어려워 산란기 때 배를 갈라 생식소의 색깔로 암수를 구별하는데 수컷의 생식소는 흰색, 암컷은 오렌지색이다. 체중이 250g이상의 해삼은 100~200만개의 난을 산란하며 난소 1g당 약 20만개의 난을 가지고 있다. 해삼의 주 산란기는 6~8월이며 암컷보다 수컷의 성숙이 빠르게 진행되는 것으로 알려져 있다.

서식지는 수질이 맑고 조류가 잘 소통되고 유속이 느린 장소이며 저질은 암초, 돌무덤이 있는 사질 바닥 수심 10~15m에서 주로 분포한다. 8~10℃에서 성장이 빠르나 17℃이상 되면 먹이 섭취를 중지하며, 25℃이상일 경우에는 활동을 중지하고 여름잠을 잔다. 해삼의 생리적 한계수온은 30℃ 전후로 28℃이상 장시간 유지 시 폐사하고 염분에 민감하여 25~33‰ 범위에서 생존하며 염분 20‰이하로 지속되면 폐사한다고 알려져 있다. 이러한 생태적 특성 때문에 봄, 가을에 주로 수확되며 여름철에는 하면(夏眠)으로 인해 잠수를 통한 해삼 채집이 쉽지 않아 해삼 판매단가도 2배 이상 오르게 된다. 먹이는 유기물, 박테리아, 원생동물, 규조류, 식물과 동물의 잔해로 펄과 함께 섭취하여 나머지 잔여물을 항문을 통해 배설한다.

2014년부터 화성시 국화도에서 해삼 시험사업을 3년간 실시하였으며, 2017년에는 안산시 단원구 풍도 인근해역에 동일한 방법으로 해삼 시험사업을 위한 적지조사를 수행한 후 해당 지역에 해삼초를 투하 · 시설하고 해삼종자를 투입하여 시험을 진행하였다.

본 시험연구사업의 목적은 해삼초를 이용하여 경기도 도서지역에 해삼 생산지를 발굴하고 어촌계의 자율적인 관리를 통해 지속적인 해삼 생산을 유도하여 어가소득을 증대시키는데 있다.

재료 및 방법

1. 적지 조사

해삼초 시설장소를 파악하고 해삼 서식 분포를 파악하기 위해 풍도 어촌계장의 자문을 통해 시험조사 대상지역을 선정하고 전문 잠수업체 ㈜휴다이브센터의 수중촬영을 통해 해저지형과 해삼 서식여부 등을 파악하였다.

그림 1. 해삼 시험사업지 선정을 위한 풍도 인근해역 잠수조사

2. 해삼초 설치

5월에 풍도 마을어장(마을어업 111호, 30ha) 내 시험적지에 해삼초를 정확히 투하하기 위해 잠수를 통해 투하지점에 부표를 설치하였다. 해삼초를 선박에 선적하여 해당 투하지점에 이동한 후 평균 4~6m 수심에 해삼초를 이틀간 투하하여 잠수를 통해 설치하였다.

그림 2. 해삼초 운반 및 이동경로(넛출선착장→풍도)

그림 3. 해삼초 해삼시험지에 투하 및 설치작업

3. 어린해삼 투입

풍도 해삼 시험사업지에 투입할 해삼 종자(2~7g, 4,000미)는 6월에 충남 태안소재 해삼 양식장에서 구입하였다. 양식장에서 검수를 마친 해삼종자를 스티로폼 박스에 포장하여 차량과 선박으로 운반시킨 후 잠수를 통해 해삼초에 투입하였다.

그림 4. 어린해삼 검수, 이동 후 해삼초에 투입

결 과

1. 적지 조사

풍도의 해저지형을 잠수를 통해 조사한 결과 펄과 모래가 혼합된 암반지역으로 대부분 몽돌로 뒤덮여 해삼의 은신처를 자연적으로 제공하고 있었으며 자갈, 모래, 펄이 혼합되어 있는 국화도의 해저지형과는 차이를 보였다. 다만 해안으로부터 외해 쪽으로 약 15~20m 지점 이후에는 해저지형이 급경사를 이루어 해삼초 설치가 불가할 것으로 판단되었다.

그림 5. 풍도 마을어장(마을어업 111호) 해저지형 수중촬영과 채집된 자연산 해삼

2. 해삼초 설치

해안으로부터 외해 방향으로 해저 급경사로 인해 해삼초를 설치할 수 있는 면적이 얼마되지 않아 해안선을 따라 해삼초 종자용(Eco-SC1001) 540개, 육성용(Eco-SC1002) 2,160개를 각각 투하하였다. 해삼초가 투하된 지점은 그림 6과 같다.

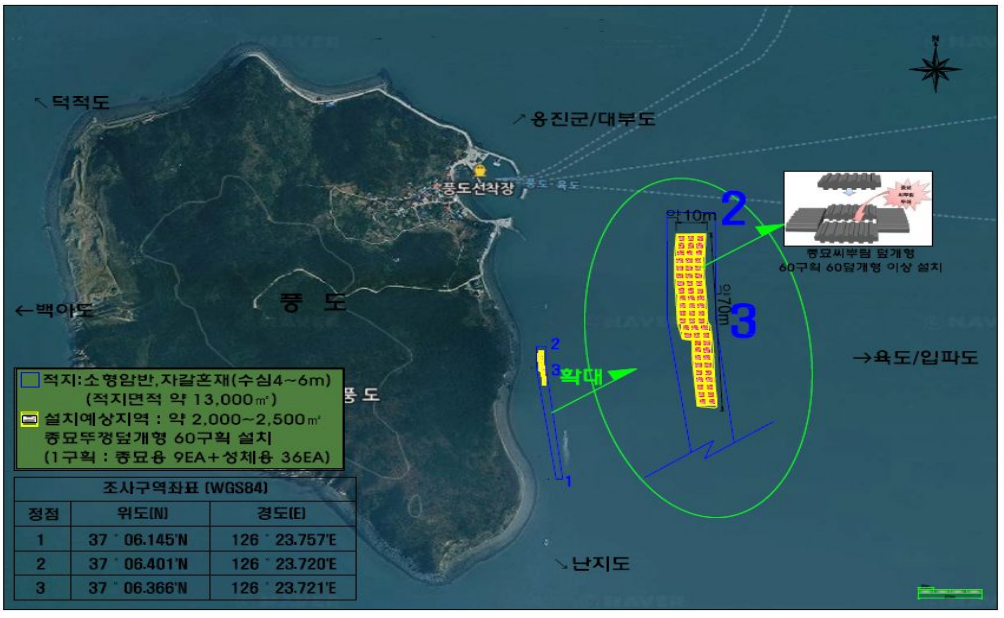


그림 6. 풍도 마을어장(마을어업 111호) 지점에 해삼초 설치지역

고 찰

풍도는 해안선을 따라 암반이 발달한 섬으로 해저는 수많은 돌들이 해삼의 은신처를 제공하고 돌 사이에 펄과 모래가 퇴적되어 자연산 해삼이 서식하기에 적합한 지리적 특성을 가지고 있었다. 그러나 해안가로부터 약 20m정도 외해쪽으로 나가게 되면 해저수심이 10m이상부터 급격히 떨어지는 급경사를 이루고 있어 해삼과 같이 해저를 이용한 바닥식 양식장 등을 넓은 면적으로 조성하기에는 제한적인 단점이 있다.

6월에 투입한 해삼의 성장도를 조사한 결과 12월에 평균 21.8g으로 성장하여 국화도와 비슷한 성장도를 보였다.

그림 7. 풍도 해삼 시험사업지 내 해삼종자 성장도 측정을 위한 채집

해삼 시험사업은 2014년부터 2017년까지 추진되었으며, 화성시 국화도 마을어장 280호(마을어업, 16ha)와 안산시 풍도 마을어장 111호(마을어업, 30ha)내에 시험사업지를 선정하여 총 8천 803개의 해삼초를 해당 마을어장에 설치하고, 약 12만 7천 1백마리의 어린해삼이 해삼초에 투입되었다(표 1).

표 1. 해삼 시험사업을 위해 투입된 해삼초 시설 현황

구 분	지역	해삼초(개)	어린해삼(마리)	시설면적(㎡)
계		8,803	127,100	약 4,000㎡
2014년	국화도	732	6,000	약 500㎡
2015년		2,811	39,100	약 1,500㎡
2016년		2,560	42,000	약 1,000㎡
2017년	풍도	2,700	40,000	약 1,000㎡

본 시험사업을 통해 도내 도서지역에 해삼 양식에 적합한 적지를 조사, 선정하여 해삼초를 시설하고 해삼종자의 정착과 성장도를 모니터링한 결과 해삼 시험지역에 투입된 해삼종자의 안정적인 성장과 자연산 해삼의 가입 등을 통해 효과적인 해삼 자원량 증가가 기대된다.

향후 해삼 시험사업이 추진된 지역을 중심으로 해당 어촌계와 관련 시, 군에서 해삼초 등의 추가설치와 지속적인 해삼종자의 자원조성 등을 통해 적극적으로 관리해 나간다면 효율적인 해삼 자원량 증대 방안이 될 것이다.

참 고 자 료

- 강창근, 최은정, 송행섭, 박현제, 서인수, 조규태, 이근섭, 2007. 동위원소 분석에 의한 동해와 남해 연안의 상이한 해조류 군락에 서식하는 저서무척추동물 먹이원 평가. 한국해양학회지.

- 박광재, 류상옥, 송재희, 백영숙 등. 2014. 유류피해지역 해삼 자연산란장 및 육성장 개발. 국립수산과학원 갯벌연구소.

- 박영제, 김영길, 정의영 등. 2013. 서해안 해삼 축제식 대량생산 양식기술 및 표준모델 개발 연구. 국립수산과학원 갯벌연구소.

- 변한석, 김창길, 김병균 등. 2013. 옹진군 수출양식단지(양식섬) 육성사업 기본계획 수립 용역보고서. 한국수산자원관리공단 서해지사.

- 이경식, 강선율, 류청로 등. 2012. 해삼시범연구사업 연구결과보고서. 전라남도해양수산과학원 국제갯벌연구센터.

- 이정의, 손맹현, 김태익, 박민우, 진영국. 2014. 해삼 인공종묘생산 가이드북. 국립수산과학원 남서해수산연구소.

- 한경남, 류경무, 김성민 등. 2013. 해삼양식산업 기술개발 연구사업 최종보고서. 인하대학교.

- 2016년 수산종묘관리사업 지침. 해양수산부 수산자원정책과.

경기갯벌 가리맛조개 자원회복 시험사업

최지성 · 김수현 · 안태영 · 김봉현 · 김동수

서 론

가리맛조개(*Sinonovacula constricta*)는 연체동물문(Mollusca) 이매패강(Bivalvia) 백합목(Solenoidea) 작두콩가리맛조개과에 속하는 패류이다. 성패의 크기가 10~15㎝이며, 너비가 3cm, 폭이 1.5cm이고 산란기는 8~9월이다. 서·남해 강하구의 부드러운 갯벌의 연안에 주로 서식하며 한국, 중국, 일본에서 주로 서식한다.

1990년대 경기도 남양만 갯벌의 가리맛조개는 종패를 뿌리지 않고 자연 상태에서 채취하여 다른 수산자원에 비해 경제적 가치가 매우 높은 패류 품종이었으나 각종 간척사업과 항만개발 등으로 인해 2000년대 이후에 생산량이 급감하여 현재는 생산량이 전무하다. 특히 화옹방조제의 물막이 공사가 완료된 이후에 화성 남양만 일대의 가리맛조개 생산지는 자취를 감추었다. 방조제 내부에 위치한 화성시 호곡리 갯벌은 전국의 맛류 총생산량의 50%인 연 3천톤을 수확하던 곳이었으며(고, 2001), 이곳에 서식하고 있는 가리맛조개의 총 서식밀도는 ㎡당 92~165개체 범위였다(고 등, 1997).

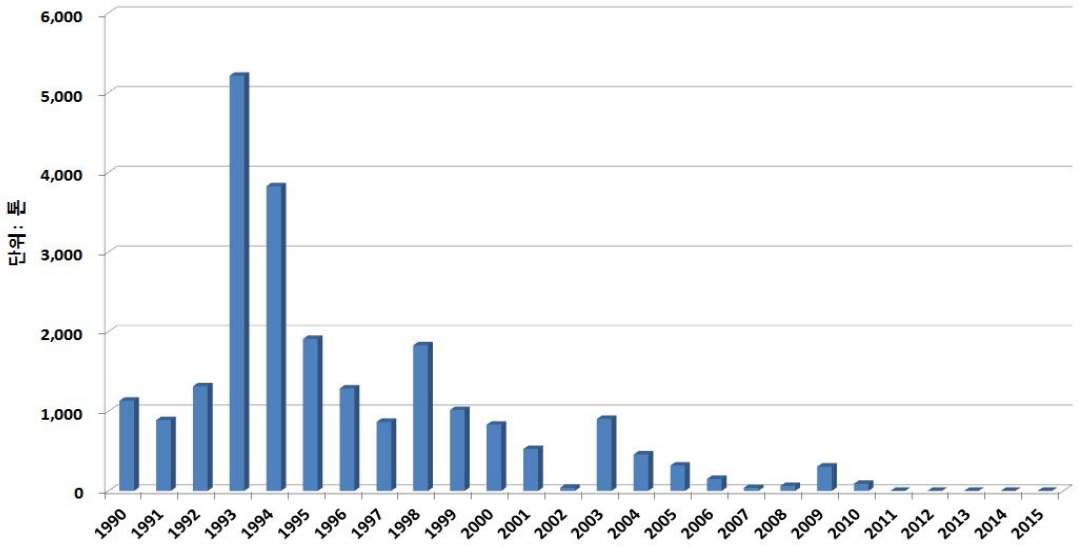


그림 1. 1990년~2015년 경기도 맛류 생산량 변화 (수산종합포탈시스템)

가리맛조개는 담수의 영향을 많이 받는 조간대의 무른 펄에 서식하며 성패의 경우 0.5~1m이상 깊게 잠입한다. 또한 패각이 얇아 충격에 약해 직접 손으로 채취하지 않으면

쉽게 파손되는 특성이 있다.

이처럼 가리맛조개는 어장의 접근이 어렵고 맨손 채취를 해야하는 어려움 등 많은 노동력이 소모되기 때문에 마을어장에 가리맛조개가 상당 부분 서식하지 않고서는 소득을 올리기 위한 채취는 좀처럼 이루어지지 않는다.

경기도에 가리맛조개가 서식하고 있는 지점은 하천과 농수로 등의 육수가 지속적으로 유입되는 육지와 갯벌이 바로 맞닿은 지점이다. 이로 인해 육수가 유입되는 갯벌에 수많은 작은 고랑이 형성되고 이러한 고랑들이 모여 큰 고랑을 형성한다.

가리맛조개는 갯벌 고랑의 비탈면이나 고랑 내에 흐르는 수면 밑에 잠입하여 서식하고 있기 때문에 채취를 위해서는 고랑을 타고 접근하거나 고랑과 고랑 사이의 갯벌 언덕을 타고 넘어가야 한다. 또한 어장이 멀 경우 만조 시 선박을 타고 가리맛조개가 서식하는 어장 위치로 접근하여 간조시 갯벌이 들어날 때까지 기다렸다가 채취를 해야하는 어려움이 있다.

그림 2. 가리맛조개가 서식하고 있는 안산시 대부도 동리어촌계 마을

경기도의 가리맛조개 자원량 감소의 주요한 원인은 각종 개발로 인한 갯벌환경 변화와 오염 등을 들 수 있으며, 이에 따른 자원량의 감소는 가리맛조개의 생산 활동 감소로 이어져 현재는 생산량이 전무한 실정이다. 전국 맛류 생산현황은 그림 3.과 같다.

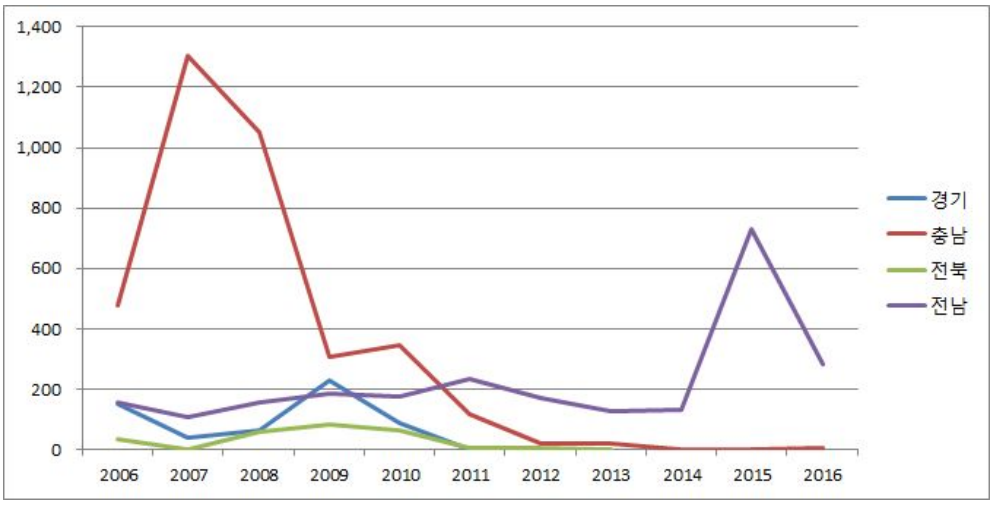


그림 3. 2006년~2015년까지 전남과 경기도의 맛류 생산 비율

본 시험사업의 목적은 경기도의 가리맛조개의 성장, 생존율 조사와 주변 환경조사 등을 통해 서식적지를 규명하고 생산량이 급감한 고급패류인 가리맛조개의 자원회복 가능성을 평가하는데 있다.

재료 및 방법

1. 적지조사

2016년 4월에 5월까지 약 2개월 동안 가리맛조개 연구교습어장(이하 가리맛조개 시험지) 선정을 위해 화성, 안산지역의 어촌계 마을어장 총 5개소를 조사하였다. 해당 어촌계원과 함께 서식가능지(갯벌)에 접근하여 육안조사, 탐문조사, 주변환경조사 등을 실시하였다.

그림 4. 2016년 가리맛조개 시험지 선정을 위한 적지조사

2017년 4월에는 시험어장 이동검토를 위해 가리맛조개가 서식하고 있는 동리어촌계 마을어장 갯벌 일대를 현장조사하였다. 조사대상 인접 지역의 어민에게 탐문조사를 실시한 후 갯골에 진입하여 육안으로 2016년 시험어장의 갯벌환경과 가리맛조개의 서식상태 등을 비교하였다.

그림 5. 2017년 가리맛조개 시험사업지 적지조사 (붉은선:조사경로, 노란점:'16년 시험사업지)

2. 가리맛조개 시험어장 조성

가리맛조개 치패의 밀도별 성장도, 생존율 실험을 위하여 갯벌 고랑을 중심으로 약 2m 길이의 대나무를 5m 간격으로 박아 어장을 표시하였다.

그림 6. 가리맛조개 성장, 생존율 모니터링을 위한 시험어장 조성

3. 시험용 가리맛조개 치패구입

2016~2017년 시험어장에 입식한 가리맛조개 치패는 전남해양수산과학원 강진지원에 협조를 받아 구입하였다. 구입된 가리맛조개 치패는 전남 강진지원 인근에 위치한 다산해양종묘(이하 "종패생산양식장")에서 생산한 것으로 강진만 갯벌에 조성된 시험어장에 살포되어 일정기간 중간육성된 것이다.

2016년에 15만미(평균 각장 3㎝, 전중 1.5g)와 2017년에 17만미(평균 각장 1.6㎝, 전중 0.2g)의 가리맛조개 치패를 각각 구입하여 입식하였다.

그림 7. 전남해양과학원 강진지원(左), 가리맛조개 중간육성장(中), 다산해양종묘(右)

4. 가리맛조개 치패 살포

2016년 전남 시험어장에서 채취된 가리맛조개는 인근에 위치한 다산해양종묘 양식장에서 해수를 이용하여 세척 등을 통해 불순물을 제거하였다. 불순물이 제거된 가리맛조개 치패를 아이스팩이 부착된 스티로폼 박스에 나누어 담아 익일 새벽에 차량으로 운반하였다. 운반된 치패를 밀도별로 살포하기 위해 일정한 간격으로 꽂은 대나무 기둥을 기준으로 갯골 양쪽 사면에 각각 ㎡당 50미, 100미로 살포하였다.

그림 8. 2016년 가리맛조개 시험사업지 내 치패살포

2017년에는 가리맛조개 치패의 생존율을 높이기 위해 2016년과 다르게 시험어장 갯벌에서 채취된 치패의 세척과정을 거치지 않고 펄이 묻은 상태에서 아이스팩이 부착된 스티로폼 박스에 나누어 담아 차량으로 운반하였다.

치패의 살포방식은 전년도는 다르게 갯골사면이 아닌 갯골 중앙수면에 직접 살포하였으며 갯골 별로 구분하여 ㎡당 50, 100미로 살포하였다.

그림 9. 2017년 가리맛조개 시험사업지 내 치패살포

4. 수질, 갯벌 저질 분석

1) 분석시료의 채취, 운반

2016년 11월에 가리맛조개 시험지의 갯벌 고랑에 흐르고 있는 유입수 분석을 위해 총 9지점의 유입수를 1ℓ 멸균채수통에 채수하였다.

갯벌 저질은 갯골 내에 흐르고 있는 유입수 하층의 저질, 갯골 사면의 저질, 갯골과 갯골 사이의 언덕 중앙부의 저질을 구분하여 총 5 지점의 저질을 채취하였다. 채취도구는 양쪽에 고무마개가 달린 아크릴 원통형 코어(약 30㎝)를 이용하였다.

수질과 갯벌 저질을 채취하여 아이스박스에 담아 냉장보관한 후 1시간 이내에 운반하여 ㈜지오시스템리서치(경기도 군포)에 분석을 의뢰하였다.

2) 수질, 퇴적물 분석을 위한 시료 채취장소

시험지 내의 많은 갯골 중 A와 C는 가리맛조개 치패가 살포된 갯골을 나타내며 B는 치패가 살포되지 않은 갯골이다. B 갯골은 A와 C보다 규모가 크며 유입수의 유량도 많다.

갯골 내 흐르는 유입수의 수질분석을 위해 갯골 A의 上은 유입구 지점을 나타내며, 中과 下는 각각 15m, 30m 간격으로 채수한 지점이다(그림 10).

시험지의 입도조성, 오염도 등의 평가를 위해 갯골의 퇴적물을 채취하였다. A, B, C는 갯골에 유입수가 흐르는 수면 아래에 퇴적물을 채취한 것을 나타내며, B-1은 B갯골에서 가리맛조개 치패가 소량 자생하고 있고 간조 시에도 갯벌에 수분이 남아있는 장소의 퇴적물을 채취한 것이다. B-2는 간조 시에 갯벌 표면에 수분기가 없는 갯골 사면의 퇴적물을 채취한 지점이다(그림 10).

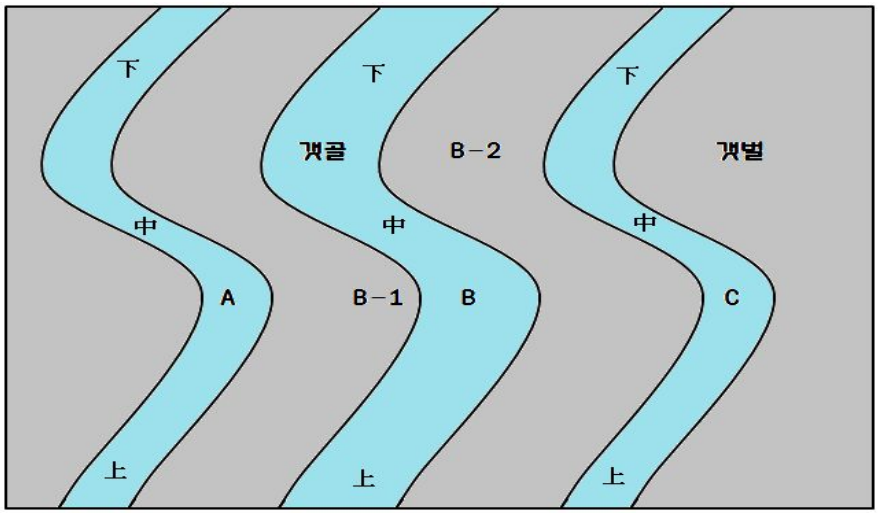


그림 10. 가리맛조개 시험어장 환경조사·분석을 위한 시료채취 지점

5. 성장도·생존율 조사

월별로 시험지 내에 가리맛조개 치패 30마리를 채취하여 실험실로 운반한 뒤 패각에 묻은 펄을 제거하고 각장, 각고, 각폭, 전중 등을 측정, 산출하였다.

생존율은 입식 당시 가리맛조개 치패의 잠임률로 초기 생존율을 구하였으며 시험기간 종료 전 10월과 11월 중 일정 구획의 가리맛조개 치패를 전량 채취하여 최종 산정하였다.

6. 중금속 분석

안산 대부도 동리어촌계 갯벌에서 가리맛조개 성패 30미를 채취하여 건조기에 48시간 건조시킨 후 균일하게 분쇄하여 중금속 (Pb, Cd, Hg) 분석을 실시 하였다.

카드뮴 및 납 함량을 분석하기 위해 시료 0.2g에 질산(Suprapur grade, Merck, Germany) 및 과산화수소(bioassay grade, Merck, Germany)를 첨가하여 Microwave(START D, Milestone, Italy)로 분해하였다. 분해된 용액은 3차 증류수로 희석하여 유도결합플라즈마

질량분석기, ICP-MS(NexION, Perkin-Elmer Inc., USA)로 농도를 측정하였다. 총수은 함량 분석은 시료 일정 무게를 잰 후 수은분석기(MA-3000, NIC, Japan)로 농도를 측정하였다.

결 과

1. 2016년 적지조사

1) 지리적 특성

가리맛조개가 서식하고 있는 장소는 담수가 지속적으로 유입되는 내만의 조간대 상층부이다. 현지조사를 실시하기 전 어촌계를 통해서 탐문조사를 실시하여 조사지역을 선정하였다.

조사지역 모두 주변에 저수지, 하천, 농수로 등이 위치하고 있었으며 이 곳을 통해서 갯벌에 육수가 지속적으로 유입되고 있었다. 이러한 저수지나 농수로 등의 배출구로부터 나오는 담수로 인해 갯벌에 수많은 고랑이 형성되어 있었으며 이 곳에 가리맛조개가 소량 자생하거나 死패각을 다량 발견할 수 있었다.

그림 11. 담수유입으로 형성된 조간대 상층부의 갯골

2) 마을어장 현장조사

가리맛조개 시험어장 선정을 위해 적지조사를 수행한 지역은 백미리, 말부흥, 흥성리, 종현동, 동리 어촌계 마을어장으로 총 5개소 이다. 현장조사 실시 전 각 어촌계의 어촌계장과 어촌계원에게 자문을 구하여 조사를 실시하였다.

가. 백미리 어촌계

백미리 마을어장 268호(75ha), 269호(67ha)를 조사하였다. U자 형태의 지형이 전체적으로 조간대를 감싸고 있어 갯벌이 퇴적되고 육지 쪽에서 흘러나오는 담수가 갯벌에 집중되어 갯골이 잘 발달된 지형적 특성을 보이고 있었다.

담수유입원으로 북서쪽으로는 장외산업단지와 화남일반 산업단지가 위치하고 있었으며 북동쪽으로는 소하천이 위치하였고 북서쪽과 동쪽에 걸쳐 염전, 농지, 낚시터가 조성되어 있었다.

가리맛조개 死패각을 다량 발견할 수 있었으나 육지로부터 지속적으로 흐르는 유입수 바닥부분과 유입수와 맞닿은 갯골 사면 하부에 쏙이 다량 서식하고 있었다.

그림 12. 백미리 어촌계 마을어장의 조사경로, 가리맛조개 死패각, 쏙구멍

나. 홍성리 어촌계

홍성리 어촌계 마을어장의 주요 담수 유입원은 대부도 뻐꾹산에 위치한 북동저수지이다. 갯골이 잘 발달된 갯벌이며 주변에 펜션과 낚시터가 위치하고 마을어장 남쪽으로 골프장이 인접해 있었다.

백미리 어촌계와 마찬가지로 갯골과 갯골 주변에 쏙이 다량 서식하고 있는 것을 확인할 수 있었고, 가리맛조개 死패각을 발견할 수 있었으나 백미리 보다는 그 패각의 수가 적었다.

그림 13. 홍성리 어촌계 마을어장 현장조사

다. 종현동 어촌계

안산시 대부도에 위치한 종현동 어촌계 마을어장은 적지조사가 수행된 다른 어장과 갯벌상이 달랐다. 사질의 비율이 높은 비교적 단단한 갯벌로 본 조사에서 가리맛조개가 서식할 만한 곳은 찾지 못했으나 종현동 갯벌 일부에서 대맛조개(*solen corneus*)가 서식하고 있었다.

그림 14. 종현동 어촌계 마을어장 현장조사

라. 말부흥 어촌계

백미리 어촌계와 마찬가지로 U자 형태의 지형 안에 뻘이 퇴적되어 갯골이 잘 발달된 말부흥 어촌계의 갯벌은 가리맛조개가 서식할 만한 장소였다. 육지와 바로 인접해 일자로 곧게 뻗은 큰 규모의 갯골은 간조 시에도 마치 육지의 하천과 같이 유량이 풍부한 담수가 지속적으로 흐르고 있었다. 그러나 하수도 냄새가 심한 오염된 담수가 갯벌에 유입되고 있었다.

말부흥 어촌계 갯벌은 이전에 가리맛조개가 서식하던 지역이었으나 현재는 갯벌 오염으로 인해 자취를 감추었으며 갯벌과 바로 인접한 부근의 염전부지는 펜션단지로 개발되어 공사 중에 있었으며 상부지역에도 펜션단지와 염전 등이 분포해 있었다.

백미리, 홍성리와 같이 갯벌에 쏙은 서식하고 있지 않았으며 가리맛조개 死패각의 크기가 가장 컸으며 발견된 숫자도 가장 많았다.

그림 15. 말부흥 어촌계 마을어장 현장조사

마. 동리 어촌계

동리어촌계는 대선방조제가 생기기 전 바지락, 굴, 가리맛조개 등 패류 생산이 활발했던 지역이다. 말부흥 어촌계와 어장이 인접한 지역으로 수많은 갯골이 형성되고 현재에도 계속 뻘의 퇴적이 진행되고 있는 곳이었다. 동리어촌계에서 가리맛조개를 정기적으로 채취하는 어민 한 분이 있었으며 하루 채취량은 10~20kg정도 였다.

대선방조재로부터 뻗어 나오는 중앙부의 갯골을 중심으로 북서쪽은 농경지로부터 담수가 유입되고 있었으며 남동쪽으로는 펜션 밀집지역으로부터 생활하수가 흘러들고 있었다. 말부흥 어촌계와 마찬가지로 갯벌에 쏙은 서식하고 있지 않았다.

그림 16. 동리 어촌계 마을어장 현장조사

3) 연구교습어장 선정

적지조사 결과 가리맛조개 자원회복 가능성을 평가하기 위한 시험지로써 동리 어촌계 마을어장 228호를 선정하였다. 시험지 선정사유는 다음과 같다.

가. 갯벌에 쏙이 서식하지 않음.

나. 자연산 가리맛조개가 소량 자생하고 있음.

다. 갯벌에 담수가 지속적으로 유입되는 무른펄 (니질 80% 이상)임.

라. 담수 유입구 북서쪽 부근에 오염원이 없음.

마. 퇴적이 계속 진행 중인 내만 깊숙이 형성된 뻘로 자연환경변화 (풍파 등)에 영향을 덜 받는 안정된 어장임.

바. 시험어장 접근이 용이함.

2. 2017년 적지조사

2017년 시험사업지 이동을 검토하기 위하여 조사한 결과 조사지역 전체가 갯골을 중심으로 가리맛조개의 성패와 치패가 소량 서식하고 있었다. 조사가 실시된 지역의 갯벌의 무른 정도와 수질상태 등을 비교해보았을 때 작년 시험사업지와 큰 차이가 나지 않았다. 다만, 작년 시험사업지와는 다르게 가리맛조개가 서식하고 있는 갯골의 규모가 크고 갯골을 따라 흐르는 수량도 풍부하였다.

그러나 작년 시험결과를 토대로 치패의 초기 생존율을 높이기 위해 전남 강진에서 당일 운반하여 갯골에 직접 접근 후 수로를 따라 당일 살포하는 것이 필수이나 조사가 수행된 지역은 이같은 작업이 불가한 지역으로 판단되었다. 때문에 2016년과 동일하게 시험사업지를 선정하여 시험사업을 진행하였다.

그림 17. 2017년 시험사업지 선정을 위한 현장조사

3. 성장도 측정

2016년 시험어장 내 가리맛조개 치패의 크기는 6월 입식 당시 평균 각장은 약 3㎝였다. 월별로 2016년 11월까지 측정한 결과 각장이 4.6±2.4㎝로 성장하였으며 월별 각장, 각고와 각폭의 성장도는 그림 18에 나타내었다.

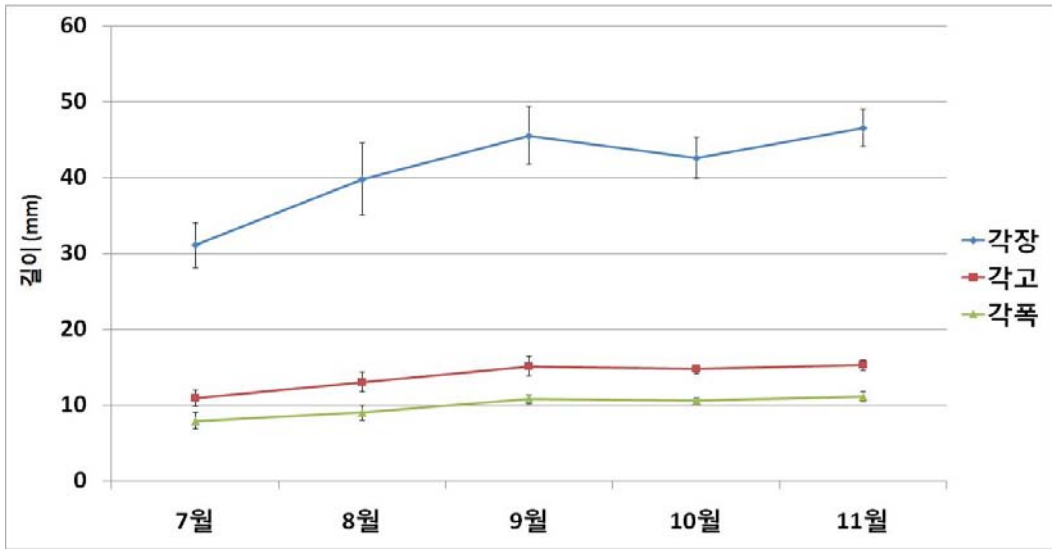


그림 18. 가리맛조개 치패의 월별 각장, 각고, 각폭의 성장도

가리맛조개 치패의 전중은 입식 당시의 약 1.5g에서 최종 5.5±0.7g으로 성장하였으며 그 성장폭은 그림 19와 같다.

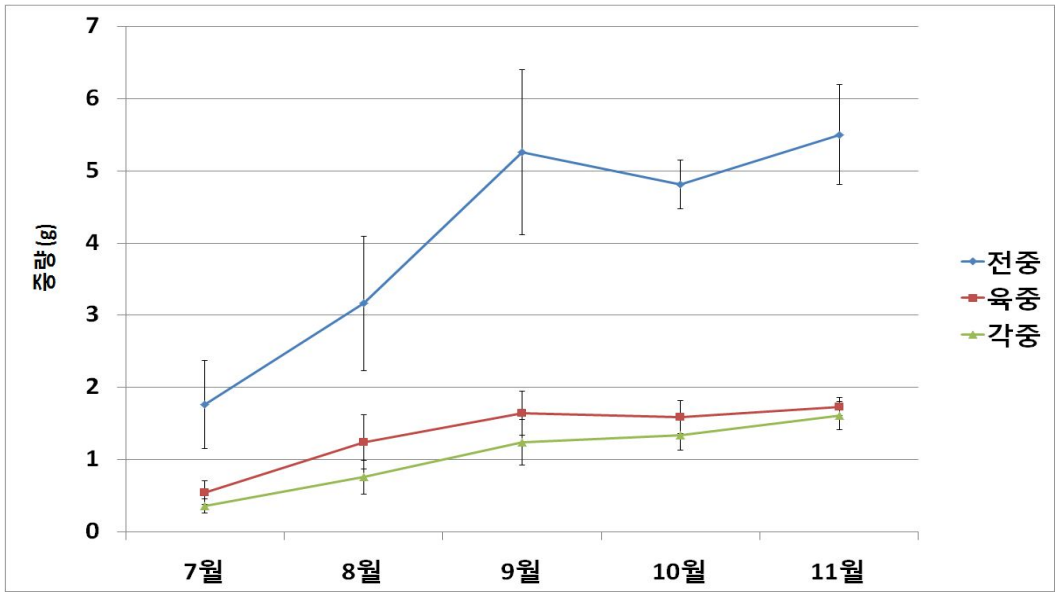


그림 19. 가리맛조개 치패의 월별 전중, 육중, 각중의 성장도

2017년에는 전년보다 한달 빠른 5월에 치패(1.6㎝, 0.2g)를 입식하였다. 12월까지 성장도를 측정한 결과 각장이 4.4±2.7㎝으로 전중이 3.0±0.8g으로 각각 성장하여 전년과 유사한 성장도를 보였다.

4. 생존율 산정

2016년 가리맛조개 치패 살포 당시의 생존율은 50%였으며 초기 생존율을 산정하기 위하여 갯골 사면에 밀도별 (50, 100미/㎡)로 살포 후 대기하였다가 갯골 사면에 안착된 치패의 잠입 숫자를 계수하여 추정하였다.

초기 생존율 저하의 원인은 전남에서 치패를 채취하고 불순물을 세척하여 검수를 거치고 스티로폼 박스로 보관 후 익일 운반하여 살포하는 과정에서 치패의 공기 중 노출, 온도 변화, 충격 등으로 인해 폐사가 진행된 것으로 판단된다.

최종 생존율을 산정하기 위해 갯골에 꽂은 대나무 기둥과 기둥사이의 일정 면적에 가리맛조개 치패를 전량 채취하여 산정한 결과 15%로 나타났다.

2017년도 동일한 방식으로 가리맛조개 치패의 생존율을 산정하였다. 다만 전년과는 다르게 전남의 중간육성장에서 채취한 가리맛조개 치패를 세척하지 않고 뻘을 묻힌 상태로 치패를 스티로폼 박스에 담아 살포한 결과 초기생존율은 90%로 전년보다 입식 상태가 양호하였다. 또한 시험 종료 직전에 밀도별로 최종생존율을 산정한 결과 50미/㎡는 약 26%로 100미/㎡는 약 13%로 나타났다.

5. 갯벌 입도 분석

가리맛조개 시험지 내 총 5개 지점 저질의 입도 조성 비율은 그림 20에 나타내었다. 5개 지점 중 A지점은 실트의 비율이 높은 사질실트(sZ)이고 나머지 지점은 실트(Z)로 나타났다(Folk, 1968).

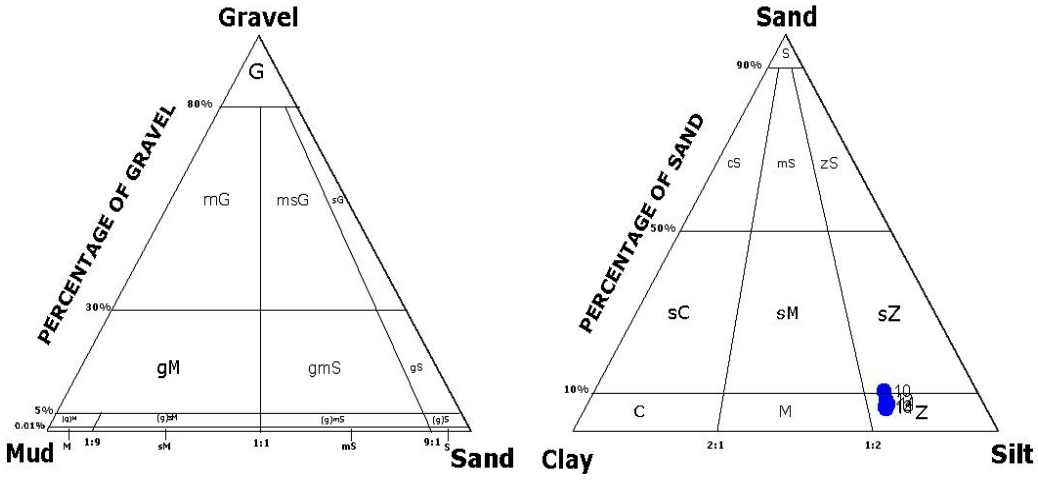


그림 20. 가리맛조개 시험지의 표층퇴적상을 보여주는 삼각다이어그램

조사 지점 퇴적물의 평균입도는 6.50~6.67Φ(평균 6.59Φ)의 범위로 중립실트(medium silt) 크기 범위를 보였다. 퇴적물의 입도 조성이 얼마나 균일한가를 측정하는 지표인 분급도(Sorting)는 1.86~1.99Φ(평균 1.91Φ)의 범위를 보여 조사해역의 표층 퇴적물의 분급은 불량(poorly sorted)한 것으로 나타났다(Folk, 1968).

표 1. 가리맛조개 시험지의 입도 조성과 평균 입도

Station	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Mean (Φ)	Sorting (Φ)	Skewness	Kurtosis	Sediment type
A	0	10.02	68.17	21.81	6.50	1.99	-0.04	0.99	sZ
B	0	6.9	70.67	22.42	6.56	1.91	0.02	0.94	Z
B-1	0	7.91	69.61	22.48	6.54	1.94	0.01	0.93	Z
B-2	0	6.05	70.39	23.56	6.66	1.87	0.02	0.95	Z
C	0	5.82	70.68	23.51	6.67	1.86	0.02	0.95	Z

퇴적물의 조립질, 세립질 퇴적물의 비율을 알 수 있는 왜도(Skewness)는 - 0.04 ~ 0.02 (평균 0.01)로 5지점의 표층 퇴적물의 평균값은 양의 왜도를 보였다. 조사 해역의 첨도(kurtosis)는 0.93~0.99(평균 0.95)로 나타났다.

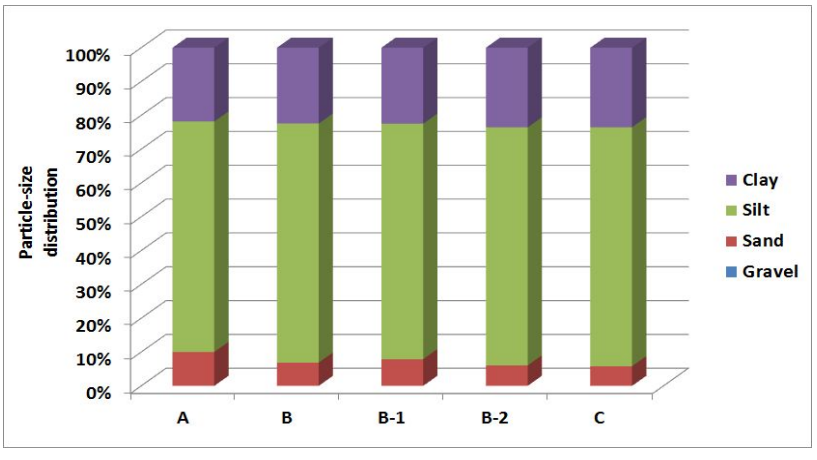


그림 21. 가리맛조개 시험지의 입도 조성비(%)

6. 공극수 수질측정

가리맛조개는 치패가 잠입하여 서식하고 있는 갯벌의 깊이만큼 갯벌(medium silt)을 채취하여 분석한 공극수의 수질 측정 결과는 다음과 같다.

표 2. 가리맛조개 시험지 지점별 퇴적물의 공극수 분석결과

(단위 : mg/L)

Station	COD	NH4-N	NO2	NO3	PO4-P	SiO2-Si	TN	TP
A	16.2	12.71	0.02	0.08	2.43	11.46	2.27	0.05
B	14.7	8.98	0.02	ND	1.51	7.96	4.50	0.05
B-1	12.4	9.29	0.01	ND	0.99	12.51	2.27	0.01
B-2	17.2	5.61	0.02	ND	0.39	6.90	7.33	0.03
C	10.2	6.69	0.02	ND	0.75	8.14	11.36	0.49

7. 유입수 수질측정

가리맛조개 치패를 살포한 갯골에 흐르는 유입수의 수질상태 평가하기 위해 채수하여 분석한 결과는 표 3과 같다.

갯골에 흐르는 유입수의 SPM, COD등의 항목을 분석한 결과 유입구로부터 멀어질수록 유입수의 오염도가 증가하는 것으로 나타났다.

표 3. 가리맛조개 시험지 유입수의 지점별 수질분석 결과

(단위 : mg/L)

		SPM	COD	NH4-N	NO2	NO3	DIN	PO4-P	SiO2-Si	TN	TP	Chl-a
A	上	133.3	3.5	0.089	0.003	0.556	0.648	0.062	3.221	0.698	0.076	0.16
	中	3,218.0	39.5	0.679	0.009	0.440	1.128	0.078	3.910	1.598	0.262	25.32
	下	6,720.0	60.1	1.153	0.012	0.346	1.510	0.101	5.047	2.040	0.336	81.41
B	上	26.2	8.3	0.263	0.040	1.299	1.602	0.025	2.600	1.806	0.037	0.86
	中	1,135.0	10.7	0.304	0.043	1.384	1.730	0.039	2.927	2.059	0.159	1.25
	下	1,832.0	27.5	0.378	0.044	1.450	1.872	0.051	3.189	2.107	0.182	10.06
C	上	71.3	8.3	0.023	0.003	1.722	1.748	0.007	1.901	1.851	0.016	0.47
	中	7,129.0	64.1	0.452	0.008	0.526	0.985	0.044	3.320	1.550	0.264	128.73
	下	10,451.0	92.5	0.568	0.014	0.393	0.975	0.123	2.839	2.052	0.366	11.87

8. 갯벌 중금속 분석

가리맛조개 시험지 갯벌의 항목별 중금속 농도는 다음과 같다. 갯벌 내 미량금속 분석을 통해 각 채취 지점 별 측정값을 합산하여 평균값을 구한 결과 해양환경관리법 제8조에 따른 해저퇴적물의 해양환경기준에 대부분 적합하였다. 그러나 Zn의 농도는 주의기준(Threshold Effects Level, TEL)치를 넘는 것으로 측정되었다.

향후 갯벌 내 Zn농도의 모니터링과 기원 및 가리맛조개 성장 등에 미치는 영향에 대해 조사해 볼 필요가 있다.

표 4. 가리맛조개 시험지 갯벌의 중금속 분석결과

Station	Cr	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Li	Cd	As	Hg
	(mg/kg)									(㎍/kg)
A	61.3	15.3	18.6	99.0	26.5	12.3	60.0	0.22	3.7	26.4
B	77.4	16.6	20.7	129.8	32.7	14.4	70.3	0.23	3.6	23.2
B-1	70.4	13.7	18.6	104.4	29.0	13.5	64.3	0.21	3.8	19.5
B-2	59.0	12.4	20.5	87.8	27.1	12.5	56.2	0.21	3.4	21.6
C	78.8	20.9	20.9	123.3	32.9	14.5	72.0	0.24	3.8	28.7
Total	346.9	78.9	99.3	544.3	148.2	67.2	322.8	1.11	18.3	119.4
Average	69.38	15.78	19.86	108.86	29.64	13.44	64.56	0.222	3.66	23.88

9. 가리맛조개 중금속 분석

2017년 7월에 평균각장 7.9±2.7㎝, 평균중량 30.5±3.9g의 가리맛조개 30미를 채취하여 중금속(Pb, Cd, Hg)을 각각 분석한 결과는 다음과 같다.

표 5. 가리맛조개 시험지 내 갯벌의 일반항목 분석결과

(단위 : mg/kg)

Sample No.	Pb	Cd	Hg
1	0.08	0.04	0.015
2	0.11	0.05	0.010
3	0.15	0.07	0.034
4	0.14	0.05	0.012
5	0.10	0.03	0.009
6	0.12	0.04	0.038
7	0.10	0.05	0.009
8	0.22	0.04	0.017
9	0.14	0.05	0.021
10	0.27	0.06	0.018
11	0.17	0.06	0.015
12	0.13	0.03	0.010
13	0.16	0.04	0.013
14	0.18	0.12	0.010
15	0.12	0.03	0.027
16	0.08	0.06	0.017
17	0.17	0.05	0.011
18	0.18	0.05	0.025
19	0.19	0.05	0.020
20	0.37	0.07	0.034
21	0.15	0.02	0.008
22	0.11	0.05	0.016
23	0.09	0.05	0.008
24	0.15	0.05	0.016
25	0.16	0.05	0.018
26	0.20	0.08	0.018
27	0.20	0.03	0.022
28	0.15	0.05	0.018
29	0.10	0.03	0.013
30	0.11	0.04	0.011
Average	0.15±0.06	0.05±0.02	0.02±0.01

10. 갯벌 일반항목 분석

가리맛조개 시험지 갯골 퇴적물의 함수율은 39.5~44.8%, 강열감량은 4.2~5.6%로 화학적 산소요구량은 0.1~13.9mg/g, 산휘발성 황화물은 0.16~0.46mg/g로 나타났다.

표 6. 가리맛조개 시험지 갯벌의 일반항목 분석결과

Station	Moisture contents (%)	Ignition loss (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)
A	42.2	4.8	0.1	0.41
B	41.7	5.0	13.9	0.45
B-1	42.3	5.0	10.5	0.46
B-2	39.5	4.2	10.2	0.16
C	44.8	5.6	6.6	0.17

고 찰

본 시험사업은 도내 어촌계 마을어장에 가리맛조개 서식지를 조사하고 시험적지를 파악하여 일정기간 시험을 진행한 후 가리맛조개의 자원회복 가능성을 평가하는 시험사업이다. 이와 같은 시험사업을 통해 일정구역의 갯벌에 인위적으로 살포한 치패의 성장도 조사와 생존율을 평가하여 지자체 종패살포사업 및 자원관리 정책방향 설정과 패류 산업화 방안을 도출하기 위한 기초 정책 근거자료가 될 수 있다.

위와 같은 목적으로 2016년부터 2017년까지 약 2년간 적지조사를 통해 동리 어촌계 마을어장에 시험사업지를 선정하고 가리맛조개 치패를 살포한 후 월별로 치패를 채포하여 성장을 측정하였으며, 시험 마무리 단계인 11월, 12월에 최종 생존율 조사 등을 실시하였다.

월별 성장도 조사를 위해 시험지 내에 있는 가리맛조개 치패를 채취하는 과정에서 시험지 내 혹은 주변에서 소량 자생하고 있는 자연산 가리맛조개 치패를 발견할 수 있었다. 그림 22와 같이 자연산 치패와 전남에서 이식한 치패의 성장선의 형태가 명확하여 채집 당시 쉽게 구분할 수 있었다.

그림 22. 시험용 치패(左), 자연산 치패(中), 갯벌에 잠입한 시험용 치패(右)

정확한 밀도별 생존율 평가를 위해서 치패의 이동을 제한할 수 있는 말목과 그물 등을 구획하여 설치하는 것이 필요하였다. 그러나 경기도의 가리맛조개는 구불구불한 갯골이 잘 발달된 무른 펄에 서식하기 때문에 밀도별 생존율 평가를 위한 시험어장을 조성하는 것에 많은 어려움이 있어 고랑 중심에 5m간격으로 대나무를 박아 시험어장을 조성할 수 밖에 없었다.

다음 표 7은 시험기간 종료 직전 2016년 경기도의 가리맛조개 시험사업지 5지점의 평균 갯벌 입도 조성과 2015년의 전남 3지역 (신덕, 와온, 대대)에서 수행된 가리맛조개 시범양식장의 입도를 나타낸 결과이다(곽 등, 2015).

표 7. 경기와 전남의 가리맛조개 시험지 내 갯벌의 입도 분석결과

Station	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Mean (Φ)	Sorting (Φ)	Skewness	Kurtosis	Sediment type
Gyeonggi (Dong ri)	0	7.3	69.9	22.8	6.6	1.9	0.0	1.0	Z
Jeonnam (Sin deok)	0	0.2	43.3	56.5	9	2.5	0.3	0.8	M
Jeonnam (Wa on)	0	0.5	45.8	53.7	8.9	2.5	0.3	0.8	M
Jeonnam (Dae dae)	0	3.4	45.9	50.7	8.6	2.8	0.2	0.8	M

안산시 대부도 동리어촌계 시험지 내 갯벌의 입도를 분석한 결과 전남에 비해 실트(Silt)의 함량이 더 높았으며 전남의 경우 점토 (Clay)의 함량이 더 높았다.

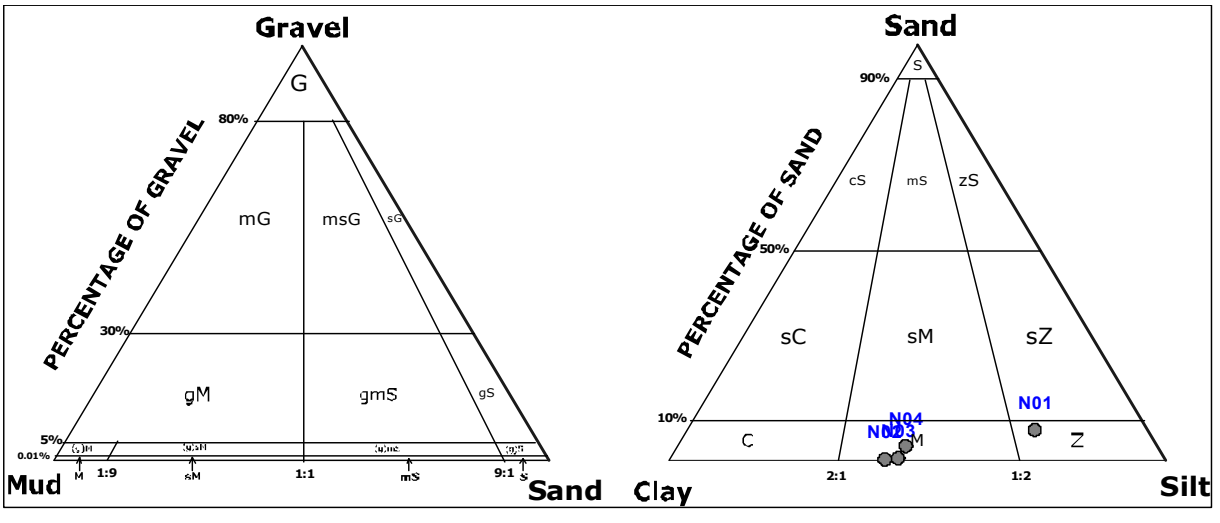


그림 23. 경기도(1)와 전남(3)의 가리맛조개 시험지의 표층퇴적상을 보여주는 삼각다이어그램 비교도

경기도 시험지 갯벌의 평균입도는 6.6Φ로 중립실트(medium silt)인 반면 전남은 입도 범위가 8.6~9.0Φ인 펄(Mud)로 경기도보다 세립하였다.

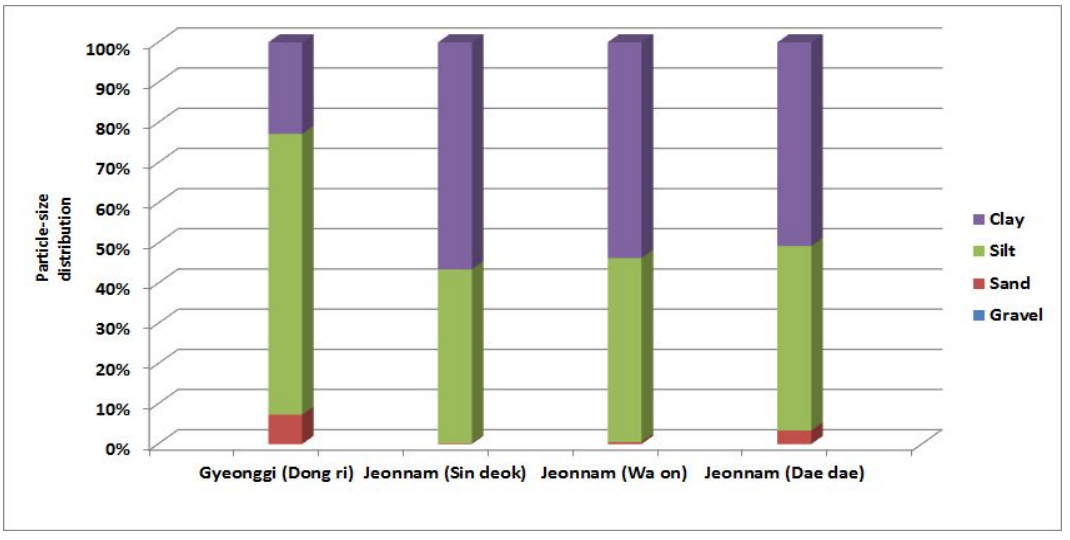


그림 24. 경기와 전남의 가리맛조개 시험지의 입도 조성비(%)

분급도 또한 차이를 보여 경기도의 분급도(Sorting)는 평균 1.9Φ로 표층 퇴적물의 분급이 불량(poorly sorted)하였으며 전남은 실트의 함량보다 2.5~2.8Φ로 매우 불량(very poorly sorted)한 것으로 나타났다(Folk, 1968).

가리맛조개 시험사업지로 갯골에 유입되는 유입수를 분석한 결과 유입구 지점에서 멀어질수록 부유물질, COD, TN, TP, 클로로필의 농도가 높아졌다. 유입수가 외해 쪽으로 흐르면서 갯골의 펄과 섞여 수질항목의 수치가 각각 높아진 것으로 하천의 상류, 중류, 하류의 수질 변화양상과 같았다.

간조 시 드러나는 갯벌에 흐르는 갯골의 유입수는 가리맛조개 성장에 있어서 상당히 중요한 영향을 미친다. 일례로 가리맛조개의 주 서식지였던 화성시 호곡리 갯벌에서 일시적으로 방류된 폐수로 인해 가리맛조개가 집단 폐사한 사건이 발생하였다(환경처, 1991). 따라서 가리맛조개 자원회복을 위한 가리맛조개 치패를 대량 살포하기 위해서는 이러한 갯골에 흐르는 유입수의 오염여부에 대한 수질측정과 상시 모니터링 등이 반드시 선행되어야 할 부분이다.

가리맛조개의 서식 깊이는 0.5~1m로 갯벌 퇴적물 속으로 깊게 잠입하여 생활한다. 가리맛조개 뿐만 아니라 갯벌에 깊게 잠입하여 서식하는 생물에게서 퇴적물의 현재 환경 상태와 향후 변화는 그 생물이 정상적으로 성장해 나가는데 있어서 상당히 중요한 요소임에 틀림없다. 그러므로 본 시험사업에서 가리맛조개가 서식하고 있는 갯벌 내 환경을 알아보고자 갯벌 퇴적물의 입도 조성, 중금속, 일반항목(함수율, 강열감량, 산휘발성 황화물 등) 뿐만 아니라 공극수에 대한 분석도 실시하였다.

공극수(pore water)는 해저에 퇴적된 펄의 입자 사이의 빈틈을 채우고 있는 물이다.

이러한 공극수는 퇴적물 내부의 박테리아에 의한 유기물의 분해, 탄산염 입자의 용해, 퇴적물 밖으로의 용출 등을 통한 퇴적물과 저층 해수 사이의 물질 이동 등 물리적, 화학적, 생물학적 작용에 많은 영향을 미치는 요인이다(고, 2001).

가리맛조개 시험지 내 5지점의 펄을 채취하여 공극수를 분석하였다. 그러나 타 지역(전남 등)의 가리맛조개 서식지 퇴적물에 대한 공극수 분석결과 자료 부족 등으로 인해 비교 분석할 대상이 없었다.

표 8. 가리맛조개 시험지 내 갯벌의 일반항목 분석결과

Station	Moisture contents (%)	Igintion loss (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)
Gyeonggi (Dong ri)	42.1	4.92	8.26	0.33
Jeonnam (Sin deok)	50.96	5.81	7.89	0.25
Jeonnam (Wa on)	51.39	6.81	7.72	0.09
Jeonnam (Dae dae)	50.24	6.61	6.53	0.05

경기와 전남의 갯벌의 오염도 비교를 위해 시험지 내 퇴적물을 분석한 결과는 표 8과 같다. 함수율은 경기도가 전남 시험지에 비해 약 10%가 차이가 있었다. 화학적 산소요구량(COD)과 산휘발성 황화물(AVS)은 각각 8.26mg/g과 0.33mg/g으로 전남의 3지역보다 경기도가 높게 나타났으며 강열감량(IL)은 전남이 더 높게 나타났다.

해양환경관리법 제18조, 해양수산부 고시 제2016-80호(2016.6.27.) '해양오염퇴적물 조사 및 정화·복원 범위 등에 관한 규정'에 따라 갯벌의 부영양화 관련 평가항목의 기준농도를 적용하여 두지역의 평가점수를 비교하였다.

강열감량(IL)은 경기가 0점이며 전남은 3점이었으며 화학적 산소요구량(COD)과 산휘발성 황화물(AVS)은 각각 13점 미만, 0.6점미만으로 두 지역 모두 0점이었다.

경기, 전남의 가리맛조개 시험사업지의 부영양화 관련 정화, 복원지수를 각각 합산한 결과 두 지역 모두 6점이하였다. 이 결과를 토대로 경기와 전남의 시험사업지는 갯벌의 정화, 복원이 필요 없는 비교적 건강한 상태를 유지하고 있는 것으로 해석되나 가리맛조개 서식하기에 적합한 환경이라고 보기엔 무리가 있다. 향후 가리맛조개 서식 적지에 대한 갯벌 환경기준의 세부적이고 폭넓은 조사와 검토가 필요하다.

국립수산과학원 '경기도 연안어장 실태조사(2003)'에 의하면 경기도의 가리맛조개는 시흥시, 안산시, 화성시에 서식하고 자원 추정량이 326.4톤이며 양식적지가 150ha로 조사되었다. 또한 안산 대부도, 선감동, 중부흥 사이의 갯벌에 바지락, 참굴 등이 생산되었으나 시화호 완공 후 죽펄이 생겨 유용패류의 생산이 감소되었으며 갯골 주변으로 가리맛

조개와 칠게가 서식하고 있다고 기록하고 있다.

현재 가리맛조개 자원회복 시험사업이 진행되고 있는 곳은 안산시 대부도의 동리어촌계로 '경기도 연안어장 실태조사'에 기록되었던 마을어장의 갯벌象과 현재 시험사업이 진행되고 있는 곳의 갯벌象 차이가 뚜렷하다.

2003년 안산시 동리어촌계 마을어장은 시화방조제 완공 전 대부도와 선감도 사이에 큰 고랑을 통해 담수가 바다로 흐르고 고랑 주변이 그림 25와 같이 비교적 평탄한 펄이었다.

그림 25. 2003년 안산시 대부동동 동리어촌계 마을어장 (수과원, 경기도 연안어장 실태조사)

현재는 그림26과 같이 큰 고랑을 중심으로 주변부에 수많은 작은 고랑이 생기고 고랑과 고랑 사이에 펄이 계속 쌓여 언덕을 형성하는 갯벌로 변화하였으며 현재도 계속 퇴적이 진행 중이다.

그림 26. 2016년 안산시 대부동동 동리어촌계 마을어장

'경기갯벌 가리맛조개 자원회복 시험사업'을 실시한 결과 현재 경기도에 가리맛조개가 서식하고 있는 지역 중 안산 대부도에 위치한 동리어촌계 마을어장이 가리맛조개 자원회복 사업을 진행할 수 있는 가능성이 가장 높은 후보지이다.

그 이유는 앞서 밝힌 바와 같이 갯골 수면에 치패가 안착하여 성장하는 가리맛조개의 특성상 갯골 수면에 쏙이 서식할 경우 치패의 서식을 방해하기 때문이며 동리어촌계 갯벌

은 다른 지역과는 다르게 갯골 수면에 쏙이 서식하고 있지 않다.

평탄한 갯벌에 고르게 분포하는 일반적인 패류와 달리 가리맛조개는 갯골 수면과 유입수에 근접한 사면에 한정적으로 서식하고 있다. 때문에 자원회복을 위한 치패를 살포하기 위해 갯골 수면에 직접 접근해야하는 어려움이 있으며 이에 따라 치패 살포 면적도 극히 제한적인 단점이 있다.

또한 동리어촌계 갯벌은 현재까지도 계속 퇴적이 진행 중에 있어 갯벌에 흐르는 유입수 부근을 제외한 갯골 상부는 퇴적으로 인해 펄이 계속 단단해 지고 있어 이같은 현상은 쏙이 없는 갯골 수면에 치패가 안정적으로 정착하더라도 성장함에 따라 수면에서 갯골 사면 상부로 이동하는 가리맛조개의 성장을 방해하는 것으로 판단된다.

더욱이 경기갯벌 내 가리맛조개 자원회복을 위한 치패의 자원조성을 위해서는 갯벌 내에서의 중간육성 시설이 필요하나 갯골이 잘 발달된 경기도 갯벌의 지형적 특성상 이러한 중간 육성장을 조성하기에는 어려움이 있을 것이다.

그러므로 경기갯벌 내에서 가리맛조개의 치패 살포를 통한 자원회복사업을 본격적으로 실시하기 위해서는 앞서 서술한 바와 같이 갯골 내 치패의 직접살포 및 중간육성 시설방안 마련, 현재까지도 계속 진행 중인 펄의 퇴적, 갯골 내 오염수의 유입 등과 같은 문제점을 해결하려는 노력이 먼저 선행되어야 할 것이다.

참 고 자 료

- 고철환, 양미라, 장원근. 1997. 가리맛조개(Sinonovacula constricta: Bivalvia)의 성장과 생산(경기 남양만 화성조간대). 한국해양학회지 Vol. 2, No. 1, pp. 21-30.
- 고철환. 2001. 한국의 갯벌 : 환경, 생물 그리고 인간, 서울대학교출판문화원 pp. 309-316.
- 곽용구, 김용만, 이동근, 노한성, 이사동 등. 2015. 가리맛조개 인공종묘 생산 기술개발 연구. 전남해양수산과학원 강진지원.
- 박영제, 박광재, 신종근, 김응오, 양준용, 한현섭, 강희웅, 이진호, 임현정, 장인권, 이종윤. 2003. 경기도 연안어장 실태조사. 국립수산과학원 서해수산연구소.
- 윤호섭, 안윤근, 최상덕, 김정. 2007. 한국산 백합과 5종의 아미노산 조성 및 유연관계, 전남대학교 수산증양식연구센터. 한국양식학회지.
- 환경처, 1991. 화성사업소 인근 주민의 집단민원 해소 방안. pp. 10.
- 2014년~2015년 서해 연안어장 환경정보. 국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과.
- Folk, R.L. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphills's, Austin.
- FIPS. 2015. 수산종합포탈시스템 (http://www.fips.go.kr).

갯벌이용 유용패류 종패살포 시험연구(새꼬막)

김수현 · 최지성 · 김봉현 · 김동수

서 론

꼬막은 전남을 대표하는 수산물로 선호도가 높은 패류이다. 일반적으로 판매되는 꼬막은 참꼬막과 새꼬막으로 나뉘며, 이 중 꼬막 전체 생산량의 90%를 새꼬막이 차지한다. 참꼬막이 감칠맛이 커 선호도가 더 높지만 가격이 비싸고 양성기간이 2배 정도 더 길어, 새꼬막이 소비자에게 더 대중적인 품종이다.

새꼬막은 지역별로 참꼬막, 새조개 등 여러 가지 이름으로 불리어지고, 외형상 크기는 꼬막과 피조개의 중간이며, 방사늑 수도 29~33줄로 꼬막 (17~20줄)과 피조개 (42~43줄)의 중간형이다. 성장이 빠르고, 최대크기 각장 8cm 전후까지도 자라게 되고, 보통 종패에서 1년 자라면 3.5cm 전후로 되어 식용으로 가능하며 3년 이상 자라면 5cm 전후까지 성장하게 된다. 혈액에 헤모글로빈(Hemogrobin)을 함유하고 있어 육질의 색깔이 자색 또는 황적색을 띈다. 표면에는 갈색의 유모각피로 덮여 있고 각은 개체에 따라 변화가 많으나 좌각의 각정부가 과립상으로 솟아 있음이 타종과 구별되는 점이다. 우리나라 새꼬막의 분포는 영일만에서부터 남해안 및 서해안까지 서식하고 있으며, 세계적으로 중국연안, 일본의 태평양연안 청림현, 오끼나와 등 분포범위가 넓은 패류이다 (장, 2002).

우리나라 꼬막류에 대한 통계는 참꼬막과 새꼬막을 통틀어 집계하고 있다. 꼬막류 생산량은 2007년 28,853M/T을 기점으로 2010년 5,114M/T, 2012년 4,177M/T, 2014년 1,854M/T, 2016년 267T으로 계속 감소하는 추세에 있다(그림1). 또한 연도별 생산금액은 2007년 599억원에 달한 이후, 현재 생산금액 100억 수준을 나타내고 있다 (수산정보포털, 2016).

표1. 꼬막류 생산량 및 생산금액 (2012 ~ 2016년)

항 목	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
생산량 (M/T)	4,177	2,660	1,854	1,132	267
생산금액 (10억원)	13.0	10.3	10.1	8.1	2.8

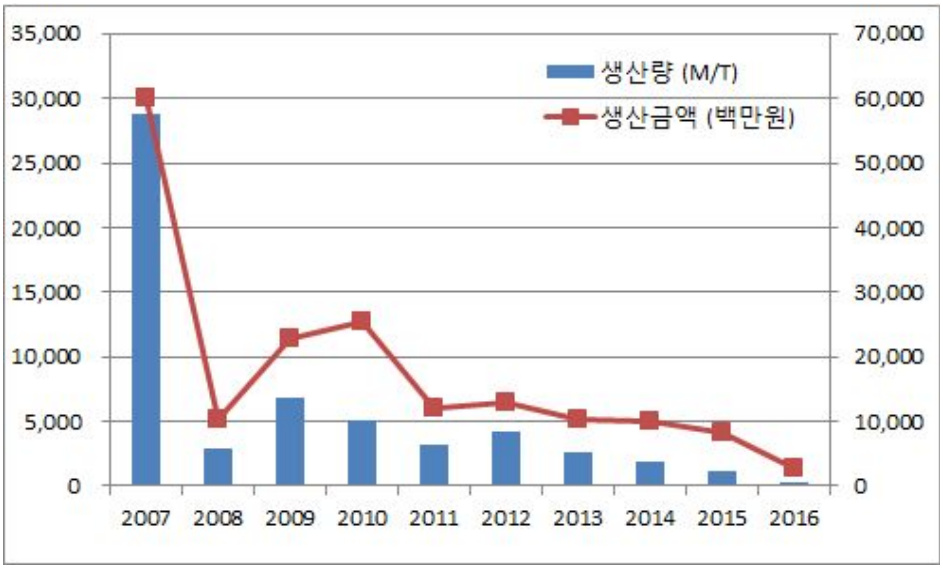


그림 1. 꼬막류 생산량 및 생산금액 (2007 ~ 2016)

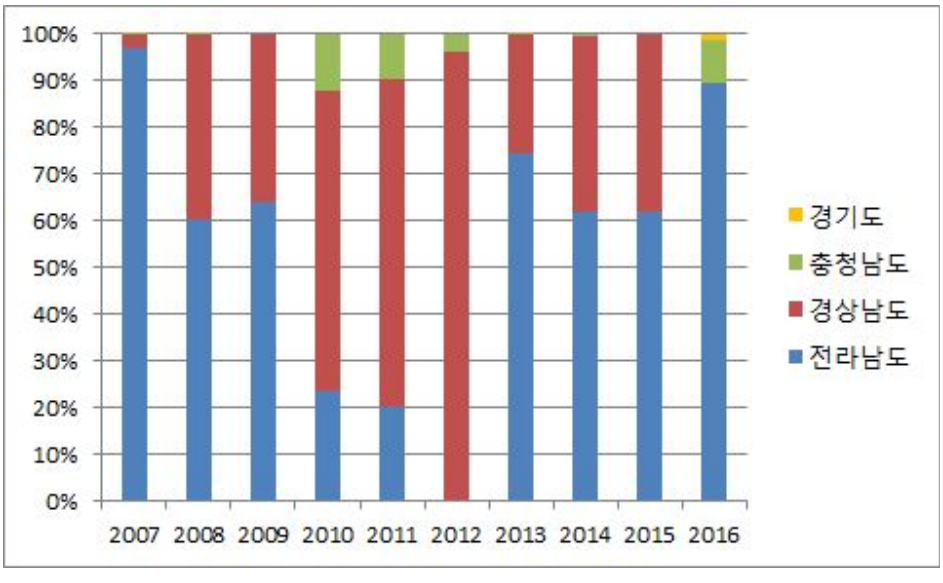


그림 2. 꼬막류 주요 생산지의 생산비율 (2007 ~ 2016)

꼬막류의 지역별 생산비중을 살펴보면 전남이 2007년 97.1%를 차지한 후 비중이 0.4 ~ 89.5%로 매년 큰 폭으로 변동되었고, 경남의 경우 2008년부터 생산비중이 증가하기 시작하여 2012년에는 96.7%를 나타내었다(그림 2). 경기도의 경우 최근 10년에 대한 생산량과 금액이 집계된바 없으나, 2015년 본 연구사업 및 화성시 종패 지원 사업 등으로 종패를 살포하였고, 2016년 수확하여 4톤 정도 집계되었다.

2016년 생산결과를 살펴보면, 전국적인 고수온 등 복합적 원인으로 인해 대량폐사가 발생하여 생산량이 전년대비 75% 감소한 것을 볼 수 있다(표 1). 이 때 지역별 생산 비중을 살펴보면 전남 89.5%, 충남 9.0%, 경기 1.5%를 나타내어 생산량을 나타낸 것이 서해권역

에 집중되어 있다는 것을 알 수 있다.

앞의 통계자료를 토대로 새꼬막 생산량이 지속적으로 감소하고 있으며, 주요 서식지 또한 변화하고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 모패의 열성화, 양식용 종패의 채묘 부진, 기후변화에 따른 서식환경 변화 및 환경오염 등 여러 가지가 원인일 것이다. 이에 대한 해결책으로 변화한 환경에 적합한 새로운 양식적지 개발이 있을 수 있다. 2016년 생산량 및 비중 결과는 상승한 수온에 대한 새로운 적지로써 서해안 해역이 가능성이 높다는 것을 추정할 수 있다.

본 연구소는 새꼬막 양식의 새로운 적지로서 경기 갯벌이 가능하다는 가정하에 시험연구사업을 실시하였고, 2015년 화성시 제부리 마을어장에서 높은 생존율과 성장을 보이며 양식 가능성을 확인했다. 구체적인 적지조건 규명 및 양식기술 개발을 위해 2016년 안산시 선감동 마을어장에 2년차 연구사업을 실시하였으나 고수온 등의 복합적인 요인으로 대량폐사가 발생하였다. 따라서 양식가능성에 대한 재확인이 필요하였고, 밀도차이 및 적지조건 등에 대한 구체적인 양식기술을 개발하고자 3년차 사업을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 새꼬막 종패 살포 예정지 현장조사 및 살포지 선정

관내 갯벌 중 새꼬막 양식이 가능할 것으로 예상되는 안산 홀곶, 행낭곡, 화성 매향2리, 백미리 4개 지역을 대상으로 현장조사를 실시하였다. 주요 조사 항목은 수질환경 (수온, 염분, 용존산소, pH 등), 생물상 (패류서식 상태), 담수 유입, 오염원 유무 등이며, 그 기준치는 국립수산과학원의 자료를 참고하였다. 조사결과에 따라 안산 행낭곡, 화성 매향2리, 화성 백미리를 살포지로 선정하였다.

2. 시험어장 조성 및 종패살포

체험객 등 출입방지, 어장표시 등을 위해 그물망, 지주 등을 이용하여 시험어장 시설을 조성하였다(그림 3). 이전 연구를 통하여 서해권역 새꼬막 양식 적지는 표준노출선 -50~50 사이라고 판단하여, 매향2리는 0~50, 백미리는 -30~30, 행낭곡은 -30~0을 어장으로 지정하였다. 저질조성에 따른 비교 실험구는 100m × 50m로 구획하여 백미리와 매향2리에 시설을 설치하였고, 밀도 조성 비교 실험구는 20m × 5m로 구획하여 2반복 설치하였다.

자연산 새꼬막 종패는 주요 생산지인 전남 순천만 지역에서 4.4ton을 구입하여 살포하였다. 종패(각장 평균 22.14㎜, 전중 32.83g)를 검수한 후 5ton 화물트럭을 이용해 행낭곡, 매향2, 백미리으로 수송하였다. 수송한 종패를 화성 백미리에 석시법으로 3.0ton, 화성 매향2리에 조시법으로 1.5ton, 안산 행낭곡에 석시법으로 0.4ton 살포 했다. 각각 2ton/ha의 밀도로 살포하였고, 백미리의 경우는 밀도 실험을 위하여 일부 2, 4, 6, 8, 10ton/ha의 밀도로 살포하였다.

그림 3. 시험어장 및 조위망 설치

그림 4. 살포한 새꼬막 종패

그림 5. 새꼬막 종패 수송 및 살포

3. 기초 환경 및 성장도 조사

새꼬막 시험어장 내 기초환경조사를 실시하기 위하여 시험어장 내 석온을 측정하였다. 성장도 조사를 위하여 새꼬막 종패 30마리를 무작위로 채집한 후 각장, 각고, 각폭, 전중량 및 가식부 중량을 측정하였고, 비만도, 성장률 등을 산출하였다.

4. 저질환경조사

성장 환경에 적합한 저질조건을 알아보기 위해서 시험지의 갯벌을 채취하여 경기도 군포소재 ㈜지오시스템리서치에 의뢰해 입도, 함수율, 강열감량, COD 등을 분석하였다.

5. 영양성분조사

새꼬막 가식부의 영양성분 분석을 위하여 어장에서 채취한 가식부 600g을 냉동 보관 (-80℃) 한 후 부경대학교 사료영양연구소에 의뢰하여 수분, 조단백 등 일반성분 및 유리아미노산 등을 분석하였다.

결 과

1. 살포예정지 조사결과 및 살포지 선정

2017년 3, 4월 새꼬막 종패 살포 예정지 4개 지역을 대상으로 현장 조사를 실시하였다 (표 2). 대부분의 항목에서 4개 지역 모두 기준치에 적합한 결과를 나타내었으나, 홀곶은 패류에서 해적생물인 쏙이 대량 서식하여 사업지에서 제외하였다. 경기 갯벌에서의 양식 가능성 확인을 위하여 화성 매향2리와 안산 행낭곡를 사업지로 선정하였고, 밀도차이에 따른 성장률 확인을 위하여 백미리를 사업지로 선정하였다.

표 2. 어장별 살포예정지 조사결과

조사항목	기준치	홀곶 (안산)	행낭곡 (안산)	매향2리 (화성)	백미리 (화성)
수 온	6~28℃	11.9	15.6	12.8	16.4
염 분	-	-	-	-	-
용존산소	3~6㎖/g	7.8	8.1	8.4	7.0
pH	7.8~8.3	8.1	8.1	8.6	8.4
저 질	사니질 (니질80%이상)	사질 비중 높음	사질 비중 높음	사질 비중 높음	니질 비중 높음
해적생물	우렁쉥이류,담치류, 불가사리류 등	쏙 다량 서식	쏙 소량 서식	없음	없음
수심	수심0~40m	최간조선 부근 조사	최간조선 부근 조사	최간조선 부근 조사	최간조선 부근 조사
담수유입	직접 영향 없는 곳	있음	있음	있음	있음
오염원	인근 오염원 및 부영양화 영향 없는 곳	없음	김양식장 밀집지역	없음	없음
풍 파	지반변동 없는 곳	없음	없음	없음	없음
종 자	인공종자 및 자연산	피조개 소량 서식	피조개 다량 서식	피조개, 삐죽 등 패류 다량 서식	피조개 소량 서식
기 타	어촌계협조	어촌계원의 적극협조로 조사가 실시됨	어촌계원의 적극협조로 조사가 실시됨	어촌계원의 적극협조로 조사가 실시됨	어촌계원의 적극협조로 조사가 실시됨

2. 기초 환경

기초 환경 조사를 위하여 매향2리의 월별 석온을 측정한 결과를 표 3에 나타내었다. 석온의 최고점은 8월로 30.2℃, 최저점은 11월로 16.2℃이다.

표 3. 새꼬막 시험어장 내 월별 석온

항 목	6월	8월	9월	11월
석온(℃)	24.1	30.2	25.5	16.2

3. 양식 가능성 확인

2017년 화성시 매향2리와 안산 행낭곡에 살포한 새꼬막 종패 성장률에 대하여 조사하고자 하였다. 그러나 행낭곡은 깊은 곳에 위치하여 조사가 어려워 매향2리를 기준으로 조사하였다. 조사기간에 대한 결과를 보면 5월 초기 입식한 종패는 각고 22.14㎜에서 31.94㎜(11월)로 증가하였다(표 4). 각장의 일일평균성장은 약 0.06㎜/일이였으며, 최종성장률은 약 44%로 나타났다. 전중은 2.84g(5월)에서 시작하여 9.82g(11월)으로 증가하였다. 전중의 일일평균성장은 0.04g/일이였으며, 최종성장률은 약 246%였다. 모니터링 기간 동안의 일일평균성장, 최종성장률, 육중비, 비만도는 다음과 같이 산출하였다.

· 일일평균성장 = (최종구 값 - 최초구 값)/성장기간
· 최종성장률 = (최종구 값 - 최초구 값) × 100/최초구 값
· 육 중 비 = 육중량 × 100/전중비
· 비 만 도 = 육중량 × 1000/각장×각고×각폭

표 4. 2017년 새꼬막 성장도 조사 결과 (매향2리)

월별	각장(㎜)	각고(㎜)	각폭(㎜)	전중(g)	육중(g)	육중비	비만도
5월	22.14	16.84	13.48	2.84	0.97	33.98	0.19
6월	24.88	18.95	15.70	4.79	1.60	33.32	0.22
8월	29.41	22.28	19.08	7.22	1.83	25.37	0.15
9월	30.37	22.94	20.07	8.72	2.49	28.51	0.18
11월	31.94	24.25	20.93	9.82	2.76	28.15	0.17

4. 양식기술개발

양식기술 개발을 위하여 경제성을 최대화 하는 살포밀도를 밝히고자 하였다. 따라서 2, 4, 6, 8, 10ton/ha로 살포하여 11월에 조사 하였다. 그러나 조사 시 정확한 원인을 알 수 없으나 시설물이 파손 및 유실되어 있어서 정확한 조사가 불가능하였고, 위치를 추정하여 저, 중, 고밀도로 샘플링하여 조사를 실시하였다. 생존율은 저밀도구에서 가장 높았고, 성장률은 최초구 비교시 중밀도에서 가장 높게 나온 것을 알 수 있지만, 시설물 유실로 인하여 정확한 값이라고 보기 어렵다.

표 5. 2017년 새꼬막 성장도 조사 결과 (백미리)

월별	각장(㎜)	각고(㎜)	각폭(㎜)	전중(g)	생존율
저	26.76	20.42	17.85	6.18	50%
중	30.10	22.58	18.94	8.04	30%
고	27.85	16.32	18.39	7.11	24%

5. 저질 환경

가. 입도분석

시험어장별 저질상태에 따른 생존과 성장을 알아보기 위해 입도조성과 평균입경을 알아보았다(표 8). 먼저 sediment type을 살펴보면 백미의 경우 실트 비율의 70% 정도로 우세한 sZ type임을 알 수 있었다. 행낭곡은 모래 비율이 60% 정도로 우세한 zS type으로 나타났다. 마지막으로 매향2는 자갈이 약간 섞이고 실트비율이 60% 정도인 (g)sM type으로 나타났다.

표 6. 어장별 입도조성과 평균입경

Station	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Mean (Φ)	Sort (Φ)	Skew.	Kurt.	Sediment type
매향2	0.40	30.83	58.04	10.73	5.32	2.21	0.88	0.88	(g)sM
백미	0.00	17.54	73.00	9.36	5.53	1.72	0.22	0.98	sZ
행낭곡	0.00	60.10	34.22	5.69	4.43	2.21	0.56	1.33	zS

나. 퇴적물 일반항목 분석

새꼬막 시험어장의 갯벌 내 일반성분 분석에 대한 결과는 표 7에 나타내었다. 먼저 함수율은 니질 함량과 함께 퇴적물의 이화학적 특성을 결정하는 중요한 인자로서 퇴적물의 밀도와 유기물이 집적되어 보존될 수 있는 정도를 나타내는 항목이다. 일반적으로 니질이 높을수록 퇴적물에 존재하는 수분함량이 많고, 본 결과는 매향2 > 백미 > 행낭곡 순으로 높았다. 다음으로 유기물 분포특성을 알아보기 위해 COD, AVS, 강열감량을 알아보았다. COD 등 유기물 축적에 대한 오염여부는 일본 수산 환경 퇴적물 기준치와, USEPA 퇴적물 기준치를 활용하여 확인하였다. 강열감량은 퇴적물에 존재하는 유기물의 총량을 나타내는 지표로 USEPA 기준으로 보았을 때 모든 결과값이 5%미만으로 비오염 지역으로 나타났다. COD(화학적 산소요구량)는 유기물 지표로 일본 수산 환경 퇴적물 기준 20mg/g을 비오염 지역으로 보며, 결과값 모두 기준치 이하로 나타났다. AVS (산휘발성 황화물)의 농도는 퇴적환경의 건강도를 나타내며 일본 수산 환경 퇴적물 기준치는 0.2mg/g이하를 비오염지역으로 판단하며 결과값 모두 기준 이하로 나타났다. 위 3가지 지표를 활용해 갯벌 오염도를 평가한 결과, 3가지 지표 모두 기준 이하로 비오염 지역이라는 것을 알 수 있다.

표 7. 어장별 퇴적물 일반항목

Station	Moisture contents(%)	Ignition loss (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)
매향2	46.0	4.7	10.3	0.07
백미	42.8	4.8	8.7	0.02
행낭곡	35.9	2.9	5.0	0.07

다. 퇴적물 중금속 분석

해양으로 유입된 중금속은 저층 퇴적물에 축적되어 지속성 오염물질로 분류되며, 저층에 서식하는 생물에 영향을 미칠 수 있다. 새꼬막은 저층 퇴적물에 서식하는 생물로 서식환경 오염도를 알기 위하여 중금속 분석을 실시하였고, 결과는 표 8에 나타내었다. 오염에 대한 기준치는 “「해양환경관리법」 제8조에 따른 해양환경기준” 및 국가별 해양 퇴적물 환경기준에 의하여 판단하였다. 매향2리의 Zn을 제외한 모든 검사항목은 주의 기준 미만으로 중금속에 대하여 오염되지 않은 지역으로 밝혀졌다. 매향2리의 Zn은 주의단계로, 이는 부정적인 생태 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 농도를 이야기 한다.

표 8. 어장별 퇴적물 중금속 항목

Station	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As(mg/kg)	Hg (mg/kg)
매향2	0.12	90.9	19.2	27.6	96.3	2.9	31.6
백미	0.12	47.3	10.4	12.8	53.5	3.2	17.2
행낭곡	0.07	65.8	7.4	21.4	56.0	2.0	18.0

6. 영양성분 시료 분석

2017년 매향2리에 살포한 새꼬막 종패의 가식부 영양성분을 일반항목, 유리아미노산 등에 대하여 분석하였다. 먼저 일반항목에 있어서 수분, 조단백질, 조회분, 조지방, 조섬유 순으로 높은 수치를 나타내었다. 유리아미노산의 총 함량은 0.746%를 보였고, 구성아미노산의 총 함량은 10.86%를 보였다. 유용아미노산인 타우린의 경우 0.357%를 함유하였고, 감칠맛을 내는 아미노산 L-alanine은 0.044%, L-glutamic acid는 0.034%를 보였다.

표 9. 새꼬막 육질분석 일반항목 (살포 후 6개월)

Station	수분 (%)	조회분 (%)	조지방 (%)	조단백질 (%)	조섬유 (%)
새꼬막	81.59	2.92	0.59	12.67	0.05

표 10. 어장별 새꼬막 유리 및 구성아미노산 함량 (살포 후 6개월)

분석항목	새꼬막 (% in sample)	분석항목	새꼬막 (% in sample)	분석항목	새꼬막 (% in sample)
Phosphoserine	0.004	L-Methionine	0.005	Aspartic acid	1.29
Taurine	0.375	L-Isoleucine	0.004	Threonine	0.53
Phosphoethnolamine	0.000	L-Leucine	0.006	Serine	0.50
Urea	0.000	L-Tyrosine	0.005	Glutamic acid	1.81
L-Aspartic acid	0.017	L-Phenylalanine	0.004	Proline	0.47
L-Threonine.	0.005	β-alanine	0.100	Glycine	0.72
L-Serine.	0.004	DL-β-Aminoisobutyric acid	0.000	Alanine	0.64
Asparagine	0.000	ɣ-Aminobutyric acid	0.000	Valine	0.54
L-Glutamic acid	0.034	L-Histidine	0.004	Isoleucine	0.52
L-α-Aminoadipic acid	0.000	3-Methyl-L-Histidine	0.000	Leucine	0.84
L-Proline	0.010	1-Methyl-L-Histidine	0.000	Tyrosine	0.38
L-Glycine	0.058	Tryptophan	0.000	Phenylalanine	0.46
L-Alanine	0.044	L-Carnosine	0.000	Histidine	0.35
L-Citrulline	0.000	L-Orinithine	0.005	Lysine	0.83
L-α-Aminobutyric acid	0.000	L-Lysine	0.019	Arginine	0.98
L-Valine	0.004	L-Arginine	0.040		-
L-Cystine	0.000	Total	0.746	Total	10.86

※ 부경대학교 사료영양연구소에 의뢰하여 2반복으로 분석 실시

고 찰

경기 갯벌은 시화호 간척 사업, 환경 오염, 기후변화 등으로 많은 변화가 일어났다. 이러한 변화로 인하여 기존에 서식하던 생물들에게 악영향을 미쳐 생산량의 급감, 품종감소가 나타났다. 20년 사이 ('95년 → '15년) 마을어업의 생산비중은 경기도 어가수입의 80%에서 13%로 감소하였고, 생산금액도 약 50% 감소했다. 특히 패류의 경우, 생산금액이 63%나 감소하여 새로운 생산품종 개발이 시급하다(수산정보포털, 2016).

새꼬막은 남해안 고소득 품종으로 유휴어장을 이용하고, 양성기간이 1~2년으로 짧으며, 겨울철에 채취하기에 경기도 신소득원으로 유용한 품종이다. 또 꼬막의 생산량도 환경오염 등으로 인해 급감하고 있어 어가뿐만 아니라 국민 식탁에 올라갈 식품 생산 증대면에서도 연구가 필요한 품종이다.

이러한 이유로 본 연구소에서 경기갯벌에서의 새꼬막 양식에 대해서 연구하기 시작하였다. 2015년 결과, 높은 생존율과 성장률로 양식 가능성이 충분하다는 것을 확인하였으며, 2016년 양식조건 확인을 통한 생산지 확대에 대한 추가 연구를 실시하였다. 그러나, 여름철 이례적인 폭염 등의 원인으로 대량폐사가 발생하여 연구목적을 달성하지 못했다. 따라서 2017년 새꼬막 양식가능성 재확인과 저질, 밀도 등 구체적인 양식기술 개발을 위하여 연구를 시행하였다.

먼저 양식가능성 확인을 위하여 성장도 조사를 시행하였고, 2015년 조사결과와 비교하였다. 성장속도 면에서 2015년과 2017년이 매우 유사하게 나오는 것을 볼 수 있다. 유사하게 나온 2반복 실험결과에 따라 경기해역의 새꼬막 양식은 충분히 가능하다는 것을 확인하였다. 그리고 그 중 주목할만한 점은 시험 기간 중 9월과 11월의 조사결과이다. 2015년의 경우는 9, 11월의 크기 차이가 거의 없어 성장지연이 나타났으나, 2017년은 지속적으로 성장한 것을 볼 수 있다. 그 두 결과의 차이는 살포 밀도로 추정된다. 2015년의 경우 종패 살포가 고르게 이루어지지 않아 살포 밀도가 높았으며 2017년의 경우 균일하게 이루어져 2ton/ha로 살포되었다. 따라서 새꼬막은 이동성이 없는 품종으로 살포 밀도가 새꼬막 성장률에 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

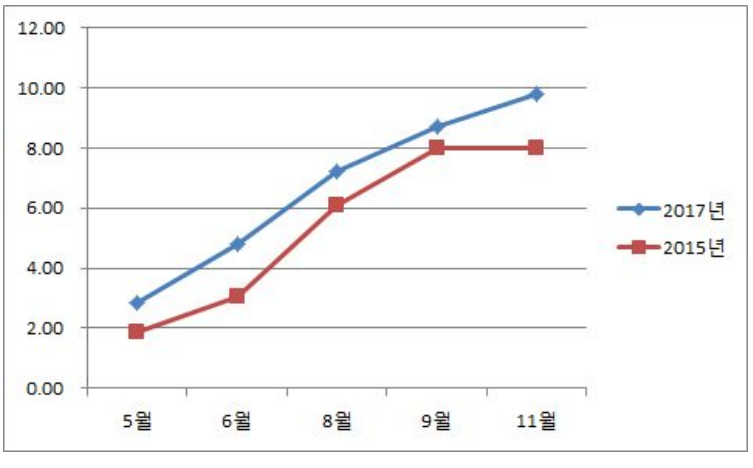


그림 6. 새꼬막 성장속도 비교 (2015, 2017년)

새꼬막 성장면에서 저질조건은 크게 영향을 받지 않는 것으로 사료된다. 장(2002)에 따르면 새꼬막 양식적지의 저질조건은 뻘이 80% 이상 포함되어 있고, 뻘색이 회백색 또는 약간의 녹색인 산뻘질이어야한다고 한다. 그러나 지난 3년간의 연구결과를 종합해보았을 때 성장속도 면에 있어선 무관한 것으로 판단된다. 모래질이 50%이상인 제부와 뻘질이 70%이상인 매향2, 뻘질이 80%정도인 백미와의 유의한 차이가 보이지 않았기 때문이다. 그런데 일반적으로 모래질인 곳에서 양식한 새꼬막은 해감이 필요하나 뻘질에서 양식한 것은 그렇지 않아, 상대적으로 상품가치가 떨어진다는 평이 있어 그에 대한 고려가 필요할 것이다.

살포시 밀도에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 장(2002)은 적정 살포밀도가 1~2ton/ha라고 했으나 실제로 10ton/ha로 살포하기도 한다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 새꼬막의 경우는 이동성이 없어 밀식으로 인한 성장지연 등이 발생하게 되기 때문에 적정밀도에 대한 연구가 필요한 실정이다. 본 연구도 그에 대한 연구를 진행하고자 하였으나 시설물 파손 및 유실로 인하여 명확한 결과를 도출하기 어려워 신뢰도가 높지 않다. 그러나 저, 중, 고밀도 중에서 중밀도에서 가장 높은 성장을 보이는 것으로 나타났다.

경기 갯벌의 새꼬막의 영양학적 가치 판단을 위해 유리아미노산을 분석하였다. 이전 연구결과로 전남산 새꼬막에 비해 유용 아미노산인 타우린 함량이 높고, 감칠맛과 관련된 아미노산인 글루타민과 알라닌이 낮은 것으로 나타났다(김, 2008). 이번 연구 결과도 마찬가지로 타우린 함량이 0.375%로 전남 꼬막류가 0.273~0.351%이었던 것에 비해 높게 나타났다. taurine은 피로회복제의 효능이 있어 자양강장제 등에 활용되는 일상에 친숙한 아미노산이다. 이뿐 아니라 뇌의 교감신경에 억제작용을 나타내어 혈압의 안정화 및 뇌졸중 예방 등 다양한 생리적 기능을 가지고 있다. L-alanine은 전남 지역은 0.069~0.111%, 매향2리는 0.044%로 나타났다. alanine은 일반적으로 단맛이 있기 때문에 천연식품 첨가물로 이용되며, 전립선 비대증 치료제, 종합 아미노산 제재, 빈뇨 개선 약으로도 이용된다. 다음으로 감칠맛을 내는 아미노산으로 잘 알려진 glutamic acid의 함량에 대해서 살펴보면 전남은 0.072~0.116%, 제부는 0.034%를 가진 것으로 나타났다. 따라서 유리아미노산을 통한 영양학적 가치를 보면 감칠맛과 관련된 아미노산에 있어선 전남지역의 새꼬막이 더 높은 함량을 보이며, 타우린 등의 일부 유효성분에 대해선 제부지역의 새꼬막이 더 높은 함량을 보였다.

요약하면, 2017년 시험연구사업 결과 경기 갯벌에서의 새꼬막 성장은 우수하였고, 이는 15년도 사업결과와 일치하여 새꼬막 양식가능성에 대하여 2반복 확인을 하였다. 양식적지는 성장속도 면에서 저질에 무관하게 잘 자라는 것으로 밝혀졌으며, 밀식 시 성장 지연 등이 발생하여 살포밀도를 조절하는 것이 중요하게 나타났다. 향후 경제성 및 상품성을 극대화 할 수 있는 구체적인 양식기술에 대한 고민이 필요할 것이다.

참 고 자 료

- 장계남. 2002. 패류양식. 삼광출판사 p366-381
- 해양수산부 수산정보포털 2016.
- 해양수산부 국가해양환경정보통합시스템 2016.

국내 멸종된 철갑상어 종 복원 연구

- 북한산 철갑상어(중국철갑상어) 최적 사육밀도 연구 (16년~17년) -

이동훈 · 김성곤 · 김동수

서 론

철갑상어 중 우리나라에 서식했다가 사라진 토종 철갑상어 어종은 칼상어, 용상어, 중국철갑상어 3종이 있는데 그 중 중국철갑상어(*Acipenser sinensis* Gray, 1834. Chinese sturgeon 이하 "북한산 철갑상어")는 현재 중국해(Chinese Sea)와 황해(Yellow Sea)에 서식하며 Jangtsekiang에서 Jinsha-jiang, Min-jiang과 Pearl 강으로 거슬러 올라간다. 국내의 경우 1970년 이전 서해 연안으로 유입하는 한강, 금강(군산), 영산강(목포), 여수 및 울산 등의 하천 주변 하구에 가끔 출현한 보고가 있다. 하구지역은 강으로부터 유입되는 담수와 연안의 해수가 혼합되는 곳으로 생물군집과 생태환경을 높게 유지시킨다. 중국철갑상어 성어의 최대크기는 전장 400cm와 전중 452kg에 달하며, 이는 담수어류 중 가장 큰 종류에 속한다(Chang and Cao, 1999). 중국철갑상어는 담수에서 부화하며, 부화된 치어(1~3kg)는 다시 해안으로 이동하고, 8~10년 후 산란하기 위해 다시 강으로 거슬러 이동한다(CARSGS 1988). 중국 뿐만 아니라 국내에서도 댐건설에 의한 이들의 산란장 파괴로 개체군은 급격히 감소하였거나 멸종된 상태다. 그러나 중국의 보도에 의하면 댐부근 아래 연안 지역에서도 일부 초기 부화 치어가 포획되기도 하여 인위적 생태변화에 적응한 사례도 있다(Yu *et al.*, 1986). 중국의 경우 1983년에 어업 금지 시켰으며 매해 100개체 이상의 성어에서 자원복원 프로그램을 진행하고 있다. 중국철갑상어의 연구는 인공종자생산 및 군집역학에 초점을 맞추어 진행되어 왔다.

중국에서 포획된 중국철갑상어 중 암컷 36마리, 수컷 21마리를 대상으로 번식생물학적 특징과 인공번식에 관한 조사결과를 살펴보면 체장과 체중 및 연령이 암컷은 각각 240~320cm, 140~432kg, 15~30년으로 나타났으며, 수컷은 각각 153~284cm, 70~244kg, 12~26년생으로 이 연령대의 번식력은 암컷이 93.1%, 수컷이 100%로 보고되고 있다. 난소의 빛깔은 7가지의 색을 띄고 있었으며 포란수는 200,000~590,000개로 암컷은 평균 358,000개의 알을 가지고 있으며 어체중 kg당 820~3,020개의 알을 가지고 있었고 평균은 어체중 kg당 1,590개의 알을 가지는 것으로 나타났다. 정소는 4가지의 서로 다른 색을 띄고 있었고 수컷 1마리로부터 1,000~5,952㎖, 평균 2,598㎖의 정액을 채취할 수 있었다. 이는 어체중 kg당 1.25~31.24㎖, 평균 13.3㎖에 해당하는 양이다. 총 57마리의 어미로부터 수정율은 63.7%, 부화율은 48.1%로 약 4,762,000마리의 치어를 생산해 낸 기록이 있으나 이는 자연산 친어로부

터의 산란능력이 점차 감소하는 추세라고 보고하고 있다(Liu *et al.*, 2007). 현재까지 알려진 바에 의하면 자연 상태에서 중국철갑상어의 생물학적 최소형은 수컷은 1.7m, 암컷은 2.2m에 이를 때 처음으로 산란군에 가입한다고 하나 인공적인 조건하에서는 성 성숙 기간이 앞당겨 질 가능성도 배제할 수 없다. 또한, 암수의 산란주기는 일반적으로 2년 이상으로 알려져 있으며 양식산을 이용하여 인공수정 후 부화시간은 일반적인 철갑상어와 같이 16.5~18℃에서 5일 전후 (110~130시간)이다.

경기도해양수산자원연구소에서는 2008년부터 북한에서 이식한 중국철갑상어에 대하여 치어성장 시험, 혈액학적 조사 및 염분적응 시험, 계절별 성호르몬 변화 조사 등을 거쳐 기본적 생물학적 연구를 조사완료 하였다. 2017년도는 인공치어생산을 위한 육성어의 최대 성장 조건을 규명하기 위한 최적의 밀도를 파악하여 친어확보를 최대한 단축할 수 있는 방안을 마련하고자 하였다. 이는 인공치어생산을 위한 현재 시점에서 가장 필요한 연구로 향후 중장기적으로 북한산 철갑상어의 생태복원에 필요한 전용 연구시설 건립 시 참고적인 자료가 될 수 있을 것으로 사료되며 이에 대한 결과를 소개하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시험어 및 사육 조건

시험에 사용된 철갑상어는 북한으로부터 도입한 철갑상어 중 개체별 크기를 측정한 후 체중 계급별 빈도를 파악하여 5.5~6.0kg의 개체를 선발하였다. 총 70마리(평균 체중 5.80kg, 평균 전장 106.8cm)의 북한산 철갑상어를 선발한 후 밀도별 시험을 위해 ∮5m 원형수조 3개지에 각 10마리(0.5마리/m^2), 20마리(1마리/m^2), 40마리(2마리/m^2)를 수용하였다.

사육방법은 하천물을 이용하여 유수식으로 수조에 사육수를 유입하였고, 별도의 가온시설은 없었다. 자연수온에 맞추어 사료량을 조절하였으며 1일 2회 급여하였다. 수온의 변화 양상은 Fig. 1과 같다. 시험기간은 2016. 7월에 시작하였으며 2017. 10월까지 진행하였다.

2. 시험어 성장도 측정

시험어의 사육 밀도별 성장도 측정을 위해 월 1회 어류마취제(MS-222)를 이용하여 전장 및 체중을 측정하였다. 체중은 0.00kg 단위의 카스저울로 측정하였으며 전장은 자체 제작한 측정자를 이용하였다.

3. 통계처리

사육 밀도별 측정된 자료는 SPSS Version 10(SPSS, 1999) 프로그램의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 분석하였고, 유의수준은 α=0.05에서 확인하였다. 그룹별 사후분석은 Duncan's multiple range test를 이용하였다.

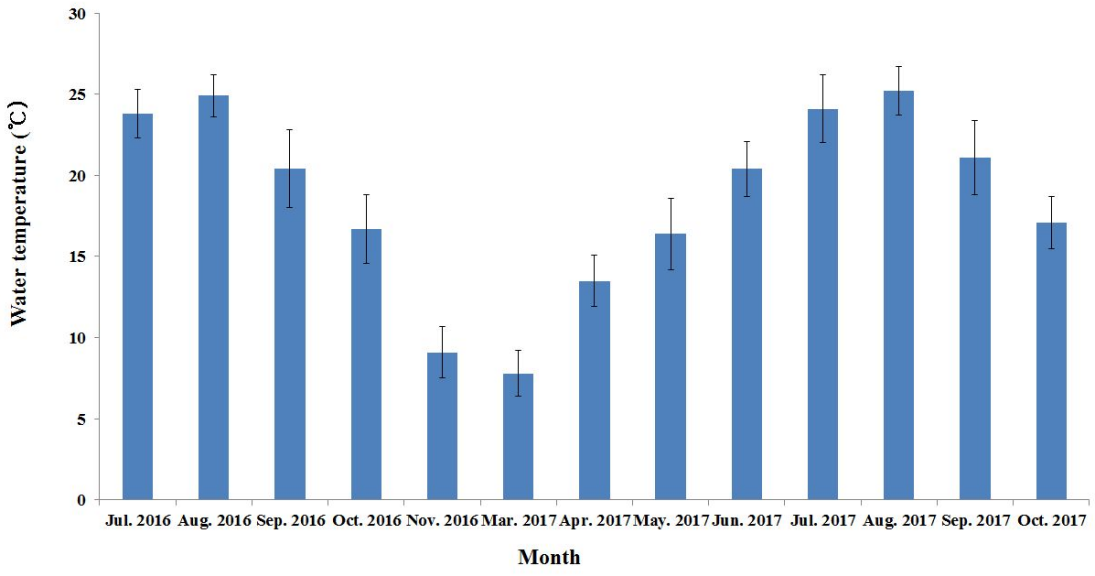


Fig. 1. Change of water temperature in rearing tank for experimental periods.

결과 및 고찰

시험 15개월간(2016. 7.~2017. 10.) 북한산 철갑상어의 성장결과는 Table 1과 2에 나타내었다. 시험 최초 체중은 3개구(0.5마리/m^2구, 1마리/m^2구, 2마리/m^2구)에서 각 전장은 105.8cm, 107.5cm, 107.3cm를 나타내었고, 체중은 5.80kg, 5.81kg, 5.79kg을 보였다. 시험 시작 전 이들의 전장과 체중에 대한 그룹별 유의성은 나타나지 않았다($p>0.05$).

시험 3개월 이후부터 체중에 대한 유의성이 나타나기 시작하였고, 1차 년도 마지막 측정기간인 2016. 11월 조사에서는 3개구(0.5마리/m^2구, 1마리/m^2구, 2마리/m^2구) 그룹별 각 전장은 108.0cm, 109.6cm, 108.6cm를 나타내었고, 체중은 6.24kg, 6.71kg, 6.54kg을 보였으며 체중에 대한 그룹별 유의성이 나타나기 시작하였다($p<0.05$). 1마리/m^2구와 2마리/m^2구의 그룹별 체중 증가에 대한 차이는 2017년 6월부터 출현하여 이후 시험 종료까지 지속되었다. 체중과 달리 체장의 변화는 시험 종료 기간인 2017년 10월까지 각 그룹별 110.4cm(0.5마리/m^2구), 111.3cm(1마리/m^2구), 110.2cm(2마리/m^2구)로 평균값은 1마리/m^2구가 다소 높으나 그룹간 유의성은 보이지 않았다($p>0.05$).

Table 1. Change of body weight on chinese sturgeon(*Acipenser sinensis*) for experimental period(15 months).

Month	Weight(kg)		
	0.5 fish. No/m^2	1 fish. No/m^2	2 fish. No/m^2
Jul. 2016	5.80	5.81	5.79
Aug. 2016	5.89	5.93	5.94
Sep. 2016	6.02	6.21	6.14
Oct. 2016	6.14	6.47	6.34
Nov. 2016	6.24^{b}	6.71^{a}	6.54^{ab}
Mar. 2017	6.28^{b}	6.87^{a}	6.68^{a}
Apr. 2017	6.34^{b}	7.03^{a}	6.81^{a}
May. 2017	6.44^{b}	7.18^{a}	6.84^{a}
Jun. 2017	6.58^{b}	7.33^{a}	6.88^{b}
Jul. 2017	6.69^{b}	7.50^{a}	6.92^{b}
Aug. 2017	6.79^{b}	7.64^{a}	6.95^{b}
Sep. 2017	6.95^{b}	7.85^{a}	6.99^{b}
Oct. 2017	7.05^{b}	8.01^{a}	7.02^{b}

Table 2. Change of body length on chinese sturgeon(*Acipenser sinensis*) for experimental period(15 months).

Month	Length(cm)		
	0.5 fish. No/m^2	1 fish. No/m^2	2 fish. No/m^2
Jul. 2016	105.8	107.5	107.3
Aug. 2016	106.0	107.6	107.4
Sep. 2016	106.3	107.9	107.5
Oct. 2016	107.2	108.8	108.5
Nov. 2016	108.0	109.6	108.6
Mar. 2017	108.6	110.1	109.1
Apr. 2017	108.9	110.2	109.2
May. 2017	109	110.2	109.3
Jun. 2017	109.1	110.3	109.3
Jul. 2017	109.4	110.4	109.4
Aug. 2017	109.7	110.6	109.7
Sep. 2017	110	110.6	109.9
Oct. 2017	110.4	111.3	110.2

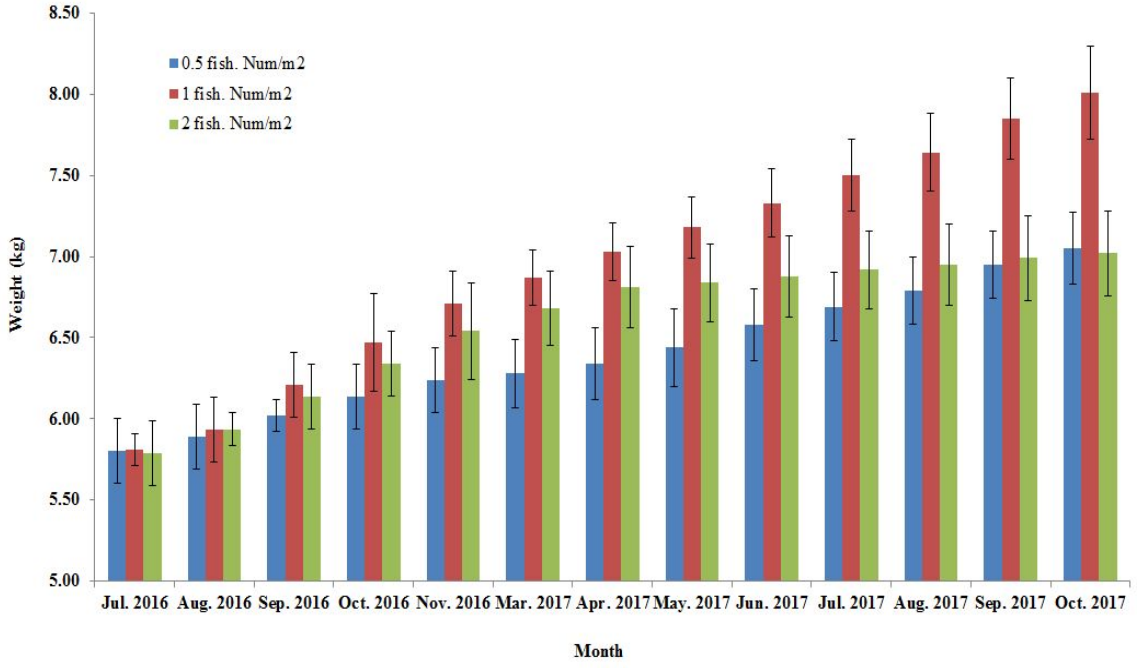


Fig. 2. Change of body weight on chinese sturgeon(*Acipenser sinensis*) for experimental period(5 months).

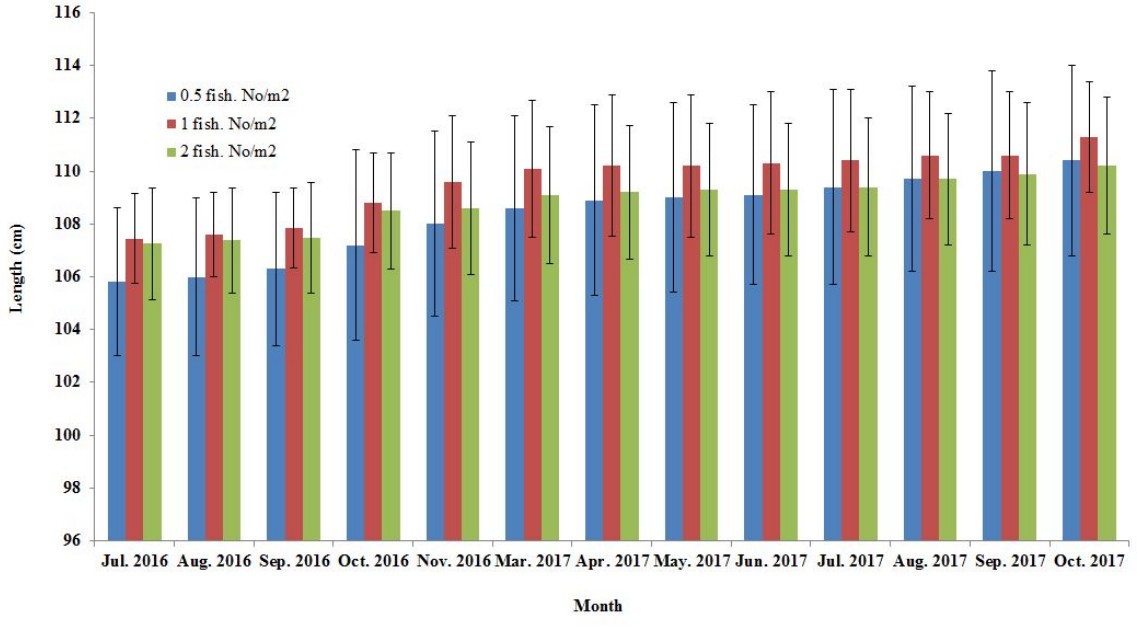


Fig. 3. Change of body length on chinese sturgeon(*Acipenser sinensis*) for experimental period(15 months).

15개월의 시험기간 동안 성장평가에 대한 자료는 Table 3에 나타내었다. 증체율(Weight gain rate, %)은 3개구(0.5마리/m^2구, 1마리/m^2구, 2마리/m^2구) 그룹별 각 21.44%, 37.77%, 21.26%를 나타내었고($p<0.05$), 사료효율(Feed efficiency, %)은 30.58%, 45.06%, 34.02%를 보

였다(p<0.05). 일간 성장률(Specific growth rate, %)은 3개구(0.5마리/m^2구, 1마리/m^2구, 2마리/m^2구) 그룹별 각 0.043%, 0.071%, 0.043%의 값을 보였으나(p<0.05), 0.5마리/m^2구와 2마리/m^2구의 비교에서는 유의성이 나타나지 않았다(p>0.05).

15개월간 사육밀도에 의한 성장 측정 결과에서 3개구(0.5마리/m^2구, 1마리/m^2구, 2마리/m^2구) 그룹별 체중의 유의성 변화는 2개월 시험기간이 경과 후부터 나타났다. 0.5마리/m^2구의 경우 성장도가 낮은 이유는 먹이 경쟁의 저하에 따른 활동성 부족 등의 원인일 것으로 사료된다. 또한 2마리/m^2구가 1마리/m^2구에 비해 성장도가 다소 낮았던 결과는 고밀도의 경우 먹이경쟁에서 도태된 개체의 성장도가 저하되어 전체 그룹에 영향을 미친 것으로 판단된다. 그러나 이러한 밀도에 의한 시험에서 중요한 변수의 하나는 사육지의 면적 외 깊이인 수심이 될 것이다. 같은 면적이라도 수심이 깊다면 수용할 수 있는 능력이 증가하기 때문이다. 이러한 수심의 변수 요인을 제외하더라도 시험에서 나타난 결과로 판단 시 5~6kg의 북한산 철갑상어의 경우 이들의 적정 사육밀도는 1마리/m^2일 것으로 보인다.

Table 3. Growth performance on chinese sturgeon(*Acipenser sinensis*) of three experimental group for 15 months[1]

Growth performance	Experimental group		
	0.5 fish. No/m^2	1 fish. No/m^2	2 fish. No/m^2
Initial fish No.	10	20	40
Final fish No.	10	20	40
Initial gross weight(kg)	58.01	116.21	231.47
Final gross weight(kg)	70.45	160.10	280.67
Initial average weight (kg)	5.80^{ns}	5.81	5.79
Final average weight (kg)	7.05^{b}	8.01^{a}	7.02^{b}
Gross feed intake (kg/as-is)	40.68	96.24	144.62
WG(%)[2]	21.44^{b}	37.77^{a}	21.26^{b}
FE(%)[3]	30.58^{b}	45.06^{a}	34.02^{b}
SGR(%)[4]	0.043	0.07	0.043
Survival rate (%)	100	100	100

[1] Values are means of three fish groups. Means with the different superscript in the same row are significantly different(p<0.05) among three groups. ns, non significant(p>0.05).

[2] Weight gain (%) = (final weight (g) - initial weight (g)) × 100 / initial weight (g).

[3] Feed efficiency (%) = wet weight gain (g) × 100 / feed intake (as-is base, g).

[4] SGR (%) = Specific growth rate : [(ln final weight - ln initial weight)/days]×100.

참 고 자 료

- Chang, J.B., Cao, W.X., 1999. History and prospect of conservation on Chinese sturgeon in the Yangtze River. Acta Hydrobiol Sinica 23, 713 - 20

- CARSGS (The Changjiang Aquatic Resources Survey Group, Sichuan)., 1988. The biology of the sturgeons in Chiangjiang and their artificial propagation. Sichuan Science and Technology Publishing House, Chengdu, China (in Chinese).

- Yu, Z.T., Xu, Y.G., Deng, Z.L., Zhou, C.S., Yang, X., 1986. Studies on the reproductive ecology of Chinese sturgeon below Gezhouba Dam. Trans Chinese Ichthyol Soc 5, 1 - 6.

미유기 생산 및 방류시험 연구

- 미유기 2세대 치어생산 및 적정 광주기 규명 연구 -

임성률 · 이동훈 · 김광범 · 박종렬 · 김달영 · 김성곤 · 김동수

서 론

분류학적으로 미유기(*Silurus microdoraslis*)는 메기목 (Siluriform) 메기과 (Siluridae)에 속하는 담수어로 몸의 형태는 메기와 비슷하나 크기가 작다. 한반도고유종이며 국외 반출 승인대상 생물자원으로 한국의 멸종위기 야생동식물적색자료집의 관심 대상종에 속해 있다. 메기와 매우 비슷하나 등지느러미의 기조수가 적고 길이도 짧으며 미병부의 높이가 높아서 구분된다. 전국적으로 분포하며 물이 맑고 바닥에 자갈이 있는 하천의 중·상류에서 많이 서식하며 물고기나 수서곤충을 먹고 산다(최 등, 2002).

몸길이는 20~25cm 정도로 메기에 비하면 날씬하고 길며 위턱이 아래턱보다 짧고 눈은 머리의 양쪽 중앙부보다 앞에 있고 전비공 앞과 아래턱에는 각각 한 쌍의 수염이 있다. 몸은 짙은 푸른색을 띤 갈색이고 비늘이 없으며 등지느러미 기조수 3개, 뒷지느러미 기조수 67~73개, 척추골수 54~56개, 새파수는 7~9개이다(국립생물자원관, 2013).

국내 미유기에 관한 연구 자료는 미유기 골격에 대한 기초연구(이와 김, 1987), 미유기의 초기생활사 연구(이 등, 2001), 미유기 양식연구(김, 2012) 등이 있으나 아직 부족한 실정이다. 한편, 미유기의 유전정보는 국립생물자원관에 3건, NCBI 및 BOLD에 2건으로 총 5건의 염기서열 분석자료가 있다. 국립생물자원관은 유전자 마커로 RAG2, Cytb, CO1을 이용하였고 NCBI 및 BOLD에서는 16S와 CO1을 이용하였다. 미유기는 전국적으로 분포하는 종이라 경기도 지역 내 메기과 어종 채집 시 비교 분석이 가능할 것으로 생각된다.

미유기는 서식지역이 깨끗하고 맑은 수역에서 서식하는 어류인 관계로 담수어 특유의 해감내가 적어 매운탕 요리 중에서 최고로 뽑히기도 한다. 또한 현재 미개발된 어종인 관계로 향후 지역 특화 품종으로 자리 매김이 가능할 어종으로 사료된다.

경기도해양수산자원연구소는 하천 생태계에서 점차 사라져 가는 한반도고유종 미유기 인공종자생산 시험연구 등을 통한 종 보존 및 자원회복을 도모하고자 2015년부터 시험연구를 실시하였고 2016년에는 인공종자생산을 위한 기초 사육조건을 정립하고자 적정 사육수온 규명 연구를 실시하였으며, 2017년에는 양식산 어미에서 2세대 종자생산과 함께 적정 광주기 규명 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험어 확보

미유기 치어생산을 위한 친어 확보를 위해 가평군과 양평군의 미유기 자연 서식지를 연구소 자체 조사하여 채집한 미유기를 시험어로 확보하였다.

2017년에는 2015년부터 확보한 미유기 어미를 배합사료를 이용하여 인위적으로 성숙시켰고 자연산과 양식산 어미는 총 48마리(암컷 35, 수컷13)를 사용하였다.

2. 채란 및 수정란 확보

가. 자연산 미유기의 호르몬 주사, 자연산란 유도 및 수정란 확보

2015~2016년에 확보된 미유기 시험어를 7일간 절식한 후 배가 부른 개체 중 복부가 부드러운 개체 암컷 2마리와 수컷 2마리를 무작위로 선별한 후, 1cc 주사기를 이용하여 황체형성호르몬방출호르몬유도체(LHRH-a, Luteinizing hormone releasing hormone analog)를 암컷과 수컷 모두에게 주사하였다(1차). 2차 인공산란유도는 암컷 19마리와 수컷 5마리를 이용하였다. 호르몬 처리 농도는 암·수 모두 어체중 1kg당 10㎍로 처리하였고 산란 유도 사육지 (0.8×1m) 사각수조 1개지에 암컷과 수컷을 함께 수용하였으며 수온은 18.5~19.5℃를 유지하였다. 수용 후 1일 뒤 수정된 난을 확보할 수 있었으며 주로 새벽시간대에 산란하였다. 수정란은 부착력이 없는 침성란으로 일반 담수어류인 잉어 및 붕어 등에 비해 큰 난(약 2mm 내외)이었다(표 1, 2).

표 1. 황체형성호르몬방출호르몬유도체를 주사 처리한 자연산 미유기 산란유도 결과(1차)

길이(cm)	무게(g)	성	총수정란(개)
25	79.2	♀	3,200
31	110.6	♀	
25	92	♂	
30	104	♂	

표 2. 황체형성호르몬방출호르몬유도체를 주사 처리한 자연산 미유기 산란유도 결과(2차)

순번	길이(cm)	무게(g)	성	수정란(개)
1	17.2	23.9	♀	
2	17.0	20.8	♀	
3	22.3	45.1	♀	
4	17.5	27.6	♀	
5	21.9	44.6	♀	
6	22.4	48.4	♀	
7	17.9	26.2	♀	
8	16.9	24.0	♀	
9	20.4	37.0	♀	
10	16.8	19.8	♀	5,400
11	20.1	35.9	♀	
12	19.9	32.9	♀	
13	17.3	25.0	♀	
14	20.3	36.7	♀	
15	19.7	31.5	♀	
16	19.8	34.5	♀	
17	18.3	28.2	♀	
18	26.0	71.1	♀	
19	24.1	54.5	♀	
1	23.2	49.2	♂	
2	23.1	50.0	♂	
3	24.3	63.5	♂	
4	29.8	82.7	♂	
5	30.8	86.6	♂	

나. 양식산 미유기의 호르몬 주사, 인공산란 유도 및 수정란 확보

2015년에 부화된 양식산 미유기 시험어를 7일간 절식한 후 배가 부른 개체 중 복부가 부드러운 개체 암컷 14마리와 무작위 수컷 6마리를 선별한 후, 1cc 주사기를 이용하여 황체형성호르몬방출호르몬유도체(LHRH-a, luteinizing hormone releasing hormone analog)를 암컷과 수컷에 모두에게 주사하였다. 호르몬 처리 농도는 암·수 모두 어체중 1kg당 10㎍로 처리하였고 산란 유도 사육지 (0.8×1m) 사각수조 1개지에 암컷과 수컷을 함께 수용하였으며 수온은 18.5~19.5℃를 유지하였다. 수용 후 1일 뒤 수정된 난을 확보할 수 있었으며 주로 새벽시간대에 산란하였다. 수정란은 부착력이 없는 침성란으로 일반 담수어류인 잉어 및 붕어 등에 비해 큰 (약 2mm 내외)이었다(표 3).

표 3. 황체형성호르몬방출호르몬유도체를 주사 처리한 양식산 미유기 산란유도 결과(3차)

순번	길이(cm)	무게(g)	성	수정란(개)
1	21.2	54.1	♀	4,400
2	19.3	44.2	♀	
3	18.9	42.6	♀	
4	25.5	72.9	♀	
5	19.4	44.6	♀	
6	17.8	37.4	♀	
7	24.6	68.2	♀	
8	15.8	27.6	♀	
9	16.3	30.0	♀	
10	17.1	36.0	♀	
11	23.2	64.7	♀	
12	14.9	26.1	♀	
13	17.3	39.8	♀	
14	16.9	33.0	♀	
1	23.1	50.0	♂	
2	23.1	51.2	♂	
3	24.4	61.8	♂	
4	24.5	62.3	♂	
5	25.9	72.4	♂	
6	30.4	88.0	♂	

3. 수정란 관리

자연채란 및 인공채란으로 확보된 수정란은 플라스틱 사각 용기에 수용하여 부화수조에서 관리하였다. 수온은 18.5~19.5℃ 내외로 유수식으로 유지하였다. 수정란의 수생균 오염을 방지하기 위해 수정 1일 후부터 부화 전 1일까지 스포이드를 이용하여 사란을 직접 제거하였다.

4. 치어생산 및 관리

부화된 자어는 3~4일간 난황을 흡수한 후 외부로부터 먹이를 찾기 시작하였다. 초기 먹이는 알테미아(6일)를 공급 후 실지렁이(17일)를 충분히 공급하여 배합사료 먹이붙임이 용이한 전장 3cm까지 성장시켰다. 배합사료 공급은 수입사료인 러브라바 3호로 시작하여 성장함에 따라 급여하였다(표 4).

표 4. 성장단계에 따른 먹이변화

수온(19℃전후)	수정란 ~ 부화 (난황흡수)	알테미아	실지렁이	인공배합사료
일(누적)	7	3	17	30일 이후
체장 (cm)	0.25~0.8	1.2~1.5	1.5~3.0	3.0cm이상

5. 자연산 및 양식산 미유기 성장도 조사

2015, 2016년 자연산 및 양식산 미유기로부터 채란, 수정 및 부화시킨 미유기 3,100마리 중 방류 전 사전 질병검사와 병행하여 총 50마리의 미유기 치어의 성장도 조사를 실시하였다.

6. 적정 광주기 규명 시험연구

광주기에 따른 성장효과를 확인하기 위해 시험어는 평균무게 3.90±0.02g(평균±표준편차)으로 400ℓ사각수조에 각 실험구 당 각각 60마리씩 2반복으로 무작위 배치하였고 일일사료 공급량은 어체중의 3~5%로 1일 1회 17:00경 3주 동안 공급하였다. 전 사육기간 동안 수온은 가온한 하천수와 지하수를 이용하여 18.5~19.5℃로 유지하여 주었다. 시험사료는 시판용 상업사료인 L사의 배합사료를 사용하였다. 시험구는 대조구로 명:암 24시간:0시간, 시험구로 명:암 12시간:12시간, 명:암 0시간: 24시간으로 조절하여 총 3개의 시험구를 설정하였다. 명기와 암기의 조절은 대조구는 암막을 설치하여 전적으로 빛을 차단하였고 시험구는 자동타이머를 이용하여 시간을 조절하였다. 3주간의 시험 종료 후 어체의 전체 중량을 측정하여 성장도를 비교하였다.

7. 자원조성

2017년에 5월 15일에 부화된 미유기 F1(자연산 미유기 치어), F2 세대(양식산 미유기 치어)는 58일간 양성을 통해 평균 체장 4.8cm로 성장하였고, 가평군과 협의하여 2017년 7월15일에 가평군 소재 백둔천 상류 지류에 치어 3,000마리를 시험 자원조성 하였다.

결과 및 고찰

1. 서식지 환경 조사 및 시험어 확보

미유기의 서식지 조사 및 채집은 가평과 양평의 하천 상류 계곡을 중심으로 총 2회 수행하였으며 주간보다 야간에 활동이 많아 통발을 이용하여 채집하였다(그림 1). 조사기간(2017. 4 .27.~4. 28)동안 수온은 13.2~13.4℃, 수소이온농도(pH)는 8.76~8.79, 용존산소(DO)는 10.05~10.09㎎/ℓ의 범위를 나타내었다. 조사 결과, 미유기는 갈수기에도 바닥이 드러나

지 않는 수심 1m이상의 깊은 곳에 서식하는 것으로 판단된다. 먹이는 뱀장어 반죽사료와 시판용 담수어 떡밥을 혼합하여 사용하였다. 총 9마리를 채집하여 연구소로 이송하여 상업용 사료로 순치한 후 치어생산에 사용하고자 하였다.

2015~2016년에 확보된 미유기 시험어의 경우 친어의 성비 불균형이 극심한 편으로 친어 중 시험어의 암·수비율 (암컷1 : 수컷5)은 암컷이 상당히 낮은 경향(암컷12마리, 수컷60마리)을 보였다. 따라서, 미유기의 치어생산과 연구를 위해서는 암컷 확보를 가장 우선적으로 고려해야 할 사항으로 판단된다. 하지만 2017년에는 일부 수컷으로 분리 수용한 구간에서 다수의 암컷이 발견되었고 이는 성전환이라기보다는 1년 내 충분히 성숙조건에 도달하지 못한 암컷이 장기간 사육기간 동안 성성숙한 결과로 보인다. 또한, 미유기는 2015, 2016년의 사례와 같이 산란기인 5~6월에 복부가 팽만한 암컷을 채집하여도 호르몬 주사에 의한 산란유도가 일어나지 않아 일정기간 배합사료로 먹이붙임하여 인공적인 종자생산이 필요할 것으로 사료된다.

자연 서식지(경기도 양평) 수질 측정 통발 설치

채집 통발 확인 채집한 자연산 미유기

그림 1. 미유기 자연 서식지 환경 조사 및 채집

2. 포란 확인, 산란 유도 및 수정란 확보

미유기는 어체중에 비례하여 다수의 수정란을 확보할 수 있었고 황체형성호르몬방출호르몬유도체(LHRH-a) 이용시 미유기 산란 유도가 효과적이었다. 2015년에 기 연구결과 태반성성선자극호르몬(HCG)을 이용했을 때 산란이 일어나지 않으면 알이 녹아버리는 현상이 있어 2017년에는 2016년과 동일하게 황체형성호르몬방출호르몬유도체 처리에 의한 인공산란 유도로 수정란을 확보하였고 총 3회 모두 복부 압박에 의한 채란 및 수정작업을 실시하였다(그림 2).

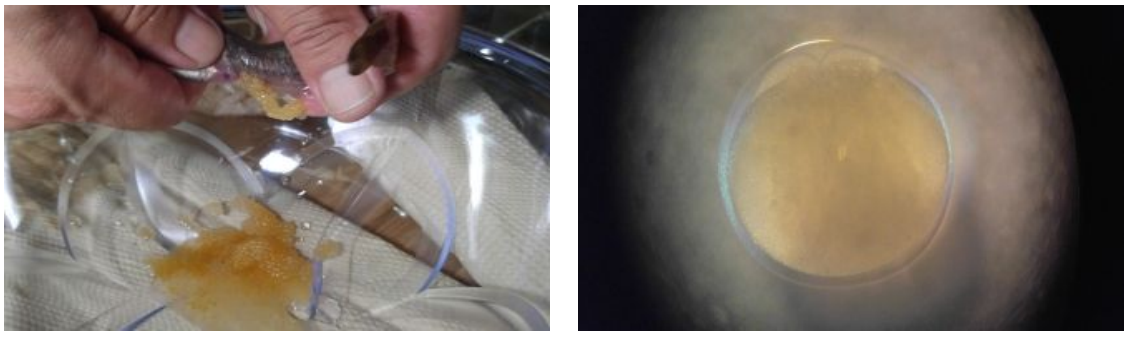


그림 2. 미유기 채란 및 수정란

3. 치어생산

3회 수정란 확보 작업에 걸쳐 13,000립의 수정란이 확보되었고 이 중 7,150마리가 부화되었다(그림 3). 부화율은 약 19.5℃에서 55%내외로 나타났다. 그 후 방류크기인 5cm내외까지 3,100마리(자연산 2,100마리, 양식산 1,000마리)를 양성하여 최종 생존율은 24%내외로 나타났다. 특히, 2016년도에 생산(양식산)한 1세대로부터 2세대를 1,000마리 생산하여 양식가능성을 검증할 수 있었고 대량생산에 대한 가능성을 검증할 수 있었다. 추후 양식산 2세대로부터 3세대까지 생산하여 완전양식에 대한 가능성을 검증해 볼 계획이다.

4. 자연산 및 양식산 미유기 성장도 조사

자연산 및 양식산 미유기의 성장도 조사 결과는 표 5과 같다. 사육수온 18.5~19.5℃ 내외로 유수식으로 2개월 간 사육하여 약 4.80cm, 0.9g까지 성장하였다(표 5).

표 5. 자연산 및 양식산 미유기의 성장도 조사 결과(약 2개월)

그룹	마리	2017년 5월		2017년 7월	
		전장(cm)	무게(g)	전장(cm)	무게(g)
1년 미만	50	부화자어크기		4.80	0.9

5. 적정 광주기 규명 시험연구

3주간 성장도 시험연구결과 최종평균무게와 증체율은 3개 구간에 통계학적인 유의차는 나타나지 않았다(P>0.05). 하지만, 명:암 24시간:0시간 구(장일처리)에 비해 다른 2개의 구가 수치상으로는 다소 높은 값을 보였고 암기가 오래 지속 될수록 성장도가 향상되는 경향은 보였다(표 6). 생존율은 유의차가 나타나지 않았다(P>0.05). 24시간 장일처리는 야행성인 미유기에 영향을 미칠 것으로 판단하였으나 통계학적으로 특이한 차이가 나타나지 않았다(P>0.05). 따라서 추후 연구 시 구간을 성숙기인 5월에 맞추어 명기와 암기를 조절하고 시험기간을 좀 더 장기간으로 설정하여 어미의 성 성숙 여부를 판단해 종합적으로 연구를 실시해 볼 계획이다.

표 6. 적정 광주기 규명 시험연구 성장도 조사 결과

항목	사료구간		
	명:암 24:0h	명:암 12:12	명:암 0:24h
초기평균무게(g)	3.90	3.90	3.90
최종평균무게(g)	4.32	4.34	4.38
증체율(%)	10.7	11.3	12.4
생존율(%)	99	100	98

6. 자원조성

경기도 야생동식물 보호어종(경기도 고시 제2012-135호)인 미유기의 종 보존을 위해 경기도 해양수산자원연구소와 가평군 간의 상호협력 및 체계구축을 위한 MOU체결(2015. 04. 08)과 관련 연구소에서 인공 부화한 미유기 치어의 시험방류를 2017년 7월 15일에 실시하였다(그림 3).

◎ 미유기 자원조성 추진 개요

- 방류장소 : 북면 백둔리 마을회관 앞 「백둔천」
- 방류수량 : 미유기 치어 3,000마리
- 참 석 자 : 10명(연구소 4, 가평군 3, 주민 3)
- 환경조사 : 수온 10.5℃, 용존산소 10.8㎎/ℓ, pH 7.63

그림 3. 미유기 방류(2017년 7월)

향후 계획

2018년에는 양식산 미유기 2세대로부터 3세대 미유기 치어를 대량 생산하여 배합사료에 의한 완전양식 가능성을 검증할 계획이다. 특히, 산란기인 5~6월뿐만 아니라 수온조절에 의한 연중생산 가능성도 시험해 볼 예정이다. 또한, 수컷을 절개하지 않고 암·수 합방을 통해 수정란을 채취하여 부화시킴으로써 어미 확보가 어려운 점을 극복하고자 다양한 조건에

서 종자생산을 실시할 계획이다. 한편, 기 서식하고 있는 미유기 종의 유전자와 생산된 양식산 미유기의 유전자 분석을 통해 유전다양성을 비교 검토하여 유전자원의 보존에도 노력을 기울일 계획이다.

이러한 연구개발을 바탕으로 최근 사라져가는 우리 토속어종인 미유기의 자원회복과 자원증강에 기여할 것으로 기대되며 추후 미유기를 내수면 방류품종으로 지정하여 시 · 군 매입방류를 통해 종 보존에 힘을 기울일 것이다.

참 고 문 헌

- Lee, C. L. and I. C. Kim. 1987. A osteological studdy of *silurus microdorsallis*. Korean journal of Limnology. 20(3) : p129~137.
- 국립생물자원관. 2013. 한반도 고유종. ENDEMIC SPECIES OF KOREA. 척추동물 VERTERBRATES. 도서출판 두현. p134~135.
- 김이오, 2012. 미유기 양식연구. 2012년도 연구사업보고서. 충청북도내수면연구소. 73~80.
- 배승철 외 26명. 2002. 어류의 영양소대사와 사료. 부경대학교 출판부. p41~44.
- 이완옥, 김대희, 윤길하. 2001. 중부지역 내수면 자원보전연구. 토종 담수어 보존연구. 국립수산과학원. 내수면사업보고서. p60~71.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 2002. 원색한국담수어도감. 향문사, 서울. p138~139.

경기도 서식어종 유전자원 정보구축 사업

임성률 · 김달영 · 김성곤 · 김동수

서 론

1. 연구개발의 목적, 중요성 · 필요성

가. 환경오염 및 자연환경변화에 따른 토종민물고기 감소

자연 생태계가 인류의 문명과 사회에 기여하는 이익은 실로 막대하다. 궁극적으로 생태계를 구성하는 인간과 각종 생물들, 환경이 조화롭게 균형을 이루며 살아가야 한다. 생태계 내의 모든 생물들은 먹이사슬로 연결되어 있고, 그 중 어느 종이 갑자기 사라진다면 생태계 교란이 발생할 것이며 다른 모든 생물들에게 심각한 영향을 미치게 된다. 따라서 생태계 균형을 유지하기 위해 모든 생물들이 보호되어야 한다.

그러나 지난 수십 년 동안 우리나라 하천을 중심으로 하는 각종 난개발과 여가활동, 생활오수와 산업폐수 방류, 골재채취, 무분별한 종자방류사업 등과 같은 인간의 각종 산업활동으로 인해 한반도에 서식하는 토착 담수어류의 종수, 개체수, 유전다양성이 감소하고 있다(국립생물자원관, 2011).

그중에서 일부는 이미 멸종위기에 처해 있으며 환경부는 멸종위기야생동식물 I급(9종)과 II급(16종)으로 지정하고 법적으로 보호하고 있으며(김 등, 2005), IUCN의 Red List에 총 76종이 등재되어 있다(지역절멸 1종, 위급 4종, 위기 13종, 취약 9종, 준위협 14종, 관심대상 20종, 정보부족 5종, 미평가 10종).

멸종위기 야생생물은 자연적 또는 인위적 위협요인으로 인하여 개체수가 현격히 감소하거나 소수만 남아 있어 가까운 장래에 절멸될 위기에 처해 있는 생물들을 말한다.

멸종위기 야생생물 I급은 자연적 또는 인위적 위협요인으로 인하여 개체수가 많이 줄어들어 멸종위기에 처한 야생생물들로서 이중 민물고기는 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*), 꼬치동자개(*Pseudobagrus brevicorpus*), 남방동사리(*Odontobutis obscura*), 미호종개(*Cobitis choii*), 얼룩새코미꾸리(*Koreocobitis naktongensis*), 여울마자(*Microphysogobio rapidus*), 임실납자루(*Acheilognathus somjinensis*), 퉁사리(*Liobagrus obesus*), 흰수마자(*Gobiobotia nakdongensis*)로 9종이 지정되어 있다.

멸종위기 야생생물 II급은 자연적 또는 인위적 위협 요인으로 개체수가 크게 줄어들고 있어 현재의 위협요인이 제거되거나 완화되지 아니할 경우 가까운 장래에 멸종위기에 처할 우려가 있는 야생생물로서 이중 민물고기는 가는돌고기(*Pseudopungtungia tenuicorpa*), 가시고기(*Pungitius sinensis*), 꺽저기(*Coreoperca kawamebari*), 꾸구리(*Gobiobotia macrocephala*), 다묵

장어(*Lethenteron reissneri*), 돌상어(*Gobiobotia brevibarba*), 모래주사(*Microphysogobio koreensis*), 묵납자루(*Acheilognathus signifer*), 백조어(*Culter brevicauda*), 버들가지(*Rhynchocypris semotilus*), 부안종개(*Iksookimia pumila*), 열목어(*Brachymystax lenok tsinlingensis*), 좀수수치(*Kichulchoia brevifasciata*), 칠성장어(*Lethenteron japonicus*), 한강납줄개(*Rhodeus pseudosericeus*), 한둑중개(*Cottus hangiongensis*)로 16종이 지정되어 있다(환경부 국립생물자원관 홈페이지).

경기도의 한강 유역에는 총 85종이 서식하고 있으며 그중 가는돌고기, 돌상어, 한강납줄개, 묵납자루 4종은 멸종위기야생동식물 II급으로 보호하고 있다. 그러나 이러한 문제를 해결하고 수생태계를 보존하기 위해 정부의 주도로 생태학적 조치(서식지 보존), 토목공학적 기법(어도 설치 등), 전통 생물학적 조사(전국자연환경조사) 등을 수행하고 있지만 아직까지 종합적이고 과학적이며 체계적인 생물자원관리대책은 미흡한 실정이다.

한편 수생태계에 서식하는 담수어류는 인간을 비롯한 다양한 생물들의 생존에 많은 공헌을 하는 중요한 수산자원으로써 무한한 가치를 가진다. 이들은 그 자체로 인류의 식량자원으로 활용되고 있을 뿐만 아니라, 이들에서 추출된 물질은 식료품, 의약품, 화장품, 잠재적 신소재의 원료로도 활용되고 있어 무한한 미래 잠재력을 지니고 있다.

나. 담수어류의 생물다양성

현재까지 우리나라 담수어류의 생물다양성 조사와 연구는 지리적 생물상의 분포와 출현량 조사에만 한정되어 왔다. 그러나 이러한 일시적인 생물정보의 축적에만 그칠 것이 아니라 미래의 우리 생물자원의 보존과 개발, 활용이라는 측면에서 정확한 담수어종의 분류체계 구축, 생물자원의 확보, 유전자원의 보존 등과 같은 체계적이고 지속적인 대책마련이 선행되어야 한다. 특히 2010년 제10차 생물다양성협약 당사국 총회가 개최되어 세계 각국은 생물다양성협약(생물자원의 지속가능한 이용, 생물다양성 보존, 유전자원 이용에서 발생하는 이익의 공정하고 공평한 배분)을 실천하기 위해 나고야의정서를 채택하고 실행하기로 하면서 생물자원 제공국의 생물주권(생물자원에 대한 권리를 원산지가 갖도록 하는 것)을 보호하기 위한 협약이 체결되었다. 따라서 우리나라 담수어류의 유전자원 보존과 유전정보 분석은 미래의 후손들에게 물려줄 위대한 자산을 관리하고 보존하기 위한 그 출발점이라고 할 수 있다.

다. 담수어류의 유전정보 분석

우리나라는 지역적으로 크고 작은 산맥들로 인해 독립하천들이 많이 발달해 있고, 남해안과 서해안의 크고 작은 섬들에도 작은 하천들이 많이 형성되어 있기 때문에 이곳에서 서식하는 생물들의 다양성이 아주 높다. 담수어류의 경우 현재까지 약 50여종이 고유종으로 보고되고 있으며 지속적이고 체계적인 분자계통학적 연구가 이루어진다면 앞으로 그 수는 더욱 증가할 것으로 기대된다. 더욱이 미기록종들에 대한 분류학적 연구가 제대로 이루어

지지 않는다면 부지불식간에 소중한 생물자원이 사라져버릴 것이다. 따라서 고유 담수어류 생물자원의 발굴과 보존, 개발의 측면에서 그들의 유전정보 분석을 통한 분자계통학적 연구는 매우 중요한 의의를 지닌다.

또한 유전정보를 토대로 종다양성과 유전다양성, 생태계다양성을 종합적으로 분석할 수 있는 기초자료로 활용된다. 이러한 분석은 또한 우리나라뿐만 아니라 다른 나라의 생물들과의 계통적 유연관계와 진화역사, 생물지리학적 분포, 지사학적 사건(섬과 하천의 생성과 소멸), 서식지의 생태적 특성, 서식지의 관리와 보존, 수산자원의 유전적 건강성 제고 등을 연구하는데 중요한 자료로 활용된다. 특히 분류학적 위치가 명확하게 밝혀지지 않는 상태에서 학문적, 생태적 연구와 산업적 개발이 진행된다면 이후에 발생할 수 있는 오류의 수정에 상당한 경제적, 시간적 낭비를 초래하게 된다. 이러한 위험을 방지하고 수산생물자원의 효과적인 관리와 보존을 위해서는 수생태계에 분포하는 다양한 담수어종들에 대한 계통발생학적 연구가 반드시 선행되어야 한다.

국외의 연구자들은 미토콘드리아 유전체(mitochondrial genome) 분석(Miya *et al.,* 2003; Saitoh *et al.,* 2003), 다중유전자(multigene) 분석(Chen *et al.,* 2008) 등과 같이 보다 많은 유전정보를 활용하여 주요 상위 분류군들(예: 진골아강, 잉어목, 농어목 등)의 다각적, 포괄적 분석을 통해 종합적 분자계통학적 연구결과를 도출하고 있다. 반면 우리나라의 경우는 미토콘드리아 유전체 또는 다중유전자 분석을 통한 담수어류의 분자계통학적 연구는 일부 어종에만 한정되어 있으며, 주요 상위 분류군(예: 잉어목, 메기목 등)을 대상으로 광범위한 분자계통학적 연구를 수행하고 그 결과를 바탕으로 체계적인 분류체계를 확립한 경우는 거의 없는 실정이다. 그러나 최근 주목할만한 연구성과로 Kim and Bang(2012)은 미토콘드리아 유전체 분석을 통해 새코미꾸리속 두 종들(새코미꾸리와 얼룩새코미꾸리)의 생물지리적 분리와 진화역사를 추정하였으며, Kim *et al.,* (2012)은 미토콘드리아 유전체 분석을 통해 쉬리 개체군들의 유전변이와 진화역사를 추정하여 신종 참쉬리 *Coreoleuciscus aeruginos* (Song and Bang, 2015)를 발굴하는데 주요한 근거를 제공하였으며, 버들매치속(Abbottina)에 속하였던 왜매치가 실제로는 여울마자속(Microphysogobio)에 속한다는 사실을 recombination activating gene 1 (RAG1) 유전자의 유전정보 분석을 통해 증명하여 새로운 분류체계를 제안하였다(Kim and Bang, 2010).

한편 수산자원관리법의 방류종자인증제는 자연 생태계에서 수산어종의 유전적 열성화를 방지하고 유전적 다양성을 증대하기 위해 주요 수산어종(넙치)의 종자를 방류하기 전에 반드시 유전정보를 분석할 것을 규정하고 있다. 또한 여러 하천에서 수산자원 증대를 위해 지자체별로 시행되는 종자방류사업의 경우 방류어종의 지리적 유전적 격리를 고려한 교배와 종자생산을 통해 유전적으로 이질적인 개체군의 이입을 차단하여 생태계 교란을 예방하여야 한다.

이러한 일련의 연구는 미토콘드리아 CO1 또는 COB 영역의 핵산염기서열 정보의 분석과 비교를 통해 신속하고 정확하며 경제적으로 이루어질 수 있다. 즉 이들 유전자는 비교적

짧은 길이를 가지기 때문에(약 1,200~1,500 bp) 분석이 용이하며, 핵 유전자들에 비해 진화 속도가 빨라 어종들 간의 비교 또는 특정 종의 개체군들 간의 비교에 널리 사용되며, 수많은 어종들의 유전정보가 축적된 데이터베이스를 확보하고 있다. 특히 최근 DNA 바코딩(DNA Barcoding) 사업의 일환으로 어류를 비롯한 전 세계의 모든 생물들을 대상으로 수행되고 있는데(Hebert *et al.*, 2004; Ward *et al.*, 2005) 이때 주로 미토콘드리아 CO1 또는 COB 영역이 사용된다. 이렇게 축적된 유전정보는 미동정 어종, 형태형질이 부족한 난·자치어, 절단된 조직시료 등의 신속하고 정확한 분자동정을 가능하게 한다.

라. 담수어류의 생물다양성

2010년 나고야의정서 채택 이후 자국의 생물주권에 대한 국민들의 인식이 점점 높아지고 있다. 그러나 안타깝게도 우리나라는 과거 금강의 어름치 개체군, 한강 유역에 서식하던 종어와 철갑상어, 서호납줄갱이의 멸종을 경험하면서(김 등 2009) 그 어디에도 온전한 생물자원으로 남겨놓지 못하여 소중한 생물자원을 영원히 잃어버린 실수를 범하였다. 또한 일부 멸종위기어류는 자연 서식지의 파괴로 표본을 채집하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 그러나 우리나라 고유의 담수어류 생물자원을 체계적으로 확보하여 장기적으로 활용하려는 시도는 일부 국가기관들(국립생물자원관, 국립해양생물자원관)에서만 제한적으로 이루어지고 지자체 단위의 노력은 전혀 없는 실정이다.

재료 및 방법

1. 경기도 담수어류 유전자원 정보구축 사업을 위한 상호협력 양해각서 체결

사라져가는 우리나라 토종 담수어류의 보존 및 복원과 관련된 공동연구가 필요하다는 인식에 기초하여 유전자원 확보와 유전정보 구축사업을 위하여 유전자 분석 전문업체인 아쿠아진텍(주)와 상호협력 양해각서를 2017년 6월 15일 체결하였다. 주요내용은 ① 경기도 담수어류 유전자원 확보 및 유전정보 구축 사업을 위한 공동협력에 관한 사항, ② 경기도 담수어류 유전자 분석을 통한 종 보존 및 복원에 관한 사항, ③경기도 담수어류 유전정보 분석 교육에 관한 사항, ④ 기타 상호 공동 이익의 증진에 필요한 사항(연구논문 개제 및 특허출원 등) 등이다.

그림 1. 경기도해양수산자원연구소와 아쿠아진텍(주)간 상호협력 양해각서 체결

2. 시료 채집

시료의 채집은 경기도내 주요 하천 서식 생태조사와 병행하여 실시하였으며 2017년에는 미원천, 조종천, 문호천, 포천천, 눌노천, 신천 등 6개 하천의 민물고기 샘플을 채집하였다. 상반기는 갈수기인 4월, 하반기는 풍수기인 10월에 각 지점별로 수량이 풍부하고 접근성이 용이하여 대부분의 서식 어류 조사가 가능한 장소를 상류(1), 중류(2), 하류(1) 4개 지점으로 선정하여 샘플을 채집하였다.

3. 서식어류 조사

어류의 조사는 각 지점별로 1시간 동안 채집하였으며, 채집도구는 투망 (길이 200㎝, 망목 0.1×0.1㎝) 1개, 족대 (망목 0.3×0.3㎝) 2개, 살림망 1개를 이용하였다. 채집된 어류는 조사 현장에서 출현종의 동정 및 개체수를 산출하거나 동정이 어려운 개체는 알콜로 고정하여 연구소로 이송하여 실험실에서 동정하였다. 채집한 어류의 종의 동정은 정(1977), 김(1988) 및 최 등(1990)을 따르고, 분류체계 및 학명은 Nelson(1994)과 한국동물분류학회(1997)를 따랐다.

4. 담수어류의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 해독

가. 분석목적

담수어류의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열을 해독한다.

나. 시료정보

경기도해양수산자원연구소가 ㈜아쿠아진텍에 의뢰한 담수어류 시료 168개의 정보는 표 1과 같다.

표 1. 상 · 하반기 채집된 168개체의 민물고기 시료 현황

No.	Specimen no.	Species name	Common name	Remark
1	GMFRI0001	*Misgurnus anguillicaudatus*	미꾸리	미꾸리과
2	GMFRI0002	*Misgurnus anguillicaudatus*	미꾸리	미꾸리과
3	GMFRI0003	*Misgurnus anguillicaudatus*	미꾸리	미꾸리과
4	GMFRI0004	*Zacco koreanus*	참갈겨니	피라미아과
5	GMFRI0005	*Zacco koreanus*	참갈겨니	피라미아과
6	GMFRI0006	*Zacco koreanus*	참갈겨니	피라미아과
7	GMFRI0007	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
8	GMFRI0008	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
9	GMFRI0009	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
10	GMFRI0010	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과
11	GMFRI0011	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
12	GMFRI0012	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
13	GMFRI0013	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
14	GMFRI0014	*Iksookimia koreensis*	참종개	미꾸리과
15	GMFRI0015	*Iksookimia koreensis*	참종개	미꾸리과
16	GMFRI0016	*Iksookimia koreensis*	참종개	미꾸리과
17	GMFRI0017	*Tridentiger brevispinis*	민물검정망둑	망둑어과
18	GMFRI0018	*Tridentiger brevispinis*	민물검정망둑	망둑어과
19	GMFRI0019	*Microphysogobio yaluensis*	돌마자	모래무지아과
20	GMFRI0020	*Microphysogobio yaluensis*	돌마자	모래무지아과
21	GMFRI0021	*Microphysogobio yaluensis*	돌마자	모래무지아과
22	GMFRI0022	*Abbottina springeri*	왜매치	모래무지아과
23	GMFRI0023	*Abbottina springeri*	왜매치	모래무지아과
24	GMFRI0024	*Abbottina springeri*	왜매치	모래무지아과
25	GMFRI0025	*Acheilognathus yamatsutae*	줄납자루	납자루아과
26	GMFRI0026	*Acheilognathus yamatsutae*	줄납자루	납자루아과
27	GMFRI0027	*Acheilognathus yamatsutae*	줄납자루	납자루아과
28	GMFRI0029	*Rhinogobius brunneus*	밀어	망둑어과
29	GMFRI0030	*Rhinogobius brunneus*	밀어	망둑어과
30	GMFRI0031	*Rhinogobius brunneus*	밀어	망둑어과
31	GMFRI0032	*Squalidus gracilis majimae*	긴몰개	모래무지아과
32	GMFRI0033	*Squalidus gracilis majimae*	긴몰개	모래무지아과
33	GMFRI0034	*Squalidus gracilis majimae*	긴몰개	모래무지아과

No.	Specimen no.	Species name	Common name	Remark
34	GMFRI0036	*Odontobutis interrupta*	얼록동사리	동사리과
35	GMFRI0037	*Odontobutis interrupta*	얼록동사리	동사리과
36	GMFRI0038	*Odontobutis interrupta*	얼록동사리	동사리과
37	GMFRI0047	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과
38	GMFRI0048	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과
39	GMFRI0050	*Hemibarbus longirostris*	참마자	모래무지아과
40	GMFRI0055	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
41	GMFRI0056	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
42	GMFRI0057	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
43	GMFRI0064	*Tridentiger brevispinis*	민물검정망둑	망둑어과
44	GMFRI0067	*Acheilognathus lanceolata*	납자루	납자루아과
45	GMFRI0068	*Acheilognathus lanceolata*	납자루	납자루아과
46	GMFRI0069	*Acheilognathus lanceolata*	납자루	납자루아과
47	GMFRI0073	*Cottus koreanus*	둑중개	둑중개과
48	GMFRI0074	*Cottus koreanus*	둑중개	둑중개과
49	GMFRI0075	*Cottus koreanus*	둑중개	둑중개과
50	GMFRI0076	*Coreoperca herzi*	꺽지	꺽지과
51	GMFRI0077	*Coreoperca herzi*	꺽지	꺽지과
52	GMFRI0078	*Coreoperca herzi*	꺽지	꺽지과
53	GMFRI0079	*Microphysogobio longidorsalis*	배가사리	모래무지아과
54	GMFRI0080	*Microphysogobio longidorsalis*	배가사리	모래무지아과
55	GMFRI0081	*Microphysogobio longidorsalis*	배가사리	모래무지아과
56	GMFRI0085	*Coreoleuciscus splendidus*	쉬리	모래무지아과
57	GMFRI0086	*Coreoleuciscus splendidus*	쉬리	모래무지아과
58	GMFRI0087	*Coreoleuciscus splendidus*	쉬리	모래무지아과
59	GMFRI0088	*Iksookimia koreensis*	참종개	미꾸리과
60	GMFRI0089	*Iksookimia koreensis*	참종개	미꾸리과
61	GMFRI0090	*Iksookimia koreensis*	참종개	미꾸리과
62	GMFRI0100	*Liobagrus andersoni*	퉁가리	퉁가리과
63	GMFRI0107	*Pseudorasbora parva*	참붕어	모래무지아과
64	GMFRI0108	*Pseudorasbora parva*	참붕어	모래무지아과
65	GMFRI0123	*Pseudobagrus koreanus*	눈동자개	동자개과
66	GMFRI0124	*Pseudobagrus koreanus*	눈동자개	동자개과
67	GMFRI0125	*Pseudobagrus koreanus*	눈동자개	동자개과
68	GMFRI0128	*Rhodeus notatus*	떡납줄갱이	납자루아과
69	GMFRI0129	*Rhodeus notatus*	떡납줄갱이	납자루아과
70	GMFRI0130	*Rhodeus notatus*	떡납줄갱이	납자루아과
71	GMFRI0132	*Hemibarbus longirostris*	참마자	모래무지아과
72	GMFRI0133	*Hemibarbus longirostris*	참마자	모래무지아과
73	GMFRI0135	*Acheilognathus lanceolata*	납자루	납자루아과
74	GMFRI0136	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
75	GMFRI0137	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
76	GMFRI0138	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
77	GMFRI0139	*Tridentiger brevispinis*	민물검정망둑	망둑어과
78	GMFRI0140	*Tridentiger brevispinis*	민물검정망둑	망둑어과
79	GMFRI0141	*Tridentiger brevispinis*	민물검정망둑	망둑어과

No.	Specimen no.	Species name	Common name	Remark
80	GMFRI0142	*Barbatula toni*	대륙종개	잉어목 종개과
81	GMFRI0143	*Barbatula toni*	대륙종개	잉어목 종개과
82	GMFRI0144	*Barbatula toni*	대륙종개	잉어목 종개과
83	GMFRI0145	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
84	GMFRI0146	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
85	GMFRI0147	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
86	GMFRI0148	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
87	GMFRI0149	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
88	GMFRI0150	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
89	GMFRI0151	*Rhinogobius brunneus*	밀어	망둑어과
90	GMFRI0152	*Rhinogobius brunneus*	밀어	망둑어과
91	GMFRI0153	*Rhinogobius brunneu*	밀어	망둑어과
92	GMFRI0154	*Odontobutis interrupta*	얼록동사리	동사리과
93	GMFRI0155	*Misgurnus anguillicaudatus*	미꾸리	미꾸리과
94	GMFRI0156	*Misgurnus anguillicaudatus*	미꾸리	미꾸리과
95	GMFRI0157	*Misgurnus mizolepis*	미꾸라지	미꾸리과
96	GMFRI0161	*Zacco koreanus*	참갈겨니	피라미아과
97	GMFRI0162	*Zacco koreanus*	참갈겨니	피라미아과
98	GMFRI0163	*Zacco koreanus*	참갈겨니	피라미아과
99	GMFRI0169	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과
100	GMFRI0170	*Odontobutis nterrupta*	얼록동사리	동사리과
101	GMFRI0171	*Odontobutis interrupta*	얼록동사리	동사리과
102	GMFRI0172	*Squalidus gracilis majimae*	긴몰개	모래무지아과
103	GMFRI0173	*Hemibarbus longirostris*	참마자	모래무지아과
104	GMFRI0174	*Carassius auratus*	붕어	잉어아과
105	GMFRI0175	*Carassius auratus*	붕어	잉어아과
106	GMFRI0176	*Carassius auratus*	붕어	잉어아과
107	GMFRI0177	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
108	GMFRI0178	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
109	GMFRI0179	*Zacco platypus*	피라미	피라미아과
110	GMFRI0180	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
111	GMFRI0181	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
112	GMFRI0182	*Rhynchocypris oxycephalus*	버들치	황어아과
113	GMFRI0183	*Pseudorasbora parva*	참붕어	모래무지아과
114	GMFRI0184	*Pseudorasbora parva*	참붕어	모래무지아과
115	GMFRI0185	*Pseudorasbora parva*	참붕어	모래무지아과
116	GMFRI0186	*Misgurnus anguillicaudatus*	미꾸리	미꾸리과
117	GMFRI0187	*Odontobutis interrupta*	얼록동사리	동사리과
118	GMFRI0188	*Odontobutis nterrupta*	얼록동사리	동사리과
119	GMFRI0189	*Odontobutis interrupta*	얼록동사리	동사리과
120	GMFRI0190	*Cyprinus carpio*	잉어	잉어아과
121	GMFRI0191	*Cyprinus carpio*	잉어	잉어아과
122	GMFRI0192	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과
123	GMFRI0193	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과

No.	Specimen no.	Species name	Common name	Remark
124	GMFRI0194	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과
125	GMFRI0195	*Iksookimia koreensis*	참종개	미꾸리과
126	GMFRI0196	*Rhinogobius brunneus*	밀어	망둑어과
127	GMFRI0197	*Misgurnus mizolepis*	미꾸라지	미꾸리과
128	GMFRI0198	*Misgurnus mizolepis*	미꾸라지	미꾸리과
129	GMFRI0199	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
130	GMFRI0200	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
131	GMFRI0201	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
132	GMFRI0204	*Misgurnus anguillicaudatus*	미꾸리	미꾸리과
133	GMFRI0205	*Misgurnus anguillicaudatus*	미꾸리	미꾸리과
134	GMFRI0207	*Lefua costata*	쌀미꾸리	종개과
135	GMFRI0212	*Silurus asotus*	메기	메기과
136	GMFRI0216	*Oryzias latipes*	송사리	송사리과
137	GMFRI0217	*Oryzias latipes*	송사리	송사리과
138	GMFRI0218	*Oryzias latipes*	송사리	송사리과
139	GMFRI0219	*Unidentified*	미동정	-
140	GMFRI0220	*Acheilognathus rhombeus*	납지리(암컷)	납자루아과
141	GMFRI0221	*Acheilognathus rhombeus*	납지리(수컷)	납자루아과
142	GMFRI0222	*Opsariichthys uncirostris*	끄리	피라미아과
143	GMFRI0223	*Opsariichthys uncirostris*	끄리	피라미아과
144	GMFRI0224	*Opsariichthys uncirostris*	끄리	피라미아과
145	GMFRI0225	*Tridentiger bifasciatus*	민물두줄망둑	망둑어과
146	GMFRI0226	*Tridentiger bifasciatus*	민물두줄망둑	망둑어과
147	GMFRI0227	*Tridentiger bifasciatus*	민물두줄망둑	망둑어과
148	GMFRI0228	*Pseudorasbora parva*	참붕어	모래무지아과
149	GMFRI0229	*Trachidermus fasciatus*	꺽정이	둑중개과
150	GMFRI0230	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과
151	GMFRI0231	*Pungtungia herzi*	돌고기	모래무지아과
152	GMFRI0232	*Silurus asotus*	메기(지느러미)	메기과
153	GMFRI0233	*Squalidus gracilis majimae*	긴몰개	모래무지아과
154	GMFRI0234	*Squalidus gracilis majimae*	긴몰개	모래무지아과
155	GMFRI0235	*Odontobutis obscura interrupta*	얼룩동사리	동사리과
156	GMFRI0236	*Iksookimia koreensis*	참종개	미꾸리과
157	GMFRI0237	*Rhinogobius brunneus*	밀어	망둑어과
158	GMFRI0238	*Rhinogobius brunneus*	밀어	망둑어과
159	GMFRI0239	*Hemibarbus labeo*	누치	모래무지아과
160	GMFRI0240	*Hemibarbus labeo*	누치	모래무지아과
161	GMFRI0241	*Hemibarbus labeo*	누치	모래무지아과
162	GMFRI0242	*Squalidus gracilis majimae*	긴몰개(3미)	모래무지아과
163	GMFRI0243	*Pseudogobio esocinus*	모래무지	모래무지아과
164	GMFRI0244	*Silurus asotus*	메기(지느러미)	메기과
165	GMFRI0245	*Silurus asotus*	메기(지느러미)	메기과
166	GMFRI0246	*Abbottina rivularis*	버들매치	모래무지아과
167	GMFRI0247	*Abbottina rivularis*	버들매치	모래무지아과
168	GMFRI0248	*Channa argus*	가물치(지느러미)	가물치과

다. 게놈 DNA 추출

1) 담수어류의 가슴지느러미 또는 배지느러미를 잘라 1.5 ml 튜브에 넣는다.
2) DNA 추출용액(10 mM Tris-HCl pH 8.0; 125 mM NaCl; 10 mM EDTA pH 8.0; 1% SDS; 8 M Urea) (Asahida et al. 1996) 500 μl와 Proteinase K 용액(20 mg/ml) 10 μl를 넣고 60°C에서 12시간 동안 반응시킨다.
3) PCI 용액 500 μl를 첨가하여 볼텍서에서 강하게 교반 후, 10분 동안 교반기를 이용하여 교반하고 13,000 rpm에서 5분 동안 원심한다.
4) 상층액 400 μl를 새로운 튜브에 옮기고 0.1배의 아세트산나트륨과 2배의 100% 에탄올을 첨가한다.
5) 튜브를 위아래로 섞으면서 게놈 DNA 다발의 유무를 확인한다.
6) 실온에 10분 동안 놓아둔 후 13,000 rpm에서 5분 동안 원심한다.
7) 상층액을 제거하고 70% 에탄올 700 μl를 첨가한다.
8) 13,000 rpm에서 1분 동안 원심하고 상층액을 제거한다.
9) 다시 간단히 원심한 후 튜브 바닥에 남아 있는 에탄올을 완전히 제거한다.
10) 튜브 뚜껑을 열어 놓은 상태로 60℃에서 1분 동안 놓아둔다.
11) TE 완충액 50 μl를 첨가하고 실온에서 10분 동안 게놈 DNA를 완전히 녹인다.
12) Spectrophotometer를 이용하여 추출된 게놈 DNA의 농도와 순도를 확인한다.
13) 게놈 DNA의 농도가 40 ng/μl 이상인 경우 TE 용액을 이용하여 20 ng/μl의 농도로 희석하여 사용한다.
14) 사용 전까지 -20℃에서 보관한다.

라. PCR 증폭

새로 설계된 PCR 프라이머 조합들을 이용하여 담수어류 미토콘드리아 CO1 유전자 영역을 증폭하기 위해 AccuPower PCR PreMix (Bioneer, 대한민국)를 이용하여 표 2와 같이 PCR 반응액을 조제하였다. 이때 사용된 프라이머 조합은 순방향(forward) 영역의 M13F-CO1-1fs와 역방향(reverse) 영역의 M13F-CO1-1rs이었다.

표 2. PCR 반응액 조제 실례

	Reagent	Cocktail (×20)
Genomic DNA (20 ng/μl)	1 μl	20 μl
Primer forward (5 pmol)	1 μl	20 μl
reverse (5 pmol)	1 μl	20 μl
PCR water	17 μl	340 μl
Total	20 μl	400 μl

ProFlex PCR System (Life Technologies, USA)을 이용하여 표 3과 같은 조건으로 PCR 증폭을 수행하였다. 이때 PCR 기계가 초기변성반응(initial denaturation)이 일어나는 온도(95°C)에 도달했을 때 모든 PCR 반응용액이 포함된 PCR 튜브를 PCR 증폭기에 넣어 PCR 증폭반응을 시작하는, 즉 hot-start PCR 증폭반응을 수행하였다.

표 3. PCR 증폭 조건

	Temperature	Time	No. cycles
Initial denaturation	95°C	5 min	1
Denaturation	95°C	30 s	
Annealing	55°C	30 s	35
Elongation	72°C	2 min	
Final elongation	72°C	5 min	1
Storage	4°C	∞	1

마. PCR 증폭산물 정제

AccuPrep PCR Purification Kit (Bioneer, 대한민국)의 사용자 매뉴얼에 따라 PCR 증폭산물을 정제하였다.

바. 핵산염기서열 해독

(주)마크로젠에 PCR 증폭산물들에 대한 핵산염기서열 해독을 의뢰하였다.

사. 핵산염기서열 정보 편집

㈜마크로젠에 의뢰하여 해독된 핵산염기서열 정보는 BioEdit (ver 7.2.5) (http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit/bioedit.html)를 이용하여 오류를 수정하고 적절히 잘라낸(trimming) 후 콘티그(contig)를 만들었다.

아. 핵산염기서열 분석

미국국립생물정보센터(National Center for Biotechnology Information)의 BLAST 검색(http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/)을 이용하여 편집된 핵산염기서열 정보를 핵산염기서열 데이터베이스인 GenBank의 정보들과 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 게놈 DNA 추출

담수어류 시료 168개에서 추출된 게놈 DNA의 농도와 순도는 표 4에 나타내었다.

담수어류 시료 168개를 대상으로 게놈 DNA를 추출하고 Spectrophotometer를 이용하여 추출된 게놈 DNA의 농도와 순도를 점검하였다. 추출된 게놈 DNA의 농도는 2.2~3813.9 ng/㎕로 매우 다양하였다.

게놈 DNA의 질을 평가할 수 있는 A260/280 값은 1.18~3.08로 일반적으로 양호하다고 판단되는 1.8~2.0의 범위 이내이거나 벗어났다. 이들 중에서 게놈 DNA의 농도가 40 ng/㎕가 넘는 시료들을 대상으로 TE 완충액을 이용하여 20 ng/㎕의 농도로 희석하여 이후 PCR 증폭반응을 위한 주형 DNA로 사용하였다.

표 4. 담수어류 시료 168개에서 추출된 게놈 DNA의 농도와 순도

No.	Sample ID	Con. (ng/µl)	A260/280	gDNA (20 ng)	1× TE
1	GMFRI0001	434.7	1.82	4.6	95.4
2	GMFRI0002	968.3	1.86	2.1	97.9
3	GMFRI0003	313.9	1.86	6.4	93.6
4	GMFRI0004	316.5	1.84	6.3	93.7
5	GMFRI0005	275.1	1.77	7.3	92.7
6	GMFRI0006	201.5	1.75	9.9	90.1
7	GMFRI0007	558.2	1.82	3.6	96.4
8	GMFRI0008	65.4	1.86	30.6	69.4
9	GMFRI0009	165.1	1.90	12.1	87.9
10	GMFRI0010	130.8	1.84	15.3	84.7
11	GMFRI0011	86.1	2.38	23.2	76.8
12	GMFRI0012	391.7	1.87	5.1	94.9
13	GMFRI0013	648.0	1.84	3.1	96.9
14	GMFRI0014	1191.4	1.86	1.7	98.3
15	GMFRI0015	93.5	2.04	21.4	78.6
16	GMFRI0016	66.1	1.86	30.3	69.7
17	GMFRI0017	1204.0	1.87	1.7	98.3
18	GMFRI0018	211.0	1.81	9.5	90.5
19	GMFRI0019	3813.9	1.87	0.5	99.5
20	GMFRI0020	933.9	1.89	2.1	97.9
21	GMFRI0021	433.9	1.87	4.6	95.4
22	GMFRI0022	465.9	1.88	4.3	95.7
23	GMFRI0023	2939.7	1.86	0.7	99.3
24	GMFRI0024	443.9	1.81	4.5	95.5
25	GMFRI0025	81.3	2.13	24.6	75.4

No.	Sample ID	Con. (ng/µl)	A260/280	gDNA (20 ng)	1× TE
26	GMFRI0026	95.3	2.21	21.0	79.0
27	GMFRI0027	28.4	2.05	-	-
28	GMFRI0029	709.7	1.86	2.8	97.2
29	GMFRI0030	270.9	1.83	7.4	92.6
30	GMFRI0031	286.6	1.86	7.0	93.0
31	GMFRI0032	528.3	1.88	3.8	96.2
32	GMFRI0033	123.2	1.88	16.2	83.8
33	GMFRI0034	604.5	1.89	3.3	96.7
34	GMFRI0036	540.0	1.89	3.7	96.3
35	GMFRI0037	292.1	1.91	6.8	93.2
36	GMFRI0038	100.6	1.76	19.9	80.1
37	GMFRI0047	1338.9	1.90	1.5	98.5
38	GMFRI0048	799.2	1.91	2.5	97.5
39	GMFRI0050	1204.8	2.00	1.7	98.3
40	GMFRI0053	469.5	1.97	4.3	95.7
41	GMFRI0056	304.9	2.00	6.6	93.4
42	GMFRI0057	264.4	1.99	7.6	92.4
43	GMFRI0064	1987.2	2.04	1.0	99.0
44	GMFRI0067	140.9	1.94	14.2	85.8
45	GMFRI0068	183.7	1.96	10.9	89.1
46	GMFRI0069	28.8	1.64	-	-
47	GMFRI0073	240.2	1.97	8.3	91.7
48	GMFRI0074	498.7	2.03	4.0	96.0
49	GMFRI0075	66.4	1.96	30.1	69.9
50	GMFRI0076	570.8	1.90	3.5	96.5
51	GMFRI0077	67.0	1.94	29.9	70.1
52	GMFRI0078	468.1	1.94	4.3	95.7
53	GMFRI0079	1684.0	1.98	1.2	98.8
54	GMFRI0080	1958.8	2.00	1.0	99.0
55	GMFRI0081	1851.6	2.07	1.1	98.9
56	GMFRI0085	731.1	1.91	2.7	97.3
57	GMFRI0086	799.0	1.95	2.5	97.5
58	GMFRI0087	338.0	1.99	5.9	94.1
59	GMFRI0088	1319.5	1.88	1.5	98.5
60	GMFRI0089	317.4	1.96	6.3	93.7

No.	Sample ID	Con. (ng/μl)	A260/280	gDNA (20 ng)	1× TE
61	GMFRI0090	1662.2	1.88	1.2	98.8
62	GMFRI0100	88.5	1.72	22.6	77.4
63	GMFRI0107	774.6	1.86	2.6	97.4
64	GMFRI0108	178.1	1.85	11.2	88.8
65	GMFRI0123	711.2	1.97	2.8	97.2
66	GMFRI0124	195.0	1.88	10.3	89.7
67	GMFRI0125	522.4	1.98	3.8	96.2
68	GMFRI0128	224.4	1.97	8.9	91.1
69	GMFRI0129	140.3	1.77	14.3	85.7
70	GMFRI0130	154.9	1.88	12.9	87.1
71	GMFRI0132	737.4	1.98	2.7	97.3
72	GMFRI0133	646.0	1.96	3.1	96.9
73	GMFRI0135	574.5	2.02	3.5	96.5
74	GMFRI0136	531.6	1.98	3.8	96.2
75	GMFRI0137	266.7	1.95	7.5	92.5
76	GMFRI0138	448.9	1.96	4.5	95.5
77	GMFRI0139	1426.7	2.06	1.4	98.6
78	GMFRI0140	1956.7	2.00	1.0	99.0
79	GMFRI0141	501.3	1.95	4.0	96.0
80	GMFRI0142	1239.7	1.97	1.6	98.4
81	GMFRI0143	378.5	1.95	5.3	94.7
82	GMFRI0144	471.7	1.95	4.2	95.8
83	GMFRI0145	744.2	2.04	2.7	97.3
84	GMFRI0146	3009.9	1.96	0.7	99.3
85	GMFRI0147	1787.6	1.89	1.1	98.9
86	GMFRI0148	504.9	2.00	4.0	96.0
87	GMFRI0149	295.3	1.95	6.8	93.2
88	GMFRI0150	260.7	1.88	7.7	92.3
89	GMFRI0151	384.9	2.01	5.2	94.8
90	GMFRI0152	623.2	1.98	3.2	96.8
91	GMFRI0153	492.3	1.98	4.1	95.9
92	GMFRI0154	57.7	2.03	34.6	65.4
93	GMFRI0155	106.6	2.06	18.8	81.2
94	GMFRI0156	13.9	3.04	-	-
95	GMFRI0157	38.9	2.19	-	-
96	GMFRI0161	1435.0	2.00	1.4	98.6
97	GMFRI0162	696.6	1.97	2.9	97.1
98	GMFRI0163	451.6	1.90	4.4	95.6
99	GMFRI0169	71.6	2.29	27.9	72.1
100	GMFRI0170	224.7	1.89	8.9	91.1

No.	Sample ID	Con. (ng/μl)	A260/280	gDNA (20 ng)	1× TE
101	GMFRI0171	59.6	3.08	33.6	66.4
102	GMFRI0172	334.7	1.96	6.0	94.0
103	GMFRI0173	1765.9	2.02	1.1	98.9
104	GMFRI0174	935.6	1.96	2.1	97.9
105	GMFRI0175	784.5	1.96	2.5	97.5
106	GMFRI0176	533.4	1.95	3.7	96.3
107	GMFRI0177	2294.7	1.90	0.9	99.1
108	GMFRI0178	305.6	1.93	6.5	93.5
109	GMFRI0179	26.6	1.78	-	-
110	GMFRI0180	229.7	1.97	8.7	91.3
111	GMFRI0181	94.5	1.92	21.2	78.8
112	GMFRI0182	128.1	1.89	15.6	84.4
113	GMFRI0183	362.9	1.98	5.5	94.5
114	GMFRI0184	578.4	1.93	3.5	96.5
115	GMFRI0185	230.9	1.95	8.7	91.3
116	GMFRI0186	2.2	1.68	-	-
117	GMFRI0187	400.2	1.84	5.0	95.0
118	GMFRI0188	299.9	1.84	6.7	93.3
119	GMFRI0189	52.9	2.02	37.8	62.2
120	GMFRI0190	877.4	2.02	2.3	97.7
121	GMFRI0191	677.3	1.96	3.0	97.0
122	GMFRI0192	779.1	1.98	2.6	97.4
123	GMFRI0193	787.1	1.91	2.5	97.5
124	GMFRI0194	307.5	1.99	6.5	93.5
125	GMFRI0195	205.0	2.01	9.8	90.2
126	GMFRI0196	953.6	1.98	2.1	97.9
127	GMFRI0197	897.7	1.82	2.2	97.8
128	GMFRI0198	142.9	1.82	14.0	86.0
129	GMFRI0199	856.3	1.98	2.3	97.7
130	GMFRI0200	392.3	1.92	5.1	94.9
131	GMFRI0201	294.7	1.98	6.8	93.2
132	GMFRI0204	308.9	1.89	6.5	93.5
133	GMFRI0205	154.4	1.86	13	87
134	GMFRI0207	296.5	1.94	6.7	93.3
135	GMFRI0212	309.5	2.01	6.5	93.5
136	GMFRI0216	19.8	1.32	-	-
137	GMFRI0217	36.7	1.18	-	-
138	GMFRI0218	17.9	1.85	-	-
139	GMFRI0219	382.2	1.85	5.2	94.8
140	GMFRI0220	469.3	1.93	4.3	95.7

No.	Sample Name	Con. (ng/μl)	A260/280	gDNA (20 ng)	1X TE
141	GMFRI0221	404.2	1.92	4.9	95.1
142	GMFRI0222	860.1	2.05	2.3	97.7
143	GMFRI0223	1392.7	1.99	1.4	98.6
144	GMFRI0224	404.9	1.96	4.9	95.1
145	GMFRI0225	330.8	1.91	6.0	94.0
146	GMFRI0226	174	2.09	11.5	88.5
147	GMFRI0227	489.4	2.04	4.1	95.9
148	GMFRI0228	2948.5	1.90	0.7	99.3
149	GMFRI0229	493	1.99	4.1	95.9
150	GMFRI0230	440.8	1.99	4.5	95.5
151	GMFRI0231	259.5	2.00	7.7	92.3
152	GMFRI0232	362.8	2.04	5.5	94.5
153	GMFRI0233	227.3	1.96	8.8	91.2
154	GMFRI0234	156.9	2.19	12.7	87.3
155	GMFRI0235	481	2.01	4.2	95.8
156	GMFRI0236	2093.1	1.94	1.0	99.0
157	GMFRI0237	287.9	1.97	6.9	93.1
158	GMFRI0238	320.9	2.06	6.2	93.8
159	GMFRI0239	1055.2	2.06	1.9	98.1
160	GMFRI0240	227.9	1.93	8.8	91.2
161	GMFRI0241	741.1	2.02	2.7	97.3
162	GMFRI0242	26.2	2.03	1.1	98.9
163	GMFRI0243	179.1	2.20	11.2	88.8
164	GMFRI0244	1819.4	2.03	1.1	98.9
165	GMFRI0245	1055.4	2.10	1.9	98.1
166	GMFRI0246	3551.7	1.98	0.6	99.4
167	GMFRI0247	2846.3	1.97	0.7	99.3
168	GMFRI0248	270.9	2.03	7.4	92.6

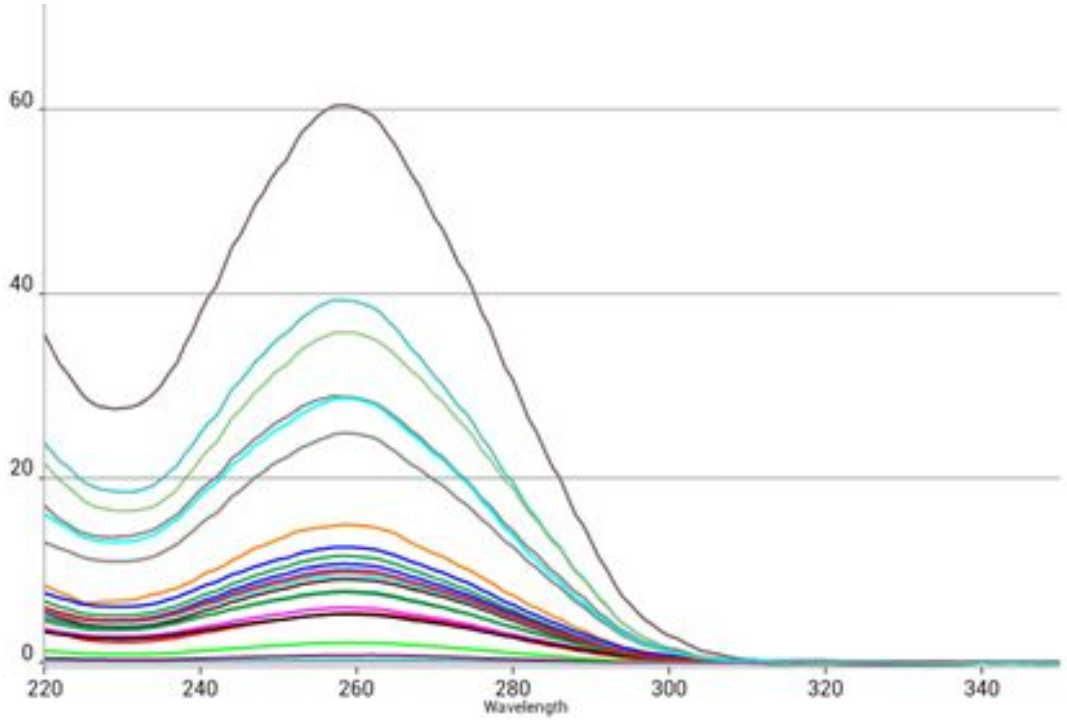


그림 2. 담수어류 시료들에서 추출된 게놈 DNA의 농도와 순도를 나타내는 대표적인 흡광도 그래프

2. PCR 증폭

담수어류 시료 168개를 대상으로 미토콘드리아 CO1 유전자 영역을 PCR 증폭한 결과, 모두 성공적으로 예상되는 크기의 PCR 증폭산물들이 확인되었다.

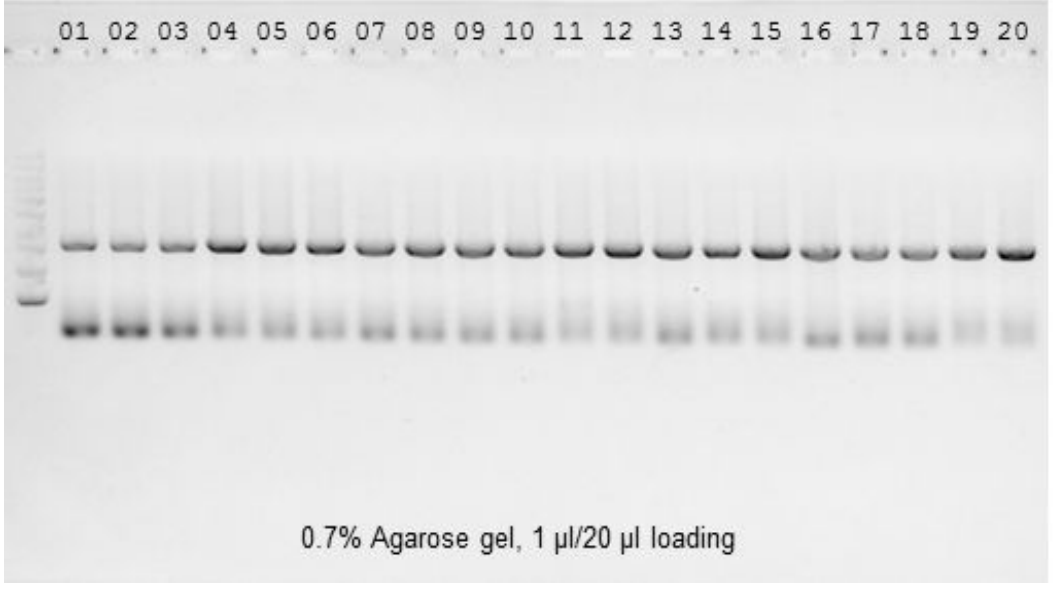


그림 3. 담수어류 시료 20개를 대상으로 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 PCR 증폭반응을 수행한 대표적 결과를 보여주는 전기영동 이미지

3. 핵산염기서열 해독

담수어류 총 168개 시료들 중에서 166개 시료들에서 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보가 성공적으로 해독되었다. 이들 핵산염기서열의 총 길이는 모두 1446 bp로 동일하였다. 한편 2개 시료들(GMFRI0170과 GMFRI0189)은 2회 이상의 독립적 PCR 증폭반응과 핵산염기서열 해독에도 불구하고 모두 multi-peak들과 noise가 다량 관찰되어 핵산염기서열을 해독하지 못하였다.

총 166개 시료들의 핵산염기서열 정보는 Fasta 형식으로 정리되어 별도의 파일(메모장과 BioEdit 파일)로 첨부하여 보관하였다.

4. 핵산염기서열 분석

미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보가 성공적으로 해독된 총 166개 시료들을 대상으로 NCBI에서 BLAST 검색을 수행한 결과는 표 5에 나타내었다.

표 5. 담수어류 시료들의 BLAST 검색결과

Specimen no.	Species name	BLAST search (Highest Match)	Similarity in GenBank	Similarity with Identified Species
GMFRI0001	*Misgurnus anguillicaudatus*	*Misgurnus bipartitus*	1430/1446(98.8%)	1374/1446(95.0%)
GMFRI0002	*Misgurnus anguillicaudatus*	*Misgurnus bipartitus*	1430/1446(98.8%)	1374/1446(95.0%)
GMFRI0003	*Misgurnus anguillicaudatus*	*Misgurnus bipartitus*	1430/1446(98.8%)	1374/1446(95.0%)
GMFRI0004	*Zacco koreanus*	*Nipponocypris temminckii*	1396/1446(96.5%)	
GMFRI0005	Zacco koreanus	Nipponocypris temminckii	1397/1446(96.6%)	
GMFRI0006	*Zacco koreanus*	*Nipponocypris temminckii*	1396/1446(96.5%)	
GMFRI0007	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1393/1446(96.3%)	
GMFRI0008	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1393/1446(96.3%)	
GMFRI0009	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1393/1446(96.3%)	
GMFRI0010	Pungtungia herzi	Pseudopungtungia nigra	1334/1446(92.3%)	1316/1446(91.0%)
GMFRI0011	*Pseudogobio esocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1432/1446(99.0%)	1381/1446(95.5%)
GMFRI0012	*Pseudogobio esocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1432/1446(99.0%)	1381/1446(95.5%)
GMFRI0013	*Pseudogobio esocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1431/1446(99.0%)	1380/1446(95.4%)
GMFRI0014	*Iksookimia koreensis*	*Iksookimia koreensis*	1446/1446(100%)	
GMFRI0015	Iksookimia koreensis	Iksookimia koreensis	1446/1446(100%)	
GMFRI0016	*Iksookimia koreensis*	*Iksookimia koreensis*	1446/1446(100%)	
GMFRI0017	*Tridentiger brevispinis*	*Tridentiger brevispinis*	659/660(99.9%)	
GMFRI0018	*Tridentiger brevispinis*	*Tridentiger brevispinis*	659/660(99.9%)	
GMFRI0019	*Microphysogobio yaluensis*	*Biwia springeri*	1419/1446(98.1%)	1387/1446(95.9%)
GMFRI0020	Microphysogobio yaluensis	Biwia springeri	1420/1446(98.2%)	1388/1446(96.0%)

Specimen no.	Species name	BLAST search (Highest Match)	Similarity in GenBank	Similarity with Identified Species
GMFRI0021	*Microphysogobio yaluensis*	*Biwia springeri*	1420/1446(98.2%)	1388/1446(96.0%)
GMFRI0022	*Abbottina springeri*	*Microphysogobio longidorsalis*	1446/1446(100%)	
GMFRI0023	*Abbottina springeri*	*Microphysogobio longidorsalis*	1446/1446(100%)	
GMFRI0024	*Abbottina springeri*	*Microphysogobio longidorsalis*	1445/1446(99.9%)	
GMFRI0025	Acheilognathus yamatsutae	Acheilognathus intermedia	1443/1446(99.8%)	
GMFRI0026	*Acheilognathus yamatsutae*	*Acheilognathus intermedia*	1443/1446(99.8%)	
GMFRI0027	*Acheilognathus yamatsutae*	*Acheilognathus intermedia*	1443/1446(99.8%)	
GMFRI0029	*Rhinogobius brunneus*	*Rhinogobius brunneus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0030	*Rhinogobius brunneus*	*Rhinogobius brunneus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0031	*Rhinogobius brunneus*	*Rhinogobius brunneus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0032	*Squalidus gracilis majimae*	*Microphysogobio longidorsalis*	1446/1446(100%)	
GMFRI0033	*Squalidus gracilis majimae*	*Hemibarbus longirostris*	1445/1446(99.9%)	
GMFRI0034	*Squalidus gracilis majimae*	*Squalidus gracilis gracilis*	1370/1446(94.7%)	1256/1443(87.0%)
GMFRI0036	*Odontobutis obscura interrupta*	*Odontobutis interrupta*	1442/1446(99.7%)	
GMFRI0037	*Odontobutis obscura interrupta*	*Odontobutis interrupta*	1442/1446(99.7%)	
GMFRI0038	*Odontobutis obscura interrupta*	*Odontobutis interrupta*	1443/1446(99.8%)	
GMFRI0047	*Pungtungia herzi*	*Pseudopungtungia nigra*	1335/1446(92.3%)	1319/1446(91.2%)
GMFRI0048	*Pungtungia herzi*	*Pseudopungtungia nigra*	1339/1446(92.6%)	1316/1446(91.0%)
GMFRI0050	*Hemibarbus longirostris*	*Hemibarbus longirostris*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0055	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1422/1446(98.3%)	
GMFRI0056	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1423/1446(98.4%)	
GMFRI0057	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1423/1446(98.4%)	
GMFRI0064	*Tridentiger brevispinis*	*Tridentiger brevispinis*	659/660(99.9%)	
GMFRI0067	*Acheilognathus lanceolata*	*Acheilognathus intermedia*	1428/1446(98.8%)	
GMFRI0068	*Acheilognathus lanceolata*	*Acheilognathus intermedia*	1438/1446(99.4%)	
GMFRI0069	*Acheilognathus lanceolata*	*Acheilognathus intermedia*	1427/1446(98.7%)	
GMFRI0073	*Cottus koreanus*	*Cottus poecilopus*	1422/1446(98.3%)	
GMFRI0074	*Cottus koreanus*	*Cottus poecilopus*	1421/1446(98.3%)	
GMFRI0075	*Cottus koreanus*	*Cottus poecilopus*	1421/1446(98.3%)	
GMFRI0076	*Coreoperca herzi*	*Coreoperca herzi*	1318/1445(91.2%)	

Specimen no.	Species name	BLAST search (Highest Match)	Similarity in GenBank	Similarity with Identified Species
GMFRI0077	*Coreoperca herzi*	*Coreoperca herzi*	1315/1445(91.0%)	
GMFRI0078	*Coreoperca herzi*	*Coreoperca herzi*	1316/1445(91.1%)	
GMFRI0079	*Microphysogobio longidorsalis*	*Microphysogobio longidorsalis*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0080	*Microphysogobio longidorsalis*	*Microphysogobio longidorsalis*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0081	*Microphysogobio longidorsalis*	*Microphysogobio longidorsalis*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0085	*Coreoleuciscus splendidus*	*Coreoleuciscus splendidus*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0086	*Coreoleuciscus splendidus*	*Coreoleuciscus splendidus*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0087	*Coreoleuciscus splendidus*	*Coreoleuciscus splendidus*	1445/1446(99.9%)	
GMFRI0088	*Iksookimia koreensis*	*Iksookimia koreensis*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0089	*Iksookimia koreensis*	*Iksookimia koreensis*	1446/1446(100%)	
GMFRI0090	*Iksookimia koreensis*	*Iksookimia koreensis*	1446/1446(100%)	
GMFRI0100	*Liobagrus andersoni*	*Liobagrus andersoni*	1439/1446(99.5%)	
GMFRI0107	*Pseudorasbora parva*	*Pseudorasbora parva*	1433/1446(99.1%)	
GMFRI0108	*Pseudorasbora parva*	*Pseudorasbora parva*	1433/1446(99.1%)	
GMFRI0123	*Pseudobagrus koreanus*	*Pseudobagrus koreanus*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0124	*Pseudobagrus koreanus*	*Pseudobagrus koreanus*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0125	*Pseudobagrus koreanus*	*Pseudobagrus koreanus*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0128	*Rhodeus notatus*	*Rhodeus notatus*	1441/1446(99.7%)	
GMFRI0129	*Rhodeus notatus*	*Rhodeus notatus*	1441/1446(99.7%)	
GMFRI0130	*Rhodeus notatus*	*Rhodeus notatus*	1441/1446(99.7%)	
GMFRI0132	*Hemibarbus longirostris*	*Hemibarbus longirostris*	1444/1446(99.9%)	
GMFRI0133	*Hemibarbus longirostris*	*Hemibarbus longirostris*	1435/1446(99.2%)	
GMFRI0135	*Acheilognathuslanceolata*	*Acheilognathus intermedia*	1443/1446(99.8%)	
GMFRI0136	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1420/1446(98.2%)	
GMFRI0137	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1419/1446(98.1%)	
GMFRI0138	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1420/1446(98.2%)	
GMFRI0139	*Tridentiger brevispinis*	*Tridentiger brevispinis*	658/660(99.7%)	
GMFRI0140	*Tridentiger brevispinis*	*Tridentiger brevispinis*	659/660(99.9%)	
GMFRI0141	*Tridentiger brevispinis*	*Tridentiger brevispinis*	659/660(99.9%)	
GMFRI0142	*Barbatula toni*	*Barbatula nuda*	1425/1446(98.5%)	1341/1445(92.8%)

Specimen no.	Species name	BLAST search (Highest Match)	Similarity in GenBank	Similarity with Identified Species
GMFRI0143	*Barbatula toni*	*Barbatula nuda*	1426/1446(98.6%)	1341/1445(92.8%)
GMFRI0144	*Barbatula toni*	*Barbatula nuda*	1425/1446(98.5%)	1341/1445(92.8%)
GMFRI0145	*Pseudogobio esocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1432/1446(99.0%)	1381/1446(95.5%)
GMFRI0146	*Pseudogobio esocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1432/1446(99.0%)	1381/1446(95.5%)
GMFRI0147	*Pseudogobio esocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1431/1446(99.0%)	1380/1446(95.4%)
GMFRI0148	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1420/1446(98.2%)	
GMFRI0149	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1420/1446(98.2%)	
GMFRI0150	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1403/1446(97.0%)	
GMFRI0151	*Rhinogobius brunneus*	*Rhinogobius brunneus*	1445/1446(99.9%)	
GMFRI0152	*Rhinogobius brunneus*	*Rhinogobius brunneus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0153	*Rhinogobiusbrunneu*	*Rhinogobius brunneus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0154	*Odontobutis obscura interrupta*	*Odontobutis interrupta*	1436/1446(99.3%)	
GMFRI0155	*Misgurnus anguillicaudatus*	*Misgurnus mizolepis*	1445/1446(99.9%)	1433/1446(99.1%)
GMFRI0156	*Misgurnus anguillicaudatus*	*Misgurnus mizolepis*	1441/1446(99.7%)	1433/1446(99.1%)
GMFRI0157	*Misgurnus mizolepis*	*Misgurnus mizolepis*	1441/1446(99.7%)	
GMFRI0161	*Zacco koreanus*	*Nipponocypris temminckii*	1396/1446(96.5%)	
GMFRI0162	*Zacco koreanus*	*Nipponocypris temminckii*	1398/1446(96.7%)	
GMFRI0163	*Zacco koreanus*	*Nipponocypris temminckii*	1396/1446(96.5%)	
GMFRI0169	*Pungtungia herzi*	*Pseudopungtungia nigra*	1336/1446(92.4%)	1317/1446(91.1%)
GMFRI0170	*Odontobutis obscura interrupta*		Not analyzed	
GMFRI0171	*Odontobutis obscura interrupta*	*Odontobutis interrupta*	1436/1446(99.3%)	
GMFRI0172	*Squalidus gracilis majimae*	*Squalidus gracilis gracilis*	1369/1446(94.7%)	
GMFRI0173	*Hemibarbus longirostris*	*Hemibarbus longirostris*	1440/1446(99.6%)	
GMFRI0174	*Carassius auratus*	*Carassius auratus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0175	*Carassius auratus*	*Carassius auratus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0176	*Carassius auratus*	*Carassius auratus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0177	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1420/1446(98.2%)	
GMFRI0178	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1418/1446(98.1%)	
GMFRI0179	*Zacco platypus*	*Zacco platypus*	1420/1446(98.2%)	
GMFRI0180	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1402/1446(97.0%)	

Specimen no.	Species name	BLAST search (Highest Match)	Similarity in GenBank	Similarity with Identified Species
GMFRI0181	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1396/1446(96.5%)	
GMFRI0182	*Rhynchocypris oxycephalus*	*Phoxinus oxycephalus jouyi*	1403/1446(97.0%)	
GMFRI0183	*Pseudorasbora parva*	*Pseudorasbora parva*	1405/1446(97.2%)	
GMFRI0184	*Pseudorasbora parva*	*Pseudorasbora parva*	1405/1446(97.2%)	
GMFRI0185	*Pseudorasbora parva*	*Pseudorasbora parva*	1375/1446(95.1%)	
GMFRI0186	*Misgurnus anguillicaudatus*	*Misgurnus mizolepis*	1442/1446(99.7%)	1434/1446(99.2%)
GMFRI0187	*Odontobutis obscura interrupta*	*Odontobutis interrupta*	1442/1446(99.7%)	
GMFRI0188	*Odontobutis obscura interrupta*	*Odontobutis interrupta*	1434/1446(99.2%)	
GMFRI0189	*Odontobutisobscurainterrupta*		Not analyzed	
GMFRI0190	*Cyprinus carpio*	*Cyprinus carpio*	1446/1446(100%)	
GMFRI0191	*Cyprinus carpio*	*Cyprinus carpio*	1446/1446(100%)	
GMFRI0192	*Pungtungia herzi*	*Pseudopungtungia nigra*	1333/1446(92.2%)	1318/1446(91.1%)
GMFRI0193	*Pungtungia herzi*	*Pseudopungtungia nigra*	1333/1446(92.2%)	1318/1446(91.1%)
GMFRI0194	*Pungtungia herzi*	*Pseudopungtungia nigra*	1334/1446(92.3%)	1318/1446(91.1%)
GMFRI0195	*Iksookimia koreensis*	*Iksookimia koreensis*	1437/1446(99.4%)	
GMFRI0196	*Rhinogobius brunneus*	*Rhinogobius brunneus*	1446/1446(100%)	
GMFRI0197	*Misgurnus mizolepis*	*Misgurnus mizolepis*	1446/1446(100%)	
GMFRI0198	*Misgurnus mizolepis*	*Misgurnus mizolepis*	1445/1446(99.9%)	
GMFRI0199	*Pseudogobioesocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1433/1446(99.1%)	1382/1446(95.6%)
GMFRI0200	*Pseudogobioesocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1432/1446(99.0%)	1382/1446(95.6%)
GMFRI0201	*Pseudogobio esocinus*	*Pseudogobio vaillanti*	1432/1446(99.0%)	1381/1446(95.5%)
GMFRI0204	*Misgurnus anguillicaudatus*	*Misgurnus mizolepis*	1441/1446(99.7%)	1433/1446(99.1%)
GMFRI0205	*Misgurnus anguillicaudatus*	*Paramisgurnus dabryanus*	1434/1446(99.2%)	1424/1446(98.5%)
GMFRI0207	*Lefua costata*	*Lefua costata*	1416/1446(97.9%)	
GMFRI0212	*Silurus asotus*	*Silurus soldatovi*	1440/1446(99.6%)	1405/1446(97.2%)
GMFRI0216	*Oryzias latipes*	*Oryzias latipes*	1418/1445(98.1%)	
GMFRI0217	*Oryzias latipes*	*Oryzias latipes*	1417/1445(98.0%)	
GMFRI0218	*Oryzias latipes*	*Oryzias latipes*	1417/1445(98.0%)	
GMFRI0219	Unidentified	*Misgurnus anguillicaudatus*	1437/1446(99.4%)	
GMFRI0221	*Acheilognathus rhombeus*	*Acanthorhodeus gracilis*	1517/1517(100%)	1508/1517(99.4%)

Specimen no.	Species name	BLAST search (Highest Match)	Similarity in GenBank	Similarity with Identified Species
GMFRI0222	*Opsariichthys uncirostris*	*Opsariichthys uncirostris*	1476/1517(97.3%)	
GMFRI0223	*Opsariichthys uncirostris*	*Opsariichthys uncirostris*	1476/1517(97.3%)	
GMFRI0224	*Opsariichthys uncirostris*	*Opsariichthys uncirostris*	1476/1517(97.3%)	
GMFRI0225	*Tridentiger bifasciatus*	*Tridentiger bifasciatus*	1511/1517(99.6%)	
GMFRI0226	*Tridentiger bifasciatus*	*Tridentiger bifasciatus*	1511/1517(99.6%)	
GMFRI0227	*Tridentiger bifasciatus*	*Tridentiger bifasciatus*	1514/1517(99.8%)	
GMFRI0228	Pseudorasbora parva	*Pseudorasbora parva*	1510/1517(99.5%)	
GMFRI0229	*Trachidermus fasciatus*	*Trachidermus fasciatus*	1516/1517(99.9%)	
GMFRI0230	Pungtungia herzi	*Pseudopungtungia nigra*	1400/1517(92.3%)	1381/1517(91.0%)
GMFRI0231	Pungtungia herzi	*Pseudopungtungia nigra*	1401/1517(92.4%)	1382/1517(91.1%)
GMFRI0232	*Silurus asotus*	*Silurus soldatovi*	1511/1517(99.6%)	1470/1514(96.9%)
GMFRI0233	Squalidus gracilis majimae	*Squalidus gracilis gracilis*	1439/1517(94.9%)	
GMFRI0234	Squalidus gracilis majimae	*Squalidus gracilis gracilis*	1439/1517(94.9%)	
GMFRI0235	Odontobutis obscura interrupta	*Odontobutis interrupta*	1505/1517(99.2%)	
GMFRI0236	Iksookimia koreensis	*Iksookimia koreensis*	1509/1517(99.5%)	
GMFRI0237	Rhinogobius brunneus	*Rhinogobius brunneus*	1517/1517(100%)	
GMFRI0238	Rhinogobius brunneus	*Rhinogobius brunneus*	1517/1517(100%)	
GMFRI0239	*Hemibarbus labeo*	*Hemibarbus labeo*	1516/1517(99.9%)	
GMFRI0240	*Hemibarbus labeo*	*Hemibarbus labeo*	1516/1517(99.9%)	
GMFRI0241	*Hemibarbus labeo*	*Hemibarbus labeo*	1516/1517(99.9%)	
GMFRI0242	Squalidus gracilis majimae	*Squalidus gracilis gracilis*	1439/1517(94.9%)	
GMFRI0243	Pseudogobio esocinus	*Pseudogobio vaillanti*	1502/1517(99.0%)	1453/1517(95.8%)
GMFRI0244	*Silurus asotus*	*Silurus soldatovi*	1511/1517(99.6%)	1470/1514(96.9%)
GMFRI0245	*Silurus asotus*	*Silurus soldatovi*	1511/1517(99.6%)	1470/1514(96.9%)
GMFRI0246	*Abbottina rivularis*	*Platysmacheilus longibarbatus*	1458/1499(97.3%)	1423/1517(93.8%)
GMFRI0247	*Abbottina rivularis*	*Platysmacheilus longibarbatus*	1458/1499(97.3%)	1423/1517(93.8%)
GMFRI0248	*Channa argus*	*Channa argus*	1515/1517(99.9%)	

5. 핵산염기서열 정렬과 분자계통수 작성

가. 미꾸리과(Cobitidae)

2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 미꾸리과(Cobitidae)의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 근연종들과 함께 비교하였다.

표본번호 GMFRI0014, GMFRI0015, GMFRI0016, GMFRI0088, GMFRI0089, GMFRI0090, GMFRI0195, GMFRI0236의 8개 담수어류는 형태분류와 동일하게 유전적으로 참종개(Iksookimia koreensis, NC_027849)와 가장 근연하였으며 참종개와의 유전적 유사도는 98.1%~98.7%의 범위이었다. 또한 이들 8개 표본들 사이의 유전적 유사도는 99.3%~100%의 범위이었다.

표본번호 GMFRI0001, GMFRI0002, GMFRI0003, GMFRI0155, GMFRI0156, GMFRI0157, GMFRI0186, GMFRI0197, GMFRI0198, GMFRI0204, GMFRI0205, GMFRI0219의 12개 담수어류는 형태분류와 다르게 유전적으로 *Misgurnus bipartitus* (NC_022854)와 가장 근연하였으며 M. *bipartitus*의 유전적 유사도는 91.3%~98.9%의 범위이었다. 또한 이들 5개 표본들 사이의 유전적 유사도는 91.7%~100%의 범위이었다.

2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 미꾸리과(Cobitidae)의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 바탕으로 근연종들과 함께 근린접합법을 이용하여 분자계통수를 작성하였다. 참종개로 동정된 표본번호 GMFRI0014, GMFRI0015, GMFRI0016, GMFRI0088, GMFRI0089, GMFRI0090, GMFRI0195, GMFRI0236의 8개 담수어류는 모두 동일종과 100%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하여 형태분류와 분자계통분석 결과와 잘 일치하였다.

그러나 미꾸라지와 미꾸리로 동정된 표본번호 GMFRI0001, GMFRI0002, GMFRI0003, GMFRI0155, GMFRI0156, GMFRI0157, GMFRI0186, GMFRI0197, GMFRI0198, GMFRI0204, GMFRI0205, GMFRI0219의 12개 담수어류는 모두 *Misgurnus bipartitus*와 100%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하여 형태분류와 분자계통분석 결과와 일치하지 않았다. 이들 중에서도 형태적으로 미꾸리로 분류된 표본번호 GMFRI0001, GMFRI0002, GMFRI0003은 M. *bipartitus*와 함께 분지하며 계통적으로 가장 근연하였으며, 형태적으로 미꾸리와 미꾸라지, 미동정으로 분류된 나머지 9개 담수어류(GMFRI0155, GMFRI0156, GMFRI0157, GMFRI0186, GMFRI0197, GMFRI0198, GMFRI0204, GMFRI0205, GMFRI0219)는 이들과 분리되어 독립된 분지를 형성하였다.

한편 이들 12개의 담수어류는 NCBI의 GenBank 상에서 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*, NC_011209)로 등록된 종과는 계통적으로 함께 분지하지 않았으며, 오히려 기름종개속(Cobitis), 참종개속(Iksookimia), 수수미꾸리속(Niwaella), 좀수수치속(Kichulchoia)와 함께 분지하여 추후 심도있는 분자계통학적 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

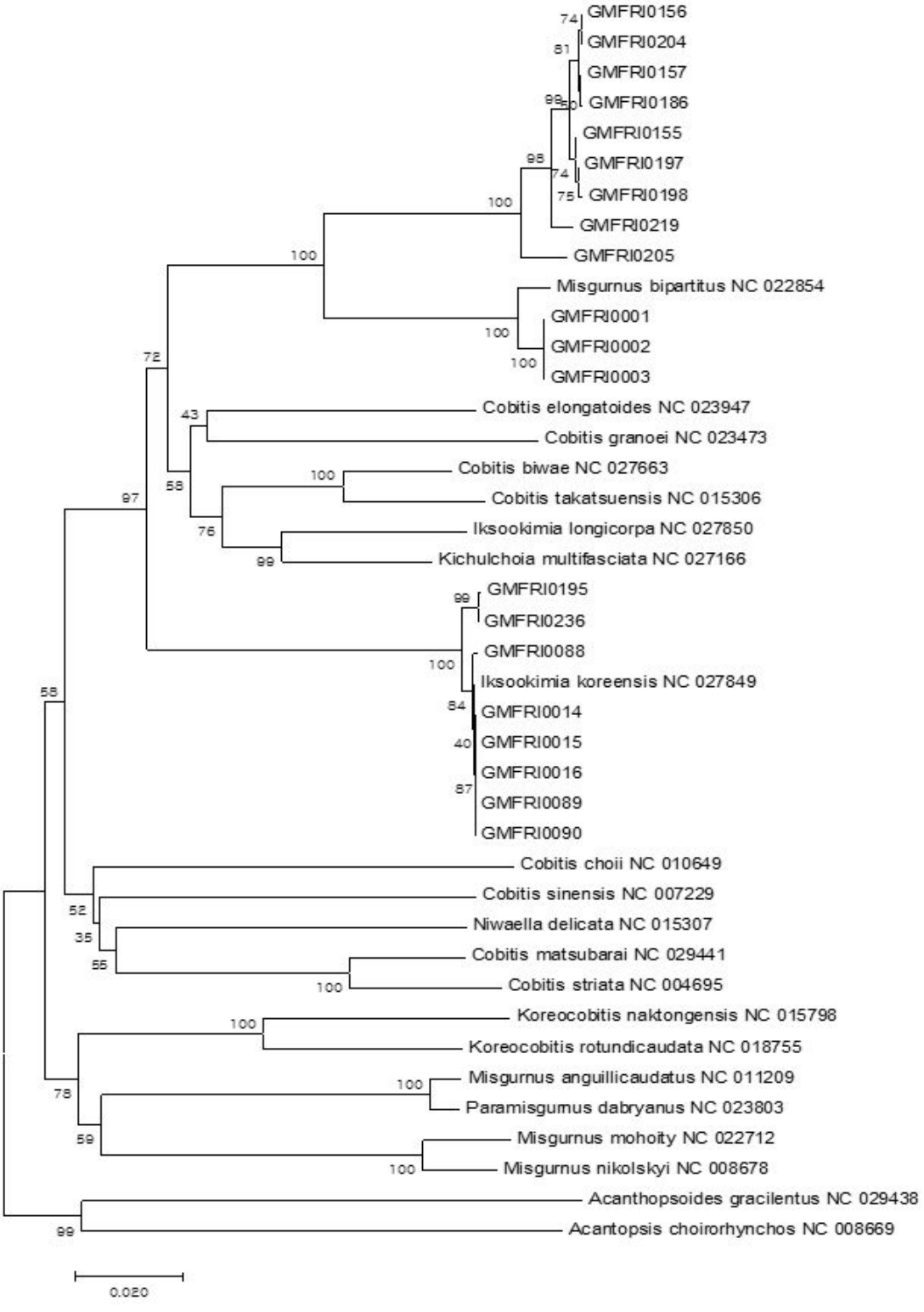


그림 4. 2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 미꾸리과(Cobitidae)의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 바탕으로 근린접합법을 이용하여 작성된 분자계통수

나. 잉어과(Cyprinidae) 모래무지아과(Gobioninae)-누치속/몰개속

2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 잉어과(Cyprinidae) 모래무지아과(Gobioninae)의 누치속 89.8%~99.9%의 범위이었다.(Hemibarbus)/몰개속(Squalidus) 담수어류의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 근연종들과 함께 비교하였다.

표본번호 GMFRI0239, GMFRI0240, GMFRI0241의 3개 담수어류는 형태분류와 동일하게 유전적으로 누치(Hemibarbus labeo NC_007785)와 가장 근연하였으며 누치와의 유전적 유사도는 98.7%이었으며, 이들 3개 표본들은 100%의 유사도를 보였다.

표본번호 GMFRI0033의 1개 담수어류는 긴몰개로 동정되었고, GMFRI0050, GMFRI0132, GMFRI0133, GMFRI0173의 5개 담수어류는 참마자로 동정되었으며, 이들은 모두 참마자(*Hemibarbus longirostris* NC_007784)와 가장 근연하였으며 참마자와의 유전적 유사도는 98.0~98.7%의 범위이었다. 또한 이들 5개 표본들 사이의 유전적 유사도는 98.7%~99.9%의 범위로 나타났다.

한편 표본번호 GMFRI0034, GMFRI0172, GMFRI0242의 3개 담수어류는 긴몰개로 동정되었으며, 이들은 모두 점몰개(*Squalidus multimaculatus* NC_029387)와 가장 근연하였으며 점몰개와의 유전적 유사도는 89.8%~90.0%의 범위이었다. 또한 이들 3개 표본들 사이의 유전적 유사도는 89.8~99.9%의 범위로 나타났다.

2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 잉어과(Cyprinidae) 모래무지아과(Gobioninae)의 누치속(Hemibarbus)/몰개속(Squalidus) 담수어류의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 바탕으로 근연종들과 함께 근린접합법을 이용하여 분자계통수를 작성하였다.

누치로 동정된 표본번호 GMFRI0239, GMFRI0240, GMFRI0241의 3개 담수어류는 모두 동일종과 100%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하여 형태분류와 분자계통분석 결과와 잘 일치하였다.

긴몰개로 동정된 표본번호 GMFRI0033의 1개 담수어류와 참마자로 동정된 GMFRI0050, GMFRI0132, GMFRI0133, GMFRI0173의 5개 담수어류는 모두 참마자와 100%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하였다.

또한 긴몰개로 동정된 표본번호 GMFRI0034, GMFRI0172, GMFRI0242의 3개 담수어류는 모두 점몰개와 99%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하였다.

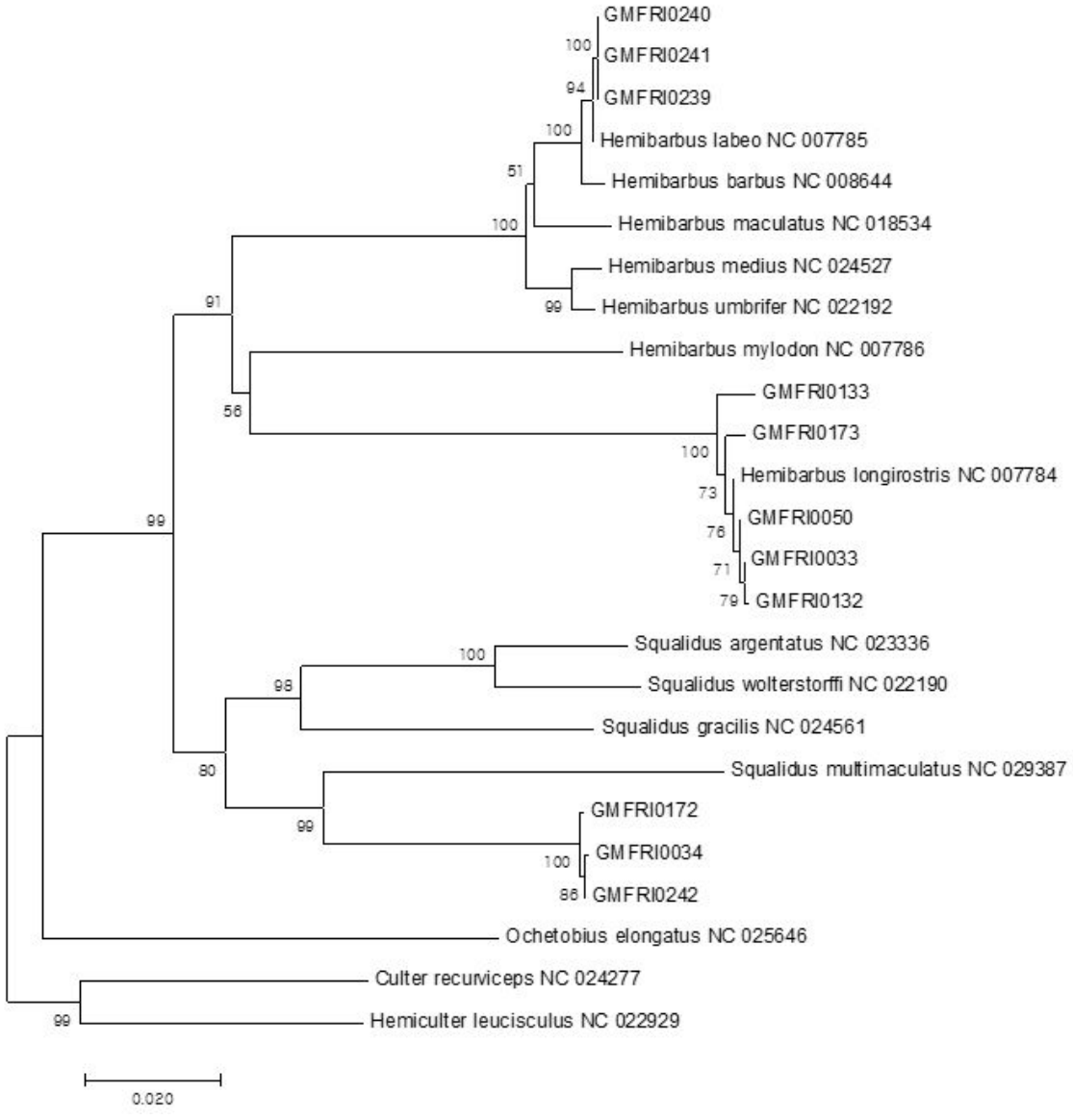


그림 5. 2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 잉어과(Cyprinidae) 모래무지아과(Gobioninae)의 누치속(Hemibarbus)/몰개속(Squalidus) 담수어류의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 바탕으로 근린접합법을 이용하여 작성된 분자계통수

다. 잉어과(Cyprinidae) 납자루아과(Acheilognathinae)

2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 잉어과(Cyprinidae) 납자루아과(Acheilognathinae) 담수어류의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 근연종들과 함께 비교하였다.

표본번호 GMFRI0025, GMFRI0026, GMFRI0027의 3개 담수어류는 줄납자루로 동정되었고 GMFRI0067, GMFRI0068, GMFRI0069, GMFRI0135의 5개 담수어류는 납자루로 동정되었으나, 유전적으로 납자루(*Acheilognathus intermedia*, NC_013705)와 가장 근연하였으며 납자루와의 유전적 유사도는 98.6~99.7%이었다. 또한 이들 8개 표본들 사의 유전적 유사도는 98.6%~100%의 범위이었다.

표본번호 GMFRI0128, GMFRI0129, GMFRI0130의 3개 담수어류는 떡납줄갱이로 동정되었으며 이들은 모두 떡납줄갱이(*Rhodeus notatus*, NC_029718)와 가장 근연하여 형태분류와 잘 일치하였으며, 떡납줄갱이와의 유전적 유사도는 99.6%이었다. 또한 이들 3개 표본들은 100%의 유전적 유사도를 보였다.

표본번호 GMFRI0220, GMFRI021의 2개 담수어류는 납지리로 동정되었으며 이들은 모두 납지리(*Acheilognathus rhombeus*, NC_028433)와 가장 근연하여 형태분류와 잘 일치하였으며, 납지리와의 유전적 유사도는 99.3%이었다. 또한 이들 2개 표본들은 100%의 유전적 유사도를 보였다.

2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 잉어과(Cyprinidae) 납자루아과(Acheilognathinae) 담수어류의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 바탕으로 근연종들과 함께 근린접합법을 이용하여 분자계통수를 작성하였다.

줄납자루로 동정된 표본번호 GMFRI0025, GMFRI0026, GMFRI0027의 3개 담수어류와 납자루로 동정된 GMFRI0067, GMFRI0068, GMFRI0069, GMFRI0135의 5개 담수어류는 모두 납자루(*Acheilognathus intermedia*)와 100%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하였다.

떡납줄갱이로 동정된 표본번호 GMFRI0128, GMFRI0129, GMFRI0130의 3개 담수어류는 모두 동일종과 92%의 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하여 형태분류와 분자계통분석 결과와 잘 일치하였다.

또한 납지리로 동정된 표본번호 GMFRI0220, GMFRI021의 2개 담수어류는 모두 동일종과 100%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하여 형태분류와 분자계통분석 결과와 잘 일치하였다.

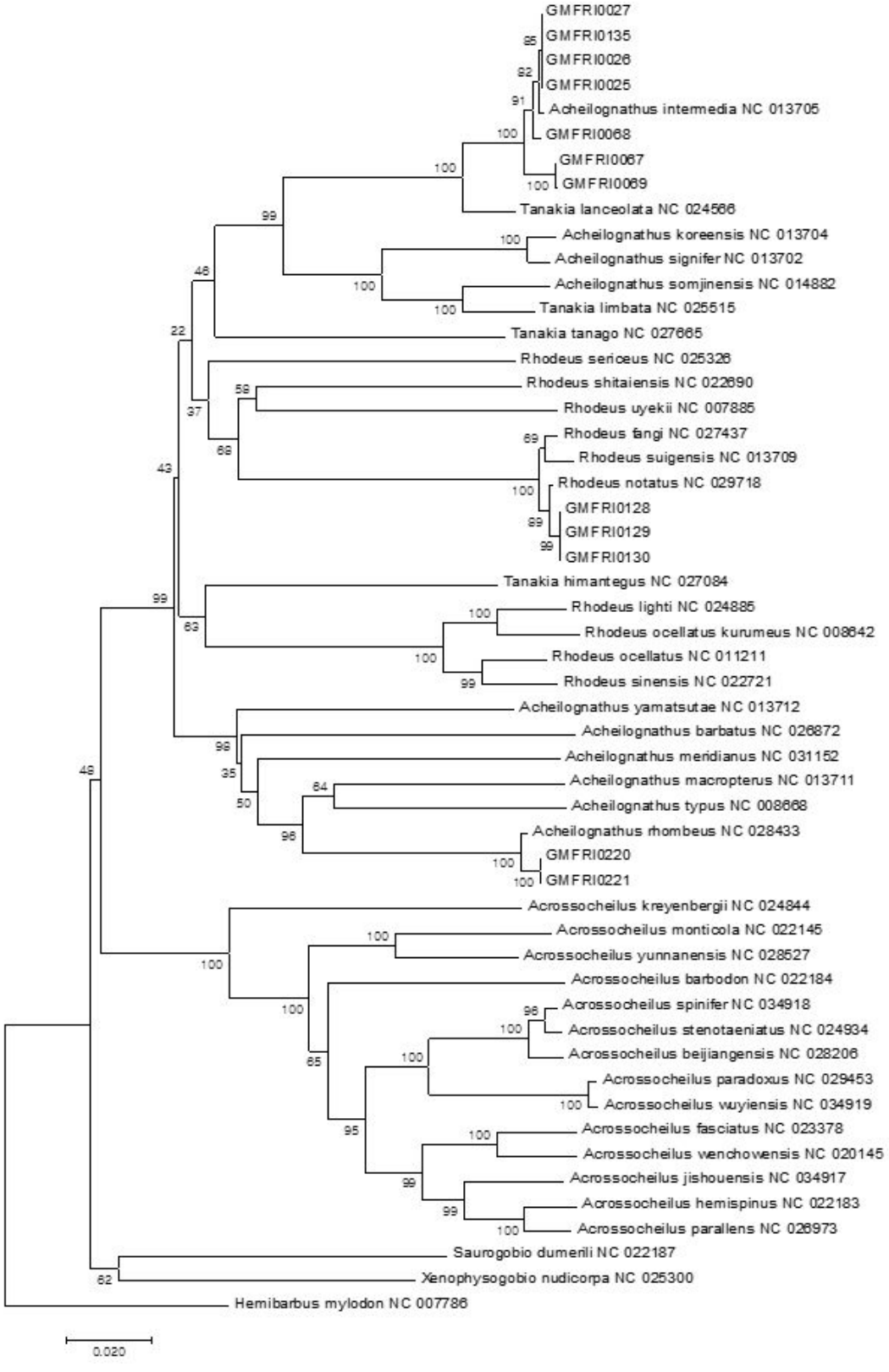


그림 6. 2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 잉어과(Cyprinidae) 납자루아과(Acheilognathinae) 담수어류의 미토콘드리아 COI 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 바탕으로 근린 접합법을 이용하여 작성된 분자계통수

라. 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)

2017년 1차와 2차에 걸처서 해독된 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 근연종들과 함께 비교하였다.

표본번호 GMFRI0073, GMFRI0074, GMFRI0075의 3개 담수어류는 형태분류와 동일하게 유전적으로 둑중개(*Cottus poecilopus*, NC 014849)와 가장 근연하였으며 둑중개와의 유전적 유사도는 98.2%~98.3%의 범위이었다. 또한 이들 3개 표본들 사이의 유전적 유사도는 98.2%~99.9%의 범위이었다.

표본번호 GMFRI0229의 1개 담수어류는 형태분류와 동일하게 유전적으로 꺽정이(*Trachidermus fasciatus* NC 018770)와 가장 근연하였으며 꺽정이와의 유전적 유사도는 99.9%이었다.

2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 바탕으로 근연종들과 함께 근린 접합법을 이용하여 분자계통수를 작성하였다.

쏨뱅이로 동정된 표본번호 GMFRI0073, GMFRI0074, GMFRI0075의 3개 담수어류는 모두 동일종과 100%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하여 형태분류와 분자계통분석 결과와 잘 일치하였다.

또한 꺽정이로 동정된 표본번호 GMFRI0229의 1개 담수어류는 동일종과 100%의 강한 부트스트랩값으로 지지되며 함께 분지하여 형태분류와 분자계통분석 결과와 잘 일치하였다.

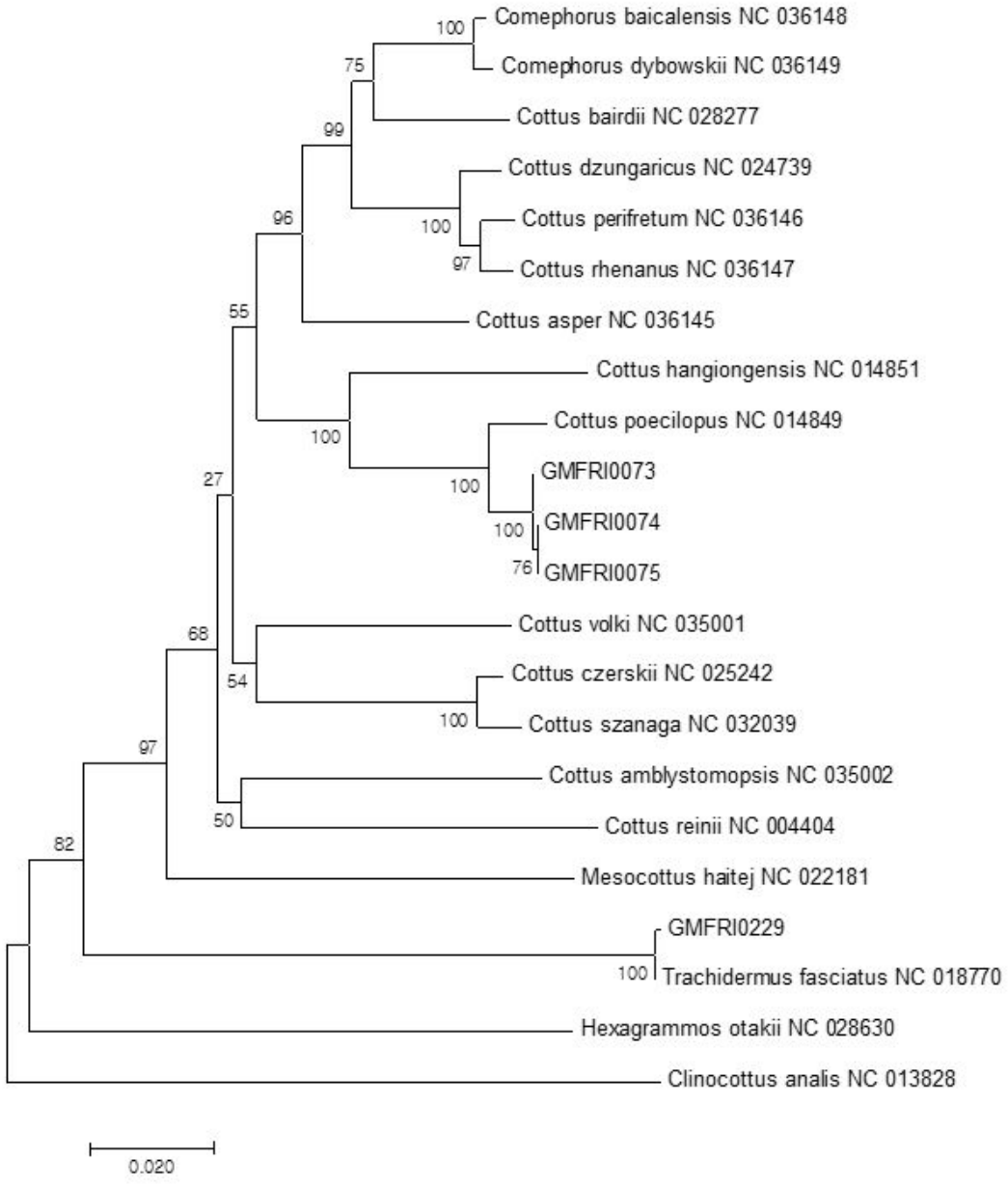


그림 7. 2017년 1차와 2차에 걸쳐 해독된 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)의 미토콘드리아 CO1 유전자 영역의 핵산염기서열 정보를 바탕으로 근린접합법을 이용하여 작성된 분자계통수

참 고 자 료

- 국립생물자원관. (2011). 한국의 멸종위기 야생동식물 적색자료집. 국립생물자원관, 인천, 202 pp.

- 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. (2005). 한국어류대도감. 교학사, 서울, 615 pp.

- Asahida, T., Kobayashi, T., Saitoh, K., & Nakayama, I. (1996). Tissue preservation and total DNA extraction form fish stored at ambient temperature using buffers containing high concentration of urea. Fisheries Science, 62: 727-730.

- Chen, W. J., Miya, M., Saitoh, K., & Mayden, R. L. (2008). Phylogenetic utility of two existing and four novel nuclear gene loci in reconstructing Tree of Life of ray-finned fishes: the order Cypriniformes (Ostariophysi) as a case study. Gene, 423: 125-134.

- Hebert, P. D., Penton, E. H., Burns, J. M., Janzen, D. H., & Hallwachs, W. (2004). Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly Astraptes fulgerator. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101: 14812-14817.

- Kim, K. Y., & Bang, I. C. (2012). Phylogeny and speciation time estimation of two Koreocobitis species (Teleostei; Cypriniformes; Cobitidae) endemic to Korea inferred from their complete mitogenomic sequences. Genes & Genomics, 34: 35-42.

- Kim, K. Y., & Bang, I. C. (2010). Molecular phylogenetic position of Abbottina springeri (Cypriniformes; Cyprinidae) based on nucleotide sequences of RAG1 gene. Korean Journal of Ichthyology, 22: 273-278.

- Kim, K. Y., Nam, Y. K., & Bang, I. C. (2012). Phylogeny and divergence time estimation of Coreoleuciscus splendidus populations (Teleostei: Cypriniformes) endemic to Korea based on complete mitogenome sequences. Genes & Genomics, 34(2), 149-156.

- Miya, M., Takeshima, H., Endo, H., Ishiguro, N. B., Inoue, J. G., Mukai, T., *et al.* (2003). Major patterns of higher teleostean phylogenies: a new perspective based on 100 complete mitochondrial DNA sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution, 26: 121-138.

- Saitoh, K., Miya, M., Inoue, J. G., Ishiguro, N. B., & Nishida, M. (2003). Mitochondrial genomics of ostariophysan fishes: perspectives on phylogeny and biogeography. Journal of Molecular Evolution, 56: 464-472.

- Song, H. Y., & Bang, I. C. (2015). Coreoleuciscus aeruginos (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae), a new species from the Seomjin and Nakdong rivers, Korea. Zootaxa, 3931: 140-150.

- Ward, R. D., Zemlak, T. S., Innes, B. H., Last, P. R., & Hebert, P. D. (2005). DNA barcoding Australia's fish species. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 360: 1847-1857.

미꾸리류 치어 대량생산 연구

- 미꾸리 인공치어 생산 시험연구 (2017년) -

이동훈 · 김성곤 · 김동수

서 론

미꾸리류는 일본, 중국, 대만, 러시아 등 세계 널리 분포되고 있는 어종으로 국내 대중식생활의 기호식품으로 탕, 튀김 등 대중화된 음식으로 많이 활용된다. 최근 5년간 국내 미꾸리류의 생산현황(어로+양식 생산량)은 Table 1에 나타내었다. 2013년 609톤, 2014년 714톤, 2015년 810톤, 2016년 831톤 및 2017년 11월까지 774톤으로 매년 증가세를 보이고 있으며, 생산금액의 규모 또한 생산량에 맞추어 증가되고 있다(해양수산부, 2017). 국내 내수면 양식업의 비중에서도 뱀장어, 메기, 송어 다음으로 생산량이 높으며 산업기반이 점차 확대되고 있는 모습이다.

Table. 1. Statistics of fisheries and aquaculture production for oriental weatherfish

	2013		2014		2015		2016		2017. Nov.	
	Yield (m/t)	Amount of money (thousand won)	Yield (m/t)	Amount of money (thousand won)	Yield (m/t)	Amount of money (thousand won)	Yield (m/t)	Amount of money (thousand won)	Yield (m/t)	Amount of money (thousand won)
Sum	609	653,1073	714	7,476,579	810	8,443,789	831	8,564,107	774	8,224,141
F[1]	6	127,125	25	139,882	11	92,883	31	111,348	10	222,440
A[2]	603	6,403,948	689	7,336,698	799	8,350,915	800	8,564,107	764	8,001,702

※source : ministry of oceans and fisheries (http://www.fips.go.kr), 1F; Fishery, 2A; Aquaculture

미꾸라지 양식은 1990년대부터 자연산 치어를 활용하여 양식하기 시작하였으나 중국의 값싼 미꾸라지의 대량수입으로 양식용 치어 생산기술 개발의 필요성이 크게 부각되지 않았다. 그러나 2008년부터 검역절차가 강화됨과 동시에 중국의 미꾸라지 자원감소 및 자국내 소비확대로 수입량이 감소하기 시작하였다. 미꾸리류에 관한 연구는 종묘생산 시험(Bai, 1979), 산란유도 시험(Kim *et al.*, 1992), 양식을 위한 연구와 유전 육종에 관한 다양한 연구(Kim and Nam, 1994; Kim *et al.*, 1994; Kim *et al.*, 1995; Lim *et al.*, 1996, Nam *et al.*, 1999) 및 친환경 논 생태양식 기술개발(NFRDI, 2013) 등이 보고되고 있다. 그러나 미꾸리류에 대한 육상수조식 양식방법으로 수정란에서부터 식용어까지의 크기로 성장시킨 보고는 전무한 실정이다.

경기도해양수산자원연구소에서는 2014년부터 미꾸리류에 대한 육상수조내 인공치어 대량생산 방법과 더불어 육성을 통해 식용가능한 크기까지 성장시키는 양식방법을 개발하여 보급하기 위해 시험연구사업으로 추진해 오고 있다. 따라서 본 시험연구의 목적은 미꾸리류의 육상수조 완전양식 기술 개발을 위해 체계적인 양식 매뉴얼을 확립하고자 지속적인 반복 시험하는데 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

1. 시험어 및 채란과정

시험어인 미꾸리 친어는 이전 년도와 동일한 친어조건을 구비하기 위해 전라북도 완주군 소재 민물고기 판매상을 통해 총 5회 (2017년도 5월~7월)에 걸쳐 구입하여 인공치어생산에 사용하였다. 구입된 미꾸리 친어는 암컷(27kg)과 수컷(8kg)을 포함하여 총 35kg으로, 인공치어 생산시험에 사용된 암컷은 20kg, 수컷은 8kg이었고, 나머지 미꾸리 친어는 호르몬 주사 시 미채란 되었다.

미꾸리 친어 암컷 1g당 HCG (Human Chorionic Gonadotropin, 태반성 성선 자극호르몬) 10 IU 내외 범위로 주사하였고, 수컷은 별도 호르몬 주사를 수행하지 않았다. 주사방법은 등근육 및 복강을 병용하여 주사로 수행하였으며, 주사 후 23±1℃의 사각수조 (1×2m)에 암컷과 수컷을 분리 수용하여 채란 시 까지 관리하였다.

호르몬 주사된 암컷을 수조에 수용 후 12h 후부터 채란이 가능한지 확인하였으며 14h 뒤 1차 채란하였다. 미 채란된 개체는 4h 후 재시도하여 채란하였고, 최종적으로 암컷 20kg 중 14kg 내외가 채란되어 선별된 암컷 중 70% 정도가 사용되었다.

채란된 난은 물기가 없는 용기에 수용 후, 채란 전 준비한 수컷의 정소를 모기망의 모양을 갖는 천과 같은 재질 (10cm×10cm)에 올려놓고 용기 속에서 비벼 정액을 넣은 다음 생리식염수와 일반 사육수 물을 혼합한 용액 (2:8 비율)으로 수정작업을 완료하였다.

수정란은 30초~1분 정도 용기 속에서 정치 후, 부화지 바닥에 부착시켜 부화 시(36시간 이후) 까지 관리하였다.

2. 수정란 부화 및 먹이붙임

1~4차 시험한 수정란은 23±1℃부화지에서 빠른 것은 만 1일 이후(28시간)에 부화되었고 대다수 36~48시간에서 부화 완료되었다. 부화 후 2~3일간은 난황을 보유하여 성장하였고, 어체 크기가 붕어치어에 비해 작은 관계로 초기 먹이는 로티퍼를 3~4일간 공급하였다. 로티퍼 공급 완료 후 알테미아를 부화시켜 급여하였으며 알테미아 영양 강화제로 영양 강화하여 급여하였다. 5차 시험은 난황흡수 후 초기 로티퍼의 급여 없이 알테미아(부화 18h 개체)를 바로 공급하였다.

결과 및 고찰

1. 채란 및 부화

2017년 5회에 걸친 시험에서 부화된 치어는 700,000미에서 800,000미 가량 되었으며, 1회 시험에서 평균적으로 200,000미 내외의 부화자어가 생산되었다. 부화장소는 2개 사육동을 사용했으며 사육동별 차이는 나타나지 않았다(Fig. 1). 또한 5회의 시험기간 동안 미꾸리 친어 암컷의 채란량과 부화율은 6~7월 초순에 구입한 암컷이 가장 좋았다. 이는 미꾸리 인공치어 생산시기의 최적 시기가 1년 중 6월이 가장 좋은 시기임을 알 수 있다.

채란에 사용된 암컷은 평균 25~30g내외의 개체가 50% 정도를 차지하였으며, 20g 이하의 개체는 30%, 30g 이상은 20% 내외의 수준이었다.

Rectangular rearing tank

Circular rearing tank

Fig. 1. Two-type rearing tank for the incubation of oriental weatherfish (*Misgurnus anguillicaudatus*) fertilization egg

2. 치어생산

1~4차 시험의 미꾸리 부화자어 초기 먹이는 로티퍼를 공급하였으며, 3~4일간 공급되었다. 로티퍼 공급시기 까지는 폐사 개체는 거의 없으나, 이 후 알테미아를 급여하였을 때 1~4차 생산시험 모두 알테미아 공급 후 7~10일경부터 미꾸리 치어 복부내 가스가 발생하여 많은 폐사개체가 출현하여 20~25일 전후로 98%이상 폐사하였다(Fig. 2).

oriental weatherfish fry that caused the gas diseases

Infected fish that are dead on the bottom of the rearing tank

Fig. 2. Two-type rearing tank for the incubation of oriental weatherfish (*Misgurnus anguillicaudatus*) fertilization egg

5차 생산시험에서는 부화자어의 난황 흡수 후 로티퍼를 공급하지 않고 알테미아를 바로 급여하였다. 급여 후 10일경 전후로 하여 1~4차 생산시험과 같이 가스병이 발생하여 20일 이내 99% 이상이 폐사하였다. 1~5차 생산시험 기간동안 폐사개체 발생 시점부터 OTC 항생제를 20ppm 약욕처리 하였고 처리 후 1~2일간 절식 기간 동안은 어느 정도 발생이 줄어들었으나 이 후 다시 알테미아를 재급여시 가스병이 재발되는 양상을 보였다. 2017년도 5회의 생산시험에 걸쳐 알테미아 공급횟수, 공급량, 환수량, 용존산소, 아질산 등과는 연관이 없는 것으로 사료되며 친어의 상태나 실내 사육환경에 문제가 있는 것으로 추측되나 명확한 원인은 파악하지 못하였다

18년도에는 미꾸리 부화자어를 7일간 실내 사육 후, 야외 노지에 가두리 형태의 사육지를 조성하여 이 곳으로 이동하여 노지에서 발생된 물벼룩을 활용하여 생산시험할 계획으로 현재까지 파악된 결과와 비교하여 초기 가스병 발생 저감 대책을 마련할 것이다.

참 고 문 헌

- Bai, A. D. 1979. An experiment on the fingerling production of loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). Bull. Natl. Fresh. Fish. Hatchery, 4, 63～69.

- Kang, E. J,, K. S. Kim, Y. C. Kim, D. S. Sim, and S. R. Park,, 2002. A Study on the culture of Chinese Muddy Loach, *Misgurnus mizolepis*. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea. 61 : 43-50.

- Kim, D. S., J. H. Kim and I. S. Park, 1992. Induced and multiple spawnings by human chorionic gonadotropin injection of the loach, *Misgurnus mizolepis* (Teleostomi; Cobitidae). Journal of Aquaculture, 5(2), 109-115.

- Kim, D. S. and Y. K. Nam, 1994. Transfer of foreign gene into mud loach, *Misgurnus mizolepis* I. Availability of the lac Z as a reporter gene for producing transgenic mud loach. Journal of Aquaculture, 7(1), 41-54.

- Kim, D. S., J. Y. Jo and T. Y. Lee, 1994. Induction of triploidy in mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and its effect on gonad development and growth. Aquaculture, 120, 263-270.

- Kim, D. S., Y. K. Nam and I. S. Park, 1995. Survival and karyological analysis of reciprocal diploid and triploid hybrids between mud loach (*Misgurnus mizolepis*) and cyprinid loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). Aquaculture, 135, 257-265.

- Lim, H. S., M. S. Kim, Y. S. Seok, S. D. Park and H. H. Lee, 1996. Characterization and DNA structure analysis of replication origin of Misgurnus mizolepis. Journal of Aquaculture, 9(1), 93-100.

- Nam, Y. K., C. G. Kim and D. S. Kim, 1999. Auto-transgenic fast-growing giant triploid fish: ready-to-go market, Proceedings of FOID (1999) on New Technologies for Aquaculture in Fisheries and Ocean Industrial Development, Aug., 25-26, 1999, Pusan, Korea, 23-28.

- NFRDI. 2013. Report of National Fisheries Research & Development Institute. : Development of eco system-base the aquaculture 1n the rice field. National Fisheries Research & Development Institute. 3-41.

쏘가리 배합사료 순치 연구

- 쏘가리(1년산) 배합사료 순치개체 성장도 시험 -

김달영 · 김성곤 · 김동수

서 론

국내 내수면 어류의 연간 총 생산량은 2016년 현재 35,427톤이며 이 중 양식생산량은 26,296톤으로, 전체 생산량의 74%정도 차지하고 있다(Table 1). 국내 내수면 생산어종 중에서 쏘가리의 생산량은 90톤이며 대부분 어업을 통해 생산되고 있으며, 양식생산량은 전국적으로 3톤 내외로 추산되고 있다(Table 2). 한편 쏘가리의 어업생산량은 매년 줄어들고 있는 추세로 2016년에는 87톤으로 2014년의 106톤과 비교하면 82%의 수준이다.

Table 1. Statistics for production of inland fishery (2014 ~ 2016)

(Unit : M/T)

	2014	2015	2016
Total	29,774	33,055	35,427
Fishery	9,017	9,133	9,131
Aquaculture	20,757	23,922	26,296

자료 : 해양수산부 수산정보포탈

Table 2. Statistics for production of mandarin fish (2014 ~ 2016)

(Unit : M/T)

	2014	2015	2016
Total	107	104	90
Fishery	106	102	87
Aquaculture	1	2	3

자료 : 해양수산부 수산정보포탈

쏘가리 속(Siniperca) 어류는 한국, 중국 및 베트남에 분포하며 현재까지 9종이 알려져 있다(Zhao *et al.*, 2006). 우리나라에는 1종의 쏘가리(*Siniperca scherzeri*)가 분포하며 서·남해로 흐르는 대형 하천의 중상류에 자갈이 깔린 지역 중 수심이 깊은 곳에 주로 서식한다(Cheng and Zheng, 1987; Kim and Kang, 1993). 그러나 최근 하천의 개보수, 오염증가 및 남획 등으로 서식지가 하천의 중상류에서 대청호, 충주호, 춘천호, 소양호 등의 큰 댐을 중심으로 변화하고 있으며, 개체수도 급격하게 감소하고 있다(Kim and Kang, 1993; Lee *et al.*, 1997). 이에 전국적으로 쏘가리 수산종자를 매입하여 쏘가리 서식 수면에 방류하는 사업을 추진하여, 쏘가리 수산자원을 유지하는데 힘쓰고 있으나, 해양수산부 수산통계에 따르면 쏘가리의 어업생산량은 줄어들고 있는 추세이다(수산정보포탈, 2016).

쏘가리는 내수면 어종 중 기호도가 높은 식용어중 하나로써, 자원조성 및 국내 수요를 증대시키기 위한 연구가 이루어져 왔으나(Kim *et al.*, 1988), 자 · 치어기의 적정한 먹이생물 공급 문제와 배합사료에 의한 순치가 어렵고 물고기만을 먹는 육식어종 고유의 특성 때문에 양식 대상종으로서 충분한 가치를 인식하고 있음에도 불구하고 대량 생산이 이루어지지 않고 있다. 또한 배합사료에 순치된 쏘가리 친어로부터 획득한 수정란은 난질의 문제로 수정율과 부화율이 낮다고 일부 양어가들에게 인식되어 왔다.

현재까지 쏘가리 양식장에서 주로 사용하고 있는 먹이공급 방법은 부화 자어기 때부터 잉어 또는 붕어 등과 같은 내수면 어종의 부화자어를 먹이로 공급하여 3~4cm의 치어기까지 양성하고, 이 후에는 이들 내수면 어종(잉어, 붕어)의 양식산 치어를 살아있는 상태로 또는 냉동하여 공급하는 방법과 계절에 따라 자연에서 어획되는 어종, 즉 피라미와 같은 소형어류를 잡아서 먹이로 공급하는 방법을 주로 사용하여 왔으나, 이러한 양식 방법은 먹이생물 공급의 불안정 및 냉동보관에 따른 경영비 상승, 생사료의 산패에 따른 질병 발생, 배출수의 환경오염, 먹이생물의 무분별한 남획 등 여러 가지 문제점을 내포하고 있다. 또한 이렇게 수급되는 먹이생물 또한 풍부하지 못하며, 냉동먹이를 급여할 때는 사료에 길들이는 과정이 필요하며, 먹이 길들이는 과정에서 폐사율 또한 상당하다. 따라서 배합사료를 공급하여 양식하는 방법이 쏘가리를 체계적이고 대량으로 양식할 수 있어 산업화를 위해서는 쏘가리를 배합사료에 길들여 양식하는 방법의 개발이 무엇보다도 필요한 실정이다.

그러나 쏘가리는 자연 상태에서 살아있는 어류를 포식하는 생태적인 특성을 가지고 있어 움직임이 없는 배합사료에 대해서는 섭식 활동이 극히 미약하여 배합사료로 길들여 육성하기가 어려워 길들이는 과정에서 대량 폐사가 발생한다. 따라서 쏘가리를 치어기부터 단기간에 배합사료로 길들이는 것에 어려움이 있으며, 쏘가리의 성장단계별로 적합한 배합사료 길들이는 방법의 개발과 적정 영양요구량을 가진 쏘가리 전용 배합사료 개발이 필요하다. 이에 우리 연구소는 쏘가리 배합사료 순치(길들이기)에 관한 연구를 2013년부터 추진하고 있으며, 2017년에는 치어기 배합사료 순치개체의 성장도 및 순치율을 알아보기 위해 시험연구를 진행하였다.

재료 및 방법

시험어는 연구소에서 자체 생산한 쏘가리 치어 중 평균전장 4.2±0.5cm, 평균체중 0.7±0.1g 개체 1,000마리를 선별하여 연구소 사각수조(1000㎜×1000㎜×H800㎜)에 수용하였다. 시험기간은 총 20주간(2017년 7월 10일 ~ 11월 24일) 실시하였으며, 시험에 사용된 배합사료는 상업용 뱀장어 성만 반죽사료(36185성만, Cargil Agri Purina, Inc.)를 물로 반죽한 후 쏘가리 시험어의 입 크기에 맞게 길쭉한 형태로 성형하여 1일 5회 공급하였다. 수온은 가온 없이 하천수가 1일 4회전 교환 되도록 유수식으로 관리하였다. 쏘가리 시험어의 성장도를 알아보기 위해 시험 시작 시와 종료 시를 포함하여 총 6회 전장(mm)과 체중(g)을 측정하였으며 측정 하루 전 시험어를 절식 시켰고 마취(MS-222) 후 측정하였다.

결과 및 고찰

시험기간 20주 동안 전장은 42.1mm에서 83.8mm 성장하여 약 2배 성장하였으며, 체중은 0.7g에서 약 7g으로 약 10배 성장하였다(Fig. 1).

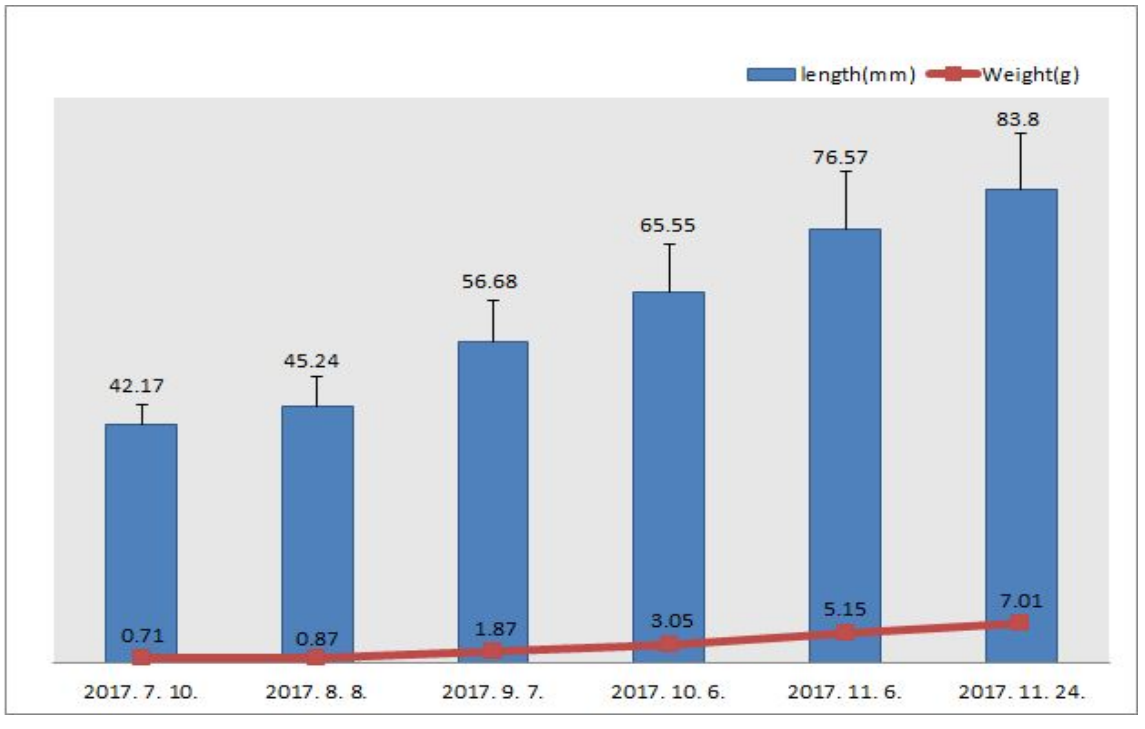


Fig. 1. Growing performance of mandarin fish in experimental period

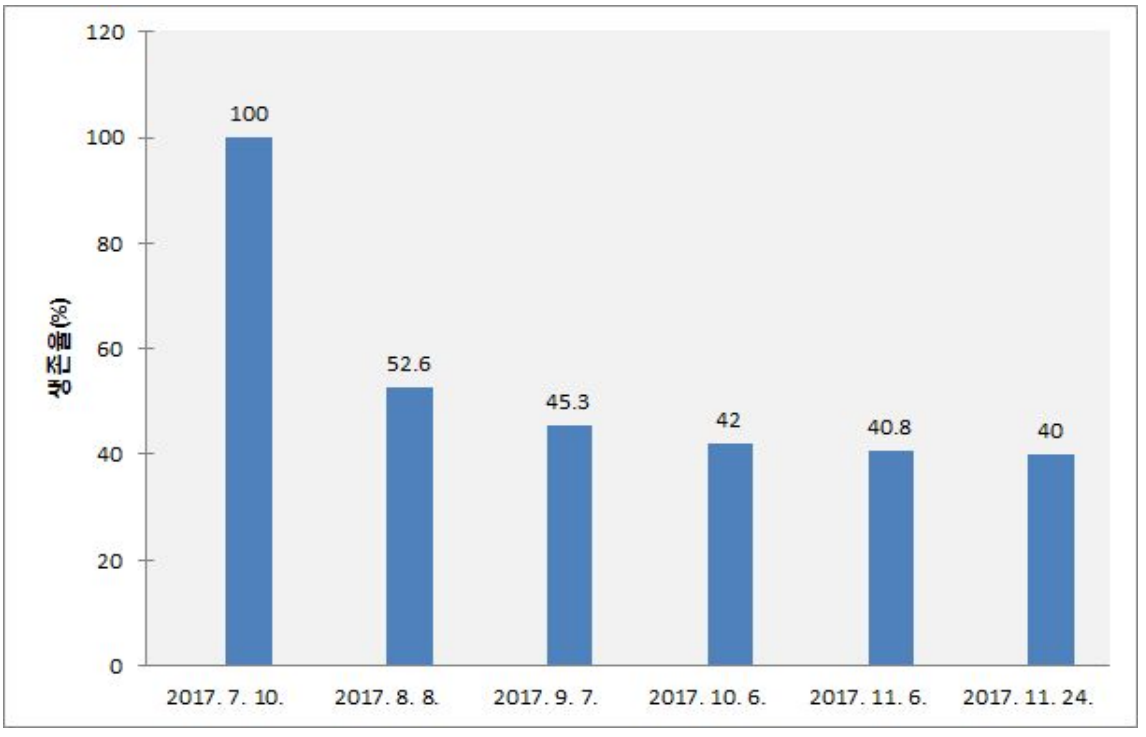


Fig. 2. Survival rate of mandarin fish

생존율은 최종적으로 400마리가 생존하여 40%였다(Fig. 2). 생존율의 변화를 살펴보면, 시험시작 한달 후 측정일인 8월 8일에 52.6%로 급감하였고, 다음 한달 후 측정일에 45.3%의 생존율을 보인 이후 시험이 끝나는 11월까지 40%로 크게 변동이 없었다. 이러한 원인은 배합사료 순치 시 초기 한달간 또는 몇주사이 배합사료에 길들여지 못한 치어는 대량 폐사하고 이 시기를 넘기는 개체들은 배합사료를 섭취하여 생존한다는 것을 나타내고 있다. 따라서 배합사료에 길들이기 위해서는 배합사료 공급 초기에 배합사료를 지속적인 공급과 먹지 않은 배합사료를 제거하여 수질 관리를 해주는 등의 노력이 필요하다. 2018년도에는 이러한 연구 결과를 바탕으로 치어기에 집중적으로 배합사료를 공급하여 쏘가리 치어가 배합사료와 접할 수 있는 기회를 자주 제공하는 방법으로 배합사료에 길들여진 치어를 대량으로 생산할 수 있는 시험연구를 추진할 계획이다.

참 고 자 료

- Cheng,Q. and B. Zheng. 1987. Systematic synopsis of Chinese fishes. Science Press, Beijing, pp. 284-846.

- Kim, I. S. and E. J. Kang, 1993. Coloured fishes of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, Korea, 477 pp.

- Kim, J. D., J. Y. Jung and C. H. Lee. 1988. Study on the egg talking and hatching of *Siniperca scherzeri*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency. 42 : 81-85.

- Lee, W. O., S. I. Jang., J. Y. Lee and S. J. Son. 1997. Comparison of morophological and chromosomal charateristics and cross breeding of the two types Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. Kor. J. Ichthyol. 9 : 228-234.

- Zhao, J., W. Wang., S. Li and W. Q. Cai. 2006. Structure of the mitochondrial DNA control region of the sinipercine fishes and there phylogenetic relationship Acta Genetica Sinica. 33 : 793-799.

- 해양수산부. 수산정보포탈. 2016.

양식장 유해물질 안전관리 연구

안태영 · 김성곤 · 김동수

서 론

최근 급격한 산업 발달, 일본 후쿠시마 원전사고 등의 같은 환경오염과 양식수산물의 금지약품 및 항생제 오남용 등으로 식품에 대한 안전성이 대두되고 있다. 그 중에서도 환경오염과 함께 중금속 노출이 증가하면서 식품의 중금속 오염에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중 카드뮴은 이따이이따이병의 발병원인으로 많이 알려져 있으며, 국내 수산물에는 중국산 낙지에서 카드뮴 식품 기준을 초과하여 문제시 되어 관심이 집중되고 있다.

카드뮴은 비필수적이고 독성이 있는 금속으로 인간의 산업 활동에 의해 수계로 흘러들어가고 오염된 물, 어류, 야생동물의 소비를 통해 인간에게 흡수·축적되며, 체내 흡수된 카드뮴은 매우 느리게 배출된다(Okorie E. Okorie *et al.*, 2014). 대부분의 생물에서 섭이를 통해 만성적으로 카드뮴을 소비할 경우 모든 주요 장기가 영향을 받고 그 중 신장과 간이 주요 표적 장기로 알려져 있다(Swiergosz-Kowalewska, 2001).

국내에서 뱀장어는 생산량이 2016년 9,836톤으로 내수면 양식어 중 가장 많고(해양수산부 수산정보포탈, 2016), 여러 종(species) 중에서도 극동산(*Anguilla japonica*)을 주로 양식하고 있다. 어류에 대한 중금속의 영향과 관련하여 많은 연구들이 있지만 뱀장어에 대한 연구는 부족한 실정이다. 그리고 뱀장어는 순환여과방식을 통한 양식방법과 주로 생사료 비율이 높은 반죽사료를 사용하기에 사육수 및 생사료의 오염에 따라 내수면 양식어 중에서는 카드뮴 축적 가능성이 높을 것으로 여겨진다.

본 연구는 2016년 뱀장어에 대한 카드뮴 반수치사 실험을 통해 카드뮴 독성을 확인하고 카드뮴 만성 노출 예비실험을 통해 뱀장어 근육 내 카드뮴 축적 여부를 확인하였다(2016년도 경기도해양수산자원연구소 시험연구사업보고서, 2017). 따라서 2016년 자료를 바탕으로 뱀장어의 장기별 카드뮴 축적량을 알아보기 위해 카드뮴 만성 노출 실험을 본격적으로 실시하였고, 주기적 환수를 통한 카드뮴 배출 양상을 알아보기 위한 실험을 동시에 실시하였다. 현재 뱀장어에 대한 카드뮴 노출 및 배출 실험은 마무리 되었으며 아가미, 간, 근육 등 장기별 축적량 변화는 2018년에 장기 샘플을 분석하여 보고할 계획이다. 그리고 이번 보고서 결과에는 2016년 만성 노출 예비실험의 데이터에 오류가 있어 수정한 결과를 다시 나타내었다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 실험 디자인

실험어인 뱀장어(*Anguilla japonica*)는 영어조합법인 갈릴리수산(경기도 파주시 소재)에서 구입하여, 실험하기 전 4주 동안 PVC 수조에서 순치시키고 급이는 하지 않았다. 카드뮴 만성독성실험은 본 연구소 수산질병관리원의 어류 처치실에 실험을 위한 플라스틱 수조를 설치하여 수행하였다. 순치된 실험어(224±4g) 중 5마리씩 5개의 그룹으로 노출 및 배출 실험에 사용하였고 대조구는 순치된 실험어를 바로 샘플링하였다. 사육수는 pH 7.96±0.10, 염도 0.1‰, 카드뮴 0.1μg L^{-1} 이하였고 산소는 에어펌프를 이용하여 에어스톤을 통해 공급하여 7.75±0.05mg/L를 유지하였다. 실험 수온 29±1℃로 환수할 때와 실험 기간별 샘플링을 위해 잡아낼 때를 제외하고는 24시간 어둡게 유지하였다. 실험기간 동안 환수 및 먹이공급은 하지 않았다. 염화카드뮴 원액(stock solution)은 3차 증류수에 고형 염화카드뮴($CdCl_2$, analytical grade, Aldrich)을 녹여 준비하였다.

2. 카드뮴 노출 및 배출 실험

각 실험수조마다 5마리씩 뱀장어를 배치하고 염화카드뮴 원액을 이용하여 수중 염화카드뮴 농도가 1 mg L^{-1}(=1ppm)이 되도록 설정하였다. 수중 염화카드뮴 농도는 '16년 추진한 시험연구에서 급성독성실험을 통한 반수치사농도(LC_{50}) 결과를 고려하여 정하였다. 2개의 그룹은 노출실험, 3개의 그룹은 배출실험에 사용하였다. 노출실험은 4주까지 뱀장어를 염화카드뮴에 노출시킨 후 실험 1주와 4주에 각 1개의 그룹씩 샘플 처리하였다. 배출실험의 경우 4주 동안은 노출실험과 동일하게 뱀장어를 염화카드뮴에 노출시켰으며 그 이후에는 염화카드뮴을 처리하지 않고 환수만 주기적으로 하였다. 그리고 염화카드뮴을 처리하지 않은지 1주, 3주, 5주에 대해 각 1개의 그룹씩 샘플을 처리하였다. 두 실험 모두 수질을 고려하여 2~3일에 1회 주기적으로 환수를 해주었고 실험 종료 시까지 급이는 전혀 하지 않았다.

결과 및 고찰

카드뮴 노출기간동안 활동성이 매우 떨어지고 체표에 궤양이 생기는 일부 개체는 있었으나 폐사한 개체는 나타나지 않았다. 뱀장어의 카드뮴 노출 및 배출에 대한 장기별 카드뮴 축적량 변화는 2018년에 샘플 분석 후 보고할 계획이다.

2016년 뱀장어의 카드뮴 만성노출 예비실험을 통한 근육(건중량, 습중량) 내 카드뮴 축적량 수정 데이터는 그림 1과 같다. 습중량은 뱀장어 10개체의 근육 수분함량을 측정하여 산출된 평균값인 66%를 건중량 수치에 역으로 계산하여 얻었다. 2016년 보고 자료와 비

교하여 증가 양상은 같으나 수치에만 차이가 있다. 예비실험 결과는 '17년 본실험에 대한 샘플 분석 후 축적 양상을 비교하여 실험 결과에 일관성이 있는지 검증할 수 있는 자료로써의 가치가 있다.

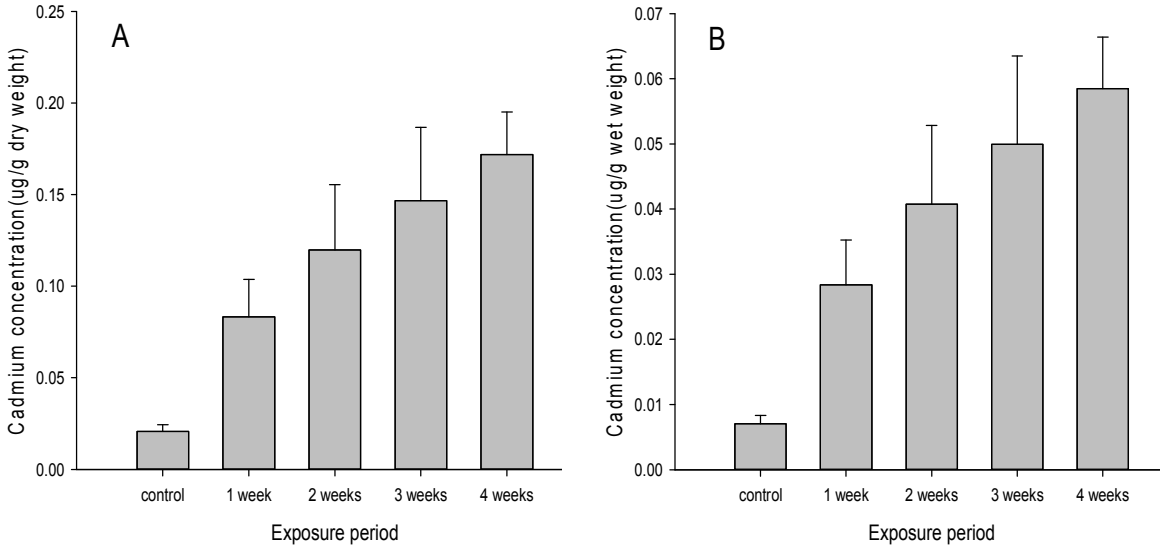


그림 1. 카드뮴 만성노출 기간별 뱀장어 근육 내 카드뮴 축적량(A, 건중량; B, 습중량)

참 고 자 료

- 경기도해양수산자원연구소, 2017. 2016년도 시험연구사업보고서. 제26호:
- 해양수산부 수산정보포탈. 2016. 어업생산 통계, 어법별 현황.
- Okorie E. Okorie, J.Y. Bae, J.H. Lee, S.H. Lee, G.H. Park, M. Mohseni and S.C. Bai, 2014. Effect of different dietary cadmium levels on growth and tissue cadmium content in juvenile parrotfish, Oplegnathus fasciatus. Asian Australas. J. Anim. Sci. vol 27, no 1: 62-68.
- Swiergosz-Kowalewska, R, 2001. Cadmium distribution and toxicity in tissues of small rodents. Microsc. Res. Tech. 55: 208-222.

토속어류 관상어 개발 연구

- 납자루류(흰줄납줄개, 떡납줄갱이) 산란조건 규명 -

김달영 · 김성곤 · 김동수

서 론

최근 국내·외적으로 관상어 산업은 관상어의 다양한 기능과 역할이 재인식되면서 신성장 동력 산업으로 주목받고 있다. 관상어는 국민에게 살아 움직이는 생태계를 제공함으로써 정서적 안정, 생태교육, 체험학습, 취미생활 등의 기회를 제공할 뿐 아니라 비식용 양식분야의 영역 확대를 통한 친숙한 수산업 이미지 제고에도 기여하고 있다. 또한 관상어 산업은 1차(종자생산, 양식), 2차(관련용품), 3차(사육 및 관리, 전시 서비스)까지 연계되는 복합산업이며, 육종·품종개량, 유전자 조작, 어병관리 등 첨단 생명과학기술이 요구되는 녹색생명 산업이기도 하다. 그리고 관상어는 식용 양식어종에 비해 부가가치가 높고 희귀한 관상어의 개발은 막대한 수익을 창출할 것으로 평가 받고 있다(한국해양수산개발원, 2010).

전세계적으로 교역대상이 되고 있는 담수 관상어는 총 4,000여 종이다(Wgittngton & Chong, 2007). 또한 담수어와 해수어를 포함하면 이미 6,000여 종을 넘고 있다. FAO의 세계 관상어 교역 현황을 토대로 할 때, 2007년 말 기준 세계 관상어 교역량은 총 3만 4,108톤이며, 교역액은 6억 4,178만 달러에 육박하는 수준으로 성장했다(한국해양수산개발원, 2010).

국내에 유통되고 있는 담수 관상어는 비단잉어, 금붕어, 열대어, 토속어 등이 있으며, 이들 중 가장 많이 유통되고 있는 것은 열대어로서 어항이나 관련용품, 관상어를 판매하고 있는 매장에서는 열대어를 대표상품으로 판매하면서 비단잉어, 금붕어, 토속어 등으로 구색을 갖추어 판매하고 있다. 이렇게 판매되고 있는 대부분의 열대어는 일부 난태생 송사리과(구피, 플래티 등), 잉어과(수마트라, 제브라다니오 등), 카라신과(테트라 류)를 제외하고는 대부분 수입에 의존하고 있다. 이들은 주로 동남아시아, 중국 등에서 양식한 개체이거나, 산지에서 채집된 개체들이다.

한편, 우리나라 토속어류 중에는 열대어처럼 화려하진 않지만, 번식기가 되면 혼인색을 띠어 관상가치가 있는 종이 많은데 주로 각시붕어, 떡납줄갱이와 같은 납자루아과 어류와 피라미, 쉬리 등과 같은 소형의 잉어과 어류가 속한다. 또한, 밀어, 민물검정망둑, 꾹저구, 둑중개 등도 외형적 독특함이나 생태적 특성으로 사람들의 환심을 끌기에 충분한 개체들이 많이 있다.

그동안 국내에서 토속어류와 관련한 연구는 2011년 국립수산과학원 내수면양식연구센터가 서식지외 보전기관으로 등록(묵납자루, 잔가시고기 등 14개 지정)되어 종 보존 및 육종,

품종 개량, 양식기술 개발 등의 연구가 추진 중이고(한국해양수산개발원, 2010), 우리 연구소를 포함한 지자체 연구소에서는 비단잉어[1]와 토속어류[2]에 관한 연구를 추진중이다. 이러한 시점에서 2017년 『토속어류 관상어 개발연구』를 신규과제로 선정하여 납자루류(흰줄납줄개, 떡납줄갱이) 산란조건 규명을 위한 기초 연구를 추진하였다.

재료 및 방법

납자루류의 산란조건 규명을 위해 납자루아과 어류인 흰줄납줄개와 떡납줄갱이를 선정하였고(그림 1), 시험어는 산란기가 지난 2017년 10월경에 안성천 일대에서 채집하였다. 시험어의 배치는 치어생산동내 관상어연구실의 전면이 투명한 유리수조(1000×500×500mm) 총 4개 수조에 흰줄납줄개 30마리씩 2개 수조, 떡납줄갱이 30마리씩 2개 수조에 수용하였고 이때 암수비율은 1:1로 하였다. 먹이는 부상성 배합사료를 1일 2회 만복으로 공급하였으며, 사육수는 외부여과기를 설치하여 각각의 수조마다 순환여과로 관리하였다.

그림 1. 흰줄납줄개(좌), 떡납줄갱이(우)

시험기간은 총 4주간(10.27~11.24) 진행하였으며, 시험 조건은 광주기와 수온을 조건별로 배치하였다(표 1). 시험조건에 다른 성 성숙도의 변화를 알아보기 위해 시험전인 10. 27일과 시험이 끝나는 11월 24일에 각각의 시험조건의 시험어 수컷5마리, 암컷 5마리의 생식소를 꺼내어 무게를 측정하여 GSI(Gonadosomatic index, 생식소 숙도지수)[3]를 산출하였다.

1) 경기도해양수산자원연구소, 경남수산자원연구소, 충북내수면연구소 비단잉어 관련 우수품종 개발연구
2) 경북토속어류산업화센터 각시붕어, 칼납자루에 관한 연구
3) GSI(Gonadosomatic index) : 생식소 숙도지수

표 1. 수온 및 광주기 조절에 따른 시험 조건

Experimental groups	Species	Temperature(℃)	Photoperiod(light/dark)
A	Rhodeus ocellatus	25	14/10
B	Rhodeus ocellatus	16	14/10
C	Rhodeus notatus	25	14/10
D	Rhodeus notatus	16	14/10

또한, 최종 측정이 끝난 후 성숙한 개체가 자연산란 가능한지를 알아보기 위해 납자루류의 자연 산란처인 민물조개(말조개)를 각각의 수조에 3개체씩 넣고 2주간 방치 한 후 민물조개(말조개)의 이매패를 열어 산란된 알의 유무를 확인하였다.

결과 및 고찰

시험결과와 비교하기 위한 대조구 설정은 자연조건에 서식중인 흰줄납줄개와 떡납줄갱이를 채집하여 GSI(생식소 숙도지수) 값을 측정하였다(표 2, 3)

표 2. 흰줄납줄개 10월(시험 전) GSI 지수

Species	Source	Sex	Average of GSI
Rhodeus ocellatus	Wild	Male	0.71
		Female	1.79
	Aquaculture	Male	1.55
		Female	1.69

흰줄납줄개 시험어의 평균전장 52±4mm, 평균체중1.2±0.3g 10마리(암5, 수5)를 이용하여 생식소 무게를 측정하였으며, 야생 채집 개체 암컷의 평균 GSI 1.79와 연구소 보유(Aquaculture) 개체 암컷의 평균 GSI 1.69로 거의 차이가 없었으며, 생식소가 거의 발달하지 않았다.

표 3. 떡납줄갱이 10월(시험전) GSI 지수

Species	Source	Sex	Average of GSI
Rhodeus notatus	Wild	Male	0.57
		Female	2.50
	Aquaculture	Male	1.47
		Female	1.49

떡납줄갱이 시험어의 평균전장 60±5mm, 평균체중2.2±0.5g 10마리(암5, 수5)를 이용하여 생식소 무게를 측정하였으며, 야생(Wild) 암컷의 GSI 2.50으로 연구소 보유(Aquaculture) 암컷의 GSI 1.49 야생에서 채집한 개체의 GSI가 높은 것으로 나타났으나, 산란 징후로 보기에는 GSI 수치가 현저하게 낮았으며 해부시 육안으로도 생식소가 발달하지 않았음을 확인 할 수 있었다(그림 2).

그림 2. 흰줄납줄개(좌), 떡납줄갱이(우) 암컷 해부사진

흰줄납줄개와 떡납줄갱이 산란 조건(수온, 광주기)에 따른 GSI 수치 변화를 알아보기 위한 시험의 대조구는 연구소 보유(Aquaculture) 개체의 GSI 수치를 설정하였으며, 시험결과는 그림 3과 4에 나타내었다.

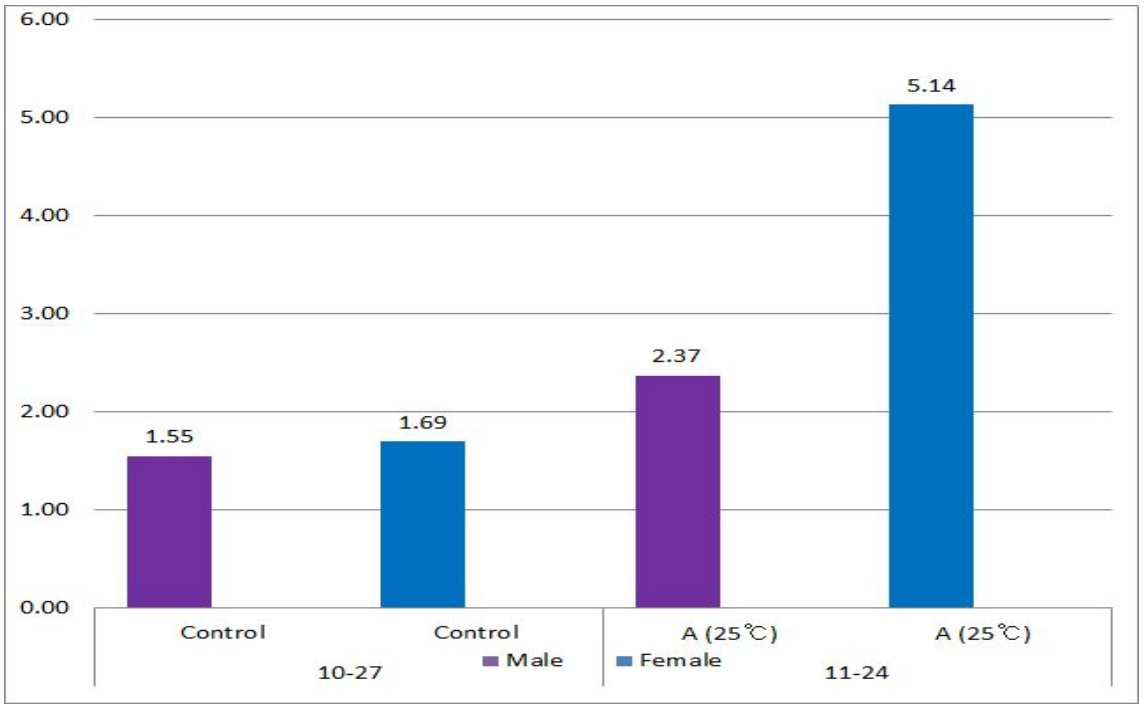


그림 3. 흰줄납줄개 GSI수치 변화

흰줄납줄개를 대상으로 수온 25℃, 광주기 14:10 조건으로 설정한(이하 "A시험구")의 경우 암컷의 GSI 수치가 5.14로 상승한 것을 확인할 수 있었다. 수온 16℃, 광주기 14:10조건으로 설정한(이하 "B 시험구") 시험구는 시험기간중 전량 폐사하여 결과 값을 측정할 수 없었다.

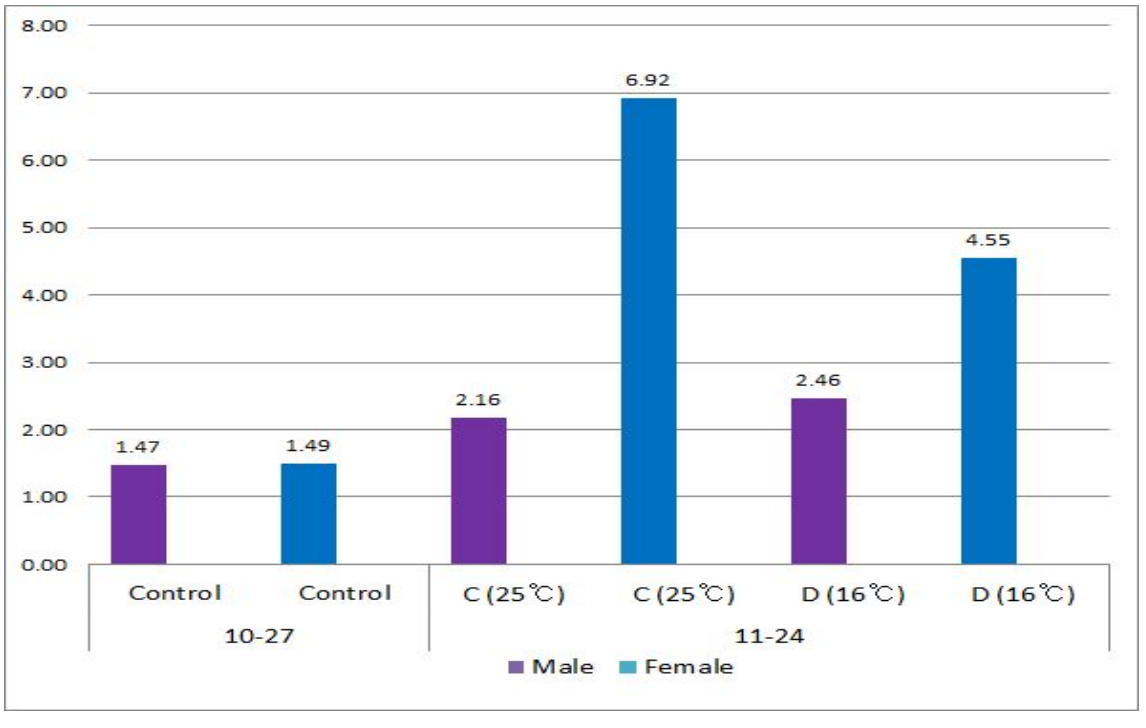


그림 4. 떡납줄갱이 GSI수치 변화

떡납줄갱이를 대상으로 수온 25℃, 광주기 14:10 조건으로 설정한(이하 “C시험구”)암컷의 GSI 수치가 6.92로 상승한 것을 확인할 수 있었고, 수온 16℃, 광주기 14:10조건으로 설정한(이하 “D 시험구”) 암컷의 GSI 수치가 4.55로 상승하여 C 시험구 GSI 수치 6.92보다는 낮은 수치였으나, 대조구의 GSI 수치 1.49보다는 높아진 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 GSI 수치가 산란가능한 수준인지를 판단하기 위해 11월 24일 이후 살아있는 민물조개(말조개)를 수조당 3개체씩 넣어 2주간 방치하여 민물조개의 이매패를 열어 실제 산란을 하였는지를 확인하였다(그림 4). 확인결과 A, C, D 시험구 모두에서 산란된 알을 확인할 수 있었다.

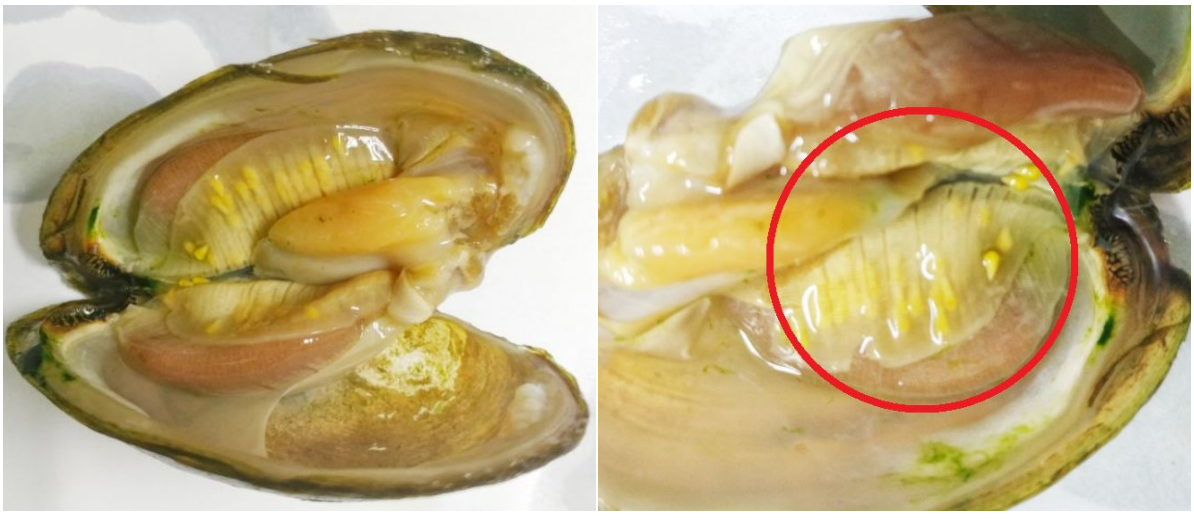


그림 4. 말조개의 이매패 안에 산란한 시험어의 알

따라서 자연생태계에서 봄철 4~5월에만 산란을 하는 납자루아과 어류의 산란조건은 광주기 14:10(L:D), 수온 16~25℃사이이며 봄철이 아니더라도 이러한 조건만 맞으면 인공적으로 성숙하여 산란한다는 것을 확인 할 수 있었다. 비슷한 선행연구로는 각시붕어의 생식주기에 미치는 광주기 및 수온의 영향(안, 1995)에 관한 연구에서 각시붕어의 성숙을 연중 제어할 수 있는 광과 수온범위는 8~20℃, 광조건은 13L이상으로 생각된다고 밝힌 바 있고, 각시붕어 산란관 신장에 관한 연구(채, 2001) 및 흰줄납줄개의 난발생과 부화자어(채, 1985)에 관한 연구를 수행하였다.

한편 납자루과 어류는 살아있는 민물조개에만 산란을 한다 이러한 납자루아과의 독특한 산란 메카니즘을 밝혀 민물조개를 대신할 인공산란유도장치를 개발한다면, 납자루아과의 아름다운 색상과 독특하면서 특이한 이러한 번식방법은 관상어를 기르고 좋아하는 사람들에게 새로운 관심을 유발할 수 있다. 단순히 납자루아과 어류가 외형이 아름다워 관상가치가 있으니 키워보라는 식보다는 아름다운 물고기가 일정 조건만 맞으면 가정의 어항에서도 누구나 생명 탄생의 신비를 지켜 볼수 있다는 것도 관상어를 기르는 즐거움일 것이다.

실제로 담수열대어의 경우 단순히 관상용보다는 번식시키는 즐거움으로 인해 대중의 오

랜 관심을 끄는 경우가 많은데, 주로 새끼물고기를 직접 낳는 구피, 플래티 같은 난태생어과 어류와 치어를 돌보는 습성을 가진 시클리드과 어류가 이러한 종들이라 할 수 있다. 토속어류인 우리 물고기를 관상용으로 개발하려면 단순 생산보급보다 외형적 매력을 지닌 물고기의 이러한 독특한 번식의 습성을 대중에게 부각시키는 것도 토속어류를 널리 알릴 수 있는 전략이라고 생각된다.

따라서 2017년에 밝혀진 흰줄납줄개, 떡납줄갱이의 산란조건을 바탕으로 이들을 연중 산란 시킬수 있으며, 2018년에는 납자루아과 어류가 민물조개에 산란하는 메카니즘을 밝혀 민물조개를 대신할 인공산란유도장치 또는 인큐베이터를 개발하는 것을 목표로 시험연구를 추진할 예정이다.

참 고 자 료

- 안철민. 1995. 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 생식주기에 미치는 광주기 및 수온의 영향. Korean J.Ichthyol. 7(1), 43~55.
- 채병수. 1985. 흰줄납줄개의 난발생과 부화자어. Korean Fish. Soc. 18(6), 586~593
- 채병수. 2001. 각시붕어, *Rhodeus uyekii*(Pisces: Cyprinidae)의 산란관의 신장. Korean J.Ichthyol. 13(2), 111~116.
- 한국해양수산개발원. 2010. 고부가가치 관상어 산업의 육성을 위한 정책 방향
- 해양수산부. 수산정보포탈, 2016. (www.fips.go.kr.)
- Wgittngton, R. J. J. and R. Chong,. 2007. “Global Trade in Ornamental Fish from an Australian Perspective: The Case for Revused Import Analysis and Management Strategies”, Preventive Veterinary Medicine, 81 (1-3)

양식생물 폐사원인 모니터링 연구

-경기도 흰다리새우 양식장 질병, 수질 모니터링-

한정조 · 조기택 · 김성곤 · 김동수

서 론

국내 갑각류 양식은 대표종이 대하 양식으로 양식되다가 2000년경 흰반점바이러스병으로 인해 대량폐사가 발생하였다. 이에 대한 대책으로 흰반점바이러스병에 강한 품종인 흰다리새우가 2006년경부터 본격적으로 양식이 되었다. 현재, 국내 생산되는 새우류중 흰다리새우가 99%이상을 차지하고 있다.

표 1. 최근 3년간 대하와 흰다리새우 양식 생산량

년도	대하		흰다리새우	
	생산량(톤)	금액(억원)	생산량(톤)	금액(억원)
’17년	18	4	5,136	994
’16년	1	0.1	5,791	935
’15년	13	2	5,515	836

※ 수산정보포털 (https://www.fips.go.kr/)

초기 흰다리새우는 흰반점바이러스병에 강하였으나 점차 흰반점바이러스병 감염으로 인한 피해가 늘어나고 있다. 이에 대한 근본적인 대책을 마련하기 위해 다양한 방법이 연구되었는데, 흰반점바이러스병인 병원체를 원천 차단하거나 병원성을 약하게 만드는 환경을 조성하는 방법이 이용되고 있다.

병원체 차단하는 폐쇄식 BFT방식으로 흰다리새우 중간육성 시스템은 5~7㎏/㎥, 집약적 못 양식시스템은 16~20톤/㎥, 반집약적 못 양식시스템은 2.5~4톤/㎥을 생산하고 있다.

또 다른 방법은 바이러스 병원체의 활성을 낮추고 항병력을 증강 시키는 방법으로 사육수 염분농도를 낮추거나 β-glucan을 투여하는 방법이 있다. 흰다리새우는 저염도에서도 성장이 가능하며 수질에 강한 편이다.(Davis *et al.*, 2004, Siripong *et al.*, 2014).

경기도의 경우 연안에 근접한 평택, 화성의 내수면에서 저염분의 지하수가 나오는 양식장에 흰다리새우를 사육하는 양식장이 10여 곳 운영되고 있다. 저염분 양식장에서 흰다리새우가 간췌장, 꼬리의 적변이 되면서 폐사하는 데 두흉갑, 아가미 등을 TCBS에 접종하면 녹색과 노란색 집락이 형성되고, toxR PCR을 실시하면 Vibrio *parahemolyticus*로 동정된다.

내륙의 지하수를 이용한 흰다리새우 양식장은 사료 과다 투여, 조류 물변화 등으로 암모니아, 아질산 수치가 높아져 대량폐사가 자주 발생 하였다.

본 연구의 목적은 평택지역 흰다리새우 양식장을 주기적으로 예찰하고 수질검사를 실시함으로 대량폐사를 사전에 예방하고, 질병 발생시 그 원인을 분석하여 저염분 양식장에서 안정적으로 양식이 가능하도록 현장애로 폐사 모니터링을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 대상 양식장

평택지역 10개 양식장을 대상으로 질병예찰 및 수질모니터링을 3회 실시하였다.

2. 질병예찰

질병예찰은 육안적 검사를 실시하고, 사료 급이량, 유영 상태를 참고하여 질병발생이 의심되는 것은 산소비닐 포장하여 연구소로 이송하였다. 흰다리새우 아가미, 근육을 TCSB에 스템프 한후 배양된 집락을 toxR (Kim *et al.*, 1999) 유전자를 검사하였다. DNA 증폭 PCR 조건은 95℃ 3분가 1회 변성시키후 95℃ 30초, 55℃ 30초, 72℃ 30초를 30회 반복하였다. 증폭된 DNA는 전기영동장치를 이용하여 *Vibrio parahaemolyticus*인지 확인하였다.

표 2. Primer set

Target Gene	Oligonucleotide sequence	Amplicon size(bp)
toxR	5′-AGCCCGCTTTCTTCAGACTC-3′ 5′-AACGAGTCTTCTGCATGGTG-3′	399

3. 수질검사

양식장내 지하수와 사육수의 14가지 항목의 수질을 측정하였다. 현장에서 수온, DO, pH는 Hach HQ40D multi로, 전기전도도는 YSI30으로 측정하였다. 정밀분석 하기위해 1L 멸균채수병에 채수하여 4℃ 아이스박스에 넣고 연구소로 이송한 다음 COD, COD, NH_3-N, NO_2-N, NO_3-N, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, Cl^-, Fe를 Hach DR 5000으로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 질병예찰

질병예찰중 A, B 2개 양식장에서 PL12기 입식한 치하의 근육에 흰색 반문이 관찰되었

다. A양식장 등은 입식후 곧바로 치하가 폐사하였다.

육안적으로 정상적인 소견이 보이는 것은 2달간 정상적으로 성장하였다. 그러나 새우는 성장이 지연되고, 근육에 흰 반문이 생기고, 등이 굽는 개체가 나타났다. 투망이나 그물로 채포한 후 물밖에 놓으면 등이 딱딱하게 굳어 있었으며, 물 밖에서 정상새우보다 빨리 폐사하였다. 전체 사육량 중 1g이하에서는 30~40%로 많은 새우에서 발생하였으며, 5g이상에서는 약 15%가 발생하였다(그림 1).

그림 1. 흰다리새우의 척추만곡, 근육 백색 반문

등이 굽고 백문이 발생한 시료를 채취한후 경기도수산질병관리원에서 질병검사를 실시한 결과 기생충, Vibrio *parahaemolyticus*는 검출되지 않았다(그림 2).

그림 2. 질병의심 흰다리새우 *Vibrio parahaemolyticus* 검사결과 불검출

표 3. 지하수 수질검사 결과

항목 \ 장소	가 양식장	나 양식장	다 양식장	라 양식장	마-1 양식장	마-2 양식장	바-1 양식장	바-2 양식장	바-3 양식장	사-1 양식장	사-2 양식장	아 양식장	자 양식장	차 양식장	최대	최소	평균
DO (㎎/ℓ)	8.28	6.37	7.03	9.78	7.98	6.75	7.25	6.07	5.34	6.15	7.05	6.23	1.52	6.59	9.78	1.52	6.60
pH	7.59	7.72	7.34	7.31	7.27	7.30	6.89	6.82	6.94	7.47	7.37	8.04	7.30	7.26	8.04	6.82	7.33
SS (㎎/ℓ)	21	5	4	15	12	81	40	39	257	2	2	109	18	36	257	2	46
COD (ppm)	35.5	17.3	18.9	36.8	37.0	34.8	38.2	36.5	37.1	5.0	5.5	42.6	26.6	36.4	42.6	5	29.2
NH_3-N (㎎/ℓ)	0.03	0.33	0.02	1.59	0.59	0.25	1.14	4.05	1.58	0.01	0.01	0.01	0.88	0.29	4.05	0.01	0.77
NO_2-N (㎎/ℓ)	0.004	0.003	0.003	0.025	0.004	16.00	0.004	0.003	0.002	0.002	0.021	0.004	0.019	0.034	16.00	0.002	1.15
NO_3-N (㎎/ℓ)	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	1.0	0.3	0.5	0.4	0.8	0.6	0.8	0.3	0.4	1	0.3	0.6
PO_4^{3-} (㎎/ℓ)	0.71	0.61	0.70	0.47	0.68	3.27	0.57	0.49	0.08	0.30	0.35	0.52	0.61	0.57	3.27	0.08	0.71
SO_4^{2-} (㎎/ℓ)		110	116	109	125	127				66	79	61	-	-	127	61	99
Cl^- (㎎/ℓ)	256.7			304.8	204.1	247.4	138.4	131.1	297.1				-	-	304.8	131.1	225.7
Fe (㎎/ℓ)	0.43	0.11	0.20	0.06	0.10	0.36	0.23	0.96	6.32	0.15	0.28	0.21	4.84	0.45	6.32	0.06	1.05
총경도 (㎎/ℓ)	300	400	300	310	300	350	360	400	410	300	300	300	400	400	410	300	345
염도 (PSU, ppt)	14.1	6.9	6.8	7.8	12.7	12.5	16.5	31.4	8.1	1.5	1.2	1.2-	6.91	22.5	31.4	1.2	11.5
전기전도도 (μS/cm)	21.74 21.24	12.07 11.87	11.83 11.66	14.37 13.40	21.44 21.04	20.83 20.33	26.77 26.38	48.01 47.80	13.94 13.76	2778 2758	2756 2547	2295 2291	10.11 8.73	34.78 30.36	2778 2758	10.11 8.73	576.06 558.76

표 4. 사육수 수질검사 결과

항목 \ 장소	가 양식장	나 양식장	다 양식장	라 양식장	마 양식장	바 양식장	사 양식장	아 양식장	차 양식장	카 양식장	최대	최소	평균
수온 (℃)	35.2	29	29.2	29	28.1	28	27.4	26.7	26.5	28.3	35.2	26.5	28.7
DO (㎎/ℓ)	2.3	9.46	12.43	5.59	9.04	7.31	8.42	9.69	9.76	8.31	12.43	2.30	8.23
	32.70%	125.10%	161.90%	70.20%	116.20%	106.00%	106.00%	121.10%	121.05%	106.20%	161.9%	32.7%	106.65%
pH	7.29	8.55	8.47	7.84	8.89	6.41	8.1	8.29	8.33	8.23	8.89	6.41	8.04
SS (㎎/ℓ)	81	44	84	41	46	37	36	19	29	57	84	19	47.4
COD (ppm)	31.2	31.1	36.1	37.7	35.9	33.4	37.1	36.9	37	35.6	37.7	31.1	35.2
NH_3-N (㎎/ℓ)	2.54	1.81	1.02	0.24	0.63	12.3	2.24	0.21	0.03	0.12	12.3	0.03	2.11
NO_2-N (㎎/ℓ)	0.018	0.104	0.093	0.125	0.592	0.061	0.314	0.023	0.025	0.065	0.592	0.018	0.142
NO_3-N (㎎/ℓ)	0.1	0.1	0.2	6.9	0.8	3.3	0.3	0.1	0.3	1.7	6.9	0.1	1.38
PO_4^{3-} (㎎/ℓ)	0.55	0.83	0.39		0.7		3.65	0.45	0.49	0.08	3.65	0.08	0.8925
Fe (㎎/ℓ)	6.98	0.45	0.83	0.39	6.97	0.64	0.45	0.38	0.49	0.68	6.98	0.38	1.826
총경도 (㎎/ℓ)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
염도 (PSU, ppt)	16.72	13.12	17.98	7.4	6.17	23.9	18.2	20	20.3	24.6	24.6	6.17	16.839
전기전도도 (μS/㎝)	26.17	20.41	19.17	10.9	10.3	37.23	28.58	32.46	31.23	39.72	39.72	10.3	25.617
	21.71	17.91	15.63	9.37	9.1	32.5	25.2	29.48	30.11	30.51	32.5	9.1	22.152

지하수 수질검사 결과는 표3과 같다. 용존산소 9.78~1.52㎎/ℓ(평균 6.60㎎/ℓ)으로 일반 지하수에 비해 용존산소 농도가 높았는데 양어용수 대부분이 지하 심층수가 아닌 표층수를 많이 사용하기 때문에 높게 나타난 것으로 사료된다. pH는 8.04~6.82(평균 7.33)으로 흰다리새우 사용용수로 적합하였다. SS는 257~2㎎/ℓ(평균 46㎎/ℓ)으로 2개소 양식장 100㎎/ℓ이상으로 많은 뻘이 사육수에 공급되어 수질이 지속적으로 나쁘게 나타났다. COD는 42.6~5ppm(평균 29.2ppm)로 염분을 많이 함유하고 있는 양식장일수록 높게 나타났다. 암모니아성질소는 4.05~0.01㎎/ℓ(평균 0.77㎎/ℓ)으로 대부분의 양식장에서 낮게 나타났고 1개 양식장만 4.05㎎/ℓ로 높게 나타났다. 대부분의 양식장은 수질개선제를 투여와 사료 적량 급이를 함으로 암모니아 수치를 낮추어서 문제점을 해소 시켰다. 아질산성 질소는 16.00~0.002㎎/ℓ(평균 1.15㎎/ℓ)으로 1개 양식장을 제외한 나머지 양식장은 0.1㎎/ℓ이하이었다. 높게 나타난 양식장은 지하수 폐공을 권유하였다. 질산성질소는 1.0~0.3㎎/ℓ(평균 0.6㎎/ℓ), 인산염 3.27~0.08㎎/ℓ(평균 0.71㎎/ℓ), 황산염127~61㎎/ℓ(평균 99㎎/ℓ)로 특이사항이 없었다. 염소는 304.8~131.1㎎/ℓ(평균 225.7㎎/ℓ), 염도 31.4~1.2PSU(평균 11.5PSU), 전기전도도 2,778~10.11μS/㎝(평균 576.06μS/㎝)으로 지하수가 해수에 직접 영향을 받는 곳과 간척지 공사로 인해 해수가 갇힌지역에 건수의 영향으로 염도가 낮은 곳으로 분류되었다. 저염도 지역의 경우 염도가 지속적으로 낮아지고 있어 향후 안정적인 양식을 위해서는 15PSU이상의 지하수를 확보하는 것이 필요하다. 철은 6.32~0.06㎎/ℓ(평균 1.05㎎/ℓ)로 1개 양식장을 제외하고는 모두 낮게 나타났다. 높게 나타난 양식장에 물을 정밀 검사한 결과 0.2㎛필터한후 수질검사하면 0.5㎎/ℓ이하로 나왔다. 물속에 녹아있는 철분은 적고 대부분 부유물질에 철분이 함유되어 있었다. 그래서 지하수를 뽑아 올린후 작은 노지에 12시간 물을 정체 시킨후 상층수를 양어용수로 사용한 결과 흰다리새우 폐사가 발생하지 않았다.

사육수 수질검사 결과는 표4와 같다. 여름철 수온은 35.2~26.5℃(평균 28.7℃)로 양식장마다 큰 차이를 나타내었다. 용존산소는 12.43~2.30㎎/ℓ(평균 8.23㎎/ℓ)이고 산소포화도는 161.9~32.7%(평균 106.65%)를 나타내었다. 특히 가 양식장의 경우 높은 수온과 낮은 산소포화도로 인해 흰다리새우가 호흡곤란을 일으켰다. 여름철 노지에서 광합성이 활발히 이루어져 평균 8.23㎎/ℓ으로 높은 수치를 나타내었다. 그러나 사료 급이 및 새벽에는 용존산소가 5㎎/ℓ이하로 떨어지는 경우도 많아서 산소부족 문제는 자주 발생하였다. 향후 산소돌과 수차에 의한 폭기와 함께 산소용해기를 도입하는 방안도 고려해야겠다. pH는 최대 8.89~6.41(평균 8.04)로 바 양식장을 제외하고는 모두 정상수치에 있었다. SS는 84~19㎎/ℓ(평균 47.4㎎/ℓ)이고, COD는 37.7~31.1㎎/ℓ(35.2㎎/ℓ)로 육성하는데 문제가 없었다. 암모니아는 12.3~0.03㎎/ℓ(평균 2.11㎎/ℓ)로 편차가 크고 아질산은 0.592~0.018㎎/ℓ(평균 0.142㎎/ℓ)를 나타내었다. 처음 육성시작 3~4주경 암모니아 수치가 갑자기 오르고 쉽게 수치가 떨어지지 않으며 사료급이량을 줄이고, 수질 개선제를 투여하면 점차 아질산이 증가하면서 1㎎/ℓ이하로 떨어뜨릴 수 있었다. 아질산은 천천히 수치가 올라가며 떨어지는 속도도 느려

입식 후 5주경부터 수확 때까지 오르내림을 반복하였다. 아질산은 사료 공급량과 깊은 관계가 있으며 수치를 낮추기 위해 매일 찌꺼기 배수와 수질개선제를 투여하였다. 또한 탄소(C)량을 증가시키기 위해 당밀, 포도당, 흑설탕, 알콜을 넣어서 아질산을 낮추었다. 그러나 아질산을 0.01㎎/ℓ까지는 떨어지지 않아서 최종 사료급이량을 가감을 하였다. 사료 급이량 결정은 먹이터에 사료를 넣은 후 감소한량, 먹는 시간, 배설물량 등을 참고하였다.

2017년 양식생물 폐사원인 모니터링 조사결과 흰다리새우 양성에 실패한 양식장을 분석 밀식으로 성장저하, 셋째, 여름철 사료급이 과다로 인한 수질악화로 인한 폐사, 넷째, 저염도 양식장의 이온불균형에 따른 성장지연 및 탈피지연이 발생하였다.

도내 저염도 양식장의 경우 Mg와 Ca의 비율을 3:1로 보정하고, K량을 보충하면 흰다리새우 폐사량 감소와 성장률 향상이 기대되어 향후 양식장 현장적용 연구를 추진할 필요가 있다.

참 고 자 료

- Davis, D. Allen, Samocha, Tzachi M., Boyd, C. E. 2004. Acclimating Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to inland, low-salinity waters. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center.

- Dominic J. Schuler and Gregory D. Boardman. 2010. Acute Toxicity of Ammonia and Nitrite to Pacific White Shrimp, Litopenaeus vannamei, at Low Salinities. Journal of the world aquaculture society, 41, 438-446.

- John A. Hargreaves. 2013. Biofloc production systems of aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center.

- Russell S. Neal, Shawn D. Coyle and James H. Tidwell. 2010. Evaluation of stocking density and light level on the growth and survival of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in zero-exchange systems. Journal of the world aquaculture society, 41, 533-544.

- Samocha, T. M., Wilkenfeld, J. S., Morris, T. C., Correia, E. S., & Hanson, T. 2010. Intensive raceways without water exchange analyzed for white shrimp culture. Global Aquaculture Advocate, 13, 22-24.

- Stuart J. Arnold, Frank E. Coman, Chris J. Jackson, Sarah A. Groves. 2009. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. Aquaculture, 293, 42-48.

- Su-Kyoung Kim, Zhenguo Pang, Hyung-Chel Seo, Yeong-Rok Cho, Tzachi Samocha and In-Kwon Jang. 2014. Aquaculture Research, 45, 362-371.

양식생물 폐사원인 모니터링 연구

- 무지개송어의 바이러스 감염에 따른 다양한 유전자의 발현량 비교 -

조기택, 김창미, 한정조, 김성곤, 김동수

서 론

무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)는 냉수성 어종으로서 강원도 등 주로 사육수온을 낮게 유지할 수 있는 지역에서 양식이 활발히 이루어지고 있으며, 특히 최근에는 일정기간 육상에서 양식한 다음 바다에서 빠르게 성장시켜 출하하는 바다송어도 산업적으로 각광을 받고 있는 추세이다.

바이러스성 질병 중 하나인 급성조혈기괴사증(Infectious Hematopoietic Necrosis Virus, IHNV)는 국내외의 무지개송어 양식현장에 종종 발생하고 있다(Kim et al., 2016; Jia et al., 2014). IHNV는 Rhabdoviridae에 속하는 바이러스로서 외막을 가지는 탄환형의 형태를 띄고 있으며, (-) Single Strand 바이러스이다. IHNV의 전체 유전자는 N(Nucleocapsid), P(Phospoprotein), M(Matrix protein), G(Glycoprotein), NV(Non-Virion protein), L(RNA-depentent RNA polymerase, large protein) 순서로 구성되어 있으며, 그중 G gene은 IHNV의 검출에 주로 사용되고 있다. IHNV는 전세계적으로 분포하고 있으며, 계통발생학적으로 U, M, L, E, J type으로 나뉜다. U, M, L type은 북미와 일본에서 주로 검출되며, E type은 유럽지역에서 검출되고 있다. J type은 아시아권에서 주로 발견되고 있으며, 계통학적으로 J Nagano와 J Shizuoka로 다시 분류된다. 국내에서 검출되는 IHNV의 경우 J Nagano와 Shizuoka에 분포해 있으며, 최근 중국에서 검출되는 IHNV Strain이 주로 J Nagano에 속한다는 보고가 있다(Jia et al., 2014; Kim et al., 2016).

어류는 바이러스 등 병원체에 대해 다양한 면역체계를 이루고 있으며, 크게 선천성 면역과 후천성 면역으로 나뉜다. 다양한 어류에 바이러스 감염으로 인한 면역유전자에 대한 연구는 많이 보고되어 있으며, 송어류에 주로 감염되는 IHNV와 IPNV 등에 의한 Mx gene, IL gene의 발현량이 증가된다고 알려져 있다(Purcell et al., 2004). 특히 Mx gene은 참돔이리도바이러스 (Red seabream Iridovirus, RSIV)에 감염된 돌돔에서 매우 높은 발현량을 보이며, IHNV에 감염된 무지개송어에서도 동일한 결과가 보고되고 있다(Jin et al., 2016). 면역유전자 이외에도 다양한 유전자들이 바이러스의 감염과 증식에 많은 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다.

Cyclophilin A(CypA)는 Cyclophilins(CyPs)에 속하는 여러 단백질 중 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 모든 진핵생물과 원핵생물에 존재하는 것으로 알려져 있다(Nigro et al., 2013). CypA는 proline 잔기에서 peptide bond의 *trans* 형태에서 *cis* 형태로 바뀌는

(isomerization) Peptidyl prolyl isomerase activity를 가진다. 또한, CypA는 protein folding, trafficking, T-cell activation과 같은 생물학적 조건에 대해 중요한 역할을 하며, 특히 바이러스 감염 등에 의한 염증성 자극에 따라 세포외로 분비되어 Autocrine/Paracrine와 같은 세포간 communication에도 관여한다. CypA는 peptidyl prolyl isomerase A(PPIA) gene에 암호화되어 있으며, 인간면역결핍바이러스 (Human immunodeficiency virus type 1, HIV-1)과 수포성 구내염 바이러스(Vesicular Stomatitis virus, VSV)의 감염과 관련하여 깊은 연관관계가 있다는 보고가 있다(Braaten and Luban, 2001; Bose et al., 2003)

본 연구의 목적은 IHNV의 어체내 감염기작에 영향을 미치는 요인에 대해 확인하고, 향후 감염기작 연구의 기초자료를 확보하는 것이다. 이를 위해 도내에서 양식되고 있는 무지개송어에서 IHNV를 분리해 냈으며, 분리균주의 유전학적 및 세포독성학적 특성을 분석하였다. 또한 분리균주를 *in vitro*와 *in vivo* 환경에서 인위적으로 접종하였고, 이에 따라 Mx gene 등과 같은 면역유전자와 CypA gene의 발현량을 비교하였다.

재료 및 방법

1. 분리균주 및 Cell line

2016~2018년 1월 동안 도내 무지개송어 양식장에서 분리된 IHNV 총 3균주를 실험에 사용하였다 (Table 1). 실험에 사용한 Cell line은 Epithelioma Papulosum Cyprini(EPC, ATCC® CRL-2872, USA)와 RTgill-W1(ATCC® CRL-2523, USA)를 ATCC를 통해 분양받아 사용하였다. Cell line은 L-15 medium(Leivobitz)(Sigma-aldrich, USA)에서 배양하였으며, 20℃에서 1~5일후 cell이 부착되어 잘 자라는 것을 확인하였다.

Table 92. Sampling for occurrence of IHNV at aquaculture sites for rainbow trout or immune test

Year	Location	Name	Length(cm)	Weight(g)	
2016	Yangpyeong	rtYP1603-01	6.25±0.55	5.04±0.72	
2017	Lab	Immune test sample	8.21±2.35	7.37±2.60	Control group
			8.45±0.94	5.94±1.45	Test group
2018	Pocheon	rtPC1701-01	35.5±2	660.03±49.42	
2018	Pocheon	rtPC1701-02	20.95±0.95	421.15±9.05	

2. 도내 무지개송어 양식현장 모니터링

도내 무지개송어 양식장을 주기적으로 모니터링하여 폐사가 발생하였거나 임상증상이 있는 어체를 선별하여 질병검사를 실시하였다. 주 임상증상으로는 체색흑화, 장기내 점상출혈, 지방조직내 점상출혈 등이 관찰되었으며, 다양한 어체 크기에서 확인되었다. 어체에서 비장(Spleen), 두신(Anterior Kidney), 간(Liver), 아가미(Gill), 유문수(Pyloric ceca)를 일부 절개한 뒤, 마쇄하여 실험에 사용하였다. 모니터링 기간중 IHNV가 확인된 어체에서는 기생충, 세균 등 다른 병원체의 감염은 확인되지 않았다.

3. IHNV 감염에 따른 유전자 발현 실험

3-1. 실험 design

IHNV의 감염에 따른 면역유전자 등 다양한 유전자의 발현을 확인하기 위하여, 연구소내 실험수조를 설치하여 무지개송어에 IHNV 균주를 인위감염(Challenge) 시켰다. 실험에 사용할 무지개송어는 2016년에 연구소에서 종묘생산된 무지개송어 치어를 사용하였고, 40L 수조에서 축양한 후 실험에 사용하였다. 축양 중에는 상업용으로 판매되는 배합사료를 어체중의 1.5%로 하루에 1번 급이하였고, challenge 후에는 급이하지 않았다.

Fig. 173. Design of experimental tank in this study

Fig. 174. Disinfection of experimental tank by using Iodine

3-2. Virus Challenge

실험에 사용한 바이러스는 도내에서 분리된 균주 중 rtYP1603-01를 사용하였으며, 인위감염에 사용할 접종액(Inoculum)을 EPC와 RTgill-W1에 감염시켜 제작하였다. 방법은 다음과 같다. IHNV가 확인된 조직의 일부를 L-15 medium에서 마쇄한 후, 3,000rpm에서 5분간 원심분리하여 상층액을 분리하였다. 이렇게 제작된 Inoculum은 25㎠ cell culture flask에서 1×10^5 cell/ml로 배양된 EPC, RTgill-W1 cell line에 30분간 흡착시킨 후, Inoculum을 제거

한다. Challenge를 마친 cell line에 L-15 medium을 5ml 첨가한 후, 15℃에서 5일간 배양하였다. 4일째부터 세포가 구형화되는 세포변성효과(Cytopathic Effect, CPE)가 나타나는 것을 확인하였다(Fig. 3).

실험을 위한 Virus의 양은 $TCID_{50}$ 실험법을 사용하여 확인하였다. 25㎠ cell culture flask에 적정량 배양된 EPC cell에 Trypsin EDTA 500㎕를 첨가한 후, 1×10^5cell/ml 농도가 되도록 적절히 희석하여 96-well microplate에 세포액 100㎕를 첨가한 후, 1일후 70% 정도의 cell이 배양되었는지를 확인하였다. Cell의 배양이 확인된 plate에 Inoculum을 단계희석하여 각 well당 25㎕ 첨가하였고, 15℃에서 3~5일간 배양하며 CPE를 확인하였다. Inoculum은 2.2×10^5 $TCID_{50}$/ml가 접종되도록 L-15 medium으로 적절히 희석하여 준비하였다. 복강내주사(Intraperitoneal, I.p.)를 통해 실험어에 Inoculum을 Challenge하였고, 0일째부터 1일째, 3일째, 5일째, 8일째에 각 3마리씩 sampling하여 Spleen, Kidney, Liver, Gill, Pyloric ceca 조직을 채취하였다.

4. Real-time PCR

4-1. RNA 추출

모니터링과 유전자 발현 실험을 위해 sampling한 조직 시료의 RNA 추출은 Trizol법을 사용하였다. 방법은 다음과 같다. 조직 마쇄액 또는 세포 배양액에 Trizol 1㎖을 첨가하고, 상온에서 5분간 반응시킨다. 반응이 끝난 후 Chloroform 200㎕ 첨가하고 세게 흔들어주고 상온에서 2~3분간 반응시킨다. 반응이 끝난 시료를 2~8℃ 원심분리기에서 12,000g, 10분간 원심분리한다 (A). 층이 분리된 것을 확인한 뒤, 상층액을 새로운 e-tube에 옮긴다. 여기에 Isopropanol 500㎕를 첨가하고 상온에서 5분간 방치한 후 A 단계를 진행한다. 상층액을 제거한 후, 75% ethanol 1㎖을 첨가하고 A 단계를 진행한다. 세척단계가 끝나면 남은 액을 완전히 제거한 후, clean bench에서 5~10분 정도 말려준다. 이때 너무 건조되지 않도록 유의한다. 건조가 끝난 tube에 DEPC(Diethyl pyrocarbonate)로 처리한 D·W 20㎕ 첨가하여 건고된 RNA를 녹인다. 완성된 RNA 시료는 cDNA로 합성한 후, -80℃에서 냉동보관한다.

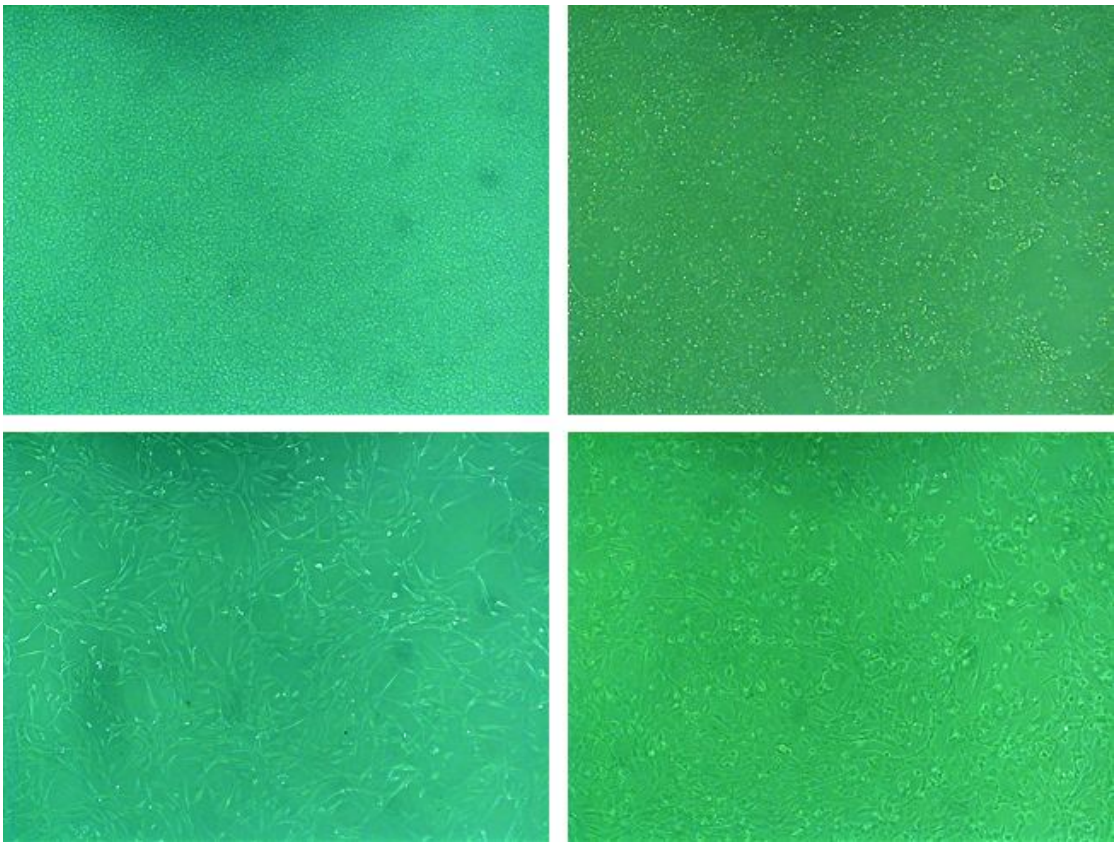


Fig. 175. Development of viral cytopathic effect(CPE) in cell culture. upper, EPC cell line; below, RTgill-W1 cell line. left row, normal cell line before challenge; right row, CPE at 4days after challenge.

4-2. cDNA 합성

추출된 RNA의 cDNA 합성은 iScript cDNA Synthesis kit(Bio-Rad, USA)를 사용하였다. 방법은 다음과 같다. RNA 시료 2㎕와 5×iScript reaction mix 4㎕, iScript reverse transcriptase 1㎕, Nuclease-free water 3㎕를 PCR tube에 첨가하여 잘 섞어 준다. mixture는 25℃에서 5분, 42℃에서 30분, 85℃에서 5분간 반응하여 cDNA를 합성하였다.

4-3. primer 제작

본 연구에서는 기존에 보고되었던 무지개송어의 면역유전자, IHNV G protein과 CypA gene에 특이적으로 자체 제작된 것을 사용하였다 (Table 2).

4-4. Real-time PCR

본 연구에서 분리된 무지개송어의 유전자 sample 내 존재하는 다양한 유전자의 정량적 분석을 위하여, 최종적으로 합성한 cDNA와 특이적 primer를 이용하여 Real-time PCR을 실시하였다. 2×Power SYBR® Green PCR Master Mix(Life technologies, USA) 10㎕, 150nM의 sense primer와 antisense primer, template 1㎕를 첨가한 후, distilled water로 최

종액의 볼륨을 20㎕가 되도록 하였다. 이렇게 제작한 혼합액은 StepOne Plus Real-time PCR System (Life technologies, USA)을 이용하여(Fig. 5), 95℃에서 10분간 활성을 시켜준 다음, 95℃에서 15초, 60℃에서 1분간 반응을 40회 반복하여 실시하였다. CypA 유전자의 발현량은 장기별 및 시료채취 일자별로 비교하였고, 계산은 다음과 같다. 먼저 Real-time PCR을 통해 얻은 시료 각각의 CypA 유전자 C_T값과 EF-1α 유전자 C_T값의 산술차(ΔC_T)를 얻었다. 실험군과 대조군(0day)의 유전자 발현량은 실험군의 ΔC_T값에서 대조군의 ΔC_T값을 뺀 후($\Delta\Delta C_T$), 배수 차이를 확인하기 위하여 $2^{-\Delta\Delta CT}$에 대입하여 상대적인 발현량을 비교하였다.

5. PCR

본 연구에서 분리된 조직시료내 바이러스 유전자의 존재를 확인하기 위해, 4-2에서 제작된 cDNA를 template로 하여 PCR을 실시하였다. 10X PCR buffer 2㎕, 200μM의 각각의 dNTP, 1μM의 sense primer와 antisense primer(Table 2), Taq DNA polymerase (TaKaRa, Japan) 및 template 1㎕를 첨가한 후 distilled water로 최종액의 volume이 20㎕가 되도록 했다. PCR 혼합물은 DNA Engine Tetrad 2 Thermal Cycler (Bio-Rad, USA)를 사용하여, 95℃에서 5분간 pre-denaturation 시킨 후, 95℃에서 1분간 denaturation, 55℃에서 1분간 annealing, 72℃에서 1분간 extension의 반응을 35 cycle 반복 수행한 후 72℃에서 7분간 post-extension 시켰다. PCR 후 증폭 산물은 자동전기영동장치인 QIAxcel (QIAGEN, USA)에서 전기영동한 결과를 확인하였다.

6. 통계분석

모든 통계분석은 SPSS Ver. 10 (SPSS Inc., USA) 통계 프로그램을 사용하였으며, one-way ANOVA test를 실시하였다. 유의성은 Duncan의 다중검정으로 실시하였고, 일간 변화의 항목별 비교에서는 회귀분석을 통해 검정하였다 ($P<0.05$). 유전자 염기서열은 MACAW program (Version 2.0.5, National Center for Biotechnology Information, National Institutes of Health, Bthesda, MD, USA)을 사용하여 비교하였다.

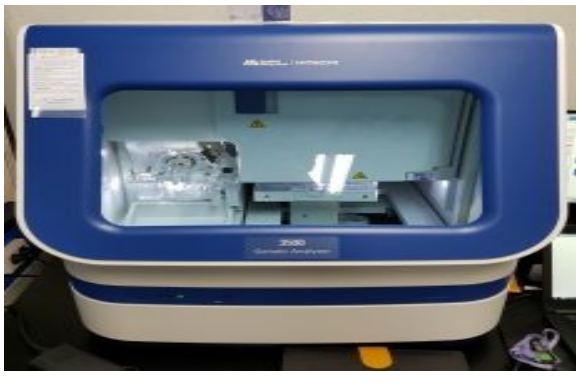


Fig. 176. Automated genetic analyser (Life technologies, USA)

Fig. 177. Real-time PCR(Life technologies, USA)

Table 2. Primers used in Real-time PCR reaction for detection of various gene for *O. mykiss* in this study

Primer	Nucleotide sequence(5'→3')	Name	
IFN1-F	AAAACTGTTTGATGGGAATATGAAA	Type Ⅰ Interferon	Ballesteros et al., 2015
IFN1-R	CGTTTCAGTCTCCTCTCAGGTT		
Mx1-F	AGCTCAAACGCCTGATGAAG	Interferon-induced protein Mx1	
Mx1-R	ACCCCACTGAAACACACCTG		
Mx3-F	AGCTCAAACGCCTGATGAAG	Interferon-induced protein Mx3	
Mx2-R	TGAATATGTCTGTTATCCTCCCAAA		
Vig1-F	ACGACCTCCAGCTCCCAAGT	Viperin 1	
Vig1-R	GTCCAGGTGGCTCTTCCTGC		
Vig2-F	CCACCCACGTCATATCAGGG	Viperin 2	
Vig2-R	AACGCAGACGCTTGTTGGC		
TLR3-F	AGCCCTTTGCTGCCTTACAGAG	Toll-like receptor 3-like protein	
TLR3-R	GTCTTCAGGTCATTTTTGGACACG		
TLR7-F	TACAGCTTGGTAACATGACTCTCC	Toll-like receptor 7	
TLR7-R	CAACTCTCTGAGACTTGTCGGTAA		
TL8a2-F	CAGCATTGAACGGGACAGAG	Toll-like receptor 8a2	
TL8a2-R	CGTTGTCATAGGCCAGGTCA		
CD4-F	CCTGCTCATCCACAGCCTAT	T-cell surface glycoprotein CD4	
CD4-R	CTTCTCCTGGCTGTCTGACC		
CD8-F	AGTCGTGCAAAGTGGGAAAG	T-cell surface glycoprotein CD8 alpha precursor	
CD8-R	GGTTGCAATGGCATACAGTC		
IgM-F	ACCTTAACCAGCCGAAAGGG	Membrane bound Immunoglobulin M	
IgM-R	TGTCCCATTGCTCCAGTCC		
IgT-F	AGCACCAGGGTGAAACCA	Immonoglobulin Tau heavy chain	
IgT-R	GCGGTGGGTTCAGAGTCA		
EF1a-F	GATCCAGAAGGAGGTCACCA	Elongation factor EF1 alpha (house-keeping gene)	
EF1a-R	TTACGTTCGACCTTCCATCC		
RTCYPA-F3	ACTTCGACATCACTATCGGCG	Cyclophilin A	For Sequencing
RTCYPA-R3	GCTAGCGATGATGTTGAGGC		
RTCYPAreal-F3	ACTGCAGAGAACTTCCGTGT		For Real-time PCR
RTCYPAreal-R3	GCACATGAAACCGGGGATGA		
EXT1	AGAGATCCCTACACCAGAGAC	IHNV G protein	For detection of IHNV (Suebsing et al., 2011)
EXT2	GGTGGTGTTGTTTCCGTGCAA		
INT1	TCACCCTGCCAGACTCATTGG		
INT2	ATAGATGGAGCCTTTGTGCAT		

결과 및 고찰

1. IHNV 모니터링 및 균주 분리

도내 무지개송어 양식현장의 IHNV 등 질병 모니터링을 실시하였고, 3개의 IHNV 분리균주를 얻을 수 있었다(Table 1). IHNV가 분리된 어체에서는 복강내 지방조직의 점상출혈 등 IHNV의 주요 감염증상이 확인되었으며(Fig. 6, 7, 8), 모든 시료에서 PCR법으로 IHNV가 검출되는 것을 확인하였다. 본 실험에 사용된 rtYP1603-01의 전체 유전자 염기서열을 NCBI 웹사이트의 Blast로 분석한 결과, J Nagano에 속한 균주(HLJ09)와 97%의 높은 상동성을 나타내었다(Fig. 9). 모니터링 기간 중에는 IHNV 이외의 다른 바이러스성 질병은 확인되지 않았으며, 일부에서 세균 및 기생충 감염이 확인되었다(data not shown).

Challenge 실험에 사용된 모든 개체에서도 IHNV를 PCR법으로 검출됨을 확인하였으며, 체색흑화 이외의 특별한 임상증상은 보이지 않았다.

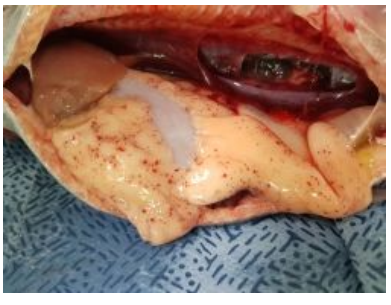


Fig. 178. Petechial haemorrhage on abdominal Lipid tissue

Fig. 179. Severe haemorrhage on abdominal muscle

Fig. 180. Normal organs of abdominal cavity

Sequences producing significant alignments:

Select: All None Selected:0

Alignments Download GenBank Graphics Distance tree of results

Description	Max score	Total score	Query cover	E value	Ident	Accession
Infectious hematopoietic necrosis virus strain HLJ-09, complete genome	18548	18548	100%	0.0	97%	JX649101.1
Infectious hematopoietic necrosis virus, complete genome	18526	18526	99%	0.0	97%	KJ421216.1
Infectious haematopoietic necrosis virus (IHNV) complete genome	17666	17666	99%	0.0	95%	X89213.1
Infectious hematopoietic necrosis virus complete genome	17446	17446	100%	0.0	95%	L40883.1
Infectious hematopoietic necrosis virus strain 220-90, complete genome	17187	17187	100%	0.0	95%	HM461966.1
Infectious hematopoietic necrosis virus isolate 220-90, complete genome	17115	17115	100%	0.0	94%	GQ413939.1

Fig. 181. Results of Blast for rtYP1603-01 strain by using NCBI web site.

2. IHNV 감염에 따른 유전자 발현 확인

IHNV 감염에 따른 유전자 발현을 확인하기 위하여 다양한 면역유전자에 특이적인 primer set로 Real-time PCR을 실시하였다. 그 결과, 12 종류의 면역유전자의 발현을 확인하였으며(data not shown), 이는 향후 IHNV의 면역에 따른 실험의 기초자료로 활용할 계획이다.

3. IHNV 감염에 따른 CypA 발현량 비교

IHNV와 CypA의 상관관계를 분석하기 위하여 CypA에 특이적인 primer를 자체 제작하여 PCR 및 Real-time PCR로 분석하였다. 자체 제작된 sequencing용과 Real-time PCR용인 primer set로 PCR한 결과, 각각 404bp와 93bp인 band를 확인하였다(data not shown).

IHNV를 challenge 시킨 후 8일째까지의 CypA 발현량을 확인한 결과(Fig. 10), 대부분의 장기에서 5일째에 급격히 증가한 다음 8일째에 감소하는 경향을 보였다. 최대 발현량은 Kidney>Spleen>Liver>Gill>Pyloric ceca 순으로 나타났으며, Gill과 Pyloric ceca에서는 거의 일정한 발현량을 보였다. 특히 Kidney에서만 challenge 후 5일째에 유의성 있게 증가하는 것을 확인할 수 있었으며(P<0.05), 나머지 장기들에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05)(Fig. 10). 이는 IHNV가 조혈기에 괴사를 일으키는 특징을 보인다는 점과 일치하는 결과이며, OIE 매뉴얼에서 제시하는 IHNV의 검출을 위한 주요 장기와도 일치한다(OIE, 2017). 이번 연구에서는 challenge 후 8일째에 실험어가 모두 폐사하여 실험을 중단하였는데, 이는 일반적으로 15일까지 면역유전자를 확인하는 다른 보고결과와 상반된다(Ballesteros et al., 2015). 이런 현상은 이번 연구에서 challenge한 Inoculum의 virus 농도가 높게 설정되었거나 실험환경의 부적합성이 영향을 미쳤을 것이라 추정된다. Challenge 기간 동안 virus의 전파를 막기 위해 물갈이를 하지 않는 대신 소형여과기를 사용하여 수질을 개선하였고, 축양기간 동안 특별한 이상이나 폐사는 없었다. 하지만 challenge 후에는 virus의 증식으로 인해 면역체계에 이상이 생기기 시작하므로, 매우 작은 수질변화로 인해서도 높은 폐사가 발생했을 가능성이 있다. 향후 동일한 *in vivo* 실험 시에 사육수조 환경을 개선하여 더욱 신뢰성 있는 연구를 진행할 계획이다.

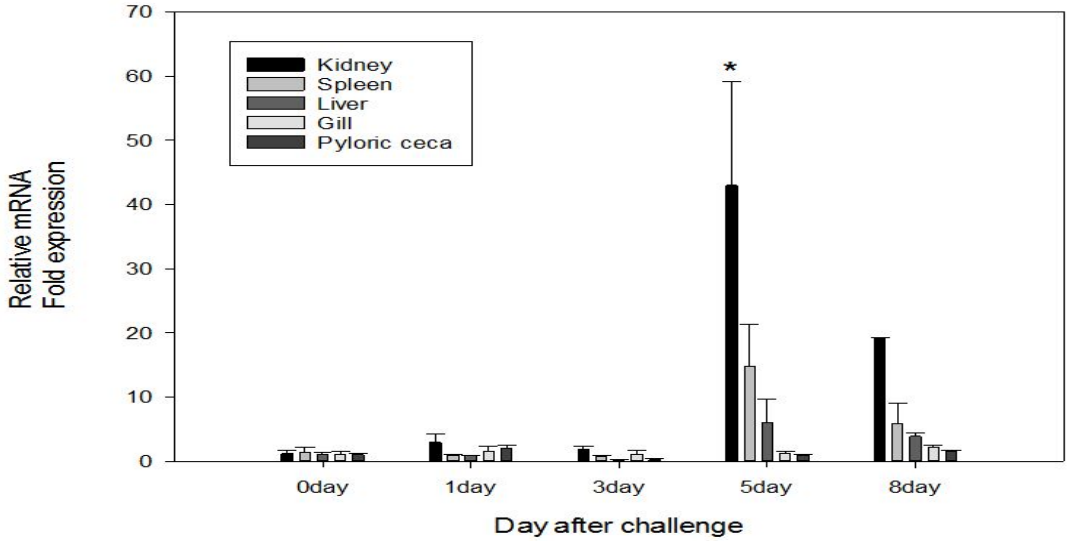


Fig. 182. Relative Fold expression of *Oncorhynchus mykiss* CypA gene according to challenge of IHNV. The asterisk upper the bar within each group marks significant differences by Duncan's multiple range test (P<0.05). The endogenous control gene was used EF-1α gene. The means of three fishes (n=3) in each group are shown.

참 고 자 료

- Ballesteros, NA, Alonso, M, Saint-Jean, SR, Perez-Prieto SI. 2015. An oral DNA vaccine against infectious haematopoietic necrosis virus (IHNV) encapsulated in alginate microspheres induces dosedependent immune responses and significant protection in rainbow trout (*Oncorrhynchus mykiss*). Fish & Shellfish Immunology, 45:877-888

- Bose, S, Mathur, M, Bates, P, Joshi, N and Banerjee, AK. 2003. Requirement for cyclophilin A for the replication of vesicular stomatitis virus New Jersey serotype. Journal of General Virology, 84:1687 – 1699

- Braaten, D and Luban, J. 2001. Cyclophilin A regulates HIV-1 infectivity, as demonstrated by gene targeting in human T cells. The EMBO Journal, 20(6):1300-1309.

- Jia, Peng, Zheng, XC, Shi XJ, Kan, SF, Wang, JJ, He, JQ, Zheng, W, Yu, L, Lan, WS, Hua, QY, Liu, H, Jin, NY. 2014. Determination of the complete genome sequence of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) Ch20101008 and viral molecular evolution in China. Infection, Genetics and Evolution, 27:418 – 431

- Jin, JW, Kim, YC, Hong, S, Kim, MS, Jeong, JB, Jeong, HD. 2016. Cloning and expression analysis of innate immune genes from red sea bream to assess different susceptibility to megalocytivirus infection. Journal of Fish Diseases, 40(4):583-595.

- Kim, KI, Cha, SJ, Lee, C, Baek, H, Hwang, SD, Cho, MY, Jee, BY, Park, MA. 2016. Genetic relatedness of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) from cultured salmonids in Korea. Arch Virol, 161:2305-2310.

- Kim, WS, Kim, JO, Oh, MJ. 2016. Appearance of Infectious Hematopoietic Necrosis Virus in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, During Seawater Adaptation. Journal of the World Aquaculture Society, 47(3):352-357.

- Nigro, P, Pompilio, G and Capogrossi, MC. 2013. Cyclophilin A: a key player for human disease. Cell Death and Disease, 4.

- OIE. 2017. Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals. Chapter 2.3.4, Infectious Haematopoietic Necrosis.

- Purcell MK, Kurath G, Garver, KA, Herwiga, RP, Winton, JR. 2004. Quantitative expression profiling of immune response genes in rainbow trout following infectious haematopoietic necrosis virus (IHNV) infection or DNA vaccination. Fish & Shellfish Immunology, 17:447-462.

- Suebsing, R.K., Kim, J.H., Kim, S.R., Park, M.A. and Oh, M.J.. 2011. Detection of Viruses in Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Korea by RT-LAMP Assay. J. Microbiol. 49, 741-746

어류 운반기술 실증연구

한정조 · 조기택 · 안태영 · 김성곤 · 김동수

서 론

무지개송어 치어를 비닐 봉지에 넣어 40시간 수송하였을 때, 절식기간이 72시간, 수송밀도는 26.7g/ℓ, 포장 전에 clove oil을 40㎕/ℓ 첨가하여 어류를 진정시키며, 수온을 13℃로 하는 것이 최적이라고 보고하였다(Biju *et al.*, 2017). 수송용 비닐 봉지에 식염을 첨가하는 것은 수송 후의 생잔율에 직접적인 영향을 미치지 않지만 스트레스에 의한 수송 후의 폐사를 감소시키는데는 상당한 도움이 된다.

서대류 중에는 작은 상자에 습도 유지용으로 천을 깔고 그 위에 상자당 1마리를 얹어 실내온도 15℃에서 방치하면서 28시간까지 cortisol과 lactatae가 현저하게 증가하였지만 glucose는 별다른 변동이 없다. 저온에 따른 생리 변화로 수송후의 먹이 섭취시 폐사하는 문제가 발생하여, 사육관리가 아닌 판매용으로 이용하면 좋을 수 있다.

넙치의 경우 동면을 유도한후 물이 없는 상태로 24시간 미국으로 운송하여 기술을 해양연구원에서 개발하였다. 이러한 기술들은 많은 물과 함께 어류를 원거리 이송에 따른 비용 절감 및 신선한 활어 공급이 가능하게 되었다.

미국의 경우 어종, 수온, 물량 등 적절한 운송 규격을 만들어 안정적으로 운송할 수 있는 방법이 개발되어 널리 이용되고 있다. 그러나 국내의 경우 양식장과 활어운송업자가 개인별로 운송 방법을 만들어 기술을 가지고 있으나 이 것을 학술적인 자료로 조사한 것은 없는 실정이다.

본 연구는 국내에 내수면에서 생산되는 자연산, 양식산 수산물의 수송방법을 조사하고 향후 경제적인 운송법과 활어운송 표준 매뉴얼을 만들어 보고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 어류 운반

빙어는 강원도 파로호, 소양호 상류에서 어획되어 강원도와 경기도 지역으로 운반되는 것을 조사하였다. 수질은 현장에서 수온, DO, pH는 Hach HQ40D multi로, 전기전도도는 YSI30으로 측정하였다. 활어차의 수조와 넣은 빙어의 양을 조사하였다.

극동산 뱀장어와 동남아산 뱀장어(Anguilla bicolor)는 전남, 충남, 경기도 양식장에서 생산되어 경기, 인천 지역으로 운반, 소비되는 것을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 빙어 운반

빙어는 어민이 오후까지 조업을 실시하여 축양장으로 운반한다. 운반된 빙어는 선별장에서 포획후 18~42시간동안 폐사어 선별과 위장내 배설물을 완전히 배출시키고 작은 수조에 적응을 시킨다. 축양장은 2×6×0.5m의 작은 크기의 야외수조로 지하수 약 6톤에 빙어 200㎏을 축양(33.4㎏/㎥) 시킨다.

빙어 축양장

활어차 운반

운반은 포획후 20~44시간경인 아침에 실시한다. 운반전에 천일염을 평균 7.5PSU 농도로 녹인후 활어차 수조[0.8m×1.1m×0.5m, (0.44㎥), 1.0m×1.0m×0.5m, (0.5㎥)]에 빙어를 평균 120㎏/㎥ 운반한다. 운송거리는 1~2시간 거리가 적정하며 길어질수록 폐사가 많이 발생하였다. 자연산 빙어는 활어수조에 입식후 약 8일 이내에 소비되었다.

표 1. 빙어 수송용 활어차의 수질

항목 \ 장소	A	B	C	평균
밀도	50㎏/0.44톤	50㎏/0.44톤	55㎏/0.50톤	112㎏/톤
수온 (℃)	7.8	8.0	7.0	7.6
DO (㎎/ℓ)	19.02 (157.4%)	14.89 (125.3%)	14.57 (120.0%)	16.16 (134.2%)
pH	6.17	6.29	6.31	6.25
염도 (PSU, ppt)	8.3	7.6	6.6	7.5
전기전도도 (μS/cm)	14.44	13.15	11.53	13.04

빙어는 해수와 기수를 이동하는 어류로 빙어 운반시 염분을 넣어주면 생리활성이 높아지고 소금욕 효과가 있어서 폐사가 줄어든다. 특히, 빙어 축양장이 없는 지역의 경우 운송중 폐사가 많이 발생하여 반드시 축양장에서 순치 한 후 운반하는 것이 적절하였다.

2. 뱀장어 운반

극동산 뱀장어와 외국산 뱀장어의 운반은 세계적으로 많이 이루어지고 있고, 장거리 운반도 일반화 되어있다. 그러나 온수성인 극동산 뱀장어와 열대성인 필리핀산 뱀장어는 약간의 운반 차이가 있으나 동일종으로 취급하여 운반하기도 한다. 무지개송어, 메기 등 다른 어종은 수조로 운반하나 뱀장어는 산소 비닐포장으로 운반한다. 뱀장어 운반무게는 중간육성인 100~150마리/㎏인 것은 비닐 1봉지당 5㎏씩을 넣고, 성만인 1~5마리/㎏인 것은 비닐 1봉지당 15㎏씩 넣어서 운반한다. 국내 생산 및 수입 뱀장어 모두 같은 규격이나 수입산의 경우 박스포장과 비닐에 원산지 표시하는 것만 다르다.

장시간 운반시 산소결핍 예방과 이송후 폐사를 줄이기 위해 2일 이상 절식과 저온순치 과정을 거친다. 절식은 장기간 실시할수록 좋으나 절식에 따른 체중감모로 2~3일간 한다. 저온 순치된 극동산 뱀장어는 운반이 장시간 소요될 경우 얼음과 지하수를 소량 넣는다. 산소포장 비닐에 넣는 얼음과 지하수의 무게는 3㎏을 넘지 않으며 여름의 경우 1㎏정도의 각 얼음을 넣고, 기온이 낮을 경우 500g이하의 얼음을 넣는다. 넣을 얼음의 양을 결정하는 방법은 판매점에 도착했을 때 얼음이 약간 남아 있어 수온 상승이 없고 뱀장어 체표에 물이 마르지 않을 정도면 된다.

표 2. 뱀장어 운반 스케줄

일자(누계)	작업내용	극동산뱀장어	필리핀산뱀장어
0일 PM6	육성사료 마지막 급이	27~28℃	26℃
1일 AM10	천천히 **지하수 순치**[1)] (탄산칼슘 pH6.8이상)	16℃	16℃
2일 AM10	선별 및 지하수 순치	16℃	16℃
3일 AM06	**얼음**[2)](1㎏이하)+물(2㎏) 포장작업 (뱀장어 15㎏/비닐봉지)	1℃	1~16℃
3일 AM12	횟집 수조 도착후 3일간 보관	16℃	16~20℃[3)]

※ [1)]필리핀산 뱀장어는 극동산 뱀장어 보다 지하수 순치 기간이 1일 추가로 필요
[2)]필리핀산 뱀장어는 1시간이내의 경우 지하수 순치만으로 운반
[3)]필리핀산 뱀장어는 지하수에 보관하거나 가온하여 보관함

뱀장어 운반시 스트레스 저감을 위해 일부 양식장에서는 강황을 먹이고 있으며 이는 혈액 중의 lactate가 줄어들었다. 실험적으로 아스피린을 첨가한 경우 뱀장어 운반시 혈액내 corticoid 수치가 유의적으로 떨어졌다. 어류 운반시 대부분 혈액내 헤모글로빈 농도가 높아졌으며, 운송밀도가 높아질수록 corticoid와 glucose가 증가하였다(Anon, 1984).

그리고 어류 운송시 물과 산소를 많이 사용할수록 운송비용이 증가하지만 운송중 교통정체 및 고장 등으로 사고가 발생하는 것을 대비해서 최소 1.5배 더 이송할 수 있는 용량을 준비할 것을 권장하고 있다.

참 고 자 료

- Amend, D.F., et al., 1982 Transportation of fish in closed system; methods to control ammonia, carbon dioxide, pH and bacterial growth. Trans.Am.Fish.Soc., III (5):603 - 11.

- Anon., 1984. Transporter moves live fish. Fish Farm.Int., 11(12):19

- Biju Sam Kamalam, Rabindar S.Patiyal, Manchi Rajesh, Javaid Iqbal Mir, Atul K. Singh. 2017. Prolonged transport of rainbow trout fingerlings in plastic bags: Optimization of hauling conditions based on survival and water chemistry. Aquaculture (480) 103-107.

- R. Berka. 1986. The transport of live fish. A review. Food And Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1-79.

친환경 융복합 양식기술 개발 시험

-어류 양식방법과 엽채류의 Aquaponics 생산기술에 관한 연구 (2017년)-

이동훈 · 김진영* · 임성률 · 김성곤

*경기도농업기술원 원예연구과

서 론

국제무역질서의 변화(FTA 등)와 저탄소 생산체제로의 이행에 대응하여 새로운 어류 양식기술의 개발과 함께 저탄소·비용절감 방안 마련이 대두되고 있다.

현재 양식생산물의 위생 및 안전성 그리고 양식생산이 환경에 미치는 부정적 영향에 대한 소비자들의 우려가 심화되고 있는 실정으로 양식 수산물에 대한 환경친화성은 점차 경쟁력의 중요 결정요인이 되고 있다. 세계 여러 나라에서 양식생산의 트랜드가 단위 면적당 생산량 확대보다는 질병 발생에 의한 손실 및 치사율 감소 추진 등 지속가능성 및 양식수산물의 경쟁력 제고에 집중되고 있다.

농업의 경우 식물의 생육환경(빛, 온도, 습도, 자양분 등)을 인공적으로 제어함으로써 계절이나 장소에 관계없이 계획생산이 가능한 식물공장 시스템 운영하고 있고, 식량난과 농경지 부족 문제를 해결하기 위한 대안으로 인구가 밀집된 도시의 고층건물을 농장으로 활용하는 수직농장에 대한 R&D 추진 및 산업화에 박차를 가하고 있다.

내수면 수산양식산업의 가장 큰 장애요인은 강·하천의 환경오염과 열악한 양식시설에 따른 세균 등 질병에 의한 대량폐사 문제점, 내수면 어종에 대한 소비자 불신(기생충 및 항생제 등 안전성 문제) 등으로, 이를 극복할 수 있는 친환경 고생산성의 새로운 양식시스템이 필요하다.

수산 양식 분야에서 유기양식의 개념이 도입되면서 아쿠아포닉스(Aquaponics) 시스템이 미래지향적인 유기식량 생산법으로 주목받고 있다. Aquaponics는 순환여과식 방법으로 양성되는 수서동물과 식물의 복합양식 방법으로써 최근 많은 연구자들에 의해 농어가의 안정적인 생산을 위한 모델로 발전하고 있다. 양어·수경 복합양식은 생물 상호간 역할에 의한 생산이라는 측면에서 주목되어 지며, 이어지는 원칙에 의해 복합생산이 이루어진다.

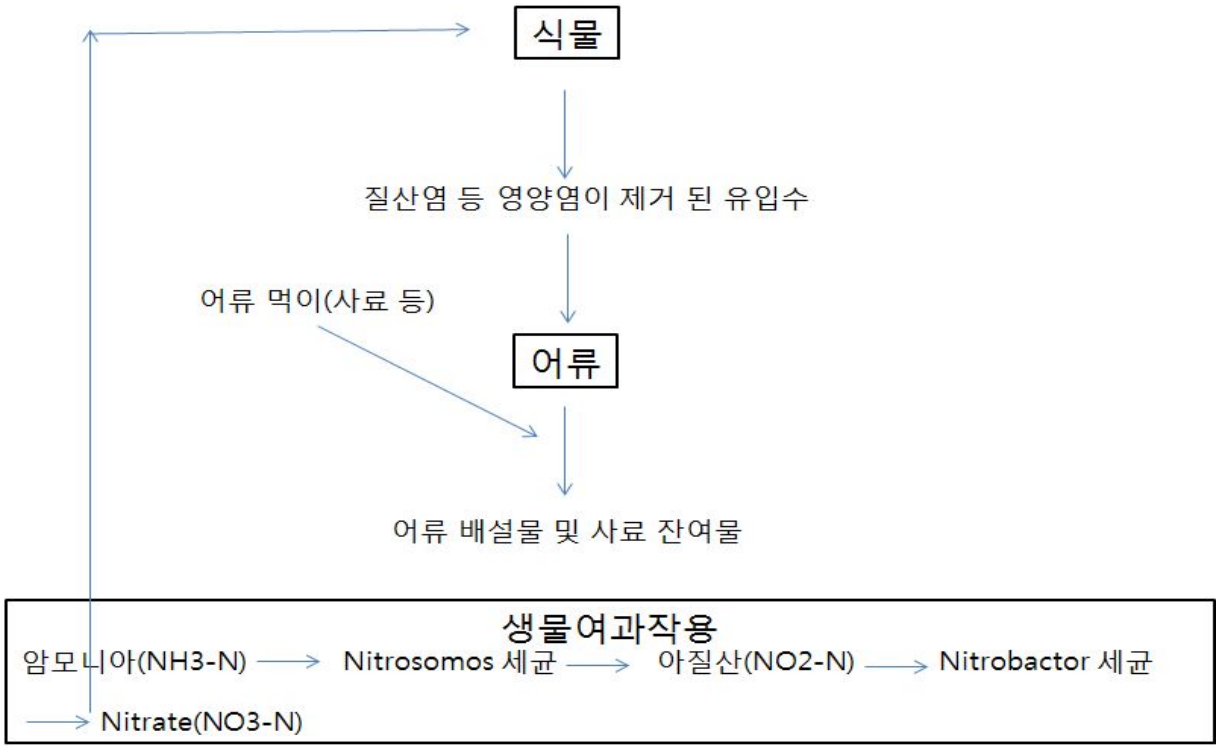


Fig. 1. 양어·수경 복합 양식 시스템의 모델

양어·수경 복합 양식 시스템의 전제조건은 다음과 같다.

1. 하나의 생물학적 시스템에서 부산물은 두 번째 생물학적 시스템의 영양요소로 작용되어져야 한다.
2. 어류와 식물의 복합양식은 다양한 생산물을 산출함으로써 경제성에 도움이 되어야 한다.
3. 공급원수는 생물학적 여과와 순환에 의해 재사용되어져야 한다.
4. 지역적 특색과 친환경적인 생산물을 제공함으로써 지역경제에 활성화를 도모해야 한다.

수경·복합양식에 있어 어류양식으로부터 유입되는 풍부한 영양염은 수경재배 생산지에서 이용된다. 이것은 식물 뿌리와 Rhizobacteria(콩과류 뿌리에서 공생하는 세균)에 의해 사육수의 영양염을 제거함으로써 어류의 양식에 이로움을 준다. 어류의 분, 조류, 사료찌꺼기의 부패로부터 발생되는 이들 영양염은 어류 사육지에서 독성을 나타낼 수 있으나 수경재배의 식물에게는 풍부한 액체 비료인 것이다. 따라서, 수경재배 생산 장소는 생물여과지로써 양어 사육수의 암모니아, 아질산염, 질산염과 인산염을 제거·정화하여 어류 사육지내로 다시 내보내는 역할을 하는 것이다. 자갈, 모래 및 뿌리에 서식하는 질화세균과 식물과의 영양염 순환 역할이 없다면 전체 시스템은 기능을 상실하게 된다.

비닐하우스 등 열을 차단한 건물(온실)을 운영하는 농어가는 아래와 같은 이유로 양어·수경 복합양식에 초점을 맞추고 있다.

1. 수경재배를 영위하는 농가는 어류양식에서 사용되어 배출되는 부영양화된 물을 이용하여 식물의 성장을 향상 시킬 수 있다.
2. 양식을 영위하는 어가는 순환여과 양식에 있어 막대하게 소요되는 여과시설 대신 수경재배 식물을 이용하여 대체 가능하다.
3. 농가의 경우 화학비료가 아닌 어류양식에서 생산된 풍부한 유기영양염을 이용하여 유기농 식물을 재배하여 시장에 공급할 수 있다.
4. 하나의 양성 장소에서 2종류의 생산물을 획득함으로써 틈새시장 공략과 친환경 상품 인식에 대한 이미지 제고에 기여한다.
5. 양어·수경복합 양식은 비옥하지 않은 토양과 물이 부족한 지역에서 신선한 채소와 어류(단백질)의 공급을 가능하게 한다.
6. 양어·수경복합 양식은 연속적인 상품 생산을 통해 이윤을 최적화 할 수 있다.

양어·수경복합 양식과 관계된 기술은 복잡하다. 이는 2종류의 생산물을 마케팅하며 생산해야 하는 경영방식과 기술력을 동시에 가져야하기 때문이다. 1980년대 까지 양어·수경복합 양식은 제한적으로 성공되어져 왔다. 이후 혁명적인 기술진보로 인해 양어·수경복합 양식에 의한 식량생산은 높이 평가받고 있다.

경기도해양수산자원연구소와 경기도농업기술원 원예연구과에서는 친환경 융복합 양식기술 개발을 통한 농어가 소득창출을 위해 Aquaponics 생산법을 국내 실정에 맞게 진화 시키고자 2016년도부터 공동연구를 실시하였으며, 2017년도의 추가 결과를 소개하고자 한다.

- 2017-1. 친환경 융복합 양식기술 개발 시험 (1차)

- 동자개 치어 + 엽채류 5종(비트, 엔다이브, 적상추, 적소넬, 샐러리) -

재료 및 방법

1. 시험시설 공사 및 준비

친환경 융복합 양식기술 개발을 위한 시험시설은 2016년도에 경기도해양수산자원연구소내 자라사육동을 개보수하여 사용하였다. 2017년도는 2016년도에 문제되었던 시판용 수경재배 식물베드(1열 14포터), 주배수의 직경 및 형태를 보완하였다(Fig. 1).

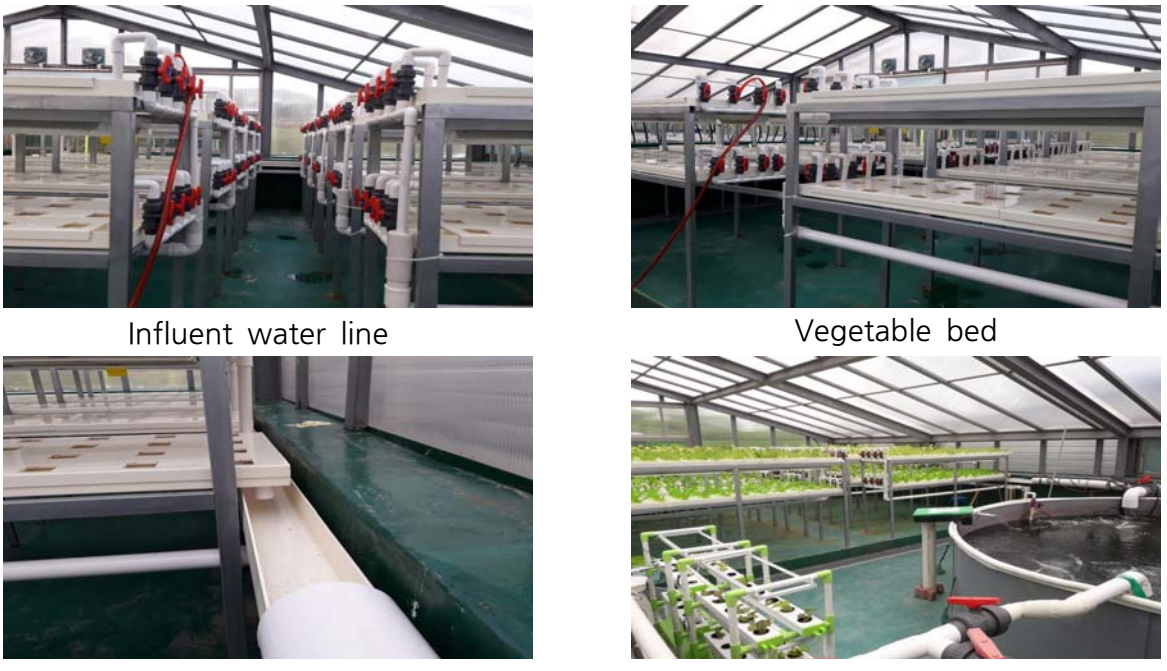


Fig. 1. Setup of BFT+Aquaponics facilities.

공사(설비+전기)는 2017. 3~4월에 완료되었으며, 어류 양식시설은 변경되지 않았다. 수경재배 시설은 2가지 유형으로, BFT 양식시설과 결합한 수경재배 시설(시험구, BFT+Aquaponics, AP) 및 양액공급기를 활용한 수경재배 시설(대조구, HP)로 이루어졌다.

양어 사육지 구성은 지름(∮) 4.5m 원형수조와, 물의 순환 및 배수를 위해 보조탱크(2×1×1m) 및 간이 스키머 장치로 이루어 졌다. 물의 순환은 1마력 펌프 2대와 2마력 펌프 1대를 이용하여 운영되었다. 대조구의 수경재배지는 상업용으로 활용되는 수경배지를 이용하였으며, 재배지 1열의 크기는 2,860×0.12m이며 1열 당 식물 입식은 14개체가 가능하도록 하였다. 식물입식 포터는 BFT+Aquaponics구의 경우 사각형으로 제작하였으며, 양액재배구의 경우 원형으로 제작하였다. 시험구와 대조구 모두 4열 1개조로 위층 10개조,

아래층 10개조로 총 20개조의 수경재배지 시설이 구성되었다. 대조구의 수경재배지로 유입되는 관은 10mm 양액공급기 호스관으로, 배수되는 관은 20mm 호스관을 사용하였다. 시험구의 유입관은 25mm이며 배수되는 관은 50mm PVC관으로 사용되었다. 최종 어류 사육지로 유입되는 관은 PVC 급수용 150mm 관을 사용하여 수량의 흐름을 원활하도록 하였다. 아래층 수경재배지의 경우 부족한 광량을 보충하기 위해 일반적 노출 갓등을 설치하여 광을 조사토록 시설하였다. 또한 대조구의 어류 사육방법은 반순환사육방법(semi-recirculating aquaculture system, SR)으로 어류사육지에 일정량의 수량이 지속적으로 공급되었다.

2. 시험어 준비 및 시험사료 사전 분석

시험에 사용된 어종은 국내 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*) 치어로, 경기도 양평군 소재 동양수산으로부터 4,000마리와 연구소 자체보유 5,000마리를 혼합하여 사용하였다. 어류 입식은 2017. 5월에 이루어졌으며 5일간의 실내 현장적응을 걸친 후 각 사육지에 수용하였다. 총 9,000마리 중 평균체중에서 상위 값과 하위 값을 갖는 1,000마리를 제외하여 8,000마리를 선별하였다. 이들 어류를 2집단으로 나누어 시험어를 준비하였으며 표본 평균은 3.5g 내외였다. 어류 수용 후 바실러스 제제 수질안정제와 함께 당밀 및 알코올을 첨가하여 BFT 양식을 운영토록 하였다. 시험에 사용된 사료는 크기가 2mm 정도로 상업용 시판사료를 이용하였으며, 시험 개시 전 사료의 일반성분(수분, 조단백질, 조지방, 조회분)을 분석하였다 (Table 1). 일반성분 분석은 AOAC(1990)의 방법에 따라 수분은 105℃의 dry oven에서 24시간 동안 건조 후 측정하였고, 조단백질은(N x 6.25)은 Kjeldahl 질소량법으로, 조지방은 Soxhlet 추출법(ether 추출법), 조회분은 건식 회화법으로 550℃의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 시험어의 사료공급은 어체의 증체량을 감안하여 3회/1일에 체중의 4% 내외로 급여하였다.

Table 1. Proximate analysis of the commercial diet

Chemical composition (%, DM)	Diet
Moisture	5.39
Crude protein	50.43
Crude lipid	9.7
Crude ash	11.42
Crude fiber	2.95

3. 수경재배용 식물 준비

시험에 사용된 식물은 5종류로 적상추, 적소넬, 셀러리, 비트, 엔다이브로, 경기도농업기술원 원예연구과에서 생육한 종묘를 이용하였으며 2017. 4월에 정식하여 사용하였다.

4. 조사항목

어체의 성장조사를 위해 시험기간 동안 3회에 걸쳐 체중을 측정하였으며, 실험어의 사료절식 24 h 후, 전체 마리수 중 무작위로 100마리를 샘플하여 어류마취제인 MS-222로 마취하여 개별 측정하였다. 체중측정을 바탕으로 증체율(Weight Gain, WG), 사료효율(Feed Efficiency, FE), 일간특이성장률(Specific Growth Rate, SGR) 및 생존율(Survival rate, SR)에 대한 값을 구하였다. 식물 생장측정은 경기도농업기술원 원예연구과에서 수행하였고, 실험수조 내 수질분석은 수온, pH, 용존산소(DO), 암모니아성 질소(NH_3-N), 아질산성 질소(NO_2-N)의 5항목을 1일 1회 측정하였다.

5. 통계처리

성장실험에서 어체중 측정에 대한 통계처리는 SPSS Version 10 (SPSS, 1999) 프로그램의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 분석하였다.

결 과

1. 성장시험

11주간 성장실험에 대한 결과는 Table 2에 나타내었다. 최초 동자개 치어의 평균 중량은 2 실험구(AP구, SR구)에서 각 3.47g과 12.6g의 평균 체중을 나타내었고, 4주 후 각 11.74g과 9.46g의 평균 체중으로 성장하였다. 실험 개시 후 4주까지는 표본 샘플에 대하여 유의한 차이를 보이지 않았으나($P>0.05$), 실험 종료 시점인 11주간의 사육기간에서는 각 17.85g과 14.33g의 평균 체중을 나타내어 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). AP구의 경우 증체율(WG, 414.41%), 사료효율(FE, 72.00%), 일간 성장률(SGR, 1.69%)에서 SR구에 비해 높은 값을 보였다. 최종 2 실험구의 총 중량은 각 56.05kg, 54.25kg으로 AP구에서 SR구에 비해 1.8kg의 어체 중량 증가가 이루어졌다. 그러나 생존율에서는 SR구가 94.62%로 78.50%인 AP구보다 높은 값을 나타내었다. 생존율이 AP구가 저조했던 것은 초기 적응단계에서 지속적 폐사개체가 출현한 것으로 수질이 안정화 되는 시점에서는 SR구와 생존율에 차이를 나타내지 않았다.

Table 2. Growth performance of Korean bullhead fish in two types of production systems for 11weeks

Growth performance	AP group	SR group
Initial fish No.	4,000	4,000
Final fish No.	3,140	3,785
Initial gross weight (kg)	14.54	14.68
Final gross weight (kg)	56.05	54.25
Initial av. weight (g)	3.47±0.64[ns]	3.56±0.75
4wk av. weight (g)	11.74±2.66[ns]	9.46±1.88
Final av. weight (g)	17.85±5.20[*]	14.33±3.58
Feed intake (g/as-is)	57,649	58,693
WG (%)[2]	414.41	302.53
FE (%)[3]	72.00	67.41
SGR (%)[4]	1.69	1.63
Survival rate (%)	78.50	94.62

[1] Sample fish selected randomly within two groups and values are presented as mean±SD. * symbol are significantly different between two groups (P < 0.05). ns, non significant (P > 0.05).

[2] Weight gain (%) = (final weight (g) - initial weight (g)) × 100 / initial weight (g).

[3] Feed efficiency (%) = wet weight gain (g) × 100 / wet weight feed intake (g).

[4] SGR (%) = Specific growth rate : [(ln final weight - ln initial weight)/days] ×100

2. 수질환경 조사

11주간 동자개 치어 양성지내 사육수의 수질환경은 Table 3, 4와 같다. AP구 및 SR구의 수질 조사항목인 수온, pH, DO의 조건은 6주까지 2 실험구에서 유사하게 유지되었으나, 기온이 상승하는 6월경부터는 유입수가 거의 없는 AP구의 경우 수온이 상승하는 경향을 나타내었다. pH의 경우 AP구의 경우 6주 (7.77±0.03) 후부터 값이 낮아지기 시작하여, 실험 종료 11주 기간에는 6.91±0.07의 값을 나타내었다. 이와 달리 SR의 경우 시험이 진행됨에 따라 값이 상승하는 경향을 보였다. DO의 경우 AP구는 pH와 같이 6주 (7.56±0.14ppm) 후부터 값이 감소하여 시험 11주에는 6.87±0.12ppm의 값을 나타내었으나, SR구의 경우 일정한 값을 지속적으로 유지하였다.

수질환경에서 가장 큰 차이는 NH3-N과 NO2-N의 수치였는데, AP구의 경우 미생물과 식물의 수질환경 제어로 SR구에 비해 큰 차이로 낮은 값 (AP; NH3-N 0.09~1.91ppm, NO2-N 0.018~0.352ppm, SR; NH3-N 1.11~3.30ppm, NO2-N 0.268~0.779ppm)을 유지하였다.

Table 3. Variation of the environment within rearing tank (AP) for 11wks[1].

Period	Water temperature(℃)	pH	DO(ppm)	NH3-N(ppm)	NO2-N(ppm)
1 wk	24.7	7.58	7.64	0.47	0.059
	(0.3)	(0.21)	(0.21)	(0.18)	(0.021)
2 wk	25.1	7.60	7.82	0.35	0.023
	(0.2)	(0.27)	(0.11)	(0.33)	(0.016)
3 wk	25.1	7.47	7.48	0.43	0.023
	(0.3)	(0.11)	(0.18)	(0.27)	(0.006)
4 wk	24.0	7.46	7.45	0.35	0.048
	(0.1)	(0.06)	(0.18)	(0.27)	(0.045)
5 wk	23.9	7.65	7.51	1.91	0.037
	(0.2)	(0.20)	(0.15)	(0.93)	(0.022)
6 wk	24.4	7.77	7.56	0.79	0.295
	(0.7)	(0.03)	(0.14)	(0.35)	(0.195)
7 wk	24.9	7.69	7.35	0.13	0.352
	(0.3)	(0.03)	(0.09)	(0.04)	(0.222)
8 wk	24.7	7.58	7.28	0.11	0.209
	(0.4)	(0.10)	(0.08)	(0.04)	(0.006)
9 wk	25.8	7.38	7.43	0.13	0.091
	(0.5)	(0.37)	(0.16	(0.01)	(0.009)
10 wk	26.5	7.12	7.04	0.18	0.321
	(0.9)	(0.03)	(0.08)	(0.09)	(0.424)
11 wk	27.1	6.91	6.87	0.09	0.018
	(0.8)	(0.07)	(0.12)	(0.04)	(0.004)

[1] Each values represent a mean examined water quality for 1 week. Values in the brackets are standard deviation(SD).

Table 4. Variation of the environment within rearing tank (SR) for 11wks[1].

Period	Water temperature(℃)	pH	DO(ppm)	NH3-N(ppm)	NO2-N(ppm)
1 wk	24.4	7.64	7.07	3.30	0.723
	(0.2)	(0.26)	(0.23)	(3.25)	(0.951)
2 wk	24.6	7.42	7.65	1.37	0.307
	(0.4)	(0.09)	(0.09)	(0.17)	(0.074)
3 wk	24.5	7.63	7.60	1.84	0.544
	(0.3)	(0.21)	(0.07)	(0.33)	(0.147)
4 wk	24.1	7.89	7.70	1.08	0.305
	(0.2)	(0.01)	(0.17)	(0.06)	(0.023)
5 wk	24.4	7.84	7.49	1.11	0.268
	(0.2)	(0.09)	(0.14)	(0.11)	(0.127)
6 wk	24.2	7.83	7.58	1.90	0.691
	(0.4)	(0.14)	(0.11)	(0.18)	(0.064)
7 wk	24.2	7.87	7.49	2.02	0.663
	(0.3)	(0.04)	(0.18)	(0.36)	(0.083)
8 wk	24.6	7.83	7.30	1.75	0.629
	(0.1)	(0.01)	(0.01)	(0.10)	(0.059)
9 wk	24.5	7.99	7.29	1.48	0.396
	(0.2)	(0.07)	(0.06)	(0.23)	(0.252)
10 wk	24.8	8.08	7.24	2.11	0.779
	(0.4)	(0.06)	(0.01)	(0.04)	(0.047)
11 wk	25.3	8.11	7.44	2.13	0.814
	(0.7)	(0.12)	(0.18)	(0.07)	(0.132)

[1] Each values represent a mean examined water quality for 1 week. Values in the brackets are standard deviation(SD).

고 찰

11주간의 동자개치어 양성시험을 통해 어류의 사육수를 식물에 공급한 후 재순환 하였을 경우 장기간에 걸쳐 성장이 향상될 수 있다는 결론은 2016년도의 결과와 유사하게 나타났다. 이는 어류 사육수의 환경 중 가장 민감할 수 있는 NH3-N, NO2-N의 농도를 미생물과 함께 식물이 감소시킴으로써 전체 사육수의 안정화에 따라 어류 성장에 도움을 되었을 것으로 여겨진다.

시설적인 측면에서 현재 실험에 설계 중 어류사육지내 차광시설이 없어 조류 번무에 의해 수질환경 제어 및 순환관의 막힘 현상이 발생하므로 어류사육지는 빛을 차단하는 것이 효과적인 것으로 보이며 2차 시험에서 이를 보완하여 진행할 것이다.

- 2017-2. 친환경 융복합 양식기술 개발 시험 (2차)

- 메기 육성어 + 엽채류 5종(비트, 맛치마상추, 겨자채, 꽃케일, 하청상추) -

재료 및 방법

1. 시험시설 공사 및 준비

2017년 2차 친환경 융복합 양식기술 개발 시험을 위한 시설은 2017년 1차 시험에 문제되었던 어류 사육지 차광시설을 설치하여 준비하였다(Fig. 1).

Fish rearing tank of AP experiment group (Before maintenance)

Fish rearing tank of AP experiment group (After maintenance)

BFT+Aquaponics facilities

BFT+Aquaponics facilities

Fig. 1. Setup of BFT+Aquaponics facilities.

공사(차광시설)는 2017. 9월에 완료되었으며, 어류 양식 설비시설은 변경되지 않았다. 수경재배 시설은 1차 시험과 같은 방식으로 운영되었으며, 1차 시험 완료 후 사육지 및 식물배드지를 청소하고 소독한 후 사용되었다.

2. 시험어 준비 및 시험사료 사전 분석

시험에 사용된 어종은 국내 메기(*Silurus asotus*) 육성어로, 경기도 여주시 소재 세종수산으로부터 1,000마리를 구입하여 사용하였다. 어류 입식은 2017. 9월에 이루어졌으며 7일간

의 실내 현장적응을 걸친 후 각 사육지에 수용하였다. 총 1,000마리 중 평균체중에서 상위 값과 하위 값을 갖는 200마리를 제외하여 800마리를 선별하였다. 이들 어류를 2집단으로 나누어 시험어를 준비하였으며 개체 표본 평균은 170g 내외였다. 어류 수용 후 바실러스 제제 수질안정제와 함께 당밀 및 알코올을 첨가하여 BFT 양식을 운영토록 하였다. 시험에 사용된 사료는 크기가 6~8mm 정도로 상업용 시판사료를 이용하였으며, 시험 개시 전 사료의 일반성분(수분, 조단백질, 조지방, 조회분)을 분석하였다(Table 1). 일반성분 분석은 AOAC(1990)의 방법에 따라 수분은 105℃의 dry oven에서 24시간 동안 건조 후 측정하였고, 조단백질은(N x 6.25)은 Kjeldahl 질소량법으로, 조지방은 Soxhlet 추출법(ether 추출법), 조회분은 건식 회화법으로 550℃의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다. 시험어의 사료공급은 어체의 증체량을 감안하여 2회/1일에 체중의 2~3% 내외로 급여하였다.

Table 1. Proximate analysis of the commercial diet

Chemical composition (%, DM)	Diet
Moisture	8.89
Crude protein	44.67
Crude lipid	9.31
Crude ash	11.81
Crude fiber	1.98

3. 수경재배용 식물 준비

시험에 사용된 식물은 5종류로 맛치마상추, 적겨자채, 비트, 청경상추, 꽃케일로, 경기도농업기술원 원예연구과에서 생육한 종묘를 이용하였으며 2017. 10월에 정식하여 사용하였다.

4. 조사항목

어체의 성장조사를 위해 시험기간 동안 3회에 걸쳐 체중을 측정하였으며, 실험어의 사료절식 24h 후, 전체 마리수 중 무작위로 100마리를 샘플하여 어류마취제인 MS-222로 마취하여 개별 측정하였다. 체중측정을 바탕으로 증체율(Weight Gain, WG), 사료효율(Feed Efficency, FE), 일간 성장률(Specific Growth Rate, SGR) 및 생존율(Survival rate, SR)에 대한 값을 구하였다. 식물 생장측정은 경기도농업기술원 원예연구과에서 수행하였고, 실험 수조 내 수질분석은 수온, pH, 용존산소(DO), 암모니아성 질소(NH3-N), 아질산성 질소(NO2-N)의 5항목을 1일 1회 측정하였다.

5. 통계처리

성장실험에서 어체중 측정에 대한 통계처리는 SPSS Version 10 (SPSS, 1999) 프로그램의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 성장시험

7주간 성장실험에 대한 결과는 Table 2에 나타내었다. 최초 메기 육성어의 평균 중량은 2 실험구(AP구, SR구)에서 각 170.91g과 170.18g의 평균 체중을 나타내었고, 4주 후 각 209.96g과 200.83g의 평균 체중으로 성장하였다. 실험 개시 후 4주까지는 표본 샘플에 대하여 유의한 차이를 보이지 않았으나 (P>0.05), 실험 종료 시점인 7주간의 사육기간에서는 각 244.09g과 217.79g의 평균 체중을 나타내어 유의한 차이를 보였다 (P<0.05). AP구의 경우 증체량(WG, 42.82%), 사료효율(FE, 56.96%), 일간특이성장률(SGR, 0.70%)에서 SR구에 비해 높은 값을 보였다. 최종 2 실험구의 총 중량은 각 93.73kg, 84.50kg으로 AP구에서 SR구에 비해 9.23kg의 어체 중량 증가가 이루어졌다. 생존율에서는 SR구가 97.00%로 96.00%인 AP구보다 높은 값을 나타내었으나 미미한 차이를 보였다.

2. 수질환경 조사

7주간 메기 육성어 양성지내 사육수의 수질환경은 Table 3, 4와 같다. AP구 및 SR구의 수질 조사항목에서 수온 조건은 2 실험구에서 시험 종료까지 유사하게 유지되었으나, pH 및 DO는 AP구에서 시험기간이 지속될수록 수치가 SR구에 비해 낮아졌다. 이러한 이유는 새로운 유입수가 거의 없는 AP구의 경우 지속적 사료공급에 의해 산소의 감모와 pH가 산성으로 변화하였기 때문으로, 실험종료 7주 기간에는 AP구 (pH; 6.74±0.09, DO; 6.58±0.08), SR구 (pH; 7.28±0.14, DO; 7.49±0.09)의 값을 나타내었다.

1차 시험과 같이 2차 시험에서도 수질환경에서 가장 큰 차이는 NH3-N과 NO2-N의 수치였는데, AP구의 경우 미생물과 식물의 수질환경 제어로 SR구에 비해 큰 차이로 낮은 값 (AP; NH3-N 0.14~3.45ppm, NO2-N 0.026~0.152ppm, SR; NH3-N 1.05~2.12ppm, NO2-N 0.389~0.845ppm)을 유지하였다.

7주간의 메기 육성어 양성시험을 통해 어류의 사육수를 식물에 공급한 후 재순환 하였을 경우 1차 시험과 같이 어류와 식물이 동시에 성장을 향상시킬 수 있었다. 그러나 현재까지 식물성장은 양액시스템 재배와 비교시 50~70% 정도로 이를 보완할 수 있는 대책이 필요할 것으로 보이며, 2018년도에는 아쿠아포닉스 전용사료를 제작하여 대응할 생각이다.

Table 2. Growth performance of far eastern catfish(*Silurus asotus*) in two types of production systems for 7weeks.

Growth performance	AP group	SR group
Initial fish No.	400	400
Final fish No.	384	388
Initial gross weight(kg)	68.36	68.07
Final gross weight(kg)	93.73	84.50
Initial av. weight (g)	170.91±13.15[ns]	170.18±12.34
4wk av. weight (g)	209.96±14.31[ns]	200.83±11.08
Final av. weight (g)	244.09±21.73*	217.79±20.13
Feed intake (g/as-is)	50,548	37,823
WG (%)[2]	42.82	27.98
FE (%)[3]	56.96	43.44
SGR (%)[4]	0.70	0.48
Survival rate (%)	96.00	97.00

[1] Sample fish selected randomly within two groups and values are presented as mean±SD. * symbol are significantly different between two groups ($P < 0.05$). ns, non significant ($P > 0.05$).

[2] Weight gain (%) = (final weight (g) - initial weight (g)) × 100 / initial weight (g).

[3] Feed efficiency (%) = wet weight gain (g) × 100 / wet weight feed intake (g).

[4] SGR (%) = Specific growth rate : [(ln final weight - ln initial weight)/days] ×100

Table 3. Variation of the environment within rearing tank (AP) for 7wks[1]

Period	Water temperature(℃)	pH	DO(ppm)	NH3-N(ppm)	NO2-N(ppm)
1 wk	24.8 (0.6)	7.51 (0.31)	7.24 (0.31)	3.45 (1.23)	0.152 (0.031)
2 wk	23.7 (0.4)	7.43 (0.21)	7.10 (0.22)	1.26 (0.37)	0.143 (0.041)
3 wk	23.5 (0.3)	7.24 (0.24)	6.88 (0.14)	0.78 (0.17)	0.031 (0.011)
4 wk	23.2 (0.3)	7.13 (0.07)	6.76 (0.13)	0.54 (0.18)	0.054 (0.012)
5 wk	23.3 (0.5)	7.08 (0.18)	6.56 (0.09)	0.47 (0.08)	0.084 (0.031)
6 wk	23.1 (0.4)	6.87 (0.14)	6.64 (0.13)	0.14 (0.07)	0.026 (0.007)
7 wk	23.2 (0.7)	6.74 (0.09)	6.58 (0.08)	0.24 (0.09)	0.039 (0.011)

[1] Each values represent a mean examined water quality for 1 week. Values in the brackets are standard deviation(SD).

Table 4. Variation of the environment within rearing tank (SR) for 7wks[1]

Period	Water temperature(℃)	pH	DO(ppm)	NH3-N(ppm)	NO2-N(ppm)
1 wk	23.9 (0.5)	7.47 (0.14)	7.74 (0.15)	2.12 (0.87)	0.845 (0.151)
2 wk	23.6 (0.5)	7.39 (0.14)	7.69 (0.07)	1.49 (0.21)	0.578 (0.054)
3 wk	23.7 (0.6)	7.41 (0.23)	7.64 (0.05)	1.75 (0.42)	0.613 (0.117)
4 wk	23.5 (0.3)	7.28 (0.09)	7.59 (0.12)	1.64 (0.12)	0.605 (0.133)
5 wk	23.1 (0.4)	7.34 (0.11)	7.48 (0.08)	1.05 (0.34)	0.457 (0.223)
6 wk	23.4 (0.6)	7.31 (0.09)	7.51 (0.13)	1.42 (0.19)	0.389 (0.104)
7 wk	22.9 (0.5)	7.28 (0.14)	7.49 (0.09)	1.51 (0.18)	0.543 (0.097)

[1] Each values represent a mean examined water quality for 1 week. Values in the brackets are standard deviation(SD).

APPENDIX Ⅰ. Vegetables of the first experiment

AP (Aquaponics)

HP (Hydroponics)

상 추

적소렐

샐러리

앤다이브

APPENDIX Ⅱ. Vegetables of the second experiment.

AP (Aquaponics)

HP (Hydroponics)

양어수 재배구

양액 재배구

양어수 재배구

양액 재배구

양어수 재배구

양액 재배구

도내 주요하천 민물고기 서식현황 조사

김달영 · 임성률 · 양유미 · 김성곤 · 김동수

서 론

경기도의 주요 강·하천에 서식하는 민물고기현황에 대한 연구는 1985년 경기도 교육위원회에서 발행한 '경기도의 자연'(최기철 편저)을 시작으로, 이후 국립내수면생태연구소(現 국립수산과학원 중앙내수면연구소)를 중심으로 남한강, 북한강, 팔당호 등 일부 대단위 수면에 한정되어 이루어졌고, 양평·홍천, 용문산 일대의 담수어류(이·김, 1998)와 가평천의 어류상과 군집구조(남, 1997), 경기도 양평 흑천의 어류상(한, 2007)과 경기북부 지역의 주요하천 (신천, 포천천, 문산천, 임진강, 공릉천) 및 유입 지천을 대상으로 조사한 경기북부 주요하천 생태계 조사(경기개발연구원, 2005) 등이 있으나 경기도를 흐르는 국가 및 지방 하천이 총 517개소인 점을 감안하면 그 조사가 극히 미비하다 하겠다.

이에 우리 연구소에서 2005년부터 경기도내 주요하천에 대한 민물고기 서식 현황조사를 실시하게 되었다. 본 조사는 남·북한강, 임진강, 한탄강 등 대단위 수면에 직·간접적 영향을 미치는 주요하천의 민물고기 서식현황을 조사하고 하천별 기초 수질조사 11개 항목(수온, 용존산소, pH 등)을 병행 실시하고 있다. 조사 대상으로는 도내 주요하천 28개소(흑천, 안성천, 공릉천 등)와 호소 2개소(남양호와 청평호) 포함해 총 30개소를 선정하여 매년 6개소를 조사, 5년을 단위로 전체 30개소에 서식하는 어류의 분포와 개체의 증감 및 변화추이를 모니터링 하였다. 2017년에는 미원천, 문호천, 조종천, 포천천, 눌노천, 신천에 서식하는 어류상에 대하여 조사하였다. 앞으로도 지속적으로 도내 주요하천에 서식하는 민물고기의 서식분포를 조사하여 내수면 어족자원 관리 및 수산정책 수립을 위한 기초자료를 마련하고, 정립된 자료를 토대로 내수면 어족자원의 효율적 관리 및 하천별 서식어종 파악을 통한 어족자원의 보호와 균형 잡힌 생태계가 될 수 있도록 노력할 것이다.

재료 및 방법

2017년 조사 하천으로는 임진강 수계인 눌노천, 신천, 포천천 과 북한강 수계인 조종천, 미원천, 문호천을 대상으로 민물고기 서식현황 및 수질조사를 병행하여 실시하였다. 조사시기는 상반기 4월과 하반기는 풍수기인 9월에 같은 장소를 각 지점별로 수량이 풍부하고 접근성이 용이하여 대부분의 서식 어류가 조사 가능한 장소를 상류, 중류, 하류 3개 지점으로 선정하여 수질조사 및 서식어류 조사를 실시하였다.

1. 수질조사

서식환경에 대한 기초 항목인 수온, 용존산소, pH, 전기전도도는 수질측정기 HACH HD40d 및 YSI 30으로 현장에서 측정하였고, 현장 측정이 어려운 항목인 COD, SS, 암모니아, 아질산염, 질산염, 인산염, 경도는 각 지점별로 채수하여 연구소로 이동 후 HACH 수질분석기(DR5000)로 측정하였다.

2. 서식어류 조사

조사방법은 내수면 수산자원 및 환경조사 매뉴얼(국립수산과학원, 2015)에 따랐으며, 채집도구는 투망(14m×16mm, 20절) 1개, 족대(밑면 1m, 높이 0.9m, 망목내경 10mm(31절)) 2개 이용하여 투망은 최대 10회를 기준으로 조사지점의 상황에 따라 유동적으로 횟수를 조절하였고, 족대는 2인이 30분간 채집하였다. 채집된 어류는 현장에서 출현종을 동정하고 개체수를 산출한 후 방류하였으며, 현장에서 동정이 어려운 개체는 10% 포르말린으로 고정하여 연구소로 이동하여 동정하였다. 채집한 어류의 동정 및 분류체계는"국립생물자원관 국가생물종 목록(척추동물)"기준 및 Nelson(2006)을 따랐다.

결과 및 고찰

본 조사에서 확인된 6개 하천에 서식 어류는 총 13과 46종이 분포하고 있는 것으로 확인되었다. 고유종 및 외래종 현황은 표 1에 나타내었으며, 하천별 서식어류 조사결과는 표 2에 나타내었다. 채집된 어류 중 잉어목(Cypriniformes) 3과 31종으로 가장 많았고, 농어목(Perciformes) 5과 8종, 메기목(Siluriformes) 3과 4종, 쏨뱅이목(Scorpaeniformes) 1과 2종과 동갈치목(Beloniformes)이 1과 1종 출현하였다.

표 1. 하천조사 결과 요약 (13과 46종)

우점종 (개체수)	**고유종** (17종)	**외래종** (1종)
1. 피라미 (1,713) 2. 돌고기 (903) 3. 참갈겨니 (467) 4. 납자루 (383) 5. 붕어 (257)	참갈겨니, 쉬리, 한강납줄개, 각시붕어, 묵납자루, 줄납자루, 참중고기, 배가사리, 왜매치, 돌마자, 긴몰개, 참종개, 퉁가리, 눈동자개, 꺽지, 얼록동사리, 둑중개	배스

1. 수질조사

조사하천의 상류, 중류, 하류 3개 지점별 수질조사 결과는 미원천 표 3-1, 문호천 표 4-1, 신천 표 5-1, 늘노천 표 6-1, 포천천 표 7-1, 조종천 표 8-1에 각각 나타내었다.

2. 서식어류조사

미원천 등 6개 하천에서 채집된 어류는 13과 46종 총 5,173개체였으며, 이 중 피라미(*Zacco platypus*) 1,713개체가 채집되어 출현개체수의 33.1%로 가장 우점하는 종으로 나타났으며, 다음으로 돌고기(*Pungtungia herzi*) 903개체 17.4%, 참갈겨니(*Zacco koreanus*) 467개체 9.0%, 납자루(*Acheilognathus lanceolatus*) 383개체 7.0%, 붕어(*Carassius auratus*) 257개체 5.0% 순으로 분포하였다.

본 조사에서 한반도 고유종은 17종으로 참갈겨니(*Zacco koreanus*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 한강납줄개(*Rhodeus pseudosericeus*), 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 묵납자루(*Tanakia signifer*), 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 참중고기(*Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*), 배가사리(*Microphysogobio longidorsalis*), 왜매치(*Abbottina springeri*), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*), 참종개(*Iksookimia koreensis*), 퉁가리(*Liobagrus andersoni*), 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*), 꺽지(*Coreoperca herzi*), 얼록동사리(*Odontobutis interrupta*), 둑중개(*Cottus poecilopterus*)가 확인 되었고, 외래종은 배스(*Micropterus salmoides*) 1종이 북한강 수계인 문호천에서 확인되었다.

표 2. 하천별 조사결과 요약 (표 3~8 및 사진 1~6, 하천별 상세결과 참조)

총 46종 (5,173마리)	미원천 (765마리)	문호천 (463마리)	조종천 (1,843마리)	신천 (855마리)	눌노천 (490마리)	포천천 (757마리)
출현종	**5과 25종**	**6과 19종**	**8과 28종**	**7과 15종**	**7과 22종**	**6과 16종**
우점종	1. 피라미 2. 참갈겨니 3. 납자루	1. 피라미 2. 참갈겨니 3. 납자루	1. 돌고기 2. 피라미 3. 납자루	1. 피라미 2. 송사리 3. 붕어	1. 피라미 2. 모래무지 3. 버들치	1. 피라미 2. 붕어 3. 버들치
고유종 (17종)	참갈겨니 쉬리 각시붕어 묵납자루 줄납자루 배가사리 왜매치 돌마자 긴몰개 참종개 꺽지 얼록동사리	참갈겨니 줄납자루 참중고기 돌마자 긴몰개 참종개 꺽지 얼록동사리	참갈겨니 쉬리 한강납줄개 각시붕어 줄납자루 배가사리 왜매치 돌마자 긴몰개 참종개 눈동자개 퉁가리 꺽지 얼록동사리 둑중개	얼록동사리	참갈겨니 긴몰개 얼록동사리	긴몰개 참종개 얼록동사리
	12종	**8종**	**15종**	**1종**	**3종**	**3종**
일반종 (28종)	피라미 돌고기 떡납줄갱이 납자루 납지리 참마자 모래무지 버들치 참붕어 미꾸리 밀어 민물검정망둑 꾹저구	피라미 돌고기 납자루 참마자 모래무지 버들치 누치 밀어 민물검정망둑 꾹저구	붕어 피라미 돌고기 흰줄납줄개 떡납줄갱이 납자루 참마자 모래무지 버들치 누치 참붕어 대농갱이 밀어	잉어 붕어 피라미 모래무지 버들치 배들매치 참붕어 미꾸리 미꾸라지 쌀미구리 메기 밀어 가물치 대륙송사리	붕어 피라미 끄리 돌고기 납자루 납지리 참마자 모래무지 버들치 누치 참붕어 종개 미꾸리 미꾸라지 메기 밀어 민물검정망둑 민물두줄망둑 꺽정이	잉어 붕어 피라미 돌고기 참마자 모래무지 버들치 누치 참붕어 미꾸리 메기 밀어
	13종	**10종**	**13종**	**14종**	**19종**	**12종**
외래종 (1종)	-	배스	-	-	-	배스
	-	**1종**	-	-	-	**1종**

※ 종 다양성(어종수) : 조종천(28) > 미원천(25) > 눌노천(22) > 문호천(19) > 포천천(16) > 신천(15)

표 3. 미원천 조사어종 및 개체수 (2목 5과 25종)

국 명	학 명	조사지점 상류 '12	상류 '17	중류 '12	중류 '17	하류 '12	하류 '17	합계 '12	합계 '17	비 고
계		174	134	211	116	305	515	690 (22종)	765 (25종)	
잉어 목 Cypriniformes										
잉어 과 Cyprinidae										
붕어	*Carassius auratus*					3		3		미확인
참갈겨니	*Zacco koreanus*	43	60	52	69		40	95	169	고
피라미	*Zacco platypus*	2		20	20	50	171	72	191	
끄리	*Opsariichthys uncirostris amurensis*					10		10		미확인
돌고기	*Pungtungia herzi*	25	7	20	16	1	18	46	41	
쉬리	*Coreoleuciscus splendidus*	24	8	29				53	8	고
각시붕어	*Rhodeus uyekii*					3	3	3	3	고
묵납자루	*Acheilognathus signifer*						2		2	신규(고)
떡납줄갱이	*Rhodeus notatus*						5		5	신규
줄납자루	*Acheilognathus yamatsutae*						35		35	신규(고)
납자루	*Acheilognathus lanceolatus*					3	58	3	58	
납지리	*Acheilognathus rhombeus*						10		10	신규
참마자	*Hemibarbus longirostris*	13		25		77	20	115	20	
배가사리	*Microphysogobio longidorsalis*					6	11	6	11	고
모래무지	*Pseudogobio esocinus*	48		50	6		7	98	13	
버들치	*Phynchocypris oxycephalus*		54				4		58	신규
왜매치	*Abbottina springeri*						12		12	신규(고)
돌마자	*Microphysogobio yaluensis*					52	47	52	47	고
긴몰개	*Squalidus gracilis majimae*						17		17	신규(고)
누치	*Hemibarbus longirostris*						5		5	미확인
참붕어	*Pseudorasbora parva*						1		1	신규
미꾸리 과 Cobitidae										
미꾸리	*Misgurnus anguillicaudatus*	1	5			1		2	5	
새코미꾸리	*Koreocobitis rotunidcaudata*			1		1		2		미확인(고)
참종개	*Iksookimia koreensis*	2			5		6	2	11	고
메기 목 Siluriformes										
퉁가리 과 Amblycipitidae										
퉁가리	*Liobagrus andersoni*	1		6		1		8		미확인
농어 목 Perciformes										
꺽지 과 Centropomidae										
꺽지	*Coreoperca herzi*	11		8			3	19	3	고
동사리 과 Odontobutidae										
얼록동사리	*Odontobutis interrupta*	4				1	5	5	5	고
망둑어 과 Gobiidae										
밀어	*Rhinogobius brunneus*					35	22	35	22	
꾹저구	*Chaenogobius urotaenia*					1	1	1	1	
민물검정망둑	*Tridentiger brevispinis*					55	17	55	17	

※ **고** : 한반도 고유종, **외** : 외래종

※ **신규** : '17년도에 새로 확인된 종(8종), **미확인** : '12년도에 확인되었으나 '17년도에 확인되지 않은 종(5종)

▶ **조사결과** : '12년 3목 7과 22종 (고10) ⇒ '17년 2목 5과 25종 (고12)

▶ **조사년도 및 횟수** : '12년 (2회 : 5월, 11월), '17년 (2회 : 4월, 9월)

▶ **조사장소** : 3개 지점

- 상류 : 가평군 설악면 방일리 (37°37′19.0"N 127°30′55.7"E)
- 중류 : 가평군 설악면 엄소리 상촌교 (37°38′48.9"N 127°29′58.9"E)
- 하류 : 가평군 설악면 선촌리 616 (37°41′03.1"N 127°29′18.0"E)

조사 결과 총 2목 5과 25종의 어류가 서식하고 있는 것으로 조사되었다. 고유종은 참갈겨니, 쉬리, 각시붕어, 묵납자루, 줄납자루, 배가사리, 왜매치, 돌마자, 긴몰개, 참종개, 꺽지, 얼록동사리 총 12종이였으며, 고유종인 묵납자루, 줄납자루, 왜매치, 긴몰개가 신규로 확인되었다. '12년에 출현한 일반종 중 이번 조사에서 미확인된 어종은 붕어, 끄리였으며, 떡납줄갱이, 납지리, 버들치, 참붕어가 신규로 확인되었다. 외래종은 이번조사에서 확인되지 않았다. 미원천의 우점종은 피라미, 참갈겨니, 납자루 및 버들치 순으로 조사되었다.

표 3-1. 미원천 수질환경 조사 결과

조사항목	상 류		중 류		하 류	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
채수시간	11:00	10:30	12:30	4.3	11:30	14:00
수온(℃)	8.9	18.2	14.0	19.2	14.7	19.0
DO(㎎/L)	10.69	8.95	10.69	9.51	10.36	9.45
pH	7.79	7.78	7.53	7.45	7.99	7.52
SS(㎎/L)	1	1	2	5	16	10
COD(㎎/L)	1.8	1.5	1.4	2.2	2.1	6.3
Salinity(‰)	0.1	0.0	0.1	0.01	0.1	0.2
NH_3-N(㎎/L)	0.3	0.1	0.3	0.2	1.3	0.5
NO_2-N(㎎/L)	0.003	0.016	0.005	0.014	0.041	0.052
NO_3-N(㎎/L)	2.9	2.4	1.8	1.6	9.8	6.0
TP(㎎/L)	0.32	0.23	0.20	0.74	0.99	0.41
SO_4^2(㎎/L)	1	3	5.3	6.3	20	31
Cl^-(㎎/L)	28.9	5.8	5.0	57.1	38.9	104.2
전기전도도 (㎲/cm)	137.6	89.2	100.5	121.1	136.2	175.2
총경도(㎎/L)	130	150	200	200	280	250

피라미 (상류)

쉬리 (상류)

참종개 (중류)

줄납자루 (중류)

떡납줄갱이 (하류)

돌마자 (하루)

꾹저구 (하류)

민물검정망둑 (하류)

사진 1. 미원천 어류 및 조사관련 사진

표 4. 문호천 어종 및 개체수 (3목 6과 19종)

국 명	학 명	조사지점 상류 '12	상류 '17	중류 '12	중류 '17	하류 '12	하류 '17	합계 '12	합계 '17	비 고
계		96	63	212	118	142	282	450 (17종)	463 (19종)	
잉어 목 Cypriniformes										
잉어 과 Cyprinidae										
참갈겨니	*Zacco koreanus*	37	50	63	29	31	27	131	106	고
피라미	*Zacco platypus*			21	38		83	21	121	
돌고기	*Pungtungia herzi*	12	3	45	22	15	6	72	31	
쉬리	*Coreoleuciscus splendidus*					1		1		고(미확인)
줄납자루	*Acheilognathus yamatsutae*						42		42	고(신규)
납자루	*Acheilognathus lanceolatus*						53		53	신규
참중고기	*Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*						3		3	고(신규)
참마자	*Hemibarbus longirostris*			2	1		10	2	11	
모래무지	*Pseudogobio esocinus*	3	3	5	12	10	9	18	24	
버들치	*Phynchocypris oxycephalus*	41	5	33	1	16		90	6	
왜매치	*Abbottina springeri*			2				2		고(미확인)
돌마자	*Microphysogobio yaluensis*				4	15	6	15	10	고
긴몰개	*Squalidus gracilis majimae*				1				1	고(신규)
누치	*Hemibarbus labeo*						6		6	신규
종개 과 Balitoridae										
종개	*Orthrias toni*			7				7		미확인
미꾸리 과 Cobitidae										
미꾸리	*Misgurnus anguillicaudatus*			2				2		미확인
참종개	*Iksookimia koreensis*			25	4	10	5	35	9	고
메기 목 Siluriformes										
퉁가리 과 Amblycipitidae										
퉁가리	*Liobagrus andersoni*					1		1		미확인
농어 목 Perciformes										
꺽지 과 Centropomidae										
꺽지	*Coreoperca herzi*			3	2	3	1	6	3	고
동사리 과 Odontobutidae										
얼록동사리	*Odontobutis interrupta*	3	2			2		5	2	고
망둑어 과 Gobiidae										
밀어	*Rhinogobius brunneus*				4	13	15	13	19	
꾹저구	*Chaenogobius urotaenia*						1		1	신규
민물검정망둑	*Tridentiger brevispinis*					16	12	16	12	
검정우럭 과 Centrarchidae										
배스	*Micropterus salmoides*						3		3	외(신규)

※ 고 : 한반도 고유종, 외 : 외래종

※ **신규** : '17년도에 새로 확인된 종(7종), **미확인** : '12년도에 확인되었으나 '17년도에 확인되지 않은 종(5종)

▶ **조사결과** : '12년 3목 8과 17종 (고8) ⇒ '17년 3목 6과 19종 (고8)

▶ **조사년도 및 횟수** : '12년 (2회 : 4월, 10월), '17년 (2회 : 4월, 9월)

▶ **조사장소** : 3개 지점

- 상류 : 양평군 서종면 정배리 588 (37°35′55.7"N 127°25′36.4"E)
- 중류 : 양평군 서종면 도장리 77-52 (37°36′19.7"N 127°23′24.2"E)
- 하류 : 양평군 서종면 문호리 문호1교 (37°36′11.0"N 127°21′01.8"E)

조사 결과 총 3목 6과 19종의 어류가 서식하고 있는 것으로 조사되었다. 고유종은 참갈겨니, 줄납자루, 참중고기, 돌마자, 긴몰개, 참종개, 꺽지, 얼록동사리 총 8종이었으며, '12년 채집되었던 고유종인 쉬리, 왜매치는 이번 조사에서 확인되지 않았으며, 고유종인 줄납자루, 참중고기, 긴몰개가 신규로 확인되었다. '12년에 출현한 일반종 중 이번 조사에서 미확인된 어종은 납지리, 종개, 미꾸리, 퉁가리였으며, 외래어종은 배스가 서식하고 있는 것으로 조사 되었다. 문호천의 우점종은 피라미, 참갈겨니, 납자루 순으로 조사되었다.

표 4-1. 문호천 수질환경 조사 결과

조사항목	상 류		중 류		하 류	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
채수시간	14:40	10:00	14:50	11:00	16:00	13:30
수온(℃)	13.0	20.1	15.9	21.1	19.9	21.5
DO(㎎/L)	9.32	9.42	10.08	10.42	10.40	10.24
pH	7.36	7.85	7.52	7.32	8.53	7.54
SS(㎎/L)	4	3	2	2	2	3
COD(㎎/L)	1.3	1.4	0.8	1.2	2.3	3.3
Salinity(‰)	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
NH_3-N(㎎/L)	0.4	0.3	0.5	0.3	0.6	0.4
NO_2-N(㎎/L)	0.006	0.005	0.004	0.014	0.005	0.012
NO_3-N(㎎/L)	3.7	2.7	1.3	1.1	0.5	0.8
TP(㎎/L)	0.74	0.52	0.62	0.36	0.30	0.25
SO_4^2(㎎/L)	1	2	1	4	1	3
Cl^-(㎎/L)	16.0	8.6	6.6	5.9	4.3	5.2
전기전도도 (㎲/cm)	118.4	123.6	137.7	152.5	152.1	187.9
총경도(㎎/L)	200	150	150	120	90	100

얼록동사리 (상류)

버들치 (상류)

피라미 (중류)

꺽지 (중류)

어류 조사 (중류)

납자루 (하류)

참마자 (하류)

배스 (하류)

사진 2. 문호천 어류 및 조사관련 사진

표 5. 신천 어종 및 개체수 (8목 7과 15종)

국 명	학 명	조사지점 상류 '12	상류 '17	중류 '12	중류 '17	하류 '12	하류 '17	합계 '12	합계 '17	비 고
계		26	133	120	318	78	404	224 (15종)	855 (15종)	
잉어 목 Cypriniformes										
잉어 과 Cyprinidae										
잉어	*Cyprinus carpio*	2	8	20	17	3	12	25	37	
붕어	*Carassius auratus*	4	37		34		20	4	91	
떡붕어	*Carassius cuvieri*			45		30		75		외(미확인)
이스라엘잉어	*Cyprinus carpio nudes*	1						1		외(미확인)
참갈겨니	*Zacco koreanus*					1		1		고(미확인)
피라미	*Zacco platypus*		57	25	127	15	212	40	396	
끄리	*Opsariichthys uncirostris amurensis*					3		3		미확인
돌고기	*Pungtungia herzi*					3		3		미확인
모래무지	*Pseudogobio esocinus*			3	1	1	4	4	5	
버들치	*Phynchocypris oxycephalus*		3		1				4	신규
버들매치	*Abbottina rivularis*	10	2					10	2	
누치	*Hemibarbus labeo*					5		5		미확인
참붕어	*Pseudorasbora parva*	1	11	25	25	15	36	41	72	
미꾸리 과 Cobitidae										
미꾸리	*Misgurnus anguillicaudatus*		8	1		1	2	2	10	
미꾸라지	*Migsurnus mizolepis*						2		2	신규
쌀미꾸리	*Lefua costata*		1						1	신규
메기 목 Siluriformes										
메기 과 Siluridae										
메기	*Silurus asotus*		1	1	1	1	3	2	5	
농어 목 Perciformes										
동사리 과 Odontobutidae										
얼록동사리	*Odontobutis interrupta*	8	2				2	8	4	고
망둑어 과 Gobiidae										
밀어	*Rhinogobius brunneus*		3						3	신규
가물치 과										
가물치	*Channa argus*				1				1	신규
동갈치 목 Beloniformes										
송사리 과 adrianichthyoidae										
대륙송사리	*Oryzias sinensis*				111		111		222	신규

※ 고 : 한반도 고유종, 외 : 외래종

※ **신규** : '17년도에 새로 확인된 종(6종), **미확인** : '12년도에 확인되었으나 '17년도에 확인되지 않은 종(6종)

▶ **조사결과** : '12년 3목 4과 15종 (고2) ⇒ '17년 3목 7과 15종 (고1)

▶ **조사년도 및 횟수** : 2012년 (2회 : 5월, 11월), 2017년 (2회 : 4월, 9월)

▶ **조사장소** : 3개 지점

- 상류 : 양주시 광적면 상수리 (37°48′47.4"N 126°59′07.4"E)
- 중류 : 동두천 상봉암동 상패교 (37°55′01.5"N 127°03′14.8"E)
- 하류 : 연천군 청산면 신기교 (38°00′06.3"N 127°04′35.8"E)

조사 결과 총 3목 7과 15종의 어류가 서식하고 있는 것으로 조사되었다. 고유종은 얼록동사리 1종이였으며, '12년 채집되었던 고유종 참갈겨니는 이번 조사에서 확인되지 않았다. '12년에 출현한 일반종 중 이번 조사에서 미확인된 어종은 끄리, 돌고기, 누치였으며, 버들치, 미꾸라지, 쌀미꾸리, 밀어, 가물치, 대륙송사리가 신규로 확인되었다. '12년에 출현한 외래어종 떡붕어와 이스라엘잉어는 이번 조사에서 확인되지 않았다. 신천의 우점종은 피라미, 붕어, 참붕어 순으로 조사되었다.

표 5-1. 신천 수질환경 조사 결과

조사항목	상 류		중 류		하 류	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
채수시간	16:10	11:20	14:00	13:00	12:00	10:30
수온(℃)	18.8	19.2	21.4	21.6	18.1	21.7
DO(㎎/L)	7.58	8.05	9.59	8.58	8.51	8.91
pH	7.81	7.84	8.21	7.56	8.16	7.84
SS(㎎/L)	8	6	10	8	15	12
COD(㎎/L)	22.9	18.4	31.6	25.6	24.4	30.1
Salinity(‰)	0.6	0.4	1.2	0.8	0.7	0.5
NH_3-N(㎎/L)	72.5	24.3	27.1	21.2	27.7	27.1
NO_2-N(㎎/L)	0.209	0.121	0.349	0.192	0.302	0.218
NO_3-N(㎎/L)	4.8	3.8	6.3	4.1	3.4	2.9
TP(㎎/L)	0.62	0.75	0.18	0.16	0.17	0.18
SO_4^2(㎎/L)	75	54	110	94	94	75
Cl^-(㎎/L)	131.7	113.8	219.1	192.2	151.7	187.4
전기전도도 (㎲/cm)	1,032	1,285	2,198	1,542	1283	1,821
총경도(㎎/L)	300	400	400	300	300	320

조사지점 (상류)

돌고기 (상류)

버들매치 (상류)

잉어 (중류)

메기 (중류)

대륙송사리 (하류)

조사지점 (하류)

가물치 (하류)

사진 3. 신천 어류 및 조사관련 사진

표 6. 눌노천 어종 및 개체수 (3목 7과 22종)

국 명	학 명	조사지점 상류 '12	상류 '17	중류 '12	중류 '17	하류 '12	하류 '17	합계 '12	합계 '17	비 고
계		83	120	190	151	270	220	543 (15종)	490 (22종)	
잉어 목 Cypriniformes										
잉어 과 Cyprinidae										
잉어	*Cyprinus carpio*	1				25		26		신규
붕어	*Carassius auratus*	1	9	28	3	16		45	12	
참갈겨니	*Zacco koreanus*				8				8	고(신규)
피라미	*Zacco platypus*	60	98	100	92	100	115	260	305	
끄리	*Opsariichthys uncirostris amurensis*						3		3	신규
돌고기	*Pungtungia herzi*				4		5		9	신규
납자루	*Acheilognathus lanceolatus*					1	9	1	9	
납지리	*Acheilognathus rhombeus*					4	2	4	2	
참마자	*Hemibarbus longirostris*				2				2	신규
모래무지	*Pseudogobio esocinus*		12	22	7	2	12	24	31	
버들치	*Phynchocypris oxycephalus*	2		30	16	6	7	38	23	
버들매치	*Abbottina rivularis*					1		1		미확인
긴몰개	*Squalidus gracilis majimae*		1	1			10	1	11	고
누치	*Hemibarbus labeo*					20	15	20	15	
참붕어	*Pseudorasbora parva*			5	5		1	5	6	
미꾸리 과 Cobitidae										
미꾸리	*Misgurnus anguillicaudatus*	1		1		5	2	7	2	
미꾸라지	*Migsurnus mizolepis*				2				2	신규
종개 과 balitoridae										
종개	*Orthrias toni*						3		3	신규
메기 목 Siluriformes										
메기 과 Siluridae										
메기	*Silurus asotus*				1				1	신규
농어 목 Perciformes										
동사리 과 Odontobutidae										
얼록동사리	*Odontobutis interrupta*	7		3	8	6	4	16	12	고
망둑어 과 Gobiidae										
밀어	*Rhinogobius brunneus*	11			1	4	9	15	10	
민물검정망둑	*Tridentiger brevispinis*				1	80	19	80	20	
민물두줄망둑	*Tridentiger bifasciatus*						3		3	신규
둑중개 과 Cottidae										
꺽정이	*Trachidermus fasciatus*						1		1	신규

※ 고 : 한반도 고유종, 외 : 외래종

※ **신규** : '17년도에 새로 확인된 종(10종), **미확인** : '12년도에 확인되었으나 '17년도에 확인되지 않은 종(1종)

▶ **조사결과** : '12년 3목 5과 15종 (고2) ⇒ '17년 3목 7과 22종 (고3)

▶ **조사년도 및 횟수** : '12년 (2회 : 5월, 11월), '17년 (2회 : 4월, 9월)

▶ **조사장소** : 3개 지점

- 상류 : 파주시 법원읍 웅담리 (37°54'24.7"N 126°53'49.6"E)
- 중류 : 파주시 파평면 청송로 (37°56'27.3"N 126°52'49.6"E)
- 하류 : 파주시 파평면 금파교 (37°55'43.0"N 126°50'10.0"E)

조사 결과 총 3목 7과 22종의 어류가 서식하고 있는 것으로 조사되었다. 고유종은 긴몰개, 얼록동사리, 참갈겨니가 확인되었으며, 참갈겨니는 이번조사에서 신규로 확인되었다. '12년에 출현한 일반종 중 이번 조사에서 미확인된 어종은 버들매치였으며, 잉어, 그리, 돌고기, 참마자, 미꾸라지, 종개, 메기, 민물두줄망둑, 꺽정이가 신규로 확인되었다. 외래어종은 이번조사에서 확인되지 않았다. 복하천의 우점종은 피라미, 모래무지, 버들치 순으로 조사되었다.

표 6-1. 눌노천 수질환경 조사 결과

조사항목	상 류		중 류		하 류	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
채수시간	15:22	14:00	13:10	15:30	11:30	11:30
수온(℃)	16.8	18.6	17.7	20.2	14.3	19.4
DO(㎎/L)	7.72	8.82	10.09	9.51	11.24	10.34
pH	8.30	8.43	8.17	8.26	8.25	8.82
SS(㎎/L)	9	5	2	3	28	15
COD(㎎/L)	13.5	10.3	1.1	4.0	7.0	5.1
Salinity(‰)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2
NH_3-N(㎎/L)	1.8	1.4	0.5	0.9	1.5	2.1
NO_2-N(㎎/L)	0.001	0.022	0.003	0.005	0.011	0.019
NO_3-N(㎎/L)	0.3	0.9	2.8	1.4	1.0	4.0
TP(㎎/L)	0.29	0.19	0.27	0.22	0.26	0.25
SO_4^2(㎎/L)	3	9	8	5	15	18
Cl^-(㎎/L)	5.1	6.7	9.0	10.9	7.9	9.1
전기전도도 (㎲/cm)	159.3	100.1	139.2	151.1	239	43.9
총경도(㎎/L)	130	120	150	100	130	120

붕어 (상류)

피라미 (상류)

참붕어 (중류)

모래무지 (중류)

끄리 (하류)

납지리 (하류)

누치 (하류)

긴몰개 (하류)

사진 4. 눌노천 어류 및 조사관련 사진

표 7. 포천천 어종 및 개체수 (3목 6과 16종)

국 명	학 명	조사지점 상류 '12	상류 '17	중류 '12	중류 '17	하류 '12	하류 '17	합계 '12	합계 '17	비 고
계		212	249	336	329	133	179	681 (15종)	757 (16종)	
잉어 목 Cypriniformes										
잉어 과 Cyprinidae										
잉어	*Cyprinus carpio*	5	5	21	5	9	5	35	15	
붕어	*Carassius auratus*	25	49	50	49	8	53	83	151	
피라미	*Zacco platypus*	110	90	116	210	55	106	281	406	
돌고기	*Pungtungia herzi*			4	12	12	1	16	13	
참마자	*Hemibarbus longirostris*			2	1	22		24	1	
모래무지	*Pseudogobio esocinus*	4		10		2	6	16	6	
버들치	*Phynchocypris oxycephalus*	15	47	40	7			55	54	
돌마자	*Microphysogobio yaluensis*	6		3				9		고(미확인)
긴몰개	*Squalidus gracilis majimae*				5				5	고(신규)
누치	*Hemibarbus labeo*					7	4	7	4	
참붕어	*Pseudorasbora parva*	12	37	85	33	17	1	114	71	신규
미꾸리 과 Cobitidae										
미꾸리	*Misgurnus anguillicaudatus*	4	5			1		5	5	
참종개	*Iksookimia koreensis*			1	1		1	1	2	고
메기 목 Siluriformes										
메기 과 Siluridae										
메기	*Silurus asotus*		3	3	2		1	3	6	
농어 목 Perciformes										
동사리 과 Odontobutidae										
얼룩동사리	*Odontobutis interrupta*	1	4	1	3			2	7	고
망둑어 과 Gobiidae										
밀어	*Rhinogobius brunneus*	30	8		1		1	30	10	
검정우럭 과 Centrarchidae										
배스	*Micropterus salmoides*		1						1	외(신규)

※ **고** : 한반도 고유종, **외** : 외래종

※ **신규** : '17년도에 새로 확인된 종(3종), **미확인** : '12년도에 확인되었으나 '17년도에 확인되지 않은 종(1종)

▶ **조사결과** : '12년 3목 5과 15종 (고3) ⇒ '17년 3목 6과 16종 (고3)

▶ **조사년도 및 횟수** : '12년 (2회 : 5월, 11월), '17년 (2회 : 4월, 9월)

▶ **조사장소** : 3개 지점

- 상류 : 포천시 소흘읍 가산교 (37°50′12.9"N 127°09′19.6"E)
- 중류 : 포천시 신북면 신서교 (37°56′11.5"N 127°13′23.4"E)
- 하류 : 포천시 영중면 능본교 (38°00′26.6"N 127°14′13.4"E)

조사 결과 총 3목 6과 16종의 어류가 서식하고 있는 것으로 조사되었다. 고유종은 긴몰개, 참종개, 얼록동사리 총 3종 이였으며, '12년 채집되었던 고유종 돌마자는 이번 조사에서 확인되지 않았다. 일반종으로는 참붕어가 신규로 확인 되었고, 외래어종은 배스가 신규로 확인되었다. 포천천의 우점종은 피라미, 붕어, 참붕어 순으로 조사되었다.

표 7-1. 포천천 수질환경 조사 결과

조사항목	상 류		중 류		하 류	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
채수시간	12:00	13:30	14:50	10:30	16:00	14:00
수온(℃)	15.8	18.5	14.5	19.2	14.5	19.2
DO(㎎/L)	8.02	9.05	11.31	10.42	9.26	10.24
pH	8.27	8.75	9.41	8.78	9.28	8.74
SS(㎎/L)	25	20	14	12	11	14
COD(㎎/L)	20.8	18.5	18.5	14.1	16.8	20.3
Salinity(‰)	0.4	0.3	0.3	0.3	0.6	0.5
NH_3-N(㎎/L)	14.1	10.5	4.2	3.6	25.4	20.8
NO_2-N(㎎/L)	0.074	0.056	0.067	0.043	0.181	0.106
NO_3-N(㎎/L)	1.5	3.6	3.8	6.4	0.5	4.3
TP(㎎/L)	0.90	0.66	0.38	0.75	0.25	0.23
SO_4^2(㎎/L)	55	50	36	67	63	74
Cl^-(㎎/L)	50.2	75.8	48.9	58.2	133.1	148.3
전기전도도 (㎲/cm)	677	822	463	579	937	1173
총경도(㎎/L)	300	250	150	250	280	250

조사지점 (상류)

붕어 (상류)

수질분석

피라미 (중류)

돌고기 (중류)

모래무지 (하류)

참종개 (하류)

밀어 (하류)

사진 5. 포천천 어류 및 조사관련 사진

표 8. 조종천 어종 및 개체수 (3목 8과 28종)

국 명	학 명	조사지점 상류 '12	상류 '17	중류 '12	중류 '17	하류 '12	하류 '17	합계 '12	합계 '17	비 고
계		149	56	129	293	256	1,494	534 (21종)	1,843 (28종)	
잉어 목 Cypriniformes										
잉어 과 Cyprinidae										
붕어	*Carassius auratus*				1		2		3	신규
참갈겨니	*Zacco koreanus*	65	48	43	65	25	71	133	184	고
피라미	*Zacco platypus*			20	178	15	116	35	294	
돌고기	*Pungtungia herzi*	25		25	12	57	797	107	809	
쉬리	*Coreoleuciscus splendidus*		1	2	3	15	28	17	32	고
각시붕어	*Rhodeus uyekii*						3		3	고
한강납줄개	*Rhodeus pseudosericeus*						5		5	신규(고)
떡납줄갱이	*Rhodeus notatus*					2	10	2	10	
흰줄납줄개	*Rhodeus ocellatus*						1		1	신규
줄납자루	*Acheilognathus yamatsutae*						13		13	신규(고)
납자루	*Acheilognathus lanceolatus*			1			263	1	263	
참마자	*Hemibarbus longirostris*	20		1	6	26	3	47	9	
배가사리	*Microphysogobio longidorsalis*	8		12	2	5	2	25	4	고
모래무지	*Pseudogobio esocinus*	15		8	5	8	12	31	17	
버들치	*Phynchocypris oxycephalus*	5	1		3			5	4	
왜매치	*Abbottina springeri*						2		2	신규(고)
돌마자	*Microphysogobio yaluensis*			4		24	31	28	31	고
긴몰개	*Squalidus gracilis majimae*				5	10	20	10	25	고
누치	*Hemibarbus labeo*						5		5	신규
참붕어	*Pseudorasbora parva*						2		2	신규
미꾸리 과 Cobitidae										
미꾸리	*Misgurnus anguillicaudatus*	1						1		미확인
참종개	*Iksookimia koreensis*		1	1	5	16	1	17	7	고
새코미꾸리	*Koreocobitis rotunidcaudatus*	4		5		5		14		미확인(고)
종개 과 balitoridae										
종개	*Orthrias toni*	1				4		5		미확인
메기 목 Siluriformes										
동자개 과										
눈동자개	*Pseudobagrus koreanus*						23		23	신규(고)
대농갱이	*Leiocassis ussuriensis*						1		1	신규
퉁가리 과 Amblycipitidae										
퉁가리	*Liobagrus andersoni*	1		1	1	10		12	1	
농어 목 Perciformes										
꺽지 과 Centropomidae										
꺽지	*Coreoperca herzi*	4		2	3	14	50	20	53	고
동사리 과 Odontobutidae										
얼룩동사리	*Odontobutis interrupta*				3	3	28	3	31	고
동사리	*Odontobutis playycephala*					1		1		미확인(고)
망둑어 과 Gobiidae										
밀어	*Rhinogobius brunneus*			4	1	16	5	20	6	
둑중개 과 Cottidae										
둑중개	*Cottus koreanus*		5						5	신규(고)

※ **고** : 한반도 고유종, **외** : 외래종

※ **신규** : '17년도에 새로 확인된 종(3종), **미확인** : '12년도에 확인되었으나 '17년도에 확인되지 않은 종(1종)

▶ **조사결과** : ’12년 3목 7과 21종 (고10) ⇒ ’17년 3목 8과 28종 (고15)

▶ **조사년도 및 횟수** : ’12년 (2회 : 5월, 10월), ’17년 (2회 : 4월, 9월)

▶ **조사장소** : 3개 지점

- 상류 : 가평군 하면 하판리 노체교 (37°52′33.2"N 127°21′23.8"E)
- 중류 : 가평군 하면 면사무소 앞 (37°49′01.1"N 127°21′13.1"E)
- 하류 : 가평군 청평면 하천리 (37°44′52.9"N 127°25′31.8"E)

조종천 상류와 중류는 족대와 투망을 이용하여 어류를 채집하였고, 하류의 조사어구는 내수면 수산자원 및 환경조사 매뉴얼(국립수산과학원, 2015)에 준하여 낭장망(10m, 끝자루 망목내경10mm, 31절), 족대 (1m×0.9m, 망목내경 10mm, 31절), 투망(14m×16mm, 20절)을 이용하여 조사하였다.

이번 조사에서 채집된 어류는 총 1,843개체이며, 8과 28종의 어류가 서식하고 있는 것으로 확인되었다(표 8). 고유종은 총 15종으로 참갈겨니, 쉬리, 각시붕어, 한강납줄개, 줄납자루, 배가사리, 왜매치, 돌마자, 긴몰개, 참종개, 눈동자개, 퉁가리, 꺽지, 얼록동사리, 둑중개가 출현하였고, 외래종은 이번 조사에서 확인되지 않았다. 채집된 어류 중 잉어목(Cypriniformes) 3과 31종으로 가장 많았고, 농어목(Perciformes) 5과 8종, 메기목(Siluriformes) 3과 4종, 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)1과 2종과 동갈치목(Beloniformes)이 1과 1종 순으로 출현하였다.

우점종으로는 돌고기(*Pungtungia herzi*) 809개체가 채집되어 출현개체수의 43.90%로 가장 우점하는 것으로 나타났으며, 다음으로 피라미(*Zacco platypus*) 294개체 15.95%, 납자루(*Acheilognathus lanceolatus*) 263개체 14.27%, 참갈겨니(*Zacco koreanus*) 184개체 9.98% 순으로 우점하는 것으로 나타났다(그림 1).

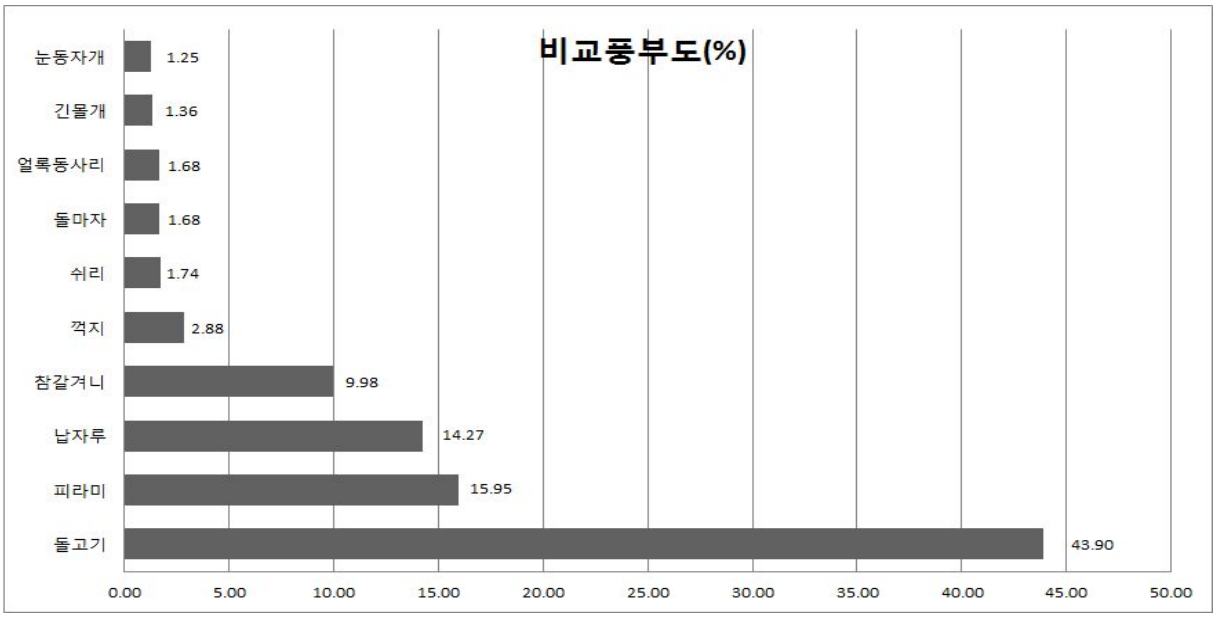


그림 1. 조종천의 어류 비교풍부도

비교풍부도에서 돌고기 809개체가 채집되어 우점종으로 나타났으나, 이는 하류에 설치한 낭장망에 돌고기 무리가 한꺼번에 포획되었고, 채집된 돌고기가 대부분 성체크기로 암컷은 포란한 것으로 볼 때 산란기에 무리지어 산란하는 습성으로 인해 낭장망에 대량으로 포획된 것으로 생각된다.

표 8-1. 조종천 수질환경 조사 결과

조사항목	상 류		중 류		하 류	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
채수시간	12:10	10:30	15:30	14:30	9:10	11:30
수온(℃)	11.3	18.1	16.6	23.9	12.8	24.9
DO(㎎/L)	9.71	9.15	12.04	11.54	9.50	10.78
pH	7.82	7.93	8.58	8.21	8.07	8.13
SS(㎎/L)	2	5	4	6	1	5
COD(㎎/L)	1.7	0.8	1.8	3.1	1.7	2.4
Salinity(‰)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
NH_3-N(㎎/L)	0.4	0.1	1.1	1.2	0.3	0.5
NO_2-N(㎎/L)	0.001	0.013	0.031	0.045	0.006	0.056
NO_3-N(㎎/L)	0.7	2.8	8.7	6.3	0.5	2.7
TP(㎎/L)	0.35	0.31	0.29	0.50	0.26	0.54
SO_4^2(㎎/L)	1	6	19	28	2	23
Cl^-(㎎/L)	2.0	1.2	30.5	25.3	5.1	10.8
전기전도도 (㎲/cm)	47	53	106	127	130	156
총경도(㎎/L)	100	150	260	300	100	150

버들치 (상류)

조사사진 (상류)

참마자 (중류)

배가사리 (중류)

퉁가리 (중류)

한강납줄개 (하류)

자망 설치 (하류)

낭장망 설치 (하류)

사진 6. 조종천 어류 및 조사관련 사진

참 고 문 헌

- 경기개발연구원, 2005. 경기북부 주요 하천 생태계 조사. 경기개발연구원, 101pp.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감. 제 37권 동물편(담수어류). 교육부, 133=520.
- 남명모. 1997. 한국하천호수학회지, 30(4): 357-366.
- 이완옥, 김성자. 1998. 양평・홍천, 용문산 일대의 담수어류. 자연생태계 전국조사, 241~288.
- 최기철, 정상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색한국담수어도감. 향문사, 227pp.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 2002. 원색 한국담수어도감. 향문사, 6-220.
- 한태준. 2007. 경기도 양평 흑천의 어류상. 전남대학교 석사학위논문.

북한강 수계 내수면 어족자원 공동 조사(소양호)

김달영 · 김성곤 · 김동수

서 론

2007년 4월 9일 경기도와 강원도는 관광상품 개발, 농특산물 판매, 한강 수계 관리, 도로 확충, 접경지역제도 개선 등 5개 분야 10개 사업에 대하여 공동으로 추진하는 경기·강원 공동 협약을 체결하였다. 이에 경기도해양수산자원연구소 소관인 「한강수계 공동관리」분야 「북한강수계 내수면 어족자원 공동조사 추진」사업은 강원도내수면자원센터 공동으로 2007년 6월부터 실시하고 있다. 또한, 북한강 수계 자원조성을 위해 경기도해양수산자원연구소와 강원도내수면자원센터에서 붕어, 다슬기, 동자개, 쏘가리 등 토산어종을 매년 520천마리 방류하고 있으며, 북한강 인접 시·군(가평군, 춘천시)에서 수산종자 매입방류를 지속적으로 실시하고 있다. 북한강 수계 내수면 어족자원 공동조사 자료는 우리나라 내수면 생태계의 기초자료로 활용됨은 물론, 어업인 소득증대와 자원의 보호·관리에 크게 기여하고 각 지자체간 공동 수역의 관리 방안의 모범 사례로 자리매김하고 있다.

북한강 수계 내수면 어족자원 공동조사는 내수면 생태계의 회복과 보존 및 수산자원의 체계적인 관리를 위하여 매년 1개소씩 연차적으로 북한강수계 6개호(청평호, 의암호, 팔당호, 춘천호, 소양호, 파로호)에 대하여 수온, DO, pH, COD 등 11개 항목에 대한 수질조사와 어류와 패류의 서식자원 종류 및 개체수 등을 연 2회에 걸쳐 상·하반기에 조사를 실시하고 있으며, 2017년도에는 북한강 수계인 소양호(강원)에 대한 어족자원을 공동조사 하였다.

재료 및 방법

2017년도에는 경기·강원 광역행정 협력사업 일환으로 상·하반기(6월 22일, 9월 14) 각각 1회 북한강 소양호의 어족자원을 강원도내수면자원센터, 강원대학교 환경연구소와 공동으로 조사하였다. 조사지점은 팔당호의 특징 및 서식어류 조사 가능한 3개 지점을 선정하였으며, 조사지점은 그림 1에 나타내었다.

그림 1. 조사 지점 (춘천시 북산면 오항리 3개 지점)

가. 어류 조사

조사 지점으로 선정된 3개 지점별로 정치망(그물코 12.5㎜×12.5㎜) 1틀, 자망(1m×60m×38㎜/1.3m×60m×16㎜) 2틀을 설치하여 정치망은 2일, 자망과 1일 후 그물에 포획된 어류를 수거하였으며, 경기·강원 광역행정 협력기관인 강원대학교 환경연구소 어류연구센터에서 종 동정 및 생물량을 계측하였다.

나. 패류 조사

패류 조사는 스쿠버 장비를 이용하여 잠수부 1명이 각 조사 지점별로 30분간 잠수하여 채집하였으며, 종 동정은 강원대학교 환경연구소 어류연구센터에서 실시하였다.

다. 수질 조사

서식 환경에 대한 기초 항목인 수온, 용존산소, 염도, pH, 전기전도도는 HACH사 수질측정기(HD40d)로 현장에서 측정하였고, COD, SS, TP, 암모니아, 아질산염, 질산염, 인산염, Cl-, 경도, 등은 채수하여 연구소로 이동 후 HACH사 수질분석기(DR5000)로 측정하여 총 14개 항목을 측정하였다.

결과 및 고찰

조사 결과 북한강 수계인 소양호에서 채집된 어류는 총 3목 5과 12종, 278개체가 채집되었으며, 채집된 어류는 잉어목(Cypriniformes) 어류가 1과 6종으로 가장 많았고, 메기목(Siluriformes) 어류가 2과 4종, 농어목(Perciformes) 어류가 2과 2종이 출현하였다. 반면 패류는 이번 조사에서 채집되지 않았다.

표 1. 어류 조사 결과

우점종 (개체수)	고유종 (1종)	외래종 (2종)
1. 블 루 길 (201) 2. 쏘 가 리 (23) 3. 대농갱이 (12)	미 유 기	떡 붕 어 블 루 길

가. 서식 어류 조사

소양호에 서식하는 어류의 한반도 고유종은 미유기(*Silurus microdorsalis*) 1종이였고, 외래종은 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 블루길(*Lepomis macrochirus*) 2종이 확인되었다.

출현 개체수는 블루길(Lepomis macrochirus) 201개체가 채집되어 출현 개체수의 72.30%로 가장 우점하는 종으로 나타났으며, 다음으로 쏘가리(*Siniperca scherzeri*)가 23개체로 8.27%, 대농갱이(*Leiocassis ussuriensis*)가 12개체로 4.32% 순으로 우점하였다(그림 2).

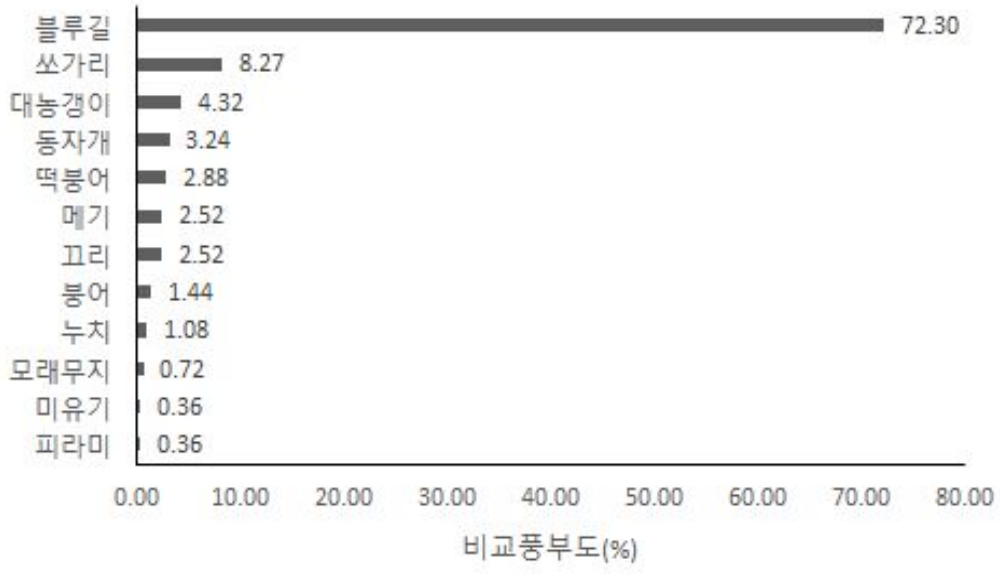


그림 2. 소양호 채집 어류 비교풍부도 (자료 : 강원대학교 환경연구소 어류연구센터)

2011년 소양호 경기강원공동조사에서 출현하였지만 이번조사에서 출현하지 않은 어종은 뱀장어, 피라미, 참갈겨니, 살치, 줄납자루, 잉어, 붕어, 떡붕어, 중고기, 돌고기, 몰개, 참마자, 어름치, 돌마자, 참종개, 눈동자개, 빙어, 배스, 민물검정망둑 등 19종 이었으며, 이번 조사에서 신규로 출현한 어종은 미유기 1종이었다. 2011년 조사 보다 이번조사에서 적은 종이 출현한 것은 2011년 조사에는 오항리와 양구대교 2개 지역을 조사지역으로 포함 하였으나 이번 조사에서는 오항리에 국한되어 조사되었기 때문으로 판단되며 블루길의 개체수가 다른종에 비해 압도적으로 많이 분포하고 있는 것으로 나타난 것도 특정지역만을 조사지역으로 선정하였기 때문이라고 생각된다. 향후 조사지점을 신중히 하여 추가적인 조사가 이루어져햐 할 것으로 판단된다.

한편, 각 지점별로 잠수부가 30분간 패류를 채집하였으나, 패류는 채집 되지 않았다.

표 2. 소양호 어종 및 개체수 (총 3목 5과 12종)

국 명	학 명	조사지점				RA[1]	비 고
		St. 1	St. 2	St. 3	합계		
계		172	77	29	278		
잉어 목 Cypriniformes							
잉어 과 Cyprinidae							
붕어	*Carassius auratus*		4		4	1.44	
피라미	*Zacco platypus*		1		1	0.36	
떡붕어	*Carassius cuvieri*		8		8	2.88	외[2]
누치	*Hemibarbus labeo*	1	2		3	1.08	
모래무지	*Pseudogobio esocinus*	1	1		2	0.72	
끄리	*Opsariichthys bidens*	3	3	1	7	2.52	
메기 목 Siluriformes							
메기 과 Siluridae							
메기	*Silurus asotus*	2	4	1	7	2.52	
미유기	*Silurus microdorsalis*	1			1	0.36	고[2]
동자개 과 Bagridae							
대농갱이	*Leiocassis ussuriensis*	4	5	3	12	4.32	
동자개	*Pseudobagrus fulvidraco*	4	2	3	9	3.24	
농어 목 Perciformes							
꺽지 과 Centropomidae							
쏘가리	*Siniperca scherzeri*	9	10	4	23	8.27	
검정우럭 과 Centrachidae							
블루길	*Lepomis macrochirus*	147	37	17	201	72.30	외[2]

[1] RA(Relative abundance) : 비교풍부도

[2] 고 : 한반도 고유종, 외 : 외래종

▶ 조사장소

- St. 1 : 강원도 춘천시 북산면 오항리 (37°58′38.1"N 127°54′10.9"E)
- St. 2 : 강원도 춘천시 북산면 오항리 (37°58′28.8"N 127°54′19.2"E)
- St. 3 : 강원도 춘천시 북산면 오항리 (37°58′22.9"N 127°54′22.2"E)

나. 수질 조사

표 3. 소양호 수질 분석 결과

장 소 / 항 목	St.1		St.2		St.3	
	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
채수시간	11:00	10:30	10:30	11:00	10:00	10:10
수온(℃)	25.0	23.7	24.7	24.0	24.7	23.5
DO(㎎/L)	8.84	10.42	9.06	9.74	9.33	10.26
pH	8.46	9.71	8.57	8.75	8.60	9.61
SS(㎎/L)	5	10	3	10	3	8
COD(㎎/L)	1.2	3.7	1.9	3.1	1.7	8.1
Salinity(‰)	0	0	0	0	0	0
NH_3-N(㎎/L)	0.07	0.01	0.11	0.09	0.07	0.05
NO_2-N(㎎/L)	0.017	0.010	0.015	0.009	0.017	0.051
NO_3-N(㎎/L)	2.6	0.8	2.7	0.8	2.6	3.0
TP(㎎/L)	0.07	0.20	0.05	0.15	0.05	0.13
SO_4^{2}(㎎/L)	10	7	8	8	9	11
Cl^-(㎎/L)	10.9	3.6	13.2	2.7	13.1	14.4
전기전도도 (㎲/cm)	89.4	78.4	89.5	80.7	89.4	107.1
총경도(㎎/L)	120	50	150	80	150	200


공동조사 선박


조사 어구(정치망)


자망


정치망 설치


자망 설치


잠수부 패류 채취


정치망 수거


자망 수거


채집된 어류


채집된 어류


수질측정


채수

사진 1. 어족자원 조사 관련사진

참 고 문 헌

- 경기개발연구원. 2005. 경기북부 주요 하천 생태계 조사. 경기개발연구원, 101pp.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감. 제 37권 동물편(담수어류). 교육부, 133-520pp.
- 김익수・강언종. 1993. 원색 한국어류도감. 아카데미서적, 477pp.
- 송미영, 전형주, 이완옥, 신종근. 2015. 내수면 수산자원 및 환경조사 매뉴얼. 국립수산과학원 중앙내수면연구소.

Ⅱ.

민물고기 생태학습관 및 수산질병관리원 운영

1. 민물고기 생태학습관 운영

2. 수산질병관리원 운영

민물고기 생태학습관 운영

곽효진 · 송명화 · 정승원 · 최선희 · 김학균 · 이연재 · 김동수

경기도 민물고기생태학습관은 2003년에 연건평 989㎡(지상2층, 지하1층) 규모로 개관하여 쉬리, 각시붕어 등 살아있는 민물고기 60여 종과 10여개 체험코너, 직접 물고기를 잡아볼 수 있는 야외 체험장(터치풀, 250.65㎡)과 관람객 휴식과 편의를 위한 생태연못, 주차장(1,000㎡), 야외화장실 등의 편익 시설을 갖추고 있으며, 우리의 토종 민물고기를 살아있는 그대로 관찰하고 체험할 수 있는 민물고기 전문 테마학습 공간으로 자리 잡아 수도권 주민들의 삶의 질 향상에 기여하고 있다.

2016년에는 생태학습관 2층 체험시설 보강을 통해 학습관을 찾는 어린이들이 다양한 수생식물과 민물고기들이 헤엄쳐 다니는 모습을 직접 관찰할 수 있도록 하였다. 또한 학습관 1층의 노후수조 및 어류생태전시동 보수를 통하여 쾌적한 관람환경 속에서 편안한 관람이 될 수 있도록 하였다.

해양수산자원연구소 민물고기 생태학습관에서는 초등학생들이 여름 방학기간을 이용하여 부모와 함께 참여하는 자연 체험학습으로 여름 생태체험학교 프로그램을 운영하였다. 도내 초등학생과 그 학부모들을 대상으로 총 8회 69가족 187명이 참가하여 생태학습관, 연구소 견학, 양어체험, 나무현미경 만들기 체험, 연구소 앞 흑천에서 가족 단위로 물고기 잡아보기 하천생태 탐구를 진행하였다. 특히 2017년에는 취약계층 아동가족을 대상으로 총 8회의 생태체험학교 중 2회를 별도 운영하였으며 19가족, 44명이 참가하게 되었다.

도심 속으로 찾아가는 민물고기 이동전시는 11개 시 · 군 및 2개 초교 22개 축제에 이동전시를 실시하여 약 1,362천명이 살아 있는 토종 민물고기를 관람할 수 있도록 하였다. 생태학습관 방문객 및 이동전시장을 찾는 관람객들에게는 생태학습관 리플렛(연구소 소개 및 멸종위기어종 소개) 1만 5천부를 제작 배포하였다.

2017년도 생태학습관 관람객 수는 9만여명(99,206명)이 다녀갔으며 2018년에도 민물고기 만져보기 체험, 연구소 견학 프로그램 등 다양하고 알찬 체험학습이 이루어지도록 운영할 계획이다.

□ 민물고기 생태학습관 시설 현황

규 모	부 지 : 2,649㎡ (800평)
	건 축 : 연건평 989㎡ (300평)
	1층 : 359㎡, 2층 : 499㎡, 지하 : 131㎡
	주차장 : 1,000㎡(330평), 생태연못 : 1,150㎡(348평),
	야외화장실 : 81㎡(24평)
주요시설	수족관 : 51조(철갑상어, 쏘가리 등 60여종 전시)
	영상학습실 : 135㎡ 84석(가시고기 생태 등 민물고기 관련 영상물 상영)
	체험전시실 : 221㎡(민물고기의 역사, 생태, 환경, 도정홍보 등 10여개 코너)
	터치풀 : 250.65㎡ (터치풀 1)
수용인원	100명/회, 2,000명/일

□ 2017년 생태학습관 운영(관람) 실적

○ 총괄

생태학습관(명)	민물고기이동전시(명)	여름 생태체험학교(명)
99,206	**1,362,595**	**187**

○ 생태학습관 관람객 유형

구 분	합 계	단 체			가 족	비고
		소 계	학 생	일 반		
인원(명)	99,206	**18,232**	14,606	3,626	**80,974**	
비율(%)	100	**18**	12	6	**82**	

○ 생태학습관 시·군별 관람객 유형

(단위: 명)

시·군명	관람실적	시·군명	관람실적
계	**58,812**	광주시	3,415
수원시	3,040	김포시	764
성남시	3,255	이천시	4,225
고양시	1,423	구리시	1,117
부천시	1,382	양주시	322
용인시	3,519	안성시	236
안산시	956	포천시	163
안양시	1,290	오산시	407
남양주시	3,861	하남시	2,313
의정부시	1,007	의왕시	438
평택시	503	여주시	3,070
시흥시	498	동두천시	232
화성시	1,420	양평군	17,393
광명시	599	과천시	213
파주시	598	가평군	323
군포시	766	연천군	64

※ 전체방문객 수 : 99,206명 (경기 58,812명, 서울 24,045명, 타시·도 16,349명)

수산질병관리원 운영

조기택 · 안태영 · 이동훈 · 한정조 · 김성곤 · 김동수

2006년 9월에 개원한 경기도 수산질병관리원은 2007년에 수산질병관리원 증축공사를 시작하여 안전성검사실, 병리조직실, 무균실 등 7개실에 항생제 분석장치, 유전자추출기, 조직처리기 등 총 94종의 분석장비를 갖춘 수산생물질병 전문 검사기관이다.

경기도 수산질병관리원은 양식 수산물의 질병으로 인한 어민의 경제적 손실을 최소화함과 동시에 도내 양식장에서 생산되는 수산물의 안전성 조사를 실시하여 도민에게 안전한 양식 수산물이 공급되게 하는 것에 그 목적이 있다.

그림 1. 경기도 수산질병관리원 전경(좌측)과 각종 분석장비(우측)

1. 수산생물 질병 진단

우리 수산질병관리원은 수산생물에 발생하는 기생충성, 세균성, 바이러스성 질병과 환경성 즉, 수질, 사료, 사양관리 등으로 인한 질병의 진단 서비스를 도내 양식어민을 위해 제공하고 있다. 현재 수산질병관리원에는 5명의 수산질병관리사 및 3명의 실무경험이 뛰어난 연구사들이 각 분야별 질병 검사 업무를 담당하고 있으며, 도내 양식장을 대상으로 지속적인 예찰과 기술 지도를 병행하고 있다.

또한, 2012년 6월 20일에 "수산동물병성감정실시기관과 국립수산과학원간 수산동물전염병 공동검사체계 구축을 위한 양해각서"로 MOU를 체결하여 수산생물질병관리법에 따라 방류수산생물 전염병검사를 실시하고 있다. 방류수산생물 전염병검사는 건강한 치어가 도내 하천에 방류될 수 있도록 방류용 치어에 대해 사전 질병검사를 실시하고, 이를 통해 자연수계로의 질병 확산을 원천봉쇄하고 있다. 수산질병관리원에서는 2017년에 94건의 방류

수산생물 전염병검사를 실시하였으며, 모든 시료에서 법정 수산생물전염병이 검출되지 않아 적합 판정을 받았다.

이 뿐만 아니라, 병성감정실시기관을 운영함으로써 질병이 의심되는 수산생물에 대해 병성감정을 실시하여 질병의 원인을 밝혀내고 있다. 2017년 한해 동안 1건의 병성감정을 실시하여 기생충성 또는 세균성 질병을 진단하였고, 이에 대한 조치 및 수산용 의약품 안전사용 등에 대한 내용을 지도함으로써 양식어민의 피해를 최소화하려 노력하였다. 특히, 최근 하천 등에서 물고기의 대량폐사 신고 민원과 관련한 병성감정 접수가 늘어나고 있으며, 세균성 및 기생충성 질병 등이 검출되었다. 하지만, 대량폐사를 야기하는 바이러스성 질병은 검출되지 않았다. 이런 추세에 발맞추어 향후 도내 하천 등 자연수계의 수산생물에 대한 질병 모니터링도 확대할 예정이다.

주기적으로 양식현장을 방문하여 법정전염병 이외의 세균성, 기생충성 질병 진단을 통해 신속한 치료가 이루어지도록 조치하고 있다. 유해생물 구제사업의 일환으로 양식현장의 기생충 모니터링을 실시하여, 기생충이 검출된 양식장을 대상으로 포르말린 등 구충제를 지원하여 신속히 구제될 수 있도록 노력하고 있다. 특히 2018년 예산을 확보하여 양식현장에서 직접 질병진단 및 조치가 가능한 이동진료시스템을 구축할 예정이며, 양식어업인들에게 신뢰도 증대와 질병관리 교육 효과가 있을 것이라 기대된다. 현장검사만으로 질병을 진단하기에는 한계가 있기 때문에 수산질병관리원 내의 검사장비도 꾸준히 확대해 나갈 계획이다. 2017년에는 양식생물의 내부장기를 신속히 검사할 수 있는 냉동조직절편기, 양식장 등의 수질을 자동으로 분석하는 자동수질분석장비를 구비하여 보다 신속정확한 질병진단 여건을 마련하였다. 향후 검사장비의 확충과 인력 확보를 통해 보다 체계적인 도내 양식생물의 질병관리를 추진할 계획이다.

표 1. 경기도 수산질병관리원 연도별 전염병예찰 및 검사 실적

(단위 : 건)

연 도	질 병 검 사			뱀장어 품종검사	전염병 예찰	안전성 검사 (방사능)	비 고
	방류질병검사	병성감정	소 계				
계	735	35	797	178	1,269	411	
2007	146	-	153	-	-	-	
2008	86	-	92	20	-	-	
2009	-	-	5	11	30	-	수산동물질병 관리법 시행
2010	-	-	5	9	48	-	
2011	-	-	4	7	44	-	
2012	41	13	54	8	52	-	병성감정실시기관 업무재개
2013	109	8	117	17	212	-	
2014	85	2	87	20	155	45	
2015	90	7	97	26	190	141	
2016	84	4	88	26	269	114	
2017	94	1	95	34	269	111	

2. 도내 수산물 안전성조사

경기도는 '07년부터 경기도지사가 인증하는 G+인증제도를 실시하여 소비자가 신뢰하고 먹을 수 있는 안전한 먹거리 생산에 주력하고 있다. 경기도 농산물은 G+Rice, 축산물은 G+Meat 인증마크를 각각 도입하였으며 출하 전단계의 농축산물에 대해 유해물질(농약, 항생물질 등) 검사를 실시하여 적합할 경우 인증마크를 부여하고 있다.

이에 발맞추어 경기도 해양수산자원연구소에서는 '08년부터 도내에서 생산되는 양식 수산물에 대해 G+Fish 인증제도를 도입한 후 현재 금지약품, 동물용의약품, 중금속, 방사능 등 총 41항목에 대해 정기적으로 안전성조사를 실시함으로써 도내 안전한 수산물 공급에 이바지하고 있다. '17년에는 파주, 김포 등 10개 시·군에서 17개소의 G+Fish 인증양식장을 운영하고 있다. '17년 G+Fish 유해물질 검사 120건 중 3건 항생제가 기준초과 하였고, 초과한 양식장에 대해서는 출하연기 조치를 통해 안전한 수산물만이 유통되도록 하여 수산물 안전관리에 만전을 기하였다.

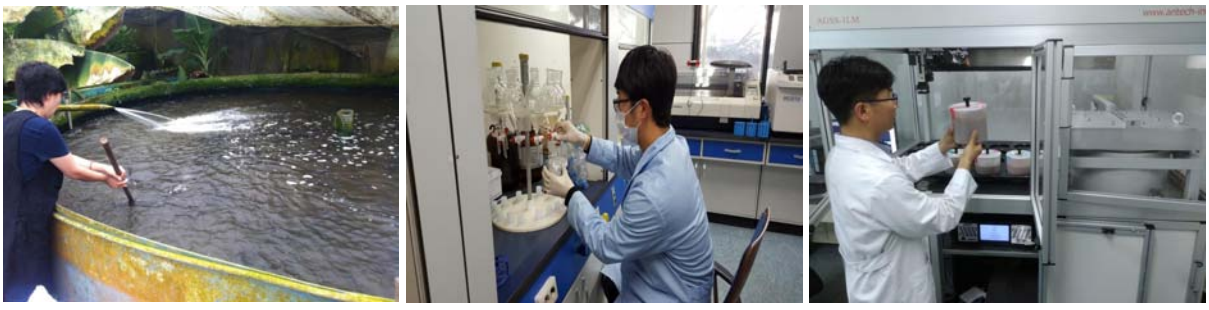


그림 2. 왼쪽부터 양식장 시료채취, 항생제 분석 전처리, 방사능 검사

G+Fish 인증양식장 이외에도 도내 양식장 및 위판장을 대상으로 안전성조사를 실시하였고 낚시 등을 통해 수산물을 접할 가능성은 있으나 안전성에 취약한 하천서식 수산물에 대해서도 조사를 실시하였다. 그 결과 양식장(종자 생산장 포함) 97건, 해면어획 수산물 96건, 하천(문호천, 조종천, 포천천, 신천, 미원천, 눌노천) 10건으로 총 203건 중 메기 양식장에서 2건 항생제가 기준초과 하여 출하연기 및 재조사를 통해 안전한 수산물만 출하되도록 조치하였다.

'16년 말 항생제 등 유해물질 분석용 장비를 구입하여 '17년에는 더욱 정밀하고 정확하게 검사를 수행할 수 있었다. '18년에는 수산물안전검사체계구축 국비사업을 통해 분석장비를 대량 확충할 계획이며, 이후 전문검사동 신축 및 전문인력 확보를 통해 경기도 수산물 안전관리체계를 구축하여 불량 수산물 유통을 사전에 차단하고 도민에게 안전한 수산물 먹거리를 제공하기 위해 지속적으로 노력할 것이다.

방류수산생물 품종별 검사 대상 수산생물전염병의 종류

(방류수산생물의 검사 등에 관한 고시, 국립수산과학원고시, 2013.5.15. 개정)

구 분	품 종 명	검 사 항 목	합격기준
해 면 품 종	넙치, 문치가자미, 돌가자미, 강도다리, 쥐노래미, 볼락, 황점볼락, 조피볼락, 개볼락, 붉은쏨뱅이, 쏨뱅이, 돌돔, 참돔, 감성돔, 강담돔, 동갈돗돔, 농어, 점농어, 능성어, 대구, 가숭어, 민어, 참조기, 황복, 자주복, 쥐치, 말쥐치, 뚝지, 자바리, 벵에돔, 짱뚱어	바이러스성출혈성패혈증, 참돔이리도바이러스병	불검출
	전복, 오분자기 비단가리비, 참가리비, 개조개, 개량조개, 북방대합, 꼬막, 왕우럭, 백합	퍼킨수스감염증 (퍼킨수스마리누스만해당한다), 흰반점병	〃
	대하, 보리새우, 물렁가시붉은새우, 가시배새우	흰반점병, 타우라증후군	〃
	꽃게, 민꽃게, 왕밤송이게(털게), 해삼, 바윗털갯지렁이	흰반점병	〃
내수면 품 종	잉어, 붕어	잉어허피스바이러스병, 잉어봄바이러스병	〃
	동자개, 메기, 대농갱이, 미꾸라지(미꾸리)	잉어봄바이러스병	〃
	쏘가리, 꺽지	참돔이리도바이러스병	〃
	뱀장어	바이러스성출혈성패혈증	〃
	은어	유행성궤양증후군	〃
	참게, 동남참게	흰반점병	〃
	자라	참돔이리도바이러스병	〃
	다슬기, 기수재첩	흰반점병	〃

경기도해양수산자원연구소 안전성 검사항목 및 기준

분 류	검 사 항 목	안전성 기준
계	**41항목**	
금 지 약 품	1)말라카이트그린	불 검 출
	2)니트로푸란{푸라졸리돈, 푸랄타돈, 니트로푸라존, 니트로푸란토인, 니트로빈 등} 제제 및 대사물질	
	3)클로람페니콜	
항 생 물 질	4)옥시테트라싸이클린 5)클로르테트라싸이클린 6)테트라싸이클린	0.2㎎/㎏ (합으로)
	7)독시싸이클린	0.05㎎/㎏
	8)스피라마이신	0.2㎎/㎏
	9)옥소린산	0.1㎎/㎏
	10)플루메퀸	0.5㎎/㎏
	11)엔로플록사신 12)시프로플록사신	0.1㎎/㎏ (합으로)
	13)노르플록사신	불 검 출
	14)오플록사신	불 검 출
	15)페플록사신	불 검 출
	16)설파클로르피리다진 17)설파디아진 18)설파디메톡신 19)설파메톡시피리다진 20)설파메라진 21)설파메타진 22)설파메톡사졸 23)설파모노메톡신 24)설파티아졸 25)설파퀴녹실린 26)설파독신 27)설파페나졸 28)설파속사졸 29)설파클로르피라진 30)설파구아니딘	0.1㎎/㎏ (합으로)
	31)아목시실린	0.05㎎/㎏
	32)암피실린	0.05㎎/㎏
	33)린코마이신	0.1㎎/㎏
	34)날리딕스산	0.03㎎/㎏
	35)플로르페니콜	0.2㎎/㎏
	36)클린다마이신	0.1㎎/㎏
중 금 속	37)총수은(심해성 어류, 다랑어류 및 새치류 제외)	0.5㎎/㎏
	38)납	단위 : ㎎/㎏
	- 패류·연체류	2.0
	- 어류	0.5
	- 갑각류(내장을 포함한 꽃게류)	1.0 (2.0)
	39)카드뮴	단위 : ㎎/㎏
	- 민물 및 회유어류 / 해양어류	0.1 / 0.2
	- 패류·연체류(내장을 포함한 낙지)	2.0 (3.0)
	- 갑각류(내장을 포함한 꽃게류)	1.0 (5.0)
	- 김	0.3
방 사 능	40)^{131}I (요오드)	300Bq/㎏
	41)^{134}CS+^{137}CS (세슘)	100Bq/㎏

Ⅲ.

우량치어 생산보급 및 토산어종 자원조성

1. 우량치어 생산보급

2. 토산어종 자원 조성

우량치어 생산보급 및 토산어종 자원조성

한정조 · 이동훈 · 임성률 · 김달영 · 김광범* 김창미
김윤석* · 최대순 · 김동주 · 김성곤 · 김동수
*경기도청

서 론

주요 양식어종의 종자 수급 안정을 위하여 '89년부터 '16년까지 무지개송어, 산천어, 철갑상어, 메기 등 15종의 우량종자 34,132천마리를 도내 주요 양식장에 생산·보급 하였으며, 잉어, 붕어 등 13종의 치어 6,168천마리, 다슬기 등 치패 13,095천마리, 빙어, 잉어 수정란 994,000천개를 관내 주요하천에 방류하여 자원보존과 증강에 노력하였다. '17년에는 무지개송어, 산천어 치어 110천마리를 분양하였고, 붕어, 대농갱이, 쏘가리, 모래무지의 치어 4종 215천마리, 다슬기 치패 1,100천마리, 빙어수정란 5,500만립을 방류하였다(표 3, 4, 5).

1. 우량치어 생산보급

1-1 무지개송어, 산천어 종자생산

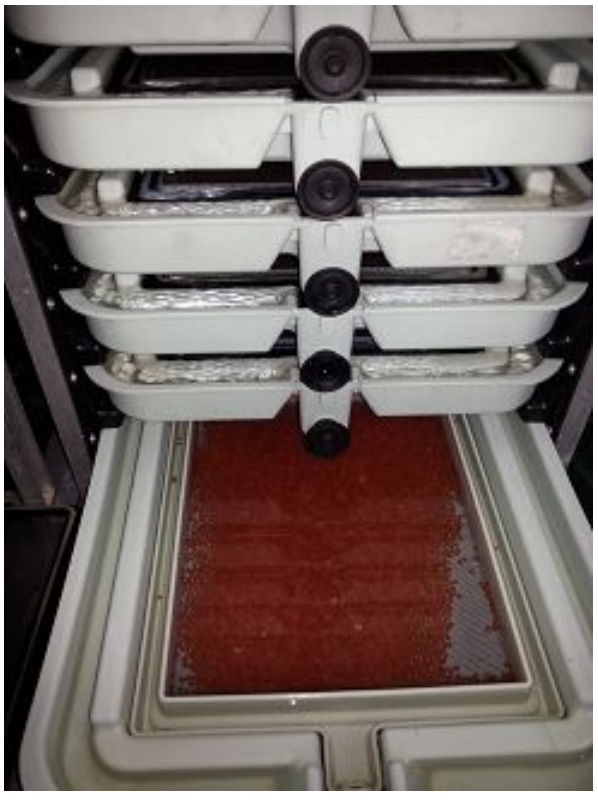
가. 발안란 구입 및 관리

송어, 산천어 발안란은 강원도에서 각각 10만, 6만개를 구입하여 사용하였으며 100ppm 농도의 요오드 용액에 15분간 수용하여 소독한 후 일정량을 덜어 건형 부화기(vartical flow incubator)에 수용하였다.

부화기간 동안 수온 15℃ 유지된 용존산소가 풍부한 물이 유수식으로 공급되도록 관리하였고, 수생균이 발생하지 않도록 다음날부터 매일 수산용 포르말린 1,000ppm으로 15분간 소독하였다. 이러한 방법으로 부화 시까지 알을 관리하였으며 지속적으로 죽은 알을 제거하여 죽은 알이 부패하면서 발생할 수 있는 세균 등에 의해 건강한 알들이 오염되지 않도록 조치하였다. 이러한 방법으로 처리한 발안란은 난황흡수기를 거쳐 부화하기 시작하면 치어사육지에 수용하여 관리하였다.

나. 치어관리 및 우량치어 분양

부화자어는 수온 15℃로 유지하면서 사육하였고 난황 흡수기를 거쳐 부상기(송어 15일 , 산천어 23일 소요)가 된 치어의 초기먹이로 배합사료를 공급하여 분양 시까지 사육하였다. 이러한 방법으로 생산된 무지개송어 2배체 치어는 마리당 250원에 63,950마리를 37어가에, 송어 일반란 치어는 마리당 180원에 37,700마리를 12어가에 유상 분양하였고, 산천어 치어는 마리당 250원에 2,450마리를 4어가에 유상 분양하여 2017년 우량치어 분양금액 총 23,386천원을 세입 조치하였다.



건형부화기 무지개송어 발안란 수용

사란 제거

무지개송어 부화자어

건형부화기 바스켓 사육시설 입식

사진 1. 우량치어 및 부화과정

2. 토산어종 자원조성

2-1. 쏘가리 종자생산

가. 친어

종자생산에 사용한 쏘가리 친어는 2008년부터 연구소에서 암컷과 수컷을 분리 수용하여 관리한 친어를 사용하였으며 5월말경에 하천수 수온이 18℃ 전후되는 시기에 선별을 실시하여 수컷은 배를 눌렀을 때 정액이 쉽게 흘러나오는 개체 5마리, 암컷은 배를 눌렀을 때 부드럽고 생식공이 약간 부어있으면서 붉은 빛깔이 감도는 개체 5마리를 선별하였다. 선별된 친어는 별도의 수조 (수온 23℃±1)에 각각 수용하여 안정을 취하게 하였으며, 암컷 개체의 등근육에 LHRH-a(황체형성호르몬 방출호르몬)와 HCG(태반성 성선 자극호르몬)을 주사하여 다음날 채란하였다. 쏘가리 종자생산에 사용한 쏘가리 암컷 및 호르몬 사용에 관한 사항은 표 1에 나타내었다.

표 1. 쏘가리 암컷 호르몬 주사량 및 채란량

	체중(g)	kg당 호르몬 주사량		채란량(g)
		HCG(IU)	LHRH-a(㎍)	
쏘가리 암컷	1,100	3,000	15	100
	950	3,000	15	90
	930	3,000	15	93
	총 계			283

나. 종자생산

호르몬을 주사한 암컷은 28시간 경과 후부터 2시간 간격으로 복부를 압박하는 방식으로 채란 가능 여부를 확인하였으며 성숙된 암컷의 알은 물기를 제거한 용기에 채란한 다음 수컷의 정액을 직접 채정하고 물을 넣어 수정하는 건식법으로 수정하였다. 이러한 방법으로 수정된 쏘가리 알은 병부화기에 수용하여 수온은 26±1℃로 유지하였고, 다음날부터 매일 수산용 포르말린 1000ppm으로 15분간 소독하여 수생균이 생기지 않도록 관리하였다.

다. 치어관리 및 자원조성

부화는 수정 후 60시간 이후부터 부화 되었으며 부화자어는 별도의 치어사육지에 수용하여 수온 26±1℃로 유지하면서 1일 2회전 사육수가 교환될 수 있도록 사육관리 하였다. 부화자어는 2일 경과 후 난황흡수가 완료되었으며 초기 먹이생물로는 잉어 자어, 붕어 자어를 공급하여 육성하였다. 쏘가리 치어의 크기가 성장하면서 먹이생물인 잉어 치어 또한 별도 사육하여 성장한 쏘가리 치어의 입 크기에 맞도록 공급하였다. 부화 25일 전후 3.0㎝내외로 성장한 쏘가리 치어 34,000마리는 용인시 등 10개 시·군의 주요 하천 및 대단위 수면에 방류하였다.


암컷 호르몬 주사


부화시설 (병부화기)


쏘가리 치어


치어 방류

사진 2. 쏘가리 종자생산 및 자원조성

2-2. 붕어 종자생산

가. 친어

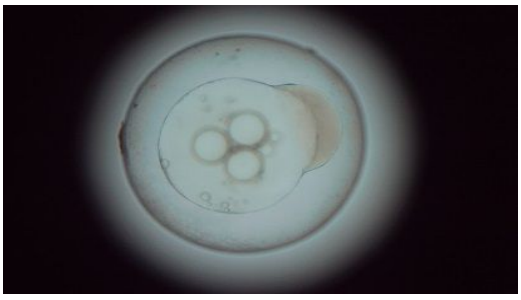
종자생산에 사용한 붕어 친어는 2013년 4월 충북 음성소재 양식장에서 구입한 것과 연구소 자체생산한 것으로 Φ4.5m의 실내원형수조에 수용하여 4월 중순부터 영양강화를 위해 뱀장어 배합사료와 실지렁이를 공급해주며 사육관리를 하였다. 5월초부터는 붕어 암·수 선별을 실시하여 암컷과 수컷을 별도의 수조에 수용하여 관리하였다.

나. 종자생산

붕어 암·수컷의 복부를 압박하여 성숙도를 확인하였으며 Φ4.5m 수조에 각각 암컷과 수컷을 1 : 2.5 비율로 수용하고 어소를 겹치지 않게 펼쳐주었고 수온자극을 위해 22℃로 가온된 물을 투입하여 산란을 유도하였다. 어소 투입 다음날 수조 모두 수면에 거품이 관찰되고 어소에 알이 붙은 것을 확인할 수 있었다. 약 이틀에 거쳐 산란이 완료되었으며 알이 완전히 부화하는데 3~5일 정도가 소요되었다.

다. 치어관리 및 자원조성

부화자어는 3일 경과 후 난황을 흡수하고 부상하였으며 실내 사육조에서 10일간 알테미아를 공급하였고 이후에는 물벼룩이 발생된 야외수조로 옮겨 물벼룩 외에 배합사료를 조금씩 공급하며 방류 시까지 관리하였다. 4cm 내외로 성장한 붕어 치어 14만 5천 마리를 도내 14개 시・군 주요하천 및 대단위 수면에 자원 조성하였다.


붕어 수정란


실외 치어 사육지


붕어 치어


붕어 방류

사진 3. 붕어 종자생산 및 자원조성

2-3. 대농갱이 종자생산

가. 친어

종자생산에 사용한 자연산 대농갱이 친어는 충남에서 2회 구입하여 사용하였다. 호르몬 주사는 암컷의 체중을 측정하여 1g당 HCG 30IU 복강 주사하였고 암컷과 수컷을 분리 수용하여 차광막을 덮어 매우 어둡게 관리하여 친어를 안정시켰다.

표 2. 암컷 호르몬 주사량 및 채란량

구입일 (구입지역)	마리당 체중	호르몬 주사량 암컷 HCG (IU)	주사 후 수온	채란시간	채란량 (수정률)	부화마리수 (부화율)	방류마리수 (생존율)
2017. 7. (충남 2개소)	40g내외	30	29℃	21시간	120,000 (80%)	48,000 (50%)	40,000 (83%)

나. 종자생산

주사한 암컷이 자연 산란하여 알이 어느 정도 이상 보이면 30분후 채란을 시작하였다. 수컷은 복강을 절개한 후 정소를 꺼내 깨끗이 혈액을 제거하였다. 수정은 모기장망에 정소를 넣고 손으로 비비면서 으깬 후 등조액(식염수 3 : 증류수 7)을 넣어 수정하였다. 수정은 30초간 실시한 후 식염수로 세란하였다. 수정란을 사육지 바닥에 뿌릴 때 난의 간격이 일정하게 떨어져 뭉치지 않아야 수생균 발생으로 인한 폐사를 줄일 수 있다. 이를 위해 자체 제작한 수정란 파종기로 수정란을 살포하고 수온 29±1℃로 유지하였다. 부화는 수정 후 48시간 경과 후부터 시작되어 72시간 경과 후 완료되었다.

다. 치어관리 및 자원조성

부화 4~5일 후 난황이 흡수되고 먹이를 찾아 수면 위로 부상할 때부터 알테미아를 7일간, 실지렁이를 7일간 충분히 공급하였다. 이후 미립자 배합사료를 단계별로 40일간 공급하였다. 사육지 수온은 29±1℃를 유지하였고, 사료급이 후에는 사육지의 배설물과 사료찌꺼기가 남지 않도록 청소하여 관리하였다. 부화 50일 전후(8월) 전장 5㎝ 내외로 성장한 대농갱이 치어 34,000마리를 도내 10개 시·군 주요 하천 및 대단위 수면에 방류하였다.

2-5. 다슬기 종자생산

가. 친패

가평군 북한강영어조합법인을 통해 자연 채집된 친패를 보육낭의 치패량과 성숙도 확인한 후, 구매했다. 평균 각고 31㎜, 중량 3g의 성숙한 다슬기 친패를 3월말부터 4월초까지 총 200kg을 구입했으며 구입 직후 담수로 여러 차례 세척 후 거머리제거를 위해 pH 3.5 전후의 산성용액(물 10ℓ당 식초 1ℓ)에 30분간 침수시켰다.

나. 종자생산

산처리 된 다슬기는 바로 치패 산출을 위해 전처리 작업을 시행하였으며 전처리 작업은 노출자극과 수온자극(고온)을 병행하여 치패 산출량을 높였다. 노출자극은 부력이 있는 사각바구니(400㎜×300㎜×150㎜)에 다슬기 친패를 1㎏ 정도 담아 30분간 음건하고 FRP수조(1,000㎜×2,000㎜×500㎜)에 그물코의 크기가 1.0㎜ 이하의 미세망을 바닥에 깔아 하천수(17℃)를 채운 뒤 수면 위에 노출자극을 시킨 사각바구니를 띄웠다. 수온자극은 수조의 수온을 25℃까지 서서히 상승시키면서 치패산출을 유도했고 24시간 후 미세망 위에 모래알처럼 치패가 산출된 것을 확인할 수 있었다. 치패와 친패를 분리하여 치패만 규조가 발생된 양성지에 수용하였다. 친패는 회복수조에 옮겨 7~10일간 회복시킨 후 다시 전처리작업을 거쳐 같은 방법으로 2차 산출을 시켰으며 이후에는 그물코 크기가 5㎜인 콤바인망에 넣어 바로 치패 양성지 위에 띄우고 5월 말까지 계속해서 자연 산출을 유도하였다.

다. 치패관리 및 자원조성

다슬기 치패 양성지(108㎡)는 미리 청소 및 소독을 한 후 투명 PET파판과 사육수를 넣어주었다. 현재 양성지로 쓰이는 곳은 수로형이 아닌 정사각 어류 사육 수조로 찌꺼기 배출에 어려움이 있는 단점이 있어 스탠드파이프 주위로 사각 틀을 만들어주고 찌꺼기의 원활한 배출과 가운데로 PET파판이 쏠려 찌꺼기와 다슬기 치패가 엉키는 현상을 방지하였다. 치패 산출예정 20일 전부터는 복합비료와 요소비료를 적당량 살포하여 먹이가 되는 부착성 규조류를 배양하였으며 차광막을 이용해 조도를 적절히 조절하였다. 사육환경은 자연 하천수의 수온을 그대로 이용하였으며 18~26℃ 범위로 1일 2회전 환수되도록 하였다. 5월 중순

까지는 치패산출을 계속 유도하였으며 먹이는 자연 발생된 규조류를 초기에 이용하다가 먹이가 부족해지는 입식 이후 40일 시점부터 단호박 퓨레를 3일 1회 공급하였다. 각고의 크기가 0.4㎜가 되는 시기부터는 뱀장어 사료를 병행하여 공급하였고 뭉치지 않게 골고루 뿌려주었다. 서식기질이 되는 투명 PET파판은 빛이 노출되는 상부에만 규조가 자생하기 때문에 주 1회씩 전량 뒤집어 주면서 관리하였으며 다슬기 치패 입식 120일만에 자원조성 방류가 가능한 크기인 각고 0.7㎝ 내외까지 성장하였다. 생산된 치패 1,110천마리는 방류수산생물전염병검사에서 합격 판정을 받고 8월 16일부터 9월 9일까지 도내 9개 시·군 주요 하천 및 대단위 수면에 방류하였다.


다슬기 파판 사육지 배치


다슬기 사육 수조


성 성숙도 조사


치패 산출 유도


파판에 부착된 다슬기 치패


다슬기 치패 방류

사진 4. 다슬기 종자생산 및 자원조성

2-6. 모래무지 종자생산

가. 친어

어미 모래무지는 5월 말부터 6월 초까지 충주호 자율관리어업연합회를 통해 총 10㎏을 구입하였다. 생존률을 높이기 위해 즉시 산소포장으로 수송하여 약욕을 실시하였다. 질병감염 예방을 위해 입식전 사육수조를 소독하였으며 배설물과 사료찌꺼기 배출이 용이하도록 이중 스탠드 파이프를 설치하였다.

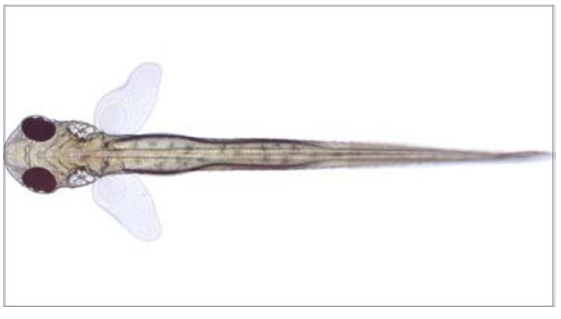
나. 종자생산

모래무지는 미리 준비된 FRP수조(1,000㎜×2,000㎜×500㎜)에 수용하여 안정을 취하게 했으며 다음날 호르몬 주사와 수온자극을 통해 채란을 시도하였다. 산란지는 같은 크기의 FRP수조 4개를 준비하였으며 수정란이 이동하여 붙을 수 있도록 수조 바닥에 PET파판과 돌을 넣어주었다. 모래무지 수정란은 충격에 약하고 공기 중 노출 시 깨질 수 있기 때문에 4곳에 균등하게 암수 비율을 1:2로 나누어 수용하였다. OVAPRIM 호르몬 주사를 증류수에 10배 희석하여 어체중 20g당 0.1cc단위로 복강에 주사하였다. 수온은 초기 20℃에서 5시간에 걸쳐 25℃로 수온상승 자극을 주었으며 24시간 후 산란을 시작하였다. 자연산란하지 않은 개체는 복부압박을 하여 채란하였으며 수컷은 개복하여 정소 적출하였다. 수정란이 들어있는 수조는 27℃로 서서히 상승시켰고 48시간 후 부화가 시작되었다.

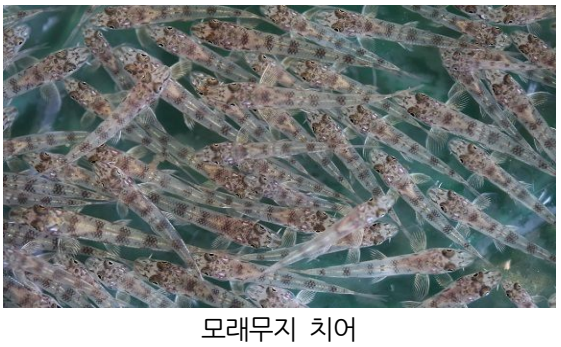
다. 치어관리 및 자원조성

모래무지는 난황 소비가 끝나는 후기자어부터 로티퍼를 배양하여 공급하였으며 이후 알테미아를 공급하였다. 부화이후 30일 시점에서부터는 실지렁이를 공급하였으며 미립자 사료를 섞어주면서 점차 완전 사료 급이로 전환하였다. 개체 크기가 커지면서 다른 수조로 선별, 분리수용 시켜주었고 사료찌꺼기와 배설물 제거를 위해 다슬기 치패를 함께 넣어주었다. 모래무지 치어는 부화 60일만에 체장 4㎝ 내외까지 성장하였고 방류를 위해 해양수산부 수산자원정책과의 협의를 거쳐 방류수산생물전염병검사에서 합격 판정 후 모래무지 치어 2천 마리를 8월 16일부터 9월9일까지 도내 9개 시·군 주요 하천 및 대단위 수면에 방류하였다.

호르몬 주사



모래무지 자어



모래무지 치어

모래무지 방류

사진 5. 모래무지 종자생산 및 자원조성

표 3. 2017년도 우량치어 분양 및 방류실적

(단위 : 천마리, 천원)

어종별	합 계 (천마리)		우량치어 생산보급 (천마리,천원)				토산어종 방류 (천마리)		분·양 방·류 시 기	비고
	계 획	실 적	계 획		실 적		계 획	실 적		
			수량	세입	수량	세입				
계	1,425	**1,429.4 (100%)**	100	20,000	**104.4 (105%)**	**23,386 (117%)**	1,325	**1,325 (100%)**		
무지개송어	70	**102 (146%)**	70	14,000	**102 (146%)**	**22,773 (163%)**	-	-	3~5월 (5㎝~7㎝)	
산천어	30	**2.4 (8%)**	30	6,000	**2.4 (8%)**	**613 (10%)**	-	-	3~5월 (5㎝~7㎝)	
붕 어	145	**145 (100%)**	-		-		145	**145 (100%)**	8월~9월 (4~7cm)	
모래무지	2	**2 (100%)**	-		-		2	**2 (100%)**	8~9월 (3㎝이상)	
대농갱이	34	**34 (100%)**	-		-		34	**34 (100%)**	8~9월 (5㎝내외)	
쏘가리	34	**34 (100%)**	-		-		34	**34 (100%)**	5~6월 (3㎝내외)	
다슬기	1,110	**1,110 (100%)**	-		-		1,110	**1,110 (100%)**	8~9월 (0.7cm이상)	
빙 어 수정란	55,000	**55,000 (100%)**	-		-		55,000	**55,000 (100%)**	3월말 (수정란)	
세입실적	**23,386천원 (계획 20,000천원의 117%)**				생산실적		**1,429.4천마리 (계획 1,425천마리의 100.3%)**			

표 4. 우량치어 생산・분양현황 (1989 ~2017)

(단위 : 천마리, 천원)

어종별	계		1989~2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액
총 계	34,235.7	1,348,476	33,617	1,222,083	126	23,100	122	20,495	157	31,862	109.7	27,550	104	23,386
잉 어	2,023	94,772	2,023	94,772										
이스라엘잉어	902	30,053	902	30,053										
비단잉어	495.5	17,822	492	16,072					3	1,500	0.5	250		
틸라피아	1,687	136,689	1,687	136,689										
메 기	1,417	138,420	1,417	138,420										
무지개송어	2,672.9	328,794	2,167.6	231,527	82	12,225	100	14,970	139	26,624	82.7	20,675	101.6	22,773
미 꾸 리	1,010	1,840	1,010	1,840										
금 붕 어	7	408	7	408										
자 라	37	103,325	37	103,325										
붕 어	19,645	58,092	19,645	58,092										
동 자 개	3,770	31,330	3,770	31,330										
산 천 어	334.9	80,566	225	53,190	44	10,875	22	5,525	15	3,738	26.5	6,625	2.4	613
대농갱이	7	1,050	7	1,050										
철갑상어	187.4	324,915	187.4	324,915										
토산우렁이	40	400	40	400										

표 5. 내수면 자원조성 현황 (1989 ~ 2017)

(단위 : 천마리, 천패, 천립)

어종별		합계	89~08	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
수정란	**계**	**1,049,000**	**532,000**	**50,000**	**50,000**	**50,000**	**70,000**	**77,000**	**53,000**	**60,000**	**52,000**	**55,000**
	빙 어	1,045,700	498,700	50,000	50,000	50,000	70,000	77,000	53,000	60,000	52,000	55,000
	잉 어	3,300	3,300									-
치어방류	계	6,583	3,659	280	373	480	304	425	398	216	233	215
	잉 어	1,740	1,280	100	180	180						-
	붕 어	1,969	733	80	120	150	174	180	160	120	107	145
	메 기	474	474									-
	뱀장어	80	75					5				-
	민물새우	20	20									-
	동자개	695	375	30	50	50	40	80	70			-
	자 라	3	3									-
	무지개송어	152	152									-
	산천어	82	82									-
	대농갱이	337	100				23	60	48	32	40	34
	쏘가리	872	365	70	23	100	67	100	53	30	30	34
	미꾸리	149	-						65	30	54	-
	모래무지	10	-						2	4	2	2
치패방류	**계**	**14,205**	**2,975**	**900**	**1,050**	**930**	**1,740**	**1,700**	**1,700**	**1,000**	**1,100**	**1,110**
	다슬기	13,970	2,740	900	1,050	930	1,740	1,700	1,700	1,000	1,100	1,110
	토종우렁이	235	235									

Ⅳ.

해양수산 전문 인력 육성 및 양식기술 · 기초반 교육 지도

1. 수산업경영인 교육

2. 자율관리어업 확산교육

3. 양식기초반 교육

4. 맞춤형 양식기술교육 및 지도·상담

수산업경영인 교육

김중진 · 김봉현 · 김동수

경기도해양수산자원연구소(수산기술센터)에서는 수산업에 종사할 의욕이 있는 청·장년을 발굴·지도하고 사업기반 조성 및 경영개선에 필요한 자금을 지원하기 위한「수산업경영인 육성사업」을 추진하고 있다.

수산업경영인은 어업인후계자, 전업경영인, 선도우수경영인으로 나누어지며, 매년 1~2월에 신청 접수받아 3월에 선정하고 있다. 수산업경영인으로 선정된 어업인은 안정적인 수산업 기반 구축을 위하여 저금리(2%)로 육성자금을 융자 지원 받을 수 있다.

올해부터는 단계별로 지원한도가 확대돼 어업인후계자는 2억원, 전업경영인은 2.5억원, 선도우수경영인은 3억원까지 지원 받을 수 있다. 또한 경기도해양수산자원연구소에서는 매년 신규로 선정된 수산업경영인 중 어업인후계자를 대상으로 교육을 실시하고 있다. 어업인후계자는 어업경력이 없거나 10년 미만인 자를 대상으로 선정하기 때문에 이들의 체계적인 수산업 종사를 위하여 수산시책, 양식·어선어업 주요기술, 수산분야 우수지역 견학 등의 교육을 실시하고 있다.

2017년에는 신규 어업인후계자 14명을 대상으로 2차에 걸쳐 4일간의 교육을 실시하였다. '17년 주요 교육내용은 수산기술센터 주요업무 소개, 2017년 달라지는 해양수산 정책설명, 수산업경영인 육성사업 추진설명 및 육성자금 대출 방법, 심폐소생술 및 응급처치, 자율적인 수산자원 관리방안 등에 대한 교육을 실시하였으며, 전남 완도와 강원도 고성, 강릉지역의 해양수산시설 견학도 실시하여 교육 참여자들에게 좋은 호응을 얻었다. 수산업경영인 교육(신규 어업인후계자 교육)은 수산분야에 대한 기본적인 교육을 실시함으로써 신규 어업인후계자의 수산정착에 도움을 줄 뿐만 아니라 어업인간의 정보교류 및 동종업계의 네트워크 구축에도 도움을 주고 있다.


2017년 신규 어업인후계자 교육

참고 수산업경영인 선정 현황

○ 수산업경영인 종류별 현황

(단위 : 명)

계	어업인후계자	전업경영인	선도우수경영인
341	254	82	5

○ 시·군별 수산업경영인 현황

(단위 : 명)

시 · 군별	합계	선정 인원수		
		어업인후계자	전업경영인	선도우수경영인
합 계	341	254	82	5
화 성 시	151	117	30	4
안 산 시	39	30	9	-
평 택 시	30	22	7	1
김 포 시	60	40	20	-
시 흥 시	11	9	2	-
이 천 시	1	1	-	-
여 주 시	7	5	2	-
남 양 주 시	5	2	3	-
파 주 시	5	3	2	-
양 주 시	1	1	-	-
포 천 시	8	7	1	-
용 인 시	3	2	1	-
안 성 시	1	1	-	-
양 평 군	14	11	3	-
가 평 군	2	2	-	-
연 천 군	3	1	2	-

자율관리어업 확산교육

오승진 · 김봉현 · 김동수

자율관리어업은 어업인들의 자율적인 참여로 수산자원관리, 공동생산 및 판매, 불법어업 추방, 어업분쟁 해소 등을 통하여 소득을 향상시키고 어촌사회의 발전을 꾀하기 위한 '새어촌 개혁운동'이라 할 수 있다.

자율관리어업 공동체는 자율관리어업을 실천하는 최소의 단위이고 일정지역 또는 단체(어촌계)에 소속된 어업인들이 자체적인 규약과 규율을 제정하고 이를 실천하고 활동하는 자생조직이다.

공동체는 어장·자원관리 뿐만 아니라 경영개선, 지역·어업인간 분쟁 및 불법어업 감시 등 어업전반에 걸친 현안과제를 해결하고 지속가능한 어업생산기반을 구축할 수 있도록 자발적인 노력을 기울여야 한다.

해양수산자원연구소는 이러한 자율관리어업 공동체를 관리할 전담 공무원을 지정하여 반기 또는 연간 사업추진현황을 점검하고 기술지도 및 교육 등을 수행해 왔다.

현재 도내 자율관리어업 참여 공동체는 12개 시·군, 총 38개소이며 어업인 2,197명이 공동체 회원으로 활동하고 있다.

'17년도에는 총 88회의 집합 및 순회교육을 실시하였으며, 공동체 회원 1,912명이 참석하여 자율관리어업 정책소개, 우수공동체 사례발표 및 토론, 지도자 리더쉽 강화 및 공동체 수준별 자율관리어업 활성화 방안 등 다양한 주제로 교육과 토론이 이루어졌다.


자율관리어업 공동체 연찬회 및 현지방문교육

이와 아울러 각 공동체는 매년 활동실적을 평가받게 되는데 그 결과에 따라 공동체 등급 부여, 육성사업비 등 인센티브가 차등 지원된다.

참고로, 2018년에는 도내 4개 공동체가 총 3억원의 육성사업비를 지원받을 예정이다.

양식기초반 교육

김윤석* · 김달영 · 조기택 · 임성률 · 이동훈 · 김성곤 · 김동수

*경기도청 수산과

경기도해양수산자원연구소는 양식업 예비 창업자와 귀어희망자 등을 대상으로 양식기초반 교육을 실시하고 있다. 양식기초반은 안정적인 귀어 및 창업을 목표로 기초 이론과 실습위주의 기술전수를 하는 프로그램이다. 1990년 양식전문반으로 처음 교육을 실시하여 2001년까지 총 258명의 수료생을 배출하였지만 국가 FTA 체결에 따른 수입 수산물 증가와 수산업 경쟁력 약화 등으로 인해 교육 신청 인원이 급감하여 2002년부터 중단하게 되었다. 그러다 최근, 양식 교육에 대한 수요 증가와 귀어희망자의 증가에 맞춰 2015년부터 지자체에서는 유일하게 양식기초반 교육을 재개하게 되었다.

표 1. 양식기초반 교육 세부내용

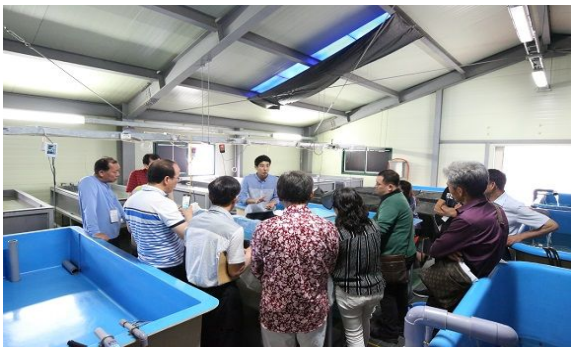
날짜 / 시간	첫째 날	둘째 날	셋째 날
09:30 ~ 10:00	교육 등록	【이론 교육】 ○양식개론 ○수산생물 ○양식장 경영 - 김윤석	【이론, 현장 실습】 ○사료와 어류 영양 - 임성률
10:00 ~ 10:10	소장님 인사말씀		
10:00 ~ 12:00	【현장 실습】 ○연구소 견학 ○사육연구동 시스템 안내 - 임성률, 김윤석		【현장 실습】 ○먹이생물 배양 - 김윤석
12:00 ~ 13:30	중 식		
13:30 ~ 16:30	【현장 실습】 ○어종별 종자생산기술 (미꾸리, 쏘가리, 다슬기) - 암·수 구별법 - 산란촉진제 주사법 - 인공채란·채정·수정 - 치어 관리 방법 -이동훈, 김달영, 김윤석	【현장 방문】 ○미꾸라지양식장 ○송어양식장 ○쏘가리양식장 ○철갑상어양식장 - 수산물안전팀장, 김윤석	【이론, 현장 실습】 ○수산생물 질병관리 ○양식장 수질관리 - 조기택, 김윤석
16:30 ~ 17:00			종합정리 및 수료식

2017년에는 토산어종 자원조성 종자생산시기에 맞춰 5월 16일부터 6월 15일 사이에 각 3일간의 일정으로 3회 실시하여 양식에 대한 기초 이론 교육과 미꾸리, 쏘가리, 다슬기의 산란 및 촉진방법, 인공채란, 수정법 등 실습 교육, 민간 양식장의 현장 방문 등을 교육하였으며 총 40명이 수료하였다.

실제 양식 현장과 양식 종사자들의 생생한 경험을 청취할 수 있어 교육생의 참여도가 매우 높았고, 교육 후 설문 조사에서는 좋음 이상이 97.5%로 나타나 교육 만족도 역시 매우 높게 나타났다. 양식 세부 분야별로 교재를 제작, 편집하여 교육생에게 배부하였으며 양식기술 상담 및 지도에도 참고자료로 사용하면서 민원인의 만족도와 활용도를 높였다.

양식어가의 기술적 지원과 만족도 제고를 위해 더 알찬 교육 프로그램이 되도록 최선을 다해 운영할 것이다.

양식기초 이론교육



양식시스템 교육

먹이생물 배양 실습

다슬기 종자생산 실습

양식장 현장 방문

교육 수료식

2017년 양식기초반 교육

맞춤형 양식기술교육 및 지도, 상담

수산물안전팀

경기도해양수산자원연구소는 매년 상반기와 하반기 2회에 걸쳐 도내 양식어업인, 귀어희망자, 관련 공무원 등을 대상으로 최신 양식기술 보급과 양식어가의 자생력 확보를 위해 맞춤형 양식기술교육을 실시하고 있다. 교육은 설문조사를 통해 수요자가 요구하는 어종 및 주제를 대상으로 각 분야별 전문가를 초빙해 강의 형식으로 진행하며 질의응답과 토론을 통해 교육생들의 참여도를 높이고 궁금증을 해소하고 있다. 교육은 1990년 이후 2017년 하반기까지 총 8,348명이 참가하였으며 교육 참여 공무원은 상시학습을 인정해주고 교육 참가자 역시 교육 실적 확인원을 발급하고 있다. 2017년에는 3월과 12월에 각각 교육이 운영되었고 교육 후 설문조사에서 수준 높은 강의로 높은 만족도 결과를 보였다. 교육 뿐만 아니라 양식 현장에도 사양가의 요구가 있을 때 직접 방문을 통하여 질병검사, 사육수 수질 분석을 실시하는 등 찾아가는 수산행정 서비스를 구현하고 있으며 수시로 양식기술에 대한 전화 및 방문상담을 통해 민원인의 만족도 향상에 최선을 다하고 있다.

소장님 인사말씀


미꾸리 양식(김영우 연구사)

BFT활용 새우양식 및 수질관리(한창희 교수)


뱀장어 인공종자 생산(김대중 연구관)

2017년 맞춤형 민물고기 양식기술교육

표 1. 2017년 맞춤형 양식기술교육 내용

일 자		교 육 내 용	강 사	참가 인원
2017	상반기 (3.9)	흰다리새우 양식과 수질관리	최상훈대표 신대양어장	170 명
		미꾸라지 종자생산 및 선발육종	이창원팀장 전북수산기술연구소	
		친환경 융복합 양식기술개발	이동훈연구사 해양수산자원연구소	
		양식장 질병대책	한정조 연구사 해양수산자원연구소	
		수산물안전 위생관리	안태영연구사 해양수산자원연구소	
	하반기 (12.7)	미꾸리 양식	김영우 연구사 전북수산기술연구소 민물고기시험장	187명
		BFT활용 새우양식 및 수질관리	한창희 명예교수 동의대학교 분자생물학과	
		뱀장어 인공종자 생산	김대중 연구관 국립수산과학원 양식관리과	

표 2. 양식기술교육 및 지도, 상담 실적

연도	집합교육(명)	기술지도(개소)	상담(명)	기술지(부)	비 고
2013	343	369	144	2종/400부	
2014	357	247	129	2종/500부	
2015	370	261	132	2종/700부	
2016	393	369	195	3종/800부	
2017	**357**	**255**	**197**	**3종/800부**	

참고자료 최근 3년간 양식기술교육 내용

일 시		교 육 내 용
2014년	상반기 (3.27)	❍ 내수면 어종(메기) 가공 및 유통을 통한 부가가치 창출 ❍ 경기도해양수산자원연구소 시험연구사업 사례 발표 - 모래무지 인공종자 생산, 쏘가리 배합사료 순치 ❍ 어업 경영체 등록제 안내
	하반기 (12.18)	❍ 중국의 내수면 어류 생산 · 소비 동향 ❍ BFT양식 현장적용 사례(새우 · 어류) ❍ 뱀장어 인공종자생산 및 세계양식 동향 ❍ 미꾸라지 종자생산 기술
2015년	상반기 (3.26)	❍ 내수면 양식기술 개발현황과 전망 ❍ 어류 건강관리 ❍ 양식장 시설방법과 관리 ❍ 2014년 시험연구사업 결과 보고
	하반기 (11.26)	❍ BFT양식 현장적용 사례(새우) ❍ 경비 절감을 위한 친환경 히트 펌프 ❍ 미꾸라지 · 큰징거미새우 논 생태양식 ❍ 2015년 시험연구사업 결과 보고
2016년	상반기 (3.31)	❍ 바다송어 양식 ❍ 바이오플락기술 새우양식 ❍ 관상어 국내산업 현황 ❍ 2016년 시험연구사업 결과 발표 및 토론
	하반기 (12.15)	❍ 내수면 양식기술개발 현황과 전망 ❍ 한국 비단잉어의 현황과 전망 ❍ 2016년 연구소 시험연구사업 발표 ❍ 수산종자산업육성법과 발전방향

※ 2017년 양식기술 교육 내용은 본문 p.217게재 (맞춤형 양식기술교육 및 지도, 상담)

해양수산연구서비스 이행표준

1. 고객중심의 민원서비스 제공

가. 민원신청은 방문, 전화, FAX, 인터넷 등 고객이 편리한 방법으로 신청토록하여 고객의 편의를 도모하겠습니다.

나. 각종 민원신청 시 몸이 불편하시거나 작성방법을 모르실 경우에 담당공무원이 직접 작성해 드림으로써 민원서류작성에 따른 부담을 덜어 드리겠습니다.

다. 접수된 민원서류는 5분 내에 담당자에게 전달하여 신속히 처리토록 하겠습니다.

라. 처리된 민원은 인터넷, FAX, 우편 등 원하시는 방법으로 교부해 드리겠습니다.

마. 단 한번의 민원으로 목적 달성이 될 수 있도록「one-stop 서비스」를 적극 실천하겠습니다.

2. 해양수산기술의 연구 · 개발과 보급

가. 첨단 수산기술의 연구·개발과 보급 등으로『도민과 함께하는 해양수산자원연구소』가 되기 위하여 최선의 노력을 다하겠습니다.

나. 수산 현장에서 일어나는 각종 애로사항이나 연구개발이 시급히 요구되는 기술 등을 건의하여 주시면 연구과제 심의 시 적극 반영토록 하겠습니다.

다. 연구 개발된 기술은 홈페이지 및 세미나, 교육 등을 통하여 신속히 보급하겠습니다.

라. 양식장 질병예방관리, 신속진단 및 치료대책을 효과적으로 수행하기 위한 어류 질병 서비스를 제공하겠습니다.

마. 고소득 품종양식장을 확대 개발하여 어민 소득원을 창출하겠습니다.

바. 양식장 적지조사, 수질분석, 양식생물질병검사 등 유효기간이 있는 수산 민원은 기간만료일 전에 처리상황을 전화로 알려드리겠습니다.

사. 토산어종 종자생산기술을 개발, 방류하여 수생태계 건강성 및 생물종 다양성을 제고해 나가도록 하겠습니다.

아. 해수면 양식기술 개발 등 고소득 신품종 해양수산 기술역량을 강화하겠습니다.

3. 고객 만족도 조사와 결과 공표

가. 저희가 제공하는 서비스에 대한 고객만족도 조사를 매년 1회 이상 실시하고 그 결과를 1개월 이내에 연구소 홈페이지에 공개하겠습니다.

나. 조사결과 나타난 문제점 및 건의 사항 등에 대하여는 문제점 해결을 위해 최선을 다하겠으며 예산이 수반되는 사안에 대하여는 사업계획 및 예산에 적극 반영하도록 하여 문제점을 보완해 나가겠습니다.

4. 의견 제출

- 우리가 제공하는 서비스에 대하여 불친절, 불만족을 느끼셨을 경우 또는 개선하여야 할 사항이 있을 경우 문서, 전화, 우편, 팩스, 인터넷 등을 통하여 의견을 제시해 주시면 7일 이내에 검토하여 그 결과를 통보해 드리겠습니다.

경기도해양수산자원연구소 수산물안전팀 : ☎ (031)8008-6502, FAX (031)773-8359
경기도해양수산자원연구소 홈페이지 : http://fish.gg.go.kr
주소 : 우편번호 12513 경기도 양평군 용문면 상광길 23-2

시험연구사업보고서 제 27 호

2018년 2월 일 인쇄

2018년 2월 일 발행

발행인 : 경기도해양수산자원연구소장 김 동 수

주 소 : (12513) 경기도 양평군 용문면 상광길 23-2

전 화 : (031) 8008-6502, 6517

편집인 : 수산물안전팀장 김성곤, 수산기술센터장 김봉현

작성자 : 한정조, 이동훈, 임성률, 최지성, 조기택, 김달영, 안태영, 오승진, 김창미, 곽효진, 최대순, 김동주, 김중진

인 쇄 : 동양인쇄사(032) 432 - 9480