

# 국외출장 결과보고서

구 분	내 역					
출장자	소속	글로벌전략연구본부	성명	전혜은	직급	전문연구원
		수산연구본부		김세인		전문연구원
		충북내수면산업연구소		최경철		해양수산연구관
출장목적 (중복선택 가능)	<input checked="" type="checkbox"/> 현지조사(현장, 전문가 회의) <input type="checkbox"/> 국제행사 주최 <input type="checkbox"/> 국제행사 참가 <input type="checkbox"/> 국제회의(정부대표단) 참석 <input checked="" type="checkbox"/> 세미나, 교육, 훈련 <input type="checkbox"/> 기타 (      )					
관련사업 (예산항목)	2025년 키르기스스탄 국립수산양식개발센터 설립 및 역량강화 사업 (수탁, 2025.2.1~12.31)					
출장기간	2025.10.25.(토) ~ 11.1.(토) (6박 8일)			출장지	키르기스스탄(비슈케크)	
출장일정	일자	방문지	주요업무			
	10.25(토)	부산(14:15)→김포(15:20)	항공 이동(KE1820)			
		김포→인천	버스 이동			
		인천(18:50)→비슈케크(23:15)	항공 이동(TW435)			
	10.26(일)	비슈케크	통역사 사전미팅, 교육장비 점검 및 현지물품 구입			
	10.27(월)	비슈케크	[오전] 주키르기즈 한국 대사관 업무협의			
		비슈케크→이식쿨	버스 이동			
	10.28(화)	이식쿨	역량강화 교육 프로그램 운영(1일차, 어병)			
	10.29(수)	이식쿨	역량강화 교육 프로그램 운영(2일차, 종자)			
		이식쿨→	버스 이동			
	비슈케크					
	10.30(목)	비슈케크	[오후] 송어양식협회 업무협의			
		비슈케크	[오전] FAO 키르기스스탄 지부 업무협의			
	10.31(금)	비슈케크(18:50)→타쉬켄트(19:10)	항공 이동(HY778)			
		타쉬켄트(22:30)→	항공 이동(HY513)			
인천(08:40)						
11.1(토)	인천→김포	버스 이동				
	김포(14:10)→부산(15:15)	항공 이동(BX8813)				
※ 현지 여건(정전, 폭우) 등에 따라 당초 계획 대비 일부 일정을 변경해 수행함 · 대사관 일정 변경(10.31(금)→10.27(월))으로 10.27(월) 오전 업무협의 이후, 비슈케크-이식쿨 이동 · 10.29(수) 정전(사업지 인근에서 공사가 진행되어 전력 차단) 및 폭우로 인한 도로 침수 우려에 따라, 교육 종료 후 이식쿨-비슈케크 이동, 10.30(목) 새벽 비슈케크 도착						
출장성과	<input type="checkbox"/> 키르기스스탄 수산업 역량강화 프로그램 운영 완료 - 민간 양식어업인 및 양식협회, 키르기스스탄 농업부 관계자 등 40여 명(양일) 참여 <input type="checkbox"/> 송어양식협회 협조를 통해 키르기스스탄 양식업 관계자를 대상으로 마스터플랜의 정책적 제언 및 향후 방향에 관한 자문(의견조사) 수행 <input type="checkbox"/> FAO 키르기스스탄 프로젝트의 추진 방향성 및 한국 MOF 양식업 프로젝트와의 연계 가능성(협력 의지, 분야 등) 확인					
향후계획	<input type="checkbox"/> '키르기스스탄 수산업 역량강화 프로그램' 교재 수정·보완 <input type="checkbox"/> 국내외 전문가 자문의견 반영 마스터플랜 작성 및 전문가 검토 <input type="checkbox"/> 2025년 사업 마무리 및 2026년 사업 준비 착수					
참고 등 특이사항 (건의사항)	<input type="checkbox"/> 특이사항 없음					



- 무지개송어 양식의 최적 수질 조건
  - 수온 10-16 °C / 용존산소(DO) ≥ 6.0 mg/L (최소), ≥ 8.0 mg/L (권장) / pH: 6.5 – 8.5 / 비이온성 암모니아(NH<sub>3</sub>): < 0.02 mg/L / 아질산(NO<sub>2</sub>): < 0.1 mg/L / 전기전도도(Cond): 100-500 μS/cm(담수 기준)

□ 무지개송어 질병의 종류와 사례

- ① 짧은 아가미뚜껑 기형(Short Operculum): 치어-유어기에 발생률은 최대 80%로 자주 발생, 발달 이상 또는 침식-재형성으로 발생, 1 환경적 요인(부화 시 고수온, pH 이상, 저산소), 2 유전적 요인(3배체 송어에서 높은 발생률), 3 영양적 요인(지방산, 단백질, 비타민C·A 부족) 등
- ② 백내장(Cataracts): 급성 백내장(고수온 또는 급격한 수온 변동시), 영양성 백내장(필수 영양소 결핍시), 삼투성 백내장(담수-해수 이입시 삼투 장애)으로 구분. 치어기에는 수온관리 및 영양관리를 통해 예방
- ③ 흡충성백내장증(Diplostomiasis): 흡충류 메타세르카리아가 송어류의 안구(특히 수정체, lens)에 기생해 백탁현상(백내장) 발생. 장기적 감염 시 안구 백탁, 안구 돌출, 망막 괴사
- ④ 선회병(Whirling disease): 치어의 부상하는 시기부터 사료를 먹기 시작하는 기간이 주요 감염 시기로 치어의 두개골이나 척수골에 기생. 포자를 박멸하기 위해서 생석회 살포가 가장 적절
- ⑤ 세균성냉수병(Bacterial Cold Water Disease, BCWD): 치어기 폐사율 30~50% 급증, 저수온(10~15도)에서 증식. 질병 발생시 복합치료(항생제 경구투여+약욕) 필요
- ⑥ 세균성아가미병(BGD): 주로 연어과 어류, 집약 양식장에서 발생하며 대량 폐사 유발. 환경과 밀접한 관련성. 봄~초여름의 수온 상승기에 모든 연령에서 감염 가능. 항생제 약욕 필요
- ⑦ 절창병(Furunculosis): 어류 스트레스 관리 중요(스트레스 요인이 지속되는 어류의 보상능력이 한계에 도달). 플로르페니콜, 옥시테트라사이클린 등 항생제 경구 투여(7일 이상 연속 투여)
- ⑧ 비브리오병(Vibriosis): 수온 10도 이상 여름철 발생률 증가. 해수 또는 기수 양식장에서 발생. 백신 접종(연어과 어류용 비브리오 백신), 발병 시 플로르페니콜, 옥시테트라사이클린 7일 이상경구 투여
- ⑨ 트리코디나병(Tricodina): 피부점액, 아가미점액 도말 후 현미경으로 관찰해 원반형 섬모충을 확인해 진단. 밀도관리 및 수질개선으로 예방. 포르말린 100ppm 1~2시간 약욕
- ⑩ 백점증병(White Spot Disease): 봄, 가을철에 주의, 조기 진단이 필수(예방 차원에서 주기적 약욕, 백신 접종). 포르말린(37% 기준) 100ppm 1~2시간 약욕, 중증일때는 모든 약품 효과가 없음. 최대한 산소를 공급하고 조기 치료를 통해 면역형성 유도 필요
- ⑪ 흡충병: 아가미 염증 및 괴사(조직 손상으로 2차 세균감염유발 가능), 급격한 폐사 가능(특히 수온이 높거나 밀식 사육 시). 소금 5% 5분 침지, 프라지퀀텔 약욕 50~100ppm 4분 침지, 프라지퀀텔 경구 투여(어체중 톤당 100g~200g을 사료에 혼합하여 2일 간격, 1~3회)
- ⑫ 구두충병(Acanthocephala): 무지개송어 장관에 기생하는 구두충에 의해 발생. 예방적으로는 양식 환경에서 중간숙주 차단-관리가 핵심(중간숙주 구제가 가장 효과적)
- ⑬ 물곰팡이병(Sprolegniasis): 외상 부위 감염이 많고 2차 세균감염 동반 시 폐사율 상승. 현미경(40~100배)에서 가지친균사 관찰. 감염어 즉시 제거 및 폐기 후 수조장비 철저히 소독(염소 소독제 등 사용). 나머지 개체에 예방 약욕 및 사육환경 관리(수질, 밀식 회피, 스트레스 저감) 필요
- ⑭ 전염성췌장괴사증(IPN, Infectiouspancreaticnecrosis): 보통 먹이섭취 후 1~3주째 발병. IPN를 보균한 어미로부터 생산된 수정난은 중요생산에 사용 금지. 사육밀도 감소, 철저한 소독 등 중요
- ⑮ 전염성조혈기괴사증(IHN, InfectiousHematopoieticnecrosis): 수온 8~15도에서 발병. IPNV를 보균한 어미로부터 생산된 수정난은 중요생산에 사용 금지. 사육밀도 감소, 예방이 중요

□ 현미경 사용, 양식장 수질측정 실습



**종자 이론·실습 (2025.10.29.(수))**

□ **무지개송어의 특징**

- 자연에서 만 2~3세가 되면 산란, 산란 모습은 연어와 비슷하고 부화 후 2년이면 성숙
- 1년에 전장 20cm, 2년에 35cm, 3년에 45cm 이상 성장
- 암컷 한 마리가 대략 2,000~3,000개의 알을 갖고, 알은 핑크빛 또는 옅은 노랑색. 분리침성란으로 바닥에 가라앉음
- 수정란은 수온 5도에서는 약 90일, 13도에서는 약 25일 만에 부화
- 부화한 자어는 배에 큰 난황을 갖고 있으며 바닥에 누워서 지내고, 크기는 1.5cm 전후
- 무지개송어는 연어류 중에서 비교적 따뜻한 물에서도 견디고, 서식수온은 3~21도 범위(성어는 25도까지 견딜 수 있음)

□ **종자 생산-인공 채란**

- 채란실은 직사광선이 차단된 실내(실외일 경우에는 가림시설 설치 필요). 수정란은 빛, 충격에 매우 약함. 채란실은 친어지 옆에 위치하는 것이 좋음(채란 직후 친어 운반이 편리하고, 물고기 스트레스 최소화)
- 채란: 1) 압착법: 손으로 가볍게 생식공을 쓸어내리는 방법, 2) 공기 채란법: 생식공에 공기를 불어 넣는 방법
- 성숙난 조사(알의 상태조사): 채란 전 친어는 일주일에 한번씩 성숙도를 감별
- 완숙된 알: 암컷의 머리를 들면 생식공에서 줄줄 흘러나옴
- 미숙된 알: 복부를 만졌을 때 딱딱한 느낌으로 전혀 배란이 되지 않은 상태임
- 과숙된 알: 채란 시 채란용기에서 고무공이 튀어나오는 듯함→폐기
- 채란 요령: 채란어의 몸에 물기를 닦음. 처음에는 채란 용기에 채란하기 전에 여분으로 조금 짜서 버림(생식공에서 알과 함께 오물이 나올 수 있음)
- 수정
  - 등조액: 물 10L + 염화나트륨 90.4g + 염화칼슘 3.4g + 염화칼륨 2.4g
  - 등조액을 만들어 채란된 알을 씻어줌 → 채란시 난막이 파괴된 알이 섞여 나올 경우 수정율이 저하될 수 있어 이를 막아 수정율을 높이기 위함
  - 채란된 알 1만 개(암컷 3~5마리)에 수컷으로부터 채취한 정액 약 10mℓ(수컷 2~3마리)를 넣어 섞음(채란 기구에 물기가 없도록, 알에 물이 들어가지 않도록 주의)
- 부화시설: 상향식 부화기, 박스식 부화기, 아트킨스식 부화기, PVC 원통형 부화기, 병 부화기, 수직 부화기 등
- 상향식 부화기
  - 상자(Chamber), 입수구(부화기 바닥에서 물 공급), 출수구(부화기 상단에서 물, 노폐물 배출)
  - 긴 수조를 여러 칸으로 구획해 각 칸에 알을 담은 용기를 쌓아 올리고 물을 아래에서 위로 향하도록 설계해 자연 상태에서 하천 바닥 자갈 속에서 부화하는 환경을 인공적으로 구현한 장치. 물이 아래에서 위로(Up-flows) 흐르는 방식이 핵심
  - 알이 물과 접촉하는 면적이 넓고 산소 공급이 원활하며, 부패로 인한 폐사율이 낮고 건강한 수정란의 부화에 유리
  - 모든 알이 비슷한 수질과 수온 조건을 경험해 부화 시기가 균일
  - 작동 핵심 원리: 1) 산소 공급 극대화: 부화기 하단에서 용존산소가 풍부한 물을 공급하고 이 물이 알이 담겨있는 층을 뚫고 위로 상승하여 모든 알 표면에 신선한 산소를 고르게 공급, 2) 노폐물 제거: 알의 대사 과정에서 발생하는 이산화탄소, 기타 노폐물 등이 물의 흐름에 따라 쉽게 수면 위로 배출되어 부패와 감염을 방지(부화율을 높이는데 중요), 3) 알 보호: 알이 물의 흐름에 의해 부유하거나 과도하게 움직이지 않고 안정적으로 유지
- 부화: 무지개송어의 적정 부화 수온은 7~15도, 최적수온은 10도 전후
- 수정란은 진동, 충격, 광선 등 자극에 매우 약하고, 발안이 되었을 때 저항력이 강해져 검란 또는 수송이 가능

- 광성 차단에 주의가 필요하며, 전체가 부상해서 먹이를 먹기 시작하면 빛에 저항력이 생기므로 부화조 뚜껑을 덮어 직사광선 노출
- 부화 중 수생균 처리는 알에 충격을 주지 않도록 해야 하며 소독제로 처리(부화 중 죽은 알에서 발생한 수생균이 살아있는 알에 옮겨 갈 수 있어 번식 억제를 위해 수산용 소독제를 이용 → 수산용 포르마린 등 수산질병관리사 처방)

- 검란

- 발안시까지의 약욕 처리로 수생균을 억제하고 발안 되었을때는 죽은 알과 미수정란을 제거
- 검란은 핀셋, 싸이펀 등으로 제거하며, 미수정란은 백색화되어(진동의 영향) 검란이 비교적 용이함
- 검란 후 바이러스와 전염성 질병 예방을 위해 요오드 소독(50ppm 15분). (약욕시 산소폭기), 약욕후 맑은 물로 씻어 수용

□ 자어 및 치어관리

- 부화자어 관리 : 진동, 빛, 충격, 등 최소화 잠자는 것 같은 안정된 환경

- 부상기 자어관리 : 부상 80% 먹이 주기 시작 바람직, 하루 8~10회

- 치어관리

- 사육지 : 가장 상류 위치, 수로형 긴 탱크 선호, 폭 1m, 길이 10m, 수심 30cm, 수심을 줄여 빠른 유속 으로 1일 1~2회 청소

- 방양밀도 : 수온 15°C 1m<sup>2</sup>당 4g 내외 치어 600~900마리 방양(10배 크기)

- 사육관리 : 1일 8~10회 사료 공급(5g 이하)

□ 3배체 불임어 생산 방법

- 1971 FAO 수산양식 산업에서 생명공학적인 연구 필요, 수산양식산업에서 수산유전육종학적 기법 및 그 산물에 대한 수요 요구 증가 추세

- 3배체 불임어를 만드는 일반적 방법은 충격 처리(Shock Treatment)를 이용해 수정란의 두 번째 극체(Second Polar Body) 방출을 억제

- 1. 충격 처리 (충격 처리): 수정 직후의 알은 난자 핵이 감수 분열을 완료, 두 번째 극체를 방출하여 최종적으로 1n(한 세트)의 염색체를 가지게 됨 이때 충격 처리를 가하면 극체 방출 억제. 난자에 2n의 염색체가 남게 되고, 여기에 정자의 1n 염색체가 합쳐져 3n(세 세트)의 염색체를 가진 3배체가 탄생

- 2. 배수성 교배 (Interploidy Crossing): 이 방법은 '유도'의 개념이 약간 다르지만, 불임어를 생산하는 다른 효과적인 방법으로 4배체(4n) 친어와 정상 2배체(2n) 친어를 교배함. 4배체는 2n의 배우자(정자 또는 난자)를 생성하고, 2배체는 1n의 배우자를 생성해((4n 친어의 2n 배우자) + (2n 친어의 1n 배우자)) 3n (3배체) 개체가 태어남

□ 성전환

- 생리학적인 성전환을 성공하기 위하여는 호르몬의 투여개시 시기, 투여물질의 종류, 투여량, 투여기간, 투여방법 등을 고려(1.생리학적인 성전환과 2.유전학적 성전환을 거친 단순 교배에 의한 성전환 수정란이 분양되고 있음)

- 영국(슈퍼송어, Super trout) - 3배체 유도 기법병해 100% 암컷단일성 집단

1. 투여개시 시기(Initial treatment time), 2. 투여물질의 종류(Sex inducer), 3. 투여량(Effective dose), 4. 투여기간(Duration of treatment), 처리 지속기간, 5. 투여방법(Treatment procedure)

□ 종자 생산 및 검란 등 실습



