

국외출장 결과보고서

구 분		내 역				
출장자	소속	수산연구본부	성명	김세인	직급	전문연구원
		글로벌전략연구본부		정효림		연구원
출장목적 (중복선택 가능)	■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 □ 국제행사 참가 □ 국제회의(정부대표단) 참석 ■ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ()					
관련사업 (예산항목)	「2025년 키르기스스탄 국립수산양식개발센터 설립 및 역량강화 사업」 (수탁) (2026.02.01. ~ 2026.12.31.)					
출장기간	2026.5.23.(토) ~ 5.29.(금) (5박 7일)			출장지	키르기스스탄 (비슈케크)	
출장일정	일자	방문지	주요업무		항공편	
	5/23(토)	부산(12:15) → 김포(13:20)	항공 이동		대한항공 KE1814	
		김포 → 인천	리무진 이동		-	
		인천(18:50) → 비슈케크(23:15)	항공 이동		티웨이 TW437	
	5/24(일)	비슈케크	[오전] 키르기스스탄 수산청 업무협의			
		비슈케크 → 이식쿨	버스 이동		약 6시간 소요	
	5/25(월)	이식쿨	역량강화 교육 프로그램 운영(1일차, 어병)			
			이식쿨 주 생태환경 경찰청 업무협의			
	5/26(화)	이식쿨	역량강화 교육 프로그램 운영(2일차, 종자)			
		이식쿨 → 비슈케크	버스 이동		약 6시간 소요	
	5/27(수)	비슈케크	[오후] 키르기스스탄 통스키 양식장 및 송어양식협회 업무협의			
	5/28(목)	비슈케크	[오후] 키르기스스탄 수산물 유통·소비 시장 조사			
	5/29(금)	비슈케크(00:30) → 인천(09:35)	항공 이동		티웨이 TW438	
		인천 → 김포	리무진 이동		-	
		김포(14:00) → 부산(15:05)	항공 이동		대한항공 KE1819	
	※ 5.27(수) 쿠르반 아이트(이슬람 공휴일) 지정에 따라 일부 세부일정을 변경해 수행함					
출장성과	○ 하반기 양어 기념식 진행을 위한 역할 협의 ○ 재래시장·식품매장·전문매장별 수산물 판매 형태 조사 ○ 키르기스스탄 수산업 역량강화 프로그램 운영 완료 - 양식어업인, 수산청 공무원, 국립 스크랴빈 농업대학교 교수 등 30여 명 참여					
향후계획	○ 마스터플랜 수립 및 교육 교재 개발 완료 후 인쇄 및 현지 배포 ○ 하반기 「양어 기념식」 개최 및 센터 운영 체계 정리·이양					

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

업무유형	☒ 현지조사(현장, 전문가 회의) ☐ 국제행사 주최 ☐ 국제행사 참가 ☐ 국제회의(정부대표단) 참석 ☐ 세미나, 교육, 훈련 ☐ 기타 ()
업무①	이해관계자 업무협의 및 현장조사
수행계획	☐ 키르기스스탄 송어양식협회 관계자 협의 - 운영 인력 및 통역 준비 점검(강사 및 진행 인력 도착 시간 확인 및 역할 재확인, 러시아어-키르기스어 통역 담당자와 전문 용어 사전 공유) ☐ 키르기스스탄 수산청 협의 - 이식쿨주 통스키 양식장 양여 기념식 관련 협의(하반기 예정) ※ 세부 출장일정 변경에 따라 일부 회의, 현장조사 등 추가 진행
수행결과	키르기스스탄 수산청 업무협의(2026.5.24.(일)) - 수산청 담당 과장(누를란벡 라이음쿨 로비치 사티발디예프)
	☐ 프로그램 세부일정, 교육 내용(자료집), 운영 방식 등 설명 ☐ 교육생 구성 검토(최종 명단), 이식쿨 이동 일정 확인 ☐ 교육장 시설 준비사항, 교육 장비 등 검토 - 교육 장비(현미경, 수질측정기, 해부기 세트, 항생제 등) 인수증 작성 관련 사전 협의 포함 ☐ 하반기 이식쿨주 통스키 양식장 양여 기념식 개최 관련 주요 일정, 양측 참석자 등 검토 - 키르기스스탄 총리 또는 부총리 등 고위급 인사가 참석할 수 있도록 관련 협의 진행
	이식쿨 주 생태환경 경찰청 업무협의(2026.5.25.(월)) - 담당 경찰관(무라트 보로노프)
	※ 불법어업 관련 한국의 사례를 듣고 싶다는 현지 요청에 따라 진행 ☐ 이식쿨 주 생태환경 경찰청은 키르기스스탄 내무부 산하 기관으로 이식쿨 호수에서 불법어망 제거, 밀렵 방지, 관광객 안전 관리 등을 수행함(https://mvd.gov.kg/news/6486) - 주요 단속 대상은 허가받지 않은 어업행위, 금지어구 사용, 보호어종 포획, 금어기 위반, 불법 어획물 보관·운반 등으로 단속 과정에서는 불법어망, 보트, 어획물, 낚시도구 등을 확인하고, 위반 사항이 있을 경우 관련 절차에 따라 조치함 - 불법어업 감시와 수역 관리를 강화하기 위해 순찰 보트와 드론 등 장비도 활용 - 키르기스스탄의 경우 불법어업 적발 시 행정벌 또는 형사처벌이 적용될 수 있으며, 이와 별도로 불법 포획 어류에 대해 어종별·개체별 피해액을 산정하여 배상하도록 함(불법 포획으로 인한 수산자원 피해액 배상)(https://ak-terek.gov.kg/ru/post/183) · 내무부 자료(2025.9)에 따르면 최근 3개월간 이식쿨 지역에서 불법어업 78건 적발, 어류 1,090마리, 합성어망 49,900m, 밀렵 보트 14척, 낚시도구 41개 등이 압수됨(https://mvd.gov.kg/news/6486) · (2025.6) 이식쿨 주에서 낚시규칙 위반 벌금 부과 : 낚시대로 낚시하던 시민 400명 이상을 점검했고, 낚시규칙 위반으로 53건의 행정조서를 작성함. 레저·스포츠 낚시 규칙 위반, 낚시권 미소지 및 불법 낚시로 벌금은 총 53,000숨(https://eco.akipress.org/news%3A2280222) · (2026.3) 이식쿨 수역에서 99회 단속 실시. 벌금 63건, 총 335,500숨. 추가 조치로 손해배상 청구 3,038,162숨, 그중 2,371,893숨 징수, 합성어망 30,600m 폐기(https://24.kg/obschestvo/364152_minprirodyi_vyiyavilo_sotni_narusheniy_cherepahi_seti_ishttrafyi_namillionyi/) ☐ 한국의 내수면어업은 지방자치단체장이 면허·허가·신고서를 관리하는 행정관리 체계로 운영됨 - 「내수면어업법」상 내수면어업은 어업 방식에 따라 면허어업, 허가어업, 신고어업으로 구분되며, 내수면어업 면허·허가·신고 유효기간은 원칙적으로 5년임 - 한국에서 면허 또는 허가를 받지 않고 내수면어업을 한 경우에는 1년 이하의 징역 또는 1천만 원 이하의 벌금 대상이며, 신고 대상 어업을 신고하지 않은 경우에는 500만 원 이하의 과

태로 대상임

- 양국 모두 불법어업을 수산자원 보호 차원에서 관리하고 있으나, 키르기스스탄은 현장 단속과 불법 포획 개체별 피해액 배상 구조가 강조되고, 한국은 지자체의 면허·허가·신고 관리와 법정 벌칙 체계가 중심이라는 차이가 있음

<키르기스스탄 참고 자료>

제310조. 불법 사냥 및 어류 또는 수생동물의 포획

1. 상당한 손해를 초래한 불법 사냥 또는 어류·수생동물의 포획, 그중 산란장 또는 그 산란장으로 이동하는 회유 경로에서 이루어진 경우에는, 200 이상 500 이하의 산정지표에 해당하는 벌금과 함께, 일정한 직위를 말거나 일정한 활동에 종사할 권리를 최대 2년간 박탈하는 처벌을 받는다.
2. 불법 사냥 또는 어류·수생동물의 포획이 다음의 방법으로 이루어진 경우, 즉 기계식 운송수단, 자력 추진식 수상 운송수단 또는 항공기, 폭발물 또는 화학물질, 전류, 합성 어망, 가스 또는 조류·동물·어류를 대량으로 멸종시키는 그 밖의 방법을 사용하여 이루어지고 상당한 손해를 초래한 경우에는, 일정한 직위를 말거나 일정한 활동에 종사할 권리를 최대 3년간 박탈하는 처벌과 함께, 2개월 이상 1년 이하의 교정노동, 또는 500 이상 1,000 이하의 산정지표에 해당하는 벌금, 또는 최대 3년의 자유박탈형에 처하며, 일정한 직위를 말거나 일정한 활동에 종사할 권리를 최대 2년간 박탈할 수 있다.
3. 본 조 제1항 및 제2항에 규정된 행위가 다음 각 호에 해당하는 경우:
 1. 국가자연보호구역, 보호구역, 환경재난지역 또는 긴급 환경상황지역에서 이루어진 경우
 2. 멸종위기종 및 희귀 동물종, 또는 사용이 금지된 동물에 대해 이루어진 경우
 3. 직무상 지위와 관련하여 신뢰 보관 또는 보호 아래 맡겨진 동물에 대해 이루어진 경우
 4. 특히 중대한 손해를 초래한 경우
 5. 부주의로 사람의 건강에 중대한 피해를 초래한 경우에는, 1,000 이상 2,000 이하의 산정지표에 해당하는 벌금 또는 2년 이상 5년 이하의 자유박탈형에 처한다.

(출처: <https://ak-terek.gov.kg/ru/post/183>)

- (2026.1.7.) 최근 이식쿨 호수의 보호 활동 강화로 신규 순찰 보트와 드론 운용을 시작함
- 모터보트(길이 6.5m, 견고한 알루미늄)는 내수면 항로 운용을 위해 특별히 설계되었고 현대식 레이더, 태양광으로 작동하는 카메라 등이 장착되어 항로 탐색과 상황 감시 능력이 확대됨
- 드론은 센서를 통해 높은 수준의 안전성을 갖추고 있으며, 열화상 장비가 장착되어 있어 실종자 수색, 밀렵자 적발, 기반시설 감시, 수색·구조 작업 등에 활용이 가능함
- 키르기스스탄 대통령령 제131호 「이식쿨 생태 보전을 위한 긴급조치에 관한 사항」의 효과적인 이행을 통해 이식쿨 호수의 생태환경을 개선하고 생태계 가치를 보전하고자 함

(법령 <https://online.toktom.kg/NewsTopic/6649>)(영상 <https://www.youtube.com/watch?v=XXndTKV1CEE>)



키르기스스탄 통스키 양식장 및 송어양식협회 업무협의 (2026.5.27.(수))

- 통스키 양식장 막사트 소장 및 송어양식협회 회원(한디샤노프 아흐메드)

- 하반기 양어 기념식 진행을 위한 KMI-수산국 간 조정 역할 협의
 - 공식 인수인계(ГОО АКТ) 추진을 위한 세부사항 논의
- 이식쿨 양식장 추가 개보수(물 공급-침전조 높이를 약 60cm 정도 올리고 배관 교체·연결)를 위한 필요사항 확인
 - 가능한 신속하게 관련 사항을 시작하고, 진행 상황을 한국에 수시 보고 하도록 협의

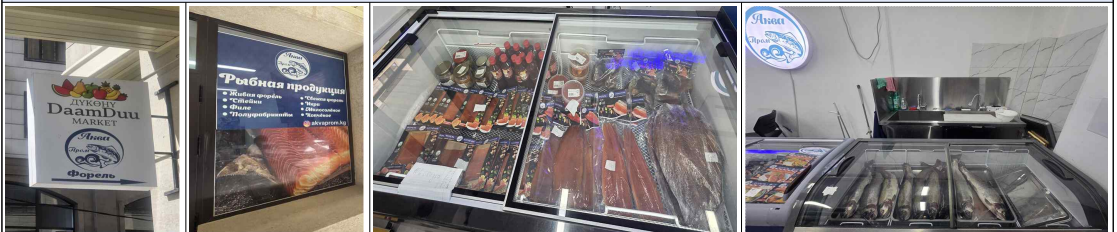
키르기스스탄 수산물 유통·소비 시장 조사(2026.5.28.(목))

- 수도 비슈케크에 위치한 오쉬 바자르(Osh Bazaar)는 지역 내 최대 규모의 재래시장으로, 구역 별로 식료품, 의류, 전통 수공업품, 약기 등 다양한 품목을 판매하고 있음
 - 재래시장 내 수산물 판매 매장은 원물 형태의 송어 판매 매장 약 4곳, 냉동·훈제 제품 판매 매장 약 2곳 수준으로, 시장 전체 규모에 비해 수산물 판매 비중은 제한적임
 - 판매 수산물은 주로 송어 등 어류 중심으로 냉장·냉동 진열대에 원물을 보관한 뒤 계량·판매하고, 일부 매장에서는 현장 손질도 가능함
- 일부 식품매장에서는 일반 식료품과 함께 수산물을 취급하고 있었으며, 외부 간판에 수산물 판매 여부를 표시하여 소비자가 쉽게 확인할 수 있도록 함
 - 방문 매장 'DaamDuu Market'는 외부 간판에 'форель(송어)'를 표기하고, 입구 안내판에 활송어, 신선 송어, 스테이크, 필렛, 반가공품, 저염 제품, 훈제 제품, 어란 등 수산물 품목을 표시함
 - 매장 내부는 냉장·냉동 진열대를 중심으로 송어 원물과 가공제품을 구분해 진열하고 있으며 재래시장보다 비교적 정돈된 형태로 운영됨
- 수산물 전문 매장 '오케안(Океан)'은 생선류, 갑각류, 패류 등 원물 수산물과 냉동·훈제·염장·건조 제품 등 수산가공품을 판매함(<https://ocean.kg/?utm>)
 - 외관, 내부 진열, 제품 배치 등이 비교적 현대적으로 정비되어 있으며, 일반적인 소규모 수산물 판매점과는 다른 전문매장 형태를 보임
 - 수산물 조리·섭취 시 필요한 소스, 양념, 조미료와 함께 소비할 수 있는 와인 등 일부 주류를 판매하는 등 관련 제품을 한 곳에서 구매할 수 있도록 구성되어 있음
 - 내륙국가인 키르기스스탄에서 수산물 구매와 소비 편의를 높이기 위한 매장 운영 사례로 참고할 수 있음

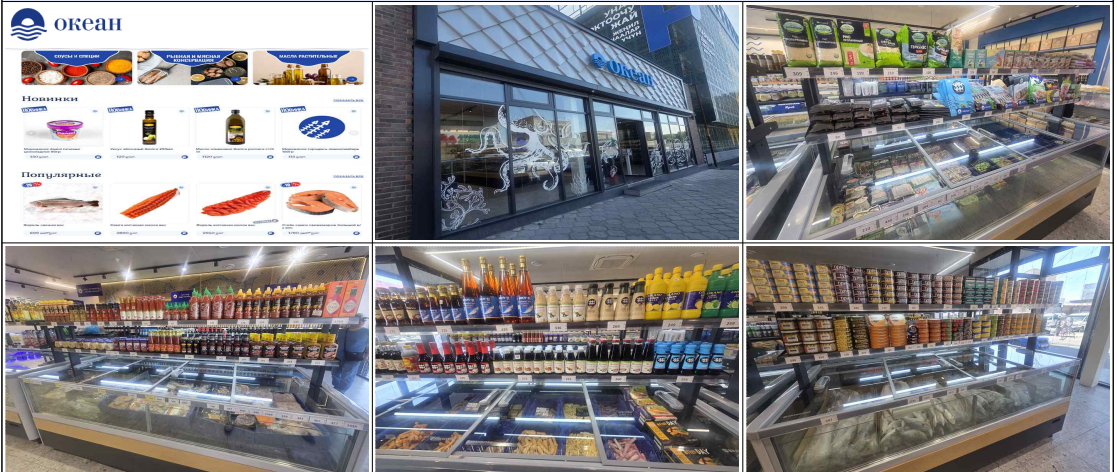
재래시장 '오쉬 바자르(Osh Bazaar)' 내 수산물 판매점



수산물 판매 알림 간판 및 안내문을 설치해둔 일부 식품매장



수산물 전문 매장 '오케안(Океан)'



업무유형	☐ 현지조사(현장, 전문가 회의) ☐ 국제행사 주최 ☐ 국제행사 참가 ☐ 국제회의(정부대표단) 참석 ☒ 세미나, 교육, 훈련 ☐ 기타 ()		
업무②	키르기스스탄 수산업 역량강화 프로그램 운영		
수행계획	☐ 어병 관리 교육(1일) - 송어류 주요 질병 예방과 관리, 어병 진단 실습 등 ☐ 종자 생산 교육(1일) - 채란 요령 및 수정 방법, 3배체 검사 실습 등		
수행결과	키르기스스탄 수산업 역량강화 프로그램 1일차(2026.5.25.(월))		
	5.25(월)	12:00-13:00 (60')	점심식사
		13:00-13:10 (10')	전체 교육일정 안내
		13:10-13:30 (20')	한국 양식업 현황과 키르기스스탄 양식업 발전을 위한 협력
		13:30-13:40 (10')	교육생 사전 설문조사
		13:40-14:40 (60')	어병 관리 이론교육(1)
		14:40-15:00 (20')	휴식
		15:00-16:00 (60')	어병 관리 이론교육(2)
		16:00-16:20 (20')	휴식
		16:20-18:20 (120')	어병 관리 실습교육
		18:20-19:20 (60')	저녁식사
	[한국 양식업 현황과 키르기스스탄 양식업 발전을 위한 협력] ☐ 한국 수산·양식업 현황 및 주요 특징 - 2024년 한국의 전체 수산물 생산량은 약 361만 톤, 생산금액은 약 10조 918억 원, 양식업 생산량은 약 224만 9천 톤, 생산금액은 약 3조 7,118억 원 - 전체 수산물 생산량의 약 62%를 양식업이 차지하고, 생산금액 기준으로도 약 37% 수준 - 2022년 기준 한국의 총 수산물 생산량은 세계 12위, 양식업 생산량은 세계 7위 규모 - 한국의 1인당 수산물 소비량은 60.9kg 수준, 수산물 자급률은 77.5% - 양식업은 안정적인 수산물 공급 기반으로 어획 중심 수산업의 한계를 보완 - 품종에 따라 소비자 수요에 맞춘 계획 생산이 가능하며 기술 기반 산업으로 전환 중 - 단순 생산보다 전문 기술과 관리 역량이 생산성과 품질을 좌우(종자, 사료, 질병·수질·시설 관리 등) - 한국의 양식업은 데이터 기반 관리, 스마트양식, 친환경 양식으로 발전 중이며, 시설 구축만으로는 지속적인 성과 창출이 어렵고 운영 인력의 역량과 현장 적용 능력이 중요(시설+기술+교육+운영체계) ☐ 키르기스스탄 양식업의 성장 가능성 - 키르기스스탄 수산업 총생산량은 2000년 약 100톤에서 2022년 약 20,000톤으로 증가, 특히 양식업 생산량은 2000년 58톤에서 2022년 20,698톤으로 증가. 총 생산량 중 양식업 비중은 2022년 기준 99.85% 수준 - 2022년 양식 생산의 약 70%는 연어·송어류, 약 30.7%는 잉어류 등 담수어로 산악지대의 차가운 물과 풍부한 산소는 송어 양식에 유리한 조건으로 작용 - 키르기스스탄의 1인당 수산물 소비량은 낮은 수준이며, 동물성 단백질 섭취에서 수산물이 차지하는 비중도 매우 낮은 편으로 양식업 발전은 식량안보, 단백질 공급, 지역경제 활성화로 이어질 가능성 존재 ☐ 키르기스스탄 국립수산양식개발센터 설립 및 역량강화 사업 소개 - 이식쿨주 통 지역의 통스키 양식장을 활용하여 국립수산양식개발센터를 구축, 수산양식 분야 전문가 양성과 관계자 역량강화 등 지원 - 하드웨어(실습시설 구축, 기자재 지원, 양식장 운영 기반 조성), 소프트웨어(교육, 기술훈련, 인력 양성, 공동연구, 정책·운영 역량 강화)를 균형있게 추진 중 - 2026년 사업 종료, 하반기 키르기스스탄 수산업 발전 마스터플랜 수립을 통해 지속가능한 어업 생산 증대와 수산업 자립 성장 기반 조성을 목표		

[어병 관리]

□ 송어의 생태 및 생리적 특성

- 수온 : 최적 범위 10~20℃, 고수온에 민감
- 번식 : 산란기는 10월~2월, 2~3년생부터 성숙, 다산성
- 식성 : 육식성, 단백질 및 오메가-3 지방산 요구량 높음

□ 키르기스스탄 송어 양식 환경 분석

- 이식쿨(Issyk-Kul) 호수를 포함한 풍부한 고산지대 용천수를 보유, 무지개송어(Rainbow Trout) 등 냉수성 어종 최적지(연중 낮은 수온 유지)로 유럽 및 러시아 수출 시장에 근접함

□ 바이러스성 질병은 최대 80% 이상 대량 폐사를 유발하는 핵심 관리 대상이며, 세균성 질병은 상품 가치를 떨어뜨리고 지속적 폐사를 유발함

□ 키르기스스탄 송어 양식장의 질병 사례

- 전염성체장괴사증(IPN) : 종자생산 단계에서 가장 경계해야 할 바이러스성 질병으로 주로 어린 치어기에 발병하여 면역 체계를 파괴하고 극심한 대량 폐사를 유발함. 위와 장관(창자) 내에 유백색 또는 투명한 점액질만 가득 차 있고 담낭이 크게 부풀어 오름
- 전염성조혈기괴사증(IHN) : 키르기스스탄 내수면 용천수 환경과 어린 치어기라는 특성을 고려할 때, 송어 치어기에 발생하는 바이러스성 질병의 가능성이 높음. 체색 흑화, 안구 돌출, 지느러미 기부의 뚜렷한 피부 점상출혈이 특징임
- 백내장(Cataract) : 10℃ 내외의 저수온기에 주로 발생하는 세균성 질병으로 대량폐사를 유발함. 수온변화, 영양부족으로 백내장이 발생하여 피부궤양 안구백탁, 사료효율 및 생존율이 저하됨
- 절창병(Furunculosis *Aeromonas salmonicida*) : 주로 여름철 수온이 상승하거나 사육 밀도가 높아져 고밀도 스트레스가 가중될 때 급격히 확산되며, 만성형으로 진행될 경우 지속적인 폐사를 일으킴
- 세균성 냉수병(*Flavobacterium psychrophilum*) : *Flavobacterium psychrophilum* 세균이 원인으로 키르기스스탄의 풍부한 고산지대 냉수성 용천수 환경(10℃ 내외)에서 어린 치어기를 중심으로 빈번하게 발생함

□ 키르기스스탄 송어양의 질병 사례 평가

- 1)치어기 방역관리 문제(바이러스 질병 과다 발생), 2)저수온기에 질병발생에 취약(바이러스, 세균성냉수병), 3)수온관리, 밀도관리 문제(세균성냉수병, 절창병), 4)양식장 밀집에 의한 급속한 질병 전파, 5)약물 과다 사용, 환경오염, 수산물 안전성 위협 등

□ 한국 송어 양식장의 현재 시스템(2020년대)

- 유수식양식장, 순환여과식양식장. 지하수 활용 및 지속적 물 흐름, 고도 여과, 정밀 환경 제어
- (충북 내수면산업연구소) 독립적인 완전 밀폐식 순환여과식 양식장으로 완벽한 생물 보완과 질병차단, 사료효율 및 성장 속도 극대화, 생존율 향상

□ 송어 양식장 질병 대응 방법

- 1) 질병감시(사료섭식상태, 아가미상태, 피부상태, 사육일지 작성, 수조상태 물색깔검사)
- 2) 육안검사(유영행동, 피부 관찰, 아가미 관찰) -조기 질병 감지 신속한 대응
- 3) 수질관리(수온, 용존산소, pH 아질산 & 암모니아 키트)

*무지개송어 수질기준

수온 (Water Temp.) 10~16 °C 13~15℃가 성장 최적 온도

pH 6.5 – 8.5 급격한 변화는 스트레스 유발

비이온성 암모니아 (NH₃) < 0.02 mg/L 수온, pH 상승 시 독성 증가

아질산 (NO₂⁻) < 0.1 mg/L 0.5 mg/L 이상이면 중독 가능

전기전도도 (Cond.) 100~500 µS/cm(담수 기준) 부적정 (< 50 µS/cm , > 800 µS/cm)

□ 영양성 질병 관리

- 1) 비타민C 결핍 : 아가미 연골 변형, 척추변형, 아가미뿔개 단축, 변형 척추변형
- 2) 지방간 : 간 세포의 공포(Vacuolation) 형성, 지방간 색깔 변화. 여름철 고수온기에 주의해야 하고, 사료량을 20~30% 줄여야 함

- 3) 과식, 영양 불균형 : 지방 덩어리, 장기 압박, 체고 높고 비대, 간 변색, 울혈
- 4) 적정 사료공급량
- 5) 사료보관 방법(핵심 관리 항목 실무 기준 조치사항)
저온·건조 보관 20°C 이하, 습도 75% 이하 유지 창고 환기, 직사광선 차단
건식사료 냉동 금지 EP·펠렛사료 냉동 보관 금지 상온 건조 보관 유지
선입선출(FIFO) 관리 오래된 사료부터 우선 사용 입고 날짜 표시 및 순차 사용
변질 사료 즉시 폐기 곰팡이·산패 냄새·뭉침 발생 시 폐기 이상 사료 발견 즉시 전량 제거
- 6) 변질된 사료 섭취한 어류의 회복 방법
중단 및 교체 : 산패 사료 즉시 폐기, 제조일자가 최근인 신선 사료로 교체
보강 급여 : 비타민 E, C가 강화된 사료 공급
급여 제한 : 평소의 50% 이하로 줄이거나 며칠간 완전 절식 권장
선별 및 관찰 : 어류 간이 청동색으로 변하고 마른 개체는 회복이 어려우므로 도태 고려
- 키르기스스탄 양식의 질병 관리 전략
 - 1단계: 시설 구축 - FTS 유수 개발·소독지·비닐하우스 외벽 공사
 - 2단계: 사료 최적화 - EP 사료 라인 보급 및 고품질 원료 공급망 확보
 - 3단계: 예방 고도화 - 감염 차이 진단 의무화 및 주요 바이러스 백신 접종 가능
 - 4단계: 친환경 가치 - 미관리 침전·연못형 슬러지 유기 비료화 시스템 연계
 - 외부 하천의 병원체 유입 경로를 차단하기 위해 무균 상태의 지하수 및 용천수 중심 FTS(유수 용수·로식)로 급수원을 개선이 필요함. 연중 일정한 수온(10~15°C) 확보가 중요함
 - FRP/콘크리트 위생 설계 : 다공성 흙바닥 채널은 퇴적물과 바이오필름 등 오염원이 누적되어 감염 통로가 될 수 있음
 - 사육 시설의 상부를 견고한 비닐하우스(시설하우스) 등으로 덮음으로써 야생 조류의 분변 및 조류 독감 매개체(Vector)의 유입을 물리적으로 차단함
 - 한겨울 극한적인 냉해나 한여름 과한 광량을 예방하고 봄·가을 급격한 강한 스트레스를 감쇄시키는 기후 완충 장치로서 상시 고강도 환경 조절이 가능함
 - EP(확장 성형) 부상 사료 도입 : 가라앉아 썩기 쉬운 가루 사료 대신 물에 오래 뜨는 EP 사료를 급여하여 잔존 유기물에 의한 아가미 부식과 아질산염 유발 원인을 근절함
 - 사료 효율 정밀 제어(FCR) : 수온과 송어 무게에 최적화된 표준 급여표를 상시 운용함으로써 과도한 사료 공급을 규제하고 생체 소화 효율을 촉진함
 - 안전한 사료 보관(Storage)
 - 환경 제어 : 온·습도가 정밀하게 관리되는 밀폐 창고 사용
 - 품질 유지 : 선입선출(FIFO) 준수로 영양가 손실 및 부패 예방
 - 바이오 보안 : 정기 소독으로 해충 및 설치류의 외부 침입 차단
 - 수온별 정밀 급여(Dosing)
 - 데이터 기반 : 주간 어체 중량 및 실시간 수온 계수 반영
 - 효율 극대화 : 일일 권장량을 2~4회 분할 급여하여 소화율 향상
 - 환경 보호 : 잔류 사료를 방지하여 가두리 수질 오염 원천 최소화
 - 지속 가능한 오염 부하 저감 : 다단계 방류수 침전조 시설 구축, 방류수·슬러지 다단계 처리를 통한 오염 최소화, 미세 슬러지 제거를 통한 하천 및 공공 수자원 보호, 수거 유기물 퇴비화를 통한 자원 순환 실현



키르기스스탄 수산업 역량강화 프로그램 2일차(2026.5.26.(화))

5.26(화)	08:00-09:00	(60')	아침식사	
	09:00-09:50	(50')	교육 장비 점검 및 그룹별 배치	
	09:50-10:00	(10')	공지사항 안내	KMI 김세인 전문연구원
	10:00-11:00	(60')	종자 생산 이론교육(1)	충북내수면산업연구소 최경철 박사, 최광묵 팀장
	11:00-11:20	(20')	휴식	
	11:20-12:20	(60')	종자 생산 이론교육(2)	
	12:20-13:30	(70')	점심식사	
	13:30-14:30	(60')	양어장 시설 투어	충북내수면산업연구소 최경철 박사, 최광묵 팀장
	14:30-14:50	(20')	휴식	
	14:50-16:50	(120')	종자 생산 실습교육	
	16:50-17:00	(10')	기숙사 개인 짐 정리	
	17:00-17:30	(30')	교육생 사후 설문조사	KMI 정효림 연구원
	17:30-18:30	(60')	저녁식사	

[종자 생산]

□ 무지개 송어의 형태적 특징

- 방추형 체형(Fusiform) : 특히 산란기에 뚜렷한 체형과 선명한 체색을 보임
- 체색 : 황록색 바탕에 측선 방향의 분홍색 띠
- 반점 : 등과 지느러미에 작은 검은 점 분포
- 중량 : 양식에서는 보통 0.8~2.0kg, 최대 16kg까지 기록
- 산란 : 주로 10월부터 이듬해 2월까지, 2~3년생 친어에서 산란

□ 무지개송어 3배체 생산 기술

- 3배체란 염색체 세트를 3개(3n) 보유하여 생식능력이 억제된 개체로 고부가가치 양식을 위한 혁신적 불임화 기법
- 주요 이점
 - 성장 효율 극대화 : 생식소 발달에 쓰일 에너지를 육질 성장에 집중하여 사료효율이 높음
 - 고품질 육질 유지 : 산란기 체색 변화와 육질 저하가 없어 연중 균일한 품질 공급이 가능
 - 경제적 가치 제고 : 대형어 성장이 빠르고 산란 후 폐사 위험이 없어 경제적 손실을 줄일 수 있음

□ 3배체 생산 원리 : 제2극체 방출 저지

- 무지개송어 알은 수정 직후 제2감수분열을 완료하고 제2극체를 방출
- 온도 또는 압력 등 물리적 충격으로 극체 방출을 막으면 3배체가 됨
- 인공수정: 성숙 친어로부터 난과 정자를 채취하여 수정
- 물리충격: 온도 또는 압력으로 제2극체 방출을 억제
- 정밀부화: 환경 제어를 통해 안정적으로 부화 관리
- 검증·출하: 3배체 유도율 확인 후 성장 시설로 이동

1) 온도처리(Heat Shock)

- 저비용 고효율 처리법으로 수정 후 약 10~15분이 경과한 시점에 26~28℃의 온수에 약 10~20 분간 침지시켜야 함
- 시설이 단순하여 대량 생산 현장에서 널리 사용되며, 정확한 타이밍과 온도 유지가 중요함

2) 압력처리(Pressure Shock)

- 정밀한 3배체 유도
- 수정란을 특수 압력용기에 넣고 높은 수압을 가함
- 압력 조건 약 6,500~9,000psi, 처리 시간은 약 3~5분
- 온도처리 보다 생존율과 3배체 유도율이 안정적이고 높음

□ 3배체 생산 성공 여부 검증(Quality Control) 방법

- 생산된 치어의 3배체 유도율 확인
 - 1) 유세포분석(Flow Cytometry) : 세포 내 DNA 함량을 직접 측정해 3n 확인, 가장 정확함
 - 2) 적혈구 크기 측정 : 3배체 적혈구는 2배체보다 큼
 - 3) 핵 크기 분석 : 현미경으로 핵 직경을 비교

- 장비 및 시약 : 헤파린 처리 주사기, 현미경 슬라이드, 무수 에탄올, 인산완충액 pH 6.8(1L 기준: 0.5M KH₂PO₄ 31.4mL + 0.5M Na₂HPO₄ 22.8mL + 증류수 945.8mL)
- 생산된 치어의 3배체 유도율 확인 절차
 - 1) 헤파린 처리 주사기로 꼬리정맥에서 혈액을 채취
 - 2) 현미경 슬라이드에 혈액 도말표본을 준비
 - 3) 혈구를 무수 에탄올로 10분간 고정
 - 4) 남은 알코올은 자연건조로 제거
 - 5) Giemsa 염색액 또는 May-Grunwald Giemsa 용액으로 15분간 염색
- 적혈구 세포 및 핵 크기 측정을 통한 2배체:3배체 구분
 - 세포 장경(a)과 단경(b), 핵 장경(a)과 단경(b)을 측정
 - 표면적 = $a \times b \times \pi / 4$
 - 부피 = $4/3 \times \pi \times (a/2) \times (b/2)^2$
- 전암컷 생산의 필요성
 - 성장 효율성 : 암컷은 수컷보다 성장이 빠르고 대형어 생산이 쉬워 생산성이 약 20% 향상
 - 육질 유지 : 수컷은 조기 성숙 시 육질이 급격히 저하되지만, 암컷은 상품성 높은 육질을 장기간 유지가 가능
 - 양식 안정성 : 조기 성숙에 따른 폐사와 산란기 스트레스를 줄여 관리 안정성을 확보
- 무지개송어 성전환기법
 - 가웅성(Neo-male)을 이용한 전암컷(All-female) 생산
 - 유전적으로 암컷(XX)이지만 호르몬 처리로 표현형만 수컷으로 바뀐 개체를 가웅성이라 부름
 - 가웅성은 Y염색체가 없으므로 정상 암컷(XX)과 교배하면 100% 암컷(XX) 자손이 생산
 - 유전적 암컷(XX) + 호르몬에 의한 수컷화(MT) → 가웅성
- 무지개송어 성전환기법 핵심 공정 : 호르몬 처리
 - 메틸테스토스테론(17 α -Methyltestosterone)을 사료에 혼합해 초기 치어기(최초 급이 시기)에 급이
 - 처리 시기 : 부상 후 최초 먹이 공급기
 - 처리 농도 : 30~60mg/kg 사료
 - 처리 기간 : 약 400~800 적산수온 기간
- 무지개송어 성전환 처리의 성공 요건
 - 물리적 환경 제어 : 수온이 너무 높으면 폐사율이 증가하고, 너무 낮으면 호르몬 흡수율이 낮아짐. 10~15°C의 안정적인 수온 유지가 필수적임
 - 급이 관리 전략 : 모든 개체가 호르몬 사료를 균일하게 섭취하도록 사육밀도를 조절하고, 사료의 수중 안정성을 확보해 호르몬 용출을 방지해야 함
- 무지개송어 성전환 효율성 및 성과지표
 - 가웅성 유도 성공률 : 99%
 - 완벽한 성제어 : 최적 조건에서 메틸테스토스테론 처리 시 99% 이상의 높은 가웅성 유도율을 달성할 수 있으며, 최종 자손의 100% 암컷화를 가능하게 함
- 초기 치어 관리의 중요성
 - 무지개송어는 부상 후 최초 먹이를 먹기 시작하는 시기에 성 결정 기구가 가장 유연함
 - 이 시기를 놓치면 호르몬 농도를 높여도 성전환 효율이 급격히 낮아짐
 - 부상 시점을 정확히 예측하고 즉시 급이를 시작하는 것이 핵심임

