

국외출장 결과보고서

구 분	내 역					
출장자	소속	수산연구본부	성명	조현주	직급	부연구위원
				김은지		연구원
출장목적 (중복선택 가능)	☒ 현지조사(현장, 전문가 회의) ☐ 국제행사 주최 ☐ 국제행사 참가 ☐ 국제회의(정부대표단) 참석 ☐ 세미나, 교육, 훈련 ☐ 기타 ()					
관련사업 (예산항목)	- 「유수식 스마트양식 시스템개발(4차)」(수탁) (사업기간 : 2025.01.01. ~ 2025.12.31.)					
	사업 계획 상 예산 반영 여부		☐ 반영 ☐ 출장지 대체 ☒ 해당없음(수탁)			
공무 항공마일리지 활용계획	성명	보유 마일리지	활용계획		미활용 사유	
	조현주	15,482	미활용		마일리지 부족	
	김은지	21,495	활용 or 미활용		마일리지 부족 or 보너스 좌석 부족	
출장기간	2025.7.26.(토) ~ 2025.8.2.(토) (6박 8일)		출장지	독일(뮌헨/함부르크 등) 덴마크(헤닝/스카겐 등)		
출장일정	일자	방문지	주요업무*	항공편		
	7.26(토)	부산(08:45) → 인천(11:55) → 암스테르담(21:00) → 뮌헨(22:25)	항공 이동	KE1406 KE925 KE6497		
	7.27(일)	뮌헨	(오후) FIBALON 인터뷰, 현지 조사	-		
	7.28(월)	뮌헨 → 함부르크 → 리베	(오전) Neue Meere 기업 인터뷰, 현지 조사 (오후) 뮌헨 → 함부르크 → 리베	차량 이동		
	7.29(화)	리베 → 스카겐	(오전) Mutag 기업 인터뷰, 현지 조사 (오후) CM Aqua 기업 인터뷰, 현지 조사	차량 이동		
	7.30(수)	스카겐 → 헤닝	(오전&오후) Skagen Salmon 양식장 시설 견학 및 인터뷰, 기술 동향 파악	차량 이동		
	7.31(목)	헤닝 → 함부르크 함부르크(20:00) → 프랑크푸르트(21:10)	(오전) FREA Soutions 기업 인터뷰, 현지 조사 (오후) 항공 이동	차량 이동(FREA Facility → 함부르크 공항), LH033		
	8.1(금)	프랑크푸르트(19:40) → 인천(+1, 14:35)	항공 이동	KE946		

	8.2(토)	인천(17:10) → 부산(18:20)	항공 이동	KE1405
출장성과	○ 출장목적 달성 정도 - (목적 1) RAS 양식 기술 관련 글로벌 선도기업(덴마크, 독일)과의 심층 인터뷰를 통한 기술 동향 파악 - (목적 2) RAS 양식 기술 관련 현장조사 및 경제성 분석 관련 자료 협조 - (목적 3) 독일, 덴마크 전문가와의 양식 기술 관련 네트워크 구축 - (달성정도) 당초 목적달성에 부합한 성과 및 결과도출 ○ 주요 성과 - 덴마크 양식 및 수처리 기술 전문기업들(FREA Solutions, X Vent ApS, FIBALON GmbH 등)과의 심층 면담을 통해 최신 RAS 기술 동향을 파악하고, 국내 도입 가능성에 대한 논의 진행 - 양식장 현장 방문을 통해 실제 운영 현황을 점검하고, 레이스웨이을 활용한 드럼 필터 없는 여과 시스템 구축 등 양식 기술 습득 및 기술 네트워크 확대 기반 마련 - 전문가와의 네트워크 구축 및 향후 연구를 위한 파트너십 확대 기반 마련			
향후계획	○ 출장 성과 공유 계획 - 출장 결과 성과보고 반영 - '유수식 스마트양식 시스템 개발(4차)' 연구 내 선진 양식 기술 및 경제성 분석 관련 기초자료 확보 ○ 정책화 등 활용 계획 - 스마트 양식 관련 기술 네트워크 확보를 통한 RAS를 포함한 스마트 양식 기술 연구 네트워크 확대 기반 마련 - 스마트 양식장 관련 에너지 효율화 정책 수립 시 에너지 절감 효과 방안 마련 모색 가능			
특이사항	없음			

* 주요업무 수행 결과 별지 작성 후 첨부

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

업무유형	☒ 현지조사(현장, 전문가 회의) ☐ 국제행사 주최 ☐ 국제행사 참가 ☐ 국제회의(정부대표단) 참석 ☐ 세미나, 교육, 훈련 ☐ 기타 ()	
업무①	07.27(일) FIBALON 인터뷰	
수행계획	☐ (오후) FIBALON 社 대표 인터뷰 - 참 석 자 : 조현주 부연구위원, 김은지 연구원, (주)FNS 한정호 대표, (주)애논 봉민균 대표, (주)애논 박기남 대표, (주)두란수산 김명식 대표, (주)FIBALON Andreas 대표, (주)FIBALON Maximillian 마케팅·판매자 - 주 요 내 용 · FIBALON의 최신 수처리 기술 동향 조사 · 한국형 유수식 스마트 양식장 여과 기술 접목 가능 여부 파악	
수행결과	☐ 수처리 관련 기술 동향 - (기업 소개) 혁신적인 섬유 여과 기술 전문 기업으로, 특히 폴리에스터 마이크로파이버를 활용한 고효율 여과 시스템을 개발함 - (여과) Fibalon의 마이크로파이버 여과 매체는 기존 모래 여과나 활성탄 여과 대비 월등히 높은 여과 효율을 보여주며, 특히 미세 입자 제거 능력과 역세척 효율성 면에서 우수함. 또한, 크기가 소형으로 설치 공간을 절약할 수 있어 제한된 공간에서 운영되는 양식장 환경에 적합할 것으로 생각됨	

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

	 
업무②	07.28(월) Neue Meere 기업 양식장 시설 견학 및 인터뷰
수행계획	□(오전) Neue Meere 기업 양식장 시설 견학 및 인터뷰 - 참 석 자 : 조현주 부연구위원, 김은지 연구원, (주)FNS 한정호 대표, (주)애논 봉민균 대표, (주)애논 박기남 대표, (주)두란수산 김명식 대표, (주)FIBALON Andreas 대표, Maximillian 마케팅·판매자, (주)X vent Aps Thomas 실장, , (주)Neue Meere Max Hoersen 관리자 - 주요 내용 · 육상 새우 RAS 양식장 운영에 있어 폐열을 활용한 기술 파악

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

	· 열병합 폐열 사용 RAS 시스템 에너지 절감 조사
수행결과	□ 새우 RAS 양식장 운영 구조 - (설계 구조) 2층 건물의 선반식 구조로 설계되어 있으며, 층마다 총 6개의 수조로 이루어져 있음. 각 수조는 10m(가로) × 4m(세로) × 1.55m(수심) 규모로 운영되고 있음 - (사용량 및 순환량) 시간당 1,000톤의 물이 순환되며, 일일 보충수량은 10톤으로 전체 시스템 대비 1% 수준의 매우 효율적인 물 사용량을 보여주고 있음. 물은 상부에서 유입되어 중앙 하부로 배출되는 구조로 설계되었으며, 자동 역세척(backwashing) 시스템이 적용되어 지속적인 수질 관리가 이루어지고 있음 □ 사육 밀도 및 생산관리 - (사육 밀도) 최대 사육밀도는 10-12kg/m²로 매우 고밀도 사육이 이루어지고 있으며, 이는 일반 양식장의 2-4배 높은 밀도임 - (생산) 양식 품종은 화이트 타이거 새우로, 연간 생산량은 코로나로 인해 2018년 17톤까지 떨어졌으나, 이후 회복하여 현재 35톤까지 생산하고 있음. 출하 규격은 25-37g로 약 60일 동안 사육 후 출하함 - (크기별 염도) 작은 개체는 해수 수준인 35%의 염분 농도에서 사육하며, 큰 개체는 15%에서 생산함. 양식장 위치가 독일 내륙에 위치해 있어 인공 소금으로 염도를 조절함 □ 비용 및 경제성 - (생산 단가) 생산비용은 kg당 28-30유로로 형성되어 있으며, 판매가는 40-50유로로 약 25-40%의 마진을 확보하고 있음

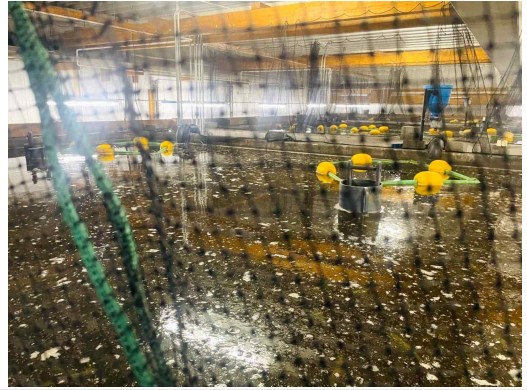
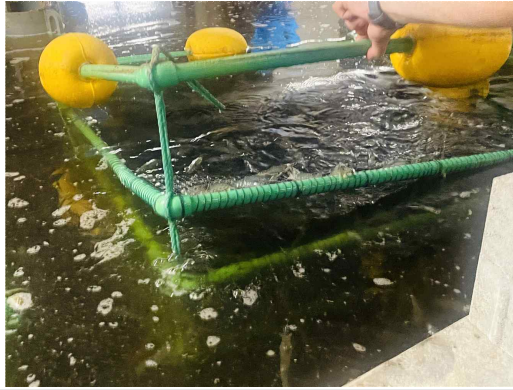
주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

- (비용) 에너지 비용이 연간 20만 유로로 고정비를 차지하고 있으며, 3명의 인력만으로 해당 양식장을 운영하고 있음. 이 중 1명은 양식장의 전반적인 관리 및 운영 업무를 담당하고 있으며, 나머지 2명은 생산된 수산물의 판매 업무를 담당하고 있음
- (경제성) 연간 매출은 약 100억 원 수준이며, 자체 전력 생산을 통한 지열 에너지 활용으로 에너지 비용을 절감하여 총운영비를 감소시켰음. 또한 높은 판매가격 형성을 통해 안정적인 수익 구조를 보임
- **에너지 및 폐수 처리**
 - LNG를 활용한 자체 발전 시설을 운영하여 전체 에너지의 80-90%를 자체 생산하고 있으며, 해당 에너지 역시 양식장에 활용함
 - 또한, 발전 시 발생하는 폐열을 양식장 온도(30도) 조절에 활용하는 열 회수 시스템을 구축하여 에너지 비용을 크게 절감함
 - (폐수 처리) 일일 10톤의 매우 적은 양의 폐수가 발생하며, 독일의 환경 규제상 염분 농도가 존재하는 배출수의 경우에도 별다른 처리 없이 직접 배출이 허용되어 폐수 배출부과금만 지불하고 있음. 그 외 새우 껍질과 머리 등의 부산물은 새우가 직접 섭취하여 자연적으로 처리되므로 별도의 폐기물 처리 비용이 발생하지 않음
- **사료 급이 및 폐사율**
 - (치어) 미국 하와이에서 수입하며, 대부분의 폐사는 초기 2주 안에 집중적으로 발생하며, 초기 적응 후에는 폐사율이 급격히 감소하는 모습을 보임

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

	- (폐사율) 전체 폐사율은 평균 50-90%로 수준이지만, 치어 품질에 따라 10-30%의 변동 범위를 보임
--	--

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))



주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

업무③	07.29(화) Mutag, CM Aqua 양식장 시설 견학 및 인터뷰 □ (오전) Mutag CM Aqua 양식장 시설 견학 및 인터뷰 - 참 석 자 : 조현주 부연구위원, 김은지 연구원, (주)FNS 한정호 대표, (주)애논 봉민균 대표, (주)애논 박기남 대표, (주)두란수산 김명식 대표, (주)Mutag Jesper Nuelsen CBDO, (주)CM Aqua Mikael Denhardt 대표 - 주요 내용 · Mutag 기업 소개 및 기업 현황 자료 수집 · 생물여과조용 Biochip(여재) 관련 정보 공유 · 한국형 스마트 양식장 내 여재 적용 가능성 논의 □ (오후) CM Aqua 기업 인터뷰 - 참 석 자 : 조현주 부연구위원, 김은지 연구원, (주)FNS 한정호 대표, (주)애논 봉민균 대표, (주)애논 박기남 대표, (주)두란수산 김명식 대표 등 6명 - 주요 내용 · CM Aqua 기업 소개 및 기업 현황 자료 수집 · 수질 관리를 위한 수처리 기술 및 시장 규모 파악
수행결과	1. Mutag □ 바이오칩 및 수처리 기술 - (생산 제품) 압출 성형 방식을 통해 수처리 관련 제품(호스 등)을 생산하며, MBBR과 관련하여 특허받은 바이오칩 제조 기술인 MUTAG BioChip™을 생산함

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

- (바이오칩 구조) 플라스틱 재활용 소재로 제조되며, 100% 재활용 플라스틱 사용을 목표로 하고 있음. 제품의 핵심은 다공성 구조와 링 형태의 외부 구조로, 바이오칩의 두께는 1mm이며, 산소 침투 깊이는 500마이크론으로 설계되어 활성 바이오매스를 최대화하여 자체 정화 기능을 갖춘 형태 설계로 인해 지속적으로 활성 상태를 유지함
- (바이오칩 기능) 유익한 박테리아가 바이오필름을 형성하여 사료 찌꺼기 및 슬러지 등이 바이오칩 구간을 통과할 시 박테리아들이 오염물질을 분해하는 기능을 함
- (바이오칩 수명) 바이오칩의 설계 수명은 15-20년으로, 실제 운영 사례에서 10년 이상 지속적으로 사용되고 있는 것으로 확인됨
- (사용처) 생활하수, 산업폐수, 환경 응용(매립지 침출수, 빗물, 중수도), RAS 등 다양한 분야에서 활용되고 있음
- **한국 양식장 적용**
 - (넙치 양식장) 넙치는 바닥에 서식하는 특성상 바닥 청소가 중요하며, 해수 양식이므로 담수 양식과는 다른 접근이 필요함
 - 해수의 경우, MBBR 시스템에서 박테리아 배양이 어려운 점과 목표 암모니아 농도 (1-2ppm) 달성이 쉽지 않다는 한계가 지적됨. 이를 해결하기 위해서는 여러 가지 생물학적 처리 방법을 조합한 고도 처리 시스템이 필요함

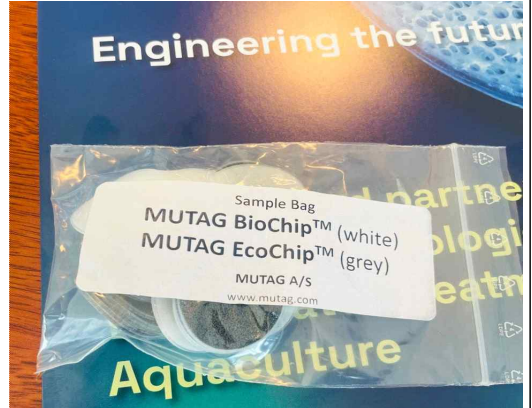
2. CM Aqua

- **여과 시스템**

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

- 주요 제품군은 드럼 필터, 단백질 스키머 등으로, 전 세계적으로 2,000여 개소 이상의 설치 실적을 보유
- (드럼 필터) CM Aqua의 드럼 필터는 수위 센서를 통한 자동 제어 시스템을 갖추고 있어 수질 상태에 따라 운전 주기를 자동 조절함. 또한, 역세척 시 필터가 완전히 막힐 때까지 기다렸다가 역세척을 실시함으로써 역세척수량을 최소화하여 물 사용량 85% 절약할 수 있어 운영비 절감에 도움이 됨
- (단백질 스키머) 오존과 결합하여 색도 개선, 유기물 제거와 함께 지오스민(흙냄새) 제거에 매우 효과적이어서 수산물의 품질 향상에 직접적으로 기여 가능함

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))



주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

업무④	07.30(수) Skagen Salmon 양식장 시설 견학 및 인터뷰
수행계획	□ (오전&오후) Skagen Salmon 기업 인터뷰 및 양식장 방문 - 참 석 자 : 조현주 부연구위원, 김은지 연구원, (주)FNS 한정호 대표, (주)애논 봉민균 대표, (주)애논 박기남 대표, (주)두란수산 김명식 대표, (주)Skagen Salmon Jacob Veiss 대표, Dan Knudsen 이사, David Aroca A. 매니저, Rustan Lindqvist 매니저, (주)If Aqua Jonas 대표 - 주요 내용 · Skagen Salmon 기업 소개 · RAS 기반 스마트 양식장의 주요 기술 및 운영 시스템 정보 공유 · Skagen Salmon 양식장 현장 견학 및 시스템 운영 방식 확인
수행결과	□ Skagen Salmon 개요 - (기업 소개) 2020년부터 본격적인 육상 양식 시설을 구축한 덴마크의 육상 연어 양식 전문 기업으로 2023년 첫 상업 생산을 시작함 - (규모) 전체 시설 면적은 27,000㎡이며, 총직원 수는 50명으로 적은 인력으로 효율적으로

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

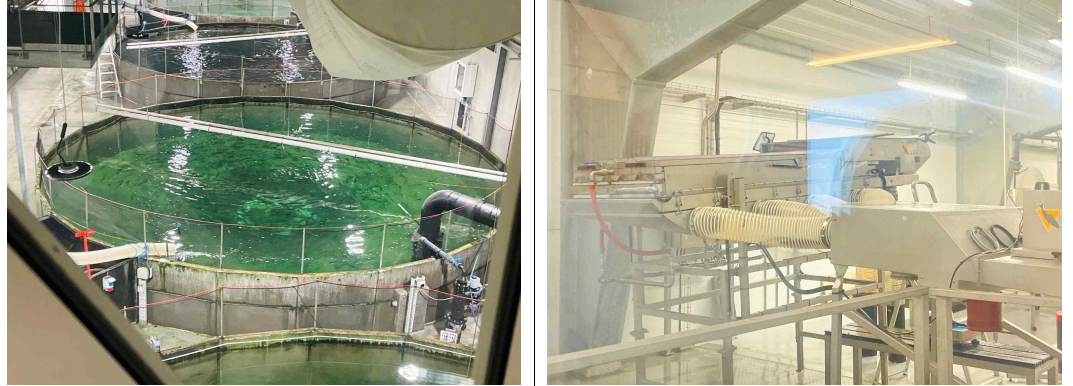
	운영되고 있음 - (생산량) 연간 3,600톤으로, 이는 전 세계 연어 생산량(450-500만 톤)의 0.08% 수준임 - (순환량) 해수 사용량은 200톤/시간(4,800톤/일)이며, 3,000만 리터의 해수를 순환시키는 대규모 RAS 시스템을 운영하고 있음 □ 사육 실태 - (사육 기간 및 중량) 생산주기는 총 24개월(담수 12개월 + 해수 12개월)이며, 크기별 선별을 통해 관리·성장시키며, 주로 4kg 연어를 생산함 □ 수처리 시스템 - (수처리 시스템) 크게 ①기계적 여과, ②생물학적 여과, ③단백질 스키머, ④탈기 시스템으로 이루어져 있음. ①기계적 여과: CM Aqua의 드럼 필터를 사용하여 고형물을 제거, ②생물학적 여과: MBBR(Moving Bed Biofilm Reactor) 시스템을 통해 암모니아를 질산으로 변환, ③단백질 스키머: 미세 입자와 유기물을 제거하여 수질을 개선, ④탈기 시스템: CO2를 제거하여 pH를 안정화함 □ 운영비 및 경제성 - (초기 건설비용) RAS 시스템 도입에 있어 현재 시설 완성도는 95% 수준으로 초기 건설비용은 2,500억에 달함(토지 비용 포함 여부는 X) - (에너지 비용) 자체 풍력 발전기로 전체 에너지 소비의 20%를 충당하고 있으며, 나머지 80%는 재생에너지로 충당하고 있음
--	---

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

- (폐사율) 전체 폐사율은 약 20% 수준으로 해상 양식 대비 낮은 편이며, 특히 이동 과정에서 1-2%의 스트레스성 폐사가 발생하지만 이는 불가피한 수준으로 평가함
- 유기농 인증 관련 EU 규정
 - (인증 규정 개선) EU 규정상 해상 양식의 경우에는 육상에서 치어 사육 후 바다로 이동하여 사육하면 바다를 오염시킬 가능성이 있음에도 유기농 인증을 받을 수 있지만, 모든 배출수를 처리하는 육상양식은 유기농 인증에서 배제되는 불합리성으로 인해 규정 개선의 필요성을 제기함



주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

	
업무⑤	07.31(목) FREA Soultions 양식장 시설 견학 및 인터뷰
수행계획	□ (오전) FREA Soultions 기업 인터뷰 및 현지조사 - 참 석 자 : 조현주 부연구위원, 김은지 연구원, (주)FNS 한정호 대표, (주)애논 봉민균 대표, (주)애논 박기남 대표, (주)두란수산 김명식 대표, (주)Frea Solutions Thorsten Bammen 매니저, Jeppe Mortensen 매니저 - 주요 내용 · FREA Solutions 기업 개요 및 양식장 기술 관련 현황 자료 수집 · 송어 육상 양식 관련 순환여과 부분 및 전체 재순환 지식 공유 · 고밀도 어류 양식 운영 노하우 공유 및 고밀도 스마트 양식 기술 조사

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

수행결과	□ FREA Solutions 개요 - (기업 개요) 40년 이상의 송어 양식 경험을 보유한 기업으로, 현재 5개의 실외 양식장과 1개의 실내 RAS 양식장을 운영하고 있음 - (양식 시스템) 2014년 자체 실내 양식장을 건설하여 기존의 원형 탱크 방식과 달리 레이스웨이(race-way) 시스템을 통해 RAS를 운영하고 있으며, 2020년부터 레이스웨이 RAS 양식 시스템의 모듈도 판매하고 있음 □ 레이스웨이 시스템 - 레이스웨이 기반 RAS 시스템은 물 순환에 있어 배출수를 처리할 때 슬러지 콘(어류 화장실 역할)에서 대형 입자의 70%를 침전 제거하고, 나머지 미세 입자는 고정상 바이오필터(Fixed Bed)와 유동상 바이오필터(Moving Bed)(ex. MBBR)를 활용하여 처리함 - 즉, 슬러지 콘과 바이오필터(고정/유동)을 통해 드럼 필터 없이도 효과적인 여과가 가능한 구조로서 비용을 절감할 수 있음 □ 송어 육상양식 현황 - 사육을 통해 치어 단계에서의 판매도 진행하고 있음 - (생산 현황) 연간 총 3,000-3,600톤 규모의 송어를 생산하며, 이 중 무지개송어가 70-80%를 차지함 - (판매 형태) 알은 미국에서 수입하며, 치어에서부터 단계별 사육을 통해 유럽 전역에 치어 및 성어를 판매하고 있음
------	--

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))

□ 고밀도 사육 시스템

- 3m 수심, 550㎡ 규모의 대형 레이스웨이에서 톤당 40kg의 초고밀도 사육이 가능하며, 모듈당 100-120톤의 연간 생산 능력을 보유함
- (해수 활용 가능성) 담수 어류 전반에 적용 가능한 기술로 스틸헤드, 기타 송어류 등에도 적용 가능하며, 5% 수준의 염분을 지닌 양식장까지 해당 모듈을 적용할 수 있음
- (폐기물 활용) 슬러지는 농축하여 젤라틴, 모래가루 등을 첨가해 농업용 비료로 재활용하고 있음

주요 업무내용 (계획(), 결과(√))



□ (해당과제(유수식 4차 년도)와의 연관성) 국내 유수식 넙치 양식장의 스마트화와 관련한 비용 추정에 있어 필요한 사항은 다음과 같음

- (자동사료 급이기) 스마트 유수식 양식장의 경우 자동 사료 급이(유럽 최신 스마트 양식장의 경우 자동 사료 급이로 이루어짐)에 따른 추가 기자재 설치 비용 및 감가 상각 발생
 - 국내 양식 기자재 업체 조사시 자동 사료 급이기 비용과 교체 시기 확인 필요
- (인건비 절감 효과) 생산 계획에 따라 양식장 규모 차이가 존재하고, 이에 따른 초기 투자비용 차이, 다만, 규모화에 따른 운영비용 감소분 확인 필요
 - 독일 새우 양식장, 덴마크 스카겐 살몬, 덴마크 프레아사 모두 양식장 운영 인원이 1~3명 정도로 생산 규모와 비교(국내 양식 생산량 포함)하였을 때 인건비 저감 효과가 큰 것으로 판단됨
- (초기 투자 비용 차이 분석 필요) 현재 100톤 수준의 국내 넙치 양식장 생산 규모와는 달리 400~500톤 수준의 생산이 가능 할 것으로 판단되고, 이에 따라 각 규모별 초기 투자비용이 상이할 것으로 판단됨
 - 앞선 인건비 절감 외 전기료, 사료비, 기타운영비 등 감소분을 추정하여 경제성 분석에 활용해야 할 것으로 판단됨

□ (이외 양식산업 정책관련 시사점) 도심형 양식, 내수면 양식 규모화 필요성 환기

- 독일 새우 양식장의 경우 상수도(수돗물, 국내 양식장 경우 지하수 또는 해수를 펌프로 끌어서 양식 활용)를 사용하고 있음. 즉, 국내 도심 근처 상수도를 활용한 양식환경이 조성된다면, 굳이 어촌지역을 대상으로 청년 창업이 이루어지지 않아도 될 것으로 판단됨, 특히, 서울 근교 지역에 유통처가 확보된 지역을 대상으로 상수도 활용 도심형 양식장 건설이 가능하다면, 청년 창업(수도권에서 살면서 출퇴근)이 용이해짐과 동시에, 수산물 유통 구조 개선까지 가능할 것으로 판단됨

* 업무별 수행 결과는 각 700자 이내로 작성(관련 사진, 도표 필요시 추가)

* 보고서 총 분량은 10페이지 내외로 작성(필요시 조정)