

기술동향

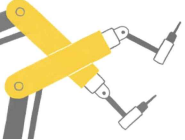
스마트양식

KISTEP 생명기초사업센터 이선명



Contents

 제1장 개요	1
 제2장 기술 동향	5
 제3장 산업 동향	9
 제4장 정책 동향	13
 제5장 R&D 투자 동향	17
 제6장 결론	26



제1장 개요

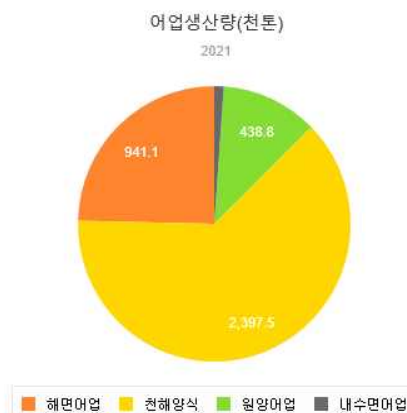
1.1. 작성 배경

전세계적으로 인구증가에 따른 식량자원에 대한 수요 증가가 전망되며 특히 단백질 생산 과정에서 발생하는 탄소와 환경오염 등을 고려한 지속가능한 축산 및 어업에 대한 관심이 높아지는 추세

- 더불어 유엔영양기구(UN Nutrition)는 작년 “지속가능 건강한 식단에서 수산물의 역할”을 통해 어류, 해조류 등 수산물의 영양학적 가치를 재조명한 바 있으며,
- 블루푸드 평가보고서('21.9)에 따르면 전세계적으로 30억명 이상의 인구가 섭취하는 필수 영양소 및 동물성 단백질의 20%를 차지한다는 점과 육지 기반 동물성(소, 양, 닭, 돼지 등) 식품 대비 온실가스 배출량이 낮다는 점을 조명함

영양학적 접근과 환경의 지속가능성 측면에서 가치를 갖는 수산물 생산에 있어 양식산업의 역할과 중요성은 점차 증대되는 추세

- 유엔식량농업기구(FAO)의 2018년 발표에 따르면 전세계 수산물 소비량 중 양식수산물이 차지하는 비중이 절반 가량이며, 2030년에는 60% 이상을 차지할 것으로 전망
- 국내 어업생산량에서 양식이 차지하는 비중은 '21년도 기준 62.8%에 달하나, 최근 생산성 저하와 경영비 증가 등으로 양식어가의 문제점이 대두되고 있음



* 자료 : 어업생산통계 및 어류양식현황조사(통계청 농어업통계과)

이제 동 브리프를 통해 우리나라 스마트양식에 대한 다각적인 현황진단과 이를 통해 도출된 시사점을 제언하고자 함

- 국내 주요 식품자원인 수산물의 안정적인 공급과 인구고령화, 환경문제의 심화 등 이슈에 대응하기 위한 대안으로서 기존 양식산업의 스마트화에 대한 필요성이 강조되고 있음
- 또한 국토의 3면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 지리적 이점에 기반한 양식산업의 재도약과 기술 기반 신시장의 선점을 위한 정부의 전략적 투자가 요청됨

1.2. 기술의 정의 및 범위

스마트양식 기술은 국내외 기업, 대학, 연구소 등 다양한 혁신주체에 의해 연구가 이루어지고 있으나 통일된 기술체계에 대해서는 논의가 지속되고 있음

- 본 브리프에서는 국내 해양수산 분야 주요 부처 및 연구기관의 다양한 프로젝트 및 정책적 기술분류를 참고하여 기술의 정의와 범위를 설정하고자 함

(해수부) 스마트양식 핵심 기술 범위에 따르면 스마트양식을 위한 기반기술(종자·육성, 사료, 내병성)부터 스마트양식 기자재, ICT 사육 등을 그 범위에 포함

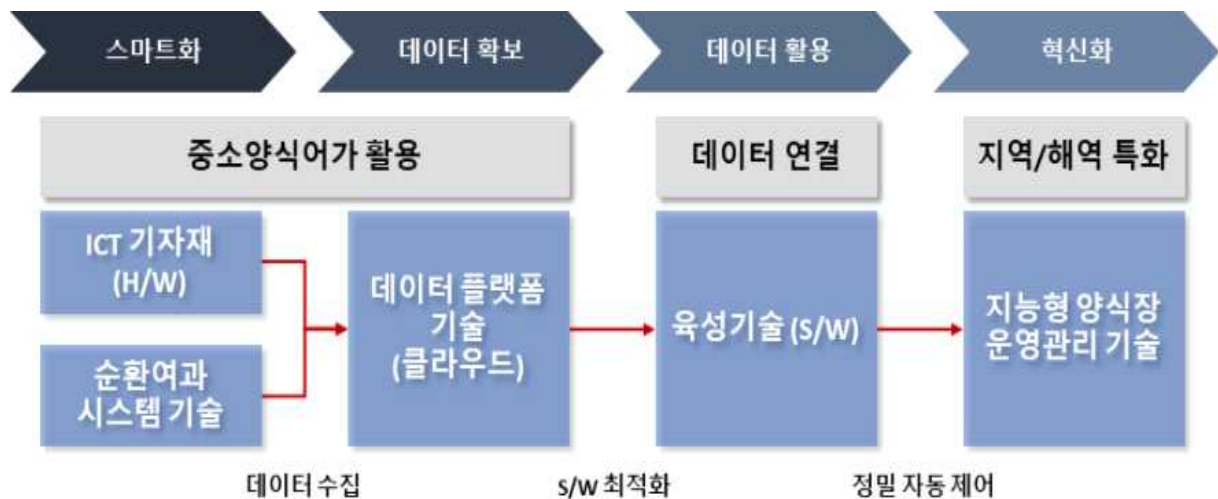
- 스마트양식의 궁극적인 목적은 안전하고 안정적인 수산물의 생산이므로 내병성(선발육종, 환경관리), 속성장(선발육종, 사료계수 개선) 기술 또한

〈표 1〉 스마트 양식 핵심 기술 범위(해양수산부, 2022)

기술 분류	핵심기술
스마트양식 기반기술 (종자·육종)	① 우량종자 스마트생산 시스템 개발기술 ② 신규 도입 품종의 국산화 및 양성기술 ③ 성장효율 향상 및 생태계 위해(危害) 관리기술
스마트양식 기반기술(사료)	① ICT기반 친환경 사료공급 표준모델 개발
스마트양식 기반기술 (질병 저항성 향상)	① 질병 진단기술 및 사전 예방기술 개발 ② 기생충(질병 원인인자) 감염 식별 및 대응 플랫폼 개발
스마트양식 기자재 기술	① 지능형 양식 통합센서 모듈개발 ② 육상양식장 관리(유지·보수)를 위한 이동형 로봇시스템 개발 ③ 친환경 양식을 위한 배출수 오염물질 저감 및 수처리 기술 개발 ④ 스마트양식 기자재 국산화 및 표준화
스마트양식(ICT) 사육기술	① 스마트양식 데이터 센터 구축 ② 어류 영상분석 기반 지능형 의사결정 지원시스템 개발 ③ 스마트양식 최적생산 알고리즘 및 경보시스템 개발 ④ 디지털 트윈 기술이 적용된 지능형 양식 시뮬레이터 구축
기타 기술	① 자원 순환형 사육시스템 개발 ② 스마트양식 통합설계기술 개발

해수부 R&D 전담기관인 KIMST의 어가 맞춤형 한국형 스마트양식 기술범위는 상기 해수부의 범위에 비해 좁은 기술범위를 설정

- 중소어가 기자재의 스마트화, 데이터확보를 토대로 데이터확보와 지능형 양식장 운영관리 기술까지의 범위를 포함



[그림 1] 어가 맞춤형 한국형 스마트양식 기술범위(KIMST, 2022)

3대 중점분야	1. 양식어류 성장관리	2. 육상 순환여과 시스템 및 스마트양식 기자재	3. 스마트양식 데이터 플랫폼 및 지능형 경영관리 시스템
핵심전략	<ul style="list-style-type: none"> 수산종자(어류) 종자이력관리 양식어류 성장관리 양식어류 출하(유통)관리 	<ul style="list-style-type: none"> 사육수조 설계 및 운용 여과시스템 설계 및 운용 순환여과 양식장 설계 및 운용 스마트양식 자동화 기자재 육상 순환여과시스템 디지털트윈 스마트양식 ICT 기자재 표준화 	<ul style="list-style-type: none"> 양식종 분산형 협업클라우드 시스템 스마트양식 운영관리 디지털 가이드라인 지능형 양식장 경영관리 시스템

해양수산분야 주요 국책연구기관인 KMI는 2015년 해외 첨단양식기술을 그 목적에 따라 비용, 에너지, 환경오염·폐사율 저감으로 구분

- 각 목적을 위한 세부기술로는 경영관리, 모니터링, 네트워크(통신), 기자재(신소재 어망, 어구) 등을 포함하며, 특징적인 요소는 소수력발전, 온배수 활용 등 에너지 최적화 기술을 포함한다는 점

〈표 2〉 해외 첨단양식기술 분류 및 세부기술(KMI, 2015)


유형	기술 분야	관련 세부기술
비용 절감	양식장 경영 관리	최적 경영 모듈화
		자동 출하
		원격 유통·판매
	양식환경 모니터링	수중 센서
		수중 카메라
		음파탐지
		데이터 수집·분석 SW
	네트워크 기반 통합 자동화·제어	유무선 통신
		최적 생육환경 모듈화
		자동·원격제어
		자동 상태 예측 경보
		자동 사료 급이
	신소재 어망·어구	어망·어구 무게 감소, 내구성 강화
		자동 어획·채취기
		조도 조절 및 수중 조명
에너지 절감	소수력발전	낙차이용 전력생산
	온배수 활용	적정 온도 조절
환경오염·폐사율 저감	사육수·배출수 관리	여과(마이크로버블, 전자빔)
	양식시설 위생	어망 및 수조 청소
	사육 밀도 조절	개체수 인식 및 Biomass 측정

앞서 살펴본 해양수산 분야 주요 부처 및 연구기관의 기술분류를 토대로 공통적인 기술의 범위는 양식기자재의 자동화, 모니터링 및 데이터 수집, 데이터 기반 디지털화 등으로 요약할 수 있음


- 보다 넓은 범위로 확장하면 스마트양식을 위한 종자생산, 경영정보 SW, 폐열활용 등 에너지 절감 기술 등까지 포함시킬 수 있음

제2장 기술 동향

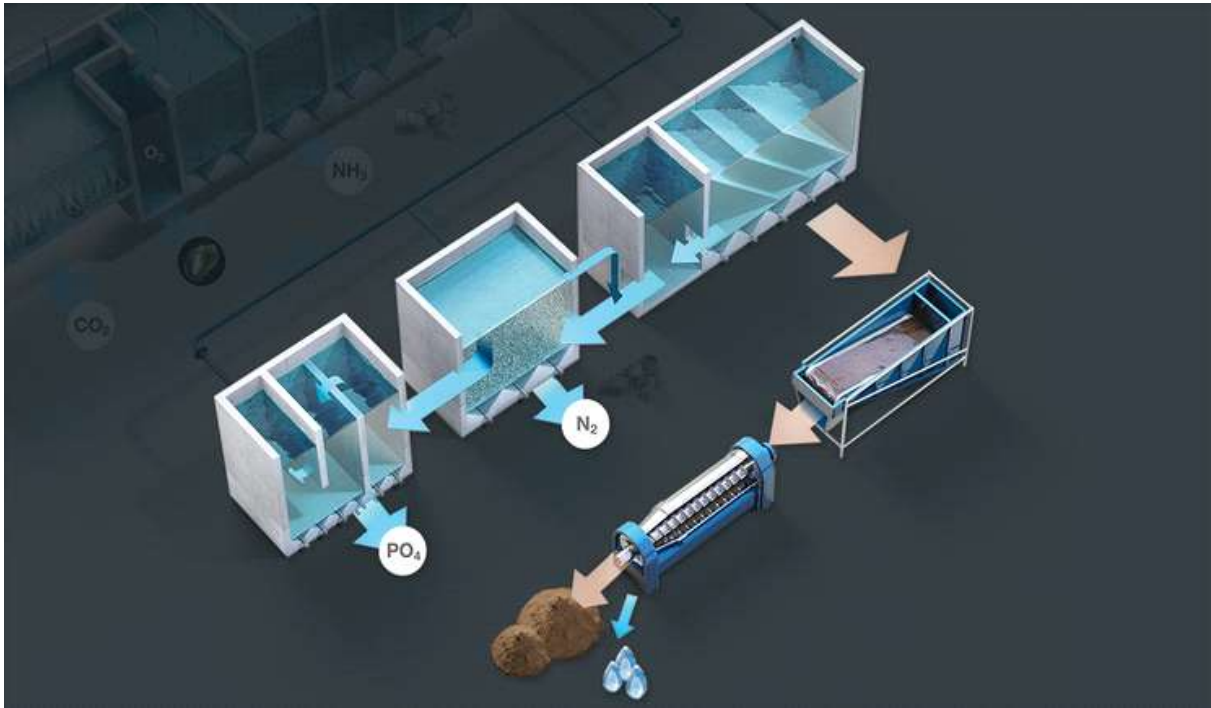
2.1. 주요국 기술 동향

 최근에는 세계적으로 수산물 인증 문제, 안전성 확보를 위한 노력, 소비자에게 상품 안전에 대한 가시성을 확인시키기 위한 기술적 문제를 보완하는 기술개발이 진행

- 현재 스마트양식의 핵심 기술들인 모니터링 기술을 활용한 폐사율 저감과 사료 효율성 강화를 위한 기술, 오염물질 제거 기술, 육상 순환여과식 양식 기술, 배합사료 기술과 시장의 성장, 연어 안면인식 기술 등

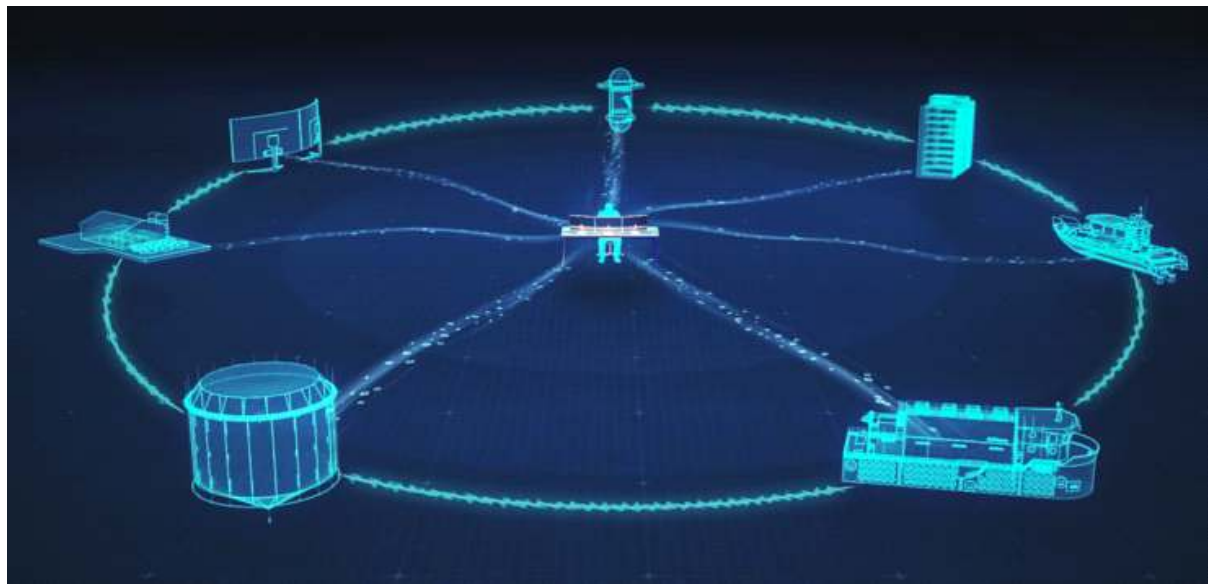
 (노르웨이) 정부와 민간의 공조를 통해 기술적 리더십을 구축하고 있으며 이를 통한 산업화까지 추진

- (노피마) 수산연구 관련 4개 연구소를 통합하여 설립된 공기업인 노피마(Nofima)에서는 선도적인 양식기술 개발과 고도화를 추진
 - 양식 부문에서 순환여과기술(RAS) 센터를 두고 최신 순환여과기술 적용 및 생산 표준화 기준 도출, 최적 생육 조건 도출을 위한 연구를 진행
 - 노피마에서 도출된 기술은 AKVA사를 통해 바로 현장에 적용
- (아크바(AKVA) 그룹) 노르웨이 중심의 다국적 기업으로 각종 양식용 센서 등과 생산제어 소프트웨어가 통합된 사료량 등을 자동으로 제어하는 빅데이터 기반의 양식생산 자동화 기술을 보유하면서 10여 개국에 연어양식시스템을 판매
 - 최근에는 순환여과식 양식시스템에서 물 사용량을 획기적으로 줄이기 위한 ZWC(zero water concept) 기술을 개발
 - 디지털 솔루션과 관련해서는 양식관리시스템(AKVA Connet), 생산컨트롤과 플래닝 시스템(AKVA fishtalk), 생태계시스템(AKVA ecosystem) 등을 제공
 - 여기서 AKVA ecosystem은 몇 개의 API로 구성되어 있으며, 사용자의 정확한 의사결정을 위해 다른 비즈니스 시스템 간 소통이 가능하도록 구축됨



[그림 2] AKAVA 그룹의 ZWC(zero water concept) 기술

* 자료 : <https://www.akvagroup.com/what-we-do/land-based/technology-solutions/zwc/>



[그림 3] AKAVA 그룹의 AKVA ecosystem

* 자료 : <https://www.akvagroup.com/what-we-do/land-based/technology-solutions/zwc/>

- (바이오소트) 연어 안면에 있는 불규칙한 점을 인식하여 연어 마리당 식별이 가능한 기술을 개발
 - 개체당 양식수산물 관리뿐 아니라 수산물 이력 추적에 있어 수출용 연어의 마리당 여권 발급이 가능할 것으로 기대

2.2. 국내 기술 동향

☒ 우리나라 양식산업은 대부분 해상·내수면 가두리형 혹은 육상 수조식·축제식 양식장이며 대체로 첨단기술보다는 개인의 경험적 판단에 의존

- 우리나라는 기계, 바이오, 에너지·환경, ICT 분야 기술력을 보유하고 있으나, 양식 산업 본격적인 적용보다는 생산단계별 개별 데이터 수집·활용에 머무르고 있음¹⁾
- 이와 같은 한계 극복을 위해 국립수산물과학원에서는 일부 어업인을 대상으로 수온, 산소량, 수질, 기상정보 등을 스마트폰에 제공하는 ‘스마트 어장관리시스템’을 구축, 운영 중

☒ 국립수산물과학원은 2019년부터 2021년까지 해상과 육상에서 스마트양식 기술 및 모델 개발연구를 수행

- 경남 하동에 해상 스마트양식 시범양식장을 마련하여 ICT 기술을 활용하여 원격지에서 양식 생물의 양성과정을 실시간으로 모니터링하고, 사료 자동 공급 장치 제어, 생육 데이터의 수집·관리가 가능한 기반을 조성
- 육상 스마트양식 시범양식장은 2019년부터 국립수산물과학원 첨단양식실증센터 양식 사육동에 구축하고 있으며, 2023년 완공될 예정
 - 동 시설은 수온, 용존산소 등 수질환경 자동제어, 자동 사료공급장치 및 각종 센서 등 모니터링 설비가 구축되어 있음
 - 또한 순환여과식 양식 시스템의 비교 실험이 가능하도록 실험구와 대조구를 갖춘 국내 최초의 시설임



[그림 4] 경남 하동의 스마트 양식장

1) 정, 허, & 이, 2021

한국지능정보사회진흥원(NIA)에서 진행하는 스마트양식 관련 데이터 수집·가공·분석 서비스 모델개발 및 데이터 제공 중이며, 인공지능 학습 데이터 구축 중

- ‘해양수산 빅데이터 플랫폼 및 센터구축’ 사업을 통해 스마트양식을 위한 수질환경, 질병, 사육일지 등 데이터의 수집, 가공, 분석하고 서비스를 위한 모델개발과 함께 양식장, 기업 및 기관에 데이터를 제공하고 있음
- ‘AI학습데이터 구축’ 사업에서는 지능형 스마트양식을 위해서 꽃게, 넙치, 김, 전복 등의 AI학습데이터를 구축 중에 있음

스마트수산양식연구센터(전남대)에서는 스마트양식 핵심기술 개발과 교육·훈련 프로그램을 운영 중이며, 개발 기술의 실증을 위한 테스트베드 구축 중

- 스마트양식 시스템 구조모델 및 자동화 기술, 수질오염원 처리 및 수질관리, 양식어종 스마트 관리 등 핵심기술 개발 중
- 양식기자재 및 소프트웨어의 실증, 상용화 연구를 위한 디지털 방식의 하이브리드 유수식 양식장 테스트베드 구축 및 시험 가동 중

국내외 스마트 양식 기술 동향에서 유럽은 다소 산발적인 특허 출원을 보이는데, 주요국 출원 건수와 비교했을 때 상대적으로 적은 출원 건수를 나타내고 있음


- 그 이유는 첨단 스마트양식 관련 기술을 보유한 북유럽의 국제적인 양식기업들은 개발한 기술을 특허를 통해 수익을 창출하기보다 기업에서 자체적으로 양식 산업에 활용하는 측면이 강하기 때문
- 또한 유럽의 양식업 관련 기업들이 주로 유럽 내 개별국 출원을 진행하고 있어, 유럽 (EPO) 출원 건수가 적게 나타나는 것으로 판단됨²⁾

중분류	소분류	기술개요	유효데이터 건수					
			한국	미국	일본	중국	유럽	합계
자동화 기술 (AA)	순환어과양식 (AAA)	· 친환경 미래형 순환 여과 양식 시스템 주요 기술						
	시설데이터 수집 (AAB)	· 환경 및 설비 데이터 수집/모니터링 자동화 기술	68	26	39	62	10	205
	생육데이터 수집 (AAC)	· 양식에 대상 생육 데이터 수집/모니터링 자동화 기술	103	79	25	403	31	641
지능화 기술 (AB)	지능화 플랫폼 (ABA)	· IoT 기반 실시간 데이터 분석 프레임 워크 기술 · 디지털 트윈을 위한 AI 기반 빅데이터 관리 기술	38	45	15	134	9	241
	아쿠아 EMS (ABB)	· 에너지 최적 운영 기술 · 이상 진단 및 자동 복구 기술	34	10	55	103	2	900
	유통/물류/가공 (ACA)	· 클라우드 기반 유통/물류 공유 플랫폼 · 콜드체인 물류 표준화 기술	3	2	1	7	0	36
산업화 기술 (AC)	스마트양식 표준화 (ACB)	· 지리적인 환경에 최적화된 연어생애 전주기 양식을 위한 육상 양식장 표준 모델 설계 및 구축	0	7	1	28	0	44
	스마트양식 표준화 (ACB)		1	12	1	28	2	79

2) 정, 허, & 이, 2021

제3장 산업 동향

3.1. 주요국 산업 동향


 (노르웨이) 국가의 정책적 지원 아래 스마트 연어양식 산업을 중점 육성하였고 그 결과 최첨단 양식산업을 선도하는 기업이 포진

- (모위(MOWI)³⁾) 세계 최대 연어 양식 기업으로 스마트 기술을 도입한 연어양식, 가공 및 판매를 통해 4조 5천억원의 매출과 1만명 이상의 일자리를 창출

– 전세계 25개국에 진출한 다국적 기업이며, 연간 10% 수준의 이윤 성장률을 토대로 전방위적 인수합병으로 시장을 확대 중

- (아크바(AKVA) 그룹) 세계 최대 연어 양식 기업으로 해상·육상 수조양식 관련 최대 공급 업체로 기자재 및 솔루션을 제공하여 높은 수익률*을 유지

* 2022년 6월 기준 매출 총 이익률 37.31%

 (덴마크) 육상양식 분야에서 선도기업을 보유하고 있으며, 환경제어를 위한 센서 분야에도 강점

- (빌룬트) 육상 양식 시스템인 순환여과양식시스템(RAS)을 포함한 양식 기자재 산업으로 중국 등의 국가에 연간 약 20억 달러 이상을 수출

– 내수면양식 시설을 중국 북부 고비사막에 건설하여 연간 1,000톤에 달하는 연어를 생산

- (옥시가드) 산소측정 및 제어 솔루션에 관하여 세계 표준을 주도하고 있으며, 이를 순환여과 양식 시스템에 적용

– 양식장 내 산소농도, 산성도를 실시간 측정하고 온라인으로 제어하는 시스템을 개발하였으며, 전체 인력 중 ICT 인력 1/3에 달함

3) 마린 하베스트에서 사명 변경(2019.1)

(일본) 우리와 유사한 양식환경인 일본의 경우 해상 가두리 양식장의 디지털 전환을 중심으로 산업생태계가 구축 중

- 주로 디지털 데이터를 통한 양식 생육환경 분석 및 사료 공급 기술의 활용, 적조 탐지 및 분석을 통한 양식장 피해 최소화 기술 등 개발 중
- (우미트론셀(umitron cell)) 해상가두리용 스마트 사료 공급모델과 시스템을 개발하여, 악천후 시 적정 사료 공급, 어류 식욕 탐지 기반 적정 사료 공급 등으로 사료폐기율을 저감⁴⁾
- (KDDI⁵⁾) 드론을 활용한 적조 탐지를 통해 참다랑어 양식장의 적조 피해 예방에 사용하는 기술을 개발하였으며, IoT 부이를 통한 수온, 염분 등 센싱 데이터를 굴 양식장 부화예측 등에 활용할 수 있도록 제공

(중국) 국가 차원에서 해외 주요 프로젝트에 참여하여 기술고도화 및 내재화를 도모하고 있음

- 노르웨이 살마⁶⁾의 외해플랜트형 양식장인 오션팜 1호를 중국 기업이 수주하여 납품하면서 관련된 기술 확보로 중국 내 외해플랜트 양식장 건립 활성화
- 또한 최근에는 세계 최초로 10만 톤급 스마트 양식용 대형 선박 ‘귀신’ 1호를 건조하여 운영하고 있음⁶⁾

(기타) 스위스에서는 일부 시설자동화 양식장이 운영 중이며, 영국, 호주, 미국 등 기업에서는 스마트양식을 위한 기자재 업체들이 분포

- (스위스, 스위스취림프) 순환여과식 흰다리새우 스마트양식 기업으로 자동사료공급, 수질 환경관리시스템 등 전 시설을 자동화하였으며, 인근 염수 생산 공장 폐열을 이용한 양식장 최적온도 관리 등으로 친환경성 또한 확보
 - 추가적으로 배송 중 영상 3도를 유지하는 박스를 제작하여 냉장상태 유지, 충격 방지 등이 가능한 자체적인 콜드체인 또한 확보
- (스페인 GMA 양식장) 순환여과식 다단 전복 양식장으로 치패생산을 위한 규조류 배양부터 치패 생산, 성패 생산까지 전 과정을 자체적으로 수행
 - 전 과정에 있어 자체 주문한 배합사료를 최적 급이하여 사료계수를 향상시키고 오염을 최소화

4) <https://umitron.com/>

5) <https://www.kddi.com/english/>

6) <http://kr.people.com.cn/n3/2022/0524/c207467-10100771.html>

- 이 외에도 영국⁷⁾, 독일⁸⁾, 호주⁹⁾, 미국¹⁰⁾ 등 기업에서 사료공급, 수질관리 등 양식 관련 작업의 자동화, 디지털화를 위한 양식 기자재 기업들이 사업을 영위 중

3.2. 국내 산업 동향

2014년 SKT는 국내 최초 IoT 기반 스마트 장어 양식장을 구축해 시범서비스를 시도

- 신개념 근거리 무선통신 기술 이용해 수온, 수질, 용존산소량 자동 확인 및 스마트폰 등을 통한 원격 모니터링 기능 지원 등 양식장 관리를 혁신적으로 개선
- 대-중소기업 상생 협력과 정부 지원의 시너지 효과가 구현된 이상적 사례

네오엔비즈는 2008년 사업 다각화의 일환으로 친환경 양식 분야 연구개발에 돌입하였고, 2009년 당진에 55,864㎡ 규모의 바이오플락 양식장을 설립하여 운영

- 국립수산물과학원과의 기술교류를 통해 세계 최초 IT·BT·ET 기술 융합형의 무환수 바이오플락 민간 양식 상용화에 성공
- 현재 양식 가능한 어종은 흰다리새우, 뱀장어, 황복, 틸라피아, 관상어(구피, 엔젤, 디스크스)이며 품종 확대를 위한 연구 진행 중
- 지난 3년간 양어장의 수질에 대한 데이터를 자동 수집하여 데이터셋(data set)을 구축해 수질 관리를 위한 실시간 모니터링 시스템을 구축



[그림 5] 경남 하동의 스마트 양식장 네오엔비즈 양식환경 및 생산시설

- 7) Fish Farm Feeder(모바일, 소프트웨어 연동 자동사료공급장치), spirex aquatec(사료공급, 수질관리 기자재 등)
- 8) FFAZ(Automatic Fish Feeders, 시간제어 방식의 자동사료공급장치 등)
- 9) Hoollywood fish farm(에어펌프, 자동사료공급장치, 수조 등 다양한 기자재)
- 10) ROTEM Control & Management(바이오매스 및 용존산소 제어를 통한 자동사료공급장치 등)

일부 중소기업에서는 양식환경에 영향을 주는 변수를 결정, 이를 적정상태로 유지하는 생육환경측정 및 데이터관리 시스템을 개발

- (글로벌비트)의 ‘스마트피쉬팜’은 주요 양식환경 변수인 수온, 용존산소량(DO), pH, 염분 등을 측정하여 실시간 정보를 제공하는 시스템
- (비디수산) 모니터링 시스템도 수조별 수온, 용존산소량, pH 센서 등을 설치하여 데스크탑 및 웹 기반 모니터링 정보를 제공
- (더포커스) 자체 시스템인 아쿠아맥 시스템을 통해 작업편의 향상, 자동 산소공급 등 제어 시스템 구축
 - 양식환경 변수(수온, 용존산소량, pH)와 함께 수위측정 센서 및 영상 중계용 카메라 등을 설치하여 작업자들의 작업편의 향상을 도모
 - 용존산소량 측정데이터 기반 액체산소 자동 공급 제어시스템 구축



[그림 6] 더포커스 사의 아쿠아맥 시스템

또한 스마트양식에 필수적인 수처리기술과 해당 기자재 설비의 자동화, 원격 모니터링 등을 지원

- (주)FNS) 순환 여과 시스템의 핵심 기술인 수처리 기술을 보유하고 있으며, 관련 기자재 설비의 자동화 및 원격모니터링을 지원함

제4장 정책 동향

4.1. 주요국 정책 동향

(노르웨이) 정부가 정책적 견인을 통해 소규모 양식업자 중심의 산업환경을 기업화·규모화하여 국가 주력산업으로 양식산업을 육성

- 노르웨이는 양식 기술 R&D에 초점을 둔 양식정책 추진
 - 정부는 연구지원을 위해 무상으로 개발면허를 제공하고 있으며, 개발면허 획득을 위해 R&D 사업계획서를 정부에 제출, 사업계획서 평가를 통해 면허 제공
- 석유, 가스에 이어 3번째 수출산업으로 육성하였으며, 주로 보조금 위주의 양식업 지원 정책에서 R&D 투자 위주의 정책으로 전환하여 기술 확보
 - 연구지원을 위한 개발면허를 제공하고 있으며, 개발면허 획득을 위해서는 R&D 사업계획서 평가 필수
 - 또한 수산연구관련 4개 연구소를 통합하여 설립한 노피마에서 개발한 기술을 실증·고도화하고 이를 아크바를 통해 산업에 적용하는 선순환 구조 확보
- ('A sea of Oppotrunities'(2021)) 양식산업 스마트화 등 기술적 목표를 전면에 제시하는 대신 어류생산량 증대¹¹⁾라는 임무지향적 목표 제시하고 있으며, 기후변화 대응, 동물복지, 안전성 등 내용¹²⁾ 강화
 - 2050년 5백만 톤이라는 목표 달성을 위해서는 종자, 사료, 백신, 양식기자재 등 기술 전 범위가 3배 이상 향상되어야 할 것으로 예측
 - 또한 외해플랜트형 양식의 확산과 내수면 양식의 폐사율 저감이 필수적

11) 2020년 150만 톤 이하의 생산량은 2050년까지 5백만 톤 증대

12) 5개 이행사항 포함(①어류의 건강·복지 보장, ②기후환경 고려한 저탄소 수산물 생산, ③건강하고 안전한 수산물 생산, ④안전, 지속가능성, 동물복지 등 관련 요건 충족사항 문서화, ⑤우수한 일자리와 지역경제 기여도가 높은 사업 중심의 육성)

- (오션팜1) 연구시험면허를 활용한 노르웨이 최초의 외해플랜트형 시범 양식장
 - 2016년 허가면허 취득, 중국 청도에서 제작하여, 2017년 외해 플랜트 양식장 제작 완료* 후 2018년 11월 연어 출하
 - * 높이 68미터, 수용적량 25만톤 규모
 - 해상 가두리 양식의 폐사 주요 원인으로 꼽히는 바다이(sea lice)가 미치지 못하는 수심 6미터 지점에 수압을 이용한 사료공급기로 사료 공급
 - 운영 전 과정이 자동화되어 있어 생활 지원인력 제외 8인(관리자급 2인, 현장 작업인력 6인)으로 운영하므로 물량 대비 인력 투입 최소화

(유럽) 공동수산정책(CFP, Common Fishery Policy)을 통해 ‘지속 가능한 수산업’을 기본 방향으로 어획 능력과 수산자원 간의 균형, 정책의 투명성과 유효성을 제고

- (덴마크) 양식 생산에 대한 환경규제 강화, 양식수출량 50% 확대, 기자재 및 종묘 수출 200% 확대 등의 계획이 담긴 “2020 양식 전략” 발표
 - 양식 배출수 관련 규제를 강하게 설정하여 양식생산의 환경 영향력을 최소화하고자 함

(일본) 디지털화를 통한 효율적이고 안정적인 양식산업 발전을 목표로 하며, 동시에 민간 참여를 적극 유도하는 정책 추진

- 일본 수산업 백서(2021)¹³⁾에 따르면, 일본의 스마트양식 관련 정책은 ICT, AI 기술을 활용한 양식어류 성장, 사료비 등 데이터의 디지털화로 효율적이고 안정적인 양식을 발전시키는 것을 목표
- 2018년 어업개혁법을 통해 민간 기업에서 양식투자가 가능하도록 미이용 양식 어장을 일반 기업에 개방하면서 민간 기업에 의한 양식업 관련 기술의 개발이 활성화될 수 있는 정책환경 조성

(중국) 양식산업 관련 가장 최근에 발표한 ‘14.5’ 계획으로 2025년까지 중국 수산물 생산량을 연간 6,900만 톤 수준으로 증가하는 것을 목표

- 이를 위해 어업 과학기술 수준 향상, 국가 수산양식 종자 자원 보호 이용 체계 구축, 수산 양식의 자동화, 스마트 어업의 발전을 촉진 시키는 목표를 수립
 - 특히, 2020년 현재 수산양식 기계화 비중 30%를 2025년에는 50% 이상으로 높인다는 계획


13) <https://www.maff.go.jp/e/data/publish/attach/pdf/index-199.pdf>

- 주요 국가 계획으로는 양식 수조 표준화 개조, 양식장에서 발생하는 폐기물 처리 사업, 플랜트 양식 사업 등이 포함
 - 노지식 양식장인 양식 폰드를 표준화시키고, 양식 폐기물의 표준화 관리를 진행하는 한편, 스마트 수질 모니터링과 환경 조정 시스템을 재배치한다는 계획
 - 연안, 근해, 심해로 구분하여 플랜트 양식을 장려하고, 심해 대형 스마트 양식장을 개발하며, 중력식 심수 풍랑 저항, 트러스(truss)식 가두리와 양식 공정 선박 등 일련의 선진적인 플랜트를 구축할 계획¹⁴⁾
 - 해당 계획에 따라 산동성, 푸젠성, 하이난성 등에 심해 가두리 양식이 추진 중
- ☒ (미국) 국립과학기술위원회(NSTC) 주도로 농수산식품 분야 ICT 융합기술의 원천 상용화 기술 투자를 확대하고 해양양식정책을 통해 새로운 양식 정책을 제안


4.2. 국내 정책 동향

- ☒ (스마트양식 클러스터 사업) 산학연 전문가로 구성된 미래양식투자포럼에서 필요성이 제안되었으며, 핵심기술의 실증·확산의 역할
- 전국 6개소(부산, 경남 고성, 전남 신안, 강원, 포항, 제주)로 구축 예정이며, 테스트베드와 배후부지로 구성됨
 - 각 클러스터별 대상어종(연어, 바리류, 새우·개체굴 등), 중점분야(수처리, 기자재 표준화, 양식장 운영 등) 등에서 특화된 모델을 구축 예정
- ☒ (제2차 수산업·어촌발전 기본계획) 미래 수산업 실현을 위한 10대 전략 및 30대 추진과제를 제안
- 30대 추진 과제 중 ‘1.2 양식산업을 질적 생산 체계로 전환’, ‘9.1 스마트 생산체계 구축’, ‘전주기 디지털화 및 기반 조성’ 등이 스마트양식과의 관련성이 높음
 - 세부과제 중 양식산업 표준, 양식장 유해생물 확산예측 고도화, ICT 기술 접목 양식생산체계 등이 포함되어 있음

14) 한국해양수산개발원, 중국 어업 14.5 계획 및 시사점, 중국리포트 제22-7호, 2021.

 (수산혁신 2030(2019)) 5대 부문 중 양식어업의 정책 추진방향으로써 기업화, 스마트화를 통한 친환경·고부가가치 양식어업으로 혁신을 제시

- 규모화·스마트화를 위해 기업투자를 허용하고 육상 스마트양식 단지 조성 등 전략을 제안
- 친환경·예방양식을 위해 양식어장 면허심사·평가제 도입, 배합사료 개발·의무화, 내성종자 개발 등 전략 마련

 (제4차 양식산업발전 기본계획(2018)) 혁신 양식산업 육성을 위한 산업생태계, 기술개발, 고부가가치화, 기반조성 등 전략과제를 제안

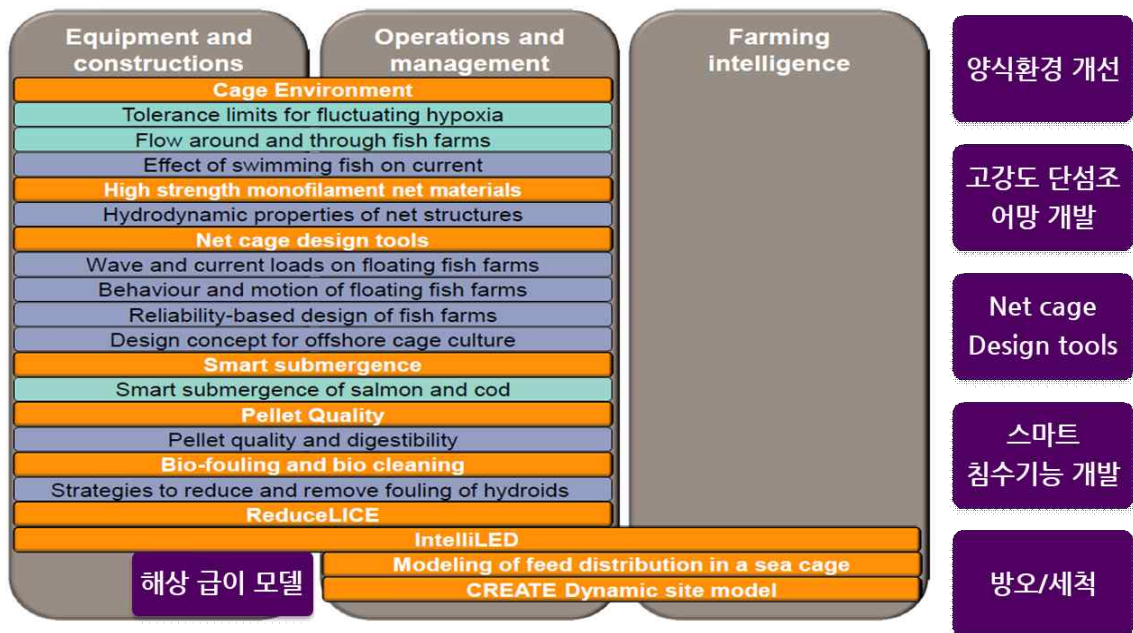
- 4차 산업혁명 기술을 활용하여 자동화, 지능화된 양식장을 구축하고자하는 스마트양식 클러스터 조성, 확산하는 전략을 추진
- 기자재 표준화, 복합환경제어 및 품종별 최적생육관리 플랫폼, 자동급이장치, 해상가두리 활용 기술개발 등 기술개발 내용을 포함
 - 이 외에도 인력양성, 민간 확산지원사업 등의 지속적인 추진을 계획

제5장 R&D 투자 동향

5.1. 주요국 정부 R&D 투자동향

☞ (노르웨이) SINTEF¹⁵⁾를 중심으로 2010년 전후부터 노동집약적 양식산업의 기계화·무인화 연구 프로젝트가 주로 추진되어 옴

- 2010년 전후 SINTEF의 기술개발 로드맵에 따르면 양식환경 개선, 고강도 단섬조 어망개발, 스마트 침수기능 개발, 방오/세척 기술, 해상급이 모델 등의 기술개발을 수행한 것으로 확인됨

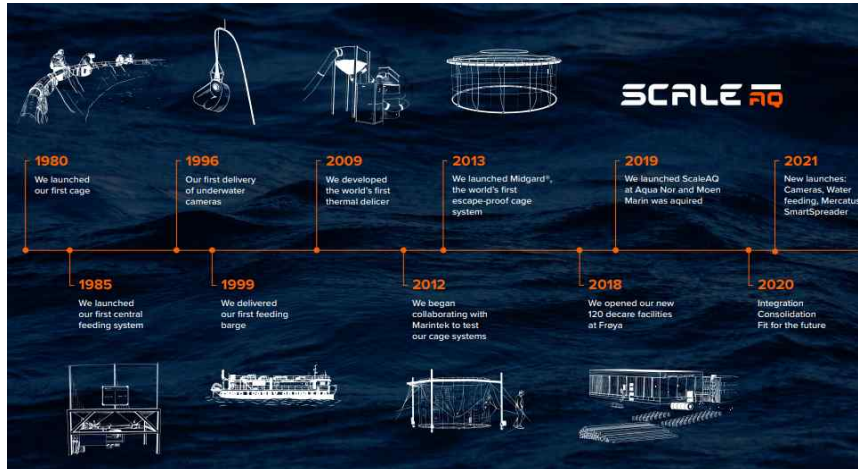


[그림 7] SINTEF 노르웨이 기술 발전에 따른 양식 기자재 변화

* 자료 : SINTEF Fisheries and Aquaculture, KMI 컨버전스시대 양식산업 기술투자 방향(2015) 재인용.

- 구체적인 프로젝트 이력을 확인하는 데에는 한계가 있으나, 노르웨이 정밀 양식업 기업인 ScaleAQ의 기술개발 이력을 통해 주요 기술개발 이력 파악 가능
 - 연구개발 변화의 주요 내용으로는 수중카메라 활용 기술(1996), 바지선 활용 사료공급(1999), 수온측정 장비(2009), 어류 탈출 방지 어망(2013) 등이 있음

15) 노르웨이 스마트양식 기술을 선도하는 대표 기관으로 유럽 최대 독립 연구기관 중 하나



[그림 8] ScaleAQ 기술개발 이력

* 자료 : 노르웨이 ScaleAQ社 annual Report, 2021.

☒ (노르웨이) 2022년 현재 SINTEF는 양식 분야의 프로젝트를 다수 수행하고 있음

- 주요 프로젝트로는 해양공간 기술분야 전문가 교육·양성, 해양공간 인프라 구축 등이 있으며, 2021년 시작된 LIACi¹⁶⁾ 프로젝트도 수행 중
- 또한 Horizon2020 프로그램의 일환으로 유럽 양식산업의 수요에 대응하는 서비스를 개발하기 위한 연구로써 AQUAEXCEL2020 프로젝트도 수행
 - 해상양식 운영상 기술적 문제점을 해결하기 위해 환경 센서의 모니터링, 통신장비, 수중 어류 행동 모니터링, 어망 파손 관련 로봇기술 등 과제를 실험, 검증함

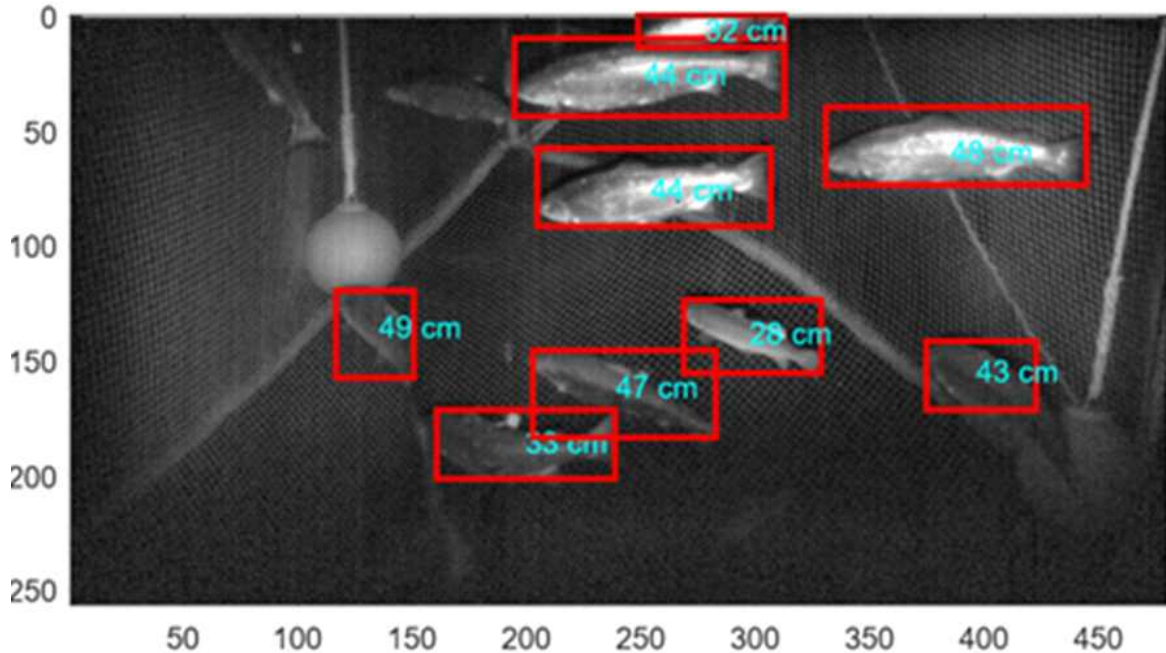


[그림 9] SINTEFF AQUAEXCEL2020 프로젝트 수중 로봇 개발

* 자료 : https://www.sintef.no/en/sintef-research-areas/aquaculture_technology/

16) LIACi(Lifecycle Inspection, Analysis and Condition information system), SINTEF의 디지털 데이터 기반의 전체 과정 관리, 감독을 위한 분석 및 조건 정보시스템 구축 목적 프로젝트

- 2019년에 시작하여 2021년에 마무리된 BIOSYS 프로젝트는 양식장 내 바이오매스에 대한 최신 정보를 제공할 수 있도록 3D 이미지와 분석 방법을 개선

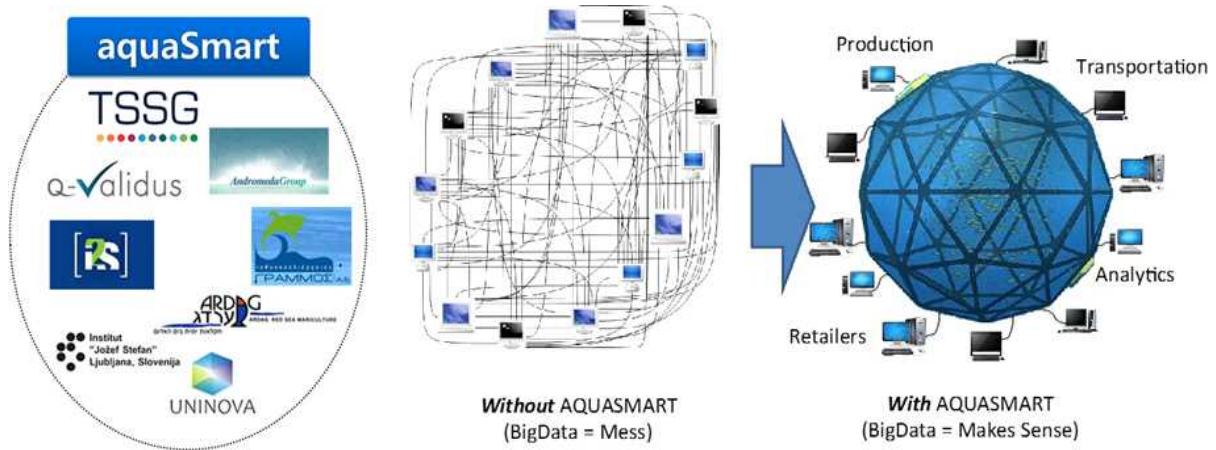


[그림 10] SINTEFF BIOSYS 프로젝트 기술개발

* 자료 : https://www.sintef.no/en/sintef-research-areas/aquaculture_technology/

- (EU) AquaSmart 프로젝트는 오픈 클라우드 플랫폼 개발 프로젝트로 양식산업의 혁신성 강화를 목적으로 함
- 빅데이터 기술과 글로벌 데이터를 활용하여 양식 환경 변수(수온, 용존산소 등), 사료 형태, 사료 배합도, 공급방식, 생산관리방식 등과 생산률, 폐사율, 생육기간, 품질 등 생산 결과와의 상관관계를 도출
 - 생산 패턴과 추세에 대한 인지 및 장애요인 분석, 지속적인 성능평가 및 타 양식장과의 벤치마킹을 통한 해결책 도출
 - 사료 공급과 성장모델 최적화를 통한 비용 절감 및 환경영향 최소화, 개체수 추정, 개체수와 어류 행동에 기반한 사료 공급량 조절, 질병 예측 등
- 양식 생산에 영향을 미치는 요소들에 대한 이해 및 정량화, 보안이 유지되는 데이터 공유를 통한 양식장들 간의 비교 평가
 - 양식장의 데이터를 클라우드 기반으로 수집하여 데이터 마이닝, 머신러닝, 통계 등의 기술을 이용하여 빅데이터 분석 결과 제공

- 6개국 8개 기관 참여 양식업 분야 연구 컨소시엄, 연간 예산 40억 유로 수준
- 각 양식장의 분석 결과는 클라우드에 저장된 다른 양식장들의 결과값과 비교·평가가 가능하도록 하여 최적 양식장 운영에 대한 지표를 제공

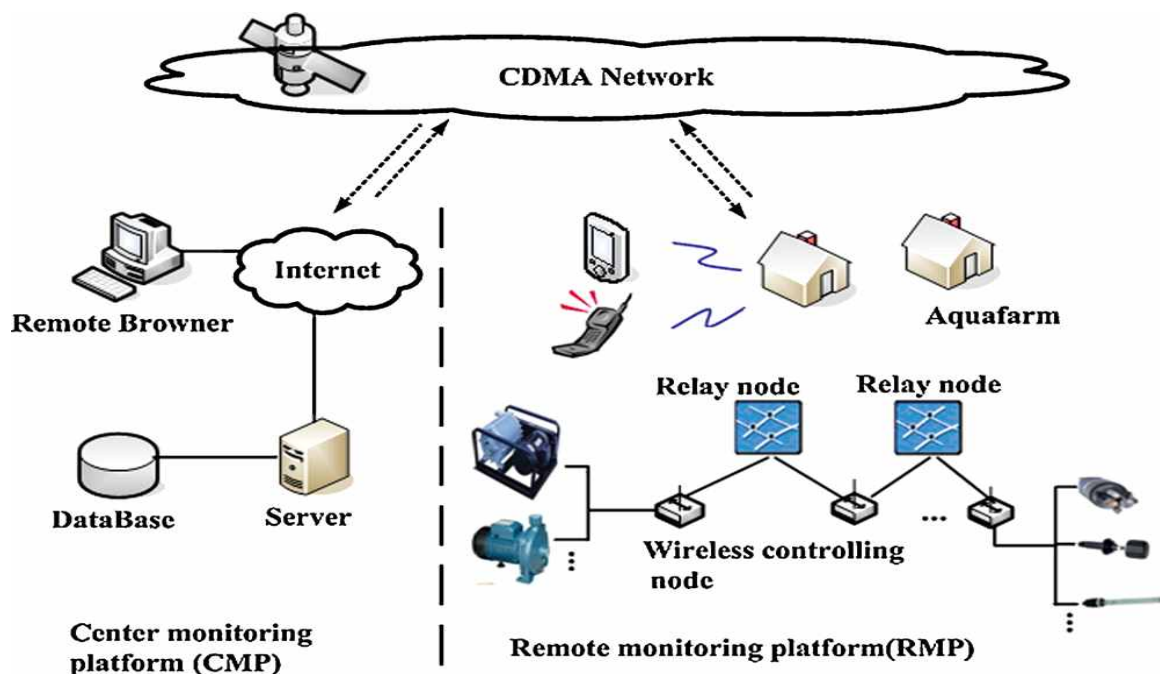


[그림 11] ‘EU Horizon 2020’의 aquaSmart

☒ (중국) 최근 중국내 연어수요가 급증함에 따라 자국 내 연어 생산을 위한 연어 양식용 부침식 가두리 및 수질 모니터링 시스템 개발¹⁷⁾

- 중국해양대학은 정부 지원 및 지자체 기원들과 공동으로 외해 가두리를 개발 중
- 중국의 동쪽 황해 수심 100m 해역에 부유식 가두리 구조물 설치하여 운용. '18년 설치 시에는 어류 양식 없이 구조물의 안전성과 부침 성능에 대한 성능평가만 수행
 - 구조물의 안정적/안전성 확보되면 연어 양식 본격 착수 예정
 - 원격 제어 시스템 적용하여 자동먹이공급 및 모니터링 시스템 구축 예정
- 중국에서는 집약적인 어류 양식을 위해 웹 서버 내장 기술과 이동 통신 기술을 결합하여 온라인 수질 모니터링 시스템을 개발 중
 - 이 시스템에서는 데이터를 기반 인공 신경망(ANNs)으로 어류 양식장의 수질을 예측, 제어하고 원거리에서도 온라인 수질 모니터링 시스템을 통해 수질 정보를 획득할 수 있어 사육수 관리에 용이

17) 출처: OMAE2018

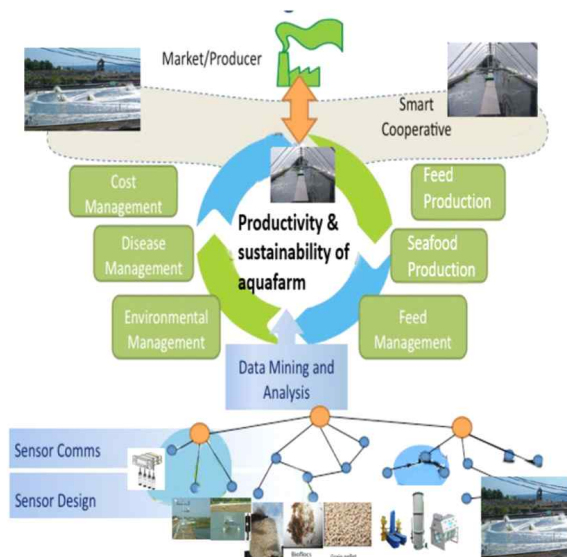


[그림 12] 원격 무선 수질 모니터링 시스템 구성도(Zhu et al., 2010)

☒ (대만) 수질 환경의 실시간 모니터링과 정밀 급이 자동화 시스템, 실시간 질병 진단 시스템 및 실시간 양식 생물 성장 관리 시스템이 통합된 스마트양식 시스템 (Aquaculture 4.0) 개발 중

- 동 시스템은 양식 개체의 중량 및 체장을 자동 인식하고, 질병원 파악·예방·치료 관련 DB 구축 및 이를 활용한 원격 진단 시스템을 구축함

Precision Aquaculture Technology ;PAT



Aquaculture 4.0 -Smart aquaculture system

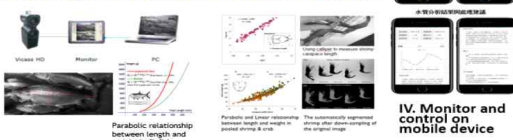
I. Online Environment monitoring and automation system



II. On-line aquatic disease diagnosis system



III. Online growth performance monitoring system

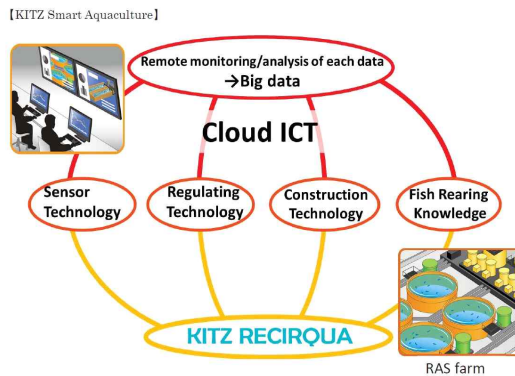


IV. Monitor and control on mobile device

[그림 13] 양식 생산성 향상을 위한 대만의 스마트 수산 양식 시스템(Jenn-Kan and Dai, 2018)

☞ (일본) 수산식품 측면에서 생산·품질 이력제를 위한 ICT 기반 스마트 육상 양식 시스템 관련 IT 솔루션이 개발, 실용화 단계

- (KITZ Corporation) 순환 여과식 양식장에서 박테리아에 의한 생물 여과 절차가 없는 클라우드 ICT 기반의 스마트 순환 여과식 양식장을 개발, 운영
- (소우치즈) 참다랑어의 생산성을 향상시키고자 인공지능(AI) 기술을 도입하여 양식장의 수질과 사료 공급량을 일괄적으로 관리하며 자료를 축적 중



[그림 14] 일본 KITZ 그룹의 클라우드 ICT 기반 스마트 육상 양식 시스템의 개념도



[그림 15] 인공지능을 도입한 참다랑어 양식장

☞ (일본) 주요 어종인 참다랑어 자원량 확보와 공급기반 구축을 위해 인공종자 생산, 음향커튼, AI 기술도입 등 전주기적 R&D 추진

- (음향 커튼¹⁸⁾-양식 생산량 산출) 멀티송수신과 음향 커튼을 이용한 양식 생산량 산출 측정 시스템으로, 특히 음향 커튼은 수조 내 날개 형태의 송신기 (빔폭 5℃) 15개를 배치한 후 초음파를 발사해 다면에서 측정이 가능함.
 - 측정 결과도 실제 참다랑어 양식 생산량과 1~2마리 오차만을 보이고 있음.

18) <https://www.kmi.re.kr/globalnews/view.do?rbsIdx=1&idx=6601>

- (AI 기술-양식 생산성 향상) 일본 대기업 소우치즈는 참다랑어 양식업에 AI기술 도입을 통해, 기상/해황(수온 등) 변화에 따라 사료 공급량 등을 조절함으로써 양식 생산성 향상을 추진하고 있음.
 - 이 기업은 현재 NTT도코모(日, 최대 이동통신사) 기술을 이용해 양식장 수질과 사료 공급량을 일괄적으로 관리하며, 축적한 자료를 토대로 인공지능 먹이 공급량을 최적화하고 있음.

☒ (아일랜드) 골웨이 국립대학과 애슬론 공대는 유럽해양수산기금¹⁹⁾의 지원으로 육상 순환여과양식시스템의 효율성을 높이기 위한 에코아쿠아(Ecoaqua) 프로젝트를 진행 중

- 3곳의 육상 담수양식장에 유기농 순환여과시스템을 도입, 원격 모니터링하여 수질 데이터를 추적, 환경변화 및 에너지 관련 분석을 하는 프로젝트
- 또한 폐수의 여과, 재사용을 통해 취수량과 배출량을 감소시켜 양식산업의 환경규제 준수, 지속가능한 효율적 생산에 기여할 것으로 기대



[그림 16] Organic sea bass circulation filter system(Ref. The Fish Site, 2018)

☒ (중국) 환경규제 강화에 따라 푸젠성 수산기술보급사무소²⁰⁾가 지역 내 수산물 대기업에 순환여과시스템 4기를 도입하였으며, 향후 21기를 추가 도입할 예정

19) EMF: European Maritime Fisheries Fund

20) Fisheries Technology Extension office

5.2. 국내 정부 R&D 투자동향

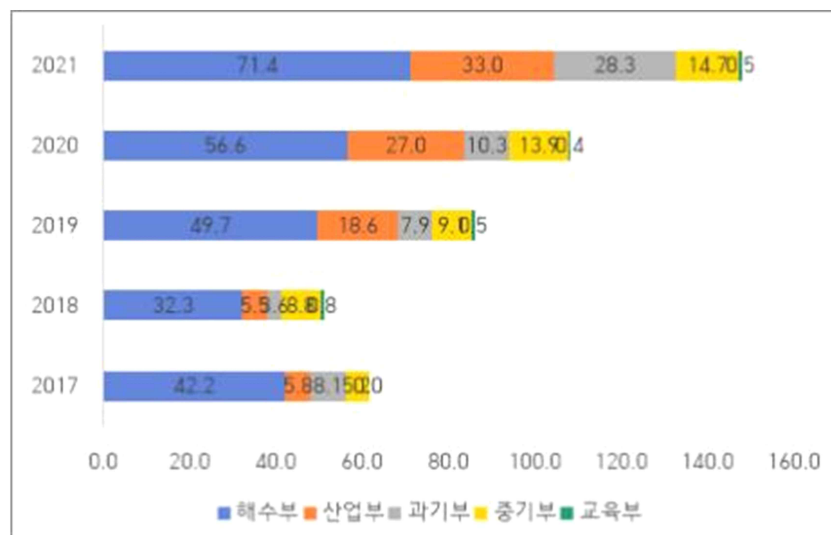
최근 스마트양식 관련 정부 R&D는 약 150억 정도로 비교적 적은 규모로 투자되어 왔으나, 연평균성장률은 약 24.6%로 지속적인 투자 증가

- 또한 2017년 27개에 불과하던 R&D 과제도 2021년 60개로 2배 이상 증가하는 등 최근 투자는 지속적으로 증가하고 있음

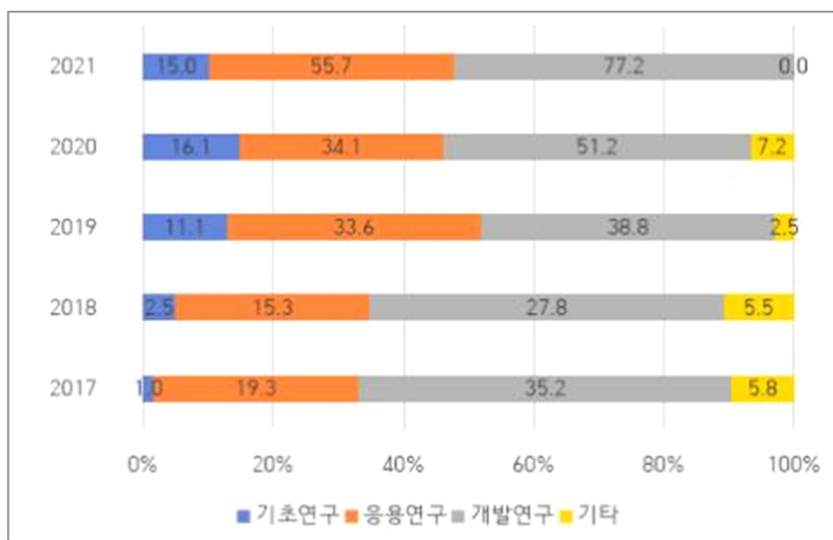


스마트양식 관련 지속적인 예산 투자의 증가는 기존 연구 참여 부처들의 비중을 비슷한 수준으로 유지하며 증가하고 있음

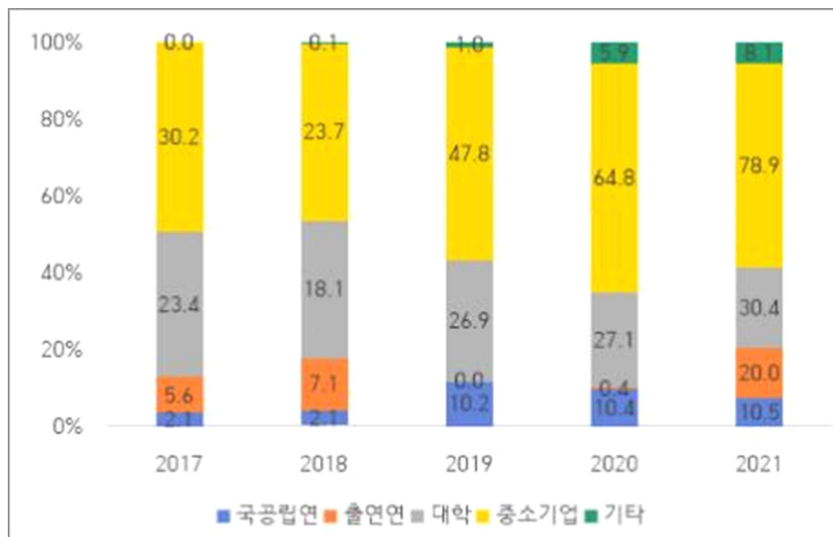
- 스마트양식 주요 R&D 투자는 해수부가 약 50%를 차지하며, 산업부, 과기부, 중기부, 교육부 순으로 투자가 이루어짐



☞ 주로 개발연구 중심의 투자가 이루어졌으며 최근 3년 기초연구의 비중이 증가하는 것이 관찰됨







☞ 연구수행주체는 주로 중소기업이 다수를 이루며 대학과 출연연, 국공립연에서 일부 연구를 수행



제6장 결론

6.1. 요약 및 시사점

- 
 글로벌 식량위기, 환경문제 대두 등의 변화로 인해 양식산업의 역할과 중요성이 증대되고 있으며, 국내 산업으로서의 재도약을 위해 정부의 스마트양식 투자에 대한 진단이 필요
 - 본 브리프에서는 양식기자재의 자동화, 모니터링 및 데이터 수집 등 디지털화를 중심으로 기술, 산업, 정책, R&D 투자동향을 진단하고 정책적 시사점을 도출하고자 함
- 
 (기술) 스마트양식 기술은 전세계적으로 노르웨이가 기술선도국 지위를 유지하고 있으며, 우리나라는 국립 연구기관과 민간에서 이를 추격하기 위한 기술 개발이 이루어지고 있음
- 
 우리나라의 양식산업은 노르웨이 모델 대비 규모화에 한계를 보이고 있으므로 향후 R&D 외 정책수단을 통해 인식개선과 함께 확보된 기술의 보급확산에 노력을 기할 필요
 - 노르웨이, 덴마크 등 북유럽의 전통적인 연어양식 강국을 중심으로 산업이 성장 중에 있으며, 이 외 글로벌 각국은 국가별 산업현황에 맞는 형태의 변화를 보이고 있음
 - 우리나라를 비롯하여 중국, 일본 등 아시아 국가들은 양식산업 육성을 중심으로 산업이 변화하고 있으며, 영국, 독일, 호주 등은 기자재 산업을 중심으로 산업 패러다임이 전환 중
- 
 R&D 정책 측면에서 우리나라 양식산업의 문제점인 노동력, 환경, 생산성 개선 등 보다 적극적인 임무지향적 R&D 목표 설정이 필요
 - 노르웨이의 기술, 산업의 선도적 지위는 정부의 정책적 지원과 적극적 견인이 기여한 것으로 보이며, 최근 우리나라 또한 스마트양식 활성화를 위한 정책 기반이 마련되고 있다는 점을 고려하여 국내 여건을 반영한 적극적인 정책 추진이 중요

글로벌 R&D 동향과 우리나라의 기술적 여건을 고려할 때, 적극적인 정부 주도의 투자를 통해 선도기술에 대한 추격이 가능할 것으로 판단됨

- 주요국의 R&D 프로그램은 주로 양식기자재 자동화와 센서 등 수집되는 데이터의 통합관리 중심으로 추진되고 있으며, 데이터 기반 지능형 양식에 대한 연구 및 실증이 향후 과제로 볼 수 있음
- 전세계적으로 자동화된 설비 중심의 노동력 의존도 저감 R&D 중심이며, 아직 완성된 형태의 스마트양식 선도모델이 확산되지 않았다는 점을 고려할 때, 적극적인 투자를 통한 우리나라의 추격가능성은 높은 것으로 판단됨
- 특히, 우리나라는 ICT, 기계·장비 등 기술력과 스마트팜 관련 연구 성과 등과의 적극적인 연계를 통해 자체적인 스마트양식 모델을 개발, 보급할 여력이 있을 것으로 기대됨

국내 R&D 투자는 해수부를 중심으로 산업부, 중기부 등이 주로 수행해왔으며, 중소기업 중심의 개발연구가 이루어지고 있으나 다부처 차원의 대형 사업이 부재하다는 점이 개선의 여지가 있음

- 다만, 본 브리프에서 다룬 협의의 스마트양식부터 장기적으로 다루어져야 할 육종, 질병 등을 포함한 광의의 스마트양식까지를 통합적으로 관리, 투자할 대표사업이 부재한 상황 - 또한 그간 부처간 개별적으로 수행된 R&D 과제목록을 참고할 때, 부처간 협력을 통해 보다 효율적인 R&D 추진이 가능할 것으로 보여 향후 다부처간 협력이 강화될 필요

우리나라의 스마트양식 산업과 R&D 투자에 대한 접근은 노르웨이의 사례를 참조하여 플랜트 형식의 기술 공급자적 측면을 고려한 대형 사업으로 추진할 필요가 있음

- 그 간의 어업 수요자 측면으로 형성되어 온 기술, 산업, 정책적 투자의 주요 관점을 전환하여 3면이 바다인 우리나라의 지리적 이점을 활용한 수산업의 전환기로 삼는 것을 제안

참고문헌

문헌자료

- FAO, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 (SOFIA).
- KB지식비타민, 스마트양식 고갈되고 있는 수산자원의 대안, 2019
- KIMST, 사람과 지구를 위한 블루푸드 미래구축, 2022
- Stockholm Univ. The Blue Food Assessment,
- 김태호, DNA 기반 스마트 양식 정책 방향 및 기술 표준화 동향
- 마창모 외, 첨단양식기술의 산업화 연구(한국해양수산개발원), 2015.
- 유제범, 스마트 양식산업의 현황과 향후과제, 2019
- 이동길 등, 스마트양식 기술 개발과 산업화 방안, 2021
- 이상철 외, 스마트 양식 클러스터 추진 방안 수립 연구, 2020
- 임경희 외, 수산업 주요 연관산업의 글로벌 경쟁력에 관한 연구, 2018
- 정훈 외, 국내 스마트양식 기술 동향, 2021
- 한국IR협회, 스마트양식, 2021
- 한국해양수산개발원, 2022. 지속가능한 식생활에서 “블루푸드(Blue Food)”의 역할과 가능성, KMI 동향분석, VOL.184.
- 해양수산과학기술진흥원, 2018. 수산전문인력양성사업 스마트수산양식연구센터 기획보고서.
- 해양수산과학기술진흥원, 2022. 유수식 스마트 양식 시스템 개발 연구개발계획서.
- 해양수산과학기술진흥원, 2022. 중소양식어가형 스마트양식 기술개발 사업 연구개발계획서.
- 해양수산부, 수산기자재산업 실태조사 및 육성방안 연구, 2015

| 저자소개 |

이 선 명

한국과학기술기획평가원 생명기초사업센터 연구원

Tel: 043-750-2509 E-mail: sunmlee@kistep.re.kr

| 편집위원소개 |

전승수 연구위원

박지현 연구위원

이승필 부연구위원

정두엽 부연구위원

한국과학기술기획평가원 사업조정본부

Tel: 043-750-2509 E-mail: sunmlee@kistep.re.kr

※ 본 KISTEP 기술동향브리프의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

[KISTEP 브리프 발간 현황]

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
57 (23.01.06.)	MZ세대를 위한 미래 기술	지수영·안지현 (KISTEP)	미래예측
- (23.01.20.)	KISTEP Think 2023, 10대 과학기술혁신정책 아젠다	강현규·최대승 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제341호)
58 (23.02.02.)	세계경제포럼(WEF) Global Risks 2023 주요내용 및 시사점	김다은·김유신 (KISTEP)	혁신정책
59 (23.02.07.)	미국의 「오픈사이언스의 해」 선포와 정책적 시사점	이민정 (KISTEP)	혁신정책
- (23.02.21.)	‘데이터 보안’ 시대의 10대 미래유망기술	박창현·임현 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제342호)
60 (23.03.06.)	연구자산 보호 관련 주요국 정책 동향 및 시사점	유지은·김보경 (KISTEP)	혁신정책
61 (23.03.20.)	美 「과학적 진실성 정책 및 실행을 위한 프레임워크」의 주요 내용 및 시사점	정동덕 (KISTEP)	혁신정책
- (23.03.29.)	우리나라 바이오헬스 산업의 주력산업화를 위한 정부 역할 및 자원방안	홍미영·김주원 안지현·김종란 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제343호)
62 (23.03.30.)	2021년 한국의 과학기술논문 발표 및 피인용 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
63 (23.03.30.)	2021년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석	강유진·김종란 (KISTEP)	통계분석
- (23.04.03.)	국방연구개발 예산 체계 진단과 제언	임승혁·안광수 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제344호)
64 (23.04.06.)	2023년 중국 양화의 주요 내용 및 과학기술외교 시사점	강진원·장지원 (KISTEP)	혁신정책
65 (23.04.10.)	2023 인공지능 반도체	채명식·이호윤 (KISTEP)	기술동향
66 (23.04.13.)	생성형 AI 관련 주요 이슈 및 정책적 시사점	고윤미·심정민 (KISTEP)	혁신정책

- (23.04.17.)	STI 인텔리전스 기능 강화 방안 -12대 과학기술혁신 정책 이슈를 중심으로-	변순천 외 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제345호)
67 (23.04.17.)	「OECD Science, Technology, Innovation Outlook 2023」의 주요 내용 및 시사점	홍세호·심정민 (KISTEP)	혁신정책
- (23.04.19.)	임무지향형 사회문제해결 R&D 프로세스 설계 및 제언	박노언·기지훈·김현오 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제346호)
68 (23.05.02.)	전기차 배터리 핵심광물	이승필·여준석·조유진 (KISTEP)	기술동향
- (23.05.03.)	기업 혁신활동 제고를 위한 R&D 조세 지원 정책 연구 : 국가전략기술 연구개발 기업을 중심으로	구본진 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제347호)
69 (23.05.04.)	허위·조작정보 대응을 위한 OECD 원칙 및 과학기술 시사점	배용국·정미나 (KISTEP)	혁신정책
70 (23.06.08.)	OECD MSTI 2023-March의 주요 결과	정유진 (KISTEP)	통계분석
71 (23.06.09.)	2022년 지역 과학기술혁신 역량평가	한혁·안지혜 (KISTEP)	통계분석
72 (23.06.23.)	일본, 『사이언스 맵 2020』의 주요내용 및 정책적 시사점	이미화·심정민 (KISTEP)	혁신정책
- (23.06.27.)	국가연구개발 성과정보 관리체계 개선 제언	김행미 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제348호)
- (23.06.28.)	신입과학기술인 직무역량에 대한 직장상사-신입간 인식 비교 분석	박수빈 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제349호)
73 (23.06.30.)	2021년도 국가연구개발사업 내 여성과학기술인력 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
74 (23.07.03.)	2022년 국가 과학기술혁신역량 분석	김선경·한혁 (KISTEP)	통계분석
- (23.07.05.)	기술패권경쟁시대 한국 과학기술외교 대응 방향	강진원·김진하 (KISTEP), 이정태(KIST)	이슈페이퍼 (제350호)
- (23.07.06.)	학문분야별 기초연구 지원체계에 대한 중장기 정책제언 (국내외 지원현황의 심층분석을 기반으로)	안지현·윤성용·함선영 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제351호)
75 (23.07.14.)	美 2023 국방과학기술전략서(NDSTS)의 주요 내용 및 시사점	유나리·최충현·임승혁 · 한민규(KISTEP)	혁신정책

76 (23.07.27.)	2023년 IMD 세계경쟁력 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
77 (23.07.27.)	2021년 미국 박사학위 취득자 현황 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
78 (23.07.26.)	제 5차 과학기술기본계획과 과학기술분야 중장기계획 간 연계현황 및 시사점	홍정석·심정민 (KISTEP)	혁신정책
79 (23.08.01.)	일본 통합혁신전략 2023 의 주요 내용 및 시사점	양은진·심정민 (KISTEP)	혁신정책
80 (23.08.21.)	일본 2023 우주기본계획 의 주요 내용 및 시사점	최종현·문태석·이재민 ·강현규(KISTEP)	혁신정책
81 (23.08.29.)	미국의 R&D와 혁신 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
82 (23.08.30.)	2023년 유럽혁신지수 분석과 시사점	한용용 (KISTEP)	통계분석
83 (23.09.01.)	희토류 회수 및 재활용 기술	박정원·문윤실·이현경 (KISTEP)	기술동향
84 (23.09.20.)	화합물 전력반도체	유형정·김기봉 (KISTEP)	기술주권
85 (23.09.21)	『OECD Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research』의 주요 내용 및 시사점	정하선·심정민 (KISTEP)	혁신정책
86 (23.09.22.)	우주쓰레기 제거 기술	문성록, 최종현, 한민규 (KISTEP)	기술동향
87 (23.10.04.)	2023년 The Global AI Index 결과 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
88 (23.10.24.)	스마트양식	이선명 (KISTEP)	기술동향