

# 어가수용성 향상을 고려한 디지털양식의 정의 및 발전방향<sup>☆</sup>

## Concept and Development Direction of Digital Aquaculture considering the Improvement of Aquaculturists' Acceptability

안 상 중<sup>1\*</sup>    마 창 모<sup>2</sup>    김 세 한<sup>3</sup>    정 득 영<sup>4</sup>    조 성 윤<sup>5</sup>    권 기 원<sup>5\*</sup>  
Sang Jung Ahn    Chang-Mo Ma    Se Han Kim    Deuk-Young Jeong    Sungyoon Cho    Kiwon Kwon

### 요 약

디지털양식은 경험과 노동력, 자연환경 의존적인 전통 양식산업이 미래 지능형 스마트양식으로 전환하기 위한 ICT 기자재 기반의 양식산업의 디지털화와 디지털 양식데이터의 분석 및 활용을 통한 양식 재현성 향상 및 생산과정의 효율성 향상을 통한 어가의 수용성을 높이기 위해 추진되고 있다. 유럽의 선진 수산국은 양식장에 정보통신기술을 접목한 디지털화를 통한 규모화와 첨단화로 양식 기술 뿐만 아니라 양식기자재산업의 비약적인 성장을 이루고 있는 반면, 국내에는 다품종·소량생산 구조 및 어가수용성 미확보에 따른 양식생산정보의 수집조차 한계에 부딪치고 있다. 이에 본 연구에서는 스마트양식 관련 동향과 기술 요소를 분석하여 향후 지능형 스마트양식으로 전환하기 위한 한국형 디지털양식의 발전 방향을 제시하고자 한다.

☞ 주제어 : 스마트양식, 디지털양식, 양식생산관리, 양식기자재

### ABSTRACT

In order to transform the traditional aquaculture industry, which is dependent on experience, labor-intensive and natural environment, into future intelligent smart aquaculture industry, digital aquaculture improves aquaculture reproducibility and efficiency of production process through digitization of the aquaculture industry based on ICT equipments, Data analysis and utilization for promoted to increase the acceptability of aquaculturist. Europe's advanced fisheries countries have achieved rapid growth not only in aquaculture technology but also in the aquaculture equipment industry through digitization that combines information and communication technology with aquaculture farms. However, it is not possible to collect aquacultural data in Korea because it has not secured a Korean aquaculture industry for multi-variety, small-scale production and aquaculturists' refusal of reception for digital transformation. Therefore, this study intends to suggest the development direction of digital aquaculture to convert to intelligent smart aquaculture in the future by analyzing trends and critical technology.

☞ keyword : smart aquaculture, digital aquaculture, aquaculture production management, aquaculture equipment

## 1. 서 론

수산양식은 「양식산업발전법」 제5조 “양식”이란 수산

동식물을 인공적인 방법으로 길러서 거두어들이는 행위 (수산중자를 생산하는 행위를 포함한다)와 이를 목적으로 어선·어구를 사용하거나 양식시설물을 설치·운영하는 행위를 말한다[1]. 국내 양식어업 생산량은 2021년 기준 약 240만 톤으로 전체 어업생산량(382만톤)의 62.2%를 차지하고 있으며, 생산액 기준으로는 약 3조 2,905억 원으로 전체 어업생산액(9조 2,692억 원)의 32.8%에 달한다. 2010년 양식생산량(약 136만 톤)과 양식생산액(약 1조 8,156억 원)과 비교하여 생산량 76.5%, 생산액은 약 81.2% 증가하였다[2]. 하지만 국내 수산 양식현장은 전통적인 양식장(유수식, 해상가두리 양식장 등)과 종자생산, 입식, 수질·수조관리, 사료급여, 질병관리 및 출하까지 양식장 관리자의 경험적 판단에 의존하거나 부분적으로 기계화한 방식을 적용하는 데에 그치고 있다.

세계식량농업기구(FAO)는 최근 “2022년 세계 수산 및

1 Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion, Seoul 06755, Korea

2 Korea Maritime Institute, Busan 49111, Korea

3 Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon 34129, Korea

4 Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation, Daejeon 34054, Korea

5 Smart Network Research Center, Korea Electronics Technology Institute, Seongnam-si, Gyeonggi-do 13509, Korea

\* Corresponding authors (sjahn@kimst.re.kr and kwonkw@keti.re.kr)  
[Received 11 August 2023, Reviewed 12 August 2023, Accepted 21 August 2023]

☆ 이 논문은 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20220579, 빅데이터 기반 양식 생산성 향상 기술)

양식업 동향 보고서(The State of World Fisheries and Aquaculture 2022)”에서, 수산양식업이 지속가능하게 생산되고, 수생 서식지 및 생물다양성이 보호되도록 하기 위해서는 청색혁신(Blue Transformation)으로 수산식품의 생산, 관리, 거래 및 소비시스템이 전환되어야 한다고 밝혔다 [3]. 이에 본 연구에서는 넙치 양식산업을 기준으로 양식어가의 수용성향상을 고려해 국내의 농축수산업 기술 및 산업동향을 분석하여 국내 양식산업의 혁신을 위한 디지털양식 발전방향을 제시하고자 한다.

## 2. 디지털농업과 디지털양식 동향분석

### 2.1 디지털 농축수산업 동향 분석

#### 2.1.1 디지털 농업 및 디지털양식의 정의

2000년대를 전후로 전 산업분야에서 디지털 전환(Digital Transformation, DX)이 급속하게 이루어지고 있으며, 2016년 세계경제포럼에서 4차 산업혁명이라는 의제가 등장한 이후 정보통신기술(Information and Communication Technology, ICT)의 활용이 혁신의 가장 중요한 요소 중 하나로서 다루어지고 있다. 그중에서도 농업은 농업인구의 감소, 고령화, 기후변화 등에 대응해 스마트농업(Smart Farming)으로 지속가능성을 제고할 수 있을 것으로 예측된다[4]. 스마트농업은 기술의 발달에 따라, 관행농업을 Agriculture 1.0, 녹색혁명을 통한 생산성 증가를

Agriculture 2.0, 그리고 GPS 기술을 활용한 맞춤형 정밀농업 기술의 등장을 Agriculture 3.0, ICT 기반의 정밀농업의 발전된 형태인 스마트농업 내지 디지털농업은 Agriculture 4.0, 인공지능과 로봇을 활용한 무인/자율의 사결정 농업 시스템은 Agriculture 5.0으로 정의된다[5]. 디지털농업은 농업에 관련된 데이터를 수집, 저장, 관리, 결합, 분석, 공유하여 새로운 가치를 창출하는 것으로 정의되고 있다[6].

양식산업의 경우, ICT기술의 적용 및 보급기반이 약하고, 육상 동식물에 비해 정보가 부족한 수산생물에 대한 종자·사료·질병 등 생물관리, 수조의 환경관리, 시설·기자재·시스템을 포함한 생산관리 등 기술적 난이도와 완성도, 어업현장의 낮은 수용성 등의 이유로 농축산분야의 기술발전단계에 아직 미치지 못하고 있는 현실이다.

수산양식기술의 발전 단계에 따른 정의는 표 1과 같이 대상 품종별 양식기술을 개발하고 현장에 보급한 사람의 노동력과 자연환경에 의존하는 전통양식, 양식생물 생산과정에서 매일 단순 반복하는 작업을 부분적으로 자동화함으로써 양식생물 생산과정을 효율화한 자동화 양식, 양식장의 수온, 용존산소 등 수질환경 모니터링뿐만 아니라, 사료 자동공급 장치의 제어 기능을 갖춘 u-IT 양식과 빅데이터 분석과 AI 기술과 양식생물의 성장과 환경관리 데이터를 융합하여 양식생물의 생산과정을 지능화하는 차세대 첨단양식인 스마트양식으로 구분할 수 있다 [7].

(표 1) 수산양식기술의 발전단계 구분

(Table 1) Classification of development stages of aquaculture technology

구분 (농업비교)	전통양식	산업화 양식	스마트양식		
	Agriculture 1.0 (관행농업)	Agriculture 2.0 (녹색혁명)	u-IT 양식 Agriculture 3.0 (정밀농업)	디지털양식 Agriculture 4.0 (디지털/스마트농업)	자율양식 Agriculture 5.0 (무인/자율농업)
실현시기	과거 (1920~1970년)	현재 (1970년~현재)	현재 (2000년~현재)	2030년	2040년
목표효과	대량생산, 가격안정	수출 산업화	편이성 향상	전주기 디지털화 및 데이터 활용	지속가능 자율생산 및 경영관리
주요기능	자연의존형 양식	종자, 사료, 백신 분업화	시설 모니터링	전주기 제어 및 관리의 효율성 향상	전주기 지능관리 및 자동제어
핵심정보	환경정보	환경정보, 생산정보	환경, 생산, 시스템 정보	환경, 생산, 시스템, 생물 및 경영정보	환경, 생산, 시스템, 생물, 경영, 시장정보
핵심기술	종자생산	사료, 백신, 기자재	통신, 센서기술	통신기술, 센싱기술, 빅데이터, AI	빅데이터, AI, 로봇
의사결정	사람	사람	사람/컴퓨터	사람/컴퓨터/AI	AI

참고 : 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안(STEPI, 2019), 스마트양식 기술 개발과 산업화 방안(JFMSE, 2021) 재구성

디지털양식은 농업과 마찬가지로 양식산업에 관련된 데이터를 수집, 저장, 관리, 분석, 공유하여 새로운 가치를 창출하는 것으로 정의되어야 할 것이고, 이는 스마트 양식의 광의에서 스마트양식의 발전단계를 u-IT양식, 디지털양식, 자율양식의 단계로 구분되어 단계적이고 안정적인 현장도입을 가능하게 할 것이다. 디지털양식 기반의 양식산업의 디지털전환은 기존 IT융합 양식장 모니터링 및 제어기술의 현장보급의 한계를 극복하고 양식전주기 데이터 및 기자재의 표준화를 통해 가두리식, 유수식 및 순환여과식까지 양식어종 및 양식방법별 기술적용과 보완에 따른 기술 확산이 더욱 용이해질 것이다.

### 2.1.2 농축수산업 국외 산업 동향

FAO는 2021/22년도 세계 곡물 수급전망을 살펴보면, 세계 곡물생산량은 2,791.3백만톤, 이중 쌀 518.4백만톤, 잡곡 1,503.3, 밀 769.6만톤이 생산될 것으로 전망된다. OECD-FAO 농업전망(2019-2028: 육류 및 유제품)에 따르면, 2018년 기준 세계 육류생산량은 약 3억 2,700만톤이며, 21년 기준 세계 소고기 생산량은 5,778만 톤, 돼지고기 생산량 1억 610만 톤, 닭고기 생산량 9,910만 톤 수준이다.

2020세계 수산·양식보고서에 따르면, 세계 어로어업 생산량은 9,640만톤, 양식어업 생산량은 8,210만톤인 것으로 집계되었다.

농업분야의 대표적인 선진사례인 네덜란드는 2020년 기준, 전체 농산물 수출액이 956억 유로(약 128조원), 이중 화훼품목이 95억 유로(약 12조 8,000억원)이며, 농업용 기계, 온실용 자재, 비료와 같은 농업 관련 품목도 98억 유로(약 13조 1,870억원)를 수출하였다. 네덜란드만의 클러스터 ‘그린포트’는 원예작물의 효율적 생산 및 유통을 위해 생산지와 운송허브와 연결하여 총 6개의 클러스터를 구축하여 농업기술(육종, 재배), 교육, 가공, 물류 및 무역서비스를 제공하고 있다. ‘푸드밸리(Food Valley)’는 와게닝겐대학을 중심으로 네슬레(Nestle), 유니레버(Unilever), 하인즈(Heinz), 하이네켄(Heineken) 등 200개 이상의 세계적인 식품, 농식품 분야 연구기관 20여 개 등이 입주해 네덜란드 식품 산업을 선도하고 있으며, 연간 매출액이 약 70조 원에 달한다.

축산업분야 중 양돈산업의 대표적인 선진사례인 덴마크는 돈육수출 세계 1위의 데니쉬 크라운(Danish Crown) 협동조합이 주도하고 있다. 5,900명(20년 기준) 규모의 축산 농가 조합원과 가공과 판매, 해외 마케팅을 담당하

는 10여개 자회사, 2만6000여명 종업원을 채용하고 연간 약 1,900만 마리의 소와 돼지를 도축해 130개국 이상에 수출, 매출액 약 11조원 중 85%는 해외 수출로 벌어들이고 있는 협동조합형 패커(Packer)의 성공적인 모델이다. 덴마크 양돈산업은 덴마크농업식품협회(DAFC), 양돈 연구센터(VSP), 덴마크돈육연구소(DMRI)가 유기적 협력을 통해 VSP는 돼지 사육프로그램 개발과 생산성 향상, 사료요구율 개선, 동물복지 대응, 질병관리 등에 관해 양돈농가를 대상으로 컨설팅을 수행하고 DMRI는 도축자동화 공정, 가공기술, 생산성 제고, 품질개선, 식육위생 등의 연구활동을 수행한다. 조합은 생산·도축·가공·판매에 이르는 전 과정을 통합경영함으로써 높은 경쟁력을 발휘하고 있다.

노르웨이는 세계 2위 수산물 수출국가로 2020년 기준 수출량은 약 270만톤, 1,057억 NOK(약 13.8조원)규모이며, 이중 대표적인 연어의 생산량만 135만톤 수준이며, 수출량은 연어가 약 40%의 비중을 차지하고 있다. 2017년 기준으로 연어의 수출액은 613억 NOK(약 8조원)이며, 세계 약 150개국에 수출되고 있다. 2015년 기준으로 세계적인 양식기업 중 시가총액 기준 1위~4위가 노르웨이의 Mowi(Marine harvest), Austevoll Seafood, Salmar, Grieg Seafood이며, 노르웨이수산물위원회(Norwegian Seafood Council, NSC)는 노르웨이산 연어에 대한 전체적인 마케팅을 진행하고 있으며, 개별 수출국에 현지 가공공장을 설립해 시장을 확장해 나가고 있다.

### 2.1.3 농축수산업 국내 산업 동향 및 시사점

2021년 기준, 국내 농업생산액은 59조2천171억 원이며, 우리나라 주요 농축산물 중 미곡(생산액 약 9조 5천 263억원) 다음으로 양돈산업(8조4천785억원), 한우(6조8천990억원)의 순이며, 과일 및 채소의 시설재배는 5조7천 100억 원 규모이다[8].

한국농촌경제연구원의 2023년 농업 및 농가경제 동향과 전망에 따르면, 농가소득은 전년 4,776만 원에서 4,699만 원으로 1.6% 감소하였으며, 농업소득은 전년 대비 14.7% 하였고, 농업경영비는 비료비가 무려 132.7% 상승하는 등 크게 증가하였다. 2023년 농가인구와 농가호수는 전년대비 1.1% 감소할 전망을 내어놓으며, 중장기적으로 65세 이상 농가인구 비율은 2023년 46.8%, 2027년 47.7%, 2032년 52.0%로 농가 고령화가 심화될 전망이다.

수산업의 국내 산업동향 및 전망을 살펴보면, 한국해양수산개발원의 “2023 해양수산전망대회”의 수산업 전

망과 과제를 참고해 2022년 어업 총생산량은 전년 대비 4.0% 감소한 367만톤으로 추정되며, 이중 해면양식업은 해조류, 패류의 생산이 줄어들면서 전년 대비 4.0%감소한 230만톤으로 추정된다. 2023년 수산물 자급률은 어류가 44.9%, 패류 50.4%, 해조류가 124.9%로 전망되며, 2022년 어가수는 전년대비 5%나 감소한 4만 1,157호로 추정되며, 23년 어가수는 사상 처음으로 4만호 이하 규모로 감소할 것으로 전망되었다. 어가인구도 이에 비례해 2022년 전년대비 3% 감소한 9만 1,118명에서 2022년 약 8.5%가 감소한 9만명 이하로 감소할 것으로 전망되었다.

농축수산업 공통적으로 식량안보를 위한 안정적 수급 체계 마련, 가치사슬 전주기 정보화 및 매뉴얼화, 농어촌 소멸대응을 위한 농어촌기능회복 및 인력유입대책 마련을 주요 과제로 제시하였으며, 결국 농어촌의 디지털 전환을 통한 젊은 인력과 기업, 지역상생의 연관산업 발전을 도모할 수 있는 방법이 모색되어야 할 것이다.

## 2.2 디지털 농축수산 기술 동향 분석

### 2.2.1 디지털 농축수산업 국외 기술 동향

환경제어와 시설제어가 어려운 해조류 양식과 같이 농업의 노지재배 분야를 제외하고 시설원예와 스마트 축산 분야를 중심으로 살펴보도록 하겠다. 우선, 시설원예 분야는 전체 온실중 플라스틱온실이 90%, 유리온실이 10%이지만, 네덜란드는 전체 온실의 99%가 유리온실이며, 복합환경제어가 가능한 시스템을 구비하고 있다. 네덜란드의 복합환경제어시스템은 다양한 센서 및 외부기상 정보를 이용해 시설 내 온도편차를 최적화하는 솔루션을 제공하고 적외선 온도센터, CO<sub>2</sub>센서 등을 이용해 환경정보를 수집하고, 생산현장의 인력과 생산량을 효율적으로 관리할 수 있어 작업효율과 생산량을 극대화 하고 있다. 또한, 온실내 해충 자동 판독 기술, 다중스펙트럼 카메라를 활용한 병해탐지 기술, 수확량 예측시스템 등이 개발되었다.

플라스틱 온실시스템을 기술적으로 선도하고 있는 스페인의 경우, 부품의 모듈화를 통해 전 세계적으로 100% 현장 조립형태의 시공을 통한 턴키 프로젝트를 진행하고 있다. 광투과율이 좋고, 환기효율이 뛰어나며 환경조절장치, 제어시스템, 양액 및 관수시스템과 함께 공급되어 장점을 극대화시키고 있다.

미국의 스마트농업 기술을 살펴보면, 카메라와 센서, 통신시스템을 탑재해 매핑과 파종, 살포, 작물의 생육상태, 재배관리 및 병해충 검출 등에 활용되는 농업용 드론

을 통해 재배 계획 및 수확량을 예측하고 운영비용을 절감하고 있다. 농업용 로봇은 작물의 생육환경에 대한 모니터링부터 제초, 방제, 살포, 수확, 이식과 축산동물의 착유, 사료공급 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 스마트 관개 관리는 ICT 기반 농업용수의 공급 관리시스템으로 실시간 모니터링부터 분석, 예측을 통해 자동화하여 물관리 운영을 최적화하고 있다. 농장관리 소프트웨어(Farm Management Software)는 AI, IoT, 빅데이터 등을 활용해 농장의 의사결정을 지원하는 시스템으로 수확량 예측, 시장가격, 유통 등 농장 운영에 필요한 정보뿐 아니라 분석 및 컨설팅, 기상 정보 등의 서비스를 제공하여 생산성과 수익 증대, 농장상황을 한눈에 파악할 수 있게 하고 있다.

일본은 IBM의 농산물 이력추적 서비스, NEC의 M2M 기반 생육환경 감시 및 물류 서비스, 후지쯔의 농업관리 클라우드 서비스 등 농업분야와 ICT기술을 접목해 기업들이 다양한 서비스를 지원하고 있다. 재배환경 데이터를 실시간 계측, 수집하는 동시에 클라우드 서비스를 통해 데이터를 추적, 분석하여 작물재배에 활용하고 있으며, 재배시설의 정보를 분석하여 최적의 물과 비료의 양을 제시하여 농가의 수확량이 20~30% 증가하였다.

축산분야의 경우, 이탈리아에서 개발된 IoT기반 양돈 개체관리시스템(PigWise)은 RFID(Radio Frequency Identification Reader) 인식기와 카메라를 이용해 양돈축사 내 행동 탐지, 사료섭취모니터링 및 조기알람시스템으로 구성되어 있다. 벨기에와 이탈리아 공동연구로 개발된 Soundtalk는 돼지의 발성음을 통해 건강상태, 복지수준 및 질병감염 실시간 모니터링을 통해 호흡기 질병 감염을 조기 경보할 수 있다.

또한, 농식품 유통업계는 리테일 테크(Retail Tech)의 발전을 통해 빠르게 변화되고 있으며, 유통채널, 물류관리, 매장관리, 고객관리, 마케팅, 배송 등 다양한 서비스가 등장하고 있다. 자동화 창고관리 시스템인 마이크로 풀필먼트 센터(MFC) 구축과 물류 로봇을 활용한 지능형 물류 시스템 구축을 통해 노동력 감소와 비용 절감, 작업의 효율성을 올리고 주문 정확도와 회전율을 증진시키고 있다.

양식산업은 노르웨이 등 주요 양식 선진국을 위주로 규모화, 첨단화를 추진하였고, 최근에는 ICT 기술과 접목하여 스마트화하고 있다. 글로벌 양식기업들은 AKVA사(노르웨이), Bilund사(덴마크), Oxyguard사(덴마크), Aqua Manager사(그리스), VAKI(아이슬란드) 등과 같은 양식기 자체 및 운영 소프트웨어 개발, 최적 양식기술 서비스를

(표 2) 빅데이터 활용 측면에서의 스마트 농축수산업 기술 구분

(Table 2) Comparison of smart agricultural, livestock and fisheries technology in terms of big data utilization

(기술/농축수산업 구분)	경작	축산	원예	양식
센싱/모니터링	로봇, 센서	생체센서, GPS추적	로봇, 센서(온도, 습도, CO <sub>2</sub> ), 온실모니터링	자동인식시스템
데이터분석	파종, 토양, 농작물상태, 수확량 예측	육종, 모니터링	조명, 에너지관리	예찰, 모니터링
스마트 제어	정밀농업	포유로봇	환경제어, 정밀제어	예찰, 모니터링
빅데이터/클라우드	날씨, 기후, 생산량, 작물상태, 마켓정보, 농업통계	가축동태	온도, 기후, 마켓정보	마켓, 위성 데이터

참고 : Wolfert et al., Big Data in Smart Farming-A review(Agricultural System, 2017) 재구성

제공하는 업체들과 함께 성장하고 있다. AKVA사는 양식 수산물의 생산에서부터 유통·판매 분야에 이르기까지 전 과정 통합 솔루션을 데이터 수집·분석 SW인 fishstalk의 수질 센서, 데이터 수집·입력·분석 및 금융·생산계획·시장전략·급이 계획 프로그램, 인터넷기반 원격 제어 시스템, 파도 및 기생충 발생 모니터링·예측 프로그램 등을 통해 경영 효율성 및 품질·수익성을 보장하고 있다. Aqua Manager사는 무선 네트워크 기반의 수온·용존산소·pH 센서를 이용한 데이터 및 비용·수익 정보를 분석한 후, 생산 공정을 최적화하고 비용을 절감하며 회사 관리를 개선 할 수 있는 포괄적 통합 양식장 소프트웨어를 제공하고 있다.

영국의 Observe Technologies사는 수중카메라의 영상을 AI를 활용하여 실시간 어류 행동 분석과 먹이 섭취량을 분석하고 수질 센서를 이용한 산소량과 수온 값을 수집하여 어류 성장 상관관계를 분석한다. Aquabyte사는 머신러닝과 머신비전 기법을 활용하여 연어의 크기를 식별 할 수 있는 알고리즘을 개발하고, 연어 기생충인 바닷물 이(sea lice)의 존재를 식별할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

### 2.2.2 디지털 농축수산업 국내 기술 동향

국내에서는 농가 경쟁력 강화 및 스마트팜 관련 산업의 선순환 생태계를 조성하기 위해 스마트팜 보급 사업을 본격 추진하였다. 스마트온실을 기술 수준단계에 따라 1세대(편리성 증진), 2세대(생산성 향상-네덜란드 추격형), 3세대(글로벌산업화-플랜트수출형)로 구분해 기술 개발-표준화-실증-산업화 지원 체계 구축을 진행 중이다. 농촌진흥청은 2세대 한국형 스마트온실 개발을 위해 토마토, 국화, 파프리카 및 딸기의 생육 및 수확량 예측을 위한 생육모형을 개발하였다. 식물의 생체반응 계측을

통한 식물체의 스트레스 등 생육상태 진단과 품질 예측에 활용가능한 식물 생체 정보 측정용 마이크로센서 개발과 돼지, 젖소에 대한 발성, 행동, 체온등의 생체정보 측정 및 개체관리 기술이 개발 진행 중이다. 스마트팜 2.0은 ICT기반 시설자동화를 통한 편의성 중심의 스마트팜 1.0에서 품질 및 생산성 중심의 농가수익창출모델 개발을 목표로 진행 중에 있다. 환경, 생육 정보 분석을 통해 최적의 복합환경제어로 생산성과 품질을 향상시키고 표준화를 추진하고 있다.

초기 양돈과리 프로그램들은 주로 번식, 비육 등 생산과리에 주력하고 모든 개체관리 및 비육사 생산성 향상에 치중하였지만 경영관리 부분은 미약하였다. PigPlan은 기존의 시스템이 입력력이 복잡하고, 모든 개체관리에 제한되어 있는 단점과, 농가의 요구도가 높은 경영 및 유통관리를 포함하며 사용자의 자료입력부담을 최소화하여 2014년 국내 사육두수의 30%이상을 관리하여 데이터 기반 생산예측 및 맞춤형 농장컨설팅의 기초가 되었다. 생산관리로 시작된 농장정보화는 축사 환경관리, 가축 사양관리, 축산물 안전관리, 가축분뇨정보, 개체별 사료 급이, 선별기, 양돈생산경영관리, 음수관리, 약취절감기 등 ICT융복합을 통한 다양한 ICT적용 기기, 설비, 시스템 및 영상정보, 환경정보, 제어정보등을 수집하여 통합관제가 가능하게 되었다.

한우와 젖소 농가의 경우, 2015년부터 정부의 “축산분야 ICT융복합 확산사업” 대상이 한우와 젖소로 확산되면서 ICT도입 농가가 증가하기 시작하였다. 도입된 장비는 사양관리, 환경관리, 경영관리로 구분되며, 사양관리 장비는 자동포유기, 발정탐지기(우보시스템 등), 자동급이기, 음수관리기, 사료빈관리기, TMR배합기 등이며, 환경관리 장비는 환경관리 센서, CCTV, 모니터, 농장기상대, 통신중계기 등이고, 경영관리 장비는 데이터수집기, 시설

제어 및 경영관리 프로그램 등이다.

그림 1과 같이 한국전자통신연구원의 축산 차세대 플랫폼(TRIPLET)은 공기 재순환, 스마트제어, 농장운영관리를 포함한 안전축사관리를 디지털트윈플랫폼과 동물복지인증시스템과 연동한 축산용 관리 플랫폼을 선보여 세계 최고 수준의 AI, IoT, Digital Twin 융합 가축질병 방어형 미래형 스마트 안전축사 기술을 제공하고 있다.

### 2.2.3 디지털 농축수산업 표준화 동향 및 시사점

농축수산업의 디지털화와 스마트화가 진행되면서 관련 기술의 표준화를 위한 활동도 여러모로 이루어지고 있다 [9]. 스마트농업분야의 국제 표준화는 국제전기통신연합 전기통신 표준화 부문 (ITU-T, International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)의 IoT 및 스마트시티의 구현을 위한 연구 그룹인 SG (Study Group) 20과 미래 융합 네트워크를 연구하는 SG 13을 중심으로 디지털농업표준화가 진행되고 있고, ISO (International Organization for Standardization) TC (Technical Committee) 23에서는 11개의 SC (Sub-Committee)와 2개의 WG (Working Group)을두고 농업분야를 위한 농기계 관련 세부기술표준을 개발하고 있다. ITU-T SG13은 2012년부터 네트워크 기반의 스마트농업 개요에 대한 표준을 세계 최초로 추진하여 2015년과 2019년 국제표준으로 발간하였으며, SG20에서는 스마트팜 서비스 제공을 위한 프레임워크 표준을 제안하여 2020년 개발 완료 하였다. 특히 ITU-T SG20은 2021년 농업분야에 AI, IoT 기술을 적용하한 디지털농업의 실현을 위한 포커스그룹(FG-AIoT, Focus Group on Artificial Intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) for Digital Agriculture)을 신설하고 관련 연구를 수행하고 있다[10]. 스마트 양식의 경우, 양식 기자재 및 생산관리 및 시설운영관리, 경영관리 데이터의 표준화 부재로 양식 기자재 제조사마다 각각의 센서와 장치를 제어하기 위한 통신프로토콜을 다르게 사용하고 있어 유기적인 통합제어에 많은 어려움이 있다. 또한, 양식생산 및 양식장 경영관리 데이터 중 AI 학습용으로 활용할 데이터 항목의 표준화도 되어 있지 않아 양식 산업은 어업인별로 소유한 양식 시설물에 적합한 현장 맞춤형으로 개발되어 왔고 부분적 자동화 양식 중심으로 양식 기자재 시장이 형성되어왔기 때문에 디지털양식의로의 전환을 위해서는 양식산업 전반에 걸친 시설, 양식 기자재 및 데이터 항목을 표준화하는 방안 마련이 시급하다 [11].

## 3. 전통양식산업의 디지털전환

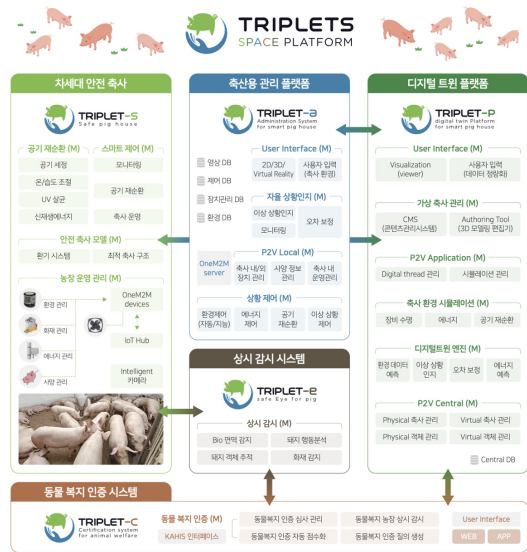
### 3.1 양식산업의 디지털전환

#### 3.1.1 양식산업의 디지털전환 개념

전통양식산업의 디지털전환은 앞서 디지털양식의 정의와 같이, 양식산업의 정보 전자화(Digitization), 업무 디지털화(Digitization) 및 디지털전환(Digital transformation)을 통해 관련 데이터를 수집, 저장, 관리, 분석, 공유하여 새로운 가치를 창출하는 것이라 할 수 있다. 이를 통해 IT기술 및 데이터 중심의 양식생산공정별 업무효율화 및 비용절감을 이루고, 자동화 기반을 마련할 수 있다. 디지털전환을 통해 신사업 및 신규고객확보 등 비즈니스 혁신과 신규서비스를 통한 신시장 창출로 산업을 재구성하여 연관산업 동반성장을 기대해 볼 수 있을 것이다.

#### 3.1.2 디지털양식의 어가수용성 향상 방안

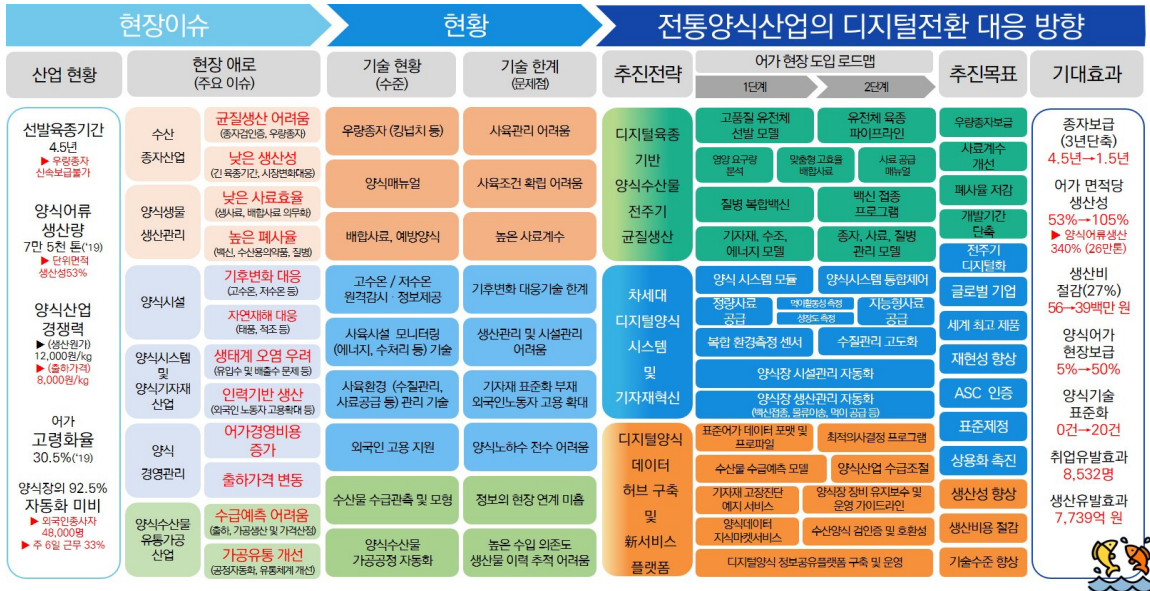
현재 양식산업을 포함한 수산업은 수산식품을 제외하고는 어촌 고령화, 어촌 소멸위기, 어가 감소, 수입 수산물 증가, 기후변화대응, 수산물 안전관리 등 양식산업 전반에 걸친 문제점과 한계를 극복하고 발전시키기엔 준비와 전략이 부족한 실정이다. 2019년 기준, 양식장의 92.5%



(그림 1) 한국전자통신연구원 차세대 축산 플랫폼(TRIPLET) (Figure 1) ETRI next-generation livestock platform



어가수용성 향상을 고려한 디지털양식 개념 및 발전방향



(그림 2) 어가수용성 향상 및 산업생태계 혁신을 고려한 양식산업 디지털전환 방향

(Figure 2) Digital transformation of aquaculture Industry with fish farming acceptability improvement and industrial ecosystem innovation

는 아직 자동화가 미비하고 스마트양식 보급률은 약 2.5% 인 수준에서 양식생산량이 최근 5년간 약 3.5% 증가하는 동안 시설유지비는 12.7%, 사료비는 약 6.9%가 증가함에 따라 어가경영비용 절감이 현장의 주요 이슈가 되고 있다.

그림 2와 같이 어가의 현장이슈와 산업적 문제점을 살펴보면, 수산종자의 경우 선발육종기간이 평균 4.5년 이상 소요되어 기후변화대응 및 소비자 니즈에 맞춘 우량종자의 신속보급이 불가하며, 종자검인증 제도 등이 부재하여 균질생산이 어렵다. 생사료의 비율이 높아 사료효율이 낮으며, 어종별 고수온, 저수온 및 수산질병에 대한 대비가 취약해 높은 폐사율로 생산성 및 수익성이 낮아지고 있다.

양식시설 및 양식기자재의 경우 기후변화 대응이 어렵고, 태풍, 적조 등 자연재해에 취약하고, 유입수 및 배출수의 문제로 생태계 오염에 대한 위험을 안고 있으며, 외국인 노동자 비율이 증가하여 여전히 인력기반의 생산관리로 어가의 경영비용은 점차 증가하고 양식기술의 발전 및 노하우 이전이 쉽지 않다.

어업 현장에서 디지털 양식을 확대하기 위해서는 양식산업 전주기 생산관리의 과정을 세분화하고 표준화하는 한편, 각 공정별 표준작업 절차를 준수해 균질생산,

계획생산, 생산 및 관리정보의 투명성과 표준화를 이루는 것이 중요하다. 낮은 생산성을 해소하기 위해 생산자 및 소비자의 요구를 반영한 맞춤형 우량종자의 신속한 공급을 위한 디지털육종기술 개발, 우수한 배합사료를 통한 정량화된 사료공급으로 사료계수 향상을 통한 생물관리 표준화 및 경영비용 저감, 어종맞춤형 수산질병 조기예측 및 예방을 통한 폐사율 저감으로 균질생산 및 계획생산을 지원하여 양식 수산물 전주기 생산기술의 시너지효과를 극대화 해야한다. 이를 위해 수산종자 유전체 분석-종자검인증-사료-백신-기자재-양식시설-경영관리시스템 등 양식산업 가치사슬 전반의 디지털화로 산업생태계 초연결성을 강화하여야 한다.

양식시설, 양식기자재 및 관련 시스템의 표준화가 부재하고 외국 기자재 수입비중이 높아 현장재현이 어려워, 양식기자재, ICT양식 기자재 및 양식시설의 표준화 및 국산화를 제고를 통해 우리나라 어종 및 환경 맞춤형 설계 및 사용매뉴얼을 통한 현장재현성과 어가 자생력을 강화하여야 한다. 이를 통해 양식기자재산업의 발전과 데이터 양식산업의 기반 구축 및 보급확성에 기여할 수 있을 것이다.

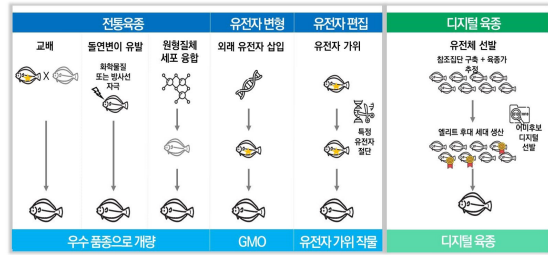
### 3.2 디지털양식의 핵심 기술

#### 3.2.1 수산종자의 디지털육종

종자산업은 수산물 생산의 성패를 좌우하는 결정요소 중 중요한 인자로 우량 종자를 확보하지 못할 경우 수산물 수급에 막대한 영향을 미치는 산업이다. 그림 3과 같이 육종은 생물이 가진 유전적 성질을 이용해 새로운 품종을 개량 또는 만들어내는 것으로 기존 관행육종(교잡, 돌연변이육종 등), 분자육종(분자마커를 이용해 우수형질을 개량), 유전자변형(GMO, Genetically Modified Organism) 방식에서 디지털육종으로의 전환을 통해 생물의 유전정보를 디지털화하고, 영상정보(개체크기, 수, 질병 등)와 연계하여 유전형-표현형에 기반을 둔 선발육종방식으로 우수한경제형질의 개체를 선발할 수 있다. 더불어, 수산종자의 품질 검정 및 생산이력관리를 통해 양식어가에 건강하고 우수한 종자를 보급할 수 있는 수산종자 검인증 체계의 구축과 시너지를 통해 종자 주권선점은 물론 수산종자산업의 경쟁력 확보를 위해서도 중요하다 할 수 있다.

#### 3.2.2 디지털양식 생산 및 경영관리시스템

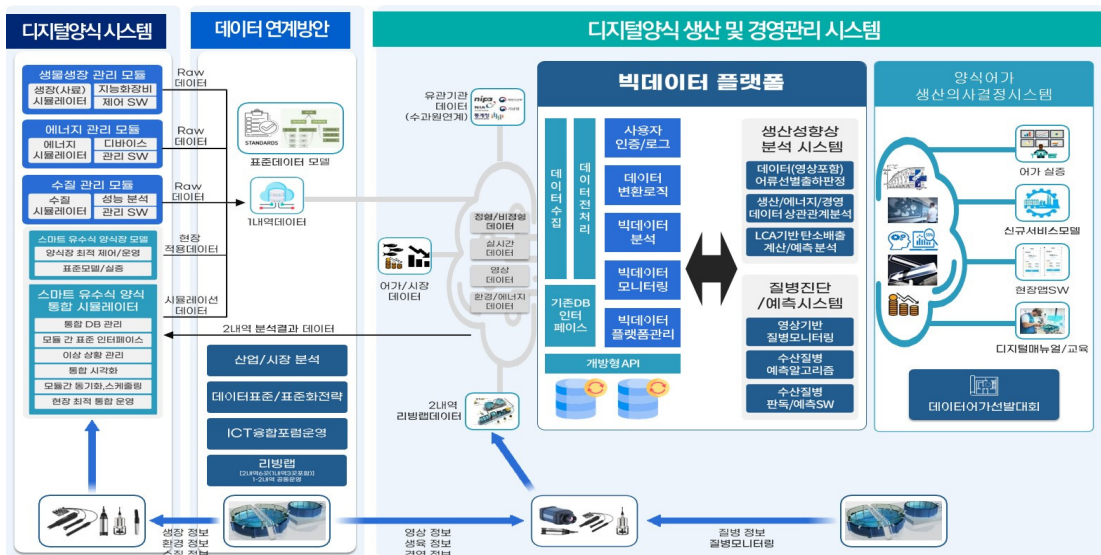
해수 육상양식장을 주요 실증모델로 하는 유수식 디지털 양식시스템은 그림 4와 같이 양식장의 단위공정별



(그림 3) 수산종자 육종기술 패러다임의 변화과정  
(Figure 3) Paradigm change process of aquatic seed breeding technology

개선사항을 도출하여 한국형 유수식 디지털양식장 표준 모델을 개발하고, 데이터표준화 및 수집, 전처리, 활용기술의 현장적용을 통한 생산성향상, 생산의사결정 알고리즘 개발, 디지털매뉴얼 제공, 현장 실증 및 서비스모델 개발을 통한 신산업 전환을 목표로 하고 있다.

이를 위해선, 양식생산 프로세스별 개선공정설계, 공정별 자동화 및 효율화 기자재 개발 및 실증, 양식장에너지 관리 구조 모델링, 수량 및 수질 관리 모니터링 시스템, 자동 사료공급기, 어류의 성장 및 질병 예측 알고리즘 개발, 등 개별 모듈 개발과 모듈별 현장실증의 실효성과 데이터표준화를 위한 유수식 디지털 육상양식장에



(그림 4) 디지털양식 생산 및 경영관리시스템 개략도  
(Figure 4) Overview of digital form production and business management system



대한 설계기준과 시설 규격에 대한 최적화 설계모델링과 성능검증이 우선 되어야 한다.

### 3.2.3 디지털트윈 기반 디지털양식 생산관리 서비스

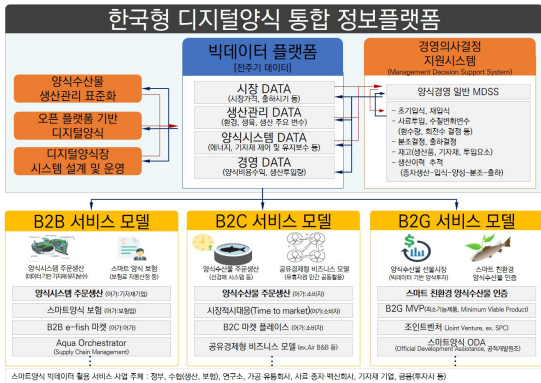
실제 공간에 존재하는 물리적 대상의 성질, 형상, 상태 등의 정보를 소프트웨어를 이용한 가상 세계에 동일하게 구축하고, 두 공간 간의 상호연동을 통하여 솔루션제공, 의사결정 지원 등 물리적 시스템의 실시간 최적화가 가능한 디지털트윈의 양식시스템 적용은 에너지비용 절감, 사료비 절감을 통한 경제성 향상, 성장 예측을 통한 출하 시기 조절에 따른 가격 및 수급조절, 유통·물류 최적화, 가치사슬 구조 개선 등의 효과를 기대할 수 있다 [12]. 디지털트윈 기반 디지털양식 서비스 분류는 데이터 관리(사육환경 및 양성정보), 최적화(사육환경 제어 및 자동화, 에너지 관리, 양성관리, 생산량 및 출하량 예측, 생육 단계별 질병관리)와 지능화(데이터 기반 자동제어 및 통합 관리 지능화 플랫폼)로 크게 3가지 나눌 수 있다. 디지털트윈 기반 디지털양식의 산업화를 위해서는 양식 기술의 표준화가 시급하며, 어민들의 노하우 수용, 어종의 다양성을 고려하여 종별 특성에 맞는 환경 제어 기술, 양성 최적화 기술의 개발뿐만 아니라 어종별 특성, 소비 지역 분석을 통한 물류·유통의 최적화까지 필요하다.

### 3.2.4 풀필먼트/리테일테크 기반 씨푸드테크 (Seafood Tech)

농축수산분야의 성공적인 기업 및 제품은 생산-가공-유통-소비자를 연계한 협동조합의 운영과 밀접한 관계를 가지고 있다. 가공 분야는 뉴질랜드 최대 기업인 Fonterra 협동조합으로 연매출 220억 뉴질랜드달러(한화 약 20조 원) 규모로 세계 최대의 유제품 수출업체로 자리잡고 있다. 키위 수출업체로 유명한 Zespri는 키위 재배농가의 협동조합 형태로 운영되고 있는 것이 특징으로 키위 농가의 소유권을 제외한 운영, R&D, 마케팅 기능을 통합해 키위 공급사슬을 조직화하고 단일 창구로 외부 유통망이나 협력사에 강력한 협상력을 보유하고 있다. 덴마크 '데니쉬 크라운(Danish Crown) 협동조합은 축산 농가 5,900여명이 조합원으로 참여해있는 협동조합으로, 조합원이 생산한 가축을 수매하여, 도축, 가공 및 유통을 담당하며 돈육수출 세계 1위('20년 약 11조원 매출)이다. 세계적인 다국적 청과 브랜드인 "썬키스트(Sunkist)"는 캘리포니아에서 5천여 가구 이상의 오렌지, 레몬 농가들이 모여 1893년 결성한 협동조합으로 연 매출 약 1조 1,000억원이

다. 웰치스(Welch's)는 1956년부터 주식을 전미포도농가 협동조합이 보유하여 12,000여 가구의 농가들이 주주로 참여한 주식회사로 주스, 잼, 젤리 등 균일한 품질의 제품을 제공하고 있다. 이런 농축수산분야 협동조합의 성공모델은 대부분 패커(Packer)형 협동조합으로 산지 조직화, 품질 규격화에 따른 생산자 이익 극대화, 생산, 품질 관리, 가공 및 유통판매전 과정을 통합경영함으로써 유통과정을 줄이고 비용을 절감함으로써 높은 경쟁력을 발휘하였다. 패커형 협동조합은 코로나 팬데믹 여파로 글로벌 경제가 위축되는 동안 언택트 소비 증가와 이커머스 시장의 급성장으로 변화의 시기가 도래하였다. '19년 26조 7천억원이었던 온라인 식품시장 규모는 '22년 36조 1천억원을 기록하였고, '25년 약 54조원에 달할 것으로 추정되고 있다. 농축수산물 그중에서도 양식수산물은 생산과 소비 사이의 시간, 장소, 소비자 니즈(활어와 수산 가공식품) 등의 불일치로 인한 복잡한 유통단계로 인해 유통비용 부담이 큰 편이다. 안정적인 생산시스템을 기반으로 생산정보, 소비/유통/가격/품질 정보 등 양식수산물의 유통정보 표준화와 효과적인 출하시기 및 최적경로 배송 등 물류 효율화가 필수적이며, 고객에게 배달하기까지의 전 과정을 일괄적으로 처리하는 풀필먼트(Fulfillment)서비스 제공을 위해 양식수산물의 계획생산 및 품질표준화, 가공, 유통 및 포장 기술의 개발을 함께 진행해 유통 및 물류시장의 변화에 대응하여야 한다.

온라인 시장과 함께 오프라인 유통시장은 글로벌 유통기업인 Walmart(Click&Collect), Amazon(Just Walk Out) 등은 물론 국내외 편의점까지 이제는 무인매장과 키오스크로 대표되는 리테일테크가 활발하게 쓰이고 있다. 소매(Retail)와 기술(Technology)의 합성어인 리테일테크(Retail Technology)는 IoT, AI, 기계학습(ML), 빅데이터 등을 접목한 리테일테크 서비스를 오프라인 유통시장에 적용해 소비자들의 발걸음을 다시 매장으로 되돌리기 위한 노력을 시도하고 있으며, 글로벌 스마트 리테일 시장은 연평균 27.5% 성장해 2030년에 237억 달러 규모에 달할 것으로 전망된다. 따라서, 그림 5와 같이 양식산업의 디지털 혁신을 위해서는 안전하고 질 좋은 양식수산물을 생산하는데 그치지 않고, 가공, 유통 및 물류기업과 소비자가 원하는 품질, 가격 및 안전성을 확보하고 정보를 공유하여 이익을 극대화하는 노력과 변화가 간절한 시점이다. 이를 위해서는 수산물의 안전성, 동물복지, 환경부하 감소 등 여러 여건변화에 대응하고, HMR(가정식 대체식, Home Meal Replacement), RMR(외식 대체식, Restaurant Meal Replacement) 등 니즈에 맞춘 생산 전주기 이력관리



(그림 5) 한국형 디지털양식 통합 정보플랫폼을 활용한 신서비스 및 신산업 창출

(Figure 5) Creation of new services and new industries using a Korean-style digital form integrated information platform

정보 표준화 및 시스템화, 소비자 및 구매자 맞춤형 원물 생산 및 정보 제공으로 신뢰받는 수산식품산업을 견인할 수 있다. 또한, 현재의 영세한 국내 양식산업을 고려해 패커형 협동조합을 통한 우수종자보급·생산 규모화·품질 표준화·출하시기 예측을 통한 가공 및 물류시장 변화에 신속하게 대응할 수 있어야 할 것이다.

### 3.3 스마트양식 클러스터의 현황 및 발전방향

디지털양식의 경제성을 입증하고 데이터 표준화를 통한 정보활용성을 검증하고 권역별 맞춤형 양식생산시설 및 설비표준화를 선도하고 가공 및 유통산업과 연계를 위한 스마트양식 클러스터 조성사업은 2019년 부산을 시작으로 경남 고성, 전남 신안, 강원, 경북 포항, 올해 제주 까지 총 6개 사업이 선정돼 추진 중이며, 첨단 해수순환 여과시스템(RAS) 기반의 스마트양식장을 구축할 예정이다. 대상품종은 지역 특성을 고려해 부산, 강원, 포항은 연어류, 고성은 바리류, 신안은 새우류, 제주는 넙치를 선정했다. 사업기간은 4년, 개소당 총사업비 400억 원이 투입되며 스마트 기술을 통한 양식업의 경제성을 실증할 수 있는 테스트베드(300억 원)와 유통·판매·사료·생산업체 등이 입주해 연관산업이 동반 성장할 수 있는 배후부지 기반 조성(100억 원)으로 구성돼 있다.

그림 6과 같이 부산은 기장군 일광면 동백리에 부산시, 부경대와 함께 GS건설 자회사인 에코아쿠아팜(주)이

민간투자자로 참여해 2023년 12월 준공을 목표로 추진 중이다. GS건설의 수처리 기술을 바탕으로 고밀도 생산과 수처리 시스템을 포함한 양식시스템 수출시장 개척을 기대하고 있다. 경남 고성은 (주)AQ 주체로 추진 중이며, 하이먼 덕호리에 위치한 한국남동발전 부지에서 발전에 사용된 온배수의 열을 활용해 에너지 비용을 절감하고 고부가가치 신품종인 바리류의 상업적 대규모 생산으로 국내외 신시장 개척이 기대된다. 전남 신안은 지도읍 자동리에 신안군 주도로 국내 새우양식의 60%를 생산하는 새우 특화지역으로 안정적인 어린 새우 공급으로 국내 새우양식의 경쟁력을 높이길 기대하고 있다. 강원도는 강릉시 연곡 해안로에 위치한 강원도 수산자원연구원 부지에 구축하고, 배후부지는 양양군에 2개소로 나눠 조성할 계획으로 연어질병백신 연구센터가 강원도 강릉시에 2024년에 구축될 계획이어서 연어류를 대상으로 하는 클러스터와 시너지 효과가 기대된다.

경북 포항은 장기면 금곡리 일원에 미래아쿠아팜 주체로 추진 중이며, 국산 기자재를 활용한 K-RAS 구축을 목표로 하고 있다. 국산 기자재 성능 고도화, 표준화 등이 기대되며, 포항해양과학고등학교 인접해 있고, 현재 스마트양식 교육 과목을 준비 중으로 클러스터 조성사업과 연계한 인력 양성이 기대된다. 2022년 7월 선정된 제주는 테스트베드는 제주도 구좌읍 행원리에 위치한 제주도 해양수산연구원 부지에 구축될 예정이며, 기존 행원 육상양식단지에서 활용할 통합 수처리 시설을 설치할 계획이며, 국내 양식넙치의 60%를 생산하고 인천에 가공·유통시설을 갖추고 있어 넙치를 활용한 다양한 제품개발 및 넙치의 판로 개척이 기대된다.

스마트양식 클러스터 조성사업과 양식산업의 디지털 전환의 성공적인 추진 및 어가의 수용성 확대를 위해서는 변화하는 소비자의 요구사항, 가공/유통 및 물류산업의 상품가치 및 적합성, 생산자의 이익을 최대화하고 소비자에게는 안전하고 유통비용이 절감된 경제적인 가격으로 공급될 수 있게 종자, 사료, 수산물의약품, 양식시설, 양식기자재, 가공, 유통, 경영, 교육 등 전 분야에 걸쳐 국내외 연구기관, 대학 및 대중소기업의 유치, 수산종자원, 수산기자재진흥원, 수산교육문화정보원과 같은 산업 전반을 뒷받침해줄 수 있는 협력생태계의 구축과 어업인이 믿고 사용할 수 있는 안정성있는 기자재와 시스템, 설비의 생산, 유지보수 인프라 및 교육, 보급지원 방안이 연계가 되어야 한다.



(그림 6) 스마트양식 클러스터 조성사업 추진 현황  
(Figure 6) Trends on Smart Aquaculture Cluster Creation Project

#### 4. 결 론

우리나라 양식산업의 생산량과 기술발전의 정체는 우수한 종자개발기술, 완전양식기술, 해면가두리, 육상유수식, 육상 순환여과양식기술 등 변화하는 환경에 대비하고 현장에 활용될 수 있는 100여종 이상의 수산생물 양식기술을 보유하고 있지만 어업현장의 낮은 수용성과 국제적 수산물 소비트렌드와 기자재 및 시스템의 발전을 따라잡지 못해 발생된 예견된 현상이다. 하지만, 앞서 기술한 것처럼 종자생산방식, 데이터 수집 방식, 생산관리 프로세스 및 시스템, 가공/유통/물류시스템 시장이 변화하고 있고 지금도 시시각각 소비자와 사용자의 요구에 맞게 산업전반에 걸쳐 변화되고 있다.

이런 점에서 전통양식산업의 디지털전환은 결코 늦은 것이 아니며, 우리의 강점인 IT, 디지털트윈, AI, 빅데이터 등 4차 산업혁명 기술의 양식연관산업 적용과 어가의 수용성을 고려한 경제성있고 편리한 생산시스템 도입과 안전하고 질 좋은 수산물의 소비자에게 공급할 수 있는 체계의 도입이 절실하다. 이는 양식어업인 개개인의 노력보다는 연관산업전반에 걸친 기술도입과 실증, 데이터 축적 및 분석, 인프라구축, 인력양성 및 글로벌 시장 진출 등 다양한 분야에서 협력과 연계가 필요한 시점이다.

본 연구에서는 양식어가의 수용성 및 현장적용성을 고려하고, 가공/유통을 위한 중간 구매자 및 최종 소비자를 고려한 디지털양식으로의 전환 및 발전을 위한 원천기술의 확보와 국제 표준화 선점, 글로벌 수산물 소비 및 유통 트렌드 변화에 대응 방안을 확인하였다. 이를 통해 미래 디지털양식산업으로의 안정적 성장에 주요한 발판이 될 것으로 판단된다.

#### 참고문헌(Reference)

- [1] Aquaculture Industry Development Act. <https://www.law.go.kr/>
- [2] Statistics Korea, “Fishery Production Survey in 2021,” 2022. <https://www.kostat.go.kr/>
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), “The State of World Fisheries and Aquaculture 2022,” 2022. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- [4] J. R. Lee et. al, The S&T Policy Study on Extension of Smart-Farming in Korea, Science & Technology Policy Institute, 1-149, 2018. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09233136>
- [5] Comité Européen des groupements de constructeurs du machinisme agricole (CEMA), Digital Farming: what does it really mean?, <http://cema-agri.org/>
- [6] H. Lee, H.J. Cho, & C.J. Chae, “A study on Digital Agriculture Data Curation Service Plan for Digital Agriculture,” *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol.27, No. 2, pp. 171-177, Feb. 2022. <https://doi.org/10.9708/jksci.2022.27.02.171>
- [7] D. Lee, B. Bae, J.H. Lee, S. Kim, H. KIM, “Development of the Smart Aquaculture Technology and Industrialization Plan,” *The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, Vol.33, No.2, pp. 412-420, 2021. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.4.33.2.412>
- [8] Agriculture and Forestry Production Index, 2021. <https://www.mafra.go.kr/bbs/mafra/65/401117/artclView.do>
- [9] J.H. Min and J.Y. Park, “Technology and Standardization Trends on Smart Agriculture,” *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol.33, No.2, pp. 77-85, 2018. <https://doi.org/10.22648/ETRI.2018.J.330209>
- [10] Sjaak Wolfert, Lan Ge, Cor Verdouw, Marc-Jeroen Bogaardt, “Big Data in Smart Farming - A review,” *Agricultural Systems*, Volume 153, 2017, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>

[11] M. H. Choi, & J. Y. Park, "Trends of Technologies and Standards for Digital Agriculture and Future Standardization Initiative," Precision Agriculture Science and Technology, 2022.  
<https://doi.org/10.12972/pastj.20220015>

[12] S. Y. Lee et al., "Status and Development of Aquafarm based on Digital Twin," Electronics and Telecommunications Trends, Vol.338, No.3, pp. 29-37, 2023.  
<https://doi.org/10.22648/ETRI.2023.J.380304>

## ● 저 자 소 개 ●



### 안 상 중(Sang Jung Ahn)

2008년 부경대학교 생물공학과(공학박사)  
2012년 미국 카네기연구소 발생학과 연구원  
2013년 국립암센터 연구원  
2014년 국립수산과학원 연구원  
2014년~현재 해양수산과학기술진흥원 R&D 기획 생명기초분야 PM, 해양수산신기술(NET) 인증 담당  
관심분야 : 디지털생물학, 수산업 ICT 융합서비스, 해양수산 빅데이터 등  
E-mail : sjahn@kinst.re.kr



### 마 창 모(Chang-Mo Ma)

2017년 서울대학교 농경제사회학부(경제학박사)  
1991년 한국해양수산개발원(KMI) 양식산업연구실장  
2022년~현재 한국해양수산개발원(KMI) 수산연구본부장  
관심분야 : 첨단양식, 수산분야 ICT 융복합, 해양수산 빅데이터 등  
E-mail : mcm1866@kmi.re.kr



### 김 세 한(Se Han Kim)

2000년 한국한공대학교 통신공학 석사  
2000년 삼성종합기술원 연구원  
2016년 한국전자통신연구원 농수산환경IT팀장, 사물감성융합연구실장  
2023년~현재 한국전자통신연구원 기술기획부장  
관심분야 : 디지털 트윈, 스마트 팜, ICT 융합, AI 및 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷서비스  
E-mail : shkim72@etri.re.kr



### 정 득 영(Deuk-Young Jeong)

2011년 서울과학기술대학교 공학석사  
2023년 서울대학교 공학박사  
2014년 한국방송통신전파진흥원 차세대방송 PM실 주임연구원  
2014년~현재 정보통신기획평가원 수석연구원  
관심분야 : 디지털 트윈, 농·축·수산 ICT, ICT 융합 플랫폼 및 응용 서비스 등  
E-mail : jdy@iitp.kr

● 저 자 소 개 ●



**조 성 윤(Sungyoon Cho)**

2006년 연세대학교 전기전자공학과(공학사)  
2008년 연세대학교 전기전자공학과(공학석사)  
2013년 연세대학교 전기전자공학과(공학박사)  
2020년 삼성전자 시스템 LSI사업부 책임연구원  
2020년~현재 한국전자기술연구원 스마트네트워크연구센터 책임연구원  
관심분야 : 5G/6G 통신시스템, 적응적 신호처리, 딥러닝 등  
E-mail : sycho@keti.re.kr



**권 기 원(Kiwon Kwon)**

1999년 광운대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)  
1999년 전자부품연구원 (KETI) 책임연구원  
2011년 중앙대학교 전자전기공학부 (공학박사)  
2016년~현재 한국전자기술연구원 (KETI) 수석연구원 / 스마트네트워크연구센터 센터장  
관심분야 : 디지털 트윈, ICT 융합, AI 및 클라우드 컴퓨팅 등  
E-mail : kwonkw@keti.re.kr