

스마트양식 기술 개발과 산업화 방안

이동길 · 배봉성 · 이정호 · 김석태* · 김형수†
국립수산과학원(연구관) · *·*국립수산과학원(연구사)

Development of the Smart Aquaculture Technology and Industrialization Plan

Donggil LEE · Bongseong BAE · Jeong-Ho LEE · Sugtai KIM* · Hyeongsu KIM†

National Institute of Fisheries Science(senior researcher) · *·*National Institute of Fisheries Science(researcher)

Abstract

Global marine fisheries resources are showing decreasing trends due to the overfishing and the climate change, and the seafood deficit by the fisheries is replaced by the products from aquaculture industries. However, the aquaculture industry in Korea is experiencing the negative consequences by the decreasing and aging population of fishing village, and the natural disaster such as annual algal blooms (red tide) and abnormally high water temperatures phenomena. The academia and industry of aquaculture are conducting research on the smart aquaculture technology that combines the 4th industrial revolution technologies such as information and communication technology and artificial intelligence (AI) technology to resolve the current difficulties of the aquaculture industries and to secure stable and sustainable aquaculture technologies of the organisms. However, it is not clear to define the concept and definition of the smart or advanced aquaculture technology since it is a new research subject in Korea. Also, there would be diverse ways to develop it. In this study, we suggest the methods how to approach and industrialize on the smart aquaculture technology for the Korean aquaculture environments and management structures. The methods aimed to reduce risks and to stabilize the adaptation process of the smart aquaculture technology.

Key words : Smart aquaculture, Sustainable aquaculture, IoT, ICT

I. 서론

전 세계적으로 수산물의 수요는 증가하고 있으나, 수산자원의 남획과 기후변화로 인해 연근해 어업생산량은 감소하고 있다. 또한 유엔식량농업 기구(FAO)의 2018 세계 수산 및 양식업 현황 보고서(The State of World Fisheries and Aquaculture, SOFIA)에 따르면 전 세계 수산물 소비량 중 양식수산물이 차지하는 비중은 절반가량이며, 2030년에는 양식수산물 소비량이 전체 소비량의 60% 이상을 차지할 것으로 전망됨에 따라 수산양식의

중요성이 더욱 부각되고 있다(FAO, 2018). 이러한 시대의 흐름에 맞추어 노르웨이, 일본 등과 같은 선진 수산국들은 양식수산물의 고부가가치화를 통한 시장 선점과 지속가능한 친환경 양식 기술 개발을 위한 정책적 지원을 이미 확대하고 있다. 특히, 선진 수산국들은 정보통신기술, 영상처리 및 빅데이터 분석 등의 4차 산업혁명 기술을 융합한 첨단양식 기자재를 개발하고 보급하여 생산 공정의 효율성과 편의성을 확보함과 동시에 기존의 양식기술을 과학화하는데 많은 노력을 기울이고 있다.

† Corresponding author : 055-540-2720, kimk2k@korea.kr

* 이 논문은 2021년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(R2021017)의 지원으로 수행된 연구입니다

반면, 우리나라 양식업은 대내적으로 어촌 인구의 감소와 고령화 등으로 인한 정주 여건 악화와 매년 반복되는 고수온, 적조, 태풍 등으로 인한 수산재해에 노출되어 있다(Song, 2005). 특히, 우리나라 어촌 인구는 1967년에 114만 명에서 2019년 11만 4천 명까지 십분의 일 수준으로 감소하였으며, 65세 이상의 고령인구 비율도 해마다 증가하여 39.2%에 도달하였다(KOSIS, 2019). 대외적으로는 시장개방(WTO / FTA 등) 가속화, 수출 수산물에 대한 수입국의 위생조건 강화, 중국 등 신흥 수산강국의 대규모 투자, 노르웨이 등 선진 수산국들과의 기술 격차로 우리나라 양식업은 최대의 위기를 맞고 있다(Yu, 2019). 이러한 위기를 극복하기 위해 최근 정책 당국에서는 학계와 산업계를 중심으로 4차 산업혁명 기술을 접목한 스마트양식 기술 개발을 추진하여 우리나라 양식업의 재도약 기회를 모색하고 있다.

스마트양식 기술 개발의 목적은 데이터 기반의 지속가능한 친환경 양식기술의 개발·보급이며, 목표는 모든 양식기술의 재현성 향상과 생산과정의 효율성 향상이다. 이전에 적용한 스마트양식 기술은 대부분 우리나라 양식환경에 적합하지 않은 해외 첨단양식 기자재와 기술 등을 우리나라 양식현장에 접목함으로써 매번 실패를 거듭하였고, 기술 개발의 방향성을 제시함에도 많은 혼란을 초래하고 있다. 대표적 수산양식 선진국인 노르웨이는 연어를 대상으로 대규모 기업형 양식기술을 발전시켜 왔지만, 우리나라는 가족 중심의 다품종, 소규모 양식경영 체제가 오랜 기간 유지됐으므로 해외 양식기술을 적용하기에는 많은 어려움이 있다(Song, 2005).

스마트양식 기술 개발은 국내에서 처음으로 시도되는 만큼 스마트양식의 개념과 정의가 명확하지 않으며, 기술 개발의 접근에서도 다양한 방법들이 논의될 수 있다. 이로 인해 양식어업인들은 기존 기술과 스마트양식 기술에 대한 이해 부족과 기술접목 가능성에 대한 의구심으로 스마트양식의 산업화 필요성에 대해 소극적이다. 따라서

성공적인 스마트양식 기술 개발을 위해서는 스마트양식 기술의 개념 정립과 기술 개발 단계별 최종목표 설정이 우선시 되어야 한다. 특히 이를 위해서는 우리나라 양식환경 및 경영구조, 개발 기술에 대한 어업인의 수용 능력이 반드시 고려되어야 한다.

본 논문에서는 성공적인 스마트양식 기술 개발을 위해 우리나라의 양식시설 규모 및 경영방식과 양식어가의 참여도 및 기술 수용력 등의 양식환경을 고려한 스마트양식 기술의 개념을 제시하고, 공학 측면의 스마트양식 기술 개발 접근법과 주요 핵심기술을 소개하며, 산업화 방안에 대해 고찰하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 스마트양식 기술 개발의 사례 조사

가. 국내 사례

스마트양식 기술이 미래양식산업에 있어서 새로운 패러다임 전환과 미래 식량 확보를 위한 하나의 대안으로 인식됨으로써 정부, 학계 및 산업계에서는 스마트양식 기술 개발을 위해서 기초연구 및 정책기반 마련 등 많은 노력을 하고 있다. 그 대표적인 사례로 국립수산과학원에서는 2019년부터 2021년까지 3년간 해상과 육상 각 1개소에 스마트양식 기술 및 모델 개발 연구를 수행하고 있으며, 현재는 해당 기술과 시스템을 최적화하고 안정화하는 기술을 개발하고 있다.

(1) 해상 스마트양식

국내 해상 스마트양식 기술 개발 관련 연구는 국립수산과학원 수산과학연구사업, 해역특화 생태통합양식 연구로부터 시작되었다(Park et al., 2016). 해당 과제의 주요 연구 성과물 중 하나가 생태통합양식 관리 시스템이며, 2019년부터 국립수산과학원에서는 이미 개발된 관리시스템을 스마트양식 기술을 적용할 수 있도록 기능과 성능을 개선하여 해상 스마트양식 시범양식장에 활용

하고 있다. 경남 하동에 승어를 대상으로 하는 해상 스마트 시범양식장을 구축하였고, 시설의 규모는 0.44ha 이며, 12 × 12 × 6 m 크기의 가두리 6조이다. 이들 가두리 중 28만 마리의 승어를 양성하고 있는 5조는 데이터 수집용이며, 나머지 1조는 스마트양식 실증시험용으로 20만 마리의 승어(평균체중 5g)를 양성관리하고 있다(수용밀도 11.5kg/m³).



[Fig. 1] Cage based on the smart aquaculture test bed.

해상 스마트양식 시범양식장에는 정보통신기술 (Information and Communication Technology, ICT)과 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 등을 접목하여 원격지에서 양식생물의 양성과정을 실시간 모니터링 하는 한편, 사료 자동공급 장치 등을 제어하고 양성데이터를 수집 및 관리할 수 있는 기반이 조성되어 있다.

(2) 육상 스마트양식

육상 스마트양식 시범양식장은 2019년부터 현재까지 국립수산물과학원 첨단양식실증센터(구, 내수면양식연구센터) 양식사육동을 활용하여 구축하고 있다. 시설 규모는 약 160평이며, 양성수조는 5톤과 30톤 용량의 수조 각각 20조와 2조이다. 육상 스마트양식 시범양식장에는 수질환경(수온, 용존산소 등) 자동제어와 사료공급, 그리고 각종 센서와 시스템 상태를 모니터링 할 수 있는 기반이 조성되어 있다. 특히, 스마트양식 제어실에서는 양식생물의 양성관리 과정과 시스템 운영 상태 등을 실시간으로 확인할 수 있다.

2021년에는 스마트양식 주요 핵심기술들을 통합하여 유기적으로 제어 가능한 환경을 구축하고 해당 기술을 산업화 수준까지 발전시키기 위해서 최적화하고 안정화하는 연구를 수행 중에 있다.



[Fig. 2] Land based on the smart aquaculture test bed.

그 외에도 국내 산업계에서는 이미 수조별로 수온, 용존산소, pH 측정 센서 등을 설치하여 수질환경을 실시간으로 모니터링하고 설정값을 기준으로 자동 제어할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다(Lee and Ma, 2016). 그러나 물리적 여과와 생물학적 여과 장치 등으로 구성하는 순환여과시스템과 유기적으로 연동하여 통합 제어할 수 있는 기술은 미비한 상태이다.

나. 국외 사례

스마트양식과 관련한 국외 기술 개발은 유럽 선진 수산국을 중심으로 양식산업의 규모화와 첨단화를 추진하고 최근에는 전통양식기술에 정보통신기술을 접목하여 활발한 기술 개발이 진행되고 있다. 특히, 사육환경 측정과 영상처리장치, 수질환경 제어 소프트웨어 기반으로 사육환경 데이터를 수집 및 분석하고 자동제어 시스템 개발에 많은 노력을 기울이고 있다.

국외 스마트양식 관련 기술 개발 동향을 살펴보면 크게 사육환경 측정과 자동제어, 양식생물의 생산 자동화, 사육수 처리와 생산 모델 및 플랫폼 개발 기술로 구분할 수 있다.

(1) 사육환경 측정과 자동제어 기술

사육환경을 실시간으로 측정하고 설정값을 기

준으로 자동으로 제어하는 기술은 스마트양식 기술을 구현하기 위한 주요 핵심기술 중의 하나로 현재 사업성이 가장 큰 부분이며 가장 큰 부가가치를 창출할 수 있다.

주요 품목은 사육환경 센서, 순환여과시스템, 히트펌프 등이 있으며, 해당 품목은 기업별로 특화되어 기술 개발이 이루어지고 있다.

덴마크의 Oxyguard社は 용존산소량 측정 및 제어장치 개발에 특화된 기술을 가지고 있는 양식 기자재 선두업체로 육상양식장의 용존산소 측정 및 공급시스템의 표준을 제공하고 있다(Lee and Ma, 2016).

노르웨이의 AKVA社は 해상가두리에서의 수온, 용존산소 및 조류 센서 등을 이용한 사육환경 측정기술과 수중 영상 카메라를 통한 어류의 먹이활동과 무게, 크기 등의 생물학적 특성을 분석할 수 있는 고유의 기술을 보유하고 있다. 또한, 양식장 내에 수중조명 장치를 설치하여 조명의 위치와 조도를 원격지에서 제어하여 어류의 성장 속도를 증가시킬 수 있는 기술도 보유하고 있다(Lim, 2020).

(2) 양식생물의 생산 자동화 기술

양식생물의 생산 자동화 기술은 사료 자동공급 장치, 개체 수 및 크기 측정 장치 등이 있다.

노르웨이의 AKVA社は 사육환경 측정 장치, 영상 카메라와 사료공급시간, 공급량과 공급속도 등을 제어하는 소프트웨어를 연계하여 해상가두리에 사료를 자동으로 공급하는 기술을 개발하였다(Lee and Ma, 2016).

호주의 AQ1社は 지수식 양식시스템에서 수중 음향을 청음하여 사료공급 상태를 판별하고 자동으로 사료를 공급하는 시스템과 스테레오 영상 카메라를 이용하여 비접촉식으로 어류의 크기 및 개체 수를 측정할 수 있는 기술을 개발하였다(Lee and Ma, 2016).

미국의 Sound Metrics社の DIDSON 소나는 목표 범위 내 수중 개체를 인식할 수 있는 정보 측

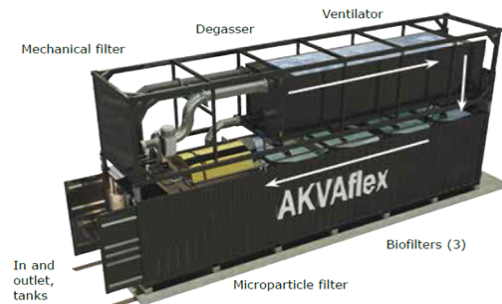
정기술로 수중 탁도의 영향을 적게 받으며 해류의 흐름이 빠른 곳이나 움직임이 빠른 어류에 적용할 수 있다(Ma et al., 2015).

아이슬란드의 VAKI社は 양식장에 설치된 파이프를 통해 이동하는 어류의 개체 수를 측정하는 기술을 개발하였고 이는 어류의 무게 및 크기에 따른 분류가 가능하다(Ma et al., 2015).

(3) 사육수 처리 기술

사육수는 어류가 생활하는 환경으로 성공적인 양식과 배출수로 인한 수질오염을 막기 위해서 매우 중요하다.

AKVA社は 사육수 재사용이 가능한 육상수조식 양식장용 순환여과기술을 보유하고 있으며 물리적·생물학적 여과와 이산화탄소 분리 기술을 등을 개발하여 10여 개국에 연어양식시스템을 판매하고 있다. 최근에는 설치장소에 구애 없는 모듈형 순환여과시스템을 개발하였으며 이는 양식장 규모에 따라 확장이 쉽고 설치시간이 짧은 장점이 있다(Ma et al., 2015).



[Fig. 3] Modular recirculation aquaculture system of AKVA Group.

덴마크의 Billund社は 담수어류를 대상으로 순환여과양식 시스템을 포함한 양식기자재를 개발하고 상업적 생산시설을 제공하고 있으며, 중국 등 국가에 연간 약 20억 달러 이상 수출하고 있다(Lee and Ma, 2016). 노르웨이의 Nofima社は 순환여과기술센터를 중심으로 양식산업과 관련된 R&D 사업을 통해서 최신 순환여과기술 및 생산

표준화 기술 개발을 꾸준히 수행하고 있으며, 도출된 연구 결과물은 노르웨이의 AKVA社를 통해 현장에 적용되고 있다(Lee and Ma, 2016).

(4) 스마트양식 생산 모델 및 플랫폼

스마트양식 생산 모델 및 플랫폼은 사육환경과 양식어류의 특성을 고려하여 적절한 환경을 스스로 결정한 후 이를 자동제어 시스템을 통해 관리하는 것을 말한다. 현재까지 스마트양식 플랫폼을 완전하게 구축하지 못했으나 이에 대한 개발 노력은 계속되고 있다(Choi et al., 2020).

그리스의 Aqua-Manager社의 ‘AM Nursery’ 모듈은 양식장의 사육밀도, 사료공급, 사육환경 데이터를 수집 및 가공하고 비용이나 수익과 관련된 생산과정의 변수를 통합하여 관리하는 정보를 제공하고 있다. AM Hatchery 모듈은 수온, 용존 산소, pH, 염도 등 사육환경 변수와 산란 관련 변수 등을 수집하여 정보를 제공하고 있다(Lee and Ma, 2016).

AKVA社는 ‘FishTalk’ 관리 시스템을 이용하여 양식수산물의 생산부터 유통·판매까지 전 과정의 데이터를 수집하고 분석하여 통합솔루션을 제공하고 있다(Ma et al., 2015; Lim, 2020).

2. 과학기술 발전에 따른 수산양식기술의 변화

과학기술이 오랜 시간을 거쳐 근세기 급속도로 발전했고 이에 따라 인간의 삶은 보다 풍요롭고 편리하게 되었다. 이 때문에 수산양식기술도 많은 변화가 있었지만, 양식업은 타 분야 1차 산업에 비해 자연환경의 영향을 많이 받는 특수성으로 인해 기술 발전의 속도가 상대적으로 느리다.

수산양식기술의 발전 단계는 크게 전통양식, 자동화 양식, u-IT 양식과 스마트양식으로 구분할 수 있다. 전통양식은 대상 품종별 양식기술을 개발하고 확보하는 단계로 소규모의 양식장에서 종자의 생산부터 사료 공급, 생산, 출하에 이르는 일련의 과정을 전적으로 사람의 노동력과 자연환경에 의존하는 양식 기술이다(<Table 1>).

자동화양식은 양식생물 생산과정에서 매일 단순 반복하는 작업을 부분적으로 자동화함으로써 양식생물 생산과정을 효율화하는 기술을 말한다. 대표적으로 사육환경 제어와 사료 자동공급 장치가 있다. 최근에는 사람의 경험과 지식을 바탕으로 설정된 값 기준으로 사육환경을 제어하고 사료를 자동으로 공급하는 기술 수준까지 도달해 있다.

u-IT 양식은 스마트양식의 기반기술로서 정보 기술(IT, Information technology), 정보통신기술과 사물인터넷 기술이 발달함에 따라 원격지에서 양

<Table 1> Changes in aquaculture technology with development of science and technology

Classification	Tradition Aquaculture	Automation Aquaculture	u-IT Aquaculture	Smart Aquaculture
Objective	Simple increase in production	Improvement of work efficiency	Predictable Aquaculture	Reproduction rate improvement of aquaculture technology
Concept	Decision	Human	Human	Human + Machine
	Labor	Human	Human + Machine	Machine
Data utilization	Experience and Knowledge	Water quality environment	Water quality environment, Aquaculture management	production·demand·supply
Core technology	Kind Aquaculture technology	Automation	ICT, IoT and Data aquisition	Big data, AI and Robot

식장을 관리하고 양식생물을 생산하는 기술이다. 특히, u-IT 양식은 양식장 관리의 과학화와 편리성 확보에 근접한 기술로 현재는 양식장의 수온, 용존산소 등 수질환경 모니터링뿐만 아니라, 사료 자동공급 장치의 제어 기능까지도 갖추고 있다(Choi et al., 2020).

스마트양식은 빅데이터 분석과 인공지능(AI) 등 4차 산업혁명 기술과 양식생물의 성장과 환경 관리 데이터를 융합하여 양식생물의 생산과정을 지능화하는 차세대 첨단양식이다. 스마트양식의 궁극적인 목표는 양식생물의 양성관리 과정 중에 발생할 수 있는 문제들을 사전에 예측하고 능동적으로 대처함으로써 안전성을 확보한 지속가능한 양식수산물 생산하는 것이다.

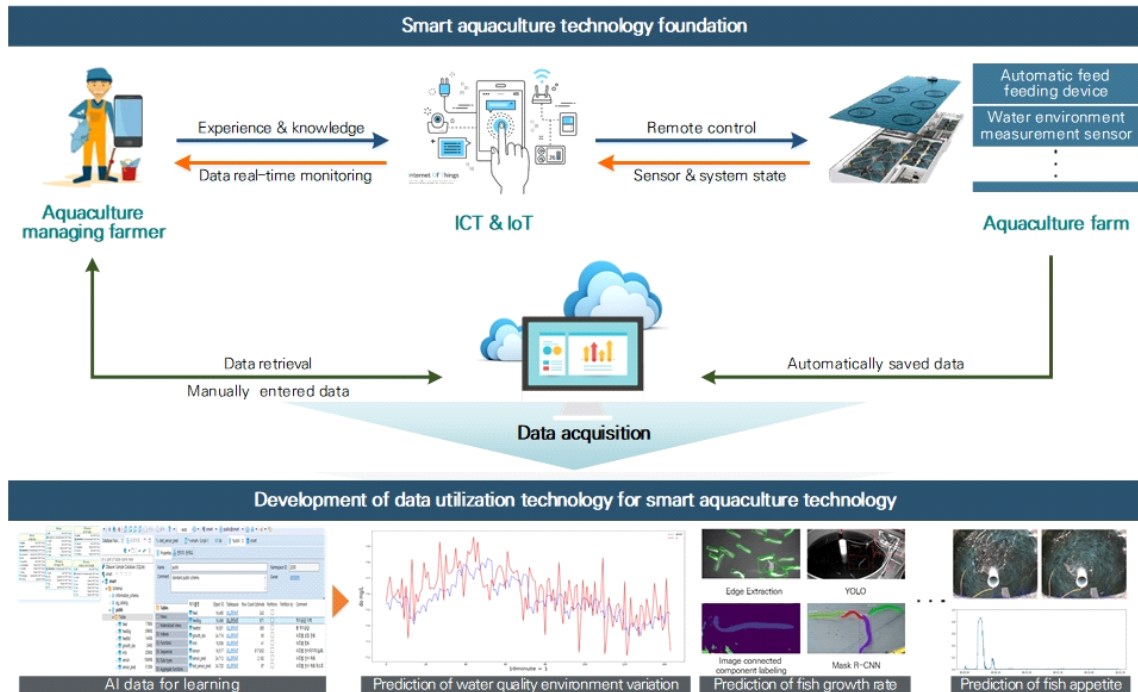
스마트양식의 주요 핵심기술에는 대상품종별 최적 양성관리 기술, 사육환경 제어기술, 사료 자동 공급기술, 양식시스템 통합제어와 데이터 활용기술이 있다.

대상 품종별 최적 양성관리 기술은 양식생물의 생리·생태학적 특성 분석과정을 통해 최적의 양성관리 조건과 방법을 구명하는 기술을 말한다. 해당 기술은 스마트양식 기술 구현에 가장 기초가 되는 기술로서 양식생물의 성장단계별 사육환경 및 사료 공급량 등의 최적 양성조건을 자동화된 양식시스템에 적용할 수 있다. 특히, 대상품종별 최적의 양성조건 구명은 지속적인 양성과 종자생산으로 인해서 양식생산성이 감소할 수 있으므로 지속적으로 이루어져야 한다.

사육환경 제어기술은 수질환경 측정 센서와 순환여과시스템 등을 활용하여 양식생물의 수온, 용존산소 등과 같은 사육환경을 안정적으로 제어하는 기술을 말한다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 스마트양식의 주요 핵심기술



[Fig. 4] Development of the smart aquaculture technology on the engineering aspect.

사료 자동 공급기술은 양식생물의 성장단계별 사료공급량과 공급 횟수에 맞게 사료를 정량 공급하는 기술을 말한다. 최근에는 수조 상단에 설치된 영상 카메라에서 수집된 어류의 사료 섭취 행동을 관찰한 영상 데이터를 활용하여 공급량을 자동으로 제어하는 기술이 개발되었다(Lim, 2020). 해당기술은 적절한 사료를 자동으로 공급할 수 있어 어류의 소화율 향상과 사료 과잉공급에 따른 사육환경의 오염을 최소화할 수 있다.

2. 공학적 접근 방법

공학 측면의 스마트양식 기술은 자동화, 정보통신, 사물인터넷, 빅데이터 분석 기술 등을 활용하여 양식생물의 양성관리를 지능화하는 것이다. 양성관리의 지능화는 수질환경의 변화를 예측하고 성장단계별로 적정 사료량을 결정하는 과정을 사람 대신 기계 스스로가 능동적으로 수행하는 것이다. 이를 위해서는 양식생물의 양성관리에 필요한 사육환경 제어 시스템과 사료자동공급 장치 등을 유기적으로 통합하고 제어하는 기술과 AI의 학습을 위한 대량의 양성 데이터 확보가 필수적이다. 그러나 현재, 우리나라의 수산양식 기술수준은 양식과정 중 일부 단계에서 정보통신 및 사물인터넷을 활용하는 u-IT 양식단계로 스마트양식 기술 개발을 위해서는 상당한 시간이 필요하다. 특히, 지금까지의 양성 데이터는 양식장의 특성을 모두 반영하여 기록하지 못하거나 실험을 통해 수행된 연구결과로서 얻어진 부분적인 결과로 양성관리를 지능화하는 데 어려움이 있다.

스마트양식 기술 개발에 있어서 양성관리 과정의 지능화도 중요하지만, 현장 적용성도 고려해야 한다. 특히, 스마트양식 기술은 실사용자인 어업인이 손쉽게 편리하게 사용할 수 있고 양식현장에 문제없이 안정적으로 적용될 수 있도록 개발되어야 한다.

공학 측면의 스마트양식 기술 개발 접근방법

중 첫 번째는 스마트양식 기반 구축이 선행되어야 한다. 스마트양식 기반 구축은 스마트양식 기술 구현이 가능한 환경을 구축하는 동시에 u-IT 양식기술을 활용하여 양식 어업인이 손쉽게 양식장을 관리할 수 있는 기술 개발과 양성 데이터를 확보하는 목적에 있다. 스마트양식 기반 구축에 필요한 기술은 시간과 장소에 상관없이 인터넷이 개방된 곳에서 스마트 폰이나 태블릿 PC로 양식장의 수질환경 정보를 실시간으로 관찰하거나 사료를 공급할 수 있는 원격감시 및 제어기술과 수질환경 정보 및 사료공급량 등의 양성 데이터를 수집하고 체계적으로 관리하는 기술이 있다. 해당기술을 활용한 양식장 운영체제는 원격지 또는 양식장 현장에서 사람의 의사결정에 의해서 기계가 노동하는 개념이다.

두 번째는 스마트양식 기반 구축에서 생산된 대량의 양성 데이터를 활용하여, 사육환경의 시간대별 변화 및 어류의 사료 섭취량 예측과 시스템 고장을 사전에 예측하여 알려주는 등 데이터 활용기술을 개발해야 한다. 해당기술을 활용한 양식장 운영체제는 기계로부터 분석한 양성관리 예측정보를 참조하여 사람의 의사결정에 의해서 기계가 노동하는 개념이다.

세 번째는 심층 기계학습과 로봇제어기술 등을 활용하여 스마트양식의 지능화 및 무인화 기술을 개발해야 한다. 해당기술을 활용한 운영체제는 기계로부터 분석한 양성관리 예측정보를 기반으로 기계 스스로가 의사결정하고 로봇과 기계가 노동하는 개념이다. 다만, 기계가 스스로 의사결정을 하기까지는 많은 시간과 비용이 소비될 것이므로 우선 제시된 데이터를 기반으로 상황에 대해서는 운영자가 판단하고 결정하며 추 후 빅데이터를 기반으로 지능화 및 무인화가 가능한 안정적 기술의 도입이 진행되어야 할 것이다.

3. 산업화 방안

스마트양식 기술 개발이 국내 처음으로 시도되

는 만큼 기술 개발과 활용으로 발생할 수 있는 위험요소를 최소화하고 양식현장의 조기 산업화를 위해서는 단기와 장기적인 목표를 명확히 구분하여 추진하여야 한다.

스마트양식 기술개발의 단기적인 목표는 스마트양식 기반과 양식생물의 양성 데이터 수집 체계 구축이다. 실행해야 할 세부내용 중 첫 번째는 양식생물의 양성관리 효율성을 증대하고, 양식 어업인이 손쉽게 사용할 수 있는 기술의 스마트양식 기반을 양식장별로 여러 곳에 구축해야 한다. 그 이유는 해당 기술의 실제 사용자인 양식 어업인의 기술 요구사항에 충족하는 동시에 신속하게 현장에 보급할 수 있으며, 대량의 양성 데이터를 확보할 수 있기 때문이다.

두 번째는 스마트양식 기반이 조성된 양식장에서 생산되는 데이터를 수집하고 관리할 수 있는 체계를 구축해야 한다. 그 궁극적인 이유는 스마트양식의 지능화 기술개발에 필요한 AI 학습용 데이터를 확보하기 위해서이다. 특히, 양성 데이터가 부족한 시점에서 수산 빅데이터 센터 등과 같은 국가차원에서 운영되는 기관을 설립하여 양식생물의 AI 학습용으로 활용될 수 있는 양성 데이터뿐만 아니라 어장환경, 유전체 정보 등을 체계적으로 축적하고, 해당 데이터들을 민간에 개방하고 활용하여, 수산분야의 AI 기술 개발이 활성화될 방안 마련이 필요하다(Kim et al., 2017).

세 번째는 양성 데이터를 센싱하는 기술 개발이다. 양성 데이터를 수집할 방법은 크게 자동수집과 수기작성이다. 자동수집 방식은 대표적으로 수질환경 측정 센서와 사료 자동 공급장치에서 생산되는 데이터를 자동으로 기록하는 방식이다. 그 외 상당수가 수기로 작성해야 하는데 양식생물의 상태, 크기 및 폐사 마릿수 등이 대표적이다. 수기작성 방식은 작성자에 따라 주관적이며, 데이터 수집의 편의성과 지속성이 떨어진다. 또한, AI가 스스로 상황을 인지하고 이해할 수 없으려면 AI 소프트웨어가 사물 간 연관성을 이해할 수 있는 형태로 가공된 대규모 AI 학습용 데

이터 확보가 중요하다(Kim et al., 2017). 따라서 현재 수기로 작성하여 데이터를 수집하는 방식에서 AI 학습용으로 활용 가능하고 자동으로 데이터를 수집할 수 있는 기술적 방안이 필요하다.

장기적인 목표는 양식 기자재의 표준화와 데이터 활용 기술력의 축적이다. 세부 실행계획 중 첫 번째로 양식 기자재의 표준화 방안 마련이다. 스마트양식 기술은 양성관리 중 수질환경 변화와 시스템 고장 문제를 능동적으로 대처하고 수질변화의 영향을 끼치지 않는 범위에서 물의 재사용과 펌프의 가동시간을 최소화하여 사용에너지를 최대한 절감하는 기술을 포함한다. 이를 위해서는 수질환경 측정 센서, 사료 자동 공급장치 및 순환여과시스템 등의 기자재가 유기적으로 연동되고 능동적으로 제어되어야 한다. 하지만 현재는 양식 기자재 제조사마다 각각의 센서와 장치를 제어하기 위한 통신프로토콜을 다르게 사용하고 있어 유기적인 통합제어에 많은 어려움이 있다. 또한, 양식 기자재에서 생산되는 데이터 중 AI 학습용으로 활용할 데이터 항목의 표준화도 되어 있지 않다. 이러한 이유는 현재까지, 양식 기자재는 양식 어업인별로 소유한 양식 시설물에 적합한 현장 맞춤형으로 개발되어 왔고 부분적인 자동화 양식 중심으로 양식 기자재 시장이 형성되어왔기 때문이다. 따라서 스마트양식 기술에 필요한 AI 학습용 데이터 확보와 시스템의 유기적인 통합제어를 위해서는 양식 기자재와 데이터 항목을 표준화하는 방안 마련이 필요하다.

두 번째는 수집된 AI 학습용 데이터를 활용하는 스마트양식의 기술력 축적과 전문 인력 양성이다. 수집된 데이터는 다양하게 활용될 수 있다. 특히, 사육환경 변화 예측, 사료 섭취량 및 성장률 등에 대한 모델 개발은 물론 생산량의 예측에도 활용할 수 있다. 이러한 기술 개발은 현재 데이터가 부족한 상태로 단기간에 해결할 수 있는 문제가 아니다. 특히, 양식환경의 변화에 따라 생산되는 데이터도 다르므로, 지속적으로 데이터를 확보하여 보정 및 표준화 작업을 거쳐야 한다.

데이터를 활용하는 기술은 이미 구축한 스마트 양식 기반에 별도 하드웨어의 구성없이 소프트웨어만을 업데이트하는 방식을 도입해야 한다. 이와 같은 데이터 활용기술 개발을 위해서는 전문 인력 확보를 포함한 인프라 구축이 필요하다. 이를 해결하기 위해서는 연구기관, 산업계 및 학계가 협업체계를 구성하여 스마트양식과 관련된 교육프로그램 개발 및 벤처기업 육성 등의 정책적인 해결방안도 동시에 마련하여야 한다. 추가로 데이터 수집을 위한 센서의 국산화 또는 안정성과 신뢰도 확보도 중요하다. 많은 수조에 설치되어야 하는 센서 설치 비용은 스마트양식의 대중화에 있어 큰 걸림돌이 될 수 있으므로 저렴하고 안정적인 저가 센서의 개발도 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

전 세계적으로 어업생산량의 감소로 양식생산량이 이를 대체하고 있다. 최근 정책 당국에서는 기존의 노동집약적이고 경험 의존적인 양식업에서 탈피하여 4차 산업혁명 기술을 접목한 디지털 데이터 기반의 기술집약적 스마트양식으로의 전환을 시도하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

공학 측면의 스마트양식 기술개발 중 u-IT 양식기술을 활용하여 양식 어업인이 접근성을 높이는 동시에 양성 데이터를 확보할 수 있는 스마트 양식 기반기술 개발이 선행되어야 한다.

스마트양식은 미래양식산업을 이끌어갈 하나의 기술로 정부, 양식업계 및 민간·산업계 간 협력을 통해 성공적으로 개발해야 하는 한편, 스마트양식 기술과 기자재의 시장규모 확대를 위해 국내 시장뿐만 아니라 세계시장의 판로 개척에도 많은 노력이 요구된다.

References

- Choi JW, Lee JS, Kim YA and Shin YT(2020). A study on the construction plan of smart fish farm platform in the future. KIPS Trans. Comp. and Comm. Sys., 9(7), 157~164.
<https://doi.org/10.3745/KTCCS.2020.9.7.157>
- FAO(2018). The state world fisheries and aquaculture 2018. FAO, 1~227.
- Kim DY, Ryu JG, Park SW, Kim SH, Lee HD, Ha HS and Ha HJ(2017). A study on policy direction for the development of the fisheries industry and fishing communities of the future. KMI, 1~263.
- Korean Statistical Information Service (KOSIS) (2019). Agriculture, forestry and fisheries survey. Census of agriculture, forestry and fisheries. Retrieved from <https://kosis.kr> on May 12.
- Lee SC and Ma CM(2016). Analysis of advanced smart aquaculture technology development trend. ICROS, 22(3), 26~33.
- Lim TH(2020). Trend of artificial intelligence technology for smart aquaculture. KICS, 37(4), 39~45.
- Ma CM, Lee YS, Lee SC, An JE and Yoon MK(2015). A study on the industrialization of advance aquaculture technology. KMI, 1~96.
- Park MS, Yang YS, Do YH and Lee DG(2016). Development of integrated multi-trophic aquaculture technology and future direction. JFMSE, 28(5), 1444~1458.
<http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.5.1444>
- Song JH(2005). A study on development process of enterprise-type business in fish aquaculture: case by yellowtail aquaculture in Japan. KSFBA, 36(1), 139~153.
- Yu JB(2019). Current status and future tasks of the smart aquaculture industry. NARS, 89, 1~25.

-
- Received : 01 February, 2021
 - Revised : 09 March, 2021
 - Accepted : 22 March, 2021