

D.N.A. 기반 스마트 양식 정책 방향 및 기술 표준화 동향

김태호 전남대학교 스마트수산양식연구센터 센터장, 교수

1. 머리말

세계적으로 개방화, 4차산업혁명, 인구 절벽과 고령화 등의 메가트렌드(Megatrends)가 정치, 경제, 사회, 문화 등 모든 분야에 영향을 미치면서 글로벌 산업 구조를 빠르게 변화시키고 있다. 세계가 직면한 미래 메가트렌드의 방향은 예측되지만, 변화 속도가 빠르고 범위와 파급 효과가 광범위할 것으로 예상된다. 이러한 산업 구조의 변화는 국내 산업 전반에 걸쳐 큰 영향을 미칠 것이고, 우리나라 수산업 역시 급변하는 국내외 환경 속에서 성장이 정체되는 등 미래 불확실성이 높아지고 있다.

2015년 유엔 정상 회의에서 채택된 '지속가능한 개발 목표(SDG's, Sustainable Development Goals)'는 2030년까지 세계의 빈곤 문제를 해결하고 지속 가능한 발전을 실현하기 위해 유엔과 국제 사회가 달성해야 할 목표이며, 우리나라의 수산업도 예외는 아니다. 그것을 실현하는 수단으로 주목받는 것이 양식업이다. 양식업이 가지는 성장 가능성이나 식량 확보역할 등을 생각하면, 그 기대치는 매우 높은 편이다.

그러나 최근 우리나라 양식업은 대내외적으로 어려운 상황에 직면해 있다. 대외적으로는 세계 수산 시장의 경쟁 심화 및 후발 국가의 추격뿐만 아니라 포괄적·점진적 환태평양 경제 동반자 협정(CPTPP) 등 개방과 국제 경쟁에 따른 시장 상실이 우려된다. 대내적으로는 지속적인 어가 인구 감소 및 초고령화로 인한 어촌의 인력난, 기후 변화 등에 의한 어장 환경의 변화와 수산 질병 확산과 같은 양식업 한계 요인이 발생하고 있다. 이러한 요소가 노동력 중심의 영세한 전통적 산업 구조와 맞물리면서 소멸 위기에 처한 어촌이 늘어나고 있다.

우리 어촌의 소멸 위기 문제를 해결하고 수산분야 SDGs를 실현하기 위해서는 어촌 뉴딜 사업 등을 통한 주거, 교통 등 어촌 지역 필수 인프라 개선이 필요하다. 또 어촌 지역 수익 모델 발굴을 통한 소득 증대와 D.N.A.(데이터, 네트워크, 인공지능)를 활용한 스마트 시스템의 양식장 도입 등 양식업의 첨단 지식 산업 전환이 요구된다.

2. 스마트 양식 정책 방향 및 기술 동향

2.1. 스마트 양식의 개념과 범위

현재까지 국내외적으로 스마트 양식에 대한 공통의 개념은 정립되지 않았다. 하지만 유엔 산하 세계식량농업기구(FAO)에 따르면, 스마트 양식은 주로 농업에서 사용된 개념으로, 농산물의 생산과 품질 향상을 위해 농업 관리에 첨단 산업 기술을 접목하는 것을 의미한다.

2017년부터 EU 각국은 스마트화 개념을 수산양식 영역까지 확대하여 양식 공간, 생산 방식 및 새로운 가치사슬의 확장을 통해 양식 산업의 경쟁력을 키우기 위한 전략을 수립하고 있다. EU Horizon 2020 행동 강령에 'Aquaculture 4.0'이라는 용어가 최초로 언급된 점이 주목할만하다. 'Aquaculture 4.0'의 '4.0'은 유럽의 4차산업혁명을 의미하는 것으로, 수산업의 4차 산업화로 해석할 수 있다. Aquaculture 4.0의 핵심은 양식 산업에 IoT와 클라우드 컴퓨팅, 인공지능을 융합하는 것이다. 우리나라 해양수산부는 2018년 4차 산업 혁명 기술을 접목한 자동화·지능화를 통한 생산 효율 극대화 및 규모화, 친환경 방식이 구현된 양식 시스템을 스마트 양식으로 정의한 바 있다. 즉, ICT(정보통신기술)요소 기술을 융합, 양식 생물 생육 및 환경 정보 등 양식 현장의 데이터를 기반으로 실시간 모니터링해 노동력·에너지·사료 등을 절감하면서 생산성을 높이는 기술이라 할 수 있다. 첨단 기술의 융복합을 통해 기존 노동집약적 성격의 양식산업을 기술·자본 집약적 지식 산업으로 재편하는 과정으로 이해한 것이다. 전남대학교 스마트수산양식연구센터에서는 자동화와 ICT 기반 양식 시스템을 적용하여 양식장의 수질 환경과 양식 생물의 질병 및 생육에 대한 실시간 모니터링과 예측을 하고, 이를 통해 디지털 생물 성장 관리와 효율적 생산이 가능한 첨단 양식을 스마트 양식으로 정의하였다.

2.2. 스마트 양식 정책 방향

최근 어류 양식업의 생산성 및 친환경 품질 경쟁력의 저하로 국내 양식 산업의 붕괴가 우려되는 등 우리나라 양식업이 처한 상황이 녹록지 않다. 따라서 SDGs 실현을 위해 넘어야 할 hurdles도 많다. 우리 양식 산업이 직면한 양식 어류의 생산성 저하와 소비 부진의 문제는 △복합적 문제의 해결 능력과 신속한 기술 개발의 한계 △현장에서의 기술 재현 어려움에 따른 기술 보급 한계 △기술 중심의 데이터 공유 부재에 따른 어가 자생력 약화 등이 주요 원인으로 꼽힌다.

이로 인해 양식 생물의 유전체 분석·종자·사료·백신·기자재·운영 관리 등 전체 양식 기술이 연결된 일관성 있는 디지털 데이터가 구축되지 않아 생산성 향상에 영향을 미치는 복합적 원인에 대한 문제 해결 능력이 떨어지는 실정이다. 쓸 수 있는 디지털 정보가 부족해 새로운 융합 기술의 적용도 어렵다. 또한 전문성과 환경 등 현장 어가들의 고유 특성이 제대로 반영되지 않은 상태로 실험실에서 개발된 기술과 양식 현장의 간극이 좁혀지지 않는 등 기술 보급의 한계가 있다. 게다가 데이터 공유 부재에 따른 어가 자생력 약화로 친환경 수산물 생산을 위한 양식장 설계, 표준 관리, 이력 관리 기술이 부재해 소비자의 친환경 니즈에 대한 신속한 대응이 불가능하다.

우리 양식업이 안고 있는 문제를 해결하고 양식업의 SDGs를 실현하기 위해서는 디지털 기반 스마트 양식 시스템으로의 전환이 필요하다. 이것은 선택이 아니라 필수 사항이다. AI나 IoT 등 4차 산업 혁명 기술을 기반으로 한 스마트 양식 기술의 개발과 스마트화에 의한 양식업의 경쟁력 강화를 서두르지 않으면 안 된다. 현재 우리나라 양식 분야의 기술 수준은 86.6%로 미국(95.3%)에 이어 4위로 높을 뿐만 아니라 기술 선도국인 노르웨이나 일본과의 기술 격차도 4.4년으로 비교적 짧다. 그럼에도 BT, IT 융·복합 기술 등 신성장 동력 분야에서 혁신 기술 수준은 낮은 편이다. 이같은 이유로 현재 대부분의 국내 스마트 양식장은 수온, 염분, 용존산소 등 수질 환경 데이터를 실시간으로 모니터링하고 자동으로 먹이를 공급하는 단계에 그치고 있어 스마트 양식장의 보급률은 매우 저조한 실정이다.

따라서 우리나라 스마트 양식 기술의 활성화를 위한 지속적인 기술 개발 및 보급과 세계 스마트 양식 기술 시장 진출을 위해서는 다음과 같은 정책 방향을 설정하여 추진할 필요가 있다.

첫째, 수산 분야 기술 표준화에 관한 국가 R&D 확대를 통하여 스마트 양식 기술의 소재와 부품을 국산화하고, 기술 규격과 성능 표준화 및 품질 인증 시스템을 마련해야 한다. 각 소재 및 부품의 수입 대체로 국가 경쟁력을 높이고, 기술성능 및 품질에 대한 인증 시스템을 구축해 스마트 양식 산업의 체계화 및 표준화를 이룰 수 있다.

둘째, 시설 중심의 스마트 양식장 모델을 확산하면서 어류의 생육 및 질병 정보와 환경 데이터 등 양식 현장의 빅데이터를 수집하고 공유 거래하는 개방형 플랫폼과 양식 전후방 산업의 스마트화를 위한 지능형 허브 플랫폼을 구축해야 한다.

셋째, 양식 어업인 또는 기업들의 스마트 양식기술 도입에 대한 투자 리스크를 줄이는 방안을 모색해야 한다. 스마트 양식 기술의 매력도는 안정적인 수익률이 보장되고 투자 리스크가 낮을 때 높게 평가된다. 따라서 AI 등 첨단 기술 적용으로 노동력 감소에 의한 인건비 절감과 적조, 수온 변화 등 자연재해에 대한 선제적 대응이 가능해져 투자 리스크를 줄이면서 생산성을 높일 수 있다는 것을 지속해서 인식시킬 필요가 있다.

넷째, 스마트 양식의 현장 적용 및 산업 확대를 위해 스마트 양식에 관한 기술 이해도와 적용 능력이 겸비된 석박사급의 연구 인력과 현장 전문 인력 양성이 시급하다. 향후 양식 산업의 규모화와 첨단화를 위해서는 스마트 양식 수요 증가에 맞춰 투자를 확대하고 학제 간, 산학 간 네트워크 형성을 통한 체계적 인력 양성 시스템을 구축해야 한다.

2.3. 스마트 양식 기술 동향

2.3.1 국내 스마트 양식 기술 개발 사례

우리나라에서도 스마트 양식 기술이 양식 산업의 패러다임 전환과 미래 식량 확보를 위한 대안으로 인식됨에 따라 최근 정부와 학계 및 산업계에서는 스마트 양식 기술 개발을 위한 기반 연구를 활발하게 수행하고 있다. 국립수산물품질관리원은 경남 하동에 송어를 대상으로 해상 스마트 시범 양식장을 구축, ICT와 IoT 등을 접목하여 원격지에서 양식 생물의 생육 과정을 실시간으로 모니터링하는 한편 자동 사료 공급 장치 등을 제어하고 생육 데이터를 수집·관리하는 기반을 조성하였다. 또 경남 창원(진해)에 있는 첨단 양식실증센터에는 스마트 육상 양식장을 시범 조성하였다. 이 양식장에는 수온, 용존산소 등 수질 환경의 자동 제어 장치와 자동 사료 공급 장치, 각종 센서와 시스템 상태를 모니터링할 수 있는 시스템이 설치되어 있다.

전남대학교 스마트수산양식연구센터는 해양수산부 수산 전문 인력 양성 사업으로 2018년부터 스마트 양식 시스템 구조 모델 및 자동화 기술, 스마트 양식 수질 오염원 처리 및 수질 관리 기술, 스마트 양식 피쉬 케어 기술 등 스마트 양식 핵심 기술을 개발하고 있다. ICT 기반 양식 기술 교육/훈련 프로그램도 운영 중이다. 또 개발된 요소 기술의 실증 실험 및 상용화 연구를 위하여 디지털 유수식 및 순환 여과식 양식장 테스트베드를 구축하여 시험 가동하고 있다.

해양수산부는 대서양 연어와 해삼, 흰다리새우 등 고부가가치 양식 품종의 원천 기술력 확보를 통한 양식 산업 활성화를 위해 부산(기장), 경남(고성), 전남(신안), 경북(포항), 강원도(강릉) 등 5개 지역에 해역별 대규모 스마트 양식 클러스터 조성 사업을 진행하고 있다.



[그림 1] 전남대학교 스마트수산양식연구센터의 기술 개발 개념도

그러나 지금까지 개발된 국내 스마트 양식 기술의 대부분은 시범적으로 운영되고 있거나 실험실 규모를 벗어나지 못하고 있다. 또 대부분의 양식장은 규모가 영세하고, 양식장 운영을 아직도 양식업자의 경험에 의존하는 등 생산 정량화가 어려운 상황이다. 디지털 기술을 일부 도입한 양식장에서조차 양식장 보수 및 관리 등의 이유로 스마트 양식 시스템을 지속해서 운영하지 않고 있다.

2.3.2 선진 외국의 스마트 양식 기술 개발 사례

노르웨이, 덴마크, 미국, EU 등 수산 분야 주요 기술 선도국들은 양식업을 포함한 1차 산업에 ICT를 융·복합한 스마트 양식 기술 개발에 집중적으로 투자하고 있다. IoT, 빅데이터, AI, 로봇 기술 등의 지능형 정보 융합 기술을 양식업에 접목하는 디지털 스마트 양식 기술 개발에 박차를 가하고 있다.

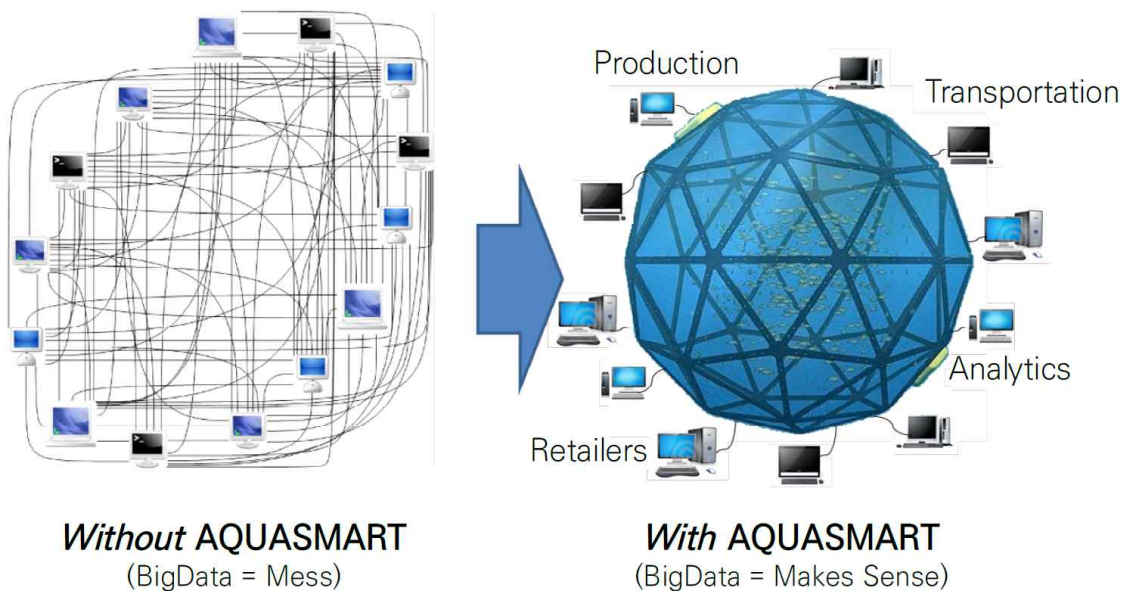
특히 노르웨이와 덴마크 등은 이미 생육 환경모니터링 및 제어와 사료 공급에 이르기까지 1인 제어가 가능한 ICT 기반 첨단 양식 기술을 선보이며 세계 스마트 양식 기술 시장을 주도하고 있다. 노르웨이의 수산, 양식, 식품 공기업인 노피마(Nofima)는 연간 약 750억원의 예산을 투자하여 실증 시설인 순환 여과식 양식 시설을 운영하며, 이를 통해 생산 표준화 및 최적 생육 환경 도출 등 스마트 양식 기술을 선도하고 있다. 노피마를 중심으로 민간 기업인 아크바(AKVA), 마린하베스트(Marine Harvest), 레로이씨푸드(Leroy Seafood Group) 등도 스마트 양식 기술을 현장에 적용하고 있다. 세계 최대 연어 양식·가공 기업인 마린하베스트는 연어 양식에 가장 중

요한 가두리 양식장 관리를 위해 다양한 첨단 기술을 접목했다. 이와 같은 기술을 활용하여 양식 중인 연어가 스트레스를 덜 받도록 물 97%, 연어 3%의 비율로 사육 밀도를 유지하고, 사료 찌꺼기로 인한 오염을 줄이기 위해 한 달에 1kg씩만 살이 찌도록 사료 양을 자동 조절하기도 한다. 아크바는 빅데이터 기반의 양식 생산 자동화 기술을 개발하여 세계 10여 개 국가에 판매하고 있다.

덴마크 옥시การ์ด(OxyGuard)는 용존산소 측정 및 제어 솔루션의 세계 표준을 선도하고 있다. 이 회사는 약 20년간 구축한 양식장 관리 시스템에 축적된 데이터를 마이크로소프트의 클라우드 서비스에 통합하여 데이터 분석 및 서비스를 세계 양식장에 시행하고 있다.

미국 카길(Cargill)은 연어 양식장 고객의 데이터를 아마존 웹서비스(AWS)를 활용하여 빅데이터화하는 프로젝트를 추진하고 있다.

EU에서는 AquaSmart 오픈 클라우드 플랫폼을 구축하였다. 이 프로젝트는 수집된 데이터로 문제 해결을 도와 생산성 향상과 비용 절감뿐만 아니라 운영 효율성 개선을 통한 양식 산업의 혁신 강화를 목적으로 하고 있다. 특히 빅데이터 분석 기술과 글로벌 데이터를 활용하여 수온이나 용존산소 등 양식 환경 변수, 사료 형태, 사료 배합도, 사료 공급 방식, 생산 관리 방식 등과 성장률, 폐사율, 생육 기간, 품질 등 생산 결과와의 상관관계를 도출하였다. 또 사료 공급과 성장모델 최적화를 통한 비용 절감과 환경 영향 최소화, 개체 수 추정, 개체 수와 어류 행동에 기반을 둔 사료 공급량 조절, 질병 예측 등 양식 생산에 영향을 미치는 요소들을 정량화하였다.



[그림 2] AquaSmart 개념도(<https://cordis.europa.eu/project/id/644715/reporting>)

AquaSmart는 더 나아가 양식장의 데이터를 클라우드 기반으로 수집하고, 데이터 마이닝, 머신러닝, 통계 등의 기술을 활용한 빅데이터 분석 결과를 양식장에 제공한다. 이 프로젝트에는 아일랜드, 이스라엘, 슬로베니아, 스페인, 포르투갈, 그리스 등 6개국 8개 기관이 컨소시엄 형태로 참여하며, 연간 예산은 40억 유로 수준이다.

2.3.3 우리나라의 스마트 양식 기술 개발 방향

글로벌 양식 산업의 동향을 살펴보면, 노르웨이, 덴마크, EU 등 양식 선진국에서는 AI, 차세대 센서, 로봇 기술 등을 접목한 스마트 양식이 급속히 성장하고 있다. 이에 비해 우리나라는 낚치, 농어, 조피볼락 등 다양한 어종에 대한 수준 높은 생육 기술을 보유하고 있고, ICT와 로봇, 바이오 기술 수준도 높은 편임에도 이들 기술의 양식 분야 적용은 여전히 미미한 수준이다. 이로 인해 아직도 각 생산 단계별로 얻어지는 개별 데이터만을 활용해 작업 공정의 일부를 기계화 또는 자동화하는 수준에 머물러 있다. 또 현장의 양식 데이터 부족과 적정 알고리즘의 부재로 인해 생육 성장 관련 데이터 수집과 활용 또한 미흡하다.

따라서 글로벌 양식 환경 변화에 발 빠르게 대응하기 위해서는 디지털 기반 스마트 양식 기술 개발이 시급하다. 단순한 수질 환경 측정과 모니터링 기술에서 벗어나 적조, 수온 변화 등 자연재해에 선제적으로 대응하고 양식 어류의 생물학적 특성을 고려한 스마트 양식 핵심 기술을 하루빨리 개발해야 한다. 우리나라의 우수한 종자생산 기술과 디지털 기반 스마트 기술을 융복합하면 양식 생산성 감소 위기를 극복할 수 있을뿐만 아니라 기술 우위를 통한 스마트 양식의 국제 경쟁력 확보도 가능할 전망이다.

이를 위해 환경 및 양식 어류의 특성을 고려한 D.N.A. 기반 스마트 양식 생산 모델 및 시스템 개발과 적용 및 확산을 위한 단계별 기술 개발 로드맵을 설정할 필요가 있다. 1단계에서는 디지털 기술을 접목해 기존 양식장을 스마트화하고 대상 생물의 생산성 향상이 가능하도록 양식장 생육 환경의 근간인 생물 성장 관리, 에너지 관리 및 수질 관리 모듈을 디지털화하여야 한다. 또 스마트 양식장에서 생산되는 어류의 생육, 질병 정보 등 빅데이터를 공유 거래하는 개방형플랫폼도 구축해야 한다.

2단계에서는 빅데이터 기반 수질 환경 모니터링 및 자동 제어 시스템 구축 등 양식장의 복합·자동 제어를 추진해야 한다. 이를 위해 지능형 생산 관리 기술, 복합 백신/질병 운영 시뮬레이션 SW와 복합 시뮬레이션 SW의 상호 고도화를 통해 다양한 시험이 가능하도록 하고 기술 개발 단축 및 어가 생산성 향상을 위한 기반 기술로 활용해야 한다.

마지막 3단계에서는 친환경 인증 소재 및 시스템화와 딥러닝 기술을 적용한 최적 생육 알고리즘 도출을 통해 빅데이터·AI 기반의 최적 생육 환경을 자동으로 구현하는 지능형 양식 통합 관리 시스템을 구축, 양식 생물 생산과 소비 중심의 스마트 양식 기술을 완성해 나가야 한다. 이를 위해 디지털 기반의 최적 생육 조건 표준화, 육종 연구를 통한 품종 개량, 친환경 인증 수산물 생산을 통한 소비자 수요와 기호 패턴에 대응할 수 있는 스마트 양식 기반 시설을 구축해야 한다. 나아가 디지털 스마트 양식 기자재 개발 원천 기술 확보 및 국산화로 내수 시장 확대와 해외 시장 진출 기반을 마련해야 한다.

3. 맺음말

최근 ICT, IoT, AI 등 4차산업혁명 기술을 전통 양식업에 융복합한 스마트 양식이 세계적으로 관심사가 되고 있다. 스마트 양식은 연근해 수산 자원 감소와 어촌의 고령화 등 당면한 우리 수산업의 위기를 극복하고 양식 산업을 첨단 미래 성장 산업으로 육성 발전시킬 대안으로 떠오르고 있다. 미래 양식 산업은 어류 등 대상 생물별 스마트 환경 제어와 생산 시스템의 지능

화 및 의사 결정 시스템의 진화와 맞물려 진행되고, 양식 전주기의 복합적 문제 해결이 가능한 디지털 데이터 산업으로 전환할 것으로 예상됨에 따라 우리나라도 스마트 양식 기술 개발을 본격적으로 추진해야 한다.

이미 세계는 지능형 플랫폼 기반의 IoT 생태계를 본격화하고 있으며, 이 기술을 바탕으로 스마트 양식 기술의 선점을 위해 주요 국가들이 각축을 벌이고 있다. 이처럼 빠르게 변화하는 미래 양식 산업에 대한 대응책 마련이 필요한 시점에서 현재 우리나라의 양식장은 실시간 수질 환경 모니터링과 자동화 정도에 초점이 맞춰있다. 그러나 경쟁력의 핵심은 비용 절감과 최적 생산을 위한 지능화에서 결정될 전망이다. 또한 청년 인력을 유입하고 일자리가 만들어지는 지속 가능한 산업 생태계 조성 및 인프라 구축, 대규모 스마트 양식장 조성이 스마트 양식 확산의 열쇠가 될 것이다.

청년 일자리 창출을 통한 어촌 지역 소멸 대응과 양식업의 SDGs 실현을 위해 D.N.A. 기반 스마트 양식장 확산은 피할 수 없는 선택이다. 스마트 양식장에 대한 과감한 투자가 수산업 전체의 성장과 소득향상으로 이어지기 위해서는 양식전주기 디지털화 등 스마트 양식 핵심 기술 개발과 생산된 품종의 수출을 포함한 시장 접근 전략을 수립하면서, 동시에 스마트 양식 전문 인력 양성을 추진하는 등 스마트 양식 정책 방향에 대한 세심한 속도 조절이 필요하다.

※ 본 연구는 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행됨(스마트 수산양식 연구센터)

[참고문헌]

- [1] 강원도 스마트 양식 클러스터 조성 사업 타당성 분석 및 기본 계획 수립, 강원도, 2022.
- [2] 권인영 외, 「특허 현황 분석과 전문가 및 어업인 수요 조사를 통한 스마트 수산양식 기술 개발 방향 설정」, 『수산해양기술연구』, 55(4), 2019.
- [3] 권인영 외, 「교육수요 조사를 통한 스마트 수산양식 분야의 융합형 인재 양성 프로그램 개발 방향 설정을 위한 탐색적 연구」, 『수산해양기술연구』, 56(3), 2021.
- [4] 김태호, 「전남대 '스마트 수산양식 연구센터' 추진 전략」, 『월간수산양식』, 2월호, 2019.
- [5] 김태호, 「스마트 양식 개념 정의와 스마트 양식 발전 단계」, 『아쿠아인포』, 3월호, 2019.
- [6] 김태호, 「우리나라 스마트 수산양식의 현주소 및 육성 방안」, 『어촌어항어장』, 4-1, 2019.
- [7] 김태호, 「한국: 스마트 양식 기술과 전문 인재 양성에 의한 지속성과 경제성의 강화」, 『養殖ビジネス』, 12월호, 2021.
- [8] '수산업과 어촌, 사람이 희망이다 -젊은 수산인력 양성방안', 어민신문, <http://www.eomin.co.kr/etnews/?fn=v&no=55991&cid=21010100>
- [9] '데이터 기반 스마트 양식, '융합형 인재 양성'이 핵심', 현대해양, <http://www.hdhy.co.kr/news/articleView.html?idxno=15622>
- [10] 스마트수산양식연구센터 연차보고서, 해양수산과학기술진흥원, 2021.

※ 출처: TTA 저널 제200호