

국내 스마트양식 기술 동향

Domestic Smart Aqua-farming Technology

정훈 (H. Jeong, hjeong@etri.re.kr)

허태욱 (T.W. Heo, htw398@etri.re.kr)

이일우 (I.W. Lee, ilwoo@etri.re.kr)

환경ICT연구실 책임연구원

환경ICT연구실 책임연구원/실장

에너지·환경ICT연구단 책임연구원/단장

ABSTRACT

A stable protein source is required to support the rapidly increasing global population, and fishery products are a particularly important part of the required protein supply. However, due to continued overfishing, fishery resources are depleted, and the number of fish caught by fishing boats has stagnated. Consequently, the aquaculture industry is becoming increasingly important. Internationally, smart aquaculture technology that minimizes labor and environmental pollution has been established through technological developments supported by large investments in automation and water treatment technology over the last several decades. In the case of Korea, the aquaculture industry has not yet emerged as a labor-intensive primary industry. However, in recent years various attempts have been made to apply ICT technology to aquaculture to overcome these problems. In this study, domestic and foreign technologies and patent trends for smart aquaculture are analyzed. In addition, the current status of the smart aquaculture cluster business that the Ministry of Oceans and Fisheries has been promoting since 2019 to utilize ICT technology in aquaculture is introduced.

KEYWORDS Aquaculture, aquafarming, recirculation aquaculture system, 스마트양식, 아쿠아팜, 육상양식, 스마트양식 클러스터

I. 서론

1. 개요

세계인구는 1800년 10억 명에서 1959년 30억 명을 돌파했으며, 2019년에는 77억 명으로 매우 빠른

속도로 증가하고 있다. 유엔(UN)에 따르면 세계인구는 2030년에는 85억 명에 달할 것이며, 2100년에는 109억 명에 이를 것으로 추정된다고 한다[1]. 이와 같은 급격한 인구 증가는 생존을 위한 안정적인 단백질 공급원 확보를 요구하고 있다. 현재 수산업은 인류에게 동물성 단백질의 15%를 공급하고 있

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2021.J.360507>

* 본 연구는 강원도의 '빅데이터 기반 강원형 스마트양식장 구축(R&D) 기본 및 세부추진계획 수립' 용역[친환경 미래형 스마트 연어 양식 시스템 구축사업]의 일환으로 수행하였음.



본 저작물은 공공누리 제4유형

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

©2021 한국전자통신연구원

어 식량 산업에 있어 그 중요성이 매우 높다[2]. 인류의 어업은 증기기관의 발명으로 어선의 대형화와 냉동·냉장기술의 발전으로 원양에서의 어업이 가능해지므로 어획량에 있어 폭발적인 증가를 가져왔다. 하지만, 바다에서 어업을 통한 어업생산량은 2000년대에 이르면서 어족 자원이 고갈되어 더 이상 생산량이 증가하지 않게 되었다. 이 시기가 되자 어류를 직접 잡는 것에서 필요한 어류를 직접 키워서 생산하는 양식산업이 발전하게 되었다[3].

2016년 기준 양식어업은 전체 어류 생산량의 절반에 가까운 비율을 차지하고 있으며, 금액적으로는 양식어업이 더 큰 비율을 차지하므로 초기 어업의 보조적인 수단이었던 양식산업은 이제 어업에 있어 주류 산업으로 자리 잡았다[4].

2. 스마트 양식산업의 필요성

전 세계적으로 양식산업의 기술과 시스템은 지난 50년 동안 급격한 발전을 이룩하였다. 그러나 이러한 급격한 양식산업의 발달은 양식과정에서 발생하는 배출수로 인한 수질오염과 자연 생태계 및 환경에 부정적인 영향도 일으키고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 최근 다양한 방식의 연구와 기술개발이 이루어지고 있다. 그중 대표적인 방법은 기존 해상에서 이루어지던 가두리 양식을 육상에 위치한 폐쇄 형태의 양식시스템으로 옮기는 것이다. 이와 같은 육상에서의 양식은 한번 유입된 양식수를 여러 차례 또는 반영구적으로 자체 여과 및 살균하여 재사용하는 순환여과양식시스템(RAS: Recirculation Aquaculture System) 기술이 적용된다[5]. 육상 폐쇄형 양식시스템은 양식수 배출을 최소화하며 환경오염 문제를 해결할 수 있으며, 또한 외부에서 유입되는 질병 및 오염으로부터 양

식어류를 보호할 수 있다. 하지만, 살아 있는 생명체를 밀집하여 사육하는 양식환경은 섬세한 관리가 이루어지지 않는다면 양식어류의 집단 폐사가 발생할 수도 있다. 최근 급격하게 성장한 ICT 기술은 폐쇄형 육상 양식장에서 요구하는 양식환경 및 양식어류의 상태에 대한 정밀한 측정과 관리를 지원함으로써 안정적인 양식을 가능하게 하였다. 또한, 양식장에서 수집된 데이터들은 양식환경에 대한 분석과 예측에 활용되어 어류에 대한 안정적인 생산뿐만 아니라, 시장의 수요에 맞춘 계획 생산까지 가능하게 한다.

II. 양식산업 동향

1. 국외양식 산업동향

FAO(세계식량농업기구)에 따르면, 2011년 세계 식용어류 소비량은 약 1억 3천만 톤에서 2016년 약 1억 5천만 톤으로 16.3% 증가했고, 동기간 1인당 수산물 소비량도 18.5kg에서 20.3kg으로 약 9.7% 증가하는 등 수산물에 대한 요구가 증가하고 있다. 이와 같은 수산물에 대한 증가하는 수요를 만족시키기 위해서 양식산업은 지속적으로 생산량을 높이고 있다. FAO에서는 세계 양식 생산량이 2016년 약 8천만 톤에서 2030년 약 1억 1천만 톤으로 약 37.5% 증가하고, 전체 어업생산에서 차지하는 비율도 2016년 약 47%에서 2030년 약 55% 수준까지 증가할 것으로 예상한다[6].

노르웨이 등 해외 주요 양식 선진국들은 일찍부터 양식산업의 규모화와 첨단화를 추진하였으며, 최근에는 ICT 기술을 적용한 스마트화를 추진하고 있다. 세계적인 양식기업은 시가총액 기준으로 1위에서 4위까지 노르웨이의 기업이 모두 차지하고 있으며, 5대 양식기업의 시가총액은 약 9조 3,800억 원으로 전 세계 양식기업 49개사의 시가총

액의 약 43%를 차지하고 있다. 특히, 노르웨이의 양식기업들은 전 세계 연어 산업을 주도하고 있으며, Marine Harvest사의 경우 연간 40만 톤의 연어를 생산하여 연간 매출액이 4조 원에 달한다[7].

2. 국내양식산업 동향

국내양식어업 생산량은 2018년 기준으로 약 225만 톤으로 2010년 약 136만 톤에 비해 65%가 증가했다[8]. 이러한 양식업의 생산량은 2018년도 전체 어업생산량 379만 톤의 약 60% 수준을 차지하지만, 생산액 기준으로는 약 30%만을 차지하고 있다. 이는 고가의 어류가 아닌 가격수준이 낮은 해조류 등이 국내양식산업의 주류를 이루고 있기 때문이다[8].

국내의 양식어가수는 2018년 15,323호로 2010년 17,386호에 비해 약 19% 감소하고 있다. 하지만, 양식어가의 수는 감소했지만, 양식어업의 면허건수와 면적은 2018년 총 10,061건, 161,320ha로 2010년 9,815건, 141,015ha에 비하여 면허건수는 2.5% 증가하였으며, 면적은 14.4% 증가하면서 양식어업의 규모화가 진행되는 것을 알 수 있다[9].

주요 양식 수산물에 대한 수출입 현황을 살펴보면, 최근 5년간(2014~2018) 수출은 약 6억 8천만 달러 수준을 유지하고 있지만, 수입의 경우에는 2014년 약 9억 5,750만 달러에서 2018년 약 11억 4,200억 달러로 약 20% 증가하여 양식 수산물에서의 무역수지 적자 폭이 커지는 것을 알 수 있다[10].

특히 최근 양식수산물의 수입에서는 연어의 수입량 변화가 두드러진다. 연어는 2008년에 2,465톤이 수입되었는데, 2018년에는 24,058톤이 수입되며 10년 만에 약 10배가 증가하였다. 2018년도 국내 광어의 양식 생산량이 36,494톤이므로 연어의 수입량 급증은 국내양식산업에 큰 타격을 주는

것을 알 수 있다. 이와 같은 연어와 방어 같은 횡감용 어류의 수입증가는 국내 횡감 시장에 패러다임을 변화시키고 있다[11].

III. 스마트양식 특허동향

앞서 언급된 것과 같이 전 세계적으로 양식어업의 성장에 따라 스마트양식 기술을 포함한 양식기술 및 시스템이 급격히 발전하고 있지만, 국내 수산산업의 경우에는 오히려 생산량이 감소하고, 경영악화로 양식어가가 감소하는 등 영세성을 면하지 못하고 있다. 이에 최근 급성장하고 있는 세계적인 양식산업 발전 수준을 따라가기 위해서는 스마트양식산업의 동향분석을 통해 필요한 기술 분야에 대한 집중적인 투자를 통한 규모화, 기업화 및 산업화가 이루어져야 한다.

양식산업의 기술 진화 단계 중 최종목표인 ‘양식산업의 지능화와 자동화’를 위해 해당 기술을 다음과 같이 4가지 기술로 구분하였다.

- 1) ‘양식산업의 디지털화’에서 생산된 양식 전주기 데이터의 활용, 저장, 분석을 위한 빅데이터 기술
- 2) 양식 전주기에서 수집된 데이터를 기반으로 스마트양식을 통한 생산량과 양식 단계별 질병 발생 징후를 예측하는 기술
- 3) 양식어류 상태의 실시간 관측 기술
- 4) 노동력 최소화를 위한 양식환경 관측 및 급이와 이송 자동화 기술

1. 특허분석 방법

특허분석 기간은 2000년 1월부터 2020년 5월까지로 한정하였고, 해당 특허분석을 위해서 사용된 검색 Data Base와 검색 범위는 표 1과 같다[12].

표 1 분석대상 특허

국가	검색 DB	검색기간	검색범위
한국 (KIPO)	WISDOMAIN	2000.01 ~ 2020.05	특허공개 및 등록 전체 문서
미국 (USPTO)			특허공개 및 등록 전체 문서
일본 (JPO)			특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체 문서
중국 (CNIPA)			특허공개 및 등록 전체 문서
유럽 (EPO)			EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체 문서

출처 Reproduced with permission from [12].

표 2 분석대상 기술 분류 및 검색개요

중분류	소분류	기술개요
자동화 기술 (AA)	순환여과양식 (AAA)	• 친환경 미래형 순환 여과 양식 시스템 주요 기술
	시설데이터 수집 (AAB)	• 환경 및 설비 데이터 수집/모니터링 자동화 기술
	생육데이터 수집 (AAC)	• 양식어 대상 생육 데이터 수집/모니터링 자동화 기술
지능화 기술 (AB)	지능화 플랫폼 (ABA)	• IoT 기반 실시간 데이터 분석 프레임워크 기술 • 디지털 트윈을 위한 AI 기반 빅데이터 관리 기술
	아쿠아 EMS (ABB)	• 에너지 최적 운영 기술 • 이상 진단 및 자동 복구 기술
산업화 기술 (AC)	유통/물류/가공 (ACA)	• 클라우드 기반 유통/물류 공유 플랫폼 • 콜드체인 물류 표준화 기술
	스마트양식 표준화 (ACB)	• 지리적인 환경에 최적화된 연어생애 전주기 양식을 위한 육상 양식장 표준 모델 설계 및 구축

출처 Reproduced with permission from [12].

특허분석을 위한 기술 분류는 자동화 기술, 지능화 기술, 산업화 기술로 크게 3가지 중분류로 구성하였다. 표 2는 해당 중분류에 따른 소분류와 해당 기술의 검색에 사용된 검색개요를 보여준다.

2. 특허분석 결과

표 2에서 정의한 기술개요를 이용하여 검색한

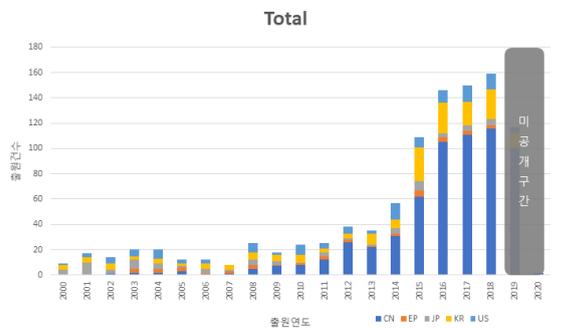
표 3 유효특허 선별 결과

소분류	유효데이터 건수					
	한국	미국	일본	중국	유럽	합계
순환여과양식 (AAA)	68	26	39	62	10	205
시설데이터 수집 (AAB)	103	79	25	403	31	641
생육데이터 수집 (AAC)	38	45	15	134	9	241
지능화 플랫폼 (ABA)	34	10	55	103	2	900
아쿠아 EMS (ABB)	3	2	1	7	0	36
유통/물류/가공 (ACA)	0	7	1	28	0	44
스마트양식 표준화 (ACB)	1	12	1	28	2	79

출처 Reproduced with permission from [12].

특허 중에서 발명의 명칭, 청구항, 요약의 내용을 기반을 두어 추출한 유효특허의 선별 결과는 표 3과 같다.

스마트양식장 기술 분야의 연도별 전체 특허동향을 살펴보면, 그림 1과 같이 2000년대 초반부터 관련 기술의 출원이 확인되며, 2010년대에 들어서 폭발적인 증가세를 보여 2014년 가장 큰 증가 폭을 보인다. 2016년 이후 증가세가 완만해졌지만, 2020년 5월 조사 시점에 2019년도 출원 특허가 모두 공개되지 않은 것을 고려할 때 여전히 출원 건



출처 Reprinted with permission from [12].

그림 1 특허 연도별 출원 건수 동향

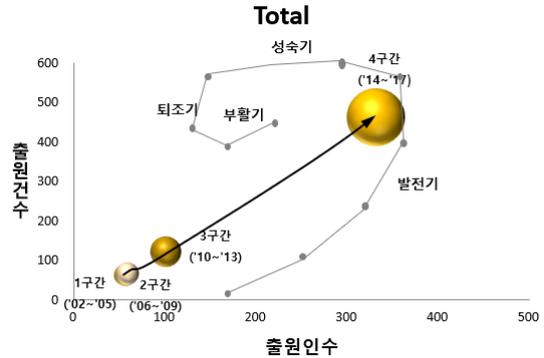
수는 증가세에 있는 것으로 판단된다. 본 분야의 특허 출원 건수가 2010년대에 들어서 폭발적인 증가세를 보인 이유는 해당 시점에 4차 산업혁명 기술에 관한 관심이 높아지면서 해당 기술의 양식산업 적용에 대해서도 자연스럽게 관심도가 증가한 것으로 판단된다.

특허분석에 있어서 주의 깊게 볼 부분은 유럽의 특허 출원 경향이다. 유럽(EPO)은 다소 산발적인 출원 경향을 보이며 주요국 출원 건수와 비교했을 때 상대적으로 적은 출원 건수를 나타내고 있다. 이러한 결과의 원인으로는 첨단 스마트양식 관련 기술을 보유한 북유럽의 국제적인 양식기업들은 개발한 기술을 특허를 통해 수익을 창출하기보다는 기업에서 자체적으로 양식산업에 활용하는 측면이 강하기 때문으로 분석되고 있으며, 유럽의 양식업 관련 기업들이 주로 유럽 내 개별국 출원을 진행하고 있어 유럽(EPO) 출원 건수가 적게 나타나는 것으로 판단된다.

3. 스마트양식장 기술 성장단계

스마트양식장 개발 분야의 기술 위치를 포트폴리오로 나타내기 위해 전체 출원 중 최근의 출원 동향을 4개 구간으로 나누어 각각의 구간별 특허 출원인 수 및 출원 건수를 나타내어 특허 출원 동향을 통한 기술의 위치를 살펴볼 수 보았다. 각 구간은 1구간('02~'05), 2구간('06~'09), 3구간('10~'13), 4구간('14~'17)의 4개의 구간으로 분할하여 분석하였다.

그림 2의 포트폴리오로 나타낸 전체특허의 기술 위치는 전체적으로 1구간('02~'05)에서 2구간('06~'09)은 출원 건수 및 출원인 수에 거의 변화가 없었지만, 3구간('10~'13)에 이르러 증가하고, 4구간('14~'17)에 들어서는 매우 폭발적으로 증가한



출처 Reprinted with permission from [12].

그림 2 스마트양식장 기술 위치

것을 확인할 수 있다. 그리고 4구간('14~'17)은 출원 건수 및 출원 인수가 증가하는 발전기의 위치에 있다. 전체적으로 출원 건수 및 출원인 수가 증가하고 있으므로 지속적인 연구개발 활동이 이루어지고 있는 것으로 분석된다. 전 세계적으로 양식산업은 지속적으로 성장하며 4차 산업혁명 기술 역시 급속도로 발전하고 있으므로 4차 산업혁명 기술이 양식업에 적용되는 스마트양식 기술은 한동안 연구개발 활동이 활발하게 진행되어 발전기 단계에 머물 것으로 예상된다.

IV. 스마트양식 기술 동향

1. 해외 기술 동향

세계적인 양식기업 중 상위 5개 회사는 노르웨이의 Marine Harvest, Austevoll Seafood, Salmar, Grieg Seafood와 싱가포르의 Pacific Andes Resources이다 [13]. 그리고 이와 같은 양식기업의 성장배경에는 AKVA(노르웨이), Bilund(덴마크), Oxyguard(덴마크), Aqua Manager(그리스), VAKI(아이슬란드), Aquascan(노르웨이), Nofima(노르웨이) 등과 같은 다양한 양식용 기자재 및 운영 소프트웨어, 양식기술 서비스를 제공하는 전문 업체들이 있다[14].

AKVA사는 노르웨이 중심의 다국적 기업으로 해양 및 육상에서 양식업 운영을 위한 빅데이터 기반의 양식생산 자동화 기술 솔루션과 서비스를 보유하고 있으며, 노르웨이, 칠레, 덴마크, 스코틀랜드, 스페인, 그리스, 아이슬란드, 캐나다, 호주 등 연어 양식이 가능한 나라에 연어양식시스템을 판매하고 있다[15]. 그림 3은 실제 운영 중인 AKVA사의 양식시설을 보여준다[16].

Oxyguard사는 산소측정 및 제어솔루션에 관한 세계표준을 주도하고 있는 회사로 산소측정 및 제어솔루션을 순환여과양식시스템에 적용하고 있다[17].

노르웨이의 Nofima사는 공기업으로 양식산업에 관한 R&D 사업을 통해 노르웨이 양식산업의 첨단화를 추진하며 노르웨이의 민간기업(AKVA)과 긴밀하게 협업을 진행하고 있다.

최근에는 북유럽 국가 외에도 다양한 국가들이 최신 양식기술을 도입하여 양식산업의 규모화와 첨단화를 추진하고 있다.

아시아에서는 중국이 2018년 Salmar사로부터 해상플랜트형 양식장 기술 도입을 통해 오션팜 1호를 설치하여 연간 8천 톤 이상의 연어 생산을 시작으로 2025년까지 총 178개 해상시범 양식장 설치

를 목표로 하고 있으며, 일본은 4만 평 부지에 연간 1만 톤의 연어를 생산할 수 있는 육상 연어양식장을 건립하고 있다[18].

그리고 미국과 캐나다, 호주 및 지중해의 유럽 국가들에서도 순환여과양식시스템과 같은 스마트양식기술을 도입하여 육상에서의 양식을 시도하고 있다[19].

2. 국내 스마트양식 기술 동향

국내양식어업은 매년 지속해서 성장하고 있으며, 약 100여 종이 넘는 다양한 어종에 대한 양식기술을 보유하고 있다. 장어 등의 내수면 양식어업, 넙치의 육상 해수 양식어업, 새우양식어업 등에는 양식과정에서 과잉 공급된 사료와 양식어류의 배설물 등으로 오염된 양식배출수를 정화하여 다시 사용하는 순환여과시스템(RAS)을 적용하여 사용하고 있으며, 새우양식에는 친환경 미생물을 이용한 바이오플락 기술이 도입되어 사용되고 있다 [20,21].

그러나 아직 우리나라의 양식산업은 대부분 해상 또는 내수면에 가두리형 양식장과 육상의 수조식 또는 축제식 양식장에서 치어의 입식, 사료공급, 병충해 유무 점검, 출하에 이르는 과정을 사람의 노동력과 경험에 따른 판단에 의존해 이루어지고 있다. 그리고 우리나라의 경우 ICT 기술뿐만 아니라 기계, 바이오, 에너지 및 환경 분야 등 다양한 분야에 많은 기술을 보유하고는 있지만, 아직 양식 분야에 본격적으로 적용하지 못하고 양식 생산단계별로 얻어지는 개별 데이터를 부분적으로 활용하는 데 머무르고 있다[7].

이와 같은 한계점을 극복하기 위해서 2015년 해양수산부 소속 국립수산과학원에서는 양식장에 설치된 센서를 통해 수온, 산소량, 수질 등과 주변



출처 Reprinted with permission from [16], CC-BY-NC-ND.

그림 3 노르웨이에 설치된 AKVA 양식시설

기상정보를 어업인들의 스마트폰에 제공하는 ‘스마트 어장관리시스템’을 구축하는 등 스마트양식 기술개발을 추진하고 있다[22,23]. 이와 더불어 최근 해양수산부에서는 국내의 뛰어난 ICT 기술을 활용하여 국내양식기술을 세계적인 수준으로 끌어올리기 위해 2019년부터 ‘스마트양식 클러스터 사업’을 추진하고 있다.

국내에서는 앞서 설명한 것과 같이 본격적인 스마트양식산업이 활성화되지는 않았지만, 몇몇 기업들은 스마트 양식산업에 관련된 기술들을 보유하고 있다.

(주)비디는 다양한 분야를 지원하는 ICT 플랫폼을 개발하는 회사로 SK텔레콤과 함께 국내 최초의 무선 네트워크 기반 양식장 수조 감시 시스템을 개발하였다. 해당 시스템에서는 양식장 수조 내 수온, pH, 산소량의 실시간 모니터링과 먹이량과 출하량 등의 사육을 관리하는 기능을 제공한다[24].

(주)글로벌비트와 (주)FNS는 국내에서 가장 양식장이 많이 있는 제주도에 위치한 기업으로, (주)글로벌비트는 해상 가두리 양식, 내수면 양식 및 육상 양식장에 대한 다양한 솔루션을 제공하는 수산양식 전문 IT기업이며[25], (주)FNS는 스마트양식 시스템에 필수적으로 요구되는 순환여과시스템의 핵심 기술인 담수 및 해수 수처리 기술을 보유하고 있으며, 해당 설비에 대한 무인 자동화와 원격 모니터링을 지원하는 기업이다[26].

V. 해수부 스마트양식 클러스터 사업

1. 스마트양식 클러스터 사업 소개

국내에서는 해양수산부에서 2019년부터 4차 산업혁명 기술을 활용하여 자동화, 지능화한 스마트양식 시범단지과 배후부지 기반을 구축하는 ‘스마트양식 클러스터 사업’을 진행하고 있으며, 사업의

세부적인 목적은 다음과 같다[27].

- 1) 수산양식에 ICT, AI 등 첨단 기술 융·복합을 통해 기존 노동집약적 성격의 양식산업을 기술집약적 지식산업으로 재편하기 위한 스마트양식 기반조성
- 2) 스마트양식 테스트베드에서 생산된 디지털 생육 정보 시스템 공유 및 스마트양식 성과 확산
- 3) 스마트양식 기술 연구개발, 교육, 종자, 사료, 약품 등 생산 관련 시설, 유통 및 판매시설 등 관련 시설 집적을 통한 시너지 효과 제고

스마트양식 클러스터 사업의 진행 상황은 첫해인 2019년에는 부산광역시와 경상남도 고성군 2곳을 선정하였으며, 2020년에는 전라남도 신안군을 선정하였다. 그리고 2021년도에는 추가로 강원도와 경상북도 포항시를 선정하였다.

2. 부산광역시 클러스터 사업

부산광역시는 2019년 1월 해양수산부 스마트양식 클러스터 공모사업에 최초 선정되었다. 부산광역시는 양식 선진국들의 수온, 수질, 사료공급 등을 자동으로 제어하는 첨단 기술을 적용하여 기존 양식산업의 문제점이었던 과도한 종자와 사료, 시설을 투입으로 인한 수질 악화와 질병으로 인한 폐사율 증가 및 생산 원가 상승을 해결하고자 한다.

부산광역시는 국비 220억 원 등, 총 400억 원을 투입하여 스마트양식 클러스터를 조성하고, 데이터수집, 연구개발, 인력양성, 선도모델 확산 등의 프로그램까지 운영하여 민간기업의 입주 지원 등 다단계로 사업을 확장할 계획을 세우고 있으며, 최종적으로는 2025년까지 생산, 유통, 가공, 수출 및 관광이 집적된 대규모 첨단 수산 복합 산업단지 조성을 목표로 하고 있다.

표 4 부산시 클러스터 사업 개요

항목	세부 내용
사업기간	2019년 ~ 2022년
위치	부경대학교 수산과학연구소내(부산 일광 동백리)
규모	부지 67,320m ²
사업주체	부산시, (사)부산스마트양식클러스터사업단
시설구성	스마트양식 테스트베드 구축 및 배후부지기반조성
총사업비	400억 원(국비 220억, 시비 120억, 민자 60억)

출처 Reproduced from [28].



출처 Reprinted with permission from [28], 공공누리 1유형.

그림 4 부산 스마트양식 클러스터 조감도

부산광역시에서 추진하는 스마트양식 클러스터 공모사업의 개요와 조감도는 표 4, 그림 4와 같다 [28].

3. 경상남도 고성군 클러스터 사업

경상남도 고성군은 2019년 8월 해양수산부 스마트양식 클러스터 공모사업에 최종 선정되었다. 경상남도 고성군은 생산, 유통, 가공, 정보통신, 에너지 등 15개 기업을 중심으로 조기에 법인을 설립하여 선제적으로 준비를 수행하였다. 경상남도 고성군에서는 고성군 하이면 덕호리 한국남동발전 삼천포발전본부 일대에 위치하여 발전소 온배수를 활용한 한국형 스마트양식 클러스터 구축을 위한 첨단 순환여과시스템(RAS), 정보통신기술 기반 바이오플라크(BFT)양식 시스템과 배후부지 기반시설

표 5 경상남도 고성군 클러스터 사업 개요

항목	세부 내용
사업기간	2019년 ~ 2022년
위치	경상남도 고성군 하이면 덕호리 810-5
규모	총 부지면적 100,000m ² 중 시범양식장 부지 16,000m ²
사업주체	(주)에이큐에이, 지역어업인, 경상대, 민간연구기업 등
시설구성	시범 양식장, 종자배양장, 가공, 유통시설, R&D 센터 등
총사업비	400억 원(국비 220억, 지방비 120억, 민자 60억)

출처 Reproduced from [29].



출처 Reprinted with permission from [30], 공공누리 4유형.

그림 5 고성군 스마트양식 클러스터 조감도

설을 구축할 예정이다.

경상남도 고성군에서 추진하는 스마트양식 클러스터 공모사업의 개요[29]와 조감도[30]는 표 5, 그림 5와 같다.

4. 전라남도 신안군 클러스터 사업

전라남도 신안군은 2020년 1월 해양수산부 스마트양식 클러스터 공모사업에 선정되었다. 전라남도 신안군은 지역어업인을 포함한 민간기업, 대학 등과 함께 77,896m² 부지에 스마트양식 단지외 가공, 유통 센터, 창업, 교육시설 등을 갖추고 새우와 해삼에 대한 스마트양식 기술 축적, 생산성 제고 및 고부가가치화, 종자, 사료 기술 고도화, 전문인

표 6 전라남도 신안군 클러스터 사업 개요

항목	세부 내용
사업기간	2020년 ~ 2022년
위치	전라남도 신안군 지도읍 자동리 1988-1번지 일원
규모	총 부지 77,896m ² 중 시범양식장 부지 28,691m ²
사업주체	두손씨블루, 지역어업인, 전남대, 민간연구기업 등
시설구성	시범양식장, 종자배양장, 가공유통시설, 창업교육 시설 등
총사업비	400억 원(국비 220억, 지방비 120억, 민자 60억)

출처 Reproduced from [31].



출처 Reprinted with permission from [32], CC BY-NC-ND 2.0.

그림 6 신안군 스마트양식 클러스터 조감도

력 양성 등 전후방 산업의 경쟁력 강화를 위한 사업을 추진할 예정이다.

전라남도 신안군에서 추진하는 스마트양식 클러스터 공모사업의 개요[31]와 조감도는 표 6, 그림 6과 같다.

5. 강원도 클러스터 사업

강원도 강릉시와 양양군은 2021년 3월 해양수산부 스마트양식 클러스터 공모사업에 선정되었다. 사업 대상지로 선정된 강원도는 한류가 흐르는 지리적 특성과 송어, 연어 등 냉수성 어종에 대한 기존 연구성과와의 연계성을 특징점으로 내세웠으며, 지역 양식기반을 바탕으로 강원도에서는 기술 개발을 담당하고 지역의 소규모 양식장은 초기 육

표 7 강원도 클러스터 사업 개요

항목	세부 내용
사업기간	2021년 ~ 2024년
위치	강원도 강릉시 연곡면 테스트베드, 강원도 양양군 현북면에 산업단지 기반시설
시설구성	스마트양식 테스트베드, 대량생산단지, 가공, 유통, 수출, R&D, 인력육성시설 등
총사업비	400억 원(국비 220억, 지방비 180억)

출처 Reproduced from [33].



출처 Reprinted with permission from [34], 공공누리 1유형.

그림 7 강원도 스마트양식 클러스터 조감도

성, 대규모 양식장은 본 육성을 담당하는 상생 협력 모델을 제시하였다.

스마트양식 클러스터 사업으로 개발되는 양식 시스템 실증 시험장에는 지능형 순환 여과식 양식시스템을 개발하여 도입할 예정이며, 사육수를 여과해 재사용하고, 감지 장치를 통해 수온, 수질, 산소농도 등 사육 환경을 실시간으로 확인하여 최적화함으로써 물, 사료, 항생제 사용은 줄이고 생산성을 높일 것으로 기대된다. 그 외에도 양식 클러스터에 입주하는 모든 시설물의 지붕에 태양광 패널을 설치하여 이를 통해 만들어진 전기를 저장할 수 있는 에너지 저장장치를 도입하여 기후변화에 대응한 탄소중립에도 기여할 것으로 보인다.

강원도 강릉시와 양양군에서 추진하는 스마트양식 클러스터 공모사업의 개요[33,34]는 표 7, 그림 7과 같다.



출처 Reprinted with permission from [36], 공공누리 4유형.

그림 8 포항시 스마트양식 클러스터 조감도

6. 경상북도 포항시 클러스터 사업

경상북도 포항시는 2021년 4월 해양수산부 스마트양식 클러스터 공모사업에 선정되었다. 포항 스마트양식 클러스터 조성사업은 「포항지진의 진상조사 및 피해구제 등을 위한 특별법」에 따라 지진 피해지역의 조속한 경제회복을 위해 추진된다. 클러스터 조성 예정지인 포항시 남구 장기면 일대는 하천(장기천)과 바다에 인접해 있어 양식수로 사용하기 위한 담수와 해수를 확보하는 데 유리하며, 고속도로(대구-포항 고속도로, 동해고속도로), 공항(포항공항), 철도(KTX 포항역, 신경주역) 등 교통과 물류 기반이 우수하다. 또한, 포항시에서는 스마트양식 클러스터에 한국형 순환여과식 스마트양식시스템(K-RAS Smart System)을 적용하여 친환경적인 시스템을 구축할 계획이다[35]. 포항시의 스마트양식 클러스터 사업의 조감도[36]는 그림 8과 같다.

VI. 스마트양식산업의 미래

북유럽 국가들이 주도하고 있는 수산 양식산업

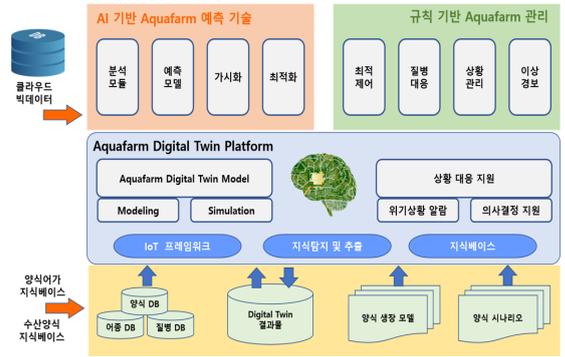


그림 9 스마트양식장 디지털 트윈 모델

은 앞서 설명된 것과 같이 과거의 노동집약적인 산업에서 벗어나 첨단 ICT 기술을 활용한 기술집약적인 산업으로 거듭나고 있다. 특히, 최근 각광받고 있는 폐쇄형 육상양식은 외부의 환경 영향에서 완벽하게 독립적 운영이 이루어지므로 그림 9와 같이 실제 양식장에 대한 디지털 트윈 구축이 가능하다.

이와 같은 스마트양식장의 디지털 트윈 모델 구축은 단순히 양식어류의 빠른 사육뿐만 아니라 시장의 수요 예측에 따른 맞춤형 양식어류 생산을 가능하게 함으로 생산자들에게 안정적인 수익을 유지하게 해 줄 것이다. 따라서 스마트양식산업의 성공을 위해서는 양식 어류의 생산뿐만 아니라 수산물 가격이 최종 소비자에게 전달되는 양식 수산물 전주기에 대한 관리가 요구된다.

해양수산부에서 추진하는 있는 스마트양식 클러스터 산업은 양식산업의 자동화, 지능화를 위한 기술개발에 더불어 시범단지과 배후부지 구축까지 포함하고 있으므로, 해당 사업을 통해 스마트양식을 위한 데이터를 충분히 확보한다면 이를 활용한 국내 스마트양식산업의 디지털 트윈 모델 구축을 가능하게 할 것이며, 이를 통해 국내의 스마트양식 기술이 한 걸음 더 도약할 수 있을 것으로 기대된다.

VII. 결론

최근 세계인구의 증가로 안정적인 단백질 공급 원으로 양식 수산물이 주목받고 있다. 특히, 사료 요구량이라고 불리는 FCR은 돼지가 3.5이고, 소가 7 이상인 것에 비하여 연어의 경우 1.2 수준으로 육상에서 사육되는 육류에 비교하여 양식 수산물은 매우 뛰어난 사육 효율을 가지고 있다[37].

이와 같은 이유로 유럽의 여러 나라들은 수산양식산업을 위한 투자로 자동화와 산업화를 추진하여 높은 수준의 양식기술을 보유하고 있지만, 국내 양식산업은 최근까지도 노동집약적인 재래식 양식 방법들이 주를 이루고 있어 양식의 효율성은 떨어지고, 집중호우와 폭염 등 기후의 영향으로 집단 폐사가 발생하고 있으며, 양식수에 대한 체계적인 관리가 이루어지지 못해 환경오염을 일으키는 등 많은 문제점을 가지고 있다.

최근에는 이와 같은 문제점 해결을 위하여 국가 주도의 스마트양식산업 육성을 위한 “스마트양식 클러스터 사업”이 추진되어, 2019년부터 부산시, 고성군, 신안군, 강원도, 포항시 등 5곳을 선정하여 진행하고 있다.

특히, 국내는 삼면이 바다로 둘러싸여 있고, 남해안은 따뜻한 바닷물을 활용한 난류성 어종의 양식이 가능하고, 강원도의 동해안 경우에는 냉수대가 분포하여 연어와 같은 한류성 어종까지 양식이 가능한 장점이 있어 수산양식에 매우 뛰어난 지리적인 이점을 가지고 있다.

그리고 일본 원자력 발전소 사고로 인하여 바다에서 직접 잡히는 수산물에 대한 방사능 오염 우려가 커지고 있으며, 중국과 동남아시아의 경제 성장으로 생활수준이 높아짐에 따라 고급 양식어류에 대한 요구가 증가하고 있다.

이처럼 한국은 스마트양식산업을 위한 뛰어난

자연환경을 가지고 있으며, 국내 및 국제적으로도 양식 수산물에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 국가에서도 과거의 노동집약적인 양식산업을 첨단 스마트양식으로 전환하고자 하는 높은 의지로 관련 산업을 육성하고 있으므로 앞으로 양식산업의 가파른 성장이 예상된다.

약어 정리

BFT	BioFloc Technology
FCR	Feed Conversion Ratio
RAS	Recirculation Aquaculture System

참고문헌

- [1] UN, “World population prospects 2019, highlights,” 2019, <https://population.un.org/wpp/Publications/>
- [2] Y. Chang, “Analysis of promising sectors in the aquaculture industry,” Korea Maritime Institute, May 2017.
- [3] MOWI, “salmon industry handbook,” 2019. p. 12.
- [4] FAO, “2018 the STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE,” 2018. pp. 2-5.
- [5] Henrik Mortensen, Developments in RAS Technology, Implementing new data platform, 13th WOF 2019. pp. 106-130.
- [6] FAO, “2018 the state of world fisheries and aquaculture,” 2018. pp 2-5.
- [7] 국회입법조사처, “유제법, 스마트 양식산업의 현황과 향후과제,” 2019.
- [8] 통계청, “어업생산동향조사,” 2010~2018. kosis.kr
- [9] 통계청, “농림어업조사,” 2010~2018. kosis.kr
- [10] 마창모 외, “제3장 양식산업 동향과 전망—2019 해양수산 전망과 과제: 제2부 수산,” 2019. 1. pp. 106-108, (해양수산부 수산정보포털, 수산물 수출입통계, 재인용)
- [11] KMI동향분석, “국민힘깎 광어, 소비 다변화등 생존전략 마련해야,” vol. 108, 2019.
- [12] 강원도, 한국전자통신연구원 “빅데이터기반 강원형 스마트 양식장 구축 용역 보고서,” 2020. 9. 22.
- [13] 해양수산부, “수중 양식어류 계측 및 계수자동화 시스템 개발,” 광주과학기술원 최종보고서, 2020. 6.
- [14] 이상철, 마창모, “첨단 스마트양식 기술발전 동향 분석,” 제어로봇 시스템 학회지, 제22권 제3호, 2016. 9. 25, pp. 26-33.
- [15] <https://www.akvagroup.com/about-us>
- [16] Akvagroup, <https://www.akvagroup.com/Press%20news/>

- Gallery/Released%20images/cages_feed_system1.jpg?w=1200&h=1200&r=max
- [17] <https://www.oxyguard.dk/>
- [18] 마창모 외, “제3장 양식산업 동향과 전망,” 2019 해양수산 전망과 과제-제2부 수산, 2019. 1. 10. pp. 95-96.
- [19] 박정환, “첨단양식 기술동향과 국내 적용방안,” 스마트 양식산업 진단과 발전방향 모색을 위한 정책 토론회, 2018. 5. 15, p. 8.
- [20] 국립수산물과학원, “넙치양식 표준매뉴얼,” 2016.
- [21] 장인권, “친환경 새우양식을 위한 바이오플락 양식기술,” 국립수산물과학원 서해수산연구소, 2016.
- [22] 해양수산부 보도자료, “전통양식산업의 변화, 스마트양식장 구축,” 2015. 12. 30.
- [23] 해양수산부 보도자료, “이미 시작된 바다의 사업혁명, 친환경 스마트양식-해수부, 4차 산업혁명 기술 이용해 스마트 양식장 운영기술 개발,” 2018. 10. 30.
- [24] <https://www.bluedigm.co.kr/reference/>
- [25] <http://www.globit.co.kr/>
- [26] <https://www.fnsjeju.com/>
- [27] 해양수산부 보도자료, “스마트양식 클러스터 조성사업 공부 실시,” 2018. 11.
- [28] 부산시 보도자료, “부산시, 스마트양식 클러스터 기반조성 공사 착공,” 2020. 12. <https://www.busan.go.kr/nbtnewsBU/1470288>
- [29] 해양수산부 보도자료, “해수부, 스마트양식 클러스터 조성 사업자료 경남 고성군 선정,” 2019. 8.
- [30] 고성군 보도자료, “400억원 규모 스마트양식 클러스터 조성사업 선정,” 2019. 8. 23, https://www.goseong.go.kr/board/view.goseong?boardId=BBS_0000070&menuCd=DOM_000000104001001001&startPage=1&dataSid=539196
- [31] 해양수산부 보도자료, “해수부, 스마트양식 클러스터 조성 사업자로 전남 신안군 확정,” 2020. 1.
- [32] 신안군 블로그, <https://blog.naver.com/1004.shinan/221791528288>
- [33] 해양수산부 보도자료, “강원도, 스마트양식 클러스터 공모 선정. 아시아 최대 대서양연어 스마트양식 사업화 추진,” 2021. 3.
- [34] 강원도 보도자료, “강원도, 스마트양식 클러스터 공모 선정,” 2021. 3. 2, http://www.provin.gangwon.kr/gw/portal/sub04_05_01?mode=readForm&boardCode=BDNEWS07&articleSeq=221064
- [35] 해양수산부 보도자료, “경북 포항에도 한국판 뉴딜의 데이터·네트워크·인공지능[DNA]이 담긴 양식업이 온다,” 2021. 4.
- [36] 포항시 홈페이지, “해수부, 스마트 연어 양식 클러스터 조성사업 최종 확정!,” 2021. 6. 7, <https://www.pohang.go.kr/news/4840/subview.do;jsessionid=DF34829EEA6B6DF0336CC12692ADE8A8?enc=Zm5jdDF8QEB8JTJGYmJzJTJGbmV3cyUyRjU4OSUyRjY3NTQzMSUyRmFydGNsVmlldy5kbyUzRg%3D%3D>
- [37] J.P. Fry et al., “Feed conversion efficiency in aquaculture: Do we measure it correctly,” Environ. Res. Lett. vol. 13, no. 2, 2018.