

수시과제 2015-04

첨단양식기술의 산업화 연구

A Study on the Industrialization of
Advanced Aquaculture Technology

2015. 11.

마창모·이윤숙·이상철·안지은·윤미경



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

보고서 집필 내역

〈연구책임자〉

마 창 모 : 제1장 ~ 제3장 1, 제5장 ~ 제6장

〈연구진〉

이 윤 숙 : 제4장 1, 4, 5, 6

이 상 철 : 제4장 1, 2, 3

안 지 은 : 제3장 2

윤 미 경 : 제3장 3

산·학·연·정 연구자문위원

이우재 (블루젠코리아 대표)

황형규 (국립수산과학원 연구관)

김한울 (해양수산부 사무관)

* 연구자문위원은 산·학·연·정 순임

연구감리자

류 정 곤 (한국해양수산개발원 연구위원)

발간사

우리 양식산업이 미래 산업으로 재도약하기 위해서는 다양한 신기술을 체화시켜 생산성을 향상 시키는 일이 중요합니다. 양식산업은 융합기술의 성격을 띠고 있기 때문에 우수기술의 접목을 통해 경쟁력을 강화할 수 있습니다. 또한 양식산업은 미래 식량산업으로서의 가치가 높아 지속적인 성장이 예상되므로 양식산업기술의 파급 효과는 클 것으로 전망됩니다. 따라서 국가적 차원의 차세대 전략산업으로서의 접근이 필요합니다.

국가적으로 첨단기술은 기술집약도가 높고, 신규 수요 및 고부가가치를 창출할 수 있는 것으로 정의합니다. 또한 기술적·경제적 파급효과가 크며, 비교우위의 확보가 가능해야 합니다. 그러므로 우리 첨단양식기술 산업화의 첫 걸음은 첨단기술로서의 가치를 증명하고, 이 기술을 개발하고자 하는 후발주자들이 따라올 수 있도록 앞서가는 것이어야 합니다.

본 연구는 첨단양식기술을 산업화시키기 위한 조건들을 분석하고 핵심 과제들을 도출하는데 초점을 두고 있습니다. 앞으로 이 연구결과를 바탕으로 우리나라 첨단양식기술이 한 단계 더 발전해 나아갈 것을 기대합니다. 이 연구를 수행한 수산연구본부의 마창모 부연구위원, 이윤숙 전문연구원, 이상철 전문연구원, 안지은 연구원, 윤미정 연구원의 노고에 깊은 감사를 드립니다. 또한 외부 자문위원으로 참여하여 현실적인 조언을 아끼지 않았던 블루젠코리아 이우재 대표, 국립수산물과학원 황형규 박사, 해양수산부의 김한울 사무관, 내부 감리위원으로 큰 도움을 주신 류정곤 선임 연구위원께도 깊은 감사를 드립니다.

2015년 12월

한국해양수산개발원
원장 김 성 귀

목 차

Executive Summary	i
제1장 서 론	1
1. 연구 필요성과 목적	1
2. 연구 범위와 내용	4
3. 연구 방법	5
4. 선행연구 검토	6
제2장 첨단양식기술의 개념과 개발 방향	8
1. 첨단양식기술의 개념	8
2. 첨단양식기술의 변화 동인	11
3. 우리나라 첨단양식기술의 개발 방향	15
제3장 국내외 양식 산업 및 기술 동향	17
1. 국내외 양식 산업 동향	17
2. 해외 첨단양식기술 동향 및 사례	22
3. 국내 첨단양식기술 동향 및 사례	41

제4장 첨단양식기술 산업화 조건 분석 51

1. 이론적 배경 51
2. 첨단 양식 기술의 시장성 54
3. 양식생산정보의 DB화 및 빅데이터 구축 55
4. 첨단양식을 위한 기술 인력의 수급 안정성 59
5. 양식기술에 대한 투자 리스크 저감 60
6. 관련 기술의 기술개발 투자 62

제5장 첨단양식기술의 산업화를 위한 핵심과제 도출 64

1. 기본 방향 64
2. 핵심 과제 65
3. 연차별 추진 계획 78

제6장 결론 및 정책제언 79

1. 결론 79
2. 정책 제언 80

참고문헌 83

표 목 차

〈표 1-1〉 주요 선행연구 내용과 본 연구의 차별성	7
〈표 2-1〉 첨단산업의 특징	9
〈표 3-1〉 우리나라 수산물 생산 현황	20
〈표 3-2〉 2014년 양식수산물 생산량 및 생산금액	20
〈표 3-3〉 우리나라 양식산 해산어류 생산량	21
〈표 3-4〉 첨단양식기술 분류	27
〈표 4-1〉 양식 기자재 시장규모 추정	55
〈표 4-2〉 산업기술인력 부족률 변화 (2013년 말 기준)	59
〈표 5-1〉 우리나라 부처별 기술이전 관련 조직과 사업화 기구	76

그림 목 차

〈그림 1-1〉 연구추진 방법	5
〈그림 2-1〉 양식산업을 둘러싼 환경변수	11
〈그림 2-2〉 첨단양식기술의 변화 동인	12
〈그림 2-3〉 첨단양식기술의 발전 방향	14
〈그림 3-1〉 세계 수산물 생산량과 성장률 추이	17
〈그림 3-2〉 세계 양식정책 동향	18
〈그림 3-3〉 글로벌 양식기업의 재무분석 결과	19
〈그림 3-4〉 우리나라 양식산업 정책 동향	22
〈그림 3-5〉 AKVA 사 순환 양식 시스템	24
〈그림 3-6〉 Aqua Manager사 서비스 흐름도	28
〈그림 3-7〉 Aqua Manager사 SW	29
〈그림 3-8〉 AKVA사 SW	30
〈그림 3-9〉 AKVA사 기술 (센서 및 무선 네트워크)	31
〈그림 3-10〉 AKVA사 기술(카메라 및 모니터링)	31
〈그림 3-11〉 실시간 탁수 감시와 예측을 위한 RTMMS UI	32
〈그림 3-12〉 AKVA사 CCS 급이 시스템	33
〈그림 3-13〉 AKVA사 ECONET	34
〈그림 3-14〉 AKVA사 Idema 수중 조명 기술	34
〈그림 3-15〉 일본 가추가와 소수력 발전	35

〈그림 3-16〉 일본의 온배수 활용 양식장	36
〈그림 3-17〉 AQ1사 어류 개체 수·크기 측정 기술	38
〈그림 3-18〉 Sound Metrics사 수중 음파 탐지 기술	39
〈그림 3-19〉 VAKI사: Biomass 및 개체 수 측정 기술	39
〈그림 3-20〉 AKVA사 양식어망 부유물질 제거기술	40
〈그림 3-21〉 IT, BT 기술과 융합된 양식기술	46
〈그림 3-22〉 네오엔비즈 양식환경 및 생산시설	48
〈그림 4-1〉 신산업 산업화과정 개념도	52
〈그림 4-2〉 Small Data Approach에 입각한 양식연구결과 응용 모형	56
〈그림 4-3〉 1960-2009년까지 식품 및 농업 부문 글로벌 R&D 동향	57
〈그림 4-4〉 머신러닝과 빅데이터 기반 농업 정보 구축 시스템	58
〈그림 4-5〉 단계별 개발에 따른 비용감소 효과	61
〈그림 4-6〉 양식산업과 관련산업 구조	62
〈그림 5-1〉 양식융합기술투자포럼 창립 및 운영	67
〈그림 5-2〉 첨단양식시스템 구현 개념도	72
〈그림 5-3〉 첨단양식기술 실증단지 개념도	73
〈그림 5-4〉 첨단양식기술 산업화를 위한 연차별 추진계획	78

Executive Summary

A Study on the Industrialization of Advanced Aquaculture Technology

1. Purpose

○ The purpose of this study is to analyze the trend and technological development of advanced aquaculture technology home and abroad to establish a policy direction and major tasks for industrialization. It also aims to suggest policy tasks for establishing the industrialization plan.

○ The study intends to draw realistic tasks and establish step by step implementation plans. In doing so, it could lead to cut production cost, implement economies of scale and build a stable production base through low-cost, high-efficiency aquaculture.

2. Scope and Methodologies

1) Scope

○ The analysis is concentrated to the policy and R&D directions for the industrialization of advanced technology, rather than the industrialization of the aquaculture industry in general.

○ It focuses on technological advancement through convergence with other industries. Therefore, the study takes the view of building an industrial promotion policy based on convergence and conditions for industrialization.

○ The policy direction for building an advanced aquaculture industry can be studied regardless of breeds and methods of aquaculture. However, the policy direction of related R&D technologies is focused on land-based aquaculture rather than mariculture.

2) Methodologies

- Define advanced aquaculture technology and establish core elementary technology by setting up an expert pool per each elementary technology and organizing a consultative body
- Hold expert seminars and workshops by elementary technologies for advanced aquaculture technology to come up with a realistic roadmap for stepwise technological development
- Major tasks for the industrialization of advanced aquaculture technology are derived after carrying out on-site investigation on the application of advanced technology in the field and identifying problems. Then, it comes up with a step-by-step implementation plan for each task

3. Results

1) Summary

- The aquaculture industry is increasingly becoming a winner-takes-it-all market as advanced aquaculture countries are developing the industry as a knowledge-based industry through high R&D investment. On the other hand, Korea in which aquaculture industry still remains as a primary industry has been difficult to respond to the global market.
- It is important to consider measures to promote the aquaculture industry as a next generation growth engine, not regarding it as a mere future food industry.
- The breadth of advancing the aquaculture technology is vast depending on the type of technology for convergence.
- The convergence with already competitive ICT technology is a top priority in order to gain a global competitive advantage. Also, R&D strategy should be carried out considering additional convergence with other engineering technologies
- It is necessary to consider the development of advanced aquaculture industry in the framework of national development. And the aquaculture promotion policy should be developed using the Industrial Development Act and Industrial Technology Convergence Promotion Act enacted for other ministries.

2) Policy contribution

- Build a technological convergence platform for advanced aquaculture by launching ‘Technology Investment Forum for Aquaculture Convergence’ to promote the convergence between aquaculture technology and other industrial technologies

- Designate a specialized university for industrial convergence under the Industrial Convergence Promotion Act, and install joint degree programs and re-training courses

- Designate a specialized company for the industrialization and supporting businesses by providing contribution, assistance and loan to develop and grow a specialized company for aquaculture technology and carry out supporting policies

- The Ministry of Oceans and Fisheries needs to establish and designate a technology trading institution for marine biological science technology to maximize the benefit of advanced aquaculture technology.

- Build an advanced aquaculture testing site and use it for a regional business. In this testing site, the practicality and feasibility of R&D projects of advanced aquaculture technology can be tested and used as a promotion and education facility for the public.

제1장 서론

1. 연구 필요성과 목적

1) 연구 필요성

세계적으로 수산업은 동물성 단백질을 제공하는 식량산업¹⁾으로서의 중요성 뿐만 아니라 인류에게 필수 영양분²⁾을 제공한다는 점에서 중요한 산업으로 인식되고 있다. 수산물을 안정적으로 생산할 수 있는 양식산업에 관심이 커짐에 따라 최근 많은 국가들이 양식업을 국가 차원의 전략산업³⁾으로 발전시키기 위해 노력하고 있다.

2012년 기준으로 이미 양식 수산물 생산량(해조류 포함)은 전체 수산물 생산량의 49.4% 수준이며, 해조류를 제외하더라도 42.2%에 달한다.⁴⁾ 최근 10년간 연평균 8.4%씩 양식수산물 생산량이 증대되었으며, 2030년에는 세계 수산물 생산량의 절반이 양식수산물로 대체될 것으로 예상된다. 특히 식용 수산물의 경우에는 양식수산물의 비중이 62%에 달할 것으로 전망된다⁵⁾.

미래산업으로서 양식산업의 중요성이 커짐에 따라 미국의 Tech Cast는 양식 기술이 중요 산업으로 실현되는 시기를 2025년으로 예상하고 있으며, 양식 기술의 파급효과를 약 223조원으로 추정하고 있다.⁶⁾

1) 세계 인구 43억 명이 동물성 단백질의 약 15%를 수산물을 통해 섭취하고 있다. (FAO, 2014)

2) 수산물을 통해 오메가-3(DHA), Iodine(요오드), 셀레늄, 비타민 A, D, B12 등의 영양분을 섭취하고 있으며, 개도국의 모성건강과 유아사망을 감소에 기여하고 있다.

3) 미국은 농업대체산업으로서 지속성장을 지원하고 있으며, 인도네시아는 국가발전 핵심산업으로서 지속가능한 양식산업 육성안을 마련한바 있다. 베트남도 국가경제발전 주요 산업으로서 양식산업을 육성하고 있으며, 중국은 지속가능한 양식산업발전 및 기술혁신의 도입을 위해 노력하고 있다.

4) Fishstat J.

5) FAO, Fish to 2030, 2013.

국제 양식업의 발전 속에 첨단 양식업을 기반으로 한 글로벌 양식기업들이 탄생되고 있으며, 이들 기업은 매년 빠르게 성장하여 수익성도 기존의 어선 어업에 기반을 둔 글로벌 회사들보다 높은 것으로 나타났다.⁷⁾ 점차 양식업은 자연환경에 절대적으로 의존하는 형태에서 벗어나서 첨단기술 중심의 산업으로 변모해 나가고 있다.

이미 노르웨이는 기술개발을 통해 해상에서의 연어양식을 생력화, 자동화 시키는데 성공하였으며, 원거리 양식장을 1인이 모니터를 통해 자동으로 관리하는 시스템이 개발·이용되고 있다.⁸⁾ 또한 유럽에서는 완전순환여과식 양식 시스템을 도입하여 일정 수준의 수량만 보충하고도 육상에서 해산어류를 안정적으로 양식할 수 있는 기술들이 상용화 되고 있다. 우리나라에서는 바이오플락 기술이 도입되어 새우 양식장에 해수교환 없이 양식업을 할 수 있는 기술을 개발해 활용하고 있다.

현재 다양한 양식관련 기술들이 생명공학기술, IT 기술, 수질관리 기술, 에너지관리 기술, 자동화 기술 등과 융합되면서 첨단화 되는 과정을 거치고 있다. 여기에 더하여 국제적 양식규범이 강화되면서 새로운 양식기술에 대한 수요가 증대되고 있으며, 수산식품에 대한 소비자의 요구가 다양화 되면서 소비환경에 대응한 양식기술의 개발도 요구되고 있다.

특히 환경보호 및 생태계 보호 측면이 강화되면서 항생제 사용 규제, 저어분 배합사료의 사용, 지속가능한 양식증명의 시행⁹⁾ 등을 위한 기술적 보완책이 요구되고 있다.

지금까지 우리나라 양식업은 다양한 품종에 대한 기술발전이 있어 왔다. 그러나 해상에서의 적조, 태풍으로 양식장 피해가 만성화 되었으며, 밀식, 질병으로 인한 폐사가 매년 반복되고 있다. 우리나라의 양식산업이 다양한 품종

6) William E. Halal(2013)

7) 양식산업 평균 매출액 성장률은 15.1%로 어업대기업의 1.9%보다 높으며, 양식 대기업의 평균 매출액 성장률은 22.8%로 규모가 클수록 매출액 성장률이 높다.(Bloomberg 2015. 2. 2. 기준)

8) SINTEF, Fisheries and Aquaculture

9) 지속가능 양식증명은 어류의 건강 및 복지, 식품안전, 환경보전 등을 주요 기준으로 하고 있다. (FAO 2011)

에 대해 점진적으로 기술개발이 이뤄지고 있는 것은 사실이지만 지속적으로 새롭게 제안되는 첨단양식기술들이 기술검증 수준에서 끝나거나 양식어종의 시장성을 고려하지 못해 실패한 사례가 많았다. 또한 기술투자 이외에 산업화를 위한 투자가 잘 이뤄지지 않아 기술자체가 사장되는 경우도 발생하고 있다. 여기에 첨단양식 관련 기술인력이 배출되지 않거나 관련 기술을 보유한 타 분야 전문가들을 양식산업으로 유인하지 못하고 있어 산업화를 위한 기반이 열악한 상황이다.

최근 해양수산부는 첨단양식기술을 활용한 양식업의 미래산업화를 추진하고 있다. 그러나 첨단양식기술에 대한 모호성과 기존 양식업과의 괴리로 인해 실제 첨단양식기술 적용에 어려움을 겪고 있으며, 첨단양식기술의 산업화를 위한 단계적 추진 방안이 마련되지 않아 체계적인 사업 추진도 어려운 상황이다.

이러한 상황에서 우리나라의 양식업은 세계적인 양식산업의 성장에 따른 수혜를 받기가 쉽지 않다. 향후 우리나라가 글로벌 양식업 성장을 주도하는 국가로 발전하기 위해서는 첨단기술을 활용한 양식산업의 발전 전략을 단계적으로 수립하고 국내 첨단양식기술의 산업화를 위한 기반을 점진적으로 마련해 나갈 필요가 있다.

2) 연구 목적

첨단양식기술 산업화 연구의 주요 목적은 기존의 양식업이 갖고 있는 문제를 해결함과 동시에 우리나라 양식기술을 첨단산업으로 육성시키기 위한 정책과제를 발굴하는 것이다. 따라서 본 과제에서는 첨단양식기술의 국내외 동향 및 기술 분석을 통해 산업화의 기본 방향과 핵심 과제를 도출하고, 산업화 계획의 수립을 위한 정책과제 제안을 목적으로 한다.

특히 이번 연구를 통해 기존의 해상양식업과 육상양식업의 문제점을 극복하고, 저비용·고효율 양식을 통한 생산비 절감 및 규모화 이행, 안정적인 생산기반 구축 등이 용이하도록 현실적인 핵심과제 도출과 이들 계획의 단계별 이행 계획을 마련한다.

2. 연구 범위와 내용

1) 연구 범위

본 연구는 첨단양식기술의 산업화 연구이므로 양식산업 전반의 산업화를 위한 접근 보다는 첨단기술의 산업화를 위한 정책방향 및 R&D 방향에 집중하여 분석하였다. 최근 세계적으로 발전하고 있는 타분야 융합을 통한 기술 발전에 중점을 두고 첨단기술의 동향 파악을 통해 이들 기술이 산업화되기 위한 조건 및 융합을 통한 산업 육성 정책의 관점에서 연구하였다.

첨단양식기술의 접목은 주로 해산어류의 육상양식 과정에서 발전하고 있으며, 국내에서 적조 및 태풍 피해 등 자연환경에 크게 의존하는 상황에서 노르웨이와 같이 해산양식 부문의 첨단화 보다는 넙치 양식 등 우리의 강점이 있는 품종이 양성되는 육상양식의 첨단화에 초점이 맞춰져 있다. 따라서 첨단양식 산업화를 위한 정책방향은 품종 및 양식방법에 관계없이 추진될 수 있는 사안들이지만 기술관련 R&D의 추진방향은 해상보다는 육상 양식에 맞춰져 있다.

2) 연구 내용

본 연구는 2장에서 첨단양식기술의 개념과 개발 방향에 대해 정립한다. 제3장에서 국내외 양식산업 및 양식기술 동향을 분석 하고, 첨단양식기술 사례 분석을 실시한다. 특히 기존 양식산업이 공간적·기술적 한계를 극복할 수 있도록 하는 핵심요소기술을 파악하여 현 기술 평가 및 미래 확장성 등을 고려하고 사육수 관리기술, 자동화 기술, 에너지 절감기술, 질병관리기술 등 핵심요소기술을 분석한다.

제4장에서는 첨단양식기술의 산업화 조건 분석을 통해 이론적 접근을 하였으며, 첨단양식기술이 산업화되기 위한 시장성, 양식기술의 DB화 및 빅데이터 구축, 첨단양식을 위한 기술인력의 수급, 양식기술에 대한 투자 리스크 저감 등 산업화 조건 분석을 한다.

5장에서는 첨단양식기술의 산업화를 위한 핵심과제를 도출하여 연차별 이행계획을 수립한다. 제6장에서는 연구결과를 토대로 한 첨단양식기술의 산업화를 위한 결론과 정책제언을 한다.

3. 연구 방법

본 연구는 국내외 첨단양식기술 및 그 수준을 살펴보고, 첨단양식기술의 산업화 조건 등을 분석하여 첨단양식기술의 산업화 방향성을 마련하기 위한 연구이다.

첨단양식기술의 요소기술별 전문가 풀을 마련하고 협의체를 구성하여 첨단양식기술의 정의 및 핵심요소기술을 정립한 뒤 첨단양식기술의 요소기술별 전문가 세미나 및 워크숍을 개최하여 현실적인 단계별 기술개발 로드맵을 마련한다.

첨단양식기술의 현장 적용을 위해 현장 조사를 실시하고 문제점을 파악하여 첨단양식기술의 산업화를 위한 핵심과제를 도출하고 이들 과제의 단계별 추진 전략을 마련한다.

〈그림 1-1〉 연구추진 방법

● 첨단양식기술의 요소 기술별 전문가 풀 마련 및 협의체 구성

- 첨단양식기술의 정의 및 핵심 요소기술 정립

● 첨단양식기술 관련 워크숍 및 세미나 개최

- 전체 전문가 워크숍 1회/ 요소기술별 세미나 3회

● 첨단양식의 요소기술에 대한 특허분석

- 첨단양식에 이용되는 요소기술에 대한 특허분석 의뢰

● 첨단양식기술을 활용하는 어가방문을 통한 종합 진단

- 원활한 생산, 유통, R&D, 투자 등을 위한 종합 진단

4. 선행연구 검토

첨단양식기술의 산업화 연구와 관련해서 가장 관련성이 높은 연구는 류정곤(2011, 2012)에 의해 “녹색 신성장동력 산업화를 위한 빌딩양식산업 도입 기초연구”, “빌딩양식 산업화 기본 계획 수립 연구”를 수행한 바 있다. 본 연구에서는 첨단 양식기술의 핵심 요소기술들이 포함된 빌딩양식의 경제성 분석을 통해 산업화시키기 위한 기본계획 수립 및, 시범사업 추진을 위한 계획을 수립하였다. 또한 류정곤(2009)은 해조류를 활용한 바이오산업화 연구를 통해 해조류를 이용한 바이오산업화의 가능성을 검증하고, 산업화 전략 및 정책 방향을 제시하였다. 이외에도 주문배(2012)는 미래 신성장동력화를 위한 스마트 수산업화 전략 연구를 통해 양식부문의 스마트 기술 적용 가능성에 대해 분석하였다.

첨단산업과 관련된 연구로는 산업연구원(2006)이 첨단업종 운영을 위한 합리적 개선 방안 연구를 통해 첨단산업의 개념적 정의를 한 바 있으며, 정호진(2013)은 첨단산업과 비첨단산업을 중심으로 경쟁과 기술혁신의 관계를 분석하였으며 이를 통해 첨단산업의 특징을 도출하였다.

산업화와 관련된 연구로는 Ács & Naudé(2011)가 산업화를 위한 중요 개념인 사업가 정신 이론에 따라 개별 경제주체가 신산업 창출을 통해 산업화를 달성한다는 연구를 수행하였고, Schumpeter(1911)는 산업화에 있어서 기능주의적 관점에서의 사업과의 역할에 대한 연구를 수행하였다. 이외에도 Casson(1982)은 산업화 과정에서의 정부의 역할 및 정책 수단의 필요성에 대해 연구하였다.

본 연구에서는 일반적인 1차산업의 산업화를 위한 접근보다는 양식에 응용될 수 있는 첨단기술의 산업화를 위한 정책방향 및 R&D 방향을 집중분석한다. 이를 위해 첨단양식기술의 개념을 정의하고, 산업화 촉진을 위해 요구되어 지는 기본적인 요소인 생산기술, 자본(투자), 인력, 데이터 베이스 구축 등에 대한 핵심과제 도출한다.

〈표 1-1〉 주요 선행연구 내용과 본 연구의 차별성

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	1	- 과제명: 녹색 신성장동력 산업화를 위한 빌딩양식산업 도입 기초연구, 빌딩양식 산업화 기본계획 수립 연구 - 연구자(년도): 류정곤(2011, 2012) - 연구목적: 빌딩양식산업화를 위한 기본계획 수립, 시범사업 추진을 위한 계획 수립	- 사업의 타당성 분석으로 각 양식생산시스템의 기술적 타당성 분석과 경제적 타당성 분석 - 빌딩양식의 산업화 기본계획 및 시범사업기본계획 도출	- 양식산업 트렌드 및 사례 분석 - 빌딩양식 개념 및 개발 필요성 - 빌딩양식 산업화 기본계획 - 빌딩양식 산업화 시범사업 계획
	2	- 과제명: 해조류 바이오산업화를 위한 전략 및 정책 방향 - 연구자(년도): 류정곤(2009) - 연구목적: 해조류를 이용한 바이오 산업화의 가능성 검증, 산업화 전략 및 정책 방향 제시	- 문헌조사 및 자료분석(해조류 바이오산업, 온실가스배출 등) - 계량분석 : 온실가스 감축, 해조류 펄프 공급에 따른 온실가스 흡수원 방지 효과 - 해조류 바이오에너지의 기술분석 및 시장분석	- 바이오산업 실태 분석 - 해조류 바이오에너지 및 펄프 산업화 가능성 검토 - 해조류 바이오산업화 전략 및 정책 방향
	3	- 과제명: 미래 신성장동력화를 위한 스마트 수산업화 전략 연구 - 연구자(년도): 주문배(2012) - 연구목적: 스마트 사회에 조화되는 수산업으로 연착할 수 있도록 스마트 수산업화를 위한 장단기 추진 전략 도출	- 기초자료 수집 및 문헌조사로 스마트 사회의 특징 및 전망 - 전문가 세미나 개최 - 스마트기술의 국내외 정책 동향 및 활용 사례 분석 - 수산업부문별 스마트 수산업화의 한계와 과제 도출	- 스마트 사회로의 이행과 스마트 수산업 - 국내외의 스마트 정책 및 산업화 사례 - 스마트수산업화의 정책 수요와 투자방향 - 미래 신성장동력화를 위한 스마트 수산업화 전략
차별성		- 본 연구는 산업화 추진을 위한 생산 기술, 자본(투자), 인력, DB 등에 대한 전반적인 요소들에 대한 핵심과제 도출에 목적을 둠	- 핵심요소기술의 분야별 협의체 구성 - 전문가 세미나 및 워크숍 개최 - 핵심요소기술의 특허분석	- 첨단양식기술의 정의 - 첨단양식기술의 핵심요소기술 분석 - 첨단양식기술의 산업화 조건 - 첨단양식기술의 산업화를 위한 핵심과제도출

제2장 첨단양식기술의 개념과 개발 방향

1. 첨단양식기술의 개념

1) 첨단산업의 범주

(1) 첨단산업의 법적개념

우리나라에서 첨단기술 및 첨단제품의 선정은 「산업발전법」 제5조 2항에 따라 ‘기술혁신속도가 빠른 기술 및 제품을 대상’으로 ‘산업구조의 고도화에 대한 기여 효과’, ‘신규 수요 및 부가가치 창출 효과’, ‘산업간 연관효과’를 고려하여 정하도록 하고 있다.¹⁰⁾ 산업발전법 제5조에 따른 첨단기술 및 제품의 범위는 산업통상자원부령 「첨단기술 및 제품의 범위」 제2조에 따라 ‘기술 집약도가 높고 기술혁신 속도가 빠른 분야’, ‘신규수요 및 고부가가치를 창출하는 분야’, ‘기술적·경제적 파급효과가 크고 기술·경제적 비교우위 확보가 가능한 분야’, ‘기타 자원 및 에너지 절약, 생산성 향상, 환경보전 효과가 큰 분야’를 첨단기술 및 제품의 선정 기준으로 하고 있다¹¹⁾.

(2) 첨단산업의 특징

첨단산업은 기술, 투자, 시장의 관점에서 특징을 가지고 있다. 우선 기술적 측면에서 i) 고도의 전문화된 기술이 요구되며, ii) 기술변화의 속도가 매우 빠르고 학습곡선이 짧으며, iii) R&D 투자에 대한 요구가 높고, iv) 기술개발 성공 시 독점적 이익을 갖는다는 특징을 가지고 있다. 투자의 측면에서는 i) 막대한 생산설비 투자, ii) 투자에 대한 높은 위험부담률 및 불확실한 투자효과 등의 특징이 있다.

10) 산업발전법 제5조(첨단기술 및 첨단제품의 선정)

11) 첨단기술 및 제품의 선정에 관한 산업자원부령 제2조(첨단기술 및 제품의 선정기준)

시장의 측면에서는 i) 생산 생존주기가 짧고, ii) 시장의 광범위성으로 인한 국제적 경쟁이 치열하며, iii) 다른 산업에 미치는 파급효과가 막대하다는 특징이 있다. 이러한 특징으로 인해 OECD, 미국 등에서는 첨단기술산업에 대한 정의는 ‘부가가치 대비 R&D 지출 비율’, ‘매출대비 R&D 비율’ 및 ‘과학기술인력 비율’ 등의 변수를 기준으로 선정기준을 마련하고 있다.¹²⁾

따라서 첨단산업은 연구개발 지출이 높으므로 지식집약적인 특징을 갖고 있으며, 비첨단산업에 비해 부가가치가 높고, 여러 분야가 접목되므로 유관 산업에 영향을 많이 미치게 된다. 특히 국제적인 경쟁이 요구되므로 높은 투자비용이 요구된다. 그러나 투자의 위험도가 매우 크지만 투자를 포기할 수 없는 것이 첨단산업의 특징이므로 자본의 집중 투자가 필요하다.¹³⁾

〈표 2-1〉 첨단산업의 특징

기술	투자	시장
• 고도의 전문화된 기술 • 기술변화의 속도가 매우 빠름 • 학습곡선이 짧음 • 높은 R&D 투자율 • 기술개발 성공 시 독점적 이익	• 막대한 생산설비 투자 • 투자에 대한 높은 위험부담을 및 불확실한 투자효과	• 짧은 생산 생존주기 • 시장의 광범위성으로 인한 국제적 경쟁 • 다른 산업에 미치는 파급효과가 막대

자료 : 산업연구원, 첨단업종 운영을 위한 합리적 개선 방안, 2006. 10.

2) 첨단양식기술의 개념

수산업법 제2조(정의) 7항에 따라 “양식”이란 수산동식물을 인공적인 방법으로 길러서 거두어들이는 행위와 이를 목적으로 어선·어구를 사용하거나 시설물을 설치하는 행위를 말한다.¹⁴⁾ 개념적으로 “양식기술”은 법적 개념인 “양식”의 정의와 관련된 모든 기술을 일컫는다고 볼 수 있다. 그러나 “첨단 양식기술”에 대해서는 정의된 바 없다.

12) 산업연구원, “첨단업종 운영을 위한 합리적 개선 방안”, 2006.10.

13) 정호진, “경쟁과 기술혁신의 관계: 첨단산업과 비첨단산업을 중심으로, 서울대학교 대학원, 2013.

14) 수산업법 제2조(정의)

최근 첨단양식기술로 바이오플락기술, 순환여과식양식시스템 등을 지칭하기도 하지만 이 기술들은 환경 분야의 수질관리 기술이 양식분야에 접목된 사례이다. 기존 양식기술에서 진일보했다는 점에서 첨단양식이라고 불리고 있지만 환경분야의 특정 기술의 접목을 첨단으로 명명하기는 그 범위가 협소하다는 한계가 있다.

물론 “첨단”이란 단어의 속성이 기술발전 속도가 빠르게 급변하는 상황에서 정확한 정의를 내리기 어려운 측면이 있다. 그러나 양식기술이 첨단이라고 할 때 산업발전법의 첨단기술에 대한 정의를 원용하여 양식기술의 기술혁신속도가 빠르고, 우리나라 산업구조의 고도화에 기여하는 한편, 부가가치 창출효과가 크고 연관산업에 영향을 미칠 수 있어야 한다. 즉 첨단기술에 대한 국제적인 합의 기준은 없지만 첨단기술은 높은 R&D 비중과 새로운 부가가치 창출 및 산업간 연관효과 등이 고려된다.

따라서 “첨단양식기술”에는 우리나라의 6T 기술과 같이 급속한 타 분야의 기술발전에 따른 양식분야 적용가능성이 고려되어야 한다. 또한 수산물 양식은 최종적으로 소비되는 식품의 소비특성이 고려될 때 명확히 정의될 수 있다. 세계적인 수준에 도달한 노르웨이의 양식업을 지식산업의 한 부문으로서 첨단산업에 포함시키는 견해가 큰 반면, 우리나라의 영세한 양식업계 현실을 고려하여 우리 첨단양식업을 첨단기술의 측면보다는 현장애로기술에 중점을 두고 바라보는 시각이 많다.

이런 측면 때문에 “첨단양식기술”에 대한 정부 정책에 대해 양식업계와 과학자, 새로운 기술을 양식업에 접목 시키려는 이해관계자간의 혼란이 있을 수 있다. 특히 국제사회의 양식규범은 배합사료 사용관리, 항생제 사용관리, 지속가능증명 등을 요구하고 있어 생산측면에서의 지속가능성의 개념도 첨단양식에 포함된다. 여기에 시장에 팔리는 양식수산물을 생산해야 하므로 소비자의 소비특성을 고려한 양식기술이 지속적으로 개발되어야 하므로 첨단양식기술의 산업화는 다양한 측면에서 추진될 필요가 있다.

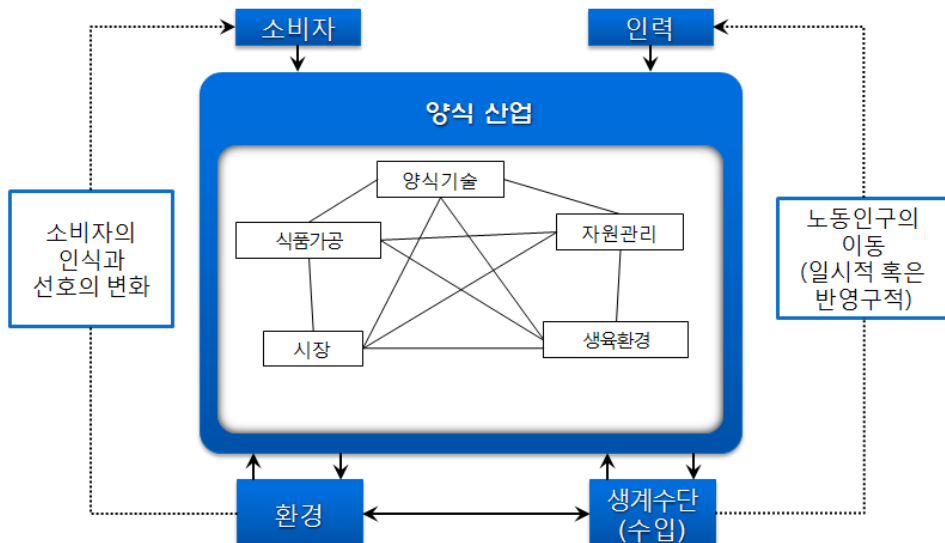
2. 첨단양식기술의 변화 동인

1) 양식 산업의 환경 변수

지속적인 양식산업의 발전을 위해서는 양식업을 통한 수익이 창출되어야 하고, 산업을 영위하기 위한 노동인력이 공급되어야 한다. 또한 양식산업은 식품으로 소비되므로 최종 소비자의 선호변화가 매우 중요한 환경변수가 될 수 있다. 양식산업은 양식기술, 식품가공, 시장, 자원관리, 생육환경 등이 유기적으로 연결되어 발전하고 있다.

양식기술은 자원관리에 따른 어분의 지속적 확보, 기후변화, 생명공학기술 등에 따른 생육환경의 변화, 포장, 운송 등의 발전에 따른 식품가공기술의 발전, 시장의 변화에 따라서 영향을 받게 된다. 양식산업을 둘러싼 연관 분야의 어느 하나라도 소홀하게 되면 양식 산업 정책은 실패할 가능성이 높다. 따라서 양식기술은 대내외적 영향관계를 고려해서 발전할 수 있도록 유도할 필요가 있다.

〈그림 2-1〉 양식산업을 둘러싼 환경변수



2) 양식기술 변화 동인

양식산업은 글로벌 동인, 기술혁신 동인, 소비변화 동인 등에 의해 영향을 받는다. 양식기술도 양식산업의 구조 변화 동인에 의해 영향을 받으면서 발전할 것으로 보인다.

〈그림 2-2〉 첨단양식기술의 변화 동인

주요 동인	세부추진내용
글로벌 동인	○ 글로벌화 : RCEP, TPP 등 권역별 무역자유화 강화 ○ 기후변화 : 환경변화에 따른 양식가능품목 변화, 질병 등 변화 ○ 국제양식규범 : 망생제, 사료 관리 강화, 어류복지 강화 ○ 지속가능개발목표(SDGs) : 책임있는 투자, 지속가능 투자, 민간참여형 ODA
기술혁신 동인	○ 생명과학발전에 따른 경제성 어종 개발, 사료효율성 강화, 기능성 식품 출현 ○ 부족한 인력 대체를 위한 자동화 시스템 발전, 에너지 비용 절감 ○ 기존 양식방법 대체하는 신기술 적용 및 시스템 변화 ○ 생태계 교란, 환경오염 방지, 자연환경에 극복 등
소비변화 동인	○ 소득증가, 여성의 사회진출 확대 ○ 고령화, 1인가구 증가, 영유아 감소 ○ 라이프스타일 변화 및 다양화, 식품가공/저장/유통기술 발전

(1) 글로벌 동인

양식산업은 글로벌화, 기후변화, 국제양식규범의 강화, 지속가능개발목표의 설정 등 글로벌 환경변화에 영향을 받을 수 있다. 특히 양식산업은 FTA 등 무역자유화의 확대뿐만 아니라 총 16개국이 관세장벽을 철폐하는 역내 포괄적 경제동반자협정(RCEP, Regional Comprehensive Economic Partnership)과 아시아태평양 지역 간의 광역 자유무역협정인 환태평양경제동반자협정(TTP, Trans-Pacific Partnership) 등의 체결에 따른 양식수산물 교역환경 변화는 양식산업에 직접적인 영향을 미칠 것이다.

또한 기후변화에 따른 해양생태계 변화는 양식가능 품목의 변화 및 새로운 질병의 출현 등이 예견되며, 항생제 및 사료 관리가 강화되고, 어류복지 등에 대한 환경단체의 요구가 확대되면서 이에 대응하기 위한 양식기술의 변화도 요구된다. 2015년 새천년개발목표(MDGs)가 종료되면서 2016년부터 시행되는 지속가능개발목표(SDGs)는 개도국에 대한 책임 있는 투자, 지속가

능 투자가 요구되면서 양식부문에 있어서도 개도국 사업들이 사회적 책임을 강조하는 형태로 사업이 추진될 전망이다.

(2) 기술혁신 동인

최근 과학기술 발전에 힘입어 타분야의 다양한 기술들이 양식산업에 영향을 미치고 있다. 생명공학의 발전으로 경제성 어종의 개발이 좀 더 쉬워지고 있으며, 사료효율성이 강화될 전망이다. 또한 식품분야의 기술발전으로 기능성 식품의 출현은 양식 수산물의 소비시장 확대를 유도할 수 있다.

1차 산업으로서의 양식업에 신규 국내인력이 유입이 어려워 동남아시아 인력으로 대체하고 있으나 이마저도 어려운 상황이므로 부족한 기술인력을 대체하기 위한 자동화 시스템의 발전이 예견되며, 신재생에너지의 개발 및 적용이 확대되면서 에너지비용 절감을 위한 기술개발 등 원가절감을 위한 노력들이 추진될 것이다.

또한 기존 양식방법의 패러다임을 완전히 대체하는 신기술이 적용될 것이다. 양식산업 발전의 한계로 인식되고 있는 생태계 교란 및 환경오염을 방지하기 위한 기술들이 적용될 뿐만 아니라 자연의존적인 양식환경을 극복하기 위한 기술들도 출현할 전망이다.

(3) 소비변화 동인

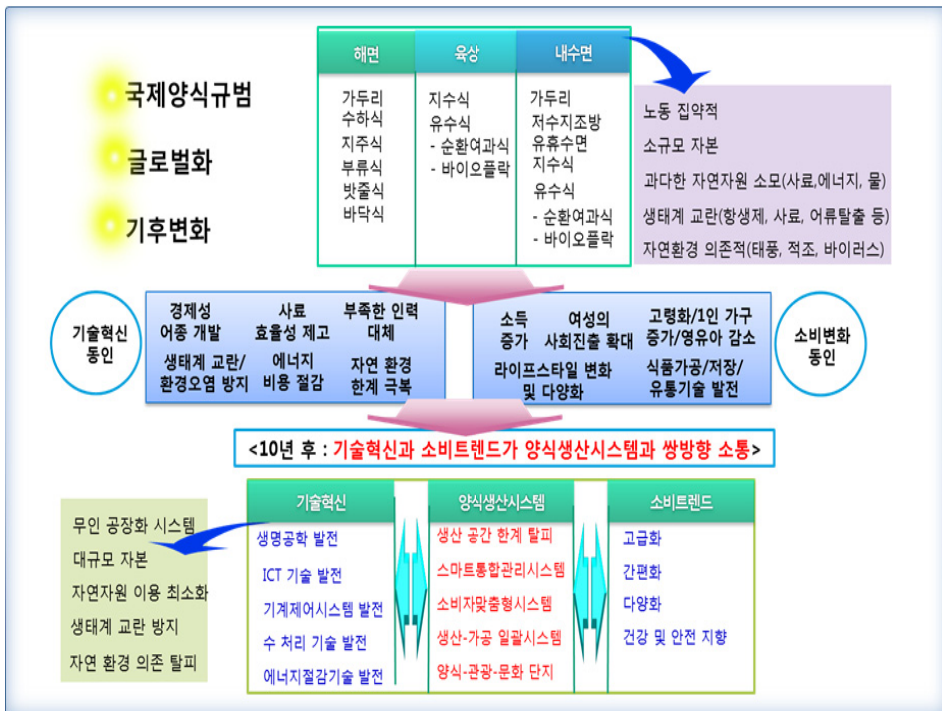
우리 양식산업이 생산측면에서만 강조되었다면, 소비자의 소비변화가 양식생산의 패러다임을 변화시킬 수 있다. 따라서 양식수산물 생산에 있어서도 세대별, 성별 소비의 특성을 고려해야 한다. 세대별 특징은 크게 베이비부머 세대와 밀레니얼 세대로 구분할 수 있다.

베이비부머 세대는 건강하게 장수하는 소비를 지향하는 반면, 디지털 네이티브인 밀레니얼 세대는 맞춤형 상품을 선호하고, 친환경 소비에 관심을 갖고 있는 세대이다. 양식수산물 생산에 있어서도 고령화, 1인 가구 증가, 영유아 감소 등의 인구 구조 특징을 고려해야 하고, 가구 소득의 분포 등이 양식수산물이 고급화 전략으로 가야할 지에 대해 선택하는 기준이 될 수 있다.

3) 시사점

기존의 양식업이 노동집약적, 소규모 자본, 과다한 자연자원 소모(사료, 에너지, 물 등), 생태계 교란(항생제, 어류탈출 등), 자연환경 의존적(태풍, 적조, 바이러스 등)이라는 특징이 있었다면, 향후 양식업은 무인공장화 시스템, 대규모 자본 투자, 자연자원 이용 최소화, 생태계 교란 방지, 자연환경 의존에서 탈피하는 구조로 변화될 가능성이 높다. 향후 양식기술은 기술혁신 동인과 소비변화 동인이 쌍방향 소통하면서 발전될 것으로 예상된다.

〈그림 2-3〉 첨단양식기술의 발전 방향



3. 우리나라 첨단양식기술의 개발 방향

현재 우리나라 양식업 환경에 적합한 첨단양식기술의 개발 방향은 다음과 같다.

첫째, 첨단양식기술의 적용은 소프트웨어적 접근에 기반을 둔 하드웨어적 접근이 필요하다. 현재 첨단기술은 ICT 융합을 통한 효율적 관리시스템만으로 접근하는 경우가 많지만 ICT 기술은 실제 양식 수산물 생산의 최적 알고리즘을 도출하는 것이 더 중요하다. 따라서 양식수산물 생산을 위한 하드웨어적 구성요소들은 최적 알고리즘이 내장될 때 제대로 기능을 할 수 있다. 우선 ICT 기술을 활용하여 품종별 생육환경의 최적 알고리즘을 도출한 뒤 부분 요소기술들을 합치는 방법으로 나가야 한다.

둘째, 국내 양식업 환경을 고려할 때 원가절감형 양식기술을 개발하면서 단계적으로 친환경양식기술을 적용해 나갈 필요가 있다. 국제양식규범이 요구하는 양식은 항생제 관리, 사료관리, 지속가능 증명 등을 요구하면서 이러한 사항들을 충족시키기 위한 첨단양식기술들은 비용을 수반하게 되므로 국내 양식현장에서 생산성을 오히려 떨어뜨리는 방향으로 작용할 수 있다. 그러나 가까운 미래에 국제양식규범을 이행하지 못할 경우 국내 양식업은 생존의 문제에 직면할 수 있다. 따라서 양식장 인력부족 문제, 에너지 과다 사용 문제, 폐사 문제 등을 해결할 수 있는 원가절감형 기술개발을 추진하면서 단계적으로 국제양식규범 준수를 위한 기술개발을 확대시킬 필요가 있다.

셋째, 첨단양식기술은 양식 수산물이라는 생명을 경제성 있게 기르는 것이 핵심이므로 생물학적 접근을 통해 경제성 있는 품종을 지속적으로 개발하면서 양식기자재 발전을 병행하여 추진할 필요가 있다. 양식업의 핵심은 우수 종묘·종자의 개발이다. 이 분야는 오랜 기간 생명공학이 접목되어 경제성 있는 품종을 개발하기 위해 발전해 왔다. 핵심기술인 종묘·종자 생산기술의 발전 없이 연관기술만으로 양식 산업의 경쟁력을 강화시킬 수 없다. 첨단양식기술로서 육종기술개발을 통한 경제성 있는 우수 종묘·종자를 개발하는 것은 지속적으로 추진되어야 한다. 양식원가의 많은 부분을 차지하는 사료의

경우에도 종묘·종자기술로 생산된 경제성 있는 우수 종자에 적합한 사료를 개발해야 하므로 유전육종기술과 사료는 병행하여 추진되어야 하며 양식기술의 핵심이라 할 수 있다.

넷째, 첨단양식기술은 산업화(규모화)를 유도하면서 그 과정에서 발생된 요소기술들이 국내 양식현장의 애로사항들을 해결 할 수 있도록 추진할 필요가 있다. 대규모 설비투자가 들어가는 첨단양식기술은 영업레버리지가 높은 반도체 산업과 유사하다. 높은 고정비는 영업레버리지(이익변동률)를 상승시키므로 대량생산이 가정되며 단위당 가격을 낮춰 마진을 확보하는 전략이 수반되어야 한다. 그러나 활어시장이 비탄력적이기 때문에 하락된 가격만큼 어류양식 소비가 확대되지 못한다. 따라서 생산된 양식수산물이 가공식품으로 판매될 수 있도록 가공식품 수준의 원가하락이 수반되어야 한다. 양식업의 원가절감을 위한 과정에서 발생하는 신기술들이 부분적으로 현장에 적용되어 국내 양식현장의 애로사항이 해결될 수 있도록 사업이 추진되는 것이 바람직하다.

다섯째, 우리나라의 첨단양식기술개발을 글로벌 기술 선도형으로 접근 할 것인지, 기술 모방형으로 접근 할 것인지에 따라 기술개발의 목표가 달라질 수 있다. 우리 양식기술의 개발목표를 글로벌 기술 선도형으로 갈 경우 기술개발 속도가 더디다는 단점이 있으나 첨단양식기술을 접목한 양식시스템 및 그 설비를 통합하여 수출할 수 있는 장점이 있다. 이를 위해서는 양식설비의 표준설비 기준 마련 및 인증기준을 마련하는 작업도 병행되어야 한다. 그러나 기술 모방형 접근의 경우에는 단기간에 국내 양식업의 생산 환경을 빠르게 변화시킬 수 있는 장점이 있으나 첨단양식기술의 기술 예측화가 우려된다. 따라서 우리나라의 환경을 고려할 때, 세계적으로 ICT 기술의 우위를 갖고 있다는 강점이 있으므로 ICT기술이 접목된 양식기술은 글로벌 기술 선도형으로 접근할 필요가 있다. 그러나 기술 선도형 개발 목표를 삼더라도 당장 기술개발이 어려운 부분들에 대해서는 해외의 우수기술들을 이전 받아 첨단양식기술의 개발을 빠르게 진행할 필요가 있다.

제3장 국내외 양식 산업 및 기술 동향

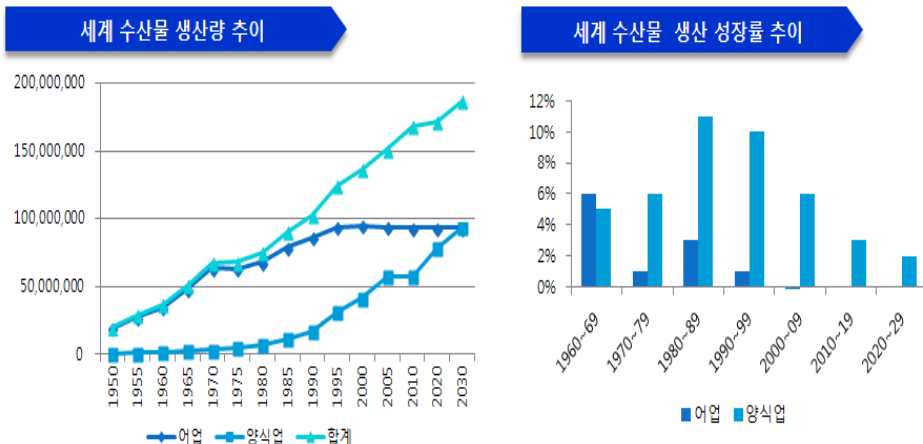
1. 국내외 양식 산업 동향

1) 국외 양식 산업 동향

(1) 생산 현황 및 전망

세계은행(2014)에 따르면 총 수산물 공급량 중 양식 수산물의 비중이 확대되어 2012년 양식수산물 생산량이 66.6백만 톤(42%)에서 2030년에는 93.6백만 톤(50%)으로 확대될 전망이다. 양식수산물 생산량의 지속적인 성장 속에 2000년 이후 어업 생산량의 성장은 0% 성장률을 기록하고 있다.

〈그림 3-1〉 세계 수산물 생산량과 성장률 추이



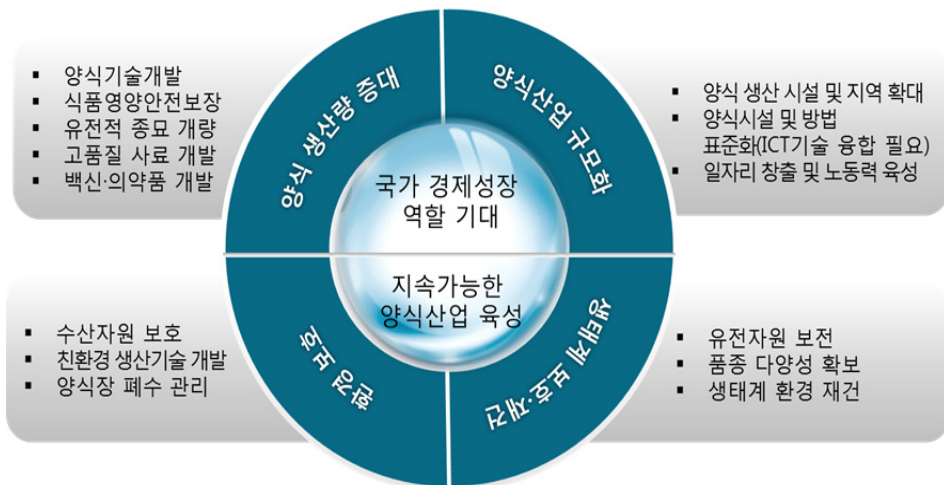
자료: World Bank, 'FISH To 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture, 2014. pp.39-40

(2) 정책 동향

세계적으로 주요 양식국가의 정책은 크게 양식 수산물 증대를 위한 정책, 양식업 규모화를 위한 정책, 생태계 보호·재건을 위한 정책, 환경보호를 위한 정책을 추진해 오고 있다. 주요 양식 국가는 중국, 인도, 베트남, 인도네시아, 중국, 미국, 노르웨이 등의 국가들이다. 이들 국가들은 양식 수산물 생산량 증대를 위해 양식기술개발, 식품영양안전보장, 고품질 사료 개발, 백신·의약품 개발 등의 정책을 추진하고 있다.

이와 병행하여 양식산업의 규모화를 유도하기 위해 양식 생산시설 및 양식 지역 확대, 양식시설 및 방법의 표준화에 노력하고 있다. 생태계 보호 및 재건을 위한 정책으로 유전자원 보전, 품종 다양성 확보, 생태계 환경 재건 등의 사업을 추진하고 있다. 또한 수산자원 보호, 친환경생산기술 개발, 질소·인 등에 의한 해양오염 방지, 항생제에 의한 2차 피해 등을 막기 위한 양식장 폐수 관리 등을 통해 지속가능한 양식산업 육성을 위한 정책들을 확대시키고 있다.

〈그림 3-2〉 세계 양식정책 동향



(3) 기업 동향

글로벌 양식기업 중 시가총액 기준¹⁵⁾으로 5대 기업은 Marine harvest(노르웨이), Austevoll Seafood(노르웨이), Salmar(노르웨이), Grieg Seafood(노르웨이), Pacific Andes Resources(싱가포르) 등이며, 노르웨이 기업이 4개사나 포함되어 있다. 글로벌 5대 양식기업의 시가총액은 93,806억 원이며, 글로벌 양식기업 49개사의 시가총액은 21,928억 원으로 5대기업의 시가총액이 42.8%이며, 이중 3개 기업의 시가총액은 88.7%에 달한다.

글로벌 양식기업 5대기업의 영업이익이익률(수익성)은 16.3%로 우리나라의 대표 원양어업 기업인 동원산업의 5.9% 보다 높으며, 5대 기업의 성장성은 22.8%로 글로벌 업계평균인 15.1%보다 높게 나타났다. 일반적으로 제조업에서는 중소기업의 성장성이 높지만, 양식업에 있어서는 대기업의 성장성이 높은 것으로 나타났다.

〈그림 3-3〉 글로벌 양식기업의 재무분석 결과

(단위: 십억원)

기업명	주요 어종	수익성	활동성	부채비율	성장성	시가총액	PER
MARINE HARVEST (노르웨이)	연어	16.6%	67.0%	106.3%	22.9%	5,498.4	11.51
AUSTEVOLL SEAFOOD (노르웨이)	연어	13.9%	60.5%	98.4%	9.7%	1,305.6	7.62
SALMAR ASA (노르웨이)	연어	20.3%	70.5%	96.2%	47.5%	1,521.1	4.68
PACIFIC ANDES RESOURCES(싱가포르)	*	9.5%	32.0%	124.0%	-8.4%	559.2	5.13
GRIEG SEAFOOD AS (노르웨이)	연어	14.2%	55.0%	130.9%	16.1%	496.3	6.28
글로벌 5대 양식대기업(국가미고려) 평균 (Bloomberg)		16.3%	63.9%	105.9%	22.8%	9380.6 (합계)	9.20
글로벌 양식업계(49개 기업) 평균 (Bloomberg)					15.1%	21928.1 (합계)	68.53
동원산업(별도)		5.9%	75.6%	54.5%	-11.0%	1,064.5	26.88

42.8%
(이중 상위
3개기업 비
율 88.7%)

* 특정 어종의 양식에서 수익을 얻는 대신, 글로벌 양식산업 성장세에 힘입어 페루 어분 생산자로서 수혜를 입음

** 출처: Bloomberg, 2015.02.02 기준(FY2013 데이터, PAC ANDES RESOUR(2013.9.30 기준) 외에는 2013.12.31 기준)

15) Bloomberg 기준(2015. 2. 2.), 2015. 2. 2. 접속

2) 국내 양식 산업 동향

(1) 생산 현황

2014년 기준으로 우리나라 수산물 생산량은 3,306천 톤이다. 전체 수산물 생산량의 46.8%를 차지하는 업종은 천해양식으로 연간 1,547천 톤이 생산된다.

〈표 3-1〉 우리나라 수산물 생산 현황

(단위: 천 톤)

구분	2005년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
해면어업	1,097	1,133	1,236	1,091	1,045	1,060
천해양식	1,041	1,355	1,478	1,489	1,515	1,547
원양어업	552	592	511	575	550	669
내수면어업	24	31	32	28	25	30
합계	2,714	3,111	3,256	3,183	3,135	3,306

자료: <http://www.fips.go.kr/>, 2015. 11. 23. 접속

2014년 양식수산물의 생산량 및 생산금액을 살펴보면, 생산량 기준으로 해조류 비중이 70.3%이고, 패류 23.0%, 어류 5.4%인 반면, 생산금액 기준으로는 어류의 생산금액이 40.2%로 가장 많았으며, 그 다음으로 패류가 29.1%, 해조류 25.4%로 나타났다.

〈표 3-2〉 2014년 양식수산물 생산량 및 생산금액

(단위: MT, 천원, %)

구분	생산량	비중	생산금액	비중
어 류	83,437	5.4	777,744,732	40.2
갑 각 류	4,501	0.3	71,394,640	3.7
패 류	356,136	23.0	562,926,816	29.1
기타수산물	15,712	1.0	29,101,880	1.5
해 조 류	1,087,194	70.3	491,246,235	25.4
합 계	1,546,980	100.0	1,932,414,303	100.0

자료: <http://www.fips.go.kr/>, 2015. 11. 23. 접속

우리나라 양식산 해산어류 생산량은 미수 기준으로 3억 마리이며, 이 중 가장 많은 양식 어류 생산량은 조피볼락이 약 1억 마리고, 넙치류가 그 다음인 9천 만 마리이다. 넙치류를 제외한 대부분의 해산어류 생산량이 감소하는 추이를 보이고 있다.

〈표 3-3〉 우리나라 양식산 해산어류 생산량

(단위: 천 마리)

구 분	2005년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
조피볼락	366,804	231,901	290,546	103,834	97,052	109,995
넙치류	97,330	84,925	79,318	106,857	109,149	92,553
참돔	44,353	30,348	40,990	16,849	23,554	20,364
감성돔	52,447	25,711	11,465	8,351	12,593	12,893
숭어	32,770	37,895	30,942	17,234	28,719	25,998
농어	19,704	12,976	10,656	7,217	10,235	4,759
기타어류	28,368	32,462	28,164	38,244	34,957	39,135
합계	641,776	456,218	492,081	298,586	316,259	305,697

자료: <http://www.fips.go.kr/> , 2015. 11. 23. 접속

(2) 정책 동향

우리나라의 양식산업 정책은 대 중국 시장 확대 등 수출산업으로서의 양식업 육성을 위해 10대 전략품목 육성기반 확충을 위한 사업을 추진하고 있으며, 전략품목에 포함된 양식수산물에 대해 외해양식 활성화, 친환경 양식 기술 지원 사업 등을 추진하고 있다.

양식산업의 전후방 산업을 육성시키기 위해 종자산업 육성, 사료 및 백신 개발 등의 사업도 추진 중이다. 또한 식품안전성에 대한 소비자 인식이 높아짐에 따라 이에 대응하기 위해 식품안전관리 강화를 위한 수산물이력제 활성화 정책을 꾸준히 추진해 나가고 있다.

또 한편으로 양식산업의 규모화 및 민간자본 투입을 원활하게 하고, 면허 우선순위의 조정 등을 위한 양식산업발전법 제정을 위해 노력하고 있다.

이외에도 한중 FTA 대응을 위해 피해가 우려되는 내수면 양식단지 조성 사업을 추진하고 있으며, 양식 경영자의 경영비 절감을 위해 히트펌프 보급 사업 등 에너지 비용 절감 정책을 추진하고 있으며, 최근에는 온배수를 활용한 양식업 활성화 정책도 추진하고 있다.

〈그림 3-4〉 우리나라 양식산업 정책 동향



자료: 마창모 외, 수산업 구조개선 방안, 한국해양수산개발원 2015. p.140

2. 해외 첨단양식기술 동향 및 사례

1) 동향¹⁶⁾

전 세계적으로 양식 기술 및 시스템은 지난 50여 년간 급격히 발전하였다. 초기 양식생산 구조는 매우 단순한 생산 시설을 갖춘 가족 경영 형태의 소규모 생산이었다면, 점차 국가 간의 수출량이 증가하고 전체적인 양식수산물 소비량이 증가하면서 단위면적당 생산량 확대에 집중한 양식기술 시스템이 도입되기 시작하였다. 현재까지 양식업에 이용되고 있는 기술의 대부분은 비교적 단순한 수준으로, 사료 개선 및 우량종자 개량, 용존산소량 증가, 포식

16) FAO 양식 홈페이지 내용을 일부 발췌하였음.

자로부터의 보호 등 대상 품종의 성장률 및 생존률 향상을 위한 기술 개발 및 연구가 활발히 이루어져 왔다.

그러나 양식업으로 인한 자연 생태계 및 환경의 부정적 영향에 대한 우려와 전 세계 소비시장의 식품 안전성에 대한 수요가 높아지면서 친환경 및 안전성을 보장하는 ‘지속가능한 양식업’ 및 ‘책임 있는 양식업’ 이행을 위한 기술개발 및 적용이 확대되고 있다. 또한, 네트워크 기반의 IT, BT 등 타 분야와의 기술융합이 활발해짐에 따라 양식업에서도 양식 환경 및 양식 생물의 생육정보 수집·데이터베이스화를 통한 위험성 감소 및 수익성 증대와 양식장 자동화 기술을 통한 생산 비용 절감 및 어민복지 향상 등을 이루고 있다.

(1) 사료 관리

생사료 사용으로 인한 어족 자원 고갈 및 환경피해를 줄이기 위해 어분함량 감소 또는 무어분 사료 개발 및 사용이 증가하고 있다. 미국의 경우 ‘미래 양식사료’ 보고서를 통하여 대체 양식사료 개발 방향을 제시하고 식물성 원료인 대두박을 이용한 사료개발을 추진 중에 있으며, 노르웨이의 경우 지속적인 사료의 어분 함량 감소 노력으로 2010년 18%까지 감소시킨 사료를 보급하고 있다.¹⁷⁾ 또한, 올바른 급이 계획으로 무분별한 사료 사용을 억제하고, 최소한의 비용으로 최대한의 성장률을 이끌어낼 수 있도록 가장 경제적인 양식방법에 대한 연구·개발 및 교육이 시행되고 있다.

한 예로, FAO에서는 양식사료 및 영양화 정보 시스템(AFFRIS)을 통하여 양식 사료 및 원료의 영양성분에 대한 자료를 데이터베이스화 하여 정보를 제공하고 있으며 각 품종별 최적의 급이 지침 및 사육법에 대한 정보도 제공하고 있다.

(2) 수질 관리

양식장 배출수로 인한 수질오염 및 자연 생태계 교란을 막기 위한 수질관리 기술개발 및 적용이 점차 본격화 되고 있다. 배출수 관리의 대표적인 기

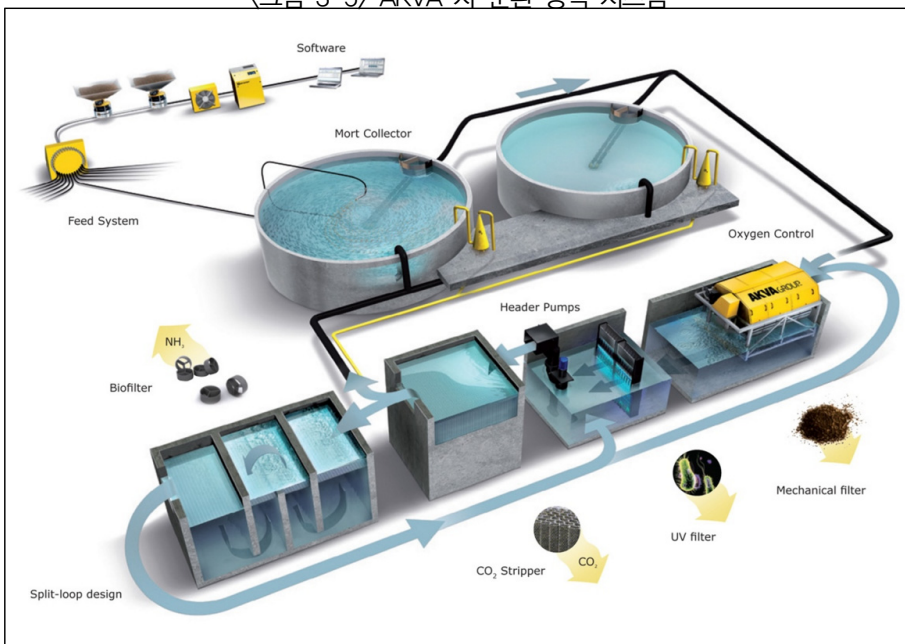
17) 농림수산식품부, 빌딩양식 산업화 기본계획 수립 연구, 2012.11. p.24.

술은 폐쇄 형태의 양식 시스템으로, 이는 사료 등 양식에 사용되는 원료의 영양분 및 박테리아, 배양 생물 간의 복잡한 상호작용에 대한 이해를 바탕으로 한 무배출수 형태의 양식 시스템이다. 즉, 한번 유입된 양식수를 여러 차례 또는 영구적으로 자체 여과 및 살균하여 재이용하는 방식이다.

이러한 양식 시스템과 자연환경의 완전한 분리는 양식업으로 인한 환경영향 최소화뿐만 아니라, 양식 생물에 대한 외부 환경으로부터의 유전적 영향 및 질병 노출의 위험을 최소화하는 장점이 있다.

대표적인 양식기술 선도 기업인 AKVA社에서는 육상 양식용 ‘순환 시스템’ 기술을 보유하고 있는데, 기계식 여과 및 UV·Bio 필터, Co2 분리 기술 등을 이용하여 양식수 재사용을 가능하게 하고 있다. 또한, 양식수 여과 시 자동 용존산소량 조절 및 자체 수질 안정화 기술로 양식 환경을 최적화 하여 양식 생물의 성장률 향상을 달성하고 있다.

〈그림 3-5〉 AKVA 사 순환 양식 시스템



자료: <http://www.akvagroup.com/home>, 2015.11.23. 접속

(3) 식품안전성 확보

그간 생산성에 집중한 양식방법으로 과도한 밀식이 이루어져 왔으며, 이로 인한 성장률 저감, 질병발생, 집단폐사 등의 문제 해결을 위하여 항생제 및 백신, 성장촉진제 등이 무분별하게 사용되어 왔다. 그러나 양식 수산물의 안전성 및 양식어류의 생육환경에 대한 소비자들의 관심이 높아짐에 따라 전 세계적으로 양식 수산물의 안전성을 보장할 수 있는 국제 규범 및 거버넌스 구축이 진행되고 있다.

대표적인 예가 FAO, WWF(세계자연기금), ASC(양식관리협의회) 등에서 추진 중인 양식증명으로, 지속가능하고 책임 있는 양식업을 위한 양식방법 및 기준을 설정하여 소비자들이 인식하기 쉽도록 증명서를 발급하고 제품 또는 생산시설에 부착하도록 하고 있다. EU 등 일부 선진국에서는 국가법위의 법적기준을 마련하여 항생제 사용 금지 또는 양식수산물 내 잔여물 기준을 설정하여 안전성 및 품질을 보장하기 위해 노력하고 있다.

이와 같은 기준에 따르기 위하여 여러 국가에서는 인위적인 방법을 배제한 양식 환경 최적화 기술을 개발하고 있으며, 생산에서부터 가공, 포장, 판매에 이르기까지 전반적인 제품의 안전성을 확보하기 위하여 전 과정 수직 계열화 및 위생·자동화를 추구하고 있다. 양식장 수중 내 개체 수 파악 및 Biomass 측정, 수질 정보, 양식 환경 위생 유지 기술 등이 대표적인 양식 수산물의 안전성 확보를 위한 기술이라고 할 수 있다.

(4) 육종 기술

양식업의 첨단 기술은 생산 방식에 있어서의 기술개발뿐만 아니라, 양식 생물 자체 개량을 통해 경제성을 확보하는 기술도 포함하고 있다. 성장기간 단축 및 사료효율성 향상, 내병성 증가 등 생물의 특정 형질을 개발한 우수 종자를 개량하는 것을 육종기술이라 하는데, 이를 이용할 경우 생산비용 감소 효과로 양식어가 경제에 매우 도움이 된다.

생산성과 관계된 형질 개발 외에 육질, 색깔, 지방함량, 향 등 소비자의 선호도에 따라 다양한 특성을 보유한 종자 개량의 경우, 고품질·고부가가치 제품 생산으로 시장 경쟁력을 증대시킨다.

육종 기술을 통한 우량종자의 경제성이 보장되면, 개량 기술 및 종자 수출을 통한 부가가치 창출 또한 가능하다. 이와 같이 육종기술 개발로 양식업의 첨단 산업화 이행을 앞당기고 세계 시장에서의 경쟁 우위를 차지하기 위하여 세계 각국에서는 대규모 투자 및 연구·개발 등의 노력을 보이고 있다.

육종 기술의 대표적인 국가인 노르웨이의 경우, 1970년대부터 이미 정부 주도 하에 연어 육종 기술 개발에 착수하여 자연 상태의 연어 보다 300% 이상 빠른 성장률의 종자 개량에 성공하였으며 지속적인 연구·개발로 국가·기업 간의 기술적·경제적 격차를 더욱 높이고 있다. 또한 틸라피아 선발 육종 프로그램 도입으로 100% 성장률 향상을 기록한 우수품종 개량에 성공하여 전 세계 시장 점유율을 확대시켜 나가고 있다.

(5) 정보·자동화

양식업의 첨단기술은 각 양식 요소별 데이터베이스화를 기반으로 하고 있다. 즉, 양식장 경영에서부터 양식생산에 이르기까지 각종 정보를 수집하여 유·무선 네트워크를 통해 한곳에 집적한 후, 전용 SW를 통한 분석·예측으로 필요한 정보를 제공하거나 자동급이·생육환경변화 감지 및 제어 등 원격자동화 기술에 이용하는 형태이다.

자동화를 통해 양식어민은 인건비 절감 및 노동환경 개선을 이룰 수 있으며, 탄탄한 기초자료를 기반으로 한 생산 및 경영은 위험성을 최소화하여 투자확대 및 우수인력 확보를 보장할 수 있다. 이는 다시 연구·개발의 재투자로 이어져 수익성 확대를 가져오는 선순환 형태의 산업이 가능하게 된다.

이미 여러 국가 및 국제기구에서는 양식업 전반에 걸친 정보 수집 및 자동화를 통한 “스마트 양식장 관리기술”을 개발하여 적용하고 있으며, 최적의 경영 상태 및 생육환경을 자동으로 유지할 수 있는 기술 개발을 위해 노력하고 있다. 가장 활발한 움직임이 이루어지고 있는 곳은 유럽으로, EU 변화감시센터(European Monitoring centre on change)에서는 E-AQUA 프로젝트를 통해 양식장 내 생육환경 정보를 수집하여 분석·공부하는 기술을 개발하였다.

또한, 유로펀드를 통해 HORIZON 2020에서는 ICT 분야 중 “AQUASmart 프로젝트”를 선정하여 양식장 내 Biomass, 사료전환율(FCR) 향상, 양식장 빅

데이터 및 분석 표준 구축 등 환경친화적 양식 정보를 제공하는 기술 개발에 37만 유로를 지원할 예정이다. 아·태전기통신협의체(APT)에서는 ICT 파일럿 프로젝트 “SHARE”을 통해 필리핀, 일본, 태국 간 협력으로 양식장 수질(용존산소, 수온, PH농도, 투명도) 및 환경(온도, 습도 등), 급이 모니터링, 수중 환경 정보 DB 구축 및 실시간 제공 기술을 개발하였으며, 이를 적용하여 양식장 내 폐사량 감소를 달성하였다.

2) 첨단양식기술 사례

해외 첨단양식기술 사례를 유형별로 살펴보면, 양식장 정보화·자동화를 기반으로 한 비용절감형 기술과 신기술 융합을 통한 에너지 절감형 기술, 생육 환경 개선을 통한 환경오염 및 폐사율 저감형 기술로 나눌 수 있다. 각 유형별 개발 기술은 [표3-4]와 같다.

〈표 3-4〉 첨단양식기술 분류

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

(1) 비용 절감형

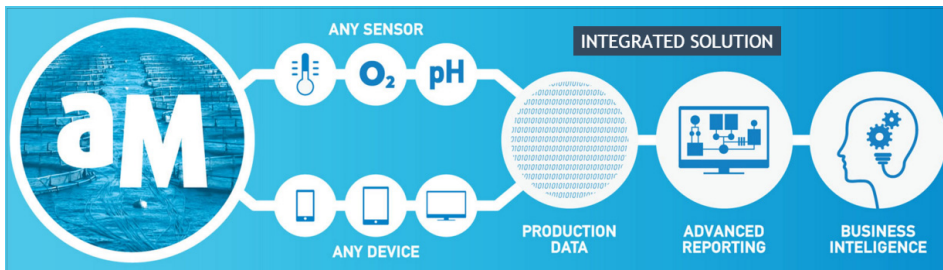
가. 양식장 경영 관리 기술

양식장 경영관리 기술이란 양식 전 생산과정의 최적화를 위한 SW 및 각종 변수 데이터 수집 장비 기술을 의미한다. 이를 통해 양식 업체는 비용절감 및 경영상태 개선, 수익 증가 등의 효과를 기대할 수 있다.

가) Aqua Manager사: 통합 양식 경영 관리 시스템

아쿠아 매니저사는 통합 양식 관리 시스템을 통하여 경영 최적화 방안을 제시하고 있다.¹⁸⁾ 무선 네트워크 기반의 수온·용존산소·pH 센서를 이용하여 수집한 데이터 및 경영자 입력 데이터(비용·수익 관련)를 분석한 후, 생산과정의 다양한 변수(비용, 품질, 수익성, 일정)를 통합하여 관리한다. 아쿠아 매니저사에서 보유한 요소기술로는 수중센서, 데이터 수집·입력·분석 프로그램, 양식 변수별 모듈화 등의 기술이 있다.

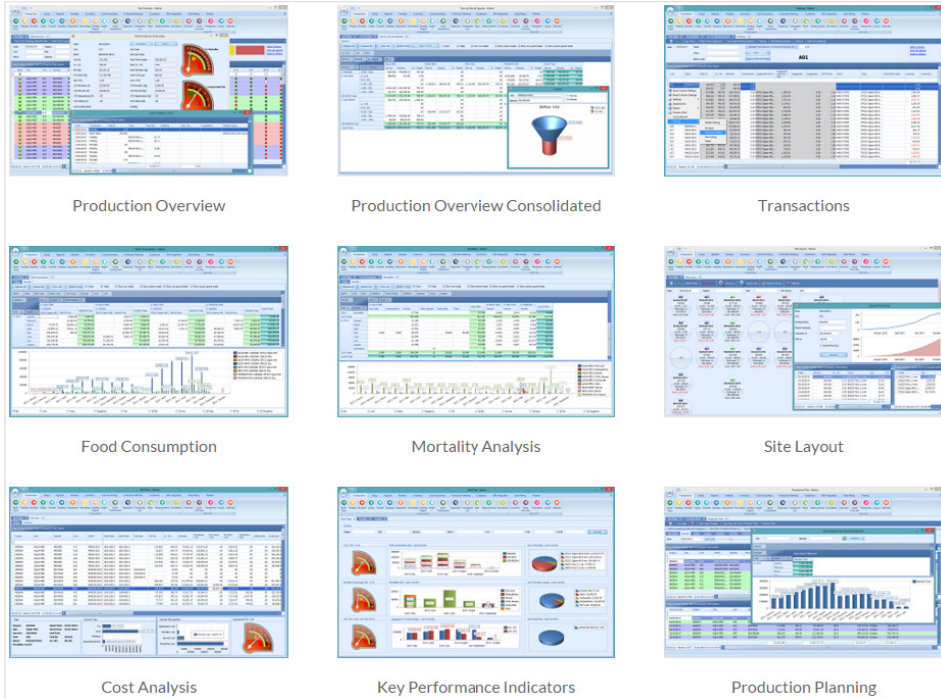
〈그림 3-6〉 Aqua Manager사 서비스 흐름도



자료: <http://www.aqua-manager.com/>, 2015. 11. 23. 접속

18) <http://www.aqua-manager.com/> 2015.11.23. 접속

〈그림 3-7〉 Aqua Manager사 SW

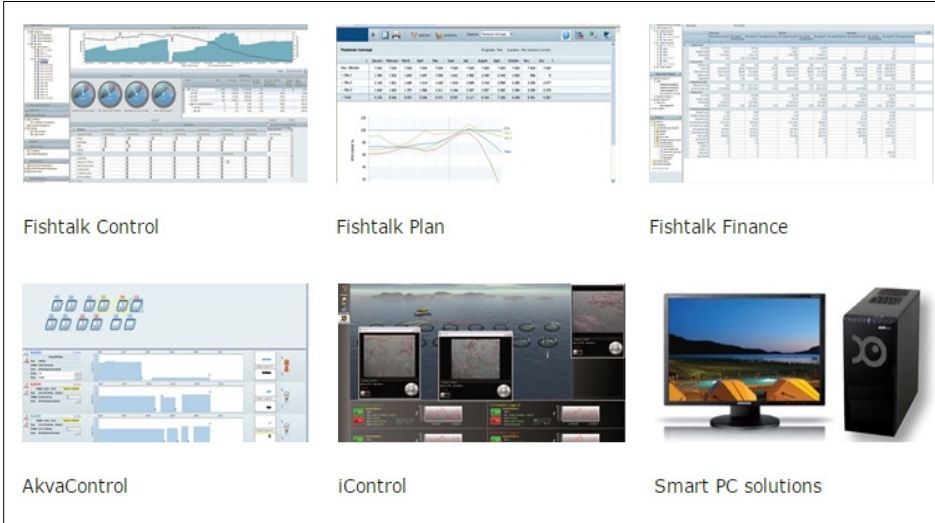


자료: <http://www.aqua-manager.com/>, 2015. 11. 23. 접속

나) AKVA사: 통합 양식 경영 관리 시스템 “FISHTALK”

아크바사는 양식 수산물 생산 관리에서부터 유통·판매 분야에 이르기 까지 전 과정 통합 솔루션을 제공하기 위한 데이터 수집·분석 SW를 통해 경영 효율성 및 품질·수익성을 보장하고 있다. 요소기술로는 크게 지능형 생산보고 및 계획 기술과 통합 생산 및 공정 제어 기술이라는 두 분야로 구분할 수 있다. 지능형 생산보고 및 계획 기술에는 수중센서, 데이터 수집·입력·분석 및 금융·생산계획·시장전략·급이 계획 프로그램, 인터넷기반 원격 제어 시스템, 파도 및 기생충 발생 모니터링·예측 프로그램 등이 있으며, 통합 생산 및 공정 제어 기술에는 무게 측정 및 라벨링을 포함한 패키징 시스템, 생산 계획 및 예측, 판매, 물류 솔루션 프로그램 등이 있다.

〈그림 3-8〉 AKVA사 SW



자료: <http://www.aqua-manager.com/>, 2015. 11. 23. 접속

나. 양식환경 모니터링

양식환경 모니터링 기술은 양식 수산물의 생육상태 확인 및 최적 양식 환경 모듈화를 위한 양식장 내 실시간 데이터 수집 및 모니터링 기술로, 양식 수산물의 생산 효율화 달성을 목적으로 하고 있다.

가) AKVA사: 양식환경 모니터링 기술

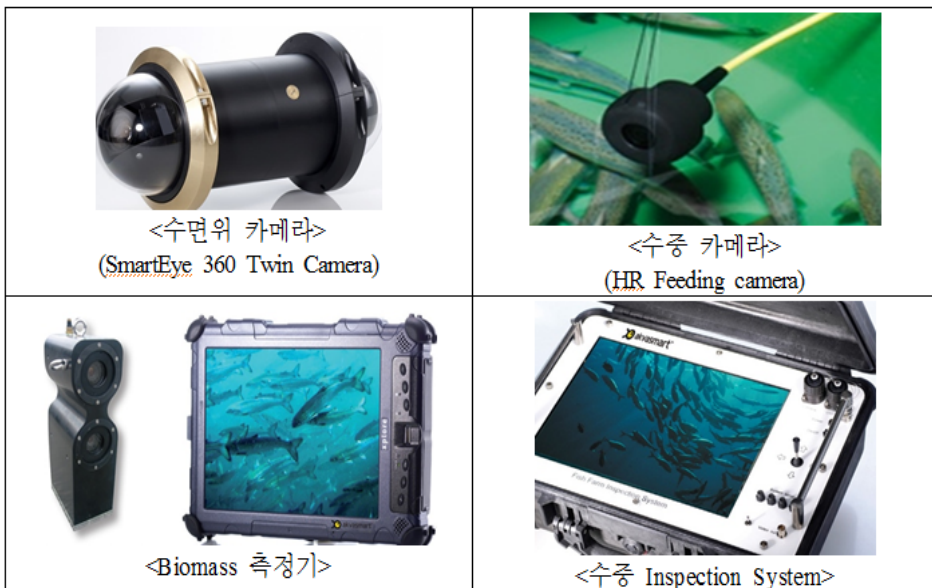
아크바사가 보유한 양식 환경 모니터링 기술은 해상가두리 양식장과 양식 관재소간의 무선 센서 네트워크를 구축하여 수중·수면 위 등 전체적인 양식 환경을 실시간·지속 모니터링 가능토록 한 기술로, 이를 통해 사료 유출을 최소화하고 최적 급이 계획으로 비용 절감 효과를 달성할 수 있다. 관련 요소 기술로는 센서 및 네트워크 기술과 통합모니터링 기술로 나누어 볼 수 있다. 센서 및 네트워크 기술에는 수온(온도), 용존산소, 조류 센서 및 센서데이터 송출용 무선 네트워크 설비 등이 있으며, 통합 모니터링 기술에는 실시간 수중 환경 및 Biomass 확인용 수중 카메라, 수면 위 환경 모니터링용 카메라 등이 있다.

〈그림 3-9〉 AKVA사 기술 (센서 및 무선 네트워크)



자료: <http://www.akvagroup.com/home>, 2015.11.23. 접속

〈그림 3-10〉 AKVA사 기술(카메라 및 모니터링)



자료: <http://www.akvagroup.com/home>, 2015.11.23. 접속

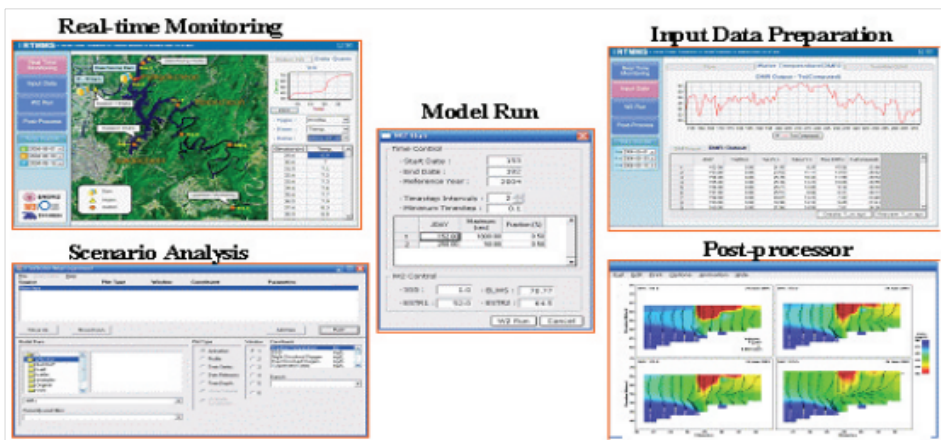
다. 네트워크 기반 통합 자동화·제어

네트워크 기반의 통합 자동화·제어 기술이란 양식 환경의 실시간 모니터링 결과를 활용한 분석 기술을 바탕으로 생육상태 및 양식 환경을 최적 상태로 자동·원격 제어하는 기술을 말한다. 이를 통해 양식어가에서는 인건비 및 생산비용 절감, 노동환경 개선 및 편의성 증가 등의 효과를 기대할 수 있다. 대표적인 개발 기술로는 21세기 프론티어 연구개발 사업을 통한 수질 감시·예측 기술 향상과 AKVA사의 CCS 급이 시스템 등이 있다.

가) 21세기 프론티어 연구개발 사업: 수질 감시·예측 기술

21세기 프론티어 연구개발 사업 중 하나인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단에서는 무선 센서 네트워크 기반 수량·수질 실시간 감시 및 예측 기술 RTMMT(Real-Time Monitoring and Modeling Technology)¹⁹⁾를 개발하였다. RTMMT를 통해 수온, 탁도 등 양식 환경에 부정적 영향을 줄 수 있는 요소를 사전에 감지할 수 있으며, 대량 폐사 등의 피해를 줄일 수 있다. 이와 관련된 요소기술로는 실시간 모니터링용 센서, 네트워크 통신, 전후처리 GUI(Graphic User Interface) 프로그램 등이 있다.

〈그림 3-11〉 실시간 탁수 감시와 예측을 위한 RTMMS UI



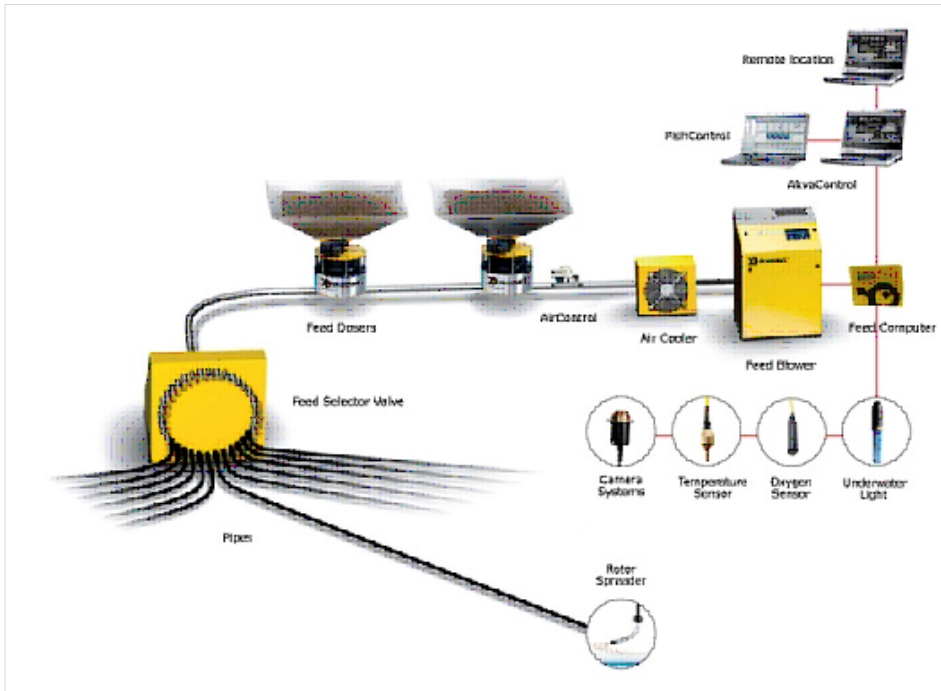
자료: 고익환 외, 실시간 저수지 탁수 감시 및 예측 기술개발 동향, 한국수자원학회 ‘물과 미래’ vol.41 No.7, 2008. 7, p.21.

19) 농림수산식품부, 전거서, p.112.

나) AKVA사: CCS 급이 시스템

아크바사에서 개발·제공하고 있는 중앙공급 시스템 개념의 CCS 급이 시스템은 배합사료 사용을 전제로 카메라(수중, 수면 위), 각종 센서, 생산 제어 프로그램(FISHTALK)과 연계하여 시간 및 사료량, 사료 및 증강제 비율, 공급 속도를 자동 제어하여 공급하는 기술이다. 이를 통해 생산 효율성 증가 및 투입인력 감소 등의 효과를 기대할 수 있다. 대표적인 요소기술로는 중앙 공급 장치 및 파이프, 카메라, 환경 센서, 생산 제어 프로그램, 살포기 등이 있다.

〈그림 3-12〉 AKVA사 CCS 급이 시스템



자료: <http://www.akvagroup.com/home>, 2015.11.23. 접속

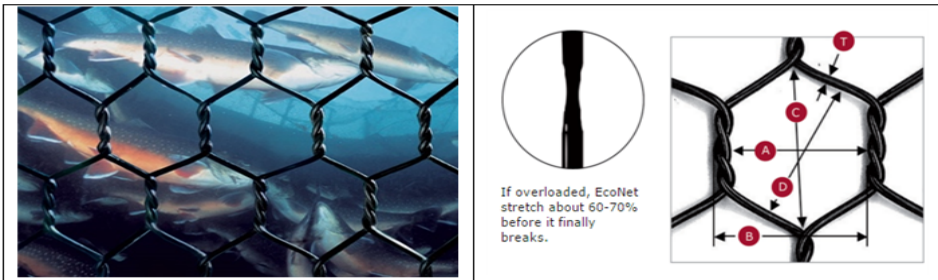
라. 신소재 어망·어구

신소재 어망·어구는 생산 비용 및 인력 감소, 어업인 편의 및 생육속도 증가 등 양식 환경 효율화를 목적으로 개발된 양식용 어망 또는 어구를 의미한다.

가) AKVA사: 비 섬유 그물 ECONET

아크바사에서 개발한 ECONET은 PET를 사용한 비 섬유 재질의 그물로 하나의 연결 고리가 끊어지더라도 그물 형태를 유지하도록 설계되어 있어 높은 내구성과 탈출방지, 높은 anti-fouling 효과, 유속 및 산소공급 극대화, 가벼운 무게 등의 다양한 장점을 가지고 있다. 관련 요소기술로는 PET 가공 기술과 와이어 메쉬 제작 기술 등이 있다.

〈그림 3-13〉 AKVA사 ECONET

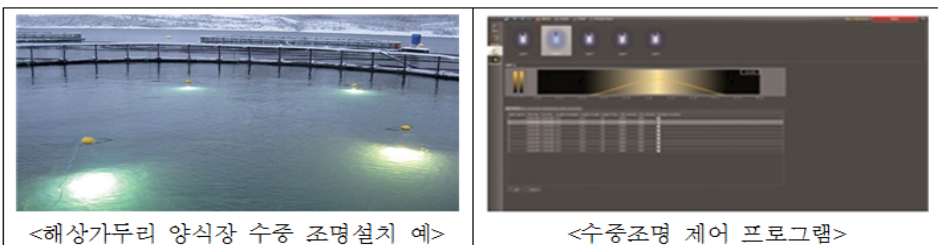


자료: <http://www.akvagroup.com/home>, 2015.11.23. 접속

나) AKVA사: Idema 수중 조명 기술

아크바사 내 해상가두리 및 육상 수조식 양식장에서 사용중인 Idema 수중 조명 장치는 성장속도를 증가시켜 수익성을 향상시키는 기술로, 관리 프로그램을 통해 시간 및 위치, 조도를 자동·원격 제어할 수 있다. 요소기술로는 BlueLED 및 Sublite 등 수중 조명, Cable 길이 연장, 자동 제어 프로그램 등이 있다.

〈그림 3-14〉 AKVA사 Idema 수중 조명 기술



자료: <http://www.akvagroup.com/home>, 2015.11.23. 접속

다) 중국 국가해양국 제1해양연구소: 부유 침전물 자동 채취기

중국 국가해양국에서 개발한 부유 침전물 자동 채취기는 수중 부유 침전물 자동 모니터링 및 현장 자동 채취 기술로, 해수 또는 담수에 상관없이 적용 가능하며 수심에 따른 채취도 가능하여 양식장 수질 모니터링 및 관리에 용이하다. 관련 요소기술로는 수압 프레스, 마이크로 제어기, 수질관리 및 부유물 채취 시스템, 수중 파이프 연장 등이 있다.

(2) 에너지 절감형

가. 소수력발전

소수력발전은 육상 양식장 잉여 수자원을 이용하여 낙차에 의한 전력을 생성하는 기술로, 양식장 운영비 절감 및 잉여 수익 창출을 가능케 한다. 현재 일본 및 유럽 등 여러 국가에서 농수산업에 소수력 발전을 활용하고 있다.

가) 일본 이도시로 소수력 발전²⁰⁾

일본 이도시로 지역에서는 농업용수를 이용한 소수력 발전 시설을 운영하여 유효낙차 3m, 최대 출력 2.2kw의 발전 효율을 확보하고 있다. 생성 전력은 인근 농산물 가공소에서 활용하고 있다. 요소기술로는 낙차 시설 건설 및 프로펠라 장치가 있다.

〈그림 3-15〉 일본 가추가와 소수력 발전



자료: 김경남 외, 잉여유출수를 이용한 소수력 발전 및 주민소득화 방안, 강원발전연구원, 2012, pp.61~63.

20) 김경남 외, 잉여유출수를 이용한 소수력 발전 및 주민소득화 방안, 강원발전연구원, 2012, pp.61~63.

나. 온배수 활용

온배수 활용 기술이란 화력·원자력 발전소 인근 해역의 온배수를 이용한 농·수산업 생산기술로 난방비용 절약, 수온 조절을 통한 성장 촉진²¹⁾ 등을 통해 수익성 증가 효과를 기대할 수 있다.

가) 일본 온배수 활용 양식장²²⁾

일본에서는 1970년대 이후부터 원자력발전소 및 화력발전소 인근 지역에서 기업규모의 양식이 활발히 이루어지고 있는데, 주로 종묘 육성 또는 치어 사육 양식장이 많이 분포하고 있다. 그 이유는 성장성 향상 및 산란 시기, 부화 기간 단축 등 온배수 활용 효과 때문인 것으로 분석된다.

〈그림 3-16〉 일본의 온배수 활용 양식장



자료: 조정희 외, 발전소 온배수 활용 저탄소 녹색 양식업 발전 방향, 한국해양수산개발원, 2010, pp.49-50.

21) 김충재 외, 강원도 화력발전소 온배수 활용 방안, 강원발전연구원, 2013, p.19.

22) 조정희 외, 발전소 온배수 활용 저탄소 녹색 양식업 발전 방향, 한국해양수산개발원, 2010, pp.44-47.

나) 유럽(프랑스, 영국, 벨기에 등) 온배수 활용 양식장²³⁾

프랑스, 영국, 벨기에 등에서는 발전소 온배수를 활용하여 돔, 농어, 넙치, 장어, 메기, 연어 등을 양식하고 있으며, 각 양식장에서는 발전소 위치에 따라 해수 및 하천수를 이용하고 있다. 온배수를 활용하고 있는 대표적인 양식장으로는 프랑스 그레블리 원자력발전소 인근 대형양식장으로 농어 및 돔을 생산하고 있으며, 1초 당 13톤의 온배수를 이용하여 연간 2천 톤의 생산량을 기록하고 있다.

(3) 환경오염 절감형

가. 사육수·배출수 관리

사육수·배출수 관리 기술은 양식장 유입·배출수의 바이러스 및 슬러지 등 각종 오염원을 여과·제거하여 수질을 관리하는 기술로, 수질오염으로 인한 질병발생 및 폐사율 저감, 바다 및 하천·강 등으로 유출되는 배출수로 인한 환경오염 절감 효과를 기대할 수 있다.

가) 나노마이크로 버블 시스템

나노마이크로 버블 시스템이란 20~60 마이크로미터 사이즈의 기공 구조를 가진 폴리머 필름을 사용한 구조물을 통해 나노 공기 방울을 발생시켜 수질을 관리하는 기술로, 용존산소량 증가로 인한 성장 촉진 및 바이러스, 박테리아 증식 억제에 따른 백신 사용량 및 폐사율 감소 효과가 있다. 요소기술로는 폴리머 필름, 마이크로버블 발생기, 고압 펌프, 제어 SW 프로그램이 있다.

(4) 폐사율 저감형

가. 개체수·크기 측정

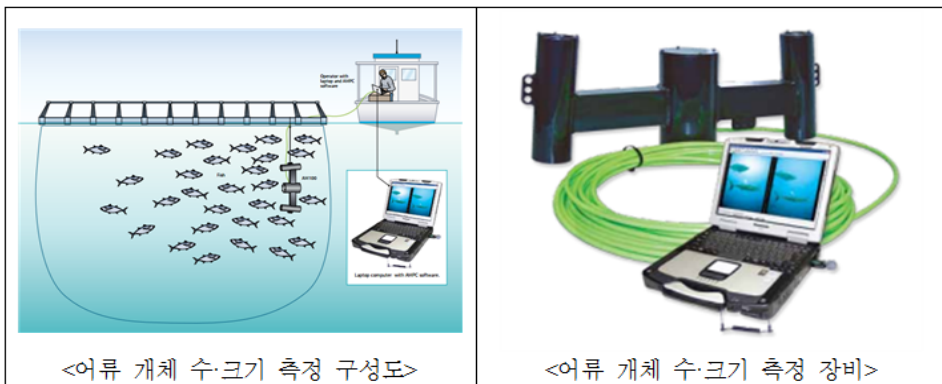
개체수 및 크기 측정기술은 최적의 생육환경 조성을 위해 양식장 내 양성되고 있는 어류의 크기 및 개체수를 측정하는 기술로, 급이 계획 및 사육 밀도 조절, 적정 출하시기 선정 등에 기초 자료로 쓰이고 있다.

23) 조정희 외, 발전소 온배수 활용 저탄소 녹색 양식업 발전 방향, 한국해양수산개발원, 2010, pp.49-50.

가) AQ1사: Fish Sizing System AM100

AQ1사에서 개발한 비 접촉식 어류 크기 및 개체 수 측정 기술은 신속하고 정확한 측정을 위하여 스테레오 카메라를 이용하여 측정 정보를 이미지화 하고 이를 첨단 SW와 연동하는 방식으로 구성되어 있다. 다중 point-to-point 측정 기법으로 크기 및 무게 측정이 자동적으로 가능하며 고정 point 기법으로 빠르게 이동하는 어류 개체 수 및 크기 분석도 가능하다. 요소기술로는 수중 스테레오 카메라, 연동 SW, 수중 케이블, 수중 측정 장치 등이 있다.

〈그림 3-17〉 AQ1사 어류 개체 수·크기 측정 기술

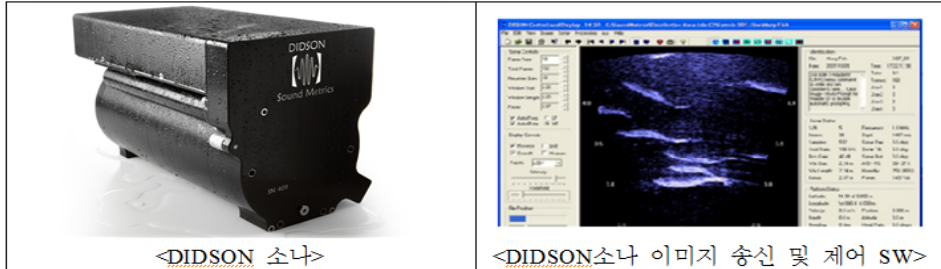


자료: http://www.aq1systems.com/uploaded/271/13510020_78am-100broc.pdf, 2015. 11. 23. 접속

나) Sound Metrics사: DIDSON 소나

Sound Metrics사의 DIDSON 소나는 수중 음파 탐지기를 이용한 수중 정보 측정 기기로서, 초음파 정보를 이미지화 하여 SW와 연동하고 사용자 맞춤형 프로그램을 통해 목표 범위 내 수중 개체를 인식할 수 있는 기술이다. 수중 탁도의 영향이 적으며 해류의 흐름이 빠르거나 움직임이 많은 어류에 적용할 수 있는 장점이 있다. 현재는 어업 시 어군 탐지 및 개체 수 인식 목적으로 사용되고 있으나, 일본 등에서 양식분야의 어류 개체 수 및 크기 측정을 위한 연구개발이 진행 중에 있다.²⁴⁾ 관련 요소기술로는 케이블, 수중 통신기, 렌즈, 센서, 영상 자료 모니터 및 제어 SW 프로그램이 있다.

〈그림 3-18〉 Sound Metrics사 수중 음파 탐지 기술

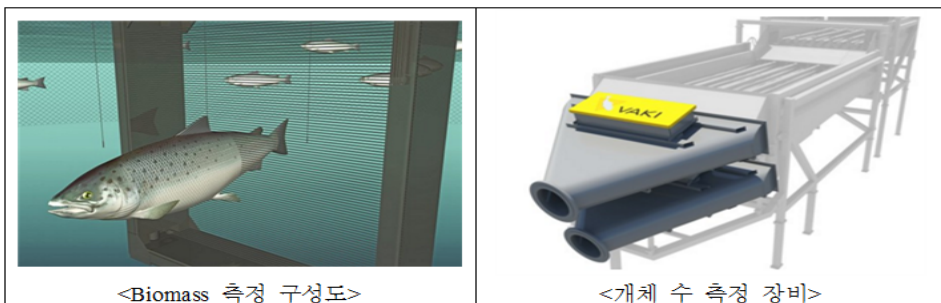


자료: <http://www.soundmetrics.com/>, 2015. 11. 23. 접속

다) VAKI사: Biomass 및 개체 수 측정

바키사의 Biomass 측정 기술은 어류가 수중 센서 기반의 측정 장비를 통과하면 무게, 크기, 상태, 성장속도 등 데이터를 수집하여 네트워크 기반 SW로 전송하고, 취합된 정보를 분석하는 기술이다. 요소기술로는 프레임, 센서, 무선 네트워크 장비, 연관 SW를 들 수 있다. 또한 바키사의 개체 수 측정 기술은 양식 수조 및 해양 가두리 양식장에 설치된 파이프를 통해 어류를 이동시키는 과정에서 개체수를 측정하는 기술로, 무게 및 크기에 따른 분류가 가능하다. 개체 수 측정 요소 기술로는 진공펌프, 파이프, 프레임, 센서, 무선 네트워크 장비, 연관 SW 등이 있다.

〈그림 3-19〉 VAKI사: Biomass 및 개체 수 측정 기술



자료: http://www.aqlsystems.com/uploaded/271/13510020_78am-100broc.pdf 2015. 11. 23. 접속

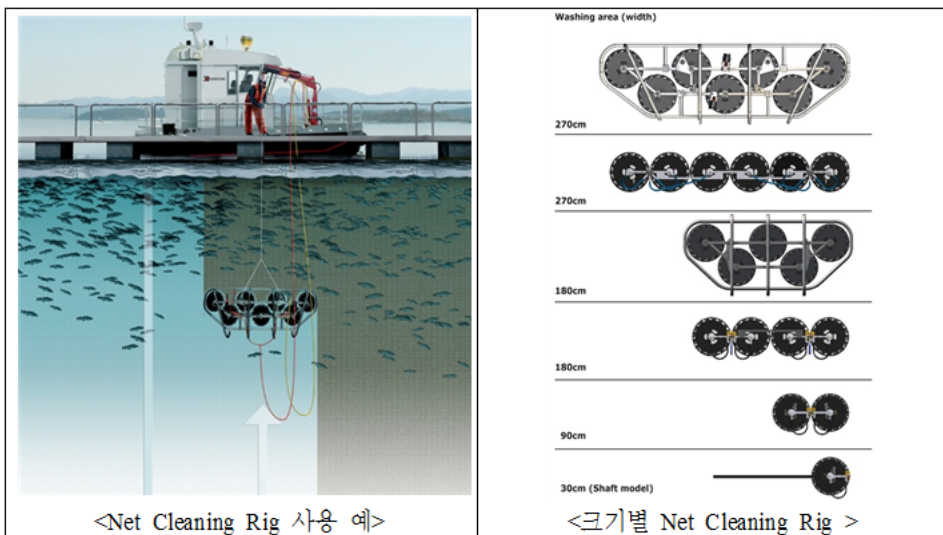
나. 양식시설 위생

양식시설 위생 기술이란 양식 어망 및 수조 등에 부착된 오염물질을 제거하여 양식 환경을 개선하는 기술로, 폐사율 저감 및 성장 촉진 효과가 있다.

가) AKVA사: Net Cleaning Rig

AKVA사에서 사용 중인 Net Cleaning Rig는 고압력 기술을 이용하여 해상 가두리 양식장 그물에 부착되어 있는 부유물질 및 오염원을 떼어내는 기술로, 인력해수 흐름을 원활하게 하여 산소공급을 증가시키고 성장촉진 및 폐사율 감소 효과가 있다. Net Cleaning Rig 기기 한 세트 사용 시 1~2인의 인력이 소요되며 기기 이외에 악품 및 장비가 필요하지 않아 효율적이다. 요소 기술로는 고압펌프, cleaning 디스크, 수압 충격 흡수 시스템 호스, 원격 비디오 카메라 및 모니터링 장비 등이 있다.

〈그림 3-20〉 AKVA사 양식어망 부유물질 제거기술



자료: <http://www.akvagroup.com/home>, 2015.11.23. 접속

3. 국내 첨단양식기술 동향 및 사례

1) 국내 양식기술의 동향

(1) 국내 주요 양식기술

우리나라 초기 양식업은 단순한 형태에서 시작하였다. 가장 전통적인 방법으로는 지주식 양식과 바닥식 양식, 수하식 양식 그리고 부류식 양식이 있다.

가. 전통적 양식 기술

먼저 지주식 양식은 전통적인 양식방법으로 수심이 얇은 바다 혹은 갯벌에 말목을 박아두고, 자연 혹은 인공적으로 종묘를 부착하여 양식수산물을 양성하는 방법이다. 주된 생산 품목은 김, 굴 등과 같은 부착성 수산생물이다. 전통적인 지주식의 경우 산란기 이전에 주요 산란지와 가까운 갯벌에 말목을 설치하고 자연채묘를 통해 말목에 종묘를 붙여 양식하였다.

바닥식 양식은 씨부림 양식과 투석식 양식이 있다. 씨부림 양식은 종패 혹은 치패를 목표 어장에 뿌려 자생하도록 한 뒤 일정기간이 지나 수확하는 방법으로 주로 피조개, 고막, 바지락, 대합, 해삼 등의 양식에 이용하는 방법 중 하나이다.

투석식 양식은 전통적인 굴 양식의 방법 중 하나로 굴의 산란기에 굴이 부착할 수 있을만한 기질의 돌을 갯벌 등에 던져두어 굴의 종패가 부착하면 그것을 양식하는 방법이다. 이처럼 바닥식 양식은 어장을 평면적으로 활용하기 때문에 생산량 증대를 위해서는 넓은 허가면적이 필요하며, 직접 채취를 해야 하기 때문에 노동력이 많이 필요하다. 이러한 이유로 대부분의 바닥식 양식은 마을어업의 형태로 운영되고 있다.

수하식 양식은 패류 및 기타수산동식물이 부착할 수 있는 기질을 말목, 부표, 뗏목, 밧줄 등에 매달아 물속으로 내려 기르는 방법이다. 주된 목표 어종은 굴, 담치, 멍게 등이다. 수하식 양식은 해수면을 입체적으로 사용할 수 있

다는 장점이 있으나, 최근 밀식으로 인한 폐사와 해양오염을 불러오고 있다. 또한 해적생물의 부착으로 인해 성장이 더디지거나 상품성이 훼손되는 등의 애로사항이 있다.

부류식 양식은 뜬발식 양식이라고도 하며, 대나무, 합성섬유그물 등을 뜬과 닻을 이용해 띄워 김 등을 양식하는 방법이다. 이 때 뜬과 닻에 어떻게 연결하느냐에 따라 노출 부류식과 무노출 부류식으로 나뉜다. 노출 부류식은 조수간만의 차에 따라 뜬발에 부착한 김이 수면 밖으로 노출되도록 뜬발의 위치를 조절하는 방법이다. 반대로 무노출 부류식은 조수간만의 차에도 김이 수면 밖으로 노출되지 않는 깊이에 뜬발을 설치하는 방법이다. 무노출 부류식 방법을 사용할 경우 관리가 쉽고 성장은 빨라지나 파래 등의 타종이 함께 부착하여 김의 성장을 더디게 만들 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 양식산 김의 생산과정에서 산처리를 거치게 된다.

최근에는 산처리에 대한 소비자의 인식수준이 높아져 ‘무산 김’의 선호도 또한 높아지고 브랜드화 되었다. 이에 생산과정에서 손이 많이 가고 성장이 더디더라도 노출 부류식 방법을 이용해 무산 김을 생산하는 어가가 늘고 있는 추세에 있다.

네 가지 전통적인 양식 방법의 경우 사료를 급이하거나 질병 관리를 위한 백신 투여 등의 노력이 적기 때문에 자연환경에 생산을 온전히 맡긴다고 봐도 과언이 아니다. 또한 산란지의 이동, 기후변화 등의 외부요인으로 인한 산란철 변경 등으로 인한 채묘실패, 유전성 질환에 의한 집단 폐사를 통제하기 힘들어 생산관리에 어려움이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 연구소 혹은 종묘생산업체에서 인공종묘를 생산하여 채묘장에 방류해 종묘를 부착기질에 붙이는 인공채묘 방법을 활용하고 있다.

나. 가두리 양식

이처럼 전통적인 양식방법의 경우 과학기술을 통해 일부 극복하기는 하였으나 여전히 자연환경에 대한 의존도가 상당히 높으며, 주로 부착성, 정착성

품종만을 생산할 수 있다. 이와 같은 양식 방법보다 진보된 방법이 지수식 양식, 가두리 양식이다.

가두리 양식은 내만 혹은 외해에 가두리 시설물을 설치하여 그 안에서 어류, 패류 등을 기른다. 주된 목표 어종은 조피볼락과 돔류이며, 완도지역에서는 가두리를 이용해 전복양식을 실시하고 있다. 또한 외해가두리양식을 통해 고등어, 참치 등도 생산된다. 대부분의 연안 가두리 양식장에서 나무판자와 부표를 이용해 가두리를 제작하고 있어, 작업 과정에 위험이 산재해있고, 적조로 인한 가두리 이동 시 가두리의 파손이 발생할 수 있다. 자연재해의 위험을 줄이기 위해 도입된 외해가두리양식 역시 태풍으로 인해 파손되어 2년간 양식한 참치가 탈출한 사례가 있다.

가두리 양식은 앞서 언급한 네 가지 전통적인 양식방법과 비교하였을 때 조금 더 통제가 가능한 부분이 많다. 먼저 품질과 종묘투입의 안정성을 위해 육종개발을 거친 종묘를 이용하고 있다. 또한 생산성 향상을 위해 에어레이션 및 신소재어망 등의 다양한 양식 기자재를 활용하고 있다. 아직까지 현대화되지 않은 나무 가두리에 대해서도 국가적 차원에서 현대화를 위한 정책 마련을 진행해오고 있다.

하지만 여전히 극복해야 할 문제가 남아있다. 해수면을 활용한 양식생산은 적조, 태풍, 수질오염, 빈산소수괴 등의 자연환경적 요인에 의해 생산성이 크게 좌우될 수 있어 자연환경에 의존적인 생산방법이다. 또한 생사료 급이로 인해 양식장 인근 수질 오염은 물론 질병발생 확률이 높으며, 이로 인한 항생제 과다투입으로 인해 양식수산물에 대한 소비기피 현상이 나타나기도 한다. 자연채묘의 문제점을 해결하기 위해 육종개발을 거친 인공종묘를 사용하고 있으나 태풍 등의 영향으로 양식어류가 탈출해 인근 어장의 생태계 교란을 야기한다는 문제제기가 많다.

다. 육상수조식 양식

해수면에서 이루어지는 양식 방법들의 문제점을 해결하기 위해 양식장을 육상으로 이동하기 위한 노력이 이어졌다. 1986년 제주도에서 2개소의 소규모

모 양식시설을 시작으로 육상수조식 양식방법이 진행되어 왔다.

육상수조식 방법 중 가장 많이 활용되고 있는 방법은 유수식 양식방법이다. 유수식 양식은 해수를 끌어와 양식장에 공급하여 오염된 사용수와 환수하는 방식이다. 유수식 양식의 경우 해수 조달의 용이성을 위해 해안에 가까운 곳에 입지해야 한다. 온도 조절 및 질병 차단을 위한 수처리 공정이 필요하며, 살균장치 운용을 위해 전기 사용량이 많아 에너지 소모가 상당한 양식 방법이다.

최근 환경오염에 대한 관심이 대두되면서 배출수 처리에 대한 이슈가 떠오르고 있지만, 사실상 배출수 처리와 관련된 법률 규정이 명확하게 갖춰지지 않아 환경오염을 야기한다는 지적을 받고 있다. 과거에는 질병으로 폐사한 개체를 연안에 투기하여 연안 오염 및 질병유발과 관련한 지적도 이어졌다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 배출수 및 배출수 처리 시설 기준이 시급하다.

(2) 우리나라 양식업의 문제점과 양식기술의 발전

지금까지 살펴본 바와 같이 기존의 양식방법에는 i) 노동집약적 생산, ii) 소규모 자본, iii) 자연자원의 과다 소모, iv) 환경오염, v) 생태계 교란, vi) 자연의존적 등의 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 양식업에 과학기술을 접목하여 새로운 양식기술들이 개발되고 있다.

가. 순환여과식 양식

먼저 순환여과식 방식은 유수식 양식의 단점을 보완하기 위해 개발된 양식방법으로 사용된 사육수를 정수과정을 거쳐 재사용하는 방법이다. 이는 배출수가 거의 없으므로 환경적 영향이 적은 양식방법 중 하나이다. 또한 초기 시설단계 이외에는 해수를 끌어올 필요가 없기 때문에 유수식 양식보다 입지에 대한 제약이 적어 수산업의 단점 중 하나인 소비지와 생산지 간의 물리적 거리를 좁힐 수 있는 양식 방법이다.

하지만 사육수 정수·관리에 필요한 시설의 규모가 양식생산시설과 비례하고, 질병발생 시 전수 환수해야 하는 어려움이 있다. 또한 사육수의 적정 관

리를 위한 실시간 검사 및 관리 시스템이 필요하다.

이를 위해 고창의 ‘스마트 민물장어 양식장’에서는 조성 단계에서 SKT와의 협업을 통해 사물인터넷(IoT, internet of things)을 이용한 스마트 양식장을 운영하고 있다. 아직까지 센서 개발과 네트워크 방법, 데이터 구축 등에 한계가 많아 관련 연구가 지속적으로 필요하다.

나. 바이오플락 양식

바이오플락 양식은 환경공학에서 산업 오폐수처리에 사용하던 방법을 양식업에 접목한 사례이다. 양식수산물의 사육 과정에서 발생하는 배설물 및 사료 찌꺼기, 암모니아 등의 오염물질을 분해할 수 있는 미생물을 사육수에 양성하여 수질을 관리하는 것으로 여과장치가 필요 없고, 배출수가 없는 양식 방법이다.

즉 사육수를 인위적으로 생태환경과 같이 유기적인 상태로 만들어주는 방법으로 밀식이 가능해 단위면적당 생산성이 높아 각광받고 있다. 하지만 미생물을 양성하기에 적합한 수질 기준과 대상 어종을 양식하기 위해 필요한 생태학적 환경 기준이 다를 경우 양식이 힘들기 때문에 생산 가능한 양식 품목에 제한이 있다. 또한 사육수 조성에 전문지식 및 기술이 필요하고 조건이 맞지 않을 경우 사육수의 밸런스가 무너져 폐사로 이어질 수 있기 때문에 타가영양 미생물이 성장할 수 있는 조건을 맞추기 위한 모니터링이 필요하다.

다. 빌딩양식

육상수조식 양식방법의 장점을 극대화하기 위한 기술이 빌딩양식이다. 빌딩양식은 다층형 육상수조식 양식방법으로 순환여과식과 바이오플락 양식 시스템을 빌딩과 같은 다층으로 구성하는 양식방법이다. 물의 흐름과 처리 공정 등을 고려하여 빌딩을 설계하고 생산될 수산물을 결정·배치함으로써 복합양식이 가능하며 협소한 공간을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 양식방법이다.

또한 초기 양식장 구성 시 이외에는 유입수 및 배출수가 없는 양식방법을 활용하기 때문에 소비자와 가까운 곳에 입지할 수 있다는 장점이 있다. 빌딩형식의 대규모 생산시설을 갖추어야하기 때문에 대규모 자본 투입 필요하며,

자동화된 생산관리시스템을 구축할 필요가 있다. 이는 환경오염 및 재해 등의 환경적 요인을 최소화 하면서 생산을 극대화할 수 있는 양식방법으로 미래 양식기술로 기대를 받고 있다.

라. 새로운 양식기술의 장단점

순환여과식 양식과 바이오플락 양식은 기존 양식방법의 문제점을 일부 해소시켜주고 있다. 먼저 육상에서 이루어지는 양식생산이기 때문에 해수면 양식과는 달리 자연환경의 영향을 덜 받을 수 있다. 같은 육상수조식 방법 중 하나인 유수식 양식의 경우 유입수가 오염되었거나 질병에 노출되었을 경우 집단 폐사로 이어질 수 있다.

하지만 유입수가 없는 순환여과식과 바이오플락 양식은 자연환경에 대한 의존도를 최소화하고 이를 통제할 수 있다. 또한 양식장 내에서 수처리를 거치기 때문에 배출되는 오염수가 없으며, 생사료가 아닌 EP 사료를 급이하기 때문에 환경에 대한 영향도 적게 미친다. 또한 ICT와 접목한 실시간 모니터링 시스템을 구축하고 자동화 시설을 갖추으로써 생력화(laborsaving, 省力化)할 수 있다.

이 같은 경우 생산의 불확실성을 높이는 위험의 통제가 가능하고, 비용을 절감할 수 있어 투자 안정성이 보장된다. 투자안정성은 민간자본의 유입의 활성화를 위한 가장 기본적인 요건으로 이것이 충족되어야 민간자본 투자가 이루어질 수 있다.

〈그림 3-21〉 IT, BT 기술과 융합된 양식기술



하지만 이러한 방법조차 여전히 과도한 자연자원의 소모가 발생할 수밖에 없다. 반면 환경에 대한 소비자의 관심과 요구 수준을 날로 높아져가고 있다. 소비자의 니즈를 충족하고 지속가능한 양식을 위해서는 에너지 사용과 환경 오염을 최소화 할 수 있는 양식기술이 필요하다.

2) 첨단양식기술 사례

(1) 네오엔비즈

국내 바이오플락을 이용한 양식업을 운영하고 있는 양식장 중 가장 성공한 사례로 네오엔비즈(NeoEnBiz)가 있다. 네오엔비즈는 2002년 친환경 통합 솔루션 제공 업체로 설립되어 2008년 사업 다각화의 일환으로 친환경 양식 분야 연구개발에 돌입하였다. 2009년 당진에 55,864㎡ 규모의 바이오플락 양식장을 설립하여 운영하고 있다.

국립수산물품질관리원의 기술교류를 통해 세계 최초 IT·BT·ET 기술 융합형의 무환수 바이오플락 민간양식 상용화에 성공했다²⁵⁾. 현재 양식 가능한 어종은 흰다리새우, 뱀장어, 황복, 틸라피아, 관상어(구피, 엔젤, 디스커스)이며 품종확대를 위한 연구를 진행하고 있다. 바이오플락을 통해 생산된 양식수산물물은 무병, 무항생제로 생산되고 있으며, 양식폐수를 무배출하고 있어 식품 안전성과 환경영향력 최소에 대한 소비자의 니즈를 충족시켜준다.

네오엔비즈의 최대 강점은 수년간 축적해온 데이터에 있다. 지금까지의 양식장은 경험에 의존한 생산을 해오면서 수질, 수온, 조도, 사료섭이량 등의 생육환경과 관련된 구체적인 데이터를 갖추지 못하였다. 이는 우리나라 양식 기술의 첨단산업화를 저해하는 요소로 작용하고 있다. 반면 네오엔비즈는 지

25) 피시빌 기업홈페이지 (<http://www.fishvil.com/kr/>) 2015.10.22. 접속

26) 에코텍서비스 홈페이지 (<http://ecotechservice.tistory.com/>) 2015.10.22. 접속

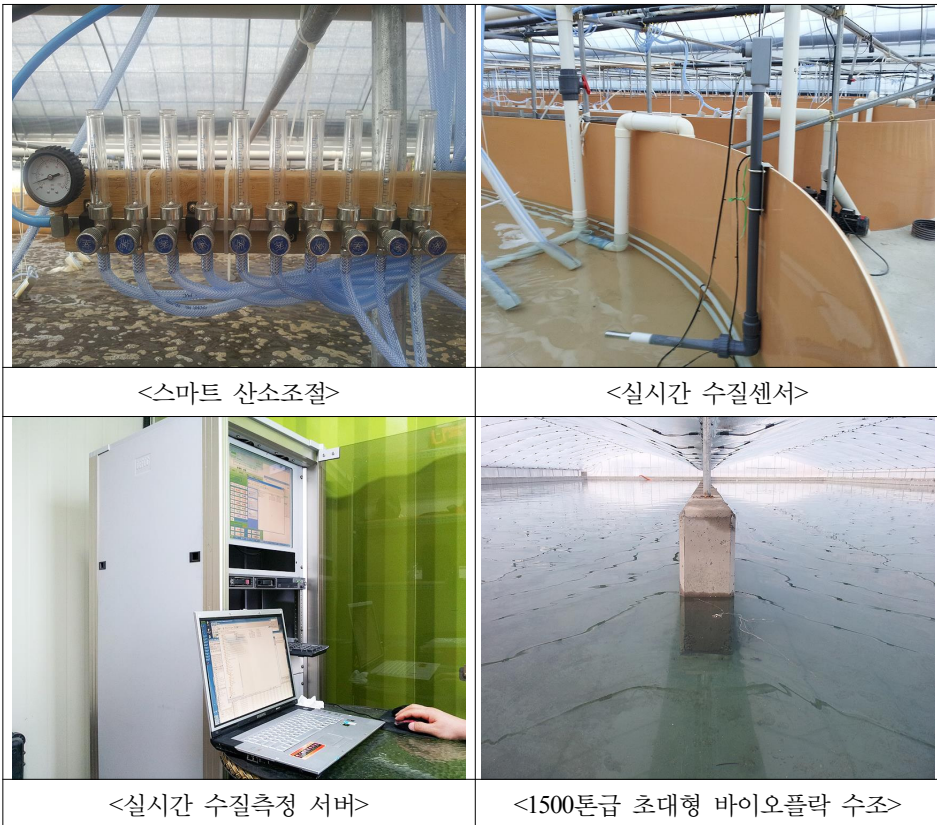
27) 박희송, 「미래 수산식량, '빌딩양식' 특허 활발」, 이뉴스투데이, 2015. 3.17., <http://www.ewestoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=375642>

28) 「건강한 유기농수산물 양식 상용화」, 한국일보 <http://www.hankookilbo.com/v/cc29b83b0f7943dbbb0f1094be945372>

난 3년 간 양어장의 수질에 대한 데이터를 자동 수집하여 데이터 셋(data set)을 구축해 수질관리를 위한 실시간 모니터링 시스템을 갖추었다.

이를 통해 관리 인력을 최소화 하고 비상 상황에 즉각적으로 대응할 수 있게 되었다. 이러한 사업성과를 인정받아 2013년부터 농림수산식품모태펀드를 통해 벤처투자전문기업인 아이디벤처스로부터 투자를 받고 있다.

〈그림 3-22〉 네오엔비즈 양식환경 및 생산시설



출처 : 네오엔비즈 기업홈페이지 (<http://www.neoenbiz.com/>) 2015. 10. 22. 접속

네오엔비즈의 주력 생산 품목은 흰다리새우이다. 양식 흰다리새우의 가격은 2014년 기준 15,847원²⁹⁾이나 바이오플라스틱 양식어장에서 생산되는 흰다리새우의 가격은 약 25,000원으로 일반 양식 새우의 1.58배이다. 첨단기술 도입

시 첨단기자재, 시스템 구축 등에 많은 고정비가 투입되고, 이로 인해 생산원가가 증가하는 것이 그 원인이다. 이러한 한계를 극복하기 위해 친환경 웰빙 수산물로써 브랜드 이미지를 다지고 고급화전략을 수립하고 있다. 하지만 판매시장이 불충분 하여 소비량이 초고밀도로 생산되는 새우 생산량을 따라가기에 역부족이다.

바이오플락 양식기술은 이제 막 상용화 단계에 들어선 방법으로 대상어종이 한정적이다. 바이오플락으로 생산 가능한 어종은 담수, 기수 어종으로 해수어종에 대한 실험은 아직 진행 중에 있다. 또한 생산 가능 어종 중에서도 상용화 된 것은 흰다리새우로 나머지 어종들에 대해서도 상업적 양식에 대한 경제성 분석이 필요하다.

(2) (주) 블루젠코리아

블루젠코리아(BluGen Korea)³⁰⁾는 2013년 4월에 설립되었으며, 아시아 시장의 수산양식분야에서 경쟁력 있는 주요 수산물의 종자 개발과 마케팅에 중점을 두고 고품질의 양식 어류 생산과 수산물 무역을 주 업무로 하고 있다. 동 사 대표는 노르웨이 육종개발연구소인 제노마(GenoMar)에서의 연구경력을 바탕으로 육종 기술과 분자유전학을 연구하고 있다. 고품질 수산물 생산성 향상에 기여하고 있으며 현재는 넙치, 터봇 등의 한국의 주요 양식어종에 대한 연구가 주요 업무이다.

또한 블루젠코리아에서 생산된 양식 어류의 종묘는 속성장과 내병성을 보장하고 있으며 국제적인 수산물 무역에 대한 노하우와 경험을 보유하고 있다. 이를 바탕으로 해양수산부의 정책 사업의 일환인 “골든시드 프로젝트(Golden Seed Project)”에 참여하여 글로벌 시장에서 경쟁력 있는 수출용 터봇 종묘 생산을 위한 연구를 진행하고 있다.

블루젠코리아에서 선발육종을 통한 종묘개발연구를 실시하고 개발 종묘를 생산하고 있으나 종묘 판매수익은 전체 매출의 일부를 차지하고 있다. 보수

29) 국가통계포털, “어업생산동향조사, 어업별 품종별 통계”, (2014)

30) 블루젠코리아 기업 홈페이지의 기업 소개 중 일부 발췌 (<http://www.blugen-sol.com/>)

적인 어업인들이 새롭게 개발된 종묘를 입식하기보다 기존의 종묘를 고수하는 것이 그 원인이다. 개발된 종묘에 대해서는 연구가 진행 단계에 있으므로 생산에 대한 매뉴얼이 구체적으로 제시되지 않아 어업인들이 개발종묘를 사용할 경우 위험부담이 높다. 또한 개발 종묘의 경우 기존의 종묘에 비해 생산성이 향상됨에도 불구하고 일반 종묘와의 가격 차이가 어업인의 부담을 가중시키고 있다.

이러한 이유로 어업인들은 생산에 익숙한 기존 종묘를 이용해 생산을 이어가고 있어, 종묘를 개발하고 생산하는 민간 기업은 수익성을 얻기 어렵다. 첨단양식기술의 산업화를 위해서는 민간의 투자유치가 필수적이다. 수산업에 대한 민간의 투자는 아직까지 걸음마 단계에 있으며, 특히 양식과 관련된 벤처기업들에 대한 투자가 미미한 상태이다. 종묘판매로 얻어지는 수익성이 어느 정도 보장되지 않는다면 민간 투자를 유치한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 이로 인해 블루젠코리아는 종묘판매사업보다는 종묘개발연구, Golden Seed Project와 같은 국가 R&D 사업을 위주로 운영되고 있어 첨단양식기술 산업화에 애로가 있다.

제4장 첨단양식기술 산업화 조건 분석

1. 이론적 배경

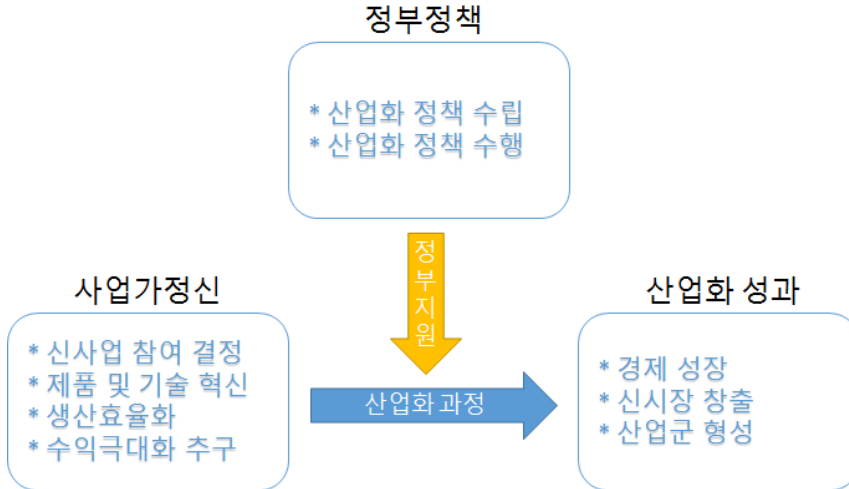
산업화와 관련된 주요 이론적 배경은 경제 개발 이론(Theory of Economic Development)과 사업가정신 이론 (Entrepreneurship theory)등이 있다(Acs & Naudé, 2011). 이 중 사업가정신 이론은 개별 경제주체가 신사업 창출을 통해 산업화를 달성하는 내용을 담고 있으며 산업화 조건 분석을 위한 분석적 틀을 제공한다.

기능주의적 관점에서 사업가란 사업가의 역할로 정의 될 수 있으며 사업가의 주요 역할은 잠재 시장 수요에 근거하여 혁신을 통해 새로운 상품과 시장을 창출하고 효율적인 생산과정을 유지하여 수익을 극대화하는 것이다(Schumpeter, 1911). 이러한 관점에서 슈페터의 사업가정신 이론은 신산업화의 기본 조건을 이해하는데 도움을 줄 수 있다.

카슨의 이론에 따르면 산업화 과정에서 정부의 역할은 사업가들이 직면하는 시장 실패에 대해 정부가 개입하여 사업가들이 최선의 경제활동을 펼칠 수 있도록 정책적인 수단을 펼치는 것이다(Casson, 1982). 구체적으로 카슨은 기업가정신은 기업을 둘러싼 외부환경조건들의 결과라고 정의하고 있으며 이러한 환경조건에 영향을 미치는 요인들은 잠재수요시장, 자세 및 산업화 정책, 자원의 가용성, 시장 정보 및 신기술에 대한 접근성 등을 예로 들고 있다.

아래에서 제시된 개념적 모델은 이러한 구조적 관계를 요약하고 있으며 본장에서는 이를 이용하여 첨단양식기술의 산업화 조건을 분석한다.

〈그림 4-1〉 신산업 산업화과정 개념도



산업화는 경제구조뿐 아니라 사회 및 문화 형태가 변화하는 일련의 복잡한 현상으로 종합적인 개념으로 이해할 필요가 있다. 그래서 그 산업이 갖는 특성(산업구조와 수출패턴), 지리상 여건(국가적 특성), 산업화가 진행되는 시점(산업화의 후발주자) 및 타산업과의 연관정도에 따라 다양한 형태의 산업화 유형이 나타날 수 있다.

그러나 산업화로의 진행을 위해 뒷받침되어야 하는 전제조건은 공통적인 몇 가지 요소로 분류되어 질 수 있다. 기본적인 전제조건으로는 산업 확장으로 대량 생산된 제품을 수용할 수 있는 시장의 존재, 충분한 노동력 제공, 산업 확장을 뒷받침할 수 있는 풍부한 투입재 시장, 생산성 향상을 위한 기술발전과 지식, 금융기관의 효율적 역할, 안정적인 정부정책 등을 이야기 할 수 있다.

i) 수요시장 존재 : 산업화의 진행 초기단계에서 인구증가와 일인당 소득 증가로 인한 국내 시장의 내부적 확대는 산업화로 가기 위한 중요한 요소 중 하나이다. 그러나 산업화 중반기에 들어서면 국내수요 시장은 포화 상태에 다다르게 되고, 다른 수요 시장, 특히 해외시장에 대한 관심이 높아지게 된

다. 수출 및 해외시장으로의 진출 등은 산업화가 무르익은 시점에서 고려되어지는 단계별 요소이기는 하지만 포괄적인 의미에서의 수요시장으로 간주할 수 있다.

ii) 노동력 : 가능한 숙련된 노동 인구 역시 산업화 진행의 촉매제 역할을 한다. 그러나 노동력의 개념은 산업별 특성에 따라 다르게 정의 될 수 있다. 수산업과 같은 1차 산업의 경우, 대부분의 노동 가능한 젊은 인구층은 제조업, 서비스업과 같은 산업화 선발 주자 쪽으로 이동하면서 심각한 노동력의 노령화 현상을 나타나게 된다. 결국 1차 산업의 산업화를 위한 노동력이라는 전제 요소는 풍부한 노동 가능한 인구라기보다는 노동인구 부족으로 인한 생산기술의 발전과 밀접한 연관이 있다.

iii) 활발한 투입재 시장 존재 : 산업의 활성화를 위해서는 투입재 시장의 원활한 흐름과 충분한 공급이 뒷받침 되어야 한다. 투입재의 공급 역시 국내 조달과 해외로부터의 조달을 구분지어 볼 수 있다. 그러나 산업화 초기 투입재의 국내 조달이 충분하지 않다면 산업화로의 진행은 어려움을 겪을 수 있다.

iv) 기술발전 : 산업화로의 이행에서 기술발전은 반드시 필요한 조건이다. 기술발전은 산업 내 생산성을 향상시키기 위한 생산기술 발전과 타산업 기술의 발전으로 인한 영향으로 나누어 볼 수 있다. 생산 기술발전은 생산성 향상과 생산비 절감 효과를 이끌면서 산업화를 고조시키는 역할을 한다. 요즘과 같이 산업간 자유로운 융합이 이뤄지는 상황에서 타산업의 기술발전으로 인한 영향을 구분하는 것은 다소 이론에 치우친 이야기라 여겨질 수 있다. 그러나 기술발전을 내부적 요소로 보는지 외부적 요소로 보는지에 따라 생산비 절감효과는 다르게 나타날 수 있다.

v) 금융기관의 역할 : 원활한 투자를 가능하게 하는 다양한 서비스 (대출 기관, 보험기능 등)의 제공이 필요하다.

vi) 안정적 정부정책 : 산업화로의 진행은 해당 산업의 구조조정을 수반한다. 산업구조 조정은 시장에서 자발적으로 이루어지기 보다는 정부의 정책 변화에 의해 이루어진다. 산업화를 위한 체계적인 구조조정을 위해서는 산업 내·외부 현실을 반영한 안정적인 정책 지원이 요구된다.

일반적인 산업화를 위한 기본적인 전제조건 이외에 첨단양식기술의 산업화에 맞는 방향을 제시하기 위해 첨단양식기술의 산업화 조건 분석을 아래에 기술하였다.

2. 첨단 양식 기술의 시장성

산업화 조건 분석은 소비적 측면과 생산적 측면을 동시에 고려해야 한다. 사업가정신 이론에 의하면 사업가는 시장 형성 가능성 여부를 판단하고 시장 진입을 결정하는 특수한 의사결정체이다. 그러므로 사업가의 입장에서 잠재시장 존재 여부를 판단하는 것이 필요하며 이를 객관적으로 분석하는 작업이 산업화 조건 판단의 기본 단계이다.

첨단양식기술의 시장은 협의의 의미로는 양식기자재 및 관련 사료 시장으로 정의할 수 있고 광의의 의미로는 양식생산 시스템 및 관리 기술까지 포함한다. 즉 첨단양식기술 시장은 생산요소시장이며 본 연구에서는 생산요소시장의 성장가능성 여부를 확인하는 것이 소비적 측면에서 산업화 조건을 판단하는 방법이 될 것이다.

생산재 시장의 성장 가능성은 최종 소비재 시장의 규모를 이용해서 분석할 수 있다. [표 4-1]에서 제시된 것처럼 세계 양식수산물 생산은 2030년까지 93백만 톤 수준으로 증가할 것이며 2012년 대비 39.5% 증대 될 것이다. 2012년 양식관련 기자재 시장³¹⁾은 약 444억불로 2030년까지의 양식 생산 증가분을 고려할 때 2030년에는 양식 기자재 시장이 619억불까지 성장할 것으로 추정된다. 그러므로 첨단양식기술을 기반으로 한 첨단양식시스템 시장은 유망할 것으로 전망되며 산업화의 기본 조건인 시장성은 충족한 것으로 분석 결과를 도출할 수 있다.

31) 양식관련 기자재 시장은 생산용 기자재, 사료 및 약품 시장 등을 포함하는 시장임.

〈표 4-1〉 양식 기자재 시장규모 추정

(단위: 백만 톤, 억불)

구분	2008	2012	2030(추정)
세계 양식 생산량(백만톤)	52.9	66.6	93.6
세계 양식기자재 시장 규모 (억불)	.	444	619

자료: World Bank (2013)³²⁾, FAO (2014)³³⁾, The Freedonia Group (2013)³⁴⁾

3. 양식생산정보의 DB화 및 빅데이터 구축

숨페터의 사업가정신 이론의 한축은 생산 기술 및 정보와 같은 생산요소의 최적 결합을 통한 혁신이다. 혁신을 통해서 새로운 상품과 시장을 창출하고 효율적인 생산 공정을 유지함으로써 기존의 시장을 신시장으로 대체하는 것이 사업가정신 이론의 골자이다. 여기서 숨페터는 이러한 과정을 창조적인 파괴라는 용어로 정의하였다.

미래 산업 사회에서 특히 정보기술의 발전에 따른 혁신이 창조적 파괴의 주요한 원동력으로 작용하고 있다. 스마트기기나 IPTV 같은 정보통신 기술 기반의 상품들이 기존의 시장을 파괴하거나 대체하는 형태를 보이고 있다. 예를 들면 카카오택시는 택시를 한 대도 보유하고 있지 않은 대한민국에서 가장 큰 콜택시 회사이며 페이스북과 유튜브는 미디어 콘텐츠를 전혀 생산하지 않는 세계 최대의 미디어 그룹이며, 에어비엔비는 숙박시설을 소유하고 있지 않지만 전 세계에서 가장 큰 숙박체인이다. 이와 같이 ICT 기술이 타 산업과 융합될 때 창조적 파괴가 일어나며 양식업에서도 동일한 창조적 파괴 현상이 일어날 수 있다.

전통적인 양식생산 과정은 양식생산업자의 경험 및 인적 정보에 의존하여

32) World Bank (2013) Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture. World Bank Report (83177-GLB) pp.39-40.

33) FAO. (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture. p.4.

34) The Freedonia Group. (2013). World Aquaculture: Feed, Equipment & Chemicals. p.4.
<http://www.freedoniagroup.com/brochure/29xx/2999smwe.pdf> 2015.11.24. 접속

생산 활동을 영위하는 것이다. 경험기반의 양식생산은 특정 지역의 기후, 환경, 어종, 생태 등을 잘 아는 양식생산자와 이른바 운이라고 불리는 자연환경 요소가 결합하여 생산을 결정하게 된다.

이는 양식산업이 표준화 및 규모화가 되는데 걸림돌로 작용하고 있고 업계에서는 1차 산업의 한계로 규정하고 있다. 하지만 1차 산업인 양식업이 ICT와 같은 첨단기술과 융합할 때 이러한 한계가 오히려 기존 산업참가자들이 따라올 수 없는 강점으로 작용할 수 있다.

예를 들면 첨단양식기술을 응용할 수 있는 영역 중의 하나는 양식 어종의 최적 생육 알고리즘을 탐색하는 분야이다. 기존의 생육 알고리즘 탐색은 크게 두 가지 방식으로 진행되었다.

첫째는 앞서 설명한 바와 같이 양식업을 영위하는 개인이 작업 중에 얻은 경험을 통해서 알고리즘을 탐색하는 방법이다. 이 방법의 경우 알고리즘 탐색 시간과 비용이 많이 들며 또한 탐색된 알고리즘이 양식생산자가 산업에서 퇴출될 경우 관련 지식도 함께 사장되는 단점이 있다.

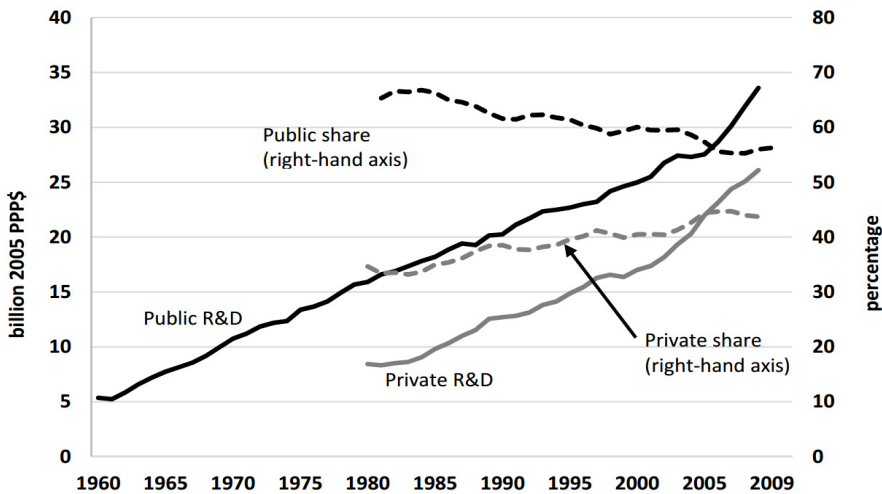
두 번째 방법은 Big Data Approach와 대비되는 개념으로 Small Data Approach (SDA)가 있다. SDA는 아래 개념도에서 나타나는 것과 같이 실험실에서 연구된 생육 관련 정보를 실증화 과정을 거쳐 확인한 후 생산된 정보를 전국적으로 확대 보급하는 것이다.

〈그림 4-2〉 Small Data Approach에 입각한 양식연구결과 응용 모형



기존의 농어업관련 R&D 성과는 주로 이러한 과정을 거쳐서 관련 기술이 산업화되었다. 하지만 SDA 접근 방법은 지속적으로 많은 예산을 투입해야 하며 또한 이에 비례한 시간적 노력이 요구된다. 파데이(2014)에 따르면 2009년 한해 전 세계적으로 약 1조 1천억 달러가 R&D부문에 투자 되었고 그중 5.6퍼센트인 610억불이 식량 및 농업부문에 투자되었다. 그리고 [그림 4-3]에서 보는 바와 같이 식품 및 농어업 부문 R&D 투자는 지속적으로 증가 될 것으로 전망된다.

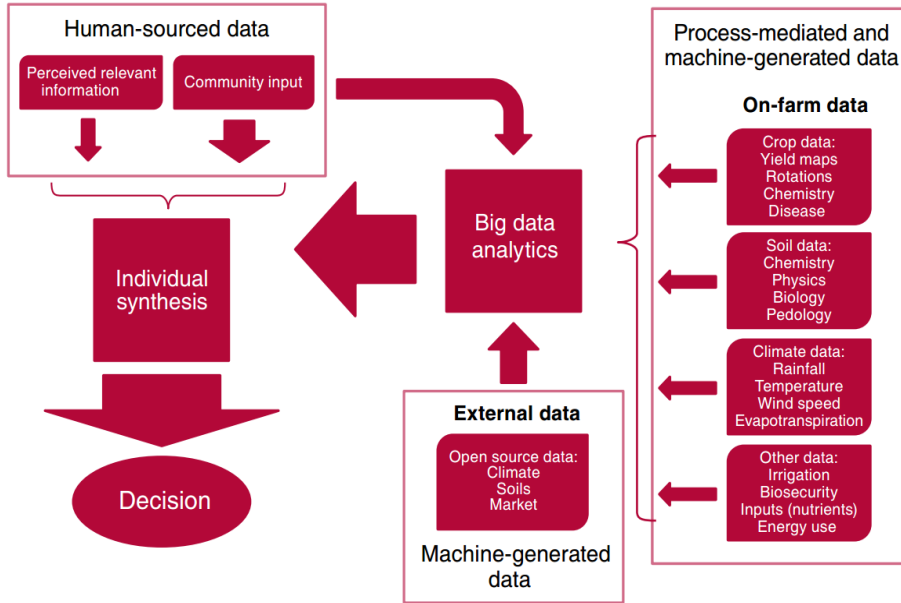
〈그림 4-3〉 1960-2009년까지 식품 및 농업 부문 글로벌 R&D 동향



자료: Pardey 2014, p.17.

빅데이터 기반 양식생산 및 생육 정보 구축 시스템은 식품 및 농어업부문 R&D 시장에서 새로운 키워드로 자리매김할 수 있다. 머신 러닝과 빅데이터 기반 정보 구축 시스템은 [그림 4-4]에서 제시하는 바와 같이 생산과정에서 자동화된 측정 장비를 통해 실시간으로 데이터를 측정하고 기타 환경 변수를 빅데이터 기반 자동 분석 시스템에 결합시켜 이를 바탕으로 최적 생육정보를 도출해 내는 것이다.

〈그림 4-4〉 머신러닝과 빅데이터 기반 농업 정보 구축 시스템



자료: Bennett 2015, p.47.

빅데이터 분석을 통한 과정은 장기적으로 식품 및 농어업 관련 R&D 비용을 효율화 할 수 있으며 이러한 접근법이 양식부문에 적용될 경우 첨단양식 기술 산업화를 달성할 토대를 마련할 수 있을 것이다. 첨단양식기술이 산업화 될 경우 ICT 기술과 빅데이터 분석을 통해 모든 환경과 어종에 각각 최적화된 생육 정보를 적은 비용으로 생산 및 보유하는 기업군이 출현할 것이고 이들은 양식장을 직접적으로 소유하지는 않지만 최고 수준의 맞춤형 기술 정보를 가진 전문 양식업체로 성장 할 수 있을 것이다.

이것은 양식산업과 ICT기술이 융합될 때 일어날 수 있는 창조적 파괴이며 기술 혁신 측면에서 첨단양식기술이 산업화가 될 수 있는 조건이 된다.

4. 첨단양식을 위한 기술 인력의 수급 안정성

양식산업이 새로운 첨단산업 혹은 생명공학산업으로서 성장하고 경쟁력을 갖추기 위해서는 첨단기술을 활용할 수 있는 기술인력의 공급이 충분히 뒷받침되어야 한다. 이미 산업구조 고도화기에 접어든 제조업에서의 기술인력 공급현황을 먼저 살펴본다.

1970년대 이후 제조업의 급속한 산업화 과정에서 대부분의 농어업부문 인력이 제조업부문으로 이동하는 현상이 나타났다. 이러한 인력이동은 제조업 산업화를 촉진시키는 기본 동력이 되었다. 일반적으로 초기 산업화 과정에서는 특별한 경험이나 지식이 요구되는 기술인력이 요구되어지는 것은 아니다.

그러나 현재 제조업 부문은 경험과 지식이 요구되는 기술 인력의 부족현상을 겪고 있다. 2013년 말 기준, 산업기술인력³⁵⁾ 부족인원은 37,391명(2012년 대비 1,535명, 3.9%하락), 부족률은 2.4%(2012년 대비 0.2%p 하락)이다.

〈표 4-2〉 산업기술인력 부족률 변화 (2013년 말 기준)

년도	2010	2011	2012	2013
부족률	4.3%	3.4%	2.6%	2.4%

주: 부족률은 [부족인원/(현원+부족인원)]×100

자료: 산업통상자원부한국산업기술진흥원, 2014년 산업기술인력 수급 실태조사, p.1.

12대 주력산업³⁶⁾ 부족인원은 25,462명으로 전체 부족인원(37,391명) 중 68.1%를 차지하고 있으며, 부족률은 2.4%(2013년 기준 2.4%) 수준이다. 산업별 기술인력 부족률은 화학산업이 3.9%(4,593명)으로 가장 높으며, 디스플레이산업이 1.3%(642)명, 조선산업은 1.3%(877명)를 차지했다. 바이오·헬스 산업의 경우 2013년 대비 부족률은 0.1%p 증가했다. 제조업의 산업고도화로의

35) 산업기술인력: 고졸 이상 학력자로 산업체에서 연구개발, 기술직 또는 생산정보통신 업무관련 관리자, 기업임원으로 근무하고 있는 인력. (산업통상자원부 정의)

36) 12대 주력산업: 기계, 디스플레이, 바이오헬스, 반도체, 섬유, 자동차, 전자, 조선, 철강, 화학, 소프트웨어, IT 비즈니스.

이행을 생산요소의 고도화 측면에서 볼 때, 숙련된 기술인력의 부족 현상은 첨단양식 기술 산업화로의 진행에 다양한 시사점을 부여한다.

현재 어촌인구의 고령화 현상과 외국인 노동자 고용의 증가 문제가 심각하다. 어가 경영주는 60세 이상이 2만가구로 전체 33.1% (2012년 말 기준), 50세 이상이 31%, 70세 이상이 22.1%를 나타내고 있다 (통계청 2014). 양식 산업화 이행에 필요한 인력 수요 뿐 아니라 첨단양식기술 산업화로 고도 산업화로 진입했을 때 미래에 요구되는 기술 인력에 대한 예측 역시 고려되어야 한다.

5. 양식기술에 대한 투자 리스크 저감

양식산업의 투자매력도는 안정적인 수익률이 보장되고, 투자 리스크(실제 수익률 < 예상수익률)가 낮고, 투자에 대한 투명성(실제수익-투자자에게 보고되는 제시수익)이 높을 때 높게 평가될 수 있다. 재정상태, 정책, 가격변동성, 시장성 등과 같은 요소들을 분석하고 이를 바탕으로 양식업에 대한 비즈니스 모델을 만드는 방법을 통해 양식업에 대한 투자매력도를 높일 수 있다. 그러나 양식 수산물 생산과 관련된 특수성 때문에 생산에 직접적으로 영향을 미치는 위험 요소 (기후와 수온 변화, 질병발생 등)를 추가적으로 분석하는 것이 필요하다. 자연재해로부터 발생하는 변동요인도 기술발전을 통해 극복되어 질 수 있는 부분이 존재한다.(Griffin, Lambert, and Lowenberg-DeBoer, 2005)

양식업과 첨단기술과의 융합으로 양식 어류의 최적 생육환경 알고리즘을 구축하고 이를 기반으로 한 자동화 시스템 개발을 통해 기자재 산업의 육성 이 기대된다. 그러나 이를 위해서는 자동화 시스템 구축하기 위해서는 원가 분석을 통해 시스템 적용의 경제적 타당성으로 확보하는 것이 중요한 선결과제이다.

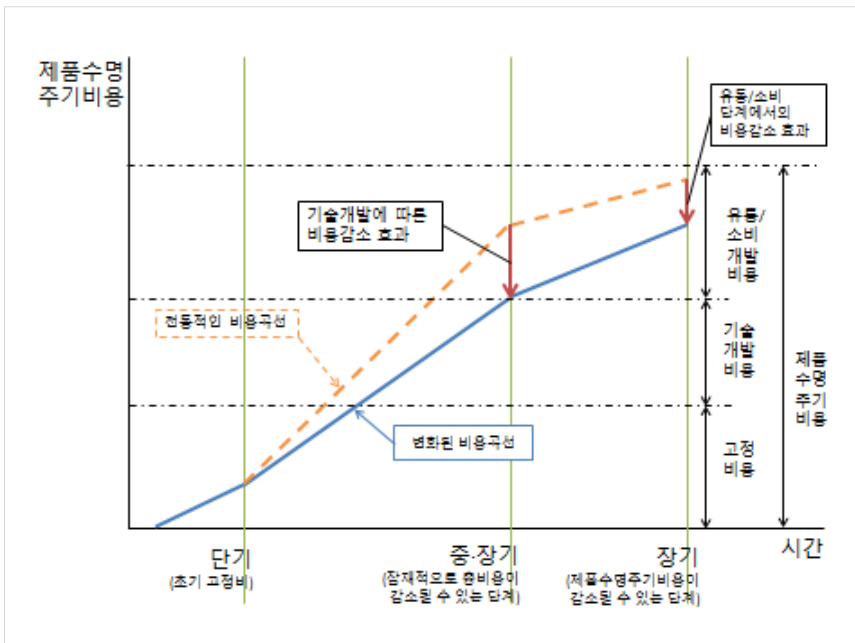
원가 절감을 위해 양식수산물 생산에서부터 제품화되어 시장에 판매되는

각 단계에서의 비용과 관련된 부분을 크게 고정비용, 총비용(고정비용+가변비용), 제품수명주기비용 등 세 부분으로 나누어 볼 수 있다.

기존의 양식업을 기준으로 했을 때, 초기 양식장 건축 시 설비·기계 등의 감가상각비, 지불이자, 연구개발비, 양식장관리비 등이 고정비용으로 분류될 수 있다. 가변비용은 생산량의 변화에 민감하게 반응하는 비용을 의미하고, 현재 양식업의 경우 사료비와 치어 구매비가 대표적인 가변비용으로 분류될 수 있다.

제품수명주기비용은 초기 양식장 설계부터 종자·종묘 생산, 육종개발, 양식수산물 생산 및 가공, 유통과정을 거치면서 제품화 되어 시장에 판매되기까지 각 단계에서 소요되는 포괄적인 비용을 의미한다. 아래의 [그림 4-5]는 단계별 개발 비용의 효과를 시간의 흐름에 따라 표현한 것이다. 양식장 건립부터 본격적인 양식수산물 생산되기까지 단기적으로 소요되는 고정비용에는 개발비용에 따른 차이가 나타나지 않는다.

〈그림 4-5〉 단계별 개발에 따른 비용감소 효과

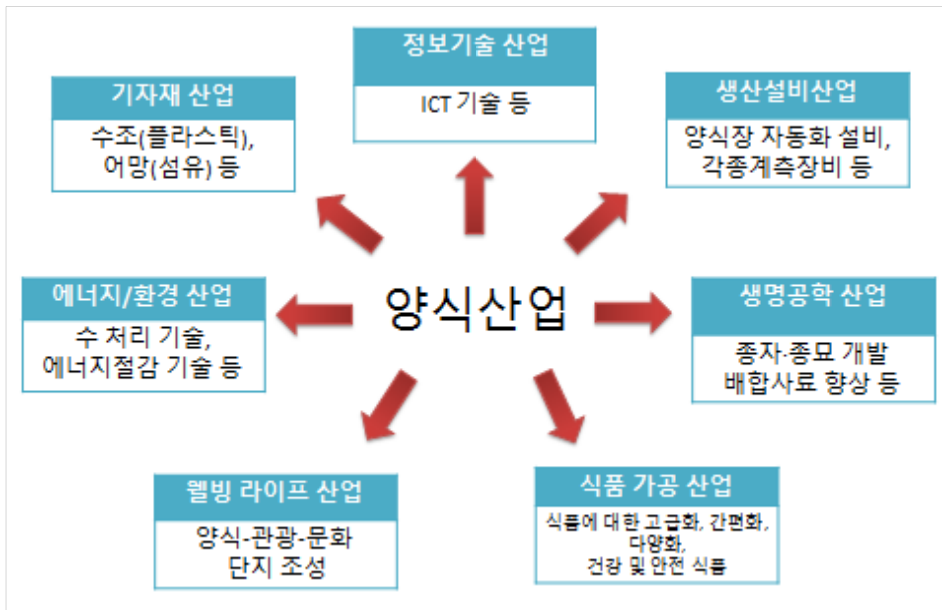


생산관련 기술개발투자에 따른 비용절감 효과는 중·장기적으로 나타나게 된다. 양식 수산물의 최적 생육환경 알고리즘 개발과 자동화 시스템의 발전은 생산비용 절감을 통해 안정적인 대량생산을 가능하게 하여 산업화의 기본바탕을 제공하게 된다. 양식수산물의 제품수명주기를 장기적인 측면에서 볼 때, 제품화된 양식수산물이 최종소비자까지 다다르는 유통부문의 향상은 역시 비용감소 효과를 가져 올 것이다.

6. 관련 기술의 기술개발 투자

첨단양식기술 산업은 종자종묘 개발과 양식수산 가공품까지의 단계별 중간투입율이 높고 전·후방 연쇄효과가 높은 산업이 될 수 있다.

〈그림 4-6〉 양식산업과 관련산업 구조



연관산업인 기자재, 생산설비 등 전통산업뿐 아니라 ICT 산업, 생명공학산업, 에너지산업, 환경산업, 웰빙 라이프 산업 등 신성장 산업으로의 동반성장으로 새로운 생산 유발, 일자리 창출, 지역경제 발전등과 같은 파급효과를 가져올 수 있다.

i) 양식산업의 후방산업: 양식업과 직접적인 생산연관효과를 갖는 후방산업을 살펴보면, 양식장 자동화 설비 및 각종 계측 장비 등의 생산설비산업과 수조, 어망, 부표 등의 부품소재 산업이 있다. 또한 생산성 높고, 질병에 강한 종자·종묘 개발, 양질의 배합사료 개발 등과 같은 생명공학 산업과 폐수 처리 기술 등의 환경산업, 에너지산업과 같은 신성장산업 역시 후방산업으로 분류 될 수 있다.

ii) 양식산업의 전방산업: 현대사회에서 소비자는 시장의 생산결정에 영향을 미치는 등 강력한 파워를 갖고 있다. 특히 식품 가공산업은 매우 빠르게 성장하고 있는 산업 중 하나이다. 웰빙 라이프 산업 역시 삶의 질을 중요하게 고려하는 현대인들에게 새로운 산업으로 떠오르고 있다. 양식-관광-문화를 동시에 경험할 수 있는 환경 조성을 통해 지역경제 향상에 파급효과를 가져올 수 있다.

양식산업과 첨단기술의 융합을 통해 파생된 전·후방산업은 양식산업과의 연관정도에 따라 양식산업이 불황일 때는 같이 불황을 겪기도 하고, 호황일 때는 같이 호황의 효과를 누리기도 한다.

제5장 첨단양식기술의 산업화를 위한 핵심과제 도출

1. 기본 방향

우리나라의 경우 타 분야의 양식기술 융합사업이 활발하게 진행되고 있지는 않지만 신정부 수립(2013) 이후 기술융합을 통한 창조경제로 수산의 미래 산업화를 국정과제로 하고 있으며, 관련 분야 기술융합을 위한 다양한 사업들이 추진되고 있다.

첨단양식기술 중 ICT분야, 기계·제어시스템분야, 환경공학 등의 양식기술 융합은 세계적으로도 초기단계의 기술개발 수준인 것으로 파악되고 있다. 특히 첨단양식 통합관리 시스템은 표준화, 인증 등이 존재하지 않은 것으로 파악되었다. 따라서 첨단양식기술의 산업화를 위해 체계적인 기반 구축 사업부터 시작해야 할 것이다.

국가적으로 「산업융합촉진법」이 제정되어 있으므로 동법을 활용한 융합촉진의 지원과 활성화를 통한 기반 구축사업을 추진한다. 이와 병행하여 세계적으로 기술 확보가 가능한 첨단양식기술을 우선 파악하고 이들 기술 확보를 위한 순차적인 R&D 기술개발 계획 수립이 필요하다.

또한 개발된 R&D 기술이 사장되지 않도록 실증단지를 조성하여 첨단양식기술의 실용성 및 사업성을 검증하여 투자까지 연결될 수 있도록 해야 할 것이다. 첨단양식기술의 국내 현장 적용 및 확산, 수출산업화를 위해서는 개발된 시스템의 적합성 인증, 첨단양식기술 거래시스템 도입 등도 병행되어야 한다.

특히 첨단양식기술 산업화는 시스템뿐만 아니라 이를 통해 생산되는 품종의 경쟁력 확보를 위한 모델의 현장 적용과 대상 품목의 선정 기준도 마련해야 한다.

2. 핵심 과제

1) 타 분야 기술 융합을 위한 플랫폼 구축

(1) 「산업융합촉진법」을 활용한 양식산업융합 기반 조성

「산업융합촉진법」 제3조(국가 등의 책무)에 의거 국가와 지방자치단체는 산업융합 촉진을 위해 산업융합의 촉진을 위한 추진체계의 구축과 관련 제도의 개선, 산업융합관련 연구사업의 지원, 중소기업 등의 산업융합 관련 역량의 강화를 위해 필요한 노력을 하도록 하고 있다.

세계적으로 양식산업은 바이오산업, ICT, 기계제어, 환경(수처리) 등의 제 분야와 융합을 통해 새로운 지식산업으로 재편되고 있다. 1차 산업으로의 양식산업이 “융합 신산업³⁷⁾”으로 국가경제 발전기여도가 높은 새로운 산업으로 발전 가능하다. 따라서 양식산업융합의 기반을 조성하기 위해 동법에 의거 기본계획을 수립하고, 연도별 실행계획의 수립 및 시행, 관련 통계의 조사 및 작성이 필요하다.

동법 제3조(국가 등의 책무) 3항은 「고등교육법」 제2조 제1호부터 제6호까지의 규정에 따른 대학, 산업대학, 교육대학, 전문대학, 원격대학, 기술대학과 연구기관은 산업융합에 적합한 인력을 양성하고 관련 연구의 활성화를 위해 노력하도록 하고 있다. 제28조(산업융합 특성화대학의 지정 등)에 따라 첨단 양식기술을 위한 산업융합 특성화 대학, 산업융합 특성화대학원 또는 산업융합 특성화대학부설연구소 등을 지정할 수 있다.

양식분야와 ICT, 기계제어, 환경분야(수처리)의 융합기술에 적합한 인력을 양성하기 위해 관련 대학 및 연구원이 공동학위과정 및 재교육 과정 등을 개설할 필요가 있다.³⁸⁾ 향후 첨단양식기술은 융합학문을 습득한 인재들에 의해

37) 산업융합촉진법 제2조(정의) 3. “융합 신산업”이란 산업융합을 통하여 새롭게 창출된 산업 부문 중에서 시장성, 파급효과, 성장잠재력과 국민경제 발전에 대한 기여도가 높은 새로운 산업을 말한다.

38) 2015년 부산대학교 기계공학과가 양식기술센터를 설립한바 있으며, 2016년부터 양식관련 교육

기술진보가 가능하며, 일선 양식 현장에서 첨단양식장 운영을 위한 필수 인력들에 대한 재교육이 있어야 할 것으로 보인다.

(2) “양식융합기술투자포럼” 창립 및 운영

양식기술은 전통적인 생명공학기술과 양식기자재 관련 기술에 기반을 두고 있다. 최근 환경공학분야의 수질관리기술, 제조업분야의 자동화 기술, ICT 기반 관리시스템, 빅데이터 분석 기술, 인공지능 활용 기술, 신재생에너지 활용 기술 등이 비약적으로 발전함에 따라 이들 기술이 양식업과 융합될 수 있도록 유도하는 전략이 필요하다.

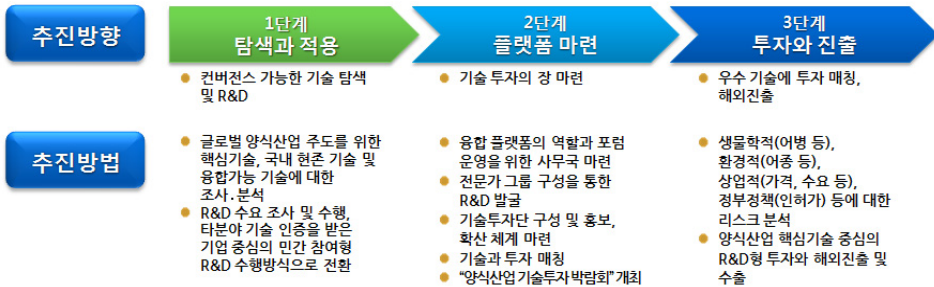
기술융합의 첫 단계로 기술과 투자가 만날 수 있는 장을 만들 필요가 있다. 해외에서는 북대서양씨푸드포럼(NASF)과 같이 기술과 투자가 연결될 수 있는 비즈니스 플랫폼을 구축하고 활용하고 있다. 동 행사에는 매년 10개 이상의 세션에서 100명 이상이 발표하고, 30개국, 350개사가 참여하고 있다.

우리나라의 경우 다양한 분야의 과학기술이 세계적인 수준으로 발전하였고, ICT 관련 기술 및 환경관련 기술들은 세계적이다. 국내에 산재해 있는 우수 기술을 양식분야로 유인하는 전략의 일환으로 “양식융합기술투자포럼”을 창립하고 운영할 필요가 있다. “양식융합기술투자포럼”의 설립 및 운영을 위해서는 다음과 같은 단계별 접근이 필요하다. 1단계는 탐색과 적용 단계로 양식기술과 융합이 가능한 타 분야 기술을 탐색하고 관련 R&D를 추진한다.

2단계는 플랫폼 마련 단계로 기술과 투자가 만날 수 있는 장을 마련한다. 점차 포럼이 활성화 되면서 기술이 축적되고, 양식기술 기업이 늘어나면 “양식산업기술투자박람회”로 발전시킨다. 3단계는 투자와 진출 단계로 우수 기술에 투자를 매칭하고, 협소한 국내시장에서 탈피하여 양식기술의 해외진출을 유도한다.

기능을 학내에 추가할 계획이다. 또한 부산외국어대학교는 산자부의 공공기관 활용 지역연계사업으로 “온배수를 활용한 빌딩양식” 사업을 추진함에 따라 기술확산을 위한 교육사업을 추진할 예정이다.

〈그림 5-1〉 양식융합기술투자포럼 창립 및 운영



(3) 첨단양식 기술융합플랫폼 구축

“양식융합기술투자포럼”을 운영하면서 첨단양식 기술융합플랫폼을 구축하여 융합을 촉진시키는 전략적 보완이 필요하다. 기술융합플랫폼은 i) 첨단 기술을 빠르게 적용할 수 있도록 핵심기술 DB구축, ii) 표준화기술개발 지원체계 구축, iii) 첨단기술 정보시스템 조사 및 지식서비스 메타 DB를 구축해서 지식플랫폼을 통한 기술융합 서비스를 실시하고, iv) 표준화 기술 및 관련 지식모듈을 개발하는 것을 목적으로 한다. 기술융합플랫폼은 향후 첨단 양식장의 표준화, 규제, 인증 등에 대응하는 시스템을 구축하여 첨단양식장 기술사업화 플랫폼 구축의 중심이 될 수 있도록 한다.

기술사업화 플랫폼 내에는 i) 기술사업화 모듈 및 산업화를 위한 IR 정보 시스템 구축, ii) 기술별·시스템별 국내외 사업화 파트너를 조사하고, iii) 국내외 사업화 설명회 등을 개최한다.

2) 첨단양식기술 확보를 위한 R&D 사업 추진³⁹⁾

(1) ICT 기술 기반 품종별 최적생육환경 도출 및 관리시스템 구축

양식분야에 빅데이터 분석 및 머신러닝 기법을 활용한 “최적생육 알고리

39) 첨단양식기술 R&D 사업은 KIMST의 “스마트양식장 통합 관리시스템 구축” 연구에 참여하고 있는 한국해양수산개발원, 국립수산물과학원, SKT, 부경대학교, 부산대학교, 호서대학교, 빌리언 21, 더 포커스, (주)에체, 한국전자정보통신진흥회 등이 이번 과제의 자문위원으로 참여하여 작성한 내용을 재구성하였다.

즘” 도출과 “통합관리시스템 마련”을 통해 생산성 제고의 효과를 거둘 수 있다. 빅데이터(Big-data) 분석에 활용될 수 있는 환경변수들은 수온, DO, pH, 탁도, 염도, 전기전도도, 암모니아, 진동, 조도, 소음 등이 있으며 수질을 포함한 다양한 환경변수의 측정을 위해 적합한 센서를 발굴하고 성능을 검증하는 작업을 거쳐야 한다.

데이터 수집을 용이하게 하기 위해 LPWAN(Low-Power Wide-Area Network) 기반의 무선센서 네트워크 모듈을 개발하고, 빅데이터 수집 및 전처리 기술, 클라우드(Cloud) 기반의 빅데이터 저장기술 개발이 필요하다. 이렇게 저장된 빅데이터는 데이터 사이언스(Data science)를 활용하여 패턴 및 연관관계 분석, 최적 생장환경 모델링을 수행한다.

ICT를 활용한 관리시스템 마련은 제어시스템부문의 각 장치(자동급이기, 자동개체측정, 유수흐름시스템, 분조, 에너지관리시스템 등)들에 품종의 최적 생장알고리즘에 맞는 프로그램을 입력시킨 후 이들 각각의 시스템을 연결할 수 있도록 시스템을 설계하고, 원스톱 모니터링 및 제어가 가능한 통합관제 PoC 솔루션을 개발하여 운영 효율성을 제고한다. 이를 통해 약간의 매뉴얼 숙지만 있어도 누구나 손쉽게 조작이 가능한 유저인터페이스를 제공하여 1~2명의 관리자가 전체 양식장을 관리할 수 있도록 한다.

(2) 첨단 양식장 기자재 기술 개발

가. 자동급이 시스템 개발

노르웨이의 글로벌 양식기업인 AKVA Group 등에서 자동급이시스템은 개발되어 있으나 현재 우리나라 대상 품종에 대한 소프트웨어 개발은 되어 있지 않은 상황이다. 따라서 기 개발된 자동급이 시스템의 하드웨어 모델을 대상으로 우리나라의 대상 품종에 적합한 급이 프로세스를 제어하는 소프트웨어 개발이 필요하다.

대상 품종의 최적 생육환경에 적합한 사료의 공급 시간, 양, 속도 등을 소프트웨어로 사전에 프로그램 할 수 있는 프로그램형(pre-program type) 자동급이 시스템을 우선 개발한다. 이 후에 광학, 적외선, 초음파 센서 융합을

기반으로 수조의 물고기 개체 수 및 미섭취 사료와 어류의 활동 상태를 추정하고 인식하여 최적의 사료량과 공급 속도를 조절 할 수 있는 상태 적응형 자동급이 프로그램을 개발해 나간다.

나. 유수흐름시스템 개발

유수흐름시스템을 개발하기 위해서는 양식 어류의 손상을 최소화 시키는 어류 이송용 펌프의 설계 사양을 도출하고 적정 펌프를 선정하여 펌프에 동력을 공급하는 액츄에이터의 회전수 제어가 가능한 펌핑 유량 제어시스템 설계한다. 동 펌프는 배급수 시스템의 유량제어를 위한 외부 신호 동작형 밸브와 염분도, 작동 유체에 대한 내구성을 가지는 펌프를 선정한다.

용존산소의 적정레벨을 유지할 수 있도록 어류 수와 종류, 수조의 크기 등을 고려한 에어레이터를 선정하고, 용존 산소량의 수위, 온도 등을 동시에 고려하여 배급수 프로세스를 제어하는 흐름 제어 시스템을 설계한다. 또한 양식수산물의 성장속도가 균등하지 않아서 사이즈별로 자동분조가 가능하도록 시스템을 만들어 수조 내에서 양식어류가 도태되지 않도록 하여 생산성을 향상시킬 수 있도록 한다.

다. 환경모니터링 및 제어시스템 개발

양식장 어류의 성장, 어류의 사료 섭이, 질병발생 등을 영상으로 확인할 수 있도록 수중 모니터링 시스템의 하드웨어 구성 중 수중 카메라 및 수중 조명 장치의 양식장 적용이 필요하다.

이미 국내외에 다양한 장비가 개발되어 있지만 수중환경에서도 어류의 활동성 및 상태를 정확하게 계측할 수 있는 영상인식 알고리즘 개발하고, 양식장의 실시간 영상 정보를 수집하여 DB화하는 통합운영 소프트웨어의 개발이 필요하다. 적외선 센서 및 초음파 센서를 이용하여 물 표면의 부유물 정도를 확인하여 수질 상태를 확인할 수 있는 모델의 정립도 개발이 필요하다.

라. 개체 자동선별 시스템 및 분조시스템 개발

양식 어류의 개체 식별을 자동화하고 생육단계와 성장도를 자동으로 분석

하는 통합 소프트웨어 시스템 구축 및 양식장 종합관리 시스템과 연동되도록 시스템을 구축할 필요가 있다.

이를 위해 수중 스테레오 카메라 시스템을 구축하여 표본 어류 영상으로부터 어류의 실측 크기를 구하고, 어종별로 크기에 대한 DB를 구축한다. 이를 근거로 어종별 크기, 무게와의 상관관계를 경험식에 근거하여 모델을 정립하고, 어류 무게를 예측하는 알고리즘을 개발한다.

(3) 환경공학 기반 수처리 기술의 양식장 적용

최근 첨단양식으로 분류되고 있는 순환여과시스템과 바이오플락기술은 환경공학의 수처리 기술에서 적용된 사례이다. 수처리 기술의 발전은 앞으로 양식기술의 획기적인 진보에 큰 도움일 될 것이다. 현재 순환여과방식시스템은 지속가능한 미래 지향적 양식 시스템으로 주목받고 있으며, 향후 인류의 수산물 소비 증가에 따른 육상 양식생산을 친환경 양식생산시스템으로 디자인된 순환여과양식시스템으로 발전해 갈 것으로 예견되고 있다.

유럽에서는 일찍부터 음용수와 양식장 사육수 수처리 기술 개발에 많은 노력을 하였으며, 노출형 연안 가두리양식장의 환경수용력 관리와 연안 환경 관리에 있어 우리나라에 비해 보다 엄격하게 관리하는 한편 연안에서의 개방형 양식장 면적을 점차적으로 줄여가면서 육상에서의 해산어 양식을 위한 해수 순환여과양식시스템(RAS) 개발에 많은 지원을 해왔다. 독일의 Vöcklingen에 위치한 neomar 순환여과시스템(Marine Fishfarm in Vöcklingen, MFV)은 수용량 1만 톤 규모로 인공해수를 이용하여 내륙에서 해산어를 양식하기 위해 건설된바 있다.

환경공학 부분 수처리 기술의 양식장 적용 R&D 추진은 우선 어병의 발병 원인 조사, Batch-type 반응기 설계 및 제작, 기초 조사선량 실험을 통한 설계 인자 확보, 양식장 수질 모니터링 시스템 설계 등을 통해 고이온화 에너지를 이용한 해수 살균 시스템 기초를 설계한다. 이후 파일럿 규모의 고이온화 에너지를 이용한 해수살균 시스템을 개발하고, 해수 고이온화에너지 살균 시스템과 연계하여 내부 순환수를 제어하고 배출수와 저니를 동시에 처리할 수

있도록 한다. 현재 국제양식규범이 엄격해 지고 있으므로 수처리 기술을 활용하여 배출시 항생제 처리까지 가능한 공법의 적용이 요구된다.

(4) 신재생에너지의 양식장 적용

양식업의 에너지 관련 정책은 온배수를 활용한 양식기술 개발, 에너지 절감 장치(히트펌프)의 개발 및 보급 확대, 하동절기 16°C 정도의 지하해수를 이용한 양식기술 개발 등이 있다. 현재 양식장 전력 사용량 중 많은 부분을 차지하는 양수에 필요한 전력 공급을 위한 상시지원 전원 시스템을 이용한 에너지 제로 양식장 개발에 관한 R&D 추진은 거의 없다.

육상양식장이 가장 발달한 제주도의 경우 양식장 전력사용량은 제주지역 전체의 15%(10만kW)이상 점유하고 있어 양식장에서 전력 20%를 절전하면, 그 절감량은 2만kW로 전력수급비상 경계단계를 피할 수 있으므로 제주 어류양식 수협과 한국전력 제주본부 간 ‘자율 긴급 절전’협약을 체결한바 있다. 이는 전력수급비상 경계단계에서 양식장의 해수 또는 지하수 양수 모터 가운데 일부의 전원을 차단하여 절전하는 방법으로 근본적인 해결을 위해서는 양식장의 전력 소비량 감축을 위한 절전방안 전략 수립 및 기술개발이 시급한 것으로 나타났다.

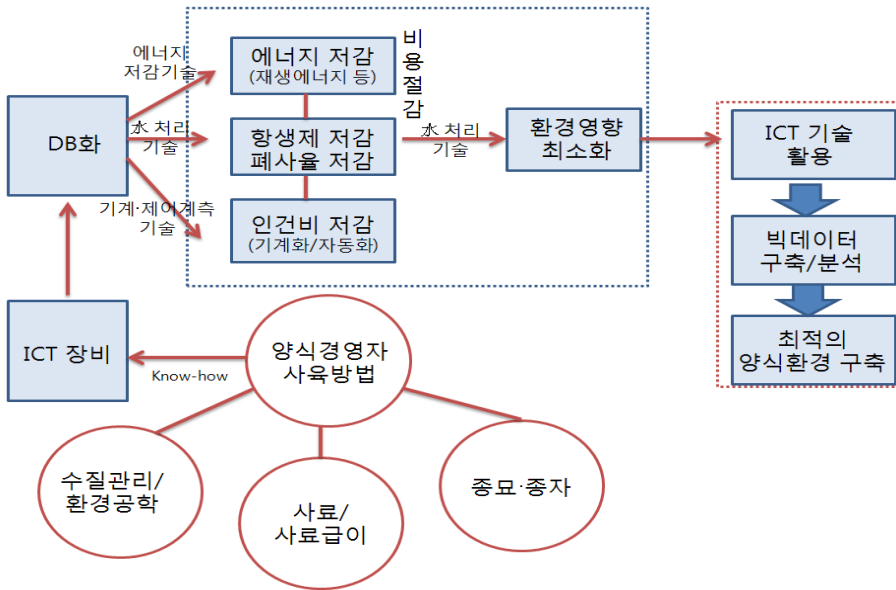
첨단양식기술은 궁극적 목표 중 하나는 원가절감이므로 양식장의 에너지 사용을 신재생에너지의 활용이 필요하다. 이를 위해 양식장의 에너지 거동 분석, 양식장 내 수리분석 및 물 수지 분석 등 에너지 소비형태 기반 조사를 실시할 필요가 있다. 이를 기반으로 양식장 적용 신재생에너지 생산 및 저장을 위한 통합 공정에 대해 설계하고, 전력운영 통합 관제 시스템을 설계한다. 신재생에너지 생산 및 저장 통합공정은 태양광, 연료전지, ESS시스템, 수전해 공정 등을 포함한다. 기술개발 이후에는 다채널 전력저장 시스템, 신재생에너지 생산 및 저장 공정의 성능 개선 및 최적화를 위한 현장 적용 평가를 실시하고, 양식장 에너지 수요, 비상전력 수요 등을 고려하여 시스템을 최적화 시킨다.

(5) 첨단양식 실증단지 조성

첨단양식 이행을 위한 R&D 사업 추진을 통해 개발된 최적생육알고리즘과 양식장의 핵심 기자재 기술이 완비될 때 첨단양식 실증단지를 조성하여 첨단 양식장의 실용성 및 사업성을 검증할 필요가 있다.

첨단양식 실증단지는 양식경영자와 종묘·종자, 사료, ICT, 기계·제어공학, 환경 및 수질관리, 재생에너지 활용 기술 등을 연계하는 형태로 조성한다.

〈그림 5-2〉 첨단양식시스템 구현 개념도



첨단양식 실증단지는 양식 경영자의 생산 노하우를 이업종 협업을 통한 DB화 및 시스템화 시키는 것으로 비용절감과 해양환경 오염 최소화로 산업 경쟁력 및 수출경쟁력 강화에 기여할 수 있다. 여기에 국제적 양식규범 이행이 가능한 최적 양식시스템 구축을 통해 첨단양식시스템 수출, 국내 완제품 중심의 ICT 기업이 양식데이터를 활용한 플랫폼 역할이 가능하도록 하여 새로운 비즈니스 창출의 기회를 제공할 수 있는 장점이 있다.

첨단양식 실증단지의 추진 주체는 국내에서는 처음으로 시도되는 과학적

양식생산시스템이 적용된 실증단지이므로 지자체의 지역관광과 연계할 수 있도록 한다. 따라서 추진 주체는 지자체, 연구원, IT기업, 협단체, 투자기관 등으로 구성된 협의체를 구성하고 차세대 양식기술·제품·서비스 개발이 가능하도록 한다.

〈그림 5-3〉 첨단양식기술 실증단지 개념도



자료: 마창모 외, 스마트양식장 기획연구 중간보고 발표자료, 한국해양수산개발원, 2015

첨단양식기술 실증단지는 센서 네트워크 기반으로 양식환경 정보를 수집, 저장, 분석하고 양식 및 IT 기업이 관련 기술을 개발·실증할 수 있는 환경을 제공한다.

3) 첨단양식 활성화 사업 추진

(1) 첨단양식기술 시스템의 적합성 인증

세계적으로 첨단양식기술 중 최적생육알고리즘을 활용한 생산 자동화 및 수처리 등 스마트 통합관리 시스템은 표준화되어 있지 않다. 따라서 「산업융합촉진법」 제11조(산업융합 신제품의 적합성 인증의 신청)에 따라서 허가승인·인증·검증인가 등의 근거가 되는 법령에 산업융합 신제품에 맞는 기준규격·요건 등이 없는 경우와 허가 등의 근거가 되는 법령에 따른 기준규격·요

건 등을 산업융합 신제품에 적용하는 것이 맞지 아니한 경우에는 소관 중앙 행정기관의 장에게 해당 산업융합 신제품의 적합성 인증을 신청할 수 있도록 하고 있다. 따라서 스마트 통합관리 시스템 등 첨단양식기술은 적합성 인증 심사를 통해 적합성 인증을 받고 현장 적용 등 수출용 기자재산업으로 육성할 수 있는 기반을 마련해야 한다.

(2) 첨단양식기술 모델의 현장 적용 및 대상 품목의 선정 기준 마련

첨단양식기술은 대상 품종의 “최적알고리즘” 도출이라는 소프트웨어적 접근이 중요하다. 대상 품종의 우선순위를 선정해서 순차적인 적용을 통해 생산 안정성, 수익성 등이 확인되면 첨단양식기술 모델을 현장에 적용해 나가는 방법이 필요하다. 첨단양식기술이 집적된 빌딩양식에 관한 기존 연구에서는 빌딩양식 대상어종 선정기준에 따른 종을 명시하였다.⁴⁰⁾ 기존 연구는 빌딩양식 대상어종의 선정기준과 어종은 i) 경제성과 소비성 기준으로는 넙치, ii) 부가가치성 기준으로는 해삼과 건전복, iii) 수입대체 기준으로는 갯지렁이, iv) 자원감소 대응 기준으로는 문어, v) 생육조건 기준으로는 새우, 넙치, 황복, vi) 먹이사슬 기준으로는 미역, 다시마, 해삼, 전복을 선정한다.

본 연구에서 제시하고 있는 첨단양식기술 모델의 최적 생육환경 알고리즘 도출 단계에는 실증단지를 통해 빌딩양식에서의 대상어종 선정기준과 품종별로 적용이 가능하지만 현장 적용단계에는 설비투자로 인한 고정비 상승 문제를 고려하지 않을 수 없다. 어류의 경우에는 기존 시장에서 가격 경쟁력이 있는 품종에 대해서만 적용이 가능하다는 점과 현재의 활어 소비 시장은 비탄력적 시장이므로 규모화를 통한 활어 시장 확대가 어렵다는 점 등이 고려되어야 한다. 따라서 설비투자로 인한 고정비 상승의 문제를 해결하기 위해 대량생산 체계를 가정하지 않을 수 없으므로 활어시장에만 판매할 수 있는 품종에 대해서 첨단양식기술을 적용한다면 시장에서의 가격경쟁력을 잃게 될 것이다. 이 문제의 해결방법은 대규모 설비투자가 요구되는 첨단양식

40) 농림수산물부, 빌딩양식 산업화 기본계획 수립 연구, 2012.11.

기술로 생산된 품종은 가공시장 진출이 가능해야 한다. 가공시장 진출이 가능하기 위해서는 원가의 하락을 통해 기존 가공식품과의 가격경쟁력이 우선적으로 확보되어야 한다. 한 예로 넙치류 등 흰 살 생선의 가공 식품화를 위해서는 가공품으로 많이 사용되는 명태, 냉동가자미 등과 시장에서 경쟁할 수 있는 수준의 가격경쟁력을 가질 수 있어야 한다. 따라서 첨단양식기술의 현장 적용 시에는 시장성을 고려한 엄격한 품종 선정과정을 거쳐야 한다.

(3) 첨단양식기술의 융합 촉진의 지원과 활성화

「산업융합촉진법」 제17조(융합 신산업의 지원)에 의거 첨단양식기술산업을 융합신산업으로 하여 융합신산업을 위한 전문인력 양성과 연구 활성화 지원, 융합 신산업 사업모델의 개발과 확산, 융합 신산업 관련 정보시스템의 구축과 활용 지원, 융합 신산업의 표준화와 보급에 관한 지원, 융합 신산업의 발전을 촉진하기 위한 국제협력, 융합 신산업 분야를 발굴하기 위한 이종 분야 간 교육의 촉진, 융합 신산업 분야를 발굴하고 그 업무를 수행하는 자에 대한 출연 또는 보조 및 용자 등에 대한 지원사업을 추진할 필요가 있다. 또한 제18조(산업융합형 연구개발의 활성화 등), 제19조(산업융합을 촉진하기 위한 지식재산권 관련 지원 등)의 법률 규정을 활용하여 첨단양식기술의 연구개발 및 지식재산권 관련 지원사업을 추진한다.

(4) 첨단양식기술 거래 시스템 도입

첨단양식기술은 1차적으로 지적기술자산에 속하며 기술 산업화 과정을 통해 현장에 적용하여 다양한 형태의 첨단양식생산 시스템을 구성하게 된다. 그러나 양식기술 관련 R&D 성과를 산업계로 이전하거나 기술융합을 위해 교환하는 시스템은 아직까지 존재하지 않는다. 그러므로 연구 개발된 첨단양식기술의 산업화를 촉진하기 위해서 지적기술자산을 거래할 수 있는 일종의 거래 생태계 시스템이 필요하다. 국내에서는 아래 표와 같이 각 부처 및 산업별로 연구 개발된 기술을 거래할 수 있는 기술 거래 플랫폼을 구축하여 운영하고 있다. 첨단양식기술을 거래하기 위해서는 산업부 소관인 한국산업기

술진흥원(KIAT)을 통한 방식을 고려할 수 있으나 KIAT의 경우 직접적인 기술이전보다는 이를 지원하는 역할에 중점을 두고 있다. 그러므로 첨단양식기술의 기술융합 및 거래, 사업화를 촉진하기 위해서 첨단해양생명과학기술의 거래를 전담하는 기구와 관련 시스템의 도입이 필요하다.

〈표 5-1〉 우리나라 부처별 기술이전 관련 조직과 사업화 기구

구분	기술이전기구	사업화기구	비고
미래부	연구성과실용화 진흥원	- 미래기술마당 - 한국과학기술지주 - 미래과학기술지주	공공연구기관 R&D 성과 사업화 모델
산업부	한국산업기술진흥원	- NTB - R&BD - 산업기술사업화 펀드	산업육성관련 사업화 모델
특허청	IP-Market		지식거래 플랫폼 모델
중기청		- 창업 맞춤형 사업	
보건복지부	보건사업기술이전센터		
문체부	디지털저작권 거래소	- 저작권 비즈니스 활성화지원	

자료 : 한국지식재산연구원 2014

가. 해양생명과학기술 기술거래기관 설립 및 지정

“기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률” 제5조에 따르면 정부는 기술이전·사업화에 관한 정책목표를 달성하기 위하여 다음 각 호의 사항이 포함된 기술이전·사업화 촉진 계획을 수립 시행하여야 한다고 규정하고 있으며 동법 제5조 제2항과 법률 시행령 제4조에 따르면 “관계중앙행정기관의 장(해양수산부장관)은 촉진계획의 수립을 위하여 그 기관의 연구개발사업에 대한 기술이전·사업화의 촉진을 위한 계획을 수립하여 산업통상자원부장관에게 통보하여야 한다.”라고 규정하고 있다. 또한 동법 제10조에 따르면 “중앙행정기관의 장(해양수산부장관)은 기술이전·사업화 촉진을 위하여 기술거래를 위한 전담인력 등 대통령령으로 정하는 기준을 갖춘 자를 기술거래기관으로

지정할 수 있다”라고 명시되어 있다.

기술거래기관은 민간에서 보유하고 있는 기술의 이전중개 및 알선 등 기술이전의 핵심적인 시장 기능을 담당하는 기관으로 2015년 현재 산업통상자원부에서는 기술보증기금을 포함한 86개의 기관을 기술거래기관으로 고시하였다. 그러나 86개 기관 중 해양생명과학기술 이전에 특화된 기술거래기관은 전무한 실정이다⁴¹⁾.

일반적으로 기술거래 과정은 신기술에 대한 발굴, 분석, 평가, 수요시장 탐색, 거래이전 등으로 이루어지나 해양생명과학기술 기술이전 전담기관의 부재는 첨단양식기술의 파급효과 극대화 측면에서 어려운 점으로 작용할 수 있다. 현재 기술거래기관 지정에 대한 법률적 근거는 이미 확보된 상태임으로 기술거래기관 성립의 제도적인 지원을 통해 미래첨단양식기술 시장의 성립에 대비해야 할 것이다.

나. 첨단양식기술 사업화 전문회사 육성

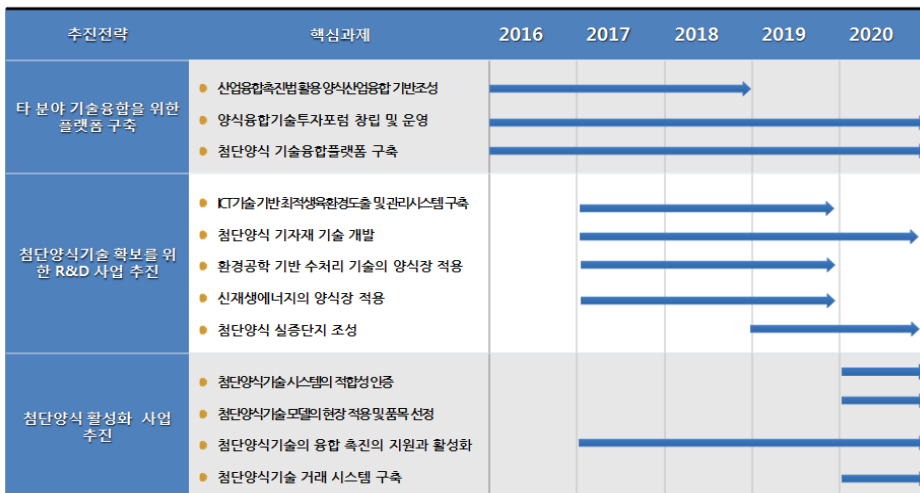
“기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률”에서는 기술거래기관의 지정과 함께 사업화 전문회사의 지정도 함께 언급하고 있다. 사업화 전문회는 개발된 기술의 사업화를 위한 각종 지원, 사업화 상담, 투자유치 등을 수행하는 기관으로 산업부 고시에 따르면 2015년 현재 12개의 회사가 업무를 수행하고 있다. 사업화 전문회사는 정부의 직접 지원이 아닌 민간의 투자를 유치하는 회사로 산업화의 따른 투자-기술개발-산업화의 선순환을 유도하는 역할을 담당한다. 그러나 해양생명과학기술을 포함한 식품산업관련 전문 사업화 기관도 현재까지는 전무한 실정이며 향후 첨단양식기술의 산업화를 위해서 대규모 투자를 유치할 수 있는 규모화 된 식품산업 전문 전문회사의 육성이 필요하다.

41) KDI 2015

3. 연차별 추진 계획

- i) 타분야 기술융합을 위한 플랫폼 구축
 - 산업융합촉진법을 활용한 양식산업융합 기반 조성 사업('16~'18)
 - 양식융합기술투자포럼 창립 및 운영('16~'20)
 - 첨단양식 기술융합플랫폼 구축('16~'20)
- ii) 첨단양식기술 확보를 위한 R&D 사업 추진
 - ICT기술 기반 최적생육환경도출 및 관리시스템 구축('17~'19)
 - 첨단양식 기자재 기술 개발('17~'20)
 - 환경공학 기반 수처리 기술의 양식장 적용('17~'19)
 - 신재생에너지의 양식장 적용('17~'19)
 - 첨단양식 실증단지 조성('19~'20)
- iii) 첨단양식활성화 사업 추진
 - 첨단양식기술시스템의 적합성 인증('20)
 - 첨단양식기술 모델이 현장 적용 및 품목 선정('20)
 - 첨단양식기술의 융합촉진의 지원과 활성화('17~'20)
 - 첨단양식기술 거래 시스템 구축('20)

〈그림 5-4〉 첨단양식기술 산업화를 위한 연차별 추진계획



제6장 결론 및 정책제언

1. 결론

수산부문의 양식업은 국내에서는 1차 산업으로 인식되고 있다. 국제 사회에서는 일부 양식선진국들이 R&D 투자를 통해 지식산업화 과정을 거치고 있다. 노르웨이를 중심으로 한 일부 글로벌 기업들이 탄생하면서 대서양 연어, 고등어, 틸라피아 등 일부 품목에 불과하지만 양식업을 주도하면서 시장을 확대해 나가고 있다. 미래에는 양식산업이 지식기반 산업으로 첨단화되면서 후발주자들이 따라잡을 수 없는 산업으로 승자독식 시장이 될 가능성을 배제할 수 없다⁴²⁾.

이미 세대를 거쳐 육종된 대서양 연어 양성 기술을 확보한 노르웨이를 따라잡기 힘들다는 것이 전문가들의 견해다. 마침내 유전자변형동물(GMA, Genetically Modified Animal)로는 최초로 캐나다 회사가 만든 연어가 미국 FDA 승인을 통해 식용판매가 승인되었다. 식용 및 생태계 훼손의 위험성에도 불구하고 유전자변형 연어의 식용이 승인되면서 첨단양식기술은 새로운 국면을 맞이하게 되었다. 많은 논란에도 불구하고 유전공학기술에 의해 탄생한 어종들이 첨단양식기술의 판도를 변화시킬 가능성이 높은 시대에 살고 있다.

본 연구에서 추진한 첨단양식기술 산업화 연구는 우리나라 양식산업 환경을 볼 때 우리 양식업을 1차 산업으로 접근해서는 세계 시장에 대응하기 힘들다는 측면과 미래 식량을 생산하는 중요한 산업으로 인식되는 양식산업의 성장 속에 국가적 차원의 차세대 동력 산업으로서의 양식산업을 어떻게 육성할 것인가에 대한 고민에서 시작되었다.

42) 글로벌 양식기업 시가총액 기준으로 5대 기업 중 4개 기업이 노르웨이 기업이다.

양식기술의 첨단화는 범위가 매우 넓다. 앞에서 언급한 바대로 유전공학 적 접근, ICT 기술 융합의 접근, 기계제어시스템을 통한 자동화 접근, 환경공학 적 접근, 식품공학 적 접근, 에너지절감을 위한 접근 등 다양한 접근이 가능하다. 이는 양식업이 이미 융합산업의 특성을 갖고 있기 때문이다. 그러나 양식분야 첨단화의 모든 사업 부문에서 글로벌 경쟁 속에 우위를 점하기는 어렵다. 그래서 이미 글로벌 경쟁에서 우위를 갖고 있는 ICT 기술 융합을 우선적인 양식기술의 첨단화의 과제로 잡았다. ICT 기술 융합은 단지 통합관리시스템의 접근 보다는 양식 수산물의 “최적생육알고리즘”을 도출하고 표준화해서 사업화하는데 도움을 주기 때문이다. 따라서 ICT 기술 융합을 정점에 두고 기계제어시스템, 환경공학시스템, 에너지절감시스템 등의 접목을 고려한 R&D 추진 전략에 중점을 두고 추진할 필요가 있다.

또한 첨단양식기술의 산업화를 위해서는 양식산업이 첨단산업이 되기 위한 조건의 성립에서 시작되어야 한다. 우선 국가적 첨단산업이 되기 위해서는 기술집약도가 높아야 하고, 신규수요 및 고부가가치를 창출할 수 있어야 하며, 기술적·경제적 파급효과가 크며, 비교우위의 확보가 가능해야 한다. 아니면 기타 자원 및 에너지 전략, 생산성 향상, 환경보전 효과가 커야 한다. 최소한 이러한 조건들을 첨단양식기술이 충족시켜야 한다.⁴³⁾ 즉 양식산업의 첨단화는 국가적 차원의 산업발전의 틀에서 고민되어야 하며, 타 부처의 산업발전법, 산업기술융합촉진법 등의 활용하여 양식분야 육성 정책을 마련할 필요가 있다.

2. 정책 제언

1) 첨단양식기술의 활성화를 위한 플랫폼 구축

국내에서 첨단양식기술이 출현하기 위해서는 다양한 분야의 기술 접목이 활성화되어야 하므로 이를 위한 “양식융합기술투자포럼”을 마련하고, “첨단

43) 산업발전법 제5조(첨단기술 및 첨단제품의 선정)

양식 기술융합 플랫폼”을 구축할 필요가 있다. 이들 사업을 통해 기술융합을 유도하고, 투자까지 연결될 수 있도록 하여 기술의 산업화를 유도한다.

2) 첨단양식을 위한 융합형 기술인력 육성

첨단양식기술의 산업화를 위해서는 융합기술을 응용, 적용할 수 있는 고급 기술 인력의 지속적 유입이 필요하다. 「산업융합촉진법」을 활용하여 양식 기술과 ICT, 환경공학, 기계·제어시스템공학, 에너지공학 등의 융합이 발생할 수 있도록 대학 내 공동학위과정 및 재교육 과정을 개설할 수 있도록 산업융합 특성화 대학 등을 지정하여 지원할 수 있도록 한다.

3) 첨단양식기술 중심의 전문기업 지원

첨단양식기술의 발전은 최적화된 양식수산물 생육정보로 직접 양식업을 하는 기업군과 최고 수준의 맞춤형 양식기술 정보를 가진 전문 양식업체도 출현할 것으로 예견된다. 양식기술 중심의 전문업체들이 성장하여 기술을 이전할 수 있도록 하여 첨단양식기술의 기반을 강화시키는 양식기술 중심의 기업군 탄생에 위한 지원 정책을 추진한다. 이들 사업은 「산업융합촉진법」 제17조에 근거한 신산업 모델개발 및 연구 활성화를 위한 출연 또는 보조, 융자 등에 대한 지원 사업을 추진하고, 「기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률」에 의거하여 사업화 전문회사를 지정하고 첨단양식기술 중심의 전문기업에 지원할 수 있도록 한다.

4) 해양생명과학기술 기술거래기관 설립 및 지정

기술거래는 신기술에 대한 발굴, 분석, 평가, 수요시장 탐색, 거래 이전 등으로 이뤄지나 해양생명과학기술 기술이전 전담기관이 없어 첨단양식기술의 파급효과를 극대화하는데 어려움이 있을 수 있다. 현재 미래부, 산업부, 특허청, 보건복지부, 문체부 등은 각각 기술이전기관을 지정하고 있으며, 기술의 파급효과를 극대화하기 위해 노력하고 있다. 이미 기술거래기관 지정에 관한

법률적 근거는 마련되어 있으므로 해양수산부는 해양생명과학기술 기술거래 기관의 설립 및 지정이 필요하다.

5) 첨단양식 실증단지 조성 및 지역 사업으로 활용

첨단양식 실증단지는 기 개발된 R&D 사업의 실용성과 사업성을 검증하는 작업을 위한 필요성과 더불어 첨단양식시스템은 일반 시민들에게 홍보 및 교육용 시설로도 적합하다. 기존의 타 분야(에너지, ICT 등) 실증단지들이 대부분 지역 교육 및 관광 사업에 활용되고 있으므로 동 사업들을 벤치마킹할 필요가 있다. 또한 지역사업으로 활용할 경우, 첨단양식 실증단지가 지역별 품종에 맞는 첨단양식장으로 응용하여 활용될 수 있다는 이점이 있다.

참 고 문 헌

1. 국내 문헌

- 김병호, 강일권, 조영제, 오철웅, 『수산의 이해』, 블루앤노트, 2012.12
- 이영준, 이지홍, 최현택(2014), 소나 영상 기반의 수중 물체 인식과 추종을 위한 구조, 전자공학회논문지 제 51권 2호
- 장은희, 임승주, 김탁현(2011), 양식장 배출수중의 항생제 내성균 분포 및 전자빔 살균처리, 대한환경공학학의 논문 492-500
- 한국지식재산연구원. (2014). 지식재산(Ip) 기술거래 기반 육성 및 관련 산업 활성화 방안.
- 박희송, 「미래 수산식량, ‘빌딩양식’ 특허 활발」, 이뉴스투데이, 2015.03.17.
- 「건강한 유기농수산물 양식 상용화」, 한국일보
<http://www.hankookilbo.com/v/cc29b83b0f7943dbbb0f1094be945372>
- KDI. (2015). 산업부, 2015년도 기술거래기관 및 사업화 전문회사 추가 지정.
 Retrieved from http://eiec.kdi.re.kr/infor/ep_view.jsp?num=142150
- 피시빌 기업홈페이지 <http://www.fishvil.com/kr/>
- 에코텍서비스 홈페이지 <http://ecotechservice.tistory.com/>
- 블루젠코리아 기업홈페이지 <http://www.blugen-sol.com/>
- 네오엔비즈 기업홈페이지 <http://www.neoenbiz.com/>
- 국가통계포털, “어업생산동향조사”, 2014

2. 국외 문헌

- Ács, Z. J., & Naudé, W. (2011). Entrepreneurship, Stages of Development, and Industrialization.
- Bennett, J. M. (2015). "Agricultural Big Data: Utilisation to Discover the Unknown and Instigate Practice Change." *Farm Policy Journal*, 12(1), 43-50.
- Casson, M. (1982). *The Entrepreneur: An Economic Theory*: Rowman & Littlefield.
- FAO. (2014). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. p. 4.
- The Freedonia Group. (2013). *World Aquaculture: Feed, Equipment & Chemicals*. p. 4. <http://www.freedoniagroup.com/brochure/29xx/2999smwe.pdf>
2015.11.24. 접속
- Griffin, T.C., D. Lambert, and J. Lowenberg-DeBoer. "Economics of Lightbar and Auto-Guidance Gps Navigation Technologies." *Precision Agriculture*. Ed.: Wageningen Academic Publishers (2005): pp. 581-87.
- Msangi, S., Kobayashi, M., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M., & Anderson, J. (2013). "Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture." *World Bank Report*(83177-GLB) pp. 39-40.
- Pardey, P., Chan-Kang, C., Beddow, J. M., & Dehmer, S. (2014). Long-Run and Global R&D Funding Trajectories: The Us Farm Bill in a Changing Context. Paper presented at the 2015 Allied Social Science Association
- Schumpeter, J. A. (1911). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle* (J. E. Elliott, Trans.): Transaction publishers.

첨단양식기술의 산업화 연구

2015年 12月 29日 印刷

2015年 12月 31日 發行

편집겸
발행인 김 성 귀

발행처 한국해양수산개발원
부산광역시 영도구 해양로 301번길26

전 화 051-797-4800 FAX : 051-797-4810

등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판 · 인쇄 / 디자인글꼴 051)636-1210

판매 및 보급 : 정부간행물판매센터 Tel : 394 - 0337

정가 15,000원