

첨단 스마트 양식 기술 발전 동향 분석

스마트 양식 기술은 스마트 양식 솔루션 개발, 양식생산 자동화, 양식 사육수 처리 분야 등에서 점차적으로 발전하고 있으나, 세계 양식 시장의 확대에 의해 양식 생산 기술과 ICT 기술과의 융합이 가속화 될 전망이다. 본 논문에서는 스마트 양식 기술 특허 분석과 국내외 기술 동향 분석을 통해 스마트 양식 시스템의 기술 발전 방향을 소개한다.

■ 이상철, 마창모*
(한국해양수산개발원 양식산업연구실)

I. 서론

양식업은 미래 식량 산업으로 2013년 세계 양식 생산량은 2000년대 초반에 비해 118% 증가하는 비약적인 성장세를 보이고 있다[1]. 또한 같은 기간 노르웨이 마린하베스트社와 같은 거대 글로벌 양식기업 등은 세계 각지에서 양식 생산의 수직 계열화를 추구하여 다국적 농업 기업에 이어 국제 수산 자본을 형성하고 있다. 앞서 언급한 노르웨이 마린하베스트社의 경우 연어 단일 품종으로만 연간 3조 722억원의 매출을 올리고 있고 양식 기자재 업체인 아크바社의 경우 종사원 670명이 1900억 원의 매출을 올리는 등 양식업이 1차 산업이 아닌 첨단 산업으로 자리 매김을 하고 있다[2].

국내 양식업의 경우 안정적인 수요와 수산물을 즐기는 식문화에 의해 지금까지 지속적인 발전을 거듭해 왔으나 최근 자연환경의 악화, 국제 양식규범의 대두, 기후변화 등으로 인해 산업의 지속가능성이 위협을 받고 있는 것이 현실이다[3]. 2016년 8월의 고수온 피해의 경우 전국적으로 43억 원의 피해를 입었으며 매년 일어나고 있는 적조는 평균 100억 원대의 피해를 내고 있다. 이는 기존 양식이 자연 환경 조건과 작업자의 경험에 지나치게 의존한 결과일 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 양식업계 및 학계에서는 다각적인 노력을 기울이고 있다. 예를 들면, 넙치 양식업계에서는 오염된 해수의 영향에 의한 대량 폐사를 방지하기 위해 대규모 전기분해식 해수 소독 장치를 시험적으로 설치하여 폐사율을 원천적으로 저감하는 시도¹⁾를 하고 있으며, 스페인식 순환여과 기술 설비를 도입²⁾하여 무병 양어 종자를 생산하기 위한 노력도 함께 하고 있다. 또한 바이오 플락³⁾과 같은 첨단 환경 제어 기술을 이용하여 미생물에 의한 친환경 양식수 제어를 추진하고 있으며 ICT 기술을 양식 생산 현장에 도입하여 비용 및 폐사율 저감을 하기 위한 시도도 하고 있다.

특히 ICT 기술 활용의 경우 자동화 및 빅데이터 분석 기술 등을 융합하여 첨단 융합 산업으로서의 양식업으로 변모시키는 노력⁴⁾이 이루어지고 있다.

본 논문은 최근까지 1차 산업으로 인식된 양식업이 스마트 ICT 기술과의 융합으로 첨단 산업으로 변모해 가는 과정과 노력을 소개한다. 특히 2장에서는 스마트 양식 기술 특허 동향 분석을 통해 기술 발전 경로를 설명하고 3장에서는 양식 현장에서 실용화된 첨단 양식 기술 사례를 소개함으로써 기술 동향을 소개하며 마지막 결론에서는 앞서 도출한 사례 분석을 바탕으로 스마트 양식 시스템의 기술 발전 방향에 대해서 제언하고자 한다.

1) 비봉수산 전기분해 해수 살균 시스템 도입
2) 어업법인 ㈜청정은 스페인식 순환여과설비를 제주도에 설치하여 운영중
3) 네오엔비즈社는 친환경 미생물 여과 기술 개발
4) 한국해양수산개발원 (2016), 스마트양식장 통합관리시스템 개발 기획연구

II. 스마트 양식 기술 특허 분석

유럽 선진 양식 강국을 중심으로 센서 네트워크 기반의 양식 시스템 개발 연구⁵⁾가 활발히 진행되고 있으나 ICT 기술과 생산 자동화, 환경자동제어와 같은 첨단 스마트 양식 시스템 개발과

표 1. 검색 DB 및 검색 범위.

국가	검색 DB	검색 기간	검색범위
한국특허(KIPO)	Wips-on	1994-2015.12	특허공개 및 등록 전체 문헌
미국특허(USPTO)			
일본특허(JPO)			
EU특허(EPO)			

표 2. 분석대상 기술 분류 및 검색 개요.

대분류	중분류	소분류	검색개요 (기술범위)
스마트 양식 시스템	스마트 양식장 통합관리 시스템 (A)	어류 및 수질환경 모니터링(데이터 수집)기술 (AA)	· 어류활성도, 크기, 형태, 위치 및 생태학적인 요인 측정기술 · 어종별수온, 염도, 용존산소량 등 생물학적 요인 제어기술 · ICT기반의 모니터링 및 통제기술
		빅데이터 기반 생육관리기술 (AB)	· 빅데이터 기반 최적 환경 도출분석 알고리즘 · 빅데이터 패턴 연관 관계 분석 및 최적 성장 환경 모델링 기술
		양식장 시설제어 및 모니터링 기술 (AC)	· 통합관제 및 원격제어기술 · 시설 관리 제어기술
	수질 및 환경관리 (B)	수 처리 기술 (BA)	· 반 순환 여과식 · 순환 여과식
		수질관리기술 (BB)	· 수질관리 · 온도관리 · 살균관리(질병관리 및 예방) · 여과 관리기술
		양식장에너지 생산-관리 기술 (BC)	· 신재생 에너지 활용 · 지능형 에너지 생산 · 관리 (저장)
	스마트 양식장 플랜트 및 개발양식장 구축 (C)	어종에 따른 양식 구조물 개발기술 (CA)	· 자동 급이, 유수흐름, HILS 기반 파일럿플랜트 · 기계/제어계측 기술
		환경에 따른 양식 구조물 개발기술 (CB)	· 해양심층용 양식 구조물 · 외해(가두리)용양식구조물 · 육상양식구조물

는 거리가 먼 실정이다. 국내의 경우 뱀장어 양식장 관리시스템의 일부로 주요 환경 변수⁶⁾에 대한 원격 측정과 이를 이용한 위험 경보 시스템 구축이 시도되고 있다. 본 장에서는 첨단 스마트 양식 시스템 구성에 대한 기술 분류 체계를 정리하고 이에 대한 특허 분석을 실시하여 현재 수준의 양식 융합 기술 발전 정도를 제시하였다.

1. 분석 방법

특허 분석 기간은 1994년부터 2015년으로 한정하였고 검색 DB는 한 · 미 · 일 · 유럽 등의 공개특허 DB를 이용하였으며 각 기술 체계에 대한 주요 키워드를 사용하여 유효 특허를 분석하였다.

특허 분석을 위한 기술 분류는 크게 3가지 중분류로 구성되었다. 첫 번째는 스마트 양식을 가능케 하는 스마트 양식 통합 관리 시스템이며, 두 번째는 양식 환경 조성 및 조절 기술, 세 번째는 양식 시설 및 기자재 관련 기술이다. 표 2 는 각 분류에 따른 세부 분류와 검색 범위 등을 나타낸다.

2. 분석 결과

스마트 양식 관련 유효 특허 추출 결과는 표 3 에서 나타난 바와 같이 1,687종에 이르며 한국과 미국이 유효 특허의 상당분을 보

표 3. 유효 특허 추출 결과.

소분류	유효데이터 건수				계
	한국KIPO	미국USPTO	일본JPO	유럽*EPO	
어류 및 수질환경 모니터링 기술(AA)	159	133	29	26	347
빅데이터 기반 생육관리기술(AB)	21	20	3	1	45
양식장 시설제어 및 모니터링 기술(AC)	23	2	4	0	29
수 처리 기술(BA)	46	33	14	10	103
수질관리기술(BB)	249	223	47	27	546
양식장 에너지 생산-관리 기술(BC)	35	15	10	5	65
어종에 따른 양식 구조물 개발기술(CA)	60	59	33	21	173
환경에 따른 양식 구조물 개발기술(CB)	208	74	72	25	379
합계	801	559	212	115	1,687

5) 유럽 연합의 aquaSmart 프로젝트 등

6) SKT가 뱀장어 양식장의 수온, 수질, 용존 산소량 등을 원격 측정하는 솔루션 개발

유하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 이러한 결과는 유럽 주요 양식 국가들이 국제 양식 생산 및 기자재 시장에서 주요 플레이어로써 활약하고 있는 점을 고려해 볼때 다소의외의 결과이다.

이러한 결과는 여러 가지 측면에서 해석될 수 있으나 가장 유력한 설명은 첨단 양식 기술을 보유한 북유럽 소재 국제 양식 기업들⁷⁾이 개발한 기술을 특허를 통해 수익을 내는 사업 모델보다 기술을 기업 내부에만 보유하고 이를 이용한 사업화 전략 쪽으로 방향을 잡은 것으로 해석할 수 있다.

그림 1을 보면 스마트 양식 기술 분야에 대한 특허는 90년대 초 이후 해마다 꾸준히 증가하는 추세이며 같은 기간 동안 전세계 양식 생산량⁸⁾은 118% 증가했다.

특히 노르웨이 기업에 의한 연어 양식의 경우 2005년 120만

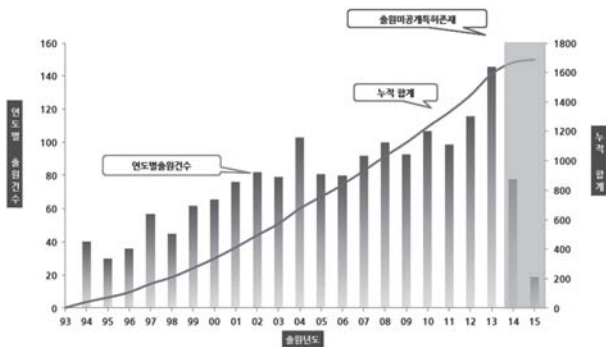


그림 1. 연도별 특허 등록 동향.

*분석대상 : 한국, 미국, 일본, 유럽 특허 통합
*분석구간 : 1994~2013년 (출원년도 기준)

톤에서 2015년에도 220만 톤으로 급격한 생산 증가가 있었으며 [4] 이를 뒷받침하기 위해 양식 기자재 업체 또한 생산을 확대하였다.

Ⅲ. 국내외 기술 개발 동향

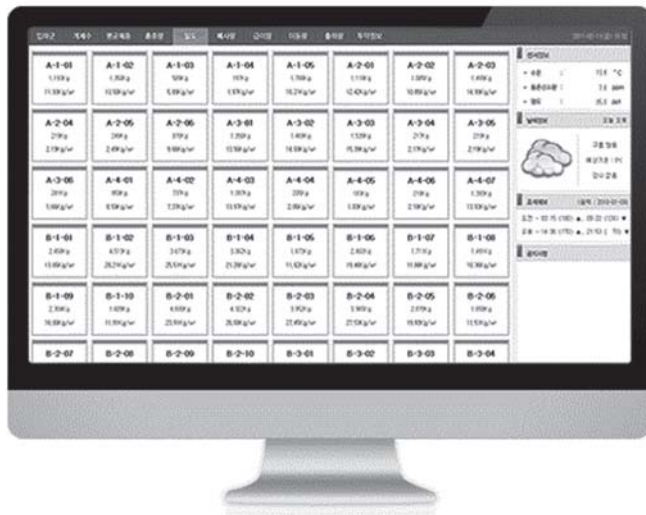
본 장에서는 스마트 양식 기술 개발 사례와 동향을 심층 분석하여 소개함으로써 첨단 양식 기술 개발 방향을 제시하고자 한다. 스마트 양식 기술 발전 동향은 크게 스마트 양식 솔루션 개발, 양식 생산 자동화, 그리고 양식수 수처리 분야로 구분지을 수 있다.

1. 스마트 양식 솔루션

양식 솔루션 개발 분야는 양식 생육 환경을 측정하고 양식에 생육에 적절한 환경을 결정한 후 이를 자동제어 시스템을 통해 조성하는 것을 말한다. 생육 환경 측정과 데이터 관리는 국내에서는 글로비트사와 비디수산사 등이 개발한 국내형 시스템과 해외의 경우 AM(Aqua-Manager)사의 양식관리 시스템이 대표적이다. 글로비트사의 '스마트 피쉬팜'은 주요 양식 환경 변수인 수온, 용존산소량(DO), pH, 염분 등을 측정하여 실시간 정보를 제공하는 시스템이다.

비디수산사의 모니터링 시스템도 수조별 수온, 용존산소량, pH 센서등을 설치하여 데스크탑 및 웹기반 모니터링 정보를 제

smart-fishfarm v2.0



제품명 smart-fishfarm v2.0

대상 육상수조식 양식장

제품형태 PC용 프로그램/현황판/모바일 앱

소개 육상수조식 양식장에 특화된 관리 시스템으로서
넛치양식장의 입식에서 출하까지 모든 업무를
전산화하였으며, PC프로그램으로
로컬에서 사용 가능

특징 GS인증 제품

그림 2. 스마트 피쉬팜 모니터링 화면 (5).

7) AKVA(노르웨이), VAKI(아이슬란드), Billund(덴마크), OxyGuard(덴마크) 등

8) 세계 양식 생산량은 2000년 32백만 톤에서 2013년 70백만 톤으로 118% 증가했다.

공한다. 그러나 위의 시스템은 원격 센서를 이용한 양식 환경 정보 측정 및 정보 제공의 기능은 제공하지만 이에 기반한 자동 제어 기능은 제공하고 있지 않다.

옥시가드社は 양식장 용존산소량(DO) 측정 및 제어에 특화된 솔루션을 제공하고 있으며 가장 상업적으로 성공을 거둔 회

사이다. 옥시가드社は 덴마크에 소재하고 있으며 북유럽 양식 기자재 선두 업체로 육상양식용 산소 측정 및 공급 시스템의 표준을 제공하고 있다.

AM社 시스템의 경우 양식어의 최적 생육 정보와 양식 환경 정보 등을 통합하여 양식장 관리자가 운영목표에 따른 의사 결

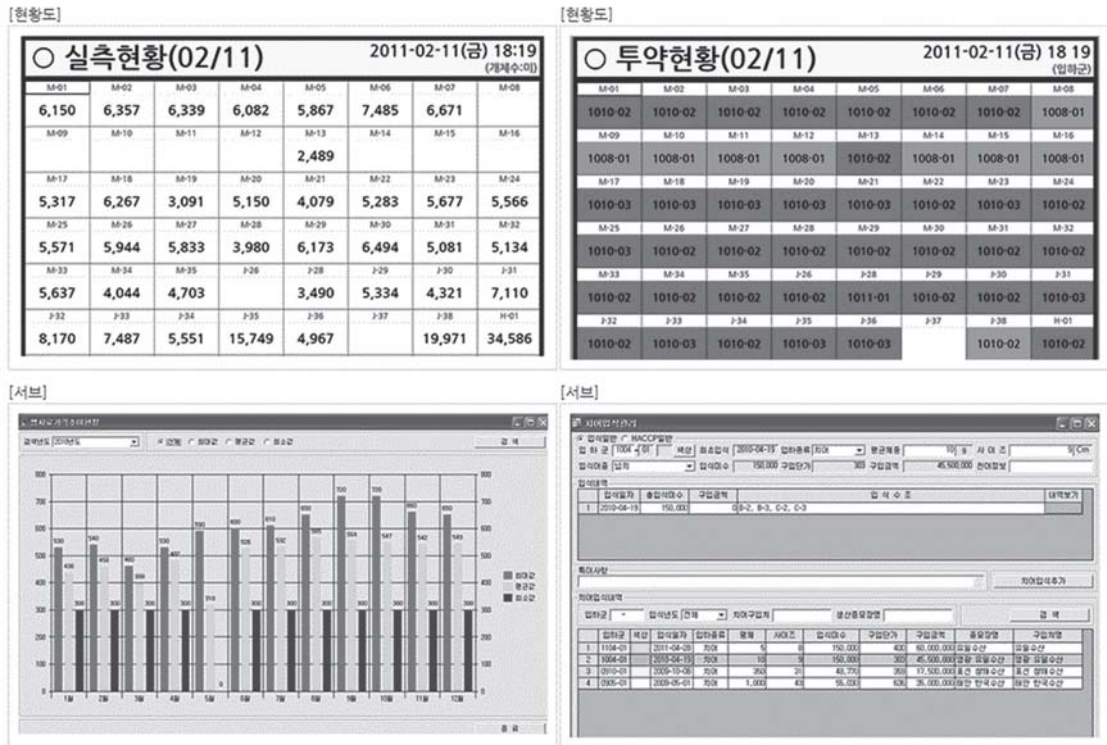


그림 3. 비디수산社의 양식환경 모니터링 인터페이스 (6).



그림 4. 비디수산社의 웹기반 모니터링 인터페이스 (6).

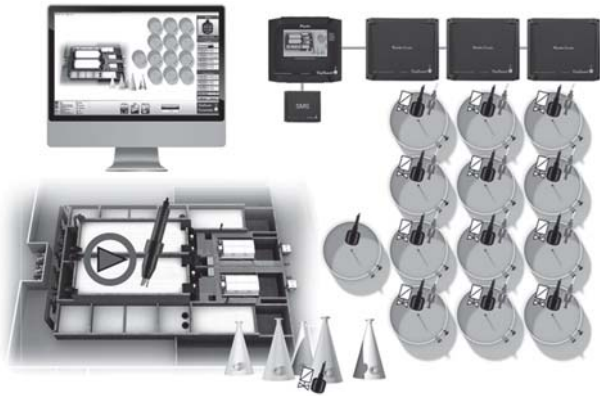


그림 5. 옥시가드 퍼시픽 시스템 구성도 (7).

정을 지원한다. 예를 들면 AM Hatchery 모듈은 양식 환경 변수(수온, 산소, 염도)와 산란 관련 변수 등을 수집하여 정보를 제공한다. AM Nursery 모듈은 양식어 생육에 영향을 미치는 양식장 밀집도, 급이, 양식 환경 관련 데이터를 수집 가공하여 비용 및 생산관리에 도움을 주는 실시간 정보를 제공한다.

한편, 양식 환경 원격 모니터링과 함께 원격 환경 제어 구현을 위한 노력이 업계 내에서 전개되고 있다. 더포커스社의 아쿠아맥 시스템은 양식환경 변수(수온, 용존산소량(DO), pH)와 함께 수위측정 센서 및 영상 중계용 카메라 등을 설치하여 작업자들의 작업 편의 향상을 도모하였다. 또한 양식 수조내 용존산소량이 부족할 경우 자동으로 액체 산소를 공급하는 제어 시스템을

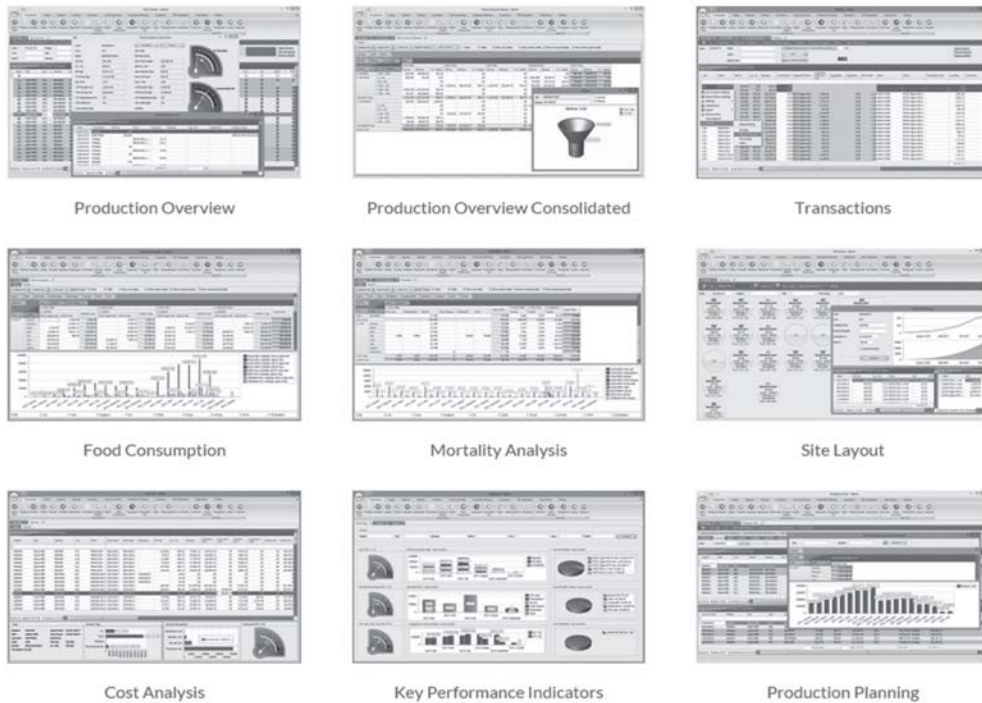


그림 6. AM社의 양식 관리 시스템 (6).



그림 7. 아쿠아맥 시스템 (6).

갖추었다. 그러나 이러한 시스템은 양식 생산 전반에 걸친 환경 자동 제어가 아닌 용존 산소만을 대상으로한 부분적인 시스템이며 양식 현안 사항인 노동비 절감을 위해 양식 솔루션과 양식 생산 자동화 시스템과의 연동이 요구된다.

2. 양식생산 자동화

양식생산 자동화는 북유럽 양식 기자재 전문 업체들을 중심으로 지속적으로 발전하고 있다. 대표적인 기자재 업체인 AKVA社의 경우 각종 환경센서 및 화상 카메라, 그리고 생산제어 소프트웨어를 통해 사료 급이 자동화를 구현했다. 각종 센서를 통해 수집된 양식어 급이 정보를 바탕으로 사료량 및 증강제 비율 등을 자동조절하고 급이 작업을 자체를 자동화함으로써 인

력 및 비용 절감을 달성하였다.

AQI社의 경우 지수식 양식 시스템의 자동 사료 급이기를 개발 보급하고 있다. AQI의 장비는 육상가두리식이 아닌 지수식 양식법의 주요 어종인 새우 양식을 위한 사료 급이 시스템으로 수중 음향을 청음하여 사료 급이 상태를 판별하여 자동으로 급이하는 시스템이다.

양식현장에서 자동화가 진전된 또 다른 영역은 개체수 자동 인식 분야이다. 국내에서 양식어 개체수 자동 인식 기술을 현재 개발중이며 상업화된 모델은 없는 실정이다. 해외의 경우 AquaScan社가 광학 기술에 기반을 둔 다양한 세서를 이용하여 파이프라인 카운터 방식의 고속 개체수 인식 장비를 개발하여 상업적인 성공을 거두고 있다. Vaki社의 경우 슬라이딩 카운터

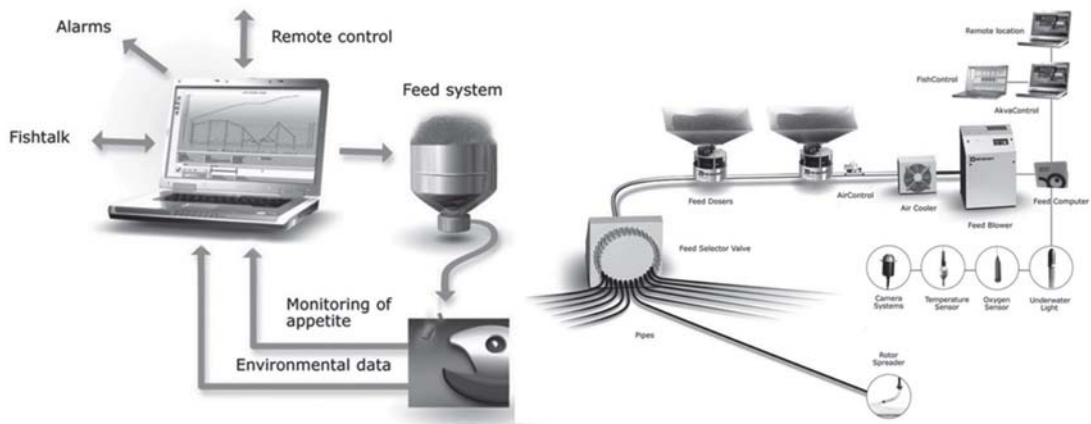


그림 8. AKVA社의 사료 자동 급이 시스템 (8).

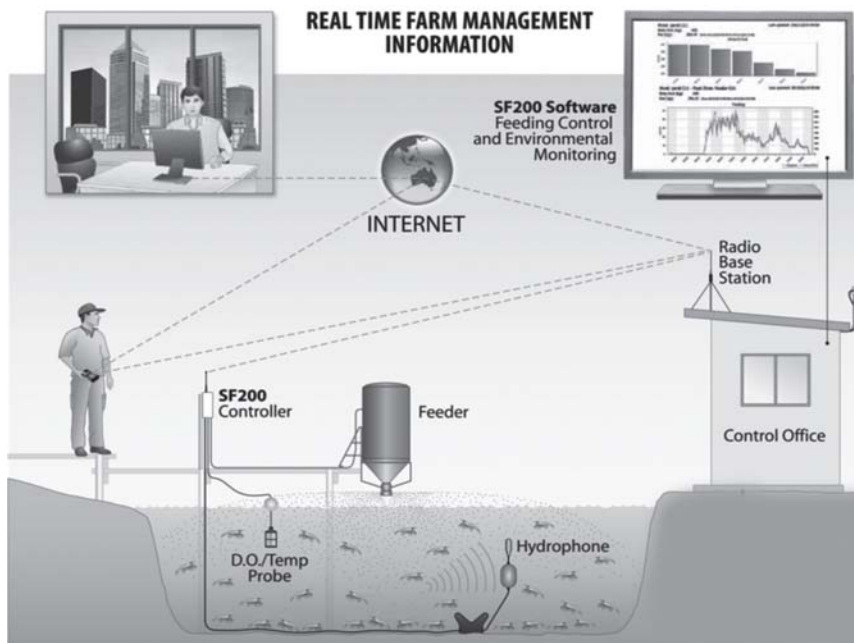


그림 9. AQI社의 사료 자동 급이 시스템 (9).



그림 10. AquaScan社의 파이프형 카운터(좌), Vaki사의 슬라이드형 카운터(우) (10).

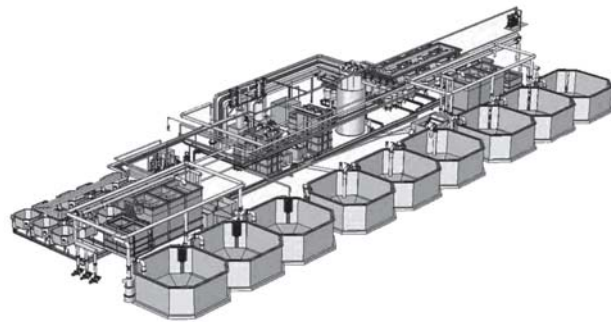


그림 11. Nofima社의 실증형 RAS 시설 (11) .

양식에 특화된 어류 개체수 인식 장비를 공급하고 있다.

양식생산 자동화 기술은 양식 생산 공정 각 부분에 걸쳐 진행되고 있으나 양식 생산 솔루션과 연동된 자동화는 전세계적으로 미비한 실정이다. 특히 ICT 기술을 활용한 원격측정 및 자동 생산제어 기술은 타산업 분야에서는 기본적인 사항이나 양식 생산 부문에서는 관련 체계 개발도 미비한 실정이다.

3. 양식 사육수 처리 기술

양식생산에서 양식수는 어류가 생활하는 환경이며 이를 어떻게 관리하느냐에 따라 양식 생산의 성공이 판가름난다. 유럽에서는 일찍히 음용수 및 양식 사육수 처리 기술 개발에 많은 노력을 기울여 왔다. 이는 내륙 수계를 공유하는 유럽의 지형적 특성상 환경 관련 기준이 우리나라보다 엄격하기 때문이다. 특히 첨단 양식 기술이라고 할 수 있는 순환여과시스템(Recirculation Aquaculture System)은 ICT 기술 융합에 의한 생산 자동화 등이 요구되는 부분이다.

순환여과시스템은 담수 어종을 대상으로 덴마크 빌룬트社에서 상업적 생산시설을 제공하고 있으며 노르웨이 수산연구 공기업인 Nofima社에서는 해수 기반 기술의 고도화를 위해 실증형 실험시설을 건설하여 운영 중이다.

그러나 기존 RAS 시설의 경우 수질 측정, 환경 변수 설정, 제

어 등이 인력에 의한 운영이 대부분이며 특히 밸브 조절과 같이 정유 업계에서는 이미 자동 제어가 보편화된 부분까지 작업자의 조작이 요구되는 측면이 많아 관련 부분의 자동화가 요구된다.

IV. 결론

양식업은 미래 식량 산업으로 향후 지속적으로 발전할 가능성이 크다. 특히 2000년도 이후 어선어업의 생산량이 정체되어 있는 가운데 미래 단백질 공급원으로써 양식업은 블루 혁명을 통해 생산량 증대가 필요하다. 그러나 현재의 양식업은 폐사율의 증가, 인력의 부족, 경험 및 수작업에 의존한 생산 등으로 인해 오히려 생산효율 감소와 지속가능한 발전까지도 위협 받고 있다.

그러나 이러한 문제는 최근 부각되고 있는 ICT 및 제어 기술 분야와의 융복합을 통해 해결될 수 있을 것으로 전망된다. 예를 들면, 미래 양식업의 핵심이 될 순환여과기술의 경우 수처리 과정마다 ICT 기술이 융합되어 생산성 향상을 이룰 수 있다. 순환여과기술을 조기에 도입한 국내 뱀장어 양식 업계는 대규모 시설의 경우 12명의 인력이 3교대 24시간 근무를 서고 있다. 각 작업조의 업무는 주야간 구분 없이 2-3시간 마다 수질을 측정하고, 측정 결과에 따라 수질을 변화시키는 작업⁹⁾과 사료급여 등을 시행한다. 이러한 작업조건은 노동의 질을 저하시키며 신규 인력의 양식업 참여를 가로막는 주요인 된다. 만약 이러한 공정에서 수질 자동 측정, 분석, 최적 생육 환경에 맞는 수질 자동제어, 사료급여 등이 자동화 될 수 있다면 최근 양식업이 안고 있는 문제의 상당 부분을 해결할 수 있을 것이다.

부연하면 양식업에서 첨단 기술 분야로 인식되고 있는 환경 원격 모니터링 및 제어 기술의 경우 ICT 분야에서는 보편적 기술로 이를 양식 생산 공정에 적용하는 것은 그리 어렵지 않을 것이다. 양식업의 핵심은 어류를 사육하는 것이지만, 이를 가능케 하는 것은 어류가 최적 성장할 수 있는 환경을 관리하는 것이다. 그리고 최적 환경은 ICT와 양식 기술의 융복합을 통해 보다 효율적으로 관리될 수 있다. 어류 생리 및 사육은 양식분야 전문가들이 담당할 몫이지만 양식 환경 조성 및 관리는 관련 분야 전문가들이 협업을 통해 기여할 수 있는 부분이다. 특히 세계 양식 생산의 확대와 함께 양식업과 타 분야와의 융합 연구 및 사업 수요는 무궁무진할 전망이며, 이와 함께 세계 시장의 선점을 위해 참여자간의 적극적인 협력이 요구된다.

9) 수질 제어를 위한 기본적인 과정은 액체산소 주입을 통한 폭기나 여과 시스템에 정제된 고형물을 제거하는 것으로 현재는 인력에 의한 작업이 대부분이다.

참고문헌

- [1] FAO, "Fisheries and Aquaculture Information and Statistics", 2016.
- [2] AKVA group. (2016). Company presentation. Retrieved from <http://ir.akvagroup.com/investor%20relations/financial%20info/other%20reports/2016%20-%2003%20akva%20group%20asa%20company%20presentation%20march%202016.pdf>
- [3] 한국해양수산개발원, "2016 KMI 해양수산전망대회", 2016.
- [4] Marine Harvest, Salmon Farming Industry Handbook 2016, 2016. Retrieved from <http://www.marineharvest.com/globalassets/investors/handbook/2016-salmon-industry-handbook-final.pdf>
- [5] 글로비트, "Smart-fishfarm v2.0 제품소개", 2016 Retrieved from http://www.globit.co.kr/mobile/sub/business/viewGoods_smartfarm.jsp
- [6] 한국해양수산개발원, 스마트양식장 통합관리시스템 개발 기획연구, 2016
- [7] OxyGuard, "The Pacific System Overview", 2016. Retrieved from <http://www.oxyguard.dk/products/stationary-oxygen-systems/pacific/the-pacific-system-overview/>
- [8] AKVA group. (2016). The CCS Feed Systems. Retrieved from <http://www.akvagroup.com/products/cage-farming-aquaculture/feed-systems>
- [9] AQ1 System, SF200 Sound Feeding System, 2016 Retrieved from http://www.aq1systems.com/uploaded/271/13510041_55sf200brochure_loresoct2.pdf
- [10] AquaScan, AquaScan Fishcounters, 2016 Retrieved from <http://www.aquascan.com/event/dolink/famid/131242>
- [11] Nofima, Nofima Centre for Recirculation in Aquaculture, 2016 Retrieved from <http://nofima.no/en/research-facilities/nofima-centre-for-recirculation-in-aquaculture/>

저자약력



이 상 철
 · 2002년 부경대 수산경영학과 졸업.
 · 2008년 美 퍼듀대학교 석사.
 · 2015년 美 퍼듀대학교 박사.
 · 2015년~현재 한국해양수산개발원 전문연구원.
 · 관심분야 : 양식기술경영, 해양수산관광, 계량사 회분석



마 창 모
 · 1999년 부경대 수산경영학과 졸업.
 · 2001년 동 대학원 석사.
 · 2008년 서울 대학 박사 수료.
 · 2003년~현재 한국해양수산개발원 부연구위원.
 · 관심분야 : 수산경영, 양식기술융합, 식량안보.