

# 특허 현황 분석과 전문가 및 어업인 수요 조사를 통한 스마트 수산 양식 기술 개발 방향 설정<sup>†</sup>

권인영 · 정희택<sup>1</sup> · 이지훈<sup>2</sup> · 김은식<sup>3</sup> · 김위식<sup>4</sup> · 강소영<sup>4</sup> · 황민진<sup>3</sup> · 김태호<sup>2\*</sup>

전남대학교 스마트수산양식연구센터 학술연구교수, <sup>1</sup>전남대학교 문화컨텐츠학부 교수,  
<sup>2</sup>전남대학교 해양기술학부 교수, <sup>3</sup>전남대학교 환경시스템공학과 교수 <sup>4</sup>전남대학교 수산생명의학과 교수

## Establishment of a development direction for smart aquaculture technology through patent analysis and a demand survey of experts and fishermen

Inyeong KWON, Hyithaek CEONG<sup>1</sup>, Jihoon LEE<sup>2</sup>, Eun-Sik KIM<sup>3</sup>, Wi-Sik KIM<sup>4</sup>,

So Young KANG<sup>4</sup>, Min-Jin HWANG<sup>3</sup> and Taeho KIM<sup>2\*</sup>

*Research Professor, Smart Aquaculture Research Center, Chonnam National University, Yeosu 58754, Korea*

*<sup>1</sup>Professor, Division of Culture Contents, Chonnam National University, Yeosu 58754, Korea*

*<sup>2</sup>Professor, Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 58754, Korea*

*<sup>3</sup>Professor, Department of Environmental System Engineering, Chonnam National University, Yeosu 58754, Korea*

*<sup>4</sup>Professor, Department of Food Science and Aquaculture Medicine, Chonnam National University, Yeosu 58754, Korea*

The objective of this study is to establish a direction for smart aquaculture technology development in the Republic of Korea through patent analysis and a demand survey of experts and fishermen. The patent analysis was conducted using Wisdomain for patents in the Republic of Korea, the United States of America, Europe, Japan, and China from 2005 to 2016. This study conducted an analytic hierarchy process (AHP) survey of experts in the fields of fishery, marine, and ICT among others. Furthermore, it carried out a demand survey of 85 fishermen in Jeonnam and Jeju. The smart aquaculture technology market has moderately grown in the Republic of Korea until recently, and it is expected to expand further because of the expansion of national investment in the smart aquaculture field. The priority evaluation results for developing smart aquaculture technology show that land-based aquaculture has a higher priority than sea-based aquaculture. Of the fishermen that responded, 84% said that they need to introduce smart aquaculture technology to solve problems in the supply and demand of manpower, labor cost, and maintenance expenses. The direction of development should lie in developing biological and environment-based standard aquaculture models to spread high-tech systems and vitalize the aquaculture industry. This requires continual training of human resources in the smart aquaculture field.

Keywords : Smart aquaculture, Demand survey, Patent analysis, AHP

<sup>†</sup> 이 논문은 전남대학교 산학협력단에서 수행한 「스마트 수산양식 연구센터 기획보고서(2018)」의 일부 내용을 수정·보완한 것임 (UILO of CNU, 2018).

\*Corresponding Author: kimth@jnu.ac.kr, Tel.: +82-61-659-7121, Fax: +82-61-659-7129

## 서론

세계적으로 개방화, 4차 산업 혁명, 인구 절벽과 고령화 등의 메가트렌드(Megatrends)가 정치, 경제, 사회, 문화 등 모든 분야에 영향을 미치면서 글로벌 산업 구조를 빠르게 변화시키고 있다(Choi et al., 2015). 특히 최근 전 세계가 직면하고 있는 미래 메가트렌드의 방향은 예측되지만, 변화 속도가 빠르고 그 범위와 파급 효과가 광범할 것으로 예상되므로 불확실성은 이전과 달리 매우 크다고 할 수 있다(Kim et al., 2017). 이러한 산업 구조의 변화는 국내 산업 전반에도 큰 영향을 미칠 것으로 예상되고, 우리나라 수산업 역시 급변하는 국내외 환경 속에서 성장이 정체되고 미래의 불확실성이 높아지고 있다(Kim et al., 2017).

우리나라의 어가 인구는 1970년 약 1,165천 명에서 2015년 128천 명으로 지난 45년간 각각 연평균 5%씩 꾸준히 감소하는 추세이다(KOSIS, 2019). 특히, 2016년을 기준으로 전체 수산업의 종사자 중 50대가 33.68%, 60대 이상이 29.61%, 40대가 20.30%, 30대 이하는 16.41%에 불과하였다(KOSIS, 2019). 한편, 2016년 해양수산부에서 조사한 수산업 및 관련 산업의 육성과 발전에 대한 장애 요인에 대해 설문 조사한 결과, 사업체 규모의 영세성(28.6%)과 자금 부족(22.1%)이 장애 요인 1, 2위를 차지하였다. 이와 같은 고령화와 인구 감소에 따른 사회 구조의 변화와 기후 변화 등에 의한 어장 환경의 변화 및 영세한 산업 구조 등에 따른 수산업 한계 요인이 발생하고 있다(KOSIS, 2019).

한국의 양식 어업은 2001년 「기르는어업육성법」의 제정·공포를 배경으로 정부의 집중적인 지원 하에 크게 성장하였다. 그러나 단기간의 급속한 성장으로 인해 양식 어업은 어장의 육상 오염원 유입과 자가 오염에 따른 환경 악화, 장기 연작에 따른 노후화, 어장의 환경 수용 능력 초과에 따른 양식 수산물의 질병 발생 빈도 증가 및 질병 확산이 순환되는 구조가 고착화되고 있는 실정이다. 따라서 양식 어업의 발전과 관련해 새로운 패러다임의 모색이 필요한 시점이다(MAFRA, 2012). 또한 최근 산업 전반의 메가트렌드와 양식 산업의 현황을 고려해볼 때, 양식 산업을 선진국형 미래 산업으로 발전시켜 나가기 위해서는 정보통신기술(Information and Communications Technologies: ICT) 기반 첨단 스마트 수산 양식 산업으로 전환이 불가피하다.

이와 같은 첨단 양식 기술을 유형별로 살펴보면, 양식장 정보화·자동화를 기반으로 한 비용 절감형 기술과 신 기술 융합을 통한 에너지 절감형 기술, 성육 환경 개선을 통한 환경오염 및 폐사율 저감형 기술로 나눌 수 있다(Ma et al., 2015). 최근에는 국내·외적으로 양식장 정보화·자동화를 기반으로 한 자동 먹이 공급 시스템(Yang et al., 2006; Oh and Jo, 2009; Atoum et al., 2014; Kishore et al., 2017), 자동 수질 측정 및 관리 시스템(Zhang et al., 2010; Kim and Choi, 2017)과 양식장 모니터링 및 제어 시스템(Li et al., 2009; Sung et al., 2014; Chen et al., 2015; Shin and Kim, 2016) 기술 개발이 활발히 진행 중에 있다.

그러나 우리나라의 경우 첨단 양식 기술에 대한 기술 개발이 점진적으로 이루어지고 있는 것은 사실이지만 새롭게 제안되는 첨단 양식 기술들이 기술 검증 수준에서 끝나거나 양식 어종의 시장성을 고려하지 못해 실패한 사례가 많았다. 뿐만 아니라 첨단 양식 관련 기술 인력이 배출되지 않거나 관련 기술을 보유한 타 분야 전문가들을 양식 산업으로 유인하지 못하고 있어 산업화를 위한 기반이 열악한 상황이다(Ma et al., 2015).

따라서 이 연구에서는 한국의 수산 양식 환경 및 양식 어류의 특성을 고려한 ICT 기반 스마트 수산 양식 생산 모델 및 시스템을 개발하기 위한 기초 조사로서 스마트 수산 양식에 대한 국내외 기술 특허 동향과 계층 분석 기법(Analytic hierarchy process: AHP)을 이용한 전문가 설문 조사 및 양식 어업인 대상 기술 수요 조사를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 스마트 수산 양식 기술 동향 분석

2005년부터 2016년까지 출원 공개 또는 출원 등록된 한국, 미국, 유럽, 일본 및 중국 특허를 대상으로 Wisdomain을 활용하여 특허 분석을 실시하였다. 이를 위해 전문가 의견 수렴을 통해 기술 분류 체계를 도출하였고 스마트 양식 연구 기술 분류별 대분류 4개, 중분류 14개 등 총 14개의 기술을 대상으로 키워드를 선정하여 특허 검색식을 작성하였다(Table 1). 그리고 특허 모집단(국가별)에서 기술 내용과 관련이 없거나 중복되는 특허를 제거하여 특허 동향 조사의 기초 자료가 되는 유효 데이터를 도출하였고, 전체 출원 기간을 일정한 시간 구간으로

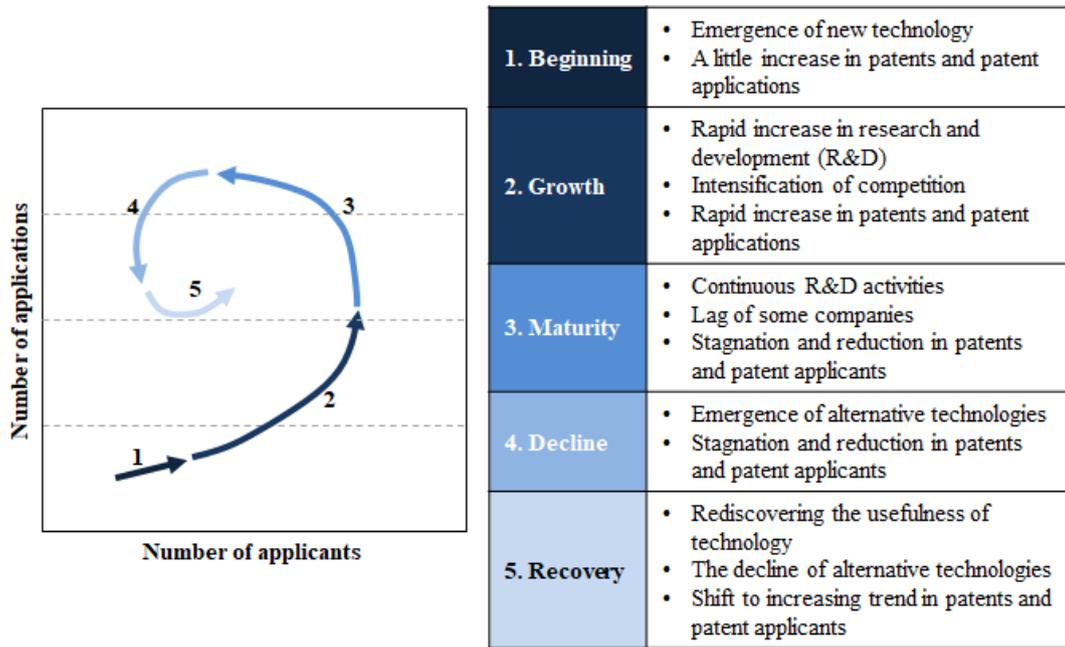


Fig. 1. Growth stages of technology market.

나누어 구간별 출원 건수와 출원인수의 증감 변화를 토대로 연구 개발 기술 분야의 기술 시장 성장 단계를 파악하였다(Fig. 1). 또한 주요 시장국별 기술 시장 성장 단계를 비교하여 한국의 기술적 위치를 분석하였다(KISTA, 2017).

### 전문가 AHP 설문 조사

이 연구에서 사용된 계층 분석 방법(Analytic Hierarchy Process: AHP)은 1970년대 초 Satty에 의해 개발된 의사 결정 방법으로 대안들을 비교 조사하는데 있어서 의사 결정자로 하여금 객관적인 요소뿐만 아니라 주관적 요소, 정량적 및 정성적 요소도 고려할 수 있도록 한다. 뿐만 아니라 AHP 기법은 다기준 의사 결정 문제를 계층화하여 단순화 및 체계화함으로써 합리적인 의사 결정 도구로서의 역할을 한다(Satty, 1988).

AHP 분석을 위하여 우선 현안 문제를 정의하고 분석의 목적이나 목표를 결정하여 계층 구조를 설정한 후 각 대안(level 1, level 2)에 대한 비교 행렬을 만들었다(Fig. 2). 또한 각 계층이  $n$ 개의 대안을 갖는다고 할 때 대각 행렬을 기준으로  $\frac{n(n-1)}{2}$  회의 비교를 통해 상대적 중요도를 평가하였다. 그리고 식 (1)~(3)과 같이

상대적 중요도를 합성하고 아이겐 값(Eigenvalues)과 일관성 지수(Consistency index: CI)를 산정하였으며, 식 (4)에서의 값이 무작위 지수(Random index: RI)를 활용하여 일관성 비율(Consistency rate: CR)을 구하였다.

$$A \times w = \lambda_{\max} \times w \quad (1)$$

여기서,  $A$ 는 쌍대 비교 행렬이고 아이겐 값( $\lambda$ )은  $n$ 개가 발생하는데, 이 중 가장 큰  $\lambda$ 를  $\lambda_{\max}$ 로 표기하였다. 이  $\lambda_{\max}$ 에 상응하는  $w$ (가중치 벡터)벡터가 대안들의 상대적 선호도 또는 평가 기준들의 상대적 중요도가 된다.

식 (1)로부터 각 선호도의 가중치를 구하기 위해 식 (2)를 사용하고 일관성 지수는 식 (3)으로 계산하였다.

$$w_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_{ij} / \lambda_{\max} \quad (2)$$

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (3)$$

단,  $a_{ij}$ 는 행  $i$  ( $i = 1, 2, 3..$ ), 열  $j$  ( $j = 1, 2, 3..$ )의 행렬값이고  $n$ 은 대안의 개수이다.

Table 1. Technology classification and main keyword for patent analysis

Main category	Sub category	Keywords
Technology development of smart aquaculture systems and equipment	1. Aquaculture systems with integrated control technologies	Common keywords: Aquaculture, aquacultural system, environment, cultivation, maintenance
	2. Automatic feeding technologies	PLC, programmable logic controller, online monitoring
	3. Influent and effluent control technologies	IoT (Internet of Things) & sensing, feed, EP, expanded pellet, MP, moist pellet, automatic feeder
Technology development of environmental control	4. Smart aquaculture system design technologies	Intelligent aquaculture system, recirculating aquaculture system, RAS
	5. Data collection technologies of aquaculture environments	Data logger monitoring, wireless network, data acquisition, remodeling, engineering
	6. Water treatment technologies in fish farms	Water treatment, water quality management, high density
	7. Wastes reduction/recycling technologies from fish farms	Marine creatures, carcass, sludge, treatment, recycling
Technology development of smart aquaculture growth management	8. Smart fish welfare technologies	Welfare
	9. Smart fish healthcare technologies	Healthcare, fish pathogenic
Industrialization of smart aquaculture technologies	10. Optimization technologies of extruded pellets for fish	Extruded pellet, assorted feed, mixed feed
	11. Bigdata-based optimal aquaculture environment modeling and smart decision making technologies	Bigdata, modeling, decision making supporting, decision support
	12. Field verification of smart technologies at commercial fish farm levels	Technology verification
	13. Economic analysis of smart fish farms	Economical efficiency analysis
Example of search expression	14. Standardization of smart fish farms	Data standardization, telecommunication, standardization
	Development of smart aquaculture system design structure	(AD>=20050101) and (TAC=(Aquaculture or aquaculturing or smart aquaculture and (Intelligent or system or environment or maintenance or structure or PLC or programmable logic controller or online monitoring or sensing or feed or pellet or automatic feed or waste water or recirculating aquaculture system or RAS)))

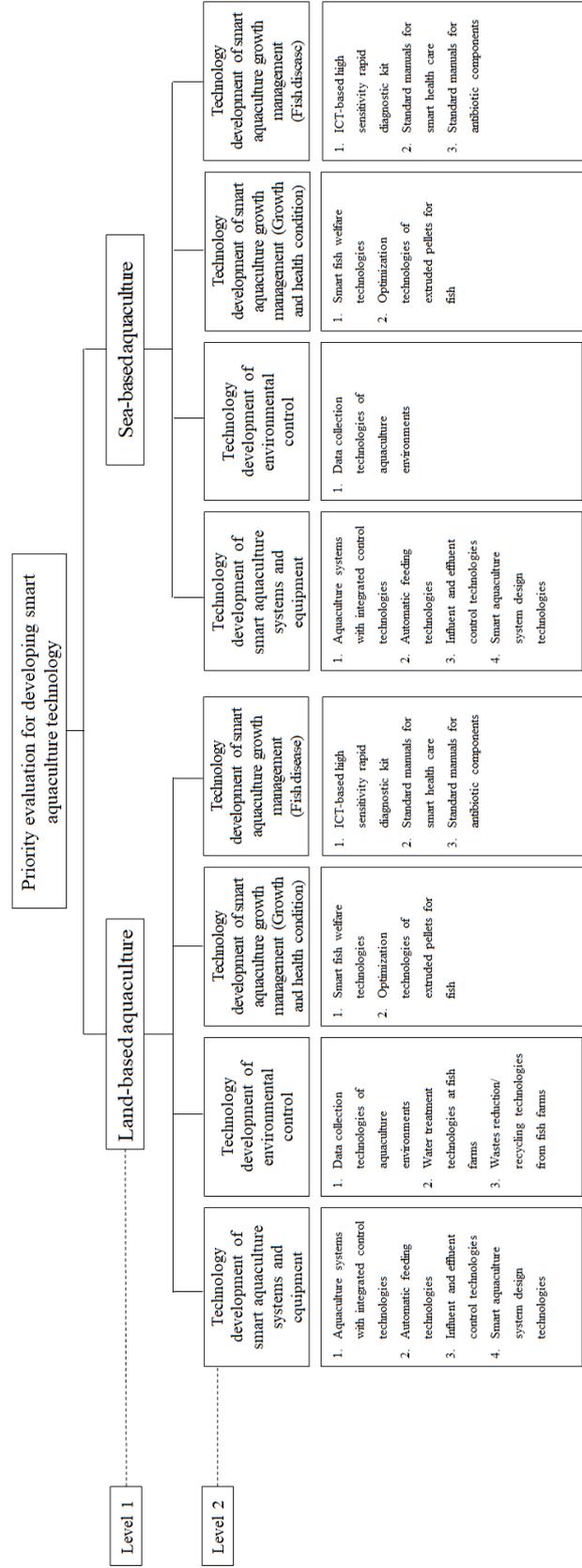


Fig. 2. Hierarchical analysis model for priority evaluation of developing smart aquaculture technology.

Table 2. Value of random index

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

$$CR = \frac{CI}{RI} \leq 0.1 \quad (4)$$

그리고 *RI*는 *n*값에 따라 주어지는 상수이며(Table 2), *CR*값이 0.1 이하일 때 전문가의 의견이 상당한 일관성이 있다고 평가하였다.

본 조사에서는 ICT 기반 스마트 수산 양식 생산 모델 및 시스템 기술의 우선 순위 설정을 위해 육상 양식장과 해상 양식장 2가지 안과 전문가 의견 수렴을 통해 도출된 기술 대분류 항목[스마트 수산 양식 시스템 설계 및 개발, 스마트 수산 양식 사육 환경 기술, 스마트 수산 양식 성육 환경 기술(성장 및 건강도) 및 스마트 수산 양식 성육 환경 기술(질병)]에 대해 엑셀(Excel) 프로그램을 활용하여 AHP 분석을 실시하였다(Fig. 2, Table 1). 또한 양식 대상 어종 선정을 위해 기술 적용 가능성, 시장성 및 기술 개발의 시급성 3가지 평가 항목을 선정하여 우선순위 평가를 추가적으로 실시하였다.

AHP 설문 조사는 1차적으로 15명의 전문가들로부터 설문을 받아 일관성 평가를 실시하였으며, 일관성 비율

(*CR*) 분석을 통해 일관성이 낮다고 판단되는 설문의 경우는 재설문을 실시하거나 분석에서 제외하여 일관성 있는 설문 9건에 대해 결과를 도출하였다.

### 양식 어업인 대상 기술 수요 조사

양식 어업인 대상 기술 수요 조사는 양식장이 집중되어 있는 전남과 제주에서 해상 가두리 또는 육상 수조식 양식업을 하고 있는 85명의 어업인을 대상으로 실시하였다. 조사 기간은 2018년 6월부터 8월까지 약 3개월이었으며, 방문 및 우편 조사를 병행하였다. 설문 내용은 성별, 연령, 종사 기간, 종사 형태, 양식 대상 어종 및 양식 업종에 대한 설문 대상자의 기본 특성과 양식장 업무 환경, 고충 사항 및 작업 인력 등에 대한 내용이 포함되었다.

### 결과 및 고찰

#### 스마트 수산 양식 기술 특허 동향

스마트 수산 양식 기술의 국가별 특허 등록 및 출원 추이를 조사한 결과, 중국의 경우 2006년부터 급격히

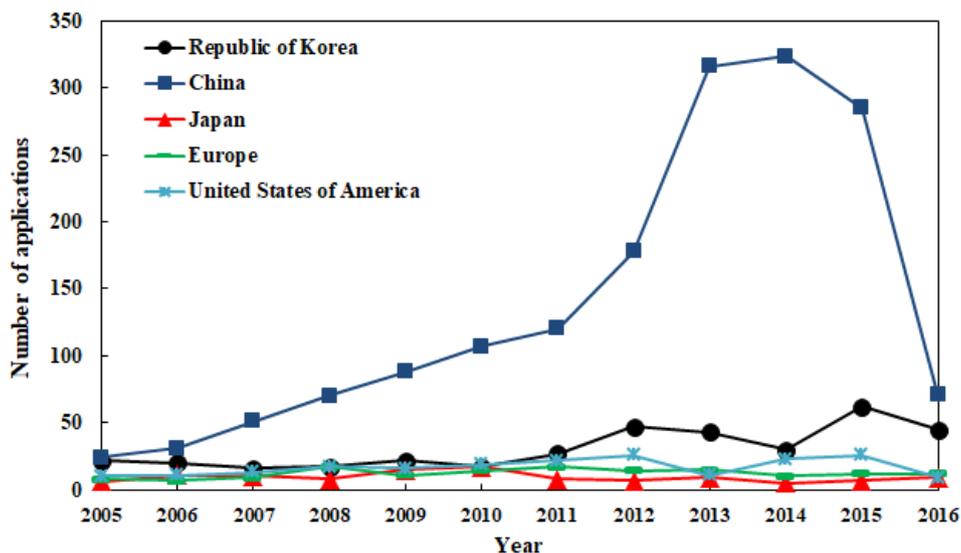


Fig. 3. Patent trends of smart aquaculture technology market (2005-2016).

Table 3. Number of applications by technology categories of smart aquaculture (2005-2016)

Main category	Republic of Korea	China	Japan	Europe	United States of America	Total
Technology development of smart aquaculture systems and equipment	133	691	19	69	61	973
Technology development of environmental control	91	530	9	26	51	707
Technology development of smart aquaculture growth management	81	832	10	58	97	1,078
Industrialization of smart aquaculture technologies	61	373	9	15	26	484

성장하였으나, 미국, 유럽 및 일본은 증감을 반복하였으며, 한국의 경우 2005년부터 2016년까지 연평균 3.2% 성장하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 그리고 기술 분류별 특허 건수는 스마트 양식 성육 환경 기술이 1,078건으로 가장 많았고 그 다음으로 스마트 양식 시스템 설계 및 개발이 973건, 스마트 양식 사육 환경 기술이 707건, 스마트 양식 산업화 기술이 484건으로 나타났다. 한국 특허의 경우 스마트 양식 시스템 설계 및 개발이 133건, 스마트 양식 사육 환경 기술이 91건, 스마트 양식 성육 환경 기술 81건 그리고 스마트 양식 산업화 기술이 61건으로 조사되었다(Table 3).

Fig. 4는 국가별 스마트 수산 양식 기술의 성장 단계를 분석한 것이다. 이것에서 한국과 중국 및 미국의 스마트 수산 양식 기술 시장의 성장 단계를 살펴보면, 2005년부터 2016년까지 출원 건수와 출원인 수가 계속적으로 증가하는 성숙기(Maturity) 단계에 해당하는 것으로 나타났다. 특히, 2009년부터 2013년 사이에는 출원 건수와 출원인 수가 모두 크게 증가하여 급격한 기술 개발이 이루어졌던 것으로 분석되었다. 그리고 유럽에서는 2005년부터 2008년까지 출원 건수와 출원인 수가 급격하게 증가하였다가 2011년과 2013년 사이에 다소 감소하는 경향이 나타났으나, 2014년부터는 다시 증가한 것으로 보아 기술의 성장 단계는 회복기(Recovery)에 진입한 것으로 나타났다. 그러나 일본의 경우, 2005년부터 2010년까지는 출원 건수와 출원인 수가 증가하였다가 2014년부터 감소하는 것으로 보아 스마트 수산 양식 기술 시장의 쇠퇴기(Decline)인 것으로 나타났다.

한편, 1990년부터 2011년까지 수산 증·양식 기술 특허 동향을 분석한 결과(Oh and Kim, 2014)에 의하면, 한국의 기술 시장은 꾸준하게 성장한 것으로 나타났다. 그러나 경기 침체, 해양 환경 변화 등으로 인해 양식업이

전체적으로 축소하고 있고 이러한 상황은 수산 자원의 회복 및 생산을 위한 국가적 지원 및 연구가 다수 실시되고 있어 향후 기술 개발 동향은 부정적인 것이 아닌 것으로 판단되었다. 특히, 최근 우리 정부에서는 4차 산업혁명 기술을 접목하여 수산업을 국가 미래 성장 동력으로 육성하고 수산업의 발전 및 전통 수산업과 어촌의 융합 신(新)서비스 창출을 위한 국가적 지원이 증가하는 추세이며, 이에 따라 한국의 스마트 수산 양식 기술 시장은 더욱 확대될 것으로 전망된다. 다만 우리나라의 경우 다양한 수산 증·양식 기술을 보유하고 있으나, 대부분 국내에서만 적용 가능한 기술이 집중적으로 개발되어 있어 해외에서는 그 권리를 행사하지 못하고 있는 실정이다(Oh and Kim, 2014). 또한 연구 개발된 기술이 관련 분야에서 표준화가 진행되기 시작한 경우라면 국제 표준화를 주도할 수 있고 국제 특허 확보에서도 상대적으로 유리한 위치에 있다고 볼 수 있으나, 국내에서는 수산 양식 분야는 기술 표준화를 위한 제도적 기틀이 마련되어 있지 않은 실정이다. 물론 일부 양식 시설에서 표준 규격을 마련하였지만 이는 폴리에틸렌(Polyethylene) 등 합성 수지로 제작된 해상 전복 가두리 양식 시설에 한정되어 있다.

한편, 현재 대부분의 국내 스마트 양식장은 수온, 염분, 용존산소 등을 실시간으로 모니터링하고 자동으로 먹이를 공급하는 단계에 그치고 있어 스마트 양식장의 보급률은 아직까지 약 2.5%로 매우 저조한 실정이다. 또한 국내 대부분의 양식장에는 규모가 영세하고 양식장 운영을 자신들의 경험치에 의존하고 있어 생산의 정량화가 어려울 뿐만 아니라 유용 기술들을 접목하지 못하거나 기술을 도입하였더라도 양식장 보수 및 관리 등의 이유로 스마트 양식 시설을 지속적으로 운영하지 못하고 있는 상황이다. 뿐만 아니라 첨단 양식 기술들이

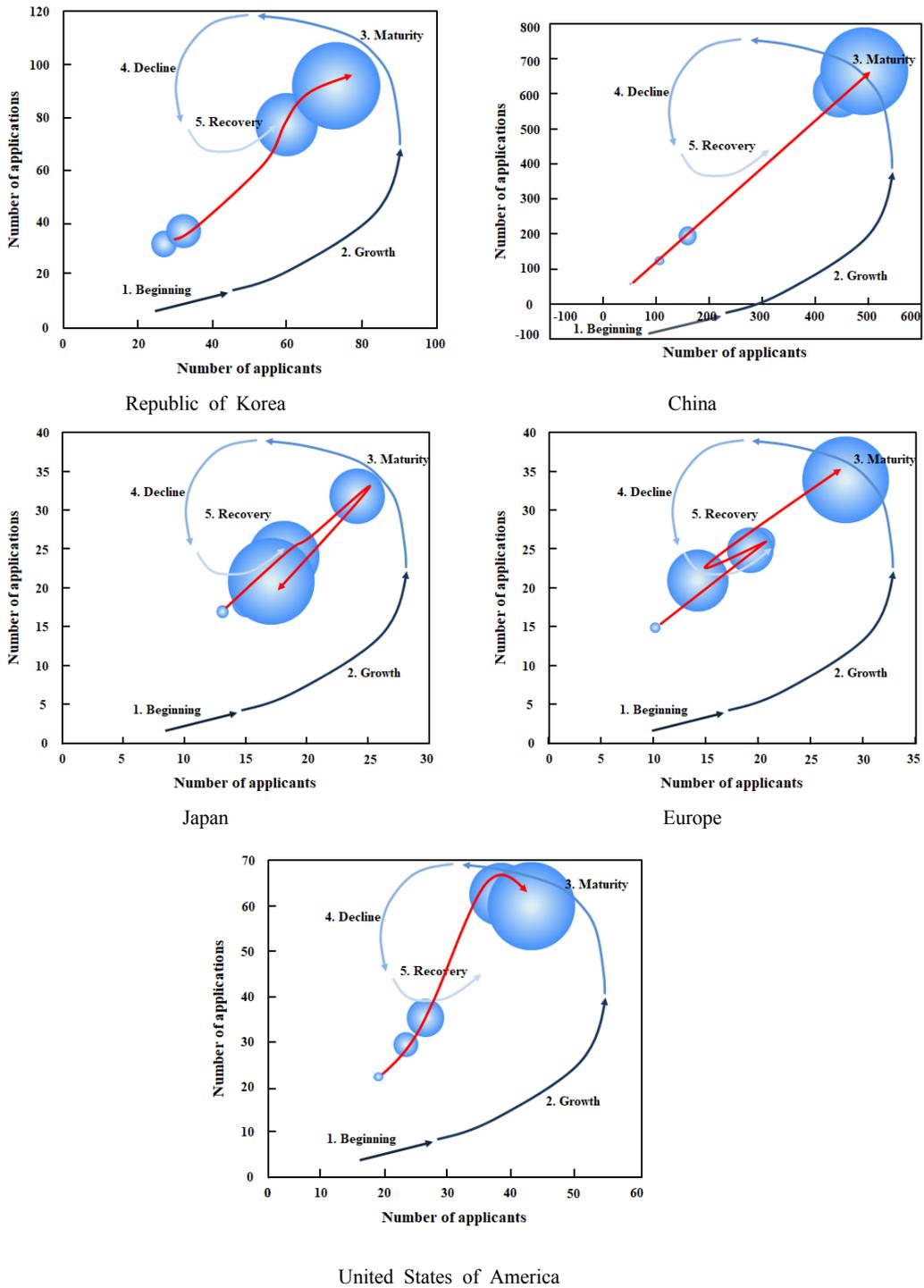


Fig. 4. Growth stages of smart aquaculture technology market.

기술 검증 수준에서 끝나거나 양식 어종의 시장성을 고려하지 못해 실패한 사례가 많이 있기 때문에 향후 스마

트 양식 시스템의 운영 및 관리를 위한 높은 전문성이 요구된다(Li et al., 2009).

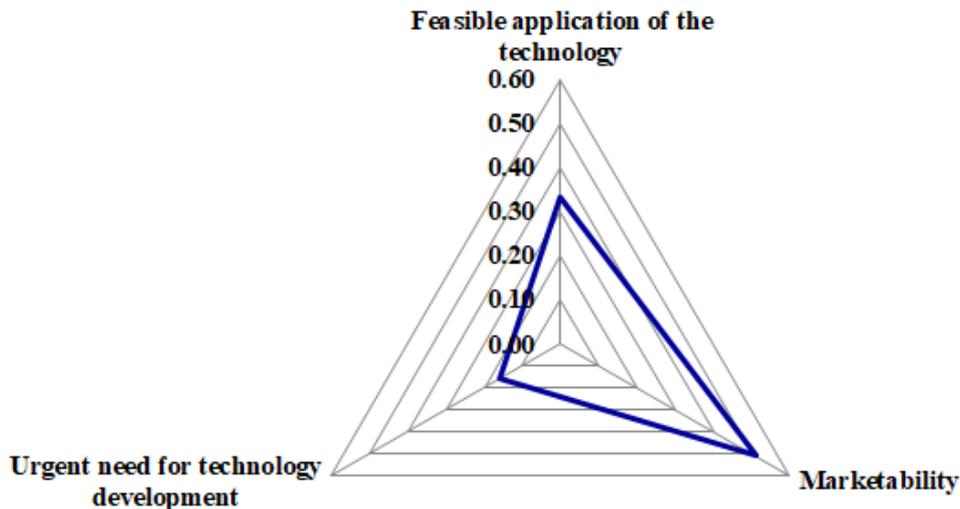
따라서 스마트 양식 기술 시장 활성화를 위해서는 지속적인 기술 보급과 전 세계적으로 스마트 양식 기술 시장 점유를 위한 방안을 모색해야 한다. 이를 위해서는 첫째, 수산 분야의 기술 표준화에 관한 국가 R&D 확대를 통하여 스마트 양식 기술의 소재와 부품의 국산화, 기술의 규격과 성능 표준화 및 품질 인증 시스템을 구축하여야 한다. 특히, 각 소재 및 부품의 수입 대체로 인한 국가 경쟁력이 증대되고 기술 성능 및 품질에 대한 인증 시스템의 구축을 통해 이 산업에 대한 체계화 및 표준화를 이룰 수 있다. 둘째, 양식 어업인 또는 기타 기업들의 스마트 양식 기술 도입에 대한 투자 리스크를 저감할 수 있어야 한다. 왜냐하면 스마트 양식 기술의 투자 매력도는 안정적인 수익률이 보장되고 투자 리스크(실제 수익률<예상 수익률)가 낮을 때 높이 평가될 수 있기 때문이다(Ma et al., 2015). 특히, 투자 리스크는 인공지능 등 첨단 기술의 적용을 통해 수산 양식 산업의 노동력 감소에 의한 인건비 절감과 적조, 수온 변화 등 자연 재해에 대한 선제적 대응과 관리가 가능하고 이러한 부분을 지속적으로 양식 어업인과 관련 기업들에게 인식을 제고시킬 필요가 있다. 셋째, 스마트 양식 기술의 질적 수준이 담보되고 양식 시스템 및 각종 센서의 합리적인 가격과 양식 어업인들이 쉽게 운영하고 관리할 수 있도록 적용이 쉬운 기술을 개발하고 이와 더불어 스마트 양식 시스템의 운영 및 관리에 대한 지속적인 교육이 이루어져야 한다.

**전문가 AHP 설문 조사 결과**

전문가 AHP 설문 조사 응답자의 기본 특성은 Table 4와 같다. 전체 응답자 중 66.7%가 남성이었으며, 응답자의 연령대는 40~50대가 88.9%로 가장 많았다.

**Table 4. Basic characteristics of respondents on AHP survey**

	Classification	Frequency	Ratio (%)
Gender	Male	6	66.7
	Female	3	33.3
Age	20s	0	0.0
	30s	1	11.1
	40s	3	33.3
	50s	5	55.6
	60s	0	0.0
	More than 70	0	0.0
	Experience	1 ~ 5 years	1
6 ~ 10 years		1	11.1
11 ~ 15 years		2	22.2
16 ~ 20 years		1	11.1
More than 21 years		4	44.4
Place of work	Public institute	1	11.1
	University	6	66.7
	Research institute	1	11.1
	Industry	1	11.1
	Etc.	0	0.0
Major	Fisheries and ocean	6	66.7
	ICT	2	22.2
	Planning	1	11.1
	Etc.	0	0.0



**Fig. 5. Priority evaluation for target fish selection.**

Table 5. Results of priority evaluation for developing smart aquaculture technology

Level	Score (Rank)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Land-based aquaculture	0.69 (1)	0.30	0.60	0.70	0.90	0.80	0.70	0.60	0.90	0.70
Technology development of smart aquaculture systems and equipment	0.25 (1)	0.07	0.06	0.47	0.66	0.06	0.60	0.67	0.67	0.08
Technology development of environmental control	0.13 (4)	0.07	0.26	0.21	0.24	0.52	0.05	0.06	0.08	0.18
Technology development of smart aquaculture growth management (Growth and health condition)	0.12 (5)	0.32	0.30	0.09	0.04	0.22	0.23	0.13	0.11	0.18
Technology development of smart aquaculture growth management (Fish disease)	0.18 (2)	0.54	0.38	0.23	0.07	0.22	0.13	0.13	0.15	0.57
Sea-based aquaculture	0.31	0.70	0.40	0.30	0.10	0.20	0.30	0.40	0.10	0.30
Technology development of smart aquaculture systems and equipment	0.16 (3)	0.64	0.63	0.65	0.65	0.70	0.60	0.05	0.70	0.14
Technology development of environmental control	0.04 (8)	0.06	0.20	0.17	0.05	0.05	0.05	0.16	0.10	0.28
Technology development of smart aquaculture growth management (Growth and health condition)	0.06 (6)	0.15	0.11	0.09	0.22	0.13	0.23	0.51	0.10	0.19
Technology development of smart aquaculture growth management (Fish disease)	0.05 (7)	0.15	0.07	0.09	0.09	0.13	0.13	0.28	0.10	0.39

\*R: Respondent.

또한 응답자의 해당 전문 분야 종사 기간은 평균 15.5년이었으며, 수산·해양 분야가 66.7%로 가장 많았다.

전문가를 대상으로 AHP 설문 조사를 실시한 결과, ‘육상 양식장’과 ‘해상 양식장’에 대한 중요도를 종합하였을 때 ‘육상’ 0.68, ‘해상’이 0.31로 도출되었다. 이는 현재 스마트 양식 기술을 개발함에 있어 육상 양식장의 스마트 기술 도입이 우선 추진되어야 한다는 의미로 볼 수 있다.

이러한 이유는 해상과 비교하여 육상은 스마트 양식 기술의 적용이 상대적으로 용이할 뿐만 아니라 최근 자연 재해 및 해양 오염에 대응하기 위해 순환 여과 시설을 도입한 첨단 육상 양식 시설의 보급 및 수요가 전 세계적으로 증대되고 있어 육상 양식 시설 개발에 대한 중요도가 높아지고 있기 때문이다. 그리고 육상 및 해상 스마트 양식 기술 항목별 우선 순위를 평가한 결과, ‘[육상]시스템 구조 개발’이 전체 대비 중요도가 약 0.25(25%)로 기술 개발 1순위로 나타났으며, 그 다음으로 ‘[육상]생물 성육 환경 기술 개발(질병)’이 0.18, ‘[해상]시스템 구조 개발’이 0.16으로 조사되었다(Table 5).

한편, 양식 대상 어종 선정시 평가 항목에 대한 우선 순위 분석 결과, ‘시장성’ 0.59, ‘기술 적용 가능성’ 0.33 및 ‘기술 개발의 시급성’ 0.16으로 양식 대상 어종 선정시 시장성을 가장 중요하게 고려해야 할 사항으로 분석되었다(Fig. 5). 이러한 평가 항목을 고려할 때, 넙치류는 어종별 양식 생산이 타 어종에 비해 월등히 높아 시장이 안정적이고 규모가 충분하기에 향후 기술 개발에 따른 투자 및 그 효과가 높을 것으로 전망된다. 그러나 현재 국내 넙치 양식은 사육 면적 및 사료 급이량이 지나치게 높아 환경오염이 리스크로 작용하고 있으므로 스마트 양식 기술 개발을 통해 이러한 문제점을 해결하는 것이 시급하다. 그리고 양식 대상 어종의 다양화와 소비 패턴을 고려할 때, 차세대 양식 주력 품종은 넙치류 등의 어류 뿐만 아니라 흰다리새우 등의 갑각류를 대상 품종에 포함하여 다양화할 필요가 있다.

### 양식 어업인 대상 기술 수요 조사 결과

양식 어업인 설문 조사 응답자의 기본 특성은 Table 6과 같다. 전체 응답자 85명 중 74.1%가 남성이었으며, 응답자의 연령대는 40~50대가 87.1%로 가장 많았다. 응답자의 양식 어업 평균 종사 기간은 14.8년이었으며, 종사 형태는 전업이 71.8%, 겸업이 28.2%로 나타났다. 양식

Table 6. Basic characteristics of respondents on fishermen demand survey

	Classification	Frequency	Ratio (%)	
Gender	Male	63	74.1	
	Female	22	25.9	
Age	20s	1	1.2	
	30s	7	8.2	
	40s	42	49.4	
	50s	32	37.6	
	60s	3	3.5	
	More than 70	0	0	
	1 ~ 5 years	4	4.7	
Experience	6 ~ 10 years	11	12.9	
	11 ~ 15 years	30	35.3	
	16 ~ 20 years	25	29.4	
	More than 21 years	15	17.6	
	Full-time fishery household	61	71.8	
Type of fishery engaged	Part-time fishery household	24	28.2	
Fish species	Olive flounder ( <i>Paralichthys olivaceus</i> )	62	72.9	
	Black rockfish ( <i>Sebastes schlegeli</i> )	6	7.1	
	Sea bream	15	17.6	
	Sea bass ( <i>Lateolabrax japonicus</i> )	0	0	
	Flathead grey mullet ( <i>Mugil cephalus</i> )	2	2.4	
	Japanese eel ( <i>Anguilla japonica</i> )	0	0	
	Abalone ( <i>Haliotis discus hannai</i> )	0	0	
	Etc.	0	0	
	Type of aquaculture	Land-based aquaculture (Flow through system)	57	67.1
		Land-based aquaculture (Recirculating aquaculture system)	25	29.4
Sea cage		3	3.5	
Shellfish aquaculture		0	0	
Seaweed aquaculture		0	0	
Land-based seed production		0	0	
Sea-based seed production	0	0		
Etc.	0	0		

대상 어종은 넙치(*Paralichthys olivaceus*)가 72.9%로 가장 많았으며, 그 다음으로 돔류, 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 순이었으며 양식 업종은 육상 어류 양식업(유수식 및 순환 여과식)이 대부분을 차지했다.

양식 어업인에 대한 경영 현황을 분석해 본 결과, 양식장 규모는 해상 양식업의 경우 1,800 m<sup>2</sup>, 육상 양식업

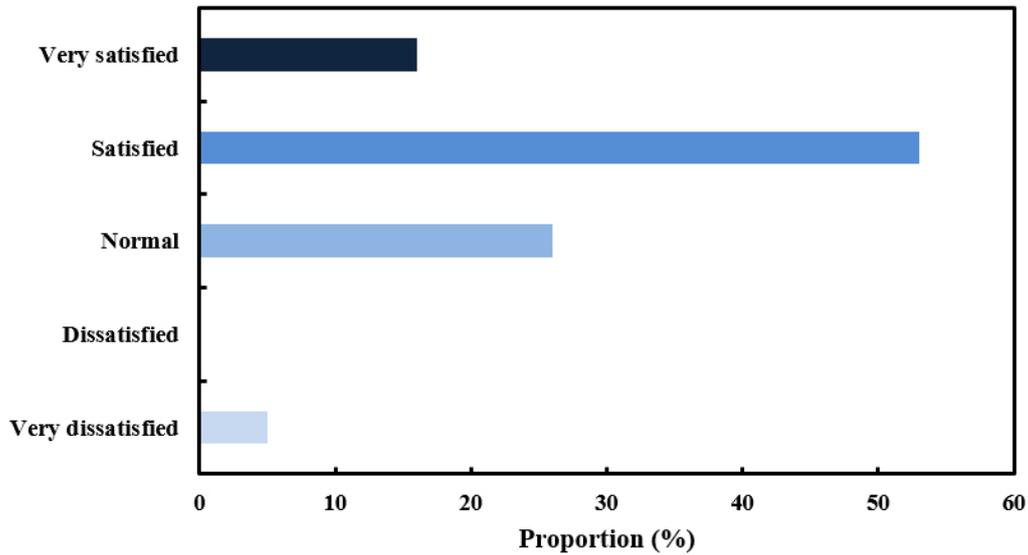


Fig. 6. Satisfaction of fishermen with aquaculture management.

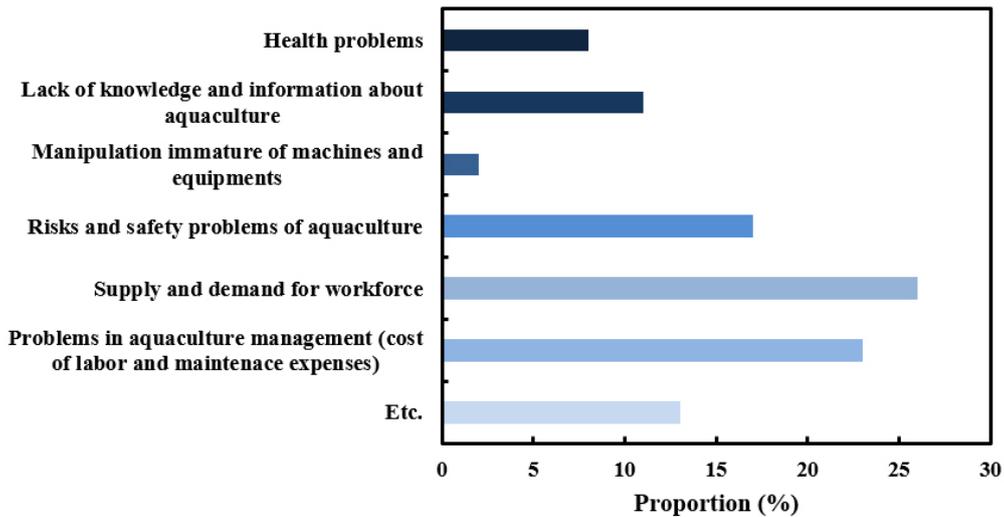


Fig. 7. Difficulties of aquaculture management.

의 경우 평균 1,763 m<sup>2</sup>이었고 수조의 개수는 평균 57개 이었다. 설문 응답자의 하루 평균 노동 시간은 평균 7.3시간이었고, 지난 1년간(2017년 기준) 어업 소득은 56%가 1억 원 이상으로 나타났다. 그리고 어업 경영(일반 관리비+판매비)에 소요되는 비용은 총 소득의 약 32.5%를 차지했으며, 어업 경영상 비용이 가장 많이 소요되는 부분은

사료, 인건비, 전기세 및 종자 구입 순으로 나타났다.

양식 어업인의 어업 경영 만족도는 응답자 중 69%가 자신의 양식 환경(시설 및 노동 환경 등)에 만족하는 것으로 나타났고, 불만이라고 응답한 비율은 5%에 불과하였다(Fig. 6). 반면, 양식 어업에 종사하면서 가장 어려운 점은 첫째, 작업 인력 수급 문제, 둘째, 어업 경영상의

문제(인건비, 유지비 등), 셋째, 어업의 위험성과 안전 문제로 나타났다. 그 외에도 생사료 수급 불안, 어류 질병 및 자연 재해 등이 어려운 점으로 조사되었다(Fig. 7). 그리고 양식장 운영시 작업 인력이 가장 필요한 분야는 사료 생산 및 공급(26%), 양식 생물 성장 관리(24%), 양식장 시설 관리(16%) 및 양식 생물 질병 관리(16%) 순으로 나타났다.

한편, ICT 기반 첨단 스마트 자동화 기술의 도입 필요성에 대해 조사한 결과, 응답자 중 84%가 필요하다고 응답하였으며, 필요한 분야로는 질병 관리, 먹이 공급, 수질 관리, 생물 선별, 수확의 순으로 조사되었다.

### 스마트 수산 양식 기술 개발 방향 설정

상기의 기술 특허 분석, 전문가 및 어업인을 대상 기술 수요 조사 결과를 토대로 스마트 수산 양식 기술 개발에 대한 중점 추진 방향을 설정하였다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 우리나라에서 스마트 양식을 중점적으로 추진하기 위해서는 우선 스마트 양식 시설의 표준 모델 개발을 통한 첨단 양식의 확산 및 산업의 활성화를 도모하는 것이 필요하다. 이를 위해 수산 양식 기술 표준화를 위한 국가 R&D 확대를 통해 스마트 양식 기술의 소재와 부품 등의 국산화와 기술 규격 및 성능 표준화 및 품질 인증 시스템을 구축하여야 한다. 또한 스마트 양식 기술이 정립되어 기술적 실현과 사회적 보급이 확산될

수 있도록 기술의 적용 가능성이 높은 양식장 유형(순환 여과식 양식장 등)을 개발하고 시장성이 높은 품종을 선정하여 스마트 양식 모델을 도출하고 관련 기술을 확보해야 한다.

또한 수산 양식 환경 및 양식 어류의 특성을 고려한 ICT 융·복합 기술 기반 스마트 양식 생산 모델 및 시스템 개발과 적용 및 확산을 위한 중·장기적인 실행 계획을 세워야 한다. 현재 한국의 스마트 양식은 수온, 염분, 용존산소 등 양식장 내 수질 환경을 실시간으로 모니터링하고 먹이를 자동으로 공급하는 단계에 그치고 있다. 따라서 향후에는 단순한 측정과 모니터링 기술에서 벗어나 적조, 수온 변화 등 자연 재해에 대한 선제적인 대응과 양식 어류의 특성을 고려한 스마트 수산 양식 핵심 기술 개발이 필요하다. 이를 구현하기 위해서는 다음과 같은 3단계의 기술 개발 방향성을 설정하는 것이 필요하다.

우선 1단계에서는 ICT를 접목해 기존 양식장을 스마트화하고 사물인터넷(Internet of Things: IoT) 기술을 도입해 육상 양식장의 사육수에 대한 실시간 수질 환경 모니터링(수온, 염분, 용존산소, pH 등)과 원격 제어 시스템을 구축함으로써 자동화 및 지능화 단계로 발전시켜 나가야 한다. 또한 스마트 양식장에서 생산되는 품종의 성육, 질병 정보 등 빅데이터를 공유 거래할 수 있는 개방형 플랫폼도 구축해야 한다. 그리고 2단계에서는

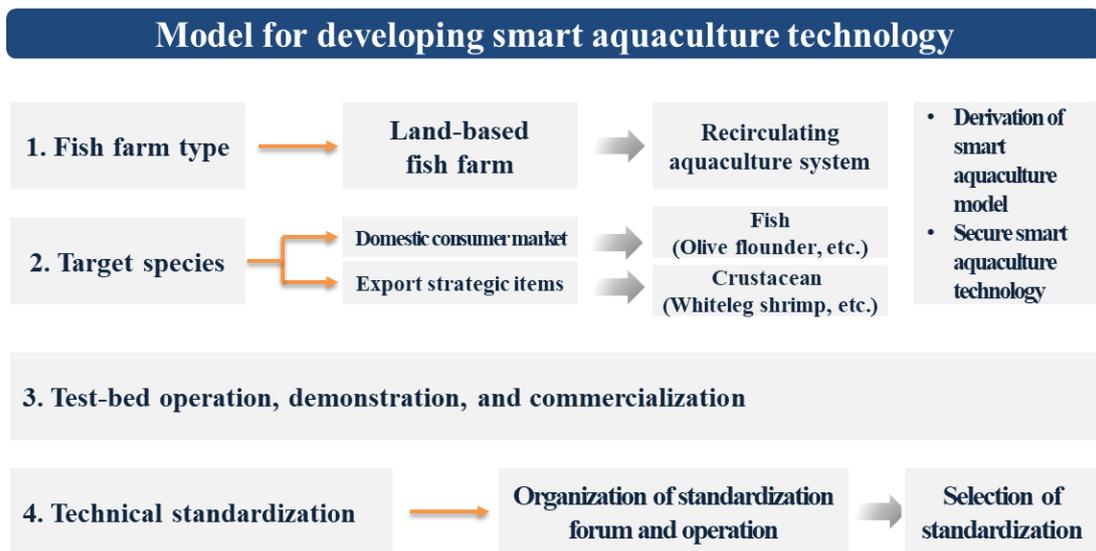


Fig. 8. Model for developing smart aquaculture technology.

빅데이터 기반 수질 환경 모니터링 및 자동 제어 시스템 구축 등 양식장의 복합·자동 제어를 추진해야 한다. 마지막으로 3단계에서는 빅데이터·인공 지능 기반의 최적 성육 환경을 자동으로 구현하는 지능형 양식 시스템 구축 기반을 마련함으로써 양식 생물 생산과 소비 중심의 스마트 양식 기술을 완성해 나가야 한다.

향후 어촌 인구의 급격한 감소와 어가 인구의 고령화 등 당면하고 있는 국내 수산업의 위기를 극복하고 양식 산업을 미래 성장 산업으로 재도약을 이루기 위해서는 스마트 양식장 확산은 피할 수 없는 선택이 될 수밖에 없다. 앞으로 스마트 양식장의 과감한 투자가 수산업 전체의 성장과 소득 향상으로 이어지기 위해서는 스마트 양식 핵심 기술과 생산된 품종의 수출을 포함한 시장 접근 전략을 수립하고 이를 토대로 기초 및 응용·실증 연구를 단계적으로 수행하면서 동시에 스마트 수산 양식 전문 인력 양성을 추진하는 등 세심한 속도 조절이 필요하다.

## 결 론

스마트 수산 양식 기술 개발 현황 분석과 양식 어업인을 대상으로 한 기술 및 교육에 대한 수요 조사를 수행한 결과, 한국의 스마트 수산 양식 기술 시장은 최근까지 완만한 성장세를 보였다. 그러나 최근 정부의 ‘아쿠아팜 4.0 추진 전략’ 발표 등 수산 양식 분야에 대한 국가적인 투자 확대에 인하여 스마트 수산 양식 기술 시장은 더욱 확대될 것으로 전망된다. 이와 더불어 미래 양식 산업은 어류 등 대상 생물별 스마트 환경 제어와 생산 시스템의 지능화 및 의사 결정 시스템의 진화와 맞물려 진행되고 생산과 소비가 최적화될 수 있는 데이터 산업으로 발전할 것으로 예상된다. 그리고 현재 한국의 스마트 양식장은 실시간 수질 환경 모니터링과 제어에 초점을 맞추고 있으나, 경쟁력의 핵심은 상시 인력을 고용할 수 있는 규모화와 노동력을 절감할 수 있는 자동화 및 지능화 등에서 결정될 전망이다. 한편, 전문가 수요 조사에서 기술 개발 우선 순위로 가장 높게 나타난 시스템 구조 개발의 경우, 한국형 순환 여과식 양식장 중심의 스마트 양식장 조성 추진 전략을 수립하여 스마트 양식 확산을 위한 징검다리 역할을 충실히 수행할 수 있도록 역할을 재정립할 필요가 있다. 그리고 향후 스마트 양식장의 고도화를 통한 양식 산업을 지능형 미래 산업으로 전환

하기 위해서는 스마트 양식 핵심 기술 개발 및 표준화가 선행되어야 한다. 또한 앞으로 스마트 양식장의 과감한 투자가 수산업 전체의 성장과 소득 향상으로 이어지기 위해서는 스마트 양식 핵심 기술과 생산된 품종의 수출을 포함한 시장 접근 전략을 수립하고 이를 토대로 기초 및 응용·실증 연구를 단계적으로 수행하면서 동시에 스마트 수산 양식 전문 인력 양성을 추진하는 등 세심한 속도 조절이 필요하다.

## 사 사

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(스마트 수산양식 연구센터).

## References

- Atoum Y, Srivastava S and Liu X. 2014. Automatic feeding control for dense aquaculture fish tanks. *IEEE* 22, 1089-1093. (DOI:10.1109/LSP.2014.2385794).
- Chen JH, Sung WT and Lin GY. 2015. Automated monitoring system for the fish farm aquaculture environment. In 2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. *IEEE*, 1161-1166. (DOI:10.1109/smc.2015.208).
- Choi YH, Shim UJ, Kim SM and Shin SH. 2015. Global mega-trends and implications for the future Korean industries. *Korea Institute for Industrial Economics and Trade (KIET)*, 1-204.
- UILO of CNU (University Industry Liaison Office of Chonnam National University). 2018. A project report of smart aquaculture research center, 1-249.
- Kim SW and Choi YS. 2017. Implementation of an automated in-line water quality measurement system of recirculation fish farm with IoT. *J Korean Inst Commun Inf Sci* 12, 477-484. (DOI:10.13067/JKIECS.2017.12.3.477).
- Kim DY, Ryu JG, Park SW, Kim SH, Lee HD, Ha HS, Ha HJ. 2017. A study on policy direction for the development of the fisheries industry and fishing communities of the future. *Korea Maritime Institute (KMI)*, 1-263.
- Kishore KK, Krishna PV and Srikanth D. 2017. Automatic Feeding system for Aquaculture. In 2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security (ICSSS), *IEEE*, 426-429. (DOI:10.1109/ssps.

- 2017.8071633).
- KISTA (Korea Intellectual Property Strategy Agency). 2017. Technology patent survey guidebook in Government R&D. 1-90.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2019. Marine fishery industry statistical survey. Retrieved from <http://www.kostat.go.kr>. Accessed 14 May 2019.
- Li N, Wang R, Zhang J, Fu Z and Zhang X. 2009. Developing a knowledge-based early warning system for fish disease/health via water quality management. *Expert Syst Appl* 36, 6500-6511. (DOI:10.1016/j.eswa.2008.07.065).
- Ma CM, Lee YS, Lee SC, Ahn JE and Yoon MG. 2015. A Study on the Industrialization of Advanced Aquaculture Technology. Korea Maritime Institute (KMI), 1-83.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2012. Establishment of aquaculture industry promotion law and eco-friendly aquaculture research. 1-320.
- Oh JH and Kim MJ. 2014. Patent analysis for aquaculture. *J Fish Bus Adm* 45, 001-013. (DOI: 10.12939/FBA.2014.45.2.001).
- Oh JS and Jo KJ. 2009. Design of auto feed supply system for fish farm. *J Korean Navig Port Res* 33, 709-713. (DOI:10.5394/kinpr.2009.33.10.709).
- Saaty TL. 1988. What is the analytic hierarchy process?. In *Mathematical models for decision support*. Springer, Berlin, Heidelberg, 109-212. (DOI:10.1007/978-3-642-83555-1\_5).
- Shin D and Kim C. 2016. Sensor Network System for Littoral Sea Cage Culture Monitoring. *KIPS Transactions on Computer and Communication Systems*, 5(9), 247-260. (DOI:10.3745/ktccs.2016.5.9.247).
- Sung WT, Chen JH and Wang HC. 2014. Remote fish aquaculture monitoring system based on wireless transmission technology. In 2014 international conference on information science, electronics and electrical engineering. *IEEE* 1, 540-544. (DOI:10.1109/infosee.2014.6948171).
- Yang YS, Bae JH, Bae BS, Ahn HC, Kim IO, Lee BI and Jung YG. 2006. A study on the development of auto-feeding system for the cultured fish- I. *J Korean Soc Fish Technol* 42(4), 234-239. (DOI:10.3796/ksft.2006.42.4.234).
- Zhang M, Li D, Wang L, Ma D and Ding Q. 2010. Design and development of water quality monitoring system based on wireless sensor network in aquaculture. In *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*. Springer, 629-641. (DOI:10.1007/978-3-642-18369-0\_76).
- 
2019. 08. 20 Received  
 2019. 10. 03 Revised  
 2019. 10. 10 Accepted