



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

스마트플로팅팜 시설계획에 관한 연구

A Study on the Facility Planning of Smart Floating Farm



지도교수 이 한 석

2020년 2월

한국해양대학교 대학원

해양건축공학과

성 해 민

본 논문을 성해민의 공학석사 학위논문으로 인준함

위원장 도 근 영 (인)

위 원 이 한 석 (인)

위 원 송 화 철 (인)

2019년 12월 20일

한국해양대학교 대학원

목 차

목 차	i
표 목 차	iii
그림목차	iv
Abstract	viii
 제1장 서론	 1
1.1. 연구배경 및 목적	1
1.2. 연구내용 및 방법	5
 제2장 이론적 고찰	 8
2.1. 농업의 현황	8
2.1.1. 농업기술의 발달	15
2.1.2. 농업의 전망	17
2.2. 양식업의 현황	22
2.2.1. 양식업기술의 발달	24
2.2.2. 양식업의 전망	28
2.3. 4차 산업혁명과 농수산업의 변화	32
2.3.1. 농업의 변화	33
2.3.2. 수산업(양식업)의 변화	42
2.4. 스마트플로팅팜의 활성화	48
2.4.1. 플로팅팜의 개념	49
2.4.2. 스마트플로팅팜의 개념	50
 제3장 국내외 사례분석	 59
3.1. 스마트농장	59
3.2. 스마트양식장	70
3.3. 해수활용농장	75

3.4. 해수온실농장	77
3.5. 플로팅팜	81
3.6. 스마트플로팅팜	85
3.7. 스마트플로팅팜의 시스템유형	90
제4장 시설계획	98
4.1. 계획방향	100
4.2. 생육계획	101
4.2.1. 양식계획	101
4.2.2. 재배계획	104
4.2.3. 생산량 추정	105
4.3. 시스템계획	106
4.3.1. 해수복합형시스템	106
4.3.2. 스마트양식시스템	107
4.3.3. 스마트재배시스템	111
4.3.4. 에너지 및 자원공급시스템	118
4.4. 시설계획	121
4.4.1. 입지선정	121
4.4.2. 플로팅플랫폼계획	124
4.4.3. 건축계획	133
제5장 결론	155
[참고문헌]	158
[부록-1]	168

표 목 차

[표 2-1] 농촌관광 수요 전망	17
[표 2-2] 연도별, 지역별 양식생산량	22
[표 2-3] 세계 수산물 생산 및 소비 동향	24
[표 2-4] 연도별 양식면허 건수와 면적	25
[표 2-5] 연도별, 어업부문별 생산량	27
[표 2-6] 기후변화가 양식업에 미치는 영향 및 대책	29
[표 2-7] 4차 산업혁명으로 도래하는 스마트기술	32
[표 2-8] 작물별 바닷물의 안전사용 농도기준	35
[표 2-9] 과수류의 바닷물 안전사용 농도기준	35
[표 2-10] 스마트양식기술의 변화 동인	44
[표 3-1] 작물재배에서 기대되는 해수의 효과	75
[표 3-2] 스마트플로팅팜 시스템 유형	90
[표 4-1] 아쿠아포닉스와 수경재배 물의 광물질 농도	100
[표 4-2] 성장에 따른 체중별 섭식율	102
[표 4-3] 방어크기에 따른 수용밀도	103
[표 4-4] 방어크기에 따른 먹이공급	103
[표 4-5] 환경제어 항목	112
[표 4-6] 시설 용도별 연면적당 부하밀도	119
[표 4-7] 경남 고성군 자란만 조수간만 평균(2018년)	123
[표 4-8] 플로팅플랫폼 구조형식	124
[표 4-9] 플랫폼 재료의 비교 분석	128
[표 4-10] 구조물중량 산출근거	130
[표 4-11] 계류방법 별 특성 비교	132
[표 4-12] Space Program	133

그 립 목 차

[그림 1-1] 국내 귀농어 가구원수별 귀농어가구 현황	3
[그림 1-2] 스마트플로팅팜 개념	4
[그림 1-3] 연구진행 프로세스	7
[그림 2-1] 농산물 수입 구조의 변화	10
[그림 2-2] 농산물 수출 구조의 변화	11
[그림 2-3] 농가인구 중 65세 이상 인구비중	12
[그림 2-4] 농업인구와 농업면적 추이	12
[그림 2-5] 농업 및 농업외 소득 추이	13
[그림 2-6] 농업수입 및 경영비 비중 추이	14
[그림 2-7] 한국 농가: 농축산물 판매금액별 구분	15
[그림 2-8] 스마트농장 운영원리	19
[그림 2-9] 스마트온실 구성도	20
[그림 2-10] 스마트과수원 구성도	21
[그림 2-11] 어업 및 양식 생산 추이	23
[그림 2-12] 품종별 양식 어가구 수 점유율 추이	26
[그림 2-13] 양식 품종별 생산량 추이	28
[그림 2-14] 스마트양식장 구성도	31
[그림 2-15] 해수온실 시스템 기술 개념도	36
[그림 2-16] 4차 산업혁명과 농업생산의 변화	38
[그림 2-17] 네덜란드 암스테르담의 The Smart Food Grid 프로젝트	39
[그림 2-18] COOP의 미래형 슈퍼마켓	40
[그림 2-19] 4차 산업혁명과 농업 생산물 소비형태의 변화	41
[그림 2-20] 양식산업을 둘러싼 환경변수	43
[그림 2-21] 플로팅팜의 개념도	50
[그림 2-22] 스마트플로팅팜 발전 프로세스	52
[그림 2-23] 플로팅건축물의 개념도	53
[그림 2-24] 해양건축물의 기초	53

[그림 2-25] 스마트플로팅팜 운영방식	56
[그림 2-26] 아쿠아포닉스 순환 시스템	57
[그림 3-1] 타니무라 & 앤틀의 상추 재배 로봇	59
[그림 3-2] 덴마크 크리스텐센 농장 모식도	60
[그림 3-3] 벨기에 홀티플란사의 Plant Robot	61
[그림 3-4] 야채공장에서 재배한 후지쓰의 저칼륨 양상추	62
[그림 3-5] 아그리비전(주) 식물공장 외관 이미지	63
[그림 3-6] 도시바 클린 룸 팜 요코스카	64
[그림 3-7] 토마토농장 로즈벨리 내부	64
[그림 3-8] 스마트폰을 이용해 온실을 관리하는 희망담은 딸기농장	65
[그림 3-9] 복합환경제어시스템 구성도	66
[그림 3-10] 동부팜 화웅 유리온실에서 토마토를 재배하고 있는 모습	67
[그림 3-11] 스마트-유 팜에서 고추를 재배하고 있는 모습	69
[그림 3-12] 스마트양식장 사료 자동급이 시스템	70
[그림 3-13] The Egg 연어 양식 시스템	71
[그림 3-14] 노르웨이 스마트양식장 AKVA	72
[그림 3-15] 노르웨이 스마트양식장 SalMar	73
[그림 3-16] 멕시코 Regal Springs의 스마트양식장	74
[그림 3-17] 사하라사막 프로젝트 해수온실 모식도	78
[그림 3-18] 두바이의 수직형 해수농장(해수 하늘 농장) 모식도	80
[그림 3-19] Floating Ponds 모델 개념도	81
[그림 3-20] 네덜란드 플로팅팜의 조감도	82
[그림 3-21] OCEAN HYACINTH 단면도	83
[그림 3-22] THALASSOPHILANTROPY 구역별 기능	84
[그림 3-23] H2O 모듈	85
[그림 3-24] H2O의 여러 모듈을 합친 조감도	86
[그림 3-25] OCEAN DISTILLER FARM의 조감도	87
[그림 3-26] Smart Floating Farm의 조감도	87
[그림 3-27] Smart Floating Farm의 1층	88

[그림 3-28] Smart Floating Farm의 2층	89
[그림 3-29] Smart Floating Farm의 3층	89
[그림 3-30] 민물순환형 시스템 개념도	92
[그림 3-31] 재배·양식 분리형 시스템 개념도	93
[그림 3-32] Smart Floating Farm 개념도	93
[그림 3-33] 담수순환형 시스템 개념도	94
[그림 3-34] Floating Ponds 단면도	94
[그림 3-35] 해수이용형 시스템 개념도	95
[그림 3-36] OCEAN HYACINTH 계획안	95
[그림 3-37] 해수온실형 시스템 개념도	96
[그림 3-38] 두바이의 수직형 해수농장(해수하늘농장) 단면도	97
[그림 4-1] 해수복합형 시스템 개념도	107
[그림 4-2] 스마트양식시스템 원격제어 개념도	107
[그림 4-3] 스마트양식시스템 스마트코어 개념도	108
[그림 4-4] 스마트양식시스템 온도·산소조절 개념도	109
[그림 4-5] 스마트양식시스템 수질관리 개념도	109
[그림 4-6] 스마트양식시스템 사료자동급이 개념도	110
[그림 4-7] 스마트양식시스템 자동채포 개념도	110
[그림 4-8] 스마트양식시스템 어류자동선별 개념도	111
[그림 4-9] 생산 스케줄 개념도	113
[그림 4-10] 스마트농장 실시간 모니터링	113
[그림 4-11] 스마트온실 트레이 및 선반 순환 개념도	114
[그림 4-12] 스마트온실 아쿠아포닉스시스템 개념도	115
[그림 4-13] 스마트온실 환경제어 개념도	115
[그림 4-14] 수직형 LED 선반	116
[그림 4-15] 수직형 아쿠아포닉스 선반	116
[그림 4-16] 스마트온실 운영개념도	117
[그림 4-17] 스마트온실 운영시스템	117
[그림 4-18] 스마트플로팅팜 급배수시스템 개념도	118

[그림 4-19] 스마트플로팅팜 전기공급시스템 개념도	120
[그림 4-20] 자란만 축소지도	122
[그림 4-21] 스마트플로팅팜 위치도	122
[그림 4-22] 자란만 수심	122
[그림 4-23] 자란만 파고 평균(2018)	123
[그림 4-24] 플랫폼크기에 영향을 주는 요소	126
[그림 4-25] 플랫폼의 계획	129
[그림 4-26] 스마트플로팅팜 조감도	134
[그림 4-27] 어류 처리 과정	135
[그림 4-28] 지하층 평면도	136
[그림 4-29] 양식장 투시도	137
[그림 4-30] 1층 평면도	138
[그림 4-31] 온실 투시도	139
[그림 4-32] 2층 평면도	140
[그림 4-33] 지붕층 투시도	141
[그림 4-34] 지붕층 평면도-1	142
[그림 4-35] 지붕층 평면도-2	143
[그림 4-36] 정면 투시도	144
[그림 4-37] 정면도	145
[그림 4-38] 우측면 투시도	146
[그림 4-39] 우측면도	147
[그림 4-40] 좌측면 투시도	148
[그림 4-41] 좌측면도	149
[그림 4-42] 배면 투시도	150
[그림 4-43] 배면도	151
[그림 4-44] 종단면도-A	152
[그림 4-45] 종단면도-B	153
[그림 4-46] 횡단면도-C	154

A Study on the Facility Planning of Smart Floating Farm

Seong, Hai Min

Department of Oceanic Architectural Engineering

Graduate School of

Korea Maritime and Ocean University

Abstract

Agriculture and fisheries, which have been with human history, are the basic conditions for human survival. These industries have made great progress over time, but they are not free from the variables of the natural environment.

Due to global warming and abnormal weather, natural disasters such as typhoons, sea level rise, and tsunamis are increasing all over the world. As a result, the agriculture and fishery industry is hampered by numerous disasters such as heavy rain, drought, pests, soil pollution, fine dust, and yellow dust damage.

The world population also continues to grow to about 7.7 billion people as of July 10, 2019. Natural increase is the number of births minus deaths. In most areas, the number of births is greater than the number of deaths, and the population is increasing unless there is a net decrease in migration.

With this rapid population growth on the earth, arable land is declining and the population returning from the cities to farming and fishing is increasing. Nevertheless, there is a shortage of manpower for

farming.

Under these circumstances, as the development of IT technology, the paradigm of agriculture and fishery industry is changing and overcoming this problem. The problem of lack of arable land is solved by vertical farming, and land pollution caused by the use of fertilizer is solved by aquaponics by fusion of fish farming and hydroponics.

And the lack of manpower to manage the agricultural and fishery industry is solved by developing Smart Farms incorporating ICT technology. In particular, since the perch population is mostly elderly, ICT technology provides an environment for the management of crops much more efficiently. In this Smart Farm, the computer checks automatically the condition of the crops, or adjusts the environment of the house according to the crops. This provides reasonable profits for consumers and producers.

In addition to Smart Farms in agriculture, Smart Aquafarm have been actively researched and expanded. Using Smart Aquafarm management technology, it can operate various facilities of the Aquafarm with a smartphone even on a distant land, and it can check the status of fishes in real time through an unmanned submersible camera. If Smart Aquafarm operations are activated in the future, economic efficiency can be greatly improved by reducing expenses such as labor and feed costs and aging and aquatic supply and demand of aquaculture workers will also be solved.

In particular, by applying advanced aquaculture technology using artificial intelligence, it is expected to reduce feed costs and reduce pollution of the sea environment by supplying an appropriate amount of food on time. Therefore, if the Smart Aquafarm operation technology is further developed, it is expected that the fishing village's aging and manpower supply and demand will be solved by the increase in the

population of the reared fish and the inflow of young manpower.

In the other hand, floating farms can cope with climate change and grow crops in an aquaponics way that can simultaneously run agriculture and aquaculture.

The use of a cyclical system approach also reduces soil and water pollution and makes crops more efficient. Floating farm uses a floating structure that can be used to cope with rising sea levels, to move to safer places in case of natural disasters, and to prevent drought damage. The floating farm is expected to further develop into a Smart Floating Farm using the 4th Industrial Revolution Technology.

Currently, domestic Smart Farms grow vegetables and fruits held in trees such as tomatoes, strawberries, and paprika, so there is a limit to applicate the vertical farming. In other words, the building area should be large, but the land is limited for this purpose, so the Smart Floating Farm is the best solution to this problem.

Therefore, this study converges Smart Farms, Smart Aquafarms and Floating Farms using the 4th Industrial Revolution Technology such as Information and Communication Technology(ICT), Internet of Things(IoT), Artificial Intelligence(AI) and Big Data. So the goal is to plan a Smart Floating Farm that is suitable for the technology, environment, geography and industry characteristics of Korea.

Key Words : Agriculture 농업; Aquaculture 양식업; Smart Farm 스마트농장; Smart Aquafarm 스마트양식장; Floating Farm 플로팅팜; Smart Floating Farm 스마트플로팅팜; 4thIndustrial Revolution Technology 4차 산업혁명; Smart Technology 스마트기술; Facility Planning 시설계획

제1장 서론

1.1. 연구배경 및 목적

인류의 역사와 함께 해온 농업과 수산업은 인간의 기본적인 생존조건이다. 이 산업들은 오랜 시간을 걸쳐 많은 발전을 이루었지만 자연환경의 변수로부터 자유롭지 못한다.

현재 지구 온난화 및 이상기후 등으로 인해 세계 곳곳에서 태풍, 해수면 상승, 지진해일 등 자연재난이 증가하고 있다. 이로 인해 호우, 가뭄, 병충해, 토양 오염, 미세먼지, 황사피해 등 수많은 재해로 인해 농수산업이 방해받고 있는 상황이다.

또한 세계 인구는 2019년 7월 10일 기준으로 약 77억 명¹⁾으로 계속해서 증가하고 있다. 자연증가는 출생자 수에서 사망자 수를 뺀 것을 뜻하는데 대부분 지역에서 사망자 수보다 출생자 수가 많아서 인구는 증가하고 있다.

지구에서 이와 같이 급속한 인구증가와 더불어 경작이 가능한 토지는 점점 감소하고 있는 상황이며 도시에서 농어촌으로 돌아오는 인구는 점차 늘어나고 있다. 그럼에도 불구하고 농수산업에 농사하는 인력은 부족한 상황이다

이러한 상황에서 IT기술이 발전하면서 농수산업의 패러다임이 바뀌고 IT기술을 활용하여 이 문제 또한 극복해 나가고 있다. 경작지가 부족한 문제를 수직농장(Vertical Farm)²⁾으로 해결하고, 극심한 비료 사용으로 인해 토지가 오염된 것은 물고기 양식(Aquaculture)³⁾과 수경재배(Hydroponics)⁴⁾의 융합에 의한 아쿠아포닉스(Aquaponics)⁵⁾에 의해 해결하고 있다.

그리고 농수산업을 관리할 인력이 부족한 문제는 ICT기술을 융합한 스마트농

1) 실시간 세계통계 홈페이지 (<https://www.worldometers.info/>)

2) 도심에 고층건물을 짓고 각층에 농장을 만들어 수경재배가 가능한 농작물을 재배하는 일종의 아파트형 농장

3) 수산업의 한 분야로 인간에게 유용한 수산 생물의 종묘를 만들고 인공적으로 기르는 산업

4) 육상 식물을 토양 없이 양액(영양배지)을 첨가한 물에서 키우는 방식

5) 물고기와 작물을 함께 길러 수확하는 순환형 시스템 방식

장을 개발하여 해결한다. 특히 농업인구는 고령층이 대부분이므로 스마트기술을 통해 귀농업인에게 작물을 훨씬 더 효율적으로 관리할 수 있는 환경을 제공해준다. 이 스마트농장에서는 컴퓨터가 자동으로 작물의 상태를 확인해 주거나 하우스의 환경을 작물에 따라 알맞게 조성해주고 자동수확시스템, 친환경에너지조절시스템 등에 의해 사람의 손길은 점점 줄어들고 있으며 작물은 더 정확히 재배할 수 있다. 이로 인해 소비자와 생산자에게 합리적인 이익을 제공해준다.

농업에서의 스마트농장 뿐만 아니라 수산업에서의 스마트양식장도 최근 활발히 연구되고 있으며 확대되고 있다. 스마트기술을 이용하면 멀리 떨어진 육지에서도 스마트폰으로 양식장의 각종 시설을 작동할 수 있으며 무인 소형잠수정, 수중카메라를 통해 어류의 상태도 실시간으로 확인할 수 있다. 향후 스마트양식장 운영이 활성화되면 인건비, 사료비 등 경비 절감을 통해 경제적 효율성을 크게 높일 수 있고 양식업 종사자의 고령화 및 인력수급 문제도 해결될 것이다.

특히 인공지능(AI)을 활용한 첨단 양식기술을 적용하여 적정량의 먹이를 제때 공급함으로써 사료비 절감과 함께 바다환경 오염도 줄일 수 있다. 이러한 스마트양식장 운영기술이 더욱 발전되면 귀어인구 증가와 청년인력 유입으로 어촌의 고령화·인력수급 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

우리나라에서는 최근 부산시 기장군 일광면에 해양스마트양식클러스터 조성 계획이 있으며⁶⁾ 해외에서는 스마트양식장을 물 위에 플로팅 형식으로 건설하는 사례⁷⁾도 있다. 이와 같이 4차 산업혁명 기술이 인류의 식량문제를 해결하는데 크나큰 역할을 할 것으로 보인다.

현재 우리의 경우를 살펴보면 농협, 동원산업, CJ 등 소수의 대기업들이 유전자 재조합 생물(GMO)로 식량생산을 독점하고 있으며 이는 식량의 생산성 향상에 긍정적이지만 인체에 유해 가능성이 있는 식량이 생산되고 먼 거리 운송 과정에서 많은 이산화탄소 배출, 식품에 화학 물질 사용 증가⁸⁾로 식품의 품질을

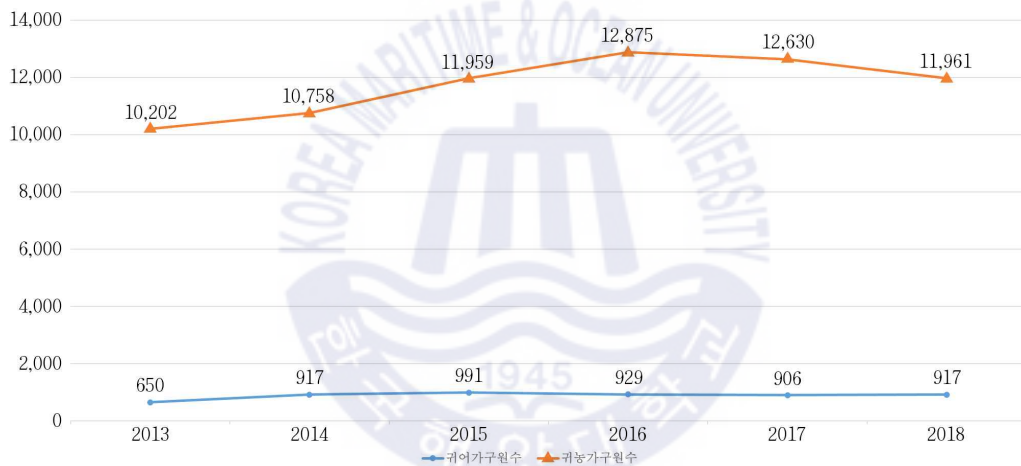
6) 해양수산부(2019), 스마트양식장 조성을 통한 양식산업의 혁신성장 기대

7) Hauge Aqua AS(2018), The Egg

8) 한국교육학술정보원(2018), 환경 문제와 지속 가능한 환경

저하 등 문제가 있다. 이 문제를 최소화하기 위해 우리나라도 2014년도부터 로컬푸드운동⁹⁾을 하기 시작했다. 로컬푸드운동은 반경 50km 이내 지역에서 생산된 먹거리를 그 지역에서 소비하자는 운동으로써 먹거리 안전성 확보, 환경적 부담 경감, 농민 소득 증가 그리고 사회 공동체 형성을 목표로 한다.

또한 우리나라에서 귀농어 가구가 점차 늘어나고 있다. 귀농어인의 증가는 농업 분야에서 경작지 부족 및 토지오염을 일으키게 될 것이다. 이상에서 살펴본 농수산업에 다가올 문제들을 해결하기 위해서는 스마트기술의 적용과 함께 새로운 경작지의 발견과 이 경작지에 맞는 새로운 형식의 농수산시설이 필요하며 이에 가장 효과적인 대안의 하나가 스마트플로팅팜(Smart Floating Farm)이다.



[그림 1-1] 국내 귀농어 가구원수별 귀농어가구 현황¹⁰⁾

스마트플로팅팜은 기후변화에 대응할 수 있으며 농업과 양식업을 동시에 수행할 수 있는 아쿠아포닉스(Aquaponics) 방식으로 새로운 경작지인 수면에서 작물을 생육(재배·양식)할 수 있다. 플로팅팜의 경우 농장을 침수로부터 예방하기 위해 부유식 심토를 이용해 물 위에 떠있는 플로팅농장이 침수되는 지역에서 많이 채택되고 있다. 이 플로팅팜은 물이 있는 곳(강, 호수, 바다 등)이라면 어디든지 설치할 수 있으며 여러 모듈의 조합을 통해 규모를 키워나가고 경우에 따라서 수직농장으로 올릴 수도 있다. 또한 순환형시스템을 이용하여 토질 및

9) 한경닷컴 사전 (<http://dic.hankyung.com/apps/economy.view?seq=8777>)

10) 통계청, 농림어업조사 : 귀농·귀어가구원의 현황

수질 오염도 줄이며 작물을 더 효율적으로 키울 수 있다. 플로팅 구조물을 사용하기 때문에 해수면 상승에도 대응하고 자연재해가 발생할 시 안전한 곳으로 이동할 수 있으며 가뭄으로 인한 피해도 방지할 수 있다. 이러한 플로팅팜은 스마트기술을 적용하면 스마트플로팅팜(Smart Floating Farm)이 되며 이러한 생육 시설을 더욱 발전할 전망이다.

또한 현재 국내 스마트농장은 대부분 토마토, 딸기, 파프리카 등 나무에서 열리는 채소와 과일을 재배하기 때문에 수직농법 적용의 한계가 있다. 따라서 대지면적이 넓어야 하지만 이를 위한 대지를 제공하는데 한계가 있기 때문에 물 위에 설치하는 스마트플로팅팜은 이 문제에 대응하기에 가장 적합하다.

따라서 본 연구는 정보통신기술(ICT), 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 그리고 빅데이터 등 스마트기술을 적용하고 스마트농장, 스마트양식장 그리고 플로팅팜을 융합하여 스마트플로팅팜을 계획하는 것이 목적이다.



[그림 1-2] 스마트플로팅팜 개념

1.2 연구내용 및 방법

1) 연구내용

본 연구의 내용을 살펴보면 먼저 세계 농수산업의 현황과 변화, 4차 산업혁명기술이 농수산업에 미치는 영향 그리고 스마트플로팅팜의 개념, 스마트기술, 디자인 등을 이론적으로 고찰한다. 다음으로 스마트플로팅팜 관련 국내·외 스마트농장 및 스마트양식장 사례, 해수를 이용한 해수온실 사례, 플로팅팜 및 스마트플로팅팜의 사례를 조사한다. 이상의 연구결과를 종합하여 스마트플로팅팜의 시스템유형을 도출하고 해상에 스마트플로팅팜의 시설계획을 실시한다. 스마트플로팅팜의 시스템을 정하고 이에 따라 기본요소를 도출한 후 작물과 어류 생육계획과 그것에 적합한 적용기술을 계획한다. 이를 바탕으로 시설의 입지계획, 플로팅플랫폼계획 그리고 건축계획을 실시한다.

2) 연구방법

(1) 자료 및 문헌고찰

먼저 기초자료를 통해 국내 농수산업의 현황을 분석하고 문헌조사를 통해 농업과 수산업(양식업)에 어떤 변화가 이루어지고 있는지 분석하며 특히 스마트기술이 농수산업에 미치는 영향을 파악하고 스마트플로팅팜의 개념을 연구한다.

(2) 국내·외 사례분석

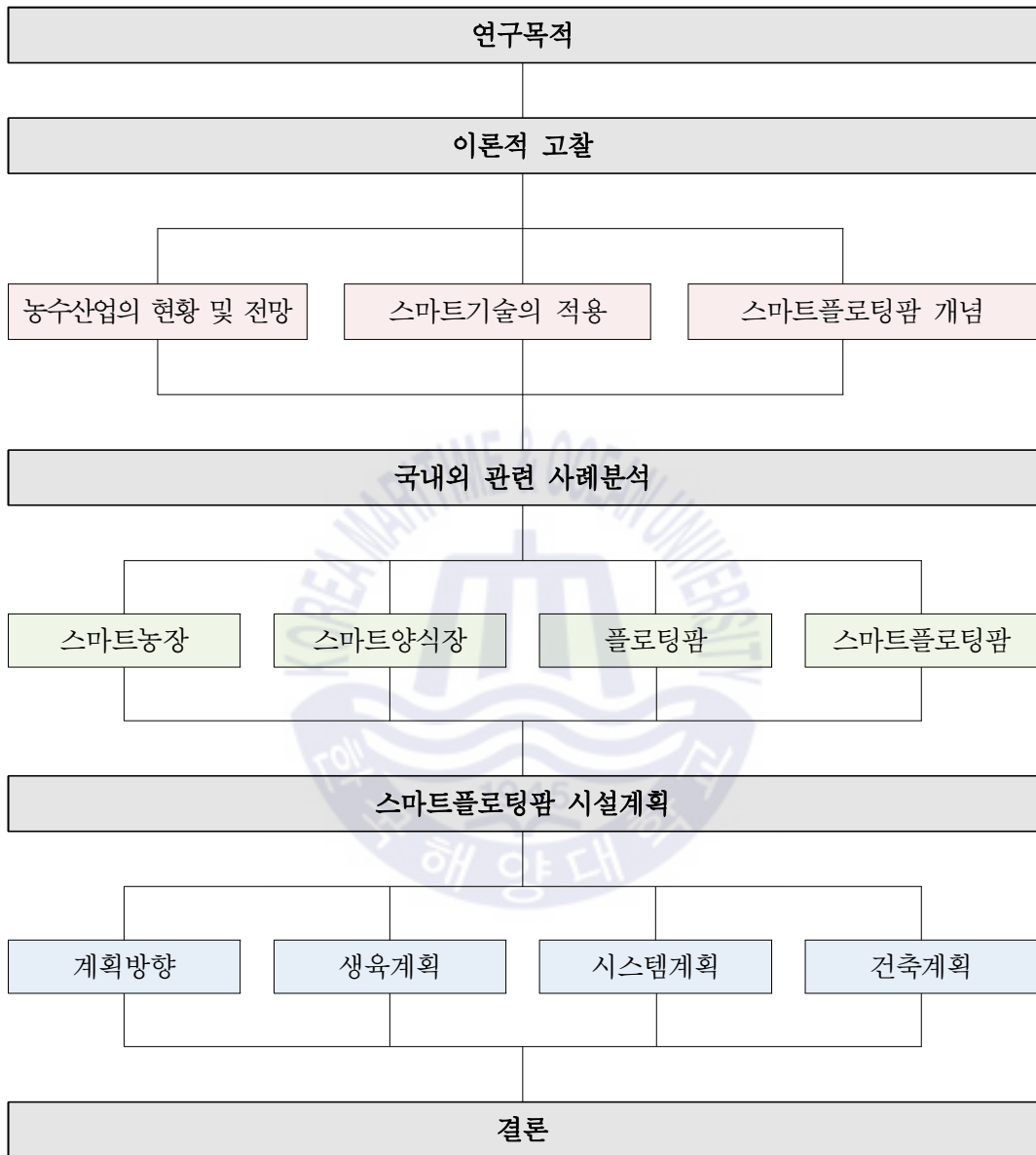
스마트농장과 스마트양식장으로 구분하여 스마트기술(첨단 정보통신기술(ICT), 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 그리고 빅데이터 등)이 적용된 국내외 스마트농장과 스마트양식장 사례를 분석한다. 다음으로는 해수를 이용한 해수농장과 해수온실의 사례를 조사하고 플로팅팜과 스마트플로팅팜의 계획안 및 실제 사례를 분석한다. 이러한 분석을 통해 스마트플로팅팜의 시스템유형을 정한다.

(3) 스마트플로팅팜 시설계획

앞서 고찰한 이론과 분석한 사례를 통해 스마트플로팅팜의 시설계획을 위한 계획방향을 제시한다. 제시된 내용으로 생육계획, 시스템계획 그리고 건축계획으로 구분하여 실시한다. 먼저 생육계획에서는 선정된 어류양식과 재배할 작물의 생육계획을 한다. 다음으로는 생육을 자동화하기 위해 어류양식, 작물재배 그리고 시설 운영을 위한 에너지기술을 선정하고 적용한다. 마지막으로 스마트플로팅팜의 건축계획을 하기 위해 입지선정을 하고 플로팅플랫폼계획 후 건축계획을 실시한다.



3) 연구절차



[그림 1-3] 연구진행 프로세스

제2장 이론적 고찰

2.1. 농업의 현황

농사, 농경이라고도 부르며 땅에 작물의 씨앗을 뿌려 그곳에서 자란 식물의 씨앗이나 열매를 수확 혹은 가축을 길러 먹고 사는 일을 일컫는다. 농업은 인류가 한곳에 정착해 살 수 있는 기반을 만들어준 대표적인 1차 산업이며 인류가 현재까지의 문명을 이루게 해준 1등 공신이다.¹¹⁾

농업은 자연의 혜택을 이용하여 이루어지는 기술적 영위이다. 추위가 심한 한대에서 아한대, 아한대에서 몹시 더운 열대, 비가 많고 습한 몬순, 아시아지대, 비가 적고 건조한 중근동, 아프리카의 사막 지대 등에 이르기 까지 여러 가지 종류와 형태의 농업이 이루어지고 있다. 이와 같이 다양한 농업양식이야말로 각 나라마다 주어진 서로 다른 자연 환경을 배경으로 선조들의 피나는 노력에 의해서 풍토(어떤 지역의 기후, 지형, 지질, 토양, 경관 등을 총칭)와 작물의 조화를 창출해 낸 것이다.

농업의 기본적인 것은 인류가 처음 땅을 갈고 씨를 뿌리며 작물을 돌보고 거두며 그것을 소비하는 것으로 농업을 시작했을 때와 똑 같다. 그러나 넓은 의미의 농업은 농작물의 생산 활동뿐만 아니라 그것의 가공 및 유통활동까지 포함한다. 또 농업은 여기에 농약 제조, 판매, 비료, 농기구, 농기계, 농장소요장치 등의 생산, 소비, 유통활동을 포함한다. 또 농업은 농가 구성 가족의 삶과 농촌마을 주민집단(이런 사회구조가 없으면 농업자체가 불가능함)을 생각해야 하며, 식품제조, 식품영양, 의류가공, 가정관리 등의 영역이 농업에 포함되며 정부의 농정활동, 규제 및 서비스 활동, 농업연구 개발, 지도, 교육, 그리고 상업농을 위한 시장 정보 공급 활동 등도 일종의 농업행위로 보아야한다.¹²⁾

대부분의 인문주의자들이 비관적인 미래상을 제시하는데 비해 자연과학, 기술 주의자들은 미래를 더 진보적, 낙관적 관점에서 바라본다. 어쩌면 고도의 첨

11) [네이버 지식백과] 농업 [agriculture, 農業] (한국민족문화대백과, 한국학중앙연구원)

12) 농촌진흥청 홈페이지 (www.rda.go.kr)

단 과학 기술적 농업형태는 인간생존을 위협하지 않고 오히려 인간생존을 더 풍요하고 편리하며 즐거운 것으로 만들어 줄지도 모른다. 이런 맥락에서 환경 친화적인 생명산업인 농업은 현재보다 더 많이 인간생활 영역과 의식 활동을 지배할 것이며 그 중요성을 견지할 것이다.

과학기술의 진보와 같이하는 농업은 여전히 산업적으로 융성하여 인류가 현재 혹은 미래에 보유하고 있는 모든 가용한 최첨단 과학기술방법으로 인간의 식량을 제공할 것이다. 인류의 역사는 바로 배고픈 자가 먹이를 찾아 헤매는 도정이었다고도 할 수 있다.

1960년대 멕시코에서는 밀, 필리핀에서는 쌀의 신품종을 성공적으로 수확한 후 인도, 브라질 등에서 이를 재배해 생산량이 크게 증가했다. 화학비료, 살충제, 제초제, 기계의 이용이 신품종과 더불어 녹색혁명의 핵심이며 1961~1985년 사이 개발도상국의 곡물생산은 두 배 이상 증가했다. 세계 인구는 1950년부터 2005년 사이 약 50억 명이 증가하였으나 녹색혁명¹³⁾ 이후 인구증가율보다 식량 생산 증가율이 더 빨라 인류 식량 섭취량이 평균 25% 증가했다.¹⁴⁾ 우리나라에서는 1970년대 초 한국 실정에 맞는 통일벼 신품종 육성 성공 및 다양한 품종 개발로 1977년 ‘녹색혁명 성취’ 선언했다.

1800년 유럽 남성의 65~80%가 농업에 종사하였으나 잉글랜드의 경우 농업 생산성의 급속한 성장으로 남성의 40%만이 농업 종사자였으며 이에 따라 더 많은 노동자가 지방의 제조업에 진출하고 최초로 산업화한 국가가 됐다. 농업 생산성이 향상되어 인구보다 식량 공급이 더 빨리 늘어나야 인구의 일부가 농업이 아닌 부가가치가 더 높은 산업으로 전환이 가능하다.

한국 산업 구조전환의 원동력은 농업이다. 한국의 농업과 비농업의 실질 GDP연평균 성장률을 투입요소와 함께 살펴보면 비농업부문 성장의 주된 원인은 농업에서 빠져나간 생산요소 투입이고 농업부문 성장의 주된 요인은 생산성 향상이다. 산업화에 성공한 국가들의 산업화 정도는 수렴해 왔으며 한국은 산업화 속도가 빨라 구조전환과 경제발전을 압축적으로 경험할 수 있다. 또한 산

13) 개발도상국의 식량생산력의 급속한 증대 또는 이를 위한 농업상의 여러 개혁을 일컫는 말

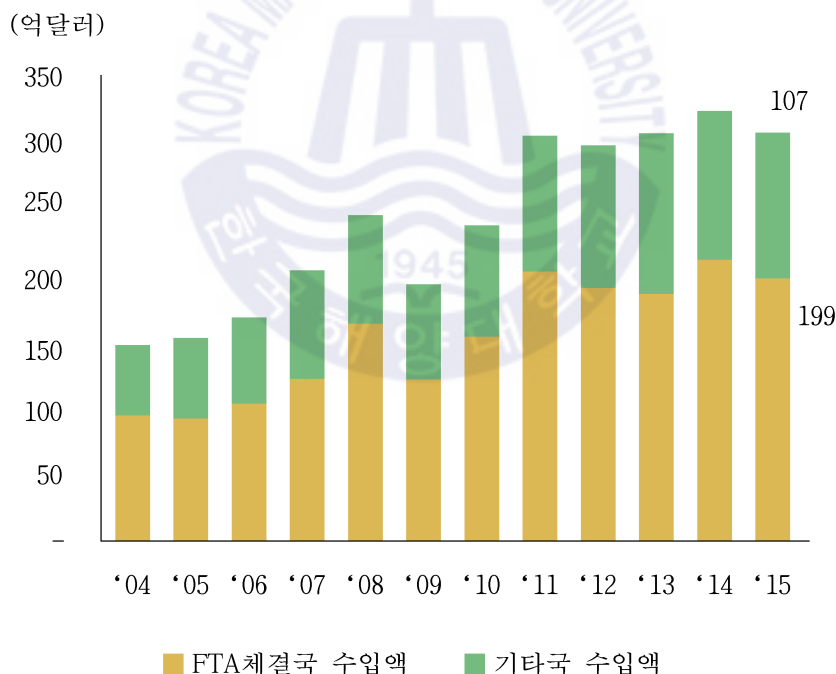
14) Conway, Gordon(1998), "The Doubly Green Revolution: Food for All in the Twenty-first Century"

업화가 진행되며 노동인구가 농업에서 비농업으로 이동하고 농업의 실질 GDP 비중이 줄어드는 패턴은 어느 국가나 동일하다.¹⁵⁾

관련 한국 농업의 현주소를 알아보면 다음과 같다 :

1) 농산물 시장 개방 이후 국내 자급률 하락

한국은 2004년 한·칠레 FTA를 시작으로 현재까지 총 54개국과 FTA 체결하고, 농산물 개방시대를 맞이하였으며 FTA 체결국과의 농산물 무역거래는 지속적으로 증가하다 2011년부터 안정세를 찾았다.¹⁶⁾ 농산물 수입액은 2004~2010년 연평균 8.4% 증가하다 2011년부터 약 307억달러 수준에서 증감을 반복하였고 축산물과 과일이 전체 농산물 수입 증가를 견인하고 있으며 반면 수출액은 수입액의 20% 수준에 달한다.

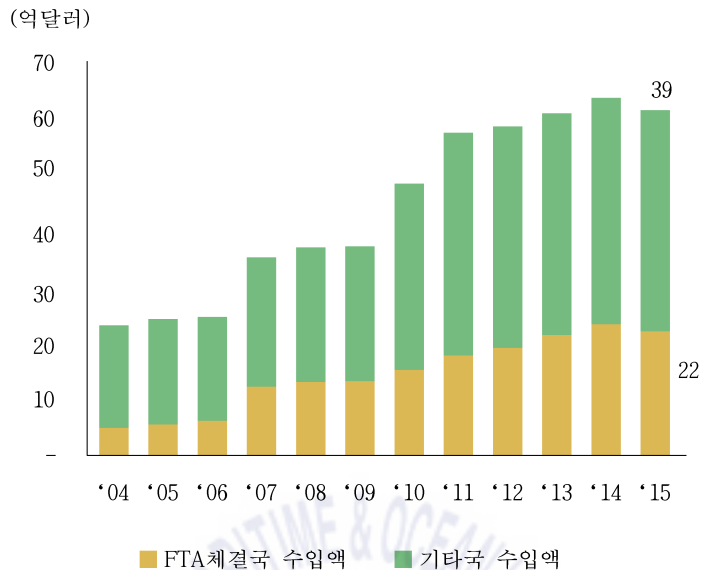


[그림 2-1] 농산물 수입 구조의 변화¹⁷⁾

15) 정혁(2015), 농업부문 개발과 구조전환을 통한 한국경제 발전, KDI 연구보고서 2015

16) 지성태·이현근·이수환·유정호(2016), FTA 이행에 따른 농산물 수입구조 변화와 정책과제

17) 지성태(2016), FTA 이행에 따른 농산물 수입구조 변화와 정책과제



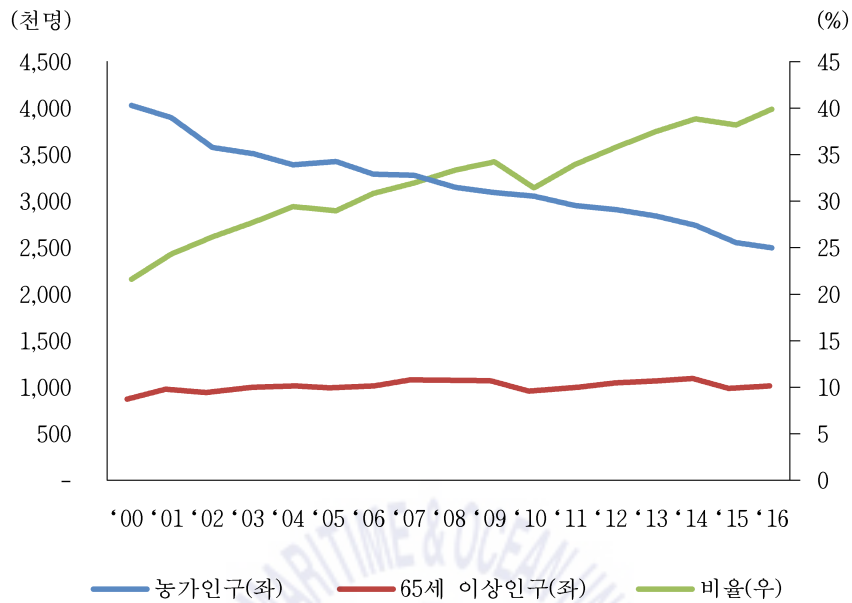
[그림 2-2] 농산물 수출 구조의 변화¹⁸⁾

2016년 기준 식량자급률은 50.9%, 곡물 23.8%, 사료제외 곡물 자급률 48.4%에 달한다. 소비 증가 추세인 육류와 과일의 자급률 또한 국내생산 증가에도 불구하고 수입량 증가 속도가 빨라 자급률은 하락하는 추세다. 대체 식품의 소비 확대로 쌀 소비량은 2000년대 들어 연평균 2.6% 감소하고 재고량은 확대 추세에 있어 재고 조기감축과 쌀 시장 안정 도모를 위해 2016양곡년도에 처음으로 재고미 91천톤을 사료용으로 이용하기 시작했다.

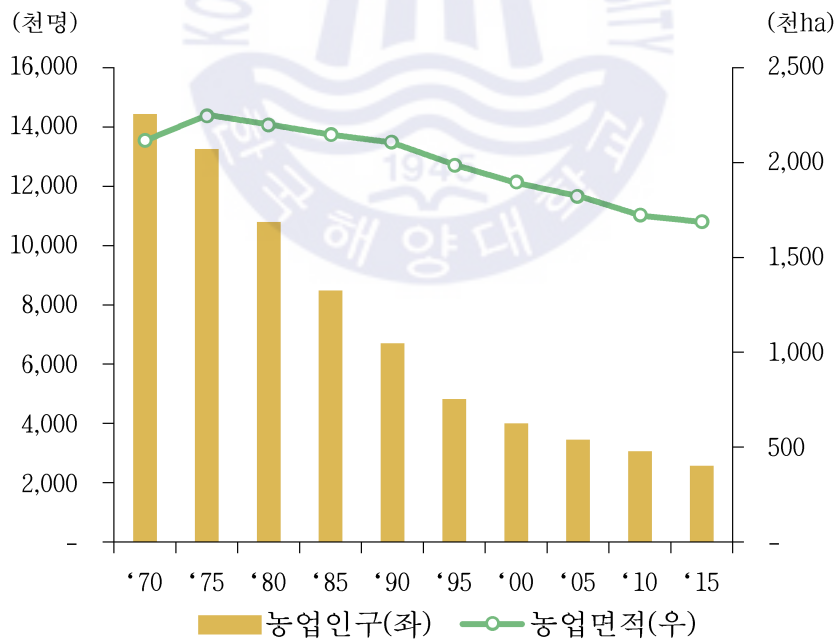
2) 농가인구는 고령화되고 농지면적이 감소한 반면 농업생산비 증가

농가인구의 감소, 65세 이상 인구 증가로 농업 인력 유지 및 재생산 가능성이 매우 불투명하며 고령 농가에 대한 복지 필요하다. 우리나라는 세계에서 가장 빠르게 고령화되어 2017년 8월 인구의 14%가 65세 이상인 고령사회 진입했다. 농촌은 이보다 훨씬 더 심각해 농가인구 중 65세 이상 인구비중이 40%가 넘어 신규 취농 인구를 확보하지 않으면 농업 인력 유지가 어려운 수준이다. 고령 농가에 대한 복지정책과 더불어 농업경영자원 이양 및 신규 취농 인구에 대한 적극적인 지원 필요한 전망이다.

18) 지성태(2016), FTA 이행에 따른 농산물 수입구조 변화와 정책과제



[그림 2-3] 농가인구 중 65세 이상 인구비중¹⁹⁾

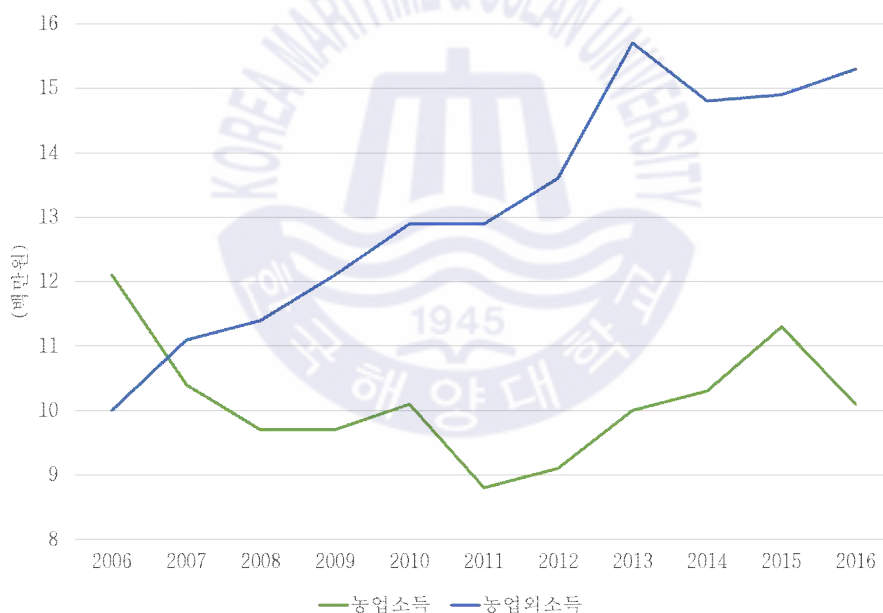


[그림 2-4] 농업인구와 농업면적 추이²⁰⁾

19) 통계청, 농림어업조사 : 연령 및 성별 농가인구 자료 제작성

2016년 경지면적은 1,667천ha로 1990년(2,109천ha)에 비해 28.3% 축소됐고 논 면적은 1,345천ha(1990) → 896천ha(2016년)으로 50% 감소했다.

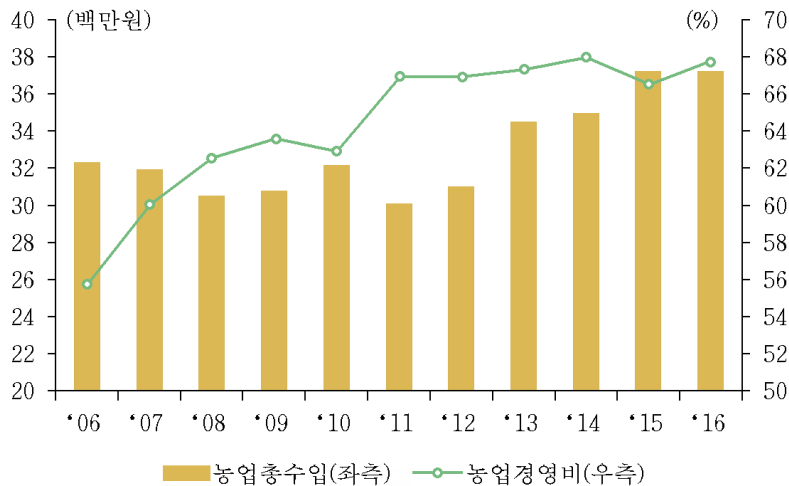
농가소득에서 농업소득보다 농업외 소득 비중이 확대되었고 인건비 인상 등으로 인한 농업 경영비 상승으로 도·농간 소득격차 커졌다. 2007년을 기점으로 농가소득에서 농외소득이 농업소득을 추월하고 2007년 농업소득은 10.4백만원, 농외소득 11.1백만원에 달했다. 농업총수입 대비 경영비 비중은 55.8%(2006년)에서 67.8%(2016년), 농가소득(백만원)은 32.3(2006년)에서 37.2(2016년)로 상승했다. 반면 도시근로자 가구소득(백만원)은 41.3(2006년)에서 58.6(2016년)로 상승하였지만 도시가구 대비 농가소득은 78.2%(2006년)에서 63.5%(2016년)로 감소하였다.



[그림 2-5] 농업 및 농업외 소득 추이²¹⁾

20) 통계청, 농림어업조사 : 연령 및 성별 농가인구; e나라지표, 경지면적 추이 자료 제작성

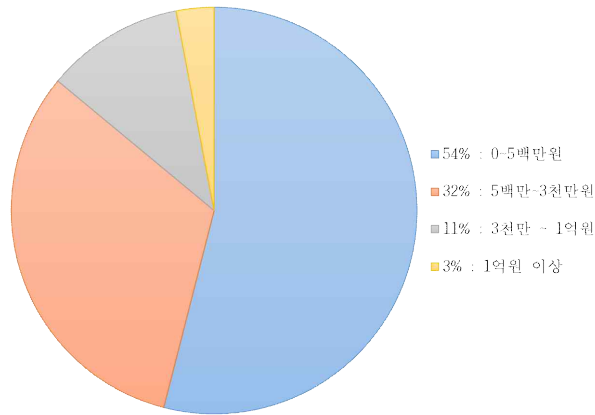
21) 통계청, 농가경제조사 : 농업총수입 자료 제작성



[그림 2-6] 농업수입 및 경영비 비중 추이²²⁾

또한 농가수가 줄면서 농가당 경지규모가 확대되고 있고 농업 전문경영인 또한 증가하는 추세다. 농가인수 감소 속도가 경지면적의 감소속도보다 빨라 2016년 농가호당 경지면적은 1.56ha, 농가인구 당 경지면적은 3.3ha로 각각 전년대비 0.9%, 1.3% 증가하며 상승하고 있는 추세다. 3천만원 이하의 자급형 농가가 86%를 차지하고 있으나 농축산물 판매소득 3천만원 이상 농가 비중이 2010년 12.9%에서 2015년 14.0%로 증가하였으며 농축산물 판매소득 1억원 이상 농가수도 동 기간 동안 12.3% 증가하고 있다.

22) 통계청, 농가경제조사 : 농업총수입 자료 재작성



[그림 2-7] 한국 농가: 농축산물 판매금액별 구분²³⁾

2.1.1. 농업기술의 발달²⁴⁾

농업의 주요 역할은 식량의 생산 공급이다. 의·식·주 가운데 의와 주는 근래에 이르러 화학공업의 발달로 농업 이외의 분야에서 크게 해결되었지만 식량만은 여전히 농업에 의존해야 하는 인류의 생존에 절대적인 필수품이다.

농업은 원래 자급용 식량을 생산할 목적으로 이루어졌지만 점차 생산물을 다른 생활필수품과 교환을 하게 되었고 상품성을 부여함으로써 상업을 발생하였으며 그에 따라 수송 및 교역을 위한 철도 및 해운 등의 발달을 가져오게 되었다. 공예작물이나 축산물 등은 공업원료를 생산 공급함으로써 공업의 일부를 성립시켰다.

농업은 또한 자연환경·국토보전의 중요한 역할을 한다. 자연환경문제는 동·식물·토양·대기·물·일광 그리고 공해문제까지 포함한다. 농지 이용과정에서 자연적 작용에 의한 홍수·풍수해·조수·산사태 등과 불충분한 농토관리에서 오는 토양의 침식, 경지의노후화, 공장폐수 및 가스의 피해 등 토양의 황폐화와 불가분의 관계에 있으며 환경파괴는 심각한 사회문제로 부각되고 있다. 따라서 댐·하천·저수지 등의 조성 및 정비, 농지의 침식방지를 위한 각종 공

23) 통계청, 2015년 농림어업총조사 : 농축산물 판매금액별 농가 자료 재작성

24) [네이버 지식백과] 농업의 역할 (두산백과)

사, 사방공사, 용수 및 배수시설 정비 등 농지와 농업용 시설, 그리고 식생(植生) 등은 각종 재해발생을 예방하여 농업생산의 유지향상에 이바지하는 동시에 국토보전이나 국민생활의 안정에 큰 역할을 하게 된다. 또한 임목의 육성은 임산물을 생산할 뿐만 아니라 각종 자연재해를 막아줌으로써 국토의 보존을 도모할 수 있다.

지구상에는 현재 100만여 종(種:species)의 생물이 생존하고 있으며 이와 같은 생물종의 다양성은 자연계의 조화를 유지하고 평정을 이루는 데 중요한 역할을 한다. 그러나 인구의 증가와 인류 생활의 필요성에 따라 자연을 개발하게 됨으로써 야생 동식물은 그 생존공간영역이 제한되고 많은 생물의 종이 점차 수적인 감소를 초래하거나 없어지게 되었다. 한편 인류는 생활에 필수인 생물 생산 물자를 확보하기 위하여 야생의 동·식물에서 유용한 것을 선택하여 작물로 육성 재배하고 가축으로 훈치 사육하는 등 인간과 공존함으로써 그들이 종족을 유지하고 번식시켜왔다. 따라서 다른 야생의 동식물은 인간에 의하여 희생되는 일이 없었다.

또한 농업이 발달하고 새로운 우량품종들이 육성 보급됨에 따라 재래의 작물이나 가축이 지니고 있던 유전자형(遺傳子型)이 소실됨으로써 유전적인 다양성이 점차 감소되어 왔다. 그리하여 작물이나 가축의 환경변동에 대한 적응성과 안정성이 떨어지게 되며 이에 대처하기 위해서는 다양한 유전자원을 보전하여야 한다. 생물의 오랜 진화과정에서 육성되어 온 유전자는 매우 귀중한 재산이며 이 재산은 한번 지구상에서 소멸되면 다시 나타나는 일은 극히 드물다.

생활환경의 정화 및 쾌적한 생활환경의 조성 기능을 갖는다. 농업의 주 대상인 녹색식물은 광합성을 통하여 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출하여 공기를 정화하는 기능을 갖고 아황산가스 SO₂의 흡수나 부유 먼지의 흡착도 이루어진다. 특히 산림의 맑은 공기는 하강기류가 되어 산림 밖으로 유출되고 고온으로 인하여 상승기류가 되는 도시의 오염된 공기와 교체되어 도시의 대기를 정화한다. 또한 농업에 있어서도 각종 미생물이나 광합성 균에 의한 노처리, 뿌리혹박테리아에 의한 질소의 고정 공급 등 오염의 방제, 주거환경의 개선, 자연환경의 보전 등에 크게 기여한다.

2.1.2. 농업의 전망

농촌은 풍부한 자연, 아름다운 경관, 품격 높은 문화적 자원을 가진 우리가 포기할 수 없는 국토의 일부이다.

농촌의 현실은 상대적으로 어려운 측면이 있지만 아름다운 환경과 경관, 잊혀져가는 전통과 품격 높은 문화 등 상대적으로 풍요로운 어메니티 자원을 보유하고 있는 곳이기도 하다. 그래서 희망과 가능성이 넘치는 곳이다. 이는 최근 도시민들의 농촌 지향형 수요 속에 반영되어 구체화되고 있다.

농촌 지향형 수요는 체재형 수요와 정주형 수요로 구분된다. 체재형 수요란 ‘5도2촌’ 형태로 사는 곳은 도시이지만 주 1~2일 정도는 농촌에 머무는 거주 형태이다. 정주형 수요는 도시에서 농촌으로 이주하는 형태의 수요를 말한다.

가. 체재형 수요 : 농촌관광 산업화

도시민의 농촌 체재형 수요의 증대는 농촌관광 수요를 통해 파악할 수 있다. 이미 각종 대중매체 등에 의해 확인되고 있듯이 농가에서 머물며 농촌의 자연, 문화, 농업 등을 체험하는 관광수요는 확연하게 증가하는 추세이다. 넓은 의미의 농촌관광 수요는 2005년 15%에서 2010년 20.5%로 확대될 것으로 전망되고 있다. 프랑스에는 현재 농촌관광이 국내관광의 절반정도를 점유하고 있다. 우리나라의 경우도 소득수준의 증가와 함께 2030년에는 45%까지 증가할 것으로 기대된다.

[표 2-1] 농촌관광 수요 전망²⁵⁾

	국내여행 인구총량(A)	넓은 의미의 농촌관광 ²⁶⁾ 인구(B)	비중(B/A)	좁은 의미의 농촌관광 ²⁷⁾ 인구(C)	비중(C/A)
2005	25,779	3,867	15.0	464	1.8
2010	27,848	5,708	20.5	801	2.9
2015	29,414	8,426	28.6	1,308	4.4
2020	31,067	12,438	40.0	2,136	6.9
2030	59,468	27,102	45.6	5,692	9.6

우리나라의 농촌관광도 유럽과 같이 단순한 도농교류에서 체류형 관광으로 발전하는 경향을 보이고 있다.

나. 농촌 정주형 수요

도시민을 대상으로 농촌 정주형 수요를 조사한 결과 향후 농촌에 이주할 의향이 있다는 도시민이 전체의 56.1%로 나타났다(농촌경제연구원, 2005). 농촌 이주를 희망하는 도시민 중에서 5~6년 이내에 농촌 이주를 희망하는 경우가 전체의 21%에 달하고 10년 이내에 농촌 이주를 희망하는 이들도 33%에 이르는 것으로 나타났다.

도시민들이 계획대로 10년 이내에 농촌으로의 이주를 실행한다면 우리나라의 경우도 서구의 경험처럼 역도시화(counter-urbanization)가 실현될 것으로 전망된다. 2005년 기준으로 농촌 인구는 18.5%로서 현재 추세대로 농촌인구가 감소한다면 2015년 14.8%까지 더욱 감소할 가능성이 있지만, 도시민의 농촌 이주가 실현되는 경우 농촌 인구는 22.7%로 증가할 가능성도 있다.

농촌 이주 시 선호하는 지역의 유형으로는 52.6%가 ‘자연경관이 좋은 지역’이라고 응답하였으며, 다음으로 ‘산업 활동이나 사업 여건이 좋은 지역(14.8%)’을 선호하였다. 이는 농촌의 매력 요인이 도시와는 다른 풍부한 자연과 농촌다움에 있음을 실감케 하는 결과이다.

다. 스마트농업의 보편화

사물 인터넷, 빅데이터, 인공지능 등의 기술을 이용하여 농작물, 수산물 등의 생육 환경을 적정하게 유지·관리하고 PC와 스마트폰 등으로 원격에서 자동 관리할 수 있어 생산의 효율성뿐만 아니라 편리성도 높일 수 있다.

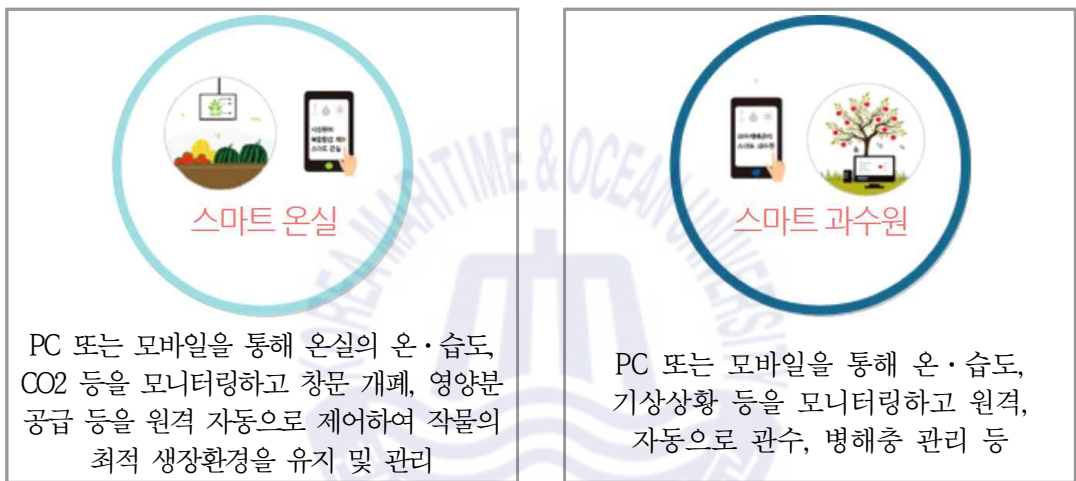
ICT기술을 활용한 스마트농장 기술을 통해 환경 정보(온도·상대습도·광량·이산화탄소·토양 등) 및 생육 정보에 대한 정확한 데이터를 기반으로 생

25) 한국농촌경제연구원(2007), 농업부문 비전 2030중장기 지표개발, p78 인용

26) 넓은 의미의 농촌관광이란 자연휴양림, 펜션 등 농촌의 각종 휴양시설 방문, 농촌지역 축제 참가 등을 포괄하는 농촌 방문을 통한 관광을 말한다.

27) 좁은 의미의 농촌관광이란 농촌관광마을 방문, 농촌체험활동 참가 등에 국한한 개념이다.

육 단계별 정밀한 관리와 예측 등이 가능하여 수확량, 품질 등을 향상시켜 수익성을 높일 수 있다. 또한 노동력과 에너지를 효율적으로 관리함으로써 생산비를 절감할 수 있다. 예를 들면 기존에는 작물에 관수할 때 직접 밸브를 열고 모터를 작동해야 했다면 스마트농장에서는 전자밸브가 설정값에 맞춰 자동으로 관수를 한다. 스마트농장은 농산물의 상세한 생산 정보 이력을 관리할 수 있어 소비자 신뢰도를 높일 수 있다. 스마트농장은 응용 분야에 따라 스마트 온실과 스마트 과수원 등의 이름으로 사용되고 있다.



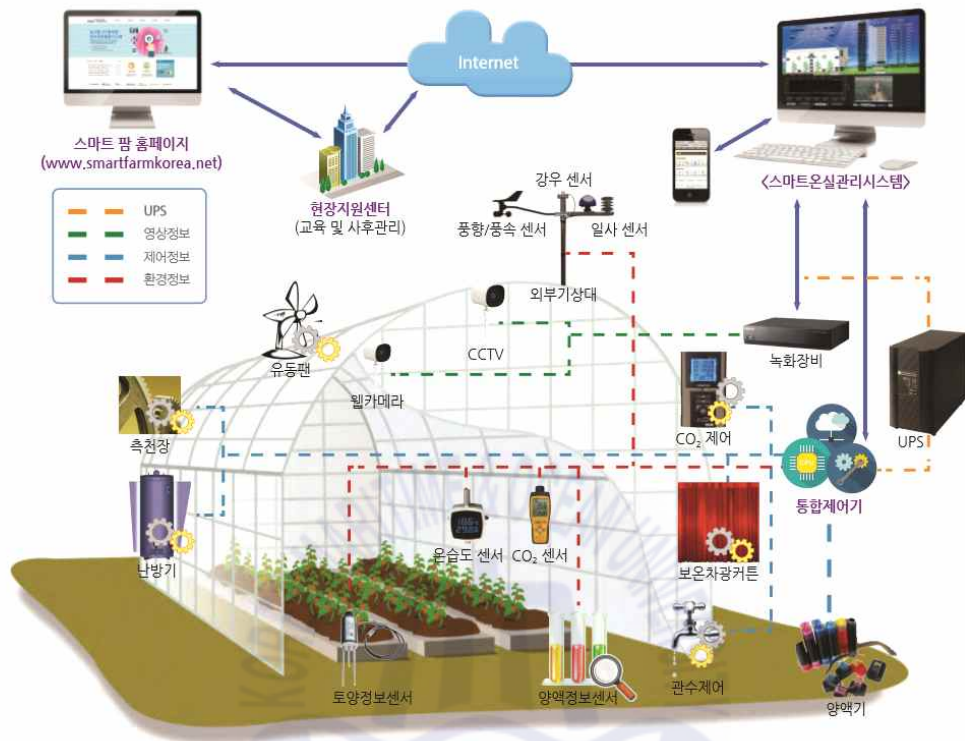
[그림 2-8] 스마트농장 운영원리

1) 시설원예분야 구성²⁸⁾

시설원예는 시설물을 세우고 모든 재배환경을 인위적으로 조절하여야 하므로 자본집약적인 면은 있으나 작물재배에 가장 중요한 수분·온도·광선·영양분 등을 조절할 수 있으므로 출하시기를 조절할 수 있는 장점이 있다. 따라서 시설원예는 최근 점차 널리 보급되어 새로운 원예산업으로까지 육성·발전되고 있다.

스마트팜은 시설원예분야를 PC 또는 모바일을 통해 온실의 온습도, 이산화탄소 등을 모니터링하고 창문 개폐, 영양분 공급 등을 원격자동으로 제어하여 재배하는 작물의 최적 생육환경을 유지 관리할 수 있다.

28) 스마트팜 홈페이지(<https://www.smartfarmkorea.net/>)



[그림 2-9] 스마트온실 구성도

2) 과수분야 구성²⁹⁾

과수원 경영합리화를 위해서는 생물학적 최신�기술을 활용해야 하고, 생력재배(省力栽培)를 위해서는 살충제·살균제·제초제, 여러 호르몬제 등 많은 화학약제 사용과 경운(耕耘)·약제살포·운반·전정·수확 등에 각종 농기구가 개발 이용되고 있다. 그러므로 과수원이란 단순히 과수가 심겨진 밭을 뜻하는 것이 아니라 이상의 관리와 경영이 담겨진 밭이어야 한다.

따라서 이것을 PC 또는 모바일을 통해 온습도, 기상상황 등을 모니터링하고 원격으로 관수, 병해충 관리 등이 가능하다

29) 스마트팜 홈페이지(<https://www.smartfarmkorea.net/>)

2.2. 양식업의 현황

우리나라에서 양식업은 주로 전남지역과 경남지역을 중심으로 이루어지고 있는데 2009년의 경우 총 양식생산량의 61.4%를 전남지역에서 생산했고 25.1%를 경남지역에서 생산했다. 그런데 양 지역의 양식생산량 격차는 해가 갈수록 벌어지고 있는데 그동안 경남지역은 어류와 패류, 기타 수산 동물을 중심으로 양식을 해 온 반면 전남지역은 다소 늦게 어류양식을 시작했으나 생산량은 오히려 더 많아졌고 특히 김이나 전복의 먹이가 되는 미역과 다시마의 양식생산량을 꾸준히 유지하고 있기 때문이다.

[표 2-2] 연도별, 지역별 양식생산량³⁰⁾

단위 : 천 톤

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018
전국	1,515	1,546	1,667	1,872	2,315	2,250
전남	1,057	1,028	1,163	1,333	1,709	1,677
경남	281	337	344	359	377	366
기타	177	181	160	180	229	207

전 세계 수산물 생산량은 지난 5년간 지속적으로 상승해왔다. 1인당 평균 수산물 소비량은 9.9kg(1960년)에서 19.2kg(2012년)으로 상승하였으며 수산물 공급량은 연 평균 3.2%씩 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이는 세계 인구성장률 1.6%를 상회 하는 수치로 그 원인은 인구증가 및 소득증가, 도시화, 유통경로의 효율화, 그리고 수산물 생산량 확대에 의한 것이다.

중국은 전 세계 수산물 생산량 증가에 가장 크게 기여하고 있는 국가로 수산물 생산량(특히 양식 생산량) 증가세가 두드러지게 나타나고 있다. 중국의 1인당 수산물 소비량은 1990년에서 2010년 사이 연 평균 6%씩 증가하여 2010년에는 35.1kg을 소비한 것으로 나타나 타 국가에 비해 소비규모가 매우 큰 것을 알 수 있다.

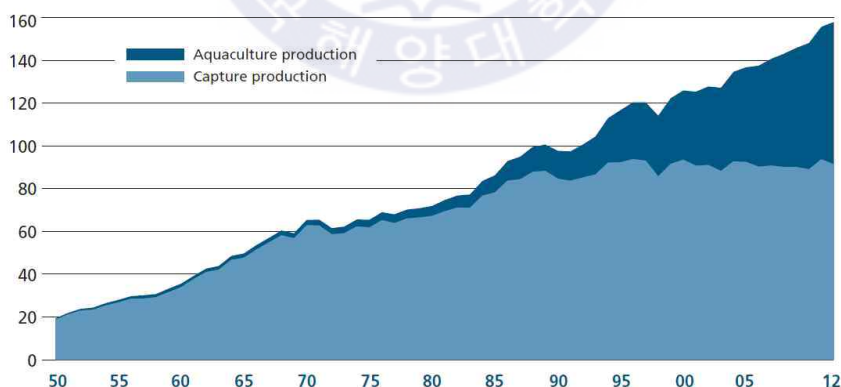
중국 외 국가의 1인당 연 평균 수산물 공급량은 13.5kg(1990년)에서

30) 통계청, 어류양식동향조사 : 시도·시군구별 양식현황 총괄 자료 제작성

15.4kg(2010년)으로 상승하였다. 세계 양식 생산량 또한 지속적으로 상승하여 90.4백만 톤(2012년)으로 총 수산물 생산량 158백만 톤 중 42%를 점유한 것으로 나타났다.

총 수산물 생산량 중 양식 수산물이 차지하는 비중은 13.4%(1990년)에서 25.7%(2000년), 42%(2012년)로 증가하였다. 이 중 어류³¹⁾는 66.6백만 톤, 해조류는 23.8백만 톤을 생산한 것으로 나타났으며 비식용물³²⁾ 생산량(22,400톤)을 더하면 전체 양식 수산물 생산량은 더욱 상승했다.

2013년 기준 어류양식 생산량을 살펴보면 전년대비 5.8% 상승한 70.5백만 톤이 될 것으로 전망하고 있으며 이 중 조류(김) 생산량은 26.1백만 톤이 될 것으로 예상된다. 실제 2013년 중국 양식 생산량을 살펴보면 어류 43.5만 톤, 해조류 13.5만 톤으로 전년과 비교하였을 때 증가한 것을 알 수 있다. 세계 양식 수산물 생산량 증가율 또한 상승세로 2000년~2012년 사이 연평균 증가율은 6.2%로 나타났다. 1980년~1990년 양식 수산물 생산량은 연평균 10.8% 증가하였고 1990년~2000년에는 9.5% 증가한 것으로 나타나 10년 주기 연평균 증가율은 다소 감소한 것으로 나타났지만 1980년~2012년간의 연평균 증가율인 8.6%는 의미 있는 수치다.



[그림 2-11] 어업 및 양식 생산 추이³³⁾

31) “어류”는 인간이 소비할 수 있는 식품으로서 생산된 어류, 갑각류, 연체동물, 양서류, 민물거북 및 기타 수생동물(해삼, 성게, 명게, 식용 해파리 등)을 뜻함

32) 비식용물은 진주, 조개 등과 같은 장식용 상품을 말함

[표 2-3] 세계 수산물 생산 및 소비 동향³⁴⁾

(단위: 백만 톤, 십억 명, kg)

구분		2007	2008	2009	2010	2011	2012
어업	내수면	10.1	10.3	10.5	11.3	11.1	11.6
	해수면	80.7	79.9	79.6	77.8	82.6	79.7
	소계	90.8	90.1	90.1	89.1	93.7	91.3
양식	내수면	29.9	32.4	34.3	36.8	38.7	41.9
	해수면	20.0	20.5	21.4	22.3	23.3	24.7
	소계	49.9	52.9	55.7	59.0	62.0	66.6
생산 합계		140.7	143.1	145.8	148.1	155.7	158.0
소비	식용	117.3	120.9	123.7	128.2	131.2	136.2
	미식용	23.4	22.2	22.1	19.9	24.5	21.7
	인구수	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1
	1인당 소비량	17.6	17.9	18.1	18.5	18.7	19.2
소비 합계		140.7	143.1	145.8	148.1	155.7	157.9

2.2.1. 양식업기술의 발달³⁵⁾

우리나라 양식업은 1970년대부터 김, 미역 등 해조류와 굴 등 패류양식이 발달하였고 1980년대에는 피조개 등 패류양식 품목이 확대되었고 어류양식이 시작됐다. 1990년대에 들어서는 넙치와 조피볼락을 중심으로 어류양식업이 본격적으로 발달하기 시작하였고 2000년대 전반에 들어서는 전복의 대량생산과 함께 어류양식의 파동이 발생했다.

어류양식의 파동은 그동안 경남지역에서 주로 이루어지던 조피볼락의 양식이 전남지역으로 확대되어 양식생산량이 크게 증가하였으나 중국산 활어의 수입 역시 크게 증가하여 공급이 일시에 급증했기 때문이다.

그리고 2000년대 후반에 들어서는 양식품목이 점차 다양해지고 외해가두리 양식까지 보급되었으며 안전한 양식수산물에 대한 생산 및 어장환경 개선에 대한 요구가 증가하고 있다.

33) 통계청, 어업생산통계 및 어류양식현황조사 자료 제작성

34) 통계청, 어가경제조사 : 어업수입 및 지출 자료 제작성

35) 농림수산물기술기획평가원(2010), 우리나라 양식업의 현황 및 R&D 동향과 전망

양식업의 발전은 양식생산 기술의 발전과 더불어 양식생산 기반이 확충됨으로써 가능하였는데 양식면허 건수와 면적은 2000년대에 들어서도 계속 증가하고 있다. 양식면허 건수는 2005~2018년간 12,084건에서 11,018건으로 8.8%가 감소했지만 양식면허 면적은 동 기간 143,164ha에서 152,456ha로 6.5%가 증가했다. 건수 면에서는 해조류의 감소율이 -6.7%로 가장 컸고, 패류는 5.4%, 그리고 어류는 4.2%가 감소했다.

면적 면에서는 해조류는 28.2% 증가했지만 패류는 12.5%, 어류는 25.5%가 감소했다. 이렇게 면허건수나 면적의 증가는 패류 경우 전복의 증가가, 해조류 경우 미역의 증가가 주원인이 되고 있는데 고가품목인 전복의 양식 기술이 개발되어 양식이 보편화됨에 따라 전복의 먹이인 미역 역시 수요가 동시에 증가하였기 때문이다.

한편 2018년을 기준으로 할 때 품목별 양식면허 건수의 비중을 보면, 패류가 67.92%로서 가장 높고 그 다음이 해조류(18.58%), 어류(13.5%) 등의 순서를 보이고 있다. 반면 품목별 양식면허 면적의 비중은 해조류가 58.46%로 가장 높고 그 다음 패류(37.23%), 어류(4.3%) 등의 순서를 보이고 있다.

[표 2-4] 연도별 양식면허 건수와 면적³⁶⁾

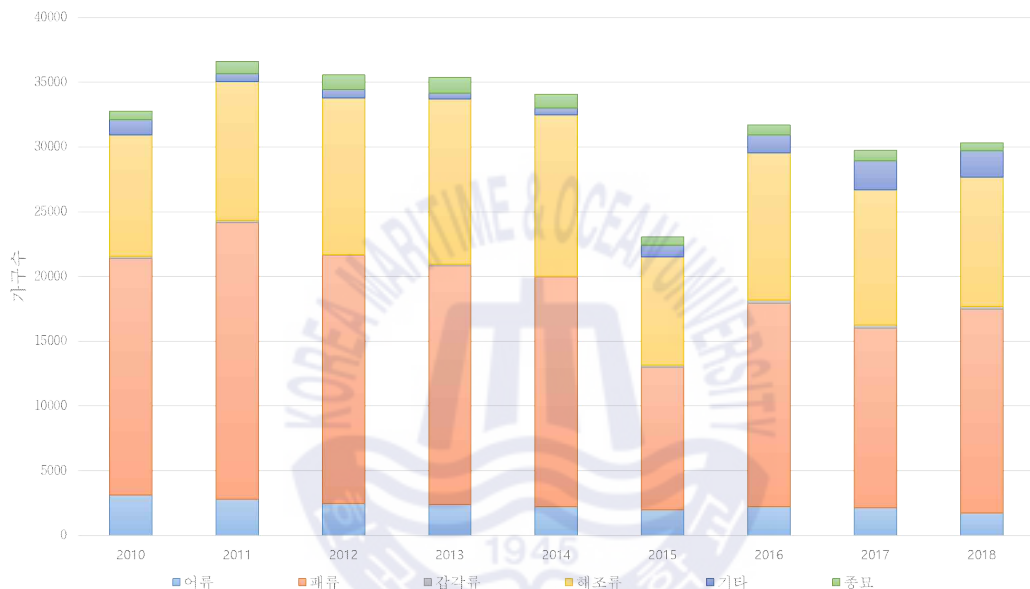
단위 : 건, ha

구분	2005		2010		2015		2018	
	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적
전체	12,084	143,164	12,737	157,485	12,727	167,081	11,018	152,456
해조류	2,194	69,503	2,709	82,019	2,735	89,654	2,047	89,130
패류	7,914	64,867	8,060	64,664	8,033	64,055	7,483	56,772
어류	1,976	8,794	1,968	10,802	1,959	13,372	1,488	6,554

2010년 이후 양식가구 수는 지속적으로 감소하고 있으며 2018년 양식가구 수는 약 2만 2천 6백호로, 2000년에 비하여 6.0% 줄었고 전체 어가에 대한 양식 어가의 비율은 2004년까지는 감소하다가 그 이후 증가 추세에 있으며 2009년에는 전체 어가의 32.6%를 차지했다.

36) 통계청, 농림어업조사 : 품종별 양식어업권 면허 자료 제작성

품종별 양식 어가구수를 보면 패류양식이 가장 많아 전체 수산업 어가의 45~60%를 차지하고 있으며 2006년까지 증가하다가 다시 약간 감소하는 추세를 보였다. 다음은 해조류 양식어가로 2001년 41.7%로 가장 높은 점유율을 보인 후 감소하여 2005년 26%로 최저치를 기록한 후 2009년까지 30% 내외를 유지하고 있다. 어류 양식어가는 2003년까지 10% 내외의 점유율을 보인 후 감소하여 5~6%를 점유하고 있어 양식어가의 주요 양식품종 중 가장 낮은 비율을 보인다.



[그림 2-12] 품종별 양식 어가구 수 점유율 추이³⁷⁾

양식생산량은 그동안 계속 증가해 왔는데 최근 다른 어업부문에서는 생산량 증가가 미미하거나 감소하고 있음에도 불구하고 양식부문에서만 증가세가 계속되고 있다. 즉 2013~2018년 간 어업 총생산량은 3,135천 톤에서 3,791.1천 톤으로 20.9%가 증가했고 양식생산량은 동 기간 무려 48.5% 증가했다는 것이다.

반면 일반 해면어업은 동 기간 3.08% 감소하고 원양어업은 10.34%가 감소했음을 볼 때 우리나라 어업생산량 감소는 양식생산량 증가에 그 원인이 있다고 할 수 있다. 특히 양식생산량이 일반 해면어업 생산량을 초과하기 시작하였고 이러한 추세는 최근까지 계속되고 있으며 앞으로도 계속 될 것으로 예상된다.

37) 통계청, 농림어업조사 : 어업종사가구원수별 어가 자료 제작성

[표 2-5] 연도별, 어업부문별 생산량³⁸⁾

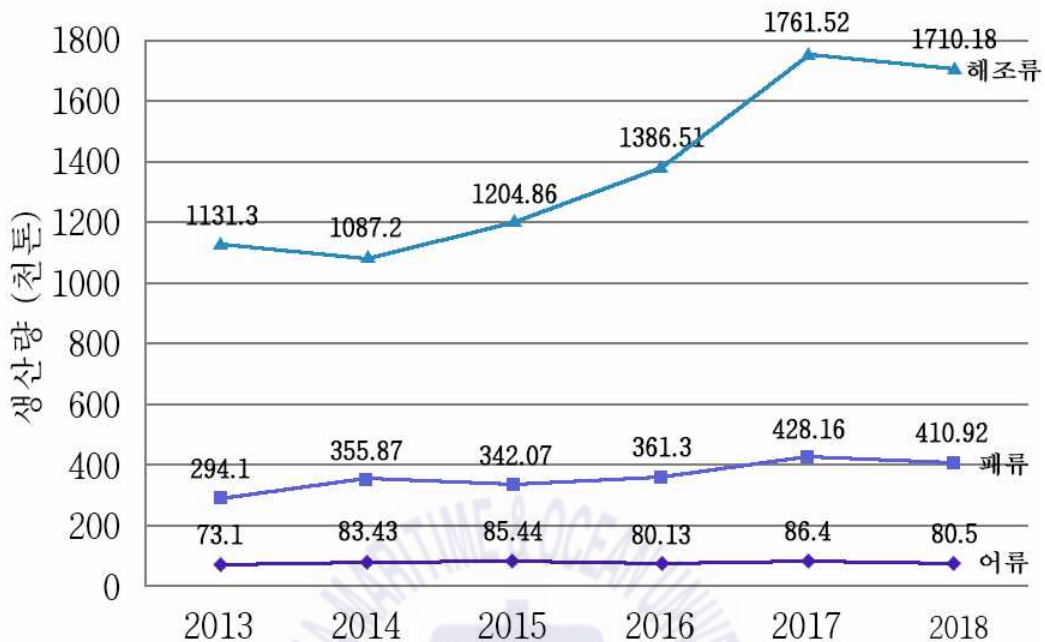
[단위 : 생산량 : 천톤, 양식량 : 천마리]

구 분	2013	2014	2015	2016	2017	2018
합계	3,135.2	3,304.9	3,337.4	3,256.9	3,749.2	3,791.3
해면어업	1,044.7	1,059.2	1,058.3	929.8	926.9	1,012.5
천해양식	1,515.2	1,546.8	1,667.9	1,837.6	2,315.8	2,250.5
원양어업	549.9	669.1	578.1	454.1	470.4	493.0
내수면어업	25.4	29.8	33.1	35.4	36.1	35.2

해조류의 생산량이 가장 많아 54~67%를 차지하고 있으며 매년 계속 증가하는 경향을 보인다. 패류 생산량은 24~35%를 차지하고 있으며 2007년까지는 생산량이 증가하였으나 그 이후는 큰 폭으로 감소하고 있다. 어류 생산량은 2003년 이후 점진적인 증가 추세를 보이고 있다.

해조류의 경우 2000년에 374천 톤을 생산하던 것이 2008년에는 921천 톤을 생산하여 2000년에 비해 약 2.5배의 생산 증가를 보였으며 패류는 2000년에 223천 톤을 생산하던 것이 2007년에 479천 톤으로 최고의 생산량을 보였다가 2009년에는 327천 톤으로 다소 낮은 생산량을 보였다. 이는 최근 환경의 영향에 따른 종패생산의 부진이 그 원인으로 보인다. 다만 어류 생산은 적극적인 육성책에 힘입어 2000년 26천 톤에서 2009년 110천 톤으로 무려 4배 이상의 생산량 증가를 나타낸다.

38) 통계청, 어업생산통계 및 어류양식현황조사 자료 제작성



[그림 2-13] 양식 품종별 생산량 추이³⁹⁾

2.2.2. 양식업의 전망

가. 양식업의 동향

양식업은 자연환경뿐만 아니라 경제적 또는 제도적 요인에 의해서도 영향을 받는다. 양식업이 본격적인 산업체제로 정립되기 전인 1980년대까지만 하더라도 양식생산량은 자연 요인과 생산기술 요인에 의해 주로 영향을 받았으나 1990년대 이후에는 WTO, 국제유가, 사료가격, 환율, FTA 등 경제적 요인과 대외적 요인에 의해 더 많은 영향을 받고 있다.

양식업에서 원가 요인의 하나인 유류가격은 국제유가의 추세에 따라 양식장의 관리선, 육상수조의 발전연료 등으로 쓰이는 면세유의 가격도 지속적으로 상승 추세를 보여 양식생산 원가를 압박하는 요인이 되고 있다. 국제유가 하락으로 면세유 가격이 일시적으로 하락하는 경우도 있지만 거시적으로는 2000년

39) 통계청, 농림어업조사 : 양식품종별 어가 자료 제작성

이후 계속 오름세를 보이고 있다.

양식용 생사료로 사용되는 갈고등어, 전갱이, 풀치 등 사료어의 가격 상승은 양식업 생산 원가에 영향을 주고 있다. 어업자원이 감소되고 있고 유가 상승으로 어획단가가 계속 오르기 때문에 사료어의 공급단가도 오를 수밖에 없다. 국제유가 및 면세유 가격의 상승은 이차적으로 다른 원자재의 가격 상승을 가져와 전반적인 원가 상승 요인으로 작용하고 지구의 기후변화로 인한 수온 상승은 해조류 양식에 영향을 미쳐 김, 미역 등의 작황이 부진한다. 2008년도의 경우 조기산 돌김의 작황이 예년에 비해 나빠졌고 미역도 고수온으로 염체가 녹아 전반적으로 해조류의 생산량이 감소된다.

[표 2-6] 기후변화가 양식업에 미치는 영향 및 대책⁴⁰⁾

기후변화요인	양식에 미치는 영향	대 책
온난화	양식어종 면역력 최적범위 증가	· 수질, 먹이 안전성 관리 강화 · 온도상승에 따른 적응력 강화
	높은 성장력	· 효율적 시장 판매계획 수립
	부영양화, 용승	· 기후변화 예측, 규칙적 모니터링 시스템 구축 · 총괄적 계획 수립
	새로운 질병 확산 및 병원균잠복, 발병률 증가	· 생물안전성 측정 · 건강 위험 감소를 위한 모니터링, 관리 전략 수립
	사료 및 연료 가격 변화	· 새로운 대안형태의 먹이시스템 구축 · 비식육성 사료로 전환
해수면 상승 및 해양상황 변화	고염도수 침투	· 해양 적응력이 강한 어종으로 전환
	연안 어종 감소로 양식용 먹이 부족	· 양식장 보호 · 대안 사료 개발
	해로운 해조류 증가	· 모니터링 · 정보시스템 구축
산성화	석회질 조개류에 영향	· 생산지역 변경 · 적응생산기술 개발
물 부족과 가뭄 증가	정수된 담수 감소	· 물이용 효율성 증진 · 양식에 이용 가능한 잠재수용량 점검 및 개발

40) 정명생(2007), 기후 변화가 수산업에 미치는 영향, 한국해양수산개발원, 자료 요약

우리나라 연안의 해양오염은 연안에서 생산되는 패류, 갑각류의 생산량에 영향을 주고 있다. 특히 예측할 수 없는 유류오염 사고(예: 2007년 12월 7일에 발생한 허베이 스피리트호 유류배출 사고)는 연안 어장에 막대한 생산량 감소를 가져왔다. 2000년대 들어와서 특정 양식생산물의 과잉생산이 빈번히 발생하고 있고, 이로 인한 가격 불안정은 양식업 생산자의 경영에 영향을 미치고 있다. 조피볼락, 굴, 새고막, 멍게, 다시마 등은 공급 증가로 수출이나 국내 수요가 크게 늘지 않는다면 수급 불균형이 예상된다.

양식 수산물 생산량의 꾸준한 증가세는 총 수산물 공급에서 양식 수산물이 차지하는 비중과 그 중요성이 계속해서 늘어나고 있음을 증명한다. 2030년에는 양식 수산물 공급량이 어업 수산물 공급량과 비슷한 수준으로 증가하여 미래 식량 공급 안정화에 양식 수산물이 차지하는 비중이 더욱 확대될 것으로 전망된다.⁴¹⁾

나. 스마트양식장의 보편화

‘스마트 양식장’이란 스마트기술을 양식장에 접목시킨 시스템을 가리킨다. 자동화와 지능화를 기반으로 하고 있어 생산 효율을 극대화할 수 있고 친환경적 운영도 가능하다.

지난 2016년부터 해상 양식장에 스마트양식기술을 접목하기 위해 갖은 노력을 다한 국립수산물과학원은 3년간의 연구 끝에 국내에서는 처음으로 초기 모델을 만드는 데 성공했다. 이는 첨단기술의 융·복합을 통해 노동집약적 성격이 강한 양식산업을 기술집약 및 자본집약적 지식산업으로 재편한 첫 번째 사례라 할 수 있다. 스마트 양식에 대해 전 세계가 관심을 갖는 이유는 급증하는 수산물 소비량에 비해 공급량이 따라가지 못하기 때문이다. 특히 기후변화로 인한 생산성 하락은 공급량의 절대 부족을 야기하고 이는 다시 수산물의 가격 상승을 불러오는 악순환을 일으키고 있다.

스마트양식은 장소에 대한 제약을 거의 받지 않고 기후변화 대응이 용이하기에 공급량 조절이 가능하고 장소에 제약을 받지 않고 내수면 스마트 양식장은 바다가 없는 지역에서 내수면 양식과 해수면 양식을 융합한 양식방법으로 부가

41) 세계은행, FAO, IFPRI(2014), 2030 수산양식 전망 보고서

가치가 높은 어종을 개발하는 전략을 수립할 수 있다. 이는 획기적인 역발상 사업이라는 것이 전문가들의 의견이다. 내륙인 지역에서 해양 어종인 바다송어를 치어 시기부터 양식하여 성어가 되기까지의 전 과정을 관리하는 시도가 상식과는 거리가 멀기 때문이다. 이로써 내륙 지역임에도 불구하고 해양 강군(強郡)으로서의 블루오션 시장을 개척해 나갈 수 있다.

국립수산과학원이 계획하는 스마트양식장의 발전 과정은 크게 4단계다. 원격제어를 시작으로 복합·자동제어와 지능화 단계로 발전한 다음 마지막에는 모든 작업이 자율적으로 이루어지는 자율경영 단계다 :

1단계인 원격제어 단계에서는 사물인터넷(IoT)에 기반한 수온과 염분, pH 등의 수질환경을 실시간으로 모니터링하고 이를 원격으로 제어하는 시스템을 구축한다. 2단계인 복합·자동제어는 데이터에 기반한 복합 수질환경 모니터링 및 자동제어 시스템 구축하는 단계다. 이어서 3단계인 지능화 단계에서는 빅데이터 및 인공지능(AI)에 기반하여 최적의 생육환경을 자동으로 구현하는 지능형 양식 시스템을 구축한다. 마지막으로 4단계는 디지털트윈(digital twin)에 기반한 시장수요 예측 및 생산량 자율조절 등 최적의 양식경영 시스템을 자율적으로 구축하는 것이다. 디지털트윈이란 가상 시뮬레이션을 통해 현장실험을 최소화하고 그 정확성을 담보하는 기술을 가리킨다.



[그림 2-14] 스마트양식장 구성도⁴²⁾

42) 국립수산과학원 홈페이지(<http://www.nifs.go.kr/>)

2.3. 4차 산업혁명과 농수산업의 변화

4차 산업혁명으로 인한 스마트기술의 변화는 기하급수적인 속도를 보이며 다양한 과학기술을 융합, 개인뿐 아니라 경제기업 사회의 패러다임전환을 유도한다는 면에서 남다른 범위와 깊이를 가지고, 국가, 기업, 산업간 뿐만 아니라 사회 전체 시스템의 변화를 수반한다는 특징이 있다. 이러한 점에서 개인과 사회에 미치는 파급효과가 매우 클 것으로 전망되며 식량수요가 증가하는 반면 기후변화와 환경오염에 따라 생산에 어려움을 겪고 있는 상황을 개선할 수 있는 가능성으로 지목되고 있다. 1980년대 미국에서 처음 개념이 설정되었으나 기술 부족으로 구현하지 못했던 센서를 통해 채집된 다방면의 방대한 데이터를 분석, 자원의 투입을 최소화하면서도 생산성을 향상시킬 수 있는 정밀농업(precision farming)의 실현이 가능하다. 또한 돌발 상황 발생 시 이에 대한 대처방안을 인공지능을 통해 제안받을 수 있으며 생산뿐 아니라 유통, 소비, 농촌지역사회 등 전체 가치 사슬에 적용하여 생산성과 효율성·품질 향상이 가능하다.

[표 2-7] 4차 산업혁명으로 도래하는 스마트기술⁴³⁾

구분	주요 내용
생산	· 자동화시스템으로 노동력 부족 문제 해결 · 드론과 센서를 통해 날씨, 수질, 토양, 생육상태 등에 대한 정보를 수집 및 분석하여 비료와 살충제 등의 투입량과 투입시기를 조절하는 등 자원을 효율적으로 이용하고 환경오염을 최소화하며 최적의 생육환경을 조성, 생산량 제고 · 도시 옥상 수경재배, 실내경작 수직농장, 집약적 실내 부화장 등 식품 생산 확대를 위한 새로운 기술 개발
유통	· 농수산물 전 과정을 모니터링 할 수 있는 이력관리시스템으로 위해요소 관리 등 식품안전성 제고 · 온라인과 모바일 등 중간상을 거치지 않은 직거래
소비	· 빅데이터 분석을 통한 적기 생산 및 제공, 소비자 맞춤형 상품 제공 가능

43) 이슈퀘스트(2019), ICT융합 농수축산 기술개발 동향과 전략, p233 인용

2.3.1. 농업의 변화⁴⁴⁾

가. 해수를 이용한 친환경 농산물 생산의 변화

1) 해수농업

세계적으로 기후변화와 물 부족 등 자연재해에 맞서기 위한 새로운 농업기술 패러다임으로 바닷물을 이용한 작물 재배 관련 연구개발이 추진 중에 있다. 해외의 경우 바닷물이 벼, 사과, 채소류의 품질을 향상시키고, 감자, 옥수수에 양분공급 효과(러시아)가 있는 것으로 보고된 바 있다.

실제로 고대 문명의 발상지인 이집트에서는 수천 년 전에 바닷물로 농사를 지었다는 기록이 있고 일본은 지금도 벼, 사과 등에 소금 처리를 하고 있으며 러시아, 인도네시아 등에서도 바닷물로 작물을 재배하고 있다. 해수농업 관련 연구기관들인 씨워터재단(The Seawater Foundation), 국제농업연구협의기구(CGIAR; Consultative Group on International Agricultural Research), 해수농업국제센터(ICBA; International Center for Bio-saline Agriculture), USDA's Salinity Laboratory, AFRICA RICE CENTER, 스탠포드 대학 솔라센터 등에서 연구개발이 이루어지고 있다.

우리나라에서도 10여 년 전부터 일부 친환경 과수 재배 농가들이 당도증진용으로 사용하다 최근에는 채소·과채류 재배에까지 확산되는 추세다. 농촌진흥청을 중심으로 바닷물을 농업의 천연자원으로 활용하기 위해 본격적으로 연구에 착수하기 시작했다. 현재 농촌진흥청에서는 과채류를 중심으로 바닷물의 시용효과를 규명하고 적정 시용량(바닷물 혼합 비율)에 대한 연구개발이 추진되고 있는 상황이다. 또한 종자산업 분야(내염기성 종자)에서도 해수에서 자랄 수 있는 쌀, 보리, 밀, 감자, 토마토 등 200여종이 시제품으로 생산되고 있다.

해수가 많이 함유된 간척지나 해풍의 영향을 받은 농경지에서는 작물이 튼튼하게 자라고 농산물의 품질이 우수하다고 국내외적으로 알려졌다.⁴⁵⁾ 바닷물에

44) 이주량(2017), 4차 산업혁명과 미래 농업, 과학기술정책연구원, p5

45) 이상범(2012), 바닷물을 이용한 친환경 농산물 생산기술 개발, 국립농업과학원 p15 인용

는 식품 생육에 필요한 다양한 각종 무기성분들이 함유되어 있어 오래전부터 국내는 물론 일본에서도 작물생육 촉진 및 당도, 색도 등 품질향상을 위해 농업적으로 활용되어 왔다. 농산물의 품질 향상은 바닷물에 풍부하게 포함되어 있는 각종 영양분을 이용하여, 생산물의 풍미, 당도, 색도 향상 등을 도모했다. 방제기술은 오이, 호박, 토마토, 참외 등에서 문제시되고 있는 흰가루병과 양파의 노균병 등을 대상으로 살포시기, 살포량, 살포 농도, 살포 회수 등에 대하여 최적의 방제기술을 개발했다. 바닷물의 지속적 사용에 따른 토양의 염류집적정도, 이화학성분의 변화, 그리고 염분농도가 미생물 및 작물에 미치는 영향 등을 체계적으로 연구 진행해야 한다. 또한 바닷물을 농작물 재배에 활용 시 작물에 피해가 발생되지 않도록 작물의 종류, 시용시기, 사용량, 희석농도 등을 충분히 고려하여 작물생육 촉진, 병해충 및 잡초방제 등 사용목적에 적합한 안전사용 농도를 지켜 활용해야 한다.

국내 연안의 바닷물은 시기에 따라 다소 차이가 있으나 무엇보다도 염분농도 (2.4 ~ 3.3%)와 EC값(30.0 ~ 52.4 dS m⁻¹)이 높아 고농도로 사용할 경우 작물에 피해가 발생한다. 특히 다년 생 과수류보다는 1년생 작물들이 또한 성엽보다는 새싹이나 어린잎에서 피해 발생이 심하기 때문에 작물과 과수의 종류 또는 생육시기별 안전사용농도를 준수하여 작물에 피해가 발생하지 않도록 바닷물 사용에 각별히 주의하여야 할 것이다. 농가실증 시험결과 표 2-0과 표2-0에서 나타난바와 같이 상추, 콩, 포도, 배나무의 어린잎 등은 염농도에 민감한 반면, 마늘, 감자, 고구마, 감귤 등은 염농도에 저항성을 나타내었다.⁴⁶⁾

46) 이상범(2012), 바닷물을 이용한 친환경 농산물 생산기술 개발, 국립농업과학원, p19 참고

[표 2-8] 작물별 바닷물의 안전사용 농도기준⁴⁷⁾

작물명	희석 농도						
	100배	40배	20배	10배	5배	2배	원액
	1%	2.5%	5%	10%	20%	50%	100%
상추	0*	0	0	1	2~3	3	3
콩	0	0	0	0~1	2	3	9
잎들깨	0	0	0	0	3	9	9
가을무	0	0	0	0	0~1	3	4
냉이	0	0	0	0	0	1~2	3
마늘, 감자, 고구마	0	0	0	0	0	0	0~1

* 피해정도 : 0(피해 없음)~9(대부분의 잎이 황백화 또는 고사)

[표 2-9] 과수류의 바닷물 안전사용 농도기준⁴⁸⁾

작물명	희석 농도								
	100배	40배	30배	20배	10배	5배	3배	2배	원액
	1%	2.5%	3.3%	5%	10%	20%	30%	50%	100%
포도	0*	0~1	-	1	3	6	-	7	9
감귤	새싹	0	0	0	0	0~1	3	3~4	5
	성엽	0	0	0	0	0	0	0	0~1
배	새싹	0	0	0	1~3	5	6	8	8~9
	성엽	0	0	0	0	0	0~1	2	3
매실	0	0	0	0	0	3	7	8	9
살구	0	0	0	0	0	1~2	3	5	9

* 피해정도 : 0(피해 없음)~9(대부분의 잎이 황백화, 고사 또는 새싹이 발생이 지연)

2) 해수온실(Seawater Greenhouse)⁴⁹⁾

해수온실은 바닷가 주변에 온실을 만들어 물 부족과 작물 재배를 동시에 해결하는 신개념 농업 생산시스템 중 하나다. 해수를 이용해 거대한 온실을 통해 태양열과 결합하여 작물을 재배하여 식품을 공급하고 사막에서 수자원과 청정 에너지를 얻을 수 있는 방안으로 건축가들과 공학자들에 의해 제안됐다.

해수온실 개념을 개발한 찰리 페이튼(Charlie Paton)은 이 기술이 건조한 환경을 전환시키는 방법으로 입증되었다. 해수온실은 펌프로 해수를 끌어올려 습한 공기를 만들고 습한 공기는 열을 흡수하면서 온실 내 온도와 습도를 작물이

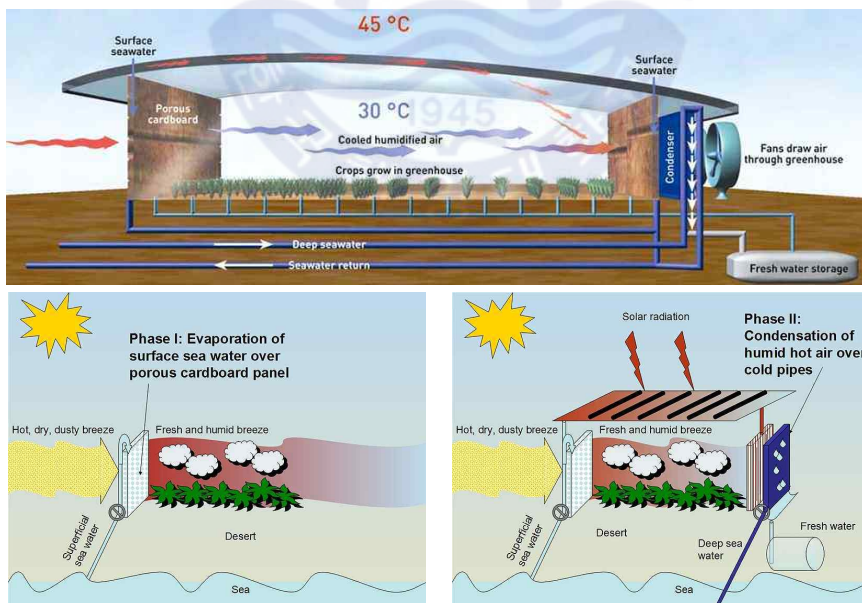
47) 이상범(2012), 바닷물을 이용한 친환경 농산물 생산기술 개발, 국립농업과학원 p19 인용

48) 이상범(2012), 바닷물을 이용한 친환경 농산물 생산기술 개발, 국립농업과학원 p19 인용

49) 이인복(2012), 물 부족 시대를 대비한 해수의 농업적 활용 관련 연구개발 동향, 농림식품기술평가원, p36 인용

자라기 적당한 환경으로 만들며 가열된 바닷물을 증발·응축된 민물로 전환시키는 공법이다. 해수온실은 고가의 염분제거 시설(해수담수화 기술) 없이도 건립이 가능한 장점을 지니고 있다.

해수온실의 최대 장점은 대규모 생산시스템을 통해 농산물 및 식품, 바이오매스, 수자원(담수, 식수) 및 청정에너지(전력, 바이오매스 등) 등 자원 확보가 동시에 가능하다는 것이다. 농경지가 아닌 불모지나 경작이 불가능한 해안 인접지역(염기성 토양), 수자원이 부족한 지역 등에 대규모 농산물 생산시스템 구축이 가능하다. 또한 기후변화 등 외부적 환경 변화 영향을 상대적으로 최소화할 수 있어 안정적 식량자원 공급이 가능하고 바닷물과 태양에너지를 기반으로 운용되어 친환경적 녹색 기술(Green Technology)이라 할 수 있다. 하지만 향후 해수온실 시스템의 실용화를 위해서는 우선 선결되어야 하는 문제점들이 있다. 지속적인 운용 시 바닷물을 끌어올리는 관개 비용이 작물 수확 등의 수익을 초과할 수 있어야 하고 해수온실 시스템이 생태계 환경에 미칠 수 있는 부정적 영향을 최소화할 수 있어야 한다.



[그림 2-15] 해수온실 시스템 기술 개념도⁵⁰⁾

50) (상) www.seawatergreenhouse.com, (하) 위키디피아

나. 4차 산업혁명으로 인한 스마트농업의 변화

4차 산업혁명으로 인해 스마트기술이 발달하면서 농업 생산은 크게 세 가지 영역으로 전개되고 있다 :

첫째는 ‘스마트센싱과 모니터링’ 영역이다. 이 영역은 기후정보, 환경정보, 생육정보를 정밀하고 자동화된 방법으로 측정, 수집, 기록하는 분야로써 조방농업과 집약농업 양쪽에서 빠르게 발전하고 있다. 실제 사례를 살펴보면 세계 최대의 농기계회사인 존디어(John Deere)는 첨단센서가 장착된 트랙터 등 각종 농업장비에 다양한 첨단센서를 장착하여 데이터를 수집하고 있다. 수집된 데이터는 농장경영정보시스템을 통해 다른 농작업장비와 연동하는 솔루션으로 제어되어 세계 각국의 거대부농을 중심으로 빠르게 확산중에 있다. 일본의 후지쯔는 작물의 생육사진을 클라우드 컴퓨터가 영상 인식하여 생육정보를 자동으로 수집하는 아키사이(Akisai) 시스템을 개발하여 일본 농가에 특화된 서비스로 호응을 얻고 있으며 이 분야 최고 기술인 네덜란드의 프리바(Priva) 솔루션을 빠르게 추격하고 있다. 프랑스의 에어리노브(AIRINOV)는 광학탐지장비를 장착한 드론과 센서를 활용하여 대규모 경작지를 매우 촘촘한 격자로 정밀관리하면서 최적의 시비량과 농약 살포를 의사결정에 활용하는 방식으로 영농을 지원하고 있다.

둘째 영역은 앞 단계에서 수집된 영상, 위치, 수치 데이터를 분석하고 영농에 필요한 의사결정을 수행하는 ‘스마트분석 및 기획’ 영역이다. 이 영역에서는 수집된 데이터를 빅데이터로 축적, 가공, 분석하여 사람의 지능과 지혜, 경험을 능가하는 정밀한 의사결정을 가능하게 한다. 실제 사례를 살펴보면 미국의 몬산토(Monsanto)는 빅데이터 기반의 지능형 최적화 솔루션인 필드스크립트(Field Script)를 개발하여 세계 대농을 대상으로 보급중에 있다. 필드스크립트(Field Script)와 같은 최적화 솔루션의 도입으로 정밀농업과 처방농업이 가능해질 경우 이로 인한 경제적 효과는 연간 200억 달러, 한화로 약 25조 원으로 추정되고 있다. 기후정보를 분석하여 농업에서 요구되는 의사결정의 정확도를 높이는 것도 4차 산업혁명 기술이 적용될 것으로 기대되는 분야이다. 2006년 설립된

미국의 클라이밋(The Climate Corporation)는 기후예측모델인 ‘FieldView’를 구축하여 250만 지역의 기후정보를 분석하여 농업경영체와 농업보험회사의 의사결정을 지원해 왔는데 이 회사는 기술력과 시장성을 인정받아서 2014년에 몬산토(Monsanto)에 11억 달러, 한화 약 1조 3,000억 원에 매각되었다.

셋째 영역은 스마트 농기계를 활용하여 농작업을 수행하는 영역이다. 잡초제거, 착유, 수확, 선별, 포장 등 농작업자의 노동력에 의존하던 부분부터 점차 지능화 농업기계로 대체되고 있다. 미국 블루리버(Blue River Corp.)가 개발하여 보급한 선택적 잡초제거로봇인 ‘LettuceBot’, 네덜란드에서 개발 중인 ‘파프리카 수확 로봇’, 일본의 ‘딸기수확 로봇’이 좋은 예이다. 네덜란드 렐리(Lely)의 자동착유시스템인 ‘Astronaut’, 미국 듀폰의 위성 송수신 활용 농기계 시스템인 ‘The Progressive Farmer’ 등은 이미 널리 보급중에 있다. 듀폰의 The Progressive Farmer의 경우 위성 송수신을 활용하기 때문에 1km의 트랙터 작업에서 오차범위가 불과 약 2.5cm로 매우 정밀한 농작업을 하고 있는 것으로 유명하고 LELY 사의 ‘Astronaut’는 세계 시장의 70%를 석권 중이다. 파프리카 수확기, 딸기 수확기 등은 아직 개발비용이 높고 처리속도가 느린 걸림돌이 있지만, 24시간 쉬지 않고 일하기 때문에 머지않아 사람의 농작업을 대체 할 것으로 예상된다.



[그림 2-16] 4차 산업혁명과 농업생산의 변화

농산물 유통도 스마트기술을 활용한 혁신이 매우 기대되는 분야이다. 스마트

기술을 통해 농식품 유통정보의 실시간 공유와 즉시 대응이 가능해질 것이기 때문이다.

네덜란드에서는 스마트기술을 활용하여 농산물 유통을 획기적으로 혁신해 보려는 도시규모의 대규모 프로젝트가 진행되고 있다. 프로젝트의 이름은 지능형 전력망을 의미하는 Smart Grid에서 착안한 ‘The Smart Food Grid’ 이다. The Smart Food Grid는 네덜란드의 수도인 암스테르담과 그 주변지역을 대상으로 농산물 생산자와 소비자 간의 불일치 이른바 미싱링크를 없애고 생산과 소비정보를 실시간으로 연결하는 것이 핵심이다. 소비자의 스마트폰과 상품의 QR코드를 활용하여 생산자가 농산물 소비정보를 실시간으로 파악하고 빅데이터를 수집 및 분석하여 자동주문과 수배송으로 연결하여 미싱링크를 없애는 것만으로도 기존 대비 30% 이상의 숨어있는 부가가치를 창출할 것으로 기대하고 있다.



[그림 2-17] 네덜란드 암스테르담의 The Smart Food Grid 프로젝트⁵¹⁾

이탈리아를 대표하는 체인형 슈퍼마켓 브랜드 COOP의 미래형 슈퍼마켓이 보여주는 농산물 유통의 미래도 매우 흥미롭다. COOP은 액센츄어와 공동으로 2015년 밀라노 엑스포에 4차 산업혁명 기술을 접목한 미래형 슈퍼마켓을 출품해서 큰 호응을 받았다. 호응이 커지자 원래 1회성 POP-UP 매장으로 출품했던 미래형 슈퍼마켓을 상설 매장으로 전환하여 현재 밀라노에서 영업 중이다. 미래형 슈퍼마켓에서는 상품진열대 마다 디스플레이를 설치하여 고객의 상품 선택과정에서 필요한 각종 정보를 제공한다. 농산물 생산자의 정보, 상품정보, 요리법, 영양정보, 가격정보 등이 고객의 동선과 몸짓에 따라 표시된다. 상품을 진열하고 판매된 매대를 정리하는 로봇점원과 로봇팔도 미래 슈퍼마켓에는 등장한다. 앞으로는 상품의 선택과 소비 즉시 자동 주문과 수발주 등 물류 프로

51) 이주량(2017), 4차 산업혁명과 미래 농업, 과학기술정책연구원, p7 인용

세스도 정비되고 생산자에게까지 실시간으로 연계될 예정이다.



[그림 2-18] COOP의 미래형 슈퍼마켓

농산물 소비 형태는 1차 산업혁명 이후 각 산업혁명 단계마다 크게 변화했다. 1차 산업혁명 즈음까지는 전 세계 생산인구의 90%가 농업에 종사하고 있었고, 생산자와 소비자가 명확히 구별되지 않아서 생산자가 곧 소비자가 되는 자급자족의 시대였고 농업 생산원물을 전혀 가공하지 않거나 아주 약간만 가공하여 소비하는 원물소비의 시대였다. 이 시기에는 농산물 생산량이 항상 부족하고 잉여농산물이 거의 없어서 유통도 매우 제한적인 범위에서만 필요했다.

그랬던 소비형태가 2차 산업혁명 즈음에는 세계적 농업증산을 이룬 녹색혁명으로 잉여생산물이 충분해지고 가공기술과 저장기술의 발달하면서 가공식품 소비가 원물 소비를 초과할 만큼 활발해졌다. 또한 이 시기에는 농업생산인구가 제조업과 서비스업으로 이동하고 농촌 생산자와 도시 소비자간 분리가 명확해지면서 유통의 필요성과 중요성이 급격히 커지게 되었다.

3차 산업혁명 시대에는 잉여생산물이 더욱 증가하면서 소비의 중심가치가 양에서 질로 이동하였다. 기능성 식품과 유기농, 친환경 식품 등이 각광을 받게 되었고 식품의 품질과 표준화된 맛, 그리고 안전성을 보증하는 브랜드가 중요해졌다. 건강과 안전을 중시하는 까다로운 소비자가 늘면서 선택적 소비가 확산되고 유통의 기능이 더욱 중요해진 것도 이 시기의 특징이다.

4차 산업혁명 시대에도 기술력의 진보에 따라서 이전과는 확연히 다른 소비 형태의 정착과 로컬푸드운동의 확대가 예상된다. 가장 확실한 것은 수요자 주도 마켓 On Demand 마켓의 확장이다. 생산자의 정보와 소비자의 정보가 실시간으로 연동되면 소비자는 생산자에게 자신의 요구(needs)를 그대로 전달할 수 있고 이에 가장 잘 부합하는 생산품을 선택하는 것이 보편화 될 것이다. 넓은 실내공간을 의미하는 Dome과 자동화를 의미하는 automatic의 합성어인 Domotics도 4차 산업혁명 시대의 소비 모습이 될 수 있다. 지능형 냉장고가 냉장고 속의 식품재고와 소비상황을 실시간으로 파악하여 자동주문을 할 수도 있을 것이고 가족 구성원의 영양섭취정보와 건강정보를 관리해주는 것 등이 대표적인 Domotics의 미래모습이다. 자가생산 자가소비도 미래 모습의 하나이다. 생육관리가 간단하고 즉시소비가 권장되는 엽채류와 쌈채소 등은 완전히 자동화된 생산 키트가 보급되면서 소비처에서 직접 생산하여 소비될 가능성이 크다. 일반 가정으로 보급은 시간이 걸리더라도 대량 소비처인 병원, 학교, 관공서 등을 중심으로는 빠른 보급도 가능할 것이고 더 많은 로컬푸드운동이 활성화 될 것이다.



[그림 2-19] 4차 산업혁명과 농업 생산물 소비형태의 변화

2.3.2. 수산업(양식업)의 변화⁵²⁾

수산업법 제2조(정의) 7항에 따라 ‘양식’이란 수산동식물을 인공적인 방법으로 길러서 거두어들이는 행위와 이를 목적으로 어선·어구를 사용하거나 시설물을 설치하는 행위를 말한다.⁵³⁾ 개념적으로 ‘양식기술’은 법적 개념인 ‘양식’의 정의와 관련된 모든 기술을 일컫는다고 볼 수 있다. 그러나 ‘첨단 양식기술’에 대해서는 정의된 바 없다.

최근 스마트양식기술로 바이오플라크기술, 순환여과식 양식시스템 등을 지칭하기도 하지만 이 기술들은 환경 분야의 수질관리 기술이 양식분야에 접목된 사례이다. 기존 양식기술에서 진일보했다는 점에서 스마트양식이라고 불리고 있지만 환경분야의 특정 기술의 접목을 첨단으로 명명하기는 그 범위가 협소하다는 한계가 있다.

물론 ‘스마트’란 단어의 속성이 기술발전 속도가 빠르게 급변하는 상황에서 정확한 정의를 내리기 어려운 측면이 있다. 그러나 양식기술이 스마트라고 할 때 산업발전법의 스마트기술에 대한 정의를 원용하여 양식기술의 기술혁신 속도가 빠르고 우리나라 산업구조의 고도화에 기여하는 한편 부가가치 창출효과가 크고 연관 산업에 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 ‘스마트양식기술’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 양식업을 스마트기술의 측면보다는 현장애로기술에 중점을 두고 바라보는 시각이 많다.

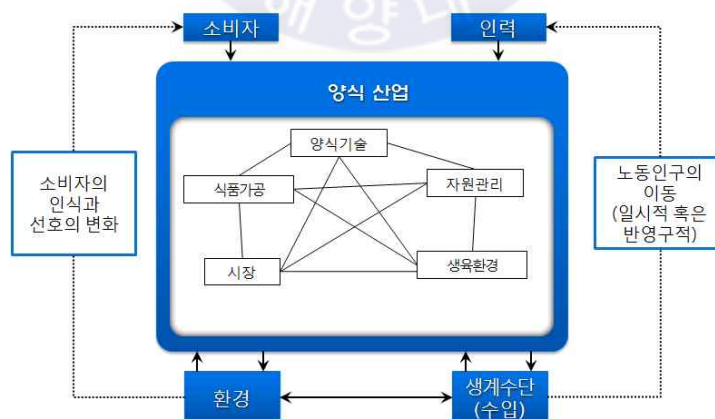
52) 마창모(2015), 첨단양식기술의 산업화 연구, 한국해양수산개발원, p9-16 자료 제작성

53) 수산업법 제2조(정의)

이런 측면 때문에 ‘스마트양식기술’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 스마트양식에 포함된다. 여기에 시장에 팔리는 양식수산물을 생산해야 하므로 소비자의 소비특성을 고려한 양식기술이 지속적으로 개발되어야 하므로 스마트양식기술의 산업화는 다양한 측면에서 추진될 필요가 있다.

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 양식산업 정책은 실패할 가능성이 높다. 따라서 양식기술은 대내외적 영향관계를 고려해서 발전할 수 있도록 유도할 필요가 있다.



[그림 2-20] 양식산업을 둘러싼 환경변수⁵⁴⁾

54) 마창모(2015), 첨단양식기술의 산업화 연구, 한국해양수산개발원, p11

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

[표 2-10] 스마트양식기술의 변화 동인⁵⁵⁾

주요 동인	세부추진내용
글로벌 동인	· 글로벌화 : RCEP, TTP 등 권역별 무역자유화 강화 · 기후변화 : 환경변화에 따른 양식가능품목 변화, 질병 등 변화 · 국제양식규범 : 항생제, 사료 관리 강화, 어류복지 강화
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, 자연한계 극복
소비변화 동인	· 소득증가 · 고령화, 1인가구 증가, 영유아 감소 · 라이프스타일 변화 및 다양화, 식품가공/저장/유통기술 발전

가. 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 아시아-태평양 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 투자와 지속가능 투자가 요구

55) 마창모(2015), 첨단양식기술의 산업화 연구, 한국해양수산개발원, p12

되면서 양식부문에 있어서도 개도국 사업들이 사회적 책임을 강조하는 형태로 사업이 추진될 전망이다.

나. 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.

다. 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 베이비부머⁵⁶⁾ 세대와 밀레니얼⁵⁷⁾ 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

56) 2차 대전이 끝난 46년 이후 65년 사이에 출생한 사람들

57) 미국에서 1982~2000년 사이에 태어난 신세대를 일컫는 말

등의 인구 구조 특징을 고려해야 하고, 가구 소득의 분포 등이 양식수산물에 고급화 전략으로 가야할 지에 대해 선택하는 기준이 될 수 있다.

현재 우리나라 양식업 환경에 적합한 스마트양식기술의 개발 방향은 다음과 같다.

첫째, 스마트양식기술의 적용은 소프트웨어적 접근에 기반을 둔 하드웨어적 접근이 필요하다. 현재 스마트기술은 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 요소 기술들을 합치는 방법으로 나가야 한다.

둘째, 국내 양식업 환경을 고려할 때 원가절감형 양식기술을 개발하면서 단계적으로 친환경 양식기술을 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, 스마트양식기술은 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 양식산업의 경쟁력을 강화시킬 수 없다. 스마트양식기술로서 육종기술 개발을 통한 경제성 있는 우수 종묘·종자를 개발하는 것은 지속적으로 추진되어야 한다. 양식원가의 많은 부분을 차지하는 사료의 경우에도 종묘·종자기술로 생

산된 경제성 있는 우수 종자에 적합한 사료를 개발해야 하므로 유전육종기술과 사료는 병행하여 추진되어야 하며 양식기술의 핵심이라 할 수 있다.

넷째, 스마트양식기술은 산업화(규모화)를 유도하면서 그 과정에서 발생한 요소기술들이 국내 양식현장의 애로사항들을 해결할 수 있도록 추진할 필요가 있다. 대규모 설비투자가 들어가는 첨단양식기술은 영업레버리지⁵⁸⁾가 높은 반도체 산업과 유사하다. 높은 고정비는 영업레버리지를 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 스마트양식기술개발을 글로벌 기술 선도형으로 접근 혹은 기술 모방형으로 접근 할 것인지에 따라 기술개발의 목표가 달라질 수 있다. 우리 양식기술의 개발목표를 글로벌 기술 선도형으로 갈 경우 기술개발 속도가 더디다는 단점이 있으나 스마트양식기술을 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 스마트양식기술의 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 이전받아 스마트양식기술의 개발을 빠르게 진행할 필요가 있다.

58) 고정자산 등을 보유함으로써 고정영업비용을 부담하는 정도를 말한다. 영업레버리지는 영업이익의 실현과정에서 고정적인 영업비용이 발생하기 때문에 생긴다

2.4. 스마트플로팅팜의 출현

현재 지구는 기후변화와 인구증가로 인해 우리는 세계 식량 위기의 가장자리로 나아가고 있다. 2050년까지 세계 인구가 96억 명으로 급증할 것으로 예상되면서 식량 생산량은 전 세계 70%, 개발도상국에서 100% 증가하여 유지해야 한다. 식량을 수확하려면 땅과 물이 필요하다. 다행히도 우리는 이 두 가지 자원을 통해 지금까지 식량을 무사히 공급해 왔지만 불행히도 이 두 가지 자원은 모두 인간의 손으로 인해 부족해지고 있는 상황이다.

녹색혁명(Green Revolution)⁵⁹⁾이 시작되면서 토지는 점점 비료와 농약으로 인해 오염되고 기후변화로 농지는 불안정해졌다. 뒤를 이은 푸른혁명(Blue Revolution)⁶⁰⁾은 수산업의 성장을 가져왔지만 그중 양식업은 수질 오염으로 양식을 다양화 시키는데 한계가 있다. 이 두 혁명의 문제를 4차 산업혁명 기술을 통해 극복을 했지만 인류가 궁극적으로 해결할 수 없는 문제(기후변화, 자연재해, 토지 부족 등)를 해결해 줄 수 있는 새로운 대안이 필요하다.

스마트플로팅팜은 스마트농장과 스마트양식장을 융합하여 해상, 호수, 강 등에 위치한 부유식 농장이다. 이 농장은 친환경적이면서 건축적으로 매우 혁신적이고 기후변화와 인구의 음식 요구로 인해 발생하는 문제를 해결하기 위한 디자인 이니셔티브의 일부다.

스마트플로팅팜은 자동화되고 지속 가능하며 적응력이 뛰어나다. 발생할 수 있는 모든 식량 안보 문제에 대한 신속하고 실용적인 해결책으로 이 스마트플로팅팜은 미래의 지정학 및 지속가능성 분야뿐만 아니라 농업 분야에서도 중요한 도구가 될 것으로 보인다. 이외에도 이 스마트플로팅팜은 과학적 지식과 신중한 정치적 지향적 사고와 함께 일할 때 현대 건축과 공학이 할 수 있는 일의 훌륭한 예다.

59) 개발도상국의 식량생산력의 급속한 증대 또는 이를 위한 농업상의 여러 개혁을 일컫는 말.

60) 녹색혁명을 뒤따라 1960년대 중반부터 현재까지 전 세계 양식업에서 급성장한 시기

2.4.1. 플로팅팜의 개념⁶¹⁾

플로팅농법은 식량 생산에 오랜 시간 동안 물에 잠겨 있는 지역을 활용하는 수경농법이다. 이 농법은 주로 더 규칙적이거나 장기화된 홍수에 적응하는 것을 목표로 시작했다.⁶²⁾ 플로팅농법은 작물 성장을 위해 퇴비 역할을 하는 썩은 잔류물의 심토⁶³⁾를 사용한다. 이 잔류물의 심토는 수면에 뜰 수 있으며 물이 많은 지역에서 농업에 적합한 토지를 만든다. 이 플로팅농법은 수경법이라고 할 수 있다. 수경재배를 통해 얻은 장점을 더 극대화시키기 위해 부유식 구조물을 사용한다. 이 부유식 구조물은 작물을 쉽게 분류해주고 사람이 쉽게 접근할 수 있으며 수확할 때나 자연재해 등으로 인해 훼손을 막아준다. 플로팅농법이 적극적으로 채택이 되는 결정적인 이유는 환경 문제다.

농업의 가장 큰 문제점은 바로 비료 사용으로 인한 토지 오염과 경작지 부족인데 플로팅농법이 이 문제를 해결하는데 가장 적합하다. 물 위에 떠있기 때문에 토지이용이 불가능한 침수지나 호수 강가 등에 설치하여 부족한 경작지를 해결하고 썩은 식물의 화단은 비료의 역할을 하기 때문에 환경오염에 대한 문제도 해결하고 기후변화에 대응할 수도 있다.

플로팅농법은 농지가 장기간 침수 된 지역에서 사용될 수 있다. 방글라데시에서는 몬순(monsoon)⁶⁴⁾ 기간에 농지가 오랫동안 침수되기 때문에 플로팅농법을 오래전부터 채택해왔다.⁶⁵⁾ 이 관행은 수경재배 농법과 유사하며 히아신스, 녹조 또는 기타 식물 잔류물의 심토 위에서 식물을 재배할 수 있다.⁶⁶⁾

61) <https://www.climatetechwiki.org/content/floating-agricultural-systems>

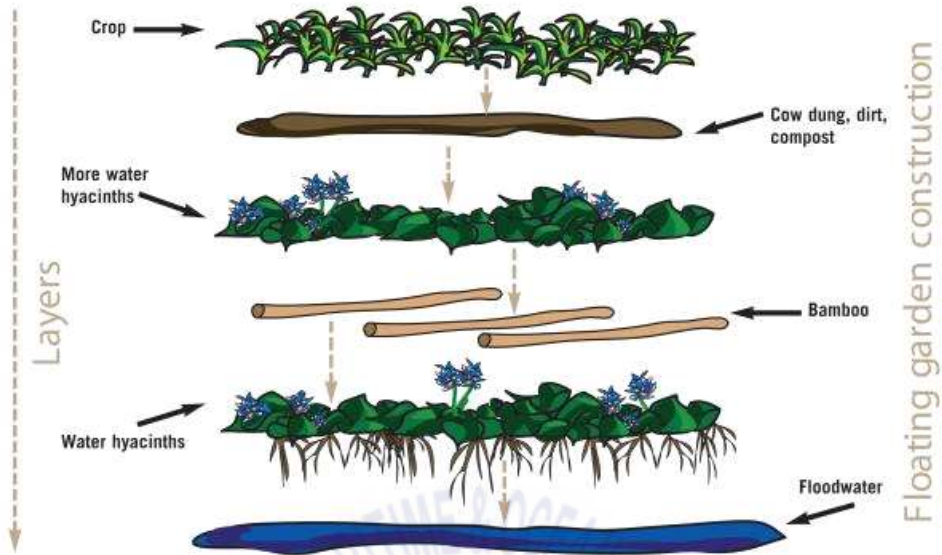
62) Linham & Nicholls(2010), Technologies for Climate Change Adaptation - Coastal Erosion and Flooding

63) 작물재배라는 측면에서 본 토층의 이름

64) 일반적으로 여름과 겨울에 풍향이 거의 정반대가 되는 바람이 광범위한 지역에 걸쳐 불 때 이것을 몬순이라고 한다

65) APEIS & RIPS(2004), Floating agricultural systems

66) Saha, S.K.(2010) Soilless Cultivation for Landless People: An Alternative Livelihood Practice through Indigenous Hydroponic Agriculture in Flood-prone Bangladesh. Beppu: Ritsumeikan Asia Pacific University.



[그림 2-21] 플로팅팜의 개념도⁶⁷⁾

이 관행은 이러한 지역의 재배를 계속하여 홍수를 통해 토지 손실을 완화하는 데 도움이 된다. 이런 식으로 재배 가능한 총 면적을 늘리고 지역 사회를 더욱 자립 할 수 있다. 이 외에도 플로팅농법 지역은 전통적으로 경작지보다 최대 10 배 더 생산적이며⁶⁸⁾ 추가적인 화학 비료 등이 필요하지 않다. 농작물이 수확되고 부유식 뗏목이 더 이상 필요하지 않은 경우, 농작물은 유기농 비료로 사용되거나 다음 해에 잔류물의 심토로 사용한다.⁶⁹⁾

이 접근법은 다량의 성장물을 가진 침습성 잡초인 수경 히아신스를 매우 유익한 방식으로 사용한다. 수경 히아신스를 수확함으로써 잡초가 뒤덮인 지역을 정리하면서 모기들의 번식지를 줄이고 야외 어업을 위한 환경을 개선시키는 이로운 큰 도움을 준다. 또한 물에서 작물을 재배함으로써 서식하는 어류의 개체수를 동시에 수확하는 것도 가능하다.

또한 지역 사회의 소득을 보충하고 빈곤 완화에 기여하고 토지 생산량을 늘

67) <https://practicalaction.org/>

68) Haq, A.H.M.R., Ghosal, T.K. and Ghosh, P.(2004) Cultivating wetlands in Bangladesh. India: LEISA.

69) APEIS and RPSO(2004) Floating Agriculture in the flood-pr one or submerged areas in Bangladesh (Southern regions of Bangladesh)

리고 가난한 사람과 토지가 없는 사람들을 위한 지원 역량을 강화함으로써 식량 확보를 증가시킨다.⁷⁰⁾ 또한 플로팅농법을 이용하는 사람들은 아직 이 농법을 이용하지 않은 다른 홍수 영향을 받는 지역의 사람들보다 경제적으로 더 나은 삶을 살아왔고 오늘날에는 부족한 경작지와 해수면상승에 대응하기 위해 플로팅팜의 개념이 널리 알려지고 있다. 플로팅팜은 플로팅농법에 비해 규모를 넓히고 플로팅플랫폼을 이용해 해양도시에 입지한다는 계획안이 늘어나고 있다. 플로팅팜은 더 이상 농업을 위한 시설이 아닌 양식업과 축산업도 가능한 규모로 커지고 있고 앞으로 더 많은 지역에서 필요로 하게 될 것이다.

하지만 플로팅팜과 그 방법에 대한 인식이 부족하기 때문에 인식을 높이고 지역 사회를 교육할 필요가 있다. 방글라데시의 최근 계획은 습지 자원 개발 협회(국제 연구 및 개발 조직)에 의해 추진되어 지역 사회에 교육 및 기술 지원을 제공하고 있다. 지역 사회에 적절한 지식이 제공되면 플로팅팜 시스템의 구현은 지역 사회 규모로 달성할 수 있는 가능성이 보인다. 이는 식품을 생산하고 판매함으로써 원재료가 널리 이용 가능하고 비용이 낮고 상쇄되기 때문이다.

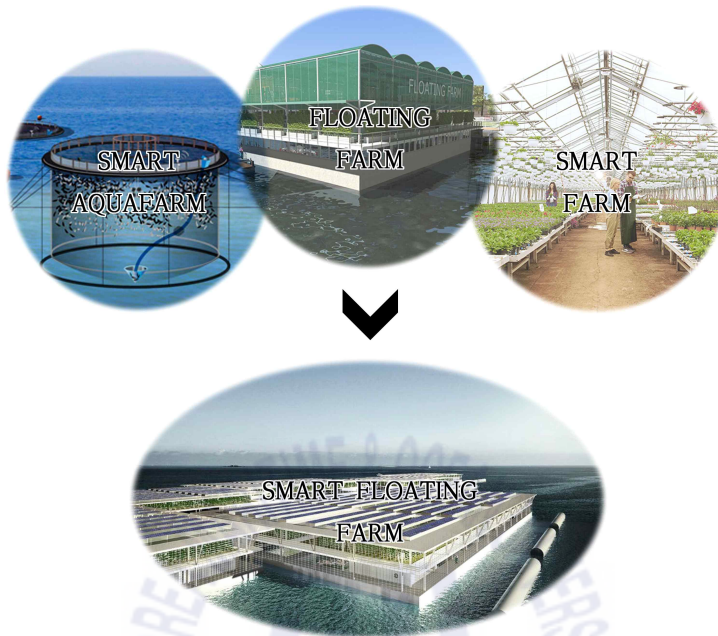
또한 많은 지역에서 빠르게 성장하는 유기 물질의 이용 가능성은 일부 지역에서 제한 될 수 있으며 이 농법의 채택이 널리 퍼지면서 식물의 잔류물이 어류에서 나오는 배설물과 성분(암모니아, 질소)이 같다는 연구결과가 나오면서 양식업과 농업을 동시에 운영하는 순환형 농수산법인 아쿠아포닉스 농법의 이용률이 늘어난다.

2.4.2. 스마트플로팅팜의 활성화

스마트플로팅팜은 스마트농장과 스마트양식장에 적용되는 스마트기술을 플로팅팜에 적용하는 새로운 농수산업의 기술이다. 이 스마트플로팅팜은 여러 공간으로 구성되어 있으며 아쿠아포닉스시스템으로 농업과 양식업을 하고 이 산업의 관리는 스마트기술이 사람의 역할을 대신 해주기 때문에 인력에 대한 걱정을 덜어준다. 또한 자연의 힘을 빌려 에너지를 직접적으로 생산(태양열 에너지, 풍력 에너지, 우수 재활용 등)하여 스마트플로팅팜을 운영하고 최소한의 환경과

70) Irfanullah et al.(2007) Floating Gardening in Bangladesh: A means to rebuild lives after devastating flood

괴와 최대한의 식량생산 효율을 끌어낼 수 있다.

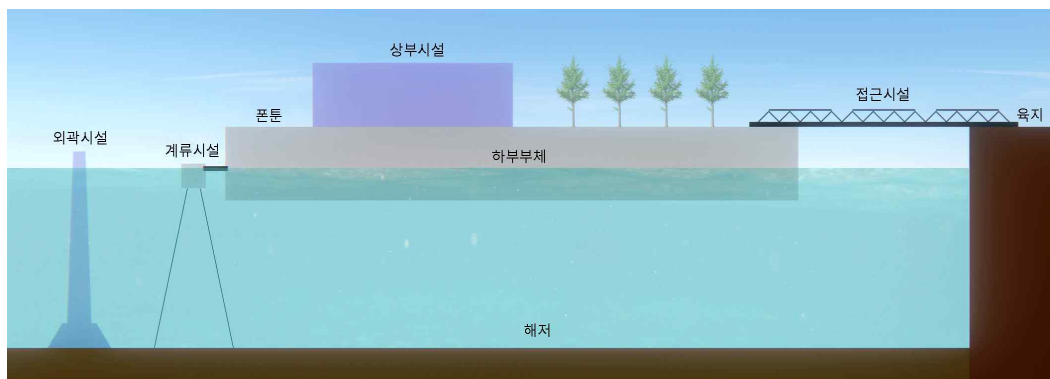


[그림 2-22] 스마트플로팅팜 발전 프로세스

스마트플로팅팜은 앞으로 다가올 농수산업의 핵심요소가 될 것이고 인류가 식량 문제를 해결하기 위해 선택이 아닌 필수가 될 것이다. 컴퓨터가 실내 환경을 자동으로 조절해주기 때문에 기후변화에 대응, 해수면상승으로 인한 침수로부터 안전 등 인간 사회에 많은 변화를 줄 것이다.

가. 플로팅건축의 특징

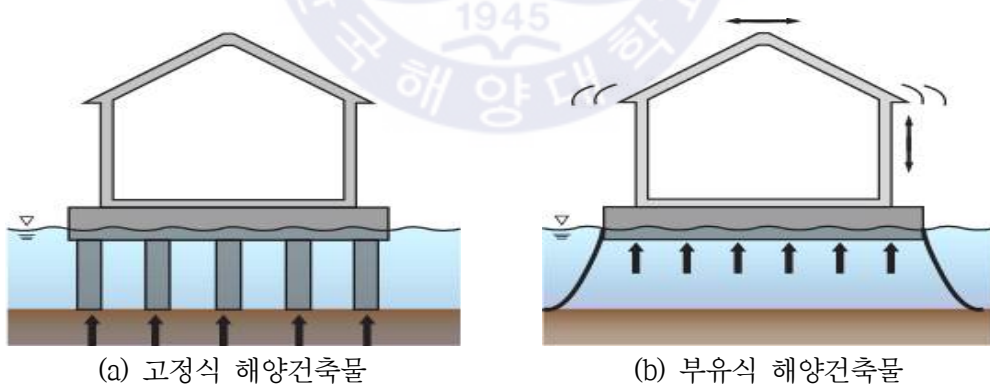
플로팅건축물(floating building)이란 부유식 구조물(하부부체)을 기초로 하여 물 위에 뜨는 건축물이다. 선박과 마찬가지로 부력에 의해 건축물의 자중에 저항하는 형태를 취하지만 항해를 목적으로 하지 않기 때문에 선박과는 분명하게 구분된다. 플로팅건축물은 다음 그림과 같이 부력에 대응하는 하부부체, 위치 및 거동을 제어하기 위한 계류시설, 생활공간을 제공하는 상부시설, 육지로부터 접근을 위한 접근시설, 파도 등 외력으로부터 건축물을 보호하기 위한 외곽시설로 구성된다.



[그림 2-23] 플로팅건축물의 개념도

해양공간은 그동안 선박운항, 치수(治水), 어업과 수산자원채취 등의 목적으로 활용되어 왔다. 그러나 최근에는 생활양식의 변화에 따라 새로운 생활공간으로서 해양공간에 대한 관심이 높아지고 있으며 이에 따라 바다 물위에서 사람들이 거주할 수 있는 플로팅건축물이 늘어나고 있다.⁷¹⁾

플로팅건축물의 가장 큰 특성은 기초구조물에 있다. [그림 2-24]과 같이 물 위에 뜨는 부유식 기초구조물을 사용하는 해양건축물을 ‘플로팅해양건축물’ 혹은 ‘부유식 해양건축물’이라고 부른다.



[그림 2-24] 해양건축물의 기초⁷²⁾

플로팅건축물은 부체(浮體)를 이용하여 수상에 떠 있으며 물의 부력으로 지지된다. 따라서 파랑, 조류, 바람 등 해양환경의 영향을 받아 건축물에는 동요(動

71) 이한석(2014), 해양건축계획, p63 인용

72) 이한석(2014), 해양건축계획, p66 인용

搖)⁷³⁾가 발생하고, 동요의 강도와 주기에 따라서 구조물에 영향을 미치며 이용자들에게도 불편감과 행동의 제약을 초래하고 멀미를 일으키기도 한다.

해상에 설치되는 플로팅건축물의 경우에는 수심 및 파랑의 변화에 따른 수직 방향의 동요는 허용하되 수평방향의 동요는 체인이나 돌핀 등 계류시설을 이용하여 제어한다.⁷⁴⁾

플로팅건축은 변화되고 있는 자연환경에 순응하며 그에 적합하게 디자인된 건축이라는 점에 친환경을 지향한다. 해수면 상승의 영향이 우려되는 지역에서 플로팅건축은 재해재난에 대비할 수 있는 해결책이 된다. 물 위에 떠 있는 건축물이기에 홍수와 같은 수위 변화에 대처하기가 편하고, 또 물 위에서는 이동이 편리하기 때문이다.

해수면 상승은 실제 해수의 범람, 해안 침식, 지하수로의 해수 유입, 거주지 및 인프라 시설의 잠식 등의 피해로 나타나고 있다. IPCC 보고서는 50cm의 해수면 상승 시 9200만명, 1m 상승시 1억 1800만명이 피해를 입게 될 것으로 예상하고 있다.⁷⁵⁾ 그 중 네덜란드는 6%에 달하는 육지의 잠식이 이뤄질 것이라고 경고하고 있다. 한반도 역시 해수면 상승에 따른 사회경제시스템에 대한 영향 평가에 따르면 해수면 1m 상승 시 범람 가능면적 2646km², 범람 피해 인구 125만 5000명으로 예상되며 특히 서해안 지역이 취약한 것으로 나타났다.

이러한 관점에서 플로팅건축은 주거난 해소에도 가능성을 보여준다. 일반 건축물에 비해 저렴한 가격으로 건축할 수 있어서 우리나라와 같이 국토 면적이 좁고 바다로 둘러싸인 나라의 경우 플로팅 건축은 주거난을 극복할 수 있는 새로운 건축형태로 주목할 만하다.

플로팅 건축은 건축설계에 있어서도 자연의 것을 도입해 지속가능한 건축을 시도하고 있다. 물의 온도를 이용한 펌프 등 물을 활용해서 에너지를 얻을 수 있고, 육지에 비해 가로막는 장애물이 없기 때문에 햇빛과 바람을 에너지원으

73) 외력 등으로 인해 부유하는 구조물에 작용하는 힘의 균형이 깨져서 구조물이 움직이기 시작하면 구조물에는 원래 위치로 되돌아가려는 복원력이 작용하는데 이 과정에서 발생하는 구조물의 움직임을 ‘동요(oscillation, 動搖)’라고 함

74) 이한석(2014), 해양건축계획, p66

75) 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) 제5차 평가 종합보고서

로 활용하는 것이 편리하다. 아일랜드형 플로팅 건축물의 경우는 강이나 호수, 바다와 같은 수환경을 이용한 태양광이나 수온, 풍력 등 대체에너지의 적용이 최근 중요한 문제로 인식돼 도입이 시도되고 있다.

나. 자동화 및 지속 가능성

스마트플로팅팜의 주 안점 중 하나는 자동화와 지속 가능한 농·양식업이다. 최대 수확량과 최소 노력으로 신선한 야채와 과일을 재배할 수 있도록 설계됐다. 작물의 생육관리 프로세스는 자동화되며 에너지와 자원은 친환경적이고 지속 가능한 방식으로 사용 및 재활용된다. 상수도는 재사용 및 재활용되고 폐기물은 에너지로 전환되며 태양광 발전소는 빛을 농장을 자동으로 운영하는 데 필요한 에너지로 변환한다. 따라서 지속 가능성과 자동화가 어떻게 조화를 이루고 있는지 확인할 수 있다. 지속 가능한 에너지원은 자동화된 프로세스를 추진하는 반면 이 지속 가능한 에너지를 생산하고 사용하는 구조는 자체적으로 자동화된다. 이 스마트플로팅팜은 전통적인 농장을 시장에서 몰아내기 위해 고안된 것이 아니라 인류에게 다가오는 열악한 환경을 이겨낼 수 있는 대안을 제시하는 것이다.

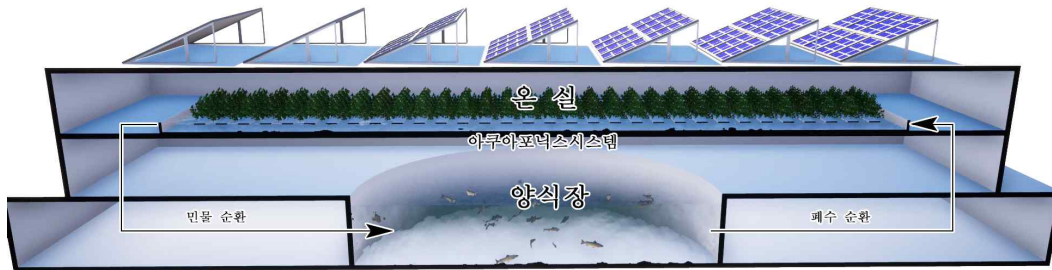
다. 디자인

이 스마트플로팅팜의 디자인 핵심은 다양성이다. 물 위에 떠 있기 때문에 면적에 대한 고민을 최소화 하며 수평으로는 다양한 모듈을 결합하고 수직으로는 유기농 채소뿐만 아니라 버섯, 육계, 조류, 계란, 게 등을 생육할 수 있다. 즉 스마트플로팅팜은 전 세계 어디에서나 사용할 수 있으며 위기에 처한 국가의 특정 식량 안보 요구에 신속하고 유연하게 대응할 수 있다. 이것은 각 나라 혹은 지역에서 집중적으로 필요로 하는 생육계획에 따라 스마트플로팅팜의 디자인은 다양해지며, 해당 지역의 기후에 따라 요구되는 에너지 시스템 계획도 다양해진다.

라. 스페이스 프로그래밍

스마트플로팅팜은 다양한 과학 장비와 기술이 요구된다. 농장은 각 층마다

다른 작업을 수행하도록 여러 층을 갖도록 구성되어 있다. 양식에서 수경법, 소
기후 관리에서 태양광 발전에 이르기까지 농장의 특정 층에서 수행되는 각 기
능은 최대 효율성과 편의를 위해 자동으로 수행된다.

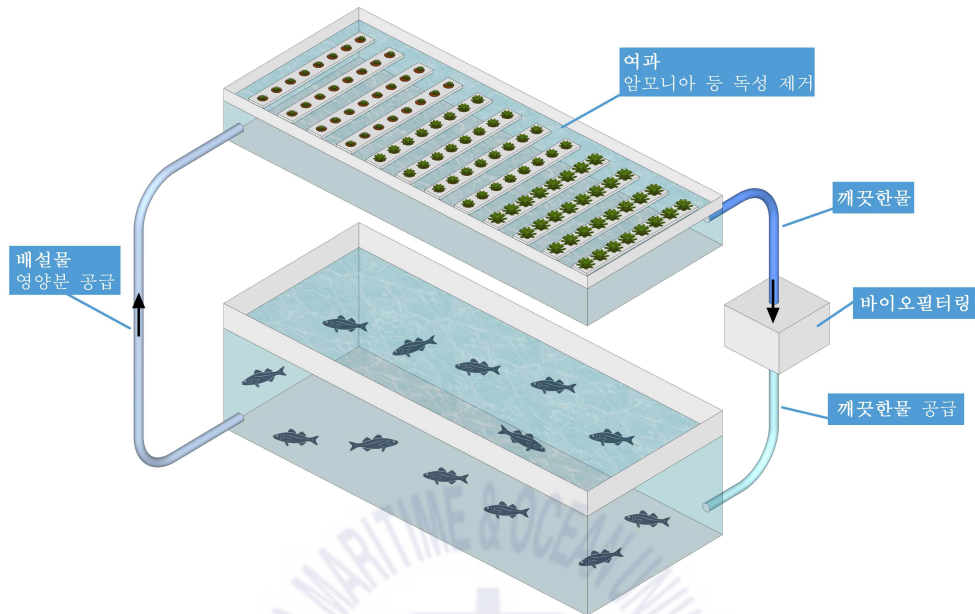


[그림 2-25] 스마트플로팅팜 운영방식

마. 아쿠아포닉스시스템

아쿠아포닉스는 물고기 양식(Aquaculture)과 식물의 수경재배(Hydroponics)를
결합한 신기술로 물고기를 키우면서 발생하는 유기물을 이용해 식물을 수경 재
배하는 순환형 친환경 농법을 말한다. 즉 물고기 배설물은 미생물로 분해돼 수
조 속 식물의 영양분이 되고 식물이 질소를 흡수하고 남은 깨끗한 물은 수조로
다시 돌아가는 방식으로 이뤄진다.

아쿠아포닉스는 물고기 수조와 식물의 선반을 연결한 파이프를 통해 물이 지
속적으로 순환되는 시스템이다. 보통 양식장에서는 물고기의 배설물이 많아지
면 이것이 독소로 작용하기 때문에 물 교환을 자주 해야 하지만 아쿠아포닉스
에서는 물을 교체해야 하는 번거로움이 없다. 또 비료와 농약이 사용되지 않는
것은 물론 버려지는 자원이 거의 없다는 점에서 친환경적인 농법이다. 아울러
물고기에게 모이를 주거나 수경재배용 파종 작업 외에는 사람이 신경 쓸 일도
거의 없기 때문에 적은 노동력으로도 가능하다는 장점이 있다. 이 방식은 물
소비량이 일반 농장의 10분의 1에 불과하다는 장점이 있는 것은 물론 최근 친
환경 농법으로 주목받으면서 점차 확산되고 있는 추세다.



[그림 2-26] 아쿠아포닉스 순환 시스템

마. 스마트플로팅팜의 가능성

모든 프로세스는 거의 자동으로 관리되거나 인간의 개입이 거의 이루어지지 않는다. 구조에 센서를 배치하고 IoT(Internet of Things) 장치를 사용하여 데이터를 보고하면 물리적인 존재 없이 원격으로 전체 구조를 실행할 수 있다. 나아가 현대의 빅데이터 관리 도구의 적용을 통해 스마트플로팅팜에서 지역 주민들이 가장 필요로 하는 것을 결정할 수 있다.

이러한 요소들과 더 많은 상세하고 통합된 요소 덕분에 스마트플로팅팜은 1년 365일을 생산할 수 있으며 주요 토지에서 일어나는 많은 사건들과는 독립적으로 생산할 수 있다. 실제로 농작물을 가둠, 홍수, 해충 또는 점점 빈번한 초목풍우에 빠뜨릴 위험이 없으므로 농장은 가동할 수 있고 트랙터나 쟁기 같은 농기구를 사용하지 않고 노동자들을 동시에 운송하는 아침과 저녁의 통로에 선적 물량을 최소화함으로써 화석 연료 배출량을 대폭 줄일 수 있다.

인류의 미래와 삶의 향상에 있어 생산되는 양과 필요한 양 사이의 생산 위치

와 소비 위치 사이의 거리를 줄이기 위한 과감한 조치가 필요하다는 것은 명백하다. 스마트플로팅팜은 이 두 가지 문제를 해결해야만 한다.

오늘날과 같은 세계에서는 공간이 식량을 생산하기 위해 바다 공간을 사용하는 변화를 가진 귀중한 자원이 되기 시작하는 것이 우리가 식량생산에 필요한 성장을 달성할 수 있는 유일한 기회이며 앞으로 지구상에는 경작지가 부족해질 것이고 기후변화로 인한 해수면 상승이 멈추지 않으면 더 많은 지역들이 침수될 때 우리는 식량 문제를 물에 띄워 해결할 수 있는 최적의 방안으로 플로팅팜이 이 문제에 대응할 수 있는 유일한 선택권이다.



제3장 국내 · 외 사례분석

3.1. 스마트농장 사례

3.1.1. 살리나스 벨리 - 미국⁷⁶⁾



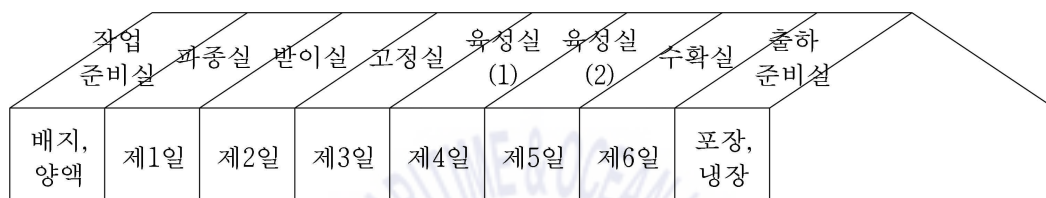
[그림 3-1] 타니무라 & 앤틀의 상추 재배 로봇

미국 샐러드 채소의 80%를 생산하는 살리나스 벨리에 실리콘밸리의 첨단 ICT산업을 접목하여 스마트 농업을 실현하는 프로젝트가 추진됐다. 미국은 살리나스 벨리에서 생육환경이 센서를 통해 자동 모니터링 되며 무인 농업로봇(드론)을 개발하여 농사에 활용하였다. 살리나스 벨리는 농약 살포량을 조절하는 스마트 스프레이 시스템, 자동으로 수분을 관리하는 마이크로 워터 센서, 무인 농업로봇(드론) 등 스마트농장 기술을 적극 적용하고 있다.

76) 4차 산업혁명 전문 미디어 포아이알뉴스 홈페이지(<http://www.4irnews.net/>)

3.1.2. 크리스텐센(Christensen) 농장 - 덴마크

덴마크의 크리스텐센(Christensen) 농장은 1957년 최초의 식물공장이다. 현재의 태양광을 이용하는 방식의 식물공장과 거의 유사하며 평면시설로 컨베이어 시스템을 통해 작물을 운반하고 태양광의 보광원으로 고압나트륨 램프를 사용한다. 1960년대 오스트리아의 루스나(Ruthner)사에서 빌딩 형태의 입체식 자동 식물공장을 개발하고 양광과 고압나트륨 램프를 병행한 광원 사용을 도입했다.



[그림 3-2] 덴마크 크리스텐센 농장 모식도⁷⁷⁾

이 농장은 통제된 시설 안에서 빛과 공기, 열 등 생물이 자랄 수 있는 환경을 인공적으로 조절하는 것으로 공산품처럼 농산물을 계획 생산하는 시스템적인 농업 형태다. 특히 스웨덴의 Agritech Innovation사에서 개발한 스웨데포닉(Swedeponic)이라는 채소·허브용 엽채류를 생산하는 식물공장이 유럽 전역에 설치되어 실용화되고 있다. 스웨데포닉 시스템은 생육시키는 라인의 폭이 성장에 따라 이동해 퍼져 가는 것이 특징이며 모종이 생장 하는 것에 따라 보다는 많은 빛을 받기 위해 자동적으로 라인의 간격이 움직여 4단계의 폭을 거쳐 출하에 이른다.

3.1.3. 홀티플란(Hortiplan) - 벨기에

유럽의 대표 식물공장으로 꼽히는 홀티플란(Hortiplan)에서는 재배베드자동이송시스템(MGS: Mobile Gully System)을 중심으로 묘 자동이식로봇, 자동재식거리조정방식, 재배베드가 수확장소로 이송될 수 있도록 하고 있어 최소의 인력으로 관리할 수 있도록 하고 있다. 재배베드자동이송시스템(Mobile Gully System, MGS)은 묘 자동이식 로봇, 자동재식거리조정방식, 중앙수확체계를 채

77) 한국정보화진흥원(2013) u-IT 기술을 활용한 작물 컨테이너 구축사업 개요서 제작성

택하며, 재배베드 정식 후 작물크기에 따라 최적의 재식간격을 자동 조절할 수 있도록 자동 스페이싱 장치 등을 탑재하고 있다. 최근 홀티플란사에서 자체적으로 개발된 재배베드자동이송시스템에 의해 완전 자동화된 채소류 식물공장시스템을 저가로 설치하여 운영하는 회사가 증가하는 추세다.



[그림 3-3] 벨기에 홀티플란사의 Plant Robot⁷⁸⁾

3.1.4. 농업생산법인 베지드림 쿠리하라(VEGi-Dream Kurihara Corporation) - 일본

베지드림 쿠리하라는 공장의 폐열을 이용한 네덜란드식으로 파프리카를 재배한다. 자사와 인접해 있는 도요타자동차동일본(주)(トヨタ自動車東日本(株))의 자가발전설비에서 발생하는 폐열을 이용해 90도 가까운 온수를 이용하고 있으며 겨울에는 온수가 비닐하우스를 순환하도록 하고 실내를 적정 온도로 유지하는 구조를 구축했다. 또한 폐열을 이용하는 선진 모델 전력 회사, 열교환기 제조업체, 일반 기업, 정부, 대학 등을 포함한 다수의 시찰·견학을 받아들이고 있다.

78) Hortiplan 홈페이지 (<http://www.hortiplan.com/>)

3.1.5. 아이즈 와카마츠시의 후지쯔 홈 & 오피스 서비스 - 일본

후지쯔그룹은 후쿠시마현 아이즈 와카마츠시에 구축한 ‘클린 룸’으로 불리는 ‘아이즈 와카마츠 Akisai 야채공장’에서 저칼륨 야채를 주요 제품으로 생산 중이다. Akisai는 Fujitsu Limited의 농업 경영 지원 클라우드 시스템의 이름이다. 저칼륨 채소 재배·판매, 각종 야채의 연구·개발을 ‘첨단농업 사업’ 부문의 주요 사업으로 두고 있다. 주요 제품 브랜드로 ‘깨끗한 야채’라는 의미의 ‘키레이야사이(キレイヤサイ)’를 소비자에게 제공 중이다. Akisai 공장에서는 재배된 ‘키레이야사이’는 재배 환경을 ICT 기술로 제어하여 일반 야채 대비 칼륨 함량을 감소시킨 야채임. 저칼륨 상추, 저칼륨 시금치 등의 품목이 재배된다. 클린룸의 공기 세정 기술을 전용한 잡균 혼입 방지 기술과 반도체 제조 관리, 로트(ロット) 관리 기술을 활용하여 높은 우량품 수확률과 최고 수준의 칼륨의 저감율(약 80%)을 맞이나 다른 영양소를 유지하면서 실현했다.

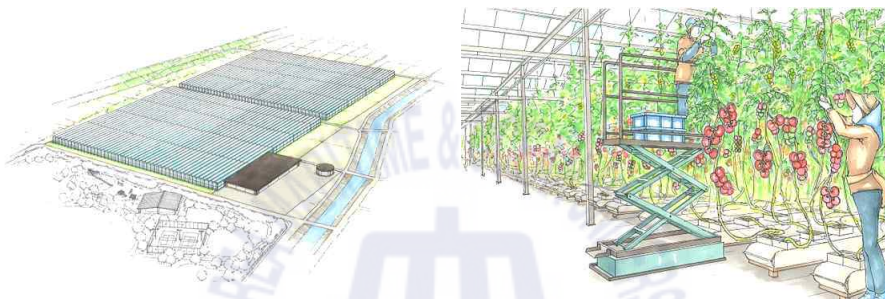


[그림 3-4] 야채공장에서 재배한 후지쯔의 저칼륨 양상추⁷⁹⁾

79) livedoor NEWS 홈페이지 (https://news.livedoor.com/article/image_detail/8809390/?img_id=6491720)

3.1.6. 아그리비전(주)(アグリビジョン株式会社) - 일본

미쓰이물산(三井物産株式会社)과 (주)샐러드보울(株式会社サラダボウル) 두 회사의 합작으로 농업생산법인 아그리비전(주)(アグリビジョン株式会社)을 설립했다. 야마나시현 호쿠토시는 일본에서도 손꼽히는 토마토 생육 적지로 꼽히며, 세계 최첨단 통합 환경 제어 시스템을 이용하여 일본 최대 규모의 태양광 이용 식물공장(2014년 4월 기준)을 건설하여 고품질의 토마토를 생산·판매한다.



[그림 3-5] 아그리비전(주) 식물공장 외관 이미지⁸⁰⁾

3.1.7. 도시바 클린룸 팜 요코스카 - 일본

도시바는 과거 플로피디스크를 생산하던 공장을 활용하여 양상추 등을 생산하는 식물공장을 만들었다. 식물공장 내 시설은 모두 도시바의 독자 기술을 활용하고 있다는 점이 특징이다. 전용 인공조명을 개발했으며 살균이나 소독에 효과가 좋은 기술, 고정밀 온도관리가 가능한 공조기술 등을 활용 중이다. 식물공장에서는 재배된 채소는 거의 무균상태에서 성장하기 때문에 잡균에 의한 부패가 늦어 장기보존이 가능하다. 또한 폐쇄형 공장에서는 자라 외부환경의 영향을 받지 않으므로 안정적인 상품 공급이 가능하며 성장환경제어를 통해 폴리네롤과 비타민C 등을 대거 함유한 기능성 채소를 시장 요구에 맞춰 생산할 수 있는 점도 장점이다. 현재 이곳에서 수확한 채소는 요코스카 시내 슈퍼마켓 등으로 공급되고 있다.

80) 미쓰이물산 홈페이지(https://www.mitsui.com/jp/ja/release/2014/1205584_6497.html)



[그림 3-6] 도시바 클린 룸 팜 요코스카⁸¹⁾

3.1.8. 로즈밸리 - 전라북도 익산시⁸²⁾

토마토재배 로즈밸리 농장은 노동 강도를 낮추고 과학적인 농사를 지어보고 싶어 스마트팜을 도입하게 됐다. 이전에는 비닐하우스에서 단순 온·습도 제어만 가능했으나 복합환경 제어를 갖춘 이후 현장에 가지 않고도 다양한 통제를 할 수 있다. 모든 센서 수치들이 실시간 모아지고 분석돼 최적의 생육환경 관리시스템을 구축하게 됐으며 모든 게 수치로 계량화돼 표시되기 때문에 정확한 분석과 제어가 가능하다.



[그림 3-7] 토마토농장 로즈밸리 내부⁸³⁾

81) 한국건축신문 홈페이지 (<http://www.architecturenews.kr/12290>)

82) 서울경제 홈페이지 (<https://www.sedaily.com/NewsView/1VKHPJMBCQ>)

스마트팜 도입 후 생산성과 소득, 출하 상품 비중이 모두 상승했다. 환경데이터 축적으로 환경관리를 보다 세밀하게 할 수 있고, 작물생육 컨설팅에도 이를 적용하여 효과적인 작물관리가 가능하다. 2011년 3년 전 ‘복합환경제어시스템’을 도입하면서 기존 3.3㎡(1평)당 100kg 정도였던 생산량이 140kg으로 증가했다. 스마트팜 도입으로 네덜란드 토마토 농가 평균 수확량인 3.3㎡당 280kg 생산을 목표로 하고 있다.

3.1.9. 희망담은 딸기 농장 - 전라북도 익산시⁸⁴⁾

전라북도 익산 낭산면에 희망담은 딸기 농장은 ICT 기술을 농장에 적용해 생산성을 높였다. 정부의 시설원예품질 개선사업을 통해 2012년 스마트팜 시스템을 설치하고 수경재배 시스템을 전환했다. 외부에서도 온도, 습도, 측창, 수막, 환기 등 5가지를 제어 할 수 있으며 하우스 내 온도와 습도, 환기 등의 환경제어가 가능하고 하우스 내부 환경도 모니터링 가능하다. 비닐하우스 내부 환경에 맞춰둔 오차범위 바깥으로 벗어날 경우 스마트폰 알람을 통해 경보음이 울리게 된다. 스마트팜의 시스템 설치비 350만원, 월 사용료는 11,000원을 투자하여 2014년 1억원의 수입을 거둔다.



[그림 3-8] 스마트폰을 이용해 온실을 관리하는 희망담은 딸기농장⁸⁵⁾

83) 뉴스토마토 홈페이지 (<http://www.newstomato.com/one/view.aspx?seq=859241>)

84) 중앙일보 홈페이지 (<https://news.joins.com/article/19025459>)

3.1.10. 다운농장 - 전라남도 화순시⁸⁶⁾

다운농장은 1.3ha의 시설토마토를 재배하고 2011년 복합환경제어시스템을 도입한 후 생산성을 증대시켰다. 온실 안팎의 실시간 환경 데이터를 수집해 생육을 직접 관리하게 되면서 토마토 생산량은 3.3㎡당 95kg으로 기존의 65kg보다 40% 증가했다. 온실 관리 시간 역시 하루 평균 4시간으로 ICT 적용 전보다 50%(8시간), 연료비 등 에너지는 기존 대비 35% 절감된 것으로 나타났다.



[그림 3-9] 복합환경제어시스템 구성도⁸⁷⁾

3.1.11. 동부팜 - 경기도 화성시⁸⁸⁾

경기도 화옹간척지에 있는 동부팜은 국내 최대 규모 유리온실을 갖추고 있다. 5ha 유리온실 두 개와 0.5ha 유리온실 등 토마토를 재배하는 온실은 10.5ha 규모로 육묘장 0.5ha도 보유중이다. 동부팜은 정부가 간척지에 수출용 첨단유리

85) 대한민국 정책브리핑 홈페이지 (<http://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148799566>)

86) 팜&마켓 매거진 홈페이지 (http://www.farmnmarket.com/news/article.html?no=5568_)

87) 스마트팜 코리아 홈페이지 (<https://www.smartfarmkorea.net/>)

88) EBN화학 홈페이지 (<http://chem.ebn.co.kr/news/view/130940>)

온실을 만들겠다는 정책을 세운 후 처음 건설한 시설이다.

동부팜은 이곳에서 생산한 토마토를 일본에 수출하고 국내에도 판매 중이다. 동부팜은 정보통신기술(ICT)이 결합된 스마트팜을 실현 중이며 이곳의 첨단시설은 네덜란드에서 도입해 왔다. 네덜란드 기업 ‘프리바(PRIVA)’가 동부팜의 유리온실 전체를 디자인 하였고 연간 토마토 5,000톤을 생산할 수 있도록 설계됐다. 프리바는 온실환경을 제어하는 시스템을 만들고 시설원에 관련 프로그램과 기자재를 패키지로 공급했다. 프리바 컨트롤박스 안에는 온도 습도 이산화탄소농도 등을 측정하는 센서가 들어있다. 바람 세기와 방향에 따라 유리온실 천장의 창문이 열리는 방향이나 폭도 달라지며 센서는 5ha 온실 한 동에 8개 설치됐다. 유리온실은 토양재배 대신 토마토 생육에 필요한 양분을 인공공급하는 양액재배 방식이다.



[그림 3-10] 동부팜 화옹 유리온실에서 토마토를 재배하고 있는 모습⁸⁹⁾

89) 식량닷컴 홈페이지 (<http://www.sigryang.com/news/articleView.html?idxno=3620>)

3.1.12. 농업회사법인 (주)농산 - 전라북도 김제시⁹⁰⁾

(주)농산은 최첨단 재배환경을 구축해 세계적인 품질의 우수한 파프리카를 생산 및 공급 중이다. 과학적이고 효율적인 시스템 환경으로 고품질 관리가 가능하고 회원농가와의 신뢰도를 강화해 고도의 생산 안정성을 확보하고 있다. 또한 생육 단계별 중점 관리기술 적용 및 작형에 따른 생육 단계 별로 식물의 균형을 맞추기 위해 지상부 및 지하부 환경, 작물 관리방법 등을 체계화해 고품질의 파프리카 생산에 집중한다. 선진 농업기술의 최첨단 재배환경을 구축하여 안전하고 고품질의 농산물 공급을 위해 규모화된 재배단지관리의 집중과 전문화 시키고 재배환경 자동제어, 온라인을 이용한 작물관리 기술 및 새로운 정보를 공유, (주)농산과 회원농가 간의 네트워크 시스템(ERP/Group Ware)을 구축 그리고 농가별 재배이력관리 시스템을 운영을 노력 하고 있다.

3.1.13. KIST 스마트 U팜 - 강원도 강릉시⁹¹⁾

강원도 강릉시에 자리한 한국과학기술연구원(키스트) 강릉분원에는 식물을 ‘제조’ 하는 공장이 있다. ‘스마트-유 팜’ 이라 이름 붙은 시설 옥상의 유리 온실에서는 수백 개의 네모상자에 담긴 고추들이 컨베이어벨트 위에 놓여 일광욕을 시킨다. 네모상자 위 천장에는 온습도 센서가 달려있고 구름이나 눈 때문에 광량이 적을 때를 대비해 램프도 설치돼 있다. 고추들은 상자에 담긴 채 컨베이어벨트를 타고 하루 두 번씩 ‘건강검진’ 을 받고 한곳에 오래 두면 환경에 영향을 받아 컨베이어벨트를 타고 다시 나올 때는 건강 상태에 따라 조금씩 위치를 바꿔준다.

키스트 강릉분원은 스마트팜을 2015년부터 구축하기 시작했다. 식물공장은 식물을 공산품처럼 재배하는 것으로 균일한 환경을 유지하는 것이 중요하고 공장 안 광량, 온도, 습도 데이터를 수집해 중앙과 구석에 고르게 분포하도록 조절하는 기술이 핵심이다. 특히 식물의 잎 크기 등 생장 상태를 지속적으로 촬

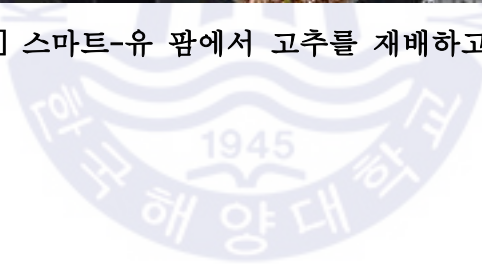
90) (주)농산 홈페이지 (<http://www.paprika.kr/>)

91) 한겨레신문, ‘미래&과학’, 2019.08.05.

영하는 자동식물영상측정분석시스템은 식물공장을 산업화하는 밑돌이다.



[그림 3-11] 스마트-유 팜에서 고추를 재배하고 있는 모습



3.2. 스마트양식장 사례

3.2.1. 스마트양식장 - 경상남도 하동군

국립수산과학원에서 운영하는 하동군 스마트양식장의 핵심기술은 어류의 먹이행동 데이터를 기반으로 사육환경(수온·용존산소·염분)에 따라 적정사료를 공급하는 기술, 수중영상을 통해 어류의 크기와 무게를 추정하는 기술, 물속 산소가 부족할 때 용존산소를 자동으로 공급·조절하는 기술, 수산재해에 대비해 양식장을 관리하고 운용하는 기술 등이 있다.

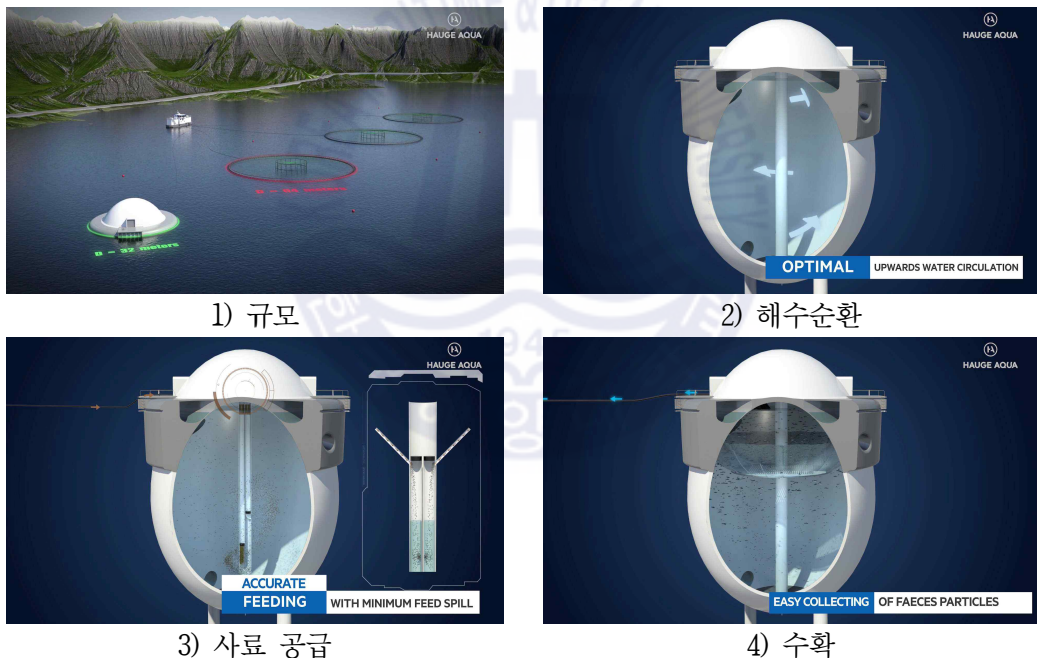
스마트 양식장 운영의 초기 모델에서는 원격으로 양식장을 관찰하고, 사료를 줄 수 있다. 연구진은 이 기술을 더욱 발전시켜 정보통신기술(ICT), 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI)을 활용해 자율적으로 양식장을 운영할 수 있는 시스템 구축을 최종 목표로 연구를 추진해나갈 계획이다.



[그림 3-12] 스마트양식장 사료 자동급이 시스템

3.2.2. The Egg - 노르웨이⁹²⁾

노르웨이는 연어를 주로 양식한다. ‘Hauge Aqua AS’ 는 나라의 지원을 받아 ‘The Egg’ 라는 이름을 가진 스마트양식장의 계획을 실시했다. The Egg는 기존의 연어 양식장보다 지름이 적으면서 깊이는 더 깊어서 기존의 연어 양식장과 같은 규모의 연어를 양식할 수 있다. 여기서 그물을 사용하지 않으며 해수가 자연스럽게 순환이 되어 연어를 양식하기에 가장 적합한 공간을 만들었다. 연어가 다 자라고 수확을 할 때는 강제로 끌어올리기 보다는 바닥에서부터 공간을 조금씩 좁혀가며 연어가 자연스럽게 위로 올라오게끔 유도하여 수확을 한다.



[그림 3-13] The Egg 연어 양식 시스템

92) HaugeAqua 홈페이지 (<http://www.haugeaqua.com/>)

3.2.3. AKVA - 노르웨이⁹³⁾

AKVA사는 양식장에 적용되는 최첨단 기술을 개발하는 회사로서 첫 시도를 AKVA에서 직접 스마트양식장을 운영했다. 여기에는 양식장 최적 제어 시스템인 AKVAconnect로 양식장의 환경을 한 번에 관리한다. IT기술을 통해 Fishtalk, Wisefish 등 양식장 운영과정을 통합하는 소프트웨어 개발로 어류의 품질을 관리하고 효율성을 극대화 시킨다. 이 스마트양식장의 직원은 기계나 어류에 손을 대지 않고 그저 스마트폰과 태블릿 PC로 모든 연어 양식 과정을 진행한다. 사료 자동급이 시스템부터 연어를 자동으로 바지로 운반하고 포획도 최대한 연어 품질에 손상이 가지 않게 기계가 자동으로 움직인다. 또한 AKVA사는 환경오염을 최소화하기 위해 모든 가두리는 친환경 소재를 이용하여 직접 생산을 하고 이것을 판매하기도 한다.



[그림 3-14] 노르웨이 스마트양식장 AKVA

3.2.4. SalMar - 노르웨이⁹⁴⁾

Tuvstein사의 SalMar는 8각형 형태의 가두리 안에서 연어를 양식하는 스마트 양식장이다. 노르웨이에서 처음 시도한 최첨단 기술이 적용된 이 스마트양식장

93) AKVA 홈페이지 (<https://www.akvagroup.com/home>)

94) SalMar 홈페이지 (<https://www.salmar.no/en/>)

은 연어에서 나오는 배설물 등을 바다로 떠나가지 못하게 막으며 바다 오염을 줄이고 가두리 안에서 물을 정화하여 순환시킨다. 첫 시범사업이므로 연어를 자동양식 시스템은 탑재돼있지 않고 물의 온도, 산소 농도, 실시간 모니터링 등 연어가 생활하는 환경을 체크하고 제어해준다.



[그림 3-15] 노르웨이 스마트양식장 SalMar

3.2.5. Regal Springs Tilapia farming - 멕시코⁹⁵⁾

Regal Springs는 CCTV 및 WAN (Wide-Area Network)과 같은 무선 통신을 전문으로 하는 부가 가치 시스템 통합 업체인 INXITE를 통해 확장 가능하고 미래를 보장하는 시스템을 확보했다. Regal Springs 양어장 프로젝트는 기존 운영 플랫폼을 대체하기 위해 효과적이고 안정적인 무선 인프라를 찾고 있었고 이를 수행 할 수 있는 효율적인 비용과 지속가능한 플랫폼을 개발했다.

양식 인프라의 특정 성능 요구를 충족시키기 위해 올바른 종류의 무선 네트워크를 설계함으로써 이와 같은 양식업 현장에 서비스를 제공하기 위해 신중한

95) Enterprise IOT Insights 홈페이지

(<https://enterpriseiotinsights.com/20190521/channels/reader-forum/smart-aquaculture-and-the-mexican-method>)

무선 계획을 적용하여 신뢰할 수 있는 모니터링과 수많은 연결 애플리케이션을 제공 할 수 있다. 또한 효율적인 커뮤니케이션 채널을 통해 직원들을 단결시키고 최신 사물 인터넷(IoT) 솔루션을 사용하여 점점 더 많은 유형의 장비와 기계가 스마트 양식장에 추가됨에 따라 양식업 경쟁은 인프라를 올바르게 갖추는데 성공했다.



[그림 3-16] 멕시코 Regal Springs의 스마트양식장

3.3. 해수 활용 농장

3.3.1. 일본⁹⁶⁾

일본에서는 해수가 많이 포함된 간척지나 해풍에 의한 해일 피해를 받은 밭에서는 품질이 좋은 작물이 수확된다는 사례가 보고되고 있다. 「일본 농업전서」에 의하면 바다에 둘러싸인 일본에서는 에도시대부터 주변에서 쉽게 구할 수 있는 자원으로서 바닷물이나 해초가 농업에 이용되었다고 기록되어 있다.

해수에 풍부한 미네랄의 시용 효과를 ‘바다의 미네랄 힘’이라 칭하며, 해양심층수, 천일염, 간수 등이 농업적으로 이용되고 있다. 해수의 성분은 물이 96.5%, 염분이 3.5%를 차지하고 있으며 염분에는 염화나트륨(77.9%), 염화마그네슘(9.6%), 황산마그네슘(6.1%), 황산칼슘(4%), 염화칼륨 및 나머지 성분(2.1%), 기타(0.3%, 70~90종의 미량원소) 성분이 포함되어 있다.

일본에서 해수는 작물 생육 촉진, 식미향상, 병해억제 등의 효과를 기대하고 작물에 살포(적당한 농도의 살포액), 토양이나 유기비료 시용(살포액 또는 원액, 소금) 등의 방법으로 이용되고 있다.

해수 시용 효과는 미네랄효과, 염소효과, 염 스트레스 억제효과로 분류했다 :

[표 3-1] 작물재배에서 기대되는 해수의 효과

구분	기대 효과
미네랄효과	· 생육촉진 및 고품질화 · 병해 방제 · 토양 미생물 활성화 · 유기비료 발효촉진 등
염소효과	· 광합성 촉진 · 병해 방제
염 스트레스 억제효과	· 항산화 기능 · 삼투압조절 기능

96) 본 장은 농촌진흥청 국립농업과학원에서 2011년 발간된 ‘친환경농산물 생산을 위한 바닷물의 농업적 활용 매뉴얼’을 참고로 작성

2.3.2 중국⁹⁷⁾

중국에서는 토지와 담수의 부족을 겪고 있는 수십억 명의 인구에게 식량을 제대로 공급하기 위해 광범위한 해안 지역의 모래땅에 해수를 관개하여 농작물을 재배하는 실험이 진행되어 왔다. 1990년부터 30만ha에 달하는 상둥성, 허베이성, 광둥성, 하이난성의 해안지역 염기성 토지와 갯벌에 밀과 쌀, 채종 작물이 재배되고 있다.

중국에서의 해수농업 연구개발 주요목적은 농지 확대와 넓은 토지 지역의 관개비용 절감했다. 자광민 상둥대 교수에 의하면 염기성 토지와 해안 모래땅을 경작할 수 있게 되면 중국 전체 경작지의 1/3에 달하는 4천만ha의 경작지가 추가로 개발될 수 있다. 추가된 토지에 농작물을 경작하게 되면 중국 전체 생산량의 30%에 해당하는 1억 5천만 톤을 추가로 생산할 수 있게 된다. 해수농업이 발전하게 되면 세계평균의 1/4에 불과한 중국 1인당 담수 사용량, 물 부족 현상을 상당부분 개선할 수 있게 된다. 추지빈 잔지양 해양대학 교수는 만약 해수를 직접 염기성 토지와 해안 모래 땅의 작물에 관개할 수 있으면 3천억 톤의 담수가 절감될 것이며 이는 해수를 담수로 전환하는 기술과 비교하면 1/30의 비용밖에 소요되지 않는다고 밝혔다.

최근 중국에서는 유전공학의 발달로 염기성 환경에서 자랄 수 있는 식물종자에 대한 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 유전자 복제기술과 같은 특수한 기술을 도입하여 중국 과학아카데미의 과학자들은 갯벌에서 자랄 수 있는 후추와 에그플랜트(eggplant, 가지)를 개발했다. 또한 최근에는 해수관개를 통해 유전자변형작물(GMO)을 생산하고 있다. 유전적 조작을 거친 토마토, 에그플랜트, 후추를 세계 최초로 해안지역에 재배하게 되었다고 밝혔다.

97) 이인복(2012), 물 부족 시대를 대비한 해수의 농업적 활용 관련 연구개발 동향, 서울대학교 농업생명과학정보원, p20

3.4. 해수온실농장

3.4.1. 해수온실 프로젝트(Sahara Forest Project) - 사하라⁹⁸⁾

영국의 Seawater Greenhouse⁹⁸⁾는 해수온실을 UAE의 아부다비, 스페인의 그란 카나리아, 오만의 무스카트 등에 건립하고 현재 양상추·토마토 등을 시험 재배하고 있다.

영국의 Seawater Greenhouse는 세계 최대의 사막인 사하라사막에 해수온실을 건립해 농경지 및 숲을 조성하는 프로젝트를 추진 중이다. 사하라사막 해수온실 프로젝트는 거대한 온실과 여러 개의 반사경을 한 곳에 집중시켜 그 열로 전기를 발전하는 집광형 태양열발전(CSP: Concentrated solar power)과 결합된 형태다. 온실은 태양열을 이용하여 해수 증발기를 작동하게 하고 생성된 습기가 차가운 공기를 온실에 공급하게 되는 원리로 작동된다. 이 과정에서 온도는 외부보다 15℃ 정도 낮아지게 되며 증발기의 반대편에서 증발된 수증기는 농축되어 액화된 물의 일부는 작물에 공급되고 나머지 물은 태양광 반사경 청소용 또는 식수자원으로 사용 가능하다. 식물을 재배하기 위한 영양분은 해초류 또는 해수 자체에서 추출하여 사용가능하며 시범 온실에서는 상추, 피망, 오이, 토마토 등이 재배되었고 자트로파(Jatropha), 해조류(Algae)등과 같은 바이오매스 생산도 가하다.

최근 요르단과 노르웨이는 홍해(Red Sea) 아카바(Aqaba)지역에 20ha 규모의 해수온실 시스템을 구축하는 계약을 체결하고 2015년 완공을 목표로 프로젝트를 진행 중이다. 요르단은 20ha의 토지와 해수 파이프를 제공하고 노르웨이는 60만 달러를 투자하여 요르단 지역 해수온실 건설 환경 및 사업타당성 조사 실시하였다.

98) Sea Water Greenhouse 홈페이지 (www.seawatergreenhouse.com)



[그림 3-17] 사하라사막 프로젝트 해수온실 모식도⁹⁹⁾

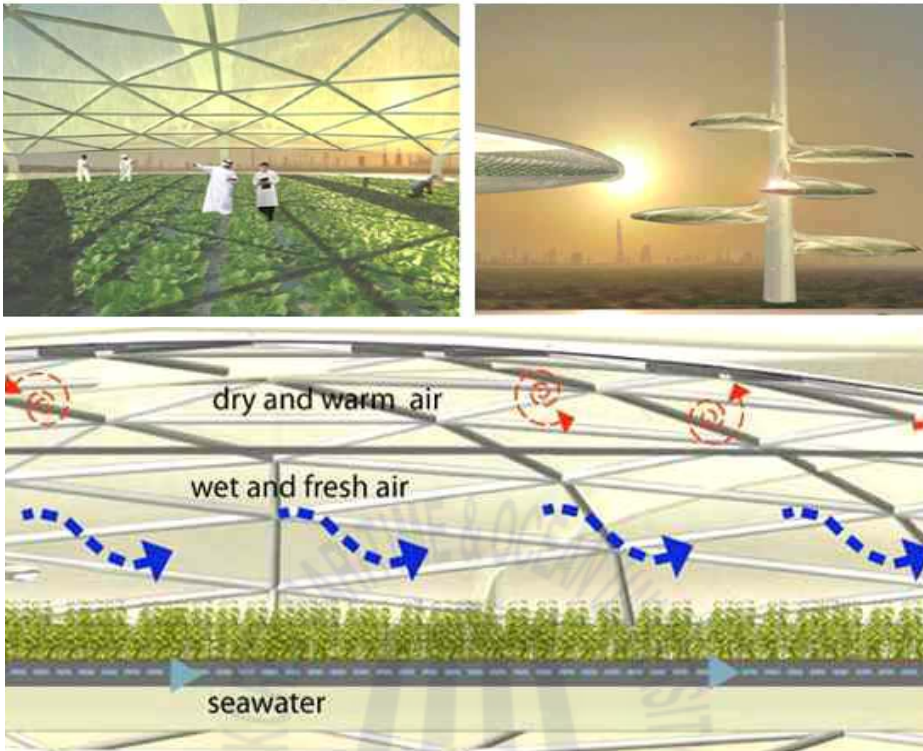
99) Sahara Forest Project 홈페이지 (www.saharaforestproject.com)

3.4.2. UAE 수직형 해수농장(해수 하늘 농장) 프로젝트 - 두바이

이탈리아 Studiomobile社は 최근 농업용수가 극도로 부족한 UAE 두바이 지역에 해수를 활용한 ‘수직형 해수농장(Seawater Vertical Farm)’ 건립 프로젝트를 추진 중에 있다. 이탈리아 Studiomobile社の 두바이 ‘수직형 해수농장(해수 하늘 농장)’은 거대한 유리온실 타워에서 바닷물을 증발시켜 농업용수로 활용하는 신개념 농법(인공농장으로 일종의 식물공장 개념)이다.

‘수직형 해수농장’은 바닷물을 직접 농업용수로 이용하는 것이 아니라 바닷물은 온실 안의 온도와 습도를 조절하고 증발된 습기로 물을 만들어내는 역할을 수행한다. 거대한 기둥에 떡잎모양의 유리 온실을 층층이 만들어 연결하고, 바닷물을 펌프로 끌어올려 기둥과 유리온실에 순환시킨다. 온실 바닥 도랑으로 흐르는 차가운 바닷물은 온실의 뜨거운 공기를 식히고 농작물에 필요한 습기를 공급하는 방식으로 온실 안은 식물이 성장하기에 알맞은 온도와 습도를 유지하게 되는 시스템이다.

농업용수로 활용되는 물은 ‘결로현상(結露現象)’으로 생성한다. 유리온실이 천정 외부의 뜨겁고 건조한 사막공기는 굴뚝효과에 의해 가운데 기둥을 타고 밖으로 분출되며 이때 증발기에서 바닷물을 미세한 물방울을 만들어 분사시키고 온건조한 사막공기는 고온다습한 공기로 전환한다. 뜨겁고 습기 찬 유리온실공기가 차가운 바닷물이 흐르는 파이프 주변을 에워싸고 빠져나가면서 파이프 표면에는 물방울이 생성되고 이 물방울은 관 표면을 타고 흘러 물탱크에 모이고 이를 농업용수로 활용한다.



[그림 3-18] 두바이의 수직형 해수농장(해수 하늘 농장) 모식도¹⁰⁰⁾

100) 중앙일보 홈페이지 (<https://news.joins.com/article/3572953>)

3.5. 플로팅팜

가. Floating Ponds vertical fish farm - 싱가포르¹⁰¹⁾

싱가포르는 식량 생산을 증대시키기 위해 스마트시티 해결책을 내놓았다. 싱가포르는 앞으로 식량문제가 급상승 할 것으로 예상을 하며 더 이상 농업으로 는 한계가 있을 것이고 양식으로 부족한 식량을 채워나가겠다는 발표를 했다.

삼면이 바다로 둘러싸인 이 나라에서는 영토 문제로 안타깝게도 양식업이 힘든 관계로 실내 양식장을 선택했는데 이것을 물 위에 띄워 새로운 양식장을 만들겠다는 의지로 프로젝트가 시작됐다. 싱가포르는 앞으로 이 플로팅 양식업은 바다 환경오염을 줄이면서 식량생산을 증대시킬 예정이다.



[그림 3-19] Floating Ponds 모델 개념도¹⁰²⁾

101) ECO Business 홈페이지 (<https://www.eco-business.com/news/>)

102) Surbana Jurong 홈페이지 (<https://surbanajurong.com/>)

나. Floating Farm - 네덜란드¹⁰³⁾

식량생산이 기후변화에 어떻게 덜 취약해질 수 있는지를 보여주는 플로팅팜이 로테르담에 계획됐다. 현재는 32마리의 젖소가 서식하고 있으며 곧 도시 전역의 리들 매장에서 판매될 유제품을 생산하고 있다. 이 프로젝트는 해수면 상승으로 인해 농경지가 홍수로 인해 점점 더 활동하지 못하게 되는 미래를 위해 고안되었다. 그것은 자원과 환경에 미치는 영향을 최소화하면서 농업을 다시 도시로 가져오는 새로운 방법을 보여주는 것을 목표로 한다.

이 플로팅팜은 젖소의 우유판매를 목적으로 운영하며 젖소의 배설물을 에너지자원의 일부로 활용하여 우수와 태양열에너지를 같이 이용해 젖소가 먹을 풀을 키움과 동시에 시설을 운영한다. 또한 AI기계를 사용하여 젖소의 우유짜기, 사료급여, 우유운반 등 사람이 하는 모든 일을 대신 수행한다.

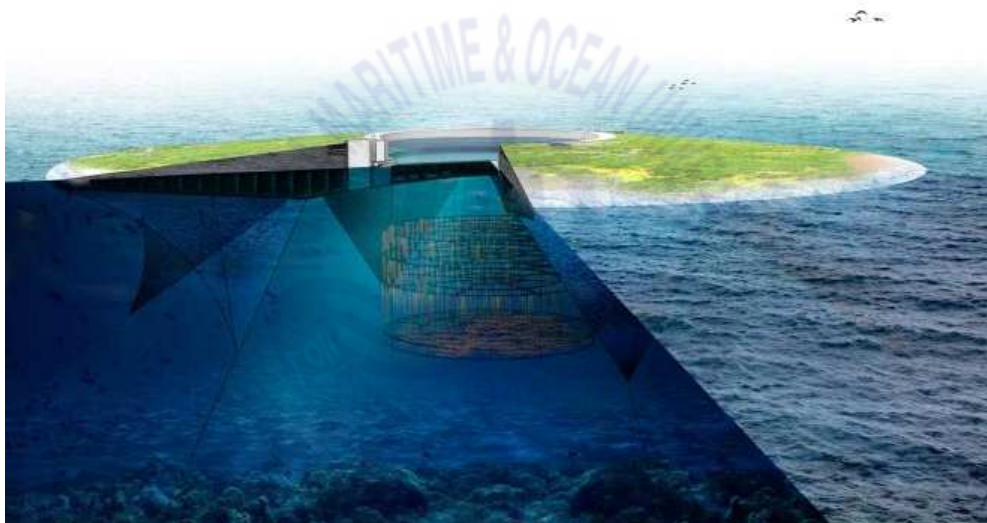


[그림 3-20] 네덜란드 플로팅팜의 조감도

103) DEZEEN 홈페이지 (<https://www.dezeen.com/2019/05/24/floating-farm-rotterdam-climate-change-cows-dairy/>)

다. OCEAN HYACINTH¹⁰⁴⁾

이 프로젝트는 자연생태계를 조성하기 위해 퇴역한 선박을 해체, 재활용, 폐기하는 과정으로 주로 선박파손에 기반을 두고 있다. 오션 히아신스(Ocean Hyacinth)는 다양한 토양, 식물, 동물, 박테리아 동식물의 조합으로, 바다에서 발생하는 오염물질을 걸러내고 분해할 뿐만 아니라 조수 생태계를 형성하고 상부 공간에서는 작물을 재배 하고 물속에서는 물고기 양식을 하며 식량생산을 해나갈 수 있다. 또한 자연 생태계를 활성화하는 것 외에도 수생시설, 조력 발전기, 등대 등으로 이 오션 히아신스를 지탱하는 인프라가 들어설 수 있다.



[그림 3-21] OCEAN HYACINTH 단면도

라. THALASSOPHILANTROPY - 독일¹⁰⁵⁾

Talassophilantropy는 연안도시에 밀집되어있는 마을을 해수면상승 문제에 대한 해결책을 제공하기 위해 계획된 프로젝트다. 이 프로젝트의 전반적인 아이디어는 플로팅시설물로 구성된다. 이 시설은 마을에 활력을 불어넣기 위해 에너지, 식량, 식수 공급, 서식지에서 안전하게 생활할 수 있는 동시에 장기적으

104) Jacques Rougerie 재단 홈페이지 (<http://www.jacquesrougeriedatabase.com/Projects/project/225/0>)

105) Jacques Rougerie 재단 홈페이지 (<http://www.jacquesrougeriedatabase.com/Projects/project/97/0>)

로 만성적인 홍수와 해수면상승에 대한 해결책을 제공할 수 있게 되면서 도심과 거리가 멀어 플로팅농장을 만들어 해수를 이용해 농장을 운영한다.



[그림 3-22] THALASSOPHILANTROPY 구역별 기능



3.6. 스마트플로팅팜

가. H2O (Humanitarian Harbour of the Ocean) - 중국¹⁰⁶⁾



[그림 3-23] H2O 모듈

지구 온난화와 이미 관찰된 기후 변화와 연계되어, 상승하는 물은 수세기 동안의 현상이다. 홍수를 일으키고 해안 침식을 증가시키고 격렬한 자연재해를 일으키며 이 상승하는 물은 우리의 지리적 물살을 깊게 바꿀 것으로 예상된다. 실제로 도시와 농업 모두 지구상의 많은 작은 지역들은 현재 수백만 명의 주민들을 위협하고 있는 홍수가 날 가능성이 있다. 2050년에는 2억 5천만 명의 기후 난민들이 있을 것으로 추정된다. 이러한 놀라운 전망에 직면한 H2O는 이러한 긴급성에 대응하는 인도주의적 부유식 농장이다. 250여 주거지에 500여 명의 기후 난민을 수용할 수 있는 비상주택지 즉 마을이나 작은 동네에 버금가는 이 부유식 승강장은 무엇보다도 식량과 에너지 자립을 목표로 하는 집약적인 농장이기 때문이다. H2O 농장은 수경재배, 아쿠아포닉스 또는 곤충 배양과 같은 가장 혁신적인 농업 기법을 모두 이용하여 “스마트플로팅팜”이라고 하는

106) Jacques Rougerie 재단 홈페이지 (<http://www.jacquesrougeriedatabase.com/Projects/project/412/0>)

자생적인 생태계를 제공한다. H2O 프로젝트는 상승하는 물의 단계에 적응할 수 있는 모듈식 구조를 촉진한다. H2O 모듈은 재난의 직접적인 위협을 받는 마을 근처에 배치될 예정이지만 경작지가 부족한 마을에 지역 농산물을 제공하는 도시 농장으로도 사용될 수 있다.



[그림 3-24] H2O의 여러 모듈을 합친 조감도¹⁰⁷⁾

나. OCEAN DISTILLER FARM - 프랑스¹⁰⁸⁾

Ocean Distiller Farm 프로젝트는 영양실조로 고통 받는 사람들을 위해 계획됐다. 이 계획안의 핵심은 바닷물을 증류하여 온실농업의 에너지로 만들어 상부에는 농장을 운영하고 수중으로는 양식장을 운영하는 것이다. 이런 스마트플로팅팜의 모듈이 여러 개로 만들어 식량부족 지역의 문제를 해결하고자 하는 것이 목표다.

107) Surbana Jurong 홈페이지 (<https://surbanajurong.com/>)

108) Jacques Rougerie 재단 홈페이지 (<http://www.jacquesrougeriedatabase.com/Projects/project/3/0>)



[그림 3-25] OCEAN DISTILLER FARM의 조감도

다. (스페인) Smart Floating Farm¹⁰⁹⁾



[그림 3-26] Smart Floating Farm의 조감도

바르셀로나의 Forward Thinking Architecture는 식량 문제는 모두의 문제로 삼고 건축적으로 해결하기 위해 이 Smart Floating Farm 계획에 나섰다. 이 스

109) Smart Floating Farms 홈페이지 (<https://smartfloatingfarms.com/>)

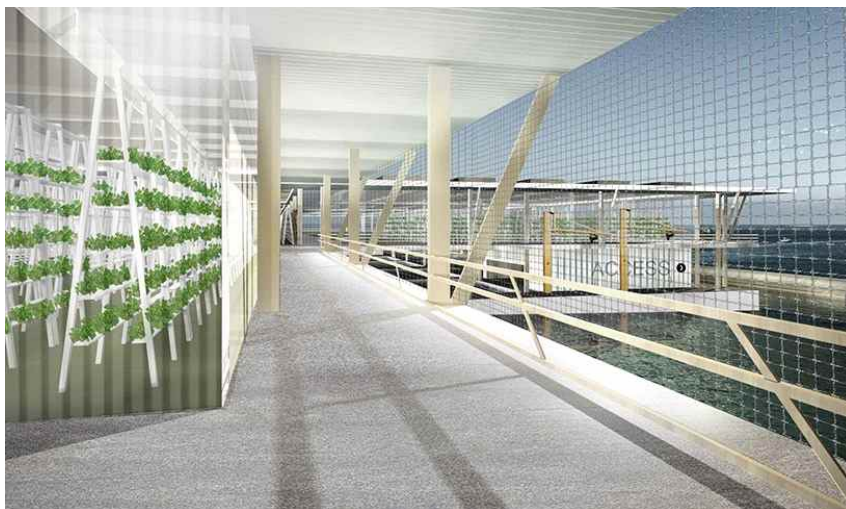
마트플로팅팜은 서로 다른 작동 층 사이의 간단한 연결 시스템을 통해 물고기와 식물성 음식을 생산하기 위해 도시 해안을 건설하는 해양구조물이다.

구조의 구성은 전통적인 아시아 어류 양식장에서 영감을 얻었지만 그 위에 태양 에너지의 전환을 통해 필요한 에너지를 공급하기 위해 어떤 종류의 식물을 재배한다. 식량의 생산은 처음 2 단계로 나누어지고 마지막 단계는 에너지 공급을 위한 것이다 :



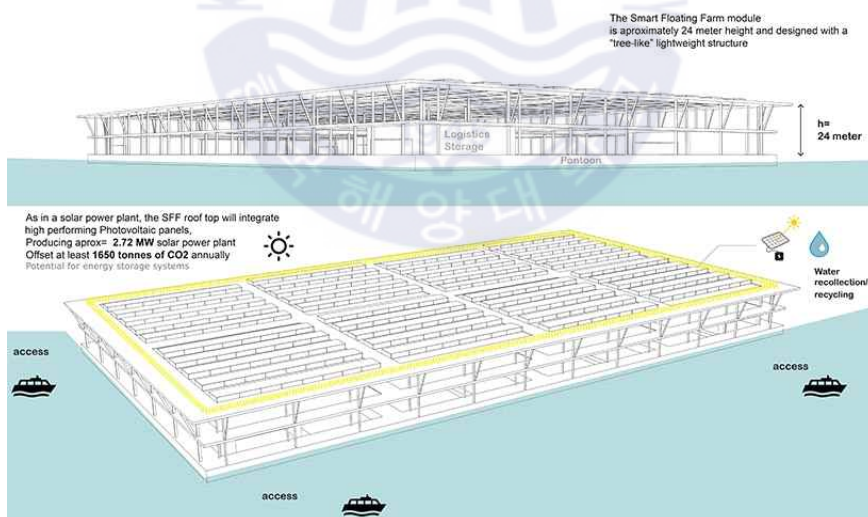
[그림 3-27] Smart Floating Farm의 1층

LEVEL 1 : 야외 활동을 완전히 차단하고 주로 양식업으로 이루어져 있다. 일련의 케이지가 주 경로 사이에 배치되고 더 작은 단위로 더 나뉜다. 아이디어는 1년 내내 물고기의 지속적인 흐름을 유지하기 위해 더 다양한 환경에서 공간을 나눈다.



[그림 3-28] Smart Floating Farm의 2층

LEVEL 2 : 이 층은 “채식”생산으로 구성된다. 이곳은 흙보다 영양분이 풍부한 물을 이용해 식물에 영양을 공급하는 자동 수경재 층이다.



[그림 3-29] Smart Floating Farm의 3층

LEVEL 3 : 이 층은 에너지 공급으로 구성된다. 전체 지붕은 농장을 위한 다양한 설비가 설치되어있다 : 환기를 위한 환풍기, 우수(雨水) 설비, 미기후(微氣候) 제어장치 등 그리고 이 설비들의 에너지를 공급해줄 태양열 패널이 있다.

3.7. 스마트플로팅팜 시스템유형

국내외 사례분석을 통해 살펴보면 스마트플로팅팜은 다양한 종류의 시스템으로 분류할 수 있다. 재배와 양식이 동시에 가능한 스마트플로팅팜의 시스템은 다음과 같은 유형으로 구분된다.

[표 3-2] 스마트플로팅팜 시스템 유형

시스템 구분	특징		장점	단점	관련사례
민물 순환형	민물을 순환시켜 재배와 양식을 동시에 하는 아쿠아포닉스 시스템		· 비료사용 불필요 · 어류 배설물을 이용 작물 재배 · 물이 순환하므로 1개월에 1번씩만 갈아주면 됨	· 어류는 민물 어류에 한정	관련사례없음
	설치 장소	강, 호수			
	재배 작물	제한 없음			
	양식 어류	민물어류			
	물 이용	양식장 민물			
	온실	양식장 폐수			
재배 · 양식 분리형	해수를 이용하여 양식을 하고 우수를 이용하여 작물재배 하는 시스템		· 해수 이용에 물 공급 제한 없음 · 재배작물에 제한 없음 · 바다어류에 제한 있음	· 수경액 사용 · 높은 강수량 요구 · 우수 부족시 민물 공급	Smart Floating Farm
	설치 장소	바다			
	재배 작물	제한 없음			
	양식 어류	바다어류			
	물 이용	양식장 해수			
	온실	우수			
담수 순환형	해수를 담수과정을 거쳐 민물로 만들어 순환하여 재배와 양식을 하는 시스템		· 비료사용 불필요 · 어류 배설물을 이용 작물 재배 · 물이 순환하므로 1개월에 1번씩만 갈아주면 됨	· 담수화 설비 필요 · 어류는 민물 어류에 한정	Floating Ponds
	설치 장소	바다			
	재배 작물	제한 없음			
	양식 어류	민물어류			
	물 이용	양식장 해수(담수화)			
	온실	양식장 폐수			
	순환	순환함			

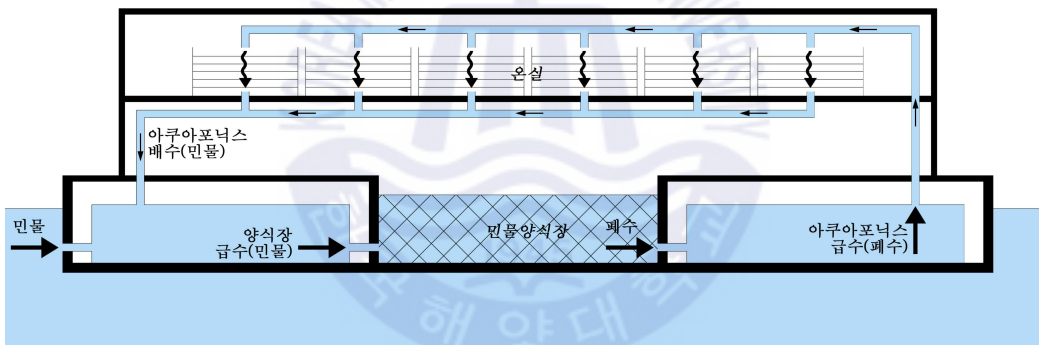
해수 이용형	해수를 직접 재배와 양식에 이용하는 시스템 (담수과정 없음)		· 해수를 이용하므로 물 공급 제한 없음 · 비료사용 불필요	· 작물 종류가 한정적 · 작물에 사용한 물 재활용 불가능	OCEAN HYACINTH
	설치 장소	바다			
	재배 작물	양파, 마늘, 고구마			
	양식 어류	바다어류			
	물 이 용	양식장			
		온실			
		순환			
해수 온실형	해수에 열을 가해 온실 작물이 자라기 적당한 환경으로 만들고 가열된 바닷물을 증발·응축시켜 민물로 만들어 순환하는 시스템		· 비료사용 불필요 · 어류 배설물을 이용 작물 재배 · 해수를 이용하므로 물 공급 제한 없음 · 해수를 민물로 대체하여 사용할 수 있음	· 해수 가열을 위한 에너지 소모량이 큼 · 어류는 민물 어류에 한정	해수하늘농장
	설치 장소	바다 혹은 기수역 ¹¹⁰⁾			
	재배 작물	제한 없음			
	양식 어류	민물어류			
	물 이 용	양식장			
		온실			
		순환			

110) 강이 바다로 흘러들어 가는 어귀로 하천의 담수와 바다의 염수가 만나 형성되는 생태적 접이지대

1) 민물순환형 시스템

이 시스템은 양식장과 온실에 민물을 순환시키는 시스템이다. 강이나 호수에 입지해 민물을 공급하여 민물어류를 양식한다. 양식장의 물을 교체할 때 이곳에서 나오는 어류배설물이 섞인 폐수를 폐수탱크로 옮겨 담고 온실 작물재배에 사용한다. 작물은 폐수에 섞인 성분을 흡수한 뒤 물을 정화시킨다. 정화된 물은 바로 지하 물탱크로 배수시켜 양식장 물을 교체할 때 사용한다.

외부에서 한번 공급한 물을 순환시켜 사용하는 덕분에 물은 한 달에 한 번씩만 갈아줘도 된다. 또한 어류 배설물에는 작물이 자라는데 필요한 질소와 암모니아 성분을 가지고 있기 때문에 양식장에서 나오는 폐수를 비료를 대신하여 사용할 수 있지만 담수과정을 걸치지 않기 때문에 양식에는 민물어류로 한정짓는다.



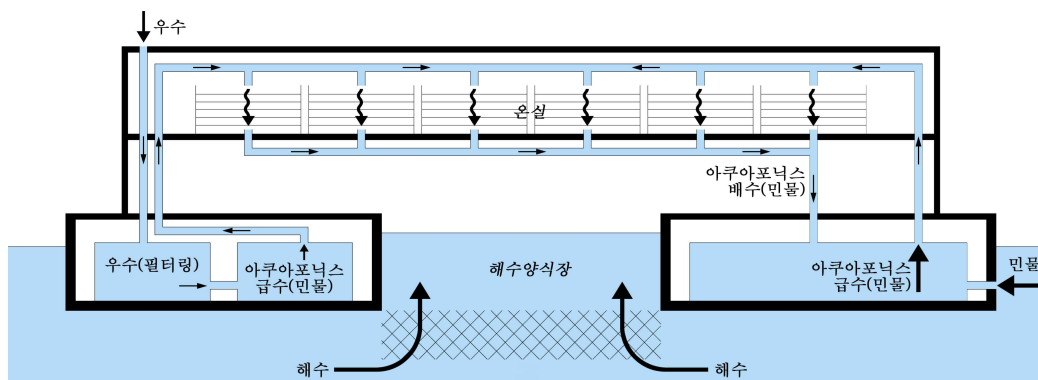
[그림 3-30] 민물순환형 시스템 개념도

2) 재배·양식 분리형 시스템

이 시스템은 작물재배와 어류양식을 분리하는 방식이다. 바다에 입지하며 해수를 이용해 어류양식을 하고 외부에서 공급된 민물과 우수를 이용해 작물재배를 하며 담수과정이 없으므로 물은 순환하지 않는다.

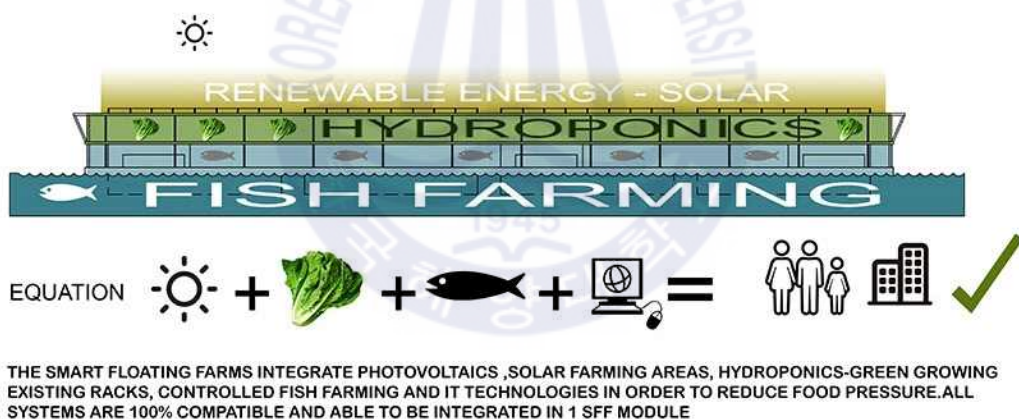
양식장의 물은 무궁무진하지만 어류의 배설물과 사료 찌꺼기로 인해 바다의 오염이 발생할 수 있다. 작물은 해수로 재배할 수 없으며 우수를 사용하기 위해서는 높은 강수량이 요구되고 필요에 따라 외부에서 민물을 공급해야 하는

번거로움이 있다. 관련 사례로 [그림 3-36]의 스페인 바르셀로나에 Forward Thinking Architecture에서 계획한 Smart Floating Farm 가 있다.



[그림 3-31] 재배·양식 분리형 시스템 개념도

SYSTEM LAYERS: WHAT ARE WE PROPOSING?



[그림 3-32] Smart Floating Farm 개념도¹¹¹⁾

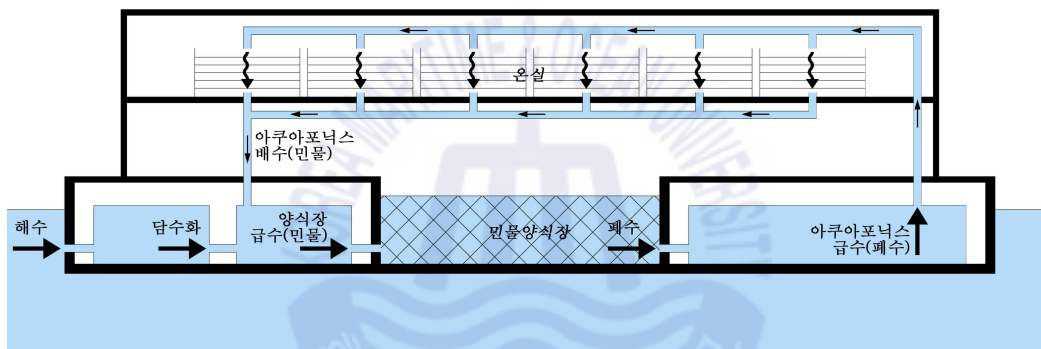
3) 담수순환형 시스템

이 시스템은 양식장과 온실에 담수화된 해수를 순환시키는 시스템이다. 바다에 입지해 해수를 공급하여 담수과정을 걸쳐 민물어류를 양식한다. 양식장의 물을 교체할 때 이곳에서 나오는 어류배설물이 섞인 폐수를 폐수탱크로 옮겨 담고 온

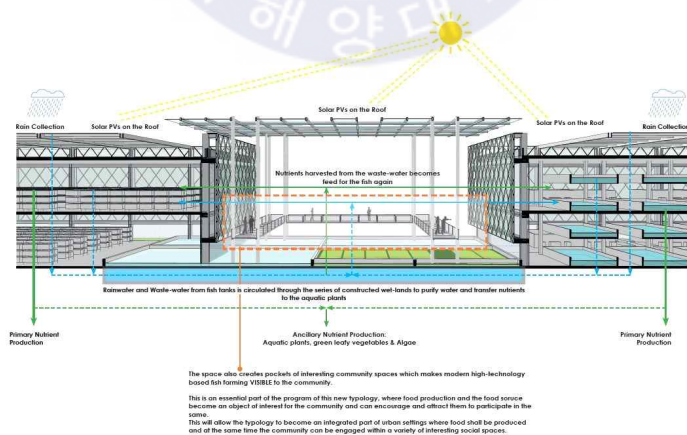
111) Smart Floating Farms 홈페이지 (<https://smartfloatingfarms.com/>)

실 작물재배에 사용한다. 작물은 폐수에 섞인 성분을 흡수한 뒤 물을 정화시킨다. 정화된 물은 바로 지하 물탱크로 배수시켜 양식장 물을 교체할 때 사용한다.

외부에서 한번 공급한 물을 순환시켜 사용하는 덕분에 물은 한 달에 한 번씩만 갈아줘도 된다. 또한 어류 배설물에는 작물이 자라는데 필요한 질소와 암모니아 성분을 가지고 있기 때문에 양식장에서 나오는 폐수를 비료를 대신하여 사용할 수 있지만 담수과정을 걸치기 때문에 담수화 설비가 추가적으로 요구된다. 관련 사례로 싱가포르 정부에서 로컬푸드를 생산하기 위해 추진하고 있는 [그림 3-34]의 Floating Ponds 프로젝트가 있다.



[그림 3-33] 담수순환형 시스템 개념도

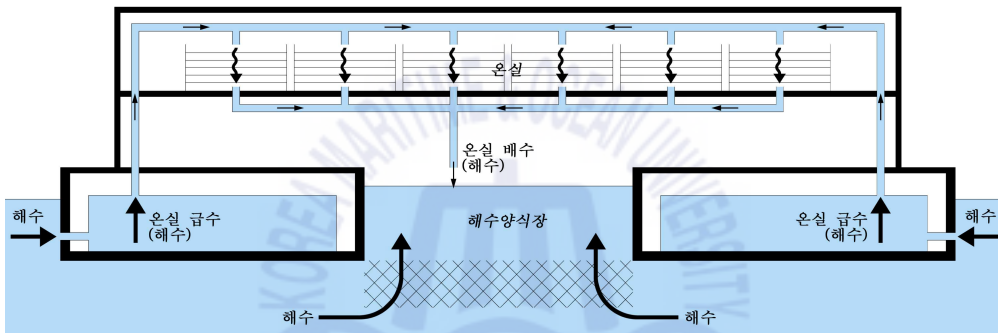


[그림 3-34] Floating Ponds 단면도¹¹²⁾

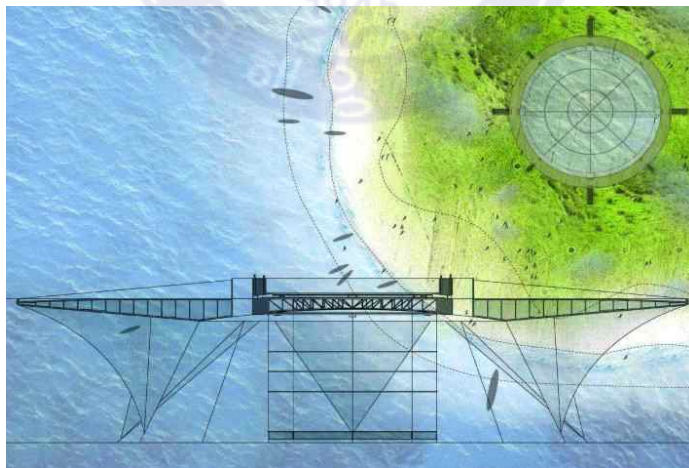
112) ECO Business 홈페이지 (<https://www.eco-business.com/news/>)

4) 해수이용형 시스템

이 시스템은 바다에 입지하며 해수를 이용해 어류양식과 작물재배를 한다. 해수를 바로 이용하기 때문에 양식장과 온실의 물 공급은 제한이 없지만 물은 순환하지 않고 어류의 배설물과 사료 찌꺼기로 인해 바다의 오염이 발생할 수 있으며 온실에서 작물재배에 사용된 해수는 재활용이 불가능하다. 또한 해수로 자랄 수 있는 작물이 한정적이다. 관련 사례로 2014년도 Jacques Rougerie 재단에서 계획한 [그림 3-32]의 OCEAN HYACINTH가 있다.



[그림 3-35] 해수이용형 시스템 개념도



[그림 3-36] OCEAN HYACINTH 계획안¹¹³⁾

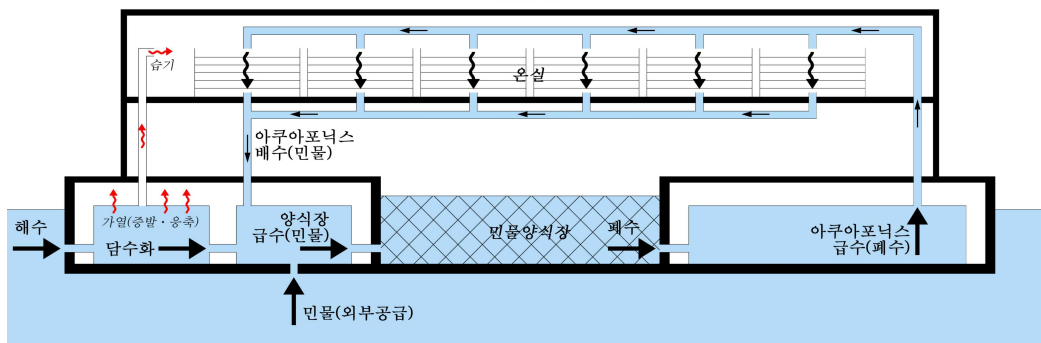
113) Jacques Rougerie 재단 홈페이지 (<http://www.jacquesrougeriedatabase.com/Projects/project/225/0>)

5) 해수온실형 시스템

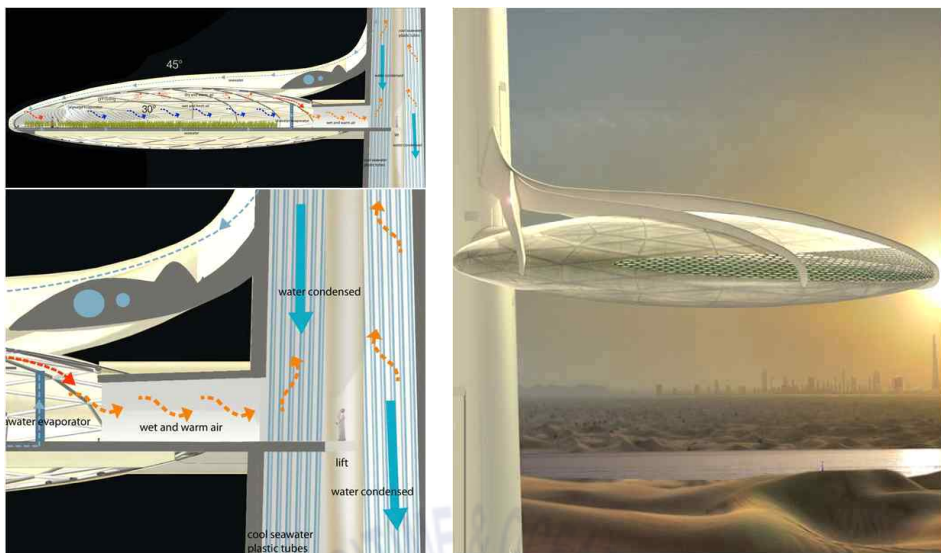
이 시스템은 바다 혹은 기수역에 입지할 수 있다. 양식장은 민물로 운영하며 해수를 가열해 담수화 시켜 염분을 분리한 뒤 사용한다. 양식장의 물을 교체할 때 이곳에서 나오는 어류배설물이 섞인 폐수를 폐수탱크로 옮겨 담고 온실 작물재배에 사용한다. 작물은 폐수에 섞인 성분을 흡수한 뒤 물을 정화시킨다. 정화된 물은 바로 지하 물탱크로 배수시켜 양식장 물을 교체할 때 사용한다.

외부에서 한번 공급한 물을 순환시켜 사용하는 덕분에 물은 한 달에 한 번씩만 갈아줘도 된다. 또한 어류 배설물에는 작물이 자라는데 필요한 질소와 암모니아 성분을 가지고 있기 때문에 양식장에서 나오는 폐수를 비료를 대신하여 사용할 수 있지만 담수과정을 걸치기 때문에 해수가열 설비가 추가적으로 요구된다. 이 시스템은 가열을 위한 에너지 소모량이 크지만 해수를 가열해서 나온 습기는 온실에 작물이 자라는데 필요한 온도와 습도를 최적화시켜주기 때문에 작물이 자라는데 요구되는 기타 설비를 최소화 할 수 있다.

또한 가열된 해수를 어류양식에 필요한 온도에 맞추기 위해 외부에서 민물을 끌어와 섞어서 사용해야 하며 해수를 민물로 대체하여 사용할 수 있는 큰 장점이 있다. 관련 사례로 두바이 정부에서 추진중인 [그림 3-38]의 수직형 해수농장(해수 하늘 농장)이 있다.



[그림 3-37] 해수온실형 시스템 개념도



[그림 3-38] 두바이의 수직형 해수농장(해수하늘농장) 단면도¹¹⁴⁾



114) STUDIOMOBILE 홈페이지 (<http://www.studiomobile.org/Seawater-Vertical-Farm>)

제4장 스마트플로팅팜 시설계획

4.1. 계획 방향

앞장에서 스마트플로팅팜의 이론적 고찰과 사례분석을 통해 스마트플로팅팜의 다양한 시스템을 살펴보았다. 이상의 연구결과를 바탕으로 해수면에 입지하는 스마트플로팅팜의 시설계획을 실시한다. 먼저 해수면에 설치·운영하기 위해 필요한 기본적인 시설계획방향을 다음과 같이 정리하였다.

가. 시스템

스마트플로팅팜 사례조사를 통해 다양한 유형의 시스템으로 분류하고 이를 바탕으로 해수복합형 시스템을 도출했다. 이 시스템은 해수를 이용해 어류를 양식하고 양식장의 물은 어류배설물로 폐수가 될 때 가열탱크로 옮겨 가열을 시킨 뒤 담수과정이 이루어지면 물과 습기를 온실로 보내 작물을 재배한다. 본 연구의 스마트플로팅팜은 바다에 입지하며 해수를 이용해 효율적으로 어류양식과 작물재배를 하기 위해 해수복합형 시스템을 선정하여 적용한다.

나. 시설용도

본 연구에서 스마트플로팅팜은 해수면에 위치하며 해수를 이용해 양식장과 온실을 운영한다. 해수는 염분을 지니고 있기 때문에 바다어류를 양식할 수 있지만 재배가능한 작물은 한정적이다. 따라서 해수를 최대한 활용하기 위해서는 해수를 양식장에서 직접 사용하며 동시에 해수를 끌어다 열을 가해 염분은 증발시키고 습기와 온도는 온실에 공급해주고 이와 함께 생산된 물은 수경재배에 이용하도록 계획한다. 이러한 해수복합시스템에 적당한 작물과 어류의 선정은 경제성을 고려하여 재배작물에는 아쿠아포닉스와 수직재배로 생산성이 높은 상추를 선정하고 어류로는 제철기간(11월~2월)이 짧으며 동해와 남해에서 주로 활동하는 방어를 선정한다.

다. 시설입지

시설입지는 스마트플로팅팜으로의 접근성을 고려하고 방어가 생육하기 적합한 연안지역에서 시설의 안정성을 위한 정온수역, 수심 그리고 조수간만이 적당한 수역을 선정한다. 시설의 입지가 정해지면 입지의 자연환경, 사회환경, 법제도 등을 고려하여 시설의 배치계획을 마련한다. 배치계획에서는 구조물의 안전성 확보, 작업원의 쾌적성 및 거주성 확보, 육역과 연계, 주변 환경과의 조화, 조망 및 경관에 대한 배려, 해양환경에 미치는 영향 최소화 등을 고려한다.¹¹⁵⁾

시설배치는 플로팅시설물에 미치는 바람과 파도 등 자연의 영향을 최소화할 수 있도록 하며 주변 수역의 이용을 활성화할 수 있도록 배치하되 자연환경에 영향과 환경오염을 최소화하도록 한다. 또한 육상에서 수면으로의 조망을 저해하지 않고 주변의 스카이라인 등 기존 경관과 조화되도록 배치한다. 특히 상부 시설물은 기능, 하부구조물과의 관계, 주변 수역 및 육역과의 관례, 해상·기상·지상의 조건 등을 검토하여 배치한다.

라. 규모 및 내용

시설내용은 생육할 작물 및 어류, 해수의 순환시스템, 생산과 수확의 과정 그리고 스마트기술을 고려하여 정한다. 시설규모는 작물과 어류의 생산량 및 경제성 그리고 플로팅시설물이 외해에 있을 때 안정성을 고려한다.

시설의 실내공간은 작업원의 안전하고 쾌적한 생활이 이루어질 수 있도록 계획하며 재난상황에서 신속한 피난이 가능하도록 주요 실내공간(로비, 라운지 등)을 계획하고 수면으로 충분한 시야를 확보할 수 있도록 계획한다.¹¹⁶⁾

마. 적용기술

플로팅시설은 육지에서 접근성이 떨어지며 특히 외해에 입지할 경우 헬기 또는 선박을 이용해야 접근할 수 있다. 따라서 ICT, IoT, 빅데이터 등 스마트기술을 상추재배와 방어양식에 적용한다.

115) 이한석 외1(2014), 해양건축계획, p79 참고

116) 이한석 외1(2014), 해양건축계획, p80 내용 재구성

4.2. 생육계획

아쿠아포닉스 시스템으로 작물재배와 양식을 하기 위해서는 작물의 종류와 어류의 종류를 선정해야 한다. 이 계획을 이루기 위해서는 어떤 물고기의 배설물이 어떤 작물에게 영양분을 공급할 수 있는지가 중요하다.

해수복합시스템에서는 어류의 대사성 배설물(암모니아)과 배설분에서 유리된 무기물만으로는 식물의 정상적 성장을 기대할 수 없다. 또한 식물이 병충해에 감염될 경우 제초제를 살포할 수 없으며 어류의 질병 발생 시 치료가 어렵다는 것도 문제점이다.

[표 4-1] 아쿠아포닉스와 수경재배 물의 광물질 농도¹¹⁷⁾

(단위 : mg/l)

광물질	아쿠아포닉스	수경재배
칼슘 (Ca)	10.0 ~ 82.0	150.0
마그네슘 (Mg)	0.7 ~ 13.0	50.0
칼륨 (K)	0.3 ~ 192.0	150.0
질산염 (Nitrate)	0.4 ~ 82.0	115.0
인산염 (Phosphate)	0.4 ~ 15.0	50.0
철 (Fe)	0.03 ~ 4.30	5.0
망간 (Mn)	0.01 ~ 0.20	0.5
구리 (Cu)	0.01 ~ 0.11	3.0
아연 (Zn)	0.11 ~ 0.80	0.05
몰리브덴 (Mo)	0.01 ~ 0.23	0.05
붕소 (B)	0.01 ~ 0.17	0.5

식물이 성장을 위해 필요로 하는 양양소는 17가지로 C, H, O가 94%를 차지하며 나머지 14가지 영양소가 차지하는 비율은 6%에 불과하다. C, H, O는 공기와 물에 항상 존재하기 때문에 별도로 고려하지 않을 뿐이다. 14가지 영양소는 양적으로 가장 많이 필요한 1차 대량 영양소(N, P, K), 두번째로 많이 필요한 2차 대량 영양소(Ca, Mg, S) 및 미량으로 필요한 미량 영양소(나머지 8개 무기

117) Jason Danaher(2015), AQUAPONICS An Integrated Fish and Plant Production System, p29 내용 재구성

물: 붕소, 염소, 철, 구리, 망간, 몰리브덴, 니켈, 아연)로 구분된다. 식물이 이들 영양소를 흡수하는 효율은 물(땅에서는 토양)의 pH에 좌우된다.

아쿠아포닉스시스템에서는 모든 엽채류와 과채류 그리고 새싹채소의 재배가 가능하다. 그러나 식물은 N, P, K, Ca, S 및 Mg와 같은 대량 광물질뿐 아니라 B, Cl, Cu, Fe, Mo, Mn 및 Zn과 같은 미량 광물질을 필요로 한다. 식물에 의한 이들 광물질의 흡수 효율은 pH에 따라 달라지는데 대량 광물질은 중성(pH=7) 미량 광물질은 약산성(pH=6.5) 부근에서 가장 높게 나타난다. 따라서 아쿠아포닉스 전용 특수사료를 사용하지 않는 한 식물의 정상적 성장을 위해 부족한 영양염류를 추가할 수밖에 없다. 이러한 아쿠아포닉스의 문제점을 해결하기 위해서는 양식동물별 전용 특수사료 개발이 필요하며 사육장치가 단순화되어야 하고 고효율 특수 여과장치가 필요하다. 이상의 문제점이 해결될 경우 식물이 필요로 하는 영양염류를 양식동물의 배설물로 충분히 공급할 수 있다.¹¹⁸⁾ 따라서 본 논문에서는 해수복합시스템에 아쿠아포닉스시스템을 도입하여 상추재배와 방어양식을 한다.

4.2.1. 양식계획

가. 생태와 습성

1) 배양과정

방어는 우리나라 동해, 남해의 전 연안, 일본의 홋카이도에서 대만 근해까지 쿠로시오 세력이 미치는 수역에서 주로 배양한다. 서식수층은 100m 이내(회유성)이며 서식 수온은 약 7~29℃(적수온 19~28℃)이며 계절적인 남북회유 및 연안회유, 군유성, 주축성, 상호공식 습성을 가지고 있다. 식성은 육식성으로 전갱이, 멸치, 정어리, 두족류, 까나리 등을 주로 먹으며 섭이활동 수온은 22~26℃에서 가장 활발하다.¹¹⁹⁾

118) National Aquaculture Association(2016), Aquaculture Webinar Series 2016.05. 내용 재구성

119) [네이버 지식백과] 방어 [魴魚] (한국민족문화대백과, 한국학중앙연구원)

[표 4-2] 성장에 따른 체중별 섭식율¹²⁰⁾

체중	섭식률
100g 이하	체중의 13%
300g 이하	체중의 9%
700g~800g	체중의 5.5%
1.7kg	체중의 3%
2.8kg	체중의 약 2%

2) 성숙, 산란, 부화

방어의 최소 성숙체장은 최소 60cm 이상이나 대부분 만 3년째인 65~70cm(체중 5kg)에 달한다. 산란기는 동중국해 남쪽은 2~3월, 우리나라 남해는 3~4월이 적절한 시기이며 산란 수온은 18~20℃ 고 산란량은 마리당 50~150만개 내외(분리부유란, 난의 평균크기 : 1.25mm)다. 부화는 적수온 18~20℃ (염분농도 17% 이상)의 환경에서 수온 18~24℃ 에서 50~70시간 소요된다. 부화 직후 체장은 3.5mm 정도에서 3~4일 후 난황¹²¹⁾을 흡수하며 30일 경과 시 15~20mm, 50일 후 50mm 정도로 성장, 5월 하순이나 6월 상순에는 150mm 이상으로 성장한다.¹²²⁾

다. 사육관리

치어는 크기별로 대·중·소로 선별한 다음 반드시 약욕 실시 후 가두리에 수용한다. 먹이는 곤쟁이, 난바다곤쟁이류, 소형새우류, 까나리, 전갱이, 모이스트 펠렛 등 곤쟁이, 난바다곤쟁이류, 소형새우 분쇄육에서 점차 까나리분쇄육으로 옮겨준다. 공급회수는 1일 3회를 기준하되 먹이섭취상태를 보아가며 조절하고 생사료에서 모이스트펠렛으로의 전환시는 모이스트펠렛의 양을 서서히 증가시킨다. 모이스트펠렛은 생사료에 비해 소화가 늦으므로 50g 미만의 치어는 어체중의 10% 정도를 기준으로 1일 2회(오전, 오후) 공급한다. 또한 냉동 및 해동시간을 최대한 짧게하여 부패방지하고 단일사료의 연속공급을 피하고 종합비타민제 등을 적절히 첨가하여 영양관리를 해야 한다.¹²³⁾

120) 국립수산물과학원 홈페이지 (https://www.nifs.go.kr/page?id=culture_fish)

121) 난황은 새나 물고기 같은 난생 동물의 알에 포함되어 있는 영양 물질

122) 제주수산연구소(2016), 방어류 양식 산업화 기술개발, 국립수산물과학원 사업보고서 2016, p9 내용 재구성

[표 4-3] 방어크기에 따른 수용밀도¹²⁴⁾

어체중량	6x6x5m(150㎡)	8x8x5m(300㎡)	10x10x5m(480㎡)	1㎡ 당 수용미수
30g	20,000 미만	40,000 미만	-	133 미만
100g	9,000 미만	18,000 미만	-	60 미만
250g	6,000 미만	12,000 미만	-	40 미만
500g	4,500 미만	9,000 미만	-	30 미만
850g	2,600 미만	5,200 미만	-	17.6 미만
1,100g	2,000 미만	4,000 미만	-	13.6 미만
1,150g	2,000 미만	3,900 미만	-	13.0 미만
1,200g	1,900 미만	3,700 미만	-	12.5 미만
1,250g	1,800 미만	3,600 미만	5,700 미만	12.0 미만
1,300g	1,700 미만	3,450 미만	5,500 미만	11.5 미만
1,400g	1,500 미만	3,000 미만	4,800 미만	10.0 미만
1,800g	1,250 미만	2,500 미만	4,000 미만	8.3 미만
2,300g	1,000 미만	2,000 미만	3,100 미만	6.5 미만
2,800g	800 미만	1,600 미만	2,500 미만	5.3 미만
3,300g	700 미만	1,400 미만	2,100 미만	4.5 미만
3,800g	600 미만	1,200 미만	1,900 미만	3.9 미만
4,300g	550 미만	1,100 미만	1,600 미만	3.4 미만
4,600g	500 미만	1,000 미만	1,500 미만	3.2 미만
4,800g	500 미만	950 미만	1,500 미만	3.1 미만

[표 4-4] 방어크기에 따른 먹이공급¹²⁵⁾

구분/월별	7월	8월	9월	10월	11월	12월
어체의 크기	10~100g	100~500g	500~1kg	600~1.2kg	700~1.5kg	800~1.6kg
먹이공급 (체중%)	30~20%	25~20%	30~15%	20~10%	15~5%	10~5%
공급회수	1일 수회	1일 3회	1일 3회	1일 3회	1일 3회	1일 2회

123) 제주수산연구소(2016), 방어류 양식 산업화 기술개발, 국립수산물과학원 사업보고서 2016, p16 인용

124) 국립수산물과학원 홈페이지 (https://www.nifs.go.kr/page?id=culture_fish)

125) 국립수산물과학원 홈페이지 (https://www.nifs.go.kr/page?id=culture_fish)

라. 어병대책

방어의 질병예방을 위해서는 적정사육밀도 유지, 사료의 선도관리 철저, 단일 사료의 연속공급을 삼가하고 영양제첨가, 취급중 상처발생에 유의, 조류소통 촉진, 먹이섭취 및 유영상태 관찰을 강화해야 한다.¹²⁶⁾

4.2.2. 재배계획

가. 파종 및 모종 준비

파종하기 전에 모종이 뿌리를 내릴 수 있게 파종기를 통해 모종 트레이에 높이가 15cm 정도 되게 염화토양을 채워주고 씨앗을 넣어준다. 모종은 아쿠아포닉스시스템에서 수경재배를 하기 위해 뿌리를 내릴 때 까지 염화토양에서 적당한 습도와 온도를 유지해주면서 재배한다. 이후 뿌리를 약 6cm까지 내리고 발아를 시작하면 모종이식을 준비한다.

나. 모종이식

모종이식을 위해 염토에 물을 흠뻑 뿌려주고 2-3시간 그늘에 두었다가 모종을 꺼내야 한다. 이 물을 매번 뿌려주는 번거로움을 줄이기 위해 온실의 환경을 습하게 유지하여 염토를 촉촉하게 한다. 상추는 이식성이 뛰어나 아무렇게나 옮겨 심어도 잘 자라는 편이기 때문에 자동화기계로 발아된 잎과 뿌리가 손상되지 않게 세밀하게 아쿠아포닉스시스템으로 20-30cm 간격으로 이식을 한다.

다. 성장

상추는 아쿠아포닉스시스템에서 재배되기 때문에 따로 물을 줄 필요는 없다. 다만 본 스마트플로팅팜의 온실에서는 날씨 혹은 계절을 따지지 않기 때문에 햇빛을 대신해줄 발광다이오드(LED)를 이용해 빛을 쬐어준다. 파종 1주 정도 지나면 떡잎이 올라오고 2주가 되면 떡잎 사이로 본잎이 올라오는 모습이 보이

126) 제주수산연구소(2016), 방어류 양식 산업화 기술개발, 국립수산물과학원 사업보고서 2016, p50 인용

기 시작한다. 조밀한 부분은 1cm 간격도 안 되는데 듬성듬성한 부분은 2-3cm 간격에 하나의 떡잎이 자란다. 떡잎이 어릴 때 솟아내지 말고 그냥 두고 기르는 것이 중요하다. 파종 4주가 지나면 키가 8cm 정도 되고 본잎이 4장 이상 되는 상추가 된다.

라. 수확 및 뿌리제거

파종 4주가 지나면 키가 8cm 정도 되고 본잎이 4장 이상 되는 상추가 되면 자동화기계를 통해 잎이 상하지 않게 아쿠아포닉스시스템으로부터 수확 하여 뿌리를 제거해준다. 이 때 상추의 잎이 한 장씩 떨어질 수 있게 아랫잎을 뿌리와 함께 제거한다. 아랫잎을 줄기에서 바깥 따주어 줄기에 붙어있는 상추잎이 남아있지 않게 한다. 줄기에 덜 탄 잎이 남아 있으면 이 부분이 짓물러 감염의 원인이 되기도 하고 공기가 안 통해 잎이 상한다.

4.2.3. 생산량 추정

본 스마트플로팅팜은 재배할 작물의 온실과 양식할 어류의 양식수조를 층마다 분리하며 상층부에 위치한 온실에서 상추는 수직재배를 한다. 아쿠아포닉스 선반은 1개당 5줄로 나누어 총 70개의 상추를 재배한다. 선반은 총 33개가 배치되며 상추를 동시에 2,310개(약 1.4톤)의 상추를 생산할 수 있으며 상추의 완전성장까지의 기간은 약 4주이며 연간 생산량은 약 16.8톤에 달한다. 방어는 양식수조 부피 1㎡당 3마리를 수용한다. 방어양식수조의 적절한 규모는 600㎡ 이하¹²⁷⁾이며 최대 수용 가능한 방어는 약 1,860마리다. 성어가 4.8kg일 때 양식수조 한 대당 약 8.93t의 방어양식이 가능하다.

127) 국립수산물학원 홈페이지 (https://www.nifs.go.kr/page?id=culture_fish)

4.3. 시스템계획

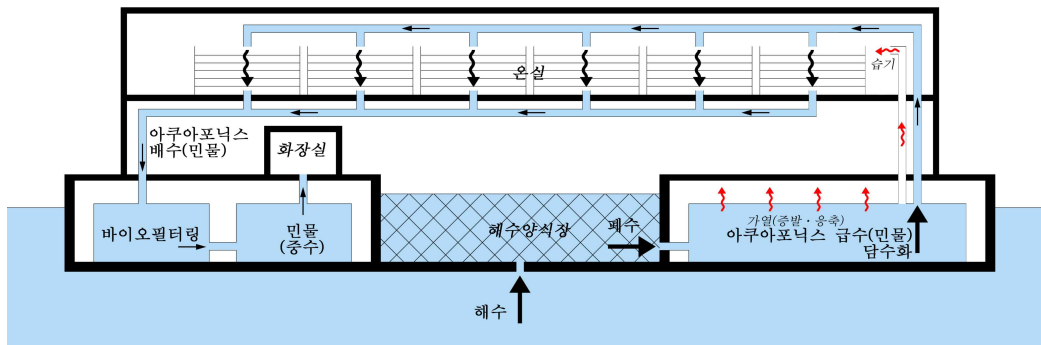
4.3.1. 해수복합형시스템

3.7.장에서 분류한 다섯 가지 시스템유형을 바탕으로 해수양식장과 온실을 효율적으로 운영할 수 있는 새로운 시스템 유형을 도출했다. 먼저 양식장은 해수를 끌어와서 가두리양식이 아닌 수조양식을 한다.

해수양식의 단점은 가두리양식으로 인해 어류의 배설물과 사료 찌꺼기가 가두리의 그물망 사이로 빠져나가므로 바다가 오염되지만 이 단점을 보완하기 위해 양식장 안에서 해수를 끌어와 해수양식수조를 이용한다.

해수를 복합적으로 사용하기 위해서는 먼저 해수온실형 시스템에서 해수를 가열시키는 방식을 채택한다. 이 방식은 양식장 수조를 해수를 끌어와 채운 뒤 해수가 어류배설물로 폐수가 될 때 가열탱크로 옮겨 가열을 시켜 담수과정이 이루어지면 물을 온실로 보내 작물재배를 하고 해수를 가열해서 나온 습기는 온실로 보낸다. 이 습기는 작물이 자라는데 필요한 온도와 습도를 최적화시켜주기 때문에 작물이 자라는데 요구되는 기타 설비를 최소화 할 수 있지만 가열을 위한 추가 설비가 요구되며 에너지 소모량이 크다.

또한 시스템유형을 보면 아쿠아포닉스시스템은 민물양식장에서만 사용된다. 본 시스템에서는 해수를 이용한 양식이므로 아쿠아포닉스시스템을 양식과 재배뿐만 아닌 생활수로 사용할 수 있게 계획한다. 먼저 작물이 폐수에 섞인 성분을 흡수한 뒤 물을 정화시키면 이 물을 해수양식장으로 순환시키지 않고 지하물탱크로 보내 바이오필터링을 걸친 후 민물로 만들어 스마트플로팅팜을 운영하는데 필요한 물(화장실 등)로 사용한다.



[그림 4-1] 해수복합형 시스템 개념도

4.3.2. 스마트양식시스템

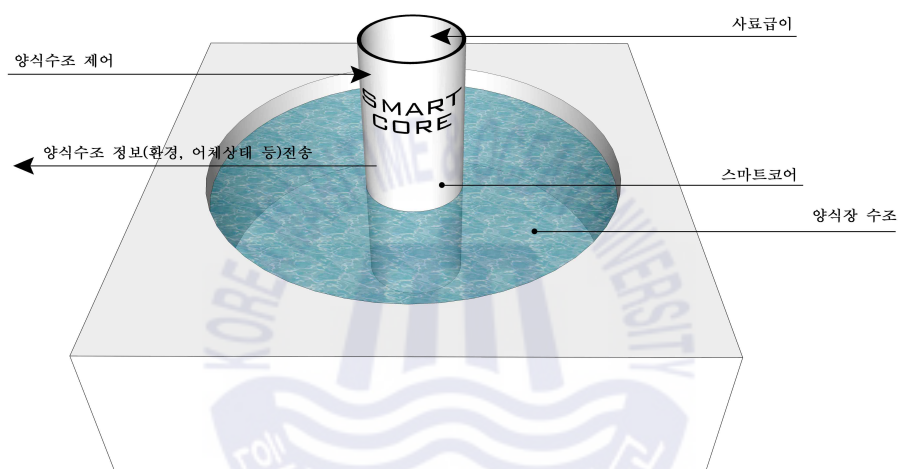
가. 원격제어시스템

양식수조는 사람이 직접 들어가 내부를 들여다보는데 한계가 있고 무거운 장비를 들고 매번 상태를 확인하는데 번거로움이 있다. 따라서 IoT·ICT 기반 시스템을 통해 양식수조를 관리한다.



[그림 4-2] 스마트양식시스템 원격제어 개념도

스마트양식시스템에 방어양식기본정보를 미리 입력해두고 방어 생산스케줄을 가동시켜 스마트코어를 통해 수질, 온도 등 실시간 모니터링을 하고 생육할 수 있는 환경을 조성해주며 완전히 성장할 때까지 사료급여, 채포 등 모든 스케줄을 관리한다. 양식장의 스마트코어는 자동으로 운영되다 문제가 생기면 문제점을 실시간으로 스마트폰 등 모니터를 통해 알려주며 수중드론을 원격조종하여 양식수조 내부를 확인할 수 있고 원격제어를 통해 사료공급, 채포 등을 수동으로 조종한다.



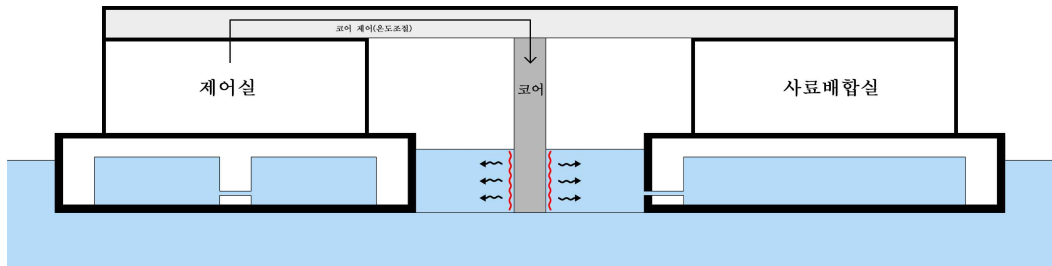
[그림 4-3] 스마트양식시스템 스마트코어 개념도

나. 환경관리시스템

1) 온도·산소조절시스템

방어는 특정 환경에서만 살 수 있기 때문에 양식장은 해당되는 방어가 서식할 수 있는 환경을 조성해줘야 하며 그 중 가장 중요한 것이 물의 온도와 산소다.

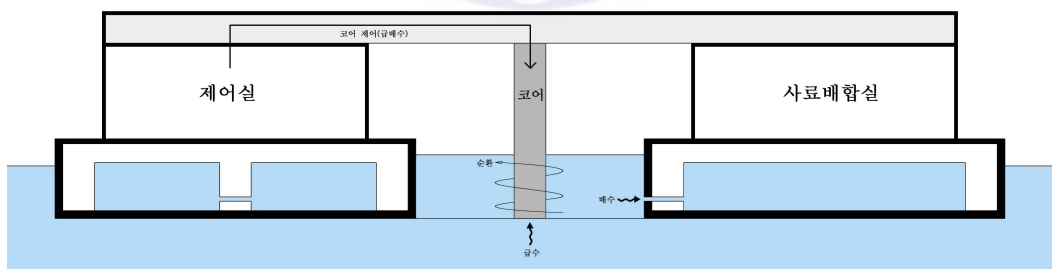
방어는 평균 온도 30℃ 미만인 수역에서 살기 때문에 양식장의 물 온도를 20℃~30℃를 유지해야 한다. 스마트양식장은 스마트코어를 통해 실시간으로 해수 온도와 산소를 체크해주며 일정 온도를 벗어나지 못하게 자동으로 물의 온도를 조절하고 물속 산소가 부족할 때 용존산소를 자동으로 공급·조절한다.



[그림 4-4] 스마트양식시스템 온도·산소조절 개념도

2) 수질관리시스템

방어양식장의 물은 해수를 사용한다. 스마트코어 하부를 통해 해수를 내부에서 순환시켜 어류가 생활할 수 있는 환경을 조성해준다. 이 해수는 시간이 지나면 사료 찌꺼기와 어류 배설물로 오염이 될 때 바다로 버리면 해양환경이 오염될 수 있기 때문에 별도의 가열탱크에 모으고 새로운 해수를 양식수조에 끌어올린다. 가열탱크로 이동한 해수는 재활용을 위해 가열시켜 염분을 분리하고 분리된 염분은 가열탱크에서 발생한 습기와 함께 재배 온실로 이동하여 온실 환경을 조성한다. 방어가 배출시킨 양분(암모니아, 질소)이 남아있는 해수는 수경재배에 사용된다.

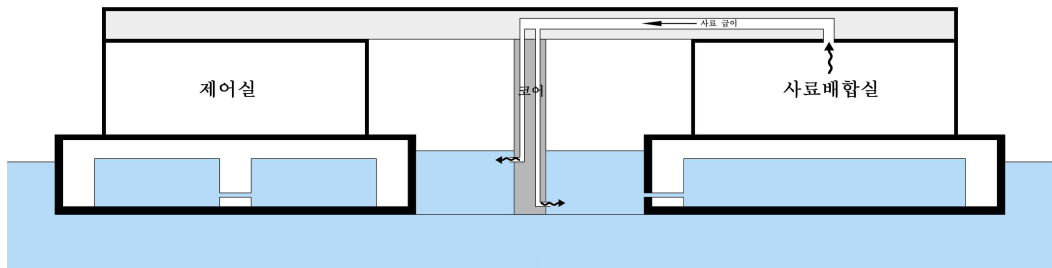


[그림 4-5] 스마트양식시스템 수질관리 개념도

다. 자동급이 시스템

사료배합재료를 사료탱크에 넣어 자동배합이 되고 배합된 사료는 스마트양식

시스템에 의해 시간에 따라 스마트코어의 사료관을 통해 양식수조에 골고루 뿌려진다. 사료량은 수중드론과 센서를 통해 양식장에 있는 어류의 양을 분석하여 알맞은 시간에 알맞은 양을 공급한다.

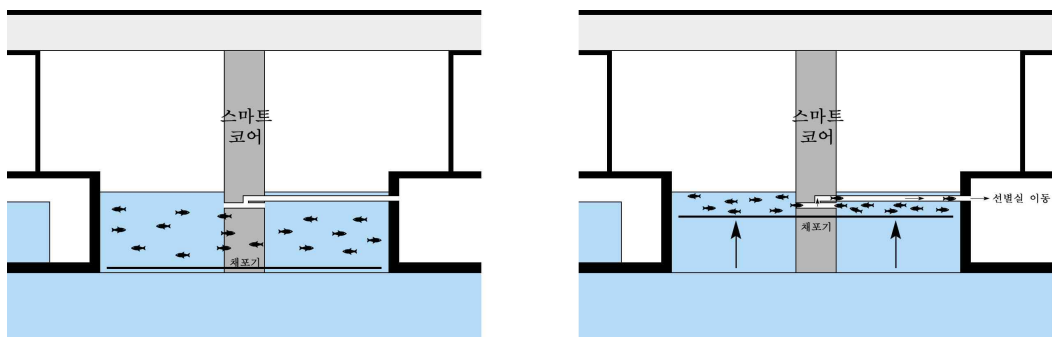


[그림 4-6] 스마트양식시스템 사료자동급이 개념도

라. 자동채포시스템

신선한 어류를 생산하여 공급하기 위해서는 채포과정이 중요하다. 무거운 어류들을 그물로 한 번에 채포할 시 그물로 인해 어류가 다치거나 그물 사이에 끼어 폐사 혹은 무거운 무게에 눌려 손상된다.

스마트양식시스템의 자동채포시스템은 스마트코어에 고정되어있는 채포기를 바닥면에서부터 천천히 올려 어류들은 자연스럽게 수면 위로 유인하여 빠르고 안전하게 채포한다.

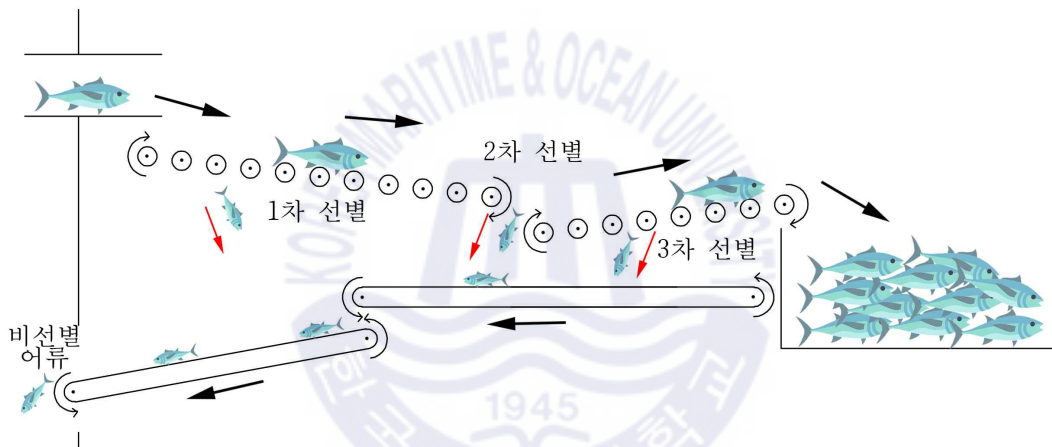


[그림 4-7] 스마트양식시스템 자동채포 개념도

마. 어류 자동선별 시스템

자동선별기를 활용할 경우 수작업으로 선별할 때보다 선별 속도가 2~3배 빨라지고 완전 규격 상품으로 선별할 수 있다. 또한 선별하는 시간이 짧아 물고기들의 신선도가 좋아져 높은 위판단가를 받을 수 있으며 선별시간 단축에 따른 위판 대기시간이 감소된다.

자동선별시스템은 어류자동채포 후 채포된 어류가 이동하는 관을 타고 선별기로 들어가게 한다. 선별기에 도착한 어류는 1차 선별과정부터 3차 선별과정을 거치는데 작은 어류는 롤러 사이로 빠져 다시 양식수조로 들어가게 되고 선별되는 큰 어류는 컨베이어 벨트를 타고 자동서틀에 들어간다.



[그림 4-8] 스마트양식시스템 어류자동선별 개념도

4.3.3. 스마트재배시스템

가. 환경관리시스템

상추를 재배하는 스마트재배시스템에서 온실의 복합환경관리시스템의 계측용 센서·인터페이스·제어용 컴퓨터·각종 환경조절장치 등을 포함하고, 여러 가지 환경인자들의 계측과 이들의 상호작용을 고려해 상업용 온실에 복합환경을 조절한다. 복합환경관리시스템의 소프트웨어는 작물의 생육관리를 위한 최적 환경제어를 위하여 작물의 다양한 생육환경정보를 설정하는 부분과 설정한 환경제어범위를 만족시키기 위한 난방기 등 환경제어기기를 효율적으로 작동시키

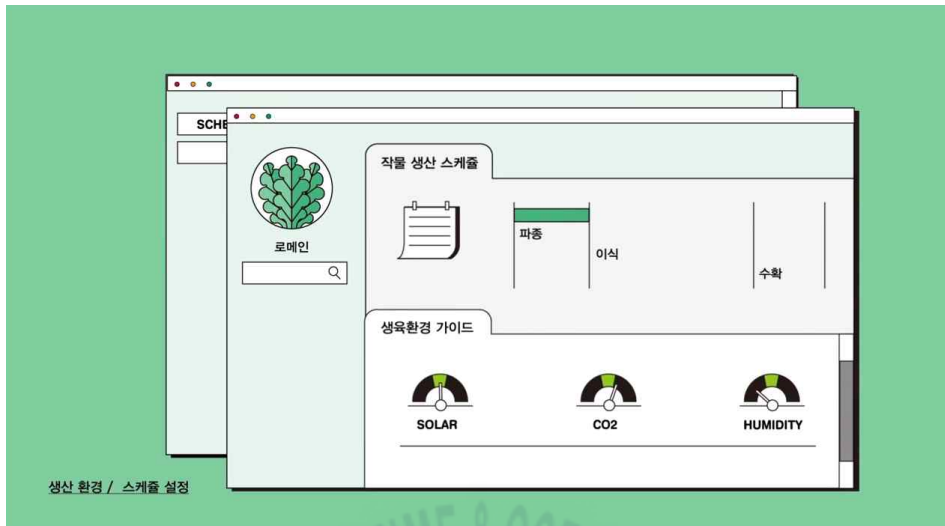
기 위한 알고리즘 부분으로 구성된다.

[표 4-5] 환경제어 항목¹²⁸⁾

구분	내용
환기	· 자연환기 : 천창·측창 · 강제환기 : 환기팬
차광 및 보온	· 차광 전용 스크린 : 차광스크린(외부 차광도 가능) · 차광 및 보온 스크린 : 차광/반투명 스크린
난방	· 주 난방 : 난방기(온풍난방기 또는 온수난방기) · 보조 난방 : 전기 온풍난방기 또는 지중열교환기 · 순환모터와 밸브 : 온수 순환펌프 및 4way 밸브
탄산가스	· 탄산가스 발생기 : 백등유 연소식, 액화탄산가스 탱크, 난방겸용 보일러
가습/제습기	· 포그 발생기/제습기
냉방	· 포그 발생기, 히트펌프
실내공기 교반	· 실내공기 교반용 유동팬
근권온도	· 냉난방 온도조절기
관수	· 관수 장치(관수스케줄에 따른 관수)
양액시스템	· 산도 조절, 양액농도 조절, 양액 주입(시기, 기간, 횟수)

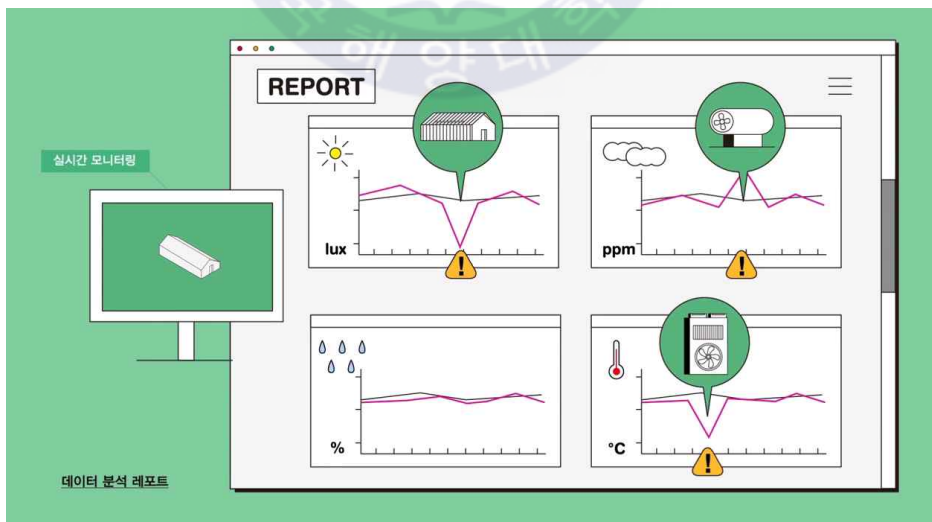
스마트농장은 모든 과정이 ICT 스마트 시스템을 통해 실시간 모니터링 및 제어를 한다. 먼저 재배 할 작물을 선택하고 작물에 맞는 생산스케줄과 생육관리 기준에 따라 재배를 시작한다. 이 기준을 통해 생육 환경이 조성되고 각각의 센서들을 통해 환경 변화를 모니터링 한다.

128) 농촌진흥청(2018), 스마트 온실환경관리 가이드라인, p107 내용 재구성



[그림 4-9] 생산 스케줄 개념도

다양한 변수에 의해 온실환경이 생육기준범위를 벗어나면 스마트시스템이 자동제어하여 항상 최적의 생육환경에 유지한다. 또한 실시간으로 축적된 모든 데이터들을 분석하여 더 나은 생육환경을 지속적으로 업데이트 한다. 그리고 최적의 생육환경데이터 및 재배노하우를 가진 빅데이터는 다른 스마트농장들과 공유되어 스마트재배시스템 발전에 기여한다.



[그림 4-10] 스마트농장 실시간 모니터링

나. 자동재배시스템

먼저 씨앗을 받아시키기 위한 파종 자동화 과정이 이루어진다. 파종을 마친 모종 트레이는 사람의 손이 아닌 AGV¹²⁹⁾에 의해 간편하게 수직형 LED 선반으로 이동하여 모종 트레이를 차례대로 적재한다. 이 수직형 LED 선반은 채소생산에 필요한 적색 중심의 LED 조명과 모종이 뿌리를 내릴 수 있도록 도와주는 염화토양이 담겨있는 트레이가 적재돼있다. 여기서 성장한 모종은 이식을 위해 수직형 LED 선반에 연결되어 있는 레일을 통해 자동이동하여 수직형 아쿠아포닉스 선반에 이식한다.

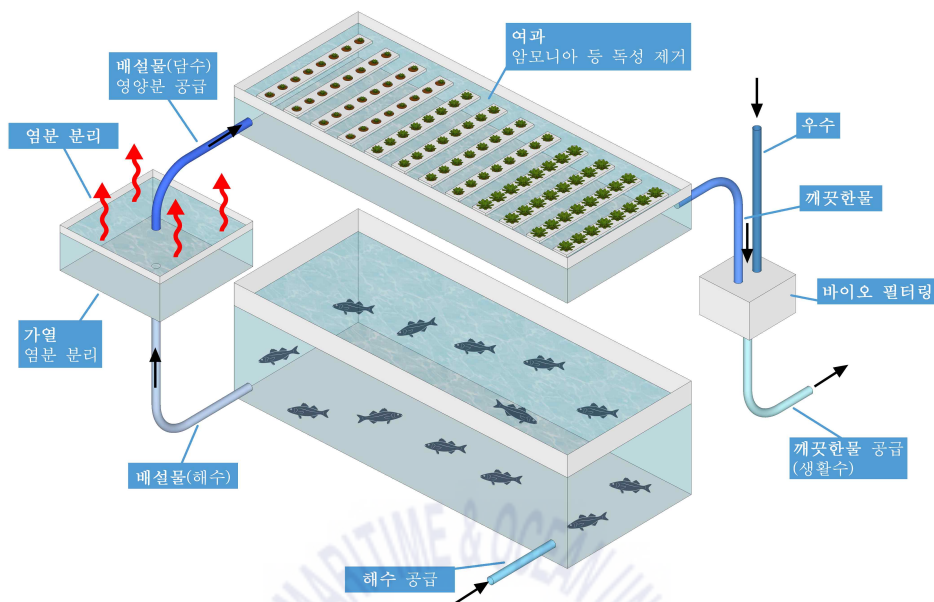
이식을 마치고 텅 빈 수직형 LED 선반은 그대로 레일을 따라 돌아간다. 대기하고 있는 AGV서들은 모종이 이식되고 남은 모종 트레이를 트레이 세척실로 이동하고 수직형 LED 선반은 다시 새로운 모종 트레이를 엮기 위해 대기한다. 세척실로 이동된 트레이는 세척 후 재활용을 위해 파종실에 쌓아둔다.



[그림 4-11] 스마트온실 트레이 및 선반 순환 개념도

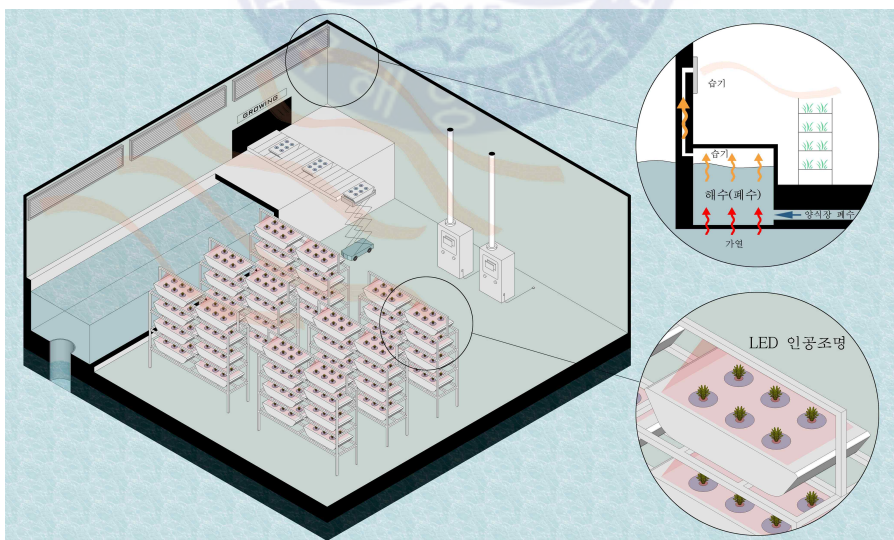
순환여과식 수경재배인 아쿠아포닉스시스템은 방어가 배출하는 양분이 섞여 있는 해수를 가열시켜 염분을 분리해준 뒤 바이오 필터링을 거쳐 온실의 상추에게 공급하여 수자원을 재순환한다.

129) 자동 경로 차량(Automated Guided Vehicle)



[그림 4-12] 스마트온실 아쿠아포닉스시스템 개념도

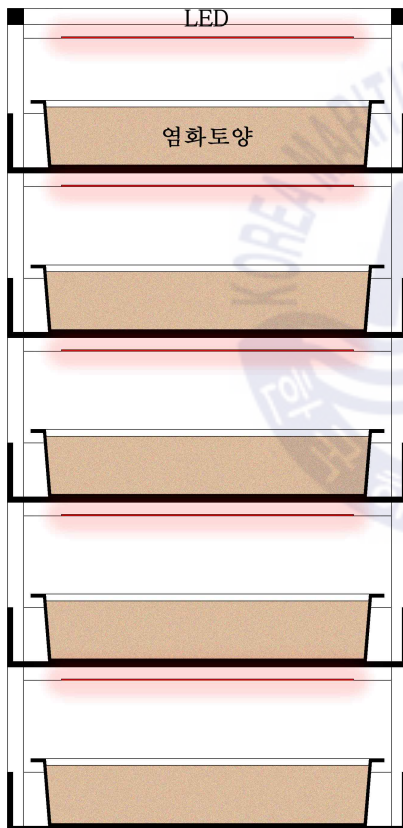
해수를 가열시키는 동안 발생하는 습기는 온실에서 작물이 자랄 수 있는 가장 적합한 온도와 습도를 유지하기 위해 온실로 보내진다.



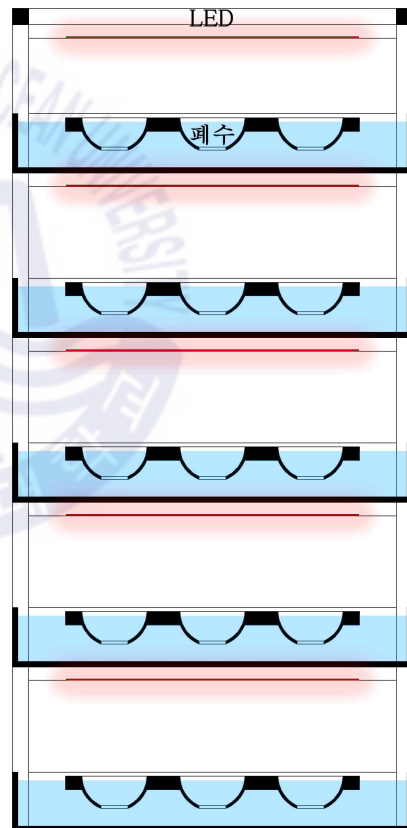
[그림 4-13] 스마트온실 환경제어 개념도

모종이식과 동시에 수직형 아쿠아포닉스 선반에는 양식장에서 나온 폐수를 채운다. 영양분을 충분히 흡수한 모종은 상품성을 갖춘 건강하고 신선한 상추로 성장한 후 수확시기가 되면 자동화시스템을 통해 뿌리제거가 이루어진다.

수확 후 남은 수직형 아쿠아포닉스 선반의 물은 모종이 암모니아와 질소를 모두 흡수했기 때문에 재활용이 가능하다. 이 물은 물탱크로 보내어 필터링을 거쳐 생활수로 쓰인다. 수직형 아쿠아포닉스 선반은 LED선반과 같이 다음 모종이식을 위해 레일을 타고 돌아가 모종이식에 대기한다.



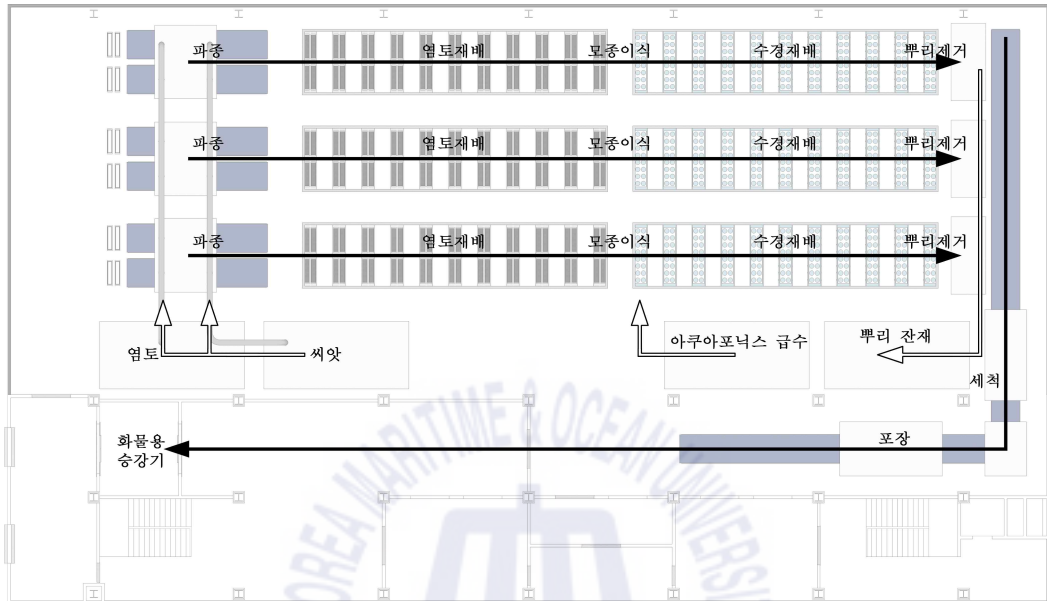
[그림 4-14] 수직형 LED 선반



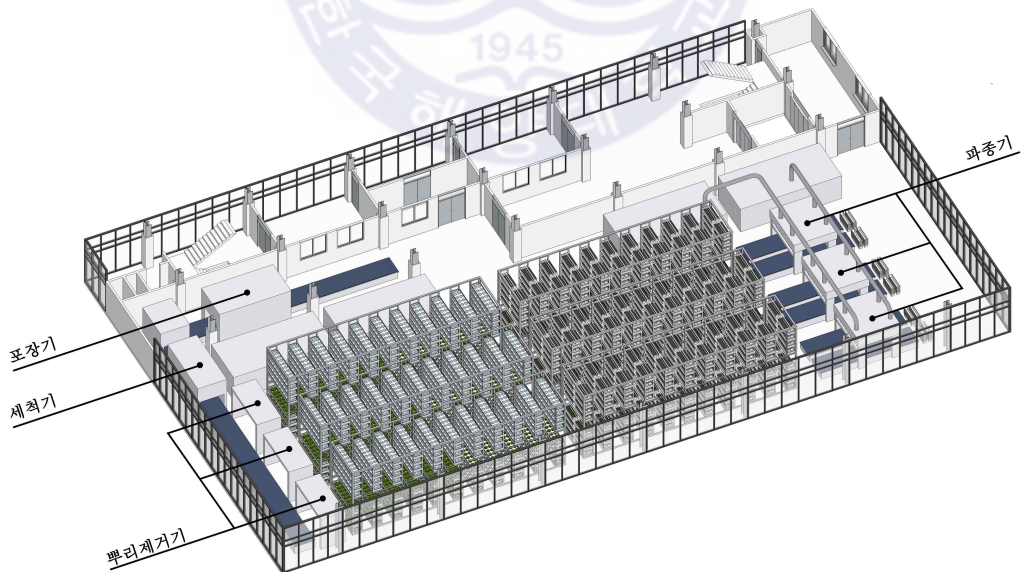
[그림 4-15] 수직형 아쿠아포닉스 선반

뿌리가 제거된 상추는 세척이 이루어지고 자동포장실로 이동해 포장 및 분류 작업까지 논스톱으로 진행된다. 이후에 자동서틀에 적재된 작물은 화물용 승강

기로 이동하여 1층으로 내려와 승강기 반대편 문을 통해 외부에서 대기하고 있는 운송용 선박에 적재된다.



[그림 4-16] 스마트온실 운영개념도



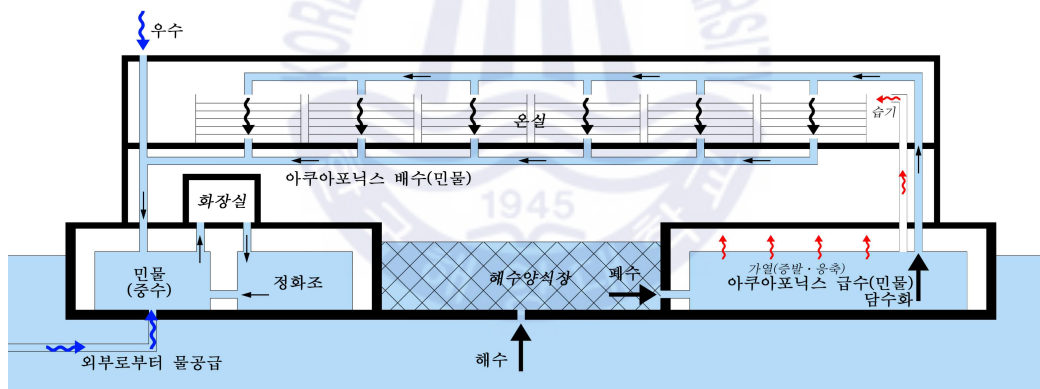
[그림 4-17] 스마트온실 운영시스템

4.3.3. 에너지 및 자원공급시스템

가. 급수시스템

스마트플로팅팜의 물 공급은 양식장뿐만 아니라 작업자와 방문자에게도 필요하다. 바다 위에 입지할 경우 우수 필터링과 해수 담수를 활용하여 물을 공급한다. 하지만 강수량이 낮을 경우와 담수과정이 길어질 경우 등 물 공급이 부족한 상황을 대비하여 가까운 육지로부터 추가공급시스템을 계획한다.

해수를 이용해 양식을 하고 양식장에서 나온 폐수는 아쿠아포닉스로 이동하여 재배를 통해 암모니아와 질소가 분리된 후 우수와 함께 물 처리실로 이동해 필터링을 걸친 후 저수조로 이동한다. 저수조의 물은 작업원들의 일상생활에 이용하고 오폐수는 지하층에 정화조를 통해 처리 후 다시 중수로 사용한다.



[그림 4-18] 스마트플로팅팜 급배수시스템 개념도

나. 전기공급시스템

스마트플로팅팜이 바다에 입지하는 장점의 하나는 무궁무진한 에너지를 활용하는 것이다. 스마트플로팅팜의 모든 시스템은 전기로 운영되기 때문에 전기에너지 공급은 매우 중요하다. 전기가 끊어지면 스마트시스템 작동에 오류가 발생하며 작물과 어류가 폐사할 수 있기 때문에 전기를 안정되게 공급해야한다.

스마트플로팅팜에서 적용하는 전기 생산시스템으로는 지붕층에 태양열 집열판

과 풍력기를 설치하여 에너지를 생산한다. 온실에 자연광 공급을 위해 태양열 집열판은 반투명으로 설치한다. 하지만 이 시스템은 전력원으로서 지속적이지 못하고 단속적이라는 공통적인 단점을 가지고 있다.

따라서 전기공급시스템에서는 전력 생산 뿐 아니라 생산이 불가능할 경우를 대비한 축전에 대해서도 고려한다. 또한 한 가지 에너지에 의존하기 보다는 다양한 종류의 에너지를 복합적으로 사용하는 시스템과 가까운 육지로부터 추가 전기공급시스템을 계획한다.¹³⁰⁾

또한 본 스마트플로팅팜의 계획 초기에는 부하가 불분명하므로 시설의 용도와 규모에 따라 과거의 실적을 토대로 하여 각 부하마다 소요전력을 추정해야 한다. 일반적으로 단위면적의 소요전력 즉 부하밀도(VA/m²)에 의한 산출방법이 [표 4-6]과 같이 채용되고 있다.¹³¹⁾ 여기서 VA는 피상전력단위¹³²⁾를 뜻한다.

[표 4-6] 시설 용도별 연면적당 부하밀도¹³³⁾

건물의 종류	전등(VA/m ²)	동력(VA/m ²)	냉방(VA/m ²)	합계(VA/m ²)
사무실(20,000m ² 이상)	30	33	34	97
사무실(15,000~20,000m ²)	29	28	22	89
사무실(15,000m ² 이하)	24	25	31	80
점포	61	41	52	156
호텔	31	25	38	94
공장	45	44	39	128
주택	20	18	30	68
극장	45	44	40	129

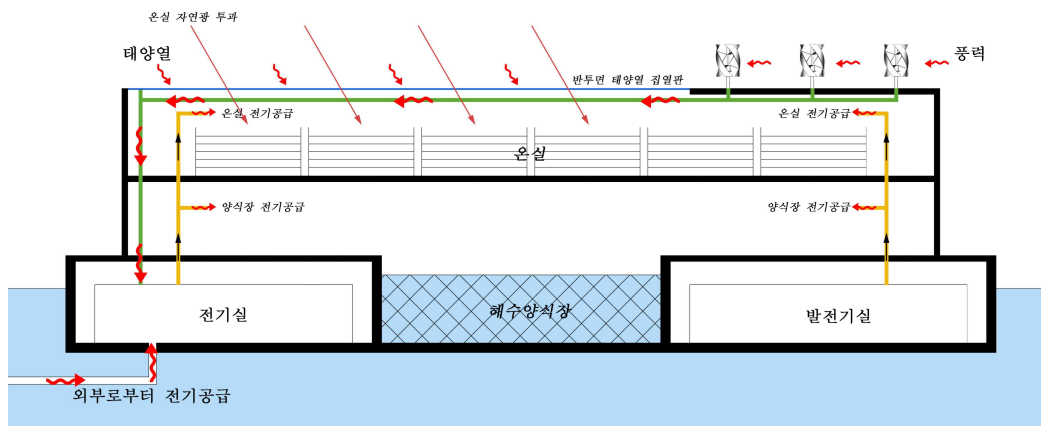
본 논문의 스마트플로팅팜 연면적은 6,932m² 이며 표에 따른 용도는 공장으로 지정하여 부하밀도는 합 128VA/m²이므로 스마트플로팅팜의 부하설비 용량은 128VA/m² × 6,932m² = 887kVA이며 1 volt-ampere = 1 watts이므로 필요한 최소전력은 887kW이다. 따라서 이 전력을 충족시켜줄 수 있는 전기에너지공급이 필요하다.

130) 이한석 외1(2014), 해양건축계획, p412 참고

131) 임만택(2007), 건축설비, 기문당, p432 내용 재구성

132) 피상전력 : VA(volt-ampere)

133) 임만택(2007), 건축설비, 기문당, p432 표13-1 내용 재구성



[그림 4-19] 스마트플로팅팜 전기공급시스템 개념도



4.4. 시설계획

4.4.1. 입지선정

시설입지는 스마트플로팅팜으로의 접근성을 고려하고 방어가 생육하기 적합한 연안지역에서 시설의 안정성을 위한 정온수역, 수심 그리고 조수간만을 고려하여 선정한다. 특히 스마트플로팅팜이 입지할 정온수역의 기준은 한계파고 0.5m 이하인 날이 연간 95% 이상, 태풍 등 이상기상 때에는 2m를 넘지 않아야 하며¹³⁴⁾ 플로팅건축물이 설치되는 수역의 수심을 위한 기준¹³⁵⁾을 고려하여 최저조위 시 플랫폼 최저면에서 수저바닥까지 최소 1m 이상 공간을 확보할 수 있는 수심이 필요하다.

이러한 입지조건을 고려하여 본 연구에서 스마트플로팅팜의 입지는 경상남도 고성군 자란만 해역이다. 자란만은 남서쪽으로 고성군 동해면, 동쪽으로는 구산반도, 남쪽으로 거제도과 내만에 크고 작은 많은 섬들이 산재하여 외양(外洋)의 파도를 막아 주므로 평온하고 수심이 적당하여 천연적인 어장 시설을 이룰 수 있는 조건을 갖추고 있다. 또한 내만에서는 빨 또는 모래 및 자갈로 구성된 사빈 해안이 잘 발달되어 있으며 서쪽으로는 고성의 당항만 단항 포구가 서쪽으로 육지 깊숙이 자리 잡고 있다.¹³⁶⁾

134) DeltaSync, Seasteading Implementation Plan-Final Concept Report(2013), p60 참고

135) HITCHHIKER'S GUIDE TO THE FLOAT HOME STANDARDS, 4. Site Development Standards, Floating Home Association Pacific Canada (<http://www.floathomepacific.com/standards.htm>) 참고

136) [네이버 지식백과] 자란만 (한국향토문화전자대전)



[그림 4-20] 자란만 축소지도

[그림 4-21] 스마트플로팅팜 위치도

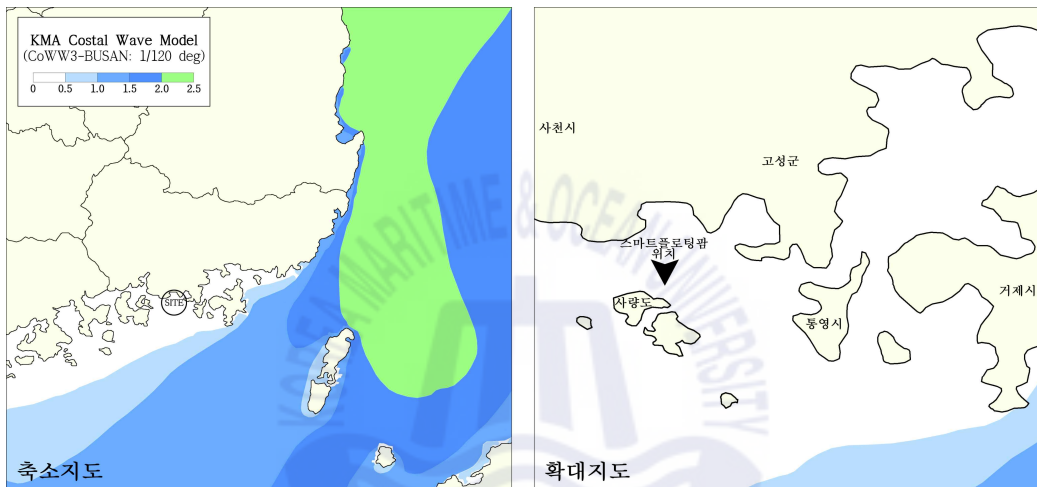
스마트플로팅팜 입지에서 북서쪽으로 약 5km에는 수산물을 처리할 수 있는 혜승수산이 있으며 스마트플로팅팜의 보급품을 조달할 수 있는 용암포항이 있다. 혜승수산에서부터 77번 국도로 차로 약 20분 거리에 삼천포로 이동이 가능하며 3번국도를 이어 진주IC에 도달하여 부산까지 소요시간이 약 1시간 20분이므로 생산품을 쉽게 공급할 수 있어 스마트플로팅팜은 부산·울산·경남권 로컬푸드 거점시설이 된다. 또한 스마트플로팅팜 입지에서 약 2km 남쪽에는 에너지와 물을 공급받을 수 있는 사랑도의 대항이 있다.



[그림 4-22] 자란만 수심¹³⁷⁾

137) 국립해양조사원 해양공간정보 베이스맵 홈페이지 (<http://www.khoa.go.kr/oceanmap/main.do>)

한편 자란만의 입지부근 수심은 12.3m로써 조수간만은 2018년 기준으로 월별 평균을 종합해보면 최대만조때는 15.74m[12.3(수심)+3.44m(최대만조)]이고 최대 간조때는 9.21m[12.3(수심)-3.09m(최대간조)]이므로 조수간만의 차가 평균 3.5m로 최저조위 시 플랫폼 최저면에서 수저바닥까지 1m 이상의 공간을 확보할 수 있고 [그림 4-23]에서 보면 파고는 2019년 기준으로 연평균 0.5m 이하이므로 스마트플로팅팜이 입지하기에 적합하다.



[그림 4-23] 자란만 파고 평균(2018)¹³⁸⁾

[표 4-7] 경남 고성군 자란만 조수간만 평균(2018년)¹³⁹⁾

(단위 : cm)

조수간만		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
만조	max	+343	+344	+330	+307	+316	+322	+329	+331	+318	+286	+307	+326
	min	+75	+54	+40	+51	+51	+74	+70	+43	+30	+34	+45	+73
	평균	+209	+199	+185	+179	+183	+198	+199	+187	+174	+160	+176	+199
간조	max	-304	-311	-309	-291	-292	-286	-291	-301	-302	-288	-272	-285
	min	-78	-56	-57	-50	-58	-76	-77	-67	-51	-51	-51	-66
	평균	-191	-183	-183	-170	-175	-181	-184	-184	-176	-169	-161	-175

138) 기상청 날씨누리, 바다날씨, 해상수치예측일기도, 수치파랑 자료 재구성

139) 바다타임닷컴 홈페이지 (<https://www.badatime.com>) - 물때표, 경남 고성만, 2018 월별 평균치를 계산하여 작성

4.4.2. 플로팅플랫폼계획

스마트플로팅팜의 입지가 정해지고 나서 입지의 자연환경, 사회환경, 법제도 등을 고려하여 플랫폼계획을 실시한다.

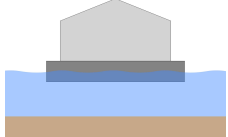
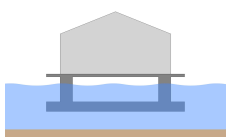
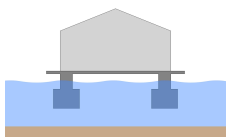
플랫폼계획에서는 먼저 플랫폼형식과 크기를 계획하며 다음으로 적합한 재료와 함께 개념설계를 진행한다.

가. 플랫폼형식

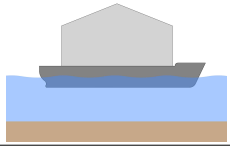
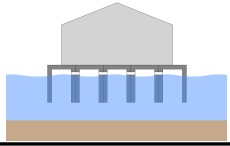
플랫폼계획에서는 시설의 기능, 용도 및 목적과 플랫폼 내부공간의 사용여부 등 기본요구사항, 입지의 자연조건, 사회조건, 법제도 등에 따라 적합한 구조형식을 정한다.

하부구조물의 구조형식으로는 [표 4-8]과 같이 부함식(pontoon type), 반잠수식(semi-submersible type), 선각식(hull type), 공기안정식(pneumatic stabilized platform type) 등이 있다.

[표 4-8] 플로팅플랫폼 구조형식¹⁴⁰⁾

형식	특성	개념
부함식	- 가장 많이 사용하는 형태임 - 수선면이 크고, 고유주기는 반잠수식에 비해 짧아 파랑 등의 해양환경의 영향을 많이 받음 - 넓은 기반면적을 얻기 쉬움 - 외해 보다는 내해의 정온수역이 확보된 곳에 적합 - 형태가 단순하여 표준화가 쉽고 대량제작이 가능 - 수심이 얕은 곳에서 가장 경제적인	
반잠수식	- 수선면이 작고 부심이 낮으며 파랑 등의 해양환경의 영향을 비교적 덜 받아 동요가 적음 - 수심이 비교적 깊고 파도가 큰 해역에서도 이용가능 - 탑재중량의 변화가 큰 시설에는 적합하지 않음 - 해양플랜트 구조물에 주로 사용되며 조선기술 의존도가 높음 - 부재의 교체가 가능하고 추후 공간의 변경 및 손상에 쉽게 대응 - 상부시설 배치에 따라 부력분포를 달리하여 쉽게 대응 - 폰툰식에 비해 물에 잠기는 부분이 적어 환경보전에 용이하며 건조과정이 복잡하고 공사비가 비쌈	 

140) 日本建築學會(1988), 과학기술부(1993) 및 해양수산부(1999) 내용참조

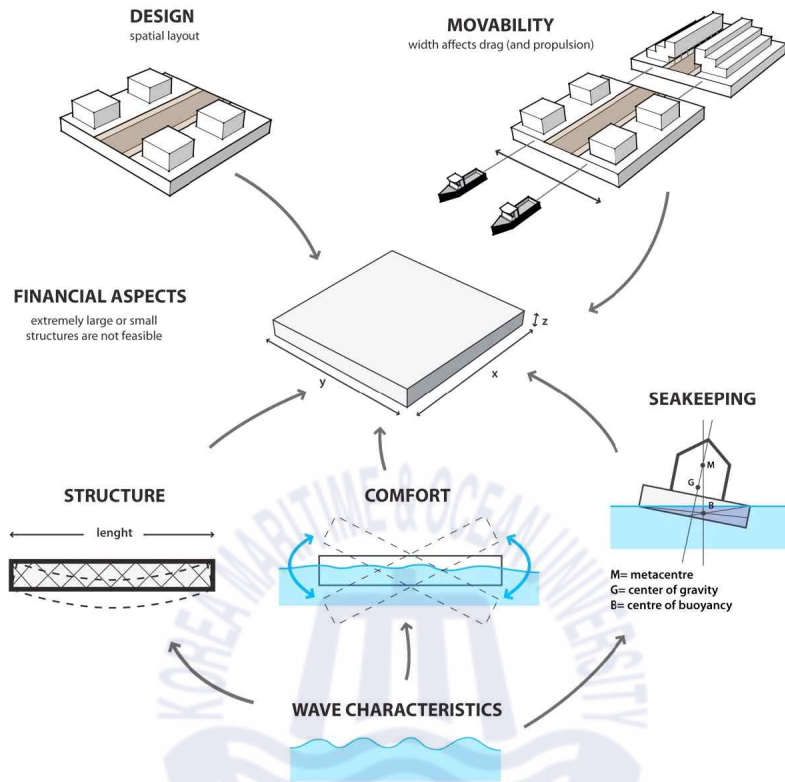
선 각 식	· 선박의 선체를 이용한 구조로 선박과 동일한 동적 특성을 가짐 · 법제도에 있어 선박으로 분류됨	
공 기 안 정 식	· 실린더 내 채워진 공기에 의해 지지되는 간접배수방식 구조임 · 압축공기에 의해 지지되므로 극심한 환경하중에 적용이 가능 · 각각의 실린더가 결합되므로 타 구조에 비해 시공 효율이 높고 대형화가 쉬움 · 소규모 부유식 구조물에는 적합하지 않음	

이 가운데 부함식은 바닥이 평평한 박스형 부체(pontoon 혹은 바지)를 이용하는 형식이며 다른 구조형식에 비해 넓은 바닥면적을 얻을 수 있으나 물에 접하는 수선면적이 넓어 파랑하중에 영향을 받기 쉽다. 따라서 부함식 플랫폼은 정온도가 확보된 수역에 위치하며 구조물의 형태가 단순하고 해수에 직접 면하는 면이 외측 면으로 한정되어 있는 경우에 유리하다. 또한 수심 20~30m 수역에 설치되는 경우 부함식은 다른 구조형식에 비해 설치비용이 저렴하다.¹⁴¹⁾ 이상의 부함식 플랫폼의 특성은 다른 구조형식에 비해 스마트플로팅팜의 용도 및 입지에 적합하며 본 연구에서 스마트플로팅팜의 플랫폼은 부함식으로 계획한다.

나. 플랫폼크기

플랫폼은 스마트플로팅팜이 물 위에 뜰 수 있게 해주는 건축물의 하부 구조물이다. 건축물은 대지 위에 대부분 세워지지만 물 위에서는 대지를 대체하는 부유식 구조물 즉 플랫폼을 설치하고 그 위에 건축물이 들어선다. 이 플랫폼의 크기는 시설내용과 플랫폼에 미치는 환경영향에 따라 정한다.

141) 이한석 외1(2014), 해양건축계획, p80 인용



[그림 4-24] 플랫폼크기에 영향을 주는 요소¹⁴²⁾

1) 내항성에 따른 플랫폼크기

플랫폼은 강도, 안정성 및 부력을 포함하는 안전성과 파도 및 바람과의 상호 작용에서 발생하는 변형, 움직임 및 가속도에 따른 안정성을 구비해야한다. 일반적으로 크고 무거운 플랫폼은 파도의 상대적인 크기와 에너지가 더 낮기 때문에 작은 플랫폼이나 가벼운 플랫폼에 비해 낮은 움직임을 보인다.

파도나 외력이 플랫폼을 기울일 때 부력의 중심이 기울어진 방향으로 이동한다. 위로 향한 부력은 기울어지는 움직임에 역작용을 하며 플랫폼의 아래쪽으로 향하는 무게와 결합하여 다시 평형대로 회전한다. 이때 부력과 중력의 힘 사이의 거리를 복원팔¹⁴³⁾이라고 한다. 결국 플랫폼은 크기가 클수록 기울기를

142) DeltaSync(2013), Seasteadig Implementation Plan-Final Concept Report, p51 인용

위해 더 많은 물을 이동시켜야 하기 때문에 기울기에 대한 저항이 더 크다.

2) 방어 생산량에 따른 플랫폼 크기

스마트플로팅팜에서 플랫폼은 가장 핵심적인 구조물로서 플랫폼 크기는 식량의 연간 생산량에 따라 정한다. 본 논문의 4.2.3.에서 방어와 상추의 생산량을 추정했다. 방어양식수조의 적절한 규모는 600m^3 이하¹⁴⁴⁾이며 최대 수용 가능한 방어는 약 1,860마리다. 스마트플로팅팜의 양식은 가두리양식이 아닌 수조양식이므로 수조에 필요한 물의 하중이 스마트플로팅팜 전체 하중에 주는 영향을 고려하여 부피 594.1m^3 (지름 12.3m · 깊이 5m)의 원형 양식수조 2대 이외에 설비, 기계, 복도, 업무시설, 서비스 시설 등 그리고 내항성을 고려했을 때 플랫폼의 가장 적합한 면적은 $2000\text{m}^2 \sim 2500\text{m}^2$ 이라고 할 수 있으며 따라서 스마트플로팅팜의 플랫폼 크기는 $40\text{m} \times 60\text{m}$ 의 규모로 계획한다.

다. 플랫폼 구조와 재료

일반적인 부유식 플랫폼에는 철, 복합재 및 콘크리트 세 가지를 주요 재료로 사용한다. 철강은 선박의 건축 산업에서 가장 흔히 사용되는 재료로 쉽게 모양을 만들고 굽힐 수 있고 인장 강도가 높으며 수리 또는 수정이 쉽다. 그러나 철의 단점은 높은 가격과 높은 유지 보수비용이다.

복합재료는 섬유(탄소, 유리, 셀룰로오스, 케블라 등)와 경화된 수지 (에폭시, 폴리에스테르, 비닐 에스테르 등)를 결합한 것으로 높은 비용에도 불구하고 경주용 자동차, 비행기, 테니스 라켓 및 낚싯대와 같은 고성능 제품에 점점 더 많이 사용되고 있다.

한편 콘크리트의 주된 취약성으로서 인장강도를 높이기 위해 콘크리트에 묻혀있는 철근이 부식 될 가능성이 있어 충분한 콘크리트 두께를 적용해한다.

앞서 설명한 세 가지 기본재료는 모두 기술적으로 스마트플로팅팜에 사용가능

143) 배의 중력과 부력의 작용선 사이의 거리. 정복원성(靜復元性)을 규정하는 복원력의 크기를 결정하는 데 작용한다. 복원력은 배수량과 이 거리를 곱한 것과 같다.

144) 국립수산물학원 홈페이지 (https://www.nifs.go.kr/page?id=culture_fish)

하며 각 자료의 특성은 [표 4-9]와 같다. 이 가운데 콘크리트는 유지 보수를 거의 할 필요가 없고 가장 저렴하기 때문에 특히 시공에 반복이 많을 경우에 선호된다. 또한 무거운 콘크리트 바닥은 무게 중심이 낮기 때문에 매우 안정적이다.

[표 4-9] 플랫폼 재료의 비교 분석¹⁴⁵⁾

재료	수명	비용	무게	안정성
콘크리트	20-50년	낮음	600kg/m ²	○
철	2-5년	보통	200kg/m ²	△
복합재료	20-50년	높음	70kg/m ²	X

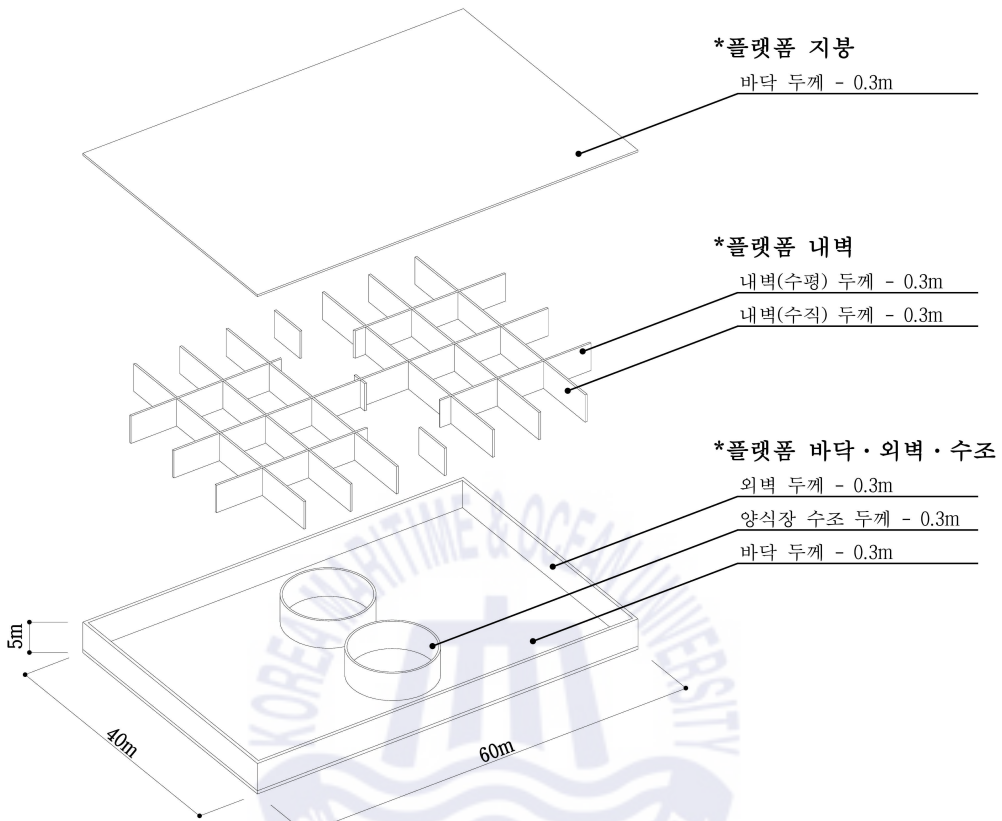
* weight calculations: Hull weight (kg/m²) = Hull thickness (m) * material density (kg/m³).

Concrete: 0.25 m * 2400 kg/m³ = 600 kg/m² ; Steel 0.025 m * 8000 kg/m³ = 200 kg/m²;

Composites 0.04 m * 1500 kg/m³ + 0.04 m *

따라서 본 연구에서 스마트플로팅팜의 플랫폼은 속이 빈 상자(케이슨)로 계획한다. 이 경우 플랫폼의 콘크리트 케이슨의 구조를 보강하기 위해 내부에 늑골 역할을 하는 수평 벽을 설치하고 일련의 리브 역할을 하는 수직 벽을 설치한다. 이 벽은 바닥에 가해지는 하중과 같은 기둥에 수압 부하를 전달한다. 콘크리트 플랫폼의 주요 계획내용은 [그림 4-25]와 같으며 선체 두께의 일부는 철근을 바닷물로부터 보호하는데 필요한 콘크리트 마감재를 포함한다.

145) DeltaSync(2013), Seasteading Implementation Plan-Final Concept Report, p30 인용



[그림 4-25] 플랫폼의 계획

라. 플랫폼구조와 홀수

스마트플로팅팜은 부유식시설이므로 구조물의 기초설계에 따른 구조적 안전성을 평가해야 한다. 구조적 안전성을 평가하기 위해서는 하부와 상부 구조물의 하중을 산출한 다음 홀수를 계산을 해야 한다. 홀수는 플랫폼이 물에 잠길 때 플랫폼 전체 높이에서 70% 이하여야 한다.¹⁴⁶⁾ 즉 플랫폼의 전체 높이가 5m 일 때 홀수는 최대 3.3m여야 한다. 홀수를 계산하기 위해서는 다음과 같은 식을 이용해 계산한다.

$$\text{홀수}(d_o) = \frac{\text{하중합계}(t)}{\text{플랫폼 가로길이}(m) \times \text{플랫폼 세로길이}(m) \times \text{물의 밀도}}$$

146) 小林理市(2000), 알기쉬운 해양건축물의 설계, p38 참고

[표 4-10] 구조물중량 산출근거

종별(WD)		단위중량	크기	중량(T)	재료
플랫폼	바닥판	2.40(T/m ³)	735.07(m ³)	1764.16	철근콘크리트
	외벽	2.40(T/m ³)	295.30(m ³)	648.25	철근콘크리트
	내벽	2.40(T/m ³)	543.33(m ³)	1,303.99	철근콘크리트
플랫폼 중량합계				3,716.40T	
1층	바닥판	2.3(T/m ³)	216.98(m ³)	499.05	무근콘크리트
	바닥판 받침	0.02(T/m ²)	2,069.84(m ²)	41.39	강제 합판
	바닥판 데크	0.80(T/m ³)	29.56(m ³)	23.64	방부목
	벽	0.16(T/m ²)	543.05(m ²)	86.88	ALC 패널
	기둥	172(kg/m)	166.50(m)	28.63	철골(400x400)
	커튼월 BAR	3.34(kg/m)	880.04(m)	29.39	알루미늄
	커튼월 유리	2.50(비중)	476.29*5	11.90	Low-e복층(22T)
1층 중량합계				720.88T	
2층	바닥판	2.30(T/m ³)	211.38(m ³)	485.30	무근콘크리트
	바닥판 받침	0.02(T/m ²)	1,481.31(m ²)	29.62	강제 합판
	벽	0.16(T/m ²)	312.98(m ²)	50.07	ALC 패널
	보	107(kg/m)	498.60(m)	53.35	철골(390x300)
	기둥	172(kg/m)	130.91(m)	22.51	철골(400x400)
	커튼월 BAR	3.34(kg/m)	2,099.68(m)	7.01	알루미늄
	커튼월 유리	2.50(비중)	1,369.25*5	34.23	Low-e복층(22T)
2층 중량합계				682.09T	
지붕층	바닥판	2.3(T/m ³)	76.59(m ³)	176.15	무근콘크리트
	바닥판 받침	0.02(T/m ²)	53.28(m ²)	1.06	강제 합판
	바닥판 데크	0.8(T/m ³)	15.60(m ³)	12.48	방부목
	벽	0.16(T/m ²)	230.95(m ²)	36.95	ALC 패널
	지붕	0.25(T/m ²)	142.99(m ²)	35.74	ALC 패널
	보	107(kg/m)	189.04(m)	20.22	철골(390x300)
지붕층 중량합계				282.60T	
종별(WL)		계수	크기	중량	
기계/설비		1,500(N/m ²)	1,695.6(m ²)	254.34	
해수		1.025	1,188.20(m ³)	1,217.905	
저수		1.00	600.00(m ³)	600.00	
방어		4.8(kg/m ³)	1,188.20(m ³)	5.70	
가구		80(kg/m ³)	515.77(m ³)	41.26	
흙		2.6	69.94(m ³)	181.84	
중량합계				2,301.04T	

한편 스마트플로팅팜의 각 층마다 요구되는 재료의 단위중량을 통해 [표 4-10]와 같이 각각의 중량을 산출했다. 재료 중 유리는 단위중량이 존재하지 않으며 유리의 중량은 가로(m) x 세로(m) x 유리두께(mm) x 유리의 비중(2.5)로 산출했다. 모든 중량은 kg에서 ton으로 변환하였으며 스마트플로팅팜의 하중합계는 7,803.01톤이나, 플랫폼의 전체 하중은 3,716.40톤, 1층은 720.88톤, 2층은 682.09톤, 지붕층은 282.60톤 그리고 그 외 2,301.04톤이다. 하중합계와 해수의 밀도(1.025)를 대입하여 흘수를 계산하면 스마트플로팅팜의 흘수는 3.14m가 나오며 높이 5m중 3.3m가 초과하지 않으므로 구조적으로 안전하다고 평가된다.

$$\frac{3,716.40t + 820.88t + 682.09t + 282.60t + 2,301.04t}{40m \times 60m \times 1.025} = 3.17m < 3.3m \rightarrow \text{적합}$$

마. 계류시스템

[표 4-11]에서 계류방식을 검토해보면 일반적으로 부유식 해양구조물은 비교적 경제적이고 설치가 용이한 체인을 이용한 다점식 이완계류 방식과 돌핀을 이용한 다점계류 방식을 주로 사용하며 돌핀계류 방식이 체인·와이어계류 방식에 비하여 구속력이 크며 안정적인 것으로 알려져 있다.¹⁴⁷⁾ 다점 계류는 부체의 2곳 이상을 계류시설로 연결하여 계류하는 방법으로 부체의 이동이나 선회를 방지할 수 있어 해양구조물에 주로 이용되며 원하는 위치에 안정적으로 위치해야 하는 부유식 수상거주시설 등에 적합하다.

돌핀계류의 배치는 부유식 구조물의 수평동요를 최소화하기 위하여 적어도 2축 방향에 배치하여야 한다. 돌핀의 배치는 부체의 동요를 최소화 할 수 있도록 부체의 양쪽 측면에 돌핀을 배치하는 양현배치가 좋으나 경제성 및 시공성을 고려하여 한쪽 면에 돌핀을 배치하는 편현배치도 많이 사용된다.¹⁴⁸⁾

따라서 본 연구에서 스마트플로팅팜의 계류시스템은 돌핀계류를 이용한 다점 계류시스템으로 계획한다.

147) 강영훈(2013), 부유식 수상거주시설 건축계획에 관한 연구, p188 인용

148) 홍사영(2007), 초대형 부유식 구조물 설계매뉴얼, p110 인용

[표 4-11] 계류방법 별 특성 비교¹⁴⁹⁾

계류 방식								
	돌핀(말뚝식)	돌핀(자켓식)	체인, 와이어, 로프	중간 싱커 방식	중간 부이 방식	가이드 타워 방식	인장계류 (TLP)	DPS (Dynamic Positioning System)
적용 수심	~20m 정온해역	~30m 정온수역	~200m	~500m	20~100m	~500m	300m	제한 없음 정온수역
비용	최저가	저가	보통	약간 고가	약간 고가	고가	고가	최고가
부채 영향	구속력 큼	구속력 큼 방현재 필요	구속력 중간	구속력 중간	수평구속력 중간 상하구속력 작음	구속력 작음	수평구속력 중간 상하구속력 큼	수평구속력 중간 상하구속력 작음
보수 안전성	콘크리트 파일이면 부식에 영향이 적음	강관조립식 이면 부식에 유의	체인, 와이어 부식에 유의	부식에 유의 계류삭 파단 위험 높음	부이의 파손과 체인의 부식에 유의	가이드 타워 보수 및 계류삭 보수에 유의	계류각부의 보수에 유의	각종 제어장치, 센서 등 전기기계장치 보수에 유의
피난 탈출	고정 잔교에 연결성이 좋음		구속력이 작아 고정 잔교에 연결성이 좋지 못함 육역에서 거리가 멀 경우 구명보트 및 헬리콥터 이용					

149) 小林理市(2000), 알기쉬운 해양건축물의 설계, p45 내용 재구성

4.4.3. 건축계획

스마트플로팅팜의 플랫폼계획과 동시에 시설전체의 공간계획 및 건축계획이 필요하다. 시설의 공간계획에 의해 각층별 스페이스프로그램을 [표 4-12]과 같이 작성하였으며 지하에는 시설을 지탱하는데 필요한 기계설비, 1층에는 양식장, 2층에는 재배온실 그리고 지붕층에는 헬기 비상착륙장을 계획한다.

[표 4-12] Space Program

층	시설	면적(㎡)
지하층	양식장-1	118.82
	양식장-2	118.82
	물탱크실-1	148.87
	물탱크실-2	148.87
	정화조	148.87
	발전기실	148.87
	기계실	148.87
	전기실	112.40
	어류선별실	145.89
	코어실 및 공동구	1,159.71
	지하층 면적합계	2,400.00
지상1층	양식장-1	118.82
	양식장-2	118.82
	회의실	58.25
	탕비실	20.75
	창고-1	37.50
	창고-2	18.75
	화장실-1	27.22
	장실-2	18.75
	제어실	58.25
	사료배합실	58.25
	체력단련실	58.25
	거주구-1	35.26
	거주구-2	35.26
	식당	58.25
	주방	20.75
	외부데크	801.00
	복도, 홀, 코어실	855.86
	지상1층 면적합계	2,400.00

지상2층	온실	1199.25
	제어실	37.50
	연구실	37.50
	비품실	18.75
	창고	41.50
	복도, 홀, 코어실	264.50
	지상2층 면적합계	1599.00
지붕층	외부 데크	413.63
	코어실	119.37
	지붕층 면적합계	533.00
건축면적	2,488.00m ²	
연면적	6,932.00m ²	



[그림 4-26] 스마트플로팅팜 조감도

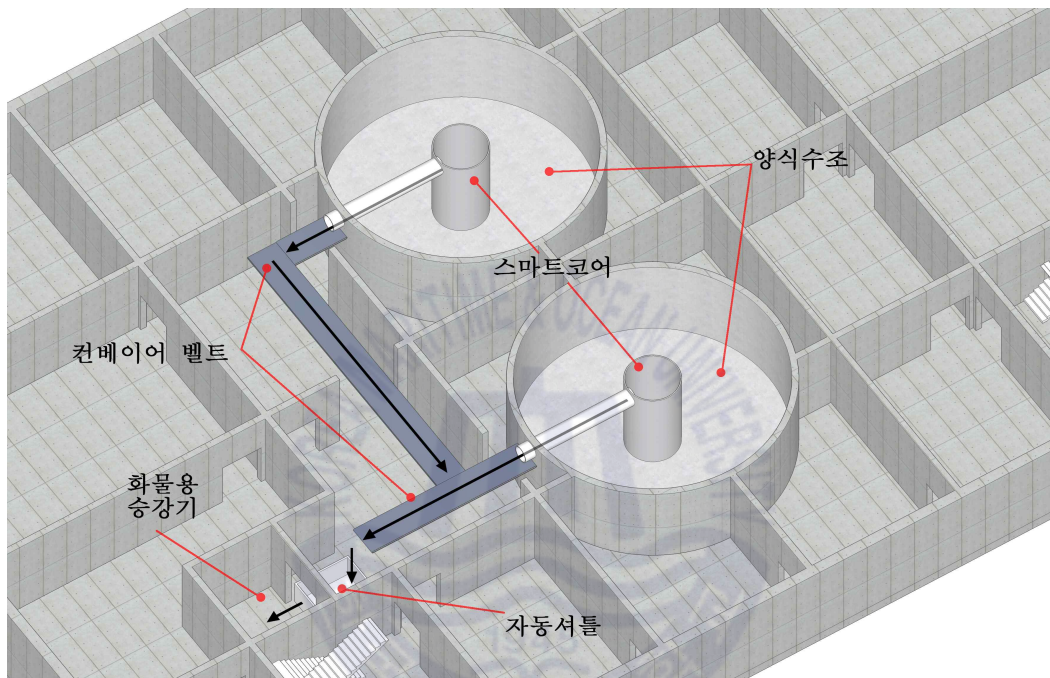
가. 평면계획

1) 지하층

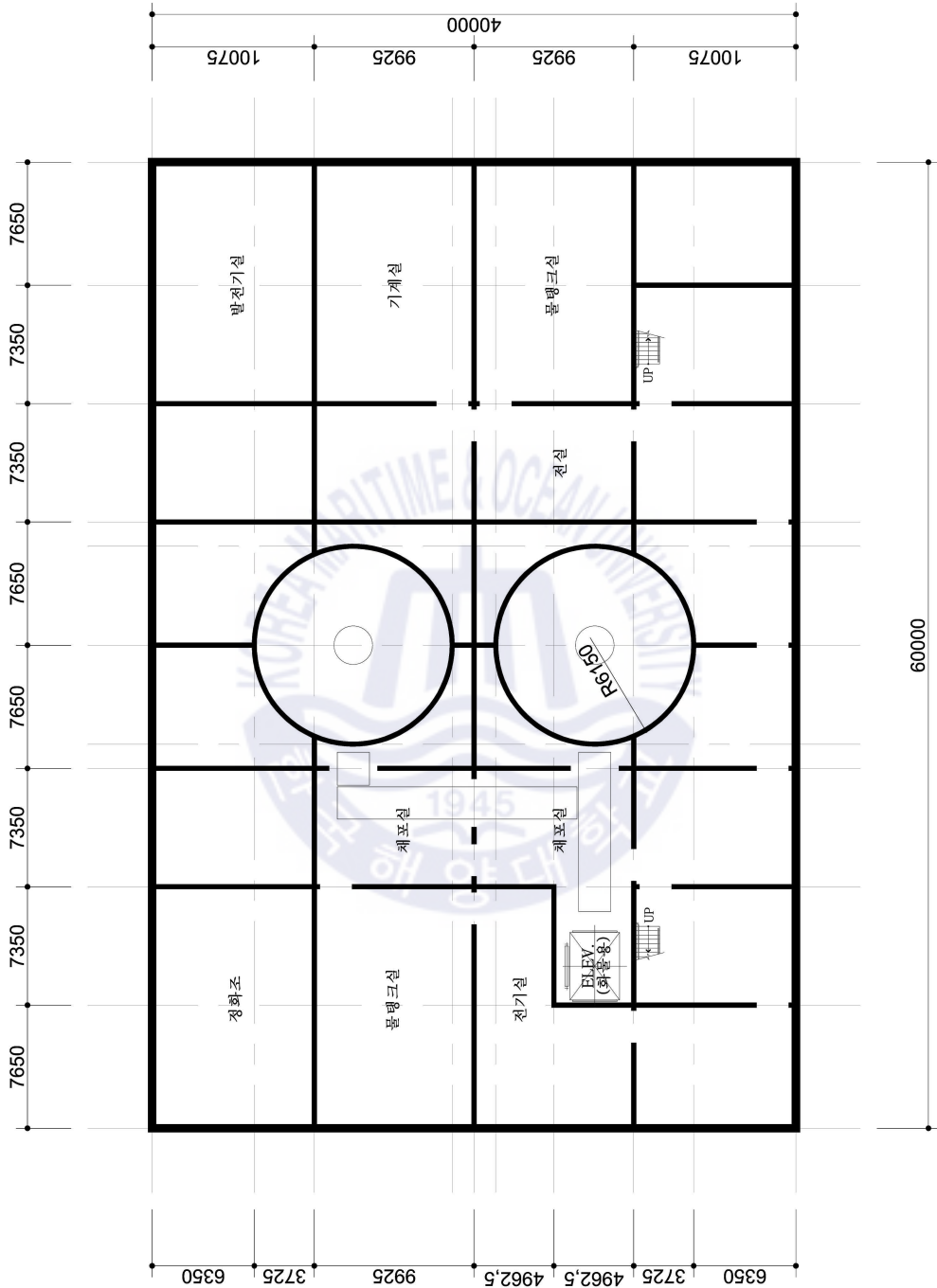
지하층에 주요 시설은 기계실, 전기실, 발전기실, 온수탱크실, 정수탱크실, 정화조가 있고 양식수조의 어류채포실이 있다. 중앙은 1층에서부터 이어지는 양식수조가 있고 수조의 물을 교체할 때 양식수조 폐수를 온수탱크실로 끌어올

수 있는 펌프실이 있다. 온수탱크와 정수탱크는 각각 양쪽 끝에 배치하여 플로팅시설물의 무게균형을 맞춰준다.

어류는 채포 후 컨베이어 벨트를 타고 한 곳으로 모아 세척과 포장과정을 거친 후 자동셔틀을 통해 화물용 승강기로 이동한다.



[그림 4-27] 어류 처리 과정



[그림 4-28] 지하층 평면도

2) 지상 1층

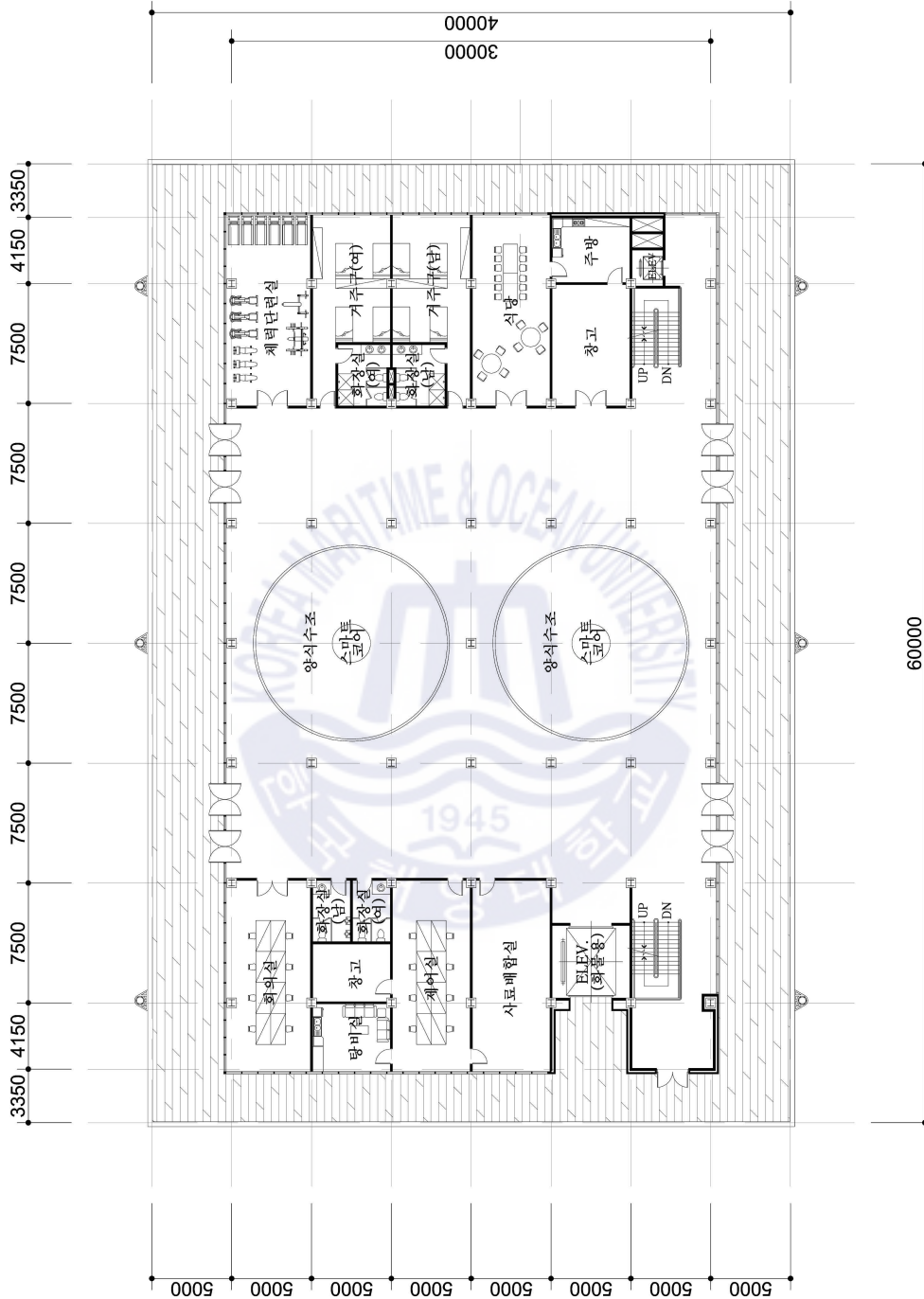
1층의 주요 공간은 양식장과 거주구다. 1층은 스마트플로팅팜에 접근하여 건물로 들어갈 수 있는 층이므로 폭 3m의 외부데크를 둔다. 외부데크에는 비상탈출을 고려하여 양쪽으로 출입구를 두고 선박 계류시설을 설치한다.

양식장 내부는 중앙에서부터 지하와 연결된 양식수조가 있고 천장에서 수조 바닥까지 내려가는 스마트코어를 계획한다.



[그림 4-29] 양식장 투시도

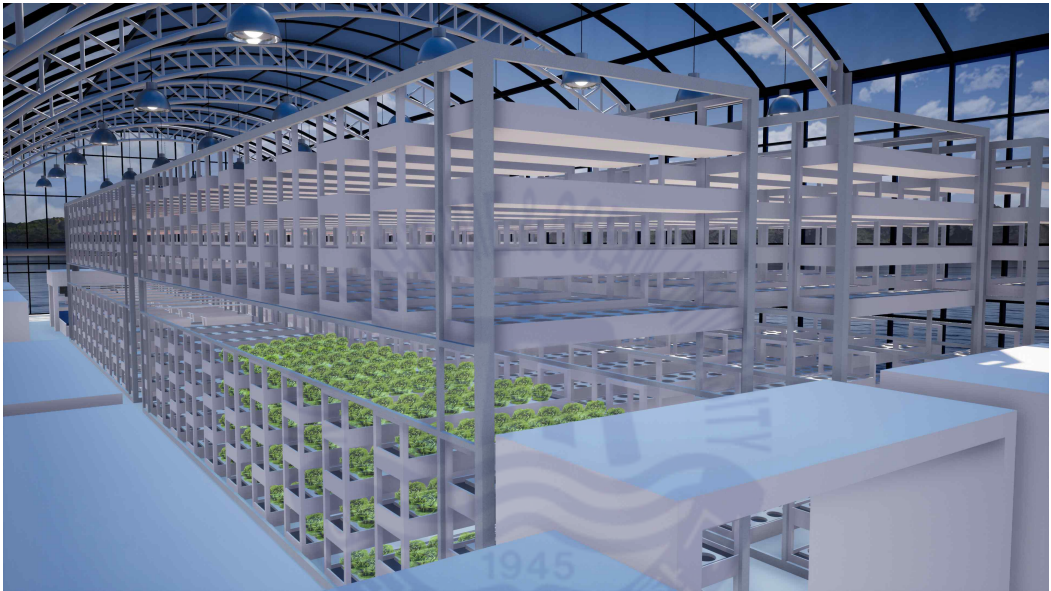
양식수조는 지름 12.3m의 원형으로서 양식장 중앙에 두 개가 있고 이 수조를 기준으로 좌측에는 양식장을 운영하기 위한 주요 공간(사료배합실, 제어실, 회의실, 창고, 화물용 승강기 그리고 계단실)이 있고 우측에는 스마트플로팅팜을 관리하는 작업원들의 생활공간(식당, 화장실, 세탁실, 거주구, 체력단련실, 승강기, 계단실)이 있다.



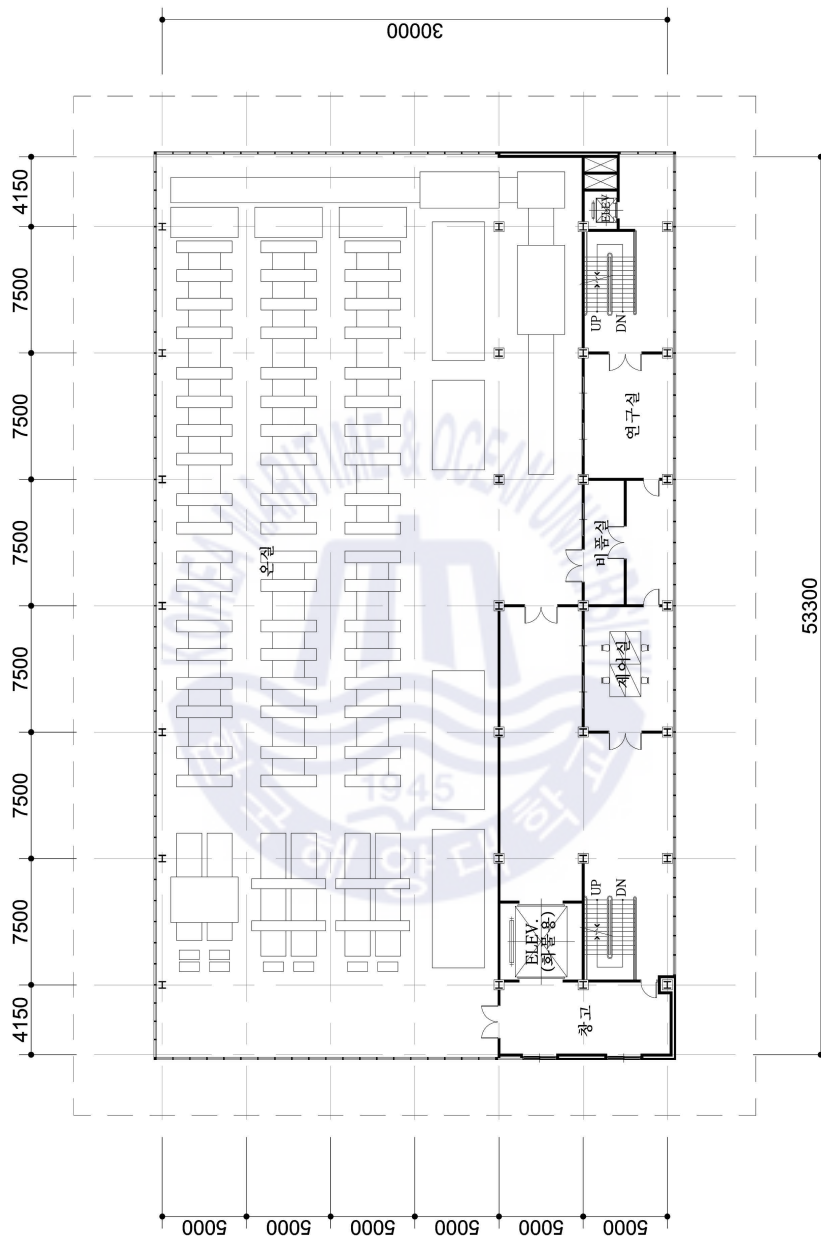
[그림 4-30] 1층 평면도

3) 지상 2층

2층의 주요 공간엔 온실, 제어실 그리고 연구실이 있다. 바닥 면적 1,599m²중 1199.25m²(약 2/3)는 온실이 차지하고 있으며 온실에는 파종실, 생육실 그리고 포장실이 있다. 여기서 생산되는 작물은 화물용 승강기를 통해 1층으로 운반된다. 온실은 상추를 수직으로 재배하기 위해 평균 층고를 약 8m정도로 계획한다.



[그림 4-31] 온실 투시도



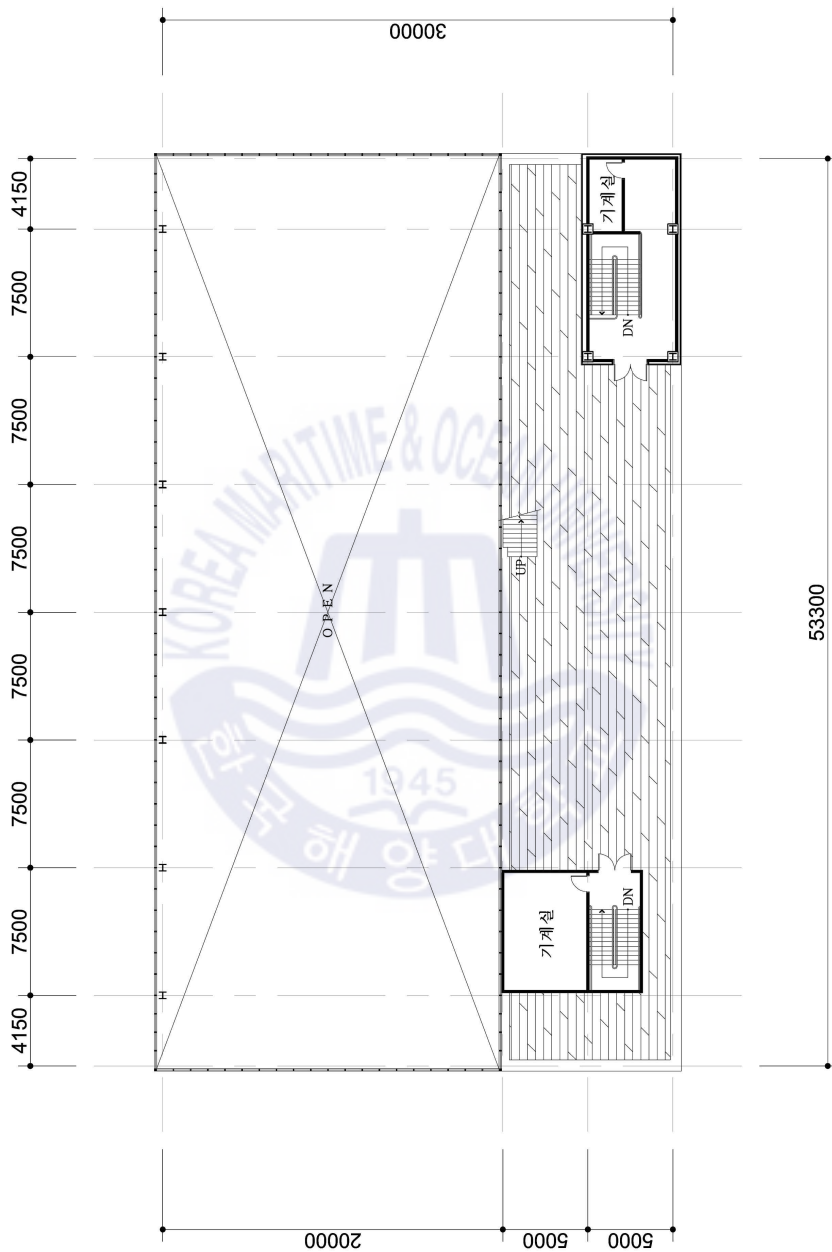
[그림 4-32] 2층 평면도

4) 지붕층

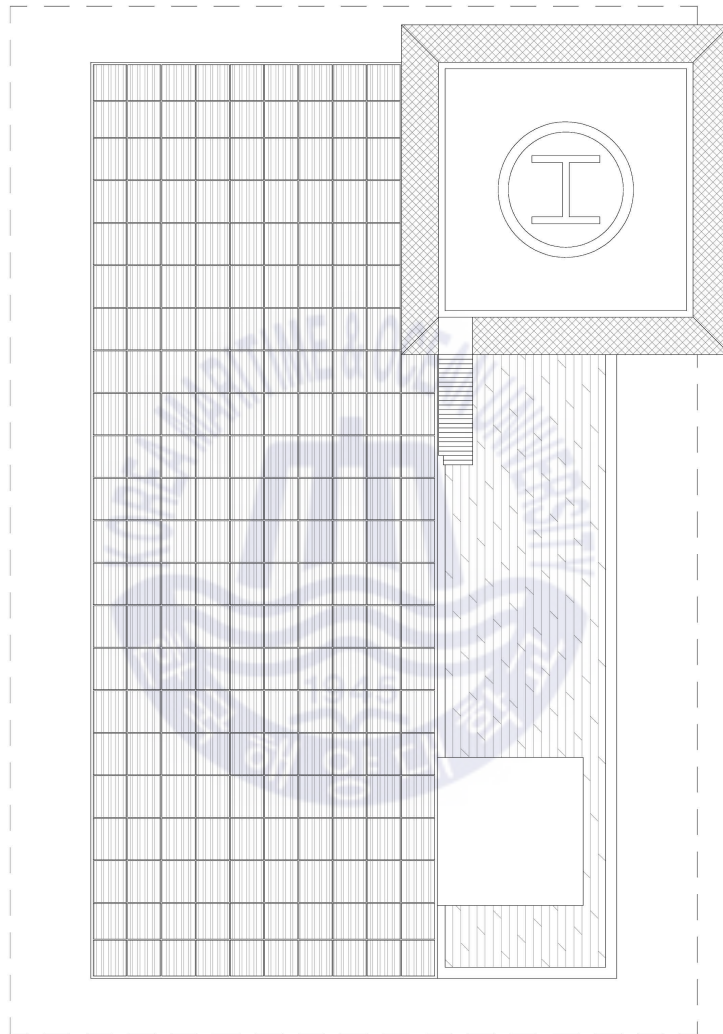
지붕층은 작업자의 휴게공간을 제공함과 동시에 스마트플로팅팜의 관리 및 운영을 지원한다. 외부 바닥은 방부목 데크로 마감하여 데크 사이로 흘러들어 오는 우수를 모아 지하로 내리는 우수관을 계획한다. 지붕층 내부에는 계단실과 승강기 기계실을 계획한다. 2층 온실구역에서 수직으로 올라오는 커튼월의 지붕 중앙에는 태양열 집열판을 설치하여 전기에너지를 공급한다. 우측 계단실 위에는 비상시 이용하는 15m x 15m 크기의 헬리패드를 계획한다.



[그림 4-33] 지붕층 투시도



[그림 4-34] 지붕층 평면도-1



[그림 4-35] 지붕층 평면도-2

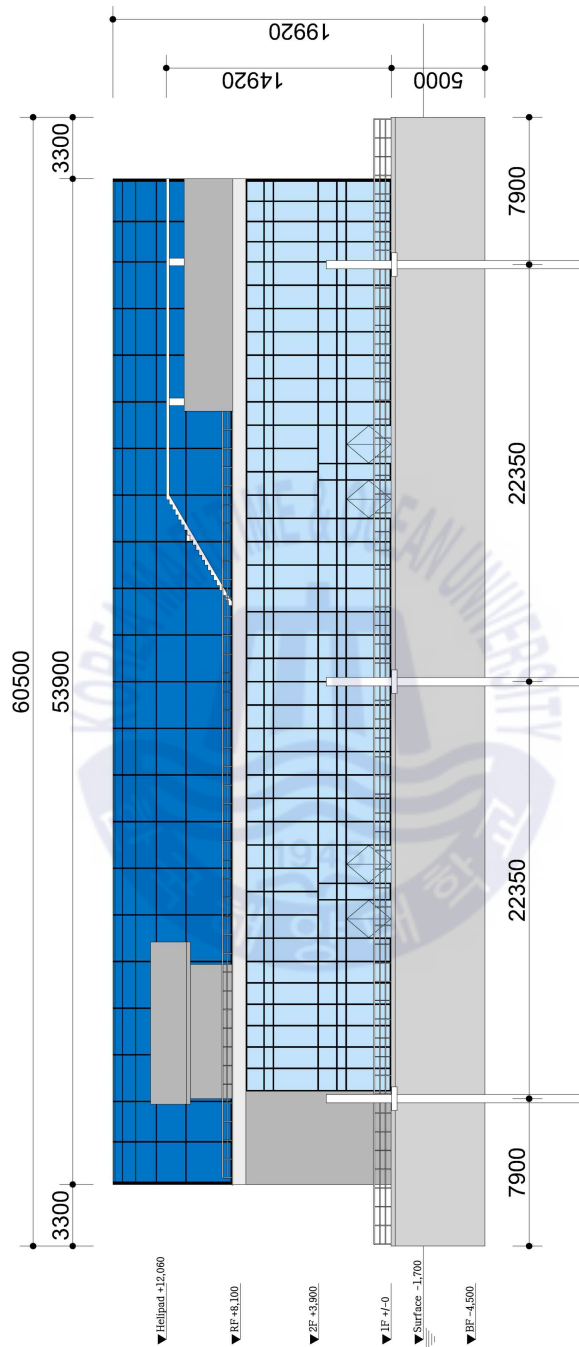
나. 입면계획

1) 정면도

스마트플로팅팜은 온실을 등지고 코어가 있는 면을 정면으로 설정한다. 양식장, 2층 사무실 및 연구실 그리고 우측면은 바다를 조망할 수 있게 로이복층유리로 둘러싼 커튼월로 하고 좌측코어면은 징크패널로 마감한다.



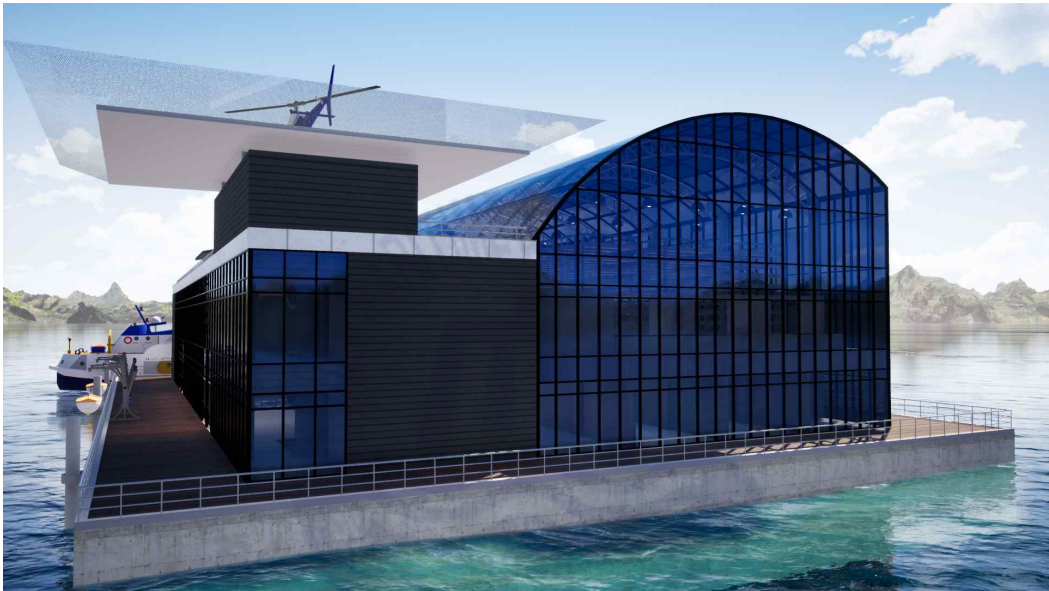
[그림 4-36] 정면 투시도



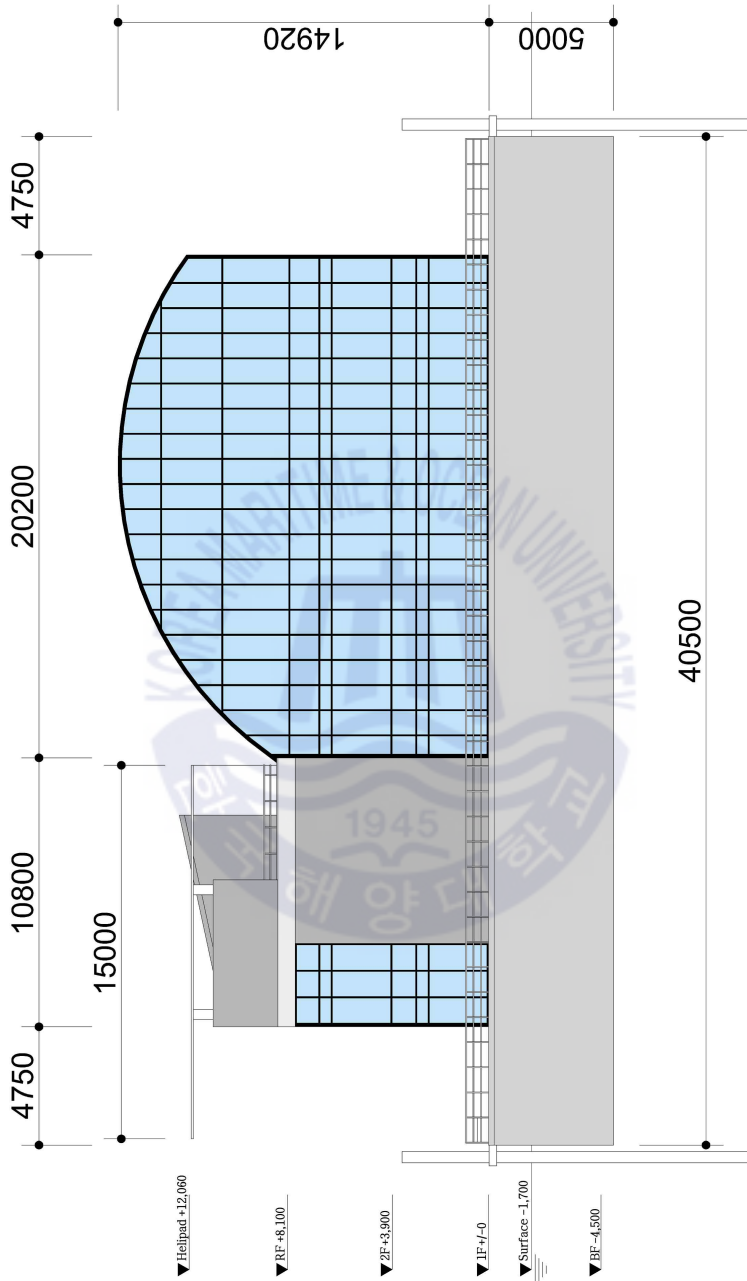
[그림 4-37] 정면도

2) 우측면도

우측면의 1층 생활공간은 바다를 조망하고 2층은 온실에 빛이 들어와야 하므로 코어를 제외한 면은 로이복층유리 커튼월로 계획한다. 코어실, 1층의 주방 그리고 2층의 포장실은 징크패널로 마감한다. 온실은 공간이 넓고 많은 작물재배를 위해 지붕을 아치 형태로 디자인했다.



[그림 4-38] 우측면 투시도



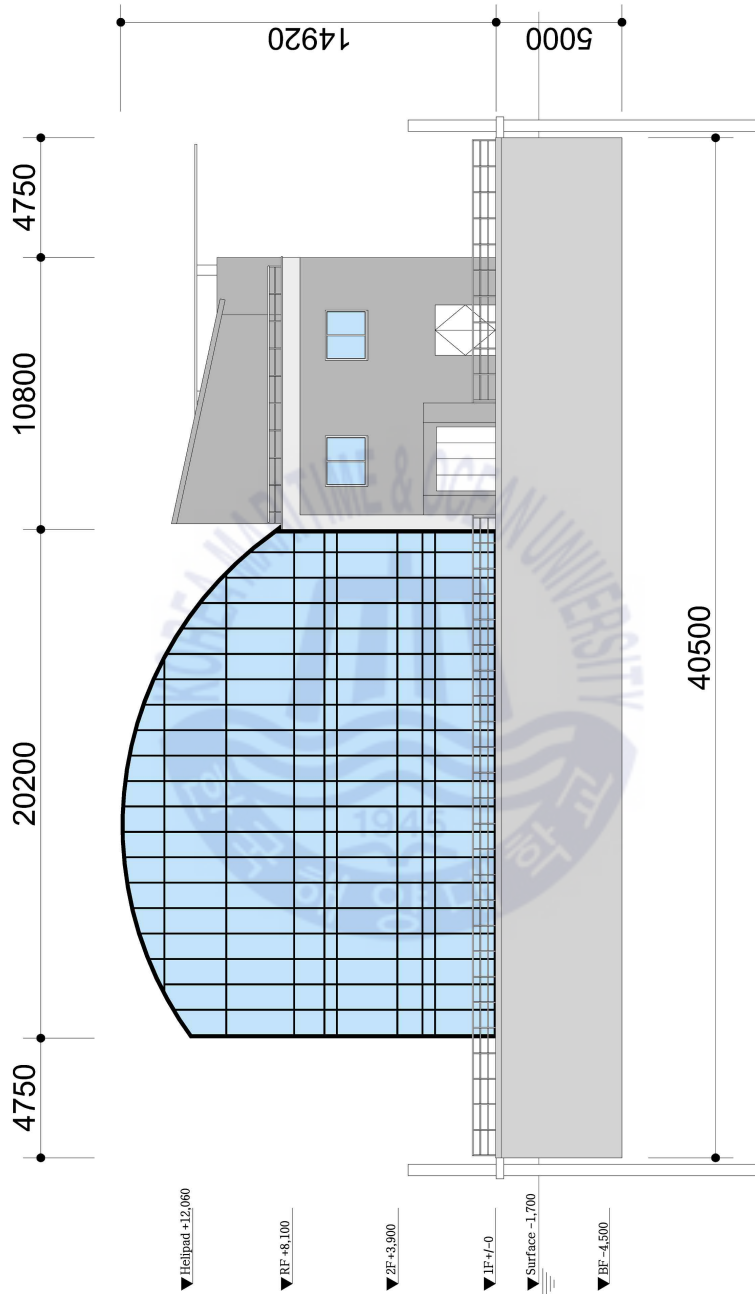
[그림 4-39] 우측면도

3) 좌측면도

좌측에는 1층 사무공간을 바다조망 그리고 온실을 자연광 확보를 위해 커튼 월로 한다. 징크패널로 마감된 오른쪽 1층부분은 화물용 승강기와 계단실로 들어가는 문이 있고 2층 부분은 파종을 위한 씨앗과 염토 창고에 창문을 둔다.



[그림 4-40] 좌측면 투시도



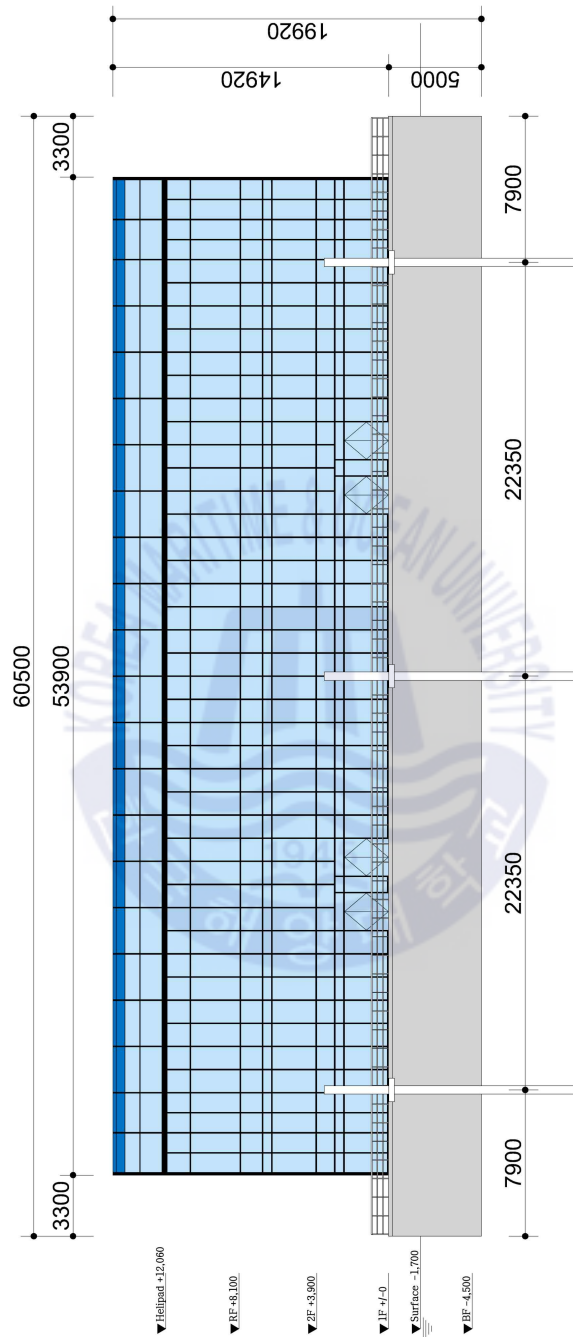
[그림 4-41] 좌측면도

4) 배면도

스마트플로팅팜 온실의 모든 부분은 언제나 햇빛이 들어올 수 있게 모든 면을 유리로 덮었다. 이 커튼월은 수직으로 1층까지 내려와 양식장, 체력단련실 그리고 회의실에서 바다를 조망할 수 있다.

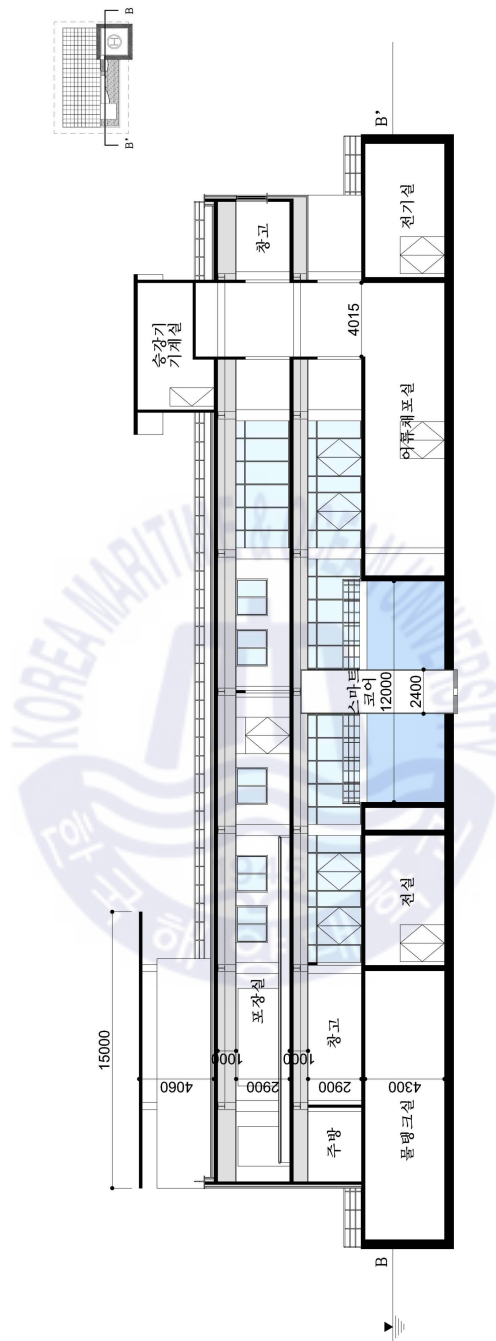


[그림 4-42] 배면 투시도

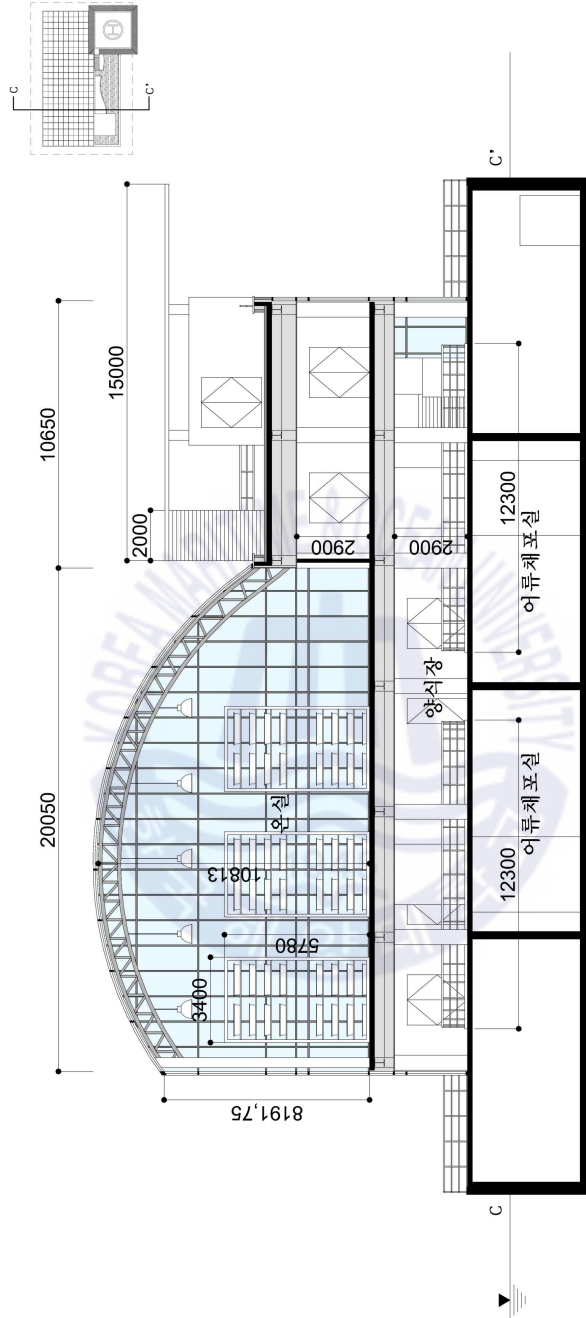


[그림 4-43] 배면도

– 152 –



[그림 4-45] 종단면도-B



[그림 4-46] 횡단면도-C

제5장 결론

사회적 변화와 기술의 발달로 스마트기술을 농업과 양식업에 적용한 스마트팜이 개발되고 있다. 본 논문에서 농업과 양식업의 스마트팜시스템을 결합하여 해상에 설치하는 스마트플로팅팜을 계획하였다. 이미 해외에서는 스마트플로팅팜의 시설계획이 활성화되고 있으나 국내에서는 이제야 스마트팜이 보급되기 시작했고 2018년부터 스마트양식장이 도입되고 있다. 국내에서 스마트플로팅팜에 대한 인식은 매우 낮고 법제도의 미비 등으로 인해 스마트플로팅팜의 도입에 어려움이 있다.

이러한 현실에서 본 논문은 스마트플로팅팜의 실현을 위한 출발점으로서 시설계획을 통해 활성화를 위한 기반을 마련하고자 하였다. 또한 수상에서 스마트농장과 스마트양식장을 통합함으로써 식량을 안전하고 효율적으로 생산하며 로컬푸드 활성화 및 유통과정의 간소화화로 인해 소비자와 생산자가 모두 합리적인 이익을 얻을 수 있는 새로운 농·양식업의 패러다임을 제시하였다.

본 논문의 구체적 내용으로는 농업과 양식업의 현황 및 스마트기술의 이론에 대해 고찰하였으며 스마트기술이 적용된 스마트농장, 스마트양식장, 플로팅팜 그리고 스마트플로팅팜의 사례를 분석을 통해 스마트플로팅 시스템의 유형을 분류하였다. 이 시스템유형 가운데 해수복합시스템을 택하고 현재 활용되고 있는 스마트농업기술, 스마트양식기술 그리고 아쿠아포닉스시스템을 융합하여 스마트플로팅팜을 계획하였다. 시설계획 내용으로는 스마트플로팅팜을 위한 입지선정을 하고 다음으로 시설에서 가장 중요한 플로팅플랫폼을 계획하였으며 이 플랫폼을 바탕으로 구체적인 스마트플로팅팜 시설계획을 실시했다.

본 논문의 주요 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 귀농귀어인구가 늘어나고 있는 가운데 일부 지자체는 안전하고 환경적으로 덜 부담되는 식량생산을 위해 로컬푸드운동을 실시하고 있으며 앞으로도 더 많은 로컬푸드가 생겨날 것이다. 3면이 바다로 둘러싸인 우리나라에서는 스마트플로팅팜이 로컬푸드 생산 및 소비를 위한 하나의 방법으로서 가능하다.

둘째, 스마트플로팅팜은 입지 및 구조적 특성에 있어서는 선박 또는 해양구조물의 특성을 가진다.

따라서 스마트플로팅팜 시설계획은 ‘스마트기술’, ‘플로팅플랫폼’, ‘계류시설’ 그리고 ‘상부시설’ 총 4가지로 구분하여 실시하였으며 계획단계에서 각 요소들에 대한 조건들을 검토하였다. 구체적으로 계획기본조건, 구조안전조건, 건축재료 및 관리와 관련된 조건들에 대하여 검토하였으며 특히 계획기본조건인 자연조건, 사회조건, 법제도 조건에 대해 검토하였다. 또한 스마트플로팅팜의 특수성을 감안하여 구조안전성, 방재계획 그리고 에너지 및 자원공급에 대해서도 검토하였다.

셋째, 현재 국내 스마트농장의 기술은 온실의 환경관리와 실시간모니터링까지만 적용되고 있으며 해외에서는 파종부터 수확까지 자동화기계를 통해 재배하며 자동포장까지 이루어지고 있는 상황이다. 본 연구에서 스마트플로팅팜 시설계획은 바다의 넓은 공간을 이용하고 온실에는 상추재배에 자동화된 아쿠아포닉스시스템을 적용하여 파종부터 수확 및 포장까지 할 수 있도록 계획하였다.

한편 스마트양식장은 현재 도입 단계이므로 해외사례를 참고하여 해수를 이용하여 방어를 양식하고 해수를 가열하여 온실에 물과 습기를 보내 작물을 재배하는 해수복합시스템으로 계획하였다.

넷째, 스마트플로팅팜은 스마트기술에 의해 어류양식과 작물재배를 하는 플로팅시설이다. 플랫폼은 양식수조를 고려하여 계획했고 상부시설은 온실의 수직재배를 고려하여 계획했다. 먼저 양식장은 대형 수조의 벽이 플랫폼의 내벽역할을 하며 생산량에 따라 양식수조의 크기가 달라지므로 먼저 생육계획을 실시하여 생산량을 예측하고 그 결과에 따라 양식수조와 플랫폼의 크기를 계획하였다.

스마트온실에서는 자동서들, 모종이식 등 모종이 자라는 단계에 따라 모든 재배과정이 자동으로 이루어지도록 계획하였고 재배과정에 따라 선박의 순환과정이 수직으로 이루어지기 때문에 온실의 층고를 7m 이상으로 계획하였다.

다섯째, 본 연구에서 계획한 스마트플로팅팜은 하나의 모듈이 되어 외해에서 여러 모듈을 서로 연결시켜 다양한 종류와 규모의 스마트플로팅팜을 구성할 수

있다. 또한 스마트축산업을 함께 도입하여 스마트플로팅팜에서 스마트농축산업으로 더 효율적이고 다양한 식량생산이 이루어질 수 있다.

여섯째, 본 논문에서는 스마트플로팅팜 계획안의 경제적 타당성을 다루지 않았다. 향후 스마트플로팅팜의 건설비용, 연간생산량, 유지관리비용, 투자수익률 등 구체적인 경제적 타당성에 대한 연구가 필요하다. 또한 스마트플로팅팜은 실제로 조성된 사례가 없으므로 이 시스템의 법적·기술적 타당성에 대해 더 구체적이고 전문적인 검토가 필요하다.

일곱째, 본 논문에서 제시한 해수복합시스템계획에 대해 한국과학기술연구원 스마트팜 전문가(Y박사)와 국립수산물과학원의 스마트양식장 전문가(L박사)에게 검토를 부합하여 다음과 같은 의견을 얻었다.

가. 한국과학기술연구원 Y의견

- 1) 해수복합시스템은 해수를 가열하는데 공간이 조금 협소하다.
- 2) 아쿠아포닉스시스템을 운영하기 위한 가열량을 고려해야 한다.
- 3) 종합적으로 현존하는 기술을 이용하면 충분히 가능할 것으로 보인다.

나. 국립수산물과학원 L의견

- 4) 시스템에 관해서는 세부적인 내용이 부족하지만 가능한 것으로 보인다.
- 5) 양식장의 스마트코어가 독창적이며 기능 범위가 넓다.
- 6) 스마트코어를 통해 물속에서 사료급이를 하게 되면 골고루 뿌려지기 힘들다.(다만 해수순환이 원활하게 이루어진다면 문제는 없을 것이다)
- 7) 양식장 수조 내부에 사료찌꺼기 등을 청소할 수 있는 요소가 필요하다.
- 8) 스마트코어의 물 온도조절과 해수가열을 할 때 많은 에너지를 소모할 것으로 보인다.

참고문헌

1. 국내단행본

- [1] 2012여수세계박람회조직위원회, 2009. *2012여수세계박람회 종합기본계획*.
- [2] FAO, 2016. *2030 지속가능개발의제 달성을 위한 식량안보와 영양현황 모니터링 -현황점검과 미래 전망*.
- [3] FAO, IFPRI, 세계은행, 2014. *2030 수산양식 전망 보고서*.
- [4] IRS Global, 2016. *IoT기반 스마트농업·스마트팜 국내외 시장전망과 핵심기술 개발동향*.
- [5] 건설교통부, 2008. *건설교통부 고시 제2008-5호 건축물의에너지절약설계기준*.
- [6] 곤도다케오, 1997. *21세기해양개발*. 이중우, 이명권, 신승호, 안희도 역. 기문당.
- [7] 과학기술부, 1996. *부유식 해양구조물에 관한 연구*. 3차년도연구보고서.
- [8] 국립농업과학원, 2011. *친환경농산물 생산을 위한 바닷물의 농업적 활용 매뉴얼*. 농촌진흥청.
- [9] 국토해양부, 2008. *부유식 해상구조물의 구조 및 설비 등에 관한 기준*.
- [10] 국토해양부, 2009. *플로팅건축 설계기술 개발 연구기획*. 한국건설교통기술평가원 기획연구용역 최종보고서.
- [11] 국토해양부, 2010. *제2차 해양수산발전기본계획*.
- [12] 국토해양부, 2011. *국토해양부고시 제2011-6호 부유식 해상구조물의 구조 및 설비 등에 관한 기준*.
- [13] 국토해양부, 2011. *수해양 문화공간을 위한 정주형 플로팅 건축설계 기술개발*. 한국건설교통기술평가원 지역혁신과제 1차년도 중간보고서.
- [14] 국토해양부, 2011. *헬기장시설 설치기준*.
- [15] 국토해양부, 2012. *수해양 문화공간을 위한 정주형 플로팅 건축설계 기술개발*. 한국건설교통기술평가원 지역혁신과제 2차년도 중간보고서.
- [16] 김연중, 2016. *스마트 팜 실태 및 성공요인 분석*. 한국농촌경제연구원.

- [17] 김영훈, 2017. *2016년 북한 농업 동향과 전망*. KDI 북한경제리뷰 제19권.
- [18] 김응서, 2005. *해양개발의 현재와 미래*. 한국해양연구원.
- [19] 김인중, 2012. *수산업 패러다임의 변화와 강원도*. 강원발전연구원.
- [20] 김정호, 2010. *전문가들이 보는 2050 농업·농촌의 미래*. 한국농촌경제연구원.
- [21] 김종인, 2016, *일본 아베 정부의 농정개혁 현황과 시사점*. 한국농촌경제연구원.
- [22] 김태중, 2008. *건축디자인을 위한 건축계획·설계요론*. 구미서관.
- [23] 농림수산물기술기획평가원, 2016. *2016년 농림식품 기술수준평가*.
- [24] 농림수산물기술기획평가원, 2016. *제4차 산업혁명과 농업*.
- [25] 농림수산물기술기획평가원, 2017, *2016년 기술수준평가*.
- [26] 농림축산식품부, 2017. *현장에서 전하는 스마트 팜 선도사례*.
- [27] 농림축산식품부, 2019. *2018년 기준 귀농어·귀촌인통계 결과*.
- [28] 농업생명과학정보원, 2010. *우리나라 양식업의 현황 및 R&D 동향과 전망*. 농림수산물기술기획평가원.
- [29] 농촌진흥청, 2018. *스마트 온실환경관리 가이드라인*.
- [30] 로버츠, 폴, 2008. *식량의 종말*. 민음사.
- [31] 류정곤, 2012. *수산양식산업육성법 제정 및 친환경양식 연구*. 농림수산물부.
- [32] 마창모, 2015. *첨단양식기술의 산업화 연구*. 한국해양수산개발원.
- [33] 마창모, 2017. *수산양식산업 투자유망분야 분석*. 농업정책보험금융원.
- [34] 미에다 히사키, 2012. *바다와 해양건축(21세기에는 어디에서 살 것인가)*. 이명권, 김봉경, 이상준 역. 기문당.
- [35] 민승규, 2017. *빅데이터가 바꾸는 농업의 미래*. 농촌진흥청.
- [36] 박영숙, 제롬 글렌, 2015. *UN 미래보고서 2045*. 교보문고(독자와함께).
- [37] 박한일, 2012. *해양구조물 설계 개론*. 한림원출판사.
- [38] 小林理市, 2000. *알기 쉬운 해양건축물의 설계*. 이한석, 송화철, 박건 역. 도서출판이집.

- [39] 스탠디지, 톰 2009. *식량의 세계사*. 웅진지식하우스.
- [40] 아키오 구로야나기, 1999. *해양성 레크레이션 시설: 계획과 디자인*. 김남형, 이한석 역. 도서출판 과학기술.
- [41] 안영배, 2000. *건축계획론*. 기문당.
- [42] 오유진, 2017. *4차 산업혁명시대의 한국 농업*. 산은조사월보.
- [43] 옥영수, 2005. *일본 어류양식업의 발달과정과 시사점*. 한국해양수산개발원 해양수산 2005년 7호.
- [44] 요시카와 료조, 2016. *제4차 산업혁명*. KMAC.
- [45] 윤도근, 2008. *건축설계 · 계획*. 문운당.
- [46] 이병철, 2016. *농축산 ICT 융복합 지원사업 평가*. 국회예산정책처.
- [47] 이상범, 2011. *바닷물을 이용한 친환경 농산물생산기술개발*. 농촌진흥청.
- [48] 이상범, 2012. *친환경농산물 생산을 위한 바닷물의 농업적 활용 매뉴얼*. 농촌진흥청.
- [49] 이슈퀘스트, 2019. *ICT융합 농수축산 기술개발 동향과 전략*.
- [50] 이용선, 2016. *농업 · 농촌 · 식품산업의 미래 비전과 지역발전 전략*. 한국농촌경제연구원 정책연구보고.
- [51] 이인복, 2012. *물 부족 시대를 대비한 해수의 농업적 활용 관련 연구개발 동향*. 2011년도 농림수산식품 산업 · 기술 및 R&D 동향 조사 · 분석.
- [52] 이재한, 2016. *이래서 스마트 스마트 하는구나!*. 농촌진흥청.
- [53] 이정환, 2010. *해양 · 정책 · 미래*. 블루&노트.
- [54] 이주량, 2017. *4차산업혁명과 미래 농업*. 한국농촌경제연구원.
- [55] 이주량, 2017. *4차산업혁명이 가져올 스마트팜 세상*. 한국농촌경제연구원.
- [56] 이한석, 2014. *해양건축계획*. 문운당.
- [57] 일본지반공학회, 2009. *해양구조물과 기초*. 김남형, 김형수 역. 원기술.
- [58] 임지아, 2016. *농업이 첨단 산업으로 도약하고 있다*. LG경제연구원.
- [59] 정혁, 2015. *농업부문 개발과 구조전환을 통한 한국경제 발전*. KDI 연구보고서 2015.

- [60] 제주수산업연구소, 2016. *방어류 양식 산업화 기술개발*. 국립수산물과학원 사업보고서 2016.
- [61] 지성태, 2016. *FTA 이행에 따른 농산물 수입구조 변화와 정책과제*. 농촌경제연구원.
- [62] 최지연, 2019. *신 해양도시 조성 필요성 연구*. 해양수산개발원.
- [63] 클라우스 슈밥(송경진 옮김), 2016. *클라우스 슈밥의 제4차 산업혁명*. Official Catalogue. Tier & Technik. 2017. Messekatalog.
- [64] 한겨레신문, 2019.08.05., ‘미래&과학’ .
- [65] 한국농촌경제연구원, 2007. *농업부문 비전 2030중장기 지표개발*.
- [66] 한국농촌경제연구원, 2018. *농업전망 2018(I)*.
- [67] 한국농촌경제연구원, 2018. *농업전망 2018(II)*.
- [68] 한국농촌경제연구원, 2019. *농업전망 2019*.
- [69] 한국선급, 2009. *부유식 해상구조물 기준*. 한국선급협회.
- [70] 한국정보화진흥원, 2013. *u-IT 기술을 활용한 작물 컨테이너 구축사업 개요서*.
- [71] 한국해양수산개발원, 2003. *부유구조물을 이용한 미래형 컨테이너터미널 개발방향 연구*.
- [72] 한국해양학회, 2005. *해양과학용어사전*. 아카데미서적.
- [73] 해양수산부, 2000b. *해양개발기본계획*.
- [74] 해양수산부, 2001. *초대형 부유식 해상구조물 기술개발*. 3차년도 최종보고서.
- [75] 해양수산부, 2005. *항만 및 어항 설계기준*.
- [76] 해양수산부, 2013. *제3차 기르는어업 발전 기본계획 수립을 위한 연구용역보고서*. 부경대학교 연구용역 최종보고서.
- [77] 해양수산부, 2015. *우리나라 해외 양식업 진출의 문제점과 선결과제*. 한국해양수산개발원 연구용역 최종보고서.
- [78] 해양수산부, 2019. *2018년도 수산물 유통산업 실태조사*.
- [79] 해양수산부, 2019. *스마트양식장 조성을 통한 양식산업의 혁신성장 기대*.
- [80] 허정연, 2015.6.29, “100년 전통의 ‘빅4’가 세계 시장 80% 장악 사업 확장, M&A로 경쟁력 강화… 아시아 중심으로 신흥 메이저 약진”, 중앙시사매거진.

- [81] 홍사영, 2007. 초대형 부유식 해상구조물 설계 매뉴얼. 해양수산개발원.
- [82] 홍예선, 2019. 국제농업정보. 세계농업 2019.1월호.
- [83] 横内憲久, 2000. 워터프론트계획. 이한석, 도근영 역. 도서출판 이집.

2. 국내논문

- [1] 강영훈, 2010. 거주용 부선(Accommodation Barge) 거주구 공간배치에 관한 연구. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- [2] 강영훈, 2013. 부유식 수상거주구시설 건축계획에 관한 연구. 박사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- [3] 고민철, 송석기, 2012. 플로팅 건축 상부시설의 계획 지침에 관한 연구. 한국항해항만학회지, 36(3), pp.189-196.
- [4] 김진하, 조석규, 홍사영, 김영식, 2005.02. 초대형 부유식 구조물의 돌핀-펜더계류시스템에 관한 실험연구. 대한조선학회 논문집, 42(1), pp43-49.
- [5] 문창호, 2009. 플로팅건축물 설계프로세스에 관한 연구. 대한건축학회논문집, 11(3), pp51~58.
- [6] 문창호, 2014. 플로팅건축에서 지속가능 요소 및 적용 방안에 대한 연구. 대한건축학회 학술지, 16(4), pp79-86.
- [7] 박성신, 2011. 플로팅건축의 유형 및 디자인 특성에 관한 연구. 한국항해항만학회지, 35(5), pp.407-414.
- [8] 박영범, 김영덕, 2002. 수경재배시 해수처리가 토마토 생육,수량 및 품질에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회지, 11(4), pp181-187.
- [9] 송석기, 2011.09. 플로팅 건축 상부시설의 건축계획 측면에서의 고려사항. 대한건축학회 학술저널, 55(9), pp25-28.
- [10] 여동협, 2013. 플로팅건축물 설계프로세스에 관한 연구. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- [11] 이한석, 1998. 디자인특성을 고려한 해양건축개념의 설정에 관한 연구. 한국항해항만학회지, 12(2), pp.363-372.

- [12] 이한석, 강승우, 김성수, 2001. 초대형 부유식 해상구조물의 건축적 실용화를 위한 기초연구. 한국생태환경건축학회 학술발표대회. 한국생태환경건축학회.
- [13] 이한석, 문창호, 강영훈, 2009. 플로팅 건축물의 시장현황과 산업동향. 한국항해항만학회 2009년도 추계학술대회.
- [14] 이한석, 송화철, 2000. 해양건축물의 건설에 따른 법제도의 문제점 및 개선에 관한 연구. 대한건축학회논문집-계획계, 16(6), pp.3-10.
- [15] 이한석, 이명권, 강영훈, 2012a. 플로팅 건축물 관련 국내의 법제도 사례 연구. 한국항해항만학회지, 36(6), pp.449-458.
- [16] 이한석, 조형장, 강영훈, 2012b. 해양레저용 플로팅 건축물 입지선정에 관한 연구. 한국항해항만학회지, 36(1), pp.27-34.
- [17] 조광우, 맹준호, 2007. 우리나라 해수면 상승 대응방향에 관한 소고. 한국해양환경공학회지, 10(4), pp.227-234.

3. 국외문헌

- [1] AKVA GROUP, 2017. *Cage Farming Aquaculture*.
- [2] Alessandro Lovatelli, 2014. *Mariculture for People and Food: Present Status and Future Prospects*. 8th World Ocean Forum 2014.
- [3] APEIS and RIPSO, 2004. *Floating Agriculture in the flood-prone or submerged areas in Bangladesh (Southern regions of Bangladesh)*. Bangladesh: APEIS and RIPSO.
- [4] Barry A. Costa-Pierce, 2003. *The 'Blue Revolution' - Aquaculture Must Go Green 2003*. *World Aquaculture*.
- [5] Conway, Gordon, 1998. *The Doubly Green Revolution: Food for All in the Twenty-first Century*.
- [6] DeltaSync, 2013. *Seasteading Implementation Plan-Final Concept Report*.
- [7] Deputy Minister, Dilek Ayhan, 2015. *Creating a dynamic blue economy. The potential for aquaculture and fisheries*. Norwegian Ministry of Trade Industry and Fisheries.
- [8] FAO, 2017. *Water Scarcity - One of the Greatest Challenges of Our Time*.

- [9] Floating Home Association Pacific Canada. *HITCHHIKER'S GUIDE TO THE FLOAT HOME STANDARDS*, 4. Site Development Standards.
- [10] Francesco Cardia, Alessandro Lovatelli, 2015. *Aquaculture operations in floating HDPE cages*. FAO FISHERIES AND AQUACULTURE TECHNICAL PAPER 593.
- [11] Haq, A.H.M.R., Ghosal, T.K. and Ghosh, P., 2004. *Cultivating wetlands in Bangladesh*. India: LEISA.
- [12] Haq, A.H.M.R., Ghosh, P. and Islam, M.A., 2005. *Wise use of wetland for sustainable livelihood through participatory approach: A case study of adapting to climate change*. Bhubaneswar: Asian Wetland Symposium.
- [13] İbrahim DİLER, Halit BAYRAK, Muhammet Hayati KAYHAN, 2017. *Recent Innovative and Technological Developments in Aquaculture*. 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017.
- [14] Irfanullah et al., 2007. *Floating Gardening in Bangladesh: A means to rebuild lives after devastating flood*. Indian journal of traditional knowledge • January 2011.
- [15] Islam, T. and Atkins, P., 2007. *Indigenous Floating Cultivation: A Sustainable Agricultural Practice in the Wetlands of Bangladesh*. Development in Practice, 4(1), 130-136. (LEISA, 2009).
- [16] Jason Danaher, 2015. *AQUAPONICS An Integrated Fish and Plant Production System*.
- [17] Jentsje W. van der Meer, Cor-Jan M. Stam, 1992. *Wave Runup on Smooth and Rock Slopes of Coastal Structures*.
- [18] Jeong-Gon Ryu, 2015. *Retrospective & Prospective of Korea Fisheries Policy*. 9th World Ocean Forum 2015.
- [19] Kaori Kaneko, 2017. *Tech-savvy farmers a new hope for Japan's Shrinking Agriculture Sector*. Reuters.
- [20] Kevin Fitzsimmons, 2008. *Merging the best of the Green and Blue Revolutions : Integrating aquaculture with agriculture*. 2008 WORLD OCEAN FORUM BUSAN.
- [21] Kheir Al-Kodmany, 2018. *The Vertical Farm: A Review of Developments and*

Implications for the Vertical City. MDPI.

- [22] Linham & Nicholls, 2010. *Technologies for Climate Change Adaptation - Coastal Erosion and Flooding.*
- [23] Linham, M. and Nicholls, R.J., 2010. *Technologies for Climate Change Adaptation: Coastal erosion and flooding.* TNA Guidebook Series. UNEP/GEF.
- [24] Maarten Koekoek, 2010. *Connecting Modular Floating Structures.* Gemeente Rotterdam.
- [25] Maclachlan, Patricia L. and Kay Shimizu, 2016. *Reforming Japan's Greying Agricultural Sector.* East Asia Forum.
- [26] Masanori Shuku, Shin Horiba, Shunji Inoue, Eiichi Kobayashi, Seiichi Simamune, 2001. *Overview of Mega-Float and Its Utilization.* Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Technical Review Vol.38 No.2 p39~46.
- [27] National Aquaculture Association, 2016. *Aquaculture Webinar Series 2016.05.*
- [28] Odd M. Faltinsen, Yugao Shen, 2017. *Wave and Current Effects on Floating Fish Farms.* Journal of Marine Science and Application.
- [29] Onada Olawale Ahmed, Ogunola Oluniyi Solomon, 2016. *Climate Smart Aquaculture: A Sustainable Approach to Increasing Fish Production in the Face of Climate Change.* Nigeria International Journal of Aquaculture and Fishery Sciences.
- [30] Ratheesh Kumar R., Sandeep K.P., Manju Lekshmi N., Sreekanth G. B., 2013. *Organic aqua-farming: a gateway to sustainable aquaculture.* Aquainternational, August, 2013, pp 25-28.
- [31] Saha, S.K., 2010. *Soilless Cultivation for Landless People: An Alternative Livelihood Practice through Indigenous Hydroponic Agriculture in Flood-prone Bangladesh.* Beppu: Ritsumeikan Asia Pacific University.
- [32] Searchinger, Tim, Craig Hanson, Janet Ranganathan, Brian Lipinski, Richard Waite, Robert Winterbottom, Ayesha Dinshaw and Ralph Heimlich, 2013. *Creating a Sustainable Food Future: Interim Findings.* World Resources Institute.

- [33] Shahryar Habibi, 2015. *Floating Building Opportunities for Future Sustainable Development and Energy Efficiency Gains*. Architectural Engineering Technology.
- [34] Shailesh Kumar Singh, 2016. *Floating Farm - Innovative Approach For Agricultural Sustainability*. An interactive talk at GeoAgri(GeoSmart India-2016).
- [35] UN Population Division, 2015. *World Population Prospects, the 2015 Revision*.
- [36] Van Huylenbroeck, Guido, Valerie Vandermeulen, Evy Mettepenningen, and Ann Verspecht, 2007. *Multifunctionality of Agriculture: A Review of Definitions, Evidence and Instruments*. Living Reviews in Landscape Research.
- [37] Western Canada Hydraulic Laboratories Ltd. 1982.11. *Development of a Manual for the Design of Floating Breakwaters*. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1629.
- [38] Wolfert, Sjaak, Lan Ge, Cor Verdouw, and Marc-Jeroen Bogaardt, 2016. *Big Data in Smart Farming - A Review*. Agricultural Systems Volume 153, May 2017.
- [39] Woo-Jai Lee, 2016. *Time for changes in Aquaculture business in Korea: How to Keep it sustainable?*. 10th World Ocean Forum 2016.

4. 웹사이트

- [1] 4차 산업혁명 전문 미디어 《www.4irnews.net/》
- [2] AKVA 《<https://www.akvagroup.com/home>》
- [3] ClimateTechWiki 《www.climatechwiki.org/content/floating-agricultural-systems》
- [4] Fondation Jacques Rougerie 《www.jacquesrougeriedatabase.com》
- [5] Green and Vibrant 《www.greenandvibrant.com/aquaponic-gardening》
- [6] Hauge Aqua AS 《www.haugeaqua.com/》
- [7] Hortiplan 《www.hortiplan.com》
- [8] Practical ACTION 《practicalaction.org/》
- [9] Sahara Forest Project.com 《www.saharaforestproject.com》

- [10] SALMAR 《<https://www.salmar.no/en/>》
- [11] Seawater Greenhouse 《seawatergreenhouse.com/》
- [12] SJ Surbana Jurong 《surbanajurong.com》
- [13] Smart Floating Farms 《smartfloatingfarms.com》
- [14] STUDIOMOBILE 《www.studiomobile.org/Seawater-Vertical-Farm》
- [15] THE NEW ECONOMY 《www.theneweconomy.com》
- [16] 국립수산물품질관리원 《www.nifs.go.kr/page?id=culture_fish》
- [17] 국립해양조사원 해양공간정보 베이스맵 《www.khoa.go.kr/oceanmap/main.do》
- [18] 네이버 지식백과 《<https://terms.naver.com/>》
- [19] 농업회사법인 주식회사 농산 《<http://www.paprika.kr>》
- [20] 농촌진흥청 《www.rda.go.kr》
- [21] 미쓰이물산 홈페이지 《www.mitsui.com》
- [22] 바다타임닷컴 《www.badatime.com》
- [23] 스마트팜 코리아 《<https://www.smartfarmkorea.net/>》
- [24] 실시간 세계통계 《www.worldometers.info/》
- [25] 위키디피아 《ko.wikipedia.org/wiki/》
- [26] 조선뉴스, “[Tech & BIZ] 수중 드론은 찢어진 그물 찾아내고, 먹이공급장치는 사료의 양 자동 조절” 《biz.chosun.com/site/data/html_dir/2019/07/04/2019070400366.html》
- [27] 통계청 《www.kostat.go.kr/》
- [28] 한경닷컴 사전 《www.dic.hankyung.com/apps/economy.view?seq=8777》
- [29] 한국건축신문 “도시바, ‘도시바 클린 룸 팜 요코스카’에서 채소생산 시작” 《<http://www.architecturenews.kr/12290>》
- [30] 해양수산부 《www.mof.go.kr/index.do》

[부 록-1]

용어정리

- 4차 산업혁명 (The Fourth Industrial Revolution, 第4次産業革命)
: 인공 지능, 사물 인터넷, 빅데이터, 모바일 등 첨단 정보통신기술이 경제·사회 전반에 융합되어 혁신적인 변화가 나타나는 차세대 산업혁명.
- 결로현상 (dew condensation, 結露現象)
: 수분을 포함한 대기의 온도가 이슬점 이하로 떨어져 대기가 함유하고 있던 수분이 물체 표면에서 물방울로 맺히는 현상.
- 경작지 (land of cultivation, 耕作地)
: 작물을 재배하는 농경지.
- 계류장치(mooring device, 繫留裝置)
: 접안시설에 선박을 매달기 위하여 설치한 계선주, 계선환 등의 장치
- 고령화 (aging, 高齡化)
: 고령화란 고령자의 수가 증가하여 전체 인구에서 차지하는 고령자 비율이 높아지는 것을 말한다. 고령화의 동향은 일반적으로 고령화율로 나타낸다. 고령화율이란 65세 이상의 고령자 인구(노령인구)가 총인구에서 차지하는 비율로 나타내는 것이 일반적이다.
- 기수역 (brackish water zone, 汽水域)
: 해양과 육지의 경계 지역의 해안 호소(湖沼)나 하구(河口) 등지에서 해수(짠물)와 담수(민물)가 혼합되어 형성되는 영역.
- 녹색혁명 (green revolution, 綠色革命)
: 개발도상국의 식량생산력의 급속한 증대 또는 이를 위한 농업상의 여러 개혁을 일컫는 말.
- 농업용수 (agricultural water, 農業用水)
: 농작물 생육의 안전을 기하고 농업경영의 합리화를 위하여 농경지에 체계적으로 공급하는 물을 말한다. 이것을 위해서는 토양 · 식물 · 물의 3자간의 유기적 관계에 입각하여 수량(水量) · 수원(水源) · 도수(導水) · 배수(排水) 등의 방법을 계획

하여 그 경제효과가 용수생산 시설의 공사비를 충당할 수 있게 해야 한다. 수원으로
는 하천 · 저수지 · 지하수 등 3 가지로 나눈다.

- 다점계류 (Multi point mooring system)

: 다점계류방식은 해양구조물을 여러 개의 해저 등에 고정된 계류라인으로 묶어서
고정하는 방식으로 일점계류방식에 비하여 위치를 유지하는 데 유리하다.

- 담수 (freshwater, 淡水)

: 염수에 대응하여 염분의 함유량이 적은 보통의 육수(陸水)이다. 약간의 염분이 있
어서 순수한 물과는 다르다.

- 동요 (oscillation, 動搖)

: 외력 등으로 인해 선체에 작용하는 힘의 균형이 깨어져 선체가 움직이기 시작하면,
선체에는 원래의 위치로 되돌아가려는 복원력이 작용하는데 이 과정을 동요라 하
며, ①횡동요(rolling) : x축에 대한 회전운동, ②종동요(pitching) : y축에 대한 회전
운동, ③선수동요(yawing) : z축에 대한 회전운동, ④상하동요(heaving) : z축 방향의
상하운동, ⑤좌우동요(swaying) : y축 방향의 좌우운동, ⑥전후운동(surging) : x축
방향의 전후운동 으로 구분되며 이들 동요는 단독으로 발생하는 경우는 거의 드물
며, 한 가지 동요가 발생하면 다른 동요를 유발함. 이런 동요의 3가지 회전운동과
3가지 직선운동을 6자유도 운동이라고도 함

- 로컬푸드운동 (local food movement)

: 반경 50킬로 이내에서 생산된 믿을 수 있는 친환경농산물을 해당 지역에서 소비하
는 것을 말한다. 미국이나 영국, 캐나다, 이탈리아, 일본 등의 나라에서는 수십 년
전부터 활발하게 전개되고 있다. 이탈리아의 슬로 푸드(Slow Food), 네덜란드의 그
린 케어팜(Green Care Farm), 미국의 “100마일 다이어트 운동“, 일본의 지산지소
운동이 그 예이다. 지역경제 활성화와 장거리이동이 필요치 않아 이산화탄소 발생
량이 적다는 점도 장점으로 꼽을 수 있다.

- 모종

: 옮기어 심기 위하여 가꾼 씨앗의 싹. 묘, 모.

- 몬순(monsoon)

: 일반적으로 여름과 겨울에 풍향이 거의 정반대가 되는 바람이 광범위한 지역에 걸
쳐 불 때 이것을 몬순이라고 한다. 계절풍이라고도 한다. 몬순의 정의는 여러 상황
에 따라 다를 수가 있으며 어원적(語源的)으로는 아라비아어인 ‘mausim(계절의 의

미)’에서 비롯되었는데, 아라비아 해에서 약 6개월을 교대로 부는 남서풍과 북동풍을 가리키며, 일찍부터 아라비아 항해자들에게 알려져 이용되었다.

- 미기후 (微氣候)
 - : 인간 생활과 관계가 깊은 지상 1.5m의 높이에서 관측되는 것을 보통 기후라고 할 때, 대지(大地)와 직접 접한 대기층의 기후를 미기후라고 한다. 이 기후는 지표의 상태, 토질, 토양의 함수율 등에 큰 영향을 주기 때문에 특히 농작물의 생장과 밀접한 관계가 있다.
- 바이오플락 (Biofloc)
 - : 물고기가 배출하는 배설물을 미생물이 섭취하도록 하고, 이 미생물이 성장하면 다시 물고기가 섭취하게 해 사료의 양을 줄이는 양식 기술.
- 복원팔
 - : 배의 중력과 부력의 작용선 사이의 거리. 정복원성(靜復元性)을 규정하는 복원력의 크기를 결정하는 데 작용한다. 복원력은 배수량과 이 거리를 곱한 것과 같다.
- 복합환경제어시스템
 - : 온실 내외의 기후 및 미기상 환경의 상호 관련성을 컴퓨터가 인지, 계산하여 작물의 최적 생육환경이 조성될 수 있도록 제어 장치(작동기)를 복합적으로 제어하는 것을 말한다. 예를 들어 강풍이 불고 있다면 비록 하우스 온도가 적정온도 이상의 고온일지라도 환기창을 열지 않고 적절한 냉방제어 장치를 가동시켜 작물이 강풍으로 부터 피해를 입지 않도록 보호할 수 있어야 한다.
- 부하밀도 (load density, 負荷密度)
 - : 원동기에서 나오는 에너지를 소비하는 것. 또는 이때 소비되는 에너지의 밀도.
- 빅데이터 (big data)
 - : 디지털 환경에서 생성되는 데이터로 그 규모가 방대하고, 생성 주기도 짧고, 형태도 수치 데이터뿐 아니라 문자와 영상 데이터를 포함하는 대규모 데이터를 말한다. 빅데이터 환경은 과거에 비해 데이터의 양이 폭증했다는 점과 함께 데이터의 종류도 다양해져 사람들의 행동은 물론 위치정보와 SNS를 통해 생각과 의견까지 분석하고 예측할 수 있다.
- 사물인터넷(IoT, Internet of Things)
 - : 인터넷에 연결된 기기가 사람의 개입없이 각 사물에 센서가 부착되어 있어서 실시간으로 서로 정보를 주고받아 처리하는 시스템.

- 수경액 (nutrient solution, 水耕液)
: 식물을 재배하기 위해 각종 영양분을 녹여 만든 수용액.
- 수경재배 (hydroponics, 水耕栽培)
: 흙을 사용하지 않고 물과 수용성 영양분으로 만든 배양액 속에서 식물을 키우는 방법을 일컫는 말로, 물재배 또는 물가꾸기라고 한다.
- 수심 (depth of water, 水深)
: 수면에서 바닥까지 바닥에 연직 방향으로 측정한 물의 깊이. 기본수준면 아래 물의 깊이는 (-)수심으로, 기본수준면 위의 물의 깊이는 (+)수심으로 표기.
- 스마트그리드 (smart grid)
: 기존 전력망에 정보 기술을 접목한 지능형 전력망. 전력 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환하여 에너지 효율을 최적화하는 차세대 전력망.
- 시설원예 (施設園藝)
: 유리온실이나 비닐하우스를 이용하여 채소·꽃·과수 등을 재배하는 원예.
- 아쿠아포닉스 (aquaponics)
: 물고기 양식(Aquaculture)과 수경재배(Hydroponics)의 합성어로 물고기와 작물을 함께 길러 수확하는 방식. 즉, 물고기를 키우면서 발생하는 유기물을 이용해 식물을 수경 재배하는 순환형 시스템.
- 양식 (aquaculture, 養殖)
: 식용이나 기타 목적에 이용하기 위하여 종묘를 만들거나 기르는 수산업.
- 연안 (coast, 沿岸)
: 육지와 바다를 연결하고 있는 곳을 말한다. 바다와 육지의 경계부를 일반적으로 해안이라고 부르지만, '연안'이라는 용어는 이 경계에서 발생하는 여러 작용들에 의해 영향을 받는 넓은 지역을 일컫는다.
- 염분농도 (salt concentration, 鹽分)
: 바닷물 1kg에 함유되어 있는 염류의 양을 g으로 나타낸 것. 단위는 천분율인 %(퍼밀)을 사용한다. 해수의 염분은 증발과 강수와의 차에 대체로 비례한다. 세계 바다의 평균염분 농도는 35%이고, 지중해 · 홍해 · 페르시아만은 38~41%, 사해는 200%이다.
- 염화토양 (鹽化土壤)
: 물에 녹을 수 있는 염류 성분을 많이 지니고 있는 흙.

- 우량품종 (superior race, 優良品種)
: 재배적 특성이 우수한 품종. 유전 변이 중에서 우량한 개체를 선발하여 신품종으로 육성된 것,
- 우수 (rain water, 雨水)
: 빗물을 뜻함,
- 인공지능(AI(artificial intelligence), 人工知能)
: 인간의 학습능력과 추론능력, 지각능력, 자연언어의 이해능력 등을 컴퓨터 프로그램으로 실현한 기술.
- 인구증가 (population increase, 人口增加)
: 어떤 일정지역내의 인구가 증가하는 것.
- 인장강도 (tensile strength, 引張強度)
: 재료의 인장 시험에 있어서 시험편이 파단할 때까지의 최대 인장 하중(W_{max})을, 시험 전 시험편의 단면적(A_0)으로 나눈 값(σ_t). 극한 강도라고도 불리고 재료의 강도 기준의 하나.
- 자연재해 (natural disaster, 自然災害)
: 태풍·홍수·호우·폭풍·해일·폭설·가뭄·지진 등의 피할 수 없는 자연현상으로 인하여 발생하는 피해.
- 정보통신기술(ICT, Information & Communication Technology)
: 정보 기술(Information Technology)과 통신 기술(Communication Technology)의 합성어로 컴퓨터, 미디어, 영상 기기 등과 같은 정보 기기를 운영·관리하는데 필요한 소프트웨어 기술과, 이들 기술을 이용하여 정보를 수집·생산·가공·보존·전달·활용하는 모든 방법을 말함.
- 정온수역 (calm water, 定溫水域)
: 파도가 거의 없는 잔잔한 수역.
- 정화조 (septic tank)
: 하수를 처리하고 분산하는 지하 장치.
- 조류 (潮流)
: 조석 현상에 의해서 일어나는 바닷물의 이동을 조류라고 한다. 조류의 흐름은 바닷가의 폭이 좁을수록 빠르고 강해진다.

- 조수간만 (low tide and high tide, 潮水干滿)
 - : 간조와 만조를 일컫는 말이다. 간조와 만조는 달의 인력이 지구에 미쳐 바닷물을 세계 끌어당겨서 일어나는 현상이다. 즉 바닷가에서 바라보면 시간의 경과에 따라 해면 높이가 높아지기도 하고 낮아지기도 한다. 바닷물의 간만은 1일 2회 되풀이되는데, 만조와 간조의 높이차를 간만의 차 또는 조차라고 한다. 한국 서해안의 간만의 차는 인천만의 9m를 최고로, 거의 5m 이상이어서 세계적으로도 큰 편이다. 또 남해안은 2m 내외, 동해안은 0.3m 내외이다.
- 조위 (tide level, 潮位)
 - : 일정한 기준면으로부터 조석에 의한 해면의 높이로 보통 해면에는 풍파나 파랑 혹은 부진동에 의한 해면변동이 있지만 이들을 제외한 것을 말함
- 컨베이어시스템 (conveyer system)
 - : 재료나 반제품의 운반에 컨베이어 장치를 사용하는 합리적인 반송체계(搬送體系).
- 케이슨 구조 (caisson structure)
 - : 상자 형태로 제작된 콘크리트 구조물로서 교량의 기초, 방파제, 안벽 등의 본체용 구조물로 사용되며 토사나 사석으로 내부를 채움.
- 케이지 (cage)
 - : 해수면양식에서 양식장 가두리를 통틀어 케이지라고 함.
- 파랑 (wave, 波浪)
 - : 심해파에 대해 표면파로 구분되는 것으로, 바람에 의해 생긴 수면상의 풍랑(風浪)과 풍랑이 다른 해역까지 진행하면서 감쇠하여 생긴 너울을 말한다.
- 파랑하중 (wave load, 波浪荷重)
 - : 구조물이 파도에 의해 받는 힘을 하중효과로서 나타낸 것.
- 파종 (seeding, 播種)
 - : 작물의 번식에 쓰이는 씨앗을 뿌려 심는 농사일.
- 푸른혁명 (blue revolution)
 - : 녹색혁명을 뒤따라 1960년대 중반부터 현재까지 전 세계 수산업에서 급성장한 시기
- 플로팅 구조물 (floating structure)
 - : 수면에 떠 있는 형식의 해양 구조물로서 정착식, 계류식, 자항식, 예항식 등의 종류가 있음.

- 한계파고 (limiting wave height, 限界波高)
 - : 어떤 수심과 주기에 대하여 쇄파하지 않고 존재할 수 있는 최대의 파고.
- 해수 (sea water, 海水)
 - : 해수의 형성은 바닷속 화석과 퇴적암의 연령 등의 증거에 의하여 추정해 보면 대략 40억 년 전으로 짐작된다. 또한 전 세계에 분포하는 해수의 양은 약 10억 km³이며 그 중에서 약 3.5%가 해수에 녹아 있는 염분이다.
- 해수면 상승 (sea level rise, 海水面上昇)
 - : ①바람 또는 파랑의 작용에 의해 해안의 수위가 상승하는 현상. ②해수의 증가 또는 지역적인 구조적 움직임에 의하여 해수면이 상대적으로 상승하는 현상.
- 해양공간 (ocean space, 海洋空間)
 - : 교통, 저장, 거주, 생산, 레크리에이션 등의 장소로 이용되는 바다 공간.
- 흘수 (draft, 吃水)
 - : 수중에 떠 있는 물체가 수면에 의해 구분되는 면에서 그 물체의 가장 깊은 점까지의 수심. 흘수선 이하의 물체의 용적에 상당하는 물의 무게가 부력이 되며 부력과 물체의 무게가 같을 때 평형 정지해 있다.