



일본 식물공장의 특징 및 운영 현황 분석

Analysis of characteristics and operation status of Japanese plant factory

김영훈* · 이재혁**

Kim, Young-Hoon* · Lee, Jae-Hyouck**

* Corresponding author, Dept. of Architecture, Daejin Univ. South Korea (kymyh@daejin.ac.kr)

** Dept. of Architecture, Daejin Univ. South Korea (imickey3434@naver.com)

ABSTRACT

Purpose: Plant factories are active in Japan and around the world. The purpose of this study is to analyze the status of the plant in operation in Japan, its operation mode, the project proponent, and cultivated crops. Based on the results of the analysis, we will review the overall contents, characteristics and problems of plant factories. Through the above research, it is possible to provide basic knowledge necessary for the concept and operation of domestic plant factories, and it can be applied to the study of vertical farm through eco-friendly utilization of vacant houses or buildings as part of domestic urban regeneration plans. We expect to be used as basic data. **Method:** First, we analyzed the previous researches on the plant factories which have been carried out to date and examined the overall research trends. Second, the concept and characteristics of the plant were analyzed. Third, based on the analysis of general characteristics of plant factories in Japan, the status of plant factories was analyzed and analyzed by detailed items. **Result:** The results of the analysis of the operation types and characteristics of plant factories are as follows. First, under the support of the national government, the plant is being promoted in parallel with the business improvement of the plant. Second, we are preparing for an aging society, which is a social problem. Third, it expects to be supported by engineers in the industrial and manufacturing fields, including improvements in top management of production and management, including work management and labor management.

KEYWORD

식물 공장
운영 현황
변화 양상

Plant factory
Operation status
Change aspect

ACCEPTANCE INFO

Received Sep 29, 2017

Final revision received Nov 8, 2017

Accepted Nov 13, 2017

© 2017 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 도시 역시 시가지의 노후화로 인해 구 도심이 쇠퇴하고 있으며 이에 따른 대책으로 도시재생방안에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 이와 더불어 세계적으로 자연재해 같은 이상기후로 인해 안정적인 식량 확보에 문제가 생기면서 도시재생방안을 비롯한 인간생존 수단으로써 식물공장의 중요성이 대두되고 있다.

식물공장(Plant Factory)은 통제된 시설 내에서 빛, 온도, 습도, 이산화탄소 농도와 같은 환경조건을 인위적인 방법으로 제어하여 생산하는 시스템이다. 식물공장은 덴마크가 1957년부터 도입하면서 처음 시작되었으며, 1970년대부터 일본과 미국을 중심으로 인공광에 의한 식물공장연구가 진행되었다. 미국에서는 이러한 식물공장을 고층건물에 텃밭을 수직적으로 배치하는 수직농장(Vegetal Farm)¹⁾으로 지칭하기도 한다. 일본에서는 일찍이 식물공장에 대한 상용화를 시작하고 중국, 싱가포르, 대만 등에서도 식물공장이 건설되고 있는 추세이다.

식물공장은 농업과 IT기술이 융합된 신산업으로 특히 일본에서는 후지쓰, 파나소닉 등 일본 IT대기업이 참여하면서 새로운 성장동력으로써 가능성을 검증하고 있으며 동시에 고령화 사회에 대응하는 방법으로 일손이 부족한 문제를 시스템적으로 해결하고 대량생산을 통한 식량안보에 기여하고 있다. 또한 기존의 폐건물이나 잉여 건물을 활용하는 방안과 탄소배출 제어와 같은 토지이용 효율, 녹색환경, 에너지절감 기술이 개발되면서 도시재생적인 측면뿐만 아니라 환경개선 및 친환경적 개발 방안으로 활용되고 있다.

위와 같이 식물공장은 일본을 중심으로 전 세계에서 활발하게 진행되고 있다. 본 연구는 일본에서 운영하고 있는 식물공장을 중심으로 그것의 운영현황이나 운영형태, 사업 추진주체, 재배작물 등 주요 항목별 분석을 하고자 한다. 이후 분석된 결과를 토대로 식물공장의 전반적인 내용과 특징 및 문제점에 대한 고찰을 진행하고자 한다.

위와 같은 연구를 통해 향후 국내의 식물공장 개념 및 운영 등에 필요한 기초지식을 제공하고 국내의 도시재생방안의 일환으로 빈 집이나 건물의 친환경적 활용을 통한 수직농장 연구에 접목이 가능하며 도시농업의 활성화와 쇠퇴 및 신도시의 친환경적 개발방안으로서 향후 연구에 기초적인 자료로 활용될 것 기대한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 현재 일본에서 가장 활발하게 운영되고 있는 도시농업의 일환으로 활용되고 있는 식물공장에 대한 전반적인 특징과

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2017.17.6.125

1) 1999년 미국 콜롬비아대학교의 딕슨 데포미어 박사(Dr. Dickson Despommier)에 의해 제시된 개념으로, 도심에 수십 층의 고층 건물을 지은 뒤 각 층에 수경재배가 가능한 논밭으로 활용하는 건축적 농사방식을 의미함

운영현황을 중심으로 연구를 진행하였다.

연구의 방법과 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 현재까지 진행된 식물공장에 대한 선행연구 분석을 진행하여 전반적인 연구 동향을 살펴보았다.

둘째, 식물공장에 대한 개념과 특징을 분석하였다. 일반적인 식물공장에 대한 개념과 이에 따른 장·단점을 비롯한 전반적 특징을 분석하고, 특히 식물공장을 지속적으로 발전시켜 온 일본의 사례를 중심으로 발전 과정과 이에 따른 정부의 관련 지원 체계 및 정책 등을 분석하였다.

셋째, 일본의 식물공장의 일반적 특징분석을 토대로 식물공장의 현황을 분석하고 그것을 세부 항목별로 분석하였다. 세부항목은 일본 식물공장에 대해 입지조건, 운영조직 형태, 식물공장 시행 시기, 설비현황, 시설규모, 인력현황, 재배품목 등 7가지 방안으로 분석을 진행하였다.

마지막으로 분석된 결과를 토대로 일본 식물공장의 전반적 특징과 운영형태에 대한 특징을 종합하였다.

1.3. 선행연구 검토2)

국내에서는 2000년대 이후 도시농업에 대한 기초적 연구를 시작으로 농업 정책 분석과 활성화에 초점이 맞춰진 연구가 진행되었으며 저탄소 녹색 성장 정책과 더불어 유휴시간의 증가, 환경·식품의 안전성에 대한 관심, 고령화 사회 진입에 대비한 연구가 주를 이룬다. 국내 식물공장에 대한 연구는 국가기관의 연구가 주를 이루며 이에 대한 내용은 일본의 식물공장의 사례 분석을 비롯해 운영형태와 특징 분석에 기반한 기초적 수준에 머물러 있음을 알 수 있다.

국내 식물공장에 대한 연구는 다음과 같다.

식물공장에 대한 연구는 LED를 활용한 식물공장의 현황 및 전망을 분석한 이홍원(2011)의 연구와 고기능·고부가가치형 산업으로써 식물공장을 분석한 손종구(2013)와 식물공장의 현황과 발전 전망에 대한 연구를 한 한덕래(2010)의 연구가 있다.

반면 국외의 식물공장에 대한 연구는 다양한 방식으로 진행되고 있다. 일본은 고도화 기술에 근거해 식물을 대량 생산하며 산업화 기

술과 작물의 기능성 증대 및 식의약품 원료 생산 등 기술을 연구하며 나아가 실용화 식물공장의 표준화를 연구를 진행하고 있다. 미국은 시설원예 에너지 절감, 수직농장 개념 정립, 옥상온실(도시농업), 식물공장 기술의 우주농업 적용 기술 등을 개발하고 있으며 기본적인 인공광 식물공장 기술, 식의약품 원료 생산 기술을 연구하고 있다. 유럽은 자연광 식물공장의 고수량/고품질, 광원/조명, 작물 광환경, 순환식 수경재배 기술 등을 개발하며 이후 자연광 식물공장 기술, 인공광 식물공장 고효율 광원 및 조명 기술의 고도화를 추진한다. [표 1] 참고

2. 이론적 고찰

2.1. 식물공장의 개념

식물공장은 컴퓨터로 통제된 시설 내에서 생물의 생육환경(빛, 공기, 열, 양분 등)을 인공적으로 제어하여 농작물을 공산품과 같이 계획적인 생산이 가능하도록 시스템화 한 농업형태라고 정의하고 있으며³⁾ 시설농업의 일종으로 온도 및 습도를 효과적으로 제어하고 인공 광원을 통해 농작물을 재배하는 방식으로 볼 수 있다.

날씨나 계절과 같이 예측이 불가능한 외부 환경 및 기후에 상관하지 않고 사시사철 365일 내내 농산물을 안정적으로 생산이 가능하며 화학비료를 비롯한 농약의 사용도 줄일 수 있으며 LED와 같은 인공적 조명을 이용해 생산의 조절이 가능하다. 농업과학기술측면에서 기계, 전자, 전기, 환경, 제어 등의 첨단 기술이 집약된 식물공장은 농업환경이 열악한 중동지역, 극지 등에 수출이 가능하기 때문에 새로운 성장 동력산업으로 각광받고 있다.

식물공장은 또한 기후 변화에 대응한 식량안보 차원에서 개념 정립이 가능하다. 현대에 들어 범지구적으로 이상기후에 직·간접적 영향을 받고 있으며 특히 기온의 변화는 강수량을 비롯해 일조량에 영향을 미치고 있기 때문에 농업의 생산성에 막대한 피해를 주고 있다. 예측이 불가능한 자연 재해(해일, 가뭄, 태풍, 장마 등)에 의한 농산물의 안정적인 확보도 큰 문제가 되고 있다. 이러한 점에서 식물공장

Table 1. Comparative analysis of major technology development trends at domestic and overseas plant factories

	Domestic	Oversea
Present	<ul style="list-style-type: none"> The development of core technology and industrialization technology of plant factories is not systematic and overall is poor. Developed LED brightness / light quality and plant growth and technology for increasing functional materials Technology of increasing light use efficiency of natural light and artificial light plants Production technology of raw materials for natural medicine using plant factory 	<ul style="list-style-type: none"> In Japan, standardization studies of practical plant factories, industrialization technology of plant factories, production of GM crops, technology of production of functional materials and food materials In the United States, basic artificial light plant technology, food production technology, etc. Europe is a natural light plant factory technology, artificial light plant high-efficiency light source and lighting technology, etc. Europe and the USA started the technology development of the artificial light plant recently
Past	<ul style="list-style-type: none"> Development of business model for "profitable, purpose-oriented, future-oriented plant factories" by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Planning and Evaluation Agency (2014) "Roadmap for the development of plant factories" by the Rural Development Administration (2012) Development and commercialization of many plant factories and development of industrial technology (Ministry of Agriculture, Forestry and Livestock Industry, Rural Development Administration, Ministry of Industry and Commerce) 	<ul style="list-style-type: none"> In Japan, based on high technology, plant mass production and industrialization technology, crop function enhancement and food production technology research In the United States, energy conservation in horticulture, establishment of vertical farm concept, rooftop greenhouse (urban agriculture) In Europe, high-quality / high-quality natural light plants, light sources / lighting, crop light environment, circulation hydroponic cultivation technology, etc.

2) 본 내용은 농림축산식품부의 “식물공장 증장기 정책 수립 방안 연구”에서 국내외 R&D기술 동향에 대한 내용을 정리함

3) 삼성경제연구소, 식물공장 참조

은 이상기후의 영향에 크게 구애받지 않아 식량을 안정적으로 확보가 가능하다.

녹색환경 조성차원에서 식물공장의 역할이 대두되고 있다. LED를 활용하여 기존 백열등, 나트륨 램프, 형광등을 활용해 온실 가스 저감기술을 실현시키며 고비용 저효율 에너지 기술에서 탈피한 CO2 절감의 대안으로 활용이 가능하다. 또한 토지효율과 생산성을 높이고 녹색환경 및 에너지 분야의 최첨단 기술을 융합한 수직농경(Vertical Farming)을 활용한 미래지향적 농업을 실현하고 있다.⁴⁾

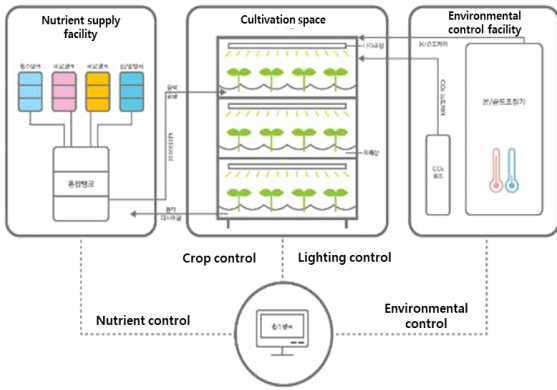


Fig 1. Plant factory concept map
source: <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=qlswhddl&logNo=220944544844>

2.2. 일본 식물공장의 특징⁵⁾

일본의 식물공장은 다음과 같은 특징을 보인다.

첫째, 대상지의 환경이나 조건에 영향을 받지 않고 극한의 환경을 극복할 수 있다. 식물공장은 계절이나 기후에 관계없이 매시간 가동 가능함에 따라 매 순간 농작물의 생산이 가능하고, 계절에 상관없는 노동력의 투입이 이루어지며 근로시간을 안정화가 가능하여 농업소득의 기여에도 큰 역할을 한다. 과학적이고 체계적인 시스템의 통제 아래 생산물들은 생육기간 및 수확기간을 조절하고 토지 생산성을 높일 수 있다. 식물공장은 수경재배를 기반으로 하기 때문에 토지에 대한 피해가 없으며, 극한지역 즉 사막이나 극지방 및 해안, 고산지를 포함한 불모지에도 적용이 가능하다.

안정적인 농작물 생산으로 균일화·규격화된 생산이 가능하며 이를 유통함으로써 농산물 수급에 있어 가격안정화가 가능하다. 친환경적 농업생산 및 해충의 방제, 생육촉진 등 안전한 농작물 생산이 가능하며 LED를 활용한 생산물의 효능의 제어도 가능하다. 최적의 생산 환경을 조성해 공정(파종, 육묘, 재배, 수확, 선별, 포장 등) 조정을 통한 농산물의 품질을 향상시킬 수 있다.

효율적인 생산기술 투입이 가능하며, 소비자에게 근접한 시장을

형성할 수 있다. 주요소비시장과 인접한 위치에 형성하여 수송거리 단축 등 수송비용 절감과 신선도 유지가 가능하다. 또한 쾌적한 작업 환경 조성이 가능하기 때문에 재래식 농사를 기피하는 현상을 방지할 수 있으며, 정밀농업을 통해 토지를 효율적으로 활용하며 효과적인 노동력 및 노동시간의 관리도 용이하다.

주요 소비자 및 소비지역의 농산물 소비현황 및 실시간 변화에 대응이 가능하다. 고품질·안전 농산물의 수요와 개인의 특성에 부합하는 맞춤형 농산물의 생산이 가능하도록 소비시장의 변화에 민첩하게 대응이 가능하며, 시장 상황에 따른 생산품목 변경이나 시설의 변경이 용이하다.

식물공장은 장비 시설 외에도 첨단 산업기술의 적용하기 때문에 농업과 기타 관련 산업의 활성화에 기여할 수 있다. 농산물의 안정적 생산이 가능케 되면 관련된 서비스, 자재, 가공업 및 제조업, 외식업 등 각종 산업의 동시 성장이 가능하게 된다.

Table 2. Characterization of plant factories

Characteristic	Contents
Planned production, anniversary production	It does not depend on planning, timing or location of production
Optimal control of cultivation environment	Control of growth, short-term mass production, uniformity and reproducibility of crops, improvement of yield and quality
Automation of tasks, empowerment	Automation of environmental management Automation and cultivation of cultivation management process (seeding, transplanting, harvesting, packaging)
Increase value of crops	Production and supply of non-cultivable crops, improvement of nutritional value of pesticides and clean cultivation, improvement of functionality, high-functional biomass

3. 일본 식물공장의 발전 과정 및 관련 법체제

3.1. 일본 식물공장의 발전 과정

일본에서의 식물공장 연구개발은 1974년 히타치 제작소(日立製作所) 중앙연구소에서 시작되었다. 히타치 중앙연구소는 양상추의 일종인 샐러드 야채를 실험 자료로 선정하여 공장생산에 필요한 환경조건과 성장과의 관계에 대하여 정량적이고 정밀한 실험 데이터를 축적하였다. 이로 인해 식물의 공장생산의 원리인 대량생산과 규격화가 실증되었다.⁶⁾

일본의 경우, 농지법(農地法)의 영향에 의해, 기업에 의한 농지의 취득이 어려워졌기 때문에, 통상의 토지에 식물공장을 건설하여 농작물을 재배하는 경향이 있었다. 2009년에 시작된 식물공장의 제3차 붐의 계기를 만든 것은 2008년에 농수산성과 경제성이 공동으로 설립한 「농상공연계식물공장 워킹그룹(農商工連携植物工場ワーキンググループ)」의 발족이었다. 2009년 4월에 보고서가 제출되었으며 약 100억엔 이상의 보조예산이 마련되었다. 그 이후 많은 기업이 식물공장에 관심을 지니고 개발에 나서기 시작했다.⁷⁾

일본의 식물공장 수는 2011년 64개에서 2015년 184개로 증가하

4) 또한 국내에서는 2009년부터 시행된 저탄소 녹색성장을 위한 녹색기술 종합대책과 개발전략발표에서 친환경 식물성장 촉진기술, 생태공간 조성, 도시재생 기술, 친환경 저에너지 건축기술, 조명용 LED 그린 IT기술이 중심이 되어 식물공장 사업이 진행되고 있다. 친환경적 도시개발 방안으로 인간과 자연이 공생하는 새로운 개념의 그린시티 조성을 위한 복합기술, 이산화탄소 배출을 최소화하는 그린빌딩, 그린홈 구축기술 등이 개발되고 있다.

5) 출처 : 한국농촌경제연구원(2009), KREI 농정연구소-식물공장의 동향과 전망 내용 재구성

6) <https://ja.wikipedia.org>의 식물공장 항목 참조

7) <https://ja.wikipedia.org>의 식물공장 항목 참조.

였으며 시장규모는 2015년 기준 80억엔(약 807억원)에서 2020년 170억엔(약 1716억원)으로 향후 5배 정도 시장규모가 커질 전망이다.⁸⁾

2007년 일본 농림수산성의 자료⁹⁾에 따르면, 일본의 식물공장은 시설 내에서 식물의 생육환경(빛, 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 양분, 수분 등)을 제어하여 식물을 재배하는 시설 원예 가운데 환경 및 생육에 대한 모니터링을 기초로 하여, 고도의 환경제어와 생육 예측을 행함으로써 야채 등 식물의 주년(周年) 및 계획생산이 가능한 재배시설로 정의한다. 이 같은 식물공장은 폐쇄 환경에서 태양광을 사용하지 않고 환경을 제어하여 주년(周年) 및 계획생산을 행하는 <완전 인공광형>과 온실 등의 반 폐쇄 환경에서 태양광을 기본으로 하여, 우천, 담천 등 보조광원이나 하기(夏期)의 고온억제기술 등에 의해 주년(周年) 및 계획생산을 행하는 <태양광 이용형> 등 두 가지 구분된다.¹⁰⁾

‘완전 인공광형’은 기상변동(냉해, 태풍 등)의 영향을 받지 않으며 병원균이나 해충의 피해도 없기 때문에 흉작이 없고 일정한 양, 형태나 맛, 영양소 등의 품질, 그리고 안정된 가격으로의 공급이 가능하다. 또한 병원균이나 해충의 피해가 없기 때문에 농약의 사용이 불필요하며 무농약에 의한 안전한 생산이 가능하다. 재배기술을 표준화하여 토지 이용효율을 극대화할 수 있다. 농업에 대한 지식이 부족한 아르바이트 등도 작업이 가능하며, 노동환경 자체가 열악하지 않기 때문에 고령자나 노인들도 작업할 수 있다.

반면, 식물공장을 설립하기 위해서는 각종 설비를 구비해야하며 고액의 초기투자가 필요하다. 또한 생산에 필요한 광열비 등의 비용 지출이 상당하며 식물을 육성하기 위한 광원(고압 나트륨 램프, 형광등, 발광 다이오드 등)의 전기료, 광원으로부터 발생하는 열의 냉각 비용, 기타 온도 유지를 위한 공조비 등의 비용이 발생한다. 최근에는 식물 육성에 특화된 LED가 도입되어 열과 광열비의 문제는 대폭 개선되고 있다. 이 같은 고가 생산비용에 의해 채산성이 근본적으로 제한적이며, 재배 가능 품목 가운데에서도 현재 상품으로 생산되고 있는 품목은 양상추 등의 엽채류(葉菜類)나 일부 허브 제품에 한정되어 있다.¹¹⁾

‘태양광 이용형식’은 광원으로 주로 태양광을 이용하기 때문에 광열비 등이 비교적 저가이며, 유지비도 비교적 저렴한 편이다. 채산성이 좋지 않은 작물이나 뿌리채소 등도 재배 가능하여 ‘완전 인공광형’에 비해 비교적 다양한 품종의 식물을 생산할 수 있다. 반면에 ‘완전 인공광형’ 만큼 고효율의 주기 생산이 불가능하며, 주로 농지에서 이루어지기 때문에 고층화나 토지의 고도이용이 어려운 편이다. 또한 태양광에 의한 온도 상승을 막기 위해 외기를 도입할 경우, 세균 등의 침입이 우려되기 때문에 농약 등이 필요하게 된다.

각각의 장점 및 단점을 정리하면 다음과 같다.

Table 3. Comparison of advantages and disadvantages of full control type and solar type

Classification	Advantages	Disadvantages
Fully artificial light type	-Stable supply -High safety -High-speed production -Elevation of land use -High-rise -Saving of labor	-High production cost -Limitations of cultivated items
Solar type	-Saving utility expenses -Various varieties available -Maintenance cost relative low cost	-Relatively low efficiency -Limitation of installation place -Wide horizontal land required

3.2. 일본 식물공장 관련 지원체계 및 정책동향¹²⁾

글로벌 금융위기 이후 2008년 미래 신성장 동력산업으로서 식물공장 산업을 육성하고 있으며 후쿠시마 원전사고 이후 대규모 식물공장의 필요성을 크게 인식하여 오염지역에 식물공장을 건설·운영하는 것을 고려했다. 2008년에 제정된 농상공제후속진법에 따라 경제산업성과 농림수산성의 지역경제진흥을 위해 현지에 존재하는 자원을 이용한 자발적 산업 활성화를 도모하며 농업과 상공업이 제휴하여 새로운 산업을 창출할 수 있는 방안으로 인식해 정부 최대의 시책으로 적극적 지원이 시행되었다.

1) 식물공장 관련 정부의 대응과 정책

일본 정부는 2009년도부터 2010년까지 추경예산으로 150억엔(경제산업성 50억엔, 농림수산성 100억엔)을 편성하여 본격적인 재정적 지원을 실시하고 이를 통해 향후 3년간 생산비를 30%절감하는 동시에 식물공장 수를 3배로 늘리는 계획을 세웠다. 경제산업성의 50억엔의 예산으로 ‘기반기술 연구거점 정비’사업과 ‘식물공장 모델 설치사업’으로 분류하여 연구개발을 지원하는데 사용하였다. 연구개발은 전국 8개의 법인(아오모리현 상업기술센터, 도쿄농공대학, 신수대학, 메이지대학, 오사카부립대학, 에히메대학, 시마네대학, 치바대학)이며, 모델 설치사업은 전국 17개 사업자를 선정해 식물공장 홍보를 목적으로 상점이나 공공기관 위주로 설치했다.

농림수산성에서는 ‘모델하우스형 식물공장 실증·전시·연수사업’과 ‘리스지원사업’을 추진하고 있으며 3개의 연구그룹(치바대학, 에히메대학+오사카부립대학, 농연기구+미에현 농업시장)을 연구거점으로 5개소에 설치했다. 식물공장 리스 사업은 식물공장플랜트를 리스회사로부터 임대하는 방식으로 임대비용을 50%내외로 보조하는 사업이다.

대학, 공익법인, 행정법인 등을 대상으로 식물공장관련 예산은 47.2억 엔에 달하며 주식회사, 조합, 공익법인 등을 대상으로 하는 사업비 보조금은 3억 엔에 달하며 2020년에는 417억 엔으로 성장할 전망이다.

8) http://blog.naver.com/with_msip/221004191113

9) 植物工場事例集, 農林水産省/經濟産業省, 平成21.

10) 태양광 이용형식 가운데, 특히 인공광을 이용하는 것을 <태양광-인공광 병용형>으로 부른다.

11) 앞의 위키백과사전의 식물공장 항목의 내용 중 일부를 인용함

12) 본 내용은 “일본의 미래농업 관련 기후변화 대응 및 식물공장 동향 조사” 해외출장 보고서의 내용을 재 정리함

Table 4. Contents and Direction of Supporting Plant Plant Activation by Ministry

Department	Support business contents	Direction
Ministry of Economy and Trade	-Accelerating the use of renewable energy sources Countermeasure assistance business -Research and development project of genetic recombinant plant production utilizing closed plant factory -Research Project for Commercialization of Advanced Agricultural and Commercial Business	Energy saving and industrialization
Agriculture, forestry and fisheries	-Mountain area activation synthesis measures business -Enrichment industrial machinery lease support business -Strong agricultural development grant business -Development of agricultural automation and assisting system for agricultural agriculture	Enhancement of facility gardening

2) 식물공장에 대한 기업의 참여 동향

식물공장은 농업을 비롯해 IT, BT, ET 등의 첨단 기술이 융합되었다는 점에서 기업의 새로운 사업영역으로 인식이 되며 특히 조명 기기나 기계설비 제조업체가 식물공장 사업에 진출하는 경우가 많다.

시시에스(CCS)주식회사는 LED 조명기기를 제조하는 기업으로 'Fairy Angel'이라는 자회사를 설립해 교토시에 식물공장 병설 레스토랑을 운영하고 있으며 미쓰비시화학과 공동으로 태양전지를 이용한 식물공장 시스템을 2015년까지 실용화하기 위한 실증시험에 착

수했다. 에스페크(ESPEC)주식회사는 환경제어와 계측기기 생산기술을 가진 기업으로 자회사인 'ESPECMIC'이라는 자회사에서 레스토랑과 병행하는 미니식물공장을 제작하여 판매하고 있다. 마루베니 그룹은 양액재배가 아닌 특수토양을 사용해 식물공장 시스템을 개발하고 오사카지사 빌딩 지하에 형광등과 LED병용형 식물공장을 설치해 운영하고 있으며 많은 기업들이 식물공장 사업에 진출하고 아시아와 중동국가를 상대로 수출을 하고 있다.

4. 일본의 식물공장의 운영 현황 및 주요 항목별 변화 분석

4.1. 일본의 식물공장의 운영현황

1) 일본 식물공장 사례¹³⁾

일본의 식물공장은 위의 3장에서 분석한 내용을 바탕으로 사업이 진행되고 있다. 농림수산성과 경제산업성의 적극적인 지원으로 식물공장이 운영되고 있으며 지역 부흥수단으로서 활용하고 있다. 또한 지자체와 연계한 장애인, 노인 일자리 창출 목적으로도 식물공장 사업을 추진하기도 한다. 사단법인 일본 시설원에 협회의 조사에 따르면(2016년) 식물공장·대규모 시설원에는 전국 180개소가 운영 중이며, '태양광·인공광 병용형' 식물공장은 전국 70개소가 운영중에 있다. 그 중 대표적인 일본 식물공장 사례는 [표 5]와 같다.

Table 5. Examples of plant factories in Japan

Company name	Year	Merchandise	Area (m ²)	Output (Money /Year)	Manpower (person)	Business Status
Cupid Fair	2003	Lettuce	596	37~55	7	- Established for the employment of the disabled - Local restaurants, supermarket sales (annual sales: 1 ~ 150 million yen) - Sale of leaf lettuce 70g at 198 yen - Concentrated on delivering school lunches to local schools recently
Vegetable workshop	2008	Lettuce	-	26~28	6	- Established for local elderly / disabled persons - Uses ordinary fluorescent light to save installation cost - Sold under the brand 'Salada Debut' (Annual sales 80 million yen) - Development of calcium-rich vegetable
Green flavor	2006	Lettuce, Basil, Parsley	200	8.5	-	- Operate production plants and sales stores in the same building (business in which vegetable production and store sales are integrated) - Plant plant transfer technology transfer business, annual sales 15 million yen
(Ltd) Tokyo Dream	1997	Lettuce, Lolo Rosa, Vegetables	499	28	10	- 78% of the sales are made up of sushi restaurants, lunch boxes and sandwich chains, and 23% are Internet sales - Planting the crops at the plants together with the cultivation of the noji. - Annual sales are around 50 million yen.
(Co) Fairy Angel	2008	Lettuce, Mizuna, Rucola	2,870	252	46	- 70% for general retail and 30% for business (mass consumers are not sold due to shipping risk) - Reduced size to 60g to increase production rate - Annual sales were around JPY 300 million, but the business was suspended from 2012
(Co) Laplanta	2004	Vegetables, Herb	1,200	98	28	- In partnership with Olympus in-house restaurant and one local hospital - Produced and sold only three kinds of lettuce and herbs (annual sales: ¥ 110 million)
Swedenformik Kyushu	1997	Basil, Parsley	3,300	144	16	- Total investment of 500 million yen / Installation, production of 6,000 ports per day - Nationwide department store, super selling, but recent profit weakened (Attempts to adjust the accounts to reduce transportation costs due to the high proportion of shipping costs due to nationwide sales)
Kameoka Plant	2007	Frill lettuce, Momo lettuce	2,868	350	30	- Using fluorescent lamps, cultivated area is 25,200m ² - Daimaru Kyoto shops, restaurants, Okra hotels, Brighton hotels, Granvia hotels, annual sales of 700 million yen
Hi-tech Ha new	1996	Lettuce, Vegetables	499	24	9	- Using high-pressure sodium lamp (installation cost 140 million yen) - Delivery to Maruzo, Summit, Suzuki etc retail store / food processing meter Suzuki bakery - 10 times a year harvest, annual sales 40 million yen to balance the resin

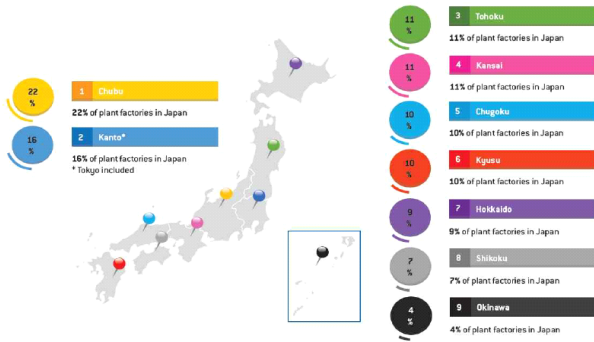


Fig 2. Distribution of Japanese plant factories

2) 일본 식물공장 비용과 수익¹⁴⁾

일본 식물공장의 비용과 수익에 대하여 2009년 농수성과 경제 산업성이 공동으로 발표한 ‘식물공장위킹그룹보고서’에 따르면 다음과 같다.

식물공장은 설치비(반송장치, 환경제어장치 등)와 운영비(인건비, 전기료 등)가 일반 시설원예비용보다 많이 소요되는 것으로 분석이 되며 식물공장 증가에 따른 시장경쟁이 심화되어 가격이 동결되었다. [표 6]

Table 6. Cost comparison of plant and general facility cultivation per 10a

	Plant Factory(A)	Normal cultivation(B)	A/B
Installation cost	3.1 billion yen	18 million yen	17
Operating cost (Utilities)	18.6 million yen	400,000 yen	47

식물공장의 채소는 밀폐된 무균실에서 화학적 비료나 농약이 없이 재배되기 때문에 안전농산물이라는 이미지가 있어 소비자 선호가 높은 것으로 나타나 일반 재배 채소보다 약 1.5배 정도 가격 차이를 보인다. [표 7]

Table 7. Plant factory lettuce sale price and target production cost

	Sale price	
	Sale price	Retail price
Fully controlled type	130 yen/100g	198 yen
Solar type	80 yen/100g	148 yen
	Target production cost	
	Present	Future
Fully controlled type	100 yen/100g	60~70 yen
Solar type	50 yen/100g	45 yen

‘식물공장위킹그룹보고서’에서는 이와같은 비용적 측면에서 양액재배 적응성 품종의 육성, 환경제어 등을 통한 생산성 향상 방안과 시설 자재표준화를 통한 설치비용 감축, 에너지 절약·신재생에너지 활용 등 기타 운영비를 절감하는 전략을 통해 전체적 비용 절감 전략을 세우고 있다.

13) 본 내용은 한국농촌경제연구원 “식물공장의 전망과 정책 과제”의 내용을 정리함
 14) 본 내용은 “일본의 미래농업 관련 기후변화 대응 및 식물공장 동향 조사” 해외출장 보고서의 내용을 재정리함

4.2. 일본의 식물공장의 주요 항목별 변화 분석¹⁵⁾

일본 식물공장의 변화양상은 2009년 농림수산성에서 발표한 「식물공장사례집」과 2016년 사단법인 일본시설원예협회의 「대규모시설 원예·식물공장 실태조사사례집」의 항목별 내용을 비교 분석하였다. 분석내용은 식물공장의 입지를 시작으로 식물공장의 조직 형태, 사업주체의 속성, 식물공장의 시행 시기를 비롯해 시설의 규모와 재배실 면적의 상관관계, 종업원의 분포 특징 등을 분석하고 이를 종합적으로 정리하였다.

1) 식물공장의 입지

‘완전 인공광형’ 식물공장은 공업단지 등의 공업용지 외에 택지와 잡종지 등 다양한 토지에 위치하고 지리적으로 고도가 낮으며 농지와 전용하기도 하며, ‘태양광·인공광 병용’형은 대부분이 농지에 위치하고 있지만 대기업이 경영하는 공장들 중에는 농지 이외(준공업지역)에 입지하고 있는 예도 있다.

Type	Business name	Location
Fully artificial light type	コスモファーム岩見沢 (北海道)	Industrial estate
	亀岡プラント (京都府)	Estate
	ラブリタ園訪 (長野県)	Hybrid
	アーバンファーム (千葉県)	Hybrid
Combined with solar light and artificial light	プラントファクトリー (北海道)	Farmland
	角田浜農場 (新潟県)	Farmland
	三田グリーンハウス (兵庫県)	Industrial estate
	久住高原野菜工房 (大分県)	Farmland

Fig 3. Plant factory location type

Source: Japan Plant Horticulture Association 'Plant factory Casebook'

2) 식물공장의 조직형태

‘완전 인공광형’의 조직 형태는 2009년 56%가 기업 32%가 농업 생산 법인의 비율을 보였지만 2016년에는 주식회사 76.5%로 3/4 이상을 차지하고 있으며 농업생산 법인·농업인은 8.8%, 기타 14.7%로 분포되어 있다. ‘완전 인공광형’ 식물공장에 대한 기업의 참여는 지속적으로 늘고 있지만 농업 생산 법인의 증가추세는 감소하는 추세를 보이고 있다.

‘태양광·인공광 병용형’의 조직 형태는 2009년 69%가 기업 31%가 농업생산 법인의 비율을 보였으나 2016년에는 농업생산 법인·농업인이 52.4%로 과반을 차지하며 농업생산법인·농업인의 참여가 꾸준한 증가추세를 보인다.

‘태양광 이용형’의 조직 형태는 농업생산 법인·농업인이 45.0%, 주식회사·유한 회사가 45.0%, 기타 10.0%로 비교적 균등하게 분포되어 있다.

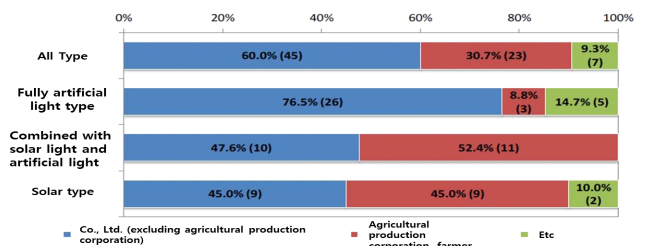


Fig 4. Plant factory Tissue Formation Distribution Rate

Source: Japan Plant Horticulture Association 'Plant factory Casebook'

15) 본 내용은 사단법인 일본 시설 원예협회의 “식물공장 사례집”의 내용을 번역·정리 한 것임을 밝힘

3) 식물공장의 시행시기

재배를 시작한시기는 전체적으로 2010년 이상이 49.3%로 절반 가까이 차지하며 ‘완전 인공광형’은 2010년 이후에 시작된 비율이 67.6%이다. ‘태양광·인공광 병용형’은 1994년 이전부터 시작된 비율이 19.0%를 차지하며 2000년대 이후 설치된 시설이 72% 이상을 차지하며 다른 시설 형태에 비해 오랜 기간 운영하고 있는 경향이 있다.

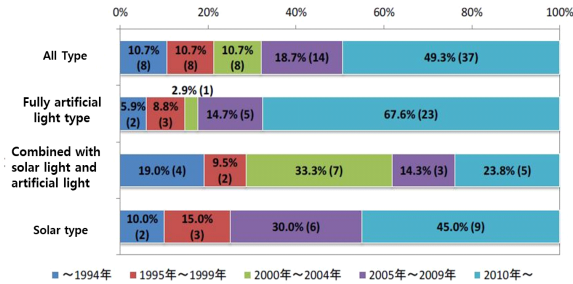


Fig 5. Distribution rate of plant factories
Source: Japan Plant Horticulture Association 'Plant factory Casebook'

4) 식물공장의 시설규모

2009년 이전 식물공장은 다음과 같은 양상을 보인다. ‘완전 인공광’형 설치 실면적은 1,000㎡ 미만의 것이 85%인 반면 재배실 면적이 1,000㎡를 초과하는 것이 38%를 차지한다. 이것은 다단 재배함으로써 건물의 면적당 생산 효율을 올리고 있기 때문이다. ‘태양광·인공광 병용’형 설치 실면적은 5,000㎡ 이상이 55%이고, ‘완전 인공광’형에 비해 대규모 시설이 많다.

이러한 시설규모 분포 비율은 2010년 이후 조사에서도 비슷한 양상을 보인다.

‘완전 인공광’형에서는 500㎡ 미만이 48.4%, 이어서 500㎡~1,000㎡ 미만이 22.6%, 1,000㎡~5,000㎡ 미만이 12.9%로 소규모 시설이 다수를 차지하고 있지만, 다른 한편으로 20,000평방 미터 이상의 시설도 존재한다. ‘태양광·인공광 병용형’은 1,000㎡~5,000㎡ 미만이 52.4%로 과반을 차지하고 있다. 이어 10,000~20,000㎡ 미만이 23.8%, 5,000~10,000㎡ 미만이 14.3%이며, ‘완전 인공광형’에 비해 규모가 큰 시설이 많은 경향을 보이고 있다.

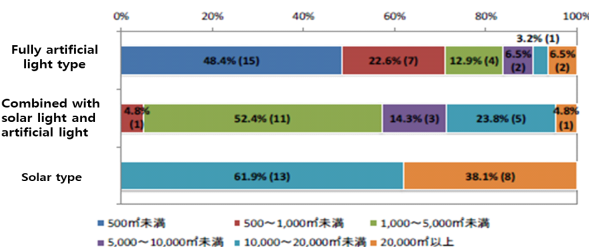


Fig 6. Plant factory Facility Size Distribution Ratio
Source: Japan Plant Horticulture Association 'Plant factory Casebook'

5) 식물공장의 종업원의 수

2009년 조사에 따르면 ‘완전 인공광’형은 직원 규모는 모두 50명 이하에서 10명 이하가 65%이다. ‘태양광·인공광 병용’형은 11명 이상이 64%를 차지하고 대규모 고용시설이 많다.

2010년 이후 직원운영 형태도 비슷한 양상으로 전개가 된다.

‘완전 인공광형’은 10명 이하의 비율이 54.5%를 이루는 것으로 보아 소규모 운영이 많은 것으로 보인다. ‘태양광·인공광 병용형’은 11~20 명이 42.9%를 차지하는 반면 10명 이하의 비율이 33.4%로 나타나며 51명 이상이 14.3%를 차지하며, ‘태양광 이용형’은 21~50 명이 50.0%를 차지하는 반면 10명 이하의 비율은 총 22.7%로 다른 유형에 비해 많은 수의 직원을 필요로 한다.

이상과 같이 시설 형태별 고용자수는 ‘태양광 이용형’에 비해 ‘완전 인공광형’이 소규모로 운영되는 시설이 많은 것으로 보인다. 또한 재배시설 실면적에 따라 다른 고용자수를 보이는데 재배 실 면적이 커질수록 고용자수도 많아지는 경향을 보였다.

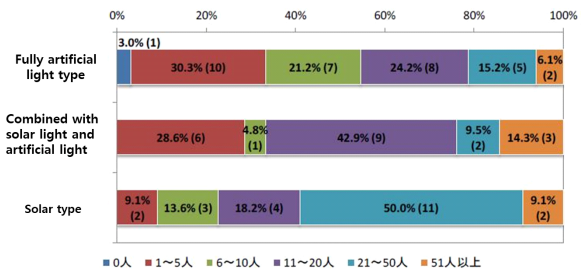


Fig 7. Distribution rate of plant factory employees
Source: Japan Plant Horticulture Association 'Plant factory Casebook'

6) 식물공장의 재배품목 분석

재배 품목은 전체의 상추 류가 46.6%로 그 다음 과채류가 31.2%로 분석된다. ‘완전 인공광형’에서는 상추 류를 재배하는 비율이 79.4%를 차지하고 있으며 ‘태양광·인공광 병용형’에서는 상추, 양상추 이외의 엽채류와 과채류가 28.6%로 비슷한 수준을 보인다. 또 다른 형태에 비해, 장미 등 화훼의 비율이 14.3%인 것도 ‘태양광·인공광 병용형’의 특징이다. ‘태양광 이용형’은 과채류의 비율이 68.2%이며 주로 토마토와 파프리카 등을 중심으로 재배하고 있음을 알 수 있다.

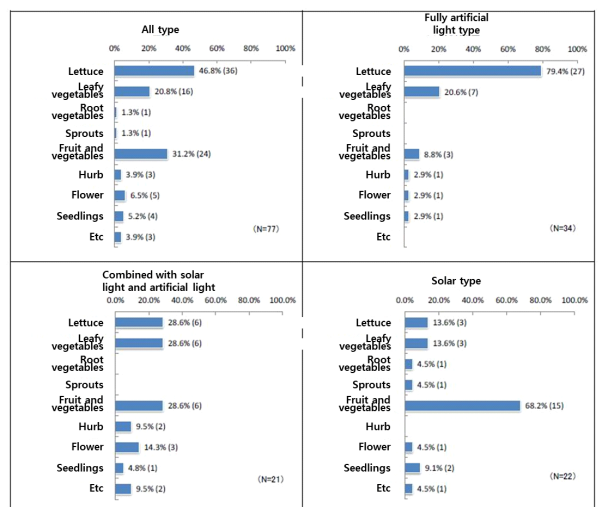


Fig 8. Product cultivation trend
Source: Japan Plant Horticulture Association 'Plant factory Casebook'

Table 8. Changes in plant factories

Division		Before 2009	Since 2010	Synthesis
Item	Type			
Location	Fully artificial light type	- Located on a wide variety of land including residential land, hybrid land, etc.	- Expansion to agricultural and industrial areas by diversification of plant factories and technological development	- Prior to 2009, plant factories are mainly distributed in farmland, but since 2010, various businesses have appeared and the condition of location has been eased.
	Combined with solar light and artificial light	- Most factories are distributed in farmland		
Operator type	Fully artificial light type	- The operating pattern of private companies dominates	- The operation of private enterprises is greatly increased and the participation of agricultural production corporations and farmers is drastically decreased.	- The 'full artificial light' plant factory, which requires a lot of initial investment, - On the other hand, the remaining types of plant factories that utilize or maintain existing land are mostly engaged in agricultural production corporations and farmers.
	Combined with solar light and artificial light	- The mode of operation of agricultural production corporations and farmers is predominant.	- Participation of agricultural corporations and farmers increases.	
Enforcement year	Fully artificial light type	- It started to increase after 2005	- Significant increase since the establishment of 23 locations since 2010	- In 2010, with the support of the government, various types of plant factories showed a steady increase trend
	Combined with solar light and artificial light	- Mostly before 2009	- Plant factories implemented before 2009 are in operation until now.	
	Solar type	- Growth from 2005	- Steady growth since 2005	
Facility scale	Fully artificial light type	- Operation of small facilities under 1,000m ²	- Plant factories of various sizes are operated.	- The 'fully artificial light' plant starts with a small scale operation and operates on a large scale. - The remaining types start from the initial medium and large facilities and are maintained until now.
	Combined with solar light and artificial light	- Medium-sized facility operation under 5,000m ²	- Operation of medium and large facilities over 5,000m ² since 2010	
	Solar type	- Operation of large facilities over 10,000m ²	- Appearance of large-scale facilities over 20,000m ²	
Number of employees	Fully artificial light type	- Operated as a small employee with less than 10 employees	- Change in the number of employees according to diversification of facility size	- The size of the employees depends on the size of the facility, but the size of the employees varies according to the actual cultivation area.
	Combined with solar light and artificial light	- Operated as medium-sized employees with 20 or fewer employees	- The number of employees increased due to the increase in the scale of the facility	
	Solar type	- Operated by 21 or more large employees	- Increased number of employees by large-scale cultivation facilities	
Cultivation item	Fully artificial light type	- Main products are lettuce	- Production of fruit and vegetables	- With the diversification of plant factories, agricultural products including agricultural lettuce and agricultural equipments increased greatly
	Combined with solar light and artificial light	- Salad vegetables and lettuce as main products	- Increased production of flower and gardening items	
	Solar type	- Main products are lettuce	- Significant increase in production of fruit and vegetables	

7) 소결

앞서 분석한 결과를 종합하면 다음과 같다.

일본의 식물공장은 농업 용지와 택지를 비롯해 제약이 없는 입지 조건을 보이고 있다. 하지만 입지조건이 자유로운 '완전 인공광형'에 비해 '태양광·인공광 병용형' 식물공장은 다소 제한된 입지조건을 보이고 있다. 이는 재배시설이 외부환경과 완전히 격리된 '완전 인공광형'에 비해 '태양광·인공광 병용형' 식물공장은 외부환경과 연계해야 하는 부분이 있기 때문이다.

식물공장의 조직형태는 주식회사·유한 회사가 차지하는 비율이 '완전 인공광형'과 '태양광·인공광 병용형'이나 '태양광 이용형'이 서로 다르게 나타나고 있다. 그 이유는 '완전 인공광형'은 기업이 신규 사업 시 농지 이외의 도심지역에 시설을 정비해야 하는 경우가 많았으며, 초기투자 비용이 많기 때문으로 사료된다. 이에 대해 '태양광·인공광 병용형'이나 '태양광 이용형'에 농업생산 법인의 조직이 많이 분포된 이유는 주로 농지에 시설을 정비하기 때문으로 보인다.

식물공장의 시행 시기는 2010년 이후로 많은 사업이 진행되었는

데 특히 '태양광·인공광 병용'형 식물공장은 주로 최근 농림수산성의 정책에 따라 시설 원예에서도 농지의 집약과 대규모화하는 움직임이 확산되고 있기 때문에 1994년부터 현재까지 지속적으로 운영이 되고 있다.

시설규모는 재배시설 실면적에서는 '완전 인공광'형은 소규모 시설이 많지만, 재배 기간이 짧은 잎·채소류를 매년 여러 번 재배하여 1년 동안수확 할 면적당 생산량을 확대하고 있다. 또한 소규모 '완전 인공광'형 가운데는 야채의 생산·판매가주 수입원이 아니라 재배시스템을 판매하는 사업도 겸하고 있다.

종업원 수는 '태양광 이용'형에 비해 인공조명을 사용하는 식물공장이 소규모로 운영되고 있다. 또한 재배실 면적이 커질수록 고용자 수도 많은 경향을 보였다.

재배품목은 많은 사업자가 엽채류 중에서도 상추재배에 집중하고 있는 것을 알 수 있다. '완전 인공광'형에 비해 '태양광·인공광 병용'형에서는 상추의 비율이 감소하고 다른 엽채류와 과채류 등 재배가 확산되고 있는 것을 알 수 있다.

4.3. 일본의 식물공장의 특징 및 문제점

1) 일본 식물공장의 특징 종합

식물공장을 새로운 생산형태 또는 경영형태로 활성화하는 동시에 도시농업의 진흥에 기여할 수 있는 방안으로 볼 수 있다. 다양한 기술과 노후가 투입되는 식물공장은 도시농업의 모델이 될 가능성도 있으며 체계적인 경영업체가 없는 농업지역에도 요소 기술과 경영 기법은 도움이 될 수 있다. 일반적으로 식물공장에서 이루어지는 농업은 양액재배를 통한 수경재배가 기본으로 일반 토양에서 자라는 농산물의 재배가 어렵다고 인식되지만 실제로 토양에서 자라는 작물의 적응사례가 증가하고 있으며 이에 따른 성과도 보고되고 있다. 따라서 일본의 식물공장은 입지의 조건에 따라서 ‘완전 인공광’형 또는 ‘태양광 이용’형 식물공장을 비롯해 ‘태양광·인공광 병용’형 식물공장을 선택해 보다 효율적으로 운영이 가능하다.

식물공장의 운영에 있어 사업자가 단독으로 운영하는 형태보다 지역 및 시정촌과 협업하는 형태를 보인다. 특히 도시재생차원에서 이루어지는 식물공장의 설치는 초기비용이 많이들기 때문에 주로 기업이 주체가 되어 도심지역에 재배시설을 정비하고 있으며, 사회복지적 측면에서 식물공장은 지역 농업생산 법인의 조직이 많이 분포되어 고령화 사회 및 청년실업과 같은 사회문제에 대응하고 있다.

식물공장은 전통적인 판매의 요소인 ‘양과 질, 가격’이외에 ‘대량 안정 공급’을 목적으로 하고 있으며 추가적으로 주요 소비지역과 수요처를 위한 판로 개척, 수송비용 절감을 추구하고 있다. 식물공장은 재배품목의 생육환경·기간을 조정할 수 있으며 일반 농사에 비해 재배품목 변경이 용이하기 때문에 실시간으로 소비자의 수요파악이 가능하다. 즉 보다 효과적으로 소비자의 특성을 파악해 대응할 수 있다.

재배의 측면에서는 ‘태양형’에서 기상 변화의 영향 특히 일사량의 감소가 수확량 감소에 직접 미치는 경우가 많다. 이러한 영향을 최소화하고 정상적인 생산라인을 회복하는 기술과 대응력을 익힐 필요가 있다. ‘인공광형’에서는 대량 주면에 의한 조기 출하의 영향이 추후에 생산 측면에 영향을 주는 경우가 많다. 생산 공정의 변형에 따라 정상 생산라인 구축에 시간이 걸리는 경우가 있어 이에 따른 중요하다.

2) 일본 식물공장의 문제점

위의 자료로 분석된 일본 식물공장의 문제점은 다음과 같다.

식물공장은 이익이 창출한다는 전제하에 설비와 부대시설의 투자자가 이뤄지지만 설비투자 이후 판매량의 감소나 예측 불가능한 상황에 의한 리스크가 발생하는 경우 바로 경영악화로 이어지게 된다. 특히 ‘완전 인공광’형 식물공장은 초기투자비용이 높은 사업이므로 자금회수에 문제가 생기면 경영 악화가 발생하기도 한다.

식물공장의 특성상 생산능력을 증가시킬수록 조달해야 하는 원료와 전기비용 등 부수적인 비용이 증가해 자금용통이 급격하게 악화되기 때문에 적절한 시설 및 사업 규모를 설정해야 한다.

제조업을 표방한 공장생산형 식물재배이지만 기타 제조업과는 큰 차이를 보이고 있다. 석유화학과 같은 화학공업 제품은 플라스틱 제품 및 의류 등 부가활동도가 다양하며 재료와 설비만 있으면 안정

적인 생산이 가능하다. 반면 식물과 같은 생물을 생산하는 농업에 있어서 재료와 시설만으로는 안정적인 생산이 어려우며 지속적으로 새로운 기술을 활용해 실시간 관리가 필요하다. 따라서 식품생산에만 제한된 식물공장을 다양한 방향으로 활용할 수 있어야 한다.

또한 대형 식물공장의 경우 생산된 대량의 식품을 소화하기 위해 판로 확대가 가능하도록 오랜 기간 걸쳐 판로를 확보해야하는 문제점이 있으며 경영업체의 증가로 인해 생산품목의 가격이 동결되거나 낮아지기 때문에 수익을 창출하는 데 어려움이 있다. 더욱이 일본 대지진 이후 일본 내 식물공장의 중요성이 커지면서 대형화 및 지속적인 증가를 보이고 있어 식물공장에 대한 경쟁은 심화되고 있다.

5. 결론

일본의 식물공장은 ‘완전인공광형 식물공장과’과 ‘태양광 이용형 식물공장’으로 운영되고 야채 재배를 중심으로 보급이 진행되면서 경영규모도 확대되고 있으며 단순한 설비 도입에 그치지 않고 다양한 기술적인 개선을 진행하고 있다. 이를 바탕으로 일본의 식물공장의 운영형태와 특징을 분석결과는 다음과 같다.

첫째, 국가적 지원 아래 식물공장의 경영적인 개선도 병행하여 사업을 추진하고 있다. 적절한 설비 도입 및 판로 확보 외에 생산관리 및 에너지 관리 등의 일반적인 개선과 함께 필요한 인력의 확보와 능력의 향상을 도모하고 있으며 기술적인 파급 효과와 농산물의 안정 공급에 기여하고 있다.

둘째, 사회적 문제인 고령화 사회에 대비하고 있다. 기존 인력의 유지와 능력향상은 인력난이 진행되는 현재의 고용 환경에서 더 중요하게 회자되고 있다. 이를 해결하기 위한 고용구조 만들기가 요구되고 있으며 채용에서 작업훈련, 효율적인 작업 팀 구성, 작업 공정의 측정 및 개선 방법의 확립, 작업 방법의 표준화 및 정착 등 일련의 직업교육이 실시되기도 한다.

셋째, 작업 관리 및 노무 관리를 비롯한 상위의 생산 관리적 측면에서 개선을 포함한 산업 및 제조업 분야의 기술자의 지원을 기대하고 있다. 일본 제조업에서의 관리 기술의 집대성인 TQM (Total Quality Management 종합적 품질 관리)등의 도입도 추진 중이다. 또한 기술적인 주제는 네덜란드 등 해외에서 시설 원예 기술의 도입과 국내 관련 업체 및 연구 기관에 의한 증수 및 품질 향상, 생산시설의 자동화를 구축하고 있다.

이상과 같이, 실태 조사 및 사례 등을 바탕으로 식물 공장을 둘러싼 현상과 과제에 대해 살펴보았다. 식물 공장은 식물과 환경, 인간(노동자)을 상대로 완벽한 관리가 요구되는 분야이며, 그 요소가 서로 영향을 서로 복잡한 사업이기도 하다. 또한 식물공장은 폐건물 및 잉여건물을 효과적으로 활용함으로써 도시재생 차원에서도 활용될 여지가 크며 LED를 활용한 온실가스 저감기술과 고비용 저효율 에너지 기술에서 탈피한 CO2 절감 및 녹색환경, 에너지절감 기술이 개발되면서 환경개선 및 친환경적 개발 방안으로 활용되고 있다. 본 논문을 통해 향후 식물공장을 정착시키고 친환경적인 도시재생 및 에너지 절감 기술 등의 질적 향상을 위해 해외 및 국내의 관련 기술에 대한 심층적인 연구가 이루어질 필요가 있으며 현재 활발하게 진

행되고 있는 국내 식물공장 사업의 기초자료로 활용되길 기대한다.

Reference

- [1] 진달래, 도시농장(Urban Farm)의 유형별 특징, 대진대학교 건축공학과 석사학위논문, 2017 // (Jin Dal -Lae, Analysis of Characteristics of Urban Farm by Type, Daejin University Architectural Engineering Master's Thesis, 2017)
- [2] 이수분석보고서 제 3호 , 식물공장, 생명공학정책연구센터, 2010 // (Issue Analysis Report, Plant Factory, Biotech Policy Research Center, 2010)
- [3] 김영중, 한혜성, 식물공장의 전망과 정책 과제, 한국농촌경제 연구원, 2013.3.7. // (Kim Yeeon-Jungy, Han Hye-sungon, Prospects and policies of plant factories, Korea Rural Economic Institute, 2013.3.7.)
- [4] 정진희, 식물공장의 현황과 전망, 전남대학교 공과대학 응용화학공학부 정밀화학전공, 2014.7. // (Jung Jin-hui, Plant factory staus and prospects, Chonnam National University, Department of Applied Chemical Engineering,, 2014.7.)
- [5] 전황수, 식물공장의 국내외 추진 동향, 정보통신기술진흥센터, 2016.10.26. // (Jun Hwang-su, Promotion of plant factories at home and abroad, Information and Communication Technology Promotion Center, 2016.10.26)
- [6] 박종석, 식물공장 중장기 정책 수립 방안 연구, 농림축산식품부, 2016.11 // (Park Jong-seok, Study on establishment of medium and long term policy for plant, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2016.11)
- [7] 1 国土交通省,「国土政策関係研究支援事業研究成果報告書」, 2010
- [8] 植物工場事例集, 農林水産省/經濟産業省, 平成21.
- [9] 垂直農業の世界市場：製品別、作物別2022年予測, 最新調査リリース
- [10] 樋口 修, 都市農業の現状と課題—土地利用制度・土地税制との関連を中心に—, 国立国会図書館, ISSUE BRIEF NUMBER 621, 2008
- [11] 垂直農業の世界市場：製品別、作物別2022年予測, 最新調査リリース
- [12] 大規模施設園芸・植物工場 実態調査・事例集, 平成 27 年度次世代施設園芸導入加速化支援事業 (全国推進事業)