

일본의 식물공장 박람회, 세미나 참석
및 현지 운영실태 조사

2012. 8

농 식품 정책 연구 본 부

한국농촌경제연구원

1. 출장개요

□ 출장명: 일본의 식물공장 박람회, 세미나 참석 및 현지 운영실태 조사

□ 출장목적

- 일본의 식물공장 박람회 및 세미나에 참석하여 식물공장의 동향 파악
- 일본의 농림수산성과 경제산업성에서 실시하고 있는 식물공장 실증사업, 식물공장 보급확대 정책, R&D 방향 및 예산 등 파악
- 식물공장은 완전인공광을 이용하는 것과 인공광 + 태양광 그리고 태양광만을 이용하는 형태로 구분되어 있음. 이런 식물공장 형태별 사례 등 조사

□ 출장기간, 출장자, 출장지

부서명	직 급	성 명	출장지 및 출장 기간
자원환경연구부	연구위원	김연중	일본 동경 2012. 7.25 ~ 7.27 (2박 3일)

2. 출장 주요내용

□ 세미나 참석

월일	주제	발표자
7월 25일	식물공장에 대한 경제산업성의 향후 방향	下司剛生
7월 26일	식물공장의 실용화 과제	高도正基

□ 결과 요약(참관 세미나)

주제: 식물공장에 대한 경제산업성의 향후 방향

- 경제산업성은 농·공·상의 상호 연대하여 지역활성화, 고수익, 고용창출을 꾀하고 있음. 경영자원의 융합 + 소비자 니즈에 맞는 새로운 상품 개발 + 새로운 고용창출 분야 개척 + 농업법인의 육성 = 지역 이노베이션 창출이라는 슬로건을 가지고 정책을 추진하고 있음.
- 그 일환으로 식물공장에 대한 관심이 많음. 식물공장에 대한 정의 및 매력, 향후 과제를 시사하고 있음.
 - 식물공장은 시설내에서 식물의 생육에 필요한 환경을, LED조명 및 공조, 양액 공급 등으로 인공적으로 제어하여, 계절에 관계없이 주년 생산되도록 하는 시스템임.
 - 식물공장의 매력은 주년 생산 기능하고, 공업단지, 상점거리, 등 농지 이외에서도 생산 가능, 다단화하여 토지를 효율적으로 이용, 자동화 및 다목작으로 높은 생산성, 영양소 함유량을 높일 수 있고, 무농약으로 안전, 안심, 무세척하여 먹을 수 있다는 장점이 있음.
 - 식물공장에 대한 향후 과제로는 초기 투자비가 높고, 에너지 등 운영비용이 높은 것을 절감할 수 있는 기술개발이 필요하고, 현재는 엽채류 등에만 국한된 것을 작물의 확대, 품종개발, 소비자가 식물공장에서 생산된 생산물에 대한 이미지 향상, 재배기술의 확립과 인재육성 정책을 과제로 가지고 있음.
- 최첨단 산업화 시스템 실증사업에 5억엔 투자계획(평성 24년)
 - 「공업」기술, 「상업」경영의 노우하우 등을 총동원하기 위해서는
 - 첫째, 최첨단 기술을 활용한 첨단 농업 시스템 실증
 - 둘째, 생산물은 소비자 니즈에 맞고, 수익성이 높도록 가공·유통 시스템 실증하는데 5억엔 예산을 투자할 계획임.

주제: 식물공장의 실용화 과제

- 식물공장은 완전제어형과 태양광이용형으로 구분하고 있음. 완전제어형은 대형, 중형, 소형, 미니로 나누고, 대형은 일 생산량이 1000주 이상, 중형은 수백 주, 소형은 10주, 미니는 10주 이하 등으로 나눔. 태양광이용형은 인공광 병용형과 태양광 만 이용하는 것으로 구분됨.
- 완전제어형: 안전공급 어디에서든 설치할 수 있음. 품질은 노지에 비해서 균등하여 좋음. 무농약, 무균, 무세척 등의 장점이 있음. 현재는 초기 투자비가 많아 채산성이 적지만 향후 채산성을 극복할 수 있을 것으로 전망함.
 - 형광 등 및 LED 이용은 열반사량이 적어 식물에 가깝운 곳에서 빛을 빛칠수 있어 조명효율성이 높음.
 - LED는 수명이 길고, 적과 청색 파장이 성장에 도움이 됨. 그러나 현재는 조명설치비가 높고, 적색 및 청색 만으로는 재배품목이 한정되어 있으며, 일부분이 약하다는 약점이 있음.
- 식물공장의 기술적인 과제
 - 건물 옥상, 건물의 내부의 빈공간에 설치 이용기술
 - 조명설비 비용 절감, LED의 저가격화
 - 적색 660nm, 청색 450nm 강화
 - 맛있고 영양가 높은 야채 재배기술
 - 식물공장의 표준화

□ 일본의 식물공장 보급확대를 위한 업체의 노력

식물공장의 시장을 리드하는 8개의 회사가 결집한 '홀티 파트너'에서는 여러 계획 중에서 희망 규모나 재배작물에 맞춰 최적의 사양을 제안합니다.

① 인공광 이용형 식물공장

○ 식물공장의 구조

- 1~500평까지 순서에 맞게 자유롭게 설계 가능합니다. 물론 기존 건물을 그대로 이용하는 것도 가능합니다. 건물 내부는 엄밀한 위생관리를 통해 병해충을 방지하고 무균에 가까운 공간을 만들어 내기 때문에 농약을 사용 할 필요가 없어, 안전한 야채를 만들 수 있습니다.

○ 내부특징

- 구조의 내부에서는 빛, 물, 배양액, 온도, 습도, CO2등을 자동제어하며, 식물에게 있어 최적의 환경을 만들어 내기 때문에 충분한 수량을 확보할 수 있습니다.
- 예를 들어 100평에서 매일 2,000포기의 양상추가 수확됩니다.

○ 생산물

- 인공광 이용형 식물공장에서 재배 가능한 것은 양상추, 리프그린, 상추, 로메인 등 잎사귀 야채입니다. 비타민과 미네랄 등 영양가도 높습니다. 또한 맛을 진하거나 연하게, 달거나 쓰게 등 고객님의 주문에 맞게 컨트롤 하는 것도 가능합니다. 이는 토양재배와 비교해 50배의 수확량 및 생산성이 있습니다.

○ 유통

- 근년 불안했던 기후 변동이나 원전사고의 문제로 인해 레스토랑이나 슈퍼, 일반소비자까지 가격은 둘째 치고 식품 안전성에 대해 관심이 높아져 이에 따라 수요가 높아질 것입니다.

② 태양광 식물공장

- 태양광 이용형 식물공장은 말 그대로 태양광을 최대한으로 활용해 온실을 설계 합니다.
- 작물의 광합성에 필요한 ‘빛’
 - 태양빛을 최대한으로 흡수시키기 위해서 온실의 구조를 포함해 가능한 그늘을 적게 하고, 피복재는 투과성이 높은 것을 이용하는 것이 필요하다.
 - 또한 온실 내 사용되는 장치 부재도 그것을 고려한 것을 사용합니다. 저희 ‘홀티 파트너’에서는 1%의 빛은 1%의 증수로 연결되는 ‘1% 이론’에 근거해 설계합니다.
- 주년재배(매 해 재배)를 가능하게 하는 높은 처마높이.
 - 주년생산을 가능하게 하기 위하여, 식물공장에서는 온실의 처마높이가 매해 높아지는 경향이 있어, ‘홀티 파트너’에서도 4.5m 이상을 권하고 있습니다.
 - 처마를 높게 해 여름철 온도상승을 억제함과 동시에 겨울철의 급격한 온도변화를 억제해 식물에게 있어 최적의 환경이 되는 온실을 설계합니다.
- 천장에 따른 온도제어
 - 식물공장에 있어 온실내의 온도, 습도의 제어는 매우 중요합니다. 특히 고온을 제어하는데 있어 천장은 중요한 역할을 합니다. 풍향과 아울러 천장의 개폐를 정하거나, 급격한 온도변화를 하지 않도록 조정가능 한 기능이 필요합니다.
- 세미클로즈 그린 하우스
 - 태양광 이용형 공장에서는 과채류가 중심 작물입니다. 과채류를 인공광원에서 만드는 것은 현장에서는 비용과 기술적인 면에서 어려운 상황입니다. 태양광원을 활용하면서 자연환경으로부터 가능한 한 격리하는 세미클로즈 가 주목되고 있습니다. 다양한 실적 데이터와 최신정보로 고객님에게 최적의 플랜을 제안 합니다 !

③ 최적의 재배환경의 식물공장 만들기

○ 온도 관리

- 작물의 재배관리의 중요한 포인트인 온도관리에는 온수를 순회시키는 온수난방이나 온풍방식, 히터 펌프 등 연료의 종류에 따라서 여러 가지 양식이 있습니다. 또한 최근에서는 발열 이용이나 발열순환이라고 하는 환경에 무해한 관리방식도 많이 사용하십니다.

○ 적절한 습도 조절

- 광합성을 최대로 하기 위해 적절한 습도관리는 매우 중요합니다. 제습기에는 난방, 히터 펌프는 물론이고 투과성이 우수한 스크린의 선정도 매우 중요합니다. 또한 가습을 위해서는 미스트장치 등의 도입이 중요합니다.

○ 필요불가결한 CO₂

- 작물이 광합성을 할 때 필요한 CO₂ 식물공장에서 광합성을 증진시키기 위해서는 하우스 내 CO₂ 농도를 대기보다도 높여야 할 필요가 있습니다. 하지만 보통 환기회수가 적어 CO₂가 기아상태가 되기 쉬운 하우스 내에서는 그것을 보충해주기 위해 CO₂발생기가 필요합니다.

○ 생육을 균일하게 하기 위한 공기순환

- 식물공장내의 작물은 균일하고 일정한 품질과 수량을 확보 하는 것이 중요하다. 이를 위해 작물군락내의 공기순환을 해서 생육이나 온도를 균일화하는 순환을 필요한 장소에 필요한 개수를 고려한 설치가 필요합니다.

④ 고품질 고수량재배의 실현으로

○ 구애 받는 땅의 고부가가치생산

- 토마토는 땅의 상태에 따라서 고품질을 요구하는 영액토경(영양이 풍부한 땅) 시스템, 지하를 조절하기 쉽게 하여 고수량을 달성하는 락울 재배시스템, 그 중간에 위치하는 유기부지 이용의 재배 시스템 등 '수확량 X 판매단가'를 실현 시키는 여러 가지 타입을 갖추고 있습니다.

○ 품질수량안정의 고 생산

- 안정한 품질과 수량을 위한 재배방식에는 년 간 300일의 장기 다단을 실

행하는 하이와이어 방식과 정식(모판의 모를 정식으로 심음)부터 수확의 사이클을 몇 번이나 반복하는 저단 밀식 등 여러 가지 재배방식이 있다.

○ 물과 비료의 관리

- 재배에서 중요한 포인트인 물과 비료의 관리는 작물의 종류에 맞춘 레시피를 기준으로 일사량에 맞춰 컴퓨터가 자동적으로 급수(및 비료)가 이루어집니다.

⑤ 이상적인 시설내의 환경 만들기

○ 광합성 속도의 최대화와 환경인자

- 작물생산의 기본은 광합성입니다. 광합성의 속도를 최대화시키기 위해서는 빛 에너지를 최대한으로 이용하여, CO₂와 물을 작물이 충분히 흡수할 수 있는 시설 내 환경을 만드는 것이 중요합니다. 이를 위해서는 빛, 온도, 습도, CO₂, 물, 비료 등을 생육에 맞춰 적절하게 관리하는 것이 중요합니다.

○ 환경제어에서 연동하는 기계

- 시설 내 환경 인자를 최적의 상태로 조절하기 위해서는 커튼 장치, 순환기, CO₂발생기, 난방기 등과 같은 여러 가지 기계를 적절하게 연동해 작동시킬 필요가 있습니다.

○ 농업을 공장화 시키는 컴퓨터 제어

- 식물공장의 운영에 있어서 시설 내 환경을 수직화 시키고 여러 가지 기계를 연동시켜 움직이게 할 필요가 있습니다. 그것을 적절히 작동시키기 위해서 컴퓨터에 따른 자동화는 필수적입니다.

⑥ 재배작물의 선정

○ 재배작물의 선정

- 현 시점에서는 주로 토마토, 파프리카, 장미, 딸기 등 작물에 실적이 있습니다. 그 외의 작물에 대해서도 상담 받습니다.

○ 재배품종의 특성

- 토마토라고 해도 미니 토마토, 중간 토마토, 큰 토마토 등 여러 가지 타입이 있습니다. 품종의 특성에 따라 그 역할이 다르기 때문에 사업의 목적이나 생산물의 판매가격에 맞는 품종선택이 필요합니다.

⑦ 채산(수입과 지출을 맞춰서 계산함)성이 높은 식물공장 만들기

- 식물공장을 비즈니스로 하는 재배 노하우
 - 식물공장에서 생산되는 것은 공장제품이 아닌 생산물(생명체)이기 때문에 정시적량생산은 지극히 어려운 비즈니스입니다. 하지만 저희 '홀티 파트너'에서는 다양한 데이터를 근거한 재배 노하우를 이용함으로써 리스크를 최소화 시키는 것이 가능합니다.
- 매상의 최대화 (수확량 X 판매단가)
 - 작물의 수확량을 최대화 시키는 고수량 타입, 부가가치가 높은 작물을 생산하는 고품질 타입 등 고객님의 사업의 방향성을 반영 하 매상을 최대화 시키는 다양한 식물 공장의 제안이 가능합니다.
- 경비의 최소화
 - 에너지 효율이 높은 설비설계 및 에너지 절약형 설비설계, 풍부한 운영 경험을 바탕으로 노동효율화 지원 등 총합적 시각으로 가격대비 효율 좋은 식물공장을 제안 합니다.

⑧ 새로운 스타일의 농업

- 과학에 근거한 농업
 - 식물생리 등의 기본적인 지식의 습득을 하실 필요가 있습니다만 사전에 PC에 기본 설정을 실행시키면 하우스 내의 기초 환경 만들기는 자동적으로 행해집니다.
- 자사농장운영에 따른 풍부한 경험
 - '홀티 파트너'에서는 쿠쿠무 농원, 칸진 Farm, 천엽대학 등의 참여기업에 따른 자사농업운영을 통해 풍부한 경험과 실적을 바탕으로 한 다양한 노하우를 제공하고 있습니다.

○ 세분화 시킨 일상작업

- 수확, 출하조사, 결가지 자르기, 결가지 유도 등 일의 내용을 세분화 시킨 단순작업이기 때문에 일하는 사람에게 특별한 기술을 요구하지 않습니다.

⑨ 사전연수부터 스킬 업까지

○ 사전연수

- ‘홀티 파트너’ 참여기업의 자사농장에서의 연수 프로그램을 준비 해 두었습니다. 실제 농장에서의 기본적인 지식 습득과 운영을 체험하심으로써 원활하게 시작하실 수 있게 됩니다.

○ 재배 실행

- 농장관리에 있어 곤란한 문제가 생겼을 때에는 재배기술자의 파견이나 온라인, 전화를 통해 어드바이스를 제공하는 제도가 마련되어 있습니다. 또한 실적이 풍부한 해외 컨설턴트와의 제휴에 따른 선단기술의 제공도 해 드립니다.

○ 스킬 업

- 보다 높은 수준의 농장운영을 목표로 스킬 업 시켜드리기 위해서 ‘홀티 파트너’에서는 공개강좌, 스터디 모임의 개설을 제공하고 있습니다.

⑩ 성공으로 이어지는 판로개척

○ 보다 안심되고 안전한 작물 만들기

- 식물공장에서 생산 되는 작물의 품질(맛)과 영양가는 토양에 비교해 좋습니다. 더욱이 식물공장 내부를 위생적인 화학농업으로 관리하고 있기 때문에 안전하다고 말할 수 있습니다. 또한 ‘홀티 파트너’에서는 JGAP인 증획득의 지원도 하고 있습니다.

○ 생산자측에서 계약재배에 부가가치를 창출

- PC에 따른 데이터관리로 인해 생산물의 출하예정일이 세워집니다. 정시정량이 가능하게 된다면, 계획출하가 가능하게 되고, 이를 통해 년 간 계약재배가 가능하게 되면 부가가치가 높은 계약이 성사 될 것입니다.

○ 규격외품의 상품화를 통해 활용도를 상향

- 생물체인 작물이 제품이기 때문에 완전 똑같이 만드는 것은 불가능 합니다. 규격외품에서 맛이나 영양 함유량을 똑같이 유지하기 위해서는 그것들을 유효 이용하는 가공품으로서 상품화를 하는 것을 제안합니다. 수익성을 높이는 것을 도와드립니다.

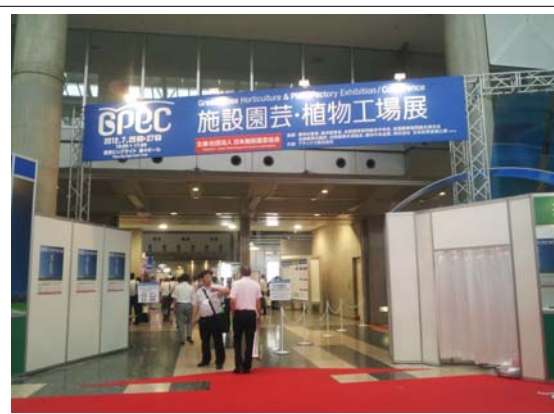
○ 출하지 등의 소개

- ‘홀티 파트너’에서는 자사농장에서 생산된 작물을 출하해 온 실적을 바탕으로 다양한 유통업자의 소개가 가능합니다. 또한 참여기업 중 식료부문을 갖고 있는 기업도 존재하기 때문에 판로개척의 어드바이스를 해 드리고 있습니다.

□ 전시장



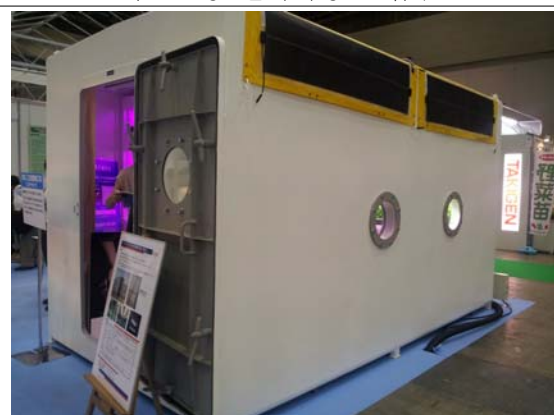
식물공장 전시회 접수



식물공장 전시회장 출입구



완전인공광 식물공장



컨테이너형 식물공장

□ 관련자 면담

<上原 茂(해외영업부 주임) >

- F-Clean 주식회사, 東京都 天代田 區岩本町 3-5-8

- F_clean은 설립도니지가 100년정도 된 회사임. 이 회사는 기존의 피복재를 개념을 떠난 신소재를 개발하는 회사로 농업용 비닐을 태양광을 충분히 이용해 이용할 수 있도록 신소재 비닐을 생산 판매하는 회사임.
- 광선 투과율이 94%로 시설안에서도 노지 재배와 비슷한 태양광을 받을 수 있는 피복재로 안전하게 주년 재배를 할 수 있도록 하는 비닐로 극한 지역에서도 열대지대에서도 열과 빛을 control 할 수 있어 기상 여건변화에 재배할 수 있도록 하는데 공헌한 회사임.
- 이 비닐은 내구성이 강해 20년 정도 사용 가능하며, 2중 피복, 3중 피복을 하지 않아도 보온에 문제가 없음.

<信州大學 植物工場 研究開發處>

- 신주대학에서는 선진식물공장연구육성센터를 운영하고 있음. 이 연구센터는 세계기준(ISO규격) 냉동 컨테이너를 기초로 자립적 완전제어형 식물공장 설비, 재배기술의 표준화를 목적으로 하고, 선진 식물공장 연구 육성센터(SU-PLAF)을 정비하고, 식물공장의 연구개발, 식물생육기술개발과 식물공장 관련 기업, 단체, 사업자에 대한 인재육성을 행하는 곳임.
- 기업과 연계하여 연구개발을 행하며, 7가지 테마를 가지고 연구개발함.
 - ① 식물공장의 야채재배, 육성 시스템의 개발
 - ② 광원설비의 개발: 형광관, LED 등의 실용적인 시스템 개발, 근적외광의 이용기술, 보광용 광원시스템, 광원제어기술 등
 - ③ 태양광 이용기술의 개발: 태양광도입설비개발, 태양전지이용시스템의 최적화, 신규태양전지의 개발
 - ④ CO² 공급제어기술의 개발: CO² 공급제어기술개발, 공장배기가스의 재

이용기술, 유해물질의 제거기술, 연료가스 재이용시스템 개발

- ⑤ 원격통신제어기술의 개발: 센서기술의 고도화, 간소화, 원격관측제어기술의 고도화, 간소화
- ⑥ 식물공장 설비의 개발: 컨테이너 식물공장의 고도화, 간소화, 수처리,술, 재배의 성력화, 효율화를 위하여 원격제어 로봇기술, 연료전지이용시스템
- ⑦ 시장 개척: 야채재배의 실용화와 유통시스템의 개발, 채소류 판매루트 개척, 컨테이너 식물공장 설비 판매 루트 개척

<(주) Nishiken >

- NK(Nishiken)식 식물공장은 상추를 파종에서부터 수확까지 45일이 소요
- 파종: 파종기에 의해 1번에 약 300립의 종자를 파종함.
- 육묘: 생육을 포함해서 육묘용 용기에서 2주간 육묘
- 정식: 육묘후 재배지에서 2주간 육성
- 수확: 재배지에서 무인반송차로 카트 장소로 이동
- 포장: 수확된 것을 1주당 1개씩 포장

플랜트 모델 개요

형식	재배면적		재배수조수	상품수 (1일당)
	m ²	평		
NK-03	1,000	300	65	4,000
NK-05	1,700	500	110	6,500
NK-07	2,300	700	150	9,000