

발간등록번호

11-1541000-001373-01

보안과제( ), 일반과제(●)

과제번호 109045-3

친수성 나노입자 코팅 원예용  
장기성 메탈로센필름 생산시스템 개발

(Development of producing system long-life  
agricultural Metallocene film that was coated  
hydrophilic sol-gel nano composites)

일신화학공업주식회사

농림수산물자료실



0001423

농림수산물부

## 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “친수성 나노입자 코팅 원예용 장기성 메탈로센 필름 생산시스템 기술개발에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2012 년 3 월 30 일

주관연구기관명 : 일신화학공업(주)

주관연구책임자 : 박 광 역

연 구 원 : 정 근 우

연 구 원 : 최 형 위

연 구 원 : 이 민 범

연 구 원 : 최 건 수

연 구 원 : 이 점 석

연 구 원 : 원 정 민

연 구 원 : 박 정 석

# 요 약 문

## I. 제 목

친수성 나노입자 코팅 원예용 장기성 메탈로센 필름 생산시스템 개발.

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 목 적

국내 장기성 코팅형 필름 산업의 근간을 흔들고 있는 일본 장기성 코팅 Film의 국내 원예 시설농가 잠식에 대응하기 위하여 순수 국내형 고품질 장기성 코팅Film을 개발하고 이를 생산, 보급하여 매년 발생하는 시설원예 피복자재 구입, 교체 비용 및 폐기물 처리비용 등의 농업 경영비 감소 시키고, 최소의 비용으로 최대의 수익을 도와 농가의 수익을 증대 시키며 침체되어 있는 국내 농업관련 산업의 동반 발전과 시설원예의 녹색 성장에 기여한다.

### 2. 필요성

한-미 FTA, EU FTA, 한중일 FTA의 체결에 따라 국내의 농산업에 적지 않은 피해가 우려되고 있으며 일부 현실화 되고 있다. 더욱이 최근 국제원유가의 불안한 행보로 인하여 시설원예 피복제의 주 원료인 나프타 가격이 상승하고 있어 국내 정유사들의 원료 공급가격이 상승하고 있고 수익성이 떨어지는 농업용 Grade 일부는 생산량을 감축하고 있는 실정이다. 근래 태양광 전지 사업의 투자, 지원이 강화되는 반면 농업용 산업에 대한 지원 및 보호 장치가 마련되지 않아 국내 농산업의 존폐가 많은 위협을 받고 있다. 원예용 Film Resin을 생산, 공급하는 국내 정유사들도 원예용 LDPE, EVA의 생산 공급량을 축소 또는 Resin 생산을 중단하고 고수익이 발생하는 태양광용 Grade로 전환하여 축소된 원예용 Grade의 품귀현상이 발생하고 있다. 실제로 원예용 Film Resin의 원가가 2010년부터 매월 10% 이상 꾸준히 상승하고 있으며 원예용 Film 제조업체들의 도산이 속출되고 있다. 결국, 이러한 폐해는 원예용 시설 피복제 값의 상승 및 품귀현상이라는 현실로 다가와 원예시설을 이용하는 농가에 고스란히 전담되며 향후 수년 내에 우리나라의 농산업 전체가 도산 될 수 있는 위협에 노출 되어있다. 또한 일본의 선진기술이 국내 원예시설 시장을 잠식하고 있으며 구매자금의 50% 정도를 지자체 보조사업 등을 통하여 지원하여 매년 100억원 이상의 국고가 일본으로 유출되는 실정이다. 이에 국내의 순수기술을 가지고 생산한 국산형 장기성 코팅Film을 농가에 보급하여 농가소득 증대 및 국고의 유출을 방지하도록 국가적인 차원에서 한층 증진시킬 기회를 마련하는 것이 필요하다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 연구의 범위

세계 최고의 기술력을 가지고 있는 일본의 장기성 코팅Film의 품질수준에 대응할 수 있는 순수 국내형 장기성 코팅Film의 개발을 위하여 내구성과 투명성이 우수한 수지를 적용하고 코팅성능 향상 및 유적효과를 극대화 할 수 있는 생산 시스템을 개발하여 제품의 생산원가를 80% 이하의 수준으로 낮춘 대량 생산체계 구축 방안을 강구한다.

#### 2. 연구 내용

- 시설원에 피복제의 기계적 물성과 투명성을 향상시키기 위하여 메탈로센 수지의 공압 출법을 개발함.
- 영구적인 유적성능 및 방무 효과를 지속 시킬 수 있도록 Silane계열의 나노입자 친수성 코팅 Solution 조성비를 개발함.
- 코팅 System(코로나 방전처리, 건조라인 System)의 안정화 기술을 통하여 나노입자 코팅 Solution의 코팅력을 강화할 수 있는 방법을 강구함.
- 소재 국산화와 공정 안정화 등을 통하여 원가 80% 절감 효과를 달성할 수 있는 양산 System 구축하고 보급하여 국내 시설원에 피복농가의 농업경영비 감소.

### Ⅳ. 연구개발결과

- 국내최초 시설원예용 장기성 코팅필름 ‘솔라리움’ 개발.
  - 순수 국산기술을 이용한 시설원예용 장기성 코팅 필름 ‘솔라리움’을 국내최초로 개발.
  - 2011년 184톤 매출 달성.
- 장기성 코팅 필름 지적재산권 획득 및 추진.
  - 장기성 코팅필름 ‘솔라리움’ 상표 등록.
  - ‘친수성 나노입자를 코팅한 농업용 다층 구조의 합성수지 필름 및 그 제조방법’ 특허 출원 완료. (진행 중)
- 학회 및 포럼 참가.
  - 2009년 원예학회 춘계 논문발표 대회 참가.
  - 2011년 식물환경 조절학회 포럼 포스터 발표.
  - 2012년 녹색기술 포럼 포스터 발표

### Ⅴ. 연구성과 및 성과활용 계획

- 국내 장기성 코팅필름 제조 기술 선점.
- 상품화를 통한 매출 향상.
  - 2011년 매출 실적 2,400,000,000원 달성.
- 장기성 코팅필름 신규 생산라인 추가 도입.
- 중국 원예용 필름 제조업체 In-Line 코팅 시스템 기술이전.

## SUMMARY

### 1. Title

Development of producing system long-life agricultural metallocene film that was coated hydrophilic sol-gel nanocomposites.

### 2. Summary

There is hot issue to develop coating system and coated film with hydrophilic agent that manufacture agriculture metallocene film to use greenhouse cultivation in Korea. Specially, producing long-life film coated hydrophilic sol-gel nano-composites. The basic purpose of this study is localization of Japanese products which is imported items that coated film. Greenhouse farmers' desire is to use longer and longer which is under the high transparent and non foggy condition. That one cover can use 5 years which is not necessary to use replacement every year is main purpose in this study(with 150 micron thickness film). Long-term use is not only its lifetime of plastic film but also anti-condensed application. out of the film formulation in 100days after cover on greenhouse roofs. It is very productive to cultivate in protected horticulture under the constant drop-less covering greenhouse films which made coating-drying performance. This article scheme can keep up drop-less as well anti-fog feature during its life on greenhouse cover under the sun. Currently, technology is unable to prevent condensation. However, by adding an anti-condensation, it becomes possible to reduce some of the disadvantages of condensation, such as preventing drop formation on the film (reduction of light transmission) and dripping (crop damage). The additive creates a thin layer of water, which is being lead from the film, allowing for optimum radiation. But this type of additives has not durability of the life of anti-drop effect on film. The additives breed out of the film formulation in 100days after cover on greenhouse roofs. In this study, we intend to invent more effective coating system instantly after blown extrusion in-line manufacturing process. For the purpose of development of this system, we have to design the coating and drying device as well as hydrophilic chemical agent on the surface of metallocene polyethylene film. Constant drop-less greenhouse covering film which is a long cherished desire will expedite the progress of horticultural industry in the future.

Farmers who use this product can promote their productivity in aspects of incomes to cultivate high quality and saving labor cost and saving management cost.

## CONTENTS

### Chapter 1 Overview of Research and Development Project

- (1) The purpose and necessity of research and development

### Chapter 2 Domestic and international technology developments

### Chapter 3 Contents and results of research performed

- (1) Characterization of the greenhouse coverings at domestic and abroad
- (2) Development of Long-term greenhouse coverings which's Base resin & extrusion System
- (3) Hydrophilic Coating Solution development of nanocomposites
- (4) Development of stabilization technology for the coating of Coating Solution
- (5) Evaluation of nanocomposites hydrophilic coating metallocene film which use in long-term greenhouse cultivation
- (6) Conclusion of this projects

### Chapter 4 Goals attainment and the related contribution to the field

- (1) The objectives and content of this research
- (2) The attainment of development and research goals
- (3) Contribution to the development of related technology skills

### Chapter 5 Plans for research and development results and performance

### Chapter 6 The abroad scientific and technical information which is gathered from the research process

# 목 차

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

### 제1절 연구개발의 목적 및 필요성

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

## 제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

### 제1절 국내외 시설원예용 필름의 특성 분석

### 제2절 장기성 피복재의 Base Resin 선정 및 최적의 압출공정 System 개발

### 제3절 나노입자 친수성 Coating Solution 개발

### 제4절 Coating Solution의 코팅 안정화 기술 개발

### 제5절 친수성 나노입자 코팅 원예용 장기성 메탈로센 필름의 평가

### 제6절 연구개발 수행과제 결론

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제1절 연구개발 목표 및 내용

### 제2절 연구개발 목표의 달성도

### 제3절 관련기술의 기술발전 기여도

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

## 제 7 장 참고문헌

# 제1장 연구개발과제의 개요

## 제1절. 연구개발의 목적 및 필요성

최근 수년 전부터 국내의 산업 전반이 IT 및 태양광 산업으로 무게를 싣는 동안 농업용 산업에 대한 지원 및 보호 장치가 마련되지 않아 국내 농산업의 존폐가 많은 위협을 받고 있다. 원예용 Film Resin을 생산, 공급하는 국내 정유사들도 원예용 LDPE, EVA의 생산 공급량을 축소 또는 Resin 생산을 중단하고 고수익이 발생하는 태양광용 Grade로 전환하고 있는 실정이다. 이로 인한 축소된 원예용 Grade의 품귀현상으로 원예용 Film Resin의 원가가 2010년부터 매월 10% 이상 꾸준히 상승하고 있으며 원예용 Film 제조업체들의 도산이 속출되고 있다. 결국, 이러한 폐해는 원예용 시설 피복재 값의 상승 및 품귀현상이라는 현실로 다가와 원예시설을 이용하는 농가에 고스란히 전담되며 향후 수년 내에 우리나라의 농산업 전체가 도산 될 수 있는 위협에 노출 되어있다.

이미, 우리나라의 시설작물 재배면적은 94,508ha(2007년, 통계청)으로 1985년 32,000ha와 비교하여 300% 가까이 확장된 면적이다. 이는 국민소득의 증대와 더불어 채소 및 과채류 소비의 증가에 따른 결과이며 전체 농업 GDP 중 시설원예 부문이 차지하는 비중이 5%(1990년)에서 13%(2005년)으로 약 3배가량 증대되었다. 시설원예 분야는 이제 국민 생활과 밀접한 연관을 가지면서 생산성 향상 및 재배환경 개선을 위해 관련 산업의 기술개발의 필요성이 대두되고 있는 실정이지만 현재로서는 정책적으로 아무런 보호 장치가 마련되지 않아 그 어려움이 더욱 가중되고 있다.

또한 한미 FTA, EU-FTA, 한중일-FTA라는 거대 장벽과 불안정한 국제원유가격, 2008년 발생한 미국발 국제 금융위기 등은 농업전반은 물론 시설원예 분야에서도 꾸준한 경영비 상승을 유발하여 우리나라의 농업경제를 파탄으로 내몰고 있다. 또한 농촌인구의 고령화로 인한 노동력 부족과 해외 Major 업체의 국내 농업시장 잠식으로 우리나라의 농업 및 관련 산업의 경쟁력이 상당히 위축되고 있는 실정이다.

시설원예용 기능성 필름은 하우스 안에서 물방울이 맺히지 않고 필름 면을 따라 흘러내리게 하여 하우스내의 투광량을 높이며 수분으로 인한 하우스 병해를 최소화 시키는 유적기능 소재가 첨가 되어있다. 국내에서 제조되는 모든 원예용 기능성 필름은 이러한 유적기능을 수행하는 소재가 필름 내부에 처방되어 제조되므로 경시에 따라 화학반응을 일으켜 필름 내부에서 외부로 자연스럽게 Migration 되어 유적기능을 수행한다. 하지만, 일정기간이 경과 되면 내부에 있는 유적소재가 모두 외부로 이행되어 유적기능을 상실하게 된다. 대부분의 시설원예 농가는 이로 인하여 매년 피복된 필름을 새것으로 교체해야 하는 번거로움이 발생한다. 더구나 농촌인구의 고령화로 인하여 필름 피복 시, 시설 시공업체에 의뢰하며 인건비, 폐기물 처리비용 등 매년 추가적인 비용이 발생하게 된다.

본 연구개발은 유적기능을 영구적으로 지속 가능하게 하여 이러한 농가부담을 줄이고 농가 소득을 극대화하며 산업폐기물을 1/5로 감소시켜 농산업의 녹색성장을 도모할 수 있는 장기성 유적필름을 개발하고자 한다.



## 제2절. 연구개발의 범위

세계 최고의 기술력을 가지고 있는 일본의 장기성 코팅Film의 품질수준에 대응할 수 있는 순수 국내형 장기성 코팅Film의 개발을 위하여 내구성과 투명성이 우수한 수지를 적용하고 코팅성능 향상 및 유적효과를 극대화 할 수 있는 생산 시스템을 개발하여 제품의 생산원가를 80% 이하의 수준으로 낮춘 대량 생산체계 구축 방안을 강구한다.

## 제2장 국내외 기술개발 현황

일본의 경우, 1990년대부터 미쯔비시, 세끼쓰이, 쓰미토모 등 대기업에서 막대한 자본과 기술력을 가지고 장기성 코팅 필름을 제조, 판매 하고 있으며 자국의 첨가형 필름 제조산업 및 관련시장의 보호육성을 위하여 한정적인 수량만 자국에 판매하고 나머지는 수출하는 방식의 시장구조를 형성하고 있다.

미쯔비시의 경우, 장기성 코팅필름을 제조하는 원재료 생산부터 필름 제조설비까지 보유하여 원스톱으로 생산관리가 가능하여 높은 기술수준을 보유한 것으로 알려져 있다. 현재 GH501, GH030 등 장기성 코팅필름용 Grade를 국내 및 중국 등에 판매하고 있으며, 2012년 사우디에 25만톤/년 생산 가능한 원료 생산라인을 구축하는 등 장기성 코팅필름 시장에 주력하고 있다.

최근, 오카모토 외 다수의 업체들이 장기성 코팅필름 시장에 뛰어들었으며 장기성 필름의 품질이 지속적으로 향상되고 있고 현재도 EPPE와 같이 장기성 필름용 전문 수지개발을 통하여 지속적인 연구와 투자가 이루어지고 있다.

국내의 경우, 90년대 후반 국내 원예용 필름 제조업체 일신화학에서 장기성 코팅필름의 필요성을 인식하여 기술이전을 위하여 미쯔비시와 접촉을 시도하였으나, 천문학적인 로열티 요구로 인하여 일본 선진 기술의 국내 도입은 무산되었다. 이후 국내 독자기술을 가지고 10여 년간 장기성 코팅필름 개발을 시도하였으나, 중소기업이 감당하기 힘든 연구개발에 대한 투자 지원의 한계로 인하여 막대한 투자로 일궈낸 일본의 기술을 따라잡기에는 역부족이었다.

국내의 장기성 코팅필름 개발이 독자적으로 진행되고 있는 틈을 타고 일본산 장기성 코팅필름이 국내 원예용 필름 시장을 잠식하여 2002년 10여 톤에 불과했던 장기성 필름 수입량은 2010년 기준 800톤까지 확대되는 등 1000톤 규모의 국내 장기성 필름 시장을 일본산 장기성 코팅필름이 석권하다시피 하고 있다. 최근, 일신화학공업(주)에서 농림기술개발 사업을 통하여 연구비를 지원 받아 국내최초 한국형 장기성 코팅필름 ‘솔라리움’을 출시하였으며, (주)태광뉴텍에서도 일본 필름제조 업체와의 기술제휴를 통하여 장기성 코팅 필름 ‘아조래’를 출시하여 국내 장기성 코팅필름의 국산화를 선도하고 있으나 아직 일본 장기성 코팅필름에 밀리고 있는 형국이다.

일본산 장기성 필름 가격이 일반 필름에 비해 2배 이상 높음에도 불구하고 국내 시장 점유율을 높일 수 있었던 결정적 요인은 구매자금의 일부를 지원하는 지방자치단체 보조사업 때문으로 풀이된다. 지방자치단체마다 차이는 있지만 대개 구입비용 중 50%를 보조(도비 10%, 군비 40%)해주고 있다. 문제는 장기성 필름 보조사업을 일본산이 장악하면서 매년 수 십 억원의 혈세가 일본으로 건너가고 있으며, 심지어 일부 지방자치단체는 장기성 필름 지원사업 조건을 일본산 제품에 한정하고 있어 ‘솔라리움’과 ‘아조래’ 같은 국산 장기성 코팅필름이 보급되는 데에 커다란 걸림돌이 되고 있다.

## 제3장 연구개발 수행내용 및 결과

### 제1절. 국내외 시설원예용 필름의 특성 분석

원예용 시설 피복재는 중요한 두가지 기능이 요구된다. 필름의 표면에 물방울 맺힘을 방지하는 유적기능과 야간의 보온력을 최대한 유지시켜 주는 보온기능이다. 유기계 계면활성제를 고분자 물질에 혼합 사용하여 생산한 시설원예용 피복재는 필름 표면으로 계면활성제가 이행(Migration)되어 피막을 형성하고 수분과 접촉 시 필름의 표면장력을 증가 시켜 물방울이 필름 표면을 따라 펼쳐지게 되고 중력에 의하여 필름 표면을 따라 지표면으로 물이 흘러 내리게 되는데, 이를 유적성(流滴性)이라고 한다. 또한, 겨울철에 사용되는 시설원예용 필름은 야간의 원예시설 내 온도저하를 막기 위하여 높은 보온력을 요구하므로 필름의 제조 공정 시, 무기제를 첨가하여 원예시설 내의 열적외선 방출 억제를 통한 야간 보온효과를 증대시킨다.

본 연구과제의 수행에 앞서 위에서 언급한 피복소재의 특성을 해외필름의 품질 수준과 비교 분석하여 국내의 장기성 코팅필름의 기술 한계 및 가능성을 검토하였다.

#### 1. 첨가형 피복재와 코팅형 피복재의 유적 특성 분석

첨가형 피복재와 코팅형 피복재의 유적 경시 비교 실험하기 위하여 첨가형 필름은 국내에서 제조 판매되는 'I사'의 두께 0.06mm의 삼층구조로 제작 된 기능성 Film을 사용하였으며, 코팅형 필름은 일본에서 수입되어 시중에 판매되고 있는 'M사'의 두께 0.15mm의 장기성 코팅필름을 사용하였다. 실험은 2009년 5월 11일부터 6월 1일까지 총 3주간의 경시 상태를 관찰하였으며, Water Bath 내의 물온도는 50℃로 설정하였고 상온(20±3℃) 상태의 항온실에서 실험을 진행하였다. 이때 Water Bath의 상하 경사각은 5°로 설정하여 물방울이 상단에서 하단쪽으로 흐를 수 있도록 기울기를 조절하였다. 첨가형 피복재는 경시가 지속되면서 필름 내에 함유되어 있던 유적제가 외부로 이행되어 경시 15일 경과 시부터 물방울이 흘러내려 하단부분부터 유적성능이 소멸되는 현상이 나타났다. 반면 코팅형 필름은 첨가형 필름 대비 필름 표면의 유적상태가 깨끗하지 않았지만 유적 경시 기간 동안 유적제의 소진 없이 지속적인 유적 현상을 나타냈다.



(a) 첨가형 초기

(b) 첨가형 1주일 경과

(c) 첨가형 2주일 경과

(d) 첨가형 3주일 경과



(e) 코팅형 초기      (f) 코팅형 1주일 경과      (g) 코팅형 2주일 경과      (h) 코팅형 3주일 경과  
 그림1. 첨가형 필름과 코팅형 필름의 초기 & 15일 경과 유적비교

## 2. 국내,외 장기성 피복재의 특성 분석

국내,외 장기성 가운데 필름의 특성분석에 이용된 시료는 국내 장기성 필름과 캐나다 장기성 필름, 일본의 코팅형 장기성 필름이다. 서울시립대 환경원예학과에서 입수한 캐나다 수입제품은 Bubble형 장기성 2중 에어필름으로 유적제 첨가형이며 피복 2년차 이상부터 액상 유적제를 필름 표면에 Spray Coating 하여 강제적으로 유적 성능을 발현시키는 Type이다. 두께는 150 $\mu$ m이며 FT-IR로 분석 결과 보온특성을 나타내는 구간(1,400~700( $\text{cm}^{-1}$ ))이 그리 넓지 않은 면적으로 분포되어 있어, 보온제가 다소 첨가되어 있는 것으로 판단된다.(그림4참조) 하지만 첨가된 보온제의 효과보다 Bubble 상태의 2중 피복 설치형태가 시설내의 보온 유지에 더욱 효과적으로 이용되는 것으로 판단 된다. 또한, 광선투과율은 타 수입제품보다 20% 정도 낮았으며 흐림도도 국내 장기성 보온필름(12%)에 비하여 21.7%로 2배 가까이 차이가 있어, 2중의 형태로 피복 시 시설내의 광량 확보는 더욱 어려울 것으로 보인다. 하지만 그림5에서 380nm 이하의 자외선차단 효과가 가장 우수해 해충이나 곰팡이균으로 인한 질병 요인을 억제하여 작물 병해 관리에는 보다 유리한 것으로 판단된다. 물성은 국내 필름과 크게 차이가 나지 않은 것으로 보아 일반 PO계 수지를 이용하여 제조 한 것으로 판단된다.

	두께 ( $\mu$ m)	인 장 강 도 ( kgf/cm <sup>2</sup> )		신 장 율 ( % )		인 열 강 도 ( kgf/cm )		HAZE
		TD	MD	TD	MD	TD	MD	
국내 필름	150	234	242	867	609	121	101	12.0
캐나다 필름	150	242	227	843	711	120	110	21.7
일본 필름	150	330	348	1118	976	129	118	9.3

표1. 장기성 가운데 국내, 해외 피복재의 물성 비교

일본 수입제품은 메탈로센(m-LLDPE)을 Base Resin으로 하여 필름 표면에 유적제를 코팅한 장기성 코팅 제품으로 일반 PO계 필름에 비하여 물성과 투명성이 30~40% 정도 우수한 특

성을 가지고 있다. 우리나라에서는 주로 용융지수(MI) 0.3~0.8g/10min, 밀도(Density) 0.91~0.93g/cm<sup>3</sup> 정도의 PO계 수지를 사용한다. 이는 가공 기술상 큰 어려움이 없고 제품 또한 양호한 품질을 얻을 수 있기 때문이다. 반면 일본의 코팅 필름은 최소의 내구성이 4년을 기준으로 설계되므로 용융지수 1.0~3.0g/10min, 밀도 0.910g/cm<sup>3</sup> 이하의 메탈로센 수지를 사용한다. 메탈로센 수지는 기계적인 물성, 투명성 등이 우수한 특성을 가지고 있지만, 분자의 분포도가 PE 수지에 비해 현격히 좁기 때문에 필름 제조시 가공상의 상당한 어려움이 따르지만, 일본 장기성 필름의 경우 첨단 기계적인 설비 보완으로 생산하여 최종제품의 특성을 강화하고 있다.

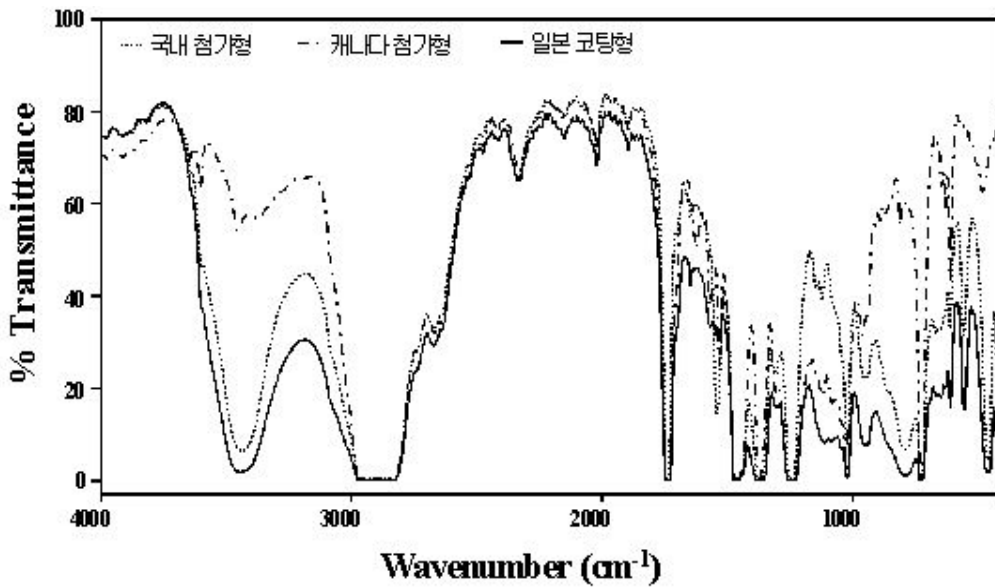


그림2. 국내,외 보온필름 분광투과 특성 비교(FT-IR)

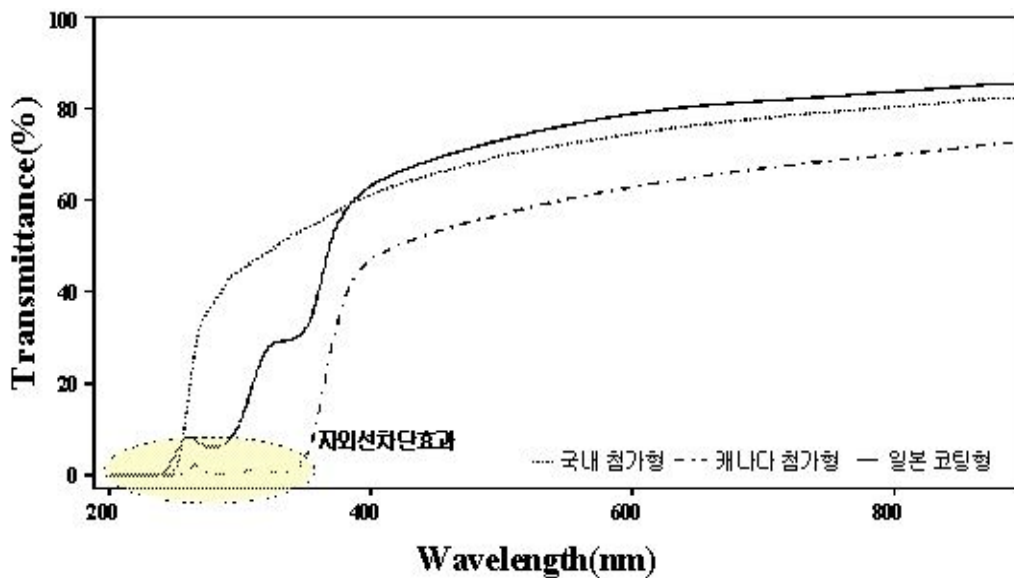


그림3. 국내,외 보온필름 광선투과율(UV-VIS)

### 3. 국내 코팅 필름의 기술적 수준 분석

#### 가. 수입제품의 기술적 수준 분석

기존 시판되고 있는 일본 장기성 코팅필름을 입수하여 열적 성질 및 구성 성분을 알아보고 Test 제품의 열적 성질을 알아보기 위하여 시차주사열량계(DSC, NETZSCH F3)를 사용하였다. 질소 분위기 하에서 승온 속도 20°C/min으로 측정하여 시료의 용융점( $T_m$ )을 측정하였다.

주사전자현미경(SEM)을 이용하여 시료의 표면 및 단면을 관찰, 그 구성비를 알아보았다. 시료의 표면 관찰은 육안상 깨끗한 면을 채취하여 관찰하였으며, 단면 관찰은 필름 형태의 시료를 액체 질소 속에 넣고 급냉시켜 분질시킨 후 주사전자현미경을 사용하여 단면을 관찰하였다.

푸리에 변환 적외선 분광기(Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR)를 사용하여 기존 시판품(입수품)의 구성 성분을 파악하였으며, 그 특징을 알아보았다. 또한 본 연구에서 실험한 제품의 IR 특성도 파악함으로써 기존 입수품과 비교를 해보았다.

본 연구에서 실험에 앞서 현재 시판되고 있는 장기성 코팅 필름(일본 제품)의 특징을 알아보았다. 기계적 성질, FT-IR, DSC 및 SEM을 측정하여 필름의 특성을 파악 해 보았다.

여러 경로를 통하여 입수한 4종의 코팅필름(S제품, V제품, D제품, A제품)의 기계적 성질을 측정한 결과를 표 2에 나타내었는데, 그 결과 인장강도의 경우 TD와 MD 모두 300kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 높은 수치를 나타내었다. 그리고 신장율 역시 높은 값을 나타내는 등 뛰어난 기계적 성질을 나타내었다. 또한 필름에 친수성 코팅액을 코팅 시 문제가 될 수 있는 투명도 역시 높은 값을 나타내었다. HAZE meter를 이용하여 HAZE 값을 측정한 결과 8.5~9.3%의 영역에서 나타난 것을 확인할 수 있었다.

	두께 ( $\mu\text{m}$ )	인장강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )			신장율 (%)		인열강도 (kgf/cm)		HAZE (%)
		YP	TD	MD	TD	MD	TD	MD	
S제품(일본)	100	98	360	358	894	791	131	129	8.8
V제품(일본)	75	107	377	318	908	717	141	132	8.5
D제품(일본)	150	82	330	348	1118	976	119	118	9.3
A제품(일본)	100	88	316	330	811	704	124	116	9.0

표2. 입수품의 기계적 성질

물성 테스트 제품 중 두께가 약 100 $\mu\text{m}$ 를 기준으로 하는 SRE 필름과 아그리스타 필름 두 종류의 FT-IR을 측정함으로써 각각의 구성 성분을 알아보았다. FT-IR 만으로 정확한 성분 분석을 하기는 어려우나, 대략적인 구성 성분은 알 수 있다.

그림4. 에 FT-IR 측정 결과를 나타내었다. 약  $1750\text{cm}^{-1}$  부근에서 깊은 피크가 나타나는 것을 볼 수 있는데, 이것으로 보아 EVA가 다소 포함되었다는 것을 알 수 있었으며,  $750\text{cm}^{-1}$  부근과  $1250\sim 1500\text{cm}^{-1}$  부근에서 PE의 전형적인 피크도 나타나는 것을 확인함으로써 본 입수품은 PE와 EVA가 Blending되었다고 추측할 수 있다.

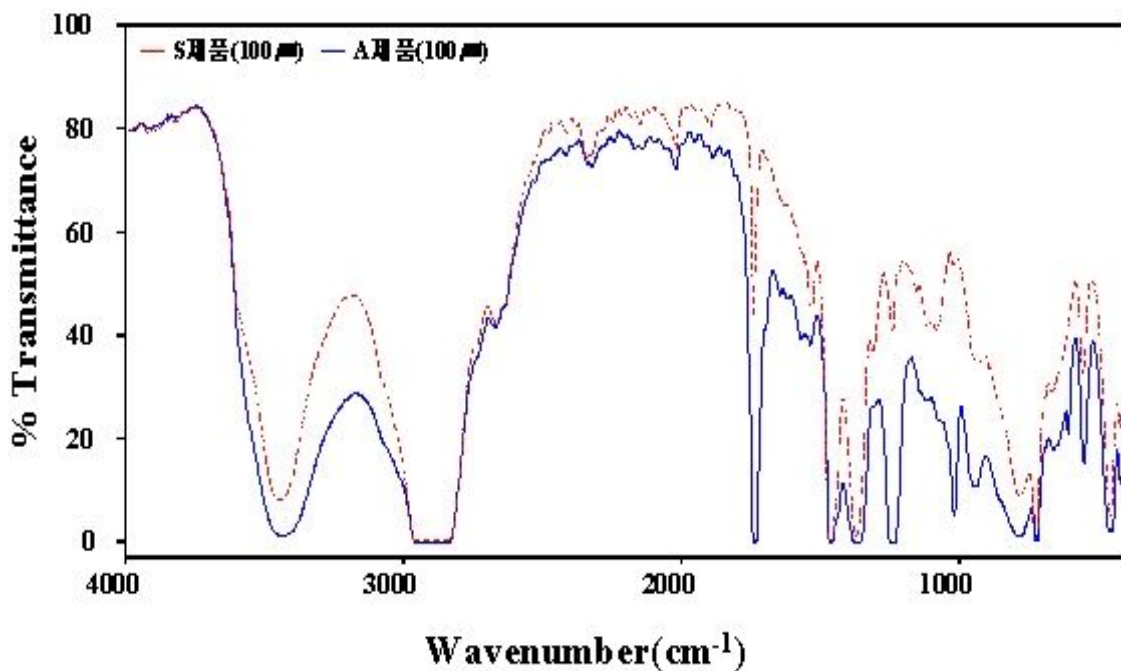


그림4. FT-IR spectra of coating films.

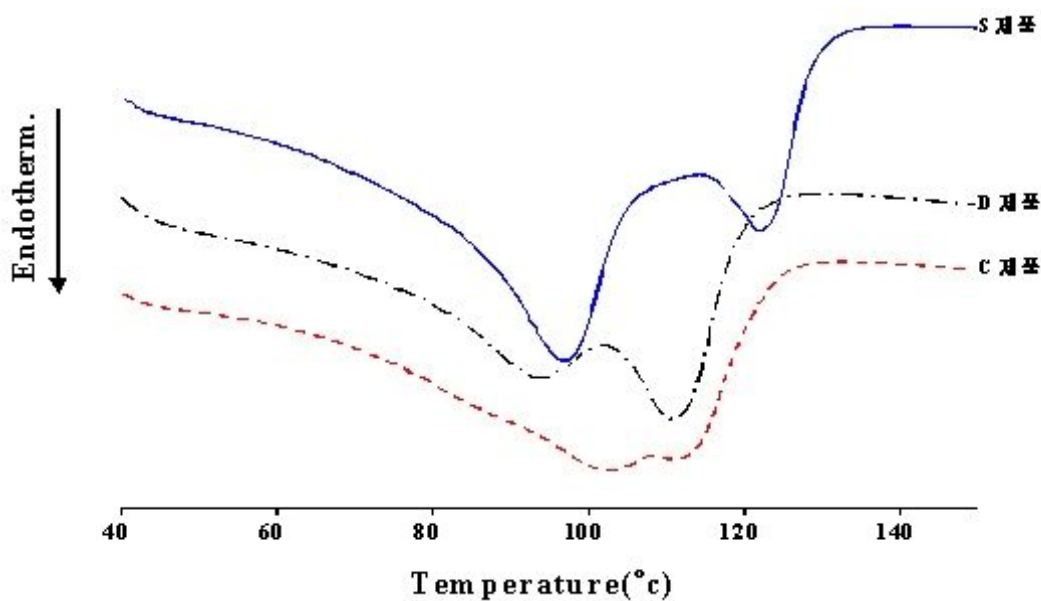
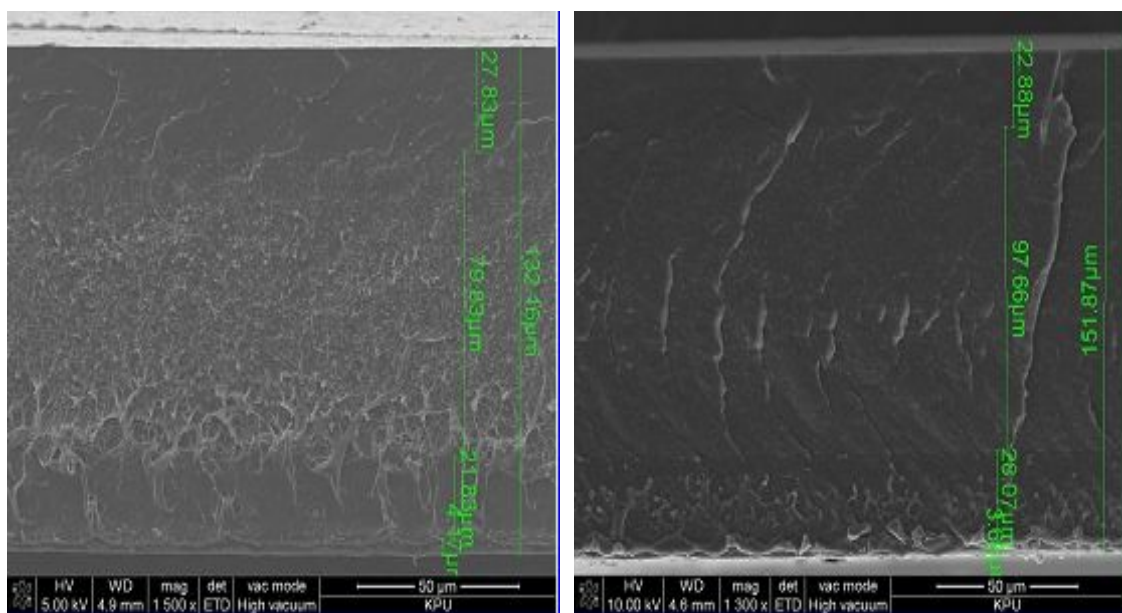


그림5. DSC thermograms of coating films.

입수품의 열적 성질을 알아보고, 그것을 통하여 각 구성 성분을 파악하기 위해 DSC를 측정 한 결과를 그림6에 나타내었다. 그 결과 Double Peak를 나타내었다. 이는 두 가지의 물질이 Blending된 것으로 판단할 수 있는데, Peak의 온도 영역을 보면 D제품이 93℃와 110℃에서, C제품이 102℃와 113℃에서, 그리고 S제품이 93℃와 122℃에서 각각 피크가 나타났다. 관련 문헌을 살펴보면 LDPE의 경우 용융점이 105~112℃, m-LLDPE의 경우 116~126℃, EVA는 80~105℃ 사이에서 나타나는 것을 알 수 있다. 이것으로 보아 본 연구에서 진행된 입수품의 열분석 결과 C제품은 m-LLDPE에 가공의 안정성을 위하여 LDPE가 Blending되었고, D,S제품은 m-LLDPE와 EVA가 각각 Blending되어 있는 것으로 판단되며, 이는 FT-IR의 측정 결과 PE와 EVA가 Blending 되어있다는 결과와 일치한다.

그림6에 입수품의 단면을 SEM을 이용하여 찍은 사진을 실어보았다. SEM은 경기도 시흥시에 소재한 한국산업기술대학 고분자대학원 연구실에서 진행하였다. 촬영 결과, 보는 바와 같이 3-Layer로 구성되어 있으며, 내 / 중 / 외층이 확연히 구분되어 있는 것을 볼 수 있다. 같은 시료라도 측정 한 부분에 따라서 오차가 있을 수 있으므로 정확하게는 판단할 수 없으나 각 층간의 비율을 살펴보면 C제품이나 H제품 필름 모두 내 / 중 / 외층의 비율이 2 / 6 / 2 정도로 이루어진 것을 확인하였다. 다른 입수품의 경우 SEM 측정 시 시료 준비 과정에서 이루어져야 하는 단면 파단 과정이 쉽게 진행되지 않아 파단이 가능한 필름의 단면만 관찰하였다.



C제품

H제품

그림6. SEM photographs of coating films.

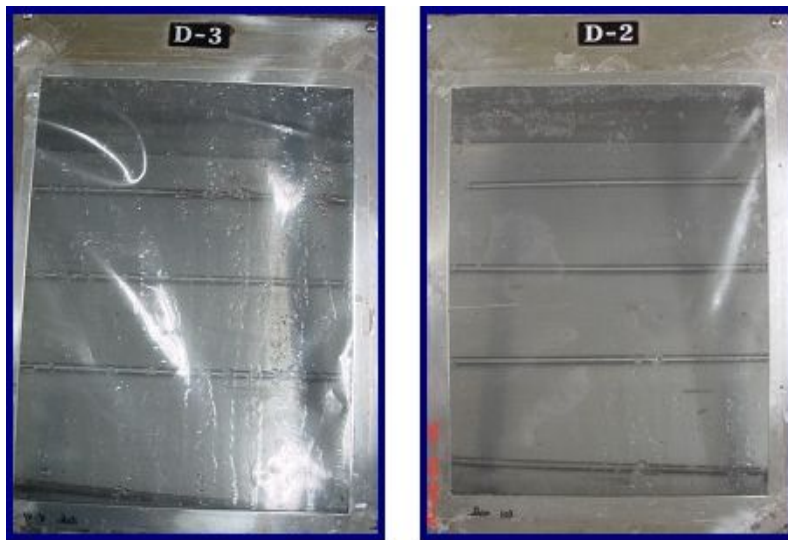
지금까지의 Lab Test의 결과 현재 호평을 받고 있는 일본 코팅 필름의 경우 PE 한 가지로 구성 되어있는 것이 아니라 EVA가 다소 포함되어 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 SEM 측정 결과에서도 알 수 있듯이 내 / 중 / 외층의 비율이 약 2 / 6 / 2 정도의 비율로 이루어



진 것도 확인 하였다.

나. 국내 장기성 코팅필름의 기술적 수준 분석

국내 장기성 코팅필름과 일본에서 수입한 장기성 코팅필름의 유적 및 투명성, 코팅력을 비교 평가하였다. 초기의 유적 성능은 국내 코팅필름이 다소 양호하나 지속성은 일본의 코팅필름이 우수하다. 또한, 유적 건조 시 필름의 투명성을 HAZE Meter로 비교한 결과, 국내 코팅필름의 코팅제는 일본 코팅필름에 비하여 Water Bath 피복 전보다 높게 측정되었다. 일본 코팅필름은 피복 전(10.7%), 후(11.4%)의 투명성이 크게 달라지지 않았다.



(a) 국내 장기성 코팅 필름 (b) 일본 장기성 코팅 필름

그림7. 국내 장기성 코팅필름과 일본 장기성 코팅필름 유적 경시 30일 경과 비교



(a) 국내 장기성 코팅 필름 (b) 일본 장기성 코팅 필름

그림8. 국내 장기성 코팅필름과 일본 장기성 코팅필름의 수분 건조 시 투명성 비교

	원 단	초기 HAZE	유적 거취후
국내 장기성 코팅 필름	9.7	13.2	19.1
일본 장기성 코팅 필름	9.9	10.7	11.4

표3. 국내,외 장기성 코팅필름 HAZE 비교

각 시료의 코팅층 일부분을 흐르는 수돗물에 일반 세척비누를 이용하여 씻어 낸 후 유적 성능을 비교하였다. 그림9의 국내 코팅필름은 씻어낸 부분의 코팅층이 박피되어 있는 것이 육안으로 확인 되었으나, 일본 코팅필름은 여전히 유적성능을 발현하고 있었다.



그림9. 국내 장기성 코팅필름과 일본 장기성 코팅필름의 유적 코팅막 세척 후 유적 경시 비교

위와 같이 국내 시설원예용 필름과 일본 장기성 코팅필름의 특성을 비교 분석 해보았다. 현재, 국내의 장기성 필름 제조 기술은 말 그대로 걸음마 수준이며 일본의 장기성 코팅필름에 비하여 광투광성, 유적 지속성, 물성, 내구성 등 모든 부문에서 70~80% 수준 정도밖에 못 미치는 결과를 나타냈다. 본 연구의 진행 방향도 앞선 선형 기술 조사에 의거하여 방향을 설정하여 수행하고자 한다.

## 2절. 장기성 피복재의 Base Resin 선정 및 최적의 압출공정 System 개발

일본 장기성 코팅필름은 최대 폭 500cm (필름 접은 폭)이하의 압출기에서 제조되며 하우스 폭 10m 이상 되는 시설에 피복이 필요한 경우 동일 제품을 필요한 규격 만큼 Welding하여 후가공을 시행하고 있다. 이와 같은 후가공이 이루어졌을 경우, Welding이 되는 이음부분의 소재는 유적기능이 없어 그 부분에서 물방울이 맺히는 경우가 발생하고 Welding 작업시 스크러치 등에 의해 코팅막이 박피 되어 유적기능이 저하되는 문제가 발생한다. 본 연구의 일본 기술과의 차별화는 Welding 등의 후가공을 거치지 않고 폭 15m의 하우스까지 피복할 수 있는 초광폭(1500cm) 필름을 성형하는 데에 있다. 본 절에서는 그에 적

합한 Recipe를 선정하고 압출할 수 있는 공정 System을 개발하고자 한다.

## 1. Base Resin 선정

### 가. 1차 압출 Test

앞선 입수품 선정 기술 조사를 바탕으로 본 연구에서는 LDPE와 LLDPE 혹은 m-LLDPE의 Blending Test를 1차로 진행하였다. 각 재료의 선정은 현재 농업용 비닐하우스 필름 제조용으로 사용되고 있는 Density 0.90~0.92, MI 3.0의 LDPE를 사용하였고, Density 0.90, MI 1.1의 LLDPE를 사용하였다. 그리고 투명성 향상 및 물성의 향상을 위하여 국내에서 제조된 m-LLDPE 2종을 사용하였다.

m-LLDPE란 메탈로센 수지를 말하는 것으로써, 기존 PO 수지에 비해 상당한 강점을 가지고 있다. 하지만 그와 더불어 개선해야 할 항목도 다소 있는데, 높은 압출 부하에 따른 낮은 가공성을 갖는 단점이 있다. 이러한 점이 해결된다면 대단히 우수한 필름을 만들 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 m-LLDPE 원료를 LDPE 혹은 LLDPE에 50%, 70% 함량으로 각각 Blending 하여 진행하게였다. m-LLDPE를 100%로 필름을 제조하면 그 물성이나 투명성 등이 굉장히 뛰어날 것으로 판단되나, 앞서 언급하였듯이 가공성이 좋지 않고 높은 압출 부하 특성을 지녀 LDPE와 LLDPE를 Blending하였다.

	두께 ( $\mu\text{m}$ )	인장강도 ( $\text{kgf/cm}^2$ )			신장율 (%)		인열강도 ( $\text{kgf/cm}$ )		HAZE (%)
		YP	TD	MD	TD	MD	TD	MD	
LDPE 100%	100	123	178	215	666	558	109	106	13.5
LDPE 50% + LLDPE 50%	100	109	246	244	1008	841	133	122	21.6
LDPE 50% + m-PE1 50%	100	126	368	374	942	828	153	141	16.4
LDPE 30% + m-PE1 70%	100	124	422	433	951	864	156	147	16.1
LDPE 30% + m-PE2 70%	100	121	391	404	898	832	157	149	11.0

표4 1차 test 결과 기계적 성질

표4에 1차 Test 후 만들어진 필름의 기계적 성질을 나타내었다. 그 결과 대부분의 필름의 경우 앞선 시판품 선정 연구에서 측정된 제품의 기계적 성질에 버금가는 물성을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다. 하지만 투명성이 기대에 미치지 못한 것을 알 수 있는데, HAZE 측정 결과 일본 입수품 측정 후 얻은 8.5~9.3%의 결과에 미치지 못하였다. LLDPE 원료를 사용한 필름은 21.6%의 좋지 않은 결과를 보였다. 하지만 그 중에서 m-LLDPE 2를 사용하

여 만든 필름의 HAZE가 11.0%로 가장 근접한 결과를 나타내었는데, 이는 m-LLDPE의 분자량 분포(MWD)의 특성상 분포도가 좁게 형성되어 있어서 광택이 나는 것으로 보인다.

#### 나. 2차 압출 TEST

1차 test의 결과 m-LLDPE 2의 결과가 가장 좋았으며, 이러한 1차 Test 결과를 바탕으로 m-LLDPE를 사용하여 2차 Test를 진행하였다. LLDPE와 m-LLDPE를 3 : 7로 배합하여 Mono Layer로 필름을 생산하여 물성 및 HAZE 테스트를 진행하였다. 그 결과 표5 에서 보는 바와 같이 뛰어난 물성을 보이는 것은 물론이고, 투명도 또한 좋아진 것을 알 수 있었다. 그 중 Density 0.915, Mi 2.2인 mPE4로 배합한 필름의 결과가 가장 뛰어났다. 물성은 물론이고 투명도 또한 뛰어났는데, 8.3%의 HAZE 값을 나타내었다. 이는 일본 입수품의 HAZE 값보다 더 좋은 결과인 것을 알 수 있다

	두께 ( $\mu\text{m}$ )	인장강도 ( $\text{kgf/cm}^2$ )			신장율 (%)		인열강도 ( $\text{kgf/cm}$ )		HAZE (%)
		YP	TD	MD	TD	MD	TD	MD	
LDPE 100%	150	-	255	274	922	644	136	121	10.7
m-PE2 70%	90	123	399	391	835	795	160	153	12.1
m-PE3 70%	100	108	275	276	787	649	141	118	10.5
m-PE4 70%	90	108	429	449	837	852	141	137	8.3

표5. 2차 Test 결과 기계적 성질

2차 Test의 기계적 성질 결과 m-LLDPE 4가 가장 좋았으나, 앞으로 진행될 3-Layer Test 과정에서 m-LLDPE 2나 m-LLDPE 3으로 배합한 제품의 결과도 좋아질 수 있으므로 각 층간 비율을 변경하여 실험을 진행할 예정이다. 그림8은 m-LLDPE 수지의 특성 피크를 알아보기 위해 측정된 FT-IR 결과를 나타내었다. 그 결과 일반 PE와 큰 차이가 없었으며, m-LLDPE 각 원료 간에도 별다른 차이 없이 거의 일치하는 결과를 나타내었다

그림10.에 필름의 투과도를 측정한 그래프를 나타내었다. 세 가지의 m-LLDPE 모두 비슷한 높은 투과도를 나타내었으나, 그 중 mPE4의 투과도가 약간이나마 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 이는 앞서 측정한 물성 결과 중 HAZE 값과 일치하는 결과를 나타내었으며, 두 가지의 결과를 종합해보면 m-LLDPE 원료를 Blending하여 필름을 만들 경우 그 투명도는 다소 상승될 수 있는 효과를 가져 올 것으로 판단된다.

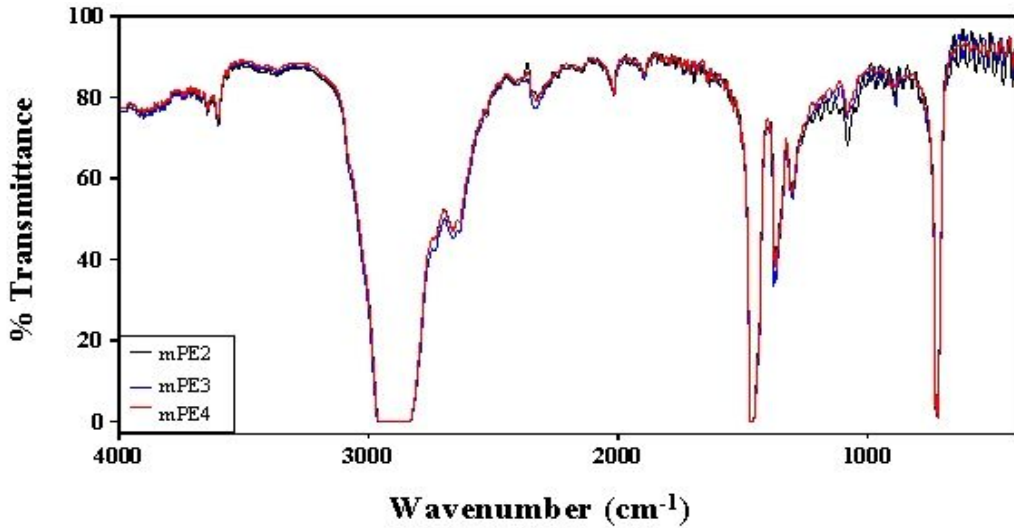


그림10. FT-IR spectra of Metallocene-LLDPE resins.

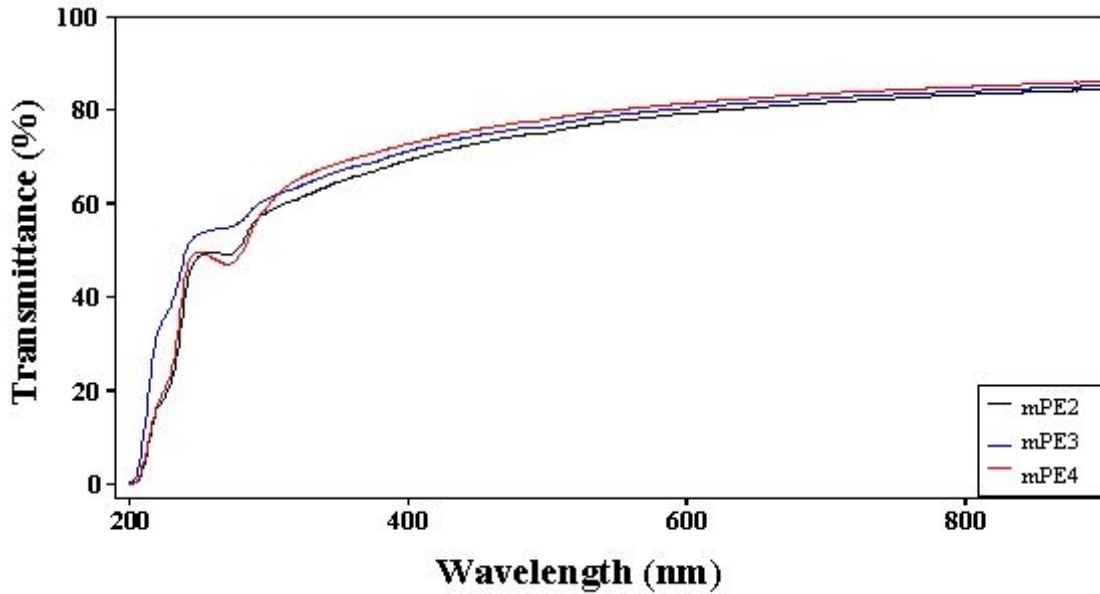
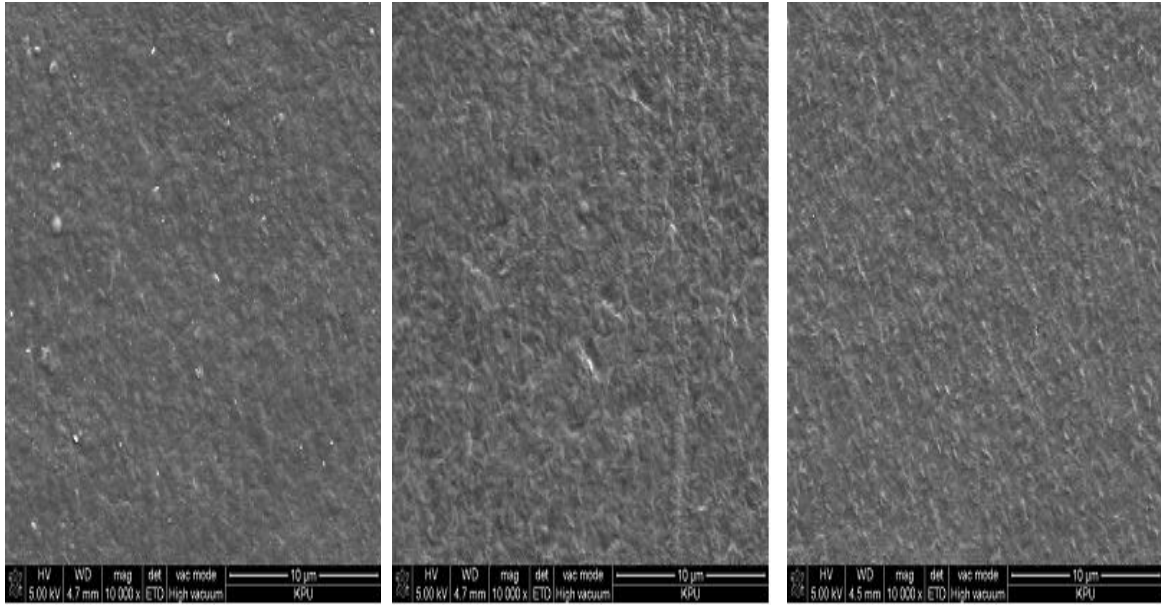


그림11. UV-vis. transmittance(%) of Metallocene-LLDPE resins.

각 m-LLDPE 원료로 배합된 필름의 표면 SEM 측정 결과를 그림10에 나타내었다. 각 표면을 x10,000의 비율로 측정하였다.

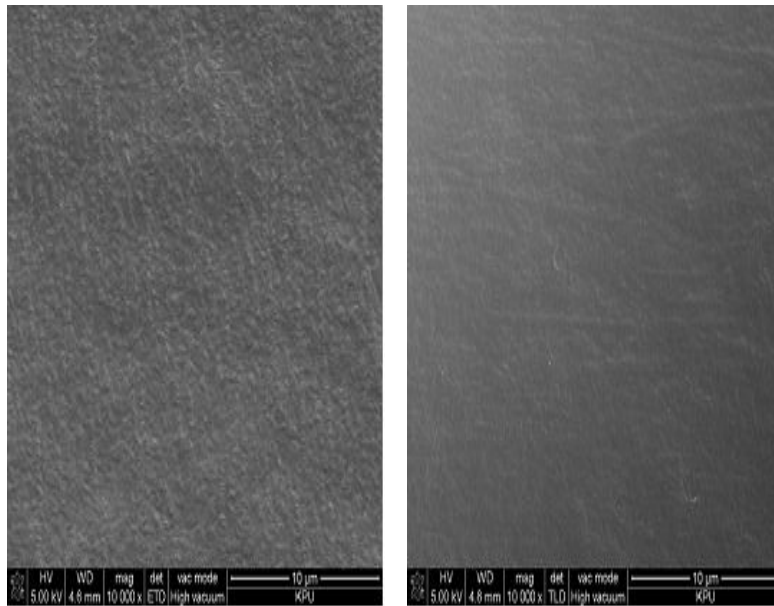
사진에서 보는 바와 같이 m-LLDPE를 Blending하여 만든 필름 표면의 경우 다소 거친 면을 확인할 수 있었다. 이것과 비교해 보기 위해 LLDPE 원료를 100% 사용하여 만든 필름인 국내형 장기성 필름의 표면을 측정하여 보았다. 그 결과 m-LLDPE 필름의 표면이 거칠게 촬영되었는데 이는 상대적으로 LDPE보다 높은 가공온도와 압출부하에 따른 Melt-Fracture 현상인 것으로 보인다.



sp311x (x10,000)

XP9200EN (x10,000)

KF282 (x10,000)



XP9200N (x10,000)

오래가 원단 (x10,000)

그림12. SEM photographs of Metallocene-LLDPE resins.

지금까지의 연구 결과 일반 LDPE나 LLDPE를 단독으로 사용하여 만든 필름보다는 m-LLDPE를 Blending하여 만든 필름이 물성도 뛰어나고 광택 혹은 투명도 또한 우수한 성질을 나타내는 것을 알 수 있었다. 이는 일본 입수품과 비교해 보아도 전혀 뒤떨어지지 않는다는 것을 확인하였다. 그리고 그 중에서 m-LLDPE의 원료를 50%, 혹은 70% 함량으로 Blending하여 만든 필름이 가장 뛰어난 성질을 보인다는 것을 알 수 있었다.

따라서 이후의 연구 진행 방향은 m-LLDPE 원료를 사용하여 각 층에 함량에 맞춰

Blending하여 그 특성을 파악할 예정이다. 또한 VA 함량이 다른 EVA 원료를 필름 Layer에 투입함으로써 그 효과 및 성능을 파악할 예정이다. 그리고 입수품 선행 연구 결과에 따라 내/중/외층 각 층간 비율이 2:6:2로 구성되어져 있는 만큼, 기존 본사에서 실시하던 층간 구성비를 벗어나 다양한 비율로 최적의 가공 조건 및 가장 좋은 결과를 낼 수 있는 층간 구성비를 찾아 앞으로의 연구를 진행할 예정이다 .

## 2. 장기성 피복재의 Base Resin 선정 및 최적의 압출비 개발 (2)

### 가. 소폭 장비 활용을 통한 Base Resin 선정 TEST

본 연구 과제를 실행하는 과정에서 선행 연구에서 Base resin 선정을 위한 mono-layer test를 진행한 바 있다. 본 연구에서는 선행 연구 결과를 바탕으로 test를 진행하였으며, 그 외에도 더욱 발전적인 방향을 찾고자 다양한 원료 조성을 test 하였다.

선행 연구 결과 장기성 코팅 필름을 제조하기 위한 Base resin으로 metallocene LLDPE인 KF282가 선정되었다. 이는 KF282 원료를 Base resin으로 사용함으로써 현재 해외에서 시판 중인 장기성 필름에 버금가는 뛰어난 물성을 나타냄은 물론이고, 우수한 광택을 지니고 있기 때문이다.

본 연구에서는 다층 필름을 기본으로 하는 장기성 필름을 제조하기 위하여 3-layer 필름을 제조하였다. m-LLDPE 원료인 KF282 원료를 70%, BF415 원료를 30%씩 배합하여 내 / 외층을 구성하였으며, 중층에는 EVA 원료를 투입하였다. EVA 원료 중 VA 함량이 다른 원료를 투입함으로써 VA 함량에 따른 변화를 관찰하였으며, 이 중 가장 적합한 EVA를 선정하여 역으로 내 / 외층의 Blending 비율을 변화시켜가면서 test를 진행해보았다.

#### (1) 가공 압출기의 특성

- ① Extr. No : EL-14
- ② Type : 3-Layer type
- ③ L/D : 내 [26 : 1], 중 [28 : 1], 외 [28 : 1]
- ④ DIE(m/m) :  $\phi$ 250
- ⑤ Air ring(m/m) :  $\phi$ 390
- ⑥ 생산 가능폭 : 60 ~ 120
- ⑦ 생산량(t/일) : 1.2
- ⑧ Pinch roll(m/m) : 1,600L

#### (2) VA 함량에 따른 EVA 원료 선정

앞선 선행 연구에서 KF282를 70%의 함량으로 내 / 외층 배합비를 구성하기로 한 바, 중층에 투입 될 EVA 원료를 선정하는 연구를 진행하였다. EVA는 원료 내에 포함된 VA 함량이 각각 다르기 때문에, VA 함량에 따라 장기성 코팅 필름에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보았다.

그림 13에 필름의 내 / 외층을 KF282 : BF415 = 70 : 30 의 배합비로 고정을 시키고, 중층에 VA 함량이 각각 9%, 12%, 15% 포함된 원료를 투입하여 제조한 필름의 FT-IR 결과

를 나타내었다.

측정한 결과  $1750\text{cm}^{-1}$ 에서 피크가 나타난 것으로 보아 EVA 피크임을 확인할 수 있었다. 또한 VA 함량이 9%에서 15%로 증가함에 따라 IR 피크에도 차이가 나타남을 확인하였는데, 약  $1250\text{cm}^{-1}$  와  $1000\text{cm}^{-1}$  부근의 피크가 VA 함량이 증가함에 따라 조금씩 증가함을 알 수 있었다.

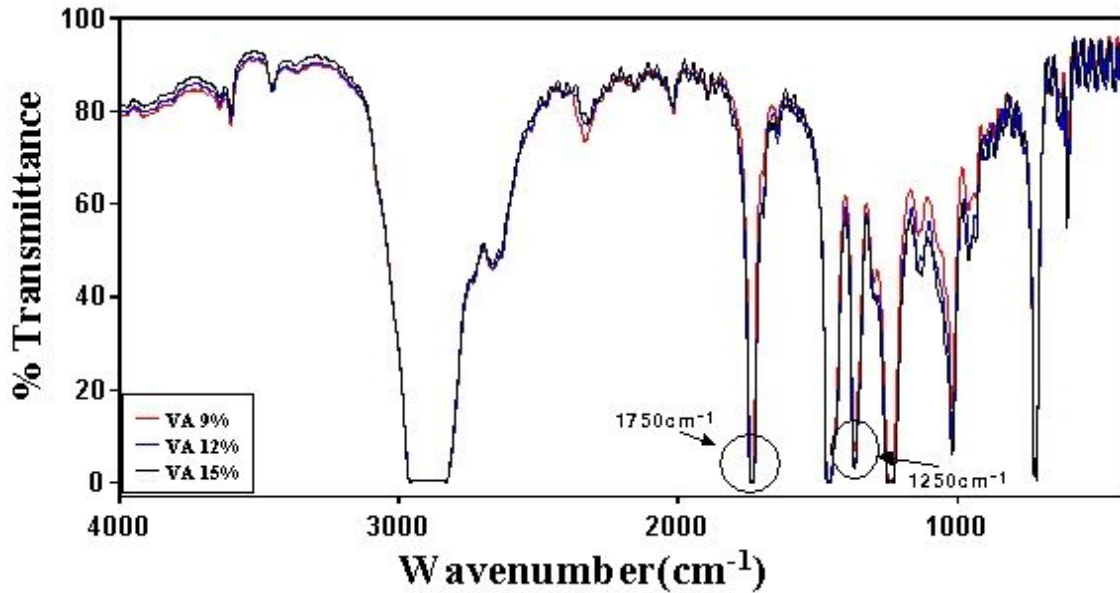


그림13. VA 함량 변화에 따른 장기성 코팅 필름의 FT-IR 스펙트럼

표6에 본 연구 진행 과정 중 VA 함량 변화에 따라 제조된 필름의 기계적 성질을 나타내었다. Mono Layer로 제조한 필름의 기계적 성질 측정 결과 뛰어난 물성을 보임에 따라, 본 연구에서 진행 된 3-Layer 필름의 물성 역시 우수한 성질을 나타낼 것이라 예상된다.

	두께 ( $\mu\text{m}$ )	인장강도 ( $\text{kgf/cm}^2$ )			신장율 (%)		인열강도 ( $\text{kgf/cm}$ )		HAZE (%)
		YP	TD	MD	TD	MD	TD	MD	
VA 9%	100	101	377	326	876	678	134	114	5.0
VA 12%	100	158	330	325	792	697	129	114	3.8
VA 15%	100	120	317	320	785	706	121	110	3.3

표6. VA 함량 변화에 따른 장기성 코팅 필름의 기계적 성질

두께  $100\mu\text{m}$ 를 기준으로 측정한 결과 세 가지 필름 모두  $300\text{kgf/cm}^2$  이상의 높은 인장 강도를 보였다. 또한 인열 강도와 신장율 역시 높은 수치를 나타냄으로써 선행 연구 결과와 같이 Mono-Layer가 아닌 3-Layer로 제조하여도 뛰어난 물성을 가짐을 알 수 있었다. 그리고 VA의 함량이 증가함에 따라 HAZE 도 5.0%에서 3.3%로 향상됨을 알 수 있었는데, 이



는 VA 함량이 높아짐에 따라 밀도가 높아지고 그로 인해 투명성도 좋아지는 것으로 판단된다.

중측 EVA 원료의 VA 함량을 선정하는 소폭 실험 결과 모두 뛰어난 물성을 가졌으나 그 중 투명도가 가장 뛰어난 VA 15% 원료를 기준으로 내 / 외측의 비율을 변화시켜 가면서 앞으로의 실험을 진행할 예정이다. 또한 소폭 실험 시 만족할 만한 결과를 얻을 경우 광폭 Test를 진행할 예정이며, 소폭 장비와 광폭 장비의 spec에 따른 차이점으로 인해 다소 변화가 있을 수 있으므로 각 층별 배합비, 그리고 투입되는 EVA의 VA 함량은 고정하지 않고 유동적으로 실험을 진행할 예정이다.

### (3) 내 / 외측 배합비 선정

앞선 실험에서 얻어진 결과를 바탕으로 중측에 VA 15%인 EVA를 투입하고 내 / 외측의 배합 비율을 변화시켜가면서 배합비 선정을 위한 실험을 진행하였다.

내 / 외측에 m-LLDPE 원료인 KF282와 LDPE 원료인 BF415를 70 : 30, 80 : 20, 90 : 10의 비율로 투입하여 실험을 진행하였다.

원료 배합 비율에 따른 피크를 관찰하기 위해 측정된 FT-IR 결과를 그림15에 나타내었다. 앞선 VA 함량에 따른 실험 결과 일부 영역에서 피크의 세기가 차이가 있었으나, 그림에서 보는 바와 같이 내 / 외측 배합 비율에 따른 피크의 변화는 없이 거의 일치하는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 제조된 필름의 기계적 성질을 표7에 나타내었다. 표에서 확인할 수 있듯이 뛰어난 인장 강도 및 인열 강도를 보였으며, 신장율 또한 800%에 가까운 수치를 나타낼 수 있다. 그중 내 / 외측 배합 비율이 KF282의 함량이 70%에서 80%로 변경된 필름의 물성이 가장 좋은 것을 알 수 있었다. 하지만 KF282가 90% 함량으로 투입될 경우 오히려 감소하는 경향을 보이는 것을 알 수 있었다. 또한 HAZE 역시 KF282의 함량이 증가함에 따라 3.3%에서 2.6%로 좋아짐을 알 수 있는데 이는 투명성이 뛰어난 m-LLDPE의 함량이 증가함에 따른 영향으로 판단된다.

	두께 ( $\mu\text{m}$ )	인장강도 ( $\text{kgf/cm}^2$ )			신장율 (%)		인열강도 ( $\text{kgf/cm}$ )		HAZE (%)
		YP	TD	MD	TD	MD	TD	MD	
KF282 70%	100	120	317	320	785	706	121	110	3.3
KF282 80%	100	126	331	302	806	676	118	111	2.6
KF282 90%	100	124	331	351	773	749	115	112	3.2

표7. 내 / 외측 배합비 변경에 따른 장기성 코팅 필름의 기계적 성질

소폭 장비를 활용한 장기성 코팅 필름의 Base resin 선정을 위해 내 / 외측에 KF282 : BF 415 = 70 : 30 의 동일 배합비로 고정하고 Test를 진행하였다. 필름에 첨가되는 첨가제와의 혼련성을 좋게 하기 위해 중측에 EVA를 투입하는 실험을 진행하였다. VA 함량에 따른 EVA의 종류를 선정하기 위해 9%, 12%, 15%의 VA가 들어있는 EVA 종류를 필름 중측에 투입하여 Test를 진행한 결과 모두 뛰어난 물성 - 인장강도, 인열강도, 신장율 -을 나타내었으며, 그 중 VA 15% 함량이 투입된 필름의 Haze가 3.0%로 가장 높은 투명성을 지남에 따라 중측에 VA 15% 함량의 EVA grade를 투입하기로 결정하였다. 또한 FT-IR 장비를 활용함으로써 VA 함량이 증가함에 따라 일부 영역에서의 피크 면적이 약간씩 증가하는 것을 알 수 있었다.

이에 따라 중측에 VA 15% 함량인 EVA 원료를 투입하고 내 / 외측에 투입되는 KF282와 BF415의 함량 변화에 따른 물성 변화 Test를 실시하였다. 그 결과 투명성이 뛰어난 KF282의 비율이 높아짐에 따라 HAZE 및 물성도 점점 증가하다가 함량이 90% 투입되는 시점부터 감소하는 경향을 나타내었다.

앞으로 진행될 광폭 필름 Test 진행 시 본 연구의 결과에 따라 중측에 VA 함량이 15%인 EVA 원료를 투입하고 내 / 외측의 원료 비율을 KF282 : BF 415 = 80 : 20의 비율로 실험을 진행할 예정이다. 하지만 앞서 언급한 것처럼 소폭 장비와 광폭 장비의 spec에 따른 차이점으로 인해 다소 변화가 있을 수 있으므로 각 층별 배합비, 그리고 투입되는 EVA의 VA 함량은 고정하지 않고 유동적으로 실험을 진행할 예정이다.

#### 나. 광폭 장비 활용을 통한 Base Resin 선정 Test

앞서 선정된 m-LLDPE 원료인 KF282와 LDPE인 BF415, 그리고 VA 15% 함유된 EVA 원료를 사용하여 광폭 장비에서의 실험을 진행하였다. 이는 소폭과 광폭 장비의 성형 조건의 차이로 인해 가공조건 등의 차이를 보일 수 있기 때문이다.

##### (1) 가공 압출기의 특성

- ① Extr. No : EL-8
- ② Type : 3-Layer type
- ③ L/D : 내 [26 : 1], 중 [28 : 1], 외 [26 : 1]
- ④ DIE(m/m) :  $\phi$ 450
- ⑤ Air ring(m/m) :  $\phi$ 750
- ⑥ 생산 가능폭 : 150 ~ 300
- ⑦ 생산량(t/일) : 4.00
- ⑧ Pinch roll(m/m) : 3,500L

##### (2) 광폭용 압출기에 따른 Resin 선정

기본 Base resin에 보온성 향상을 위한 보온제를 투입하였고, 실제 노지의 하우스에 필름을 피복하였을 시 산화 방지 등의 효과를 줄 수 있는 UV 안정제를 첨가하여 실험을 진행하였다.

내 / 외측에 각각 UV제를 5%씩 투입하고 KF282를 75%, BF415를 20%를 투입하여 배합하였다. 그리고 중측에 VA 15% 함량의 EVA 80%와 보온제 15%, UV 안정제 5%를 투

입하여 실험을 실시하였으나 높은 VA 함량으로 인한 필름(Bubble) 성형의 어려움으로 VA 함량이 9%인 EVA grade를 사용하였다.

하지만 소폭 Test와 달리 광폭 장비에서 실험을 진행한 결과 KF282 원료의 높은 물성으로 인해 압출 가공 시 압출 부하의 상승으로 압출기가 작동하지 않는 문제점을 초래하였다. 또한 필름 성형 후 포장의 어려움으로 내 / 외측에 투입되는 Base resin인 KF282 원료를 대체해야하는 방안을 강구하게 되었다. KF282와 물성이 유사한 ST408을 사용하게 되었는데, 이는 가공성을 저해하지 않으면서 투명도 또한 일정 기준치 이상의 특성을 보일 수 있을 것이라 기대되기 때문이다.

내 / 외측에 ST408 75%와 BF415 20%, 그리고 ST-UV 5%를 동일 함량으로 넣고, 중층에 VA 12%인 EVA를 투입하여 실험을 진행하였다. 표8과 9에 본 연구 진행 시 배합된 원료의 배합비와 기계적 성질을 측정된 결과를 나타내었다. 그 결과 인장 강도가 약 260 ~ 280 kgf/cm<sup>2</sup>을 나타내었는데, 이는 KF282 사용 시 나타난 물성보다는 다소 약한 인장강도를 나타내었으나 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으며, 신장율은 오히려 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이를 바탕으로 중간 Layer층에 피복재의 보온특성 부여를 위한 보온제를 15% 투입한 결과 기계적 물성은 유지되면서 투명성, 즉 HAZE는 약 0.8% 상승하였다. 이는 투명성에 영향을 미치지 않는 나노입자 사이즈의 첨가제와 압출 설비의 장기적 가동에 따른 수지의 표면 안정성의 영향인 것으로 판단된다.

	TEST 1		TEST 2	
내 / 외측	ST408	75.0%	ST408	75.0%
	BF415	20.0%	BF415	20.0%
	ST-UV	5.0%	ST-UV	5.0%
중층	2040(VA9%)	95.0%	2040(VA9%)	80.0%
	ST-UV	5.0%	투명보온 M/B	15.0%
			ST-UV	5.0%

표8. 장기성 코팅 필름 광폭 장비 Test 시 각 층별 구성 배합비

	두께 ( $\mu\text{m}$ )	인장강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )			신장율 (%)		인열강도 (kgf/cm)		HAZE (%)
		YP	TD	MD	TD	MD	TD	MD	
Test 1	140	80	280	263	966	887	109	104	10.7
Test 2	137	84	284	272	1008	897	111	108	9.9

표9. 배합비 변경에 따른 장기성 코팅 필름의 기계적 성질

지금까지 진행한 연구 결과 뛰어난 물성과 광택(HAZE) 특성을 지니는 m-LLDPE 원료인 KF282를 사용하여 장기성 코팅 필름을 제조하였다. 소폭 장비에서 Test 진행 시 만족할 만한 물성 및 HAZE 등의 결과를 얻을 수 있었다. 또한 장기성 코팅 필름을 구성하고 있는 각 성분 중 중축에 투입 될 EVA 원료의 VA 함량 Test 결과 VA 함량이 높은 EVA 원료가 투입됨으로써 HAZE가 더욱 좋아지는 것을 알 수 있었다.

하지만, scale이 확장된 광폭 장비에서 실험한 결과 m-LLDPE 원료 투입으로 인한 장비에 걸린 과부하로 인해 압출기 작동 오류 뿐 아니라 필름의 Bubble이 정상적으로 형성되지 않는 문제점이 도출되었다. 또한 높은 VA 함량을 가지는 EVA 원료로 인해 필름 처짐 현상 등 성형이 제대로 되지 않는 문제점을 확인하였다. 이로 인해 m-LLDPE 대체 원료 선정 및 VA 함량이 낮은 EVA grade를 선정하여 Test를 진행하였다. 이렇게 선정된 원료인 ST408과 VA 12% 함량의 EVA 원료를 투입함으로써 m-LLDPE의 물성과 비슷하면서 광택(HAZE) 또한 기준치 이상의 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 투명도 향상을 위해 중축에 투명 보온 M/B를 투입함으로써 약 10.0% 정도의 HAZE 결과를 얻을 수 있었다.

이러한 결과를 바탕으로 In-Line Coating 장치가 설치되어있는 압출기에 적용함으로써 초광폭 필름을 생산할 예정이며, 그와 더불어 표면에 코팅 처리를 함으로써 본 연구에서의 궁극적인 목표인 장기성 코팅 필름을 제조할 예정이다.

### 3. 초광폭 공압출 성형기술 개발

Width 400cm로 생산되어 하우스의 규격에 맞게 여러 겹을 Welding한 수입 장기성 필름과 달리 국내 최대 Size의 압출 설비를 통하여 펼친 폭 17m의 초광폭 장기성 필름을 개발한다. 1차년도 Pilot 설비와 일반 Extruder를 통하여 검증되었던 Resin을 적용하여 초광폭 압출 설비에서 가공 안정성 및 품질의 향상을 위한 공정 Process를 확립한다.

#### 가. Resin 적용 가공 안정화 실험

본 실험은 시제품을 생산 할 수 있는 In Line Coating 설비와 1,800mm Extruder가 설치되어 있는 일신화학 제 2공장(경북 고령)에서 진행 되었으며, 각 Test 별 생산일자는 상이하나 생산 규격은 두께 0.15mm, 접은 폭 700cm 으로 진행 되었다.



그림 14. Extruder (1,800mm Die 국내 최대 규격)

(1) Extruder

- ① Type : Blown Type (3-Layer)
- ② L/D : In 30, Middle 30, Out : 30
- ③ DIE : 1,800mm
- ④ AIRRING : 2,000mm
- ⑤ Roll Width : 8,800mm
- ⑥ Capa(ton/day) : In 10.75, Middle 20.83, Out 9.04

(2) Resin Info

① LDPE

	LDPE 1	LDPE 2	LDPE 3
Density(g/cm <sup>3</sup> )	0.921	0.921	0.922
Melt Index (g/10min)	0.8	0.8	1.6
Melt Piont (°C)	110	105	112
Maker	LG (KOREA)	LG (KOREA)	LG (KOREA)

② LLDPE & EVA

	LLDPE	EVA
Density(g/cm <sup>3</sup> )	0.914	0.929
Melt Index (g/10min)	2.2	0.8
Melt Piont (°C)	95	98
Maker	LG (KOREA)	한화 (KOREA)

③ m-LLDPE & EPPE & POE

	m-LLDPE	EPPE	POE
Density(g/cm <sup>3</sup> )	0.915	0.921	0.903
Melt Index (g/10min)	2.2	0.4	1.2
Melt Piont (°C)	103	109	96
Maker	KENNEL (JAPAN)	SUMITOMO (JAPAN)	LG (KOREA)

(3) Recipe별 압출 안정성 평가

예열 온도는 실린더 In, Middle 165°C, Out 175°C, Die 175°C로 4시간 가열 후 조성별 Test Resin을 투입 하였으며, 인취 Speed는 14.2m/분을 기준으로 설정하여 각 조성별 변경 진행하였다.

(가) Test 1

① Standard Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
조성 1	LDPE 1 UV	EVA 보온제 UV	LDPE 1 UV

② 압출조건

	용융온도	수지압력	모터전류	스크류RPM	AIR
In	165	142	290	110	24.5
Mid	138	214	528	72	37.2
Out	154	282	213	153	32.8

③ 실린더

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
In	154	155	158	155	154	154
Mid	148	151	145	147	149	160
Out	158	157	155	164	170	156

④ DIE

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	171	175	174	171	177	181	180	181
	I	J	K	L	M	N	O	P
2	186	185	184	185	183	176	172	156

⑤ Adapter

	S	T	U	V	Z
In	160	162	147	145	158

(나) Test 2

① Standard Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
구성 2	LDPE 3 m-LLDPE 1 UV	EVA 보온제 UV	LDPE 3 UV

② 압출조건

	용융온도	수지압력	모터전류	스크류RPM	AIR
In	178	120	310	62	14.7
Mid	148	209	520	53.7	18.9
Out	240	240	244	126	16.2

③ 실린더

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
In	147	149	145	146	152	152
Mid	143	143	149	141	152	152
Out	152	151	153	155	156	153

④ DIE

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	177	176	176	174	179	179	180	180
	I	J	K	L	M	N	O	P
2	192	189	192	191	177	174	173	165

⑤ Adapter

	S	T	U	V	Z
In	159	162	150	152	166

(다) Test 3

① Standard Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
조성 3	LDPE 3	EVA	LDPE 3
	LLDPE	보온재	LLDPE
	UV	UV	UV

② 압출조건

	용융온도	수지압력	모터전류	스크류RPM	AIR
In	176	141	285	116	24
Mid	144	120	520	76	39
Out	147	-	270	140	32

③ 실린더

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
In	157	162	155	154	159	-
Mid	174	162	159	160	160	166
Out	160	160	188	171	167	160

④ DIE

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	179	172	179	179	171	183	182	185
182	I	J	K	L	M	N	O	P
2	186	185	184	183	183	182	185	182

⑤ Adapter

	S	T	U	V	Z
In	162	161	162	159	160

(라) Test 4

① Standard Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
조성 4	LDPE 3 LLDPE UV	EVA 보온제 UV	LDPE 2 UV

② 압출조건

	용융온도	수지압력	모터전류	스크류RPM	AIR
In	165	122	276	81	23.6
Mid	136	219	540	58	34.2
Out	149	266	246	134	31.3

③ 실린더

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
In	151	155	153	154	156	154
Mid	145	147	150	144	144	154
Out	158	155	157	156	158	154

④ DIE

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	171	173	173	177	172	172	174	175
	I	J	K	L	M	N	O	P
2	185	185	184	184	177	171	170	162

⑤ Adapter

	S	T	U	V	Z
In	155	154	150	150	161

(마) Test 5

① Standard Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
조성 5	LDPE 3 EPPE	EVA 보온제 UV	LDPE 2 UV

② 압출조건

	용융온도	수지압력	모터전류	스크류RPM	AIR
In	181	166	287	85	25.4
Mid	143	203	530	61.6	40.6
Out	137	268	242	137	27.9



③ 실린더

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
In	156	164	172	170	169	172
Mid	150	149	160	155	158	163
Out	162	166	165	165	168	166

④ DIE

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	175	177	178	175	176	178	178	179
	I	J	K	L	M	N	O	P
2	191	191	192	199	182	176	178	179

⑤ Adapter

	S	T	U	V	Z
In	167	166	160	157	159

(바) Test 6

① Standard Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
조성 6	LDPE 2 POE UV	EVA 보온제 UV	LDPE 2 UV

② 압출조건

	용융온도	수지압력	모터전류	스크류RPM	AIR
In	171	167	312	83	26.1
Mid	148	213	543	60.6	37.2
Out	141	257	239	136	32.2

③ 실린더

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
In	150	129	151	151	158	155
Mid	156	146	161	155	164	162
Out	163	166	165	165	167	167

④ DIE

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	168	170	170	168	172	173	175	175
	I	J	K	L	M	N	O	P
2	191	192	189	189	180	173	170	162

⑤ Adapter

	S	T	U	V	Z
In	155	151	151	161	160

(사) Test 7

① Standard Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
구성 7	LDPE 2 POE 첨가제 UV	EVA 보온제 UV	LDPE 2 UV

② 압출조건

	용융온도	수지압력	모터전류	스크류RPM	AIR
In	183	150	276	93	21.8
Mid	163	202	534	68.4	34.9
Out	150	242	249	153	25.8

③ 실린더

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
In	158	170	172	169	169	169
Mid	159	155	170	160	173	170
Out	165	164	165	166	166	164

④ DIE

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	179	181	182	180	180	181	181	180
	I	J	K	L	M	N	O	P
2	192	192	192	190	187	177	172	172

⑤ Adapter

	S	T	U	V	Z
In	170	173	159	161	166

(4) 압출 안정성 평가 결과

(가) 가공성 및 작업성 평가

	Bubble 안정성	연속작업성	압출부하 (A)	Purge 시간 (분)
1	○	○	255	40
2	×	×	310	90
3	×	×	289	55
4	△	○	276	50
5	△	○	287	120

6	△	○	300	50
7	○	○	260	50

법례 : ◎ 우수, ○ 양호, △ 보통, × 나쁨

(나) 품질특성 평가

	투 명	주 름	이 물	두께 안정성
1	×	△	△	△
2	◎	△	△	○
3	△	×	△	△
4	○	×	○	○
5	△	△	○	○
6	○	△	○	○
7	○	△	○	○

법례 : ◎ 우수, ○ 양호, △ 보통, × 나쁨

조성 1은 일반 장기성 필름에 적용한 Recipe로 기타 조성 시험 제품들의 대조구이며 가공 안정성 및 작업성이 양호한 반면, 투명성 저하와 코팅 불안정 등의 품질적 특성이 저하되는 특성이 있다. 조성 2는 m-LLDPE 수지를 In Layer에 Blending하여 압출하였으며, 기대한 데로 메탈로센 수지의 특성에 맞게 우수한 투명성 및 기계적 물성을 얻을 수 있었다. 하지만, 연속생산에 있어 압출의 과부하로 인한 Bubble의 흔들림과 미세한 가공온도 변화에 따른 Film 표면의 상태 변화가 심하였다. 메탈로센의 투명성 유지와 압출 가공의 안정성을 개선하기 위하여 조성 3으로 Recipe를 변경 적용하였으나, 14.2m/분의 인취 Speed 이하에서 작업 시, Bubble이 내려앉는 현상이 발생되었다. 인취Speed가 상향 조정되면 코팅 및 건조 등의 후 공정상 문제점이 도출되므로 조성 4의 적용을 재검토 했다. 조성 4에서 이러한 문제를 해결하기 위하여 Out Layer에 M.I가 0.8 g/10min 인 LDPE를 Blending 하여 진행하였다. 가공의 안정성은 개선되었으나, m-LLDPE 수지 대비 투명성이 저하되었다. 조성 5는 현재 일본 수입 코팅필름에 적용 되고 있는 EPPE 수지를 입수하여 적용 하였다. 압출 당시, 작업성 및 가공 안정성은 양호 하였으나 Film의 투명성은 개선되지 않았으며 생산 완료 후 원료 변경을 위한 Purging 작업 시, 타 수지에 비하여 스크류 내의 유동성이 상대적으로 낮아 2시간 이상의 Purging 작업이 필요 했다. 조성 6은 PO계 탄성중합체를 In Layer에 Blending하여 개발품의 투명성을 개선하였다. 반면, 타 수지에 비하여 개구성이 불안정한 문제가 나타났다. 동절기 작업 시, 별 문제 없으나, 상대적으로 가공온도 및 대기온도가 상승되는 하절기 작업 시, 개구성 문제가 도출 될 우려가 높아. 조성 7에 POE 수지의 개구성을 향상시키기 위하여 POE 수지가 첨가되는 In-Layer에 무기 첨가제를 처방하여 POE수지의 투명성을 유지하는 동시에 개구의 불안 요인을 제거 하였다.

나. UV 안정화 기술 개발

빛과 산소는 플라스틱 내에서 Degradation 반응을 일으키며, 이는 눈으로 확인될 뿐만 아니라 기계적, 물리적 물성의 저하를 일으킨다. Light Stabilizer는 빛에 의해 야기되는 물리,

화학적 Degradation을 방지할 수 있는 화학물질이다.

기술적인 관점에서 가장 중요한 Light Stabilizer의 종류로는 2-HYDROXYBENZOPHENONES, 2-HYDROXY PHENYL BENZOTRIAZOLES, HINDERED AMINES, ORGANIC NICKEL 화합물 등이 있다. 또한 SALICYLATES, CINNAMATE DERIVATIVES, RESORCINOLMONO BEN ZOATES, OXANILIDES, p-HYDROXYBENZOATES 등이 사용된다.

#### (1) Light Stabilizer의 종류

##### ① Nickel-Quencher Light Stabilizer

Chromophores group들의 들뜬 상태의 Deactivation을 통한 개시 속도를 감소시키는 것.

##### ② UV Absorbers

- 자외선 흡수의 방지 또는 Chromophores에 의해 흡수된 빛의 양 감소.
- 주로 열산화에 많이 사용됨.

##### ③ Free Radical Scavenger[UV HALS; Hindered Amine Light Stabilizer]

- Alkyl or Peroxy radical들이 생성된 후에 가능한 한 빨리 Free Radical들을 Scavenger 하는 것.

#### (2) Light Stabilizer의 특성 및 적용 가능성 검토

##### (가) Nickel-Quencher Light Stabilizer

##### ① Quencher(Q)

- ㉞ 플라스틱 내에서 존재하는 Chromophores(K)에 의해 흡수된 에너지를 인계 받을 수 있고, degradation을 효과적으로 막기 위해 에너지를 열이나 Fluorescent 혹은 Phosphorescent radiation으로 소멸시키는 빛 안정제.
- ㉞ 자외선 흡수제에 의해 안정화시키고 그 자신은 에너지를 형광, 인광 및 열로 방출하는 역할을 함.
- ㉞ 폴리올레핀과의 상용성이 좋지 않음.

##### (나) UV Absorbers

##### ① UV Absorbers

- ㉞ UV Absorber들의 Protection 메커니즘은 기본적으로 자외선을 흡수하여 이것을 열과 같이 Photosensitization을 야기하지 않는 방법으로 분산. 이들 화합물은 스스로 매우 높은 흡수성을 갖는 이외에 매우 안정화되어 있어야 함.
- ㉞ 얇은 폴리올레핀은 빛이 그냥 투과하기 때문에 일정 두께 이하의 섬유나 필름인 경우 UV-Absorbers는 잘 사용하지 않음.(일정한 Absorber Depth(sample 두께) 필요)

##### (다) HALS(Hindered Amine Light Stabilizer)

##### ① Free Radical Scavengers

- ㉞ Scavenger : 폴리머가 자외선에 노출될 때 발생하는 free radical 중간체의 활성을 제거하는 역할을 하는 화합물
- ㉞ HALS

- Light 안정제 중에서 가장 최근에 개발 되었으며, 현재 가장 많이 사용됨.
- 광분해반응 중 생성된 자유라디칼을 제거하여 광산화 반응을 정지시키는 역할

(마) 결과

- ① 위와 같은 각 UV Stabilizer들의 장·단점의 특성들을 고려하여 UV HALS 계통의 UV Stabilizer로 선정하여 진행.

(3) UV Stabilizer가 첨가된 필름의 내후성 검토

(가) UV-HALS 계통의 검토할 UV 안정제 검토

① UV-3346

㉠ 제조사 : CYTEC INDUSTRIES INC.

㉡ 평균 분자량 : 1,600±10%

② Zika944

㉠ 제조사 : 대한유화공업주식회사

㉡ MI : 0.037g/min

㉢ 사용 PWD : HDPE PWD

③ Zika783

㉠ 제조사 : 대한유화공업주식회사

㉡ Zika944 + UV Absorber : 원가 절감을 위한 Blending 제품

④ SUNXOL944

㉠ 제조사 : Langfang City Longquan Flux Co.,Ltd.

⑤ HS944

⑥ YK944

(나) 내후성 시험 장비

① 장비명 : UV2000<sup>TM</sup>

② 제조사 : ATLAS

③ 실험 조건

㉠ Lamp : UVA430

㉡ Irradiance : 0.77 W/m<sup>2</sup>/nm

㉢ Exposure Cycle : Segment 1; 8Hr. UV at 60(±3)°C Black Panel Temp.

Segment 2; 4Hr. Condensation at 50(±3)°C Black Panel Temp.

(다) 물성 평가

① 장비명 : 인장 시험기(AGS-J)

② 제조사 : 동일 시마즈(주)

③ 실험 조건

㉠ Cell : 1kN/mm<sup>2</sup>

㉡ Crosshead speed : 500mm/min



그림15. 촉진내후성 시험기



그림16. 인장시험기

(라) 실험 결과

Grade		초기	50H	74H	100H	150H	200H	250H
UV-3346	신장율(%)	473	451	475	438	350	312	174
	비율(%)	100	95.3	100.4	92.6	74.0	66.0	36.8
Zika944	신장율(%)	488	566	549	427	354	236	
	비율(%)	100	116.0	112.5	87.5	72.5	48.4	
Zika783	신장율(%)	606	621	315	296			
	비율(%)	100	102.5	52.0	48.8			
SUNXOL 944	신장율(%)	629	495	596	390	261		
	비율(%)	100	78.7	94.8	62.0	41.5		
HS944	신장율(%)	577	593	571	425	268		
	비율(%)	100	102.8	99.0	73.7	46.4		
YK944	신장율(%)	587	526	574	422	248		
	비율(%)	100	89.6	97.8	71.9	42.2		

표10. UV 종류별 내후성 경시변화

- LDPE 99% + UVM/B(UV제 3,000ppm) 1%

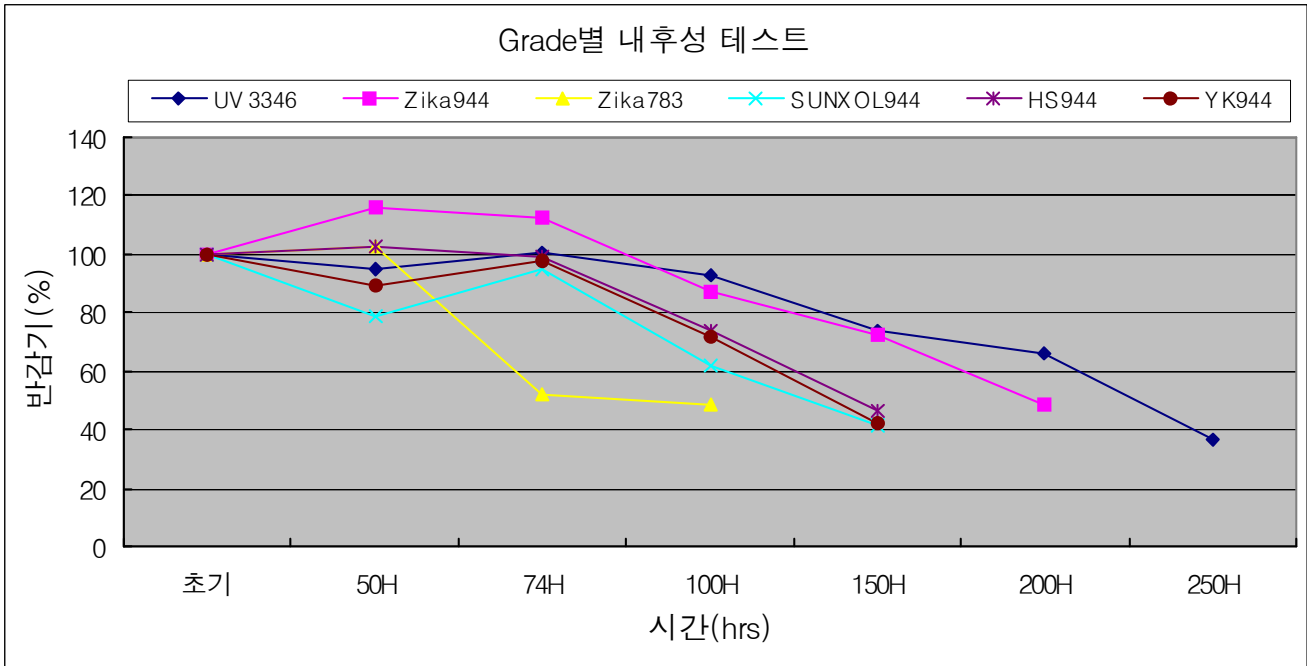


그림17. UV제 종류별 신률 변화 그래프

(마) 선정 결과

- ① 내후성 test 결과 944 및 783보다 UV-3346의 안정성이 가장 뛰어나.
- ② 각 회사별 제품 test 결과 Cytec 社의 제품(UV-3346)이 가장 좋음.
- ③ Cytec UV-3346을 사용하여 진행기로 함.

(4) UV Stabilizer 함량 별 내후성 test 검토

(가) Cytec UV-3346 사용 후 함량 별 내후성 test 결과

함량(ppm)		초기	100H	200H	500H	1,000H	1,200H	1,300H	1,400H
6,000	신장율(%)	498	487	408	340	213			
	비율(%)	100	97.8	81.9	68.3	42.8			
7,000	신장율(%)	545	550	508	397	289	223		
	비율(%)	100	100.9	93.2	72.8	53.0	40.9		
8,000	신장율(%)	533	607	507	445	379	340	273	210
	비율(%)	100	113.9	95.1	83.5	71.1	63.8	51.2	39.4
9,000	신장율(%)	493	486	439	391	345	316	246	
	비율(%)	100	98.6	89.0	79.3	70.0	64.1	49.9	
10,000	신장율(%)	503	521	472	410	349	314	252	178
	비율(%)	100	103.6	93.8	81.5	69.4	62.4	50.1	35.4
12,000	신장율(%)	528	575	485	427	386	304	242	
	비율(%)	100	108.9	91.9	80.9	73.1	57.6	45.8	

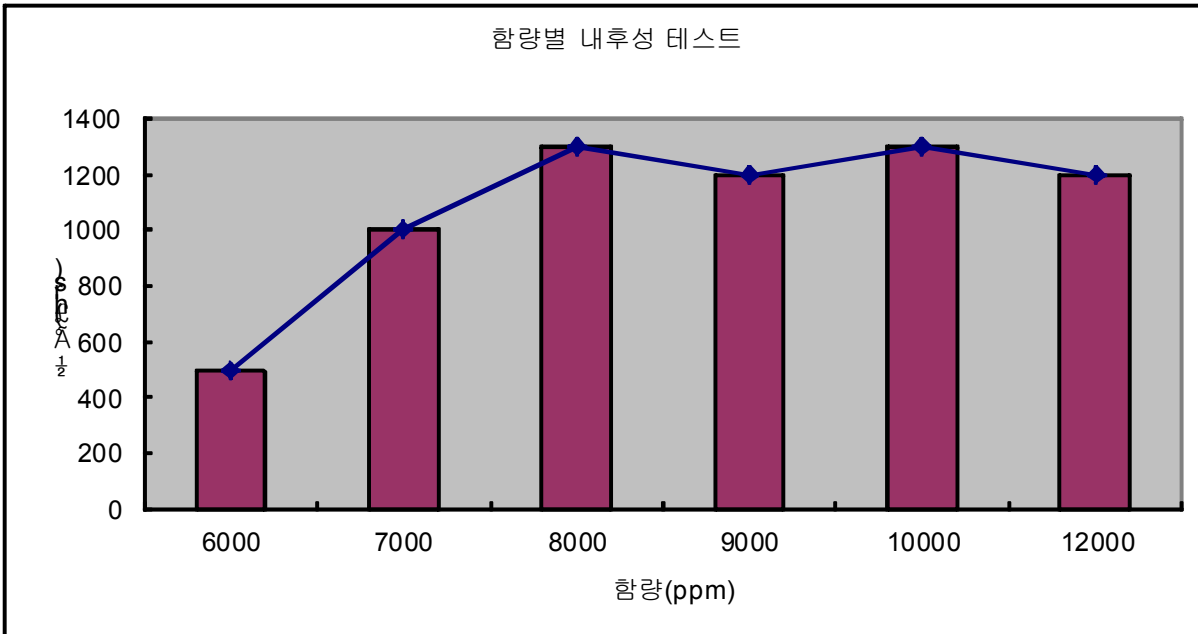


그림18. UV제 함량별 내후성 비교

(나) 결과

- ① UV HALS 계통의 “UV-3346” 함량별 6,000, 7,000, 8,000, 9,000, 10,000, 1,200ppm 투입, UV제 제조.
- ② 8,000ppm 투입까지 필름의 반감기(Half-life)는 증가하다가 그 후 비슷한 수준을 유지함.

수원대 환경에너지공학과 팀에서 밝힌 2008년 우리나라의 1일 평균 조사량은  $150\text{kJ}/\text{m}^2$  이다. 일신화학에서 보유한 Accelerator Lab Tester의 UV( $0.55\text{w}/\text{m}^2$ )로 1시간동안 조사되는 에너지는  $300\text{kJ}/\text{m}^2$  이며 Black 판넬의 온도( $60^\circ\text{C}$ ), 수분 조건(8H/day) 등을 감안할 때, Accelerator Lab Weathering의 에너지는 1시간당 평균  $200\text{kJ}/\text{m}^2$  이다.

Accelerator Lab Weathering Tester 내에서의 1시간은 노지의 1.5일과 흡사한 조건이며, 결과적으로 실험 치의 1,300시간은 노지의 1,950일에 해당하며 이는 약 5.3년 정도의 내구연한을 의미한다. (실제 노지의 환경 및 제조제 사용여부에 따라 내구연한의 차이는 발생 할 수 있음.)

### 3절. 나노입자 친수성 Coating Solution 개발.

시설원예용 피복재에 물방울 응축이 생기면 빛의 산란 시 필름의 내부 반사로 인하여 빛 전달량은 감소 될 것이며 이로 인해 식물의 성장 저하, 곡물의 발육 저하, 단위당 곡물량 감소를 초래한다. 수분의 접촉각이 크면, 전체적인 필름에서 내부반사는 늘어날 것이고 평균적인 빛의 전달량은 감소된다. 빛의 전달은 렌즈로서의 물방울의 활동으로 섬세한 식물 조직에 초점을 두



게 되고, 그리하여 식물의 버닝, 곡물의 손상을 초래한다. 작은 물방울의 결합은 큰 방울로 되고 천정에서 물이 떨어지면 식물의 질병을 유발한다. 시설원예용 피복소재의 주 원료인 폴리올레핀은 소수성이고 표면장력은 약  $30\text{mj/m}^2$ 이다. 폴리올레핀은 표면장력( $72\text{mj/m}^2$ )을 가지는 물과 같은 극성 용액과 접촉을 하면 액체는 물방울을 형성하고 표면으로 스며들거나 펼쳐지지 않는다. 본 연구에서는 우수한 물방울 응축 방지효과가 있는 친수성 아크릴계 수지의 내마모성을 향상시키기 위해 나노 실리카 입자를 사용하여 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액을 개발하고자 한다.

## 1. 친수성 아크릴계 Coating Solution 개발

장기적으로 사용 가능한 친수성 나노코팅 방식으로, 실리카를 이용한 콜로이드 형태와 폴리머 형태가 공존하게 하는 방법을 이용하고 폴리머형 실리카에서 기재와의 부착성을 향상시킬 수 있는 구조로 친수성인 아크릴레이트계 중합체 바인더를 합성하고 콜로이드 형태의 실리카 표면에서 친수 기능을 발휘할 수 있게 하는 친수성 코팅 제조방법을 고려했다.

물이나 알콜에 분산된 나노 입자의 콜로이드 실리카는 알콕시 실란들과 졸-겔반응으로 유기질에 가까운 유무기 복합체로 합성가능하며 이런 재료들은 코팅막의 경도, 내후성, 코팅성, 친수성부여 등이 용이하여 장기성 원예용 필름에 적용하기에 적당하다. 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액 개발에 사용하기에 적절한 아크릴레이트계 중합체는 상이한 불포화 중합성 물질(이 중 하나 이상은 실란-함유 에틸렌형 불포화 중합성 물질이다)의 부가 중합에 의해 제조된다. 이들 아크릴레이트계 중합체는 탄소수 8~24의 지방족 탄화수소기를 갖는 중합성 단량체 및 (메트)아크릴산을 필수로 하는 단량체 성을 중합하여 이루어지는 중합체이다. 이 경우, 중합체에 있어서의 탄소수 8~24의 지방족 탄화수소기를 갖는 단량체 단위는 탄소수 8~24의 지방족 탄화수소기를 갖는 중합성 단량체로 형성되게 되지만, 글리시딜(메트)아크릴레이트 등의 말단에 에폭시기를 갖는 에폭시기 함유 불포화 단량체를 단량체 성분으로 하여 중합한 후, 에폭시부분에 탄소수 8~24의 탄화수소기를 갖는 지방산을 반응시켜 탄화수소기를 도입한 것이어도 무방하다.

탄소수 8~24의 알킬기를 갖는 알킬(메트)아크릴레이트, (메트)아크릴산, 시클로알킬 구조를 갖는 (메트)아크릴레이트를 필수로 하여, 필요에 따라 그 밖의 불포화 단량체를 함유하는 단량체 성분을 중합하여 이루어지는 중합체이다. 이러한 중합성 단량체로서는 탄소수 8~24의 알킬기를 갖는 알킬(메트)아크릴레이트가 바람직하다고 예상된다.

### 가. 재료

중합 단량체는 Table 1에 나타난 바와 같이 가장 보편적으로 사용하는 수종의 단량체를 친수성 코팅 조성물에 맞는 단량체를 선정하여 이들로부터 중합반응을 실시하였으며, 중합반응에 사용한 각각의 단량체는 1급 시약으로 정제하지 않고 그대로 사용하였다.

Index	Name of Chemicals	MW
AIBN	2,2-Azobisisobutyronitrile	164.21
2-HEMA	2-Hydroxyethyl methacrylate	130.14
MMA	Methyl methacrylate	100.12

CA	Cellosolve acetate	132.16
TMPTA	Trimethylolpropane triacrylate	296.32
Glycerin	Glycerin	92.09
M.C 50	Methyl Cellosolve 50%	76.10
IPA	Isopropyl Alcohol	60.10

표12. Characteristics of monomers and chemicals used in this experiment

나. 실험방법

(1) 친수성아크릴레이트계 합성

중합 반응은 교반기, 온도계 및 환류 냉각기가 설치된 반응기 속에 중합계시제인 AIBN과 친수성 용매를 반응기 내에 투입시키고 80℃로 가열한다. 이때 중합 계시제인 AIBN의 활성화를 시키기 위해 질소가스를 송풍하면서 2-HEMA, MMA, C.A를 각각 투입하고, 교반을 실시하여, 3시간 동안 교반하여 1차 반응 시켰다. 1차 반응이 종료되면 TMPTA, Glycerin, M.C50 IPA를 혼합하여 40분 동안 일정하게 반응기로 적하하여 2차 반응을 유도하고, 3시간동안 같은 온도에서 숙성을 실시하였다. 2차 반응이 완료되면 상온으로 냉각을 실시하고, 냉각 후 FT-IR로 반응 여부를 확인 하였다.

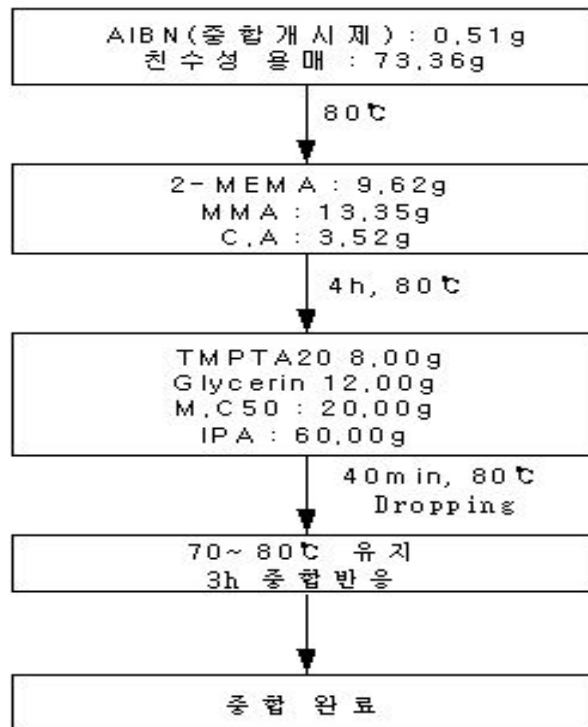


그림19. Preparation of hydrophilic acryl resin

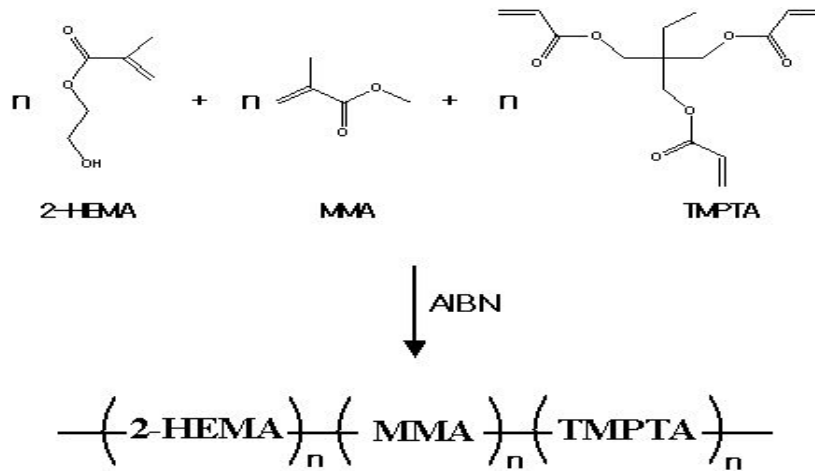


그림120. Mechanism of hydrophilic acryl resin

(2) 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액 제조

중합된 친수성 아크릴레이트계 중합체와 분산되어 있는 나노 실리카 50~60nm, 100~120nm를 6:2:2, 6:3:1, 6:1:3 비율로 30분간 고속 교반하여 20%(w/w) 친수성을 갖는 나노입자 코팅액을 제조하였다.

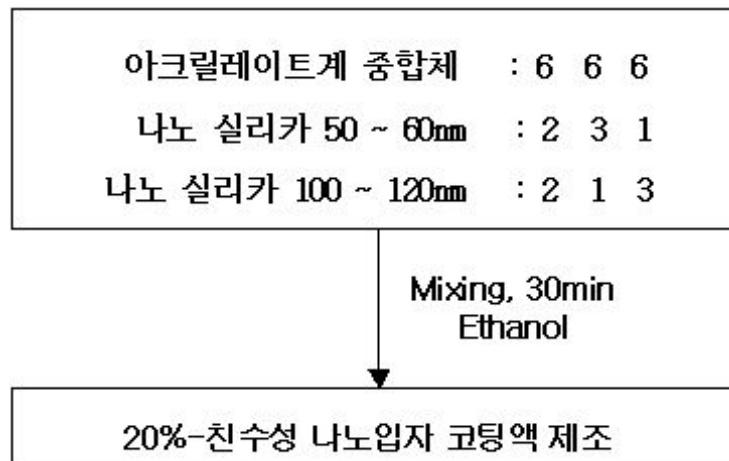


그림21. Preparation of hydrophilic coating solution

(3) 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅필름 제조

제조된 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅을 코로나 처리된 천하무적 원단에 바코다 (No.5)로 일정한 압력과 일정한 속도로 도포하여 70~80℃ 사이에서 열풍건조 (30~40sec)를 하였다.

다. 결 과

(1) FT-IR 분석

중합한 친수성 아크릴계 수지 중합물을 FT-IR을 사용해서 분석하고 그 결과를 그림14에 나타내었다. 그림에서 나타난 결과를 토대로 중합의 정도를 확인하기 위하여 스펙트럼

에서 사용된 각각의 아크릴 단량체의 특성 피크를 확인할 수 있었다. MMA의 특성 피크는  $2,876\text{cm}^{-1}$ 에서 알킬기의 C-H의 신축진동(Stretching vibration) 영역이 나타나는데, 일반 알킬의 C-H 신축진동 영역은  $3,300\sim 2,750\text{cm}^{-1}$ 의 범위에서 나타난다. 그러나 C-H결합의 흡수 진동수는 C-H 결합의 활성화에 의해 좌우되기 때문에 이러한 단일 피크로 확인하는 것은 곤란하다.  $\text{CH}_3$ 의 대칭 신축진동은  $2,962\text{cm}^{-1}$ 이다. 그러므로  $2,962\text{cm}^{-1}$ 에 나타난 피크는 MMA의 알킬기의  $-\text{CH}_3$  대칭 신축진동 피크로 볼 수 있다. 2-HEMA의 특성 피크는  $3,213\text{cm}^{-1}$ 에서 나타나는데, 일반 O-H 피크는 매우 브로드하며  $3,400\sim 2,400\text{cm}^{-1}$ 에서 신축진동 형태로 존재하지만 C-H흡수에 간섭을 받는다. 에스테르기의 C=O 피크는 브로드한 신축진동이  $1,730\sim 1,700\text{cm}^{-1}$ 에서 일어난다. TMPTA는 MMA와 유사한 형태를 가지고 있으므로 FT-IR 피크 상으로는 정확한 합성 형태를 나타내기 어렵다. 이와 같이 중합된 친수성 아크릴계 수지는 각각의 아크릴 단량체의 의해 형성되었음을 알 수 있었다.

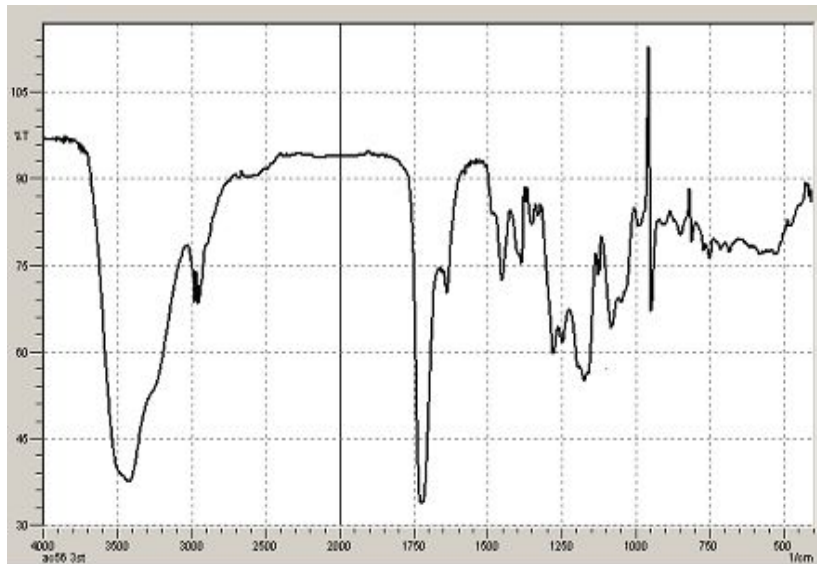


그림22. FT-IR Spectrum of hydrophilic acryl resin

## (2) 유적성 평가

친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅된 필름의 유적성 평가를 실시하였다. 그림23은 유적성 평가 시 경과 후 2시간 및 유적성 평가 후 건조한 이미지 이다. 제조된 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액들은 타사 코팅필름에 비해 유적성이 상당히 떨어지는 결과를 얻었다. 유적성이 좋은 순을 살펴보면 No. 2 > No. 1 > No. 3 순이다. 유적성 평가 후 건조를 살펴보면 백화가 일어나는 현상을 보였다. 백화현상의 정도를 확인하기 위해 Haze를 측정하여 백화현상의 정도를 확인하였다. 백화현상의 심한 순을 살펴보면 No. 3 > No. 1 > No. 2 순 이다. 이와 같은 결과로 유적과 백화가 상반관계의 형태로 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

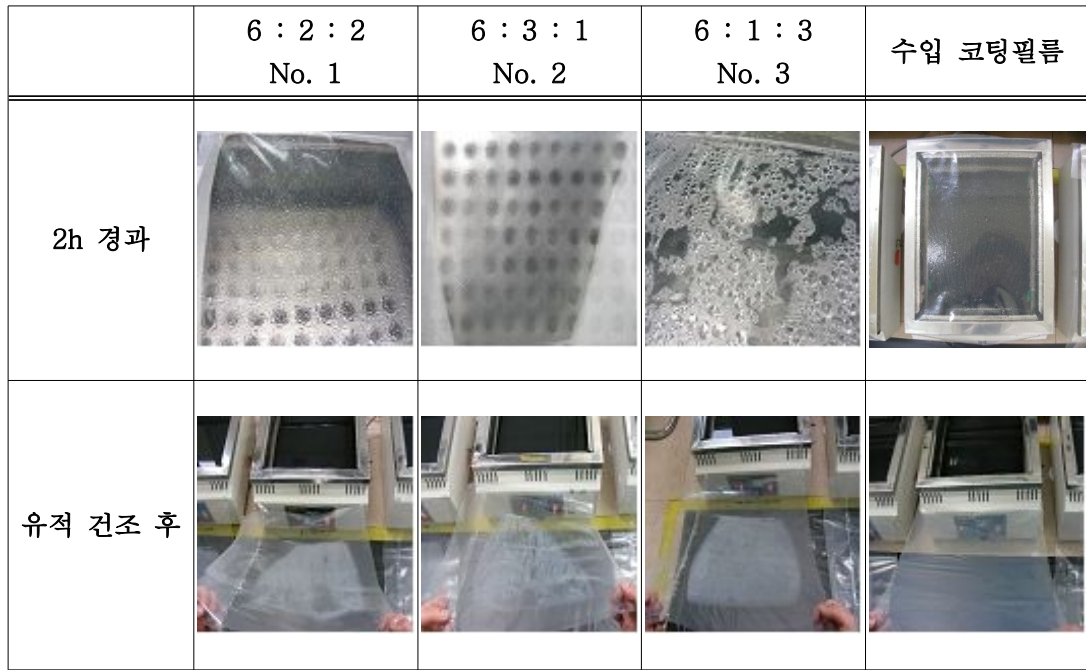


그림23. Image of dripping test

Haze(%)	6 : 2 : 2	6 : 1 : 3	6 : 3 : 1	타사 코팅필름
평가 전	20.0	19.9	19.0	10.7
유적 건조 후	53.5	41.5	60.1	11.4

표13. Haze of hydrophilic coating film

#### 라. 결론

친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액을 제조하였다. 코팅액을 코로나 처리된 천하무적 원단에 코팅하여 평가 후 다음 과 같은 결론을 얻었다.

친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅된 필름 평가를 살펴보면 실리카입자에 의해 백화 현상이 일어날 것을 볼 수 있었다. 유적 평가 시 실리카 입자들이 코팅필름에 접촉되어있지 않고 물방울 안에서 분산되어 건조 시 백화현상이 일어난 것으로 보여진다. 이러한 물방울에 의해 코팅 층과 분리된 실리카 입자들은 친수성으로 있는 코팅필름의 코팅 층의 친수성을 저하 시키므로 유적성 또한 저하 될 것으로 예상된다.

그리고 실리카 입자 100~120nm의 사용량이 늘어나면 실리카 입자 50~60nm보다 백화현상이 심한 것을 확인할 수 있었다. 이는 유적성 평가 후 건조 과정에서 실리카 입자 50~60nm보다 100~120nm가 입자와 입자 간에 응집이 쉽게 된다는 것을 확인할 수 있다. 그리하여 유적성 평가 시 입자와 입자간에 응집으로 인해 유적성 또한 떨어지는 것을 알 수 있다.

1차 필름표면 코팅에 적합한 친수성 나노 입자의 조성물 개발은 백화현상으로 인하여 타사 코팅필름과 비교 시 유적성이 현저히 떨어지는 것으로 나타났다. 2차 개발은 1차 개발의 문제점인 백화현상 해결에 초점을 맞추고자한다. 이에 대한 해결 방안으로 유적 평가 시 코팅 층과 실리카 입자들의 분리를 막기 위해 나노 실리카 입자들과 친수성 아크릴레이트계 중합체와 결합(공유결합, 이온결합)을 유도하여 Hybrid형 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액을 개발할 계획이다.

Hybrid형 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액은 나노 실리카 입자들과 친수성 아크릴레이트계 중합체와 커플링제(결합유도체)는 TEOS(Tetraethoxyothosilicat), TEA(Tetra ethylamine)이 적합할 것으로 예상된다. 이러한 커플링제를 사용하기 위해서는 100~120nm의 실리카 입자를 사용되면 중합된 친수성 아크릴레이트계 중합체와 100~120nm의 실리카 입자의 결합 시 친수성을 극대화 시키지 못하므로 10~60nm의 실리카 입자를 사용하면 친수성을 극대화 시켜 유적성 또한 개선될 것으로 보여진다.

## 2. Hybrid형 친수성 아크릴계 유-무기 나노입자 코팅액 개발

위의 나노 실리카 입자를 사용한 친수성 유-무기 아크릴계 코팅액은 코팅 건조 후 백화 현상의 문제가 야기 되었다. 2차 개발에는 백화현상 개선에 중점을 두고 필름과 실리카입자간의 접착력을 향상시키기 위해 실리카 커플링제를 사용하여 실리카 입자를 고정화 시키고자 Hybrid형 친수성 이크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액을 개발하였다.

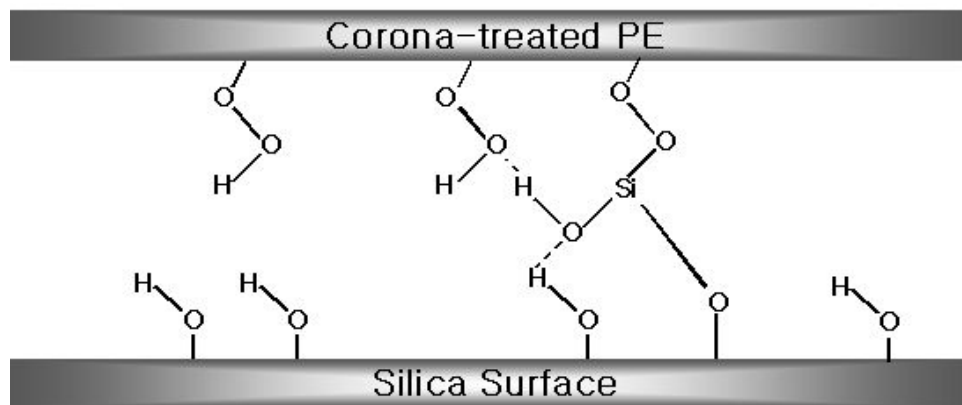


그림24. An illustration of the structure of hydrolyzed TEOS when it corona-treated PE film to a silica surface

### 가. 재료 및 실험방법

#### (1) 재료

수용성 아크릴레이트계 합성은 표 14에서 나타나 바와 같이 가장 보편적으로 사용하는

수 중의 단량체를 친수성 코팅 조성물에 맞는 단량체를 선정하여 이들로부터 중합반응을 실시 하였으며, 중합 반응에 사용한 각각의 단량체는 1급 시약으로 정제하지 않고 그대로 사용하였다. 또한 실리카 커플링제로서는 Tetraethylorthosilicate[TEOS, Si-(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>, 99%]를 사용하였으며, 실리카 입자는 10~50nm로써 30wt%의 실리카 입자가 물에 분산된 형태이다.

Index	Name of Chemicals	MW
AIBN	2,2-Azobisisobutyronitrile	164.21
2-HEMA	2-Hydroxyethyl methacrylate	130.14
MMA	Methyl methacrylate	100.12
CA	Cellosolve acetate	132.16
TMPTA	Trimethylolpropane triacrylate	296.32
Glycerin	Glycerin	92.09
M.C 50	Methyl Cellosolve 50%	76.10
IPA	Isopropyl Alcohol	60.10
TEOS	Tetraethylorthosilicate	208.33

표14. Characteristics of monomers and chemicals used in this experiment

(2) 실험방법

(가) 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액 제조

중합된 친수성 아크릴레이트계 중합체와 분산되어 있는 나노 실리카 10~60nm 그리고 TEOS 6:3.5:0.5, 6:3:1, 6:2.5:1.5 비율로 30분간 고속 교반하여 20%(w/w) 친수성을 갖는 나노입자 코팅액을 제조하였다.

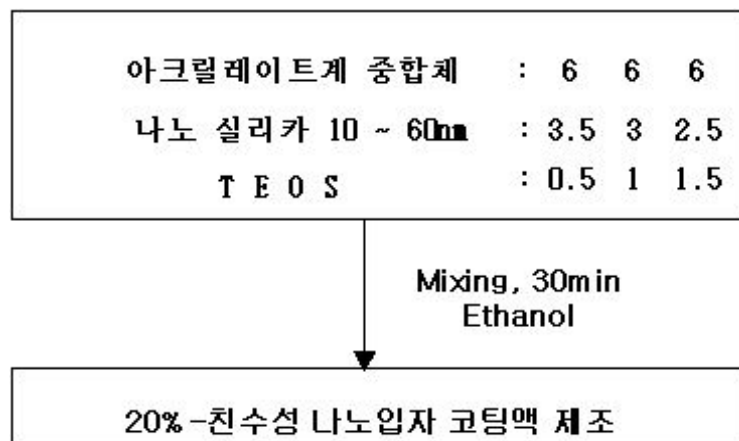


그림25. Preparation of hydrophilic coating solution

(나) Hybrid형 친수성 이크릴계 유-무기 나노 입자 코팅필름 제조

제조된 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅을 코로나 처리된 천하무적 원단에 바-코다 (No.5)로 일정한 압력과 일정한 속도로 도포하여 70~80℃ 사이에서 열풍건조 (30~40sec)를 하였다.

나. 기능성 평가

(1) 백화현상 평가

Hybrid형 친수성 이크릴계 유-무기 나노 입자 코팅된 필름의 유적성 평가를 실시하였다.

그림26은 유적성 평가 시 경과 후 2시간 및 유적성 평가 후 건조한 이미지 이다. 1차 개발된 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액들은 타사 코팅필름에 비해 유적성이 상당히 떨어지는 결과를 얻었다. 2차 개발 시 백화현상을 해결하고자 TEOS를 첨가한 결과 유적성이 좋은 순을 살펴보면 표 16과 같이 No. 4, No. 5 > No. 3 > No. 2 > No. 1순이다. 유적성 평가 후 건조를 살펴보면 TEOS 첨가량에 따라 백화현상이 줄어드는 걸 확인할 수 있었다. 백화현상의 줄어듦 정도를 확인하기 위해 Haze를 측정하여 백화현상의 줄어듦 정도를 확인하였다. 백화현상의 줄어듦 순을 살펴보면 No. 4 > No. 5, No. 3 > No. 2 > No. 1 순 이다. 이와 같은 결과로 유적과 백화가 상반관계의 형태로 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
아크릴레이트계	6	6	6	6	
Nano Silica 10~60nm		3.5	3	2.5	
TEOS		0.5	1	1.5	수입입수품
Nano Silica 50~60nm	3				
Nano Silica 100~120nm	1				

표15. Recipe of hydrophilic coating solution

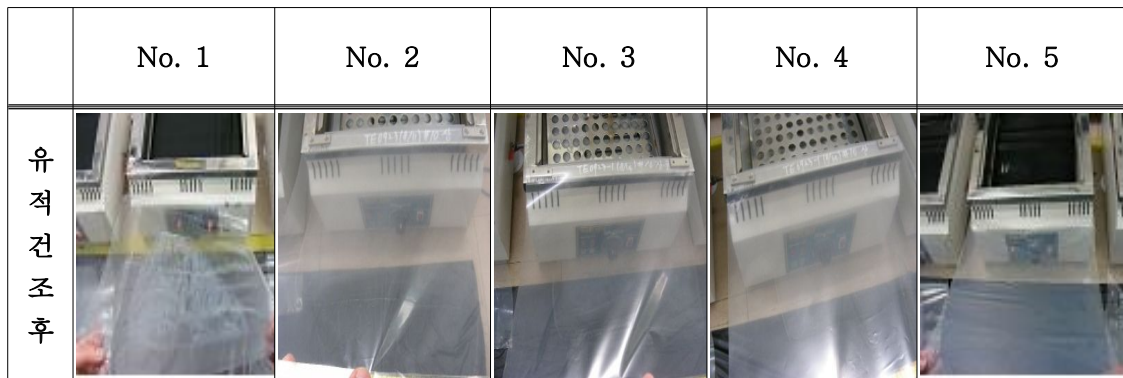


그림26. Image of dripping test







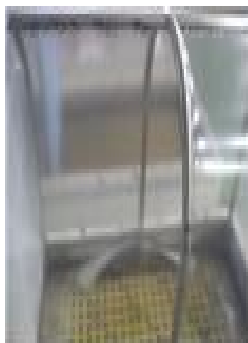




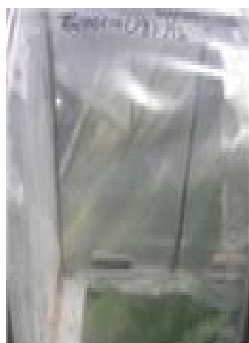





Haze(%)	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
유적 평가 전	19.9	11.5	11.1	10.5	10.7
유적 건조 후	41.5	12.1	11.6	10.9	11.4

표16. Haze of hydrophilic coating film

(2) 유적성 평가

테스트 회차별 유적 경시변화를 측정하였다. 평가 방법은 필름의 인쇄면과 인쇄 반대면에서 시료를 채취하여 Water Bath에 피복 후 초기와 30일 경과를 관찰하였다. Water Bath의 온도는 30℃로 설정하고 상온에서 진행하였다. 월1회 테스트 회차별 유적경시 평가를 진행하여 Coating Solution의 유적성을 평가 하였다.

	초 기		30일 경과	
	인쇄면	인쇄 반대면	인쇄면	인쇄 반대면
2010. 7.				
2010. 9.				
2010.10				

2011. 1.				
2011. 2.				
2011. 3.				
2011. 4.				
2011. 5.				



다. 결론

커플링제인 TEOS의 백화현상을 개선하기 위해 Hybrid형 친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅액을 제조하였다. 그 후 코팅액을 코로나 처리된 천하무적 원단에 바-코딩하여 얻어진 코팅필름의 유적성 및 백화현상을 조사 및 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

친수성 아크릴계 유-무기 나노 입자 코팅된 필름(1차 개발)평가를 살펴보면 실리카입자에 의해 백화현상이 일어날 것을 볼 수 있었으나, 커플링제인 TEOS를 첨가하여 백화현상을 개선할 수 있었다. 코팅액 제조 시 TEOS 첨가량에 따라 백화현상은 개선에 의존한다는 걸 표 2에서 알 수 있었다. 표16을 살펴보면 유적 건조 후 TEOS 첨가량에 따라 Haze가 낮아지는 걸 확인할 수 있다. 이는 TEOS 첨가량에 따라 실리카 입자와 필름간의 접촉(고정)을 견고하게 해줌을 알 수 있었다. 또한 1차 개발 시, 실리카 입자 100~120nm의 사용량에 따라 백화현상이 심하였으나, 실리카 입자 10~50nm를 사용함에 있어 또 하나의 백화현상 개선의 원인으로 사료된다. 이러한 TEOS의 첨가량에 따른 견고함은 유적 시 실리카 입자와 필름간의 접촉에 분리되지 않고 유적성이 향상되는 걸 알 수 있었다.

위와 같은 결론으로 TEOS는 코팅액의 첨가량에 따라 백화현상 개선 및 유적성이 향상되는 걸 실험으로 알 수 있었다. 하지만 백화현상 개선 및 유적성이 향상시킬 수 있는 TEOS는 No. 3의 제조방법 이상 TEOS 첨가량 증가시키면 Cost에 대한 문제를 가져올 수 있다.

향후 시제품 생산은 No. 3을 채택하여 진행할 예정이며, TEOS 첨가량 증가시키면 Cost에 대한 문제를 해결하기 위해 APS(Aminopropyltriethoxysilane)등 현재 상용화가 가능한 커플링제를 모색 및 적용에 대해 계획 중이다.

#### 4절. Coating Solution의 코팅 안정화 기술개발.

장기성 코팅필름은 유적기능을 장기간 지속하기 위하여 Coating Solution의 우수한 코팅력을 요구한다. 코팅력은 Coating Solution 자체의 성분에 의하여 결정 되지만, Solution만 가지고 요구하는 코팅력을 충족하기에는 지속성이 부족하다는 사실을 이미 수차례의 경험치를 통하여 확인하였다. 따라서 본 절에서는 Coating Solution 이외의 물리적으로 코팅력을 강화 할 수 있는 방안을 모색하고 코팅의 안정화를 실현하고자 한다.

# 1. 코팅력 강화를 위한 필름 표면의 코로나 방전처리 기술의 개발

일반적으로 필름의 코로나 처리는 산업용 소폭(폭 200cm 이하) 규격의 필름에서만 적용되었으며, 현재까지 광폭 필름 전면의 코로나 처리가 적용된 사례를 찾아볼 수 없다.

본 개발의 코로나 처리 단계는 코팅성능의 향상을 위하여 코팅액 함침 단계 이전에 진행된다. 코로나 처리 시에는 방전전극과 처리물 사이의 적정 간격이 1.5~2mm로 그 이상 간격이 벌어지게 되면 선형모양으로 방전이 되어 필름에 얼룩처리 현상이 생기며, 필름과 처리물 간에 공기의 존재로 인하여 필름이 부분적으로 전극에 접촉하여 백화현상이 나타나기도 한다. 본 연구에서는 압출기에서 압출된 메탈로센 수지의 Bubble 내의 공기가 외부로 완전히 방출되지 않은 상태에서 코로나처리에 투입되어야 하므로 얼룩처리 현상이나 백화현상을 방지할 수 있는 최적의 에어갭(방전전극과 처리물 사이의 공간) Control에 어려움이 예상된다. 또한, 산업용 소폭 필름(포장용, 보호필름용)에 비해 비교적 두께편차가 큰 원예용 광폭용 필름에 균일한 방전효과를 부여하는 것도 상당한 어려움이 수반된다.

본 개발을 통하여 상기와 같은 문제를 해결하고, 국내 최초로 원예용 광폭 필름에 코로나 방전처리를 적용시키는 기술을 개발하고자 한다.

## 가. 코로나 방전처리 개요 및 방법

### (1) 코로나 방전처리의 목적

폴리에틸렌 필름에 코로나 방전 표면처리를 실시하는 목적은 필름의 인쇄성을 향상시키고 접착성을 향상시키기 위해서이다.

### (2) 코로나 방전처리의 원리

코로나 방전처리는 코로나 처리기로부터 발생된 고주파에 의해 방전전극과 처리물 사이에 있는 공기를 이온화하여 전하를 띤 입자를 발생시키고 이러한 입자들이 전극과 처리물 사이에 위치한 필름표면에 충돌함으로써 필름표면에 산화를 일으키게 한다.

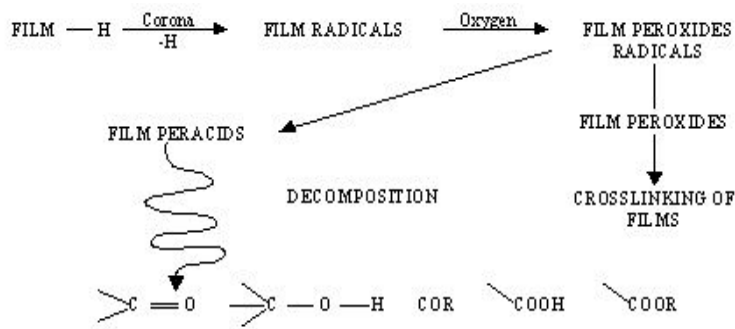


그림27. 코로나처리 화학적 메카니즘

### (3) 코로나 방전처리 기법을 이용하는 이유

플라스틱 필름은 고유한 화학적 특성(낮은 표면에너지\*)으로 인해 인쇄잉크나 접착제

와의 결합력이 매우 약하다.

- ※ 임계표면장력 : 폴리에틸렌 - 31dyne/cm<sup>2</sup>  
폴리프로필렌 - 29dyne/cm<sup>2</sup>

따라서, 코로나 방전처리를 통한 표면산화로 의해 극성그룹(C=O, C-O-H, COOH, COOR COR)이 생성되며 이들로 인해 필름의 표면에너지가 증가되어 인쇄잉크 및 접착제 등과의 친화력이 향상되어 용이한 인쇄성 및 접착성을 나타내게 된다.

#### (4) 코로나 표면처리도의 측정방법

##### (가) DYNE 시약 TEST(ASTM D2578)

- ① 표면처리도 측정방법으로 가장 보편적으로 이용.
- ② 서로 다른 표면장력을 가진 여러 시약을 사용하여 필름의 처리도를 평가.
- ③ 필름표면에 다인시약을 도포 후 약 2초 동안 변형없이 초기상태가 유지될 때의 시약 표면장력으로 평가.

※ 다인시약 : 에틸렌글리콜모노에틸 에테르와 포름알데히드의 혼합물로서 혼합비에 따라 시약의 표면장력이 결정됨.(30~58dyne/cm<sup>2</sup>)

##### (나) 접촉각(Contact Angle) TEST

- 필름표면에 액체방울을 떨어뜨린 후, 필름표면과 액체가 이루는 접촉각을 측정

##### (다) Tape 점착성 TEST

- 필름표면에 1Nk를 도포하고 점착성 Tape로 점착한 후, 박리강도 또는 필름표면의 1Nk 잔량을 측정하여 평가함.

※ 본 연구에서는 ①항의 Dyne 시약 Test법에 의거하여 코로나 처리도 측정을 시행함.

#### (5) 코로나 방전처리 Mechanism

##### (가) 필름의 고른 방전처리

- 전극과 처리물의 평행도를 바로 잡는 것과 처리물의 중심에 전극이 위치.

##### (나) 필름의 얼룩처리 현상 방지

- 방전전극과 처리물 사이의 간격 조정 및 유지.

##### (다) 표면처리에 영향을 미치는 인자 Control

- 공급에너지(전압과 주파수), 권취속도, 에어젯, 상대습도, 방전전극의 두께 등

#### (6) 코로나 처리시 발생가능 문제점

##### (가) 블로킹(Blocking)

- ① 코로나 처리도가 증가하면 표면의 산화정도 역시 증가한다.
- ② 표면의 산화도가 증가한 표면끼리 자기 점착 형태의 접촉이 일어난다.

③ 일반적으로 블로킹은 필름롤 가운데 부분이 심하다.

(나) 열봉합(Heating sealing)

- 코로나 처리도가 과다하면 열봉합성에 영향을 미칠수 있다.

(다) 첨가제(Additives)

- ① 슬립제, 가공조제는 표면이행 과정을 통하여 최초의 처리도를 감소시킨다.
- ② 코로나 처리도는 가공시점보다 최종 사용 시점에 초점을 맞추어야 한다.

(7) Pilot 설비를 통한 코로나 방전처리 효과 파악

(가) Pilot 장치를 통한 코로나 방전처리

- ① 코로나 방전 세기 : 8.2A, 70V (약 38Dyne)
- ② Base Film : LDPE (두께 150 $\mu$ m)
- ③ 코로나 Test 협조업체 : 에이에스테크(경기도 시흥시 소재)

(나) 유적경시 변화 TEST

- ① 코팅액 : 친수성 아크릴계 코팅액 4종(Silica, Amine, 수용성 Solution, Leveling제)
- ② Water Bath 조건 : 40 $^{\circ}$ C
- ③ 경시 기간 : 7일

(다) 결과

그림 24와 같이 좌측의 코로나 방전처리가 된 코팅필름의 레벨링성, 유적성, 코팅결합성 등 비코로나 코팅필름(사진 우측)에 비하여 전반적으로 우수한 것으로 나타났다.



(코로나 처리 코팅필름군)

(코로나 비처리 코팅필름군)

그림28. 유적 경시변화를 통한 코로나 처리 효과 파악

나. 코로나 방전처리 장치 시공

(1) 코로나 처리장치 시공 계획

- ① 기계 기초공사
- ② 급풍, 배기, Duct 보온설치
- ③ 배기 용제 처리장치
- ④ 실내 향온, 향습관련 장치 및 Clean room 관련공사
- ⑤ Coating Unit의 Patition 및 국소배기 장치
- ⑥ 각부 Utility(전기, Air Line 등) 기계측 연결공사
- ⑦ Utility 인입 및 배출공사
  - 전기, Compessed, Air etc.
- ⑧ 시운전

(2) 코로나 방전처리 장치 시공

- ① 코로나 처리장치 규격 및 설계
  - ㉠ 코로나 처리장치 규격
    - ㉡ 전원 : 380V 3 $\phi$ , 50~60Hz
    - ㉢ 고주파 출력 : 45KV
      - 발진주파수 : 23~34KHz
      - 정류기 : 1GBT Type
      - 작동방식 : Push Button Type
      - 최대 전극길이 : 6M
      - 기계치수 : 500 × 600 × 1640
      - 코로나 발생기 : 102kg
      - 변압기 : 90kg
    - ㉣ 제조원 : 한국고주파
  - ㉤ 코로나 처리장치 설계도

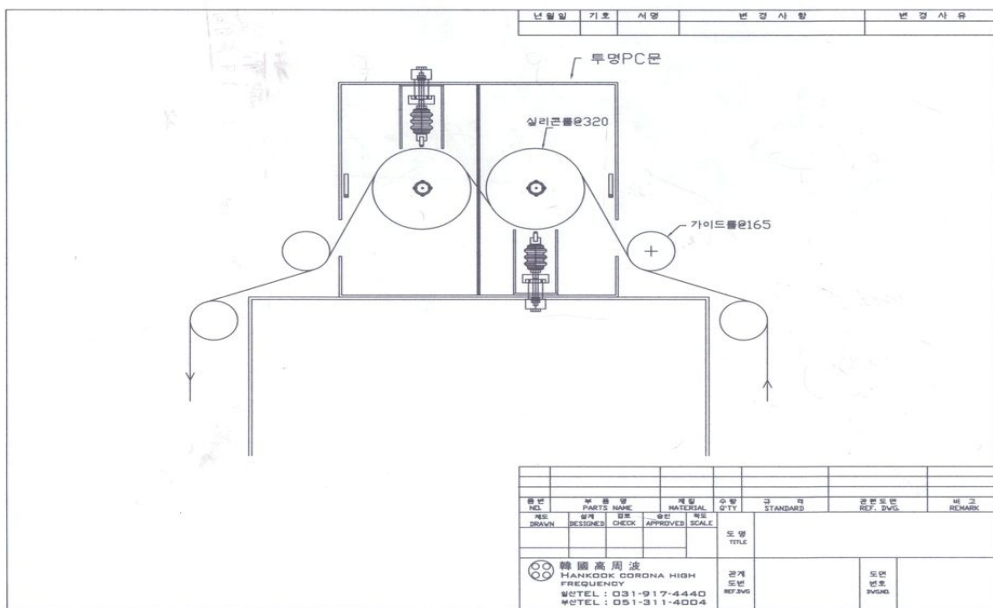


그림29. 코로나 처리장치 설계도면

### ③ 코로나 방전처리 시공 모습



그림30. 코로나처리기 설치 전 후

다. 코로나처리의 표면개질 효과

#### (1) AFM 표면 분석

- ① 시료명 : 장기성 필름 - (위 가.항의 조성 7, 친수성 계면활성제 코팅 전)
- ② 시료두께 :  $150\mu\text{m}$
- ③ 코로나 처리 강도 :  $38\text{dyne}$
- ④ 분석 실시 : 삼성토탈(주) 고객지원팀
  - Scan Size :  $50.00\mu\text{m}$
  - Scan Rate :  $0.3863\text{Hz}$
  - Image Data : Height
  - Data Scale :  $300.0\text{nm}$



그림31. 코로나 처리장치 전극판

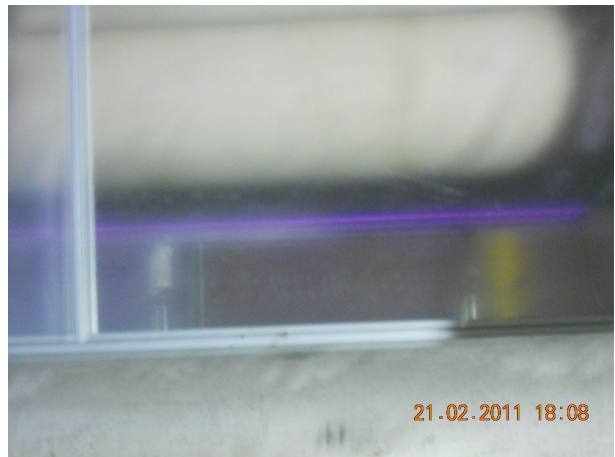


그림32. 코로나 처리 모습

#### (2) AFM 표면 분석 결과

Rms는 코로나 처리 전  $27.097\text{nm}$ 에서 처리 후  $81.403\text{nm}$ 로 약 300% 증가하여 전체적으로 거칠기가 향상 되었으며 Rmax 역시 코로나 처리 전  $315.19\text{nm}$ 에서 처리 후  $541.86\text{nm}$ 로 약 170% 증가 하였다. 코로나 방전처리를 통하여 필름 표면의 요철이 균일하고 깊게 개질이 되었으며 그의 효과로



균일한 코팅성을 기대 할 수 있으며 코로나 방전에 의한 필름 표면의 음이온 발생 증가로 접착성이 향상되는 것을 알 수 있다.

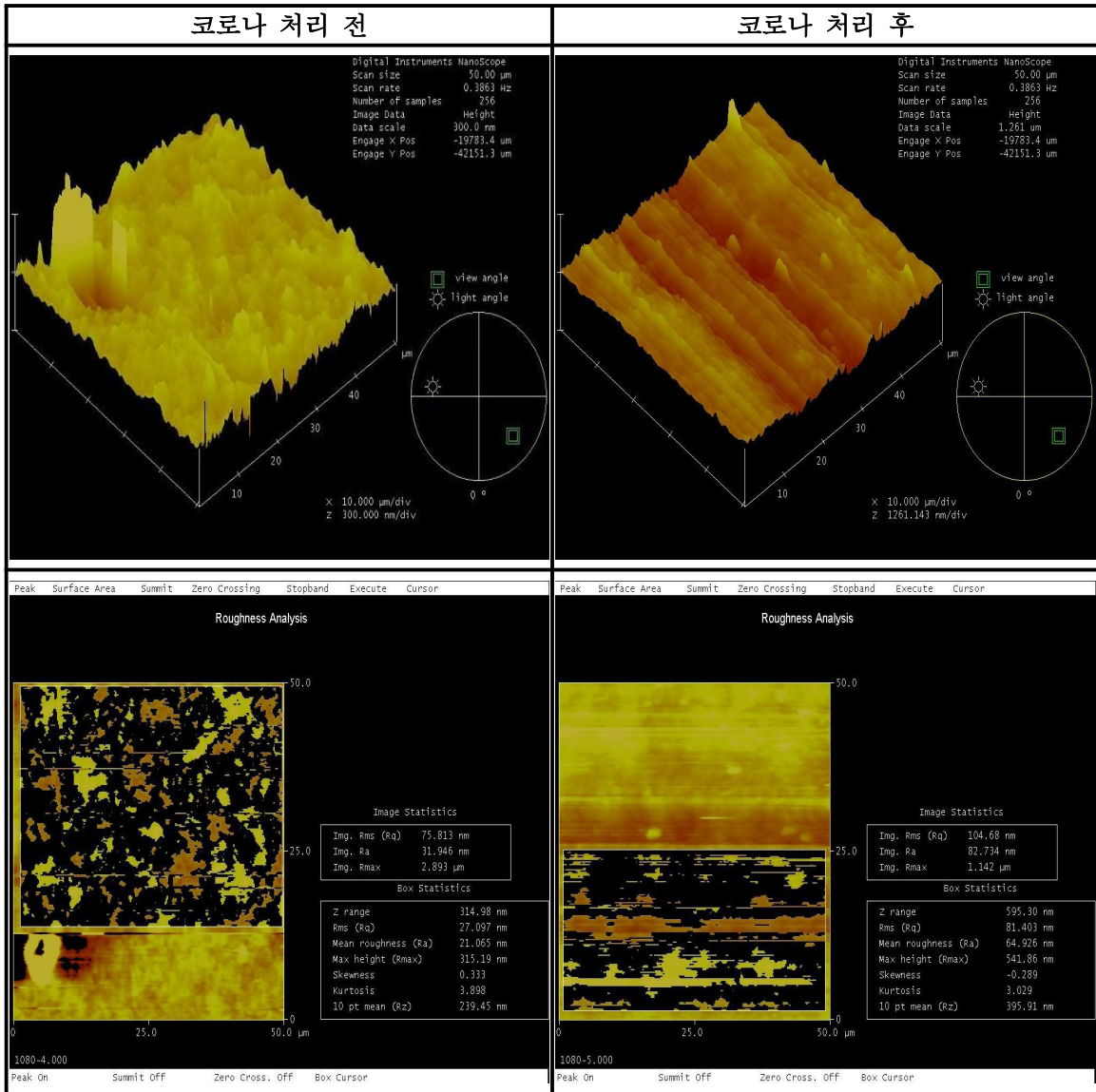


그림 33. AFM 분석 결과

	코로나 처리 전	코로나 처리 후		
Box Statistics	Z range	314.98nm	Z range	595.30nm
	Rms(Rq)	27.097nm	Rms(Rq)	81.403nm
	Mean roughness(Ra)	21.065nm	Mean roughness(Ra)	64.926nm
	Max height(Rmax)	315.19nm	Max height(Rmax)	541.86nm
	Skewness	0.333	Skewness	-0.289
	Kurtosis	3.898	Kurtosis	3.029
	10 pt mean(Rz)	239.45nm	10 pt mean(Rz)	395.91nm

- Ra : 중심선 평균 조도 ; 전체 구간에 대한 평균값
- Rms(Rq) : Root Mean Square, 제곱 평균 거칠기
- Rmax : 최대 높이 조도 ; 측정 구간을 5등분하여 각 구간의 최대 값 중 가장 큰 구간의 값

라. 적정 코로나 방전처리 기술 개발

(1) 코로나 처리 강도별 코팅성 및 유적성 평가

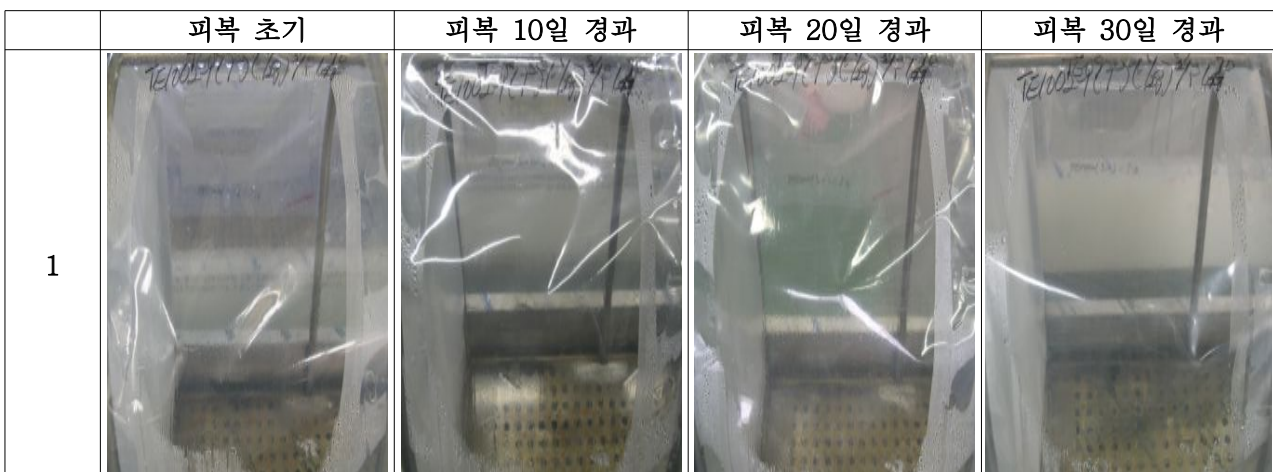
코로나 방전처리를 통한 필름 표면의 개질을 확인하였으므로 코로나 처리 세기에 따른 코팅액과의 상용성을 평가하기 위하여 코로나 Pilot 설비를 보유한 업체에 의뢰하여 In Line 코로나 방전을 시행하였다.

시료는 위 '가'항의 조성 4의 Recipe로 코로나 설비가 거취 된 압출기에서 두께 150 $\mu$ m, 폭 90cm 규격으로 생산되었으며 압출 공정 중 코로나 방전 처리를 시행하였으며, 시료는 코로나 방전 세기별로 구분을 하였다. 코로나 처리 된 시료는 세기별 가로 × 세로 각 1m씩 채취하여 Out Line에서 Lab Coating Bar(No 10)로 코팅하였다. 코팅 된 각각의 시료에 넘버링을 한 후, 간이 열풍기를 이용하여 건조 시킨 뒤 40 $^{\circ}$ C 조건의 Water Bath에 거취하여 경시에 따른 유적 특성을 비교 관찰하였다.

- ① 시료명 : 장기성 필름 - (위 가.항의 조성 1)
- ② 시료두께 : 150 $\mu$ m
- ③ 코로나 처리 시험업체 : 에이스테크 (경기도 시흥시 소재)
- ④ Coating Solution 조성
  - AC58
  - MEO-1
  - SN-3
  - SN-2
  - SS-1
  - IP-1
  - SCM77
- ⑤ 코로나 처리 세기

설정치	전기 수치		비고
1	4.8A	50v	30~31 dyne
1.5	5.4A	57v	32~33 dyne
2	6.2A	60v	33~34 dyne
3	8.2A	70v	36~37 dyne

(2) 유적 경시변화 평가 결과



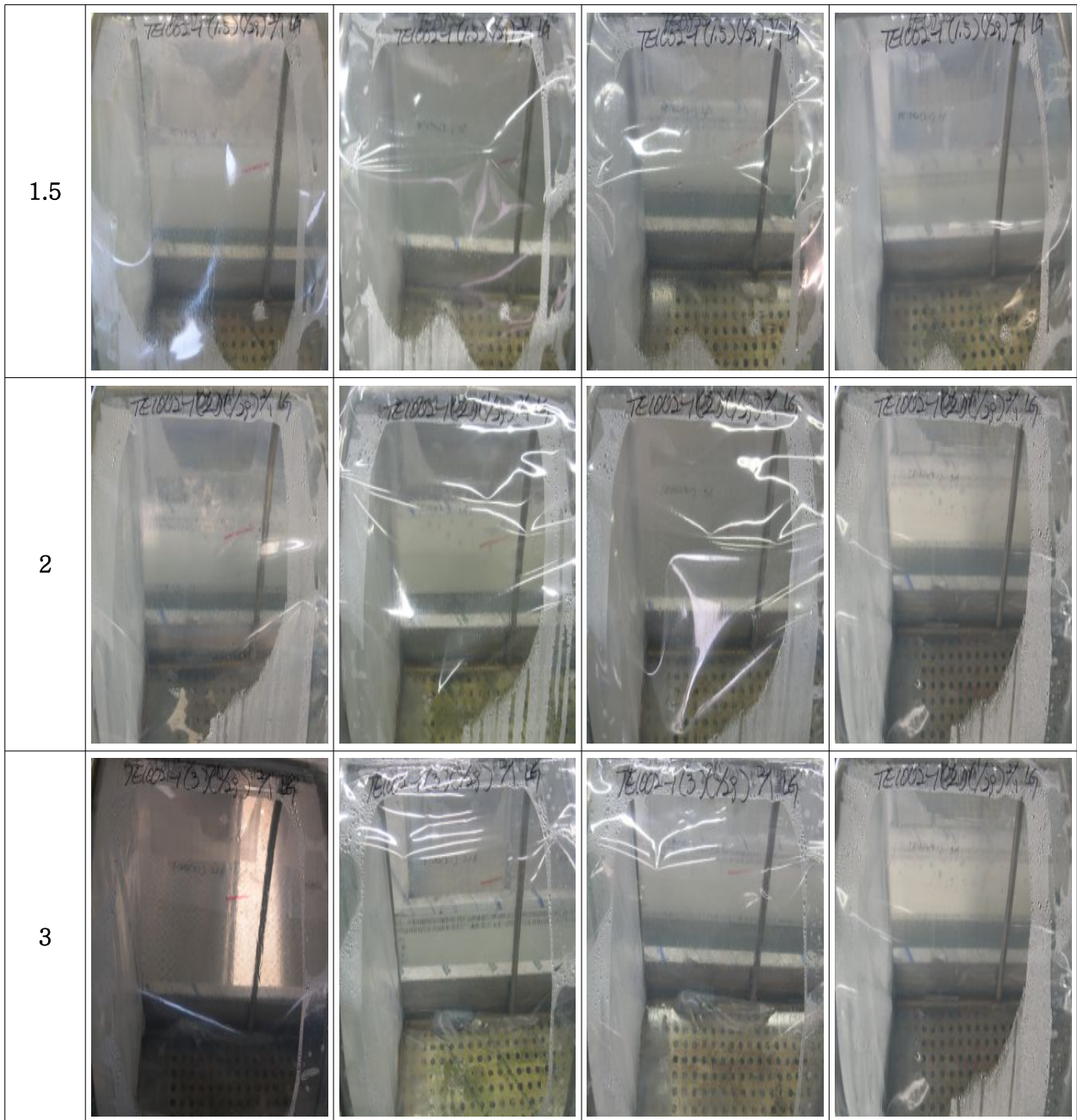


그림34. 코로나 처리세기별 친수효과 실험

코로나 세기가 낮은 시료에서 초기 젖음성이 저하되는 현상이 있으나, 경시 변화 결과 코로나 세기에 따른 유적 현상의 특이점은 발견되지 않았다. 3번(8.2A) 코로나 방전에서 Scratch성이 만족스러웠으며 2번(6.2A) 이하의 코로나 방전에서 Scratch성이 부족하여 Coating Solution이 Film과 박피 되는 현상이 나타났다. 안정적인 코로나 방전 효과를 얻기 위해서는 최소 8.5A(약 38dyne) 이상의 방전 세기를 유지해야 할 것으로 판단된다.

결과적으로, 코로나 방전 처리에 따른 Coating Solution의 직접적인 간섭은 없는 것으로 판단되며 코로나 방전의 효과로 인하여 Coating Solution의 Scratch성 및 Leveling 성이 높아져 보다 안정적인 유적 효과를 발현하는 것으로 나타났다.

## 2. 나노입자 친수성 코팅액의 코팅량 적정화 기술개발

2절 2항의 실험결과에 따라 Test No.3의 제조방법을 Base로 하여 Coating Solution을 조제하였다. 본 연구는 Coating Solution의 균일한 코팅성과 안정적인 유적 성능 발현을 위하여 필름 표면 코로나 표면처리 이후 공정인 Coating Solution에 함침 시, Coating Bar의 간격 조절을 통하여 코팅막의 두께를 균일화하는 기술을 개발한다.



그림35. 코팅량 조절장치 (메이어바 & 스무스바)



그림36. 코팅량 조절 모습

### 가. Coating Solution의 Coating 안정화

#### (1) Coating Bar 조절을 통한 코팅량 안정화

##### (가) Coating Solution 조성

AC58  
MEO-1  
SN-3  
SN-2  
SS-1  
IP-1  
SCM77

(나) Coating Bar 간격에 따른 코팅성 평가

① 1차

상부 Coating Bar	80	75	70	75	80
하부 Coating Bar	100	95	90	95	100

- ㉠ 얼룩형태의 무적상태를 보이고 있어 Pilot코팅 필름에 비해서 무적 상태가 불량해 보인다.
- ㉡ 이차 습 형성되는 부분도 있어서 친수성이 부족한 것으로 판단된다.
- ㉢ 코팅액의 희석비율을 10%정도 줄인다.
- ㉣ Coating Bar 청소 문제 해결 필요함. (고형분이 제거 안 된 상태로 작업)
- ㉤ 코팅작업 시 텐션 확인 (Pilot코팅과 차이가 많이 발생 : Bar 위치 75/70으로 실험.  
- Coating Bar위치 설정 재검

② 2차

상부 Coating Bar	95	95	90	95	95
하부 Coating Bar	95	95	90	95	95

- ㉠ 코팅 바 청소를 최대한 깨끗하게 진행.  
(여전히 이물질이 남아 있음 - 향후 고압스팀이나 드라이아이스 세척방법 검토 예정)
- ㉡ 1차 Test 제품과 비교 하면 인쇄면은 2.12, 인쇄 반대면은 0.5의 증가를 보인다.

HAZE	원단	인쇄면	인쇄반대
2차	16.67	23.93	24.47
1차	13.24	18.38	20.54

- ㉢ 인쇄면의 굵힌 상처는 계속 발생함. (원인 확인이 어려움)

③ 3차

상부 Coating Bar	100	100	95	100	100
하부 Coating Bar	95	95	90	95	95

- ㉠ 전체 공정을 같은 위치에서 작업 실시함.
- ㉡ 안정적인 코팅이 되게 하기 위하여 상부 Coating Bar를 5mm더 빼서 작업 진행.
- ㉢ 하부 Coating Bar 부분의 코팅 량이 많음.

HAZE	원단	인쇄면	인쇄반대
120 $\mu$ m	11.3	20.3	23.2

④ 4차

상부 Coating Bar	85	90	85	90	85
하부 Coating Bar	100	105	105	105	100

- ㉠ 초기 양끝 부분의 Coating Bar를 90/105로 설정 진행.

- 건조 불량으로 인하여 5mm씩 감소. 85/100
- ㉔ Coating Bar를 전체적으로 권취 쪽으로 이동하여 생산.
- 코팅 차이 감소.

HAZE	원단	인쇄면	인쇄반대
120 $\mu$ m	11.98	14.99	15.18

- ㉕ 양쪽 끝부분 보조 Bar or 열품 보강 필요

⑤ 5차

상부 Coating Bar	95	95	95	95	95
하부 Coating Bar	100	100	100	100	100

- ㉖ 건조 개선을 위하여 Coating Bar를 압출기 방향으로 5mm 이동.
- ㉗ 육안 검사 시, 양면의 투명정도 동일해 보임.
- ㉘ HAZE 차이 없음.

HAZE	원단	인쇄면	인쇄반대
150 $\mu$ m	10.28	16.37	16.27

(다) 접힘 부위 코팅 두께 안정화

Coating Solution 함침 이후, 필름의 양쪽 접힘 부위의 코팅과다 현상이 발생하였다. 이는 Blown Type의 압출기에서 두꺼운 필름을 성형할 때 Nip Roll의 압력에 의하여 접힘 부위에서 발생하는 주름 현상으로 해당부분의 Coating Solution 함침 후 필름이 인플레이션 되면서 건조라인에서 미처 건조되지 못한 Coating Solution이 콧물처럼 흘러내리게 된다. 이러한 현상을 개선하기 위하여 Coating Solution 두께 조절바(Bar) 상단 부분에 보조 가이드 롤을 설치하여 필름 접힘 부위에 발생하는 주름을 최소화 하였다.

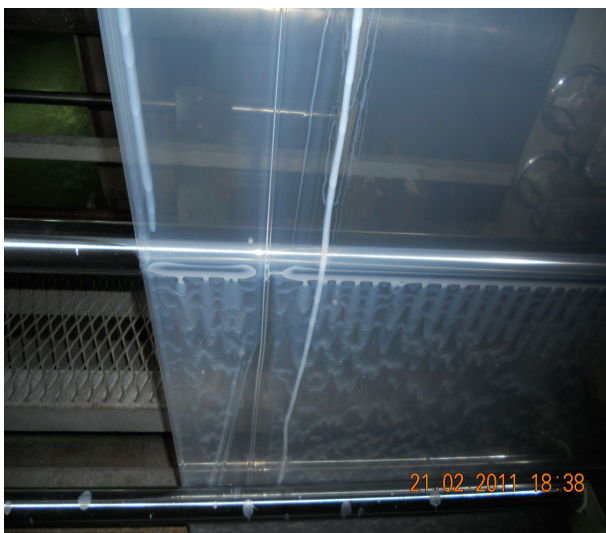


그림37. 압출 가공 시 접힘 부분 주름에 의한 코팅과다 현상



그림38. 보조가이드를 사진 & 개선 효과사진 첨부

### 3. 건조시스템 안정화

#### 가. 열풍 건조 공정의 안정화

건조라인 System의 열풍 온도 조절을 통하여 Coating Solution의 건조를 진행시켜 Film에 안정적인 코팅력을 유도하였다. Liquid 상태의 Coating Solution에 함침 되었던 Film의 건조를 위하여 Film의 진행방향 전후로 수직 2m 간격의 열풍기를 통과 시킨다. Coating Bar의 간격은 상단부 95mm, 하단부 100mm로 고정하여 진행하였다.

권취 Speed는 10m/분으로 설정 하였으며 열풍기 온도는 80℃부터 10℃ 씩 상승하여 건조 되는 상태를 관찰하였다.



그림 39. 열풍기 건조라인

#### (1) 열풍기 Spec

- ① 용량 : 100kw
- ② 최대온도 : 110℃

③ 규격 : 8,800mm

④ 수량 : 12EA (전면 6EA, 후면 6EA)

(2) 온도별 건조라인 코팅 안정성 평가 결과

	건조 완료 위치		
	㉠	㉡	㉢
80℃	-	-	-
90℃	-	F	-
100℃	F	E	F
110℃	E~F	D~E	E~F

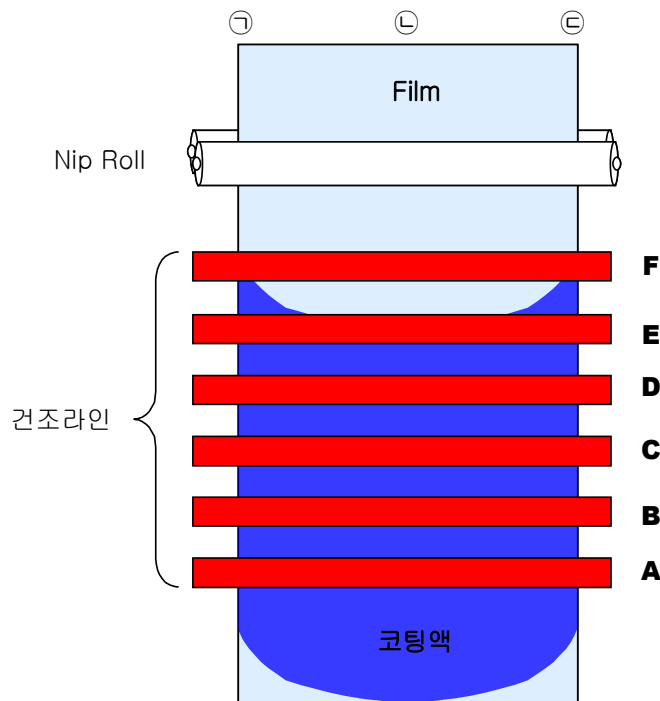


그림 40. 건조 System

- Nip Roll 과 건조라인 F 간 거리 : 1m
- 건조라인 거리 (A ~ F) : 10m
- 열풍기간 거리 (A ~ B) : 2m

열풍 온도 90℃ 이하에서는 Coating Solution의 건조가 정상적으로 진행되지 않았으며, 열풍 온도 90℃ 설정시에도 필름의 양 끝부분은 Nip Roll을 통과 할 때까지 건조가 되지 않았다. 그로 인하여 Nip Roll에 Coating Solution 잔재물이 흡착되어 이후 진행되는 과정에서 코팅 층이 탈락하거나 덩어리로 뭉쳐지는 현상이 나타났다.

열풍 온도 100℃ 설정 시, Film의 중앙부분은 열풍기 'E'부근에서 건조가 되었으며, Film의 양쪽 끝부분은 열풍기 'F' 부근에서 건조가 되어 부채꼴 모양의 건조 양상을 나타냈다.



열풍 온도 110℃ 설정 시, Film의 중앙부분은 열풍기 'D'와 'E' 사이에서 건조가 진행되었으며, Film의 양쪽 끝부분은 열풍기 'E'와 'F' 사이에서 건조가 완료 되었다. 다만, 권취 Speed 10m/분 조건하에서 Film이 수직으로 연신 되는 현상으로 Film의 중앙 부분에 주름이 형성되는 문제가 발생 되었다. 또한, 압출기 라인 부근의 온도가 15℃ 이하로 내려가는 동절기에는 전반적으로 건조 진행구간이 2m 정도 길어졌으며 Film의 양쪽 끝부분은 Nip Roll을 통과 시에도 건조가 완전히 진행되지 않았다.

Film의 안정적인 압출 성형을 위하여 권취 Speed는 10m/분 이상 진행하여야 하기 때문에 동절기 작업 시, 부족한 열풍을 보강하기 위하여 건조라인 상단에 추가적으로 신규라인을 설치하였고, 필름의 접힘부위 건조를 보강하기 위하여 건조라인 양쪽 측면에 보조 열풍기틀을 추가로 구성하는 방안을 모색하였다.

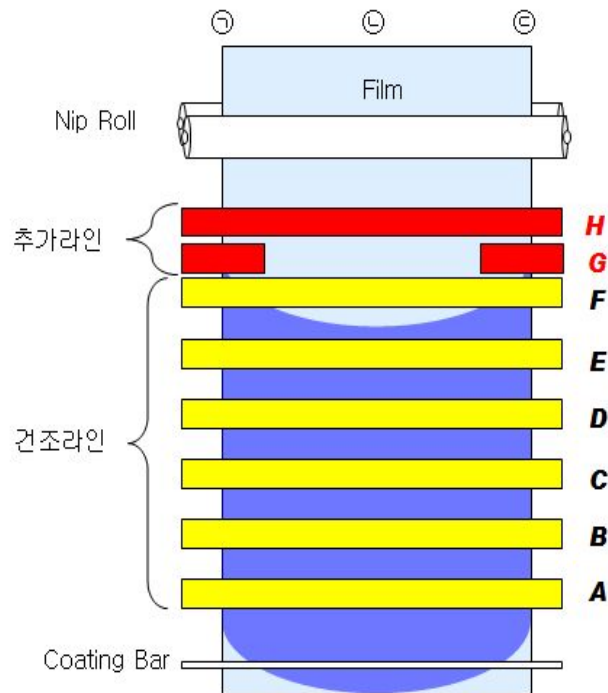


그림41. 추가 열풍 및 보조열풍 설치 위치



그림42. 건조라인 H 실사



그림43. 건조라인 G (접힘부위 건조 보강용)

5절. 친수성 나노입자 코팅 장기성 메탈로센 필름의 평가

1. LAB TEST 평가

가. 물성 평가

(1) 물성 평가 방법

국내에서 사용되고 있는 수입 코팅필름인 일본 제품을 입수, 그에 대한 물성 평가를 진행하였다. 물성 평가에서 사용된 장비로는 동일 시마즈 社의 인장시험기(AGS-J, Cell : 1kN/mm<sup>2</sup>, Crosshead speed : 500mm/min)를 사용하여 물성 평가를 진행하였다. 그리고 필름의 투명도를 알아보기 위하여 Dokyō Denshoku 社의 Haze-Meter(0~100%, AC100V, 50~60Hz)를 이용하여 필름의 Haze(%)를 측정 하였다.

(2) 평가 결과

물성 평가 결과를 아래의 <표. >에 나타내었다. 입수한 코팅필름은 국내에 시판되고 있는 일본제품 4종으로 스코야카, 하나야카, 크린알파21, 다이아스타이며, 두께는 150 $\mu$ m를 기준으로 실시하였고, 두께에 따른 상대비교를 하기 위하여 두께 120 $\mu$ m인 스코야카 필름도 함께 실험을 진행하였다.

	두께 ( $\mu$ m)	인장강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )			신장율 (%)		인열강도 (kgf/cm)		HAZE (%)
		YP	TD	MD	TD	MD	TD	MD	
스코야카	120	80	231	218	779	685	111	108	91.8/10.3
하나야카	150	85	255	229	807	699	115	109	92.0/11.5
크린알파21	150	89	364	301	790	663	123	117	92.1/17.2
다이아스타	150	82	316	330	811	704	119	118	93.3/9.3
솔라리움	150	88	251	241	785	582	118	113	92.8/12.1

표17 코팅필름 물성평가 비교표

표에서 보는 바와 같이 일본 코팅필름의 물성 평가 결과 모두 뛰어난 물성을 나타내었으며, 상대 비교를 하기 위해 평가한 스코야카(120 $\mu$ m)의 물성도 나쁘지 않은 결과를 나타내었다. 이와 비교해 현재 개발품인 솔라리움 필름(150 $\mu$ m)의 물성 결과 크린알파21, 다이아스타의 인장강도 보다는 다소 낮게 나타났으나, 하나야카와 비슷한 수준을 보였다. 이러한 결과는 현재 국내에서 적용되고 있는 농업용 비닐하우스 필름의 물성 기준치(KSP M 1004-한국프라스틱공업협동조합)를 상회하는 결과로써, 장기성 코팅 필름 적용에 충분히 가능할 것으로 판단된다. 그리고 필름의 Haze는 입수품 대비 비슷한 수준을 나타낸 것을 확인하였다.

나. 유적성 평가

(1) 유적성 시험 방법

본사 자체적으로 제작한 유적시험구(Water Bath)를 사용하여 유적 시험을 진행하였다. 34cm×34cm크기의 프레임 내부에 가열장치를 설치하고 증류수를 채워 일정한 온도를 가하여 수분 증발 효과를 나타내었다. Water Bath의 수온은 40℃를 유지하여 실제 노지에 하우스를 피복하였을 때 지온에서 올라오는 수분의 정도를 극대화하여 유적 시험을 진행하였다.

(2) 실험 결과

일본 코팅필름 4종 및 개발 진행중인 솔라리움의 유적성 평가 결과를 아래의 그림에 나타내었다.

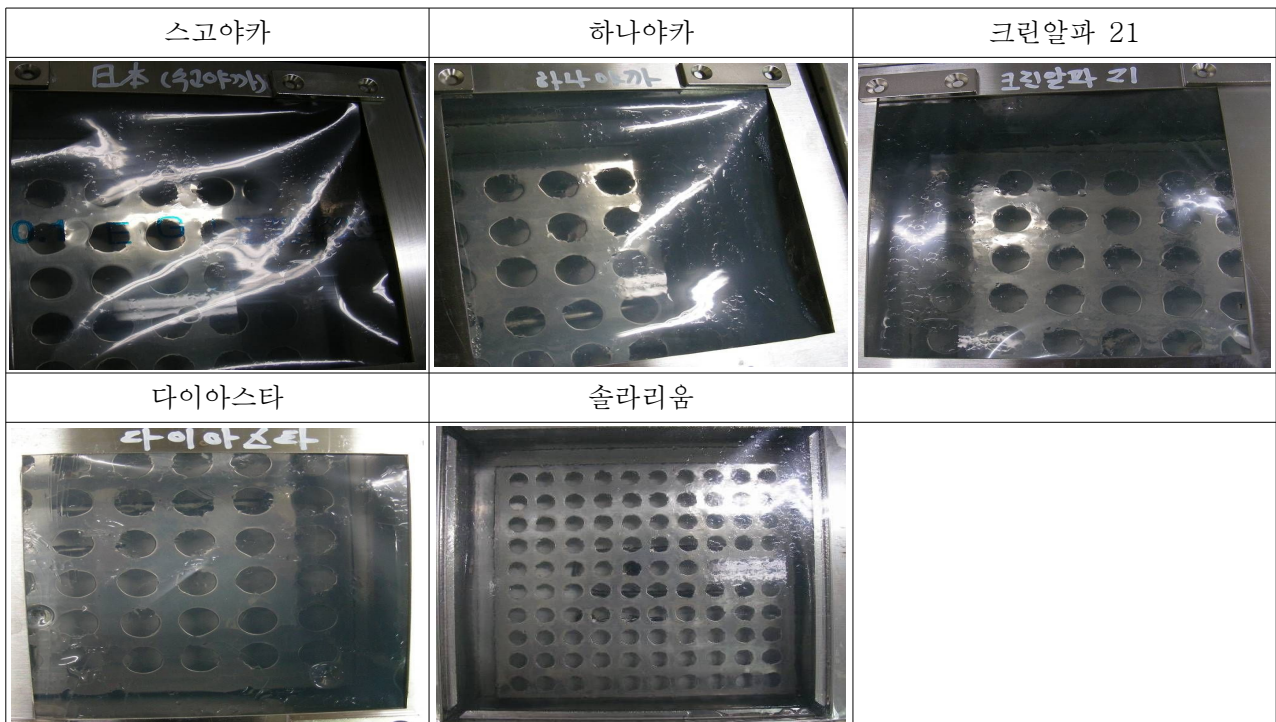


그림44. 코팅필름 유적성 평가 결과

유적성 평가 결과, 경쟁품인 일본 코팅필름과 비교하여 초기 유적특성이 다소 늦게 발현되는 현상이 나타났으나 시간이 경과 할 수록 안정적인 유적 효과를 나타내었다. 유적 재현성의 진행도 안정적으로 지속되었으며 연구 진행 1차년도에 발생하였던 Water Bath 건조 후의 코팅층 백화 현상도 개선되었다.

다. 보온성 평가 I.

개발품의 보온율 및 열전도율의 평가를 위하여 현재 국내에서 시판되고 있는 일본산 장기성 코팅필름과의 국내 PO 필름(첨가형) 10여종을 한국섬유기술연구소에 비교 의뢰하였다.

(1) 시료 종류

- A : 일본 장기성 코팅필름, 100 $\mu$ m
- B : 개발품, 120 $\mu$ m

- C : 일본 장기성 코팅필름, 150 $\mu$ m
- D : 개발품, 150 $\mu$ m
- E : PE Film, 100 $\mu$ m
- F : 첨가형 PO Film(VA 9%), 80 $\mu$ m
- G : 첨가형 PO Film(VA 12%), 70 $\mu$ m
- H : 첨가형 PO Film(VA 12%), 100 $\mu$ m
- I : 첨가형 PO Film(VA 12%, 보온Filler), 80 $\mu$ m
- J : 첨가형 PO Film(VA 9%, 보온Filler), 60 $\mu$ m
- K : 첨가형 PO Film(VA 3%), 100 $\mu$ m
- L : 첨가형 PO Film(VA 6%), 60 $\mu$ m

(2) 시험방법

- ① 보온율(향온법), % KS K 0506:2006
- ② 열전달계수, W/(m<sup>2</sup>.K) KS K 0466:2007

(3) 시험결과

1010019292(Page 1 of 1)

시험 항목	시험 결과				기 준	
보온율(향온법), % (KS K 0560 :2006)	(A)	(B)	(C)	(D)		
	21.9	15.9	28.8	21.3		
	(E)	(F)	(G)	(H)		
	14.9	11.3	18.5	23.8		
열전달계수, W/(m <sup>2</sup> .K) (KS K 0466:2007)	(I)	(J)	(J)	(L)		
	23.3	19.9	18.8	16.8		
	(A)	(B)	(C)	(D)		
	53.1	77.7	35.1	52.0		
	(E)	(F)	(G)	(H)		
	80.2	114.2	68.1	46.1		
	(I)	(J)	(J)	(L)		
	49.2	56.2	62.7	79.6		
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)

Korea Textile Inspection & Testing Institute (KOTITI)

그림45. 한국섬유기술연구원 보온성 실험결과

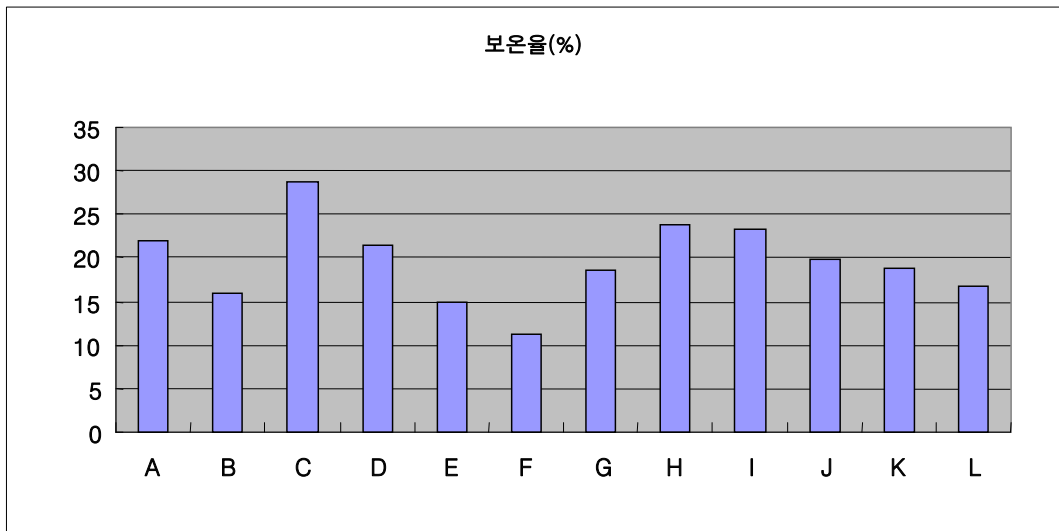


그림46. 보온율 비교 그래프

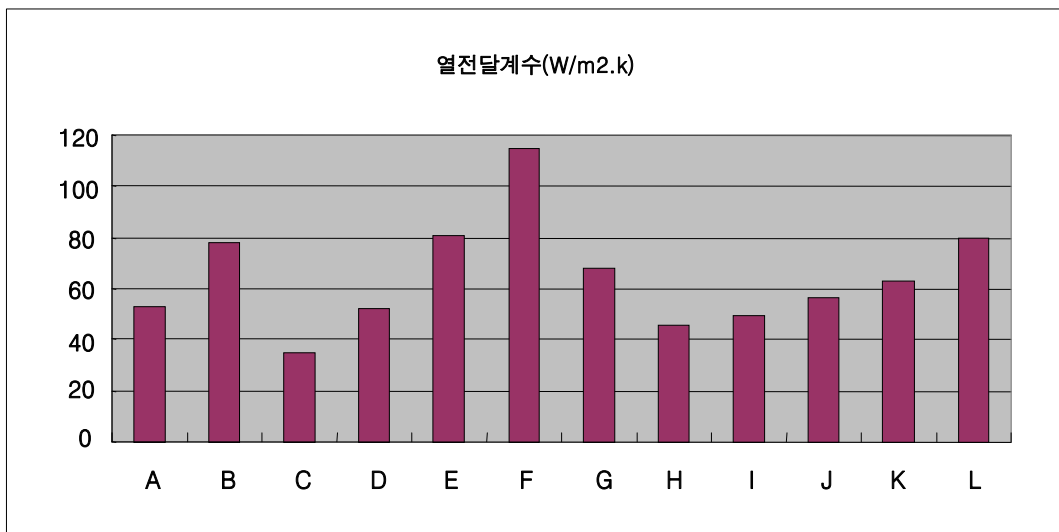


그림47. 열전달계수 비교 그래프

위 결과에서 보는 바와 같이 보온 Filler의 첨가 유무와 시료의 특성에 따른 일관성이 부족한 결과가 도출되어 부산대 기계공학과와 보온성 측정 Pilot을 통하여 재평가를 시행하였다.

#### 라. 보온성 평가 II

보온성의 신뢰성 있는 Data를 산출하기 위하여 보온성 측정 장비 시뮬레이터를 보유하고 있는 부산대 바이오기계공학과 정성원교수 연구팀에서 보온성 평가를 진행하였다.

##### (1) 시험방법

보온 유지력을 평가할 수 있는 시험구의 프레임은 목재로 제작되었으며 시험구와 시험구에서 방출되는 열의 온도를 측정할 수 있는 외형 틀의 규격은 가로, 세로 각각 700mm × 700mm와 1300mm × 1300mm의 정육면체 형태이다. 시험구의 정중앙에 위치하도록 가열장치를 설치하고 시험구의 내부를 3등분하여 1/3, 2/3 지점에 보조 프레임을 설치하고 각 프레

입의 1/3, 2/3 지점에 총 8개의 Thermocouple을 부착한다. 방출되는 열의 온도를 측정하기 위하여 외형 틀의 상부 프레임과 하부 프레임 4면 중앙에 Thermocouple을 각각 1EA씩 고정시킨다.

외형 틀 표면에 일반 하우스의 조건과 동일한 피복재(원예용 필름)를 이용하여 피복한다. 시험구는 보온률을 측정하고자 하는 피복재를 시험구의 6면의 프레임에 보조 프레임을 이용하여 밀착시키고 내부공기가 외부로 유출되지 않을 정도로 고정한다. 밀폐한 시험구를 외형틀의 정중앙에 위치하도록 삽입하고 외형 틀의 덮개를 테이프로 밀봉한다.

시험구의 Setting이 완료 되면 시험 구 내부에 연결되어 있는 각각의 Thermocouple을 Data logger에 연결하고 시험구 안의 가온 장치를 1kw의 세기(약 75℃)로 설정하여 내, 외형 틀 안의 온도 변화를 Data logger를 이용하여 1분마다 측정 기록한다.



그림48. 보온성 측정 시험 구



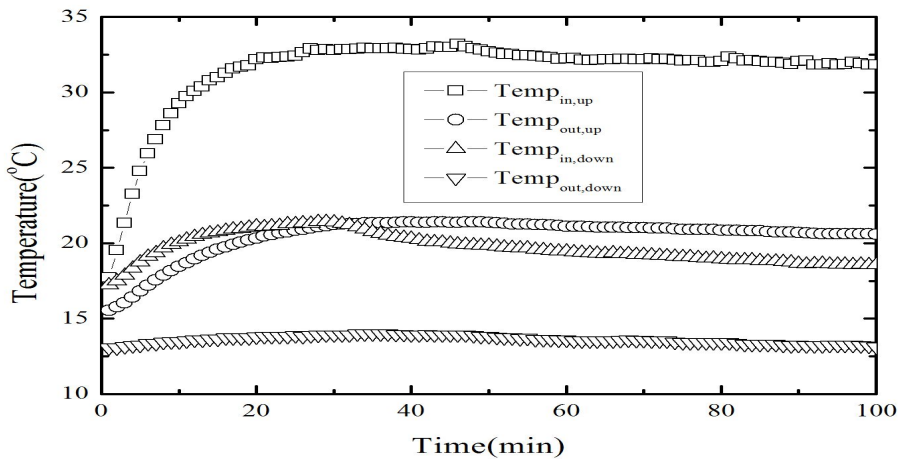
그림49. 외형 틀(시험 구 삽입)

- 외부 틀(130×130), 내부틀(70×70) 각 1EA
- 가온 장치 : 2 kw (max 150℃)
- 시험 구 피복 Film : 개발품(솔라리움), 일본 수입코팅 필름 (크린알파)
- 외형 틀 피복 Film : 타사 기능성 필름

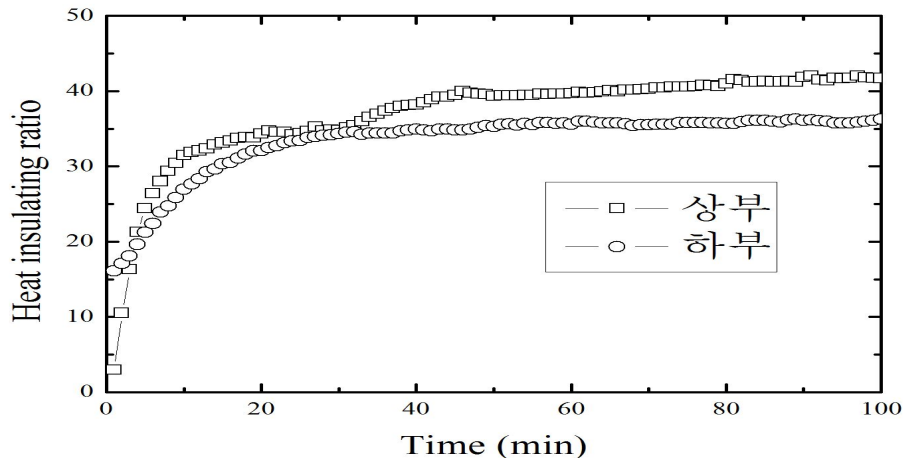
## (2) 실험 결과

### (가) 개발품

#### ① 시험구내 온도분포

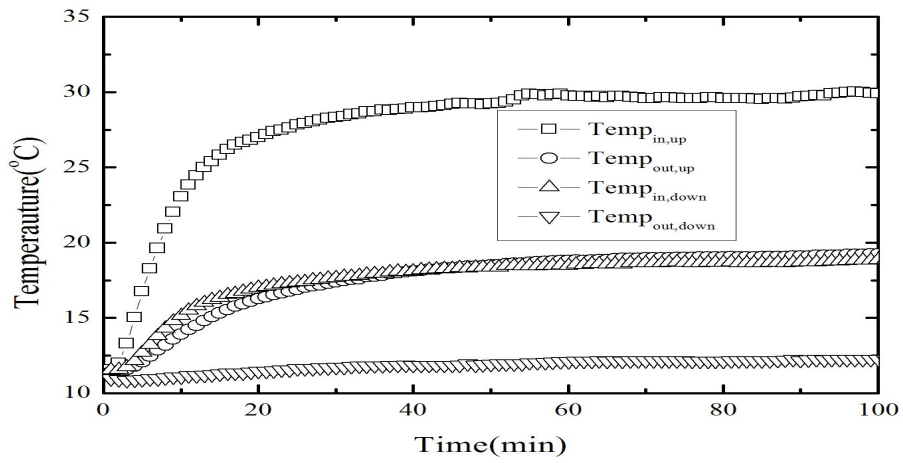


② 보온율

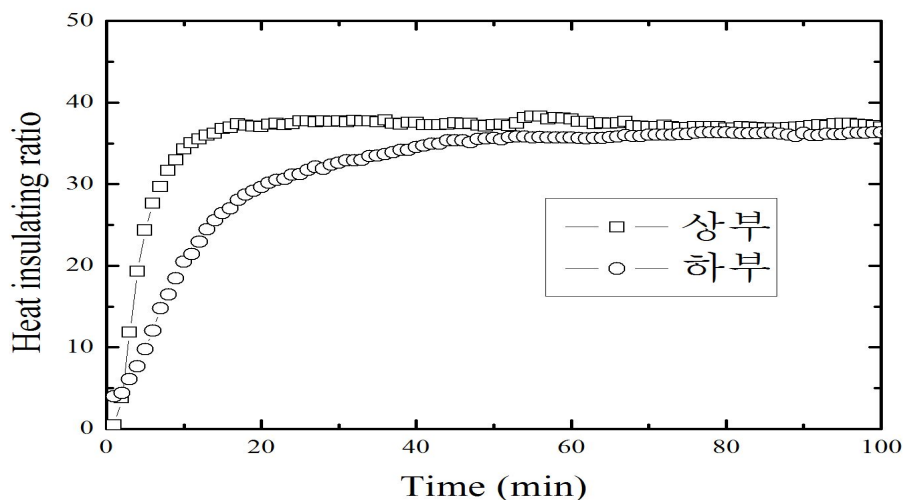


(나) 일본 수입 코팅필름

① 시험구내 온도분포

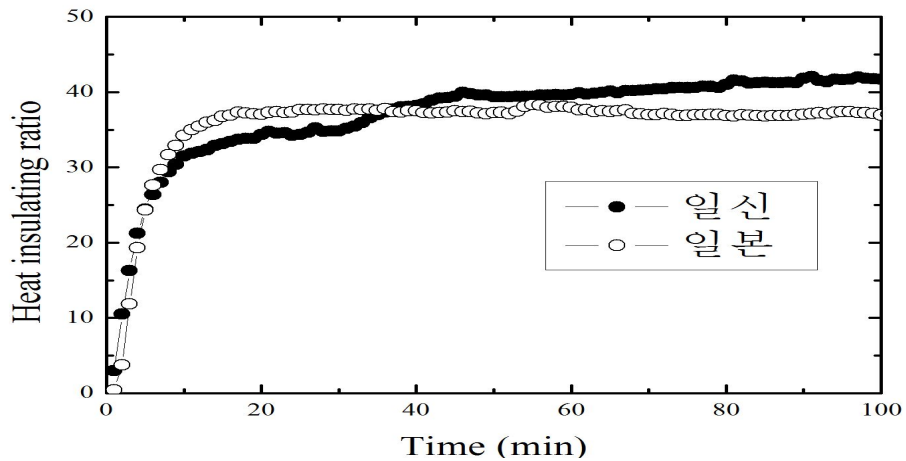


② 보온율

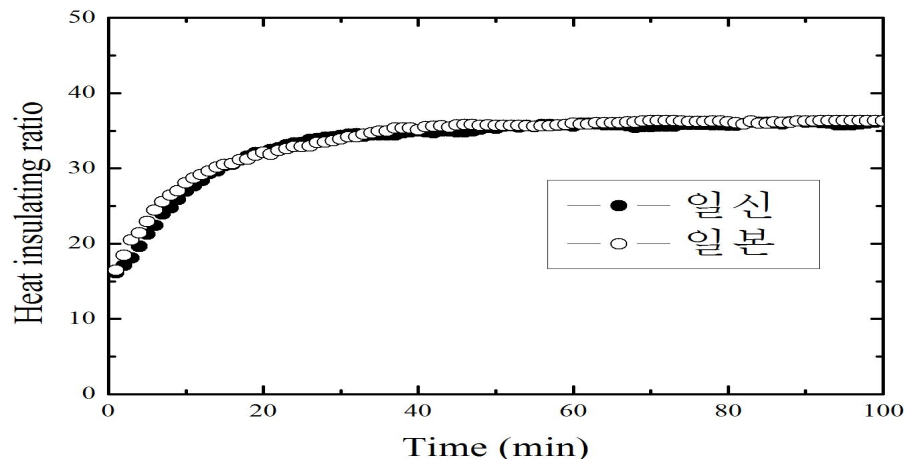


(다) 보온율 비교

① 시험 구 상부 보온율



② 시험 구 하부 보온율



2종의 보온재에 대한 내, 외부 온도를 측정하여 보온율을 구하였다. 내, 외부의 온도 측정은 각각의 위치에 대해 4개의 온도를 측정하여 평균을 취하였다. 보온율을 구하는 식은 다음과 같다.

$$1 - \frac{\text{Temp}_{\text{out, up}}}{\text{Temp}_{\text{in, up}}} \quad (\text{상부 보온율})$$

$$1 - \frac{\text{Temp}_{\text{out, down}}}{\text{Temp}_{\text{in, down}}} \quad (\text{하부 보온율})$$

2종의 보온재에 대한 보온율을 테스트한 결과, 측정시점의 외기 온도에 따라 다소 차이가 있겠지만, 상부 보온율에 대해서는 2%정도 개발품이 좋은 것으로 나타났고, 하부 보온율에 대해서는 2종의 보온재가 거의 동일한 것으로 나타났다. 하지만 2%는 측정 오차 범위 내에



존재하는 것으로 보다 정확한 보온 성능을 알기 위해서는 보다 더 많은 데이터가 필요할 것으로 판단된다.

## 2. 개발품 Field 피복 평가.

### 가. 투광성 및 보온성 평가

개발품의 투광성 및 보온특성의 피복효과를 특정하기 위하여 당사에서 제조되고 있는 가온형 첨가제필름(장수), 무가온형 첨가제필름(삼중EVA)를 대조구로 하여 국립원예특작과학원 시설원예에너지절감 연구실에 피복실험을 의뢰하였다. 기간은 2011년 3월 2일부터 5월 30일까지 90일간의 노지 피복과 실험모형을 통하여 진행하였다.

#### (1) 시험내용 및 결과. -보고서 첨부-

세부과제명	비닐하우스용 국산 PO필름의 투광특성 및 보온효과 시험	시험구분	민원의뢰시험
담당자	소속기관명	부서명	연구실명
윤남규	국립원예특작과학원	시설원예 시험장	시설원예에너지 절감 연구실
시험장소	부산광역시 강서구 시설원예시험장	시험년차	1

1. 시험목적  
민원의뢰시험 품목인 비닐하우스용 국산 PO필름의 투광특성 및 보온효과 구명

2. 시험방법

가. 시험재료

- 시험물품 : 비닐하우스 외피복용 국산 필름 4종  
- PO필름(0.15mm, 0.12mm), 삼중EVA필름(0.1mm), 장수(PE)필름(0.1mm)
- 시험온실 : 이중피복 단동비닐하우스(131㎡) 4동  
- 규격 : 폭 5.7×높이 3.2×길이 23m
- 시험모형 : 두께 100mm 발포스티로폼판넬로 바닥과 벽체 제작  
- 규격(내부) : 폭 1.0×높이 1.0×길이 1.0m(내부체적 1㎡)

나. 처리방법

- 시험온실 외피복재 4종류 피복  
- 시험온실의 이중피복재는 삼중EVA-0.06mm로 모두 동일
- 시험기간 : \* 11. 3. 2 ~ 5. 30 (90일)

○ 항온실험실 모형실험

- 실험실 내부기온 -10℃, 모형내부기온 20℃
- 측정시간 : 각 시험당 300분
- 열관류율 측정센서 : MF-200(EKO, Japan)
- 모형내부 가온장치 : 전기온풍기 600W 1대

다. 조사항목

- 시험온실 : 일사량, 기온, 상대습도, 지온
- 모형시험 : 열관류율(피복재), 기온, 표면온도, 소비전력량

라. 분석내용

- 외피복재 종류별 광투과율 : 실내외 일사량 비교
- 외피복재 종류별 보온효과 : 열관류율, 실내기온 비교

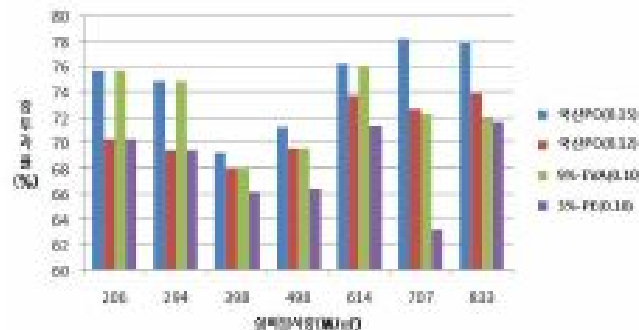
3. 의뢰인(회사) : 정철수(일신화학공업주식회사, 010-8722-6102)

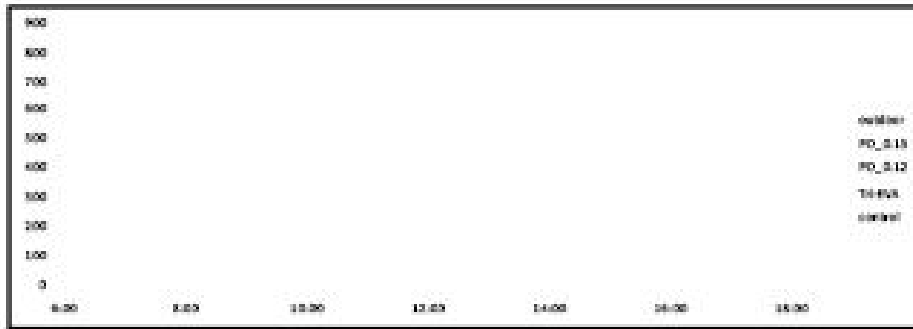
- 주소 : 경기도 안산시 단원구 성곡동 632-3

4. 시험성적

가. 외피복재 종류별 광투과율

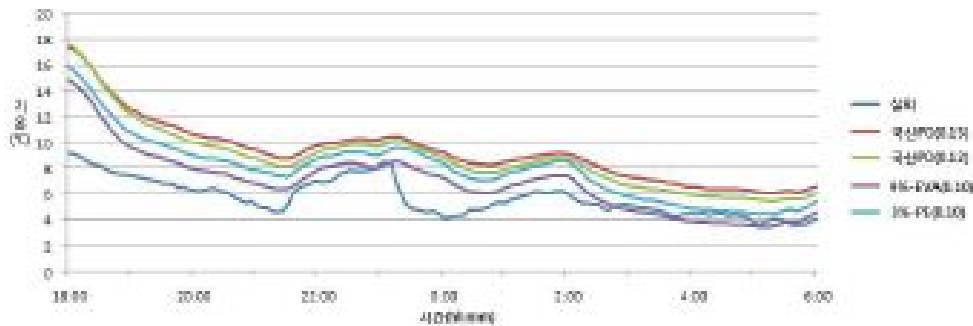
- 이중피복 온실에서의 광투과율은 일사량에 따라 다소간의 변동은 있으나 평균적으로 PO필름 0.15mm > 삼중EVA > PO필름 0.12 > 장수(PE)의 순으로 나타났음
- 외부일사량 833W/㎡일 때, PO(0.15) 76% > PO(0.12) 74% > 삼중 EVA(0.1) 및 장수(0.1) 72%의 순이었음





나. 시험온실의 야간기온비교를 통한 보온효과 분석

- 측정일(3.24~3.25)의 야간기온은 PO필름 피복온실의 실내기온이 1~2°C 높게 유지하여 보온성이 높았음



다. 모형실험의 열관류율 및 전력소비량 비교를 통한 보온성능 분석

- 열관류율은 PO(0.12) < PO(0.15) < 삼중EVA 및 장수(PE)의 순으로 최대 15% 정도의 차이를 보였음
- 소비전력량은 PO필름이 삼중EVA 및 장수(PE)에 비해 약 10% 적게 나타났음

구 분	PO-0.15	PO-0.12	삼중EVA	장수(PE)
열관류율, W/m <sup>2</sup>	95.5	84.8	97.0	97.7
소비전력량, kWh/m <sup>2</sup>	1.0	1.0	1.1	1.1

5. 결과요약

- 가. 이중피복 조건에서의 광투과율은 PO필름이 삼중EVA 및 장수(PE)필름에 비해 6% 정도 높게 나타났음

나. 야간기온은 PO필름 피복온실의 실내기온이 1~2℃ 높게 유지하여 보온성이 높았음  
 다. 모형시험결과, 열관류율은 PO필름이 최대 15% 적게 나타났으며, 소비전력량 또한 PO필름이 10% 정도 적었음

실험 결과 국내 첨가형 필름 대비 광투과율과 야간 보온성이 우수한 것으로 나타났으며 열관류율 및 소비전력량 또한 우수하여 보온성 및 에너지 절감차원에서 농가의 농업경영비 감소 실현이 가능한 것을 알 수 있다.

나. 유적성 평가.

개발품의 유적성 평가를 위하여 제조된 필름을 충남, 경남 지역에서 시설원예에 종사하고 있는 농가를 선정하여 시험하우스를 운영하였고 주기적인 방문을 통하여 경시에 따른 현장 유적 평가를 진행하였다.

충청지역과 경남지역을 시험하우스로 선정한 이유는 충청지역은 우리나라의 일반적인 단동형 1S형 하우스 구조의 원예시설이 밀집해 있고 엽채류 위주의 경기 지역에 비하여 딸기, 고추, 오이 등 고부가가치 작물 재배지역으로 장기성 필름의 높은 수요가 예상되는 지역이며 접근성 및 평가의 신뢰성이 용이다. 경남지역은 밀양, 진주 지역은 원예시설 구조가 밀양식하우스 구조로 하우스의 규모가 타지역의 원예시설에 비하여 크고 하우스의 경사각이 완만하여 물방울의 흐름성이 취약하기 때문에 개발품의 유적특성(젖음성 및 흐름성) 평가에 중요한 요지이다.



그림50. 1S형 하우스 구조



그림51. 밀양식 하우스 구조

(1) 1차년도 시험하우스 운영 및 평가

(가) 1차 시제품 평가

① 압출 조건

㉞ Formula Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
조성 4	LDPE 3 LLDPE UV	EVA 보온재 UV	LDPE 2 UV

② Coating Solution

AC0923

MEO-1

SN-3

SN-2

1PA

Amine

③ 코로나 방전 세기 : 8.5A

④ 열풍기 온도 : 100℃

나) 시험포 운영 평가

① 충남 홍성지역

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2010. 12. 15.	2차 방문 2011. 1. 13.
충남 홍성	고추	단동	0.15*600	11월 10일	다소 불량	보통



- 1차 방문 : 얼룩형태 무적이 심한 곳으로 줄무늬 아래쪽의 어른거림이 특히 심함



- 2차 방문 : 전반적으로 개선되었으나, 하단부분 어른거림 일부 개선되지 않음.

② 경남 함안지역

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2010. 12. 28.	2차 방문 2011. 2. 8.
경남 함안	가지	밀양식	0.15*560	9월 18일	불량	불량



- 1차 방문 : 흐름성 불량으로 물방울 맺힘 심함.



- 2차 방문 : 물방울 흐름성 개선되지 않음.

(2) 2차 시제품 평가

(가) 압출 조건

① Formula Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
조성 7	LDPE 2 POE 첨가제 UV	EVA 보온재 UV	LDPE 2 UV

② Coating Solution

AC58  
MEO-1  
SN-3  
SN-2  
SS-1  
IP-1  
SCM77

③ 코로나 방전 세기 : 8.5A

④ 열풍기 온도 : 100℃

(나) 시험포 운영 평가

① 충남 홍성지역

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2010. 12. 20.	2차 방문 2011. 2. 10.
충남 홍성	과	단동형	0.15*580	10월 20일	다소 불량	양호



- 1차 방문 : 초기의 유적성이 다소 지지분한 상태



- 2차 방문 : 유적이 깨끗이 진행되며 상당히 투명함.

② 충남 공주지역

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2010. 11. 19.	2차 방문 2011. 1. 7.
충남 공주	방울 토마토	단동형	0.15*550	10월 18일	다소 불량	양호



- 1차 방문 : 측면 작은 물방울이 많이 맺혀 있음.



- 2차 방문 : 무적 개선되고 있음.



③ 경남 진주지역

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2010. 12. 28.	2차 방문 2011. 2. 8.
경남 진주	딸기	밀양식	0.15*480	11월 10일	다소 불량	다소 불량



- 1차 방문 : 천장 부분 경사가 거의 없어 물방울들이 맺혀 있음.



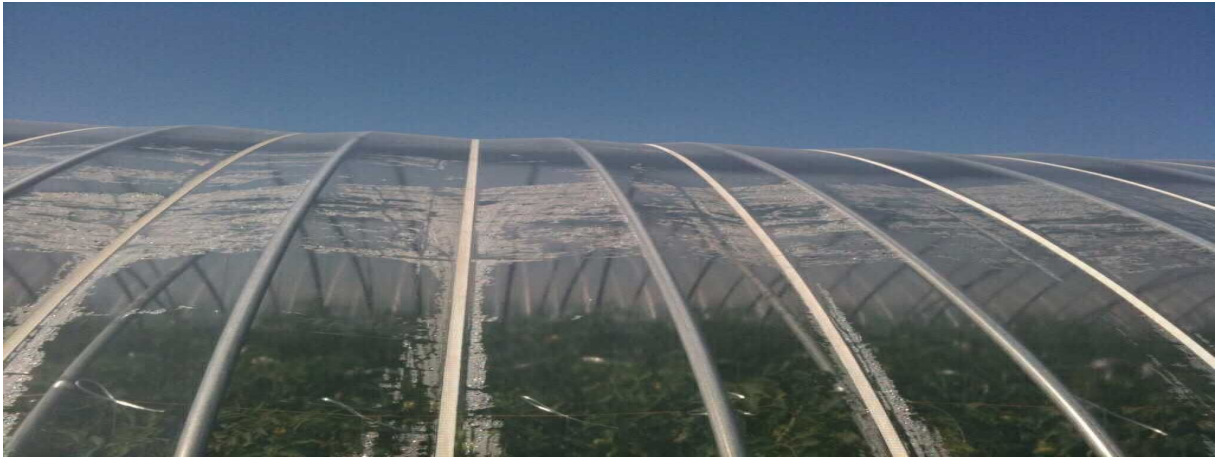
- 2차방문 : 유적은 개선되었으나 스크래치에 의한 부분에 물방울 맺힘.

시제품 Field 평가 결과, 1차 시제품의 경우 유적 성능과 Film의 투명도가 기대 이하의 성능을 나타냈으며, 2차 시제품은 초기 유적성은 다소 불안정 했으나 시간이 경과 되면서 유적성이 개선되는 모습이 확연히 나타났으며 투명성 또한 향상되었다. 하지만, 경사각이 좋지 않은 밀양식 하우스에 피복 된 시제품은 1차, 2차 모두 피복 시 발생된 것으로 추정되는 코팅면 스크래치에서 물방울의 흐름이 막혀 불량한 유적성능을 나타냈다.

(2) 2차년도 시험하우스 운영 및 평가.

2010년 시제품의 경우, 초기년도의 유적성이 우수하였으나 일부지역에서 스크래치가 발생하여 코팅층이 박피되었던 부분이 2차년도 동절기가 시작되면서 박피되었던 부분의 주변

코팅층까지 동반 탈락이 진행되는 현상이 나타났다. 이를 개선하기 위하여 2011년 시제품은 Formular Data와 Coating Solution의 조성을 동일하게 진행하였으나, 접힘부위에서 발생하는 주름으로 인하여 접힘부위 코팅성이 불량한 점을 개선하기 위하여 압출된 필름이 Coating Solution Drum 상단에 가이드 롤을 설치하였고, 건조라인 상단과 Nip Roll 사이에 추가 건조라인과 접힘부위 보조 건조라인 등을 추가 설치하여 Coating Solution의 코팅력을 강화하였다.



스크러치 부분 동반 탈락 - 2010년 9월 시제품 1년 경과 (경북 안강)





스크러치 부분 동반 탈락 - 2010년 10월 시제품 (경북 대가)

(가) 압출 조건

① Formula Data

	In Layer	Middle Layer	Out Layer
조성 7	LDPE 2 POE 첨가제 UV	EVA 보온재 UV	LDPE 2 UV

② Coating Solution

AC58  
MEO-1  
SN-3  
SN-2  
SS-1  
IP-1  
SCM77

③ 코로나 방전 세기 : 8.5A

④ 열풍기 온도 : 100℃

(나) 시험포 운영 평가

① 경북 고령

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2011. 11. 21.	2차 방문 2012. 2. 8.
경북 고령	딸기	단동형	0.12*450	10월 8일	양호	양호



1차방문 : 스크러치 부분을 제외하고 유적상태 양호.



2차방문 : 경사각이 좋아 스크러치 부분도 수분에 의하여 호전되었음.

② 경북 성산

지 역	작 물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2011. 11. 21.	2차 방문 ( - )
경북 성산	정식전	단동형	0.15*600	10월 20일	양호	-





정식 전이나 하우스 내 습 과다로 인하여 유적 진행 중이며 투명 및 유적상태 양호 함.

③ 충남 당진

지 역	작 물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2012. 1. 11.	2차 방문 ( - )
충남 당진	방울 토마토	단동형	0.15*550	10월 1일	양호	-



1차방문 : 스크러치 부분을 제외하고 유적 및 투명 양호

④ 경북 대가

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2012. 2. 9,	2차 방문 ( - )
경북 대가	참외	단동형	0.15*500	10월 10일	양호	-



파이프 부위 스크러치부분을 제외하고 유적 및 투명 양호.

⑤ 경남 진주

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2011. 11. 3.	2차 방문 ( - )
경남 진주	고추	3연동	0.15*450	9월 30일	양호	-



3연동 하우스며 유적 및 투명 양호

④ 경북 칠곡

지역	작물	하우스 형태	설치규격	피복(설치)일	시험포 평가(유적경과 상태)	
					1차 방문 2012. 1. 12.	2차 방문 ( - )
경북 칠곡	참외	단동형	0.12*550	10월 23일	양호	-





유적 흐름성 및 투명성 양호

2011년 시제품은 코팅력 향상을 위하여 건조시스템 및 주름 방지 장치를 보완하였다. 결과적으로 2010년 시제품에 비하여 스크러치 발생으로 인한 코팅층 박피 현상이 줄어들었으며, 투명성이 강화된 것을 확인할 수 있었다. 추후, 피복 2차년도(2012년 동절기)의 유적 경시 상태 관찰을 통하여 유적기능 및 코팅력의 개선 및 보완을 시행할 예정이다.

## 제6절. 연구개발과제 수행 결론.

국내 장기성 필름 시장을 잠식하고 있는 일본 장기성 코팅필름에 대응하고 국산화를 통한 원가절감으로 국내 농업경영비 감소를 위하여 국내 최초로 원예용 장기성 코팅필름 및 제조기술을 개발하였다. 필름 폭 5m 이하의 일본기술과의 차별화를 두기 위하여 폭 8m 이상의 초광폭 압출기를 통하여 필름을 압출성형 하였다. 기존 EVA 수지를 압출하던 광폭 압출기에서 장기성 코팅필름 특성을 발현할 수 있는 수지를 적용하여 압출해야 하는 어려움 있었으나, 최적의 수지 조합과 공정 Process를 통하여 폭 8m이상의 장기성 필름을 압출하는 데에 성공하였다.

또한 유적제 코팅을 위하여 국내 최초로 함침Type의 코팅법을 시도하였으며 코로나 방전처리 및 건조 System 보완을 통하여 Coating Solution의 코팅 강도를 향상 시켰다. 이를 통하여 1차년도 시제품에서 발생한 코팅층 박피현상을 최소화하는 데에 성공하였으며 시험포 피복 현장 평가를 통하여 안정적인 유적성능을 확인 할 수 있었다.

아울러, 장기성 코팅 필름의 본격적인 상용화를 위하여 고령공장 90호기에 신규 코팅라인 증설을 진행하고 있으며, 중국 산둥일신유한공사에 기술이전을 통하여 코팅용 In-Line System을 증설하고 있다. 연구개발에 성공한 결과물을 중국으로의 수출을 계획하였으나 기존 첨가형 필름 대비 고가의 제품이며 수출에 따르는 관세, 물류비 등을 감안하여 기술이전을 통한 중국 현지 생산, 판매를 시도하고자 한다.





그림52. IR Micro Beam 건조 시스템

90호기에 신규로 증설하고 있는 건조 System은 IR-Micro Beam Type을 적용하고 있으며 현재 사용하고 있는 Coating Solution의 용제는  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  Type을 사용하고 있어 IR-Micro Beam Type 적용 시, 화재 및 폭발의 위험성이 내재 되어있다. 따라서 신규 코팅 Line에는 IR-Micro Beam Type에 맞는 Coating Solution의 재조합이 필요하다. 추가로 내약품성이 강화되고 접착성능을 향상시킬 수 있는 Type의 Solution 개발을 시도 하고자 한다.

## 제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제1절. 연구개발 목표 및 내용

구분	연구개발의 목표	연구개발의 내용 및 범위
1차년도	○ 국내외 장기성 필름 수준 분석을 통한 장기성 코팅필름의 Base Resin 설정 및 나노입자 친수성 Coating Solution 개발.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내외 장기성 코팅필름의 특성 분석</li> <li>- 장기성 피복재의 Base Resin 선정</li> <li>- 공압출을 위한 최적의 압출비 개발</li> <li>- 나노 입자 친수성 Coating Solution 개발</li> <li>- 필름 표면처리 최적화 기술개발</li> </ul>
2차년도	○ 장기성 코팅필름의 시제품화를 위한 공정안정화 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내구성 향상을 위한 m-LLDPE 수지의 초광폭 공압출 성형 기술 개발</li> <li>- UV 안정화 기술개발</li> <li>- 나노 입자 친수성 Coating Solution의 코팅량 적정화 기술 개발</li> <li>- 건조 시스템 기술 개발</li> </ul>
3차년도	○ Field 평가를 통한 장기성 코팅필름의 유적 안정화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nano Coating Solution의 초기 유적성 및 저온 유적성 안정화 기술개발</li> <li>- 건조 안정화 기술 개발을 통한 코팅력 향상</li> <li>- 원예용 하우스의 경사각에 따른 유적 안정화 기술 개발</li> </ul>

## 제2절. 연구개발 목표의 달성도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 연도 (2009)	국내외 장기성 필름 수준 분석을 통한 장기성 코팅 필름의 Base Resin 설정 및 나노입자 친수성 Coating Solution 개발.	국내,외 장기성 코팅필름의 특성분석	100	국내외 장기성 필름의 성분, 광투과특성, 물리적성질 및 유적특성 비교분석
		장기성 피복재의 Base Resin 선정 및 최적압출비 개발	90	m-LLDPE 수지의 선정 및 초광폭 압출 성형 기술 개발
		나노입자 친수성 코팅액 개발	80	유-무기 나노입자 코팅액 제조 기술 개발
		광폭필름 표면처리 최적화 기술개발	80	8500mm 규격의 코로나처리기 설치 및 필름 표면 개질을 위한 표면처리 기술 개발
2차 연도 (2010)	장기성 코팅Film의 시제품화를 위한 공정 안정화 기술개발	내구성 향상을 위한 m-LLDPE 수지의 초광폭 공압출 성형기술개발	100	1,800mm(Die직경) 초광폭 압출성형기에서의 가공 안정화 기술개발
		UV안정화 기술개발	100	장기성 내구연한 지속 가능한 최적의 UV안정화 적용 기술개발
		나노입자 친수성 코팅액의 코팅량 적정화 기술개발	100	최적의 유적성능 발현을 위한 최적의 코팅량 조절 기술개발
		광폭 필름 표면처리 최적화 기술개발	100	코로나 처리 강도별 코팅력 향상 및 유적성 발현 상관관계 분석
		건조시스템 기술개발	95	건조라인 열풍 온도별 유적시 발현 상관관계 분석
3차 연도 (2010)	Field 평가를 통한 장기성 코팅필름의 유적 안정화 기술 개발	Nano Coating Solution의 초기 유적성 및 저온 유적성 안정화 기술개발	100	1,800mm(Die 직경) 초광폭 압출성형기에서의 가공 안정화 기술개발
		건조 안정화 기술개발을 통한 나노 입자 친수성 계면활성제의 코팅력 향상	95	장기성 내구연한 지속 가능한 최적의 UV안정화 적용 기술개발
		원예용 하우스 경사각에 따른 유적성 안정화 기술개발	100	최적의 유적성능 발현을 위한 최적의 코팅량 조절 기술개발

### 제3절. 관련기술의 기술발전 기여도

연구과제를 통하여 개발된 장기성 코팅필름은 현재 국내 장기성 코팅 필름 시장을 잠식하고 있는 일본 제품에 대응 할 수 있는 높은 기술적 수준을 보유하고 있으며 순수 국내 기술을 이용하여 국내 최초로 장기성 코팅필름의 제조기술을 선점하였다. 이는 첨가형 필름으로 형성되어 있는 국내의 시설원예용 필름시장을 장기성 코팅 필름화로의 변화를 촉진 시킬 것으로 기대된다. 또한 수년 이내에 농업용 필름을 제조하는 동종 업계에도 장기성 코팅필름 생산라인이 도입될 것으로 예상되어 장기성 코팅필름의 시장이 급속도로 증가 할 것으로 기대된다.

이는 농업용 필름 제조업체 이외에 Extruder 제조업체, 코로나 처리시스템, 건조시스템, Coating Solution 등 관련 장치산업 및 첨가제 관련 산업의 동반 성장을 기대할 수 있다.

## 제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 실용화, 산업화 계획

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	1	1	-	-	4	-

- ① 기술실시 : 중국 농업용필름 제조업체(산동일신)에 In-Line 코팅 System 기술이전.
- ② 상 품 화 : 국산 장기성 코팅필름 ‘솔라리움’ 제품 출시  
2011년 매출 2,400,000,000원
- ③ 언론홍보 : 농민일보, 농어민신문, 농경과 원예, 중기청홍보실

### 2. 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획

출원된 특허의 경우					등록된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
2011	①	②	대한민국	③	-	-	-	-	-

- ① 특 허 명 : 친수성 나노입자를 코팅한 농업용 다층 구조의 합성수지 필름 및 그 제조방법
- ② 출 원 인 : 정철수, 박광역, 이민범, 박종수
- ③ 출원번호 :

## 제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

관련내용 없음.

## 제7장 참고문헌

1. L.C. Klein, Sol-Gel Technology for Thin Films Fibers, Preforms, Electronics and Specially Shapes, Noves, 1988
2. R. Kasemann, R. Muller and H. Schmidt, "Hydrophilic Coatings on Glass", in Extended Abstracts of the Third Saar-Lor-Lux Meeting on Tailoring of Materials for Industrial Applications", Luxembourg, December 1993
3. R. Kasemann, H. Schmidt and S. Bruck, "Functional Coatings on Glass Surface by the Sol-Gel Process", Bol. Soc. Esp. Ceram. Vid. 31-C, Vol 7, pp75-80, 1992
4. R. Kasemann and H. Schmidt, "Coatings for Mechanical and Chemical Protection Based on Organic-Inorganic Sol-Gel Nanocomposites", New J. Chem., Vol 18, pp1117-23, 1994